

[ 研究報告 ]

## マイクロ波を利用した非接触による水の比誘電率測定\*

熊谷 隆美\*\*、大坊 真洋\*\*\*

6GHz ~ 12GHz のマイクロ波を利用したタイムドメイン法により、非接触での水の比誘電率測定を試みた。この測定結果から計算された水の誘電率は、前報の接触型誘電率測定プローブを用いた測定結果とほぼ同じ値であった。このことから、タイムドメイン法により非接触で水の比誘電率が測定可能であることが示された。

キーワード：マイクロ波、タイムドメイン法、誘電率

## Non Contact Measurement of Water's Relative Dielectric Constant by Time-domain Method Using Microwave

KUMAGAI Takami and DAIBO Masahiro

Relative dielectric constant of water is measured by non-contact type probe in microwave frequency range (6GHz to 12GHz). The relative dielectric constant value is evaluated by time-domain method and is agreed with our previous report on contact type dielectric probe measurement. Therefore, non-contact method is applicable to measure the relative dielectric constant of water.

keywords: microwave, time-domain method, dielectric constant

### 1 緒言

一般に、導体の物性定数として導電率があるのと同様に、絶縁体（誘電体とも言う）には、電界中に置いた時に物質の内部構造に応じて生じる分極に基づく誘電率がある。誘電率は絶縁体個々の特性を表す指針となるものであり、そのため誘電率の測定には種々の方法が考案されている<sup>1)</sup>。しかし、応用となると電波吸収体の材料定数の測定<sup>2)</sup>など限られた分野にしか利用されていない。

前々報<sup>3)</sup>及び前報<sup>4)</sup>において、著者は誘電率の変化を食品などの等級選別に应用することを目的に、マイクロ波を利用した市販の接触型誘電率測定プローブを使用し、エチレングリコール水溶液およびブドウ糖水溶液の濃度と誘電率の相関について調べた。その結果両者ともに相関があることがわかり、誘電率の変化を食品などの等級選別に利用できる可能性を示した。しかし、等級選別に应用するためには、非破壊・非接触で誘電率を測定することが求められる。

本報では前報の結果を踏まえて、非接触で誘電率の測定が可能かどうかを確認するため、誘電率が既知である水を測定対象物として、マイクロ波による誘電率の測定を試みた。測定にはタイムドメイン法を使用し、マイクロ波の反射時間差から屈折率を測定し、その屈折率から

比誘電率を計算した。その結果、良好な結果が得られたので以下にその概要を報告する。

### 2 実験方法

#### 2 - 1 原理

##### 2 - 1 - 1 伝搬時間と屈折率

図1において、マイクロ波が大気中や試料中を伝搬したとき、受信波の到達時間差と屈折率の関係は、試料の複素屈折率を  $n$  とすると、その実部  $n'$  と虚部  $n''$  を用いて  $n = n' - j n''$  と表される。そして、厚みが  $D$  の試料を透過するときの伝達時間を  $t$  とすると

$$t = n' D / c \quad (1)$$

となる。ここで  $c$  は光の速度である。

次に試料の各層境界からの反射波の到達時間を  $t_1$ 、 $t_2$  とし、試料の厚みを  $D$  としたとき、 $t_1$ 、 $t_2$  と  $n'$ 、 $c$  の関係は次式で与えられる。

$$t_0 - t_1 = 2 D / c \quad (2)$$

$$t_2 - t_0 = 2 (n' - 1) D / c \quad (3)$$

\* アクティブセンシングによる非破壊検査システムの開発（第1報）（地域活性化連携促進事業補助金技術開発研究事業）

\*\* 電子機械部（現在 岩手県立産業技術短期大学校電子技術科）、\*\*\* 電子機械部

ここで、 $t_0$ は試料が無い場合の金属板からの反射波の到達時刻である。 $t_0$ を基準としたときの相対的な到達時間をそれぞれ $t_1'$ 、 $t_2'$ として、上の2式より $D$ を消去すると、式(4)が得られる。

$$n' = 1 - t_2' / t_1' \quad (4)$$

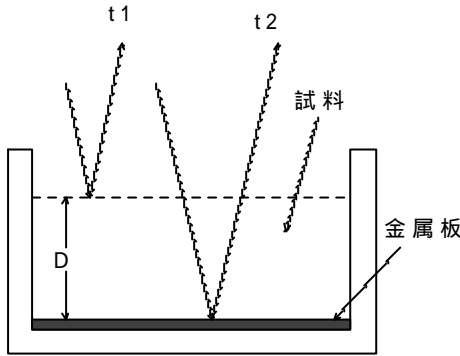


図1 円形容器を用いた屈折率の測定

よって、到達時間 $t_0$ 、 $t_1$ 、 $t_2$ を計測することにより、 $n'$ が求められる<sup>5)</sup>。

### 2-1-2 侵入の深さ

侵入の深さ  $p$ とは、電波が試料中に侵入し伝搬するとき、電波の電力が $1/e$ に減衰する深さを示す。 $k(z)$ を深さ $z$ の点における減衰定数とすると、 $z$ 点での電力は次式のようにになる。

$$P(z) = P_{(0+)} \exp \left\{ - \int_0^z k(z) dz \right\} \quad (5)$$

ここで、 $P_{(0+)}$ は試料の表面直下( $z = 0+$ )の点における電力である。これより、侵入の深さの定義から、

$$P(p) / P_{(0+)} = 1 / e \quad (6)$$

と表される。さらに、試料が均一で減衰定数が $k$ と見なせるとき $k(z) = k$ とおけるので、式(5)は次式のようにになる。

$$P(z) = P_{(0+)} \exp(-kz) \quad (7)$$

さらに、両辺をデシベル表示すると次式のようにになる。

$$10 \log P_{(0+)} - 10 \log P(z) = 4.343 kz \quad (8)$$

上式の右辺は、表面から深さ $z$ に侵入したときの電波の減衰量をデシベル表示したものとなる。これを (dB) とすると、侵入の深さ  $p$ の定義より

$$p = 1 / k = 4.343 z / \quad (9)$$

で与えられる。よって、侵入の深さは式(9)の $z$ に電波が試料を通過した距離 $D$ と、そのとき受ける減衰量 (dB) を  $\Delta$  に代入して求めることができる<sup>5)</sup>。

### 2-1-3 複素誘電率の計算

複素比誘電率  $\epsilon_r$  を実部  $\epsilon_r'$  と虚部  $\epsilon_r''$  を用いて  $\epsilon_r = \epsilon_r' - j \epsilon_r''$  と表すと、これらは次の近似式で求められる<sup>5)</sup>。

$$\epsilon_r' = (n')^2 \quad (10)$$

$$\epsilon_r'' = \frac{\sqrt{\epsilon_r'}}{2 p} \quad (11)$$

ここで、 $\lambda$  は電波の波長である。

### 2-2 屈折率測定方法

測定方法は、図1のように底面に金属板を貼付けた容器を用意し、水がある場合と無い場合のマイクロ波の反射時間をネットワークアナライザのタイムドメイン計測で測定し、反射時間の差から水の屈折率を求め、屈折率から誘電率を計算した。円形容器はアクリル樹脂製で外径30cm、内径29cm、深さ5cmで、底にはステンレス板を貼ってある。

測定周波数は6GHzから12GHzとし、送信出力は約10dBmとした。まず、ネットワークアナライザのポート1とポート2のケーブルを接続し、レスポンス校正のスルーの項目でキャリブレーションをとる。次にケーブルをホーンアンテナに接続し、水を入れない容器をホーンアンテナの中央に置き、一方のホーンアンテナから照射したマイクロ波が容器の金属底板に反射し、他のホーンアンテナで受信できるようにし、反射したマイクロ波の到達時間と強度を測定する。次に容器に試料の水を入れ、水面からの反射波と水を透過し金属底板からの反射波の到達時間と強度を測定する。このようにして、マイクロ波の到達時間の差と強度の差を計測する。なお、不要な電波の反射を避けるため、内部に電波吸収体を貼った電波無響箱内で測定を行った。実験に使用した機器を表1、実験装置の概要を図2、実験装置の写真を図3に示す。

表1 実験に使用した機器

項目	内容
測定周波数	6 GHz ~ 12 GHz
送信出力	約 10 dBm
ネットワークアナライザ	hp 8719D
出力増幅アンプ	hp 83006A
ホーンアンテナ	アステック 3115
使用ケーブル	sucoflex SF104-18

マイクロ波を利用した非接触による水の比誘電率測定

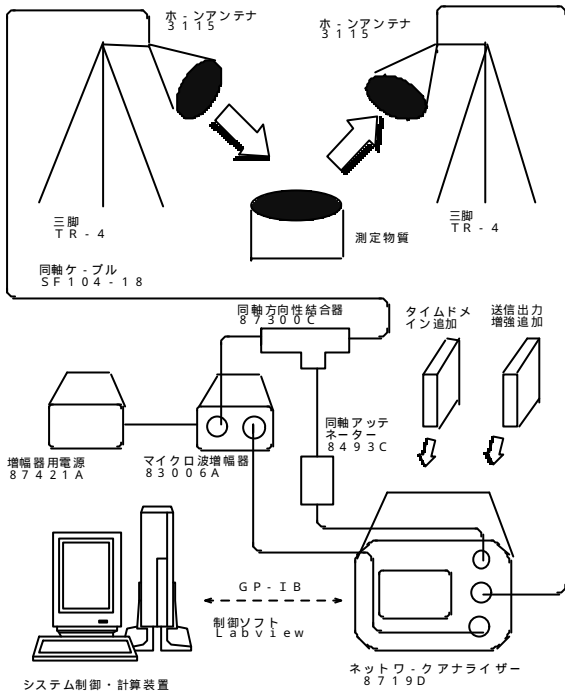


図2 実験装置の概要

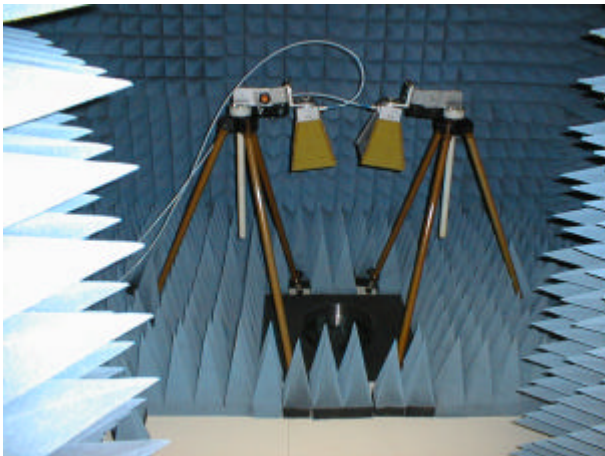


図3 実験装置の写真

3 実験結果

図4に容器が空の場合のタイムドメイン計測の結果を示す。横軸は送信アンテナから放射されたマイクロ波が反射し受信アンテナに到達するまでの時間を示す。縦軸は受信したマイクロ波の強度を示す。図4のピークM0は容器の金属底板で反射したマイクロ波を示しており、到達時間は12.593ns、受信強度は-57.74dBである。

図5に容器に水を入れた場合のタイムドメイン計測結果を示す。ピークM1が図4のM0より早い時間に計測されているが、これが水の表面で反射したマイクロ波であり、到達時間は12.401ns、受信強度は-59.82dBである。また、ピークM2は最も時間がかかっているため、水を透過し金属底板で反射したマイクロ波であり、到達時間は14.100ns、受信強度は-77.32dBである。以上の結果を表2にまとめて示す。

表2 各境界からの受信時間と受信強度

項目	記号	受信時間 (ns)	受信強度 (dB)
水が無い場合の金属板からの反射	M0	$t_0 = 12.593$	-57.74
水表面からの反射	M1	$t_1 = 12.401$	-59.82
水を透過し金属板からの反射	M2	$t_2 = 14.100$	-77.32

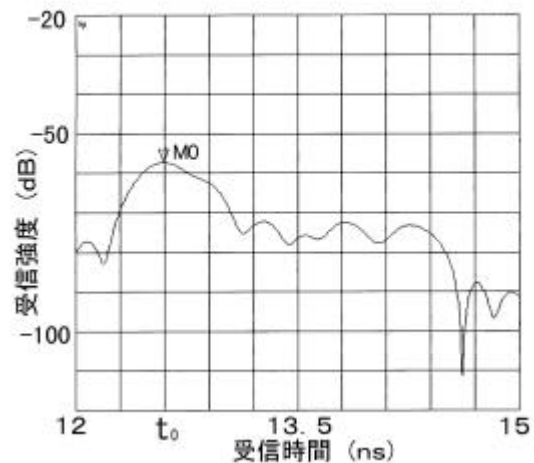


図4 水が無い場合のタイムドメイン計測結果

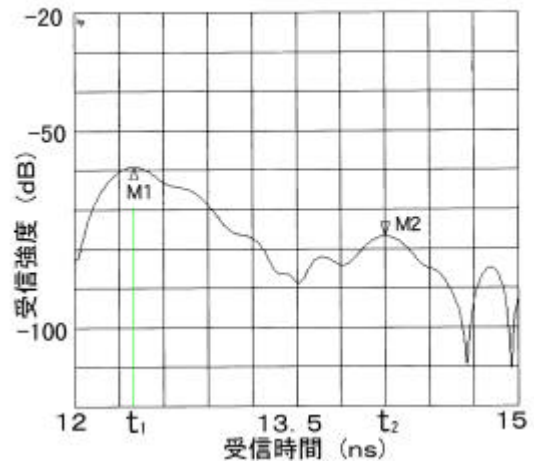


図5 水を入れた場合のタイムドメイン計測結果

4 考察

以上の実験結果から、比誘電率の計算を行った。図4の水がない場合の反射時間  $t_0$  を基準とした場合、図5の水の水面からの反射到達時間は次のようになる。

$$t_{1'} = 12.401 - 12.593 = -0.192\text{ns} \quad (12)$$

また、図5の水を透過した反射到達時間は次のようになる。

$$t_2' = 14.100 - 12.593 = 1.507\text{ns} \quad (13)$$

式(12)と式(13)の結果を式(4)に代入すると複素屈折率の実部  $n'$  は次式のようになる。

$$n' = 1 - 1.507 / (-0.192) = 8.85 \quad (14)$$

この値を式(10)に代入すると、水の比誘電率の実部  $\epsilon'$  は次式のようになる。

$$\epsilon' = (8.85)^2 = 78.32 \quad (15)$$

次に、図5のM1とM2のマイクロ波受信強度の差は、水を透過したことによるマイクロ波の減衰量(dB)である。従って  $\Delta$  は次のようになる。

$$\Delta = 77.32 - 59.82 = 17.50\text{dB} \quad (16)$$

また、実験に用いた水の深さは13.5mmであったため式(9)より侵入の深さ  $p$  は次式のようになる。

$$p = 4.343 \times 2 \times 13.5 / 17.50 = 6.70\text{mm} \quad (17)$$

よって式(11)より水の比誘電率の虚部  $\epsilon''$  は次式のようになる。

$$\epsilon'' = \frac{3 \times 10^8 / 9 \times 10^9 \times (78.32)^{1/2}}{2 \times 6.70 \times 10^{-3}} = 7.01 \quad (18)$$

ここで、マイクロ波の波長  $\lambda$  は測定周波数を6GHzから12GHzとしたため、中間の9GHzの値とした。純水の比誘電率は実部が約80、虚部が約 $12^3$ であることから、マイクロ波を使用し非接触で比誘電率の測定が可能といえる。

なお、図4及び図5において反射波のピークがなだらかで明確なピークを捉えにくい。これは、タイムドメイン法が周波数領域を時間領域に逆フーリエ変換していることに起因する。すなわち、分解能を上げるには掃引周波数の範囲を広げる必要があり、これにより測定精度の向上が期待できる。

## 5 結 語

今回の実験から、タイムドメイン法を使用して複素屈折率を求め、複素屈折率から複素誘電率を計算することで非接触で水の誘電率が測定可能であることがわかった。

今後、測定周波数範囲を広げてより高精度な測定を可能にするとともに、様々な誘電率や形状の測定対象についてデータを蓄積し、非接触検査法としての可能性について検討を行う予定である。

最後に、本研究を進めるにあたり種々の指導を戴いた電子技術総合研究所 光技術部 小見山耕司主任研究官に感謝します。

なお、本研究は中小企業庁地域活性化連携促進事業補助金技術開発研究事業により行われたものである。

## 文 献

- 1) 清水 康敬、杉浦 行：“電磁妨害波の基本と対策” (社)電子情報通信学会 PP.101-118(1995)
- 2) 橋本 修：“電波吸収体入門” 森北出版(株) PP.78-89(1997)
- 3) 熊谷 隆美：“岩手県工業技術センター研究報告第5号” PP.31-34(1998)
- 4) 熊谷 隆美：“岩手県工業技術センター研究報告第6号” PP.25-28(1999)
- 5) 橋本 修：“マイクロ波・ミリ波帯における測定技術” (株)リアライズ社 PP.125-130(1998)

## レーザー励起スクイド顕微鏡の提案\*

大坊 真洋\*\*、小高 正\*\*\*、熊谷 隆美\*\*\*\*、志子田 有光\*\*\*\*\*

室温に置かれた試料に対する従来のスクイド顕微鏡の空間分解能を改善するために、レーザー励起スクイド顕微鏡を提案する。試作機は半導体レーザー、高温超伝導スクイドグラジオメータ、セラミクス非磁性ステージ、ロックインアンプ、タイミング発生器、ビデオ光学系、パーソナルコンピュータで構成されている。10 $\mu$ mに集光したレーザーで室温に置かれたシリコンのPN接合を励起し、その磁気画像を得た。ガウシアンビームの理論によると、レーザーは波長と同程度まで集光することが可能なので、従来のスクイド顕微鏡と比較して10倍以上の空間分解能の向上が期待できる。さらに高温超伝導スクイドグラジオメータと位相検波法は、高価な磁気シールドを使用せずにノイズの多い環境から信号を抽出するのに有効である。これらの特徴は産業用途の実用的なスクイド応用機器として利用価値が高い。

キーワード：スクイド顕微鏡、レーザー、磁気画像、非破壊検査

## Proposal of Novel Laser Activated SQUID Microscope\*

DAIBO Masahiro\*\*, KOTAKA Tadashi\*\*\*, KUMAGAI Takami\*\*\*\*  
and SHIKODA Arimitsu\*\*\*\*\*

A novel LA-SQUID Microscope, Laser Activated SQUID Microscope, is proposed to improve spatial resolution of conventional SQUID Microscope for a specimen in room temperature. The LA-SQUID Microscope consists of a laser diode, a high Tc superconductor SQUID gradiometer, a non-magnetic ceramics x-y stage, a lock-in amplifier, a timing generator, a video system and a personal computer. We demonstrate optical magnetic images of silicon p-n junction in room temperature by focused laser beam which has 10 $\mu$ m beam waist. According to the theory of Gaussian beams, the laser beam can be focused as small as its wavelength. Therefore spatial resolution of LA-SQUID might be 1/10 or much smaller than the conventional passive SQUID Microscope's one. Furthermore, HTS SQUID gradiometer and the lock-in phase detection are effective to extract signal from noisy environments without high cost magnetic shielding room. These features are useful for practical applications of SQUID in industrial use.

key words: SQUID Microscope, Laser, Magnetic Image, Non-destructive Evaluation

### 1 緒 言

#### 1-1 スクイドの基本原理解

磁気は、荷電粒子が空間的に速度を持つことによる相対論的な時空間の歪みとして考えることができ、一般的には電流や電荷スピンの説明される。磁気計測では、物質の様々な物理的状態を反映した情報を、離れた場所からセンシングすることが可能であることから、産業的な応用性が高い計測方法である。

さて、現在のところ磁気センサーの中で最も感度が高いものは、超伝導量子干渉素子(Superconducting Quantum Interference Device : SQUID (スクイド))である。典型的なスクイドであるDC-SQUIDの基本原理解<sup>1,2)</sup>を図1で説明する。超伝導体(抵抗がゼロ、完全反磁性)が、薄い常伝導体(抵抗/絶縁状態)で接続されたものをジョセフソン接合と呼ぶが、その接合が2つ配置されているのがDC-SQUIDの特徴である。ジョセフソン接合では、超伝導体の担体(クーパ対)の波動関数が常伝導領域を通して対向する超伝導体へ浸みだしてあり、互いに干渉し合

う。この干渉の周期は磁束量子  $\phi_0 = h/2e$  で量子化される。ここで、 $h$ はプランク定数、 $e$ は素電荷である。 $I_B$ を動作点として磁束を変化させていくと、スクイドの電圧は図1(c)のように非線形に振動する。磁束量子  $\phi_0$ の値は  $2.07 \times 10^{-15}$  Wb という非常に小さい量であるが、磁束ロック回路(Flux Locked Loop : FLL)によってスクイドが一定の動作点になるように帰還をかけると、さらに1万分の1以下の極微弱な磁場の検出が可能になる。

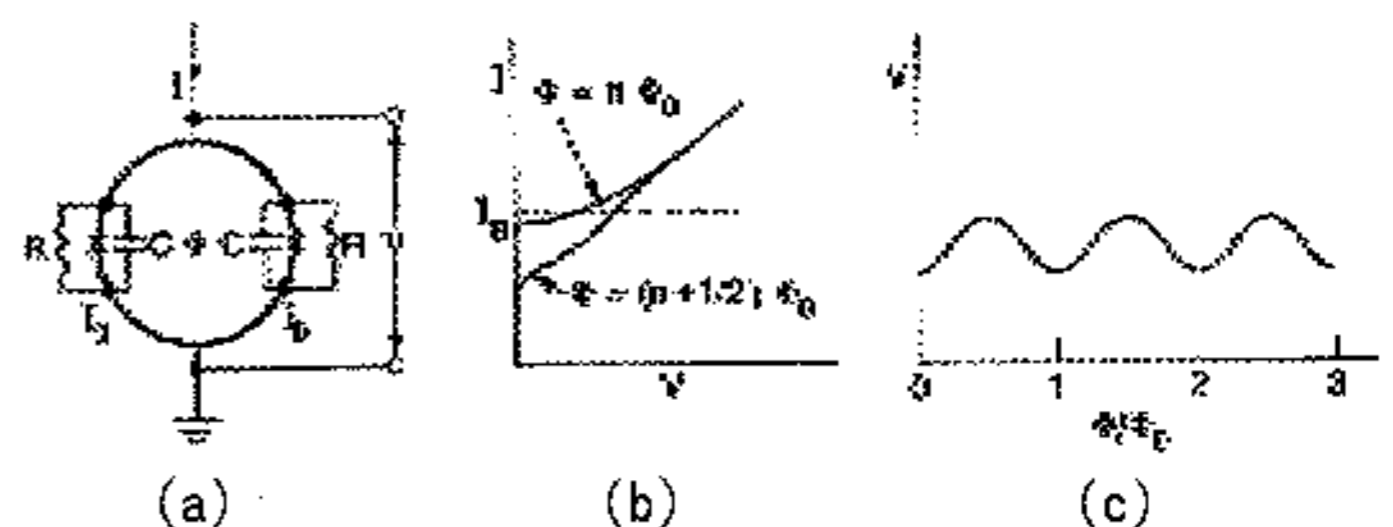


図1 (a)DC-SQUID回路；(b)電圧電流特性；(c)磁束電圧特性 (出典<sup>1)</sup>)

\*アクティブセンシングによる高度非破壊センシング(第一報)(公設試共同研究推進事業)

\*\*電子機械部、\*\*\* (株)アオバサイエンス、\*\*\*\*現在 岩手県産業技術短期大学校電子技術科、

\*\*\*\*\*岩手医科大学教養部

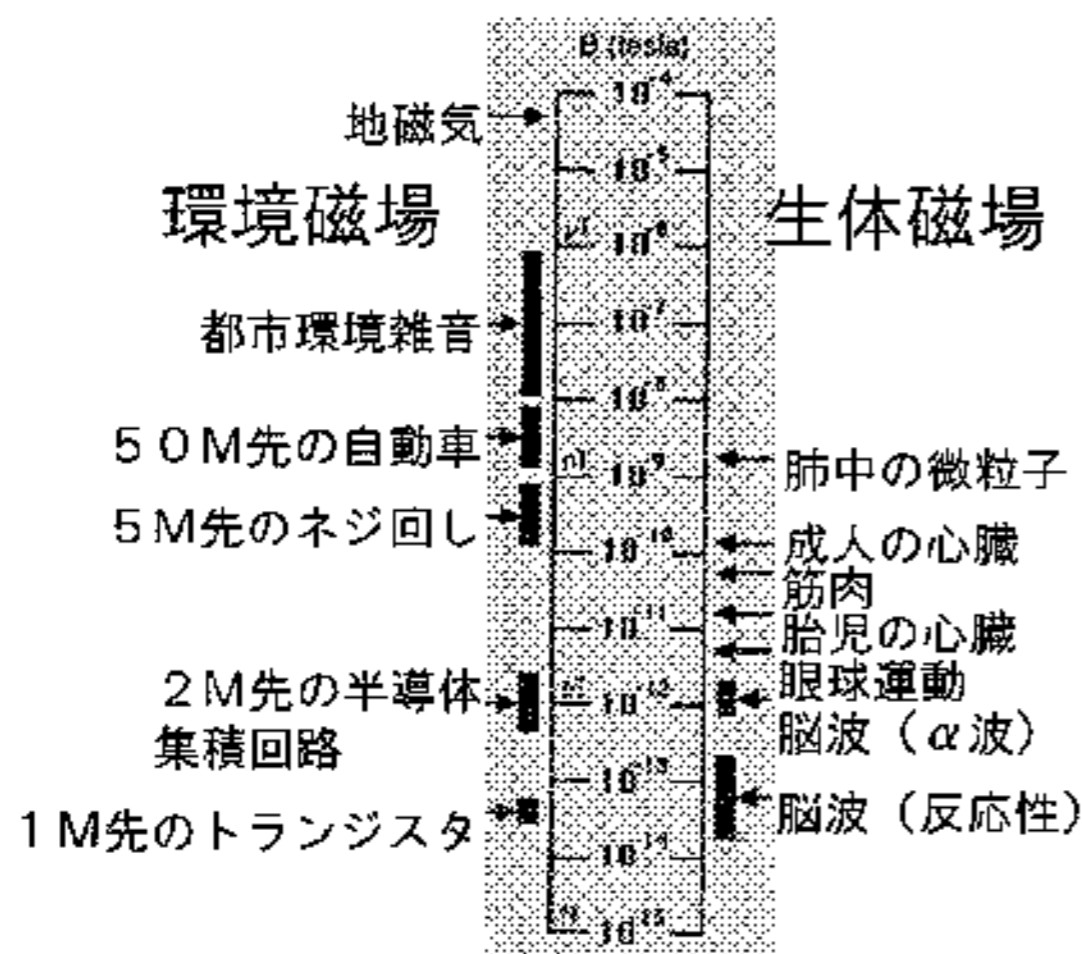


図2 さまざまな対象の磁場強度 (出典<sup>1)</sup>を加工)

1-2 スクイドの応用化への状況

図2に様々な対象が発生する磁場の強度を示した。スクイドを使うと脳や心臓が発生する数十 fT (フェムトテスラ) レベルの極微弱な磁場をも検出可能であり、医用の生体磁気計測はスクイド応用の大きな分野になっている。ところがスクイドは他の磁気センサーと比較して、感度やダイナミックレンジの点で圧倒的に有利であるにもかかわらず、生体磁気計測以外の一般的な産業用途への応用はそれほど進んでいなかった。この原因として、液体ヘリウムによる極低温(4K)冷却が必要になることと、感度が高すぎるゆえに環境磁場の変動から遮蔽する高価な磁気シールドルームが必要となることがあげられる。実用化の立場からみると、これらの経済的、心理的負担の要素は大きい。

しかし近年ではスクイドを取り巻く環境が変わってきた。高温超伝導体の発見から14年余りが過ぎ、高温超伝導体を使ったスクイドが市販され始めた。高温超伝導では高価な液体ヘリウムによる冷却が不要となり、温度77Kの安価な液体窒素による冷却で動作可能となる。最近ではさらに技術開発が進み、高温超伝導体においても、ラジオメータと呼ばれる差同型コイルを備えシールドルームのない一般的な環境磁場中でも安定に動作可能なスクイドが入手できるようになってきた。

そこで我々は、産業分野においても高温超伝導スクイドの応用について具体的に検討<sup>3)</sup>する時期に達したと判断し、スクイド応用非破壊検査装置の開発に着手した。本論文では、レーザーとスクイドを組み合わせ、微細な領域の磁気的な分布を画像化するレーザースクイド顕微鏡を提案し、試作機とその実験結果について報告する。

2 実験方法

2-1 従来のスクイド顕微鏡の問題点

スクイドと対象物を相対的に走査して、対象物の微弱な磁場分布を計測する非破壊検査装置<sup>4-7)</sup>やスクイド顕微鏡<sup>8-10)</sup>は、金属構造体の検査や材料開発の分野で注目すべき成果をあげている。しかし従来のスクイド顕微鏡には、次にあげる課題が残されていた。

(1)室温の試料を高い空間分解能で観測できない。空

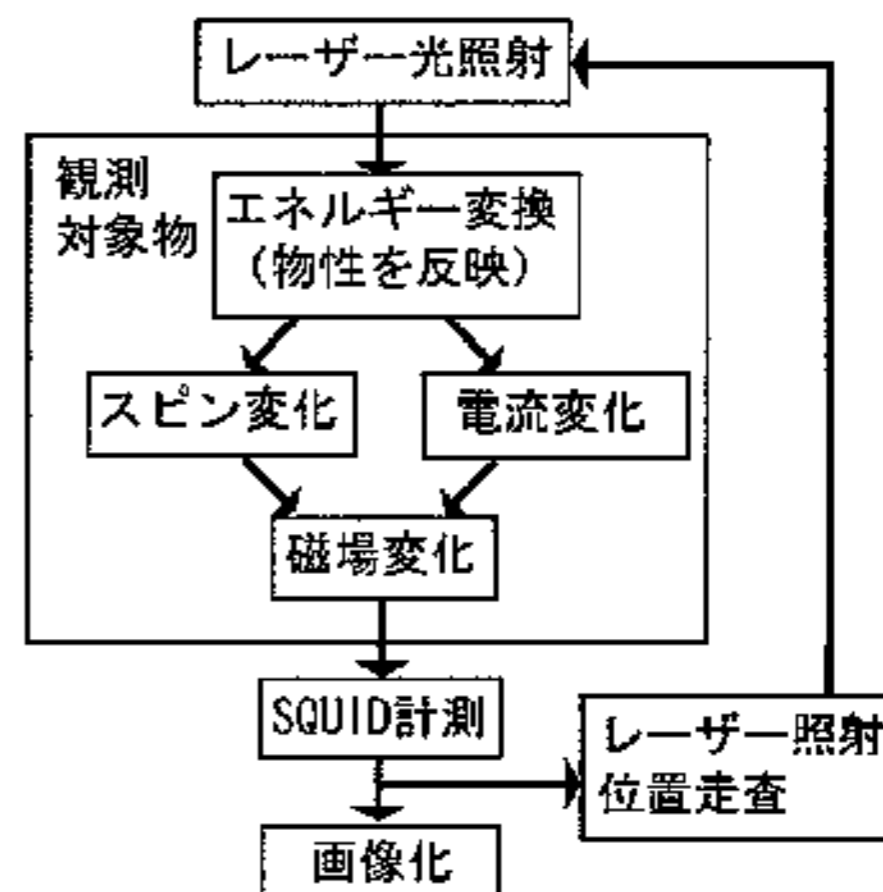


図3 測定原理のフローチャート

間分解能を高くするには、スクイドの検出コイル径  $r$  を小さくすること、スクイドと試料の距離  $d$  を小さくすることの両方を同時に満たす必要がある。 $d$  を小さくしようとしても、スクイドを低温環境にするには室温の試料との間に真空断熱層が必要となり、これにより制限を受ける。この距離  $d$  は2 mm程度が実用的な限度であり、これ以下にすると輻射熱による冷媒の蒸発速度が急激に増大する。一方  $r$  を小さくし過ぎると感度が低下するのでスクイドの長所を失ってしまう。スクイドの空間分解能は、 $r$  または  $d$  の大きい方でほぼ決定される。

(2)ノイズと信号の分離が困難である。スクイドは感度が高いが環境磁場ノイズまで拾ってしまうので、通常は磁気シールドルームが必要である。磁気シールドルームはパーマロイ等の高透磁率材料を多層化した構造を有しており非常に高価である。

2-2 レーザー励起スクイド顕微鏡の原理

これら従来の問題点を解決するために、我々は集光したレーザーを対象物に照射し、そこで誘発される磁場をスクイドで高感度に観測するレーザー励起スクイド顕微鏡を提案する。動作原理のフローチャートを図3に示す。レーザー照射により磁場の変化が誘発されるメカニズムとして、磁性そのものが変化する場合と、電流が発生して磁場が変化する場合がある。レーザースクイド顕微鏡では、磁場が発生する場所がレーザー焦点を中心とする微小領域に特定できるため、試料とスクイドを極限まで近づける必要がない。それによって室温の対象物に対しても、従来のスクイド顕微鏡の10倍以上の空間分解能を得ることが可能である。さらに、変調をかけたレーザー光を用いることによって、位相検波法が利用でき、磁気シールドルーム無しの環境でも使用可能である。

3 結果

まず基礎原理を確認する実験として、集光していないレーザー光( $\lambda=640\text{nm}$ ,  $p<3\text{mW}$ )を太陽電池セルに照射し、誘起された磁場をスクイドで計測した。その結果を図4に示す。太陽電池セルの電極に負荷抵抗を接続し、検出磁場の負荷抵抗依存性を調べた。負荷抵抗を大きくしていくと外部回路に流れる電流が小さくなり、測定磁場も

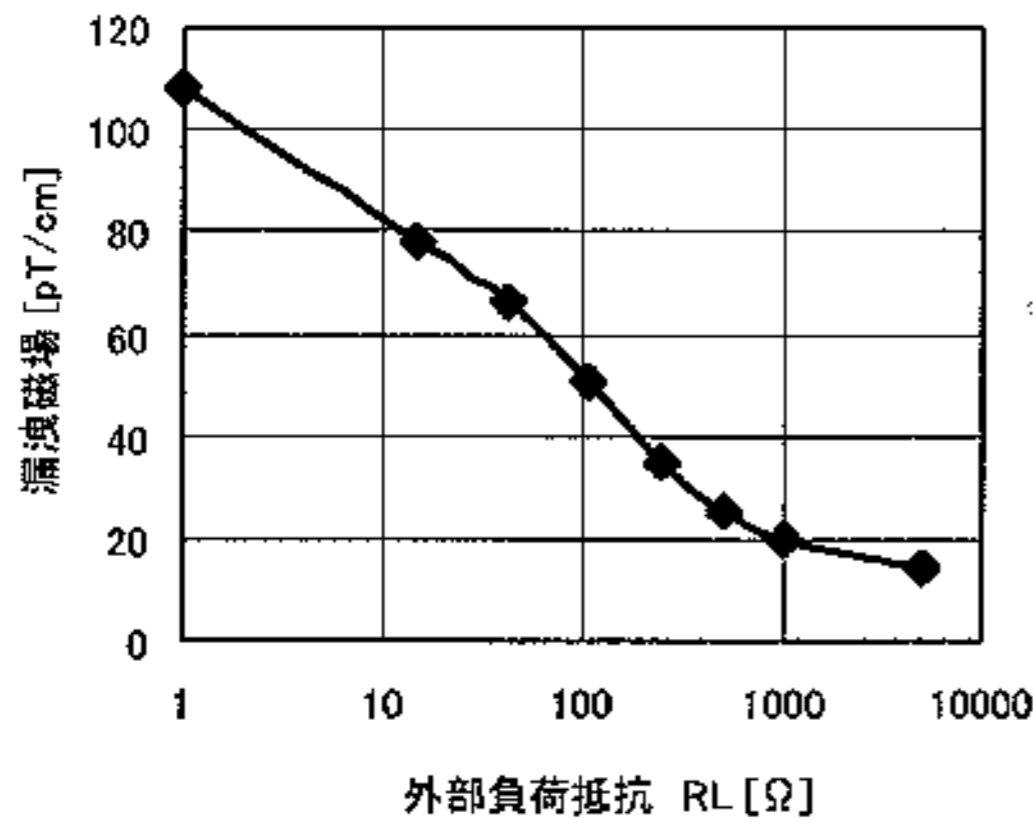


図4 太陽電池負荷と漏洩磁場の関係

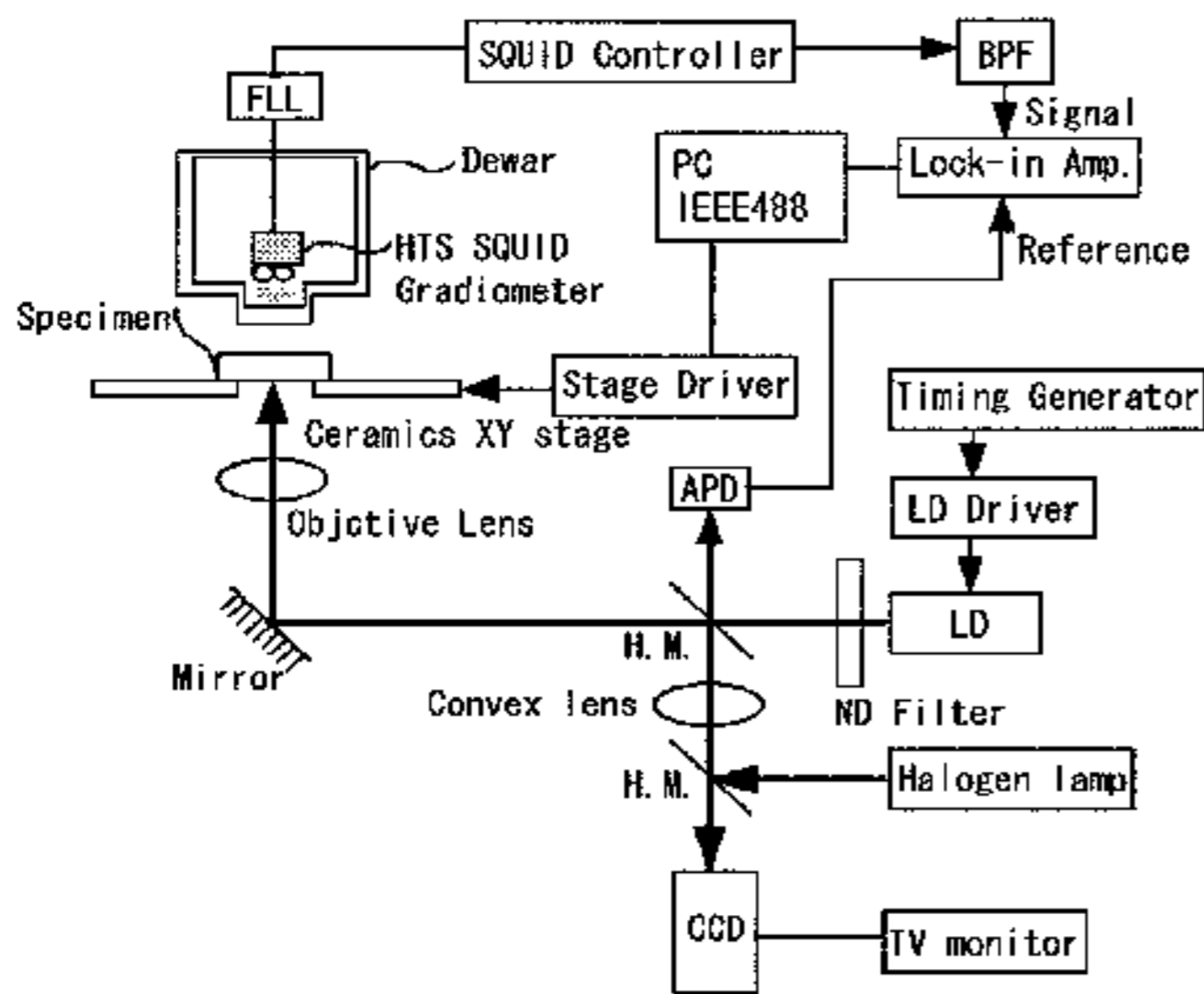


図5 システムブロック図

小さくなった。電極を開放にした場合でも有限の磁場 13 [pT/cm] が観測された。この磁場は、空乏層で生成した電子正孔対が周辺で再結合する電流成分によるものと考えられる。外部回路無し状態で太陽電池内部を循環する電流を検出できた。この結果は磁気シールドを使用しない通常環境磁場中で得たものである。

図5にレーザー励起スクイド顕微鏡のシステムブロックダイヤグラムを示す。試作したレーザースクイド顕微鏡のスクイド部、光学系のセットアップ、全体外観をそれぞれ図6、図7、図8示す。この顕微鏡ではレーザーの焦点サイズが空間分解能を決める重要な要素になる。図9にレーザーを集光した結果を示す。グリットの間隔は10 $\mu$ mであり、現段階で約10 $\mu$ mまで集光できていることが確認できた。

図10にはレーザー励起スクイド顕微鏡で計測したシリコンチップのPN接合部の磁気画像の一例を示す。同図(a)は磁場勾配の振幅、(b)は位相である。数百 fT/cm ~ 1pT/cm 程度の微弱磁気信号を、16x16画素、20 $\mu$ mの空間分解能、磁気シールド無しの環境で画像化できた。同図(a)で縦方向に走っている境界は、ビデオ光学系で可視光観察したPN接合位置と一致しており、光電効果による電流を反映した磁気画像が得られている。

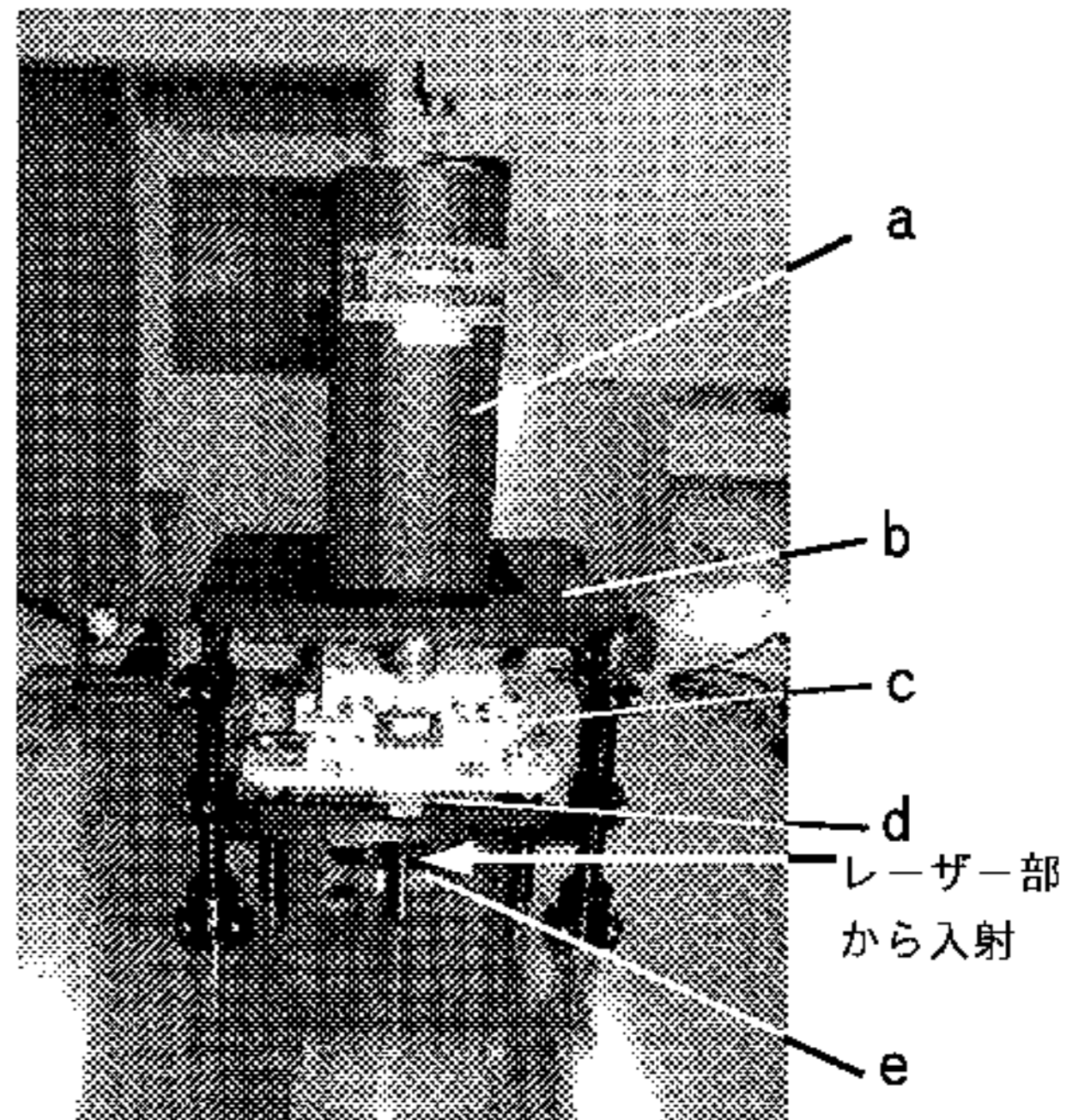


図6 レーザースクイド顕微鏡 (スクイド部)

a:高温超伝導スクイドグラジオメータ, b:スクイドXYステージ, c:セラミクスXYステージ, d:対物レンズ, e:ミラー

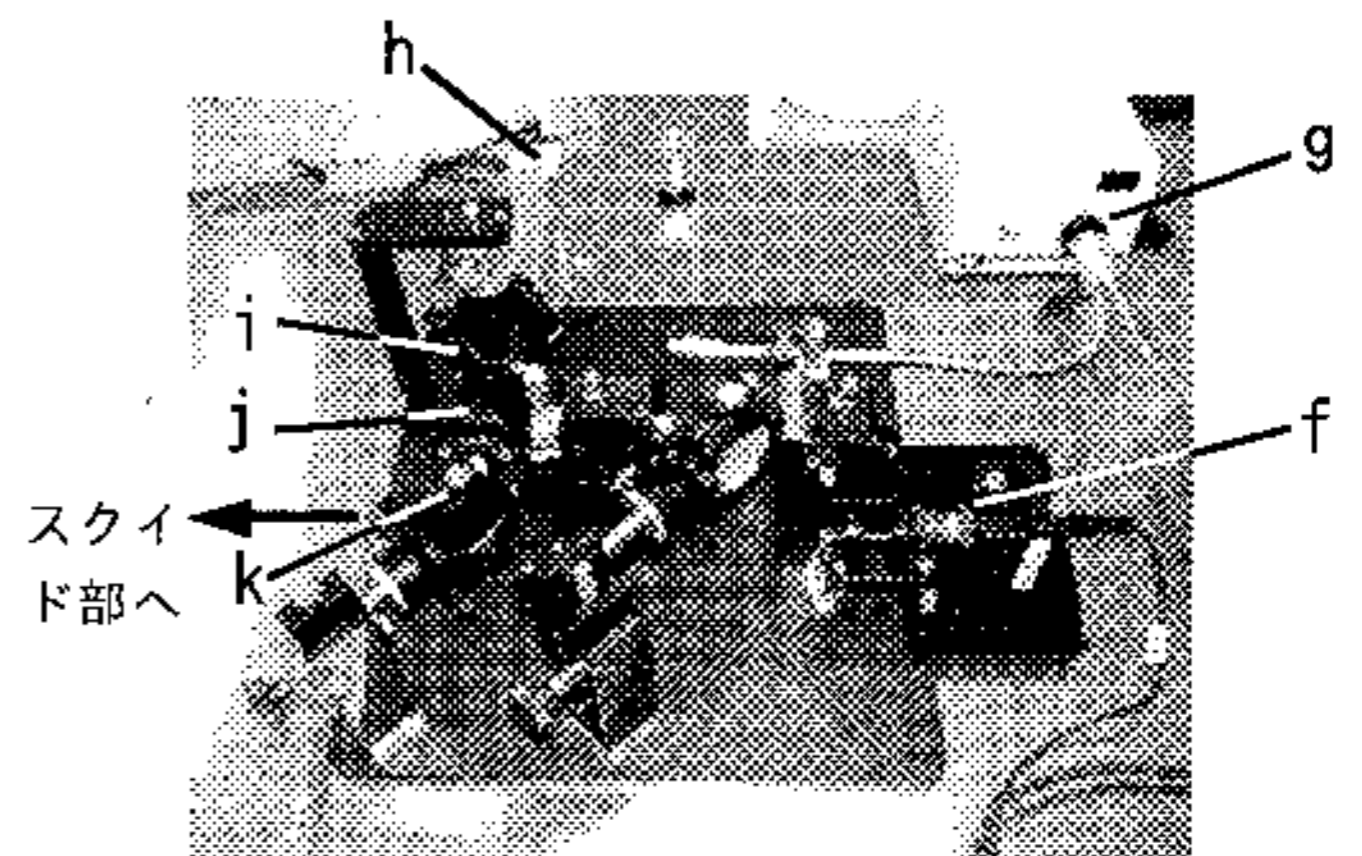


図7 レーザースクイド顕微鏡 (レーザー部)

f:半導体レーザー, g:キセノンランプ, h:CCDカメラ, i:ハーフミラー, j:リレー凸レンズ, k:ハーフミラー

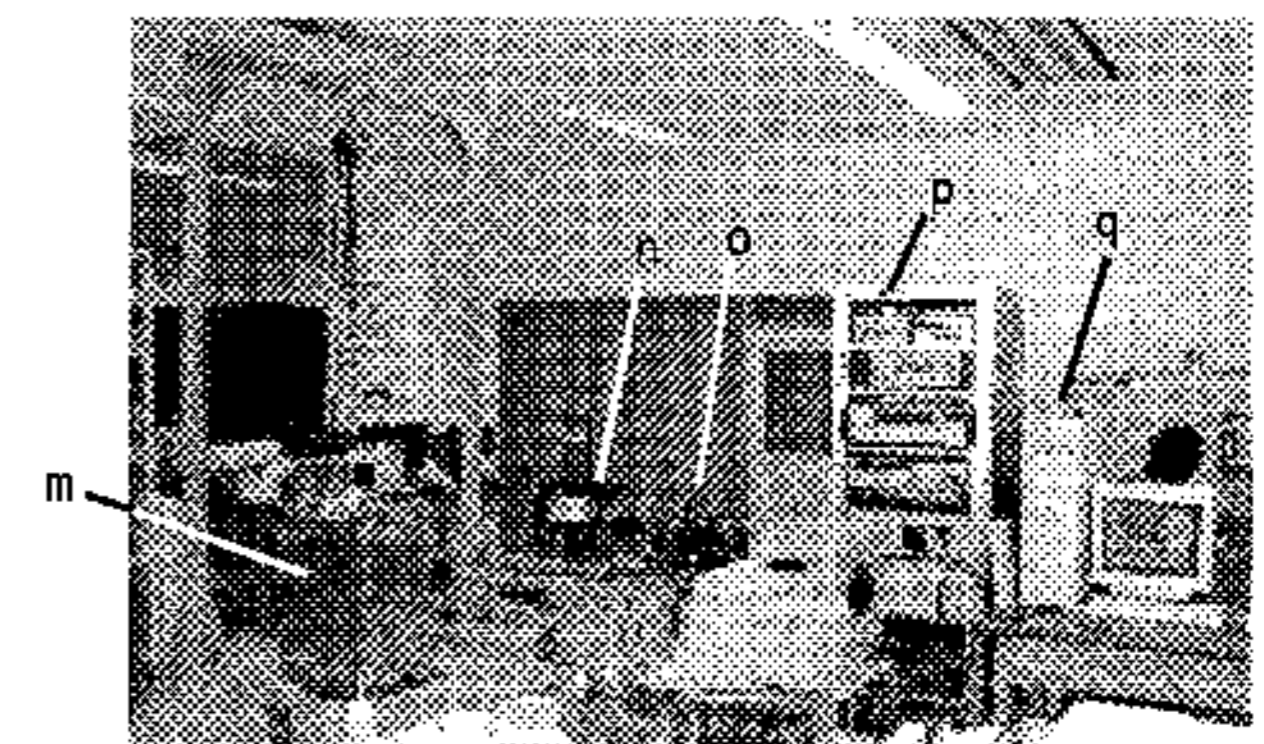


図8 システム全体外観

m:磁気シールドボックス, n:スクイド部, o:レーザー部, p:ロックインアンプ・制御部, q:PC

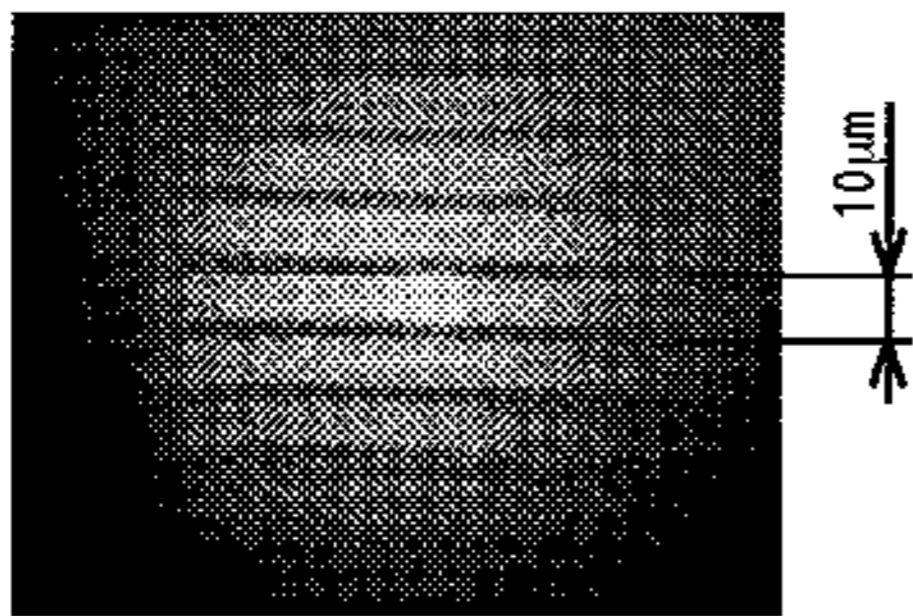


図9 レーザー集光結果

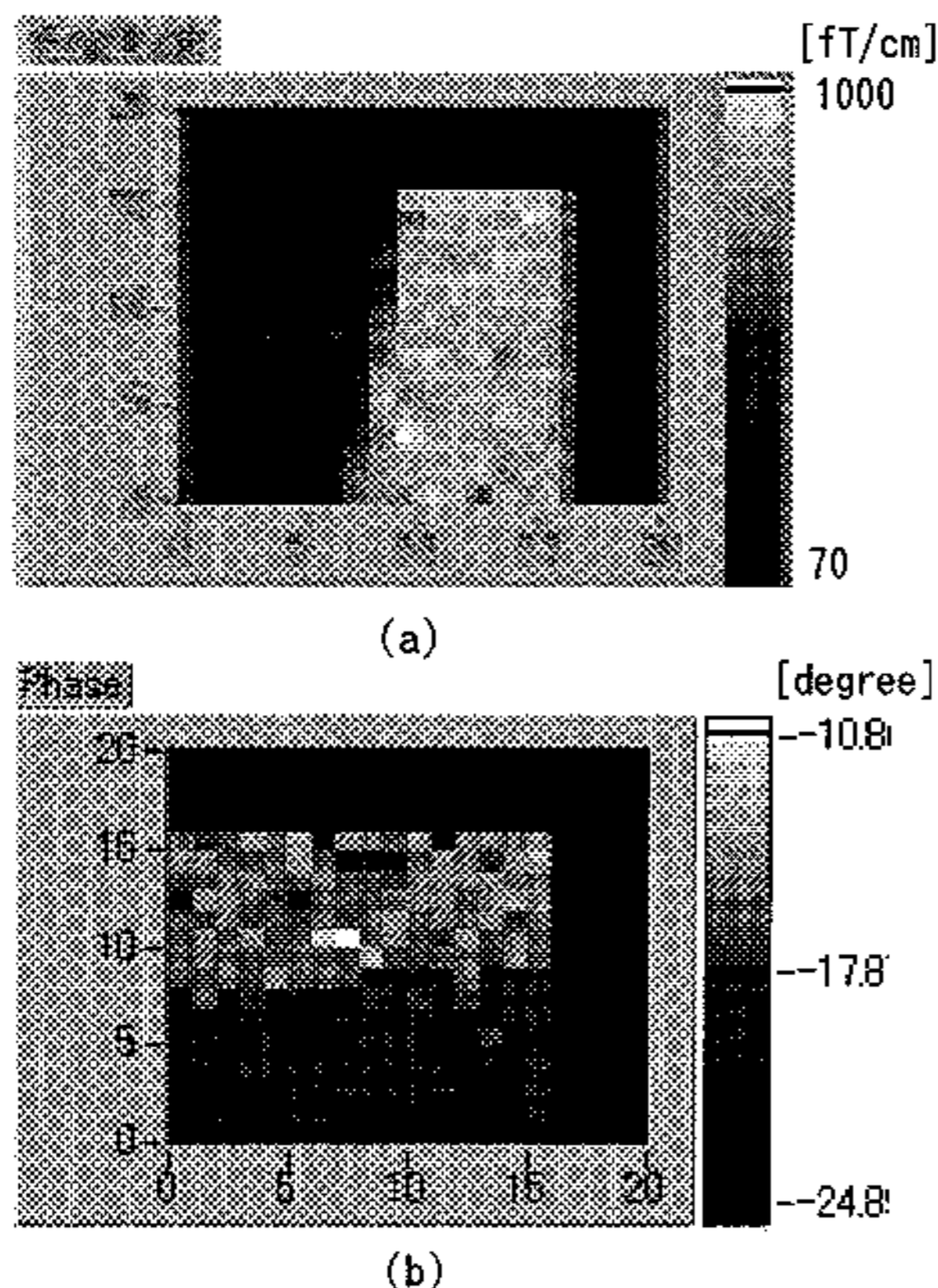


図10 シリコンチップのPN接合部を光誘発磁気画像化した結果

(a)磁場勾配の振幅[fT/cm], (b)磁場勾配の位相[degree]、実験条件:画素数16x16、画素ピッチ20μm、入射光パワー83μW、波長630nm、パルス周波数3kHz

#### 4 結 論

集光したレーザーで対象物を励起し、微小領域で誘発された磁場を超伝導量子干渉素子(スクイド)で計測し画像化する原理のレーザー励起スクイド顕微鏡を提案した。ハードウェアおよびソフトウェアの試作を終え、システムの稼動を開始した。検査対象物としてシリコンチップのPN接合を観察した場合、磁気シールドの無い条件でも、数百fT/cmの微弱磁場を20μmの空間分解能で画像化することに成功した。本システムは従来のスクイド顕微鏡の少なくとも10倍以上の空間分解能を実現しており、室温や高温状態にある対象物の極微弱な磁気分布を画像化する為に有効である。

研究を進めるにあたり有意義なディスカッションをしていただいた岩手大学工学部 吉澤正人 教授に感謝

申し上げます。また、試験試料としてシリコンチップを提供して下さった東北学院大学工学部 木村光照教授に感謝致します。

なお、本研究は中小企業庁地域活性化連携促進事業補助金技術開発研究事業と、一部 科学技術振興事業団岩手県地域結集型共同研究事業「生活・地域への磁気活用技術の開発」の援助を得て行われたことを記して、関係者への謝辞とします。

#### 文 献

- 1) Harold Weinstock: SQUID Sensors: Fundamentals, Fabrication and Applications, Kluwer Academic Publishers, NATO ASI Series,329, 999 (1995).
- 2) J. H. ヒンケン著、菅野卓雄訳: 超伝導エレクトロニクス、シュプリンガー・フェアラーク東京(株)
- 3) 吉澤正人: 超伝導体の小規模応用としてのSQUID(超伝導量子干渉素子)の活用, Chemical Sensors, 15(4), 122-130 (1999).
- 4) Naoko Kasai, Kazuo Chinone, Satoshi Nakayama, Akikazu Odawara, Hiroshi Yamakawa and Noboru Ishikawa: Nondestructive Magnetic Detection of Plasticized Area Using Superconducting Quantum Interference Device, Jpn. J. Appl. Phys.,37, 5965-5970 (1998).
- 5) Kazuo Chinone, Satoshi Nakayama, Toshimitsu Morooka, Akikazu Odawara and Masanori Ikeda: Scanning DC-SQUID System with High Spatial Resolution for NDE, IEEE Trans. on Appl. Superconductivity,7(2), 3271-3274 (1997).
- 6) M. L. Lucia, R. Hormann, H. Soltner, H. -j. Krause, W. Wolf, H. Bousack, M. I. Faley, G. Sporn and A. Binneberg: Operation of HTS SQUIDS with a Portable Cryostat: a SQUID System in Conjunction with Eddy Current Technique for Non-Destructive Evaluation, IEEE Trans. Appl. Superconductivity,7(2), 2878-2881 (1997).
- 7) A. Haller, Y. Tavrín, H. -j. Krause: Eddy-Current Nondestructive Material Evaluation by High-Temperature SQUID Gradiometer Using Rotating Magnetic Fields, IEEE Trans. Appl. Superconductivity,7(2), 2874-2877 (1997).
- 8) M. B. Ketchen and J. R. Kirtley: Miniature vector magnetometer for scanning SQUID microscopy, IEEE Trans. Appl. Superconductivity,5, 2137-2141 (1995).
- 9) Toshimitsu Morooka, Satoshi Nakayama, Akikazu Odawara and Kazuo Chinone: Observation of Superconducting Device Using Magnetic Imaging System with a Micro-DC Superconducting Quantum Interference Device Magnetometer, Jpn. J. Appl. Phys.,38, L119-L122 (1999).
- 10) Tatsuoki Nagaishi and Hideo Itozaki: High Tc SQUID microscope head for room temperature sample, Proc. of 12th International Symposium on Superconductivity, FD-16, Morioka Japan, 65 (1999).



## 金型工程管理システム\*

若槻 正明\*\*、堀田 昌宏\*\*、和合 健\*\*\*、  
飯村 崇\*\*

生産を円滑に行う上で工程管理ならび日程計画は大事なことである。特に、製品の多様化や製品サイクルの短命化による金型コストの低減や納期短縮の要請に対応するためには、各工程における現時点以降の負荷を予測し、その状況に応じて対応策を検討する必要がある。しかし、金型製作の現場では詳細な日程計画が組まれることがなく、無計画に近い生産となっている。このことから、パソコンで金型製作工程の流れが容易に把握できるPERT (Project Evaluation and Review Technique) を応用したスケジューリング手法による金型の工程管理システムを開発した。

キーワード：工程管理、スケジューリング、PERT、金型

## Development of Scheduling System for Die Manufacturing

WAKATUKI Masaaki, HOTTA Masahiro, WAGO Takeshi,  
and IIMURA Takashi

The process control and the scheduling are very important to manufacture products smoothly. Especially, it is necessary to foresee loads at the time in future from now and to find the appropriate conditions for the managing or handling at case by case, in order to comply with users requests to decrease die cost and lead time due to the variety and short life cycle of products. But they almost do not have any detail daily production planning for die manufacturing, so it starts to run without schedules. Therefore, we have developed a system of making the schedule for die manufacturing with personal computer, which is applied the method of PERT, and it is easily to understand the flow of the manufacturing process of die.

key words: Manufacturing Management, Scheduling, PERT, Die Manufacturing

### 1 緒 言

生産を円滑に行う上で工程管理ならび日程計画は大事である。特に、製品の多様化や製品サイクルの短命化による金型コストの低減や納期短縮要請に対応するためには、各工程における現時点以降の負荷を予測し、その状況に応じて対応策を検討する必要がある。

中小金型企業で行われている日程計画作成は、通常一人か二人の金型製作に精通した作業者が、経験などをもとに図面から工程展開し、作業時間の割付、各作業工程の納期

設定するという流れで行われている。しかし、金型は一品生産が多く、月の生産部品点数は数百を超え、工程数では数千工程にも及ぶ。したがって、人手による日程計画では、数千にも及ぶ工程への展開と作業時間の割付を行うのが精一杯で、それぞれの部品製作の流れや作業工程のかち合いなどを検討する余裕はない。このため、無調整の作業着手となり、急ぐ必要のない作業を先行したり、納期直前に未製作部品が判明したり、また、いくつもの工程で作業のかち合いが生じ、長時間かけて行った段取りを崩し作業のし

---

\* 次世代金型製造プロセスに関する研究開発 (ベンチャー企業育成型地域コンソーシアム研究開発事業)

\*\* 電子機械部

\*\*\* 電子機械部 (現在 企画情報部)

直しが強いれたり、本来なら不要な残業が強いれたり  
と常に非効率的な作業で追われ混沌としているのが現状で  
ある。このことから、金型製作の流れ全体が把握でき、各  
工程のかち合いの判定も行え、進捗や実績を反映した柔軟  
な日程計画が組める PERT( Project Evaluation and Review  
Technique )を応用した工程管理システムの開発を行った。

2 PERT手法を応用した金型のスケジューリング  
一般に、機械加工などの工場でのスケジューリングはガ  
ントチャートと呼ばれるジョブショップ型のスケジュー  
リング手法を用いられる。しかし、この方法は複数の工程に  
またがった日程管理や部品間相互の関係が把握しづらいと  
いう欠点がある。金型は多くの部品から構成されるため、  
それぞれの部品製作の進行がその金型の納期へ大きく影響  
を及ぼす。したがって、ガントチャートなどのような単一  
工程のみを対象としたスケジューリング手法は、金型の納  
期管理には不向きである。このことから、個々のジョブ間  
のつながりが良く把握できるプロジェクトスケジューリ  
ング手法の PERT に着目し、一つの金型製作を一つのプロ  
ジェクトと見立てることにより、この手法を金型のスケジ  
ューリングへ適用することを検討した。しかし、日々新たな  
金型製作が要求され、それには同一の機械が使用され、作  
業の重複なども考慮しなければならないことから、単一  
プロジェクトを対象とした PERT 手法をそのまま金型のスケ  
ジューリング手法として採用することはできない。そこで  
この PERT 手法を金型製作のスケジューリングに適用する  
方法について検討し、以下のような納期決定アルゴリズム  
による金型スケジューリング方法を決定した。

金型の最終納期から組立手順を基に着手開始日方向  
に工程と標準時間を割り付ける。

汎用機とNC機に分け、時間内に作業可能かどうかを  
しらべ、作業不可能であれば、余裕時間の範囲内で作  
業を移動する。

作業開始から終了まで最も時間のかかる経路(クリ  
ティカルパス)を捜す。

各工程の余裕時間を算出する。

作業投入が不可能な工程があれば余裕時間の範囲内  
で作業を移動する。

工程の負荷の算出を行う。

金型製作PERTの完成。

また、運用についての基本則として

作業時間は予め決定されるものとする。

段取りは作業時間を含むものとする。

同一種機械が複数台ある場合の工程の作業能力は、

特に定めない限り複数台の合計時間とする。

部品組立の手順は予め定められるものとする。

部品組立は一つの部品に一つの組立作業を配置する。

### 2-1 作業の割り当て配置

本手法を用いて金型の製作工程を割り付ける場合の例を  
図1、図2により説明する。図1に示すような製作工程手  
順と作業時間を持つ部品<01001>、部品<01002>、部品  
<01003>と、その組立工程からなる金型があるとする。こ  
の場合、まず計画日と納期日を設定し、最終工程から計画  
日方向へ作業の割付を行う。この例では組立が2工程に分  
かれていたので、その最終のAS2を納期に間に合うように  
配置し、つづいて同じ組立工程の初めの工程であるAS1  
をAS2の前へ配置する。部品の配置順はどれが先でもよい  
が、予めそれぞれの部品と組立工程の手順が決まられてい  
る必要がある。ここでは部品<01001>が組立AS1を行う際  
に必要な部品であるとする、これも組立工程を配置した  
と同様に部品<01001>を製作する工程の最終工程のNCEDM  
から配置する。この後は組立工程と同様、M2、MCと割付  
け、部品<01001>の配置を完了する。また、部品<01002>  
も同様にJG、LP、TGの順に順次配置する。さらに、部品  
<01003>については組立工程AS2で使用するものであるか  
ら、このAS2に連結する配置とする。

部品 01001			部品 01003		
順位	工程	標準時間	順位	工程	標準時間
1	MC	240	1	TG	300
2	M2	120	2	PG	300
3	NCEDM	300	3	SG2	180

部品 01002			組立		
順位	工程	標準時間	順位	工程	標準時間
1	TG	180	1	AS1	180
2	LP	120	2	AS2	120
3	JG	240			

図1 金型部品と製作工程、製作時間の例

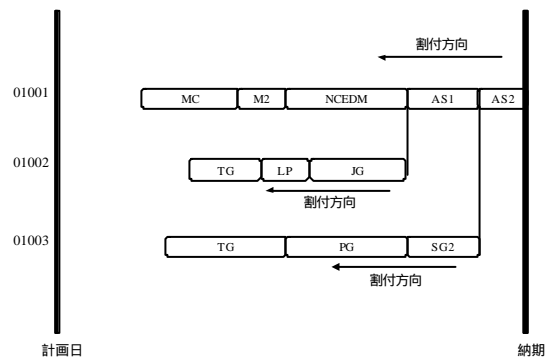


図2 作業の割付方法

2 - 2 作業の可能性ならびに余裕の検出

通常の昼日勤務形態の場合は、作業が深夜となる時間帯は避けなければならない。(休日も同様の扱い)したがって、この段階で作業不能時間帯の作業工程を検出する。図3において、部品<01001>の NCEDM と部品<01002>の JG は NC 機であり、無人作業が可能な工程であるが、部品<01003>の PG は汎用機であり作業員張り付きによる作業が必要な工程である。したがって、この作業不能時間帯の作業を作業可能な時間帯へと再配置しなければならない。この場合、計画日(着手日)から作業開始までの時間に余裕があることから、計画日方向へ移動することにより作業不能時間帯を回避する。ただし、この再配置においてはその加工手順が守られること、及び計画日(着手日)から納期日の間にあってこれらの範囲をはみ出ないことが条件となる。そして、この再配置の結果生じた作業空白の時間帯は作業余裕時間となる。また、この作業余裕時間は再配置後の PG の作業余裕ではなく、その後工程の SG2 の作業余裕であり、条件付き余裕時間である。

2 - 3 クリティカルパスの検出

このように、作業不能時間帯を含めた全作業の配置、再配置が完了した時点で、最も作業時間の長い工程を検出する。これが、この金型製作において最も作業余裕の少ない部品製作工程であり、クリティカルパス(Critical Path)に相当し、このパス上の作業がこの金型納期を左右する重要な工程となる。(図3)つまり、このクリティカルパス上の作業の遅れは、即金型そのものの納期遅れに結びつくことを意味する。なお、これ以外の部品については、クリティカルパスの-span内での作業着手余裕を持つことになる。また、この段階での計画日(現在の日時)に対する余裕は作業着手までの余裕となり、その作業余裕範囲内でのパス上の作業を割り当てることが可能である。

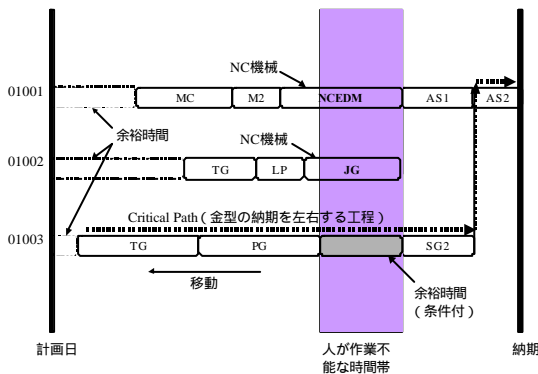


図3 作業の可能性、余裕、クリティカルパス

2 - 4 作業の重なりと負荷の算出

一般に、PERT が用いられるプロジェクト計画では、個々の作業は一過性であるが、機械加工では一つのプロジェクトに同一内容の作業工程がいくつも存在する。また、通常のプロジェクト計画では、必要に応じて設備や人を配置できるが、機械加工では、設備や人は固定的であり、その工程が保有する作業能力(容量)を超える作業は不可能である。さらに、プロジェクト型の場合、単一計画が対象であるため、あるプロジェクトが他のプロジェクトの影響を受けることはない。しかし、工場の場合、加工工程が定まっており、多くのプロジェクトの作業が一つの工程へ投入されることになる。このため、あるプロジェクトの作業の進行が、他プロジェクト作業の進行の影響を受けるといことが生ずる。図4に示すように、計画後、新たな金型(図4最上部と最下部)が投入された場合、部品<01001>の MC 工程と M2 工程に作業の重なりが生じている。この場合、余裕時間があれば、優先度の低い金型の工程をその範囲内で再配置する。このとき、クリティカルパスは部品<01001>を製作する工程へ変わる。また、工程の重なりが生じた際の作業余裕範囲内での再配置が不可能な場合は、その部品は製作不可能となり外注作業により対処する以外、方法がないことになる。

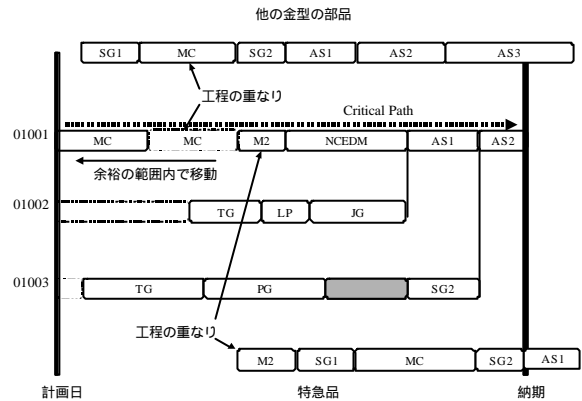


図4 作業の重なり

3 開発システム

3 - 1 入出力処理

日程計画のための作業内容と手順および作業時間(標準時間)の入力は図5に示す工程計画入力処理により行う。この処理では、画面中央に表示された登録済みの部品に対し、画面左下の工程名(作業名)からマウス選択で、工程名入力とその作業時間を画面下中央の電卓タイプのキーにより入力する。この操作を、金型を構成する全ての部品について順次、繰り返す。なお、標準部品など予め作業が

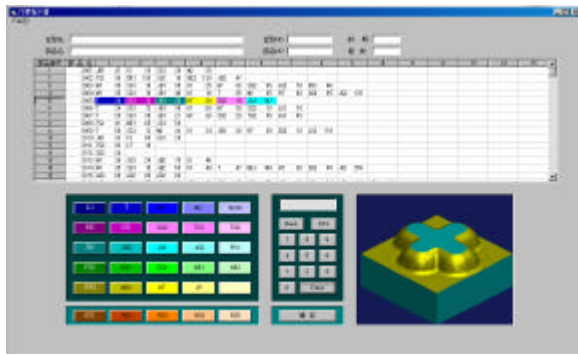


図5 工程計画入力処理

定型化されている部品については、登録されているファイルからの挿入で処理される。また、画面右下の画像は、CADデータ(2次元の場合は図面、3次元の場合はモデル) スキャナー読み取りデータ(実物の写真もしくは、図面として出力されたものなど) などの入力により部品名や金型名と関連づけられ、保存されている画像ファイルが読み込まれ表示される。このような製作部品や金型の画像が表示されることで、作業対象部品の形状や外観などが容易に判断でき、計画入力作業の効率化が図られる。

### 3-2 組立手順の入力

図5の工程計画入力画面により入力されたデータから各部品の作業手順が表示される。(図6)ただし、この時点では作業時間の長さは考慮されない。ここでは組立工程が別ウインドウとして表示され、それぞれの部品が必要とされる組立の段階を決定する。処理としては、関連づけを行う部品製作工程と組立の工程をそれぞれマウスでクリックすることにより行う。これにより、部品が組立工程のどの



図6 部品と組立手順の設定

の段階で組み込まれるかが、関連付けデータとして記憶される。この作業を表示されている全ての部品について行い、部品と組立作業の関連付け作業を終了する。画面操作段階では、選択された作業をハイライトさせることで、現在選択されている部品、組立工程であることを示している。

### 3-3 金型製作のPERT表示

部品と組立との関連づけが終了することで、割り付けられた作業時間でのPERTへの展開が行われる。そして、この中で最も作業時間のかかる工程がクリティカルパスとして赤色で表示される。また、それぞれの部品の各工程における納期がサブウインドウに表示される。(図7)

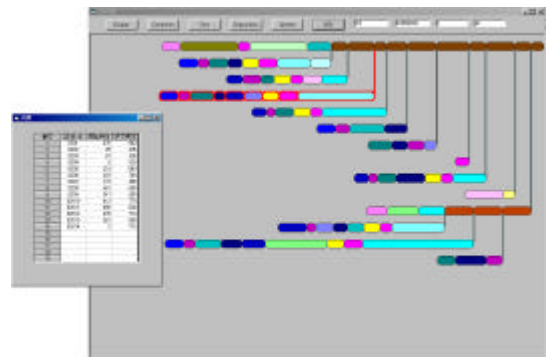


図7 PERT図の表示と各部品納期の表示

## 4 まとめ

パソコンを使用し日程計画を組み、これをもとに工程管理ができるシステムの開発を行った。このとき、日程計画の作成ではPERT(Project Evaluation and Review Technique)手法を応用した金型製作工程の流れが容易に把握できるスケジューラを開発した。従来方法の日程計画に比べ、製品の停滞時間が短い計画が組めること、作業余裕を十分活用した計画が組めること、また、作業の待ち時間を判定し効率の良い作業計画が組めるなどの特徴を持つ。今回開発したものは、あくまでもフレーム部分に相当するもので、今後、企業との実用実験などにより市販ソフトに近い形へ移行することも検討する。なお、本研究は平成10年度、11年度ベンチャー企業育成型地域コンソーシアム研究開発事業「次世代金型製造プロセスに関する研究開発」で実施したものである。

## 文 献

- 1)人見勝人：生産システム工学、共立出版、1990
- 2) Joseph H. : Critical Path Scheduling、KRIEGER、1980
- 3)加藤昭吉：計画の科学、講談社、1973



## 研削砥石摩耗のインライン計測\*

飯村 崇\*\*、若槻 正明\*\*、堀田 昌宏\*\*、  
和合 健\*\*\*

研削加工は金型加工を中心とした精密加工には欠かせない加工技術である。しかし実際の加工現場においては作業者の熟練に頼るところが大きい。特に、超精密加工においては加工状態を経験から判断して安定した品質を維持している。そこで、砥石表面の観察から加工状況が予測可能な測定システムの構築を検討した。砥石表面で反射されるレーザーの明るさ情報やレーザー変位計からの凹凸情報により、砥石の目つぶれ・目づまり状況が把握可能であることを確認した。  
キーワード：砥石摩耗、摩耗計測、目つぶれ・目こぼれ、レーザー変位計

## In-Line Measurement of Grinding Wheel Wear

IIMURA Takashi, WAKATUKI Masaaki, HOTTA Masahiro  
and WAGO Takeshi

Grinding is indispensable for precision machining, such as die manufacturing and mold manufacturing. But as a matter of fact, grinding is dependent on worker's skill at a site under grinding. Especially, workers judge the condition of grinding by their experience about ultraprecision grinding. So we considered measuring system to predict the change of wheel condition, from measuring wheel surface. And we confirmed that the system could judge dulling and shedding of wheels, from the brightness data of reflected light from wheel or the displacement data from LASER displacement meter.

key words: wheel wear, measuring wear, dulling and shedding, LASER displacement meter

### 1 緒 言

研削加工は金型加工を中心とした精密加工には欠かせない技術であるが、実際の加工現場においては作業者の熟練度に頼るところが大きい。特に鏡面加工など超精密加工においては、工具摩耗の変化を加工音や加工物表面の状態から経験的に判断し、加工状態を安定させているのが現状であり、自動化が困難であることや作業者が限定されること等が問題である。

一方、砥石の表面状態は加工状態と密接に関係しているため、砥石表面を参考にすることで砥石の切れ味を予測することが可能であると考えられるが、観察が困難であるためほとんど応用されていない。

本研究では砥石表面状態を観察し、研削加工状況を予測する測定システムの構築を検討した。

### 2 実験方法

測定値は、砥石表面で反射されたレーザーの明るさとレ

ーザ干渉式の変位計による凹凸の変化の2つとした。砥石表面の砥粒は、加工経過により、図1に示す3つの状態に変化するが、レーザー光は主に砥石表面の砥粒や砥粒

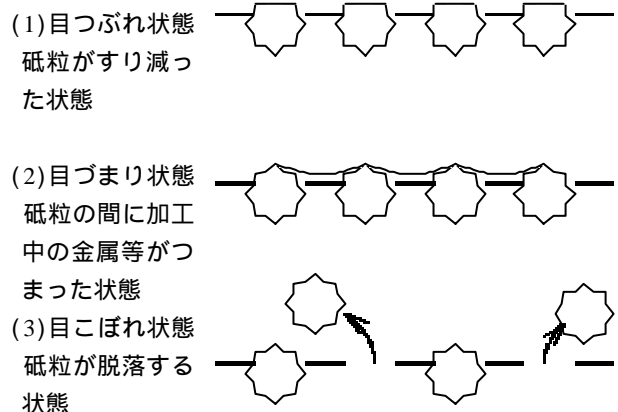


図1. 砥石表面状態の加工による変化

\* 次世代金型製造プロセスに関する研究開発（ベンチャー企業育成型地域コンソーシアム研究開発）

\*\* 電子機械部

\*\*\* 企画情報部

に付着した金属で反射されるため、この変化が反射光の明るさや変位情報として測定でき、砥石表面の砥粒状態が把握できると考えた。

また、本研究で使用した砥石の詳細及び実験時の加工条件・ドレス条件を以下に示す。砥石は砥粒の平均粒径がレーザースポット径(30×20μm)以上の物を使用した。測定の経過は1回目 - ドレス後、2～9回目 - 加工後、10～11回目 - 再ドレス後となっている(計11回測定)。

1) cBN#230 (平均砥粒径70μm)

CBN 230 P BSD 片桐製作所(株)

砥粒：cBN ボンド：レジンボンド

ドレス条件1：被削材...SUS304、

砥石周速...26.18m/sec、横送り速度...16m/min、前後送り速度...40mm/sec、切り込み3μm/pass、総切り込み量...0.03mm

加工条件1：被削材...SKH51 (HRC60)、

砥石周速...26.18m/sec、横送り速度...16m/min、前後送り速度...80mm/sec、切り込み10μm/pass、総切り込み量...0.3mm

2) cBN#400 (平均砥粒径40μm)

BNC 400 P 80 BJ2 (株)東京ダイヤモンド工具製作所

砥粒：cBN ボンド：レジンボンド

ドレス条件2：被削材...SUS304、

砥石周速...26.18m/sec、横送り速度...12m/min、前後送り速度...30mm/sec、切り込み3μm/pass、総切り込み量...0.03mm

加工条件2：被削材...SKH51 (HRC60)、

砥石周速...26.18m/sec、横送り速度...12m/min、前後送り速度...50mm/sec、切り込み5μm/pass、総切り込み量...0.15mm

2-1 砥石表面で反射された反射光の明るさの測定

三角測量式レーザー変位計を用い、砥石表面で反射されたレーザーの明るさを測定した。

- 1) 加工機上に三角測量式レーザー変位計を設置する。
- 2) 加工後1分間2000rpmを保ち水切りをする。
- 3) 砥石を低速(200rpm)で回転させ、測定を行う。

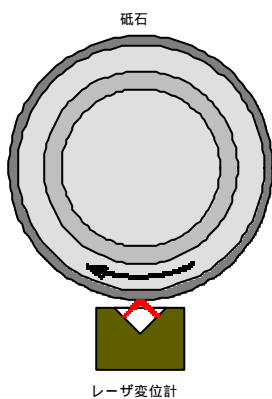


図2 . 明るさ測定

- 4) レーザー変位計の測定値をレコーダに取り込み、取り込んだ結果から砥石状態の判定を行う。

1 三角測量式レーザー変位計のスペック

スポット径：30×20μm  
 分解能：0.02μm  
 応答周波数：20kHz

作動距離：30mm±0.5mm

2 データ測定間隔 M

回転方向

回転数200rpm、砥石径 250、サンプリング周波数20kHzより、

$$\text{測定間隔 (Mx)} = (250 \times \pi \times 200 / 60) / 2000 = 0.13\text{mm}$$

軸方向

回転数200rpm、前後送り速度32mm/min より、

$$\text{測定間隔 (My)} = (32 / 200) = 0.16\text{mm}$$

以上のことから、測定は図3のような格子の交点で行われる。

この測定間隔で十分かどうかは、今後検討が必要だが、現在使用している測定

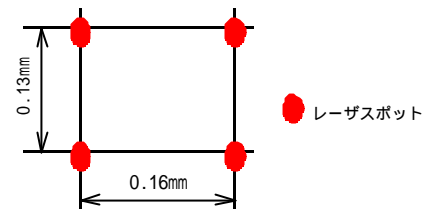


図3 . データ間隔

機及び加工機の限界であることから、今回はこの値を使用して測定する。

2-2 砥石表面の凹凸の測定

レーザーフォーカス変位計を用い、以下の方法で砥石表面の凹凸状況を確認した。

- 1) X - Yステージ上に変位計を設置する。
- 2) 測定箇所を同じ位置に限定するため、治具を用いて砥石を固定する。
- 3) X - Yステージにより変位計を移動させ測定を行う。

(送り量は、20μm/step、総送り量1mm×1mm)

- 4) レーザー変位計の出力を、コンピュータに読み込み、データの解析を行う。

3 レーザーフォーカス変位計のスペック

スポット径：7μm  
 分解能：0.2μm  
 応答周波数：1.4kHz  
 作動距離：28mm±1mm

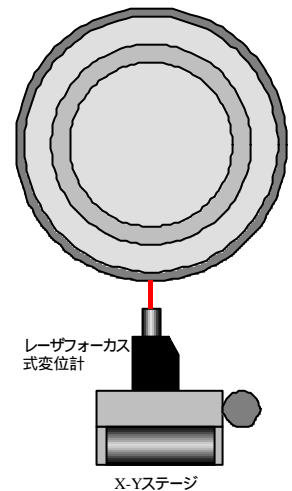


図4 . 凹凸測定

3 測定結果

3-1 #230cBN砥石に関する測定結果

#230のcBN砥石について測定を行った結果を示す。図5は、反射光の明るさの測定結果である。横軸は時間経過を表しており、縦軸の明るさはレーザー変位計から出力された電圧値(明るいほど高い)をレコーダに取り込み、

## 研削砥石摩耗のインライン計測

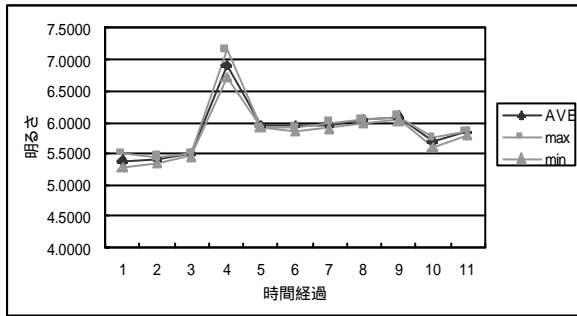
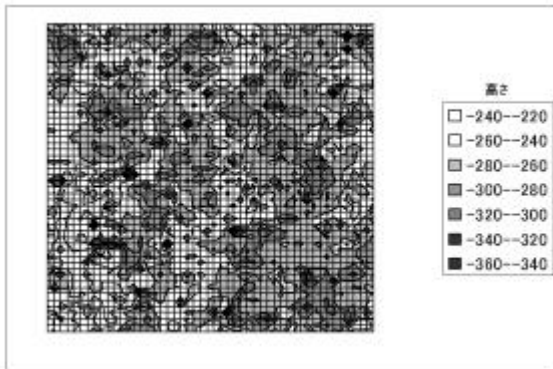
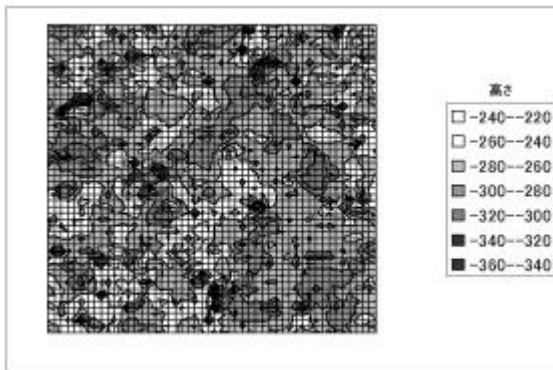


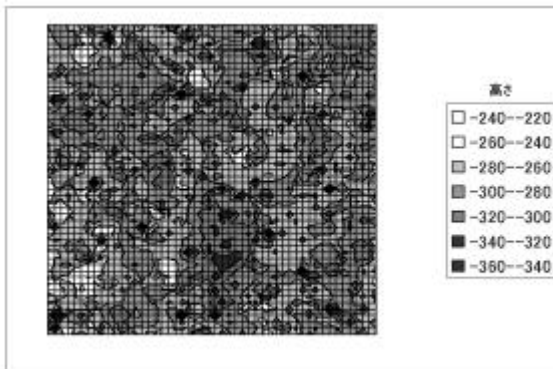
図5 . #230砥石の時間経過に伴う明るさ変化



1)時間経過 1 における凹凸



2)時間経過 5 における凹凸



3)時間経過 11 における凹凸

図6 . 時間経過による#230砥石表面の砥粒高さ変化

そのデータを時間で積分した値を表している。時間経過に伴い、測定値が大きくなる(時間経過 4 ~ 9)。これは、目つぶれもしくは目詰まりが発生し、砥石表面で反射される光量が増えたためと考えられる。(但し、時間

経過 4 で明るさが非常に大きくなっているが、この原因については今のところ不明である。) 時間経過 10, 11 ではドレス作業を行うことで、測定値が下がって元の値に近づいている。完全に元の値まで戻らないのは、ドレスが不十分であったか、もしくは砥石性能が同レベルであるが、測定値がばらついたことによる可能性が考えられる。これについては、データを増やし評価方法の検討をする予定である。

図6はレーザフォーカス変位計で凹凸測定をし、2次元表示をした結果である。時間経過 1 から 5 では、測定結果にあまり変化が見られないが、ドレス作業を行った時間経過 11 では大きな変化が現れている。この様に加工中の砥石表面の凹凸状態変化が小さいことから、この砥石に関しては目こぼれ状態ではなく、目つぶれもしくは目詰まり状態が起こっているものと推測可能である。

### 3 - 2 #400cBN 砥石に関する測定結果

図7は反射光の明るさ測定を行った結果である。明るさが低下していることから、脱粒状態が発生しレーザの反射光量が減少したものと考えられる。時間経過 3 以降明るさが変化しなくなるが、これは、脱粒する砥粒の量と、新たにでてくる砥粒の量が釣り合っているためと考えられる。時間経過 10, 11 はドレスを行ったときの値だが、2回のドレスにより明るさが元の値に戻っており、こちらは十分なドレス効果が得られているのではないかと考えられる。ただし、測定ばらつきの影響についてはやはり検討の必要がある。

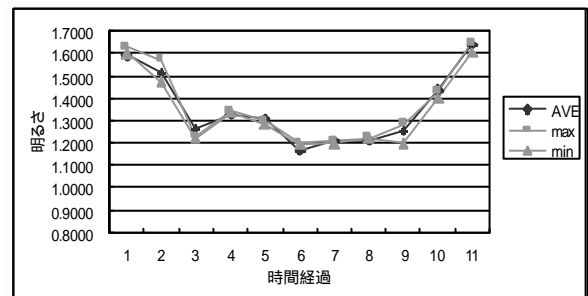


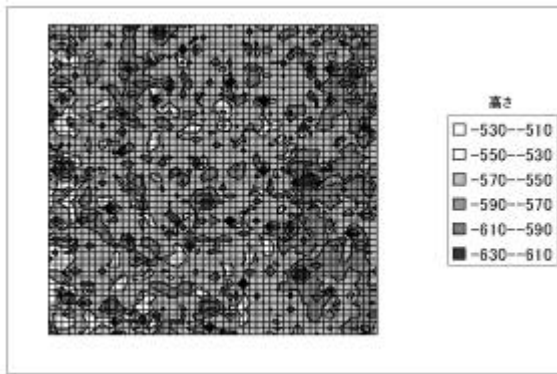
図7 . #400砥石の時間経過に伴う明るさ変化

図8は凹凸測定を行った結果である。#400については#230とは異なり、測定値分布が加工の度に変化し、砥石面全体が次第に低くなっている。これは脱粒が発生する目こぼれ状態で、加工の進行と共に砥石面も減っているためだと考えられる。

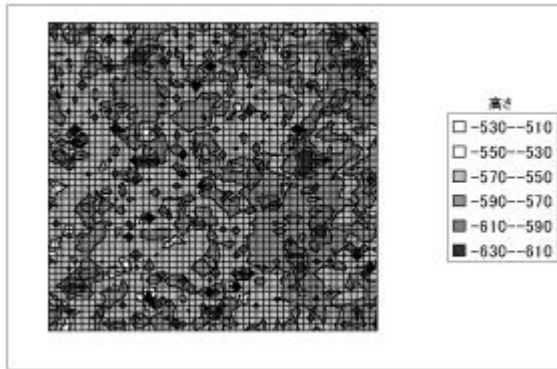
加工状態の良否を判定するため、図9(#400の図6のグラフに、表面粗さ及び研削抵抗をプロットしたものを示す。加工が進みレーザ変位計による測定値が変化するに伴い、研削抵抗( $F_z$ )が上昇している。また、表面粗さについても悪くなっている。さらに、ドレスを行った後の時間経過 10, 11 では、明るさ測定の結果と同様に、研削抵抗が元の値まで回復している。これらのことから、ドレス直後の加工状態が良く、次第に状態が悪くなり再ドレスによって再び加工状態が良くなることを明る



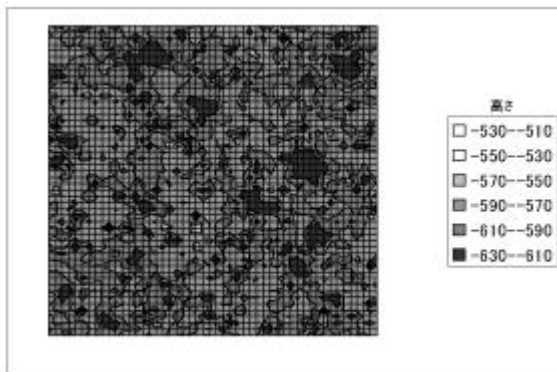
さの測定から確認可能であることを表している。



1)時間経過 1 における凹凸



2)時間経過 5 における凹凸



3)時間経過 11 における凹凸

図 8 . 時間経過による#400砥石表面の砥粒高さ変化

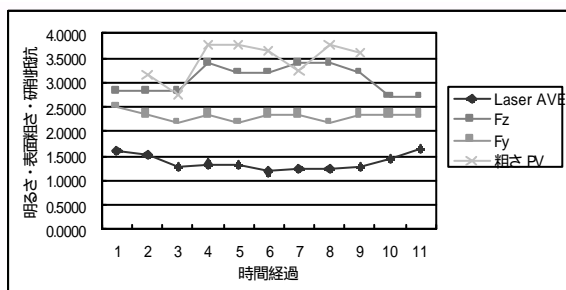


図 9 . 研削抵抗及び加工面粗さと

明るさ測定による測定値の相関

#### 4 考 察

##### 4 - 1 反射光の明るさの測定

1)#230cBN の実験：目つぶれ状態ではレーザー光を反射する砥粒が平坦になり、明るさが増大する。

2)#400cBN の実験：目こぼれ状態では脱粒によりレーザー光を反射する砥粒が減少し、明るさも減少する。

3)ドレス作業：目つぶれ・目こぼれいずれの場合も砥粒が理想状態に近づき、明るさが測定開始時の値に近づく。但し、完全に元の明るさに戻らない場合もある。

以上の 1) ~ 3)の結果から、砥石表面で反射される光の明るさ測定により砥石摩耗を検知可能であり、さらに目つぶれ・目こぼれの判別も可能である。ただし、ドレス作業後の測定値が元の値と異なるなど問題点もあることから、測定値の解析方法にまだ改善の余地がある。

##### 4 - 2 砥石表面の凹凸の測定

1)#230cBN の実験：加工の進行に伴う砥石表面高さの変化があまり見られず、脱粒が発生していない。

2)#400cBN の実験：砥石表面高さの変化が顕著に見られることから、脱粒が発生している。

3)ドレス作業：砥石表面高さの変化が大きく、古い砥粒を脱粒させ、新しい砥粒を突き出させている。

いずれの場合にも砥石表面の凹凸状況を 2 次元表示することが可能である。また、砥石表面高さの分布を比較することで、砥石に脱粒が発生していることが判別可能である。

#### 5 結 言

2 種類の測定方法を用いて、研削砥石摩耗の評価を行った。

##### 5 - 1 反射光の明るさ測定

三角測量式のレーザー変位計を用いて砥石表面で反射されるレーザー光の明るさを測定し、砥石の状態の変化が判断可能である。目つぶれが発生すると砥粒上で反射される明るさの値が増加し、目こぼれについては明るさの値が減少する。

##### 5 - 2 砥石表面の凹凸の測定

砥石表面の凹凸情報をレーザーフォーカス変位計で読みとり、グラフ化することが可能である。また高さの分布状況の変化に着目し、脱粒の発生が判別可能である。

どちらの測定法についても、実用化の点でまだ検討の余地があることから、今後も継続して研究を行う。

#### 謝 辞

本研究を実施するにあたり、ご指導・ご助言いただいた東北大学工学研究課 庄司克雄 教授、岩手大学工学部機械工学科 井山俊郎教授、岩淵 明教授に感謝いたします。

#### 文 献

- 1) 井口征士, 佐藤宏介: 三次元画像計測, (株)昭晃堂
- 2) 谷尻豊寿: パソコンによる最新画像処理入門, 技術評論社

## 超精密鏡面切削加工技術の確立\*

堀田 昌宏\*\* , 若槻 正明\*\* , 和合 健\*\*\* ,  
飯村 崇\*\*

鉄系材料を単結晶ダイヤモンド工具で鏡面切削するため、単結晶ダイヤモンド工具刃先に超音波振動を付加する加工システムを試作し、基礎的な評価実験を行った。その結果、無酸素銅を切削した場合は振動加工が適正に行われていることが確認できた。また、HRC40程度の鉄系材料も同様に切削できる可能性があるが、チッピングも生じるので、加工条件を更に検討する必要があることがわかった。

キーワード：鉄系材料，超精密加工，超音波振動

## Study on Ultraprecision Mirror Cutting Technique

HOTTA Masahiro, WAKATUKI Masaaki, WAGO Takeshi,  
and IIMURA Takashi

We made new work attachment which gives ultrasonic vibration to tool edge of mono-crystalline diamond in order to mirror-cut the iron materials using mono-crystalline diamond, and we performed basic evaluation experiment. As a result, we confirmed that oxygen-free copper was vibration-cutted without faults. And we found that iron materials (40HRC) can be cut and it is necessary to examine the work conditions further, because chipping occurred in the process.

key words : Materials of iron system, ultraprecision cutting, ultrasonic vibration

### 1 緒 言

近年、超精密加工に対する要求は増加しており、特にダイヤモンド切削に代表される超精密切削加工は、今後の超精密加工技術には欠かせないものとして、多くの研究が行われている。しかし、ダイヤモンド切削に代表される超精密切削加工の適用は、銅及びアルミニウムといった軟質金属や一部のプラスチック材料等に限定されており、金型やゲージ類、しゅう動部品など、需要の高い鉄系材料には行われていない。これは通常の切削方式で鉄系材料の超精密ダイヤモンド切削を行うと、切削熱の影響により工具摩耗が早く進行して、切削が不可能になる<sup>1)</sup>ためである。そのため、鉄系材料の超精密切削を行う加工法として、ダイヤモンド工具刃先を超音波域の振動数で切削方向に規則的に振動させ、断続的に切削する超音波振動切削法を検討した。この方法は工具刃先が連続接触することがない一種の断続切削であるために、切削熱の低減が期待でき<sup>2)</sup>、工具摩耗が抑えられて、鉄系材料でも安定して切削できるのではないかと考えられる。

本報では、ダイヤモンド工具刃先に超音波振動を付加する加工システム（以下、加工システム）を試作し、その加工システムの評価と、切削条件変更における加工面性状に関する基礎的な評価実験を行ったので、その経過について報告する。

### 2 実験方法

図1に試作した加工システムを示す。超音波振動子には、圧電型ボルト締めランジュバン型振動子を採用し、工具はホーンの先端にダブルロックナット方式により固定した。但し、工具が重くなると振動系の影響が大きくなることを考慮し、軽くて振動用ホーンへの取付けの容易なスローアウェイチップを使用している。振動周波数は27kHzのものを使用した。また、事前に非接触変位計（岩崎通信機社製、ST-3711）を用いて、取付け後の工具の振幅を測定したところ、平均振幅aは約18.7 μm、振動周波数mは23.2kHzであった。

実験に使用した加工機は空気静圧支持主軸と油静圧案内テーブルを装備したCNC2軸超精密鏡面加工機（プ

\* 次世代金型製造プロセスに関する研究開発（ベンチャー企業育成型地域コンソーシアム研究開発）

\*\* 電子機械部

\*\*\* 電子機械部（現在 企画情報部）

レステック, Nanoform350)で,その切り込み台上に試作した加工システムを固定した。工具は,表1に示すように単結晶ダイヤモンドチップと単結晶ダイヤモンドバイト(単結晶ダイヤモンドをバイトシャンクに溶着させたもの)の2種類を使用し,被削材は加工システムの評価用として軟質で加工負荷が小さい無酸素銅と鉄系材料であるプレハードン鋼を用いた。評価用測定機器として加工面の粗さ測定には,非接触の光学式表面粗さ測定機(Zygo社, NewView100)を用いた。

なお,鏡面切削の場合,研磨面と同程度の仕上げ面粗さ(縦方向の最大高さRy)と切削面特有の周期的な微小凸凹による虹面抑制が必要であるが,加工面の評価はこの虹面によって大きく左右されるため,虹面の定量評価に横方向のパラメータS, Sm(S, Sm:測定長さ内で算出される局部山頂及び凸凹の平均間隔で定義されるパラメータ)も用いて行った。

なお,本報では,工具刃先を超音波域の振動数で切削方向に規則的に振動させ,断続的に切削する超音波振動切削法を振動切削と,超音波振動を刃先に与えないで切削する方法を通常切削と呼び,本文中に用いる記号は下記のとおりである。

- s : 主軸回転数 (rpm)
- f : 送り (mm / min)
- Ry : 縦方向の最大高さ (μm)

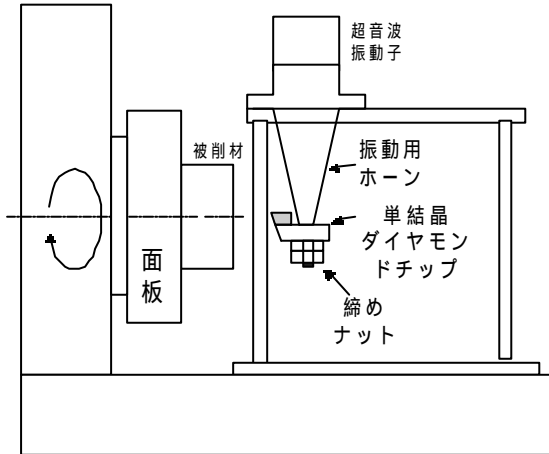


図1 加工システム概要図

表1 使用工具

工具材種	ノーズ半径(mm)	すくい角(°)	逃げ角(°)
単結晶ダイヤモンドチップ	0.8	0	11
単結晶ダイヤモンドバイト	1.0	0	5
多結晶ダイヤモンド	0.8	0	5

表2 切削条件

S	200,500,1000,1500 rpm
f	2.5, 5.0, 7.5 mm/min
被削材	無酸素銅
工具	単結晶ダイヤモンドチップ
切削液	非水切削油

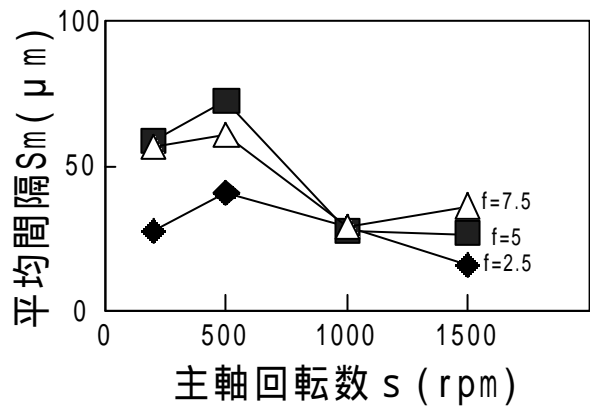
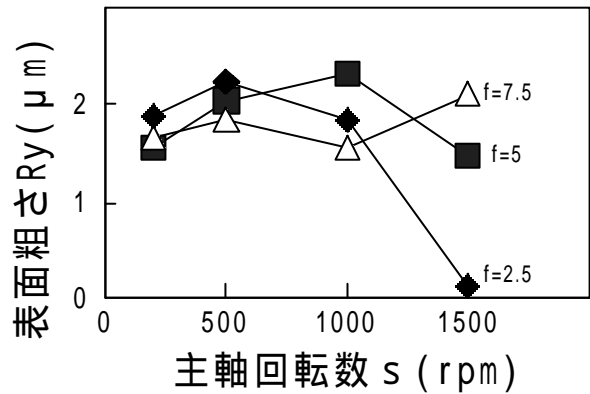
- S : 横方向の局部山頂の平均間隔 (μm)
- Sm : 横方向の凸凹の平均間隔 (μm)

### 3 実験結果及び考察

#### 3-1 システムの評価実験

無酸素銅を用いて表2の切削条件で振動切削し,被削材の加工面性状(粗さ,すじの有無の確認)がどのように変化するかを検証した。

図2はその場合の主軸回転数に対するRy及びSmの結果である。主軸回転数が1000rpm以内では送りが変わってもRyに変化がないのに対し,1500rpmの場合では送りが小さいとRyも小さくなっている。つまり,Ryは切削速度が高速になるにつれて送りに対して影響されることを示唆しており,Ryが切削速度ではなく1回転当たりの送りに影響されると推測できる。また,横方向の粗さSに関しては,送り及び回転数を変化させても変化はない。Smは,送りが大きいほど大きく,回転数が大きいと小さくなる結果となった。このことから,主軸回転数が速い(切削速度が高速である)場合でも,1回転当たりの送りが小さければSmが小さくなることを示しており,振動切削速度(=2 am)が通常切削速度より速ければ,より効果があらわれると考える。また,これらの値は無酸素銅を単結晶ダイヤモンドを用いて通常切削した場合よりも大きい値となっている。これは,

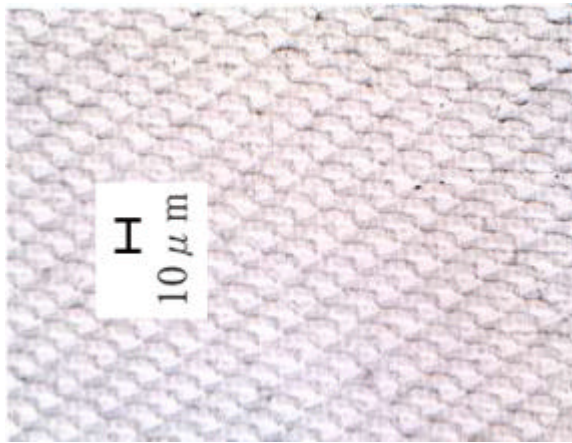


無酸素銅,単結晶ダイヤモンドチップ

図2 表2の条件で振動切削した場合の加工面粗さ

振動しながら切削しているため、切り込みが一定しないこと、バニシ効果によって面が良好となる状態が期待できないこと等が原因として考えられる。

図3に振動切削における加工面の顕微鏡写真を示す。どちらの加工面も顕微鏡で観察すると、送り  $5 \mu\text{m}/\text{rev}$  に相当する間隔で送りマークが見られるだけでなく、工具の超音波振動によって生じた振動マークが切削方向に垂直な細かい線となって現れている。また、主軸回転数が遅い場合ほど、加工面には振動マークが細かく現れていることがわかる。このように送り量が一定である場合には、主軸回転数が遅い方がより規則正しい断続切削が行われたと考える。また、円周部と中心部を比べてみると周辺部の方が加工痕がはっきりしているように見える。これは中心部に向かっていく程切削速度が遅くなるので、より規則正しく断続切削が行われたためではないかと思われる。



a)  $s=1500\text{rpm}, f=7.5\text{mm}/\text{min} (=5 \mu\text{m}/\text{rev})$



b)  $s=500\text{rpm}, f=2.5\text{mm}/\text{min} (=5 \mu\text{m}/\text{rev})$

単結晶ダイヤモンドチップ，無酸素銅

図3 振動切削における加工面の顕微鏡写真 (  $\times 50$  )

