

3次元CTによる製品検査システムの開発Ⅲ*

長谷川 辰雄**、大坊 真洋**、南幅 留男**
熊谷 隆美**、多田 三郎**

特異値分解法による高速CT法、FFT法による高精細CT法及びマルチメディア・データベースの技術を組み合わせた内部検査システムを開発した。また、特異値分解を利用した新しいCT法により高速CTを実現できた。またFFT法によって、細密な映像を再現できた。さらに、CT画像と関連するデータを整理するオブジェクト指向のマルチメディア・データベースを構築した。さらに、新概念の遠隔利用可能なCT装置について検討した。

キーワード：計算機断層法、マルチメディア、データベース、コンピュータ・グラフィクス、インターネット

Development of Inspection System Using Three Dimensional Computer Tomography III

HASEGAWA Tatsuo, DAIBO Masahiro, MINAMIHABA Tomeo,
KUMAGAI Takami and TADA Saburo

This paper describes developed inspection system which consists of three technologies. These are a fast CT using newly developed singular value decomposition method, a high resolution CT modified FFT method and an object oriented multimedia database. The Experimental CT images are demonstrated. We also discuss on new concept of remote accessible CT system.

key words : computed tomography, multimedia, database, computer graphics, internet

1 結 言

PL法が施行され、工業製品の信頼性や安全性への要求は、ますます厳しくなっている。X線による内部検査の必要性は高く、当所のX線テレビ装置は不良品の解析等に多用されている。しかし、従来法はX線装置で単一方向からの投影検査であり、手前も奥も重なり合って観測されるため、奥行き情報が分かりにくい状況にある。そこで、3次元CT画像を得るため、多方向投影による、断面及び内部の立体構造を計算するCT（計算機断層法）に注目し検討を進めた。この技術は主に医療分野で病巣の検査等に使用されるが、CT装置は、非常に高価であり、中小企業での導入は容易でない。特に機械部品、電子デバイス、プラスチック部品、農林水産物などの安価な対象物の内部検査に利用する場合には、コスト高となり現実的でない。

さらに、岩手県は面積が広く、特に冬期間は交通アクセスが容易でなく、X線テレビ装置を開放しても、工業

技術センターまで足を運ばなければ利用できないといった利便性の問題がある。そこで我々は、市販のX線テレビ装置と試料回転装置を組み合わせて、CT装置のハードウェアを構成し、その制御プログラムやCT計算のプログラムを開発し、安価に簡易的なCT装置を実現した。さらに、そのCT装置で得られた断面画像をコンピュータ・グラフィクスにより三次元表示するとともに、インターネット接続で遠隔CT画像提供サービスが可能とする実用性の高い内部検査システムを構築した。

2 実験方法

2-1 システム利用形態

図1に内部検査システムの利用形態を示す。実線は、遠隔利用形態、鎖線は通常利用形態の手順を示している。遠隔利用形態では、企業は、不良解析等の目的でCT検査したい試料をセンターまで送付する。担当職員がCT検査を行い、その結果を画像データベースに保管す

*三次元画像による製品検査技術の高度化に関する研究（東北・北海道ブロック広域共同研究事業）

** 電子機械部

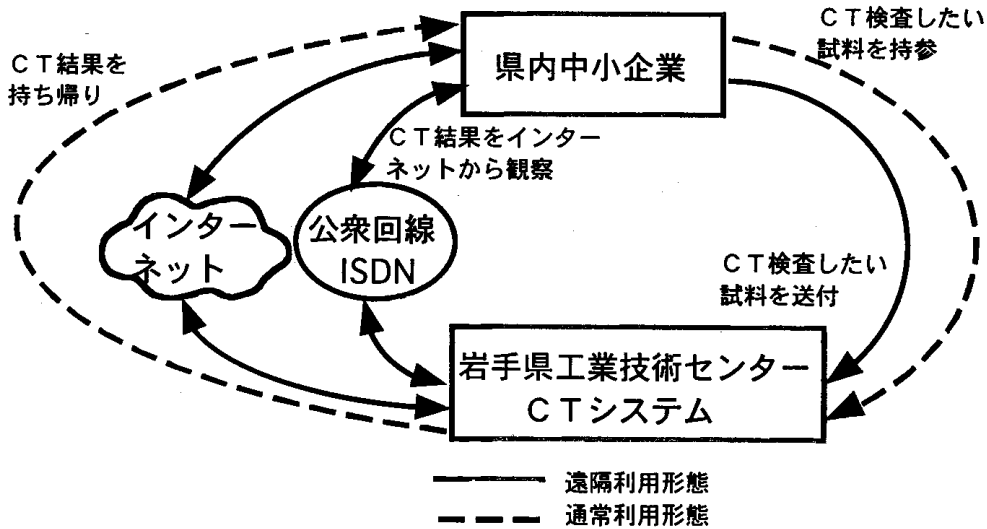


図1 内部検査システムの利用形態

る。DBへ登録済みの企業は、インターネットまたは公衆回線からセンター内のネットワーク・サーバにアクセスしCTの結果画像を観察することができる。

通常利用形態では、試料を企業が持参して、CT検査を行い、検査結果を持ち帰る。この形態でも、CT検査中にネットワークによりCT結果を企業側へ送信することにより、例えば企業側にいる他の技術者の判断を取り入れることが可能となる。

2-2 ハードウェア構成

3次元CTによる内部検査システムはX線テレビ装置、試料回転装置、画像処理装置、EWS2台、PC2台から構成される内部検査システムを構築した。図2にCT装置のハードウェア構成を示す。X線投影画像を撮影するため、市販のX線テレビ装置（東芝製 Tosmicron6125R）を使用した。この装置は125kV、0.5mAまでのX線が出力可能である。そのX線テレビ装

置中に、専用に設計した試料回転装置（2軸制御可能）を挿入し、試料を回転できるようにした。また、試料回転装置をXY移動テーブル上に設置して、回転中心と投影画像中心の位置合わせを可能にするため、試料を固定する回転治具の偏心が80ミクロン以下になるように設計し、その治具の陰影の両端エッジ座標の midpoint から回転中心を算出できるようにした。

X線投影画像は、イメージ・インテンシファイヤ（直径4インチ）で増幅してCCDカメラで撮像し、画像処理装置（日本アビオニクス製 ImageΣⅢ）により時間積算（16～32フレーム）を行い、量子ノイズを減少させた。試料回転装置のステッピングモータは、PC（Power Macintosh 9500）のシリアルポートからシーケンサーを介してを制御し、各回転ステップ（1度～2度）毎に、積算した投影画像の結果を、GPIBボード（National Instruments製PCI/GPIB/Mac）によりPCに取り込んだ。

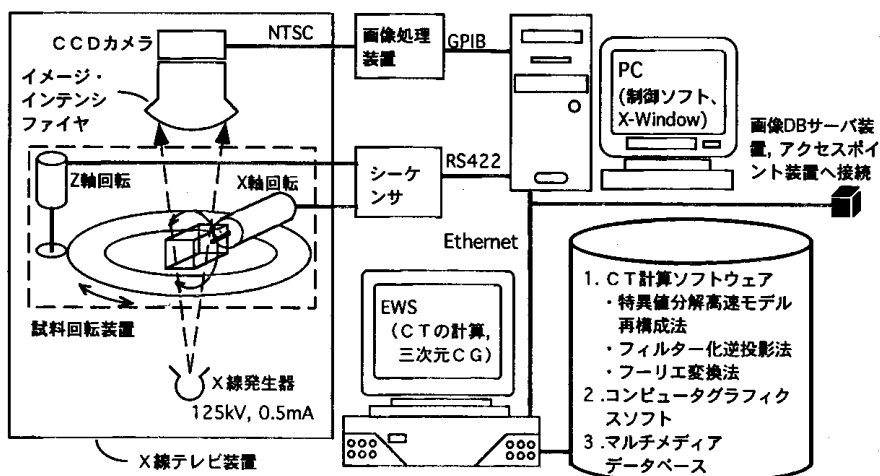


図2 CT装置のハードウェア構成

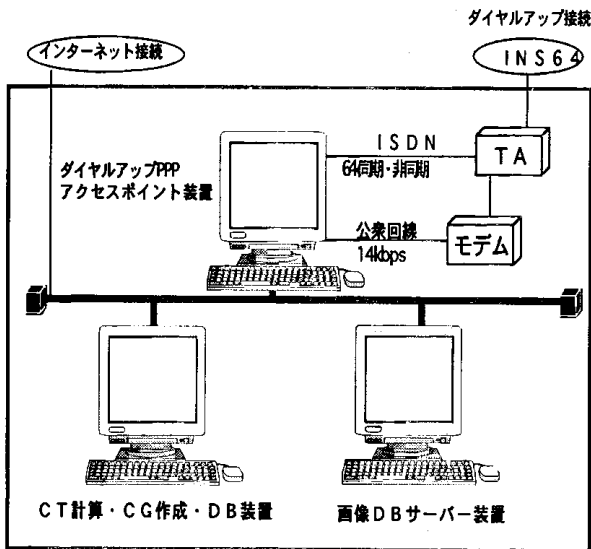


図3 ネットワーク装置のハードウェア構成

CTの計算 (C言語)、コンピュータグラフィクス (AVS社製 AVS)、マルチメディア・データベース (NTTデータ通信製 UniSQL) は、EWS (SPECrate_fp92=4645, SUN Sparc 20相当) で実行し、前述のPCをEWSにX-Window環境 (TENON製 MachTen) で接続した。ネットワークサーバは、DOS/V機 (Micron Pentium pro 200MHz)、画像サーバは、EWS (Silicon Graphics INDY R5000) で実現した。図3にネットワーク装置のハードウェア構成を示す。

2-3 ソフトウェア構成

2-3-1 CT計算ソフトウェア

この研究では、3種類のCT計算ソフトウェアを作成した。岩手大学で提案された特異値分解による高速モデル再構成法と、コンベンショナルな2方法のフィルタ化逆投影法と高速フーリエ変換法 (FFT法) である。

2-3-1-a 特異値分解による高速モデル再構成法

岩手大 田山先生の提案した特異値分解による高速モデル再構成法を実現するために図4の計算アルゴリズムを試作した。この計算方法は、最初にモデル化した空間を順問題として線形連立一次方程式にして、その逆問題を特異値分解により逆行列を求めて、直接的に解く方法

である。1次方程式の係数は、投影経路とピクセル間の距離の関数として、各ピクセルの位置を中心を持つ2次元SINC関数を投影経路で線積分して求めた。

$$p = \int \sum \sum \text{SINC}(x) \cdot \text{SINC}(y) \cdot f(x,y) dl \quad \dots (1)$$

ここでpは投影値、f(x,y)は未知の濃度である。

実験に使用したX線装置のX線経路は、扇状に広がるファンビームであり、線積分経路はX線装置の幾何学的形状と光学系に一致するように算出した。線積分範囲は、十分に広い範囲 (計算空間の1.5~2倍) で行い、計算空間の端に位置するSINC関数のテールの線積分が不十分なことに起因する疑似画像を減少させた。この計算を全ての投影経路で行い、行列表現して影響係数行列Cを求めた。

$$P = C F \quad \dots (2)$$

ここでPは投影ベクトル、Fは濃度ベクトルである。次にこの係数行列Cを特異値分解した。

$$C = U \Lambda V^T \quad \dots (3)$$

U, Vは直交基底行列である。特異値から構成される対角行列Λの、各要素の値の大きさの変化を調べて、急激に減少する直前までの特異値を採用し、逆行列Λ⁻¹を計算した。採用しなかった特異値に対応するΛ⁻¹の要素は値をゼロとする打ち切り操作を行い、VΛ⁻¹U^Tを計算して疑似逆行列C⁺を求めた。

$$C^+ = V \Lambda^{-1} U^T \quad \dots (4)$$

C⁺と投影ベクトルPをかけ算すれば、CT画像を再構成できる。

$$F = C^+ P \quad \dots (5)$$

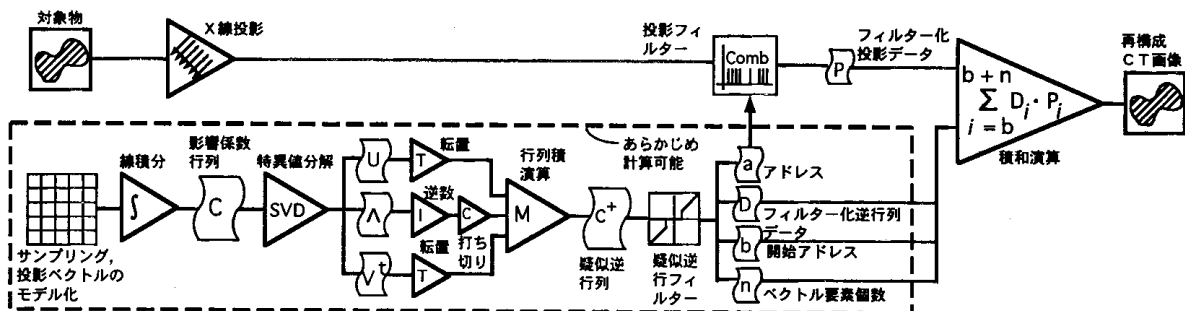


図4 開発した特異値分解による高速モデル再構成法の計算アルゴリズムのブロック図

さらに再構成時間を高速化させるために、疑似逆行列の値の大きさを調べ、その絶対値が閾値よりも大きい行列要素だけを選び出すフィルター処理を行った。疑似逆行列と投影ベクトルのかけ算は、積和演算となるので、疑似逆行列の絶対値が小さい要素は、積和演算結果に大きな影響を与えない。そこで、適当な閾値を選んでフィルター処理して、CT画像の劣化をほとんど生じさせずに、計算量を大幅に減少させた。投影ベクトルには、採用した疑似逆行列に対応する要素を抜き出すフィルター処理を行った。

2.3.1.b フィルター化逆投影法 (FBP法)

平滑化フィルタとコンボリューション (畳込み) 演算により逆投影演算処理を行った。この方法は、高画質であるが演算時間を要する問題があった。

2.3.1.c 高速フーリエ変換法 (FFT法)

高画質である理由でフィルター化逆投影法が多く採用されているが、この方法は、投影データが増えると急速に計算時間が長くなる問題があり、FFT法が見直されている。FFT法によるCT像の構成過程では、極座標で得られた投影データのフーリエ変換の結果を直行座標に変換する際に、内挿計算の精度の不十分さが原因で疑似画像が発生する。このため、内挿計算の精度向上を図る方法として、投影データの両端に"0"を付加し、みかけ上投影データを2倍にしてフーリエ変換の周波数精度を2倍にした。また、極座標から直交座標への変換に直線補間を用いた。この2つの方法により、画質の低下を抑えた。

2.3.2 遠隔CT画像提供サービスソフトウェア

2.3.2.a 画像処理機能の設計

部品内部を詳細に分析検査するために、CT画像の画素強調や拡大縮小を対話的に行う必要がある。これを実現するには、画像の保管・検索が主体だった従来の画像データベース機能に画像処理機能を追加する必要がある。また、これらの機能はネットワークで利用できなければならない。WWWサーバーは一方向的な情報発信だけでなく、ユーザー (クライアント) からの要求データを受信し、プログラムを実行する機能 (CGI: Common Gateway Interface) がある。この機能を使って、ユーザーからの画像処理要求に応えられるWWWシステムを構築した。CGIはHTML (Hyper Text Markup Language) の<FORM>タグにより、クライアントからの画像処理パラメータ・データと画像処理プログラム起動のイベントをサーバー側に知らせる機能である。この機能により、サーバーはクライアント要求を受け取り、画像処理を実行することが可能となる。画像処理結果はサーバー上にファイルとして一時的に保管され、クライアントに表示される。この全体の流れを図5に示す。

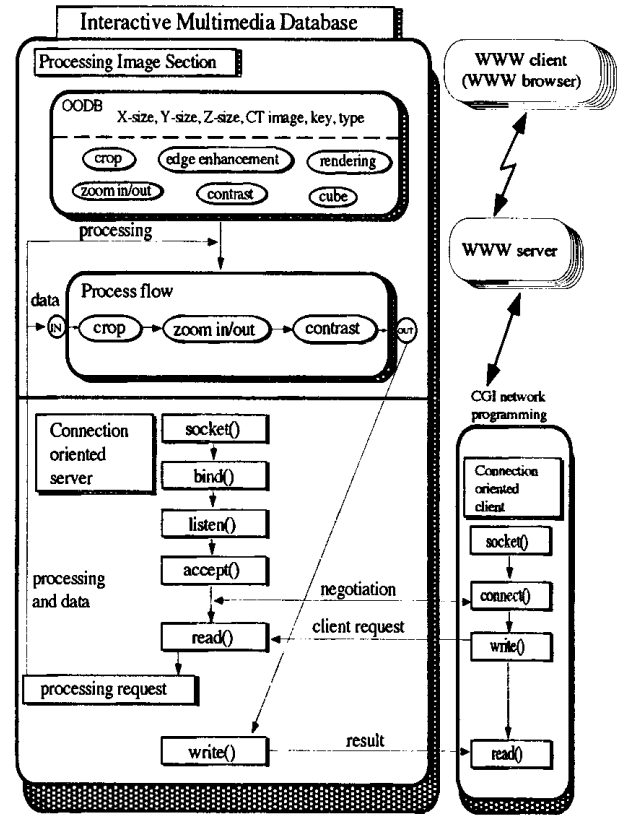


図5 ネットワーク構成図

2.3.2.b ネットワーク画像処理の実現

画像処理プログラムには市販ソフトであるAVSを使用した。これはCT画像に対して、様々な画像処理を対話的に実行可能できる画像処理ツールである。しかし、AVSはウィンドウ型のプログラムであるため、回線 (ISDN回線、一般公衆回線) を利用したネットワークでの利用は非常に時間がかかる。64kbpsのISDN回線で、AVSをリモート起動すると3分以上かかり、使用に耐えられなかった。そこで、AVSのネットワーク機能をバッチで起動させることでこの実行時間の問題を解決した。CLI (Command Language Interpreter) は、前述の機能を実現するAVSの機能である。このCLIをWWWサーバー側で実行させ、その画像処理結果をインターネットのWWWで配信する方法でネットワーク画像処理を実現した。

3 実験結果及び考察

3-1 特異値分解CT装置

構築したCTシステムの外観写真を図6に、試料回転装置の外観写真を図7に示す。観測可能な試料のサイズは最大が直径50mm、長さ70mm、最小は直径2mm、長さ2mmである。

1断面を検査するためのスキャン時間は、2度毎に32フレームを積算して180度回転させた場合190秒となる。CTの計算時間は、256×256画素を90方向

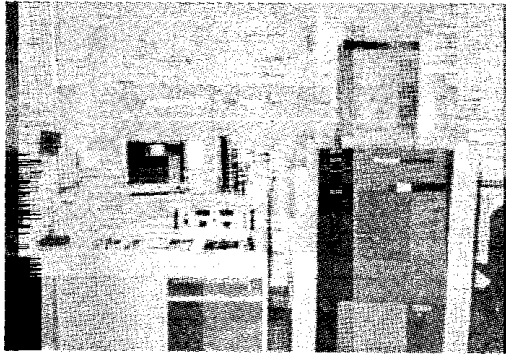


図6 構築したCT装置の外観写真

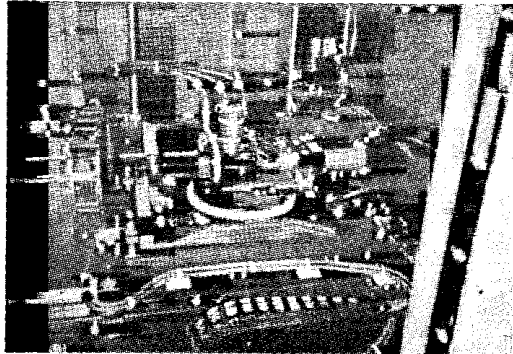


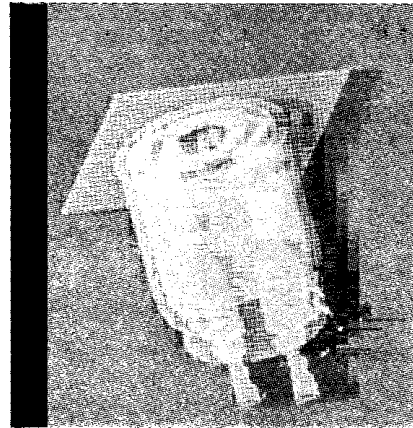
図7 試料回転装置の外観写真

(2度毎)の投影データから1断面を計算した場合、フィルター化逆投影法で5.56秒、高速フーリエ変換法で9.70秒であった。投影方向を増加するとフィルター化逆投影法の計算時間が増加し、投影数が180の時は逆転して高速フーリエ変換法の方が高速になった。これは高速フーリエ変換法では投影方向が少なくなると内挿計算に時間を要するためである。

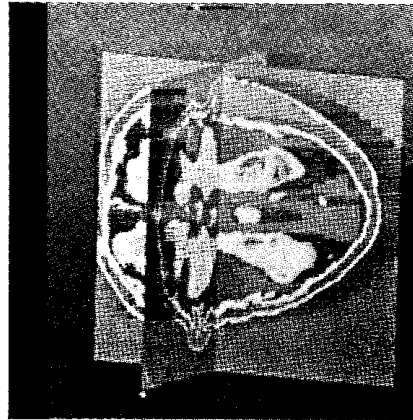
また、投影画像を投影方向毎に512×480ピクセル個で読み込み256×256画素で480断面を一度に計算する3次元CTも実現した。データ取り込み時間は約5分20秒、再構成時間はフィルター化逆投影法で約45分であった。図8に3次元CTの結果の二例を示す。図8(a)は電解コンデンサー、図8(b)はクルミである。

一方、特異値分解による高速モデル再構成法については、岩手大学でシミュレーション実験を行っていたが、実測によるX線投影データから、我々が初めてCT画像の再構成に成功した。図9(a)に再構成画像を示す。

対象物はアクリル製の部品で、寸法を図9(b)に示す。再構成条件は、64×64画素、9方向(投影線:1152本)である。再構成された画像は、サンプリングにより帯域制限され、さらにノルム最小二乗の働きにより、他の方法よりも滑らかになる。補間的要素は、影響係数を計算するときにSINC関数のテールの広がりを含めて線積分しているので、単純な積和演算だけで滑らかな画像の再構成が可能である。投影データを少なくしても、ある程度の妥当な断面を再構成することができ、生産ライン中での工程検査モニター等に期待できる。実効的な計算速度(ファイルI/O除く)を比較すると、64×64画素、



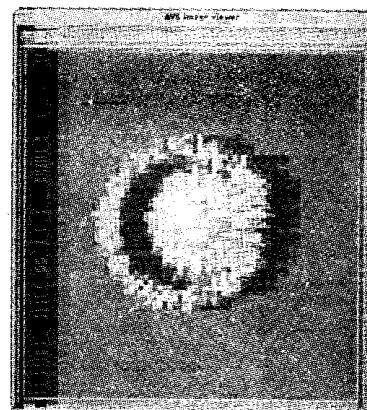
(a) 電解コンデンサー



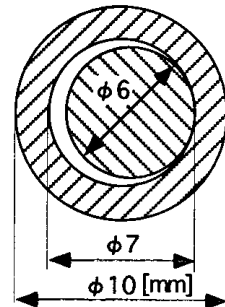
(b) クルミ

図8 フィルター化逆投影法による3次元CTの結果

9方向(20度毎)の場合で、フィルター化逆投影法が91ms、高速フーリエ変換法が450ms、高速モデル再構成法が74msであった。高速モデル再構成法は、最終計算が積和演算だけであるので、ハードウェアによる計算に好都合であり、さらに高速計算ができると考えられる。計算可能な画像サイズは、特異値分解の計算に大量の計算をする必要があるため、計算機メモリーの制限に

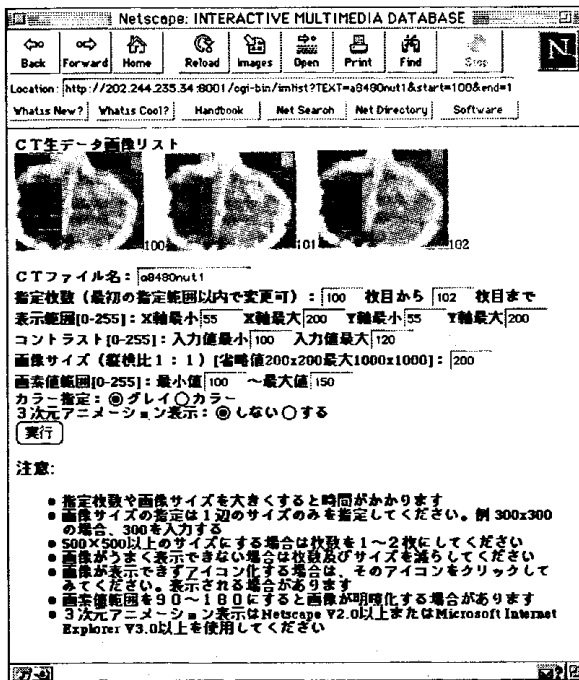


(a) アクリル製の部品



(b) アクリル製部品の寸法

図9 特異値分解高速モデル再構成法による再構成画像



(a) パラメータ入力画面



(b) 画像処理結果

図10 WWWブラウザを利用したCT用画像DB画面

http://202.244.235.34:8001/

より64×64画素、9方向(20度毎)に留まった。サイズの大きい影響係数行列になるほど、値がゼロに近い行列要素が増えるので、今後この特性を利用して、今までよりも大きな行列を特異値分解できる方法を導入していく。

一方、遠隔CT画像提供サービスは試験的にインターネット上で公開しており、CT画像の検索と画像処理が実行できる。利用形態は、通常のインターネットとダイヤルアップによる直接接続の2種類から接続可能とした。これにより、企業はインターネットプロバイダ経由、ISDN、一般公衆回線のどれかを使用しての接続が可能となった。今後、画像処理種類の拡張と企業への開放・展開を行っていく予定である。図11にCT用画像DBの操作画面を示す。図10(a)はWWWブラウザによる画像処理パラメータの入力画面、図10(b)は画像処理結果である。

4 結 言

市販のX線テレビ装置と試料回転装置を組み合わせ、CT装置のハードウェアを構成し、その制御プログラムやCT計算のプログラムを開発して、安価に簡易的なCT装置を実現した。この装置は、「CT装置」として平成7年12月6日に特許願第317686号の申請を行った。さらに、そのCT装置で得られた断面画像をコンピュータ・グラフィクスによって三次元表示するとともに、インターネット接続により遠隔CT画像提供サービスを可能とする実用性の高い内部検査システムを構築した。このことにより、安価にCT装置を実現する

手法を提供することができ、また、ネットワーク上からも開放して利便性を大幅に高めた検査サービスを提供することが可能になった。

謝辞：本研究を遂行するにあたり、指導していただきました岩手大学工学部の田山典男教授、東北工業技術研究所の鷲見新一室長および北海道工業技術研究所の池上真志樹主任研究官に深く感謝いたします。

文 献

- 1) 隅崎,小林,新世代3次元CT診断,南江堂(1995).
- 2) 岩井:CTスキャナ,コロナ社(1981).
- 3) G.ストラング,線形代数とその応用,産業図書,151-167(1995).
- 4) 田山,船岡:緩やかな2次元濃度分布に対する打切り特異値分解による可視化計測,可視化情報,14, No.52, 21-27(1994).
- 5) N. Tayama, S. Saito and M. Miura: Fast Visualization for 3D Smooth Density Distribution from a Few Projections, *Third Asian Symposium on Visualization Proc.*, G16, 681-686(1994).
- 6) 田山,楊:緩やかな濃度分布の線形計画法による非破壊検査,非破壊検査,43, 41-47(1995).
- 7) 田山:緩やかな濃度分布に対する最小二乗法による非破壊検査,非破壊検査,43, 435-443(1995).
- 8) 大坊,長谷川,熊谷,藤澤,南幅,田山:少数投影によるCT装置の開発,第56回応物学会予稿集,26a-G-7, 51(1995).

高硬度難加工材の旋削加工技術の確立*

堀田 昌宏**, 若槻 正明**, 和合 健**,
飯村 崇**, 多田 三郎**

cBN工具など高性能な工具材の進歩・普及によって仕上げ加工が研削から切削へと移行する動きが見られ、この動向に対応するための基礎研究を実施した。切り込み配分の変更を積極的に行いながら焼入鋼を旋削加工したところ、送り方向において切削後の残留応力が、材質や切削前の表面状態よりも、切削条件に依存することが判明した。その結果、切削条件により残留応力を制御できる可能性が出てきた。

キーワード：焼入鋼，旋削，残留応力

Study on Turning Technique for Difficult-to-machine Materials of High Hardness

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

There is a few motion that is the change from finish grinding to finish cutting by progress and spread of high potential tool(ex. cBN),and we performed basic research for dealing with this trend.when we turn hardened steel with actively changing of cutting distribution,we found that residual stress after cutting depend on cutting conditions than the quality of the material and the surface condition before cutting, as for a feed direction.Hence residual stress seems to be controlled by cutting conditions.

key words : hardened steel, turning, residual stress

1 緒 言

従来、熱処理（焼入れ）を伴う部品加工は切削加工による荒加工終了後、熱処理を行い研削加工や放電加工により仕上げるのが通例である。しかし、cBN工具などの高性能な工具の進歩及び普及により、熱処理を最初に行い、その後、切削による荒加工、仕上げ加工を行う例が増えている。ところが、仕上げ加工を研削から切削に置き換えた場合、製品品位（寸法精度、面粗さ、残留応力）に及ぼす加工の影響は大きい。特に残留応力の影響は、切削仕上げ面に引張応力が残留する場合、時効割れ、腐食割れ、疲れ強さの低下等の原因となり、また工作物の変形をもたらし、その結果、幾何学的精度を満たさなくなったりする。この残留応力を除去するには、低温焼

きなまし等の熱処理や、ショットピーニング等の機械的方法がある。しかし、上記のような方法が不可能な製品の切削加工では、切り込みや送りを小さくして、加工変質層や残留応力を少なくする方法がとられている。そこで、引張り残留応力を発生しない切削加工法、更には残留応力そのものを制御する指針として、笹原・帯原・白樫ら¹⁾は各切削工程毎に切削厚さの変更を積極的に利用することで、工作物表面の残留応力・ひずみの状態が制御可能であることを提言している。

上述のことをふまえ、切削加工による最終仕上げの場合、一回の切り込みで終了することはあり得ないから、切り込み配分の変更を行うことで工作物の幾何学的精度及び表面の残留応力がどのように変化するかについて、

* 高硬度難加工金属材料の高精度加工技術の開発（東北ブロック広域共同研究推進事業）

** 電子機械部

焼入鋼を切削し検証した。また工具損耗及び切削抵抗についても、併せて検証を行った。

2 実験方法

切削は外周旋削とし、仕上がり寸法を任意の被削材径 ($\phi 40\text{mm}$, $\phi 100\text{mm}$) -2mmと設定し、仕上げしろを2mmに固定した。また、1回で仕上げることは無いこと、1回目の切り込みが総切り込み量の半分以下とはならないと仮定し、また加工能率をも考慮し、最高3回の切り込みとした。なお、総切り込み量1.0mmに対する0.1mm刻みでの切り込み配分は38通りの組み合わせとなる。一方、切削時には被削材表面/1回目切り込み/2回目切り込み/3回目切り込みと各仕上げ面の表面をわずかつ段差をつけて残しておき、触針式表面粗さ測定機で表面粗さ及び段差量の測定を行った。なお切り込みの設定は、図1に示すようにレーザ変位計で確認した。また、切り込み方向の分力で工作精度に影響する²⁾背分力及び切削方向の分力である主分力といった切削抵抗も測定した。

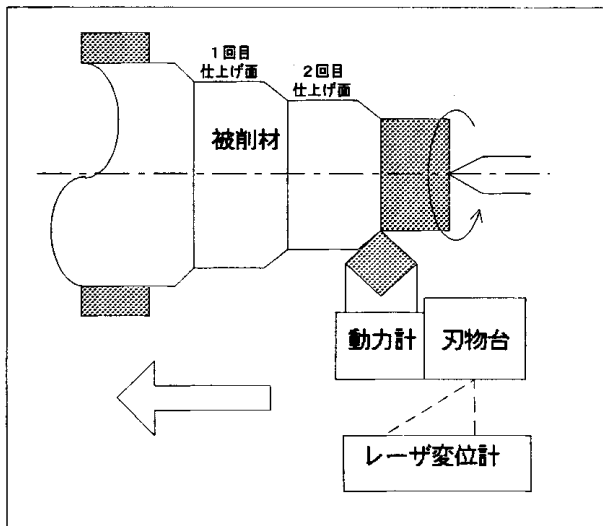


図1 実験模式図

工具は表1に示すように超硬 (K10)、炭化チタン窒化チタン系サーメット (以下サーメットと称す)、アルミナ系セラミックス (Al_2O_3 結晶粒子を微細化したもの、以下セラミックスAと称す) 及び同じくアルミナ系セラミックス (Al_2O_3 に炭化チタンTiCを添加したもの、以下セラミックスBと称す) の4種とcBN (セラミックスバインダを用いてcBN微粒子を焼結させたもの) 工具を用いた。表2、表3に本実験の使用機器、被削材の化学成分及び機械的性質を示す。また、今回被削材として、SKS3、SKH51、2種類の硬さが異なるSKD1

1を使用した。

なお、本文中の記号や符号は下記の通りである。

V: 切削速度 (m/min)

f: 送り (mm/rev)

a: 切り込み (mm)

t: 切削時間 (min)

R_{max} : 仕上げ面粗さ (μm)

R: ノーズ半径 (mm)

γ : 前切刃角 (deg)

表1 使用工具

物理的・機械的特性	超硬, セラミックスA, セラミックスB, サーメット -6, -6, 6, 6, 15, 15, 0.8mm cBN -6, -6, 6, 6, 15, 15, 0.4mm		抗折力 (GPa)	破壊靱性値 K _{1c} (MPa·m ^{1/2})	ヤング率 (GPa)
	密度 (g/cm ³)	硬さ (HRA)			
超硬		92	2.4		620
サーメット		92	1.7		
セラミックスA	4.3	94	0.9	5.7	400
セラミックスB	4.24	94.3	0.8	4.3	370

(メーカーカタログより抜粋)

表2 使用機器の仕様

・工作機械	汎用旋盤 昌運カズヌーブ(無段変速)
・段差及び表面粗さ測定	触針式表面粗さ測定機
・応力測定	テラホフゾン Form Talysulf S5 微小部X線応力測定装置
・切削力測定	3分力切削動力計 佐藤マシナリー AST式旋削工具動力計

表3 被削材の化学成分及び機械的性質

被削材	化学成分(%)									
	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	V
SKD11-A	1.42	0.27	0.47	0.24	0.01	0.07		12.8	0.84	0.23
SKD11-B	1.42	0.27	0.47	0.24	0.01	0.07		12.8	0.84	0.23
SKS3	0.89	0.23	1.15	0.15	0.06	0.07	0.07	0.42	0.1	0.43
SKH51	0.88	0.3	0.26	0.15	0.01	0.06	0.19	4.13	5.73	1.79

被削材	熱処理条件			HRC
	焼き入れ	焼き戻し		
SKD11-A	850°C-180分 50分-油冷	1040°C-120分	600°C 90分 空冷	45
SKD11-B	850°C-180分 30分-油冷	1040°C-120分	180°C 90分 空冷	58
SKS3	830°C 油冷		250°C 90分 空冷	60
SKH51	1210°C 油冷		560°C 空冷	60

(メーカー提供mill sheetより抜粋)

3 実験結果及び考察

3-1 工作物の幾何学的精度

切り込み配分変更による工作物の幾何学的精度変化について検証するため、表4の切削条件で実験を行った。なお、硬度の点から被削材SKD11-Aは焼入鋼と考えにくい、他の被削材と比較するため使用した。

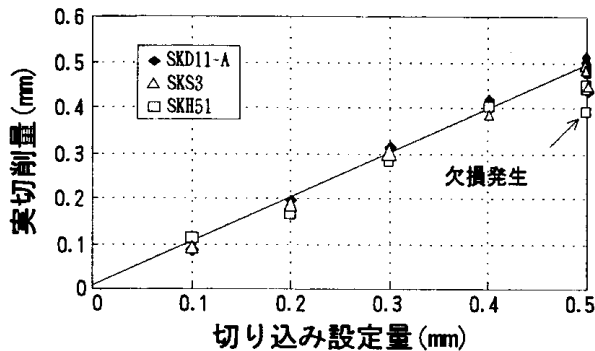
図2は、切り込み設定量に対する実切削量の関係である。SKS3、SKH51において、設定切り込みが0.4mm以内では、実切削量のばらつきの程度がほぼ同じであ

高硬度難加工材の旋削加工技術の確立

表4 切削条件1

No.	切り込み配分(単位:mm)			切削条件
	1回目	2回目	3回目	
①	0.5	0.4	0.1	V 150m/min(乾式) f 0.1mm/rev a 左記切り込み配分による 被削材 SKD11-A, SKS3, SKH51 工具 セラミックスB
②	0.5	0.3	0.2	
③	0.5	0.5		

のに対し、設定切り込み0.5mmではばらつきが大きいが大きい。それに対し、SKD11-Aの場合、表4で設定した切り込みに対する実切削量のばらつきは小さい。これは被削材の硬さの影響が考えられ、硬度の低い方が切り込み設定量と実切削量が一致する傾向にある。



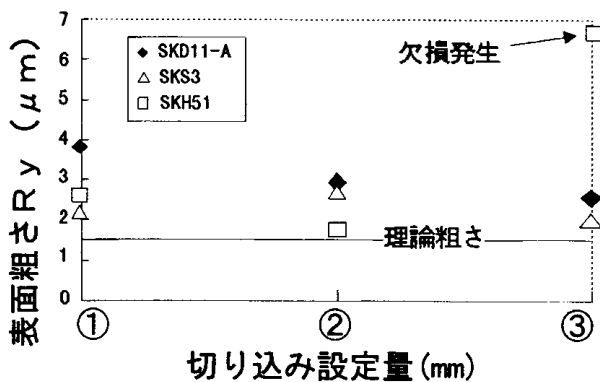
切削条件: V=150(m/min), f=0.1(mm/rev)
工具材種: セラミックスB

図2 切り込み設定量に対する実切削量

図3に表4による切削最終仕上げ面の表面粗さを示す。この時の最終仕上げ面の理論粗さは、下記計算式により計算すると約1.6μmとなる。

$$R_{max} = (f^2 / 8R) \times 10^3 \quad (f \leq 2R \sin \gamma)$$

欠損した値を除くとRyで2~4μmの範囲内にあり、SKD11-Aを除いて考えれば、ほぼ同じ粗さにあると考えられる。



切削条件: V=150(m/min), f=0.1(mm/rev)
工具材種: セラミックスB

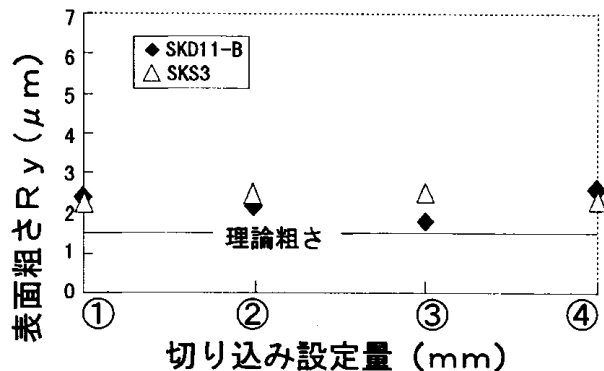
図3 最終仕上げ面の表面粗さ

また図4は切り込み配分、切削速度及び工具を変えて切削した際の最終仕上げ面の表面粗さを示す。なおこのときの切削条件は表5の通りである。

表5 切削条件2

No.	切り込み配分(単位:mm)			切削条件
	1回目	2回目	3回目	
①	0.5	0.4	0.1	V 100m/min(乾式) f 0.1mm/rev a 左記切り込み配分による 被削材 SKD11-B, SKS3 工具 セラミックスA
②	0.5	0.3	0.2	
③	0.6	0.4		
④	0.7	0.3		

なお、最終仕上げ面の理論粗さは、表4の切削条件と同じ約1.6μmである。最終仕上げ面の粗さRyには多少数値のばらつきはあるが、2回切り込み、3回切り込みといった切り込み配分の影響はそれほど見られない。また、図3、図4において、SKS3の3回切り込み①、②に着目すると、切削速度及び工具材種が異なっても、最終切り込みの影響は表面粗さの差として現れていない。さらに、焼入鋼の仕上げ切削面の表面粗さは、理論粗さに近くなる傾向が見られる。



切削条件: V=100(m/min), f=0.1(mm/rev)
工具材種: セラミックスA

図4 最終仕上げ面の表面粗さ

3-2 工具損耗

工具損耗における被削材と工具材種との関係を検証した。切削条件は、V=100(m/min), f=0.1(mm/rev), a=0.3(mm), t=1.0(min)とし、被削材はSKS3及びSKH51を、工具は超硬、サーメット、セラミックスA、セラミックスB、cBNを使用した。今回切り込みが0.3mmと小さいため、工具摩耗はほとんどノーズR部に発生している。

(1) 被削材SKS3の場合

写真1にSKS3切削時の工具材種別による工具損耗状況を示す。サーメット工具は横逃げ面から垂直方向に欠損が生じた。すくい面において、セラミックスA及びB工具は刃先部に摩耗が観察される。横逃げ面において、

セラミックスB工具の刃先部に境界摩耗が少しではあるが観察される。前逃げ面において、どの材種にも摩耗している部分が観察される。特に超硬工具には一定の幅で摩耗している部分があることが観察される。なお、セラミックスB工具には、セラミックスA工具に比べて摩耗が若干多く現れている。ところで、cBN工具は切削時間が短かったこともあり、摩耗は他の材種のものより少なかった。これらのことより、本条件でサーメット工具を使用しSKS3を切削するには問題があると思われる。

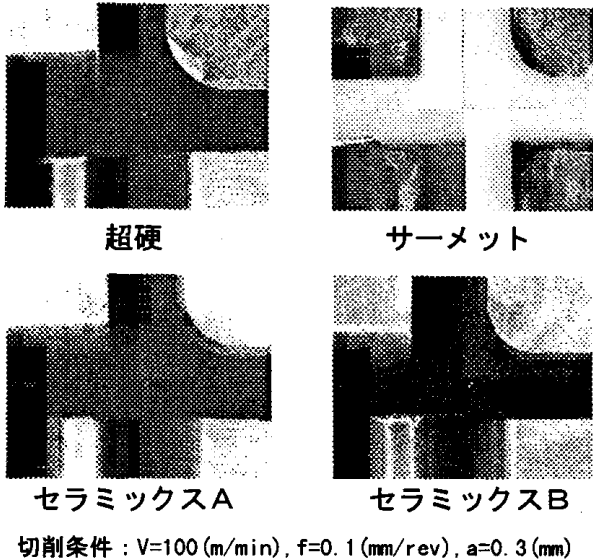


写真1 SKS3切削時の工具材種別による工具損耗

(2) 被削材SKH51の場合

写真2にSKH51切削時の工具材種別による工具損耗状況を示す。サーメット工具は横逃げ面から垂直方向に欠損が生じ、超硬工具は刃先部から前逃げ面にかけて欠損が生じた。すくい面において、SKS3切削時と同様にセラミックスA及びB工具には刃先部に摩耗が観察される。横逃げ面において、セラミックスA及びB工具の刃先部に境界摩耗が観察される。なおセラミックスB工具には、セラミックスA工具に比べて摩耗が若干多く現れている。前逃げ面において、どの材種にも摩耗している部分が観察される。また、セラミックスB工具はセラミックスA工具に比べて条痕が多い。ところで、cBN工具は切削時間が短かったこともあり、摩耗は他の材種のものより少なかった。これらの結果より、本条件で超硬工具及びサーメット工具を使用しSKH51を切削するには問題があると思われる。

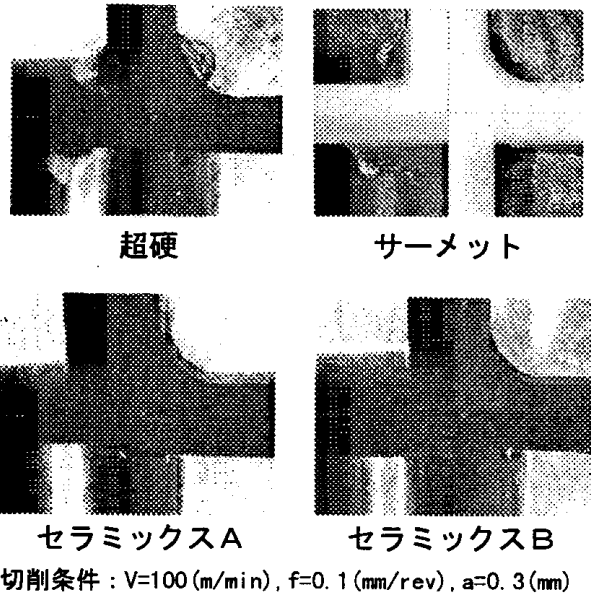
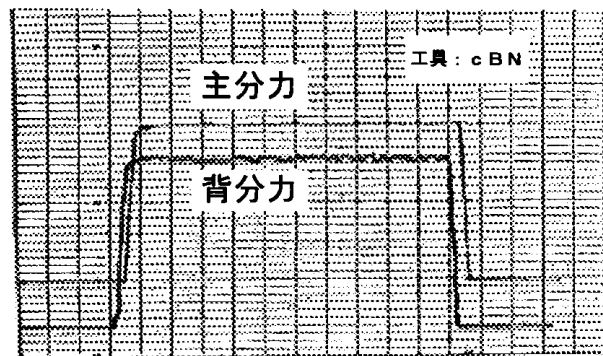
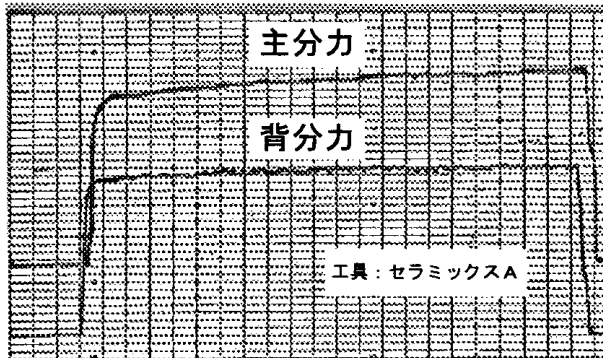


写真2 SKH51切削時の工具材種別による工具損耗
3-3 切削抵抗

被削材及び工具材種による切削抵抗の関係について検証を行った。切削条件は、 $V=100$ (m/min), $f=0.1$ (mm/rev), $a=0.3$ (mm)とし、被削材はSKS3及びSKH51を、工具は超硬、サーメット、セラミックスA、セラミックスB及びcBNを使用した。

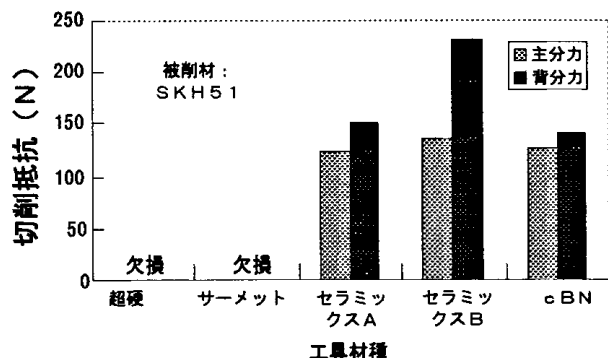
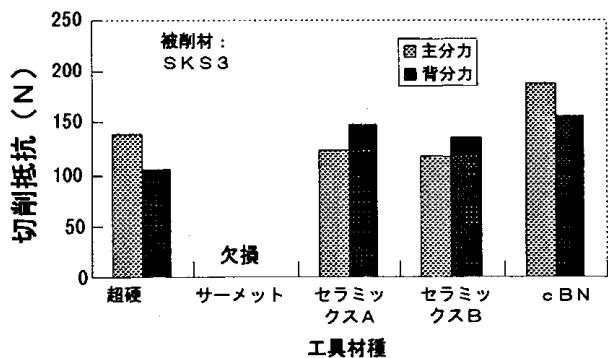


切削条件: $V=100$ (m/min), $f=0.1$ (mm/rev), $a=0.3$ (mm)

図5 SKH51を材種の異なる工具で切削した時の切削抵抗チャート図

図5は、SKH51をcBN工具及びセラミックスA工具で切削した際の切削抵抗のチャートを示す。図5において、cBN工具は抵抗が定常状態となり、ほぼ一定値を示しているのに対し、セラミックスA工具は定常状態とならず漸増傾向にある。このような傾向は、SKH51をセラミックスB工具で、SKD11をサーメット工具で、SKS3を超硬工具で切削した場合でも見られるが、原因の1つとして工具摩耗が進行し切れ味が落ちたためと考えられる。また、SKH51を超硬工具で切削したときは工具が欠損し、測定不可能となった。この状態は、SKS3及びSKH51をサーメット工具で切削した際にも見られる。

図6は、焼入鋼(SKS3, SKH51)を材種の異なる工具で切削した際の切削抵抗を示したものである。サーメット工具でSKS3及びSKH51を、超硬工具でSKH51を切削した際、欠損が生じたため、測定不可能となった。また、低硬度鋼を切削した場合と異なり、背分力は主分力より大きい値を示している。これは硬いものを切削するためには大きな押付力を要するから、そのために大きな背分力が発生したものと考えられる。ところで、SKH51をセラミックスB工具で切削した際の背分力が他の工具材種で切削したときよりも高くなっているが、その原因は不明である。これらのことから、



切削条件: V=100(m/min), f=0.1(mm/rev), a=0.3mm

図6 工具材種別による切削抵抗

焼入鋼の切削にはcBN, セラミックス工具が適していると考えられる。しかし、cBN工具は高価であり、荒加工からcBN工具を用いることは加工コストの増大を招くので、荒加工においてセラミックス工具での切削が不可能である場合にのみ用いる等の工具選択が重要であると思われる。

3-4 残留応力

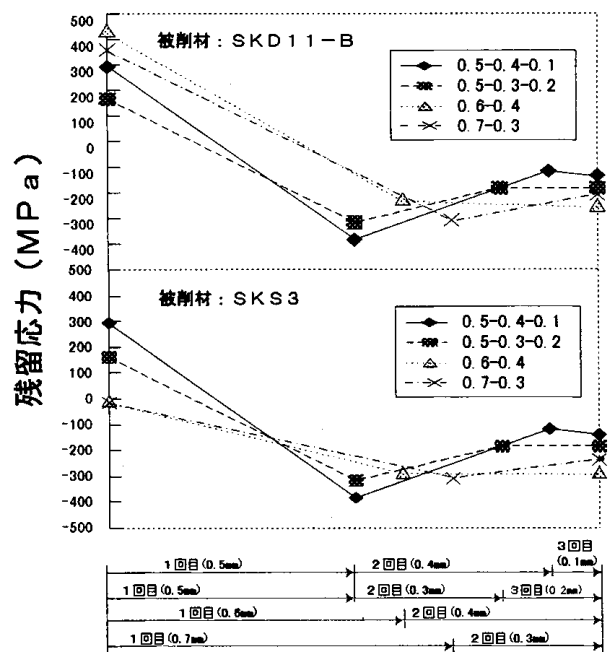
切削工程毎に切り込み配分の変更を積極的に行うことで、工作物表面の残留応力の状態が、どのように変化するかを検証するため、表6の切削条件で実験を行った。

表6 切削条件3

切り込み配分(単位:mm)			切削条件
1回目	2回目	3回目	
0.5	0.4	0.1	V 100m/min(乾式) f 0.1mm/rev a 左記切り込み配分による 被削材 SKD11-B, SKS3 工具 セラミックスA
0.5	0.3	0.2	
0.6	0.4		
0.7	0.3		

なお、切削面の応力測定は微小部X線応力測定装置を用いて行い、 $\sin^2 \phi$ 法により応力を求めた³⁾。特性X線はCrK α 線を使用し、管電圧30kV, 管電流40mA, コリメータの直径を1.0mmとした。

図7は、送り方向の残留応力変化を示す。ここで、正の値の残留応力は引張りの残留応力を、負の値の残留応力は圧縮の残留応力を示す。表面に圧縮または引張りの残留応力のどちらかが存在しても、1回目にある程度切



切削条件: V=100(m/min), f=0.1(mm/rev)
工具材種: セラミックスA

図7 送り方向の残留応力

り込むことにより、残留応力は圧縮の方向に向かっている。逆に2回目、3回目と切り込む毎に、残留応力は引張りの方向に向かっているのが見られる。このことは、切削後の残留応力が、材質や切削前の表面状態よりも、切削条件に依存することを示しており、切削条件により残留応力の制御が可能であることが推察される。

図8は、円周方向の残留応力変化を示す。ここで、図7と同様に、正の値の残留応力は引張りの残留応力を、負の値の残留応力は圧縮の残留応力を示す。円周方向の残留応力変化は、送り方向ほど大きくない。最終仕上げ面の残留応力量は切削前の残留応力量とほとんど変化がないと思われる。

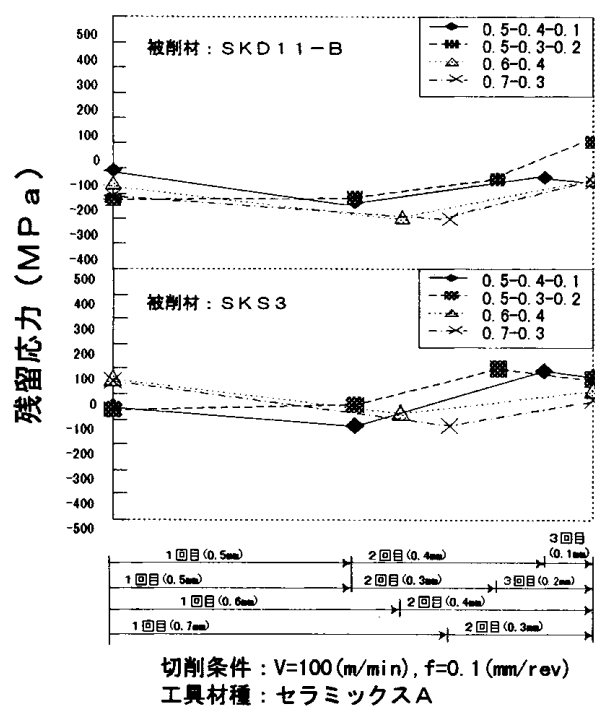


図8 円周方向の残留応力

4 結 言

高硬度難加工金属材料の仕上げ加工を研削加工から切削加工へ置き換えようとする試みに対応するため、切り込み配分の変更を積極的に行うことで工作物の幾何学的精度及び表面の残留応力がどのように変化するかを、また工具損耗及び切削抵抗についても検証した。その結果以下のようなことがわかった。

- (1) 焼入鋼はcBN, セラミック工具の組み合わせで切削可能である。
- (2) 表面粗さに対する切り込み回数の影響はあまり見られない。
- (3) 送り方向における切削後の残留応力量は、材質や切削前の表面状態よりも、切削条件に依存しており、切削条件により残留応力量を制御できる可能性がある。

謝 辞

本研究の遂行にあたっては、東北工業技術研究所金属素材部主任研究官高橋利男氏及び岩手県技術アドバイザー一仁科健治氏の貴重な助言をいただき、厚く御礼申し上げます。

本研究は中小企業庁技術開発研究費補助事業(東北ブロック広域共同研究推進事業)として実施したものである。

文 献

- 1 笹原, 帯川, 白樫: 切削工程による加工変質層の推移と制御, 精密工学会誌, 61, 1453(1995)
- 2 中山, 上原: 機械加工, 朝倉書店, 37(1983)
- 3 日本材料学会: 改著X線応力測定法, 養賢堂, 146(1981)

品質工学に基づくエンドミルによる焼入鋼切削の最適化

和合 健**、若槻 正明**、堀田 昌宏**、
飯村 崇**、多田 三郎**

品質工学の手法に従い、市販の高硬度材切削用エンドミルを用いて焼入鋼切削における加工条件の最適化及び切削時の状態観察を試みた。被削材は焼入鋼SKD11(HRC50)とSKS3(HRC58)の2材種を用い、工具は6枚刃超硬(Al,Ti)Nコーティングエンドミルを使用し、品質工学に基づく実験計画で直交表L₉に従い切削実験を行った。その結果、切削寸法を重視するときは、工具径の太いエンドミルを使用し、切削速度300(m/min)の切削条件で良好な寸法精度が得られた。以上の実験から、焼入鋼SKD11(HRC50)とSKS3(HRC58)がエンドミルにより十分切削可能であることがわかった。

キーワード：焼入鋼、エンドミル、切削加工、品質工学

Optimization on Endmill cutting for Hardened Steel Using Quality Engineering Method

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

According to method of Quality Engineering, we try to cut hardened steel for the purpose of optimization of cutting parameters and observation of cutting characteristics by hardness cutting endmill on the market using. For the work materials, SKD11(HRC50) and SKS3(HRC58) are used and, we choice endmill which is made from cemented carbide, have six cutting tooth, and is coated (Al,Ti)N, We make a processing experiment of orthogonal array L₉ under the basis of Quality Engineering. As a result, we got a good precision length if we choiced a thick endmill with cutting speed 300(m/min). In conclusion, we find out that hardened steel SKD11(HRC50) and SKS3(HRC58) can be cut by endmill.

key words : hardened steel, endmill, cutting, quality engineering

1 緒 言

オーステンパ球状黒鉛鋳鉄(ADI)の窒化処理による金型の研究や、放電プラズマ焼結法により金型部品を製作する研究など金型材料の高機能化、高硬度化への研究が進められている一方で、硬い金型を加工するための技術開発が要求されている。従来、焼入鋼など高硬度材の加工は、放電加工により行っているが低加工能率、段取り替えの多さなど問題が多い。特に、型修正などの部分的な加工では、エンドミルなどの切削加工が応用できれば加工時間の短縮が可能となる。しかし、エンドミル

による焼入鋼切削は、断続切削による工具欠損、低剛性による工具破損など解決すべき多くの問題があり、企業において一般に行われていない。近年、高硬度材切削用エンドミルが市販され始め、我々ユーザとしても汎用的な焼入鋼切削のために切削条件、加工精度など基本的なデータ蓄積は重要と考えられる。

筆者らは、品質工学の手法に従い、市販の高硬度材切削用エンドミルを用いて、マシニングセンタ(以下、MC)による焼入鋼切削における加工条件の最適化及び切削時の状態観察を試みたので報告する。

* 高硬度難加工材のエンドミル加工技術の確立(第1報)

** 電子機械部

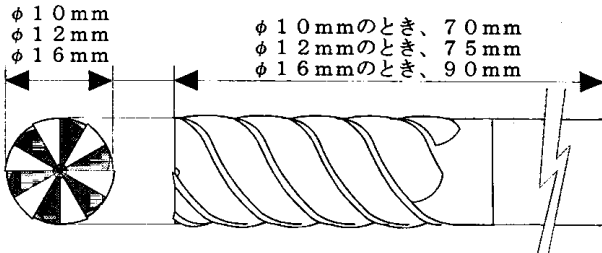
2 実験装置及び実験方法

2-1 加工機械及び工具

表1にMCの主な仕様、図1に実験に使用したエンドミルを示す。

表1 MCの主な仕様

立/横形の形式	立形マシニングセンタ(三井精機VS3A)
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

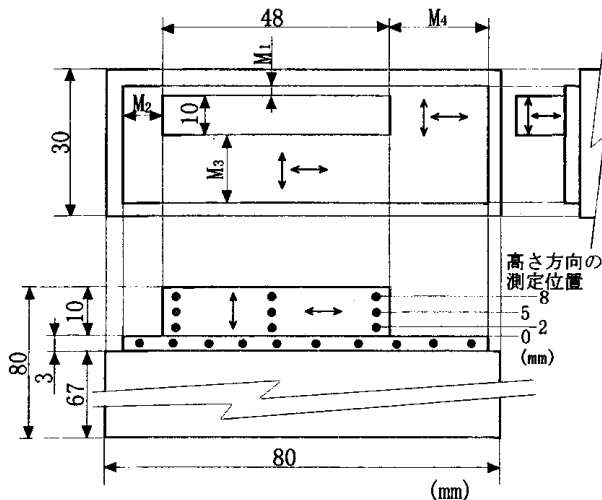


K社製 6枚刃超硬(Al, Ti)コーティングエンドミル

図1 実験に使用したエンドミル

2-2 供試材料

図2に、切削加工後のテストピースの形状と計測位置を示す。SKD11(HRC50)とSKS3(HRC58)の2種類を被削材とし、エンドミル加工は側面削りで、80mm×30mm×80mmブロックから表2のM₁、M₂、M₃、M₄に示す目標の寸法に仕上げる。テストピースの形状を決める要点として、焼入鋼における切削特性を重視したことから、MCの送り誤差による影響が少ない1軸送りで加工できる単純な形状とした。



- 寸法測定の測定点
(9点、ただし、高さ方向は2mm, 5mm, 8mmの位置、横方向は任意の位置)
- 寸法測定の基準点
(10点の平均値)

↑↔ 表面粗さの測定位置

図2 切削加工後の形状と計測位置

2-3 計測

図2のM₁、M₂、M₃、M₄を三次元測定機(ZEISS製UPMC550-CARAT-HSS)で測定した。エンドミルのたわみによる形状誤差を算出するために、高さ方向に正確な位置決めを行い、面全体を9点測定した。表面粗さは、図2に示すM₃、M₄の面についてエンドミルの側刃による切削面と底刃による切削面を測定した。測定点数は1面あたり4点とし、表面粗さパラメータはR_zとした。

2-4 信号因子と水準

信号因子は表2のとおりとした。信号因子が切削寸法の場合は、転写性となりゼロ点比例式 $y = \beta M$ より実測値 y 、感度 β 、指示値 M で $\beta = 1$ が目標値となる。表面粗さは、望小特性によりSN比を求めた。

表2 信号因子と水準

信号因子	水準 (単位: mm)			
	M ₁	M ₂	M ₃	M ₄
切削寸法	2	8	14	20

2-5 誤差因子

誤差因子は、特に割り付けなかった。しかし、エンドミルのたわみによる被削材の形状誤差¹⁾を考慮して計測を行い、SN比の算出でエンドミルのたわみによるばらつきを誤差として計算した。

2-6 制御因子と水準

表3に制御因子と水準を示す。制御因子は工具メーカー推奨値²⁾を参考に直接加工に影響がありそうな因子を4種類割り付け、特に切削速度は高切削速度の設定とした。表4にその他の切削条件を示す。

表3 制御因子と水準

制御因子	水準	水準		
		1	2	3
A 切削速度 V(m/min)		100	300	400
B 一刃あたりの送り Sz(mm/tooth)		0.01	0.03	0.05
C 半径方向切り込み rd(mm)		0.01D	0.03D	0.05D
D 工具径 φ(mm)		10	12	16

注) Dは工具径

表4 その他の切削条件

切削方式	エンドミルによる側面切削
工具	6枚刃超硬(Al, Ti)コーティングエンドミル
切削方向	ダウンカット
冷却方式	エアブロー
軸方向切り込み	10mm
被削材	SKD11(HRC50) SKS3(HRC58)

2-7 割り付け

被削材及び表4に示す制御因子を、表5のように直交表L₉に割り付けた。

表5 直交表L₉の割り付け表

No.	制御因子				被削材	信号因子(切削寸法)			
	A	B	C	D		M ₁	M ₂	M ₃	M ₄
1	1	1	1	1	SKD11	計測データ			
2	1	2	2	2	SKS3				
3	1	3	3	3	SKD11				
4	2	1	2	3	SKD11				
5	2	2	3	1	SKS3				
6	2	3	1	2	SKD11				
7	3	1	3	2	SKD11				
8	3	2	1	3	SKS3				
9	3	3	2	1	SKD11				

注) 表面粗さは望小特性によりSN比を算出

2-8 SN比の算出³⁾

2-8-1 寸法精度を重視して解析した場合

(寸法を特性値として動特性のSN比を算出した場合)

表6の実験番号No.1の測定値よりSN比ηと感度βをゼロ点比例式y = βMより求める。

表6 実験番号No.1の測定値

(単位: mm)

高さ方向 の位置	横方向 の位置	水準			
		M ₁	M ₂	M ₃	M ₄
線形式L ₁ 2mm	1	1.9885	7.9947	14.0775	19.9812
	2	1.9909	7.9965	14.0834	19.9835
	3	1.9929	7.9979	14.0877	19.9795
線形式L ₂ 5mm	1	1.9886	8.0074	14.1065	19.9993
	2	1.9880	8.0072	14.1022	19.9973
	3	1.9842	8.0046	14.0972	19.9954
線形式L ₃ 8mm	1	1.9771	8.0029	14.0918	19.9842
	2	1.9801	8.0040	14.1000	19.9826
	3	1.9820	8.0057	14.1022	19.9852

信号値の平方和より有効除数rを求める。

$$r = M_1^2 + M_2^2 + M_3^2 + M_4^2$$

$$= 2.0000^2 + 8.0000^2 + 14.0000^2 + 20.0000^2$$

$$= 664$$

線形式L₁~L₃を求める。

$$L_1 = M_1 y_{111} + M_1 y_{112} + M_1 y_{113} +$$

$$M_2 y_{211} + M_2 y_{212} + M_2 y_{213} +$$

$$M_3 y_{311} + M_3 y_{312} + M_3 y_{313} +$$

$$M_4 y_{411} + M_4 y_{412} + M_4 y_{413}$$

$$= 2 \times 1.9885 + 2 \times 1.9909 + 2 \times 1.9929 +$$

$$8 \times 7.9947 + 8 \times 7.9965 + 8 \times 7.9979 +$$

$$14 \times 14.0775 + 14 \times 14.0834 + 14 \times 14.0877 +$$

$$20 \times 19.9812 + 20 \times 19.9835 + 20 \times 19.9795$$

$$= 1994.2218$$

L₂、L₃も同様に求める。

$$L_2 = 1996.1978$$

$$L_3 = 1995.1352$$

全2乗和S_Tを求める。

$$S_T = y_{111}^2 + y_{112}^2 + y_{113}^2 + y_{211}^2 + \dots$$

$$+ y_{432}^2 + y_{433}^2$$

$$= 1.9885^2 + 1.9909^2 + 1.9929^2 + 7.9947^2 +$$

$$\dots + 19.9826^2 + 19.9852^2$$

$$= 5995.19447 \quad (\text{自由度 } f = 36)$$

比例回帰項の変動S_βを求める。

$$S_\beta = (L_1 + L_2 + L_3)^2 / (3 \times 3 \times r)$$

$$= (1994.2218 + 1996.1978 + 1995.1352)^2$$

$$/ (3 \times 3 \times 664)$$

$$= 5995.12488 \quad (\text{自由度 } f = 1)$$

感度βを求める。

$$\beta = (L_1 + L_2 + L_3) / (3 \times 3 \times r)$$

$$= (1994.2218 + 1996.1978 + 1995.1352)$$

$$/ (3 \times 3 \times 664)$$

$$= 1.0015988$$

エンドミルのたわみを誤差因子としたβとの交互作用S_{β×N}を求める。

$$S_{\beta \times N} = (L_1^2 + L_2^2 + L_3^2) / (3 \times r) - S_\beta$$

$$= (1994.2218^2 + 1996.1978^2 + 1995.1352^2)$$

$$/ (3 \times 664) - 5995.12488$$

$$= 0.0009819 \quad (\text{自由度 } f = 2)$$

誤差変動S_eを求める。

$$S_e = S_T - S_\beta - S_{\beta \times N}$$

$$= 5995.19447 - 5995.12488 - 0.0009819$$

$$= 0.0686106 \quad (\text{自由度 } f = 36 - 1 - 2 = 33)$$

誤差分散V_eを求める。

$$V_e = S_e / 33$$

$$= 0.0686106 / 33$$

$$= 0.00207911$$

調合ノイズの誤差分散V_Nを求める。

$$V_N = (S_{\beta \times N} + S_e) / 35$$

$$= (0.0009819 + 0.0686106) / 35$$

$$= 0.0019883$$

SN比η(mm⁻²)を求める。

$$\eta = 1 / (3 \times 3 \times r) \times (S_\beta - V_e) / V_N$$

$$= 1 / (3 \times 3 \times 664) \times (5995.12488 - 0.00207911)$$

$$/ 0.0019883$$

$$= 504.5369 \text{ (mm}^{-2}\text{)}$$

$$\eta = 10 \times \log 504.5369$$

$$= 27.0289 \text{ (db)}$$

$$= 27.0 \text{ (db)}$$

誤差限界を求める。ほぼ95%信頼限界に相当する。

$$\pm 3 / \sqrt{\eta} = \pm 3 / \sqrt{504.5369}$$

$$= \pm 0.133559 \text{ (mm)}$$

$$= \pm 134 \text{ (}\mu\text{m)}$$

2-8-2 表面粗さを重視して解析した場合

(表面粗さ (Rz) を特性値として望小特性のSN比を算出した場合)

表7の実験番号No.1の測定値よりSN比ηを望小特性より求める。なお、表面粗さの測定位置については図2を参照のこと。

表7 実験番号No.1の側刃切削面の測定値

測定位置 No.	(単位: μm)			
	M ₃ の切削面		M ₄ の切削面	
y: 実測値	3.75	5.54	9.62	10.08

全2乗和S_Tを求める。

$$S_T = y_1^2 + y_2^2 + y_3^2 + y_4^2 \quad (\text{自由度 } f = 4)$$

$$= 3.75^2 + 5.54^2 + 9.62^2 + 10.08^2 = 239.12001$$

全2乗和S_Tの平均V_Tを求める。

$$V_T = S_T / 4$$

$$= 239.12001 / 4$$

$$= 59.78000$$

SN比ηを求める。

$$\eta = 1 / V_T$$

$$= 1 / 239.12001$$

$$= 0.016728 (\mu\text{m}^{-2})$$

$$\eta = 10 \times \log(1 / V_T)$$

$$= -17.76556$$

$$= -17.8 (\text{db})$$

誤差限界を求める。ほぼ95%信頼限界に相当する。

$$\pm 3 / \sqrt{\eta} = \pm 3 / \sqrt{0.016728}$$

$$= \pm 23.19525$$

$$= \pm 23.2 (\mu\text{m})$$

3 実験結果及び考察

3-1 寸法精度を重視して解析した場合

(寸法を特性値とした場合)

図3にSN比と感度の要因効果図を示す。図3のSN比の要因効果図より最適条件は、A₃B₁C₂D₃となるが、因子BとCは因子AとDと比較して因子間の効果は小さいことから、因子AとDを有意とし、因子BとCは誤差eに含まれると判断した。そこで最適条件は、A₃に対して切りくずが赤化せず工具負荷が軽減されるA₂、高切削能率B₃C₃を考慮してA₂B₃C₃D₃とした。

すなわち、図3に示したSN比の要因効果図から、被削材がSKD11 (HRC50)またはSKS3 (HRC58)のときで、寸法精度を重視する場合は、工具径が太い工具を使用し、切削速度は300(m/min)に設定して、一刃あたりの送り、半径方向の切り込みは一般的な範囲内で状況に応じて任意に設定すれば、良好な寸法精度が得られる。

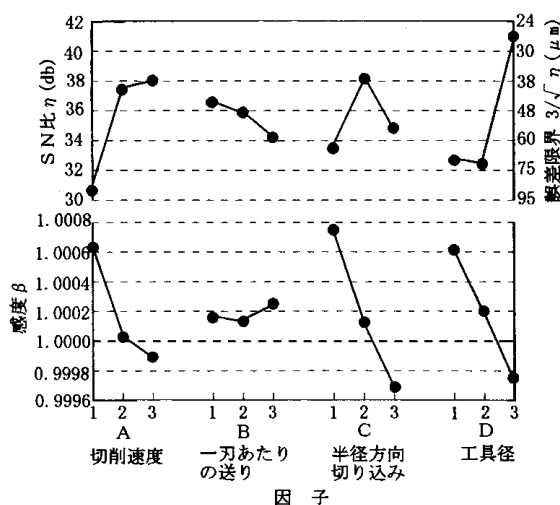


図3 信号因子を寸法とした場合のSN比と感度の要因効果図

表8に実験番号No.1の分散分析表を示す。表8に示した分散分析表などを参考に、エンドミルのたわみによる形状誤差を示すβ×Nの効果の大きさについて考察した結果、誤差eと比較してβ×Nが小さいことからエンドミルのたわみによる被削材の形状誤差はない。

表8 信号因子を寸法としたときの実験番号No.1の分散分析表

(単位: mm ²)			
source	f	S	V
β	1	5995.1249	5995.1249
β×N	2	0.00098	0.00049
e	33	0.06861	0.00208
T	36	5995.1945	-

表9に被削材種のSN比と誤差限界の平均値を示す。SKD11 (HRC50)がSKS3 (HRC58)よりSN比が小さい結果となっている。しかし、大きな差はないことから被削材種、硬度の相違による条件設定の偏りは小さいと推測される。

表9 被削材種のSN比と誤差限界の平均値

パラメータ	単位	SKD11 (HRC50)	SKS3 (HRC58)
SN比η	db	35.3	37.4
誤差限界	μm	63	47

3-2 表面粗さを重視して解析した場合

(表面粗さを特性値とした場合)

図4にSN比の要因効果図を示す。エンドミルの側刃と底刃では切削方式が異なるため、図4の要因効果図より最適条件が相違したものとなっている。エンドミルの側刃切削での最適条件は、A₂B₂C₂D₃となり、底刃切削での最適条件はA₂B₁C₁D₁となった。

つまり、図4に示したSN比の要因効果図より、被削材がSKD11 (HRC50)またはSKS3 (HRC58)のときで表面粗さを重視する場合は、エンドミルの側刃と底刃切

削では最適条件の設定が異なる。エンドミルの側刃切削面では、特に一刃あたりの送りを0.03(mm/tooth)に設定し、工具径の太い工具を使用することで表面粗さが小さくなる。また、エンドミルの底刃切削では、半径方向の切り込みを小さくし、一刃あたりの送りを小さくすることで表面粗さが小さくなる。

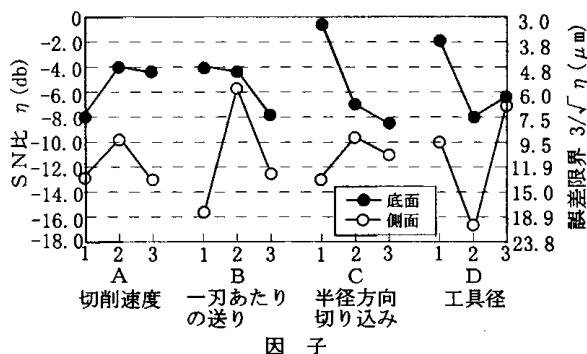


図4 信号因子を表面粗さとした場合のSN比と感度の要因効果図

3-3 確認実験

寸法を特性値とした場合において、最適条件と初期条件の因子の組み合わせにより確認実験を行い、得られた結果を表10に示す。なお、効果が小さい因子BとCは、最適条件と初期条件で同一の高切削能率の設定とし、被削材はSKS3(HRC58)とした。

表10 確認実験の結果

		推定値	確認実験
最適条件	SN比 η (db)	43.2	44.8
A ₂ B ₃ C ₃ D ₃	感度 β	0.999580	1.000062
初期条件	SN比 η (db)	28.1	34.7
A ₁ B ₃ C ₃ D ₁	感度 β	1.001074	1.000081
利得	SN比 η (db)	15.1	10.1

この結果、推定値と確認実験の利得はほぼ一致し、利得の大きさは確認実験で10.1(db)となり、

$$\eta = 10 \log (\beta^2 / \sigma^2) \text{ より}$$

$$10.1 = 10 \log (\beta^2 / \sigma^2)$$

ここで、 $\beta \approx 1$ だから分散(ばらつき)は、

$$\sigma^2 = 10^{-1.01} \approx 0.0977 \approx 1/10.2$$

となる。また誤差(標準偏差)は、

$$\sigma \approx 0.3126 \approx 1/3.2$$

となる。すなわち、ばらつきは分散で1/10.2、標準偏差で1/3.2になることが期待できる。これは、最適条件が初期条件よりもばらつきが小さくなり、指示値が目標値に近づきやすいことを示している。

4 切削実験での切削状態観察

4-1 切削時の状態観察

品質工学に基づく切削実験と平行して切削時の状態観

察を行った。エンドミルによる焼入鋼切削の現象として、切削速度を400(m/min)程度に設定したときに、写真1に示すような切りくずが赤化する現象が多く観察される。

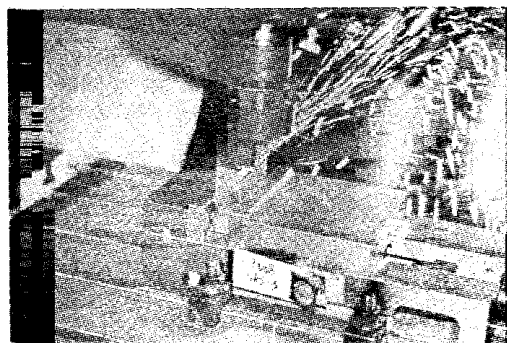


写真1 直交表L₈実験番号No.8の切削時の状況(被削材はSKS3(HRC58))

4-2 被削材の表面状態

確認実験において最適条件で切削した被削材表面について、写真2に側刃切削面、写真3に底刃切削面を示す。側刃切削面は、エンドミルの円形状が転写された様子が見られ、底刃切削面は、繰り返し切削する方式のため十字のカッターマークが見られる。また、全般に被削材表面は鏡面状になっている。

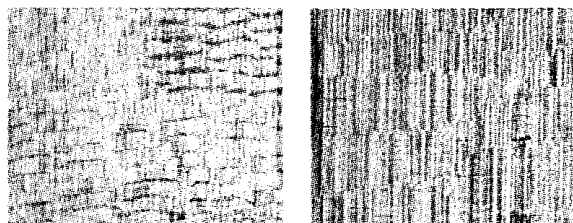


写真2 側刃切削面(右図は拡大したもの)(被削材はSKS3(HRC58))

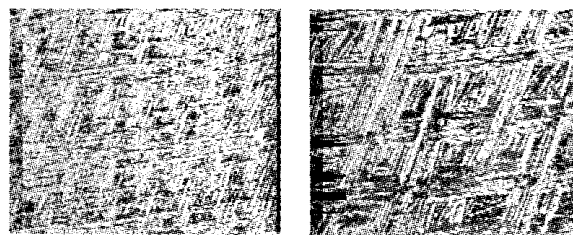


写真3 底刃切削面(右図は拡大したもの)(被削材はSKS3(HRC58))

4-3 工具摩耗について

実用的な切削では、工具摩耗は少なく工具寿命が長いことが経済性、加工段取りなど多くの点で有利となる。しかし、ここでの切削実験では、焼入鋼切削に対して工具摩耗の進行が早く、特に底刃と側刃が交わるエッジ部の摩耗が大きいと観察された。写真4は、確認実験での最適条件で使用したエンドミルで工具摩耗は少ない。一方、写真5は、参考資料として実験番号No.5でSKS3

(HRC58)を加工後、連続して焼入鋼SKH51(HRC60)を切削したエンドミルで、写真4と比較して工具摩耗が進行しているのがわかる。

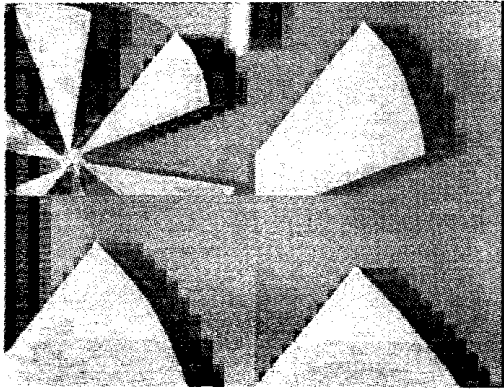


写真4 確認実験の最適条件で使用した
エンドミルの底刃
(被削材はSKS3(HRC58))

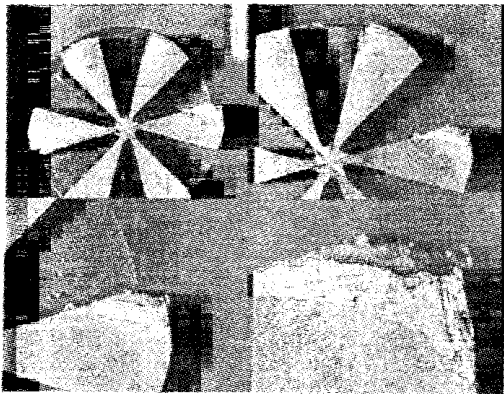


写真5 焼入鋼SKH51(HRC60)
を切削したエンドミルの底刃

4-4 切りくずについて

切りくずは、切削加工での切削状態を判断するうえで重要な信号となり、工具の切り込み、工具の送り、切削速度などその設定条件で転写された切りくず形状となる。本実験では、写真6に示すような針状の切りくずが多く観察される。

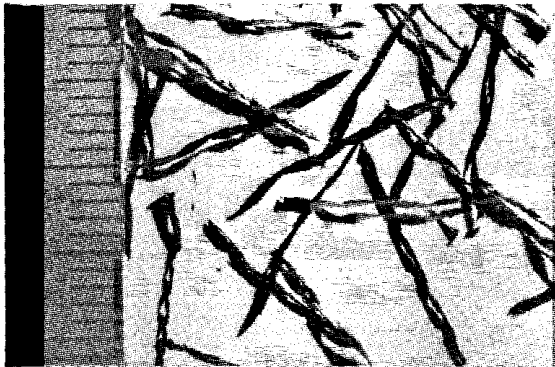


写真6 直交表L。実験番号No. 2の切りくず
(被削材はSKS3(HRC58))

5 結 言

本実験の結果、焼入鋼のエンドミル加工において、被削材が焼入鋼SKD11(HRC50)またはSKS3(HRC58)の場合で以下のことが明らかとなった。

- ・寸法精度を重視する場合、工具径が太い工具を使用し、切削速度が300(m/min)の設定で良好な寸法精度が得られる。
- ・エンドミルのたわみによる形状誤差を示す $\beta \times N$ の効果の大きさは、誤差 e と比較して小さいのでエンドミルのたわみによる被削材の形状誤差はないと推測される。
- ・エンドミルの側刃と底刃では切削方式が異なるため、最適条件が相違した結果となっている。エンドミルの側刃切削面では、特に一刃あたりの送りを0.03(mm/tooth)に設定し、工具径の太い工具を使用することで表面粗さが小さくなる。
- ・エンドミルの底刃切削では、半径方向の切り込みを小さくし、一刃あたりの送りを小さくすることで表面粗さが小さくなる。
- ・確認実験より利得がほぼ再現され、最適条件では初期条件よりばらつきが標準偏差で1/3.2と小さくなることが期待できる。これは、最適条件のとき指示値が目標値に近づき易いことを示している。
- ・切削時の状態観察より特徴的な事項として、切りくずが赤化する現象が見られるなど、工具への負荷が大きく、特に工具摩耗の進行の速さが顕著に観察された。今後、実用的な焼入鋼切削への技術移行の前提として工具の寿命試験は必須と思われる。

本研究は、平成8年度から3年間国庫補助事業東北ブロック広域共同研究岩手県分担テーマ「高硬度難加工金属材料の高精度加工技術の開発」の小テーマとして実施している。

謝 辞

本研究を進めるにあたり、品質工学に基づく実験計画についてご指導頂いた宮城教育大学技術科小野元久助教授、エンドミルの切削加工特性についてご指導頂いた機械技術研究所生産情報研究室宮沢伸一室長、並びに碓井雄一主任研究官に感謝いたします。

文 献

- 1) 竹山秀彦ほか：フライス加工ハンドブック、切削油技術研究会(1988)
- 2) 神鋼コバルトール：高能率加工のポイントと高硬度材・難削材の加工方法、神鋼コバルトール(1996)
- 3) 田口玄一ほか：転写性の技術開発、(財)日本規格協会(1992)

レーザ変位計を用いた工具摩耗測定法の検討

飯村 崇**、若槻 正明**、和合 健**、
堀田 昌宏**、多田 三郎**

加工精度の向上を考える際、製品の測定のみではなく、工具の損傷度合いを測定することも必要である。その方法の1つとして、レーザ変位計を用いる工具摩耗測定について検討した。検討の結果、工具測定部分からの反射光の受光量測定により、逃げ面摩耗幅の測定が可能であることが分かった。しかし、工具の表面形状測定については光の乱反射対策のための物理的なフィルタや、データの統計処理方法など、今後の研究を要する。

キーワード：レーザ変位計、工具摩耗

Estimation of Measuring Tool Wear with Laser Displacement Meter

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

To improve precision of cutting, it is essential to measure not only products but also tool damage. As one of the measurement, we tried to measure tool wear with Laser Displacement Meter. And we can estimate tool wear of relief surface by measuring an amount of laser refraction with Laser Displacement Meter. But we need more study to obtain the shape of tool surface because of turbulence of Laser refraction.

key words : laser displacement meter, tool wear

1 結 言

製品の小型化・高機能化により、新素材など高硬度難加工金属材料が素材として用いられるようになり、これらの被削材に対する高精度加工技術の導入・修得が必須となってきている。高硬度難加工材の加工では、工具への負担が通常より大きいことから、工具損傷による不良の発生を未然に防ぐために、工具状態を測定する必要がある。また、高い加工精度を必要とする場合、製品の寸法精度や表面粗さの測定は不可欠である。そのため、この工具や製品に対する測定を自動もしくは半自動で行うことができれば、労力の削減を図ることができる。さらに、これらのデータを自動で整理保管し、データベースを構築できるシステムがあれば、新しい素材に対しても実作業の中でデータの積み上げが可能となる。著者らは、

この問題を解決する一環として、レーザ変位計で工具の摩耗状況（摩耗量や摩耗部分の表面状態）を正確に把握し、良否判定の基準にできるかどうか検討を行った。

2 実験方法

今回検討を行ったレーザ変位計は、レーザ光を用いて三角測量を行い被測定物までの距離を測定する装置である。レーザの受光部にはPSD素子（光位置検出素子）を使用しているため、光が乱反射するような場合、測定バラツキが大きくなる。このため、表面状態が変化するような箇所の測定には適さない測定機器であるが、非接触で測定可能であることから、インライン測定に向いていると判断し検討を行った。また、レーザ変位計には補助的機能としてPSD素子の受ける光量を2¹⁶段階に表示する機

* 高硬度難加工金属材料の高精度加工技術の開発（東北ブロック広域共同研究）
計測評価システム及び加工条件のデータベース構築（第1報）

** 電子機械部

表1 使用測定機器

測定器名	メーカー名	型式	仕様
レーザ変位計	KEYENCE	LC-2450	測定範囲: ±8(mm) 最小スポット径: 45×20(μm) 分解能: 0.5(μm)
非接触式表面粗さ計 (3次元 表面構造解析顕微鏡)	Zygo	New View 100	分解能(Z方向): 0.1(nm) (X方向): 4.4(μm) 測定範囲: 100(μm)
接触式表面粗さ計 (表面形状粗さ測定機)	Taylor Hobson	Form Talysurf SSC	分解能: 20(nm) 測定範囲: 12(mm)
工具顕微鏡	OGP	SMART SCOPE 200	

表2 測定したバイト及び切削条件

	切削速度 (m/min)	切り込み (mm)	送り (mm/rev)	被削材	
バイト1	コーナ1	180	1	0.1	S45C (焼入れ)
バイト2	コーナ1	70	0.5	0.1	SKD11 (焼入れ) HRC48~52
	コーナ2	100	0.5	0.1	
	コーナ3	120	0.5	0.1	
	コーナ4	未使用			

JIS P10(-6, -6, 6, 6, 15, 15, 0.8)

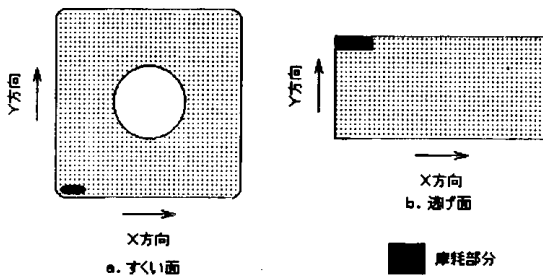
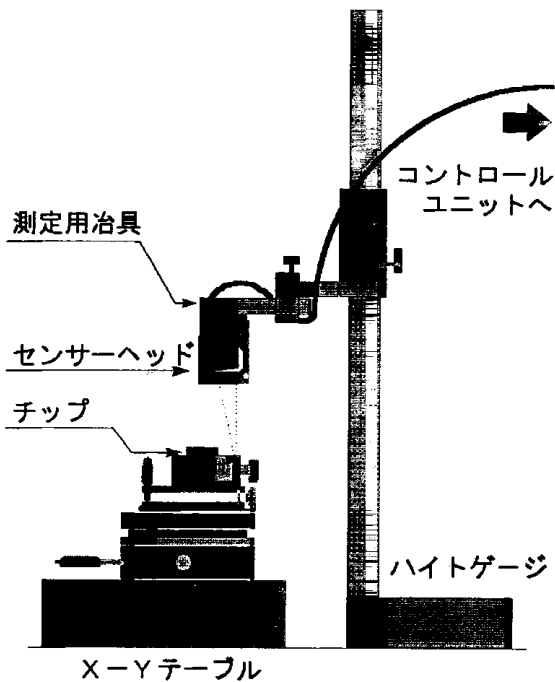


図1 レーザ変位計とX-Yテーブル上の工具方向

能があり、これを使用して受光量の測定も行った。(この機能は、レーザ変位計が変位測定時に受光量の異常なポイントで測定値にバラツキをもつため、この異常なポイントを除外するために、目安として変位量と併せて測定するためのもので測定値は無次元の値である。)

検討の方法は、実際に摩耗した工具をレーザ変位計で測定し、他の測定機器と比較する形で行った。レーザ変位計及び比較を行った測定機器を表1に示す。レーザ変位計による測定は、図1に示すレーザ測定装置の形で行った。このレーザ測定装置は、ハイトゲージに固定されたレーザ変位計と、X-Yテーブルから構成され、ハイトゲージでレーザ光の径が最小となる高さにレーザ変位計を調整し、X-Yテーブルにより工具に送りを与える。そして、各点において高さ及び受光量を測定し、工具形状をとらえる。なお、測定した工具は JIS P10(-6, -6, 6, 6, 15, 15, 0.8)の旋盤用バイトチップを表2の条件で摩耗させたものである。

実験手順を以下に示す。

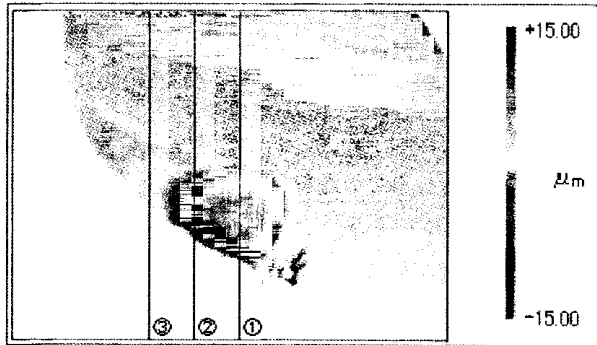
- ① 表2の条件で被削材を削り、工具摩耗を生成する。
- ② ①で生成したすくい面と逃げ面の摩耗部分に対し、レーザ変位計により、形状とレーザ光の受光量を測定する。測定は、バイトチップをX-Yテーブル上に置き、X方向・Y方向に50μm(レーザの最小スポット径より大きい値)ずつ送りを与え、それぞれのポイントで行い、測定結果は市販の表計算ソフトで3次元グラフの形に表示する。
- ③ 他の測定機器についても、すくい面と逃げ面の工具摩耗部を測定する。
- ④ ②、③の結果より、レーザ変位計と他の測定機器による測定結果を比較し、レーザ変位計が利用可能か否かを判断する。

本実験において、非接触式表面粗さ計は、レーザ変位計と同様に光を使った測定機器であり、被測定物表面の光の反射状態により測定値にバラツキが現れる可能性がある。そこで、非接触式表面粗さ計と接触式表面粗さ計を用い、工具摩耗部の形状を測定・比較した結果を図2に示す。図2-aは非接触式表面粗さ計、図2-bは接触式表面粗さ計で測定した結果を示しており、a.の①②③の断面がそれぞれ、b.の①②③に相当する。

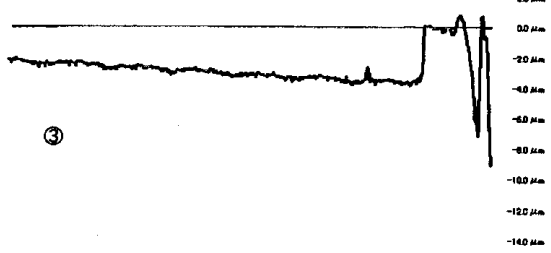
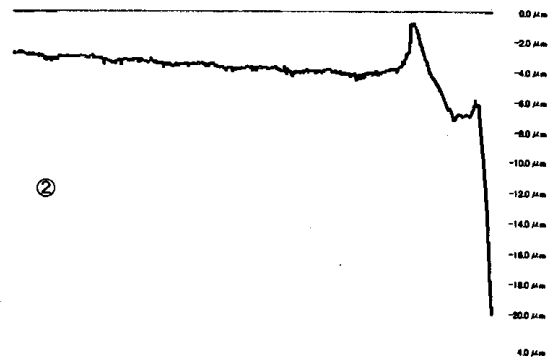
- ①: クレータ摩耗の中央を測定した結果で、a., b. ともにバイトの平面部分から15μm程度のくぼみが確認された。
- ②: 同じくクレータ摩耗の一部である。クレータのへこみ及びその周辺の凸部が確認された。
- ③: a., b. ともに平面部分より5μm程度高くなっている

部分が確認された。

以上の結果、非接触式及び接触式表面粗さ計による測定値は、互いに良く一致しており、工具摩耗の測定に非接触式表面粗さ計を用いることができる。

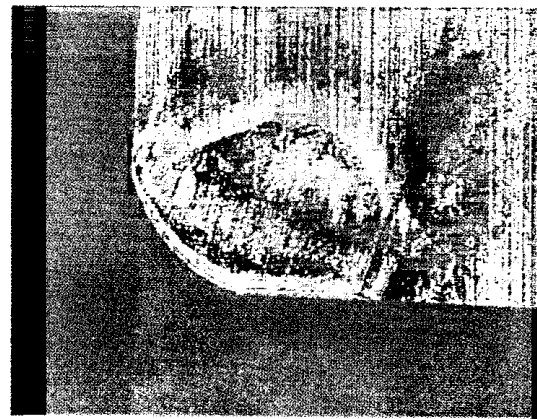


a. 非接触式表面粗さ計の測定結果

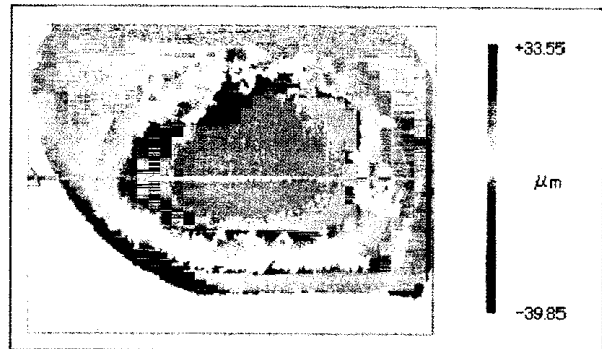


b. 接触式表面粗さ計の測定結果

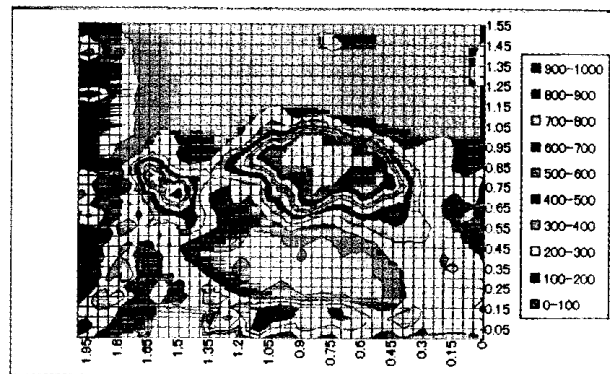
図2 非接触表面粗さ計と接触式表面粗さ計の比較



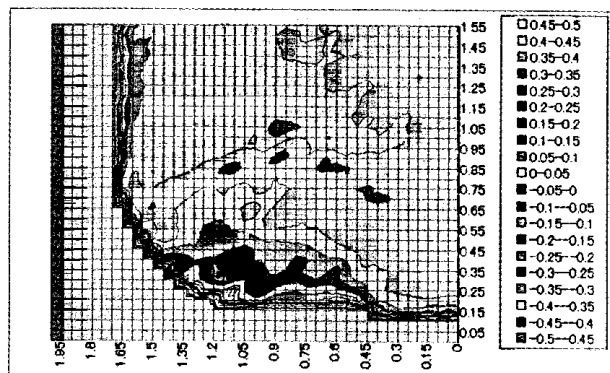
a. CCDカメラによる画像



b. 非接触式表面粗さ計による測定結果



c. レーザ変位計による受光量測定結果



d. レーザ変位計による、表面形状測定結果

図3 すくい面工具摩耗のレーザ変位計及び非接触式表面粗さ計による測定結果

3 結果及び考察

表2に示すバイトの中で、摩耗がもっとも顕著に現れたバイト1について、レーザ変位計及び他の測定機器で工具のすくい面摩耗及び逃げ面摩耗を測定した結果をそれぞれ図3、4に示す。

3-1 すくい面摩耗の測定

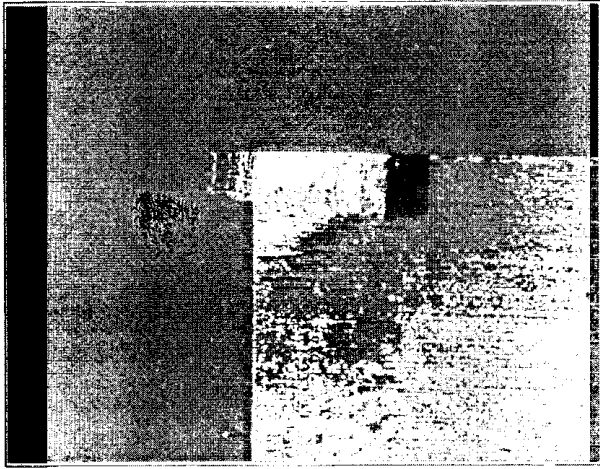
図3-aはCCDカメラによりバイトチップ先端を観察した結果である。工具先端部分にはクレータ摩耗が現れており、その周辺には切削の際、熱の影響により黒く変色し、光沢が他の部分と異なった部分が見られる。これを、非接触式表面粗さ計で観察した結果が図3-bである。クレータの深さは $50\mu\text{m}$ 程度、またバイト先端は、周囲より $10\mu\text{m}$ 程度高くなっていることが分かる。

これに対し、図3-cはレーザ変位計による受光量測定の結果で、クレータ摩耗と思われる部分で、測定値が大きく複雑に変化している。この原因は、反射の度合いが異なる部分（摩耗部、容着金属部、熱の影響を受けた表面部など）が存在するためと考えられる。これは、切削時に高温になった切粉がすくい面上を移動する際に起きる現象で、この現象を安定化し一様な表面状態を得るのは難しく、このことから、受光量測定でクレータ摩耗をとらえるのは難しい。

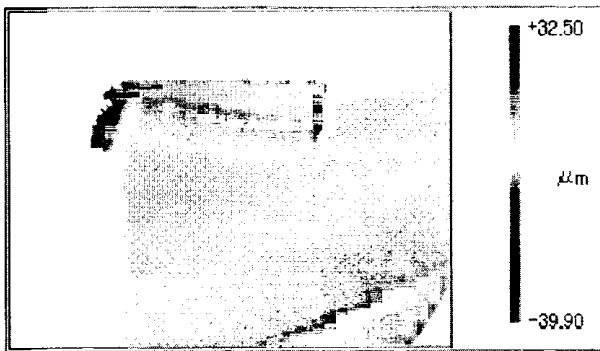
また、図3-dはレーザ変位計による形状測定の結果である。非接触式表面粗さ計では、クレータ摩耗と確認されている部分が、レーザ変位計では（受光量が高く測定されている部分は特に）、周囲の平滑な部分と同等もしくは周囲よりも高く測定される傾向にある。そこで、この受光量と高さの関係を明らかにするため、非接触式表面粗さ計で、 $5\mu\text{m}$ 程度の高低差しかない平滑な部分について、レーザ変位計で測定を行った。図5はその測定結果を比較したものである。両者の間には定量的な関係は見られない。そのかわり、同じ受光量でも、高さで $50\mu\text{m}$ 程度のバラツキが確認される。以上のことから、表面状態が安定していない部分において、深さで $50\mu\text{m}$ 程度の凹凸の測定は、現状の装置では難しい。対策として、フィルタを通して反射光の弱い（拡散している）成分を除外したり、複数の測定値を直接コンピュータに取り込み、受光量を絡めて統計処理する方法などを検討中である。

3-2 逃げ面摩耗の測定

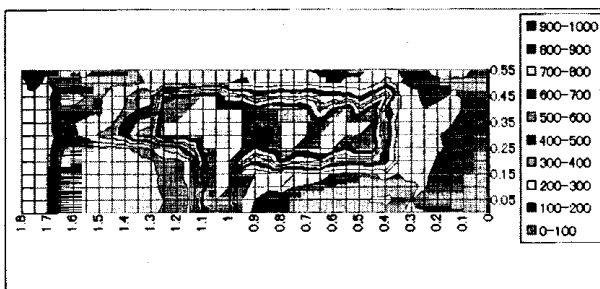
逃げ面摩耗部測定結果（図4-aのCCDカメラによる画像）を見ると、バイト先端に光沢のある摩耗部分が確認できる。摩耗部分の周囲には、熱により変色した部分なども見られるが、摩耗部分は付着物や大きな凹凸は見られない平面となっている。図4-bはこの逃げ面摩耗部分を非接触式表面粗さ計で測定した結果で、摩耗部分が緩やかな



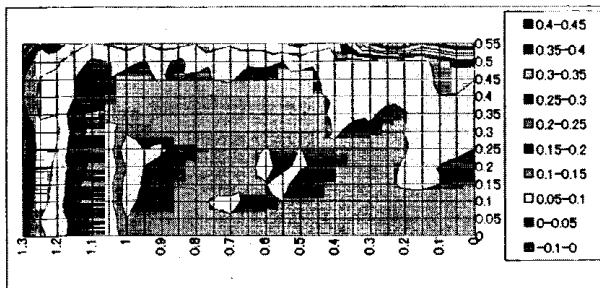
a. CCDカメラによる画像



b. 非接触式表面粗さ計による測定結果

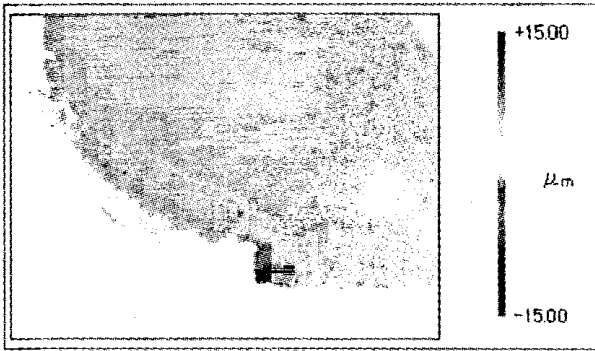


c. レーザ変位計による、受光量測定結果

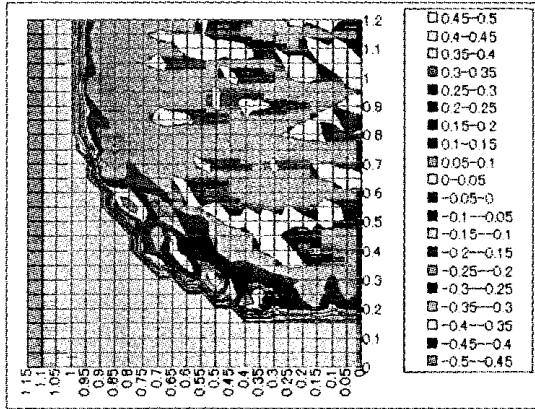


d. レーザ変位計による、表面形状測定結果

図4 逃げ面工具摩耗のレーザ変位計及び非接触式表面粗さ計による測定結果

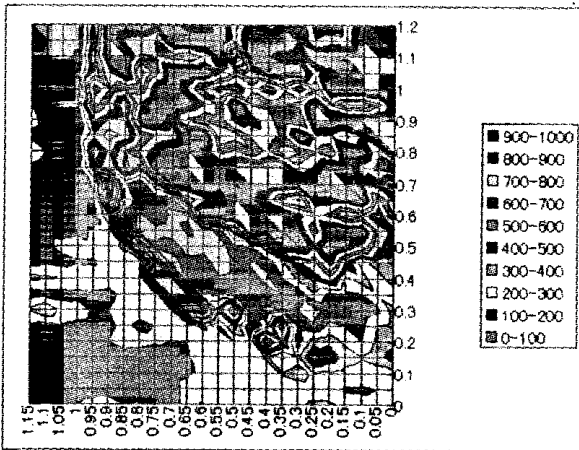


a. 非接触式表面粗さ計

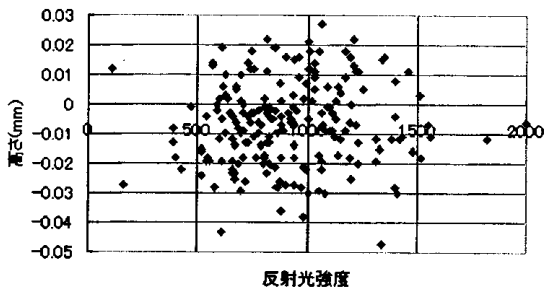


b. レーザ変位計 (表面形状)

※ a. において平滑な面 (凹凸が $5\mu\text{m}$ 程度) が、b. においては $50\mu\text{m}$ 程度ばらついている。



c. レーザ変位計 (受光量)



d. 受光量=工具形状 (mm) 相関グラフ

図5 工具表面の凹凸と受光量の関係

傾きを持った平面で最大で $10\mu\text{m}$ 程度の摩耗があることが分かる。

この部分についてレーザ変位計で受光量測定を行った結果が、図4-cである。逃げ面摩耗部の受光量分布は、すくい面での分布のように複雑ではなく均一であり、かつ数値は周囲より高くなっている。この原因として、すくい面摩耗が、切粉 (高温で形状が不安定) との接触で起こるのに対し、逃げ面摩耗は母材 (体積が大きい比較的低温で、形状も安定している) との接触によって起こるため、摩耗部分の表面形状が安定すること及び、熱による影響 (付着物、表面の変色など) が少ないことが考えられる。得られた結果から、レーザ変位計の受光量測定機能による摩耗部分の検知が可能であることを確認した。また、このことを利用し、レーザで摩耗部分の検知を行いながらレーザ変位計に送りを与え、その送り方向の移動距離を、他の測定機器 (マイクロメータ、リニアスケールなど) で測定することにより、逃げ面摩耗幅の測定を行うことが可能である。 (ex. 図4-cの場合、摩耗部分は $0.15\sim 0.5\text{mm}$ の間にあり、摩耗幅が 0.35mm であることが分かる) ただし、摩耗した部分とそうでない部分との区別を付ける際の基準値は、工具の材質やメーカーなどによって変化することが考えられ、今後データの積み上げが必要となる。

図4-dのレーザ変位計による摩耗深さの測定については、摩耗部分と非摩耗部分の表面状態の違いから、すくい面同様バラツキの大きい測定結果となり、今後の検討が必要である。

4 結 言

- ① 切削後の工具表面は表面状態のバラツキが大きく、形状の測定値に大きな影響を及ぼす (今回は $50\mu\text{m}$ 程度のバラツキが確認された)。そのため、レーザ変位計で直接工具摩耗深さを測定するには、フィルタの使用、測定値の統計処理などの方法を検討する必要がある。
- ② 逃げ面の摩耗部分と非摩耗部分の受光量の著しい変化を利用し、レーザ変位計で逃げ面摩耗部分を検知することが可能である。そこで、この受光量測定機能と装置の送り方向変位を測定できる測定機器 (マイクロメータ、リニアスケールなど) を併用することで、逃げ面の摩耗幅測定が可能である。

5 今後の予定

- ① レーザ変位計を用いた逃げ面摩耗幅測定装置を製作し、実際の加工現場での、測定について検討を行う。

- ② 上記の測定データを自動で取り込み、製品の良否判定及び工具交換の判定を自動で行うシステムを構築し、測定労力の削減を図る。
- ③ 製品・工具の測定だけでなく、工作機械や作業員、測定機器の区別及び来歴などもデータの一部として、中小企業における品質管理システム構築の一助となるデータベースを作成する。

本研究は、平成8年度から3年間の技術開発研究費補助事業として実施したものです。

なお、今回使用した3次元表面解析顕微鏡は、平成8年度日本自転車振興会の補助事業で導入したものです。

文 献

- 1) 笠島永吉, リアボフ オレグ, 森 和男: レーザセンサを用いたインプロセス工具モニタリング法

WWWによる生産統合管理支援システムの構築*

長谷川 辰雄**、多田 三郎**

WWWクライアントサーバモデルにおいて457本のプログラムデータベースを有するシミュレーションシステムを構築し、ネットワーク上での情報管理が可能となることを示した。中小企業の管理担当者が、管理情報（生産個数情報、部品欠品情報、販売管理など）を統合管理するために必要な技術情報を、パソコン・ネットワークにより容易に実現し、インターネットのWWWから提供するためのシステムを構築した。

キーワード：統合管理、パソコン、WWW

A Construction of Integrated Management System with WWW in Personal Computer

HASEGAWA Tatsuo and TADA Saburo

We constructed simulation system for integrated management with WWW, which has 457 C source programs in DataBase. This paper suggests various computer software design technologists for line product management. The methods to provide are using WWW, Object Oriented DataBase, and Personal Computers.

key words : integrated management, personal computer, WWW

1 結 言

製造部門の生産ライン管理、在庫管理、品質管理は、総務部・営業部の受発注管理、販売管理および財務管理とともに、総合管理システムとして、旧型コンピュータ上に構築されている。80年代は、高度情報化時代の幕開けでもあり、各企業は、高額だが、先を競ってコンピュータ導入を進めた。目的は、各種管理の簡易化、省力化、スピードアップである。しかし、これらは、部分的にしか実現されておらず、いまだに統合管理ができていない。統合管理のシステム化は、現行業務の一連の流れの変更を伴い、新統合管理システムへ移行のための社員教育時間やシステム開発費用など、実施には多くの問題がある。そこで、現行業務の流れを変えることなく、低価格と簡易技術で、中小企業が無理なく適用可能な統合管理システム構築方法を確立することが望まれており、前報¹⁾では、その一部としてインターネット技術を利用したリアルタイム画像伝送の実験結果について述べた。これは、簡易CCDカメラを用いて、遠隔地から生産現場を監視することを目的とする実験である。企業内の生産現場のデータは、部品個数、計測データ、CADデータ、計画個数、生産進捗度、納品先、時間および工作機械の入力パラメータなど、管理項目は多い。理想的には

