

高硬度難加工材料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^{***}

高硬度難加工材としてオーステンパ球状黒鉛鑄鉄を取り上げ、各切削条件（切削速度、送り速度、冷却方法）が工作物の製品品位（表面粗さ、残留応力）に及ぼす影響を調べた。その結果、送り（長手）方向において、送りが大きくなるに従い、残留応力が圧縮から引張りの方向に変化することが判った。この結果は昨年度焼入鋼を切削した場合の送りが大きくなると残留応力変化が圧縮方向に向かうことと逆の結果となっている。また工具寿命は冷風により長くできることが判った。

キーワード：オーステンパ球状黒鉛鑄鉄、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

We took up Austempered Spheroidal graphite cast iron as Difficult-to-machine Materials of High hardness, and we examined the effect of cutting conditions, such as cutting speed, feed rate and cooling, on the dignity of roughness and residual stress of the work. As a result, we found that residual stress changed from compressive stress to tensile stress according to growing up the feed rate, as a feed direction. This result is different from the result that residual stress changed from tensile stress to compressive stress according to growing up the feed rate, when we cut Hardened steel last year. And we found that Tool life can be extended using cool air.

key words : Austempered Spheroidal Graphite Cast Iron, turning, residual stress

1 緒 言

工具の素材改良や工作機械の高速化等に伴い、機械加工時間の短縮や金型製作コストを削減するために、切削による仕上げ加工が脚光を浴びている。しかし、切削加工は、製品品位（寸法精度、面粗さ、残留応力）に及ぼす影響が大きく、特に残留応力の影響は、製品の機械的性質の劣化や、工作物の変形など幾何学的精度を満たせない問題が生じている。笹原^{1) 2)}は残留応力を発生させない、また、発生量を小さくする方法として、切り込みを変えることにより残留応力を制御できる可能性を示している。本報では、前年度³⁾の焼入鋼に続き、難加工材であるオーステンパ球状黒鉛鑄鉄について、切り込み配分を変えることで工作物の製品品位（表面の粗さ及び残留応力）がどのように変化するかについて検討し、

また、焼入鋼を切削した場合による工具寿命についても併せて検討したので、その経緯について述べる。

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（ ϕ 40mm）- 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 3/8 通りの組み合わせとなる。

一方、切削時には 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の測定を行

* 高硬度難加工金属材料の高精度加工技術の開発（第3報）（東北ブロック広域共同研究推進事業）

** 電子機械部

*** 電子機械部（現在 木工特産部）

った。なお切り込みの設定は、図1に示すようにレーザー変位計で確認した。

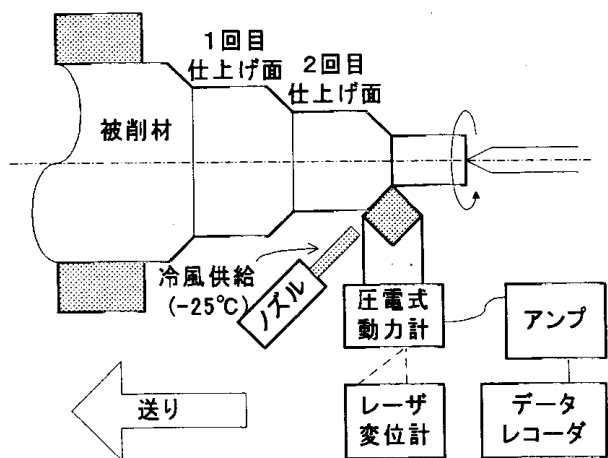


図1 実験模式図

工具は SNGN120408 型アルミナ系セラミックスローアウェイチップ (以下セラミックスと称す) 工具を用いた。表1、表2に本実験の使用機器、被削材の化学成分を示す。なお、今回簡単に冷風を得る手段として、昨年度と同様、市販の超低温空気発生器 (以下コルダと称す) を用い、工作機械に取り付けた。そして、コンプレッサーからコルダに圧縮空気を供給し、吐出口から冷風が吹き出していることを確認後、工具刃先付近の温度を測定した結果、約-25℃を観測した。また、被削材は、熱処理済のSKD11相当鋼 (850℃×1.5h-1040℃×2.5h-0.5h油冷、550℃×2h空冷、HRC58、以下SKD11改) 及びオーステンパ球状黒鉛鋳鉄 (900℃×1h-300℃×1h、HRC38.1、岩手県工業技術センター金属材料部で熱処理のみ実施、以下ADI) の2種類を使用した。

昨年度の焼入鋼を用いた実験では、冷風をかけて切削する方が工具摩耗の進行を抑え、表面粗さも改善することがわかった。しかし、昨年度の実験において切削時間が短時間であったことから、本年度は焼入鋼を長時間外周旋削した場合について確認するため、切削時間の変化による工具摩耗について実験を行った。本実験では、横逃げ面摩耗幅が0.3mmに達した時、あるいは工具損傷が発生し切削が正常に行われないと判断した時点工具寿命と判定した。

なお、本文中の記号は下記のとおりである。

- V : 切削速度 (m/min)
- f : 送り (mm/rev)
- a : 切り込み (mm)
- t : 切削時間 (min)
- Ry : 実際の仕上げ面粗さ (μm)
- Vb : 横逃げ面摩耗幅 (mm)

表1 使用機器の仕様

・工作機械	汎用旋盤 昌運カズノブ(無段変速)
・冷風発生装置	超低温空気発生器 サンワエンタープライズ 185-65SV
・表面粗さ測定	触針式表面粗さ測定機 テラホブソン Form Talysulf S5
・応力測定	PSPC微小部X線応力測定装置 理学電機
・工具摩耗観察	CCDマイクروسコープ キーエンス VH-6200
・切削力測定	圧電式3成分動力計 キスラー 9257B マルチチャンネル・チャージアンプ キスラー 5019A メモリハイコーダ 日置電機 8086型

表2 被削材の化学成分

被削材	化学成分(%)									
	C	Si	Mn	P	S	Cu	Mg	Cr	Mo	V
ADI	3.71	2.81	0.27	0.019	0.011		0.047			
SKD11改	1.46	0.26	0.37	0.025	0.01	0.07	15	12.83	0.82	0.23

(メーカー提供mill sheetより抜粋)

3 実験結果及び考察

3-1 工具寿命

切削時間と工具寿命の関係について検証するため、焼入鋼について表3の切削条件で実験を行った。なお今回の実験では、冷風供給ノズルを工具逃げ面側から切れ刃に45°の角度で最高加圧点が刃先部になるように設定し、冷風供給を実施した。表3で示した加工条件による横逃げ面摩耗結果結果を図2に示す。

表3 工具寿命試験の切削条件

切削条件	
V	100m/min
f	0.1mm/rev
a	0.5mm
方法	乾式、冷風供給(-25°C)
被削材	SKD11改(HRC58)
工具	アルミナ系セラミックス

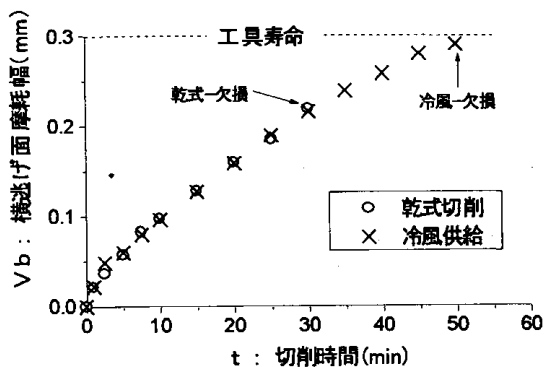


図2 SKD11改における工具寿命試験結果

図2より、 $t = 30$ min 前では乾式切削の場合と冷風供給切削の場合では工具寿命に明らかな違いはみられなかった。しかし、乾式切削の場合では、 $t = 34$ min の時点で工具すくい面にフレーキング損傷が発生し、安定な正常切削ができない状態となってしまう、冷風供給切削の場合では $t = 54$ min を過ぎると乾式切削の状態と同様に工具すくい面にフレーキング損傷が発生し、安定な正常切削ができない状態となった。また、写真1において、 $t = 30$ min の工具摩耗痕比較から、乾式切削における摩耗痕が冷風供給切削のものより鮮明である。

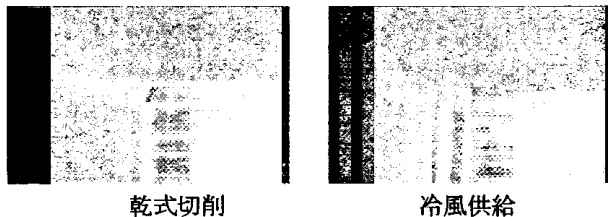


写真1 SKD11改における横逃げ面工具摩耗
 切削条件： $v=100\text{m/min}, f=0.1\text{mm/rev}, a=0.5\text{mm}$
 工具材種：アルミナ系セラミクス
 (-6-66615150.8)
 被削材：SKD11改 (HRC58.1)

一般に高硬度材料の切削では、工具すくい面側に貝殻状の剥離損傷（フレーキング損傷）が生じやすい⁴⁾と言われるが、今回の実験において、乾式切削、冷風供給切削どちらの場合も工具すくい面側にフレーキング損傷が発生する。しかし、冷風供給切削の方がよりフレーキング損傷発生時間が遅くなっている。また、フレーキング損傷が発生する直前での被削材の表面粗さを比較すると、乾式切削において R_y が $3.6\mu\text{m}$ 、冷風供給切削において R_y が $2.8\mu\text{m}$ となっており、後者の方が前者より長時間切削しても表面粗さが小さくなっている。これらのことより、切削の際冷風供給を行った方が工具寿命を長くし、かつ粗さも小さくすることが可能であることがわかった。

3-2 残留応力

切り込み配分及び切削条件が被削物の残留応力にどのような影響を及ぼすかを検証するため、ADIについて表4の切削条件で実験を行った。なお、切削条件は昨年度の結果から残留応力変化に最も影響する送り速度のみを変化させることとした。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、 $\sin^2\phi$ 法により求めた⁵⁾。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3は送り速度を変化($f=0.05, 0.1, 0.2\text{mm/rev}$)させた場合による送り（長手）方向及び切削（円周）方向の残

表4 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	V	f
①	0.5	0.4	0.1	100m/min	0.05, 0.1, 0.2mm/rev
②	0.7	0.3		a	左記切り込み配分による
				方法	乾式切削
				被削材	ADK(HRC38.1)
				工具	アルミナ系セラミクス

留応力変化を示す。ここで、正の値は引張りの残留応力を、負の値は圧縮の残留応力を示す。鑄造し面には200~400MPa程度の圧縮応力があり、送り方向、切削方向ともほぼ同じ値となっている。理由として、表面に付着したすずを除去する目的でサンドブラストをかけており、表面にショットピーニング加工を施したことと同じ効果があったためと考えられる。但し3回切込みを実施した試料の中で $f=0.1\text{mm/rev}$ の場合の試料は、他の試料と素材、熱処理、サンドブラストのいずれかが異なるためと思われる。

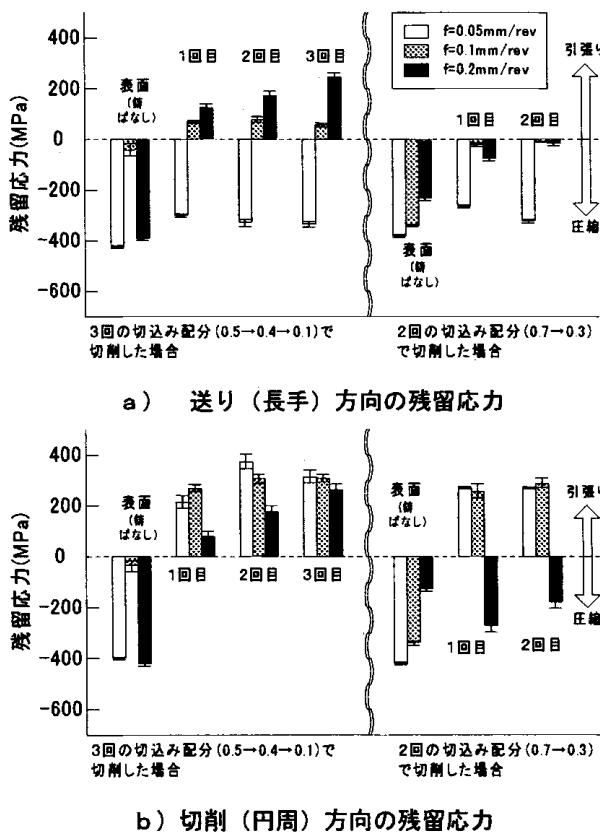
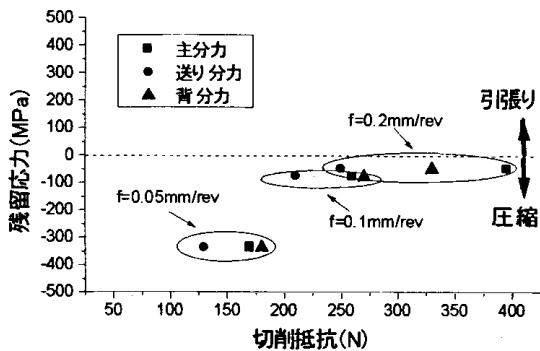


図3 送り（長手）方向及び切削（円周）方向における切込み配分と残留応力の関係

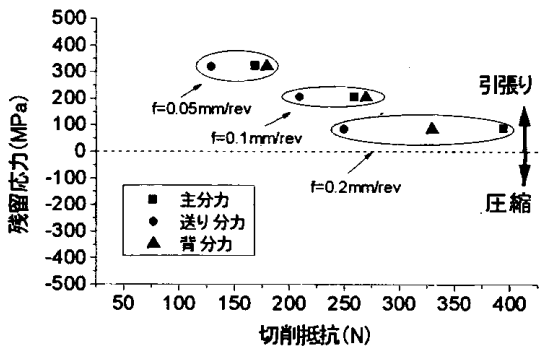
送り方向において、送りが大きくなるに従い、残留応力は圧縮から引張へ変化している。また、切削方向においては、送り方向とは逆に送りが大きくなるに従い、残留応力は引張から圧縮へ変化している。一般に切削の場合、引張りの残留応力が発生し、その大きさは切削速度や送りが大きいほど大きくなることが実験で求められて

いる⁹⁾が、今回の結果では切削方向がそのことと反する結果となっている。

また図4に $a=0.7\text{ mm}$ とした際の送り方向及び切削方向における切削抵抗と残留応力の関係を示す。送り方向において、切削抵抗が大きくなるほど残留応力変化は引張り方向に向かうのに対し、切削方向では送り方向とは逆に切削抵抗が大きくなるほど残留応力変化は圧縮方向に向かっているのがわかる。昨年度の結果では焼入鋼を切削した場合、送り及び切削どちらの方向でも、切削抵抗が大きくなるほど残留応力変化が圧縮の方向に向かうのが確認された。このような違いは焼入鋼が均一的に硬い組織であるが、ADIが硬くて粘り組織の集合体であるという材料の特性によって生じるのではないかと思われる。



a) 送り（長手）方向における切削抵抗と残留応力



b) 切削（円周）方向における切削抵抗と残留応力

図4 ADIにおける切削抵抗と残留応力の関係

4 結 言

前年度に引き続き、切り込み配分の変更を積極的に行い、また切削条件（切削速度、送り、冷却方法）を変更して切削加工した場合、工作物の表面品位（残留応力）がどのように変化するのかについて、高硬度難加工材料（焼入鋼、ADI等）を旋削加工し、検証した。今回の実験で以下のことがわかった。

- 1) セラミックス工具における焼入鋼の切削加工において、切削の際冷風供給を行った方が工具寿命を長くし、かつ表面粗さも小さくすることが可能である。
- 2) ADIにおいて、残留応力は送り（長手）方向において、送りが大きくなるに従い圧縮から引張りの方向に変化する。この結果は昨年度焼入鋼を切削した結果と逆の結果となった。

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材料部主任研究官高橋利夫氏及び岩手県地域活性化アドバイザー仁科健治氏の貴重なご意見をいただき、厚く御礼申し上げます。

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) 笹原, 帯川, 白樫: 加工工程による切削仕上面の残留応力制御, 1997年精密工学会春季大会学術講演会講演論文集誌, 137(1997)
- 3) 堀田, 若槻, 和合, 飯村, 多田: 高硬度難加工材の旋削加工技術の開発, 岩手工技セ研報 5, 7(1998)
- 4) 狩野勝吉: 難削材の切削加工技術, 工業調査会, 213 (1991)
- 5) 日本材料学会: 改著X線応力測定法, 養賢堂, 146
- 6) 梅本忠宏: 残留応力の発生と制御, 日本金属学会会報, 29, 12, p976(1990)

エンドミルによる焼入鋼切削条件の選定方法*

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

切削加工において加工精度、工具寿命、加工能率のすべてを同時に最適化することは難しい。このため、作業者が作業毎に加工目的に応じて加工条件を調整することが重要である。本研究では、二段階設計法を応用した異なる二回の実験を行うことで加工条件の選定方法を試みた。第一段階で転写性を基本にオフラインによる最適化を行い、第二段階で簡易寿命試験を行い損失関数により工具寿命と加工能率を損失に変換し同次元として評価した。そこで、工具寿命と加工能率の関係から、加工目的に応じた最適な切削速度を求めることができた。

キーワード：損失関数、工具寿命、加工能率、切削速度、焼入鋼

Select Way of Milling Cutting Condition for Hardened Steel

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

It is necessary to adjust cutting condition the purpose of working object by worker at every working time, because it is difficult to be optimization at the same time cutting precision, tool life span and cutting efficiency for cutting process. Here, I made two experiments base of two step design method which 1st step experiment is to use L_8 orthogonal array on off-line optimization base of transcription, and 2nd step experiment at is tool life test to set several values of cutting speed and this result is evaluated to change same dimension for tool life span and cutting efficiency by loss function. We found conformable cutting speed to match working object thorough two experiments result.

key words : loss function, tool life span, cutting efficiency, cutting speed, hardened steel

1 結 論

1-1 はじめに

近年、コーティング技術の進歩により焼入鋼など高硬度材が切削可能なエンドミルが市販され、高速切削工法により焼入鋼を直彫りする技術が注目を集めている。これは、従来の放電加工や研削加工工程を切削加工に置き換えることが可能で、加工能率の向上によるリードタイム短縮が期待できる。しかし、エンドミルによる焼入鋼切削では解決すべき問題点は多く、特に工具摩耗の進行が速く工具寿命が短いことから、ユーザは加工目的に応じた切削条件の設定に苦慮している。従来、品質工学での切削加工評価は指示値と加工値をみる転写性を基本と

して行われており¹⁾、転写性は被削材に対する切削条件の把握では有効な最適化手法となる。しかし、転写性は一般に加工精度のみを信号として評価しており、工具寿命と加工能率（時間）を考慮した実験はあまり行われていない。ここでは、オフラインによる最適化と損失関数²⁾による調整として、二段階設計法を応用した異なる二回の実験を行った。

1-2 二つの実験の考え方

切削加工における最適条件は、工具寿命、切削能率、加工精度などすべての項目において同時に最適化することは難しい。切削加工では、工具寿命と切削能率は相反

* 高硬度難加工材のエンドミル加工技術の確立（第3報）（東北ブロック広域共同研究推進事業）

** 電子機械部 *** 現 木工特産部

する関係であり、作業毎に作業者が加工目的に応じて適正な切削条件に調整することが必要であると考えられる。そこで、二段階設計法の考え方を応用して、第一段階としてオフラインによる最適化、第二段階として損失関数による調整として異なる二回の実験を行った。

1) 第一段階 オフラインによる最適化

転写性により因子間の効果の大きさを把握し、ばらつきを小さくするための割付実験を行った。転写性では信号として寸法を用いることにより、加工精度について評価する。

2) 第二段階 損失関数による調整

簡単な工具の寿命試験を行い、損失関数を用いて工具寿命と加工能率の関係をグラフ化する。グラフから損失を判断基準として加工目的に応じた切削速度を求める。

2 第一段階：オフラインによる最適化（転写性評価による割付実験）

2-1 基本機能及びテストピース

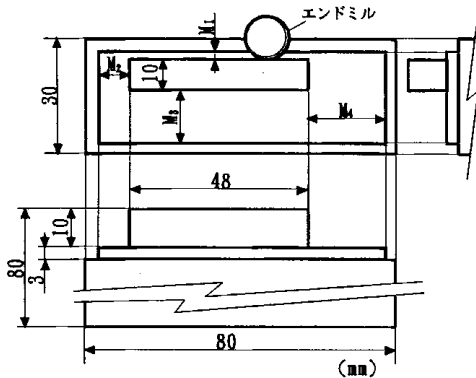


図1 切削加工後の形状

基本機能は転写性として、指示値と加工後の実測値が一致した関係が良いこととする。図1に、切削加工後のテストピースの形状を示す。SKD11(HRC50)を被削材とし、エンドミルによる側面削りで、80×30×80 (mm) ブロックからM₁、M₂、M₃、M₄に定めた目標の寸法に加工する。工具は6枚刃 (Ti, Al) ノーテングエンドミルφ10 (mm)、加工機械は立型マシニングセンタを使用した。

2-2 因子の割り付け

信号因子はM₁～M₄の4水準とし、誤差因子は特に割り付けないが、エンドミルのたわみを誤差としてSN比を算出した。制御因子は、切削速度、一刃送り (mm/刃)、半径方向切込み、工具径の4因子、各3水準として、直交表L₉に割り付けた。SN比は、寸法を特性値としてゼロ点比例式 $y = \beta M$ より、動特性のSN比 η と感度 β を求めた。

2-3 実験結果及び考察

図2にSN比と感度の要因効果図を示す。図2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燃え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。

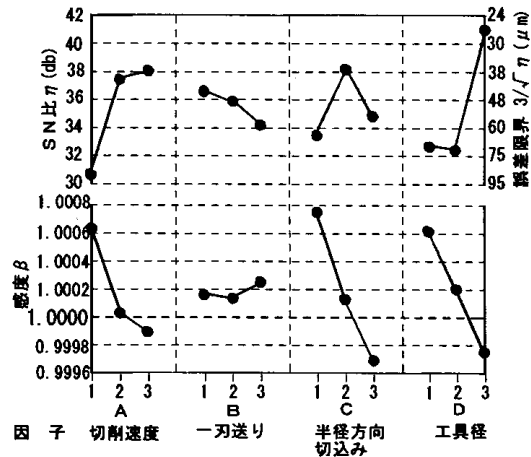


図2 要因効果図

2-4 確認実験

表1 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

表1に確認実験の結果を示す。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った結果、標準偏差で1/3の改善となった。

3 第二段階：損失関数による調整（損失関数によるオンライン加工実験）

3-1 実験の目的

損失関数による調整として、簡単な寿命試験を行い、損失関数から切削速度の相違による損失を算出し、加工目的に応じた切削速度を決める判断基準とする。

3-2 基本機能

代表的な寿命方程式としてテーラーの寿命方程式がある。テーラーの寿命方程式は、V：切削速度 (m/min)、T：切削時間 (min)、n、C：定数を用いて次式で表される。

$$V T^n = C$$

この式より切削速度と切削時間（工具寿命）は反比例の関係にあり、切削速度が工具寿命に影響が大きい因子といえる。また、切削速度と工具送り速度は比例関係にあり、切削速度を大きくすれば、工具送り速度も大きくなり加工能率が大きくなる。そこで、この切削速度を加工目的に応じて作業者が適宜設定することにより、「工

具寿命を重視」及び「加工能率を重視」の二つの場合分けができる。その他の加工条件である工具の一刃送り、半径方向切込みなどはオフラインでの実験結果に基づいて設定した。

3-3 工具寿命による損失関数評価

工具寿命までの切削長さから損失関数を求める。工具寿命までの切削長さが大きいほどエンドミルの性能は優れていると考えた。これは望大特性として、次式で表される。ここで、 L_1 : 損失 (円)、 A_1 : 加工にかかった経費 (円)、 Δ_1 : 基準切削長さ (m)、 y_1 : 実際の工具寿命までの切削長さ (m) とした。

$$\text{望大特性 } L_1 = A_1 \Delta_1^2 \frac{1}{y_1^2}$$

3-4 切削能率による損失関数評価

切削能率から損失関数を求める。ここでの切削能率とは、単位長さ (1m) 当たりの切削時間とする。切削能率では単位長さ当たりの切削時間が小さいほど切削能率は大きく、切削能率が大きいほど良い切削条件と考えた。これは望小特性として、次式で表される。ここで、 L_2 : 損失 (円)、 A_2 : 加工にかかった経費 (円)、 Δ_2 : 基準切削能率 (min/m)、 y_2 : 実際の切削能率 (min/m) とした。

$$\text{望小特性 } L_2 = \frac{A_2}{\Delta_2^2} y_2^2$$

3-5 加工目的に応じた切削速度の判断基準

図3に示した損失と切削速度の関係図より、工具寿命までの切削長さ Δ_1 と切削能率 Δ_2 と損失を目安に加工目的に応じた切削速度を決める判断基準とした。

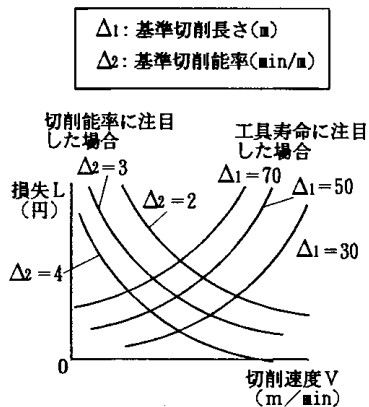


図3 損失と切削速度の関係図

3-6 実験方法

表2に主な切削条件、図4に実験での切削方式を示す。実験方法は、ブロック形状100×100×50 (mm) の被削材を側面削りで半径方向切込みの方向に一定のピックフィードを行い、エンドミルが工具寿命に達するまで切削を続ける。

表2 主な切削条件

切削条件	設定値
半径方向切込み	0.2mm
軸方向切込み	10mm
工具径	φ10mm
工具種	6枚刃(Ti, Al)Nコーティングエンドミル
冷却方式	エアブロー
切削方向	ダウンカット
被削材	焼入鋼SKD11(HRC60.5)

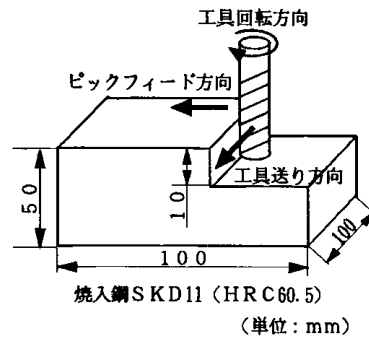


図4 寿命試験での切削方式

3-7 実験結果

表3に実験で得られた結果を示す。

表3 工具寿命までの切削長さ及び

切削時間、加工に要した電気料金

名称	切削長さ(m)	切削時間(min)	電気料金(円)
切削速度A	87.4	304.5	2,802
切削速度B	27.5	64.0	588
切削速度C	12.5	21.8	201
切削速度D	39.7	51.9	477
切削速度E	36.4	38.0	350
切削速度F	39.1	25.6	235
切削速度G	28.6	10.0	92

3-8 損失計算

工具寿命での損失計算例として切削速度Aの場合を示す。加工経費 (工具の値段+加工に要する電気料金 $A_1 = (21,800 + 2,802) = 24,602$ (円)、基準切削長さ $\Delta_1 = 49$ (m)、実際の工具寿命までの切削長さ $y_1 = 87.4$ (m) として、望大特性の式に代入する。

$$L_1 = 24,602 \times 49^2 \times (1/87.4^2) = 7,733 \text{ (円)}$$

3-9 考察

図5に基準切削長さ $\Delta_1 = 12, 49, 87$ (m) を変えて計算した工具寿命までの切削長さについてのグラフを示す。図6に基準切削能率 $\Delta_2 = 0.3, 1.9, 3.5$ (min/m) を変えて計算した切削能率についてのグラフを示す。また、図7に工具寿命までの切削長さ Δ_1 と切削能率 Δ_2 の設定値の上限値と下限値は実際の実験で得られた最大値と最小値とした。図5より切削速度D、E、F、Gでは工具寿命までの切削長さによる損失は、Gで損失が少し大きいがこの4条件はほぼ同等である。また、図6において切削速度D、E、F、Gにおいて切削能率 $\Delta_2 = 1.9$ と $\Delta_2 = 3.5$ では損失は等しいが、 $\Delta_2 = 0.3$ では