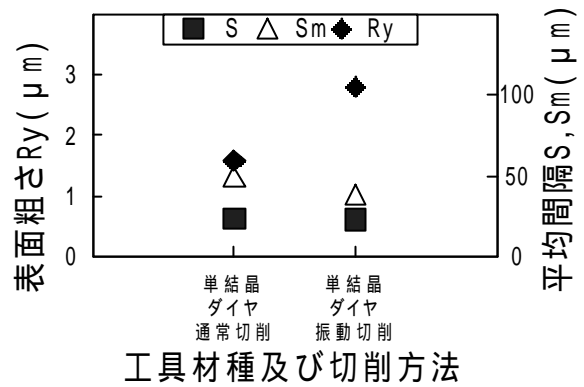
以上のことから、超音波振動を付加した加工システムの動作が確認できたこと、振動切削における切削条件(主軸回転数、送り)において、 $R_y$ は切削速度よりも1回

転当たりの送り量に影響されることが推察できることがわかった。

### 3 - 2 プレハードン鋼による加工実験

通常切削と振動切削について比較検討するため、被削材を鉄系材料(プレハードン鋼)に選定し、切削液噴霧供給下で切削条件を  $s=1500\text{rpm}, f=5\text{mm}/\text{min}$  に設定し、加工面性状(粗さ、すじの有無の確認)への影響を確認した。

図4に切削方法変更による加工面の粗さを示す。切削方法を変更した場合、 $R_y$ は単結晶ダイヤモンド、単結晶ダイヤモンドチップの順で大きいが、 $S$ 及び $S_m$ には差が無い。今回設定した加工条件(低速送り及び微小切り込み)では、良好な加工面は得ることはできなかった。また、加工終了後に工具刃先を工具顕微鏡で観察したところ、どちらの工具にもチップングが生じているのが観察された。



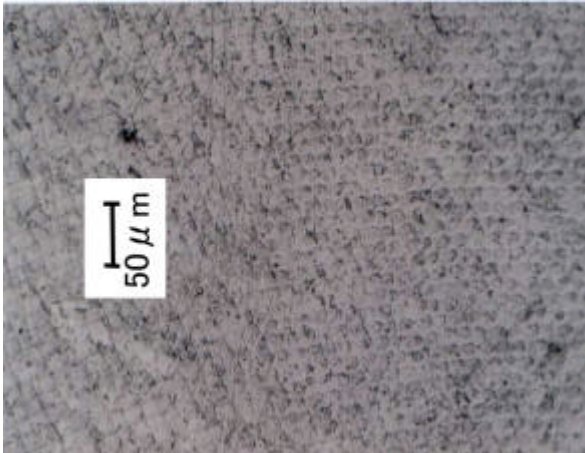
$s=1500\text{rpm}, f=5\text{mm}/\text{min}, \text{NAK55}$

工具：単結晶ダイヤモンドチップ，  
単結晶ダイヤモンドバイト

図4 切削方法変更による加工面粗さ

図5は単結晶ダイヤモンドを用いて切削した場合の振動切削と通常切削における加工面の顕微鏡写真を示す。振動切削面には、工具の超音波振動によって生じた振動マークが規則的に分布し、この振動マークを横線として、送り  $5 \mu\text{m}/\text{rev}$  を縦線とするあみだ模様仕上面を呈し、斜めから見ると、美しい七色の虹面模様が見える。この加工面は、無酸素銅を振動切削した場合の加工面と同じ様相を呈しているため、正常な切削が行われたものと考えられる。また、通常切削面は斜めから見ると振動切削面と同様に虹面模様が見える。しかし、その面は送り量に相当する間隔で送りマークが確認できるが、むしろ等が観察され、正常な切削ができなかったものと考えられる。以上、振動切削と通常切削を比較検討した結果、粗さの数値から判断すると良好な切削がどちらも行われなかった。しかし、加工面を比較すると、振動切削の方が均一に切削

されており、振動切削の方が加工システムの改良、最適加工条件によって均一に粗さを軽減できる可能性が残されていると考える。



a) 振動切削



b) 通常切削

$s=1500\text{rpm}$ ,  $f=5\text{mm/min}$ , NAK55

工具：単結晶ダイヤモンドチップ，  
単結晶ダイヤモンドバイト

図5 振動切削と通常切削における  
加工面の顕微鏡写真(×20)

#### 4 結 言

鉄系材料を単結晶ダイヤモンド工具で鏡面切削することを目的として、単結晶ダイヤモンド工具刃先に超音波振動を付加する加工システムを試作し、基礎的な評価実験を行ったところ、以下のことがわかった。

- ・無酸素銅を切削した場合は振動加工が適正に行われていることを確認した。
- ・HRC40程度の鉄系材料も同様に切削できる可能性があることがわかった。

#### 5 今後の課題

試作した加工システムを用いて今回切削実験を行ったが、加工システムの改良、切削条件の再検討等まだまだ検討することがあることがわかった。今後はそれらの点について、順次対応していきたいと考える。

本研究はベンチャー企業育成型地域コンソーシアム研究開発「次世代金型製造プロセスに関する研究開発」事業の一環で実施したものである。

本研究を実施するに当たり、助言をいただきました岩手大学工学部水野雅裕助教授に感謝いたします。

#### 文 献

- 1) 森脇俊道他：超精密生産技術体系第2巻実用技術，フジテクノシステム，901(1994)
- 2) 隅部淳一郎：精密加工振動切削 - 基礎と応用 - ，実教出版，49(1979)

## 2次元と3次元CAD / CAMによる直彫り加工での性能比較\*

和合 健\*\*、若槻 正明\*\*\*、堀田 昌宏\*\*\*  
飯村 崇\*\*\*、南幅 留男\*\*\*

2次元と3次元CAD / CAMの両者を使用して、実際に作図からNCデータ生成を経て直彫り加工を行い、性能比較を行った。その結果、2次元CAD / CAMでは操作性が容易な上に高度な2.5次元形状まで対応出来、且つNCデータ容量が小さい、一方3次元CAD / CAMは三次元自由曲面形状に対応するには必要不可欠であり、高速ミーリング加工に適したツールパス生成が出来るなど、両者の優位点が解った。

キーワード：2次元CAD / CAM、3次元CAD / CAM、性能比較、直彫り加工

## Comparison between Performance of 2 Dimensions and 3 Dimensions CAD/CAM at Direct Milling Process

WAGO Takeshi, WAKATUKI Masaaki, HOTTA Masahiro  
IIMURA Takashi and MINAMIHABA Tomeo

We compare between the performance of 2 dimensions and 3 dimensions CAD/CAM through drawing the model and generating NC-data and cutting experiment at direct milling process. As a result, we found each has advantage point that 2 dimensions CAD/CAM has advantage of easy operating and covering complicated model of 2.5 dimensions and moreover NC-data capacity is too small, while 3 dimensions CAD/CAM is necessary to design freecurvedsurfacemodelof3dimensions, and it is possible to generate tool pass good for high speed milling.

key words : 2 dimensions CAD / CAM , 3 dimensions CAD / CAM  
, comparison of performance, direct milling process

### 1 緒 言

高硬度材での直彫り加工や高速ミーリング加工の推進ではハードの性能が大きく寄与する。ハードとしては、高速マシニングセンタ、CAD / CAM、高機能エンドミル、高精度ツーリングなどがある。特にCAD / CAMはハイエンド、ミドルレンジ及びローエンド等の性能区分とデザイン、金型製作及び機能設計等の用途区分等種類が多い。また、国内外メーカから多くの製品が出されているが、実際の機能及び性能についてはカタログ説明だけでは判らず、導入してからそのCAD / CAMの機能及び性能を把握するのが現状である。ここでは、安価で県内企業にも多く導入されている2次元CAD / CAMとコンピュータ性能の向上から急速に普及し始めている3次元CAD / CAMの両者を使用して、実際

に作図からNCデータ生成を経て直彫り加工を行い、それぞれの適用性の明確化を目的に性能比較を行った。

### 2 実験方法

#### 2 - 1 実験装置

表1にマシニングセンタ(以下MC)の主な仕様、表2にCAD / CAMの主な仕様を示す。MCはスピンドル回転数が最大20000rpmの高速回転仕様で小径エンドミルの使用及び高速ミーリング加工に対応可能であり、位置決め精度が $\pm 2.0\mu\text{m}$ 以下と仕上げ加工を含めた高精度加工ができる。CAD / CAMは主に金型製作を対象に設計されているミドルレンジの2次元及び3次元CAD / CAMで、簡易な2次元加工から自由曲面を有する高度な3次元モデリング及び加工ができる。

---

\* 次世代金型製造プロセスに関する研究開発(ベンチャー企業育成型地域コンソーシアム研究開発事業)  
\*\* 電子機械部(現在 企画情報部)  
\*\*\* 電子機械部

また、OSがWindows NTのパソコンベース、強化されたデータコンバータ機能などの特徴を有する。

表1 MCの主な仕様

型式	VS3A(三井精機)
立/横形の形式	立形マシンングセンタ
スピンドル回転	20000rpm(MAX)
送り速度	4000mm/min(MAX)
主軸モータ	スピンドル一体型高周波モータ
位置決め精度	±2.0μm以下

表2 CAD/CAMの主な仕様

型式	MS-20(三菱電機)
2次元/3次元別	2次元及び3次元CAD/CAM
PC/EWS別	PC(パソコン)
OS	Windows NT
カーネル	ACIS
主な機能	2次元CAD 穴あけ、2次元CAM 2.5次元CAM 曲面CAM(2.8次元CAM) 3次元CAD/CAM IGES、DXF他データコンバータ

2-2 実験方法

領域・島加工と曲面・島加工及び池加工の3通りの場合について作図からNCデータ作成及び加工までを行い、2次元と3次元CAD/CAMの性能比較を行った。また、2次元と3次元CAD/CAMにおいて領域・島加工での加工精度を求めるため、被削材を同一の十字形状に加工して形状測定を行った。被削材はNAK55(硬度HRC43)エンドミルは6枚刃(Ti, Al)Nコーティングで工具径は6mm、クーラントはエアブローとした。評価方法は、三次元測定機による断面形状評価プログラム(KUM)を用いて設計値と加工後の実測値の差を誤差とした。

3 実験結果及び考察

表3に2次元と3次元CAD/CAMの性能比較結果を示し、以下においてそれぞれの項目に分けて考察する。

3-1 CAD/CAMの操作手順について<sup>1)</sup>

図1に2次元、図2に3次元CAD/CAMのCADによる作図からCAMによるNCデータ生成過程の操作手順を示す。図1に示すとおり、2次元CAD/CAMにおけるCADは通常の三角法による三面展開図を平面上に製図する作業となる。CAMでは、三面展開図をアイソメ視点の線描画による立体形状に抽出し、ガイドカーブ(GC)、フィギアカーブ(FC)、加工形状(DS)を指示する。一方、3次元CAD/CAMではCADの操作に3次元形状モデリング作業が必要になり作業労力は2次元CAD/CAMより多くなる。3次元CAD/CAMのモデリング方法はサーフェスモデル、

ソリッドモデルの2通りの方法があり製品形状により使い分ける。モデリング後のCAM操作はほとんど2次元CAD/CAMと同様に加工曲面(DS)と回避曲面(CS)を指定してNCデータを生成する。以上についてまとめると、2次元CAD/CAMでは簡易な2次元形状においてはCADからCAMまで容易で、立体形状においても三面展開図で定義できる形状であれば十分なCAM機能を発揮するが、三次元自由曲面には対応できない。一方、3次元CAD/CAMではモデリング作業において面倒さはあるものの、三次元的な複雑形状をCRT上に構築できるため形状確認<sup>2)</sup>及び三次元自由曲面など2次元CAD/CAMでは対応不可の場合でその威力を発揮する。

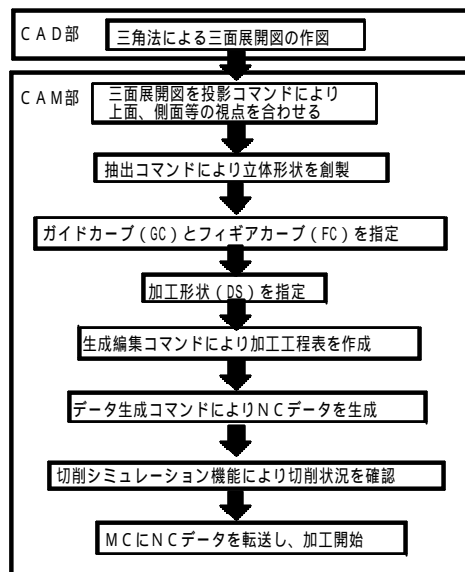


図1 2次元CAD/CAMの操作の流れ

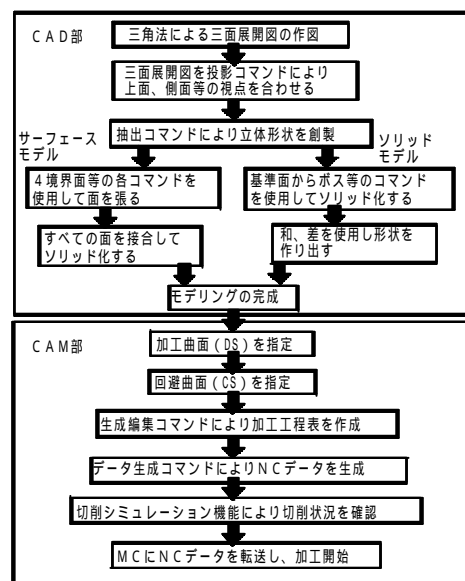


図2 3次元CAD/CAMの操作の流れ

表3 2次元と3次元CAD / CAMの性能比較結果

形状	工程	被削材	2次元CAD / CAM					3次元CAD / CAM				
			工具	NC生成時間 (sec)	加工時間 (min)	加工距離 (mm)	工具摩耗 VB(mm)	工具	NC生成時間 (sec)	加工時間 (min)	加工距離 (mm)	工具摩耗 VB(mm)
領域・島	荒加工	NAK55	6枚刃フラット	43	65	135528	0.027	6枚刃フラット	578	100	91179	0.022
曲面・島	荒加工	NAK55	6枚刃フラット	40	25	59833	0.015	6枚刃フラット	593	27	66627	0.013
	中荒加工		4枚刃フラット	54	27716	0.023	同一工具	14	46414	-		
	仕上げ加工		2枚刃ボール	75	38701	0.050	2枚刃ボール	63	31577	0.041		
曲面・池	荒加工	焼入SKD61	4枚刃フラット	23	144	36429	過大摩耗	4枚刃フラット	216	51	12787	過大摩耗
	-		-	-	-	4枚刃フラット	63	12686	0.026			
	仕上げ加工		2枚刃ボール	71	36631	0.049	2枚刃ボール	60	29909	0.064		

- ・使用機械 MC : V S 3 A (三井精機)、CAD / CAM : M S - 2 0 (三菱電機)
- ・工具材種 母材 : 超硬、コーティング : (Ti, Al)N
- ・工具径 6 (mm)
- ・切削条件は適宜設定 ケラト : I7-プロ
- ・被削材の硬度 NAK55 : HRC43、焼入SKD61 : HRC50
- ・被削材の大きさ 100 × 100 × 60 (mm)
- ・工具摩耗VBは加工終了後の値

### 3 - 2 NCデータ生成について

NC生成時間において2次元CAD / CAMでは40秒程度に対して、3次元CAD / CAMでは10分程度を要した。これは、3次元CAD / CAMでは形状認識で各等高線でのCL生成が必要になるためと思われる。さらに、NC生成時間の要因として形状トレランスの設定が大きく影響しており、形状トレランスを0.01 (mm)とした場合には曲面・島形状で1時間30分のNC生成時間を要した。形状トレランスとは、点群と点群の直線補間距離のことで精度を有する形状では形状トレランスを小さく設定する必要があり<sup>3)</sup>、NCデータ容量が大きくなる。ここでは、形状トレランス0.01 (mm)時において3.8 (MB)のデータ容量となり、3次元CAD / CAMではMCメモリ運転では対応出来ず、サーバからのDNC運転が必要となる。一方、2次元CAD / CAMでは3次元CAD / CAMと同様の形状においてデータ容量は179 (KB)となりMCメモリ運転で対応可能である。

### 3 - 3 加工能率について

領域・島・荒加工において2次元CAD / CAMでは加工時間が65 (min)に対して3次元CAD / CAMでは100 (min)を要した。これは、3次元CAD / CAMではコーナ隅部で送り速度が低速化されることが影響しており、加工精度は向上するが加工能率では悪くなる結果となった。一方、曲面・島・中荒加工において3次元CAD / CAMでは加工時間が14 (min)に対して2次元CAD / CAMでは54 (min)を要した。これに関する説明図を図3に示す。高硬度材のミーリング加工の要点として、一定の半径小切込みにより側面切削で加工することが必要となる。3次元CAD / CAMでは荒加工、中荒加工、仕上げ加工が同一モデルから生成されるため各工程の連携がとれる。一方、2次元CAD / CAMでは荒加工は領域CAM、中荒加工及び仕上げ加工は2.5次元CAMと分離されるため荒加工から中荒加工への連携が適正に行われず、三日月状の過大な半径

切込みとなった。ここでは工具を6枚刃から4枚刃に工具交換して低送り速度として対処したことから加工能率が低下した。

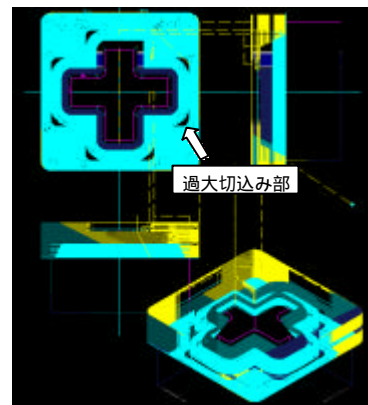


図3 過大切込みの説明図

### 3 - 4 工具摩耗について

工具摩耗については2次元と3次元CAD / CAMで大きな差は現れなかった。両者とも領域・島加工及び曲面・島加工では被削材の硬度がHRC50以下であるため切削終了時の工具摩耗は小さく、工具寿命に達していない。しかし、曲面・池加工ではエンドミルに働く負荷が大きく、荒加工では過大摩耗となり工具寿命に達していた。このことから島加工において側面切削を適用すると同様に、池加工でも側面切削を上手に適用する方策が必要になる。

### 3 - 5 加工精度について

図4に2次元、図5に3次元CAD / CAMでの加工形状、表4に誤差値を示す。図4、図5の説明として、十字形状の中央の線が設計値で、内側外側の線は公差±0.1mm、太線は加工結果を示している。法線は設計値と測定値の一致点を求めるための補助線である。図4ではコーナの隅部で誤差が大きくなっており、これは一定の送り速度でエンドミルに送りをかけているためコーナ隅部ではエンドミルに働く負荷が大きくなりエンドミル



のたわみにより誤差が大きくなったと思われる。一方、図5では図4に反してコーナ隅部で誤差小さく、直線部と同等の形状で測定されている。切削時の観察ではコーナ隅部でエンドミルの送り速度が低下し、直線部より低い速度で切削している様子が観察された。3次元CAD/CAMでは負荷の大きい加工形状では意識的に切削時の負荷を軽減する制御になっているものと推測される。

表5に曲面・島加工での加工面粗さを示す。2次元CAD/CAMでは平均のRy 3.1 μm、3次元CAD/CAMでは平均のRy 22.8 μmと2次元CAD/CAMの方が良好な結果となっている。3次元CAD/CAMでは点群による加工となるため、良好な加工面粗さを得るには形状トレランスをさらに小さく設定する必要がある。

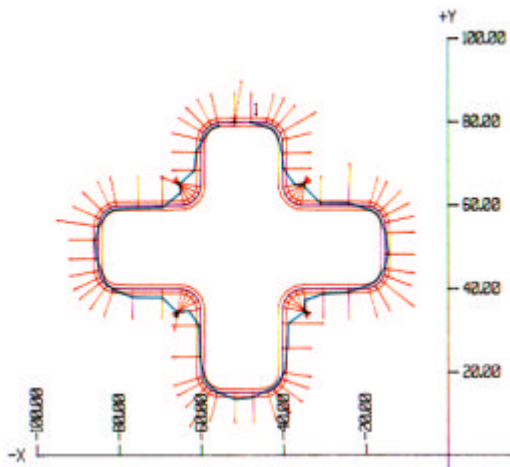


図4 2次元CAD/CAMによる加工形状

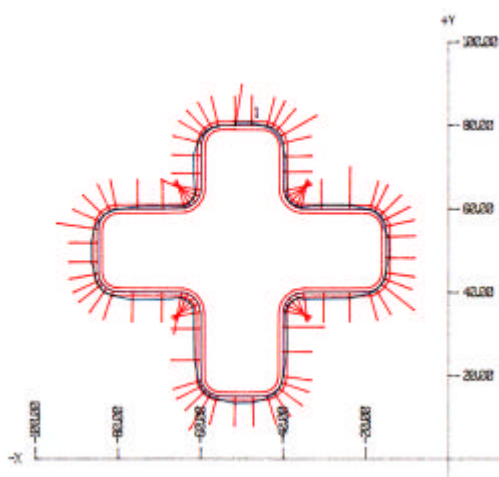


図5 3次元CAD/CAMによる加工形状

表4 形状誤差

(単位: mm)			
名称	上限誤差	下限誤差	誤差
2次元CAD/CAM	0.685	-0.087	0.772
3次元CAD/CAM	0.190	-0.065	0.256

表5 曲面・島加工での加工面粗さ

粗さパラメータ: Ry (単位: μm)				
名称	1回目	2回目	3回目	平均値
2次元CAD/CAM	2.9	3.1	3.4	3.1
3次元CAD/CAM	21.2	29.6	17.7	22.8

・2枚刃(Ti,Al)Nボールエンドミル使用  
 ・被削材: NAK55 (硬度HRC43)

#### 4 結 語

直彫り加工を通じて2次元と3次元CAD/CAMの性能比較を行い、両者個々の有効性が把握できたので以下にまとめる。

- ・2次元CAD/CAMは、作図からNCデータ生成までの手順が容易で且つ、2次元形状及び三面展開図に表せる2.5次元形状までの広範囲における高度なCAM機能を有する。さらに、NCデータ生成時間が短い点、NCデータ容量が小さい点などは段取り時間の短縮及びDNC運転不要に貢献し、小回りが重視される用途に適している。
- ・3次元CAD/CAMは、三次元自由曲面形状でのモデリング及びNCデータ生成では必要不可欠となる。また、コーナ隅部での低送り速度化、同一モデルによる荒加工、中荒加工、仕上げ加工のCL生成から適切なツールパス生成など高速ミーリング加工に適した機能性を有する。
- ・以上から、2次元CAD/CAMの手軽さ、3次元CAD/CAMの機能性などそれぞれの優位点があることから、ユーザは使用目的により使い分けることが必要と思われる。

#### 文 献

- 1)三菱電機メカトロニクスソフトウェア(株):三菱金型生産支援システムMS-20 2.5軸加工編,3次元CAD編他(1998)
- 2)有泉 徹:3次元CAD/CAMによる設計の革新術,日刊工業新聞社(1996)
- 3)鈴木 裕:3次元CAMのメリットと活用ポイント,CAD攻略マガジン12月臨時増刊号P36~P49,日刊工業新聞社(1999)

# 視覚的ロボット動作プログラミングによる操作性の向上\*

長谷川 辰雄\*\*、南幅 留男\*\*

電子機器・機械部品の設計現場では3次元CADが急速に浸透し始めている。その理由は設計段階で問題点を抽出できるためと言われている。この3次元CADを利用したロボットシミュレータは、従来の煩雑なロボット動作のティーチング(教示)作業を容易化した。しかし、3次元CADの操作が困難であるため、特定の人のしか使えないという問題が深刻化している。本報告書では、高額で操作習得に時間を要する従来のロボットシミュレータに対して、必要な最小限の機能に限定することで低価格化し、コンピュータのヒューマンインターフェイスを活用することで操作性を向上した内容について述べる。動作教示には、音声入力や力感覚による操作を可能とした特徴がある。

キーワード：視覚的、コンピュータグラフィックス、低コスト

## Visible motion programming of carrier robot for human interface.

HASEGAWA Tatsuo and MINAMIHABA Tomeo

Recently, 3D-CAD is rapidly used in the design field of electronic equipment and machine part. It is known that 3D-CAD can extract the problem in the early design phase. In addition to this reason, it can be seen that the 3D-CAD facilitated the complicated design task in conventional technique. However, the problem exists that it's too expensive, and only the expert user can use it. We suggest the minimum CAD which limited function, not the multifunctional CAD which requires the time for the use. We developed the software that trajectory control is possible with computer graphics. This software has features of voice input and kinesthetic sense, network remote manipulation, and real robot drive.

key words: visible, computer graphics, low cost

### 1 緒 言

製造ラインに使われるロボットや半導体搬送ロボットの位置決め制御は、ティーチングボックス(教示装置)を用いて、実際に動作させながら位置の順序を決定する。このとき、実ロボットは低速で動作するため、動作軌跡を設定するには多大の時間を要する。また、位置決めの設定方法にも熟練を必要とする。メーカーごとに異なる操作方法は、操作者に負担となっている。一方、CGを用いたロボットの位置決め制御は、オフライン・ティーチングとして提案されているが、そのCGの作成に時間やコストがかかることが問題となっている。本研究では、これらの問題を解決するために、コンピュータ・グラフィックス(CG)を用いた視覚的に分かりやすい操作方法で位置決めが直感的に可能なソフトウェアを開発した。また、音声指示による操作や、力感覚による操作、ネットワークによる遠隔操作、ステレオ立体表示の機能により操作性を向上した。CG作成に時間を要する問題では、数値入力のみで簡易的に作成することで作成時間を短縮化する手法を提案した。これはロボットアームの幾何形状を線画で描画するために高速にCGを作成することが可能となる。しかし、実際の幾何形状とは異なるため干渉チェックはできないという問題点を抱えている。開発した視覚的ロボット動作プログラミング・システムはティーチングの高速化を目的としているため、それ以外の機能

をできるだけ削除し、シンプルな機能構成となるように設計した。

### 2 実験方法

#### 2-1 ロボットモデル

ロボットを数学モデルで記述すると、通常の3次元空間の(x, y, z)座標に対して、アームの縮尺wを考慮した(wx, wy, wz, w)で表現され、ベクトルvは式1で表される。

$$v = [x, y, z, w]^T \quad T \text{は転置} \dots\dots\dots \text{式1}$$

3次元空間における座標系の位置と姿勢は、(x, y, z)方向の単位ベクトル(i, j, k)を用いて式2のように表現する。ここで、縮尺を等倍とするためにwを1とする。

$$T = \begin{bmatrix} i_x & j_x & k_x & o_x \\ i_y & j_y & k_y & o_y \\ i_z & j_z & k_z & o_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \dots\dots\dots \text{式2}$$

ただし、 $o = [o_x, o_y, o_z, 1]^t$  は基準となる原点を表す。

\* インターネットを利用した低コストの遠隔制御機械システムの開発(第3報)(基盤的先導的技術研究推進事業)

\*\* 電子機械部

この4×4行列を用いると、例えばZ軸を回転軸として点p[x,y,z,1]<sup>T</sup>が角度θだけ回転してp'[x',y',z',1]<sup>T</sup>になった場合を考えるとその変換は式4で表現される。

$$p' = \begin{bmatrix} x' \\ y' \\ z' \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\theta & -\sin\theta & 0 & 0 \\ \sin\theta & \cos\theta & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{bmatrix} \dots\dots\dots \text{式4}$$

これをグラフィック記述言語のOpenGLで記述すると p' = glRotatef(angle, 0, 0, 1)となる。

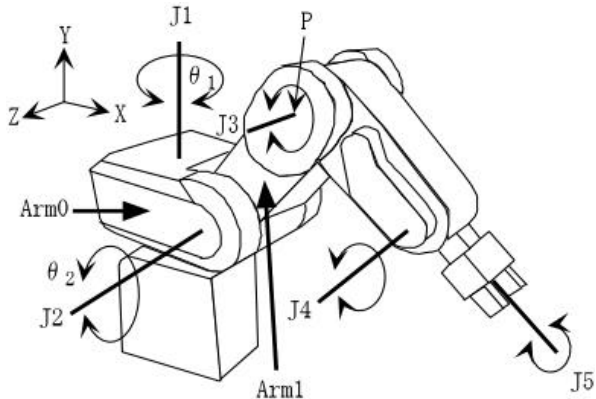


図1 ロボットの回転軸

図1はロボットの各回転軸を示す。絶対座標系(ワールド座標系)でロボットのリンク機構を実現する場合、軸J1を角度θ<sub>1</sub>回転する行列をT<sub>1</sub>とし、軸J2を角度θ<sub>2</sub>回転する行列をT<sub>2</sub>とすると、Arm1の先端位置pはT<sub>1</sub>T<sub>2</sub>pで求めることができる。このとき、はじめにT<sub>2</sub>pを計算し、その結果をT<sub>1</sub>で変換する必要がある。この場合の注意点は、実際の動作の逆順に変換をしなければならないことである。具体的にArm1の位置ベクトルA<sub>1</sub>はT<sub>2</sub>変換→T<sub>1</sub>変換の順で計算を行う。これは、それぞれの変換行列が絶対座標系に対して作用することに起因する。これを関数で表すと式5の合成関数で記述することができる。Arm0とArm1の位置ベクトルをA<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>とすると

$$A_1 = f(q_1) \quad A_2 = g(A_1, q_2) \\ g \circ f = g(f(q_1), q_2) \dots\dots\dots \text{式5}$$

このように絶対座標における座標計算は、ロボットを構成するアームの数が進むほど先端位置の計算が複雑になり計算量が増える<sup>1)</sup>。これに対して、座標系自体を回転することでリンク機構の回転変換を順序化したものがローカル座標系である。回転対象となるアームとその座標系を一緒に回転するため、各アームの姿勢は、実際に駆動する順番に回転行列を掛けることで求めることができる。このようにローカル座標系はシーケンシャル(動作順)に指定できるため、プログラミングが簡単化できる。しかし、各軸ごとに異なる座標系を持ち、回転するたびに座標系が変化するため、例えば、先端位置の移動距離などの絶対的な位置の把握ができない。ローカル座標はワールド座標に対する変換行列<sup>WL</sup>で定義されるため、その逆行列(<sup>WL</sup>)<sup>-1</sup>を求めることでローカル座標をワールド座標へ変換し、絶対位置を取得することができる。本開発では

各回転軸の変換にローカル座標系を用い、先端位置(ハンド部分)の計算にワールド座標系を用いている。回転変換を容易にする目的で、対象となるアームをいったん原点に平行移動してから回転させ、また元の場所へ平行移動で戻す処理を行った。この処理について軸J2の回転変換を例にとって説明する。Arm1の回転軸のベクトル座標を(a,b,c)とすると、原点の平行移動行列T<sub>0</sub>、軸J2回りの回転行列R<sub>J2</sub>、元位置への平行移動T<sub>1</sub>は式6で定義できる。

$$T_0 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & -a \\ 0 & 1 & 0 & -b \\ 0 & 0 & 1 & -c \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} R_{J2} = \begin{bmatrix} \cos\theta_2 & -\sin\theta_2 & 0 & 0 \\ \sin\theta_2 & \cos\theta_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} T_1 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & a \\ 0 & 1 & 0 & b \\ 0 & 0 & 1 & c \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \dots\dots\dots \text{式6}$$

Arm1の位置ベクトルA<sub>1</sub>はT<sub>0</sub>R<sub>J2</sub>T<sub>1</sub>A<sub>1</sub>で求まる。これをOpenGLで記述すると次のようになる。

```
glTranslatef(-a, -b, -c);
glRotatef( , 0, 0, 1);
glTranslatef(a, b, c);
```

同様にして各軸の回転が記述できる。

2-2 構造体とリンク構造

ロボットの先端位置座標を順番に記憶させるために、構造体とリストアルゴリズム<sup>2)</sup>を用いた。図2に構造体とリスト構造を示す。構造体とは複数のデータをグループ化する手法であり、リストアルゴリズムは連続するデータの編集(挿入、削除)を効率よく行う手法である。図2の順番1は開始点の構造体を示しており、座標、回転軸、ポイントなどのデータから構成される。リストアルゴリズムは、次に続くデータの接続関係を示すポイントを定義し、そのポイントを順番に検索する手法である。本開発では、「行き」と「帰り」の検索を可能とするために、前後のポイントを定義する双方向リスト構造を用いた。このリスト構造を順番にたどっていくことでアニメーション表示を実現した。

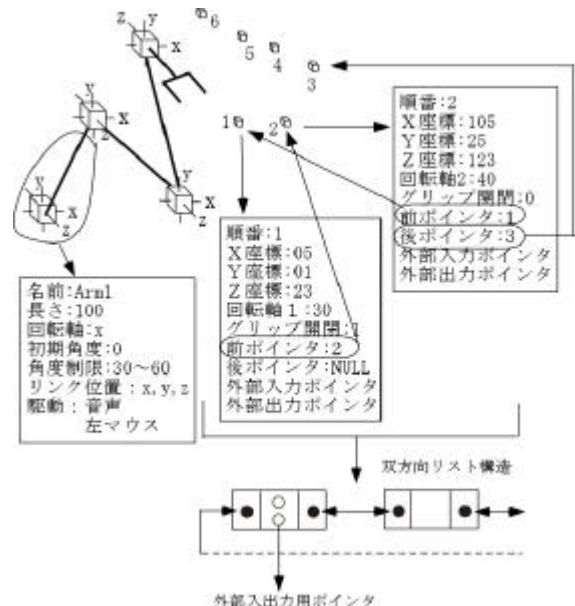


図2 構造体とリスト構造

先端位置(ハンド部分)の計算にワールド座標を利用することは前に述べたが,多関節ロボットのようにアーム数が増えると計算量が増える問題がある.そこで,本研究では,先端座標を行列の積で求めるのではなく,対象の3次元幾何データを平面へ投影する投影行列とその逆行列で3次元座標と平面座標の相互変換によって先端位置を把握している.

### 2 - 3 CGプログラミング

ロボットシミュレータを作る場合,各関節ごとに動きが設定できなければならない.グラフィックを記述するOpenGL言語<sup>3)</sup>では,各関節の回転を行列スタックという機能で実現する.スタックとは,積み重ねたデータの最上段に対して処理を行う構造である.積み重ねる処理を「プッシュ」,データを取る処理を「ポップ」と呼び,OpenGLではglPushMatrix(void)とglPopMatrix(void)で記述する.ここで問題になるのは,行列の積で変換した後の先端座標の取得である.OpenGLでは各回転軸をマウスやキーボードで対話的に操作し,表示が終了するとそれまでの行列スタックは破棄される.変換行列スタックが無ければ,先端座標を取得することはできない.そこで,本研究では,描画に関する全ての情報を表示せずに,プログラムで取得する“フィードバック機能”を用いた.この機能によって,変換行列スタックごとに先端座標を配列へ保存することができる.この配列には先端位置を判別するための情報(トークン)を同時に保存できるため,プログラムから先端位置の検索が容易となる.この一連の操作をOpenGLで記述すると以下のようになり,gluUnProject関数でワールド座標(wx,wy,wz)を求めることができる.

```
glFeedbackBuffer(1024, GL_3D_COLOR);
glRenderMode(GL_FEEDBACK);
glRotatef( ,0,0,1);
glRenderMode(GL_RENDER);
Find_xyz_by_Token(GL_POINT_TOKEN);
glGetDoublev(GL_PROJECTION_MATRIX, Pmat);
glGetDoublev(GL_MODELVIEW_MATRIX, Mmat);
glGetIntegerv(GL_VIEWPORT, Vport);
gluUnProject(x,y,z,Mmat,Pmat,Vport,&wx,&wy,&wz);
```

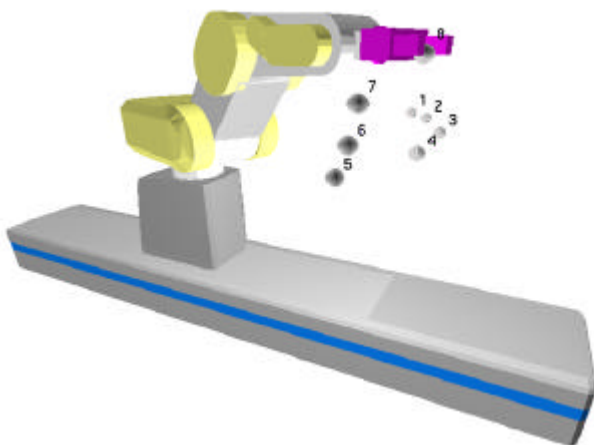


図3 視覚的動作教示

### 2 - 4 音声入力と力感覚伝達

音声入力はIBM社製のソフトウェアViaVoiceSDKで開発を行った.日本語音声入力の仕様を以下に示す.

- ・任意の発音定義により自由に言葉の設定が可能
- ・数値の認識により角度値を指定可能
- ・回転軸ごとに音声指示を行う

ここでの問題は,ViaVoiceSDKがVisualC++を用いたウィンドウアプリケーションを前提としたプログラムであり,OpenGLのウィンドウシステムと異なっている点である. OpenGLのウィンドウシステムはauxライブラリを使用しており,ViaVoiceSDKで必要とするウィンドウハンドルを取得することができない.そこで,本研究ではViaVoiceSDK用にダミーウィンドウを作成してウィンドウハンドルを取得する工夫をした.一方,力感覚伝達のシステム開発ではMicrosoft社製のForceFeedBackProというジョイスティックを使用した.DCサーボモーターが2個内蔵されており,X軸,Y軸を別々に駆動することで力を伝達する仕組みであり,1秒間に500回の頻度でモーターの力を制御している.コントロールプログラムはForceFeedback API5.0と呼ばれるライブラリを用いた.具体的にはDirectInput関数で,初期化および力感覚パラメータを構造体を使って設定した.500Hzで駆動する力伝達プログラムの作成は,実行時間を保証するリアルタイム技術必要となり非常に困難である.本開発では普及OSであるWindowsを採用したためリアルタイム処理ができなかった.OSが処理時間を自動決定するが,簡易的に力伝達を使用する場合は十分目的を達成する.本開発では,ロボットの動作範囲を超えると手に振動を与える機能として実現した.

### 3 実験結果

図3はCGによってロボットの動作を視覚的に教示した結果である.球形は先端位置を表し,教示の順番に自動採番され,ハンドの開閉も教示することができた.入力方法の実験ではマウス,キーボード,音声の組み合わせで教示を行うことができた.力感覚伝達の実験では,動作範囲を超える指示を与えたときに,手に振動を伝えることができた.教示結果を確認するために,教示順のアニメー



図4 実ロボットとロボットシミュレータ

ション表示を行うことができた。これによって、双方向リンクアルゴリズムの確証ができた。図4は本研究で使用したロボットの三菱電機社製のムーブマスターEXとロボットシミュレータの外観を示している。ムーブマスターEXはシリアル通信によるコマンドプログラミングが可能であるため、簡単な指定で実ロボットを動作させることができる。このコマンドをプログラムで参照可能なテーブルとして作成し、OpenGLで作成した動作情報をパラメータとして、実ロボットの動作コマンド列を自動生成している。図3の視覚的動作教示の結果をもとに、実ロボットは教示された通りの動作を実行した。

#### 4 考 察

ロボットモデルは手作業で作成しなければならず、ロボットの幾何形状の作成に多大の時間を要した。また、実用化のためには周辺設備のモデル化が必要となりさらに時間を要する。この幾何形状の作成時間を短縮するために、ロボットモデルの単純化を提案した(特願2000-23067)。図5にロボットモデルの簡易化の仕組みを示す。ロボットを構成する最小単位をアームの長さと同軸で定義する。これを単位アームと呼び線画で描画するし、順番に接続してロボットモデルを構築する。単位アームの操作には、入力装置(マウス、キーボード、音声入力、力感覚ジョイスティック)を自由に割り当てることができる。周辺モデルも同様に立方体で簡略表現する。このとき、周辺モデルの座標はロボットの基準座標(ロボット原点)からの距離を座標値(x,y,z)与える。ロボットモデルは作業スペースに複数台設置し、連携動作

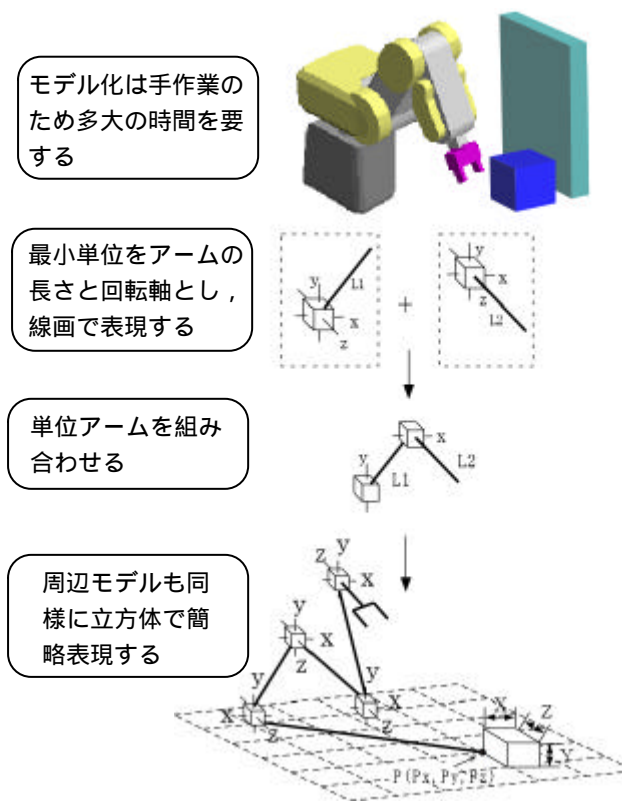


図5 モデル作成の簡略化

を教示することができる。図6は複数ロボットの連携教示の概要図である。連携教示をシミュレーションするために、双方向リンク構造体にシーケンサ命令が記述できるポインタの追加を検討している。また、制御点に対してラダー図記述ができるように検討している。

#### 5 結 論

開発したロボットモデルの動作を実証することができた。この結果、ロボットモデル作成の時間短縮方法について提案できた。コンピュータグラフィックスを利用して視覚的に設計・製造を支援することは、今後、急速に進展していくと考えられる。しかし、本来解決したい問題は、高機能なCADでなくても対策可能と考える。本研究で提案する簡略化手法は、低コストでロボット教示の作業効率を向上することが可能である。また、ロボット以外にも、加工装置や計測機器などの制御・管理にも応用が可能である。

#### 文 献

- 1) 長谷川辰雄, 多田三郎: インターネットを利用した低コストの遠隔制御機械システム, 工技セ報告5 pp.20-21, 1998
- 2) 近藤嘉雪: アルゴリズムとデータ構造, ソフトバンク, 1992
- 3) Jackie Neider, Tom Davis, Mason Woo: OpenGL Programming Guide, アジソンウェスレイ, 1996

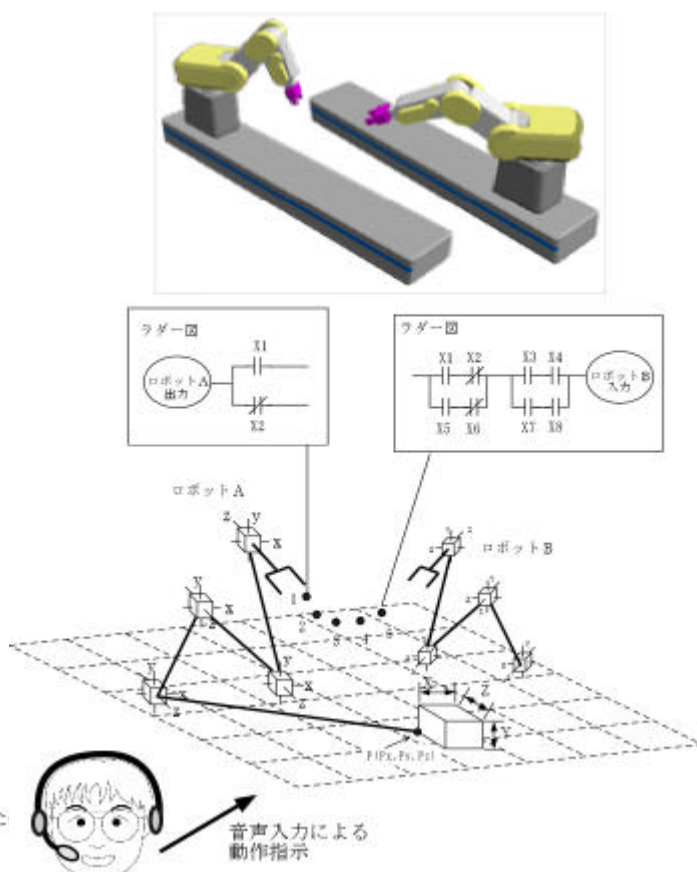


図6 複数ロボットの連携教示シミュレーション

## ウルシ材の利用活用

浪崎 安治\*、高橋 民雄\*、有賀 康弘\*  
小田島 勇\*\*

岩手県のウルシ液生産量は日本一である。ウルシ液を掻き取ったウルシの木は廃棄焼却処分されている。そこで、資源の有効利用の観点から、我々は未利用材であるウルシ材の材質試験をおこなった。その結果、ウルシ材は木製品に充分利用可能であることがわかった。

キーワード：ウルシ材、未利用材、利用活用

## The Effective Utilization of Rhus verniciflua Stokes

NAMIZAKI Yasuji, TAKAHASHI Tamio, ARUGA Yasuhiro  
and ODASHIMA Isamu

Iwate Pref. is a production amount top of Japan of the Raw lacquer( Rhus verniciflua Stokes<sup>1-2)</sup>.Urushi(Rhus verniciflua Stokes) trees sapped out have been incinerated. So, in terms of effective utilization of the resource, we experimented on the property of the Urushi wood as an unused wood. As the result, We confirmed that Urushi wood can be used available for making wood products.

key words :Rhus verniciflua Stokes ,unused wood, effective utilization

### 1 緒 言

岩手県は生漆の生産量約1.5tと日本一である。ウルシの樹液はウルシの木の外傷をふさぐ駆体保持機能と考えられているが、ウルシの木はゴムの木と同様樹液を取るだけのものと考えられてきた。明治以降、ウルシの木は漆掻き職人によって殺し掻き法という技法でできるだけ多くウルシを採取し、一年の間にウルシの木を殺して(伐採)、掻き取られたウルシの木は、戦前は釣魚用の浮子用材<sup>3)</sup>、農業用のはせ掛け用の支柱などに使われていた。戦後はウルシの木を取り扱うことによる皮膚かぶれの影響のためか、焼却あるいは燃料用材として限られた生産地域で処分しているのがほとんどで、その他の木製品への利用活用はほとんど見出されていない。よく知られているウルシの木の利用例としては、箱根寄せ木細工に使用されている黄色系有色材としてあげられるが、生漆の産地でないことからウルシの木を使用することはわずかで、同様な有色材としてニガキ、ハゼノキなどが主として使用されている。近年、県内生漆生産地でウルシの木の利用活用が芽生え始めているが、前述のようにウルシ材に関する「木材」としての資料はほとんどみあたらない。

本研究では、地域性のあるウルシ材の活用、資源の有

効利用の観点からウルシ材を木材として有効活用するための基礎的資料を得ることを目的とし、ウルシ材の人工乾燥スケジュールの確立ならびに材質の評価を行った。

### 2 ウルシノキの活用

ウルシの木はウルシ(Sumac)科に属しておおよそ70属600種<sup>4)</sup>の木本植物の1つである。ウルシの木はウルシ属植物(8種類)に含まれる。漆液が取れるのはウルシ

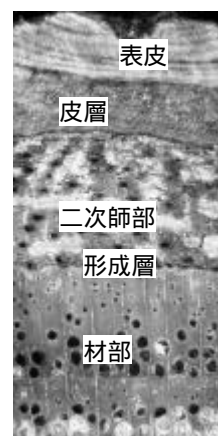


写真1 横断面

の木だけである。漆液の活用は本報では触れないが、漆液以外のウルシの木の活用例は、果実から木蠟をとり、その絞りかすは馬の飼料になると報告がある<sup>5)</sup>。また、枝葉は染料に使われることがあり、若葉は山菜として、新芽は可食することができるといわれる<sup>5)</sup>。用材としては前述したようにわずかに細工物に使われているだけであることから考えると、材部活用はあまり検討されてきていない。

\* 木工特産部

\*\* 滴生舎(浄安森林組合)

写真1にウルシの木の横断面(木口面)の顕微鏡写真を示す。二次師部に漆液溝<sup>6)</sup>と呼ばれる穴が分布していることがわかる。このことから、漆掻きは形成層の手前まで傷を付けて漆液を掻き取っていると思われる。つまり、形成層から髓までの材部には漆液は存在しないことから材部にはかぶれる要素はないと考えられる。

### 3 試験方法

未利用材の乾燥スケジュール推定法による試験<sup>7)</sup>(急速乾燥による推定法)により、ウルシ材の乾燥初期条件及び乾燥終末温度を推定し、それにもとづいて、人工乾燥スケジュールを立案した。

そのスケジュールによって実大材の人工乾燥(間けつ運転法)試験を行い、初期乾燥条件の違いによる人工乾燥での木材への損傷について検討を行った。

#### 3-1 急速乾燥による推定法の100 試験

供試材としては厚さ2cm×幅10cm×長さ20cmの手鉋仕上げした心材板目材3枚を用いた。この試験片を100の電気恒温乾燥器中で、生材から全乾状態まで乾燥し、その際に発生する欠点の種類と損傷段階を分類し、実大材についての乾燥スケジュールを立案した。

#### 3-2 乾燥スケジュール試験

供試材は厚さ2.4cm(8分)の挽割の板目材を用いた。供試枚数は1試験あたり70枚とし、次の試験条件により合計140枚を試験に使用した。

試験条件としては生材から人工乾燥をおこなう方法と、天然乾燥をおこなってから人工乾燥をおこなう方法の2条件とし、目標含水率は9%とした。

乾燥は企業の現場で、材積約1.5m<sup>3</sup>入りの小型乾燥機(ヒルデブランドHD74-1H)を使用して、現場の実際に即した間けつ運転によりおこなった。乾燥経過中の含水率は、あらかじめ推定含水率を求めておいた3片の試験材を基準に、時間経緯における重量変化によって乾燥機内の材の含水率を推定し、3-1で立案した推定乾燥スケジュールに準じて人工乾燥試験を進めた。乾燥終了後、乾燥による木材の損傷は肉眼観察でおこなった。

#### 3-3 材質試験

ウルシ材の各材質試験は人工乾燥終了後の気乾状態の試験とし、試験体の数は各試験についてそれぞれの板材から1個ずつの計12個として試験に供した。試験内容についてはJIS Z 2101の木材試験方法の1.2 試験項目のうち9項目18試験についておこなった。

### 4 試験結果及び考察

#### 4-1 急速乾燥による推定法の100 試験

試験の結果を表1に示した。欠点の段階は初期割れが1~8、糸巻き状断面変形が1~8、内部割れが1~6

の各段階<sup>7)</sup>とし、数字の大きいものほど欠点の大きいことを示す。推定条件は3片の試験材のなかで乾球温度が最も低いもの、乾湿球温度差は最も小さいものを選出するため、実大材の乾燥スケジュールとしては初期乾球温度50、初期乾湿球温度差3.6、終末乾球温度77を標準とし判断した。乾燥途中の条件は米国マチソン林産研究所発表の広葉樹材の乾燥スケジュール表<sup>7)</sup>およびそれを修正した温湿度の組み合わせ表<sup>7)</sup>を活用してウルシ材の乾燥スケジュールを立案した。その推定乾燥スケジュールを表2に示す。

表1 100 試験の結果

No	欠点の種類と段階			推定された条件( )		
	初期割れ	糸巻き状断面変形	内部割れ	初期乾球温度	初期乾湿球温度差	終末乾球温度
1	1	4	1	54	4.0	80
2	1	5	1	50	3.6	77
3	1	4	1	50	3.6	83

表2 推定ウルシ材乾燥スケジュール

含水率範囲(%)	乾球温度( )	乾湿球温度差( )
12.0~6.8	50	3.5
6.8~5.5	50	4.5
5.5~4.5	50	6
4.5~3.8	50	8.5
3.8~3.2	50	12
3.2~2.7	55	15
2.7~2.2	55	18
2.2~1.8	60	23
1.8~1.4	65	23~28
1.4~1.2	70	23~28
1.2以下	70	23~28

#### 4-2 乾燥スケジュール試験

表2にもとづいておこなった人工乾燥スケジュールの実証試験結果を表3、表4に示す。

表3 生材からの人工乾燥実証試験条件及び結果

○板厚：8分(24mm)	○初期含水率：105%
○乾燥形式：蒸気式乾燥、間けつ運転	
○乾燥期間：8月24日~9月24日 231.5時間	
○乾燥による損傷：変色、凹変形、表面割れ、カビ	

表4 天然乾燥後からの人工乾燥実証試験条件及び結果

○板厚：8分(24mm)	○初期含水率：29.7%
○乾燥形式：蒸気式乾燥、間けつ運転	
○天然乾燥期間：8月24日~10月26日	
○乾燥期間：10月27日~11月6日 65時間	
○乾燥による木材の損傷：狂い(幅ぞり)	

## ウルシ材の利用活用

人工乾燥における乾燥初期で、含水率が生材からの乾燥のようにまだ高い時期には、温度のみが急上昇すれば木口割れ、表面割れの危険度が大きくなるので、2試験条件とも初期蒸煮により乾燥機内の湿度上昇をはかった。間けつ運転が前提条件のため、乾燥初期において運転を中止する場合室温は急激に下がり、あとは徐々に低下するが、湿球温度の低下はこれより遅れるため、高湿条件になりやすい<sup>8)</sup>。つまりカビ(菌)が繁殖しやすい状況になる。このようなことに対応するため、休止中は空気が停滞しないようにファンを廻しておくのがよいが、実験現場の事情により夜間の乾燥機運転が不可能であったので、人工乾燥完全停止1時間前に熱源を停止して、ファンを廻すだけの状態と排気口を調節する方法をとった。また、乾燥中における木材の収縮による材の動きを防ぐために、積み重ねた材の上部に荷重をかけて試験をおこなった。

しかし、結果として生材からの人工乾燥においては、木材の損傷は材の内部の変色がほとんどの試験材に、凹変形が3枚、表面割れ3枚、カビ発生5枚が生じた。



写真2 変色(木口面)

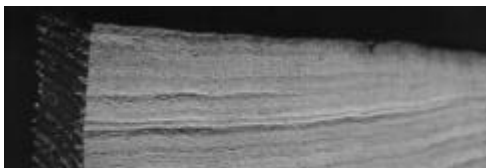


写真3 凹変形(材表面に筋状の凹み)



写真4 表面割れ

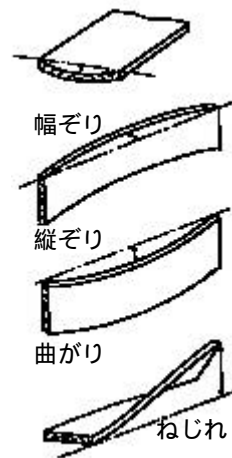
乾燥材の切断断面の変色状況を写真2に示す。材表面から深く変色しているのが認められる。一般に変色についての原因は、変色菌等の繁殖によるものか、含有成分の酸化変色が考えられる<sup>9)</sup>が、現在調査中である。

カビの発生については、樹皮の取り残し部分に発生しており、樹皮が完全に除去されていれば発生しないと思われる。

その他の損傷(写真3~4)についてはいろいろな要因が重なって発生したものと考えられる。つまり、乾燥初期における含水率の高さに起因し、乾燥機の運転が連続して行えない間けつ運転でファンだけでも連続で廻すことができなかったことが主要因と考えられる。すなわち、休止中の高湿状態から翌朝また乾燥室内の温度を上げる

際、木材を生材から乾燥するときと同様かなりの注意しながらの操作熟練が必要となる。

次に、天然乾燥後からの乾燥試験結果を表4に示す。



材の損傷としては狂いが発生する。狂いは図1に示すように大きく4つに分かれる。今回発生した狂い(幅ぞり)は、表5の平均収縮率からもわかるように半径方向の収縮率と接線方向の収縮率比が5:10であることにより発生した木材固有なものであり、積み重ねた被乾燥材の上部にかけた荷重が均等にかかっていたら、より狂い(幅ぞり)の発生を抑制軽減できたと思われる。

天然乾燥は人工乾燥に比べ乾燥初期の条件が緩やかである。一般に木材乾燥では乾燥初期に損傷が発生しやすいといわれている<sup>8)</sup>。今回のように、夜間は完全停止の間けつ運転で生材から直接人工乾燥を行う場合は、乾燥初期において乾燥室内が木材にとって厳しい状態であったと推測され、そのことがさらに乾燥機操作の難しさを助長するとともに、長期乾燥期間を必要とする欠点が生じる。

天然乾燥では、到達する含水率は気乾状態が限度であり、一般には、木材中の自由水が無く、結合水の含み得る最大含水率状態の繊維飽和点までといわれ、広葉樹では30%前後といわれている。今回の天然乾燥では繊維飽和点相当まで含水率を低減して人工乾燥を行え、完全停止の間けつ運転でも容易に目標含水率に到達できることがわかる。また、繊維飽和点以降も気乾状態まで天然乾燥をおし進めることは可能である。しかし、寒冷降雪地では、梅雨時と冬季は天然乾燥がほとんど進行しないと考えられ、乾燥に長期間を必要とするため、含水率が繊維飽和点以降はウルシ材を人工乾燥に供したことは妥当であった。

### 4-3 材質試験

試験の結果を表5に示す。

材質の評価については、木材工業ハンドブックに記載されている広葉樹28種の物理的性質・機械的性質の表<sup>9)</sup>から、それぞれの樹種の値を3ランクに分けて(最大値と最小値の幅をLow:30%, Medium:40%, High:30%)評価することとした。

次に、表6に該当する試験項目の評価を示す。このことからウルシ材の機械的性質の強さは中庸以下と考えられる。この評価は用材の許容範囲内<sup>9)</sup>であることから考えると、ウルシ材の用材としての使用は問題無いと考えられる。



また、含水率1%あたりの平均収縮率については接線方向について0.23%以下、半径方向はLowの範囲にあり、ウルシ材は動きの少ない樹種の部類になると考えられる。

の特徴といえる。

5 結 語

ウルシ材の基礎試験結果をまとめると次のとおりである。

表5 ウルシ材の材質一覧

項 目	平均値	最小値	単位
樹齢	27.1	13	年
平均年輪幅	3.6	2.1	mm
含水率	8.77	7.74	%
密度	0.41	0.34	g/cm <sup>3</sup>
吸水量			
半径断面	0.03	0.03	g/cm <sup>2</sup>
接線断面	0.04	0.03	g/cm <sup>2</sup>
横断面	0.29	0.26	g/cm <sup>2</sup>
平均収縮率(含水率1%の変化に対する)			
半径方向	0.11	0.08	%
接線方向	0.22	0.2	%
縦圧縮強さ	39.6	34.2	N/mm <sup>2</sup>
縦引張強さ	64.7	40.3	N/mm <sup>2</sup>
横引張強さ	4.6	3.4	N/mm <sup>2</sup>
曲げ強さ	73.4	58.7	N/mm <sup>2</sup>
剪断強さ			
柁目面	10	8.5	N/mm <sup>2</sup>
木表面	10.7	8.3	N/mm <sup>2</sup>
木裏面	10.3	7.8	N/mm <sup>2</sup>
硬 さ			
柁目面	9.9	6.3	N/mm <sup>2</sup>
板目面	11.7	8.7	N/mm <sup>2</sup>
割裂抵抗	27.9	21.7	N/mm <sup>2</sup>

平均値：12試験片の平均値

試験方法：JIS Z 2101

(1) 人工乾燥について

ウルシ材の人工乾燥スケジュール(基準)を確立した。間けつ運転乾燥する場合は、天然乾燥をおこなうとよい。

(2) ウルシ材の特徴について

- ・吸水性は低い
- ・収縮率は小さい
- ・機械的強さは弱～中庸程度である。
- ・かぶれる要因は含まれない。

以上から、ウルシ材は機械的強さは中庸以下であるが、吸水性の低い特徴を持った用材として、木製品への利用活用は十分可能であると考えられた。

本研究では企業で人工乾燥試験を実施したことで、地域性のある未利用材の乾燥スケジュールの立案の進め方をとおして、企業も水分管理の重要性を認識することができた。また、地域性のあるウルシ材の特徴を把握することができ、用材として利用できることが認められたので、次年度はウルシ材の活用を目的として、企業に指導をしながら木製品等の試作開発をすすめていく計画である。

表6 ウルシ材の材質評価 単位：N/mm<sup>2</sup>

縦圧縮強さ	:19.6 Low 32.8< Medium 50.5<High 63.7
縦引張強さ	:58.8 Low 100<Medium 154.9<High 196.1
曲げ強さ	:34.3 Low 62.3< Medium 99.5<High 127.5
剪断強さ	:4.90 Low 8.82< Medium 13.7<High 19.9
硬さ(柁目)	:5.88 Low 12.9<Medium 22.4<High 29.4
平均収縮率:単位%	
(接線)	:here<0.23 Low 0.29<Medium 0.37<High 0.43
(半径)	:0.09 Low 0.138<Medium 0.202<High 0.25

イタリアック体がウルシ材の評価を示す。

次に、吸水量について他3樹種との比較結果を表7に示した。

表7 木材の吸水量 単位：g/cm<sup>2</sup>

樹種 \ 吸水面	柁目面	板目面	木口面
キハダ	0.046	0.051	0.360
アカマツ	0.087	0.104	0.951
キリ	0.051	0.083	0.358
ウルシ	0.033	0.042	0.291

この結果からウルシ材は他樹種に比べ吸水量は低い樹種であることがわかる。つまり水の吸収力が低いことが古くから経験により浮子用材としてウルシ材が利用活用されてきた一因として考えられる。このことはウルシ材

文 献

- 1) 貴島他共著：原色木材図鑑 P87 (1983)
- 2) 初島住彦：日本の樹木 P662～663(1978)
- 3) 農商務省山林局：木材ノ工藝の利用(復刻版) P957 (1982)
- 4) 緒方 健：木材工業 Vol.34-6 P25(1979)
- 5) 平井信二著：木の大本 P388(1997)
- 6) 永瀬喜助著：漆の本 P66(1986)
- 7) 寺澤眞著：木材乾燥のすべて (1994)
- 8) 寺沢真他共著：木材の人工乾燥 (1984)
- 9) 農林省林業試験場編：木材工業ハンドブック P163～165(1970)

# 速乾性漆の開発\*

小林 正信\*\*、町田 俊一\*\*

伝統的な釘（いっかけ）漆の製法を基に速乾性漆の開発を行った。速乾性漆は酸化重合による硬化反応と攪拌を繰り返す作業により調整した。生漆及び精製漆と硬化時間及び塗膜密着力を比較した結果、硬化時間は生漆の約1/7、精製漆の約1/9で、塗膜密着力は精製漆と同等であることが解った。

キーワード： 漆、硬化時間、密着力

## Development of Quick Dry Japanese Lacquer

KOBAYASHI Masanobu and MACHIDA Toshikazu

Quick dry Japanese lacquer is developed on the basis of manufacturing method of traditional "Ikkake Urushi". New lacquer is produced by repeating hardening reaction by the oxidation polymerization and stirring. After the characteristic tests of new lacquer, the results show that hardening time is 1/7 of unrefined lacquer and 1/9 of refined lacquer, and coating coherence force is equal with refined lacquer.

key words : Japanese lacquer, hardening time, coating coherence force

### 1 緒 言

岩手県は日本一の漆液生産地（年間約2 t）であるとともに浄法寺塗、秀衡塗の漆器生産地であり、漆と関わりの深い県である。漆は天然の高分子材料で、酸やアルカリなどへの耐薬品性にも優れている。また、塗装面も高い質感を持つと認知されていることなどから、器や文化財などの塗装に使用されている。通常、塗装には木から採取した生漆（きうるし）とこれを加熱攪拌により精製した精製漆が用いられる。漆塗装作業では、漆の硬化時間に制約を受ける場合も多く、漆の硬化時間を早めることができれば作業効率の向上に直接的に寄与すると考えられる。本研究では、伝統的な釘漆の製法を基に速乾性漆を調整し、生漆および精製漆と硬化時間および塗膜密着力についての比較を行った。

### 2 研究方法

#### 2 - 1 速乾性漆の調整

漆液は通常、温度20～28℃、湿度70～80%RHの雰囲気中で5～8時間ほどで硬化する。硬化とは、漆液を上記の雰囲気中に放置することで漆液の成分の酸化重合反応が起こり（分子結合が促進され）、液体から固体へと変化する現象である。釘漆は、漆液を硬化雰囲気中に放置し硬化直前に攪拌する作業を漆液の固体化に要する時間以上繰り返すことで調整され、攪拌作業により固体化が妨げられているが、ひとたび固体化の条件が整えば極めて急速に硬化する。伝統的な釘漆は非常に硬化が早いため金属箔貼り等に使用されるが、塗装材料としては一般に使われず、詳細な調整方法は明らかでない。

そこで、速乾性漆の調整条件を導き出すため調整実験をした。図1に示す方法で、硬化と攪拌を釘漆の状態になるまで繰り返し、調整回数、時間および重量変化を記録した。調整条件を表1に示す。通常漆塗りに使用する

定盤（作業台）に漆を均一に塗布し、恒温恒湿室で硬化させた。攪拌は手作業で毎回約3分行った。

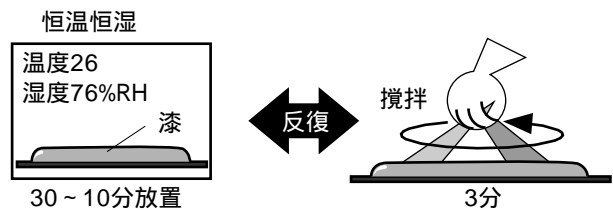


図1 速乾性漆の調整方法

表1 速乾性漆の調整条件

	調整重量 (gf)	硬化雰囲気	攪拌雰囲気
調整1	100	温度 26	温度 20
調整2	100	湿度 80%RH	湿度 45～55%RH
調整3	150		

#### 2 - 2 硬化時間測定

速乾性漆、生漆および精製漆の試料について、硬化時間を測定比較した。速乾性漆と精製漆は比較する生漆から調整した。精製漆は当センター所有の自動精製装置で精製した。試料をガラス板に均一な厚みに塗布し、硬化時間測定装置（太祐製作所社製）で12時間の塗膜変化を測定した（図2）。硬化雰囲気は温度26℃、湿度76%RHとした。

#### 2 - 3 塗膜密着性試験

速乾性漆に調整した場合に塗膜の密着性が低下するようであれば塗装材料としては不適である。そこで、塗膜密着力を計測比較した。

まず、碁盤目テープ法（JIS K5400.8.5.2）により試験した（図3）。試料（生漆、精製漆および速乾性漆）をアクリル板にスクイージにより均一な厚み（セロハン

\* 基盤的先導的研究推進事業、\*\* 木工特産部

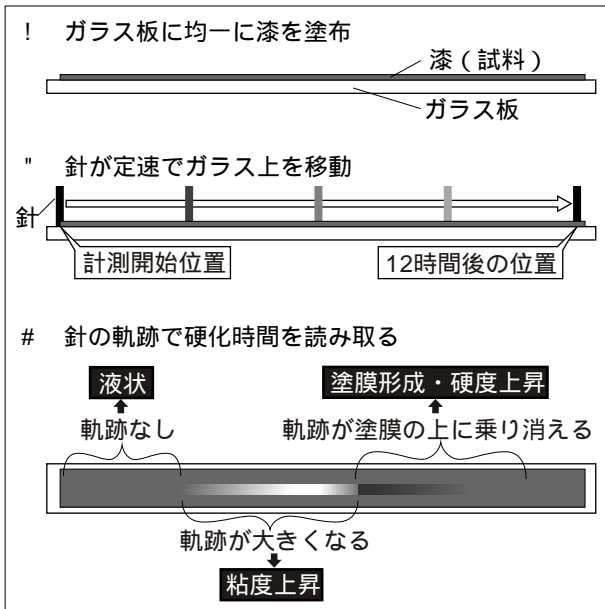


図2 硬化時間測定方法

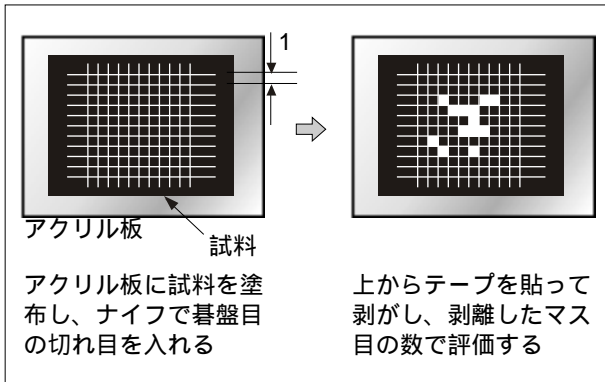


図3 碁盤目テープ法による密着試験

テープ2枚重ねの厚み)に塗布し、硬化後ナイフで碁盤目状に切り込みを入れる。その上からテープを貼り、剥がしたときの剥離マス目数で評価した(サンプル数=各試料2点)。

次に引張式密着試験器(太平理化工業社製)により密着性の試験をした(図4)。試料は生漆、精製漆、速乾性漆および精製漆と同じ粘度に塗料用シンナーで希釈した速乾性漆(速乾性漆は粘度が高いことから実用に際しては溶剤で希釈して使用することが想定される。希釈した場合の密着力の低下の有無を確認するため)とした。試料を塗布するベースには、吸い込みのある材料とそうでないものとして、ベニヤ板(12厚)とアルミ板(30厚)を用いた。アルミ板を用いた理由は、本試験が碁盤目テープ法試験より引張力が大きく、アクリル板では変形や破損が予想されたからである。ベースに均一に試料を塗布し(セロハンテープ1枚の厚み)、漆硬化後に引張治具(ドリー)を2液性エポキシ接着剤で塗膜表面に接着した。接着剤を45の雰囲気下で8時間硬化させた後に引張試験し、塗膜剥離時の引張力の数値で評価した(サンプル数=各試料5点)。

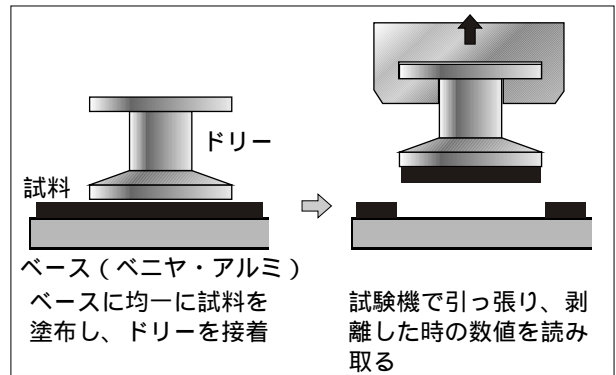


図4 引張式密着試験

### 3 結果

#### 3-1 速乾性漆の調整

調整結果を表2に示す。速乾性漆の調整終了時間については、漆の状態について目視(色)と触覚(粘度)とから経験的に判断して決定した。調整終了時の速乾性漆は精製漆よりも透明度が低い黒色で、高い粘性を持つ飴状であった。

表2 速乾性漆調整結果

	漆調整1	漆調整2	漆調整3
初期重量(gf)	100	100	150
最終重量(gf)	76	72	111
重量減少率(%) (最終重量/初期重量)	76	72	74
延べ硬化時間(分)	280	265	385
単位重量当たりの硬化時間(分) (硬化時間/初期重量)	2.8	2.65	2.57
攪拌回数	21	20	28

#### 3-2 硬化時間測定

ガラス板を観察することで漆の硬化過程をおおまかに把握することが可能である。硬化の過程は以下の?~Cの区分により図5のように読み取れた。

- ? 液状...針の軌跡なし
- @ 粘度上昇...針の軌跡が徐々に残り始める
- A 塗膜形成...塗膜表面が引きずられ剥離
- B 硬度上昇...針の軌跡が塗膜の上に乗る
- C 硬化...針の軌跡が消える

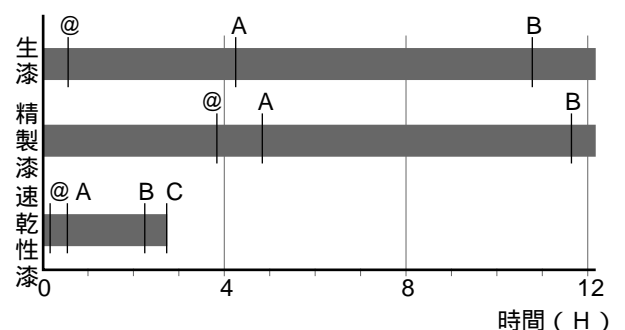


図5 硬化時間測定結果

図5のとおり、速乾性漆は3時間以内で完全に硬化した。他の試料と比較すると表面に塗膜が形成されるまでの時間が生漆の約1/7、精製漆の約1/9であり、塗膜上に針が乗るまでの時間が生漆および精製漆の約1/5であった。12時間の測定では生漆と精製漆は完全に針の軌跡が消える時間は確認できなかった。

それぞれの硬化表面を観察すると、漆を厚塗りした場合に見られる表面の「縮み」は、それぞれの漆で同様に観察された。塗膜の光沢については違いが観察され、速乾性漆がいちばん光沢があり、次いで生漆、そして精製漆の順だった。

### 3-3 塗膜密着性試験

碁盤目テープ法による試験結果は、生漆が比較的密着力が弱く、速乾性漆と精製漆についてはマス目の剥離は見られなかった(図6、表3)。

引張式密着試験器による試験結果は表4の通りである。ここでは試料ごとの塗膜密着力に大きな違いは見られなかった。また、速乾性漆を希釈した場合の密着力の低下も確認されなかった。

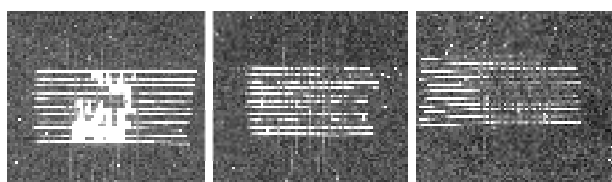


図6 碁盤目テープ法試験結果

表3 碁盤目テープ法評価点数

試料	碁盤目剥離数	評価
生漆	50	50点
精製漆	0	100点
速乾性漆	0	100点

表4 引張試験結果

	ベニヤ板平均値 [N/ <sup>2</sup> ]	アルミ板平均値 [N/ <sup>2</sup> ]
生漆	2.8	3.8
精製漆	2.9	3.8
速乾性漆	2.9	3.8
速乾性漆希釈	2.8	3.9

## 4 考察

### 4-1 速乾性漆の調整

調整前後の重量減少は主に漆中の水分が蒸発したものであると考えられる。調整前後の水分を測定した結果、精製前の漆の水分が約15%、調整後は3%前後であり、調整後の水分は精製漆の水分にほぼ等しい値であった。

調整時間は、硬化雰囲気での空気にさらされる単位面積あたりの重量に比例するため、同一重量の漆を調整する場合は広い面積に薄く塗布したほうが調整時間が短い

と考えられる。ただし、漆は硬化時間の個体差も大きいいため、漆自体の硬化しやすさが最終的な調整時間へ及ぼす影響は大きいと考える。

### 4-2 硬化時間

速乾性漆の調整により、漆の硬化時間を大幅に減少できた。塗膜の観察から光沢は速乾性漆が最も高い。この原因は、速乾性漆の調整の過程で行う攪拌作業が考えられる。これはロールミル等により漆を練った場合、成分中の固まりが微細化され均一分散し、塗装した場合の表面が平滑になり、結果として光沢が増す現象と同様、速乾性漆の調整時の攪拌作業がこれと同じ効果をもたらすと考える。

### 4-3 塗膜密着性

今回行った密着性についての二つの試験を通じて、速乾性漆調整による密着力低下は確認できず、速乾性漆も塗装材料として十分な密着強度を持つことが分かった。碁盤目テープ法の試験では、生漆の密着性が他に比べ弱かった。一方、引張試験では試料すべてがほぼ同じ密着性を示した。ベニヤ板による引張試験では、すべての試料がベニヤ板の木部破壊で剥離し、塗装境界面での剥離は一例もなかった。これは試料の密着力がベニヤ板の表面材質強さを越えるものであることを意味し、このことから十分な密着性を持つと考えられる。アルミ板では数値的にはベニヤを上回っていたが、試料はすべてアルミとの境界面で剥離しており、数値は表面での物理的な密着性を示しているとともに、被膜の層間剥離が生じないことが確認された。ただし総合的な塗膜強度の評価には、他の試験(表面硬度、耐候性など)による結果も含めて判断しなければならない。

## 5 結語

本研究で以下のことが解った。

- 1 速乾性漆は生漆の約1/6、精製漆の約1/10の時間で硬化する。
- 2 速乾性漆の光沢度がもっとも高く次いで生漆、精製漆の順となった。
- 3 速乾性漆の密着性は生漆、精製漆と同等で、塗装材料として十分である。

以上のことから、速乾性漆を漆器生産に活用することで、漆硬化に通常1日1回程度しか行えなかった漆塗り行程が3~5回可能となり、生産効率が大幅に向上すると期待される。速乾性の調整に1日要するが、保存性は通常の漆同様で、使用する都度調整する手間もない。今後は、他の強度試験による総合的な評価を行い、実用材料としての検討を進める。

本研究を実施するに当たり、密着性試験に関する協力をいただいた化学部穴沢靖主任専門研究員に感謝いたします。

## 速乾性漆の塗装性評価\*

町田 俊一\*\*、小林 正信\*\*

大野村の木工品への塗装を目的とし、新開発速乾性漆の各種塗装方法への活用と、粘度調整に用いる溶剤についても検討した。その結果、硬化促進剤の添加なしに漆で塗装可能であり、製作時間も大幅に短縮できた。溶剤は現在一般的にしている塗料用シンナーの使用で塗装可能となる。  
キーワード： 漆、塗装技術、大野村

### Evaluation of Painting Method with Quick Dry Japanese Lacquer

MACHIDA Toshikazu and KOBAYASHI Masanobu

The aims of this research is the development of painting for the Ohno village's woodcrafts. The developed Japanese lacquer which hardening time is 1/7 of unrefined lacquer was examined for the various painting method. And solvents were tested for viscosity adjustment. The results as follows;

1. The sprayer painting and brush painting are possible without addition of hardener, and production period is decreased largely.
2. Thinner for generally lacquer paint is suited for the solvent of viscosity adjustment.

key words : Japanese lacquer, painting technique, Ohno village

#### 1 緒 言

現在大野村では、ろくろ加工による食器等の木工品を「大野木工」ブランドで生産しており、大野村の代表的な地場産業になっている。しかし、これらの木工品はすべてがウレタン塗装されており、学校給食器をはじめ、食器の環境ホルモン等安全性に対する問い合わせが急増し、天然塗料への転換への要望も増大している。このため、大野村では早急な対応に迫られ、食器類では2001年までに漆塗装等の天然樹脂塗料塗装への転換を計画している。しかし、現在の大野村にはいわゆる伝統的な漆塗装を行える技術者がおらず、また技術者の養成を行う時間もないことから、現在のスプレー塗装技術による塗装が必須となっている。現在、漆液のスプレー塗装による他県漆器産地もあるが、漆液の硬化時間が通常6～8時間かかるため、漆液を急速に硬化させ液ダレを防ぐためのイソシアネート系硬化剤を混合して用いている。しかし、大野村の要望ではこのような方法は採用できない状況にある。

そこで本研究では、当センターで開発した速乾性漆<sup>1)</sup>を用いて、スプレー塗装を含む各種塗装方法への応用と希釈溶剤の検討を行った。

#### 2 研究方法

漆の塗装方法は、刷毛塗り（漆刷毛による塗り重ね）や拭漆（塗った漆を拭き取る工程を繰り返す）が一般的である。その他に、量産を目的とするスプレー塗装や木材への含浸などの方法が挙げられる。

速乾性漆を上述への用途活用することで、漆の利用拡大や漆製品生産効率の向上が図れるが、速乾性漆はそのままでは通常の漆に比べ粘度が高いことから、溶剤で希釈して使用する必要がある。そこで、速乾性漆への溶剤

効果検討を行ったうえで、各種塗装方法への応用を検討することとした。溶剤には通常、漆作業で用いられる塗料用シンナー、漆分析時に用いられているアセトン、比較的人体に無害なアルコールなどが挙げられる。事前のアルコール添加で速乾性漆の硬化時間が3倍程度も遅延する現象が確認されているため、塗料用シンナーとアセトンを実験対象とした。

##### 2 - 1 適性溶剤の検討

塗装材料の粘性により作業性は大きく異なる。そこで速乾性漆を塗料用シンナーとアセトンで希釈した場合（以下それぞれシンナー漆、アセトン漆とする）の粘度変化をE形粘度計（東京計器社製）により測定した。生漆と同等の粘度に溶剤希釈した速乾性漆粘度を室内雰囲気暴露で1分間ごとに測定し、粘度変化を調べた。

##### 2 - 2 塗装試験

塗装方法は刷毛塗り、拭漆およびスプレー塗装、木地は大野村で生産されている汁椀を用いた。また、作業は表1の工程により進め、漆が硬化した時点で次の作業に移り最終的な製作時間を記録した。なお、膜厚等比較のため速乾性漆塗装椀断面と従来塗装浄法寺塗椀断面の比較を行った。

表1 塗装試験工程

塗装方法	方法	回数	希釈溶剤
刷毛塗り	刷毛塗り 研磨	10	塗料用シンナー
拭漆	刷毛塗り 拭き取り	5	塗料用シンナー
スプレー塗装	スプレー 研磨	5	アセトン

2-3 木材への含浸試験

木材内部へ速乾性漆を減圧・加圧含浸することを検討した。含浸技術が活用できれば塗装作業の簡便化と木材自体の強度の向上が図れる。この試験は木材内部へ漆液が十分に含浸するための条件抽出と含浸した漆液が木材内部でどの程度硬化するかを把握するために行った。図1は試験に使用した当センター保有の真空・加圧含浸装置(ヤスジマ社製)の構成である。含浸試験条件を表2に示す。試料の栓炭化材は、大野村で木地として使う可能性があるために加えた。試料の含浸前後と硬化後の重量変化と、硬化後の切断面の観察を行った。

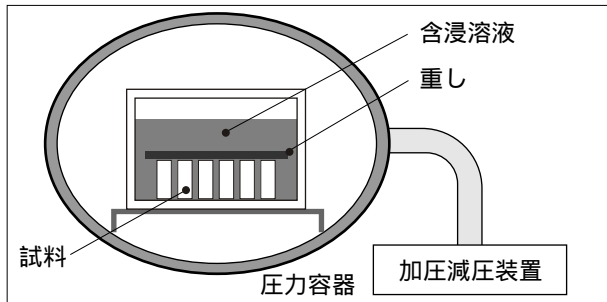


図1 含浸試験装置

表2 試験条件

含浸溶液	A 速乾性漆：溶剤 = 1：2 B 速乾性漆：溶剤 = 1：4 (体積比) 塗料用シンナー：ラッカーシンナー = 5：1
試料	材質：松、栓、栓炭化材 寸法：10×5 (断面)×180 (長さ)
減圧条件	70 hg 1時間
加圧条件	7 kg / (ゲージ圧) 2時間

3 結果

3-1 適性溶剤の検討

図2はアセトン漆とシンナー漆の粘度変化を比較したものである。精製漆の粘度を基準とすると、アセトン漆の粘度の時間変化が大きかった。シンナー漆は精製漆と同等の粘度を比較的長い時間保っていた。

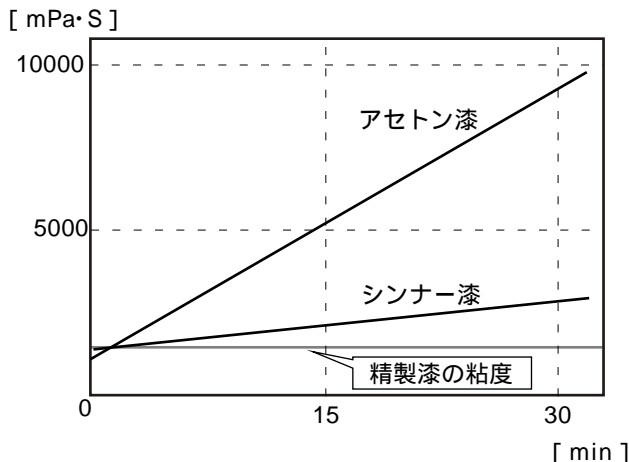


図2 希釈漆の粘度変化

3-2 塗装試験

表3にそれぞれの塗装に要した日数を示す。いずれの塗装方法においても従来の漆を用いた場合と比較して大幅に製作日数が短縮した。完成品を図3に示す。

表3 塗装試験結果

方法	回数	1	2	3	4	5	6	計	従来塗装での必要日数
刷毛塗り	(回数)	1	2	2	2	2	1	10回 6日	約25日
拭漆	(回数)	2	3					5回 2日	約5日
スプレー	(回数)	2	2	1				5回 3日	約10日



図3 塗装試験完成品

上記の完成した刷毛塗りの碗の切断面を浄法寺碗と比較した結果が図4である。浄法寺碗の塗り重ね回数は明らかでないが、塗膜厚に大きな差は見られなかった。しかし、木堅め(製作初期の工程で木地に漆を吸わせる。)の漆の吸い込みに違いが見られ、速乾性漆では木地にほとんど漆が浸透していなかった。

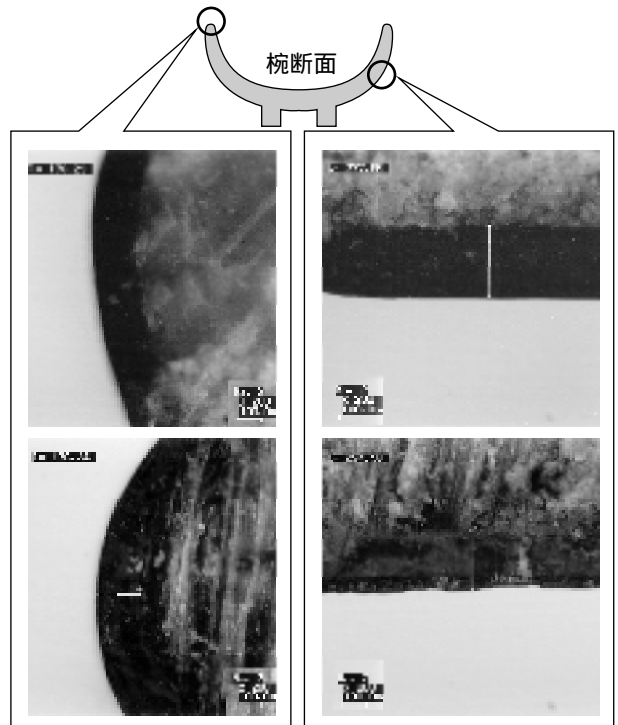


図4 碗断面の比較(上：塗装試験碗、下：浄法寺碗)

### 3 - 3 木材への含浸試験

速乾性漆の含浸試験結果を表4に示す。重量変化から希釈度が大きい漆の方が良く含浸しており、試料では松材が最も含浸していることが分かる。また、これらのサンプルを1週間、温度26℃、湿度80%RHの雰囲気中に放置してから硬化後の重量を測定した。長さ方向に切断して内部での硬化度合いを観察したが、一番硬化していると認められた希釈大・松の試料でも小口方向で5程度、木表・木裏方向で0.5程度しか硬化しておらず、内部まで硬化している試料は見られなかった。

表4 含浸試験による重量変化

	試料	初期重量	含浸処理後
含浸溶液A (希釈小)	松	100	112
	栓	100	106
	半炭化材	100	119
含浸溶液B (希釈大)	松	100	180
	栓	100	108
	半炭化材	100	118

(%)

## 4 考察

### 4 - 1 適性溶剤と塗装試験

粘度測定の結果、溶剤により粘度変化の傾向が大きく異なった。これは各溶剤の揮発力の差によるものと考えられる。実際の塗装試験からも、刷毛塗りおよび拭漆の場合、アセトン漆では短時間のうちに刷毛塗りや拭き取りが困難なほど粘度が上昇してしまい、刷毛ムラの残る塗装表面となった。また、スプレー塗装の場合は、シンナー漆では漆液の「締まり」が遅いため液ダレを起こしやすかった。塗装方法による適性という観点から考えると、シンナー漆は精製漆に近い粘度を比較的長時間保つため、作業時間のかかる刷毛塗りや拭漆に適しており平滑な塗装面が得られる。また、アセトン漆はかなり短時間で粘度が上昇するため、硬化剤を添加した漆に近い特性を示しておりスプレーでの液ダレ防止に効果がある。

漆を希釈することにより塗装1回あたりの塗膜厚さが薄くなり、塗装回数が増加することも懸念されたが、シンナー漆による刷毛塗りの場合には切断面の比較からも分かるように、従来手法で作られた腕の塗膜厚と同等であったため、希釈することによる塗装回数の増加はないといえる。しかし、スプレー塗装の場合は、スプレーできる粘度まで希釈すると揮発成分が多いために、1回の塗装あたりの塗膜厚は現在のウレタン塗装よりも薄く、

同等の厚みを確保するためには数回の工程の繰り返し塗装が必要と思われる。

また、断面の比較からは速乾性漆の木材への吸い込みが悪いことが確認されたが、これは速乾性漆の高分子化による木材内部への浸透が少ないためと考えられ、木材に漆を吸わせる「木堅め」工程だけは通常の漆を使うなどの工夫が必要であろう。

### 4 - 2 含浸試験

速乾性漆の含浸については、減圧、加圧と速乾性漆の希釈を適切に行えば、木材の種類によっては木材全体に漆を含浸させることは可能である。しかし、この際含浸した漆液は硬化条件を満たす雰囲気中に放置しても内部硬化しないため、硬化させるためには100~150の雰囲気中に放置して漆液を熱硬化させなければならない。このような高温下では木材自体が変形する可能性が高い。また、速乾性漆を含浸したサンプルも未処理のもの比べてそれ程強度が増加しているとは言い難く、しかも製品を量産ベースで含浸処理する場合の設備費、漆液の歩留まりや熱硬化させるための設備費等を勘案すると、処理のコストはかなり大きなものになると予想され、これらを改善しなければ実用性は低いと考える。

## 5 結 語

本研究で以下のことが解った。

- 1 希釈した速乾性漆の粘度変化は使用する溶剤の揮発性に大きく影響を受ける。
- 2 塗装作業時間と粘度変化の関係から、刷毛塗りや拭漆にはシンナーで希釈した漆が、スプレー塗装にはアセトンで希釈した漆が適している。
- 3 木材への含浸は可能であるが、木材内部の漆が完全硬化しなく、そのための処理を勘案すると現状では実用性は低い。

以上のことから、速乾性漆を用いた各種塗装が十分可能であることが確認できた。現状漆工分野で使用されている塗料用シンナーで十分作業可能であるが、塗装作業時の人体への有害性、また塗装された器物への溶剤の残留等の問題も考えられるため、さらに安全な溶剤の選別と希釈方法について今後検討していく。

本研究を実施するに当たり、含浸試験に協力いただいた木工特産部高橋民雄上席専門研究員、切断面写真撮影に協力いただいた同部浪崎安治上席専門研究員に感謝いたします。

## 文 献

- 1) 小林、町田：岩手工技セ研報，7，33，（2000）

## 新製品開発への光造形技術の応用\*

長嶋 宏之\*\*、小林 正信\*\*、町田 俊一\*\*、  
佐々木 幸政\*\*\*

光造形技術を自動車部品の試作及びマスターモデル製作等に応用する場合、積層による面の段差や大型モデルの造形の時間の長大化による製作コストの増加が問題となる。本研究ではモデルの分割製作による積層段差の最小化とモデルの配置角度による造形時間短縮に着目し、光造形技術での効率的な造型方法を検討し、さらに、「タイヤ」を事例に自動車部品試作での有効性を検証した。その結果、モデルの分割製作と最適な配置角度の有効性が確認できた。  
キーワード：光造形、自動車部品、コスト削減

## Application of Stereolithograph Technology for New Products Development

NAGASHIMA Hiroyuki, KOBAYASHI Masanobu, MACHIDA Toshikazu  
and SASAKI Kousei

When stereolithograph technology is applied in prototyping automobile parts, the problems are gaps on surface by laminating and increasing the production cost by imaging time. In this study, a reduction of gaps by dividing models and a decrease solid imaging time by an angle of models were used, and the effective method by stereolithograph technology are examined. And the method inspected the effectiveness by prototyping automobile parts in an example "a tire". The results showed that the dividing models and imaging by the most suitable angle of models are effective.

key words : stereolithography, automobile parts, cost reduction

### 1 緒 言

光造形技術はラピッドプロトタイピング (RP) の一技術として製品試作の段階でよく利用され、自動車部品の試作品及びマスターモデル等の製作への利用も多い。

しかし、試作制作時には光造形技術の原理に由来する次のような問題が発生している。

第一に光造形技術は「物体の断面形状を積層して成形する」原理であるため、造形物表面に積層による段差が生じる。特に大きな曲率の3次曲面が存在する自動車部品のようなものでは後の段差の消去に手間が掛かる。

第二に試作品が比較的大きいためかなりの造形時間を必要とし、結果的に製作コスト (減価償却費、材料費、電力費等) を増加させている。

そこでこれらの問題を最小限に押さえるため、本研究では光造形における効率的なモデルの造型方法について検討を行った。

### 2 研究方法

#### 2 - 1 分割製作による段差最小化の検討

#### 2 - 1 - 1 表面段差の最小化について

今回使用した光造形システムはSOUP400GH (NTTデータシーメット製) である。

まずは積層による表面段差の最小化の検討を行った。そこで、検討のために物体のZ方向の断面を図1のように簡略モデルにした。X-Y方向の断面に関してはRPの原理より、3次元データ (STLデータ) から断面線を生成するので段差の最小化には関係しない。よって、表面段差の変化はZ方向の断面のみで検討できると判断した。

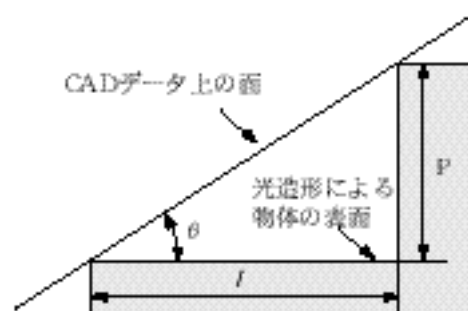


図1 面の段差の簡略モデル

\* 平成11年度技術パイオニアORT研修事業

\*\* 木工特産部、\*\*\* 株式会社モディー



積層ピッチ (P) は一定であるので、表面段差は  $l$  の値によって決まる。

よって、 $l$ 、 $P$ 、 $\theta$  の関係は式 ① のように示され、グラフからは  $\theta = 0^\circ$  に近い程大きくなり、 $\theta = 90^\circ$  に近い程小さくなる。

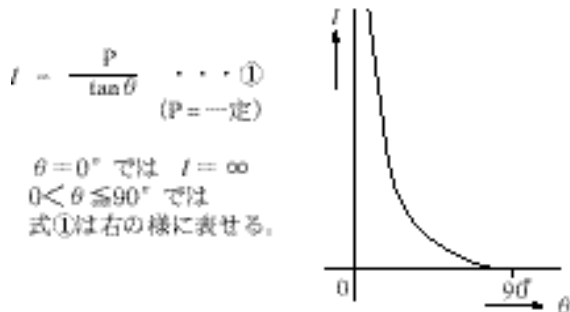


図2 面の角度と段差の関係

つまり、 $l$  の値は  $\theta$  の値によって変化する。それは、段差の大きさが物体表面と加工X-Yテーブル (加工テーブル) 面との角度  $\theta$  によって決まり、 $\theta = 90^\circ$  に近い程小さいことを意味する。よって、作成する面がテーブル面に対して垂直に近い程、段差が小さくなると考えられる。

### 2-1-2 分割製作の方法と検討

しかし、2-1-1での簡略モデルの検討は物体表面を単純な平面に置き換えた場合であり、通常、物体表面は様々な複合曲面である。よって全ての曲面を加工テーブル面に対し垂直に近づけるのは無理である。

そこで複合された各面を複数に分割して、曲面を垂直に近づけて作製することを考える。

その場合、どのように分割すれば曲面上の段差を少なく製作できるのかを検証した。

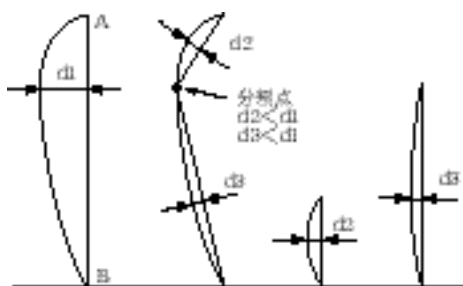


図3 分割の考え方

図3のような曲面を配置する場合、2-1-1の簡略モデルでの検討の結果から、Z方向の断面曲線の端点ABを結んだ直線をテーブル面に対し垂直に配置するのが全体的に段差が少なくなると考えられる。さらに、端点を結んだ直線と断面線との最長距離  $d$  が小さければさらに段差は小さくなると考えられる。そこで任意の点により断面曲線を分割し、距離  $d$  を小さくし、端点を結んだ線を垂直に配置すればさらに段差を小さくできると考えた。

そこで今回は断面曲線の変化点(変曲点)を分割点とし

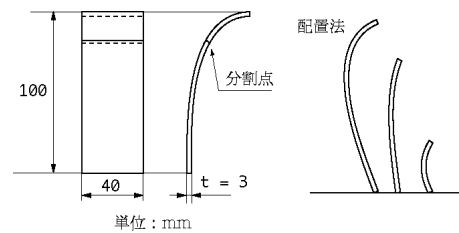


図4 分割製作したモデル

て設定し、実際に図4のような試験片を作成、分割したモデルと一体のモデルを試作し、段差について双方の比較評価を行った。

### 2-2 分割した場合の接合

前記のように面を分割して造形した場合、後の接合の際、接合部で面の狂いを生じる可能性がある。そこで、実際に4種類(図5)の接合試験片を製作し、これを共同研究者の所属企業で実際に作業を行っている方に、分割線での接合のしやすさ、分割前への復元性、合わせの精度の3点について主観的に5段階で評価してもらった。

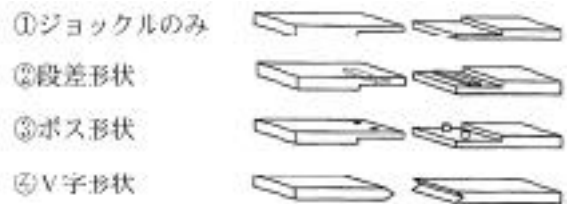


図5 接合方法の検討

### 2-3 造型時間の短縮化の検討

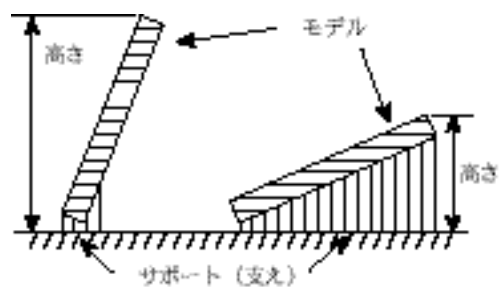


図6 高さやサポートの関係

次に造型時間の短縮化の検討を行った。光造形において製作時間増加に影響を与える要素は、モデルのZ方向の高さ (=積層の数) と、物体を加工テーブル面上に固定するためのサポートの作製時間である。なぜなら、Z方向に高いモデルは積層の数が増え、機器の積層工程(テーブルの駆動、液面の均し)が増える。またサポートは配置の方向、角度によって、必要としたり、必要としない場合がある(図6)。つまり、積層の数とサポートの量によってトータルの作業時間が変化することになる。そして、積層の数とサポートの量はモデルの配置と角度によって変化する。

そこで実際に「タイヤ」のモデルを使い、角度を変え、

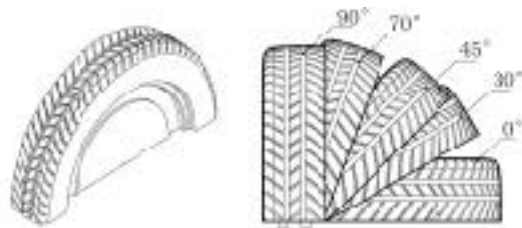


図7 角度の変化の検討

必要最低限のサポートを設定して造形し、Z方向の高さとサポートの量の相関関係を検討した。検討した角度は、0°、30°、45°、70°、90°である（図7）。

### 2 - 4 タイヤを事例とした効率的造型方法の検討

限られたテーブル面上に1回の造形で数種類、複数個の造形が可能ならば、時間の短縮や手間が省け効率が良い。

そこで、自動車の外観試作において必要とされる「タイヤ」を例として、同一形状の物を複数個得るための効率良い分割と配置（図8）を検討し造形した。

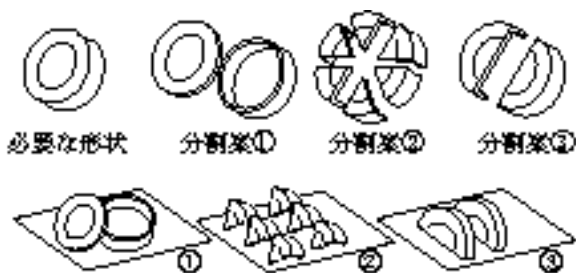


図8 モデルの分割と配置方法

## 3 結果及び考察

### 3 - 1 面の段差の最小化



図9 分割製作による面の段差の違い（右が分割）

段差の最小化検討のために作製した、分割と一体のものの双方の試験片を目視によって比較評価した。その結果、物体を分割して製作した試験片の方が、面全体において、明らかに段差が小さく比較的なめらかな曲面を得ることができた（図9）。

このような複合曲面の場合においては、分割して作製することによって、物体を加工テーブル面に対し垂直に近い角度で配置でき、段差を小さく造形することができる。この方法は面の段差の軽減に有効であることが実験によりわかった。

### 3 - 2 接合部の最適な形状

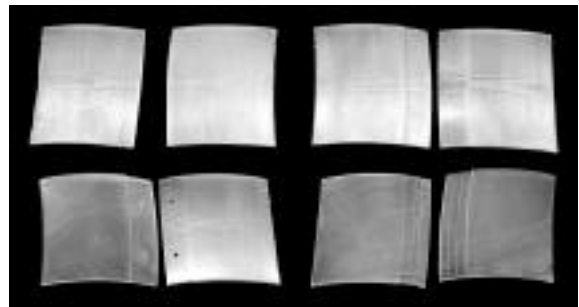


図10 接合部試作（右上から時計回りに 、 、 、 ）

分割部接合の検討のため4種類の接合試作を製作し（図10）、共同研究者の所属企業の方に比較評価してもらった（表1）。その結果、接合のしやすさ、面の復元性の点から評価の高かったボス形状が総合的に良いという結果が得られた。

ただし、比較評価の結果もそれほど大きな差を付けなかった、工夫次第（治具を使用するなど）では他の接合方法も十分使用できるとの意見もあった。

表1 接合方法による後加工の作業性の違い

	接合のしやすさ	復元性	合わせ精度	総合評価
①ジョックルのみ	3	2	5	3
②線差形状	4	5	3	4
③ボス形状	5	5	4	5
④V字形状	2	2	5	2

（5：評価評価 5=良）

### 3 - 3 造形時間の短縮化

表2 配置角度による各時間の違い

	トータル時間	積層数	スイープ時間	モデル作製時間	サポート作製時間
0°	14h36m36s	325	2h41m55s	8h02m20s	1h21m25s
30°	18h42m33s	563	4h33m37s	7h48m36s	2h27m41s
45°	18h53m01s	759	6h05m37s	8h18m55s	0h09m02s
70°	20h00m38s	859	6h52m33s	7h52m47s	0h08m01s
90°	20h33m58s	852	6h49m16s	8h12m21s	0h34m05s

造形時間の短縮の検討のため、同形状を角度を変化させて造型した。結果を表2に示す。なお、表中のトータル時間は表中のスイープ、モデル作製、サポート作製の時間とその他の機器の駆動時間（データ転送、静止等）との合計である。

モデルの造形時間は大きな差は見えない。トータル時間は0°が一番短い。スイープ時間は積層数（Z方向の高さ）に比例している。ただし、サポート作製時間は45°が一番短く、0°が一番長い。よって、できるだけ時間の短縮を行うには物体の高さを低くすることであるが、その代わりにサポートの量が多くなり後加工に影響する可能性があることが分かった。

よって造型する角度は、テーブル面に対して0°に近く

表3 配置角度による総合評価

	造形時間 (◎=短)	面の段差 (◎=小)	サポート (◎=少)	総合評価 (◎=良)
0°	◎	×	×	×
30°	○	×	×	×
45°	○	○	◎	◎
70°	×	○	◎	○
90°	×	◎	○	○

して造型すると時間短縮につながる。しかし面の段差が大きくなる可能性とサポートが多く必要となることから後加工に影響する問題があり総合的に判断すると45°に配置する場合が適切と考えられる(表3)。

### 3-4 タイヤを事例とした効率的造型方法の検討

前述の分割案(図8)を効率よく作製するためには、面の段差の軽減や造形時間の短縮の結果もふまえると以下のような結果になった。

分割案の場合、テーブルに配置したテーブルに対しての配置面積が大きいため、複数個得るには効率的ではないと考える。

分割案の場合、モデル自体が小さく、モデル一つの配置面積も小さくなるが、多分割により接合部が増加するので、造形後の接合と仕上げに手間がかかる。

分割案の場合、設置面積も小さく、2分割のため組み立てもあまり手間にはならない。配置により高さ、面の段差など、バランスのとれた分割方法であると考えられる。

そこで、分割案において実際作成した。その結果、接合の作業の手間等を考慮すると、多くても2つから、3つ程に分割して作成した方が効率よく作製できると予想でき、の半月状に2分割する方法が、テーブルへの配置、面段差の最小化、後加工のしやすさ等の要素で秀でてい

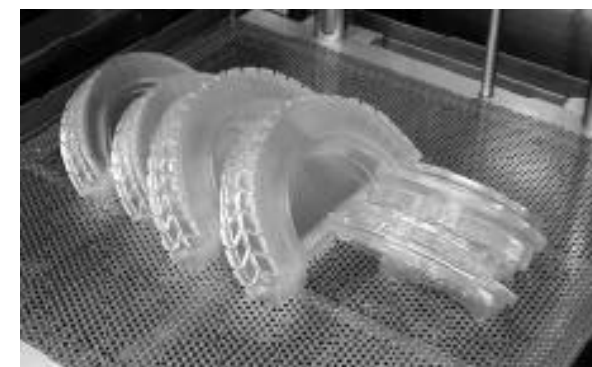


図11 2分割で造形したタイヤ

## 4 結 語

今回の研究では、光造形技術を使用して試作品を作成する際、曲面の分割や配置の角度等の物体の造型方法が、大きく製品の精度(面の段差)とコスト(造形時間)とに影響を与えることがわかった。

Z方向における断面形状に基づいたモデルの配置角度により面の段差を軽減できることがわかった。

さらに曲面の場合、分割して造形することによって、より面の段差を軽減できることがわかった。

造形時間の短縮やサポートの量を少なくすることができ配置角度の指標を得た。

以上のことから、光造形技術による自動車部品の試作等での、モデルの分割製作と最適な配置角度の有用性が確認できた。

今後の課題としては、今回のような分割や配置角度の造形方法を、ソフトウェアでの計算による自動化の検討や、さらなる光造形モデルをマスターとする高精度な試作方法への利用を検討したい。

本研究を実施するにあたり、助言、資料等を提供していただいた株式会社モディーの皆様に深謝いたします。

この研究は平成11年度技術パイオニアORT研修事業で実施したものである。

## 文 献

- 1) NTTデータシームット: SoupWere Ver.3.2 取扱説明書, (1997)
- 2) 日経BP社: スマート試作で大競争時代を生き抜く, 日経デジタルエンジニアリング, No.9, 82(1998)
- 3) 日経BP社: RP装置製品総覧, 日経メカニカル別冊 デジタルファクトリ, No.2, 77(1997)

## 高硬度オーステンパ球状黒鉛鑄鉄

勝負澤善行\*、 茨島 明\*、池 浩之\*\*、  
高川 貫仁\*

オーステンパ球状黒鉛鑄鉄の耐摩耗性を向上するため、基地組織中にベイナイトとマルテンサイトを混在させ硬さ上げることについて検討した。用いた方法は、オーステンパ熱処理を中断して水冷処理を行い、未変態のオーステナイトをマルテンサイト化することで当所で開発したものである。被熱処理材としては、少量のSnやMo, Crなどを合金化した球状黒鉛鑄鉄を用いた。

その結果、Snを0.15%添加した試料で、引張強さ900MPaで硬さが57HRCの高強度で高硬度なオーステンパ球状黒鉛鑄鉄を得ることができた。

キーワード: オーステンパ球状黒鉛鑄鉄、マルテンサイト、炭化物

### Development of Hardy Austemperd Ductile Cast Iron

SHOUBUZAWA Yoshiyuki , BRAJIMA Akira , IKE Hiroyuki and  
TAKAGAWA Takahito

*Functionally Graded Cast Iron has been developed. Firstly , cast- in bonding spheroidal graphite cast iron and gray cast iron, Secondly the bonding material carried out Austemper heat treatment for Functionally Graded Cast Iron with hardness and strength.*

*Mechanical Properties of Functionally Graded Cast Iron are summarized as follows:*

- (1) *There is direction of bend strength and hardness.*
- (2) *There is 2000N/mm<sup>2</sup> of bend strength as under-side Austemperd Spheroidal graphite cast iron, but 650N/mm<sup>2</sup> as under-side Austemperd gray cast iron.*
- (3) *There is 200 ~ 290N/mm<sup>2</sup> of tensile strength.*
- (4) *Hardness are 30 ~ 38HRC side of Austemperd gray cast iron, and 40 ~ 46HRC side of Austemperd Spheroidal graphite cast iron.*

**key words : Austemperd Spheroidal Graphite Cast Iron, Tin-Bath Heat Treatment, Martensite**

#### 1 緒 言

オーステンパ熱処理により基地組織をベイナイトとしたオーステンパ球状黒鉛鑄鉄(ADI)は、高い引張強さ・高い靱性・高い硬さが特徴である。現在、ADI鑄物は歯車、カムシャフト、ブルドーザ用保護板など<sup>1)</sup>主に耐摩耗部材として産業機械分野で広く使用されており、国内で約1万t/年<sup>2)</sup>生産されている。(米国約3万t/年、独

約1万t/年)

また、ADI鑄物は鑄造加工により製造するので自由形状に対応できること、機械的性質の制御が容易であること及びリサイクル性が優れていることなどにより、特殊鋼や鍛造鋼に代わり今後の用途拡大が期待されている。

著者らは、ADIの製造技術として、従来一般的に使用されてきた溶融塩浴に代わり溶融金属錫浴を用いた無公

複合機能鑄造材料の機械的性質

害オーステンパ熱処理技術を開発<sup>3)</sup>し、非合金球状黒鉛鑄鉄によるADIでも従来以上の機械的性質が得られることを明らかにした。次に、この技術を県内企業に移転して、ADI及びその製造技術を利用し『鑄鉄製農耕爪』<sup>4)</sup>や『鑄物の刃物』<sup>5)</sup>などを県内企業と共に商品化し、現在市場展開中<sup>6)</sup>である。

現在、土木・農林業用機械部材や最近需要が拡大している廃棄物粉碎処理機械部材などには高マンガン・高クロム含有鋼を使用されているが、これら希金属の使用量やコスト低減に限界が見え始めているのが現状である。

これに対応して、硬さの上限が47~48HRC(ロックウエルCスケール)であるADIの硬さを向上することにより、上述の分野に新たにに対応できると考える。

著者らは、『鑄物の刃物』の開発において、ADIの基地組織を従来のベイナイト(オースフェライト)1種類に代わり、図1に示すようにオーステンパ熱処理を中断して水冷処理(複合オーステンパ熱処理)を行い基地組織にベイナイトと硬いマルテナサイトを混在させ硬さを47HRC~53HRCとして、これを成功させた。

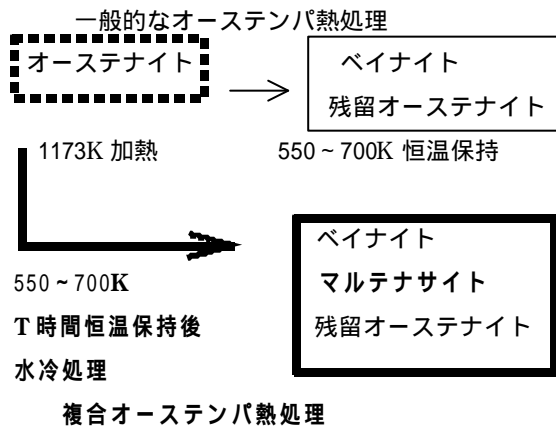


図1 熱処理方法

本開発研究では、MoやSn、Cr等を合金化した球状黒鉛鑄鉄を用い、複合オーステンパ熱処理を行いADIの高硬化について検討した。

2 実験方法

2-1試料の溶製

ADI用球状黒鉛鑄鉄は、3KHz-50KWの小型高周波溶解炉により溶解した。使用した溶解材料は、球状黒鉛鑄鉄用鉄銑(4.51%C,1.29%Si,0.14%Mn,0.068%P,0.016%S)やFe-Si(75%Si)、電解鉄等である。これらの溶解材料を配合して、溶解量7kgを最高溶解温度1780Kとし1730Kでサンドイッチ法によりFe-Si-Mg合金(45%Si,6.6%Mg,残Fe)1.2%を用いて球状化処理を行い、除滓後接種しノックオフ

タイプの熱硬化鑄型に注湯して30 × 150mmの引張試験用試片を、又同様にCO鑄型により50 × 20mmの摩耗試験用試片をそれぞれ得た。なお、各溶解ではMn量を0.28%の一定として、Mo,Sn,Crを添加した。なお、Snの添加量は黒鉛の球状化を阻害<sup>7)</sup>しない0.15%とした。表1に各試験片の化学組成を示す。

表1 化学組成 (mass%)

元素 No.	C	Si	P x10 <sup>3</sup>	Mg x 10 <sup>3</sup>	Cr x 10 <sup>3</sup>	Mo x 10 <sup>3</sup>	Sn x 10 <sup>3</sup>
1	3.60	2.40	57	33	33	50	15
2	3.53	2.20	92	36	36	93	—
3	3.65	2.33	66	32	37	184	—
4	3.72	1.97	68	35	33	—	150
5	3.54	2.28	60	33	136	—	—

No.1は非合金材

2-2 複合オーステンパ熱処理<sup>5)</sup>

溶製した球状黒鉛鑄鉄は、平行部を10 mmとしたJIS 4号引張試験片の近似形状に、又摩耗試験片は40 × 15 mmにそれぞれ加工後複合オーステンパ熱処理を行った。

硬さを向上するための複合オーステンパ熱処理は、図2に示すように、被熱処理材を1173K×1hのオーステナイト化後573K又は650Kの溶融金属鋁浴に急冷し、その温度で5min,10min恒温保持後水冷した。また、同時にオーステナイト化後30minの一般的なオーステンパ処理も行った。

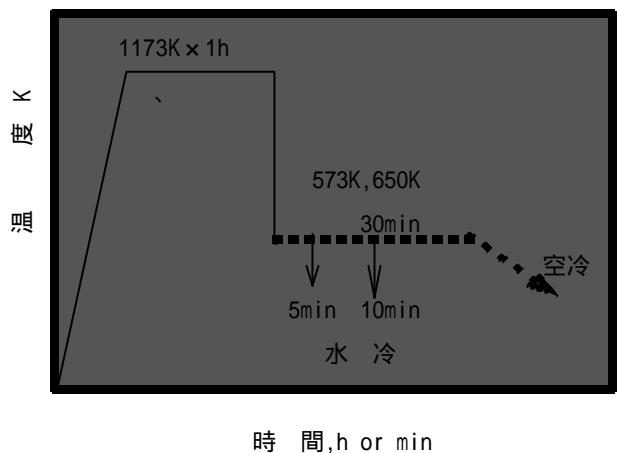


図2 複合オーステンパ熱処理

得られた各条件の試料は、引張試験やロックウエル硬さ測定及び顕微鏡組織観察等を行い評価した。

2-3 摩耗試験

各試験片の耐摩耗特性は、図4に示すピンオンディスク摩耗試験装置(神鋼造機株式会社製SWT-405-03)を用いて行い

摩耗深さで評価した。摩耗試験の相手材は5.55 (硬さ62HRC)の玉軸受け鋼球(3個)で、デスク位置に各摩耗試験片を設置して一定時間の摩耗試験を行った。

3-2 顕微鏡組織

図4に試料No.4(Sn添加)の573K処理試験片の顕微鏡組織を示す。では恒温変態により針状の下部ベイナイトが析出し始めているがその量は少なく、ベイナイト周囲はマルテンサイトとなっている。このマルテンサイトは、オーステナイトがベイナイトに変態する途中に急冷されるので、未変態のオーステナイトのから変態析出したものである。10min保持のでは、更に変態が進行しベイナイト量が増加するのでマルテンサイトの析出量は少なくなり、硬さも30min保持のに近い値となる。

図3 ピンオンディスク摩耗試験装置

3 実験結果

3-1 硬さ

表2に各試験片の硬さを示す。ADIの硬さは、基地組織が下部ベイナイトの45~48HRCが限界値であり、複合オーステンパ熱処理により硬さを向上できることが分かる。下部ベイナイトが得られる573K処理試験片では、一般的なオーステンパ熱処理のに比較し硬さが高い。しかし、10min保持のでの硬さ向上率は小さい。これに対して上部ベイナイトが得られる650K処理試験片では5,10min保持のとも硬さの向上率は大きい。また、Sn添加試験片での硬さ向上は大きくで57.5HRC、で53.4HRCとなる。

表2 硬さの結果

No.	573K			650K		
	HRC	HRC	HRC	HRC	HRC	HRC
1	49.7	46.5		41.4	36.5	34.4
2	51.9	48.0	45.5	49.0	40.0	34.5
3	54.0	49.6	48.1	44.8	40.1	35.3
4	57.5	53.4	50.6	48.6	39.6	
5	49.0	45.0	44.1	40.7	34.9	32.2

熱処理条件： 573Kx5min 水冷, 573Kx10min 水冷,  
573Kx30min 空冷, 650Kx5min 水冷,  
650Kx10min 水冷, 650Kx30min 空冷

図4 顕微鏡組織 (No.4の、)

3-3 引張強さ

硬さが高い材料は脆くなり易いので、マルテンサイトの析出量が多く硬さが高くなった場合は、引張強さの低下が予測される。表3に各試験片の引張試験結果を示す。No.2はMo0.093%含有試験片で、硬さは向上したが引張強さは1061MPaとなり、に比較し25%程低下する。また、No.3は前者の2倍のMo(0.184%)含有試験片であり、No.