これらの管理項目はそれぞれデータが確定した時点でリアルタイムに統合管理システムの集中管理システムへ送られなければならない。例えば、スーパーマーケットなどのPOS(Point of sales)システムに見られるような、売り上げ時点でのリアルタイムのデータ集中管理が必要と思われる。生産現場における統合管理も上記の各種データが確定した時点で、そのデータは管理システムへ伝送されるべきである。しかし、POSのような大規模なコンピュータネットワークを用いた統合管理システムは大がかりでコストがかかる。また、必ずしも生産現場にとってコンピュータネットワークは大規模である必要はない。

そこで、低価格な管理システムを構築するためにインターネット技術であるクライアント・サーバシステムを採用し、TCP/IPによるコンピュータネットワークと管理項目を保管・提供するデータベースのモデルを開発した。このモデルでは、保管だけでなく管理が容易になるようデータの加工及び表示機能を備えている。また、汎用的なネットワークプロトコルであるTCP/IPの採用によりネットワークの拡張が容易であるため統合管理システムの集中化、分散化などが簡単に行うことができる。本報ではこのモデル開発について報告する。

* ソフトウェア開発高度化に関する研究（第3報）

** 電子機械部

2 設計方法

2-1 クライアント・サーバー・モデルの構築

本設計で構築したクライアント・サーバー・モデルの概念図を図1に示す。クライアントには各種管理データ項目の入力及び検索を行うため、インターネットのWWW (World Wide Web) ブラウザ (図1-①) を使用した。クライアントからの入力データは、WWWサーバー機のHTML (Hyper Text Markup Language) (図1-②) を通じてCGI (Common Gateway Interface) (図1-③) へ送られる。HTMLはクライアントへの表示画面を設計するための言語である。CGIは、クライアントから受けたデータ項目をデータベース・システムへ渡す役目のインタフェース・プログラムである。一般的にWWWサーバー機能とデータベース機能は別れており現段階ではこの2つの機能を接続するためにCGIの使用が一般的である。CGIプログラムはクライアント・データの編集、データベースの接続、データ入力及び検索の実行、クライアントへの結果表示及びデータベースの切断作業を行う。本モデル設計全体の70%がCGIの設計であることから、CGIの設計がシステム設計の中心であり、最も重要なポイントである。データベースへの問い合わせ (入力や検索) はSQL (Structured Query Language) 文を実行すること (図1-④) で行う。SQLは典型的なデータベースであるRDB (Relational Data Base) の標準操作言語であるが、最新技術のオブジェクト指向型DB (OODB: Object Oriented Data Base) においても、問い合わせ操作などに使われている。本モデルはOODB (図1-⑤) を使用し、クラス定義及びインスタンス生成を行った。

2-2 システム・プログラムのDB登録

前報⁽¹⁾では、生産現場における計測データの整理、分

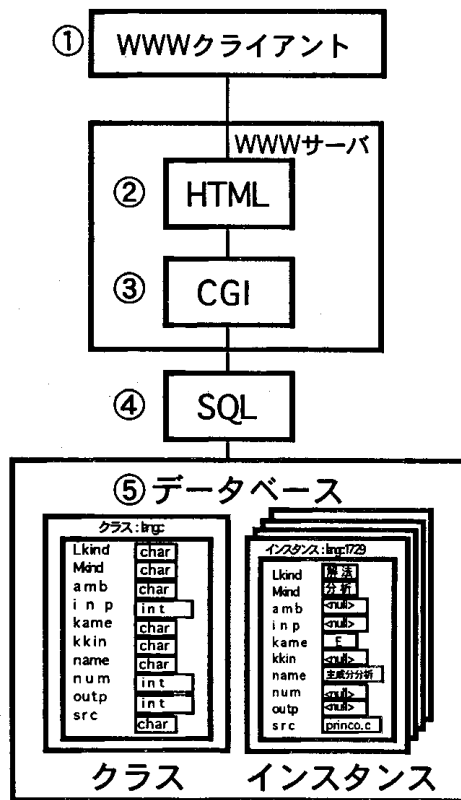


図1 クライアント・サーバー・モデル概念図

析を目的とし、汎用的なC言語プログラムを主にデータベースへ登録したが、本報では、統合管理システムを構築するためのシステム・プログラムを中心に登録を行った。このプログラムは、実際に本モデルを構築した際に使用したプログラム・ソースである。このプログラムの種類と登録個数を図2に示す。今回登録した本数は194本で、データベースの問い合わせのためのSQLプログラム (23本)、多機能画像表示ソフトウェアAVS (Application Visualization System) 関連プログラム (70

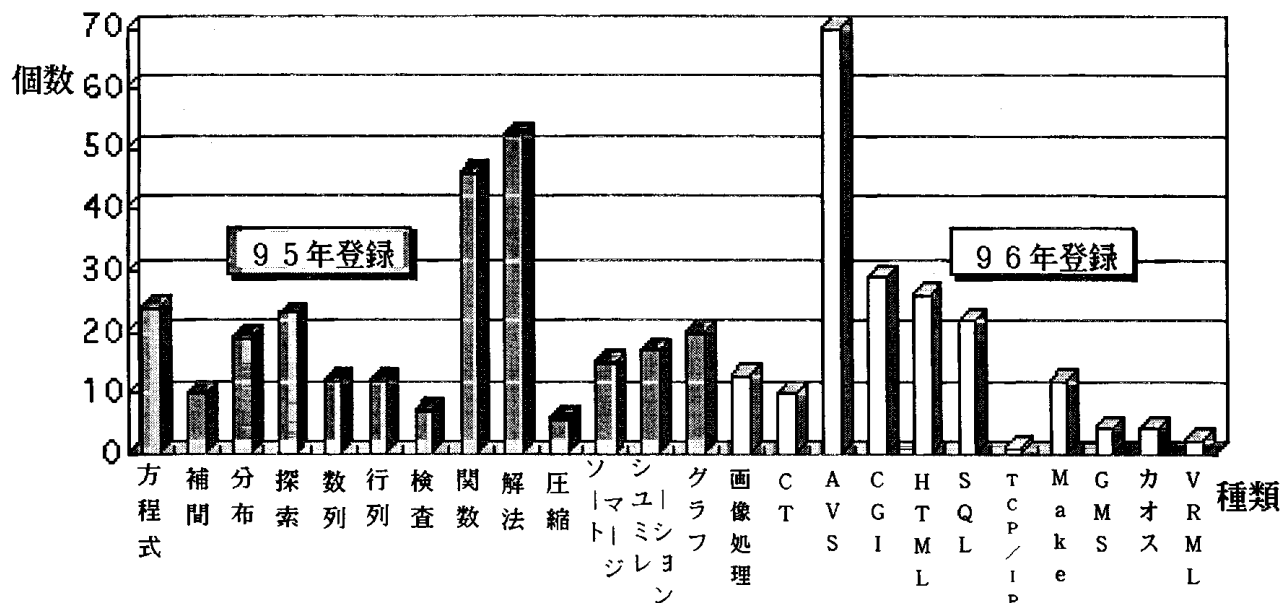


図2 プログラム登録個数

本)、クライアントから検索要求をサーバーへ伝送するためのCGIプログラム(29本)、コンピュータ画面のレイアウトを行うためのHTMLプログラム(26本)、その他(46本)である。プログラムDB登録の総本数は457本(前回263本+今回194本)である。本モデルにおけるプログラムDBの設計は、市販データベース「UniSQL(NTTデータ通信社製)」を使用し、DBスキーマの設計であるクラス定義とインスタンス生成は、バッチ・ファイルによる一括実行により行った。クラス定義とインスタンス生成の一例を図3に示す。

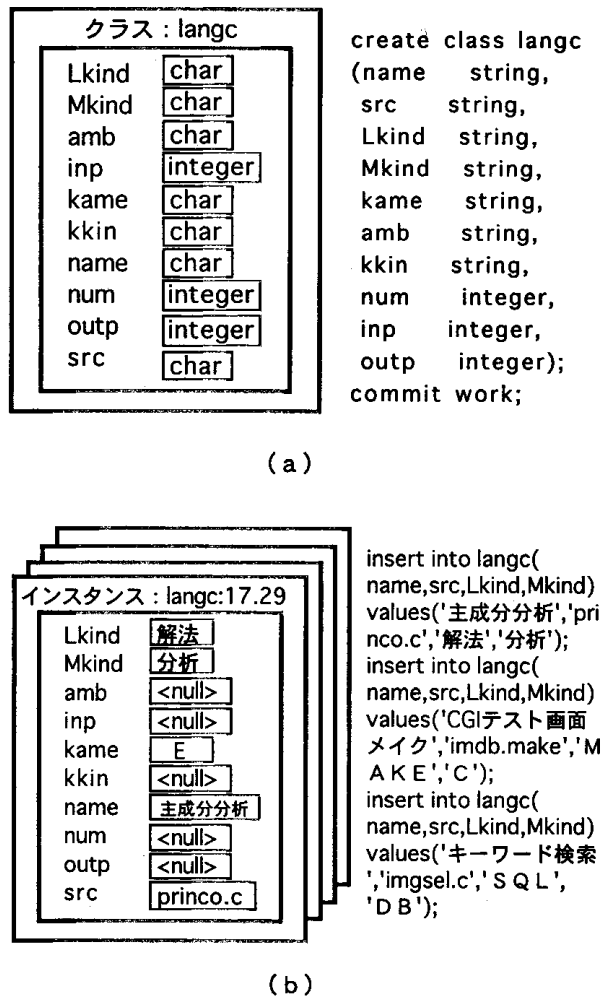


図3 データベース・スキーマの設計
(a) クラス定義 (b) インスタンス生成

2-3 CGIプログラミング

本モデルの中心機能はCGI機能であり、その内容はクライアント・データ編集、DB接続、データ検索実行及び結果表示である。ここでは、この中で最も重要なクライアント・データ編集、データ検索実行について、図4を使用して説明する。クライアントから送られたデータは、コンピュータ・OS(Operating System)の基本機

能である環境変数を介してCGIプログラムへ引き渡される。この環境変数へ保管されるクライアント・データのフォーマットは、データ入力順にスペースで区切られている。これをCGIプログラムで利用しやすいように構造体と配列を使って再編集する。これは、CGIのメインプログラム(図4-①)で構造体配列(entries[])へ保管される。このentries[]は、SQL文を実行するためのサブ・モジュールであるsqlsoft()の引数(図4-②)となっている。

sqlsoft()は、構造体配列(entries[])を元にSQL文を組み立てて実行する。ここで、DBへの検索が実際に行われ(図4-③)、結果を表示する。

```

省略
main(int argc, char *argv[]) {
    entry entries[10000];
    register int x,m=0;
    printf("Content-type: text/html%c%c",10,10);
    省略
    for(x=0;cl[0]!='\0';x++) {
        m=x;
        getword(entries[x].val,cl,&');
        plustospace(entries[x].val);
        unescape_url(entries[x].val);
        getword(entries[x].name,entries[x].val,'=');
    }
    imagedb_init();
    sqlsoft(entries,m); ②
    db_shutdown();
}

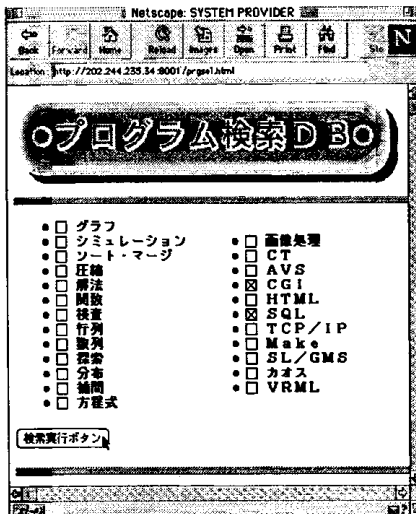
int sqlsoft(entry *inpdatt)
{
    省略
    sprintf(query,"select langc from langc
        where kame='%s'",inpdatt[0].val);
    if(db_query_execute(query,&result,&err_status)==0){
        db_query_first_tuple(result);
        while(1){
            ncols=db_query_column_count(result);
            object=DB_GET_OBJECT(&vc);
            db_get(object,"scr",&vc_src); ③
        }/*end while(1)*/
    }
}
    
```

図4 CGIプログラム

3 結果

縮小モデルでのシミュレート結果

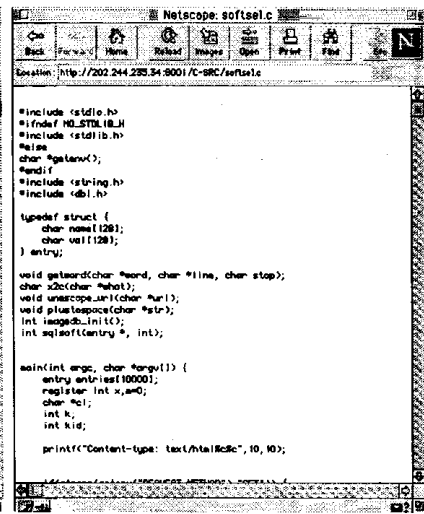
本モデルの実験は、生産現場における各種管理情報を各種コンピュータ・プログラムとした縮小モデルのシミュレート結果である。検索入力画面は24種類に分類されたチェックボックスから構成されている。この結果を図5(a)~(c)に示す。この画面はHTMLのチェックボックスの性質により、24種類のカテゴリーの中から複数の種類を選択可能とした。この24種類のチェックボックス項目は、プログラムを絞り込むためのキーとしてDB登録されている。ユーザは検索したい種類の



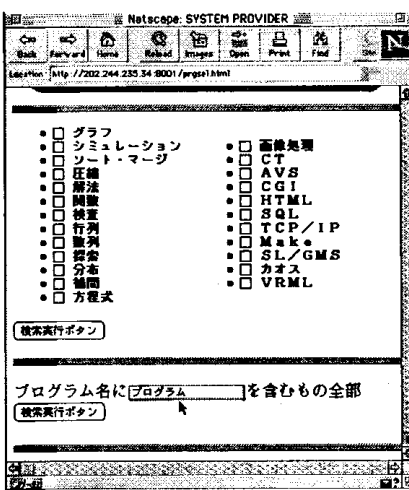
(a) チェックボックス検索



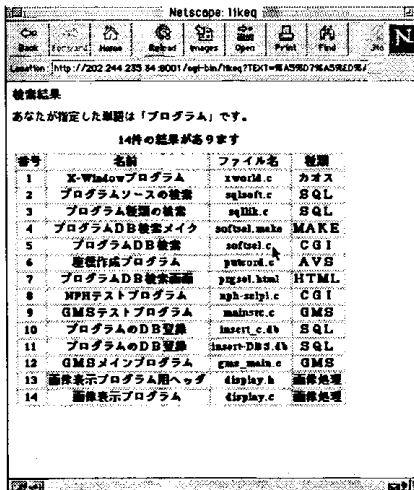
(b) CGI,SQLのリスト表



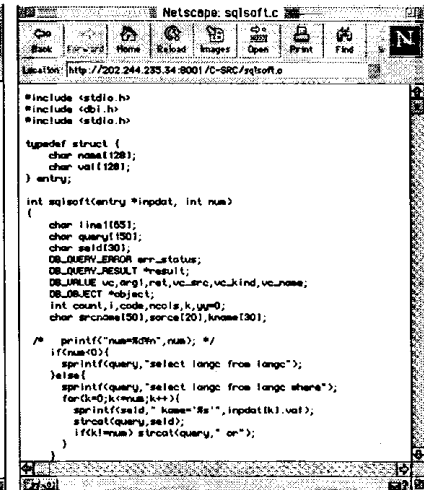
(c) softsel.cのソースコード



(d) キーワード検索



(e) プログラムのリスト表



(f) sqlsoft.cのソースコード

図5 プログラム・データベース検索結果

チェックボックスにチェックマークを付け実行ボタンを押すと、プログラム名、ファイル名、種類の一覧が表示される。この一覧は見やすい表形式で、この中でファイル名だけが選択項目となっており、目的のプログラムを選ぶとプログラム・ソースが画面表示される。DB登録されている457本のプログラムはすべて検索可能であることを確認した。一方、チェックボックスによる絞り込みとは別に、プログラム名の中に含まれる文字列をキーとしても検索できるように、キーワード検索の実行を可能とした。これを図5 (d) ~ (f) に示す。

4 結 言

生産現場の各種管理情報を一括管理する統合管理シス

テムを構築するため、縮小モデルを作成しシミュレート実験を行った。このモデルはクライアント・サーバー・システムとオブジェクト指向型データベースにより構成され、ネットワーク上での情報統合管理が可能となる小規模システムである。この技術は容易に拡張でき、中規模・大規模システムなどにも応用できる。今後は、プログラム数を増やし、各種管理情報のデータベース登録を自動化し、リアルタイム情報管理を強化する。

文 献

- 1) 長谷川辰雄：生産ライン統合管理のための支援システムの構築、岩手工技セ研報3.15(1996)

プリント基板からの放射ノイズの低減に関する研究*

熊谷 隆美**

両面基板を使用し、片面をベタアースパターン、もう一方をベタ電源パターンとした基板が、放射ノイズが最も少ない。その理由は、両パターン間で、容量が形成されているためである。よって、パターンの面積を任意に定め形成される容量をコントロールすることにより、抑制したい放射ノイズの周波数を選択できる。

キーワード：放射ノイズ、プリント基板、アースパターン、電源パターン、共振

Suppression of Emission Noise from Printed IC Bord.

KUMAGAI Takami

Radiation noise is reduced by using a double-side printed circuit board which one side is all over ground pattern and the other side is all over power circuit pattern. The cause is that the capacitance is formed between both patterns. It is therefore able to select a frequency range of undesired radiation noise in controle of the capacity.

key words : radiated emission, printed circuit board, ground pattern, power circuit pattern, resonance

1 緒 言

EMC規制の強化に伴い種々のノイズ低減方法¹⁾が考案されているが、普遍的技術として確立されているとはいえず、個々の企業秘密となっていることが多い。ノイズ低減の確実な方法はシールドを行うことであるが、コストが嵩むという問題点がある。このため、プリント基板の簡便なノイズ低減法の検討が行われており、特に、基板のアースパターンと電源パターンの引き回し方法が重要となっている。

前報²⁾では、両面基板を使用し、片面をベタアースパターン、もう一方をベタ電源パターンとした基板の場合放射ノイズが最も少なくなることを報告し、また、その理由は、両パターン間で形成される容量がバイパスコンデンサの働きをするためであると考えられることを述べた。しかし、よりノイズを低減するには、実際のコンデンサは、容量だけでなくインダクタンス成分も有する³⁾ため、放射ノイズの周波数が基板の共振周波数領域と合わない効果がないこともわかった。

本報では前報の結果を踏まえて、パターンの面積を変化させて、形成される容量をコントロールし放射ノイズの強度分布変化について調べた。その結果、容量をコントロールすることにより基板の共振点を変化させ、抑制したい放射ノイズの周波数を選択できることがわかった。以下にその概要を報告する。

2 実験方法

実験に使用した基板の寸法は10×10cm、板厚は1.6mm、基板材質はガラスエポキシである。この基板に図1に示すノイズ発生回路(30MHzの基本波と、その整数倍の高調波を多数発生する回路)を組み込んだ。基板は3種類とし、パターンの形状は図2に示すように黒塗りの部分が銅箔(裏、表ともに同じ形状)であり、銅箔の寸法を変化させることにより形成される容量をコントロールした。銅箔の寸法を表1に示す。以後本文ではそれぞれの基板を、表1に示す記号とする。なお、図2のx1, x2, y1, y2と表1のそれらは互いに対

* 電波ノイズの低減に関する技術開発(第3報)

** 電子機械部

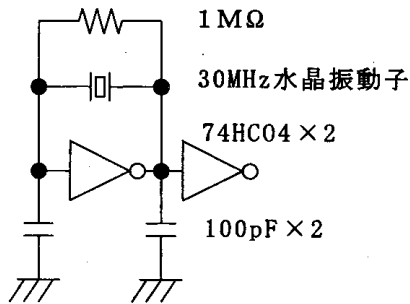


図1 ノイズ発生回路

略を図3に示す。

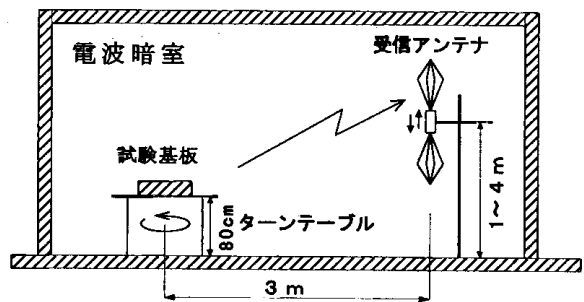


図3 実験方法の概略図

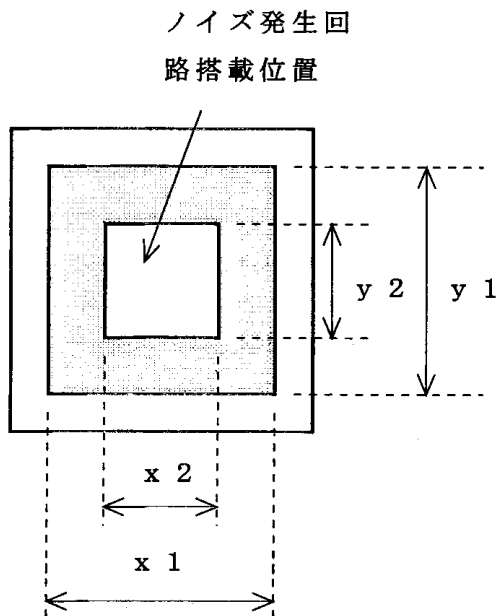


図2 試作した基板の形状

表1 試作した基板の銅箔寸法

銅箔の寸法 基板の記号	x 1	x 2	y 1	y 2
a	10	3	10	2.5
b	8	3	7	2.5
c	5	3	4.5	2.5

[cm]

応している。

表1の基板を3m法FCCファイリング型電波暗室で放射ノイズの強度分布について測定した。測定周波数は、30MHzから300MHzとした。また、測定に使用したアンテナの高さは、水平偏波の測定の場合は1, 2, 3, 4m、垂直偏波の場合は1mとした。測定方法の概

3 実験結果

図4に水平偏波の場合の測定結果を示す。横軸は高調波の次数、縦軸は放射ノイズの強度であり、基板の種類をパラメータとして表示してある。図5は垂直偏波の場合の結果である。図4, 5ともに基板aとbとは大きな差はみられないが、基板cの場合は基板a, bと比較して6次高調波以上(30MHz×6=180MHzとなる)の放射ノイズの強度が低くなっている。

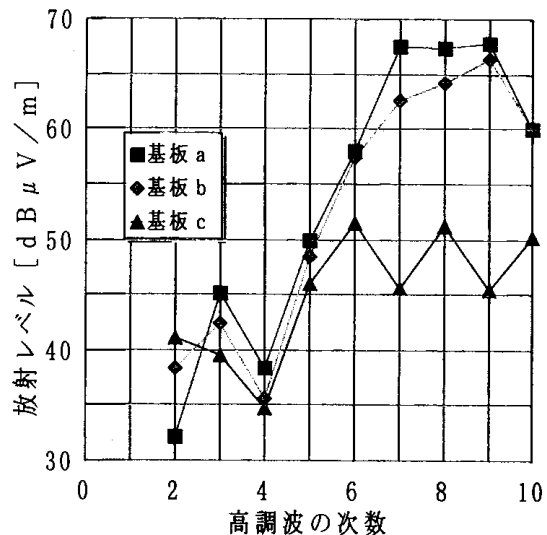


図4 放射ノイズの強度分布 (水平偏波の場合)

4 考察

平行平板コンデンサの容量Cの計算式は、式(1)で与えられる。⁴⁾

$$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon_s S}{d} \dots\dots (1)$$

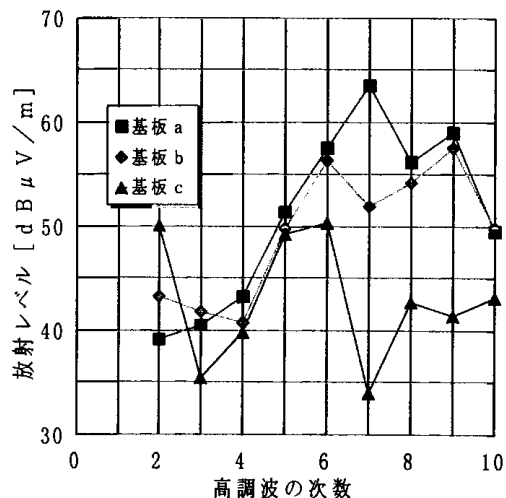


図5 放射ノイズの強度分布 (垂直偏波の場合)

式(1)で、 ϵ_0 は真空の誘電率、 ϵ_s は電極間物質の比誘電率、 S は電極の面積、 d は電極間の距離を示す。今回の実験で試作した基板はアースパターンと電源パターンの両パターンを電極とした平行平板コンデンサと同等であり、 ϵ_s はガラスエポキシで一定、 d は板厚1.6 mmで一定のため容量 C は電極面積 S のみで決まり、 C の値は S に比例する。表1からわかるように S は基板がa, b, cの順に小さくなり、 C もこの順に減少する。

また、コンデンサの共振点 f_0 の計算式は、式(2)で与えられる³⁾。

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \dots\dots\dots (2)$$

式(2)で、 L はコンデンサのリード線などに含まれるインダクタンス、 C はコンデンサの容量である。今回の実験では、基板上に銅箔間で容量を形成しているため、リード線は存在しない。よって L 成分は小さく、また基板a, b, cの L 成分はほぼ一定と考えられる。従って共振点 f_0 は、 C の平方根に反比例することになる。よって、 f_0 は、基板a, b, cの順に C が減少することにより高い周波数となり、より高い周波数の放射ノイズ抑制に効果があると考えられる。

そこで共振点を測定するため、基板a, b, cのノイズ発生回路を取り除き、銅箔のみとした基板の状態インピーダンスの周波数特性を測定した。測定周波数は、30 MHzから300 MHzである。測定にはHP製の

8753D型ネットワークアナライザを使用し、高周波帯域の4端子回路網でよく使用されるSパラメータの中の S_{11} パラメータの測定結果から、インピーダンスを計算した。結果を図6に示す。図6より銅箔面積の減少つまり容量の減少により、式(2)の説明のように共振点がより高い周波数に移動していることが確認できる。また、基板a, bの共振点は100 MHz付近でほとんど同じであるが、基板cの共振点は200 MHzとなっている。この結果は、図4, 5で基板cが基板a, bと比較して6次高調波以上の放射ノイズの強度が低くなっているように、銅箔間面積を減少させることにより、銅箔間で形成される容量を小さくし共振点を高くすることにより、高い周波数での放射ノイズの低減に効果のあることを示している。

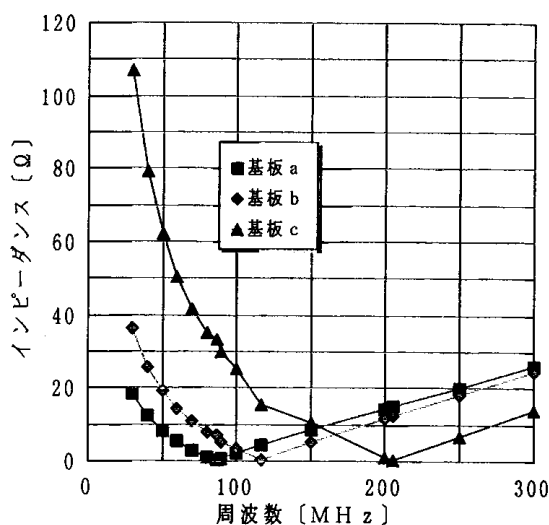


図6 試作した基板のインピーダンス特性

5 結 言

片面をベタアースパターン、もう一方をベタ電源パターンとした両面基板において、パターンの面積を減少させ形成される容量を小さくし共振点を高くすることにより、高い周波数での放射ノイズの低減に効果がある。

なお、本研究には平成8年度日本自転車振興補助物件にて導入したノイズ解析装置を使用した。

最後に、本研究を進めるにあたり種々のご指導を戴いた岩手大学電気電子工学科の久保田 賢二講師に、感謝致します。

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, 184-211 (1995)
- 2) 熊谷 隆美: “岩手県工業技術センター研究報告 第3号”, 19-22 (1996)
- 3) 坂本 幸夫, 山本 秀俊: “現場のノイズ対策” 日刊工業新聞社, 52-54 (1993)
- 4) 後藤 憲一, 山崎 修一郎: “電磁気学演習” 共立出版株式会社, 44 (1984)

円弧状傷での散乱光による立体ディスプレイの開発*

大坊 真洋**、多田 三郎**

金属板や透明板に付けられた円弧状の傷に光を照射したときに、散乱により明るく見える場所が右目と左目で異なる現象を利用したステレオ視立体ディスプレイを開発した。また連続的に円弧状の傷を配置して立体ディスプレイを作製する装置を試作した。この立体ディスプレイは、円弧状の傷を基板に付ける機械的加工だけで作製することができ、特殊な眼鏡やレーザー光線を必要とせず、空間に3次元の虚像を表示することが可能である。

キーワード：立体ディスプレイ，ステレオ画像，ホログラフィ

Development of Three-dimensional Display using Scattered Light on Arc Shaped Fine Grooves

DAIBO Masahiro and TADA Saburo

A three-dimensional display based on auto-stereoscopic image, which utilize the phenomenon that the different points along arc shaped fine groove can be seen more brightly by the right eye and the left eye, respectively, is developed. A computer controlled X-Y cutter plotter and a handy pantagraph tracer have been used to draw many arc shaped fine grooves on the flat board. This display can show us three dimensional images in space without special glasses or laser light, and can be manufactured with simple mechanical processing. Experimental result indicates that this technique is favorable low cost manufacturing capability for large scale three-dimensional display.

key words : three-dimensional display, stereoscopic image, holography

1 緒言

ホログラフィーは、光を自在に操ることができる究極の光技術であり、平面的な絵とは異なり、空間に3次元像を表示することが可能な技術である。ホログラフィの概念は1948年にD. Gaborにより提案され、レーザーが開発されたことにより、1965年頃から応用研究が盛んに行われた。この発明の功績が評価されD. Gaborには1971年にノーベル物理学賞が与えられた。しかし実用的立場からみると、期待が大きかった反面、制約が多く一般にまで普及が進まなかった。ホログラフィの普及を制限している要因として、感光性の基板が必要なことと、超微細な構造が必要であることがあげられる。従来のホログラフィは、物体光と参照光の2つの光を干渉させて、その干渉縞を感光性材料に記録するのが一般的であった。これには、例えば1mmに1,000本から7,000本もの非常に細かな模様を記録する感光性材料が使われている。普通の写真と比べると10倍から100倍の解像度であり、このような材料は、一般的に耐候性が十分でな

く、湿度や紫外線によってホログラムが消えてしまうといった問題がある。また撮影環境の条件も厳しく、光の波長程度(0.5ミクロン程度)の振動があると全く撮影できず、空気のゆらぎや、温度変化に敏感であり、大面積のホログラムの撮影は難しい¹⁻³⁾という問題がある。

一方、コンピュータを利用して、干渉縞を数値計算で求めるCGH(Computer Generated Hologram)が研究されており⁴⁻⁹⁾、実在しないものや、大きすぎてホログラムの撮影ができないものであっても、コンピュータで物体波と参照波の干渉を計算することによって、ホログラムの実現が可能となっている。しかしホログラム干渉縞の空間分解能が前述のように非常に細かいため、膨大で複雑な計算をする必要があった。さらに、その計算結果に基づいて、高価な電子ビーム露光装置等で膨大な量の微細パターンを基板に書き込む必要があり、大がかりな装置が必要であった。またこの場合でも基板は、電子線に感光する特性を持ったものでなければならない。従

*コンピュータホログラフィの開発(第2報)

**電子機械部

来のホログラフィは、完全な立体情報(波面)を記録したものであったが、人の目は注視しても、たかだか70ミクロン(距離500mm)程度の解像度しかない¹⁰⁾。さらに、目が水平に配置されているため、上下方向の立体感を犠牲にしても、通常は立体感が保たれる。そのため、情報量を大幅に減少しても、人が見る分には問題なく立体画像の表示ができる可能性がある。

そこで、いろいろな基板に描画することができ、人の目に十分立体感を感じさせることができる立体ディスプレイを、安価な装置で作製する方法が開発されれば、中小企業でも製造することができ有益と思われる。また、その手軽さから工芸や芸術分野にも展開が期待できる。

さて、ニッケル板を回転研磨したときに「板の上下の空間に虚像が現れる」といった現象が報告¹¹⁾されている。今回の研究目的は、この現象を積極的に利用して、任意の立体像を空間に表示する立体ディスプレイを開発することである。開発した立体ディスプレイは、簡単に説明すると、円弧状の傷に光を照射したときに、円弧の法線方向に光が散乱され、目の位置の移動とともに円弧上の輝点が円弧上を連続的に移動する現象を利用しており、右目と左目に別々の散乱光による画像が入射されて、自動的なステレオ視により立体感が得られることを原理としている。本論文では、その立体ディスプレイの原理を定式化して設計方法を明示するとともに、製作方法、作製装置、情報量について述べ、さらに実験結果の項では実際に再生した立体像を示す。

2 円弧傷での散乱による立体視の原理

光の波長程度の凸凹を有した十分に細い幅の円形の軌跡の傷を基板に付けて光を照射すると、その傷で光が散乱する。近傍で散乱された光同士はホログラフィックに干渉して、円弧と直交する面に沿った方向を最大強度として方向性をもって散乱される。この光は、前述の方向性を持っているが、光源が白色光であることと、円弧傷の散乱が完全でないことが加わり、ある程度の角度範囲で広がった分布を有していると考えられる。

傷の凸凹が光の波長に対して低周波で、十分に散乱できない場合は、散乱放射の強度が最大になる方向は、光源からの光が透明基板を透過する方向や、反射基板で全反射する0次方向に傾くが、基本的に散乱による放射の主方向は、円弧に直交する面に沿った方向になっていると考えられる。

目を空間のある位置に置いた場合、円弧のいろいろな位置で散乱された光のなかで、最大強度で目に散乱光を届けることができる円弧傷の円周上の点の位置は図1のようになっていると考えられる。

図1は光源と目が同一方向にある(Y軸の符号が一致する)場合について、光源の位置: $S(X_s, Y_s, -Z_s)$ 、観測

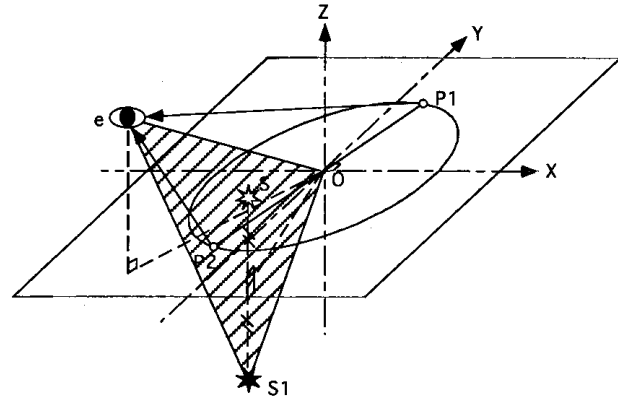


図1 光源と目が同一方向にある(Y軸の符号が一致する)場合について、光源の位置: $S(X_s, Y_s, -Z_s)$ 、観測位置(目): $e(X_e, Y_e, Z_e)$ 、円弧の中心: $O(0, 0, 0)$ 、円弧上の輝点: $P1(X_{p1}, Y_{p1}, 0)$ 、 $P2(X_{p2}, Y_{p2}, 0)$ との位置関係

位置(目): $e(X_e, Y_e, Z_e)$ 、円弧の中心: $O(0, 0, 0)$ 、円弧上の輝点: $P1(X_{p1}, Y_{p1}, 0)$ 、 $P2(X_{p2}, Y_{p2}, 0)$ との位置関係を示している。虚光源: $S1(X_s, Y_s, Z_s)$ とは、反射型基板の場合に考える光源であり、基板に対して光源の位置と対称な位置にある。円弧上で明るく見える輝点: $P1, P2$ は、三角形 $eOS1$ を含む平面と、基板上の円弧が交わる点と考えられる。

三角形 $eOS1$ を含む平面は、 $S1 = \overline{OS1}$ 、 $e = \overline{Oe}$ とすると式(1)で表すことができる。

$$(S1 \times e) \cdot (x, y, z) = 0 \quad \dots(1)$$

外積を成分に分解すると

$$(g_x, g_y, g_z) \cdot (x, y, z) = 0 \quad \dots(2)$$

ただし

$$\begin{aligned} g_x &= Y_s Z_e - Z_s Y_e \\ g_y &= Z_s X_e - X_s Z_e \\ g_z &= X_s Y_e - Y_s X_e \end{aligned}$$

内積を展開すると

$$g_x x + g_y y + g_z z = 0 \quad \dots(3)$$

式(3)の平面と円弧が乗っている $z = 0$ の平面が交差する直線は次式になる。

$$y = -(g_x / g_y) x \quad \dots(4)$$

中心が $(0, 0, 0)$ で $z = 0$ の平面にある半径 r の円の方程式は式(5)で表される。

$$x^2 + y^2 = r^2 \quad \dots(5)$$

式(5)に式(4)を代入して円弧と直線の交点の座標 $P1(X_{p1}, Y_{p1})$ 、 $P2(X_{p2}, Y_{p2})$ を求めると次のようになる。

$$X_{p1} = -X_{p2} = r((g_x/g_y)^2 + 1)^{-1/2} \quad \dots(6-1)$$

$$Y_{p1} = -Y_{p2} = -X_{p1} g_x / g_y \quad \dots(6-2)$$

光源と目が反対方向にある場合(Y軸の符号が反対)についても、輝点の場所の関係は図1と同様に、三角形 $eOS1$ を含む平面と、基板上の円弧が交わる点であることには変わらない。図1からわかるように、目を移動させ

ると、それに伴い、輝点は円弧上を移動する。円弧上の、どこでも光が散乱されているが、その中で前述の三角形で決まる特定の2点P1, P2だけが明るく見える。いろいろな場所から同時に円弧をみても、その位置に対応した場所だけが明るく見える。輝点の動き方は、滑らかで連続的である。

図2(a)で立体視の原理を説明する。右目と左目の位置は左右にずれているので、同一円弧上であっても、右目と左目では明るく見える輝点の位置が異なる。それぞれの目に対して円弧の中心Oの法線を通る面方向が主成分の散乱光が入り、円弧上に2つの輝点が観測される。例えば左目Lには、BとCから、右目Rには、AとDから散乱された光が入る。両目でみると、CとDは、基板の下の空間の点Fの場所が光っている場合と等価に見える。同様にAとBは、基板の上の空間の点Eの場所が光っている場合と等価に見える。このように、ステレオ視により基板

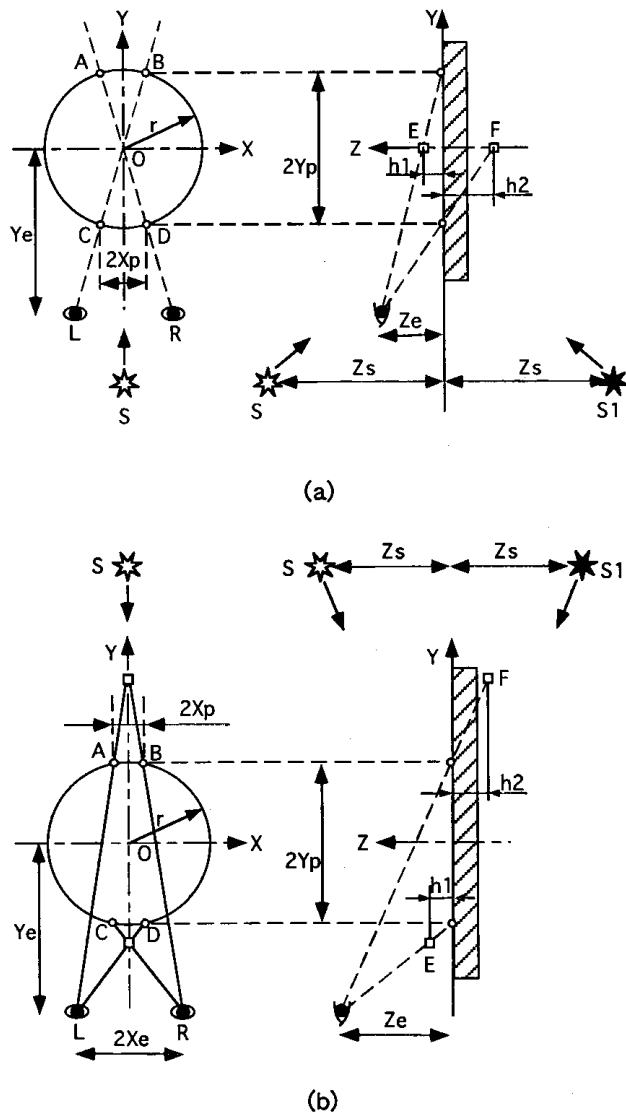


図2 立体視の原理を説明 (a)光源と目が円弧中心をはさんで同一方向にある場合、(b)反対方向にした場合

面上ではない空間に点の虚像が見えることになる。

目L, RのZ座標とY座標の絶対値をそれぞれ Z_e, Y_e 、輝点A, B, C, DのY座標の絶対値を Y_p とすると虚像の高さ h_1, h_2 は、幾何学的に求まる。

$$h_1 = Z_e Y_p / (Y_e + Y_p) \quad \dots(7-1)$$

$$h_2 = Z_e Y_p / (Y_e - Y_p) \quad \dots(7-2)$$

$Y_e \gg Y_p$ ならば式(7)の分母は Y_e に近似でき、式(7)に式(6)を代入すると、虚像の奥行き h_1, h_2 は円弧の半径 r に比例する。

$$h_1 \approx h_2 \approx r Z_e (g_x / g_y) ((g_x / g_y)^2 + 1)^{-1/2} / Y_e \quad \dots(7-3)$$

一方、光源と目を円弧中心をはさんで反対方向にした場合は、図2(b)の様な見え方になる。この位置関係の場合は、目に届く光は、円弧の中心Oの法線を通らない。回折光の強度はある程度の角度範囲で分布しているので、最大になる方向(円弧の中心Oの法線を通る方向)ではないが、目に向かう成分があり、これによって輝点が観測される。両目でみると輝点は、円弧の中心のOの法線上ではなく、斜めに傾いて観測される。この場合の虚像の奥行き h_1, h_2 は式(8)で求まる。

$$h_1 = Z_e X_p / (X_e + X_p) \quad \dots(8-1)$$

$$h_2 = Z_e X_p / (X_e - X_p) \quad \dots(8-2)$$

$X_e \gg X_p$ ならば、式(8)の分母は X_e に近似でき、式(8)に式(6)を代入すると、虚像の奥行き h_1, h_2 は円弧の半径 r に比例する。

$$h_1 \approx h_2 \approx r Z_e ((g_x / g_y)^2 + 1)^{-1/2} / X_e \quad \dots(8-3)$$

となり、この場合も虚像の高さは円弧の半径 r に比例する。

図2(a), (b)のいずれの場合でも像の奥行き: h_1, h_2 は、半径が小さい領域では近似的に円の半径 r に比例し、半径を調節することによって、奥行きを自由に設定できる。XY平面上の輝点の位置は、円弧の中心をXY平面上で移動させることによって、平行移動できる。このように円弧の中心位置と半径を調節することによって、3次元空間の任意の1点を記録して、再生することが可能となる。

図3に任意の3次元形状を、3次元空間中の点の集合として表示する方法を示す。はじめに表示したい3次元像をX-Y平面と平行な面でスライスしたときの断面画像P1~P4を求める。例えば3次元CTスキャナーの断層写真や、3次元CADで設計した形状データなどをこの画像として使用できる。このディスプレイは3次元物体を透明に内部まで表示できるが、内部を表示しない場合は断面の輪廓だけを使用し、陰に隠れて見えない向こう側の輪廓を使わないようにする。

断面画像のそれぞれの画素に円弧の中心を移動させ、Z方向の高さに比例した半径 r で円弧を描く。断面P1~P4

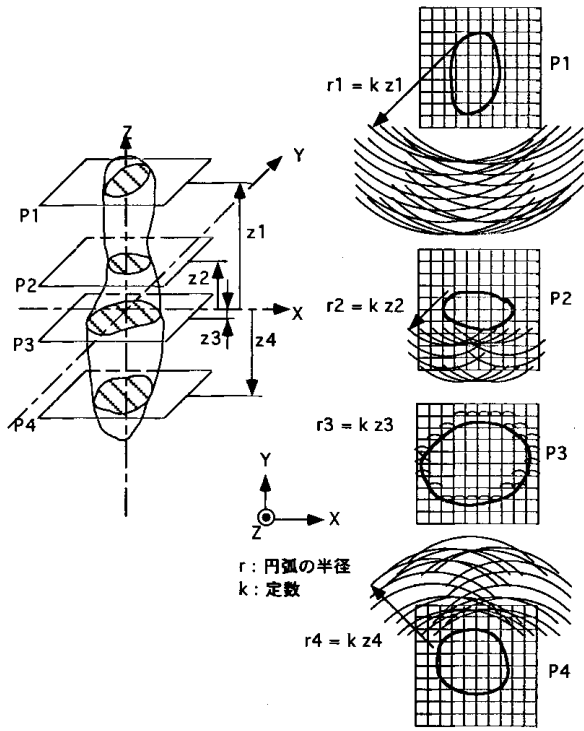


図3 任意の3次元形状を3次元空間中の点の集合として表示する方法

は、記録する基板上で同一位置に置く。ただし、図2(b)で説明した位置関係で立体像を観察する場合は、z軸が傾いて像が再生されるので、Y方向にシフトさせながらP1~P4を配置するとよい。

3 立体ディスプレイ作製装置の試作

3-1 パンタグラフ比例トレース型立体ディスプレイ作製装置

図4に、試作したパンタグラフ比例トレース型立体ディスプレイ作製装置を示す。立体像を記録する基板に、モータでブラシを回転させて擦り付けることによって、基板表面に円弧状の擦り傷を付ける。ならない点を下絵に沿って動かすと、パンタグラフ機構により、円弧の中心は下絵と相似形にトレースされる。パンタグラフの支点を変えると、立体像の倍率を変化させることができる。モータを回転させながら、円弧の中心を移動させると、ブラシの軌跡は厳密には円弧でなく歪んだ円弧になるが、トレースの速度に対して十分に速くモータを回転するようにすると、断面画像と相似の中心位置を持った、たくさんの円弧を描くことができる。ブラシには紙ヤスリ(800番)を使用し、基板は塩化ビニル板を使用した。円弧の半径は、ブラシの位置を半径方向にスライドさせる機構により調節できようにした。回転軸は、傷が全円でなく円弧になるように基板に対して θ だけ傾けた。回転軸を傾けてもブラシが全く変形しなければ基板と1点でしか接触できないが、ブラシが弾力性を持ち変

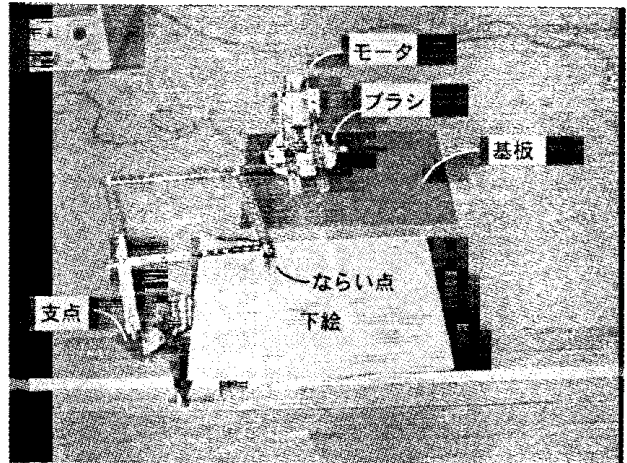


図4 試作したパンタグラフ比例トレース型立体ディスプレイ作製装置の外観

形すれば、円弧状に基板に接触し続けることが可能である。回転中心軸からブラシまでの距離を r 、ブラシの変形量を L 、回転中心軸と基板の垂線のなす角度を θ 、擦り傷の扇型の半角を δ とすると、 δ は式(9)で求めることができる。

$$\delta = \cos^{-1} (1 - L / (r \cos \theta \sin \theta)) \quad \dots (9-1)$$

θ は小さいので近似的に

$$\delta \approx \cos^{-1} (1 - L / (r \sin \theta)) \quad \dots (9-2)$$

適切な長さや長さのブラシを選択して、重りなどでブラシの変位量 L を調節し、さらに回転軸の傾き θ も調節して、 δ を所望の角度に設定することができる。

扇形が半円になるのは、 δ が $\pi/2$ のときであるので、式(10)の条件が成立するようにすればよい。

$$\theta \approx \sin^{-1} (L / r) \quad \dots (10)$$

δ を大きくすると、輝点が動く範囲が広がるので、立体視の視域を大きくすることができる。しかし δ を $\pi/2$ 以上にすると、同一円弧上に輝点が2カ所現れるようになり、奥行きが反対になった2つの像が現れるので、一般的な立体像を表示する場合には見にくくなる。ただし模様等で積極的にこの効果を利用すると、ビジュアルな効果が高い立体模様を作製することができる。

この装置によって、下絵をなぞるだけで簡単に奥行きのある立体画像を作製することが可能になった。

3-2 XYZ制御型立体ディスプレイ作製装置

図5にコンピュータでXYZ軸を制御して、コンピュータ内でデザインした画像を立体像として書き込むプログラム作製装置を示す。このシステムは、カッタープロッター(Graphtec製FC3200-50H)のカッター取り付け部に、ミニルーター(Sumflex製Joy丸)を加工して取り付け、PCからHP-GLでXYZ座標を制御する構成で実現した。XY座標は、円弧の中心座標に対応しており、同一深さの断面画像をトレースするようにした。またZ方向は上下させて、基板にブラシを接触させたり、離したりすることができるようにした。これにより一筆

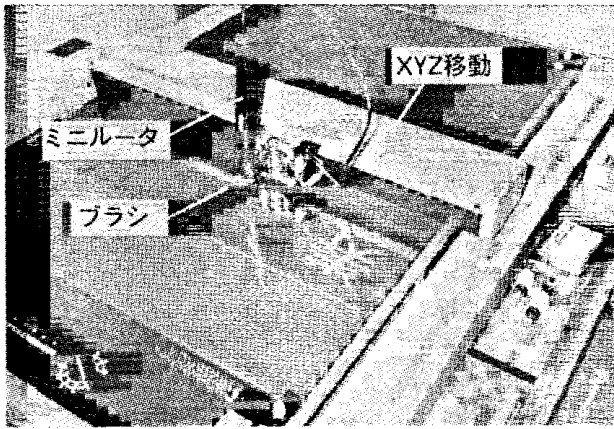


図5 コンピュータでXYZ軸を制御して、コンピュータ内でデザインした画像を立体像として書き込む立体ディスプレイ作製装置の外観

書きで描けないような不連続なトレースとなる場合でも、ブラシを基板から離してから移動させることができるので、不必要な傷がつかない。さらに治具により θ を与えて、円弧の角度 δ を調節できるようにした。ブラシは金属製のワイヤを使用した。

円弧状の擦り傷の密度は、モータの回転速度と回転中心の移動速度で制御可能である。モータの角速度を ω 、移動速度ベクトルを $V(x,y)$ 、ブラシの本数を n 、円周率を π とすると、溝の密度 $C(x,y)$ は

$$C(x,y) = n \omega / (2\pi V(x,y)) \quad \dots(11)$$

となる。この密度を可変することによって、濃淡を表現することも原理的には可能である。現状では、ブラシの押しつけ圧力の制御ができないこと、半径が変えられないなどの改善すべき点があり、実用には不十分であるが、この試作システムによりコンピュータ制御の機械的な傷付け加工で立体ディスプレイが作製可能なことを実証できた。

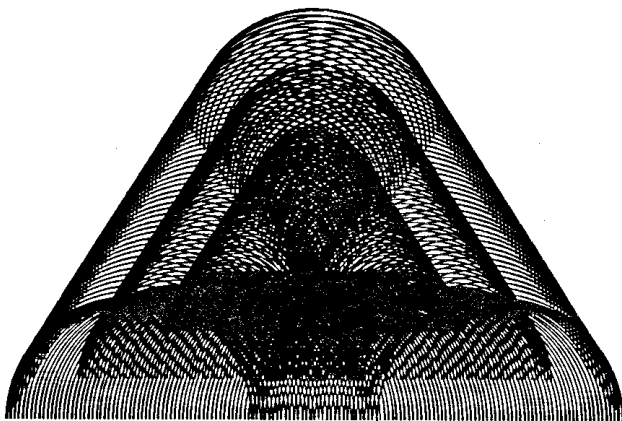
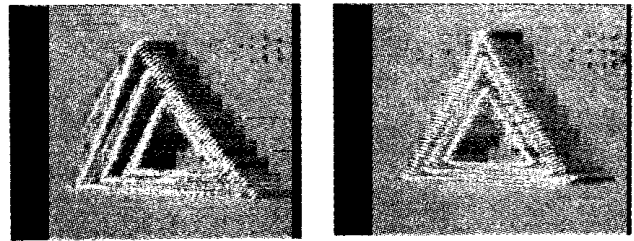


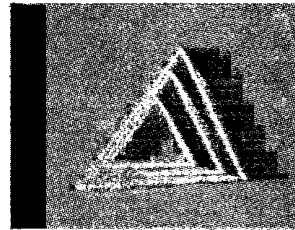
図6 円弧のパターンの一例を示す。三角錐を3つの断面で表示するためのパターン

4 立体像の再生実験結果

図6に円弧のパターンの一例を示す。これは三角錐を



(a) (b)



(c)

図7 立体ディスプレイの再生像。図6のパターンをカッタープロッタで塩化ビニル基板に傷をつけて書き込んで白色光で照明して再生。観測位置は(a)左、(b)中央、(c)右

3つの断面で表示するためのパターンである。図7に、このパターンをカッタープロッタで塩化ビニル基板に傷をつけて書き込み、白色光で照明したときの再生像を示す。ただし、これはブラシを回転させて作製したのではなく、円弧の形状と数を正確に把握し光散乱溝をシャープにするために、数値制御でカッターを半円型に移動させて作製したものである。一断面の三角形1個を表示するために、189個の円弧を使用している。三角形の大きさは一辺が60, 46, 29mmである。円弧の半径はそれぞれ20, 15, 9.5mmであり、円弧間のピッチは底辺部で約0.63, 0.48, 0.30mm、斜辺部で0.78, 0.59, 0.38mmである。

この立体ディスプレイを500mm程度離れて観察した場合、0.38mmのピッチ（図7の最小の三角形）ならばほぼ連続的に見えた。それ以上のピッチでは像が不連続に観測された。このことから、2値画像ならば最小円弧ピッチは実用上0.3mmで十分であることが確かめられた。また、左右に観測位置を変えると奥行きに応じて像が左右に動き、両眼で見るとステレオ視により奥行きをもって観測された。光源と目と円弧の位置関係によって、基板の上方の空間でも下方の空間でも自在に立体像を発生することができた。輝点は円弧上を動くので、他のステレオ法であるレンチキュラー法や、バララックスバリア法のように輝点の動きが飛び飛びにならず、滑らかで連続的であった。

5 考察

5-1 情報量の見積もり

壁材等に装飾を施すことを仮定して、1200mm×1200mmの大面积基板に立体像を書き込む場合の情報量

について見積もる。基板を0.3mmの間隔で格子状に区切り、その画素の中心を円弧の中心とすると、円弧の中心の数は、

$$(1200/0.3)^2 = 16 \times 10^6 \text{個} \text{ になる。}$$

この円弧の中心点の座標は、3byteあれば総数 16×10^6 個の座標点から十分に識別可能である。

$$2^{(3 \times 8)} > 16 \times 10^6 \text{個}$$

奥行きの高さの分解能を、基板の上下の空間でそれぞれ32づつで64段階とすると、1byteで十分に表現できる。基板の1画素に64個の円弧が割り当てられるので、基板全体で描かれる円弧の総数は、

$$16 \times 10^6 \text{個} \times 64 = 10^9 \text{個} \text{ となる。}$$

円弧の中心点の3byteと半径の1byteを足して、空間の1点(円弧1個)を4byteで表現できる。全体では $10^9 \text{個} \times 4 \text{byte} = 4 \text{Gbyte}$ の情報量となる。従来のホログラムの場合を試算¹⁰⁾すると、30Tbyteにもなるが、本法のデータの大きさは現存の一般的な計算機で十分に扱うことができる大きさであり、この程度の情報量で $1200 \times 1200 \text{mm}$ の大きさの立体ディスプレイを実現することが可能となる。

5-2 応用分野

この立体ディスプレイは、従来よりも基板への制限が小さく、簡単で安価に作製可能なので、例えば立体絵、立体看板、立体広告、立体印刷、窓装飾、壁装飾、漆塗工芸品装飾、自動車塗装装飾、鏡装飾、光学玩具、貴金属装飾、インテリア内外装飾、美術品、宗教用具および包装装飾などへの応用が考えられる。

6 結 論

円弧状の傷に光を照射したときに、輝点がどのように見えるかを定式化した。左右の目から見える円弧上の輝点の位置のずれに起因するステレオ視により、立体的に見えることを説明し、任意の3次元像を表示する立体ディスプレイの設計方法を示した。さらに、パンタグラフ比例トレース型とXYZ制御型の立体ディスプレイ作製装置を試作し、立体ディスプレイをこの装置により作製した。またカッタープロッターでいろいろなピッチで円弧状に傷を付けて立体像を書き込み、0.3mm程度のピッチで十分に滑らかに像が観測できることを確認した。この実験結果から、情報量について見積もり、従来よりも大幅に少ない情報量で大型の立体ディスプレイを作製できることがわかった。

この立体ディスプレイは、従来のホログラフィが抱えていた問題を解決可能であり、次のような特徴がある。

- (1) 擦り傷がつく材料ならばどのようなものにも、記録ができる。
- (2) 機械加工だけで作製が可能で化学処理が不要。
- (3) 記録部は擦り傷なので、半永久的な耐候性がある。

(4) 安価な装置で作製が可能である。

(5) 加工分解能が数百ミクロンでよく情報量が少ないので大型のディスプレイが作製できる。

なお下記の2点がこの研究の成果としてあげられる。

- ① 特許出願(平成9年特許願第18071号)「ホログラム、ホログラムの作成方法及びホログラムの作製装置」(岩手県と東北学院大学工学部木村光照教授との共願)を行った。
- ② 科学技術振興事業団 地域研究開発促進拠点支援事業 新技術コンセプト・モデル化課題「3次元虚像発生装置のモデル化」に株式会社ミクロトップが採択された。著者はコンセプトエンジニアとしてホログラフィの原理指導を実施中である。

本研究を進めるに当たり、有益な議論を頂いた東北学院大学工学部の木村光照教授、通産省工業技術院機械技術研究所の松田浄史博士に厚く御礼申し上げます。

文 献

- 1) 久保田敏弘：ホログラフィ入門，朝倉書店(1995)。
- 2) 鈴木正根：実践ホログラフィ技術，オプトロニクス社(1993)。
- 3) 辻内順平：ホログラフィ，丸善(1993)。
- 4) Pierr St. Hilaire et. al.: Electronic Display system for computational holography, SPIE Practical Holography IV, 1212, 174-182 (1990)。
- 5) Pierr St. Hilaire et. al.: Advances in Holographic Video, SPIE proc. 1914, 188-196 (1993)。
- 6) M. Lucente et. al.: Progress in holographic video with the acousto-optical modulator display, SPIE Applications of Optical Holography proc. 2577, 2-7 (1995)。
- 7) J. Kulick et. al.: IC Vision - A VLSI Based Holographic Display System, SPIE proc. 1914, 219-229 (1993)。
- 8) Jeffrey Kulick et. al.: Demonstration of a real-time implementation of the IC Vision holographic stereogram display, SPIE International Conference on Application of Optical Holography proceedings, 2577, 8-19 (1995)。
- 9) Fujio IWATA: Grating Image Technology, SPIE International Conference on Application of Optical Holography proceedings, 2577, 66-70 (1995)。
- 10) 吉川浩，佐々木建光：動画ホログラフィの情報低減，画像電子学会誌，22，329-336 (1993)。
- 11) William T. Plummer and Leo R. Gardner: A mechanically generated hologram?, Applied optics, 31, 6585-6588 (1992)。

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（第2報） —二つの校正方式による誤差の相違—

和合 健*、多田 三郎*

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において校正方式による誤差の相違を確認するため、ゼロ点比例式と基準点比例式の二つの校正方式でSN比 η 、誤差限界 $\pm 3/\sqrt{\eta}$ を算出し比較した。校正方式がゼロ点比例式の場合は誤差限界は $1.0\mu\text{m}$ となり、基準点比例式の場合は誤差限界は $1.6\mu\text{m}$ となった。SN比の要因効果図は、全体的な傾向は類似しているが細部で相違がみられる。

キーワード：リングプレートメソッド、三次元測定機、校正方式、品質工学

CMM Evaluation of Performance by Ring Plate Method (2nd) —Difference of Error between Two Calibration Methods—

WAGO Takeshi and TADA Saburo

For an evaluation of performance of CMM(Coordinate Measuring Machine)by Ring plate method, SN ratio η and its Error limit $\pm 3/\sqrt{\eta}$ from two types of calibration method, zero point proportional formula calibration and reference point proportional formula calibration, are obtained. In case of the error limit $\pm 3/\sqrt{\eta}$, that of zero point proportional formula calibration is $1.0\mu\text{m}$ and that of reference point proportional formula calibration is $1.6\mu\text{m}$, respectively. And in case of SN ratio η , factorial effects are almost similar between two methods and the differences in are discussed.

key words : ring plate method, CMM, calibration system, quality engineering

1 緒 言

三次元測定機（以下、CMM）の新しい誤差評価方法の提案として、計量研究所を中心とする機械金属連合部会計測分科会傘下プラスチック計測技術研究会の共同研究の一環で「リングプレートメソッドによるCMMの誤差評価」を行い前報¹⁾で報告した。本報では、ゼロ点比例式と基準点比例式の二つの校正方式からSN比、誤差限界を求め校正方式による誤差の相違について考察を行った。ゼロ点比例式や基準点比例式などの校正方式や計測の誤差についての取り扱いは、1991年に品質工学の考え方に基づいたJIS Z 9090（測定—校正方式通則）が規格化されたことにより、従来まちまちだった計測における校正の考え方の手順が明確に示され、実用的な活用において有効となっている。我々計測機器ユーザは、計測誤差を減らすために計測の割り付け実験や校正方式の活用により対処す

ることが求められており、本報は基本事項の確認として二つの校正方式による誤差の相違について実験を行った。

2 実験装置及び方法

2-1 リングプレートメソッドとは

図1にリングプレートゲージを示す。

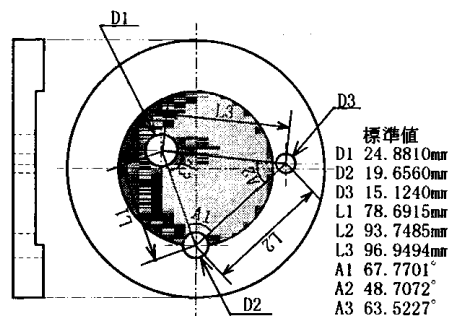


図1 リングプレートゲージ

* 電子機械部

表1にCMMの主な仕様、図2に実験に用いたCMMと標示因子を示す。

表1 CMMの主な仕様

型式	UPMC550-CARAT・HSS
メーカー	ZEISS
構造	ブリッジ移動型
測定範囲	X=550、Y=500、Z=450mm
保証精度	1軸(U ₁) 0.5+L/900(μm) 空間(U ₃) 0.8+L/600(μm) (L=測定長さmm)
プロービング方式	3軸フリー、2軸ロック1軸フリー

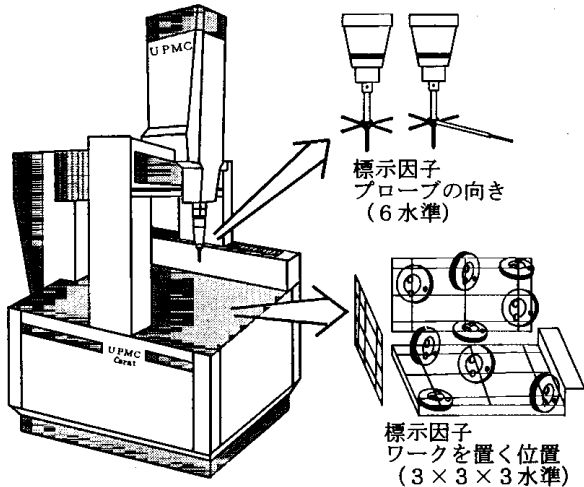


図2 実験に用いたCMMと標示因子

リングプレートメソッドとは、品質工学に基づいて標示因子、信号因子などを直交表L₁₈に割り付けた実験計画に従い、二次元測定を対象として3個のリングゲージが組み込まれた円盤状のゲージ(リングプレートゲージ)をCMMで測定し、得られたデータを計測のSN比により誤差評価を行う手法である²⁾。ここでの設定として、CNCモードによる自動測定、プロービング方式は3軸フリーとした。

2-2 ゼロ点比例校正式と基準点比例校正式

表2に校正式とその利点、図3にそれぞれの校正式を説明するのグラフを示す。

表2 校正式とその利点

	ゼロ点比例式	基準点比例式
校正式	$y = \beta M$ M : 標準の値 y : 標準Mの読み値 β : 感度	$y = y_0 + \beta (M - M_0)$ M : 標準の値 y : 標準Mの読み値 M ₀ : 基準点の表示値 y ₀ : その時の読み値 β : 感度
利点	<ul style="list-style-type: none"> M=0の時y=0を示すことから絶対基準となるゼロ点を通る。 計算が容易 	<ul style="list-style-type: none"> 比例式の重心近くを基準に補正するため全体的に最小の補正量ですむ。 基準値で差をとり補正するため有効桁数が多い計算に適している。

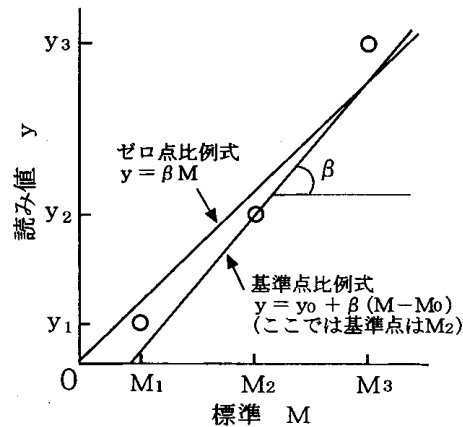


図3 校正式のグラフ

ゼロ点比例式 $y = \beta M$ では出力 y 、感度 β 、入力 M により構成され、計測機器の場合は基本的に $y = M$ が理想となるため感度 $\beta = 1$ が目標値となる。校正方法の種類には、ノギスのような点検(ゼロ点確認)だけの校正、マイクロメータのようなゼロ点校正(ゼロ点調整)、他には比例式による校正、一次式による校正など、それぞれ特色があるので状況に応じた選択が必要になる。

2-3 ゼロ点比例式によるSN比の算出

標準値の M_1, M_2, M_3 は、計量研究所から指定された $M_1 = 24.8810\text{mm}$ 、 $M_2 = 19.6560\text{mm}$ 、 $M_3 = 15.1240\text{mm}$ とした。一例としてD(4,軸)のNo.1のSN比を求める。D(4,軸)のNo.1とは直交表L₁₈において実験番号がNo.1、Dとは測定項目が内径測定(internal Diameter)、(4,軸)とはプロービング方式がCMMのガイド軸に平行方向のプロービングで、点数が4点である。

$$\text{有効除数 } r = M_1^2 + M_2^2 + M_3^2 = 1234.157873$$

線形式 $L_1 \sim L_3$ の変動を求める

$$L_1 = M_1 y_{11} + M_2 y_{12} + M_3 y_{13} = 1234.172210$$

$$L_2 = M_1 y_{21} + M_2 y_{22} + M_3 y_{23} = 1234.185654$$

$$L_3 = M_1 y_{31} + M_2 y_{32} + M_3 y_{33} = 1234.178698$$

$$\text{全2乗和 } S_T = y_{11}^2 + y_{12}^2 + y_{13}^2 + \dots + y_{33}^2 = 3702.599508$$

$$\text{比例項の変動 } S_\beta = (L_1 + L_2 + L_3)^2 / (3 \times r) = 3702.599507$$

$$\text{感度 } \beta = (L_1 + L_2 + L_3) / (3 \times r) = 1.000017$$

$$\text{誤差変動 } S_e = S_T - S_\beta = 2.89932 \times 10^{-7}$$

$$\text{誤差分散 } V_e = S_e / 8 = 3.62415 \times 10^{-8}$$

$$\text{SN比 } \eta = 1 / (3 \times r) \times (S_\beta - V_e) / V_e = 27593580.92 (\text{mm}^{-2})$$

$$\eta = 10 \times \log (1 / (3 \times r) \times (S_\beta - V_e) / V_e) = 74.40808 = 74.4 (\text{db})$$

誤差限界(これはほぼ95%信頼限界に相当する。)

$$\pm 3 / \sqrt{\eta} = \pm 0.0005711 (\text{mm}) = \pm 0.57 (\mu\text{m})$$

2-4 基準点比例式によるSN比の算出

同様にD(4, 軸)のNo.1のSN比を求める。標準値は、 $M_1=24.8810\text{mm}$ 、 $M_2=19.6560\text{mm}$ 、 $M_3=15.1240\text{mm}$ である。M₂を基準点とするためにそれぞれの差をとると、 $M_1=5.2250\text{mm}$ 、 $M_2=0\text{mm}$ 、 $M_3=-4.5320\text{mm}$ となる。

$$\text{有効除数 } r = M_1^2 + M_2^2 + M_3^2 = 47.839649$$

線形式L₁~L₃の変動を求める

$$L_1 = M_1 y_{11} + M_2 y_{12} + M_3 y_{13} = 47.8421922$$

$$L_2 = M_1 y_{21} + M_2 y_{22} + M_3 y_{23} = 47.8418776$$

$$L_3 = M_1 y_{31} + M_2 y_{32} + M_3 y_{33} = 47.8427840$$

$$\text{全2乗和 } S_T = y_{11}^2 + y_{12}^2 + y_{13}^2 + \dots + y_{33}^2 = 143.534762$$

$$\text{比例項の変動 } S_\beta = (L_1 + L_2 + L_3)^2 / (3 \times r) = 143.5344761$$

$$\text{感度 } \beta = (L_1 + L_2 + L_3) / (3 \times r) = 1.000055$$

$$\text{誤差変動 } S_e = S_T - S_\beta = 9.24396 \times 10^{-7}$$

$$\text{誤差分散 } V_e = S_e / 8 = 1.15549 \times 10^{-7}$$

$$\text{SN比 } \eta = 1 / (3 \times r) \times (S_\beta - V_e) / V_e = 8655256.942 (\text{mm}^{-2})$$

$$\eta = 10 \times \log (1 / (3 \times r) \times (S_\beta - V_e) / V_e) = 69.372799 = 69.4 (\text{db})$$

誤差限界 (これはほぼ95%信頼限界に相当する。)
 $\pm 3 / \sqrt{\eta} = \pm 0.0010197 (\text{mm}) = \pm 1.01 (\mu\text{m})$

2-5 校正式

以上の計算により求められた校正式を以下に示す。

ゼロ点比例校正式

$$M = y / 0.999988 \pm 0.0010 (\text{mm})$$

基準点比例校正式

$$M = 19.6560 + (y - 19.6557) / 1.000037 \pm 0.0016 (\text{mm})$$

3 実験結果及び考察

3-1 誤差限界での比較

表3にゼロ点比例式と基準点比例式の内径測定での誤差限界 $3/\sqrt{\eta}$ (mm)を示す。表3よりゼロ点比例式の方が基準点比例式より全体の平均値で $0.6 \mu\text{m}$ 小さい値となっている。プローブの向きでは因子A1~A4まではほとんど等しいが、ゼロ点比例式の方が因子A5で $1.0 \mu\text{m}$ 、因子A6で $2.4 \mu\text{m}$ 小さい値となっている。前報では作業員から死角になりプロービングが難しい場合のA5はA1~A4と比較して大きな誤差となり作業員のプロービング誤差によるものと推測されたが、ゼロ点比例式ではA5はA1~A4と等しい値となっている。延長シャフトを取り付けた場合のA6は、基準点比例式では $4.3 \mu\text{m}$ 、ゼロ点比例式では $1.9 \mu\text{m}$ となり大きな相違が生じた。これは、CMMの利用における大きな示唆

を与える結果となった。

表3 ゼロ点比例式と基準点比例式の内径測定での誤差限界 ($3/\sqrt{\eta}$) の比較

因子		ゼロ点比例式				基準点比例式				
		プロービング方式 4, 軸 4, 45 8			AVG	プロービング方式 4, 軸 4, 45 8			AVG	
プローブの向き	A1	0.6	0.8	0.9	0.8	0.8	1.4	1.2	1.1	
	A2	0.8	0.7	0.5	0.7	0.6	0.4	0.4	0.4	
	A3	0.7	0.8	1.0	0.9	0.8	1.6	0.6	1.0	
	A4	0.6	0.6	0.9	0.7	0.6	1.0	0.5	0.7	
	A5	1.1	1.5	0.6	1.1	2.5	2.1	1.7	2.1	
	A6	2.6	0.7	2.3	1.9	4.1	4.4	4.5	4.3	
	AVG	1.1	0.9	1.1	1.0	1.6	1.8	1.5	1.6	
ゲージを置く位置	X軸	D1	1.3	0.9	1.2	1.1	1.7	2.0	1.5	1.7
		D2	1.2	0.9	1.1	1.1	1.3	1.6	1.3	1.4
		D3	1.1	0.9	1.1	1.0	1.7	1.8	1.6	1.7
	Y軸	E1	1.0	0.9	1.1	1.0	1.5	1.9	1.5	1.6
		E2	1.2	0.9	1.1	1.1	1.8	2.2	1.6	1.9
		E3	1.0	0.8	1.0	0.9	1.4	1.4	1.2	1.3
	Z軸	F1	0.9	0.8	1.0	0.9	1.6	1.6	1.3	1.5
		F2	0.9	0.8	1.1	0.9	1.4	2.0	1.5	1.6
		F3	1.3	0.9	1.1	1.1	1.7	1.8	1.6	1.7
	AVG	1.1	0.9	1.1	1.0	1.6	1.8	1.5	1.6	

注) AVGは平均値

表4に表3で用いた語句の説明を示す。

表4 表3で用いた語句の説明

記号	説明
4, 軸	CMMのガイド軸に平行方向で4点
4, 45	CMMのガイド軸から45°方向で4点
8	円周上を均一に8点
A1~A6	プローブの向きは、A1~A6の6水準
D1~F3	ワークを置く位置は、X軸でD1~D3の3水準、Y軸でE1~E3の3水準、Z軸でF1~F3の3水準

3-2 SN比の要因効果図での比較

図4、5にゼロ点比例式と基準点比例式の内径測定でのSN比の要因効果図、図6、7に感度の要因効果図、表5、6にD(4, 軸)(No.1)の分散分析表を示す。ゼロ点比例式と基準点比例式のSN比を比較すると全体的な傾向は類似しているが、D(4, 45)の因子A5、A6の場合など細部で相違した傾向が見られる。

一方、感度の要因効果図でゼロ点比例式と基準点比例式は類似性は見られず、ゼロ点比例式の方が偏差の指標となる目標値 $\beta=1$ に値が近づいている。

また、SN比と感度の両方において基準点比例式の方がばらつきが大きい。

SN比と感度の定義は、

$$\text{SN比 } \eta = \beta^2 / \sigma^2$$

$$\text{感度 } \beta^2 = (S_\beta - V_e) / r$$

$$\text{誤差分散 } \sigma^2 = V_e$$

と表され、SN比はばらつきの指標となり、感度は偏差の指標となる。要因効果図からゼロ点比例式の方がばらつきも偏差も小さいことから表2より誤差限界で $0.6 \mu\text{m}$ 小さな結果が表れている。つまり、ゼロ点比例式と基

準点比例式では基準値が異なるため標準値からの偏差と線形性を表す近似直線の傾き β (感度) が異なる算出式で計算されたためにSN比、感度で誤差の影響が微妙に相違したものと推測される。

この結果より計測機器の場合は、入力が0の時は出力が0が基本となることから、通常はゼロ点比例式を用いるべきであり、基準点比例式を用いる場合は基準点の決定を慎重に行うべきである。

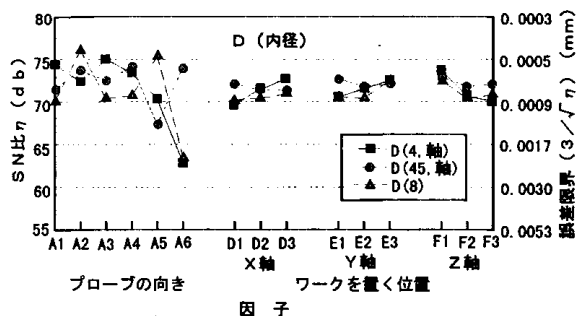


図4 ゼロ点比例式による内径測定でのSN比の要因効果図

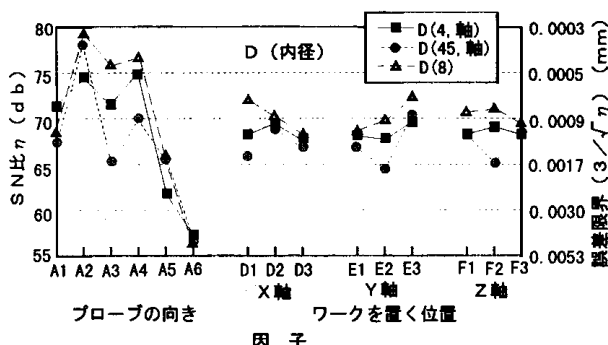


図5 基準点比例式による内径測定でのSN比の要因効果図

表5 ゼロ点比例式によるD(4,軸)(No.1)の分散分析表

(単位: μm^2)

要因	f	S	V
β	1	3.70E+09	3.70E+09
e	8	0.29	0.04
T	9	3.70E+09	-

表6 基準点比例式によるD(4,軸)(No.1)の分散分析表

(単位: μm^2)

要因	f	S	V
β	1	1.43E+08	1.43E+08
e	8	0.92	0.12
T	9	1.43E+08	-

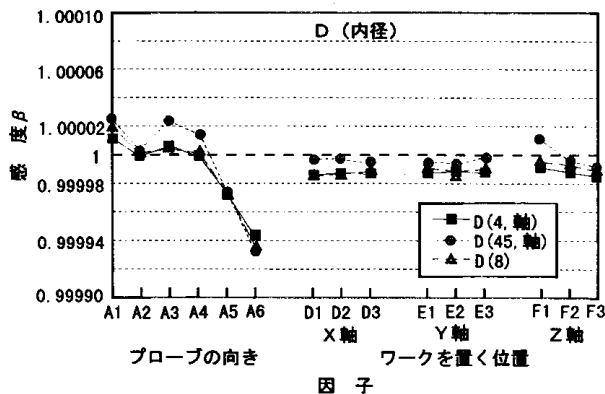


図6 ゼロ点比例式による内径測定での感度の要因効果図

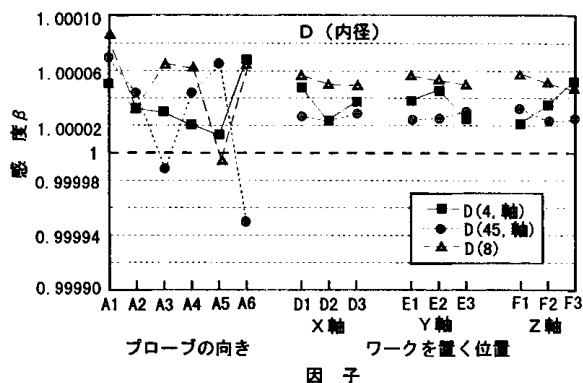


図7 基準点比例式による内径測定での感度の要因効果図

4 結 言

1) ゼロ点比例式と基準点比例式により算出した誤差限界 $3/\sqrt{\eta}$ (mm) を比較すると、本報での実験の場合ではゼロ点比例式が基準点比例式よりも全体的に誤差が小さく出力されており、これは二つの算出式の評価基準の相違によるものと思われる。

2) 以上より、ゼロ点比例式と基準点比例式では、ばらつきの指標となるSN比と標準値からの偏差の指標となる感度で、二つの式において異なる結果が表れた。このように校正式によって評価が変わるので、校正式を適正に使うには目的に合った校正式を選択が重要となる。

謝 辞

本研究を行うにあたりご指導頂いた計量研究所の松田次郎主任研究官に感謝いたします。

文 献

- 1) 和合 健: リングプレートミッドによる三次元測定機の誤差評価、岩手工技セ研報、第3号、29(1996)
- 2) 松田ほか: リングプレートミ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)

錫浴による球状黒鉛鑄鉄のオーステンパ熱処理

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(ADI)製造工程におけるオーステンパ処理用の媒液に、溶融金属錫を用いることを目的とし、錫浴の熱処理性能や球状黒鉛鑄鉄への錫付着などについて、塩浴と比較しながら検討を行った。

その結果、錫浴は塩浴に比べ熱処理性能は良好であり、鑄鉄表面の酸化被膜により錫は付着しないことなどが分かった。

キーワード:オーステンパ球状黒鉛鑄鉄、錫浴

Austempering of Spheroidal Graphite Cast Iron Using Tin-Bath

SHOUBUZAWA Yoshiyuki , BRAJIMA Akira , IKE Hiroyuki and
TAKAGAWA Takahito

Austempering of Spheroidal Graphite Cast Iron using Tin-Bath is more useful than Salt-Bath as harmless heat-treatment. We studied the heat treatability of Tin-Bath and discussed the cause of wearing to material with Tin, compared with Salt-Bath .

The results obtained are summarized as follows:

- (1) The heat treatability of Tin-Bath is superior to Salt-Bath .
- (2) There is no wearing to material with Tin as the scale.

key words : Austempered Spheroidal Graphite Cast Iron, Tin-Bath

1 緒 言

オーステンパ熱処理により基地組織をベーナイトとしたオーステンパ球状黒鉛鑄鉄(ADI)¹⁾²⁾は、強度や靱性および硬さに優れており、自動車・産業機械・建設機械等の各種部品として広く用いられ今後の用途拡大が期待されている。現在の生産量³⁾は、米国約2万t/年、独国約1万t/年、日本約1万t/年と推定される。ADIのこの優れた物性を種々の製品に応用するため、自動車部品への実用化⁴⁾や機械加工技術⁵⁾等に関する研究が多く行われてきたが、従来の鍛鋼品などと比較し熱処理コストの面で不利であり、実際にADI製品が製造されるに至らない場合が多い。そのため、今後、ADIの用途拡大や量産化には、熱処理コストの低減と多品種少量生産及び自動化に対応する技術開発が必要である。

ADIは、球状黒鉛鑄鉄を約1150Kでオーステナイト化後、600~700Kで急冷・恒温保持し基地をベーナイトとするオーステンパ熱処理により製造される。

現在、オーステンパ処理には、溶融塩を媒液とした塩浴が一般的に用いられている。しかしながら、この方法では、塩害を防止するための排水処理設備や作業環境保全設備が不可欠であり設備費の総額が大きくなること、およびバッチ方式のため多品種少量生産や自動化への対応が困難である。

そのため、著者らは、塩に代わり融点が505Kの溶融金属錫(Sn)をオーステンパ処理用の媒液として用いるSn浴オーステンパ熱処理装置⁶⁾を試作・開発した。現在、この装置は「ADI農耕爪」⁷⁾や「鑄物の刃物」⁸⁾の製造で稼働しており、金属Snが人体に無害で公害防

* 金属材料部

止設備が不要であることや、汎用性が高いことなどを確認⁶⁾している。しかしADIの製造におけるSn浴の特徴として、熱処理性能や鑄鉄へのSn附着およびSnの酸化と再利用など明らかにされていない点も多い。

本研究では、ADIの製造にSn浴を用いた場合の熱処理性能や鑄鉄へのSn附着などについて、塩浴と比較しながら検討を行った。

2 実験方法

(2-1) Sn浴について

オーステンパ処理用の溶媒として、低融点金属の亜鉛(Zn)や鉛(Pb)などが実験室で用いられる場合がある。これらの金属は、容易に使用できるのが長所であるが、図1と表1に示すように沸点が低く蒸気圧が高いので蒸気として大気に放出され易く、工業的には用いられることは少ない。(特にPbは人体に非常に有害)

一方、Snは低融点で沸点が高く、比重は鑄鉄と同レベルであるので、Sn浴中での鑄鉄鑄物の搬送が容易⁶⁾である。また、比熱や熱伝導率の値より熱処理性能は良好であり、さらに食器に使用するほど人体に無害であるため公害防止設備が不必要である。しかし、他の金属に比較して単位価格が高額であること、およびブリキによりイメージされるように鉄系材料と合金化して表面に附着すると考えられたことなどにより、現在まで工業的にSn浴の使用は試みられなかった。

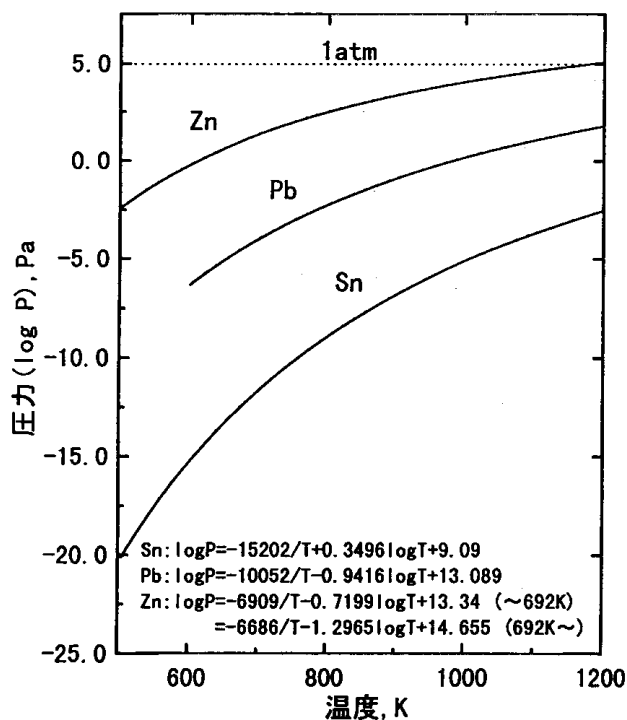


図1 溶融金属の蒸気圧

(2-2) オーステンパ熱処理

熱処理は、エアブラストにより清浄化した各条件の試験片を、マッフル炉で1173K×1hrのオーステナイト化後、Sn浴と塩浴それぞれのオーステンパ恒温槽に投入して623K×1hr恒温保持し、その後槽より取り出し空冷した。

実験に用いたオーステンパ恒温槽は、高純度Sn(表2)と硝酸塩(表3)をそれぞれ2.4L容量満たし、電熱ヒータで熔融して温度制御したものである。

表1 溶融金属の物性

項目	Zn	Pb	Sn
原子番号	30	82	50
原子量	65.38	207.21	118.7
密度 (g/cm ³)	7.12	11.34	7.30
"	6.66(A)	10.65(B)	7.00(C)
融点 (K)	693	600	505
沸点 (K)	1179	1998	2543
比熱 (J/g·K)	0.481(A)	0.152(B)	0.250(C)
熱伝導率 (W/m·K)	49.5 (A)	15.4 (B)	30.0 (C)
価格 (円/kg)	約150	約100	約700

各温度条件, A:693K, B:600K, C:505K

表2 Snの化学組成 (%)

元素名	Pb	Cu	Si	Mg	Sn
分析値	0.073	0.11	0.097	0.061	99.5

表3 塩浴の化学組成

成分	KNO ₃ - NaNO ₃
組成	約50% - 約50%

表4 供試材の化学組成 (%)

元素名	C	Si	Mn	P	S	Mg
分析値	3.71	3.18	0.24	0.043	0.018	0.044

表5 供試材の機械的性質

引張強さ N/mm ²	伸び %	硬さ HB
513	19	178

(2-3) 供試材

供試材は、材質FCD500の球状黒鉛鑄鉄製の階段状試験片(厚さ10~35×長さ40×幅60mm)とYブロックから加工したJIS4号試験片である。これらの化学組成と

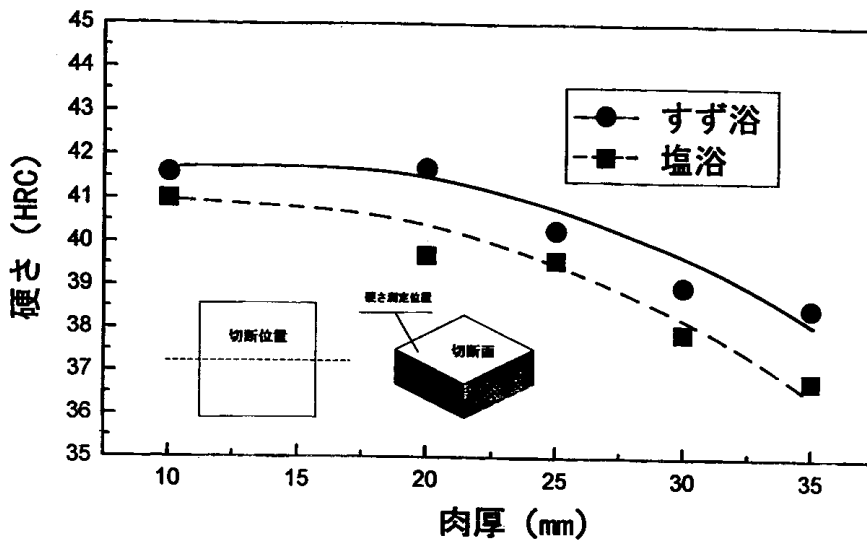


図2 ADIの肉厚による硬さの変化
(1173K×1hr→623K×1hr)

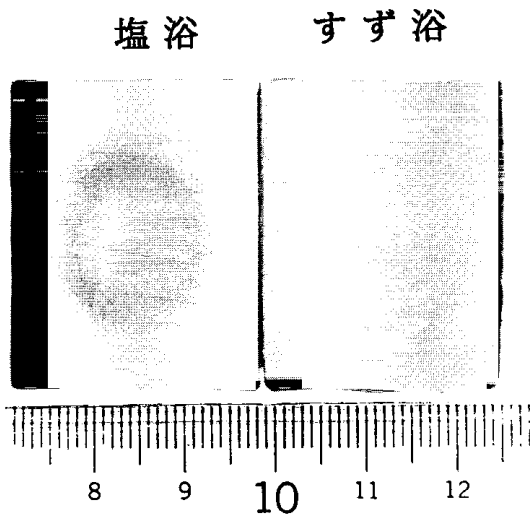


図3 オーステンパ処理試料断面のマクロ組織

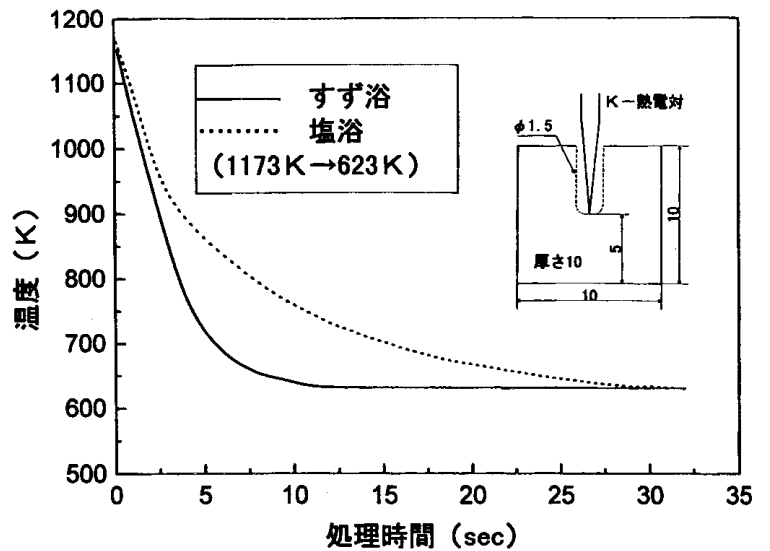


図4 Sn浴槽と塩浴槽における試料の冷却速度(1173K→623K)

機械的性質をそれぞれ表4、および表5に示すが、特にADI用としてNi、Cu、Moなどの元素を合金化しないものである。

(2-4) 熱処理性能

Sn浴の熱処理性能の評価は、肉厚10~35mmの試験片をSn浴と塩浴によりオーステンパ熱処理後、切断面での硬さで行った。硬さの測定は、端部から5mmの箇所でロックウェルCスケール(HRC)で行った。また、マクロ組織の観察、およびK熱電対による試料中心部での冷却速度の測定等も行った。

(2-5) Snの付着

Sn浴中での鑄鉄へのSnの付着は、オーステンパ処理試料とパーナイト化だけの処理試料とを比較して分析評価した。評価は、目視観察と断面の電子顕微鏡観察と分析およびX線回折などにより行った。

(6) 機械的性質

引張強さ試験は、JIS Z2241によった。

3 実験結果および考察

(3-1) 熱処理性能

図2にSn浴と塩浴を用いた場合のADI肉厚と硬さ変化を示す。各肉厚ともSn浴使用の試料の方が硬さが高く、また厚肉ほど硬さは低下するがSn浴使用の試料の方が低下が少ない。

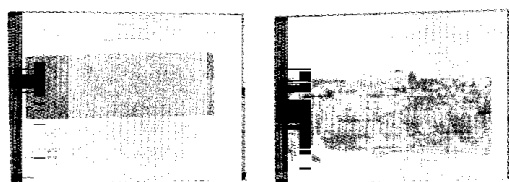
図3に硬さが低下し始める肉厚25mmの両試料の切断面のマクロ組織を示す。塩浴使用の試料では外周はペーナイト組織となっているが、中央部ではパーライトが析出している。これに対して、Sn浴使用の試料では全面均一なペーナイト組織が得られる。

次に、この差を明らかにするため両浴を使用した試料の冷却能を測定した。すなわち、2.4L容量の媒液に比べ十分少量の10×10mm角の試料の中心に熱電対を挿入し、これを1173Kから623Kの各浴に投入して冷却曲線を測定記録した。その結果を図4に示すが、Sn浴使用の試料の方が塩浴に比較して1/3の短い時間で設定温度の623Kに急冷されることが確認できる。このことより、前述の塩浴使用の試料で中央部にパーライトが析出したことは、供試材がADI用としてパーライト変態を阻止する元素の合金化⁹⁾を行ったものでなくMn量も一般的なレベルの0.2%であることなどにより、冷却速度が遅い部分でパーライトの析出が誘発されたことによるものと考えられる。

以上のことより、塩浴に比べSn浴の熱処理性能が良好であることが分かる。

(3-2) Sn付着について

Sn浴中のSnが、熱処理中鑄鉄に付着することの有無は、Sn浴の実用化にとって大切なことであり、このことについて検討した。図5-1)は、Sn浴を用いてオーステンパ処理した試料の表面状態を示したもので、Snの付着はほとんど見られない。しかし、常温の試料を



1) Sn無付着 1173K×1hr→623K×1hr
2) Sn付着 常温→623K×0.5hr

図5 Sn無付着と付着試料

Sn浴に投入して623K×0.5hrで保持した試料では、図5-2)に示す様に大量のSnの付着が認められる。

これらのSn付着の要因は、1173K×1hrのオーステナイト化工程の有無であり、この時生成する試料表面の酸化鉄被膜の有無である。この違いがSn付着に関係すると思われ、両試料を観察しEPMA分析を行った。図6に、図5-1)の試料で表面の酸化被膜にSnが僅かに付着している部分の断面を観察・分析した結果を示す。

FeとOおよびSnのK α 特性X線像から、鑄鉄とSnの間に酸化鉄被膜が存在し、Snと鑄鉄とは直接接しておらず、合金層も形成されていないことが分かる。付着している僅かなSnは、凝固収縮に伴い酸化被膜に物理的に付いたと思われ、衝撃を加えることにより簡単に脱落する。

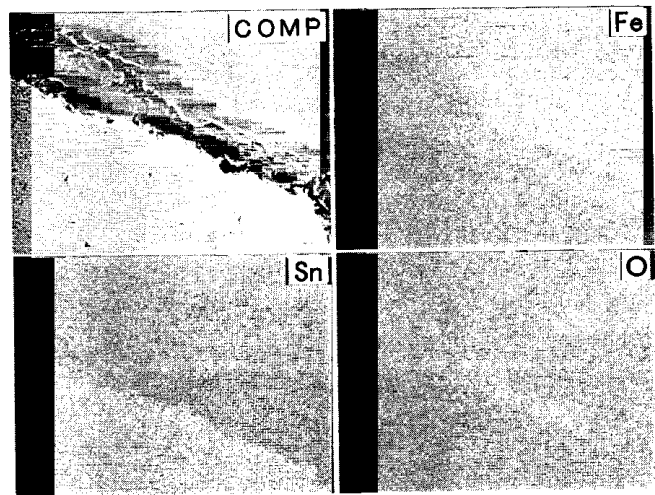
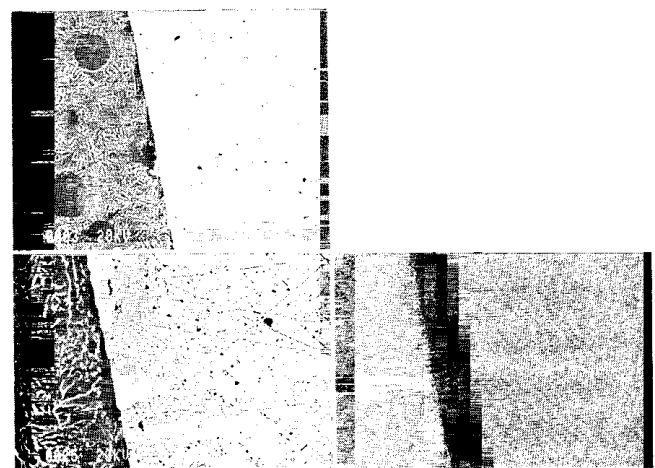


図6 Sn無付着試料表面のEPMA分析結果
(Compo像とFe, Sn, OのK α 特性X線像)



SEM像 Fe-K α 特性X線像

図7 Sn付着試料表面のEPMA分析結果
(SEM像とFeのK α 特性X線像)

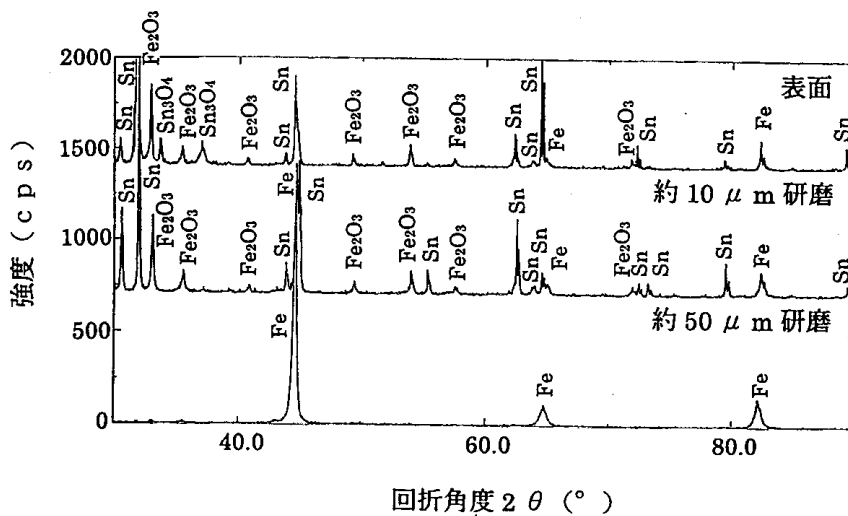


図8 Sn無付着試料のX線回折結果
(1173K × 1hr → 623K × 1hr)

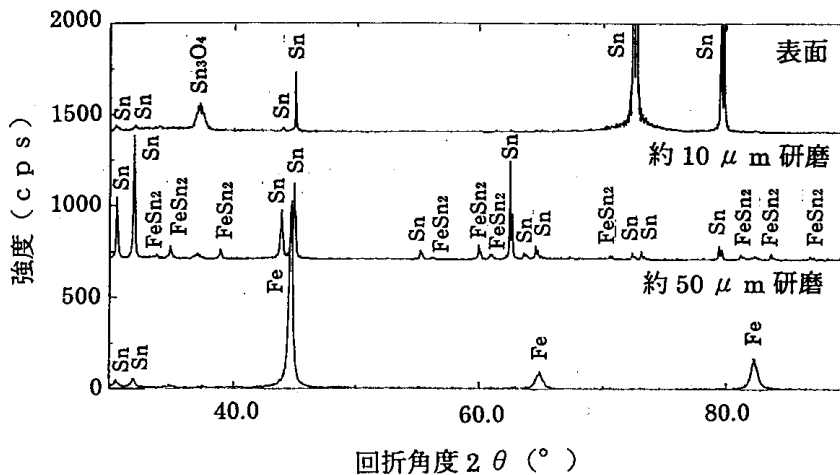


図9 Sn付着試料のX線回折結果
(常温 → 623K × 0.5hr)

これに対し、図7にSn付着試料(図5-2)断面の観察・解析結果を示す。SEM像とFeのK α 特性X線像から、Sn側にFeが拡散して界面近傍に反応層を形成し、Sn付着の起点になっている様子が観察される。

次に、SnとFeの反応層と付着の形態について調べるためX線回折により試料表面の解析を行った。

図8にSn無付着の試料の結果を示す。表面では酸化鉄(Fe $_2$ O $_3$)と若干のSnおよび酸化錫(Sn $_3$ O $_4$)が確認でき、研磨紙で10 μ m研磨除去した面ではSn $_3$ O $_4$ のピークは無くFe $_2$ O $_3$ とFeを主とするピークになる。なお、Snのピークは試料表面の凹凸により付着したものであると思われる。更に研磨紙で50 μ m研磨除去した面では鑄鉄基地のFeのピークのみとなる。

これに対し、図9に図5-2)のSn付着試料の結果を

示す。表面ではSnとSn $_3$ O $_4$ のピークが認められ、研磨紙で10 μ m研磨除去した面ではSnと鉄錫化合物(FeSn $_2$)のピークが確認され、前者に比較しSn付着が著

ことが分かる。また、図7で観察されたSnとFeの反応層はFeSn $_2$ であり、この層が付着の開始点と思われる。

以上のことより、オーステナイト化の工程で鑄鉄表面に酸化鉄被膜が生成されるため、Sn浴でのSnの付着は起こらないことが確認できる。逆に、酸化被膜が形成されていない場合は、鑄鉄表面にFeSn $_2$ を形成しながらSnが付着する。

(3-3) 機械的性質

Sn 浴を用いて処理したADIの機械的性質の一例を表6に示す。この3例は、JIS G-5503のFCAD900-8, FCAD1000-10, FCAD1200-2を満足するものである。また、ペーナイト化温度573Kの試料の顕微鏡組織を図10に示すが、均一な下部ペーナイト基地が得られていることが分かる。

表6 機械的性質 (JIS no.4 T.P.)