F、Gが損失が小さい。これは、基準切削能率 Δ_2 を0.3に設定したことにより高切削速度設定での損失が小さくなったことによる。また、基準切削長さ Δ_1 において切削速度Aが損失が最も小さい結果になっている。これは、切削速度Aは低速域での切削速度設定であり、基準切削能率 $\Delta_2 = 0.3$ で示すとおり切削能率の損失が大きくなっており、切削能率は無視するという加工目的に応じた状況判断をしっかりと行う必要がある。さらに特徴的な現象として、図5の基準切削長さ Δ_1 において切削速度Cが隣接する条件と比較して突発的に損失が大きくなっている。このように工具寿命までの切削長さが短くなり損失が大きくなった原因として、切削条件と加工機械の剛性、固有振動モードの影響などが考えられるが、明確な原因は分からなかった。そこで、この被削材、加工機械を含めた加工条件では切削速度Cを設定すれば基準切削長さ Δ_1 での損失が大きくなるので、切削速度Cの設定は避けるべきであることがわかった。

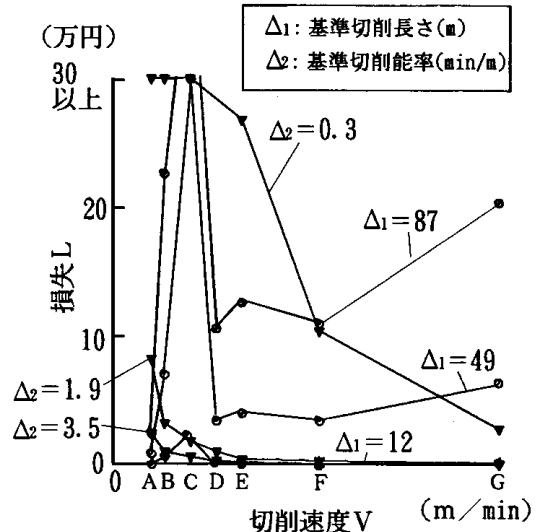


図7 工具寿命までの切削長さとして切削能率の二つを合わせたグラフ

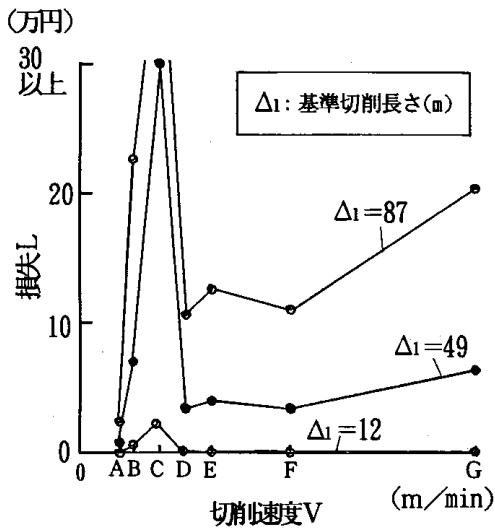


図5 工具寿命までの切削長さについてのグラフ

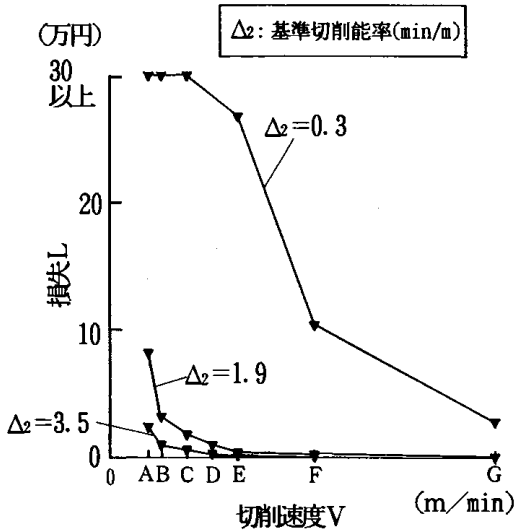


図6 切削能率についてのグラフ

4 結論

エンドミルにより焼入鋼切削を行うための切削条件の最適化を目的に実験を行った。実験は第一段階としてオフラインによる最適化、第二段階として損失関数による調整を行い、以下の事項が明らかとなった。

- 1) オフラインによる最適化では、寸法精度を信号因子とした場合、高切削速度、工具径の大きな条件でSN比が大きくなった。
- 2) 損失関数による調整では、基準切削長さ Δ_1 を注目した場合には、切削速度Aが他の切削速度より著しく損失が小さくなり、切削速度D、E、F、Gではほぼ同等の損失となっている。しかし、切削速度Cでは極端に損失が大きくなっていることから、この加工条件においては切削速度Cは回避すべきである。

以上より工具寿命と切削能率の関係から基準切削長さ Δ_1 と基準切削能率 Δ_2 を目安として、加工目的に応じた切削速度を設定することができた。

本研究を進めるにあたり、貴重なご意見を頂いた東北品質工学研究会の皆様へ感謝します。

文献

- 1) 上野憲造：機能性評価による機械設計，日本規格協会，P187-198(1995)
- 2) 田口玄一他：品質工学講座1 開発・設計段階の品質工学，日本規格協会，P27-51(1990)

CCDカメラを用いた工具摩耗測定法の検討*

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

高硬度材の切削加工技術は、製造時間を短縮する上で重要である。しかしこの方法は、工具への負担が大きく、工具寿命の問題が指摘されている。そのため、安定した加工を行うには、工具監視が必要である。そこで、CCDカメラを使用し、すくい面摩耗の凹凸を測定する方法について検討を行った。80 μ mの段差を持つテストピースを作成して確認実験を行い、平均で数 μ m程度の誤差で測定が可能であることを確認した。

キーワード：CCDカメラ、工具摩耗、すくい面、能動的ステレオ法

Estimation of Measuring Tool Wear with CCD Camera

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

Recently, the method of cutting hard metals is researched for shorten work time. In this method, the load on tool is very big, and the problem of tool life is pointed out. So it is necessary to observe tool wear for stable machining. We estimated the method to measure rake wear with CCD Camera, and confirm that the error is only several μ m in measuring test piece which has 80 μ m step.

key words: CCD camera, tool wear, rake face, active stereo method

1 結 言

金型材等を焼き入れ後に切削加工する方法は加工時間の短縮に非常に有効であり、近年の工具の発達とともに注目されてきている。しかし、工具メーカー各社が研究を進めているにもかかわらず、工具への負担が大きく工具寿命の面でまだ問題がある。そのため、不良品を出さない安定した加工を行うには、工具をオンマシンで監視する必要がある。この工具監視の一環として、昨年は CCD カメラを使用して逃げ面摩耗の測定を行う方法を検討し、工具摩耗の判定を行うことが可能となった。しかし、工具摩耗の進行は複雑な条件が絡み合うため、1方向からの測定では十分な効果を得ることは難しいことが知られており、すくい面の監視も必要である。現在すくい面の監視は、工具を取り外し、粗さ計などで形状を測定する方法等が考えられるが、工具を取り外すことにより、長い測定時間・変化する加工条件など様々な問題が発生する。そのため、実際の作業環境ではルーペや目視による観察もしくは触覚による凹凸の確認、加工したワーク表面の観察等しか行われてい

ない。

そこで本年度は、切削工具すくい面の凹凸についてコンピュータを用いて自動測定する方法を検討したので、その経緯を報告する。

2 測定方法及び測定装置

非接触で工具加工面全体の情報を得るため、測定装置は CCD カメラを使用した。CCD カメラで3次元情報を得るには、ステレオ法と呼ばれる方法がある。ステレオ法では、カメラを2つ用いる受動的ステレオ法が有名だが、画像マッチングなど複雑な問題があるため、今回は片方のカメラを、光を照射する装置に置き換えた能動的ステレオ法を用いた。この方法は、光の照射方法によって、エッジなど特徴的な部分だけでなく、面についても測定が可能であり、応用範囲が広いという利点がある。また、能動的ステレオ法にも光の照射方法によりいくつかの方法が考えられるが、今回の測定対象物である工具摩耗は 2 × 2(mm)程度と小さく、その大きさに合わせてスリット光やパターン光

* 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）

計測評価システム及び加工条件のデータベース構築（第3報）

** 電子機械部 *** 電子機械部（現在 木工特産部）

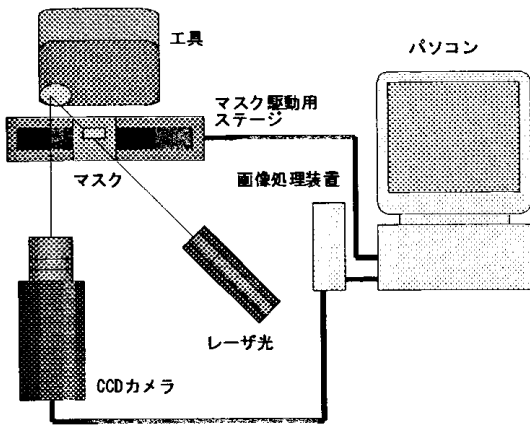


図1 測定装置概要

を加工するのは困難であるため、光の加工が簡単なステップ光を用いることとした。

図1は本装置の概要である。画像取込装置は CCD カメラ (512 × 512 画素)、画像処理ボード及び画像処理用コンピュータから構成される。この CCD カメラとレンズ及び画像取込ボードの組み合わせでは、1画素は 0.013 × 0.013 (mm) の寸法に相当する。また、駆動用に X-Y ステージ (最小送り 1 μ m)、光源には直進性の高いレーザー光 (半導体レーザー) を使用した。このレーザー光源から斜めに照射されたレーザー光が被測定物で反射され、被測定物正面に設置された CCD カメラに入力される。

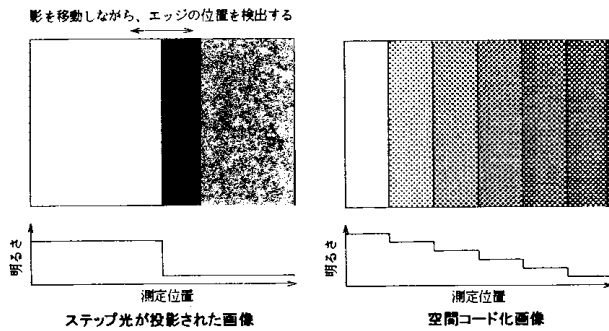


図2 ステップ光及び空間コード化画像

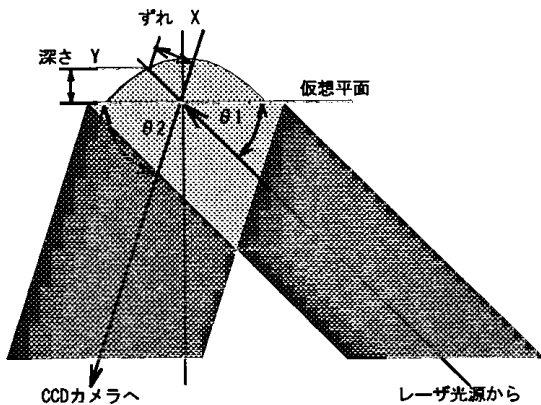


図3 測定原理

○ステップ光投影法

まずレーザースポットの片側を覆い、ステップ状の光パターンを作る。このステップ状の光パターンで対象空間を走査して、光パターンの微小変化毎に画像を入力し、ステップ光のエッジ位置を検出する。(図2) そのようにして得られた空間コード化画像に対し、レーザー光源とカメラと光パターンを結んでできる三角形から深さ方向の距離を計算で導き出す、三角測量の原理に基づいた方法である。

(図3) 式(1)はその計算方法を表している。

$$Y = X \cdot \sin \theta_1 / \sin(\theta_1 + \theta_2) \quad (1)$$

3 検討及び結果

測定データのばらつきを小さくし、正確な測定を行うため、測定データの処理方法について検討を行った。

平面を測定する場合、空間コード化画像の縞は、図4左のように等間隔でまっすぐなものとなるはずであるが、実際に得られるデータには、図4右のようにノイズ等に起因する微細な凹凸が発生する。そこで、この凹凸(ばらつき)のエッジ位置の分布を調べたときの標準偏差を測定データの偏差として、各処理方法の比較の際に使用した。また、測定データの偏差を減少させる方法として、昨年の結果から入力画像に時間平均化処理と、メジアンフィルタ処理を行うこととした。

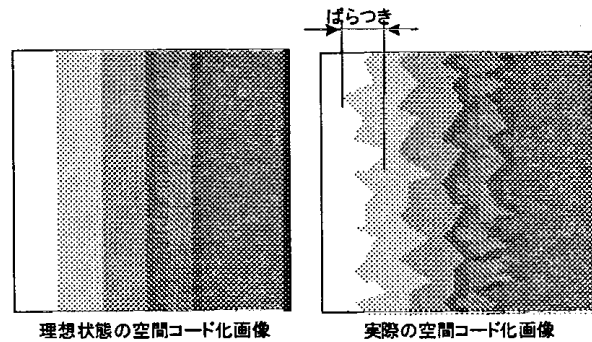


図4 測定データの偏差

3-1 しきい値決定法の影響

しきい値の決定は、工具材種の変化や測定環境の影響をキャンセルするため、測定の度に行うこととした。具体的には、次の3つの方法を検討した。

- 1) レーザを照射した画像及び照射していない画像を取り込み、各画素について明るさの比率を計算し、ダイナミックレンジを拡大して、中間の明るさ 128 をしきい値とする。
- 2) レーザを照射した画像及び照射していない画像を取り込み、各画素についてその中間 (1/2) の値をしきい値とする。しきい値は次の式で与えられる。

$$T = (b1 - b2) / 2 + b2 \quad (1)$$

- しきい値 : T
- レーザーを照射した場合の明るさ : b1
- レーザーを照射していない場合の明るさ : b2

3) レーザを照射した画像及び照射していない画像を取り込み、明るさの分布を求め、レーザを照射した場合の一番暗い値と、レーザを照射しない場合の一番明るい値の中間値を画面全体に対するしきい値とする。

図5はそれぞれの方法で測定偏差を求めた結果である。2)の方法であるレーザ照射有り無しの中間の値を採用した場合の偏差が最も小さいことがわかった。そのため2)の方法を用い、しきい値を決定した。

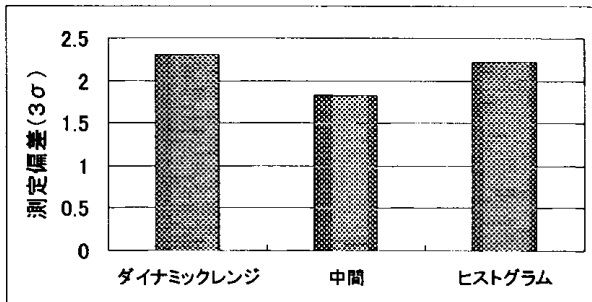


図5 しきい値決定法の影響 (測定工具: TH10)

2)の時点では、しきい値決定時のしきい値変動値 n に $n = 2$ を採用したが ((2)式参照)、このしきい値変動値 n についても検討を行った。

$$T = (b_1 - b_2) / n + b_2 \quad (2)$$

結果は図6の通りで、 $n = 3$ の時 ((3)式) が最も偏差が小さく、中間よりやや低めの値がよいことがわかった。

$$T = (b_1 - b_2) / 3 + b_2 \quad (3)$$

これは、マスクが移動するに従い、周囲からの乱反射成分が減少することによって画面が次第に暗くなるためと考えられる。

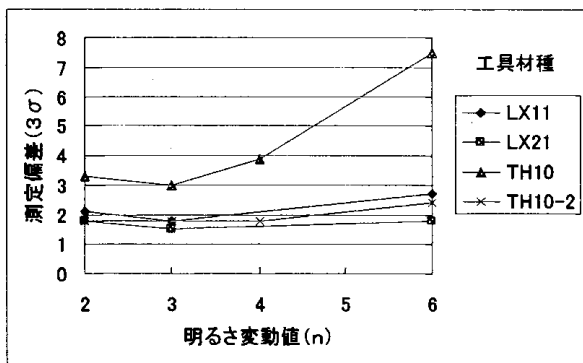


図6 しきい値決定法の影響 2

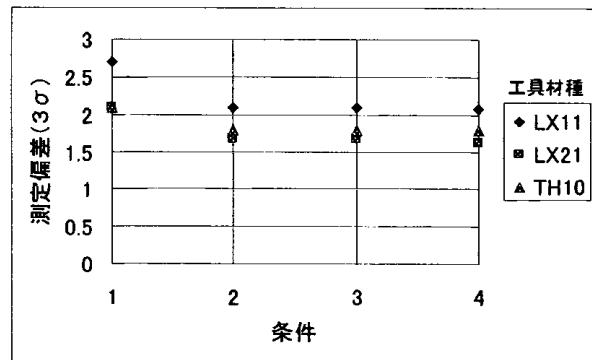
3-2 画像取込

工具表面は摩耗だけでなく構成刃先やカーボンの付着などにより状態変化が大きく、反射光が安定しないため測定が困難である。今回の測定法でも乱反射の影響により偏差が大きくなる傾向にあることから、微細な凹凸の情報を捨てて、クレータ全体の凹凸を再現性良くとらえる方向で検討を行った。即ち、画像を取り込む際に、フィルタ処理を行うこととした。使用するフィルタとして

は単純で計算時間が短い、次の2つを検討した。

- 1) メジアンフィルタ
- 2) 空間平均化フィルタ

図7はメジアンフィルタを使用した場合と、空間平均化フィルタを使用した場合の測定偏差について調査した結果である。この図からもわかるように、メジアンフィルタ処理を行い時間平均化処理を行った場合と、空間平均化フィルタ処理を行い、時間平均化処理を行わない場合の測定値には、ほとんど差が見られない。また空間平均化フィルタ処理を行った場合、時間平均化処理の効果があまりないこともわかった。このことから、画像取込の段階では測定偏差を抑え、かつ測定時間を短縮するため、空間平均化フィルタ処理のみを行うこととした。

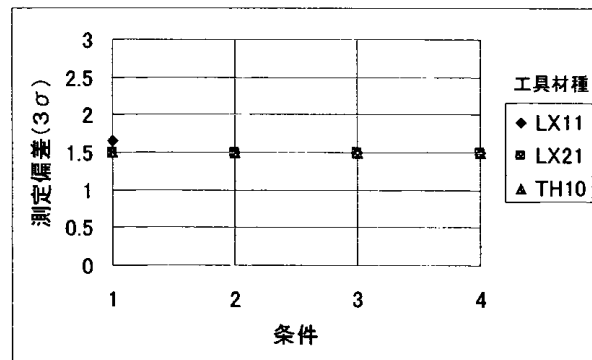


- 条件 1 メジアンフィルタ+時間平均化処理 (2回)
 2 空間平均化フィルタ
 3 空間平均化フィルタ+時間平均化処理 (1回)
 4 空間平均化フィルタ+時間平均化処理 (2回)

図7 データ取り込み時の画像処理の影響

3-3 空間コード化画像

取込画像を加工した空間コード化画像についても、ノイズ低減処理の有効性について検討を行った。この時点では既に画像の加工が行われており、必要以上の処理は精度の低下につながることも考えられる。そこで、画像への影響が少ないメジアンフィルタ処理について検討を行った。(図8)



- 条件 1, 2, 3, 4... 図8の測定+空間コード化画像に対するメジアンフィルタ

図8 空間コード化画像に対する画像処理の影響

図7と比較すると、全体的に偏差が低下していることが確認できる。

4 測定結果

3で検討してきた測定方法を用いて測定を行った際の精度の確認を行った。

4-1 段差測定による測定精度の確認

図9は、約80μmの段差を作り測定を行った結果である。今回の測定が画素単位(13μm)であることから、10μm程度の凹凸が発生しているものの、平均するとZygo社製表面形状解析顕微鏡による測定値と非常に良く一致している。(表1)

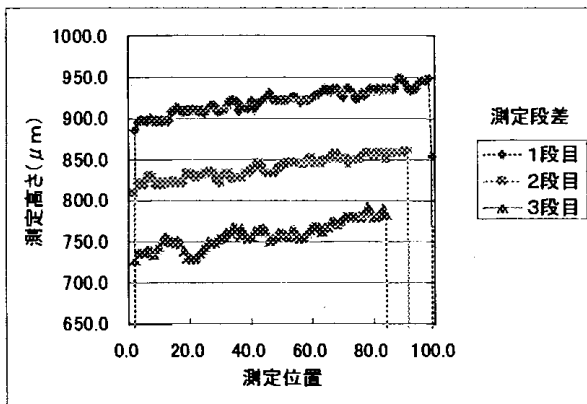


図9 段差測定値

表1 段差測定結果 (μm)

	CCDカメラ	Zygo
1段目-2段目	76.2	78.6
2段目-3段目	80.6	80.5

4-2 工具摩耗部の測定結果

図10は実際に摩耗した工具について測定を行った結果である。詳細を正確に比較する方法がないので、判断が難しいものの、目視でZygo社製表面形状解析顕微鏡の測定結果(図11)と比較した限り、クレータの底から一番高いところまでの高さの値や、凹凸形状の様子などがほぼ同様に測定されている。

5 結 言

以上述べたように、5-1の処理を行うことで、5-2の測定結果を得られることが確認できた。

5-1 ノイズ低減処理

ステップ光投影法を用いる工具摩耗部形状の3次元的測定方法では、下記の処理が有効である。

1)しきい値決定:レーザ有り・無し各画像について、メジアンフィルタ処理及び時間平均化処理(2回)を行い、その値を元に各画素について以下の計算を行う。

$$T = (b1 - b2) / 3 + b2$$

2)画像取り込み:取込の際、空間平均化フィルタ処理を行う。

3)空間コード化画像:メジアンフィルタ処理を行う。

5-2 測定結果

今回確立した方法による測定で、次の結果を得た。

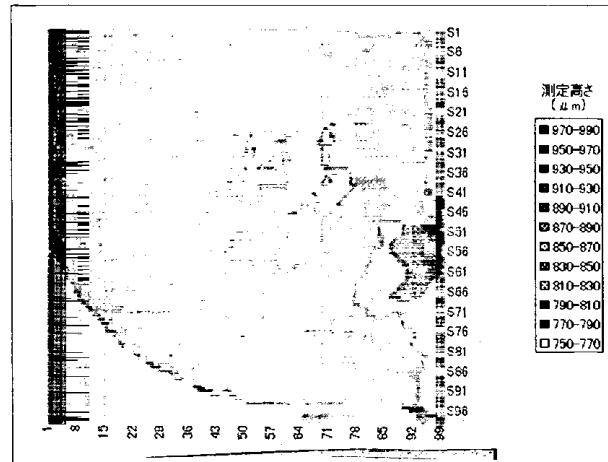


図10 クレータ摩耗の測定結果

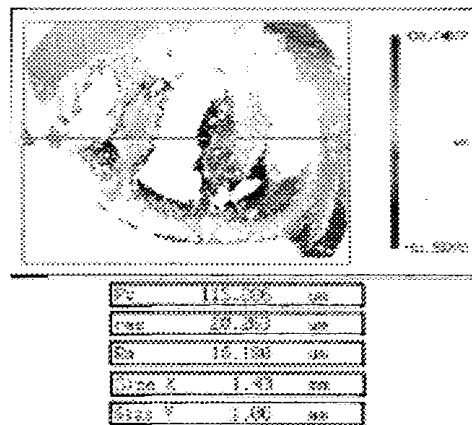


図11 表面解析顕微鏡(Zygo社)による測定結果

- 1)約80μmの段差を作成し表面形状解析顕微鏡との比較を行ったところ、平均値は良く一致する。
- 2)実際の工具摩耗部を測定した結果、凹凸の最大深さ等、表面形状解析顕微鏡による測定値と良く一致する。

謝 辞

本研究を実施するにあたり、ご指導・ご助言いただいた岩手大学工学部情報工学科 渡辺孝志教授、木村彰男助手、阿部英志技官に感謝いたします。

文 献

- 1) 井口征士, 佐藤宏介: 三次元画像計測, ㈱昭晃堂
- 2) 谷尻豊寿: パソコンによる最新画像処理入門, 技術評論社
- 3) 谷口慶治: 画像処理工学, 共立出版㈱
- 4) 森 俊二, 坂倉梅子: 画像認識の基礎 [I], オーム社
- 5) 長谷川純一ほか: 画像処理の基本技法, 技術評論社

傾斜投影による3次元X線CT装置の開発*

大坊 真洋**、長谷川 辰雄**、田山 典男***

岩手大学、県内民間企業3社（(株)東洋工機、本多エレクトロン(株)、ラピラス電機(株)）と共同で3次元CT装置を開発した。CTのアルゴリズムに岩手大学で開発したFMR原理を用いている。シールド筐体、精密スキャン機構、制御システム、可視化システム、ASIC、超並列計算機を開発した。スキャンは、試料とX線受光面を水平に回転させながら、斜め45度方向からX線投影する独自の機構により実現されている。超並列計算機は、224個の専用ASIC、DSP、FPGAを、7枚の8層配線基板に分散させて構成している。システムの接続調整の作業が若干残っているが、3次元CT装置の基本的機能を確認した。

キーワード：計算機断層法、傾斜投影、超並列計算機、ASIC

A New type of Three-dimensional X-ray Computed Tomography System by a Gradient-projection Method

DAIBO Masahiro, HASEGAWA Tatsuo and TAYAMA Norio

A new type of three-dimensional computed tomography system have been developed by collaboration: local companies who are Toyokoki Co., LTD; Honda Electron Co., LTD; Rapias Co., LTD, Iwate University and us. The Fast Model Reconstruction (FMR) algorithm proposed by Iwate University is applied for CT reconstruction. We developed an x-ray shielding chamber, precision scanning mechanism, a control system, a visualization system, ASIC LSI and a super parallel computer. The scanning mechanism has unique configuration that an x-ray projection is carried out gradient angle of 45 degree toward a specimen during synchronous horizontal rotation of the specimen and an x-ray detector. The super parallel computer consists of 224 ASIC LSI, 7 DSP and some FPGA. These parts are distributed on 7 boards. Although we still need some coordination, the 3-D CT system is functional.

key words: CT, Gradient-projection, super parallel computer, ASIC

1 緒 言

近年、PL法が制定されて製品の信頼化高品質化が厳しく問われるなか、製品や部品の小型高精密化や複合化などの急進展により、表面検査だけでは品質判定が困難となり、内部検査の必要性が高まっている。食品業界や農産物においても製品の安全衛生と品質保持の面から内部の検査が求められている。このような検査には従来からX線透過法が使われてきたが、複雑な内部構造や3次元的な構造を検査するには十分ではなく、産業用X線CT装置の開発が重要になっている。医療分野では、人体内部の診断にX線CT装置が広く用いられ技術的にも確立されているが、高価であるために工業製品及び食品分野への直接的な流用は困難である。

こうした背景から、筆者らは岩手大学の基礎研究（FMR原理）を基に平成6年度からCT技術に関する実施化研究を取り上げ、市販の軟X線装置を利用した産業用CTシステムを構築して、実験を進めてきた。その過程で、FMR原理によるCT法は、投影方向数を少なくしても画像劣化が少なく、投影方向が限定され易い工業製品の検査工程にも適しており、高速な産業用CTとしての可能性を示した^{1, 2)}。

本論文では、中小企業創造基盤技術研究事業（平成8-10年度）において、画像再構成アルゴリズムを担当した岩手大学、装置の基本設計と調整と担当した岩手県工業技術センター、ASICによる専用LSIと超並列計算機を開発した本多エレクトロン(株)、スキャン制御と画像表示を担当したラピラス電機株(株)、X線装置本体の製作を担当した(株)東洋工機の5機関で共同開発した「FMR 3次元CT装置」の試作結果について報告する。

2 実験方法

2-1 システム構成

システム構成を図1に示す。それぞれの機能要素は、LANあるいは専用信号ケーブルで接続されている。制御・表示装置は独立3軸のモータ制御をしてスキャンを行う。スキャン制御は、モータコントロールボードIBX-7208（インタフェース製）と、5相パルスモータ、モータドライバ（オリエンタルモータ製）を使用した。X線ラインセンサーTH9588DU（トムソン製）を、対象物に対して相対運動させることによってX線投影画像が得られる。X線投影画像の収集は、インターフェースボードTH9512（トムソン製）を介して、イメージグラバボード

* FMR原理による産業用3次元CT装置の開発試験研究（中小企業創造基盤技術研究事業）

** 電子機械部、*** 岩手大学工学部

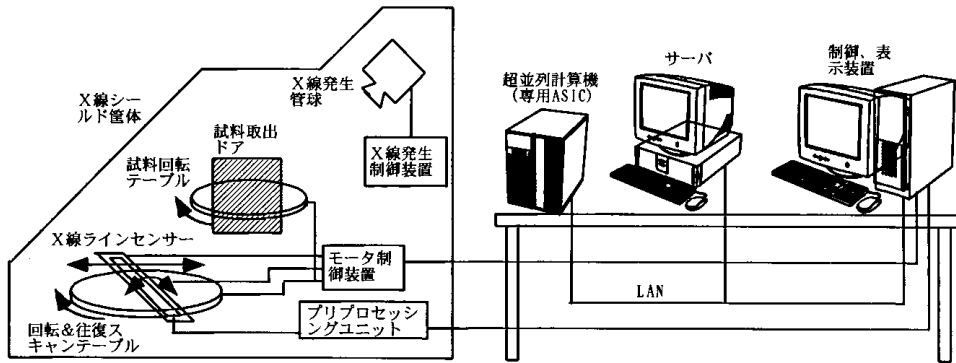


図1 3次元CTのシステム構成

AM DIG-16D(Imaging Technology製)で行った。画像補正が施された後、専用ASIC-LSIによる超並列計算機で3次元CTの計算が行われ、その結果は制御・表示装置でコンピュータグラフィクス表示される。