## 複合機能鑄造材料の機械的性質

2より硬さが高いだけであるが、引張強さは641MPaで比較し50%以上大きく低下する。これは、Mo炭化物が析出した影響と考えられ、図5に示す様に複合オーステンパ熱処理時に部分的に炭化物を起点割れが生じていることから分かる。

一方No. 4のSn0.15%含有試験片では、硬さの最高値(表2)を示したときの引張強さは909MPaであり、Mo添加試験片と比較し硬度上昇は大きい引張強さの低下は小さい。なお、一般的なオーステンパ熱処理試験片の引張強さはNo.2,3と同レベルの値である。

これらのことより、複合オーステンパ熱処理による硬さ向上には、ベイナイト化を促進する炭化物形成元素ではなく、脆化を抑えながら硬さを向上するSn添加が効果的であることが分かる。実用化のためには、更にその量と機構を検討することが必要である。

表3 引張試験結果(引張強さ: , 伸び: )

試料 No.						
	MPa	%	MPa	%	MPa	%
2	1061	1	1292	2	1423	2
3	641	1	1184	2	1376	2
4	909	1	1101	2	1399	2

試料条件 : 573Kx5min 水冷, 573Kx10min 水冷,  
573Kx30min 空冷

ラツキがあり硬さが高くても摩耗量が大きい場合がある。

表4 摩耗溝深さ(μm)

試料 No.			
2	5.2	4.8	6.4
3	4.8	4.6	6.9
4	2.3	3.6	6.2

試験条件 :  
試験荷重10kgf  
回転速度100rpm  
試験時間60min

試料条件 : 573Kx5min 水冷, 573Kx10min 水冷,  
573Kx30min 空冷

## 4 結言

ADIの基地組織を従来のペーナイト一種類に代わり、合金化と複合オーステンパ熱処理(オーステンパ熱処理中断の水冷処理)によりベイナイトとマルテンサイトや炭化物などを混在させること等により、更に硬さを向上することを検討し次の結果を得た。

- (1) 複合オーステンパ熱処理による硬さ向上は、水冷処理によるマルテンサイトの析出による。
- (2) 複合オーステンパ熱処理は、ADIの硬さ向上に効果的であるが、引張強さが低下する。
- (3) 複合オーステンパ熱処理においては、Sn0.15%添加試験片で硬さが57HRCまで向上し、引張強さの低下傾向は小さい。
- (4) Mo添加試験片の複合オーステンパ熱処理では、炭化物が生成して割れが発生すると共に、引張強さが50%以上低下する。
- (5) 複合オーステンパ熱処理により硬さが向上した試験片では、硬さが高いほどピンオンデスク摩耗試験の摩耗は少ない。

## 文 献

- 1) 第3回 ADI 国際会議報告書
- 2) 大出ほか：鑄物67(1995)106
- 3) 勝負澤ほか：鑄造工学71(1999)7484
- 4) 勝負澤ほか：鑄造工学講演概要集119(1991)74
- 5) 勝負澤、町田ほか特願平5314993 特開平7463768
- 6) 堀江：鑄物47(1975)286

図5 複合オーステンパ熱処理による

### 3-4 摩耗試験

表4にピンオンデスク摩耗試験結果を示す。硬さの高い試験片ほど摩耗が少なく、硬さの高いSn添加試験片の摩耗は少ない。また、炭化物を形成した試験片ではバ

## Nd-Ba-Cu-O 種結晶を用いた銀添加 Gd-Ba-Cu-O 超電導体の結晶成長

齋藤 貴\*\*、鎌田 公一\*\*、飯田 和昌\*\*\*、  
坂井 直道\*\*\*\*、村上 雅人\*\*\*\*

銀添加量を変化させた Gd-Ba<sub>2</sub>-Cu<sub>3</sub>-O<sub>x</sub> (Gd123 + 40mol% Gd211 + x wt%Ag, x=0-10) を cold-seed 法により Nd-Ba<sub>2</sub>-Cu<sub>3</sub>-O<sub>x</sub> 種結晶を用いて結晶成長させ、その結晶成長性について検討した。結晶成長温度は、銀添加量が増加するに従い低下した。EPMA 分析及び磁気特性評価結果から、試料中の Gd は種結晶側に拡散し、種とバルクの界面では (Nd, Gd)123 混合超電導相が生成することがわかった。また、この拡散によって反応界面付近の結晶成長温度は上昇した。したがって、cold-seed 法を用いて良好な結晶成長を行うためには、結晶成長開始温度の最適化を検討する必要がある。

キーワード：銀添加、Gd123、溶融凝固、Nd123 種結晶

## Melt Growth of Ag Doped Gd-Ba-Cu-O Bulk Superconductors by Using Nd-Ba-Cu-O Seed Crystal

SAITOH Takashi, KAMADA Koichi, IIDA Kazumasa,  
SAKAI Naomichi and MURAKAMI Masato

We have studied the melt growth of Ag doped Gd-Ba-Cu-O (Gd123 + 40mol% Gd211 + xwt% Ag, x=0-10) bulks by using a cold-seeding method with Nd-Ba-Cu-O seed crystal. Growth temperatures of the Ag doped bulks decreased with increasing Ag contents. EPMA and magnetic measurements showed that Gd element diffused into the seed crystal and formed (Nd, Gd)123 composite at the interfacial region. The formation of the composite phase raised the growth temperature. For cold-seeding, therefore it is necessary to increase the growth temperature for the fabrication of large grain samples.

key words : Ag doping, Gd123, melt growth, Nd123 seed crystal

### 1 緒 言

バルク超電導分野で実用化が期待されているスーパーマグネット材料とは、既存の永久磁石材料の数倍の磁気特性を持つ超電導体に強い磁界を着磁する事によって、今まで実現不可能だった磁気力を発生させる材料である。現存する永久磁石材料として最高の性能を持つ Nd-Fe-B 系材料を使用した永久磁石が表面の磁束密度 0.5T 程度であるのに対して、バルク超電導材料を利用すれば 3 ~ 4T のスーパーマグネットが実現可能である。その実用化のためには、良好な特性を持つ超電導材料を用い、結晶軸のそろった大型のバルク体を作製することが必要である。しかしながら溶融凝固法によるバルク体の大型化は、物理的な結晶成長速度の遅さによる限界や、結晶成長に要する多大な時間・装置及び材料コス

ト等、数々の課題を抱えている。

そこで、筆者らは小型で良質なバルク体を接合することによって良質な大型バルクを得ることを目標に、NdBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>x</sub> (Nd123) 超電導バルク体の接手法について基礎的な研究を行ってきた。Nd123 バルクを接合するためには Nd123 と同等の超電導特性を持ちながら、より低い熱分解温度を有する接合用超電導材料が必要であり、さらにその接合用材料が、Nd123 との接合界面で反応部分の特性を劣化させないことが必要である。

過去の報告で筆者らは、酸素分圧制御半溶融結晶成長 (OCMG) 法による Nd123 バルク超電導体<sup>1</sup> の Nd サイトを、他の複数の希土類元素 (Nd, Sm, Eu, Gd) に置き換えた混合希土類系超電導体 ((RE-RE')-Ba<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>x</sub>) が良好な超電導特性

\* 軽希土類酸化物高温超電導体の接手法の開発

\*\* 岩手県工業技術センター 金属材料部

\*\*\* (財) 国際超電導産業技術研究センター 超電導工学研究所 盛岡研究所 第 3 研究部

\*\*\*\* (財) 国際超電導産業技術研究センター 超電導工学研究所 第 3 研究部



を示すこと、これら希土類元素の選択によって (RE-RE)- $\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$  超電導体の熱分解温度 (融点) を制御可能であることを報告した<sup>2</sup>。また、 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$  (YBCO) 系超電導バルク材料の合成に置いて、Agの添加は機械的特性の向上と結晶成長温度の低下に有効であることが報告されている<sup>4</sup>。そこで、本実験では接合用材料として、良好な超電導特性を有しNd123と比較して熱分解温度が低いGd123超電導体を選択し、熱分解温度の制御のためにAg添加を試みた。さらに、合成したAg添加Gd123超電導体をcold-seed法<sup>4</sup>によりシングルドメインNd123バルク種結晶を用いてOCMG法によって結晶成長させ、反応界面の組織観察を行いと超電導特性評価を行った。

## 2 実験方法

原料粉末として  $\text{NdBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$  (Nd123)、 $\text{Nd}_4\text{Ba}_2\text{Cu}_2\text{O}_y$  (Nd422)、 $\text{GdBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$  (Gd123)、 $\text{Gd}_2\text{BaCuO}_y$  (Gd211)、 $\text{Ag}_2\text{O}$  粉末 (それぞれの粉末の粒径は3ミクロン以下) を用いた。Gd123にGd211を40mol%混合し、瑪瑙製自動乳鉢で混合した後、結晶成長開始温度を変化させるために $\text{Ag}_2\text{O}$ をAgとして0, 1, 2, 5, 10wt%添加し、さらに自動乳鉢で混合した。作製した4種類の試料の熱分解温度 ( $T_m$ ) を示差熱天秤 (DTA) にて測定した。その後、各試料を  $20 \times 15\text{mm}$  の円柱形状に、冷間等方圧プレス (CIP) で圧力200MPaにて成形し、圧粉体を作製した。圧粉体の上部中央に約2mm角のNd123 + 40mol% Nd422 シングルドメインバルクを種結晶として、結晶の軸が鉛直方向となる向きに配置し、雰囲気ガス1% $\text{O}_2$ -Arを流した管状炉で、図1に示す条件で酸素分圧制御溶融結晶成長(OCMG)処理を行った。ここでOCMGプロセス中の最高温度は、Nd123の融点より低く、Ag添加Gd123の融点より充分 (+50 以上) 高いことが良好な結晶成長のために必要であるが、Ag 0wt% 及び1wt%添加試料の場合はNd123との熱分解温度の差が小さいため、Nd123種結晶の融点を若干超える温度になっている。

OCMG処理後の試料を、種の中心部分を縦に2分割する形でカットし、電子線プローブマイクロアナライザー (EPMA) による断面の組織観察、定性・定量分析、面分析を行った。また、試料中の種結晶とバルクの反応界面を含む部分を切り出し、酸素アニール処理を行って超電導特性を付与した後、振動試料型磁力計 (VSM) を用いて超電導転移温度 ( $T_c$ ) の測定を行った。なお、酸素アニール条件は酸素気流中550まで2時間で昇温し、550 から450 まで12時間、450 から350 まで24時間、350 から250 まで480時間で徐冷し、その後室温まで炉冷とした。

## 3 実験結果

Ag添加量を変化させたGd123の  $T_m$  を図2に示す。Ag添

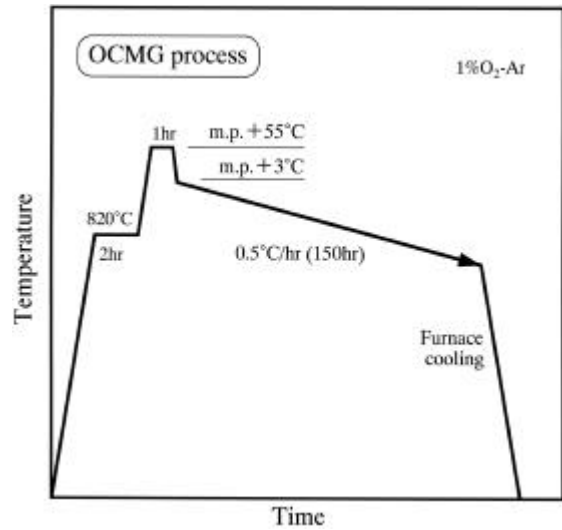


図1 OCMG熱処理条件

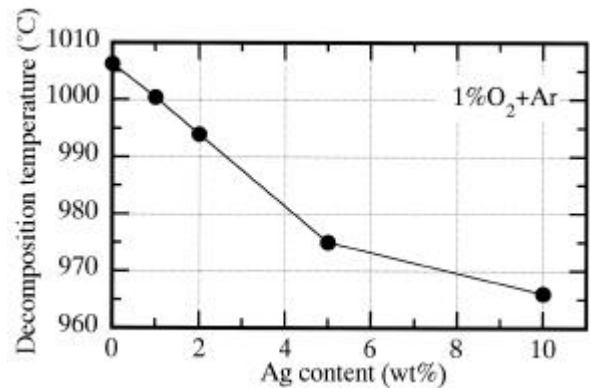


図2 Gd123熱分解温度に及ぼすAg添加量の影響

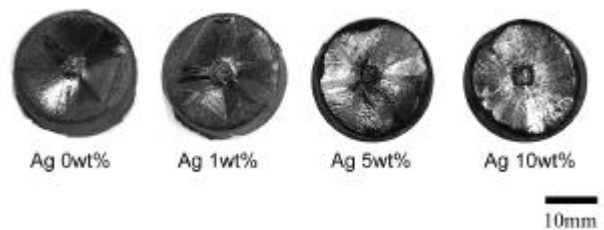


図3 OCMG処理による結晶成長後のバルク外観写真

加量が増えるに従い  $T_m$  が低下することがわかった。特に添加量5wt%まではグラフの勾配が急であり、少量の添加でも効果が高い事がわかる。圧縮成型後のAg添加Gd123にNd123種結晶をセットしてOCMG処理を行った試料の外観写真を図3に示す。どの試料もNd123種結晶が熔融消失することなく結晶成長した。しかし、Nd123種結晶から結晶成長

Nd-Ba-Cu-O種結晶を用いた銀添加Gd-Ba-Cu-O超電導体の結晶成長

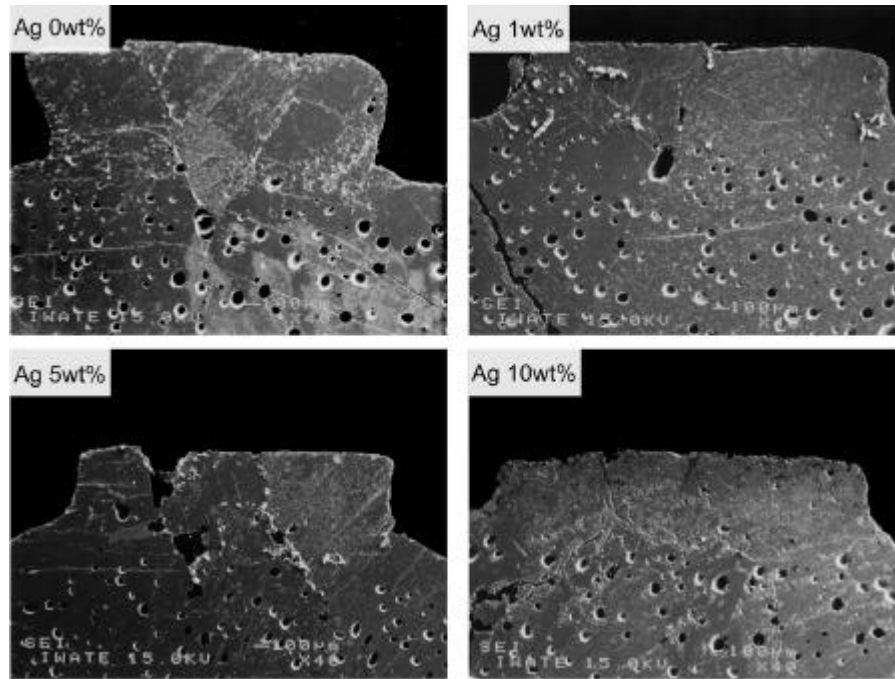


図4 Ag0,1,5,10wt%添加Gd123とNd123種結晶の反応界面部分のSEM像

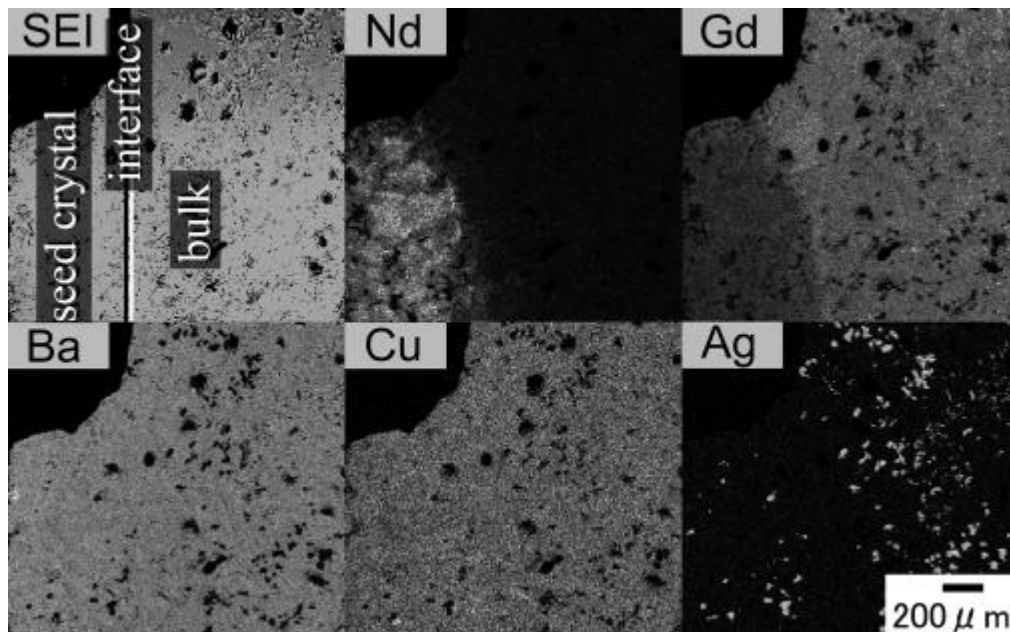


図5 Ag10wt%添加Gd123とNd123種結晶の反応界面付近のEPMA面分析結果

が開始したものの、全体としては単一粒とはなっていない。外觀写真からはAg添加量の変化による結晶成長性に有意差は見受けられない。図4に各試料の反応界面付近の反射電子線(SEM)像を示す。Ag 0wt%及び1wt%添加試料はGd123バルク内にクラックが見られる以外は良好な反応界面を呈して

いる。Ag10wt%添加試料は、種結晶とバルクの反応界面にAgの凝集が見られる。反応界面付近にはGd211、Nd422の第2相(非超電導相)が不均一に存在する。これは、結晶成長時に界面に液相が過剰に供給された結果と考える。図5はAg10wt%添加試料のEPMAによる面分析結果である。バ

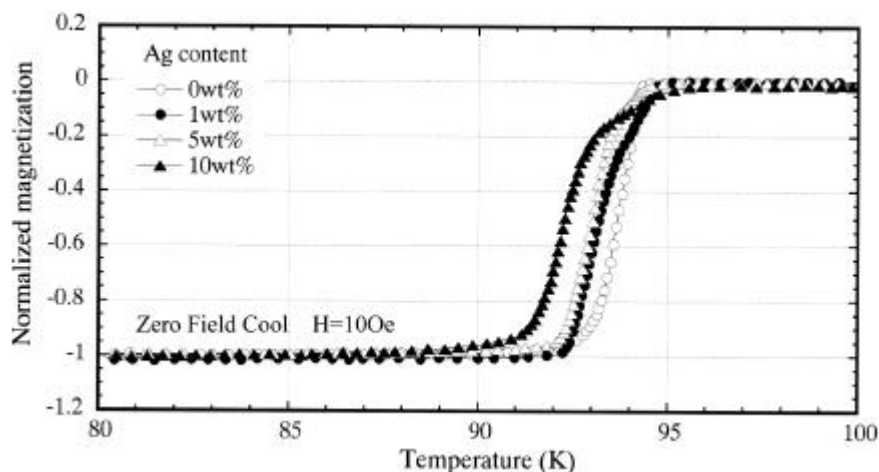


図6 Ag添加Gd123バルクとNd123種結晶の反応界面部分の超電導転移温度

バルクから種結晶側にGdが拡散し、種結晶からバルク側にNdが拡散していることがわかる。拡散したマトリクス部分は定量分析の結果からNd-Gd)-Ba<sub>2</sub>-Cu<sub>3</sub>-O<sub>x</sub>組成であることがわかった。また、希土類元素の拡散が見られる部分の第2相は、同じく定量分析の結果からそれぞれNd422とGd211であり、第2相中では希土類元素の混合が生じていない。さらに、Agの分布に着目すると、種結晶側にもAgが拡散していることが認められた。図6にNd123種結晶とGd123バルクの反応界面を含む部分における、Ag添加量とT<sub>c</sub>の関係を示す。Gd123バルク内部のT<sub>c</sub>特性は、Ag 0wt%及び1wt%添加試料においては超電導転移開始(onset)温度が9.4 Kを示した。Ag添加量が増えるにしたがい、T<sub>c</sub>が低下し、その遷移温度幅が大きくなる傾向が見られた。

反応界面を含む部分では、Ag 0wt%添加試料においてはバルク内部と同等の特性であるが、Ag添加量が増えるに従い onsetのT<sub>c</sub>は高温側に移動し、遷移終了温度は低下する傾向が見られた。各試料のOCMG処理は、それぞれのAg添加量におけるGd123のT<sub>m</sub>を基準に定めており、Ag添加量の多いものほどOCMG処理の設定温度は低い。Ag添加量の多い試料ほどNd-Gd相互の元素拡散によって、実際の結晶成長温度と設定温度とのずれが大きくなり、結晶の成長時間が十分に与えられなかったことから、超電導特性の劣化が起こったと考えられる。

#### 4 結 言

Nd123種結晶とGd123バルクの反応部分では、Nd123種結晶側にGdが、Gd123バルク側にNdが拡散し、拡散部分のマトリクスはNd-Gd混合123組成となった。

Ag添加量が少ない試料では、反応界面付近に未反応のままのBaCuO相が残り、バルク内部にクラックが生じやすい事

がわかった。

Ag添加は種結晶とバルク間の熱分解温度の差を得るために有効であり、反応界面付近へのBaCuO相残留を抑制する効果がある。一方、過剰なAg添加は界面部分へのAg凝集を生じる。また、Ag添加量の多い試料ではNd-Gd拡散相の結晶成長温度にずれが生じるために、十分な結晶成長が出来なかった。

GdとNdが相互に拡散した相のT<sub>c</sub>はGd123とNd123それぞれのT<sub>c</sub>の中間的な値となり、元素置換による大幅なT<sub>c</sub>低下は見られなかった。

これらの結果から、結晶成長界面の温度制御を最適化することにより結晶成長性と超電導特性のさらなる向上が見込まれるため、今後その最適化を検討することとした。

#### 謝 辞

本研究の実施に際し、(財)国際超電導産業技術研究センター超電導工学研究所第3研究部のDr. H. S. Chauhan氏からご指導、ご助言いただきましたことに深謝いたします。

#### 文 献

- 1 Murakami M, Sakai N, Higuchi T and Yoo S. I. Supercond Sci Technol. 9 (1996) 1015-1032
- 2 T. Saitoh, K. Segawa, K. Kamada, N. Sakai, T. Segawa, S. I. Yoo and M. Murakami : Physica C 288 (1997) 141-147
- 3 Y. Nakamura, K. Tachibana, S.I. Yoo and H. Fujimoto : Advances in Superconductivity , (1997) 649.
- 4 S. Haseyama, S. Kobayashi, M. Satoh, H. Miyairi, H. Nakane and S. Nagaya : Advances in Superconductivity , (1997) 653.

## 鋳造材料の振動特性評価に関する研究

茨島 明<sup>\*</sup>、勝負澤 善行<sup>\*</sup>、池 浩之<sup>\*\*</sup>、  
高川 貫仁<sup>\*</sup>、高橋 範雅<sup>\*\*\*</sup>

マグネシウム合金の減衰比を測定し、アルミニウム合金の減衰比と比較した。その結果、全ての共振周波数においてマグネシウム合金の減衰比が良いわけではないことが明らかになった。したがって、マグネシウム合金は一般に減衰能が高いとされているが、マグネシウム合金製品を設計する際にも振動特性について十分留意しなければならない。

キーワード：鋳造材料 マグネシウム合金 減衰比

### Estimation of Casting Materials' Vibrational Characteristics

BARAJIMA Akira, SHOUBUZAWA Yoshiyuki, IKE Hiroyuki,  
TAKAGAWA Takahito and TAKAHASHI Masanori

We measured damping ratios of magnesium alloy. And then, we compared them with aluminum alloy's one. Consequently, we have not been able to confirm that magnesium alloys have good damping ratio at all natural frequencies. Magnesium alloys have generally good damping ratio, but we have to pay attention for vibrational characteristics when we design magnesium alloy products.

key words : magnesium alloy, natural frequency, damping ratio

#### 1 緒 言

構造物は多くの振動問題と関係している。振動問題は場合によっては人命に危機を及ぼす恐れがあるため、設計においては十分な対策を検討する必要がある。構造物の振動をグラフ化した周波数応答曲線により、構造物の固有振動数や応答レベルを知ることができる。構造物の減衰比は応答ピークより算出できる。減衰比が大きくなるということは、応答ピークレベルが小さくなることを示し、構造物の振幅が小さくなることを示す。従って減衰比が大きくなるということは、振動対策につながることを意味する。我々はこれまで、アルミダイカスト製自動車部品の減衰比を考慮した振動特性に関する研究を行い<sup>1),2),3),4)</sup>、アルミダイカスト製品の振動特性の向上を図ってきた。ところが、最近の自動車部品ではマグネシウム合金ダイカスト製品が増えつつある。マグネシウム合金は一般に減衰能が高いといわれているが、ダイカスト製品ではその効果が不明である。本研究においては、マグネシウム合金とアルミニウム合金について減衰比を測定し、これらの材料間に差があるか調査を行った。

#### 2 実験方法

2種類の方法を用いて減衰比を測定し比較した。一つ

はインピーダンスヘッドにテストピースを挟んだ治具を取り付けて中央加振により測定を行う方法で、図1に実験方法の概略を示し、テストピース形状を図2に示す。この方法の実験条件を表1に示す。

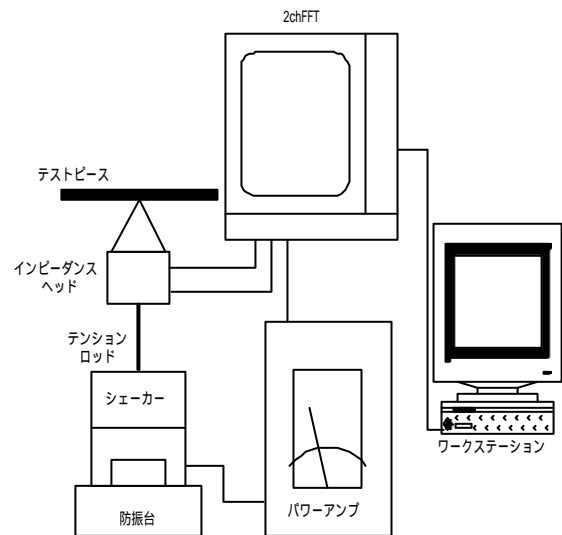


図1 中央加振法による減衰比測定方法の概略

\* 岩手県工業技術センター 金属材料部

\*\* 岩手県工業技術センター 企画情報部

\*\*\* (株)アーレスティ研究所 盛岡研究室

もう一つは簡易形状のカバーをフリーフリー条件（拘束がない状態）でインパルスハンマーによる加振実験を行う方法で、実験方法の概略を図3に示し、供試体（簡易形状ケース）の写真を図4に示す。また、実験条件を表2に示し、加振点および応答点を図5に示す。

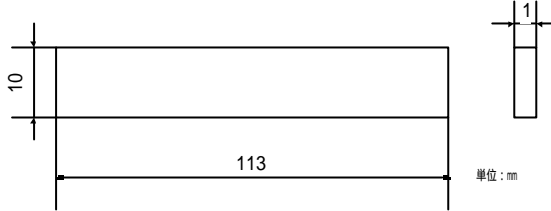


図2 中央加振法用テストピース形状

表1 中央加振法による実験条件

設定項目	設定値	
テストピースの材質	AZ91D	ダイカスト品を切削 (N=10)
	AM60B	ダイカスト品を切削 (N=10)
	AZ31	展伸材を切削 (N=10)
	ADC12	ダイカスト品を切削 (N=10)
	A5052	展伸材を切削 (N=5)
固定治具の影響	マスクキャンセル機能にて除去	
加振条件	疑似ランダム波	
加振周波数範囲 (ベースバンド)	0 ~ 6.4kHz	
平均値算出回数	ベース解析時およびズーム解析時共に 512 回	

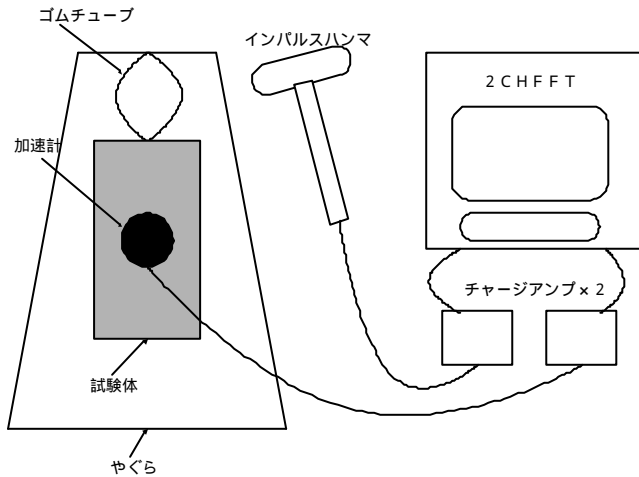


図3 インパルスハンマーによる減衰比測定方法の概略

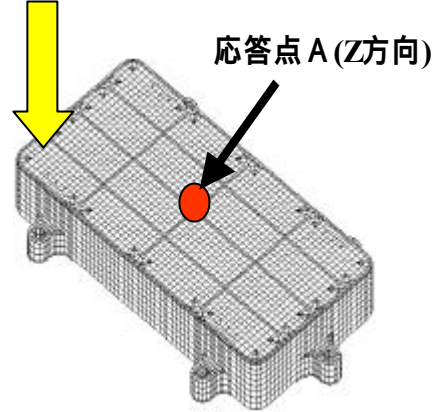


図4 インパルスハンマーによる減衰比測定用供試体

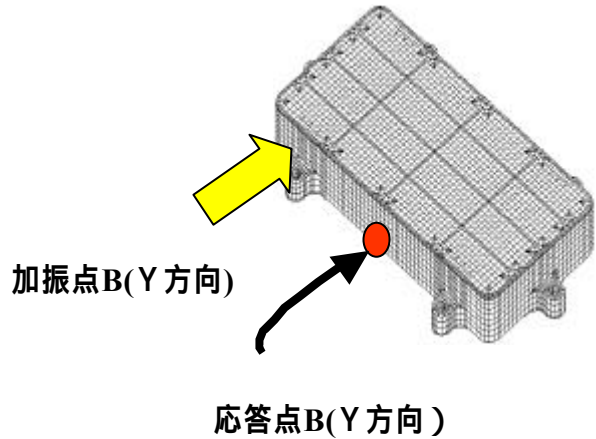
表2 インパルスハンマーによる実験条件

設定項目	設定値
供試体材質等	簡易形状ケース AZ31 (531g) A5052 (830g)
測定周波数範囲	0 ~ 1600Hz
周波数解析ライン数	3200 ライン
平均値算出回数	10 回
拘束 (境界) 条件	フリーフリー (拘束無し)

加振点 A (Z方向)



条件 A



応答点 B (Y方向)

条件 B

図5 加振点および応答点

### 3 結果及び考察

中央加振法により測定した各テストピースの減衰比を図6に示す。低周波側（300Hz 付近）の共振周波数ではアルミニウム合金の減衰比が高くなっている。一般にマグネシウム合金はアルミニウム合金よりも高い減衰能を有している<sup>5) 6)</sup>とされているが、本実験ではアルミニウム合金が若干高い値を示した。これは、テストピースの厚さが1mmと薄いため、剛性が低いマグネシウム

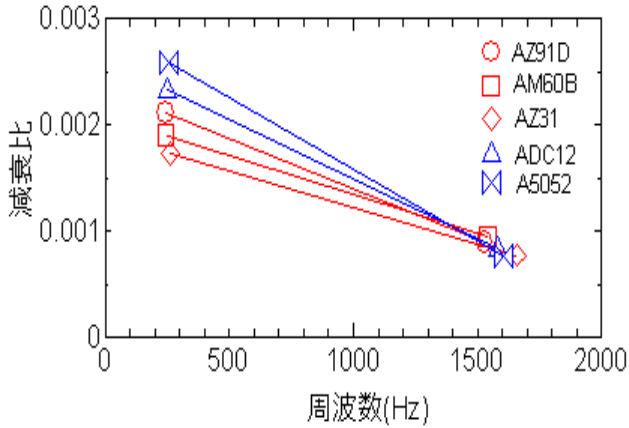


図6 中央加振法により測定した減衰比

合金の減衰能が低周波側で低下したものと考えられる。高周波側（1600Hz 付近）の共振周波数ではどの材質のテストピースにおいてもほぼ同じ減衰比となった。

インパルスハンマによる減衰比測定結果を図7および8に示す。条件AおよびB共に1000Hz 付近の共振周波数においてマグネシウム合金製供試体が高い減衰比となった。他の共振周波数ではマグネシウム合金製とアルミニウム合金製とでは減衰比にほとんど差が無いが、アルミニウム合金製の方が高い値となった。

#### 4 結 言

中央加振法による測定では明らかにマグネシウム合金に比べてアルミニウム合金の減衰比が大きい結果となった。一方、インパルスハンマによる簡易形状ケースの測定においては、共振周波数によってはマグネシウム合金の方が大きい減衰比となる場合もあり、必ずしもマグネシウム合金製の製品が全ての共振周波数において防振性に優れているとは限らないことが明らかになった。したがって、マグネシウム合金製の製品を設計する際にもその振動特性を十分考慮して設計しなければならない。

本研究は平成11年度技術パイオニア養成事業として行われたもので、成果は本事業参加企業等で利用されている。

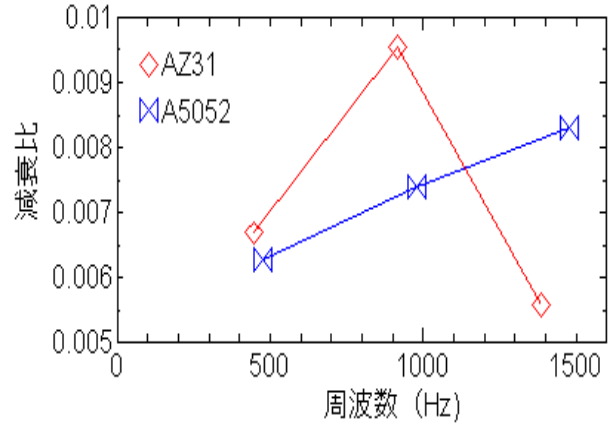


図7 インパルスハンマによる減衰比測定結果 (A)

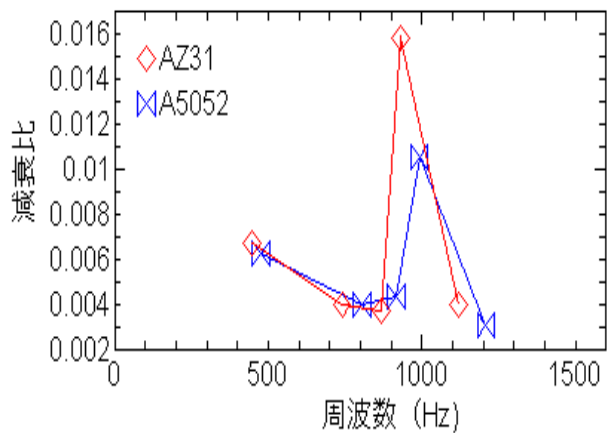


図8 インパルスハンマによる減衰比測定結果 (B)

#### 文 献

- 1) 茨島、小川：岩手工技セ研報、2、47(1995)
- 2) 茨島、小川：岩手工技セ研報、3、65(1996)
- 3) 茨島ほか：岩手工技セ研報、5、173(1998)
- 4) 茨島ほか：岩手工技セ研報、6、45(1999)
- 5) 渡辺：機械技術協会講演会講演資料、1(1998)
- 6) 清水：機械技術協会講演会講演資料、58(1998)

## ダイヤモンド結晶粒径と砥粒率がセグメントの強度に及ぼす影響\*

茨島 明\*\*、池 浩之\*\*\*、勝負澤 善行\*\*

高川 貫仁\*\*、赤石 晃\*\*\*\*

ダイヤモンドコアドリルの穿孔性能向上を目的とし、ダイヤモンド結晶粒径と砥粒率がドリルセグメントの抗折強度に与える影響を調べた。その結果、結晶粒径が小さいダイヤモンドを用いてコンセントレーションを高くしたセグメントがコアドリルに適していることがわかった。  
キーワード：セグメント ダイヤモンド コアドリル

## The Effect of Diamond Grain Size and Grain Volume Percentage on the Strength of the Segment

BARAJIMA Akira, IKE Hiroyuki, SHOUBUZAWA Yoshiyuki,

TAKAGAWA Takahito and AKAISHI Akira

For the purpose of punch performance improvement of the diamond core-drill, we investigate the influence what diamond grain size and percentage of grain give to bending strength of segments. Consequently, the segment which is high concentration using the diamond in which grain size is small was suitable for the core-drill.

key words : segment, diamond, core-drill

### 1 緒 言

図1に示すようなダイヤモンドコアドリルはコンクリート建造物等への穴あけ工具として広く使用されている。これらのコアドリルはハンドドリルにて穿孔を行うもので、積層された数種類の被削材を同時に穿孔する事もある。したがって、工作機械で使用する工具とは加工条件が異なり、限られた動力、押し付け力（穿孔方向荷重）で広範囲の硬度を有する被削材を穿孔する性能が要求される。このような条件下では一般に含有するダイヤモンドのコンセントレーションを高くする事が有効であるが、同時にダイヤモンドセグメントの強度が低下する。

そこで、ダイヤモンド結晶粒子の粒径とコンセントレーションを変化させたメタルボンドダイヤモンドセグメントを焼結により作成し、抗折荷重を測定することにより穿孔速度を向上させるために最適なダイヤモ



図1は、ダイヤモンド結晶粒径とコンセントレーションの関係調べた。

\* 乾式ダイヤモンドセグメントの研究開発

\*\* 岩手県工業技術センター 金属材料部

\*\*\* 岩手県工業技術センター 企画情報部

\*\*\*\* ユニカ(株)岩手工場

図1 ダイヤモンドコアドリル

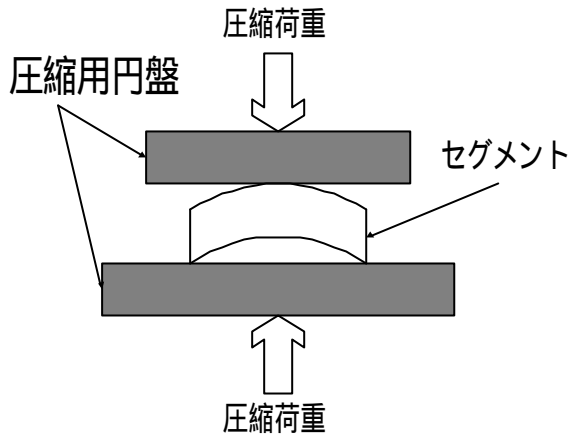


図2 抗折試験概略

2 実験方法

実験に用いたメタルボンドダイヤモンドセグメントはボンド材成分として金属粉末Cu、Co、Ni、Snを使用し、ダイヤモンド結晶粒子と均一混合した後、抵抗加熱焼結機により作成した。ダイヤモンド結晶粒子サイズは50/70、30/40、20/30メッシュを用い、含有率はコンセンレーションを20、40、60とした。このセグメントはコアドリル用であり、6×8×3.5mm-R32の円弧形状品である。これを図2に示すような方法により抗折試験を行った。

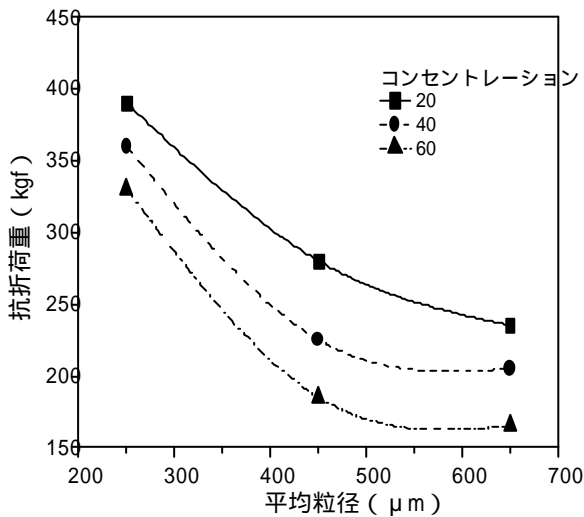


図3 抗折荷重と平均粒径

3 実験結果

ダイヤモンド結晶粒子サイズおよびコンセンレーションとの関係を図3に示す。これより、平均粒径が大きくなると抗折荷重は低下し、特にその傾向は450ミクロン以下において顕著であることがわかる。これに比べ、コンセンレーションが大きくなると同じく抗折荷重は低下するが、その影響は小さくなる。

また、平成10年度の研究<sup>1)</sup>で得られた式1の研削理論式が示す様に、穿孔速度はダイヤモンド結晶粒径と相関がない事がわかっている。

穿孔速度

$$= R_e n A_1 V_g (F_z d_0 / (n K_1 A_1^{1/3} H_B (6 V_g)^{2/3})) / (2/3 \times T d_0)$$

$$= R_e F_z V_g^{1/3} / (2.2013 \times T K_1^{1/3} H_B)$$

- - 式1

$R_e$ : 工具回転数、 $A_1$ : セグメント当たりの実研削面積、 $V_g$ : 砥粒率、 $F_z$ : 穿孔方向荷重、 $d_0$ : ダイヤ粒子直径、 $n$ : セグメント刃数、 $K_1$ : 目出し係数、 $H_B$ : 被削材硬度、 $T$ : セグメント厚み、

この事を合わせて考えると、穿孔速度を上げるためにはコンセンレーションを増加させる事が必要であり、セグメントの抗折荷重を考慮すると、小さい結晶粒子サイズ

ズでの高コンセンレーション化が有効である。

4 結言

抗折荷重の測定結果(図3)より、コンセンレーションよりも平均結晶粒子径がダイヤモンドセグメントの強度に大きく影響している事がわかった。特にその傾向は450ミクロン以下において顕著であった。

さらに、ダイヤモンドコアドリルの研削理論式(式1)を考慮すれば、必要な強度を確保し穿孔速度を向上させるためには、小さい結晶粒子径にてコンセンレーションを大きくする事が有効であることがわかった。

本研究は平成11年度技術パイオニア養成事業の一環として実施したものである。

文献

1) 茨島ほか: 岩手工技セ研報、6、49(1999)



## SPEED 法による溶射皮膜の評価

桑嶋 孝幸<sup>\*</sup>、高橋 幾久雄<sup>\*</sup>、太田 利夫<sup>\*\*</sup>、田端 亮一<sup>\*\*</sup>

高速ガス溶射装置で溶射した2種類の溶射材料 (Ni 基自溶合金、Ni 基自溶合金に WC-Co を混合した粉末) を1223K、1273K、1323K、1373K で再溶融処理をして皮膜の性状を調べた。再溶融処理後の皮膜はSPEED法により電解処理をして析出物を抽出し、それぞれの処理温度における析出物の形状や構造と皮膜の性状との関係を調べた。その結果、1273K以上では針状の析出物と角状の析出物が認められ、これらはX線回折の結果からCr<sub>23</sub>C<sub>6</sub>、Cr<sub>7</sub>C<sub>3</sub>、Cr<sub>2</sub>Bであった。また、Ni 基自溶合金とWC-Coの混合粉末を溶射した皮膜では、Co<sub>6</sub>W<sub>6</sub>Cも認められた。

キーワード: Ni 基自溶合金、SPEED法、皮膜組織、炭化物、硬度

## Evaluation of Thermal Spray Coating Using SPEED Method

KUWASHIMA Takayuki, TAKAHASHI Ikuo, OHTA Toshio and TABATA Ryoichi

Two kind of thermal spray materials, Ni base self fluxing alloy powder and blend Ni base self fluxing alloy powder and WC-Co powder are sprayed by high velocity flame spraying and they are fused at 1223K, 1273K, 1323K and 1373K. After fusing, the samples are etched by the SPEED method for analysis of particles in the coatings and the residue are analyzed by SEM, XRD and so on. Some kind of particles, look like needle and mass are observed in the residue. From XRD analysis, they are Cr<sub>23</sub>C<sub>6</sub>, Cr<sub>7</sub>C<sub>3</sub>, Cr<sub>2</sub>B. In blend Ni base self fluxing alloy and WC-Co coating, Co<sub>6</sub>W<sub>6</sub>C are observed, too.

key words: Ni base self-fluxing alloy, SPEED method, coating structure, carbide, hardness

### 1 緒言

溶射は表面改質技術の中でも加工速度が速く、金属はもちろんサマット、セラミックスなどほとんどの材料をコーティングすることができるため、自動車産業をはじめ様々な産業分野で広く用いられている。なかでも、高速フレーム溶射は、従来のフレーム溶射を上回るフレームの高速化が達成され密着力が高く高硬度な皮膜を形成することができるため、耐摩耗性サマット皮膜の形成に実用化され高い評価を得ている。一方、環境に対する問題意識の高まりから、循環型社会への転換が叫ばれ、産業界においてもリサイクルに対する意識が高まっている。廃棄物の排出量を減らすため、部品、部材の耐久性の向上、消耗部品の再利用が求められている。溶射は、前述のようにほとんどの材料をコーティングできるため、耐食性、耐熱性、耐摩耗性などを大幅に向上させることができ、また肉盛溶射により部品、部材を容易に再利用できる。自溶性合金溶射は、溶射後、皮膜を再溶融させるため、基材との密着力が高く、耐食性、耐熱性、耐摩耗性などが優れている。

自溶性合金は、再溶融処理により金属基材と皮膜が冶金的な結合になるとともに Cr の炭化物やほう化物が析出することにより皮膜の耐摩耗性が向上する。しかし、この析出物を分離して皮膜の

性状を評価した例はあまりない。本研究では、様々なアプリケーションへ応用するための基礎データを得ることを目的に、皮膜中の析出物を分離抽出して、皮膜の再溶融処理温度と皮膜組織、皮膜性状との関係を明らかにすることを目的に行った。

### 2 実験方法

#### 2-1 供試材

溶射材料はNi 基自溶合金であるDIAMALLOY2001とNi 基自溶合金とWC-12CoをブレンドしたDIAMALLOY2002を使用した。また、金属基材は、長さ70mm、幅50mm、厚さ5mmのS45Cを使用した。溶射材料と金属基材の化学組成を表1に示す。

#### 2-2 溶射方法

溶射装置は、スルザ-メテコ社製のダイヤモンドジェット溶射装置を使用した。溶射に際しては、脱脂後、金属基材

表1 金属基材と溶射材料の化学組成

		粒径(μm)	化学成分
金属基材	S45C	-	C0.44、Si0.22、Mn0.68、P0.0255、S0.087
溶射材料	Diamalloy2001	45~15	Ni-17Cr-4Fe-4Si-3.5B-1C
	Diamalloy2002	45~11	(WC-12Co) 33Ni-9Cr-3.5Fe-2Si-2B-0.5C

\* 金属材料部

\*\* (株) 釜石電機製作所

表面をアルミナグリットでブラスト処理を行い、粗面化、清浄化し、ロボットによる自動方式で皮膜厚さが0.5mmになるようにパス数を調節して溶射した。溶射後の再溶融処理は、大気雰囲気中で電気炉により加熱した。昇温速度は6K/minで加熱温度による皮膜性状を比較するために最高加熱温度を1223K、1273K、1323K、1373Kの4水準とした。冷却は空冷である。表2に溶射条件を示す。

2-3 評価方法

作成した試験片は、レーザ顕微鏡およびEPMAを使用して、皮膜組織を調べた。皮膜の硬さを調べるためにマイクロビッカース硬度計および大越式迅速摩耗試験機を使用した。大越式迅速摩耗試験条件を表3に示す。大越式迅速試験では、試験時の圧痕を測定するためと熱処理した皮膜表面の酸化皮膜を除去する目的で表面を研削して試験を行った。試験後の圧痕の大きさはビデオ測定顕微鏡(OGP社製SMARTSCOPE200)を使用して次式により比摩耗量を計算により求めた。

$$W_s = \frac{Bb_0^3}{4000RP_0\ell_0}$$

B: 回転円板の厚み (mm)

b<sub>0</sub>: 摩耗痕幅 (mm)

R: 回転円板直径 (mm)

P<sub>0</sub>: 最終荷重 (kg)

ℓ<sub>0</sub>: 摩擦距離 (m)

熱処理により皮膜組織中に析出した析出物の同定をするためSPEED法を適用した。<sup>1),2)</sup>SPEED法は、非水溶媒系電解液を用いた定電位電解エッチング法(Selective Potentiostatic Etching by Electrolytic Dissolution Method)で、金属中に介在する析出物の分離することができる。この方法によれば酸化物、ほう化物、炭化物などを抽出することが可能である。電解液は、10%アセチルアセトン-1%塩化テトラメチルアンモニウム-メチルアルコール(いずれも特級試薬)を混合して作成した。試験片は、

表2 溶射条件

溶射材料		Diamalloy2001	Diamalloy2002
酸素	圧力 (psi)	150	
	流量	44	
プロパン	圧力 (psi)	100	
	流量	39	
エア	圧力 (psi)	75	
	流量	49	
溶射距離 (mm)		250	175
溶射速度 (m/min)		45	
ピッチ (mm)		2	

表3 大越式迅速摩耗試験条件

回転円板	SKD11(HRC62)
摩擦距離 (m)	100
最終荷重 (kg)	6.3
摩擦速度 (m/sec)	0.94、1.97、2.91、3.62

15mm × 15mmに切り出した試料表面を研磨した後、皮膜の表面以外を樹脂で被覆して電解を行った。電極は飽和甘こう電極を使用し、電解電位は+500mV vs SCEとし、2,000クーロンまで電解を行った。

電解を行った試料は、表面に残った残滓をメチルアルコール中に混濁し、フィルター上(日本電子製SEM-PORE: フィルタ孔径0.6 μm、フィルター厚10 μm)に捕集して電子顕微鏡により形状観察を行った。また、試料表面を電子顕微鏡で観察し、表面に析出物残滓が残っていることを確認した後、微小部X線回折装置により構造解析を行った。

3 実験結果及び考察

図1に皮膜断面のレーザ顕微鏡組織を示す。as spray皮膜ではダイヤモンドジェット溶射皮膜特有の半円状の組織が認められる。これはダイヤモンドジェット溶射皮膜特有の組織で、溶射材料が半溶融状態で基材に衝突凝固するためである。

Diamalloy2001、Diamalloy2002とも再溶融処理温度1223Kでは、皮膜中に気孔も認められ、as spray皮膜と比較しても大きな差はない。処理温度1273K(Ni基自溶性合金の融点)以上になると処理後の皮膜表面は溶融により滑らかになっていた。この温度以上になると皮膜組織は大きく変化し、角状の粒子が析出している。また、金属基材と皮膜との間に拡散層が認められる。

Ni基自溶性合金とWC-12Coとの混合粉末であるDiamalloy2002は、WC粒子がas spray皮膜に比べて温度上昇にともないわずかに皮膜中に分散している。

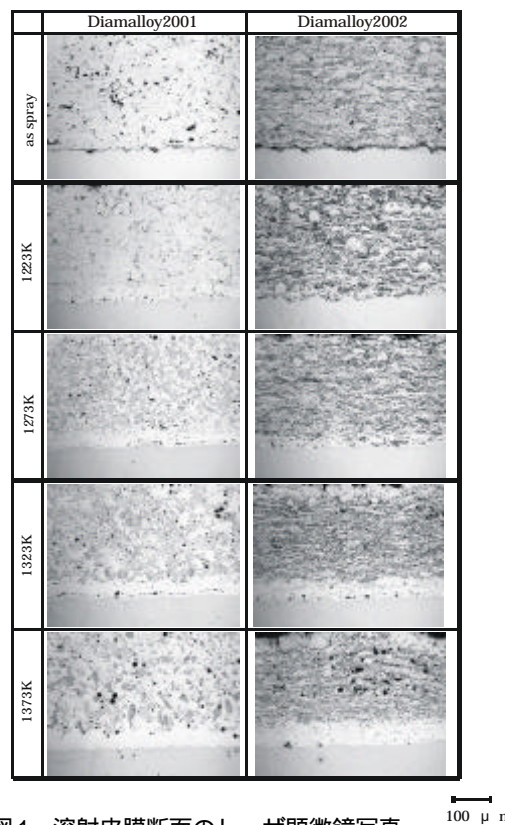


図1 溶射皮膜断面のレーザ顕微鏡写真

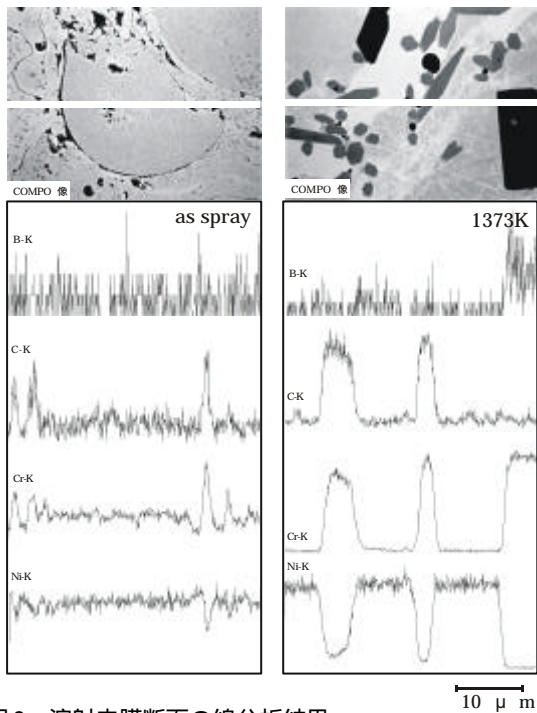


図2 溶射皮膜断面の線分析結果

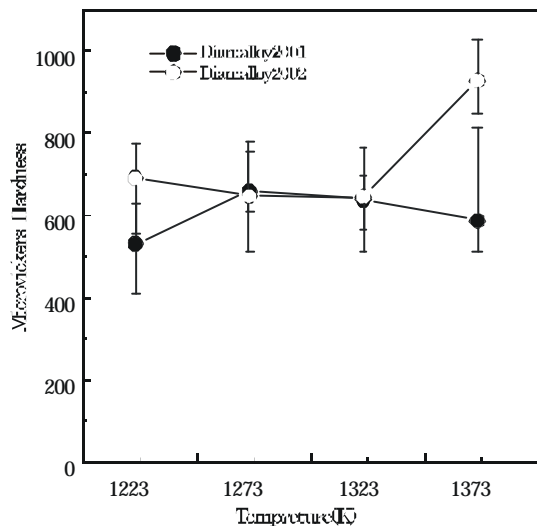


図3 マイクロピッカース硬さ測定結果

Diamalloy2001 をEPMA により線分析した結果を図2 に示す。誌面の都合でas spray と1373Kのみの結果を示す。1373Kで熱処理した皮膜には、針状と角状の粒子が認められるが、これは線分析の結果からCrの炭化物とほう化物であることがわかる。1273K以上で熱処理した皮膜でも同様の組織となっていた。

図3、図4にマイクロピッカース硬さ測定結果と大越式迅速摩耗試験結果を示す。Diamalloy2001は、処理温度が1223Kでは、as spray皮膜の測定結果(500 ~ 650)と大きな差は認められない。しかし、1273K以上になるとマイクロピッカース硬さは上昇する傾向が認められる。大越式迅速摩耗試験結果では、皮膜の溶融が認められた1273K以上の試料において比摩耗量が少なくなっていて、マイクロピッカース硬さ測定結果と傾向が一致している。これは、皮膜が熱処理により溶融したためCrの炭化物やほ

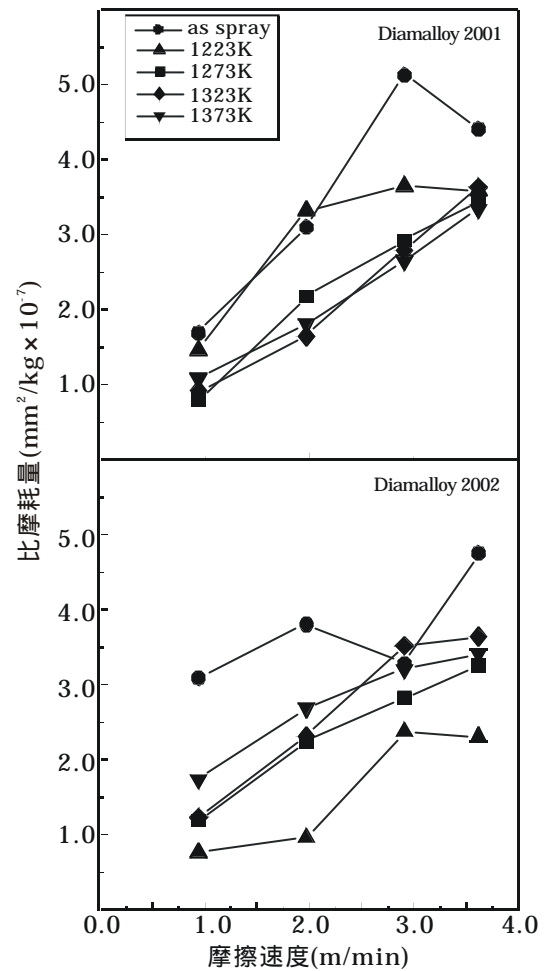


図4 大越式迅速摩耗試験結果

う化物などの硬質粒子が形成されたことと粒子間の結合が冶金的な結合になったためである。

一方、Diamalloy2002では、1373Kで処理した皮膜の硬さが平均で950とas spray皮膜の測定結果(700 ~ 900)や他の条件に比べて著しく高くなっている。しかし、大越式迅速摩耗試験結果では、処理温度が低い1223Kの試料の比摩耗量が一番少なくなっていて、これ以上の処理温度では摩耗量は逆に多くなっている。

図5にDiamalloy2002を1373Kで処理した皮膜断面の上部付近と下部付近のSEM写真を示す。下部ではWCなどの粒子が多数認められるが上部ではほとんど認められていない。これらをふまえて図2のレーザー顕微鏡組織をよくみると1273K以上で処理した皮膜は、2層に分離していて、上部の層は処理温度の上昇に伴って厚くなる傾向が認められる。EPMAによる分析では、as spray皮膜のマトリックスはNiであったが、Diamalloy2002はWC-Co粉末とNi基自溶合金の混合粉末であったため、処理温度の上昇に伴いNi基自溶合金が良く溶融することに伴って、比重の違いから硬いWC粒子が皮膜下部に分離したため、大越式迅速摩耗試験の結果が逆転したと思われる。<sup>3)</sup>

図6にSPEED法で電解処理した後の残滓外観のSEM写真を示す。両方の皮膜において、皮膜が溶融していないas spray皮膜と1223Kで熱処理した皮膜でも1 μm程

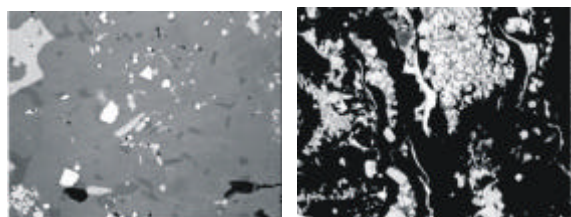


図5 溶射皮膜断面のSEM写真  
(左:皮膜上部、右:皮膜下部)

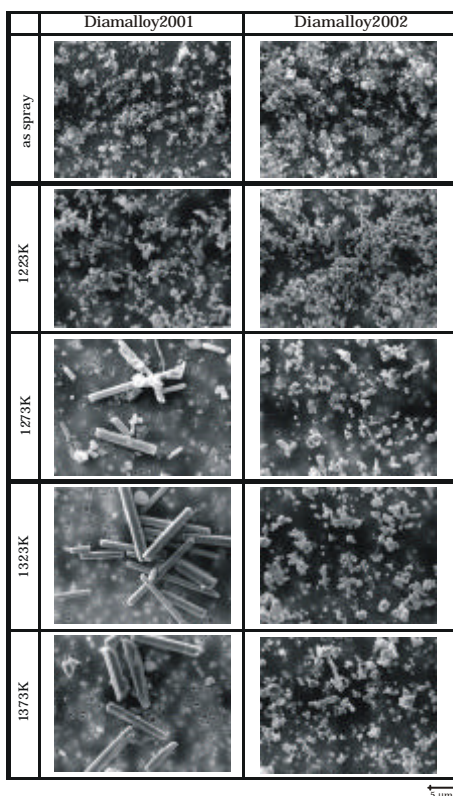


図6 SPEED法処理後の残滓外観のSEM写真

度の微細な残滓が認められる。Diamalloy2001では、処理温度1273K以上において角柱状と塊状の残滓が認められるが図2の線分析の結果から前者がCr炭化物、後者がCrほう化物と考えられる。また、Diamalloy2002においても量は少ないが同様の形状の残滓が認められる。これら以外の残滓は、WCあるいはこれらの化合物であると考えられる。

また、皮膜が溶融していないas spray皮膜や1223Kで処理した皮膜においても1 μm程度の非常に細かい残滓が多数認められる。

図7に1373Kで熱処理した皮膜をSPEED法で処理した残滓のX線回折結果を示す。Diamalloy2001では、Cr<sub>7</sub>C<sub>3</sub>、Cr<sub>23</sub>C<sub>6</sub>、Cr<sub>2</sub>Bが認められる。Diamalloy2002では、WCの他にCr<sub>2</sub>B、Cr<sub>23</sub>C<sub>6</sub>が認められる。また、高温での保持時間が長いためにCo<sub>6</sub>W<sub>6</sub>Cも認められる。as spray皮膜ではこの相は認められていないため、熱処理によりこの化合物が形成されたと考えられる。誌面の都合で図には示していないが、as spray皮膜や1223K皮膜でもCr炭化物のピークが認められていた。このことから、図6

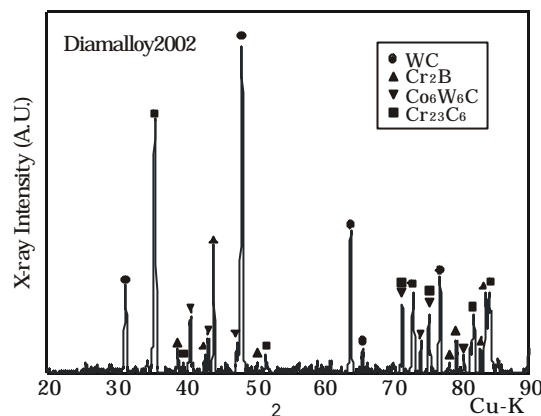
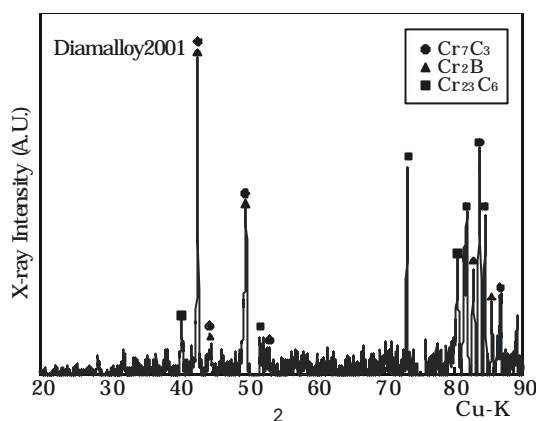


図7 SPEED法処理後の残滓のX線回折結果

の残滓は、溶射材料のNi基自溶合金の製法に起因していると考えられる。すなわちアトマイズ法で製造されたNi基自溶合金はアトマイズ処理のために溶融されるが、その過程で粉末中にわずかであるが炭化物やほう化物が析出していると考えられる。

#### 4 結 言

1. SPEED法により容易に溶射皮膜中の炭化物やほう化物などを分離することができる。
2. Ni基自溶合金は、皮膜を溶融させることによりNiマトリックス中にCr<sub>7</sub>C<sub>3</sub>、Cr<sub>23</sub>C<sub>6</sub>、Cr<sub>2</sub>Bなどが析出し、耐摩耗性が向上する。
3. Ni基自溶合金とWC-Coとの混合粉末を溶射した皮膜は再溶融温度が高いと比重の違いから分離する傾向が認められ、耐摩耗性が低下する。
4. 溶融していない皮膜においてもわずかながら炭化物やほう化物が含まれている。

本報告は平成11年度技術パイオニアORT事業で実施した成果です。

#### 文 献

- 1) 黒澤文夫, 田口 勇, 谷野 満: 日本金属学会会報, Vol20, No5, 377(1981)
- 2) 黒澤文夫, 田口 勇, 松本龍太郎: 日本金属学会誌, Vol43, No11, 1068(1979)
- 3) 富田友樹, 高谷泰之, 原田良夫: 高温学会誌, Vol20, No5, 208(1994)

## 溶射皮膜のブラストエロージョン特性

高橋 幾久雄\*、桑嶋 孝幸\*

鋳鉄基材にプラスチック 3 種類、金属及びサーメット 5 種類、セラミックス 3 種類を溶射して、荒田式溶射皮膜評価試験機を用いたブラストエロージョン試験で溶射皮膜を評価した。

プラスチックはアクリル皮膜の摩耗減量が少ないのに対して、ポリエステル皮膜は簡単に皮膜が剥離する。金属及びサーメットは SUS316 皮膜の摩耗量が少なく、Fe-Cr-C 合金や Ni 基合金の摩耗量が多くなっている。セラミックスは TiO<sub>2</sub> 皮膜の摩耗量が少ないが、Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 皮膜の摩耗量が多くなっている。ブラストエロージョン試験は皮膜の硬さが低いほど摩耗量が少なくなる傾向を示し、皮膜の変形能や皮膜内粒子間結合度が耐摩耗性に影響することを明らかにした。

キーワード：溶射皮膜、プラスチック、金属、セラミックス、ブラストエロージョン

## Blast Erosion Resistance for the Thermal Spraying Coatings

TAKAHASHI Ikuo and KUWASHIMA Takayuki

Three kind of plastics, five kind of metals and cermets and three kind of ceramics are sprayed on cast iron and the coatings of blast erosion resistance are evaluated using Arata Coating Tester.

In plastics coating tests, a weight loss of acryl coating is small, but polyester coating peels easily. In metals and cermet coating test, a weight loss of SUS316 coating is small, but Fe-Cr-C alloy and Ni base alloy is large. In ceramics coating test, weight loss of TiO<sub>2</sub> coating is small, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> coating is large. In blast erosion test, the weight loss of the coatings have a tendency to be small with the decrease of coating hardness, the characteristic of blast erosion resistance is affected by modify ability and degree of cohesion between particles of the coatings.

key words : sprayed coating, plastics, metals, ceramics, blast erosion

### 1 緒 言

溶射皮膜は溶射材料溶融粒子の積層で形成されるが、未溶融粒子の存在や成膜の積層機構から多孔質になり易い。このため、基材と皮膜の密着力が低く、皮膜の粒子間結合力と靱性が低下する。特に硬い粒子を衝撃的に受けた場合は簡単に皮膜が剥離し、溶射の効果を存分に発揮できないことになる。

本研究は鋳鉄基材に 3 種類のプラスチック、5 種類の金属やサーメット、3 種類のセラミックスの溶射皮膜を形成して、ブラストエロージョン試験を行い、溶射皮膜の耐摩耗性を比較検討することを目的とした。

### 2 実験方法

#### 2-1 基材・溶射材料と溶射

供試鋳鉄基材の材質は FC200 で、その形状寸法は厚さ 4mm、幅 75mm、長さ 100mm の板で、溶射する面

を平滑に機械加工し、アセトン洗浄及び #20 のアルミナグリッドでブラスト処理を行い、溶射に供した。

用いたプラスチック溶射材料を表 1 に示すが、ポリエステルとアクリルはセラミックスを混合（重量比）したものも用いた。セラミックスは Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> に TiO<sub>2</sub> を 2% 含有したグレイアルミナである。ポリエステルはプラズマ溶射装置で、皮膜厚さ 0.3mm に、アクリルとナイロンはプロパンを燃料とするガス溶射装置で、皮膜の厚さ

表 1 プラスチック溶射材料の種類

ポリエステル	ポリエステル 100% ポリエステル - 20%セラミックス
アクリル	アクリル 100% アクリル - 20%セラミックス アクリル - 40%セラミックス
ナイロン	ナイロン 100%

0.4mm を目標にした。

金属およびサーメット溶射材料は5種類で、その種類と組成を表2示す。溶射はプロピレンを燃料とする高速フレイム溶射(HVOF: High Velocity Oxy-Fuel)で、溶射皮膜の厚さが0.3mmになるようパス数を調節した。

セラミックス溶射材料はAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、TiO<sub>2</sub>の3種類で、その下地溶射(アンダーコート)として、Ni-Crを用いた。セラミックス溶射材料の組成を表3に示す。Ni-Cr溶射は高速フレイム溶射装置で、セラミックス溶射はプラズマ溶射装置で行った。溶射皮膜の厚さは金属で約0.1mm、セラミックスで約0.25mmにした。以上の溶射は全てロボットを用いて自動で行った。

表2 金属及びサーメット溶射材料の組成

溶射材料	組成 (wt%)
SUS316	17Cr-12Ni-2.5Mo-1Si-0.1C-Fe
Ni基超合金	19Cr-18Fe-3Mo-1Co-1Ti-Ni
Cr <sub>3</sub> C <sub>2</sub> サーメット	20(80Ni-20Cr)-Cr <sub>3</sub> C <sub>2</sub>
Ni基合金	20Cr-10W-9Mo-4Cu-1C-1B-1Fe-Ni
Fe-Cr-C合金	64Cr-7C-Fe

表3 セラミックス溶射材料の組成

溶射材料	組成 (wt%)
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -2.5TiO <sub>2</sub> -2SiO <sub>2</sub> -1Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	99Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
TiO <sub>2</sub>	99TiO <sub>2</sub>

## 2-2 溶射皮膜の評価法

溶射皮膜の評価方法は荒田式溶射皮膜評価試験機を用いて、表4に示す試験条件でプラストエロージョン試験を行った。噴射角度は溶射皮膜に対して、30度、60度、90度の3水準で、1回の噴射量70gであるが、摩耗量が多い皮膜は皮膜粒子が剥離して早く基材が露出するので、すべての皮膜が同じ回数の試験はできなかった。また、プラスチック、金属、セラミックスそれぞれ密度が異なるために耐摩耗性の絶対比較はできないが、摩耗減量を精密天秤で重量測定して評価した。

表4 プラストエロージョン試験条件

プラスト材	#30モランダム
設定圧力 (kPa)	490
噴射圧力 (kPa)	304
噴射加速流量 (l/min)	340
噴射量 (g/回)	70
噴射角度 (度)	30、60、90

## 1 実験結果及び考察

### 3-1 プラスチック溶射皮膜

図1はプラスチック溶射皮膜のプラストエロージョン

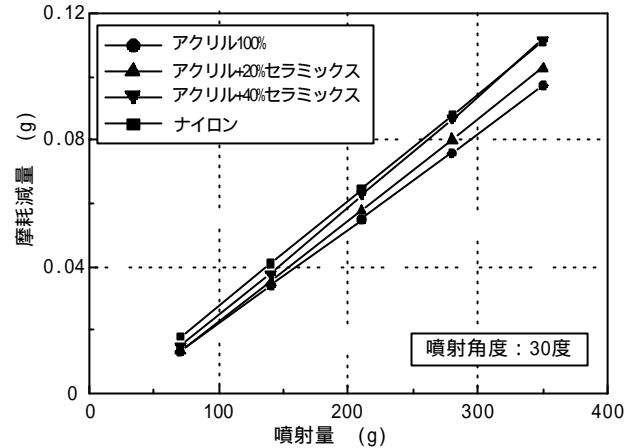


図1 溶射皮膜のプラストエロージョン試験結果

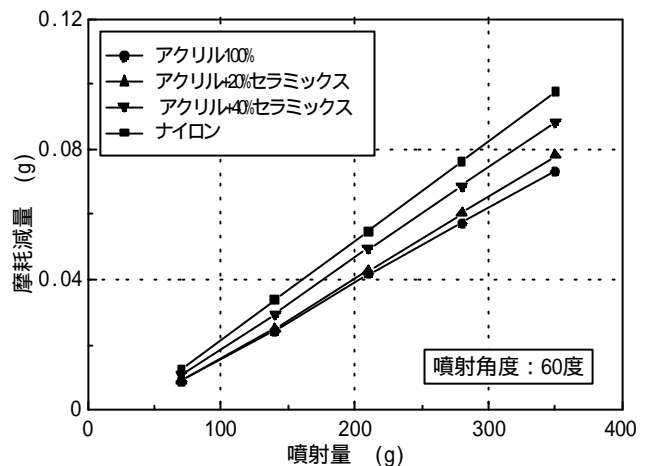


図2 溶射皮膜のプラストエロージョン試験結果

試験で噴射角度30度の結果を示す。ポリエステル皮膜はプラスト材を70g噴射する前に簡単に皮膜が削り取られ、粒子間結合度がかなり劣っていると考えられる。この原因は供試ポリエステルの示差熱分析(DTA)及び熱天秤分析(TG)結果が示すように、融点は約760K、重量減少開始温度が約720Kであることから、溶射中に気化したガスが皮膜に巻き込まれたため、皮膜断面のSEM像観察で皮膜内気孔が多く認められる<sup>1)</sup>ことが支持している。

アクリル皮膜にセラミックスを混合すると耐摩耗性が劣るように見えるが、セラミックスの密度がアクリルの密度の数倍の値であることと、基地のアクリル粒子の剥離に伴い、セラミックスも剥離するので重量減少が多くなり、このような結果になったと思われる。

図2は噴射角度60度の結果であるが、溶射材料の種類による傾向は変わらず、全体の摩耗量は30度と比べて少なくなっている。この原因は不明である。ナイロン皮膜はアクリル皮膜に比べて両角度共に摩耗減量が多くなっている。溶射皮膜のヌーブ硬さを測定すると、アクリル皮膜はHk1.5、ナイロン皮膜はHk8.7とナイロン皮膜がかなり高いが、アクリル皮膜はナイロン皮膜に比べて弾性が高く、プラスト材の衝撃エネルギーを吸収す

[ 研究報告 ]

るためと考えられる。噴射角度 90 度の図示は省略するが、噴射角度 60 度とほぼ同じであった。

3 - 2 金属及びサーメット溶射皮膜

金属及びサーメット溶射皮膜の噴射角度 30 度のプラストエロージョン試験結果を図 3 に示す。Fe-Cr-C 合金皮膜の摩耗量が多く、Ni 基合金皮膜、Ni 基超合金皮膜、Cr<sub>3</sub>C<sub>2</sub>-Ni-Cr サーメット皮膜と続いていて、SUS316 皮膜の摩耗量が少なくなっている。溶射皮膜の断面を研磨して、マイクロピッカース硬さを測定すると図 4 のように、Cr<sub>3</sub>C<sub>2</sub>-Ni-Cr サーメット皮膜や Fe-Cr-C 合金皮膜が硬く、SUS316 皮膜や Ni 基超合金皮膜の硬さが低くなっている。以前研究したスガ式摩耗試験は硬さの高いほど摩耗量が少なくなっていた<sup>2)</sup>が、この摩耗試験ではサーメットを除いて硬さと逆比例の関係が認められる。この試験はプラスト材の衝撃的圧力が作用することから硬さよりも皮膜の変形能や皮膜内の溶射材料粒子間の結合力が影響しているものと考えている。

同試験の噴射角度 60 度の結果を図 5 に、噴射角度 90 度の結果を図 6 に示す。噴射角度が大きくなると、SUS316 皮膜の摩耗量は少なく、Fe-Cr-C 合金皮膜の摩耗量が多くなり、両者の差が大きくなる。これは噴射角度が大きくなると、皮膜にプラスト材が直角に当たるた

め皮膜の変形能が高い、言い換えると硬さの低い皮膜が塑性変形して、衝撃力を緩和するためと考えている。

図 7 は溶射皮膜断面の SEM 像から画像解析装置で測定した面積気孔率を示す。SUS316 皮膜の気孔率が少なく、Ni 基合金皮膜や Fe-Cr-C 合金皮膜の気孔率が高く、

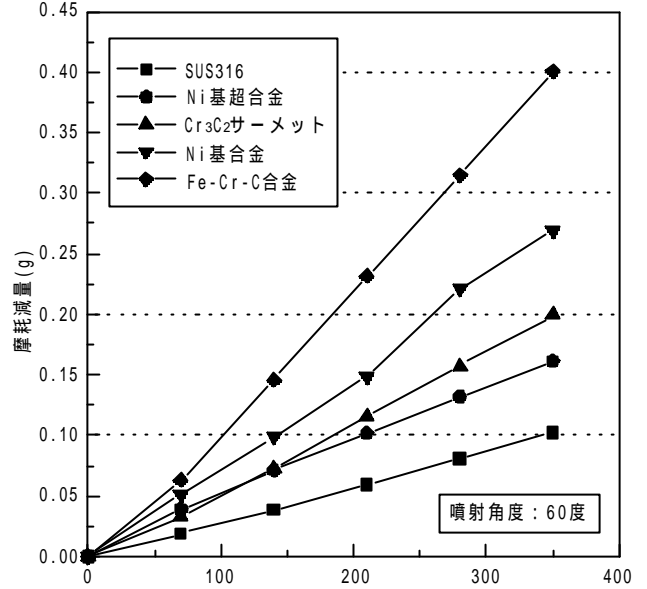


図 5 溶射皮膜のプラストエロージョン試験結果

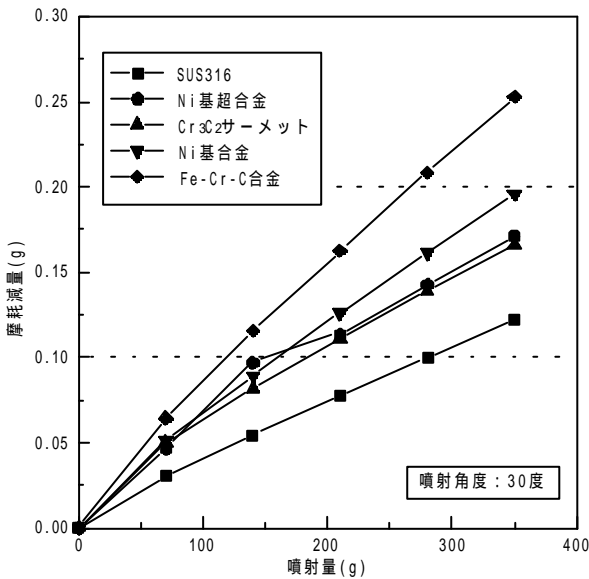


図 3 溶射皮膜のプラストエロージョン試験結果

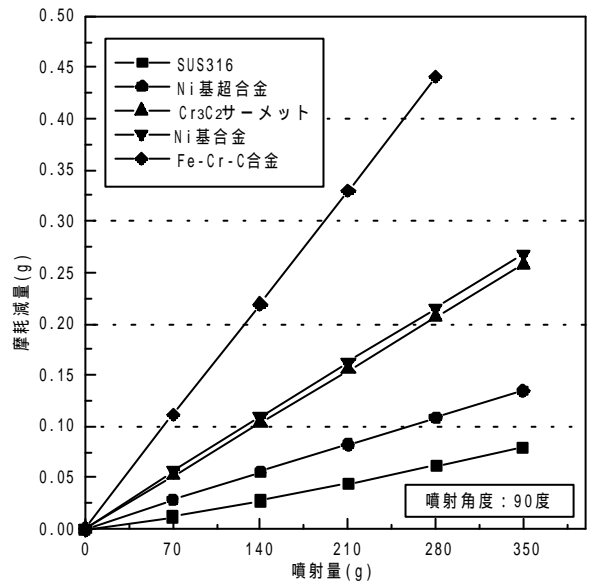


図 6 溶射皮膜のプラストエロージョン試験結果

溶射材料	硬さ (HNV200g)				
	0	200	400	600	800
SUS316	[Bar chart showing hardness range from ~100 to ~300]				
Ni 基超合金	[Bar chart showing hardness range from ~100 to ~400]				
Cr <sub>3</sub> C <sub>2</sub> サーメット	[Bar chart showing hardness range from ~100 to ~900]				
Ni 基合金	[Bar chart showing hardness range from ~100 to ~600]				
Fe-Cr-C 合金	[Bar chart showing hardness range from ~100 to ~800]				

図 4 金属及びサーメット溶射皮膜の硬さ

溶射材料	気孔率 (%)		
	0	1	2
SUS316	[Bar chart showing porosity range from ~0.2 to ~0.5]		
Ni 基超合金	[Bar chart showing porosity range from ~0.5 to ~1.5]		
Cr <sub>3</sub> C <sub>2</sub> サーメット	[Bar chart showing porosity range from ~0.2 to ~0.5]		
Ni 基合金	[Bar chart showing porosity range from ~0.5 to ~2.5]		
Fe-Cr-C 合金	[Bar chart showing porosity range from ~0.5 to ~1.5]		

図 7 金属及びサーメット溶射皮膜の気孔率

プラストエロージョン試験結果と関連している。

### 3-3 セラミックス溶射皮膜

セラミックス溶射皮膜のプラストエロージョン試験結果を図8から図10に示す。Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>皮膜の摩耗量が多く、TiO<sub>2</sub>皮膜の摩耗量が少なくなっている。噴射角度を変えても溶射材料の順位は変わりなく、噴射角度が大きくなるとCr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>皮膜の摩耗減量が大きくなる傾向を示した。

図11にセラミックス溶射皮膜のマイクロビッカース硬さ測定結果を示しているが、硬さの高いCr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>皮膜の摩耗量が多くなっているが、硬さよりも皮膜の粒子間結合度が耐摩耗性に影響しているものと思われる。

図12に溶射皮膜断面のSEM像から画像解析装置を用いて、面積気孔率を測定した結果を示しているが、Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>皮膜の気孔率が高くなっている。また、基材と皮膜の密着力測定時にセラミックス皮膜内で破断して、これがセラミックス溶射皮膜の強さ、言い換えると皮膜内粒子間結合度を示していると考えられる。この結果Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>皮膜の強さに比べてTiO<sub>2</sub>皮膜、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>皮膜の強さが高くなっている。<sup>3)</sup>プラストエロージョン試験は気孔率と皮膜内粒子間結合度が影響していることが明らかになった。

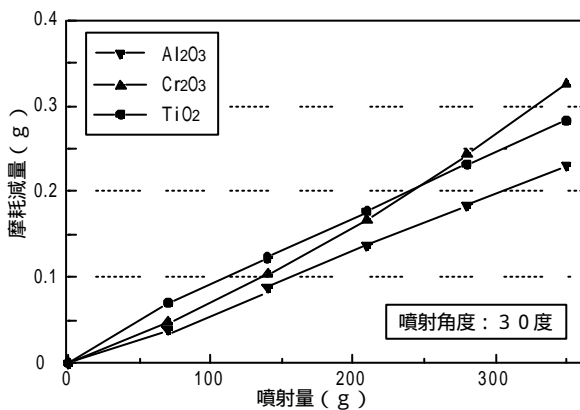


図8 溶射皮膜のプラストエロージョン試験結果

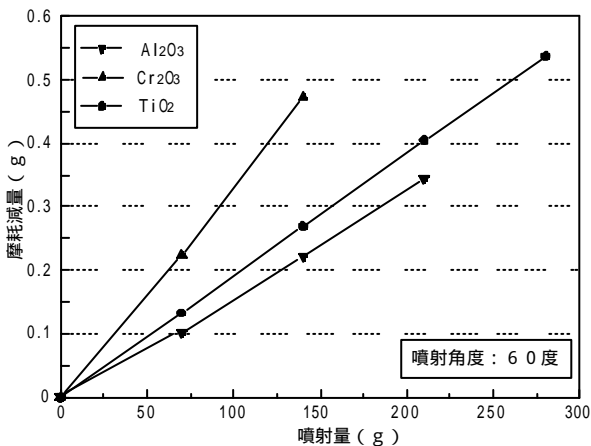


図9 溶射皮膜のプラストエロージョン試験結果

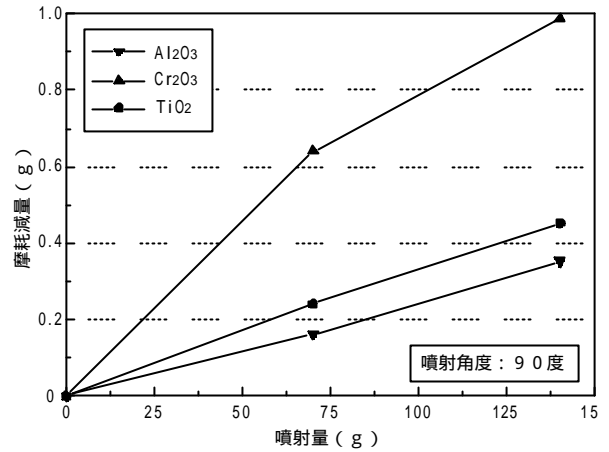


図10 溶射皮膜のプラストエロージョン試験結果

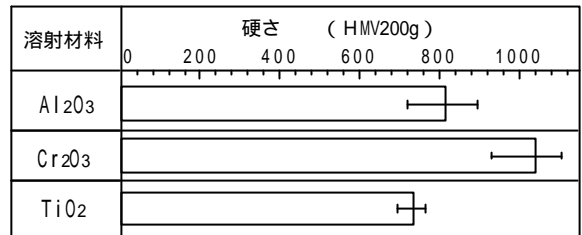


図11 セラミックス溶射皮膜の硬さ

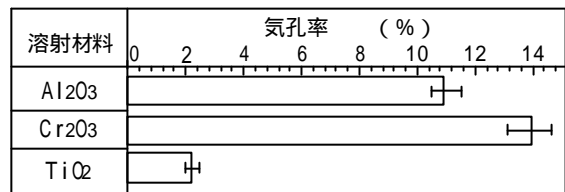


図12 セラミックス溶射皮膜の気孔率

## 4 結 言

溶射皮膜のプラストエロージョン試験結果を総括して、以下の結論を得た。

- (1) プラスチック溶射皮膜はポリエステル皮膜が簡単に皮膜の剥離が生じるのに対して、アクリル皮膜は弾性が高いために摩耗減量が少ない。
- (2) 金属及びサーメット皮膜は Fe-Cr-C 合金皮膜や Ni 基合金皮膜の摩耗減量が多く、SUS316 皮膜の摩耗減量は少ない。
- (3) セラミックス皮膜は Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 皮膜の摩耗減量が多く、TiO<sub>2</sub> 皮膜の摩耗減量が少ない。
- (4) プラスチック、金属、セラミックス共に硬さが低く、気孔率の小さい皮膜ほど摩耗減量が少なくなる。

## 文 献

- 1) 高橋幾久雄, 米倉勇雄, 桑嶋孝幸, 次世代高機能鋳鉄の創製と複合化に関する基礎的研究報告書, 116, (1997)
- 2) 高橋幾久雄, 米倉勇雄, 桑嶋孝幸, 岩手県工業技術センター報告, 5, 45, (1998)
- 3) 高橋幾久雄, 米倉勇雄, 桑嶋孝幸, 岩手県工業技術センター報告, 6, 35, (1999)



[ 研究報告 ]



## パーフルオロアルキル誘導体トリアジンチオールの蒸着特性\*

鈴木 一孝\*\* , 川村 智\*\*\*

パーフルオロアルキル誘導体トリアジンチオール(FRTD)による真空蒸着薄膜作製について検討した。原料加熱温度による蒸着速度変化について検討したところ、FRTDは原料加熱温度の上昇に伴い蒸着速度が早くなるが、特定の温度からは蒸着速度が低下することがわかった。蒸着速度の低下は、FRTD原料が熱によって重合し、多量体の形成に起因することが、フーリエ変換赤外分光(FT-IR)分析により明らかとなった。

キーワード：トリアジンチオール，真空蒸着法，FTIR

## Physical Vapor Deposition of the Perfluoroalkyl Triazine-thiol Derivatives

SUZUKI Kazunori and KAWAMURA Satoshi

The thin films of the perfluoroalkyl-triazine-thiol derivatives(FRTD) are formed on Fe substrates by conventional Vapor Deposition. This report is discussed about relationship between evaporation rate and the temperature of furnace, and the time of heating. The results have shown that evaporation rate of FRTD have decreased with increasing temperature of furnace and with increasing time of heating. As for decreasing evaporation rate, it was confirmed that the FRTD is polymerized by heat in the furnace.

key words: , Triazine Thiol, FTIR, Vapor Deposition

### 1 緒 言

本研究は、多くの工業材料表面に要望される特性薄膜 - 異物が付着し難く(防汚)、基材が腐食しない(防食)数十 nm (100 万分の 1mm) の薄膜作製技術 - 開発を目指すものである。薄膜作製原料は県内技術シーズとも言うべきトリアジンチオール化合物であり、成膜手法は真空蒸着法を採用した。真空蒸着法に代表されるドライプロセスによる薄膜は、膜成分の純度が高いこと、膜の架橋構造を強化し防食性を高めやすいこと、

量産に向いていること、多くの基材に成膜できることなど、多くの優れた特徴があり、工業界での広範な応用が期待できる。有機材料による防汚・防食膜の設計として膜の機能性、耐久性および異種材料である金属との接着技術が要望される。これらの技術確立を目指し平成 9 年度は一般的なトリアジンチオール(ジブチルアミノトリアジンチオール(DB)の成膜条件による成膜状態(分子配向と成膜形態等)について検討し、蒸着法による成膜に関する基礎的な知見を得た<sup>1)</sup>。平成 10 年度は膜の

---

\* 有機超薄膜による金属の防食技術開発(第3報)

\*\* 化学部

\*\*\* 竹内真空被膜株式会社

耐久性を得るために、成膜したトリアジンチオール処理条件について検討し、工業的に容易な熱処理により重合が進み耐久性がさらに向上することを明らかにした<sup>2)</sup>。本年度は、より実用化を考慮し、防食あるいは防汚性に優れた膜作製について検討することとした。蒸着原料については、表面エネルギーを小さくするフッ素(パーフルオロアルキル基)官能基が、防汚・防食機能を発揮することが知られており<sup>3)</sup>、今回は岩手大学の協力を得て、不飽和基およびパーフルオロアルキル基を有するトリアジンチオール(以後FRTDと呼ぶ)を使用し、この原料による真空蒸着成膜について検討した結果を報告する。

## 1 実験方法

### 2-1 試薬及び材料

FRTD(不飽和基を有するパーフルオロアルキル誘導体トリアジンチオール、融点; 206)をエタノールで再結晶し、減圧下で十分乾燥して使用した。成膜基板は市販の冷間圧延鋼板(JIS G 3141に規定)を用い、これを1 $\mu$ mのダイヤモンド粉でバフ研磨した鉄基板(20mm $\times$ 20mm $\times$ 1mm)をアセトン脱脂洗浄したものをそのまま使用した。

### 2-2 薄膜作製法

蒸発源温度と成膜速度の関係を解明するために、蒸発原料温度は、蒸発原料を入れる石英製クヌーセンセル内に直接接触し、K熱電対(JIS C 1602に規定)によりモニターした(以後るつぼ温度とする)。成膜前の到達真空度は $4 \times 10^{-4}$ Paであったが、蒸発源温度115に設定した時の真空度は $2 \times 10^{-3}$ Pa、成膜速度は0.03nm/secであった。成膜速度は、基板温度20で得られた被膜の膜厚をエリブソメータ(溝尻光学工業所(株)製DVA-36L)により屈折率を1.47として算出した。

### 2-3 測定及び評価

鉄基板に成膜したFRTD被膜の化学構造はX線光電子分光分析(XPS:アルバックファイ(株)製PHF5600)およびFT-IR(日本分光(株)製JASCO-8900)により解析した。XPSの測定面積は800 $\mu$ mとし、光電子取り出し角度を70 $^{\circ}$ とした。XPSスペクトルのケミカルシフトは表面汚染炭素(C-C結合)の束縛エネルギーを基準(285.0eV)として求めた。FT-IRは分解能を $4\text{cm}^{-1}$ とし、100回のスキャンを積算してスペクトルを得た。また、撥水性確認のための接触角測定にはゴニオメーター式接触角測定装置を用いて行った。

## 2 結果及び考察

### 3-1 FRTDの成膜

#### 3-1-1 蒸着速度

るつぼ温度( )と蒸着速度(nm/s)の関係を図1に示す。蒸発源温度は蒸発源内に直接熱電対を挿入し、蒸発源温度が100に到達した時点から測定を開始し、5分間隔で蒸発源の

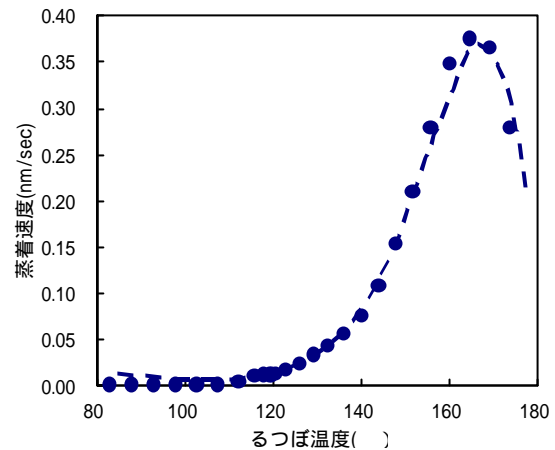


図1 FRTDの蒸発曲線

るつぼ温度を5 $\uparrow$ づつ上昇させながら、水晶振動子を用いて計測した。その結果、蒸発源温度110から蒸発し始め、約135前後から急激に蒸着速度は速くなる。一般的に真空蒸着法による蒸着速度は、原料の融点前に昇華により蒸着開始し、融点前後に異なるパラメーターを有し、指数関数的に蒸着速度が速くなる<sup>4)</sup>ことが知られている。FRTDの融点は206であることから、融点より約70 $\downarrow$ 低い温度で昇華による蒸着挙動を示すことがわかった。また、蒸発源温度が165において成膜速度が最大(0.38nm/s)値を記録しそれ以上の温度になると成膜速度が低下することがわかる。またFRTDは加熱によって一度蒸発速度の低下が起こった後に、冷却し再び加熱しても、最初の原料加熱による成膜速度と挙動が異なり成膜速度が遅く、165付近でも蒸発が起こり難い事が確認される。

この加熱温度による蒸着速度変化は、原料に原因があれば加熱時間によっても蒸着速度に影響することが考えられる。そこで各るつぼ温度による加熱時間と蒸着速度変化の関係を図2に示す。るつぼ温度を120、130、140および150に設定

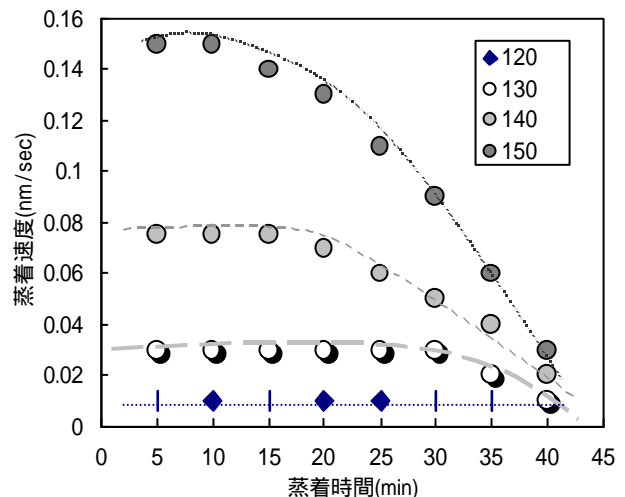


図2 各るつぼ温度による蒸着時間と蒸着速度の関係

## パーフルオロアルキル誘導体トリアジンチオールの蒸着特性

し、温度が一定となつてから 40 分間の成膜を 5 分間隔で水晶振動子を用いて計測した。るつぼ温度 120 では 40 分間では蒸着速度の変化はなく、0.01nm/sec であった。130 以上のるつぼ温度では、蒸着時間により、蒸着速度の低下が起こることがわかる。130 では当初 0.03nm/sec の蒸着速度は 35 分後には速度の低下が見られ 0.02nm/sec となる。るつぼ温度 140 では当初 0.08nm/sec の蒸着速度は 25 分後には 0.07nm/sec と低下し、その後 5 分間隔で約 0.01nm/sec の低下を示す。さらにるつぼ温度 150 では 15 分後に蒸着速度の低下が見られ、当初 0.15nm/sec が指数関数的に低下し 40 分後には 0.04nm/sec となる。るつぼ温度を一定とした場合の蒸着時間による蒸着速度は、るつぼ温度の上昇に伴い、蒸着速度は短時間で低下し、設定るつぼ温度が高いほど急激に低下しやすいことがわかった。真空加熱温度もしくは加熱時間により原料 F R T D に、何らかの化学変化が起こっていると考えられる。

この事実は F R T D の真空蒸着膜を作製するための原料取り扱い上重要なことである。るつぼ温度 120 以下で成膜管理を行えば問題ないが、抵抗加熱方式で行う成膜現場等においては温度管理が非常に難しい。温度管理の不備によって、蒸着速度が変化することは均一な被膜（均一な品質）を得るために、避けなければならない。成膜管理については今後の課題とし、次になぜこのような蒸着速度変化が起こるかについて検討した。