Sn 浴槽温度 K	引張強さ MPa	伸び %	硬さ HRC
573	1380	3.1	43
623	1120	6.2	35
673	980	9.8	26

(1173K × 1hr - Austempering, Temp × 1hr)

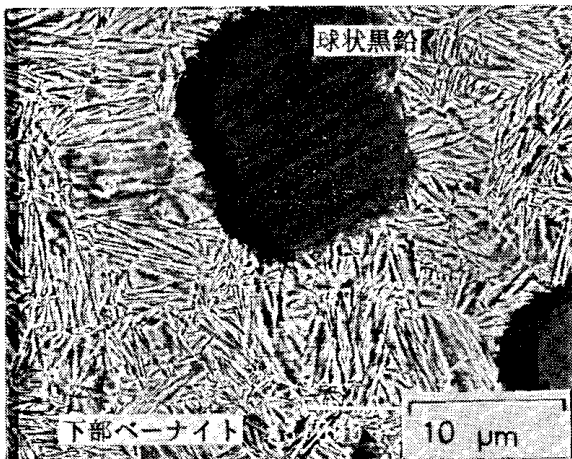


図10 下部ペーナイト基地の顕微鏡組織

4 まとめ

球状黒鉛鑄鉄のオーステンパ熱処理において、従来の塩浴の代わりに Sn 浴を用いた。Sn 浴の熱処理性能や球状黒鉛鑄鉄への Sn 付着などについて、塩浴と比較しながら検討を行った結果、以下のことが明らかになった。

- (1) Sn 浴は塩浴に比較し冷却が速く、熱処理性能が良好で均一なペーナイトが得られる。
- (2) オーステナイト化時に球状黒鉛鑄鉄表面に形成する酸化被膜は Sn 浴中での Sn 付着を防止する。
- (3) 酸化被膜が無い球状黒鉛鑄鉄表面には、Sn 浴で Sn が鉄錫化合物 ($FeSn_2$) を形成しながら付着する。
- (4) Sn 浴を用いて製造したADIは JIS 規格を十分満足する。

本研究は、中小企業庁の技術開発補助事業である国際技術創造研究事業の一部として行われたものである。

また、研究の推進に際しては、(社)日本鑄造工学会東北支部長の千田昭夫先生にご指導を得たこと、および岩手鑄機工業(株)にご協力いただいたことを記し、深甚なる謝意を表す。

文 献

- 1) 塩川：鑄物56(1984)362
- 2) 日本工業規格 JIS-G5503
- 3) 第3回 ADI 国際会議報告書
- 4) 例えば 龍華ほか：鑄物60(1988)615
- 5) 例えば 吉田ほか：鑄物65(1993)3-221
- 6) 石川、加藤ほか：日本鑄造工学会第127回全国講演大会概要集P132 (1995)
- 7) 勝負澤ほか：日本鑄造工学会第119回全国講演大会概要集p74 (1991)
- 8) 勝負澤、町田ほか：特許 特願平5-314993
特開平7-163768
- 9) 張、埒ほか：球状黒鉛鑄鉄 (アグネ1983) p266

鑄バリ打ち抜き用簡易金型の鑄造と活用技術 *

米倉 勇雄**、北條 久***、多田 三郎****

小規模鑄物工場の鑄仕上げ工程の合理化を目的として、プレスによる鑄バリの打ち抜き技術について検討した。この技術開発の最重要課題は、打ち抜き金型をいかに安価で高精度に製造するかであり、その解決策として、鑄造模型を金型模型に転用する検討を行ったところ、良好な結果が得られた。

キーワード : 鑄物、鑄バリ、打ち抜き金型、熱処理

Studies the Casting Process Using a Simplicity Die to Cut Fin

YONEKURA Isao, HOUJYO Hisashi and TADA Saburo

We studied a technology of fin cutting by press to rationalize the finishing process of small foundries. The most important subject of this technology is how to make fin cutting die cheaply and percisely. To solve the subject, we applied castings patterns to dies patterns and got good consequences.

key words : castings, fin, fin cutting die, heat treatment

1 緒 言

地方の小規模鑄物工場における生産性改善の要点として、鑄バリの除去を中心とする鑄仕上げ工程の合理化が挙げられる。現状のバリ取りは、ハンマーとタガネによる打ち欠きが一部で行われているが、そのほとんどは、定置式の両頭グラインダーやディスクまたはペンなどの人手支持型グラインダーによる研削作業であり、極めて非能率的で作業環境も悪いものになっている。一方、大手量産工場ではハンマーやタガネによる打ち欠き作業を高精度化、高効率化、省力化する目的で、プレスによる打ち抜き処理が主力になっており、グラインダー研削とは比較にならない高スピードで鑄バリが処理されている。

この合理的な打ち抜きプロセスを小規模工場が採用しようとする場合に、最大のネックになるものが自社製作不可能な打ち抜き金型の外注加工費である。すなわち、量産工場が使用している打ち抜き金型は、NC型彫機や放電加工機を用い、金型鋼（SKS,SKD等）で製作され

るため高価格であり、多品種少量製品が大部分である小規模工場では、製品一個当たりの鑄仕上げコストに占める金型費が量産工場と比較して極端に大きいものになってしまう。以上のことから本研究では、小規模鑄物工場の鑄仕上げ工程の合理化を目的として、多品種少量生産に対応可能な安価な鑄バリ打ち抜き用金型製造技術の開発及びその活用方法について検討した。

2 実験方法

打ち抜き金型の試作にあたって重要な目標は、小規模鑄物工場が独自で製造可能なものとする点であり、それを達成する手法として鑄鉄製の金型を考案・試作した。

その場合、模型や鑄型の製造に多額の費用を要しては意味がないことから、製品模型の反転型を石膏で撮り、ボール盤等の簡単な工作機械で抜け勾配と切り刃形状を加工して金型模型とし¹⁾、鑄型についてもロストワックス法や樹脂型などの特殊な造型法を用いず、全ての工場

* 鑄仕上げの合理化に関する研究（第3報）

** 金属材料部兼水沢分室

*** 金属材料部（平成9年3月退職）

**** 電子機械部

が対応可能な生型を採用した。金型及び打ち抜き試験片の溶解には、富士電波工業(株)製のサイリスタインバーター式高周波溶解炉を、鑄バリの打ち抜き試験には、(株)アマダ製ノートンオムニプレス(20 T)を、金型のオーステンパ処理には、岩手鑄機工業(株)所有のスズバス炉をそれぞれ使用した。

3 実験結果および考察

3-1 金型の試作

図1に、打ち抜き試験に供した鑄造品模型および、これを基に反転成形した打ち抜き金型の石膏模型(シングルハッチング=ダイス、クロスハッチング=ポンチ)の形状と概略寸法を示す。

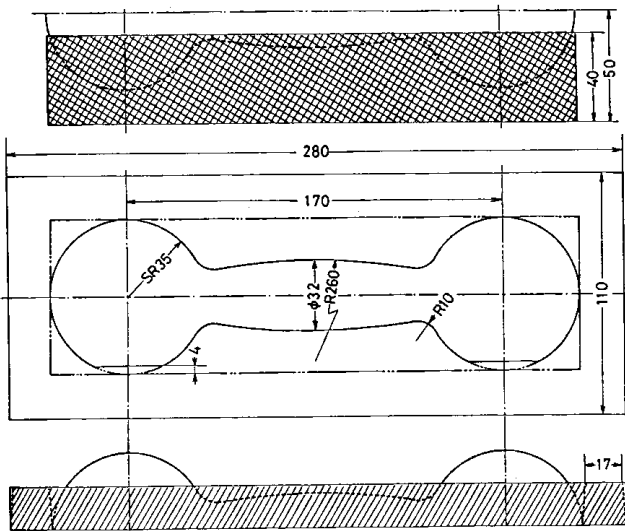


図1 打ち抜き試験片及び金型模型

金型の造型に際しては、鑄型の充填密度が製品のそれよりも小さくならないよう特に注意を必要とする。

この理由は、金型鑄型の充填密度が小さいと、金型の切り刃部分の寸法が製品よりも大となり²⁾、打ち抜いた際に鑄バリの根元が残ることになるためである。

本研究で採用した金型及び打ち抜き製品の材質の組み合わせ、すなわち金型がオーステンパ処理を施した球状黒鉛鑄鉄で製品がFC200程度のねずみ鑄鉄である場合には、鑄造時における両者の鑄型密度が同じであれば、金型の寸法がやや小さくなる。これは主として凝固収縮量の差によるもので、長手方向と横方向で若干の差があるが、金型側のオーステンパ処理による膨張量を差し引いても約0.2%程度になる。この寸法差は、熱処理後の酸化皮膜の除去による寸法減少をカバーできるとともに、打ち抜きの際に鑄バリの根元の製品本体を僅かに削ぎ落とすことになり、バリ取り後に機械加工がある場合はもちろん、鑄肌のまま使用する鑄造品でも鑄バリの根

元が残る場合と比較して好都合となる。一般的にプレスで鑄バリを処理する場合、チル組織の多いバリそのものを切断しようとせずに、基地組織または少なくともモットルになる鑄バリの根元の製品部分を僅かに削ぎ落とす考え方が良い。なぜなら、どのような高性能の金型鋼を用い、最善の熱処理を施したとしても、極めて硬くて脆いチル組織を正確に打ち抜けるポンチあるいはダイスを得ることは不可能に近いからである。このように、鑄バリ近傍の製品部分を僅かに削ぎ落とす手法を採れば、打ち抜き金型の材質としては、極端な高硬度を必要とせず、それよりは、むしろ打ち抜き時に受ける衝撃応力に対して金型本体が欠損または破損しない強靱性が重要となる。

このことから試作金型は、JIS-G5503(オーステンパ球状黒鉛鑄鉄品)のFCAD 1000-5を目標に、表1及び表2に示す化学組成と機械的性質の材質とした。

表1 供試金型の化学組成

化学成分	T. C	Si	Mn	P	S	Mg
WT%	3.96	2.88	0.24	0.082	0.013	0.038

表2 供試金型の機械的性質

熱処理等の条件	耐力 N/mm ²	引張強さ N/mm ²	伸び %	硬さ HRC
鑄放し	362	508	21.6	7.6
オーステンパ処理後	927	1286	5.6	39.4

3-2 打ち抜き試験

図2に、プレスヘッドに取り付けた金型(ポンチ)と打ち抜きボックス(打ち抜きを終えた製品を取り出すための箱)上部に取り付け、プレスベッドに固定した金型(ダイス)および、その金型にバリ付きの打ち抜き試験片をセットした状況を示す。

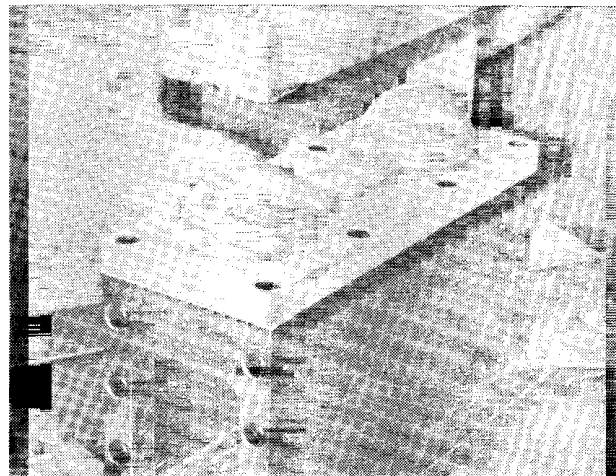


図2 打ち抜き試験の状況(打ち抜き前)

また図3には、打ち抜きを終了し、鑄バリを金型上に残して打ち抜きボックス下部に落下した試験片の状況を示す。

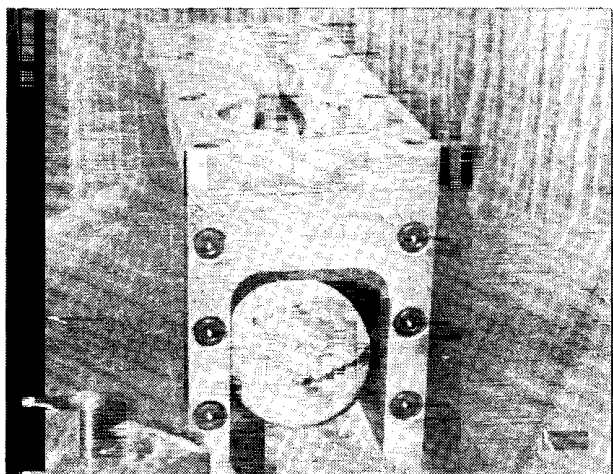


図3 打ち抜き試験の状況（打ち抜き後）

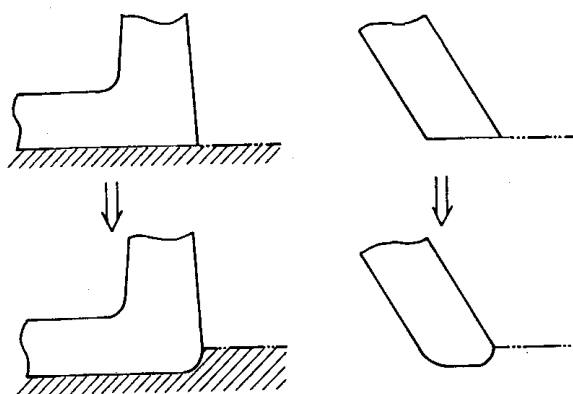
図3から分るように、打ち抜きを終えた試験片の見切り面（鑄バリが発生していた部分）には、試験片本体が僅かに削ぎ落とされたようなスリ傷が残っている。

このスリ傷は、バリ取り後に機械加工工程に移る機械部品用の鑄物では全く問題なく、鑄肌のまま着色使用する工芸品の場合でも、短時間の再ショットブラストでほとんど目立たなくなる程度である。この打ち抜き試験片の見切り面全周を、定置式の両頭グラインダーで研削仕上げするために要する作業時間は、ベテランの作業員で2～3分である。これに対して本法によれば、試験片のセットから打ち抜き、取り出し、打ち抜かれた鑄バリの除去まで約20秒となり、実質の作業時間が7分の1以下に短縮される。ここで注目される金型寿命であるが、打ち抜き試験片の溶製にかなりの時間を必要としたため、現在のところ30数個までの打ち抜きを終えた状況であり、正確な結論は得られていない。しかし現段階で金型に欠損は無く、切り刃部に製品と同様の擦り傷磨耗が見られる程度である。この磨耗が進行して鑄バリの根本が残るようになった時がこの金型の寿命と考えられるが、それが1000個以上であればもちろん、仮に数100個であったとしても、金型が自社製造可能であることによって問題は小さいものになると考えられる。その理由は、鑄造工場にとって模型が同じである鑄鉄金型の製造費は、熱処理費を含めて2個でも5個でも大した変わりがないからである。

3-3 プレス打ち抜きのための鑄造方案

これまで、プレスによる鑄バリの打ち抜きに関する研

究を進めてきた中で、見切り面がエッジ形状である製品を打ち抜いた際に発生する身欠け（チッピング）現象および、鑄バリの発生場所が不特定であることに起因して、金型にセットした鑄造品の姿勢が不安定になりやすいという二つの問題を検討する必要がある。これらの問題を解決するためには、予めプレス打ち抜きによる鑄仕上げを前提とした、鑄造品そのものの鑄造方案の改善が必要であり、その二三の解決例を、図4及び図5に示す。



(a) 中子の形状変更 (b) 見切り面の移動

図4 身欠け防止方案の例

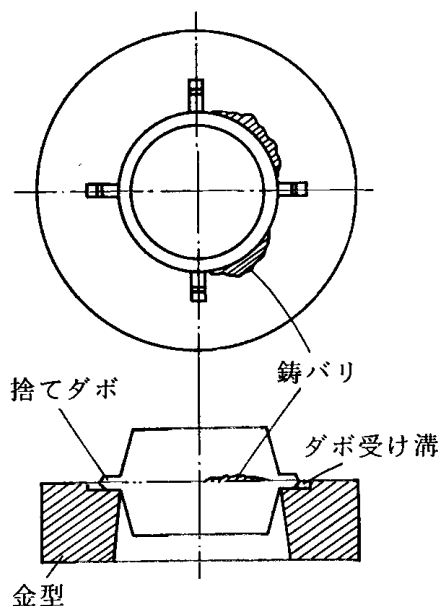


図5 打ち抜き姿勢安定方案の例

図4は、身欠け防止方案の例を示したもので、(a)は管状鑄物の場合であり、中子と同径の中木径を少し大きくして端部にRを付けることで、(b)は器状鑄物の縁のような場合で、一方の鑄型を摺り蓋にせず、見切り面を縁から離れた位置に移動してRを付けることで、何れもエッジ形状が避けられる。また図5は、鑄造品の打ち抜き姿勢を安定させるための捨てダボの例を示したもので、これを鑄物の適当な位置に数個取り付けることによ

って、鑄バリが偏って発生した鑄造品についても正確に金型セットが可能となる。この場合、捨てダボが大き過ぎると打ち抜き抵抗が大となり、また長過ぎるとシェイクアウトマシンやショットブラスト処理の際に欠けてしまうので、直径・長さともに3~5mmが適当である。

3-4 プレス打ち抜きの活用について

小規模鑄造工場は、多品種少量生産であるための労働集約的作業形態を宿命的なものとして妥協せず、かといって多額の資金を要する自動化機械の導入にのみ力点を傾けることなく、もっと柔軟な創意工夫の姿勢で身近な作業工程の合理化に取り組むべきである。この観点から現状の鑄仕上げ作業を詳しく観察すると、中物以上の大きさの製品の場合には、最初に大きめの鑄バリをハンマーとタガネで叩き落とし、残った鑄バリの根元をグラインダー研削するのが普通になっている。従って、この叩き落とし作業の精度を向上させてバリの根元が残らないようにすれば、手間のかかるグラインダー研削作業が不要になる。つまり、打ち抜き金型を総型のタガネと考え、プレスを大型のハンマーと考えれば、鑄仕上げ工程の合理化案として、グラインダー研削からいきなりNCのバリ研磨装置の導入を発想する前に、プレスによる打ち抜きが検討されて当然と考えられる。プレスによる打ち抜きは、一個の製品について一行程で全ての鑄バリが除去されることが理想的である。しかし、製品の形状によっては金型の形状が複雑になってしまうため、数回に分割して打ち抜く方が有利である場合も多くなる。ましてやこの方法の導入段階においては、最初から無理に一発処理しようとはせず、明らかに打ち抜きが有利である部分から、前述の総型タガネ感覚での活用が望ましい。

その二三の活用例を図6に示す。図6の(a)は、管状鑄物端部の場合で、主型と巾木の隙間に溶湯が進入して発生する鑄バリの除去方法を示したものであり、プレス作業で軽便に行われる切り落とし³⁾によって簡単に処理が可能と思われる。また(b)は、グレーチングやツリーサークルなど、同一形状で多数個の鑄抜き孔のある製品の場合で、現状ではベングライNDER研削のため非常に手間がかかっているが、クロスハッチング形状のポンチを使用し、製品の位置を移動させることによって、次々に打ち抜き処理が可能である。同様に(c)は、小径の鑄抜き孔への活用例で、グラインダー研削と比較して極めて効率的な処理が期待できる。また(d)のような形状の製品は、定置式のグラインダーによる研削が不可能であり、ディスクグラインダーも操作が不自由で仕上げが困難であるが、製品の固定を正確にすればプレス

による打ち抜きは極めて容易である。

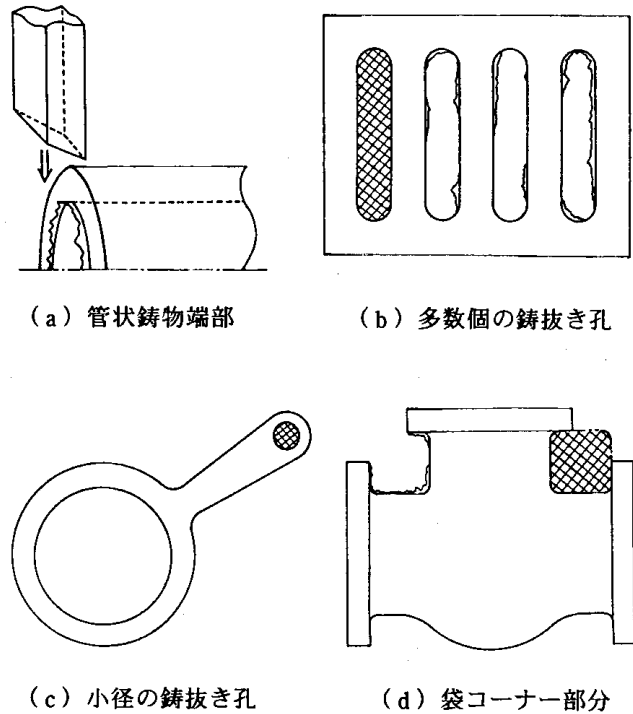


図6 部分打ち抜きの例

4 結 言

小規模鑄造工場がプレス打ち抜きによる鑄バリの処理技術を採用し易くするために、安価な鑄鉄製打ち抜き金型の製造技術とその活用方法について検討した結果、次のことが明らかになった。

- 1) 製品模型から石膏によって反転型を作成し、それを模型として鑄造したオーステンパ球状黒鉛鑄鉄の金型によって、鑄鉄鑄バリの打ち抜きが可能である。
- 2) 鑄鉄の鑄バリは、極めて硬くて脆いチル組織になっていることから、バリそのものを切断しようとせず、バリの根元を僅かに削ぎ落とす考え方が重要である。
- 3) プレスによって鑄バリを処理する場合には、身喰い防止のための見切り面位置の移動やR加工、および打ち抜き姿勢安定化のための捨てダボなど、鑄造方案上の改善が必要である。

本研究を進めるにあたり金型の熱処理に関してご協力をいただいた、岩手鑄機工業(株)に感謝いたします。

文 献

- 1) 米倉勇雄, 北條 久, 多田三郎: 岩手工技セ研報, 3, 48(1996)
- 2) 米倉勇雄, 北條 久: 岩手工試研報, 34, 79(1992)
- 3) 太田 哲: プレス加工と型技術, 日刊工業新聞社(1990)

鑄鉄を基材としたプラスチック溶射

高橋 幾久雄*、米倉 勇雄*、桑嶋 孝幸*
亀田 和夫**

鑄鉄基材にプラスチック及びプラスチックとセラミックスの複合溶射皮膜を形成して、耐食性と耐摩耗性を調べた。5%濃度塩水噴霧試験で、耐食性を評価すると、比較材の鑄鉄は12分、ポリエステル溶射材は424時間で発錆するが、アクリルとナイロンは2000時間経過しても発錆は認められなかった。

スガ式摩耗試験機による耐摩耗性はナイロンに比べ、アクリル皮膜は摩耗減量が多いが、セラミックスを混合すると、少なくなる。

キーワード：溶射、耐食性、耐摩耗性、アクリル、ナイロン、ポリエステル

Thermal Spraying of Plastics on Cast Iron

TAKAHASHI Ikuo, YONEKURA Isao, KUWASHIMA Takayuki
and KAMETA Kazuo

Plastic powder and compound powder of plastics and ceramics were thermal sprayed on cast iron substrate. Corrosion resistance of the sprayed coatings were examined by a 5% neutral salt spray test. Exposure time to appearance of rust for each sample was as follows; 12minutes for cast iron as a basis of comparison, 424hours for polyester coating, more than 2000hours for acrylic resin coating and polyamide coating. Abrasion resistance of the coatings was examined with a SUGA-type abrasion tester. Weight loss on abrasion for acrylic resin coating was bigger than that for polyamide coating and reduced by compounding with ceramic powder.

key words : thermal spraying, corrosion resistance, abrasion resistance, acrylic resin, polyamide, polyester

1 緒 言

複雑形状品の製造を容易にし、防振性能が高いなどすぐれた特徴をもつ鑄鉄は錆びやすいという欠点をもっている。この欠点を克服するためには、鑄鉄の表面改質が必要である。溶射はメッキや CVD、PVD など他の表面改質法に比べて、短時間に厚膜被覆できる特徴を有している。

本研究は鑄鉄の耐食性向上を図ることを目的に、鑄鉄基材にプラスチック溶射皮膜及びプラスチックとセラミックスの複合溶射皮膜を形成した。また併せて、プラスチック溶射皮膜の物性経時変化と耐摩耗性について調べた。

チック溶射皮膜の物性経時変化と耐摩耗性について調べた。

2 実験方法

2-1 基材と溶射材料及び溶射方法

試供鑄鉄基材は、FC200 で、その化学組成を表1に

表1 鑄鉄基材(FC200)の化学組成 (wt%)

C	Si	Mn	P	S	Fe
3.80	1.92	0.46	0.082	0.134	残

* 金属材料部

** 岩手大学工学部

示す。形状は、直径 25mm × 長さ 36mm の円柱状試験片と厚さ 4mm × 長さ 100mm × 幅 75mm の板状試験片とした。円柱状試験片は片端面に M16 のねじ切り加工を施し、他端面に溶射して、溶射皮膜の密着力測定に用いた。また、板状試験片は溶射する面を機械加工で平滑にし、その他の評価試験に用いた。これらの基材はアセトン洗浄及び#20 のアルミナグリットでブラスト処理を行い、清浄・粗面化して、溶射に供した。

試供溶射材料はポリエステル、アクリル、ナイロンの 3 種類で、ポリエステルとアクリルは表 2 に示すように、セラミックスを混合したものも用いた。セラミックスはアルミナにチタニアを 2.5wt% 含有したグレイアルミナである。

図 1 にアクリル溶射材料の熱分析結果を示す。示差熱分析 (DTA) から融点は約 350K、熱重量分析 (TG) から約 500K で重量が減少し始めることが分かる。同様に熱分析した結果、ナイロンの融点は約 450K、重量減少開始温度は約 680K、ポリエステルの融点は約 760K、重量減少開始温度は約 720K となることが分かった。

アクリルとナイロンは米国スルザーメテコ社製ダイヤモンドジェット溶射装置を使用し、ガス溶射で、ポリエステルは同メーカー製の最大出力 80kW のプラズマ溶射装置で、それぞれ溶射ロボットを用いて溶射した。ガス溶射はプロパンと酸素の燃焼炎で、表 3 のガス溶射条件に示す予熱温度まで基材を加熱した後に、窒素ガス気流でプラスチック溶射材料をこの燃焼炎に供給して行った。溶射皮膜の厚さは、アクリルで 400 ~ 500 μm、ナイロンが 500 ~ 600 μm になるようにパス数を調節して行った。また、プラズマ溶射はプラズマジェットで基材を 1 パス予熱し、表 4 に示すプラズマ溶射条件で溶射皮膜の厚さを 100 ~ 150 μm になるようにパス数を調節して行った。ポリエステルの皮膜厚さが薄い理由は、溶射材料の溶射ガンへの搬送がスムーズでなく、しかも一定に供給することが困難で、皮膜形成にかなりのパス数を必要としたためである。

表 2 溶射材料の種類と溶射方法

溶射材料		溶射方法
アクリル	100%	ガス溶射
	+ 20%セラミック	
	+ 40%セラミック	
ナイロン	100%	プラズマ溶射
ポリエステル	100%	
	+ 20%セラミック	

※セラミックスの混合比は wt%

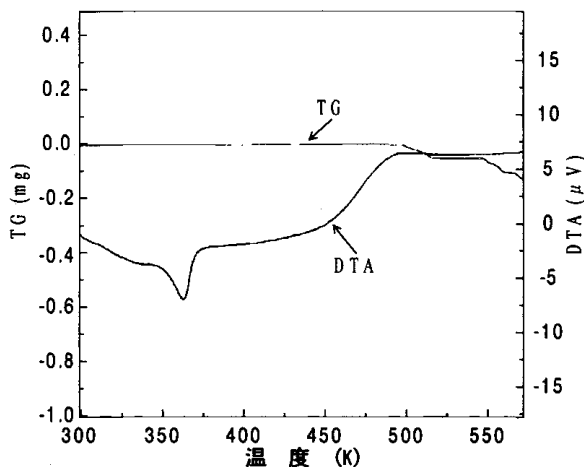


図 1 アクリル溶射材料の熱分析結果

表 3 ガス溶射条件

溶射材料	アクリル	ナイロン
基材予熱温度 (K)	323 ~ 343	413 ~ 433
プロパン圧力 (kg/cm ²)	3.8	3.8
プロパン流量 (l/min)	22	22
酸素圧力 (kg/cm ²)	3.8	3.8
酸素流量 (l/min)	56	56
粉末供給量 (g/min)	50 ~ 60	50 ~ 65
溶射距離 (mm)	350	350
トーチ移動速度 (m/min)	32	32
ピッチ (mm)	5	5

表 4 プラズマ溶射条件

溶射材料	ポリエステル
基材予熱温度 (K)	340 ~ 350
粉末供給量 (kPa)	20 ~ 25
一次ガス流量[Ar] (l/min)	110
二次ガス流量[H ₂] (l/min)	13
作動電流 (A)	500
作動電圧 (V)	65 ~ 75
溶射距離 (mm)	100
ガン移動速度 (m/min)	45
ピッチ (mm)	3

2-2 溶射皮膜の評価方法

プラスチック溶射皮膜の評価は溶射皮膜断面の SEM 像の観察後、溶射皮膜と基材の密着力測定、耐食性として塩水噴霧試験、迅速耐候性試験及び熱疲労試験の 3 種類、耐摩耗性としてスガ式摩耗試験とブラストエロージョン試験の 2 種類で実施した。

2-2-1 密着力試験方法

溶射後の基材と皮膜の密着力の測定は二つの円柱状試験片の端面に、皮膜厚さ約 200 μm 溶射した後、この皮膜を重ねて、アクリルは 413K、ナイロンは 463K に電気炉で加熱溶解し、接合させ、材料試験機で引っ張って求めた。なお、ポリエステルは熱硬化型のため、再溶解できず、密着力測定試験はできなかった。

2-2-2 塩水噴霧試験方法

塩水噴霧試験は、溶射した試験片の端部と裏面を可離性防錆塗料でマスキングし、中心部分約 25cm² を評価対象として、5%濃度で行った。「メッキの耐食性試験方法」(JISH8502)で定められているレイトングナンバ標準図表による判定法で、皮膜表面に基材からの発錆が肉眼で確認できるまで(レイトングナンバ 9.8 程度)の時間で評価した。比較のために溶射していない鋳鉄基材とステンレス鋼板(SUS304)も同じ条件で試験した。また、試験中一定時間経過毎に試験槽から取り出して、衝撃試験、クロスカット法による密着力、色差、表面光沢度、ヌーブ硬さを測定した。

衝撃試験は荷重 9.8N で、直径 1.3cm の鋼球を 30cm の高さから溶射皮膜に落下させ、皮膜に生じた窪み部分の亀裂発生の有無で評価した。

クロスカット法による密着力の測定は、溶射皮膜にカッターナイフで、縦横に 1mm 間隔の切れ込みを入れ、計 100 個の正方形のますを作り、セロファンテープをそのますに張った後、引き離し、ますの剥離の有無と剥離した場合は剥離した数で評価した。

ポリエステル皮膜は皮膜内粒子間の結合が低く、しかも光沢がなく、硬いために、これらの試験はできなかった。また、ナイロン溶射皮膜は硬いため、カッターの切り込みができず、クロスカット試験はできなかった。

2-2-3 迅速耐候性試験方法

迅速耐候性試験は太陽光のエネルギーと温度、湿度、降雨を人工的に発生させ、屋外暴露試験を短時間に再現する方法で、1時間を1サイクルとして、全時間キセノンランプによる紫外線照射、1サイクルに12分間は水シャワー噴射をした。試験槽内の温度は 313K、湿度は 90%以上に保たれている。一定時間経過後の溶射皮膜の劣化度合を調べるため、皮膜剥離の有無の他に、塩水噴霧試験と同様に衝撃試験、クロスカット法による密着力測定、色差、表面光沢度、ヌーブ硬さを測定した。

2-2-4 熱疲労試験方法

溶射皮膜の熱疲労試験は図2に示す熱サイクルで行った。アクリル溶射皮膜は凍結～融解、結露～乾燥などの作用が再現できる温度差劣化試験装置を用いて、263K

～343Kの繰り返し試験をした。273K以上の試験槽内湿度は95%に設定している。ナイロン及びポリエステル溶射皮膜は電気炉を用いて、毎日それぞれ R.T.～423K、R.T.～523Kの熱サイクルで加熱冷却を行った。一定時間経過後の溶射皮膜の劣化の度合を調べるために、皮膜剥離の有無の他、衝撃試験、クロスカット法による密着力測定、色差、表面光沢度、ヌーブ硬さを測定した。

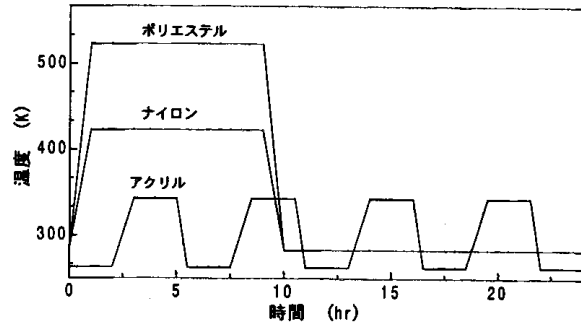


図2 熱疲労試験の熱サイクル

2-2-5 スガ式摩耗試験方法

スガ式摩耗試験は、溶射した試験片が往復運動し、摩耗輪は、溶射試験片が400往復すると1回転する構造になっている。摩耗輪が1回転するごとに溶射試験片の重量減を電子天秤で測定した。研磨紙を取り替えて、これを8回繰り返し、合計3200往復の試験を行った。試験条件は研磨紙の粒度が#320、荷重は1.6Nである。

2-2-6 プラストエロージョン試験方法

プラストエロージョン試験は荒田式溶射皮膜評価試験機を用いて、溶射皮膜に粒度#30のコランダムを設定圧力490kPa、噴射圧力304kPa、噴射加速流量340l/min、噴射量70gの条件で、4回繰り返し、皮膜の摩耗減量を測定した。噴射角度は溶射皮膜の垂線に対して30度と40度の2種類である。

3 実験結果及び考察

3-1 溶射皮膜のSEM像

溶射皮膜断面のSEM像を観察した結果、ポリエステル皮膜内には気孔が多く認められた。これはポリエステルの熱分析結果から熔融温度と気化温度がほとんど同じために、溶射皮膜形成中にガスがとじ込まれたと考えられる。アクリルとナイロン皮膜に気孔の発生はほとんど認められない。セラミックスを配合した溶射皮膜にはセラミックスが分散していることを確認した。

3-2 溶射皮膜と基材の密着力

密着力測定結果は、同一条件で接合した3個の平均

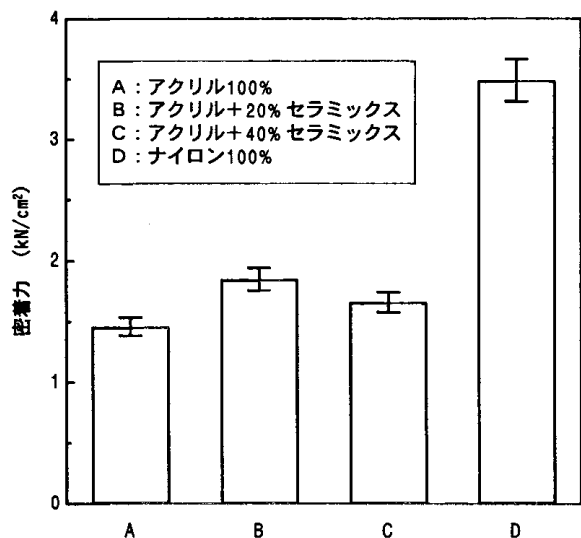


図3 溶射皮膜と鋳鉄基材の密着力

値とばらつき範囲で図3に示す。アクリル皮膜は皮膜自体の変形能が高く、引っ張った時に皮膜が伸びて、皮膜と基材の界面で破断する。セラミックスを混合した皮膜では僅かに密着力は高くなる。ナイロン皮膜は密着力が高く、アクリル皮膜の倍以上になっている。硬くて、変形能が小さいために、皮膜内で破断している。

3-3 溶射皮膜の耐食性

3-3-1 塩水噴霧試験

溶射皮膜の塩水噴霧試験結果を図4に示す。鋳鉄基材は12分で発錆が認められるが、ポリエステル100%溶射皮膜は25440分で発錆が認められた。セラミックスを配合すると発錆時間は少し低下するが、アクリル及びナイロン溶射皮膜と比較材のステンレス鋼は2000時間経過後も発錆は認められず、耐食性が高いことが判明した。また、溶射皮膜の剥離も認められなかった。

アクリル溶射皮膜のクロスカット法による密着力の測定は試験時間約250時間毎に1000時間まで行ったが、いずれもまたの剥離は認められなかった。また、色差と光沢度も試験時間1000時間まで変化は認められなかった。

3-3-2 迅速耐候性試験

迅速耐候性試験は試験時間1000時間行ったが、いずれの溶射皮膜にも錆の発生や皮膜の剥離は認められなかった。試験時間による色差の変化を図5に示す。色差は変色の度合いを数値化して表していて、値が高いほど変色の度合いは大きい。アクリルは時間が経過すると色があせていくことが分かる。また、ナイロンは時間が経過してもほとんど変色しない。同様に試験時間による光沢度の変化を図6に示す。アクリル、ナイロンともに試験

時間の経過とともに光沢が失われていく傾向を示している。これは紫外線照射によるもので、皮膜劣化の原因となる。アクリル溶射皮膜のクロスカット法による密着力の測定は試験時間1000時間まで行ったが、いずれもまたの剥離は認められなかった。

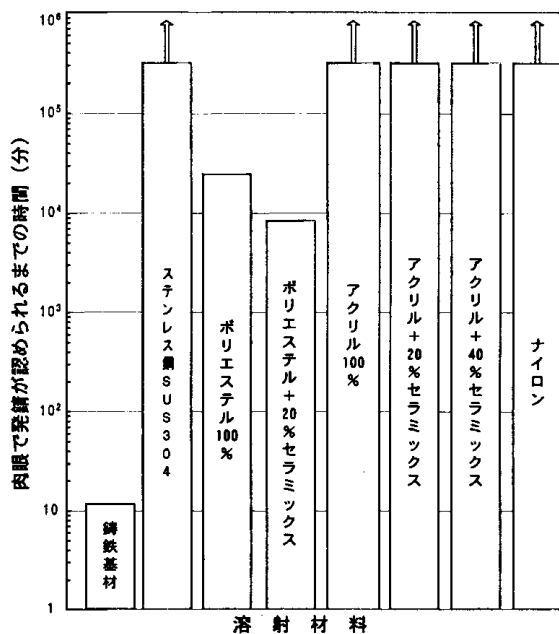


図4 塩水噴霧試験により発錆が認められるまでの時間

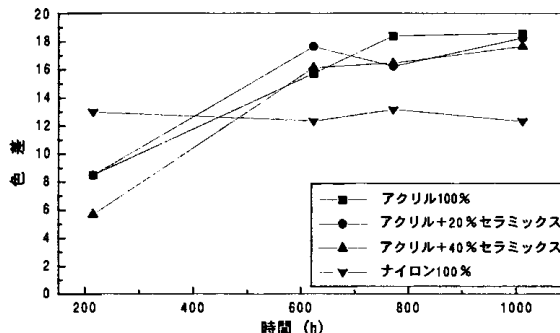


図5 迅速耐候性試験における色差の変化

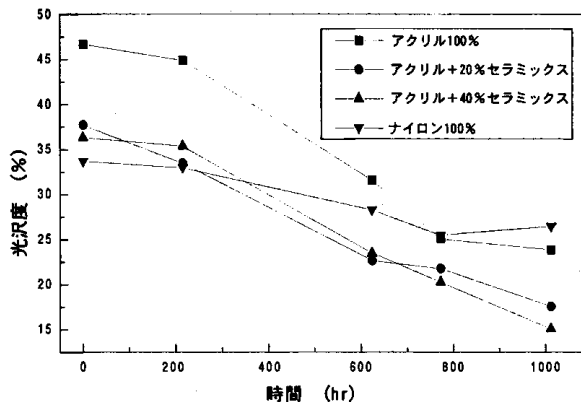


図6 迅速耐候性試験における光沢度の変化

3-3-3 熱疲労試験

ポリエステルは 40 サイクル (40 日)、ナイロンは 42 サイクル (42 日)、アクリルは 190 サイクル (47.5 日) 行った熱疲労試験結果を図 7 に示す。矢印は皮膜の剥離や亀裂の発生は認められず、これ以上の回数に耐えることを示している。

熱疲労試験後のアクリル 100%皮膜のクロスカット法による密着力測定結果を図 8 に示す。約 620 時間 (試験回数は 142 サイクル) まで、ますの剥離は認められないが、それ以上の試験時間では一部剥離する現象がみられ、試験時間が長くなると、剥離するますの数が多くなる。繰り返し加熱により皮膜が劣化していることが想像される。アクリルにセラミックスを混合した溶射皮膜のますの剥離は認められなかった。

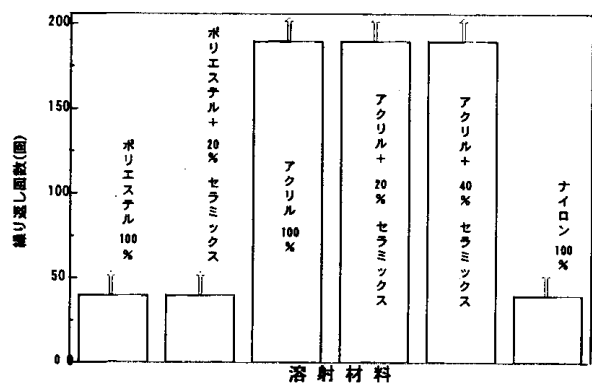


図 7 熱疲労試験結果

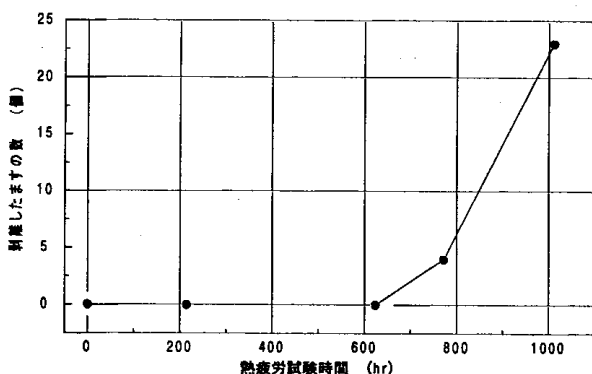


図 8 アクリル溶射皮膜のクロスカット法による密着力測定結果

3-3-4 衝撃試験

塩水噴霧、迅速耐候性及び熱疲労の各試験を行った溶射皮膜の衝撃試験結果は、試験時間 1000 時間経過したアクリル溶射皮膜に亀裂の発生は認められず、変形能が高いことを示している。ナイロン溶射皮膜の各条件 2 枚の試験片の衝撃試験結果を表 5 に示す。亀裂の発生は熱疲労試験によるものが早く、迅速耐候性試験、塩水噴霧試験の順になっている。図 9 にアクリル及びナイロン溶

射皮膜のヌーブ硬さ測定結果を示すが、ナイロン溶射皮膜は試験時間の経過とともに皮膜が硬化していることが明らかで、硬さの増加は熱疲労試験と迅速耐候性試験で顕著である。アクリル溶射皮膜は試験方法、試験時間に影響を受けず、一定の硬さになっている。このことから変形能が劣化することで、亀裂が発生しやすくなったと考えられる。

表 5 ナイロン溶射皮膜の衝撃試験結果

試験名 \ 時間(h)	0	215	624	772	1012
塩水噴霧試験	◎◎	◎△	◎△	◎△	××
迅速耐候性試験	◎◎	△△	△×	××	××
熱疲労試験	◎◎	△×	××	××	××

評価方法：◎；亀裂の発生なし

△；亀裂が 1～10 個発生

×；亀裂が 11 個以上発生

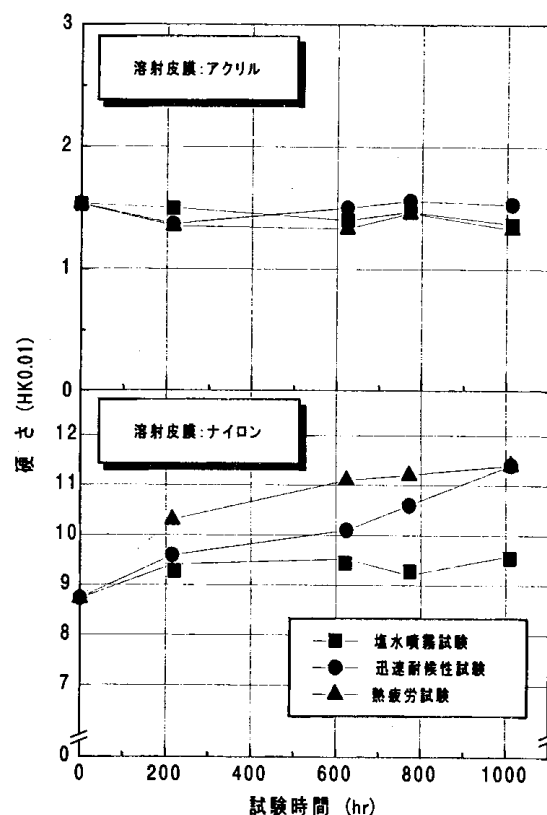


図 9 アクリル及びナイロン溶射皮膜のヌーブ硬さ

3-4 溶射皮膜の耐摩耗性

3-4-1 スガ式摩耗試験

溶射皮膜表面のスガ式摩耗試験結果を図 10 に示す。スガ式摩耗試験は「平面ひっかき摩耗試験」とも称し⁽¹⁾、溶射皮膜を研磨紙でひっかき取る方法なので、硬

さよりも粒子間結合度に左右される。ポリエステル100%溶射皮膜の摩耗減量が多いが、これはポリエステルの溶射は前述の理由により、皮膜内気孔が多く、粒子間結合度が低いことに起因していると思われる。ポリエステル、アクリル共に溶射皮膜にセラミックスを分散することにより耐摩耗性は向上する。

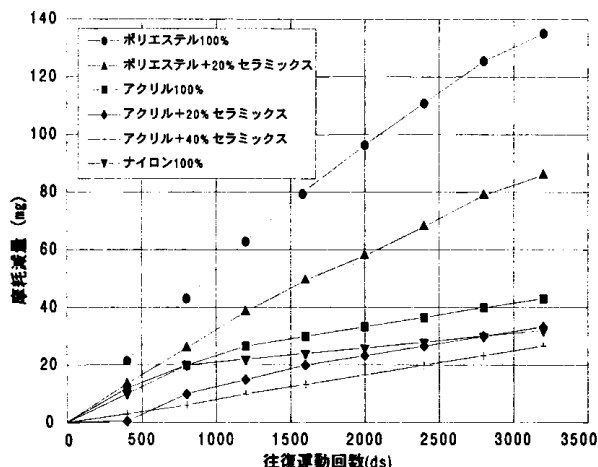


図10 溶射皮膜のスガ式摩耗試験結果

3-4-2 プラストエロージョン試験

プラストエロージョン試験による摩耗体積減量を図11に示す。この摩耗試験でもセラミックスを配合すると耐摩耗性が向上している。スガ式摩耗試験ではアクリルに比べナイロンの耐摩耗性が高かったが、この摩耗試験ではナイロンよりもアクリルの耐摩耗性が高くなっている。これは、ナイロンに比べアクリルは弾性が高く、プラスト材の衝突エネルギーを吸収するためと思われる。照射角度は溶射皮膜垂線に対して、30度と比べ、40度の摩耗減量が少なくなっている。これは角度の大きい方がプラスト材を跳ね返すことができるからである。ポリエステル溶射皮膜はコランダムを70g噴射する前に皮膜がすべて削り取られ、この方法での耐摩耗性がかなり劣ることが判明した。

4 結 言

鋳鉄を基材に、アクリル及びナイロンをガス溶射、ポリエステルをプラズマ溶射し、それぞれの皮膜の性状を評価した。

1) 基材と溶射皮膜の密着力は、ナイロンがアクリルの倍以上で、約 3.5kN/cm^2 である。

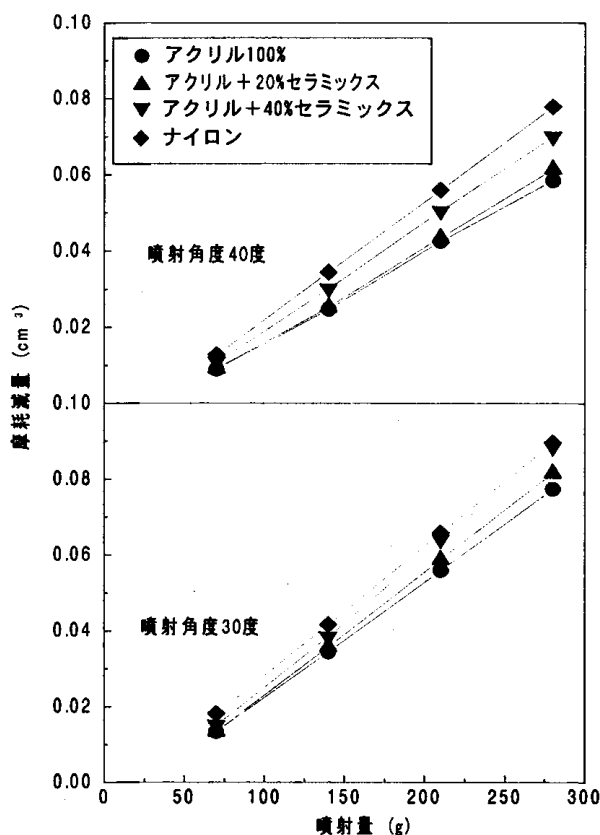


図11 プラストエロージョン試験結果

- 2) 溶射材の耐食性は、プラスチック溶射することにより大幅に向上する。特にアクリルとナイロン溶射材は2000時間の塩水噴霧試験を行っても発錆が認められない。ポリエステル溶射材は約424時間で、アクリルとナイロン溶射材に比べて早く発錆する。
- 3) 熱疲労試験及び衝撃試験、硬さ試験などの結果、加熱と冷却の繰り返しは、皮膜の劣化を早める。
- 4) アクリルとナイロンの溶射皮膜の耐摩耗性は高いが、ポリエステル溶射皮膜は皮膜内粒子が剥離して、早く摩耗する。プラスチックにセラミックスを混合して溶射すると、耐摩耗性は向上する。

本研究の遂行に協力をいただいた当時岩手大学学生市井仁君に感謝します。

文 献

- 1) 井藤三千寿、武田絃一：溶射協会学術講演大会論文集 31(988)48

超合金の研削屑の利用 —超合金の再生及び溶射材への応用—

鎌田 公一*、佐々木稔明**

研削屑を利用した再生超合金の機械的性質改善のための粉碎工程の導入による効果と溶射用原料粉末への応用について検討した。その結果、粉碎時間の増加により硬度・抗折力とも向上するもののその値は小さかった。また、溶射用原料粉末として研削屑を用いたところ、粉末の流動性に問題があったものの、成膜可能であった。

キーワード：超合金、リサイクル、ボールミル、機械的性質、溶射

Utilization of the Grinded Wastes of the Hard Metal

KAMADA Koichi and SASAKI Toshiaki

The effect of the crash process using ball-mill of the recycled hard metal utilized by the grinded wastes on mechanical properties and the application to thermal spray powder was studied. As a result, the hardness and transverse rupture strength of the recycled hard metal has improved by the increase of milling time inconsiderably. On the other hand, in the case of using the grinded wastes for thermal spray powder, it was possible to spray though there was a problem in flowability of grinded powder.

key words : hard metal, recycle, ball milling, mechanical properties, thermal spray

1 緒 言

超合金は優れた硬度や高温強さにより、切削工具や金型用材料など高硬度・耐摩耗機械部品用材料として広く利用されている。一方、金型・工具加工メーカーで多量に排出される超合金の研削屑はW（タングステン）やCo（コバルト）の希少資源を含んでいるものの回収再利用されず、業者に委託し有料にて廃棄しているのが現状である。再利用されない主な原因として、超合金研削屑中の不純物による特性の低下や原料粉末とするための再生コストの問題が挙げられる。しかし、超合金の研削屑は研削時の切込みが数 μ m程度と小さいため微粉末状態にあり、粉末冶金技術による再生の可能性があり、超合金バルク材以外への応用も考えられる。

これまでに、超合金研削屑の粒度調整等は特にせず、還元および加炭による成分調整のみで、JIS規格をほぼ満足する結果を得られること¹⁾、またバインダーである

Coを添加することで抗折力向上が図られるものの、Coの増加は硬度低下を招いた²⁾ことを報告した。一方で、これまでの超合金再生工程にボールミル粉碎を導入したところ、抗折力と硬度とも向上することが確認された²⁾ことから、今回は粉碎条件の機械的性質への影響について検討した。また、超合金研削屑の溶射用原料粉末への応用の可能性についても併せて検討した。

2 実験方法

本研究に使用した研削屑は前報²⁾と同様のもの（JIS H 5501 G種3号相当WC-9mass%Co）である。まず、研削屑を水およびアルコールで洗浄、乾燥した後、篩いで -75μ mに分級し水素中800℃-1hrで還元処理した。この還元粉を回転ボールミルにより40、80、120hrエタノール中で湿式粉碎した。ミル容器は内径80mmのステンレス鋼製、ボールは直径7mmの超合金製と

* 金属材料部

** (株) テツニックス

し、粉末投入量は200g、ボール充填率は容積比で約50%に調整した。粉碎後、各粉末の総炭素量は6%に黒鉛添加により調整した。混合はプラスチック製ポットと鉄心入りナイロンボールを用い、分散媒をエタノールとし4hr行った。各粉碎条件で得られた粉末を成形圧力

147MPaで金型成形し圧粉体とした。焼結は水素中、1000℃/hrで昇温し焼結温度1400℃、保持時間1hrとした。焼結体について焼結密度及び寸法変化率を測定後、平面研削加工し硬さ試験、抗折試験ならびにSEMによる組織及び破面観察を、また硬さ試験はロックウェルAスケールで評価し、抗折試験は支点間20mmとして測定した。一方、溶射用原料粉末としての研削屑の前処理は水及びアセトンにて洗浄・乾燥し、メノウ乳鉢で粗粉碎後、篩分けにより-75μm及び-45μmの2種類の粒径に分級した。溶射は超高速ガス溶射装置、基材はS45Cを用いた。表1にその溶射条件を示す。溶射皮膜について硬度測定、EPMAによる皮膜組織観察及びX線回折による皮膜の同定も行った。

表1 本実験の溶射条件

酸素	圧力 (kg/cm ²)	1.04
	流量 (ℓ/min)	271.6
プロピレン	圧力 (kg/cm ²)	0.69
	流量 (ℓ/min)	73.6
空気	圧力 (kg/cm ²)	0.52
	流量 (ℓ/min)	325.0
窒素 (粉末搬送用)	圧力 (kg/cm ²)	0.86
	流量 (ℓ/min)	12.7
粉末供給量	(g/min)	38
溶射距離	(mm)	150~200
成膜速度	(m ² /hr/0.1mm)	1.2
溶射歩留 (概算値)	(%)	60

注: DIAMALLOY 2005 (スルザーメテコ社製) 用標準条件

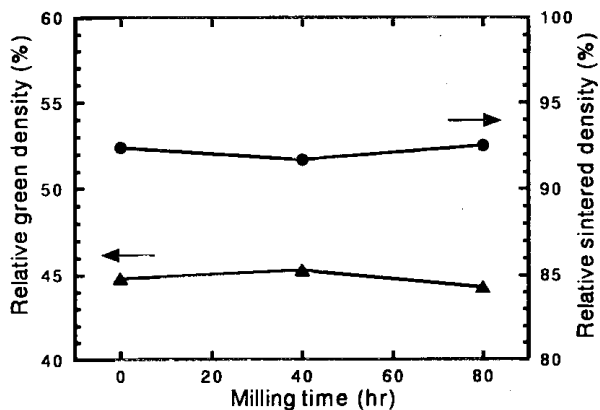


図1 粉碎時間と成形及び焼結密度の関係

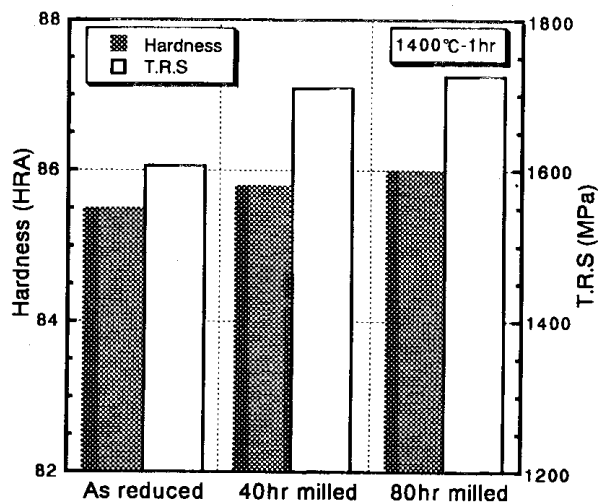


図2 粉碎時間と硬度及び抗折力の関係

3 実験結果及び考察

3-1 粉碎時間による機械的性質への影響

図1に粉碎時間と成形体及び焼結体の相対密度の関係を示す。成形、焼結密度とも粉碎時間80hrでは若干の変化は見られるものの、その値はわずかであった。図2は硬度及び抗折力と粉碎時間の関係を示す。粉碎時間の増加に伴い硬度・抗折力とも上昇することが認められる。図1においてわずかではあるが焼結密度も同様に上昇していることから粉碎による原料粉末の微細化が焼結

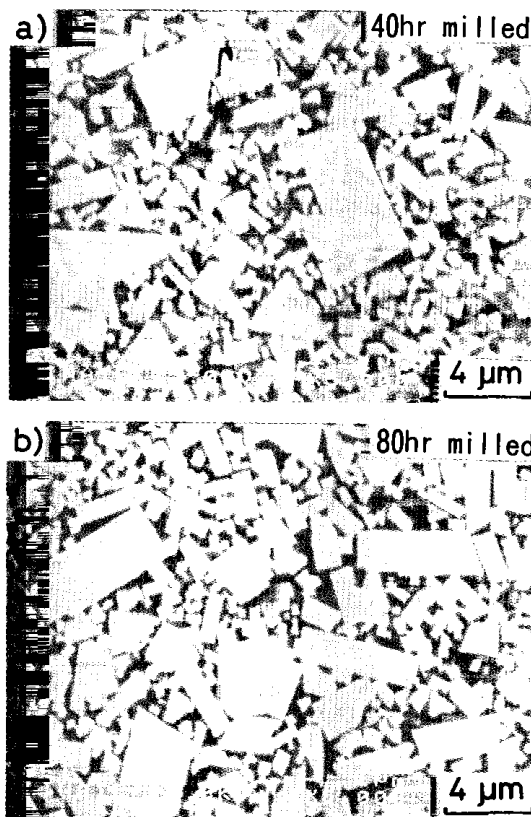


図3 各粉碎時間でのマイクロ組織のSEM像

性を向上させ、結果として機械的性質が改善されたもの
と考える。しかし一方で、その値の向上はわずかである
こと、また粉碎時間 120hr の場合、粉碎による粉末の
微粉化が進んだことにより大気中での溶媒除去時に粉碎
粉末の表面酸化に起因すると思われる発熱が激しく起こ
り、実験に供せなかったことから、本プロセスでこれ以
上の特性改善は難しいものとする。図3は粉碎時間
40、80hr の焼結体のマイクロ組織写真である。いずれの
マイクロ組織にも、大きな空孔などの欠陥は見られず特に
差異は認められない。これは先の機械的性質の変化とよ
く相関する。図4に抗折試験後の破面の SEM 写真を示
す。いずれの試料とも破断は試料内部から発生しており、
起点には微細な異物が確認される。このことから前報²⁾
でも述べたように、機械的性質、特に抗折力の改善には
これら不純物等を完全に除去する必要があることが改め
て確認された。

3-2 溶射用粉末としての性質

今回粒度調整した2種類の粉末のうち $45\mu\text{m}$ の粉
末は粉末供給装置から溶射ガンまでの流動性が悪く、実
際に溶射できたのは $75\mu\text{m}$ のものであった。従来の
溶射用粉末は $10\mu\text{m}$ と微細であり、今回のいずれの
粉末ともそれ以上の粗粒が含まれていることから、当初
流動性には特に問題は発生しないものと考えていた。し
かし今回、流動性に問題が発生したことから、今後溶射
用粉末への応用のためには流動性を考慮した粒度範囲の
調整のほか、粒子形状の制御も必要であるとする。

図5は $75\mu\text{m}$ の粉末による溶射皮膜断面の組成像
である。今回の溶射方法が主に粉末の基材への衝撃力
を利用したものであるため、原料粉末の形状がそのまま皮
膜の組織に反映しその結晶粒径は不均一であった。また、
基材に近いほど皮膜は緻密になり、逆に溶射皮膜表面に
近傍では一部空孔が観察される。b)は a)の皮膜中央部
の拡大像である。灰色の粒子の中に白色の微細粒子が点
在していることがわかる。面分析の結果から、白色部はW
とCが、灰色部にはさらにCoが存在することがわかつた。
そこで、つぎに溶射皮膜をX線回折により同定した結
果を図6に示す。研削屑ではWCとCoのみのピークであ
ったものが、溶射後はメインピークであったWCは減少し、
新たに W_2C 及び $\text{W}_6\text{Co}_5\text{C}$ のピークが確認される。これは
溶射処理中の脱炭及び急冷過程で生成、残留したもの
と考える。これらの炭化物はWCに比較し硬度が低く、
またCoを含む三元系複合炭化物の生成はバインダー相
の減少を招くため、超硬合金においては有害相とされ
る³⁾。皮膜硬度はHRA80であり、超硬合金

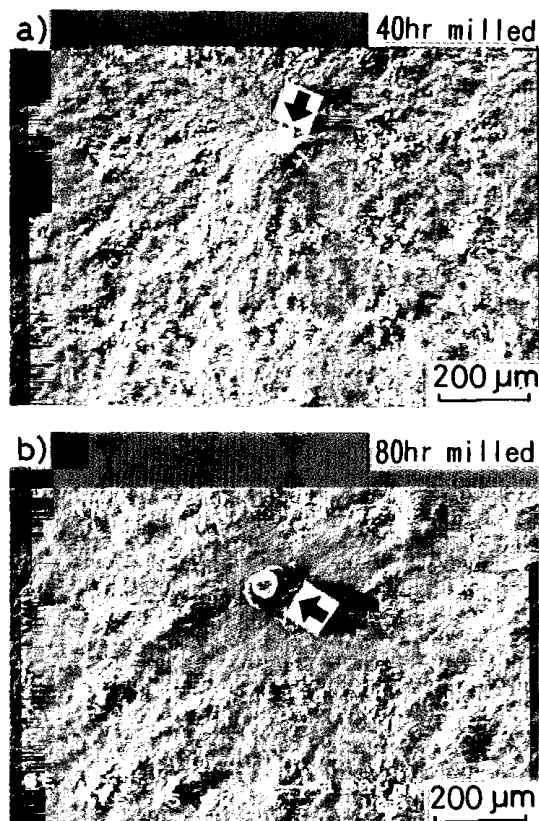


図4 抗折試験後の破面のSEM像

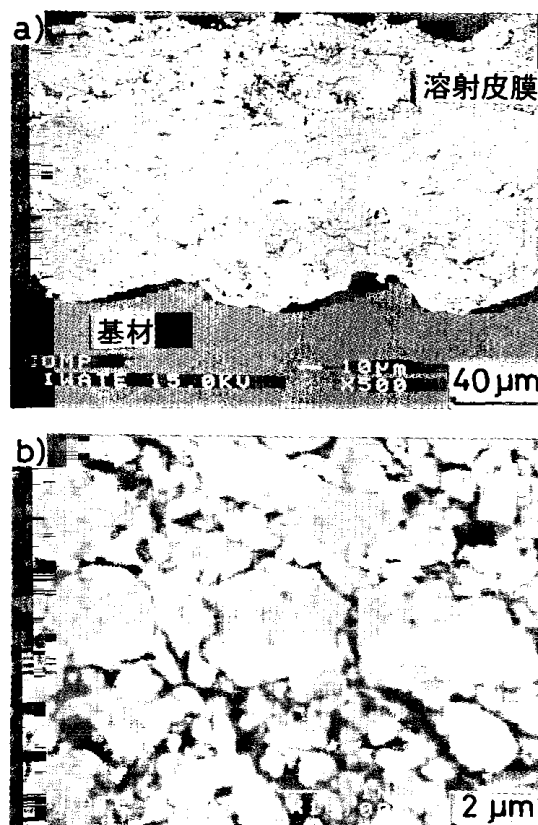


図5 溶射皮膜断面組織の組成像

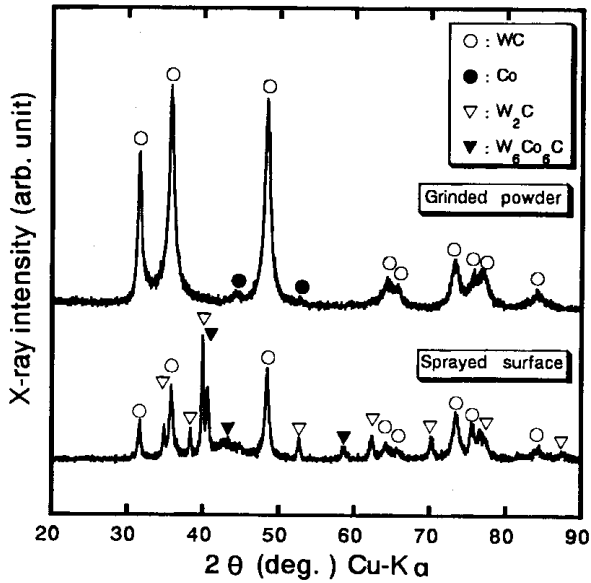


図6 研削屑と溶射皮膜のX線回折結果

バルクとして再生した場合よりも低い値となった。この原因は上記の炭化物の生成と皮膜内の空孔によるものと考えられる。

以上から、超硬合金研削屑を溶射用原料粉末として応用する場合、溶射皮膜中の有害相の低減と皮膜の緻密化のために研削屑の粒度・形状の制御やバインダーの添加、さらには溶射条件の検討が必要と考える。

4 結 言

研削屑を利用した再生超硬合金について、ボールミルによる粉碎時間の機械的性質への影響について検討し

た。また、溶射用原料粉末への応用の可能性についての検討した結果、以下の結論を得た。

- (1) 粉碎時間の増加により、硬度及び抗折力は若干上昇した。これは粉碎による粉末の微細化が焼結性を向上させたためである。
- (2) 粉碎時間 120hr では、粉末調整中に粉碎粉末の表面酸化に起因すると思われる発熱が激しく起こったことから、本工程によるこれ以上の特性の改善は難しいと考える。
- (3) 溶射用原料粉末としては流動性に問題があるものの、成膜は可能であった。また、溶射皮膜は WC、 W_2C 及び W_6Co_6C からなり、硬度は HRA80 であった。
- (4) 溶射用原料粉末として応用するためには皮膜中の有害相の低減や緻密化のための研削屑の粒度及び成分調整が必要である。

本研究の遂行に際し、原料の超硬合金研削屑の提供と試料の加工に協力いただいた和田工業(株)東北工場 田鎖 真氏ならびに溶射加工において指導・協力いただいたスルザーメテコジャパン(株)佐々木光正氏に衷心より深謝致します。

文 献

- 1) 中村 満, 吉田敏裕, 鎌田公一, 平塚貞人, 稲葉鋼二郎, 田鎖 真: 粉体および粉末冶金, 41, 980(1994)
- 2) 鎌田公一, 吉田敏裕, 佐々木稔明: 岩手工技セ研報, 3, 61 (1996).
- 3) 鈴木 寿: 超硬合金と焼結硬質材料, 丸善.

湯回り不良位置予測のための数値湯流れシミュレーションの検討

茨島 明*、三中西信治**、藤田和美**

アルミダイカスト製品の湯回り不良発生位置予測について数値シミュレーションと水モデル実験により検討した。その結果、重力と背圧を考慮した数値湯流れシミュレーションの結果は水モデル実験結果と一致し、実製品の湯回り不良発生位置予測が可能となった。
キーワード：湯回り不良、アルミダイカスト製品、数値シミュレーション

Examination of Numerical Mold Filling Simulation for Predicting the Place of Missruns

BARAJIMA Akira, SANNAKANISHI Shinji and FUJITA Kazumi

We examined how to predict the place of missruns in die casted aluminum alloy works by using numerical simulation and water experiment. Consequently, the results by numerical simulation that included influences of gravity and back pressure corresponded with the results by water experiment. And, we are able to predict the place of missruns in die casted aluminium alloy works.

key words : missrun, die casted aluminum alloy works, numerical simulation

1 緒 言

アルミダイカスト製品に対するコストダウンの要求は年々厳しくなっており、1回のショットで1個の製品を生産する方法から多数の製品を生産する多数個取り生産に移行する必要がある。しかし、多数個取り生産は製品の品質を同じにするための金型キャビティの配置、ゲート、ランナー等方案の決定が難しい。私たちはこれまでに、多数個取り生産を行うための鑄造方案を数値シミュレーションと水モデル実験により検討し^{1)・2)}、その結果を生産用の金型に応用し、良好な品質のアルミダイカスト製品を製造できるようになった。

しかし、従来に比べ湯回り不良の発生は少なくなったが、数値シミュレーションと実製品との不良発生位置のずれは依然解決できないままであった。そこで、このずれの原因であると考えられる溶融アルミニウム合金に対する背圧と重力の影響も考慮した数値シミュレーションを行い、水モデル実験によりその結果の検証を行った。

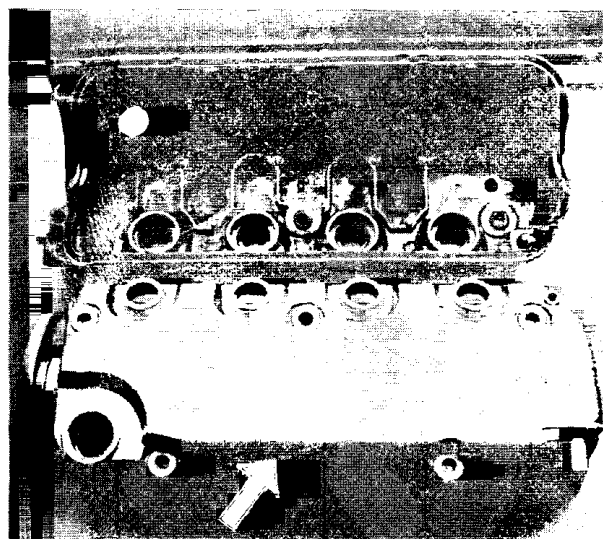


図 1 シリンダーヘッドカバー

*金属材料部

** (株)アーレスティ研究所盛岡研究室

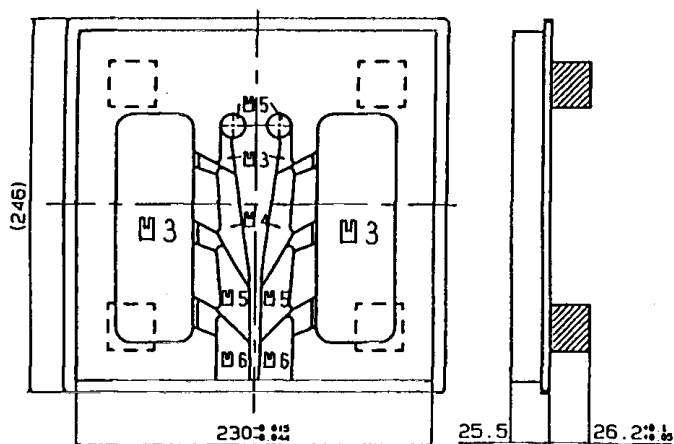


図2 金型キャビティ形状

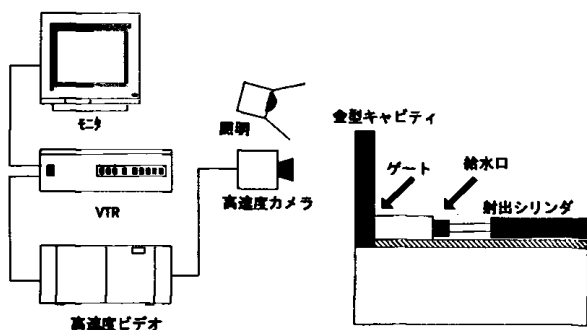


図3 水モデル実験装置

表1 射出条件

低速射出速度	0.06m/sec
高速射出速度	0.5m/sec
ゲート速度	56m/sec
スリーブ充填率	90%

2 実験方法

2-1 数値シミュレーションの方法

本研究では、図1のシリンダーヘッドカバー製造を対象とした。検討前の鑄造方案では、図中の矢印部分に湯回り不良による欠陥が発生する。図1の製品の近似キャビティ形状を有する金型を図2に示す。図2のキャビティ内における湯流れ解析をStefan 3Dシステム⁹⁾により数値シミュレーションを行った。Stefan 3Dは直行差分メッシュ上で湯流れのシミュレーションを行うソフトウェアである。

今回は熔融アルミニウム合金に対する背圧と重力を解析パラメータとして加え、湯回り不良発生位置について検討した。また、金型は左右対称なので片側だけの数値

シミュレーションとし、メッシュサイズは114×24×180とした。

2-2 水モデル実験の方法

図3に水モデル実験装置の概略を示す。給水口から注がれた水は射出シリンダに連結されたピストンにより金型キャビティ下部のゲートよりキャビティ内に射出される。その様子を高速カメラ(コダック社製EM-1012)で撮影する。撮影速度は1,000コマ/secとした。射出条件を表1に示す。

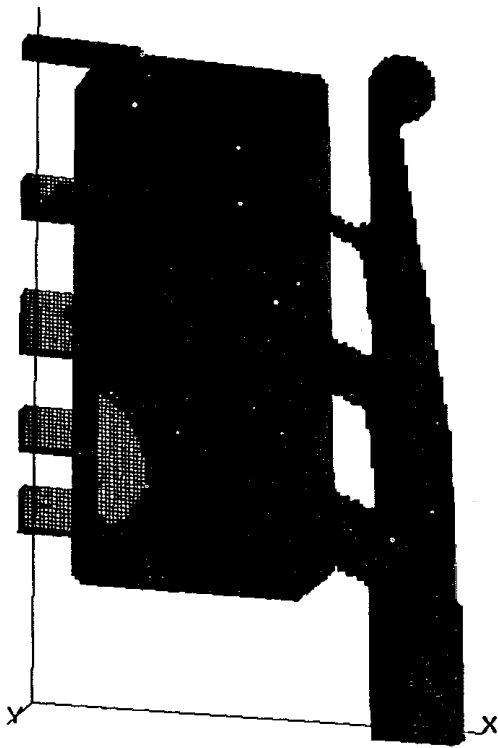
3 結果及び考察

水モデル実験結果を図4に示す。金型キャビティ内の白く濁っている部分が水が充填された部分である。図5~7は数値シミュレーション結果で、色の濃い部分が溶湯が充填された部分を示している。

図5は重力のみを考慮した数値シミュレーション結果で、水モデル実験結果と一致する部分は少ない。図6は背圧のみを考慮した数値シミュレーション結果で、重力だけを考慮した結果に比べて少し良い結果が得られた。図7は重力と背圧を考慮した数値シミュレーション結果で、水モデル実験結果と比較的一致している。キャビティ上部で数値シミュレーション結果と水モデル実験結果が一致していない。数値シミュレーションのタイムステップと高速ビデオのタイムステップを完全に一致させることができないことが原因であると考えられる。

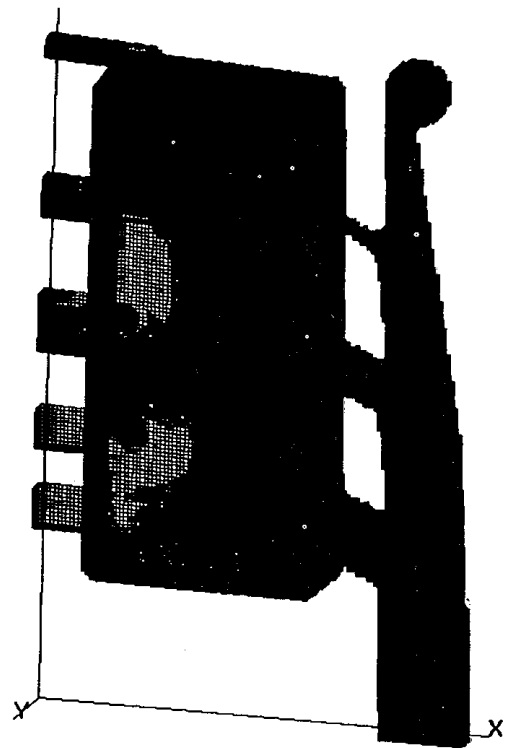


図4 水モデル実験結果



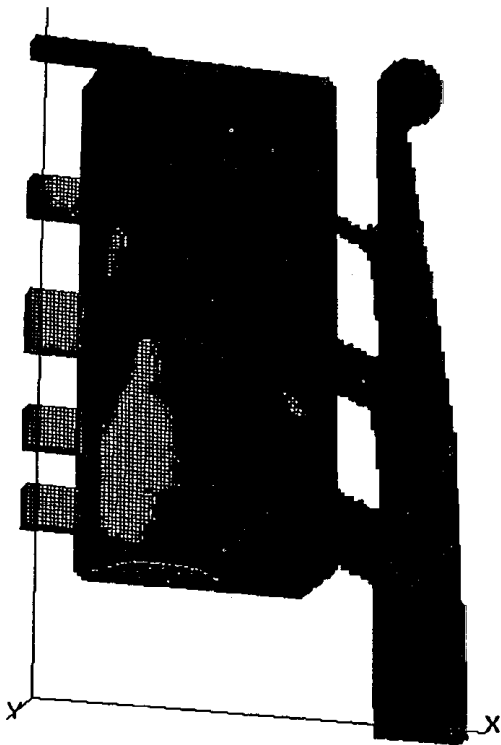
(重力を考慮)

図5 数値シミュレーション結果



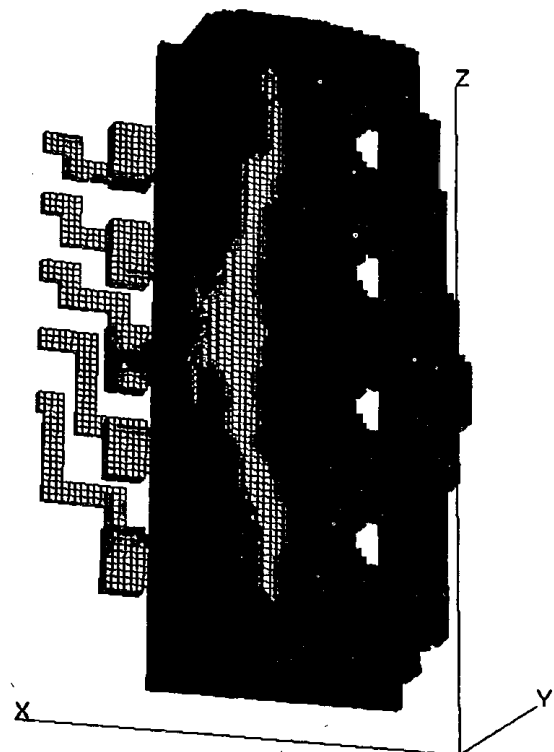
(重力と背圧を考慮)

図7 数値シミュレーション結果



(背圧を考慮)

図6 数値シミュレーション結果



(メッシュサイズ=114×24×180)

図8 実製品形状の数値シミュレーション結果

4 実製品形状への応用

実製品形状の数値シミュレーション結果を図8に示す。最終充填部(キャビティ内のメッシュ部分)は図1の湯回り不良発生場所とは、重力と背圧を考慮しているにもかかわらず、一致していない。そこで、メッシュサイズにこの原因があると考え、そのサイズを変更して計算したシミュレーション結果を図9に示す。最終充填部は実製品の湯まわり不良の発生場所と良く一致している。

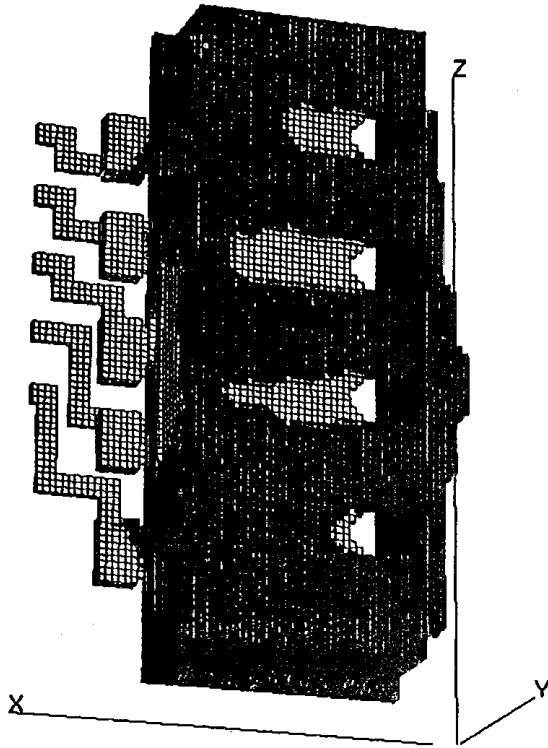
5 結 言

重力と背圧を考慮した湯流れの数値シミュレーションの結果は水モデル実験結果と一致し、実製品の湯回り不良発生位置の予測が可能となった。また、重力よりも背圧の方が数値シミュレーションのパラメータとしては効果があることがわかった。しかし、正確な数値シミュレーションには、適切なメッシュモデルを用いる必要があると考えられる。

なお、本研究は平成8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、三中西：岩手工技セ研報、3、69(1996)
- 2) 三中西、藤田、遠藤、茨島：日本ダイカスト会議論文集、JD96-23(1996)
- 3) 安斎、新山、Hao：日本ダイカスト会議論文集、JD94-25(1994)



(メッシュサイズ=80×40×126)

図9 実製品形状の数値シミュレーション結果

以上の結果から、重力と背圧の双方を考慮することで、より水モデル実験に近い数値シミュレーションが可能であると考えられる。

MA 処理したTi-Al-セラミックス混合粉末の特性

吉田 敏裕*、鎌田 公一**

メカニカルアロイング (MA) を用いたセラミックス分散TiAl基耐熱材料の製造技術を構築するため、Ti、Al及び各種セラミックス (SiC、Si₃N₄、Al₂O₃) の混合粉末を振動型ボールミル装置でMAし、得られた合成粉末の形状、組織あるいは焼結組織などを確認した。いずれの混合粉末からも、ミリング時間180ks以上でセラミックス相/非晶質相複合組織の粉末が合成された。また、これら合成粉末中のSiC及びSi₃N₄は焼結時にTiあるいはAlと反応するが、Al₂O₃は安定でありAl₂O₃/TiAl複合組織の焼結体となることが分かった。

キーワード：メカニカルアロイング、TiAl基複合材料、セラミックス、非晶質

Properties of MA Powder Synthesized from Ti-Al-Ceramics Mixed Powder

YOSHIDA Toshihiro and KAMADA Koichi

The synthesis of TiAl-based ceramics dispersed powder during mechanical alloying (MA) of 3 kind of mixed powder of Ti, Al and ceramics (SiC or Si₃N₄ or Al₂O₃) by using a tumbling ball mill is studied. When the milling time is 180ks over, all mixed powders make a formation of ceramics / amorphous complex. However, this SiC and Si₃N₄ particles in MA react with Ti or Al during sintering using HIP method. In the case of Al₂O₃, the sintered microstructure makes a formation of Al₂O₃ / TiAl composite, because the reactivity of Al₂O₃ with Ti and Al is lower in comparison with other ceramics.

key words : mechanical alloying, TiAl-based composite, ceramics, amorphous

1 緒 言

多くの産業分野においてより高性能 (高比強度、耐熱性、耐食性など) の素材が求められている状況下、この要求特性を満たす新素材として金属間化合物あるいはセラミックスと金属間化合物の複合材料が注目されており^{1)~3)}、これら材料の一製造技術としてメカニカルアロイング (MA)⁴⁾ で合成した粉末を焼結固化するという手法が検討されている⁵⁾。MAとは異種粉末を高エネルギーミルで混合・化合する技術であり、ミルの条件により合成粉末あるいはその焼結体のマイクロ組織を制御できる可能性があることから、微細均質な組織を必要とする複合材料などの粉末製造技術として有効と考えられる。著者らもこの微細組織制御に有効とされているMA及び

粉末冶金技術に着目し、軽量で耐熱性に優れたセラミックス分散 TiAl 基複合材料の製造技術を確立すべく、これまでに Ti-Al-黒鉛混合粉末と Ti-Al-TiC 混合粉末を原料とした場合について種々検討を行ってきた^{6)~8)}。

今回は、一般的な構造用セラミックスであり金属系複合材料の分散材としても利用されている炭化珪素 (SiC)、窒化珪素 (Si₃N₄)、アルミナ (Al₂O₃) を含んだ各混合粉末をMAし、これら合成粉末の性状とミリング条件との関係及び焼結組織などを確認したので報告する。

2 実験方法

原料にはTi粉末 (99.9%、-45 μm)、Al粉末 (99.9%、-100 μm)、SiC粉末 (0.6 μm)、Si₃N₄粉末 (-10 μm)、Al₂O₃

* 化学部

** 金属材料部

粉末(0.9、13 μ m)を用い、これらを調合してTi-Al-各セラミックス(2~25vol%)混合粉末とした後ミリングに供した。ミリング処理は、ミリング容器(SUS304製、内径54mm、深さ40mm)に混合粉末3.5gとミリングボール(SUS304製、直径9.5mm)60個を入れ容器内部をアルゴン置換し、振動ボールミル装置で所定時間ミリングした。得られた合成粉末については、走査型電子顕微鏡(SEM)による粉末形状の観察及びX線回折による組織の同定ならびに微小ビッカース硬度計による硬さ測定を行った。次に、回収した25vol%セラミックス混合粉末を直径12mm、高さ10mmに金型成形後、熱間等方圧加圧法(HIP)により温度1473K、圧力147MPa、保持時間3.6ksで加圧焼結し、X線回折による焼結組織の同定を行った。

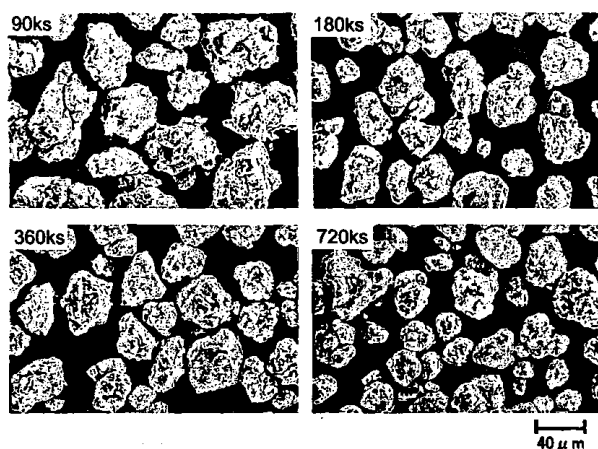


図1 SiC混合粉末のミリング後における形状

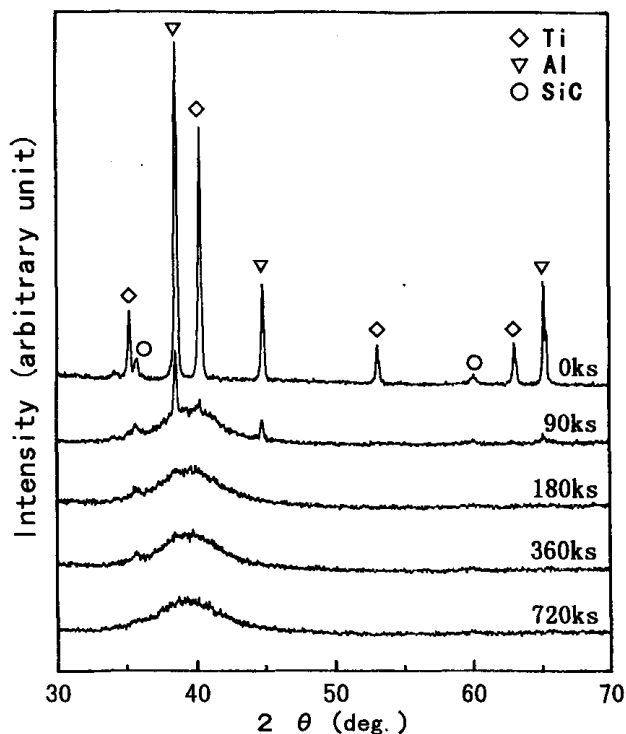


図2 SiC混合粉末のミリング後におけるX線回折パターン

3 結果及び考察

3-1 合成粉末の形状及び組織

図1に10%SiC混合粉末のミリング時間90、180、360及び720ksにおけるSEM像を示す。ミリング90ksの粉末回収率(原料混合粉末に対する回収できた粉末の重量割合)は数%であった。これは混合粉末のほとんどがミル容器やボールにコーティングしていたためである。回収した粉末は粒径30~80 μ m程度で角張った形状であった。また、ミリング時間が180ksになると角がとれ粒径は50 μ m以下となるが、360ksにかけては若干成長しており、さらに720ksでは再び小さくなっている。すなわち、SiC混合粉末から合成される粉末はミリング時間の増加に伴い破碎と凝集を繰り返しながら緩やかに微細化、球状化すると考えられる。また、各合成粉末のX線回折パターンを図2に示すが、原料であるTiとAlの回折ピークはミリング時間180ks以降でほぼ消滅しブロードなバックグラウンドにSiCのピークが現るパターンとなり、720ksではSiCのピークも不明瞭になっている。つまり、ミリング時間180ks以降でSiC相とTi-Al系非晶質相から成る複合組織となり、720ksでは非晶質単相に近い組織であると考えられる。一方この合成粉末の形状及び組織の変化傾向はSi₃N₄混合粉末及びAl₂O₃混合粉末の場合でも同様であった。図3に10%Si₃N₄混合粉末及び10%Al₂O₃混合粉末のミリング時間360ksにおけるX線回折結果を示す。TiとAlのピークは確認できず、また、各セラミックスのピークも非常に弱いことから、各セラミックス混合粉末からMAにより比較的容易に非晶質粉末を合成できることが分かる。なお、非晶質粉末の焼結体は以前の検討で大きい高温硬度を示したことから⁶⁾、これら合成粉末は耐熱材料の原料として有効と推察する。

図4に2%、10%及び25%Si₃N₄混合粉末のミリング時間360ksにおけるSEM像を示す。Si₃N₄含有量が

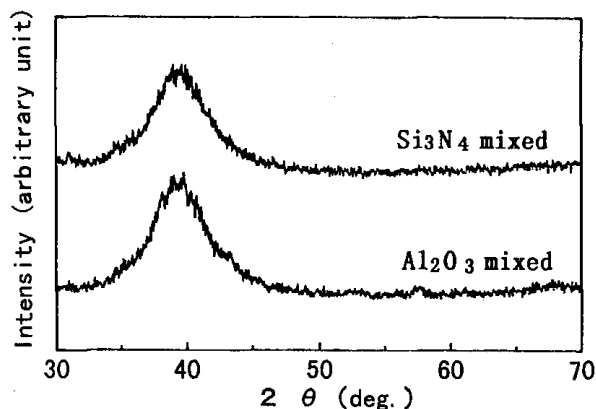


図3 10%セラミックス混合粉末のミリング時間360ksにおけるX線回折パターン

多くなる程合成粉末の粒径は小さくなる。また、表 1 はミリング時間 360ks の各混合粉末を篩い分けし、粒径 $45 \mu\text{m}$ 以下の重量割合を調べた結果だが、いずれのセラミックス混合粉末もセラミックス含有量の増加に伴い微細粒が増える傾向にある。このことはミリングにより微細化したセラミック粒子の分散もしくは固溶強化の程度に起因すると考えられる。表 2 に各合成粉末の硬度(試験荷重: 0.25N)を示すが、セラミックス含有量が多い程硬くなっており延性低下によって微細化し易い事が分かる。

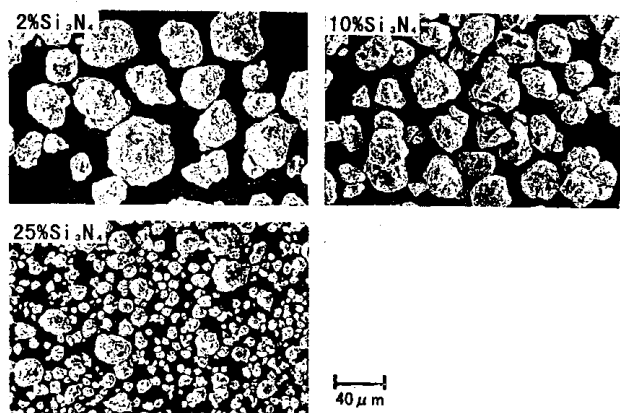


図 4 Si_3N_4 混合粉末の形状(ミリング時間: 360ks)

表 1 各混合粉末の粒径 $45 \mu\text{m}$ 以下の重量割合(ミリング時間 360ks)

	(wt%)		
セラミックス含有量	5vol%	10vol%	25vol%
SiC 混合粉末	50	76	96
Si_3N_4 混合粉末	53	82	96
Al_2O_3 混合粉末	54	92	97

表 2 各混合粉末の常温硬度(ミリング時間: 360ks)

	(Hv)		
セラミックス含有量	5vol%	10vol%	25vol%
SiC 混合粉末	591	607	720
Si_3N_4 混合粉末	553	647	691
Al_2O_3 混合粉末	578	610	664

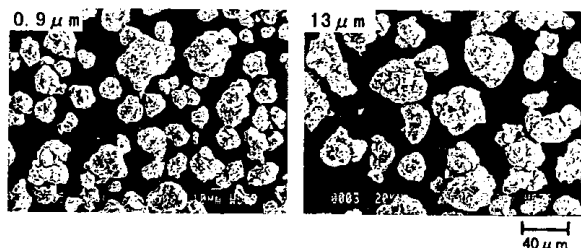


図 5 Al_2O_3 混合粉末の形状(ミリング時間: 360ks)

図 5 に Al_2O_3 平均粒径(累積重量百分率 50% の粒径)が $0.9 \mu\text{m}$ と $13 \mu\text{m}$ の 10% Al_2O_3 混合粉末のミリング時間 360ks における SEM 像を示す。 Al_2O_3 粒径の大きい方が合成粉末粒径も大き目であるが、これは Al_2O_3 粒径が大きいとミリング時の分散効果が小さいと考える。また、ミリング時間の増加により Al_2O_3 が微細化あるいは分解するに従い、粒径は小さくなっていくものと推察する。なお、X 線回折パターンには明瞭な違いは認められなかった。

以上の結果より、Ti-Al-セラミックス混合粉末を MA することにより、耐熱材料に適するセラミックス相/非晶質相複合組織の粉末を合成でき、合成粉末の形状は原料セラミックスの含有量と粒径及びミリング時間に、組織は主としてミリング時間に依存することが分かった。

3-2 焼結組織

各混合粉末から作製した焼結体の X 線回折パターンを図 6 に示す。回折ピークからこれらの組織を同定すると、 Si_3N_4 混合の場合には $\text{AlN}/\text{Ti}_5\text{Si}_3/\text{TiAl}_3$ 組織、 Al_2O_3 混合の場合には $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiAl}$ 組織、SiC 混合の場合にはピークの帰属が困難ではっきりしないが Ti-Si-C 系及び Al-Ti 系化合物相から成る組織と思われる。原料に用いたセラミックスは焼結温度の 1473K 以上でも使用される構造用材料であるが、SiC 及び Si_3N_4 は TiAl と反応し複雑な焼結組織を形成しており、本研究で目標としている TiAl 基の複合組織とはならないことが分かった。また、SiC については、SiC 繊維と TiAl の複合化を検討した事例において接合

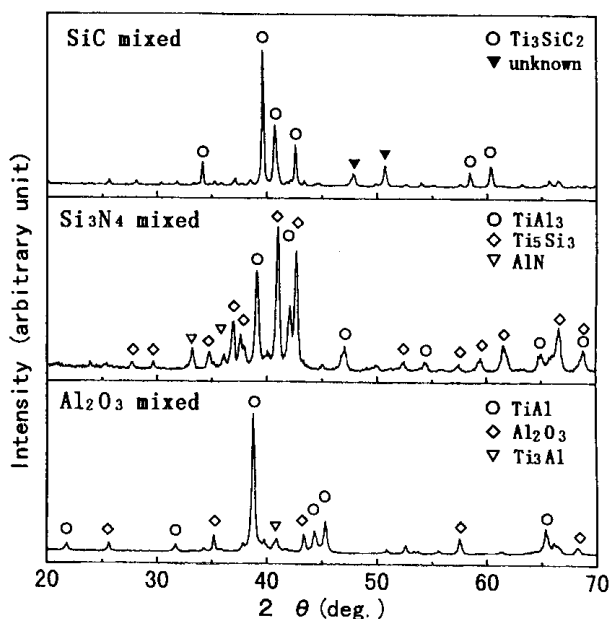


図 6 25%セラミックス混合粉末から作製した H I P 焼結体の X 線回折パターン(焼結温度: 1473K)

界面に珪化物や炭化物の反応層が形成されポイドも発生することが報告されており²⁾、 Si_3N_4 についても焼結組織である Ti_5Si_3 及び TiAl_3 は耐高温酸化性には優れるが強度の小さい化合物であることが知られている。一方、 Al_2O_3 においては TiAl と反応せず安定であり目標の焼結組織を形成できることが確認できた。さらに、 Al_2O_3 は熱膨張係数が比較的大きい(SiC の約2倍)ため金属系素材との界面に発生する熱応力が小さいと考えられることより、今後は $\text{Ti-Al-Al}_2\text{O}_3$ 混合粉末のミリング条件及び焼結条件についてさらに細かく検討し、適正化を図っていきたい。

4 結 語

Ti、Al及びセラミックス(SiC 、 Si_3N_4 、 Al_2O_3)の混合粉末をMA後、合成粉末の性状及びHIP後の焼結組織を確認した。その結果、以下の知見を得た。

(1)合成粉末の形状(大きさ)は原料セラミックスの含有量と粒径及びミリング時間、組織は主としてミリング時間に依存しており、セラミックスの種類によらず、ミリング時間180ks以上でセラミックス相と非晶質相の複合組織となる。

(2)合成粉末中の SiC 及び Si_3N_4 はHIP焼結時にTiやAlと反応する為に TiAl 相は形成されないが、 Al_2O_3 は安定でありTi-Al- Al_2O_3 混合粉末からは本研究の目標であるセラミックス/ TiAl 複合組織の焼結体が作製できる。

本研究の実施に関し、通産省工技院東北工業技術研究所の橋本等氏からご助言いただいたことを記し、謝意を表します。

文 献

- 1) 間瀬 博, 津田 大, 中山 豊: 粉体および粉末冶金, 39, 468(1992)
- 2) 坂本 昭: 金属, 62, 48(1995)
- 3) 江村 聡, 萩原益夫, 河部義邦: 粉体および粉末冶金, 43, 433(1996)
- 4) 時実正治: 工業材料, 40, 54(1992)
- 5) 鎌田政智, 高木節雄, 徳永洋一: 粉体および粉末冶金, 39, 830(1992)
- 6) 吉田敏裕, 鎌田公一: 岩手工技セ研報, 1, 61(1995)
- 7) 吉田敏裕, 鎌田公一: 岩手工技セ研報, 2, 69(1995)
- 8) 吉田敏裕, 鎌田公一: 岩手工技セ研報, 3, 89(1996)

トリアジンチオール処理アルミニウム合金板とナイロン樹脂の 射出成形による接着*

佐々木 英幸**、小林 伊智郎***

電解重合法でトリアジントリチオールポリマー(TTP)皮膜を形成したアルミニウム合金板とナイロン樹脂を射出成形で直接接着する方法について検討した。TTPは、電解重合で陽極酸化が起こるアルミニウム上には皮膜形成できないため、置換メッキあるいはアルカリエッチングにより析出したアルミニウム合金板上の銅に皮膜を形成した。置換メッキ後電解重合でTTP皮膜形成したJIS A5052アルミニウム板は、ナイロン樹脂と接着可能となり平均1.8MPaのせん断強度を示した。アルカリエッチング後電解重合したJIS A2017アルミニウム板は約3MPaのナイロンとのせん断接着強度を示した。

キーワード：トリアジンチオール、電解重合、射出成形、接着、ナイロン樹脂、アルミニウム合金

Adhesion of Nylon Resin and Alminum Alloy Sheet Treated with Triazine Thiols by Injection Molding

SASAKI Hideyuki and KOBAYASHI Ichirou

A method to adhere nylon resin to alminum alloy sheet by injection molding was investigated. For this investigation of adhesion ,triazine thiol polymer(TTP) coating by electropolymerization of 1,3,5-triazine-2,4,6-trithiol monosodium salt was attempted. TTP was not formed on aluminum substrate because of anodic oxidation of aluminum but formed on copper deposited by ionic substitution or separated by alkali etching on aluminum. Nylon resin adhered to JIS A 5052-aluminum alloy plates which was deposited copper and was performed electropolymerization, and showed shearing strength of 1.8MPa on the average. JIS A 2017-aluminum alloy plates which was separated copper and then performed electropolymerization adhered to nylon resin, and showed shearing strength of 3MPa.

key words: triazine thiols, injection molding, adhesion, electropolymerization, nylon, aluminum alloy

1 緒 言

金属とプラスチックの射出成形による接着技術が、自動車の防震部品や電気電子製品の封止部品の製造方法として求められている。異種材料の接着方法としては一般に接着剤が用いられるが、射出成形では接着剤の金型汚損や作業性などに配慮する必要がある。著者らは、接着剤を用いない新しい方法として、トリアジンチオール化合物の水溶液で処理した黄銅板、リン青銅板、ニッケルメッキ板がABS樹脂、ナイロン樹脂と射出成形で直接接

着できることを報告してきた¹⁻⁷⁾。この接着は、水溶液浸せきにより金属板上に形成されたトリアジンチオール金属塩の皮膜と樹脂の官能基との間の化学結合によるもので、金属板上に形成された皮膜には粘性が無く金型汚損の心配がない特色を持っている。また、このような浸せき処理ではトリアジンチオール化合物皮膜を形成しないステンレス板は、電解重合処理によってその表面にトリアジンチオールポリマー皮膜形成することによりナイロン樹脂と接着できることも報告した⁸⁾。一方、電解コ

* 金属とプラスチックの一体成形技術に関する研究 (第7報)

** 化学部

*** トーノ精密

ンデンサやリードフレームなど電子部品にも多く使用されるアルミニウム合金は、ステンレスと同様に単なる浸せき処理では皮膜形成しないことがわかっている。

本研究では、電解重合法を用いてアルミニウム板上にトリアジンチオールポリマー皮膜を形成し、ナイロン樹脂と射出成形で直接接着する方法について検討した。

2 実験方法

2.1 供試材料

トリアジンチオール化合物は、三協化成(株)製の1,3,5-トリアジン-2,4,6-トリチオールモノナトリウム塩(TTN)をメタノールで精製し用いた。ナイロン樹脂は、宇部興産(株)製の6-ナイロン樹脂1011FB(MW;11,000)を、アルミニウム板は市販のA5052(100×25×2mm)及びA2017(50×20×1mm)を、その他試薬は市販の特級品を用いた。

2.2 電解重合処理

アルミニウム板は、図1に示す2種類の 방법으로前処理し電解重合処理用の試料とした。アルミニウム板の電解重合処理は、三電極方式のポテンシostatを用い、所定濃度のTTN水溶液に0.5%亜硝酸ナトリウムを加えた電解液にアルミニウム板を作用極(陽極)、白金板を対極(陰極)として浸せきし、また電解槽と参照槽を塩橋で接続して参照極には飽和カロメル電極を用い、所定電位を所定時間印荷し行った。処理面積は片面で約60×20mmとした。電解重合処理したアルミニウム板は、蒸留水、メタノールで洗浄し、60°C温風で乾燥し試験片とした。

2.3 接着試験片の成形と接着強度の測定

電解重合処理したアルミニウム試験片を金型内に挿入し、シリンダ温度245°C、射出圧力100MPa、射出率30cm³/s、金型温度125°Cの条件で前報¹⁾²⁾と同様の接着試験片を成形した。この接着試験片の引張せん断試験を前報¹⁾²⁾と同様に行い、このときの最大せん断荷重を処理面積で割って接着強度を求めた。

2.4 電解重合処理アルミニウム板の分析

電解重合処理したアルミニウム板は、赤外線分光光度計(FT-IR)及びX線光電子分光分析装置(XPS)で表面分析を行い、またエネルギー分散型X線分光分析装置付電子顕微鏡(SEM)で表面観察した。

3 結果と考察

3.1 アルミニウム板上へのトリアジンチオール皮膜の形成

チオール基を有するメルカプタンやチオラートアニオンは、電気分解(電解)により陽極上で酸化され電子を放出しチイルラジカルとなりこれがカップリング開始剤となって二分子がジスルフィド(-S-S-)結合することが知

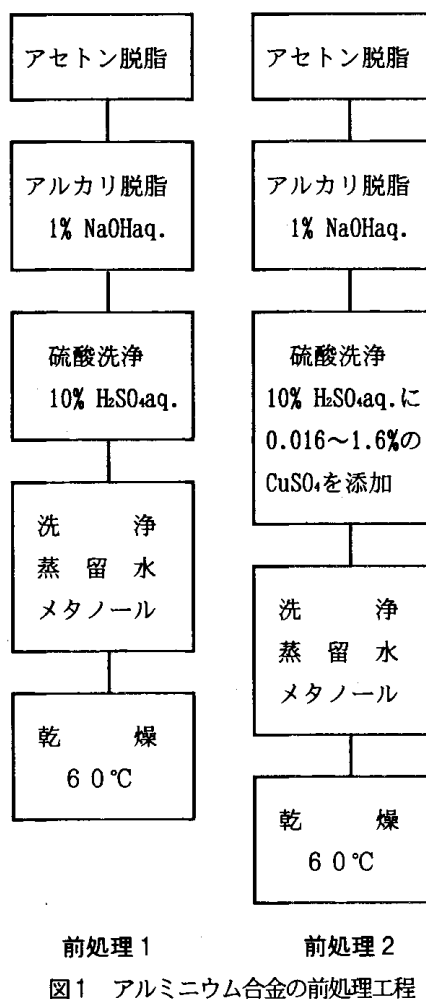


図1 アルミニウム合金の前処理工程

られている⁹⁾。チオール基を2個有するチオラートアニオンであるTTNは、3個の反応点を持っていることから陽極に接続したステンレス板上で酸化され他の分子と逐次ラジカルカップリングによりジスルフィド結合を次々と形成し高分子化(重合)して三次元のトリアジントリチオールポリマー(TTP)皮膜になることは既に報告した⁸⁾。

このTTPはIRスペクトルでトリアジン環骨格振動による1490cm⁻¹及び1240cm⁻¹付近の、またC-S伸縮振動による830cm⁻¹付近の特徴的な吸収ピークを示す。

図2に、方法1及び2の前処理を行ったのち電解重合処理したA5052試験片のIRスペクトルを、また図3には同じ試験片のXPSスペクトルを示す。方法1の前処理を行った試験片は、XPSスペクトルでトリアジンチオール由来するC、N、Sのピークが認められるが、IRスペクトルではTTP皮膜に特徴的なピークが認められない。950cm⁻¹付近のピークはアルミニウムの酸化物を示し、前処理方法1では単分子程度の薄いトリアジンチオール化合物皮膜を形成する可能性があるものの、アルミニウムの陽極酸化が先行して、TTP皮膜形成が進行しないと考

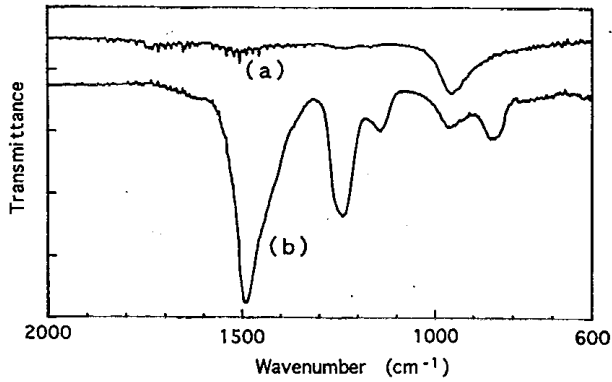


図2 電解重合処理したA5052試験片のFT-IRスペクトル
(a),前処理1;(b),前処理2

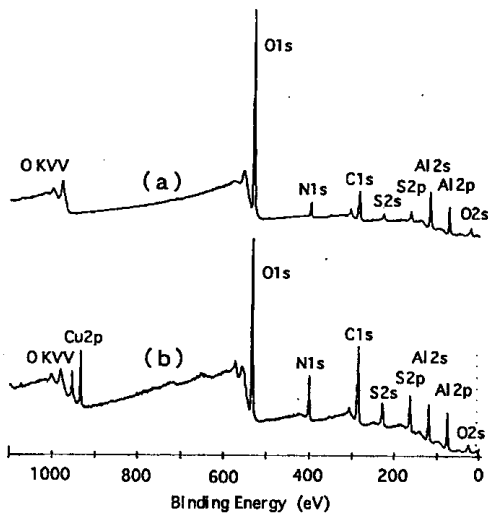


図3 電解重合処理したA5052試験片のXPSスペクトル
(a),前処理1;(b),前処理2

えられる。

前処理2を行った試験片では、IRスペクトルで 1490cm^{-1} 、 1240cm^{-1} 付近にトリアジン環骨格振動、 860cm^{-1} 付近にC-S伸縮振動のピークが認められる。XPSスペクトルではC、N、Sの他にCuのピークも認められアルミニウム表面に銅の存在を示している。これは前処理において銅が置換メッキしたものである。また、C-S伸縮振動のピークがTTPよりも高波数側にあり 1490cm^{-1} のトリアジン環骨格振動のピークも幅が広がっている。このことはTTP皮膜中にトリアジントリチオール銅塩(TT-Cu; 1440cm^{-1} 、 1240cm^{-1} 、 860cm^{-1} に吸収ピーク)が含まれていることを示唆する。

図4には、方法2の前処理を行ったのち電解重合処理した試験片のSEM写真を示す。表面に点在する粒子からは特性X線分析でCuとSが検出され、アルミニウム基材からはSは検出されなかった。このことは、置換メッキ

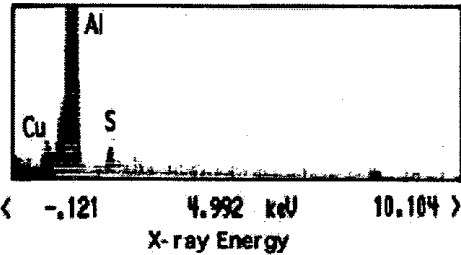
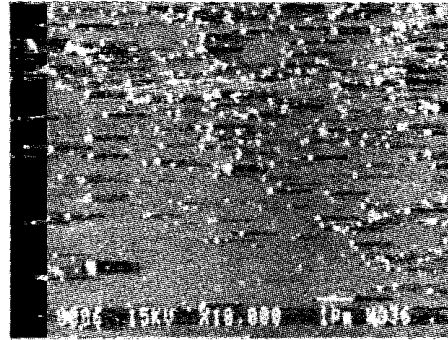


図4 電解重合処理したA5052試験片のSEM写真及び表面粒子の特性X線スペクトル

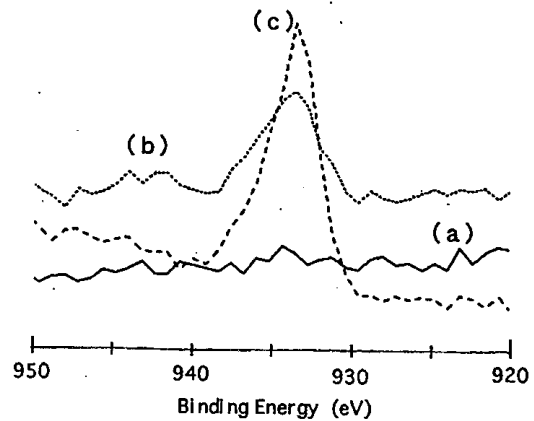


図5 A2017試験片の前処理各工程後のXPS-Cu2p3スペクトル

(a),アセトン脱脂後;(b),アルカリ脱脂後;
(c),硫酸洗浄後

したCuにトリアジンチオール皮膜が形成したことを示す。

図5には、前処理1の各行程におけるA2017アルミニウム板のXPSスペクトルを示す。Cuを4%程度含有するA2017では前処理の各行程を経ることによりその表面にCuが濃縮されることがわかる。

図6には、前処理1を行ったのち電解重合処理したA2017試験片のIRスペクトルを示す。トリアジン環骨格振動、C-S伸縮振動のピークが認められTTP皮膜の形成が確認できる。

図7には、電解重合処理したA2017試験片のSEM写真を

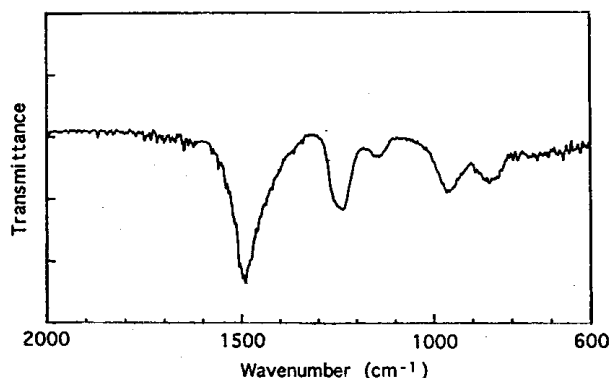


図6 電解重合処理したA2017試験片のIRスペクトル

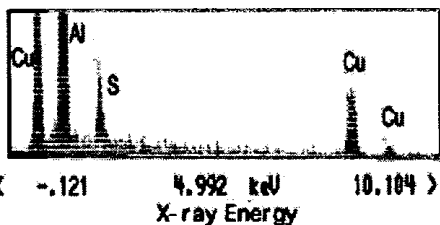


図7 電解重合処理したA2017試験片のSEM写真及び表面粒子の特性X線スペクトル

示す。粒界近傍と思われる中央の白い部分からは特性X線分析でCuとSが検出され、アルミニウム基材からはSは検出されなかった。このことは、粒界付近を中心に濃縮された銅にトリアジンチオール皮膜が形成したことを示す。

以上の結果は、電解重合によりアルミニウム表面では陽極酸化が先行しTTP皮膜が成長せず、陽極酸化しない銅などの金属を核としてTTP皮膜が成長することを示している。

3. 2 電解重合処理アルミニウム板とナイロン樹脂の接着強度

図8に、前処理方法の違いによるA5052試験片とナイロン樹脂の接着強度を示す。IRスペクトルで皮膜形成が確認されなかった方法1で前処理した試験片は、電解重合処理をしない試験片と同じく0.5MPa程度の接着強度で

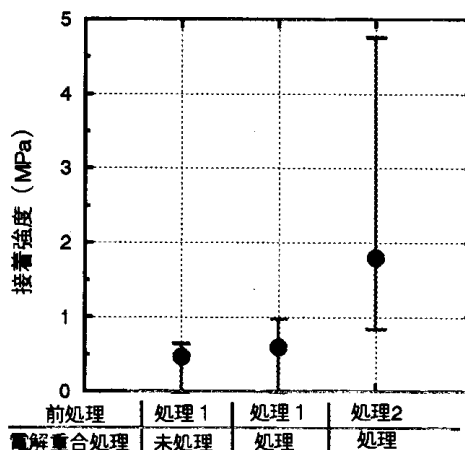


図8 電解重合処理したA5052試験片と6ナイロンの接着強度に及ぼす前処理効果

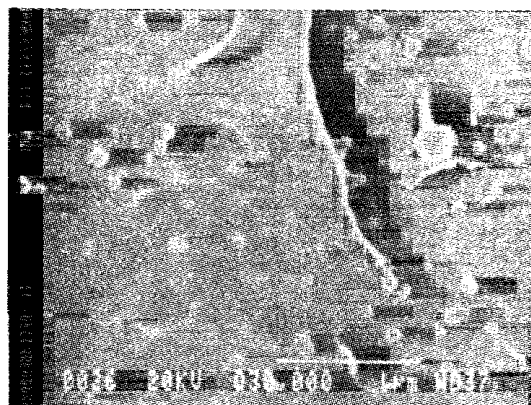


図9 接着面で破断したA5052試験片表面のSEM写真

あった。これに対して、表面にTTP皮膜が確認された方法2で前処理した試験片では、平均約1.8MPa、最大で約4.8MPaの接着強度を示す。図9には接着面で破断したA5052接着試験片の表面のSEM写真を示す。Cu粒子上のTTP皮膜にナイロン樹脂が触手のように延びていることがわかる。接着の機構は、既に報告したようにナイロン分子鎖末端のアミノ基とTTP皮膜との間の化学結合の形成と考えられる⁹⁾が、このSEM写真からもその事実が示唆される。A5052アルミニウム板とナイロン樹脂の接着強度のばらつきは置換メッキしたCuと基材のアルミニウムとの結合力及び置換メッキCu粒子の大きさや分散度合に帰因するものと考えられる。これらの要因は前処理条件によって変化すると考えられるが、現在のところアルカリ脱脂時間や硫酸洗浄時間及び希硫酸中の銅イオン濃度との相関は確認されていない。

図10には、電解重合処理したA2017試験片とナイロン樹脂の接着強度と電解電位及びアルカリ脱脂時間の関係を示す。アルカリ脱脂時間60sでは電解電位とともに接

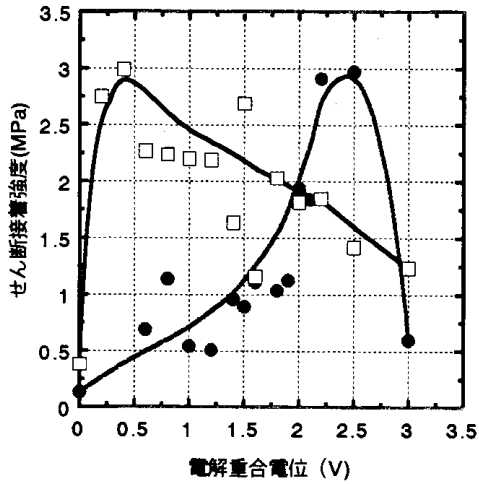


図10 電解重合処理したA2017試験片と6ナイロンの接着強度に及ぼす電解電位及びアルカリ脱脂時間の影響
アルカリ脱脂時間, 60s(●), 120s(□); TTN水溶液濃度, 5×10^{-3} mol/l; 電解重合温度, 30°C; 電解電位, 2V; 電解時間120s.