2-2 スキャン方法

(1) 傾斜回転スキャン

スキャン方式を図2に示す。斜め45度から投影することによって、縦横両方向の情報を持った投影画像を一度に収集することが可能である。大面積のX線受光面を安価に実現するために、X線ラインセンサー(有効長さ230mm)を機械的にスキャンする方式を採用した。X線ラインセンサーが一往復(軸1)する毎に、X線ラインセンサーを搭載した回転&往復スキャンテーブルが回転(軸2)する。試料回転テーブルと回転&往復スキャンテーブルは同期して同じ角度で回転する。この機構により、ラインセンサーが収集する画像の座標系とCT再構成する物体の座標系の相対的な回転が無くなるので、座標回転と補完の計算が不要となり、ハードウェアによる計算に好都合になる。また、このスキャン方法では、45度から投影するのでX線シールドボックスの対角線部分を有効に使うことができ、遮蔽用鉛の削減と、小型軽量化が可能となる。

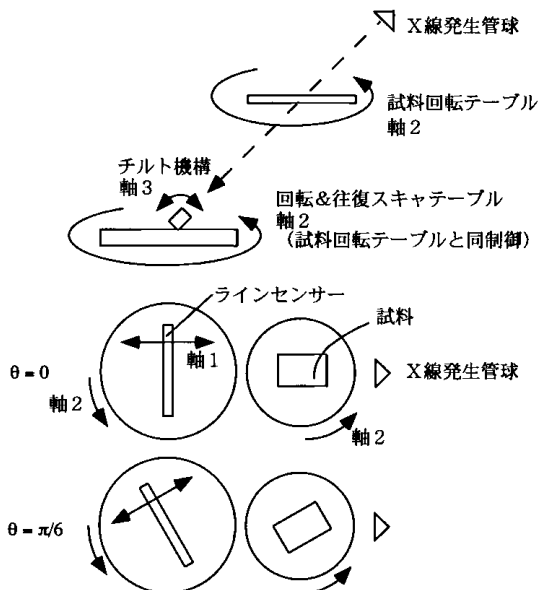


図2 傾斜回転スキャン方式

(2) チルト機構

一般的にX線ラインセンサーには、散乱線除去のため、スリット状のコリメータが付加されている。そこでX線センサーが常にX線発生管球の方向を向くように、X線ラインセンサーを傾斜させるチルト機構(軸3)を設けた。また、回転&往復スキャンテーブルの回転により、最適なチルト角度が変わるので、回転運動中に同時に所定の角度に設定されるように制御した。

(3) 投影画像補正

使用したX線ラインセンサーは、全1024画素がブロック単位で分割されており、ブロック間および各素子間で微妙な誤差を有する。そこで、各センサーのばらつきの補正が必要となる。まず、X線を減衰させる物体を置かずに、何も無い状態での投影画像 p_0 を測定する。次に物体を置いてX線投影画像 p_1 を収集する。X線は物体を透過する時に指数関数的に減衰しているので、実効的な投影画像 p_2 は次式で与えられる。

$$p_2 = \log_e(p_1) / \log_e(p_0) \quad (1)$$

さらに、全投影画像の濃度値の最小、最大を探し出し、これを0~255階調に割り振る。これによりダイナミックレンジを有効利用した。

$$p = 255(p_2 - p_{2min}) / (p_{2max} - p_{2min}) \quad (2)$$

ただし、 p : 補正後の投影値、 p_{2min} : 最小値、 p_{2max} : 最大値である。

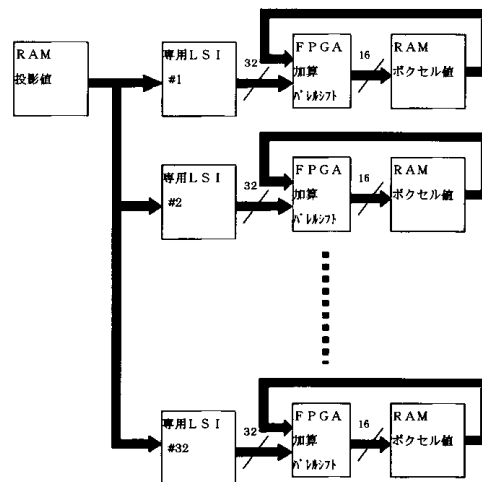


図3 計算ボードのブロック図

2-3 超並列計算機の構成

3次元CTの超並列計算装置は、CPUボード1枚と、0.35ミクロン30万ゲートレベルの専用ASIC-LSIを32個搭載した計算ボード7枚から構成され、コンパクトPCラックに実装されている。図3に、計算ボード1枚分のブロック図を示す。計算機全体の入力は、(1)投影データ(1024×1024ピクセル×17投影方向数=17Mbyte)と、(2)係数データ(81個(3byte)×224層×17投影方向数=900kbyte)である。専用ASIC-LSI1個あたり、1層分の再構成計算を行う。1ボクセルを再構成するために、(周辺9×9=81個)の投影データと、対応する係数データとの積和演算を、17方向分(合計1377回)を行う。3byteの係数データと、1byteの投影データを、整数型で積和し、得られた4byteの計算結果を2byteにダウンサイズして出力する。途中の結果は計算ボード上のRAMに一時保存する。FPGAで投影方向毎の加算とベレルシフトによるダウンサイズの機能を実現している。1基板あたり32個ある専用ASIC-LSIへの投影データの転送は、開始時間を少しづつずらして設定し、転送中に他の専用LSIが計算できるように効率を高めた。DSPは計算ボード上でのデータフロー制御を行う。全体の出力は(縦512×横512×高224ボクセル×2byte=)112Mbyteとなる。

2-4 可視化ソフトウェアの構築

市販の3次元可視化ソフトウェア「AVS」を使用して、可視化システムを構築した。「read field」、「crop」、「downsize」、「geometry viewer」、「isosurface(等値面形成)モジュール」などのモジュールを接続して、ポリゴンモデルを構築して表示するモジュール設計を行った。

2-5 実験試料の作成

光造形装置で樹脂製の疑似実験試料(ファントム)を製作した。ファントムの幾何学的な形状を図4に示す。

3 結果

図5に3次元X線CT装置本体の外観を示す。外形サ

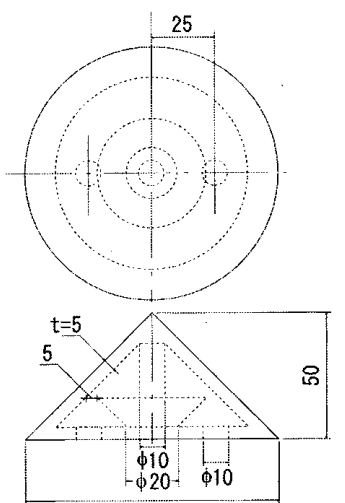


図4 ファントムの幾何学的な形状

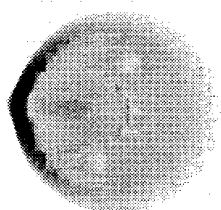


図7 回転傾斜スキャンによるファントムのX線投影像

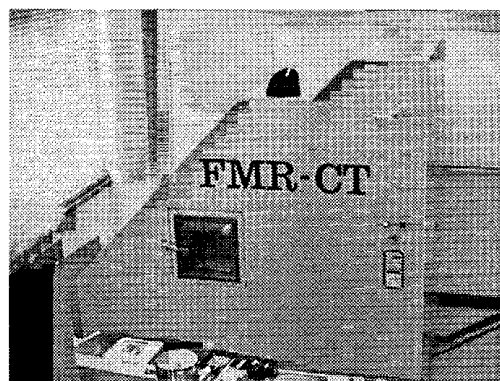


図5 3次元X線CT装置本体の外観

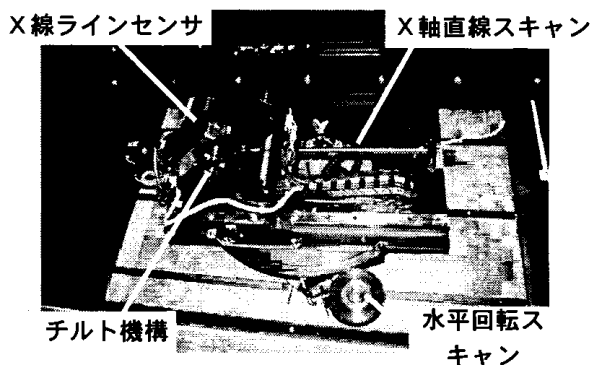


図6 スキャン、チルト機構

イズは、幅1901mm、奥行き1179mm、高さ1901mm、重量は2400kgである。X線の漏洩を防止するために、全面を鉛板(厚さ4mm)でシールドし、特に直接照射される部分は2重にした。さらに装置全体を厚さ1.6mmの鉄製の化粧カバーで覆い、X線シールドと外観美化を図った。また、試料取り出し用のドアには、鉛ガラス(厚さ7mm、2重)を使用し、内部の状態が見えるようにした。X線発生管を最大出力(100kV)で運転している状態で、X線サーベータにより装置全面にわたり漏洩X線を検査したところ、1μSV/h以下であり漏洩は認められなかった。インターロックも正常に動作していることを確認し、安全性に問題は認められなかった。

図6にスキャン機構とチルト機構の外観を示す。マシニングセンターによる筐体側板の一体加工により、3次元CTを行うための十分な位置合わせ精度を実現でき、頑強な3次元CT装置を製作できた。

X線投影に要する時間の内訳を表1に示す。

表1 X線投影に要する時間の内訳

X線ディテクタのライン画像の取り込み時間	5ms
1024ラインの画像取り込み時間	5.12sec
一方向あたりのスキャン時間(往復)	12sec
1回転あたりのスキャン時間	230sec
(17方向/360度、原点復帰含む)	
画像補正、対数変換	180sec
1対象物あたりの総スキャン時間	410sec

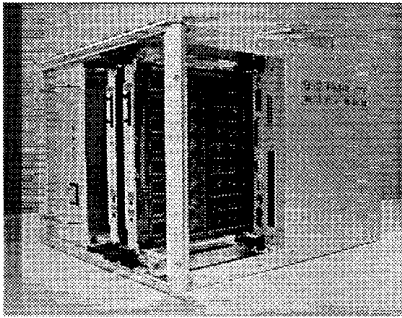


図8 超並列計算機の外観

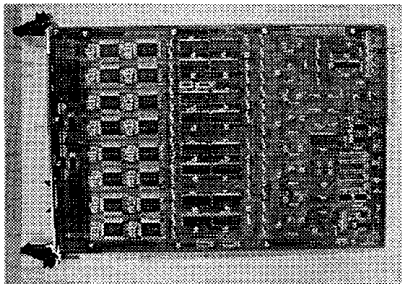


図9 計算ボードの外観

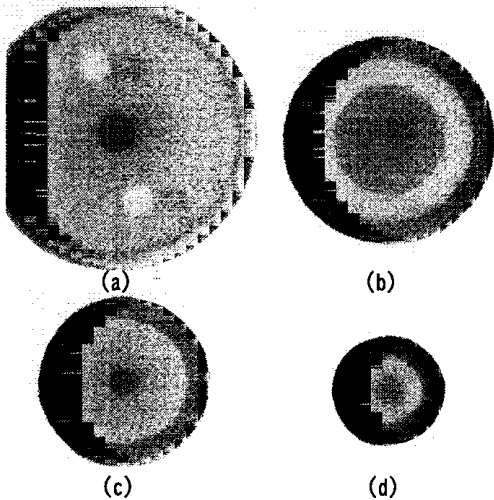


図10 3次元CT画像

(a) 1層目, (b) 80層目, (c) 120層目, (d) 180層目

試作したCT装置で実測した投影画像の1方向分を図7に示す。投影画像収集と補正は良好に機能している。

次に、試作した超並列計算機の外観を図8、計算ボードの外観を図9に示す。これらは、現時点で単体での動作を確認しているが、3次元X線CT装置本体との接続調整の課題がまだ残っている。図7の投影画像セットから、超並列計算機と同様のFMRアルゴリズムを用いて、ワークステーションで計算した3次元CT画像を図10に示す。縦512×横512×高224個のボクセル画像が再現されることを確認できた。

4 考 察

今回開発した装置は、大面積の投影画像を安価に得るために、ラインセンサーを機械的に移動させる方法を採用した。ラインセンサーは、ナイフエッジ状のコリメータを有するなど、投影方向に対して異方性があるため、チルト機構を組み込んだ機械的に複雑な構成となった。

チルト機構を設けても、センサーに対して斜め方向からX線が入射する場合があります。この時は受光効率が70%に低下する。補正により良好に復元されているが、実効的な濃度分解能を犠牲にしている。2次元のセンサーを使用すれば、異方性の問題は解決する。しかしながら、現在においても大面積の2次元X線センサーは非常に高価であり、価格と面積はトレードオフ関係である。

また、試作機ではシステムの整合性にまだ問題が残っている。複数のシステムがLANで接続されているため、データ転送に時間がかかり、システムの相互の同期もとれていない。次の段階では、1つの制御系に組み込むシステム化が必要と思われる。

5 結 論

岩手大学、県内民間企業3社((株)東洋工機、本多エレクトロン(株)、ラピラス電機(株))と共同で3次元X線CT装置を試作した。その装置のCTのアルゴリズムにはFMR原理が用いられ、シールド筐体、精密スキャン機構、制御システム、専用ASIC、超並列計算機、可視化システムが開発された。スキャンは、斜め45度方向からX線を照射しながら、試料とX線受光面を水平に回転させる独自の機構により実現されている。超並列計算機は、224個の専用ASICを、7枚の8層基板に分散させ、さらにDSP、FPGAを搭載して構成されている。

システムの接続調整の作業が若干残っているが、3次元CT装置の基本的機能を確認しており、非常に高いレベルの技術を結集したシステムを製作できた。

本研究により岩手大学と地域中小企業と工業技術センターの間に従来よりも密接な技術コミュニティーが形成されたことを記しておきたい。今後の新製品開発や新技術開発においても有益な技術協力が行われることが期待される。

装置の詳細設計と製作は、(株)東洋工機の佐藤好夫社長、千田繁氏、本多エレクトロン(株)の蛭沢秀一氏、田口陽一氏、ラピラス電機(株)の大島千里氏、奥寺敏幸氏、佐藤健至氏、高梁肇氏 他が行い、装置の具現化が実現した。ファントムの製作は、岩手県立デザインセンターの町田俊一氏、長島宏之氏の協力により行われた。ここに記して心から感謝の意を表する。

本事業は、中小企業事業団の中小企業創造基盤技術研究事業の受託によって実施された。

文 献

- 1) M. Daibo, T. Minamihaba, T. Hasegawa, T. Kumagai, M. Fujisawa and N. Tayama: Developments of CT system using singular value decomposition method, proc. SCAR96 Computer Applications to Assist Radiology, 475 (1996)
- 2) 大坊真洋、田山典男、長谷川辰雄、南幅留男: 2次元標準化モデルと特異値分解によるX線CT画像再構成アルゴリズム、計測自動制御学会論文集、34 (12)、1937 (1998)

計算機断層法と計算機ホログラフィーを結合した可視化方法*

大坊 真洋**、田山 典男***

従来、3次元計算機断層法(CT)の結果は、コンピュータ・グラフィクス(CG)によってモニターに表示されているが、立体視ではないので奥行き感に乏しい。CTの結果を計算機ホログラフィ(CGH)で表示できるならば、他の立体視に比べて自然な立体感が得られる。しかし、CTもCGHも計算量が膨大であり、それぞれを計算する方法は効率的ではない。そこでCTとCGHを一つに統合して、1ステップで計算する方法を提案する。本方法は、電子計算機によるデジタル演算と、ホログラムにおけるアナログ光演算作用を組み合わせ合わせた新しい3次元可視化方法である。本方法を実証するために、X線TV装置で測定した投影データをホログラムへ直接変換して、そのホログラムをレーザーで再生したところ、3次元空間にCT断面が再構成された。

キーワード：計算機断層法、計算機ホログラム、特異値分解、逆問題

Visualization Method by Combination Computed Tomography with Computer Generated Holography

DAIBO Masahiro and TAYAMA Norio

This paper presents direct data conversion method that is from x-ray projection data to the hologram data using combination of Computed Tomography (CT) with Computer Generated Hologram (CGH). A generalized inverse matrix which is obtained by the singular value decomposition for a few projection CT. To combine CT and CGH by direct conversion matrix, a phase matrix of CGH is multiplied with the inverse matrix. Incorporating holographic analog computation into CT reconstruction, it becomes possible that the calculation amount is reduced. We demonstrate the CT cross section which is reconstituted by laser in the 3-D space using the x-ray projection data acquired by x-ray television.

key words: CT, CGH, SVD, inverse problem

1 緒 言

X線CT装置は、医療診断¹⁾で普及しており、我々は多くの恩恵を受けている。さらに、工業製品の非破壊検査にも使われており、製品開発サイクルの短縮や、製品の信頼性や安全性を向上させることに大きく寄与している。

現在、CTの結果はコンピュータグラフィクス(CG)CRT画面上に表示する方法が一般的であり、表示されている像に視差効果は働いていない。立体を自然に認識するためには、(1)左右の目が空間的に離れていることに起因して網膜に結像する像がズレる視差と、(2)水晶体の厚さが距離に依存するピントの調整と、(3)左右の目が内側を向く輻輳の3つの生理的要因が重要とされている。CGでCRT上に表示された通常の画像では、これらの生理的要素をどれも満たしておらず、経験や心理的效果に頼って立体を認識しているので、立体感に乏しい。

そこで、立体ディスプレイによって3次元CTの結果を表示すれば、立体認識が容易になり得る。実用化されている代表的な立体ディスプレイに二眼立体視があるが、視差、調整、輻輳の関係が不自然であり、長時間使用すると疲労を生じるといった問題がある²⁾。

一方、ホログラムは、実際の物体と等価な波面を再現するので、前述した立体視の生理的3要因のバランスが自然であり、立体視には理想的である。計算機ホログラフィ(CGH)では、ホログラムが数値データとして求められる。光の波面を制御できるデバイスを使って、その数値データに対応して波面を制御すれば、即時に立体像を再現することが可能である。そこで、3次元CTとCGHを組み合わせれば、物体の内部を自然な立体感で透視する全電子的な3次元可視化システムが実現可能になる。このようなシステムを実現するための課題の一つに、膨大な計算(CT及びCGH)の処理方法がある。我々は、この課題を解決する一手法として、3次元CTとCGHを一つに統合することによって、計算量を大幅に減少させる方法を考案した^{3, 4)}。

本論文では、初めにCTとCGHの計算を行列で表現して、2つの計算を統合する具体的な方法を述べる。次にその方法を確認するための実験方法を述べ、最後にCT断面をホログラムで光学的に再生した実験結果を示す。

2 実験方法

2-1 直接変換の概念

*CTスキャナーとホログラムによる透視システムの研究(第2報)(基盤的先導的技術研究推進事業)

電子機械部、*岩手大学工学部

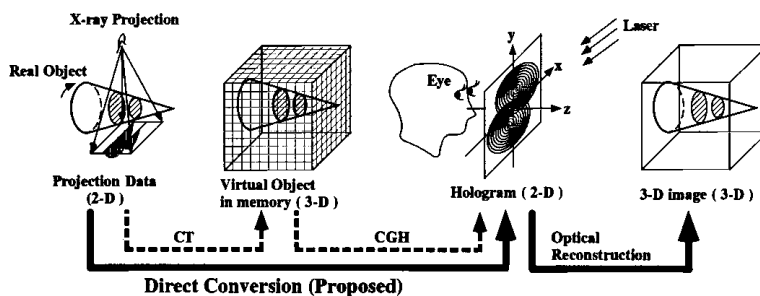


図1 投影データからホログラムデータへ直接変換するデータフロー

図1に、X線投影データからホログラムへ変換するデータフローを示す。データの次元に注目すると、入力する投影データは、3次元CTの場合は2次元であり、出力されるホログラムも2次元データである。しかし中間の仮想物体は一般に膨大な3次元データである。特に上下方向の視差も実現するためにフレネルホログラムをCGHに採用する場合には、仮想物体の標本点とホログラムの標本点の全ての組み合わせを計算することが必要となる。このため3次元物体のように、標本点数が増加すると計算量が大幅に増大する問題に直面する。

そこで本論文では、3次元CTとCGHを1つに統合した直接変換の概念を提案する。すなわち、図1の実線の矢印のように、X線投影データからホログラムを直接生成するという新しい概念である。このようにすると、2次元の投影データから、3次元の仮想物体データを経由せずに、2次元のホログラムデータへ直接変換されるので、膨大な3次元データを生成する計算量や格納するメモリ容量が不要となる。

ホログラムから3次元像への復元は、レーザー光がホログラムで回折される光学的現象により、瞬時に自動的に行われる。しかも、視点を動かした時でも再計算することなく、連続的な視差(上下左右、遠近共)を同時に実現している。本論文で提案するCTとCGHを統合する手法によって、再構成においても、また3次元表示においても、計算機は膨大な3次元の計算から解放される。

2-2 線形代数的CTにおける投影モデリング

CTとCGHを統合するために、CTの計算式を行列で表現する。CTの計算方法として特異値分解による線形代数的な方法^{5, 6)}を採用する。X線投影データと物体の各点でのX線吸収は、式(1)で関係づけられる。

$$\mathbf{p} = \mathbf{C} \boldsymbol{\mu} \quad (1)$$

ここで投影ベクトル \mathbf{p} は、実測で求まる M 個の投影値を、縦1列に並べた M 次元ベクトルである。X線減衰係数ベクトル $\boldsymbol{\mu}$ は、未知数であり、 N 次元ベクトルである。投影モデル行列 \mathbf{C} は $M \times N$ 長方形行列であり、その要素 c_{mn} は、 n 番目の標本点に中心を持つ点広がり関数 PSF を、 m 番目のX線経路で線積分した投影影響係数である。

2-3 特異値分解による逆問題の解法

\mathbf{C} は長方形行列であり、投影ベクトル \mathbf{p} は実測データなので、誤差が含まれる。このような条件で、逆行列を求める方法として、特異値分解がある。特異値分解は、式(2)のように、 $M \times N$ の長方形行列である投影モデル行列 \mathbf{C}

を、 $M \times M$ の直交行列 \mathbf{U} と、 $M \times N$ の対角行列 $\boldsymbol{\Lambda}$ と、 $N \times N$ の直交行列 \mathbf{V} の3つに分解する手法である。

$$\mathbf{C} = \mathbf{U} \boldsymbol{\Lambda} \mathbf{V} \quad (2)$$

ここで、直交性より $\mathbf{U}^T \mathbf{U} = \mathbf{V}^T \mathbf{V} = \mathbf{I}_I$ である。 \mathbf{I}_I は単位行列である。行列 $\boldsymbol{\Lambda}$ の対角要素は、大きい順に並んだ特異値 λ_i からなる。 $\boldsymbol{\Lambda} = \text{diag}(\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_r)$, $r = \min(M, N)$, $1 \leq i \leq R_0$ において $\lambda_i > 0$, $i \leq R_0 + 1$ において $\lambda_i = 0$ である。 R_0 はランクである。投影モデル行列 \mathbf{C} に対する一般逆行列 \mathbf{C}^* は、式(3)で与えられる。

$$\mathbf{C}^* = \mathbf{V} \boldsymbol{\Lambda}^* \mathbf{U}^T \quad (3)$$

ここで $\boldsymbol{\Lambda}^*$ は、式(4)で示すように、 R 番目までの特異値を逆数にし、 $R+1$ 番目以降を0として、 R 番目で打ち切った対角行列である。

$$\boldsymbol{\Lambda}^* = \begin{pmatrix} \text{diag}(\lambda_1^{-1}, \dots, \lambda_R^{-1}) & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{0} \end{pmatrix} \quad (4)$$

未知のX線減衰係数ベクトル $\boldsymbol{\mu}$ は、式(5)で求められる。

$$\boldsymbol{\mu} = \mathbf{C}^* \mathbf{p} \quad (5)$$

2-4 計算機ホログラムの行列表現

図2でフレネル・ホログラムの計算のモデルを説明する。仮想物体、参照光、およびそれらの干渉縞を記録するホログラムの位置関係が示されている。仮想物体の周辺には、投影データが表示されている。仮想物体を、標本点上に分布した多数の点光源の集合で構成されているとする。仮想物体はCTの再構成画像に相当する。仮想物体から発生する物体光 W_o は、各点光源からの球面波の総和となり、ホログラム面上で、式(6)で表すことができる⁷⁾。

$$W_o = \sum_{j=0}^L \frac{A_{oj}}{r_{jk}} \exp \left\{ i \left(\frac{2\pi}{\lambda_h} r_{jk} + \phi_j \right) \right\} \quad (6)$$

ここで、 A_{oj} : 仮想物体の j 番目の点光源から発せられる物体光の振幅、 r_{jk} : 仮想物体の j 番目の標本点とホログラムの k 番目の標本点間の距離、 ϕ_j : j 番目の物体光の初期位相、 λ_h : レーザ光の波長、である。

参照光 W_r は、再構成像と重ならないように例えば平面波を y 方向に θ 傾いた方向から入射させて、オフアキシスとする。

$$W_r = A_r \exp \left(i \frac{2\pi}{\lambda_h} y_k \sin \theta \right) \quad (7)$$

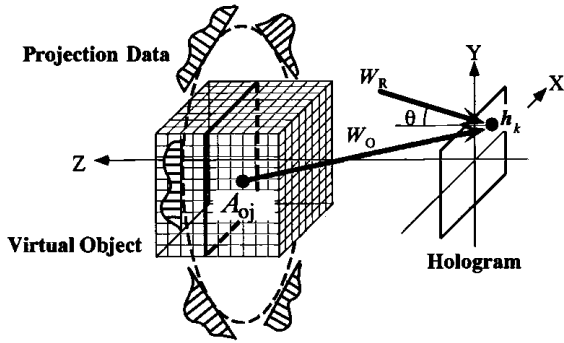


図2 CTとCGHの結合モデル

ここで、 A_R : 参照光の振幅である。

ホログラムには、振幅の絶対値の二乗が記録され、直流成分を省略すると式(8)を得る。 \Re は実部を意味する。

$$\begin{aligned}
 h(k) &= \Re(W_O W_R^*) \\
 &= \Re \left[\sum_{j=0}^L \frac{A_{Oj}}{r_{jk}} \exp \left\{ i \left(\frac{2\pi}{\lambda_h} r_{jk} + \phi_j \right) \right\} \right] A_R \exp \left(-i \frac{2\pi}{\lambda_h} y_k \sin \theta \right) \\
 &= A_R \sum_{j=0}^L \psi_{jk} A_{Oj} \quad (8)
 \end{aligned}$$

但し

$$\psi_{jk} = \frac{\cos \left(\frac{2\pi}{\lambda_h} (r_{jk} - y_k \sin \theta) + \phi_j \right)}{r_{jk}} \quad (9)$$

式(8)をみると、物体光の振幅と位相項が積和される形式であるので、式(10)に示したように行列で表現することが可能である。

$$\mathbf{h} = \Psi \mathbf{a} \quad (10)$$

\mathbf{h} は、ホログラム・ベクトルであり、要素数が L 個の列ベクトルである。 Ψ は、位相行列であり、行数が L で列数が N の長方形行列である。 \mathbf{a} は、仮想物体の振幅ベクトルであり、 N 次列ベクトルである。

2-5 直接変換

CTとCGHは、それぞれ式(5)、式(10)に示したように行列で表現でき、 \mathbf{C}^* と Ψ は、いずれも前もって計算が可能な定数行列であるので、行列の掛け算で統合することができる。仮想物体を、X線減衰係数に比例した振幅で発光する点光源から構成された透明な物体とする。

$$\mu = \mathbf{a} \quad (11)$$

式(5)、式(10)、式(11)により、式(12)が得られる。

$$\mathbf{h} = \mathbf{G} \mathbf{p} \quad (12)$$

但し

$$\mathbf{G} = \Psi \mathbf{C}^* \quad (13)$$

式(12)により、投影ベクトル \mathbf{p} からホログラムベクトル \mathbf{h} へ1ステップで変換することが可能となる。 \mathbf{G} は“投影ホログラム変換行列”と呼び、 $L \times M$ の長方形行列である。行列の掛け算によって、仮想物体の標本点数 N の要素数を有するベクトルは、スカラーに集約されてい