### 3 - 1 - 2 真空加熱による F R T D 原料の化学変化

#### 3 - 1 - 2 - 1 不溶化率

真空中での原料加熱により蒸着速度が変化する原因を調査するために、熱履歴の異なる F R T D 原料についてその特性調査を行った。

るつぼに 0.1g 原料を入れ、るつぼの真空加熱温度を 110、120、130 および 140 に設定し、温度一定となつてから 40 分保持した後の原料を準備した。それぞれ 0.2mmol づつ計量し、メタノール 30ml に 2 日間放置し溶解した。溶解液を濾過し、不溶物を乾燥、計量し不溶化率を求めた。原料の真空加熱温度と不溶化率の関係を図 3 に示した。真空加熱温度 110 ではメタノールにすべて溶解したが、120 では不溶化率 7.2%、さらに温度の高い 130 では 15.6%、140 では 27.8% と真空加熱温度を高く設定するに従い、不溶化率が指数関数的に高くなることがわかった。トリアジンチオールは、原料の多量体化に伴い、アルコールに不溶化することが知られており<sup>5)</sup>、加熱により成膜原料の不溶化率の向上は多量体の形成を示唆すると考えられる。

#### 3 - 1 - 2 - 2 化学構造

図 4 は、各温度で真空加熱した F R T D 原料の 4600 ~ 400cm<sup>-1</sup> 範囲の FT - IR チャートである。F R T D の化学構造を確認するために、( a ) は蒸着前の原料、( b ) はるつぼ温

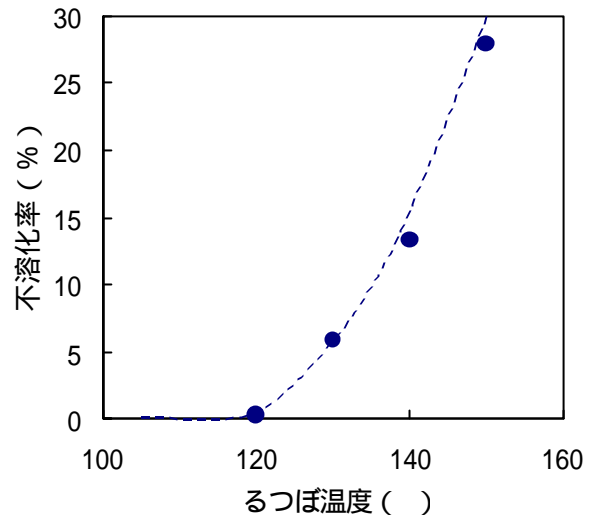


図 3 るつぼ温度による F R T D 原料のメタノールに対する不溶化率

度 120 に加熱した後の原料、( c ) は 130 、および ( d ) は 140 に真空加熱した原料の内メタノール不溶解物の FT-IR チャートを示す。横軸の赤外吸収波数の 1250、1210 および 1153 cm<sup>-1</sup> はパーフルオロアルキル基を示すピークである。また、1648cm<sup>-1</sup> は不飽和基に起因する C=C 伸縮振動、1610cm<sup>-1</sup> と 1488cm<sup>-1</sup> はチオン型構造に起因するチオアミド基 (-NHC=S) の N-H 変角振動、1555cm<sup>-1</sup> はチオール型構造を示すトリアジン環に由来する C=N 伸縮振動を、1125cm<sup>-1</sup> はチオンに起因する C=S 伸縮振動、458cm<sup>-1</sup> はチオール基の S-H 伸縮振動をそれぞれ示す。加熱前の原料 ( a ) と、120 に真空加熱後の原料 ( b ) では変化が見られない。120 の真空加熱では原料の化学構造変化がないことがわかった。( a ) および ( b ) では 1610cm<sup>-1</sup> の単分子構造を示すトリアジン環のピークがみられるが、るつぼ温度 130、および 140 の原料(それぞれ(c)、(d))では単分子量体を示す 1610cm<sup>-1</sup> のトリアジン環ピークの消失が確認される。また、チオール基を示す 462cm<sup>-1</sup> のピークは加熱前に確認できたが、加熱後の不溶解物には消失することもわかった。このことからるつぼ温度 130、140 では F R T D のチオール基が化学結合し、ジスルフィド結合 (-S-S-結合) を形成した多量体になっていると考えられる。また、1648cm<sup>-1</sup> の不飽和基の吸収も真空加熱により消失していることが確認され、不飽和基も多量体化に関与していると考えられる。

以上より、原料加熱温度を高く設定するに従い、メタノールに不溶な原料物質が増加し、このメタノールに不溶な成分は、原料 F R T D の多量体であることがわかった。F R T D 原料の重合反応による多量体形成は、真空加熱温度 130 以上で起こることがわかった。

4 結 言

不飽和基を有するパーフルオロ誘導体トリアジンチオールを鉄基材に蒸着し、るつぼ温度変化、および温度一定とし蒸着時間変化による蒸発速度を水晶振動子により計測した。その結果、加熱温度の上昇により蒸着速度は指数関数的に速くなるが、やがて蒸着速度は低下することがわかった。また、原料の長時間の加熱によっても、蒸着速度は遅くなることがわかった。この速度低下は原料 130 以上の加熱により起こることが明らかとなった。るつぼ温度による蒸着速度の低下は、るつぼ内 FRTD 原料の多量体形成が原因であることが FT-IR により明らかとなった。

謝 辞

本研究にご助言頂いた岩手大学工学部 応用化学科の森邦夫教授、平原英俊助手に感謝いたします。

本研究は平成 11 年度特定産業集積活性化支援強化事業により実施した。

文 献

- 1) 鈴木一孝, 橘 秀一, 根守 章, 小向隆志, 佐々木英幸, 穴沢 靖, 佐々木秀幸, 吉田敏裕, 酒井晃二: 岩手県工業技術センター研究報告, 5, 71 (1998)
- 2) 鈴木一孝, 川村 智: 岩手県工業技術センター研究報告, 6, 61(1999)
- 3) 山辺正顕, 松尾仁: フッ素系材料の開発, (株)シーエムシー, p135(1997)
- 4) 岩本光正, 工藤一浩, 八瀬清志: 有機超薄膜エレクトロニクス, 培風館, p157(1993)
- 5) 鈴木一孝, 前原秀雄, 吉本則之: 真空, 42(3), 107(1999)

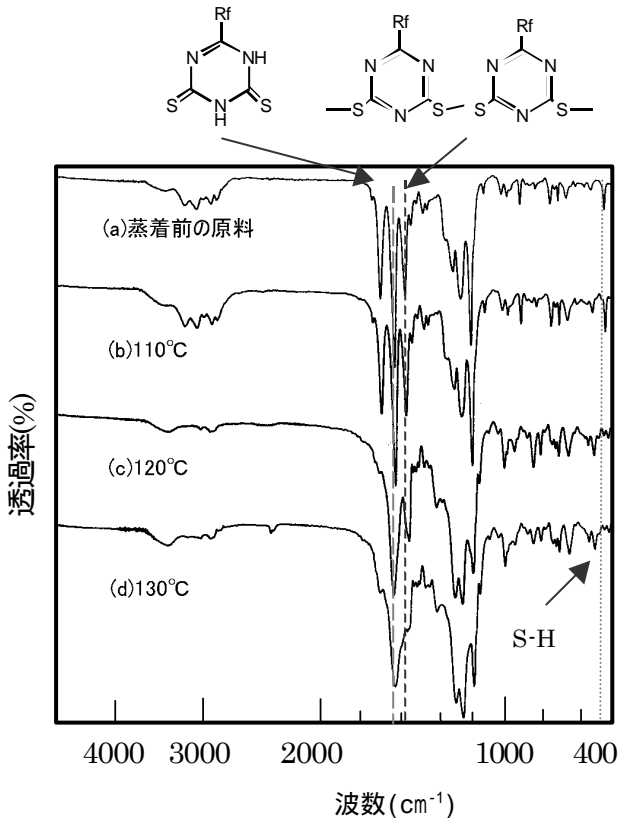


図4 るつぼ温度による FRTD 原料の FT - IR

有機物の平衡蒸気圧は一般に分子量の増加に伴って低下することから、多量体の平衡蒸気圧は単量体よりも低く、多量体ほど加熱温度を高く設定しなければ蒸発しない。真空中での原料加熱温度の上昇に伴う蒸着速度の低下は、るつぼ内での原料の多量体の形成が原因であり、平衡蒸気圧の高い多量体の形成が蒸着速度の低下を引き起こしたと考えられる。

# 県産木材の高度利用技術開発

## - アカマツ単板積層塗装材の開発 -

穴沢 靖\*、谷内 博規\*\*、高橋 民雄\*\*\*、  
浪崎 安治\*\*\*、有賀 康弘\*\*\*

県産木材（針葉樹）による床材等の開発を目的に、単板積層したアカマツ材を用いてその積層効果と塗装による表面硬度の向上について検討した。その結果、アカマツ材を煮沸処理することにより、素材への塗料の浸透性を改善することができること、水浴温度が80℃以下であれば素材の表面硬度の低下に及ぼす影響が少ないことがわかった。また、単板積層したアカマツ材の積層面を塗装することによって、その表面硬さはブナやケヤキ等の広葉樹の表面硬さと同等もしくはそれ以上の表面硬さが得られることがわかった。これらのことから、広葉樹や輸入木材の代替材として、床材等へ利用可能なアカマツ材による単板積層塗装材を開発<sup>1)</sup>することができた。

キーワード：塗装、単板積層材、アカマツ、表面硬さ

## Development of Laminated Veneer Coating Lumber for Softwood

ANAZAWA Yasushi, TANIUCHI Hironori, TAKAHASHI Tamio

NAMIZAKI Yasuji and ARUGA Yasuhiro

For the further utilization (including floor and other use) of softwood produced in Iwate prefecture, taking a Japanese Red Pine as a sample, we have studied lamination effect and the improvement of surface hardness by coating. We found that boiling treatment of Japanese red pine will improve the penetrability of paint against the coated material. The study also showed that the boiling treatment has few effect to lower the surface hardness unless the temperature exceeds 80℃. Moreover, the coating of each thickness of laminated veneer lumber will improve the surface hardness of the material to be equivalent or superior to the one of hardwood products including a Beech and a Zelkova. As a result, we succeeded in developing a substitute of hardwood and imported lumber, the laminated veneer coating lumber for floor and other use utilizing a Japanese Red Pine.

key words : coating, LVL, japaneseredpine, surfacehardness

### 1 緒 言

住宅の軸用材料を目的として、県内に戦後造林された針葉樹（アカマツ、スギ等）は、現在伐採期を迎えているが、新たな建築工法等の出現や外材の進出に伴い、あまり利用されなくなっていることから、早急に新たな用途の開発が望まれている。筆者らはこれまでにコーティングによる軟質木材の改質技術について検討を行い、住宅の内装材及び家具材等に使用できる軟質木材専用コーティング材料等の開発<sup>2-4)</sup>や難燃化処理木材<sup>5)</sup>（内装材）の塗装工程等の確立を図ってきた。しかし、さらに県産木材の需要の拡大を図るためには、公共性の高い

建築物の床材等に利用できる材料の開発が必要である。アカマツ材等は広葉樹材に比べ、軟質な早材部に起因する硬度不足のため、用途としては傷の付きにくい場所に限定されてきた。アカマツ材を用いた床材開発のためにはその表面をブナ材などの広葉樹並みの硬さに改質する必要がある。そこで本研究では、県産木材による床材等の開発を目的に単板積層したアカマツ材を用いて、その積層効果とコーティングによる表面硬度の向上について、林業技術センターと共同で検討を行ったので、その内容について報告する。

\* 化学部

\*\* 岩手県林業技術センター

\*\*\* 木工特産部

## 2 実験方法

### 2-1 供試材料

寸法  $L \times R \times T = 2000 \times 100 \times 120\text{mm}$  の岩手県産アカマツ辺材を本板目の木取りで 12 体調製し、生材のまま温水浴槽で 60 1 週間軟化を行い、突き板製造装置（スライサー）を用いて、厚さ 1 ~ 5mm の板目単板をそれぞれ 100 ~ 20 枚調製し、室温（25 ）で 4 週間風乾させた後、実験に供した。

### 2-2 積層接着

寸法  $L \times R \times T = 2000 \times 100 \times 120\text{mm}$  のアカマツ辺材の単板積層材（以下 LVL と記す。）を試作するために、水性ビニルウレタン樹脂系接着剤（大鹿振興（株）ピーアイボンド NO.127）を用いて、塗布量  $220 \sim 250\text{g/m}^2$ 、圧縮圧  $10\text{kg/cm}^2$  の条件で、厚さ 1、2、3、5mm のアカマツ辺材単板をそれぞれ 100、50、33、20 枚積層接着した。解压後、リップソー、二面鉋盤を用いて、積層面が試験面になるように加工した。図1に単板積層塗装材の製造工程を示す。

### 2-3 供試塗料

市販の木材用透明塗料の中から、下塗り塗料 1 種類、上塗り塗料 5 種類を用いた。下塗り塗料は、針葉樹専用塗料「木肌塗料」((株) 斉藤塗料製) の下塗り用塗料である木堅め剤を用いた。上塗り塗料は、乾燥塗膜の鉛筆硬度が異なる塗料の中から、紫外線乾燥塗料 2 種類、ポリウレタン樹脂塗料 3 種類を用いた。表1に上塗り塗料の略号、塗料タイプ、鉛筆硬度を示す。(以下、塗料名については略号で示す。) なお、紫外線乾燥塗料の乾燥条件は、メタルハライドランプ  $120\text{W/cm}^2$ 、照射距離 20cm、コンベアースピード  $3\text{m/min}$  とした。

### 2-4 煮沸試験

LVL を作成する際の煮沸条件を検討するため、寸法  $L \times R \times T = 50 \times 50 \times 15\text{mm}$  の形状に調整した岩手県産アカマツ柾目材を 30 ~ 98 の温度条件で、それぞれ 4 ~ 120 時間煮沸後、オープンで 105 、24 時間乾燥し、さらに塗装を行い試験片とした。なお、木材中への塗料の浸透性を評価するため、低真空型電子顕微鏡（株）日本電子製 JSM-5300LV）により試験片断面の観察を行った。また、木材表面の硬さの測定は、ブリネル硬さ試験により行った。

### 2-5 ブリネル硬さ試験

塗装を施した LVL の表面硬さの測定は、ブリネル硬さ試験により行った。なお、ブリネル硬さの測定には、寸法  $L \times R \times T = 100 \times 100 \times 15\text{mm}$  の LVL、また比較のために、同じ形状のアカマツ板目単板及び柾目単板を用いた。万能試験機 AG-10TD（(株) 島津製作所製）を用い、JIS-Z-2101 に準じて、試験片表面から直径 10mm

の鋼球を約 0.32mm 圧入し、その時の荷重  $P$  (N) を測定することにより、ブリネル硬さを以下の式によって求めた。硬さ =  $P / 10$  (  $\text{N/mm}^2$  )

$P$  : 圧入深さが  $1/ \text{mm}$  となるとき荷重 (N)

なお、測定点は、試験片（寸法  $L \times R \times T = 100 \times 100 \times 15\text{mm}$ ）表面を縦横 10mm の等間隔に区分けし、その交点の 81 箇所とし、それぞれの試験片ごとに硬さの分布を求めた。

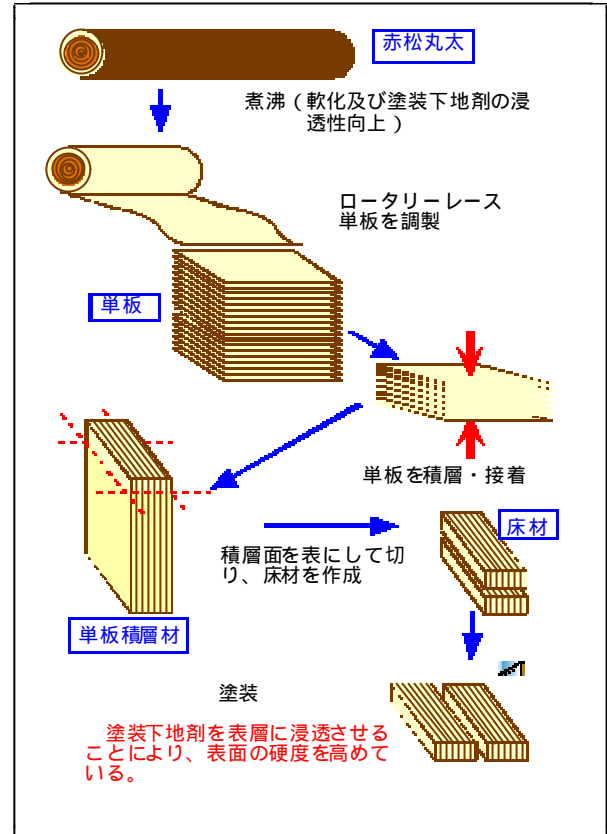


図1 単板積層塗装材の製造工程

表1 供試塗料

略号	塗料タイプ	鉛筆硬度
UV-H	紫外線乾燥塗料	4H
UV-S	紫外線乾燥塗料	2H
U-P	ポリウレタン樹脂塗料 (ポリオール型)	B
U-O	ポリウレタン樹脂塗料 (油変性型)	H
U-M	ポリウレタン樹脂塗料 (湿気硬化型)	F

## 3 実験結果

### 3-1 煮沸処理効果

木材からスライス単板やロータリーレース単板を調製する際には、木材を軟化させるための煮沸処理が行われる。この処理により、刃物の切削抵抗を低減させ容易に単板を作製することができるが、その一方で、木材中の



油脂分や細胞壁を構成するヘミセルロース等が溶脱され、塗料の浸透性の向上が期待できるものの木材自体の強度も損なわれるおそれがある。

図2に煮沸前の試験片と、80℃で48時間及び120時間煮沸処理した試験片の横断面の観察結果を示す。煮沸処理時間の増加と共に細胞壁厚が減少していることがわかる。

図3に図2で用いた試験片に下塗り塗料を10回エアスプレーした試験片の横断面の観察結果を示す。煮沸前の試験片においては、木材中への塗料の浸透分はわずかでほとんどが塗膜を形成している。煮沸処理時間の増加とともに塗料の浸透性が向上する傾向を示し、48時間煮沸処理した試験片では塗膜も形成しているが、煮沸前の試験片よりも浸透分が多くなっている。120時間煮沸した試験片においては、塗料のほとんどが浸透し塗膜を形成していないことから、煮沸処理することで素材への塗料の浸透性が改善されていることがわかる。

図4に未塗装とUV-H塗装試験片の煮沸処理における

温度とブリネル硬さの関係を示す。未塗装試験片においては、煮沸処理時間4時間及び120時間のどちらにおいても、処理温度の増加によりブリネル硬さは減少する傾向を示し、80℃以降では、煮沸処理時間120時間の試験片のブリネル硬さの値が大きく減少した。煮沸処理時間が長く、処理温度が高くなると、図2に示したように、細胞壁を構成するヘミセルロース等の溶脱量が多くなり、木材自体の強度が低下するためと考えられる。一方、UV-H塗装試験片では、煮沸処理時間4時間及び120時間の試験片どちらにおいてもブリネル硬さは、処理温度80℃まではほとんど変化がなく約19N/mm<sup>2</sup>の値を示し、処理温度98℃でブリネル硬さは15N/mm<sup>2</sup>に減少した。未塗装試験片と比較して煮沸処理時間による変化がほとんど見られなかったことは、図3に示した塗料の浸透効果の影響によるものと考えられる。従って、塗装することを前提としたアカマツ材の煮沸処理においては、処理浴温度が80℃以下であれば、表面硬度の低下に及ぼす影響は少ないと考えられる。

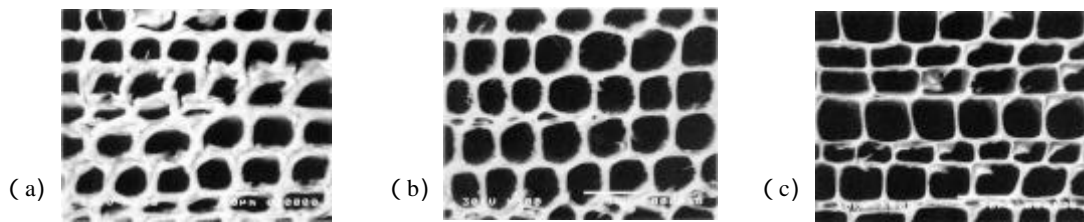


図2 煮沸処理試験におけるアカマツ試験片の横断面の電子顕微鏡写真  
(a)煮沸前；(b)48時間煮沸処理；(c)120時間煮沸処理

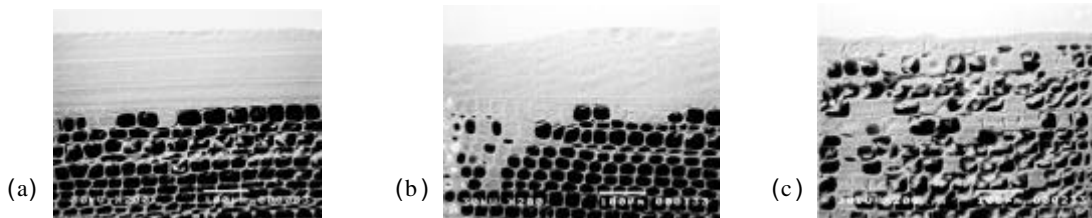


図3 煮沸処理試験におけるアカマツ塗装試験片の横断面の電子顕微鏡写真  
(a)煮沸前；(b)48時間煮沸処理；(c)120時間煮沸処理

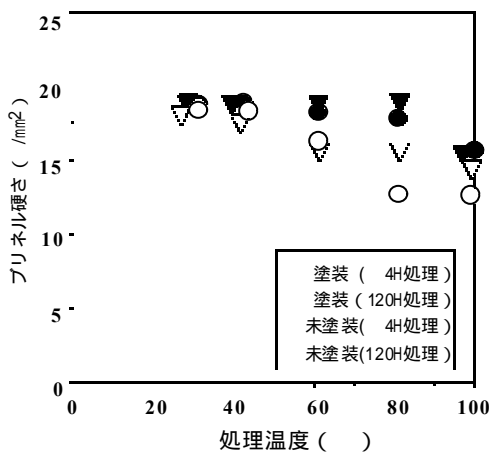


図4 煮沸処理温度とブリネル硬さの関係

### 3 - 2 表面硬さの測定

図5、6にアカマツ板目単板及びアカマツ柱目単板のブリネル硬さを測定した結果を示す。本実験に用いた岩手県産アカマツ材と比較するために、参考値（文献値）<sup>6)</sup>として広葉樹であるブナ及びケヤキ板目単板のブリネル硬さ（平均値）を示した。なお、ブナのブリネル硬さは17.7N/mm<sup>2</sup>、ケヤキは19.6N/mm<sup>2</sup>である。

図5のアカマツ板目単板のブリネル硬さの分布は、6~31N/mm<sup>2</sup>と広範囲な硬さの分布を示し、全体的に値は低いが、広葉樹よりも高い値を示す部分もあることから、晩材部がわずかでそのほとんどが早材部で構成されていることがわかる。また、その平均値は11.8N/mm<sup>2</sup>となり、ブナ、ケヤキの広葉樹に比べてかなり軟らかい材質とな

っていることがわかる。

図6のアカマツ柾目単板のブリネル硬さの分布は、9.8~18N/mm<sup>2</sup>となっており、板目単板に比較して晩材部の構成割合が増すことにより、硬さの分布が均一化されてくることがわかる。平均値は13.5N/mm<sup>2</sup>となり、板目単板よりは高い値を示すが、ブナ、ケヤキの値には及ばないことがわかる。

図7にアカマツを60±5、120時間煮沸処理したLVL(板厚:1mm)のブリネル硬さの分布を示す。ブリネル硬さの分布は13~30N/mm<sup>2</sup>となり、アカマツ板目単板の分布の範囲が狭くなり全体的に右側にシフトしたような分布となっている。また、その平均値は21.3N/mm<sup>2</sup>となり、ブナ、ケヤキの広葉樹よりも高い値を示す結果となっている。単板にすることにより軟らかい早材部が分散化され、さらに接着剤で積層されることにより材質の均一化と強度が増すものと考えられる。また、板厚2、3、5mmのLVLのブリネル硬さの平均値は、それぞれ19.3N/mm<sup>2</sup>、18.2N/mm<sup>2</sup>、17.5N/mm<sup>2</sup>となり、ブナ、ケヤキの広葉樹以上または同程度の平均硬さとなった。

図8に図7で用いたLVLにUV-Hを塗装した積層塗装単板のブリネル硬さの分布を示す。図7のLVLの分布がさらに右側にシフトし、平均値も24.3N/mm<sup>2</sup>となり、未塗装LVLよりも全体的に均一化された分布を示しており、塗装による表面硬度の向上が図られていることがわかる。この傾向はUV-S、U-P、U-O、U-Mにおいても同じ傾向を示し、ブリネル硬さの平均値で1.5~3.0N/mm<sup>2</sup>高い値を示す結果が得られた。

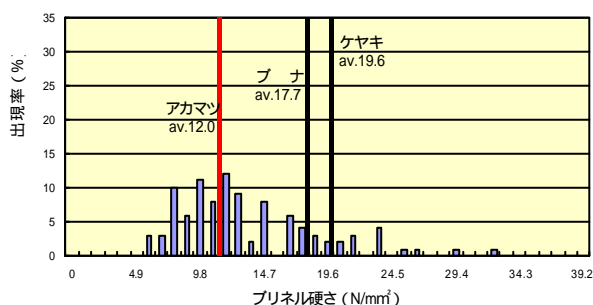


図5 アカマツ板目単板のブリネル硬さの分布

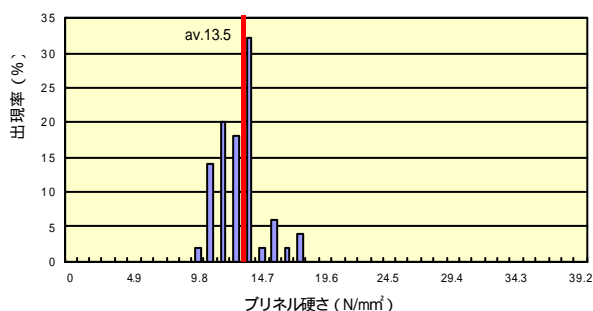


図6 アカマツ柾目単板のブリネル硬さの分布

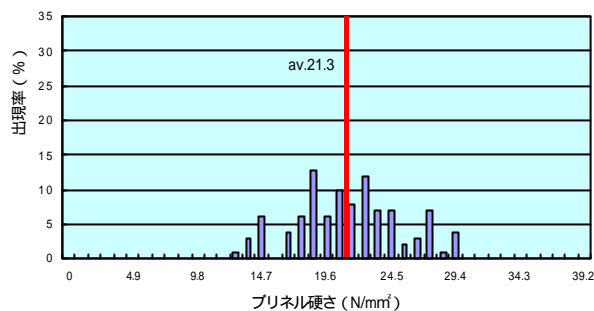


図7 アカマツLVL(板厚:1mm)のブリネル硬さの分布

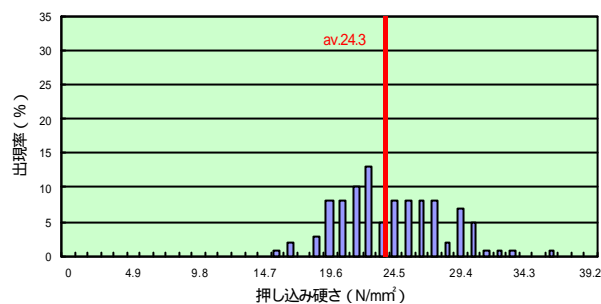


図8 UV-Hで塗装したアカマツLVL(板厚:1mm)のブリネル硬さの分布

#### 4 結 言

県産木材(針葉樹)による床材等の開発を目的に、単板積層したアカマツ材を用いてその積層効果と塗装による表面硬度の向上について検討した。その結果、以下の知見が得られた。

- (1) アカマツ材を煮沸処理することにより、素材への塗料の浸透性を改善させることができる。
- (2) 塗装することを前提としたアカマツ材の煮沸処理においては、処理浴温度が80以下であれば、表面硬度の低下に及ぼす影響は少ない。
- (3) アカマツ材から積層単板を製作しその積層面を塗装することによって、その表面硬さはブナやケヤキ等の広葉樹の表面硬さと同等もしくはそれ以上の表面硬さが得られる。

#### 文 献

- 1)特願2000-57181.
- 2)Y.Anazawa,Y. Namizaki : Proceedings of 2 nd Pacific CoatingForum,p.354-357 (1997).
- 3)Y.Anazawa,Y.Namizaki : Proceedings of Symposium T of IUMRS-ICA-97, p.106-107(1997).
- 4)特開平 10-101993.
- 5)谷内,穴沢 : 第48回日本木材学会大会研究発表要旨集,p.649(1998).
- 6)木材工業ハンドブック,丸善(株)(1982).



## 産業廃棄物の舗装材料への利用\*

佐々木 秀幸\*\*、谷藤 眞一\*\*\*

数種類の産業廃棄物を原料としてブリケットマシンで人工骨材を試作した。試作品はプレス成型品や市販品に比べて空隙が大きく吸水率が高かったが他の項目は基準に適合した。試作品を配合したアスファルト混合物の安定度は一般のアスファルトと同等の値を示した。

キーワード：廃棄物、再利用、骨材、アスファルト混合物、マーシャル試験

## Utilization of Industrial Waste to Pavement Materials

SASAKI Hideyuki and TANIFUJI Shinichi

We produced artificial aggregates with briquette machine for asphalt pavement from the mixture of several kinds industrial waste. The water absorption of artificial aggregates was higher than those of press moldings and commercial aggregates, because the airholes of artificial aggregates were larger than those. However, other specifications were conformed to standards. The asphalt compound which mixed the artificial aggregates have a marshall stability about equal to that of general asphalt compounds.

keywords: waste, recycle, aggregate, asphalt compound, marshall stability test

### 1 緒 言

無機系の産業廃棄物は鋳物工場をはじめとし、様々な事業所から大量に排出されるが<sup>1)</sup>、その多くは鉱さいまたは汚泥として埋立処分またはセメント原料に再生されている。しかしこれらの処理には多額の費用が必要で企業負担が大きい。無機系産業廃棄物を建設材料に再生する研究は実施されているが、その多くがパーズン材料に増量剤として添加する方法である<sup>2)</sup>。

我々はこれまでに県内から排出される廃棄物各々の特性を生かし、廃棄物のみでタイルや舗装用の人工骨材を製造する方法を研究し、JIS規格<sup>3,4)</sup>を満たすタイル状成形体<sup>5)</sup>や人工骨材を作成した<sup>6)</sup>。また、金型成型法による人工骨材(以下人工骨材B)は乳白色で顔料による着色が可能であり、カラー舗装用骨材として使用できると思われたが大量製造は不可能であった。そこで昨年度ブリケットマシン成形を行い人工骨材(以下人工骨材A)を大量に製造する条件を決定した<sup>7)</sup>。本年度は道路用人

工骨材としての評価試験及びアスファルトと混合してのマーシャル安定度試験を行い、骨材として利用するための条件を調べた。その結果、人工骨材Aは人工骨材Bと比較して吸水率は大きいですが、自然砕石と同等の安定度が得られたので報告する。

### 2 実験方法

#### 2-1 人工骨材の作成

人工骨材Aの原料として、鋳物工場から排出される廃砂、生コン工場から発生するスラッジ、光学レンズの研磨工場から発生するガラス研磨粉を使用した<sup>5)</sup>。試料は乾燥後計量し、大塚鉄工(株)製バジボールミルB-56型に投入し混合・粉碎した。得られた粉体を大塚鉄工(株)製ブリケットマシンK-102型で成形し、電気炉で表1の条件で焼成した。なお、表1の条件は昨年度得られた強固な焼成体を得る最適条件である。

得られた焼成体は、大塚鉄工(株)製ハンマークラッ

\* 産業廃棄物の舗装材料への利用(第3報)(技術パイオニア養成事業)

\*\* 化学部

\*\*\* 高弥環境整備株式会社

表1 プリケットマシンによる人工骨材の作成条件

項目	作成条件
混合割合(重量比)	生コンスラッジ：鑄物廃砂：ガラス研磨粉 = 2 : 5 : 3
粉碎装置及び時間	ボールミル：1時間
プリケットサイズ	40mm × 20mm × 12mm(アーモンド状)
成形圧力	170 kgf/cm <sup>2</sup> 、
回転数	フィーダ70rpm、ロール3rpm
焼成温度	1025
焼成パターン	昇温6hr、保持2hr、炉内放冷

表2 骨材試験結果

試験項目	人工骨材A	人工骨材B	市販人工骨材	自然砕石	規格値
見掛比重(g/ml)	2.286	2.266	2.475	2.921	2.45以上
吸水率(%)	9.10	5.85	2.00	0.80	3.0以下
安定度試験(%)	1.6	0.04	-	3.1	12.0以下
すり減り減量(%)	20.4	14.5	18.0	9.3	30.0以下
形状試験(%)	0.6	-	0.7	0.4	10.0以下

シャー HB-189 型で砕石状に粉碎した後分級し、6号砕石サイズ(5~20mm)とし以下の実験に供した。

### 2-2 人工骨材の試験

人工骨材については JIS 規格がなく、JIS 道路用砕石の試験方法<sup>3)</sup>に準じ、形状試験<sup>4)</sup>、見掛比重・吸水率試験、単位容積重量試験、すり減り試験、安定性試験をおこなった。なお、道路用砕石の試験にはふるい分け試験、粘土塊質量試験、軟石量試験が含まれるが、人工骨材には粘土塊、軟石が含まれておらず事前にふるい分けも行っているため割愛した。

### 2-3 マーシャル安定度試験

アスファルトに混合する砕石の一部(6号砕石)を人工骨材で置き換え、配合設計した試料のマーシャル安定度試験<sup>4)</sup>を実施し、最適アスファルト量の決定と混合物としての物性測定を行った。

## 3 結果及び考察

### 3-1 骨材試験結果

今回作成した人工骨材Aの試験結果を、同じ廃棄物を使用して金型プレスにより成形した人工骨材B、市販人工骨材、自然砕石と比較して表2に示す。

吸水率を除いておおむね規格値は満足しているが、人工骨材Bに比べて吸水率、安定性試験、すり減り減量いずれも劣る。破碎前の人工骨材Aは平滑だが、破碎品の破断面をレーザー顕微鏡(オリンパス光学工業(株)製OLS1000)で測定したところ、人工骨材Aには100~200µmの空隙が多く存在し、人工骨材Bの10~50µm

mの空隙に比べ大きく数も多かった。この空隙が物性低の要因と思われる。それはプリケットマシンによる成形が内部まで圧力がかからないことと一切バインダーを添加しなかったことに起因すると思われる。今後、成形条件(成形助剤の添加、成形圧力、成形及び離型の速度)や添加剤の混合等について検討する必要がある。

### 3-2 マーシャル安定度試験結果

6号砕石をすべて天然石から人工骨材Aに変えてアスファルト混合量5~7%の範囲でマーシャル安定度試験を実施した。空隙率・飽和度・フロー値の測定結果を図1から図3に示す。通常アスファルト添加量を増やすと骨材間がアスファルトで満たされ飽和度、フロー値は上昇し逆に空隙率は低下するが、今回のアスファルト量ではフロー値が一定で変化しなかった。

これは骨材の吸水率が高いため添加アスファルトを吸収し骨材間がアスファルトで満たされていないことを示している。また、このため空隙率、飽和度が基準範囲から大きく外れる結果となった。

アスファルト混合物の変形に対する抵抗性を表す安定度の測定結果を図4に示す。基準の500kgf以上を満足し自然砕石と同等の安定度であったが人工骨材Bに比べて低い値となる。これは人工骨材Aのアスファルトを吸収し骨材間の接着力が弱くなったためと考えられる。

しかし、アスファルト混合物の物性として重要な値であるフロー値と安定度は基準を満たしていることから実用上問題ないと考えられる。

また、基準をすべて満たすためには、計算上通常の約

産業廃棄物の舗装材料への利用

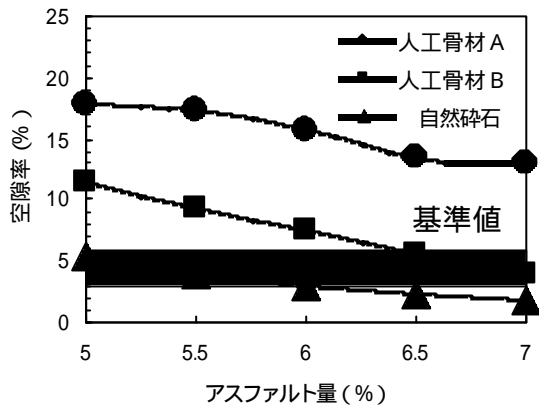


図1 アスファルト量と空隙率の関係

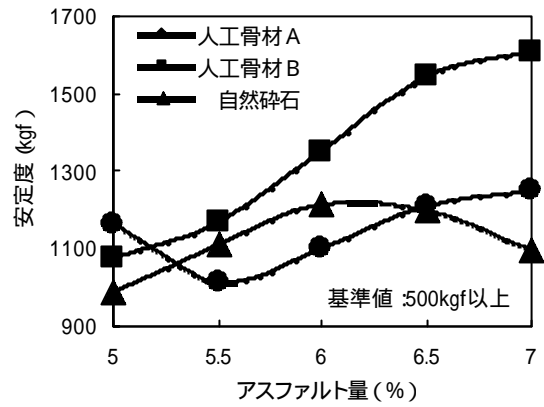


図3 アスファルト量とフロー値の関係

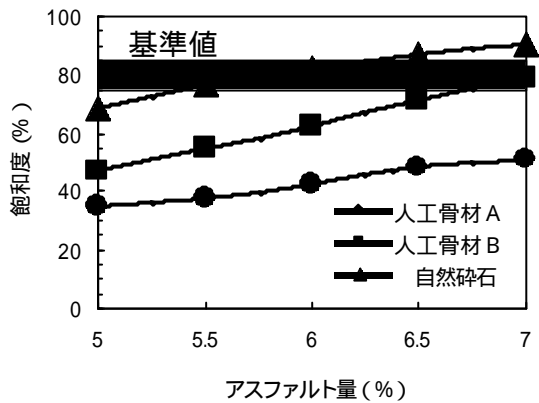


図2 アスファルト量と飽和度の関係

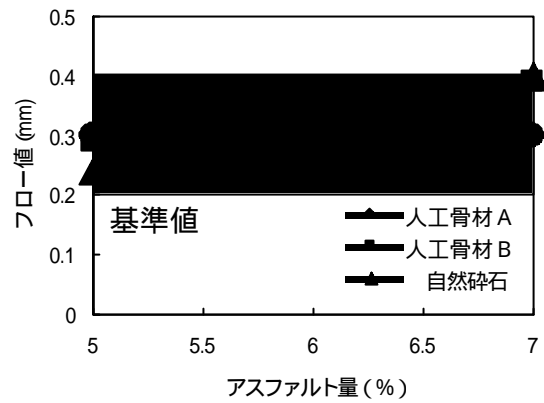


図4 アスファルト量と安定度との関係

2倍（12%前後）のアスファルトを配合する必要があるが混合物中で最も高価なアスファルトの配合量を増やすことは望ましくなく、骨材自体の吸水率を低下させる必要があると感じた。

今回試験した範囲での最も良好なアスファルト配合量でのマーシャル安定度試験結果を他の骨材で作成したアスファルト混合物の試験結果を表3で比較した。

4 結 語

産業廃棄物のみを原料として大量に人工骨材を製造するためにブリケットマシン等を使用した。得られた人工

骨材の骨材試験を実施したところ、プレス成型品や市販品に比べて吸水率が高いが他の基準にはほぼ適合していた。

また、この人工骨材を配合したアスファルト混合物のマーシャル安定度試験では、吸水率が高いためアスファルトを吸収し空隙率や飽和度の基準に適合できなかった。しかし、フロー値や安定度は基準に適合しており通常のアスファルトと同等の性能であるといえる。

本研究の遂行にあたり指導及び協力いただいた岩手建工株式会社の大沼一人氏に深く感謝いたします。

表3 マーシャル安定度試験の結果

試験項目	人工骨材 A	人工骨材 B	自然砕石	基準値
空隙率 (%)	13.0	3.3	3.3	3 ~ 5
飽和度 (%)	51.0	81.5	80.2	75 ~ 85
安定度 (kgf)	1248	1611	1159	500 以上
フロー値 (cm)	0.30	0.38	0.30	0.2 ~ 0.4

今後は人工骨材の吸水率を下げるため、バインダー添加や成型方法の見直しを行いたい。

## 5 文 献

- 1) (社)日本鋳物工業界他：鋳物工場の産業廃棄物の有効利用等に関する調査研究報告書，(1994)他
- 2) 例えば、平成 10 年度地域産学官共同研究事業成果普及講習会テキスト無機系廃棄物のリサイクル技術の開発：三重県工業技術研究所(1999)
- 3) 日本工業規格：JISA5001<sup>-1995</sup> 他
- 4) 日本道路協会：舗装試験法便覧丸善(1988)
- 5) 佐々木秀幸、谷藤眞一：第 8 回廃棄物学会研究発表会講演論文集,381(1997)
- 6) 谷藤眞一、佐々木秀幸：第 9 回廃棄物学会研究発表会講演論文集,201(1998)
- 7) 佐々木秀幸、谷藤眞一：第 10 回廃棄物学会研究発表会講演論文集,397(1999)

## アルコール耐性清酒酵母の取得と醸造特性

小浜 恵子\*、伊藤 良仁\*、米倉 裕一\*\*、  
山本 忠\*、櫻井 廣\*\*、大澤 純也\*

高濃度のアルコール存在下で増殖可能であり、耐性を示す清酒酵母の効率的な取得を実施し、醸造特性について検討した。協会701号酵母を変異処理した後、胞子形成培地で生育良好なものを選択し、15%エタノールを含むYPD培地にレプリカし、さらに20%エタノールを含むYPD培地で生育可能なものを釣菌した。取得した菌株の麹エキス培地でのエタノール生産性及び生育を調べたところ、2/3以上が親株より良好であり、2株は20%エタノール存在下での生存率が親株の100倍以上であった。取得した2株を用いて小仕込み試験を実施した結果、もろみ後半での酵母の生存率が親株より高く、ポーメの切れも良い傾向が見られた。

キーワード：清酒酵母、アルコール耐性、清酒醸造

## Isolation of Ethanol-Tolerant Sake Yeasts and Characterization of Brewing

KOHAMAKeiko, ITO Yoshihito, YONEKURA Yuichi,  
YAMAMOTO Tadashi, SAKURAI Hiroshi and OHSAWA Junya

We attempted to isolate of sake yeast that was able to grow in the medium containing 20% ethanol. *Saccharomyces cerevisiae* Kyokai No.701 was treated with ethyl methanesulfonate, and incubated on sporulation medium for nitrogen starvation. Colonies appeared on the medium were replicated onto YPD agar medium added with 20% ethanol. The mutants that could grow on the medium were selected, and 17 mutants had ability of ethanol producing more than parent strain. Among the isolated strains, 5-8 and 6-1 showed high cell viability in the 20% ethanol solution. In a small sake brewing test, the fermentation progressed similarly for 5-8, 6-1 and parent strain. Activities of cells in *moromi* measured by methylene blue staining showed 5% active for the both mutants and 15% active for parent strain. Amino acidity and total acidity had no difference between sake made with these strains.

keywords : sake yeast, ethanol tolerance

### 1 緒 言

清酒酵母はもろみ末期において自己生産したエタノールにより増殖が止まり、さらには死滅し自己消化することに従い、アミノ酸度、酸度、着色などが進んで製成酒の品質が劣化しやすくなる。このため高エタノール濃度でも増殖可能な酵母で、もろみ中でも高いエタノール耐性を示すものが望まれる。エタノール耐性酵母は原<sup>1)</sup>によって協会7号酵母から分離され、協会11号酵母と

して実用化されている。秋田ら<sup>2)</sup>は、より長鎖アルコールであるイソアミルアルコール耐性株から効率的にエタノール耐性酵母が取得できるとしている。また、これらのエタノール耐性株がキラートキシン耐性を示すことを利用して、朝田らはエタノール耐性株を取得している<sup>3)</sup>。また、伊野本ら<sup>4)</sup>は窒素飢餓培地で耐久性の高い酵母を選択すると高濃度エタノール存在下でも増殖可能な株が取得できるとしている。エタノール耐性には、

\* 応用生物部

\*\* 醸造技術部



1) 高濃度エタノール下での生存性、2) 高濃度エタノール下での発酵性、3) 高濃度エタノール下での増殖性が考慮される。本研究においては前述したようなエタノール耐性酵母の取得法に加えて、エタノール耐性の3つの要素を備えるような選抜方法を設定し、エタノール耐性株を取得し醸造特性について検討した。

## 2 実験方法

### 2-1 供試菌株及び培地

協会酵母701号を親株として用いた。酵母の培養には、YPD培地(1%酵母エキス、2%ポリペプトン、2%グルコース)を用いた。窒素飢餓培地としては、孢子形成培地(Mclary medium, Sharmans medium)を用いた。高濃度エタノール存在下で増殖可能な突然変異株の分離にはエタノールを15%または20%含んだYPD培地(15%及び20%YPD培地)を用いた。また、エタノールの生産性及び生存率の測定には麹エキス培地を用いた。以上の培地は必要に応じて、2%寒天を加えた平板培地とした。

### 2-2 高濃度エタノール下増殖可能な変異株の分離

10mlのYPD液体培地に協会701号酵母を植菌し、30、一昼夜培養後、滅菌水で2回洗浄した菌体に突然変異処理を施した。突然変異処理は、5%エチルメタンサルホン酸(EMS)を含むリン酸緩衝液(pH7)で30、45分間処理を行った。6%チオ硫酸ナトリウムでEMSを中和後、処理菌体を2回洗浄してYPD液体培地にて30、一昼夜培養した。次に、培養液を孢子形成培地に塗抹し、22、3週間培養後、生育したコロニーを15%YPD平板培地にレプリカし、30、2日培養後、さらに20%YPD平板培地にレプリカして生育良好な株を釣菌した。

### 2-3 増殖とアルコール生成能及び高濃度アルコール下での生存率

取得した変異株を麹エキス培地(Brix10)で30、20時間前培養後、麹エキス培地(Brix20)に植菌し、15での増殖をクレット計を用いて測定した。11日後のエタノール生産量をガスクロマトグラフィー(HP5890ヒューレットパッカード社製)を用いて、国税庁所定分析法注解<sup>5)</sup>に従い測定した。

高濃度エタノール中での生存率は、20%エタノールを含む麹エキス培地(Brix16)に $2.0 \times 10^6$ /mlとなるように植菌し、15、1週間静置培養後の生菌数を測定した。

### 2-4 小仕込み試験

難波ら<sup>6)</sup>の方法に従った。選抜した変異株を使用し、総米1kg(精米歩合70%)の3段仕込みで行った。仕込温度は水麴、初添、踊りを15として仲添12、留添は10となるように仕込みを行い、留後2日目より品温を一日に1づつ上げ、最高品温を15となるようにした。CO<sub>2</sub>発生に伴うもろみ重量の減少が300gになった時点で

遠心分離により上槽した。

製成酒の一般分析及びメチレンブルー(MB)染色率の測定は、国税庁所定分析法注解<sup>5)</sup>に従った。エタノールは2-3に準じ、有機酸はカルボン酸分析計(S-3000、東京理化製)で測定した。

## 3 結果

### 3-1 変異株の分離と生育及びエタノール生成能

実験方法で述べたように孢子形成培地で3週間培養し、15%YPD培地にレプリカし、さらに20%YPD培地にレプリカして200株を得た。生育良好な70株を用いて増殖及びエタノール生成を測定した。培養11日目の結果を図1に示した。

クレット単位

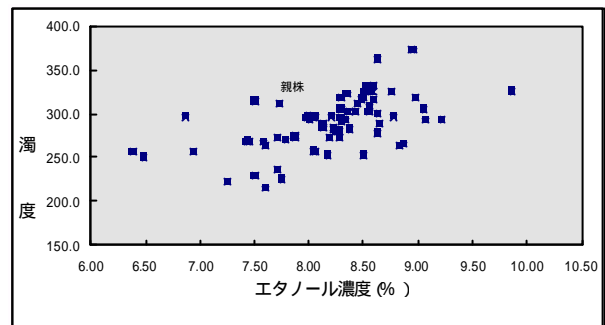


図1 変異株の増殖とエタノール生成

約50株についてはエタノール生成能が親株よりもすぐれ、うち17株については生育も良好であった。

### 3-2 高濃度エタノール下での生存率

分離した50株から特に生育とアルコール生成能の高かった17株を実験方法に従って1週間20%エタノール存在下においた時の生存率を表1に示した。

親株を含めたほとんどの変異株が死滅していたが、5-8及び6-1株の生存率が非常に高かった。

### 3-3 清酒小仕込み試験

取得したアルコール耐性酵母5-8及び6-1株を用い、親株である協会701号を対照として清酒小仕込み試験を行った。CO<sub>2</sub>発生にともなうもろみの重量減少による発酵経過を図2に示した。

親株である協会701号酵母と変異株では発酵経過には差がないことが示された。もろみ後半では変異株の方が発酵力が強い傾向が見られた。もろみ日数21日目の製成酒の一般成分を表2に、有機酸組成を表3に示す。

変異株5-8及び6-1は親株にくらべてポーメの切れがよい傾向にあった。酸度、アミノ酸度ともに変異株と親株にはほとんど差がみられない一方で、上槽時のメチレンブルー染色率は変異株が約5%、親株が15%であり生存率は明らかに変異株の方が高かった。有機酸組成は6-1に関してはリンゴ酸が若干高い値を示した。

表1 変異酵母の高濃度エタノール下生存率

菌株	生存菌数 (cells/ml)
1 - 1	57
1 - 8	0
1 - 10	0
2 - 8	0
2 - 9	0
4 - 4	32
4 - 5	3
4 - 6	70
4 - 8	17
4 - 10	10
5 - 8	$2.4 \times 10^2$
6 - 1	$1.0 \times 10^4$
6 - 3	8
7 - 2	5
7 - 4	1
7 - 5	0
7 - 8	6
K701	4

表2 小仕込み試験の醸成酒一般分析

菌株	日本酒度	酸度 (ml)	アミノ酸度 (ml)	アルコール (%)	CO <sub>2</sub> 発生 (g)	MB染色率 (%)
5-8	-5	2.9	2.5	18.0	300	5.6
6-1	-8	3.0	2.7	19.3	293	5.1
701	-10	2.7	2.5	19.0	292	15.6

表3 醸成酒の有機酸組成

菌株	有機酸 (ppm)			
	乳酸	酢酸	リンゴ酸	コハク酸
5-8	490	57	567	643
6-1	604	77	682	783
K701	559	62	535	720

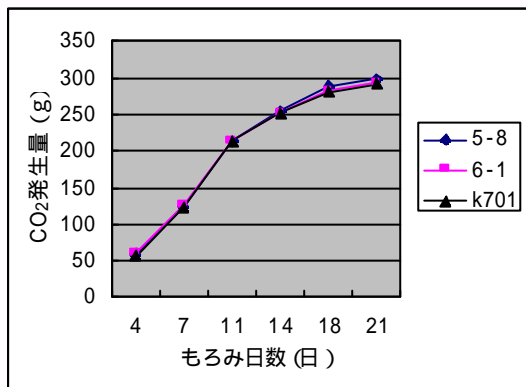


図2 小仕込み試験でのCO<sub>2</sub>発生量

#### 4 考察

エタノール耐性に関しては、前述したようにいくつかの変異株が取得され、性質が検討されている。しかしながら、メカニズムについては未だ不明な部分も多い。今回、孢子形成培地による窒素飢餓状態での選択と20%アルコールを含む培地による選抜で図1に示したように効率的なアルコール耐性変異株の取得が可能であった。小仕込み試験の結果は実際のもろみ中でのエタノール耐性を示唆するものであり、分離した耐性株は長期発酵を要する製造や、あるいは発酵経過が急速で酵母の死滅が生じたもろみの救済にも使用できるものと思われる。

従来のエタノール耐性酵母についてはいくつかの特徴が報告されている。1つには細胞壁溶解酵素 Zymolyase に対する感受性の変化である。協会11号酵母に関して<sup>7)</sup>あるいは朝田らの報告<sup>3)</sup>でも Zymolyase に耐性を示し難溶になると報告されている。今回取得した変異株については、まだ実験を行っていないので同様であるかはわからない。しかし、既知の変異株の特徴としては、アルコール耐性による菌体の死滅が少ないのでアミノ酸度は低くなるものの、酸度が高くなる傾向が報告されている。

それは、主にリンゴ酸、コハク酸の増大によるものであるといわれており<sup>8)</sup>、ともに協会7号酵母の2倍程度まで増大する。リンゴ酸デヒドロゲナーゼ (MDH2) 活性の増大も報告されている<sup>9)</sup>。今回の取得株では酸度の増大も顕著ではなく、リンゴ酸、コハク酸が大幅には増加していない。これらのことから、既知のものとは異なるメカニズムによるものであることも推察される。協会11号酵母や秋田らの報告したアルコール耐性酵母はK1キレートキシン耐性が報告されており<sup>2,10)</sup>、今回取得した変異酵母も耐性を示すかを検討する必要がある。また、一般にアルコール耐性酵母はヒートショックタンパク質などストレス耐性に関与する遺伝子群が恒常的に発現しているといわれており、中には菌体内にグリセロールを70%も蓄積しているものも報告されている<sup>9)</sup>。一方、伊野本らの報告<sup>4)</sup>によれば Zymolyase に耐性を示さないアルコール耐性酵母も取得可能であり、酸度はむしろ低くなるともいわれている。

今回、取得した2株の変異株がどのような変異により、エタノール耐性を獲得しているのかを検討し、既知の変異株とは異なることが証明できれば岩手県の遺伝子源として貴重であると考えられる。また、今回は1kgの小仕込み試験の結果であるので、今後スケールアップをした場合の醸造特性の追試も必要であると思われる。

#### 5 結語

協会701号酵母を親株とし、高濃度のエタノール存在下で増殖可能であり、耐性を示す清酒酵母の効率的な取得を実施し、醸造特性について検討した。

- 1) 孢子形成培地で生育良好なものを、高濃度エタノールを含む平板培地で選択することにより、効率的なエタノール耐性株の取得が可能であった。
- 2) 得られた耐性株のうち20%エタノール存在下での生存率が親株の100倍以上である変異株が2株(5-8、

6-1) 取得できた。

3) 5-8及び6-1を用いて小仕込み試験を実施した結果、発酵経過は特に差がないものの、もろみ後半での酵母の生存率が親株より高く、ポーメの切れも良い傾向が見られた。製成酒は一般分析値に大きな差異はみられなかった。

なお、本研究は中小企業庁地域活性化連携促進事業費補助金の一環として実施されたものである。

#### 文 献

- 1) 原 昌道, 佐々木雅春, 小幡孝之, 野白喜久雄 : 醸協, 71, 301 (1976)
- 2) 秋田 修, 渡辺隆幸, 蓮尾徹夫, 小幡孝之, 原 昌道 : 発酵工学, 68, 95 (1990)

- 3) 朝田朝子, 内山博文, 今村武司 : 生物工学, 78, 77 (2000)
- 4) 伊野本真彦, 山田 修, 五味勝也, 飯村 穰 : 醸協, 93, 224 (1998)
- 5) 日本醸造協会 : 第4回改訂国税庁所定分析法注解
- 6) 難波幸之祐, 小幡孝之, 萱島 進, 山崎与四郎, 村上光彦, 下田高久 : 醸協, 73, 295 (1978)
- 7) 原 昌道, 溝口晴彦, 小幡孝之, 飯村 穰, 戸塚 昭, 野白喜久雄 : 醸協, 73, 408 (1978)
- 8) 原 昌道, 小幡孝之, 佐藤俊一, 壺阪興一郎, 下田高久, 野白喜久雄 : 醸協, 72, 610 (1977)
- 9) 下飯 仁 : 日本農芸化学会講演要旨集, 74, p.485 (2000)
- 10) 原 昌道, 山本徳雄, 深田雄一, 小幡孝之, 野白喜久雄 : 醸協, 71, 564 (1976)

## 寒冷地生物資源の利用に関する研究\*

岸 敦\*\*、大澤 純也\*\*

本研究は、経験的に健康に良いとされている雑穀、海藻などの 県産食品の消費拡大と加工原料としての新規利用法の開発を目的として行っている。その為に先端技術である超臨界抽出法を利用し、従来の抽出法では取り出せなかった有効成分の抽出を目指している。

今回は水を溶媒として常温常圧から超臨界状態までの様々な温度・圧力の条件による成分の抽出と抽出物の生理的機能性について検討した。

キーワード：雑穀、海藻、超臨界抽出法、生理的機能性

## Searchig for Physiological Functional Components in Various Foods Made in Iwate Prefecture.

KISHI Atsushi and OHSAWA Junya

Iwate Prefecture has several special products such as millets and seaweeds. But almost all of them are eaten simply by people who are taking care of health. To make them more popular and more use, we have been searching for useful materials with physiological functions. In this study, extracts of millets and seaweeds under various conditions of temperature and pressure had been prepared and the both effects of antioxidant of extracts were measured. Additionally, supercritical H<sub>2</sub>O fluid extraction method have been used, and caused good results in this study.

**keywords: millets, seaweeds, supercritical H<sub>2</sub>O fluid, physiological functions.**

### 1 緒 言

雑穀は小麦などに対してアレルギー反応を示す体質の人々が食しても食物アレルギーを引き起こさないことが経験的に知られており、また海藻も健康に良いことは古来経験的に知られているが、現在は両者共に健康食嗜好の人々に消費が限られている。このような県産品の食品としてのさらなる消費拡大と加工原料としての新規利用法の開発には、生理的機能性を検索し広く知らしめることが非常に有効であると思われる。

超臨界流体を用いた抽出法は従来法と比較して抽出効率が良いことから、いままでは抽出されなかったり抽出量が少なすぎて活性を見落としていた成分も効率的に抽出できると考えられる。さらに超臨界流体中で成分の変化が起こり活性が上昇し、結果的に生理活性が高い物質

が抽出されることなどが期待される。抽出溶媒である二酸化炭素、水はいずれも毒性が無いので酵素および培養細胞を用いた検索系に影響を与えないためその活性測定が容易であり、そのまま食品に添加できるという利点を持つ。今回は幾つかの雑穀と海産物を試料として常温常圧から超臨界までの様々な条件下での水抽出を行い抽出成分の機能性について検討した。

### 2 実験方法

#### 2 - 1 原材料

原料は、表 1 に示した通りである。雑穀は脱穀したものを微粒磨砕機で処理した。海産物はフリーズドライした後アラメは超微粒磨砕機で、マツカワとヒラメはすり鉢で処理した。

\* 生物資源の高度利用化技術に関する研究 (地域ものづくり対策事業費補助金事業)

\*\* 応用生物部

表1 実験原料

雑穀	海産物
ヒエ	アラメ
アワ	マツカワ
キビ	ヒラメ
キビプロラミン (キビ主要蛋白質)	
アマランサス	

2-2 アラメ中の抗アレルギー効果の検討

超臨界抽出に先立ち、三陸産の海藻アラメを用いて図1に示した手順で、常温常圧抽出と高圧処理を行い抽出物の抗アレルギー成分を検討した。

アラメ

凍結乾燥

50g + 水2L

攪拌抽出、15分

遠心分離

上清 (= 原液)

高圧処理 — A: 3,000Kgf/cm<sup>2</sup>、4、10分  
 — I: 3,000Kgf/cm<sup>2</sup>、60、5分  
 — U: 3,000Kgf/cm<sup>2</sup>、60、10分

ヒアルロニダーゼ活性阻害効果

= 抗アレルギー効果の測定

図1 アラメの抗アレルギー効果測定法

2-3 超臨界抽出法の検討

図2のようなバッチ式超臨界水抽出用反応槽を作成した。乾燥、粉末化したサンプルを反応容器に水と共に密封し反応槽で加熱し抽出を行った。

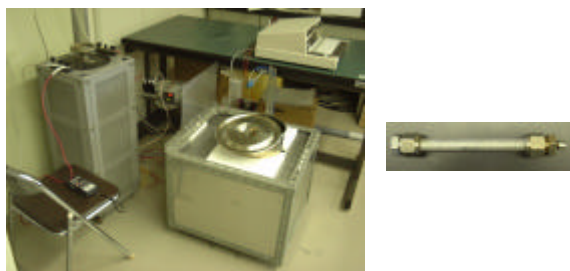


図2 バッチ式超臨水界抽出反応槽及び反応容器

表2に抽出条件を示す。抽出試料量は全て100mgとした。Aは15ml プラスチックチューブを用いてローターで抽出。B～Eは内容量10.5mlのステンレスパイプに密封しBとCはシリコンオイルバスで、DとEはソルトバスで抽出した。B～Eにおける抽出時間は抽出温度に達してからの時間である。

表2 バッチ式超臨界水抽出反応条件

抽出条件	抽出温度 ( )	抽出圧力 (bar)	抽出水量 (ml)	抽出時間
A	4	1	3.5	一晚
B	130	150	9.8	1min
C	180	122	9.3	1min
D (曲臨界)	300	86	5.0	1min
E (超臨界)	400	300	3.5	1min

2-4 抽出成分の機能性の検討

2-2, 3の方法に従って抽出したサンプルについて抗アレルギー効果及び抗酸化効果を検討した<sup>1-3)</sup>。

3 結果

3-1 アラメ水抽出部の抗アレルギー効果の測定

水で抽出した原液とそれを高圧処理したア、イ、ウ液をそれぞれ5倍及び10倍に希釈し(表3)、抗アレルギー効果を測定したところ、図3のように高い効果が認められた。この結果から高圧処理したことにより若干抗アレルギー効果が高まる傾向が認められた。

表3 サンプル内容

サンプル	サンプル内容 (希釈率)
1	原液 (×5)
2	原液 (×10)
3	ア (×5)
4	ア (×10)
5	イ (×5)
6	イ (×10)
7	ウ (×5)
8	ウ (×10)

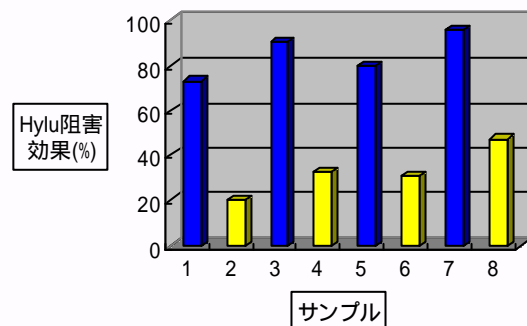


図3 アラメ水抽出物及び高圧処理物の抗アレルギー効果

3-2 バッチ式超臨界水抽出物の機能性の検討

a 抗アレルギー効果の検討

図4に抽出物の抗アレルギー効果測定の結果を示した。アラメのヒアルロニダーゼ阻害効果 (= 抗アレルギー効果) は低温から高温域である抽出条件A～Cでは高いが、超臨界状態に近づくると失活している。ヒエ、アワ、

キビの抗アレルギー効果は亜臨界(D)、超臨界(E)抽出で上昇している。しかしキビプロラミン蛋白は同様の挙動は示さないことからこれら雑穀の抗アレルギー効果は非蛋白質である可能性が示唆される。ほぼ全成分が蛋白質であると考えられるマツカワ、ヒラメでは抗アレルギー効果は認められなかった。

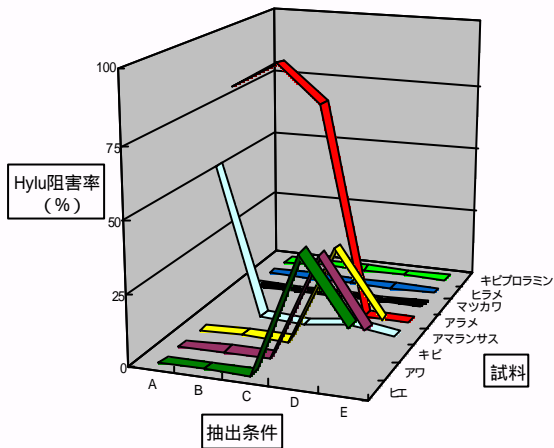


図4 抗アレルギー効果の測定

b 抗酸化効果の測定

図5 から抗酸化性は全体的に亜臨界(D)及び超臨界抽出物(E)において活性が認められ、ヒエ、アワ、アマランス、アラメ、において特に活性が高い。

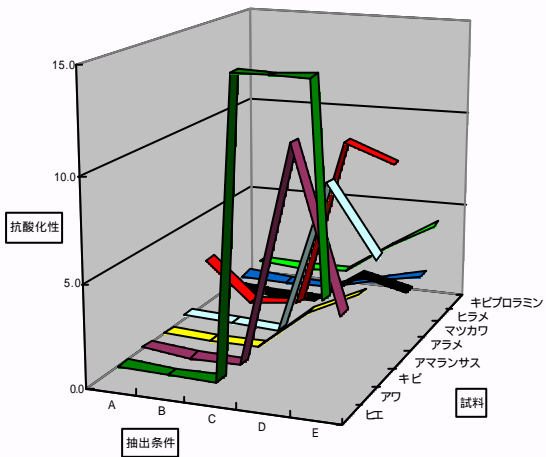


図5 抽出物の抗酸化性の測定

この高活性な亜臨界(D)及び超臨界抽出液(E)を10倍及び100倍に希釈してさらに抗酸化性を測定した見たところ(図6)、希釈物も標準物質の75%以上の十分な抗酸化性を持つことが明らかとなった。(図5, 6に示した抗酸化性は標準物質「BHA(ブチルヒドロキシアニソール) 1mg/100ml 溶液」の持つ抗酸化能を1.0とした場合の相対値である)

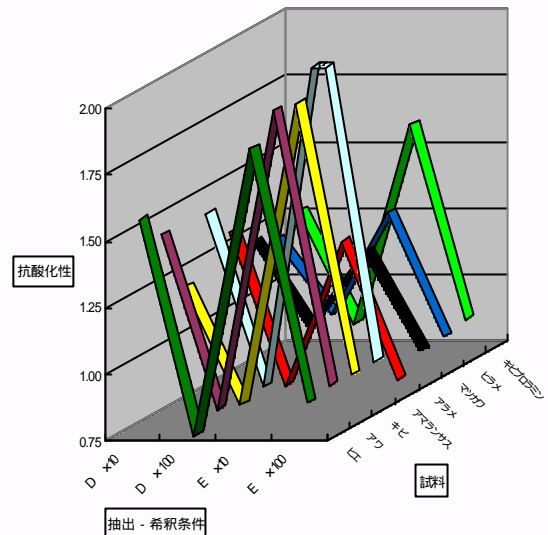


図6 D抽出及E抽出希釈物の抗酸化性の測定

4 考 察

抗アレルギー効果及び抗酸化効果の検討により以下のことが明らかとなった。図4～6より、今回の実験結果を要約すると表4のようであった。

表4 抽出条件と機能性

抽出試料	抽出条件				
	A	B	C	D	E
ヒエ				■	■
アワ				■	■
キビ				■	■
アマランス	■			■	■
アラメ				■	■
マツカワ					
ヒラメ					
キビプロラミン					

■ 抗アレルギー効果  
 ■ 抗酸化効果  
 ■ 抗アレルギーand抗酸化効果

アラメは亜臨界(D)または超臨界抽出(E)により抗酸化効果を、それ以下の温度条件(A, B, C)では抗アレルギー効果を示すので、段階抽出により異なった生理活性物質を分画できる可能性がある。アラメについては図3の結果から常温常圧下での抽出物は高い抗アレルギー効果を持ち、さらに高圧処理することにより若干抗アレルギー効果が高まる傾向が認められたため(図3)、超臨界抽出することにより、より高い抗アレルギー効果を持つ物質が抽出されるのではないかと予測していたが逆に効果は

低下した。

この原因に関しては今後も検討の必要があると考えられる。

ヒエ、アワ、キビにおいては亜臨界(D)又は超臨界抽出(E)により抗アレルギー活性、抗酸化性共に上昇する傾向がある。それぞれの両機能性の上昇が両方の活性を持つ抽出物によるものか、それぞれの活性を持つ別物質の混合抽出物によるものか今後検討する必要がある。

## 5 結 語

本年度は幾つかの県産食品中を試料として、超臨界流体を利用した水抽出成分中の抗アレルギー効果及び抗酸化効果について検討し、ある程度良好な結果を得た。今後はより多種の抽出試料からの有効成分の抽出を行うと共に、二酸化炭素系の超臨界抽出物による機能性の検討も行う予定である。また、本研究から得られる抽出物を利用し、食品製品の検討を行う。

本研究の応用技術開発事業の委託先が味噌、醤油などの調味料会社であるので抽出物を混合した調味料の試作を予定している。

それに際しては、超臨界流体を利用して機能性成分を抽出しそれを添加して機能性強化食品を作るという方向のみならず、超臨界流体を食品原料の溶解などの食品加工の一手法として活用するという方向も有意義ではないかと考えている。

本研究は通商産業省地域ものづくり対策事業費補助金事業の一環により実施したものである。

## 文 献

- 1)中込和哉,高木しのぶ,畑田清隆,岡修一:  
花粉症研究会会報 10,8-15(1998)
- 2)Asada,M.,Sugie,M.,Inoue,M.,Hongo,S.,Murata,K.,  
Irie,S.,Takeuchi,T.,Tomizuka,N.and Oka:S.Biosci.  
Biotech.Biochem.1030-1032(1997)
- 3)津志田籐二郎ら:日食工誌 41(9),611-618(1994)

# 寒冷地生物資源の利用に関する研究



## 畜産未利用資源からの有用成分の抽出\*

岸 敦\*\*、大澤 純也\*\*

特有の臭気を持つ内臓を試料とした場合の調味液調製を検討している。現在までに消臭のために醤油麹菌による肉麩の調製を行い、それをさらに酵素分解し調味液とする2段階の調製方法を開発し良好な結果を得ている。今回はこの2段階調製法に関して原料肉の組み合わせによる肉麩調製の特性や調味液の生産コスト等を検討した。

キーワード：臭気、肉麩、特性、コスト

## Extraction of Available Components from Meat Processing Waste

KISHI Atsushi and OHSAWA Junya

Smellofintestines is a big problem for using the mass seasonings materials. To remove the stench we used shoyu koji kinn (*Aspergillus sojae*) and prepared nikukoji, similar to shoyu koji and afterward made liquid seasonings, the final products, from it with enzymes. This pre-treatment with koji kinn made great effect of removing the smell. In this study, we tried to make nikukoji with several kinds of intestines such as kidney, lymph, root of tongue, tendon, and examined which intestines or combinations of them are better for preparing seasoning.

We found that combinations of kidney and the others are better than kidney only for making a seasoning of good taste.

**keywords:** intestines, shoyu koji kinn, nikukoji, combinations.

### 1 緒言

畜肉加工の際に生じる骨、血液、一部の内臓等はほとんど利用されず廃棄物扱いされているが、組成的にはタンパク質を多く含むことからアミノ酸へと変換することにより調味液として利用することができる。しかし内臓を原料とした場合はその特有の臭気が問題となり調味液原料とはなりにくい。魚を原料とした魚醤は魚自身の持つ酵素による分解であるが、微生物による発酵で消臭とタンパク質の分解の同時進行が可能である。昨年度までに、このような技法を応用し醤油麹菌の作用により内臓臭を軽減するような発酵調味料である肉麩の調製について検討したところ、消臭について有効な結果を得た<sup>1)</sup>。

また、肉麩調製の際に醤油醸造用小麦（麩麦）を使用するため、肉麩を酵素分解し熱殺菌すると褐変するとい

う新たな問題が生じたが、肉麩調製の際の糖質を麩麦から他のものへ変えることにより褐変しない調味液を調製する方法を開発した<sup>2)</sup>。今回はこの肉麩調製を経た2段階の調味液調製法について原料となる内臓肉の種類と組み合わせによる肉麩調製の特性や調味液の生産コストなどの諸点から検討を行った。

### 2 実験方法

#### 2-1 原材料

原料は、グルコース(G)、マルトース(M)、トレハロース(T)、豚腎臓、豚リンパ腺、豚小肉（舌の根本の肉）、豚骨肉（骨にへばり付いた肉片や筋引きで取り除かれた肉片）である。豚内臓類は共同研究者である（株）岩手畜産流通センターからの供与物を使用した。

\* 畜産未利用資源有効利用に関する研究（第4報）（地域先端技術共同研究開発促進事業）

\*\* 応用生物部

2-2 肉麩及び肉麩エキスの調製

上記材料を用いて図1の方法で肉麩と肉麩エキスを調製した。豚内臓類は塩水湯煮後粉碎して使用した。それぞれに醤油麹菌 (*Aspergillussojiae*) を加え培養し肉麩を調製した。続いて、肉麩に水と酵素フレーバーザイム (NovoNordisk社を加え分解し遠心分離で残滓を取り除き肉麩エキスを調製した。

原料肉	肉混合比
腎臓	単独
リンパ	
小肉	
骨肉	
腎/リンパ	50/50
腎/小肉	
腎/骨肉	
リンパ/小肉	
リンパ/骨肉	
小肉/骨肉	

原料肉85% + グルコース、マルトース、トレハロース各5%  
 + 醤油麹菌 12,000重量  
 28、湿度80%、40hr

肉麩  
 + 水2倍容量  
 + フレーバーザイム7.5mg/g 肉麩  
 50、終夜  
 遠心分離  
 肉麩エキス

図1 肉麩及び肉麩エキスの調製法

2-3 肉麩の評価

調製した肉麩について、作業性(肉麩調製時の扱い易さ)、麹菌生育(麹菌の生え易さ)、肉麩臭気(できあがった肉麩の臭い)について5点評価を行った。

2-4 肉麩エキスの評価

価格はエキス中の固形分から粉末価格を計算し¥900/kg=3.5点、¥1,000/kg=3.0点、¥1,100kg=2.5点とした。臭気、旨味は5点評価のブラインドテストを行った。

3 結果

3-1 肉麩の評価

図2に肉麩の評価結果を示した。図2.aから各原料肉単独で肉麩を調製した場合、作業性に関しては腎臓と骨肉が優れ、リンパと小肉が劣っていた。これは前者は脂肪分が少なく肉挽き後も粒状系を保つため攪拌、分散が容易であるのに対し後者は脂肪分が多いため粘着感が強く攪拌分散が困難であるためである。麹菌の生育に関しても同様の理由から同じ傾向が見られた。肉麩臭気に関

しては、腎臓とリンパが劣っていた。腎臓の場合は特有のアンモニア臭が残るためであり、リンパの場合は脂肪分が多いため麹菌の生育が困難であり、麹菌によるマスキング作用が無いことと培養中に脂肪が酸化し酸敗臭をもたらすためである。

腎臓と他の原料肉の混合肉を原料として肉麩を調製したところ(図2.b)、腎臓単独肉麩の問題点であった肉麩臭気が全ての組み合わせにおいて改善された。またリンパや小肉も腎臓と混合することにより作業性と麹菌生育が改善された。

リンパや小肉は骨肉と混合しても作業性と麹菌生育が改善された(図2.c)。しかしリンパと小肉の組み合わせは短所を助長することとなり好ましくなかった。

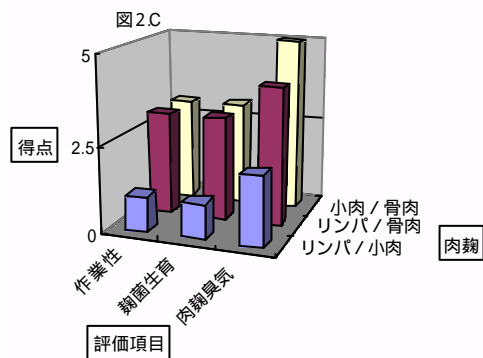
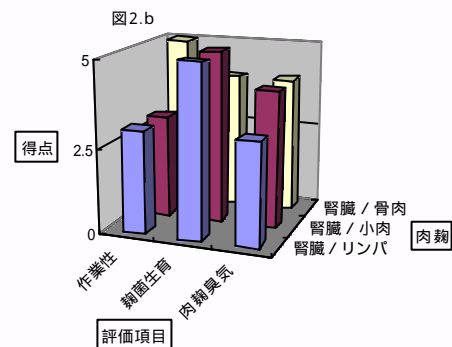
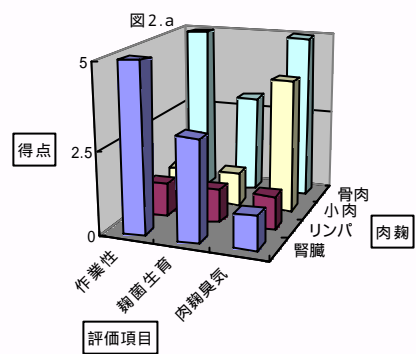


図2 肉麩の評価

3-2 肉麩エキスの評価

原料供給の点から安定供給が可能である腎臓をベースと考え、腎臓と他の原料肉との混合肉の肉麩エキスにつ

いて諸点を評価した。

図3に生産コストについて示した。原料費と酵素分解抽出の段階でコストの差が生じている。酵素抽出分解費の差は分解後濾過抽出する際に肉麩によって残滓量や濾過効率が異なるためである。

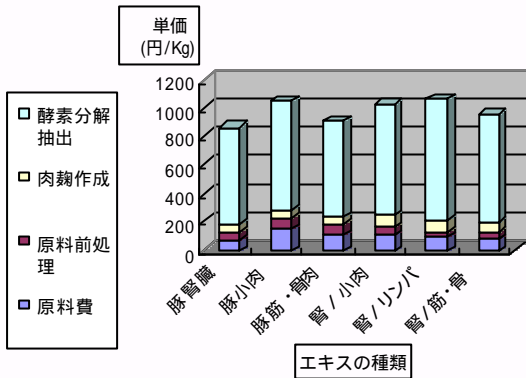


図3 肉麩エキスの生産コスト

図4に肉麩エキスの総合評価結果を示した。腎臓単独の肉麩エキスでは臭気と旨味の評価が低い、リンパや骨肉との混合肉麩エキスではそれらが改善されている。

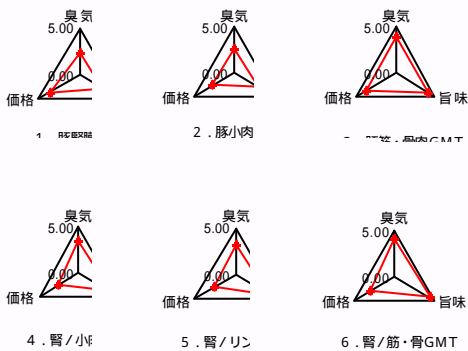


図4 肉麩エキスの評価

肉麩エキスの価格について代表的な市販品と比較した結果、いずれもが最も廉価であるもの(C社ビーフエキス)と同等かそれ以下であることが明らかとなった。

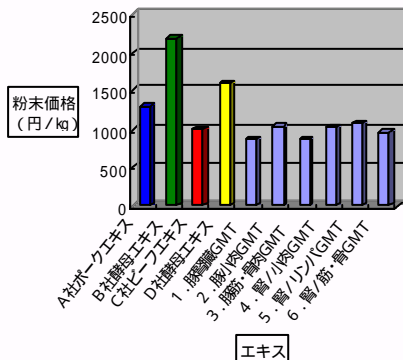


図5 肉麩エキスの価格比較

4 考 察

図2に示したように原料肉により肉麩の調製時の作業性、麩菌の生育、できあがった肉麩の臭気にそれぞれ特色が見られた。それらを要約すると以下ようになる。(○は好ましい特徴を、×は好ましくない特徴をそれぞれ示す。)

豚腎臓：

- 原料の安定的な供給が可能。
- 肉挽き後も粒状型を保つため、攪拌・分散が容易である。
- 加熱損耗、肉麩作成時の損耗が多い。
- ×原料前処理段階において原料肉の保水性が低いため肉麩調整時水分が不足し麩菌が表面にのみ麩が繁殖。

豚リンパ肉：

- 原料の安定的な供給が可能。
- 加熱殺菌時の損耗が少ない。
- ×脂肪分が多く攪拌・分散が悪い。
- ×脂肪分が多く麩菌が繁殖しにくく、脂肪の酸化臭が強い。

豚小肉：

- 加熱殺菌時の損耗が少ない。
- 肉挽き後も適度な粒状型を保つ。
- ×脂肪分が多く麩菌が繁殖しにくい。

豚筋・骨肉

- 脂肪の割合が少なく、肉挽き後も粒状型を保つ。
- 攪拌・分散が容易である。
- 麩菌の繁殖が良好である。
- ×原料部位が特定できない。
- ×原料の安定供給に問題がある。
- ×骨片・畜毛の混入がある。

また以下に記したように、原料肉を組み合わせることによりそれぞれの短所を補えることが明らかとなった。

腎/リンパ、腎/小肉、腎/筋・骨：

- 腎臓との組み合わせにより麩菌・栄養源である糖類の攪拌・分散が容易になる
- 麩菌の繁殖が安定する傾向にある。

肉麩調製に見られた単一原料と混合原料の違いは、肉麩を分解したエキスにあっても同様であった。

豚腎臓肉麩エキス：

- ×麩菌の発育が悪いため内臓臭のマスクングが不十分である。
- 香り、味、共に内臓のイメージが強いが、味の伸びが強い。

豚リンパ肉麩エキス：

- ×麩菌の繁殖が不十分であり、かつ脂肪の酸化臭が強いため単独での酵素分解エキスには不適である。

豚小肉肉麩エキス：

ポークフレーバーは良好である。

豚筋・骨肉麩エキス

ポークフレーバーは良好である。

風味、旨味は良好で味の伸びもある。

分解エキスの抽出率も良く固形分比率もやや高い。

混合原料肉麩エキス；

a . 腎/リンパ、 b . 腎/小肉、 c . 腎/筋・骨

・風味 a < b < c

・旨味 a < b < c

・抽出率 a > b > c

・固形分比率 a < b < c

特に原料供給の点から考えると腎臓は屠畜～精肉の工程において必ず取り出される物であるから、原料として非常に安定した量を確保できる。従って調味液の原料としてまず第1の基本原料として固定し、他の原料を混合することが現実的な選択であると考えられる。リンパや小肉のような脂肪分を多く含む部位、骨肉のように一般的な正肉と同様な風味を持つ部位などを混合すると肉麩調製の作業性及び風味が改善され好ましいことが明らかとなったが、大量生産を考慮した場合は混合部位についても供給量などの点から検討することが必要である。

生産コストは市販品と同等以下の価格であることから、この調味液を使用した加工製品の生産コスト減少にも有効であると考えられる。

しかし数十kgの小パイロットスケールにした場合、

生産コストがどの様に变化するかについては今後検討が必要であると考えられる。

## 5 結 語

今回の結果から、リンパや小肉のような脂肪分を多く含む部位、骨肉のように一般的な正肉と同様な風味を持つ部位などを混合することにより腎臓単独の場合よりも風味に優れた調味液が調製され、かつ生産コストも従来の市販エキスと同等以下であることが明らかとなった。

今後はこの肉麩エキス調製スケールの拡大とそれに伴う条件設定が課題となる。また企業化の際して支障無くエキス調製が可能であるように、エキス調製マニュアル等の作成も必要であると考えている。

本研究を実施するに当たり、原料を提供して下さった共同研究者(株)岩手畜産流通センター、種麩、麩麦を提供して下さいました(株)八木澤商店に感謝します。

また、本研究は農林水産省地域先端技術共同研究促進事業の一環により実施したものである。

## 文 献

- 1)岸 敦,大澤純也岩手県工業技術センター研究報告 5.99102(1998)
- 2)岸 敦,大澤純也岩手県工業技術センター研究報告 6.7376(1999)

## 畜産未利用資源からの有用成分の抽出

## 吟ぎんがによる吟醸酒、純米吟醸酒製造試験

高橋 亨\*、中山 繁喜\*、畑山 誠\*  
平野 高広\*\*、櫻井 廣\*

岩手県酒造好適米新品種「吟ぎんが」と２種類の県酵母（岩手吟醸 2 号、YK-45）を用いて吟醸酒、純米吟醸酒を試験醸造した。平成11年産吟ぎんがは成熟期の高温のためか、例年より心白が大きく流れ気味で品質が劣り、原料処理で碎米がみられた。もろみ経過は順調であり、製成酒はきれいであったがやや味薄で、渋味、酸味が感じられた。

キーワード：吟ぎんが、岩手吟醸 2 号、YK-45

### Sake Brewing from *Ginginga*

TAKAHASHI Tohru, NAKAYAMA Shigeki, HATAKEYAMA Makoto  
HIRANO Takahiro and SAKURAI Hiroshi

We made *Ginjo-syu* and *Junmai-Ginjo-syu* from *Ginginga*, new brewer's rice of Iwate Prefecture. Yeasts used were IS2 and YK-45 developed in Iwate Prefecture. The quality of *Ginginga* of Heisei 11 was inferior to the one of ordinary year because of its big or off-centered *Sinpaku* by the high temperature of the summer, and it broke at the material treatment. *Moromi* process was good. Taste of sake was thin but clear, and a little acidic and astringent.

keywords : *Ginginga*, IS2, YK-45

#### 1 緒 言

当センターではこれまで、岩手県農業研究センター、岩手県酒造組合と共同し酒造好適米の育種開発を行ってきた<sup>1,2)</sup>。その成果として平成 11 年度、岩手県初のオリジナル酒造好適米、「吟ぎんが」が誕生した<sup>3)</sup>。

一方で、(財)岩手県生物工学研究センターで開発した酵母<sup>4)</sup>を用い吟醸酒を製造、育種酵母の実用化試験を行い<sup>5,6)</sup>県内酒造場に頒布するに至った。

今回、岩手県独自の酵母と酒造好適米「吟ぎんが」による岩手県オリジナル清酒開発の可能性を探ることを目的とし、吟醸酒、純米吟醸酒を製造したので報告する。

#### 2 実験方法

##### 2-1 供試酵母

当センターで吟醸用酵母として県内企業へ頒布してい

る岩手吟醸 2 号酵母（以下吟 2 号と省略）および、(財)岩手県生物工学研究センターで開発した YK-45<sup>4)</sup>の 2 株を用いた。

##### 2-2 原料および処理法

原料米は、精米歩合 50 %の吟ぎんが（平成 11 年石鳥谷町産）を用いた。洗米は MJP 式洗米機（白垣産業株式会社製）を用い、2 分間洗米した後、麴米と添、仲掛米は吸水率 30 %、留掛米は 28 %を目標に浸漬吸水させた。蒸きょうは OH 式二重蒸気槽付き甑（増田商事株式会社製）を用い 50 分間行った。蒸きょう終了前 10 分間は蒸気を加熱した乾燥蒸気を通じた。

製麴は薄盛三段式製麴機（ハクヨウ株式会社製）を用い、添麴と仲麴はまとめて製麴した。種麴（株秋田今野商店 5 菌）は白米 100 kg 当たり添、仲麴で 50 g、留

\* 醸造技術部

\*\* 醸造技術部（現在応用生物部）

麹で 20 g 使用した。麹の分析は国税庁所定分析法に基づいて分析した<sup>7)</sup>。

2-3 仕込み配合および温度管理

表1に示した仕込み配合で試験醸造した。酒母として、麹エキス(Brix 11度、0.3%酵母エキス)10ℓを用い、30、2日間静置培養した酵母を初添水麹に添加する酵母仕込みとした。アルコール添加量は白米トン当たり純アルコール換算で90ℓとした。

温度管理は、添仕込みと踊りが20、仲仕込で12、留仕込みで7を目標にした。通常の方法より添仕込みと踊りの温度が高くなることで、速やかに酵母の増殖を促した<sup>6)</sup>。

アルコール添加時期は、もろみの日本酒度-2到達時を目標にした。純米吟醸酒はもろみの日本酒度+3で上槽した。

表1 仕込配合

	初添	仲添	留添	計
総米(kg)	30	62	88	180
蒸米(kg)	21	51	72	144
麹米(kg)	9	12	15	36
汲水(l)	38	78	136	262

アル添吟醸酒：30%アルコール 54ℓ

2-4 分析および官能評価

製成酒およびもろみは国税庁所定分析法<sup>7)</sup>に基づいて分析し、香気成分は、HEWLETT PACKARD社製ヘッドスペースガスクロマトグラフ HP5890Aで測定した。製成酒は平成12年3月7日に開催された岩手県新酒鑑評会に出品し評価を得た。出品区分はそれぞれ、アル添吟醸酒は吟醸酒の部、吟2号使用純米酒は純米酒の部、吟2号、YK-45使用純米酒は吟ぎんの部であった。

3 実験結果

3-1 原料処理および製麹

原料処理は表2のとおりであった。洗米、浸漬時に碎米が多く発生した。このため、見掛吸水の割に整粒の吸水が少なく、蒸米は吸水率の割にやや硬めに蒸しあがり、生蒸しが見られることもあった。

麹の分析結果は表3のとおりであった。全体的に力価が低いが、添・仲麹で特に低かった。

3-2 もろみの発酵経過

図1に示した品温経過をたどり、25日から32日のも

ろみ日数で上槽した。

図2にBMD値の経過を示した。BMD値は、最高値がやや低めであった。後半のキレは順調であった。もろみの状態は通常であり、酵母の活動が弱まることなく推移した。

表2 原料処理結果

	品温 ( )	水温 ( )	吸水時間 (分)	吸水率 (%)	蒸米吸水 (%)
添・仲麹	13.0	16.5	8.7	31.5	42.4
留 麹	14.0	14.5	7.5	29.2	39.8
添 掛	14.0	14.5	8.3	32.4	43.9
仲 掛	13.0	15.0	7.5	29.5	39.8
留 掛	14.0	14.0	7.5	26.2	37.2

表3 麹分析結果

	水分 (%)	アミラーゼ* (U/g 麹)	グルコアミラーゼ* (U/g 麹)	ACP* (U/g 麹)
添・仲	24.5	579	89	784
留	17.8	842	163	2728

\*酸性カルボキシペプチダーゼ

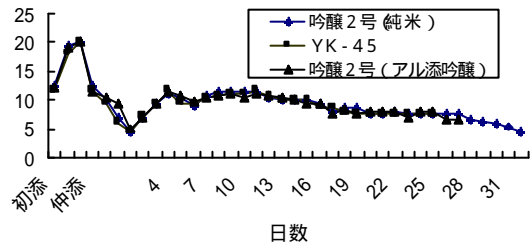


図1 もろみ品温経過

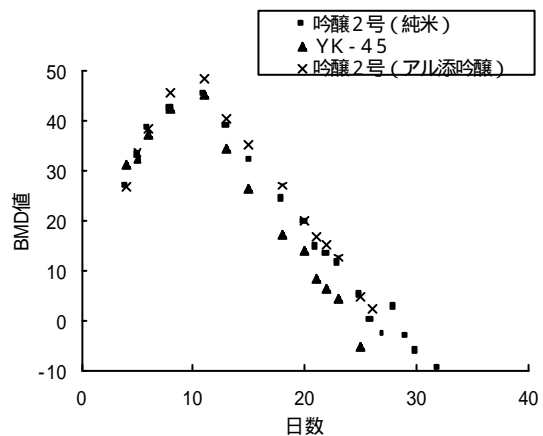


図2 B曲線

## 3 - 2 製造実績および製成酒の成分

清酒製造実績および製成酒一般成分は表4のとおりであった。吟2号を使用した吟醸酒、YK-45は粕歩合がやや高めであった。また、YK-45はアルコール濃度がやや低めであった。どの試験区とも酸度、アミノ酸度は通常どおりであった。

表4 清酒製造実績及び製成酒成分

	純米酒		吟醸酒
	吟2号	YK-45	吟2号
もろみ日数(日)	32	25	27
製成数量(l)	319	311	349
もろみ熟成歩合(%)	80.5	85.0	73.2
もろみたれ歩合(%)	78.3	74.9	77.9
アルコール収得量(l/t)	291	265	252
粕歩合(%)	53.8	62.5	60.1
アルコール濃度(%)	16.5	15.4	17.7
酸度(ml)	1.7	1.6	1.5
アミノ酸度(ml)	0.9	0.8	0.8
日本酒度	+3	+3	+6

## 3 - 3 香気成分

3試験区の上槽前の香気成分を表5に示した。

YK-45では、カブロン酸エチル濃度より酢酸イソアミル濃度が高いという酵母の特徴が出ているものの、これまでに比べおとなしい香りであった。

一方吟2号は、カブロン酸エチルがこれまでの試験より高い値を示し、吟醸香の高い製成酒となった。

表5 もろみの香気成分

	純米酒		吟醸酒
	吟2号	YK-45	吟2号
酢酸イソアミル	2.9	2.7	2.2
カブロン酸エチル	7.1	2.2	5.4
酢酸エチル	54	63	42
ブチルアルコール	45	59	40
i-ブチルアルコール	39	37	31
i-アミルアルコール	129	118	98

(単位 ppm)

## 3 - 4 製成酒の評価

岩手県新酒鑑評会鑑評値での製成酒の評点(審査員11名、5点法)の平均は表6のとおりであった。また、審査員のコメントとして渋、酸味、かたい、細いというものが全体的に多かった。

表6 製成酒の評点

酒別	出品区分	評点
吟醸酒(1)	吟醸	3.73
吟醸酒(2)	吟醸	3.55
純米酒(吟2号(1)*)	純米	2.55
純米酒(吟2号(2)*)	純米	2.91
純米酒(YK-45)	吟ぎんが	2.36
純米酒(吟2号)	吟ぎんが	2.55

\* (1)、(2)はそれぞれ斗ビン1,2本目を示す

## 4 考察

平成11年産吟ぎんがは、洗米時にかなり碎米が発生した。この原因として成熟期の高温多照による大きな心白、腹白、刈り取り時期の長雨による影響、乾燥方法、精米等様々な要因によるものと考えられた。気象条件はどのようなものがないが、他の項目について条件を検討することで多少の改善は可能と考えられる。

蒸米が硬めであったこと、麹の酵素力価が弱かったことから、碎米が多い割にもろみでの米の溶解が進まず、最高ボーメ、BMD値はあまり高くならなかった。米の溶解が不十分であり粕歩合が高く、製成酒はキレイであるがやや味薄で線が細く、渋味、酸味が感じられる酒質となり、岩手県新酒鑑評会吟醸酒の部・純米酒の部では高い評価は得られなかった。もろみ経過は順調であり、前年度の試験<sup>6)</sup>と同様酵母仕込の場合、初添、踊りの温度を高くして速やかに酵母の増殖を促す方法は有効であった。

今回、YK-45は初添、踊りの温度を高くしても、もろみ中での泡の発生等発酵の異常は認められなかったが、製成酒の香りに華やかさがなかった。酵母の性質が変化し、香気成分の生成能が弱くなった可能性があり、詳細に検討する必要がある。

## 5 結語

吟ぎんがと2種類の県酵母(吟2号、YK-45)で、吟醸酒、純米吟醸酒を試験醸造した。平成11年産吟ぎんがは成熟期の高温多照のためか、例年より心白が大きく流れ気味で品質が劣り、原料処理で碎米が多数発生した。また、麹の酵素力価不足のため、もろみで米の溶解が不十分であり、粕歩合も高めであった。製成酒の酒質はきれい型であったが、やや味薄で渋味、酸味が感じられ、鑑評会で高い評価を得ることが出来なかった。

YK-45はこれまでの試験に比べ香りがおとなしく、香



気成分の生成能が弱くなっていることが考えられた。

文 献

- 1) 高橋 亨、桜井 廣：岩手工技セ研報, 4, 105 (1997)
- 2) 高橋 亨、桜井 廣：岩手工技セ研報, 6, 105 (1999)
- 3) 小田中浩哉他：岩手農研セ研報(掲載予定)
- 4) (財)岩手生物工学研究センター：研究成果集(3) 8(1996)
- 5) 小澤麻由美、中山繁喜、桜井 廣：岩手工技セ研報, 5, 115(1998)
- 6) 中山繁喜、桜井 廣、高橋 亨、畑山 誠、平野 高広：岩手工技セ研報, 6, 85(1999)
- 7) 注解編集委員会編：第4回改訂 国税庁所定分析法 注解, 日本醸造協会(1993)

## 味覚センサによる清酒の測定

中山 繁喜\*、櫻井 廣\*

複数の脂質を含む膜を使った味覚センサを導入し、清酒を測定したところ再現性のある測定値が得られた。一方、審査員の官能評価を主成分分析した結果、「味の濃淡」「甘さ」「爽やかさ」「苦渋」という観点で清酒を判別していると考えられた。その内、「甘さ」と「爽やかさ」はセンサで予測できた。また、「酸味の強さ」と「苦味渋味の有無」も予測可能であった。「甘さ」と「苦味渋味」は今回初めて予測できるようになり、新規センサの導入効果が認められた。  
キーワード：味覚センサ、官能評価、清酒

## Evaluation of *Sake* by Taste Sensor

NAKAYAMA Shigeki and SAKURAI Hiroshi

The lipid film sensor containing two more lipids was introduced for tasting *Sake*. It was confirmed that the measured value had reproducibility. On the other hand, it was thought that *sake* was distinguished by the viewpoint of "Thick and Thin of the taste", "Sweetness", "Freshness", and "Bitterness" since the sensory evaluation of the judge was analyzed in the principal ingredient. The sensor was able to forecast "Sweetness" and "Freshness" among those. Moreover, "Strength of acidity" and "Presence of the bitterness" were able to be forecasted. We found "Sweetness" and "Bitterness" could be forecasted using lipid film sensor.

keywords : Taste sensor, Sensory Evaluation, sake

### 1 緒 言

清酒の分類は、吟醸酒や純米酒等の製造品質表示基準にみられるように、原料米の精米歩合等製造上の区分に基づいて行われることが多い。そのため、消費者には酒の違いが分かりづらく、消費者の立場に立つなら、清酒の分類は酒質によって区分すべきである。その前提として、個々の酒の酒質を客観的に捉え、消費者に分かりやすく伝達する手段を確立する必要がある。そこで我々は味覚センサを導入し、センサによって酒質を予測するシステムの開発に着手している。昨年、複数の脂質を組み合わせた新たな脂質膜を利用したセンサが開発され、種々の酒質を予測できる可能性が出てきた。我々は熟練者の官能評価を、センサ測定値を使って再現する方法を検討したので報告する。

### 2 実験方法

#### 2 - 1 味覚センサによる清酒の測定

アンリツ(株)製味認識装置 SA401 を用いた。この装置は人工脂質膜を利用したセンサが装着され、清酒の成分に応じた出力を発生する<sup>1)</sup>。今回は新たに開発された 12 種類のセンサ(表 1)を使用した。

測定は次のように行った。始めに、保存液中に保管されたセンサの膜表面を、100mM 塩酸を 30% エチルアルコール溶液に溶かした洗浄液で洗い、つぎに 15% エチルアルコール、30mM コハク酸、30mM 塩化ナトリウムからなる基準液に浸し、センサ出力値が安定していることを確認し、この出力値をゼロとした。その後、専用ガラス容器に入れた約 150 ml の検体に浸し、各センサの測定値 (s1 ~ s12) を得た。続いて、各センサを再び基準液に浸し測定値を得た (ws1 ~ ws12)。この場合には、酒成分のうちセンサ膜への強吸着成分を測定することになる。したがって、1 本のセンサにつき 2 つの測定

\* 醸造技術部

値を得る。測定は装置の構造上7サンプルずつ行い、補正は7サンプル毎に基準清酒で行った。測定は20で行った。

表1 センサに使用した人工脂質膜

センサ名称	使用した脂質
s1	Diocetylphenyl-phosphonate
s2	Diocetylphenyl-phosphonate
s3	PhosphoricAcidDi-n-decylEster, n-Tetradecyl Alcohol
s4	PhosphoricAcid Di-n-decyl Ester, Diocetylphenyl-phosphonate
s5	PhosphoricAcid Di-n-decyl Ester 2-Nitrophenylocyl ether
s6	Hexadecanoic Acid, Diocetylphenyl-phosphonate
s7	Tetradodecylammoniumbromide, n-Tetradecyl Alcohol
s8	Tetradodecylammoniumbromide, Diocetylphenyl-phosphonate
s9	Oleylamine, Diocetylphenyl-phosphonate
s10	2-Nitrophenylocylether
s11	PhosphoricAcid Di-n-decyl Ester, Tetradodecylammoniumbromide, Diocetylphenyl-phosphonate
s12	PhosphoricAcid Di-n-decyl Ester, Tetradodecylammoniumbromide, Diocetylphenyl-phosphonate

膜組成が同じでも配合比が異なるセンサがある。

2-2 センサによる測定値の再現性

市販清酒35点用いて、それぞれの酒を5回ずつ測定して、センサ測定値の再現性を検討した。

2-3 官能評価とセンサ測定

県内蔵元の市販清酒25点を、官能評価とセンサの測定に用いた。

官能評価は、県内酒造技術者および当所職員からなる審査員14名で行い、各酒ごとに「甘い」「辛い」「味が濃い」「味が薄い」「酸味が離れる」「老香味がある」「苦味渋味がある」の7項目について、該当する項目を指摘した。この7項目は審査会等で使用頻度の高い用語である。

また、「老香味」と「苦渋」については、3人以上が指摘した酒をそれぞれの特徴に該当する酒、それ以外はその特徴に該当しない酒という区分を設けた。

センサ測定は、7サンプルずつの繰り返し測定を2回、これを日を変えて3度行い、1サンプル当たり6つの測定値を得た。

2-4 統計解析法

(1)主成分分析法

「甘い」と判定した審査員の人数をその酒の甘さの度数とし、同様に「辛い」、「味が濃い」、「味が薄い」、「酸味」、「老香味」、「苦渋」についても度数化し、酒ごとの評価値を付けた。この7項目の度数を主成分分析した。

(2)重回帰分析法

センサ測定値を説明変数とし、「酸味」、「老香味」、「苦渋」の度数、および主成分得点を予測した。この方法は連続した数値を予測することができ、味の強さを予測した。

(3)重判別分析法

センサ測定値を説明変数とし、前述の7つの官能評価項目に該当するか否かを予測した。変数の選択は増減法とし、変数を取り入れるか、あるいは取り除くかを統計的に判定する基準は、偏F値 2.0とした。

この方法は、重回帰分析で予測精度が低かった項目について行った。二者択一の予測であり、より容易な予測である。

3 実験結果

3-1 センサ測定値の再現性

同一の酒を5回連続して測定し、センサ測定値の再現性を検討した。その結果、保存液中で保管した後、直ぐの測定値は、後の4回の測定値と離れる傾向が一部のセンサにみられた(図1)。また、測定開始直後の測定値を除いた4回のバラツキと、酒35点間のバラツキを比較すると、ws7を除いた全てのセンサ測定値で、4回のバラツキの方が小さく(危険率5%)、各センサは酒間の違いを捉えていた。

以上の結果を踏まえて、測定開始直後の測定値を除くため、以下の測定法で行いこととした。すなわち、7サンプルずつの繰り返し測定を2回、これを日を変えて3度行った測定値のうち、2回ずつの測定の2回目の測定値だけを採用して、3つの測定値の平均値をとることにした。

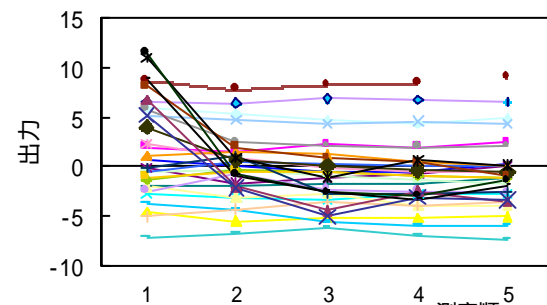


図1 1回目の測定値が離れる例

表2 官能評価の主成分分析

変数	主成分						
	第1	第2	第3	第4	第5	第6	第7
甘い	0.062	-0.868	-0.004	-0.120	-0.271	-0.354	-0.169
辛い	-0.422	0.676	0.373	-0.370	0.139	-0.171	-0.203
味が濃い	0.888	-0.091	-0.088	0.070	0.244	0.264	-0.249
味が薄い	-0.775	-0.251	-0.070	-0.185	-0.269	0.464	-0.100
酸味	-0.021	0.690	-0.548	0.286	-0.340	-0.117	-0.114
老香味	0.577	0.246	0.602	0.119	-0.467	0.102	0.019
苦渋	0.587	0.170	0.303	-0.710	-0.148	0.024	0.093
寄与率(%)	32.1	26.4	13.0	11.3	8.3	6.6	2.3

3-2 官能評価項目相互の関連性

「甘い」、「辛い」、「味が濃い」、「味が薄い」、「酸味」、「老香味」、「苦渋」の度数を酒25点で主成分分析を行った結果を表2に示した。第1主成分は「味が濃い」と「味が薄い」が正負に対局し、「味が濃い」の方に「老香味」と「苦渋」が位置した。第2主成分は「甘い」の因子負荷量が大きく、「辛い」と「酸味」が対局した。第3主成分は「老香味」と「酸味」が対局して位置した。第4主成分は「苦渋」だけが、大きい値であった。第5、6、7主成分には、特に目立つ変数がなかった。

3-3 センサによる各主成分得点の予測

2-2の主成分分析で得られた7つ主成分の因子得点と、センサ測定値を重回帰分析した。その結果、下記の回帰式が算出された。比較的高い重相関係数は、第2主成分の0.864、第3主成分の0.804であった。

第1主成分(重相関係数 0.618)

$$= -(s9 \times 0.11) + (s3 \times 0.26) + 0.25$$

第2主成分(重相関係数 0.864)

$$= (s6 \times 1.01) - (s1 \times 0.51) + (s7 \times 1.21) - (ws4 \times 0.44) - (s3 \times 0.36) + 3.43$$

第3主成分(重相関係数 0.804)

$$= -(s4 \times 0.35) + (ws4 \times 0.52) + (ws5 \times 2.15) + (ws8 \times 2.86) - (s8 \times 0.13) - (s1 \times 0.10) - 0.76$$

第4主成分(重相関係数 0.386)

$$= (s8 \times 0.05) - 0.20$$

第5主成分(重相関係数 0.764)

$$= -(s8 \times 0.30) + (ws11 \times 2.42) - (s6 \times 0.24) - (s2 \times 0.90) + (s9 \times 0.60) - 1.23$$

第6主成分、第7主成分には、有効な変数が無かった。

3-4 酸味の予測

酸味ありと指摘した人数を、その酒の酸味度数とし、センサ測定値を説明変数とする重回帰分析を行った。その結果、つぎの回帰式が算出された。

$$\text{「酸味」} = (s2 \times 1.27) + (s10 \times 0.37) - (ws10 \times 1.41) + 2.99$$

(酸味を指摘すると予測される人数)

この式から算出される予測値と、酸味度数との重相関係数は0.802であった(図2)。

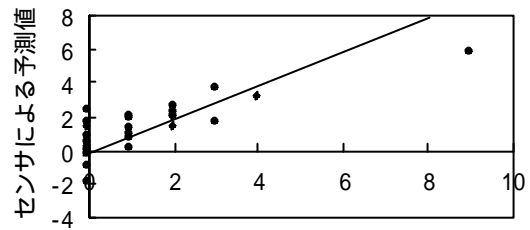


図2 酸味の指標とセンサによる予測

3-4 老香味と苦渋の予測

酸味と同様にして、重回帰分析を行ったところ、「老香味」の重相関係数は3変数を採用して0.521、「苦渋」では4変数を採用して0.716であった。

さらに、これらの特徴に該当するか否かの予測に限った重判別分析を行った。その結果、3人以上の審査員が指摘し「老香味がある」酒7点の内、センサでも「老香

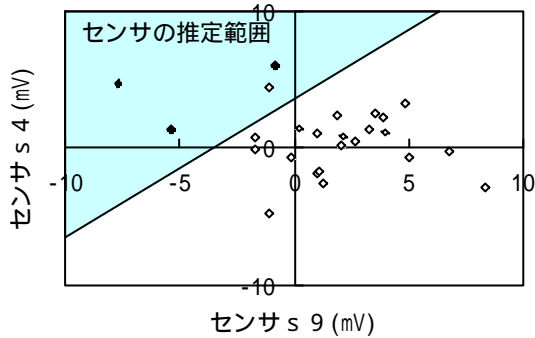


図3 センサによる苦渋の予測

○：審査員が苦渋ありとした酒、●：苦渋なしとした酒味がある」と予測できたのは4点に止まった。しかし、「苦渋」は、s9とs4のセンサ測定値を使って、苦渋がある3点の酒と無い酒21点を正確に予測し、1点の酒の予測を誤るだけであった(図3)。