着強度が増加し、2.2~2.5Vで約3MPaになり3Vでは大きく低下する。一方、脱脂時間120sでは0.5V以下で約3MPaの接着強度を示すが電解電位の増加とともに徐々に低下し2.5V以上では1.5MPa以下となる。図11及び図12にアルカリ脱脂時間毎の電解電位によるIRスペクトルの変化を示す。アルカリ脱脂時間60sでは1.2V以下では十分なTTP皮膜形成ができないことがわかる。これは表面に析出する銅の量が少ないためである。また、電位が高くなると 960cm^{-1} 付近のピーク強度が大きくなることから基材のアルミニウムの陽極酸化も進行することも推測できる。アルカリ脱脂時間を120sとした試験片では0.4Vでも十分にTTP皮膜が形成されていることがわかる。また、電解電位の増加とともにTTP皮膜が成長する様子もうかがえる。しかし、電位が高くなると水の電気分解も起こり、発生した水素が電解液中のTTNと結合して単体のトリアジンチオールを生成しこれがTTP皮膜中に取り込まれ皮膜強度を低下させることが知られている⁹⁾¹⁰⁾。アルカリ脱脂時間を120sとした試験片で電位が高くなるに従い、特に2V以上で接着強度が低下する理由はこのことによると考えられる。アルカリ脱脂時間を60sとした試験片で2.2~2.5Vをピークとする理由は明らかではないが、銅の析出量が少ないために、基材のアルミニウムの酸化が先行し水の電気分解が抑制され単体のトリアジンチオールを含まない強固なTTP皮膜が形成されるためと考えられる。しかし、3Vでは水の分解が起こり皮膜強度が低下する。

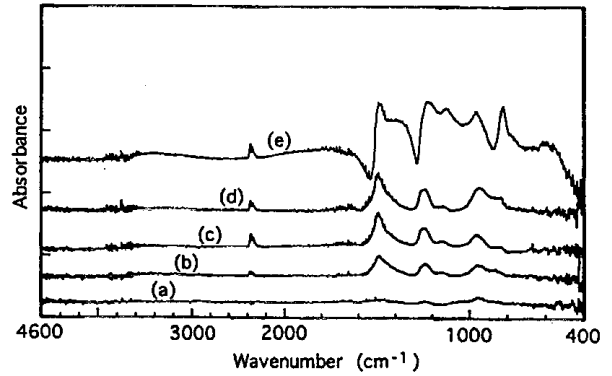


図11 アルカリ脱脂時間を60sとしたA2017試験片の電解電位によるIRスペクトルの変化
電解電位, (a)0.6V; (b)1.2V; (c)1.8V; (d)2.5V; (e)3.0V

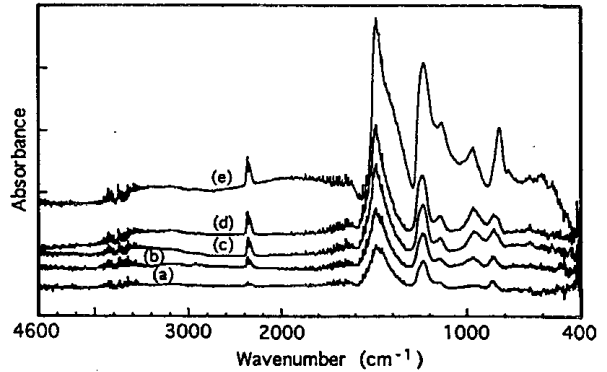


図12 アルカリ脱脂時間を120sとしたA2017試験片の電解電位によるIRスペクトルの変化
電解電位, (a)0.6V; (b)1.2V; (c)1.8V; (d)2.5V; (e)3.0V

4 結 論

電解重合でアルミニウム合金板にTTP皮膜を形成し、射出成形でナイロン樹脂と直接接着する方法について検討した。アルミニウムは電解重合で陽極酸化が先行しTTP皮膜が成長しないが、表面に陽極酸化されない銅が存在するとそれが核となりTTP皮膜が形成される。A5052アルミニウム板は銅イオンによる置換メッキによってTTP皮膜を形成し、ナイロン樹脂と接着して平均で1.8MPa、最大4.8MPaのせん断強度を示す。銅を4%程度含有するA2017アルミニウム板はアルカリ脱脂、硫酸洗浄の前処理により粒界近傍に銅が濃縮しTTP皮膜形成が可能となる。銅の濃縮量はアルカリ脱脂時間に依存し、またTTP皮膜形成のための電解重合条件に影響を及ぼすと考えられる。ナイロン樹脂とのせん断接着強度は、アルカリ脱脂時間60sとしたA2017アルミニウム板では電解電位2.2~2.5Vで、同じく120sでは0.2~0.4Vで3MPaとなる。

文 献

- 1) 佐々木英幸, 瀬川晃児, 小向隆志, 河野隆年, 小林伊智郎: 岩手県工業試験場報告, 33, 29, (1991)
- 2) 佐々木英幸, 小向隆志, 瀬川晃児, 河野隆年, 小林伊智郎: 岩手県工業試験場報告, 34, 33, (1992)
- 3) 佐々木英幸, 小向隆志, 河野隆年, 瀬川晃児, 小林伊智郎: 岩手県工業試験場報告, 35, 63, (1993)
- 4) 佐々木英幸, 河野隆年, 小向隆志, 瀬川晃児, 小林伊智郎: プラスチック成形加工学会誌, 5(12), 875, (1993)
- 5) 佐々木英幸, 河野隆年, 小向隆志, 瀬川晃児, 小林伊智郎: 日本ゴム協会誌, 67(3), 219, (1994)
- 6) 佐々木英幸, 小向隆志, 河野隆年, 小林伊智郎: 岩手県工業技術センター研究報告, 1, 49, (1995)
- 7) 佐々木英幸, 小向隆志, 小林伊智郎: 岩手県工業技術センター研究報告, 2, 63, (1995)
- 8) 直井勝彦, 大浦靖: 表面技術, 46(12), 1110, (1995)
- 9) 佐々木英幸, 小向隆志, 小林伊智郎: 岩手県工業技術センター研究報告, 3, 93, (1996)
- 10) 森邦夫: 技術開発事業報告書、トリアジンチオールによる金属の高速表面処理に関する研究, (財)岩手県高度技術振興協会(1991), pp.56~59

鋳物廃砂の窯業原料への利用*

佐々木 秀幸**、谷藤 眞一***

鋳物廃砂を窯業原料として再利用するため、生コンスラッジ及びガラス研磨スラッジと混合し
 タイルを試作した。鋳物廃砂、生コンスラッジ、ガラス研磨粉を5:2:3の割合で混合し950℃
 で焼成したところ、曲げ強度は217.3 (N/cm)で吸水率3.03%となり床タイルJIS規格を満足した。
 キーワード：鋳物、廃棄物、スラッジ、再利用、焼成

Utilization of Waste Sand from Foundry as Ceramic Raw Materials

SASAKI Hideyuki and TANIFUJI Shinichi

We produced tiles from the mixture of the waste sand from foundry, concrete waste
 sludge and waste sludge from glass grinding process in the ratio of 5:2:3, with sintering
 temperature of 950 degrees. The bending strength was 217.3(N/cm) and the water
 absorption was 3.03%; met Japanese Industrial Standard(A5902).

key words : cast, waste, sludge, recycle, sintering

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
 事業所から多量に排出されるが、その多くは鉱さいや汚
 泥として埋立処分されている。この処分費用の負担は大
 きく¹⁾、再資源化を促進するための有効な処理技術の開
 発が要求されている。

我々はこれまでに無機系産業廃棄物の分析方法を検討
 するとともに²⁾、数種類の汚泥からタイル状成形体を作
 成し、焼成による鉱物組成や成分変化を報告した³⁾。

本報告は県の代表的産業である鋳物製造工場から多量
 に排出される鋳物廃砂を窯業原料に利用することを目的
 に、数種類の無機系産業廃棄物を混合、焼成しその性状
 を調べた。その結果床タイルのJIS規格⁵⁾を満たす成型
 体が得られた。

2 実験方法

2-1 成形体の作成

実験には、鋳物工場から排出される廃砂と生コン工場

表1 試料の主な含有成分と耐火度

単位：wt%

	含水率	ig. loss	Si	Ca	Al	Fe	Mn	P	S	Na	K	耐火度
生コンスラッジ	67.92	28.30	1.41	28.70	3.14	2.37	0.95	0.03	0.34	0.68	0.28	6a
鋳物廃砂	-	3.28	40.18	0.26	2.54	0.88	0.31	0.03	0.06	0.52	0.45	31
ガラス研磨スラッジ	33.73	35.01	31.01	0.43	0.07	-	-	-	-	6.71	8.27	SK018

* ケイ素以下の定量値は全て水分を含まない試料に対する含有量を示す

* 産業廃棄物の再利用 (第4報)

** 化学部

*** 高弥環境整備株式会社

から排出されるスラッジ及び光学レンズ研磨工場から発生するガラス研磨粉を使用した。これらの含有成分と耐火度を表1に示す。この中でガラス研磨粉は耐火度SK018 (715℃程) であり、焼成温度低下に寄与すると考えられる。

試料は105℃で乾燥した後、所定の割合で調整し、ボールミルで30分粉碎・混合する。これに水10～15%を加えて練り、油圧プレス機により圧力3KN/cm²で成形した。成形金型はφ30mmの円柱 (混合試料約20g) と、100mm角の直方体 (混合試料200g) とした。成型品の厚さは試料の密度により異なるが約15mm程である。試料は成形後105℃で乾燥し、電気炉で900℃～1000℃で焼成した。

焼成は設定温度までの6時間で昇温し、2時間保持した後炉内自然冷却とした。材料から試作品に至るフローを図1に示す。

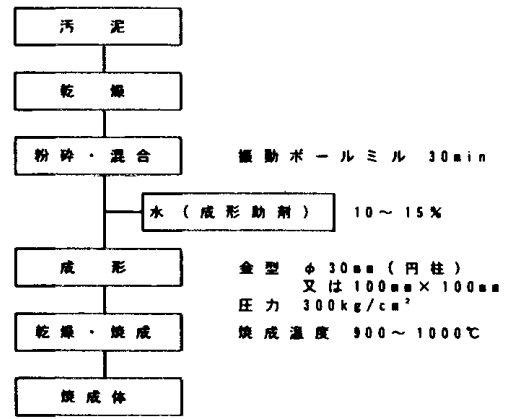


図1 試作品までのフロー

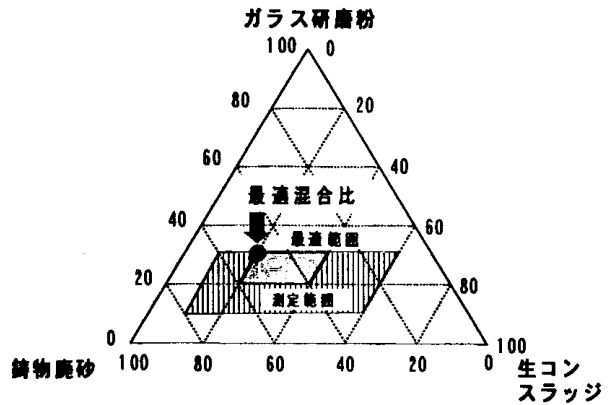


図2 汚泥3成分における最適混合範囲

2-2 最適混合範囲の焼成温度の決定

様々な混合比で作成したφ30mmの成型体を焼成し、吸水率を測定するとともに割れや発泡の有無を外観から調べおおよその最適範囲を特定した。

特定した最適範囲の中からいくつかの混合比でタイル状成形体を作成し、その外観 (亀裂、溶融等)、変形 (ばち、反り)、熱収縮率、曲げ強さを床タイルの規格により測定した。これにより最適混合比や焼成温度を決定した。

2-3 焼成体の組織の観察

焼成前及び焼成過程の成形体を電子顕微鏡で撮影・定性分析し、焼成による各汚泥成分の状態変化を測定した。

3 結果及び考察

3-1 窯業原料として最適な汚泥混合範囲

φ30mm金型で作成した試料の吸水率を測定した。吸水率が床タイルのJIS規格 (5%) 以下となり、外観に割れ等が見られない混合範囲は図2に示すように鑄物砂が3～6割、生コンスラッジが2～4割、ガラス研磨粉が2～3割の範囲であった。

鑄物砂と生コンスラッジの配合を多くすると焼結せず吸水率が高かった。また、ガラス研磨粉を増やすと溶融により形状を保持できなくなることが分かった。

つぎに、先の範囲で100mm角のタイル状成形体を作成した。変形量を押さえ低い焼成温度で高い曲げ強度を得るにはガラス研磨粉を3割加える必要があった。

また、ベントナイトを含む鑄物砂が多いほど成形性が良いことが分かった。これらから最適な混合比を鑄物廃

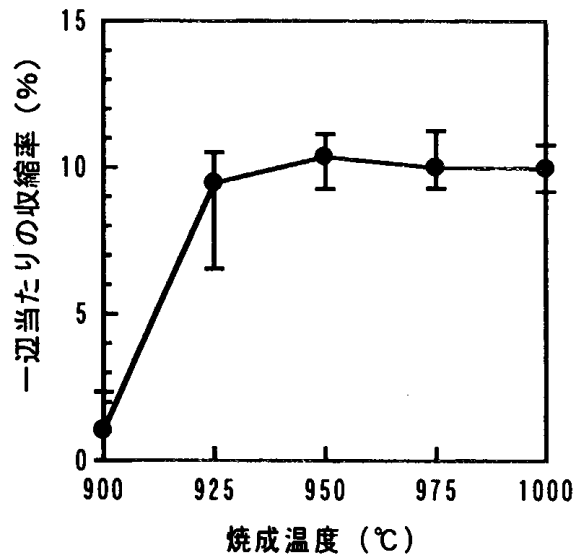


図3 焼成温度と収縮率変化

砂 : 生コンスラッジ : ガラス研磨粉 = 5 : 2 : 3 とした。

3-2 焼成による収縮と吸水率の変化

3-1 で得られた最適混合比で、900℃から1000℃で各々5～7個のタイル状成形体の焼成を行い、収縮率と温度の関係調べた結果を図3に示す。900℃ではほとんど収縮がみられず焼結が進まないが、925℃では急激に

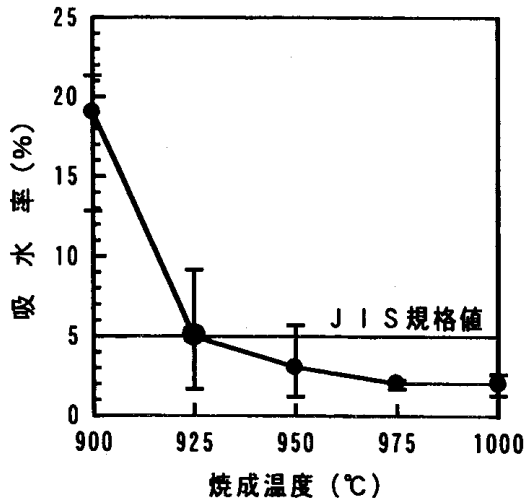


図4 焼成温度と吸水率変化

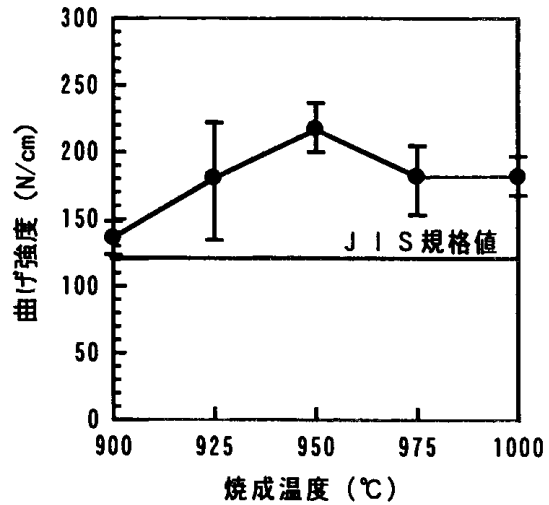


図5 焼成温度と曲げ破壊加重変化

焼結が進み収縮が起こることが分かる。950℃以上では収縮率は一定となりばらつきも少なくなる。

図4に吸水率の変化を示すが、900℃では20%近い値を示すが925℃で急に吸水率が低くなる。その後焼成温度の上昇とともに吸水率は低下し950℃以上では床タイルのJIS規格 (5%) 以下の吸水率となる。

このことから、焼結は900℃から925℃の範囲で始まり、焼結が進むに伴い吸水率も低下する。950℃以上では収縮率、吸水率ともにほとんど変化しなくなる。これらの結果から焼成温度は950℃以上とする必要があることが分かった。

なお、成形体の辺の歪みを表すばちや面の歪みを表すそりについても、900℃から950℃で焼成した試料は床タイルのJIS規格以下の値を示した。

3-3 焼結の進行と曲げ強度

焼成温度と曲げ強度の関係を図5に示す。成形・乾燥後10.2(N/cm)であった曲げ強度は900℃焼成後、床タイルのJIS規格 (120N/cm) を上回る136(N/cm) を示す。この後950℃までは強度は増加し、最大値217.3(N/cm) となるが、この温度以上で焼成すると強度は低下する。

3-4 曲げ強度と組織の変化

粉碎した試料の粒度分布を表2に示す。鑄物砂が90~250 μm の粒子がほとんどであるのに対し、生コンスラッジやガラス研磨粉はほとんどが150 μm 以下の粒子である。特にガラス研磨粉の粒子は細かく90%以上が45 μm 以下の粒子である。鑄物砂の耐火度が1690度ほどであることと、粒径が大きいことから鑄物砂は熔融せず、焼成体の歪みを緩和する働きをされると考えられる。

次に試料の電子顕微鏡写真を図6に示す。乾燥試料は、大きな鑄物廃砂の間に生コンスラッジとガラス研磨粉の微粒子があることが分かる。900℃で焼成した試料では、ガラス研磨粉と生コンスラッジが混合熔融し、骨材となっている鑄物廃砂をつなぎ合わせている。また、熔融により開気孔が発生しているため、この時の吸水率は約20%と高い数値を示す。950℃ではさらに熔融は進行するが、急激な収縮が起こり開気孔は減少し、吸水率が約3%と低くなり、強度も増加していく。1000℃になると、開気孔はさらに減少し吸水率も低下するが、成形体内部でガラス研磨粉による発泡で独立気孔が発生している。以上のことから焼成温度は950℃前後が最適であると考えられる。

表2 粉碎後の試料と混合物の粒度

粒度 (μm)	単位 (wt%)					
	<45	45~90	90~150	150~250	250~450	>450
鑄物砂	7.58	6.00	29.47	54.53	2.31	0.11
生コンスラッジ	30.57	23.09	16.88	13.81	7.83	7.82
ガラス研磨粉	90.26	5.88	2.46	1.19	0.21	0.00
最適混合比混合物 (5:2:3)	30.62	33.32	27.69	3.91	2.39	2.07

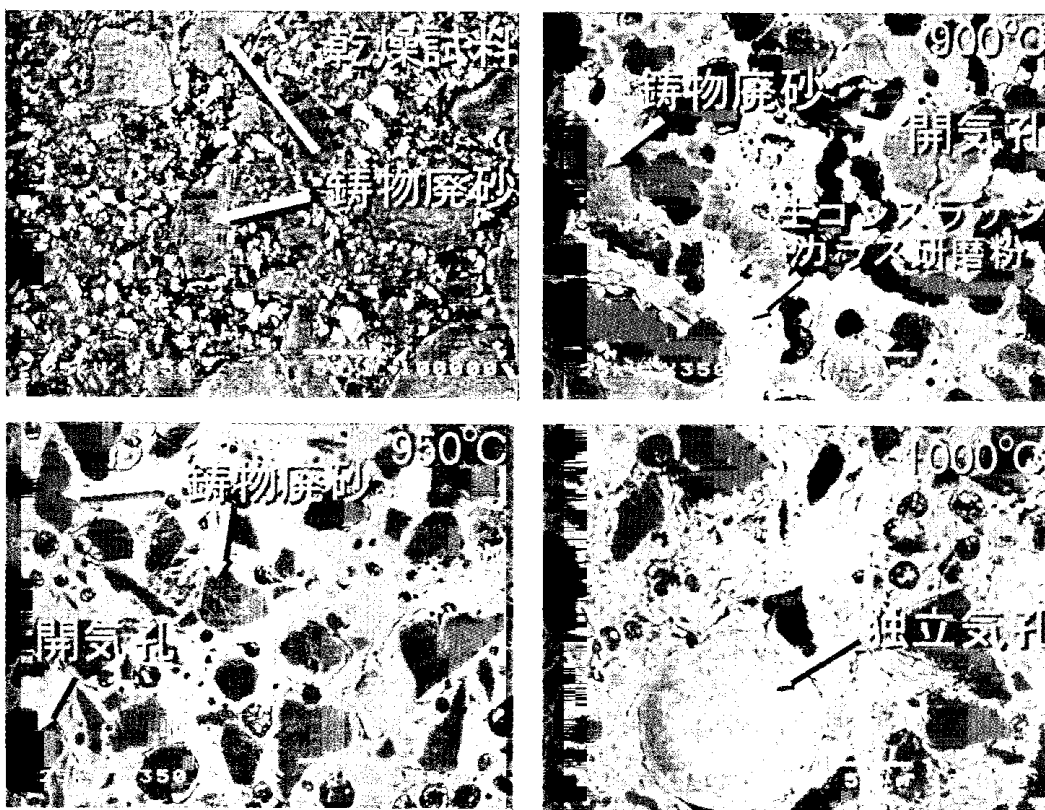


図6 試料の電子顕微鏡写真 (COMP像)

表3 試作したタイル状成形体とJIS規格値との比較

項目	試作品 (950°C 焼成)	床タイル
	鋳物砂:生コン:レンズ研磨粉=5:2:3	JIS規格値
強度 (N/cm)	217.1	>120
ばち (mm)	1.7	<2.0
そり (mm)	0.26 (へこそり)	<0.9
吸水率 (%)	3.03	<5.0
収縮率 (%)	10.4	-

次に試作したタイルと JIS 規格の比較を表3に示す。

4 結 言

鋳物砂等の無機系産業廃棄物の窯業原料への利用を目的とし、組成の異なる3種類の汚泥について、配合、成形、焼成によりタイル状成形体を試作した。

吸水率と焼成温度の関係から最適な混合比は鋳物廃砂:生コンスラッジ:ガラス研磨粉=5:2:3であることが分かった。焼結過程において成形体は約900°Cでガラス研磨粉と生コンスラッジが混合溶融し始めるが、この温度では開気孔が多いため吸水率が高く強度も弱い。950°Cでは溶融が進行し、収縮が起こるため開気孔は減少する。この温度で吸水率は約3%で曲げ強度は最大となる。この温度以上では、開気孔はさらに減少し吸水率も低下するものの、発泡による独立気孔が発生し強度は低

下する。

最適条件で焼成処理したタイル状成形体の性状は、床タイルのJIS規格を満足した。

以上の結果より、鋳物廃砂を主成分とする無機系産業廃棄物汚泥の床タイルとしての再資源化が可能と考えられる。今後は本研究で得られた作成条件をもとに、骨材として大量に製造する方法を検討していく予定である。

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)
- 2) 佐々木秀幸, 谷藤眞一: 岩手工技セ研報, 1, 35(1994)
- 3) 佐々木秀幸, 谷藤眞一: 岩手工技セ研報, 2, 79(1995)
- 4) 佐々木秀幸, 谷藤眞一: 岩手工技セ研報, 3, 97(1996)
- 5) 日本工業規格: JISA5209¹⁹⁹⁵

GF-AASによる鋳物工場から発生するダスト中の鉛の定量*

根守 章**、佐々木 秀幸**、鈴木 一孝**、
酒井 晃二**

黒鉛炉原子吸光光度法（以下GF-AAS）による鋳物工場から発生するダスト中の鉛の定量法について試料の溶液化及び測定条件等について検討した。その結果、試料の分解にはテフロンピーカーを用い、HF・過塩素酸-混酸でほぼ分解することが分かった。一方、灰化温度は約700℃、原子化温度は約2,200℃が最適であった。また、波長283.3nmにおける検量線は0~0.4ppmの範囲では原点を通る直線が得られ、その勾配は標準添加法の検量線ともほぼ一致した。検討した方法によりダスト中の鉛を変動係数5%以下の精度で定量することができた。

キーワード：ダスト、鉛、黒鉛炉原子吸光光度法。

Determination of Lead in Foundry Dust with Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrometry

NEMORI Akira, SASAKI Hideyuki, SUZUKI Kazunori
and SAKAI Kouji

Determination of lead in foundry dust with graphite furnace atomic absorption spectrometry(GF-AAS) is investigated. Samples are well dissolved with mixed acid of hydrofluoric acid and perchloric acid. The established operating conditions of GF-AAS are as follows; ashing temperature is 700℃, atomizing temperature is 2,200℃ and wavelength is 283.3nm. And these conditions give sufficient results on determination of lead in foundry dust and an analytical curve which coincidents with the origin and approximately a straight line within the range from 0 to 0.4ppm and well fitted an analytical curve of the standard addition method. Lead in the dust is quantitatively analyzed with high accuracy to a coefficient of variation less than 5%.

key words : dust, lead, graphite furnace atomic absorption spectrometry

1 結 言

鋳物工場等から排出される産業廃棄物（ダスト等）の有効利用はまれで、その一部はセメントの原料として利用されているものの、ほとんど廃棄されている。しかし、これらダスト等の性状を把握することにより、再利用がはかられるものと考え、数種ダスト中鉛の定量法につき種々検討した。GF-AASはフレーム原子吸光法（以下F-AAS）や誘導結合プラズマ発光分析法（以下ICP）等で検出感度の低い鉛元素等の微量元素の高感度分析法として知られている。GF-AASによる鉛の定

量法は、湾低質¹⁾、高純度亜鉛中²⁾および極微量の銅合金中³⁾について報告されている。しかし、鋳物工場等から生ずる産業廃棄物（ダスト等）中の鉛の定量法について詳細な報告は見当たらない。本法ではGF-AASによる鋳物ダスト中の鉛定量検討結果について報告する。

2 装置・試薬及び試料

2-1 装置

GF-AASは日立170-70型ゼーマン原子吸光分光光度計。光源には日立製鉛中空陰極HLA-Aを試料の注

* 高精度化学分析技術の開発（第2報）

** 化学部

入にはエッペンドリフ社製のマイクロピペットを用いた。

2-2 試薬及び試料調整

鉛標準液は市販の原子吸光用標準原液 (1,000ppm) (関東化学製) を用い、その他の試薬は市販の特級試薬および原子吸光用標準原液を調整して用いた。

試料は鋳物工場から生ずるダスト4種類について、3mmのフルイを通過したものを珪乳鉢で粉碎し試料に供した。

3 実験方法及び結果

3-1 基礎実験操作

50mlメスフラスコに一定量の鉛標準溶液を取り、これに必要に応じて酸及び金属塩類を添加し、水で定容とする。この溶液をマイクロピペットで黒鉛炉に注入し、Ar-gasを流しながら、乾燥、灰化、原子化を行い3回の測定平均から吸光度を求めた。また、空試験からこれを補正する

3-2 測定条件の検討

3-1の基礎実験操作に従い、鉛 0.3ppm の溶液を用いて乾燥(以下 Dry), 灰化(以下 Ash), 原子化(以下 Atom)過程及びアルゴンガス流量等の吸光度に及ぼす影響について検討した。

乾燥過程：乾燥電流値(温度)5~20A(約 20~120 °C)および乾燥時間 20~40 秒の範囲では吸光度の変化は見られなかった。

灰化過程：灰化時間 30 秒とし灰化電流値(温度)25~100A(約 150~1,040 °C)の範囲で、検討した結果を図1に示す。図1より灰化電流値(温度)50~75A(約 400~700 °C)の範囲で一定、且つ最大値の吸光度を示す。

また、灰化時間を 60 秒とし測定した結果、灰化時間 30 秒時の吸光度より 60A 付近から約 5~15 %の吸光度の減少が見られる。これは鉛の融点が高い(327 °C)ことから灰化時間が長ければ鉛の一部が融解し、黒鉛炉内に拡散するため、原子化時の有効黒鉛炉内鉛濃度が低くなり散逸するためと考えられる。

原子化過程：図2に原子化電流値(温度)を 125~270A(約 1,350~2,650 °C)の範囲で検討した結果を示す。

図2より原子化電流値 125A(約 1,350 °C)では原子化温度が不十分で 225A(約 2,200 °C)付近で最大の吸光度を示し、それ以上では吸光度は約 10 %程度減少する。

これは鉛の沸点が 1,750 °Cのため 2,200 °C以上になると原子化はされるものの、高温で瞬時に原子化が行われるため黒鉛炉注入口等から飛散するものと推察される。

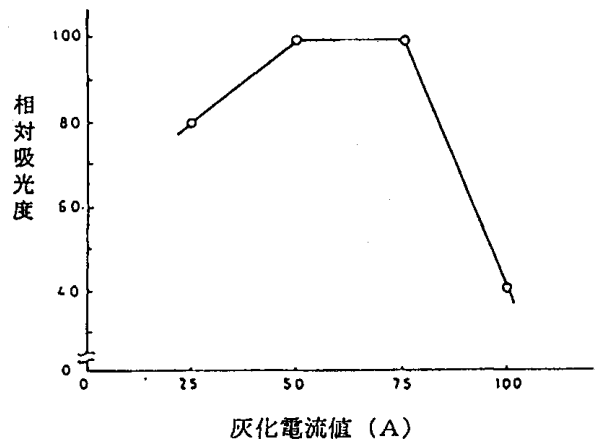


図1 吸光度に及ぼす灰化電流値の影響

D r y : 15A - 20sec. A s h : 30sec.

A t o m : 225 A - 5sec.

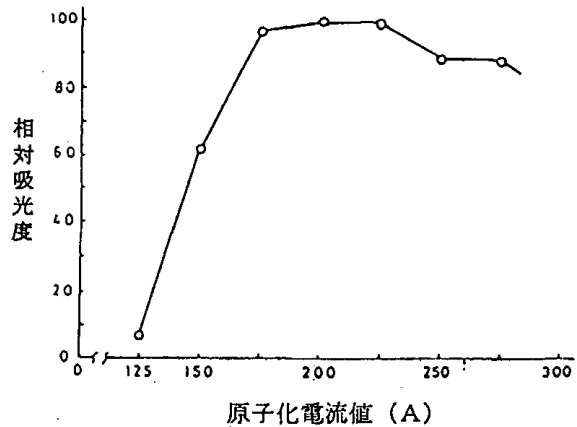


図2 吸光度に及ぼす原子化電流値の影響

P b : 0.3ppm

D r y : 15A - 20sec. A s h : 75A - 30sec.

A t o m : 5sec.

アルゴンガス流量：アルゴンガス流量を 0.5~4.0l/minの範囲で変化させ検討した。

その結果、大きな変化はないものの、鎌田ら⁴⁾の報告と同様な傾向を示す。即ち Ar-gas 流量が少ないと原子化(高温)した際に黒鉛炉の一部が燃焼し、その時発生する二酸化炭素等のガスによる光の散乱や吸収によって吸光度の再現性が悪い、また流量の多い 4.0l/min.付近では原子化された鉛蒸気が Ar-gas によって吸光度が減少する。一方、少ない Ar-gas 流量では、黒鉛炉の消耗が大きいことから Ar-gas 流量は 2.5l/min とした。次に波長、スリット及びランプ電流値について検討した結果、波長 283.3nm は 217.0nm に対して約 75 %のピーク値を示しもののベースが安定で、その他の吸収波長ではピーク値を示さなかった。以上検討した結果から波長は 283.3(nm), ランプ電流値は 7.5(mA), スリットは 2,

Dryは 15A-20Sec., Ashは 75A-30Sec., Atomは 225A-5Sec., Ar-gas 流量は 2.5(l/min.), 試料注入量は 10.0(μ l)のように測定条件を設定した。

3-3 試料の溶解及び溶出試験

ダスト等の溶解法としてアルミナ又ニッケル坩堝を用い過酸化ナトリウム等で溶解する方法⁵⁾が一般的に知られている。今回これより操作の容易な酸による試料(0.5g)の3溶解方法について検討した。

第一はビーカーに試料を取り、塩酸又は塩酸に硝酸を加えて加熱分解を行った結果試料中の鉛 9.3 ± 2%が溶解することが分かった。

第二は加圧酸分解容器に試料を入れ塩酸を加え250°C 3時間で処理すると試料中の鉛 9.5 ± 2%が溶解することが分かった。

第三はテフロンビーカーで試料にフッ酸、塩酸、硝酸及び過塩素酸を加え白煙処理することにより試料中の鉛は 100%溶解することが分かった。本実験ではこの方法で試料溶解を行うこととした。

しかし、この方法はカーボンが残存するため濾過を行う必要がある。一方、溶出試験溶液の調整は公定法(環境庁告示第13号)に準じた。即ち広口 200ml メスフラスコに試料 20g を取り、水で定容とし毎分 200 回転で6時間スターラーで攪拌後、乾燥濾紙で濾過。濾液を検液とした。

この方法で、鋳物工場から発生するダスト4種類について溶出試験を行ったところ試料 No.B-2 のみが基準値以下であるが 0.29ppm の鉛が溶出された。

次に pH を変化させての溶出試験を試みた結果を表1に、試料の組成概要値を表2に示す。

表1 pHの変化による溶出試験

試料名	No.A	No.B-1	No.B-2	No.B-3
Pb(ppm)	0.00	0.00	0.00	0.00
(pH)	(5.5)	(8.9)	(8.5)	(7.3)
Pb(ppm)	0.00	0.00	1.90	0.00
(pH)	(4.7)	(7.0)	(4.3)	(5.5)

No.A:A 社鋳物工場ダスト, No.B-1~3:B 社鋳物工場ダスト

表2より鋳物工場から生ずるダストはアルカリ側を示し、また、強熱減量でプラスを示す試料もある。強熱減

量でのプラスの値は試料中の金属鉄等が酸化されたためと考えられる。

表2 成分概要値 (%)

試料名	No.A	No.B-1	No.B-2	No.B-3
ig.loss	+2.4	20.0	+1.3	10.6
SiO ₂	74.1	43.0	78.7	71.8
Fe ₂ O ₃	18.9	15.5	15.4	2.8
Al ₂ O ₃	5.2	4.5	4.6	8.8
TiO ₂	0.2	0.2	0.09	0.11
CaO	0.7	8.0	0.57	1.3
MgO	0.7	3.0	0.8	1.9
S	0.52	0.74	0.06	0.20
pH	9.1	10.3	7.7	10.9

3-4 酸濃度の影響

1.0 Nまで種々の酸濃度と吸光度の関係について検討した結果を図3示す。

図3より塩酸では影響はなく、硝酸で0.7 N付近から吸光度は減少し、過塩素酸、リン酸については図3に示すような影響がみられるので測定試料液では過塩素酸等の酸を除去する必要がある。

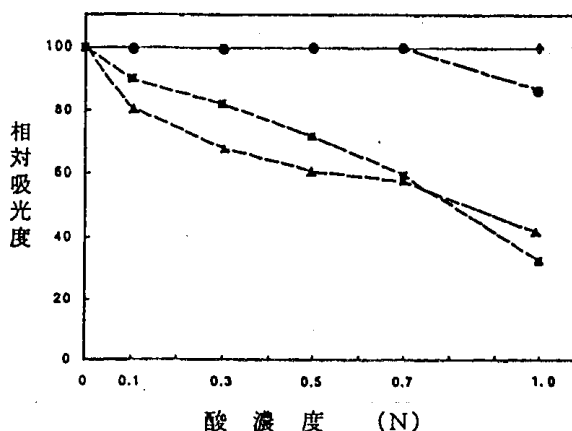


図3 吸光度に及ぼす酸濃度の影響

◆: 塩酸, ●: 硝酸, ■: 過塩素酸, ▲: リン酸

3-5 有機溶媒による吸光度の影響

一般にF-AASでは高感度を得るため有機溶媒による増感効果が利用されている。^{6), 7), 8), 9)}

鉛の感度は特に低い、そこで鉛を4-メチル-2-ペンタノールで抽出¹⁰⁾後、グラファイトキューベットとハイグラファイトキューベットの2種類の黒鉛炉による増感効果について検討した。

しかし、前者では有機溶媒のピーク値は水溶液に比較して低値を示し、又、後者では有機溶媒のピーク値は水溶液の約半分のピーク値を示した。これは札川ら¹¹⁾の指摘によれば水溶液では黒鉛炉中で溶液が球状となり、小さな面積上で蒸発固化するが、有機溶媒の場合には溶液が広くひろり加熱が均一でなく、特にバイオグラファイトキューブで顕著にこの現象が起こるためと考えられる。

3-6 検量線及び添加実験

3-1の測定条件操作により、鉛標準液を段階的に取り検量線を作成し検討した結果、0-0.4ppmの範囲で原点を通る直線が得られた。

次に鉛は原子化温度が低い場合、アルミニウムやベリリウム等の干渉が報告されている。¹²⁾そこで試料NoAとNoB-2の溶液を50mlメスフラスコに各々一定量を分取し、一方に鉛0.01mgを添加し、他は鉛のみ0.01mg/50mlとし干渉について検討した。その結果、共存元素の影響は認められなかった。

4 実試料の定量

4-1 分析操作

試料(0.5-1.0g)をテフロンピーカーに取りフッ酸約20mlと混酸約20ml少量の過塩素酸を加え、砂浴上(250-300℃)で加熱分解し白煙処理を行い、冷却後少量の塩酸(1+1)を加え白煙が出なくなるまで加熱し、過塩素酸を除去し塩酸(1+1)約20mlを加えて溶解し、一定量(必要に応じて濾過)とする。この溶液を用いて確立した測定条件に従い測定し、同時に空試験を行い補正し、検量線から濃度を求める。

4-2 分析結果及び繰り返し精度

確立した分析操作に従いダスト4種類の分析結果を表3に示す。又、試料NoAとNoB-2について繰り返し精度(n:5)を求めたところ変動係数5%以下の精度で定量することができた。

表3 分析結果 (ppm)

	No. A	No.B-1	No.B-2	No.B-3
Pb	3.20	74.4	9.20	17.2

5 結語

GF-AASによる鋳物工場から生ずるダストの鉛の

定量法について検討した。

その結果、試料の溶解にはテフロンピーカーを用いてフッ酸、過塩素酸及び混酸で加熱白煙処理後、塩酸を用い過塩素酸を除去する必要がある。

又、乾燥過程では大きな変化は見られなかったが、灰化過程で約700℃、原子化過程で約2,200℃の条件が最適であることが分かった。

溶出試験を試みた結果では、試料がアルカリ性を示し、ほとんどの試料で鉛は溶出されなかったがpHを酸性側にする事によって鉛が溶出される試料もあった。

確立した方法でダスト中の鉛の定量を行ったところ、変動係数5%以内で定量することができた。

最後にご協力頂いた金属材料部瀬川主任専門研究員及び化学部所属の研究員に感謝致します。

文献

- 1) 平田静子：分析化学，28，503 (1979)
- 2) 札川紀子，日置昭治，久保田正，川瀬晃：分析化学，35，T62(1986)
- 3) 広川吉之助，高田九二雄：分析化学，29，675(1980)
- 4) 鎌田俊彦，熊丸尚宏，山本勇麓：分析化学，24，89(1980)
- 5) 新版 鉄鋼化学分析書全書，日刊工業新聞社 9，259(1963)
- 6) 河野隆年，分析化学，22，1017(1978)
- 7) 池田重良，厚谷郁夫：分析化学，13，1147(1964)
- 8) 飯田忠三，名倉正人：分析化学，17,17(1978)
- 9) 根守章，小向隆志，菅原隆志，河野隆年：岩工試報，30，125(1989)
- 10) 河野隆年，根守章：分析化学，24，419(1975)
- 11) 札川紀子，川瀬晃：分析化学，27，37(1978)
- 12) 保田和雄，長谷川敬彦：原子吸光分析，講談社170(1973)

県産未利用粘土鉱物の活用*

酒井 晃二**、吉田敏裕**、橘 秀一**

県産未利用粘土鉱物の有効利用を図るため2種類の粘土鉱物について単味及び混合物の化学組成、鉱物組成、粒度分布、耐火度及び熱収縮などの諸物性を測定し、窯業建材への活用を検討した。その結果、焼成体の曲げ強さは現行原料土と同等またはそれ以上の値を示した。また、これらの吸水性はJISの粘土瓦や煉瓦の規格を満足し、粘土瓦、煉瓦などへの活用が可能であることが分かった。しかしながら、焼成収縮率が大きくや耐寒性が現行原料土に劣るなど改善を要する点も認められた。

キーワード：粘土鉱物、粘土瓦、煉瓦

Utilization of the Unutilized Raw Porcelain Materials for Roof Tiles and Common Bricks Materials

SAKAI Koji, YOSHIDA Toshihiro and TACHIBANA Shyuichi

Chemical and mineral composition, particle size distribution, thermal resistance and thermal contraction were investigated in order to utilize two kinds of unutilized raw porcelain materials in Iwate prefecture. Those unutilized raw porcelain materials had equally or higher compression strength than the present materials. In addition the water absorption feature fulfilled Japanese Industrial Standard (JIS). So those materials can be utilized for roof tiles and common bricks. However, in respect to a high thermal contraction and a low frost resistance that should be improved.

key words : mineral clay , roof tiles , common bricks

1 緒 言

粘土瓦および煉瓦製造業などの窯業建材関連製造業は粘土の多消費型産業である。日本を代表する窯業関連建材の一大産地である愛知県においても年々粘土の確保が困難になってきており、フライアッシュ¹⁾やスラッジ²⁾などの活用を試みている。原料粘土鉱物の不足は、県内事業所においても事業の存続を左右する深刻な問題となっている。一方、県内の未利用粘土資源の活用検討は少ない。本報では県内の未利用粘土資源の性状解析結果と

窯業建材、特に粘土瓦素地や煉瓦素地への利用検討結果について述べた。

2 実験方法

2-1 使用原料

使用原料として、A.県内事業所廃泥、B.県内(紫波郡)より採取した粘土、C.県内事業所現行瓦原土、D.愛知県内で使用されている瓦原料土の4種類を用いた。A、Bが未利用であり、Bは採掘可能である。C、Dは

* 県産資源の利用化事業(第3報)

** 化学部

表1 試料の化学組成と耐火度

試料名	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	Ig.loss	耐火度
A	66.0	20.0	7.10	1.40	0.96	0.67	0.21	3.40	7.31	SK12
B	74.0	9.20	12.0	0.96	0.14	0.24	0.04	1.90	3.73	SK17
C	57.0	23.7	7.37	0.94	0.78	0.95	0.69	1.78	6.79	SK17
D	68.8	18.4	3.42	0.60	0.37	0.46	0.20	2.36	5.53	SK19

比較対照として選択した。それぞれ 110℃で恒量になるまで乾燥した後、450 μm以下に粒度調整したものを試料とした。試料A、B及びABの混合物を現行原料C及び産地原料Dと比較し、瓦原料や煉瓦原料としての利用可能性について検討した。

2-2 原料性状測定

使用原料の各種性状は以下のように測定した。鉱物組成(X線回折)は乾燥粉体を理学X-ray diffractometer RINT2000を用いて測定した。化学組成(蛍光X線回折)は強熱減量測定後の乾燥粉体を理学X-ray spectrometer 3270を用いて測定した。耐火度はJIS M8512により測定した。また、粒度分析は45 μm以上については湿式ふるい分けにより、それ以下についてはSEISHIN ミクロン・フォト・サイザー-SKA-5000を用い遠心沈降法により測定した。

2-3 素地調整と成形及び焼成

原料の混合及び加水はポリエチレン製容器を用いて180rpm(約100回転/分)で2時間攪拌し、24時間室温で放置して原料全体をなじませた後試験に供した。試料の成形は、調整試料10gを直径30mmの円筒状金型を用い50kNで乾式で加圧成形した。また、曲げ強度測定用試料は、調整試料17gを10mm×60mmの金型に

10kNで半乾式加圧成形した。それぞれ厚さ10mm程度の試料を作成した。焼成試料は昇温速度192℃/hにより1150℃(現行焼成温度)で1時間焼成して作成した。

3 結果と考察

3-1 原料性状

表1に原料の化学組成及び耐火度を示した。また、表2に原料の主な構成鉱物、表3に粒度分析の結果を示した。試料Aはアルカリ酸化物が他の試料と比較して多く含まれて、耐火度はSK12と試料中で最も低かった。また、シリカ系の鉱物が大半を占めているのが特徴であった。試料Bは現行原料Cと同等の耐火度を示したが、他の試料と比較してFe₂O₃が多くAl₂O₃が少ない特徴があった。

表2 主な構成鉱物

試料名	構成鉱物
A	α-石英、トリジマイト
B	α-石英、カオリナイト、雲母
C	α-石英、曹長石、石灰長石
D	α-石英、カオリナイト、雲母、微斜長石、曹長石

表3 粒度分析

(mass%)

試料名	粒子径[μm]									
	<2.5	2.5~5	5~10	10~30	30~45	45~75	75~90	90~150	150~250	250<
A	8.6	22.1	22.1	8.1	2.7	4.4	10.2	10.2	5.0	6.6
B	16.7	26.7	2.4	3.3	24.9	17.6	0	4.6	3.8	0
C	12.5	21.4	9.2	18.3	14.1	4.8	1.0	6.3	5.5	7.0
D	7.0	29.3	18.4	14.6	3.0	11.0	2.5	8.5	4.8	1.0

表4 成形体物性

試料	曲げ強さ[MPa]	体積収縮率[%]	見掛け密度[g/cm ³]	
A	1.37	2.55	1.80	
75/25	1.02	2.25	1.84	
60/40	0.82	1.82	1.85	
A/B*	50/50	0.74	1.09	1.87
	40/60	0.68	0.96	1.91
	25/75	0.57	0.62	1.96
B	0.35	0.60	2.01	
C	1.15	1.38	2.03	
D	1.11	0.85	2.01	

* A/B : 試料A及び試料Bの混合物、数字は混合比 (wt%) を表す。

粒度分析の結果、すべての試料において45 μm以下の含有率が60%以上であり、試料A以外の試料では70%以上であった。理想的な粒度分布とされている試料Dにおける45 μm以上での分布状態は、45~75 μmの割合が11%と他の分布領域より大きくなっており均一的な分散になっていないのが特徴的であった。これに対して、試料Cはほぼ均一的に、試料Aは75~90 μmと90~150 μmにそれぞれ約10%の分布があり、試料Bでは45~75 μmに17%と大きく分布してその他は不均一に分布していた。

3-2 成形体物性

加水率は通常の瓦用原料で10~20%程度であるが、

外割りで15%以上加えた場合、本実験で用いた金型の形状及びサイズでは金型への粘着などが起こり成形不良が生じたため外割り10%に統一した。外割り10%加水による成形性は概ね良好であった。成形後、110℃で24時間以上乾燥した成形体の曲げ強さ、体積収縮率、見掛け密度を表4に示した。試料Aは現行原料であるCや産地原料であるDよりも乾燥時の曲げ強さが大きかった。これはその大きな体積収縮率のためと考えられた。また、試料AとBを混合した場合、それぞれの割合に応じて曲げ強さ、体積収縮率、見掛け密度ともに変化した。A、Bそれぞれの曲げ強さ、体積収縮率、見掛け密度が混合

表5 焼成体物性

試料	曲げ強さ[MPa]	体積収縮率[%]	見掛け密度[g/cm ³]	
A	5.84	29.2	2.10	
75/25	3.97	20.1	2.00	
60/40	3.40	15.1	1.96	
A/B*	50/50	3.10	14.3	1.92
	40/60	3.20	10.7	1.92
	25/75	3.44	9.2	1.92
B	5.03	7.4	1.95	
C	2.42	11.6	2.00	
D	3.83	13.1	2.05	

* A/B : 試料A及び試料Bの混合物、数字は混合比 (wt%) を表す。

割合に応じて影響されることから混合比を変化させることで大まかではあるが曲げ強さ、乾燥収縮率を制御出来ることが分かった。

3-3 焼成体物性

上記の成形体を1150℃で1時間焼成した試料の物性を表5に示した。試料A、B共に現行原料であるCまたは産地原料であるDの曲げ強さを上回る値を示したが、A/Bを混合すると単味の場合に比べて曲げ強さは小さくなった。また、乾燥時の成形体同様、収縮率はA、Bの混合割合に応じて変化した。しかしながらA、Bの混合割合が50/50を越える場合では焼成収縮が現行原料を上回るため、形態や寸法精度の制御が困難になる可能性もある。混合比40/60の場合、焼成収縮率も現行原料より小さく見掛け密度も小さいため、同じ体積では現行品よりも軽い製品となり施工などに有利な面もある。

表6 焼成体の吸水率と耐寒性

試料	吸水率[%]	耐寒性
A	5.3	× (7)
75/25	8.3	× (10)
60/40	10.3	× (3)
A/B 50/50	11.1	× (3)
40/60	12.3	× (2)
25/75	12.4	× (1)
B	12.8	× (2)
C	9.8	○
D	8.7	× (1)

×：亀裂発生、()：亀裂発生時のサイクル、

○：亀裂なし

次に、JIS-A 5208に準拠した凍害試験の結果を表6に示した。試料Aは吸水率が最も低く、耐寒性も概ね良好であった。これは他の試料に比べ耐火度が低いため、表5に示すように体積収縮率約30%と焼結が進行し、緻密な状態になっているためと思われる。これに対し試料Bは吸水率が高く、凍害試験においても2サイクルで亀裂が生じるなど耐寒性に問題があった。これは耐火度が

高いことから焼結が不十分なため気孔が多く存在していることに起因しているものと考えられた。また、試料A、Bの混合試料では混合比72/25の場合のみで現行原料Cを下回る吸水率を示し、耐寒性もCに準じて良い結果を示した。他の混合割合ではA、Bの比率に応じて吸水率も変化し、概ね耐寒性もそれに準じた結果を示した。いずれの混合割合でも吸水率については、粘土がわら (JISA 5208、15%以下) 及び普通れんが (JIS R 1250、15%以下) の規格基準値を満しており、素地原料としての利用は可能である。

4 結 言

現行の窯業建材原料に代わる県産100%の原料を目標として県内で産出する2種の原料A、B及びその混合物について特性を調査した結果、焼成体の曲げ強さは、現行原料Cを上回った。また、熱収縮率は試料Aで現行原料Cに比べ約2.5倍と大きく単味での利用は不可能であるが、A、Bの混合試料ではそれぞれの性質が影響し、混合割合に応じて物性に変化が見られた。特に、40/60、25/75の混合比では現行原料Cと同等またはそれ以上の性状が得られた。吸水率は、いずれの試料でも日本工業規格の基準値を満足した。しかし、耐寒性については現行使用原料以上の性状を得ることは出来なかった。冬季が厳寒となる当県の自然環境を考慮した場合、高耐寒性原料の開発が不可欠であり、粒度の調整や多成分混合系の検討などが必要であると考えられる。

本研究を推進するうえで試料の調整法など多岐にわたる貴重なアドバイスや様々な面でのご指導して下さった愛知県瀬戸窯業技術センターの伊藤賢治 技師に感謝いたします。

文 献

- 1) 深谷英世, 加藤勝正, 伊藤征幸, 伊藤政巳: 愛知県常滑窯業技術センター報告 23 (1996)
- 2) 福永 均, 加藤勝正, 浅井邦雄, 服部金司: 愛知県常滑窯業技術センター報告 21 (1994)

近赤外分光分析法によるパン原料の配合量の推定 (第II報)

米倉 裕一^{*}、遠山 良^{**}、斉藤 博之^{***}
大澤 純也^{*}

近赤外分光分析 (NIR) によりパン生地およびパンクラム (内層) からショートニング、小麦粉、食塩、糖、イースト、水の原料配合割合の予測を重回帰分析により行った。サンプルは、ホームベーカリーにて焼成したものをパンクラム用に、もう一つは、製パン機械を使いストレート法にて製造したものを生地およびパンクラム用とし測定および解析した。その結果、パン生地では、予測した全ての成分が精度良く予測でき、パンクラムでも糖以外は予測可能であることが解った。

キーワード：近赤外分光分析、パン、予測

The Prediction of the Composition in Bread and Dough by Near Infrared Spectroscopy

YONEKURA Yuichi, TOYAMA Ryo, SAITO Hiroyuki
and OHSAWA Junya

Near infrared (NIR) spectroscopy has employed for predicting the composition of shortning, flour, yeast, water and salt in sliced white bread (clumb) and dough. NIR refractance at several wavelengths were measured using two samples from 54 loaves by homebakery and 20 loaves by bakery machine, and 20 doughs of different composition. The results showed that NIR refractance had high potential for the prediction of shortning, flour, yeast, water and salt contents of bread and dough samples.

key words : near infrared spectroscopy, bread, prediction

1 緒 言

近赤外分光分析法による食品の組成分析は、あらゆる形態 (液体、ペースト、個体) を非破壊の状態、しかも迅速かつ簡便に行える可能性を秘めており、極めて高い関心が寄せられている。今日、近赤外分光分析法は果物の熟度判定や米の食味計などに実用化されているほか、製造工程および製品の品質管理などに、幅広く活用されている。製パン関連においての近赤外分光分析法の技術は、パン切片試料のタンパク、水分、脂肪の成分分析¹⁾、パンの体積膨張度²⁾等の報告がなされている。

前報³⁾では、出来上がったパンクラムを用い原料配合割合の予測式をたてた。本報は、前法の製法に加えて、

さらに違う製法で作成したパンクラムを用い予測式の検証を行った。また、パン生地中からの原料配合予測も併せて行った。

2 実験方法

2-1 原材料および製法

原料は、小麦粉 (昭和産業 (株) 製イーグル)、砂糖 (日新製糖 (株) 製グラニュー糖)、ショートニング (クリスコ (株) 製)、食塩 (関東化学 (株) 製特級)、イースト、水 (蒸留水) は、小麦粉の重量を 100 としてそれに対するそれぞれの重量で配合した (表 1)。

製法は、前報³⁾と同様にホームベーカリーを用いて製パンしたものと、当センター製パン設備を使用したスト

* 応用生物部
** 食品開発部
*** 企画情報部

表1 パンの配合割合

	対粉比(%)	全体比率(%)	乾物当(%)
小麦粉	100	45~60	67~97
砂糖	0~25	0~13	0~20
食塩	0~4	0~2.5	0~4
油脂	0~25	0~13	0~20
イースト	2	-	-
イーストフード	0.1	-	-
水	55~75	31~41	-

レート法のものとした。ホームベーカリーで製パンしたパンは、パンクラムの測定のために用い、製パン機械で製パンしたものは、パン生地およびクラムの測定に用いた。

2-2 パン生地およびパンの製法

製パン設備を用いた生地およびパンの製法は、オシキリ製ラボミキサーVM05を用い、小麦粉600gで低速2分、高速1.5分、さらにショートニングを投入後、低速1.5分、高速5分、高速度ミキシング(L2,H1.5,L1.5,H5)分行い、こね上げ温度が26℃±0.5℃になるようにミキシングした。その後、直ちに生地の近赤外測定を行った。1次発酵は、体積が2.3~2.5倍となった時点で一度パンチし、さらに2.1~2.3倍程度で450gに分割した。パンチタイムは15分間とり、その後、アイコー製モルダーにより成形し、2斤用パン型に入れ型下5mmになるまで2次発酵した。焼成は、型に蓋をし、210℃、45分間とした。焼成した後食パンを1時間放冷し、ビニール袋に入れ、翌日のクラム測定に使用した。

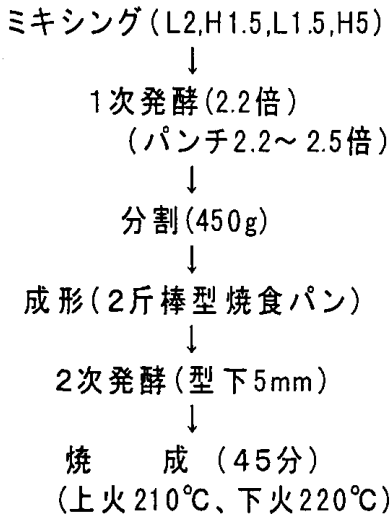


図1 製パン工程

2-3 測定

サンプル調整は、生地では、生地約20gをスタンダードサンプルセル ((株)ニレコ製) に入れ、クラムでは、高油分水分セル ((株)ニレコ製) の大きさに合わせるために、厚さ2cm、長さ8cm、幅4cmにパンクラムを2枚スライスし縦に2枚並べ入れた。測定には、(株)ニレコ製NIRS6500型を用い、400~2500nmの範囲で2n

mごとに反射法によるNIRスペクトルを測定した。測定は、1試料について2回行い、その平均スペクトルを求めた。

2-4 解析

解析は、(株)ニレコ製NSAS(Near infra-red spectral analysis software) プログラムにより2次微分スペクトルを使って重回帰分析を行った。

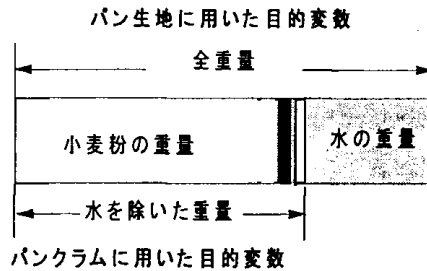


図2 解析に用いた目的変数

パン生地の解析は、20サンプル全てを検量線作成用とし、2~4波長を用いての回帰式を作成した。目的変数は、パンの配合量を百分率を用いて示した。

パンクラムの解析は、前報で高い相関を示した反射光で行い目的変数は添加した水分を除いたもので行った。ただし、水の添加量については、全重量に対する重量%とした。サンプルは、ホームベーカリー用54サンプルと、製パン機械で製造したパン20サンプルを用い検量線および検証用とした(図2)。

3 結果

3-1 パン生地の解析

パン生地において、小麦粉、グラニュー糖、油脂、食塩、イースト、水の添加量の予測した結果、重相関係数0.948以上、標準誤差0.67以下と高い精度で予測ができた。特に、ショートニング、イーストは、重相関係数が0.99以上で標準誤差も0.1以下と非常に精度が良かった。

ここで、イーストの予測式に着目すると、その第1波長は440nmである。この波長領域は、青から紫の可視

表2 パン生地配合割合の予測式

原料	波長(nm)	重相関係数	標準誤差	評価
小麦粉	2138, 2188, 2256, 1144	0.9489	0.663	○
グラニュー糖	2262, 2198, 1618, 2166	0.9882	0.342	○
食塩	1808, 1624, 2382, 2046	0.9506	0.0984	○
ショートニング	1718, 2168	0.9991	0.0813	○
水	1146, 1822, 1228, 1996	0.9627	0.465	○
イースト	440, 1334	0.9944	0.0316	○

部であることから、色の影響によりイーストの予測に影響が出るのではないかと考え、このことについてさらに検討した。イーストは、イースト会社により色の濃さが異なることから3社の生イーストを用いた。また、生イーストは、時間経過とともに色が褐変してくるから、経時的に測定した。その結果、イーストそのものを測定した場合は、各社、時間的変化によりスペクトルが変化した。イーストを生地に0~4%添加した場合には440nm スペクトルは収束し変化が小さかった(図3)。

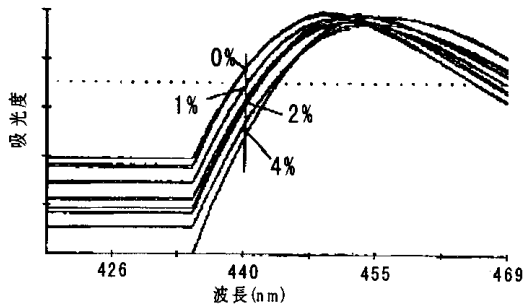


図3 イーストの440nm付近の2次微分スペクトル

3-2 パンクラムの解析

ホームベーカリーで製造したパンで予測式を作り、当センターのパン製造機械を用いて製造したパンで検証した結果、バイアス、スロープが生じた(図4)。そこで、ホームベーカリーとパン製造機械で作ったパンを用い予測式を作り直し検証した結果、表3のようになった。ショートニングは、相関係数が高く、標準誤差も小さい値

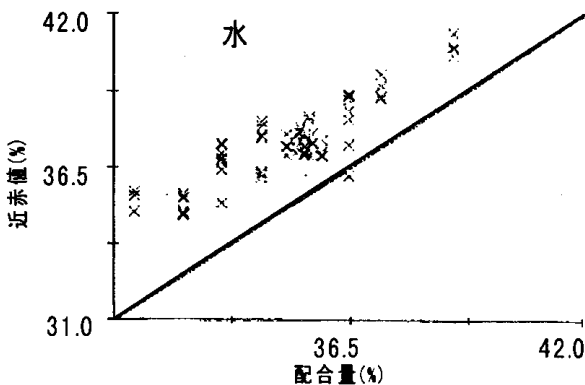


図4 パンクラムの予測式の検証
 検量線: ホームベーカリー(n=54)
 検証: 製パン設備(n=20)

を示した。食塩は、重相関係数は他と比べあまり高くなかったが、標準誤差が小さかった。小麦粉、水はその添加範囲が45~60、31~41%と狭い割に、標準誤差が小さかった。しかし、グラニュー糖は、添加範囲が0~20%であるにも係わらず、標準誤差が大きく良い精度は得られなかった(図5)。

表3 パングラム配合割合の予測式

	波長(nm)	重相関係数	SEC	SEP	評価
小麦粉	2286, 2138, 1908	0.9858	1.01	2.01	△
グラニュー糖	2108, 1590	0.9649	1.01	2.08	×
食塩	1808, 1614, 2274	0.9507	0.186	0.324	○
ショートニング	2352, 1716	0.9986	0.264	0.514	○
水	2366, 1818, 910, 2252	0.9207	0.786	1.12	△

SEC: キャリブレーションの標準誤差
 SEP: プレデクションの標準誤差
 キャリブレーション: 製パン機械ストレート法(n=20)+ホームベーカリー(n=30)
 プレデクション: ホームベーカリー(n=54)

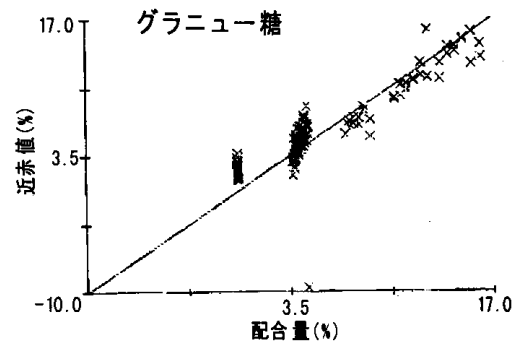
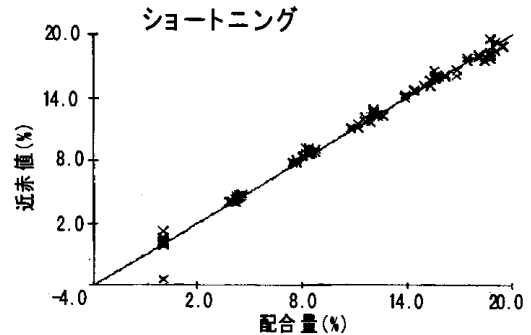


図5 パンクラムの予測式の検証

4 考察

4-1 パン生地

今回の予測の結果、小麦粉、グラニュー糖、食塩、ショートニング、水、イースト全てに於いて相関係数が高く、予測誤差も低く十分に予測可能と思われた。このことは、こね上げ直後の測定であるため、発酵による成分のロスまたは、水分の蒸散等がほとんど無かったためであると思われる。各成分に使用された波長について見ると、小麦粉は、2138, 1144nm、グラニュー糖は、2198nm、ショートニングは、1718nm、水では、1146nmとそれぞれタンパク、糖、油脂、水の帰属波長付近を選択している。また、食塩は、それ自体吸収を持っていないので水の吸収1808nmを帰属波長としていた。ただし、イーストは、440nmと青から紫の可視光領域を帰属波長としており、色素を添加した場合など大きく変わる可能性があるため、色素のある添加物を配合する場合は十分に気を付ける必要がある。

4-2 パンクラム

ホームベーカリーで作ったパンで予測式をたて、製パン機械で作ったパンで検証した場合、スロープやバイアスが生じた。これらはいずれもストレート法であるが、ホームベーカリーの製法は、決まった時間毎に次の工程に進み製パンしていくのに対し、製パン機械の場合は、生地ポリウムにより次の工程に進めていく。また、焼成もオープン火力、焼成時間も全く異なっている。よって、スロープおよびバイアスが出るのは当然と思われる。しかし、この2つの製法で作ったパンの両方を使い予測式を立て直し検証した場合、スロープ、バイアスが改善され2つの製法にマッチした予測式が出来上がった。このことは、中種法等他の製パン方法も網羅した予測式を立てられる可能性あり今後の課題といえる。

また、今回グラニュー糖の予測誤差が大きく配合予測は不可能であった。これは、糖はイーストの発酵原料であり、また、イーストは原料配合により生地中の浸透圧が変化しその時々で活性が異なる。よって、糖の消費が一定とならず予測不可能であったと思われる。

なお、本研究は日本食品科学工学会にて発表した。⁵⁾

5 結 語

1. パンクラムの原料配合予測は、製法がある程度変わっても、ショートニング、食塩、小麦粉、水は可能と思われた。しかし、グラニュー糖では予測誤差が大きく予測不可能であった。

2. パン生地配合の予測は、小麦粉、グラニュー糖、食

塩、ショートニング、水、イースト全てにおいて予測が可能であると思われた。

3. パン生地配合の予測の中で、イーストは、選択波長が440nmの可視領域であった。その色の影響について検討したが、イーストの種類、古さによる色の差があっても生地に添加した場合は配合予測が可能であった。

本研究を実施するに当たり、解析等について指導下さった株式会社ニレコの篠原公之氏に深謝いたします。また、助言、試料提供等して頂いた岩手県パン工業組合、並びに県内製パン会社の技術者のみなさんに感謝いたします。

本研究は、農林水産省地域重要新技術開発事業により実施した。

文 献

- 1) B. G. Osborne, G. M. Barrett, S. P. Cauvain and T. Fear: J. Sci. Food Agric, 35, 940(1984)
- 2) 的場輝佳: 飯島記念食品科学振興財団, 53(1990)
- 3) C. Starr, D. B. Smith, J. A. Blackman and A. A. Gill: Anal. Proc., 20, 72(1983)
- 4) 米倉裕一, 齊藤博之, 遠山良, 大澤純也: 岩手県工業技術センター報告, 3, 163 (1996)
- 5) 米倉裕一, 齊藤博之, 遠山良, 大澤純也: 近赤外分光分析によるパン生地およびパンクラムからの原料配合予測, 日本食品科学工学会第44回大会講演集 (1997)

納豆菌変異株の特徴解析及び製品試験*

小浜 恵子**、山本 忠**、大澤 純也**

納豆の粘質物の主成分である γ ポリグルタミン酸 (PGA) の生産性が変異した納豆菌 (M-17, M-21) を取得して特徴解析を行った。M-21は親株 (M) にくらべてPGAの培地への分泌が早い時期から検出され、PGA生産との相関が報告されている γ -グルタミルトランスぺプチダーゼ活性は親株の約1.6倍であった。生産されたPGAの分子量は 1.0×10^6 以上の分子量を有しており、差異はなかった。PGA生産変異株 (M-17, M-21) を用いて納豆の試作を行ったところ、その相対粘度は親株のものより高く、官能的にも粘りが感じられた。また、血栓溶解効果があると言われているナットウキナーゼ高生産株 (M-2) を取得した。M-2を用いて試作した納豆のナットウキナーゼ含有量は親株の約2倍であった。

キーワード：納豆菌、ポリグルタミン酸、 γ グルタミルトランスぺプチダーゼ、ナットウキナーゼ

Characterization of Nattokinase and Polyglutamate Producing Mutants and their Application

KOHAMA Keiko, YAMAMOTO Tadashi and OHSAWA Junya

Polyglutamate(PGA) producing mutants were obtained from *B. natto* M. Mutant(M-21) secreted PGA faster than *B.natto* M and γ -glutamyltranspeptidase activity of M-21 was higher than that of *B.natto* M. Molecular weight of PGA produced were about 10^6 , no difference was observed between *B.natto* M and mutants. Relative viscosity of natto made by PGA mutants showed higher value than that of parent strain.

We also obtained a mutant(M-2) highly producing nattokinase and made natto by the mutant. Natto made by M-2 had about two times higher activity of nattokinase than that of parent strain.

key words : *Bacillus natto*, polyglutamate, γ -glutamyltranspeptidase, nattokinase

1 緒 言

納豆は、納豆菌 (*Bacillus natto*) により生産されるビタミンを多く含み、酵素作用によって難消化性大豆の栄養価を高めたすぐれた発酵食品である。納豆菌により生産される生理機能物質としては、血栓を溶解する効果のある細胞外セリンプロテアーゼ (ナットウキナーゼ)¹⁾、抗酸化物質²⁾ や免疫付活作用³⁾、抗菌性サーファクタント⁴⁾ などの報告もある。また納豆の粘質物はPGAとレバンで構成されており納豆の食感や品質の重要な鍵であると同時に、粘性の主成分であるPGAは腸内でのカル

シウムの吸収を促進するとの報告⁵⁾もある。しかしPGAの生合成経路には未だ不明部分が多く、納豆菌を継代培養すると容易に生産性が失われるがこの理由も不明である。本報告では納豆に含まれるこれら生理機能成分のうち、ナットウキナーゼとPGAに着目し生産変異株を取得して解析するとともに製造適性についても検討したので報告する。

2 実験方法

* 遺伝子情報を利用した納豆菌の改良 (第3報)

** 応用生物部

2-1 *Bacillus subtilis* natto変異株の取得

Bacillus subtilis natto M株は市販の納豆製造用の宮城野菌液から単離した。M株をLB培地 (1.0% Bacto peptone, 0.5% Yeast extract, 0.5% NaCl) にて一昼夜培養したものをLB培地100 mlに2%植菌し、3時間培養後に8,000rpmにて遠心分離により菌体を回収した。0.1M トリスマレイン酸緩衝液 (pH 6.0) で洗浄後、5 mlの同緩衝液に懸濁しニトロソグアニジン⁶⁾を200 μg/mlとなるように添加して37℃1時間処理した。遠心分離して菌体を回収し、0.1M リン酸カリウム緩衝液 (pH 7.0) で2回洗浄の後、LB培地100 mlにて37℃8時間培養した。ナットウキナーゼ高生産株はLB培地にカゼイン2%を添加した寒天培地に変異処理した菌体を塗布し、37℃で6時間培養後に生成されるハローの大きいものを取得した。またγ-PGA生産変異株はLB寒天培地上で糸引き能を有するもの (M株はLB培地ではPGAを生成しない) を選択した。

2-2 プロテアーゼ活性 (ナットウキナーゼ活性) 測定

プロテアーゼ活性はカゼインを基質として遊離するTyrを定量するAnsonらの方法を改良した一島らの方法⁶⁾により測定した。

2-3 PGA調製及び分子量の測定

PGA生産培地としてはLBGN培地 (LB培地にグルタミン酸ナトリウムを3%添加) を用いた。PGAは藤井らの方法⁷⁾に従い、エタノールにて沈殿させた後、水に透析して乾燥して調製した。分子量の測定はカラムTSKgel α-M (東ソー製) を用いて0.3M NaClを含む50mMリン酸緩衝液 (pH 7.0) で溶出させ、標準物質として $1.6 \times 10^6 \sim 5.8 \times 10^3$ の分子量を有するプルランを用いて測定した。

2-4 γ-グルタミルトランスペプチダーゼ (GGT) 活性測定

GGT活性はγ-GTP Cテストワコーキット (和光純薬製) を用い、L-γ-グルタミル-p-N-エチル-N-ヒドロキシエチルアミノアニリドを基質として測定する方法により行った。

2-5 相対粘度の測定

相対粘度は被検液を適宜希釈して10 ml採取し、25℃においてオストワルド毛細粘度計により、純水を対照として測定した。

2-6 変異株による納豆の試作と製品試験

大豆は平成7年産の県産大豆「鈴の音」を用いた。納豆菌は親株M株、ナットウキナーゼ高生産株、γ-ポリグルタミン酸生産変異株をそれぞれLB培地で37℃一昼夜培養し、菌体を回収して滅菌水に懸濁して菌数が 10^5 / mlとなるように希釈した。大豆は水で16時間浸漬させてステンレスの網カゴに入れてオートクレーブで1kg/cm²・60分蒸煮した。蒸煮後すぐに取り出し、納豆菌液を100g当たり1ml加えて攪拌した。50gずつポリスチレンペーパー容器に入れ、ポリエチレンフィルムをかけて容器のふたをし恒温器にて40℃、湿度90%で24時間発酵させた後、4℃にて2日間熟成させた。

製品中のナットウキナーゼ活性は1gを秤量し、2mlの水で抽出し、前述の方法で測定した。製品の相対粘度は10gを秤量して攪拌し粘質物を形成させて生理食塩水50mlに懸濁した被検液を4倍に希釈して前述の方法により測定した。アンモニア量はFキットアンモニア (ベーリンガー・マンハイム製) により測定した。

3 結果

3-1 ナットウキナーゼ高生産株の取得

親株にくらべてプロテアーゼ活性の高い菌株M-2を取得した。M-2をLB培地にて37℃24時間培養後の培養上清の活性は、親株の2.5倍であった。

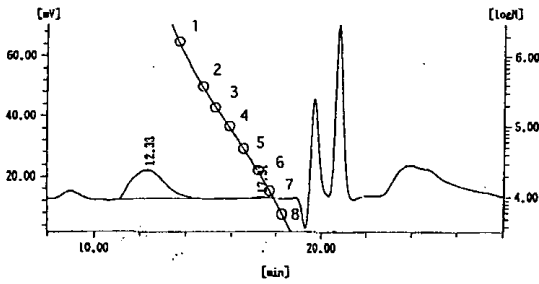
3-2 PGA生産変異株の解析

LB寒天培地上で粘性の糸をひくM-17及びM-21を取得した。それぞれをLBGN液体培地で37℃、48時間培養後のPGA生産量を表1に示した。このとき取得したPGAをゲル濾過により分離した結果、親株と変異株の生産するPGAは標準プルラン (1.6×10^6) より保持時間が短く約12分に溶出され 10^6 以上の分子量を有しているものと思われた (図1)。

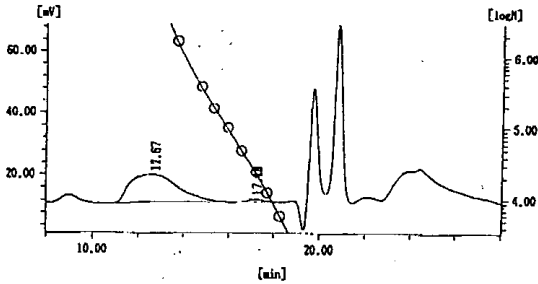
表1 変異株のPGA生産性

菌株	生成PGA量 (mg/ml)
<i>B.natto</i> M	6.0
M-17	7.0
M-21	7.0

B.natto M



M-21



column: TSKgel α -M(7.8mmI.D. \times 30cm)
 solvent: 50mM phosphate buffer pH7.0
 0.3M NaCl
 flow rate: 1ml/min
 detector: RI

1	1.6×10^6	5	4.8×10^4
2	3.8×10^5	6	2.3×10^4
3	1.8×10^5	7	1.2×10^4
4	1.0×10^5	8	5.8×10^3

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 \cdot minを1U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 LB培地培養上清のGGT活性

菌株	GGT活性 (mU/ml)
B.natto M	160.0
M-17	211.0
M-21	265.8

表3 LBGN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
B.natto M	1.6	2.0	69.7	107.0
M-21	2.7	3.0	104.6	221.5

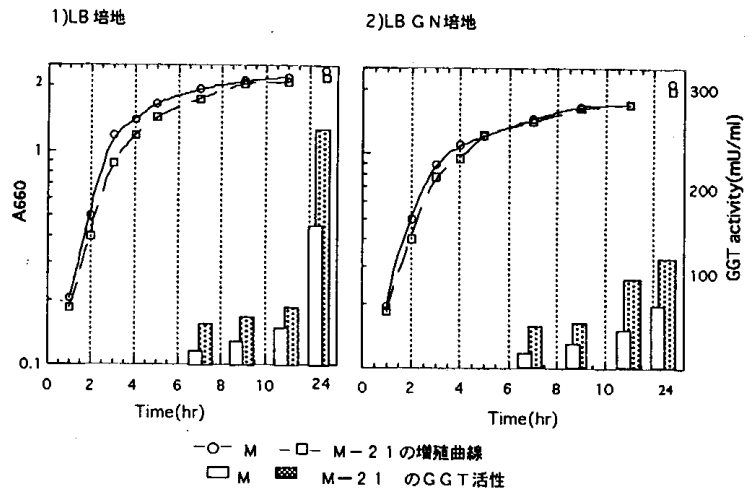


図2 菌株の増殖とGGT活性の発現

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⁸⁾、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	アミノ酸量 (%)
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関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⁹⁾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¹⁰⁾、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LBGN培地すなわちPGA生産培地においてはLB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¹¹⁾、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¹²⁾。

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.Itokawa et al.: *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. Uchida et al., : *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)

畜産未利用資源からの有用成分の抽出

岸 敦*、大澤 純也*

数種の市販プロテアーゼ（タンパク質分解酵素）を用いて畜肉加工残滓に対する分解力を測定し使用酵素を選択した。選択した酵素の至適分解条件を検討し酵素の使用量、反応温度、反応時間等の諸条件を決定した。種々の試料（畜肉加工残滓）について検討した反応条件に従い分解を行い分解度の違いを検討した。本研究の目的にはNovo Nordisk社のフレーバーザイムが適当であり、これを用いることによりほぼ限界までの分解が可能であった。

キーワード：プロテアーゼ、畜肉加工残滓、分解度

Studies on Extraction of Available Components from Meat Processing Waste

KISHI Atushi and OHSAWA Junya

We examined the the degree of hydrolysis about several proteases and chose the best one(Flavorzyme of Novo Nordisk) for our study, preparation of seasonings from meat processing waste. From the studies for optimal working conditions for the Flavorzyme, the best enzyme dosage of Flavorzyme was determined.

key words: degree of hydrolysis, protenase, meat processing waste

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ものもある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。調味液の生産法は抽出法と分解法に大別される。現在ハム、ソーセージ等に添加されている市販調味液は熱抽出法（煮出汁）によるものがほとんどであり、この方法では巨大な釜、熱源、濃縮装置が必要である。分解法については塩酸による酸分解が簡便でありかつ分解度も高いが、極微量の有害物質が産生される。酵素分解法は特別な施設を必要とせず、使用酵素も動植物または、発酵工業用微生物由来であり安全であるが、酸分解法に比べ分解度が低いため、呈味性が劣る、苦味ペプチドを生じる

等の欠点があった。今日、食品の安全性志向、自然食品志向から酵素分解法による調味液が求められ始めている。そのため以前は食品の軟化处理などが主な使用法であったが、現在は、ペプチドまで分解する力を持つ酵素が開発されつつある。

本報は、畜肉加工残滓を原料として、酵素分解により、調味液を調製することを目的とし、使用酵素の選択とその反応条件の設定について検討した。

2 実験方法

2-1 原材料

原料は、牛ハツ（牛心臓）、トリクズ（プロイラーくず肉）、牛頭（牛頭肉）、牛背骨、牛肋骨を（株）岩手畜産流通センターから供与していただいた。

* 応用生物部

2-2 各種酵素の分解能の測定

フレーバーザイムL、フレーバーザイムPlus (LタイプとPlusタイプの違いについては本稿2-4-a参照のこと)、アルカラゼ (Novo Nordisk 社)、パパン (BICON 社)、アロアーゼ AP-10、パンチダーゼ NP-2 (ヤクルト薬品) について以下に記す図1の方法で牛ハツを分解し、分解度を比較した。各社プロトコールに従いフレーバーザイムLについては、始めにアルカラゼ (酵素1) を2時間反応させた後に酵素2として加え反応させ、パンチダーゼ NP-2については、始めにアロアーゼ AP-10 (酵素1) を2時間反応させた後に酵素2として加え反応させる複数酵素分解法を用いた。その他の酵素は単独で使用した。反応温度については至適温度が50℃と55℃のものがあるために、それぞれの温度について合計6×2通りの実験 (実験50A~F、55A~F) を行った。

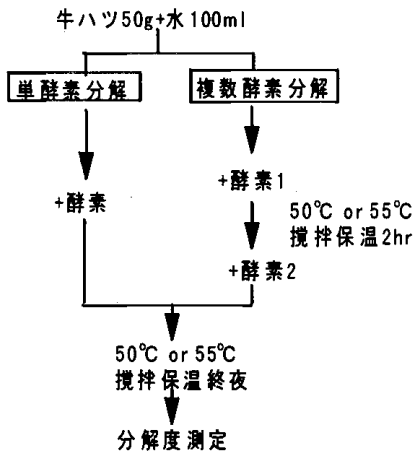


図1 酵素分解手順

各実験での酵素の使用量、酵素活性を表1に示した。使用酵素量は製造会社の薦めるプロトコールに従った。

表1 使用酵素量及び反応温度における酵素活性

(A) 実験番号及び使用酵素名(基質1gに対する使用酵素量)	
50A,55A	アルカラゼ(2mg)、フレーバーザイムL(7.5mg)
50B,55B	フレーバーザイムPlus(7.5mg)
50C,55C	アロアーゼAP-10(1mg)、パンチダーゼNP-2(2mg)
50D,55D	アロアーゼAP-10(7.5mg)、パンチダーゼNP-2(7.5mg)
50E,55E	パパン(7.5mg)
50F,55F	パパン(10mg)
(B) 50℃における酵素活性	
アルカラゼ(75%)、フレーバーザイムL(Max)	
フレーバーザイムPlus(Max)	
アロアーゼAP-10(60%)、パンチダーゼNP-2(Max)	
パパン(75%)	
(C) 55℃における酵素活性	
アルカラゼ(90%)、フレーバーザイムL(90%)	
フレーバーザイムPlus(90%)	
アロアーゼAP-10(90%)、パンチダーゼNP-2(70%)	
パパン(88%)	

2-3 分解度測定

分解度は分解により遊離したアミノ酸の量をオルトフタルアルデヒド(OPA)複合体を形成させ、Serを定量する方法^{1,2,3}により測定した。

2-4 フレーバーザイムの至適反応条件の検討

a タイプ別分解能の比較

フレーバーザイムにはアルカラゼとの複数酵素反応を行うタイプ (フレーバーザイムL) と、単独使用するタイプ (フレーバーザイムPlus) がある。それぞれのタイプの分解能を酵素量を変化させ測定し、比較した。実験手順は図2に示す通りである。

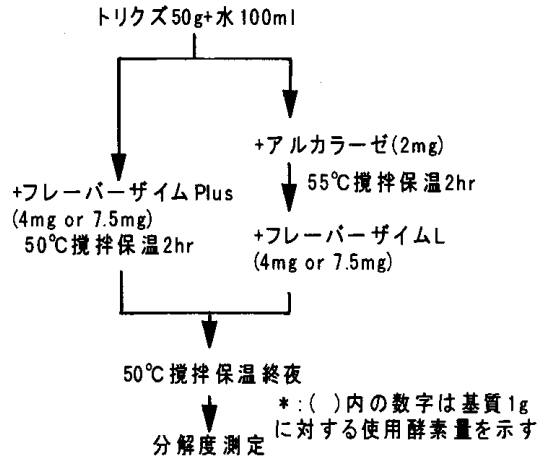


図2 フレーバーザイムタイプ別分解能の比較

b 殺菌方法が分解度に与える影響について

オートクレーブ処理(121℃、15min)、10%(W/V)NaCl添加、18%(W/V)NaCl添加の殺菌法による分解度への影響を検討した。実験手順は図3に示す通りである。

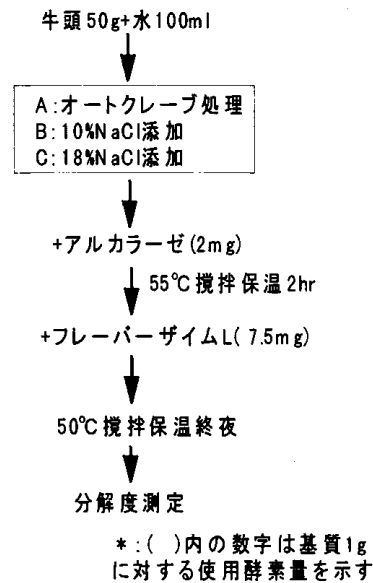


図3 殺菌方法が分解度に与える影響

3 結果

3-1 各種酵素分解能の比較

各酵素による分解度は図4に示したとおりである。もっとも分解度が高いものは50Aであり、フレーバーザイムLの至適反応温度である50℃で反応させたものである。フレーバーザイム Plus はフレーバーザイムLとアルカララーゼの複合酵素剤であり、単独でフレーバーザイムLとアルカララーゼの複数酵素反応と同等の分解能を持つとされている。本実験からも50Aには劣るものの50B、55Bで非常に高い分解能を示した。

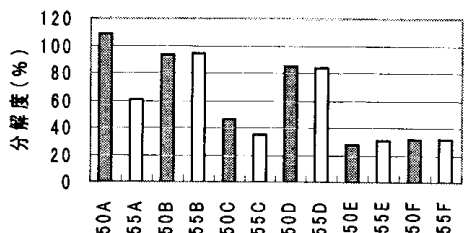


図4 各種酵素の分解能

パンチダーゼ NP-2はアローゼ AP-10を始めに補助的酵素として使用した。製造元で薦める使用量は基質1gに対し2mgである。この条件で行った50C、55Cの分解度は非常に低い。50D、55Dに示したように使用量をフレーバーザイムと同量まで増やしてもその分解能は低い。一方、パピインは非常に分解度が低かった。

3-2 フレーバーザイムの反応至適条件の検討

a フレーバザイムLの量と分解度の関係について検討した。表2に示すように酵素量を変化させ分解度を測定した。それぞれの分解度は図5に示す通りである。フレーバーザイムL及びフレーバーザイム Plus の標準使用量は基質1gに対し約2mgであるが、7.5mgまで増量すると高い分解度が得られた。

表2 酵素量と分解度：基質1gに対する酵素使用量

実験番号	アルカララーゼ	フレーバーザイムL	フレーバーザイムPlus
A	2mg	4mg	
B	2mg	7.5mg	
C			7.5mg

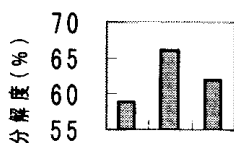


図5 フレーバーザイムの酵素量と分解度

したがって、最小の酵素量で高分解度を得るには基質1gに対しアルカララーゼ2mg、フレーバーザイムL7.5mgの組み合わせがよいとの結論に達した。

b 殺菌方法による分解度への影響を検討した。使用酵素量は基質1gに対しアルカララーゼ2mg、フレーバーザイムL7.5mgである。図6に示したようにオートクレーブ処理(A)は分解に影響を与えない。NaCl添加量が多くなるにつれて (B、C)分解度が低下している。

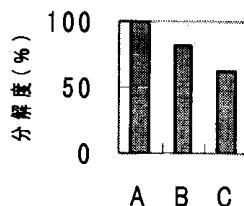


図6 殺菌法が分解度に与える影響

4 考察

各酵素の分解能を比較検討した結果、タンパク質をアミノ酸レベルまで分解するには図4の50Aに示したようにフレーバーザイムLとアルカララーゼの複数酵素反応が最適であるとの結論を得た。フレーバーザイムLの至適反応温度から外れた55Aでは50Aに比べ分解度が低いことからアルカララーゼは分解力はほとんど無く補助的な酵素であり、分解の主力はフレーバーザイムLであることが解る。フレーバーザイム Plus は単独で十分使用に耐え、その簡便さから工業化に際して有効であると考えられる。パンチダーゼ NP-2は使用量をフレーバーザイムと同量まで増やしてもその分解能は低いことからさらに大量の酵素量を必要とし実用的ではないと判断される。パピインはアミノ酸液を調製する目的に関しては全く使用できなかった。

図5から高分解度を得るためには基質1gに対しアルカララーゼ2mg、フレーバーザイムL7.5mgの組み合わせが最良であるとの結果を得た。また予備実験からもアルカララーゼは標準使用量の3倍に相当する6mgまで増量しても分解度は上昇しないこと、フレーバーザイムL及びフレーバーザイム Plus を10mgまで増量しても分解度にほとんど変化は見られないことが明らかとなっている。

図6からオートクレーブ処理によるタンパク質の過激な熱変性による分解度への影響は、本酵素では見られなかった。予備実験からは90℃、30minの穏やかな加熱殺菌や非加熱よりもオートクレーブ処理した方が分解度は若干ながら高い傾向が見られた。またCにおける18%と

若干ながら高い傾向が見られた。またCにおける18%というNaCl添加量は醤油醸造で雑菌の繁殖を抑えるために使用される量と同量であり、添加量としてはほぼ限界量であるにもかかわらず62%の分解度を維持していることから、本酵素は非常に耐塩性が高いことが明らかとなった。

5 結 語

今回の実験結果から、畜産未利用資源から調味液調製を目的としてアミノ酸レベルまで分解できる酵素フレーバーザイムLが選択された。本酵素は、本稿には記さなかったが、骨などの難分解性組織を除き肝臓、腎臓、肺、小腸等の種々の組織の分解に良好な結果を示している。また調製した調味液を実際にハム、ソーセージ等に添加した際の製品としての味について、試作品を通して検討する予定である。

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、酵素を試供して下さったNovo Nordisk社、BICON社、ヤクルト薬品に感謝いたします

文 献

- 1)J. Adler-Nissen, Enzymic Hydrolysis of Food Proteins. Elsevier Applied Science, New York., (1986)
- 2)K. Pommer, % DH Determination Based on TNBS Analysis. EF9415317/KPo, Novo Nordisk A/S. DK., (1994)
- 3)C. Dambmann, Protenase Determination using Casein as a Substrate . CPU-Determination. AF 228/1-GB, Novo Nordisk A/S. DK., (1988)

次世代型水稻(西海222号、北陸172号)の醸造適性評価

高橋 亨*、桜井 廣*

次世代型水稻の利用技術開発のため、西海222号、北陸172号について清酒醸造を目的とした適性評価を行った。北陸172号は玄米千粒重が25.6gとやや大粒で、70%までの精米適性に問題はなかったが、20分吸水値や溶解性が低く、酒質も劣ることから、対照に用いたトヨニシキに比べ醸造適性はやや劣ることが明らかになった。西海222号は精米時での碎米混入率、粗タンパク質含量が高い、20分吸水値や溶解性が低い、酒質も劣るなどの点から、対照に比べ醸造適性がかなり劣ることが明らかになった。

キーワード：次世代型水稻、西海222号、北陸172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 222* and *Hokuriku 172*, and evaluated their amylolysis characteristic. It was evaluated that the brewing aptitude of *Hokuriku 172* was a little inferior to the control, *Toyonishiki*, because the melting ability of Moromi and the quality of sake was not good either. On the other hand, it was evaluated that the brewing aptitude of *Saikai 222* was inferior to the control, because the result of the raw material rice analysis was bad and the quality of sake was not good.

key words : new types of rice grains, *Saikai 222*, *Hokuriku 172*, brewing aptitude

1 結 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、直播適正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(次世代型水稻・ミラクルライス)の創出と並行して、新育種素材の用途別利用・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である

次世代型の高品質酒造用品種の育成には、その醸造加工適性、特に酒質や経済性と関係する澱粉分解特性の適性判定を、理化学分析及び実地醸造により明らかにする

ことが重要であると考えられる。

今回、我々は2品種の次世代型水稻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、清酒醸造試験を行った次世代型水稻は平成8年産北陸172号(農水省北陸農業試験場)、西海222号(農水省九州農業試験場)の2品種である。また、対照として平成8年産トヨニシキ(岩手県産)を用いた。

2-2 原料米分析

原料米は全国酒米統一分析法¹⁾に準じて分析した。

*醸造技術部

2-3 清酒醸造試験

清酒醸造試験は総米500kg(精米歩合70%)で行った。麴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²⁾に基づいて分析し、酒質はきき酒の熟練したパネラー8名により評価した。対照であるトヨニシキを3点とし、1点がトヨニシキより優良、5点がトヨニシキより劣る、の5点法で採点した。

表1 清酒醸造試験仕込配合

	初添	仲添	留添	計
総米(kg)	100	165	235	500
蒸米(kg)	75	135	185	385
麴米(kg)	25	30	50	105
汲水(l)	150	200	300	650

- ・30%アルコール使用量：400l/白米t
- ・酵母仕込(協会901号)による3段仕込

3 実験結果

3-1 原料米分析

本実験に使用した原料米分析結果は、表2のとおりであった。

表2 全国酒米統一分析法による分析結果

	トヨニシキ	西海222号	北陸172号
玄米千粒重(g)	22.12	29.38	25.62
20分吸水(%)	24.40	22.00	22.40
120分吸水(%)	28.75	23.15	37.65
蒸米吸水(%)	32.8	29.1	42.4
糖度(Brix)	8.6	10.5	10.1
アミノ酸度(ml)	0.92	1.08	0.94
粗タンパク質(%)	5.15	6.20	5.72
精米時碎米率(%)	1.91	37.55	2.82
無効精米歩合(%)	4.47	8.26	1.87

西海222号は玄米千粒重が大きすぎ³⁾、また心白が大きく流れていたため精米時に碎米が多く生じた。20分吸水、120分吸水、蒸米吸水率が低く、粗タンパク質が多かった。北陸172号は玄米千粒重は適性の範囲であり⁴⁾、碎米、無効精米歩合も小さかった。20分吸水が低く、粗タンパク質はやや多めであった。

3-2 清酒醸造試験

清酒製造事績及び製成酒成分は表3のとおりであった。対照であるトヨニシキを含め、3品種ともに標準的な発

酵経過をとり、順調に推移した。ただし、西海222号は、洗米吸水にばらつきが生じた(データ未掲載)。また、両試験品種とも粕歩合が高く、酒化率が劣った。

製成酒の酒質は、旨味に乏しく味薄との評価が多く、西海222号、北陸172号ともパネラーの評点の平均は3.5点であり、対照より低い評価であった。

表3 清酒製造事績及び製成酒成分

	トヨニシキ	西海222号	北陸172号
もろみ日数(日)	19	16	21
製成数量(l)	1168	1171	1190
アルコール濃度(%)	20.0	18.9	18.9
滴定酸度(ml)	2.0	2.3	2.8
アミノ酸度(ml)	1.5	1.2	1.6
日本酒度	+2	±0	±0
アルコール取得量(l/t)	346	323	330
粕歩合(%)	29.5	37.6	38.3

4 考察

一般に酒造好適米の条件として、①大粒で心白があること、②もろみでの溶解性がよいこと、③タンパク質が少ないこと、④無効精米歩合、碎米の発生が少ないことが挙げられる。①、②、③については、斉藤らの原料米の酒造適性を推定する方法^{5)~5)}に基づいて評価した。④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、経験的に判断した。

北陸172号は玄米千粒重が大きく、無効精米歩合、精米時碎米率も許容範囲と考えられるが、20分吸水が低いことから、もろみでの溶け難さが懸念された。清酒醸造試験においても粕歩合が高く、酒化率の劣る米であることが証明された。酒質も、溶解性の悪さから米の旨味が製成酒に表れず、味薄で荒いという評価であった。

西海222号は、玄米千粒重が大きすぎることで、心白は大きいもののやや腹白であることが災いして、70%精米においても37.6%の碎米が発生した。酒造好適米として利用するには、さらに高精白を行う必要があり、精米特性はかなり劣ると考えられた。また、20分吸水、120分吸水、蒸米吸水率の値が低く、溶解性の面でも問題があった。粗タンパク質も多く、原料米分析の結果では、酒造用米としての適性はかなり劣る。酒造工程においても碎米が多く含まれたためか、洗米吸水にかなりばらつきが見られ、作業性にも問題があった。粕歩合も高く、製成酒において特記するような酒質も認められないことから、西海222号は酒米としては不適である事がわかった。

5 結 語

北陸 172 号、西海 222 号の 2 品種について、実地醸造を含めた酒米適性を評価した。

北陸 172 号は、精米性に問題はないが、原料米分析では明らかに米の溶解性が低く、仕込でもその傾向が認められた。総合判定はやや劣る。

西海 222 号は、心白が大きいため精米時の碎米の発生が高く、また、もろみでの溶解性に難点が認められた。酒質も味薄で旨味の乏しいものであった。総合判定は不適と判断した。

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、精米にあたって御協力いただきました堀の井酒造店高橋久社長はじめ関係各位に感謝いたします。

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) 斉藤博之，西澤直行：醸協，**91**，737 (1996)
- 4) 斉藤博之，谷口 肇：醸協，**90**，387 (1995)
- 5) 斉藤博之，西澤直行：醸協，**91**，123 (1996)

岩手県産酒米育種系統の醸造適性の評価

高橋 亨*、桜井 廣*

岩手県オリジナルの酒造好適米選抜のため、有望系統5品種について、酒米統一分析法に基づく原料米分析、50%精米試験、総米30kgの醸造試験を行った。製成酒の品質はそれぞれに特徴のあるものだったが、岩酒383号、江さけ238号では原料米の特性が劣ることが明らかになった。その結果、今回試験した5品種のうち岩酒382号、江さけ235、237号が有望であると思われた。

キーワード：岩手県産酒米、岩酒382号、岩酒383号、江さけ235号、江さけ237号、江さけ238号、醸造適性

Evaluation of New Rice Bred in Iwate Prefecture for Sake Brewing

TAKAHASHI Tohru and SAKURAI Hiroshi

We evaluated the brewing aptitude of the five kinds of rice which were newly bred in Iwate prefecture. As a result of brewing examination, it was clarified that the component of the sake was little difference. As a result of raw material rice analysis, however, it was clarified that the brewing aptitude was inferior in *Iwasake 383* and *Kousake 238*. *Iwasake 382*, *Kousake 235* and *237* were selected as promising breeds for the brewer's rice.

key words : brewer's rice, *Iwasake 382, 383, Kousake 235, 237, 238*, brewing aptitude

1 緒 言

県内の酒造業界では、岩手の清酒イメージと結びつく県産酒米の新品種を望んでおり、このことに関する試験研究の成果が期待されている。また、新食糧法の発足に伴い、米の新たな流通が始まろうとしており、県経済連でも確実に売れる酒米の開発が望まれている。酒造好適米の育種については、現在、岩手県立農業試験場（現岩手県農業研究センター）で精力的に行われている。しかしながら、酒米の育種のためには、米の理化学分析はもちろんのこと、実地醸造により作業性や製成酒の特性なども十分に検討されなければならないため、栽培サイドだけからの醸造適性の評価には限界がある。

今回、我々は育種中の5品種について、清酒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 方 法

2-1 供試原料米

清酒醸造試験を行った県産酒米育種系統は、平成2～

3年に交配され、個体選抜を経て、平成8年に生産力検定試験を行った5品種で、岩手県立農業試験場本場で育成された岩酒382、383号、同県南分場で育成された江さけ235、237、238号である。品種名と交配組み合わせを表1に示した。また、対照として平成8年産美山錦（岩手県産）を用いた。

表1 供試原料米の系統名及び組み合わせ

品種名	交配組み合わせ
岩酒382号	秋田酒44号/東北141号
岩酒383号	秋田酒44号/東北141号
江さけ235号	山形酒49号/秋田酒49号
江さけ237号	山形酒49号/秋田酒50号
江さけ238号	山形酒49号/秋田酒50号

2-2 原料米分析

原料米は全国酒米統一分析法¹⁾に準じて分析した。

*醸造技術部

2-3 50%精米試験

新中野工業(株)製のミニ精米機を用い、玄米張り込み量30kg、ロールメッシュ#60、ロール回転数1,800~2,000rpmの条件で見掛精米歩合50%まで、それぞれ2回精米した。

2-4 清酒醸造試験

清酒醸造試験は総米30kg(精米歩合50%)、仕込温度7℃、最高温度11℃に設定、吟醸造りを行った。麴米は美山錦とし、掛米に各試験米を使用した(表2)。製成酒は国税庁所定分析法²⁾に基づいて分析し、酒質は熟練したパネラーにきき酒してもらい評価を得た。

表2 清酒醸造試験仕込配合

	初添	仲添	留添	計
総米	4.8	9.6	15.6	30.0
蒸米	3.1	7.7	13.2	24.0
麴米	1.7	1.9	2.4	6.0
汲水	6.0	12.0	24.0	42.0
30%アルコール(1)				9.0

・単位は kg

・酵母仕込(協会901号)による3段仕込

3 実験結果及び考察

3-1 原料米分析及び50%精米試験

少数検体の酒造用米の適性評価法として、齊藤らは過去17年間(1976~1993年)の酒造用原料米全国統一分析法に基づく分析データを解析し、原料米の酒造適性は玄米千粒重、20分吸水値、蒸米吸水値、糖度(消化性)、粗タンパク質量の5項目で評価できること、そしてこれら5項目に基準値を設定し、その範囲内であれば酒造に適すると評価できるとしている^{3)~5)}。当時と測定法が異なる項目もあるが、今回試験した5品種の原料米については、おおよその基準に基づいて酒造適性を評価した。また、精米特性については特にこれとい

った基準がないが、作業性や現存する品種との比較により経験的に評価した。

今回試験した5品種及び対照品種美山錦の原料米分析結果は表3、50%精米試験結果は表4のとおりであった。

全国酒米統一分析法に基づく原料米分析の結果、玄米千粒重は25.8~30.0g(対照24.8g)であった。齊藤らが提案した酒造適性基準値と、山田錦並範囲を組み合わせると、玄米千粒重は24.6g~28.0g⁵⁾の範囲内であることが望ましい。岩酒383号、江さけ238号はこの範囲より大粒の方へずれていた。この2品種については、精米時の無効精米、碎米の発生が懸念された。

酒造好適米として吟醸酒などに用いる場合、その米は高精白される。県産育種酒米としても、高精米に耐える米が望ましい。そこで、酒米統一分析法で定められている70%の精米ばかりでなく、50%まで精米し、無効精米歩合、碎米混入率を検討した。70%、50%の精米試験において、岩酒382号、江さけ237号の無効精米歩合、碎米混入率は問題なかった。岩酒383号では70%精米時、11%の碎米が発生した。50%精米時では一回目、無効精米歩合が10%あり、精米特性に劣ることが明らかになった。ただし、二回目の試験で、早い時期(精米歩合90%)にロールの回転数を落とすことにより、無効精米歩合、碎米混入率とも許容範囲に収まった。ロールの回転数を落とす等、精米法を工夫することで高精白にも対応可能である。江さけ238号は、70%精米試験で15.8%の碎米が生じた。このため、50%精米試験では一回目からロールの回転数を落とし、碎米の発生を防ぐ方向で精米した結果、碎米の発生を低く抑えることが出来た。岩酒383号と同様、精米法を工夫することで高精白も可能であるが、70%精米時でかなりの碎米が発生することから、江さけ238号は精米特性に劣ると考えられた。江さけ235号は70%精米時は何の問題もないが、50%精米時に碎米混入率が大きくばらついた。今回得られたデータからは原因を特定することが出来な

表3 原料米分析結果

品種名	玄米千粒重(g)	20分吸水(%)	120分吸水(%)	蒸米吸水率(%)	糖度 Brix	アミ/酸度	粗蛋白質(%)	無効精米歩合(%)	碎米混入率(%)
美山錦(対照)	24.8	24.4	25.0	30.7	11.4	0.9	5.3	3.4	3.2
岩酒382号	26.6	26.1	29.5	35.6	9.5	1.2	5.2	4.4	4.6
岩酒383号	29.3	24.0	24.7	29.0	10.3	1.0	4.8	4.4	11.0
江さけ235号	25.8	26.9	28.9	34.3	10.8	1.1	4.5	5.3	2.6
江さけ237号	27.8	25.9	27.0	30.2	9.0	0.9	4.2	2.6	4.5
江さけ238号	30.0	25.5	26.7	30.5	9.3	1.1	4.9	2.5	15.8

岩手県産酒米育種系統の醸造適性の評価

表4 50%精米試験結果(30kg×2回)

品種名	見掛精米歩合(%)	真精米歩合(%)	無効精米歩合(%)	碎米混入率(%)	精米時間(時間)
岩酒382号	50.0	52.5	2.5	6.5	29.5
	49.9	53.2	3.3	4.7	30.0
岩酒383号	48.9	58.9	10.0	5.5	32.5
	47.1	53.9	6.8	1.8	40.5
江さけ235号	50.1	53.3	3.2	17.3	29.0
	50.0	55.3	5.3	6.1	28.0
江さけ237号	50.2	54.4	4.2	4.0	41.0
	50.3	55.6	5.3	3.6	37.0
江さけ238号	50.2	53.6	3.4	6.5	33.0
	49.6	52.9	3.3	5.7	37.0

表5 清酒製造事績及び製成酒成分

	もろみ日数 (日)	アルコール濃度 (%)	日本酒度	滴定酸度 (ml)	アミノ酸度 (ml)	アルコール取得量 (l/t)	粕歩合(%)
美山錦(対照)	29	19.7	+3	1.8	0.9	324	37.6
岩酒382号	33	19.0	+2	2.0	1.0	298	37.3
岩酒383号	35	18.3	+4	1.5	1.1	281	37.7
江さけ235号	30	18.7	+1	1.9	1.1	297	39.7
江さけ237号	34	18.4	+3	1.6	1.0	279	36.1
江さけ238号	32	17.5	+3	1.5	1.1	276	40.0

表6 パネラーによる酒質の評価

美山錦(対照)	味きれい、巾がある。
岩酒382号	濃味タイプ、調和とれ、後味の切れがある。
岩酒383号	淡麗タイプ、バランス良い。
江さけ235号	濃味タイプ、味に巾はあるが、やや味が重い。
江さけ237号	淡麗タイプ、きれいな味だが、やや味が薄い。
江さけ238号	味きれいで、滑らか、ブナン型。

ったため、碎米混入率のばらつきを説明するためには、さらに詳細な試験が必要である。今回得られた結果からのみ判断すると、江さけ235号は高精白に不向きな品種である。

20分吸水では、岩酒383号、江さけ238号の値が低く、溶解性に問題があると考えられ、醸造適性は他の3品種に比べやや劣る。

粗タンパク質含量は4.2～5.2% (対照5.3%) の範囲であり、すべての品種で低く問題はなかった。

以上のことから判断すると、岩酒383号、江さけ238号の醸造適性は劣り、江さけ237号は要検討と考

えられた。

3-2 清酒製造試験結果

製造事績及び製成酒の分析結果は表5の通りであった。対照の美山錦に比べ、試験5品種はすべてアルコール取得量がやや劣るものの、成分等に大差はなかった。酒質は、それぞれの原料米の特徴が見られた(表6)。

4 結 語

岩手県立農業試験場本場及び県南分場で育種された酒米5品種について醸造適性を評価した。

製成酒については、5品種とも特に悪い所見は認められなかったが、原料米分析の結果や作業性を考慮すると、岩酒382号、江さけ235、237号が有望な品種と考えられた。

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回改正 国税庁所定分析法注解，日本醸造協会(1993)
- 3) 斉藤博之，谷口 肇：醸協，90，387(1995)
- 4) 斉藤博之，西澤直行：醸協，91，123(1996)

5) 齊藤博之, 西澤直行: 醸協, 91. 737 (1996)

耐塩性酵母の生理的性質

畑山 誠*、中山 繁喜*、桜井 廣*

味噌、醤油の製造に利用することを目的として、岩手県工業技術センターで保存している耐塩性酵母の生理的性質を調べた。20°Cでも、通常最適生育温度である25°Cや30°Cと同じようによく生育する酵母が4菌株あった。また菌株間でアルコール発酵には約2倍の差があった。

キーワード：耐塩性酵母、生理的性質

Physiological Properties of Salt Tolerant Yeasts

HATAKEYAMA Makoto, NAKAYAMA Shigeki and SAKURAI Hiroshi

The physiological properties of salt tolerant yeasts that have been preserved in Iwate Industrial Research Institute were studied for the use in the production of Miso and Shoyu. There were 4 strains that could grow at 20 °C as well as at best growth temperature of 25 °C or 30 °C for yeasts. There was 2 times difference in alcohol fermentation ability among the yeasts studied.

key words : salt tolerant yeast , physiological properties

1 緒言

近年、味噌、醤油の製造において、発酵をコントロールし高品質な製品を製造することを目的として培養酵母を添加することが行われており、これに関する報告や解説も多い^{1)~7)}。すなわち家付き酵母による蔵癖を修正し諸味の発酵を健全にすること、さらに積極的に熟成期間を短くする試み⁸⁾などが行われている。

味噌、醤油の発酵を行う耐塩性酵母には主発酵酵母 (*Zygosaccharomyces rouxii*) と後熟酵母 (*Candida versatilis*、*Candida etchellsii*) がある。当センターでは主発酵酵母 14 株、後熟酵母 3 株を保存している。この中で県内の業者に頒布用として、それぞれの酵母を 1 菌株ずつ選定しているが、保存酵母のすべてについて同一条件での生理的性質の比較を行ったことがない。また、継代培養の繰り返しで性質が変わってきていることが考えられる。そこで、味噌醤油醸造への利用を目的として保存株のすべてについて生理的性質を把握することとした。

本研究では、センター保有の耐塩性酵母の生理的性質 (生育 pH、生育温度、耐糖性、耐アルコール性、アルコール発酵性、香り) について調べた。

2 実験方法

2-1 供試菌株

当センター保有の主発酵酵母 (以後、Z酵母と略す) 14 菌株、後熟酵母 (以後、C酵母と略す) 3 菌株を供試した。

2-2 基本となる培地組成

本実験には、表1の培地を高食塩 (1.8% ≒ 3 M) 含有基本培地として使用した。pH 調整はマッキルベン緩衝液で行い、基本 pH を 5.0 とした。

表1 基本培地組成

組成物	含量 (%)
ガザミ酸	1
酵母エキス	0.2
KH ₂ PO ₄	0.2
MgSO ₄ ·7H ₂ O	0.05
グルコース	5
NaCl	18

2-3 酵母の前培養

表1の培地を10mlづつ試験管に分注し、殺菌した。これに酵母を1白金耳植菌し、よく攪拌した後、25℃で1週間静置培養したものを前培養物とした。

2-4 生育pH試験

培地として、マッキルベン緩衝液で基本培地のpHを3.5~6.5に0.5刻みで調整したものを用意した。

各培地を10mlづつ試験管に分注し、殺菌した。これに、よく攪拌した前培養物を初発酵母濃度が 3×10^5 個/mlとなるように植菌し、よく攪拌した後、25℃で1週間静置培養した。