る。ここで、必要となるメモリーサイズ並びに実行時の積和演算回数について、2ステップの場合と1ステップの場合を比較する。2ステップの場合には、いずれも $N(M+L)$ となる。1ステップの場合には、いずれも ML となり、膨大な数 N を含んでいない。

2-6 X線装置による投影データ収集

X線テレビ装置の中に試料回転装置を挿入して、X線を照射しながら、所定の角度で試料を回転させた。試料の回転範囲は π とし、 $\pi/9$ 毎に投影を行った。対数変換をして投影値を求め、水平画素毎、回転ステップ毎に順番に並べて投影ベクトル \mathbf{p} とした。

2-7 ホログラムの記録・再構成方法

式(12)の計算によって求められたホログラムベクトル \mathbf{h} を、512毎に折り返して、 512×512 画素、256階調のホログラムパターンに変換した。そのホログラムパターンを、21インチのモニターに表示し、一眼レフカメラでフィルムへ縮小撮影した。フィルム上のホログラムのサイズは 3.2×3.2 mmである。ホログラムの再生時の光源にはHe-Neレーザを使用した。ホログラムを透過して結像した実像を、レンズを取り外したカメラのCCDチップ(1/2インチ、画素数682(H) \times 492(V))上に結像して観察した。またホログラムを肉眼でのぞき込んで虚像の観察も行った。

3 結果

投影ホログラム変換行列 \mathbf{G} のサイズは4バイト精度で記録して、 $4ML=1.1$ GB、となった。2ステップの場合の位相行列と一般逆行列の合計、 $4N(M+L)=4$ GB、と比較して、約4分の1程度に減少した。3次元CTとなると、3次元仮想物体の標本点数 N が膨大になるので、CTとCGHの統合による計算量低減の効果は、非常に大きくなると考えられる。

投影ホログラム変換行列 \mathbf{G} と投影ベクトル \mathbf{p} を掛け算して、ホログラムベクトル \mathbf{h} を求める演算時間は、ディスクアクセスを含めて11minであった。本方法では式(12)で表される実行時の計算が ML 回に単純化されるという実用上の大きなメリットがある。投影データ収集後の実行時の計算は、定係数行列とベクトルの掛け算だけなので、並列処理が可能である。また単純な積和演算の繰り返しなのでハードウェア化も容易であり、原理的に高速化に適していると考えられる。

図3に、直接変換によって求めたホログラムパターンの1例を示す。

図4に、直接変換によって求めたホログラムをレーザで照明してCT断面を再構成し、実像を観察した結果を示す。対象物は図4(a)に示しているように、アルミ製の丸棒($\phi=5$)に深さの異なる穴($\phi=1$)を開けたものである。同図(b),(c),(d)は、断面A-A', B-B', C-C'を通る投影データを、それぞれホログラムへ直接変換して、レーザにより再構成されたCT断面である。投影ホログラム変換行列は、いずれも同一のものを使用している。再構成された実像は、ホログラムとCCDの距離が位相行列の計算パラメータに一致した $Z=250$ mmのときに焦点が

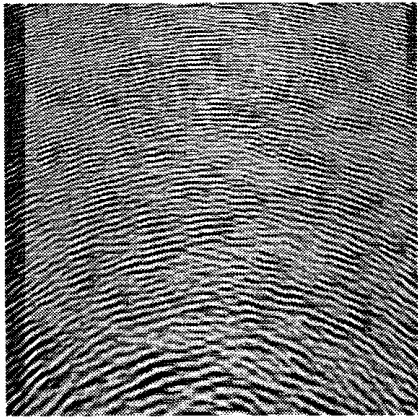


図3 直接変換によって得られたホログラムの一例

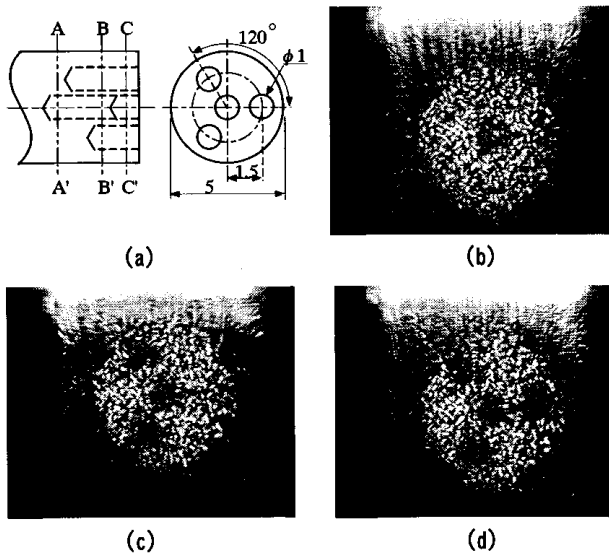


図4 レーザによるCT断面の再構成結果
 (a)観測対象物形状, (b)A-A'断面
 (c)B-B'断面, (d)C-C'断面

合った。

また、作成したホログラムは小さく(3.2×3.2mm)、両眼で観察することができないが、単眼でホログラムをのぞき込むと、ホログラムの奥にCT断面の虚像を確認できた。また視点を動かすとモーションパララックスにより、上下左右共に視差を感じ、滑らかで連続的な視差が得られた。

4 考 察

投影ホログラム変換行列Gの特定の列ベクトルを選択して512要素毎に折り畳んでホログラムとし、レーザで再生したところ直線状の像が再構成された。このホログラムは、投影線1本毎に対応しており、直接変換における基本単位となるホログラムであるので、“単位投影線ホログラム”と呼ぶことにする。再構成結果をみると、仮想物体の中で、X線投影経路に直線状の光源がある場合のホログラムと等価になっていることがわかる。すなわちホログラムは、単位投影線ホログラムを、各投影ベクトルの要素の大きさに重み付けして、全ての投影線分

を重ね合わせた結果であると考えることができる。

5 結 論

本論文では、3次元物体の内部構造を、自然な立体像として高速に可視化する方法を提案した。少数投影計算機断層法(CT)と計算機ホログラフィ(CGH)を行列で表現して一つに統合することにより、膨大な3次元CTデータの生成計算を不要にした。新しいシステムの成立を実証するために、X線装置やレーザ照射を含む小規模な実験を行い、ホログラムから連続的な視差を有するCT断面像の観察に成功した。

本方法は、各方向の投影データに対応した計算結果を、回折により光学的に3次元空間へバックプロジェクションし、アナログ加算作用により立体像を生成している。本方法では、ホログラムにおけるアナログ光演算機能が3次元可視化システムの中に組み込まれており、電子計算機によるデジタル演算と、光によるアナログ演算を組み合わせた方法と言える。

本方法は、3次元物体に対する少数X線投影データから行列計算だけで3次元CT像を自然な立体像として即時に再現するものであり、医療診断や非破壊検査の分野で新しい3次元透視システムの実現が期待される。

文 献

- 1) (編) 隈崎達夫, 小林尚志: 新世代3次元CT診断, 南江堂 (1995)
- 2) 本田捷夫: ホログラフィ技術を用いる三次元分布データの立体像表示, 可視化情報, 17(66), 9 (1997)
- 3) M. Daibo and N. Tayama: Visualization of x-ray computer tomography using computer generated holography, *proc. SPIE*, 3457, 134 (1998)
- 4) 大坊真洋, 田山典男: 計算機ホログラムとX線計算機断層法を統合した3次元可視化, 電子情報通信学会論文誌D II (掲載予定)
- 5) M. Daibo, T. Minamihaba, T. Hasegawa, T. Kumagai, M. Fujisawa and N. Tayama: Developments of CT system using singular value decomposition method, *proc. SCAR96 Computer Applications to Assist Radiology*, 475 (1996)
- 6) 大坊真洋, 田山典男, 長谷川辰雄, 南幅留男: 2次元標準化モデルと特異値分解によるX線CT画像再構成アルゴリズム, 計測自動制御学会論文集, 34(12), 1937 (1998)
- 7) M. Lucente: Interactive computation of holograms using a look-up table, *Journal of Electronic Imaging*, 2(1), 28 (1993)

カメラ制御による遠隔監視*

長谷川 辰雄**、多田 三郎***

電子部品やプラスチック成形部品などに対し、急激な温度変化を繰り返すことで、耐久性や影響度合いを試験する熱衝撃試験器の遠隔画像監視システムを開発した。このような環境試験では1~2ヶ月間の連続試験をするため、その稼働状況を遠隔地から把握する必要があった。現在、県内企業がインターネットを介して本システムを利用しており、当センター内にある熱衝撃試験器の遠隔監視を実施している。

キーワード：インターネット、遠隔監視

Development of Remote Video Image Monitoring system

HASEGAWA Tatsuo and TADA Saburo

This paper reports development of remote video image monitoring system of heat shock test machine. Remote monitoring of heat shock tester was needed for customers because of they have to know the time replacing test pieces in heat shock tester. This remote monitoring system is constructed by high function video camera that can be panning and tilting with RS232C communication and realtime video image server system of RealNetworks corp. Products.

key words: Internet, Remote monitoring, Computer graphics

1 結 言

情報化時代において、情報の迅速活用は企業の競争力を増す。製造業においても、技術開発や生産管理の情報ネットワーク化は企業戦略として重要である。情報ネットワークシステムの構築は、以前は高価で複雑な設定を必要としたが、パソコンの低価格化高性能化によって構築が容易になった。本報では製造業の情報ネットワークシステムの構築例として、試験機器の遠隔監視を目的としたシステムについて述べる。遠隔監視システム開発は、電子部品の急激な温度変化に対する耐久性を検査する熱衝撃試験を対象とした。この試験の日本工業規格(JIS C0025)は、 -65°C を30分間、常温(20°C)を1~2分間、 155°C を30分間を5サイクル行う内容となっている。しかし、実際の試験内容は、各社がJIS規格をふまえて独自に設定する場合が多く、試験サイクル数も1000回以上、1~2ヶ月間と長期に渡る。企業によっては、途中の100サイクル目、200サイクル目の区切りで、試料を取り出しその耐久性を比較する。熱衝撃試験器は、冷凍機保護のために1日1回の割合で冷凍機の霜取りを実施しなければならないが、この霜取り時間は、外気温(夏場、冬場)によって、試験終了時間も異なってくるため、予定終了時刻及び、残サイクル数を把握しておく必要がある。このため、本研究では、熱衝撃試験器の表示ディスプレイをCCDカメラで撮影

し、インターネットを介して遠隔監視するシステムを開発した。本システムのCCDカメラは左右の回転機構(パン)、上下の回転機構(チルト)及びズームイン・ズームアウトの機能があり、これをインターネットで制御するプログラムを開発した。この操作には、ウィンドウズ画面のマウス操作で行う他に、ジョイスティックでの操作も可能とした。CCD画像の送受信は動画の伝送が可能なフリーウェアを利用した。

2 実験方法

2-1 概要

コンピュータ利用による機械装置制御の場合、最も一般的で効率的な通信方式はRS232Cである。また、遠隔地からのデータ送受信は、TCP/IPが有効であることは報告¹⁾した。しかし、制御する装置側にRS232Cなどの外部インタフェースがない場合には、コンピュータ制御は困難となる。このような場合、装置に付属する表示用ディスプレイの情報は、遠隔監視に有効な手段であると考えられる。図1に開発したシステムを示す。熱衝撃試験器の表示用ディスプレイをCCDカメラで撮影し、その画像をインターネットで監視できる。使用CCDカメラはソニー製(EVI-D30)で、RS232Cに準拠した通信によって様々な制御が可能である。このカメラのコマンド命令は、パン/チルトなどの動作を指示する動作コマンドと、カメラの状態を調

*インターネットを利用した低コストの遠隔制御機械システムの開発(第2報)(基盤的先導的技術研究推進事業)

**電子機械部

***電子機械部(現在の木工特産部)

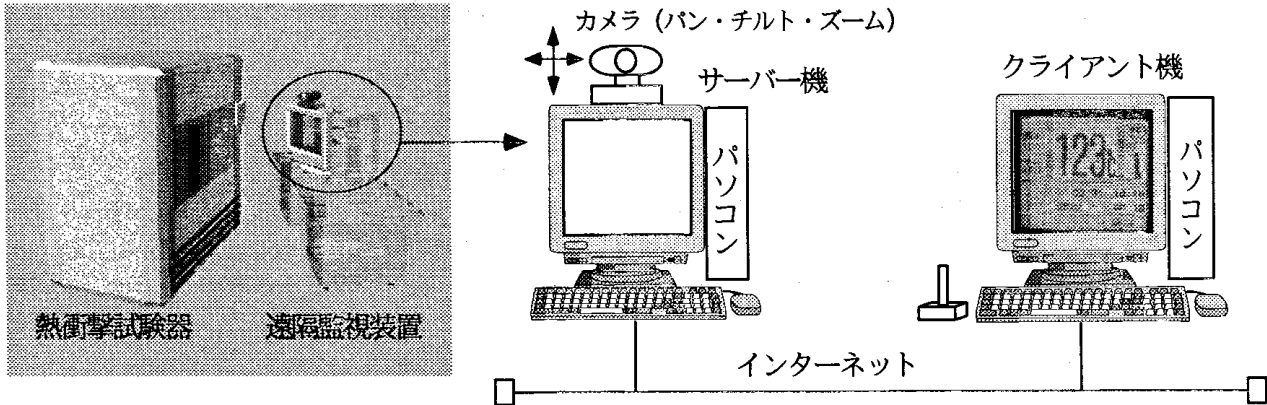


図1 熱衝撃試験器の遠隔監視システム

べるための問い合わせコマンドがある。コマンドの通信形式は図2に示すようなパケットと呼ばれる基本単位で構成される。パケットの最初のバイトはヘッダと呼び、差し出しアドレスと宛先アドレスが入る。次にパンやチルトなどの命令コマンドがデータとして入る。最後にターミネータ (FFh) が入る。

2-2 カメラの駆動制御

図3にカメラの遠隔操作プログラムの基本設計を示す。クライアント側は、最初にサーバ側への接続要求で通信の確立を行い、パンやチルトなどのパケット命令をサーバへ送信する。サーバ側は、クライアント側へのTCP/IP接続とカメラへのRS232C接続を行い、クライアント側からのパケット命令をカメラへ送信する。パケット命令はクライアント側でASCIIデータとして作成し、サーバ側で16進数への変換を行う。画像の送受信にはフリーウェアであるRealNetworks社(米国)のRealPlayer、RealProducer及びRealServerを使用した。RealPlayerはブラウザであり、サーバであるRealServerから動画像を受信する。RealProducerは、カメラ画像をSureStreamと呼ばれる特殊なデータ形式にエンコードしてRealServerへ送信する。RealServerは受け取ったSureStreamを

RealPlayerへ配信することで動画像通信が可能となる。カメラ動作と動画像のプログラムは非同期で動作する。

2-3 操作インターフェース

本システムでは、遠隔監視カメラのパンやチルトの操作にジョイスティックを適用した。理由はパソコンのキーボードやマウスよりも直感的な操作が可能であるためである。このために、画像とジョイスティック動作(パン/チルト動作)は同期しなければならないが、ジョイスティック動作の伝送時間に比べ、画像伝送時間がかかるため同期させることは困難である。今回の開発ではジョイスティックの方向データを転送してカメラのパン/チルトの動作を可能とした。ジョイスティックのプログラム設計は、マウスやキーボード処理と同様に、イベント発生時点でその方向データをTCP/IP経由でカメラ側に送信する。カメラ側は、TCP/IPデータを受信するとRS232C経由でカメラを駆動する。操作方法はジョイスティックを右に倒すとカメラは右旋回、左に倒すと左旋回、前方に倒すと下向き、手前に引くと上を向くように設計した。また、ジョイスティックのボタンを押すことで、これらの動作を停止することが可能である。

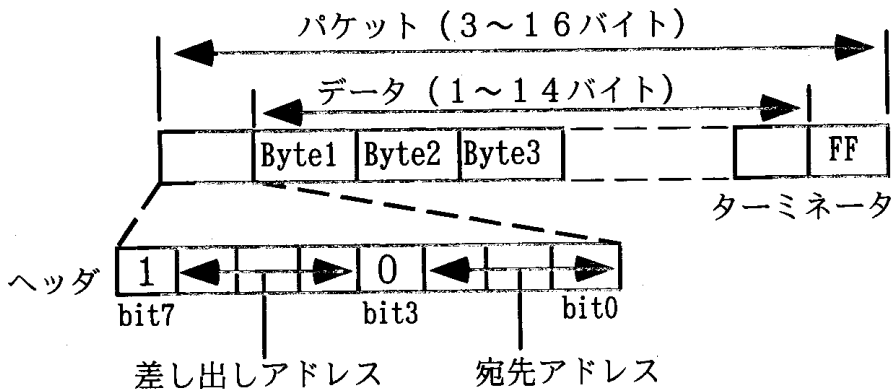


図2 コマンド通信形式

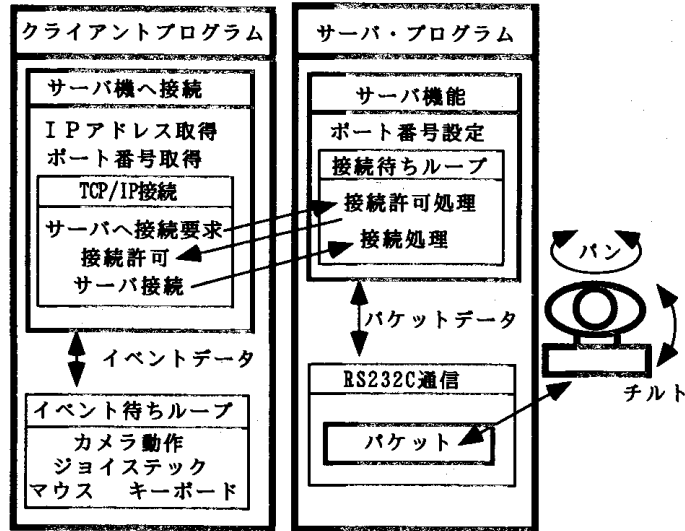


図3 カメラの駆動制御プログラム構造

3 結 果

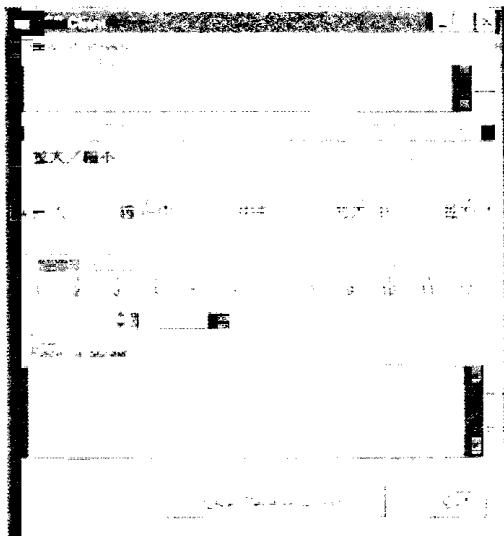
3-1 カメラの駆動制御

遠隔監視システムの動作確認は、図4に示すカメラ操作プログラムとRealPlayerで行った。カメラのRS232C通信速度は9600bpsで、構内LAN(10Mbps)及びモデム(33800bps)の2通りの実験を行った。構内LANの場合、カメラ動作(パン・チルトなど)の応答時間(命令を発してから動作を開始するまで)は0.3~0.7秒であり、モデムの場合では0.5~1.0秒となる。カメラ映像の応答時間は構内LANで30~60秒、モデムで2~5分と遅い反応となる。映像とカメラ動作はそれぞれ独立した非同期プログラムで実行されるので、映像データがカメラ動作よりもかなり遅れて表示される。これは、動画データ量の多さやネットワークの混雑さに起因するものであり、動画は1画面19200バイト(160×120)を圧縮して連続ストリームデータとして送信するのに対

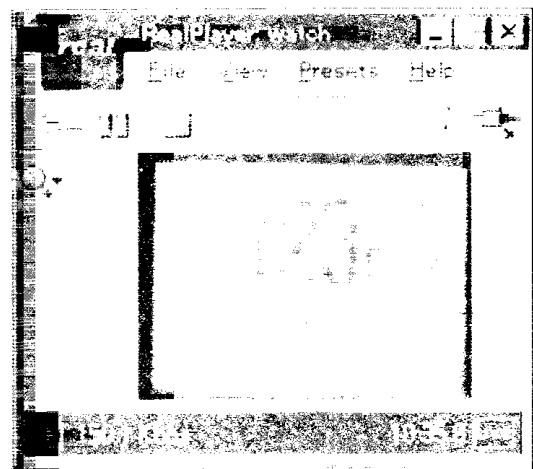
し、カメラ動作命令データ(パケット)は最大でも16バイトであることから判断できる。

3-2 操作インタフェース

操作インタフェースはマウス、キーボード及びジョイスティックで実施した。1~1.2倍のズームイン/アウトの操作にマウスを用い、正常動作を確認した。また、カメラ操作(右旋回、左旋回、上下旋回及び停止)にジョイスティックを用い、正常動作を確認した。しかし、マウスによるズームイン/アウトは、あらかじめズーム倍率を決定できるため、結果画像の転送遅れが気にならないのに対し、ジョイスティックによる操作は、伝送による遅れ画面を見ながら操作するため、ユーザの意図する操作は困難であった。ジョイスティック操作とカメラ動作は非同期で動作するが、伝送速度が十分速いため、目視レベルで同期的に動作することを確認した。



(a) カメラ操作プログラム



(b) 動画モニタ

図4 カメラ操作プログラムと動画モニタ

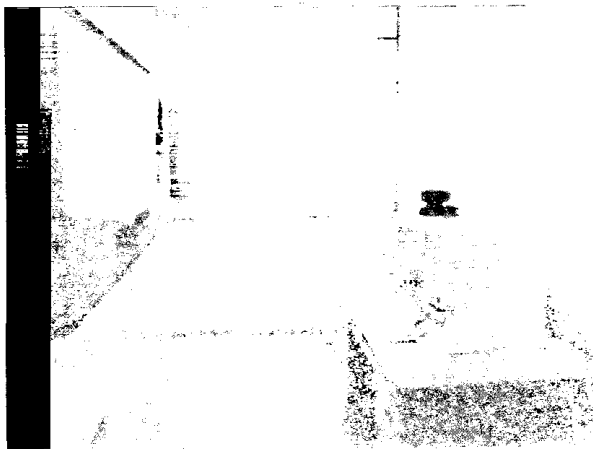
4 結 論

本システムの稼働状況を図5に示す。パン、チルト、ズームが可能なカメラをインターネット制御することで遠隔監視が可能なシステムを構築した。岩手県工業技術センター内にある熱衝撃試験器の遠隔監視として実用化されており、県内企業が利用している。これにより企業は、試料を取り替えるタイミングを把握できるようになり、センター職員に稼働状況を確認する必要がなくなった。一般企業がインターネットアクセスに用いる通信機器は、モデムや専用回線を使うものが多く、伝送速度が原因で監視画像を動画で見ることは不可能に近い。つまり、SureStreamで動画データを配信しているが、伝送速度が遅いため静止画像に見えてしまう。しかし、企業が熱衝撃試験で把握しなければならない情報は、残サイクル数と予定終了時刻であり、静止動画で十分に遠隔監視の効果があった。しかし、このシステムはRealPlayerという特定のソフトウェアを導入する必要があるため、

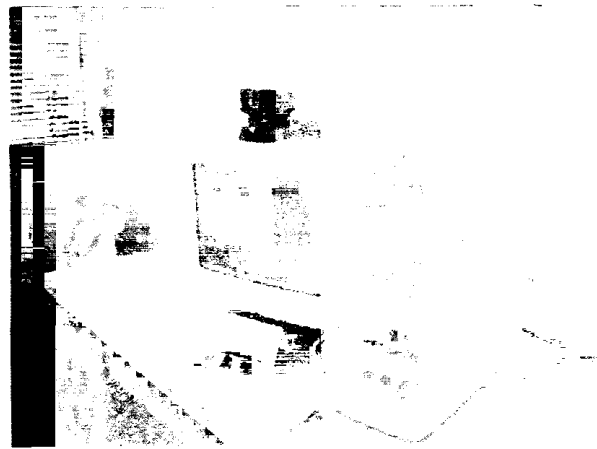
企業が即座に利用できない問題がある。インターネットのWWWブラウザで、監視画像が確認できるシステムが望まれている。一方、遠隔操作インターフェースのデバイスとして検討したジョイスティックは、画像との同期問題をどのように解決するかという課題を残した。今後は、これらの問題を検討し、ヒューマン・インタフェースの向上を図る予定である。

文 献

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



(a) 熱衝撃試験器 (左) とカメラシステム (右)



(b) カメラシステム

図5 稼働中の遠隔監視システム

マイクロ波を利用した誘電率測定によるブドウ糖濃度の測定

熊谷 隆美*

市販の接触型誘電率測定プローブを使用したネットワークアナライザーで、ブドウ糖水溶液の誘電率を測定したところ、濃度と誘電率の間に相関があることがわかった。また、高精度な測定を行うためには、測定周波数を5GHz以上に設定する必要がある。

キーワード：マイクロ波、誘電率、濃度

Concentration Measurement of Grape Sugar by Dielectric Constant Measurement using Microwave

KUMAGAI Takami

In this paper, it is described that the correlation is observed between the concentration and dielectric constant of a water solution of grape sugar by means of making the measurement of dielectric constant using network analyzer with the contact-type microwave probe. And, it is necessary for accurate measurement to set up measurement frequency over 5GHz.

key words : microwave, dielectric constant, concentration

1 結 言

一般に、導体の物性定数として導電率があるのと同様に、絶縁体（誘電体とも言う）には、電界中に置いた時に物質の内部構造に応じて生じる電子分極に基づき誘電率が定義されている。誘電率の測定には種々の方法があるが、そのひとつとして絶縁体を2枚の電極間に挟みその静電容量を測ることで求められる。誘電率は物質の内部構造に大きく依存する定数と考えられることから、ブドウ糖の糖度も誘電率に大きく反映されているものと考えられる。前報¹⁾において、著者はマイクロ波による果実の糖度分析技術確立研究として濃度の異なるエチレングリコール水溶液を用い、エチレングリコール濃度と各マイクロ波周波数における誘電正接の間には高い相関があることを報告した。

本報では前報の結果を踏まえて、果実の糖度分析により近いブドウ糖水溶液で濃度と誘電率の相関について検討した。その結果、エチレングリコール水溶液とは傾向が異なるもののブドウ糖水溶液濃度と誘電率の間に0.952~0.992の相関があることがわかった。また、測定周波数が高いほど高い相関が得られることがわかった。以下にその概要を報告する。

2 実験方法

2-1 複素誘電率について

物質にマイクロ波等の電場を印加したときに電気分極を生じる性質を誘電性という。誘電性の起源としては永久双極子による配向分極、正負のイオンによるイオン分極、および原子の軌道電子の分布が原子核に対し相対的に変化することによる電子分極がある²⁾。この電気分極の強弱を表す係数として誘電率 ϵ が定義されている。

接触型誘電率測定プローブの例として図1のような半径**b**の外皮導体と半径**a**の中心導体の同軸円筒コンデンサーについて説明する。この2つの導体の間に誘電率 ϵ の物質を充填した場合の単位長さあたりの静電容量**C**は以下の式で表される³⁾。

$$C = \epsilon \frac{2\pi}{\log(b/a)} \quad (1)$$

よって静電容量**C**を測定することより誘電率 ϵ が計算できる。

一般に物質の誘電率は周波数特性をもち、以下のよう複素誘電率 ϵ^* で表される。

$$\epsilon^* = \epsilon' - j \epsilon'' \quad (2)$$

ここで実部 ϵ' は誘電率、虚部 ϵ'' は誘電損率、 j は虚数単位である⁴⁾。

* 電子機械部

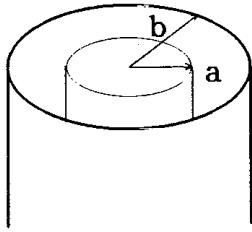


図1 同軸円筒コンデンサーの構造

また、誘電率 ϵ' と誘電損率 ϵ'' の間には以下の関係がある。

$$\tan \delta = \epsilon'' / \epsilon' \quad (3)$$

ここで、 δ は損失角と呼ばれ、また $\tan \delta$ のことは誘電正接と呼ばれている⁴⁾。ここで、実部 ϵ' は誘電体に交流電場を印加した場合、交流電場の変化に対しに同位相で追従する電気分極を表し、虚部 ϵ'' は交流電場の変化に対し90度の位相遅れで追従する電気分極を表す⁵⁾。なお、誘電正接はコンデンサーの性能の尺度を表す誘電正接と同じである。