#### 4 考 察

今回使用したセンサの中には、測定開始直後の測定値だけ、後の測定値と離れるものがあった。これは保存液と清酒では、センサを浸した際、センサ膜への吸着量の差が大きすぎ、センサが安定状態になるまで時間を要するためと考えられる。また、測定値の再現性を高めるため、補正用の清酒を使用しているが、空気中に長く放置すると酒質が変化したり、測定時期が異なると、補正值が変わることが懸念される。安定な物質で合成した補正液に替えのが望ましいと思われる。

7項目の官能評価値を主成分分析した結果、以下の様に考えられた。第1主成分は「味の濃淡」が根幹になっている。「味が濃い」と同じ方向に「老香味」と「苦渋」が位置することは、熟成が進めば味が濃い方向に向かうことや、適度な苦渋味は味の濃さを助長することと合致している。第2主成分は「甘さ」を表している。ただし、甘い対局は、「辛い」でもあり「酸味が離れる」でもある。第3主成分は、「酸味が離れる」と「老香味」が対局しているので「爽やかさ」とする。酸味があると爽やかさが増し、酒が熟成すると「くどさ」が出て爽やかさがなくなる。第4主成分は主に「苦渋」を表している。第5、6、7主成分は明確な意味づけができなかった。

以上ことから、審査員は「味の濃淡」「甘さ」「爽やかさ」「苦渋」という観点で清酒を判別していると考えられた。ただし、消費者へ酒質を伝えるなら、苦渋は「まるやかさ」とし、ビターとマイルドという表現を使うのが望ましいと思われる。苦渋が強い酒という表現は、消費者へ悪いイメージを与えかねないからである。

つぎに、センサ測定値を使って、各主成分の因子得点すなわち審査員の4つの観点をセンサで予測した。因子得点と予測値の重相関係数が高く、十分な予測精度が得られたのは、「甘さ」と「爽やかさ」である。この項目は消費者にも分かりやすく、有用性があると思われる。この2つの予測にはセンサを7本使っているが、測定装置に1度に装着できるセンサの数は限られていることから、より少ない本数で予測できることが望ましい。また、今回「味の濃淡」と「苦渋」は、重相関係数が低く推定精度が低かったが、前者は今回使用しなかった疎水性膜を使ったセンサで対応できることが判っている<sup>3)</sup>。

苦渋は、その「強さ」を高い精度で予測することはできなかったが、苦渋の「有無」は2本のセンサを使うことで予測可能と思われる。最近では原料米の精白度が上がり、苦渋を指摘される酒が散見されるようになっており、製造管理用としての有用性はあると思われる。しかし、今回は官能評価で苦渋があると判定された清酒が少なかったことから、サンプル数を増やし再試験する必要がある。

「酸味」は第2、3主成分等に分散したが、消費者が分かりやすい言葉と思われるので、酸味の強さを予測した。酸味は、3つのセンサ測定値から算出した値と審査員の判定との重相関係数が高く、センサで予測できたと思われる。

今回、Diocetyl phenyl-phosphonate、Phosphoric Acid Di-n-decyl Ester等を含む膜を用いたセンサを使うことで、「甘さ」と「苦渋」を初めて予測できた。さらに、苦渋の強さの感知や、甘さを少ないセンサ数で予測できるよう検討する。

#### 5 結 語

今回、複数の脂質を含む膜を用いた味覚センサを導入し、清酒を測定したところ再現性のある測定ができた。一方、審査員の官能評価を主成分分析した結果、「味の濃淡」「甘さ」「爽やかさ」「苦渋」という観点で清酒を判別していると考えられた。その内、「甘さ」と「爽やかさ」をセンサで予測できた。また、「酸味の強さ」と「苦渋味の有無」も予測可能であった。「甘さ」と「苦渋味」は今回初めて予測できるようになり、新規センサの導入効果が認められた。今後は、少ないセンサ数で「甘さ」や「苦渋の強さ」に対応できるよう検討する。

本研究の遂行するにあたり、人工脂質膜センサを開発、提供していただいたアンリツ株式会社に深謝します。ま

## 味覚センサによ清酒の測定

た、測定値の解析等に協力していただいた池崎秀和氏、東久保理江子氏に深謝します。

勝史、前田紀寛：アンリツテクニカル 71,159-166 (1996)

2) 浅野紀夫：統計・分析手法とデータの読み方、日刊工業新聞社(1996)

### 文 献

1) 池崎秀和、駒井寛、内藤悦伸、東久保理江子、佐藤

3) 中山繁喜、櫻井 廣：本誌、5、103 (1998)

## 次世代型水稲(西海187号、北陸183号)の酒造適性評価

高橋 亨\*、櫻井 廣\*

次世代型水稲の利用技術開発のため、西海187号、北陸183号について清酒醸造を目的とした適性評価を行った。西海187号は、原料米の分析値、酒化率、酒質が劣ることから、対照に用いたトヨニシキに比べ醸造適性は劣ることが明らかになった。一方、北陸183号は、酒化率は劣るが酒質は対照より良好だった。また、製成酒のアミノ酸度が低くなる特徴があり、従来の清酒と異なるタイプのアルコール飲料の開発の可能性が示唆された。

キーワード：次世代型水稲、西海187号、北陸183号、醸造適性

## Evaluation in Brewing Aptitude of New Types of Rice Grains

TAKAHASHI Tohru and SAKURAI Hiroshi

We have studied the brewing examination of new types of rice grains, *Saikai 187* and *Hokuriku 183*. The analysis of the raw material rice and the quality of sake indicate that the brewing aptitude of *Saikai 187* was inferior to that of control *Toyonishiki*. On the other hand, the brewing aptitude of *Hokuriku 183* was better than that of control in the quality of sake, and amino acidity of sake made from *Hokuriku 183* was low. The possibility of developing new alcoholic drinks is suggested.

keywords : new type of rice grain, *Saikai 187*, *Hokuriku 183*, brewing aptitude

### 1 緒 言

農業の国際化と労働力の減少・高齢化、消費者ニーズの高度化・多様化が進行する中で、今後の稲作は高品質化はもとより大幅な省力化と低コスト化を図り、国際競争力を強化するとともに、環境保全の視点から、農薬等化学資材の使用量を合理的に減じた低投入型の栽培を目指す必要がある。このため、耐病性や耐冷性、直播適性や高品質多収といった特性を有する画期的新品種の創出プロジェクトが、農林水産省農業研究センターを中心として行われている。これら画期的新品種(次世代型水稲・ミラクルライス)の創出と並行して、新規形質米の用途別利用・高度利用を図るため、各種加工適性の評価が行われており、酒類への利用もその一つとなっている。

今回、我々は西海187号、北陸183号の2系統の次世代型水稲について実地醸造試験を含む醸造適性の評価を行ったので、ここに報告する。

### 2 実験方法

#### 2-1 供試原料米

今回使用した次世代型水稲は、平成11年産西海187号(農水省九州農業試験場)、北陸183号(農水省北陸農業試験場)の2品種である。また、対照として平成11年産トヨニシキ(岩手県産)を用いた。米の特徴と

して西海187号は大粒・多収系統であり、北陸183号は低グルテリン米である。

#### 2-2 原料米分析

原料米は酒造用原料米全国統一分析法(以下酒米統一分析法と呼ぶ)<sup>1)</sup>に準じて分析した。

#### 2-3 清酒醸造試験

清酒醸造試験は総米442kg(精米歩合60%)で行った。麹米はトヨニシキとし、掛米に試験米を使用した(表1)。製成酒は国税庁所定分析法<sup>2)</sup>に基づいて分析した。酒質は平成11酒造年度岩手県新酒鑑評会審査員11名により5点法で評価した。数字の小さい方が優良であり、対照であるトヨニシキは3点とした。

表1 清酒醸造試験仕込配合

	初添	仲添	留添	計
総米(kg)	88	145	209	442
蒸米(kg)	66	119	169	354
麹米(kg)	22	26	40	88
汲水(l)	130	180	264	574

・30%アルコール使用量：380ℓ/t白米

・酵母仕込(協会901号)による3段仕込

\* 醸造技術部

3 結果および考察

3-1 原料米分析

原料米分析結果は表2のとおりであった。

表2 酒米統一分析法による分析結果

	トヨニシキ	西海187号	北陸183号
玄米千粒重(g)	22.4	28.9	27.3
20分吸水(%)	28.5	24.3	26.3
120分吸水(%)	31.4	27.9	28.8
蒸米吸水(%)	36.5	31.8	32.2
糖度(Brix)	10.9	9.4	10.0
F-N態窒素(ml)	0.82	0.70	0.49
粗タンパク質(%)	4.59	5.54	5.35
精米時碎米率(%)	8.9	45.7	28.9

一般に酒造好適米の条件として、大粒で心白があること、もろみでの溶解性がよいこと、タンパク質が少ないこと、無効精米歩合、碎米の発生が少ないことが挙げられる。の大粒であること、は、斉藤らの原料米の酒造適性を推定する方法<sup>3)~5)</sup>に基づいて評価した。なお、トヨニシキは酒造好適米ではないため、玄米千粒重等斉藤らの酒造適性推定法の数値に当てはまらない項目がある。また、については、これまで酒造適性を評価する明確な基準がないことから、対照と比較し経験的に判断した。

西海187号は玄米千粒重が大きすぎることで、20分吸水、糖度の値が低いことから、酒造適性は劣る。精米時碎米率が大いなのは玄米千粒重が大きすぎることも一因と考えられるが、米の品質や籾の乾燥条件等によっても左右される項目であり、今回の結果のみで「精米性が悪い」とはいえない。

北陸183号の玄米千粒重、20分吸水、糖度は適正な範囲である。粗蛋白質は多いが、麹のプロテアーゼによって分解されるグルテリン含量が少ない低グルテリン米のため、F-N態窒素はかなり低く抑えられている。精米時碎米率が高いが、上述のように米の品質や籾の乾燥条件等によって左右される項目であり、今回の結果のみで「精米性が悪い」とはいえない。

3-2 清酒醸造試験

原料処理において西海187号は蒸米で硬いところと軟らかいところのムラが認められた。北陸183号の蒸米は比較的サバケも良く、大きな問題は感じられなかった。

もろみ品温経過、BMD値をそれぞれ図1、図2、清酒製造事績及び製成酒成分は表3、試験酒求評結果は表4に示した。

西海187号のもろみ経過は、やや溶けすぎでもろみ中期にキレが鈍り、もろみ日数がやや長めになった。これは、精米時に米がかなり砕けたことによるものと考え

られた。北陸183号のもろみ経過はほぼ順調に推移した。また、両試験品種とも対照に比べ粕歩合が高く、酒化率も悪かった。

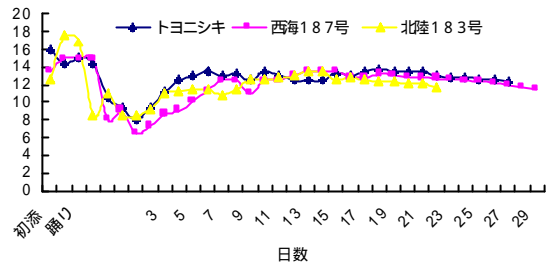


図1 もろみ品温経過

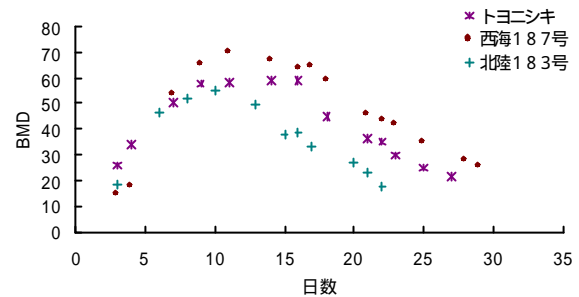


図2 BMD値

表3 清酒製造事績及び製成酒成分

	トヨニシキ	西海187号	北陸183号
もろみ日数(日)	26	29	22
製成数量(l)	1,038	1,014	972
アルコール濃度(%)	20.3	19.1	18.2
滴定酸度(ml)	2.2	2.1	1.7
アミノ酸度(ml)	1.2	1.8	0.4
日本酒度	+ 0.5	- 1	- 0.5
アルコール収得量(l/t)	363	324	285
粕歩合(%)	35.4	41.8	47.6

表4 試験酒求評結果

品 種 名	1	2	3	4	5	平均点
西海187号	0	1	4	5	1	3.55
北陸183号	1	6	2	2	0	2.45

製成酒の酒質は、西海187号は少々雑味があり後口が重いと評価され、評点も平均3.45点であった。北陸183号はスッキリ、キレイと評価する審査員が多く評点も平均2.45点と対象より良かった。また、特徴的な酒質であり、新商品開発が見込めるのではないかといい意見もあった。

5 結 語

西海187号、北陸183号の2品種について、清酒醸



造試験を含めた酒米適性を評価した。

西海 187 号は玄米千粒重、20 分吸水、消化性に問題があり、もろみ管理にやや難点があり酒化率も悪く、きき酒の成績もやや劣ることから、酒造にはあまり適さない品種である。

北陸 183 号はもろみでの溶解性が悪い事から酒造用原料米としての評価はやや劣る。しかし、製成酒は対照より評価も良く、その酒質は非常に特徴的である事から、新商品用の原料米として価値がある。

また、両品種とも精米時の碎米発生がひどい。碎米発生は米の性質もあるが、気象条件や乾燥方法等によっても大きく影響される。今回の試験結果のみで「割れ易い米」とは言い切れず、複数年にわたる調査が必要である。

本研究は農林水産省「画期的新品種の創出等による次世代水稻技術構築のための基盤的総合研究」の一環として行ったものである。また、精米にあたって協力いただきました高橋酒造店高橋久社長はじめ関係各位に感謝します。

#### 文 献

- 1) 酒米研究会：酒造用原料米全国統一分析法 (1996)
- 2) 注解編集委員会編：第 4 回改訂 国税庁所定分析法 注解，日本醸造協会(1993)
- 3) 齊藤博之，西澤直行：醸協，**91**, 737 (1996)
- 4) 齊藤博之，谷口 肇：醸協，**90**, 387 (1995)
- 5) 齊藤博之，西澤直行：醸協，**91**, 123 (1996)

## [ 研究報告 ]

# 交雑育種酵母によるぶどう酒製造試験\*

平野 高広\*\*、櫻井 廣\*\*\*

交雑育種したワイン酵母を使用してワイン醸造試験を行い、醸造適性の評価を行った。使用酵母は、県内で広く使用されているワイン酵母 *Saccharomyces cerevisiae* EC-1118 と L-2226 を親株として育成した交雑育種株 6 株とし、対照に親株 2 株と W3 を使用した。ワイン醸造試験の原料にはリースリング・リオン種ブドウを使用した。醸造試験の結果、多くの交雑育種株において果実様の芳香成分が親株よりも多かった。官能試験の結果、数種の交雑育種株は親株よりも高い評価を得た。交雑育種株は、ワインの多様化や個性化に対応できる優良ワイン酵母であることが示唆された。

キーワード：交雑育種、ワイン酵母、*Saccharomyces cerevisiae*

## Enological Characteristics of Wine Yeasts

### Constructed by Hybridization

### between *Saccharomyces cerevisiae* EC-1118 and L-2226

HIRANO Takahiro and SAKURAI Hiroshi

Six hybrids were constructed from two wine yeast strains, *Saccharomyces cerevisiae* EC-1118 and L-2226, generally used for wine making in Iwate prefecture. Enological characteristics of the hybrids were investigated by 6.0 l-scale brewing with Riesling Lion grape must. The components of the aroma, like the fruits, in the wines produced by some of the hybrids were higher than that by the parents. The sensory test indicated that wines produced by some hybrids were higher than the parents were. It was suggested that the hybrids are superior wine yeast, which can deal with diversification and individualization of the wine.

key words: hybridization breeding, wine yeast, *Saccharomyces cerevisiae*

#### 1 緒 言

ワインの酒質は原料となるブドウの品種・品質に大きく左右され、酒質向上の研究もブドウの品種、栽培技術、果汁の前処理などの製造プロセスの改良がほとんどで、主発酵を担うワイン酵母のワイン品質への傾向は過小評価される傾向にあった。しかし、近年、ワインの品質や性質を大きく左右する味や香りの成分は、原料ブドウ由来だけではなく、酵母の代謝により変化すると報告が相次いでおり<sup>1-4)</sup>、ワイン醸造における酵母の重要性が

見直されるようになってきた。

岩手県内では白ワイン用酵母として EC-1118、赤ワイン用として L-2226 などが使用されているが、ワインの高品質化、個性化の両面から、オリジナルワイン酵母の出現が望まれている。本報告では、昨年作成した交雑育種株 4 株と（財）生物工学研究センターで開発された交雑育種株 2 株を使用して、ワイン醸造試験を行い、その醸造適性の解明を試みた。

---

\* 交雑育種酵母によるぶどう酒製造試験 第2報

\*\* 醸造技術部（現在 応用生物部）

\*\*\* 醸造技術部

2 実験方法

2-1 供試菌株

EC-1118とL-2226を親株として交雑育種したK0-3、K0-7、K0-10、K0-11、K0-12、K0-13を使用した。対照には、親株であるL-2226、EC-1118および代表的なワイン酵母であるW3を使用した。

2-2 ワインの醸造試験

前培養菌株は、121 で15分間殺菌したぶどう果汁に供試菌株を接種し、25 で3日間静置培養して調製した。亜硫酸100 ppmを含むリースリング・リオン種ブドウ果汁6.0 lを10 l容ステンレス製発酵容器に入れ、各供試酵母菌株の前培養液5 v/v%を接種し、15 で発酵させた。補糖は結晶ブドウ糖を使用し、補糖後の糖度(Brix°)が22になるように発酵4~5日目に行った。発酵期間中、品温と果醪の糖度(Brix°)を毎日測定した。完全発酵を目標とし、糖度(Brix°)が8.0未満になったところで発酵を終了した。発酵終了後、メタ重亜硫酸カリウムを亜硫酸量で50 ppm添加し、麻布で濾過して10 で保存した。分析には主に膜濾過(孔径0.20~1.0 μm)したワインを用いた。

2-3 果汁、ワインの一般分析

比重、エキス分、アルコール、pH、直接還元糖、総酸、色度、総亜硫酸(t-SO<sub>2</sub>)、遊離型亜硫酸(f-SO<sub>2</sub>)、有機酸、低沸点香り成分は前報<sup>5)</sup>に示した方法で分析した。

2-4 官能試験

官能評価は、山梨県果樹試験場で行っている官能検査法<sup>6)</sup>に従って行った。すなわち、色調1点、清澄度1点、香り6点、味10点の計18点満点で採点したものを10点満点に換算して評価した。パネラーは当センター職員の4人で1999年4月12日に行った。

3 実験結果

3-1 ワインの醸造試験

発酵中の糖度(Brix°)の日変化を表1に示した。

K0-3、K0-7、K0-12は、EC-1118と同様の経過をとり、9日目でBrix°が8.0未満となったため、発酵終了とした。K0-11は、W3と同様の発酵経過で、もろみ日数は10日間であった。若干発酵が遅れたK0-13とL-2226のもろみ日数は11日間で、K0-10は12日間であった。EC-1118とL-2226の発酵速度は昨年の結果とほぼ等しかったが、交雑育種株の発酵経過は必ずしも一致しなかった。

表1 発酵経過(糖度Brix°の日変化)

菌株	発酵時間(日)												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
K0-3	17.7	17.0	16.4	13.6	14.2	11.4	9.6	8.8	7.7				
K0-7	17.4	16.6	15.8	12.8	13.7	11.2	9.4	8.5	7.5				
K0-10	17.4	16.5	16.0	14.3	16.0	14.1	12.6	11.4	10.0	8.7	8.4	7.6	
K0-11	17.4	16.7	15.7	12.7	14.2	11.8	10.2	9.2	8.0	7.5			
K0-12	17.8	17.3	16.1	12.8	13.6	11.6	9.5	8.6	7.6				
K0-13	17.8	17.1	16.3	14.0	15.3	13.0	11.2	10.5	9.0	8.3	7.7		
L-2226	18.0	17.1	16.6	14.4	12.2	13.7	11.8	10.7	8.8	8.1	7.4		
EC-1118	17.8	17.4	16.4	13.3	10.0	11.2	9.5	8.5	7.0				
W3	17.8	17.2	16.3	13.8	11.2	12.1	10.9	9.7	8.4	7.4			

3-2 ワインの分析および官能試験

果汁およびワインの一般成分を表2に、ワインの低沸点香り成分および有機酸成分を表3に、官能試験結果を表4に示した。

官能評価の総合得点は、K0-3が6.53、K0-7が6.81で親株よりも高い評価を得た。K0-11はEC-1118と同点の高い評価であった。交雑育種株のワインは、すべてL-2226やW3より評価が高かった。

アルコール生成量は10.6~12.4 vol.%の範囲であった。アルコール生成量ともろみ日数の両方を比べても、酵母のアルコール発酵力に明確な違いはみられなかった。

酸味が強いとの評価を受けたワインがあったが、交雑育種株のワインの総酸は、親株と同程度であり、顕著な差はなかった。

酸臭が指摘されたL-2226のワインは他よりも酢酸が2~6倍多かった。

バナナの芳香成分である酢酸イソアミルについては、K0-3、7、11、12、13が、メロンの芳香成分であるカプロン酸エチルについてはK0-11、12、13が、親株よりも多く、果実様の芳香が多い傾向であった。K0-7は酢酸エチルが、K0-10はアセトアルデヒドが若干高かった。

官能評価の良かったK0-7は、分析結果においては特に目立った特徴はなかったが、全体的に平均的な値であった。

交雑育種酵母によるぶどう酒製造試験

表2 ワインの一般成分

	アルコール (%)	比重	エキス分	直接還元糖 (g/100ml)	pH	総酸度 (g-酒石酸/100ml)	A <sub>420</sub>	f-SO <sub>2</sub> (mg/l)	t-SO <sub>2</sub> (mg/l)
果汁		1.070		15.9	3.28	0.83	0.619		
KO-3	11.0	0.998	3.20	0.81	3.29	0.82	0.163	0.0	27.0
KO-7	10.6	0.998	3.08	0.81	3.19	0.85	0.132	0.0	25.6
KO-10	12.3	0.997	3.32	0.75	3.20	0.90	0.071	0.0	28.2
KO-11	11.5	0.997	3.08	0.74	3.19	0.87	0.121	0.6	30.2
KO-12	11.6	0.998	3.37	0.81	3.36	0.85	0.192	0.0	24.0
KO-13	11.7	0.996	2.88	0.62	3.28	0.86	0.123	0.8	32.5
L-2226	11.8	0.998	3.43	0.61	3.35	0.87	0.138	0.0	25.6
EC-1118	12.4	0.996	3.08	0.60	3.26	0.86	0.178	0.0	22.1
W3	11.7	0.996	2.88	0.71	3.29	0.85	0.155	0.0	18.6

表3 ワインの低沸点香気成分(mg/l)および有機酸成分(g/l)

菌株	アセトアルデヒド	酢酸エチル	n-ブチルノール	イソブチルノール	酢酸イソアミル	イソアミルアルコール	カプロン酸エチル	高級アルコール	乳酸	酢酸	ピルビン酸	酒石酸	リンゴ酸	クエン酸	コハク酸
KO-3	14.3	35.2	20.2	18.27	3.39	152.3	0.80	190.8	0.19	0.07	0.02	2.64	10.72	0.20	0.48
KO-7	20.0	44.3	14.3	26.53	4.43	174.1	0.87	214.9	0.25	0.09	0.04	3.78	11.42	0.01	0.53
KO-10	47.9	35.7	14.3	18.47	1.61	158.8	0.78	191.5	0.20	0.17	0.06	3.10	10.76	0.02	0.96
KO-11	6.5	37.0	12.6	23.33	4.32	173.6	1.15	209.5	0.23	0.05	0.03	3.41	11.23	0.24	0.50
KO-12	10.7	32.5	13.0	15.54	3.85	153.3	1.33	181.8	0.15	0.09	0.04	2.65	13.41	0.02	0.44
KO-13	15.8	33.3	14.0	13.14	2.99	136.2	1.42	163.4	0.11	0.05	0.03	2.72	10.28	0.02	0.54
L-2226	33.5	36.1	14.1	38.44	2.22	190.7	0.69	243.2	0.19	0.30	0.07	2.19	11.49	0.28	1.02
EC-1118	8.3	35.0	15.7	14.37	2.33	124.6	1.03	154.7	0.20	0.07	0.05	3.03	12.06	0.03	0.55
W3	8.9	35.6	10.3	29.39	5.36	149.6	1.07	189.3	0.10	0.04	0.02	2.76	10.90	0.03	0.49

表4 ワインの官能試験結果

菌株	総合得点	短評
KO-3	6.53	調和している、渋い
KO-7	6.81	味がソフト、バランスが良い
KO-10	5.56	渋い、苦い
KO-11	5.83	酸味が強い
KO-12	5.42	不調和
KO-13	5.69	酸味が強い
L-2226	5.28	酸臭
EC-1118	5.83	ぶなんである、味が薄い
W3	5.14	酸味が強い、渋い

4 考 察

酵母の発酵速度は発酵温度と関係があり、ワイン酵母の発酵型は、低温発酵型、中温発酵型、低・中温の両方で発酵旺盛な3つに分けられる<sup>7)</sup>。L-2226は20 付近の中温で発酵力が高く、15 付近の低温では発酵力が低いことから、主に中温で発酵させる赤ワインに用いられている。これに対してEC-1118は15 の低温発酵性が高く、主に低

温で発酵させる白ワインに使用されている。本試験では15 の低温で発酵させたことから、発酵力が低かった菌株でも中温では発酵力が旺盛になる可能性がある。また、ワイン酵母の発酵速度は、原料ブドウの品種によって異なるため<sup>8)</sup>、他品種での検討も必要である。

前報のナイアガラを原料とした試験<sup>5)</sup>では、発酵によって総酸は減少し、さらに交雑育種株は親株と対照よりも酸の生成が少なかった。リースリング・リオンを原料とした本試験では、酸の生成量に大きな差はみられず、発酵による酸の減少もほとんど確認されなかった。リースリング・リオンのワインは、酸が少ないと味がぼやけてしまうことから、酸が減少しなかった本試験結果は好都合であると考えられた。

前報と上記の結果から、これらの交雑育種株は香味への影響や発酵性だけでなく、ブドウ品種との相性なども異なっており、ワインの多様化・個性化に応えることができると思われた。

5 結 語

EC-1118とL-2226を親株として得た6種の交雑育種株

K0-3、7、10、11、12、13の醸造試験を行った。交雑育種株で作ったワインは、特に香気成分において親株とは異なる特性を有していた。官能評価において親株よりも高い評価を得た株もあり、有望と思われる株を見いだすことができた。

文 献

- 1) 大塚謙一：醸協，70(11)，800(1975)
- 2) 篠原隆：農化，52，309(1978)

- 3) 乙黒親男：醸協，78(3)，214(1983)
- 4) 宇井定春：醸協，72(6)，449(1977)
- 5) 平野高広、泉憲裕、畑山誠、中山繁喜、作山健、櫻井廣：岩手工技セ研報，6，97(1999)
- 6) 山梨県食工試編：葡萄醸造法，p.23(1974)
- 7) 押田明成：醸協，90(5)，381(1995)
- 8) ワイン学編集委員会：ワイン学，p.101，産業調査会(1991)

## 米粉末を原料とする醤油用麹の製麹

畑山 誠\*、櫻井 廣\*

本研究の目的は、産業廃棄物である醤油粕の生成量を減少させることである。そのために小麦の代替原料として、繊維分の少ない米粉末を使用して醤油用麹の製麹を行った。脱脂大豆と米粉末から造られた麹の酵素力価は、通常の醤油麹と比較してほぼ同等の全プロテアーゼ力価を示した。

キーワード：醤油粕の減少、米粉末、全プロテアーゼ

## Kouji Making Used Rice Powder for *Shoyu* Manufacture

HATAKEYAMA Makoto and SAKURAI Hiroshi

The purpose of this study is to decrease the amount of *Shoyu* Cake that is the industrial waste in *Shoyu* manufacture. As a substitutable material of wheat, rice powder which had a little fiber than wheat was used for *Shoyu* Koji making. The total protease activity of Koji made from defatted soy bean and rice powder was nearly equal to that of normal *Shoyu* Koji.

keywords : decrease of *Shoyu* Cake, rice powder, all protease

### 1 緒 言

醤油粕は、醤油製造時に諸味から分離される副産物である。醤油粕の利用に関する研究は様々行われている<sup>1-6)</sup>が、実際には飼料への利用<sup>7)</sup>などが僅かに行われている程度で大部分は焼却ないし産業廃棄物として処理されている。この廃棄物である醤油粕の生成量を減少させる醤油製造法の開発を目的とする。

醤油は大豆、小麦、食塩を主原料とするが、この中で小麦は繊維分を 40 % あまり含む外皮<sup>8)</sup>ごと原料として使われる。この小麦の繊維は大部分が醤油粕に移行すると考えられ、現在の醤油製造法では今以上の粕量の減少は難しいと思われる。そこで通常使われる炒煎割砕小麦を使わない製造法の研究を進めることとした。

本報告では、小麦の代わりに繊維分の少ない米粉末を使った醤油用麹の製麹について述べる。

### 2 実験方法

#### 2 - 1 原料

中国産丸大豆、脱脂加工大豆（味の素製）、国産小麦、

麹麦（日清製粉製）、米粉末として 米粉砕物を用いた。

#### 2 - 2 種麹

（株）秋田今野商店製醤油用 2 号菌を使用した。

#### 2 - 3 原料処理

丸大豆は、手洗いで洗豆し、一晩室温下で水に浸漬した。翌日水を切り、オートクレーブで 121℃、30 分間（最高温度持続時間）蒸煮を行い、40℃位まで手早く冷却した。

脱脂加工大豆は、原料重量に対して 120 % 量の熱水（約 80℃）を散水して 30 分間放置した。これをオートクレーブで 121℃、30 分間蒸煮を行い、40℃位まで手早く冷却した。

小麦は、外皮に割れが出来、やや焦げ目が付くまでフライパンで炒ったものを冷却し、ミキサーで割砕した。

米粉末は、蒸した米をミキサーで粉碎し、420 ミクロンの篩を通過した粉末を用いた。

麹麦は、そのまま麹原料とした。

\* 醸造技術部

2-4 製麹

種麹 150mg を炭水化物原料(割砕小麦、麹麦または米粉) 150 g に倍散した。これらを蒸煮した丸大豆あるいは脱脂加工大豆(それぞれ原料元重量は 150 g) に振り掛け、表面を均一に覆うように両味混合した。混合原料をアルミ製バット(300mm x 230mm) に均一に広げ、恒温恒湿機(日本製粉製パン生地発酵機 U-47) に引き込み、3日麹あるいは4日麹として製麹した。製麹中の品温経過をサーモレコーダーおんどとり Jr. TR-52(ティアンドデイ製)で測定した。製麹の流れを図1に示した。

<b>引き込み</b>	混合原料/バット 0 hr 恒温恒湿機設定 30 98%RH
<b>1番手入れ</b>	21~23 hr
<b>2番手入れ</b>	28~30 hr 恒温恒湿機設定 23 98%RH
<b>3番手入れ</b>	50 hr (3日麹の出麹)
<b>出 麹</b>	70 hr 麹(4日麹)

図1 醤油用麹の製麹

2-5 麹の分析

しょうゆ試験法<sup>9)</sup>に従い、麹の水分、pH、全プロテアーゼ力価、消化率の分析を行った。消化率を算出するための全窒素分の分析は、ケルテックオートサンプラーシステム(tecator社製)で行った。これらの分析には、出麹後直ぐに -30℃ で凍結保存した麹を用いた。なお酵素の水抽出に当たって、麹の粉碎は行っていない。

3 結果と考察

製麹中の品温経過を図2と図3に示した。麹の性状と出麹歩合を表1に、麹の分析結果を表2~5に示した。なお全プロテアーゼ力価の表示は水分を含んだ麹の値であり、乾物換算等は行っていない。

性状的には異常な麹はなかった。米粉の麹は孢子の着生が遅く、色の進みも遅い傾向を示した。

麹水分は39~43%位であり、丸大豆麹では3日麹と4日麹の水分は同程度、脱脂大豆麹では3日麹の方が4日麹より低めの傾向を示した。今井ら<sup>10)</sup>や田崎ら<sup>11)</sup>は機械製麹や麹蓋製麹の出麹水分が、3日麹で35%前後、4日麹で30%前後が多いことを報告している。これと

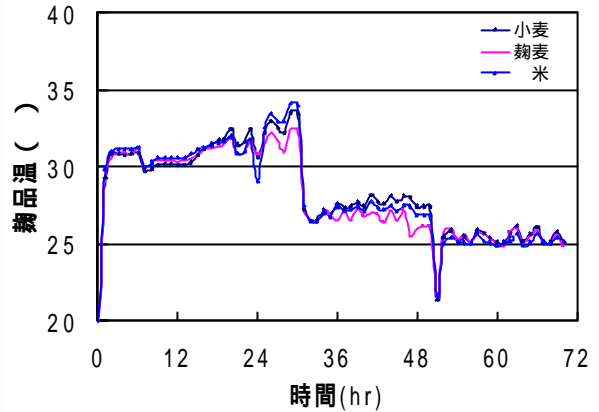


図2 製麹の品温経過(丸大豆麹)

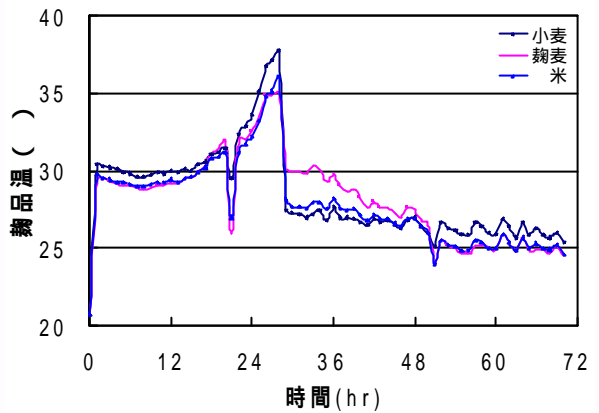


図3 製麹の品温経過(脱脂大豆麹)

表1 麹の性状と出麹歩合(4日麹)

原料組み合わせ	性状	出麹歩合(%)*
丸大豆-小麦	深黄緑色	125
丸大豆-麹麦	深黄緑色、孢子多	120
丸大豆-米	明黄緑色、孢子少	139
脱脂大豆-小麦	深黄緑色	119
脱脂大豆-麹麦	深黄緑色、孢子多	118
脱脂大豆-米	黄緑色	125

\* (出麹重量 / 原料元重量) x 100

表2 水分(%)とpH

原料組み合わせ	3日麹		4日麹	
	水分	pH	水分	pH
丸大豆-小麦	41.1	6.2	41.0	6.0
丸大豆-麹麦	42.2	6.4	42.7	6.3
丸大豆-米	42.0	6.1	42.5	6.0
脱脂大豆-小麦	38.9	6.6	41.6	6.5
脱脂大豆-麹麦	40.2	6.8	43.7	6.8
脱脂大豆-米	39.7	6.3	41.5	6.2

表3 全プロテアーゼ力価

原料組み合わせ	全プロテアーゼ (U/g 麴)	
	3日麴	4日麴
丸大豆 - 小麦	453	395
丸大豆 - 麴麦	593	575
丸大豆 - 米	146	176
脱脂大豆 - 小麦	794	921
脱脂大豆 - 麴麦	569	704
脱脂大豆 - 米	820	831

表4 自己消化麴の液汁の全窒素分

原料組み合わせ	全窒素分 (%)	
	3日麴	4日麴
丸大豆 - 小麦	0.89	0.89
丸大豆 - 麴麦	1.03	1.14
丸大豆 - 米	0.80	0.66
脱脂大豆 - 小麦	1.23	1.18
脱脂大豆 - 麴麦	1.50	1.45
脱脂大豆 - 米	1.16	1.07

表5 消化率

原料組み合わせ	消化率 (%)	
	3日麴	4日麴
丸大豆 - 小麦	82.6	78.5
丸大豆 - 麴麦	80.3	82.9
丸大豆 - 米	84.7	77.8
脱脂大豆 - 小麦	81.2	80.9
脱脂大豆 - 麴麦	88.9	83.1
脱脂大豆 - 米	86.5	79.8

比較すると出麴水分は高いし、出麴歩合も高い。98%RHという湿度設定が工場での製麴と比べて高かった可能性を示唆している。

pHは6.0~6.8であり、4日麴のpHは3日麴と同程度か少し低めであった。また丸大豆麴は脱脂大豆麴よりpHが低めであり、米粉末を原料とした麴のpHは、小麦、麴麦の麴より低かった。

全プロテアーゼ力価は、脱脂大豆麴の方が丸大豆麴より高い傾向を示した。本試験では酵素抽出時に麴粉碎を行わなかった。これは麴を粉碎して醤油諸味を仕込むことは通常行われないことに習ったものである。そのため丸大豆麴は酵素の抽出率も低かったと考えられる。また3日麴と4日麴の力価を比較すると、同等か4日麴の方が少し高い傾向を示した。丸大豆麴では、米粉末を原料とした麴の全プロテアーゼ力価は小麦や麴麦を原料とした麴に及ばなかった。しかし脱脂大豆麴では、小麦や麴麦の麴と同等の全プロテアーゼ力価を示した。

麴を自己消化させたときの液汁の全窒素分は、麴麦を原料とした麴が高く、小麦と米粉末の麴は同程度であった。また3日麴と4日麴の全窒素分は同程度であった。

消化率も、麴麦を原料とした麴がやや高く、小麦と米粉末の麴は同程度の傾向が見られた。しかし3日麴と4日麴の比較では、3日麴の方が少し高い傾向にあった。

作業性として、米粉末は蒸煮した蛋白質原料と混合すると急激な吸湿のため、団子状になり易い欠点があった。特に丸大豆と混合するときは顕著であった。そこでこれを避けるために米粉末を少しずつ振り掛けて混合した。小麦、麴麦の麴には問題はなかった。

#### 4 結 語

本研究は、醤油製造時に生成する廃棄物である醤油粕の量を減少させることを目的としている。そのために原料として通常使われる割砕小麦の代わりに繊維分の少ない米粉末を使った醤油用麴の製麴を行った。

製麴中の品温経過は、芳賀ら<sup>1,2)</sup>の提唱を参考として2番手入れまで30前後、その後は出麴まで25前後となるようにしたかった。しかし2番手入れまでに丸大豆麴で34前後まで、脱脂大豆麴では37前後まで最高温度が上昇した。これは通風制御の出来ない麴蓋製法であったためと思われる。今後は1番手入れ後に温度設定を2程下げること検討する。

丸大豆麴では、米粉末を原料とした麴の全プロテアーゼ力価は小麦や麴麦を原料とした麴の力価に及ばなかった。しかし脱脂大豆麴では、小麦や麴麦の麴と同等の力価を示した。また、消化率を比較しても麴麦を原料とする麴よりはやや低いものの、小麦の麴とは同程度の値を示した。これらのことより脱脂大豆を蛋白質原料とする場合は、米粉末麴で仕込んだ諸味中の蛋白質分解性が通常の諸味と比べ、著しく劣ることはないものと思われる。

今後、製麴についての検討をさらに進め、次の段階として醤油の仕込み試験へと移っていきたい。

#### 文 献

- 1)江口卯三夫：醬研 4(4),142(1978)
- 2)門脇 清：醬研 4(6),237(1978)
- 3)木村延二郎：醬研 5(4),178(1979)
- 4)松田茂樹、湯之上雅子：醬研 23(5),263(1997)
- 5)伊藤良仁、成島千文、米倉裕一、櫻井 廣、荒川善行、大澤純也：岩手県工業技術センター研究報告 5,139(1998)
- 6)畑山 誠、大沢美千代、大澤純也、荒川善行、櫻井 廣：岩手県工業技術センター研究報告 5,199(1998)



- 7) 福間真介：醬研 4(2),69(1978)
- 8) 長尾精一編：小麦の化学(朝倉書店) p.99 (1995)
- 9) しょうゆ試験法編集委員会：しょうゆ試験法  
(日本醤油研究所)(1985)
- 10) 今井誠一、若林 昭、鈴木熊雄：調味科学 13(2),12  
(1966)
- 11) 田崎竜一、渡辺泰男：調味科学 13(4),1(1966)
- 12) 芳賀 宏、佐々木重夫、中村 清、梅田勇雄：醤油  
と技術(日本醤油技術会) 568,1(1968), 569,1(1968)

## 県産ヤマブドウの果汁成分分析および醸造試験\*

平野 高広\*\*、泉 憲裕\*\*\*、作山 健\*\*\*

櫻井 廣\*\*\*\*

県産ヤマブドウの選抜系統または選抜候補系統の7系統について果汁成分を調べたところ、糖、酸、色調などに系統による差が見られた。このうちの3系統で試験醸造したワインは、色調が濃く、酸が多く、渋みのある味でヤマブドウの個性が出ていた。また、発酵前果汁の加熱処理またはマロラクティック発酵を行ったところ、ワインに独特の香味を持たせることができた。

キーワード：ヤマブドウ、系統選抜、ワイン醸造、果汁の加熱処理、マロラクティック発酵

## Must Analysis and Brewing Test of the Clones of YAMABUDO (*Vitis coignetiae* Pulliat) Collected in Iwate Prefecture

HIRANO Takahiro, IZUMI Kenyu, SAKUYAMA Takeshi  
and SAKURAI Hiroshi

Each must of seven clones, which were selection or candidate selection of clones of YAMABUDO (*Vitis coignetiae* Pulliat) made in Iwate prefecture, had individual characters in view of the color and the amount of sugar and acid. The wines made from selected 3 clones were deep in color, sour in taste, and rich in body, and had characteristic qualities of YAMABUDO. Heat treatment of must and malolactic fermentation contributes the wines to the peculiar taste and flavor.

key words: YAMABUDO (*Vitis coignetiae* Pulliat), clone selection, wine brewing, heat treatment of must, malolactic fermentation.

### 1 緒 言

ヤマブドウは岩手県内では葛巻町、安代町、久慈市、大野村などで栽培されている。県内での総生産量は年間100~300トンであり、2007年の生産量は1000トンに達するともいわれている。ヤマブドウを原料とした商品は地域特産品として県内企業や第三セクターの産業開発公社等から、ワイン、ジュース、ジャム、よう

かん等が販売されており、近年の健康志向からその需要が拡大している。しかし、原料ヤマブドウのほとんどが天然物であるため、年毎の収量や品質のばらつきが大きく、その安定供給および高品質化が望まれている。

そこで著者らは前報で、県産ヤマブドウの多収性系統が、ジュースやワインなど県特産品への商品化に適

\* 県産ヤマブドウの果汁成分分析および醸造試験 第2報

\*\* 醸造技術部(現在 応用生物部)

\*\*\* 岩手県林業技術センター 特用林産部

\*\*\*\* 醸造技術部

するか調べる目的で、果汁成分分析および醸造試験を試みた。本報では、優良候補系統について同様の検討を行った。さらに、将来、ヤマブドウ商品の多様化や個性化への要求もあると考え、ヤマブドウワインの酸味や青臭さなどの香味の改变方法についても検討した。

## 2 実験方法

### 2.1 試験樹

県林業技術センター矢巾試験地又は滝沢試験地において、県内から収集したヤマブドウ60系統を垣根仕立て法で栽培している。このうち、多収性系統の「衣川」、「川井1」、「川井4」、「山形2」、高品質果汁系統の「江刺」、多収性の候補系統である「二戸2」、「沢内」を供試した。また、県内に広く普及している「葛巻」を対照系統とした。矢巾試験地で栽培している「衣川」、「江刺」、「川井1」、「川井4」、「山形2」は樹齢6年、結実回数4回で、滝沢試験地で栽培している「二戸2」、「沢内」、「葛巻」は樹齢5年、結実回数3回である。

### 2.2 果汁、ワインの一般分析

比重、エキス分、アルコール、pH、直接還元糖、総酸、低沸点香気成分、色度、有機酸、フェノール性化合物の目安である  $A_{280}$  値の分析は前報<sup>1)</sup>に準じて行った。アミノ態窒素は、ワインをフォルモール法で滴定し、滴定mlを窒素量に換算して求めた。タンニンは後藤ら<sup>2)</sup>の方法で測定した。鉄分は誘導結合スペクトル発光分析装置(PERKIN ELMER JAPAN, Optima3000)で測定した。

### 2.3 ワインの醸造

醸造試験は、「江刺」、「川井1」、「川井4」の3系統を原料に用いた。「川井4」については香味の改变が期待される発酵前果汁の加熱処理法<sup>3)</sup>とマロラクティック発酵<sup>4)</sup>についても検討した。

前培養菌は、121で15分間殺菌したぶどう果汁に酵母 *Saccharomyces cerevisiae* L-2226 を接種し、25で3日間静置培養して調製した。原料ぶどう各10kgを除梗、破砕後、10L容ステンレス製発酵容器に入れた。これに亜硫酸濃度が100ppmになるようメタ重亜硫酸カリウムを添加し、前培養液を加えて温度20でかもし発酵を行った。発酵4日目に糖度(Brix)22~25°まで結晶ブドウ糖で補糖した。発酵後は亜硫酸100ppmを添加し、数日後におり引きした。

発酵前果汁の加熱処理は、除梗・破砕後の果汁を60で30分間加熱処理した後、麻布で濾過して果汁のみとし、アルコール発酵(液仕込み)に供した。(以下「川井4加熱処理」と呼ぶ。)

マロラクティック発酵は、発酵終了後、マロラクティック発酵用乳酸菌 *Leuconostoc oenos* DMS7008 (日本シイベルヘグナー株式会社、ピニフローラ・エノス)

を10mg/l添加して2週間23に保った後、亜硫酸を100ppm添加して発酵を停止した。(以下「川井4MLF」と呼ぶ。)

### 2.4 官能試験

官能評価は山梨県果樹試験場で行っている官能検査法<sup>5)</sup>に従って行った。すなわち、色調1点、清澄度1点、香り6点、味10点の計18点満点で採点したものを10点満点に換算して評価した。パネラーは当センター職員4人で2000年4月12日に実施した。

## 3 実験結果

### 3.1 1999年の気象概況と生育状況

矢巾試験地および滝沢試験地における気象概況を以下に示した。なお、平年値等は盛岡気象台の「岩手県気象月報」<sup>6)</sup>によった。

ヤマブドウの活動期の4~9月の気温は平年より高めに推移し、降水量は763mm(平年比94%)、日照時間は963時間(平年比96%)と平年並みであった。

4、5月の気温は平年より高めであり、発芽期は早めに推移した前年とほぼ同時期であった。5月16日に晩霜が観察され、滝沢試験地ではその影響で花ぶるい(花は咲くが結実しない)が比較的多かった。矢巾試験地では花ぶるいは少なかった。

果実の肥大・熟成期である7、8月の気温は、平年に比べ高く(7月の平均気温の平年差1.4、8月同2.2)降水量は少なかった。日照は平年比93%と平年並みであった。

生育状況を表1に示す。生育期前半は気温が高く、開花期は早かった。生育期後半も気温は高く推移し日照時間も平年並みであったため、果実の登熟はやや早めに進んだ。8月中旬から両試験地ともブドウオオトリバによる食害がみられ、結実量が著しく減少した。

表1 生育状況

系統	開花期	収穫期	結実重量(kg/本)
衣川	5/31	9/30	6.1
江刺	5/29	10/1	6.8
川井1	5/31	9/30	4.0
川井4	5/29	10/1	8.4
山形2	5/29	10/1	2.3
二戸2	6/1	10/6	3.4
沢内	6/1	10/6	2.6
葛巻	6/1	10/7	2.1

\* ) 1本あたり結実重量(Kg)の系統平均値

### 3.2 果汁の分析

試験樹8系統の果汁成分分析を行った(表2)。色度  $A_{430}$  値、 $A_{530}$  値ともに系統間で大きく異なっており、色調も赤色、赤紫色、赤褐色と様々であった。比重は

県産ヤマブドウの果汁成分分析および醸造試験

1.056~1.071、pHは2.77~3.25の範囲であった。味への影響が大きい糖度は還元糖で9.3~15.2g/100ml、総酸は1.01~1.99g-酒石酸/100mlの範囲で、系統差が大きいことがあきらかとなった。フェノール性化合物含量の目安であるA<sub>280</sub>値は0.124~0.586であった。前報<sup>1)</sup>にて果汁分析を行った「衣川」、「江刺」、「川井1」、「川井4」、「沢内」、「葛巻」は、昨年の結果と比べて全体的に糖度が低下し、色度が低い傾向にあった。

3 3 醸造試験

発酵経過を表3に示した。発酵は糖度(Brix°)が8台前半となるまで、もしくは発酵が緩慢になるまで行った。「江刺」と「川井1」はほぼ同じ経過で発酵が進み、発酵16日目で発酵を終了した。「川井4」は他の2系統よりも経過が早く13日間で発酵を終了した。

「川井4加熱処理」は、発酵が停滞した19日目で発酵終了とした。「川井4MLF」は発酵18日目で発酵を終了した。その後のマロラクティック発酵は、2週間で終了させた。

表2 果汁成分

系統	A <sub>430</sub> (x5)	A <sub>530</sub> (x5)	比重	糖度 (Brix°)	還元糖 (g/100ml)	pH	総酸 (g-酒石酸/100ml)	A <sub>280</sub> (x100)
衣川	0.311	0.281	1.060	14.4	11.4	2.77	1.59	0.232
江刺	0.185	0.102	1.071	17.2	15.2	3.12	1.01	0.124
川井1	1.372	1.990	1.064	15.4	10.2	2.96	1.29	0.586
川井4	0.356	0.366	1.069	16.0	14.0	2.86	1.23	0.227
山形2	0.496	0.635	1.064	15.3	12.9	2.87	1.31	0.286
二戸2	0.707	0.776	1.062	15.0	11.4	3.25	1.13	0.331
沢内	0.385	0.348	1.056	13.2	9.3	2.92	1.59	0.187
葛巻	0.423	0.615	1.064	15.4	13.6	2.81	1.99	0.200

表3 発酵経過 (Brix°の日変化)

試験区	発酵日数																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
江刺	17.7	17.2	14.3	11.8	19.4	16.6	15.2	13.9	12.7	12.0	11.2	10.5	9.8	9.3	8.6	8.6			
川井1	15.6	15.2	12.6	9.8	20.4	17.7	15.7	14.7	13	12.4	11.5	10.4	10.0	9.6	9.0	9.0			
川井4	15.7	15.0	13.4	11.8	16.8	14.8	13.3	12.0	10.5	9.6	9.0	8.3	7.8						
川井4H*	16.2	14.6	12.3	10.6	18.6	16.7	15.7	15.3	14.2	13.6	13.3	12.6	11.7	11.4	10.7	10.4	10.4	9.8	9.7
川井4M**	15.5	14.8	13.0	11.4	17.2	15.1	13.2	12.0	10.7	9.7	9.4	8.6	7.8	7.6	7.4	7.6	7.7	7.4	

表4 ワインの一般成分

試験区	アルコール (%)	比重	還元糖 (g/100ml)	エキ ス分	pH	総酸 (g-酒石酸/100ml)	アミノ態窒素 (mg/l)	タンニン (mg/l)	鉄分 (mg/l)	A <sub>430</sub> (x5)	A <sub>530</sub> (x5)	A <sub>280</sub> (x100)
江刺	13.4	0.994	0.27	2.85	3.38	1.03	21.0	880.0	12.2	0.599	0.933	0.483
川井1	13.4	0.997	0.35	3.63	2.95	1.38	21.0	1340.0	8.1	0.947	2.323	0.695
川井4	11.3	0.998	0.29	3.29	2.90	1.31	16.8	580.0	7.0	0.599	1.317	0.456
川井4H*	12.4	1.002	1.68	4.64	2.95	1.29	2.8	1140.0	7.2	0.659	1.556	0.567
川井4M**	11.4	1.003	0.37	4.62	3.01	1.20	40.6	980.0	6.6	0.729	1.185	0.552

表5 ワインの低沸点香気成分(mg/l)および有機酸成分(g/l)

試験区	アセト アルデヒド	酢酸 エチル	n-ブ ノール	イソ ノール	イソ イソミル	イソ アルコール	カ ロニル	乳酸 エチル	酢酸 エチル	ピ リツ酸	酒石酸	リン 酸	ク エン酸	コ ハク酸
江刺	32.55	54.61	10.92	91.87	0.93	451.96	0.48	0.17	0.51	0.05	1.58	10.52	0.53	1.54
川井1	53.33	68.01	10.05	78.90	0.67	381.28	0.40	0.16	0.57	0.03	3.90	10.27	0.73	1.32
川井4	30.28	63.39	9.72	56.13	0.53	292.13	0.56	0.13	0.51	0.04	6.01	10.70	0.35	1.32
川井4H*	28.45	76.96	8.04	53.68	0.69	293.33	0.36	0.12	0.47	0.06	5.89	11.12	0.05	1.52
川井4M**	24.03	37.78	6.60	48.70	0.24	265.54	0.30	0.78	0.49	0.04	3.83	6.80	0.35	1.33

\* ) 川井4 発酵前果汁の加熱処理

\*\* ) 川井4 マロラクティック発酵

表6 官能試験結果

試験区	総合得点	短評
江刺	6.5	こくがある。酸味が強い。まろやか。
川井1	5.7	渋い。ヤマブドウらしさがある。
川井4	5.8	酸味が強い。渋い。
川井4 加熱処理	6.4	香りにくせがある。さっぱりして飲みやすい。
川井4MLF	5.6	酸味が浮く。まろやかである。独特の香味がある。

### 3 4 ワインの分析

一般成分を表4に、低沸点香気成分および有機酸成分を表5に示した。アルコールは11.3~13.4 vol.%であった。エキス分は2.85~4.64と一般的な赤ワインよりも高い値を示した<sup>7)</sup>。pHは2.90~3.38で果汁のpHと同等か若干高かった。フェノール性化合物含量の目安となる $A_{280}$ 値は0.483~0.695の範囲で、一般的な赤ワインよりも多かった<sup>7)</sup>。総酸は1.03~1.38 g/酒石酸/100mlと国産赤ワインの平均値よりも高い値を示した<sup>7)</sup>。成分、色調とも全体的に濃厚でヤマブドウの個性が生きていた。また一般的な赤ワインよりも鉄分の量が多かった<sup>8)</sup>。「江刺」は他よりも低酸、高pHで、特に鉄分が多かった。「川井1」はタンニンが約2倍多かった。「川井4 加熱処理」および「川井4MLF」は、若干減酸されており、エキス分が増えていた。加熱処理はアミノ態窒素を1/6に減少し、タンニンと残糖を増加させた。またマロラクティック発酵によってアミノ態窒素とタンニンが約2倍に増えた。

低沸点香気成分は、全体的に一般的なワインに比べてn-プロパノールが低くイソアミルアルコールが若干高い傾向にあった<sup>9)</sup>。マロラクティック発酵によって香気成分は全体的に若干減少していた。加熱処理による香気成分の変化はほとんど確認されなかった。

有機酸成分は、全体的に一般的な値よりもリンゴ酸が多かった<sup>10)</sup>。「川井4MLF」では乳酸菌によるリンゴ酸の減少および乳酸の増加が確認された。

### 3 5 官能試験

官能試験結果を表6に示した。総合得点は5.6~6.5の範囲で、「江刺」と「川井4 加熱処理」の評価が高かった。「江刺」は酸味が指摘されているが、まろやかであるとの評価もあり、低酸、高pHが評価につながったと思われる。「川井4 加熱処理」はさっぱりして飲みやすいと評価された。これは総酸の減少だけでなくアミノ態窒素が減ったことで味が軽くなったためと思われる。またヤマブドウの青臭さが消えたとのコメントもあった。「川井4MLF」はまろやかと評価されており、これは総酸の減少だけでなく、リンゴ酸の減少と乳酸の増加によると思われる。しかし「川井4MLF」は独特の香味を持っており、パネラーによって評価が大きく分かれた。

## 4 考 察

本研究で醸造したヤマブドウワインは、フェノール性化合物含量が多く、その抗酸化効果も期待できた。また鉄分の量も多くヤマブドウの健康効果について興味を持たれた。また、色や香味だけではなくタンニンや鉄分の含量も系統による違いがあった。

発酵前果汁の加熱処理は、アミノ態窒素を急激に減少させ、味を軽くさせる効果があった。これは加熱処理によってペプチドが凝集(変性)し、これが濾過の過程で除去されたためと考えられた。

マロラクティック発酵はpH3.3以上のもろみで起こる<sup>11)</sup>と報告されているが、本研究ではpH3.0付近でも確認された。マロラクティック発酵によるアミノ態窒素の増加は酵母の自己融解によるものと思われる。

## 5 結 語

県内から収集したヤマブドウの中から選抜した優良候補系統を対象に、果汁成分分析ならびに醸造試験を行った。また、ワインの香味の改変を目的とした果汁の加熱処理またはマロラクティック発酵を試みた。試験したすべての果汁およびワインは、系統由来と思われる個性を持つとともに、ヤマブドウらしい濃色、酸味、渋味を有していた。また果汁の加熱処理やマロラクティック発酵は、ワインに独特の香味を付与し、青臭さや酸味を除去する効果があった。この結果は商品の性質に適した系統や醸造方法を選択使用できることを示しており、県特産品の原料としての可能性をさらに広げることにつながると思われる。

なお、県林業技術センターでは、県のオリジナル品種として「江刺」を「いわてやまぶどう1号」、「川井4」を「いわてやまぶどう2号」と命名して品種登録申請中である。

## 文 献

- 1) 平野高広、泉憲裕、畑山誠、中山繁喜、作山健、櫻井廣：岩手工技セ研報，6，97(1999)
- 2) 後藤(山本)奈美、安井孝、戸塚昭：醸協，89(12)，989(1994)
- 3) ワイン学編集委員会：ワイン学，p.88(1998)
- 4) 小原巖：醸協，57(12)，12(1962)
- 5) 山梨県食工指編：葡萄醸造法，p.23(1974)
- 6) 日本気象協会盛岡支部：岩手県気象月報(1999)
- 7) 国税庁醸造研究所：醸造研究所報告，170，13(1998)
- 8) 女子栄養大学出版部：食品図鑑，p.460(1995)
- 9) 篠原隆：化学工業，48(2)，35(1997)
- 10) 大塚謙一：醸協，70(7)，463(1975)
- 11) 原川守：醸協，92(10)，709(1997)

## ニュータイプのひつつみ製造とその評価

関村 照吉\*、荒川 善行\*

女子高校生を対象に、手作りひつつみと機械造りひつつみでひつつみ鍋を、また、カレーを包あんしたニューひつつみでサラダを調理と試食評価をしてもらい、その将来性についてアンケート調査した。その結果、95%の生徒がひつつみを知っており家庭で食べていた。その調理法は、祖母や母から伝えられていた。お土産やスーパーでひつつみを購入するかとの設問では、購入したいとどちらとも言えないが合わせて60%を越えていた。試食アンケートでは、手作りには及ばないものの、機械造りひつつみはかなり良いレベルまで達しているものと考えられた。ニューひつつみサラダは今までになかったものであり、見た目と味が悪かったこともあり評価は低かった。しかし、ひつつみの新しい食べ方の提案として肯定的に評価する意見もあった。キーワード：包あん型ひつつみ、試食アンケート

## Development and Evaluation of the New Type 'Hitsumi'.

SEKIMURA Teruyoshi and ARAKAWA Yoshiyuki

'Hitsumi-nabe' of machine-made 'Hitsumi' and salad of 'Hitsumi' filling curry were cooked and tasted by the woman high school students. Their future were also evaluated. Students of 95% knew and had eaten 'Hitsumi' in the home. The cooking were handed down from grandmother or mother to student. The questionnaire that you want to buy 'Hitsumi' at supermarket or as souvenir gave that over 60% students were yes or neither yes nor no. Machine-made 'Hitsumi' got favorable comments in the tasting questionnaire. This seems to indicate that the machine-made one were catching up to the hand-made one in the quality. The proposal of 'Hitsumi' put in curry estimated affirmatively as a new type 'Hitsumi' though this 'Hitsumi' was rated low because of its outside appearance and taste. key words: Hitsumi filling curry, sensory test

### 1 緒 言

筆者らは、これまでひつつみを工場レベルで大量生産する目的で「手作り風ひつつみの機械化生産技術開発」の研究<sup>1)</sup>に取り組んできた。その中で、ひつつみはどちらかと言えば年輩者の「郷愁漂う」食事<sup>2)</sup>であり、若い人に受け入れられていないのではないかという意見があった。一方で、ひつつみは主として冬期間の寒い時期にしか食べられていないため、生産量は冬期に集中<sup>3)</sup>している。このため、開発したひつつみ製造法を改良し、夏期商品のアイテムとして冷やして食べることができるカレーやミートソースをあんとした包あん型ニュータイプのひつつみを製造した。これらの機械造りのひつつみは、これまでひつつみを手作りして食べてきた消費者にどの

ように評価されるか調査する必要があった。このため本研究では、女子高生を対象に、機械で製造したひつつみで従来型のひつつみ鍋を、包あん型ニュータイプのひつつみでサラダを調理して試食してもらい、それらの商品としての将来性を明らかにするためアンケート調査を行った。また、これまで調査されたことのほとんどない家庭のひつつみ料理の実態を調査したので報告する。

### 2 実験方法

#### 2-1 試料

ひつつみの原料粉は、(株)府金製粉製(商品名:こなやさんのすいとん粉)を用いた。その諸特性値を表1に示す。

表1 ひつつみ原料粉の諸特性値

	水分(%)	灰分(%)	粗タンパク質(%)	アミログラムの特性値		
				糊化開始温度( )	最高粘度( BU )	ブレイクダウン( BU )
原料粉	12.9	0.38	6.54	62.8	1050	286

\* 食品開発部

2-2 ひつつみ包あん生地の調整法

配合は水分13.5%換算の原料粉100(以下配合は重量%)に対し食塩2とサラダ油1および水55を加え、スーパーニード(さぬき麵機(株)製:AP-6)で10分間ミキシングした。これをポリエチレン製フィルムに入れ1時間以上室温においた(ねかし)ものを使用した。

2-3 あん生地および包あん機の調整法

あん生地に使用したカレーは、ハイツ日本(株)製のスパイシービーフカレー2号缶およびベル食品工業(株)製のレギュラーカレーソースRG2000であった。また別にハイツ日本(株)製のナポリタンソース2号缶でミートソースを包あんしたものを製造した。

あん生地は、皮となるひつつみ包あん生地と同程度の固さか更に柔らかい生地でなければ包あんし難しいため、配合はひつつみ生地と同じ原料粉100に対し、あんとしてカレーまたはミートソースを55を加え、スーパーニード(さぬき麵機(株)製:AP-6)で10分間ミキシングした。これを包あん機(レオン自動機製:CN-111)の所定の場所に投入し表2の条件で包あん型ひつつみを製造した。

表2 包あん機の設定値

回転重合ノズル使用	
固定ノズル先端	10 mm
固定リング	12 mm
囲み型シャッター	5-45型
突出量	3g/個で内包材(あん)1:外包材(かわ)1の割合で調整した。

2-4 ひつつみの調理および試食試験

盛岡市内の学校法人久保学園盛岡女子高等学校(戸蔭健夫校長)の家政科2年生45名、学校法人向中野学園盛岡スコール高等学校(宮本義孝校長)の調理師養成課程23名を対象にひつつみの調理および試食試験を実施した。試食当日に表3の3種類のひつつみ料理を調理し、順次試食して、関係者で組織したニュータイプひつつみ製造技術開発専門検討委員会<sup>4)</sup>で内容を検討したアンケート(用紙省略)に記入してもらった。この時のニューひつつみサラダにはカレーを包あんしたものをを用いた。

また、別に各生徒の家庭で調理しているひつつみ調理法について、同様に委員会で検討した事前アンケート(用紙省略)を実施した。

3 結果および考察

3-1 家庭のひつつみ料理法

ひつつみ試食試験者女子高生の家庭でのひつつみ料理法についてアンケート調査した結果を表4に示した。

両校併せて68名の内、アンケート用紙を提出した生徒は61名であった。このうち95%がひつつみを知っており、88%の生徒がそれぞれ自分の家庭で作っていた。さらに、5%の生徒は飲食店のメニューで見たことがあると答え

ており、若い世代にも知られていて、飲食店でもメニューとして取り上げ始めていることがわかった。家庭で作られているものは、母や祖母が作るものが90%以上で、自分で作るのは3%と少なかった。一般的な家庭料理と同じく、調理法が祖母から母へそして娘へ「母系伝承」しているものと想像された。ひつつみ生地には、粉のほか食塩を入れる家庭が多く、片栗粉(でんぶんの意)3名、サラダ油2名、卵・牛乳・焼酎用の粉(グルテンの意)各1名の回答であった。生地をおく(ねかす)かとの設問では、こねてすぐに作るという生徒が1名、半日ほどおくが1名のほかは2~3時間台所におくという回答が大半であった。ひつつみ1個の大きさは3~4 cmが多かった。また、生地を良く伸ばしてつまむかとの設問では良く延ばすが84%、あまり延ばさないが16%であった。スープはしょうゆが圧倒的に多く、みそを入れるが1名であった。だしは煮干しだしが多く、昆布・鰹だしが続いた。肉は鶏肉が90%以上であり、あり合わせの野菜とキノコ、コンニャク・油揚げ・豆腐と言うような具材を入れる家庭もあり、一般的に言う肉汁にひつつみ生地を入れたものをひつつみ鍋と言っている実態がわかった。そのほかの具材としては、サバの水煮、南部せんべいを入れるとの回答があり、家庭によってバリエーションがあると考えられた。

次に、ひつつみが土産品やスーパーで売っていたら購入するかとの設問では、購入すると思うが約20%、どちらともいえないが40%で、購入すると思わないが40%弱であった。このことは、ニーズに合致した商品を提供すれば、半数以上の60%は購入を検討しても良いと考えていることで、製造業者がさらに的確な消費者ニーズの把握と商品の提供を行う必要があることを示していると考えられた。

岩手の特産品の設問では、南部せんべい、わんこそば、盛岡冷麺、南部鉄器はほぼ100%が知っていた。これに、じゃーじゃー麺、三陸海産物が続き、岩谷堂筆筒と秀衡塗は知名度が30%程度であった。

3-2 ひつつみ試食アンケート結果

カレーを包あんしたニューひつつみの写真を図1に、ひつつみを調理・試食している風景を図2に示した。図1の上段と下段がゆでたもので中段は生のものである。中・下段の断面図でカレーは生地に混合されているのではなく、完全にあんとして中に入っているのがわかる。上段のひつつみは、あんとしてのカレーの分量が多すぎたことと湯通しした後に水さらしをしたため表面の皮が破れ、中のカレーあんが見え外観が悪くなった。

次に、試食アンケート結果のうち、見た目の評価項目を図3に、好き・嫌いの評価項目を図4に示した。試食アンケートは、他の項目として歯応え、のどごし、味の評価も実施したが、見た目や好き・嫌いの項目と同様な傾向であった。(データは省略)

図3の見た目および図4の好き・嫌いの項目いずれも

ニュータイプのひつまみ製造とその評価

手作りひつまみの評価が良く、以下機械造りひつまみ、ニューひつまみの順となった。この理由は、表3に示したように、それぞれの加熱回数・水冷回数が異なり、手作りは生地を手でちぎりながら調理するので、機械造りやニューひつまみよりもその回数が少なく、見た目や食感が良いと考えられる。特にニューひつまみは、加熱・水冷回数が多く、図1に示したように表面の皮が破れたことと試食に用いたカレーの味がひつまみに合わなかったために、良い評価にならなかったと考えられた。別に実施したセンター職員を対象としたカレーを換えた試食試験では、味の項目でも良いとする評価が多く、あんにする具材を吟味する必要があると考えられた。

機械造りひつまみは、手作りひつまみに比較して試食するまでに加熱と冷却工程があるにも関わらず、見た目ではとてもおいしそうからまあまあの評価が多く、好き・嫌いの項目ではどちらかと言えば好きとの評価も多かったことから、商品として一定のレベルまで達していると考えられた。また、ニューひつまみサラダは、ひつまみを冷たくしてサラダとして食べることが試験者にとっては目新しいもので、まだ馴染みの少ないものであったが、新しい提案として評価すると肯定的な意見もあり、今後、内容量や味などを改良すれば、商品の将来性は十分あると考えられた。

表3 試食アンケート用の3種類のひつまみ料理

料理の種類	手作りひつまみ鍋	機械造りひつまみ鍋	ニューひつまみサラダ
材料	スープ ひつまみ生地 ニンジン ゴボウ ハクサイ キノコ ネギ 南部かしわ	スープ 機械製造ひつまみ ニンジン ゴボウ ハクサイ キノコ ネギ 南部かしわ	マヨネーズ カレーを包あんしたニュータイプひつまみ レタス キュウリ トマト 南部かしわ
生地の処理	生地を適当な大きさにちぎり鍋に直接入れて作る。	ひつまみを機械で造り、ゆでて水冷し包装後殺菌する。これを冷凍保存した。これを自然解凍し鍋に入れてつくる。	ひつまみの中にあんとしてカレーを入れたひつまみを機械で造り、ゆでて水冷し包装後殺菌するこれを冷凍保存した。これを自然解凍後湯通して水冷してサラダをつくる。
大きさ	不均一	生で約5g	生で約3gその重量の約60%がカレー
試食までの加熱と水冷の回数	加熱1回水冷なし	加熱3回水冷1回	加熱3回と水冷2回

表4 各家庭のひつまみ料理法（一部省略）

ひつまみを知っているか。	知っている 95	知らない 5			
ひつまみを何で知りましたか。	家庭で作っている 88	お土産でもらった 0	飲食店のメニューで見た 5	その他 7	
ひつまみは主に誰が作りますか。	母 59	祖母 34	父 3	自分 3	
ひつまみ自体には、小麦粉と水以外に何か入れますか。	食塩 59	片栗粉 34	サラダ油 3	卵 3	牛乳 3
生地はどこに・どのぐらいの時間ねかしますか。	台所 59	冷蔵庫 34	すぐ～5時間 3	2～3時間が多い 3	
ひつまみ1つの大きさはどのぐらいの大きさですか。	2～8cm 84	3～4cmが多い 16			
ひつまみは水などをつけて延ばしますか。あまり延ばさないでちぎりますか。	延ばす 84	あまり延ばさない 16			
ひつまみのスープについて、だしは何で取ることが多いですか。	煮干し 92	昆布 8	鰹だし 8		
スープはしょうゆ、みそ、その他のいずれの 때가 多いですか。	しょうゆ 92	みそを少し入れる 8			
お肉は鶏、豚、牛のいずれの 때가 多いですか。	鶏 92	豚 8			
野菜類は何が入りますか。	ジャガイモ 92	ニンジン 8	ハクサイ 8	ゴボウ 8	ネギ 8
キノコ類は何が入りますか。	キヤベツ 92	ミョウガ 8	タマネギ 8		
その他具材に何か入れますか。	シイタケ 92	マイタケ 8	ナメコ 8	シメジ 8	エノキ 8
我が家のオリジナルではないかと思うものがあたら教えてください。	こんにやく 92	油揚げ 8	豆腐 8		
ひつまみの土産品があたら購入したいと思いますか。	焼酎用の粉 92	サバの水煮を入れる 8	南部せんべいを入れる 8		
ひつまみがスーパーにあたら購入したいと思いますか。	思う 23	思わない 37	どちらとも言えない 40		
岩手県の特産品で、知っているもの	南部せんべい 100	盛岡冷麺 98	わんこそば 100	じゃーじゃー麺 85	
	三陸海産物 62	岩谷堂筆筒 28	南部鉄器 98	秀衡塗 32	





図1 カレー包あん型ニューひつまみ



図2 調理・試食風景

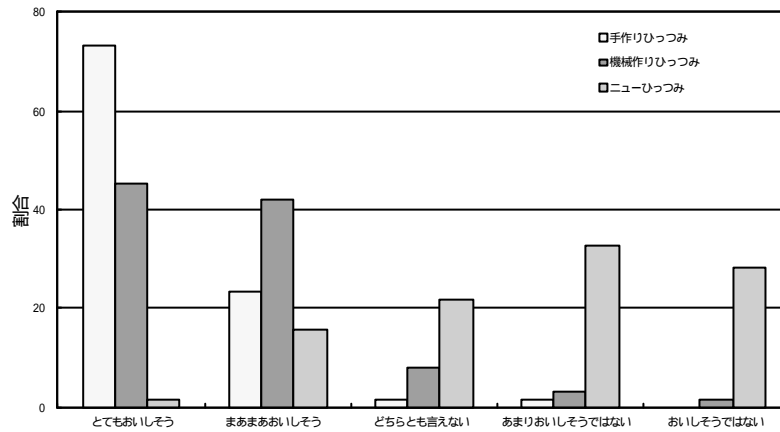


図3 試食アンケート結果(評価項目:見た目)

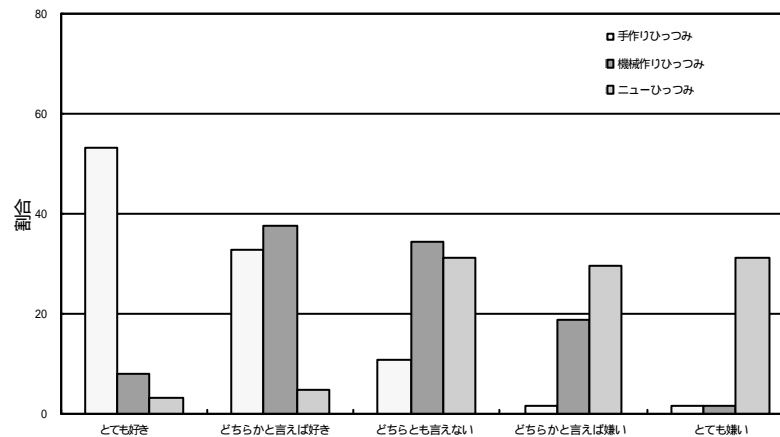


図4 試食アンケート結果(評価項目:好き・嫌い目)

文 献

- 1) 関村照吉, 荒川善行: 本誌, 6, 101 (1999)
- 2) 岩手の食事: 農山漁村文化協会(1984)
- 3) 「ひつまみ・旬」振興アクションプラン: 岩手県(1999)

- 4) ニュータイプひつまみ製造技術開発専門検討委員会: 平成11年度フードシステム連携強化・循環組織化推進支援事業(平成11年10月20日設置)

## 冷凍および生ひつつみの製造とその留意点

関村 照吉\*、荒川 善行\*

ゆでひつつみは、消費される段階で食感が悪くなっていることが多い。そこで、製造中にゆで工程の無い生ひつつみを加水量30、35、40%で製造した。また、冷凍保存は流過程でほとんど品質劣化が無いと言われているため、ゆでひつつみを-5と-80 に冷凍保存して食感に与える影響を検討した。その結果、生ひつつみは、加水量30%以下では麺帯にできず、40%では固まりになってゆでることができなかった。このことから、食感と保存性を考慮して適正な加水量決める必要があり、更に、この加水範囲ではエタノールと脱酸素剤が必要と考えられた。冷凍ひつつみは保存12日後の結果では、-5 で保存したものは氷晶が大きかったが、-80 のものと外見と食感の差はなかった。しかし、品質劣化を最小限にするため、冷凍めんの品質・衛生基準に準じる必要があると考えられた。

キーワード：ゆでひつつみ、生ひつつみ、冷凍ひつつみ

## The Attention Point for Making Frozen and Non-boiled 'Hitsumi'.

SEKIMURA Teruyoshi and ARAKAWA Yoshiyuki

The texture of boiled 'Hitsumi' sometimes deteriorates at the cooking. So the texture of non-boiled 'Hitsumi' was tested which was made with the added water of 30, 35 and 40% of the weight of the flour. In addition, the texture of frozen boiled 'Hitsumi' preserved at -5 and -80 was also examined. Non-boiled 'Hitsumi' didn't form dough belt under 30% of added water. At 40%, it changed to dumping mass and could not be cooked. The suitable amount of water added to 'Hitsumi' should be decided considering the texture and the preservation, and ethanol and oxygen absorbent was thought to be required to maintain the quality of the 'Hitsumi'. Frozen 'Hitsumi' at -5 for 12 days gave the same appearance and texture as the -80 one, though the bigger ice crystal was found. But the quality and sanitary standard of the frozen noodle must be followed to minimize the quality degradation of frozen 'Hitsumi'.

key words: non-boiled Hitsumi, boiled Hitsumi, frozen Hitsumi

### 1 緒 言

筆者らは、ひつつみを工場レベルで大量生産するため「手作り風ひつつみの機械化生産技術開発」の研究に取り組み、機械化生産技術<sup>1)</sup>とニュータイプひつつみ製造<sup>2)</sup>を提案してきた。これらの機械製造ひつつみはすべて成型、ゆであげ、フィルム包装し、殺菌後市場流通するため、消費者が食べるまでの間に少なくとも、製造中に2度の加熱と冷却工程があり、消費者の手に届いてから調理のための加熱と合わせて加熱3回と冷却2回を繰り返す。このように加熱および冷却を繰り返すことは、ひつつみの食感に悪影響を与え、シコシコ・モチモチ感が無くなり、いわゆる麺類の延びた状態のベタベタ・ヌルヌルした食感になってしまう。そこで、このような食感の劣化を防止するため、ゆで工程の無い生ひつつみを製造

し、加水量と食感や保存性について検討した。一方、ゆでひつつみは水分含量が高いことから、常温流通ではその中でんぷんは容易に老化<sup>3)</sup>する。更に、内部の水分勾配が無くなるのが食感の低下の主要因<sup>4)</sup>と考えられる。このため、ゆでひつつみを流過程でほとんど品質の低下が無いと言われている冷凍保存し、凍結温度条件が食感に与える影響について検討した。その結果、それらのひつつみについて製造、流通上の問題点が明らかになったので報告する。

### 2 実験方法

#### 2 - 1 ひつつみ原料粉

ひつつみの原料粉は、(株)府金製粉製(商品名:こなやさんのすいとん粉)を用いた。

## 2-2 冷凍ひつみの調整法

配合は水分13.5%換算の原料粉100(以下の配合は重量%)に対し食塩2とサラダ油1および水55を加え、スーパーニード(さぬき麵機(株)製:AP-6)で10分間ミキシングした。これをポリエチレン製フィルムに入れ1時間以上室温におい(ねかし)た。これをセンターで開発した手作り風ひつみの機械化生産技術の1つであるスタンプ方式によって1個あたり5gのひつみを製造した。ゆで上げ後水洗いし、付着防止剤を塗布した。フィルム包装して90℃で30分間蒸気殺菌し、品温を10℃に下げ、速やかに-5℃と-80℃に一定期間保存した。

## 2-3 生ひつみの調整法

生ひつみは原料粉100に対して、その加水量を水分13.5%換算で32、35および40とし、食塩2とサラダ油1を加え、保存性を持たせる目的でエチルアルコールを1%の割合で加えミキシングした。これをポリエチレン製フィルムに入れ1時間以上室温においた後、製麵機でロール成型し、最終麵帯厚を1.5mmとした。さらに、センターで開発した手作り風ひつみの機械化生産技術の1つである変形波ロールで麵帯に凹凸をつけ、乱切りして生ひつみ試料とした。これに脱酸素剤を封入してフィルム包装し20℃の孵卵器に一定期間保存した。

## 2-4 冷凍および生ひつみの試食試験

保存後の冷凍ひつみは自然解凍して具材を煮込んだる鍋に投入した。また、生ひつみは袋から直接具材を煮込んだる鍋に投入した。センター食品開発部の職員と関係者で組織した委員会<sup>5)</sup>の委員11名で試食し、その意見を集約した。

## 3 結果

### 3-1 冷凍ひつみ製造と問題点

製造後12日目の状態の写真を図1に示した。氷晶は、左の-5℃に保存したものが右の-80℃に保存したものよりも大きかったが、ひつみは外見では変化が見られ

なかった。試食した感想もその差はほとんど感じられないとする意見が多かった。このことから、-5℃保存の冷凍ひつみは機械造りひつみの特長をそのまま残しており、製造直後の食感をほぼ保持したまま消費者に提供できると考えられた。しかしながら、保存期間をもっと長くしたり、品質基準が厳しい小売店に納品する場合を想定し、冷凍めん<sup>6)</sup>の品質・衛生基準<sup>6)</sup>に準じ、-18℃以下で保存し、品質劣化を最小限にする必要があると考えられた。

### 3-2 生ひつみ製造と問題点

半生うどんを製造する場合は加水量が30程度でも製麺できるが、ひつみ粉はでんぷんが混入していることとエチルアルコールがグルテン形成を阻害するために生地がつかず、加水量30以下では麵帯にできなかった。

図2に20℃で12日間保存後の生ひつみの写真を示した。また、12日間の経時変化と試食後の感想を表1に示した。脱酸素剤を封入しない対照は、製造直後から黒変がみられ、加水量40では保存後7日以降で酸敗臭がした。脱酸素剤を封入したものは、いずれの加水量のものでも保存後12日後でも変化がなかった。対照および脱酸素剤封入区いずれでも加水量35以上ではひつみが互いに付着し団子状となって、ゆで作業が困難であり、加水量40では完全に団子となって、ゆでることができなかった。生ひつみの製造をまとめてみると、加水量が少ないと保存性は良くなるが、ゆでたときにひつみの食感のなめらかさやつるつる感がなくなる。食感を良くするため加水量を多くすると団子になってゆでることができない。

以上のことから、生ひつみの製造には食感と保存性の両方の要素を勘案した適正な加水量を決めなければならない。加水量30から40の場合には、半生うどん<sup>7)</sup>と同様にエチルアルコールおよび脱酸素剤<sup>8)</sup>の併用が必要であると考えられた。



図1 冷凍ひつみ 製造後12日目 左:-5℃ 右:-80℃

冷凍および生ひつみの製造とその留意点



図2 製造後12日 左から加水量32対照と脱酸素剤封入したもの、以下加水量35と40

表1 保存中の変化と試食結果

	保存後3日	保存後7日	保存後12日	主な感想	保存後のイノール残存量(%)
加水量32対照	黒変	黒変	黒変	- (試食なし)	
加水量32脱酸素剤封入	良好	良好	良好	つるつるしない・硬い	0.60
加水量35対照	黒変	黒変	黒変	- (試食なし)	
加水量35脱酸素剤封入	良好	良好	良好	少し硬くなめらかさがない	0.59
加水量40対照	黒変	黒変酸敗臭	黒変酸敗臭	- 団子状でゆでられない	
加水量40脱酸素剤封入	良好	良好	良好	- 団子状でゆでられない	0.54

文 献

- 1) 関村照吉, 荒川善行: 本誌, 6, 101 (1999)
- 2) 関村照吉, 荒川善行: 本誌, 7, (2000)
- 3) 新島繁, 柴田茂久: 麺類百科事典, 食品出版社, 146 (1984)
- 4) 小田間多: 新めんの本, 食品産業新聞社, p88 (1994)
- 5) ニュータイプひつみ製造技術開発専門検討委員会:

- 平成11年度フードシステム連携強化・循環組織化推進支援事業(平成11年10月20日設置)
- 6) 冷凍めんの品質および衛生に関する指導基準冷凍めん協議会(平成11年11月)
  - 7) 遠山良, 関沢憲夫: 日食工誌, 34, 586 (1987)
  - 8) 遠山良, 関沢憲夫: 岩醸食試報, 19, 103 (昭和60年)

## 雑穀入り冷麺の開発

武山 進一<sup>\*</sup>、笹島 正彦<sup>\*</sup>、関村 照吉<sup>\*</sup>  
遠山 良<sup>\*</sup>、荒川 善行<sup>\*</sup>

雑穀を冷麺の素材として利用するために雑穀入り冷麺の開発を行った。冷麺の製造法には、油圧式押出法とエクストルーダ法があり、それぞれについて試験した。油圧式押出法では、新たに生粉練り込み方式を考案検討し、標準的な製法よりもかたさを1.3倍向上させることに成功した。この改良法での雑穀入り麺の官能試験では、ヒエが良好な結果を得た。エクストルーダ法では、雑穀配合を5%として試作したところ、色・味・匂いのバランスの良いモチアワが良好な結果を得た。

キーワード：雑穀、冷麺、エクストルーダ

## Development of “Reimen” (Korean noodle) Using Cereals

TAKEYAMA Shinichi, SASAJIMA Masahiko, SEKIMURA Teruyoshi  
TOYAMA Ryo and ARAKAWA Yoshiyuki

To use cereals as a material of "Reimen" (Korean noodle), we tried to develop Reimen containing cereals. We investigated two kinds of extrusion methods. One is extruding materials by cylinder with oil pressure, and the other is by screw. In the method of the extrusion by cylinder, we newly designed and examined the kneading method with raw cereal powder, and succeeded in the improvement of hardness 1.3 times compared with a standard manufacturing method. In this method, sawa millet got excellent results in the sensory test. In the method of the extrusion by screw, we made Reimen containing cereals as 5% for trial purposes. The result of sensory evaluation of glutinous foxtail millet was excellent, because category of sensory evaluation as the color, the taste, and the smell were well-balanced.

**key words : cereal, Reimen (Korean noodle), extruder**

### 1 緒 言

ヒエ、アワ、キビといった雑穀類は岩手の特産物であり、近年では健康食品として脚光を浴びている。これらの雑穀類を麺に利用する試みは以前より行われている<sup>1)</sup>。しかし、雑穀類はモチ系が多く、麺に多く配合すると麺が柔らかく変化し、べとつき感、ざらつき感が出るなどの問題点があった。また、岩手の特産品である冷麺の素材として利用しようとする試みは、これまで本格的には行われていなかった。そこで今回は、食堂などで使用されている油圧式押し出し法で、新たに生粉練り込み方式による製法を検討するとともに、土産用冷麺の製法であるエクストルーダ法による「雑穀入り冷麺」の製造法について検討した。

雑穀は、県内産の5種類（イナキビ、タカキビ、ヒエ、モチアワ、ウルチアワ）を対象にした。

### 2 実験方法

#### 2 - 1 試料

雑穀類は、県内で入手した雑穀粉「ヒエ粉」、「イナキビ粉」、「タカキビ粉」、「モチアワ粉」、「ウルチアワ粉」を使用した。

冷麺の原料粉については、小麦粉（株府金製粉製、オリンピック1号）、バレイショデンプン（南十勝農工連澱粉工場製、南十勝）、重炭酸ナトリウム（株旭硝子製）および食塩を用いた。

\* 食品開発部

2-2 油圧式押出法による試作試験

(1) 標準的な製法による試作

雑穀の配合割合を20%にして、デンプンの多い配合と小麦粉の多い配合の2試験区での試作を行った。配合割合を表1に示す。

表1 標準的な製法による試作品配合

	デンプン多い配合	小麦粉多い配合
デンプン	1.5kg (50%)	0.9kg (30%)
小麦粉	0.9kg (30%)	1.5kg (50%)
雑穀粉	0.6kg (20%)	0.6kg (20%)
水	1.5kg	1.5kg

注 副原料(重曹30g、食塩60g)は共通

試作は、あらかじめよく混合した原料粉(デンプン、小麦粉、雑穀粉)に重曹と食塩を溶かした熱水を加えてミキシング(10分間)し、出来上がった麺生地を油圧式押出型冷麺機(三上製麺機製)で製麺した。これを直ちに茹で上げ(2分間)、冷水中で水洗い(約1分間)し水切りし、官能試験に供した。生地のミキシングには、横型ミキサー(三上製麺機製、生地3kg用)を用いた。

(2) 生粉練り込み方式の検討

麺生地のミキシング方法の検討として、デンプン、小麦粉だけでミキシングをはじめ、生地(ドウ)になりつつある段階で雑穀粉を加え、更にミキシングを行う方法を試験した。生地に雑穀粉を生粉の状態に練り込むかたちとなることから、生粉練り込み方式(図1)と称した。

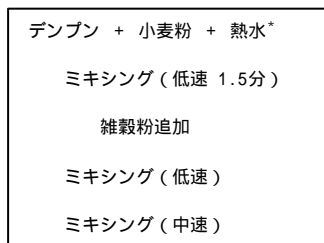


図1 生粉練り込み方式

\* ) あらかじめ重曹、食塩を溶解した沸騰水

この方法でのミキシングには、タテ(縦)型ミキサー(株オシキリ製、V6型)を用いた。30L用ボール/フックを取り付け、回転数を低速(125rpm)と中速(235rpm)で設定した。

この方法では、雑穀粉を加えるまでのミキシング時間、加えた後のミキシング時間を検討した。配合割合を表2に示す。

表2 生粉練り込み方式での配合

	雑穀配合	ブランク
デンプン	1.2kg (40%)	1.5kg (50%)
小麦粉	1.2kg (40%)	1.5kg (50%)
雑穀粉	0.6kg (20%)	-
水	1.65kg (対粉55%)	1.5kg (対粉50%)

注 副原料(重曹30g、食塩60g)は共通

2-3 エクストルーダ法による試作

冷麺用エクストルーダを用いた試作では、あらかじめ雑穀配合割合の検討試験を行ってから、5種類の雑穀毎に5%配合品を試作した。配合割合を表3に示す。

表3 エクストルーダ法での配合

	雑穀配合	ブランク
デンプン	2.375kg (47.5%)	2.5kg (50%)
小麦粉	2.375kg (47.5%)	2.5kg (50%)
雑穀粉	0.25kg (5%)	-
エタノール	250g	250g
水	2.25kg (対粉50%)*	2.5kg (対粉55%)*

注 副原料(重曹50g、食塩100g)は共通

\* ) エタノールを含む

エクストルーダの運転条件は、遠山ら<sup>2)</sup>の方法に準じ、細麺用ダイス(穴口径1.1mm)を用い、回転数約500rpmで運転した。

2-4 官能試験

試作した麺は、嗜好性調査を目的とする官能試験を実施し評価した。評価項目を色、外観、かたさ、粘弾性、匂い、味、総合評価の7項目として、5段階(0~4点)もしくは7段階(0~6点)評価で実施した。なお、パネラーはセンター職員及び関係者とした。

2-5 測定

(1) 物性測定

タケトモ電機(株)製テンシプレス My Boy Systemを用いて、麺のかたさ(Hardness)を1バイト法で測定した。測定はプレート型プランジャー(刃巾1mm×長さ20mm)を用いて実施した。テンシプレスでの測定条件を表4に示す。

測定用の冷麺試料の調整については、遠山ら<sup>2)</sup>の方法に従った。

表4 1バイト法での測定条件

Distance	15mm	Bite speed(mm/sec)	2
Clearance	0.01mm	Loadcell	10 kg
Thickness1	6mm	Plunger area (cm <sup>2</sup> )	1.000
Repeat time	1	Selector	37
Static time	0 sec	Mode check	0

(2) 糊化度測定

油圧式押出法でのミキシング方法を検討する際に、麺生地の糊化度をグルコアミラーゼ法<sup>3)</sup>により測定した。

3 結果

3-1 油圧式押出法による試作

3-1-1 標準的な製法による試作

油圧式押出法は、冷麺食堂等での冷麺製造に用いられている方法である。あらかじめ予備試験にて雑穀の配合割合の検討を行い、雑穀独特の苦みを考慮し、雑穀の配合割合は20%に設定することにした。

試作は、冷麺の主原料であるデンプンと小麦粉について、その配合割合をそれぞれ5:3、3:5とした試験区で行ない、官能試験により評価した。

その結果、雑穀20%配合品は全体的に物性（かたさ、粘弾性）面の評価が低く、全ての試料で「普通」評価を下回る結果であった。「ちぎれ易い」、「柔らかすぎる」というコメントが多く、このことが総合評価を低値（0～4点の5段階評価で、0.8～1.75）なものとした。

主原料（デンプン、小麦粉）の配合割合の比較結果については、モチ系雑穀（イナキビ、タカキビ、モチアワ）とウルチ系雑穀（ヒエ、ウルチアワ）との間で物性面での評価に若干の差は出たものの、主原料比率を検討するレベルで物性的な改善は期待出来ないことがわかった。

### 3-1-2 生粉練り込み方式の検討

標準的な製法では、物性面での評価が低かったことからこれを改善するための検討を行った。まず、主原料であるデンプンと小麦粉に着目し、雑穀とデンプンだけの配合による試作、小麦粉に強力粉を用いる方法、を試した。つぎに、ミキシング方法の検討試験として、生地を蒸してその後にミキシングする方法、雑穀粉をミキシング後半で投入する方法、等を検討した。これらの一連の検討の中で、雑穀粉をミキシング後半で投入する方法で試作した場合に、麺としての物性評価が良好になることがわかった。

この方法の効果の確認として、通常の方法での試作した麺と、生粉練り込み方式で試作した麺の比較試験を行った。雑穀粉にタカキビ粉を用い、雑穀粉投入前のミキシングを低速で1.5分行い、投入後のミキシングを低速1.5分、中速1.5分行ったものである。テンシプレッサーによる物性測定結果を図2に示す。

標準的な製法での雑穀入り冷麺と比較すると、かたさ（Hardness）では約1.3倍高くなり、物性値が向上した。食感についても、麺線に弾力性とコシが出たことで、冷麺特有の噛みごたえに近いものとなり、その差は明確なものであった。

生粉練り込み方式による試作では、生地のミキシングにタテ（縦）型ミキサーを用いた。横型ミキサーを使用した場合、雑穀粉を投入した後のミキシング段階において、ミキサーに高負荷がかかる傾向があり、更に生地が回転軸に絡みつき、伴回り現象を起こしたため、横型ミキ

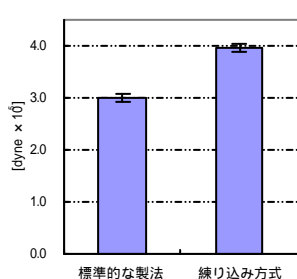


図2 標準的な製法と生粉練り込み方式のかたさ比較結果

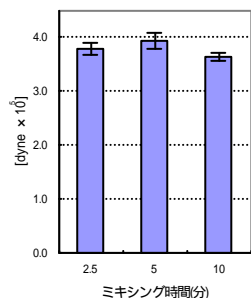


図3 ミキシング時間によるかたさの変化

サーは本実験には適さなかった。

雑穀粉を加える前と後でのミキシング時間について検討したところ、加える前のミキシング時間は生地の状態から判断し1.5分が適当と判断し、雑穀粉を加えた後のミキシング時間については、（低速で1.5分ミキシングした後の）中速でのミキシング時間を検討し、図3に示す結果を得た。

ミキシング時間2.5分と5分では、麺のかたさがほぼ同じなのに対し、10分のミキシングでは、かたさが低下することがわかった。ミキシング時間を長くしすぎると、この方法での効果が薄れる傾向が確認された。

### 3-1-3 生粉練り込み方式による雑穀入り冷麺試作

5種類の雑穀について、生粉練り込み方式による20%雑穀入り冷麺（写真1）を試作した。物性測定結果を図4に、官能評価結果を図5に示す。物性測定結果と、官能試験のかたさの評価値は比例関係にあった。好き嫌いを7段階評価（0～6点）した結果、物性的にはかたさ粘弾性とも「ヒエ」が良い評価（かたさ=3.3、粘弾性=3.5）を得た。味、匂いについてもヒエ（味=3.5、匂い=3.0）が癖がないことから好まれた。色については、通常の冷麺の色に近いことからモチアワ（3.3）、イナキビ（3.0）がから好まれたが、タカキビの着色（赤紫色）を面白いと評価する人もいた。

### 3-2 エクストルーダ法による試作

はじめに、モチ系でなおかつ着色の強いタカキビを用いて、雑穀配合割合の検討試験を行った。タカキビの配合割合を5%、10%、20%に設定した試作での官能試験結果は、5%配合であれば色に少し差が出る程度で普通の冷麺と変わらなかったが、10%配合では「普通」評価を下回った。20%配合では評価がより低下したものの、製麺が可能であることが確認された。

雑穀の種類毎の試作では、配合割合を5%にして実施した。かたさの測定結果を図6に、官能評価結果を図7に示す。この試作試験では雑穀の配合割合を低く設定したことから、麺のかたさが官能評価結果に及ぼす影響は低くなった。モチアワは、色、味、匂いといった評価項目でバランスがとれており、高い評価（総合評価3.8）を得た。

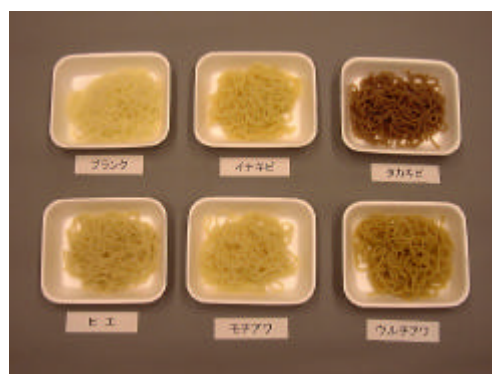


写真1 生粉練り込み式製法で試作品（雑穀入り冷麺および対照品）

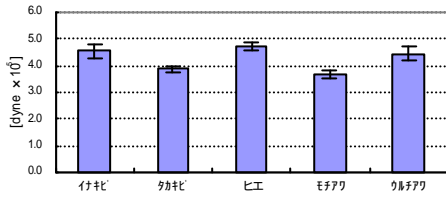


図 4 生粉練り込み方式試作品のかたさ測定結果

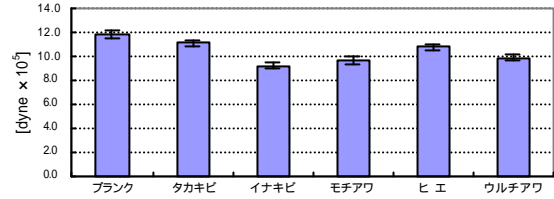


図 6 エクストルーダ法試作品のかたさ測定結果

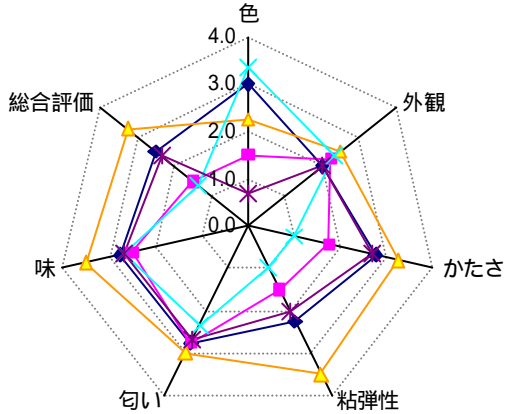


図 5 生粉練り込み式製法試作品の官能試験結果

◆ イナキビ    ■ タカキビ    ▲ ヒエ    × モチアワ    \* ウルチアワ

好きか嫌いかを、7点評価法で調査。「普通」(3点)を基準とし、高い値ほど「好き」側評価。

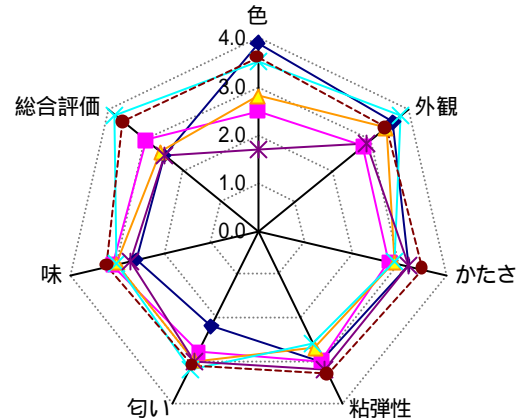


図 7 エクストルーダ法試作品の官能試験結果

◆ イナキビ    ■ タカキビ    ▲ ヒエ    × モチアワ    \* ウルチアワ    -●- ブランク

好きか嫌いかを、7点評価法で調査。「普通」(3点)を基準とし、高い値ほど「好き」側評価。

#### 4 考 察

油圧式押出法での検討で実施した「生粉練り込み方式」製法は、ライスヌードル<sup>4)</sup>の製法を参考にした方法である。この製法では、主原料粉で作られた生地組織に雑穀粉が分散することで、本来の麺の物性が保たれ、麺線が強化されるのではないかと考えられる。

ミキシング工程での生地温度および糊化度の変化を調べたところ、雑穀粉は52の生地に混ぜ込まれ、ミキシング終了時に生地温度は45程度に低下し、このとき生地の糊化度は28~34%であった。この値は、通常ミキシング方法での生地温度、糊化度(30%程度)と変わらないものであったが、分散した状態の雑穀粉はほとんど糊化していない状態と推察される。

茹で麺については、沸騰した湯での2分間の茹で上げにより、製法にかかわらず糊化度は90%前後に達した。しかし、麺線の中心部と表面付近とは糊化度に差があるとされており<sup>5)</sup>、生粉練り込み方式と標準的な製法では、茹で麺の芯に相当する中心部分の雑穀粉の糊化程度に差があるのではないかと考えられた。このことから、茹で麺について微細構造を走査型電子顕微鏡での観察を行ったが、両方法とも麺中にデンプン粒子が同様に散在した状態で、両者に差は見出せなかった。

エクストルーダ法での試作については、タカキビについて配合割合を変えた試作を行い、20%配合品でも冷麺

としての麺線が出来ることを確認した。単純な比較は出来ないものの、油圧式押出法での生粉練り込み方式による麺よりも、かたく弾力性があった。この理由について、麺線の微細構造面からのアプローチを課題とする。

#### 5 結 語

雑穀入り冷麺の開発を目的として、油圧式押出法、エクストルーダ法での試作試験を行った。油圧式押出法では、生地のミキシング工程で雑穀粉を練り込む製法で麺の物性が向上した。油圧式押出法では配合割合20%の、エクストルーダ法では配合割合5%の雑穀入り冷麺を官能試験し、雑穀毎の特徴を把握した。

#### 文 献

- 1) 笹島正彦, 武山進一, 荒川善行, 小浜恵子, 大澤純也: 岩手工技セ研報, 6, 153(1999)
- 2) 遠山良, 種谷真一: 食科工, 46, 155(1999)
- 3) 日本薬学会編: 衛生試験法注解, p. 320, 金原出版(1990)
- 4) ライス・ヌードル全国講習会資料, 新潟県食品研究所(1979)
- 5) 関根正裕, 原田勝利: 日食工誌, 37, 454(1990)



## 雑穀入り冷麺の開発

## 研削仕上げ加工技術の開発\*

飯村 崇\*\*、若槻 正明\*\*、堀田 昌宏\*\*、  
和合 健\*\*\*

機械加工分野の海外移転により、国内における加工業のニーズは、短納期な物や高精度な加工に限られている。このような状況の中、従来手仕上げで加工されていたワークを研削盤で加工し、短納期化もしくは高精度化を図るという方法が注目を集めている。そこで、研削加工を用いた精密加工技術構築のため、様々な加工条件について実験を行った。

キーワード：研削加工、仕上げ加工、短納期、超精密研削加工技術

## Development of Finish Grinding Technology

IIMURA Takashi, WAKATUKI Masaaki, HOTTA Masahiro  
and WAGO Takeshi

In recent years, the manufacturers of machining move to abroad. And the domestic needs of machining are limited to the workpieces to make in a short period or high precision. In such a state, much attention is paid to the way how we change hand finishing for grinding to make workpieces in a short period or high precision. So we experiment about many conditions to construct ultraprecision grinding technology.

key words: grinding, finishing, short period, ultraprecision grinding

### 1 緒 言

大手メーカーの組立ラインが海外へ移転するのに伴い、機械加工分野も海外へ移転している。その為、国内における加工業のニーズは、試作品やクレーム対策品など短納期が要求される加工や、海外では製造不可能な（もしくは信頼性に問題がある）高精度な加工に絞られてきている。このような状況の中、従来手仕上げなどで加工したワークを研削盤で加工し、短納期化や高精度化を図る方法が注目を集めている。そこで、このような研削盤を用いた超精密加工技術における、最適な加工条件を明らかにするために、数種類の被削材について加工条件を変えながら実験を行い、その表面粗さや平坦度など加工精度を評価した。

### 2 実験方法

H10 年度末に導入した超精密研削盤を利用して、研削加工実験を行い、鏡面加工（ $Ry:0.1 \mu m$ 以下）や高精度加工（形状精度  $1 \mu m$ 以下）など精密加工のための基礎データを蓄積した。今年度は研削盤操作の習熟もかねて、

簡単な平面形状の研削実験を行ったが、これは曲面などの特殊形状への応用を目的とするものである。加工実験は次に示すパラメータを変更しながら、仕上がり状態を表面粗さ計及び平坦度測定機により評価した。

研削加工のパラメータ

- 1) 研削液：エマルジョン、ソリューションタイプ
- 2) 被削材：SKH51、SKD11、SK3、SKS3、SUS440C
- 3) 砥石：  
一般砥石 ... GC#160、#320、WA#2000  
超砥粒砥石... SD#1000、#2000、#2500 cBN#230、#400
- 4) 加工条件：砥石周速、前後送り速度、前後送り方法、左右送り速度
- 5) ドレス：（砥石の目立て方法）  
一般砥石 ... 単石ダイヤモンドドレス  
超砥粒砥石... 縦型ロータリドレス、金属研削法

### 3 実験結果

研削加工実験によって得られた結果を示す。

#### 3 - 1 研削液の影響

---

\* 超精密加工機による加工技術開発（特定産業集積活性化関連機関支援強化事業 研究開発事業）  
\*\* 電子機械部  
\*\*\* 企画情報部

### 3-1-1 エマルジョンタイプ

切削加工に多く用いられる加工液で、研削加工の場合、クリープフィード研削と呼ばれる重研削法に使用される。一般的な研削加工でも良好な加工面が得られると言う報告<sup>1)</sup>があるが、本実験で目の粗い(今回の実験では~#400)砥石を使用した場合にのみ有効であり、目の細かい砥石(#1000~)の場合、ドレス作業段階及び加工段階で砥石に付着物が付き目づまり状態となる不具合があることから、研削加工には向かないことがわかった。

### 3-1-2 ソリューションタイプ

研削加工では最も一般的な加工液である。粗砥石使用の場合でも、エマルジョンタイプと比較して大きな差異は見られない。また、目の細かい砥石ではエマルジョンの場合の様な付着物は存在せず、良好な加工が可能であった。このことから、鏡面加工を行う場合には、ソリューションタイプの研削液を使用する必要がある。

### 3-2 被削材の影響

目の細かい砥石で加工した場合、SUSでは粗さの良好な面を得にくい印象があるが、他の材質ではみなRy0.08程度の面が得られた。しかし、さらに表面粗さの良好な加工面(Ry0.05以下)を得ようとした場合に、影響がでると考えられ、引き続き調査をする必要がある。

図1, 2には一例としてSUS304をSD#1000で研削した加工面の平坦度及び粗さの測定結果を示す。SUSは比較的加工が難しいとされ、平坦度は1.1µmとあまり良好な結果ではないが、表面粗さはRy0.09µmと、鏡面が得られている。

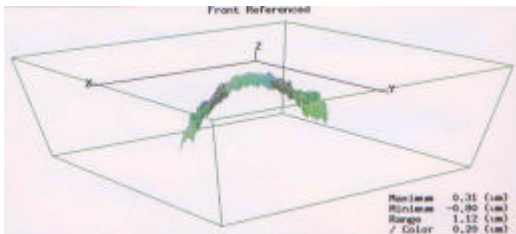


図1. 平坦度測定結果

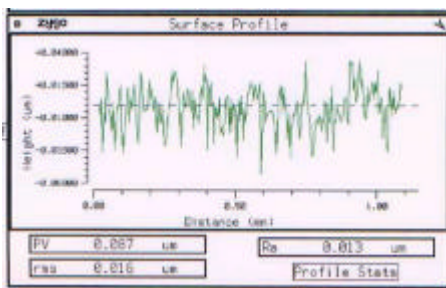


図2. 表面粗さ測定結果

### 3-3 砥石の種類及び加工条件の影響

#### 3-3-1 一般砥石

目の粗い砥石については、周速度を速めて(2000rpm程度で)加工を行うことで、砥石の自生作用(切れなくなった砥粒が脱落し、新しい砥粒が出る現象)が起り、切れ味が良い状態を保ち続けることが可能である。ただ

し、脱粒が寸法精度に対しどの程度影響を及ぼすかは不明である。

目の細かい砥石については、欠け・脱落した砥粒によるスクラッチ(大きな傷)の発生を防ぐため、周速度を粗い砥石の場合の半分(1000rpm)にして、砥石への負担を軽減し加工しているが、それでもスクラッチの発生を完全に押さえることはできなかった。