この培養物をよく攪拌した後、(株)島津製作所製分光光度計UV-1200を用いて、波長660nmで吸光度を測定し、酵母の生育度とした。

2-5 生育温度試験

培地は基本培地を使用した。

酵母の培養温度を5~35℃に5℃刻みで設定した。

酵母の培養と生育度測定は、生育pH試験と同じに行った。最も生育度の高かった温度を生育最適温度とした。

2-6 耐糖性試験

培地として、基本培地のグルコース含量を2.5、5、10、15、20、30%に調整したものを用意した。

酵母の培養と生育度測定は、生育pH試験と同じに行った。

2-7 耐アルコール性試験

培地として、基本培地にエタノールを加え、アルコール含量を0、1、2、3、4、5%に調整したものを用意した。ただし、エタノールの添加は基本培地の殺菌後に行った。

酵母の培養と生育度測定は、生育pH試験と同じに行った。

2-8 アルコール発酵性試験

培地として基本培地を使用し、酒精発酵力測定装置を用いた方法⁹⁾で測定した。

初発酵母濃度が 3×10^5 個/mlとなるように前培養物を植菌し、27.5℃で静置培養した。

2-9 発酵香气試験

培地として、仕込んで約1ヶ月の醤油諸味ろ液を使用し、表2の諸味ろ液培地を調製した。還元糖、食塩濃度

は、諸味ろ液に含有されている量を含めて、表2に示した濃度になるようにグルコース、塩化ナトリウムを添加し調整した。

この培地を50mlづつ三角フラスコに分注し、殺菌した。これに、よく攪拌した前培養物を初発酵母濃度が 3×10^5 個/mlとなるように植菌し、25℃、100rpmで3週間緩やかな振盪培養した。

この培養物の香りの好ましきについて5人のパネラーで官能評価を行った。点数は、好ましいもの1点、やや好ましいもの2点、普通のもの3点、やや嫌いなもの4点、嫌いなもの5点とした。

表2 諸味ろ液培地の組成

諸味ろ液	50%
還元糖	10%
食塩	18%

(pH5.0に調整)

3 実験結果

3-1 生育pH試験

今井¹⁰⁾によると塩化ナトリウム3M存在下でのZ酵母の生育pHは3グループに分類されると言う。すなわち、pH3.5~6.5の広いpH範囲に生育するAグループ、pH3.5~5.5までに生育するBグループ、pH4.0~5.0という狭いpH範囲にしか生育できないCグループである。

本試験の結果は表3の通りであり、Aグループに該当する菌株はなかった。そしてCグループに該当する菌株が1株あった他は、全ての酵母がBグループであった。ただし生育pHの上限が5.5の菌株と5.0の菌株の2つに分かれた。

表3 耐塩性酵母の生育pH

グループ	A	B		C
		pH5.5	pH5.0	
Z酵母	なし	RS-2 RS-5 RM-1 RM-13 RM-14 RM-16	RS-1、 RM-3、RM-5 RM-6 RM-8 RM-10 IFO1846	RM-21
C酵母		KT-2	KT-1、KT-3	

3-2 生育温度試験

酵母の生育最適温度は25~30℃付近と言われているが、本試験でも全ての酵母の生育最適温度がこの範囲に入った(表4)。また15℃以下の温度帯で生育できた菌株もなかった。しかし20℃での生育が25~30℃とほぼ変わらなかった菌株として、RM-1、RM-8、KT-1、KT-2の4株があった。また逆に生育温度が25℃近辺に限られた菌株としてRM-21があった。

表4 耐塩性酵母の生育最適温度

最適温度	25℃	25~30℃	30℃
Z酵母	RM-5	RM-1	RS-1
	RM-6	RM-3	RS-2
	RM-13	RM-8	RS-5
	RM-16	RM-14	RM-10
	RM-21		IFO1846
C酵母	KT-3	KT-1 KT-2	

3-3 耐糖性

ほとんどの酵母は、培地のグルコース濃度が高くなるにつれて生育が阻害された。その中でRS-5、RM-1の2菌株は、グルコース濃度2.5~20%まで平均的な生育を示した。また、逆にRM-21はグルコース濃度15%以上では生育できなかった。

3-4 アルコール耐性

それぞれの酵母の生育できる上限のアルコール濃度を表5に示す。多くの酵母は3%までは生育できる。また4%まで生育できる酵母も3菌株あった。しかしアルコール濃度5%で生育できる酵母はなかった。

表5 耐塩性酵母のアルコール耐性

アルコール濃度	1%	2%	3%	4%
Z酵母	RM-21	RS-1 RS-2	RS-5、RM-1 RM-3、RM-6 RM-8、RM-10 RM-16 IFO1846	RM-5 RM-13 RM-14
C酵母			KT-1、KT-2 KT-3	

*この表は、これ以上のアルコール濃度になると酵母が増殖できない濃度を表示している。

3-5 アルコール発酵性

この試験では、発酵により生成する二酸化炭素の揮発減量分を測定し、これに比例して生成されるアルコールを計算値で求めた。実際には、二酸化炭素は呼吸によっても生成されるが、培養法を静置培養としているため二酸化炭素の発生はすべて発酵によるものと見なした。

図1に、培養60日目の各酵母のアルコール生成量を示す。Z酵母ではRM-14が、C酵母ではKT-2のアルコール発酵性が優れている。なおRM-21は、この試験条件では生育できなかった。

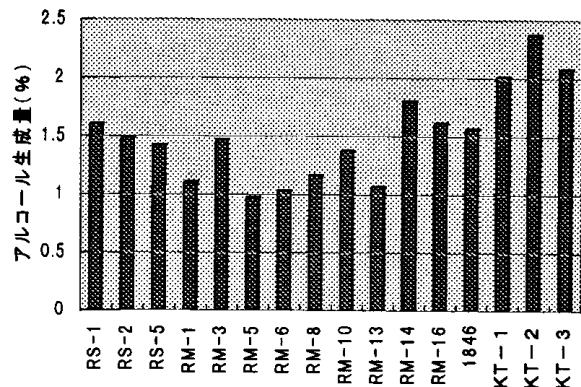


図1 耐塩性酵母のアルコール発酵性

3-6 発酵香

耐塩性酵母の発酵香の好ましさを表6にまとめた。この中で一番評価の高かった菌株は主発酵酵母ではRM-10で平均点2点であった。また、後熟酵母では特に香りが良いと評価された酵母はなかった。なおRM-21は、この試験条件でも生育できなかった。

表6 耐塩性酵母の発酵香の好ましさ(平均点)

	Na	点数	Na	点数
Z酵母	RS-1	3.0	RM-8	3.0
	RS-2	3.0	RM-10	2.0
	RS-5	2.8	RM-13	2.5
	RM-1	2.8	RM-14	2.5
	RM-3	2.8	RM-16	3.0
	RM-5	3.0	IFO1846	2.8
	RM-6	3.3		
C酵母	KT-1	3.0		
	KT-2	3.0		
	KT-3	3.8		

4 考察

センター保有菌株の生育pH範囲および耐糖性は、

RM-21を除きほぼ同じであった。従って味噌醤油醸造への利用という点から考えて、これらの項目では優劣はないと考える。

生育温度の点では違いがあり、最適生育温度が25℃の菌株、30℃の菌株がある。また、25℃でも30℃でも同じように生育した菌株もある。RM-1、RM-8、KT-1、KT-2の4菌株は20℃でも同程度に生育した。通常の最適生育温度より低い温度でもよく増殖する酵母を利用すると、発酵温度を低く設定することができる。これらの酵母は、冬期間の発酵や平均気温の低い地域での天然発酵にも有効利用できると思われる。

アルコール耐性と発酵性にも違いが見られた。アルコール耐性と発酵性は必ずしも比例しないが、RM-14のように耐性が大きく、かつ発酵性も良好な菌株もあった。このような酵母は、発酵香を積極的に付与したい場合に諸味へ添加すると有用と思われる。また、後発酵による味噌包装の膨れを防止するためにアルコール添加がよく行われるが、RS-1、RS-2のようなアルコール耐性の低い酵母を発酵に用いることでアルコール添加量を減らすことが可能と考えられる。

発酵香は、RM-10が他の酵母よりやや良い香りと判断された。しかし、その他は大差がなく、香りの差に基づく特徴のある酵母の使い方をするのは難しいと思われた。

5 結 語

本研究では、味噌醤油醸造への利用を目的としてセンター保存の耐塩性酵母について同一条件での生理的性質

の比較を行った。

生育pH、耐糖性では各酵母間に差がほとんどなかった。生育温度では、20℃でもよく増殖する酵母が4株見つかった。アルコール耐性とアルコール発酵性には酵母間で違いがあった。しかし、これら2つの能力は必ずしも比例せず、酵母利用の目的に合わせた選択の可能性が示唆された。発酵香気は1株がやや好ましいものと判定されたが、他の酵母には大きな差がなかった。

これら個々の酵母菌株の生理的性質をふまえて、県内味噌醤油製造業者それぞれの実状に合った最適な能力を持った酵母の利用を考えてゆきたい。

文 献

- 1) 相羽富夫：醬研, 1, 157(1975)
- 2) 清水 毅, 村井延二郎：醬研, 4, 171(1978)
- 3) 奥沢洋平, 板倉 徹, 江口卯三夫：醬研, 8, 21(1982)
- 4) 野田義治, 井上 等, 楠田秀喜, 大場和徳, 中野正路：醬研, 8, 108(1982)
- 5) 小泉幸道, 羽島久志, 柳田藤治, 伊藤明徳, 山口元之：醸協, 76, 206(1981)
- 6) 今井誠一：味噌の科学と技術, 32, 206(1984)
- 7) 今井誠一：味噌の科学と技術, 35, 334(1987)
- 8) 小澤一広, 赤池嘉彦, 佐々木勝史, 村松恵津子：醬研, 21, 197(1995)
- 9) 京都大学農学部編：新改版農芸化学実験書(増補)第2巻, 835(1965)
- 10) 今井誠一：新潟県食品研究所報告・特別号(1984)

ブドウ新品種の醸造適性試験

小澤麻由美*、佐々木誠二**、桜井 廣*

寒冷地向きワイン用ブドウとして植栽された6系統（山梨29号、30号、31号、32号、33号、34号）についての栽培、醸造適性試験をリースリングリオン、ピノブランを対照として行った。1995年の天候は平年より多雨少日照であった。しかし、ブドウの収量が少なかったため、果汁の濃厚なブドウを収穫することができた。どの試験区も発酵は順調に推移した。官能検査の結果から、ボディがあり、味のバランスのいいものや、香りに特徴があるワインを醸造することができることがわかった。それゆえ、試験区の数品種は岩手県の優良品種となり得ることが示唆された。

キーワード：1995年、栽培・醸造適性試験、醸造専用ブドウ品種

Brewing test of New Wine-Grape Vines

OZAWA Mayumi, SASAKI Seiji and SAKURAI Hiroshi

Wine was made by using six new types of grapes especially suited to cold district. *Riesling Lion* and *Pino Blanc* were used for reference. From May to October in 1995, the temperature was almost the same as usual year, but there was a lot of rain and little sunshine. And so this year's grape crop was not good. Some of the new varieties had high sugar contents as well as high acid contents. Wines were fermented at 20 °C for 6 to 8 days. The wine produced were evaluated by a sensory test. The results of this evaluation show that some wines are rich in body and have well balanced, and some are appraised at high quality. On the basis of these results, it is suggested that some clones of grapes are suitable for wine brewing in Iwate prefecture.

key words :1995 year, cultivation and brewing test, wine grape vine

1 緒 言

ワインの品質は原料ブドウの良否によってほとんど決定される。原料ブドウの良否は品種もさることながら、ブドウ栽培地の気温、降水量、日照時間、地形、土質などの自然条件によって左右される。さらに、仕立て方や収穫量、収穫時期などの栽培条件によっても大きな影響を受ける。自然条件は人為的に変えることはできないが、良い原料ブドウを作るにはその自然条件に適した品種を選択することが重要である。

我が国では明治のはじめ、ヨーロッパやアメリカから多くのブドウ品種を導入し、ブドウ栽培やワイン醸造が試みられた。しかし欧州系品種のである *V. vinifera* は日本の自然条件に適さず、フィロキセラなどの病虫害や裂

果などの生理的傷害などにより栽培が困難であった^{1) 2)}。

栽培が容易な品種は山ブドウに代表される東洋系品種や生食用のアメリカ系品種とそれらと欧州系との交雑品種だけであった。これらを原料にしたワインはフォキシーフレーバーを持ち、醸造専用ブドウ品種より醸成したものとは大きな違いがみられる。そのため、日本の自然条件にあったワイン用ブドウ品種の育成が山梨県を中心に全国各地で行われるようになった。

岩手県も以前から在来種や山梨県等が優良系統として選抜した交配種の栽培・醸造適性試験を行い、ワイン用ブドウの育成をはかっている^{3) 4)}。1984年にはリースリング・リオン、S-9110を県の白ワイン奨励品種として制

* 醸造技術部

** 岩手県園芸試験場大迫試験地（現在 久慈地域農業改良普及センター）

定し、アロマの高いワインを醸造することができた。しかし、原料果汁の糖蓄積が十分でないため、補糖量が多くなり、ワインはボディが弱く原料ブドウの個性を十分に表現できないなどの問題が残った。

本報告は、1994年度に引き続き⁵⁾新たにワイン用原料として植栽された系統の栽培、醸造適性について、試験を行い、岩手の気候風土にあった優良品種を選抜することを目的として行った研究結果について報告する。

2 実験方法

2-1 試験樹について

岩手県園芸試験場大迫試験地に植栽している5年生樹以上で、1995年までに2回以上結実のあった交配株の6系統(山梨29、30、31、32、33、34号)と、対照としてリースリング・リオン、ピノ・ブランを用いた。

この6系統は山梨県果樹試験場で育成した醸造用系統で、テレキ5BBに接ぎ木し、長梢仕立てにしたものである。試験樹の交雑、樹齢を表1⁶⁾に示した。

表1 試験品種

試験品種	交配	台木	樹齢(年)
山梨29号	甲州×Pino Blanc	Teleki5BB	5
山梨30号	笛吹×Pino Blanc	Teleki5BB	5
山梨31号	甲州×Pino Blanc	Teleki5BB	5
山梨32号	笛吹×Chardonnay	Teleki5BB	5
山梨33号	笛吹×Semilon	Teleki5BB	5
山梨3号4	笛吹×Semilon	Teleki5BB	5
Riesling Lion		VFSO4	10
Pino Blanc		Teleki5C	5

2-2 果汁、ワインの一般分析

分析は常法^{7) 8)}により、比重は浮ひょう計を用い、エキス分は比重より計算法で求めた。アルコール濃度はガスクロマトグラフ分析法(HEWLETT PACKARD 5890 SERIES II、カラム充填剤PEG1000)で、pHはガラス電極pHメーター(HORIBA pH meter F-22)で測定した。総酸度はOIVの分析法に従いNaOHによる滴定値を酒石酸に換算した。揮発酸度は水蒸気蒸留後滴定法で酢酸として、直糖はソモギーネルソン法で、全糖はフェノール硫酸法で、総フェノール量はSingletonの方法で、総亜硫酸および遊離亜硫酸量はRankine法で定量した。色度は分光光度計(BECKMAN、DU7500)で10mmのセルを用い430nmのOD値で示した。アミノ酸はJLC-3

00全自動高速アミノ酸分析機(日本電子)で測定した。

2-3 ワインの醸造

収穫した各系統のブドウを常法^{9) 10)}に従いワインの醸造を行った。すなわち、ブドウの果梗を手で取り除き破砕機にかけ、メタ重亜硫酸カリウム100ppmを添加し、4℃16時間のスキンコンタクトを行った。その後、压榨し、得られた果汁の清澄化を行い、これを発酵に供した。補糖は上白糖を使用し、補糖後糖度が22%になるように仕込み後3日目に行った。酵母はUVAFERM CEG(三井物産(株))を使用し、ドライなワインとするため完全発酵させた。発酵終了後、おり引き、半年間ビン貯蔵して、ワインの一般分析およびきき酒試験を行った。

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⁹⁾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。パネラーはワインメーカー4人、園芸試験場職員6人、当センター職員3人の計13人で1996年7月22日に行った。

3 実験結果

3-1 1995年の気象条件と原料果

ブドウ育成試験地(大迫町)における1995年の気温、日照時間、降水量の平年値比較を図1に示した。なお、平年値および日照時間の資料は、盛岡気象台の「岩手県農業気象速報」¹¹⁾によった。

ブドウ活動期の4月から10月にかけての有効積算温度は1418.3℃、30℃以上の日数は13日とほぼ平年並みであったが、降水量が1084mm(平年比123%)、日照時間が690.7時間(平年比85%)と多雨、日照不足であった。

発芽期の5月の気温は平年よりもやや高く、降水量もやや多かった。そのため発芽は平年よりも2~3日早まった。開花期の6月は平年よりも気温が低く、降水量もやや多く、その上、日照時間がかなり少なかった。そのため開花が3~5日遅れとなり、果実の受粉率が悪く結実がやや不良であった。また、数系統は病害の初期兆候が見られたが、早めの防除により大事には至らなかった。

果実の肥大・成熟期である7、8月は日照時間が168.1時間(平年比77%)、降水量533mm(平年比161%)と日照が少なく、多雨であった。また、昼夜の温度格差が平年よりも小さいため果実糖分の蓄積が不良であった。そのため、果実の肥大は小さめに経過し、糖度の上昇、酸含量の減少は遅れ気味であった。

ブドウ新品種の醸造適性試験

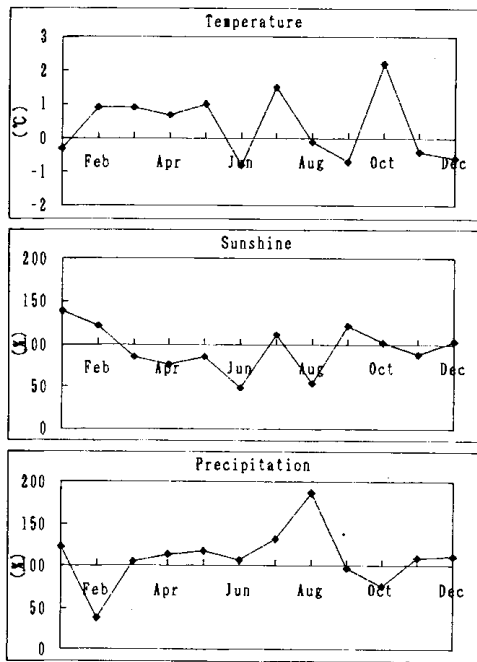


図1 気温、日照時間、降水量の平年値比較 (1995年岩手県大迫町)

収穫期の9月は気温が低かったものの10月は高かった。また、日照時間が多く、降水量は少なかった。

ブドウ生育期前半は悪天候であったが、後半の天気が回復したためある程度ブドウ果実の品質を挽回することができた。また、降水量が多かったことから裂果が心配されたが、生育期全般をとおして降水量が多かったので、土壌水分の変動が少なく、果実の裂果は少なかった。

表2 ブドウ品種の生育状況と果実品質

試験品種	発芽期	開花期	収穫期
山梨29号	May 3	Jun. 28	Sep. 29
山梨30号	May 1	Jun. 29	Oct. 12
山梨31号	May 11	Jul. 2	Oct. 9
山梨32号	May 1	Jun. 30	Oct. 4
山梨33号	May 8	Jul. 2	Oct. 9
山梨34号	May 6	Jul. 2	Oct. 4
Riesling Lion	May 7	Jun. 30	Oct. 12
Pino Blanc	May 8	Jun. 30	Oct. 12

試験品種	収量 (kg)	果房重 (g)	果粒重 (g)
山梨29号	2.7	104.3	1.6
山梨30号	16.4	230.3	1.9
山梨31号	14.9	276.0	2.3
山梨32号	5.4	195.8	2.3
山梨33号	22.1	422.1	2.2
山梨34号	13.3	281.5	2.5
Riesling Lion	152.1	302.2	2.6
Pino Blanc	10.3	227.5	1.8

栽培状況を表2に示した。

3-2 原料果汁

仕込みに供した果汁処理状況を表3に、果汁成分を表4に示した。

欧州系品種であるピノ・ブランは総酸、直糖、色素が少なく未熟な果汁であった。山梨29号は他の試験品種に比べ直糖、全糖、総酸含量が少なく希薄な果汁であり、山梨31号は逆に濃厚な果汁であった。ほとんどの試験品種は対照のリースリング・リオンやピノ・ブランに比べ総酸や直糖量が多く、ボディのある果汁が得られた。また、果汁に個性的な香りをもつ品種があった(データ未掲載)。

表3 原料果実処理

試験品種	収得果汁 (l)	圧搾率 (%)	糖度 (°)
山梨29号	10.5	59.3	18.8
山梨30号	12.8	65.0	17.4
山梨31号	12.6	63.6	19.0
山梨32号	8.8	61.3	19.0
山梨33号	10.6	60.4	18.4
山梨34号	11.1	60.8	19.3
Riesling Lion	11.8	63.1	19.3
Pino Blanc	7.3	61.1	17.7

3-3 醸造試験

発酵経過を図2に示す。

品温は20℃で経過し、3日目に補糖を行った。醪日数は山梨33号が5日、山梨30、31号、ピノ・ブランが6日、山梨34号、リースリング・リオンが8日、山梨29、32号が9日といずれの試験区も順調に発酵した。

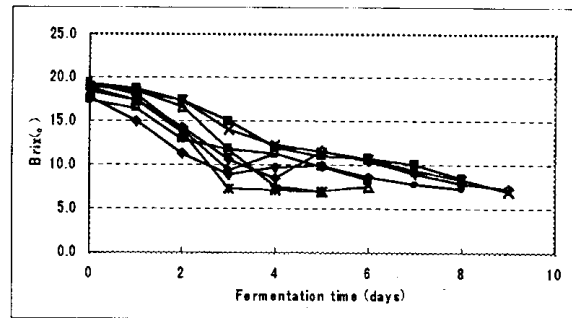


図2 発酵経過

◇ : 山梨29号、□ : 山梨30号、△ : 山梨31号
 × : 山梨32号、* : 山梨33号、○ : 山梨34号
 ■ : Riesling Lion、◆ : Pino Blanc

3-4 ワイン分析およびきき酒試験

ワインの一般成分を表5に、官能検査結果を表6に示

表4 果汁成分分析値

	No. 29	No. 30	No. 31	No. 32	No. 33	No. 34	R. L.	P. B.
比重	1.078	1.078	1.084	1.084	1.080	1.080	1.084	1.080
エキス分 (g/100ml)	280.5	280.5	282.1	282.1	281.0	281.0	282.1	281.0
全糖 (g/100ml)	17.50	18.17	23.56	24.54	21.89	20.72	19.96	18.07
直接還元糖 (g/100ml)	15.62	17.47	19.22	19.42	18.09	17.73	17.06	14.78
pH	3.00	3.00	3.01	3.00	3.02	2.99	2.89	3.21
総酸度 (g/100ml as Tartaric acid)	1.03	1.08	1.35	0.95	1.26	0.99	1.14	0.83
総フェノール量 (mg/l as gallic acid)	313.4	338.5	273.1	370.8	327.3	353.7	282.7	283.7
吸光度 430 nm	0.263	0.146	0.244	0.286	0.256	0.173	0.310	0.142
アンモニア態窒素(mg/l)	242.72	34.45	678.01	261.78	699.14	471.59	237.17	370.19
アミノ酸 (mg/l)								
-アスパラギン酸	13.11	23.19	38.30	21.96	38.45	20.24	22.47	11.08
-スレオニン	31.03	55.82	16.09	41.94	11.23	24.84	62.87	10.42
-セリン	66.30	78.50	331.02	116.92	155.26	97.88	218.43	87.91
-グルタミン酸	128.51	167.77	262.52	165.35	125.82	100.19	117.62	105.37
-グリシン	2.91	5.05	6.16	2.99	4.49	2.83	3.53	2.86
-アラニン	60.84	243.05	265.02	119.20	121.23	91.08	113.45	73.14
-システイン	1.23	3.28	3.53	1.91	2.27	1.68	1.96	1.75
-バリン	19.31	30.84	43.05	19.69	34.20	21.65	19.73	12.10
-メチオニン	3.01	3.81	7.91	2.89	9.61	5.11	3.30	1.76
-イソロイシン	11.32	17.14	21.18	7.97	20.90	14.89	11.28	5.74
-ロイシン	24.86	24.03	33.95	11.62	35.55	30.15	13.61	9.29
-チロシン	9.82	17.03	27.22	5.35	34.92	14.38	7.66	8.27
-フェニルアラニン	98.25	82.00	208.42	100.29	190.06	93.57	126.96	131.01
-ヒスチジン	1.303	1.368	3.049	1.150	2.973	1.864	1.205	1.160
-オルニチン	2.29	1.27	1.89	0.63	3.65	4.62	0.79	0.51
-リジン	3.47	1.97	3.88	2.46	5.28	5.34	2.18	2.04
-トリプトファン	8.35	7.55	23.88	0	16.54	8.18	0	0
-アルギニン	497.79	305.99	538.85	295.26	889.81	794.97	230.78	173.58
-プロリン	313.64	166.82	421.90	159.60	122.90	67.15	342.72	712.32

No. 29:山梨29号、No. 30:山梨30号、No. 31:山梨31号、No. 32:山梨32号、No. 33:山梨33号、No. 34:山梨34号

R. L. : Riesling lion, P. B. :Pino blanc

した。

それぞれの系統はほぼ予定どおり比重が0.995前後、アルコール濃度が12%前後、エキス分は4以下、還元糖も1g/100ml以下となり、ドライなワインに仕上げることができた。ワインpHはマストpHとほとんど変わりなく、揮発酸も0.1mg/100ml程度と正常に発酵した。瓶詰め分析時の遊離亜硫酸はほとんど残っていなかった。総酸は0.8~1.1g/100mlと全国平均の約2倍の値であった。そのためワインにある程度の味の濃さが要求され、苦味を

示すアミノ酸(認知閾値以下であるため味のコクを示す。)の総量値が多い(400~900mg/l)ものに対する評価が高かった。しかし、灰分の多いものに対する評価は低かった。色度や色調は薄くきれいなものに対する評価が高かった。

山梨34号、31号のワインの評価が高く評点がそれぞれ7.09、7.04であった。山梨34号のワインは香りが華やかで、ボディに厚みがありバランスがよく、山梨31号のワインは軽快でフルーティーで酸もしっかりしていた。これらは県の奨励品種であるリースリング・リオンと同程度かそれ以上の評価を受け、将来有望な品種であると思われる。山梨30号は香りが高く、華やかで、一段と個性が強かったため、評価が二極分化した。しかし、特徴ある品種として商品化するうえで有望あると思われた。山梨29、31、34号の試験品種は欧州系品種のピノ・ブランより評価が高かった。

表6 官能検査結果

試験品種	総合得点	短評
山梨29号	6.90	平坦、ややボディ弱
山梨30号	6.31	香り華やか、個性的
山梨31号	7.04	軽快な味わい
山梨32号	6.13	透明度劣る、品質劣る
山梨33号	6.18	品質劣る
山梨34号	7.09	バランス良好、香り特徴的
Riesling Lion	7.04	
Pino Blanc	5.40	

4 考察

Branas¹²⁾らはブドウの栽培適性を品種群と温度・光

ブドウ新品種の醸造適性試験

表5 1995年産ワイン成分分析

	No. 29	No. 30	No. 31	No. 32	No. 33	No. 34	R. L.	P. B.
比重	0.996	0.996	0.996	0.995	0.997	0.995	0.994	0.994
アルコール濃度(vol. %)	12.60	12.29	12.42	11.56	11.42	12.28	11.91	12.33
エキス分 (g/100ml)	3.38	3.28	3.33	2.84	3.28	3.02	2.68	2.78
全糖 (g/100ml)	0.40	0.22	0.30	0.17	0.23	0.20	0.22	0.23
直接還元糖 (g/100ml)	0.36	0.10	0.23	0.10	0.11	0.10	0.09	0.10
pH	3.08	2.99	2.96	3.04	2.99	2.98	3.01	3.21
総酸度 (g/100ml as Tartaric acid)	0.87	0.94	1.01	0.87	1.05	0.90	1.07	1.02
揮発酸度 (g/100ml as Acetic acid)	0.119	0.119	0.120	0.118	0.122	0.117	0.123	0.129
総亜硫酸 (mg/100ml)	52.28	96.72	88.24	43.33	25.59	93.58	53.07	118.23
遊離亜硫酸 (mg/100ml)	7.69	1.10	2.67	1.57	1.41	3.93	1.41	1.26
総フェノール (mg/l as gallic acid)	212.56	286.53	214.44	217.91	196.60	221.34	200.12	264.07
灰分 (g/l)	1.32	1.50	1.08	1.30	1.52	1.19	1.42	1.56
アルカリ度 (ml of 0.1N acid for 100ml of Wine)	16.42	17.51	16.32	18.70	19.20	15.27	15.87	20.48
色度 (Absorbance at 430 nm)	0.016	0.022	0.010	0.015	0.027	0.015	0.014	0.025
色調	1.62	0.85	1.14	1.07	0.75	1.14	0.92	1.74
アンモニア態窒素(mg/l)	7.77	6.05	4.56	6.76	5.95	6.27	6.12	5.83
アミノ酸 (mg/l)								
- アスパラギン酸	1.99	1.10	0.21	0.99	6.27	2.52	6.22	0.40
- スレオニン	6.85	9.60	5.80	8.38	14.29	12.74	9.22	9.67
- セリン	3.93	2.20	0.96	1.49	12.39	4.97	14.46	1.58
- グルタミン酸	24.01	8.77	36.21	9.08	40.17	22.11	43.53	20.34
- グリシン	0.67	1.45	1.19	0.87	5.75	2.71	9.19	0.72
- アラニン	2.29	2.15	0.34	1.35	10.73	5.17	9.42	1.76
- システイン	0.35	0.68	0.24	0.46	2.16	0.75	1.90	0.41
- バリン	0.52	0.89	0.44	0.65	2.81	2.01	4.30	0.56
- メチオニン	0	0	0	0	0.58	0.34	0.89	0
- イソロイシン	0	0	0	0	0.40	0.46	0.39	0
- ロイシン	0.50	0.34	0	0	1.96	1.76	2.77	0.43
- チロシン	3.32	3.04	2.67	2.48	8.97	7.52	14.20	2.35
- フェニルアラニン	2.83	2.03	1.21	1.61	8.85	15.08	153.67	2.76
- ヒスチジン	2.14	1.95	1.41	2.03	6.72	9.30	11.55	1.51
- オルニチン	0.19	0.44	0.18	0.45	0.17	0.81	8.29	0.35
- リジン	0.84	0	0	0	3.67	3.49	4.78	0.53
- アルギニン	0.82	0	0	0	3.93	1.52	3.36	0.58
- プロリン	334.23	122.17	536.82	127.80	528.72	321.82	581.83	299.67

指数で表し、その指数が2.6以下の場合には欧州系ブドウの栽培が困難であるとしている。実際、大迫地域におけるこの値は2.0前後となるためこの地に適したブドウ品種はアメリカ系、東洋系、または野生ブドウとそれらと欧州系の交配種ということになり、そのまま欧州品種を導入するのは困難である。実際、栽培成績、果汁、製成酒成分、官能評価結果からみてもわかるように本試験での対照品種であるピノ・ブランは果実が未熟のまましか収穫できないため、ブドウの特徴を持ったワインの製造は難しいことがわかる。また、この指標により県内（大迫地区）に適した栽培品種は極早生、早生品種になることから、萌芽から成熟までの日数が160日以内であることが望ましい。そこで試験品種のその日数を合計すると山梨29号は150日、山梨30号165日、山梨31号152日、山梨32号157日、山梨33号155日、34号152日であった。このことから推察すると山梨30号は他の品種に比べて萌芽してから

成熟までの日数が160日以上で、たくさんの温度や日照量が必要である。そのため県内（大迫地区）での栽培は困難であると思われる。しかし、1994年には152日で収穫でき高品質のワインを製造することができたため、安易に選抜から削除するのはさけるべきで、安定的に160日以内で収穫するために畑の斜面を選んだり、県南部で栽培する等すれば、良品質のブドウが収穫できるものと思われる。

1995年は多雨・日照不足によりブドウの酸含量の減少が遅く酸度が高く、糖度が低い年であった。それにもかかわらず試験品種のいくつかは糖度の蓄積が良かった。また、高酸度であっても有機酸の中の酒石酸は醸造過程で除かれるため、酒質官能評価にはリンゴ酸の影響が大きい。そのため酒質の向上をはかるには糖合成経路での中間物質・リンゴ酸の蓄積含量が重要であると考えられる。また、ブドウ成熟期間中のリンゴ酸の減少は降雨と

密接な関係がある他、品種により相違がある事が知られているので今後経時的变化を把握しておく必要がある。

製成酒では異臭がなく香味がきれいでフレッシュなワインが高い評価を得、色度および色調が低いものが好まれた。これはワインの酸化ならびに褐変に伴う味の変化の影響を受けていないため、雑味が少ないものと思われる。大塚ら¹³⁾は国産ワインの官能検査と成分分析値の統計解析の結果、味の薄い方が評価が高くなる傾向があると指摘している。しかし、今回製造したワインは総酸度が全国平均の約2倍もあるため、味の濃さが求められた。佐藤ら¹⁴⁾は苦味物質の含量が認知閾値以下で、検知閾値以上であると、苦味物質は味の濃さと感じられ、それよりも含量が増すと雑味として感じられると報告している。今回の試験で得られた結果はこの報告と一致し、アミノ酸の苦味物質の含量が多いものは評価が高く(山梨31、34号)、苦味アミノ酸含量が少ないもの(山梨30、32号)や灰分が多いもの(山梨33号)は評価が低かった。また、ワインの渋みや収斂味を呈するフェノール類の含量が少ないもの(山梨33号)も評価が低い傾向がみられた。

5 結 語

ワイン醸造は原料の出来不出来の影響が大きく、原料の品質は気象条件の善し悪しに左右される。また、試験に供したブドウ樹は樹齢5年とまだ若く原料果の収量ならびに品質が安定しない。そのため今後も継続したワイ

ン醸造と利き酒試験が必要と考えられた。

本研究は果樹系統の適応性・特性検定試験の一環として実施した。

文 献

- 1) 麻井宇介：日本のワイン誕生と揺籃時代, 日本経済評論社(1992)
- 2) 稲垣眞美：ワインの常識, 岩波新書(1996)
- 3) 大澤純也：岩手県醸造試験場報告書, 10, (1976), ~17, (1983)
- 4) 岩手県園芸試験場：大迫試験地試験成績, 1993~
- 5) 小澤麻由美：岩手工技セ研報, 2, 103(1994)
- 6) 岩手県園芸試験場：「平成7年度果樹試験成績書」, 大迫試験地試験成績(1996)
- 7) 注解編集委員会編：国税庁所定分析法注解
- 8) M. A. Amerine and C. S. Ough : Wine and must analysis
- 9) 山梨県食工指編：葡萄醸造法, p23(1974)
- 10) M. A. Amerine, H. W. Berg and M. V. Cruess : The technology of wine making
- 11) 日本気象協会盛岡支部編：岩手県農業気象速報(1995)
- 12) 岩野貞雄：ワイン事典, (株)柴田書店(1979)
- 13) 大塚謙一：醸協, 80, 867(1985)
- 14) 佐藤信：食の科学, 36, 102(1977)

近赤外分光法による冷麺の品質評価

遠山 良*、米倉 裕一**、斉藤 博之***、
大澤 純也**

冷麺をセルの長さに合わせて17cmに切断し80gを測定用セルに充填することにより、冷麺の近赤外スペクトルを得ることができた。測定の精度は反射の方が透過スペクトルよりも高かった。小麦粉やでんぷんの種類や配合量を変えて測定した原スペクトルを主成分分析した結果、第1第2主成分を用いた座標により、使用した原料の種類や量を識別可能であった。テンシプレッサーにより測定した冷麺のテクスチャー測定値を従属変数とし、近赤外スペクトルの2次微分値を独立変数とした解析を行った結果、重回帰分析並びにPLS回帰分析により、麺のテクスチャーの予測はある程度可能と考えられた。

キーワード：冷麺、近赤外分光法、主成分分析、PLS回帰分析、重回帰分析

Evaluation of the Quality of "Reimen" (Korean noodle) by Near Infrared Spectroscopy

TOYAMA Ryo, YONEKURA Yuichi, SAITO Hiroyuki,
and OHSAWA Junya

Infrared spectra of "Reimen" were obtained with the cell for analysis, packed with 80g "Reimen" that was cut off 17 cm long, adjusted to the length of the cell. Reflectance spectra were more accurate than transmittance spectra. The kind or amount of ingredients of "Reimen" were distinguished each other, in the coordinates by 1st and 2nd principal component which was extracted by principal component analysis from the infrared spectra of various "Reimen", made from various kind and amount of wheat flours and starches. It was concluded that multiple regression analysis or PLSR(partial least squares regression) analysis could predict the texture of "Reimen" to a certain extent, by using the noodle texture analyzed by tensipresser as dependent variables, and the 2nd derivatives of infrared spectra as independent variables.

key words : "Reimen", infrared spectroscopy, principal component analysis, PLSR, multiple regression analysis

1 結 言

近赤外分光法は非破壊で食品の成分を迅速に分析する方法であり、小麦等の穀類のたんぱく質、脂質等の化学成分を分析する方法として開発された¹⁾²⁾が、近年では果物の糖度や硬度³⁾、そば粉の配合割合⁴⁾、でんぷんの糊化度⁵⁾、小麦粉の加工適性の判定⁶⁾⁷⁾等、必ずしも単一

の化学成分に帰着しない食品の性質の分析への応用も試みられている。一方冷麺はその原料となる小麦粉やでんぷんの種類や配合量により品質や特性が大きく異なる⁸⁾~¹²⁾食品である。冷麺の品質はテクスチャー等の物性と色調などの外観が重要であるが、それらを評価するには、

* 食品開発部
** 応用生物部

*** 企画情報部

テンシプレッサーによる物性測定や色差計による色調の測定⁹⁾¹⁰⁾が官能検査^{9)~12)}と並行して実施されてきた。しかし、これらの方法は、時間や人手がかかるという欠点がある。そこで、冷麺の品質評価をより迅速に行うために、近赤外分光法による冷麺の原料配合の識別やテクスチャーの予測可能性について検討した。

2 実験方法

2-1 供試試料

(1) 測定方法の検討に使用した冷麺は、パレイショでんぷんと小麦粉(中力粉)の配合比率を1:9~9:1まで9段階変化させて試作した試料を用いた。

(2) 主成分分析による識別と物性値の予測には以下の2通りの試作試料を合併して分析に供した。

試料グループA: でんぷん(パレイショ、サツマイモ、キャッサバ、トウモロコシ、エステル化パレイショ)と小麦粉(中力粉、準強力粉、強力粉)の種類と配合量(でんぷんと小麦粉の比率それぞれ3:7、4:6、5:5)を変えて試作した冷麺、押し出し用ダイは穴径1.1mmを使用。全ての試料は加熱殺菌処理済み。試料数は18試料。

試料グループB: 冷麺用でんぷんとしてパレイショでんぷん、小麦粉には中力粉を使用し、その配合比率をそれぞれ4:6と6:4、アルカリ剤としてかん粉溶液、重曹粉末、重曹の溶液を使用しそれぞれについて、0.5と1.0%の2段階、また、エクストルーダによるメインスクリュ回転数を300rpmと900rpmの2段階に変化させた試料、ダイは穴径1.1mmを使用。全ての試料は加熱殺菌処理済み。試料数は24試料。

(3) 近赤外分光法による物性値の予測には試料グループBの他に以下の試料を分析に供した。

試料グループC: Bと同様の原料配合の生地を使用して、ダイの穴の径1.5mmを使用して麺線とした。メインスクリュの回転数もBと同様に2段階に変化させて試料を調製した。全ての試料は加熱殺菌処理済み。試料数は24試料。

試料グループD: パレイショでんぷんと中力粉の比率を6:4の割合で使用し、アルカリ剤の有無(重曹使用、無添加試料)、加水量(50、55、60%)、ミキシング方法(縦型ミキサー、真空ミキサー)、緑豆でんぷんの使用等の処理条件を変えて試作した試料について加熱殺菌処理前(試料DB:13試料)と加熱殺菌処理後(試料DA:13試料)の26試料に、加熱処理による効果(包装後の

加熱処理を無処理、55、75、85、95℃と変化させた試料を、パレイショでんぷんと中力粉の比率を6:4と4:6に変えて試作した試料についてそれぞれ2種類)10試料を加えた36試料を用いた。ダイの穴の径は1.5mmを使用した。

2-2 近赤外スペクトル測定および解析条件

使用機種: NIRSystems 6500 (樹ニレコ製)

使用セル: 粒状/高油/高水分用大型セル、(Coarse sample、測定範囲3/4)

測定波長: 400~2500nm 反射測光、透過測光

測定方法: 冷麺をセルの大きさに合わせて17cmの長さで裁断し、80g採取してセルに入れて測定した。測定は1試料について麺の上下を逆になるように試料を入れ替えて2回繰り返し測定した。

使用プログラム: 重回帰分析とPLS回帰分析(partial least squares regression)にはNSASを使用し、2次微分スペクトルにより解析した。主成分分析にはPCA software (Scottish Crop Research Institute)を使用した。

解析に使用した波長: 測定方法の検討では400~2500nmの測定波長領域を全て使用した。主成分分析では、原スペクトルと2次微分スペクトルのそれぞれについて、700~1350nmと400~1350nmの2通り使用した。物性測定値を従属変数とした解析では重回帰分析の場合、第1波長を700~1350nmで選択した後、第2、第3波長は400~2500nmまで自動選択した。同様の試験でPLS回帰分析では700~1350nmで解析した。

2-3 麺の物性測定

テンシプレッサー(樹タケトモ電機)を使用して茹麺の圧縮試験を実施した。麺100gを1リットルの沸騰水中(2φコニカルピーカーを使用)で2分間(1.1mmダイ試料)または3分間(1.5mmダイ試料)茹たのち、直ちに水中で冷却水切りを行い、23℃の恒温水中に3分間保持した後測定を開始した。測定は10回繰り返し行い茹直後と1時間後の2回測定した。試料は測定実施中23℃の水中に保持し、室温も23℃に保持して測定した。

3 結果および考察

3-1 近赤外スペクトル測定条件の検討

図1にパレイショでんぷんの配合量を変えて試作した冷麺を、高水分用大型セルにより透過法と反射法で測定

近赤外分光法による冷麺の品質評価

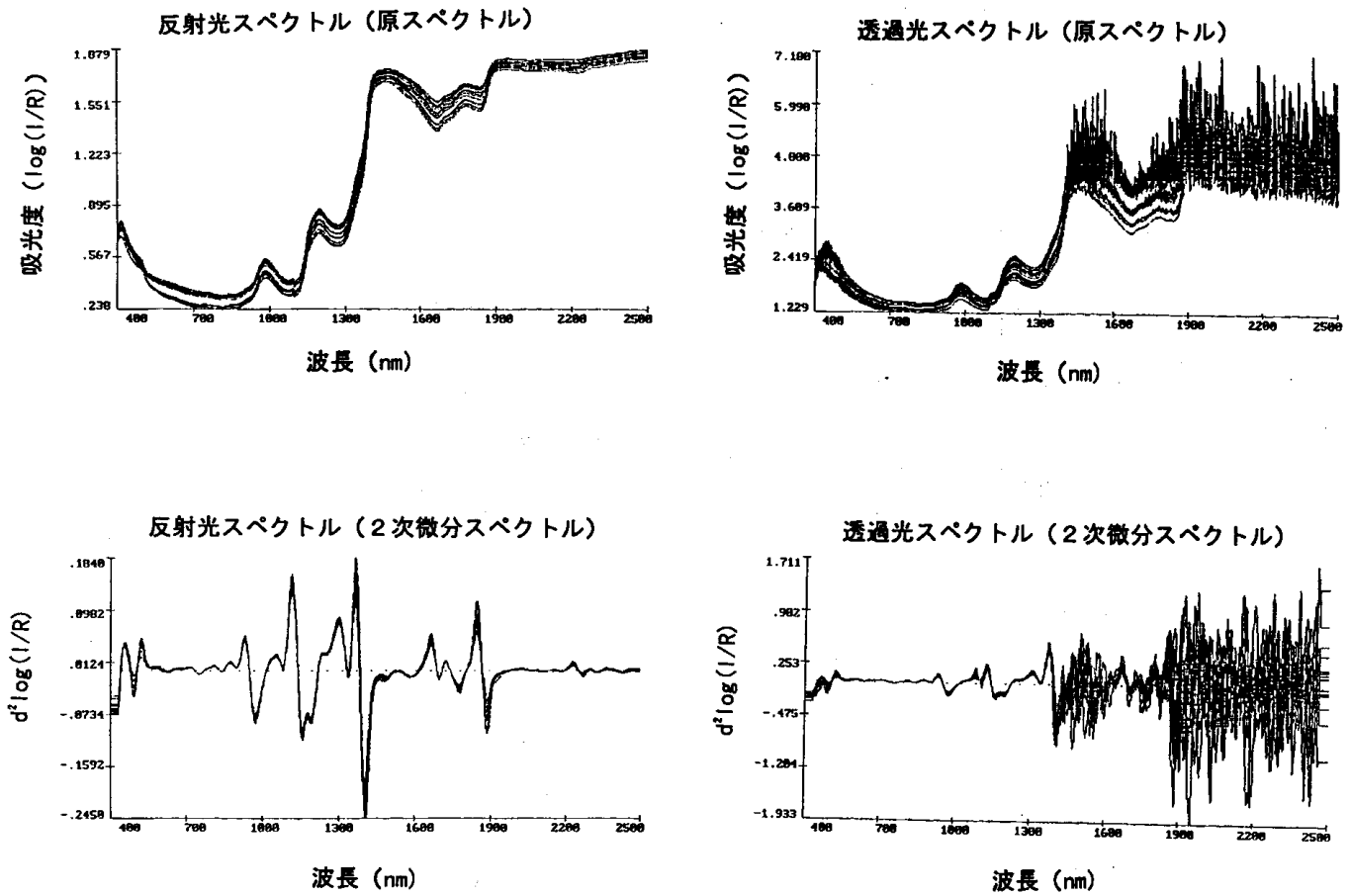


図1 バレイショでんぶん配合量を変えて試作した冷麺の透過光スペクトルと反射光スペクトルの比較

表1 近赤外分光法による冷麺のバレイショでんぶん配合量の予測（反射法と透過法の比較）

反射法			透過法		
定数	波長	単相関	定数	波長	単相関
K(0)= 53.4			K(0)= 154.448		
K(1)=-5308.5	1825	-0.981	K(1)=18043.460	1022	0.916
K(2)= 9638.8	1728	-0.832	K(2)= 3669.968	956	0.724

(標準誤差 : 1.55, 重相関係数 : 0.9977)

(標準誤差 : 4.89, 重相関係数 : 0.9762)

表2 スペクトルの採取方法と各主成分の寄与率

主成分	原スペクトル		2次微分スペクトル	
	700~1350nm	400~1350nm	700~1350nm	400~1350nm
1	96.0	79.9	89.3	61.6
2	3.2	15.7	4.3	22.9
3	0.7	3.0	2.8	7.5
4	0.0	1.0	1.3	2.3
5	0.0	0.3	0.8	1.4

表3 各主成分と官能検査値及びでんぷん含量との相関 (原スペクトル、400~1350nm)

主成分	寄与率	好み		強度		総合	色	風味	でんぷん含量
		硬さ	弾力性	硬さ	弾力性				
1	79.9	-0.328	-0.468	-0.512	-0.668	-0.293	-0.229	-0.229	-0.575
2	15.7	-0.150	-0.238	-0.204	-0.278	-0.251	-0.369	-0.340	-0.131
3	3.0	-0.100	0.137	-0.189	0.092	-0.023	-0.445	0.089	0.287
4	1.0	0.044	0.029	0.076	-0.008	0.024	0.297	0.030	-0.380
5	0.3	0.226	0.212	0.333	0.230	0.248	0.366	0.041	0.007

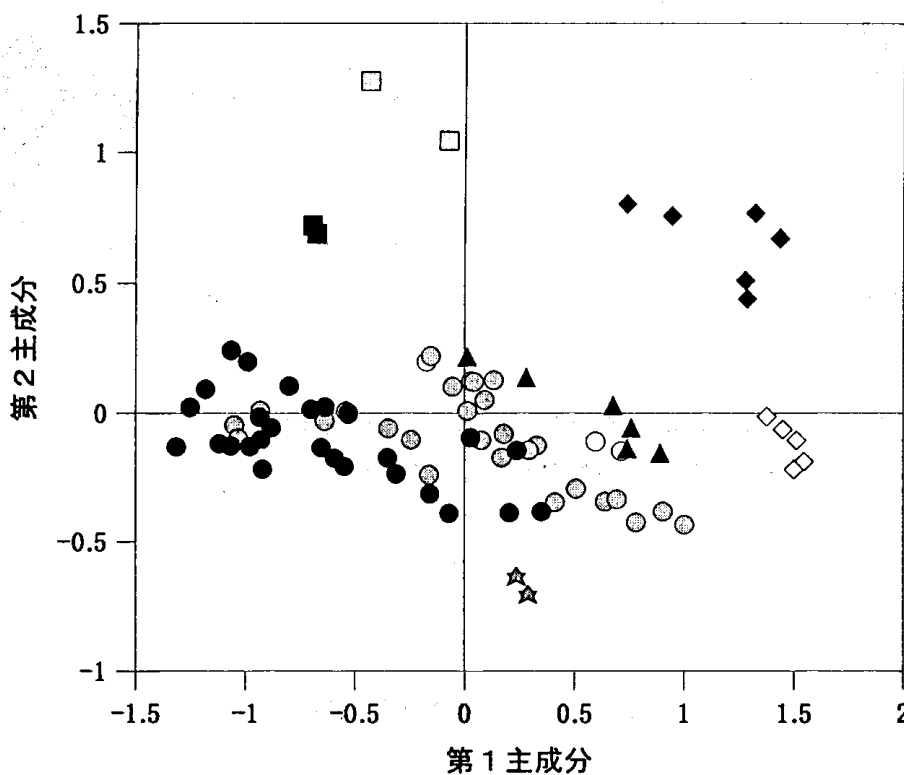


図2 近赤外スペクトルの主成分分析による各種冷麺の散布図

- ハレショでんぷん30、中力粉70
- ハレショでんぷん40、中力粉60
- ハレショでんぷん50、中力粉50
- ハレショでんぷん60、中力粉40
- ▲ キョウガでんぷん、中力粉
- ◇ コーンスターチ、中力粉
- ハレショでんぷん、準強力粉
- ハレショでんぷん、強力粉
- ☆ ハレショエスワル、中力粉
- ◆ サツマイでんぷん、中力粉

表4 重回帰分析とPLS分析による冷麺物性値の予測

グループB (1.1mmダイ使用、バレイショでんぷん添加量、アルカリ剤の種類と量、押出回転数を変化)

項目	重回帰分析				PLS分析			
	第1波長	MR1	MR2	MR3	因子数	MR	MSECV	S.E.
麺の太さ(生麺)	912	0.671	0.788	0.816	5	0.801	1.05	0.122
H50、茹直後	1142	0.559	-	-	2	0.574	1.00	0.045
H100、"	994	-0.743	0.906	0.926	8	0.947	1.09	1.206
H100/H50、"	994	-0.667	0.833	0.883	8	0.907	1.23	4.612
H50、1時間後	1222	-0.543	-	-	3	0.682	1.17	0.055
MAXL、"	994	-0.666	0.810	0.852	5	0.854	1.07	2.968
PEAK、"	994	-0.756	0.917	0.939	4	0.905	1.24	0.354
H100/H50、"	990	-0.734	0.873	0.900	9	0.941	1.19	0.911
比重(生麺)	1314	-0.816	0.880	0.909	1	0.795	1.24	0.012

グループC (1.5mmダイ使用、バレイショでんぷん添加量、アルカリ剤の種類と量、押出回転数を変化)

項目	重回帰分析				PLS分析			
	第1波長	MR1	MR2	MR3	因子数	MR	MSECV	S.E.
麺の太さ(生麺)	982	-0.766	0.856	0.917	6	0.932	1.09	0.894
H50、茹直後	1350	-0.298	-	-	1	0.182	1.00	0.089
H100、"	982	-0.739	0.842	0.904	6	0.921	1.00	1.478
H100/H50、"	980	-0.636	0.758	0.808	4	0.779	1.18	6.405
H50、1時間後	1350	-0.433	-	-	1	0.304	1.03	0.110
MAXL、"	970	-0.705	0.811	0.877	6	0.870	1.22	3.061
PEAK、"	980	-0.758	0.850	0.904	7	0.930	1.15	0.338
H100/H50、"	972	-0.663	0.741	0.799	6	0.831	1.15	1.251
比重(生麺)	978	0.721	0.892	0.927	9	0.950	1.19	0.006

グループD (殺菌後試料、1.5mmダイ使用、ミキシング方法、重曹添加、加水量の有無を変化)

項目	重回帰分析				PLS分析			
	第1波長	MR1	MR2	MR3	因子数	MR	MSECV	S.E.
麺の太さ(生麺)	700	-0.587	0.797	0.881	1	0.462	1.00	0.337
H50、茹直後	808	-0.753	0.844	0.910	4	0.823	1.18	0.033
H100、"	1276	0.675	0.830	0.875	5	0.821	1.20	1.589
H100/H50、"	1038	0.695	0.819	0.876	5	0.894	1.18	2.983
H50、1時間後	800	-0.783	0.874	0.912	3	0.785	1.07	0.066
MAXL、"	844	-0.923	0.951	0.974	2	0.878	1.00	2.088
PEAK、"	970	-0.551	-	0.776	1	0.524	1.05	2.946
H100/H50、"	968	-0.526	0.670	0.771	1	0.503	1.06	7.626
比重(生麺)	1192	0.499	0.820	0.866	3	0.821	1.00	0.008
水分(生麺)	852	-0.841	0.914	0.958				

グループD (殺菌前試料、1.5mmダイ使用、ミキシング方法、重曹添加、加水量の有無を変化)

項目	重回帰分析				PLS分析			
	第1波長	MR1	MR2	MR3	因子数	MR	MSECV	S.E.
麺の太さ(生麺)	992	-0.459	0.670	0.770	1	0.415	1.00	0.193
H50、茹直後	906	-0.769	0.903	0.946	8	0.972	1.03	0.006
H100、"	1284	0.720	0.924	0.973	9	0.987	1.00	0.562
H100/H50、"	1276	0.799	0.947	0.961	8	0.984	1.00	1.996
H50、1時間後	1236	0.682	0.815	0.894	1	0.686	1.17	0.843
MAXL、"	850	-0.931	0.953	0.961	2	0.992	1.13	0.201
PEAK、"	850	-0.920	0.972	0.977	11	0.992	1.13	2.006
H100/H50、"	908	0.872	0.938	0.957	2	0.890	1.00	2.749
比重(生麺)	722	-0.669	0.843	0.881	5	0.908	1.06	0.007
水分(生麺)	906	0.880	0.956	0.980				

注：H50：50%圧縮点応力、H100：100%圧縮点応力、MAXL：破断歪み、PEAK：ピーク点応力
 MR1：第1波長を選択した重回帰係数、MR2：第2波長まで選択した重回帰係数、MR3：第3波長まで選択した重回帰係数、MR：重相関係数、MSECV：平均標準検証誤差、S.E.：標準誤差

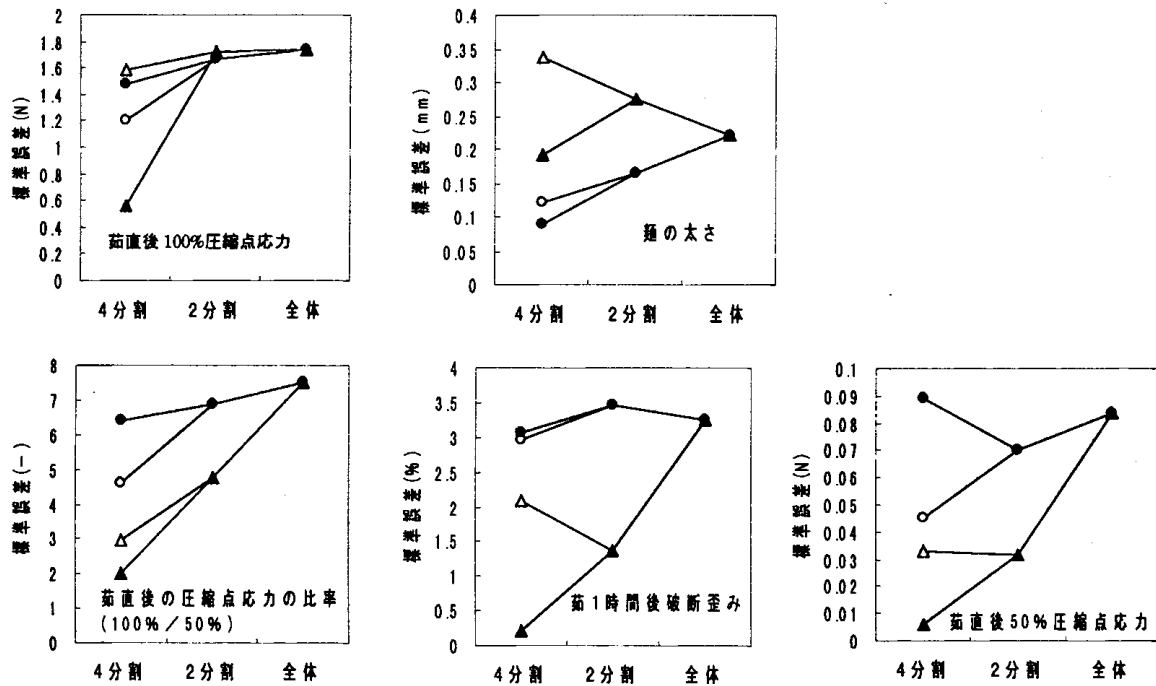


図3 試験データの統合によるPLS分析誤差の変化

○: B ●: C △: D (加熱処理後) ▲: D (加熱処理前)

全体: B、C、Dの試料すべてを統合した試料群

2分割: B、Cを統合したものと、D (加熱処理後)とD (加熱

処理前)を統合した2試料群

4分割: B、C、D (加熱処理後)、D (加熱処理前)の4試料群

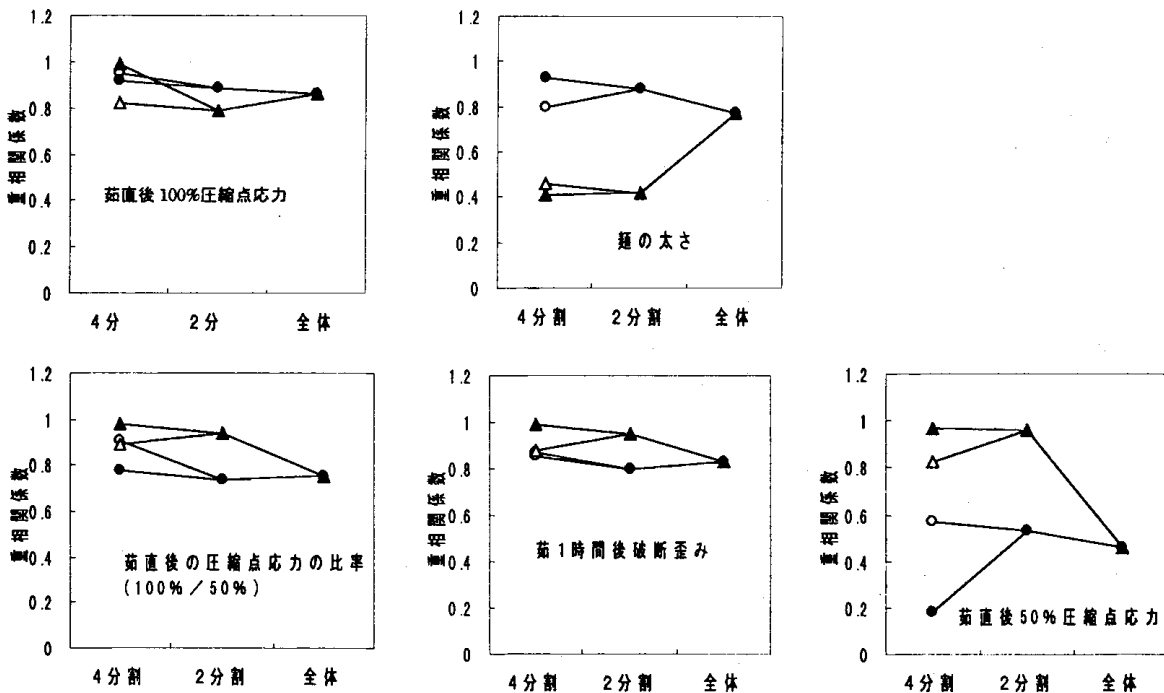


図4 試験データの統合によるPLS分析の重相関係数の変化

○: B ●: C △: D (加熱処理後) ▲: D (加熱処理前)

全体: B、C、Dの試料すべてを統合した試料群

2分割: B、Cを統合したものと、D (加熱処理後)とD (加熱

処理前)を統合した2試料群

4分割: B、C、D (加熱処理後)、D (加熱処理前)の4試料群

したスペクトルを示した。スペクトルは原スペクトルと2次微分スペクトルの両方で示した。透過光スペクトルは1350nm以上の波長領域でノイズが大きく、飽和状態でありこの領域はデータ解析には適さないことを示している。また、表1には反射法と透過法により測定した結果を元にバレイショでんぷん配合量を目的変数とする重回帰分析を行った結果を示した。重回帰分析の結果、重相関係数が高く、標準誤差も小さいことから、でんぷん配合量を十分に予測可能であることが分かった。また、反射法では2波長選択した重相関係数が0.9977、透過法では0.9762であり、反射法の方が分析精度が高かった。従って、以下の解析では全て反射法により測定したデータを解析に用いることとした。

3-2 近赤外スペクトルの主成分分析

原スペクトルと2次微分スペクトルについてそれぞれ700～1350nm、400～1350nmで主成分分析を行い、その散布図により試料の分布状態を調べた結果、冷麺製造に使用した原料を第1、第2主成分により最も効率良く判別できるのは、原スペクトルの400～1350nmを使用した場合であった(表2)。

原スペクトルの400～1350nmによる主成分分析の結果、第1、第2主成分を軸とする散布図により、でんぷんの種類と小麦粉の種類が明確に分類され、バレイショでんぷんでは、配合量によっても分布に違いがみられた(図2)。各主成分のスペクトルと官能評価値およびでんぷん含量との相関(表3)からみて、第1主成分は麺の太さやでんぷん含量、第2主成分は麺の色調、第3主成分は麺の色調と何らかの化学成分を示しているものと考えられた。

3-3 物性値の予測

重回帰分析の相関係数は第3波長まで選択すれば見かけ上ほぼPLS分析と同等の値を示した。しかし、重回帰分析の場合、目的変数とスペクトルとの相関グラフの波形は理想とされる台形を示さず、鋭利なピークも認められることから、第3波長までの適切な波長の選択は困難であった。従って設定した波長領域の全情報を含むPLS回帰分析の方が物性予測には適当であると考えられた(表4)。

PLS分析の結果、物性項目の内では高い相関の得られた項目は100%圧縮応力(H100で表示)やピーク点応力(PEAKで表示)、100%圧縮応力と50%圧縮応力との比率(H100/H50)、麺の比重、破断歪み(MAXLで表示)であり、どの試料グループでもほぼ0.8～0.9台の

相関が得られ、値も安定していた。これに対し、50%圧縮応力(H50で表示)は高い相関が得られる場合もあるがほとんど相関が無い場合もあり、不安定な結果であった(表4)。

PLS分析の結果について試料グループの統合により標準誤差と相関係数がどのように変化するかを調べた結果を図3と図4に示した。その結果、試作した試料のグループにより標準誤差にはかなり大きな違いが見られた(表4、図3)。試料グループの中では試料グループD(加水量の違いや重曹の添加、無添加、ミキシング方法の違いを含む試料)が、試料グループB、C(アルカリ剤の種類と量、スクリュ回転数、でんぷん含量等の違いを含む試料)よりも標準誤差が小さかった。また、加熱殺菌処理前の試料の方が誤差は小さい傾向があった。これらの試料グループを統合していくと、麺の太さでは試料グループ間の平均的な値になったが、物性指標では誤差が最大の試料グループと同じかまたはそれよりも増大する傾向が見られた(図3)。相関係数はこれとほぼ逆の傾向であった(図4)。

加水量は重回帰分析によりかなり高い相関係数が得られた(グループD全体のデータを使用して計算し、3波長選択した場合の重相関係数:0.944)。また、同様に麺の加熱殺菌処理の影響も可視部を第1波長に選択することによりかなり高い相関係数が得られた(グループD全体のデータを使用して計算し、3波長選択した場合の重相関係数:0.939)。このことから、加水量や麺の加熱処理の程度もある程度近赤外分光法により予測可能であると考えられた(表4)。

冷麺の物性を従属変数として解析した場合、試験グループ間で標準誤差や相関係数の大きなふれが観察された。その原因は、物性にあまり直接関係せず、しかも近赤外スペクトルに大きな影響をおよぼす変動要因を含むことに起因すると考えられる。従って、評価の対象となる試料の幅を、たとえば水分含量とアルカリ剤の量だけが変動する試料の様に狭い範囲に限定することにより、製造工程管理などに目的を限定した冷麺の物性評価は可能であると考えられた。

4 結 語

近赤外分光法による冷麺の品質評価方法について検討し、以下の結果を得た。

(1)冷麺をセルの長さに合わせて17cmに切断し80gを測定用セルに充填することにより、冷麺の近赤外スペクトルを得ることができた。透過光によるスペクトルは1350nm以上の波長領域で飽和状態となった。測定の精

度は反射法の方が透過法よりも高かった。

(2) 試作した冷麺のでんぷん含量、加水量、加熱殺菌処理の影響は、可視領域も含めた近赤外スペクトルの重回帰分析により予測可能であった。

(3) 小麦粉の種類やでんぷんの種類と配合割合を変えて試作した冷麺の近赤外スペクトルを主成分分析したところ、原スペクトルの400～1350nmを解析用に使用した場合、第1、第2主成分を用いた座標により原材料を最も効率よく判別できた。

(4) テンプレッサーにより測定した物性値の予測は、重回帰分析よりもPLS回帰分析の方が適当であると考えられた。

(5) 試料の調製方法の違いによる相関係数と標準誤差の変動を調べた結果、試料の変動要因を選択し、変動の幅を狭めることにより、冷麺の物性値の予測はある程度可能と考えられた。

本研究は農林水産省補助事業、地域重要新技術開発促進事業の補助金を受け、共同研究課題「内部品質を重視した地域農産物及びその加工製品の非破壊品質判定技術の開発」で実施した研究の一部である。補助金の交付等に便宜を図っていただいた関係各位に深謝いたします。

文 献

- 1) 岩本睦夫, 河野澄夫, 魚住純: 近赤外分光法入門, p.130, 幸書房(1994)
- 2) 尾崎幸洋, 河田 聡 編: 近赤外分光法, p.157, 学会出版センター(1996)
- 3) 恩田 匠, 小宮山美弘, 乙黒親男: 日食工誌, 43, 382(1996)
- 4) 大日向洋, 金子昌二, 伊藤輝雄, 大池和威: 長野食工試研報, 23, 48(1995)
- 5) 恩田 匠, 阿部英幸, 松永暁子, 小宮山美弘, 河野澄夫: 日食工誌, 41, 886(1994)
- 6) 千葉 実, 南幅正敏, 河野澄夫, 岩本睦夫: 日食工誌, 42, 796(1995)
- 7) N. F. DEVAUX, D. BERTRAND and G. MARTIN: Cereal Chem., 63, 151(1986)
- 8) 遠山 良, 阿部美子, 石川明日香, 伊藤 崇, 八重樫龍彦, 関村照吉, 武山進一, 荒川善行, 種谷新一, 産業間連携技術開発委員会: 岩手県工業技術センター研究報告, 3, 123(1996)
- 9) 遠山 良, 関澤憲夫: 岩手県醸造食品試験場報告, 19, 110(1985)
- 10) 遠山 良: 第23回食品の物性に関するシンポジウム講演要旨集, p21(1996)
- 11) 遠山 良, 府金利幸, 柵山 貢, 関村照吉, 関澤憲夫, 岩手県醸造食品試験場報告, 25, 55(1991)
- 12) 遠山 良, 関村照吉, 武山進一, 荒川善行, 工藤達之, 三浦 靖, 種谷新一: 日本農芸化学界東北支部, 日本栄養・食糧学会東北支部合同学術講演会講演要旨集, p37(1994)

ベルトコンベア形状が冷却後の冷麺の温度と水分含量に及ぼす影響

遠山 良*、武山 進一*、関村 照吉*
荒川 善行*、四戸 立男**、田澤 正明***
工藤 達之****、渡辺 伸也****、種谷 新一****

単軸エクストルーダを使用した冷麺の冷却乾燥ラインでは、冷却送風が強いと冷却コンベア上の麺線が風でばらけてしまうという問題点がある。そこで、ベルトコンベアの断面形状を半円形に改良し、そのラインの性能を調べた。その結果、押し出し直後の麺の温度は生地水分含量が多いと低く、ベルトコンベア上の品温も低く推移した。また、生地水分含量が多い麺はベルトコンベア上での水分含量の変化が少ない傾向がみられた。ベルトコンベアを半円形に改良することにより、冷風による麺のばらけ現象は解消したが、冷却後の麺の温度はフラットコンベアよりも若干高く、麺の水分含量は大差なかった。

キーワード：冷麺、冷却、乾燥

Influence of Shape of Belt Conveyor on Temperature and Moisture Content of "Reimen" (Korean noodle) after Cooling

TOYAMA Ryo, TAKEYAMA Shinich, SEKIMURA Teruyoshi
ARAKAWA Yoshiyuki, SHINOHE Tatu, TAZAWA Masaaki
KUDOH Tatu, WATANABE Shinya and TANEYA Shin'ichi

The cross section of belt conveyor was improved to the shape of half circle, to prevent the noodles blowing out from the belt conveyor of cooling process of "Reimen", and the performance of the cooling process was examined. As a result, in the cooling process the temperature of the noodles contained much moisture was lower than that of the noodles contained less moisture. And the high moisture content noodles showed less change of moisture than the low moisture content noodles during the cooling process. By the improvement of belt conveyor, the problem of noodles blowing out from the belt conveyor was settled. After cooling process, the temperature of noodles on the improved belt conveyor was higher than that on the flat shape belt conveyor, and there was little difference in the moisture content between the two belt conveyor systems.

key words : "Reimen", cooling, drying

1 結 言

筆者らは単軸エクストルーダを使用した冷麺の製造技術についての研究を進めている^{1) 2)}が、昨年度は冷麺製造ラインの短縮化や自動制御のための基礎的試験を行い³⁾、光センサを使用した冷麺製造ラインによる冷麺製造

の見通しが得られた。しかし、昨年度の製造ラインのベルトコンベアは通常のフラットな形状であり、冷却乾燥用の風を強くすると麺線が左右にばらけてしまうという問題点があった。本年度はその問題点を解決するためにベルトコンベアの形状を変えて、より強い風速で送風す

* 食品開発部
** (有)北日本機設サービス

*** (有)サンメイ電子
**** 岩手大学農学部

2 実験方法

ることにより麺の冷却乾燥をより効率的にする方法について検討した。

2-1 冷麺乾燥ラインの改良

写真1、2に改良前後のベルトコンベアの形状を示した。改良前は写真1のように通常のフラットな形状のベルトコンベア（以下フラットコンベアという）であったが、改良後は写真2の様にベルトコンベアの両脇にガイドを付けて、ベルトコンベアの断面形状が半円形になるように改良した（以下改良コンベアという）。また、前報の試験では冷却風の吹き出し口とコンベアの表面との距離が47 cmであったが、本報告の試験ではその距離を短縮し、33 cmとして実験した。



写真1 フラットコンベア（改良前）

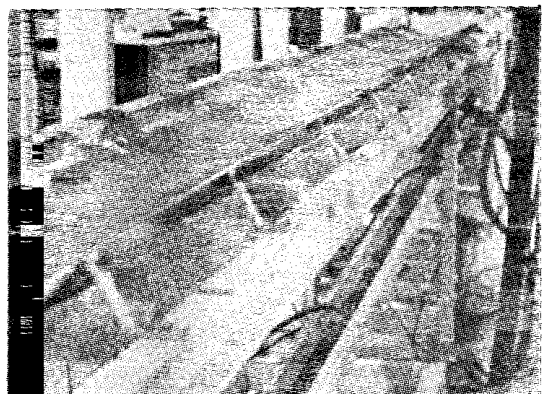


写真2 改良コンベア

2-2 麺の製造法

原料粉は、パレイショデンプン（南十勝農工連澱粉工場製、南十勝）と小麦粉（榊府金製粉製、オリンピック1号）を6:4の比率で混合した混合粉である。捏ね水は、原料粉100%に対して水を45%、50%、55% (w/w) の3段階に変化させ、重曹1% (w/w)、アルコール製剤5

% (w/w) を溶解させたものを使用した。ミキシングには縦型ミキサー（榊押切製作所 Junior60、回転速度3段切り替え）を使用し、低速3分間ミキシングして生地を調製した。次に、生地をエクストルーダの試料投入ホッパに入れ、押し出しスクリュの回転数を500rpm、900rpmの2段階に変化させてダイから麺を押し出して製麺した。ダイは直径143mm、厚さ8.5mmで同心円上に直径1.5mmの穴が100個空いているものを使用した。

2-3 システムの性能試験

生地の加水量、スクリュ回転数を変えた試料を製造ラインに流して試験した。また、冷却風の強さは強風、弱風の2段階試験した。測定方法は、前報と同様にベルトコンベアのエクストルーダ側から1m間隔で、0~5mの6カ所で麺の温度と水分含量を測定した他、更に麺線が裁断された地点（約6m地点）でも測定を実施した。また、風速計（榊 TSRUGA ELECTRIC WORKS TDA-7432型）によりそれらの各点におけるベルトコンベア面に向かって垂直方向の風速を測定した。温度は赤外線温度計（榊 KEYENCE IT2-60型）を使用してライン上で直接測定した。水分含量は、各点で試料をサンプリング後直ちにハイバリアーの包装袋で包装したものを測定用試料とし、実験終了後、それらの麺を細かく切断し測定に供し、135℃3時間乾燥法により求めた。

3 結果および考察

3-1 麺の温度変化

改良コンベア上での麺の温度変化を図1、2に示した。ベルトコンベア上の風速を測定した結果、弱風では5.2 m/s、強風では6.0 m/sであり、室温は25℃であった。スクリュ回転数を900rpm、冷却乾燥風強度を弱風として、冷却乾燥ライン上の麺の温度におよぼす麺生地の加水量の影響を見ると、全体に加水量が多いほど品温が低く推移している（図1）。麺押し出し時に既に温度に違いが見られることから、水分含量が多いと生地の流動性が増し、摩擦が減少することによりエクストルーダ内部での生地温度も、水分含量が多いほど低いことが類推される。これは、生地の加水量が多いときには糊化度が低めの傾向があることが確認されており⁴⁾、その結果と一致する現象であると考えられる。また、加水量を50%一定として、スクリュ回転数と冷却乾燥風の強度による違いを見ると、品温は冷却乾燥風の強度によらず、スクリュ回転数にのみ依存するという結果となった（図2）。麺の押し出し直後に既に品温の差が認められたが、これは、スクリュ回転数の違いによりバレル内部での生地温

ベルトコンベア形状が冷却後の冷麺の温度と水分含量に及ぼす影響

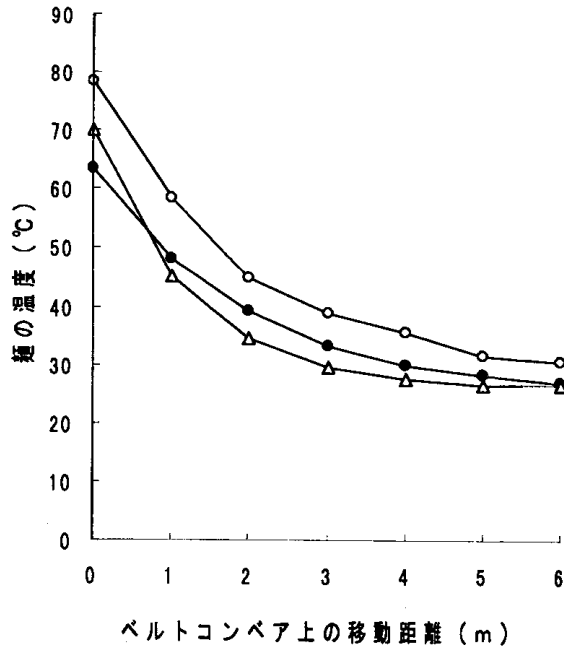


図1 麺生地加水量と麺の温度変化

- 加水量 45%、スクリーン回転数 900rpm、弱風
- 加水量 50%、スクリーン回転数 900rpm、弱風
- △ 加水量 55%、スクリーン回転数 900rpm、弱風

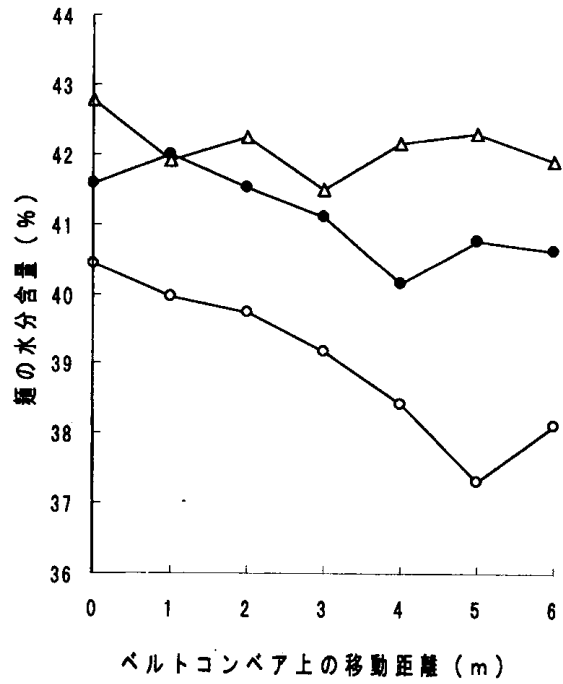


図3 麺生地加水量と麺の水分含量の変化

- 加水量 45%、スクリーン回転数 900rpm、弱風
- 加水量 50%、スクリーン回転数 900rpm、弱風
- △ 加水量 55%、スクリーン回転数 900rpm、弱風

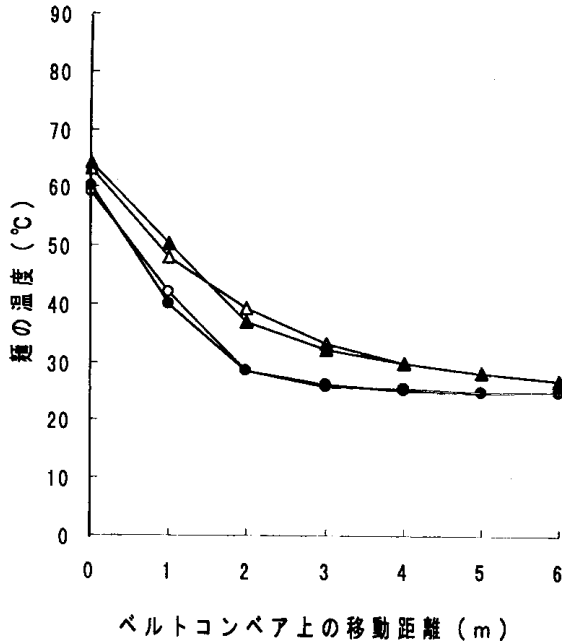


図2 スクリュー回転数並びに乾燥風速と麺の温度変化

- 加水量 50%、スクリーン回転数 500rpm、弱風
- 加水量 50%、スクリーン回転数 500rpm、強風
- △ 加水量 50%、スクリーン回転数 900rpm、弱風
- ▲ 加水量 50%、スクリーン回転数 900rpm、強風

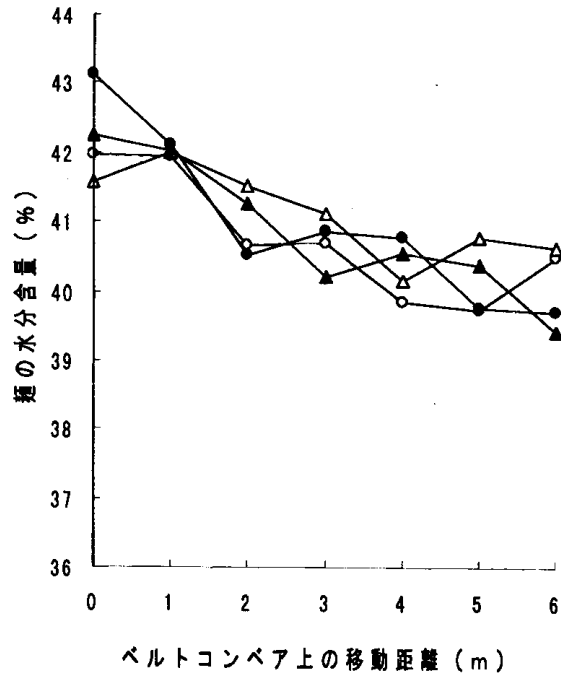


図4 スクリュー回転数並びに乾燥風速と麺の水分含量の変化

- 加水量 50%、スクリーン回転数 500rpm、弱風
- 加水量 50%、スクリーン回転数 500rpm、強風
- △ 加水量 50%、スクリーン回転数 900rpm、弱風
- ▲ 加水量 50%、スクリーン回転数 900rpm、強風

度が異なり、その違いが品温の差に影響しているものと考えられる。

3-2 麵の水分含量の変化

ベルトコンベア上での麵の水分含量の変化を図3、4に示した。全般に温度の変化とは異なり、非常にばらつきが多かった。これは、コンベア形状が半円形となり麵がばらけにくくはなったが、逆に部分的に麵が重なり、団塊上になったことの影響とサンプリングによる誤差の両方が関係していると考えられる。

まず、生地加水量との関係を見ると、当然のことながら、加水量の多い方が水分含量が高かったが、同時に冷却乾燥ライン上での水分含量の変化も少ない傾向があった。すなわち、乾燥開始時点と比べて、加水量 55%の麵では最大でも約1%程度の変化しか見られなかったのに対し、加水量 45%の麵では最大で約3%の水分含量の変化が見られた(図3)。これは、水分含量が多い麵では品温が低く経過することに原因があると考えられる。

スクリュ回転数並びに冷却乾燥風の強度の影響は水分のばらつきが大きくはっきりした傾向をみることはできなかった。

3-3 ベルトコンベア形状の効果

フラットコンベアと改良コンベアで冷却後の麵の温度や水分含量におよぼす効果を比較してみると、改良コンベアはフラットコンベアよりも冷却後の麵の温度は若干高く、水分含量はほぼ同じであった(図5、図6)。乾燥条件としては半円形コンベアを使用した方が送風口と麵との距離を近く設定してあるのに係わらず、今回のような結果になった原因は、麵線が風でばらけてしまわない代わりに、フラットコンベアと比べて麵線が密集していることが原因となっていると考えられる。

このように、ベルトコンベアの形状を半円形とすることで、麵線を押し出しから裁断までスムーズに流すことが可能となったが、麵線と送風口との距離を短く設定しても、麵の冷却効率フラットコンベアを使用した場合よりも若干低かった。

4 結 語

単軸エクストルーダを使用した冷麵の冷却乾燥ラインでは送風を強くすると麵が風でばらけてしまうという問題点がある。そこで、ベルトコンベアの断面形状を半円形に改良し、その冷却ラインの性能を調べ以下の結果を得た。

(1) 麵生地の加水量が多い方が品温は低く経過した。加

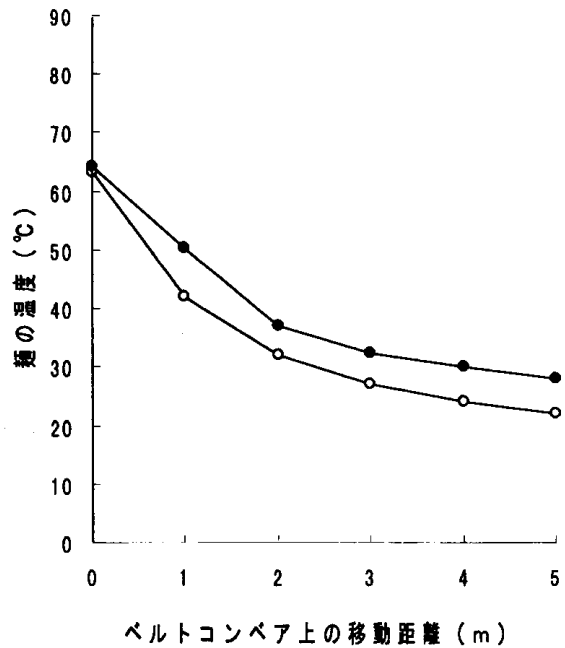


図5 ベルトコンベアの形状と麵線の温度変化 (スクリュ回転数 900RPM、加水量 50%で比較)

○—フラットコンベア ●—改良コンベア

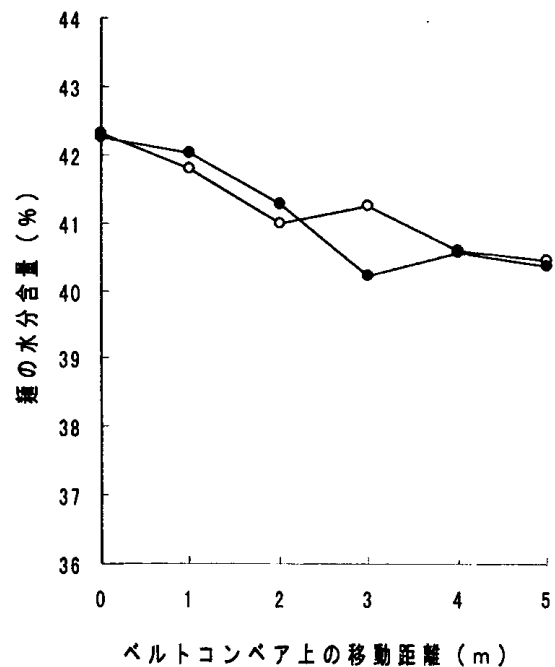


図6 ベルトコンベアの形状と麵線の水分含量の変化 (スクリュ回転数 900RPM、加水量 50%で比較)

○—フラットコンベア ●—改良コンベア

水量を一定にして比較すると、冷却風の強さはあまり品温に影響しなかった。

(2) 麺生地に加水量が多い場合乾燥ライン上での水分変化は少ない傾向がみられた。

(3) 半円形コンベアを使用した場合はフラットコンベアを使用したよりも品温は若干高く、麺の水分含量はほぼ同じであった。

(4) 半円形コンベアを使用することにより、麺のばらけ現象は解消した。

文 献

- 1) 遠山 良, 関村照吉, 関澤憲夫: 日食工誌, 41, 299 (1994).
- 2) 遠山 良, 関村照吉, 武山進一, 荒川善行, 四戸立男, 田澤正明, 工藤達之, 渡辺伸也, 種谷新一: 岩手県工業技術センター研究報告, 3, 129 (1996)
- 3) 遠山 良: 第 23 回食品の物性に関するシンポジウム講演要旨集, p21 (1996)
- 4) 工藤達之, 遠山 良, 三浦 靖, 種谷新一: 第 44 回日本食品科学工学会講演要旨集, p66 (1997)

発酵ソーセージにおける低温発酵条件の検討

武山 進一*、荒川 善行*、伊藤 崇**、
中井 博康***

食品衛生法では、発酵ソーセージの製造は低温である20℃以下で行うことが規定されている。発酵温度を18℃に設定し、*Pediococcus cerevisiae*をスターターとする発酵ソーセージの試作を行ったところ、21日間の発酵によって、食品衛生法の常温保存流通の基準を満たす製品を得ることが出来た。つぎに、実験室規模で発酵ソーセージを調製し、低温発酵条件の検討を行った。その結果、乳酸菌スターターの添加量を増加させるとpH低下速度が上昇し、またブドウ糖の添加量は最終的なpHに影響を与えることなど、製品に及ぼす発酵条件の影響が明らかになった。
キーワード：発酵ソーセージ、発酵条件

Examination of Fermenting Condition of Fermented Sausages at Low Temperature

TAKEYAMA Shinichi, ARAKAWA Yoshiyuki, ITOU Takashi
and NAKAI Hiroyasu

In the Food Sanitation Law of Japan, it is provided to manufacture fermented sausages below 20°C. Therefore we set the fermentation temperature at 18°C, and tried to make the fermented sausages by using *Pediococcus cerevisiae* as a starter. As a result, the fermented products made by fermenting and ripening for 21 days gave acceptable Aw and pH in the circulation at normal temperature provided by the Food Sanitation Law. Then, we made the fermented sausage at laboratory scale and examined the fermentation conditions at 18°C. As a result, the increase of added starter culture fastened the kinetics of pH decrease. The final pH was influenced by the amount of glucose added.

key words : fermented sausage, fermenting condition

1 結 言

前報¹⁾では、主原料配合の相違が製造条件及び製品の品質に及ぼす影響を検討するため、岩手県の代表種である日本短角種牛肉単独、及び、ホルスタイン種牛肉と豚肉の合挽き肉を主原料として、*Pediococcus cerevisiae* 菌をスターターとする発酵ソーセージの試作を行ったが、発酵については乳酸菌の増殖が活発に行われる温度条件(35℃)で行った。しかしながら、食品衛生法では、発酵工程も製品温度を20℃以下に保持することが規定されて

いる。本報では、食品衛生法の基準を満たす発酵温度での検討を行ったので報告する。

低温度域での発酵ソーセージ試作試験は、前報までの製造方法との比較のため、発酵温度を18℃に設定し、ケーシング詰め発酵ソーセージを試作した。その結果、発酵熟成期間が長くなったものの、従来とほぼ同様のものが製造可能であることを確認した。

しかしながら、微生物的安全性の観点からは乳酸発酵を出来るだけ速やかに行うべきであり、発酵温度以外の

* 食品開発部
** (株)岩手畜産流通センター
*** 農林水産省畜産試験場

発酵条件を検討する必要が生じた。このことから、ピーカーを用いて発酵ソーセージを調製するモデル実験を行い、スターターの種類、スターター添加量、ブドウ糖添加量の影響について、若干の知見を得たので報告する。

2 実験方法

2-1 ケーシング詰め発酵ソーセージ試作試験

2-1-1 供試菌株

㈱秋田今野商店より入手した乳酸菌株 (*Pediococcus cerevisiae* IFO 3889) を供試した。以後、この乳酸菌を P c と呼ぶ。

スターターの調製は、菌数 $10^8 \sim 10^9$ /g の液体培養物を、液体培地10ml に 500μ l 接種し、37℃にて48時間培養し、遠心分離(3000r. p. m ×10分)して行い、沈殿物をスターターとした。

2-1-2 ソーセージ原料

ソーセージの原料配合を表1に示した。肉をはじめとする原料は、県内の畜肉加工業者より入手した。

表1 ソーセージ原料配合割合 (%)

牛赤肉 (モモ肉)	40
豚赤肉 (モモ肉)	40
ボイル脂肪	20
ブドウ糖	0.3
ホワイトペッパー	0.25
カルダモン	0.1
パプリカ	0.2
ジンジャー	0.1
コリアンダー	0.15
L-グルタミン酸 Na	0.3
アスコルビン酸 Na	0.12
亜硝酸 Na	0.02
食塩	2.2
水	5.0

注 ブドウ糖以下の配合割合は原料肉に対する割合で示した。

2-1-3 発酵ソーセージ製造

P c をスターターとし、18℃での発酵ソーセージ試作製造を行った。これまでの方法^{1, 2)}と同様の方法で作成したソーセージミックスをケーシングに充填し、発酵は、18℃、相対湿度90% (~75%)の条件で21日間行った。途中、発酵開始3日後には、燻煙装置内を氷水で冷却しながら18℃以下に保ち、5時間の冷燻煙を行った。

10日目以降、相対湿度を3%づつ低下させ、75%迄低下させた。発酵熟成工程は、食品衛生法に定められている「非加熱型食肉製品の保存基準」を満たすよう適宜、製品のpHと水分活性(A_w)を測定し、工程を終える

ようにした。

出来上がった発酵ソーセージは、真空包装し冷蔵保存した。

2-2 ピーカーでのモデル実験

2-2-1 検討した供試菌株

㈱秋田今野商店より入手した乳酸菌株 (*Lactobacillus plantarum* ATCC 14917、*Pediococcus cerevisiae* IFO 3889、*Lactobacillus sake* ATCC 15578) を供試した。以後、各乳酸菌を L p、P c、L s と呼ぶ。

スターターの調製は、2-1-1と同様である。沈殿物は0.85%食塩水10ml に溶解し、ソーセージ原料への添加は、1ml/kg とした。

これまでの試験で使用してきたスターターL p、P cに加え、L s を検討対象とした。L s は、低温領域での生育が期待される乳酸菌スターターのひとつである。加藤ら³⁾が牛肉から分離した低温発酵能を有する乳酸菌は、5℃及び10℃でソーセージを発酵し、この菌は *L. sake* と近縁であったとしている。我々がこれまでスターターとして使用してきたL p、P cは中温菌³⁾であり、18℃という温度域での発酵能には不安が生じ、試験にL s を加えることにした。

2-2-2 実験室レベルでの発酵ソーセージ調製

低温領域での良好な発酵条件を検討するため、スターター添加量、ブドウ糖添加量をかえたピーカー詰め発酵ソーセージを試作した。

表1の配合からボイル脂肪を除いたソーセージ原料を、内径3mm のプレート装着したミートグラインダーで挽き、これに乳酸菌スターターを添加した。混合後、乾熱滅菌済み100ml 容ピーカーに約100g づつ詰め、滅菌済みのアルミホイル箔で覆った後、18℃、相対湿度80%の恒温恒湿器に入れ、14日間保存した。

対照として、35℃で72時間発酵させた試料を調製した。

2-2-3 スターター添加量の検討

スターターにL s を用い、スターター添加量を10倍 (10^6 以上/kg)とした試料を調製し、14日間発酵させた。

2-2-4 ブドウ糖添加量の検討

スターター菌株3種類毎に、ブドウ糖添加量を1.0%とした試料を調製し、14日間発酵させた。対照としてブドウ糖添加量を0.3%とした試料を調製した。

2-2-5 発酵期間中のpHと乳酸・酢酸量との関連

発酵期間中のpHと、乳酸菌が産生する酸との量的関連を調べるために、2-2-2及び2-2-4の試料について、乳酸及び酢酸量の測定を行った。

2-3 測定方法

乳酸菌の測定は、BCP加プレートカウントアガール培地にて、35°C72時間培養後、黄色集落を計数した。

pH、Aw及び有機酸の測定用のためには、ソーセージ表面から5mm以上の内側の部分を採取し、測定用試料とした。pHは、測定用試料に等倍の水を加えホモジナイズし、測定した。Awは、測定用試料を細切し、米Decagon Devices社製装置AQUA LAB CX-2で測定した。

乳酸及び酢酸量の測定は、測定用試料4gに水約70ml、10%過塩素酸1mlを添加しホモジナイズ後、100mlに定容し測定用試料溶液とした。これをメンブランフィルターろ過後、(株)東京理化製カルボン酸分析計S-3000型で測定した。

3 結果及び考察

3-1 ケーシング詰め発酵ソーセージ試作試験

発酵温度を18°Cに設定した場合の発酵ソーセージの乳酸菌数、pH、Awの測定結果を表2、図1に示す。

表2 発酵温度18°Cに設定した発酵ソーセージ試作品のpH、Aw、乳酸菌数推移

	pH	Aw	乳酸菌数*
発酵開始	5.81	0.968	5.2×10^5
3日後	5.38	0.974	9.9×10^7
7日後	4.89	0.960	6.6×10^8
14日後	4.86	0.933	
21日後	4.94	0.904	6.5×10^8

* ソーセージ1g当たりの菌数

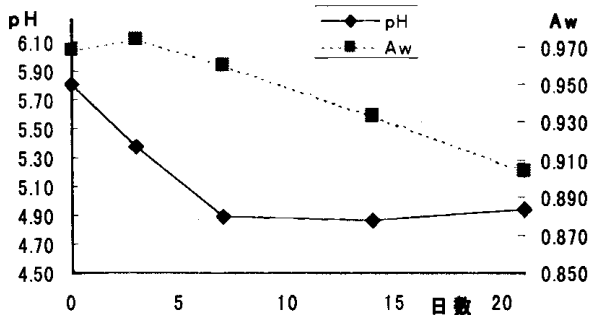


図1 発酵温度18°Cに設定した発酵ソーセージ試作品のpH、Aw推移

発酵初期段階で $10^5/g$ レベルの菌数は、緩やかに増加して7日後に $10^8/g$ に達し、以降 $10^8/g$ 後半が維持された。pHは、乳酸菌数の増加に伴い徐々に低下した。7日後に、pH5.0未満となり、そのレベルが維持された。この結果は、食品衛生法の保存基準（非加熱食肉製品）で規定される常温保存流通のための条件「pH5.1未満でAw0.93未満」を満たすものである。発酵温度18°Cという条件でも、食品衛生法の保存基準を満たす発酵ソーセージが製造できた。

3-2 ビーカーでのモデル実験

ビーカー詰め発酵ソーセージの、18°C発酵品、及びその対照としての35°C発酵品の、pH、乳酸菌数の測定結果を図2、表3に示す。

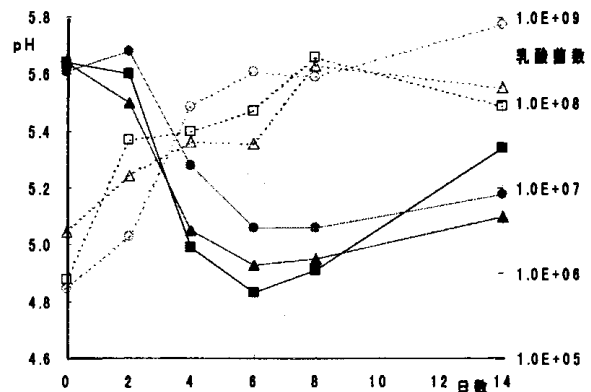


図2 ビーカー詰め発酵ソーセージ(18°C発酵)のpH、乳酸菌数推移

—■— Lp: pH —▲— Pc: pH —●— Ls: pH
 - - - □ - - - Lp: 乳酸菌 - - - △ - - - Pc: 乳酸菌 - - - ○ - - - Ls: 乳酸菌

35°Cでの発酵では、30時間後には乳酸菌数が $10^8/g$ に達しpHも5.2付近まで低下した。今回の実験室規模でのビーカー詰め発酵ソーセージは、ケーシング詰め発酵ソーセージ製造に比べると乳酸菌の生育速度は、遅い傾向にあった。これは、後者の方がケーシングへの充填量が多く、より嫌気的な環境になるためと推察された。

18°Cでの発酵は、乳酸菌数が $10^8/g$ に達するのに、6~8日間要した。pHの低下は、乳酸菌の増加傾向よりも速く進んだものの、pH5.0付近で一定化する迄に4~6日を要した。低温度域での発酵は、前報迄の35°Cでの発酵に比べ、乳酸菌の生育速度、pHの低下速度が大幅に低下するものであった。

低温度域での発酵についての条件の検討として、1)スターターの種類、2)スターター添加量、3)ブドウ糖添加量、について検討した。

表3 ビーカー詰め発酵ソーセージ (35℃発酵)でのpH、乳酸菌数推移

菌の種類	L p		P c		L s	
	pH	菌数	pH	菌数	pH	菌数
発酵開始	5.68	2.6×10^5	5.67	2.6×10^5	5.70	3.0×10^5
18時間後	5.68	1.0×10^8	5.45	2.1×10^8	5.64	1.2×10^8
30時間後	5.17	4.3×10^8	5.21	1.3×10^8	5.19	5.0×10^8
48時間後	4.96	3.8×10^8	4.97	7.0×10^7	4.98	4.4×10^8
72時間後	5.05	4.0×10^8			5.09	3.7×10^8

3-2-1 スターターの種類

これまで行ってきた試作では、35℃での発酵においては、L pはP cよりもpHの低下傾向が速いことが確認されている。18℃での発酵においてもこの傾向に変わりなく、発酵6日目最もpHが低下したとき、L pはP cよりpHが0.1低下していた。

L sの18℃での発酵では、L p、P cと比較するとpHの低下傾向は緩やかで、最もpHが低下してもpH 5.0以上であった。pHの低下が緩やかであることから、食味的な評価に期待がもたれる。

18℃という温度域での乳酸菌数の増加傾向は、3種のスターターともに差は見られなかった。

3-2-2 スターター添加量

L s スターターを通常の10倍量添加した試験区の、pH、乳酸菌数測定結果を表4に示す。

表4 スターター10倍量添加時のpH、乳酸菌数推移

	通常量添加		10倍量添加	
	pH	乳酸菌数	pH	乳酸菌数
発酵開始	5.61	6.6×10^5	5.58	1.7×10^7
2日後	5.68	2.7×10^6	5.43	1.0×10^7
4日後	5.28	8.9×10^7	5.00	3.1×10^8
6日後	5.06	2.3×10^7	4.88	3.0×10^8
8日後	5.06	2.0×10^7	4.99	3.2×10^8
14日後	5.18	8.2×10^8	5.18	1.4×10^8

添加する乳酸菌数を10倍量増加したことにより、発酵初期における乳酸菌数が著しく高く維持された。また、

pHの低下は速くなり、発酵開始から6日間は10倍量添加区の方が、pHが0.2程下回った。低温域での発酵は、乳酸菌の生育が遅く、pHの低下速度も遅くなってしまい、発酵初期段階での他の菌による汚染が懸念される。この対策として、スターター添加量を増加させることは有効といえる。

3-2-3 ブドウ糖添加量

乳酸菌の栄養源としてのブドウ糖添加量を、これまでの添加量0.3%の、約3倍量にあたる1.0%にして、pH、乳酸菌数を測定した結果を表5に示す。

乳酸菌数は、ブドウ糖1.0%添加区では、発酵4日目に、 10^8 /g オーダーに達したのに対し、0.3%添加区では、6~8日を要した。これはブドウ糖添加により乳酸菌の増殖が進んだことを示している。pHは、0.3%添加区は発酵6日目にpH 4.83 (L p) ~5.06 (L s) で下げ止まり、以降若干上昇した。これに対し1.0%添加区では、発酵6日目以降も下降し最終的にはpH 4.57~4.67迄低下した。

0.3%添加区で確認された、発酵後期のpH上昇は、タンパク質分解で生じた塩基性成分(アンモニア、塩基性アミノ酸)による^{4, 5, 6)}と推察される。乳酸菌発酵が過度に進行した場合、pHは上昇傾向に転じるが、ブドウ糖添加量を多くし、酸の産生量を多くすることにより、pHの上昇傾向を抑制出来ることが示唆された。しかしながら、最終的なpHが、4.5~4.7迄低下してしまうのは食味上好ましくはない¹⁾。ブドウ糖の添加量は、pH

表5 ブドウ糖1.0%添加区のpH、乳酸菌数結果

菌の種類	L p		P c		L s	
	pH	菌数	pH	菌数	pH	菌数
発酵開始	5.58	1.7×10^5	5.58	7.7×10^5	5.60	5.9×10^5
2日後	5.64	1.7×10^5	5.65	3.6×10^7	5.67	2.3×10^6
4日後	5.03	2.4×10^8	5.11	6.2×10^8	5.29	1.1×10^8
6日後	4.66	4.7×10^8	4.82	4.6×10^8	5.02	2.4×10^8
8日後	4.55	4.8×10^8	4.69	4.9×10^8	4.94	3.2×10^8
14日後	4.57	5.5×10^8	4.67	2.5×10^8	4.64	9.2×10^8

の下げ過ぎによる食味への影響を考慮し、かつ発酵後期のpH上昇を抑えられる様、スターターの種類や発酵ソーセージの形態に応じ、適宜添加量を調整する必要があった。

3-2-4 発酵期間中のpHと乳酸・酢酸量との関連

ブドウ糖及びスターターの添加量を通常量とする18℃発酵品について、乳酸菌の産生する主要な酸である、乳酸・酢酸量を測定した。その結果を図3に示す。

14日間の発酵で乳酸は、1.5~2%になったのに対し、酢酸はその1/10以下であった。今回の試験では、LpとPcの乳酸量は発酵6日目にその量が一定化した。これは、乳酸菌が乳酸発酵の栄養源であるブドウ糖を消費してしまったことによる。一方、前記のタンパク質分解による塩基性成分の生成が進むことから、pHは下げ止まり後、上昇に向かうことになる。

ブドウ糖添加量と乳酸量の関連を調べるため、ブドウ糖1.0%添加品の乳酸量を測定した。ブドウ糖1.0%添加品、及びその対照品としてのブドウ糖0.3%添加品の結果を図4に示す。

1.0%添加品は、3種類の菌株とも14日の発酵期間中に乳酸量が一定化することなく増加し続けた。菌の活性が充分であれば、乳酸の産生量は添加ブドウ糖量に比例すると考えられ、これを裏付ける結果となった。

4 結 語

発酵温度を18℃に設定し、Pcをスターターとする発酵ソーセージの試作を行ったところ、21日間の発酵・熟成によって、食品衛生法の常温保存流通条件を満たす製品を得ることが出来た。

つぎに、実験室レベルでピーカー詰め発酵ソーセージを調製し、低温発酵条件の検討を行った。その結果、スターター添加量を増加させるとpH低下速度が速まり、ブドウ糖添加量の増加は最終的なpHを低下させることがわかった。

ブドウ糖の添加量は、pHの下げ過ぎによる食味への影響を考慮し、かつ発酵後期のpH上昇を抑えられる様、スターターの種類に応じて添加量を調整する必要があることが示唆され、今後の課題とされた。

本研究にあたり、乳酸菌を分譲してくださいました、(株)秋田今野商店、今野宏専務取締役に感謝いたします。

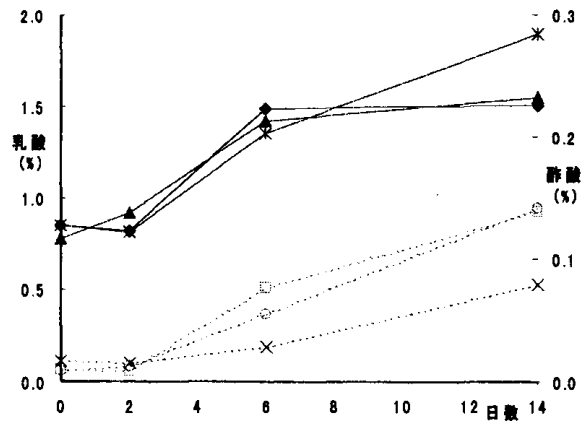


図3 発酵期間中の乳酸、酢酸量の推移 (18℃発酵、ブドウ糖0.3%)

● Lp: 乳酸 ▲ Pc: 乳酸 * Ls: 乳酸
 Lp: 酢酸 Pc: 酢酸 Ls: 酢酸

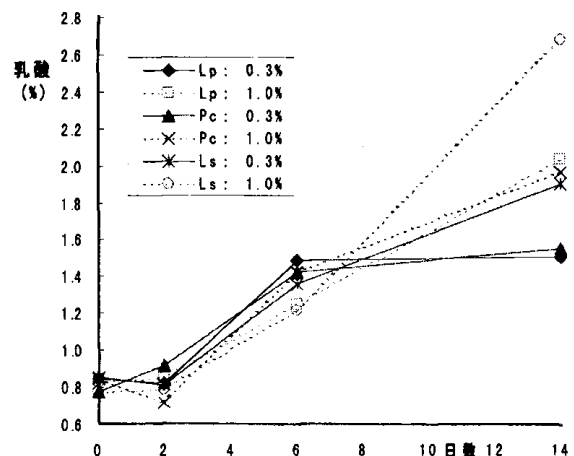


図4 発酵期間中の乳酸の推移 (18℃発酵)

文 献

- 1) 武山進一, 荒川善行, 伊藤崇, 中井博康: 岩手工技セ研報, 2, 107(1995)
- 2) 武山進一, 荒川善行, 伊藤崇, 中井博康: 岩手工技セ研報, 3, 137(1996)
- 3) 加藤丈雄, 土井梅幸, 米山由紀子, 杉本勝之, 中村良: 日食工誌, 41, 108(1994)
- 4) 沼田正寛: 食肉の科学, 35, 171(1994)
- 5) Demeyer, D. I. and Verplaetse, A.: J. Sci. Food Agric., 36, 1345 (1985)
- 6) Demeyer, D. I. and Verplaetse, A. and Gistelinc, M.: Proc. 33th Int. Congress Meat Sci. Technol., p. 241, Helsinki(1987)

イントラネット／インターネットを利用した情報提供

藤澤 充^{*1}、武山 進一^{*2}、長谷川 辰雄^{*3}、
斉藤 博之^{*4}、ネットワーク委員会^{*5}

所内限定版ホームページによるイントラネットの運用を開始し、情報伝達の確実性及び迅速性が確保されつつある。一方、外向けホームページには岩手オリジナル技術の動画及び静止画コンテンツの追加と所内データベース検索機能の追加を行い、岩手の技術と公設試の役割を全国的にアピールした。本報告では、それらのこれまでの経緯と今後の計画について述べた。

キーワード：インターネット、ホームページ、イントラネット、動画、データベース検索

Information Services by Using Intranet/Internet

FUJISAWA Mitsuru, TAKEYAMA Shinichi, HASEGAWA Tatsuo,
SAITO Hiroyuki and Network Committee

By the intranet using homepages limited in our LAN, we are able to getting the informations announced accurately and rapidly. In our homepages of internet, we added the contents presenting the original technique of Iwate by several photos and movies, and the function searching our databases directly and easily, as a result, we appealed the original technique and the role of Kousetsusi widely. In this report we refer the experience of our network system development and some future plans.

key words : internet, homepage, intranet, movie, database searching

1 結 言

平成7年10月に岩手大学との間をデジタル専用回線でインターネット接続してから、メールやWWW(World Wide Web)などの基本機能の活用によって、大学や他の試験研究機関との共同研究や情報収集を国際的に進めてきた。更に、平成8年1月からホームページ (<http://www.kiri.pref.iwate.jp/kiri/> 図1) を開設し、外部への情報提供を行うことによって、徐々にではあるがインターネット技術の蓄積がなされ、かつ全所的な利用環境及び利用意識の向上が図られつつあった。そこで、平成8年度にはインターネット技術を利用した内部業務の効率化と外部への情報提供の強化を目指し、6月からの所内限定版ホームページの運用、国庫補助技術情報提供事