よって、式(3)を用いて式(2)は以下のように表される。

$$\epsilon^* = \epsilon' (1 - j \tan \delta) \quad (4)$$

なお、誘電率 ϵ' を真空中の誘電率 (8.85×10^{-12} F/m) で割ったものを比誘電率 ϵ_r' といい、誘電損率 ϵ'' を真空中の誘電率で割ったものを比誘電損率 ϵ_r'' という。

2-2 誘電率測定方法

測定に使用したブドー糖水溶液の濃度は飽和溶解度が30%前後であることを考慮して、5, 10, 15, 20, 25% (重量%) の5種類である。また、ブドー糖水溶液との比較のため純水も測定した。測定周波数は1~10GHzとし、測定項目は比誘電率 ϵ_r' と比誘電損率 ϵ_r'' である。ブドー糖水溶液の各濃度について、周波数に対し比誘電率 ϵ_r' と比誘電損率 ϵ_r'' がどのように変化するか調べた。実験に使用した機器および試料は表1に示す。また、実験装置の概略図を図2に示す。

3 実験結果

図3に比誘電率 ϵ_r' の周波数特性の測定結果を、図4に比誘電損率 ϵ_r'' の周波数特性の測定結果を示す。図3の結果では、いずれの濃度の場合でも周波数が高くなると比誘電率 ϵ_r' が低下すること、ブドー糖水溶液の濃度が高くなると比誘電率 ϵ_r' が低下することがわかる。また、図4の結果では周波数が高くなると比誘電損率 ϵ_r''

が上昇すること、ブドー糖水溶液の濃度が高くなると比誘電損率 ϵ_r'' が上昇傾向を示したが、比誘電率 ϵ_r' の場合に比較し比誘電損率 ϵ_r'' の変化は小さくことが判った。これは前年度実験したエチレングリコール溶液の場合の比誘電損率 ϵ_r'' のような大きな変化とは異なることが判った¹⁾。

表1 実験に使用した機器、試料

項目	内容
誘電率測定プローブ	HP 85070B
ネットワークアナライザー	HP 8719D
測定周波数	1~10GHz
測定試料	純水 ブドー糖水溶液 (濃度は、5, 10, 15, 20, 25%)

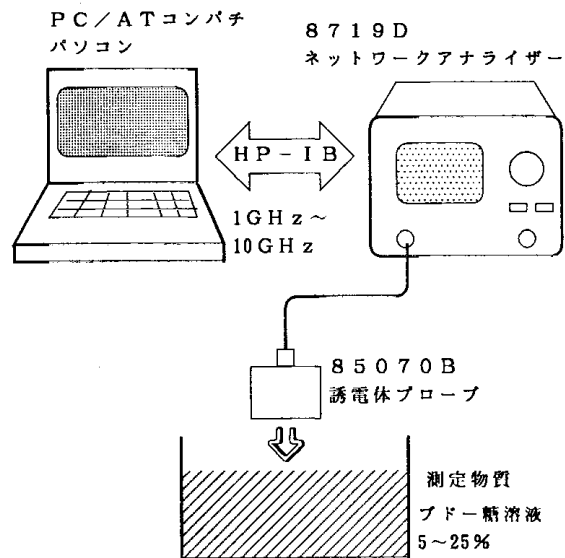


図2 実験装置の概略

4 考察

図3と図4の結果より式(3)を用いて誘電正接 $\tan \delta$ を計算した。結果を図5に示す。図5より、5~25%濃度のブドー糖水溶液では、濃度が高くなるにしたがい誘電正接 $\tan \delta$ の値が直線的に増加していることがわかる。また、前回測定したエチレングリコール溶液の誘電正接特性⁶⁾の傾向とは異なることがわかる。これは、ブドー糖の分子式が $C_6H_{12}O_6$ ⁷⁾ であり分子量が180であるのに対

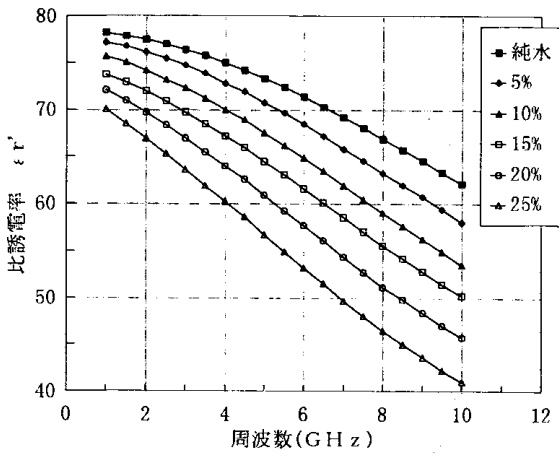


図3 各ブドウ糖濃度による比誘電率の周波数特性

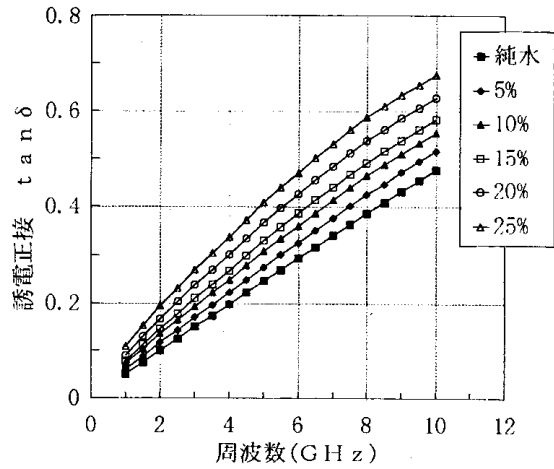


図5 各ブドウ糖濃度による誘電正接の周波数特性

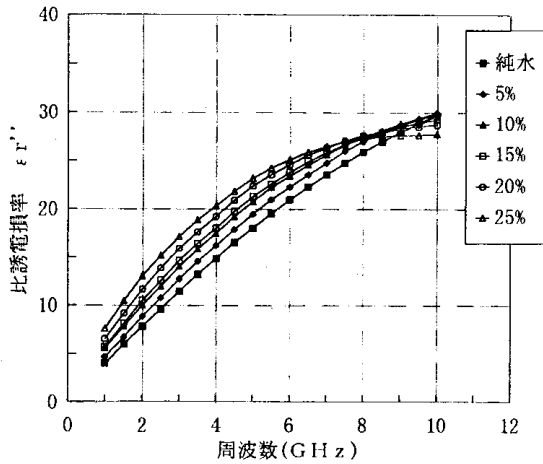


図4 各ブドウ糖濃度による比誘電損率の周波数特性

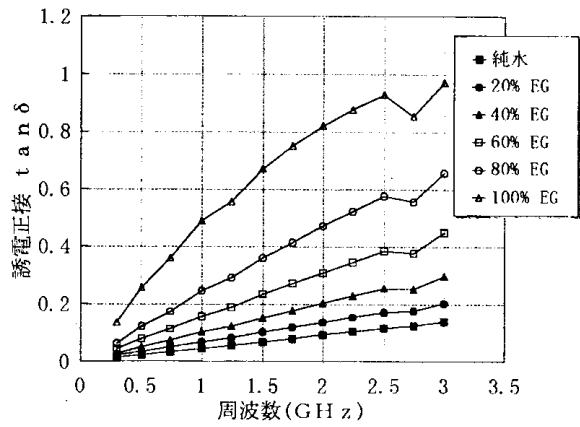


図6 エチレングリコール溶液の誘電正接

し、エチレングリコールの分子式が $C_2H_6O_2$ ⁸⁾であり分子量が62の違いによると考えられる。即ち、誘電正接 $\tan \delta$ は溶媒と溶質の分子量差が大きければ周波数変化に対し大きく変化すると考えられる。次に、周波数をパラメーターとして誘電正接 $\tan \delta$ とブドウ糖水溶液濃度の関係をプロットしてみた。結果を図7に示す。図7から直線的関係になることが判った。相関係数を計算したところ0.952~0.992の範囲にあり、ブドウ糖水溶液でも誘電正接 $\tan \delta$ を測定することにより、濃度を推定することが可能である。

さらに図7の結果より、測定周波数により相関係数がどのように変化するか調べた。結果を図8に示す。図8より5GHz以上で相関係数がほぼ0.990となり安定していることがわかる。高精度の測定を行うためには、測定周波数を5GHz以上に設定するほうがよいことがわかる。

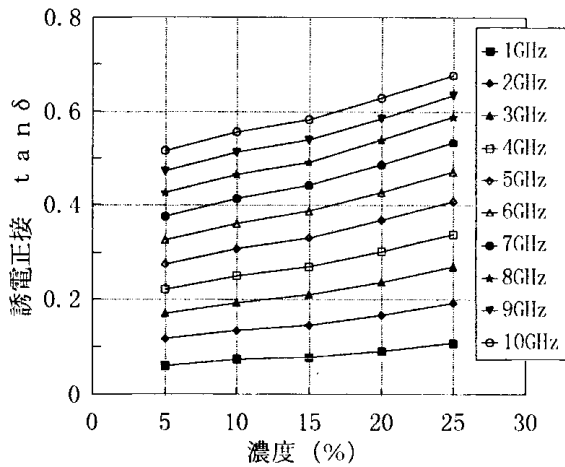


図7 ブドウ糖水溶液濃度と誘電正接の相関

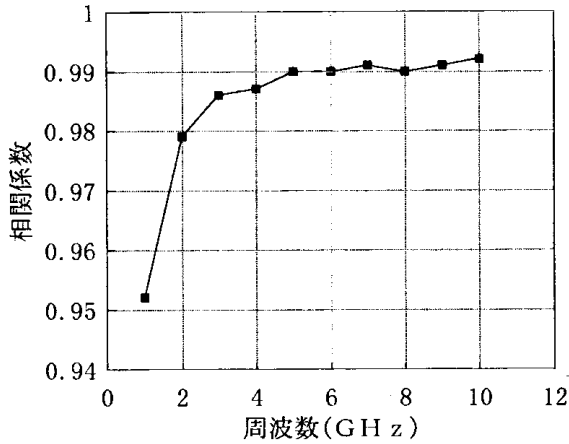


図8 ブドー糖濃度と周波数特性における相関係数変化

5 結 語

今回の実験から、ブドー糖水溶液の濃度と誘電正接 $\tan \delta$ 間には直線性の高い相関があり、誘電正接を測定することにより、ブドー糖水溶液の濃度を推定することが可能であることがわかった。また、高精度の測定を行うためには、測定周波数を5GHz以上に設定する必要があることがわかった。

なお、本研究には平成9年度日本自転車振興補助物件

にて導入した放射電磁界イミュニティ試験設備を使用した。

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、実験を進めるにあたり協力して戴いた電子技術総合研究所 光技術部 小見山 耕司主任研究官に感謝します。

文 献

- 1) 熊谷 隆美：“岩手県工業技術センター研究報告 第5号, pp. 31-34 (1998)
- 2) 応用物理学会：“応用物理用語大辞典” オーム社 pp. 970 (1998)
- 3) 後藤 憲一、山崎 修一郎：“詳解 電磁気学演習” 共立出版(株) pp. 58 (1970)
- 4) “85070B 誘電率プローブ・キット ユーザーズマニュアル” ソフトウェアリファレンス 8-7
- 5) 応用物理学会：“応用物理用語大辞典” オーム社 pp. 971 (1998)
- 6) 熊谷 隆美：“岩手県工業技術センター研究報告 第5号, pp. 33 (1998)
- 7) “化学大辞典3” 共立出版(株) pp. 140-141 (1963)
- 8) “化学大辞典1” 共立出版(株) pp. 908 (1963)

光造型法を活用した射出成形用簡易金型の開発*

町田 俊一**、小林正信**、米倉勇雄***

プラスチック射出成形用金型を、鑄造により製作する方法を開発した。光造型装置で製作した精密原形に電鍍処理することで、表面形状を転写した金属薄膜を製作し、鑄造で一体化した。プラスチック射出試験を行い、簡易金型としての実用性を検討した。

キーワード： 光造型法、電気鑄造、簡易金型

Development of Injection Mold by Electro - Forming and Casting Method

MACHIDA Toshikazu, KOBAYASHI Masanobu and YONEKURA Isao

Metal mold for plastic injection is developed by new method. Firstly the surface shape of model which made with stereo lithography is copied to metal by copper electro - forming. Then by casting, copper shell is unit with molten metal. As a result of having examined plastic injection, usefulness as a metal mold is confirmed.

key words : stereo lithography, electro - forming, metal mold

1 結 言

現在プラスチック射出成形用に使われている金型は、一般的に切削加工または放電加工で製作されている。しかしこの加工方法は、加工時間がかかり、コストも高い。本研究では、プラスチック射出成形用簡易金型を、光造型装置活用により簡易に作成し、その樹脂原形精度を維持した金型を電鍍と鑄造によりバックアップすることで製造する方法を検討した。この技術開発は従来の切削加工による金型製作に比べ同等の精度の確保は困難であるが、時間短縮の点で大きなメリットを持ち、特に製品開発時に使用する試作金型等では、低コスト・短期間で製品提案や製品のサンプル生産を行える大きな利点がある。

2 研究方法

研究では、実験用金型原形的设计・製作から、完成した金型のプラスチック射出成形試験までの一連の研究を行った。本研究で開発する金型は、通常使用される金型の代用品としてプラスチック射出成形装置で使用できるものでなければならないため、当センター所有のプラスチック射出成形機の仕様より、表1に示す金型性能目標値とした。

表1 開発する金型の性能目標値

射出圧 (kgf/cm ²)	射出温度 (°C)
2000	200~280

2-1 CADによる金型原形設計

3次元CAD (Alias) により、今回の研究に用いる試験製品形状を設計した。

2-2 光造型による金型原形の作成

完成したCADデータをSTL形式で出力し、光造型装置で原形を作成した。また、造形時間短縮のため、樹脂厚さを0.6~1.0mmとし、原形内部は中空にした。

2-3 電鍍

2-3-1 電鍍前処理

2-2で作成した樹脂原形全面に電鍍により金属を積層させ樹脂原形を取り除き雄雌型の表面とする(図1)。最初に樹脂原形に導電性を持たせるための前処理を行った。前処理は、基本的に樹脂原形表面を良電導素材で覆うことで良いと考え、2液硬化型のエポキシ樹脂をバインダーとして金属箔(今回は金箔を使用)を貼り付けたものと、ニッケル微粉末混合電導性スプレーを均一に吹付けたものを用いた。

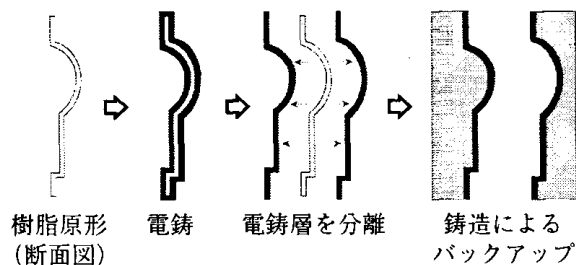


図1 電鍍による金型製作(概念図)

2-3-2 銅電鍍

電鍍できる金属は多種あるが、電鍍層の形成される速度や金属の融点を考慮し、銅の電鍍を行うこととした。

電鍍は銅電解メッキと同じ原理である。銅電鍍に使用した溶液は、表2に示す成分の液を調合した。電鍍の電極には厚さ3mmの銅板を樹脂原形のサイズに切断し使用

* 特定中小企業集積支援技術開発事業、** 木工特産部、*** 金属材料部

した。電鍍は図2の装置により行った。電流及びメッキ時間は樹脂原形の表面積より算出し、直流3.6Aで55時間処理した。処理後の原形は、緑を切断し、アセトン処理により樹脂と電鍍層を分離した。

表2 銅電鍍に用いた溶液成分

銅電鍍溶液原材料	配合量
水	18 l
硫酸銅	1750 g
硫酸	500 ml

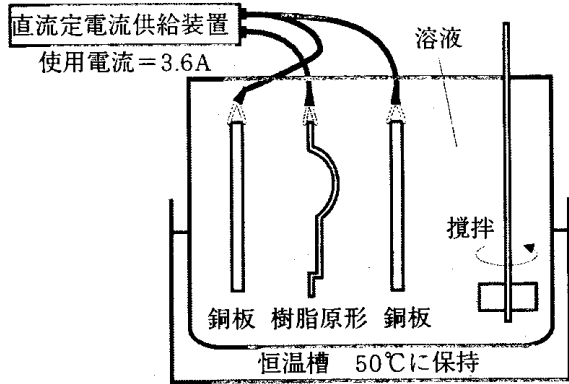


図2 銅電鍍装置

2-4 電鍍バックアップのための鑄造条件

電鍍層に金型としての強度補強のため、鑄造によるバックアップを行った。また、鑄造の際の適正な鑄造条件の抽出を行った。

2-4-1 鑄造温度の検討

鑄造温度の影響を見るため、同一材料で、溶解温度を変えて鑄造試験をした。試料として厚さ2mmの銅板(50×50mm)を用いて、鑄造金属にはアルミ-銅合金(Al=95%, Cu=5%)を用いた。実験用鑄型を図3に示す。鑄型の下に試料を固定し、溶解した合金を注湯した(注湯温度:700、750、800、850 [°C])。

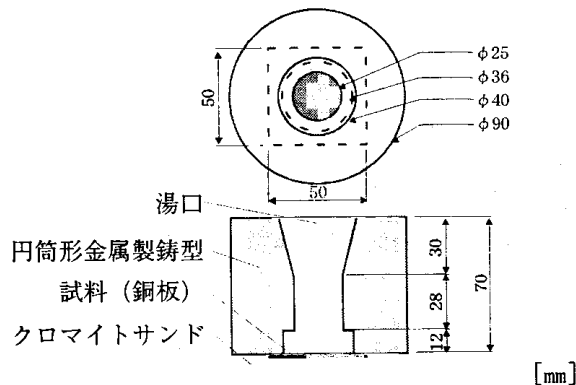


図3 実験用鑄型

2-4-2 試料の予熱の検討

鑄造金属と銅電鍍膜の結合促進に有効であると考えられる試料の予熱を検討した。実験方法は、2-4-1と

同様の方法で行った。注湯するアルミ合金の溶解温度を800°Cとし、試料は550°Cに予熱した。鑄造時に恒温炉より試料を出し、素早く鑄造した。

2-4-3 鑄造金属の検討

鑄造金属の適性を検討した。即ち鑄造金属と試料との溶解を促進するには、鑄造金属が液体状態の時間がある程度必要なため、融点が高い合金の鑄造が良いと考えた。また、銅との結合を考えた場合、銅を主体とした、いわゆる組成の近い合金のほうがより適していると考えられる。図4は、アルミと銅の融点推移(アルミ-銅状態図より抜粋¹⁾)である。アルミと銅は、単体の場合はそれぞれの融点で溶解するが(グラフの左右両端)、混合比により融点が図中の変化を示す。そこで、銅の混合率を変えたアルミ-銅合金およびJISの青銅鑄物6種(BC6)により鑄造実験を行った(表3)。

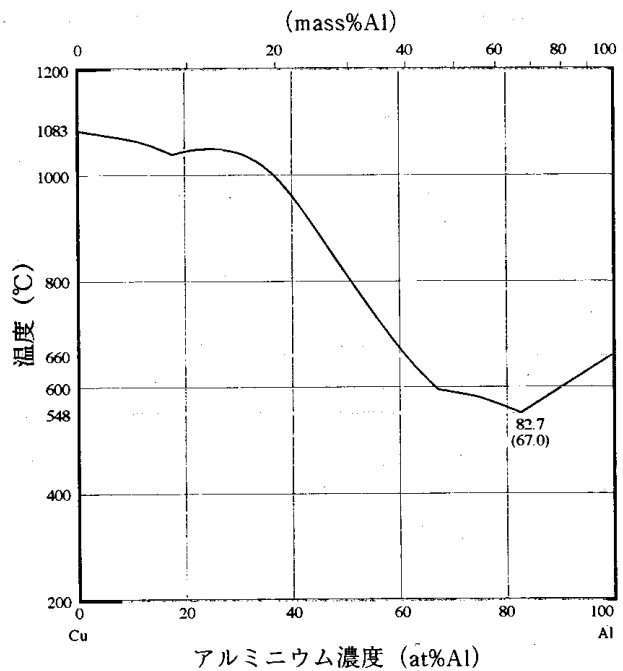


図4 アルミ-銅合金の融点推移

表3 実験に使用した合金

合金名	化学組成 (mass%)	融点 (°C)
アルミ-銅合金	アルミ95 銅5	650
〃	アルミ85 銅15	580
〃	アルミ65 銅35	550
JIS青銅鑄物6種 (BC6)	銅83-87 錫4-6 亜鉛4-6 鉛4-6	970

※表中の融点は、状態図から読み取ったおおよその値である。

ガス型で作成した鑄型(図5)に試料を入れ、湯口よりアルミ-銅合金は800°C、BC6は1050°Cで注湯した。ガス型は、水ガラスを粘結剤とし、炭酸ガスによって硬化させるタイプの砂型である。

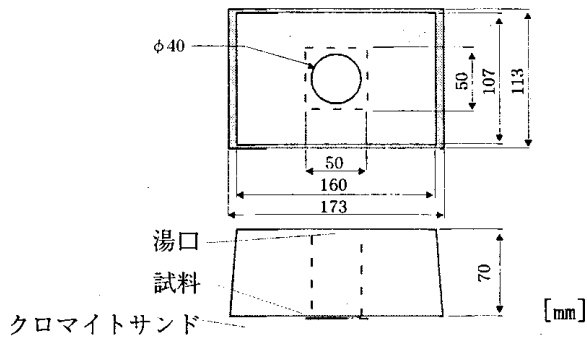


図5 実験用鑄型

2-4-4 鑄造方案の検討

方案の一体化への影響を検討した。即ち2-4-1~2-4-3の実験は、開放型(落とし込み)方案で行ったが、落とし込みの場合は、湯口が一つで単純に試料の上に溶解した金属を注ぐ形になる。そのため、先に注がれた金属の温度が急激に低下しすぐに凝固し、結果的に試料との結合が起こりにくい。そこで試料に近い部分から溶解金属を注湯する方案を考えた(図6)。この鑄造方法では、試料に近い部分から溶解金属が供給されるため試料付近の温度が低下しにくく、金属結合が促進されると考えられる。また、金属結合を妨げる銅の酸化被膜も、溶解金属に洗い流される形になり、影響が少なくなると考えられる。

改良した方案の鑄型で鑄造実験をした。実験はアルミ-銅合金(AI=95%, Cu=5%)とBC6を鑄造した。アルミ-銅合金は800℃で、またBC6は1050℃で溶解し鑄造した。

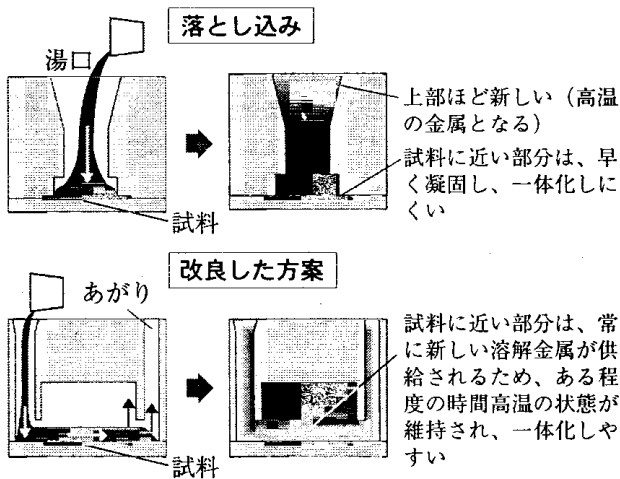


図6 方案による溶解金属の流れの違い

2-5 銅電鍍層への鑄造

これまでの実験より得られた鑄造条件により銅電鍍層への鑄造を行った。1050℃で溶解したBC6を2-4で改良した方案で鑄造した。ガス型の鑄型(図7)は周りを金属型枠で固定した。鑄型の上型に方案を組み込み、下

型に銅電鍍層を固定し、上下の型で押さえ固定した。鑄型の砂は、上型は珪砂、下型は珪砂の間にジルコンサンドを挟み込む構造にした。鑄型に使用する珪砂の熱伝導性はそれほど良くないため、ジルコンサンドを挟み込むことで、下型側への熱伝導を良くすることとした。それは、改良した方案では結合は起こりやすいが、その後結合した部分の凝固が遅いと、変形を引き起こす原因となるからである。そこで電鍍層に近い側(下型側)は結合したあとは速やかに固体化するようにジルコンサンドの冷却効果を活用した。

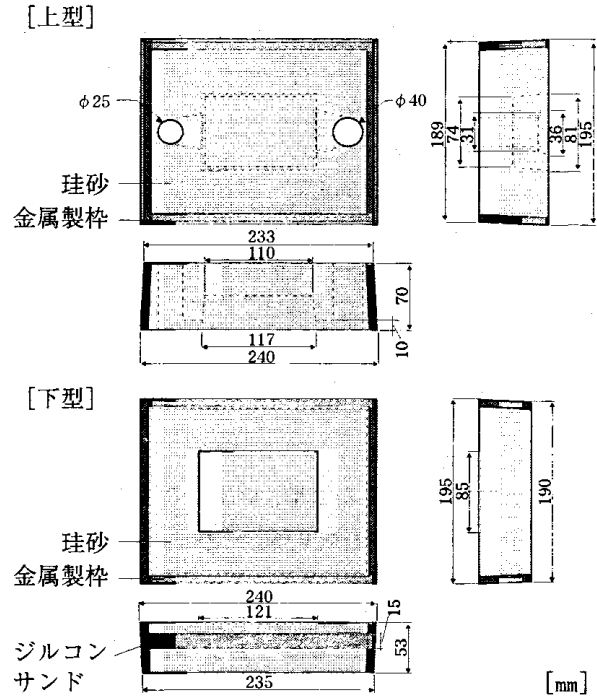


図7 実験用鑄型

2-6 プラスチック射出成形実験

完成したプラスチック射出成形用簡易金型を当センターで所有するプラスチック射出成形機で性能評価実験した。金型を、金属製モールドベースにはめ込み、表4に示す射出条件で、ABS樹脂を成形した。

表4 射出条件

射出圧 (kgf/cm ²)	射出温度 (℃)
800	200

3 結果と考察

3-1 銅電鍍での形状転写性

電鍍層は0.5~1.5mmの厚みが得られた。金属箔を貼った原形と導電性スプレーをした原形では、大差はなかったが、スプレーしたもののほうが樹脂側の表面状態が良い。原因は、金属箔の貼り付けで多少のムラができ、均一な導電性が得られにくいこと、樹脂との分離時に金属

箔が樹脂側とメッキ側に分散してしまうことなどが考えられる。

3-2 電鍍バックアップのための鑄造条件

3-2-1 鑄造温度

落とし込み方案の場合、用いた金属の組み合わせでは、温度に関わらず結合しにくいことが分かった。それは、鑄造時の試料温度(約15℃)との格差がありすぎるため、一体化する前に合金が凝固してしまうためである。

結合を促進するためには、高温状態をある時間保たなければならないと考えられる。

3-2-2 試料の予熱

予熱した試料は、炉から出した時点で表面に酸化被膜が形成されるため結合状態が得られず、今回のケースでは不適当であることが判明した。

3-2-3 鑄造金属

落とし込み方案の場合、アルミ-銅合金は組成の違いとは無関係に、全て結合しなかった。それと比較してBC6は、結合が見られた。BC6鑄造温度がアルミ-銅合金と比べ高温であるため、試料の変形の恐れがあったが、結果的には変形はそれほど起こらなかった。この実験より、鑄造金属としてBC6が適していることがわかった。

3-2-4 鑄造方案

改良した方案で実験した結果、いずれの材料でも良い結果が得られた。特にBC6では、これまでに行った実験中で最も良く結合した。

3-3 銅電鍍層への鑄造

鑄型から取り出し、冷却した金型は、銅電鍍層とBC6が境界で完全に結合していることが確認された。形状の変形や境界面の空隙も見られず、強固な表面を持つ金型が製作できた(図8)。ただし、雄型と雌型のすり合わせ面に当たる平面には多少歪みがあり、平面研削等の後加工の必要性がある。