ドレスに関しては、単石ドレッサを用いて一定の条件でドレスする事により、ドレス毎のばらつきが少ない安定した表面粗さの加工面が得られる。

#### 3-3-2 超砥粒砥石

目の粗いcBN等については、摩耗・破碎・脱粒が少なく、自生作用よりも砥粒強度の影響で切れ味低下が押さえられる。加工時間を延長して、加工条件と研削比(砥石摩耗量と加工量の比率)の関係についても検討したい。

SD(人造ダイヤ砥石)の場合、砥石周速を上げると加工の熱で砥粒が炭化し、加工ができない。その為、目の細かい一般砥石と同様に周速を1000rpm、前後・左右の送りについても速度を落とした砥石負荷の小さい加工が必要となる。ただし、一般砥石の際に見られた、破碎・脱落した砥粒によるスクラッチは見られない。

ドレスについては、ドレス材(SUS304などの金属)を加工して行う方法を用いた。しかし、目の細かい砥石で良好な表面粗さを得たい場合、同じ条件でドレス及び加工を行っても表面粗さにして0.02~0.03µm程度の変化が発生するため、加工条件を揃えるだけでは不十分であり、テストカットや砥石表面の観察など、砥石状況を簡単に把握する方法の検討も必要である。

## 4 結 言

いくつかのパラメータを変更しながら加工実験を行い、次のことがわかった。

研削液: エマルジョンタイプは砥石に付着物が付着しやすく、研削加工には向いていない。

被削材: 焼き入れを行った鉄系の材料間で大きな差異は見られない。

砥石: 一般砥石はドレスがしやすく、表面粗さの良好なワークが作りやすい反面、スクラッチなどが発生しやすい。

超砥粒砥石はドレスが難しく、同じ条件でドレス作業を行っても得られる加工面にはばらつきがある。しかし、スクラッチなど加工中の不具合が発生しづらいというメリットがある。

今回は基本的な平面形状について加工実験を行ったが、今後は曲面形状についても検討し、最終的には金型等、複雑形状の仕上げ加工に適用したい。

## 文 献

- 1) 横川和彦, 横川宗彦: 研削加工のすすめ方, 工業調査会

## 研削砥石摩耗のインライン計測

- 2) 小林輝夫：研削作業の実技，理工学社

## 木製福祉用具と新機能付加車椅子の試作\*

藤澤 充\*\*、高橋 民雄\*\*\*、米倉 勇雄\*\*\*\*  
長嶋 宏之\*\*\*、長谷川 辰雄\*\*、小林 正信\*\*\*  
堀田 昌宏\*\*、浪崎 安治\*\*\*、高橋 幾久雄\*\*\*\*

県内企業のものづくり研究開発力向上と福祉機器産業の育成を目的に、平成10年度ものづくり試作開発支援センター整備事業により導入した福祉機器・用具開発のための設備群を活用して、木製福祉用具と新機能付加車椅子を試作し、展示会を開催した。今後、アンケート調査結果を基に、人間工学的な評価及び改良を加えながら、人に優しいものづくりに取り組む予定である。  
キーワード：福祉機器、木製福祉用具、新機能付加車椅子、人間工学

## Trial Manufacture of Wooden Welfare Goods and a Wheel-chair with New Function

FUJISAWA Mitsuru, TAKAHASHI Tamio, YONEKURA Isao  
NAGASHIMA Hiroyuki, HASEGAWA Tatsuo, KOBAYASHI Masanobu  
HOTTA Masahiro, NAMIZAKI Yasuji and TAKAHASHI Ikuo

To improve the ability of development and promote auxiliary instruments industry in Iwate, we made wooden welfare goods and a wheel-chair with new function by new machines introduced in 1999. And we held the exhibition of those trial products for the result spread. In future, due to the results of this questionnaire survey we try to challenge human-friendly manufacture by ergonomics.

keywords : auxiliary instruments, wooden welfare goods, wheel-chair with new function, ergonomics

### 1 緒 言

2015年には65歳以上の高齢者の割合が4人に1人という超高齢社会が到来すると予測されている。少子化もあって、介護する人が絶対的に不足するため、高齢者や障害者の生活を支援する福祉機器や用具が必需品となり、その需要はますます拡大するものと考えられる。

しかし、現在の福祉機器や用具は全般に使い難く、例え使い易くても北欧などからの輸入品のため高価だったり、日本人の体型や生活習慣に合わないものが多いのが実状である。同時に、現状の景気低迷を打破するための新産業分野創出の有望な分野として、福祉機器産業の育成が期待されている。

そこで、人に癒し効果のある木材利用と人体の形状や動作特性を考慮して一人一人にぴったりと合った安全で使い易い「人に優しい」福祉機器や用具を開発するために、平成10年度「ものづくり試作開発支援センター整備事業」により、福祉機器・用具開発のための設備(金属及び木材曲げ加工、人体寸法計測、動作解析、生体解析等)を導入した。

今回これらの設備を有効活用することによって、県内企業のものづくり研究開発力向上と福祉機器産業の育成を目的に、研修・技術指導・設備開放・共同研究を実施したので、その経緯について報告する。

### 2 方 法

#### 2-1 木製福祉用具の試作

圧縮処理による木材曲げ加工用のコンブウッドシステム(デンマーク製)を使って、樹種の違いと処理条件の組合せによる曲げ加工の適性について実験した。その結果を企業に展開するために、(協)岩手木工センターとの共同研究により、福祉現場ニーズ調査とその調査結果に基づいて、コンブウッドシステムで処理した木材を中心に活用して、木製福祉用具の試作を行った。

代表的な木製車椅子の開発コンセプトとしては、曲げ木を使うことで力学的な強度を出すとともに、柔らかなカーブを表現し、視覚的にも優しいものとした。また、アームの部分は特に人の手があたるため、塗装は木の感触を活かすように配慮した。

\* 人に優しい福祉機器の開発(福祉機器開発事業):福祉機器開発プロジェクト

\*\* 電子機械部、\*\*\* 木工特産部、\*\*\*\* 金属材料部

## 2-2 新機能付加車椅子の試作

最近、車椅子で外出する人のためにバリアフリー構造の道路が増えつつあるが、それは未だごく一部であり、どこにでも行ける状況とはほど遠いものがある。一般の道路における代表的な障害物は、段差と傾斜角の大きいスロープであるので、これを安全で省力的に乗り越えるための機能について検討を行った。

開発コンセプトとしては、お年寄りや障害者がわかりやすい単純な機構であること、故障した場合でも自転車店などで簡単に修理可能なものであること、電気的な動力を使わずに楽に漕げること、後退と後方転倒を防止する安全機能をもつこと、木の感触を重視することを基本方針とした。

そこで、前輪持ち上げ用の段差乗り越えハンドルをはじめ、ギア比を約1/2にして勾配を漕ぎやすくする変速ギアとその切り替えレバー、後退防止用のラチェット機構、後方転倒防止補助輪から構成される新機能付加車椅子を設計した。

金属加工にはCNCパイプベンダ等の金属曲げ加工機類を活用し、コンブウッドシステムで処理した木材を輪状に成形してハンドリムとして取り付けた。

## 2-3 人間工学的解析・評価方法の検討

解析装置には、大きく分けて、人体形状計測・動作解析・生体解析があるが、どの装置も臨床学的な知識が必要で操作が難しい上に、データ解析手法も習得しなければならないため、メーカーおよび大学からの指導を受けている最中である。また、各種シンポジウムやセミナーに積極的に参加して、人間工学的解析・評価手法や福祉機器開発の方向性等に関する情報を収集した。

## 3 結果

### 3-1 木製福祉用具の試作展示会「やさしさのかたち」展の開催

導入したコンブウッドシステムは、従来型のスチーム加熱だけで曲げる方法に替わって、木材を100の蒸気釜(オートクレイヴ)に入れ、約3~4時間加熱し、その後、プレス内で木口方向より15%~20%の縦圧縮をする。これによって木材の縦方向の繊維壁面がアコーディオンの様な蛇腹状になることで、曲げ木が容易になるようになる。

コンブウッドシステムの基礎的な曲げ加工特性データ収集として、15種類の木材について圧縮処理実験を行った結果、ナラ材やブナ材の広葉樹材が破壊されずに処理できた。一方、著しく破壊したものは松材やスギ材に代表される針葉樹類であった。同一処理条件での実験でこのような差が出たことから、コンブウッドシステムによる木の圧縮と曲げの特性は木の細胞構造に依存していることがわかる。

コンブウッドシステムで処理した圧縮木材は、長期の

保存が可能、引き割加工が可能、冷えた状態でも曲げ加工が可能、乾燥後は従来の木材と同等の強度が従来と異なる点である。

また、岩手木工センターとの共同研究の手始めに、障害者及び高齢者が日頃抱えている福祉機器に対するアンケート調査を行った結果、福祉機器を木製化にすることに対して、下記のような要望等があった。

一目見て優しく気持ちが良い。/一日中車椅子なので通常品では大変疲れる。/木製品で欲しいものは風呂用椅子、台所用品、シンク周りの改善である。/ワーキング用カットアウトテーブルがあればよい。

また、一般的には下記のような意見の他、木に対する親しみ、憧れ、必要性が伺われた。

普段の生活の中で使う椅子が意外と少なく、値段も高くニーズに合わないものが多い。/木製介護用品に限らず少数の注文が出来ない。/昔から親しんだ木が身近であれば老人は嬉しい。/立ち上がり動作に時間がかかる。

このアンケート結果を基に、今回の圧縮処理条件で処理したブナ材を用いて、約21種類40点の木製福祉用具(車椅子(図1)、座椅子、風呂用具、歩行器、てすり、テーブル、ボックスなど)を試作し、3月中旬に当センターと盛岡市中央公民館で「やさしさのかたち」展



図1 木製車椅子の外観



図2 やさしさのかたち展全景

(図2)を開催したところ、6日間で約600名の来場者があり好評を得た。来場された県民からのアンケート結果の主なものは次のとおりであった。

- ・暖かい感じで日本にちょうど良い。
- ・木製のカーブがよい。
- ・このように心の安らぐ物の方が一生使えて喜びの時間が多くなるのではないか。
- ・非常に良くできているし、歩行困難な方は助かる。
- ・木の温もりが丸みのある作りでとても良く伝わる。
- ・車椅子の背の部分が高くして、老人の頭を支えられるようになるのもっと良い。
- ・他の製品よりも木の温もりが特に感じられた。

これらのアンケート調査結果はまだ十分に整理できて

はないが、これから評価を行うこととしている。

### 3 - 2 新機能付加車椅子の試作

組立が難しくまだ不備な点があるため、まだ実用には耐えない状況ではあるが、下記の機構を付加した車椅子(図3)を試作した。



図3 試作した新機能付加車椅子の外観

#### [ 段差乗り越え機構 ]

普通の車椅子の主車輪は、直径が 60cm 以上であり、主車輪のみであれば 10cm 程度の段差は比較的容易に乗り越えられる。しかし、車椅子の水平姿勢を維持するために主車輪の前方に取り付けられている補助輪の直径が 20cm 以下で、これが段差に突き当たってしまうために介護者などが椅子全体を後ろに倒すようにして段差の上に補助輪を持ち上げてやらないと乗り越えができない。

この動作を車椅子使用者が自力で可能にするため、図3に示すように主車輪と補助輪との間に補助輪を持ち上げるためのハンドルを取り付けた。その機構は、下部フレームに固定したメスの角ネジに噛み合ったオネジが、ハンドルを回すことによって下方に伸び、その先端のキャスターが補助輪を持ち上げるもので、ハンドル軸とオネジを滑りキーで連結することでキャスターが下がってもハンドルの位置は変わらないようにした。

#### [ 変速および逆転防止機構 ]

車椅子で楽にスロープを登る方法として、手漕ぎ力低減のための変速機構と、逆転防止のためのラチェット機構を取り付けた。スロープで、図3に示す変速レバーを作動させると、約2分の1の手漕ぎ力で登坂が可能となり、手を離してもスロープを転げ落ちる危険が解消される。但し、手漕ぎ輪と主車輪の軸は同軸であることが望ましいため、変速機構はかなり複雑なものになった。

#### [ 後方転倒防止機構 ]

段差乗り越えの際、および登坂時の後方転倒を防止するため、主車輪の後方に後方転倒防止補助輪を取り付けた。この補助輪は、普通の走行の際には浮いた形になっており、水平姿勢維持補助輪下端が主車輪よりも 15cm 以上持ち上がった際に接地するようになっている。

### 3 - 3 人間工学的解析・評価方法の検討

各装置について、約2回程度教育を受けたが、まだ使えこなせる状況ではない。継続して指導を受け、かなり

の時間を確保して装置操作及びデータ解析の訓練が必要であるし、どのような形で適用を図っていくのが効果的であるかを今後検討しなければならない。

以下に、研修及び指導を受けた際や展示会見学・シンポジウム聴講の際に重要だと感じ、今後の研究や企業にとって参考になると思われる事項を列記する。

#### SolidWorks98 研修 ( 4/26 ~ 28 : 東京新橋 )

本ソフトは体型応用モデリングシステムの中では、外部から取り込んだ人体形状等のデジタル化されたデータを用いて製品設計作業を行うものであるが、以下のような特徴がある。

ソリッドモデラーに属するので、図面、モデリングおよびアセンブリの段階的作業により、設計から動作シミュレーションまでを行える。/感覚的な造形ではなく、数値入力による設計が主体である。/他の関連ソフトとの連携により、設計したモデルの構造解析等が可能である。

#### 生体計測研修 ( 9/7 ~ 9 : 東京田町 )

「人間工学のための生体計測の基礎コース」というメーカー主催の研修があり、生体信号測定の仕事と ME 機器の知識、アーチファクト対策をはじめ、生体信号(脳波、表面筋電図、瞬目と眼球運動、心電、重心動揺、体温変化など)の意味や測定方法、自律神経機能との関係と応用を座学と実技で習得できる。

#### 感性工学会シンポジウム ( 6/5 : 東京 )

日本感性工学会では各研究部会が独自に活動を行っており、現在約 40 近い研究部会が学会設立に向けて準備されている。ものづくり事業に関連する部会としてはユニバーサルシステム研究部会や魅力工学研究部会、その他にも人間の感覚や好みを数値化、定量化しようとする部会が存在する。分野を限定しない感性工学の幅広さと福祉関係等への応用性の高さを知ることができて、有益な学会である。

#### 米国福祉機器展及びセミナー ( 7/7 : 仙台 )

海外では公設機関やベンチャー企業の出展が多いが、まだ日本では少ないのが実状である。セミナーでの意見として、商品コンセプトの明確さを第一にすべきである/リハビリの方向性は、米国では1人で何とか生活させるが、日本では五体満足に近づける/介護体制は、米国では道具を使用して日常生活をさせるところまで行すが、日本では寝たきり看護が楽な福祉機器が設計されている等が出された。

#### 国際福祉機器展 (10/14,15 : 東京)

今年は、海外企業 15 カ国・112 社を含む 542 社が出展し、入場者数は約 12 万人。移動機器・福祉車両ブースにはオーダメイドのタイプ、木製、各種スポーツ用等の車椅子とその関連製品の出展が目立つ。日常生活用品ブースでは、食器・文具・家具等の自助具やユニバーサル製品展示が、建築・住宅・施設用設備ブースでは、バリアフリー対応の住宅や高齢者・障害者対応の衛生陶器等の展示や実演が行われていた。

#### 第1回福祉技術部会シンポジウム(10/28,29:つくば)

前回の続編的な発表内容も多く、福祉機器開発とその評価には時間がかかる。岩手県も県内外の大学等の指導を受け、外部との連携を深めながら徐々に土壌を整備していかなければいけない。また、開発テーマは企業が発掘・選定し、公設試は情報提供、技術支援、コーディネート(必要に応じて共同研究)を行うのが自然である。

#### 生命研(持丸研究員)による動作解析及び生体計測指導結果(12/9,10:盛岡)

- ・被験者の取り扱いに関しては、倫理規定、同意書、女性スタッフ、保険や謝金の予算措置が必要となる。
- ・最初はできるだけ簡素化した人体モデルを用い、簡単な計測から徐々に高度な計測に移るのがよい。
- ・人間を計測するためのマーキングポイントの習得には実習経験が不可欠である。

#### 知能型福祉介護機器開発協議会設立記念シンポジウム(12/16:仙台)

- ・21世紀のキーワードは「環境、福祉、安全」であり、迅速でかつ十分な調査に基づく事業化が必要。
- ・高齢化社会では行動範囲が狭まるため、今後通信販売の増加が予測される。また、介護保険がスタートすることにより、販売よりレンタルが主流となる。
- ・最初に流通事業者の意見を聞くべきである。
- ・介護者とケアマネジャの大半が女性であるので、女性の感性に訴えることがカギとなる。
- ・今後フィッティング技術が重要なファクタとなる。

#### 東北大(山本講師)による動作解析指導結果

(2/8:仙台、3/9:盛岡)

- ・マーカ貼付に適したウェア選択とバンド(膝の上下)の活用と、マーカが隠れないようにカメラの台数は6台以上、8台が望ましい。
- ・椅子などの小物はカメラ視界を遮らないような工夫が必要である。
- ・移乗動作等の解析は非常に難しいので、簡素化したモデルで行う工夫が必要である。
- ・関節モーメント法等データ解析手法として、臨床歩行分析研究会が開発したデータ変換プログラムではExcelによる解析が有効である。
- ・マーカは左右5カ所ずつかなりの解析が可能。
- ・実際の計測に入る前に、データ検証のためのシステムチェックが必要である。

#### 生命研(木塚研究員)による生体計測指導結果

(3/24:つくば)

筋肉の収縮状態を電位に変換したものが筋電位であり、筋肉の活性化の状態を知ることができるが、現在は皮膚に近い筋肉の状態しか計測できない。筋力は最大筋力の30%程しか使われておらず、筋電図と筋出力(トルク)を表にすると、ほぼ比例関係となる。しかし、微小トルクでは比例関係が成り立たず微妙な曲線を描く。この特徴を利用してリラックス度の計測が可能となる。

#### 4 考 察

試作した新機能付加車椅子と木製福祉用具は第1号機としてやっと試作してみた段階であるため、実用化のための評価がまだこれからである。具体的には、木製福祉用具はデザイン重視で試作したため、安全性や機能性の配慮が不十分であり、新機能付加車椅子は機能面だけに特化して試作した段階であるため、実用性に乏しい。特に、当センターが独自に取り組んだ新機能付加車椅子の試作は、市販の車椅子を改造する形で進めたが、次のような問題点が浮き彫りにされており、その解決のため今後さらに実用化に向けた改良を進める予定である。

1)今回使用した市販の車椅子は、折りたたみ式であり、その機能性と重量軽減を重視しているためと考えられるが、フレームに使用している鋼管の肉厚が薄く強度が小さい上、左右・上下の寸法がバラバラで、例えば長さが60cm以上になる段差乗り越え機構などの中心線を曲げず、左右同じ位置に取り付けることが困難であった。

2)全ての機構部品に鉄系材料を使用したため、改造後の車椅子の総重量が約50Kgにもなり、取り扱い上の問題が出てきた。

車椅子の性能は、電動品を中心に年々向上しているとともに、大幅な製造コストの低減が計られ、普及品では3万円代のものが市販されるようになってきている。従って、車椅子の製造メーカーが皆無である本県業界が、これから車椅子業界に新規参入することは、製造技術の導入・習得と、その合理化によるコスト低減の壁が高く、極めて困難である。わずかな望みがあるとするれば、他のメーカーにはない画期的な機能を付加するか、障害者もしくはお年寄り一人一人の身体の高さや障害の程度に合った、その人のための一台を作るという方法が考えられる。その際に、本研究の経験が生かされれば幸いである。

全般的には、本来の目的でもあるように、人体形状計測や動作特性・生理学的解析などにより、安全性や操作性、快適性などの向上に取り組み、さらに「人に優しいものづくり」に挑戦したいと考えている。しかし、平成10年度ものづくり試作開発支援センター整備事業により導入した設備群は、どの設備も操作方法及び応用が難しいため、基礎的な実験データがかなり不足している状況にある。福祉機器に限らず一般的な商品開発に関しても言えることであるが、斬新で良いアイデアと素早い対応が不可欠であるので、開発体制を含めた開発環境を早期に整備充実したいと考えている。

#### 謝 辞

共同研究を実施していただいた協同組合岩手木工センターの方々をはじめ、人間工学的な解析についてご指導をいただいている東北大学大学院医学系研究科の山本澄子講師、通商産業省工業技術院生命工学工業技術研究所人間環境システム部の持丸正明研究員、同所木塚朝博研究員に感謝の意を表します。



## 木製福祉用具と新機能付加車椅子の試作

## 工芸品への立体模様書き込み\*

大坊 真洋\*\*、町田 俊一\*\*\*、小林 正信\*\*\*

伝統工芸品の付加価値の向上を図ることを目的として、各種基板へ立体像を記録再生する実験を行った。連続的な水平視差を有した立体像が、太陽光等の非コヒーレント光源で再生できた。塩化ビニル基板および半透明シートを貼り付けたガラス基板では、コントラストの高い立体像が再生された。  
キーワード：伝統工芸品、立体模様、立体視

## 3-D Image Recording onto Industrial Arts

DAIBO Masahiro\*\*, MACHIDA Toshikazu\*\*\* and KOBAYASHI Masanobu\*\*\*

3-D image recording and reconstructing experiment has been carried out on various substrates to explore new value added industrial arts. The 3-D image that has continuous horizontal parallax is successfully reconstructed by incoherent light. In particular, high contrasted 3-D images are obtained when vinyl chloride plate or half mirror sheet on glass plate are employed for substrate.

key words: Industrial Arts, 3-D image, Stereo Vision

## 1 緒 言

現在、通産大臣が指定している「伝統的工芸品」は全国で193品目ある。これらは文化の継承や地域の活性化に重要な役割を果たしてきた。しかしながら、総生産高は1983年の5,406億円をピークに減少しており、1998年では2,784億円と約半分まで落ち込んでいる。これを受け通産省では、伝統的工芸品の製造からマーケティングまでの総合的な経営戦略の立案を担う「産地プロデューサー」制度を2001年から導入すると発表している。これにより消費者ニーズを反映した商品づくりや、インターネットによる通信販売等の手法を取り入れた経営改革を指導するという。全国的な潮流として伝統工芸を「継承」から「ビジネス」へ転換する舵がきられ始められつつある。

しかしながら、ある程度の慎重さも忘れてはならない。嗜好性の変化に対応する為に若干の工夫と変化を導入したいといった変革の立場がある一方で、古くから積み重ねられてきた技法を質を落とすことなく伝承しなければならないといった立場もあるからである。時として安易な改良は、信頼や風格を傷つける場合も考えられ、変革と継承の葛藤に遭遇する。この相反する事象をバランスよく実現しないと、小さなマーケットの中で陳腐化する事態に陥るだろう。

さて岩手県へ目を向けると、地域の伝統工芸品として、秀衛塗、浄法寺塗などの漆器、岩谷堂筆筒、南部鉄器が代表としてあげられる。筆者らはこれまでに比較的簡単な機械加工によって、立体的な模様を記録する手法を開発してきた<sup>1-2)</sup>。本報告は、伝統工芸品に立体模様を記録するといった新技法の導入を試み、新たな付加価値を有した伝統工芸品の創出を検討したものである。

## 2 実験方法

## 2-1 立体表示の原理

円弧状の細い溝を多数配列させることにより、立体模様を実際の板の上(手前)や下(奥)の空間に表出させることが可能である<sup>3-4)</sup>。図1で原理を説明する。同図(a)は手前の空間、(b)は奥の空間に立体像を表示する方法である。 $B_L$ 、 $B_R$ はそれぞれ左右の目に明るく見える輝点である。円弧状の細い溝と直交する方向へ光が散乱されるために円弧の一部だけが明るく見える。ここで両眼で見ると、2つの輝点が融合されて、あたかも空間の一点(星印)が光っているように観察される。奥行きは円弧の半径に比例する。任意の立体像を記録するには、円弧の中心を立体像の断面形状に沿って多数配置し、それぞれの円弧の半径は断面の奥行きに比例させればよい。

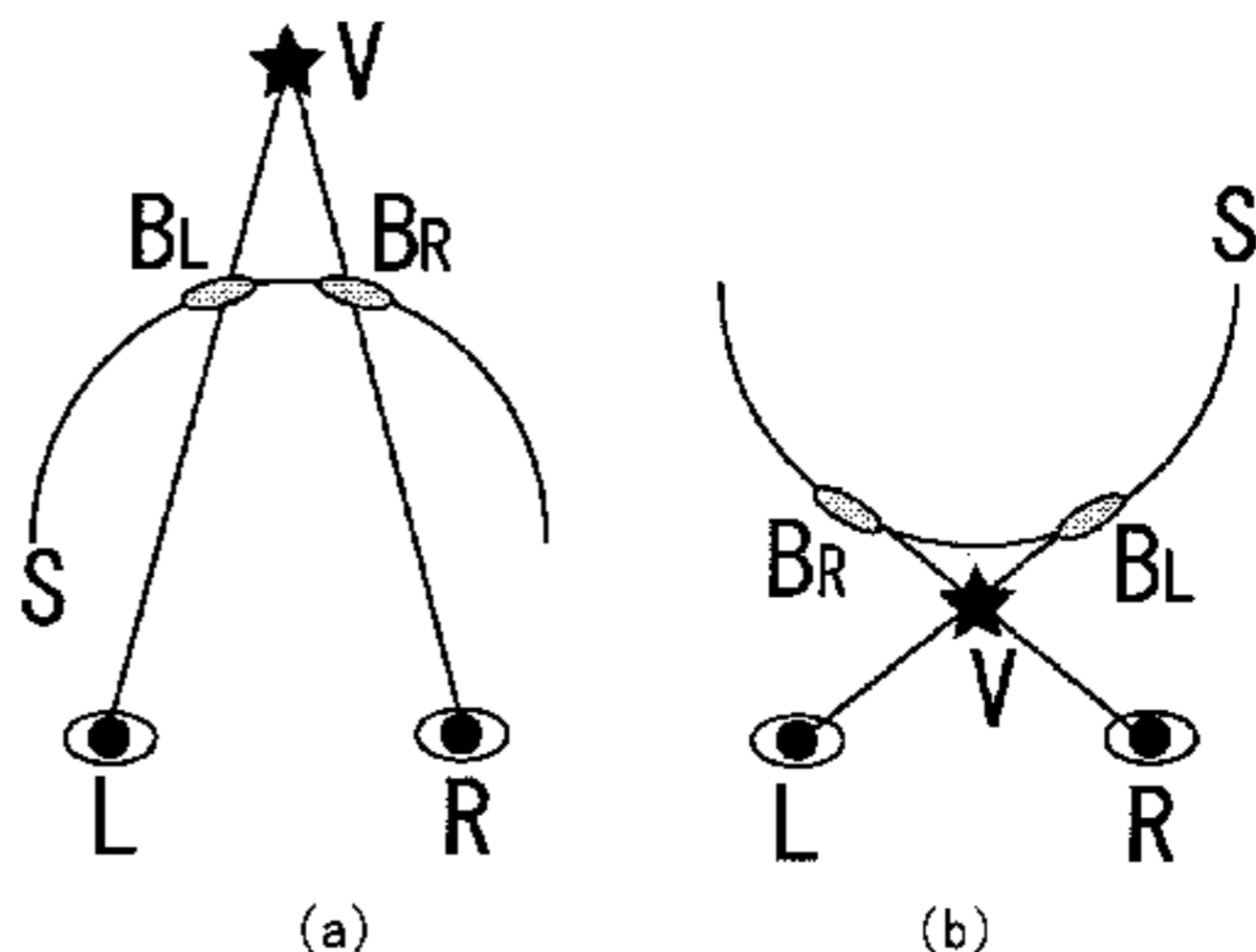


図1 立体表示の原理

L:左目, R:右目, S:円弧状の細溝,  $B_L$ :左目に見える輝点,  $B_R$ :右目輝点, V:融合点

\*立体像書き込みによる工芸品の高付加価値化 第一報 (研究機関共同研究推進事業)

\*\*電子機械部、\*\*\*岩手県立産業デザインセンター

このような模様付け作業（円弧を配置させる作業）は根気の要る作業になるが、原理的に手作業でも可能であることから、手造りという伝統工芸品特有の商品価値も失わずに済む。円弧を並べる間隔は、典型的には $300\mu\text{m} \sim 1\text{mm}$ で十分である。これは立体像記録の本格的な方法のホログラムが1ミクロン以下の微細加工やレーザー露光を必要とするのと比較すると、伝統工芸品の製造現場で適用するには大きなメリットとなる。

さて、円弧状の細い溝を並べることによって立体的に見える原理は、ステレオ視に分類される。ただし、一般的なステレオ視とは異なり、本方法で製作した立体像は連続的な視差を有しており、左右に動いて観察しても途切れることなく滑らかな立体感が得られる。この優れた特徴により、特殊なメガネを掛けたり、寄り目にして観察したりするような特別な器具や練習を強要せずに自然に見ることができ、一般ユーザーにも受け入れられやすい。

## 2-2 試作

加工はカッタープロッター（グラフテック製）を、パソコン（Macintosh）で制御して、基板に円弧状の細い溝を描いて行った。図形の製作には、一般的に普及しているドローイングソフトIllustrator（Adobe社）を使用し、カッタープロッター駆動のためのデータ型変換にはPS-POP（アイクス企画）を用いた。図2に設計図形を例示する。奥行きは円弧の半径に比例する。奥行きの方向は、円弧が凸になっている向きを選ぶことによって、手前側にも奥側にも設定することができる。図形を設計する時は、奥行き毎（図2の①～⑥）にレイヤーを割り当て、異なる奥行きの像に対応した円弧同士が重なり合う部分の修正が容易になるようにして作業効率を高めた。

基板には塩化ビニル、漆器および半透明シートを貼り付けたガラス板を用いた。立体像を観察するための光源には、太陽光、蛍光灯、ハロゲンファイバー光源を使用し、それぞれのもとで観察した。

## 2-3 現地調査

漆器とガラス工芸品を製作している県内企業2社に対し、試作品を提示し、技術的な課題について現地調査を行った。

## 3 結果

### 3-1 塩化ビニル基板

塩化ビニル基板については黒色、透明の両基板で対して、記録・再生とも良好な結果が得られた。黒色基板は光源とのコントラストが良く良好な反射型ディスプレイとして使用できる。透明基板は、背景と立体像が重ねあわされることにより、より効果的な立体表現が可能であった。

### 3-2 漆塗り基板

漆塗りの平面基板に直接記録したものは、コントラストが不十分で立体表示が困難であった。その原因として円弧状の溝が塩化ビニル基板の時のように滑らかでなく、ギザギザした状態になったため、照明光が無秩序に

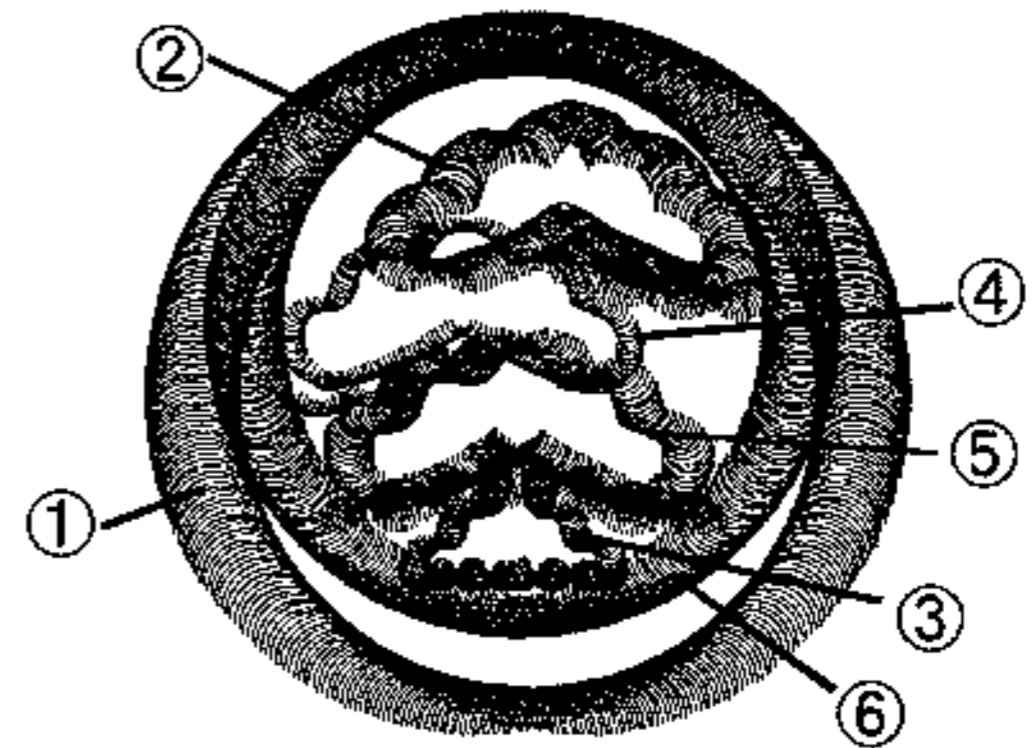


図2 設計図形の例

二重の円の中に松の木がある例。遠くに見える方から①～⑥の順。①～②は基板奥に沈み込んで、③～⑥は基板手前に浮かび上がって見える。

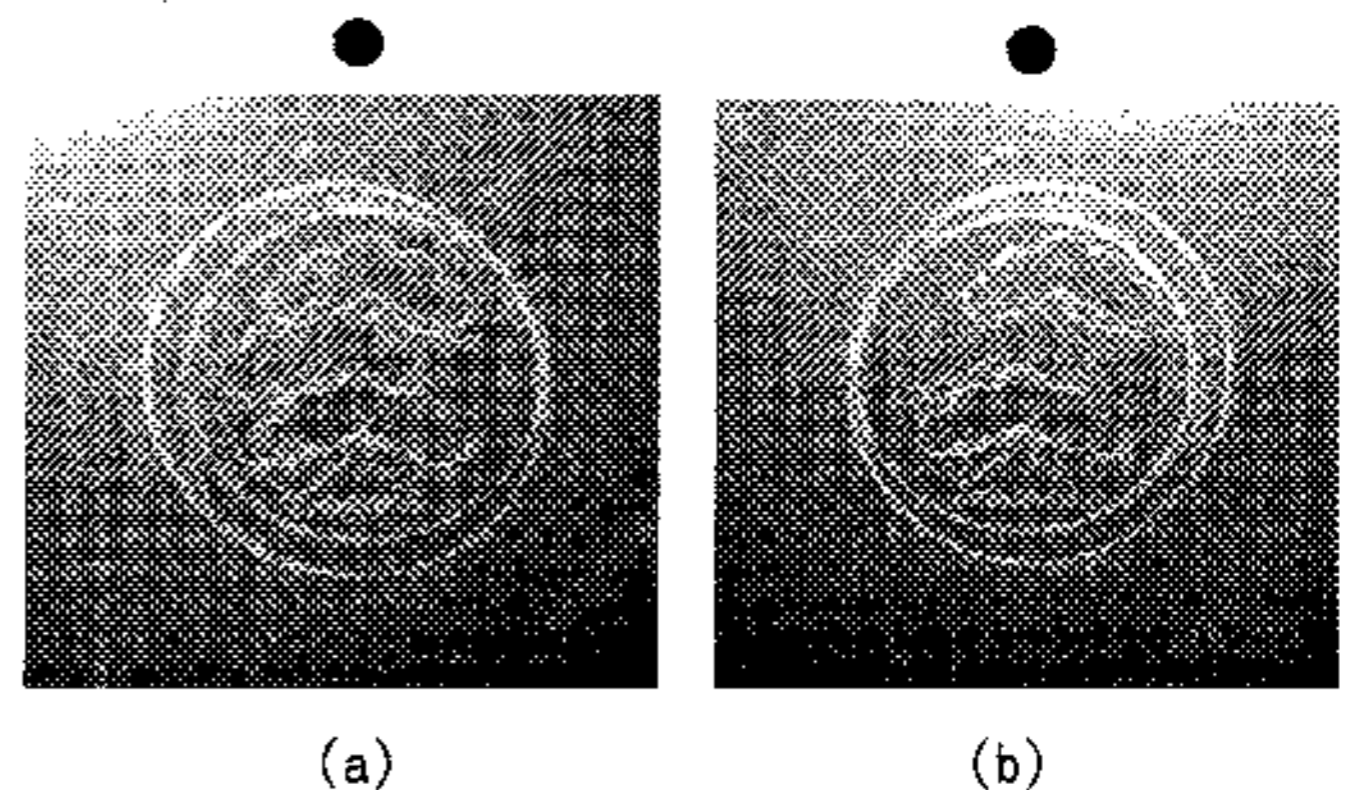


図3 再生結果

(a)左側から見た場合、(b)右側から見た場合

ガラス基板上の半透明フィルムを太陽光で反射型で観察した例。寄り目にして図面上方の左右の黒丸を一致させると、紙面上でも立体感がわかる。但し、実物では寄り目にする必要なく自然に立体的に見える。

散乱されたことによると考えられる。この立体表示方法では、溝に直交する方向に光が散乱されなければならず、溝と平行な方向にも多くの散乱があった場合には立体像は表出されない。溝を観察するとカッターの押し付けにより漆が微細にひび割れており、このひび割れが無秩序な散乱を引き起こしている。ひび割れを低減するために、カッターの押し付け圧力と移動速度を低くして改善を試みたが、機器の設定範囲内では最適な加工条件に至らなかった。さらに漆表面を水で濡らしてから加工する実験も行ったが明瞭な改善はできなかった。

### 3-3 ガラス基板

ガラス基板に記録する実験では、一般的なソーダガラス基板に、半透明アルミ蒸着フィルムを貼り、そのフィルム上にカッタープロッターで記録した。フィルムは赤外線遮断や室内プライバシーの目的で自動車の窓ガラス等に貼る一般的な市販品である。フィルムを貼った状態でマジックミラーのようになり、透明と反射の両方の特性を一度に実現でき表現の自由度が高い。

図3に太陽光で再生した結果を示す。紙面上では立体感の表現が困難であるが、同図(a)は左側から、同図(b)は右側から観察した像であり、視差の存在が確認でき

る。両眼で観察すると実際のガラス板表面から離れた空間に浮き上がって（沈み込んで）立体像が見える。松の木の葉や、幹、外側の円はそれぞれすべて異なる奥行きに表示されるように、円弧の半径を変えて記録しており、実際に再生された像もそのとおりに表示された。

再生のための光源は太陽光がもっとも像がクリアであった。ハロゲンファイバー光源は点光源として働き、これでもボケが少ない象が得られた。ただし、光源と基板を近づけすぎると円錐状の光束となり、中央部と周辺部で入射角度が異なるため、像に歪がみられた。実用上最も注目すべきことには、蛍光灯でも立体像が再生できたことである。半円になっている円弧の凸方向あるいはその180度反対方向と平行な向きに、直線状の蛍光灯を配置すると立体像の再生が可能である。これは水平方向（円弧の凸方向と直角方向）の視差のみを使用し、垂直方向の視差を放棄したことで可能になっている。

### 3-4 現地調査結果

漆器に関しては、カッタープロッターで記録した細かい溝のままでは、傷のように見えるという意見があった。何らかのコーティングが必要であるが、空気と漆の中間的な屈折率の透明塗料が必要であり、材料の選定をする課題が残る。理想的には、コーティングする材料自体も漆であればよい。また、金箔を埋め込む沈金と呼ばれる技法があり、溝部に金箔を埋め込む実験も現地での協力により行われた。金属は反射材料であるので、コーティング材の下に埋め込んでも等価的に大きな屈折率差を実現でき原理的に良い組み合わせである。しかしながら、金箔を手作業で溝に埋め込むために、光学的に滑らかな円弧状の線を実現できず、光が乱反射して立体像の表出はできなかった。

一方、ガラス基板に関する調査では、貼り付けたシートではなく、ガラス自体に加工できないかという意見があった。化学薬品によるエッチングが可能であるが、環境対策が厳しいこの頃では、廃液処理のコストが障害と

なって、簡単に化学処理を導入しにくいという問題も浮き彫りになった。

## 4 結 論

工芸品へ新たな技術を組み込むことによって、付加価値の向上を図ることを目的として、各種基板への立体像を記録・再生する実験を行った。塩化ビニルと半透明シートを貼り付けたガラスの2種類の基板に対しては、コントラストの高い所望の立体像の記録・再生が確認された。漆基板に対しては、滑らかな光散乱溝を製作する条件が見出せず、コントラストの高い再生ができなかった。引き続き、前後処理の方法や各種条件を探索する必要がある。

本方法では、微細加工を必要とせずに、簡単な機械的加工で立体像の記録が可能である。また再生の時は、光源としてレーザーは必要ではなく、一般的な太陽光や蛍光灯等で再生ができる。観察に際して、特殊な眼鏡やトレーニングも必要ではなく、肉眼で観察することができる。これらの特徴から、本方法は工芸品へ立体像を記録再生する方法として適していると考えられる。

## 文 献

- 1) 大坊真洋：コンピュータ・ホログラフィの開発，岩手県工業技術センター報告，3，23-28（1996）。
- 2) 大坊真洋，多田三郎：円弧状傷での散乱光による立体ディスプレイの開発，岩手県工業技術センター報告，4，33-38（1997）。
- 3) William T. Plummer and Leo R. Gardner: A mechanically generated hologram?, Applied optics, 31, 6585-6588 (1992).
- 4) 大坊真洋，小林正信，町田俊一，木村光照：円弧状の線刻による立体ディスプレイ，日本デザイン学会デザイン学研究，46(1)，19-26（1999）。

## 三次元測定機評価の実験計画\*

和合 健\*\*、南幅 留男\*\*\*

試作した3次元ゲージ<sup>1)</sup>を使用して、企業6社と花巻市と北上市の支援センター及び工業技術センターの全9機関の参加により、持ち回り測定による三次元測定機の誤差評価実験を行った。ここでは、品質工学に基づく三次元測定機評価のための実験計画と持ち回り実験での留意点、及び代表的な3機関の実験結果を示した。

キーワード：持ち回り測定、実験計画、三次元測定機、品質工学

## Experiment Plan for Evaluation of Error of CMM

WAGO Takeshi and MINAMIHABA Tomeo

Roundrobin test on an evaluation of error of CMM(Coordinate Measuring Machine) were experimented using a trial gauge of 3 dimensions by nine institutions ,such as six enterprises and Municipal Support Centers of HANAMAKI city and KITAKAMI city and IIRI(Iwate Industrial Research Institute). This report showed experiment plan for evaluation of uncertainty of CMM which is based on the quality engineering, an attention point in experiment and the experiment result of representative three institutions.

key words : round robin test, experiment plan, CMM, quality engineering

### 1 緒 言

計測の不確かさを見積もるには、タイプA(統計的方法によるもの)とタイプB(タイプA以外のもの)の2通りの積算方法がある。タイプAでは実際の測定機の誤差評価実験が必要になるが、その実験方法はあまり知られていない。また、企業では加工技術と並び品質保証を行う計測技術も重要となるが、実際の計測作業では測定結果の出力値をそのまま信用しているのが現状である。特に、三次元測定機(以下、CMM)は構造が複雑であり、構造に起因する誤差やプローブ方式による誤差が従来から指摘されている<sup>2)</sup>。そこで、測定機の誤差評価手法の修得、自社保有のCMMの誤差把握を目的に、当工業技術センターを中心に企業及び北上市基盤技術支援センター、花巻市起業化支援センターなど全9機関により、持ち回り測定によるCMMの誤差評価実験を行っている。ここでは、CMM評価のための実験計画と代表的な3機関の結果について示す。

### 2 実験計画及び実験方法

#### 2-1 基本機能

三次元測定機の基本機能は、ゲージ寸法値と測定値が

一致していることが良い機能と考え、ゲージの値とCMM測定値の転写性<sup>3)</sup>とし、動特性のSN比により評価した。

#### 2-2 誤差因子及び標示因子の設定<sup>4)</sup>

図1に誤差因子及び標示因子の説明、表1に誤差因子とその水準、表2に標示因子とその水準を示す。誤差因子は、従来から指摘されている斜め方向でのプローブによる誤差の大きさを求めるために設定した。標示因子は、スタイラスのたわみによる誤差を求めるためにA:延長スタイラスとし、B:スタイラスの向きとした。ここで向きとはプローブヘッドのセンシング構造に起因する誤差を求めるために45°に意図的に取り付けることとした。C:チップの径はチップ径が大きくなることにより接触点が面接触となる懸念と、チップ径と比例してシャフト径が変化するため細いシャフトでのたわみ誤差も考慮した。さらに、D及びEとしてゲージを置く位置XYはアップの原理に反した三次元測定機の構造による誤差を求めるために設定し、ゲージを置く位置Zは試作ゲージの高さが十分大きくZ方向の誤差は測定値に反映されることからここでは設定はしなかった。

\* 持ち回り測定による三次元測定機の誤差評価(第2報)(特定産業集積活性化関連機関支援強化事業)

\*\* 電子機械部(現 企画情報部)

\*\*\* 電子機械部

誤差因子：プロービング点数及び方向  
 標示因子：因子A～E

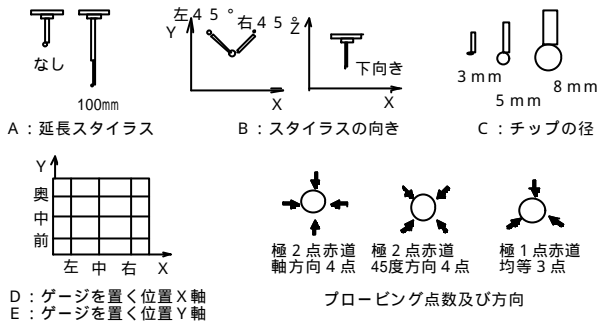


図1 誤差因子及び標示因子

また、測定の繰り返しはR<sub>1</sub>～R<sub>3</sub>の3回とした。

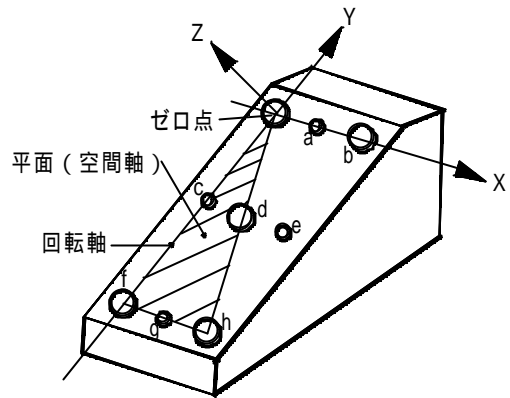


図2 ワーク座標設定の定義

表1 誤差因子

因子	水準		
	1	2	3
プロービング点数及び方向	極2点及び軸方向4点	極2点及び45°方向4点	極1点及び均等3点

表2 標示因子

因子	水準		
	1	2	3
A 延長スタイラス	なし	100mm	-
B スタイラスの向き	下	右45°	左45°
C チップの径	3mm	5mm	8mm
D ゲージを置く位置X軸	左	中	右
E ゲージを置く位置Y軸	前	中	奥

表3 直交表L<sub>18</sub>への割付け

番号	標示因子				
	a延長ス	b向き	cチップ	d X軸	e Y軸
1	なし	下	3mm	左	前
2	なし	右45°	5mm	中	中
3	なし	左45°	8mm	右	奥
4	なし	下	3mm	中	中
5	なし	右45°	5mm	右	奥
6	なし	左45°	8mm	左	前
7	なし	下	5mm	左	奥
8	なし	右45°	8mm	中	前
9	なし	左45°	3mm	右	中
10	100mm	下	8mm	右	中
11	100mm	右45°	3mm	左	奥
12	100mm	左45°	5mm	中	前
13	100mm	下	5mm	右	前
14	100mm	右45°	8mm	左	中
15	100mm	左45°	3mm	中	奥
16	100mm	下	8mm	中	奥
17	100mm	右45°	3mm	右	前
18	100mm	左45°	5mm	左	中

2-3 信号因子及びワーク座標設定

図2にワーク座標設定の定義を示す。信号因子の特性値は球間距離、球径、真球度の3種類とし、球間距離はゼロ点球と球a～球hの中心座標間の距離が8水準でゼロ点比例式によりSN比を算出した。球径はS 0.5inch 球である球a、球c、球e、球gの4個の総和とS 1 inch 球である球b、球d、球f、球hの4個の総和の2水準でゼロ点比例式によりSN比を算出した。また、真球度は球a～球hのすべての球において真球度が0.08 μm以下なので、ゼロ望目特性としてSN比を算出した。

ワーク座標は、図2に示すとおり球a、球f、球hの3個により平面を作り空間軸とし、球a、球fの2個で回転軸とする。XYZのゼロ点は球aの中心座標とし、ワーク座標設定での球測定はすべて極3点赤道軸方向4点×2回の計11点とした。

2-4 直交表への割付け

表3に直交表への割付け、表4に測定値テーブルを示す。表3及び表4に示す通り直交表L<sub>18</sub>について、標示因子を直交表の内側、誤差因子を直交表の外側に割り付けた。直交表L<sub>18</sub>では交互作用は列の犠牲なしに出る。

2-5 持ち回り測定での留意点

- ・基本スタンスとして、通常の生産現場で使用している状態で測定することとする。誤差評価実験だからと言って、いつもは稼動していない空調などは使用しないこと。
- ・測定実験方法は、決められたフォーマットに従い直交表L<sub>18</sub>による測定実験を行う。
- ・測定データは各自がSN比算出手順書に従い表計算ソフト(エクセル、ロータス等)により計算し、SN比による誤差を算出する。
- ・試作ゲージの標準値は岩手工技セのUPMC550-CARAT・HSS(ZEISS)で繰り返し9回測定した値とした。今後、標準値について検討する。
- ・CMMの機種毎による制限からフォーマットに従う測定が出来ない場合は、相談の上最善の方法により対処する。
- ・長さの測定では温度変化が重要となるので、温度を定期的に記録しておくこと。
- ・エージング(温度ならし)については1日程度は測定室の環境にならしておくこと。

表4 測定値テーブル

番号	因子					特性値：距離												
	延長	向き	チップ	X軸	Y軸	軸 - 6 P				45° - 6 P				均 - 4 P				
						R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>	SN比	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>	SN比	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>	SN比	
1	なし	下	3	左	前													
2	なし	右45	5	中	中													
3	なし	左45	8	右	奥													
・	・	・	・	・	・													
・	・	・	・	・	・													
18	100	左45	5	左	中													

特性値：球径																		
軸 - 6 P						45° - 6 P						均 - 4 P						
R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>	SN比	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>	SN比	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>	SN比	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>	SN比	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>

特性値：真球度																		
軸 - 6 P						45° - 6 P						均 - 4 P						
R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>	SN比	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>	SN比	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>	SN比	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>	SN比	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>

R<sub>1</sub> ~ R<sub>3</sub>は繰り返し

- ・ゲージの底面はラッピング加工面となっており小さい力でゲージが動きやすいので、ゲージ側面の貫通穴を利用してクランプで2カ所CMM測定定盤に固定すること。
- ・企業で生産に使用しているCMMなので、CMMの測定誤差などデータは部外秘としデータの取り扱いには十分注意すること。
- ・学会等の外部発表については研究会の了解を得ること。
- ・ゲージは石製であり、球は破損し易いのでゲージの取扱いは慎重に行うこと。
- ・ゲージの鋼球は錆に注意すること。
- ・実験を行うにあたり初日に岩手工技セの担当者が立ち会い、実験のノウハウ及び実験計画について説明する。

### 2-6 持ち回り日程

表5に持ち回り日程を示す。日程はゲージの受け渡しの容易性を考慮して南から北に北上する経路とした。各機関2週間の測定期間として測定を行うが、会社業務の都合等で不具合のある機関は事務局（岩手工技セ）まで前もって連絡すること。

表5 持ち回り日程

No.	日程	機関
1	7/21 ~ 8/3	北上市基盤技術支援センター
2	8/19 ~ 9/1	(株)阿部製作所
3	9/2 ~ 9/15	花巻市起業化支援センター
4	9/16 ~ 9/29	岩手県工業技術センター
5	9/30 ~ 10/13	横河電子機器(株)
6	10/14 ~ 10/27	セイコーインスツルメンツ(株)
7	10/28 ~ 11/10	(有)小林精機
8	11/11 ~ 11/24	美和ロック(株)
9	11/25 ~ 12/8	アルプス電気(株)

### 2-7 SN比の算出

以下にSN比の算出式を示す。

$$= 1 / (3 \times r) \times (S - V_e) / V_e \text{ (mm}^{-1}\text{)}$$

$$= 10 \times \log (1 / (3 \times r) \times (S - V_e) / V_e) \text{ (dB)}$$

誤差限界（これはほぼ95%信頼限界に相当する。）  
± 3 / (mm)

ここで、 : SN比、 r : 有効除数、 S : 比例項の変動、 V<sub>e</sub> : 誤差分散とした。

### 3 実験結果及び考察

表6に代表的な3機関の実験結果、図3にA機関のSN比の要因効果図、図4にB機関SN比の要因効果図、図5にC機関のSN比の要因効果図を示す。A機関とB機関のCMMは同一メーカーであり、CNC機、プローブ方式、機械構造は全く同等であるが、測定範囲のみ異なる。A機関とB機関の誤差限界はA機関が0.0040mm、B機関が0.0041mmと全く等しくなった。これは、同一方式のCMMを使用していることからCMMのばらつきの再現性は高いと推測できる。一方、C機関のCMMは手動方式でプローブヘッド構造が3点支持のタッチトリガ方式であるが、誤差限界は0.0288mmと30μm程度のばらつきとなった。C機関のCMMで誤差が大きくなった原因は、手動によるプロービングと、プロービング方向<sup>2)</sup>の違いにより誤差の大きさが変化するとされている3点支持タッチトリガ方式の2つが影響したものと推測される。

各因子間の効果の大きさについてA機関のCMMでは、誤差因子とした3種類のプロービングでは大きさ差は見られない。しかし、因子Eの水準1でSN比が小さくなっており、これはゲージを置く位置Y軸-前である。また、B機関の因子BでSN比が小さく、これはスタイラスが下向きの場合である。A機関とB機関の同一構造のCMMによる効果の大きな因子の種類の違いは、今後の追加実験で検討が必要と思われる。C機関のCMMでは、特に因子Aのプロービング手動及び延長スタイラ

スの使用でSN比が大きくなっている。通常は延長スタイルスのたわみが誤差となるが、タッチトリガ方式では測定圧が小さく、手動プロービングによる操作性の善し悪しが誤差に影響を与えていると推測される。

表6 3機関のSN比と誤差限界

機関名	SN比 (db)	誤差限界 (mm)
A機関	57.51	0.0040
B機関	57.36	0.0041
C機関	40.36	0.0288

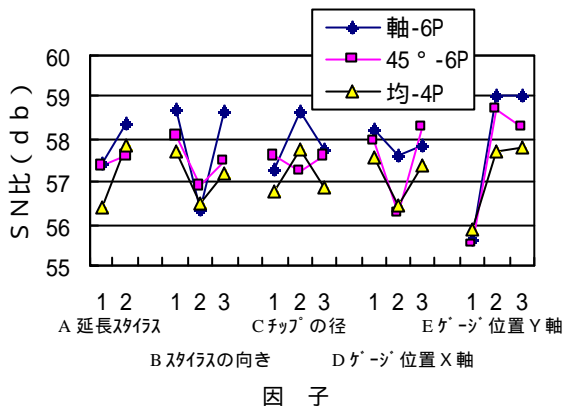


図3 A機関のSN比の要因効果図

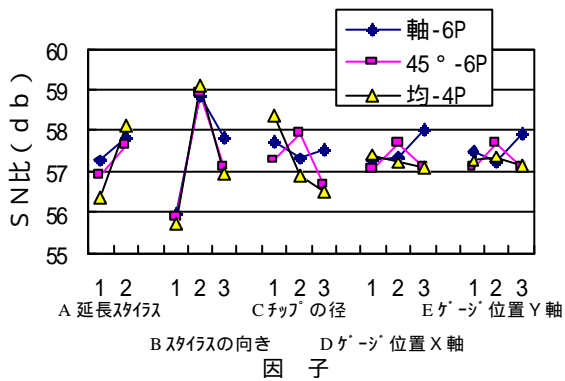


図4 B機関のSN比の要因効果図

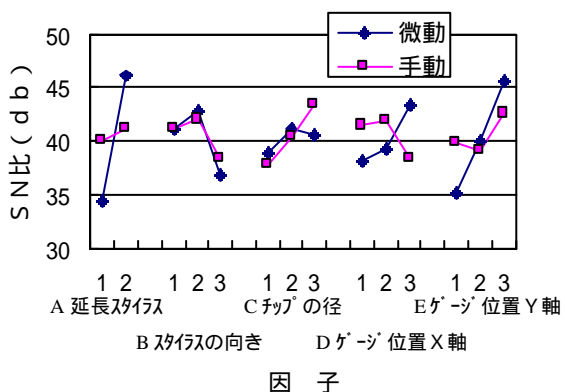


図5 C機関のSN比の要因効果図

4 結 語

試作3次元ゲージを使用して9機関の参加により、実際の持ち回り測定実験を行い、以下の結果が得られた。

- ・平成11年度は前年度に設計製作した試作三次元ゲージ<sup>1)</sup>を使用して、全9機関により各機関2週間の測定期間の割り当てで持ち回り測定を行い、年度中に全9機関の測定が終了した。
- ・誤差限界でA機関とB機関は両者同等の4μmとなり、CMMは同一メーカーであり測定範囲以外は同一構造であることからばらつきの再現性は良いと推測される。
- ・C機関の手動方式のCMMでは因子Aのプロービング手動及び延長スタイルスの使用でSN比が大きくなっており、手動プロービングによる操作性の善し悪しが誤差に影響を与えていると推測される。

5 今後の予定

研究会内で各機関での測定結果について議論すると共に、SN比算出式等の勉強会を行う。以上の活動を通して自社保有の三次元測定機の誤差を把握し、実生産業務に役立てる。

本研究は、(株)阿部製作所、横河電子機器(株)、セイコーインスツルメンツ(株)(有)小林精機、美和ロック(株)、アルプス電気(株)、北上市基盤技術支援センター、花巻市起業化支援センター、岩手県工業技術センター(順不同)の全9機関の共同研究として行った。また、実験を進めるにあたりご指導を頂いた工業技術院計量研究所計測システム部 松田次郎主任研究官に感謝いたします。

文 献

- 1)和合 健ほか：三次元測定機評価用ゲージの要素設計と試作，工技セ報告 P121 - P124 (1999)
- 2)丸山六男：三次元検出器の動作特性，機械の研究 .39 .3 (1987)
- 3)田口玄一ほか：転写性の技術開発，日本規格協会 (1992)
- 4)松田次郎ほか：リングプレートメソッドによる三次元測定機の誤差評価，精密工学会秋季大会論文集 (1994)



## 生産管理システムへ移行するための現状分析\* (その2)

若槻 正明\*\*、行方 学\*\*\*、堀田 昌宏\*\*、  
和合 健\*\*、飯村 崇\*\*

現在の生産管理上の問題点を作業従事者側からの視点でまとめた。この結果、明確な生産計画がないことや生産指示の曖昧性などがあり、管理機能そのものが十分に働いていないことが判明した。また、管理の効率化を目指し自社開発した、現在使用中の生産管理システムが、実際は管理業務の効率化の障害となっていることが判明した。このことから、新たな取り組みとして、バーコード利用による効率化についての検討と新たなシステムの開発についての要件をまとめた。

キーワード：生産管理、生産分析、生産管理システム

## Evaluation of Administrative Production to Replace Manufacturing Management System with Computer

WAKATUKI Masaaki, NAMEKATA Manabu, HOTTA Masahiro,  
WAGO Takeshi and IIMURA Takashi

This report describes the problems of production managements, which are picked up from viewpoint of workers. Then it is disclosed that they have no definite planning for manufacturing and workers have been given ambiguous instruction, so the function as production management doesn't enough to work for managing. And we knew that the management system which had made by themselves for effective management has been in the management way. As a result, we suggest that it can be usefully to use barcode system and to construct new management system for production control.

key words: manufacturing management, production processevaluation, manufacturing  
management system

### 1 緒 言

生産管理システムの構築を円滑に進めるためには、その企業が持っている特性や現行の生産管理システムの仕組みを十分分析、認識した上で、新しい生産管理システムの構築に取り組む必要がある。このとき、まず全体的にどのような機能が生産管理に必要であるかをマクロ的に捉え、次

にそれぞれの機能の中身を検討・充実することにより調和のとれたシステムとして構築することができる。

前報<sup>1)</sup>において、生産管理のシステム化のため、現状の生産管理とその問題点、システム化の効果を管理者側から見た大きな流れとして報告した。

本年度は、管理業務や生産に直接携わる担当者側から見

\* コンピュータ利用による生産技術のシステム化 (技術パイオニア養成事業)

\*\* 電子機械部

\*\*\* (有)小林精機

た生産管理の現状と問題点を聴取分析し、K社にとって必要とされる生産管理の業務内容について検討した。また、現在使用している生産管理システムで発生している問題点についても調査した。この結果、生産現場を管理するという本来の管理機能が上手く働いていないことが判明した。このことから、この問題の改善策として、バーコードによる実績集計を導入した生産現場の管理方法について検討し、また、これを実施するための生産管理システムについて検討し、新しい生産管理システムを構築するための要件としてまとめた。

## 2 調査の方法および内容

現状の生産システムを分析し、新しいシステムへの移行を図るための取り組みとして、今回は以下に述べる3つの内容について調査ならびに分析・検討を行った。

### 2-1 生産管理上の問題把握に関するアプローチ

現状業務の実体を調査するため、各担当部署でその業務について熟知している従業者5名で構成される生産管理合理化委員会を設置し、管理上の問題点の洗い出しを行った。委員会は5月から10月まで月2回の頻度で開催することとし、立場の違いが障害となり、真の実体が隠れることを防ぐため、委員会の中での意見は全て匿名で記録した。そして、この委員会で出された過去の事例や問題点、生産管理のあるべき姿などの意見を業務毎にまとめ、さらに原因毎に分類し現状調査の結果とした。

また、生産業務の手順ごとに、不定期に各業務の担当者から業務内容やそのときの問題点、担当者の希望などを聴取し、委員以外の各業務担当者の意見や、その都度発生した問題などについても調べた。

### 2-2 生産管理業務の効率化に関するアプローチ

生産管理業務の効率化を図るために使用するバーコードに関する情報の収集と、社内利用の可能性について検討した。このとき、バーコードの基本的な構成やコード体系の種類、バーコードリーダーの種類などを関連書籍やメーカーの製品情報、インターネット検索などにより情報を収集するとともに、機械加工現場で利用に適するバーコード、バーコードリーダーについて検討した。

### 2-3 システム開発に関するアプローチ

現在利用している生産管理システムへのバーコードを利用するための機能の追加の検討、および新しい管理システムの構築について検討した。また、現在利用している生産管理システムのプログラムについて、そのプログラムの内容やデータ構造について調べた。さらに、これらをもとにK社に適合する生産管理システムを開発するための手法

(ハードウェア・ソフトウェア両面)についての調査を行った。

## 3 調査の結果

### 3-1 生産管理上の問題

生産管理上の問題を調査した結果、以下の3項目についての問題にわけることができる。

#### (1) 生産計画、生産指示についての問題

生産計画、生産指示では以下のような問題があることがわかった。

- ・製品投入可能性の可否に無関係な受注実施
- ・基準不明確な2種類の納期(社内、客先)設定
- ・生産数量の指示のない生産実施
- ・現場作業者のその場の判断による生産数量決定
- ・作業者の個人判断による材料の入出庫
- ・毎回の材料の見込み発注による余剰材料の多量発生
- ・不明確な生産指示と責任回避の問題
- ・複数の担当者からの無調整な同時生産指示
- ・現場作業者の独自判断による生産数量、納期設定

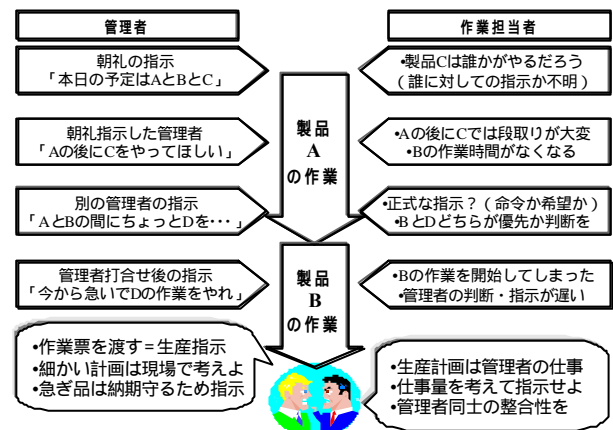


図1 1日の生産指示のやりとり

図1に1日の生産指示についての例を示す。この例からもわかるように管理者側と作業員側での認識のズレが大きく、計画や指示の内容が正確に伝わっていないことがわかる。このように、作業指示に関する権限と責任が不明確であり、各作業員任せの生産となっており、生産についての決定事項の遅延を招いている。これは、根本的に、統一された生産計画が立てられていないこと、曖昧な指示に代表されるように生産に関するルールが無いこと起因している問題であるといえる。

#### (2) 進捗管理と生産・作業実績についての問題

進捗管理と生産・作業実績で問題があると思われる内容について以下に示す。

## 生産管理システムへ移行するための現状分析（その2）

- ・未納品リストによる納入日直前の現品確認での進捗管理
- ・納品書のデータを元にした未納品リスト作成
- ・複数の担当者による重複した未納品リスト作成、未納確認
- ・進捗確認は各現場の各作業担当者へ出向いての確認
- ・確認内容は確認作業者のみが保持
- ・作業日報が作成されていない
- ・作業票の作業実績無記入と遅い回収

現状の進捗管理は、現在使われている生産管理システムにより週1回印刷される未納リストのみで行われている。管理担当者が未納リストと現品を突き合わせ、完了すればリストの内容を消し込むという方法である。（図2）しかし、この方法では納期直前の確認であり、その時点で未完了製品が判明しても納期に間に合うように完了させることが不可能なことも生ずる。また、週後半になるに従い、その週内の納期であるにもかかわらず、未納リストには掲載されない製品が存在するということが生ずる。さらに、同一週の異なる未納リストが複数存在したり、無記入の作業票が存在したりする現実は、生産管理の方法や実績の利用方法が十分理解、認識されていないことが原因である。このため、作業実績を生産管理のための管理データとして使うことが必要とされず、実績の集計業務そのものが風化している状態にある。

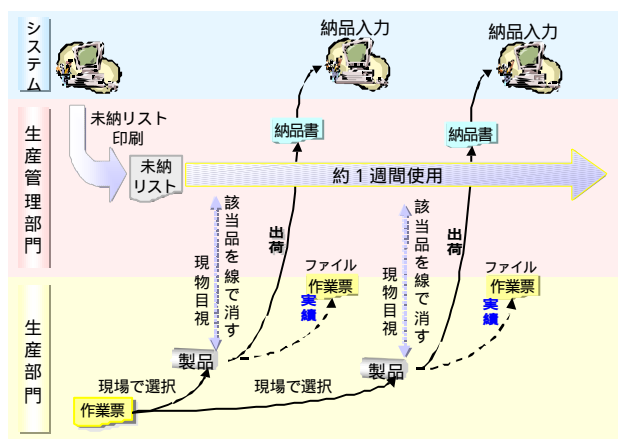


図2 現在の進捗管理方法

### （3）現行の生産管理システムの問題

現在運用中の生産管理システムは、OSのWindows95対応や2000年問題の対策として、K社が独自に開発したものである。しかし、システム開発担当者が生産の現状分析を行わないまま開発したため、実際の生産管理には不都合な点や非効率的な面が多く、将来に渡り生産管理システムとして使用するには多くの問題点をかかえたままのシステムとなっている。以下にその問題を示す。

- ・長年に渡りシステムの見直しが行われていない。
- ・直接業務に携わる作業者の改善提案や問題提起を採り入れられないシステム。
- ・規模の増大に対応できない。
- ・受注件数の増大とともにシステムの不具合点を回避するための補助作業が増加
- ・操作性が悪く、入力作業効率が悪い
- ・出力帳票のフォーマットの不具合
- ・開発担当者の退社で、システムの不具合が修正できない
- ・システムについての説明資料が無い
- ・データのバックアップ、不要データの削除が不可能
- ・データベースに不要データ、重複データが多い

## 3-2 生産管理業務の効率化

### （1）作業実績の集計方法

作業実績の手作業による集計では工数がかかることから、この負担を減らす実績収集・集計の自動化が必要である。しかし、加工作業者が常時扱うためには、キーボードなどのように入力処理時に手間がかかるものでなく、片手などによりワンタッチで簡単に処理できる機種が好ましい。バーコードは、高速かつ正確に情報を読み取ることができ、またコンピュータを意識することなく誰でも簡単に入力ができるという利点を持っている。このことから、実績集計にバーコードを利用することは効果的である。

### （2）バーコードについての調査

図3に代表的なバーコード、図4主なバーコードスキャナを示す。バーコードには数十種類のコード体系があり、またバーコードを読み取るスキャナも光学式やレーザー光式など種類が多く、その特徴や長所短所もさまざまである。しかし、加工現場は油污や切粉などが飛散している環境であり、必然的に汚れなどを考慮する必要がある。このことからバーコードを選択すると、印刷精度があまり要求されない（高い読み取り精度が必要とされない）Codabar (NW-7)、



図3 代表的なバーコードの種類と特徴



図4 スキャナの種類

または工業用に普及している Code39 のどちらかを利用するのが妥当と判断される。また、スキャナは設置台数も多いことや手軽さを考慮し、安価で使い勝手もよいタッチスキャナが加工現場での使用に適しているといえる。

### 3-3 システム開発

#### (1) 現行の生産管理システムの置き換えの検討

バーコードシステムを取り入れた生産管理を行うため、現在の生産管理システムの改良を検討した。しかし、前述のようにシステムプログラムについての資料がないことから、バーコード印刷を組み込むことを断念した。また、データベースの管理基準も不明確であるため、データベースを操作した際の現システムの正常動作が保証されないため、現システムの主な機能である受注出荷管理システムを新しく開発し、現システムと置き換えることとした。このシステムの置き換えについては、開発、運用の手軽さとバーコードの使用、そして第三者がプログラム内容を見た場合に理解できることを考慮し、Microsoft Access を利用して自社開発を行うこととした。

#### (2) 現行のデータベースの置き換えの検討

現行の生産管理システムのデータベースは Microsoft Access が使用されており、その主な構成内容は以下のとおりである。

マスター類	部品マスターテーブル 客先マスターテーブル 工程マスターテーブル 材料市販寸法マスターテーブル
データ類	受注データ 材料必要量計算データテーブル 受注出荷データテーブル 工程データテーブル

### 分納データテーブル 集計計算結果テーブル

これらのなかから、現システムにおいて重複や不必要項目、参照先の不整合などを整理し、再分類、再構築する。

#### (3) システム開発への取り組み必要事項

現システムも自社開発であるが、前回の反省を踏まえた自社開発とする。また、システムの規模は中規模で比較的構築の容易なクライアント・サーバー型とする。Access によるクライアント/サーバーシステムで以下の問題が判明しているが、これらについて調査・実験した結果、K社規模での使用については問題がないことが判明した。

- ・1テーブルあたり4万件
- ・応答速度が遅い
- ・不十分なセキュリティ

### 4 まとめ

現状の生産管理についての問題を、従業者の視点から調査し、生産管理上の問題、生産管理業務の効率化、システム開発についてまとめた。この結果、生産管理上の大きな問題として、次のことがわかった。

明確な生産指示(計画)が存在せず、進捗管理(実績)も不十分なまま、曖昧な処理が行われている。現行の生産管理システムは、システム設計時の機能検討が不十分であったため、今日では利用することが業務効率化の障害となっている。

また、これらの問題を解決する方法として生産管理業務の効率化、システム開発として以下の2点を検討した。

#### 生産管理へのバーコードの導入

取扱いが簡単で、現場で抵抗なく使用できる。これにより、集計作業が正確・迅速に処理でき、リアルタイムな進捗管理や実績管理が可能となる。

#### 生産管理システムの新規作成

現システムでは事務手作業が増加する傾向にある。したがって、今後のシステム拡張(バーコード処理、日程計画処理など)を行うため、新たな生産管理システムを自社開発する。

新たなシステムを開発し、移行するための事前調査は今回で概ね完了した。今後、これらの調査・分析した結果をもとに生産管理システムの開発作業を進める予定である。なお、本研究は平成11年度技術パイオニア養成事業にて実施したものである。

### 文 献

- 1)若槻, 行方: 岩手工技セ研報, 6, 117 (1999)



## 3次元人体形状スキャナーの開発\*

長谷川 辰雄\*\* , 中村 吉信\*\*\* , 上野 育子\*\*\*

山火 英子\*\*\*

(株)でんは靴製造業へ事業展開を計画していることから、様々な観点で靴業界の現状を調査した。市販されている靴は大量生産により低価格で供給されている。しかし、足に合わない理由で返品や多量在庫などの課題を抱えている。これを解決するためには、オーダーメイド靴を低価格・短納期で可能とする必要がある。従来のオーダーメイド靴は、足サイズの測定から木型の作成、デザインまでを職人が手作業で行っているためにコストや制作時間を要している。本研究では、手作業で行われていた足サイズの計測を自動化し、計測データを3次元CADへ自動転送することで制作時間の短縮を目指した。足サイズの計測は、従来の3次元形状の測定方法とは異なる独自の3次元形状測定機として開発した。

キーワード：人体形状，スキャナー，オーダーメイド

## Development of 3D Scanner for Measurement of Human Body

HASEGAWA Tatsuo, NAKAMURA Yoshinobu, UWANO Ikuko  
and YAMABI Eiko

The DEN Co. has planned the shoes business development to the manufacturing industry. We investigated present state of the shoes industry from various viewpoints. As the result of these investigations, there are problems of high return rate and large stock because of not being suitable for individual foot. As a method for solving this problem, we proposed the system which automated the measurement which the craftsman does in the manual operation. It is important to measure the shape of the foot in order to make the suitable individual shoes. In this reports, we described the development of the original three-dimensional shape measurement machine for the foot.

key words: human body, scanner, housemaid

### 1 緒 言

現在、人体の3次元計測、非接触法が多く用いられており、その中でもレーザー光による光切断法が一般的である。人体計測で問題となるのが計測時間であり、10秒という短時間でも人間が静止し続けることは困難であり、静止物体に比べて測定結果の誤差が大きくなる傾向がある。また、市販されている3次元計測器は非常に高価であり、維持費も高額である。そこで、従来よりも手軽で低価格の3次元計測器の開発を行った。メッシュ状の靴下を市販の低価格デジタルカメラで撮影し、得られた画像を解析するためのソフトウェアを開発した。メッシュを採用した理由は3次元計測する場合の指標点とすることにより、ソフトウェア開発が容易になるためである。足の3次元計測データはネットワークによって自動的にデータベースへ保管され、CADによってその場で木型のデザインをすることが可能となる。現在、職人が手作業で行っている各工程に対して、本システムは効率よく時間短縮を実現できる。

本研究では、短時間に計測可能な測定機の開発と、3次元幾何形状を自動生成するプログラムの開発を行った。

### 2 開発方法

#### 2-1 靴や足に関するデータ収集

履き心地のよい靴や、疲れにくい靴を作るために靴の形や材料が人体に与える影響などを調査した。この調査にはインターネットを活用し、足の病気や形状、靴に関する情報を収集した。また、実際に靴作りの現場視察や靴業界の抱える問題などを調査した。図1は、靴工場革を固

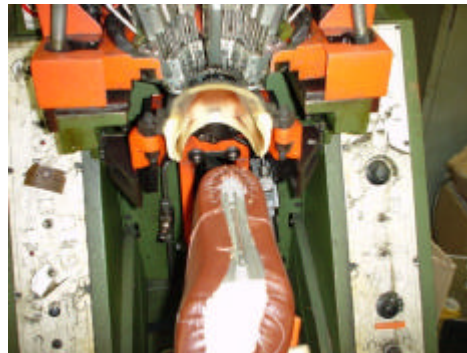


図1 革の固定

\* 技術パイオニア養成事業

\*\* 電子機械部

\*\*\* (株)でん

定している様子である。革靴制作の工程は、木型の作成から革の切断、靴底固定、靴の裁縫など多数の工程を経る。その各工程には機械が使われているが、職人の技術で機械を使いこなしており自動化は行われていない。その理由は、各工程の作業が複雑であるからである。図2は、靴底の固定を示し、図3は革の裁縫を示す。どちらも非常



図2 靴底の固定



図3 革の裁縫

に複雑な工程となっている。

### 2 - 2 3次元形状測定機の開発

3次元形状測定器の開発では、測定方法の検討を行い、低コストで瞬時に測定できるカメラを利用した測定機の開発を進めることにした。3次元座標を得るために、複数画像から三角測量の原理で計算する手法を採用した。この理由は、最もシンプルに3次元座標を求めることができるからである。開発当初、複数画像を求めるために、カメラ台自体を回転する方法で設計をしたが、一般消費者向けデジタルカメラの低価格さと、画素数が多い点に着目して、4台のカメラを固定して画像を撮影する設計とした。

4台のカメラからの画像をパソコンへ取り込むために、最大6画像取り込み可能なビデオキャプチャボード(フォトロン社製)を利用した。図4に4台のデジタルカメラによる3次元形状測定器のイメージ図を示す。

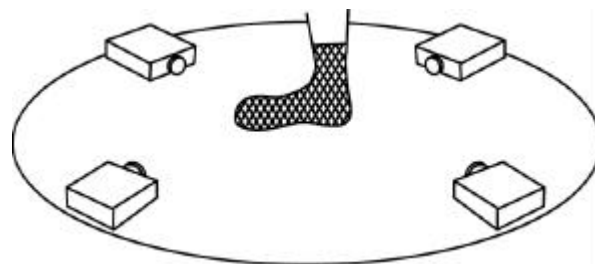


図4 3次元形状測定器イメージ図

### 2 - 3 3次元形状解析プログラム開発

3次元形状測定器で測定したデータを解析し、3次元データとして出力できるプログラムの開発を行った。解析方法は、メッシュ状の靴下を履き、3次元形状測定器で撮影し、その画像データをプログラムにより解析した。また、計測のポイントとなる部分には、予めマーカ(シール)を付けた。解析方法は、三角測量で算出する方式を取り入れ、3次元データとしては、DXF形式で出力できるように機能設計を行った。このシステムは、市販のデジタルカメラを用意し、撮影したデータをパソコンに取りこんで画像処理計算を行うシステムとした。また、プログラムは、Visual Basic 6.0およびVisual C++<sup>(1)(2)(3)(4)(5)</sup>で作成した。図5に計算アルゴリズムを示す

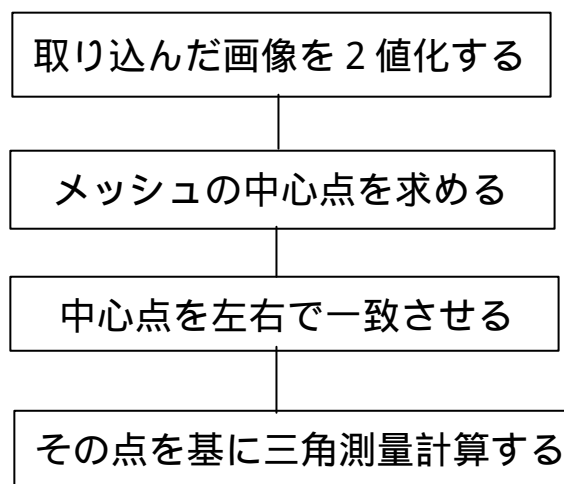


図5 計算アルゴリズム

## 3 開発結果

### 3 - 1 靴や足に関するデータ収集

自分の足に合わない靴を履き続けることで、足の病気や冷え性・腰痛・偏頭痛に影響を及ぼしていることがわかった。このことから、個人の足にフィットするオーダーメイドの靴製造が必要であり、安価で製造スピードの速いシステム化が重要であると確信した。靴や足に関するデータを収集し、オーダーメイドの様々な技術を身につけるために、革の切断や、裁縫を行った。図6はカッ

タープロッターを使った革の切断を示し、図7は切断した革靴のパーツを示している。図8は革靴のパーツを裁縫している様子である。

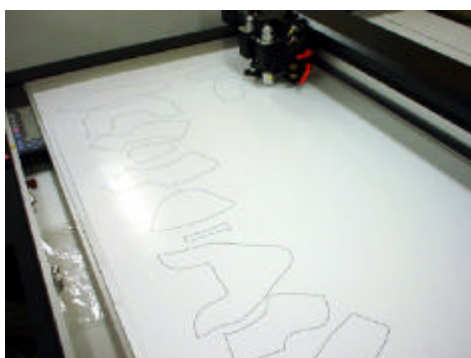


図6 カッタープロッタによる切断



図7 革靴のパーツ



図8 靴の裁縫

### 3-2 3次元形状測定器

図9に開発した3次元形状測定器を示す。円形の中心に足を置くように設計し、デジタルスチルカメラ4台を90度間隔に設定した。デジタルスチルカメラの画像はビデオキャプチャカードでパソコンへ取り込む。採用したデジタルスチルカメラは、ビデオ画像を出力することができるため、これをキャプチャカードへの入力とした。撮影はデジタルスチルカメラのシャッターではなく、キャプチャカードの撮影機能を使うことで、カメラ4台の連続撮影を可能とした。採用したキャプチャカードはビデオ信号(チャンネル)の切り替えやシャッター、ビットマップ画像での保存がプログラムで実行で



図9 3次元形状測定器

きる。撮影に関するプログラム開発をVisual C++とVisual basicで行った。キャプチャーカードで準備されているプログラム機能は、Visual C++とVisual Basicで多少異なっており、実行速度もVisual C++の方が高速であったため、時間を要するビデオ信号の切り替え、シャッター、画像保存の機能をVisual C++で開発し、ユーザーインターフェイス(GUI)をVisual Basicで行った。しかし、Visual C++を使っても1画像の保存に5秒ほど要するため、全体で20秒の画像取り込み時間となり、今後高速化を検討しなければならない。

### 3-3 3次元形状解析プログラム開発

図10にカメラで取り込んだ画像を示す。メッシュの靴下と計算の基準となるマーカーを貼っている。現段階の3次元形状解析プログラムは、開発途中であるが、試験的に撮影しプログラムで解析した結果、実寸値(被写体のx、y、z)とほぼ同じ値を示した。しかし、これは、得られた画像データの一部の解析結果であり、3次元データ(DXF)への変換は、まだプログラム中である。また、カメラの解像度により、解析結果に多少の誤差が見られた。

## 4 考 察

測定機の実用化に向けては、カメラの同時制御や、撮影した画像データの自動転送化など、まだ多くの課題が残されている。また、カメラの解像度により結果に差が生じ

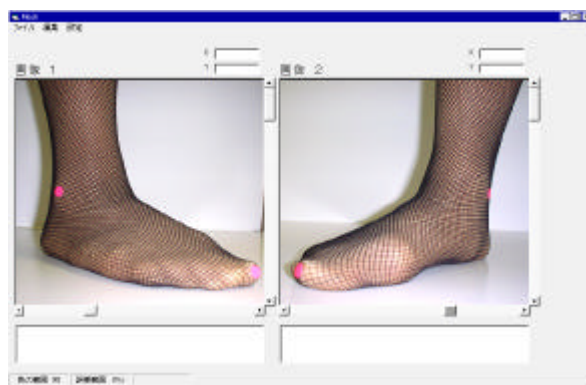


図10 カメラの取り込み画像(実行結果)



ることから、安価にするためにも低解像度で品質が一定のデータが常に得られる必要もある。3次元形状計測器の試作を行ったが、これを製品化した場合のイメージデザインを行った。座って足の計測ができるように工夫されている。これを図11に示す。3次元形状計測器は自動計測を目的として試作したが、スケラによる手作業の計測を簡単に行える装置を試作した。これによって、実測値を測ることができる。図12は足の長さをワンタッチで計測できるスケラ、図13はハイヒールに対応してかかとの高さがある場合の計測器である。図14は、足



図11 製品のイメージ図

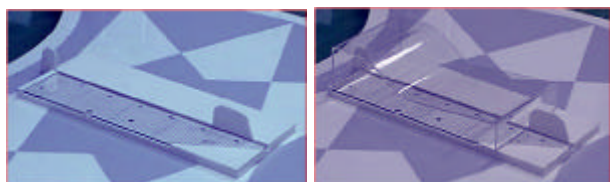


図12 スケラによる計測器

図13 ハイヒール用計測器



図14 足底の計測器

裏を撮影するための計測器である。鏡を45度の角度で設置することで、カメラを水平方向に設定し、足底の画像データを取得することができる。足底を計測することは、心地よい靴・疲れにくい靴を作成するためには重要なデータと考える。足計測に関して、側面計測はデザインを行うために必要であり、足底計測は足に及ぼす影響を考

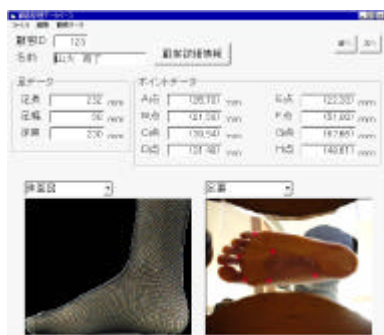


図15 足底の計測

慮するために必要である。デザインと機能性の両方を満たす設計は非常に重要なことである。図15は、足底の計測器からの計測データを取り込んで3次元形状解析を行っている画像であり、図16は側面の3次元データ元に木型のデザインを行っている画面である。

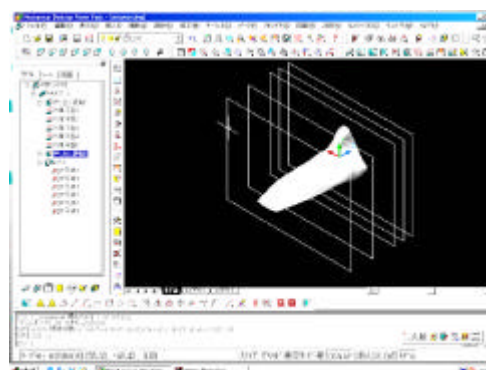


図16 木型の設計

## 5 結論

今後の展開としては、靴業界でこのような測定機が利用される場合に、計測データのデータベース化(顧客情報の管理データベースなど)を進める必要がある。特に今後は電子商取引による販売流通形態が進展すると予想され、インターネットによる販売システムは、データベース連携が作業効率を左右する。図17はデータベース連携システムの検討図である。また、医療の現場での利用の場合、測定機の持ち運びが便利のように小型化することや、各業界や機関との連携を図っていく必要がある。



図17 データベース連携システム

## 文 献

- 1) 桜田幸嗣, 田口景介: Visual C++5.0 プログラミング入門, アスキー, 1998
- 2) 横井与次郎: Visual C++5.0 パワープログラミング, ソフトバンク, 1996
- 3) David J. Kruglinski: Inside Visual C++ Version 5, アスキー, 1998
- 4) 林晴比古: 新 Visual C++ 5.0 入門, ソフトバンク, 1998
- 5) 石塚圭樹, 横手靖彦: オブジェクト指向プログラミング, アスキー, 1993

## 漆器木地へのCAD利用\* (第2報)

有賀 康弘\*\*、高橋 民雄\*\*、浪崎 安治\*\*

本県の木材加工産業が高品質な製品開発、製造を行うために必要な技術について検討した。県内で生産されている自由曲面を含む伝統的な漆器木地を例にとりあげ、その形状を3次元CADデータに置き換えることで、木地師が作り上げる伝統的な形状をNCルータの自動加工によって複製した。

キーワード：木材、CAD、漆器、NC

### Practical Use of 3D CAD to Wood Processing Product (II)

ARUGA Yasuhiro, TAKAHASHI Tamio and NAMIZAKI Yasuji

We examined the technology necessary for making high quality products in the wood processing industry of Iwate Prefecture. We took as a case study the manufacture of a local traditional lacquer ware with freeform curvature. Product design was carried out by 3D CAD and assessed for assembly. We were able to make a reproduction of traditional form with the 3D CAD data and NC router.

key words : wood, CAD, NC, lacquer ware

#### 1 緒 言

木製品の製作において手作業による場合、製品図面が軽視されがちであった。正確な寸法や形がわからなくても製作者の経験によって補い、だいたい正確な製品を作ることができた。これには製作者の熟練が重要である。小木工品、工芸品にこの傾向がよくみられるが、製作者の違いによる品質格差は大きくなってしまふ。製品の形状をCADやコンピュータデザインなどの客観的なデータに置き換えることで、これまで製品図面がなかった伝統的な形も将来にわたって継承でき、製作に必要な情報の伝達、保存が可能となる。さらにNC加工機を利用すれば正確で高品質な製品の加工も可能である。

前報<sup>1)</sup>では県北地方(安代町、浄法寺町)で生産されているヒアゲあるいは片口(かたくち)と呼ばれる漆器を例にとりあげ、その製品設計を3次元CADによって行うことを試みた。本報では引き続き作成したCADデータに改良を加えるとともにヒアゲ木地の口部分を自動加工するための治工具の設計を行い、伝統的な製品の形状をNCルータを用いて実際に製作することについて検討した。

#### 2 実験方法

CADによる製品設計データは一度作成されれば、そ

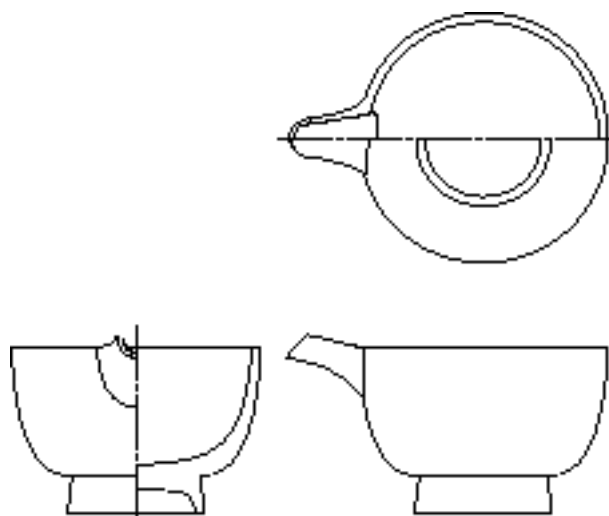


図1 ヒアゲ外観

の後の部分的な変更には柔軟に対応できることから、ヒアゲ木地の口部分の本体への接合が的確に行えるような仕口をCADデータに追加し試作用データとした。また、加工に必要な加工物の吸着ジグも同じCADデータをもとに設計し、NCルータによって製作した。

設計にはできるだけ一般的な機器を使用し、小規模な

\* 県内木製品の品質化に関する研究(第2報)

\*\* 木工特産部

木製品製造現場でも導入しやすいことに留意した前報同様の機器<sup>1)</sup>に加えて、廉価な3次元モデリングソフトを使用した(表1)。自動加工による試作には平安コーポレーション製NCルータ(NC 151MC 1508)を使用した。試作に用いた材料は、厚さ15mmのMDFを接着積層して所定の大きさのブロック材としたものを使用した。

表1 設計機器構成

1	3次元CAD/CAMソフト NCM System社 HEIAN-QuickSurf 2.03 j
2	3次元NURBSモデリングソフト TLM社 (Robert Mcneel & Associates) Rhinoceros 1.1

3 実験結果および考察

3.1 口部分の設計とジグ設計

ヒアゲ木地の口部分は本体に接着固定されて漆器木地

が完成するが、その接合部が単純な突きつけやイモづけでは接着面積が不足する。木地製作者は口の本体取り付け部分を肩付きとして本体に嵌入するようにしているが、その加工はクリ小刀を使った手作業であるために正確な嵌合は得難い。同様の仕口をNCルータで加工するようにCADデータに本体への嵌入部分を追加設計した。試作のためのヒアゲ口部分の3次元CAD画像と外観を図2、図3に示す。

加工物のNCルータ定盤への位置決め固定はジグを使った吸着固定式とした。これは、加工物の脱着が短時間で出来る、締め金具を使わないので加工物に傷をつけない、などの利点がありNCルータでは一般的な方式となっているものである。ジグの設計に際しては、木地の加工手順をあらかじめ決定しておかなければならない。試作する製品の形状から内側、外側を材料の位置を変えずに一工程で加工することは困難であり、それぞれの加工が必要となる。どちらを先に加工するかによってそれぞれのジグ設計が異なってくる。また、加工を正確かつ安全に行うためには、加工物の形状に忠実に合わせた曲面を持ち、できるだけ広い吸着面積を得られるようなジグを作製して定盤に確実な吸着固定が行えるようにする

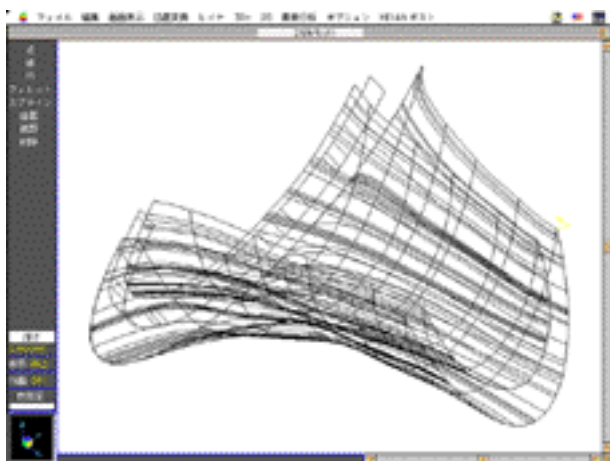


図2 CAD画面

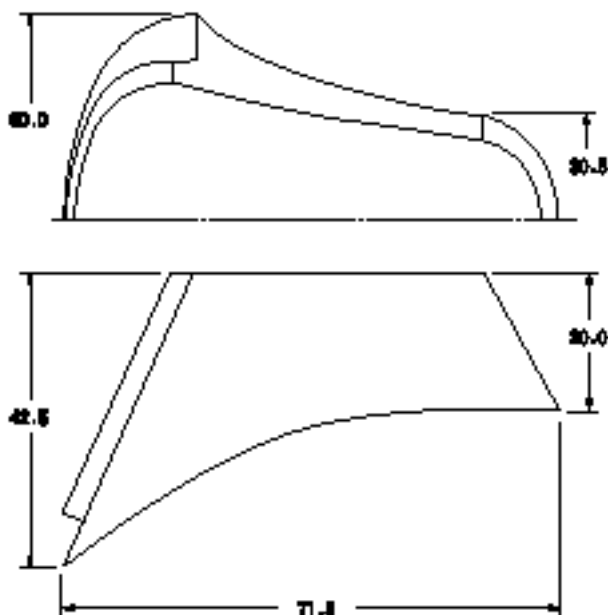


図3 口部分外観図(単位:mm)

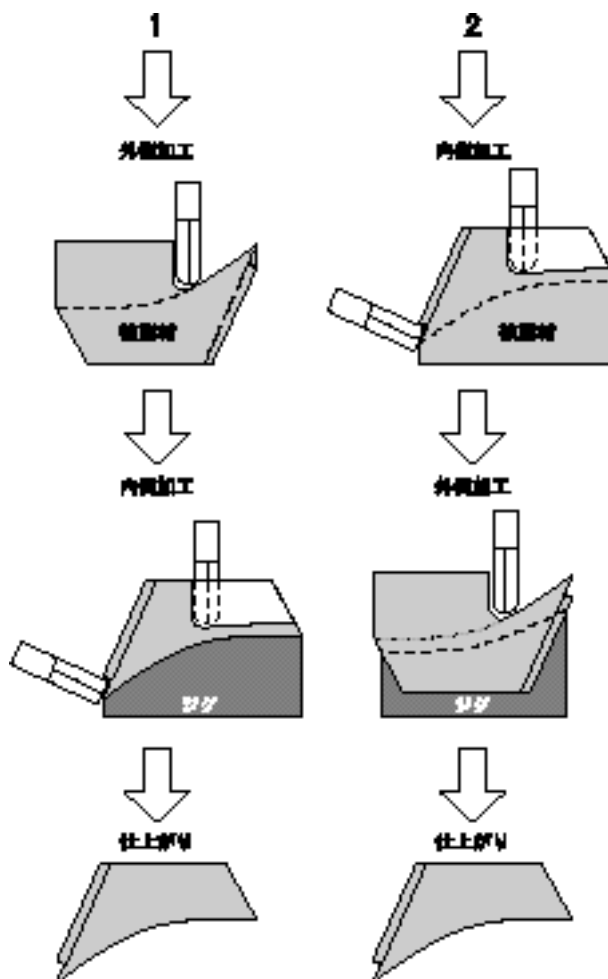


図4 加工手順

ことが必要である。そこで図4に示したように2つの加工手順を想定し、試作のための加工工程とジグの設計を検討した。図4中の1と2の工程で、それぞれのジグによる被削材の吸着面積をC A Dデータから比較すると、2の外側加工用ジグは1の内側加工用ジグの約70%の面積であることがわかった。このことからN C ルータでの加工は図4中の1のような順番で行い、それに適するように内側加工用ジグを設計した。

ジグ設計にはヒアゲ口部分の3次元C A Dの曲面データをそのまま利用する。これは、3次元C A Dを製品設計に導入することの大きなメリットの一つで、複雑な曲面を持ったさまざまな木製品においても製品のC A Dデータから最適なジグを短時間で設計して、効率的な加工方法をシュミレーションすることが可能である。図5にジグの3次元C A D画面を示した。

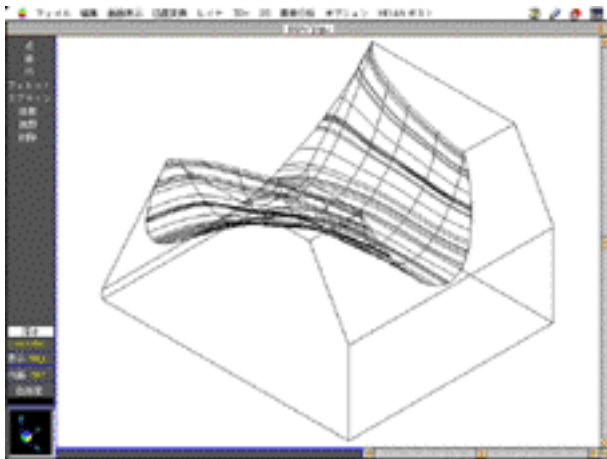


図5 ジグC A D画面

### 3 2 N C ルータ加工

はじめにジグを製作した。加工条件を表2のようにしてN C プログラムを作成した。写真1にジグの荒加工状況と仕上がり外観を示した。仕上がったジグには吸着用の孔とエア漏れ防止シールを施した。加工物はこのジグを介して定盤に吸着固定される。

表2 ジグ加工条件

荒加工	
使用刃物	ストレートルータビット スパイラル3枚刃 外径12mm
刃物回転数	15,000 rpm/min
送り速度	500mm/min
仕上げ加工	
使用刃物	ボールエンドルータビット 2枚刃 外径12mm
刃物回転数	15,000 rpm/min
送り速度	500mm/min
スカロップハイト設定	0.001 mm
各工具は自動交換とする	

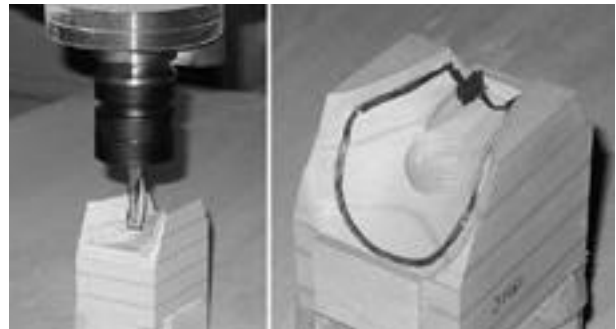


写真1 ジグ(左 ジグ荒加工状況、右 ジグ外観)

ヒアゲ口部分の加工工程を表3に示した。加工条件は外側加工、内側加工それぞれについてジグ加工の場合(表2)と同様にして各N C プログラムを作成した。加工は、はじめの加工物セットと外側加工から内側加工へ移るときのジグ交換の時だけが人の手作業となり、他は自動加工となる。写真2、写真3に加工状況を、写真4に加工の終了したヒアゲ口部分を示した。

表3 ヒアゲ口部分加工工程

1	加工物セット(手動)
2	外側加工(自動)
	(1) 工具交換
	(2) 荒加工
	(3) 工具交換
	(4) 仕上げ加工
3	ジグ交換(手動)
4	内側加工(自動)
	(1) 工具交換
	(2) 荒加工
	(3) 工具交換
	(4) 仕上げ加工
5	本体取付け部分加工
	(1) 工具交換
	(2) 加工
6	終了



写真2 外側加工状況



写真3 ジグを使った内側荒加工状況



写真4 加工の終了したヒアゲ口部分

以上のヒアゲ口部分の加工に要する時間はおよそ1時間程度であった。これは、熟練製作者の加工時間よりやや短時間である。今回の実験では、CADデータからの加工に主眼をおき確実な加工を行うために切削送り速度を低速としているが、実際にはトチやカツラ等使われる材料に応じた最適な切削加工条件によって加工しなければ



写真5 ヒアゲ木地の完成

ばならない。

完成したヒアゲ口部分(写真4)と、あらかじめ用意した本体を組み立ててヒアゲ木地を完成した(写真5)本体の形状は単純な回転体であるので、NCルータで加工するよりも汎用の木工旋盤あるいは倣い木工旋盤で加工した方が効率がよい。旋盤加工に必要な倣い型、挽き型はヒアゲ本体断面のCADデータから作製できる。

#### 4 結 語

自由曲面を含む伝統的な漆器木地であるヒアゲについて、3次元CADデータからNCルータを用いた実際の製作を検討した結果、つぎのことを確認した。

- 1) 熟練製作者の作り上げた従来の漆器木地と遜色のない木地を製作できる。
- 2) CADによる製品データは一度作成されれば、その後の形状変更から加工まで柔軟に対応することが可能である。また、治工具の設計もそれに合わせて正確に行うことができ、より効率的な加工が可能となる。
- 3) 従来の手作業に比べて、実際に加工するまでのジグの設計製作などの段取りに工程が多くなる。言い換えれば、NCルータを用いて自動加工をしようとするとき、製品図面に基づいた加工計画がより重要である。
- 4) 加工全体を考えた場合、製品の仕上がりや精度はNC加工のほうがはるかに優れ、均一な品質を保つことができる。
- 5) 製品の加工をすべてNC加工機で行うことが効率の良い方法とは限らない。加工物の形状をよく観察し、最も効率の良い加工方法を選択し決定しなければならない。

#### 文 献

- 1) 有賀康弘、他：岩手工技セ研報,6,137(1999)
- 2) 有賀康弘、他：岩手工技セ研報,4,157(1997)
- 3) 有賀康弘、他：岩手工技セ研報,2,31(1995)
- 4) 平安コーポレーション：HEIAN-QuickSerf取扱説明書(1994)
- 5) データクラフト社：Rhincerosユーザーガイド(1998)
- 6) 日本建材新聞社：NC木工機械のためのプログラミング(1992)
- 7) 成田壽一郎：木材工芸用語辞典(増補版),理工学社(1988)

## 織物およびニットの安定化挙動について\*

大和 進\*\*、久慈 省一郎\*\*

本報告では平成10年度に導入したスポンジングマシンの性能試験を兼ねて織物及びニット生地  
の加熱及び蒸気付与による伸縮挙動について調べた。その結果、次のことがわかった。

試験に使用した生地はいずれも収縮を示すが、その挙動は素材によって異なる。生地のたて方向  
とよこ方向の収縮挙動を比較した場合、よこ方向の変化が大きい。加熱温度140～160の高温時  
における温度と蒸気が生地に与える影響を比較すると、加熱温度が生地に与える影響の方が大きい。

しかし、加熱温度が120のように低い場合は生地に対する蒸気の影響が大きく作用する。蒸気  
レベルの5と7では、生地に与える影響にほとんど差がない。加熱温度の影響では140を分岐  
点としてそれまでと逆の変化をする試料も見られることから、140近辺での挙動に留意する必  
要がある。

キーワード：スポンジングマシン、安定化、収縮挙動

## Study on Stabilizing Behavior of Textile Fabric and Knitting Fabric

YAMATO Susumu and KUJISHOICHIRO

We studied the influence of the textile fabric and the knitting fabric on heating and  
steam of the sponging machine. The result is as follows. The behavior is different on the  
kind of the cloth. The change of the side of the cloth is larger than vertical change. The  
effect of the high temperature (140 ~ 160) is larger than the steam. At the low  
temperature (120), the effect of the cloth by the steam is large. In five and seven by  
steam level, the cloth by the effect given to the cloth has few differences. The heating  
temperature needs to pay attention to behavior at the level of 140.

key words: sponging machine, stabilization, shrinking behavior,

### 1 緒 言

一般的に、織物はたて方向張力を加えられながら製造  
され、幅出し乾燥工程において初めてよこ方向張力が加  
えられる。また製造後の織物はロール上に巻かれること  
により再度たて方向張力が加えられる。これらの残留応  
力が徐々に開放される過程において、織物はたて方向あ  
るいはよこ方向に寸法の変化をきたす。天然繊維の中  
でも特に毛織物や木綿などはこのような応力開放による  
変化のほかに、アイロンやプレスによる熱収縮をおこす  
ことは広く知られている。

従来、このように大きな寸法変化をおこす素材につ  
いては「放反」などにより対処してきたが、短納期が通常  
となった今日では実施する時間的余裕が無くなっている  
のが現状である。

さらに近年、ポリエステルを主体としたいわゆる新合  
織を始め、寸法変化の大きな素材が増加しており、縫製  
工程中、あるいは製品完成後に寸法変化をおこし、型崩  
れをおこす場合や、部分的な寸法変化によりパッカリン  
グ状の不良を呈する場合もある。このため工場内不良率  
が増加し、手直しのための新たな労力を必要とするな  
ど縫製業界の大きな問題となっている。

この問題に対処するため、当センターでは平成10年  
にスポンジングマシンを導入し業界に開放している。

本研究は、導入したスポンジングマシンの性能及び素  
材に適合したスポンジング条件の把握を目的として実施  
し幾分かの見解を得たので報告する。

\* 繊維製品の形態安定化と機能性向上に関する研究

\*\* 木工特産部

2 実験方法

2-1 装置および試験機器

スポンジングマシン：(株)アパレルマシンセンター（現：(株)川上製作所）の AMS-1800S を使用した。

試験器：厚さ及び圧縮弾性率の測定は、前田式圧縮弾性試験器を使用した。

2-2 実験方法

8点の織物及びニットを供試材とし、スポンジング条件を変化させ、収縮率の試験片は JIS L1018 a法により3枚作成しその平均値を算出した。厚さ及び圧縮弾性率は、JIS L 1006 5.1 により厚さを、7.21 により圧縮弾性率を求めた。蒸気温度については HANNA instruments 社（米国）製非接触型温湿度計により測定した。また、本実験に使用した供試材の組成を表1に示す。

表1 供試材の組成

試料No	形態	組成
1	ニット	ナイロン100%
2	織物	羊毛75%ピニロン25%(縦緯)
3	織物	ナイロン100%(縦緯)
4	ニット	羊毛100%
5	織物	羊毛70% レーヨン30%
6	織物	アクリル100%
7	織物	ピニロン100%
8	織物	ポリエステル100%

2-3 安定化処理

ベルトコンベアの速度を一定にし、乾熱温度と蒸気量を変化させた。ただし蒸気量は測定できなかったことから、便宜上スポンジングマシンの蒸気量目盛りを目安とした。本実験に使用したスポンジングマシンの蒸気量目盛りは0~7である。また本機はバイブレーター部、加湿部、加熱部、バキューム部に大別される。加湿は蒸気を使用するため、加湿と加熱が同時に行われる。このため本報告では加湿を蒸気、加熱を乾熱と表現する。加湿時の蒸気温度を表2に、処理条件を表3に示す。

表2 蒸気レベルと温度の関係

蒸気レベル	3	5	7
温度(°C)	75	91	97

表3 スポンジング処理条件

項目	処理条件
速度	4.2m/分
蒸気量	0、3、5、7(レベル)
温度	120、160、180
バキューム	全ての試験に使用

3 結果及び考察

3-1 蒸気レベルと供試材の含水率の関係

図1に蒸気レベルと供試材の含水率との関係を示す。

試料3(織物、ナイロン100%)、試料4(ニット、羊毛100%)試料5(織物、羊毛70%、レーヨン30%)試料6(織物、アクリル100%)の含水率は蒸気レベルの増加と直線的に比例している。その他試料の含水率は増加するが直線的でなく、ほぼ吸水能力の限界に達している。