業（公設試験研究機関等の技術者・研究者向けのインターネット用の情報提供ソフトを整備し、情報提供や新技術紹介等により中小企業の技術交流を推進する）として、ホームページへの岩手オリジナル技術の動画コンテンツの追加及び所内データベース検索機能の追加を行った。本報告では、ネットワーク委員会による活動成果と技術情報提供事業推進の概要について紹介する。

2 開発内容及び方法

2-1 所内限定版ホームページによる業務推進

インターネット技術の蓄積と所内の利用環境整備及び利用意識向上に伴って、電子メールだけではなく、所内限定版ホームページを利用したイントラネットの構築が

*1 企画情報部（現在電子機械部）

*2 食品開発部

*3 電子機械部

*4 企画情報部

*5 当センター内（各部員から構成）

必要となり、また、イントラネット/インターネットの日常的利用による所内業務の効率化を図る必要に迫られていた。第1期として、具体的には表1に示すようなサービスを開始した。

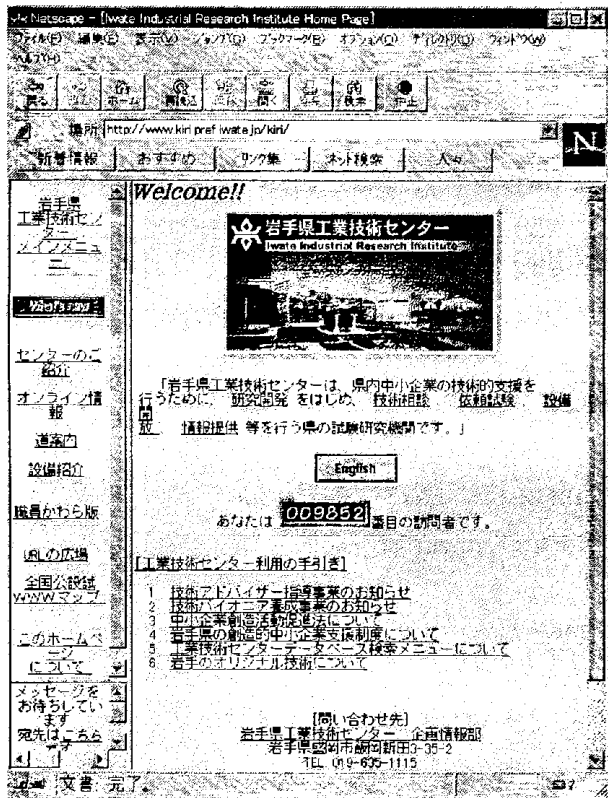


図1 当センターホームページメイン画面

表1 業務提供サービス一覧

N	主なサービス項目	更新方法、頻度等
1	意見交換コーナー (直接所長への伝言等)	CGI方式、随時
2	ヘッドラインニュース (最新情報の目次)	CGI方式、随時 ※
3	予算執行状況 (Lotusファイルダウロード)	仮想ドライブ、週末
4	総務部&企画情報部 からの最新情報提供	ファイル共有、随時
5	所部長及び所内行事 スケジュール	ファイル共有、週始め
6	メールアドレス、内線 電話番号簿、職員顔写真、みんなの広場等	ファイル共有、随時

※ 希望者には、自動的に更新内容のメールが配送

イントラネット導入成功のポイントは、提供情報更新作業の簡素化と利用習慣の定着化に尽きるが、前者につ

いては、利用者がホームページ画面上に直接記入可能なCGI (Common Gateway Interface) 方式、パソコンのハードディスクに書き込む感覚で共有データをUNIXサーバに保存する仮想ドライブ方式 (Windows3.1の場合)、パソコンとUNIXサーバとのファイル共有を実現するフリーソフトの活用 (Windows95ではsamba、マッキントッシュではCAP) により実現している。後者については、一人1台のパソコン保有化・ネットワーク設定・最低限必要なソフト (メーラとブラウザ) の導入等による利用環境の整備、未利用者への啓蒙・教育が重要であり、また、ネットワーク委員など熟練者による初心者支援が必要不可欠である。日常利用している所内限定版ホームページのメイン画面を図2に示す。

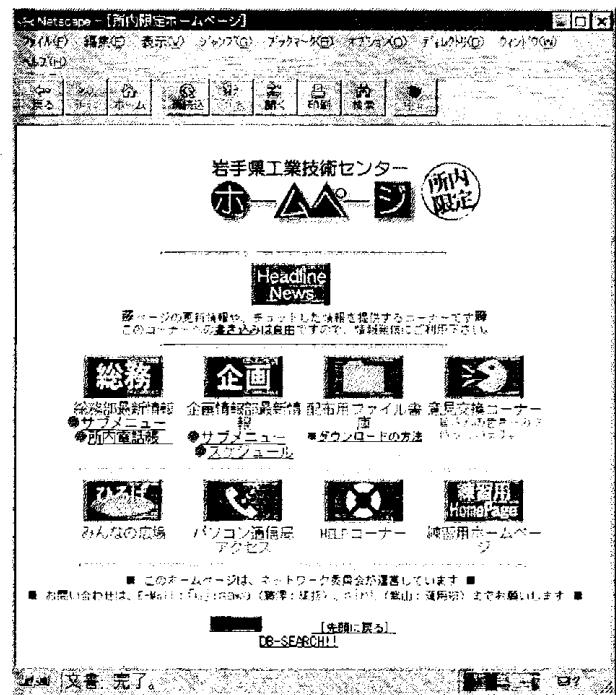


図2 所内限定版ホームページメイン画面

2-2 ネットワーク利用所内アンケート調査

インターネット接続から1年余り、イントラネット導入から8ヶ月経過した97年1月、今後の改善を図るために、所内の全職員を対象にインターネット/イントラネットの利用状況及び意識調査を実施した。なお、アンケート様式は回答のしやすさと集計を考慮して、択一式とした。

回答率は70名中56名が回答し、80%であった。詳細は以下のとおりであるが、[]内の%は56名中の数値である。

①利用状況

- ・ネットワーク接続：46名 [82%]

- ・電子メール利用 : 45名 [80%]
 - 利用頻度 毎日 13名 (29%)
 - (45名中) 週に数回 17名 (38%)
 - 月に数回 10名 (22%)
 - 経験有り 5名 (11%)
 - 主相手先 研究機関 14名 (31%)
 - (45名中) 所内 12名 (27%)
 - 大学 8名 (18%)
 - 企業他 11名 (24%)
 - ML参加 なし 19名 (42%)
 - (45名中) 1 6名 (13%)
 - 2~ 4名 (9%)
 - 5~ 1名 (2%)
 - わからない 15名 (34%)

※メールを利用しない理由 (名)
 使い方不明3、不必要3、環境不備2

- ・WWW利用(外部) : 42名 [75%]
 - 利用頻度 毎日 7名 (17%)
 - (42名中) 週に数回 12名 (29%)
 - 月に数回 16名 (38%)
 - 経験有り 7名 (17%)
 - 主相手先 メーカー 15名 (36%)
 - (42名中) 研究機関 7名 (17%)
 - 大学 2名 (5%)
 - その他 18名 (43%)

※WWWを利用しない理由 (名)
 使い方不明5、不必要2、環境不備2

- ・イントラネット利用 : 49名 [88%]
 - 利用頻度 毎日 10名 (20%)
 - (49名中) 週に数回 22名 (45%)
 - 月に数回 13名 (27%)
 - 経験有り 4名 (8%)
 - 主な項目 お知らせ 47名 (96%)
 - (49名中) 予算執行 32名 (65%)
 - 行事予定 30名 (61%)
 - 意見交換 20名 (41%)

※イントラネットを利用しない理由 (名)
 使い方不明2、環境不備2

②主な意見

- ・ネットワーク委員会の活動を歓迎・応援する。
 42名 [75%]
 好きにやってほしい。 7名 [13%]
- ・ネットワーク成功のポイント
 トップの方針 15名 [27%]
 ユーザの参加 12名 [21%]

- 熟練者の存在 8名 [14%]
- 担当部の努力 6名 [11%]
- わからない 15名 [27%]

- ・ネットワーク委員会の体制
 現状のまま 24名 [43%]
 専門部署設置 18名 [32%]
 わからない 13名 [23%]

- ・外部及び内部業務に係る情報提供サービスの充実 [所外用25名、所内用19名]

- ・今後の課題
 端末の整備 (1人1台) 18名 [32%]
 日常業務への利用 15名 [27%]
 使いやすいシステム作り 11名 [20%]
 ユーザ啓蒙・教育 6名 [11%]

- ・講習会受講希望 (WWW、ファイル転送)
 23名 [41%]

アンケートの結果、その時点では未回答者を含む24名がネットワーク未接続であり、パソコン環境整備予算確保と初心者支援がまだまだ不足していること、また、電子メールをはじめ、WWWやファイル転送などの初心者教育が必要なこと、さらに、イントラネットに関しては、利用率は比較的高いが、見るだけで積極的に書き込む意識が低いことがわかった。

2-3 外向けホームページの充実によるサービス向上

平成8年度国庫補助技術情報提供事業(委託)として、外向けホームページに以下の2つの機能を追加して、サービスの向上を図った。

①岩手オリジナル技術工程の動画発信

岩手オリジナル技術とそれに関わる技術支援機関としての岩手県工業技術センター活動PRのため、動画レベルでのコンテンツ作成を行った。

選択した技術は、当センターと関わりの深い技術の中から、6つの伝統技術(7企業+所内)と13の先端技術(10企業+所内が9、所内のみが4)、また消費動向として物産展1の合計20項目であるが、具体的には表2に示すとおりである。

個々の技術のページは、概要、工程、製品、取材企業及び当センターとの関わりから構成される。

制作作業として、内容・スケジュールの立案調整に約1ヶ月、企業の製造工程及び所内の研究・依頼試験の撮影取材に映像会社のディレクター・カメラマン・アシスタントの3名と職員2~3名、合計5~6名で正味約10日(この間約2ヶ月)、説明用テキスト情報作成・写真及び動画選択に職員2名で正味約2週間と動画の切り

表2 岩手オリジナル技術の発信項目

分類	発信項目
伝統技術	南部鉄器、南部杜氏、漆工芸、岩谷堂筆筒、ホームパン、味噌・醤油
先端技術	盛岡冷麺、3次元CT、精密金型、トリアンテオール、コンピュータデザイン、ADI熱処理製造、雑穀利用、食肉加工・廃棄物利用、製パン、超電導、産業廃棄物リサイクル再生、プラズマ溶射ホット、EMC(電磁気環境両立性)
消費動向	第27回大岩手展(日本橋高島屋)

分け及びデジタル化に映像会社が約1週間(この間約1ヶ月)、画像取り込みやHTML(ホームページ記述言語)によるコンテンツ作成にソフト会社が約1ヶ月で、11月から3月まで合計約5ヶ月を要した。細かな修正はその後も発生している。

URL(ホームページアドレス)は、右記のとおりであるが、そのメイン画面を図3に示す。各々のページに埋め込んだ動画サイズは1ヶあたり約300~500Kバイト(120×90ドット)で、読み込み時間は64Kbpsの速度で2~3分位かかる。動画形式はQTmovieとAVI形式で、ActiveMovieかQuickTimeソフトで再生時間は約10秒である。

②所内データベースのWWW検索

これまで外部公開されていない所内データベース(O-RACLE7ソフトを使用)を一般公開するため、ホームページ上から検索可能とする機能を追加した。検索可能な所内データベースは表3に示す4項目である。

URL(ホームページアドレス)は、右記のとおりであるが、検索4画面を図4-1~4に示す。但し、検索結果は現在テキスト情報のみである。

表3 検索可能な所内データベース

N	項目	概要及び登録件数
1	研究報告	H5~H7年度に実施した研究成果の概要と本文 75件
2	専門図書	H7年度までに購入した蔵書専門図書 1942冊
3	定期刊行物	H6年度~現在までの他組織の技術資料等 5206冊
4	試験機器	現在保有の主要設備の概要と主な仕様・構成 83台

<http://www1.kiri.pref.iwate.jp/ORGmenu.html>

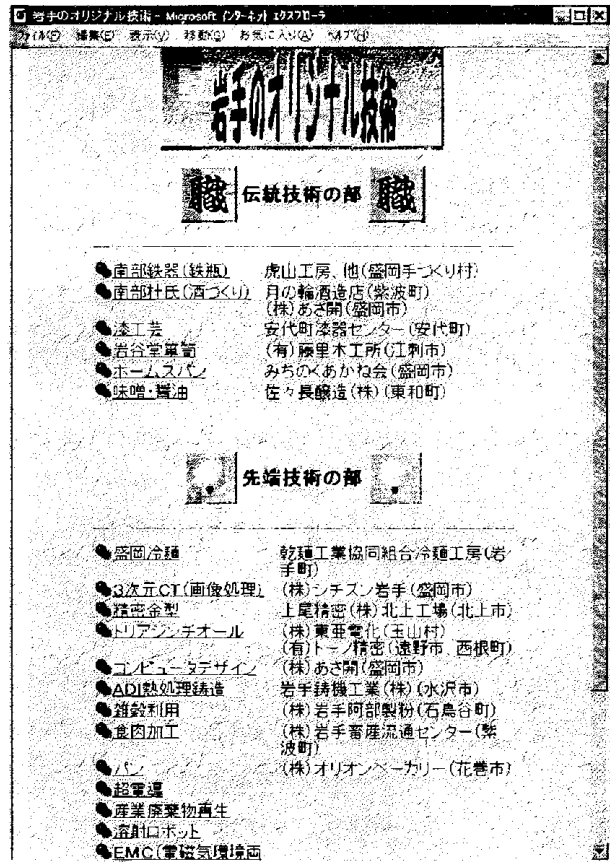


図3 岩手オリジナル技術発信のメイン画面

<http://www1.kiri.pref.iwate.jp/DBmenu.html>

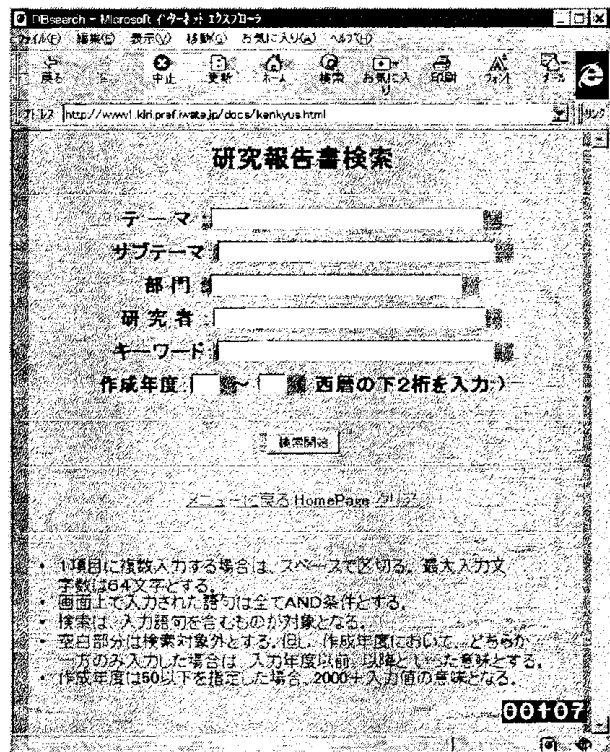


図4-1 研究報告書検索画面

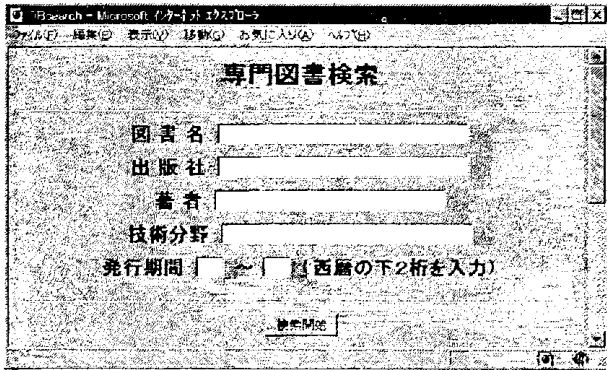


図 4 - 2 専門図書検索画面

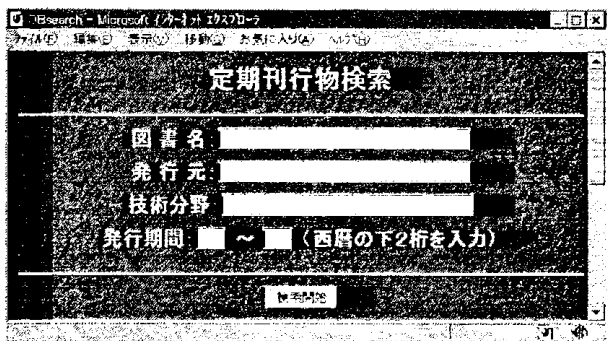


図 4 - 3 定期刊行物検索画面

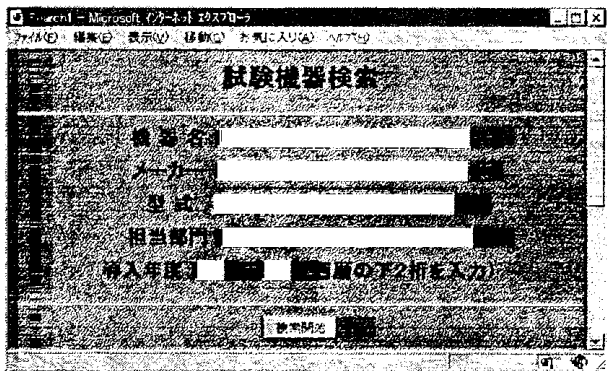


図 4 - 4 試験機器検索画面

3 結果及び考察

所内限定ホームページの設置により、所内情報伝達の確実性及び迅速性が確保されつつあるが、その定着には、提供情報更新を容易な方式にすることと、職員の日常的利用習慣とすることがポイントである。前者は現状の方式構築により、情報提供者負荷軽減により頻繁に情報を更新できるようになった。また、後者は情報更新頻度の増加に伴い、おのずと利用者のアクセス頻度も増加した。

外向けホームページの情報発信機能強化によるサービス向上に関しては、平成8年1月開設以来、コンテンツを徐々に更新及び追加してきたが、今回の技術情報提供事業の前述2項目の追加により、岩手のオリジナル技術と当センターとの関わりを動画レベルでアピールするこ

とができた。また、岩手県の技術及び公設試としての岩手県工業技術センターの存在を全国的に知ってもらう強烈なインパクトを与えることができた。さらに、今まで公開されていない所内データベースをホームページ上から容易に検索可能とすることで、工業技術センターをインターネットで利用されることを期待している。

4 今後の課題及び展望

端末がほぼ一人1台になりつつある現在、残された最大の課題は、未利用者への啓蒙・教育である。その他にグループウェアによる容易なスケジュール管理の実現やファイアーウォール導入によるセキュリティ強化などがある。また、情報誌発行などの広報活動によって、インターネットを利用したサービス機能の一般への周知が不可欠である。さらに、個々の課題として操作性の向上も必要であるが、一般的に普及している64Kbps以下の回線速度では動画情報読み込みにかかなりの時間がかかるため、画像サイズと表示時間をかなり小さめに押さえたが、1つの動画を読み込むのに2～3分かかる。現状では、これ以上解像度を落としたり、サイズを小さくする訳にはいかないので、今は読み込みをじっと待ってもらるか、将来の回線利用料金の大幅な引き下げによる社会一般の回線速度の向上を期待するしかないと思われる。

岩手オリジナル技術の各ページは今回取材した画像と説明用テキストのみで構成されているが、当センターとの関わりの中に研究及び実験データ等のコンテンツも徐々に追加していく考えである。また、所内データベースの継続的な蓄積は勿論、データベース検索結果に図表や写真データも追加していきたいと考えている。

これらの課題の解決をはじめ、更に使いやすいシステムづくりのために、平成9年度以降の次期ネットワーク委員会活動に期待したい。

最後に、少ない予算の中で無理難題に応じてくださった委託会社、特に、全般を管理してやりくりしてくださった(株)岩手ソフトウェアセンター、代表者として実質的に惜しみない調整及び作業をしてくださった(有)アサヒプロダクツの古戸さんと(株)アイシーエスの小形さん、センターLANの絡みもあってかなり厳しい注文を聞き入れてくださった(株)東芝及び東芝岩手電機(株)に深く感謝申し上げます。

また、快く取材に応じてくださった県内企業、年度末の多忙の中取材対応及び取材同行してくれた研究員の方々に感謝します。

視覚センサーを併用したロボットのワークハンドリング*

若槻 正明**、和合 健**、相原 孝彦***

NC旋盤加工のワークハンドリングへロボットを適用する場合、ワーク着脱時のワーク形状に応じた位置決めが難しいことから、掴み部が単純な同一形状の部品加工のみへ使用されることが多く、大半が専用機化してしまう。しかし、これは加工部品の多品種小ロット化の現状にあわず、機械加工へのロボットの導入を難しくしている。この問題を解決するため、視覚センサーにより、ワークの形状や姿勢の判断、ならびに旋盤のコレットチャックの取り付け位置や取り付け形状の判断を行い、ワークを供給する検討を行った。この結果、形状による位置合わせが必要なワークをロボットで供給することを可能とした。

キーワード：NC加工機、視覚センサー、ロボット、ワークハンドリング

Robots Control System for Work Handling with Image Sensor

WAKATUKI Masaaki, WAGO Takeshi and AIHARA Takahiko

When a robot attaches a work which have complicated shape to NC machine, it is a problem to suit the location of a work with the collate chuck position. Therefore robots use in handling for only same shape works and almost use for mass production. This is unsuitable for small-sized production and it is difficult to lead robots for work handling to manufacturing by using machine. In order to settle this problem, we try to control robot by personal computer connected with image sensor.

key words : NC machine, image sensor, robots, work handling

1 結 言

現在、(有)小林精機ではNC旋盤とロボットを連動させ半自動で部品加工を行っている。しかし、加工部品点数は約3000種類あり、部品形状に応じた着脱時の位置合わせが難しく、ロボットを使用して加工できる部品は

限られる。

図1(a)は、現在ロボットを使用して加工を行っているワークとコレットチャックの形状である。図1(b)は新たにロボットを使用して加工を行うことを検討しているワークとコレットチャックの形状を表している。これらワークの形状はどちらも内側が円形であり、ロボットのハンドで掴むことの困難さはないが、ワークをNC加工機に取り付ける際のコレットの形状に対してのワークの位置合わせが問題となる。図1(a)に示すワークの場合は、円筒形のワークの保持に広く使用される4～8分割のスリ割りコレットで掴めるが、図1(b)に示すワークはこの図のようにワーク形状に合わせた彫り込みを入れた特別なコレットでしか掴むことができない。

NC加工機は、コレットを毎回同じ位置で停止させる

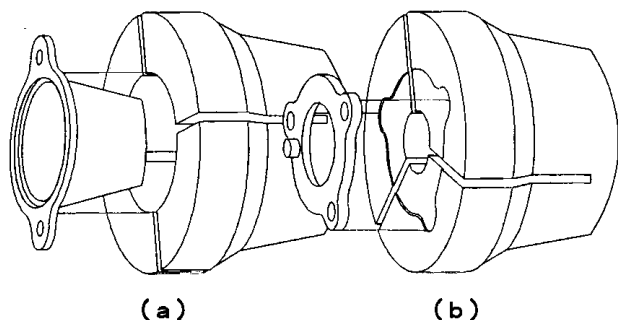


図1 加工ワークとコレットチャックの形状

* コンピュータ利用による生産技術のシステム化

** 電子機械部

*** (有)小林精機

ことはできるものの、その停止位置が少しでもずれるとコレットと取り付けワークの姿勢が不一致となりワークを取り付けることができなくなる。このことから、このワークとコレットの位置合わせの問題を解決するため、視覚センサを併用してコレットの停止位置(姿勢)を認識し、コレットが任意の位置で停止した場合であっても、その停止位置の形状に合わせ、ロボットで取り付けワークの姿勢を制御し供給する方法について検討した。この結果、図1(b)に示すワークのロボットでの供給が可能となるとともに、非対象異形状のワークのロボットでのワークハンドリングへの適用も可能となった。

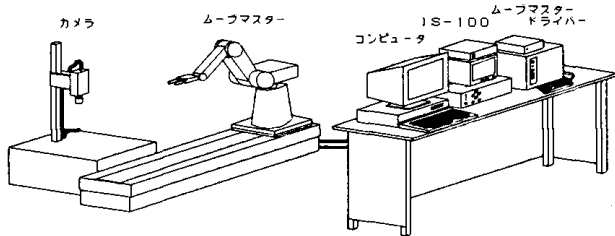


図2 実験システムの概要

2 実験装置

図2に、今回の研究で使用した実験システムを示す。パソコンはPC-9801(NEC製)、視覚センサは画素数256×240のIS-100(ムーブマスタービジョン、三菱電機製)、ロボットは5自由度多関節型のRV-M2(ムーブマスター、三菱電機製)を使用した。

パソコンにはRS-232C増設用のインターフェースボードが組み込まれており、これとロボット(ムーブマスター)ドライバーが接続されている。また、パソコン標準装備のRS-232CのポートとIS-100(視覚センサ)が接続されている。これらを用いてワーク姿勢形状の認識、コレット彫り込み形状の認識と位置の判定ならびにロボットでのワークの供給の実験を行った。

3 ワーク姿勢の検出

ワークの状態の検知は、まず、二値化処理した画像データから重心座標 G_0 を読み出し、この重心座標 G_0 を基に計算により内円の中心 O を求める。次に、この求めた中心 O から水平方向へ半径18mmの円周(穴①、②、③を通る円)上の P 点から反時計方向へ360度計測し、このワークの特徴である3つの穴を検出する。なお、 P 点がワーク上または、検出する穴の上にあった場合には360度以上計測する。その上で検出された穴の間隔を、予め記憶しているワークモデルのデータと比較し穴の識

別を行う。

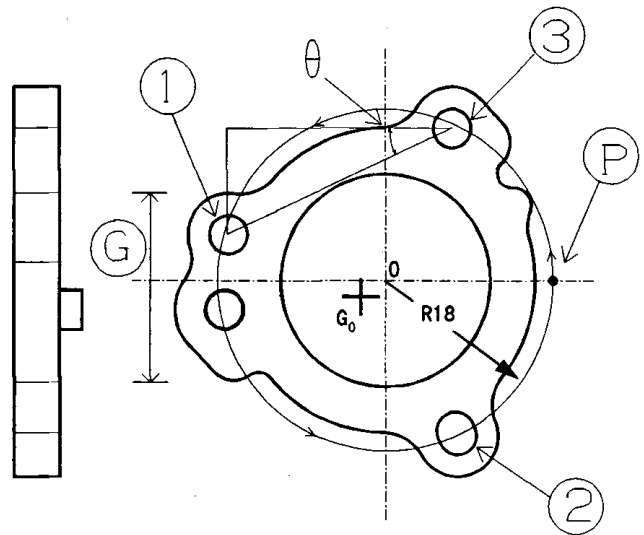


図3 ワークの検出

次に、計測によって得られた穴の円周上の2点(半径18mmの円との交点)の座標と穴円周上の3点目の座標を計測し、これら3点の座標から各々の穴の中心を計算により求める。このとき、ワークの耳幅が最も大きい部分 G の穴を1番とし他の穴は2番、3番とする。1番と3番の穴の中心からラインを引き、そのラインの水平軸に対する傾き θ を計算により求めこによりワークの姿勢を判定する。(図3参照)

4 コレットチャック停止位置判定アルゴリズム

コレットチャックの位置判定は、ワークを把持する3カ所の耳部の形状に依存する特徴を捉えることで行った。図4に示すように、各耳部の形状の特徴を捉えることができる同一サイズのウインドウを設定し、図5の例に示すように、二値化されたこのウインドウ内の画像メモリ配列の総和により判定する方法とした。

すなわち、設定ウインドウにおいて

$$(a) \text{ 部の二値の総和 } \sum \sum M_{ij} = a$$

$$(b) \text{ 部の二値の総和 } \sum \sum M_{ij} = b$$

$$(c) \text{ 部の二値の総和 } \sum \sum M_{ij} = c$$

とした場合、これらの関係が

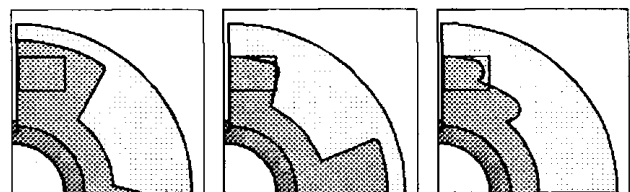


図4 ウインドウの設定

	M_{00}	M_{01}	M_{02}	...	M_{09}			
M_{00}	1	1	1	1	1	0	0	0
M_{10}	1	1	1	1	1	1	1	0
M_{20}	1	1	1	1	1	1	1	0
⋮	1	1	1	1	1	1	1	0
⋮	1	1	1	1	1	1	1	0
⋮	1	1	1	1	1	1	0	0
⋮	1	1	1	1	1	1	0	0
⋮	1	1	1	1	1	1	1	0
M_{90}	1	1	1	1	1	1	1	1

メモリ配列総和
 $\sum_i \sum_j M_{ij} = 83$

図5 メモリ配列の総和算出例

$$a > b > c \quad \dots \dots \dots (1)$$

となるようにウインドウを設定することにより判定を行う。
 各耳部の位置の対応関係は決まっているので、この関係から一つのウインドウの値を求めることにより、それぞれの位置関係を求めることが可能となる。

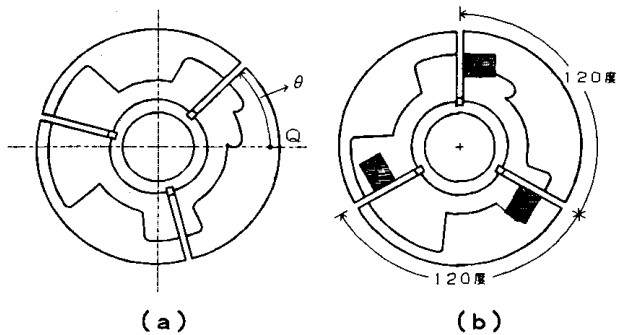


図6 コレットチャックの検出

実際の処理手順は、図6 (a) のようにセンサーが起動したときに、コレットチャックの中心から半径27mmの円周上を、中心を基点とした水平軸上のQ点から反時計回りの方向へ1度ずつデータを取り、コレットチャックの3カ所あるスリ割り部の任意のスリットを検出する。このスリット位置が計測開始位置(中心とQ点を結ぶ線上)から90度傾けた位置にアフィン変換により画像を回転させる。次に図4 (b) のように各耳部に設定したウインドウ内の画像メモリ領域が常に一定の領域を捕らえるように、このスリ割りを基準として二値化されたワークを120度ずつ回転させることにより、ウインドウ内の二値化メモリ配列の総和を求め、(1)の関係から位置関係の把握をするとともに前もって入力しているデータと比較してコレットチャックの傾きをθを計算によ

り求める。

コレットチャックの中心は加工機に取り付けた際に決定され、特別なことがない限り位置ズレを起こすことはない。従って、CCDカメラで捕らえた映像視野範囲において常に同じ位置を中心として設定することが可能である。このことから、予めカメラ視野内におけるコレットチャックの中心位置を求めておきデータとして記憶することにより、アフィン変換による回転中心を常にこの位置として処理する。また、このコレットチャックの各耳形状部の理論的二値化メモリ配列の総和も予め求めておき、外乱などによる影響がある際の判定基準とする。

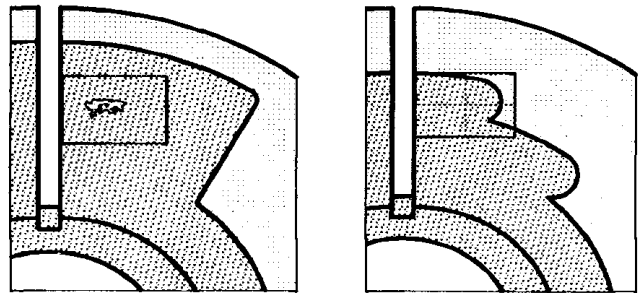


図7 外乱の影響による値の似かよりの除去

すなわち、図7に示すように外乱などの影響により値が不確定となる場合があり、これら3つのウインドウの値が似通った値となり、それぞれが特定できないことがある。このような場合、図8に示すように設定ウインドウを4分割し、この4分割したそれぞれのウインドウごとの総和を求め、予め記憶しておいた参照モデルとの領域ごとの比較を行う。また、これでも特定できない場合にはさらに4分割し、同様にそれぞれのウインドウにおける二値メモリの総和を求める。このようにすることで、値に影響を及ぼす領域が本来なら取り得ない値となっている部分がある場合には、外乱による影響として、この領域に対して1でマスクすることにより全体の値を修正

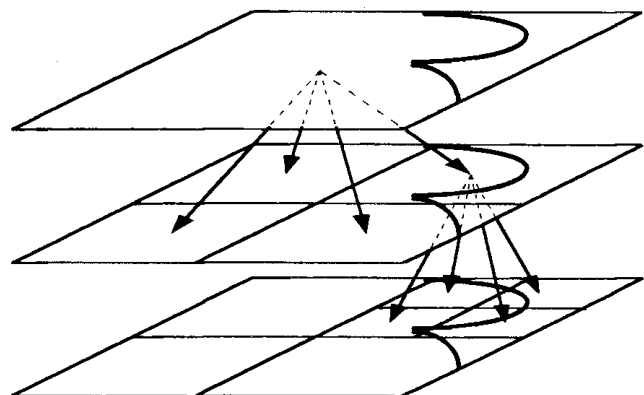


図8 ウインドウの4分割(4分木法)

することが可能となる。このように3カ所の特徴的な形状に着目し、これらの区別が可能となる一定の大きさを持つウインドウを設定し、その領域内の二値画像の算術和を形状判定基準とすることにより、処理の高速化を図った。

5 ロボットの制御

図9にロボット座標とセンサー座標の相対位置関係を示す。視覚センサー座標とロボット座標の対応付けは、視覚センサーのX座標、Y座標の0点をロボットのティーチングボックスで教示して対応付けを行った。したがって、ロボットがワークを掴みに行くとき、また、コレ

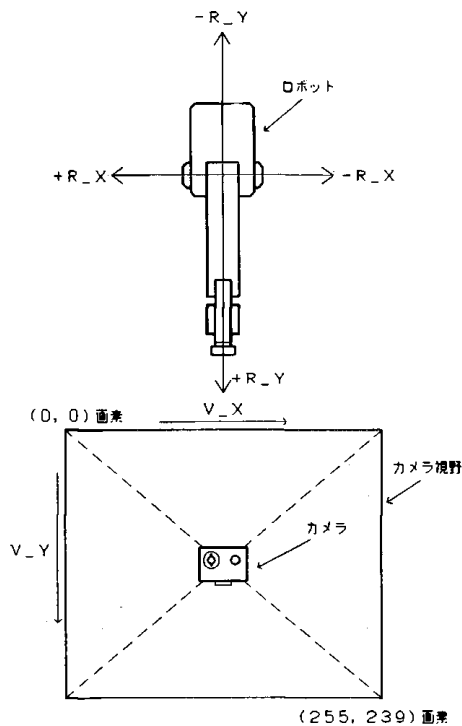


図9 ロボット座標とセンサ座標

ットチャックにワークを供給するときには、このティーチングボックスで教示したポイントを基準にして動作する。

ロボットがワークを掴むための位置決めを行う動きは、ワークの位置へアームを移動させ、アームの下降、ワー

クを掴む、アームの上昇と4つの動きが必要となる。

また、ロボットがコレットチャックへワークを供給するための位置決めを行う動きも掴む動作と同様、コレットチャックの中心位置へワークを掴んだアームを移動させ、ワークのセット、ワークを離す、アームの戻りと4つの動きが必要となる。このことから、以下のような処理を行うプログラムを作成した。

視覚センサーでワーク識別処理の完了後に、視覚センサーから送信されるワークの重心、傾きなどの位置データをパソコン側で受信し、ロボット座標に変換する処理を行う。これをもとに、ロボットドライバーの任意の位置データから上述の8つの動きに伴う位置データへ自動的に書き換えを行う。以上により、ワークの検知からワークをコレットチャックにセットするまでの一連の動作を行う。

6 まとめ

視覚センサーによりワーク把持チャックの停止位置ならびにワーク姿勢を認識することで、形状による位置合わせが必要なワークのロボットでの自動供給を可能とした。チャック取り付け部の特徴を捉えたウインドウを設定し、この領域の二値メモリの総和を求め比較することにより姿勢判定処理の高速化を図った。ロボットの制御は、視覚センサーの位置データをロボットドライバーのデータへ自動書き換えを行うことにより制御した。

なお、本研究は平成8年度技術パイオニア養成事業ORT事業で実施したものである。

文 献

- 舟久保登：視覚パターンの処理と認識，啓学出版
- 長谷川純一ほか：画像処理の基本技法，技術評論社
- IS-100ムーブマスター・ビジョン取扱説明書，三菱電機（株）
- IS-100VM-BASIC文法説明書，三菱電機（株）
- RV-M2ムーブマスター取扱説明書，三菱電機（株）
- 高橋正明ほか：機械技術，日刊工業新聞社，6，1996

レーザー変位計を利用した工具損耗の測定*

若槻 正明**、堀田 昌宏**
飯村 崇**、野川 健***

著者らは、加工システムの稼働中の不良の低減を図るため、近年安価となり取り扱いが容易である非接触式のレーザー変位計に着目し、これにより常時加工工具の状態を監視し工具の損耗を自動で検知するシステムの開発を行った。この結果、通常の変位置測定に受光量測定を加味することで、工具損耗の検知が可能であることを確認した。

キーワード：測定、工具損耗、レーザー変位計、

Measurement of Tool Failure Using a Laser Sensor

WAKATUKI Masaaki, HOTTA Masahiro, IIMURA Takashi
and NOGAWA Takeshi

In order to reduce defective works on machine, we try to make a system which always keeps monitoring the state of tool and detecting tool wearing. Main component of the system is a laser distance meter which is obtained at low cost and easy to handle. We confirmed that it was possible to detect the tool wearing by measuring the distance added with the measurement of the total amount of scattered light.

key words : measurement, tool failure, laser sensor

1 緒 言

無人加工を行う際、システムの稼働中に不良が発生するとその数が膨大な量となる可能性がある。一方、加工を行う際、初期調整を行った後の加工不良の多くは加工工具の摩耗や損傷により発生する場合が大半である。したがって、加工工具の摩耗と損傷をいち早く検知できれば、大半の不良を防止できると考えられる。

このことから、著者らは、加工中の不良の低減を図るため、加工工具の状態を常時監視し工具の損耗を自動で検知するシステムの開発を行うことを目的に、近年安価となり取り扱いが容易である非接触式のレーザー変位計に着目し、これを利用して工具の損耗を検知することが可能か検討した。この結果、通常の使用方法である変位置のみの測定では、面の状態などの影響も受け損耗部の検知は困難であるが、受光量測定を加味し、未使用状態の工具とを比較することで損耗の検知が可能であることを

を確認した。

2 実験装置および実験方法

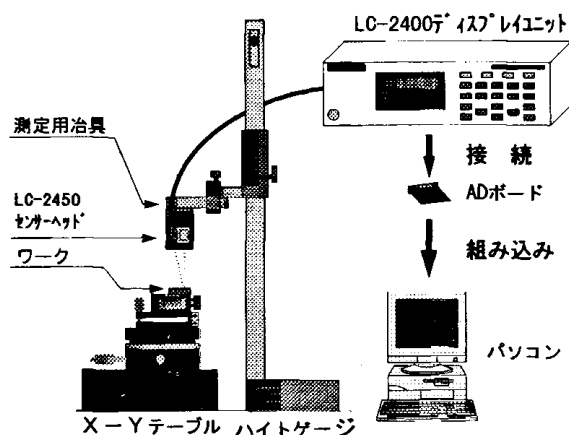


図1 実験装置の概容

* コンピュータ利用による生産技術のシステム化
** 電子機械属部
*** (有)小林精機

表1 使用したレーザー変位計の仕様

ディスプレイユニット	LC-2400	
測定範囲	±8mm	
作動距離	50mm	
光源	半導体レーザー	
	波長	670nm
	出力	最大1.9mW 平均950μW
	クラス	クラス2
ヘッドタイプ	拡散反射タイプ	
分解能	0.5μm	
最小スポット径	45×20μm	
アナログ出力変位出力	±10V	
受光量出力	0~5V	

数種類の異なる仕様のレーザー変位計による予備実験から、本報では最小スポット径が45×20μm、測定範囲が±8mm、拡散反射タイプのKEYENCE社製のLC-2450を用いた。表1にこのLC-2450の仕様を示す。

実験は図1に示すようにセンサーヘッドをハイトゲージに、被測定物を傾斜機能付きのX-Yテーブル上にそれぞれ固定し、テーブルの移動により高さ方向の変位量の測定を行った。また、この測定データはセンサーからのアナログ出力をA/Dボードを介してパソコンに取り込み処理を行った。まず、レーザー変位計の特性を調べるため、被測定物の面の影響、形状による影響について

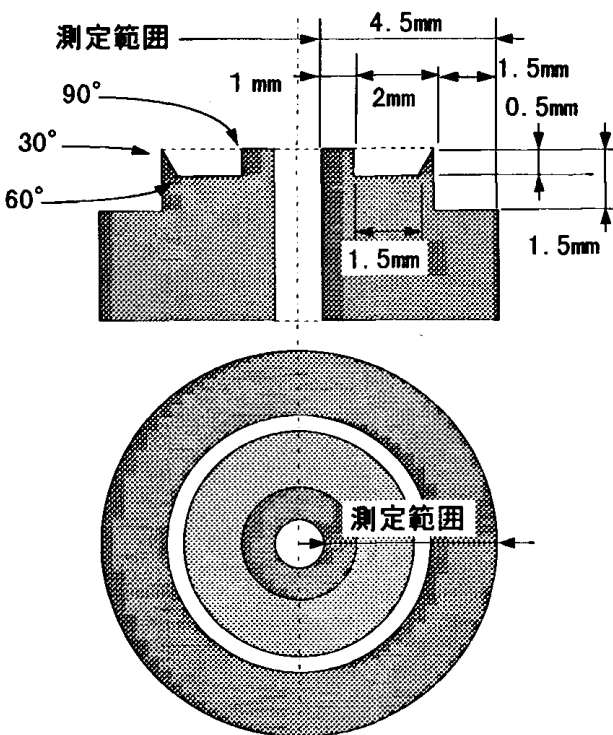


図2 輪郭形状測定用のワーク

測定実験を行った。被測定物の反射面の違いによる測定値へ及ぼす影響については、黒染め塗装した金属、機械加工した金属(SUS)および白紙の3種類のワークを準備し、これを傾斜角0度の場合と、反射面を少し傾けた傾斜角5度について測定を行った。

つづいて、図2に示すような90度のコーナーエッジと30度のシャープエッジを持つワークの輪郭形状測定を行い、これらのエッジ部が測定結果へどのように影響するか調べた。この測定では、高さ方向の変位量と受光量の2つの方法による測定を行った。その後、これらの結果をもとにチップ(スローアウェイバイトチップ)の摩耗面の測定を行った。チップの摩耗にはすくい面摩耗と逃げ面摩耗があるが、すくい面の摩耗、すなわちクレータ摩耗は加工面への精度(加工寸法や加工面粗さ)には直接の関係はなく、精度に最も関係する摩耗は逃げ面の刃先部摩耗であることから、実験では逃げ面側からの測

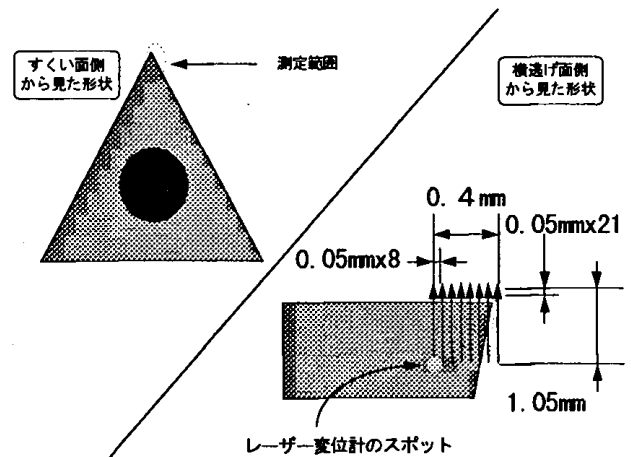


図3 チップの測定範囲

定を行った。被測定物であるチップには(株)小林精機で使用頻度の高いTN60チップ(材質サーメット, 端面加工用)を用いた。チップの測定範囲を図3に示す。測定は逃げ面側から切り刃に対して直角方向に0.05mmピッチ×21箇所測定を行い、それを水平方向に0.05mmピッチ×8回スキャンすることにより、全体で168箇所について測定した。また、このチップの摩耗測定では未使用のチップと摩耗したチップについて、前述した輪郭形状測定と同様、高さ方向の変位量測定と受光量測定の2種類の測定を行い、未使用と摩耗したチップの比較を行った。

2 実験結果ならびに考察

2.1 測定面による影響

図4に黒染め、SUSおよび白紙の3種類の平面につ

いて、測定ワークの傾斜角度を0度とした場合について、図5に測定ワークの傾斜角度を5度とした場合の高さ方向の変位量の測定結果を示す。この結果から、いずれの場合も金属面を有するSUSが黒染めや白紙のワークより高い値を示す傾向があり、金属光沢が測定値に影響することが分かる。しかし、これらの差は0.01mmより小さく、目標検知精度によっては影響はないと考えることができる。

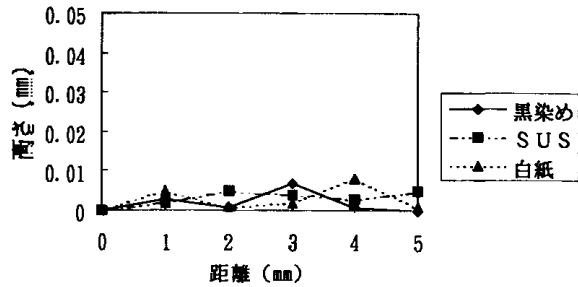


図4 平面測定結果（傾斜角0°）

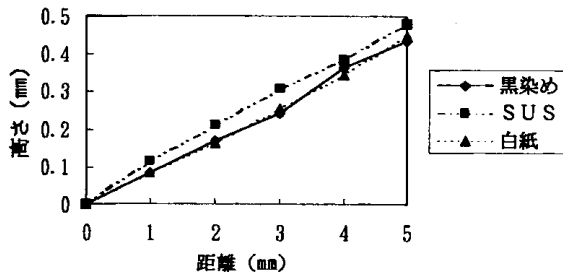


図5 平面測定結果（傾斜角5°）

2.2 輪郭形状測定

図6に変位量による輪郭形状測定の結果を示す。この図から分かるように、変位量の測定による方法では、被測定物輪郭とほぼ一致する結果が得られる。しかし、形状が不連続となるエッジ部分などでは、実形状からのズレが大きくなること分かる。これは、形状が不連続となるエッジ部などで、照射されたレーザースポットが2つの領域に分離され、それぞれの領域からの反射の影響によるものと思われる。また、平坦な部分において、実形状より高めの値となることが確認された。これは、前述のように金属光沢面による反射が強く現れる部分の影響であるものと思われる。

これに対し、図7の受光量による測定結果では、輪郭形状と一致しないことが分かる。また、平坦な面やエッジ部での反射光量が大きく、さらに、エッジ部などの形

状が不連続となる部分において、受光量の変局点があることが確認された。

このことから、変位量による測定結果に受光量による測

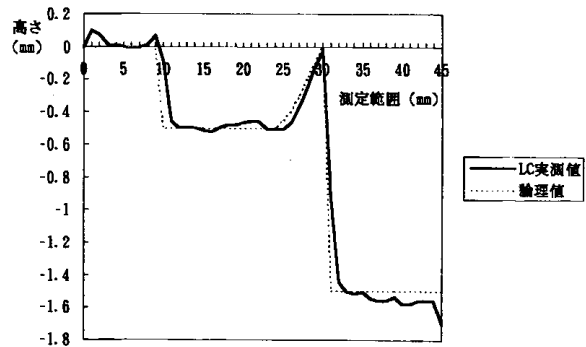


図6 輪郭形状測定結果（変位量）

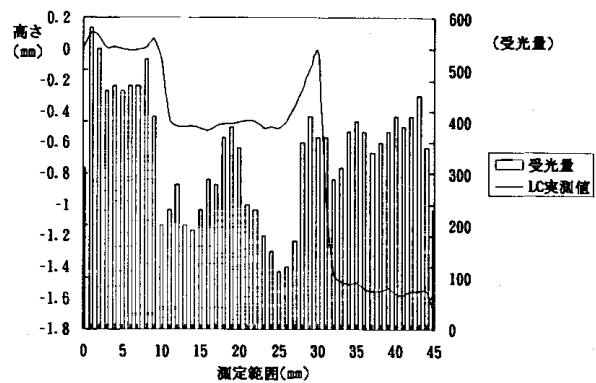


図7 輪郭形状測定結果（受光量）

定結果を加味することにより、より正確な形状を捕らえることが可能となる。

2.3 チップの測定実験

図8に未使用と摩耗したチップの測定結果の比較を示す。これより、同一の値をとる領域幅が未使用のチップに比べ、摩耗したチップでは広がっているのが確認できる。すなわち、主切れ刃と逃げ面の摩耗、加工によるチップ表面の形状変化を知ることができる。図9に摩耗したチップの先端部の写真を、図10に受光量による測定結果を示す。未使用のチップの受光量は徐々に変化しているのに対し、摩耗したチップの場合は受光量の高い部分と低い部分の変化が著しい。受光量の高い部分は切削に関与した部分であり、摩耗により光沢を帯びている部分である。また、その周りの受光量の少ない部分は焼けなどにより、黒ずんでしまった部分である。

以上のことから、摩耗したチップの表面の変位量と受光量の2つの測定結果を未使用チップ表面の状態と比較することにより、チップの摩耗の測定が可能であること

が確認できた。

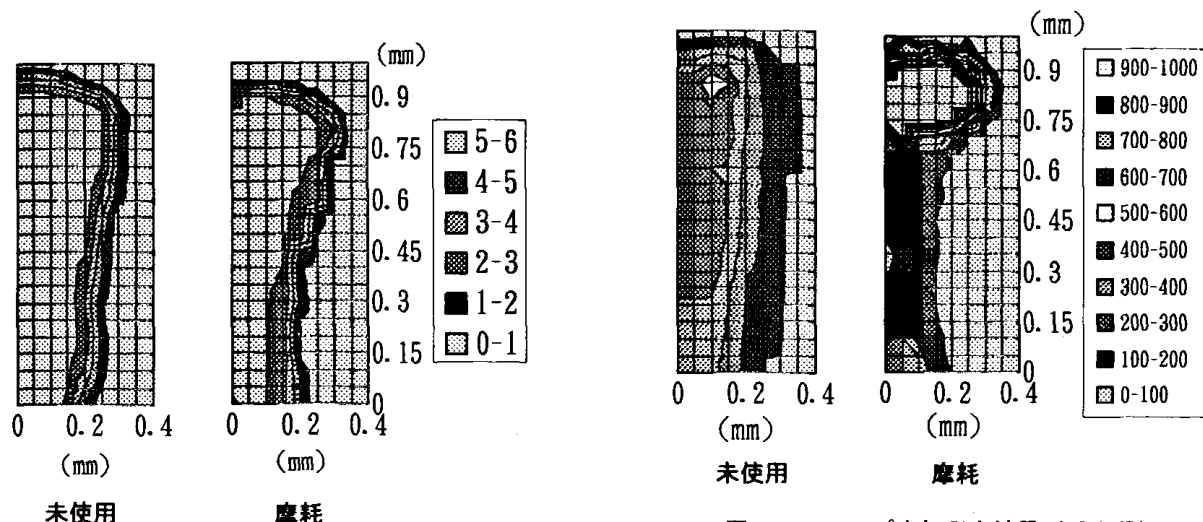


図8 チップ摩耗測定結果 (変位置)

図10 チップ摩耗測定結果 (受光量)

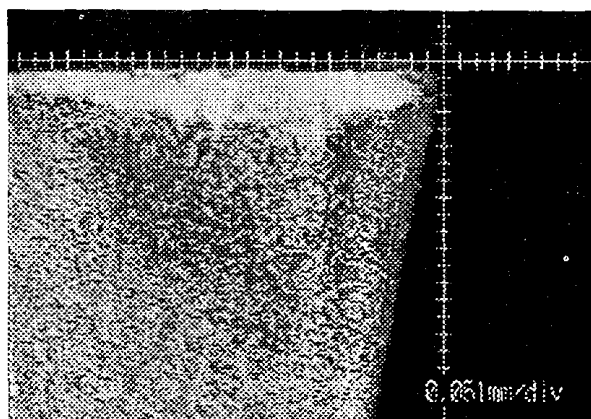


図9 チップ摩耗面

3 まとめ

本実験により、レーザー変位計によるチップの摩耗測定ができることが確認できた。摩耗測定 (変位置) では未使用の状態と摩耗した状態を比較することにより摩耗

を判別することが可能である。さらに、受光量測定を加味することにより明確に未使用チップと摩耗チップの判別ができ、摩耗部分を認識できることが分かった。また、この2種類の測定方法を組み合わせることにより、摩耗を高い精度で測定することが可能となる。しかし、実際に加工機械に設置した場合の不具合発生や、チップの摩耗進行状況の測定、チップの摩耗が被切削物へ与える影響の観察データなどが不足しており、今後これらのデータを蓄積し、レーザー変位計を利用した加工工具の監視システムの実用化を目指す。

なお、本研究は平成8年度技術パイオニア養成事業ORT事業で実施したものである。

文 献

- 安藤光：レーザー変位計のFA分野への活用、省力と自動化、11, 1988
- 杉田、上田、稲村：基礎切削加工学、共立出版
- 梅沢、菅野：超硬工具のカンドコロ、大河出版

オイルシールスプリング判別装置の開発*

南幅 留男** 多田 三郎** 坪井 建喜***

オイルシールスプリングの装着有無の検査を画像処理技術を用いて自動化することを目的に、CCDカメラ及びパソコン、画像処理ボードを用いてシステムを構成し、検査プログラムを作成して識別実験を行なった。良品と不良品の識別は2値化画像上に設定した上下2つのウィンドーの白画素数を用いることにより可能になった。さらに、1個の円ウィンドーと6個の長方形ウィンドーを用いることにより良品及び不良内容の識別が可能になった。

キーワード：画像処理、自動制御、オイルシール

Inspection System for the Set Position of Spring in Oil-Seal

MINAMIHABA Tomeo, TADA Saburo and TUBOI Kenki

In order to inspect the position of spring in the oil-seal, we developed binary image processing system. This system consists of a CCD camera, image processor and personal computer. By using the numbers of white pixel in the upper and lower half window on the image, we succeed the inspection of oil-seal. Further, by using the numbers of white pixel in each seven windows on the image, we can discriminate whether the position of spring is in correct or in three kinds of defective position

key words: image processing, automatic process controls, oil-seal

1 緒言

自動車やモーターバイク等に多く用いられるオイルシールは、回転軸に適正な量の潤滑油を給油したり、また、排油の目的で用いられ、回転軸とオイルシールに間隙があると漏洩など適正な給排油が行われぬ。このため、オイルシール内部には軸を均等に締め付けて漏洩を防ぐ環状のスプリングが挿入されている。このスプリングが正常に挿入されないと機能上重大な欠陥となるため、オイルシールのスプリング装着検査は、従来から人手で一個一個行っている現状である。このため、機器による検査の自動化と検査速度の向上が求められている。

本研究では、オイルシールスプリングの装着検査を画像処理技術により自動化することを目的に、システム構成及び検査プログラムの開発を行い、2値化されたオイルシール入力画像の白画素数（以後単に画素数と呼ぶ）を用いて良品及び不良品の識別実験を行なった。良品の画像はスプリングが下部にしか写らないために、2値化画像の上下に2つのウィンドーを設定し、その画素数を用いて良品と不良品の識別が可能になった。さらに、不良品の「バネ切」

のスプリング像は挿入口部分にだけ写り、「半バネ」はそれ以外にも写る。このため、挿入口を含まない1個の円ウィンドーと挿入口を含む6個の長方形ウィンドーを設定し、これら7ウィンドーの画素数の関係から不良内容を識別する方法により実験を行った。その結果、良品の他、「バネ無」、「半バネ」、「バネ切」の3種類の不良内容の識別を可能とした。以下に結果の概要を報告する。

2 実験方法

2-1 オイルシール構造及び不良内容

オイルシールの一般的な構造は、図1に示すように、薄い円筒形であり、材質は硬質ゴムである。中央に軸穴があり、内部にポケットと呼ばれる溝にスプリングが水平に装着されている。このスプリング力でシールリップが軸を均等に締め付け、オイルの適正給排油を行う。

検査はポケットにスプリングが正常に装着されているかを観るものである。スプリングの装着不良には、スプリングが装着されない「バネ無」、スプリングが切断してポケットから外れている「バネ切」、一部がポケットから外れ

* 自動化のための画像処理の研究（3報）

** 電子機械部

*** 岩手アライ（株）

て上面に浮きでている「半パネ」の3種類ある。

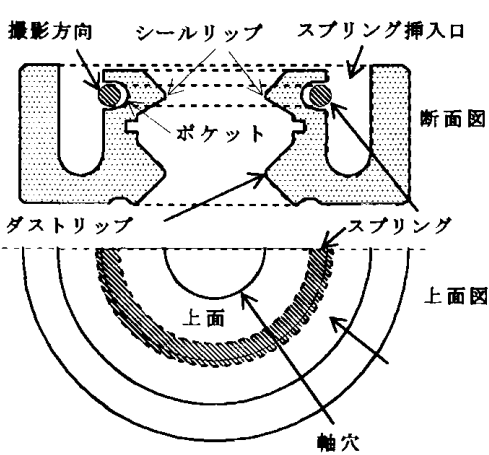


図1 オイルシールの構造

2-2 実験装置

オイルシールを真上から撮影すると、正常に装着されたスプリングは、上面の陰になり撮像されない。これを防ぐため撮像方向を60度とし、また、撮影距離は90cmとした。光源はリング照明を用い、照射角は光軸と同じ60度方向、照射距離は90cmとした。スプリング以外の反射光を抑えるため黒色紙上にサンプルを置き、周りを遮光した。図2に実験装置の構成をす。撮影方向は、「半パネ」がパネの浮いている位置、「パネ切」がパネ切断の位置、「良品」と「パネ無」は上面のマーク刻印位置を0度とし、サンプルを半時計方向に θ 度回転して設定した。図3に実験装置を用いて90度毎に4方向から撮影した「良品」及び3種類の不良品（「パネ無」「半パネ」「パネ切」）の入力画像を示す。図3では、良品と3種類の不良品との画像には差異があり、撮影方向によっても違いがある。以後の実験では、本装置を用い、画素計測プログラムと2つの識別プログラム作成してオイルシールの識別実験を行う。

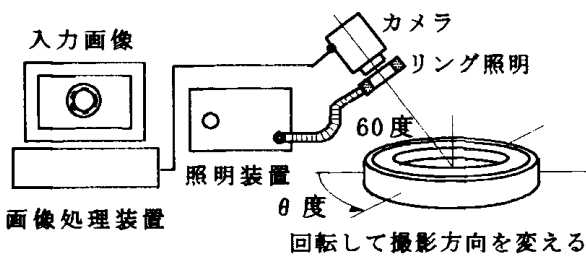


図2 実験装置

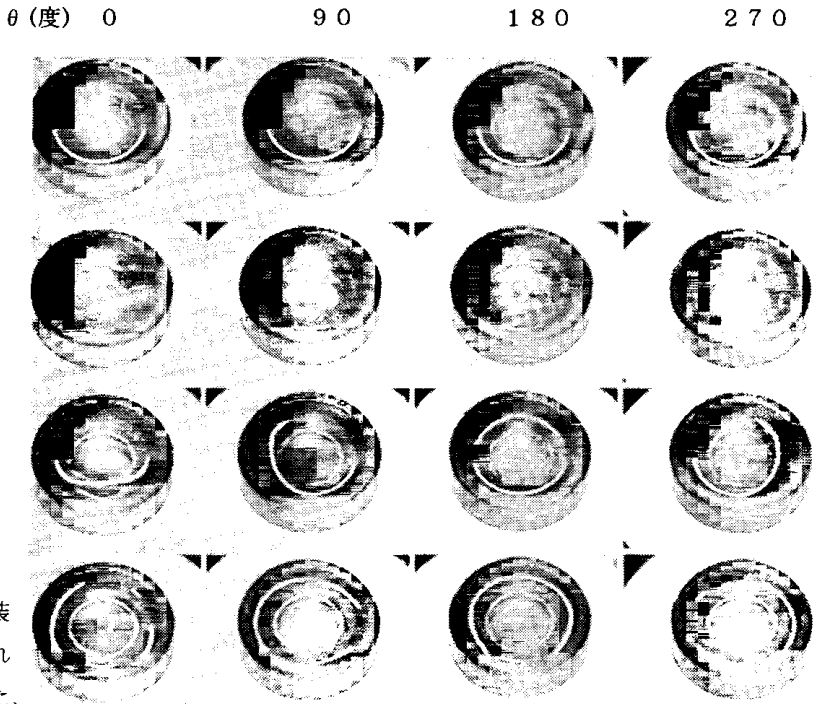


図3 オイルシールの入力画像（1段目：良品、2段目：パネ無、3段目：半パネ、4段目：パネ切）

3 実験結果及び考察

3-1 スプリング部画素計測

図3において、良品と不良品の画像に差があり、また、方向によっても違いが生じる。本実験では、良品と不良品3種類の各々3個について画像入力し、2値化後、画素数を測定して撮影方向(θ)と画素数の関係調べた。画素数計測は、①画像入力、②測定領域設定、③2値化、④画素数計測、の手順で行った。測定は一方向に当たり50回実行し平均値を求めた。方向は45度毎8方向とした。

結果を図4に示す。

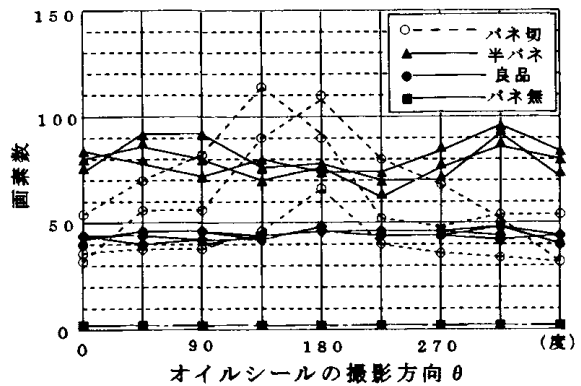


図4 オイルシールスプリングの画素数測定結果

この結果、「パネ切」は撮影方向により、また、サンプルによっても画素数が大きく変わり、「良品」及び「半パネ」と重なって識別が不可能である。

「パネ切」の画素数の周期的変化は、スプリングの切断方向に依存し、カメラの反対側 ($\theta = 180$) のとき最大画素数を示す。これは、スプリングがポケットから外れた部分とポケット内に残っている部分が同時に画像入力されるために高い画素数になる。「半パネ」もパネの浮いている位置に依存して周期的に変わるが、変動幅は「パネ切」よりも小さい。「良品」及び「パネ無」は変動幅が少なく、また、サンプル間の差も少ない。

以上のことから、「パネ切」及び「半パネ」は、方向依存性でサンプル間の差が大きいため、これらを考慮した識別方法が必要である。

3-2 2ウィンドーによる識別実験

スプリング部の画素数計測の結果、画素数の比較だけでは良品と不良品の識別が不可能であった。このため、良品の画像はスプリング部が下半分にしか写らない特徴を利用して識別が可能であるかを調べた。

これは、図5のように、入力画像を上下2つのウィンドーに区分して各々の画素数を計測し、上部の画素数をX軸に、下部の画素数をY軸にとって、2次元座標上で良品と不良品を識別する方法である。

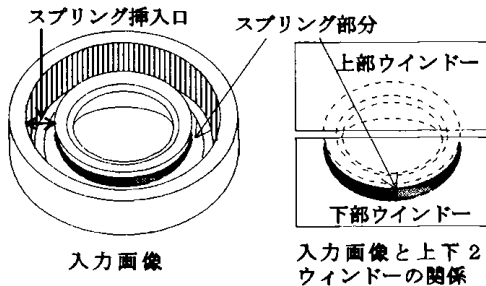


図5 入力画像と2ウィンドー設定

この処理手順は、①画像入力、②上部、下部のウィンドー設定、③2値化、④上部、下部の画素数計測、で行った。

用いたサンプルは各々3個で、何れも45毎に8方向から測定した。結果を図6に示す。図6から、「良品」はY軸上に、「パネ無」は原点に集中して、何れも識別が可能となる。しかし、不良品の「パネ切」と「半パネ」のプロット点が互いに僅かに重なって確実に識別はできない。

従って、この方法では、「良品」と不良品の「パネ無」の選別には利用可能であるが、不良品の「パネ切」と「半パネ」選別には利用できない。

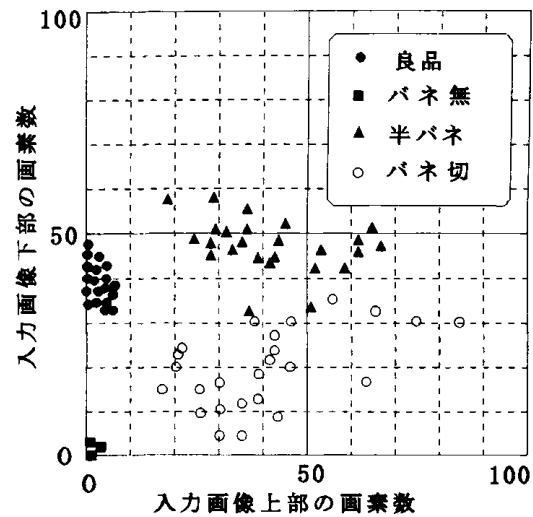


図6 オイルシール画像の2領域(上部、下部)の画素数測定結果

3-3 7ウィンドーによる識別実験

前3-2項の実験では、高速性を図るために良品の選別だけを行い、3種類の不良内容の識別は行わなかった。

しかし、品質管理上から不良内容の識別も求められているため、その識別方法について検討した。

この方法は、不良内容の識別情報として、図7に示したように、スプリングの挿入口を含まない1個の円ウィンドーWcirと挿入口を含む6個の長方形ウィンドー(Wu1~3, Wd1~3)の画素数を用い、これらの関係から良品と不良品の3種類の不良内容を分類するアルゴリズムとした。

円ウィンドーを用いたのは、図8に示したように、「半パネ」と「パネ切」ではスプリング画像の半径の違いにより生じる円ウィンドーWcir内の画素数の差を利用して両者を識別するためである。

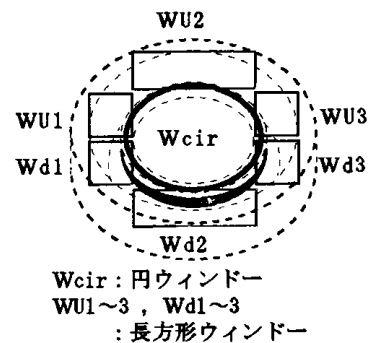
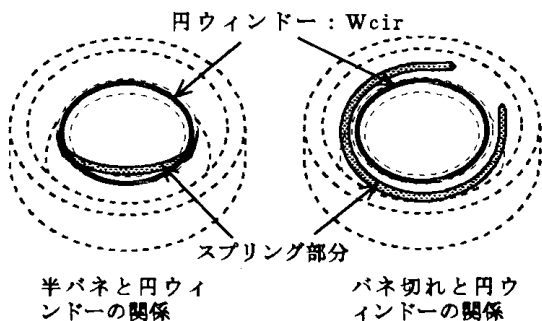


図7 7個のウィンドー設定

6個の長方形ウィンドーは、上部の3個(Wu1~3)と下部の3個(Wd1~3)の画素数から「良品」と「パネ無」を、3-2項の方法により識別するために用いる。さらに、円ウィンドーでは識別できない「半パネ」(パネの浮き方が浅い場合で、以後「浅い半パネ」と呼ぶ)を識別するためである。「浅い半パネ」のスプリング像は、パネの浮いている位置が画像の下方($\theta = 0$ 度)の場合にスプリング像が円ウィンドーから

外れ識別が不可能になるが、この場合は下部の隣接する3個の長方形ウィンドー (Wd1~3の3個または Wu1とWd1~2の3個または Wd2~3とWu3の3個の内の何れか一組) にスプリング像が入って画素数が集中する特徴がある。このため、最も画素数が集中した1組のウィンドーの画素数の合計が全面像の画素数の95%以上の場合に「浅い半パネ」として識別する方法にした。判別値95%は実験的に決めた。

6個の長方形ウィンドーを用いた理由のもう一つは、ゴミの付着及び特殊形状のために、いずれにも分類されない場合のオイルシールを識別するためである。



8図 「半パネ」及び「パネ切」と円ウィンドーの関係

以上に述べた識別方法は、7個のウィンドーがスプリングの挿入口に対して正確に設定されることが条件である。

このため、オイルシール画像の中心座標を画素精度で計測して、この中心座標を基準にウィンドー設定をした。この処理は、①画像入力、②オイルシールの中心座標計測、③2値化、④7ウィンドーの設定、⑤7ウィンドー内画素数計測、⑥良品及び不良内容識別、の手順で行った。識別順番は、最初に「パネ無」と「良品」、次に「パネ切」、最後に「半パネ」と「浅い半パネ」である。識別フローは、ツリー構造で、実験的に求めた閾値を用いて識別した。

また、オイルシール画像をできるだけ円形に撮影するため、撮影角度をスプリングの撮影可能限界の70度にして実験した。不良品の「半パネ」と「パネ切」は方向により画素数が大きく変わるため、撮影方向数を16方向に増やした。サンプルは各々10個ずつで実験した。

結果を表1に示す。10サンプル16方向における識別結果では、良品のNO6とNO7に異常が出たが、その他の良品と不良内容は正しく識別できた。良品のNO6とNO7を調べた結果、ゴミ付着と形状異常であることが判明した。このため、この対策をプログラム化して再実験をしたところ、ゴミ付着と異常形状の識別も可能になった。

また、「浅い半パネ」も「半パネ」として識別することができた。

表1 良品及び不良内容の識別結果

サンプルNO	良品	パネ無	半パネ	パネ切
1	○	○	○	○
2	○	○	○	○
3	○	○	○	○
4	○	○	○	○
5	○	○	○	○
6	ゴミ付着	○	○	○
7	形状異常	○	○	○
8	○	○	○	○
9	○	○	○	○
10	○	○	○	○

3-4 実用化試験

これまでの結果から、市販の画像処理装置及び位置センサー、高周波蛍光灯等を用いて検査装置を試作し、オイルシールスプリング挿入の検査工程に導入した。試作では、振動及び搬送ベルトからの反射光が入力画像に影響することから防振及び遮光対策を行った。また、検査項目は、良品と不良品の識別だけとして工程における動作の評価を行った。その結果、本システムを検査工程に導入することが可能であった。

4 まとめ

オイルシールスプリングの装着検査の自動化を目的に「良品」及び3種類の「不良品」(「パネ無」、「半パネ」、「パネ切」)の識別実験を行った結果、以下の結論が得られた。

- (1) 上下2個のウィンドーにより、良品の識別が可能である。
- (2) 1個の円ウィンドーと6個の長方形ウィンドーにより、良品と不良内容の識別が可能である。さらに、ゴミ付着や形状異常の識別が可能である。
- (3) ウィンドー設定は、画素精度の位置決めが必要である。
- (4) 実用化試験では、振動や反射光に対する対策をすることが必要である。

現在、試作機は実工程で稼働中である。今後、画像処理装置の機能を生かし、マルチウィンドーを利用した方法で不良品の種類の識別についても実施化する予定である。

最後に、本研究を進めるに当たり、種々ご意見を頂いた岩手アライ(株)生産技術係長 大沢芳弘氏に感謝します。

文 献

- 1) 南幅留男他: 自動化のための画像処理、岩手工技セ研報 1995-1~3号

木材加工製品へのNCルータの活用について*

有賀康弘**、浪崎安治**、高橋民雄**

本県の木材加工産業がNCルータを導入し活用するために必要な技術について検討した。県内家具工場で生産されている自由曲面を含む家具部材を例にとりあげ、三次元CAD/CAMによってその製品設計を行い、さらに加工実験を行った。

キーワード：木材 NCルータ

Practical Use of NC Router to Wood Processing Product

ARUGA Yasuhiro, NAMIZAKI Yasuji and TAKAHASHI Tamio

We examined the necessary technology to enable the use of NC routing in the wood processing industry of Iwate Prefecture. We took as a case study the manufacture of a furniture component containing freeform curvature from a local factory. Product design was carried out by 3D CAD/CAM and assessed for assembly.

key words : wood, NC router

1 結 言

県内の木材加工に関わる企業は、規模が弱小であったり伝統性や経験に依存する技術に固執しがちな傾向があり、生産工程の合理化や作業の効率化を図る体制が確立されていない。その結果、製品精度のばらつき等、品質が不安定になったり、製品の多品種化や材料の多様化への対応が困難となり、多くの機会損失を招いている。そこで、需要の多様化、高度化に対応する生産性の向上、あるいは熟練技術者不足に対応する労働者不足の解消や労働環境の改善のために、生産の省力化、自動化等の導入が図られている。

従来技術の問題点として次のことが考えられる。

- (1) 加工技術に関する客観的データが乏しい。
- (2) 既存の生産技術に固執しがちであり、製品の多様化に柔軟に対応できない。
- (3) 最新技術・高度技術の正確な情報が不足している。
- (4) 作業環境の危険性

このような状況の中で、近年の県内木材関連製造業においてもNC木材加工機、中でもNCルータの導入が増えているが、生産工程にNC加工機を導入する時に必要となる実際の活用、運用方法に関する技術的資料が不足している。また、NCルータによる木材加工は多くが二次元の線状あるいは平面状の加工で、自由曲面を含む立体的な加工は木型などに限られ、家具、建具等生活用品、工芸品の加

工に採用されている例は少ない。

本報告では、従来手加工で作られていた自由曲面を含む家具部品の加工にNCルータを使用した結果と、確立した技術の活用結果について述べる。

2 実験方法

実験には県内メーカーによって商品化されている木製家具(写真1)の背もたれ部分を例にとりあげた。従来この製作は汎用機で荒加工した後、設計の形状を得る加工を手加工に依存しており最も加工時間を要していた。

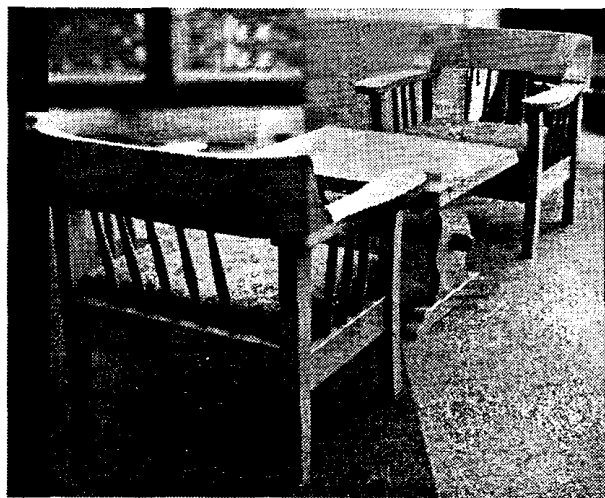


写真1 実験にとりあげたアームチェア

* NCルータによる木材加工製品の生産技術の高度化に関する研究(第2報) 前報 文献(1)

** 木工特産部

この自由曲面を含む家具製品(アームチェア背もたれ部分)の加工について、平成5年度技術指導施設設置事業で導入した同時5軸制御NC加工装置(平安コーポレーション製NC-151MA、および三次元CAD/CAM HEIAN-QuickSerf)によって次の検討を行った。

- (1) NCルータ加工を前提とする製品設計
- (2) NCルータ加工と従来加工の比較
- (3) 汎用加工機、コンピュータデザインシステム(製品形状データの利用等)等との連携

2-1 供試材の準備

材料は製品と同じセンとし、人工乾燥機で含水率調整を行い、養生期間を経たものを使用した。

この材料から歩留まりを考慮したうえ原寸図(図1)に基づき部品の形状に合わせて木取りを行い、接着積層材を作成した。このときNCルータの定盤に設置する際の加工基準面を、加工順序、工数を考慮しながら決定した(写真2中のAおよびB)。

その後、汎用機で削り代を3~5mm残して荒木取りし、供試材とした。

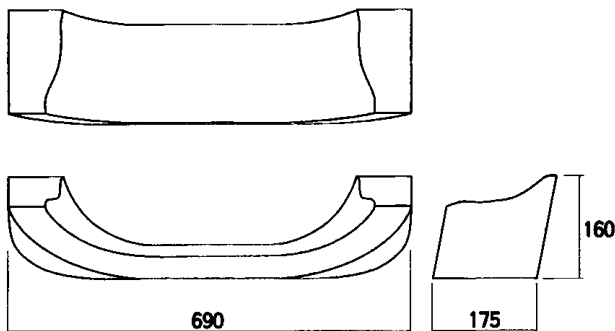


図1 背もたれ部分三面図

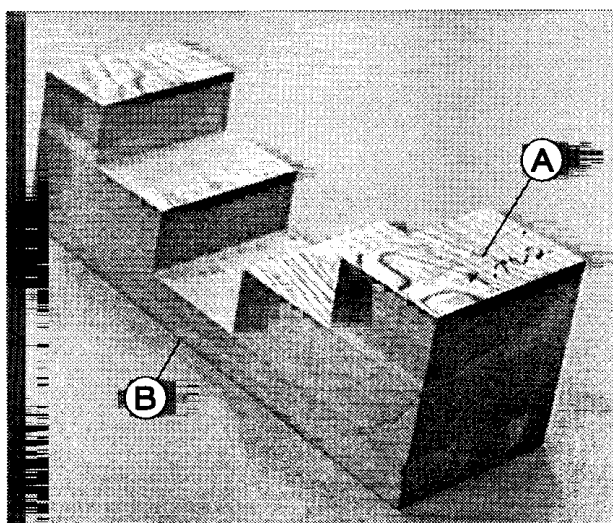


写真2 供試材(荒木取り前の状態)

2-2 製品設計、ジグ設計

NCデータを得るために、手書きされた従来製品の原寸図から三次元CAD上に製品形状(座標データ)を入力し、再設計を行った。CADで作成した形状の確認と修整は、プリントアウトした原寸図と従来の原寸図を重ね合わせ比較し、外観をCAD画面上で任意の方向から確認しながら設計をすすめた。

また、このCADデータからNCルータの定盤に供試材を固定するためのジグの設計を行い、その加工もNCルータによることとした。ジグはNCルータで木材加工を行う時に広く使用される吸着方式とし、2-1で決定した基準面を吸着固定面とした。さらに、NCルータの定盤面積を有効使用するため4個の製品を連続加工できるように設計した。製品の形状から前面加工用、後面加工用の二つを製作した。

ジグの材料は、厚さ15mmのMDF(Medium Density Fiberboards: 中質繊維板)とし、供試材の位置決め用スロットを設けた。また、空気漏れ防止のため吸着面周囲にクッション材を貼り付け、ジグ全体にはラッカー塗装を施してシールした(図2、3および写真3、4)。

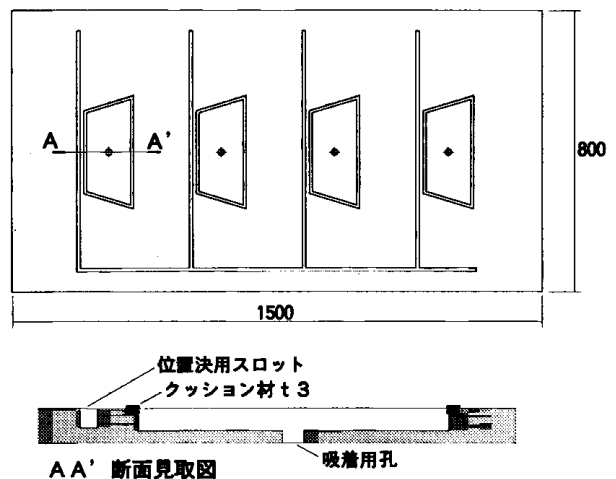


図2 背もたれ前面加工用ジグ

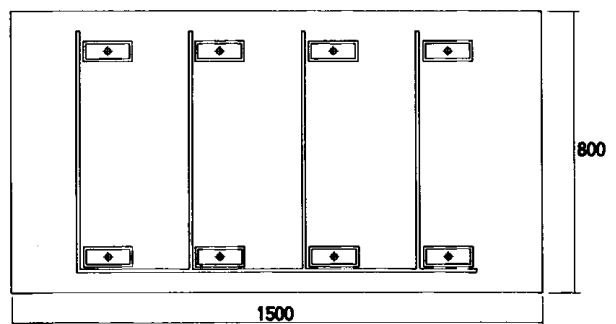


図3 背もたれ後面加工用ジグ

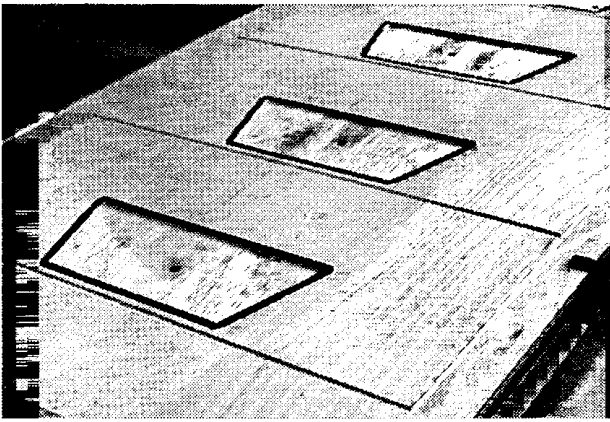


写真3 前面加工用ジグ

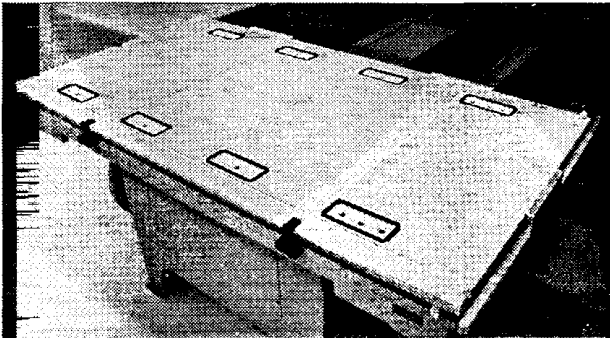


写真4 後面加工用ジグ

2-3 ツールパスとNCデータの作成

NCデータを得るためのツールパスを決定する前に、加工順序をつぎのようにした(図4)。

- (1) 後面部の曲面加工(図4①②、荒加工、仕上げ加工、各1回)。
- (2) 前面部の曲面加工(図4③~⑦、荒加工、仕上げ加工、各1回)。

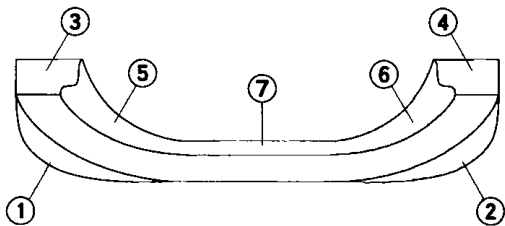


図4 加工順序

供試材の繊維方向に対して切削方向が順目となるように、CAMによってツールパスを作成しNCデータを得た。なお、荒加工と仕上げ加工はATC(Auto Tool Change)を利用して連続加工を行うこととした。ただし、(1)から(2)への移行は手作業でジグの交換を行い、供試材を反転した。加工条件は表1~3とした。

仕上げ加工のツールパスの一部を図5、6に示す。

表1 荒加工条件

使用刃物	ストレートビット、3枚刃、外径 12mm (leitz製スパイラル・ルータービット)
刃物回転数	18,000 rpm/min
送り速度	3,000 mm/min
同時3軸加工(X、Y、Zの各軸)	

表2 仕上げ加工条件

使用刃物	U溝ビット、2枚刃、外径 30mm(R 15mm) (平安コーポレーション製)
刃物回転数	18,000 rpm/min
送り速度	4,500 mm/min
同時3軸加工(X、Y、Zの各軸)	

表3 ジグ加工条件

使用刃物	ストレートビット、2枚刃、外径 10mm (平安コーポレーション製)
刃物回転数	18,000 rpm/min
送り速度	3,000 mm/min

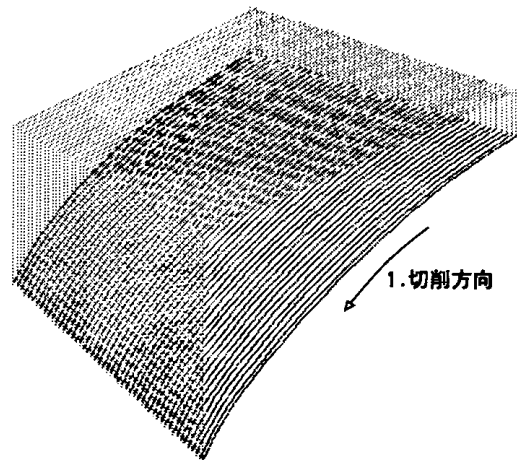


図5 後面部の曲面加工ツールパス

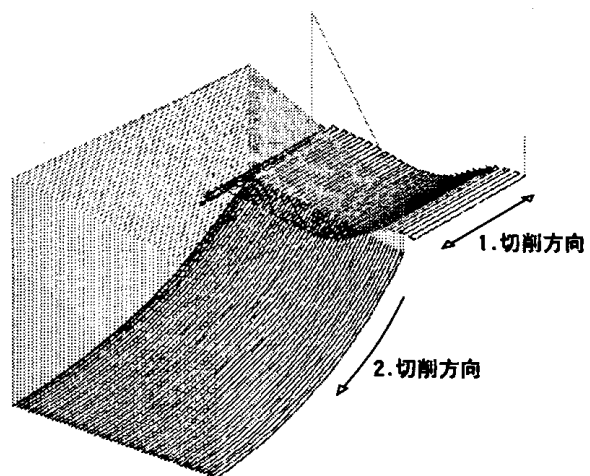


図6 前面部の曲面加工ツールパス

2-4 NCルータ加工

はじめに、製品後面部の加工を行い、加工終了後ジグを交換して製品前面部の加工を行った。吸着ジグへの供試材の位置決めは、ジグに設けた位置決め用スロットと専用に製作したセッティングジグを使用した。

NCルータ加工はパソコンからRS-232Cによって製品前面、後面の加工ともそれぞれDNC運転とした。加工の様子を写真6~8に示した。

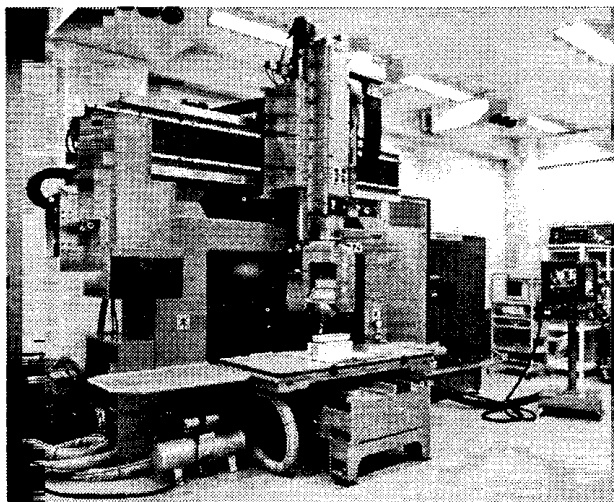


写真5 NCルータ

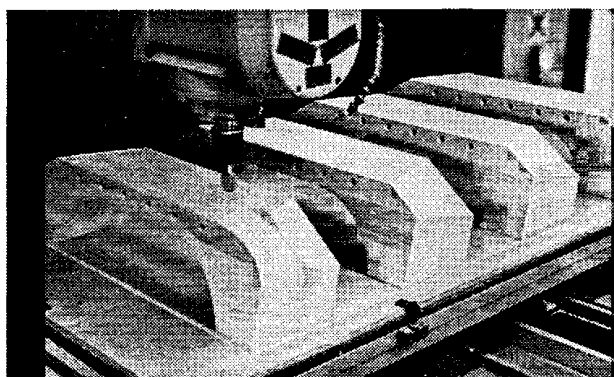


写真6 後面部加工状況

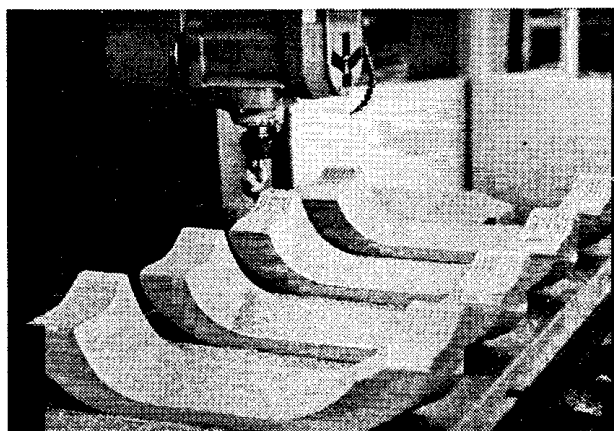


写真7 前面部加工状況



写真8 NCルータ加工終了時の状況

3 結果および考察

県内家具メーカーで生産されている自由曲面を含む家具部材を例にとりあげ、三次元CADによりその製品設計を行い、さらに試作加工を行った。

その結果、実験での加工時間は、後面部の加工(1回/4個連続加工)に要する時間は約90分、前面部の加工(1回/4個連続加工)に要する時間は約120分となる。

本実験のようにNCルータにより製品4個を連続同時加工すると、ジグの交換、材料の反転に要する時間を含め、1日(8時間)に8個以上の製品加工が可能となり、家具メーカーの調査による従来の手工的な方法によって1人が背もたれ1個を加工するのに半日を要していたことと比較して加工時間を大幅に短縮できる。

以上のことから、手加工に頼らざるを得ず労力が費やされていた曲面部分の加工の省力化と再現性の向上にNCルータ導入の効果は大きいことを確認した。

また、緒言で述べた従来技術の問題点に対して次のような改善が期待できる。

- (1) 生産に際しての作業内容が分析され、加工機に対応する客観的データが蓄積される。
- (2) CADによる製品設計データは一度作成されれば、その後の変更にも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) NCルータによる加工は、作業者が加工中に材料に手を触れることがなく、また、切削屑を身体に受けることもないので安全な作業環境が得られる。

ただし、加工時間は短縮されるものの、生産工程のすべてについて時間的に短縮できるとはいえない。つまり、設計から加工までコンピュータで処理しようとするNCルータ加工では、設計構想の段階から生産に関する厳密な計画が必要不可欠である。このため従来、曖昧なままに済まされていた製品設計では、NCデータを得る段階で

製品全体の加工手順の見直しや工程の修正を招くなど、逆に能率が低下しかねないことに注意が必要である。図面の管理をはじめ、社内での標準化、部品の管理、品質の管理等がよりいっそう厳しく要求されてくる。また、今回の実験で基準面の加工やある程度の荒加工を汎用機によって行ったように、機械の加工分野と能力を検証して製品の加工内容のどの部分を受け持たせるべきかを考えなくてはならない。

4 結 語

家具製造などの木製品加工技術は材料的特性による複雑で多様な現象、例えば木理の多様性を製品に利用する場合や、含水率の変化による材料の伸縮、異方性とその組み合わせ方法に応じた加工技術や工作精度などが、製造にあたる作業者(人間)への依存度を大きくし、複雑化している。そして、これに対処する能力が個々の人間の技能として必要とされるため、木製品加工技術は、普遍性を持った技術に置き換えられにくいものとなり、長年の経験的手法や伝承的な技法として継承されてきた。

このことは、ある面では高度な品質の確保に有効な方法となっている。しかし、人間個々の技能格差が製品の品質にそのまま現れ、高度な品質になるほどそれは大きくなってしまい、産業製品としての安定した品質と供給を考えるときには満足なものとはいえない。

これを解決する一つ的手段として、NCルータ等の導入や生産技術のシステム化への取り組みがある。

一方、県内の木製品の生産現場での加工機の利用を見たとき、その基礎となる機械精度、工作精度等に関する関心が低いために、加工機械の持つ生産性向上、品質の安定といった本質を生かしきれず、手工的生産の補助的な利用にとどまっている場合がある。この要因としては、木製品生

産の技術的多様性への対応が技能に依存し、生産工程個々の作業内容が分析されて機械加工に対応する技術として整理されていないことや、手工的生産による製品の品質水準を、機械を使うと維持できないという機械使用者の質にもよると考えられる。また、加工機械とそれを使った加工を安易に理解し、高度利用を考慮していない傾向もある。

NCルータを木製品の生産に導入し活用していくには、技能を技術に置き換えて伝達する思考が求められる。製品の高品質化やニーズの多様化などに応えようとしていくとき、多様な技術が蓄積されることでCAD/CAMやコンピュータデザインなどの支援は効果を発揮する。どうすれば製品が良くなるかということを経験として伝えていくことで技能の停滞は無くなり、さらに新しい技能が生みだされるものと思われる。

この研究を実施するにあたり、多大なご協力をいただいた(株)あしろ工房に感謝いたします。

文 献

- 1) 有賀康弘、他：岩手工技セ研報，2,31
- 2) 平安コーポレーション：HEIAN-QuickSerf取扱説明書
- 3) FANUC LTD：FANUC Series 15-MA 取扱説明書
- 4) 成田壽一郎：木材工芸用語辞典(増補版)，理工学社(1988)
- 5) 建築知識：木のデザイン図鑑(1996)
- 6) 森谷延周：家具デザインと製図，山海堂(1996)
- 7) 吉松、野田、花岡：野田先生定年退職記念論文集(1994)
- 8) 吉松：木材のNC加工の基礎と活用(1991)
- 9) 青柳：NCルータの機能と特徴・用途と活用技術(1994)

コンピュータ利用による鋳造刃物製品のデザイン開発*

町田俊一**、小林正信**、佐々木強***

本県で生産されている鋳造製品の中でも、新たに開発されたオーステンパ球状黒鉛鋳鉄を使用した刃物製品を対象に、デザイン開発から生産までのプロセスの高度化を目的に研究を実施した。現在、複雑形状の刃物（折りたたみナイフ）の需要が高まりつつあるが、従来のマッチプレート方式の製法では製品精度が保てないなどの問題が生じている。そこで、精度の向上、不良の低減、さらに鑄肌の美しさなどの利点を持つシェルモールド法（シェル鑄型）による刃物生産技術に着目し、ナイフのCADデータからNC加工用のデータを作成し、金属（鋳鉄）をダイレクトに切削加工し、シェル用金型を成形した。検討の結果精度の高いシェル金型を作成することができた。

キーワード：CADデザイン、折りたたみナイフ、鋳造製品

Application of CAD Design to Casting Products (Folding Knives)

MACHIDA Toshikazu, KOBAYASHI Masanobu and SASAKI Tsuyoshi,

This study aimed at edged tool product which used ADI cast iron developed afresh and the current galley article , and it was enforced advancement of processes from design development to production as a purpose.Demand of an edged tool of complicated shape (a folding knife) rises, but adaptation becomes difficult by problems of precision of a product by the manufacturing method of match plate system currently.So edged tool Production Engineering by shell-mold method which had advantages such as high precision and low defectiveness rate or beauty of the surface was examined. A shell- mold was made by cutting metal directly using data for NC processing made from CAD data of a knife.As a result, shell-mold of high precision was made well.

key words : CAD design, folding knife, casting products

1 結 言

現在、刃物製品製造は、昨年度のORT事業で開発した、マッチプレートの製造方法と刃先研磨装置を活用し実施している。最近では生活者のアウトドア指向の高まりなどを背景に複雑形状の刃物（図1）の需要が増加しつつあるため対応を検討しているが、マッチプレート法では製品精度が保てないなど解決すべき問題が生じている。今年度は、このニーズに対応しつつ製品精度の向上を図るため、折りたたみナイフを事例とし、高精度、低不良率、さらには鑄肌の美しさなどの利点を持ち、工業用鑄物に多く用いられているシェルモールド法（シェル型）の技術応用を検討した。また、重ね砂型法（シェルスタックモールド法）と呼ばれるシェル型を積み重ねて注湯する方法

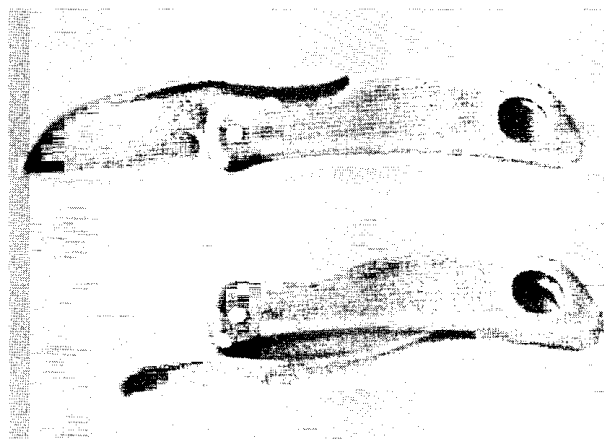


図1 折りたたみナイフ

- * コンピュータ利用によるデザイン技術の高度化に関する研究（平成8年度技術パイオニア養成事業）
- ** 木工特産部
- *** 岩手鑄機工業株式会社

を用いることにより生産性の向上と金型代のコスト削減を図った。

2 研究方法

2-1 折りたたみナイフの設計

シェル型では、熱硬化性樹脂混合砂を150℃に加熱した金型内で反応硬化させるため、光造形装置などによる樹脂原型をそのまま型として使用することは出来ない。また、樹脂原型を光造形装置で作成し、鑄造等により金型に置換する方法では精度が低下する。そこで、金属ブロックを切削加工することでCADの設計図面からダイレクトに金型を成形することとした。最初に、CADで折りたたみナイフの設計をした。その後、完成した折りたたみナイフのデータをCAD/CAMソフトに転送し、マシニングセンタで切削加工を行うためのツールパス（マシニング刃物の軌跡）を作成した（表1）。

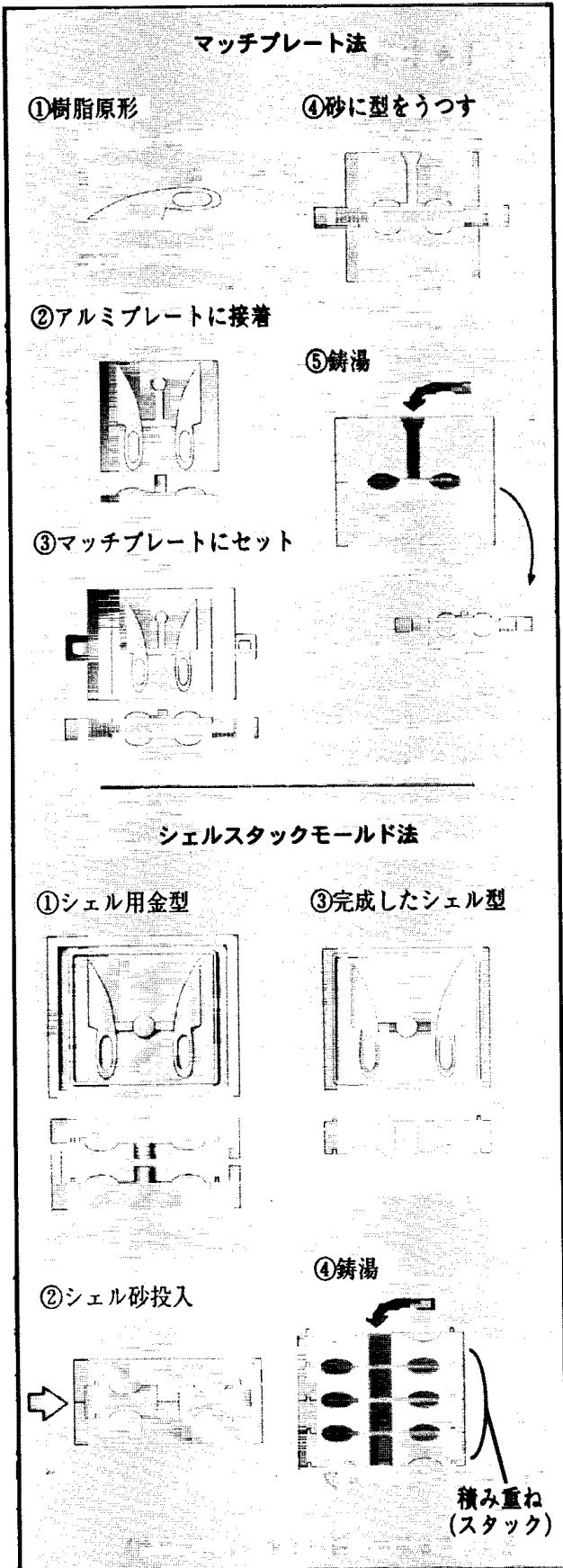


図2 鑄造方法の比較

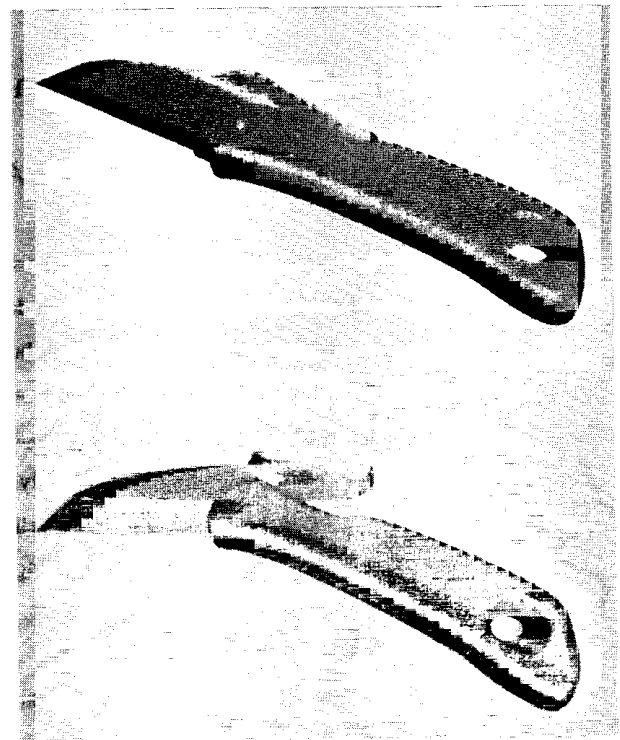


図3 折りたたみナイフ（レンダリング）

表1 今回使用したCADシステム

本体	SiliconGraphics 社製 IRIS Crimson VGXT
アプリケーション (デザインCAD)	Alias Research 社製 Alias STUDIO V6
アプリケーション (ツールパス作成)	Cisigraph 社製 STRIM 100

2-2 切削加工用データの作成

切削加工用には、荒加工、仕上げ加工、コンター加工の計3種類のツールパスを作成した。また、仕上げ加工用のデータについては2方向作成した。なぜならば、切削用の刃物として先端部が球状のボールエンドミルを使用するので、刃物のピッチを細かくしても、ピッチ間に生じるエンドミルの削り残し(スカラップハイト)が生じてしまうためである。また、コンター(外形線)切削用パスもボールエンドミルによる削り残しを取るために必要である。一方、製造工程数を減らすため、中子と鑄造方を考慮した形状データを作成し、これらのツールパスデータから切削加工用のNC駆動データを作成して一括同時加工をするようにした。NC加工の仕様は、表2に示すとおりである。

表2 NC加工の仕様

素材	鑄鉄 (FC)	
加工方法	荒加工 X方向	仕上げ加工 X方向、Y方向
刃物 (エンドミル)	12mmφ ボールエンド	3mmφ ボールエンド 面加工 3mmφ フラットエンド コンター(線)加工
ピッチ	10.8mm	0.2mm
削り込み量	3mm	0.3mm

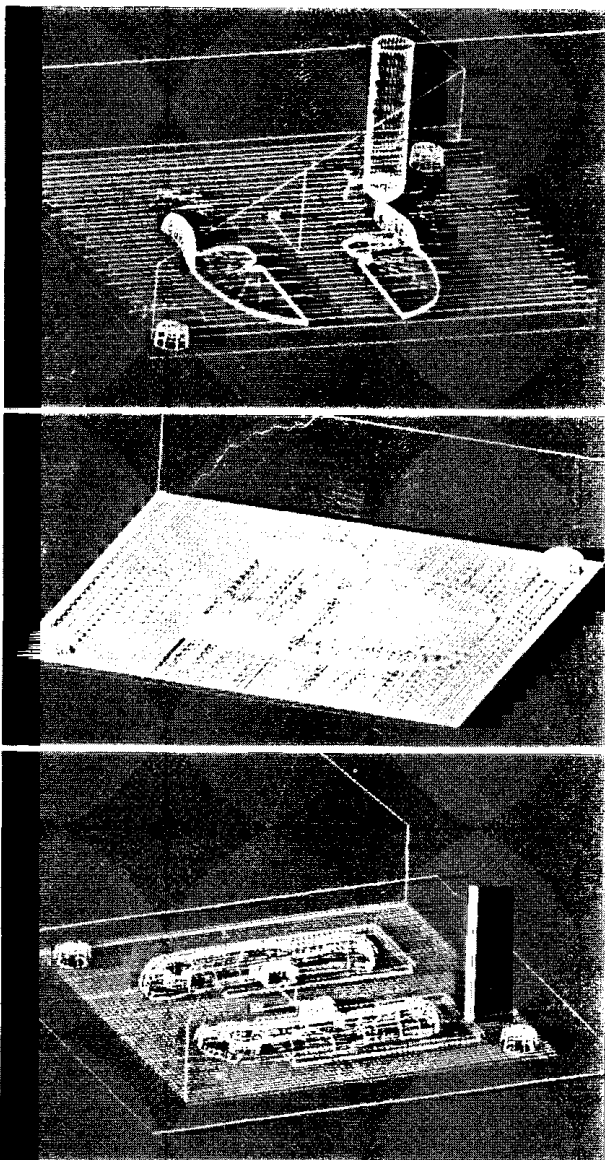


図4 ツールパス(上:荒加工、中:仕上げ加工、下:コンター加工)

2-3 金型の切削加工

同時3軸のマシニングセンタ(図4)により金型の切削加工を行った。加工しやすいという利点から金型材には鑄鉄(FC)を使用することとし、鑄物ブロックを直接切削した。完成した金型を図5に示す。

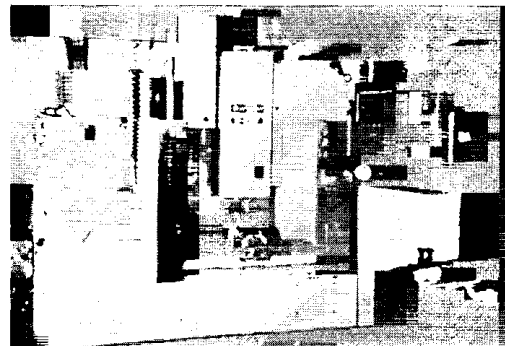


図5 金型切削に使用した同時3軸マシニングセンタ



図6 完成した金型

3 結果及び考察

本研究の結果、コンピュータで作成したデータから直接鑄鉄素材を切削加工することで精度の高いシェル鑄型作成用金型を作成することができ、工程数の削減を図ることが出来た。特に今回、切削材料として使用した鑄鉄は、鑄鉄自体の硬度もそれほど高くないので、切削性が非常に良く、比較的短時間で加工を行うことができた。また、今回の切削加工条件では、刃物のピッチによる削り残り(スカラップハイト)の製品表面への影響は、鑄型の砂

の粒径よりも小さいために、実際の鑄造で問題を生じることはなかった。更に、今回は、折りたたみナイフを事例にしたため、刃とケースとの嵌合部や可動部分のような複雑な形状の製作については従来の方法では不可能であったと思われる精度的な問題点を解決することができた。

今後は、精度と鑄肌の美しさを更に向上させるため、光造形機で造った樹脂原型のロストワックス鑄造技法で鑄造へ応用すること検討する。

コンピュータ利用による厨房用鋳造製品のデザイン開発*

町田俊一**、小林正信**、中村義隆***

本県で生産されている従来の厨房用品を対象に、デザイン開発から生産までのプロセスの高度化を目的とし、原型製作工程への3次元CADの活用を検討した。即ち、急須を事例として、今までは商品化が困難だった複雑な形状にデザインされた製品を、3次元CADと光造形法を活用して迅速に製品化を図る技術を検討した。その結果、本手法により、手作業では無理だった模様や商品化が困難だった形状への取り組みが、より簡単かつ精密にできるようになり、特に、精度を要求される原型については大幅に製作時間が短縮できた。

キーワード：CADデザイン、厨房用製品、鋳造製品

Application of CAD Design to Casting Products (Teapots)

MACHIDA Toshikazu, KOBAYASHI Masanobu and NAKAMURA Yoshitaka

About development of galley article, practical use of a computer to model production manufacturing process was examined with a teapot as an example, for the aim of establishment of the technology which can commercialize complicated shape product, it was difficult heretofore, using 3 dimensions CAD and stereo lithography.

As a result, by utilizing a computer in model production, It became possible to make patterns which was impossible by handwoven fabrics business, or the product that commercialization is difficult for complicated shape more precisely.