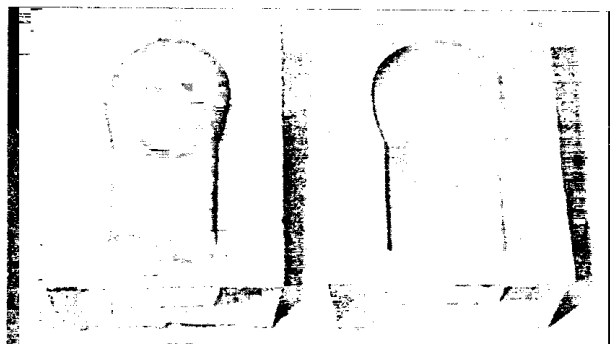


図8 鑄造した金型

3-4 プラスチック射出成形実験

射出成形実験で完成した成形品を図9に示す。試作した金型は強度、耐熱性について実用的な性能を持っていることが確認できた。また、寸法精度に関しては、電鍍層が光硬化樹脂の原形精度を忠実に保つので、製品の寸

法誤差は±0.1mm以下を達成できた。しかし一方で、強度補強のための鑄造時の電鍍層の変形のために、雄雌、両モールドの合わせ面がゆがみ、研削加工も行わなかったため射出試験においてバリを生じる結果となった。

この問題は電鍍層を厚くすることで解消できると考えられるが、今回の開発においてもっとも時間を要したのがこの工程であり、歪みを生じないと予想される、2mm程度の電鍍層を生成することは作成時間の大幅な増加を招く恐れがある。また、あらかじめ電鍍に使用する金属と同じ金属板で3mm程度の合わせ面を作成しておき、鑄造時に結合する方法も考えられるが難易度は高い。現時点では鑄造後に研削等の後加工を行い精度を高めるのが製作効率の面で最適と考える。

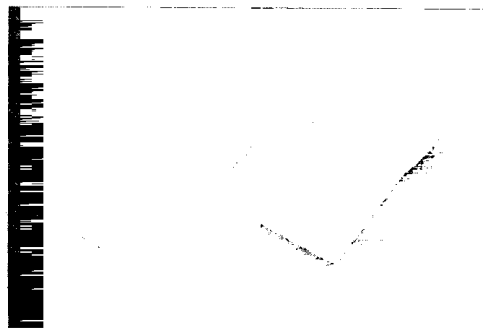


図9 射出成形品

4 結 語

本研究により、プラスチック射出成形用金型を光造型法を利用し簡便に製作する一つの手法として以下のことが分かった。

- ①光造型装置で製作した原形に銅電鍍を行うことで、高精度に金属に表面形状を転写することが可能である。
- ②電鍍層への鑄造で結合の促進を図るには、試料の予熱よりも鑄造金属の選別と方案の工夫がより有効であった。今回の条件ではBC6を鑄造金属に用い、試料に近い部分を湯口とした場合が最も結合が促進された。
- ③バリ等の少ない射出成形品を得るために、金型の合わせ面の精度を上げる工夫が必要である。

本研究で行った技術の実用化については、電鍍による金属層の生成技術についての技術移転を行えば、プラスチック成形試作用金型加工の合理化が図られると期待される。

本研究を行うに当たり下記の方々には協力をいただいた。この場を借りて感謝します。

化学部 佐々木英幸、鈴木一孝

金属材料部 勝負沢善行、茨島明、池浩之、高川貫仁

(敬称略)

文 献

- 1) Dr.Phil Max Hansen 「CONSTITUTION OF BINARY ALLOYS」 McGRAW · HILL BOOK COMPANY, INC. 1958 85p のアルミ-銅合金の状態図をもとに融点のみを示す簡略図にしたものである。

鑄鉄を基材としたセラミックス溶射

高橋 幾久雄*、米倉 勇雄*、桑嶋 孝幸*

プラズマ溶射装置を用いて、鑄鉄基材にアンダーコート用金属3種類、トップコート用セラミックス3種類の組合せによる計9種類の溶射皮膜を作成し、耐食性と耐摩耗性を調べた。

5%濃度の塩水噴霧試験で耐食性を評価すると、比較材の鑄鉄は12分で発錆するが、溶射すると発錆までの時間は長くなる。TiO₂溶射材はアンダーコートの金属に影響を受けず、80~320時間で発錆が認められたが、Ni-CrをアンダーコートしたAl₂O₃とCr₂O₃やNi-AlをアンダーコートしたAl₂O₃溶射材は2000時間試験しても錆の発生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硬さの高いCr₂O₃溶射皮膜の摩耗量が少なく、耐摩耗性が高いことが判明した。

キーワード：鑄鉄、溶射、耐食性、耐摩耗性

Ceramic Spraying for Cast Iron Substrate

TAKAHASHI Ikuo, YONEKURA Isao and KUWASHIMA Takayuki

Six kinds of coatings combined three kind of metals for under coat and three kind of ceramics for top coat are sprayed on cast iron by plasma spraying and the coatings of corrosion resistance and wear resistance are evaluated. In corrosion resistance test, emergence times for sprayed samples are longer than the time for cast iron without coating. Emergence time for all coatings combined TiO₂ ceramics for top coat and three kind of metals for under coat are between 80 and 320 hours. Stain is not observed on coatings combined Ni-Al and Al₂O₃, Ni-Al and Cr₂O₃, Ni-Al and Al₂O₃ for 2,000 hours. Abrasion tests of the coatings are evaluated by a SUGA-type abrasion tester. As weight loss on abrasion for Cr₂O₃ coating are small, high abrasion resistance of hard coatings are clarified.

key words : cast iron, thermal spraying, corrosion resistance, abrasion resistance

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欠点をもっている。鑄鉄製部品や部材の耐食性を向上させるためには、何らか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。

本研究は鑄鉄基材に金属をアンダーコート（下地溶射）したセラミックス溶射皮膜を形成して、鑄鉄基材の耐食性向上を図ることを目的に行った。また併せて、溶射皮膜の耐熱性と耐摩耗性についても検討した。

さ35mmの円柱形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、基材と溶射皮膜の密着力測定に用いた。また、厚さ4mm、幅75mm、長さ100mmの板形状試験片は溶射する面を平滑に機械加工し、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。

用いた溶射材料の組成を表2に示す。Niは鑄鉄基材とのぬれ性が良いことから、アンダーコート用金属はNiを主成分とするNi-Cr、Ni-Al、Ni基自溶合金の3種類を、トップコートのセラミックスは耐食性の高い

2 実験方法

2-1 基材・溶射材料と溶射

供試鑄鉄基材はFC200で、その化学組成を表1に示す。鑄鉄基材の形状寸法は2種類で、直径25mm、長

表1 鑄鉄基材の化学組成 (wt%)

形状	C	Si	Mn	S	P	Fe
円柱	3.33	2.13	0.74	0.095	0.054	残
板	3.63	1.97	0.41	0.084	0.074	残

* 金属材料部

Al₂O₃、Cr₂O₃、TiO₂ の3種類とし、その組合せによる計9種類の溶射材を作成した。

金属溶射は高速フレイム溶射 (HVOF: High Velocity Oxy-Fuel) 装置で、セラミックス溶射はプラズマ溶射装置で、それぞれ溶射用ロボットにより自動方式で行った。予熱もそれぞれの装置を用いて行った。溶射皮膜の厚さは金属で90~130 μm、セラミックスで190~260 μmとした。

表2 溶射材料の組成

溶射材料		組成 (wt%)
金属	Ni-Cr	Ni-20Cr
	Ni-Al	Ni-5Al
	Ni基自溶合金	Ni-17Cr-4Fe-4Si-3.5B-1C
セラ	Al ₂ O ₃	Al ₂ O ₃ -2.5TiO ₂ -2SiO ₂ -1Fe ₂ O ₃
ミッ	Cr ₂ O ₃	99Cr ₂ O ₃
クス	TiO ₂	99TiO ₂

2-2 溶射皮膜の評価法

溶射皮膜の評価方法は溶射皮膜表面のX線回折法による定性分析と皮膜断面のSEM像観察、鋳鉄基材と溶射皮膜の密着力、耐食性として塩水噴霧試験とガス腐食試験、耐熱性として熱疲労試験、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を行った。

基材と皮膜の密着力測定は円柱状試験片の片端面に溶射して、鋼製の同じ形状の試験片とエポキシ系接着材で接合し、精密材料試験機で引っ張って求めた。

耐食性試験に用いる溶射材は端部と裏面を可剥離性塗料でマスキングして、中心部分約250cm²を評価対象とした。塩水噴霧試験の塩水濃度は5%、ガス腐食試験の標準ガスは2%SO₂-N₂である。塩水噴霧試験、ガス腐

食試験共に、耐食性は肉眼で鋳鉄基材の錆が溶射皮膜表面で確認できる (JIS H 8502「めっきの耐食性試験方法」のレイティングナンバ9.8程度) までの時間で評価した。

溶射材の耐熱性は電気炉を用いて、真空雰囲気中1073K、4時間保持の加熱を50回まで繰り返し、溶射皮膜の剥離や皮膜に亀裂が発生するまでの回数で評価した。昇温速度は6.5K/min、冷却は炉冷である。

溶射皮膜の耐摩耗性を調べるスガ式摩耗試験条件の荷重は500g、研磨紙は#320で、溶射材は往復運動し、400往復で摩耗輪が1回転する。摩耗輪が1回転する毎に溶射材の重量を測定しつつ、研磨紙を新しくして、計4000往復し、摩耗重量で評価した。ブラストエロージョン試験の噴射角度は溶射皮膜に対して、30,60,90度の3水準である。

3 実験結果及び考察

3-1 溶射皮膜断面のSEM像と定性分析

溶射皮膜断面のSEM像を図1に示す。金属溶射皮膜の気孔率は皮膜が薄いために測定できなかったが、SEM像からNi-Al皮膜の気孔率が少ないことが判る。Ni-CrとNi基自溶合金皮膜は数%の気孔が発生しているが、高速ガス溶射装置を用いているために、他の溶射法に比べて気孔が少なく、緻密な皮膜が得られる。セラミックス溶射皮膜はTiO₂皮膜に気孔が細かく点在しているが、Al₂O₃とCr₂O₃溶射皮膜は気孔の発生が多く、特にCr₂O₃皮膜は溶射皮膜表面と平行方向に、溶射パス間と思われる箇所に、欠陥が連続して発生している。この中には亀裂の発生も認められる。この原因は溶射時にCr₂O₃の蒸気が黒煙となって多く発生し、溶射パス間で皮膜に付着したためと推定される。

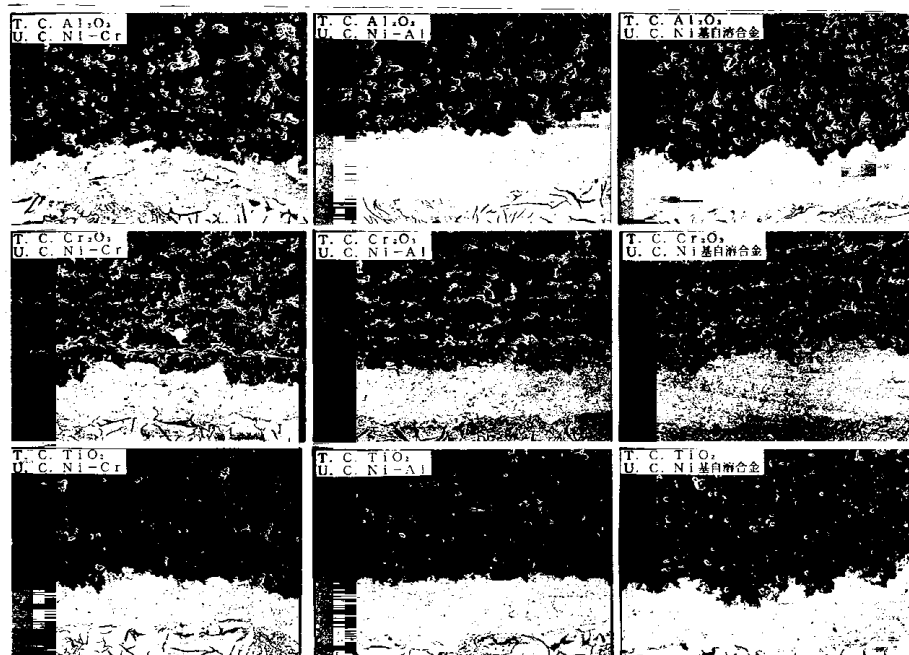


図1 溶射皮膜断面のSEM像

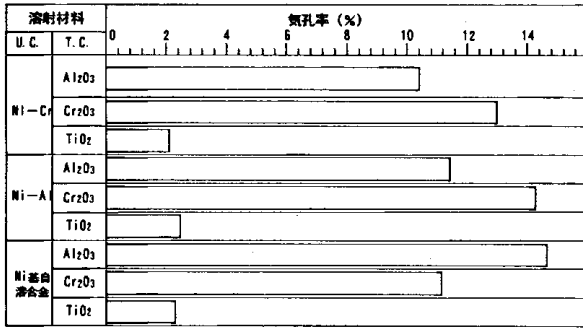


図2 溶射皮膜の気孔率

これらの欠陥を総称して気孔とし、画像解析装置を用いて面積割合で気孔率を求めた結果を図2に示す。アンダーコートに金属溶射の影響は認められず、TiO₂ 溶射皮膜の気孔率は2%前後で低く、逆にCr₂O₃ 溶射皮膜は13~15%と高くなっている。

次に溶射皮膜構造を知るため金属及びセラミックス溶射材料と溶射皮膜のX線回折法による定性分析を行った。Ni-Cr と Ni-Al は溶射材料と皮膜の相違はないが、Ni基自溶合金は粉末に多くの元素が混入しているため、Niの他に化合物が多く同定される。溶射皮膜は粉末に比べてピーク数が少なく、不定形になっていることから非晶質部分が多くあると推定される。Al₂O₃ 溶射皮膜の定性分析結果を図3に示す。溶射過程で溶融して急冷するとα(六方晶)から殆どがγ(立方晶)になる¹⁾。この皮膜中にα-Al₂O₃ が存在するのは溶射材料粉末が未溶融で付着したためと考えられる。Cr₂O₃ 溶射材料はCr₂O₃のみ同定されたが、プラズマの高温にさらされた場合は不安定で²⁾、皮膜は分解生成物や分解した後他の微量元素との化合物の生成が確認された。TiO₂ 溶射

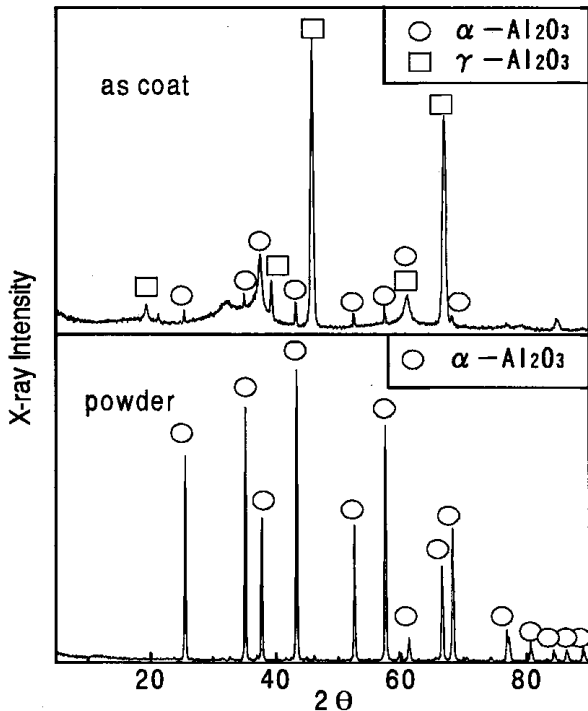


図3 X線回折結果 (Al₂O₃)

皮膜はTiO₂のみで殆どがルチル構造である。

3-2 溶射皮膜の密着力

図4に溶射皮膜と基材の密着力とそのばらつきを示す。破断箇所はセラミックス皮膜内が殆どで、皮膜と基材の密着力はこれ以上の値になる。TiO₂の密着力が高く、Al₂O₃、Cr₂O₃の順になっている。図2に示した皮膜内気孔率はTiO₂皮膜が約2%と低いのに起因している。Cr₂O₃皮膜は気孔率が高く、図1の皮膜断面のSEM像観察から皮膜表面と平行に、いわゆる引っ張り方向と直角に欠陥が連続して発生しているために、低い値になったと思われる。

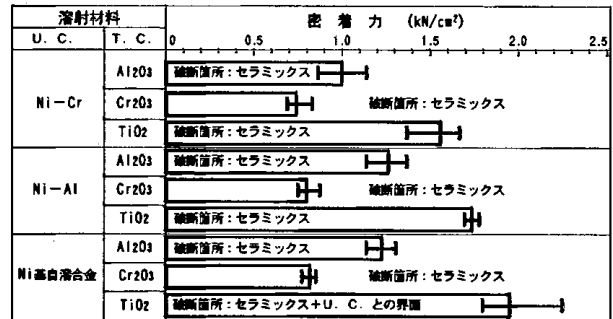


図4 セラミックス溶射皮膜の密着力

3-3 溶射材の耐食性

図5に横軸を時間(分)の対数表示とし、同一溶射材2体を用いて試験した塩水噴霧試験結果を示す。2体間で差はなかった。溶射する以前の鋳鉄基材は12分、金属溶射材は20~24時間で発錆するが、これにセラミックスを溶射すると、発錆までの時間は長くなる。TiO₂溶射材は80~320時間、Al₂O₃やCr₂O₃溶射材は気孔率が高いが、錆発生までの時間は更に長くなる。図中の矢印は2000時間試験しても発錆しないことを意味しているが、アンダーコートにNi-Crを用いたAl₂O₃溶射材やCr₂O₃溶射材及びNi-AlにAl₂O₃溶射材は2000時間試験しても、錆の発生は認められず、高い耐食性を示した。耐食性の高いセラミックス溶射材料を用いた溶射材の塩水噴霧試験は溶射皮膜が錆びるのではなく、皮膜表面から塩水が浸透し、基材に到達すると基材が錆び、その錆が皮膜表面に浮き、これを確認する試験法なので、皮膜表面に直角で、基材まで貫通してい

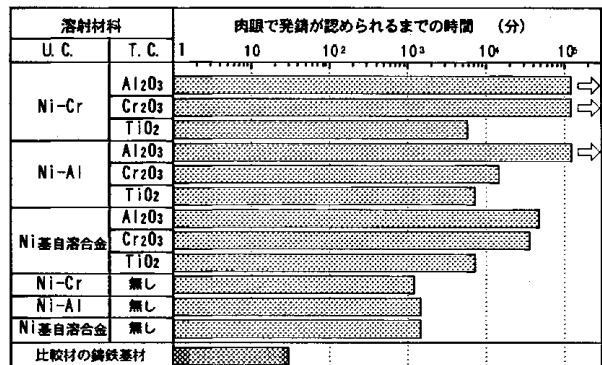


図5 溶射材の塩水噴霧試験結果

る開気孔が存在すると耐食性は劣る。逆に皮膜表面と平行に気孔や亀裂が多く存在する場合は閉気孔のため基材に錆は発生しない。図2でTiO₂皮膜の気孔率が少なく、Cr₂O₃の気孔率が高かったが、図1の溶射皮膜断面のSEM像で明らかなように、Cr₂O₃皮膜の気孔や亀裂は皮膜表面と平行方向に存在していて、閉気孔のために耐食性が高かったものと推定している。

ガス腐食試験で発錆が認められるまでの時間で評価した結果を対数表示で図6に示す。鋳鉄基材は7時間、Cr₂O₃以外の溶射材は800～1400時間で発錆する。しかし、Cr₂O₃溶射材だけは2000時間試験しても錆の発生はなく、硫化物に対する耐食性が高い。このため硫化物雰囲気ではCr₂O₃皮膜の耐食性が高くなったと思われる。

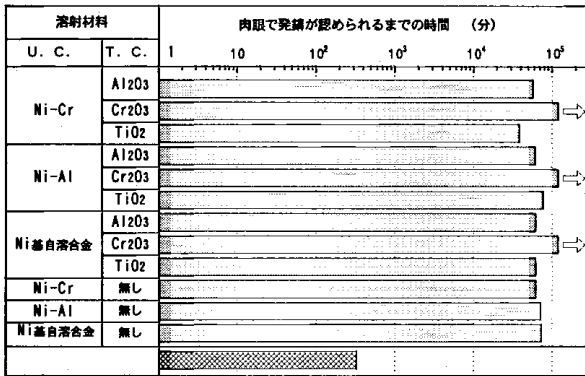


図6 セラミックス溶射材のガス腐食試験結果

3-4 溶射材の耐熱性

溶射材の熱疲労試験は鋳鉄基材が繰り返し加熱により成長するため、溶射皮膜側が凹形に大きく変形して、溶射皮膜に引っ張り応力が発生する過酷な試験となる。しかしNi-AlをアンダーコートしてTiO₂を溶射した試験材が46回の繰り返しで三隅の皮膜が僅かに剥離した以外は各溶射材とも50回の繰り返し回数に耐え、皮膜の剥離や亀裂の発生は認められず、耐熱性の高いことが明らかになった。これは金属をアンダーコート材として使用しているために、鋳鉄基材との密着力が高いことに起因していると考えられる。

3-5 溶射皮膜の耐摩耗性

スガ式摩耗試験結果を図7に示す。それぞれの溶射材の密度が異なるため、摩耗重量の絶対比較はできないが、TiO₂皮膜の摩耗量が多いのに比べて、Cr₂O₃皮膜の摩耗量が少なく、ひっかけ摩耗(Abrasive wear)に対して耐摩耗性が高いことが判明した。

溶射皮膜表面を研磨して、マイクロピッカース硬さを測定した。セラミックス皮膜はCr₂O₃は約1025、Al₂O₃は約820、TiO₂は約730の順に硬さが高く、平面ひっかけ摩耗方法による摩耗量の減少は硬さに相関していることが明らかになった。

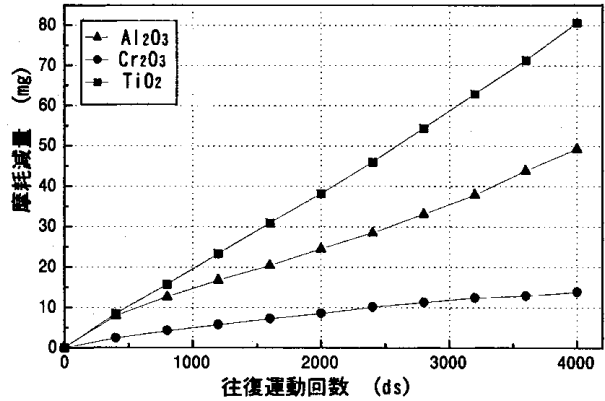


図7 スガ式摩耗試験結果

溶射皮膜のプラストエロージョン試験の噴射角度は3種類行ったが、この場合も密度の関係で絶対比較はできないが、スガ式摩耗試験結果と異なり、Cr₂O₃の摩耗量が多く、TiO₂の摩耗量が少なくなっている。噴射角度を変えても溶射材の順位は変わりなく、皮膜表面に直角になると、摩耗減量の差は大きくなる傾向を示した。この摩耗試験は衝撃的にプラスト材を吹き付けるので、硬さよりも皮膜の粒子間結合度が耐摩耗性に影響しているものと思われる。基材と皮膜の密着力測定はセラミックス皮膜内で破断していたが、セラミックス内の強さはTiO₂、Al₂O₃、Cr₂O₃の順になっていて、この順序で皮膜内粒子間結合度が高くなっていると思われる。

4 結 言

- 鋳鉄に3種類の金属をアンダーコートし、3種類のセラミックスをトップコートする計9種類の溶射皮膜を形成し、その性状を評価した結果、以下の結論を得た。
- (1) 鋳鉄基材と溶射皮膜の密着力はセラミックス皮膜内で破断するために、正確な密着力を測定できなかったが、セラミックス皮膜の基材との密着力は皮膜内の気孔の多さに影響され、TiO₂皮膜の方が高い値を示した。
 - (2) 耐食性は開気孔の少ないCr₂O₃皮膜やAl₂O₃皮膜が高く、開気孔の多いTiO₂皮膜は劣ることが明らかになった。
 - (3) 熱疲労試験による耐熱性は殆どの皮膜が50回の繰り返しの耐えて高いことが判明した。
 - (4) ひっかけ摩耗法のスガ式摩耗試験による耐摩耗性は硬さの高いCr₂O₃皮膜が高く、プラストエロージョン試験による耐摩耗性は粒子間結合度の強いTiO₂皮膜やAl₂O₃皮膜が高いことが明らかになった。

文 献

- 1) 高橋千織、植松進、千田哲也、矢野不二夫：第68回全国講演大会講演論文集(1998)39
- 2) 蓮井淳：溶射工学(養賢堂)(1969)162

アルミニウム合金への銅溶射

桑嶋孝幸*、高橋幾久雄**、太田利夫***

プラズマ溶射装置、高速ガス溶射装置、アーク溶射装置の3種類の装置により銅をアルミニウム合金基材表面に溶射し、密着力や皮膜組織などを調べた。X線回折の結果から、高速ガス溶射皮膜の酸化が少なかった。一方、組織は、プラズマ溶射、アーク溶射とも溶射皮膜特有のラメラ組織を示すが、高速ガス溶射皮膜は、半円状となっている。

キーワード：プラズマ溶射、高速ガス溶射、アーク溶射、銅溶射、皮膜組織

Copper Spraying on Aluminum Substrate

KUWASHIMA Takayuki, TAKAHASHI Ikuo and OHTA Toshio

Copper is sprayed on Aluminum substrate using plasma spraying, high velocity flame spraying and arc spraying and the adhesive strength and the coating microstructure are evaluated. From XRD test, the coating sprayed by high velocity flame spraying is oxidized slightly. The microstructures of coating sprayed by plasma spraying and arc spraying are lamella structure characterized thermal spray coating. But the coating structure sprayed high velocity flame spraying is like half-cycle structure.

key words: plasma spraying, high velocity flame spraying, arc spraying, copper coating, coating microstructure

1 結 言

溶射は、耐食性、耐熱性、耐摩耗性などを有する皮膜を各種材料表面にコーティングする技術として様々な分野で適応されている。最近では、今までの適用分野に加えて、半導体製造関連設備などをはじめとする、従来とは異なったアプリケーションへの適応が検討されている。

銅は他の金属材料に比較して電気伝導度、熱伝導度が高く、耐食性に優れ、塑性加工が容易なことから、電気工業をはじめとして様々な分野で適応されている。本研究では、新たなアプリケーションへの適用を検討するため、各溶射法による銅皮膜の性状を比較した。また、アーク溶射法では、溶射条件を変化させ、溶射条件の皮膜性状に及ぼす影響についても検討した。

2 実験方法

2-1 供試材

溶射材料は、スルザーメテコ社製とした。アーク溶射には直径1.6mm、純度99.8%銅のワイヤー状を、その他の溶射では、粒径15~45 μ m、純度99.5%銅の粉末状のものを使用した。金属基材は、A5056のアル

ミニウム合金基材で、長さ70mm、幅50mm、厚さ4.5mmの板状の試験片、また、密着力試験用として直径30mm、長さ40mmの円柱状試験片を使用した。

2-2 溶射方法

溶射装置は、アーク溶射にはスマートアーク溶射装置、HVOF (High Velocity Oxy-Fuel) 溶射にはダイヤモンドジェット溶射装置、プラズマ溶射には9MBプラズマ溶射装置のいずれもスルザーメテコ社製を使用した。また、溶射前処理として、金属基材表面をアルミナグリットでブラストを行い、粗面化、清浄化し、全溶射方法ともロボットによる自動方式で溶射した。

溶射条件を表1に示す。はじめに、溶射皮膜密着強度に及ぼす金属基材の予熱温度の影響を調べるためアーク溶射の標準条件の中間の値、溶射距離125mm、電圧28Vの条件において、予熱温度を325K、375Kの2水準で、溶射を行った。次に、溶射法による皮膜性状を比較するために、3種類の溶射法の標準条件で溶射を行い、溶射方法の違いによる基礎的な性状を調査した。また、アーク溶射では、溶射条件が皮

* 企画情報部 (現在 金属材料部)

** 金属材料部

*** (株) 釜石電機製作所

表1 溶射条件

No	溶射方法、条件				溶射材料	
	装置	電圧	溶射距離	予熱温度	形状	成分
1	アーク	30V	152mm	375K	φ 1.6mm ワイヤー状	Cu(99.8%)
2			102mm			
3		28V	125mm	323K		
4				375K		
5		26V	152mm			
6			102mm			
7	プラズマ				粒径 15~45 μm	Cu(99.5%)
8	HVOF				粉末状	