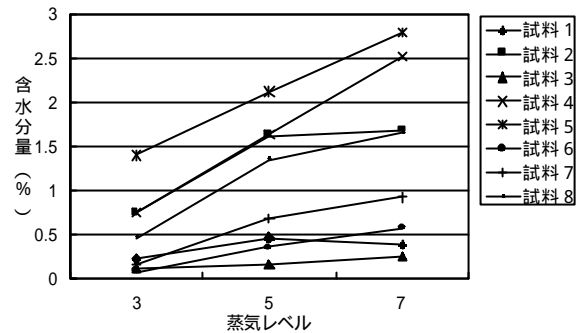


図1 蒸気レベルと供試材の含水率の関係

3-2 乾熱温度と厚さ変化率の関係

図2に乾熱温度と厚さ変化率の関係を示す。これより、素材や組織構成により厚さ変化率が大きく異なり、次の3種に大別される。乾熱温度の上昇に比例して厚さが増加する試料3(織物、ナイロン100%)、試料5(織物、羊毛70%、レーヨン30%)、試料7(織物、ピニロン100%)。乾熱温度120で厚さが減少し、その後140から160にかけて直線的に厚さが増加する試料2(織物、羊毛75%、ピニロン25%)、試料2と同様に乾熱温度120で厚さは減少するものの乾熱温度140で厚さが増加し、その後の乾熱温度160ではほとんど厚さの変化が見られない試料1(ニット、ナイロン100%)、試料4(ニット、羊毛100%)、試料6(織物、アクリル100%)試料7(ピニロン100%)。

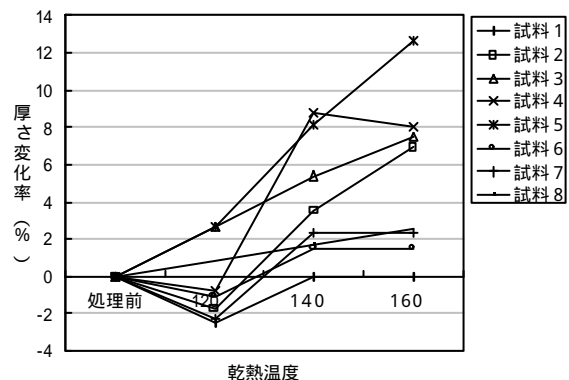


図2 乾熱温度と厚さ変化率の関係

これらの変化は使用した試料の組織構成と使用素材から以下のように推測できる。

織物及びニットの安定化挙動について

表 4 使用素材の耐熱性能

素材名	耐熱性能
羊毛	176 で分解開始。
レーヨン	150 で強度喪失。
ナイロン	軟化点 180 ~ 230 。
ビニロン	軟化点 220 ~ 230 。
アクリル	軟化点 230 。

ニットは織物と比較し安定性が悪い。比較的低い120での一時的な厚さ減少は、組織内の残留応力の開放で生地が伸び、その結果厚さが減少したが、化学繊維の場合、素材の耐熱性能から一時的に素材が伸びたことによるものと考えられる。また140、160において厚さが増加している生地については生地の組織よりも素材の熱収縮挙動が大きく影響しているものと考えられる。乾熱温度140～160の値がほとんど変わらないものに化学繊維としてナイロン、アクリル、ビニロンが使用されている。表4に各素材の耐熱性能を示したが、160はナイロンの軟化点にほぼ近い状態であり、軟化点に達する前の素材の熱収縮が大きな影響を与えているものと推測する。

3-3 乾熱温度と圧縮弾性率の関係

図3に乾熱温度と圧縮弾性率の関係を示す。これから、ほとんどの試料の圧縮弾性率に大きな変化はなくほぼ横這い状態であり約85%～97%の範囲にあるが、試料7（織物、ビニロン100%）は乾熱温度140において大きく減少している。

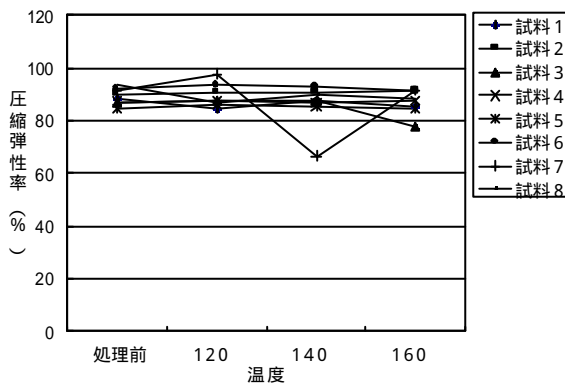


図 3 乾熱温度と圧縮弾性率の関係

3-4 収縮率

収縮率試験に当たっては、乾熱、蒸気及び乾熱と蒸気を組み合わせた条件で測定し、たて方向、よこ方向それぞれの収縮率のほか面積収縮率も算出した。

3-4-1 蒸気量とたて方向収縮率の関係

図4に蒸気量とたて方向収縮率の関係を示す。

これによると、全体としては全ての試料が収縮している。また、収縮率挙動は厚さと同様に、蒸気量の増加と共に収縮率も増加の傾向を示す試料2（織物、羊毛75%ビニロン25%）および試料8（織物、ポリエステル100%）。レベル5でもっとも大きな収縮率を示す試料

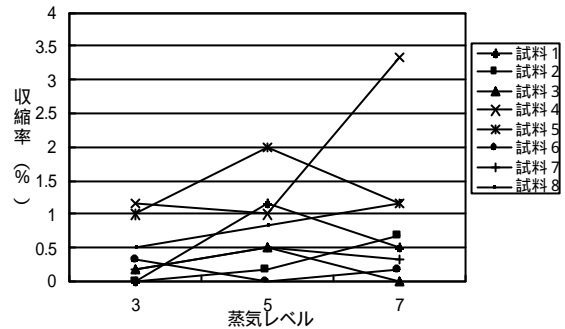


図 4 蒸気量とたて方向収縮率の関係

1（ニット、ナイロン100%）、試料3（織物ナイロン100%）、試料5（織物、羊毛70%、レーヨン30%）、試料7（織物、ビニロン100%）。レベル5でもっとも小さい収縮率を示す試料4（ニット、羊毛100%）、試料6（織物、アクリル100%）の3種に大別される。

試料1と試料3はナイロン100%素材であり収縮挙動のパターンも似かよっているが、収縮率は試料1が大きな値を示している。これは伸縮しやすいニットと伸縮しにくい織物との構成上の違いが現れたものと推測される。また、羊毛素材の熱収縮については古くから知られているが、試料4（ニット、羊毛100%）はレベル3と5の間で一時伸びの挙動をするがレベル5と7の間では急激に収縮している。表2に示したようにレベル3、5、7の温度はそれぞれ75、91、97であり、いずれも高温ではあるが、レベル3と5の温度差が16であるのに対し、レベル5と7の温度差は6と小さい。レベル5と7における急激な収縮率変化から、この現象は吸湿による影響を大きく受けていることが推察できる。

3-4-2 蒸気量とよこ方向収縮率の関係

図5に蒸気量とよこ方向の収縮率との関係を示す。この収縮挙動もたて方向と同様に、蒸気量に従って収縮率が增大している試料1（ニット、ナイロン100%）、試料3（織物、ナイロン100%）、試料5（織物、羊毛70%、レーヨン30%）、試料6（織物、アクリル100%）、試料7（織物、ビニロン100%）。レベル5においてもっとも収縮率が增大する試料2（織物、羊毛

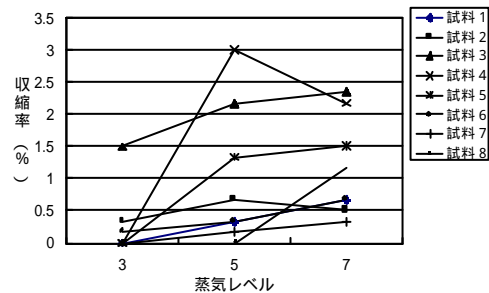


図 5 蒸気量とよこ方向収縮率の関係

75%、ビニロン25%）、試料4（ニット、羊毛100%）。レベル3からレベル5にかけて変化がなく、レベル7に



において急激に収縮率が增大する試料8(ポリエステル100%)の3種類に分類できる。

試料4(ニット、羊毛100%)および試料5(織物、羊毛70%、レーヨン30%)はたて方向、よこ方向ともに大きな収縮挙動を示す。また、試料3(織物、ナイロン100%)はよこ方向の収縮率が大きな値を示す。その他の試料については、たて、よこ方向ともほぼ1%程度の変化にとどまっている。

### 3-4-3 乾熱温度とたて方向収縮率の関係

乾熱温度とたて収縮率の関係を図6に示す。これによると、温度が高くなるに従って収縮率も増大するもの、140でもっとも大きな収縮挙動を示すもの、140でもっとも小さな収縮挙動を示すものの3種類に大別できる。蒸気量と収縮率変化の関係を比較すると変化量の大きな試料が多い。

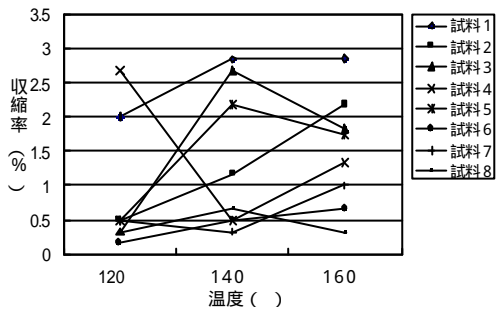


図6 乾熱温度とたて方向収縮率の関係

乾熱温度120と160を比較すると、ほとんどの試料が温度の上昇とともに収縮率も増加の傾向を示しているが、試料4(ニット、羊毛100%)と試料8(ポリエステル100%)は減少の傾向を示している。

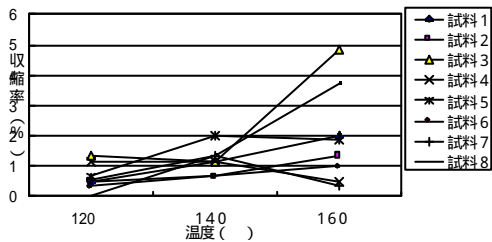


図7 乾熱温度とよこ方向収縮率の関係

### 3-4-4 乾熱温度とよこ方向収縮率の関係

図7に乾熱温度とよこ方向の収縮率を示す。これによると試料3(織物ナイロン100%)、試料4(ニット羊毛100%)、試料7(織物ビニロン100%)はたて方向とは逆の挙動を示しているが試料2(織物羊毛75%、ビニロン25%)や試料6(織物アクリル100)収縮率も増加しているものもある。つまり、挙動の程度差はあるものの、たて方向が伸びの傾向を示すとよこ方向は収縮の挙動を示すものと、たて方向、よこ方向ともに収縮する傾向のものに大別される。また、120と160の2点間で比較すると、温度の上昇により収縮する傾向にあるが、試料4(ニット、羊毛1200%)と試料7(織物、ビニロン100%)は収縮度が減少して

いる。

### 3-4-5 乾熱温度及び蒸気量と面積収縮率の関係

乾熱及び蒸気を同時に与えた場合の面積収縮率を図8から図10に示す。図から、蒸気量の増加により収縮率も増大する傾向がうかがえる。蒸気を使用しないレベル0位置で各図の収縮率を比較すると、加熱120で0.5%から約2%、加熱温度140で約1%から4.6%、加熱温度160で1.6%から6%になっており、加熱温度の上昇により収縮率が増加していることがわかる。また、蒸気を付与したレベル3から7の間でさらに伸縮挙動が見られる。供試材によって収縮が増大するものと収縮率の増減を示すものに分かれる。各図を比較すると乾熱温度が高くなるに従って収縮率は増大していることがわかる。

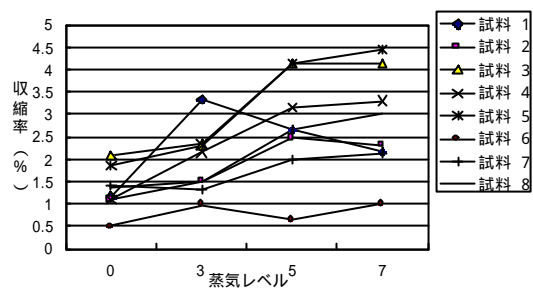


図8 120における蒸気レベルと収縮率の関係

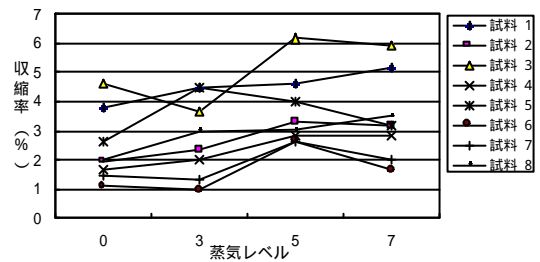


図9 140における蒸気レベルと収縮率の関係

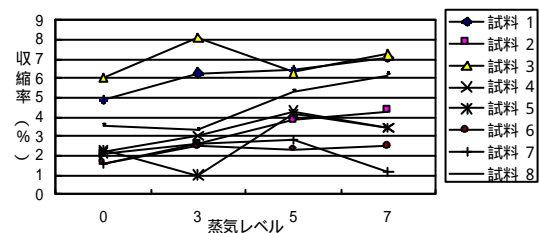


図10 160における蒸気レベルと収縮率の関係

## 4 結 言

主として温度と蒸気加湿による収縮率変化を調べた。スポンジングマシンにより生地に内在する残留歪みを除去することが目的であるが、安定しているどうかの判断は非常に難しい。今回は挙動の概要を把握するために実験したが、縫製工場等のアイロンやプレス条件などの現状から判断すると、温度は140近辺について絞り込んで検討する必要がある。また安定化処理後の生地の時変化についても併せて検討する必要がある。

## 廃棄貝殻による鑄鉄溶湯からの脱リン

高川 貫仁\*、勝負澤 善行\*、茨島 明\*、  
池 浩之\*\*

廃棄貝殻による溶融高リン含有鑄鉄からの脱リン効果を、実験室レベルで調べた。その結果、脱リン反応は1分で起こり、貝殻とFeOの添加により、鑄鉄溶湯中のリン含有量は0.35%から0.14%、0.15%から0.03%まで減少した。しかし、脱リン促進剤(FeO, CaF<sub>2</sub>)の添加により、復リン速度は速くなった。

キーワード：脱リン 廃棄貝殻 鉄鋼スクラップのリサイクル 高リン含有鑄鉄

## Dephosphorization of Molten Cast Iron by Waste Seashells

TAKAGAWA Takahito, SHOUBUZAWA Yoshiyuki, BARAJIMA Akira  
and IKE Hiroyuki

Dephosphorization of molten high phosphorus cast irons by waste seashells is investigated in a laboratory scale test. As the results, the dephosphorization reaction occurs in one minute, and phosphorus content in cast iron is decreased from 0.35% to 0.14%, and from 0.15% to 0.03% by the addition of waste shells and FeO. But, the rate of rephosphorization is promoted by adding accelerants of dephosphorization (FeO and CaF<sub>2</sub>).

keywords : dephosphorization; waste seashells; recycling of steel scrap;  
molten high phosphorus cast iron

### 1 緒 言

近年、省資源・省エネルギー及び環境保全の面から、鉄スクラップのリサイクル利用が重要問題になっている。鉄スクラップをリサイクルする上での問題は、不純物元素の混入による製品の品質低下である。鋳鉄鑄物の製造においては、原料の半分以上に鉄スクラップを使用しており、製品に及ぼす鉄スクラップ品位の影響は大きい。そのため、最近、鑄鉄を対象とした不純物元素の影響や除去技術が提案・報告されている<sup>1)~4)</sup>。

リンは、鑄鉄、特に球状黒鉛鑄鉄にとって有害元素の一つであり、リンの含有量が多い鑄鉄は、基地にステナイトが晶出し、引け巣欠陥が生じやすくなり、また硬く脆い性質になる。球状黒鉛鑄鉄の製造にあたっては、リン含有量を0.08mass% (以下%と記す)以下に制御する必要がある。

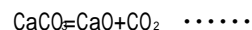
一方、水産資源が豊富な本県においては、多量の貝殻

廃棄が問題となっている。

本技術開発は、本県において廃棄されるカキ殻を用いて、鑄鉄溶湯からリンを除去する技術を開発するものである。これにより、省資源・環境保全に寄与するとともに、鋳鉄鑄物の低コスト化、高品質化を図るものである。

### 2 鑄鉄溶湯中リンと貝殻の反応原理

貝殻の主成分は、炭酸カルシウムであり、炭酸カルシウムと鑄鉄溶湯中リンの反応は、式のように表される。



### 3 実験方法

#### 3 - 1 脱リン剤

脱リン剤として、カキ殻(12メッシュ以下)、第一酸化

\* 金属材料部

\*\* 企画情報部



図1 カキ殻の電子顕微鏡写真(1000倍)

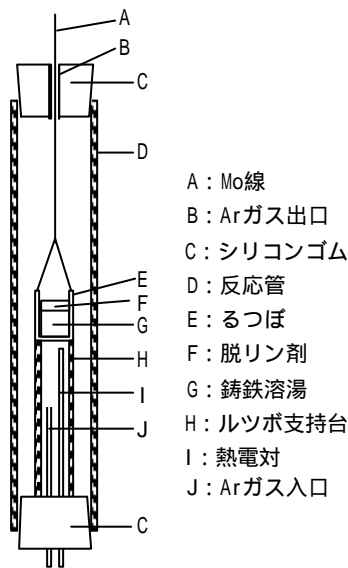


図2 実験装置概略図

鉄(FeO)及びフッ化カルシウム(CaF<sub>2</sub>)を用いた。

用いたカキ殻の電子顕微鏡写真を図1に示す。カキ殻は非常にポーラスであり、反応面積(鑄鉄溶湯接触面積)が大きいため、反応効率が良いと推測される。また、ポーラスで砕きやすく、炉径や作業に適した寸法に簡単に粉砕できると考えられる。

3-2 実験装置および方法

実験装置概略図を図2に示す。加熱炉は、縦型シリコンニット電気抵抗炉である。内径19mm、高さ55mmの黒鉛るつぼに、高リン鑄鉄(C<sub>sat.</sub>-0.15~0.35%P-Fe合金)15gを入れて溶解した。また、るつぼには、反応管からの出し入れができるようにモリブデン線を取付けた。

実験は、反応管内をアルゴン雰囲気とした後、試料を入れたるつぼを所定位置まで降下させた。試料温度が1623Kに達し安定した後、反応管上部のシリコンゴムを取り外し、脱リン剤添加用石英ガラス製ランスにより、試料直上に脱リン剤を添加した。添加後、石英管により溶

湯を5分間攪拌保持した後、試料を吊り上げ水冷した。水冷した試料を平行に切断し、固体発光分光分析装置により分析を行った。

ここで、反応時間は5分と設定したが、これはH10年度に行った炭酸カルシウムを用いた基礎実験結果より決定した。脱リン反応は1分で起こり20分経過しても復リンはみられなかった(図3)。

4 実験結果および考察

4-1 貝殻+FeOを用いた実験

図4に、貝殻0.54g~1.08g+FeOを添加した場合の、鑄鉄溶湯中リン含有量(以下[%P]と記す)に及ぼすFeO添加量の影響を示す。初期リン含有量は0.35%とした。ここで貝殻添加量0.54gは、貝殻の成分がすべてCaCO<sub>3</sub>であるとした場合、CaOに換算すると0.3g(2%)の量となる。貝殻単独でも多少[%P]は減少するが、FeOの添加により

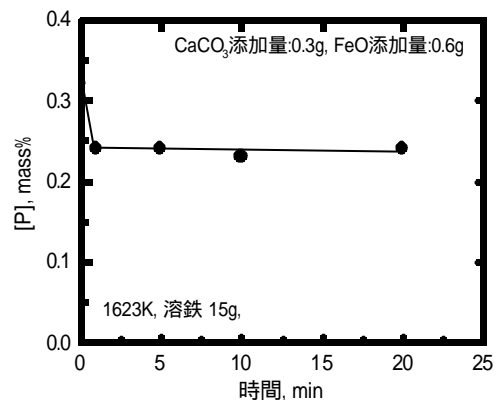


図3 [%P]に及ぼす保持時間の影響 (CaCO<sub>3</sub> 0.3g+FeO 0.6g添加)

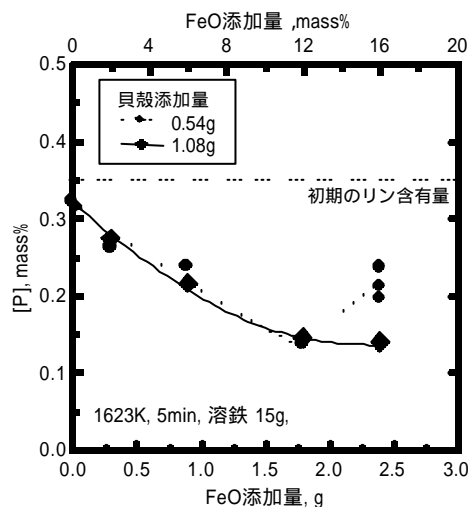


図4 [%P]に及ぼすFeO添加量の影響 (初期リン含有量0.35%、貝殻0.54~1.08g+FeO添加)

廃棄貝殻による鑄鉄溶湯からの脱リン

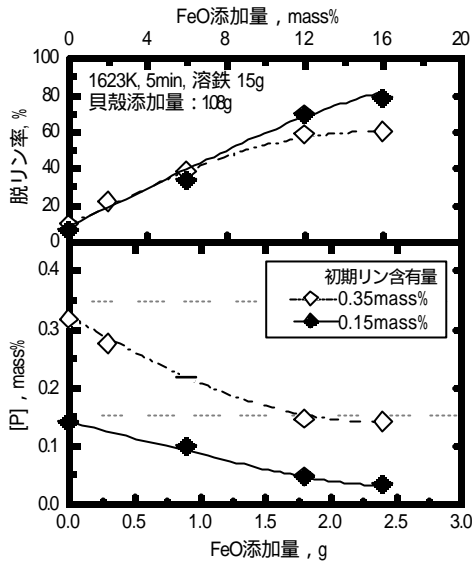


図5 [%P]及び脱リン率に及ぼすFeO添加量の影響  
(初期リン含有量0.15~0.35%、貝殻1.08g + FeO添加)

さらに大きく減少する。貝殻添加量0.54gの場合、FeO添加量の増加に伴い[%P]は減少し、FeO添加量1.8gでは、0.14%まで減少する。しかし、FeO添加量2.4gでは、[%P]は約0.21%までしか減少しない。貝殻添加量1.08gの場合、[%P]はFeO添加量の増加に伴い、貝殻添加量0.54gの場合とほぼ同じ程度減少する。FeO添加量2.4gでは、貝殻添加量0.54gの場合と異なり、[%P]は0.14%まで減少するが、FeO添加量1.8gのときとほぼ同じ値となる。

これより、FeO添加量1.8g以下の範囲では、貝殻を0.54g以上添加しても脱リン効果が上がらないことが分かる。

次に、初期リン含有量0.15%とした場合の、[%P]および脱リン率に及ぼすFeO添加量の影響を図5に示す。貝殻添加量は1.08g一定とした。また、図中に初期リン含有量0.35%のときの結果も示す。初期リン含有量0.15%の場合も、[%P]はFeO添加量の増加に伴い減少し、FeO添加量2.4gにおいて0.033%まで減少する。また、[%P]は、初期リン含有量値をy切片として、FeO添加量に対してほぼ同じ傾きで減少することが分かる。

脱リン率は、初期リン含有量0.15%の場合、最大約78%と高い脱リン率であり、初期リン含有量0.35%の場合よりも約20%高い。一般的には、初期含有量が低いと、その元素の活量が小さいので、除去率は低下する。今回行った実験条件においては、鑄鉄溶湯中のリンの活量が小さくなったものの、スラグ中にP<sub>2</sub>O<sub>5</sub>を吸収できる能力があまり減少しなかったために、初期リン含有量が小さいときの方が、反応率が高くなったものと考えられる。

このことから、貝殻 + FeOを添加して、初期リン含有量0.35%の鑄鉄溶湯から0.08%まで脱リン処理する場合は、

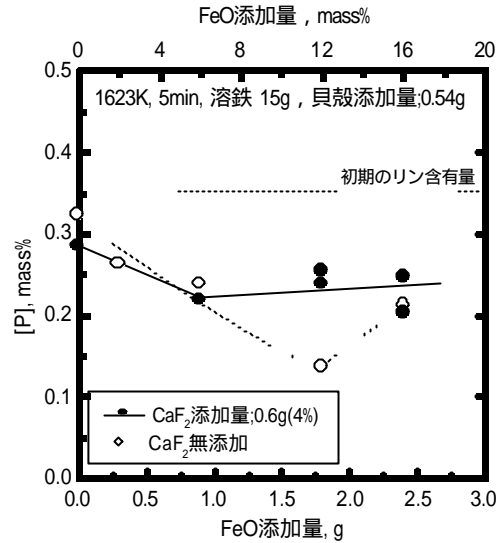


図6 [%P]に及ぼすFeO添加量の影響  
(貝殻0.54g + FeO + CaF<sub>2</sub> 0~0.6g添加)

二回に分けて処理剤を添加する必要があることがわかった。更なる方法としては、予め不純物の少ないスクラップ又は銑鉄により鑄鉄溶湯中のリン含有量をある程度希釈し、その後処理するのが更に効果的であることが分かった。

4 - 2 貝殻 + FeO + CaF<sub>2</sub>を用いた実験

ここでは、初期含有量0.35%の場合において行った。

貝殻0.54g + FeO + CaF<sub>2</sub> 0.6g添加した場合の、[%P]に及ぼすFeO添加量の影響を図6示す。また、図中にCaF<sub>2</sub>無添加のときの結果も示す。[%P]は、FeO添加量0.9gにおいて0.22%まで減少するが、その後FeO添加量の増加に関係なく[%P]はほぼ一定となる。FeO添加量1.8gでは、CaF<sub>2</sub>を添加しない方が[%P]が減少するという結果になった。CaO系のフラックスを用いた鋼からの脱リン・脱硫の研究においては、CaF<sub>2</sub>はその効果を向上させるといわれている。しかし、今回の実験では、その効果はあまりにも小さく、添加物の配合によってはその効果を低下させた。

以上の実験において、脱リンを促進すると考えられたFeO及びCaF<sub>2</sub>を添加又は多く添加すると、脱リン率が減少するという結果になったので、ここで、復リンについても一度検討することとした。図3の基礎実験には、20分保持しても復リンがみられなかったが、これは脱リン率30%以下の条件において調べた経時変化であったため、今回は、高い脱リン率が得られた条件において復リンの影響を検討した。

4 - 3 脱リン処理時間の影響

ここでは、初期含有量0.35%の場合において行った。

図7に、貝殻0.54g + FeO 1.8~2.4g + CaF<sub>2</sub> 0~0.6g添加

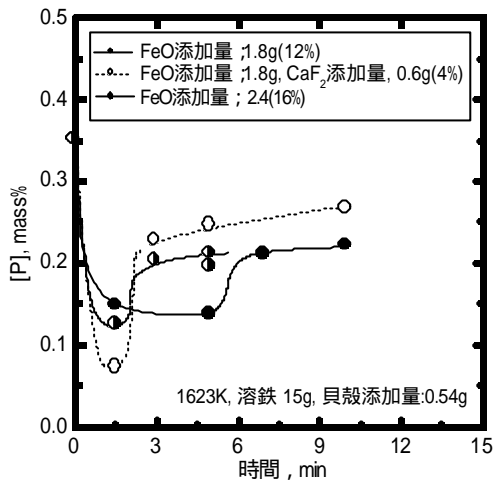


図7 [%P]に及ぼす保持時間の影響  
(貝殻0.54g + FeO 1.8 ~ 2.4g + CaF<sub>2</sub> 0 ~ 0.6g添加)

した場合の、[%P]に及ぼす保持時間の影響を示す。FeO添加量1.8gの場合、[%P]は1.5分で急激に減少し、5~7分の間で復リンが起こる。FeO添加量2.4gの場合、[%P]は1.5分で0.12%まで急激に減少し、1.5~3分の短時間で復リンが起こる。FeO 1.8g + CaF<sub>2</sub> 0.6gの場合、[%P]は1.5分で0.07%まで急激に減少し、1.5~3分の間で復リンが起こる。

これより、FeO添加量の増加およびCaF<sub>2</sub>の添加により、脱リン効果は大きく向上するが、短時間で復リンが起こるということが分かった。

復リン反応は、スラグ中FeOが炭素により還元され、それに伴いスラグ中P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>が炭素により還元されて起こる。特にCaF<sub>2</sub>を添加した場合は、FeOの活量が高くなるとともに<sup>5)</sup>FeOが還元されやすくなり、復リン速度が速くなるものと考えられる。

ここで、図5において、FeO添加量2.4gのとき、貝殻添加量0.54gでは復リンが起こっており、貝殻添加量1.08gでは同じFeO添加量でも復リンは起こっていない。これは、貝殻の添加量増加によりスラグ中P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>の活量が小さくなり、スラグ中P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>が還元されにくくなったものと考えられる。これより、貝殻を多く添加することにより、復リンが抑えられると考えられる。

## 5 結 言

廃棄貝殻による溶融高リン鑄鉄(C<sub>sat.</sub> -0.15 ~ 0.35%P-Fe合金)からの脱リン効果を、実験室レベルで検討した。

得られた結果を次に示す。

- (1)脱リン反応は、約1分で起こる。
- (2)貝殻 + FeOの添加により、[%P]を0.35%から0.14%、0.15%から0.03%まで下げることができる。
- (3)貝殻 + FeOを添加した場合、[%P]は、初期リン含有量をy切片として、FeO添加量に対してほぼ同じ傾きで減少する。
- (4)FeO及びCaF<sub>2</sub>の添加により、脱リン率は向上したが、復リン速度は速くなる。

本研究を実施するにあたり、御指導・御助言をいただいた室蘭工業大学 片山博名誉教授および桃野正教授、(社)鑄造工学会 千田昭夫東北支部長、(有)三協金属 小岩浩一代表取締役様に深く感謝いたします。また、貝殻に関する資料等を提供して下さいました岩手県水産技術センターの皆様に深く感謝いたします。

なお、本研究は、平成11年度地域活性化連携事業により実施しました。

また、本研究を実施するにあたり使用した高周波溶解炉および高速切断機は、日本自転車振興会の補助金により購入したものです。

## 文 献

- 1)千田昭夫：鑄鉄溶湯の性状及び材質に及ぼす微量元素の影響(日本鑄造工学会)(1997)73
- 2)堀江皓、中村満、平塚貞人、小綿利憲、石川佳樹：鑄物64(1992)245
- 3)田湯善章、高橋弘行、桃野正、片山博、勝負澤善行、高川貫仁：日本鑄造工学会北海道支部概要(1998年6月)
- 4)高川貫仁、勝負澤善行、茨島明、池浩之、片山博、桃野正：日本鑄造工学会東北支部第5回現場技術講習会概要(2000年1月)
- 5)伊藤公久、佐野信雄：鉄と鋼69(1983)1747

## 廃プラスチックの再利用技術に関する研究\*

酒井 晃二\*\*、佐々木 秀幸\*\*、大内 康弘\*\*  
小向 隆志\*\*、佐々木 陽\*\*、瀬川 晃児\*\*  
穴沢 靖\*\*、鈴木 一孝\*\*、藤原 智徳\*\*

岩手県内で排出されるプラスチック系産業廃棄物の有効利用方法として、アスファルト舗装などの道路構造体への応用を目標として基礎的な調査を行った。その結果、廃発泡スチロールをアスファルト舗装に添加する場合、最適添加量は 0.5~3wt%程度であり、アスファルト改質効果があった。また、主に廃発泡スチロールとガラス廃棄物から製造した骨材は、ガラス廃棄物添加量 30wt.%までの有害物溶出は基準内であり、低い熱伝導率に由来する保温性を示すことが分かった。

キーワード：廃プラスチック、再利用、舗装道路、骨材

## Study of Reusing techniques for the Postindustrial Plastic Wastes II

SAKAI Koji, SASAKI Hideyuki, OUCHI Yasuhiro  
KOMUKAI Takashi, SASAKI Akira, SEGAWA Koji

ANAZAWA Yasushi, SUZUKI Kazunori and FUJIWARA Tomonori

We carried out the fundamental investigation of postindustrial expanded polystyrene (EPS) wastes in Iwate prefecture, the aims to apply for asphalt pavement. The results of Marshall Stability Test showed that EPS wastes were able to add to the asphalt composite within the limit of 0.5-3wt.%. And the asphalt composites including the EPS waste increased a toughness value of the toughness and tenacity test. The elution test depicted the aggregates made from EPS waste and glass polished sludge (<30wt.%) were safe under the regulation of the soil environment. And those aggregates kept temperature above the freezing point at -20 in 120 hours. This thermal ability assumed to base on the low thermal conductivity of the EPS.

Key words : plastic waste, reuse, paved road, aggregate

### 1 緒 言

平成 12 年度より「容器包装リサイクル法」<sup>1)</sup>が完全施行され、これまで対象外であった材質も含めたりサイクルを行わなければならない。しかしながら、一部の業界が再利用の流れを構築できているものの未だ社会全体システムとして確立されていない。また、不純物が混入したプラスチック類の再利用技術開発は困難であり、各種の試みはあるもののコストのかかる洗浄や高度の分別、既存用途への参入、新規用途開発など実用化は難しい状況にある。当所では平成 10 年度から 3 年計画で路盤材等土木資材への応用研究を実施している。平成 11 年度は主に、廃発泡スチロールを表層アスファルト路盤材用骨材、ガラス廃棄物との混練により製造した骨材の保温性材料としての適用試験を実施したので報告する。

### 2 実験方法

#### 2 - 1 圧縮・圧裂試験

我々はこれまでの研究からポリスチレン添加により、アスファルト混合物のマーシャル安定度が向上することを確認している<sup>2), 3)</sup>。しかしながら、ポリスチレン(PS)は常温でのロックウェル硬さがM60~75<sup>4)</sup>と硬い樹脂であり、一般に耐衝撃性が低いため、低温域でのアスファルト物性に悪影響を与える可能性が考えられた。

表 1 圧縮・圧裂試験条件

項 目	条 件
アスファルト混合物	密粒度アスコン(13F)
アスファルト量	5.7%
混合温度	175~180
突き固め温度	140~145
PS 添加量	0, 0.5, 1.0, 3.0, 5.0, 10.0wt%
試験温度	60、27 (室温)、-10
試料数	各 3 個

\* 廃プラスチック類用途開発研究(第2報)(地域活性化連携促進事業)

\*\* 化学部

そこで、低温域での圧縮試験および圧裂試験を実施した。圧縮試験は、円柱状のアスファルト混合物の平面で圧縮し、破壊荷重を測定した。圧裂試験は、円柱形試験片の側面を圧縮し破壊点を測定した。試験条件は表1に示した。

## 2-2 タフネス・テナシティ試験

これまでの研究<sup>2)</sup>から、PSがアスファルト混合物の強度向上に効果を示すことが分かったが、どのように効果が発現して

いるかは不明であった。そこで、ストレートアスファルトにPSを完全に溶解した試料を作成し、

その把握力(タフネス)と伸びおよび粘着力(テナシティ)を測定した<sup>5)</sup>。実験は図1に示



図1 タフネス・テナシティ試験持具

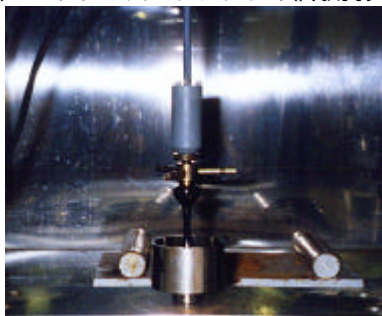


図2 タフネス・テナシティ試験の様子

す持具にアスファルトを溶かし入れ、25℃に冷却した後、テンションヘッドを引き上げた際の応力を測定した(図2)。

## 2-3 路盤材製造

PS廃棄物とガラス加工業より廃出された泥状ガラス廃棄物を乾燥後混練し、路盤材としての評価した。混練には、2軸押出機(Technovel社製KZW25-50MG、L/D=50)を用い、混練温度は160~180℃、速度は200~230rpmとした。混練後の試料は、ハンマークラッシャー(大塚鉄工所製HB-189)を用いて破碎し、5mm以上のものを試料とした。

## 2-4 溶出試験

プラスチック類は安定型処分場への埋立が認められ、溶出試験の義務はないが、路盤材への利用を考慮し、周辺環境への影響の有無を確認する目的から、環境庁告示第13号の試験方法に従って溶出試験を実施した。

有害金属分析は、原子吸光法(Varian製SpecterAA-880)を、揮発性有機化合物分析は、GC-MS(Hewlett Packert製HP-5972)を用いた。検出感度等の分析条件も環境庁告示第13号の試験方法に従った。なお、環境基準値は告示第46号に従った。

## 2-5 冷却試験

混練試料をC-25程度に粉碎し、塩化ビニル製円筒(内径150mm、厚さ3mm、長さ200mm)に所定の突撃回数で締め固め、冷却面より5cmおきの温度センサーにより温度を測定した。冷却温度は-20℃とした<sup>6)</sup>。廃棄物以外の骨材は通常道路、土木材料に使用されているものを用いた。

## 3 結果と考察

### 3-1 圧縮・圧裂試験結果

#### (1) 圧縮試験

結果を図3から5に示した。27℃(室温)での試験結果から、PSの添加量を増すに従い強度は大きくなった。10%添加した試料は、ブランク試料の1.3倍ほどの強度となった。これに対し、60℃での圧縮強度は、平均で29.02kNと室温域(平均値67.20kN)の半分ほどとなった。PSを10%添加した混合物は、ブランク試料のおよそ2倍の強度を示した。室温域では1.3倍程であることを考えると添加の効果が高温域で顕著になることが分かった。これに対し低温(-10℃)で、アスファルト混合物は固くなるため強度が高くなり平均で319.17kNを示したが、PS添加量1%を境に強度は低下する傾向を示した。これは、PSがもろい材料であるため過剰添加は低温域での物性を低下させることになる。

#### (2) 圧裂試験結果

圧裂強度は、圧縮荷重を線で受けることから圧縮強度の1/10程の値となったが、傾向は圧縮強度とほぼ同様に高温域での強度改善の効果が大きく、低温域では小さい傾向であった。圧縮試験では1%を境に強度が低下したが、圧裂試験ではPSの添加量による効果はなかった。60℃での圧裂試験において、高い値を示すほど耐流動性に優れると評価される。PS添加量1%の場合のみがブランク試料よりやや低い値を示したのを除けば、他は全て高い値を示した。このことから、PSの添加はアスファルト混

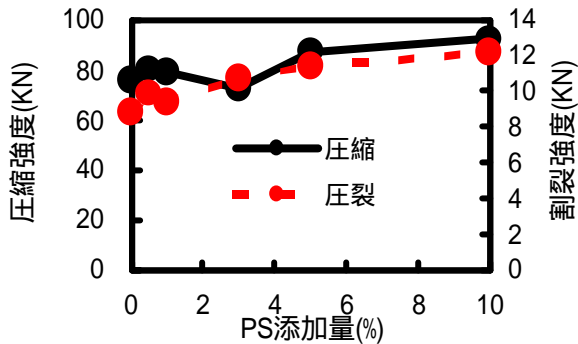


図3 室温 (27 )における強度

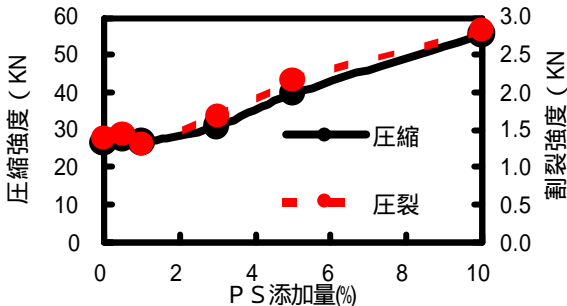


図4 60 における強度

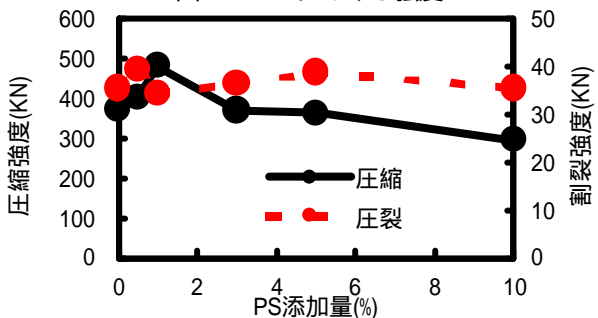


図5 -10 における強度

合物の耐流動性を高めるための有効な手段となりうることを示唆された。

### (3) 添加の効果と最適添加量

圧裂強度比(耐流動性評価)について検討した結果を図6に示した。これは、0における圧裂強度を60における圧裂強度で除して求められるが、本試験においては-10の測定値を用いて算出した値を圧裂強度比とした。圧裂強度比が大きいものはわだち掘れ量が大きく、圧裂強度比が小さいものはひび割れが発生しやすいという相関性を持っている。本実験の場合、ポリスチレン(PS)添加量0.5%のとき、圧裂強度比は最大値を示し、PS添加量が増えるに従い圧裂強度比は小さくなった。PS添加量10%の混合物においては、ブランク試料の5割程度まで圧裂強度比が減少する結果となった。このことより、添加量は5%以下とすることが適当であると考えられた。PSの最適添加量は、圧裂強度比の目標値20~30の範囲検討することが適切である。なお、PSブランク試料での圧裂強度比は25.5であり、先に述べた目標値のほぼ中央値に位置している。よってブランク試料の圧裂強度比を基準

再利用:

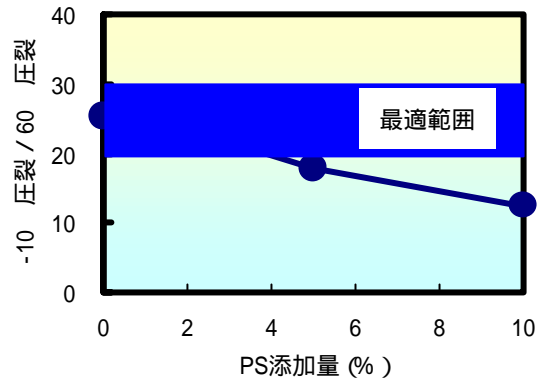


図6 耐流動性評価結果

値とすれば、圧裂強度比の目標値(基準値 $\pm 5\%$ )を満足する3%がPS添加量の上限であると考えられる。

### 3-2 タフネス・テナシティ試験

試験結果を図7に示した。PSの添加によってタフネス、テナシティともに上昇し添加の効果が確認された。特に0.5%添加時にブランク試料の約1.5倍の値が得られた。しかしながら1%以上添加した場合、改善効果は20~30%に低下することから、1%以上のPS添加はタフネス・テナシティの改善に効果がないことが分かった。なお、これまでの研究<sup>3)</sup>から、アスファルト混合物に骨材状のPSを添加した場合、3%以上の範囲で強度が50%以上改善されることが明らかになっている。本試験の結果アスファルト自体の改質効果は20~30%であり、PS添加の効果はアスファルトのタフネスとテナシティの改善によるものだけではないと考えられた。また、PSを添加した混合物はPSが完全に溶解しておらず、骨材とアスファルトの密着性の改善によってアスファルト混合物の強度が増加したと推測された。また、PSの添加はテナシティに比べタフネスの改善効果大きいことが分かった。市販のアスファルト改質剤の主成分はエラストマーであり、ゴム様の物性を示してテナシティ改善効果が大きい。今後は、さらに改質効果を向上させるためテナシティ改善のための添加方法を検討する予定である。

### 3-3 路盤材試験

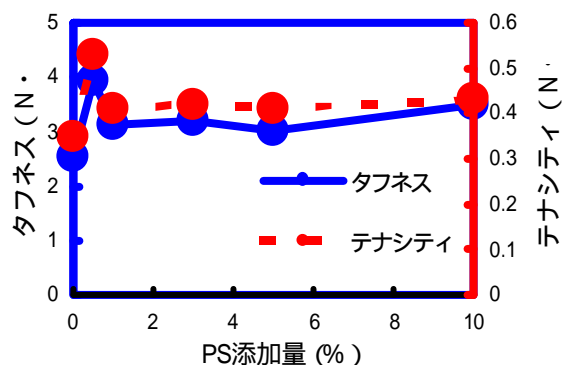


図7 タフネス テナシティ試験結果



(1) 溶出試験結果

溶出試験の結果、試作した路盤材から、揮発性有機化合物類については土壤環境基準を超過する溶出量は検出されなかった。しかしながら、ガラス研磨汚泥から基準を超過する鉛が溶出した。PSを30wt%程度で混練した場合は、環境基準値を超える有害物を溶出物しなかった。

表2 溶出試験結果

分析項目	PS/GS [wt%]				土壤環境基準
	100/0	70/30	50/50	0/100	
カドミウム	-	-	-	0.13	10
鉛	0.77	5.52	16.66	117.4	10
6価クロム	1.28	3.72	6.12	16.57	50
全水銀	0.01	0.01	0.02	0.02	0.3
ジクロロメタン	-	-	-	-	20
テトラクロロメタン	-	-	-	-	2
1,2-ジクロロエタン	-	-	-	-	4
1,1-ジクロロエチレン	-	-	-	-	20
cis-1,2-ジクロロエチレン	-	-	-	-	40
1,1,1-トリクロロエチレン	-	-	-	-	1000
1,1,2-トリクロロエタン	-	-	-	-	6
トリクロロエチレン	-	-	-	-	30
テトラクロロエチレン	-	-	-	-	10
1,3-ジクロロプロペン	-	-	-	-	2
ベンゼン	0.1	-	-	-	10

単位 ; ppb , ; 未検出

(2) 冷却試験

図8に-20℃で120時間冷却後の結果を示した。軟弱路盤または路床への配合を想定し、粘土に対する廃PS骨材の配合量を検討した。その結果、廃PS骨材を70vol.%混合した場合、上面から10cmの位置は氷点に到達せず、氷点下20cm前後にあっても厚さ10cm程度で凍結を防止

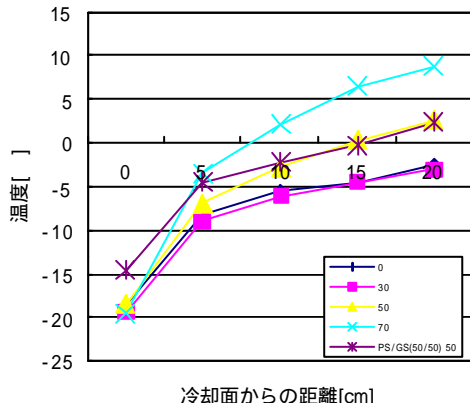


図8 冷却試験結果

できることが分かった。50vol.%混合した場合は、上面から15cmの位置に氷点は到達せず、30vol.%混合では混合の効果は見られなかった。また、ガラス研磨汚泥(GS)を50wt.%混練した廃PS骨材(PS/GS=50/50)を粘土と50vol.%の割合で混合した場合も廃PS骨材とほぼ同等の値を示した。層の熱伝導率が凍上現象に深く関係する

7)ことは知られており、熱伝導率 0.0872kcal/mhK の廃PS骨材を(通常砕石は2.52<sup>8)</sup>)粘土層に混合するという事は系全体の熱伝導率を小さくする。このため、図のような結果に至る一因になっているものと考えられた。

4 結 言

廃PSを添加したアスファルト混合物の圧縮・圧裂試験の結果、廃PS添加は耐流動性を高めるための有効な手段となり、添加量は3%が上限であると考えられた。タフネス・テナシティ試験の結果、廃PSの添加はアスファルト改質効果があることが分かった。廃PSとガラス廃棄物から製造した骨材は、ガラス廃棄物添加量30wt.%までの有害物溶出量は基準内であり、冷却試験から低い熱伝導率に由来する保温性能を示すことが分かった。今後は実舗装試験を行い耐久性、施工性を調査する予定である。

本研究を推進するにあたり、アスファルト混練物試験等についてご指導、ご助言をくださいました秋田県工業技術センター加藤主任専門研究員に感謝いたします。

参考文献

- 1) 詳しくは、(財)日本容器包装リサイクル協会HP (<http://www.jcpa.or.jp/>)
- 2) 酒井, 佐々木ら, 岩手県工業技術センター研究報告6, 65-68(1999)
- 3) 大沼, 佐々木, 藤原, 第23回日本道路会議一般論文集(C)舗装部会, 136-137, 平成11年
- 4) 大阪市立工業研究所編, プラスチック読本, 主要熱可塑性樹脂の性能一覧表I, プラスチックエージ
- 5) (社)日本道路協会編, 舗装試験法便覧, pp456, 丸善(1999)
- 6) 酒井, 中根, 佐々木, 藤原, 成形加工シンポジア'99, P30(349)
- 7) 例えば、土の凍結 - その理論と実際 -, 土質工学会編, (社)土質工学会
- 8) 化学便覧 基礎編II, 日本化学会編, 丸善

## トリアジンチオ - ルの利用分野開発

小向 隆志\*

トリアジンチオ - ル化合物 (主に N1、DBN) の有効利用について検討を行っている。今回鉄を用い、浸漬処理方法によって鉄表面に N1、DBN 皮膜を形成させ、皮膜の防錆剤としての適性について検討した。その結果、鉄表面に N1、DBN 皮膜が形成されることが明らかとなったが、処理試料を上水中および塩水噴霧試験機で試験したところ、未処理試料と処理試料との腐食時間に差が現れず、効果を見いだすことができなかった。

キーワード：トリアジンチオ - ル、N1、DBN、防錆効果

## Utilization of Triazine Thiols

KOMUKAI TAKASHI

Utilizations of chemical compound that were made up several types of Triazine thiols (N1;1,3,5-triazine-2,4,6-trithiol-mononatorium.DBN;6-butylamino-1,3,5-triazine-2,4-dithiolmononatorium u.) and N1 by electroless plating or some chemical agents by painting pretreatment, are studying for several years. In this report, steel plates were treated with N1 or DBN solution by dipping, and the rustproof ability of these plates was treated in the supplied water and salt water. As a result, surface of steel plates were covered enough with some components of N1 and DBN. But the rustproof ability didn't improve.

keyword: triazine thiol, N1, DBN, stainless

### 1 緒 言

当所では、岩手大学工学部応用化学科 (前 応用分子化学科) が昭和 34 年設立されて以来研究を続けている有機硫黄化合物の一つトリアジンチオ - ル化合物を利用する研究を昭和 40 年代後半から大学の指導のもと断続的に行ってきた。平成 2 ~ 3 年には中小企業庁の補助事業「技術おこし事業」、平成 5 ~ 7 年には科学技術庁の補助事業「生活・地域流動研究『トリアジンチオ - ルのス - パ - ファイン化に関する総合的研究』」を実施した。今回現在市販されているトリアジンチオ - ル化合物、N1 (1,3,5 - トリアジン - 2,4,6 - トリチオ - ルモノナトリウム)、DBN (6 - ブチルアミノ - 1,3,6 - トリアジン - 2,4ジチオ - ルモノナトリウム) を用い、水溶液中で鉄と浸漬処理を行い、形成された N1、DBN 皮膜の防錆効果を検討した。鉄表面に N1、DBN 皮膜を形成することは可能であったが、

皮膜の防錆効果を見いだせなかった。

### 2 実験方法

#### 2 - 1 装置

試験片に形成された N1、DBN 皮膜の膜厚測定は、(株)溝尻光学工業所製エリプソメ - タを、表面エネルギーの算出のために、エルマ - 社(株)製接触角計を用いた。また、皮膜の防錆評価試験機として、スガ試験機(株)製 CASSER - ISO - 3 型を使用した。

#### 2 - 2 N1、DBN 皮膜の形成

##### 2 - 2 - 1 供試材料

N1、DBN は三協化成 (株) 製をメチルアルコールで精製し使用し、試験片は冷間圧延鋼板 (SPCC) を使用した。

##### 2 - 2 - 2 皮膜の形成、表面エネルギーの算出および膜厚の測定

浸漬処理法で試験片に N1、DBN 皮膜を形成させる

方法、形成された皮膜の表面エネルギーの算出方法および皮膜の測定方法は既報<sup>1)</sup>によった。浸漬処理条件はRTDN濃度 $1.0 \times 10^{-3} \text{ mol/l}$ 、液温 $80^\circ\text{C}$ 、処理時間60分とした。

2-3 皮膜の防錆評価試験

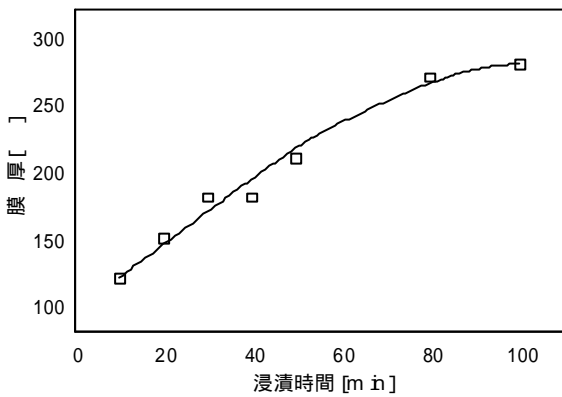
鉄表面上のN1、DBN皮膜の防錆評価試験を盛岡市の上水中、塩水噴霧による腐食試験方法(JIS Z 2371)で行った。

3 結果と考察

3-1 N1、DBN皮膜の形成

浸漬方法によって鉄表面上に形成されるN1、DBN皮膜の膜厚を図1、図2に示す。

図1 N1生成皮膜におよぼす浸漬時間の影響



(浸漬温度 $80^\circ\text{C}$ )

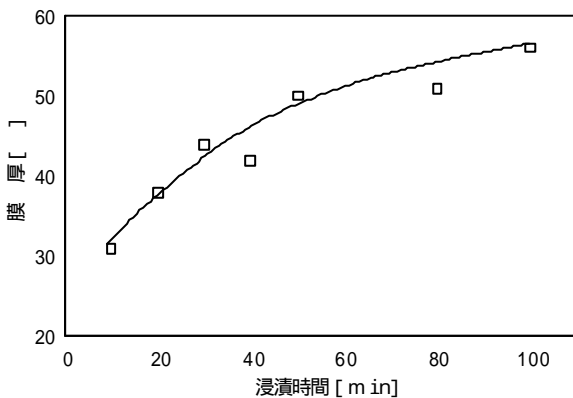


図2 DBN生成皮膜におよぼす浸漬時間の影響

(浸漬温度 $80^\circ\text{C}$ )

図1、図2より、鉄表面上にN1、DBN皮膜が形成されることが明らかであり、処理時間と共に膜厚が増加することがわかる。既報<sup>1)</sup>の銅の膜厚と比較すると、およそ $1/6$ の膜厚となった。

3-2 N1、DBN皮膜の表面エネルギー

N1、DBN皮膜の防錆効果を検討するため、表面のぬれ性を検討した。表1にN1皮膜の表面エネルギー、

表2にDBN皮膜の表面エネルギーを示す。

表1 N1皮膜の表面エネルギー

浸漬時間(分)	Rd	Rp	R
0(ブランク)	29.1	25.4	54.5
20	28.3	25.6	53.9
30	28.4	33.4	61.8
40	28.6	36.9	65.5
50	29.7	30.7	60.4
75	31.5	26.0	57.5

表2 DBN皮膜の表面エネルギー

浸漬時間(分)	Rd	Rp	R
0(ブランク)	29.1	25.4	54.5
20	30.8	15.5	46.3
30	31.0	16.1	47.1
40	32.3	13.7	46.0
50	30.9	15.9	46.8
75	32.5	14.2	46.7

R:表面エネルギー ( $\text{erg/cm}^2$ )

Rd:分散成分 Rp:極性成分

表1より、ほとんどの処理時間で未処理試料の表面エネルギー $54.5 \text{ erg/cm}^2$ より大きな値となった。このことは、処理表面が未処理試料よりぬれ性が劣り、防錆の効果は期待できいと思われる。表2より、N1表面と異なり表面エネルギーが小さな値となった。このことは、処理表面が未処理試料よりぬれ性が優れ、防錆の効果が期待できる。

3-3 N1、DBN皮膜の防錆評価

3-3-1 上水による防錆評価

未処理試料、N1およびDBN処理試料の防錆評価試験を盛岡市上水(硬水)で行った。結果を表3に示す。

表3 上水による防錆評価試験

浸漬時間(分)	30	60	120
未処理	変化なし	液黄変	表面に赤錆発生
N1 処理	被膜黒変	Fe(OH) 沈殿発生	————
DBN 処理	被膜黒変	Fe(OH) 沈殿発生	————

(試験液の液温:  $20^\circ\text{C}$ )

表3よりN1、DBN処理試料とも試験30分で皮膜が黒変した。60分の結果から考察すると、30分までに鉄が試験液に溶解し、黒色のFe( )が試験時間とともに溶存酸素等によってFe( )に酸化され、水酸化物として沈殿するものと考えられる。

3-3-2 塩水噴霧試験機による防錆評価

次に、日本工業規格JIS Z 2371に定める方法によって塩水噴霧試験を行った。その結果を表4に示す。

表4 塩水噴霧試験機による防錆評価試験

試験時間(分)	5	10
未処理	変化なし	表面に赤錆発生
N1処理	被膜黄変	全面黄変
DBN処理	被膜黒変	黒色濃く広がる

表4より、RTDN処理試料の表面の着色が激しかった。Fe( )の赤錆とは違い、RTDN、鉄、塩化ナトリウム、水の化学反応による着色と思われる。N1、DBN皮膜による鉄の防錆を研究の目的としたが、今回の検討で皮膜に防錆の機能を見い出すことができず、目的を

達成できなかった。

4 結 言

市販されているトリアジンチオ - ル化合物(N1、DBN)の有効な利用法について検討している。今回、浸漬方法によって鉄表面に形成されたN1、DBN皮膜の防錆効果について検討した。

1. 浸漬方法によって鉄表面にN1、DBN皮膜が形成することがわかった。その膜厚は、同じ条件で銅表面に形成されたものと比較し、およそ1/6であった。

2. 上水中の防錆評価試験、塩水噴霧試験機による防錆評価試験において、N1、DBN処理試料とも未処理試料と比較し、防錆効果が劣る結果となり研究の目的が達成されなかった。

3. 今後の方針

今までトリアジンチオ - ルを用いる金属表面処理について検討してきた。浸漬方法で処理した金属表面のトリアジンチオ - ル皮膜に有効な機能を見いだすことが困難であった。今後水溶液中の金属イオンとN1の反応を利用し、金属捕集剤としての有効利用について検討する。

文 献

- 1) 小向隆志, 河野隆年, 瀬川晃児, 佐々木英幸: 岩工試報, 33, 35 (1991)

## 県産粘土鉱物を利用した無機系吸着材料の開発

瀬川 晃児\*

県内で産出する耐火粘土と木材チップ工場より排出されるチップダストを原料とし、水処理などを目的としたセラミック - 炭素複合系吸着剤の製造技術の確立を目的として、材料の配合、炭化条件、ガス賦活による特性の改善について検討した。その結果、一連の工程を経ると  $100\text{ m}^2/\text{g}$  前後の比表面積を有し任意の形状の多孔体が得られるものの、炭酸ガス気流中で熱処理しても十分な賦活効果は見られない事がわかった。

キーワード：粘土 吸着材、炭化、賦活

## Study on Production Method for Inorganic Adsorbent with Clay Minerals

SEGAWA Koji

Manufacturing method for adsorbent of ceramic-carbon composite was investigated. Ironrich fireclay and wood chip dust were blended, milled, pelletized and carbonated with tube furnace with nitrogen gas flow. The process gave porous carbide samples of the necessary shape and specific surface area of about  $100\text{ m}^2/\text{g}$ . But the activation with carbon dioxide gas was not effective for the samples.

key words : clay, adsorbent, carbonization, activation

### 1 緒 言

粘土鉱物を炭素系材料と複合化させて吸着材とし、水処理等に利用する研究は従来ほとんど行われていない。また、耐火粘土に代表される県産粘土鉱物は豊富な埋蔵量で知られている<sup>1)</sup>ものの、現在は一部が陶磁器用などに利用されているのみで新たな用途開拓による有効利用が求められている。

本研究は、水処理等を目的としたセラミック - 炭素複合系吸着材料を開発して、県産粘土鉱物の利用を促進するとともに、副原料として有機系及び無機系産業廃棄物を使用することで、それらの有効利用も図ることを目的として実施した。

### 2 実験方法

#### 2 - 1 原料の調製

粘土鉱物は、岩泉町石見鉱山産の赤盤粘土を用い、アルミナ製ポットミルで水とともに12時間粉碎し、脱水後風乾した。炭素源となる有機質原料としては岩手町の木材チップ工場より排出される広葉樹質のダストをあらかじめカッター式ミル（I K A製M - 20）で10分間破碎し100 で乾燥して用いた。

これらの材料を所定の割合で配合し、アルミナ製振動ミル（平工製作所製T I - 100）で5分間粉碎混合した粉末に水を加えて混練し3 ~ 5 mmの粒状に可塑成形して100 で乾燥したものを焼成に供した。

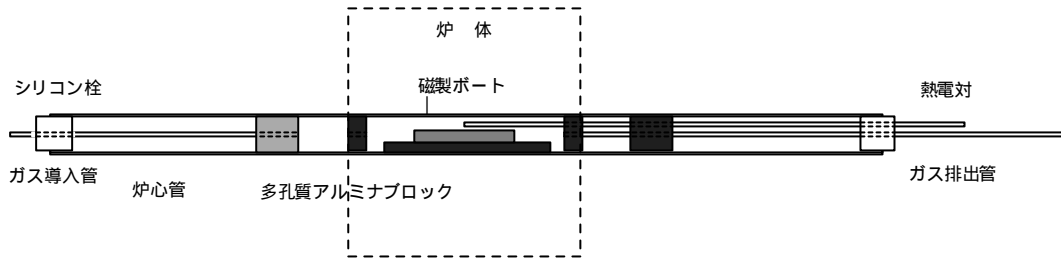


図1 炉心管の内部構造

2-2 炭化およびガス賦活

炭化処理は、図1のように雰囲気焼成できる内部構造のムライト製炉心管(内径40mm)を取り付けたシリコニット管状炉で行った。約8gの成形試料を磁製ポートに入れて炉内中央に配置し、予めダイヤフラム式ポンプで排気後に塩化カルシウム入り乾燥管を通して乾燥した工業用窒素ガスを140Nm<sup>3</sup>/minの割合で流しながら昇温速度400/h<sup>o</sup>rで所定の温度に到達後直ちに炉冷した。賦活処理は、2.5gの試料について炭化処理と同様の操作で工業用炭酸ガスを用いて行った。

2-3 試料の評価

原料の熱重量変化は、示差熱天秤(真空理工製SYSTGD7000)を用いて窒素気流中、昇温速度10/minで、約20mgの粉末試料について測定した。炭化試料の迅速表面積は比表面積測定装置(柴田科学製SA-1100型)を用い、窒素ガスによるBET1点法で求めた。炭化処理および賦活処理による収率は、それぞれの処理前後の重量変化の割合から求めた。

3 結果と考察

3-1 原料の配合

図2に赤盤粘土とチップダストの熱分析結果を示す。この結果から、600から1100の温度範囲ではいずれの材料も大きな重量変化はないことがわかる。1000付近での炭化処理を想定して、炭化後の重量比がほぼ1:1となるように、赤盤粘土1:チップダスト2の重量比で混合粉碎した。粉碎試料は、水を用いた可塑性成形が容易で、乾燥後及び炭化後も十分な強度を保持しており、ハンドリングによる破壊は見られなかった。

3-2 炭化処理

熱分析の結果と、赤盤粘土の焼結特性<sup>2)</sup>から、炭化処理の温度を600から1400とした。

収率と得られた炭化物の比表面積に及ぼす炭化温度の影響を図3に示す。この結果は、試料重量や形状の違い

を考慮しても、上の熱分析結果と良い一致を示した

次に、炭化物の比表面積に及ぼす炭化温度の影響を図4に示す。800前後で比表面積は最大となり、さらに温度を上げると炭化温度の上昇とともに比表面積は減少した。収率の結果から、800から1200付近までは著しい重量減少が見られず、炭素量がそれほど減少していないと考えられることから、比表面積の減少は細孔の収縮に起因すると考えられる。

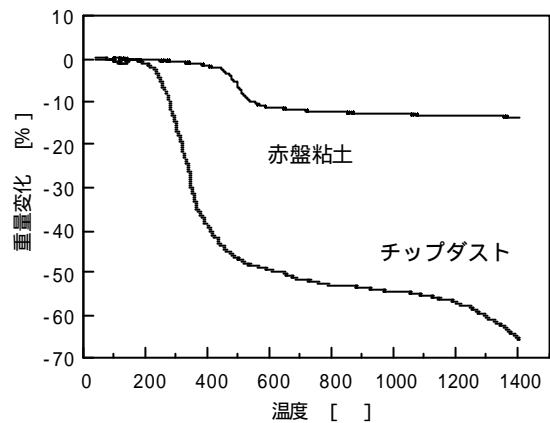


図2 原料の加熱重量変化

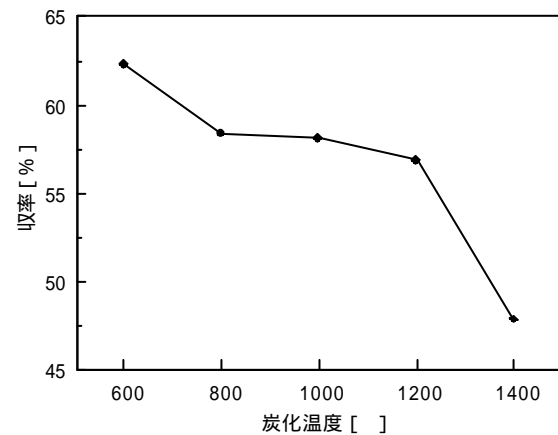


図3 炭化温度の収率への影響

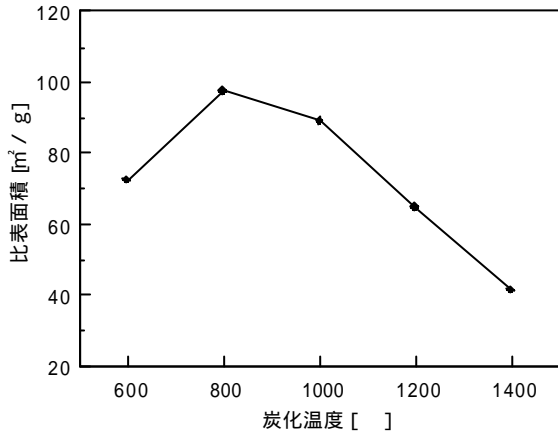


図4 炭化温度の比表面積への影響

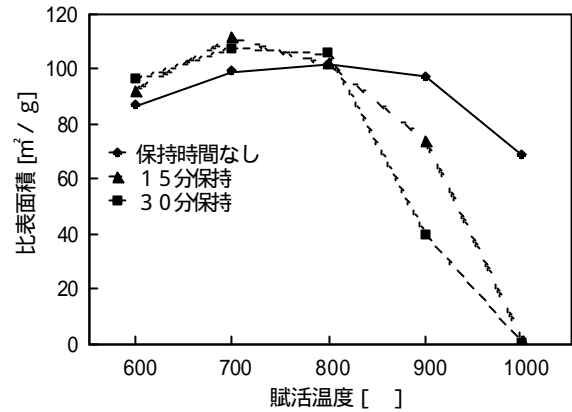


図5 賦活温度の比表面積への影響

### 3 - 3 賦活処理

あらかじめ600 で炭化した材料について、炭酸ガス気流中、最高温度600 から1000、最高温度到達後の保持時間0～30分の条件で賦活処理を行った。

得られた試料の比表面積に及ぼす賦活温度の影響を図5に示す。この結果から、炭酸ガスによる賦活効果は600～800の低温側でわずかに認められる程度で、逆に900以上で長時間賦活処理を行うと比表面積は著しく低下することがわかった。

さらに、賦活処理前後の重量変化から求めた賦活収率に及ぼす賦活温度の影響を図6に示す。賦活処理での重量減少の大部分は、酸化による炭素の消費に起因するとみさせるが、この結果と上の比表面積の結果を合わせて考えても、炭素の残存量と比表面積の間に明確な相関は見られない。

これは、800以下の低温側では細孔構造を維持したままで炭素が消費されていくために比表面積が大きく変化しないのに対して、900以上では表面の炭素が急激に失われることによって比表面積も大きく減少すると考えられる。

## 4 結 言

県内で産出する耐火粘土と木材チップ工場より排出されるチップダストを原料とし、水処理などを目的としたセラミック-炭素複合系吸着剤の製造技術の確立を目的として、材料の配合、炭化条件、ガス賦活による特性の改善について検討した。その結果、一連の工程で100 m²/g前後の比表面積を有した任意の形状の多孔体が得られた。さらに、得られた炭化物を炭酸ガス気流中で熱処理しても十分な賦活効果は見られない事がわかった。

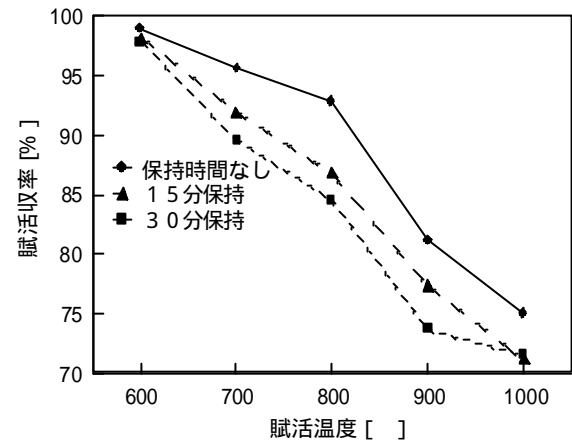


図6 賦活温度の賦活収率への影響

試作材料の比表面積は最大でも1000 m²/g前後にとどまり、一般の活性炭(1000 m²/g前後)やさらに良質の木炭(500 m²/g前後)<sup>3)</sup>に比べてもかなり低いことから、吸着剤としての特性が十分には期待できないと考えられる。

## 文 献

- 1) 「岩手県岩泉町 赤盤粘土の利用に関する基礎研究(東北の非金属鉱物資源調査報告)」仙台通商産業局、非金属鉱物調査委員会編(1989)
- 2) 横屋正男、船山博：岩手県工業試験場研究報告、11,46(1979)
- 3) たとえば「新版活性炭-基礎と応用-」真田雄三他編講談社(1997)など





## 県産粘土鉱物を利用した無機系吸着材料の開発

## 岩手県産大豆の納豆・甘納豆加工適性\*

伊藤 良仁\*\*、山本 忠\*\*、岸 敦\*\*、  
小浜 恵子\*\*、大澤 純也\*\*

消費者ニーズの変化に伴い、大豆の新品種育種の指標は収量、耐病性等の栽培特性から、商品加工適性にシフトしつつある。今回、岩手県産小粒大豆の納豆加工適性及び黒大豆の甘納豆加工適性を調べた。その結果、奨励品種候補である東北122号を用いて製造した納豆は他の小粒品種と比較して、柔らかく、歩留まりも良いため、納豆加工適性が高いものと判断された。また、BL97Lで製造した甘納豆は他の黒大豆と比較して柔らかく、加工適性に優れることが示された。

キーワード：大豆、納豆、甘納豆、加工適性

## Properties of Soybeans Grown in Iwate Prefecture for Processing Natto and Amanatto

ITO Yoshihito, YAMAMOTO Tadashi, KISHI Atsushi,  
KOHAMA Keiko and OHSAWA Junya

Breeding indexes of soybean have been shifted to processing aptitude for foods from cultivation character with the change of consumer needs. To clarify the processing properties of some cultivars of soybeans grown in Iwate prefecture for natto and amanatto were investigated. It was showed that Touhoku-122 and BL97L were suitable for processing natto and amanatto, respectively.

key words : soybean, natto, amanatto, processing

### 1 緒 言

従来大豆の育種は収量や耐病害虫性、機械化特性などが指標とされてきたが、近年、消費者あるいは加工食品企業からのニーズから、優良な「最終商品の加工適性」を持つ品種の供給が求められてきている。筆者らは前報<sup>1)</sup>において岩手県の風土に適した個性のある原材料の開発および、最終商品加工適性から育種目標を設定することを大目的として、県内で従来から栽培されている品種及び奨励品種候補、合わせて14品種の豆腐加工適性を報告した。本報では、奨励品種候補を含む小粒種の納豆加工適性及び同じく黒大豆の甘納豆加工特性を調べた。

### 2 材料及び実験方法

#### 2-1 原材料

納豆加工試験には、岩手県農業研究センター（北上市）で収穫された平成10年度産の小粒3品種（コスズ、鈴の音、東北122号：奨励品種候補）及び比較として大粒種のスズカリの計4品種を用いた。甘納豆加工試験には、黒豆3品種（南部黒平、中生光黒、BL97L：奨励品種候補）及び比較として普通大豆大粒種・東北118号の計4品種を用いた。

#### 2-2 成分分析

水分は105・16時間乾燥法、粗蛋白質はケルダール法（係数5.71）、粗脂肪はジエチルエーテルによるソックスレー抽出法、粗灰分は550灰化法で測定した。

\* 岩手県産大豆の加工特性 第2報

\*\* 応用生物部

### 2-3 納豆加工試験

納豆加工試験は「納豆試験法」<sup>2)</sup>及び松本らの報告<sup>3, 4)</sup>に準じ、以下に示す方法で行った。生豆100gを水洗し、500gの蒸留水に15で20時間浸漬後、浸漬液を捨て、オートクレーブで121、60分蒸煮した。室温まで放冷後、重量を測定して重量増加比を、また、健全粒約10gを10516時間乾燥し、水分を算出した。さらに健全粒50粒をテンシプレスラーで測定し、最大応力の平均値及び度数分布を求めた。色調は20g程度を乳鉢ですりつぶし、シャーレに入れて、色彩色差計(ミノルタカメラ製・CR200)で測定した。色調を示すL値は大きいほど明るく、a値は小さいほど緑が強く、大きいほど赤が強く、b値は小さいほど青が強く、大きいほど黄が強い。

発酵は蒸煮豆100gに対して宮城野菌菌液1ml( $5 \times 10^7$  cells)を添加し、良く攪拌した後に、50gをPSP容器に入れ、穴あきフィルムをかぶせて40・湿度90%・24時間インキュベートした。さらに4で24時間熟成を行い、完成とした。作成した納豆を室温まで戻した後、重量増加比、水分、最大応力、色調を上記方法で測定した。生菌数は、納豆10gを計り取り、90mlの滅菌水とともに磨砕し、段階希釈して、PPGG寒天培地に塗抹接種し、3016時間培養して測定した。粘度は、10gに20mlの蒸留水を加え、良く攪拌した後に、キッチンペーパーで濾過し、濾液10mlをオストワルド計を用いて測定し、純水に対する相対粘度を求め、コスズを100として算出した。官能評価は、納豆を食べ慣れた研究員5名で行い、一致した評価を採用した。

### 2-4 甘納豆加工試験

蒸煮試験はすべて、カゴ(15×H15cm)に入れた豆を、さらにステンレス缶(18×H18cm)に入れて行った。生豆100gを水洗し、500gの蒸留水に15で20時間浸漬した。さらに、浸漬液を捨て、1,500gの蒸留水を加え、中火にかけ7分間で沸騰後、弱火で30分間緩やかに沸騰を続けた。缶ごと流水中で室温まで冷却し、カゴを引き上げ煮豆重量(粒重)を測定した。また、水分、最大応力を既記方法で測定した。

甘納豆加工試験には、煮豆加工試験と同じ4品種を用いた。甘納豆の調製はすべて、カゴ(15×H15cm)に入れた豆を、さらにステンレス缶(18×H18cm)に入れて以下に示す工程で行った。

吸水：水洗した生豆300gに1,500gの蒸留水を加え、15で20時間浸漬した。

蒸煮：浸漬液を捨て、1,500gの蒸留水を加え、121で30分間オートクレーブした。缶ごと流水中で冷却し、カゴを引き上げ煮豆及び液重量を測定した。

1番蜜漬け：煮汁液に600gのグラニュー糖と3.2gの食塩を添加し、攪拌溶解した。煮豆を入れ、沸騰直前まで加熱後、そのまま15で一夜静置した。

2番蜜漬け：沸騰直前まで加熱後、蜜液に1000gのグラニュー糖を添加し、攪拌溶解し、蜜豆を入れ、沸騰直前まで加熱後、そのまま15で一夜静置した。

蜜切り～乾燥：沸騰直前まで加熱後、カゴを引き上げザルに広げた後、80の乾燥機で3時間30分乾燥した。完成した甘納豆はビニール袋に密閉し、一晚、水分を平均化させた後、各分析に供した。

## 3 結果

### 3-1 大豆の成分分析

生大豆の成分分析結果を表1に示した。東北122号は小粒種の中では最も粗蛋白質量が少なく、粗脂肪量が多い。BL97Lは他の黒大豆と比較して粗蛋白質量、粗脂肪量ともに少なかった。

### 3-2 納豆加工試験

蒸煮大豆分析結果を表2に、納豆分析結果を表3に示した。東北122号は吸水性の良さから、歩留まりが良く、また、蒸煮豆及び納豆での堅さ測定及び納豆官能検査の結果、最もやわらかいことが明らかになった。鈴の音とコスズは最大応力測定の平均値はほぼ等しいが、官能検査では鈴の音が強く評価された。鈴の音の度数分布(表には示していない)から堅い豆が少数混在していることが示され、これが官能的に影響していると考えられた。一方、色調測定結果から小粒3品種の差はほとんどないと判断されるが、官能的には鈴の音が暗いと評価された。これは、色調測定ではペーストを試料としているため、豆表面の色調は目視で確かに黒みが強い。納豆菌による発酵については、小粒3種での大きな差異はみられなかった。総合評価として、東北122号はコスズに近い性質を持ち、歩留まり良くやわらかい明めの納豆ができるため、加工適性に優れると判断した。

### 3-3 甘納豆加工試験

蒸煮豆の分析結果を表4に示した。BL97Lは他の黒豆2品種と比較して、仕上がりが粒重が最も大きく、やわらかいことが示された。さらに高度な加工である甘納豆の分析結果を表5に示した。煮豆加工特性と同様にBL97Lは他の黒豆2品種と比較して、仕上がりが粒重が最も大きく、やわらかいため、甘納豆として加工適性に優れると判断した。研究員5名での官能評価を行った結

岩手県産大豆の納豆・甘納豆加工適性

果、堅さについては分析結果と同様の結果が得られたが、「おいしさ」の点では、有意な差は見られなかった。

表1 大豆一般分析

系統名	水分 (%)	百粒重 (g)	粗蛋白質 (乾物%)	粗脂肪 (乾物%)	粗灰分 (乾物%)
コスズ 鈴の音 東北122号 スズカリ	10.5	12.2	42.0	18.9	5.31
	11.2	14.0	41.5	19.6	5.46
	10.7	11.3	37.7	22.9	5.46
	11.3	41.2	40.3	20.4	5.31
南部黒平 中生光黒 BL97L 東北118号	11.0	55.4	40.1	21.8	5.44
	10.7	52.8	39.5	22.7	5.91
	12.5	61.0	39.0	19.5	5.24
	11.6	49.9	42.7	20.2	5.34

表2 蒸煮大豆分析

系統名	重量増加比 (乾物%)	水分 (%)	堅さ平均 (dyn/cm <sup>2</sup> )	色調 (L a b)		
コスズ 鈴の音 東北122号 スズカリ	245	57.1	228604	59.06	+7.04	+21.66
	245	57.2	262682	58.73	+6.86	+20.13
	254	59.3	208742	58.31	+7.22	+21.50
	245	57.1	327254	56.22	+8.41	+18.25

表3 納豆分析

系統名	重量増加比 (乾物%)	水分 (%)	堅さ平均 (dyn/cm <sup>2</sup> )	色調 (L a b)		
コスズ 鈴の音 東北122号 スズカリ	234	57.3	320298	51.42	+7.75	+20.49
	230	57.7	325938	50.52	+7.53	+19.45
	242	59.2	268530	49.35	+8.65	+20.59
	231	56.0	519048	50.15	+8.55	+16.90

系統名	菌数 (個/g)	相対粘度	色	官能評価	旨味
コスズ 鈴の音 東北122号 スズカリ	5.8 × 10 <sup>8</sup>	100	+++	++	+++
	9.5 × 10 <sup>8</sup>	97	++	+++	+++
	8.0 × 10 <sup>8</sup>	95	+++	++	+++
	36.5 × 10 <sup>8</sup>	105	++	+++	+

納豆の官能評価

色	：	明るい (+++ / ++ / +)	暗い
堅さ	：	堅い (+++ / ++ / +)	やわらかい
納豆臭	：	良い納豆臭 (+++ / ++ / +)	悪い納豆臭
旨味	：	旨味が強い (+++ / ++ / +)	旨味が弱い

表4 蒸煮豆分析

系統名	粒重 (g)	水分 (%)	堅さ平均 (dyn/cm <sup>2</sup> )	裂皮 (%)
南部黒平	1.30	66.5	1231336	31.2
中生光黒	1.11	66.6	1156954	27.6
BL97L	1.49	67.2	934800	21.9
東北118号	1.18	65.6	802572	1.4

表5 甘納豆分析

系統名	粒重 (g)	水分 (%)	糖度 (Brix%)	水分活性	堅さ平均 (dyn/cm <sup>2</sup> )
南部黒平	1.16	16.4	52	0.731	4044400
中生光黒	0.98	16.8	51	0.729	3417100
BL97L	1.22	18.5	51	0.759	2240040
東北118号	1.01	15.3	46	0.710	2958780

#### 4 考 察

東北122号は極小粒の納豆用品種として育種され、紫斑病耐性が強く、収量・品質ともに安定していることから奨励品種候補として選択されてきている。今回、納豆加工に於いて、その加工特性が良好であることが示された。一方、黒大豆のBL97Lについては、岩手在来種選抜系統であり、加工特性も良いことから、県独自の品種として有望と考えられる。また、BL97Lの種皮の色は中生光黒と同様赤紫系であり、南部黒平の灰紫系とは異なる。今後、色を特徴とした黒大豆加工品開発に活用できるものと考えられる。

昨今の健康志向から今後益々、国産(県産)大豆の加工食品が増加するものと思われるが、品種間やロットにおける加工特性の差異が大きく、その利用のネックの一つになっている。今回の試験で納豆、甘納豆共に一次加工(蒸煮)後の性質は、二次加工(発酵もしくは蜜漬)後も同じ傾向を示すことが明らかとなった。今後、品種間差だけでなく産年や産地間の差を調査する必要があるが、抜き取り検査などで蒸煮大豆の性質を調べることにより完成製品の色調や堅さ、歩留などを予測し、それらの値を原材料の選択に使用できる可能性が示された。今回の試験結果を個々の品種の性質の把握だけでなく加工における特性を簡単迅速に掴む方法として活用されることを期待する。

#### 5 結 語

前報の豆腐加工適性に引き続き、各種県産大豆の納豆、甘納豆の加工適性を調べた。これらの結果は、新品種加工特性の情報として実需者の新商品開発に活用されることが期待される。また、次の新品種育成の指標として、従来の「栽培しやすさ」の評価に「加工したときの個性」を加えることにより、差別化された加工食品の誕生を担う岩手県の風土に適した大豆の育種が進められるであろう。

本研究を実施するに当たり、大豆原材料及び関連資料等を提供していただきました岩手県農業研究センター園芸畑作部高橋智宏氏に感謝いたします。

#### 文 献

- 1)伊藤良仁、山本忠、岸敦、小浜恵子、大澤純也：岩手県工業技術センター研究報告,1, 43-51 (1993)
- 2)納豆試験法研究会編著：初版納豆試験法
- 3)松本伊左尾、秋本隆司、今井誠一：日本食品科学工学会誌, 40(1), 75-82 (1993)
- 4)松本伊左尾、秋本隆司、今井誠一：日本食品科学工学会誌, 40(1), 83-90 (1993)

## マツカワのコラーゲンに関する研究

伊藤 良仁\*、山本 忠\*、岸 敦\*、  
小浜 恵子\*、大澤 純也\*

マツカワ (*Verasper moseri* Jordan et Gilbert) はそのテクスチャーに特徴がある。そこで、魚類の堅さに関与するとされるコラーゲンに着目し、筋肉 (フィレー) 中の含量を定量した。その結果、マツカワのコラーゲン含量は 300 ~ 1,800 mg / 100 g 新鮮重であり、魚体重と相関して増加する傾向があった。

キーワード : マツカワ、コラーゲン

## Collagen Content in the Muscle of Matsukawa (*Verasper moseri* Jordan et Gilbert)

ITO Yoshihito, YAMAMOTO Tadashi, KISHI Atsushi,  
KOHAMA Keiko and OHSAWA Junya

The contents of collagen, which contributes to the toughness of fish meat, in the muscle of Matsukawa (*Verasper moseri* Jordan et Gilbert) were determined. The collagen content varied in the ranges from 300 to 1,800 mg/100 g wet tissue and weight of fish and content of collagen include correlation.

key words : Matsukawa, collagen

### 1 緒 言

マツカワ (*Verasper moseri* Jordan et Gilbert) は、カレイ目カレイ科に属する冷水性の大型カレイであるが昭和30年代以降、漁獲がほとんどなく「幻の魚」と呼ばれ市場では高級魚とされている<sup>1)</sup>。岩手県では重要栽培対象魚種として種苗生産技術、養殖技術の開発を進めており、今後、生産技術の確立と共に、流通拡大のためマツカワの商品価値を科学的に証明し、普及につとめることが重要とされる。

マツカワの特徴はその歯ごたえであり、カレイとフグの中間程度の堅さである<sup>2)</sup>。一般に魚類の堅さは筋肉中に含まれるコラーゲンの量に相関があり<sup>3)</sup>、また、死後の軟化は時間経過に伴うコラーゲン繊維の崩壊が原因と報告<sup>4)</sup>されている。一方、精製コラーゲンについては、市販化粧品における保湿成分や毛髪修復成分<sup>5)</sup>としてすでに利用されている他、創傷治癒効果<sup>6)</sup>や、抗血小板作用<sup>7)</sup>などの活性が報告されており、生理機能を有する食材としても注目を集めている。

今回、マツカワの生体成分の一つとしてコラーゲンに

着目し、魚肉中のコラーゲン定量方法の改良を試み、さらに、魚体重の異なる試料の含量を測定した。

### 2 実験方法及び結果

#### 2-1 材料

試験に用いたマツカワは県内養殖業者より生きたまま取り寄せ、即殺後、有眼背側の筋肉部分 (フィレー) を切り出し、試験に供するまで - 80 °C で保存した。

#### 2-2 コラーゲン定量法の検討

コラーゲンの定量は、魚体重 4.44 g のマツカワからフィレーを切り出し、精製を行い重量測定する方法、酢酸抽出液を Sircol Collagen Assay Kit (色素法) で測定する方法およびフィレーを 6 N 塩酸で加水分解し、アミノ酸分析器に供して、得られたヒドロキシプロリン量から逆算して算出する方法の3種類の方法で行った。

コラーゲンの抽出精製は、Satoらの方法<sup>8)</sup>に準じて行った。すなわち、凍結保存マツカワフィレー (有眼背側) 2.0 g をワーリングブレンダーを用いて 15,000 rpm

で5分間磨砕した。これを7,000rpmで20分間遠心し上澄を捨て、沈殿に100mlの蒸留水を加え、同様に磨砕、遠心して沈殿を得た。この沈殿に0.1Nの水酸化ナトリウムを400ml加え、一昼夜マグネッタースターラーで攪拌した後、遠心して沈殿を得た。この操作を3回繰り返し、得られた沈殿をさらに50mlの0.5N酢酸で一昼夜攪拌して抽出し、抽出液を蒸留水に対して透析し、さらに凍結乾燥して酸可溶性コラーゲンを得た。

得られた精製コラーゲンについてSDS電気泳動による純度の確認を行った結果、ほぼ単一であり、精製度が非常に高いことが確認された。重量測定した結果、その含量は新鮮重100g当たり184mgと算出された。また、0.5N酢酸抽出液をSircol Collagen Assay Kitでウシ由来コラーゲンを標準物質として定量した結果192mgと算出された。従って、抽出法によるコラーゲン含量測定値は約190mg/100g新鮮重であることが確認された。

一方、フィレーの一部(1試験区10mg)を常法に従って6Nの塩酸で加水分解(110・24時間)した後、アミノ酸分析機(日本電子(株)製JCL-300)にてヒドロキシプロリン量を測定した。コラーゲン分子のアミノ酸1,000残基中にヒドロキシプロリンが90残基存在するとして<sup>9)</sup>コラーゲン量に換算した。5回の試験結果の平均値は290mg/100g新鮮重であり、抽出法に比べ約1.5倍となった。

抽出の2法よりもヒドロキシプロリン法が高めに測定された原因は抽出工程が無いヒドロキシプロリン法に対して、抽出法では回収率100%とはならないためと考えられる。また、ヒドロキシプロリン法においても塩酸加水分解に供することができるサンプル量が10mgと微量であるためにサンプリング箇所による大きな差及びヒドロキシプロリン含量が他のアミノ酸に比較して極めて少ないためアミノ酸分析時における誤差も見られ、分析手法の改良が必要と判断した。

### 2-3 コラーゲン定量法の改良

2-2の結果から、抽出法の欠点である低回収率とヒドロキシプロリン法の欠点であるサンプリングのバラツキ及びアミノ酸分析の誤差が指摘された。これらを解消するために両方法を組み合わせ、試料の前処理としてフィレーを凍結乾燥及び粉碎し、均一な粉末とすること半抽出(洗浄)を行い、コラーゲンのロスを少なくすると同時に、アミノ酸分析に供するサンプル中の相対的なヒドロキシプロリン量を増加させ、誤差を低下させる

改良を試みた。以下に具体的な試験方法を示す。

フィレーをナイフで刻み、内20gを凍結乾燥した。完全に乾固したサンプルをミルで粉碎し、粉末1.0gを50ml容のコーニングチューブに入れ、蒸留水を39ml添加し、ロータリーシェーカーで30分間緩やかに攪拌した。これを7,000rpmで20分間遠心して上澄を捨て、沈殿に蒸留水を添加し、合計で38gとした後に2N-水酸化ナトリウムを2ml添加して60分間攪拌した。次に同様に遠心し、沈殿に40mlの蒸留水を加え、ポルテックスミキサーにて充分攪拌後、同様に遠心した。得られた沈殿を凍結乾燥し、スパーテルを用いて粉碎して、塩酸加水分解用の試料とした。

塩酸加水分解はガラス試験管に10mgの粉末試料を入れ、さらに2mlの6N塩酸を加え、脱気熔封後、110で24時間インキュベートして行った。アミノ酸分析はエバポレーターで塩酸を除去した後、前述のアミノ酸分析器により行った。

5回の試験から得られたヒドロキシプロリン量(平均)からコラーゲン含量は343mg/100g新鮮重と算出された。各試験間の差も少なく、また算出された含量は、抽出-重量法や直接塩酸加水分解(ヒドロキシプロリン)法と比較して高く、定量法としてより優れたものであると判断した。

### 2-4 魚体重の異なるマツカワのコラーゲン含量

2-3にて設定した改良法を用いて魚体重400~1,200gのマツカワ(10匹)から有眼・背側のフィレーを切り出し、コラーゲン含量を測定した(図)。その結果、最低値が343mg/100g新鮮重(魚体重444g)で最高値が1776mg/100g新鮮重(魚体重913g)であった。また、魚体重とコラーゲン含量はバラツキが多少大きい( $R^2 = 0.626$ )が正の相関があり、特に900gを越える個体の含量が特に高いことが示された。

## 3 考 察

魚肉中のコラーゲンに関する報告は非常に少なく、マツカワについて調べた報告は無い。安藤ら<sup>9)</sup>は、ホシガレイとヒラメについて筋肉コラーゲンをヒドロキシプロリン法で測定し、その含量は新鮮重100g当たり539mg(魚体重460~500g)及び498mg(魚体重460~500g)と報告している。一方、Satohら<sup>3)</sup>は抽出法によりマコガレイ1,080mg(魚体重173g)、ヒラメ1,390mg(魚体重359g)と報告している。これらの数値の差異が測定方法に由来す

るものなのか、あるいは試料の個体差によるものかは不明であるが、今回マツカワで得られた結果から1魚種のコラーゲン含量は魚体重による変化を考慮する必要性があると考えられた。今後、マツカワと他魚種との比較を行う場合には、同じ測定法で異なった魚体重の試料を複数分析する必要がある。

一方、コラーゲン含量とテクスチャーの関係については、官能的には魚体重の大きい(コラーゲン含量の高い)個体がより堅く感じられたものの、テクチュロメーターによる測定では有意な差(傾向)は見られなかった。これは、小型の個体と大型の個体ではフィレートの形状、特に厚みが大きく異なるため、正確な測定に必要なサンプル形状をとれなかったためと考えられる。テクスチャーに関しては今後に残された課題となった。

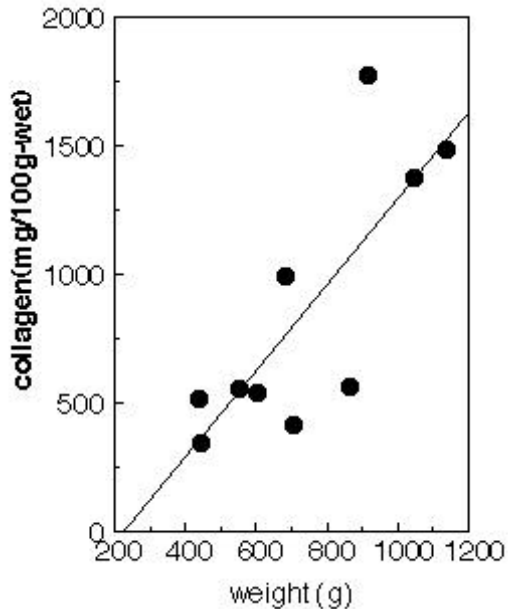


図 マツカワの魚体重とフィレート中のコラーゲン含量

#### 4 結 語

前述のとおり、コラーゲンは多方面から注目される食品成分である。今回、定量方法の改良を試み、初めてマツカワフィレート中の含量及び魚体重との相関を明らかにした。今後、他魚種との相違やテクスチャーとの関連が明確になり、マツカワの商品価値を数値で評価し、PRできること期待したい。

本研究を実施するに当たり、技術的な助言及び関連資料等を提供していただきました岩手県水産技術センター利用加工部(現:岩手県内水面水産技術センター)遠藤良徳氏に感謝いたします。

#### 5 文 献

- 1)遠藤良徳、小原貢、山根三男、坂下薫:平成10年度水産業関係地域重要新技術開発促進事業・年度末報告会資料
- 2)山本忠:未発表データ
- 3)K.Sato, R.Yoshinaka, M.Sato and Y.Shinmizu: Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries, 52, 1595-1600(1986)
- 4)M.Ando, H.Toyohara and M.Sakaguchi: Nippon Suisan Gakkaishi, 58, 567-570 (1992)
- 5)高井光男:日本農芸化学会誌, 72, 843-845 (1998)
- 6)外立ちあき、多田司、横越英彦:日本農芸化学会大会講演要旨集, 72, p.180 (1998)
- 7)野仲功、勝田新一郎、大森丘、重久保、中上辰芳、丸山進:日本農芸化学会大会講演要旨集, 70, p.6 (1998)
- 8)K.Sato, R.Yoshinaka, M.Sato and S.Ikeda: Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries, 52, 889-893(1986)
- 9)安藤正史、仁保浩、塚正泰之、牧之段保夫:日本水産学会誌, 64, 1027-1033 (1998)



## 乳酸菌を用いた醤油粕の利用

山本 忠\*、小浜 恵子\*、岸 敦\*、  
伊藤 良仁\*、大澤 純也\*

醤油粕を有効に利用するため、乳酸菌添加による乳酸の生成を試みた。醤油粕を温水処理して得られる可溶性成分をそのまま乳酸発酵の基質として利用した。醤油粕の温水抽出液の培地に乳酸菌が生育することから、醤油粕が生分解性素材としての可能性が示された。また、温水に難溶性の成分について、酸やアルカリで処理することで、一部ではあるが乳酸菌の基質とすることが出来た。

キーワード 醤油粕 分解 乳酸菌

## Utilization of the Soy Sauce Lees Using the Lactic Acid Bacteria

YAMAMOTO Tadashi, KOHAMA Keiko, KISHI Atsushi,  
ITO Yoshihito and OHSAWA Junya

We study to produce lactic acid from soy sauce lees by the lactic acid bacteria in order to effectively utilize the soy sauce lees. Lactic acid bacteria were grown on the soluble component of the warm water treatment of the soy sauce lees as a medium of lactic acid fermentation. This showed the possibility that the soy sauce lees was biodegradable material. By acid or alkali treatment, the component of the poor solubility in the warm water was partially used as a substrate of the lactic acid bacteria.

key words : soy sauce lees decomposition lactic acid bacteria.

### 1 緒 言

醤油粕などのような食品製造時の副産物の中には、タンパク質や糖質などの栄養素を含むものも多い。しかしながら、多水分で腐敗しやすかったり、セルロースなど微生物により分解されにくい成分を多く含んでいたり、これらの多くは有効な利用手段がないために産業廃棄物とされている。こうした未利用・低利用の副産物は、無償あるいは有償で処分されており、生産コストからも環境上からも問題となっている。

例えば、醤油粕は国内全体では年間 8 万 t と言われ<sup>1)</sup>であり、岩手県内でも醤油は年間約 20 億円出荷され、製造企業の抱える問題として、醤油生産量の約 1 割を占める醤油粕の処分がある。現在、醤油粕の一部は家畜飼料として利用されるものの、大半は処理業者により有償で廃棄される。こうした家畜飼料としての用途も減少傾向にあり、食塩を含んでいる醤油粕の処理問題は一層深刻化していくと考えられる。

醤油粕のようなこれら未利用資源を資源化することで、廃棄物の削減、処理コストの低下を図るため、当センターでは漬け床への利用<sup>2)</sup>、酵素による調味成分の抽出<sup>3)</sup>などいくつかの方面から研究を進めている。

また、醤油粕中で血圧上昇抑制成分などは見いだされているが、ペプチドを中心に考えると濃度的に実用化は難しい状況である。そこで、視点を切り替え、可溶性成分はそのまま乳酸発酵の基質の一部として利用できないか検討した。また、難溶性成分は酸やアルカリで処理することで低分子化して基質とすることを試みた。既に、でんぷんを素材として乳酸を生成<sup>4)</sup>させて、それを原料として生分解性プラスチックの生産が行われていることから、その手法を参考としながら実験を行った。ここでは、今回得られた若干の知見を報告する。

\* 応用生物部

2 実験方法

2-1 使用原料

醤油粕は、岩手県内の企業から提供されたものを試験に使用した。醤油粕の標準的なデータを得るため、一般的な醤油の製法である脱脂大豆と国産小麦を5対50で配合、製麹後に仕込みをして、もろみを加温管理して約6ヶ月発酵させて製造した醤油もろみの醤油粕を用いた。

2-2 醤油粕及び抽出液の一般成分分析

醤油関連の一般成分の分析は、しょうゆ試験法<sup>5)</sup>により行った。その概要は以下の通りである。水分は105 乾燥法、タンパクは TECATOR 社のケルテックオートサンプラーシステム1035によるケルダール法、アミノ酸度はフォルモール法、全糖はフェノール硫酸法、直接還元糖はソモギー変法で行った。

2-3 醤油粕の調整

試料に用いた醤油粕の保存は-30 凍結で行った。また、一部については常温保存のため乾燥して微粉化した。乾燥・微粉化は、醤油粕を板状のまま、ステンレス製の網に乗せて、105 通風乾燥機で8時間乾燥して、高速粉砕器(KA - Universalmuhle )で、20,000rpm 3分間粉砕した。

2-4 醤油粕中の温水可溶性成分の抽出

醤油粕200gに温水を1 加え、60 で1時間浸漬してステンレス金網で濾過した。このろ液を温水可溶性成分とした。不溶性の部分はステンレス製の網に乗せて、105 通風乾燥機で8時間乾燥して、醤油粕と同様に粉砕した。

この醤油粕温水可溶性成分を、121、15分加熱殺菌して乳酸菌生育培地とした。

2-5 酸・アルカリでの醤油粕分解

醤油粕あるいは温水抽出した醤油粕の不溶性の部分に酢酸あるいは水酸化ナトリウムで分解した。分解条件は、もみ殻について検討した戸枝ら<sup>6)</sup>の条件を参考にして、酢酸濃度は、0.01M、0.1M、1M、10Mの4濃度で、水酸化ナトリウム濃度は、5%、10%、15%、20%の4濃度で行った。対照として蒸留水を用いた。醤油粕 5gに処理用の液を50m 加えた。分解反応は、試料を耐熱試薬瓶に入れ、オートクレーブで121、60分行った。

分解反応後にそれぞれ、水酸化ナトリウム、塩酸で中和して、乳酸菌培地として使用した。

2-4 微生物

培養試験に用いた乳酸菌は、キシロース資化性が高い

*Lactococcus lactis subsp. Lactis* JCM 1158(以下 *L.Lactis* XYと記載)、*Lactis* のタイプカルチャーである *Lactococcus lactis subsp. Lactis* JCM 5805(以下 *L.Lactis* TPと記載)、乳酸発酵のタイプが異なる *Lactococcus lactis* JCM 7638(以下 *L.Lactis* IO-1と記載)の3株である。

2-5 微生物の測定

市販のBCP 加プレートカウントアガール(日水製薬製)で、30、48時間の培養で検出された生酸菌数を乳酸菌として測定した。

3 結果

実験に使用した醤油粕の一般成分の分析結果は、表1の通りである。醤油粕(A)は、A社のもので、現在は新しい圧搾機を導入することで圧搾効率が大幅に改善されており、醤油粕の水分も少なくなっている。また、醤油粕(B)は、B社の醤油粕である。

表1 醤油粕の成分 (%)

試料	水分	直接還元糖	粗タンパク	食塩
醤油粕(A)	36.7	1.2	36.4	5.5
醤油粕(B)	35.0	1.0	24.3	5.0

温水による醤油粕の可溶性成分の抽出による変化を見るために、繰り返し5回温水抽出を行った。醤油粕(A)を別に温水可溶性のろ液成分の分析結果を表2に示した。

表2 醤油粕温水可溶性ろ液の成分

試料	洗浄回数	全窒素 (%)	直接還元糖 (%)	pH	食塩 (%)
醤油粕ろ液	1	0.106	1.00	4.12	0.80
醤油粕ろ液	2	0.040	0.21	4.17	0.05
醤油粕ろ液	3	0.036	0.17	4.28	0.04
醤油粕ろ液	4	0.035	0.11	4.28	0.01
醤油粕ろ液	5	0.028	0.10	4.29	0.00

醤油粕(B)の温水抽出ろ液を滅菌したものに、3種類の乳酸菌を $1.00 \times 10^4$  cfu/ml 添加して、30 で1週間静置培養した結果を表3に示した。

乳酸菌を用いた醤油粕の利用

表3 醤油粕温水抽出液培地での乳酸菌の生育  
( cfu / m l )

乳酸菌	試料	1週間後
<i>L.Lactis</i> XY	醤油粕抽出液	1.00 × 10 <sup>2</sup> 以下
<i>L.Lactis</i> TP	醤油粕抽出液	1.00 × 10 <sup>2</sup> 以下
<i>L.Lactis</i> IO-1	醤油粕抽出液	6.25 × 10 <sup>4</sup>

*L.Lactis* XY : *Lactococcus lactis* subsp. *Lactis* JCM 1158

*L.Lactis* TP : *Lactococcus lactis* subsp. *Lactis* JCM 5805

*L.Lactis*IO-1 : *Lactococcus lactis* JCM 7638

醤油粕 (B)の乾燥微粉化試料を酢酸あるいは水酸化ナトリウムで分解した液の成分を表4に示した。

表4 醤油粕の酸・アルカリ分解液の成分 (%)

試料処理条件	直接還元糖	アミノ酸度
Distilled Water	0.217	1.75
AceticAcid 0.01M	0.145	1.33
AceticAcid 0.1M	0.261	1.13
AceticAcid 1 M	0.565	0.87
AceticAcid 10 M	1.029	
SodiumHydroxide 1 %	0.507	1.37
SodiumHydroxide 5 %	0.275	2.87
SodiumHydroxide10%	0.449	

醤油粕 (B)を温水で1回抽出し残渣を乾燥微粉化した試料を酢酸あるいは水酸化ナトリウムで分解した液の成分を表5に示した。

表5 醤油粕を温水で1回抽出した残渣の酸・アルカリ分解液の成分 (%)

試料処理条件	直接還元糖	アミノ酸度
Distilled Water	0.145	0.83
AceticAcid 1 M	0.464	0.80
AceticAcid 10 M	0.797	0.78
SodiumHydroxide1%	0.406	1.27
SodiumHydroxide10%	0.304	3.62

醤油粕を酢酸あるいは水酸化ナトリウムで分解した液で、3種類の乳酸菌の生育試験をした。酸あるいはアルカリで分解後中和処理した培地 5mlを15mlの培養チューブに入れ、1.00 × 10<sup>4</sup> cfu/mの乳酸菌を添加して、30℃で静置培養した。1週間後に BCP 加プレートカウントアガールで菌数を測定した。この培養結果を表6にまとめた。

表6 醤油粕の酸・アルカリ分解液培地での乳酸菌の生育 (cfu/m l)

試料処理条件	乳 酸 菌		
	<i>L.Lactis</i> XY	<i>L.Lactis</i> TP	<i>L.Lactis</i> IO-1
DistilledWater	-	-	4.17 × 10 <sup>6</sup>
AceticAcid 1M	-	-	-
AceticAcid 10M	-	-	-
SodiumHydroxide1%	7.00 × 10 <sup>3</sup>	1.52 × 10 <sup>5</sup>	9.04 × 10 <sup>6</sup>
SodiumHydroxide10%	-	-	-

醤油粕を温水で1回注した残渣を酢酸あるいは水酸化ナトリウムで分解した液で、3種類の乳酸菌の生育試験を醤油粕の分解液と同様に行い、培養結果を表7にまとめた。

表7 醤油粕温水1回抽出した不溶性成分を酸・アルカリで分解した液での乳酸菌の生育 (cfu/m l)

試料処理条件	乳 酸 菌		
	<i>L.Lactis</i> XY	<i>L.Lactis</i> TP	<i>L.Lactis</i> IO-1
DistilledWater	7.20 × 10 <sup>4</sup>	1.00 × 10 <sup>3</sup>	1.26 × 10 <sup>6</sup>
AceticAcid 1M	4.06 × 10 <sup>5</sup>	9.40 × 10 <sup>4</sup>	8.54 × 10 <sup>6</sup>
AceticAcid 10M	-	-	-
SodiumHydroxide1%	5.00 × 10 <sup>4</sup>	-	-
SodiumHydroxide10%	-	-	-

4 考 察

醤油粕の微生物利用については、脱塩液を利用した醤油酵母培養の試みが牧野ら<sup>7)</sup>によって行われている。しかし、塩分が高いため発酵原料としてはあまり考えてこられなかった。今回、醤油粕の抽出液及び酸やアルカリによる分解物は乳酸菌が生育できることで、乳酸を利用できる可能性を見いだすことができた。これは、今までネックとなっていた食塩も多量の温水で抽出することで、濃度が低くなり、適切な培地となるためと考えている。

ただし、乳酸発酵を行なわせる素材化での利用を考える場合、分解試薬の種類や濃度条件などを検討して、発酵原料の糖やアミノ酸濃度を高くする手段の開発が必要である。特に、分解用の酸やアルカリの濃度を上げると直接還元糖の値は大きくなるが、アミノ酸の濃度が下がり、pHを調整しても乳酸菌が生育してこない、あるいは逆にアミノ酸濃度が高くなっても糖濃度が下がり乳酸菌が生育してこないなどの問題が生じてくるため、酵素剤の利用を含めてさらに検討が必要である。

発酵試験に用いた乳酸菌については、石崎ら<sup>8)</sup>によって *L.Lactis* IO-1 : *Lactococcus lactis* JCCM 7638 がキシロースからもっとも効率よく乳酸を生産すると報告されており、温水抽出液での生育も他に比べよかった。ただし、素材化研究を進めるためには、さらに効率的な発酵を行う菌株をスクリーニングするなど微生物源を含め検討したいと考えている。

本研究は岩手県事業の「食品バイオテクノロジー研究開発事業」の中で進めた。なお、実施するに当たり、醤油粕を提供いただいた八木沢商店株式会社、佐々長醸造株式会社の関係者にお礼申し上げます。

## 文 献

- 1) 牧野義雄、谷川善弘、竹上伊津子、白川武志 : 廃棄物論文誌、9,208(1998)
- 2) 伊藤良仁、成島千文、米倉裕一、櫻井 廣、荒川善行、大澤純也 : 岩手工技セ研報、5, 139(1998)
- 3) 畑山 誠、大沢美千代、大澤純也、荒川義行、櫻井 廣 : 岩手工技セ研報、5,209(1998)
- 4) 食品産業環境保全技術研究組合編 : 未利用資源の有効利用技術を探る、食品産業環境保全技術研究組合、p.243(1999)
- 5) しょうゆ試験法編集委員会編 : 「しょうゆ試験法」、(財)日本醤油研究所(1985)
- 6) 戸枝一喜、川端康之、柴本憲夫 : 酵素利用技術及び高圧・高熱処理技術を応用した新しい食品の開発に関する研究 平成7年度中小企業庁技術開発研究成果テキスト」中小企業庁(1997)
- 7) 牧野義雄、白川武志 : 第10回廃棄物学会研究発表会講演論文集、p.325(1999)
- 8) 田中賢二、小宮山昌子、園元謙二、石崎文彬 : 農化、73, 258(1999)

## 食塩の種類が乳酸菌に与える影響

山本 忠\*、小野寺 俊隆\*\*

食塩の品質を評価するため、微生物の生育への影響を調べた。試験は試薬や市販精製塩を含む5つの塩で行った。2%食塩の乳酸菌培地で、4種類の乳酸菌の成長速度を吸光度計により比較した。その結果、3種類の乳酸菌で海水全成分塩培地の乳酸菌の生育が良かった。さらに、この5つの塩を用いNaCl濃度を2%に調整して、キャベツの漬物を15で作り、微生物の動向を検討した。食塩の種類によって、食味など官能的な差だけでなく、乳酸菌の生育やpHの変化に差が見られた。

キーワード:食塩、乳酸菌、漬物、pH

### Effect of the Type of Kitchen Salt on the Lactic Acid Bacteria.

YAMAMOTO Tadashi and ONODERA Toshitaka

The effect of salt on the growth of the microorganism was examined in order to evaluate the quality of the kitchen salt. The test was carried out in five salts including chemical reagent and marketing refined salt. The growth rate of 4 kinds of lactic acid bacteria was examined on the lactic acid bacteria culture medium of 2% kitchen salt. Three of four bacteria grew well on the all sea water component salt culture medium. We made cabbage pickles using 5 salts at 15 by adjusting the concentration of NaCl to 2%, and bacterial growth in and sensory test of pickles were examined. The growth of bacteria, pH of pickles and taste in sensory test differed in 5 kinds of salts.

key words: Kitchen salt, lactic acid bacteria, pickles, pH.