In particular, about a model demanded precision, it became clear that production time could be shorten largely.

key words : CAD design, galley article, casting products

1 結 言

昨年度のO R T事業「コンピュータ利用による厨房用鋳造製品のデザイン開発」では、精密なレンダリング(デザイン表現)手法に関する検討を行い、商品カタログやプレゼンテーション用資料等への応用を試みた。今年度は、原型制作工程へのコンピュータの活用を検討した。即ち、現在、自社製品の原型は、石膏による手作業で制作しているが、原型精度や造形技術に限界があるという問題点を抱えている。なかでも、急須や鉄瓶など、外型と中子(なかご)と呼ばれる内型を必要とする鋳造品は、少しでも寸法が狂うと、肉厚に影響が出るため、鍋やフライパン等の商品と比較すると原型の精密さが要求される(図1)。結果として、複雑な形状のものほど製品化が難しくなっている。

そこで、急須のバリエーションを増やすため、従来技術

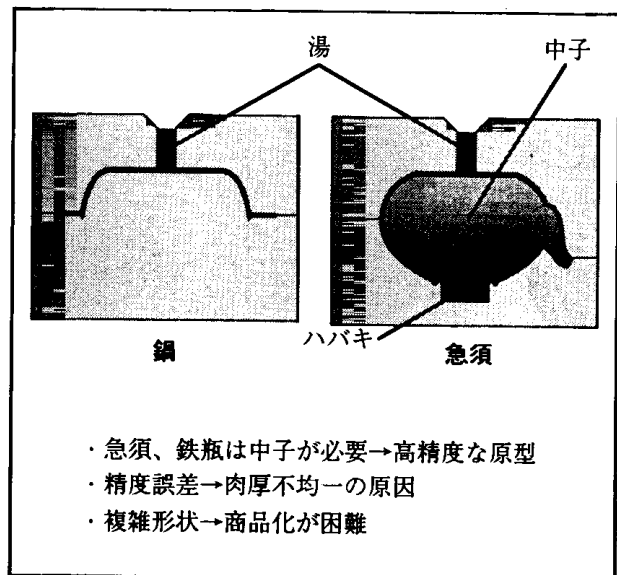


図1 商品形状による鋳造方法の違い

* コンピュータ利用によるデザイン技術の高度化に関する研究 (平成8年度技術パイオニア養成事業)
** 木工特産部
*** 株式会社岩鋳造所

で商品化が困難だった形状の急須を開発事例に研究を実施した。

2 研究方法

2-1 製品形状データの作成

開発する製品の基本的な造形について、アイデアスケッチ(手書き図面)を作成して方向性を検討した。急須や鉄瓶の造形は、前述のように中子との組み合わせ精度が要求される注湯方法を採用するため、基本的に軸対象(回転体)の形状に作られることが多い。今回は、中子作成にもCADを使用することで製品精度が高められるため、最終的に決定したアイデアスケッチをもとに、3次元デザイ

ンCAD(表1)で製品データと中子作成型(中子取り)データを作成した。製品データはまず外側の面データを作成し、外側に対して均一な厚みとなるように内側の面データを作成した。中子取りデータは、先に作成したモデルデータの内側の面データをそのまま使用して作成することで精度を高めた。また、铸造製品では、製作過程で金属の置換を行うため、設計した寸法に铸造製品を完成させるためには、設計の段階で溶湯金属の収縮率を考慮した寸法設計を行う必要がある。即ち、図3のように本体と中子の製作工程が異なるので注湯時までの収縮率も異なる。そこで注湯時に本体と中子の寸法が合うように、予めCAD上でそれぞれの収縮率より寸法調整を行った。

表1 使用したCADシステム

本 体	SiliconGraphics 社製 IRIS Crimson VGXT
アプリケーション (デザインCAD)	Alias Research 社製 Alias STUDIO V6

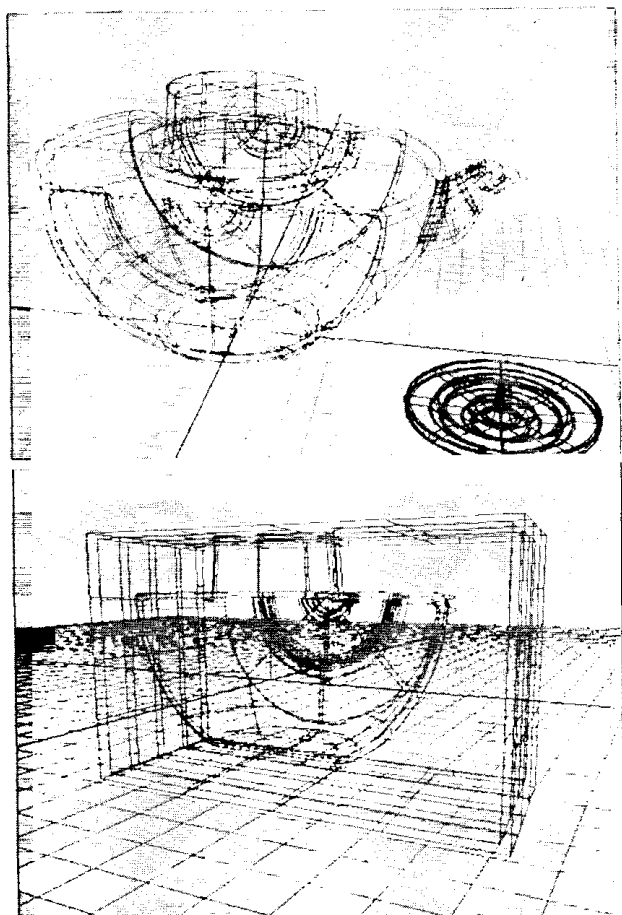


図2 作成したCADデータ(上:本体、下:中子)

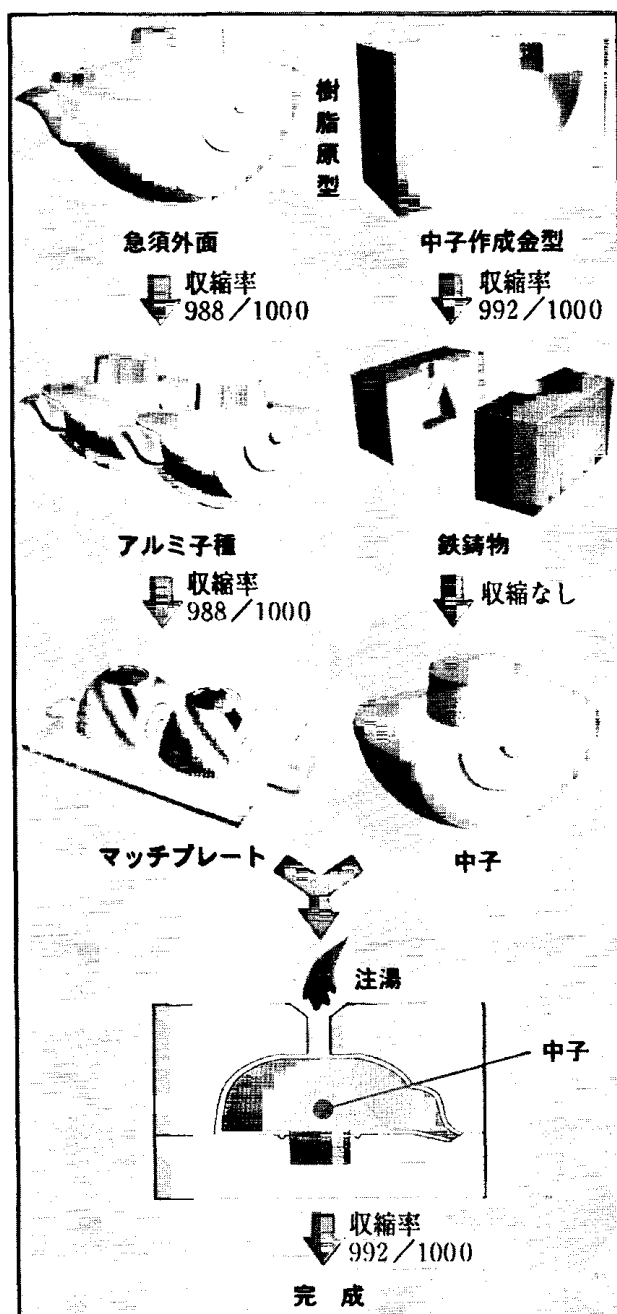


図3 铸造までのプロセス

2-2 質感等の検討

完成したモデルデータに前年度に検討した鋳鉄製品固有の質感データを付与し、最終形態の計算（レンダリング）をし、総合的なデザインの確認を行った（図4）。カラーバリエーションについてもこの段階で検討を行った。



図4 デザイン検討した急須の例

2-3 製造

決定した製品データを厚さ0.1mmの層で輪切りにしたスライスデータに変換し、このデータから、光造形装置で樹脂原型を作成した（図5）。

樹脂原型から注湯までの製造プロセスは、図3に示すとおりである。本体については、アルミに置換したあと、更に量産用のマッチプレートへ置換し、中子とりは鋳物に置換し、この型に砂を込めて、中子を作成した。図6は、最終的に完成した製品である。

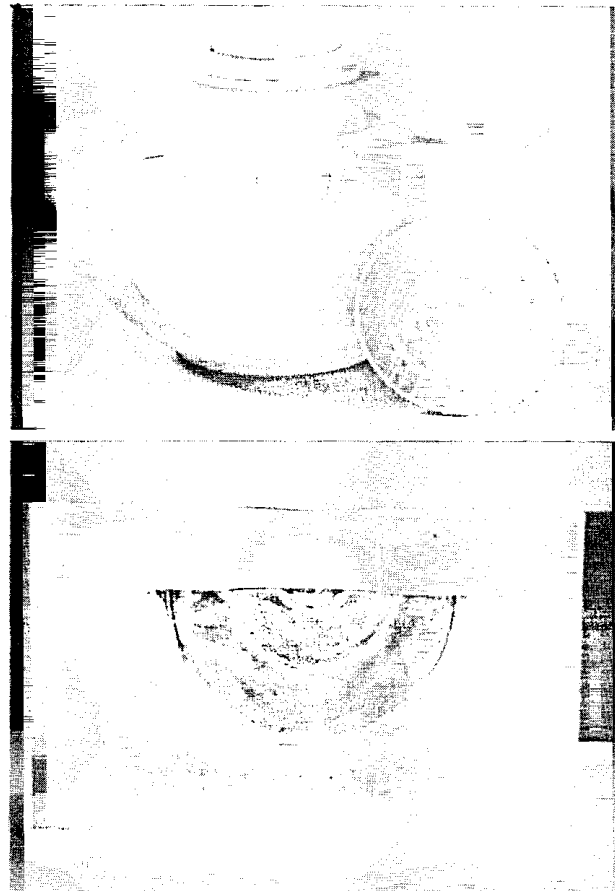


図5 完成した樹脂原形（上：本体、下：中子取り）

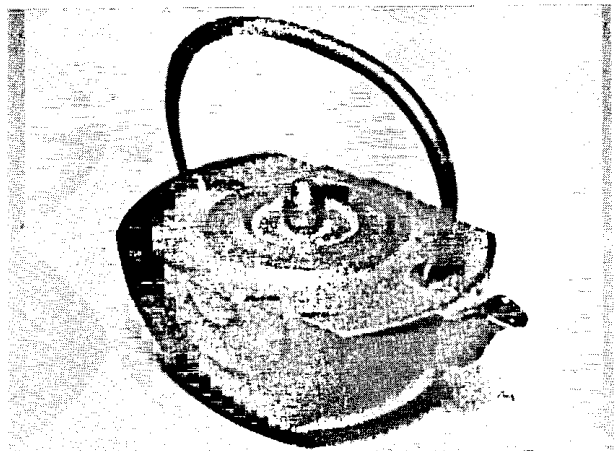


図6 完成した製品

3 結果及び考察

原型の設計にコンピュータを使用し、そのデータを活用して、光造形装置で原型製作を行うことにより、従来の手作業では製造が不可能であった複雑な模様を有する製品や、商品化が困難だった複雑形状の製品が精密にできるようになった。即ち、急須等の中子を要する製品では、本体の形状が複雑になるほど、本体の鑄型と中子の整合性を高めることが困難となる。そのため、湯回り等の問題からも結果として不良率の少ない肉厚な形状、すなわち重い製品が多い。しかし、今回の事例では、複雑形状の中

子も高い精度で作成することができるため、鉄器の最大の欠点である重量の軽減化に大きく貢献できることが分かった。また、光造形装置を用いて原型を作成することによって、これまでは大量の場合しか対応できなかった受注生産のロット数を増やすことができ、短期納期、高精度、少量といった受注条件の製品が容易に製造できるようになった。このことは最近増加している家電製品等への南部鉄器の活用の要望に対して、試作を求められる場合は特に有効であると考えられる。

アルミニウム合金鋳物の流動性に及ぼす結晶粒微細化の影響

池 浩之、勝負澤善行、茨島 明
高川 貫仁、本山 勝見、田中 悟

市販の微細化処理剤を添加してアルミニウム合金鋳物の結晶粒微細化を行い、その種類および添加量と結晶粒度の関係およびアルミニウム合金溶湯の流動長との関係を調べた。その結果、アルミニウム合金の結晶粒径は、同じTi添加量の場合フラックスより母合金の方が細くなる。そして、結晶粒度が細くなるほどアルミニウム合金溶湯の流動性は向上し、結晶粒径が3.5mmから1.5mmまで細くなると、同一注湯温度で約1.3倍長くなることが分かった。

キーワード：アルミニウム合金鋳物 微細化処理 流動性

The Effect of Grain Refinement on the Fluidity of Aluminum Alloy Castings

IKE Hiroyuki, SHOUBUZAWA Yoshiyuki, BARAJIMA Akira
TAKAGAWA Takahito, MOTOYAMA Katumi and TANAKA Satoru

We get grain refining treatment of aluminum alloy castings by means of grain refining agents to be on the market. Then, We study a relation of addition quantity and a kind of treatment agents and grain size, and also liquidity of molten metal of aluminum alloys. The results grain size of aluminum alloys gets fine master alloys of rather than fluxes when even Ti quantity in treatment agents. We understood, the finer grain size is, the more fluidity of molten metal of aluminum alloys improve. Liquidity of molten aluminum alloys get long approximately 1.3 times as grain size gets fine 3.5mm to 1.5mm with the same temperature.

key word: aluminum alloy castings, grain refined, fluidity

1 緒 言

アルミニウム合金の薄肉鋳物や大型製品をVプロセスなどで鋳造する場合、最良の鋳造方案でも、湯回り不良が防げないときは、注湯温度を高くし、流動長を延ばすことによって不良を防止することがある。しかし、アルミニウム合金鋳物は、溶湯温度が高くなるほど酸化し易くなり、Mgなどの酸化消失が激しくなる。そして、水素ガス吸収速度が早くなり、結果としてガスポロシティが増加するとともに機械的性質が低下し、引けなどの欠陥が生じ易くなる。

一方、ある組成のアルミニウム合金の流動性を良くする方法としては、上記のように注湯温度を高くするほか、

鋳型温度を高くしたり、より熱伝導率の低い鋳型材料を選択するなど外的要因を変化させることでも可能となる。また、溶湯の微細化処理や改良処理を行うことにより流動性が良くなる^{1, 2)}ことが知られている。例えば、亜共晶Al-Si系合金において、Si量が多いほど流動性は良くなるが、結晶粒微細化処理を行うことにより初晶デンドライト結晶の生成数を増やし、その寸法を細かくするほどデンドライトアーム間隙の液相の透過率が向上し、流動性は良くなるといわれている¹⁾。しかし、市販されている二次合金地金を市販の結晶粒微細化剤を用いて微細化した場合の流動長の変化について調べた報告はみられない。

*岩手県工業技術センター 金属材料部

**横河電子機器株式会社

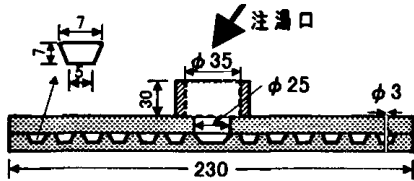


図1 流動長測定鑄型の概略図

表1 アルミニウム合金二次地金の成分(メカ分析値)

元素名	Cu	Si	Fe	Zn	Mg	Mn
wt%	0.08	7.04	0.34	0.02	0.42	0.22
元素名	Pb	Sn	Cr	Ca	Sb	Bi
wt%	0.01	0.01	0.02	.001	.002	.002
元素名	Ni	Ti	Al			
wt%	0.03	0.02	bal			

表2 微細化処理剤の形状と成分(メカ分析値)

処理剤	形状	Ti	B	K	C	F	Cl	Al
A	タブレット	6.0	0.9	25 ~30	5	15 ~20	40 ~45	-
B	母合金	5.05	0.98	-	-	-	-	bal
C	タブレット	10	1	20 ~5	1	30 ~40	20 ~30	-

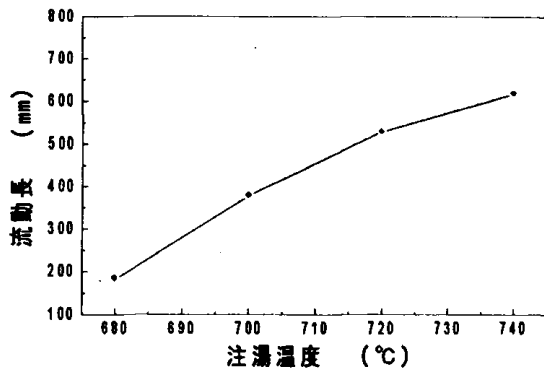


図2 注湯温度と流動長の関係

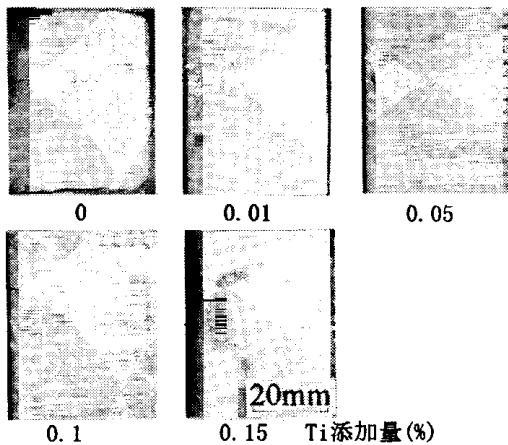


図3 微細化処理剤Aを用い、添加量を変化させたときのマクロ組織

本研究では、市販されているアルミニウム二次合金地金を市販の結晶粒微細化剤を用いて微細化したときの添加量による粒度変化と、それに伴う流動長の変化を調べることが目的とした。

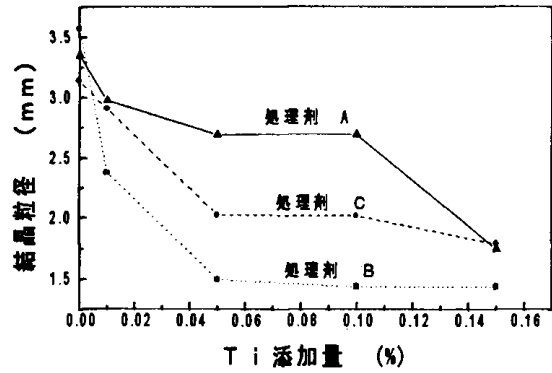


図4 微細化剤添加量と結晶粒径の関係

2 実験方法

図1に流動長測定鑄型概略図を示す。本鑄型は、中央部から外周方向へ流れる渦巻き状とし、その先端には、 $\phi 3$ のガス抜き穴を上下に設けた。上下の鑄型は、予め水平なガラス板上で平らにし、さらにお互いを摺り合わせて上下型に隙間がないことを確認した。そして、下型を水平基準器を用いて縦横の水平を確認した後、下型の周囲に接着剤を塗布し、上型を乗せさらに重しで固定した。上型の注湯口には $\phi 35 \times 30$ の湯溜まりを設けた。また、流動長の測定は2個の鑄型に注湯しその平均値を流動長とした。

原料は微細化元素をほとんど含まない表1に示す組成の日本軽金属㈱製アルミニウム二次合金地金(JIS C4CV)を用いた。これを電気炉にて最高温度750°Cで溶解した後、表2に示す3種類の市販の微細化処理剤を、それぞれ溶湯中への添加量を変化させて微細化処理を行った。その後、フラックスによる脱滓処理、 N_2 ガス導入による脱ガス処理後10分間静置し、720°Cの温度で前述の流動長測定鑄型と4号引張試験片鑄型に注湯した。

このようにして得られた試験片を用いて、各微細化剤添加量に伴う組織変化、添加量と流動長、添加量と機械的性質の関係などについて調べた。

3 結果

図2は、注湯温度変化による流動長変化結果である。これより温度が高くなるほど流動性は良くなり、注湯温度が680°Cから700°Cと、20°C高くなると流動長は約2倍も上昇することが分かる。

図3は、表2の微細化処理剤Aを用いたときの添加量と結晶粒径の関係をマクロ組織で示した例である。なお添加量は、処理剤中のTi量に換算した。これより、処理剤の添加量が増えるにしたがって結晶粒径が細くなっていることが分かる。図4は、各微細化処理剤によるTi

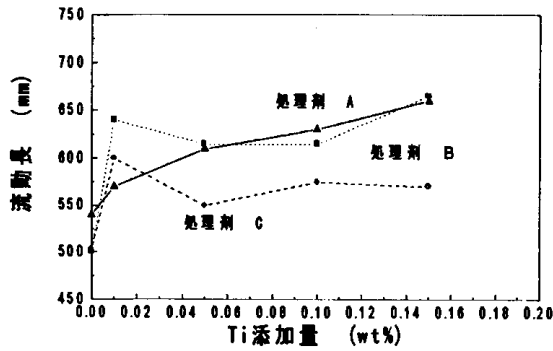


図5 微細化処理剤添加量と流動長の関係

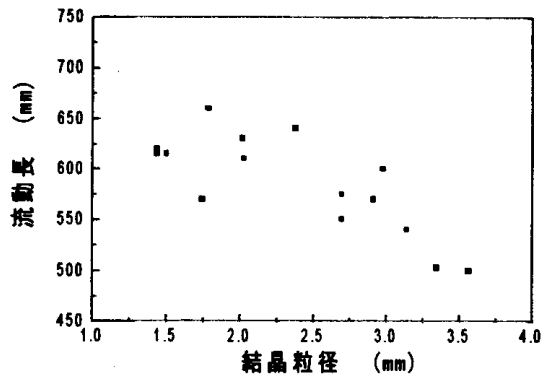


図6 結晶粒径と流動長の関係

換算添加量と結晶粒径の関係である。各処理剤により微細化処理効果が大きく異なり、0.05~0.1%のTi添加量の範囲では、処理剤Bは処理剤Aと比較し、同じTi添加量で結晶粒径は約1/2となっていることが分かる。

図5は、各微細化処理剤の添加量と流動性の関係を示した結果である。処理剤Aは、添加量が増加するほど流動長は増す傾向にある。一方処理剤B,Cは、約0.01%の添加量で流動長は、急激に大きくなるが、その後ほとんど変化しないことが分かる。

図6は、図5を結晶粒径と流動長との関係で示した結果である。これより結晶粒径が3.5mmの場合、流動長は約500mm、1.5mmの粒径では約650mmと、結晶粒径が細くなると流動長は約1.3倍も長くなっていることが分かる。これは、図1の結果から、注湯温度を720から740℃に約20℃上昇させたのに匹敵する流動長の変化である。

図7は微細化剤添加量による引張強度および伸びの変化を示した結果である。強度は、0.01%の添加で若干上昇するがその後ほとんど変化しない。また、微細化処理のみを行っても伸びにはほとんど影響しない。

4 考 察

市販のAC4C二次合金地金を市販の結晶粒微細化剤を用いて微細化すると、同じ注湯温度でも、微細化剤により

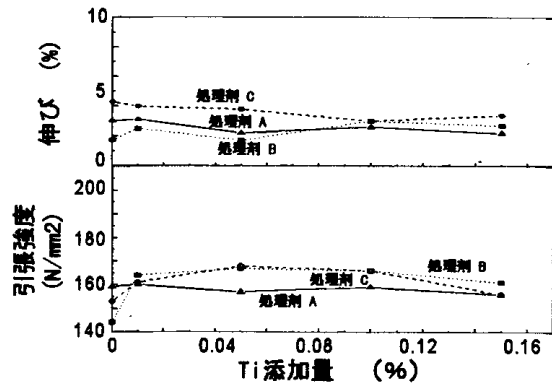


図7 微細化剤添加による機械的性質の変化

流動長は約1.3倍も異なることが分かる。ここで、2,3の点について考察する。まず、各微細化処理剤による結晶粒径の差について述べる。微細化剤の成分は表2に示したとおりで、最も微細化効果の高い処理剤BはTiとB(硼素)を含む母合金であり、効果の小さい処理剤AとCはTi, BのほかK, C, F, Clなどを含むタブレット形状のフラックスである。通常、Bを含まないフラックスや母合金でTiを添加する場合は、0.15%以上添加すると結晶粒の微細化効果が現れるといわれている³⁾。また、Ti, Bを含んでいるフラックスや母合金はTiAl₃の他TiB₂結晶が存在しているため、0.05~0.1%のTi添加量でも効果があるといわれている³⁾。よって本研究の結果で母合金に比べてフラックスの方がより微細化効果が小さい理由は、フラックスはTi, Bを含んでいるが、何らかの理由で、Al溶湯中へのTiなどの固溶量が母合金の場合に比べて多くなり、結果としてTiAl₃結晶が初晶生成の異質核になりづらくなり微細化効果が小さくなったためと考えられた。そして、処理剤AとCでの効果の違いは、処理剤Cの方がTiの含有量が多いためと考えられる。

作業性および作業環境の面で、フラックスはホスホライザーを用いて添加するが、反応する際、白煙と刺激臭を発生するため作業上扱いにくい。それに比較し、母合金は溶湯に添加して溶解させるだけなので、今回用いたフラックスに比べると作業上扱い易かった。ところでTiAl₃, TiB₂は、Al溶湯より密度が大きいので、坩堝底へ沈殿し、介在物となって悪影響を及ぼす³⁾。そのため鑄造現場では、なるべく微細化処理剤は少量添加に押さえた方がよい。よって本研究では、Ti量に換算して、0.15%添加量内に止めたが、処理剤A, Cの場合は、その溶湯中への添加量を0.15%に増していくと、微細化効果はさらに大きくなると考えられる。

次に、結晶粒微細化による流動性の向上について述べる。アルミニウム合金溶湯の流動は、液相温度範囲から準液相温度範囲の段階で起こる。準液相温度範囲の段階

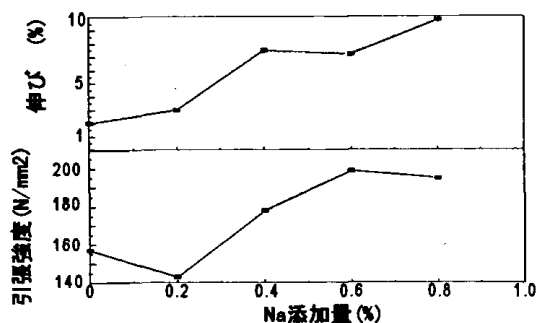


図8 改良処理剤添加量による機械的性質の変化

とは、液相と初晶が混在する状態で液相の比率が約50～60%程度までの温度範囲をいう³⁾。一定組成のアルミニウム合金の初晶出現温度は一定であり、結晶粒径が細かいほどデンドライトアームのネットワーク間隙の液相の透過率が良くなり、その結果流動性が良くなるといわれている⁴⁾。本研究の結果でも同様のことがいえる。しかし、図6で示すように同じ結晶粒径でも流動長に幅がある。これは、結晶粒径および流動長測定精度も影響しているためと考えられる。

最後に、結晶粒を細かくしても機械的性質がほとんど影響を受けない理由として、神尾らはAl-4%Cu-4.5%Si合金を例に取り以下のように述べている⁵⁾。Tiを添加すると結晶粒は微粒化するが、 α 相の形状は花卉状となり、デンドライト・セル・サイズは粗大となり、共晶および晶出化合物も粗大化するため、機械的性質に及ぼす結晶粒微粒化の効果が相殺されるという。また、一般的に共晶Siが微細になると、引張強度と伸びは向上することがよく知られている。そこで、共晶Siの微粒化処理を行うときに一般的に用いられるNaの量を変化させて溶湯中に添加したときの引張強度と伸びの変化を図8に、各Na添加量時のマイクロ組織写真を図9にそれぞれ示す。これらより、0.4%Na添加から共晶Siの微粒化効果があらわれSi形状は、粗い針状から細かい粒状へと変化する。それに伴って機械的性質は上昇する。そして、0.8%Na添加では、Na未添加合金に比べて、強度が約1.4倍、伸びが約10倍も向上している。つまり共晶Siが微細となるほど引張強度および伸びは著しく向上することが分かる。よって、Ti添加量を変化させて結晶粒微粒化処理を行ったときに機械的性質がほとんど変化しない理由は、本結果の場合、機械的性質が共晶Siの寸法に大きく支配されているため

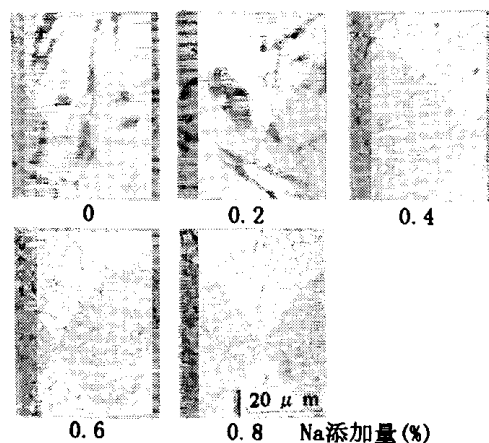


図9 共晶Si微粒化剤の添加量を変化させて処理し、得られたアルミニウム合金のミクロ組織

と考えられる。

5 結 言

AC4C7Mn系二次合金地金を原料として、3種類の結晶粒微粒化剤を添加し、微粒化剤による結晶粒径、流動長および機械的性質などを調べた結果以下の結論が得られた。

- 1) いずれの微粒化処理剤を添加しても、結晶粒径は小さくなるが、同じTi添加量でも処理剤の種類によりその効果に違いがある。これは処理剤に含有するTi, Bの含有量およびそれらの結晶形態の相違が原因と考えられる。
- 2) 本研究の範囲内では、結晶粒径が細くなるほど流動性は向上する傾向にある。また、同じ注湯温度でも、流動長は約1.3倍も向上する。
- 3) 機械的性質は、微粒化処理を行ってもほとんど変化しない。その理由は、機械的性質が共晶Siの寸法に多く支配されているためと考えられた。

なお、本研究は平成8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。

6 参考文献

- (1) 例えば、磯部, 久保田, 北岡: 鋳物 47 (1974) 345.
- (2) 照元, 尾崎, 三宅, 岡田: 鋳物 63 (1991) 671.
- (3) 神尾: 鋳物 66 (1994) 377.
- (4) 素形材センター: 鋳造技術専門講座, アルミニウム合金鋳物・グイサの溶湯品質と欠陥対策 (1997) 11.
- (5) 神尾, 手塚, 熊野, 高橋: 鋳物 51 (1979) 408.

光硬化エポキシ樹脂への無電解ニッケルめっきの前処理

鈴木 一孝*、小向 隆志*

光硬化エポキシ樹脂へ無電解ニッケルめっき処理を行う前処理について検討した。その結果、化学エッチング処理前に、光硬化エポキシ樹脂に対し膨潤度の高い有機溶剤に浸漬処理するとめっき膜を厚く成膜出来ることがわかった。これは有機溶剤に浸漬処理し、化学エッチング処理することにより光硬化エポキシ樹脂の表面に均一な微細孔が形成されたためと考えられる。

キーワード：エポキシ樹脂、無電解めっき、ニッケル、有機溶剤

Pre-treatment Process of Electroless Nickel Plating on Epoxy Resin cured by Laser Beam

SUZUKI Kazunori and KOMUKAI Takashi

Pre-treatment of Electroless nickel plating of Epoxy resin cured by laser beam is investigated. It is found that thickness of plating film is grown up on its resin dipped into organic solvent before chemical etching treatment, and that is able to swell the best of all. The reason is that uniform micro holes are formed on surface of it's resin after dipping into the organic solvent and chemical etching treatment. As a result, the surface treatment of the resins is provided with a new developed method for Electroless nickel plating.

Key word : epoxy resin, electroless plating, nickel, organic solvent

1 緒 言

近年の小ロット、短納期生産の市場ニーズから、光造型装置による簡易樹脂型の製品製造が試みられているが¹⁾、この簡易樹脂型には、製品精度を左右する型冷却に必要な熱伝導性および中ロット生産を考慮した耐久性を付与することが求められており、その解決技術として、この光硬化性樹脂へのめっき技術の確立が望まれている。樹脂めっきにおいて、樹脂とめっき膜の良好な密着性を得ることが課題となる。この樹脂めっきの密着性は、表面の微細粗面の投錨効果に影響されるため、樹脂表面の粗面化技術が重要であることが知られており²⁾、各種樹脂表面の酸やアルカリによる化学エッチング処理等の手法が研究、確立されている³⁾。しかしながら簡易樹脂型としての光硬化性樹脂は、化学的に安定なエポキシ樹脂が使われ、化学エッチング処理による樹脂表面の粗面化は難しい材料の一つとされている。

そこで著者らは光硬化性エポキシ樹脂の化学エッチング処理を効果的にするための前処理として有機溶剤浸漬処理について検討し、化学エッチング処理を行ったところ、これまででない無電解めっき処理に有効な微細粗面を有する樹脂めっき表面を得ることができたので、その結果を報告する。

2 実験方法

2-1 めっき供試材料

旭電工工業(株)製の商品名アデカキュア HS-661をモノマー原料とし、He-Cd レーザ光(波長325nm)を照射し硬化したエポキシ樹脂材料を試験片とした。試料サイズは約30mm×20mm×1mmである。

2-2 めっき前処理

光硬化エポキシ樹脂試験片へのめっき前処理は表1のフローに従った。脱脂洗浄はアセトン及びメタノールで

それぞれ室温で10分間浸漬し、エッチング前処理は室温状態の各種有機溶剤に所定の時間浸漬した。エッチングは液切りした後すぐに、60℃のクロム混酸溶液に、所定の時間攪拌処理し、5%NaOH水溶液で中和、水洗をおこなった。次いで、塩化スズ液による感受性化処理、塩化パラジウム液による活性化処理をそれぞれ2回繰り返して触媒付与をおこなった。

表1 無電解めっき処理の前処理フロー

① Cleaning	: Dipping with Acetone and Methanol
↓	
② Pre-etching	with Organic solvents
↓	
③ Etching	: CrO ₃ 100g/l H ₂ SO ₄ 500g/l H ₃ PO ₄ 100g/l
↓	
④ Neutralization cleaning	
↓	
⑤ Sensitized treatment	: SnCl ₂ 10g/l HCl 40ml/l
↓	
⑥ Activated treatment	: PdCl ₂ 0.6g/l HCl 15ml/l
↓	
⑦ Cleaning by water	

2-3 無電解ニッケルめっき

めっき浴組成およびめっき条件を表2に示した。めっき浴の基本浴成分として金属塩は硫酸ニッケル、還元剤は次亜リン酸ナトリウムからなるBrenner浴を用いた。²⁾ 前処理を行った試験片を浴温60℃のめっき浴に浸漬し、スターラーにより攪拌しながらめっき膜を析出させた。所定時間めっき処理した後、温水洗浄し、めっき膜試験片とした。

2-4 表面状態およびめっき膜厚の測定

溶剤処理後及びエッチング処理後の試験片は十分乾燥し、走査電子顕微鏡により表面状態を観察した。また、時間管理されためっき試験片をJIS H 8504 規定のテープ試験により引き剥がし評価を行い、剥離しない試験片の断面をSEM観察し、めっき膜厚を求めた。

表2 めっき浴

Nickel sulfate	40g/l
Sodium hypophosphite	20g/l
Sodium tartrate	24g/l
Sodium acetate	14g/l
Ammonium chloride	5g/l

2-5 有機溶剤処理による膨潤度の測定

予め重量測定した試験片(Ws)を、所定時間各種有機溶剤に浸漬した後、表面に付着した溶剤を濾紙で拭き取り、秤量瓶にて膨潤後試験片重量を求め(We)、Equation 1により膨潤度を算出した。⁴⁾

Equation 1

$$\text{Degree of swelling (\%)} = 1 / \Phi_P \times 100$$

$$= \rho_P / \rho_S (W_e / W_s - 1) \times 100$$

Φ_P : Volume fraction of polymer

ρ_P : Density of polymer

ρ_S : Density of solvent

W_e : Weight after swelling

W_s : Weight before swelling

3 実験結果および考察

3-1 有機溶剤処理によるめっき膜厚

樹脂の膨潤、溶解作用のある有機溶剤を選択する指針として溶解度パラメーターが用いられる。エポキシ樹脂の溶解度パラメーター(δ)は実験的に 10.9 ± 2.4 であることが報告されており、⁵⁾ この値に近い有機溶剤を選択する必要がある。表3に代表的な溶剤とBurrellらにより計算されたその溶剤の溶解度パラメーターを示した。

表3 各種有機溶剤の溶解度パラメータ

Organic Solvents	Solubility parameter (δ)
Ethanol (Eol)	12.7
N,N-dimethylformamide (DMF)	12.1
Acetonitryl (AN)	11.9
Pyridine (Py)	10.7
Acetone (Ace)	10.0
Chlorobenzene (ClB)	9.5
Ethylacetate (EA)	9.1
Toluene (Tol)	8.9

この溶剤にそれぞれ30分間浸漬した後、エッチング処理し、無電解ニッケルめっき処理を行った。Fig 1に得られためっき膜厚を示す。図1よりジメチルホルムアミドがめっき膜厚を最も厚く処理できることがわかる。クロロベンゼンと酢酸エチルで処理した以外は、ジメチルホルムアミドまでは文献値⁵⁾で与えられた溶解度パラメーターの大きい順に、めっき膜厚が厚くなり、その後は溶解度パラメーター値が大きくなっても溶剤の影響がないことがわかる。

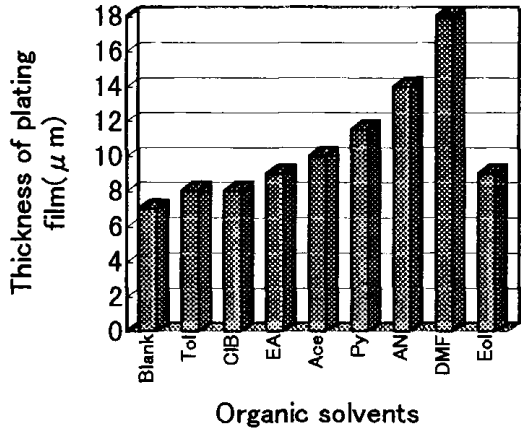


図1 各種有機溶剤処理によるめっき膜厚への影響

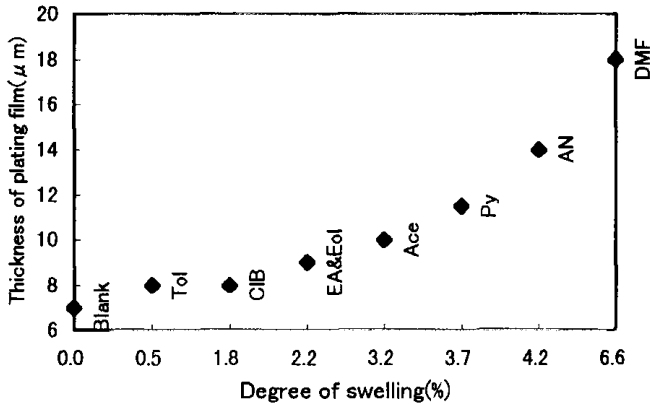


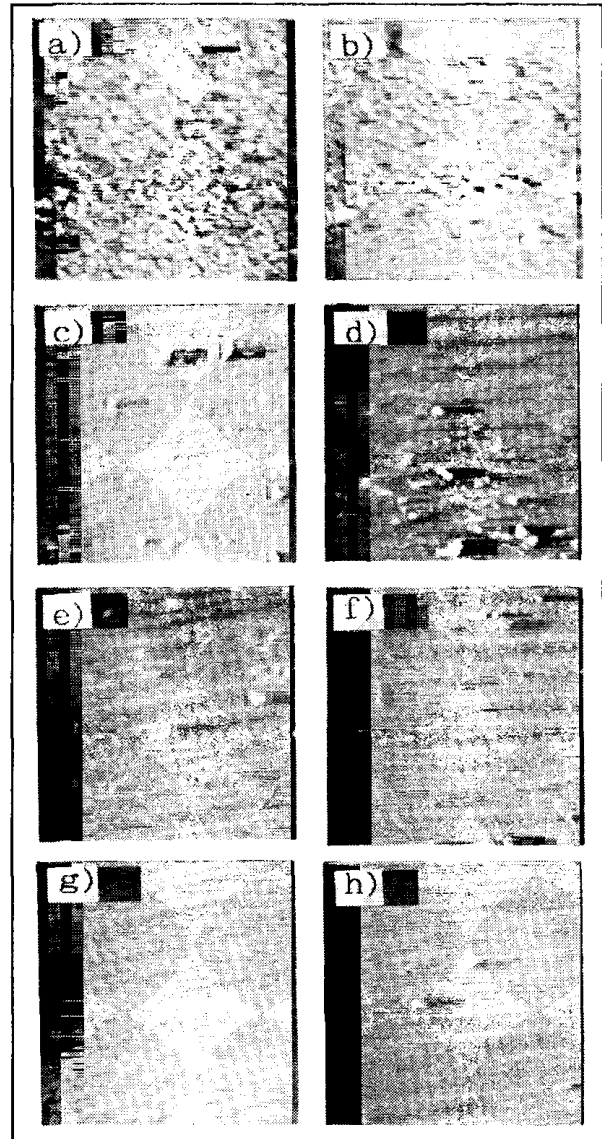
図2 膨潤度とめっき膜厚の関係

また、各有機溶剤に30分間浸漬した時の膨潤度とめっき膜厚の関係を図2に示す。めっき膜厚の厚さと膨潤度の関係は2次の比例関係であることがわかる。このことは、光硬化エポキシ樹脂の溶解度パラメーターがジメチルホルムアミドの12.1に近似することを示し、最も膨潤作用がある溶剤が、めっき膜厚を厚くできる効果があることを示している。さらに、クロロベンゼンと酢酸エチルの表3に示した溶解度パラメーターの順序と実測した膨潤度の順序が逆転したのは、酢酸エチルの方が、水素結合による極性基効果がクロロベンゼンより光硬化エポキシ樹脂に対して大きいため膨潤作用が大きくなったことによると考えられる。

3-2 溶剤浸漬処理後の表面状態

膨潤作用により光硬化エポキシ樹脂表面がどのような変化をしているかを確認するため、有機溶剤に浸漬処理したままの試験片の表面状態をSEMで観察した。結果を図3に示す。最も膨潤作用のあるジメチルホルム

アミドに浸漬した樹脂表面には、次に膨潤作用のあるアセトニトリルと共に、溶解による微細な粗面を形成されていることが確認される。また、その次に膨潤作用のあるピリジン、アセトンにも、わずかながら、表面の荒れが確認できるがそれ以外の有機溶剤では未処理表面と差が見られないことがわかる。



a) Dimethylformamide b) Acetonitrile c) Pyridine
d) Acetone e) Ethylacetate f) Chlorobenzene
g) toluene h) blank (——— 5 μm)

図3 有機溶剤による膨潤処理後の

光硬化エポキシ樹脂の表面状態

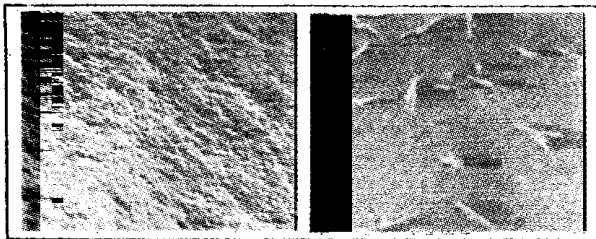
3-3 エッチング処理後の表面状態

最も膨潤作用のあるジメチルホルムアミドによる溶剤処理後にクロム混酸処理した後の樹脂表面と溶剤処理しない従来の処理方法後の表面状態にどのような変化が見られるかをSEMで確認した。結果を図4に示

す。

溶剤処理した後にクロム混酸液で3分間エッチング処理した光硬化エポキシ樹脂表面には、均一に分散した微細孔が形成されていることが確認される。この均一な微細孔に触媒が付与されるため、めっき膜成長が容易に行われると共に、めっき膜応力による剥離防止力が投錨効果により発揮され、めっき膜を厚く成膜する要因と考えられる。

一方、溶剤処理せず、クロム混酸でエッチング処理しためっき前の樹脂表面は不均一で亀裂型の荒れた表面状態であることが確認された。この試験片にめっきすると、めっき膜厚8 μ mのめっき膜の剥離が生じる。これはSEMで確認されるように、十分に表面の粗面化がなされていないため投錨効果による密着力が十分確保されないためであると考えられる。



Dimethylformamide

Blank

(—— 5 μ m)

図4 DMFで膨潤処理した後エッチング処理した樹脂表面と従来のエッチング処理後の表面状態

4 結論

光硬化エポキシ樹脂へ無電解ニッケルめっきを行う前処理として、クロム混酸によるエッチング処理の前に、有機溶剤に浸漬処理する方法を採用すると、厚膜めっきが可能となる。これは、有機溶剤による浸漬処理は膨潤、溶解作用により光硬化エポキシ樹脂表面を荒らし、次工程のクロム混酸による液の濡れ性向上等により均一な粗面化を促進させる効果があるためであり、特にジメチルホルムアミドが有用である。

また、従来のエッチング後の樹脂表面は不均一な亀裂を伴う荒れた状態となるが、厚膜めっきはできない。一方、溶剤浸漬処理した後に、エッチングした光硬化エポキシ樹脂の表面には、従来ではできない均一分散した微細孔が形成されるため、厚膜めっきが可能となる。

本研究成果は、光硬化エポキシ樹脂以外の一般市販材料への容易なめっき方法確立の可能性を示唆するものである。

本研究は平成8年度特定中小企業集積支援技術開発事業により実施した。

文 献

- 1) 山田眞次郎：設計, 試作, 金型製作への光造型技術の応用, 合成樹脂 vol. 41 No. 10 p19 1995
- 2) 金属表面技術講座9：無電解メッキ 朝倉書店
- 3) 本間英夫：エンジニアリングプラスチックへのめっき 実務表面技術 vol. 33 No. 12 p2 1986
- 4) 片山将道：高分子概論 日刊工業新聞社
- 5) 材料技術研究協会編：プラスチックのコーティング技術総覧 (株) 産業技術サービスセンター

平成8年産岩手県産小麦の製パン試験

荒川 善行*、吉田 和美**、高橋 正一***

岩手県産小麦について、昨年度評価のよかったコユキコムギと、新しくパン用小麦として育種された東北205号の製パン性を試験した。その結果、コユキコムギは昨年度より製パン性が劣った。東北205号は原料配合をリッチにすることなどにより標準に劣らないパンができた。

「特徴のあるパン」を目的とした県産パン用小麦として有望と思われた。

キーワード：コユキコムギ、東北205号

1 緒 言

一般的に、国内産小麦はタンパク質含量が低く、製パン向きではなく、めん類、菓子等に用いられている。

このうち、岩手県産の小麦は、中力粉に属し、めん類、南部せんべい等に用いられている。この小麦に関しては、製パン性は劣るけれども、特徴あるパンを提供する目的で、県産小麦によるパンを製造販売して好評を得ている企業もある。

今回は、昨年度、県産小麦のうちでは製パン適性が良かったコユキコムギと、パン用として東北農業試験場で育種された東北205号について製パン性の面から検討した。

2 実験方法

2-1 タンパク質含量

セミマイクロケルダール分解法で求めた窒素%に、タンパク換算係数を乗じて粗タンパク質とした。

2-2 製パン試験

丸の形をしたバンズパンと通常の食パンの原料配合を表1に示した。

製パン試験は、表1に示したように基本原料配合のリーンタイプと、基本配合の砂糖と油脂を多くし、さらに卵を配合したリッチタイプのパンを製造した。

2-3 パンの品質評価、採点法

学校給食パンの抜き取り検査における品質評価手法に準じて、食味試験を実施した。

外観と内相の配点値は、最高品質を80点、最低を50点とし、80から50点の範囲内で採点して80～75点を優、74.9～70点を良、69.9～65点を可、64.9点以下を不可として評価した。

表1 パンの原料配合

	リーンタイプ	リッチタイプ
小麦粉	100	100
砂糖	5	10
食塩	2	1.8
油脂	5	10
卵	—	10
イースト	2	2
イーストフード	0.1	0.1
水	63～68	50～62

3 結 果

3-1 タンパク質含量

表2に、今回使用した小麦のタンパク質含量として、粗タンパク質%を示した。

* 食品開発部
** (株) 大門食品
*** 白石食品 (株)

表2 タンパク質含量

	窒素 %	タンパク 係数	粗タンパ ク質 %
コユキコムギ原麦	1.57	5.83	9.15
粉	1.41	5.57	8.04
東北205 原麦	1.90	5.83	10.83
粉	1.79	5.57	10.20
標準 粉	2.11	5.57	11.77

コユキコムギ粉は、8.04%であり、例年より低い数値であった。(目標値10%) 東北205号粉は、10.2%であり、コユキコムギより高いが、パン用粉としてはもう少し高い値が望ましいところである。

3-2 製パン試験

表3および表4に、バンズパンは70グラム、食パンは200グラムの発酵分割生地を焼き上げた後の比容積と焼減率を示した。

また、写真1、2にゼロックス複写法によるパンの内層面の比較を示した。

表3 製パン試験 (バンズパン)

No.	パン種類	焼き上げ 後重量 g	焼減率 %	容 積 ml	比容積
1	リーチ標準	59.6	14.9	400.0	6.71
2	〃 コユキ	60.0	14.3	308.0	5.13
3	〃 205	58.0	17.1	362.0	6.24
4	リッチ標準	60.5	13.6	442.0	7.30
5	〃 コユキ	61.0	12.9	414.0	6.79
6	〃 205	61.4	12.3	428.0	6.97



標準 コユキ 205
写真1 パンの内層面 (リーチタイプ)



標準 コユキ 205
写真2 パンの内層面 (リッチタイプ)

焼減率が大きいほど軽い感じのパンになる。一般的には、リッチタイプはリーチタイプに比較して焼減率は小さいが、比容積は大きくなる。

リーチタイプでは、バンズパン、食パンとも、コユキコムギは比容積が小さくゼロックス複写でみて判っており、標準に比べ高さが出ないので横に広がっている。東北205号は標準に比べるとやや比容積が小さい。

リッチタイプでは、リーチタイプでは比容積が小さかったコユキコムギも、リッチにすることによりボリュームが出てきて、東北205号、標準と比べ差がなくなっている。しかし、ゼロックス複写でみると、高さがなく他のパンが弾力性を持つスポンジ状であるのに対して、内層のきめが粗く、この点でも劣っている。一方、東北205号は、比容積も十分でコユキコムギが横に広がっているのに対し、高さもあり、内層のきめも良く、良いパンに仕上がっている。

表4 製パン試験 (食パン)

No.	パン種類	焼き上げ 後重量 g	焼減率 %	容 積 ml	比容積
1	リーチ標準	171.0	14.5	960.0	5.60
2	〃 コユキ	169.3	15.4	890.0	5.26
3	〃 205	169.3	15.4	970.0	5.72
4	リッチ標準	176.3	11.9	1133.0	6.42
5	〃 コユキ	172.7	13.9	1155.0	6.68
6	〃 205	178.0	11.0	1140.0	6.40

3-3 パンの品質評価

表5に配点値、採点結果を示した。

パンの食味試験は、「平成8年度地域別小麦品質分析調査サンプルのパン適性食味試験」会議出席者23名で実施した。採点表の点数は、その平均値である。外観試験項目の体積は、パンの比容積から求めた点数で、他は審査員が出した点数である。審査員が、必ずしもパン試験の精通者ではなく、3-2の製パン試験の結果と一致しない点も一部認められたが、以下の結果に要約された。

表5 平成8年度県産小麦パン採点表(平均)

No.	小麦種類	外 観				内 相					合 計	評 価
		体積	焼色	形・均整	皮質	すだち	色相	触感	香	味		
		10	10	5	5	10	10	15	10	25		
		10	20		35			10	25	100		
1	リーン標準	8	14		25			7	18	72	良	
2	コユキ	7	13		21			6	16	63	不可	
3	205	8	13		24			7	17	69	可	
4	リッチ標準	8	15		25			7	18	73	良	
5	コユキ	8	13		22			7	16	66	可	
6	205	8	14		26			7	18	73	良	

パン食味試験の結果、リーンタイプではコユキコムギは、外観のボリューム、内層のきめが粗いなど低い評点になった。東北205号は標準よりはやや劣る結果になっている。

リッチタイプでは、コユキコムギはリーンタイプのパンより評価は良くなったが、標準及び東北205号よりかなり劣る結果となっている。東北205号は一部、軟らかいという評価もみられたが、標準と同程度あるいはそれ以上の評価もみられた。

4 考 察

コユキコムギ、東北205号とも、リッチタイプにす

ることにより、良い評価になった。これは、卵や油脂を多く使うことによって、グルテンの少ない内麦粉の欠点を補っているためと思われる。

昨年度は県産小麦の内では評価の良かったコユキコムギは、今年度はタンパク質含量も少なく、また、食味試験で不可の評価になるなど、気象の影響を受けやすく、安定した品質のものが得られがたいと考えられた。

一方、東北205号は、タンパク質はやや少なかったものの、標準と同程度、あるいはそれ以上の評価もあり、1回の試験で判断できないが、「特徴のあるパン」を目的とした県産パン用小麦として有望と思われた。

加工豆腐類のオリゴ糖含量

関村 照吉*、斉藤 好昭**

豆腐とその加工品の大豆オリゴ糖含有量について分析した。その結果、水溶性のオリゴ糖類とシヨ糖は水さらしと”ゆ”の圧搾工程のない寄豆腐と豆乳に多く、タンパク質と脂質は”ゆ”の圧搾工程と油揚げ工程で脱水されるがんもどき、厚揚げ、揚げに多かった。

キーワード：豆腐、オリゴ糖

Content of Oligosaccharides in the Tofu Products

SEKIMURA Teruyoshi and SAITO Yoshiaki

The content of oligosaccharides in Tofu and the Tofu Products were analyzed. As a result, Yosedofu and Tonyu, which were produced without soaking and pressing processes, contained many water soluble oligosaccharides and sucrose. On the other hand, Ganmodoki, Atsuage and Age, which were dehydrated by the processes of pressing and frying, contained many proteins and lipids.

key words : tofu, oligosaccharide

1 緒 言

オリゴ糖は、人間の健康を維持する上で重要な働きをしていることは良く知られている。オリゴ糖の特徴として、腸内のビフィズス菌を効果的に増やす¹⁾、すっきりした甘味で低カロリー²⁾、有害細菌に利用されない、消化され難く効率よく大腸に届く³⁾ことが知られている。

腸内ビフィズス菌は乳酸、酢酸を生産し pH を下げ病原菌の感染から守り⁴⁾、腐敗細菌の発育を抑え、腐敗産物の産生を抑制し、ビタミンB群を産生し、腸のぜん動運動を促し便秘を防ぎ⁵⁾、細菌性下痢の予防と治療に役立つ、発ガン物質を分解するといった作用がある⁶⁾ことが知られている。

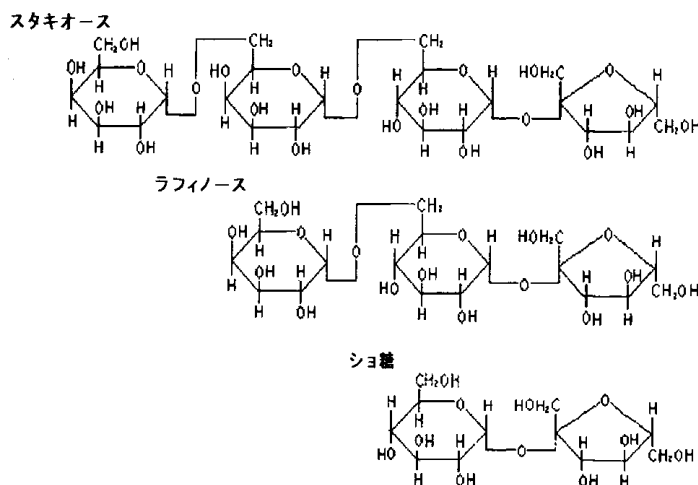


図1 オリゴ糖 (oligosaccharides)

* 食品開発部

** 有限会社 関添食品工業

オリゴ糖の含量について、大豆については過去に報告^{11)~12)}があるが、豆腐及び加工豆腐類のオリゴ糖含量については報告¹³⁾がほとんどなく、特に寄(ヨセ)豆腐¹⁴⁾や揚の含有量は興味深いものがある。

本研究では、原料大豆3種類と寄豆腐、がんもどき、豆乳、おから、もめん豆腐、凍結豆腐、硬豆腐、厚揚及び揚の12種類を材料とし、それらの加工法がオリゴ糖含量、特にラフィノース、スタキオース含量に及ぼす影響について報告する。

2 実験方法

2-1 試料の保存方法

試験材料は市販品と同じものを用い、分析まで-80℃に保存した。

2-2 分析項目

水分はケイソウ土を添加して130℃で2時間常圧乾燥し測定した。

脂質は石油エーテルを用いソックスレー抽出法で24時間抽出し測定した。

オリゴ糖は試料を真空凍結乾燥し、脂肪を抽出したのについて、温湯で超音波処理し抽出した¹⁵⁾。分析は高速液体クロマトグラフィーによって^{16)、17)}示差屈折計を検出器とし、カラムは東ソー(株)Amido-80、溶離液はアセトニトリル:水=60:40、流速毎分1ml、内部標準グリセロールで分析した。

豆腐類の加工法は常法により製造し、豆乳の濃度は屈折計で測定した。

3 結果

3-1 加工豆腐類の製造工程

もめん豆腐は豆腐の基本となるもので、大豆を水洗い後、水に浸し水といっしょに磨砕し、“ご”を作る。さらに水を加えて所定の濃度にして消泡剤を加えて煮沸する。さめないうちにおからと豆乳をこしわけ、豆乳に凝固剤を加え固める。固まった豆腐は水さらし後、型箱に入れ圧搾し、豆清の“ゆ”をとり所定のかたさにして製品とする。豆乳の濃度は屈折計示度で7~8であった。がんもどきはもめん豆腐と同じ豆乳濃度で豆腐を作り、少し強く圧搾した後、ニンジンなどの野菜やゴマなどの種子を練混ぜ油で揚げたもので、内部は若干豆腐の柔らかみが残っている。寄豆腐はもめん豆腐を作るよりも豆乳濃度を屈折示度で9~10と濃くし、豆乳に凝固剤を入れ“ゆ”の圧搾工程をしないで容器に入れたものである。豆乳は寄豆腐と同じ濃度に作り、凝固剤を入れず固めないで製品にしたものである。凍結豆腐は豆乳の濃度が屈折示度9~10と寄豆腐並でもめん豆腐よりは濃く、もめん豆腐と同じように製造し“ゆ”を切った豆腐を再び水の入った容器に入れ凍結させたものである。いわゆるこおり豆腐は凍結させた豆腐を解凍し脱水し乾燥したもので、ここで材料にした凍結豆腐とは異なる。硬豆腐はもめん豆腐よりも豆乳濃度は屈折示度9~10で濃く、圧搾を強くし、文字通り硬い豆腐としたものである。厚揚は豆乳濃度が屈折示度5~6ともめん豆腐よりも薄く、もめん豆腐と同様に豆腐を製造し、硬く“ゆ”を絞った後、厚く切り中まで完全に油で揚ることなくフライしたもので、揚は厚揚が厚く切って揚げたものに対し、薄く切り内部まで完全にフライしたものである。

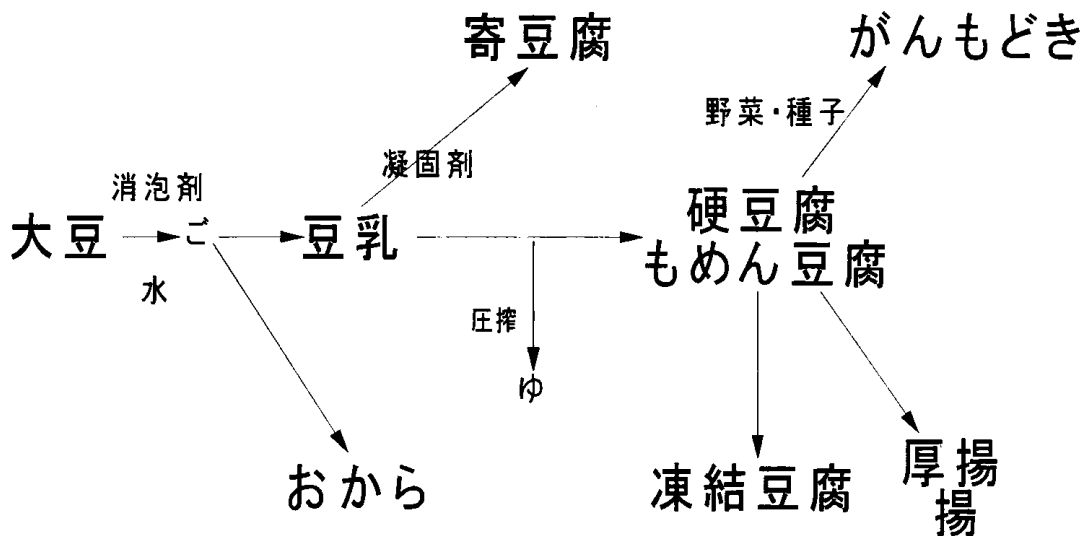


図2 豆腐類の製造法

3-2 豆腐原料大豆の一般成分

大豆の水分は8～11重量%（以下すべて重量%）、タンパク質は33～35%、脂質は13～16%であった。大豆の形状から大豆1はアメリカ大豆、大豆2は国産大豆、大豆3は中国大豆と考えられた。

3-3 加工豆腐類の一般成分

豆腐類の水分は豆乳、寄豆腐、もめん豆腐が80%以上で硬豆腐、凍結豆腐、おからは70%、がんもどき、

揚、厚揚は50～60%であった。タンパク質はがんもどき、厚揚、揚で14～16%であり、もめん豆腐、凍結豆腐、硬豆腐で8～11%、おからと豆乳と寄豆腐は4～5%であった。脂質は揚が30%でもっとも多く、がんもどきと厚揚が16～20%、凍結豆腐、硬豆腐、もめん豆腐が4～8%であり、おからは3.2%で、豆乳と寄豆腐は2%であった。豆乳は脂質が少ないのをのぞけば牛乳と同程度の成分で、おからは成分的に豊富であった。

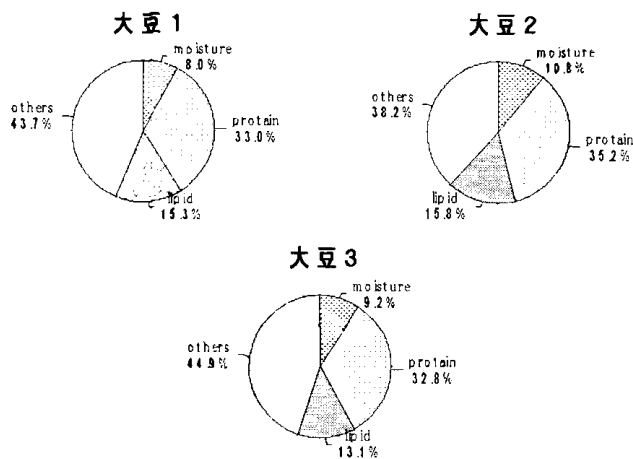


図3 大豆の成分

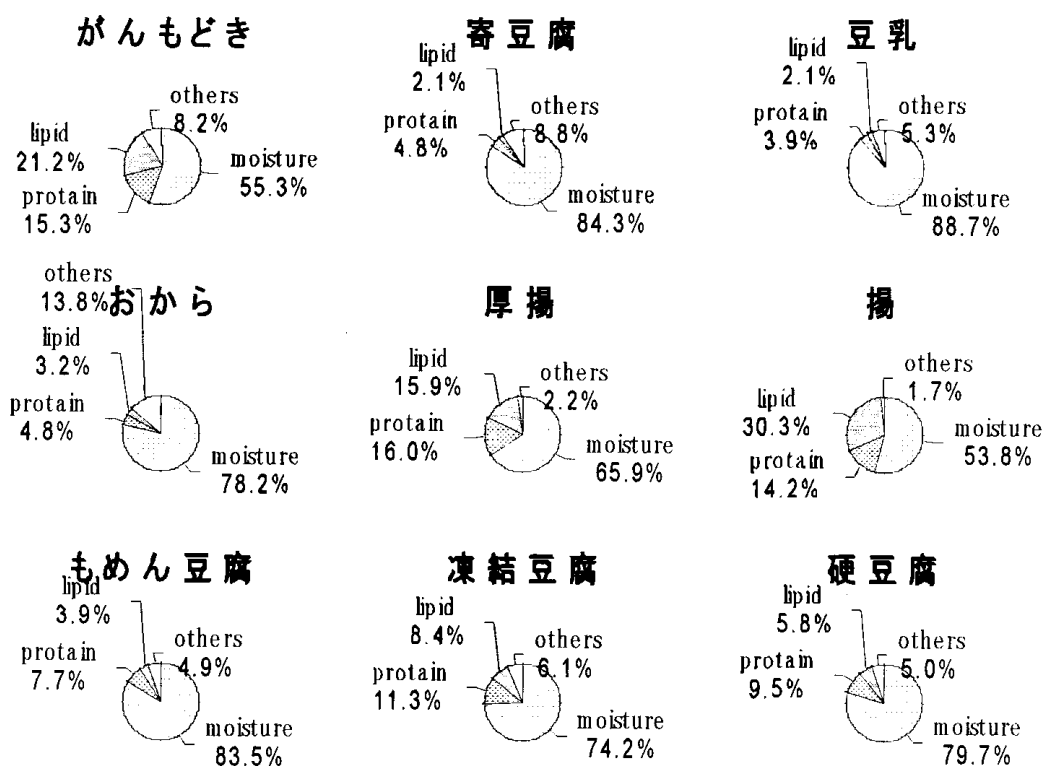


図4 加工豆腐類の成分

3-4 豆腐原料大豆のオリゴ糖含量

オリゴ糖含量は、大豆のスタキオースは4~6%でラフィノースは0.8~1%であり、ショ糖は7~10%であった。これは過去の文献値とほぼ同程度の含有量であった。

3-5 加工豆腐類のオリゴ糖含量

加工豆腐類のスタキオースは寄豆腐の3.4%がもっとも多く、凍結豆腐は2.7%で、以下がんもどき、豆乳、おから、もめん豆腐、硬豆腐は同程度で厚揚、揚は少なかった。ラフィノースは寄豆腐に0.7%でがんもどきには0.4%であり、スタキオース同様に厚揚、揚は少なか

った。ショ糖は寄豆腐に4.4%と多く、以下豆乳、凍結豆腐、硬豆腐、もめん豆腐、おから、がんもどきの順で揚類は少なかった。

4 考 察

4-1 解凍おからの特徴

加工豆腐類は、原料大豆3種類をそれぞれ組み合わせたり、脱脂大豆粉を加えて製造している。また、加工豆腐類によって豆乳の濃度がそれぞれ異なるので、それぞれの原料のオリゴ糖含量が異なることから、製品のオリゴ糖含量を製造工程と直接結びつけての比較は単純にできない。

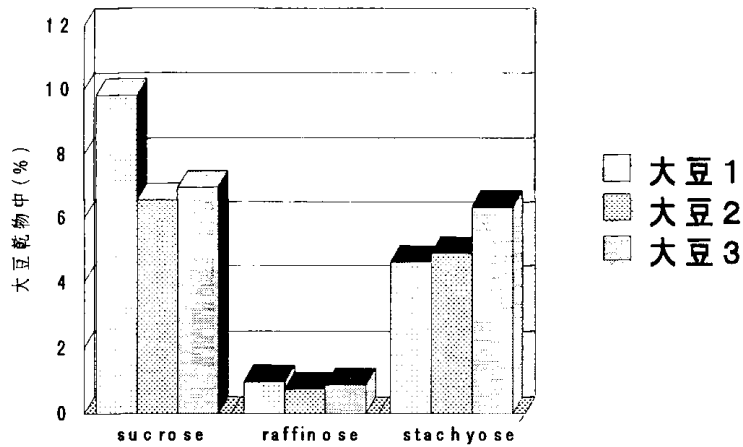


図5 大豆のオリゴ糖量

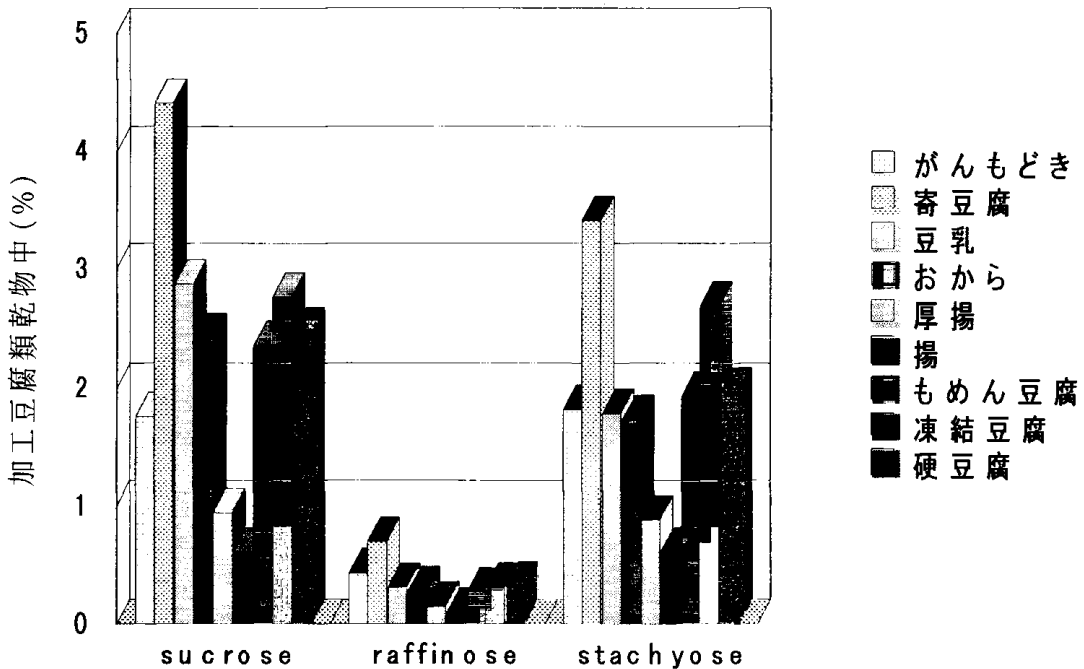


図6 加工豆腐類のオリゴ糖量

しかしながら、一カ所の豆腐製造工場で常法によって製造された加工豆腐類の比較をした場合、製造工程の特徴から、水溶性のオリゴ糖類とショ糖は、水さらしと”ゆ”の圧搾工程のない寄豆腐と豆乳に多く。タンパク質と脂質は”ゆ”の圧搾工程と油揚げ工程で脱水されるがんもどき、厚揚げ、揚げに多く含有されているものと考えられる。

5 結 語

製造工程の特徴から、水溶性のオリゴ糖類とショ糖は水さらしと”ゆ”の圧搾工程のない寄豆腐と豆乳に多く。タンパク質と脂質は”ゆ”の圧搾工程と油揚げ工程で脱水されるがんもどき、厚揚げ、揚げに多かった。

文 献

- 1) 名倉泰三,佐山晃司 : New Food Industry, **37**,19 (1995)
- 2) 藤崎裕之,佐山晃司 : New Food Industry, **35**,65 (1993)
- 3) 飯野久和 : New Food Industry, **37**,23 (1995)
- 4) 和田光一,渡部恂子,水谷潤,鈴木宏美,桐生直美,早川邦彦,山口智恵子 : ビフィズス, **4**,135 (1991)
- 5) 和田光一,水谷潤,渡部恂子,鈴木宏美,白柳覚 : ビフィズス, **5**,51 (1991)
- 6) 正井輝久 : New Food Industry, **32**,5 (1990)
- 7) 安井健,長谷幸 : 澱粉科学, **25**,234 (1978)
- 8) 安井健,大野仁志 : 農化学誌, **56**,1053 (1982)
- 9) Takeshi Yasui : 農化学誌, **49**,933 (1985)
- 10) 平春江,田中弘美,斉藤昌義 : 日食工誌, **36**,968 (1989)
- 11) 平春江,田中弘美,斉藤昌義 : 日食工誌, **37**,602 (1990)
- 12) 平春江,田中弘美,斉藤昌義 : 日食工誌, **38**,144 (1991)
- 13) 田畑広之進,松原甲,澤正樹,中川勝也 : 兵庫農技報 (農業), **43**,79 (1995)
- 14) 作って食べようとうふの本 : 文化出版局,24 (1982)
- 15) 安井照代,戸田千登世,橋爪清松,永納秀男,石原英子 : 食衛誌, **37**,240 (1996)
- 16) 安井照代,戸田千登世,永納秀男,石原英子 : 食衛誌, **37**,29 (1996)
- 17) 栄養表示基準の導入に伴う栄養成分等の分析法等について : 厚生省生活衛生局食品保健課,衛新第 47 号 (1996)

Auフラッシュめっき表面への下地Ni拡散による

Au表面接合不良の問題を解決する参考事例

鈴木 一孝*

1 問題の背景

一般的な半導体実装工程において、ウェハから切断された半導体素子（IC）はリードフレームと呼ばれる金属製基板のIC装着用端子（アイランド）に接着（ダイボンディング）される。IC電極とリードフレームの信号用内部端子が金（Au）ワイヤーによって接続（ワイヤーボンディング）された後、樹脂封入、切断、パッケージングが行われる。

近年、この工程の中のリードフレームに対するワイヤーの接合は、リードフレーム基材銅の上に、バリアメタルとして無電解ニッケルめっきを施し、さらにその上に、酸化の問題がなく、抵抗が低く、ボンディング性も良好な金（Au）めっきが施されている。低コスト実現のため、このAuを薄くめっきする、いわゆるフラッシュめっき手法が採用されている。しかしながら、この手法を採用されるようになり、後工程で行われる熱処理後に、ワイヤーとの十分なボンディング強度が得られ難いという問題が発生するようになった。

熱処理により、フラッシュAuめっき面の表面でどのような現象が起これ、接合不良を引き起こすのかという分析依頼が、ここ数年、岩手県内ばかりではなく、東北地区から数件発生している。その分析結果、考察を次記した。

2 問題点の把握（分析方法および結果）

2-1 試供材料

銅（Cu）製のリードフレーム上に約1μmの無電解ニッケルめっき処理を行い、その上に約0.05μmの無電解金めっきを行った試料と、さらに後工程で熱処理した試料を分析試料とした。

2-2 分析方法

試料表面の元素分析、及び検出された元素の深さ分布を解析する為に、オージェ分光分析装置（AES）を使用した。また、表面元素の化学結合状態の解析に、X線光電子分光分析装置（XPS）を使用した。

2-3 分析結果

図1に、熱処理前後のAESによる定性分析結果を示す。熱

処理前の試料では検出されないニッケルが熱処理後の試料には検出されていることが確認できる。図2に検出された元素のAESによる深さ方向分析した結果を示す。熱処理後の試料で検出されたニッケルは極表面にのみ存在することが判る。熱処理後、下地のニッケルがAu表面に拡散析出したのではないかと考えられる。

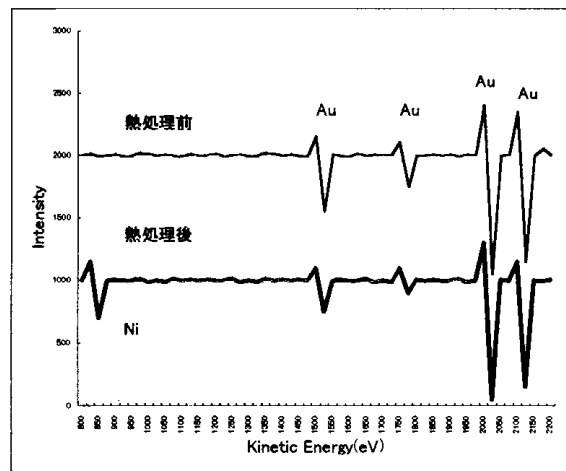


図1 熱処理前後のAESによる定性分析結果

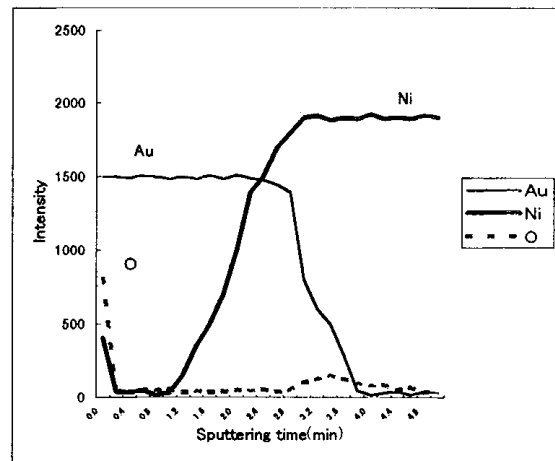


図2 熱処理後のAESによる深さ分析結果

次に、拡散析出したと思われるNiがどのような化学結合状態で存在するかをXPSにより調査した。

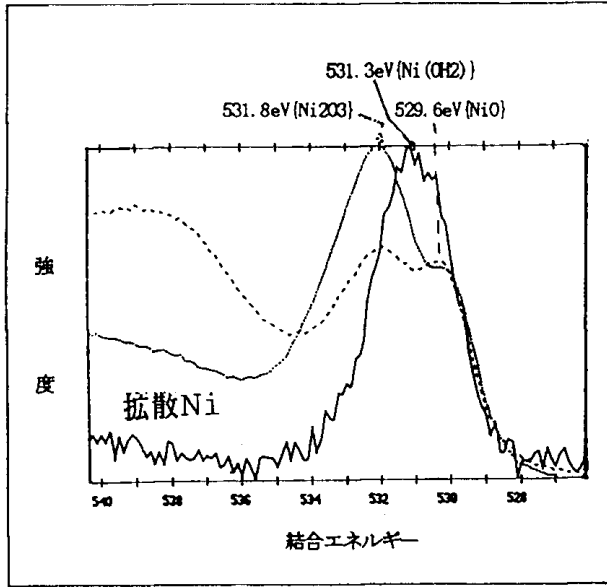


図3 Ni 2p3軌道電子の結合エネルギー

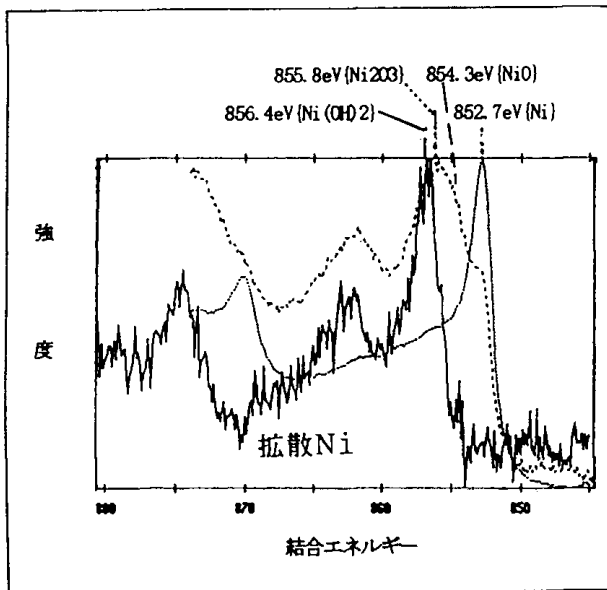


図4 O 1s軌道電子の結合エネルギー

XPSによるNiの分析チャートを図3に示した。この得られたデータが何かを同定解析するため、99.9%純度のニッケルの表面も平行分析した結果も同様に付記した。それぞれのピー

ク位置とその化学結合状態を示したが、852.7 eVは金属ニッケル状態、854.3 eVはNiO状態、855.8 eVはNi₂O₃であると推定される。

同様に図4は、酸素の結合エネルギーからの推定結果である。図3で、分析したニッケルの結合エネルギーは856.4 eVであり、上記酸化物とは違う化合物であることが推測され、その他の酸化状態として、他の手法、調査等により、ニッケル水和物であることが考えられる。

以上の結果をまとめると、Auめっき表面には、下地のNiが熱処理により拡散析出し、Ni(OH)₂の状態で存在していると考えられる。ニッケル水和物は、多くの成書で接合強度の障害となる化合物であることが報告されており、この場合も同様のことが言えると思われる。

3 問題点の解決参考事例

金めっきはそのめっき粒子間隔が一般的に大きく、粒子間をNiが熱処理で拡散し易い為、このような不具合が発生したと思われる。その対策として各社様々な手法を検討しており、以下に、参考例を紹介する。

熱処理前の解決手法としては、Auめっき工程のめっき膜厚の見直しを行い、下地Niが拡散しないめっき膜厚を調査し、めっき膜厚を工程管理し、拡散防止する例がある。あるいはAuめっき後にめっき膜を封孔処理し、Niの拡散を防止する対策を検討しているところもある。また、めっき手法（フラッシュめっき、還元型無電解めっき、電気めっき）の検討を行っている例もある。

熱処理後の対策としては、熱処理条件の検討、あるいは拡散Niをドライエッチングで除去処理する検討もなされている。

4 指導の成果

それぞれの手法により対策がなされた試料を、再度分析すると、Auめっき表面にはNiが検出されず、接合不良問題が解決され、製品歩留まりも向上している。

5 残された問題点

現状の対策は、その場凌ぎの応急対策が主であるため、今後は、AuのCuへの拡散防止および、酸化防止のためになされるNiバリア膜の見直し、あるいはAuめっきに変わる新材料によるボンディング性能の向上技術について検討するなど、恒久対策が必要と思われる。

今後の業界のさらなる改善に期待したい。

木材の硫化水素型高温温泉水による改質

佐々木 陽*¹・久保田 史*²・高橋 亨*¹・梅津 芳雄*²
成田 榮一*²・森 邦夫*²

(受付 1996 年 11 月 8 日・審査終了 1997 年 1 月 29 日)

要 旨 硫化水素型合成温泉水(湯花の抽出溶液)を用いた木材を長時間煮沸処理すると、蒸留水で処理した場合よりも、重量の減少が大きく、空隙率の高い木材が得られた。その時の抽出溶液を液体クロマトグラフで分析した結果、針葉樹ではアラビノース、キシロースが、広葉樹ではキシロースが確認され、いずれも合成温泉水処理した溶液で顕著に認められた。抽出された糖類は木材の非晶部分であるヘミセルロースが加水分解されたもので、合成温泉水処理によりさらに分解が進んだ結果と考えられる。スギの 100 時間煮沸処理では、ホロセルロースが蒸留水の場合約 18%、温泉水の場合 22% 減少し、また、リグニンはこれらの処理において、見かけ上前者で 18%、後者で 20% 増加していることから、熱水処理によるリグニンの分解溶出は認められなかった。合成温泉水処理により、水溶性の非晶部分が加水分解されるため、水に対する木材の膨潤性が改善され、寸法安定性に優れた木材が得られることが分かった。

1 緒 言

現在、エネルギーの有効利用および環境保全が我々人類の大きな課題となっている。これらの問題を解決するためには未利用資源の有効利用が不可欠である。地域における未利用資源としては、森林伐採からでる小径木と称される間伐材があるが、このうち 60% が山林に放置され利用されないでいる現状は、地球温暖化、森林資源の放棄等で新たな課題を生んでいる。一方、温泉や地熱発電からの廃湯が川に放流され、熱エネルギーの面で未利用であるばかりでなく河川への汚染が指摘されている。そこで我々は、八幡平地区に豊富に産する木材資源と松川地区の硫化水素型地熱水(酸性溶液)を組合せ、各々の有効利用を図るとともに、新たな機能性木材の開発を検討している。

希薄酸溶液に木材を浸漬した場合、水分子や酸が非晶領域だけに浸透し、木材は膨潤しながら非晶部分のみで加水分解が生じる。セルロースの酸加水分解は反応時の pH によって反応形式が変化するが、特に希薄酸溶液中での緩やかな加水分解はセルロースの重合度低下が起こらず、非晶領域のヘミセルロースのみを加水分解して溶出させることができる¹⁾。その結果、希薄酸溶液で木材を処理することにより水に対する親和性の強い非晶領域やヘミセルロースが溶出でき、木材の強度をあまり低下

させずに木材の形態安定化が可能となる。一方、従来の希薄酸溶液による加水分解を用いた木材処理加工の多くは、セルロースおよびヘミセルロース、リグニンの糖化に関する研究^{2),3)}が中心で、可溶分と処理した木材との関係や非晶領域を抽出した後の木材の積極的な利用に関する研究はあまりみられない。

本研究では地熱蒸気の熱エネルギーを利用し、直接地熱蒸気(約 230℃)から作る地熱水、あるいは同じ泉脈から噴出する温泉水(約 64℃)を溶液として、生の木材を常圧、煮沸処理し、軽質で形態の安定した木材を作ることを目的としている。さらには、熱水処理した木材の特性をいかし、機能性木材としての活用方法についても検討するものである。

本報告では、地熱蒸気や温泉水の代わりに、天然の湯花(硫化水素型温泉水から得られた)から作った合成温泉水溶液を用い、木材の改質化の可能性に関して検討を加えた。

2 実 験

2.1 試料

試料のスギ、アカマツ、クリ、ナラの辺材は岩手県北地区で伐採されたものである。試料の大きさは、密度測定の場合、 $2.0 \times 2.0 \times 7.0 \text{ cm}^3$ の大きさのものを、単糖類の分析、ホロセルロース、リグニンの定量、膨潤試験の場合、 $2.0 \times 2.0 \times 1.0 \text{ cm}^3$ の大きさのものを、いずれの試料も十分自然乾燥(屋外、6 カ月以上)された形態の安定した試料である。

*¹ 岩手県工業技術センター (〒020 盛岡市飯岡新田 3-35-2)

*² 岩手大学工学部応用分子化学科 (〒020 盛岡市上田 4-3-5)

2.2 温泉水の成分分析

天然の硫化水素型地熱水あるいは温泉水を、成分が安定した状態で常時確保し、再現化することは極めて困難であることから、本実験においては同じ泉脈から得られた湯花を用い合成温泉水を作った。

合成温泉水 (artificial hot spring water: AHS-water) は八幡平松川地域から産出する湯花 5 g を 1 l の蒸留水 (Distilled water: D-water) に添加し、これを煮沸処理して調製した懸濁液のろ液である。使用した湯花の外観を Fig. 1 に示し、合成温泉水と実際の温泉水の成分分析結果を Table 1 に比較して示す。

Table 2 に示すように、実際の温泉水と湯花から作った合成温泉水溶液の成分はほとんど変わらず、pH の値が同じであることから、地熱水あるいは温泉水のモデルとして合成温泉水を用いた。

2.3 木材の処理

木材試料は、還流冷却管付コニカルビーカー中の合成温泉水 200 ml につけ、オイルバスにより煮沸処理を行った。蒸留水 (pH 7) は比較として用いた。処理後、105°C の乾燥器中で絶乾状態まで乾燥したものを処理試



Fig. 1. External aspect of Yubana.

料とし、デシケーター中で保存した。

2.4 測定と分析

処理前および絶乾状態の処理試料の重量は電子天秤により測定した。体積は熱処理前後の木材試料の寸法をノギスで測定し、計算により求めた。測定位置は小口方向、まさ目方向で数カ所を選定し、その平均値を寸法とした。

真比重は 20°C においてマルチピクノメーター (ユアサイオニック社製, MVP-1) を用いて測定した。空隙率は、処理試料の高比重および真比重を求め、これより次の式から計算した。

Table 1. Analytical data of hot spring water and artificial hot spring water

(1) Cation	Hot spring water ^{a)} (mg/l)	Artificial hot spring water ^{b)} (mg/l)
H ⁺	1.90	2.00
pH	2.7	2.7
Na ⁺	13.70	1.65
K ⁺	4.20	1.22
Mg ²⁺	6.80	0.46
Ca ²⁺	33.70	0.05
Fe ²⁺ , Fe ³⁺	17.60	46.74
Mn ²⁺	0.70	0.56
Al ³⁺	9.00	14.22
(2) Anion		
F ⁻	1.20	0.86
Cl ⁻	0.70	0.20
HS ⁻	0.00	0.54
SO ₄ ²⁻	366.00	861.54

^{a)} Spring out in Matsukawa, Matsuo. ^{b)} A solution of 5 g of Yubana in 100 ml of water.

Table 2. Changes in chemical components after treatment for 48 hours

Wood	Treatment	Weight (%)	Holocellulose (%)	Klason lignin (%)
SUGI	D.W. ^{a)}	93.2	-14.9	13.9
	A.H.W. ^{b)}	90.9	-18.1	15.8
NARA	D.W.	87.8	-17.9	8.4
	A.H.W.	85.4	-20.1	14.0

^{a)} Distilled water. ^{b)} Artificial hot spring water.

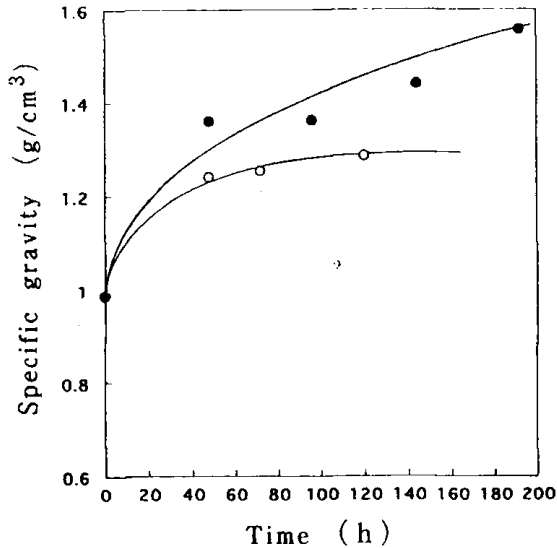


Fig. 2. Relation between specific gravity of wood substance and treating time of SUGI (*Cryptomeria japonica* D. DON): ●, AHS-water; ○, D-water.

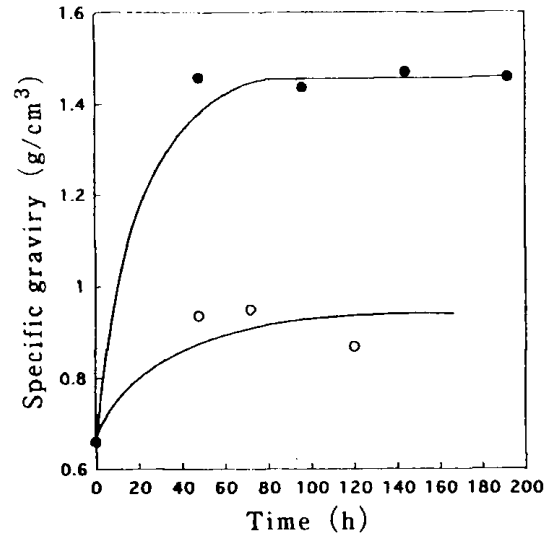


Fig. 3. Relation between specific gravity of wood substance and treating time of AKAMATU (*Pinus densiflora* S. et Z.): ●, AHS-water; ○, D-water.

$$\text{空孔率} = (\rho_0 - \rho) / \rho_0 \times 100$$

ρ_0 , 嵩比重 (g/cm^3); ρ , 真比重 (g/cm^3); また, 嵩比重は体積と重量から計算して求めた。

木材試料を蒸留水および調製した合成温泉水 200 ml に入れ, 煮沸処理後, 試料を取り出し, 抽出された溶液中の単糖類の分析を行った。分析は糖分析専用の高速液体クロマトグラフ (ダイオネクス社製, Bio-LC) を使い, CarboPAC PA100 カラム (18 mm, 30 cm), 溶媒 200 mM NaOH, 流速 1 ml/min で行った。

蒸留水および合成温泉水処理木材の構造変化を知るために, FT-IR 分析 (日本分光 (株) 製, JASCO, FT-IR 8900) を行った。各処理試料の表面をカッターで削り取り, KBr 法により測定した。リグニンの確認はラマン分析 (Nicolet 社製, Raman950S) を用い, $2.0 \times 2.0 \times 7.0 \text{ cm}^3$ の試料をそのままサンプルホルダーに挟み, 励起レーザー出力 125 mV, 200 回積算し計測を行った。なお, 脱リグニン試料は粉体なので, ラマンチューブに入れて測定した。

リグニンの定量は JISP8008 により行った。ホロセルロースの定量は, 同様に混合溶剤で脱脂した試料を, 亜塩素酸ナトリウム 1.0 g と酢酸 0.2 ml を加え, $70 \sim 80^\circ\text{C}$ の温浴上で 1 時間加温, この操作を 4 回繰り返して残量から決定した。

2.5 膨潤試験

処理前後の木材試料は, 24 時間常温水中浸漬, 24 時間 60°C で乾燥, 2 時間煮沸, 24 時間 60°C で乾燥, の順に膨潤と乾燥を繰り返し, それぞれについて試料の中央部の寸法をノギスで計測し, 体積変化を求めた⁹⁾。

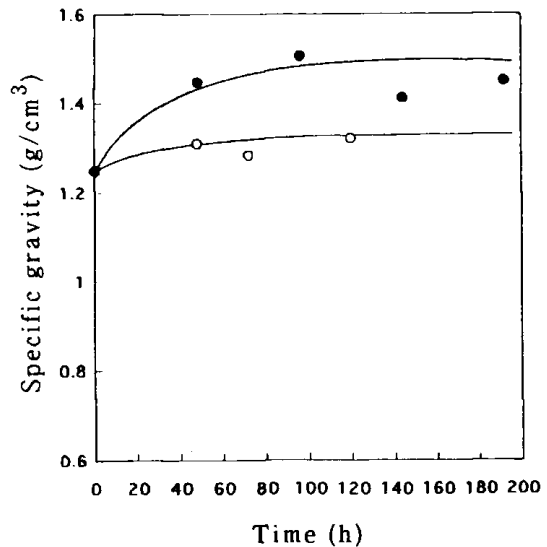


Fig. 4. Relation between specific gravity of wood substance and treating time of KURI (*Castanea crenata* S. et Z.): ●, AHS-water; ○, D-water.

3 結果および考察

3.1 非晶質部分の溶出

木材は結晶質部分と非晶質部分に大別できる。熱水処理した場合, 細胞内含有成分である糖類などの温水抽出, ヘミセルロースの加水分解, リグニンの化学変化による分解などが考えられ, 木材の重量は減少する。本実験では, 硫化水素型の合成温泉水による酸加水分解の作用が, どの程度重量減少, あるいは密度変化に影響を与えるのかを確認するために, 蒸留水で処理した試料との比較検討を行った。Fig. 2 はスギの処理における真比重

と処理時間の関係を示したものである。合成温泉水を使用した場合、真比重は処理時間とともに増加し、継続的に非晶質部分の溶出が起きていることが予測される。蒸留水の場合も処理初期において真比重が増加するが、すぐ一定値に達し、その後の溶出は起こらない。真比重と処理時間の関係を放物線則 ($\rho = \sqrt{t} + \rho_0$, t = 時間) で示すと、直線関係が得られ、真比重の増加は木材から非晶質部分の拡散 (拡散速度: $0.48 \text{ g/cm}^3 \cdot \text{h}^{0.5}$, 処理速度を意味する) が律速であることが分かる。真比重の増加は細胞の内腔、細胞壁中の空隙を完全に取り除いた細胞壁比重で、樹種による差がなく一般にこの比重は 1.5^3 程度であるといわれているが、スギはこの値を超えるまで溶出する。Fig. 3, 4, および 5 はクリ, アカマツ, およびナラについての真比重と処理時間の関係を示している。クリおよびアカマツは同様の傾向が認められ、合成温泉水による処理効果が顕著である。特にアカマツは比重の増加が著しく、処理速度が高いことが分かった。これはスギに比べてアカマツは結晶質部分が少なく、非晶質部分が多いと言う特質による効果である。しかし真比重 $1.4 \sim 1.5$ の値を示し、以降変化がないことから合成温泉水によってほぼ細胞壁だけの構造に近い状態になっていることが推定される。また、明らかに合成温泉水で処理した場合の方が蒸留水で処理した場合よりも真比重の値は大きく、特にアカマツでは約 2 倍の値を示している。Fig. 4 はクリの場合であるが、温泉水と蒸留水の差は明らかであるが、本来クリは比重が大きく、結晶質が多いのでその差はアカマツほど大きくない。ナラは処理前の真比重が高く、非晶質部分が少ないと考えられ、Fig. 5 に示されるように、比重の増加する速度は小さい。

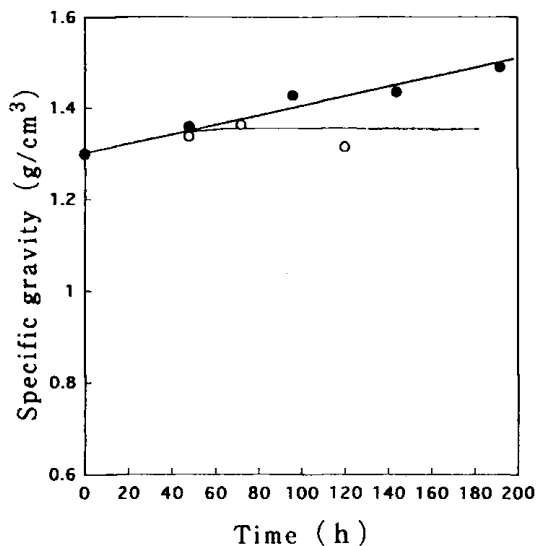


Fig. 5. Relation between specific gravity of wood substance and treating time of NARA (*Quercus serrata* MURRAY): ●, AHS-water; ○, D-water.

高分子論文集, Vol. 54, No. 5 (1997)

3.2 溶出孔の特性

上記に示したように、合成温泉水処理により真比重が増加し、非晶質が溶出して木材中に空隙が生じていると考えられる。そこで、Fig. 6~9 に木材の空隙率と処理

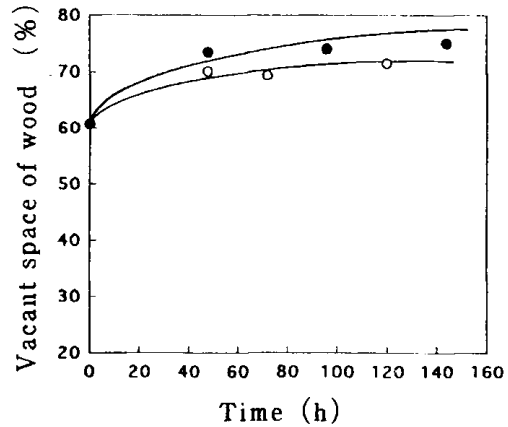


Fig. 6. Relation between vacant space of wood and treating time of SUGI: ●, AHS-water; ○, D-water.

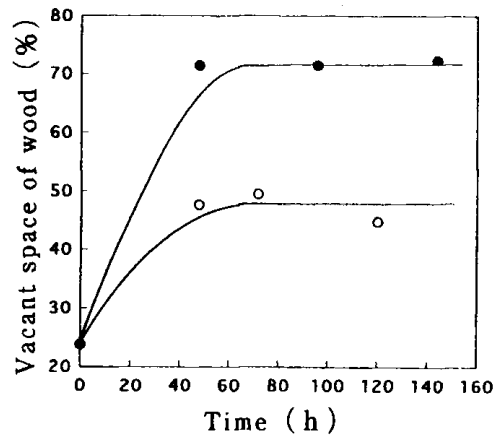


Fig. 7. Relation between vacant space of wood and treating time of AKAMATU: ●, AHS-water; ○, D-water.

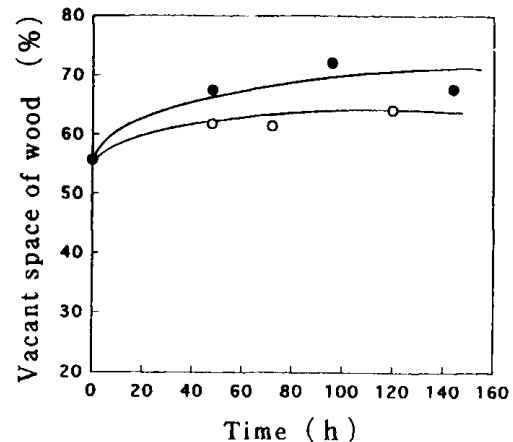


Fig. 8. Relation between vacant space of wood and treating time of KURI: ●, AHS-water; ○, D-water.

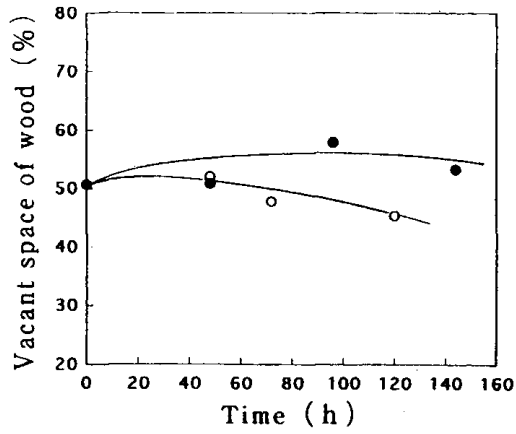


Fig. 9. Relation between vacant space of wood and treating time of NARA: ●, AHS-water; ○, D-water.

時間の関係を示す。ナラ以外の場合処理時間が長くなるに従い空孔率は大きくなっているが、アカマツの合成温泉水、蒸留水処理の差が最も大きい。広葉樹のナラは逆に空孔率を下げる傾向にある。これはナラが還孔材で大きな道管組織や柔細胞組織を持っているために、それらが熱水処理を受けることで変形や滑落現象を起こし、結果的に空孔部分を減少させたものと思われる。Fig. 10に生材および合成温泉水処理木材の断面における電子顕微鏡写真(SEM)を示す。合成温泉水処理をすることにより、細胞間層が1次、2次壁と分離し、大きな空隙を作っていることがわかる。すなわち、合成温泉水処理により空孔数が明らかに多くなっており、これが空孔率の増加となっている。これは結果として、わずかな細胞壁の厚さの減少として観測され、細胞間層内成分の溶出が

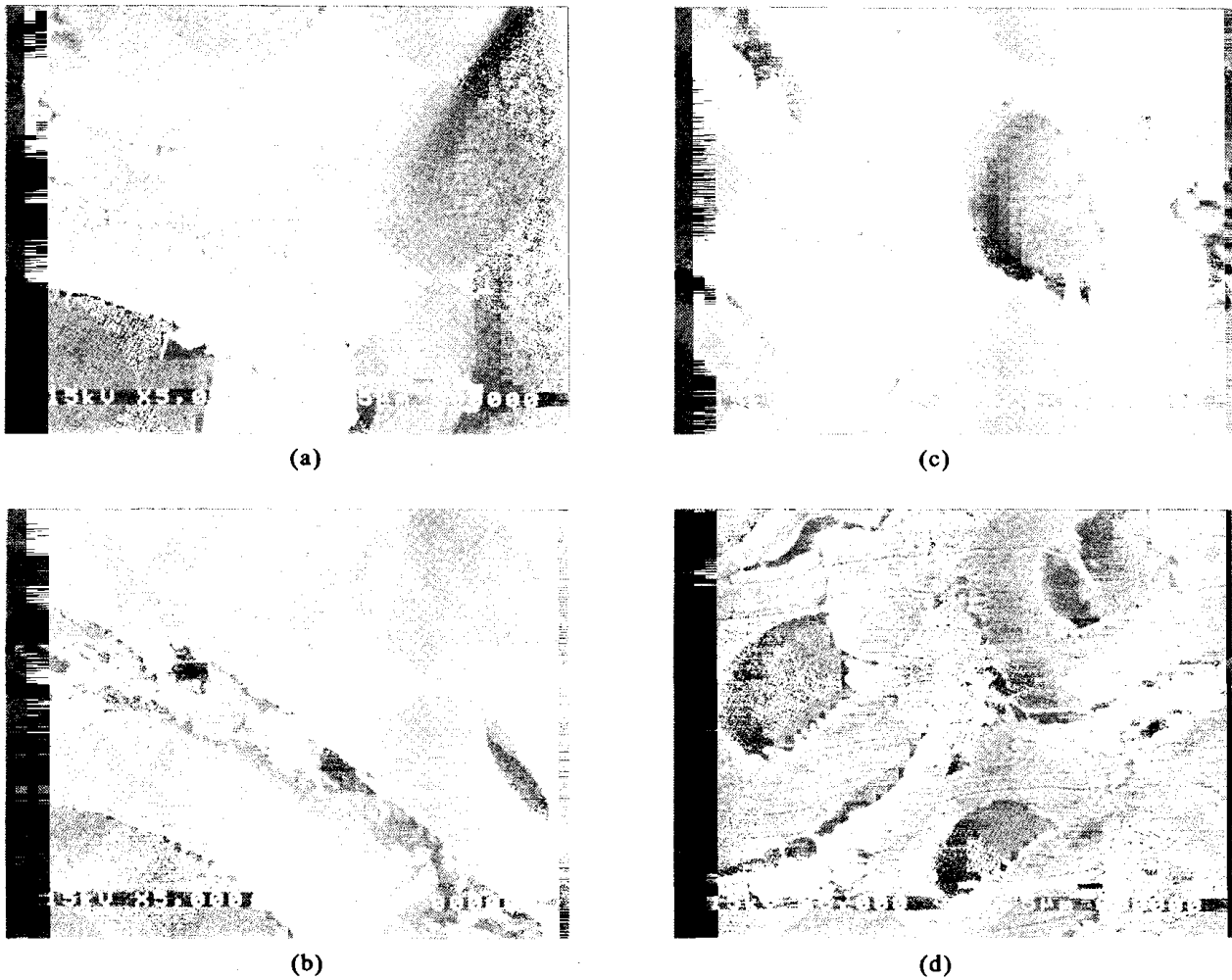


Fig. 10. Scanning electron micrographs of cross section of SUGI and NARA before and after treatment for 192 hours in AHS-water: (a) SUGI (before); (b) SUGI (after treatment); (c) NARA (before); (d) NARA (after treatment).

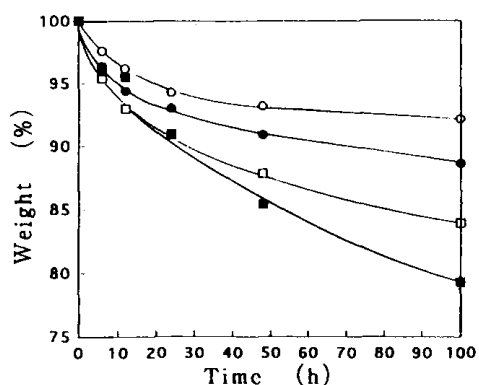


Fig. 11. Relation between weight of wood substance and treating time. SUGI: ●, AHS-water; ○, D-water. NARA: ■, AHS-water; □, D-water.

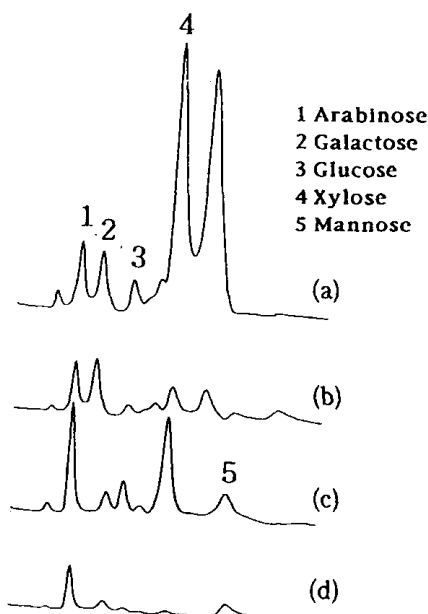


Fig. 13. Chromatograms of extracted solution obtained after treatment in AHS-water and D-water for 100 hours: (a) NARA (AHS-water); (b) NARA (D-water); (c) SUGI (AHS-water); (d) SUGI (D-water).

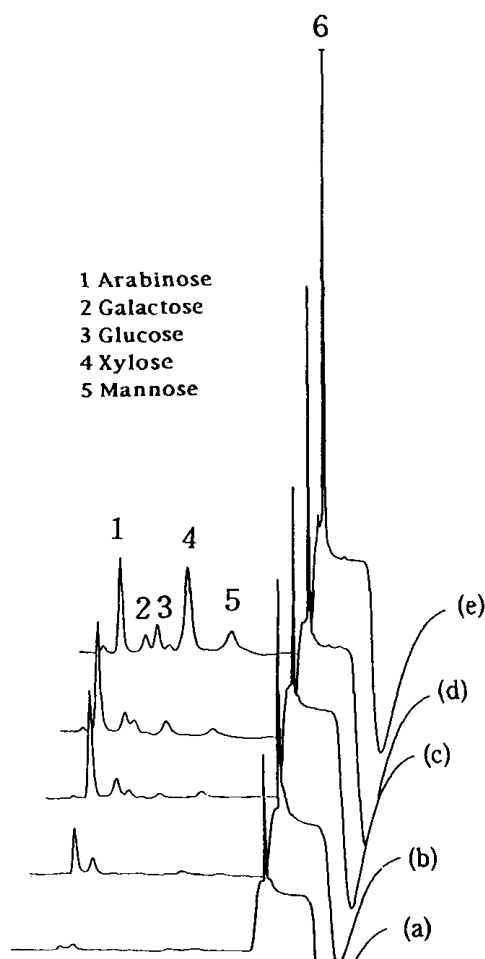


Fig. 12. Chromatograms of extracted solution obtained after treatment in AHS-water with SUGI: Treating time (h); (a) 2, (b) 8, (c) 17, (d) 40, and (e) 100.

SEM 像からもとらえられた。

3.3 抽出溶液の単糖類成分

熱水処理により溶出される単糖類を分析するためにス

ギとナラ（重量変化を Fig. 11 に示す）を用い、その処理溶液を高速液クロマトグラフにより分析を行った結果を Fig. 12 と 13 に示す。スギは合成温泉水処理時間が長くなるに従って分離する単糖類の量が増え、初期処理でアラビノース、100 時間処理でキシロースが大きく溶出している。他にガラクトース、グルコース、およびマンノースの溶出も確認されたが、処理時間とともにわずかに量を増やす程度である。オリゴ糖の生成量を示す Fig. 12 中の No. 6 のピークが、処理時間とともに大きなピークを示していることから、合成温泉水によって木材の加水分解が起こっていることが確認できた。Fig. 13 には合成温泉水と蒸留水で 100 時間処理したスギ、ナラの抽出溶液の成分分析結果が示してある。両試料ともに、蒸留水よりも温泉水で熱処理した方が各々のピーク強度は高く、より多くのヘミセルロースや糖類が加水分解によって合成温泉水に抽出されていることがわかる。広葉樹のヘミセルロースはグルクロノキシランを主体として比較的分解が容易であるのに対して、針葉樹の場合は構造上脱リグニンをしなければヘミセルロースの抽出がしにくい⁹⁾ため、構成多糖類の分解は遅くなる。ナラの方がスギよりも解析ピークが大きいことからこの結果が予測される。以上のことから、合成温泉水による木材の熱水処理では、酸加水分解によるヘミセルロースの分解あるいは非晶領域における構成多糖類の分解が起こることが分かった。

3.4 処理木材の化学構造

ヘミセルロースの溶出を確認するために、各熱水処理を行ったブナのIRスペクトルを Fig. 14 に示す。未処理試料の 1733 cm^{-1} は熱処理により、吸収強度が減少している。このスペクトルの結果はヘミセルロースのアセチル基の $\text{C}=\text{O}$ が加水分解されたことを示し、ヘミセルロースの一部が木材内部から溶出していることが確認できた。またこれらの結果は、前述に示した液体クロマトグラフによる分析と同様の結果である。しかし、IR スペクトルから木材に対する合成温泉水、蒸留水処理の大きな相違点はみられない。熱水による木材の加水分解は

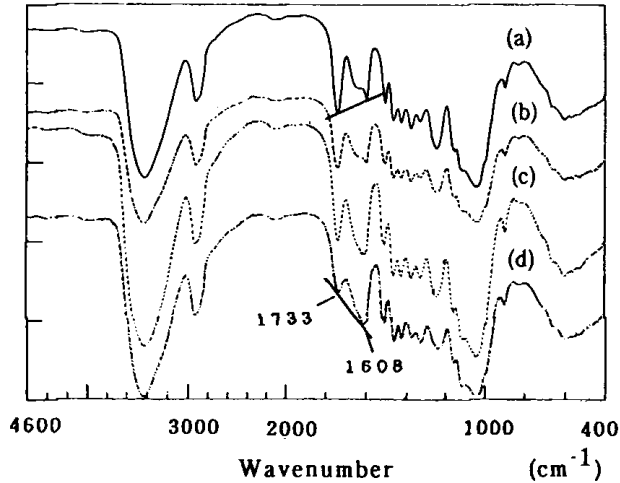


Fig. 14. IR spectra of BUNA (*Fagus crenata* Bl) before and after treatment in AHS-water: Treating time (h); (a) 0, (b) 48, (c) 144, and (d) 240.