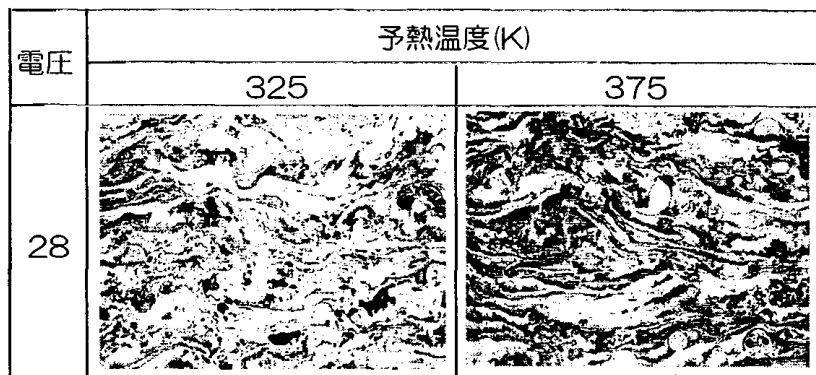


図1 溶射皮膜断面のレーザ顕微鏡組織 (アーク溶射)

100 μm

膜性状に与える影響を調べるため、溶射距離、電圧とも標準溶射条件範囲の下限値と上限値に設定し、溶射距離は102mm、152mmの2水準、電圧は26V、30Vの2水準とし、試験片を作成した。

3 実験結果及び考察

図1~3に溶射皮膜断面のレーザ顕微鏡組織を示す。図1はアーク溶射において予熱温度を325Kと375Kに変化させて溶射した皮膜組織を示しているが、予熱温度が高い方が皮膜中の気孔が少なくなっている。これは予熱温度が高く、基材温度がある程度高い領域に保たれていると、溶射中、金属基材に衝突した溶射材料の熱損失が少なく、粒子が扁平に変形しやすいためであると考えられる。この結果を踏まえ、以後の溶射において、予熱温度はすべて375Kとした。

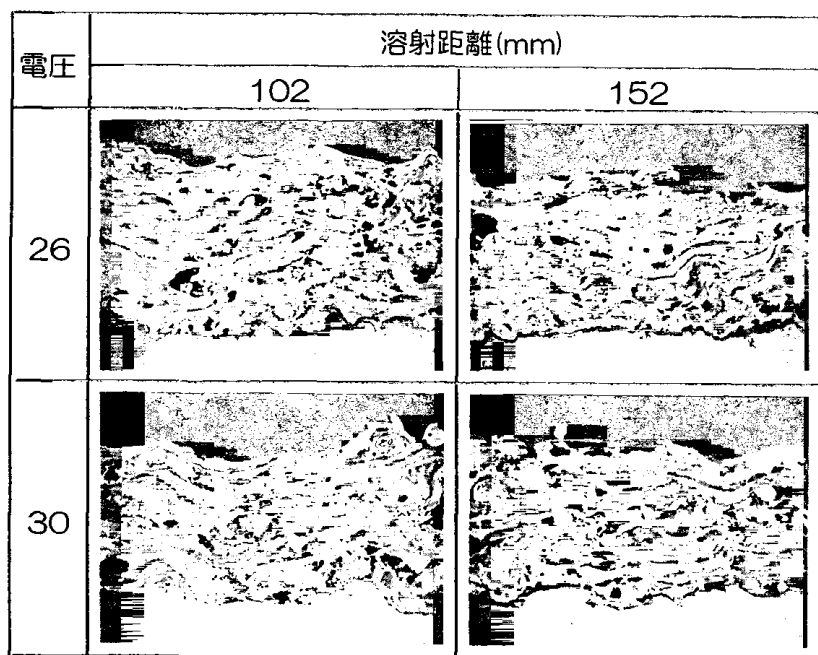


図2 溶射皮膜断面のレーザ顕微鏡組織 (アーク溶射)

100 μm

図2においてアーク溶射の溶射条件の違いによる組織への影響について注目すると、図1の条件の皮膜に比べ、気孔が多くなっているのが認められる。

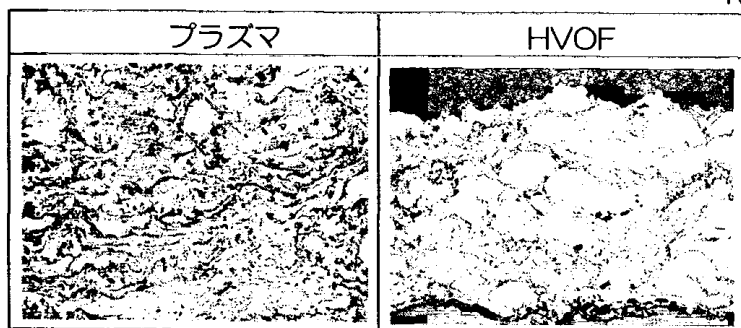


図3 溶射皮膜断面のレーザ顕微鏡組織 (プラズマ溶射、HVOF 溶射)

100 μm

特に、30Vの皮膜の方が26Vの皮膜に比べ、皮膜の方が溶融状態が良く、気孔も少なくなっている。溶射距離102mmの皮膜は、溶融した溶射材料が十分な速度に達する前に金属基材に衝突したと思われ、逆に溶射距離152mmの皮膜は一度溶融した溶射材料の飛行距離が長い為、粒子の凝固が少し始まった状態で衝突したと思われる。

図3のプラズマ溶射皮膜では、高温のプラズマを熱源としているため溶射材料の銅がよく溶融し、アーク溶射皮膜に比べてラメラ組織が細かくなっている。また、HVOF溶射では、他の溶射方法よりも半溶融状態に加熱した溶射材料を高速に基材表面に吹き付ける方法であるため、半円状になった粒子が皮膜中に多数認められる。

図4に溶射皮膜の密着力を示す。プラズマ溶射皮膜の、密着力が著しく低い。これは、溶射材料の粒径が小さいため、粒子の酸化が進み、皮膜中の酸化物が多くなっているためであると思われる。HVOF溶射は、接着層破断であり、測定値より密着力が高いと考えられる。アーク溶射では溶射距離の影響は少なく、電圧30Vの皮膜が26Vの皮膜に比べ溶融状態がよく密着力が高い。また、図1のレーザ顕微鏡組織でも気孔が多く見られた予熱325Kの皮膜は、375Kの皮膜に比べて約半分の値になっている。

溶射皮膜のマイクロビッカース硬さを図5に示す。アーク溶射皮膜の方に注目すると、溶射距離152mmの方が102mmに比べ硬度が低くなっている。これは溶射距離が長くなり飛行時間も長くなるので溶融状態の溶射材料の凝固が始まり、粒子間の結合が低くなるためであると推定される。

溶射皮膜の表面粗さ測定結果を図6に示す。溶射材料が高温のプラズマ炎によって完全に溶融されるプラズマ溶射皮膜が最も滑らかになっている。また、アーク

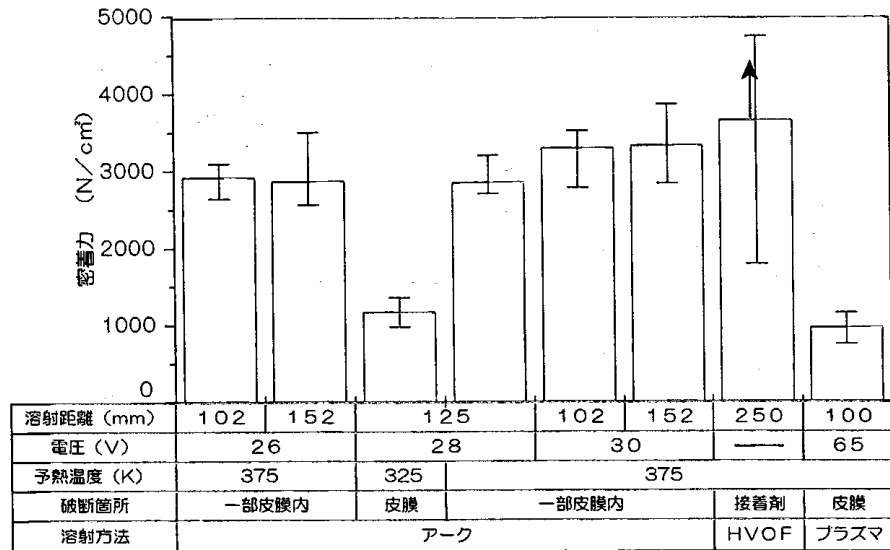


図4 溶射皮膜の密着力測定結果

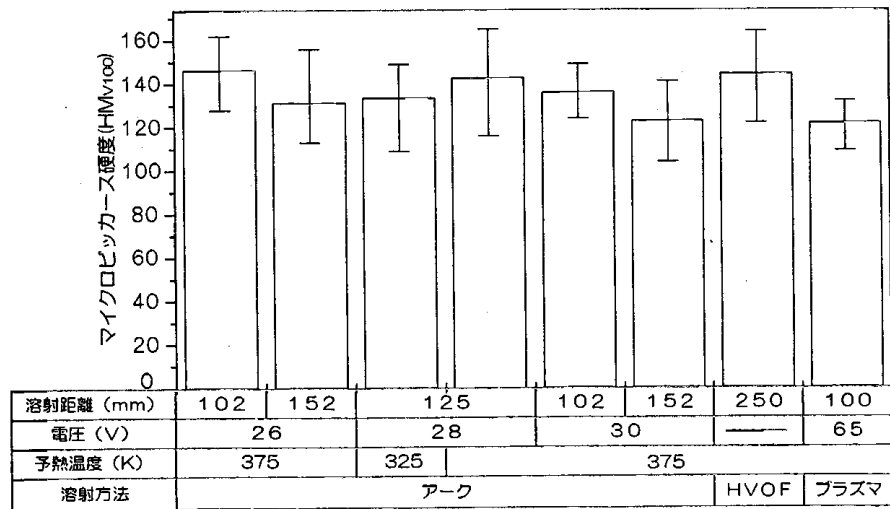


図5 溶射皮膜のマイクロビッカース硬さ測定結果

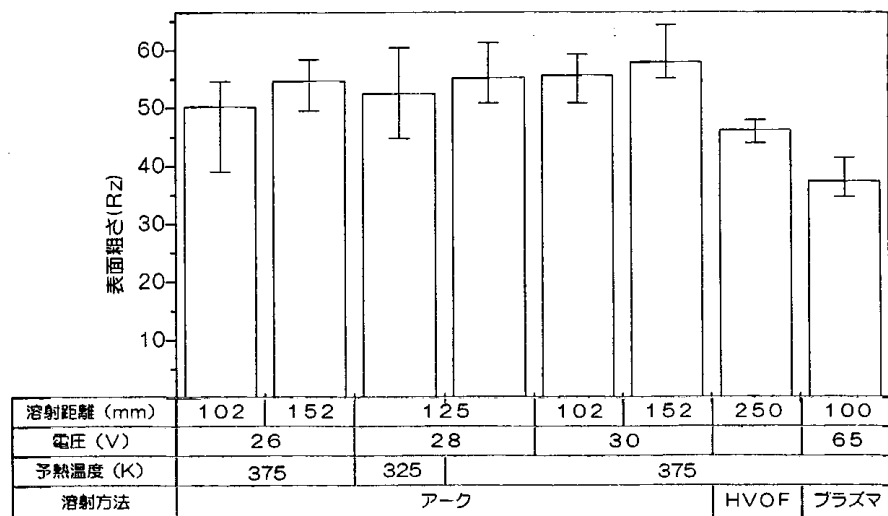


図6 溶射皮膜の表面粗さ測定結果

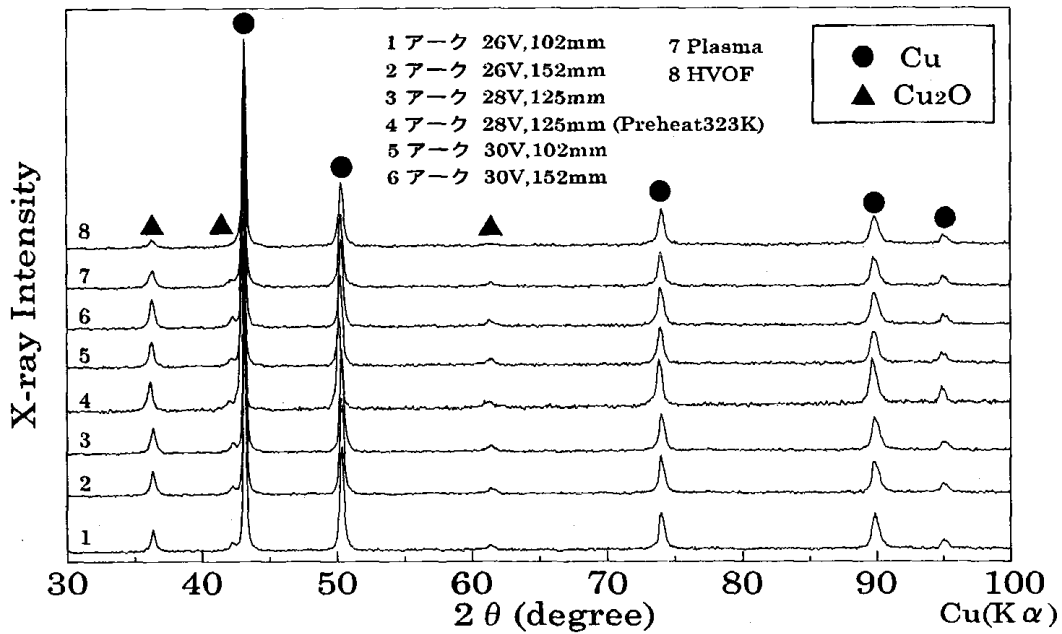


図7 溶射皮膜のX線回折結果

溶射皮膜に注目すると溶射距離152mmの皮膜が102mmの皮膜に比べわずかに粗くなっている。

図7に溶射皮膜のX線回折結果を示す。どの溶射皮膜においてもCuとCu₂Oのピークが認められる。しかし、レーザー顕微鏡組織で粒子の溶融があまり認められなかったHVOF溶射皮膜では、Cu₂Oのピークはあまり明瞭ではなく、他の溶射方法に比べて低い。これは、HVOF溶射では溶射粒子の運動エネルギーを高めて皮膜を形成するプロセスであり、溶射材料の溶融が他の溶射方法に比べ少なく、酸化が進まなかったためである。

4 結 言

- (1) アーク溶射において、金属基材の予熱温度375Kの皮膜は325Kの皮膜に比べ、気孔が少なく、密着力も高くなる。
- (2) 溶射距離を長くすると、溶射熱源によって溶融された溶射材料の状態が凝固方向に進んだ状態で粒子の

積層による皮膜が形成されるため、溶射皮膜の粒子間結合が悪くなる。

(3) アーク溶射において、アーク電圧を高くすると、溶融状態が良くなり、密着力が高くなる。また、HVOF溶射では、材料の酸化は他の溶射方法に比べて、少なく、溶射材料時の形状が多く残った状態で皮膜が形成される。

この研究は、平成10年度技術パイオニアORT研修事業で実施したものである。

文 献

- 1)溶射技術ハンドブック 日本溶射協会編,新技術開発センター
- 2)梶山正孝:非鉄金属材料,コロナ社

M A法を用いたセラミックス分散TiAl基複合材料の作製

鎌田 公一*、吉田敏裕**

メカニカルアロイング法を用い、SiC、Si₃N₄およびAl₂O₃のいずれかを分散材としたセラミックス分散TiAl基複合材料の作製について検討した。いずれの分散材の場合も、ミリング時間180ks以上でセラミックス相 / 非晶質相複合組織粉末が合成された。これら粉末を、熱間等方圧加圧法 (HIP) により焼結したところ、SiCおよびSi₃N₄はTiあるいはAlと反応し、いずれも分解した。それに対し、Al₂O₃はマトリックスと反応しにくく、Al₂O₃分散TiAl複合組織が得られた。その材料の高温硬さはTiAl単相材料に比べ優れていた。

キーワード：メカニカルアロイング、TiAl、複合材料、セラミックス

Preparation of TiAl-based Composites with Dispersed Ceramics using Mechanical Alloying Method

KAMADA Koichi, YOSHIDA Toshihiro

The preparation of TiAl-based composites with dispersed ceramics (SiC, Si₃N₄, Al₂O₃) using mechanical alloying method is studied. All mixed powders is made a formation of ceramics / amorphous complex when the milling time was 180ks over. SiC and Si₃N₄ particles react with Ti or Al and decomposed during sintering with HIP process. The reactivity of Al₂O₃ particle for Ti and Al is lower in comparison with other ceramics and obtained the microstructure with Al₂O₃ / TiAl composites. The hardness at elevated temperature of the material included in Al₂O₃ appeared to be superior to that of the material with TiAl single phase.

key words : mechanical alloying, TiAl, composite, ceramics

1 緒 言

次期耐熱材料として期待されている TiAl 金属間化合物は組成・組織制御による延性改善あるいは精密鑄造¹⁾や恒温圧延²⁾など加工方法の開発により、自動車やジェットエンジン部品として応用されつつあるが、実用化をすすめる上で材料特性の面から、高温下における機械的特性のさらなる向上が求められている。そこで、その対応策として、粉末冶金法あるいはこれとメカニカルアロイング (MA)³⁾法を用いた各種セラミックス粒子との複合化技術が検討されている^{4)、5)}。MAは異種粉末を高エネルギーのボールミルで超微細混合、化合させる方法であり、金属間化合物やセラミックス分散複合材料の製

造に適している。例えば、MAによりTi、Alおよび黒鉛粉末からTiCの生成と分散を同時に行うことができ⁶⁾、これを焼結固化することでTiC分散TiAl基複合材料が得られる⁷⁾。また、著者らはこれまでMAによるTiAl金属間化合物粉末の合成過程およびこの焼結体の高温物性について検討しており、MAにおける原料粉末の非晶質化が、焼結組織の均質化や高温物性の向上に有効である事を確認している⁸⁾。

本研究では、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るため、Ti、Al粉末に一般的な構造用セラミックスで金属系複合材料の分散材として利用される炭化珪素 (SiC)、窒化珪素 (Si₃N₄)

* 金属材料部

** 化学部 (現：一関保健所)

およびアルミナ (Al_2O_3) の各分散相形成用粉末を混合し、MA により TiAl 基の複合粉末を合成し、これら合成粉末の性状とミリング条件との関係および HIP[®]法による焼結組織について検討を行った。

2 実験方法

主原料粉末として Ti 粉末 (99.9%、 $-45 \mu m$)、Al 粉末 (99.9%、 $-100 \mu m$) を、分散相形成用粉末として SiC 粉末 ($0.6 \mu m$)、 Si_3N_4 粉末 ($-10 \mu m$) および Al_2O_3 粉末 ($0.05 \mu m$) を用いた。これらの粉末を所定量調合して混合粉末とした後ミリングに供した。ミリング容器は SUS304 製の内径 54mm × 深さ 40mm の円筒状、水冷式である。この中に調合粉末と直径 9.5mm の SUS304 製ボールを充填し、容器内部をアルゴンガス雰囲気置換後、振動ボールミリングを行った。粉末の充填量は 3.5g、ボールの充填量は 215g (容器への最大充填量の 60%)、ミリングの振動周波数は 13.1Hz 一定とした。所定時間ミリング後、得られたミリング粉末について、X 線回折による組織の同定を行った。次に、回収した粉末を直径 12mm × 高さ 10mm に成型成形しガラスカプセルに脱気封入後、HIP 法により温度 1273K および 1473K、圧力 147MPa、保持時間 3.6ks で焼結した。各工程で得られた試料について X 線回折による組織の同定、SEM によるマイクロ組織観察ならびに高温特性評価として高温微小ピッカース硬度計による硬さ測定を行った。

3 実験結果及び考察

3-1 ミリング粉末の性状

図 1 に 10vol%SiC 混合粉末のミリング時間 90、180、360 および 720ks における SEM 像を示す。ミリング 90ks の粉末回収率は数%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たためである。回収した粉末は粒径 30 ~ 80 μm 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 μm 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、この合成粉末の形状及び組織の変化傾向は Si_3N_4 混合粉末及び Al_2O_3 混合粉末の場合でも同様であった。

図 2 に各セラミックス 25vol%混合粉末の 360ks ミリング粉末の X 線回折パターンを示す。いずれのセラミックスの場合も原料の Ti と Al の回折ピークはほぼ消滅しブロードなパターンとなっていることから、ミリング粉末はセラミックス相と Ti-Al 系非晶質相から成る複合組織となっているものと考えられる。

図 3 に 2vol%、10vol%および 25vol% Si_3N_4 粉末のミリング時間 360ks における SEM 像を示す。 Si_3N_4 量が

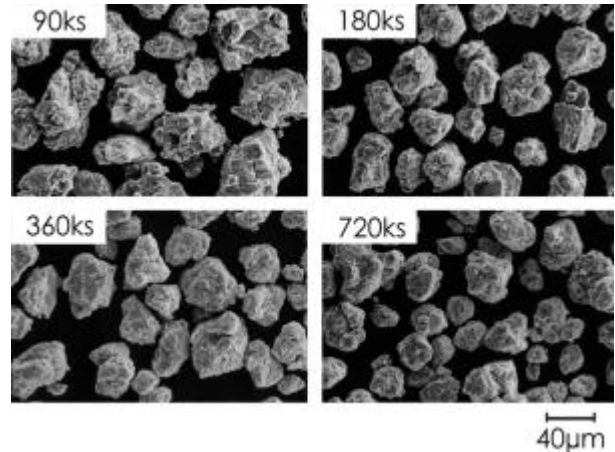


図 1 10vol%SiC混合粉末のミリング後の形状

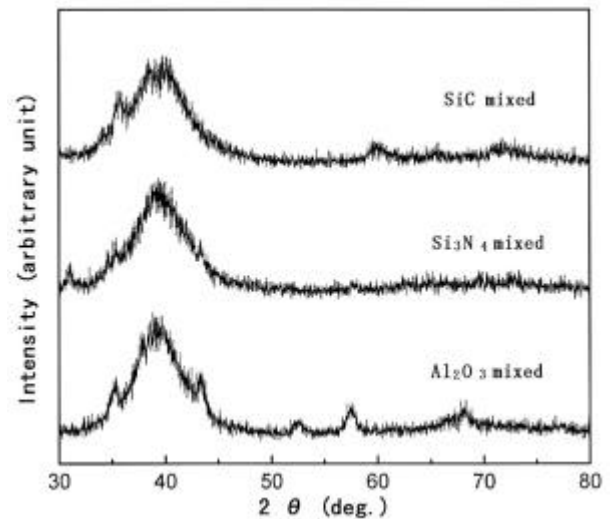


図 2 25vol%セラミックス混合粉末のX線回折パターン (Cu-K、ミリング時間: 360ks)

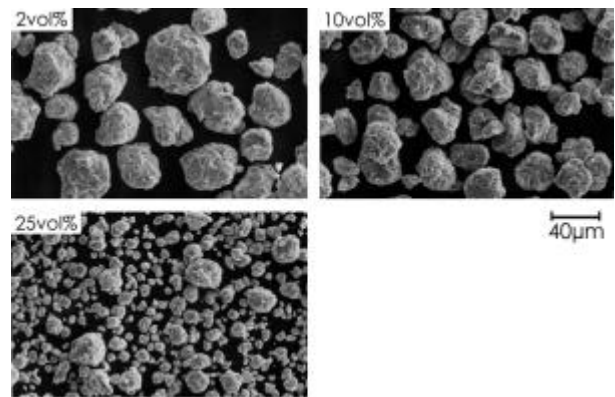


図 3 Si_3N_4 混合ミリング粉末のSEM像 (ミリング時間: 360ks)

多くなる程合成粉末の粒径は小さくなる。ミリング時間360ksの各合成粉末を篩い分けし、粒径45 μm以下の重量割合を調べた結果、いずれのセラミックス混合粉末もセラミックス量の増加に伴い微細粒が増える傾向にあった。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。また、合成粉末の常温硬度を測定したところ、セラミックス量が多い程、硬度が高くなり、延性低下によって微細化しやすい事がわかった。

以上より、Ti-Al-セラミックス混合粉末をMAすることにより、セラミックス相非晶質相複合組織の粉末を合成できることがわかった。さらに、非晶質粉末の焼結体は以前の検討で高い高温硬度を示したことから⁸⁾、これら合成粉末は、耐熱材料用原料として有効であると推察する。

3-2 焼結組織

各セラミックス混合粉末を360ksミリングした粉末のHIP焼結体のX線回折パターンを図4に示す。その結果、SiN₄混合の場合にはTiSi₂/TiAl/AlN組織、Al₂O₃混合粉末の場合には一部TiAlを含むAl₂O₃/TiAl組織、SiC混合の場合にはピークの帰属が困難で明解ではないが、TiSiC₂およびAl-Ti系化合物相からなる組織と考えられる。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およびSiN₄はTiおよびAl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わかった。一方、Al₂O₃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。図5は各セラミックス粉末25vol%混合ミリング粉末のHIP焼結組織である。SiCではHIP焼結にも拘わらず多数のポイドが認められる。これはSiC繊維とTiAlの複合化を検討した事例¹⁰⁾において、接合界面に珪化物や炭化物の反応層が形成され、同時にポイドの発生が報告されているものと同様の機構と考える。それに対し、SiN₄およびAl₂O₃では緻密な焼結組織が得られる。しかしSiN₄の場合、図4に示したX線回折結果からTiSi₂及びTiAl₃からなる組織であり、これらは耐高温酸化性には優れるが引張強度等の低い脆い化合物であることから、実用には供せないと考える。一方、分散相をAl₂O₃とした場合はAl₂O₃が微細か

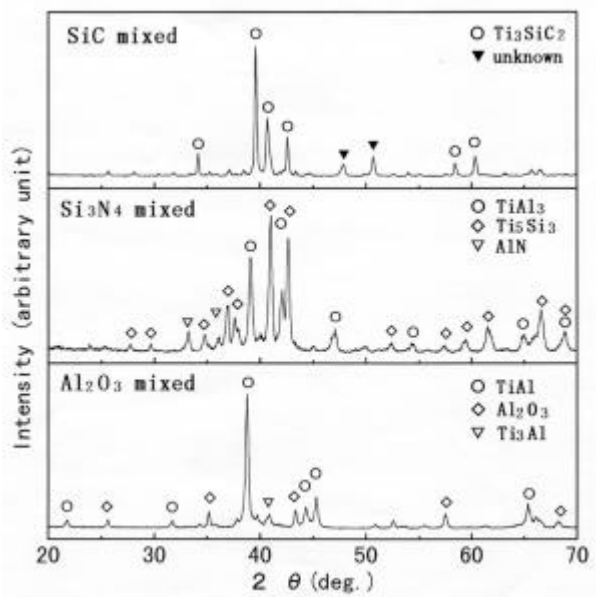


図4 25vol%セラミックス混合粉末のHIP焼結体X線回折パターン (Cu-K_α、ミリング時間：360ks、焼結温度1473K)

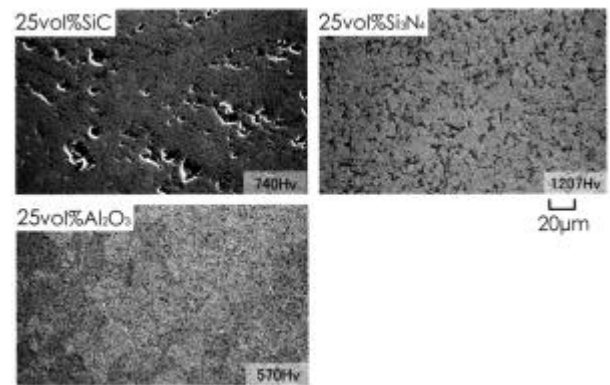


図5 各セラミックス混合HIP焼結体のマイクロ組織 (焼結温度：1473K)

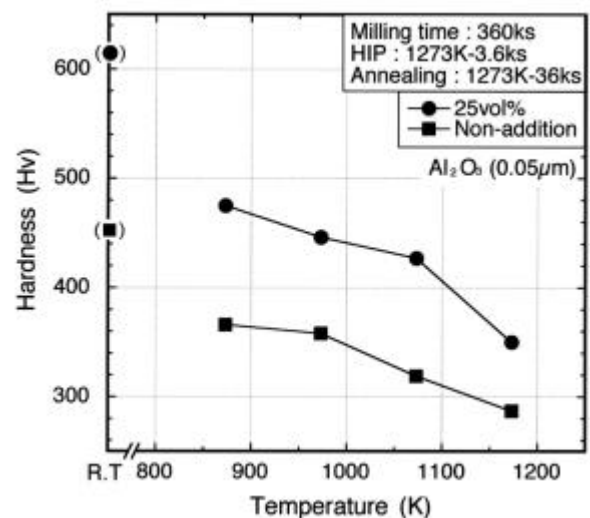


図6 25vol%Al₂O₃および無添加の360ksミリング粉末のHIP焼結体の高温雰囲気における硬さ変化

つ均一に分散しており、目的のセラミックス分散 TiAl 基複合材料が得られた。図6は 25vol%Al₂O₃ および無添加の 360ks ミリング粉末の HIP 焼結体を、Ar 雰囲気中で温度 1273K-36ks で熱処理したときの高温硬度測定結果である。測定温度域 873 ~ 1173K において Al₂O₃ 添加焼結体が無添加焼結体に比べ、60 ~ 100Hv 高い値を示し、Al₂O₃ 分散による高温硬度改善効果が認められる。また、分散相の Al₂O₃ は本実験で用いた他のセラミックスに比べ熱膨張係数が比較的大きいことから、金属系素材との界面に発生する熱応力も小さいと考えられる。以上のことから、分散相として Al₂O₃ を用い MA により均一分散させることで、セラミックス分散 TiAl 基複合材料が作製でき、さらにこの材料は MA により作製した TiAl 単相組織よりも優れた高温特性を示すことがわかった。

4 結 論

MA および HIP 法を用いたセラミックス分散 TiAl 基複合材料の作製を目的に、Ti、Al 粉末に分散相形成のための各種セラミックス粉末(SiC、Si₃N₄ および Al₂O₃) を混合し、その MA 後の粉末性状や焼結組織について比較検討し、以下の結論を得た。

(1)ミリング粉末の粒径は原料セラミックスの含有量と粒径およびミリング時間に依存する。一方、粉末組織は主としてミリング時間に依存しており、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)SiC および Si₃N₄ 混合粉末は HIP 焼結時に Ti およ

び Al との反応によりマトリックスとなる TiAl 相は形成されない。一方、Al₂O₃ 混合粉末ではセラミックス/TiAl 複合組織の焼結体が作製でき、その高温硬度は TiAl 単相組織に比べ高い値を示した。

謝 辞

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 等博士からご指導、ご助言いただきましたことに対し深謝致します。

文 献

- 1) 松田謙治, 錦織貞郎, 中川幸也: 軽金属, **44**, 601 (1994).
- 2) 橋本敬三: 軽金属, **44**, 609(1994).
- 3) 新宮秀夫: 工業材料, **40**, 18(1992.6).
- 4) 坂本 昭: 金属, **62**, 48(1992. 4).
- 5) J. M.PanchalandT.Vela: AdvancesinPowder Metallurgy, Metal Powder Industries Federation, **33**, 59(1989).
- 6) 鎌田政智, 高木節雄, 徳永洋一: 粉体および粉末冶金, **39**, 830(1992).
- 7) 落合鍾一, 土肥義治, 小島 陽, 村上 雄, 宗宮重行: 粉体および粉末冶金, **41**, 170(1994).
- 8) 吉田敏裕, 鎌田公一: 岩手県工業技術センター研究報告, **1**, 61(1995).
- 9) 小泉光恵, 西原正夫: 等方加圧技術(日刊工業新聞社), 89(1988).
- 10) 坂本 昭: 金属, **62**, 48(1995).