#### 1 緒 言

食の意味が見直され、美味しくて体に良いものを食べたいと思っている人が増加しており、著者の小野寺は新しい塩の製造法の開発を進めており、食塩の食品としての評価の再検討を進めてゆきたいと考えている。

食塩が漬物の物性に与える影響については、小川<sup>1)</sup>によって説明されているが、微生物の利用視点からの検討はこれからの課題と思われる。とくに、岩手県の海岸地域では、海水で下漬けした漬物が美味しい言われていますが、その理由は明らかになっていない。この問題の科学的解明へ向けて、食塩の品質の違いが微生物の生育にあたる効果を中心に検討したので報告する。

#### 2 実験方法

##### 2-1 試験に用いた食塩

使用した塩は、塩化ナトリウム試薬特級、市販精製塩、市販並塩(漬物用)、市販海水精製塩(にがり等を除いてある)、海水全成分塩(にがり、硫酸カルシウム沈殿も含む岩手県大

船渡市の産直グループ有限会社の試作品)の5種類である。

##### 2-2 乳酸菌及び培地

乳酸菌は、食品由来の株を中心に表1に示した2株を使用した。手軽に入手できて、乳酸菌の生育のよい培地として用いた醤油ベース培地は、醤油を10倍希釈したものに1%のグルコースを添加して、オートクレーブ処理後使用した。乳酸菌培地は、ペプトン1%、イーストエキス1%、グルコース1%で、酢酸ナトリウム0.3%からなる乳酸菌一般培地<sup>2)</sup>を基本に、培地中のNaClを2%になるように加えたあと、pH6.5に調整した。

##### 2-3 乳酸菌培養液の吸光度測定

吸光度の測定は、クレット吸光度計の赤色フィルターで測定した。10m容のクレット試験管に培地を5m分注して、シリコ栓をした後オートクレーブで121、15分の滅菌後、別途培養した乳酸菌を植菌した。培養条件は、30で静置培養とした。

表1 乳酸菌の由来

番号	由来	登録ナンバー	分類
1	IFO	3426	Leuconostoc mesenteroides
2	IFO	3832	Leuconostoc mesenteroides
3	IFO	12060	Leuconostoc mesenteroides
4	IFO	12964	Streptococcus faecalis
5	IFO	13138	Streptococcus faecium
6	IFO	3888	Pediococcus asidilactici
7	IFO	3892	Pediococcus pentosaceus
8	IFO	3070	Lactobacillus plantarum
9	IFO	3345	Lactobacillus brevis
10	NRIC	1067	Lactobacillus plantarum
11	NRIC	1035	Lactobacillus brevis
12	NRIC	1057	Leuconostoc mesenteroides
13	NRIC	1028	Lactobacillus acidophilus
14	NRIC	1039	Lactobacillus buchneri
15	NRIC	1042	Lactobacillus casei
16	NRIC	1053	Lactobacillus delbrueckii
17	TUA	80	Lactobacillus lactis
18	NRIC	1089	Leuconostoc citrovorum
19	NRIC	1085	Leuconostoc dextranicum
20	NRIC	1149	Streptococcus lactis
21	IFO	12172	Pediococcus soyae

2-4 漬物製造条件

漬物に用いたキャベツは、市販品(千葉県産)を盛岡市内の店頭で購入した。漬物全体のNaCl濃度が2%になるように5種類の食塩の添加量を調整して、キャベツの漬物を作った。キャベツを5mm幅に刻んで混ぜたものから200g取り、食塩4gとともにガスバリアー性の高い袋(明和、A-32)に入れた。さらに、キャベツが漬液に漬かる量(200ml)の2%食塩水を加え、脱気してからヒートシールした。袋ごとプラスチック製の容器に入れ、袋の上に1.5kgの重石を乗せ、15で発酵させた。

2-5 微生物試験法

衛生試験法・注解<sup>3)</sup>に基づいて試験を行った。一般細菌は、標準寒天培地(日水製薬製)を用いて37、24時間で測定した。生酸菌は、BCP加プレートカウントアガール(日水製薬製)を用いて、37、24時間で測定した。大腸菌群は、デソキシコレート培地を用い(日水製薬製)を用い、37、48時間で測定した。嫌気性菌は、変法GAM培地(日水製薬製)で脱酸素剤を用い、37、24時間で測定した。

2-6 成分分析

食塩の成分は衛生試験法・注解<sup>3)</sup>に準じて行った。その概要は、以下のとおりである。Kは原子吸光法、MgとCaは滴定法、塩素はモール法、水分は135乾燥法、有機物は灼熱減量法を用いた。

漬物の分析は次のとおり行った。窒素分析は、TECATOR社製ケルテックオートサンプラーシステム1035を用いてケルダール法により測定した。試料を約1g精秤して測定した。

水分は、135乾燥法で測定した。試料を約1g耐熱ピーカーに精秤し、135の送風乾燥機で2時間乾燥して減少した重量を水分として計算した。直接還元糖は、ソモギー変法で、pHは試験管に取った漬液にpHメーターの電極を直接差込読みとった。官能検査は食品系の職員8名による短評法で行った。

3 結果

3-1 食塩の分析結果

試験に用いた食塩の成分の分析結果を表2に示した。

表2 食塩の分析結果

塩の名前	(%)								総計
	Na	Cl	Ca	Mg	SO <sub>4</sub>	K	水分	その他	
試薬特級	39.302	60.638	0.001	0.001	0.002	0.004	0.003	0.048	100
市販食塩(精製)	39.100	60.461	0.048	0.030	0.112	0.081	0.167	0.001	100
市販食塩(並塩)	38.183	59.192	0.062	0.060	0.174	0.122	1.957	0.250	100
海水精製塩	32.751	53.012	0.428	0.730	3.336	2.314	6.938	0.491	100
海水全成分塩	27.743	50.912	1.226	3.230	6.264	2.013	7.933	0.679	100

3-2 乳酸菌種類別の生育速度比較

表1に示した21株の乳酸菌の醤油ベース培地での生育速度の違いを比較し図1に示した。

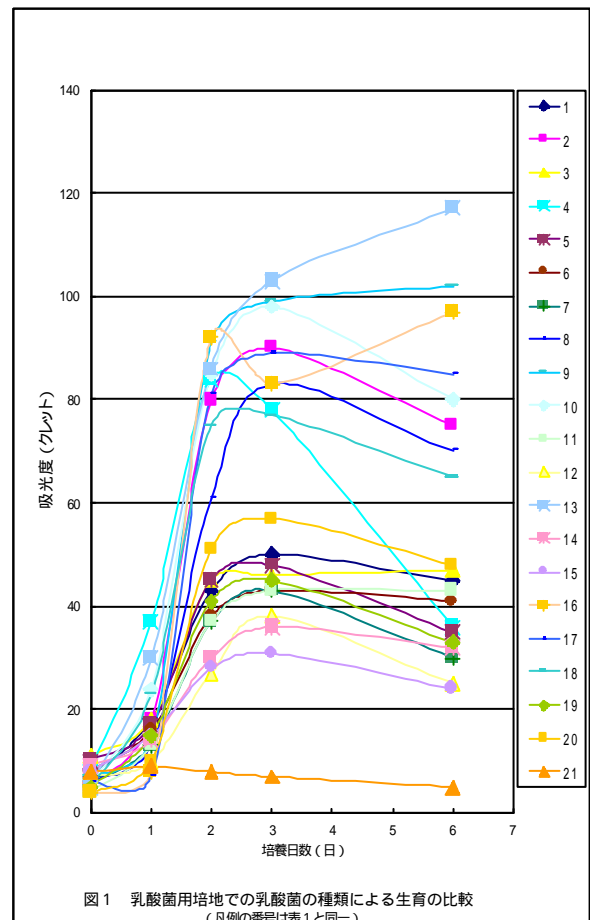


図1 乳酸菌用培地での乳酸菌の種類による生育の比較 (凡例の番号は表1と同一)

## 食塩の種類が乳酸菌に与える影響

### 3-3 食塩の違いによる乳酸菌の生育速度比較

生育の速さの違う乳酸菌を4種類選び、5種類の食塩でつくった乳酸菌標準地で培養した。Leuconostoc mesenteroides IFO 3426の生育速度を比較した結果を図2に、Lactobacillus plantara IFO 3070の結果を図3に、Lactobacillus brevis IFO 3345の結果を図4に、Streptococcus lactis NRIC1149の結果を図5に示した。

### 3-4 漬物の官能評価

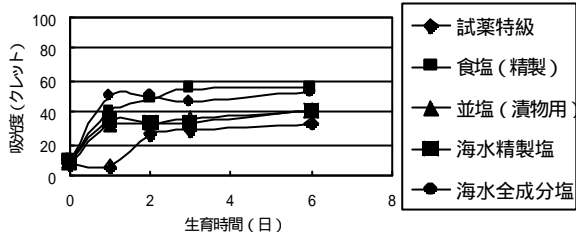


図2 食塩別培地でのLeuconostoc mesenteroidesの生育速度の比較

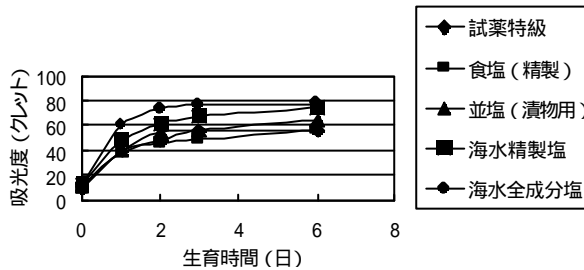


図3 食塩別培地でのLactobacillus plantarumの生育速度の比較

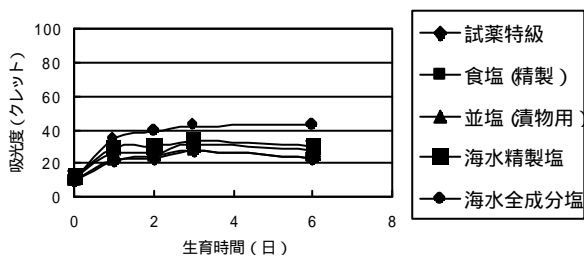


図4 食塩別培地でのLactobacillus brevisの生育速度の比較

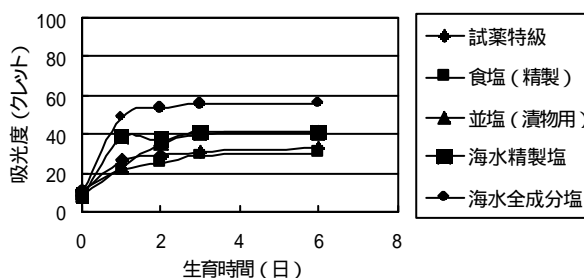


図5 食塩別培地でのStreptococcus lactisの生育速度の比較

漬物の官能評価のコメントを表2にまとめた。精製塩では、素材の甘みを出す塩かどがとれないとする評価となった。また、Mgの多く含まれているものは苦い<sup>4)</sup>とする評価となった。反面、漬物らしいとの評価につながった。

表3 漬け物官能検査票のとりまとめ

番号	総合		コメント
	評価	人数	
1 試薬特級	好き	2	甘みあり、やや御味浮く
	まあまあ	3	
	嫌い	3	
2 精製塩	好き	1	甘みあり、やや御味浮く
	まあまあ	5	
	嫌い	2	
3 並塩	好き	2	甘みあり、御味浮く
	まあまあ	4	
	嫌い	2	
4 海水食塩	好き	5	塩かどもややまるやか、漬物の感じ有り
	まあまあ	3	
	嫌い	0	
5 海水全成分塩	好き	2	苦み不快
	まあまあ	3	
	嫌い	3	

評価は好き嫌いにて、1:好き 2:まあまあ 3:嫌い  
それぞれの項目の特記事項はコメントに

### 3-5 漬物の微生物の変化

漬液の一般細菌数の変化を図6に、乳酸菌数の経時変化を図7に示した。

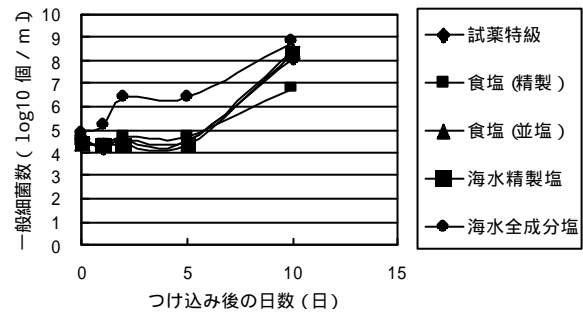


図6 食塩別漬物漬け液中の一般細菌数の変化

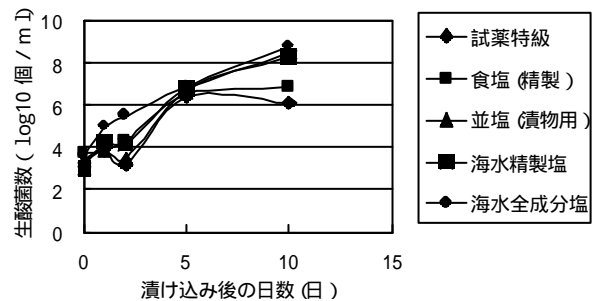


図7 食塩別漬物漬け液中の生乳酸菌数の変化

### 3-6 漬物のpH・還元糖の変化

漬物の漬け汁のpHの変化を図8に、還元糖の変化を図9に示した。

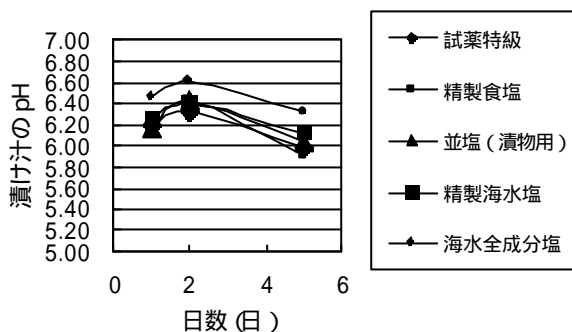


図8 キャベツ漬物漬け汁の食塩別 pHの変化

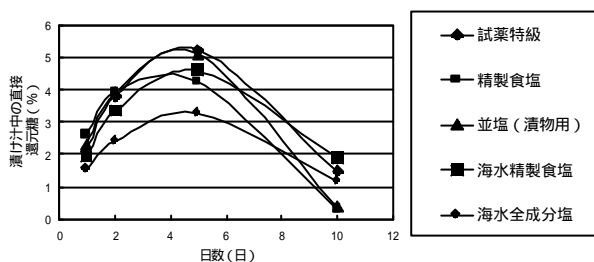


図9 キャベツ漬物漬け汁の直接還元糖量の変化

#### 4 考 察

醤油ベース培地は培養した乳酸菌をそのまま漬物に添加できることから、乳酸菌の食品の性質を見る最初の段階に用いた。食塩濃度が約1.4%であり、この栄養条件で、乳酸菌の生育に大きな違いが見られた。この結果から、食塩別の生育試験に使用する乳酸菌を5株選択した。

それぞれ、漬物中でよく見いだされ<sup>5)</sup>、乳酸を多く生産する代表的な菌株で、培養6日目でも吸光度が下がらない *Lactobacillus plantara* から1株、漬物でよく検出され、この培地であまり吸光度が増加しない *Leuconostoc mesenteroides* から1株、同じく漬物でよく見いだされ、同じくやや塩分が高い培地を好む *Lactobacillus brevis* から1株、さらに、比較的酸は出すが漬物としてさほど見られない乳酸菌として *Streptococcus lacti* から1株選んだ。

栄養成分が豊富で食塩の種類だけを変えた培養液で、乳酸菌の生育の速さと濃度に違いが有ることから、食塩中の成分の違いが微生物の生育へ与える総合的な効果は著しいと考えられる。

特に、漬物での味の違いといった官能的な評価では、好みにより評価が分かれた。これは食塩に含まれる Mg や Ca の量や形態の違いで味が異なるためと考えている。全成分海水食塩で、乳酸菌の生育が早いといった乳酸菌数の変化や Ca の量や形態の違いによると思われる pH の変化、ひいては漬物の色の違いからも食塩の成分が食品に与える影響が大きいことがわかった。

今回は、キャベツの塩漬(液漬)といった、いわば旨味の少ない系での試験のため、にがり成分の「苦さ」の評価が分かれたが、魚の干物など旨味成分が高濃度の系では、全成分海水塩で作った魚の干物がおいしいとの話もあり、「苦さ」もむしろ旨いと言う評価の可能性もあり、さらに検討したい。

本研究は、技術パイオニア養成事業の研究として平成10年度に実施した。研究を実施するに当たり、食塩についての研究を調査事業化していただく等ご支援いただいた岩手県中小企業団体中央会の島潤一氏、海水全成分食塩を提供いただいた産直グループ有限会社代表上野孝雄氏に感謝いたします。また、分析や官能検査にご協力いただいた小野怜子さん、佐藤望さん、伊藤美雪さんにお礼申し上げます。

#### 文 献

- 1) 小川敏男著 : 漬物製造学 : p.36、株式会社光琳(1989)
- 2) 微生物研究法懇談会編 : 微生物学実験法 : p.348、講談社(1975)
- 3) 日本薬学会編 : 衛生試験法 : 注解金原出版(1990)
- 4) 太田静行著 : 調理と塩 : p.34、学建書院(1979)
- 5) 小川敏男著 : 漬物製造学 : p.243、株式会社光琳(1989)



# 清酒酵母によるビール用麦汁の発酵

中山 繁喜\*、平野 高広\*\*、櫻井 廣\*

一般のビールと異なる香味の特徴を持つビール製造の可能性を検討するため、清酒酵母から転用できる株の選抜を試みた。その結果、麦芽糖の発酵性を有する株はあるものの、ビール用麦汁中では発酵力が弱く直ちに使用できる株は見つからなかった。しかし、さっぱりした香味に仕上がることから、製造法の改良や酵母の育種を行えば、清酒酵母は差別化した商品の開発に貢献できると思われる。

キーワード：ビール、麦汁、清酒酵母

## Beer Brewing Using *Sake* Yeast

NAKAYAMA Shigeki and SAKURAI Hiroshi

To make a characteristic beer with a flavor or taste, we attempted to select the strains suitable for brewing beer from *sake* yeast. We found the strain fermented maltose, but it was not active enough in malt extract. As the malt extract treated with the starain has clear flavor and taste, we think that *sake* yeast is valuable in use.

keywords: beer, malt extract, sake yeast

### 1 緒 言

平成6年にビール製造免許交付条件が緩和されて以来、全国のビール製造免許取得数は300以上になっている。そのため、地ビールメーカーは酒質の良さや特徴を持たせて、積極的に消費者にアピールする必要が生じてきている。昨年、県内の地ビールメーカーはワイン酵母で発酵させたビールを商品化し好評を得ている。また、別のメーカーは清酒酵母で造るビールに着目しており、清酒の吟醸香様の香りを持つビールの開発を目指している。その実現に向けて、当センターで保有している清酒酵母を用い、麦芽糖の発酵試験や、麦汁の発酵試験を行い実用性について検討した。

### 2 方 法

#### 2-1 供試酵母

当センターで保存している清酒酵母 b-1 ~ 10 の 10 株を供試酵母とした。この酵母の中には、酢酸イソアミルやカプロン酸エチル等吟醸香の生成能が高い酵母が複数含まれている。対照は、パイツェン用ビール酵母 WY 3068n を使用した。

#### 2-2 麦芽糖発酵試験

麦芽糖を発酵する能力が強い酵母を探すため、酵母用完全培地である Burkholder 培地<sup>1)</sup>のブドウ糖を麦芽糖に置き換えた培地に供試酵母を接種し発酵経過をみた。培地組成は表1のとおりである。

発酵経過の測定は、アルコール発酵に伴う炭酸ガス発生量を測定するマイセル(Meissel)の方法で行った。500 ml 容三角フラスコに麦芽糖発酵試験培地 200 ml を入れてオートクレープで殺菌 (121 °C、10 分間) した後、麦汁培地 10 ml に 1 loop ずつ接種し 20 °C で 2 日間培養した酵母培養液を接種し、20 °C で静置培養した。

表1 麦芽糖発酵試験培地の組成

麦芽糖	2.0 g
アスパラギン	2 g
MgSO <sub>4</sub>	0.5 g
(NH <sub>4</sub> )SO <sub>4</sub>	2 g
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	1.5 g
KI	0.1 mg
CaCl <sub>2</sub> ·2H <sub>2</sub> O	0.33 g
蒸留水	1000 ml
pH	5.0

\* 醸造技術部、\*\* 応用生物部

2-3 麦汁発酵試験

ホップが入りパイツェンビールの醸造用に製造された麦汁(Brix13.2)500mlに、の前培養液 10mlを加え、10で7日間発酵させた。10は目的とする吟醸香を生成する酵素(アルコールアセチルトランスフェラーゼ)が安定な温度である<sup>2)</sup>。

発酵終了液は、当センター職員5名で官能評価した。

3 結果

3-1 麦芽糖の発酵力

培養期間中の炭酸ガス発生量を図1に示した。10株中6株で明確な炭酸ガスの発生が認められた。中でもb-8とb-9の2株は対照を上回り、以下b-7、b-2、b-1の順に高かった。残りの4株は、炭酸ガスの発生がほとんど認められなかった。この4株は吟醸香の生成能が高い株であった。

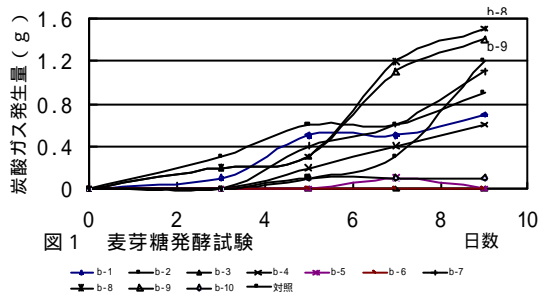


図1 麦芽糖発酵試験

3-2 麦汁の発酵

麦芽糖の発酵性が高かったb-1、b-2、b-7、b-8、b-9株に対照を加えた6株で麦汁を発酵させ、発酵終了後の成分を表2に示した。供試株は対照に比べ還元糖が多く残り、アルコール生成が少なく発酵が緩慢であった。酸度も対照に比べて低かった。製成酒の有機酸組成を図2に示した。供試株は対照より発酵が進んでいないため全体的に少なかった。なかでもピルビン酸とリンゴ酸量は顕著であった。

供試株は全般に甘さが残っており、特にb-8、b-2株は甘く味のしまりがなくなっていた。また、清酒の吟醸

香様の香りはどの株でも認められなかった。しかし、ダイアセチル臭は対照で強く感じられたが、試験株ではb-9株を除いて認められなかった。また、試験株には舌にまとわりつくような味がなくサッパリとしていた。

表2 麦汁発酵液の成分

菌株	アルコール(%)	酸度	比重	還元糖(%)
b-1	1.3	1.5	1.045	3.8
b-2	1.4	1.5	1.044	3.5
b-7	1.3	1.3	1.044	3.6
b-8	0.9	1.3	1.044	3.8
b-9	1.4	1.6	1.044	3.5
WY3068n	2.1	2.6	1.035	2.6

4 考察

清酒酵母の中で、麦芽糖の発酵力がある酵母が見つかったものの、ホップを含んだ麦汁の発酵力は弱く、通常の方法でビール製造に清酒酵母を使うことはできないと思われる。対策としては、酵素剤を使って麦芽糖をブドウ糖に分解してから発酵させる方法が考えられる。また、麦芽糖発酵試験培地で発酵しても、ホップを含んだ麦汁で発酵しない株があったので、ポップ耐性を付与させることも有効と考えられる。

清酒酵母はビール醸造中に発生しやすいダイアセチル臭が少なく、さっぱりした味に仕上げられる可能性があり、清酒酵母を使う利点はあると思われる。

5 結語

一般のビール酵母と異なる特徴をビールに付与できる清酒酵母を探したが、麦汁中での発酵力が弱く直ちに使用できる株は見つけれなかった。しかし、さっぱりした香味に仕上がることから、製法上の改良や酵母の育種により、差別化した商品を育成に貢献できると思われる。

文献

- 1) 東京大学農学部農芸化学教室：第3版実験農芸化学 下 p.184 (1989)
- 2) 石川雄章、百瀬洋夫、吉沢淑：醸協,79,62 (1984)

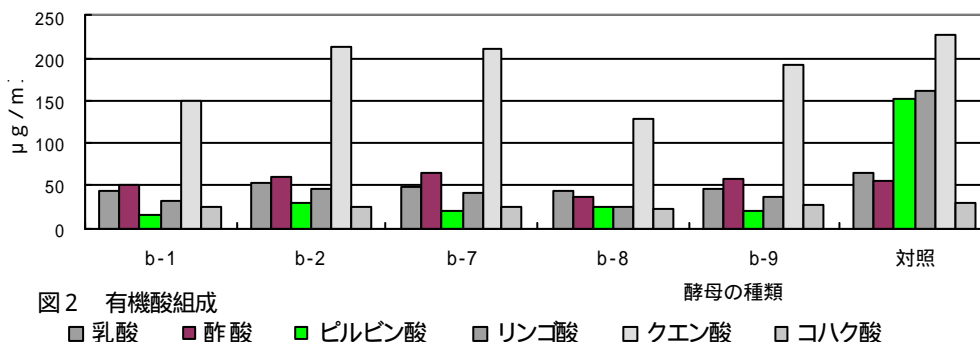


図2 有機酸組成

■ 乳酸 ■ 酢酸 ■ ピルビン酸 ■ リンゴ酸 □ クエン酸 □ コハク酸

## 新品種小麦粉の食品への加工適性

笹島 正彦\*、関村 照吉\*、荒川 善行\*

東北 205 号粉の製パン適性、東北 206 号粉の製めん適性及び東北糯 211 号の製菓適性を官能試験により評価した。その結果、東北 205 号粉のパンは市販パン用粉並の評価であったが、東北 206 号粉のゆでうどんは良悪に評価が分かれた。また、東北糯 211 号を用い南部せんべい、モチまんじゅう及びクッキーを製造し、別途菓子製造業者に製造を依頼したゆべし及びがんづきと併せて評価したところ、モチまんじゅうの評価が良く、モチ状の菓子類への加工適性が高いものと推定された。南部せんべい、クッキー及びゆべしは総合的には悪い評価が多かったが、良いとする意見もあり、加工工程等の検討により改善の余地があると考えられた。また、がんづきについては膨らみを保つことができず加工適性は低いものと認められた。

キーワード：モチ性小麦粉、加工適性、菓子類

## Processing Suitability of New Flour to Foods.

SASAJIMA Masahiko, SEKIMURA Teruyoshi and ARAKAWA Yoshiyuki

Bread made from Tohoku 205 flour, modle made from Tohoku 206 flour and sweets made from Tohoku 211 waxy flour were evaluated in sensory test. Tohoku 205 flour bread was equal to the marketing flour bread. In the sensory test of Tohoku 206 flour noodle, some panelists had good impression, but others had bad one. Tohoku 211 Mochi-manju was good in sensory test. This indicated that waxy flour is suitable for processing to sweets like Mochi. Though Tohoku 211 Nanbursenbei, cookie and Yubeshi were not good as a whole, some panelists had a good impression on them. These suggest that the processing needs further improvement. Tohoku 211 Ganzuki was bad in sensory test because it could not keep its volume, and this processing was unsuitable for waxy flour.

key words: waxy flour, processing suitability, sweets

### 1 緒 言

東北農業試験場で育種された小麦の新品種のうち、それぞれ製パン適性と製めん適性に優れるとされる東北 205 号と東北 206 号について、その加工適性を評価してきた。<sup>1)、2)、3)</sup>今年度は、岩手県内農家で試験栽培され民間製粉工場で製粉された東北 205 号粉及び東北 206 号粉を用い、前者については製パン適性を後者については製めん適性を市販小麦粉等と比較する官能試験により評価した。

また、モチ性小麦粉については、モチまんじゅうやゆべし等菓子類への加工適性が高いものと報告してきた<sup>4)</sup>が、今年度は菓子製造業者がモチ性小麦粉を使用して製造した菓子等を用い、官能試験により菓子類への加工適性を評価した。

### 2 東北 205 号粉の製パン適性

#### 2 - 1 実験方法

##### 2 - 1 - 1 試料

東北 205 号粉、コウキコムギ粉及びナンブコムギ粉は岩手県内で栽培されマーケットミルで製粉された粉を試

料とした。市販パン用粉は日本製粉(株)製イーグルを使用した。

#### 2 - 1 - 2 パンの製造法

前報<sup>3)</sup>に準じ、象印マホービン(株)製ホームベーカリー(BC-S15)で所定の方法<sup>4)</sup>により製造した。

#### 2 - 1 - 3 パンの官能試験

市販小麦粉のパンを基準品とし、東北 205 号粉、コウキコムギ粉及びナンブコムギ粉のパンを外観、すだち、触感・弾力、香り、味及び総合の 6 項目についてかなり悪いからかなり良いまでの 5 段階で 40 名のパネルにより官能評価した。

### 2 - 2 結 果

#### 2 - 2 - 1 原料小麦粉の特性値

原料小麦粉の分析値を表 1 に示した。東北 205 号粉のタンパク質含量は、コウキコムギ及びナンブコムギより多かったが、市販パン用粉よりは若干少なかった。

#### 2 - 2 - 2 パンの分析値

パンの分析値を表 2 に、内層図を図 1 に示した。東北 205 号粉のパンは、焼減率、比容積とも市販パン用粉と

\* 食品開発部

ほぼ同程度で、ボリュームが出る点でココキコムギ及びナンブコムギを上回った。

### 2-2-3 パンの官能試験結果

図2に官能試験の結果を示した。東北205号粉のパンは、触感・弾力がやや劣るものの他の項目では基準品の市販パン用粉のパンとほぼ同程度であり、全ての項目でココキコムギ及びナンブコムギを上回った。

### 3 東北206号粉の製めん適性

#### 3-1 実験方法

##### 3-1-1 試料

東北206号粉及びナンブコムギは岩手県内で栽培されマーケットミルで製粉された粉を試料とした。市販めん用粉は菅原製粉製麺工場製スワンを使用した。

##### 3-1-2 ゆでうどんの製造法

製めん方法及びゆで時間の設定は前報に準じた。<sup>2)</sup>

##### 3-1-3 ゆでうどんの官能試験

市販めん用粉を基準品とし、東北206号粉及びナンブコムギ粉のうどんを40名のパネルにより官能評価した。<sup>5)</sup>

#### 3-2 結果

##### 3-2-1 原料小麦粉の特性値

ゆでうどんの原料粉の特性値を表3に示した。東北206号粉のアミログラムのMV(BU)：最高粘度は高く低アミロ小麦ではなかった。

##### 3-2-2 ゆでうどんの分析値

ゆでうどんの分析値を表4に示した。東北206号粉のうどんの分析値は、他の小麦粉のものと比較して大きく異なるものではなかった。

##### 3-2-3 ゆでうどんの官能試験結果

図3にゆでうどんの官能試験結果を示した。東北206号粉のうどんは、多くの項目で良悪に評価が分かれ、特にかたさの項目でその傾向が顕著であり、従来のうどんと性質が異なるものと認められた。

### 4 モチ性小麦粉の製菓適性

#### 4-1 実験方法

##### 4-1-1 試料

##### 1) 原料粉

モチ性小麦粉は岩手県産の東北糯211号粉で、東北製粉組合岩手事務所を通じ、(財)農産業振興奨励会から提供された。製粉方法は、精米式で外皮から順に削り取る方法<sup>6)</sup>である。市販南部せんべい用粉は菅原製粉製麺工場製きりを使用した。

##### 2) モチ性小麦粉使用製品

ゆべし製造業者及びがんづき製造業者に、それぞれモチ性小麦粉を使用した製品の製造を依頼した。

##### 4-1-2 製造法

##### 1) 原料小麦粉配合

南部せんべいについては、市販の南部せんべい用粉と岩手産東北糯211号粉とをそれぞれ50%の割合で混合したものをモチ性小麦混合粉とした。製造に当たっては、市販南部せんべい用粉を対照とし、このモチ性小麦混合粉及び100%岩手産東北糯211号粉を使用した。

もちまんじゅう及びクッキーについては、100%岩手産東北糯211号粉で製造した。

##### 2) 南部せんべいの製造法

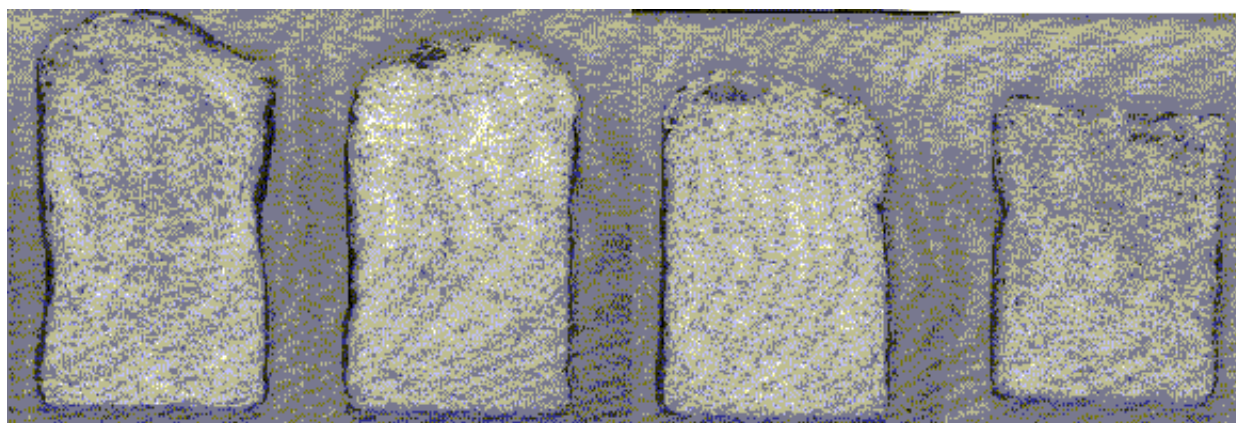
原料小麦粉100に対し食塩2、水60、重曹0.2を加え、手で混合後約20gに分割し石釜式の南部せんべい焼き機で焼き上げた。試験当日まで防湿フィルムに保存し官能評価した。

##### 3) モチまんじゅうの製造法

原料小麦粉100に対し上白糖100、水適量を加え、蒸練機で10分間蒸練後、包あん機で包あんした。試食1時間前まで-20で凍結保存し、自然解凍後官能評価した。

##### 4) クッキーの製造法

バター200gを加温し軟化させ、原料小麦粉300g、上白糖100g、卵60gを加え、手で混合、圧延、型抜き後、焼成した。試験当日まで防湿フィルムに保存し、官能評価した。



東北205号粉

市販小麦粉

キタカミコムギ粉

ナンブコムギ粉

図1 パンの内層図

新品種小麦粉の食品への加工適性

表1 パンの原料粉分析値

	製粉方法	水分 (%)	灰分 (%)	タンパク質 (%)
東北 205 号粉	マーケットミル	12.8	0.51	11.3
市販パン用粉	マーケットミル	13.5	0.37	12.0
ココキコムギ粉	マーケットミル	13.5	0.48	9.7
ナンブコムギ粉	マーケットミル	13.4	0.52	10.8

表2 パンの分析値

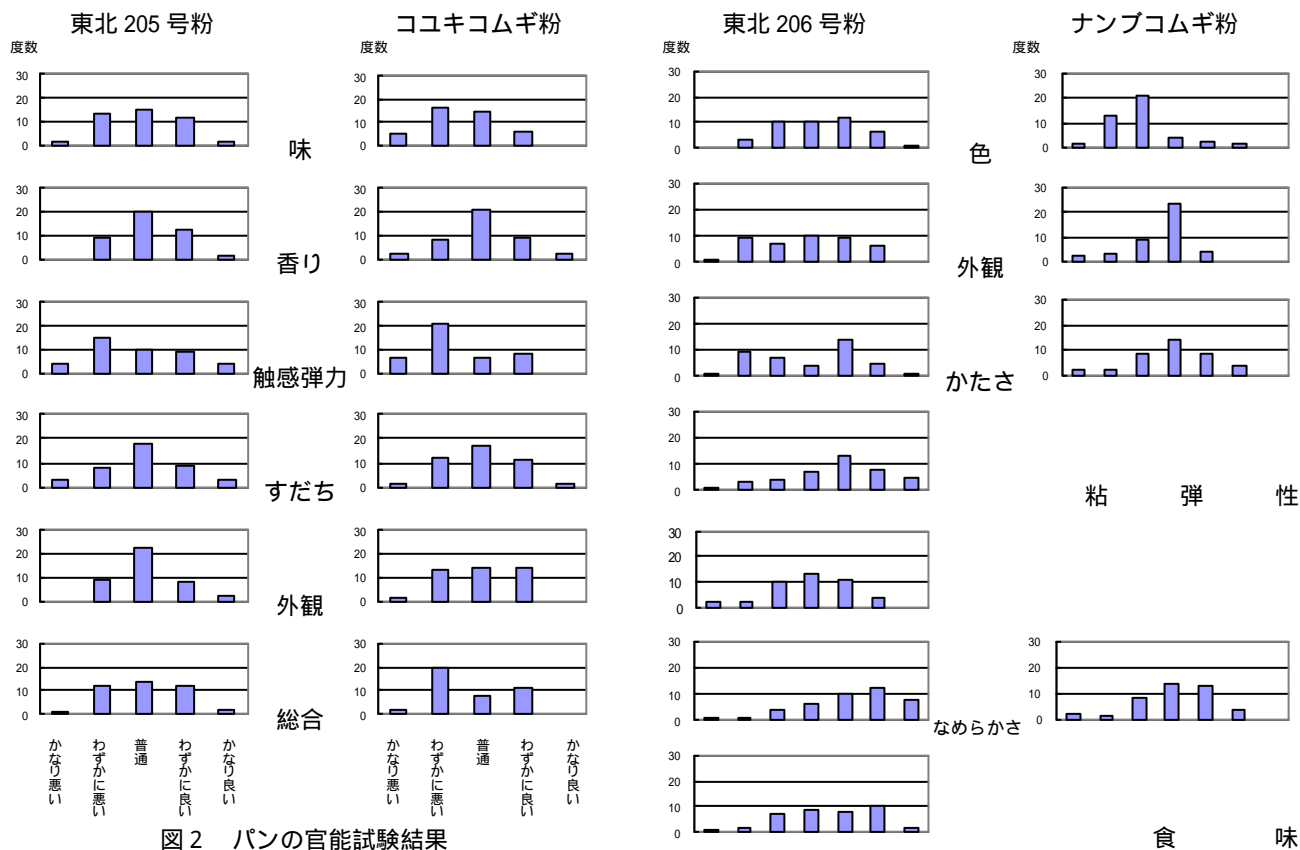
	焼減率 (%)	比容積
東北 205 号粉	18.8	4.86
市販パン用粉	18.1	4.74
ココキコムギ粉	18.5	4.01
ナンブコムギ粉	18.4	3.85

表3 ゆでうどん原料粉の分析値

	製粉方法	水分 (%)	灰分 (%)	タンパク質 (%)
東北 206 号粉	マーケットミル	11.2	0.41	8.3
市販めん用粉	マーケットミル	13.0	0.50	9.8
ナンブコムギ粉	マーケットミル	13.4	0.52	10.8

表4 ゆでうどんの分析値

	ゆで時間	ゆで歩留まり	ゆで溶出率
東北 206 号粉	18'50"	3.79	7.85
市販めん用粉	22'33"	3.67	8.17
ナンブコムギ粉	19'41"	3.41	7.97



4-1-3 菓子類の官能試験

1) 南部せんべい

市販の南部せんべい用粉で製造した南部せんべいを基準品とし、市販の南部せんべい用粉とモチ性小麦粉とを各50%の割合で製造したものと及び100%モチ性小麦粉で製造したものについて、色、香り、歯触り、味、総合評価の5項目をそれぞれ5段階で、40名のパネルにより評価した。

2) その他の菓子

ゆべし、がんづき、モチまんじゅう及びクッキーについては、基準品を設けず、総合評価のみを悪い(購入しない)から良い(是非購入したい)までの3段階で40名のパネルにより評価した。

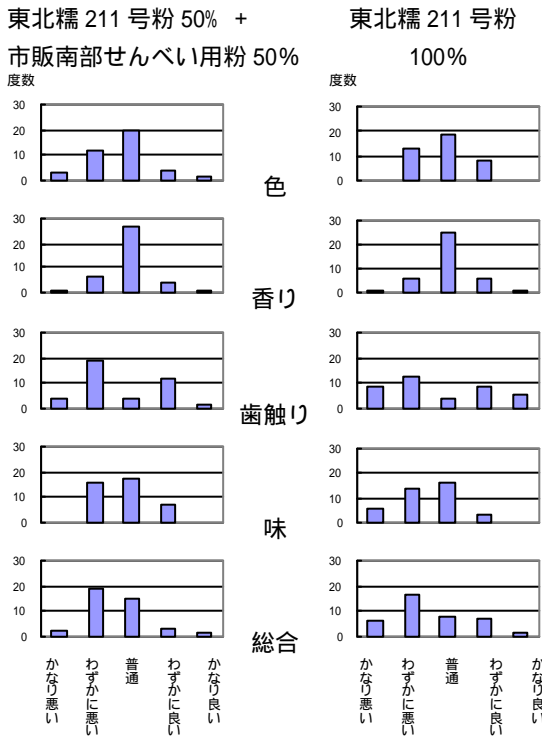


図4 南部せんべいの官能試験結果

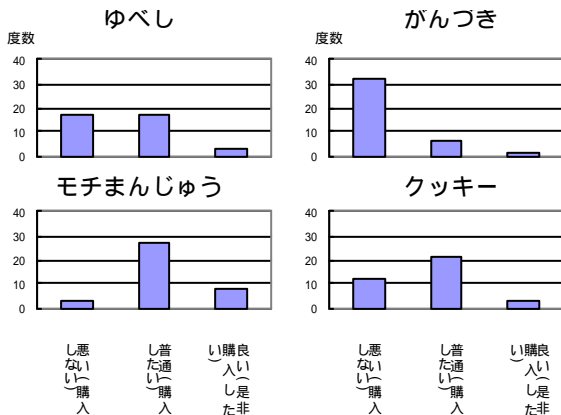


図5 菓子の官能試験結果

4-2 結果

4-2-1 モチ性小麦粉の特性値

モチ性小麦粉の特性値を表5に示す。ファリノグラム

では Abs(%) : 吸水率が大きいにもかかわらず、WK(BU) : 弱化度が大きく、また、エクステンソグラムでは、R(BU) : 伸張抵抗が小さいが E(mm) : 伸張度がそれほど大きくないことが特徴的で、加水し生地にしたときに生地の形を維持しにくいことが推定された。

4-2-2 官能試験結果

1) 南部せんべい

モチ性小麦粉を使用したせんべいは軟らかく、サクサクした食感になり、50%、100%のいずれについても、歯触りでは良悪に評価が分かれ、味及び総合では「普通」から「わずかに悪い」に評価が集まった。

2) その他の菓子

菓子4種の評価では、モチまんじゅうが比較的評価が高く、ゆべし及びクッキーは普通から悪いに評価が集まり、雁月については悪いに評価が集中した。

5 結 語

東北205号粉を使用したパンは、分析値、官能評価とも市販パン用粉のものと同様の評価であった。しかし昨年度は、比容積、官能評価の色で市販パン用粉のパンに劣っており、栽培地域や気象条件等により品質にばらつきが大きいことも考えられる。

東北206号粉を使用したゆでうどんは、官能試験で「やわらかい」、「表面がぬるぬるする」との意見が多かった一方で「弾力がある」との意見も多く、軟らかいが弾力がある食感を良いと判断するか劣ると判断するかで評価が分かれたものと考えられる。

モチ性小麦粉については、モチまんじゅうが評価が高く、モチ状の菓子への加工適性が高いものと認められる。南部せんべいは、軟らかくてせんべいとしても足りないという意見が多かった反面、サクサクした食感が子供・お年寄り向けによいとの意見があり、また、クッキーでは、バターを用いたものとしては軟らかめで「歯触りがよい」との意見もあったことから、軽い食感の焼き菓子への応用という面で新規用途開発の余地があるものと考えられる。昨年度評価の高かったゆべしについては、製造を依頼した菓子製造業者の意見では「軟らかすぎて、こしとねばりが出せない」とのことであり、モチ性小麦粉の性質にあった加工工程の検討が必要と考えられた。

文 献

- 1) 荒川善行、吉田和美、高橋正一：本誌, 4, 183 (1997)
- 2) 関村照吉、伊藤良仁、荒川善行：本誌, 5, 209 (1998)
- 3) 関村照吉、笹島正彦、荒川善行：本誌, 6, 113 (1999)
- 4) ホームベーカリーご愛用の手びき：象印マホービン(株)
- 5) 小麦の品質評価法 官能検査によるめん適性：農林水産省食品総合研究所, 昭和60年11月
- 6) モチ性小麦の生産・利用技術実用化事業実績報告書：(財)農産業振興奨励会 (1998)

## 干しそばに生育するカビについて

遠山 良\*、櫻井 米吉\*\*

JAS規格によれば、干しそばは水分含量が14.0%以下であることと定められており、このような水分含量では長期間カビの発生は無いものと一般には考えられている。しかし、工業技術センターに持ち込まれた製品の中に、水分含量が13.5%とこの基準をクリアーしているにもかかわらず、カビの発生が確認された製品があった。そこで、これらのカビの同定を行うとともに、このような低水分状態でも長期保存によりカビが生育する可能性があるかどうか再現試験を行った。その結果、干しそばの場合にはこのような低水分状態でも長期間の保存によりカビの発生する可能性があることが分かった。

キーワード：干しそば、カビ、水分含量、水分活性、異物、小麦

## Several Kinds of Molds Grown on Dried Buckwheat Noodle

TOYAMA Ryo and SAKURAI Yonekichi

It is generally accepted that the mold cannot grow on the noodles below the defined moisture content (dried udon noodle: 14.5%; dried buckwheat noodle: 14.0%) by JAS (Japanese Agricultural Standards). But there was a sample (moisture content 13.5%) which was brought in food technology division in response to users' complaint, on which molds were detected. So we identified these molds, and tested whether molds grow on the dried buckwheat noodles during long period storage. We consequently found the possibility of the growth of molds in the long period storage in the case of dried buckwheat noodle.

keywords: dried buckwheat noodle, mold moisture content, water activity, foreign body, wheat

### 1 緒 言

日本農林規格（以下JAS規格という）により、干しそばの水分含量は14%以下と定められている。しかし、工業技術センターに持ち込まれたクレーン品の中に水分含量は13.5%とこの規格をクリアーしているにもかかわらず、カビが生えたという製品があった。その原因としては、乾性カビの生育や、乾燥むらなどによる麺の水分含量の不均一などが考えられる。また、そばはもともと細菌の生菌数が高いといわれていることや、小麦粉と栄養成分が異なることなども影響していると考えられる。

本研究では、それらの原因を探るためにクレーン品からカビを分離、同定するとともに、クレーン品と同一の試料を入手し、長期間保存して、実際にクレーン品と同様にカビが発生するかどうか再現試験を行うこととした。

### 2 実験方法

#### 2-1 クレーン品からのカビの分離

クレーン品からカビの生えたヶ所を取り、50%蔗糖添加PDA培地（以後糖添加PDA培地という）上で培養した。生じたコロニーからカビの胞子を取り、再度糖添加PDA培地に植え付けて培養した。培養温度は室温で行った。

#### 2-2 カビの生育の再現試験

製造年月日の異なる、クレーン品と同一の試料をA（賞味期限が既に切れた試料）とB（製造後3ヶ月経過した試料）の2種類それぞれ4個づつ用意し、そのうち2個は袋の端を切断し、保存試験開始前に、カビの発生

\* : 食品開発部

\*\* : 前岩手大学教授、工業技術センター技術アドバイザー

状況を顕微鏡で観察した。その後室温に4ヶ月間放置し、時々一部を取り出して、顕微鏡によりカビの生育状態を観察した。保存試終了後には未開封の試料も開封してカビの発生状況を調べた。カビの発生が観察された試料について2-1と同様にしてカビを分離培養した。

### 2-3 水分含量の測定

干しそばの水分含量は135 3時間乾燥法<sup>(1)</sup>により測定した。

## 3 結果

### 3-1 クレーム品に生育したカビ

クレーム品を直接検鏡した結果カビの発生が認められた。さらにカビを分離培養した結果全部で5種類のカビが分離された。その中の一種は、生育コロニーが茶色で小さく、生育初期では菌糸の先端が4つに分節して孢子を形成するのが認められることから *Wallemia* 属<sup>(2)</sup>と特定された(写真1)。

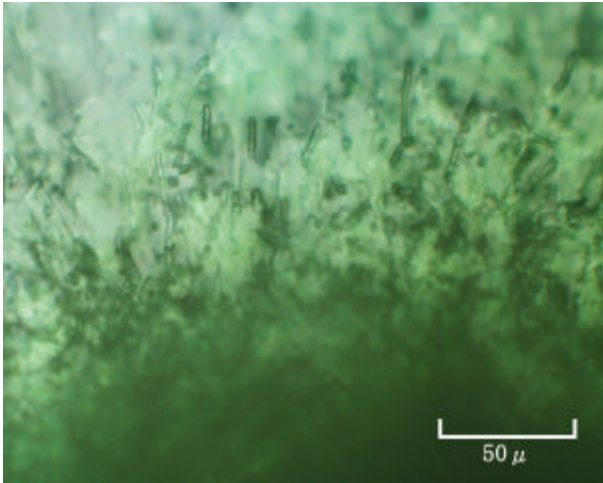


写真1 *Wallemia* 属

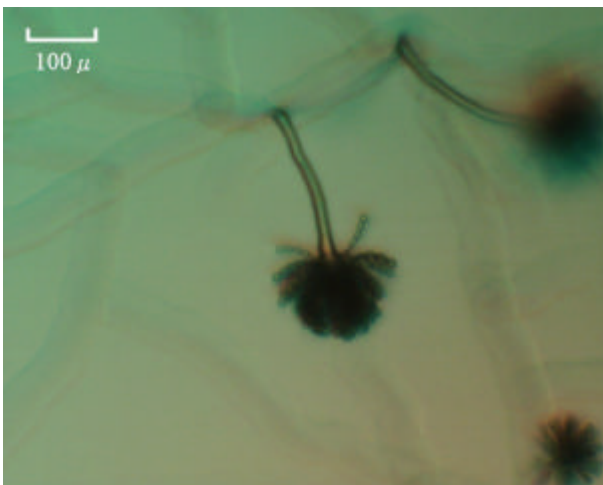


写真2 *Eurotium* 属 分生子

他の4種のカビはいずれも *Aspergillus* 型の分生子を形成し、子嚢を形成したことから *Eurotium* 属<sup>(3)</sup>に属する

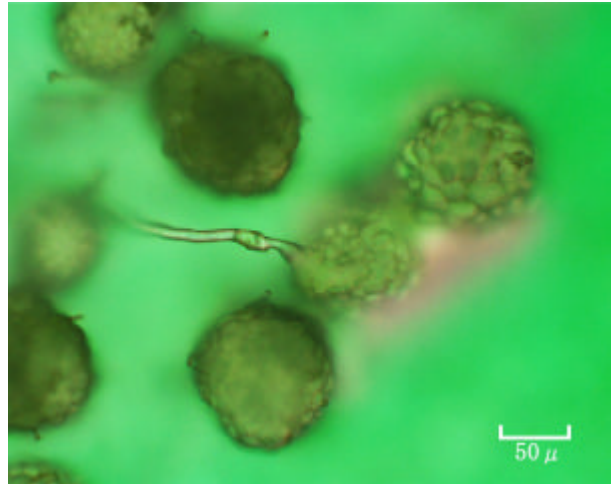


写真3 *Eurotium* 属 子嚢果

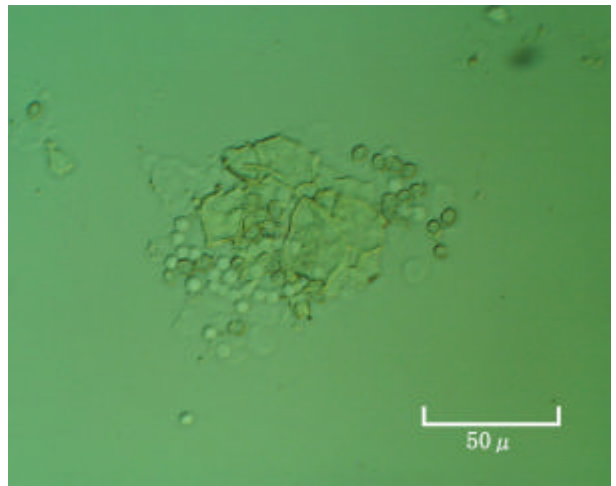


写真4 *Eurotium* 属 子嚢孢子

カビと考えられた。これらのカビはコロニーの形状、分生子や子嚢の形状や大きさも類似していたが、コロニーの菌叢が若干異なり、子嚢の色調が黄色からオレンジ色まで微妙に異なっていることから別種であると考えられた。分離した *Eurotium* 属のうち典型的な分生子、子嚢果、子嚢孢子的写真を写真2~4に示した。

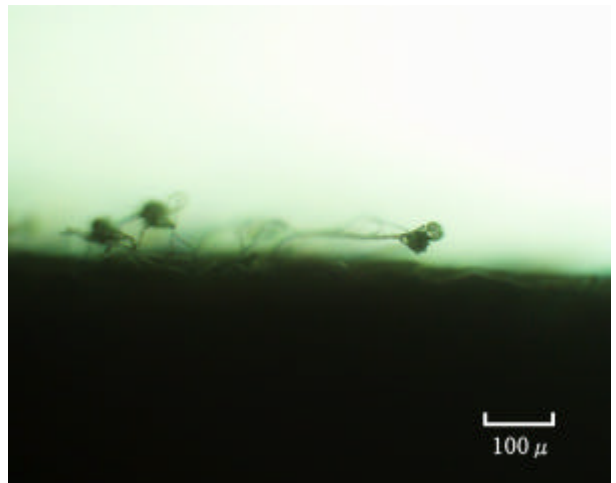


写真5 干しそば表面に発生したカビ



## 干しそばに生育するカビについて

### 3 - 2 4ヶ月間保存後の試料から分離したカビ

保存開始前に顕微鏡で麵の表面観察を行った結果では、カビの生育は認められなかった。しかし、3ヶ月保存後開封状態で保存した試料のうち、試料Bにカビの発生が観察された(写真5)。4ヶ月間保存したのち未開封で保存しておいた試料を直接顕微鏡で観察した結果、同じく試料Bに明らかにカビが生育しているのが観察された。

水分含量を測定した結果、開封状態で保存しておいた試料では、開封側は9.6%、反対側では12.0%とかなりの差が見られた。また、4ヶ月後に開封した試料では試料Aでは11.7%、試料Bでは13.4%であった。このようにいずれの試料もJAS規格の干しそばの製造基準である14.0%を下回っていた。

生育したカビを分離培養した結果、5種類分離された。そのうち1種は分生子の形状から *Penicillium* 属<sup>(4)</sup>と確認された。また他の2種は分生子の形状から *Aspergillus* 属<sup>(5)</sup>と考えられ、更に他の2種は分生子の形状と子嚢を形成することから *Eurotium* 属と考えられた。分離したカビのうち、*Penicillium* 属と *Aspergillus* 属の分生子の写真を写真6~8に示した。

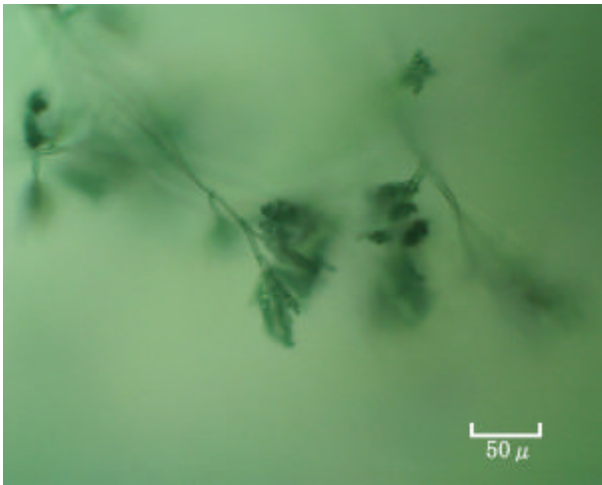


写真6 *Penicillium* 属 分生子

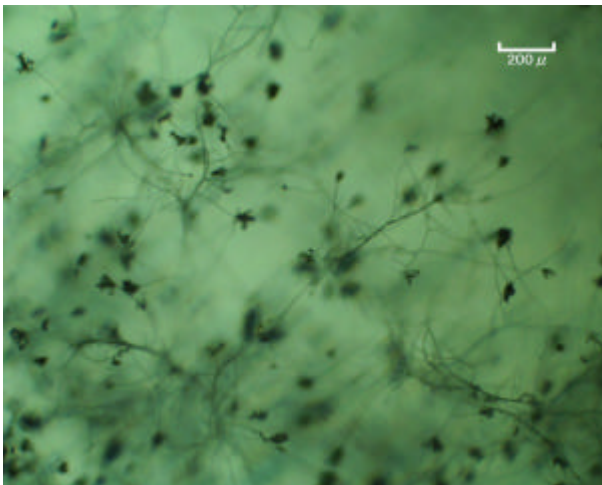


写真7 *Aspergillus* 属 分生子

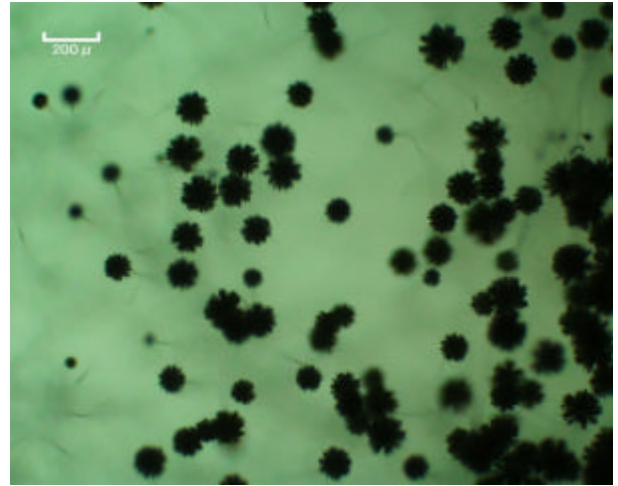


写真8 *Aspergillus* 属 分生子

### 3 - 3 干しそばに見られるカビ以外の異物

干しそばには、カビときわめて類似する菌糸状の異物がかかりの頻度で認められる。当初はカビと誤認したが、調査の結果、これらの異物には、通常カビの菌糸には認められない中空の構造を有することと、その形状や大きさがきわめて類似することから小麦由来の異物が混入したものと考えられた。写真9に麵表面に見られる異物の写真を、また写真10に小麦粒の基部に見られる毛状体の写真を示した。

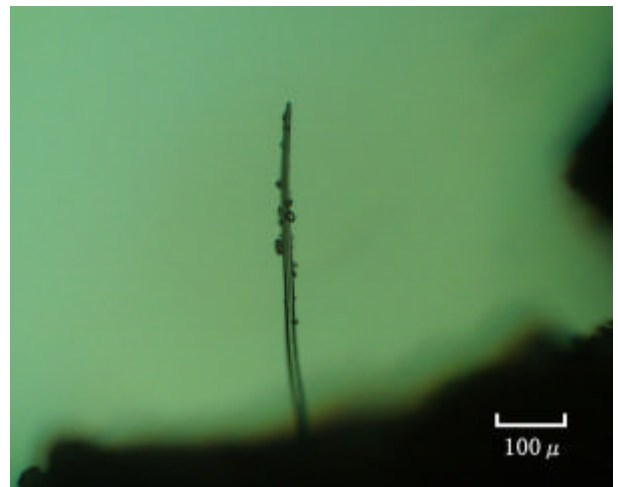


写真9 干しそばの表面に見られる異物

## 4 考察

一般に微生物の生育は水分活性との関係が深いといわれている。特にカビは低水分活性の条件下でも生育する種類があり、比較的低い水分活性(0.65 ~ 0.86)で着生する菌属は *Aspergillus* 属、*Penicillium* 属、*Eurotium* 属などによるとされている<sup>(6)</sup>。*Wallemia* 属も低水分活性で生育可能な菌であり、一般家庭におけるカーペットや、羊糞など糖分の多い食品にも良く見いだされる。石黒らは、カーペット内での生育試験に用いた菌株の最低水分活性を0.708と報告したが、研究者によっては0.60という値も報告されていることを紹介している<sup>(7)</sup>。大

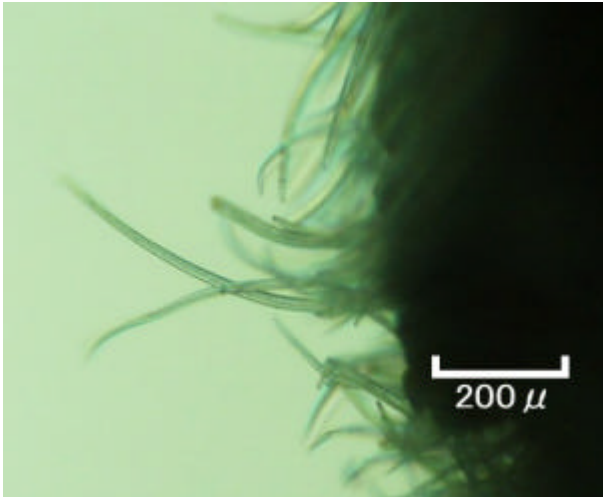


写真10 小麦粒の基部に見られる毛

澤らは羊糞から分離した菌が 0.75 でも生育可能であったと報告している<sup>(8)</sup>。今回これらの乾性カビといわれるカビのほとんどすべての属が試料から検出された。

乾麺と水分活性との関係については柴田らの報告<sup>(9)</sup>がある。柴田らは、麺の食塩含量と水分含量を変えた場合の収着等温線を詳細に作成した。これによれば、JAS規格で定められているうどん類の規格 14.5 %では水分活性が約 0.68 ~ 0.71 の範囲にあり、干しそばの規格である 14.0 %では、0.65 ~ 0.70 の範囲にある。

今回カビの発生した試料の水分は 13.4 %以下であり、水分活性に換算すれば、0.61 ~ 0.68 の範囲であり、文献に見られる乾性カビのほぼ生育限界にある。従って、今回のような低水分条件下でカビが生育したと単純には考えにくく、他にも製造工程中の汚染や製品の水分分布が不均一である場合などを可能性として考えなければならない。しかし、干しそばの場合、JAS規格を満足する値であっても、様々な要因が影響しあってカビの発生する可能性があることが示された。また、柴田らのデータは小麦粉を原料とする干しうどんによるものであり、干しそばについて水分活性を調べた例は見受けられない。そば粉が配合された場合、水分活性が若干異なることも考えられるため、厳密には今後干しそばの水分活性を実測するなどの検討が必要である。

#### 4 結 語

干しそばのクレーム品からカビを分離培養するとともに、クレーム品と同一の試料の保存試験を行い、カビ発生の再現試験を行った。

(1) クレーム品からは *Wallemia* 1種と *Eurotium* 4種の計5種類のカビが検出された。

(2) 干しそばの保存試験を行った結果、4ヶ月間の保存により、カビの発生が確認され、*Penicillium* 1種、*Eurotium* 2種、*Aspergillus* 2種の計5種類のカビが検出された。

(3) カビの発生が確認された干しそばの水分含量は 13.4 %であったが、干しうどんの文献値から水分活性は 0.61 ~ 0.70 と推定された。

(4) 以上のことから、JAS規格で定められている干しそばの水分含量に関する基準を満たしていても、乾性カビの発生が見られることが分かった。

(5) 干しそばにはカビにきわめて類似する小麦粒由来の異物がかなりの頻度で認められることが分かった。

#### 文 献

- (1) 日本食品工業学会食品分析法編集委員会編：食品分析法, p. 41, 榊光琳 (1982)
- (2) 宇田川俊一・松田良夫 監訳：食品菌類ハンドブック, p. 46, 医師薬出版(株) (1984)
- (3) 宇田川俊一・松田良夫 監訳：食品菌類ハンドブック, p. 32, 医師薬出版(株) (1984)
- (4) 宇田川俊一・松田良夫 監訳：食品菌類ハンドブック, p. 100, 医師薬出版(株) (1984)
- (5) 宇田川俊一・松田良夫 監訳：食品菌類ハンドブック, p. 54, 医師薬出版(株) (1984)
- (6) 宇田川俊一・鶴田 理：カビと食物, p.173, 医師薬出版(株) (1975)
- (7) 石黒彩子・土井まつ子・鳥居新兵：防菌防黴, 20, 13 (1992)
- (8) 大澤純也・櫻井米吉：岩手県醸造食品試験場報告, 23, 106 (1989)
- (9) 柴田茂久・豊島英親・今井 徹・井上祐子：日食工誌, 23, 397 (1976)

# ペルーの鋳物現況

勝負澤 善行、池 浩之\*

本県の増田知事とペルー共和国・フジモリ大統領の合意による『南部鉄器の製造技術を含む鋳物技術で国際交流・協力』の準備のため、日本国際協力事業団(JICA)の支援事業により、南米のペルー共和国を訪問し、首都リマ市及び北部のトルヒーヨ市(リマ市の北約600km)とチクラヨ市(同約800km)などを巡り、12の鋳物工場を視察した。

その結果、ペルーの鋳造業界には鋳型・溶解技術などに改善点が多いことが分かったが、今後の発展の可能性を強く感じた。理由は次のとおりである。

- ・ 国が産業界の活性化に意欲的に取り組んでいること。
- ・ 鋳造業の発展に意欲な経営者や若くて活気ある経営者及び人材がいること。
- ・ 資源が豊富であること。(未開発原材料が豊である。)

キーワード:ペルー共和国、鋳造技術

Casting a look at Peru Foundry

SHOUBUZAWA Yoshiyuki and IKE Hiroyuki

keywords: Peru, foundry

## 1 はじめに

1899年790名の日本人が佐倉丸で第一回の移民渡航して100周年となる1999年(平成11年)10月、南米のペルー共和国を訪問し、図1に示す首都リマ市及び北部のトルヒーヨ市(リマ市の北約600km)とチクラヨ市(同約800km)などを巡り、12の鋳物工場を視察する機会を得たので、それを基に同国の鋳物現況を報告する。

ペルーの鋳物に関する情報や生産量のデータは非常に少なく、素形材年鑑1994年には総生産量54千トンとなっており、内訳の主なものはずみ鋳鉄15千トン、鋳鋼36千トンなどである。しかし、実際訪問してみると工業会に未登録の事業所が多く、専門家でも正確な数字を把握することは難しい様であり、実際の生産量はもっと多いと思われた。

今まで日本の鋳造業界では、ペルーと交流する機会がほとんど皆無であったと思われ、私たちが初めてペルー

図1 ペルー全体地図

鋳物業界の状況を知ったのは、日本貿易振興会(JETRO)の機械技術普及事業で1997年11月と1999年3月に荒金煉氏(BMR 経営工学研究所：元新日本製鐵株)がリマ市内の鋳造工場を指導した報告書<sup>1)</sup>をいただき、更に同氏にお会いし詳細な話しを承った時である。

私たちの今回の訪問は、本県の増田知事とペルー共和国・フジモリ大統領の合意による『南部鉄器の製造技術を含む鋳物技術で国際交流・協力』を実施する準備のためのもので、日本国際協力事業団(JICA)の支援事業によるものであった。

## 2 ペルーの概要

ペルーは図1に示すように赤道直下に近い南緯3～18度、西経69～81度に囲まれた地域に位置している。人口の50%がペルー海流(フンボルト寒流)の影響が大きく雨の降らないコスタ地域(沿岸地域で国土の約12%)に住んでおり、首都リマ市も同地域に属する。

ペルーには先史時代から多くの文明が興り、チャビン文明・シバン文明・シカン文明・モチェ文明・ナスカ文明・チム文明等を経て、1532年にスペインにより滅ぼされたインカ文明へと続いていた。この間に、精錬・鋳造・鍛造などの技術蓄積があり、多くの黄金や銀製品などが残されている。

16世紀以降、ヨーロッパの国々は「エル・ドラド(黄金郷)」を求めて南米に進出してきたが、ペルーは金・銀・銅・鉄を初めとする多くの鉱山資源に恵まれており、正にここが目的地だった。

現在も鉱産物の出荷量(下述)は多く、総輸出額の43%を占めている。

次にペルーの主な概要を示す。

- ・国土128.5万平方キロ(日本の約3.4倍)
- ・人口2,400万人(日本の1/5)で首都はリマ市(約700万人)
- ・日系人約8万人、在住邦人約3,000人
- ・1990年より大統領はアルベルト・フジモリ氏で政情安定化や経済復興に努め成果を上げている。これは、政情安定化により観光客が1991年の23万人から1998年には75万人と増加していることから伺える。
- ・インカやシバン等歴史的な素晴らしい文明遺跡の多くが世界遺産に登録され世界中から注目されている。
- ・学制は、小学校6年、中学校5年が義務教育で、その後大学や専門学校(工商農業高校や職業訓練校にあたるSENATI)がある。
- ・サトウキビやジャガイモ、米、綿花等を産出する農業国であるが、鉱山資源が豊かで金94t/y、銀2,000t/y、錫26,000t/y、銅480,000t/y、鉄鉱石3,173,000t/y、亜

鉛881,000t/yが産出される。

- ・ペルー沖はフンボルト寒流により世界有数の漁場である。(東北では八戸、塩釜、宮古から遠洋漁業に行っている。八戸には親睦のためのペルー会がある。)

## 3 鋳物業界

### (1) 産業機械鋳物

ペルーへの進出企業及び国家プロジェクト等で輸入した鉱山機械・自動車・船舶機械等 各種機械の補給・修理部品の製造を目的に、下請け受注生産が続けられている。この部門の多くはペルーの大手企業であり、高周波溶解炉(図2)や自硬性鋳型システム及び発光分光分析装置などの最新の生産設備や品質管理機器を設置している工場が多い。これは、発注者側からの品質維持を目的とする要求によるものと思われる。しかし、稼働率は高くない様に見受けられた。また、副資材などは高額な輸入品が多いので、自硬性鋳型では生型をバックサンドとするツーサンドシステムを実施している工場がほとんどで、再生装置が不備なこともあり、廃棄の問題や生砂への混入など多くの問題を抱えたままである。

図2 操業中の高周波溶解炉

### (2) 生活用品鋳物

下水道・マンホール蓋・コーヒーミル部品など主に地域周辺で需要の多い製品は、地域の中小企業で製造されている。これらの工場では、最終部品も製造するため旋盤やフライス盤などを設置して機械加工を行っているのが一般的である。これらの企業で一般的に使用されている溶解炉は、図3に示すように羽口が2つのキュボラであった。驚いたことは燃料がコークスに代わり石炭であることで、出湯温度は1300程度であった。また、溶解材料は全てスクラップであり、自ら粉碎して人力で炉頂まで揚げて投入していた。(材料投入機は無い)

造型用鋳物砂は近隣の山野から掘り出した山砂であり、篩いで調整して手込め造型(図4)に用いていた。この山

## ペルーの鋳物現況

ではスペインの生活様式が定着しており、製品精度やデザインを向上することにより需要はもっと拡大するものと思われた。

アルミニウム合金鍋の製造工場では、厚物は鋳造で、薄物は絞り加工で各種サイズの鍋を製造していた。材料の溶解は、重油バーナー加熱のるつぼ炉で行い、鋳型は(2)と同様の山砂を用いていた。アルミニウム合金の溶解材料は、アルミ缶や機械部品などのスクラップであるが、絞り加工用にはアルミニウム純度の高いアルミ箔を用いるなど使い分けていた。なお、この企業の業績は、鍋の需要が高いので非常に良好のように見受けられた。

おみやげ品として真鍮鋳物の栓抜きやキーホルダーなどが店に並べられており、これは各地の小規模工場で製造されているとのことであった。この種の製品も、精度を向上することにより高付加価値化が可能と思われる。特に、ペルーでは自国で産出精錬されている銅の使用拡大を推進しており、今後の対応を期待したい。

### (4) 改善必要点・その他

#### ・品質管理能力の向上

各社の製造品を見ると不良や欠陥が多く、企業の品質管理能力を向上することが急務と思われた。現在、スイスやドイツなどから各種支援が行われており、日本からはJETROの事業で、前述の荒金煉氏が品質管理の指導を行っている。これらの事業の活用を期待したい。

#### ・原材料の選択と品質向上

溶解材料はほとんどがスクラップであり、不純物元素や異物が混在し材質レベルは低い。分析による原材料分類選別などペルーの公的機関(SENATI)の指導が必要と思われた。同様に、鋳型砂についても砂の評価と使用方法を指導することが必要と思われた。

#### ・球状黒鉛鋳鉄の製造

多くの中小企業者から、今後需要の高まる同鋳鉄鋳物の製造技術についての指導要望があった。今後、公的機関の指導を期待したい。

#### ・SENATI

この機関は日本の公設試と同じ様に産業振興を支援する機能も併せ持っている。技術相談の他、企業の要請に応じて巡回指導する。図5は巡回指導車で、顕微鏡や砂試験機などが積んである。

#### ・事業意欲1

トルヒーヨ市郊外にある小規模鋳物工場では、ドラム缶を2つ積み重ね、耐火物で内張りをした小型キュボラを重油エンジンで送風機を回して溶解(図5)していた。経営者は若い方で、3人の若い工員と一緒に意欲的に仕事をしていた。

図3 中規模工場のキュボラ

図4-1 造型作業

図4-2 造型された鋳型

砂は耐火度が低いため、銅やアルミニウム合金鋳物では問題が少なく思われたが、鋳鉄を鋳造する場合は鋳型表面に天然黒鉛を塗っていた。しかし、それでも鋳肌は鋳鉄溶湯との反応のため非常に悪いものであった。また、機械加工面にも欠陥が多く、品質改善の余地があったが、それでもマンホールなどは機能的には十分と思われた。

中子は、山砂と粘土及びデンブンを混合して水を加えて練り木型で成型後、日陰で通風乾燥後使用していた。

### (3) 工芸品・景観鋳物

工芸品とし宗教関連の鋳鉄像を試作していたのが1社、ベンチフレーム鋳鉄鋳物を製造していたのが1社で、工場の生産形態は(2)に属していた。本県は南部鉄器の産地であるのでこの種の製品需要が気になったが、ペルー

のが、工場が城壁のような強固な塀で囲われていることである。大きな工場では、監視塔もあり私設警備員や今にも噛みつきそうなシェパードが配備されていたのには更にビックリした。

場内に入って、もっと驚いたのは工場に屋根が無いことだ。工場によっては申し訳程度の日差し避けがあるだけで、地方の中小企業では葦で編んだネット(日本の竹編み状のもの)が頭上に張ってあった。工場があるコスト地域は、雨が降らないから屋根が不要なのは当たり前で、塀と柱が必要なだけである。工場の建設費を考えるとうらやましい。日差し避けとしたのは、上空には雲が多く陽が照ることはあまりないのであるが、赤道に近いこともあり日差しは強いらしく、帰国後日焼けしていたのに気付いたからである。

国際協力する項目に南部鉄器の製造技術移転も含まれているが、ペルーや周辺の国々の鉄器に関するニーズを把握しながら、ペルー方式の南部鉄器を開発していくことがベターと思われた。移民100周年を記念する見本市で、南部鉄器のステーキ皿がいくらか売れたそうである。今後、地元ペルーでデザイン・製造したペルーブランドの安価な铸铁製ステーキ皿が開発され、同国に新規産業分野が開拓されることを期待したい。

#### 4 まとめ

この度ペルーの鑄造業界を視察させていただき、同業界の発展の可能性を強く感じた。

理由は次のとおりである。

- ・ 国が産業界の活性化に意欲的に取り組んでいる。
- ・ 鑄造業の発展に意欲な経営者や若くて活気ある経営者及び人材がいること。
- ・ 資源が豊富であること。(未開発原材料が豊富)

今後、本県では SENATI を窓口として JICA 事業でペルーの研修生を受け入れ本格的な国際交流・協力を実施する。これに対して、皆様のご指導・ご協力をお願いしたい。また、これを機会に我が国の鑄造業界とペルーとの交流が本格的に進むことを期待したい。

#### 文 献

- 1) 荒金煉：JETRO ペルー出張報告書1999.3

その後

本年度は、2000年6月12日より SENATI 職員のロメロ氏とコルデロ氏を受け入れ、第1回目の交流事業を開始している。

図5 SENATIの巡回指導車

図6 ドラム缶キュボラ

#### ・ 事業意欲2

チクラヨ市では、小規模鑄物工場でコーヒー豆のクラッシャーを、鑄物造り・機械加工・組立と一貫作業で最終製品まで製造していた。このクラッシャーはこの地域で需要が多いものであり、自社製品として製造することにより利益を高めていた。やはり経営者は若い方で、自慢げに商品を見せてくれたが、感動するものがあった。

#### (5) 感想

ペルー国内や首都リマ市内でも、まだテロ集団を警戒した立入禁止地帯が設定されており、今回は視察できない場所もあった。しかし、街に出てみると危険な感じは無かった。近々それらの地域の見直しと設定解除が検討されていると聞いた。フジモリ大統領の政策により、政情が徐々に安定しているのが実感された。他の方々の話によると X 国や Y 国の大都市の方が怖いらしい。

工場の視察で驚いたのは、政情が悪かった頃の名残な

## ペルーの鑄物現況

## 中小食品製造企業のH A C C P対応

笹島 正彦\*、伊藤 良仁\*\*、関村 照吉\*  
荒川 善行\*、小林 晴己\*\*\*

H A C C P (Hazard Analysis Critical Control Point: 危害分析重要管理点) システムは、安全な食品の生産・供給を確保するための衛生管理システムである。近年における食中毒事件の多発や、米国をはじめとする世界各国で政府規制が実施されつつある状況の中で、日本でも食品衛生法等のH A C C P概念に基づいた法制度の整備が急ピッチで進められており、中小企業といえども将来的にはH A C C Pへの対応を余儀なくされている。そこで、H A C C Pシステム導入の観点から県内の食品企業における対応現状を調査するとともに、H A C C Pに関する情報普及のため講習会等を実施した。

キーワード：H A C C P、食品衛生管理、中小企業

### 1 緒 言

H A C C Pとは、Hazard Analysis Critical Control Point (危害分析・重要管理点)の頭文字であり、「H A C C Pシステム」を適用した食品の衛生管理を実施する際に用いる略称である。また、製品の安全性を保証するため、最終製品の検査に依存するのではなく、原料搬入から製造・加工、保存・流通を経て最終消費者の手に渡るまでの各段階で、製品を摂取したときに生じる可能性のある危害を防止するための措置を特定し、その措置のうち特に重要なものの実施状況を連続的にモニターすることで危害の発生を未然に防止するシステムである。

近年における食中毒事件の多発や、米国をはじめとする世界各国での政府規制が実施されつつある状況の中で、日本でも食品衛生法の改正に見られるようにH A C C P概念に基づいた規制の整備が急ピッチで進められており、中小企業といえども将来的にはH A C C Pへの対応を余儀なくされている。そこで、平成9年度から平成11年度にかけて、H A C C Pシステム導入の観点から県内の食品企業における生産プロセスの現状を調査するとともに、H A C C Pに関する情報普及のため講習会の開催、食品製造工程の衛生管理技術指導を行った。

### 2 H A C C P取り組み状況調査

#### 2-1 全国レベルの状況調査

インターネットを利用した情報収集を行った。農林水産省農林水産消費技術センターQC・HOT情報 (<http://www.maff.go.jp/soshiki/syokuhin/cqccs/qchot6.html>)の概要を表1に示す。

平成10年度は平成8年度に比べ、実施している工場の増加、知らないとする工場がわずかとなったことからH A C C Pの普及が認められ、現在は実施工場の割合はさらに増加しているものと考えられる。

導入に当たったの問題点として、工場の根本的な改造

が必要であること、現行ライン従事者の発想の切り替え、予算面で困難等をあげている工場がいくつかある。また、取り組まないとした工場では、その理由として「製品の特性上必要ない」「現在の品質管理で充分」「衛生管理の詳細なマニュアルがある」「業界の動向待ち」等があげられている。

表1 H A C C Pに対する食品工場の取り組み状況

調査対象：醤油、果実飲料、乾麺類、食料缶詰、炭酸飲料等のJ A S承認・認定工場（従業員20名以上）

	年度	H10	H8
実施している		22.1%	8.9%
準備中または検討中		56.7%	58.6%
取り組まない		16.3%	22.2%
知らない		1.4%	8.9%
その他		3.4%	1.4%

#### 2-2 県内食品企業の実地調査・技術調査

県内食品製造業者（漬物製造2社、水産加工3社、惣菜製造1社、菓子製造1社）においてH A C C Pに関する実地調査、聞き取り調査を行った。

調査時にH A C C Pシステムを既に採用している企業はなく、すべてが検討中であった。一方、納入業者等からH A C C P導入の強い要請が繰り返されており、導入なしでは、取引中止の強行手段もあり得るといった状況も生じてきている。（納入業者自体もH A C C Pについてその詳細を理解しているとは言えず、ただ脅迫観念的に必要性を説いているにすぎない面もある。）

現場レベルでは、調査企業を含め県内食品中小企業のほとんどが少量多品種生産体制であり、商品毎に工程を点検し、重要管理点を抽出する作業はできないのが現状

\* 食品開発部、\*\* 食品開発部（現在 応用生物部）、\*\*\* 副所長（現在 工業技術院生命工学工業技術研究所）



である。さらに、日々の生産業務に追われて、品質管理業務に携われる専門スタッフが割り当てられず、通常の品質管理ができていない企業も多く、HACCPシステムによる品質管理に到達するまでには予想以上の時間と労力が必要と考えられる。

すべての調査企業が、できればHACCPシステムを導入したいと考えているが実際には先延ばしになっている。その理由は、費用が出せない、人材を割り当てられない、具体的なHACCP構築のための情報が入っていない、方法がわからない等に集約される。しかし、数種の業種(食肉、牛乳、レトルト食品等)では既にHACCPシステムの認定が行われており、近年中に多種の他業種に広がるものと考えられる。このような状況の中、中小企業の現状(業態・商品・体力)に応じたシステム導入法の確立が求められている。

2-3 HACCPへの取り組み例

全国乾麺協同組合連合会ではHACCP方式による事業所の認証制度を設ける予定であり、これに先立ち平成12年1月に「危害分析・重要管理点方式(HACCP)マニュアル」を作成した。その概要を表2に示すが、HACCP導入の手順、危害リストや重要管理点整理表の例などが具体的に示されている。これを受け、本県でも一部の乾めん製造業者が認証を目指し、連合会の指導員を工場に招き実地に指導を受けている。

表2 HACCPマニュアル概要

第1段階：HACCPシステムを導入するための体制作り 推進するための専門チームを編成。
第2段階：一般的な衛生管理プログラムの作成 プログラム作成マニュアルにより、プログラム作成すべき事項を、施設設備の衛生管理、従業員の衛生教育等10項目にわけて具体的に説明。
第3段階：HACCPプランの作成
手順1：HACCPチーム編成
手順2：製品についての記載
手順3：意図する用途の確認 製品説明書を具体的に例示して説明。
手順4：フローダイヤグラム等作成
手順5：フローダイヤグラム現場検証 原料受け入れから出荷まで製造工程を具体的に例示。
手順6：危害リストの作成 工程ごとに、微生物・異物等による危害を例示。
手順7：重要管理点の設定
手順8：重要管理点について管理基準を設定
手順9：重要管理点の監視、測定方法の設定
手順10：逸脱発生時の改善措置方法
手順11：HACCP方式の検証方法の設定
手順12：記録およびその保存システムの設定 危害リストに例示された危害ごとに、防止措置、管理基準、モニタリング方法、改善措置方法、検証方法及び記録文書を総括表にまとめ例示。

3 HACCP関連情報の普及

HACCP関連情報の普及のため、県内企業向けに講習会の開催、食品企業関連団体が行う講演会等への支援を行った。

1) 岩手食品加工研究会講演会(平成9年度)

実施主体：岩手食品加工研究会

対象：同会会員ほか

演題：「食品企業とHACCP」

講師：アース環境サービス(株)猪野毅氏

内容：企業内の体制整備、人材養成、システム構築手法等

2) 漬物加工技術講習会(平成10年度)

実施主体：岩手県工業技術センター

対象：岩手県漬物協同組合

演題：「漬物工業における微生物管理」

講師：東京都食品技術センター 宮尾茂雄氏

内容：HACCP方式の順次導入(ワンポイントHACCP)、HACCPの前提としての一般衛生管理等

3) 岩手食品加工研究会技術公開講演会(平成10年度)

実施主体：岩手食品加工研究会

対象：同会会員ほか

演題：「HACCP対応食品工場の構築」

講師：日立プラント建設(株)織田原容二氏

内容：工場設計のポイント、事例紹介等

4) 製麺技術講習会(平成11年度)

実施主体：岩手県工業技術センター

対象：岩手県乾麺工業協同組合

演題：「乾めん製造業を取り巻く経営の諸問題とHACCPについての解説」

講師：全国乾麺協同組合連合会 安藤剛久氏

内容：HACCPシステムの支援策と認証制度、導入を進めるための作業順序等

4 結 語

現在までのところ、HACCPシステムの認定が行われている業種は乳肉製造、レトルト食品製造等に限られている。しかし、消費者の安心・安全志向、これにともなう小売業者の要請により、食品企業全般にHACCPシステムは無視できない存在となっている。特にコンビニエンスストア・学校給食向けの調理パン、生めん、弁当、惣菜等は短期間での対応に迫られている。また、比較的危害発生のおそれの少ないと考えられる乾めん業界においても業界自主ではあるがHACCP認証制度が設けられつつあることから、食品製造業界のおかれている状況がうかがわれる。

しかしながら、県内食品中小企業の現状からは、方法がわからない。資金、時間、人材がない。前段階の一般衛生管理が十分とはいえない。等の多くの問題点があげられる。

そこで、当センターとしては、食品企業等からの問い合わせに対して、法規制、行政等による支援制度、社員教育・研修情報、コンサルタント業者情報、衛生機器情報等、HACCPに関する各種情報を提供していく必要がある。また、技術面からは、各種成分分析方法、保存試験方法、微生物操作、洗浄方法、殺菌方法等、HACCPの前段階である一般衛生管理も含めた技術指導を引き続き行っていく。

## 計算機ホログラムとX線計算機断層法を統合した3次元可視化

大坊 真洋<sup>\*,\*\*</sup> 田山 典男<sup>\*</sup>

従来、3次元計算機断層法(CT)の結果は、コンピュータ・グラフィクス(CG)によってモニターに表示されているが、立体視ではないので奥行き感に乏しい。CTの結果を計算機ホログラフィ(CGH)で表示できるならば、他の立体視に比べて自然な立体感が得られる。しかし、CTもCGHも計算量が膨大であり、それぞれを計算する方法は効率的ではない。そこでCTとCGHを一つに統合して、1ステップで計算する方法を提案する。CTとCGHをそれぞれ行列で表現して、次にCGHの位相行列とCTの一般逆行列を掛け算した投影ホログラム変換行列をあらかじめ算出する。次にその変換行列と測定して得られたX線投影ベクトルを掛け算すると、X線投影ベクトルからホログラムベクトルへ、低次元を保ったまま直接変換される。本方法は、電子計算機によるデジタル演算と、ホログラムにおけるアナログ光演算作用を巧みに組み合わせた新しい3次元可視化方法である。本方法を実証するために、X線TV装置で測定した投影データからホログラムへ直接変換して、そのホログラムをレーザーで再生したところ、3次元空間にCT断面が再構成された。

## A 3-D Visualization by Combination Computed Tomography with Computer Generated Holography

Masahiro DAIBO<sup>\*,\*\*</sup> and Norio TAYAMA<sup>\*</sup>

This paper presents direct data conversion method that is from x-ray projection data to the hologram data using combination of Computed Tomography (CT) with Computer Generated Hologram (CGH). A generalized inverse matrix which is obtained by the singular value decomposition for a few projection CT. To combine CT and CGH by direct conversion matrix, a phase matrix of CGH is multiplied with the inverse matrix. Incorporating holographic analog computation into CT reconstruction, it becomes possible that the calculation amount is reduced. We demonstrate the CT cross section which is reconstituted by laser in the 3-D space using the x-ray projection data acquired by x-ray television.

---

\* 岩手大学工学部

\*\* 岩手県工業技術センター

## Polypeptide Compositions and NH<sub>2</sub>-terminal Amino Acid Sequences of Proteins in Foxtail and Proso millets

Keiko KOHAMA\*, Takashi NAGASAWA\*\* and Naoyuki NISHIZAWA\*\*

\*Iwate Industrial Research Institute; Morioka, Iwate 020-0852, Japan and United Graduate School of Agric. Sci., Iwate Univ.;

\*\*Department of Bioscience and Technology, Faculty of Agriculture, Iwate University, Morioka, Iwate 020-8550, Japan

Seed protein of foxtail and proso millets were fractionated into polypeptides that were analyzed for their major protein, prolamin, and NH<sub>2</sub>-terminal amino acid sequences of proteins were determined. The proteins extracted from foxtail and proso millet were 64.1 and 80.0% prolamin, respectively. Polypeptides of prolamins were reclassified into two groups. Major polypeptides of 27-19 kDa were rich in leucine and alanine, whereas the 17-14 kDa polypeptides were rich in methionine and cysteine. Glutelin-like proteins that were extracted with reduced reagent were high in proline content and the major polypeptides were 17 and 20 kDa respectively. NH<sub>2</sub>-terminal amino acid sequences showed that the major polypeptides of prolamin were homologous to  $\alpha$ -zein and glutelin-like protein containing Pro-Pro-Pro sequence like repetitive sequence of  $\gamma$ -zein. Although the prolamin consisted of a similar subunit as zein, polypeptides with various pI values were found among them.

Keywords: millet, prolamins, polypeptide composition, NH<sub>2</sub>-terminal amino acid sequence; homology

## アワ (Foxtail millet) 及びキビ (Proso millet) 種子タンパク質のポリペプチド構成とN末端配列

小浜恵子\*、長澤孝志\*\*、西澤直行\*\*

本研究ではHDLコレステロール代謝に影響を与えるアワとキビ種子タンパク質の構造について検討した。主成分であるプロラミン画分のポリペプチドは、19から27 kDaのLeu及びAla高含量のものと14から17 kDaのMet及びCys含量の多いものに分類された。19-27 kDaのポリペプチドのN末端配列は  $\alpha$ -ゼインと相同性を有しており、ホモオリゴマー構造をとることが示唆された。更に還元剤の存在下で水溶性であるグルテリン様のポリペプチドはPro含量が高く、 $\gamma$ -ゼイン様のProの繰り返し配列を有していた。アワ、キビのプロラミンでは含有するポリペプチドの数や等電点に相違が認められたがゼインのサブユニットとの共通性が見られた。

---

\* 岩手県工業技術センター

\*\* 岩手大学農学部応用生物学科

[ 再録 ]

Biosci. Biotechnol. Biochem., 63(11), 1921-1926, 1999

## 2 実験方法

添付したpaper原稿の部分を参照願いたい。

## 3 結果と現在までの経過

和文要約の部分に述べたような結果が得られている。アワとキビの主な貯蔵タンパク質の構成ポリペプチドを分画し、アミノ酸組成と他の穀類タンパク質との比較を行った。ポリペプチド組成はトウモロコシの貯蔵タンパク zein (ゼイン) に似ていた。しかし、トウモロコシにおいてはHDLの上昇効果は報告されていない。

アワ、キビのポリペプチドについて分画・解析した例はほとんどなく現在、添付したように paper にまとめている。投稿先は Journal of Agricultural Food Chemistry (アメリカの雑誌) を想定、現在は native の方による英文の校正前なのでまだ完成ではない。

さらに、県北農研センターで栽培された品種についてタンパク質の抽出を実施している。今後県北農研センターで県内の雑穀の分類を進める、とのことであり抽出法を教えて欲しいとの話が進行中である。

## 4 今後の計画

以上のことから、paper の新規性を守るため、今回は報告書への掲載を見合わせたい。

今年度は分画した成分の何がHDL上昇効果を有しているのかを調べていく予定である。また、HDL上昇以外の生理活性も有している可能性(抗ガン性)もできたのでどの程度有望が見極める。農研センターへの技術協力は現在のデータを提供する方向で進めたい。

表1 変異株のPGA生産性

菌株	生成PGA量 (mg/ml)
<i>B.natto</i> M	6.0
M- 17	7.0
M- 21	7.0

図1 PGAの分子量の測定

またLB液体培地で37℃24時間培養時の培養上清のGGT活性は親株よりもM-17、M-21ともに高かった(表2)。M株とM-21をLB培地及びLBGN培地で培養したときのgrowthと培養上清のGGT活性の経時変化を図2に示した。またこのときの24時間後、54時間後の相対粘度とGGT活性はM-21の方が高かった(表3)。

3-3 変異株を用いた納豆の試作と評価

製品のナットウキナーゼ活性 (Tyr 1nmol/mgprotein・min を 1 U とした) 相対粘度、アンモニア濃度を表 4 に示した。官能検査では M-17 が一番粘りが感じられた。アンモニア量には差異が認められなかったが M-2 の香りが良く思われた。M-21 は菌の被りが均一ではなく、外観としては好ましくなかった。

4 考 察

納豆は健康食品として注目を集めており今後も需要が増すものと考えられ、多様なニーズに合わせた製品開発が必要である。今回、ナットウキナーゼ高生産株を取得したが親株と特に遜色ない試作品ができた。むしろ香り

表 2 L B 培地培養上清のGGT活性

菌 株	GGT 活性 (mU/ml)
<i>B.natto</i> M	160.0
M- 17	211.0
M- 21	265.8

表 3 L B G N 培地培養上清の相対粘度とGGT活性

菌 株	相対粘度		GGT 活性 (mU/ml)	
	24hr	54hr	24hr	54hr
<i>B.natto</i> M	1.6	2.0	69.7	107.0
M- 21	2.7	3.0	104.6	221.5

図 2 菌株の増殖とGGT活性の発現

がよかったが、使用した大豆「鈴の音」は発酵時間がほかの大豆より長く必要との製造業者の意見もあることから、プロテアーゼ活性の高い M-2 が適したとも考えられる。ほかの大豆での試作もする必要がある。また粘性については好みがあると考えれ、商品イメージによって調節が可能であればバラエティに富んだものが得られると思われる。PGA の生成経路については *B. Anthracis* においてプラスミド上に粘質物の生産に係わる遺伝子が存在しているとの報告があり<sup>8)</sup>、納豆菌については生産

表 4 試作納豆の分析値

菌 株	ナットウキナーゼ 活性 (U)	相対粘度	アンモニア量 (%)
M	6.2	2.5	0.2
M- 2	13.0	2.5	0.2
M- 17	6.2	2.9	0.2
M- 21	4.5	2.7	0.2

に係わる遺伝子としてはコンピテンシィに關与する遺伝子の破壊によって生産性がなくなるとの報告<sup>9)</sup>がある。PGA を合成する枯草菌は GGT 活性が高いことが知られているが<sup>10)</sup>、GGT の PGA 生産における役割を直接証明した例はない。図 2 及び表 3 に示したように GGT は定常期以降に培地中に分泌されており、グルタミン酸ナトリウムを添加した L B G N 培地すなわち PGA 生産培地においては L B 培地より分泌されるのが遅く、PGA の培地への分泌にともなって分泌されてくる。変異株は PGA 生産が GGT 活性が高いことによって生産性が高いのではなく、早期から PGA が培地中に分泌されてきているのではないかと推察している。GGT 活性が高い理由としては菌体外酵素の調節変異が考えられるが、ほかの主な菌体外酵素としてプロテアーゼ活性とアミラーゼ活性を調べたところ、差がなかった(データ未発表)。最近 *B.subtilis* の GGT 遺伝子がクローニングされ<sup>11)</sup>、カタボライトリプレッションを受けることが報告されており今回取得した変異株 M-21、M-17 について調べたところ、親株よりも GGT 活性が強く阻害された<sup>12)</sup>。

この点については遺伝子レベルで現在検討中である。  
また図1に見られるように変異株とのあいだに分子量的な差はないが構成アミノ酸のDL比についてはまだ検討していないので今後の課題である。

## 5 結 語

納豆菌の変異処理によって高ナットウキナーゼ生産株とPGA生産変異株を取得した。PGA生産変異株はGGT活性が親株よりも高く、PGAが速く培地中に分泌されると推察された。取得した変異株で納豆を試作したところ、高ナットウキナーゼ活性株は親株と遜色なくPGA生産変異株は相対粘度がわずかに高かった。

## 文 献

- 1) 須見洋行：醸造協会誌, **85**, 518 (1990)
- 2) 江崎ら：日本食品工業学会誌： **37**, 474 (1990)
- 3) M.Kimura: *Poultry Science* **65**, 1217 (1986)
- 4) H.Itokawaetal.: *Chem. Pharm.Bull.*, **42**, 604 (1994)
- 5) 小寺ら：日本農芸化学会大会講演要旨集, 281 (1997)
- 6) E.Ichisima, Y.Takeda, K.Taira and M.Takenouhi: *Biochim.Biophys.Acta*, **869**, 178 (1986)
- 7) 藤井ら：日本農芸化学会誌, **37**, 407 (1963)
- 8) I.Uchidaetal.,: *Molecular Microbiology*, **9**, 487 (1993)
- 9) 永井ら：日本農芸化学会大会講演要旨集, 67 (1997)
- 10) A.Aumayr, T.Hara and S. Ueda: *J.Gen.Microbiol.*, **27**, 115 (1981)
- 11) K. Xu and M. A. Strauch: *J.Bacteriol.*, **178**, 4319 (1996)
- 12) 小浜ほか：日本食品科学工学会大会講演要旨集, 149 (1997)



細胞外プロテアーゼによる消化が最も重要であるとは考えられるが、細胞内プロテアーゼが発酵中にどのような役割を果たしているのか興味もたれる。

最近、一島らは好アルカリ性の *Bacillus* 属から、pH 12 で高い活性を有する細胞内プロテアーゼの遺伝子をクローニングし、その性質について検討しているが<sup>9)</sup>、今回クローニングした細胞内プロテアーゼと非常に似ており、C末側8残基が長いこと、4アミノ酸が異なる他は全く同一であった。Kinema の菌株は pH10 で生育不能であることから、アミノ酸の相違がアルカリ耐性の性質の差であると推察される。

#### 4 結 語

*Bacillus subtilis* kinema から細胞内プロテアーゼ遺伝子をクローニングし、塩基配列を決定した。331アミノ酸から構成されており、*Bacillus subtilis* ISP- I 及び *Bacillus polymyxa* の細胞内プロテアーゼと高い相同性を示した。また、Alkalophilic *Bacillus* sp. の細胞内プロテアーゼと12アミノ酸の相違しかないことから、アルカリ耐性の細胞内プロテアーゼとの性質の相違について今後検討する必要がある。

本研究を実施するに当たり、キネマの菌株を分譲、併せてご指導ご助言していただいた東北大学農学部一島英治教授に感謝いたします。

#### 文 献

- 1) 須見洋行：醸造協会誌, 85, 518 (1990)
- 2) 小浜恵子：岩手工技セ研報, 2, 83 (1995)
- 3) Maniatis, T. et al.: Molecular cloning. Cold Spring Harbor Laboratory, Cold Spring Harbor, New York (1982)
- 4) Sanger, F. et al.: *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 74, 5463 (1977)
- 5) Koido Y. et al.: *J. Bacteriol.*, 167, 110 (1986)
- 6) Takekawa S. et al.: *J. Bacteriol.*, 173, 6820 (1991)
- 7) Sastry K. J. et al.: *J. Bacteriol.*, 153, 511 (1983)

上段：

中段：

下段：

図 3 細胞内プロテアーゼのアミノ酸相同性

#### 4 考 察

*Bacillus* 属の生産する菌体内プロテアーゼは、孢子形成期に活性が認められることから、遺伝子レベルでの活性調節機構と、孢子形成過程との関連について検討され、ISP- I の制御機構については多くの報告がある。ISP- I は、他の不要タンパクを分解し、孢子の特異的タンパクの新生に必要とも言われていたが、孢子形成に必須ではないとの報告が有力である。他の細胞内プロテアーゼ ISP- II など孢子形成には関連しているが必須ではない<sup>7)</sup>。孢子形成期の細胞内プロテアーゼの生理的役割については、今後の報告が待たれるところである<sup>8)</sup>。食品製造、納豆製造におけるプロテアーゼの役割は、

- 8)村尾澤夫：日本農芸化学会誌, 65, 56. (1991)  
 9)YamagataYandIchishimaE. : *Curr.Microbiol.*, 30, 357  
 (1995)

図1 キネマから精製したセリンプロテアーゼの  
 SDS-PAGE電気泳動

- レーン1：分子量マーカー  
 レーン2：精製蛋白質  
 レーン3：キネマ培養液の上澄

単一のバンドとして検出され、分子量約 30,000 であつた (subtilisin kinema)。既に精製、クローニングされている *Bacillus natto* のセリンプロテアーゼ (ナットウキナーゼ) subtilisin NAT<sup>6)</sup> と同様である。

また、精製された酵素の活性は、セリンプロテアーゼ阻害剤である phenylmethylsulfonyl fluoride (PMSF) 10mM 存在下で完全に阻害された。得られた精製酵素の比活性は、Tyr 1mol/mg protein・sec を 1 Kat としたとき 40nKat であつた。

図2には、今回精製した酵素のN末端配列を解析した結果を示した。比較として *Bacillusnatto* の生産する subtilisin NAT、及び既に報告されている各種 *Bacillus* 属の生産する細胞外セリンプロテアーゼ subtilisin E<sup>8)</sup>、subtilisin amylosacchariticus<sup>10)</sup>、subtilisin BPN<sup>11)</sup>、subtilisin Carlsberg<sup>12)</sup> を示した。図2に示した通り、subtilisin NAT 等のプロセッシングを受けた後、細胞外に分泌された酵素の最初の 12 残基と全く同一であつた。

蛋白質の由来	N末からの番号	
Subtilisin Kinema	1	10
Subtilisin NAT	A	QSVPYGISQIK
Subtilisin E	A	QSVPYGISQIK
Amylosaccharitics	A	QSVPYGISQIK
Subtilisin BPN	A	QSVPYGVSQIK
Subtilisin Carlsberg	A	QTVPYGIPQIK

図2 キネマ及び関連細菌のセリンプロテアーゼの  
 アミノ酸配列

#### 4 考 察

*Bacillus subtilis* Kinema から今回精製した subtilisin kinema は、*Bacillus subtilis Natto* からのセリンプロテ

アーゼ Subtilisin NAT と分子量やN末のアミノ酸配列では同じであるが、其質特異性を検討しないと同一性について明確な評価はできない。特に、この *Bacillus subtilis* Kinema からは、今回精製した subtilisin kinema の他に 90kDa の分子量で等電点が 3.9 である細胞外セリンプロテアーゼが精製され、Bacillopeptidase F と相溶性が高いこと、等電点がこのように低いセリンプロテアーゼは例がないことが報告されている<sup>7)</sup>。

こうした点で、いわゆるナットウキナーゼと呼ばれている今回精製した細胞外酵素の基質特異性、フィブリン塊（血栓）溶解活性等の生理活性については今後検討することになっている。

#### 5 結 語

*Bacillus subtilis* Kinema から今回精製した subtilisin kinema は、*Bacillus subtilis* Natto からの酵素などとともに subtilisin ファミリーに属するものであるが、subtilisin E などとは免疫的同一性などに差異が見られることより、基本的な構造特性による検討だけでは不十分であり、反応特性解析が今後の課題である。

本研究を実施するに当たり、キネマの菌株を分譲、併せて、ご指導ご助言していただいた農林水産省食品総合研究所新国浩一微生物研究室長に感謝いたします。

#### 文 献

- 1) 小浜恵子：岩手工技セ研報, 2, 83(1995)
- 2) 須見洋行：醸造協会誌, 85, 518 (1990)
- 3) 木内 幹, 鈴木英也：食品と科学, 33, 85(1991)
- 4) E. Ichishima, Y. Takeda, K. Taira, and M. Takeuchi : *Biochim. Biophys. Acta*, **869**, 178(1986)
- 5) M. Bradford: *Anal. Biochem.*, **72**, 248 (1976)
- 6) V. K. Laemmli: *Nature*, **227**, 680 (1970)
- 7) T. Nakamura, Y. Yamagata, and E. Ichishima: *Biosci. Biotech. Biochem.*, **56**, 1869 (1992)
- 8) T. Kato, Y. Yamagata, and E. Ichishima: *Biosci. Biotech. Biochem.*, **56**, 1166 (1992)
- 9) M. L. Stahland E. Ferrari: *J. Bacteriol.*, **158**, 411 (1984)
- 10) S. L. Wong, C. W. Price, D. S. Goldfarb, and R. H. Doi : *Proc. Natrl. Acad. Sci. U.S.A.*, **81**, 1184 (1984)
- 11) T. Yoshimoto, H. Oyama, T. Honda, H. Tone, T. Takeshita, T. Kamiyama, and D. Tsuru: *J. Biochem.*, **103**, 1060 (1988)
- 12) N. Vsantha, L. D. Thompson, C. Rhodes, C. Banner, J. Nagle, and D. Filpula: *J. Bactriol.*, **159**, 811 (1984)
- 13) M. Jacobs, M. Eliasson, M. Uhlen, and J. I. Flock, *Nucl. Acid. Res.*, **13**, 8913 (1985)