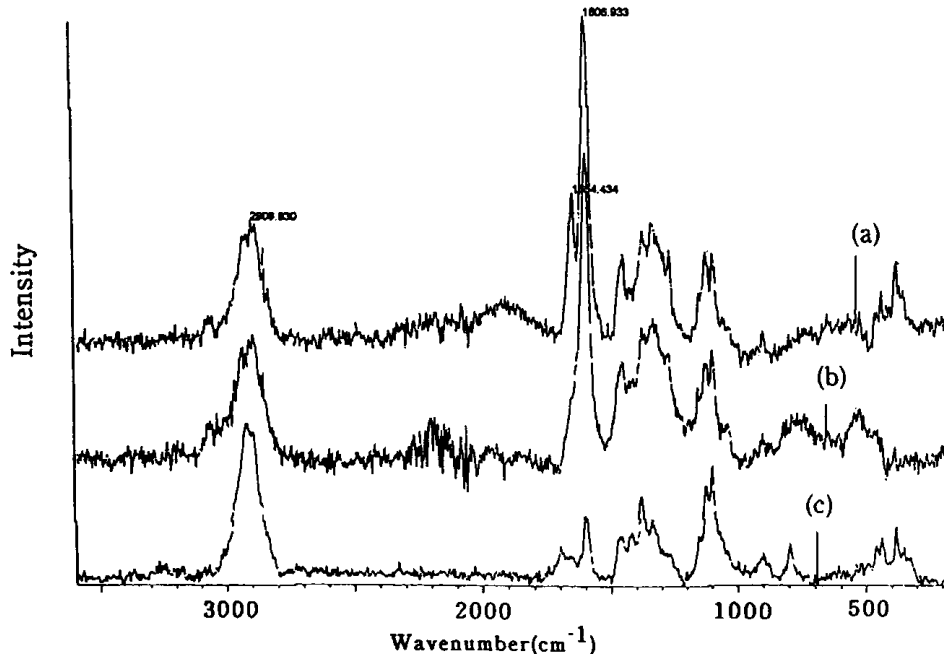


Fig. 15. Raman spectra of SUGI: (a), untreated; (b), treated in AHS-water for 192 hours; (c), holocellulose.

ヘミセルロースのように線状高分子の場合は容易であるが、リグニンのように三次元構造を有する芳香族系の高分子では容易ではない。しかし、 100°C の水で蒸煮した温和な加水分解ではリグニンの単量体、2量体、オリゴマーの単離が可能であることから、合成温泉水によって弱い加水分解がリグニンにも生じている可能性がある。そこで合成温泉水処理したスギのラマンスペクトルをとり、脱リグニン試料との比較を行った。その結果を Fig. 15 に示す。リグニンの基本構造であるフェニルプロパンのベンゼン核⁷⁾のスペクトルが 1606 cm^{-1} に強く認められ、合成温泉水処理ではリグニンそのものの溶脱が生じていないことが分かる。しかし、実際のリグニンの化学構造はシリングル基を有するフェニルプロパンを単位とする高分子化合物であることから、熱水および酸による加水分解により、リグニンの単量体あるいはオリゴマーの溶出と減少は十分に考えられる。しかし、そのことはIR およびラマンスペクトルの結果からは確認できなかった。 1654 cm^{-1} のピークが合成温泉水処理試料にみられないのは、非共役系カルボン酸の $\text{C}=\text{O}$ が加水分解を受けているからであり、これはIR スペクトルの結果と同じである。

3.5 木材成分の変化

木材試料の熱水処理により、熱水可溶成分が溶出していることは液体クロマトグラフで確認しているが、同時に処理された木材のそのものの成分組成が変化していることも考えられる。そこで48および100時間、蒸留水と合成温泉水で熱処理を行った試料について、リグニン、ホロセルロースの化学組成について定量を行った。

Table 3. Changes in chemical components after treatment for 100 hours

Wood	Treatment	Weight (%)	Holocellulose (%)	Klason lignin (%)
SUGI	D.W. ^{a)}	92.0	-18.3	20.4
	A.H.W. ^{b)}	88.6	-21.8	17.7
NARA	D.W.	83.9	-19.4	11.6
	A.H.W.	79.3	-24.1	22.1

^{a)} Distilled water. ^{b)} Artificial hot spring water.

Table 4. Volume change by accelerated aging test of SUGI without and with treatment for 48 hours

Treatment	(B) ^{a)}	(D) ^{a)} /(C) ^{a)}	(C)/(B)	(E) ^{a)} /(D)
No-treatment	1.07	1.14	0.89	0.91
D-water	1.06	1.10	0.92	0.92
AHS-water	1.04	1.08	0.93	0.93

^{a)} Value of Fig. 16.

結果を Table 2 と 3 に示す。ただし、この結果は重量変化率から真の成分比率に変換したものである。熱水処理時間が長く、合成温泉水で処理した試料の方が、蒸留水の場合よりもホロセルロースの減少率が大きい。合成温泉水のような弱い酸加水分解では結晶性セルロースに及ぼす影響は少ないと思われるので、消失したホロセルロースの多くはヘミセルロース、あるいは非晶領域のセルロースであると推定されるが、このことは液体クロマトグラフと IR スペクトルの結果と一致している。しかしリグニンが未処理木材に対して明らかに値を大きくしている。Klason リグニンは単離の過程で高濃度の酸の作用を受けるため変質しやすく、かつ結合による化学構造の変化があると言われている。しかし、Fig. 15 のラマンスペクトルからリグニンの分解が行われていないことを確認しているので、リグニン成分比の大きな増加は、ホロセルロースの減少によるものだけとは考えにくい。このことが熱水処理によるリグニンの構造変化によるものなのか定量法の問題で生じたものなのかは確認できていない。

3.5 寸法安定性

Fig. 16 に各処理後の体積変化率を、24 時間常温水中浸漬、24 時間 60°C 乾燥、そして 2 時間煮沸、24 時間 60°C 乾燥の順に示した。熱処理により吸湿成分である多糖類が溶出あるいは低分子化することで木材の水分に対する寸法の安定性は、一般的に向上すると言われている⁹⁾。また水分の吸脱着に伴う、膨潤、収縮を最小限にとどめることは、木材の安定化を図る上で大きな目標である。Fig. 16 に示されるように、各浸漬時の膨潤率に大きな差はみられないが、合成温泉水処理の試料の値が

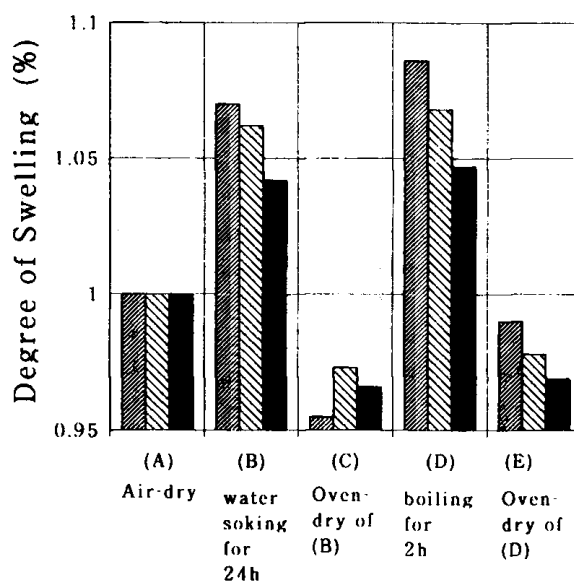


Fig. 16. Swelling behavior in accelerated aging test of SUGI without and with treatment for 48 hours. no-treatment; D-water; AHS-water.

わずかに小さく、水分による変動が少ないことが分かる。Table 4 には Fig. 16 の各値を元に乾燥後の (C) に対する (D) の値および乾燥前の (B) に対する (C), (D) に対する (E) の値を示してある。乾燥時からの寸法安定度を (B), (D)/(C) で比較した場合、いずれも合成温泉水処理をした試料の値は小さく膨潤が少ないことが分かる。また煮沸処理後の寸法安定性を、(C)/(B), (E)/(D) で比較した場合、合成温泉水処理をした試料の値は大きく、乾燥による寸法変化が少ないことが分かる。今

回使用した木材試料は、十分乾燥した形態の安定したものであることから、浸漬実験による体積変化が元々少ないものと思われる。しかし、合成温泉水による煮沸処理により、木材内部からの多糖類の溶出が、蒸留水と比較して顕著である結果を得ているので、水分に対する寸法の安定性向上の可能性は高い。

4 結 論

- 1) 硫化水素型、合成温泉水で木材を煮沸処理すると、蒸留水で処理した場合と比較して、重量が軽く空孔率の高い木材が得られる。
- 2) 煮沸処理した針葉樹からはアラビノース、キシロースが、広葉樹からはキシロースが抽出され、その抽出量は合成温泉水で処理した場合の方が多。
- 3) 抽出された糖類は非晶部分のヘミセルロースが加水分解されたもので、100時間温泉水処理された杉で22%のホロセルロースが減少した。
- 4) 合成温泉水の煮沸処理で木材は水溶性の非晶質部

分が加水分解され、吸湿成分である多糖類が減少するため、水に対する膨潤性が改善される可能性がある。

文 献

- 1) 原口隆英, “木材の化学”, 文永堂出版, 東京 (1990), p. 95.
- 2) 木質新素材ハンドブック編集委員会編, “木質新素材ハンドブック”, 技報堂出版, 東京 (1996), p. 304.
- 3) 菅原康里, 高橋 章, 木材学会誌, 44, 53 (1988).
- 4) 岡本広志, 佐野誠二, 川井秀一, 岡本 忠, 佐々木 光, 木材学会誌, 40, 380 (1994).
- 5) 伏谷賢美, “木材の物理”, 文永堂出版, 東京 (1991), p. 8.
- 6) 原口隆英, “木材の化学”, 文永堂出版, 東京 (1990), p. 69.
- 7) 武井利之, 加藤紀子, 飯島倫明, 桧垣宮都, 木材学会誌, 41, 229 (1995).
- 8) 日本木材学会編, “木材の科学と利用技術 III, 3. スーパーウッド”, 日本木材学会, 東京 (1993), p. 94.

Modification of Wood Materials in Artificial Hot Spring Water and Their Properties

Akira SASAKI*¹, Fumito KUBOTA*², Tooru TAKAHASHI*¹, Yoshio UMETSU*², Eiichi NARITA*², and Kunio MORI*²

*¹Iwate Industrial Reserach Institute (3-35-2 Iiokashinden, Morioka, Iwate, 020 Japan)

*²Department of Applied Chemistry and Molecular Science, Faculty of Engineering, Iwate University (4-3-5 Ueda, Morioka, Iwate, 020 Japan)

The modification of various wood materials has been carried out by soaking samples in the artificial hot spring water prepared by dissolution of Yubana (deposits of natural hot spring water from Matsukawa in Iwate prefecture) in hot distilled water. The treated woods were found to become lighter in weight and to have a higher porous state compared to those obtained by the same treatment using only hot distilled water. HPLC analysis indicates that the hot spring water after the treatment contained both arabinose and xylose in the case of needleleaf trees and only xylose in the case of broad leaf trees. Those saccharides were thought to form by the accelerated hydrolysis of wood hemicellulose in the hot spring water. In the treatment of Sugi for 100 hours, 22% of hemicellulose was decomposed to saccharides in the hot spring water, while 18 % of hemicellulose to saccharides in hot water. On the other hands, the amount of lignin in the modified woods was increased about 18~20% after the treatment, which indicates no dissolution of lignin occurred during the treatment. It was also confirmed that the swelling property and dimensional stability in moisture atmosphere can be improved with the decomposition of the non-crystalline parts of wood materials by the treatment using the hot spring water.

KEY WORDS Wood Modification / Hot Spring Water / Hemicellulose / Saccharides / Lignin /

(Received November 8, 1996: Accepted January 29, 1997)

[Kobunshi Ronbunshu, 54(5), 316—324 (1997)]

画像解析手法によるニットの 形態変形の測定に関する研究 (第1報)

(一軸方向外力による編目空隙部の面積変化)

(1995年10月21日受理)

岩手県工業技術センター 佐々木 陽
岩手県立盛岡短期大学 菊池 直子

Study on the Measurement of Deformation of Knit Fabric with an Image Analyzer.
Part 1: Change of Stitch Area of Knit Fabric Caused by a Uni-axial External Force.

Akira Sasaki* and Naoko Kikuchi**

* *Industrial Research Institute, Iwate*

** *Morioka Junior College, Iwate.*

Abstract

The authors have measured a variation of the stitch area of knit fabrics, with an image analyzer, to determine a systematic dimensional change of the stitch caused by the direction of an external force. A tendency of the variation has been discussed with the following conclusions:

- 1) A slight deformation and its tendency can be determined by the measurement of a variation of stitch area of knit fabric on which a uniform deformation is exerted.
- 2) A relationship between the relative area of the neighboring stitches is determined at the time of the first deformation regardless of an external force. Large and small stitches tend to occur alternatively. A stitch with small variation tends to be located next to a stitch with much variation.
- 3) The distribution of variation depends on the direction of an external force. A space area surrounded by a sinker loop varies more greatly than that surrounded by a needle loop.

(Received October 21, 1995)

Key Words : *external force, image analyzer, knit fabric, measurement, needle loop, pulling, sinker loop, stitches, stretching line.*

(Journal of the Japan Research Association for Textile End-Uses, Vol.37, pp. 481 - 487, 1996)

要 旨

形態を容易に変える横編みニットを用い、一軸方向に外力を加えた時の、編目が作る個々の空隙部の変化挙動を画像解析手法で捉え、隣接する空隙部の面積の変化傾向について検討した結果次のことが分かった。

- 1) 画像解析手法により、試料上の微細な変形状態やそれらの変化傾向を捉えることが出来た。
- 2) 外力による空隙部の変化挙動は、外力が加わる前の空隙部の面積の値と、隣接する空隙部の面積値の大小関係に依存する。また、各空隙部の面積変化量の大小関係は交互に生じやすい。
- 3) 外力が加わる前の初期面積が小さな空隙部ほど大きな変化率をとる。
- 4) 外力方向によって変化量の分布に違いが見られる。
- 5) シンカーループ部で囲まれる空隙部の方が、ニードルループ部の場合よりも変化量が大きい。

1. 緒 言

編地の形態変形をとらえる方法は、測定部分の特定2点間の線分を測定することを基本とした線分変化量、または線分で作られる特定域の面積変化量の比較で行われるのが一般的である¹⁾³⁾。

しかし、編地が線分変化として捉えられないくらいわずかな変形をした場合、従来の方法を用いて編目に生じる微細な形状変化までを、把握することは極めてむずかしい。

編地上に生ずる寸法変化として認識しにくい編目の変化を広義の形態変形として考えていくなれば、従来の線分変化量を捉えることに加え、編地を構成する糸や編目の空隙部そのものをとらえていく必要がある。

そこで筆者らは編地の形態変形を、編目の空隙部の変化量の総量と考え、各々の編目から編地の形態変形を捉える方法について、画像解析装置を用いて検討してきた。

前報⁴⁾⁵⁾までは、編地の空隙部の面積が編地の変形量と相関していること、画像解析手法が編地の形態変形を捉える上で有効であることを確認している。

そこで本研究では、形態を容易に変える横編生地を用い、一軸方向に外力を加えた時の個々の編目の空隙部の面積変化を画像解析手法で捉え、隣接する編目の空隙部の変化挙動について検討した。

2. 実 験

2-1 試 料

実験試料は、手編み用糸を用い家庭用編機によって、ウエル方向260mm、コース方向360mmの大きさに作成した。試料の諸元を表1に示す。試料は30℃の水中に24時間浸せきして十分に緩和収縮させた後、平らな状態で自然乾燥させた。

表1 試料の緒元

編機ゲージ (本/inch)	編目密度 (目数/10cm) ウエル	編組織 コース	原 糸	番 手
4	33	22	平 編	綿100% 4/3 ⁵

2-2 試料の変形方法

試料に対してコース方向、ウエル方向の外力を加えるため、図1のようなテンターを作成した。2本の移動バー上に立ててあるピンに試料をセットし、一方のバーを固定しながら他方のバーを外側方向へ手動で10mmずつ4段階に移動させ、試料に変形をあたえた。移動したバーの距離と移動軸方向に与える変形率は表2のようになる。

2-3 画像解析部位

試料の画像解析部位は図2の斜線の部分である。この斜線部分について、コース、ウエル方向に外力を加えた時の編目形状の様子を示したものが図3である。なお、解析部位の変形をマクロ的にとらえるために解析部分の3方向L₁、L₂、L₃の線分測定を各変形率ごとに行った。

2-4 画像解析部分

画像解析は、ニードルループ部で囲まれる空隙部Maとシンカループ部で囲まれる空隙部Mbについて行い、コース方向に外力を加えたときは10ウエル×6コースで作られる120箇所、ウエル方向の場合には5ウエル×16コースで作られる160箇所を対象とした。また、編地を構成するループの最小単位が1ニードルループ部とシンカループ部で構成されることから、MaとMbを1組とする空隙部M(Ma+Mb)を想定した。

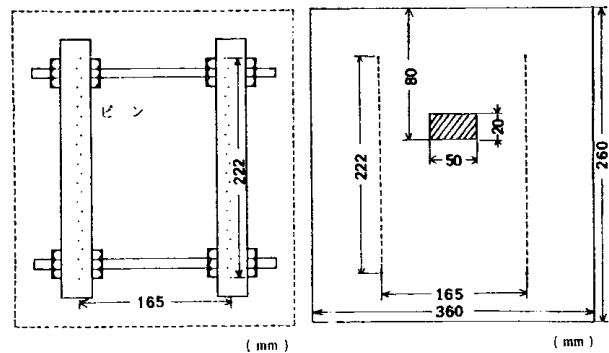


図1 テンター

図2 試料の画像解析部位

表2 試料の変形率

移動距離 n(mm)	0	10	20	30	40
変形率 (%)	0	6	12	18	24

$$\text{変形率} = n / 165 \times 100$$

2-5 画像解析手法

画像解析装置および手法は前報^{1,2)}と同様で、解析部分をあらかじめ実体顕微鏡で約20倍に拡大撮影し、各部位の写真画像を画像解析試料とした。画像解析装置はLUZEX500(ニレコ製)である。マクロスタンドのテレビカメラを通して入力された試料の画像情報を2値化処理し、それらの処理像で画像解析を行った。

3. 結果及び考察

3-1 画像解析部位のマクロ的線分変形量

コース方向、ウエール方向に変形を与えた時の画像解析部位のマクロ的線分変化量を図4に示す。いずれの外力に対しても、 L_3 の値は変化せず、外力方向に平行な L_1 または L_2 の値が直線的に増加している。よってマクロ的に見た場合、解析部分が各外力方向に対してほぼ平行に変形していることが分かる。

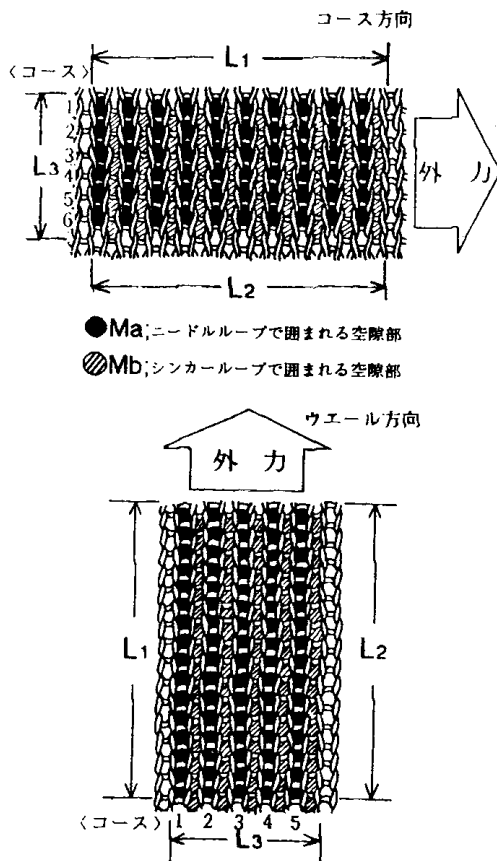


図3 画像解析部分

3-2 編目の空隙部の面積変化

1) 外力方向と空隙部の面積変化

画像解析部位について、外力方向に平行なくコース>ごとに、Mの面積をヒストグラムで表したものが図5、6である。この場合の<コース>とは、外力方向に平行な1コース、あるいは1ウエール上にある空隙部の列を意味し、また初期状態とは試料に外力を与える前の状態を表している。マクロ的な線分変化量から、均一な変形が生じていることを確認している試料も、空隙部Mの値をとらえることにより、各<コース>が同じ値で変形をしていないことが分かる。

コース方向に外力を加えた場合、初期状態では2、4、6が1、3、5<コース>より空隙

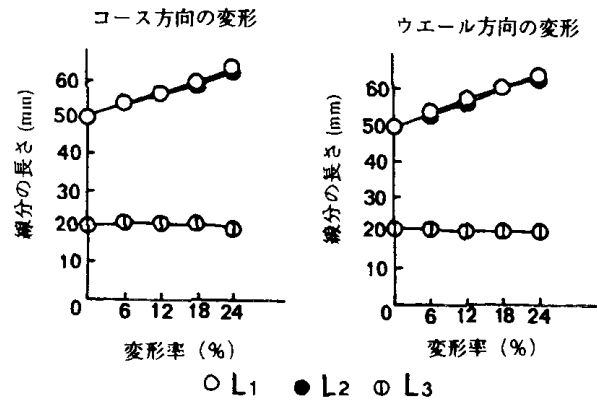


図4 画像解析部位

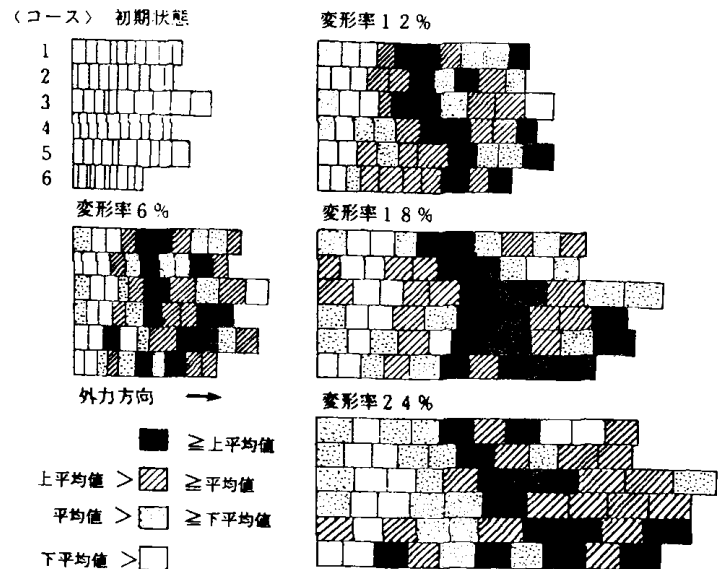


図5 コース方向変形時のMの面積量と面積変化量 ΔA の分布

部の面積が小さく、面積の大小関係が各<コース>ごとに交互に生じている。

横編機で編んだ場合、キャリジの運動方向によってコースごとにループ長に差が出ることもあるが、初期状態での空隙部面積のばらつきは、編目形成時のカムセット不備によるループ長の違いが原因と思われる。

変形率6%、12%では、各<コース>が初期状態と類似した大小関係で面積を大きくしている一方、各<コース>間の面積量の差が小さくなっていることから、初期状態で面積の小さい<コース>が大きな変形をとって行くことが分かる。しかし変形率18%、24%では3~6<コース>の変化が大きく、初期状態での各<コース>間の面積の大小関係はなくなり、むしろ何<コース>かにわたる領域で大きな変形を取る傾向が見られた。

ウエール方向に外力を加えた場合の初期状態も、コース方向の場合と同様に面積量の大きい<コース>と小さい<コース>が交互に生じているが、各<コース>間の差はコース方向の場合よりも小さい。

変形率6%で1, 5<コース>が2~4<コース>よりやや面積量を大きくしているが、その後の変形率においては、いずれも初期状態と類似した大小関係で各<コース>が変形してい

る。また、<コース>間の差が比較的大きかった変形率18%の1, 2<コース>間も変形率24%になると差が小さくなるなど、各<コース>が比較的均一な変形をとる傾向にあることが分かる。

2) Mの面積変化量

外力に対する面積の変化量を初期状態との差から求めた結果を図7, 8に示す。

コース方向外力の場合、どの<コース>においても隣接する空隙部の変化量は、変形率6%の変化量の大小関係と類似した傾向で増大していることが分かる。したがって、隣接する空隙部の変化量の関係は、初期の変形率の段階で示される変形量の大小関係によって決定されると考えられる。また2, 6<コース>目のように、変形量の大きな空隙部と小さな空隙部がそれぞれ交互に位置して変形を構成している部分と、3, 4<コース>目のように変形量の大きい空隙部と小さな空隙部が連続して生じ、<コース>全体の変形を構成している部分が見られる。

図中のm1~m4は変形率6%~24%の段階における各<コース>毎の変化量の平均値である。平均変化量m1は、どの<コース>においてもほぼ近似した値をとっているが、m2では、4~6<コース>目の値が1~3<コース>目よりやや高く、さらにm3, m4になると3~6<コース>目において高い値を示していることから、3~6<コース>目の領域がより大きな外力の影響を受けていることが分かる。

図8のウエール方向外力の場合も、変形率6%で示される各空隙部の変化量の大小関係と、その後の変化率に対する変化量の大小関係はよく類似している。また、各空隙部は、どの<コース>においても変化量の大きい空隙部と小さい空隙部が、互いに隣接しており、コース方向外力の場合のように、大きい変化量が連続して生じている部分は見られない。よって、ウエ

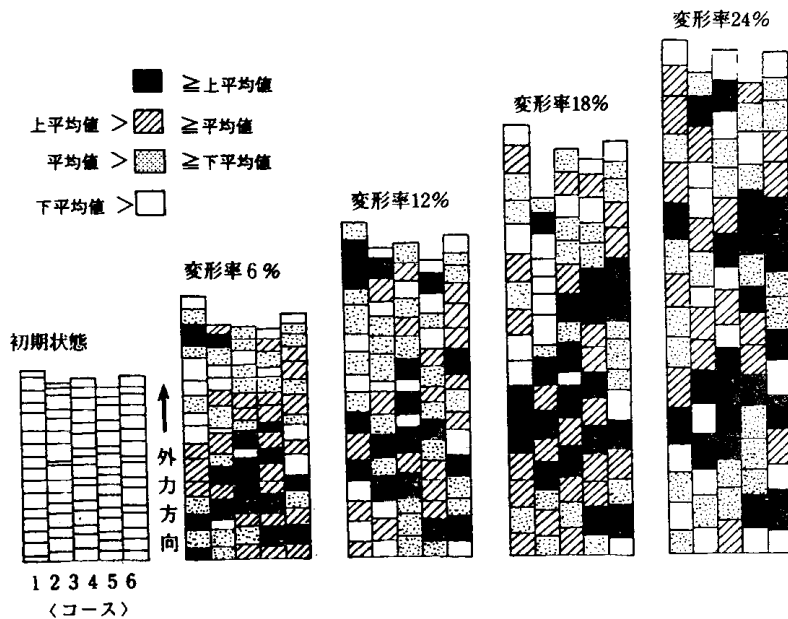


図6 ウエール方向変形時のMの面積量と面積変化量 ΔA の分布

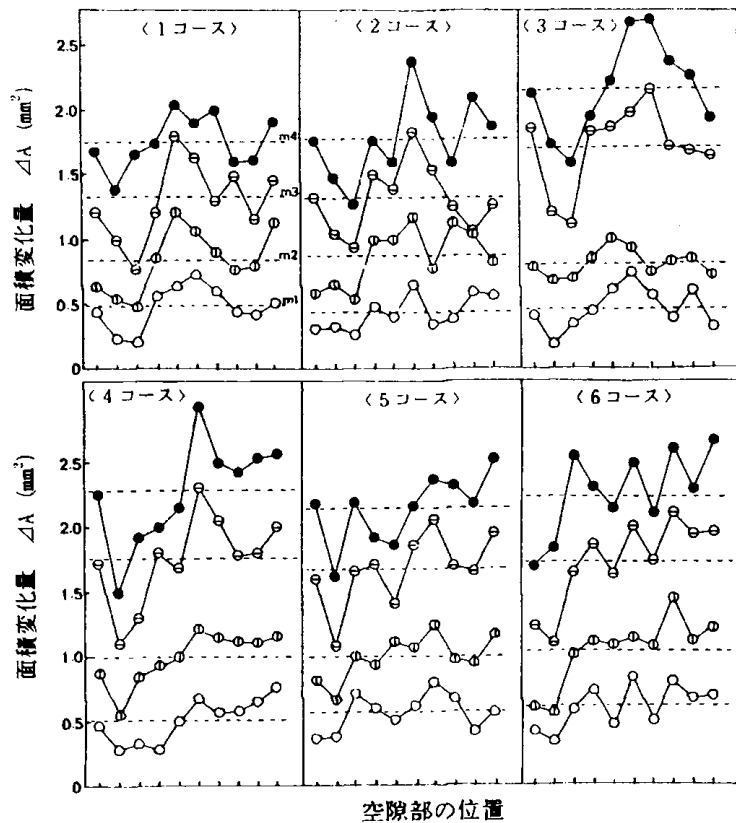


図7 コース方向に外力を加えた時のMの面積変化量

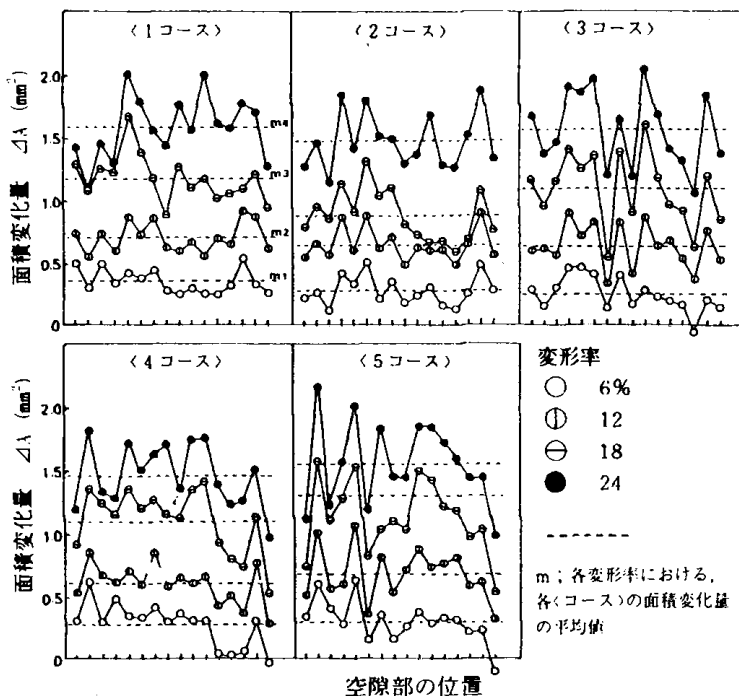


図8 ウェール方向に外力を加えた時のMの面積変化量

ール方向外力の場合にはコース方向外力の場合よりも、隣接する空隙部の変化量の大小関係が交互に生じやすく、各<コース>の面積変化を平均化する傾向が強いと考えられる。

<コース>毎の平均変化量 m_1 , m_2 がどの<コース>においてもほぼ近い値を示しているのに対して、変化率18%では2<コース>目の値が他の<コース>よりも小さく、逆に5<コース>目の m_3 が他の<コース>よりやや大きくなっている。しかし、変形率24%になると、2, 5<コース>目とも m_4 が他の<コース>と近似した値を示していることから、変形率18%において変化が他の<コース>より遅れた2<コース>目が、変形率24%時に他の<コース>よりも大きく変化し、逆に5<コース>目は変形率24%で小さな変化をとったものと考えられる。また、ウェール方向とコース方向の平均変化量を比較すると、同じ変形率に対してコース方向の平均変化量が多いことから、コース方向の方が外力の影響をより大きく受けやすいことが分かる。

3) 面積変化量 ΔA の分布

図5と6には、各空隙部の面積値のなかに面積変化量 ΔA を四分位偏差で4段階に区分けしたときの面積変化量の分布状態を示してある。

図中の■は上平均値以上で各<コース>の変形に対して変化量の大きかった空隙部であり、□は変化量の小さかった空隙部を表す。

図5のコース方向外力の場合、いずれの変形率においても、解析部分のほぼ中央から外力を加えた側に、変化量の大きい組織が見られる。変形率18%でも同様の傾向が見られるが、変化量の大きい空隙部は、変形率12%の場合よりも解析部分の中央付近および4~6<コース>目の外力を加えた側の部

分に集中していることなどから、コース方向外力の場合は、外力を加えた側に近い部分に変化量の大きい空隙部が分布し、変化量の小さい空隙部は試料を固定した側に分布する傾向があると考えられる。

図6のウェール方向の場合、変形率6%では中央部分から、試料を固定した側に変化量の大きい空隙部が見られ、逆に変化量の小さい空隙部の多くは、中央部分から外力を加えた側に見られる。しかし、変形率12、18%になると変化量の大きい空隙部および小さい空隙部はいずれも解析部分の全域にわたって現れ、しかも各<コース>間及び<コース>内で変化量の大小関係が、交互に位置する部分が生じている。

4) 空隙部の面積変化率

空隙部の面積変化量から変形の大小関係を推定した場合、変形率6%の変化量が大きい空隙部ほど、その後の変化量も大きくなる傾向にあることから、初期状態の面積値が変形の大小関係に大きく影響していると考えられる。そこで初期面積に対する面積変化率を図9に示してある。

コース方向、ウェール方向のどちらの場合も初期面積の小さい空隙部ほど、外力の増加に伴う変化率の増加の幅が大きく、逆に初期面積の大きい空隙部は変化率の増加幅が小さいことが分かる。すなわち変形させる前の面積が小さい空間ほど外力の影響をより大きく受けていることになる。また、その傾向はコース方向に外力を加えた時の方がより顕著である。

5) 空隙部MaとMbの関係

これまでの結果は、ニードルループ部で形成される空隙部Maとシンカループ部で形成される空隙部Mbを1組とした空隙部Mに関するものであったが、図10にはMaとMbの各<コース>毎の平均面積変化量を示してある。

コース方向、ウェール方向外力のどちらの場合

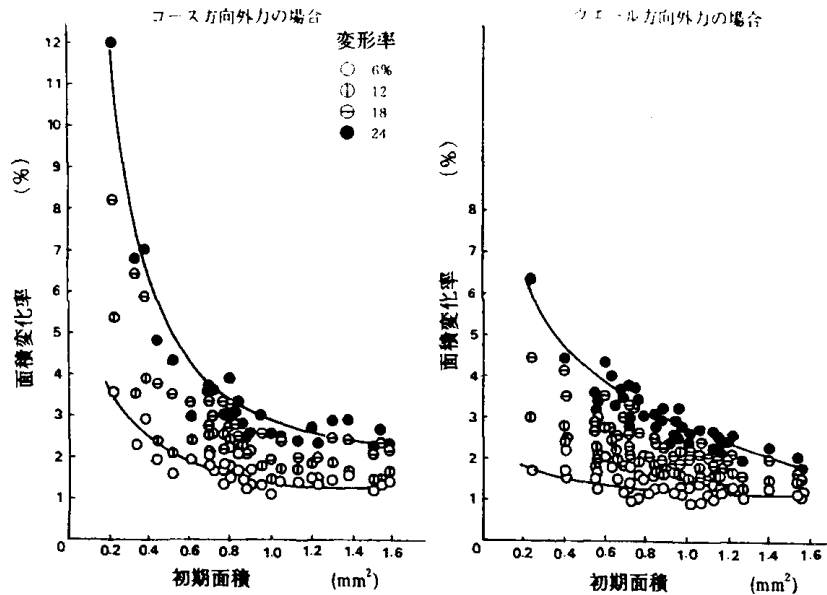


図9 空隙部の面積変化率

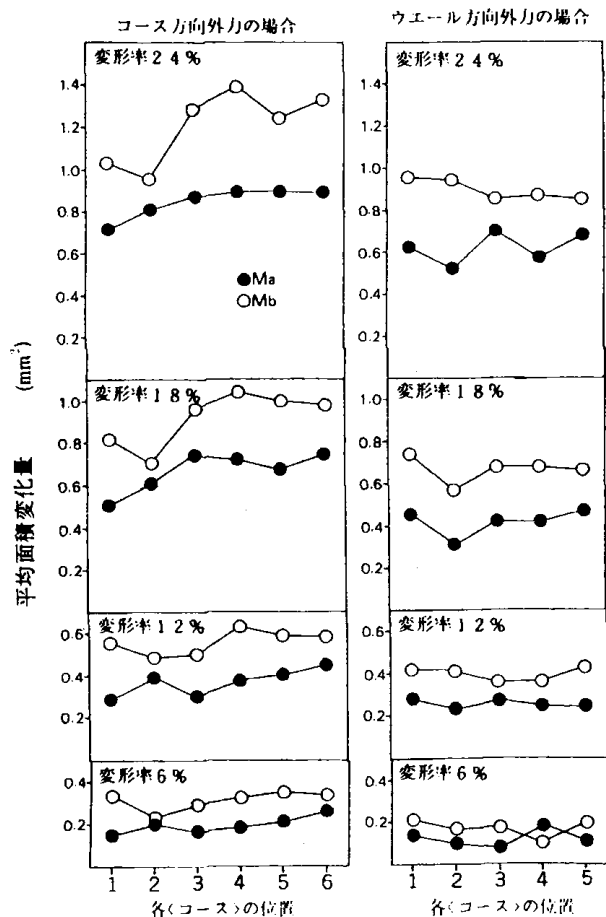


図10 各<コース>における空隙部Ma, Mbの平均面積変化量

合も、各変形率、各<コース>においてM_bの方がM_aよりも大きな値をとっており、またM_aとM_bの値の差は、変形率が増加するに従い徐々に大きくなっている。よって、全体の変形に対して、空隙部M_bはM_aよりも大きな影響を与えていることが分かる。また、コース方向外力の方がウエール方向外力よりもM_a、M_bともに大きな値をとっている。

4. 結 論

横編生地の試料にコース、ウエール方向の外力を加え変形を与えた時の空隙部の変化挙動を、画像解析手法で検討した結果、下記のことが分かった。

- 1) マクロ的に均一な変形を与えた横編地について、糸が構成する空隙部の面積変化を計測することにより、試料上の微細な変形状態やそれらの変化傾向をとらえることができた。
- 2) 隣接する部位の面積変化量の大小関係は、最初の変形時に決定され、外力が加わっても変わらない。またそれらの大小関係は、交互に生じやすく、大きな変化量の隣には小さな変化量をとる傾向がある。
- 3) 初期状態で小さな空隙部を有する部位では、変形に対して大きな変化率をとる傾向があり、それはコース方向に外力を加えたときの方が、

ウエール方向の場合よりも顕著である。

- 4) コース方向外力に対する変化量の分布傾向は、画像解析部分の中央から外力を加えた側に位置する空隙部の変化量が大きく、試料を固定した側に位置する空隙部の変化量は小さい。
- 5) ウエール方向外力に対する変化量の分布傾向は、変化量の大きい空隙部や小さい空隙部が、解析部分の全域にわたって位置しており、分布が比較的均一である。
- 6) コース、ウエール方向のどちらの場合も、シンカーループ部で形成される空隙部の方がニードルループ部で形成される空隙部より変化量が大きい。

以上の結果から、画像解析手法を用いることにより、従来では測定が困難だった編目の微妙な変形の状態をとらえられるばかりでなく、経時的な編目の形態変化を、非破壊で連続的に計測出来ることから、編地の物性評価や、品質評価に対して極めて有効な方法であることが示唆された。

文 献

- 1) 大野：家政誌，14, 276 (1963)
- 2) 大野：日衛誌，21, 362 (1966)
- 3) 大野：家政誌，19, 204 (1968)
- 4) 菊池他：盛岡短大研究報告，35, 11 (1984)
- 5) 菊池他：盛岡短大研究報告，36, 17 (1985)
- 6) 菊池他：家政誌，37, 871 (1986)

新品種酒造米の酒造適性を推定する方法

齊藤博之*・西澤直行**

<岩手県工業技術センター・*岩手大学大学院連合農学研究科,
***岩手大学農学部応用生物学科>

平成8年1月10日受理

Methods to estimate suitability for sake brewing of rices bred newly

Hiroyuki SAITO* and Naoyuki NISHIZAWA**

(Iwate Industrial Research Institute and *the United Graduate School
of Agricultural Sciences, Iwate University, Morioka, Iwate 020,
Japan and **Department of Bioscience and Technology,
Faculty of Agriculture, Iwate University, Morioka,
Iwate 020, Japan)

We statistically studied three methods to estimate suitability for sake brewing of rice varieties bred newly as follows. To calculate these methods, we used analytical data of 4081 samples from 81 rice varieties established by Research Group For Sake Rices.

(1) Standard values for five analyses: The values show suitable property for sake making and were derived by discriminant analysis. The values for weight of 1000 grains, water absorption for 20 min., water absorption of steamed rice and digestibility were those more than 24.16g, 25.52, 39.20 and 9.53%, respectively. That for crude protein was less than 5.70%.

(2) Score as overall property for sake brewing: The score is sum of point given for five analyses which were identified to be 1 when a rice variety has sake-making suitability and 2 for other rice. The score of less than 7 points was referred to as sake-suitable score.

(3) Yamada-nishiki's range: The ranges for five analytical values were determined by using cumulative frequency procedure. The ranges for weight of 1000 grains, water absorption for 20 min., water absorption of steamed rice, digestibility and crude protein were 24.6-28.0g, 24.4-31.6, 35.1-45.6, 7.2-10.6 and 4.3-6.3%, respectively. These measures proposed in this paper would be helpful to estimate suitability for sake brewing of prospective rice cultivars.

Key words: 原料米・好適米・酒造適性

緒言

育種中の酒造米(以下,新品種)の醸造適性判定のために,その分析を行っている研究者は,その品種の粗蛋白質濃度が低いと言える値であるかどうか,あるいは山田錦並というための分析値の範囲がどのくらいであるか,といった分析値の評価に関する問題に常に直面している。近年,酒造好適米(以下,好適米)の特性に関して興味深い研究がなされているが¹⁻⁴⁾,このような問題に応えるような統計的に裏付けされた研究は少ない。酒米研究会は,既存の酒造米品種の分析値を評価するため

に,5検体以上ある品種について,分析値の5段階評価基準値を品種毎に設けて使用している⁵⁾。例えば,ある年の山田錦の粗蛋白質が5.8%であるとする,それはこの基準値によって,山田錦の10サンプルに1サンプル程度しか出現しない,かなり低い値であると評価される。また,著者他⁶⁾は新品種酒造米の分析値の高低を評価するために5段階評価基準値を提案した。この基準値によれば,例えば新品種の粗蛋白質が5.2%であれば,その値は既存の酒造米品種の中で低い方の10%に入る低蛋白質の新品種に区分されることがわかる。このように,いずれの方法も粗蛋白質の高低の程度を出現確率で

示すことができるが、これらによっても酒造に適する粗蛋白質の値と言えるのか、あるいは山田錦の粗蛋白質の範囲にあるのかを推定することはできない。従って、このような醸造適性判定に用いる項目毎の境界値や数値範囲の設定が望まれる。その様な値があれば、「新品種の粗蛋白質濃度は、基準値以下なので酒造に適した値と言える」というような評価が可能になる。このように「酒造に適した値である」という表現は、わかりやすい判定の表現であり、育種や酒造現場に対して有用と思われる。

そこで本報では、前報^{8,9)}に引き続いて、新品種酒造米の分析値の評価方法の実用性を更に高めるために、次のように、①分析値のそれぞれの項目を過去のデータから見て、酒造適性が高い値と言えるかどうか評価する基準値（以下、酒造適性基準値）を設けること、②好適米の代表とされる山田錦との比較を容易にする各項目毎の「山田錦並範囲」について検討を行った。

方法及び結果

1. 使用データ及び使用分析項目

前報⁷⁾と同様に、全国酒米研究会の、1976年から1993年までの酒造用原料米全国統一分析法^{8,9)}（以下、統一分析法）による、4,838 検体の分析データベースを利用した。

この統一分析法の各分析項目毎の酒造適性基準値の検討には、前報⁷⁾と同様に品種登録済みで、10 検体以上のデータがある 81 品種の 4,081 検体を使用した。この検体を品種毎に平均した後、食糧庁の産地品種指定を受けた好適米 21 品種と、それ以外の一般米 60 品種に区分して、酒造適性基準値の検討に使用した。検討した項目は、水分調整後千粒重（以下、千粒重）、吸水性 20 分、消化性の直接還元糖（以下、直接還元糖）、蒸米吸水率、粗蛋白質の 5 項目である。これらの項目は、前報⁷⁾で好適米と一般米の平均値に差が認められているので、酒造適性基準値を検討する意義があると思われる。

また、山田錦並範囲の検討には、1976 年から 1993 年の山田錦の全検体、195 点を用いた。検討した項目は、統一分析法の 12 項目である。

2. 酒造適性基準値の検討と酒造適性スコアの導入

新品種の分析値を酒造に適した値であるかどうか区分する境界値、すなわち酒造適性基準値の検討には、前報⁷⁾で述べた重判別分析法^{10,11)}を用いて行った。なぜなら、この方法によれば、既存品種の分析値を、酒造に適した値であるかどうか、最も正しく区分する境界値を求めることができるからである。また、この方法を適用するために、食糧庁によって好適米と指定された既存品種

Table 1 Standard values for sake-making suitability of rice^{a)}.

Item number	Analysis ^{b)}	Standard values
2	Weight 1000 (2)	more than 24.16 g
6	Absorbed water (20)	more than 25.52 %
8	Absorbed water (ST)	more than 39.20 %
9	Digestibility (RS)	more than 9.53 %
11	Crude protein	less than 5.70 %

^{a)}Standard values are calculated by discriminant analysis.

^{b)}Item numbers and abbreviations correspond to those of the reference ¹⁷⁾.

を 1、指定されていない既存品種を 2 と数値化して計算に用いた。このようにして、上記の 5 項目の 1 つを説明変数に、好適米かどうかを目的変数として重判別分析を行った。その結果、求められた 5 項目のそれぞれの酒造適性基準値を、Table 1 に示した。この表によれば、ある未知の検体の千粒重、吸水性 20 分、蒸米吸水率、及び直接還元糖が、この基準値以上の時、及び粗蛋白質はこの値未満の時に、その項目は酒造に適した値であると判断できよう。

次に、既存の主要 81 品種について重判別分析法で判定された結果を、酒造に適すると判定された値を 1、そうでない値を 2 として Table 2 に示した。以下、本報ではこの 1 と 2 の数値を「判別値」と称する。好適米は、Table 2 の左上から 21 品種であるが、5 項目の判別値で 1 の多いことが明らかである。更に品種別にみると、食糧庁の産地品種指定区分に与えた 1 と 2 の数値と 5 項目の判別値が、多くの項目で一致する品種とそうでない品種のあることがわかる。また、項目毎に見れば、千粒重と吸水性 20 分の判別値は、ほとんどの好適米品種が 1 で、一般米品種が 2 であり、食糧庁の指定区分に与えた数値とよく一致していることがわかる。一方、それに対して蒸米吸水率、直接還元糖、粗蛋白質は、好適米品種であっても 2 という判別値や、一般米でも 1 という判別値が散見される。このように、酒造適性基準値によって判定した場合、項目によって食糧庁の産地品種指定区分に与えた数値と判別値が一致する割合（以下、正判別率）に違いがあることが分かる（Table 3）。5 項目の中では、千粒重と吸水性 20 分の項目の正判別率は非常に高かった（Table 3）。また、蒸米吸水率と粗蛋白質の正判別率は 60.5% であり、統計的に好適米と一般米で有意差が認められている項目ではあるが、低い値であった。直接還元糖はその中間であった。

次に、Table 2 の 5 項目の評価結果に基づいて、更に一步進めて、いかなる方法によれば新品種酒造米の酒造適性を総合的に表現できるかを検討してみた。このよう

Table 2 Evaluation value and score of 81 rice varieties determined by standard values^{a)}

Rice varieties ^{b)}	Analytical item no. ^{c)}					Score	Rice varieties ^{b)}	Analytical item no. ^{c)}					Score
	2	6	8	9	11			2	6	8	9	11	
	Evaluation value							Evaluation value					
<i>Tsuyuhakaze*</i>	1	1	1	1	1	5	<i>Ohseto</i>	1	2	2	2	2	9
<i>Fukuno-hana*</i>	1	1	1	1	1	5	<i>Nipponbare</i>	2	2	1	2	2	9
<i>Hattan*</i>	1	1	1	1	1	5	<i>Hounenwase</i>	2	2	1	2	2	9
<i>Hidaminori*</i>	1	1	1	1	1	5	<i>Koshi-nishiki</i>	2	2	1	2	2	9
<i>Hidahomare*</i>	1	1	1	1	1	5	<i>Mine-nishiki</i>	2	2	1	2	2	9
<i>Hattan-nishiki-1*</i>	1	1	1	1	1	5	<i>Kogane-nishiki</i>	2	2	1	2	2	9
<i>Yamada-nishiki*</i>	1	1	1	1	1	5	<i>Hatsuboshi</i>	2	2	1	2	2	9
<i>Takane-nishiki*</i>	2	1	1	1	1	6	<i>Musashikogane</i>	2	2	1	2	2	9
<i>Tamasakae*</i>	1	1	2	1	1	6	<i>Ishikari</i>	2	2	2	1	2	9
<i>Houhai*</i>	1	1	2	1	1	6	<i>Etsu-nan77</i>	2	2	2	1	2	9
<i>Miyama-nishiki*</i>	1	1	2	1	1	6	<i>Kita-hikari</i>	2	2	2	1	2	9
<i>Kinmon-nishiki*</i>	1	1	1	2	1	6	<i>Tomoyutaka</i>	2	2	2	1	2	9
<i>Nada-nishiki*</i>	1	1	1	2	1	6	<i>Todorokiwase</i>	2	2	2	2	1	9
<i>Sachidama*</i>	1	1	1	2	1	6	<i>Biwaminori</i>	2	2	2	2	1	9
<i>Nadahikari*</i>	1	1	1	1	2	6	<i>Reimei</i>	2	2	2	2	1	9
<i>Oku-homare*</i>	1	1	1	1	2	6	<i>Koshijiwase</i>	2	2	2	2	1	9
<i>Gohyakumangoku*</i>	1	1	2	1	2	7	<i>Niigatawase</i>	2	2	2	2	1	9
<i>Shirakaba-nishiki*</i>	1	1	2	1	2	7	<i>Mutsukaori</i>	2	2	2	2	1	9
<i>Wakamizu*</i>	1	1	2	1	2	7	<i>Mutsu-homare</i>	2	2	2	2	1	9
<i>Hana-fubuki*</i>	1	1	2	1	2	7	<i>Yukigeshō</i>	2	2	2	2	1	9
<i>Hyougokita-nishiki*</i>	1	1	2	2	2	8	<i>Hana-nomai</i>	2	2	2	2	1	9
<i>Matsuyamamitsui</i>	1	1	2	1	1	6	<i>Akitsuho</i>	2	2	2	2	2	10
<i>Koshihikari</i>	2	2	1	1	1	7	<i>Kinpa</i>	2	2	2	2	2	10
<i>Nakateshinsenbon</i>	2	2	1	2	1	8	<i>Kaga-hikari</i>	2	2	2	2	2	10
<i>Kinmaze</i>	2	2	1	2	1	8	<i>Hana-hikari</i>	2	2	2	2	2	10
<i>Nihonmasari</i>	2	2	1	2	1	8	<i>Yone-shiro</i>	2	2	2	2	2	10
<i>Yamabiko</i>	2	2	1	2	1	8	<i>Harebare</i>	2	2	2	2	2	10
<i>Toyo-nishiki</i>	2	2	1	2	1	8	<i>Yuhkara</i>	2	2	2	2	2	10
<i>Sasa-nishiki</i>	2	2	1	2	1	8	<i>Matsumae</i>	2	2	2	2	2	10
<i>Akihikari</i>	2	2	1	2	1	8	<i>Reihou</i>	2	2	2	2	2	10
<i>Ohzora</i>	2	2	1	2	1	8	<i>Asominori</i>	2	2	2	2	2	10
<i>Ukon-nishiki</i>	2	2	1	2	1	8	<i>Kogane-masari</i>	2	2	2	2	2	10
<i>Kiyo-nishiki</i>	2	2	1	2	1	8	<i>Nishihomare</i>	2	2	2	2	2	10
<i>Yamahikari</i>	2	2	1	2	1	8	<i>Aki-nishiki</i>	2	2	2	2	2	10
<i>Chiyo-nishiki</i>	2	2	1	2	1	8	<i>Kogane-bare</i>	2	2	2	2	2	10
<i>Yamahoushi</i>	2	2	1	1	2	8	<i>Fukuhikari</i>	2	2	2	2	2	10
<i>Asano-hikari</i>	2	2	1	1	2	8	<i>Hanayutaka</i>	2	2	2	2	2	10
<i>Minehikari</i>	2	2	1	1	2	8	<i>Yukihikari</i>	2	2	2	2	2	10
<i>Minami-nishiki</i>	2	2	1	1	2	8	<i>Kirara397</i>	2	2	2	2	2	10
<i>Ohu331</i>	2	2	2	1	1	8	<i>Takaneminori</i>	2	2	2	2	2	10
<i>Akebono</i>	2	1	2	2	1	8							

^{a)}The score is sum of points given for five analyses which are identified to be 1 when a rice has suitability for sake making and 2 for the others. These points were calculated by standard value shown in Table 1. The score has been evaluated to be good for sake making in the case of less than 7 points.

^{b)}Rice varieties which have an asterisk show suitable ones for sake brewing and others are for general purpose.

^{c)}See Table 1 for item numbers.

Table 3 Results of 81 rice varieties evaluated with standard values^{a)}.

Item number	Analysis	Percentage of samples evaluated correctly		
		Sake rice ^{b)} (n=21)	Rice for general purposes (n=60)	Total varieties (n=81)
2	Weight 1000 (2)	95.2	96.7	96.3
6	Absorbed water (20)	100.0	96.7	97.5
8	Absorbed water (ST)	61.9	60.0	60.5
9	Digestibility (RS)	81.0	81.7	81.5
11	Crude protein	66.7	58.3	60.5

^{a)}See Table 1 for standard values.

^{b)}This shows suitable varieties for sake brewing as indicated in Table 2.

な総合評価の方法があれば、新品種酒造米と既存品種の適性の比較が容易であろうし、全国の酒造米の分析機関は共通の方法で新品種酒造米の適性の程度を評価できることになろう。このようなことを考慮して検討した結果、次に述べる酒造適性スコアという考え方に到達した。まず、この5項目は、一般的に好適米が一般米よりも酒造適性が高いと考えられている項目がある。従って、どの項目も判別値1の区分が、判別値2の区分よりも適性が高いと判断される。そこで、5項目の判別値を合計すれば、その値は少ない方がより酒造適性が高く、総合的な指標となるであろうと考えた。本報では、この合計値を「酒造適性スコア」とする (Table 2)。Table 2からは、好適米のスコアが5~8点、一般米は6~10点であり、品種によって差があるが、好適米のスコアの小さいことが読みとれる。このスコアの7点を適性判定の目安とした場合、81品種中の78品種が好適米と一般米の区分に合致しており、その割合が最も高かった。8点を目安とすると、この割合は低くなり、81品種中の61品種が合致した。7点と8点を目安としたときの、この割合は、比率差の検定を行うと、危険率0.1% ($u_0=3.83$) で有意差が認められた。また、スコアが5点の一般米はなく、9点以上の好適米もない。従って、7点を目安としてこのスコアが小さいほど、概ね総合的に酒造適性が高いと考えられる。

3. 山田錦並範囲の検討

山田錦は、好適米の代表で昭和11年に育種された古い品種であるが、未だにそれ以上と言われる新品種は現われていない。酒造業界における山田錦に対する信頼は非常に高く、この品種は各県の好適米の育種目標となっている。従って、新品種のそれぞれの分析項目に対して「山田錦並」と言えるような範囲が求められれば、これを新品種の分析値の評価に使用したり、あるいは農業試験場で育種目標の数値範囲として利用できるであろうと思われる。例えば、新品種酒造米の分析値は、Table 1

の酒造適性基準値によって、「この直接還元糖の値は高く、酒造に適する」というように評価される。これに加えて、酒造適性の妥当な範囲があれば、更に「この値は高過ぎず、好適な範囲にある」とも表現ができるので、酒造適性評価の表現が育種や酒造の現場で望まれる内容に一層近づくであろう。また、山田錦が最も優れた品質の好適米であるのなら、この範囲は好適米のみならず、一般米であっても良好な分析値の範囲として活用されることが考えられる。

それでは、このような分析値の範囲を示す根拠があるのであろうか。まず、Table 1 に示されるように、直接還元糖は高い方が酒造適性が高い値と言える。しかし、山田錦の直接還元糖は酒造適性基準値と同じ値であり、好適米としては低い値となっている。そこで山田錦の直接還元糖が、主要81品種中のどのような位置にあるのかを調べたところ、高い方から27番目にあり、上位ではあるが溶け過ぎではない程度になっているものと思われる。山田錦の他の4項目についても同様に順位付けしたところ、千粒重は大きい方から第7位、同様に吸水性20分は第6位、蒸米吸水率は第14位であった。また、粗蛋白質は低い方から第3位であった。これらの4項目の分析値は既存81品種の中で酒造適性が高い値と評価されるが、最大値や最小値ではなかった。このように好適米と一般米の分析値で有意差が認められる5項目すべてにおいて、山田錦が最大値や最小値を示さなかったという事実は、大粒や低蛋白質であれば良好というだけでなく、山田錦の分析値の近辺には酒造に好適な範囲があるだろうという重要な示唆を含んでいると思われる。

そこで、「育種中の新品種を、山田錦の品質と比較して評価すること」、「分析値の上限値や下限値に山田錦並といえる範囲を利用すること」、この2つの視点から、山田錦並の範囲を以下のように検討した。まず最初に、山田錦195点の12項目の基本統計量を計算して、その分布が正規分布であるかどうかを、歪度と尖度¹²⁾で検定した。その結果はTable 4に示したが、全項目でその分布の歪度か尖度が、あるいはその両方が正規分布とは認められなかった。そこで、非正規分布に良く適合する範囲を求めるために、累積度数による方法⁹⁾を用いて、分析値の分布の中心を含む、山田錦の90%の検体が入る上限値と下限値を導いた (Table 5)。本報では、この2つの限界値に入る範囲を「山田錦並範囲」とする。この累積度数法による範囲は、標本分布が非正規分布の場合、それによる判定結果が理論度数に良く合致するという長所がある。また、この「90%」という値は、100回に5回程度の出現率が異常に少ないと判断する統計の考え方に従っており、上限値以上と下限値未満の各5%の検体

Table 4 Statistical analyses of *Yamada-nishiki* variety ($n=195$).

Item number	Analysis		Average	S.D.	Maximum	Minimum	Skewness	Judgment of skewness	Kurtosis	Judgment of kurtosis
1	Weight 1000 (1)	(g)	26.81	1.02	29.4	22.8	-0.17	no	1.11	no
2	Weight 1000 (2)	(g)	26.40	0.94	29.1	23.8	0.06	yes	0.72	no
3	Water content (RR)	(%)	15.17	1.27	17.5	10.4	-1.70	no	3.66	no
4	True polishing	(%)	75.74	1.74	80.1	67.7	-0.68	no	1.95	no
5	Water content (PR)	(%)	13.48	0.60	15.0	10.0	-1.31	no	5.74	no
6	Absorbed water (20)	(%)	28.67	2.00	32.8	21.5	-0.83	no	0.88	no
7	Absorbed water (120)	(%)	30.04	1.75	36.6	24.8	0.56	no	1.75	no
8	Absorbed water (ST)	(%)	39.91	3.21	48.4	30.8	0.25	no	0.22	yes
9	Digestibility (RS)	(%)	9.524	0.88	12.2	6.7	-0.80	no	2.13	no
10	Digestibility (FN)	(ml)	1.963	0.202	2.7	1.5	0.41	no	0.49	yes
11	Crude protein	(%)	5.235	0.577	7.3	3.9	0.58	no	0.74	no
12	Potassium	(ppm)	416.0	88.8	839	231	0.72	no	2.13	no

Table 5 *Yamada-nishiki's* range^{a)}.

Item number	Analysis	Range
1	Weight 1000 (1) (g)	24.9 ~ 28.5
2	Weight 1000 (2) (g)	24.6 ~ 28.0
3	Water content (RR) (%)	11.7 ~ 16.6
4	True polishing (%)	72.6 ~ 78.2
5	Water content (PR) (%)	12.2 ~ 14.3
6	Absorbed water (20) (%)	24.4 ~ 31.6
7	Absorbed water (120) (%)	27.7 ~ 33.6
8	Absorbed water (ST) (%)	35.1 ~ 45.6
9	Digestibility (RS) (%)	7.2 ~ 10.6
10	Digestibility (FN) (ml)	1.6 ~ 2.3
11	Crude protein (%)	4.3 ~ 6.3
12	Potassium (ppm)	271.0 ~ 557.0

^{a)}The range has expressed analytical values of the one.

Table 6 Results of 195 samples of *Yamada-nishiki* evaluated with the range^{a)}.

Item number	Analysis	Number of samples within range	Percentage of samples within range
1	Weight 1000 (1) (g)	176	90.3
2	Weight 1000 (2) (g)	177	90.8
3	Water content (RR) (%)	177	90.8
4	True polishing (%)	176	90.3
5	Water content (PR) (%)	177	90.8
6	Absorbed water (20) (%)	178	91.3
7	Absorbed water (120) (%)	176	90.3
8	Absorbed water (ST) (%)	176	90.3
9	Digestibility (RS) (%)	176	90.3
10	Digestibility (FN) (ml)	180	92.3
11	Crude protein (%)	176	90.3
12	Potassium (ppm)	175	89.7

^{a)}See Table 5 for details of range.

数を切捨てるように設定したものである。このようにして求めた前述の5項目の山田錦並範囲は、千粒重が24.6gから28.0g、吸水性20分が24.4%から31.6%、蒸米吸水率が35.1%から45.6%、直接還元糖が7.2%から10.6%、粗蛋白が4.3%から6.3%であった。なお、粗蛋白質の山田錦並範囲にある山田錦の検体数は195検体の内の176検体であり、90.3%であった。この割合は他の項目でも約90%であり、目的とする理論度数の90%とよく適合していた (Table 6)。従って、新品種酒造米の分析値がこれらの範囲から外れる場合は、値が極端すぎる可能性があると考えられ、この新品種酒造米の分析値は山田錦並とは言いがたいであろう。

次にこれらの範囲が新品種に対して応用できるかどうかを次のようにして検討した。まず、新品種の分析項目の全部が山田錦並範囲に入る検体は、山田錦の特徴により近い検体と考えられる。そこで、既存のいくつかの好適米と一般米で、5項目全部が山田錦並範囲に入る検体の比率を山田錦の場合と比較してみた。比較に用いた品種は、好適米の五百万石と美山錦の2品種、一般米の日

本晴、トドロキワセ、トヨニシキ、キヨニシキ、およびレイハウの5品種の合計1,828検体である。これらは、いずれも100検体以上のデータがある品種である。その結果、山田錦の検体で5項目全部が山田錦並範囲に入る比率は63.1%であった。一方、好適米の2品種の5項目全部が、この範囲に入る比率は、五百万石で44.9% (454検体中の204検体)、及び美山錦で39.0% (241検体中の94検体)であった。これらの比率を山田錦のそれと比較して差が認められれば、この山田錦並の範囲は、山田錦とその他の好適米や一般米と一線を画すことのできる数値範囲と考えられる。そこで、山田錦と他の品種の間で、この比率の差を検定した結果¹²⁾、いずれの品種も山田錦より比率の低いことが統計的に認められた。一般米の場合は、日本晴、トドロキワセ、トヨニシキ、キヨニシキ、及びレイハウの5品種の合計1,133検体中、この基準を満たしたのは日本晴の1検体のみであ

った。このように山田錦とその他の品種では明らかに比率に差が認められたので、この山田錦並範囲は総じて山田錦らしい分析値の範囲を示していると考えられる。

次に好適米と一般米で差の認められない項目の山田錦並範囲の必要性であるが、この検体の妥当性や特徴を考える上で有用性が失われているわけではない。統一分析法の12項目は、「酒造適性を調べるのに適した分析法」として設定されている⁹⁾。従って、これらの5項目以外の項目も、新品種を評価する際に、その品種の特徴を説明するのに役立つと考えられるので、Table 5 に山田錦並範囲として示した。

考 察

1. 酒造適性基準値の妥当性

好適米品種とは、1969年の自主流通米制度の発足以来、食糧庁長官により「醸造用品種」として産地品種指定を受けた水稲品種のことを指している¹³⁾。そして、その指定申請には、指定を申請する県で奨励品種等に採用されることが必要とされている。この際、奨励品種の条件として、「……生産物の利用上の重要な特性について、対照品種と比較して明らかに優れていると認められること」という採用基準が設けられている¹⁴⁾。そこで、各県では指定申請に先立って酒造適性試験を実施している。このようにして、産地品種指定を受けようとする品種は文字通り醸造に適した好適米として対照品種よりも優良であることが、醸造試験で実証されている。本報の酒造適性基準値は、このような食糧庁の産地品種指定の有無を計算の基礎に用いて検討されたものである。従って、この基準値は、実際に醸造した結果に基づいていると考えられるため、分析値から酒造適性を評価する基準値として有用であろうと考えられる。また、従来から「好適米は、大粒で、吸水性、蒸しが良く、溶解糖化が良い。また、粗蛋白質が少ない」^{13,15)}と言われている。本報で示されたTable 1の酒造適性基準値によると、千粒重は24.16g以上の大粒の場合に酒造に適した値とされる。このように、酒造に適していると評価される値の大小は、上記の好適米で言われている特性と完全に一致している。このことも、酒造適性基準値の妥当性を示していると思われる。

2. 酒造適性基準値と育種との関連

次に、本報の酒造適性基準値と育種との関係について考察したい。Table 1に示した酒造適性基準値は、既に述べたように5つの項目の分析値を、酒造に適すると思われる値と、そうでない値の2つに区分できる。その基準値で既存の81品種の5項目を評価すると、Table 2に示したように、項目によって好適米でも酒造に適して

いる値と評価される割合は異なっている。その違いの程度はTable 3の正判別率で比較することができるが、およそ3つに分けられて、高い順に①千粒重、吸水性20分、②直接還元糖、③蒸米吸水率、粗蛋白質となっている。①の千粒重と吸水性20分が、食糧庁の産地品種指定区分と最も強く関係しているという事実は、好適米が従来、まず外見的に大粒・心白に目標を置いて育種されてきたことと関連があるように思われる。②、③の項目は、一般に好適米の条件としてあげられてはいるが、育種の際の好適米の判断基準としては結果的に二の次にされてきた項目であろうと推察される。しかし、前報⁷⁾によって、直接還元糖、蒸米吸水率、粗蛋白質の各項目も産地品種指定区分と関連の強いことが統計的に確認されているので、これらの項目も今後はより積極的に育種に取り入れて、良質な好適米を育成していく必要があると思われる。

次に、千粒重の酒造適性基準値の意味について述べる。一般的には、好適米の千粒重は「25g以上」¹⁶⁾、「26g以上のものを大粒米」¹⁵⁾、「早期心白米で2.45g以上、中～晩期心白米で26g以上」^{13,14)}と様々な基準数値が記載されている。本研究で、得られた酒造適性基準値は24.16g(Table 1)であり、それらの値よりもやや低めの値であった。その理由は、冷害や台風等の不作年も含む17年分の千粒重から求めた影響と思われる。しかし、この数値は、長年にわたって蓄積された広範な品種の、多数のデータに基づいているので、新品種の千粒重に対しても、最も現実に近い値であろうと思われる。従って、本報の千粒重の基準値は、好適米の産地品種指定を目指す新品種の、現実的な最低限の値を示していると考えられる。

3. 酒造適性スコアの総合評価としての有用性

産地品種指定区分でいう好適米が、その名のとおり一般米よりも酒造適性が高いとすれば、本報で示された酒造適性基準値によって、多くの項目で酒造適性が高い値と評価される品種は、品種として酒造適性に優れていると考えられる。従って、本報の酒造適性スコアは、酒造米の酒造適性を総合的に評価していると考えてよいであろう。また、本スコアによれば酒造適性が5点から10点の6段階で細かく評価されるので、農業試験場に対して新品種の評価を示す際に利用することが考えられる。例えば、Table 2に示されている既存81品種のスコアと、新品種のスコアを比較して、「新品種の酒造適性スコアは6点で、対照品種の7点よりも好適と思われる」というように、他品種と比較して示せば適性を判断する助けとなるであろう。また、食糧庁に醸造用品種の指定を申請する場合に、新品種の評価結果として、このスコアを

醸 協 (1996)

付記することも一策であろう。

次に、本報では育種上の適性判定の目安を7点としたが、8点の区分に1品種、好適米の兵庫北錦があることに注目したい。更に、7点以下の一般米が2品種しかないことを考えると、この8点というスコアは一般米としてはかなり酒造適性が高いスコアと考えられるであろう。この8点というスコアは、一般米品種から酒造用米を選択する際の目安に利用できると思われる。

4. 山田錦並範囲の意義

酒米分析値の良好な範囲は、米の分析と酒造試験を行い、米質と酒質との関連から決めることが本来的と思われるが、そのような両面から実施することは当然ながら困難が多い。酒質は、米質だけではなく、水の違いや使用した麴の品質、試験の規模、もろみの温度経過など、多数の要因と複雑に関連している。むしろ、官能試験の人数も熟練したパネラーを毎回、多数揃えなければならない。従って、数多くの品種を同時に、同じ条件で醸造して官能検査を行い、酒米の品質を評価することは相当な困難を伴う。一方、山田錦は、酒造適性が優れた好適米として、多くの酒造場で半世紀以上も使用されてきた実績を持っている。従って、本報の山田錦並の範囲は、実際の醸造試験によって得られた好適な範囲を示しているわけではないが、新品種の分析値がこの範囲に入っていれば概ね問題が少ないと思われる。

また、この範囲の利点は、この範囲の上限値や下限値を、酒米分析値の良好な値の限界を示すひとつの目安として考えられることである。なぜならば、この山田錦並範囲と、酒造適性基準値を組み合わせることによって、より良好と思われる分析値の範囲の目安が新たに求められるからである。すなわち、千粒重の場合、その下限値を酒造適性基準値の24.16gとして、上限値の目安を山田錦並範囲の上限値である28.0gとすればよい。同様に、吸水性20分は25.52から31.6%、蒸米吸水率は39.20から45.6%、直接還元糖は9.53から10.6%、及び粗蛋白質濃度は4.3から5.70%の間が酒米分析値の望ましい範囲の目安と考えられる。これらの数値の範囲は、酒造現場や育種の現場で新品種酒造米の酒造適性を評価する際に役立つであろう。

最後に、本報の酒造適性基準値と山田錦並範囲を、単に酒造米の適性評価に利用するにとどまらず、前報⁷⁾の新品種酒造米を好適米と一般米に判別する計算式とともに、これらを利用した成分育種や、品質改良の根本である遺伝子の解析研究へと発展させて、より良質な好適米が各地で数多く育種されることを望みたい。

要 約

本報では、新品種酒造米の酒造適性を評価するために、全国酒米研究会のデータベースを基にして、次の基準値と範囲を提案した。

(1) 酒造に適した酒米分析値であるかどうか評価する「酒造適性基準値」を重判別分析法によって、千粒重、吸水性20分、蒸米吸水率、及び直接還元糖の項目順に、24.16g、25.52%、39.20%、9.53%以上の値、また、粗蛋白質の場合、5.70%未満の値とした。

(2) 新品種の分析値を、上記の5項目の基準値によって、酒造適性が高いと判定された場合1点、そうでない場合を2点と数値化して、その合計値を総合的な酒造適性を表わす「酒造適性スコア」とした。その、良好と思われるスコアの目安は7点以下であった。

(3) 解析された山田錦の検体数のそれぞれの項目の分析値の90%の検体が入る上限値と下限値を、累積度数によって求めた。この2つの限界値に入る範囲を、「山田錦並範囲」とした。この範囲は、前述の項目順に、24.6~28.0g、24.4~31.6%、35.1~45.6%、7.2~10.6%及び4.3~6.3%であった。これらの基準値や範囲は、既存品種に対してよく適合するので、酒造米の育種の促進や酒造関係者に有用であろう。

終わりに、本論文のまとめを行うにあたってデータの使用を快諾し、データベースを提供いただくとともに激励を下さいました名古屋国税局岡崎直人酒類監理官（前醸造試験所第7研究室室長）、国税庁醸造研究所荒巻功主任研究員、及び全国酒米研究会の各位に深く感謝いたします。また、有益な助言をいただいた、農水省食品総合研究所谷口肇企画連絡室長（前若手県醸造食品試験場々長）に謝意を表します。

文 献

- 1) 吉沢 淑：醸協，79（3），156-164（1984）
- 2) 宮野信之：醸協，81（12），854-858（1986）
- 3) 宮野信之：醸協，82（1），33-40（1987）
- 4) 若井芳則：第17回酒米懇談会講演要旨集，p.2-13（1993）
- 5) 酒米調査研究チーム：酒米の品種，p.247，p.268（1993）
- 6) 齊藤博之，谷口 肇：醸協，90（5），387-393（1995）
- 7) 齊藤博之，西澤直行：醸協，91（2），123-129（1996）
- 8) 吉沢 淑：醸協，77（10），656-661（1982）
- 9) 吉沢 淑：醸協，77（11），798-805（1982）
- 10) 中谷和夫：多変量解析，p.156，新曜社（1978）
- 11) 田中 豊：パソコン統計解析ハンドブックⅡ多変量解析編，p.112，共立出版（1984）

- 12) 石川栄助：実務家のための新統計学， p. 56, p. 192
p. 196, 槇書店 (1970)
- 13) 日本醸造協会編：酒造技術， p. 59, p. 66, p. 71(財)
日本醸造協会 (1987)
- 14) 櫛渕欽也：日本の稲育種， p. 376, 農業技術協会
(1992)
- 15) 日本醸造協会編：酒造講本， p. 37, p. 40, p. 41(財)
日本醸造協会 (1986)
- 16) 松尾孝嶺，清水正治，角田重三郎，村田吉男，熊
澤喜久雄，蓬原雄三，星川清親，前田英三，山崎
耕宇：稲学大成，第1巻， p. 336, 農山漁村文化
協会 (1990)
- 17) 岡崎直人，伊藤 清，小林信也： 83 (11), 764-
769 (1988)
-

冷麺用押出し機の機械特性†

遠山 良*・工藤達之**・種谷真一**

Mechanical Characteristics of the Korean Noodle "Reimen" Extruder
(Study on Manufacturing of the Korean Noodle "Reimen" and its Quality Part I)

Ryo TOYAMA*, Tatuyuki KUDO** and Shin'ichi TANEYA**

* Iwate Industrial Research Institute, 3-35-2 Iiokasinden, Morioka-shi Iwate 020

** Faculty of Agriculture, Iwate University, 18-8 Ueda 3-chome, Morioka-shi Iwate 020

Mechanical characteristics of the korean noodle "Reimen" extruder which utilized frictional heat were investigated. The residence time ranged from 38 to 284 s. Puffing ratio gradually decreased as the increases of apparent viscosity of dough. Ordinarily, its maximum value was three times as much as the diameter of the hole of die. Volumetric flow rate, Q was represented by the equation $Q = KN$, where N was the rotational speed of the screw. Theoretical extruding energy, E_t was given by the equation of $E_t = 1.810 N^2 \eta_{ap}$. Power number, N_p , was in the form of the product of Froude number, Fr , and Reynolds number, Re , namely, $N_p = 2.3 \times 10^3 (Fr)^{-0.46} (Re)^{-0.45}$. Heat by friction due to extruding comprised about 70% of all the practical heat. (Received Mar. 1, 1996)

でんぷんを主原料とし、それを糊化させ麺類にする製品には“はるさめ”や“冷麺”がある。“はるさめ”の初期の製法は懸垂法といわれる方法であった。これはでんぷんの一部を糊化し、これにさらにでんぷんを加えてよく混練する。この混練物<トンピョーという>を底部に直径 9×10^{-3} m 位の穴を多数あけた容器に入れて、攪拌しながらその下部の穴から流下し、その途中麺線の直径は細く糸状になり、下の沸騰水に落下させ、瞬間的にでんぷんを糊化する方法である¹⁾。また“冷麺”は底面に多数穴のある円筒容器に冷麺用生地を入れ容器上部からピストンにより加圧し、その圧力は油圧系を用い 40~60 kPa で、麺線にし“はるさめ”同様、沸騰水にてでんぷんを糊化させる方法であった。

しかし、現在では両者とも押出し法に変わり、一軸スクリュにより生地をダイから押出して麺線を調製している。“はるさめ”は直径 5 cm、長さ約 80 cm のバレル先端に、直径 0.9×10^{-3} m の穴を数個有するダイを取り付

け、バレルに内蔵するスクリュにて押出す方法でつくられている²⁾。この場合の加熱はバレル先端近傍のバレルに巻いてあるバンドヒータにて行い、80~120°C の温度である。“冷麺”は、加熱方式が全く異なり、最初スクリュヘッドをバーナで加熱し、その熱容量と、その後バレル中のスクリュの回転押し圧力によって生地が輸送される間の生地の混練による摩擦熱を利用し、バレルの圧縮部で約 98°C の温度に加熱されて、多数の穴のあるダイから麺線になる方法である。このような省エネルギー冷麺用一軸押し機について、その機械および熱特性の研究は麺のような食品ではいまだにされていない。

本研究では一軸押し機を用いて冷麺の製造試験を行い、その機械特性と熱収支の特性を解析した。

実験方法

1. 生地の配合

生地の配合は Table 1 の通りである。でんぷんはバ

† 冷麺の製造とその品質に関する研究 (第1報)

* 岩手県工業技術センター (〒020 盛岡市飯岡新田三地割矢盛 35-2)

** 岩手大学農学部 (〒020 盛岡市上田三丁目 18-8)

イショでんぶん（南十勝農工連澱粉工場製）およびコーンスターチ（日本コーンスターチ（株））である。小麦粉は薄力粉（オリピック1号，府金製粉製）である。かん粉は商品名飛龍（オリエンタル酵母工業製），アルコールは製剤（E&F 70 M，グリコ栄養食品製）を用いた。なお，でんぶんと小麦粉との配合割合は40：60と60：40の2種類で，でんぶんにはバレイショでんぶんおよびコーンスターチを使用した。

この配合原料を横型スーパー・ニーダ（さぬき麵株式会社製）で20分間，室温で混練し生地を形成した。この場合の一回の仕込み量は10 kgである。一配合試料10 kgを5分割し，すなわち，2 kgを連続的に押し機ホッパに投入，この一配合試料中でスクリュ回転数を8段階（200，300，400，500，600，700，800，900 rpm）に変え行った。

2. 試作フローチャート

試作フローチャートをFig. 1に示した。混練によってできた生地は直ちにエクストルーダ（北日本機設サービス製）で，主に混練摩擦熱により約98°Cまで加熱されダイから押し出して麺線にした。その後，麺は金網ベルトコンベアで輸送（3~5 m・min⁻¹）され，その輸送中に冷風で，室温まで冷却した。そして，所定の長さ（25×10⁻² m）に切断した後，ハイバリヤーフィルム袋（麺重量20

g）で装填し，オートクレーブで殺菌加熱（80°C，40分間）し，冷却して製品とした。

3. 押し機の構造

押し機の構造はFig. 2に示した。スクリュを駆動するモータ④は日立11 kw4 P（200 W）で，プーリにより減速される。混練された生地はホッパ①から供給され，一軸スクリュのフィーダ②で生地をスクリュに送り込む。ここでの生地の温度は約30°Cであった。生地はスクリュ⑦により搬送され，スクリュヘッド⑩とバレルとの約2×10⁻³ mの間隙を通過し，ダイ③より麺線となる。ダイは直径143×10⁻³ m，厚さ8×10⁻³ mの円盤で，同心円上の直径109×10⁻³ m（外側）の位置に54個，直径103×10⁻³ m（中側）に50個，直径93×10⁻³ m（内側）に46個，それぞれの直径上でほぼ等間隔に直径1.1×10⁻³ mの穴がある。

押し機に関係した測定項目は，スクリュ先端の圧縮部での圧力センサによる圧力，および温度センサによる温度，駆動モータの電流，電圧，反射型回転計（Ono Sokki製HT-441）によるスクリュ回転数，ならびにダイからの麺の流量である。流量はスクリュ回転数200~500 rpmのときは30 s毎に，回転数600~900 rpmのときは10 s毎にダイから出てくる麺線を切断し，その重量から求めた。

Table 1 The composition of doughs

	Starch (kg)	Wheat flour (kg)	Kanpun* (kg)	Salt (kg)	Ethanol (l)	Water added (kg)	Moisture containing all powders of 10 kg (kg)
Potato starch 40%	4.0	6.0	0.036	0.2	0.5	5	1.45
Potato starch 60%	6.0	4.0	0.036	0.2	0.5	5	1.32
Corn starch 40%	4.0	6.0	0.036	0.2	0.5	5	1.33
Corn starch 60%	6.0	4.0	0.036	0.2	0.5	5	1.35

* Mixture of sodium carbonate and potassium carbonate

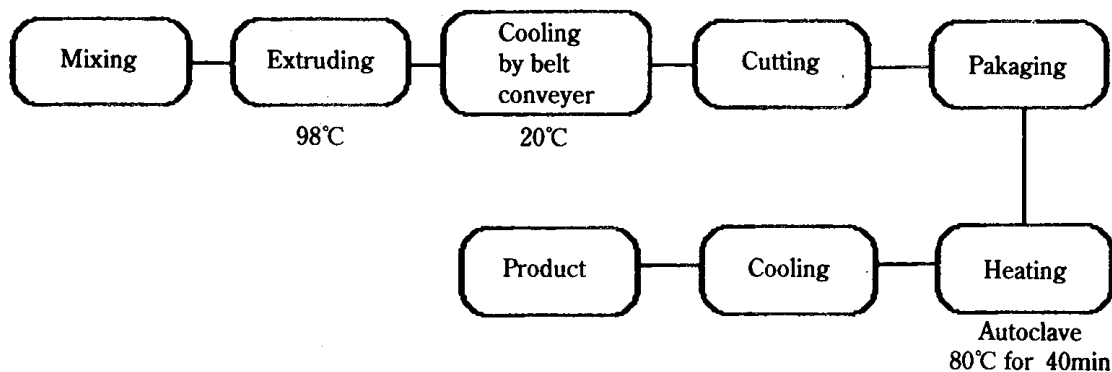


Fig. 1 Flow chart of manufacturing of the Korean noodle "Reimen"

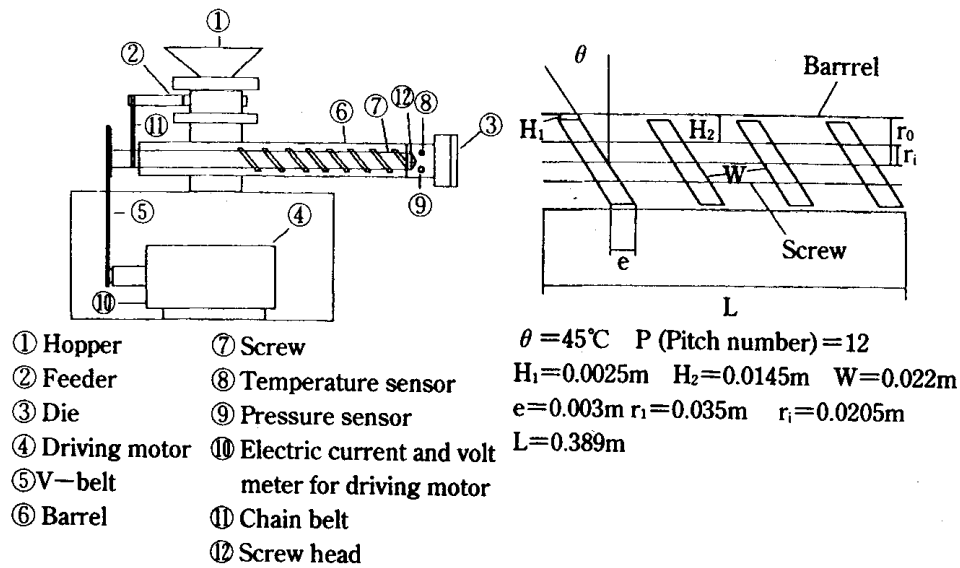


Fig. 2 Diagram of the Korean noodle "Reimen" extruder

4. 膨化率

麵の膨化率 e_0 はダイ穴の直径 d_1 に対する麵直径 d_2 の比とし、次式により求めた。

$$e_0 = \frac{d_2}{d_1} \times 100 \quad (1)$$

なお、麵の直径は、回転数毎に押出された直後の麵を厚さ計 (山電(株)製 model hc-3305) で、それぞれ 10~15 回測定し、平均値を求めた。

5. 滞留時間

Table 1 におけるバレイショでんぷん 40% 配合生地の中に食紅 (赤色 106 号丸紅商会) を生地に対して 0.001% 混入し、赤色生地を得た。通常の生地 2.0 kg を供給ホップスクリュウ上に入れ、そのスクリュウ中央部に赤色生地 20 g を挿入し、スクリュウ回転数毎に押し出し機にて混練されてダイから流出する赤色麵線をサンプリングした。サンプリングはスクリュウ回転数 200~500 rpm では 10 s 毎、600~900 rpm では 5 s 毎に行い、無色になるまでサンプリングした。麵の色度は色彩色差計 (ミノルタ(株)CR-200) を用い a 値 (赤緑度) を求めた。

麵の色度 (a 値) は赤色生地を投入してから t_0 時間後ダイから赤色麵が観察され、最初は色が薄くだんだん濃くなり、最大値に達し、その後また薄くなり消滅した。すなわち、滞留時間 t と微小時間 dt を加えた $t+dt$ との間における赤色の度合を示す分布関数を $E(t)$ で表すと平均滞留時間 t_m は

$$t_m = \int_0^{\infty} tE(t)dt \quad (2)$$

となる。

また、バレルとスクリュウ間隙およびスクリュウピッチ内の全容積を V (m^3)、生地の容積流量を Q ($m^3 \cdot s^{-1}$) とし、次式より見掛け滞留時間 t_v (s) を求められた。

$$t_v = \frac{V}{Q} \quad (3)$$

さらに、一般にニュートン流体における滞留時間 t_n は次式で求められた³⁾。

$$t_n = \frac{4}{3} t_0 \quad (4)$$

6. 解析法

(1) 見かけの粘性率

スクリュウ軸径上のずり応力 f (Pa) は、次式で表される。

$$f = \frac{\Delta p(r_o^2 - r_i^2)}{2 r_i L} \quad (5)$$

ただし、 r_o はバレル内径 (m)、 r_i はスクリュウ軸径 (m)、 Δp は圧縮圧 (Pa)、 L はバレルの長さ (m) である。

ずり速度 $\dot{\gamma}$ (s^{-1}) は

$$\dot{\gamma} = \frac{r_i \omega}{r_o - r_i} = \frac{r_i 2 \pi N}{r_o - r_i} \quad (6)$$

である。ただし、 ω はスクリュウの角速度 ($rad \cdot s^{-1}$)、 N は回転数 (s^{-1}) である。したがって、見掛けの粘性率 η_{ap} (Pa · s) は

$$\eta_{ap} = \frac{f}{\dot{\gamma}} = \frac{\Delta p (r_o + r_i)(r_o - r_i)^2}{4 \pi r_i^2 L N} \quad (7)$$

となる。

(2) 理論流量

一般に容積流量 Q ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) に関し、つぎの理論式が提案されている^{3)~5)}。

$$Q = G_1 N F_1 - \frac{G_2}{\eta_{ap}} F_2 \frac{\Delta p}{L} \quad (8)$$

(8)式の右辺の第1項は、スクリュによる推進流 (Q_1)、第2項は、スクリュ溝に沿って逆方向に流れる背圧流 (Q_2) による流量である。(8)式に(7)式を代入するとスクリュの回転数に関して、つぎの一次式になる。

$$Q = (G_1 F_1 - \frac{4 \pi r_i^2}{(r_o + r_i)(r_o - r_i)^2} G_2 F_2) N \quad (9)$$

$$G_1 F_1 - \frac{4 \pi r_i^2}{(r_o + r_i)(r_o - r_i)^2} G_2 F_2 = K \quad (\text{m}^3) \text{ とすると}$$

$$Q = KN \quad (10)$$

となる。

ここで、 F_1 (-)、 F_2 (-) はそれぞれ回転力、圧力による補正係数である。また G_1 (m^3)、 G_2 (m^3) は形状由来の定数で次式で与えられる。

$$G_1 = \frac{\pi^2}{2} D^2 H_2 \left(1 - \frac{ep}{\pi D \sin \theta}\right) \sin \theta \cos \theta \quad (11)$$

$$G_2 = \frac{\pi}{12} D H_2^3 \left(1 - \frac{ep}{\pi D \sin \theta}\right) \sin^2 \theta \quad (12)$$

ここで、 D はスクリュ直径 (m)、 e はピッチの幅 (m)、 p はピッチ数である。その他の記号については Fig. 2 参照のこと。

(3) 押しエネルギー

押しエネルギーの理論式は次式で与えられる。

$$E_1 = G_3 N^2 \eta_{ap}$$

$$\left[\frac{W}{H_2} (\cos^2 \theta + 4 \sin^2 \theta) + \frac{e}{H_2 - H_1} \right] + G_4 N \Delta p \quad (13)$$

ここで、 E_1 は押しエネルギー ($\text{Js}^{-1} = \text{W}$)、記号は Fig. 2 を参照のこと。

ここで、 G_3 (m^3)、 G_4 (m^3) は形状に関する定数で、次式で与えられる。

$$G_3 = \frac{p(\pi D)^2 L}{\sin \theta} \quad (14)$$

$$G_4 = \frac{p \pi D W H_2}{2} \cos \theta \quad (15)$$

(4) 実熱量

実際の熱量 q (W) は次式で与えられる。

$$q = \rho Q \left[\int_{t_1}^{t_2} C_p dt + \int_{p_2}^{p_1} \frac{dp}{\rho} + \Delta H \right] \quad (16)$$

ここで、 ρ は生地密度 ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)、 Q は流量 ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)、 C_p は定圧比熱 J ($\text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)、 ΔH ($\text{J} \cdot \text{kg}^{-1}$) はでんぷんの糊化のための反応熱である。

実験結果と考察

各生地とも準塑性流動を示し、一つの流動曲線で表すことができた。膨化率は最高値でダイ穴の約3倍であった。流量は、スクリュ回転数に比例し簡潔な一次式で表された。滞留時間の実測値は低スクリュ回転数で大きく、高スクリュ回転数で小さくなった。背圧流量はスクリュの回転数に関係なく、推進流量の16.4%を示した。押しエネルギーはスクリュの回転数の自乗と粘性率に比例することが認められた。摩擦熱量は実測熱量の約70%を示した。また、動力数はフルード数とレイノルズ数の積で表された。以下各項目に従ってこれらを詳述する。

1. 見掛けの粘性率

ずり応力とずり速度との関係は Fig. 3 に示した。コーンスターチ40%では低ずり速度で、多少高いずり応力を示し、またコーンスターチ60%ではスクリュ回転数500~900 rpmで麺線にならなかった。ずり速度とずり応力の関係は配合によって大きく変わらないため一つの降伏値をもつ準塑性体の流動として、つぎのように表すことができた。

$$f = k (\dot{\gamma})^n + f_0 \quad (17)$$

ここで、 k : コンシステンシー係数 ($\text{Pa} \cdot \text{s}^n$)、 f_0 : 降伏値 (Pa)、 n : 流動指数 (-)、である。この場合 $k = 1.45 \text{ Pa} \cdot \text{s}^n$ 、 $f_0 = 15 \text{ kPa}$ 、 $n = 0.4$ である。

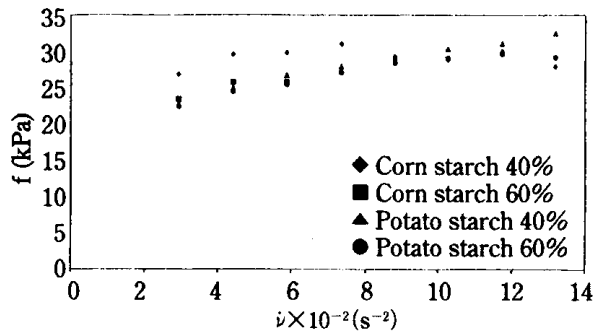


Fig. 3 Relationships between shear stress f and shear rate $\dot{\gamma}$

見かけの粘性率とずり速度との関係は Fig. 4 に示した。各生地の見かけの粘性率はずり速度の増加に応じて減少した。この関係はつぎの実験式で表された。

$$\eta_{ap} = 1.05 \times 10^2 \exp(-6 \times 10^{-4} \dot{\gamma}) \quad (18)$$

2. 膨化率

Fig. 5 に見掛けの粘性率と膨化率との関係を示した。見掛けの粘性率が增加するにつれて、膨化率はやや減少

する傾向がみられた。バレイショでんぷん配合麺はコーンスターチ配合麺より高かった。また、両配合ともでんぷん(60%)のものが膨化率が高く最高値でダイ穴径の約3倍の値まで膨化した。

3. 流量解析

この冷麺用押し機では(8)式における G_1 , G_2 はそれ

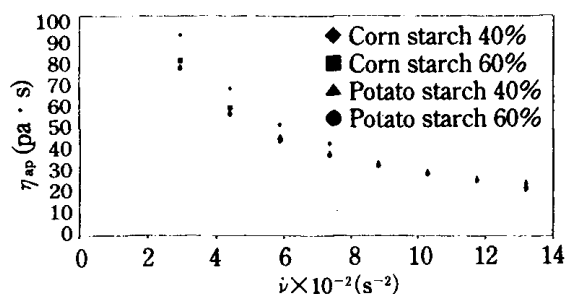


Fig. 4 Relationships between apparent viscosity η_{ap} and shear rate $\dot{\gamma}$

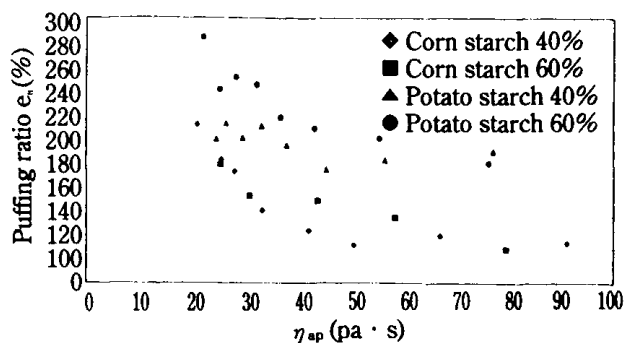


Fig. 5 Relationships between puffing ration e_n and apparent viscosity η_{ap} of doughs

Table 2 Comparison of measurement value and calculated value of flow rate

Rotational speed of screw (rpm)	Corn starch 40% ($F_1=0.0096$ $F_2=-0.0007$) Flow rate Q (10^6 m ³ s ⁻¹)		Corn starch 60% Flow rate Q (10^6 m ³ s ⁻¹)	
	Measurement	Calculated	Measurement	Calculated
200	5.08	5.09	4.28	3.03
300	8.00	7.63	6.45	4.54
400	9.87	10.2	7.87	6.06
500	11.6	12.7	8.54	
600	12.8	15.3	10.2	
700	14.6	17.8	12.1	
800	17.7	20.3	12.1	
900	16.9	22.9	13.1	
Rotational speed of screw (rpm)	Potato starch 40% ($F_1=0.0131$ $F_2=-0.0004$) Flow rate Q (10^6 m ³ s ⁻¹)		Potato starch 60% ($F_1=0.0112$ $F_2=-0.0003$) Flow rate Q (10^6 m ³ s ⁻¹)	
	Measurement	Calculated	Measurement	Calculated
200	4.12	4.13	3.53	3.61
300	6.23	6.20	4.75	5.42
400	8.32	8.26	7.14	7.23
500	11.9	10.3	9.36	9.04
600	13.5	12.4	12.2	10.8
700	16.3	14.5	14.2	12.7
800	19.3	16.5	17.0	14.5
900	21.9	18.6	19.0	16.3

Under lines mean that manufacturing of the noodle is impossible.

ぞれ、 G_1 $1.954 \times 10^{-4} \text{ m}^3$ 、 G_2 $1.946 \times 10^{-8} \text{ m}^3$ が実測された。また、流量 Q 、回転数 N 、見掛けの粘性率に対する圧力比 $\Delta P/\eta_{ap}$ の実測値から求めた F_1 、 F_2 はTable 2に表した通りである。コーンスターチ60%配合生地においては麵線にならず割愛した。(9)式にこれらの G_1 、 G_2 、 F_1 、 F_2 の値を代入し、各配合生地において、(10)式の定数 K を求めると、コーンスターチ40%配合生地では $1.52 \times 10^{-6} \text{ m}^3$ 、バレイショでんぷん40%配合生地では 1.239×10^{-6} 、バレイショでんぷん60%配合生地では $1.084 \times 10^{-6} \text{ m}^3$ となった。また、理論流量の相対誤差は10%であった。

4. 滞留時間

Fig. 6は、各スクリュ回転数における滞留時間の分布関数 $E(x)$ を示した。この分布はスクリュ回転数の増加につれて上方の凸の鋭利な形状となった。

Table 3は各種滞留時間を示した。表中で明らかなるよう $t_m > t_n > t_v$ の関係がある。実測の t_m では200 rpmで284 s、900 rpmで38 sで、回転数が4.5倍となると、 t_m は1/7.5倍になった。 t_m は他の滞留時間より大きいのは、前述したように生地がスクリュ内で準塑性流動を示すためと、考えられる。 Q_2/Q_1 の比を表中に示した。この値は回転数と関係なくほぼ一定の値を示し、推進流量の16.4%が背圧流量を生じている。

5. 押しエネルギーの解析

冷麺用押し機に(13)式を適用すると

$$E_1 = 1.4 N^2 \eta_{ap} + 3.5 \times 10^{-5} N \Delta p \quad (19)$$

となる。また、(7)式を用いて Δp を $N\eta_{ap}$ で表すと、 E_1 はつぎのように書直することができる。

$$E_1 = 1.8 N^2 \eta_{ap} \quad (20)$$

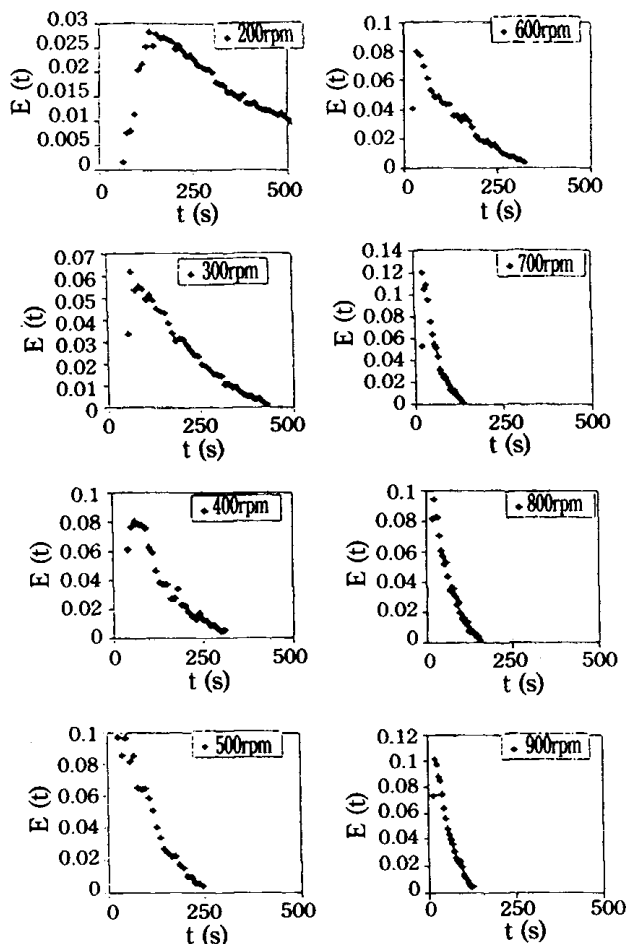


Fig. 6 Distribution function $E(t)$ of residence time at various rotational speed of screw

Table 3 Relationship between number of revolution of screw and various residence times

Number of Revolution (rpm)	200	300	400	500	600	700	800	900
t_m (s)	284	146	101	78	61	45	43	38
t_v (s)	27.94	18.46	13.82	9.65	8.53	7.04	5.91	5.25
t_n (s)	71.06	38.09	30.31	22.99	24.24	20.69	12.69	11.49
$t_m t_v (-)$	10.16	7.90	7.30	8.08	7.15	6.39	7.28	7.23
$t_m t_n (-)$	3.99	3.83	3.33	3.39	2.51	2.17	3.38	3.30
$Q_1 (10^6 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1})$	4.95	7.42	9.89	12.36	14.84	17.32	19.78	22.63
$Q_2 (10^6 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1})$	0.82	1.22	1.63	2.03	2.44	2.85	3.26	3.67
$Q_2/Q_1 \times 100$	16.6	16.4	16.5	16.4	16.4	16.5	16.5	16.2

駆動モータの電流、電圧の測定による押し出しエネルギー E_2 と理論エネルギー E_1 との関係は Fig. 7 に示した。これから、実際のエネルギーは理論エネルギーの約 83% であることが分かった。

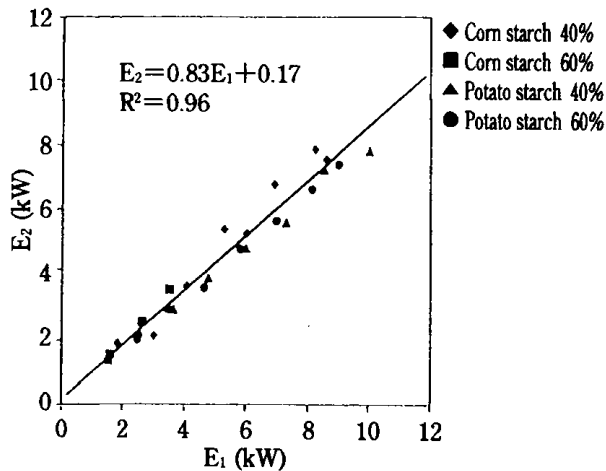
6. 押し出し摩擦熱の解析

まず (16) 式により実際の熱量 q を求める。(16) 式の第 1 項は生地比熱に関する熱量である。定圧比熱 $C_p = 1.53$ ($J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$) (40% 配合生地)、および 1.50 ($J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$) (60% 配合生地) とし、 $\rho = 1.83 kg \cdot m^{-3}$ 、バレルに生地が入るときの生地の温度 t_1 と生地の最大温度 t_2 をそれぞれ $98, 43^\circ C$ とし、この項を計算した。第 2 項の圧力差に関する熱量で、流量によって変動するので、流量毎の圧力 P_1 および P_2 を求め (圧力差 $P_1 \sim P_2 = 4.5 \sim 6.0 MPa$) この項の熱量を求めた。これらの第 1 項と第 2 項の和として、実際の熱量が求められた。摩擦熱 F は (13) 式の第 2 項 $G_i N \Delta P$ が圧力に依存し、この熱量が摩擦熱に変換するものと仮定し求められた。実際の熱量 q と摩擦熱 F とを比較すると Fig. 8 のようになった。両者は一致せず、実際の測定による熱量は約 30% 大きい。これは最初スクリーヘッドをバーナで加熱し、それによる熱容量を維持しながら、高温加熱が行われているからである。バレルおよびスクリーを一体とした熱容量は約 $1.2 \times 10^3 kJ$ である。

7. 動力数の算出

押し出し機の動力 P はつぎの関数として表される。

$$P = f(DN, \rho, \eta_{ap}, g) \tag{21}$$



E_1 : Energy calculated from theoretical equation
 E_2 : Energy calculated from measuring values

Fig. 7 Comparison between extruding energy calculated from measuring values and that from theoretical equation

ここで

DN : 回転速度 ($m \cdot s^{-1}$)

ρ : 生地の密度 ($kg \cdot m^{-3}$)

η_{ap} : 生地の粘性率 ($Pa \cdot s$)

g : 重力加速度 ($m \cdot s^{-2}$)

である。

次元解析により (21) 式の関数形を求めると

$$\frac{P}{D^5 N^3 \rho} = C \left(\frac{g}{DN^2} \right)^x \left(\frac{\eta_{ap}}{D^2 N \rho} \right)^y \tag{22}$$

である。

動力数 $N_p = P/D^5 N^3 \rho$ 、フルード数 $Fr = DN^2/g$ 、レイノルズ数 $Re = D^2 N \rho/\eta_{ap}$ で、(22) 式を表すことができる。すなわち、

$$N_p = C (Fr)^{-x} (Re)^{-y} \tag{23}$$

となる。

測定値により、 N_p 、 Fr 、 Re を求め、指数 x 、 y を求めると、

$$N_p = C (Fr)^{-0.46} (Re)^{-0.45} \tag{24}$$

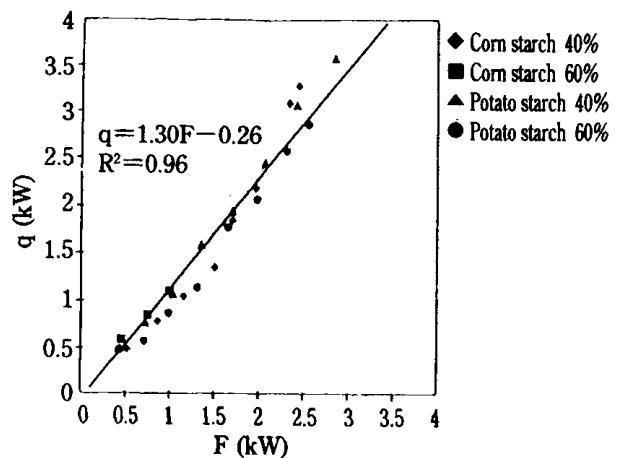
となる。

Fig. 9 は $N_p/(Fr)^{-0.46}$ と $(Re)^{-0.45}$ との関係を示した。この勾配は C を与え、 $C = 2.3 \times 10^3$ が求められる。

要 約

摩擦熱を利用して、生地を加熱する冷麺用押し出し機の機械特性および熱特性を検討し次の結果を得た。

1) 押し出し機中の生地の粘性は塑性流動を示し $f = k(\dot{\gamma})^n + f_0$ (f : ずり応力, k : コンシステンシー係数, $\dot{\gamma}$: ずり速度, f_0 : 降伏値, n : 流動指数) で示された。コーンスターチ (40~60%) およびバレイショでんぷん (40



F : Heat quantity of friction obtained from pressure loss
 q : Practical heat quantity for dough

Fig. 8 Relationship between F and q

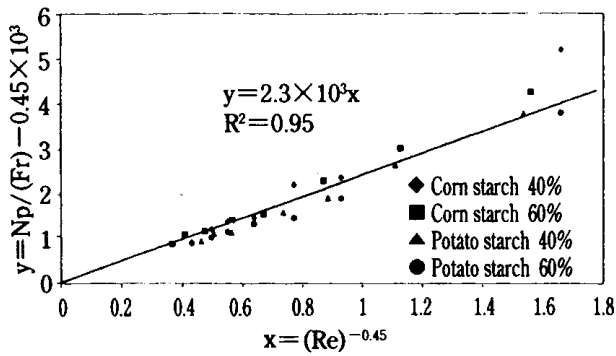


Fig. 9 Relationship between $N_p/(Fr)^{0.46}$ and $(Re)^{-0.45}$

～60%) 配合生地では $k=1.45 \text{ Pa} \cdot \text{s}^n$, $f_n=15 \text{ kPa}$, $n=0.4$ であった。

2) 麺線の膨化率は生地の見掛けの粘性率の増加につれて、減少する傾向が見られた。バレイショでんぶん配合の方がコーンスターチ配合より高い膨化率を得た。また、両配合とも高でんぶん配合(60%)の方が膨化率は高かった。

3) 容積流量は $Q=KN$ (K :定数, N :スクリュ回転数) で表された。 K はコーンスターチ 40% で $1.52 \times 10^{-6} \text{ m}^3$, バレイショでんぶん 40% で 1.239×10^{-6} , バレイショでんぶん 60% で 1.084×10^{-6} であった。

4) スクリュ内の容積と流量から求めた見掛けの滞留時間 t_v と生地がニュートン流体と仮定したときの滞留時間 t_n はいずれも赤色マーカー法で求めた滞留時間 t_m

より小さく, $t_m > t_n > t_v$ の関係があった。これは生地が準塑性流動することによるものと考えられ, t_m はスクリュ回転数 200 rpm で 284 s, 900 rpm で 38 s であり, 回転数の増加につれて減少した。

5) 押し機の理論エネルギーは, $E_1=1.801 N^2 \eta_{ap}$ で表され, 実際のエネルギーは理論エネルギーの約 83% であった。

6) 圧力損失から求めた摩擦熱量は, 実際の生地の熱量の約 70% を占めていた。

7) 押し機の動力数 N_p はフルード数 Fr , およびレイノルズ数 Re の無次積で, つぎのように表すことができた。

$$N_p = 2.3 \times 10^3 (Fr)^{-0.46} (Re)^{-0.45}$$

文 献

- 1) 日本食品工業学会編：新版食品工業総合事典（光琳，東京）p.1030（1993）。
- 2) 高橋節子：私信。
- 3) HAPPER, J.M. : Extrusion of Foods. vol. 1, CRC Press, Inc. p. 48（1981）。
- 4) PATON, J.B., SQUIRES, P.H., DARELL, W.H., CACH, F.W. and CALEY, J.F. : Processing of Thermoplastic Matelials, Bernhardt, Ed. R. OBERT Krieger, Huntington, New York, p. 178（1974）。
- 5) 矢野俊正・桐栄良三監修：食品工学基礎講座—混合と成形（光琳，東京），p. 110（1990）。

（平成 8 年 3 月 1 日受理）