鑄造材料の振動特性評価に関する研究

茨島 明*、勝負澤善行*、池 浩之**、高川貫仁*、高橋範雅***

各種鑄造材料の減衰比を改良した治具を用いて測定した。また、減衰比測定時の振動をシミュレーションすることによりモード形状を解析した。その結果、減衰比を精度良く測定することが可能となった。また、振動問題の解決に必要なモーダルパラメータ（固有振動数、モード形状、減衰比）を調べることができた。

キーワード：鑄造材料 固有振動数 モード形状 減衰比

Estimation of Casting Materials' Vibrational Characteristics

BARAJIMA Akira, IKE Hiroyuki, SHOUBUZAWA Yoshiyuki,

TAKAGAWA Takahito and TAKAHASHI Masanori

We measured damping ratios of some casting materials by using the improved jig. And, We analyzed a modal shape by simulating the experiment that is measuring damping ratio. Consequently, we have been able to measure a damping ratio accurately. And, We have been able to investigate modal parameters that are important for solving a vibrational problem.

key words : casting materials, natural frequency, modal shape, damping ratio

1 緒 言

自動車部品は軽量化等のためにアルミダイカスト製品が使用されるようになってきている。我々はこれまで、アルミダイカスト製自動車部品の弾塑性変形、破壊及び減衰比を考慮した振動特性に関する研究を行い^{1),2),3),4)}、アルミダイカスト製品の強度や振動特性の向上を図ってきた。ところが、減衰比を考慮した振動特性の数値シミュレーションにおいて減衰比の測定誤差に起因すると考えられる共振レベルの計算誤差が発生したため、減衰比の測定精度を向上させなければならなかった。そこで、減衰比測定用治具を改良することにより減衰比を精度良く測定し、その減衰比を用いて鑄造材料の振動特性について検討した。

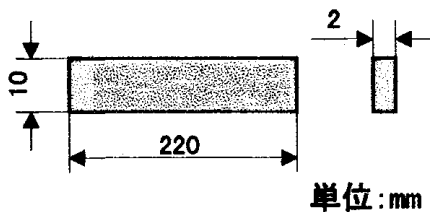


図1 減衰比測定用試験片

表1 試験材料の種類

FC250 (ねずみ鉄)
A5052 (アルミニウム合金、圧延材)
ADC12(アルミニウム合金、砂型鑄造)
ADC12(アルミニウム合金、グラビティダイカスト)
ADC12(アルミニウム合金、真空ダイカスト)
ADC12(アルミニウム合金、スクイズダイカスト)

2 実験方法及びシミュレーション方法

2-1 減衰比測定実験

減衰比測定用試験片の材種と形状を表1及び図1にそれぞれ示す。減衰比装置の概略を図2に示す。この装置による減衰比の測定は中央加振法である。これまではこの試験片を治具（ナイフエッジ）に接着剤で固定していたため、取り付け誤差や接着不良などによって考えられる測定誤差（アルミニウム合金の減衰比が鉄よりも大きな値となるなど）が生じていた。そこで、試験片の取り付けを正確に行えるように、図3に示す治具を用いて試験片を固定した。この治具は図4に示すように試験片を上下二つのナイフエッジで挟み込むことによって固定している。

* 岩手県工業技術センター 金属材料部

** 岩手県工業技術センター 金属材料部（現 企画情報部）

*** ㈱アーレスティ研究所 盛岡研究室

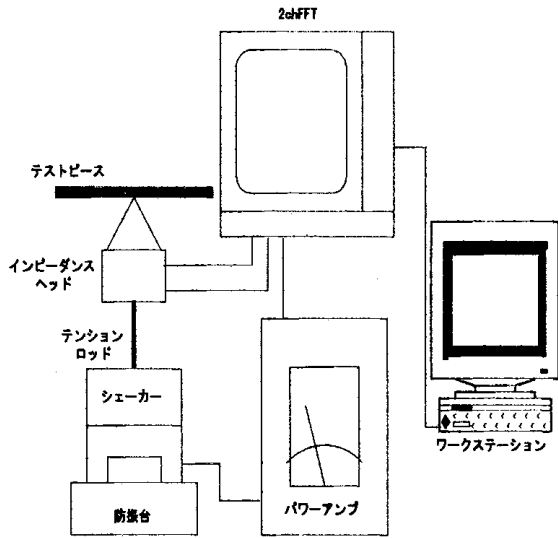


図2 減衰比測定装置

- c : 減衰マトリックス
- k : 剛性マトリックス
- f (t) : 外力ベクトル
- u : 変位
- t : 時間

3 結果及び考察

3-1 減衰比測定結果

減衰比測定結果を図5に示す。これらの値は他の文献⁵⁾の値と概ね一致していて、試験片固定用治具の改良により減衰比測定精度が向上したものと考えられる。高い周波数におけるアルミニウム合金の減衰比は製造方法によりばらつきが生じている。特に、グラビティダイカスト法による試験片の減衰比が高い値となっている。グラビティダイカスト法による試験片はポロシティが多くあり、これがダンパーとして働くため減衰比が高くなると考えられる。

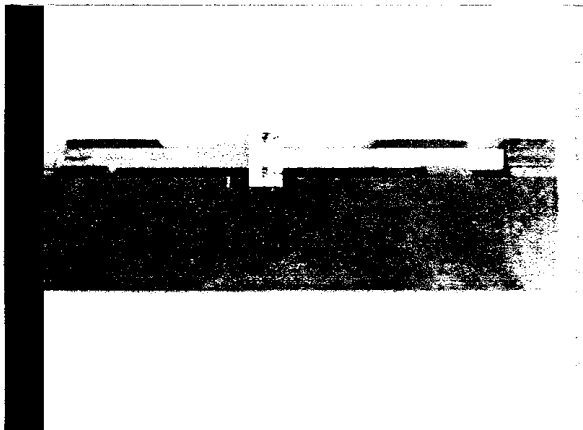


図3 改良した試験片固定用治具

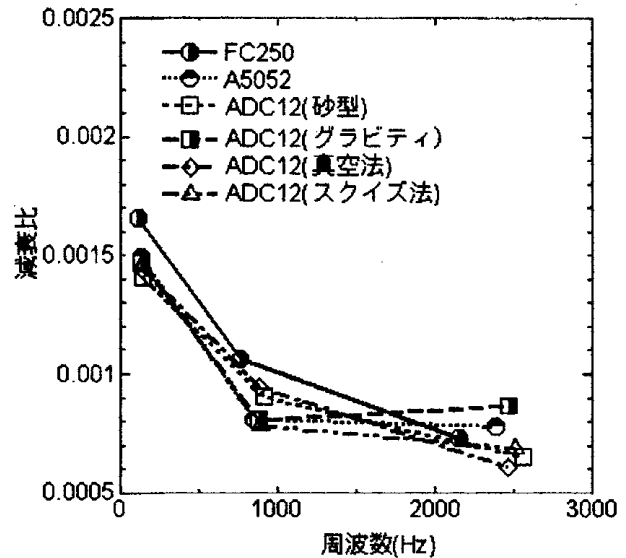


図5 減衰比測定結果

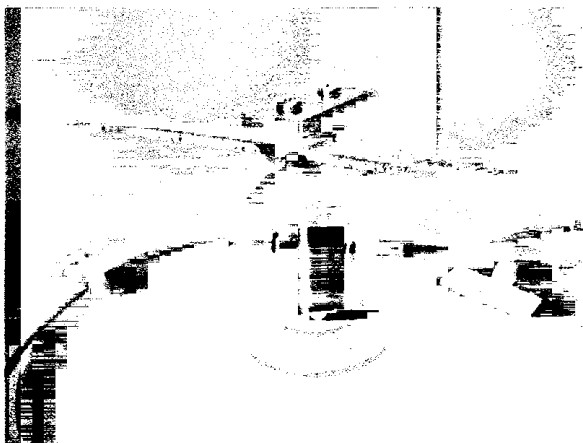


図4 改良した治具に試験片を取り付けた様子

2-2 シミュレーション方法

数値解析の運動方程式は(1)式により与えられる。

$$m \frac{d^2 u}{dt^2} + c \frac{du}{dt} + ku = f(t) \quad (1)$$

ただし、(1)式において

m : 質量マトリックス

表2 シミュレーションに用いた材料定数

	ヤング率 (MPa) 実験値	密度 (kg/m ³) 実験値	ポアソン比
真空法	73198.34	2675.68	0.3
スイス法	76856.22	2750	0.3

3-2 減衰比測定時振動シミュレーション結果

減衰比測定時振動シミュレーションに用いた材料定数を表2に示す。また、シミュレーションモデルを図6に示す。

シミュレーション結果における振動モードを図7~9に示す。また、それらのモードにおける固有振動数の比較を表3に示す。表3において実験値とシミュレーション値は良く一致しており、正確なシミュレーションが行われていることがわかる。このシミュレーション結果と減衰比測定

結果からすべてのモーダルパラメータ（固有振動数、モード形状、減衰比）を知ることができた。これらパラメータを知ることができれば振動に起因するさまざまな問題は容易に解決することができる。

4 結 言

中央加振法の試験片固定治具を改良することにより、アルミニウム合金鋳物の減衰比を精度良く測定することができた。また、減衰比測定実験とシミュレーションを行うことにより振動問題を解決するために不可欠なすべてのモー

ダルパラメータを調べることができた。

本研究は平成10年度技術パイオニア養成事業の一環として行われたものであり、成果は自動車部品の設計に応用されている。

文 献

- 1) 茨島 明、小川裕二：岩手工技セ研報、1、13(1995)
- 2) 茨島 明、小川裕二：岩手工技セ研報、2、47(1995)
- 3) 茨島 明、小川裕二：岩手工技セ研報、3、65(1996)
- 4) 茨島 明ほか：岩手工技セ研報、5、173(1998)

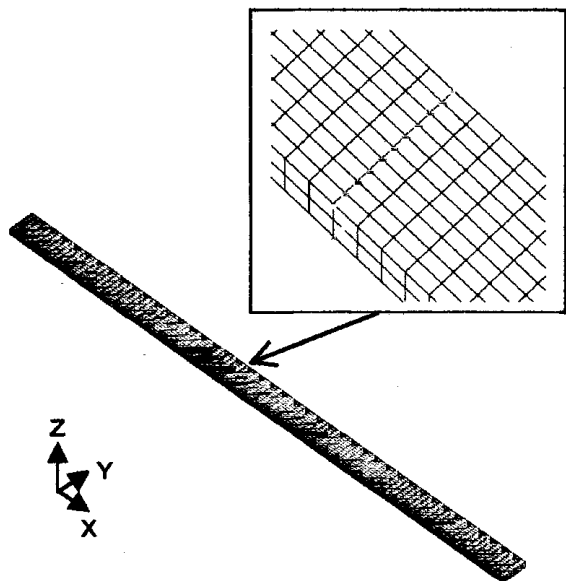


図6 減衰比測定時振動シミュレーションモデル

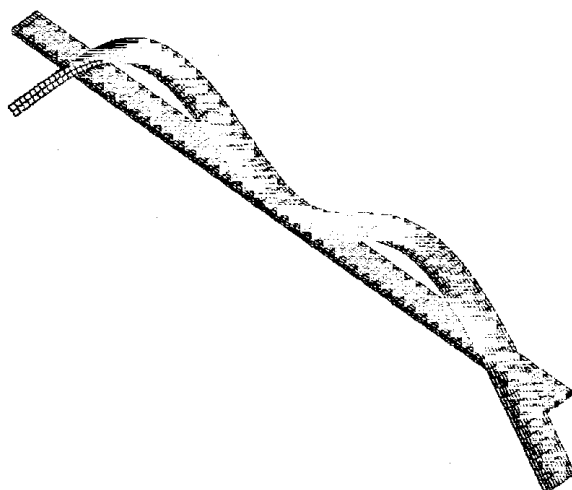


図8 シミュレーション結果（モード2）

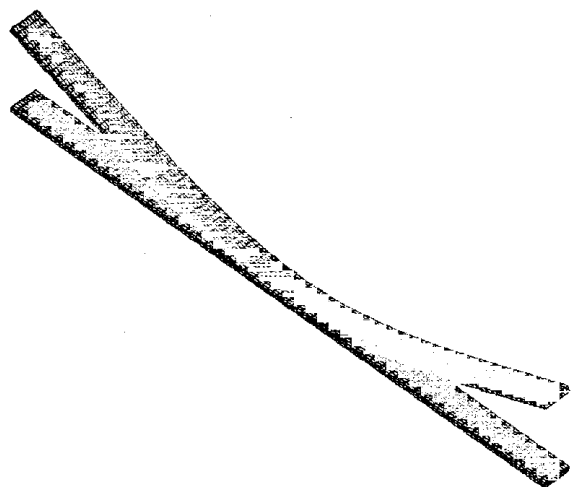


図7 シミュレーション結果（モード1）

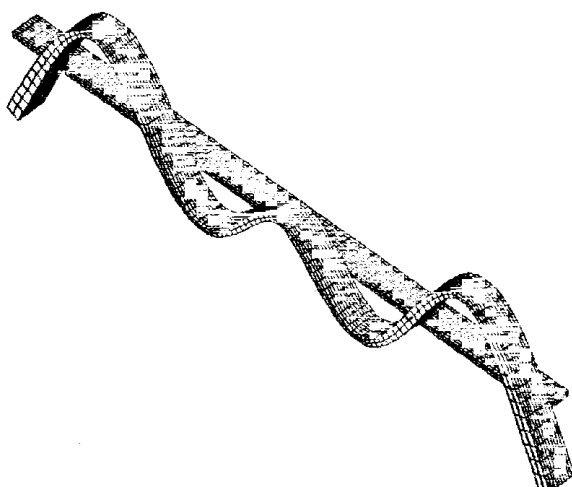


図9 シミュレーション結果（モード3）

表3 固有振動数の比較

	真空法			スクイズ法		
	実験固有値 (Hz)	FEM 固有値 (Hz)	誤差 (%)	実験固有値 (Hz)	FEM 固有値 (Hz)	誤差 (%)
モード①	140.33	140.33	0	142.96	141.84	-0.78
モード②	885.88	878.95	-0.78	894.04	888.40	-0.63
モード③	2461.86	2461.11	-0.03	2504.57	2487.55	-0.68

ダイヤモンドコアドリルの穿孔速度予測

茨島 明*、池 浩之**、勝負澤善行*

高川貫仁*、赤石 晃***

一般の研削理論式をコアドリル用に変換し、これから被削材の硬度により変化する穿孔速度を予測した。その理論値と穿孔実験結果を比較し、コアドリル用研削理論式の有用性を確認した。

キーワード：研削 ダイヤモンド コアドリル

Prediction Punch Speed of a Diamond Core-Drill

BARAJIMA Akira, IKE Hiroyuki, SHOUBUZAWA Yoshiyuki,

TAKAGAWA Takahito and AKAISHI Akira

We converted the general grinding theoretical formula for the core-drill, and we predicted punch speed which changed by the hardness of the work material using the theoretical formula. We compared it with the theoretical value and actual punch test result. And, the usefulness of the grinding theoretical formula for the core-drill was confirmed.

key words : grinding, diamond, core-drill

1 緒 言

図1に示すようなダイヤモンドコアドリルはコンクリート建造物への穴あけ工具として広く使用されている。これらコアドリルの多くは手持ちハンドドリルにて穿孔を行うものであり、工作機械で使用される研削工具とは研削条件が大きく異なる。最大の相違点は限られた小動力、押し付け力（穿孔方向荷重）での穿孔性能が要求される点であり、このことから一般の研削理論式をそのまま当てはめることはできないので、独自の研削理論式が必要となる。独自の研削理論式を確立することは容易でないが、本研究では一般の研削理論式をコアドリル用に変形するという簡便な意図を採用し、得られた理論式から被削材の硬度により変化する穿孔速度を予測計算した。さらに実際の穿孔テスト結果と比較検討し、限定的ながら独自のコアドリル研削理論式の有用性を確認した。

2 コアドリル研削理論

一般的なダイヤモンド砥石の研削理論より、研削表面積中のダイヤモンド粒子の幾何学的な分布密度（切れ刃密度：個/mm²）λは式1となる。

：個/mm²）λは式1となる。

$$\lambda = K_1 (6 V_g / \pi)^{2/3} / d_o^2 \quad (1)$$

K₁：目出し係数、V_g：砥粒率

d_o：ダイヤモンド粒子直径

Brinell硬度の考えより被削材硬度をH_Bとすれば、単一ダイヤモンド砥粒に作用する外力F_gと切り込み深さd hの関係は式2となる。

$$d h = F_g / \pi d_o H_B \quad (2)$$

また外力F_gは穿孔方向荷重F_zにより式3から求まる。

$$F_g = F_z / n A_1 \lambda \quad (3)$$

n：セグメント刃数

A₁：セグメント当たりの実研削面積

これら式1～3より、式4ができる。

$$\begin{aligned} d h &= F_z / n A_1 \pi d_o \lambda H_B \\ &= F_z d_o / (n K_1 A_1 \pi^{1/3} H_B (6 V_g)^{2/3}) \end{aligned} \quad (4)$$

またコアドリルの穿孔速度は理論上、式5で求まる。

$$\text{穿孔速度} = R \cdot n A_1 V_g d h / (2/3 \cdot T d_o) \quad (5)$$

* 岩手県工業技術センター 金属材料部

** 岩手県工業技術センター 金属材料部 (現在 企画情報部)

*** ユニカ㈱岩手工場

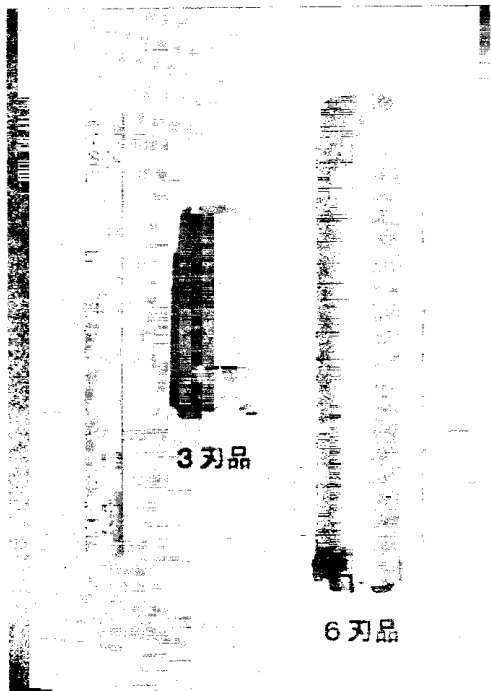


図1 ダイヤモンドコアドリル製品

R.: 工具回転数、 T: セグメント厚み
これに式4を代入すれば

穿孔速度

$$= R \cdot n A_1 V_g (F_z d_o / (n K_1 A_1 \pi^{1/3} H_B \cdot (6 V_g)^{2/3})) / (2 T d_o / 3)$$

$$= R \cdot F_z V_g^{1/3} / (2 \cdot 2013 \cdot T K_1 \pi^{1/3} H_B) \quad (6)$$

式6から求める穿孔速度と穿孔方向荷重 F_z の関係を
図2に示す。

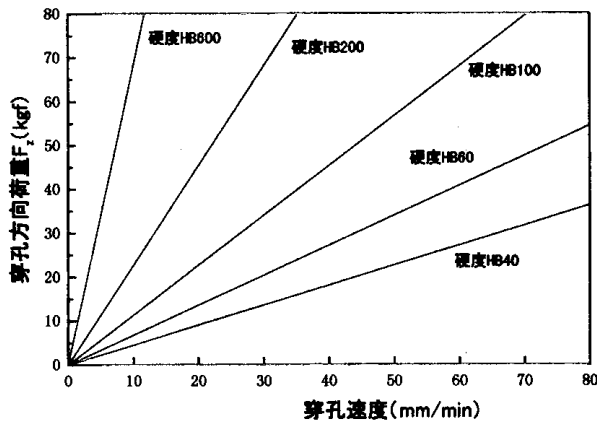
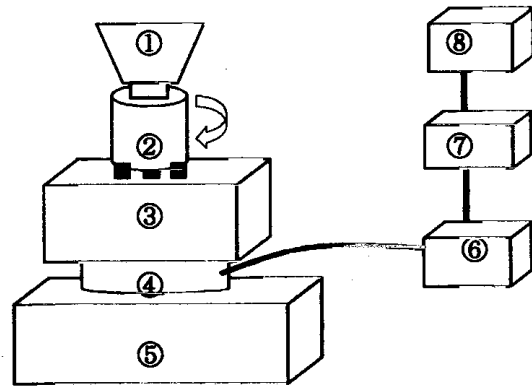


図2 穿孔速度と穿孔方向荷重係 (理論値)

3 検証実験

図1に示すユニカ (株) 製ダイヤモンドコアドリルを本穿孔テストに用いた。これらダイヤモンドコアドリルは外径寸法 $\phi 32$ mm、ダイヤモンドセグメント数は3刃と6刃である。これを図3に示すように縦型フライス盤に取り付け、主軸回転数900rpm、穿孔速度を9mm/minから72mm/minにて

穿孔実験を行った。穿孔方向荷重(F_z)の測定は、テーブルと被削材間に固定した4成分動力計により測定した。



①フライス盤主軸、②ダイヤモンドコアドリル、③被削材、
④動力計、⑤フライス盤テーブル、⑥増幅器、
⑦記録計、⑧動力解析用コンピュータ

図3 検証実験の概略

4 理論式と検証実験結果との比較

本実験では被削材として、空洞がなく硬度が均一な粘板岩 ($H_B = 60$) を使用した。ダイヤモンドセグメント3刃と6刃品での穿孔方向荷重の測定結果を図4に示す。穿孔方向荷重 (F_z) は穿孔速度が増加するにつれ大きくなり、両者の関係は1次関数で近似できることがわかる。

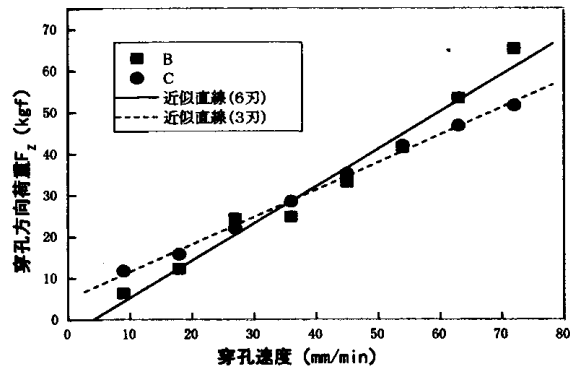


図4 粘板岩での穿孔速度と穿孔方向荷重

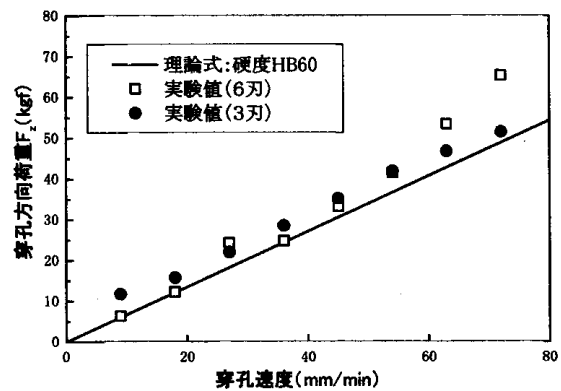


図5 穿孔速度と穿孔方向荷重 (理論値と実験値)

また、コアドリル研削理論（計算条件： $R_0=900\text{rpm}$ 、 $V_g=0.05$ （concentration=20）、 $T=3.5\text{mm}$ 、 $K_1=1/3$ ）と検証実験結果を比較したものを図5に示す。粘板岩に相当する硬度 $H_b=60$ の研削理論計算値は穿孔方向荷重の測定結果とほぼ一致している。ただし、6刃のコアドリルでは穿孔速度が速くなると誤差がかなり大きくなり、3刃では穿孔速度が遅くなると誤差が大きくなる。式6で摩擦及びそれに起因する熱等を考慮していないため、このような誤差が出ると考えられる。

5 結 言

粘板岩（ $H_b=60$ ）での実験結果と研削理論計算結果より、限定的ではあるが穿孔速度と穿孔方向荷重の関係は1次関数により近似表現できることがわかった。このことは

今まで得られていない知見である。

また、粘板岩での実測値と理論計算値を比較検討した結果、両者はほぼ一致しており、被削材の硬度が判明すれば穿孔テストをしなくても、穿孔速度が机上にて容易に予測計算できる事が判明した。さらに、式6は種々の被削材の硬度に対応した最適なダイヤモンドコアドリルセグメントの詳細を決定する上で非常に有効である。

本研究は平成10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) 海野邦昭：CBN・ダイヤモンドホイールの使い方、
- 2) 川村末久、他：研削加工と砥粒加工

有機自硬性鑄型の伝熱特性に及ぼす骨材の影響

池 浩之^{*}、勝負澤善行^{**}、茨島 明^{**}
高川 貫仁^{**}、本山 勝見^{***}、田中 悟^{***}

有機自硬性鑄型用の骨材として、ムライトサンド、シリカサンドおよびジルコンサンドを用い、その鑄型にアルミニウム合金を注湯した。そして、アルミニウム合金の冷却速度などを測定し、各鑄型の伝熱特性を比較した。その結果、伝熱特性は、ジルコンサンドが最も良く、ムライトサンドとシリカサンドはほぼ同等の伝熱特性を示すことが分かった。熱伝導率の高いシリカサンドの伝熱特性が、ムライトサンドとほぼ同等となる理由は、鑄型内への骨材の充填性が影響していると考えられた。

キーワード：アルミニウム合金鑄物 有機自硬性鑄型 伝熱特性

The Effect of Kind of Sand on the Heat Transfer Properties of Organic Self-Curing Molds

IKE Hiroyuki, SHOUBUZAWA Yoshiyuki, BARAJIMA Akira
TAKAGAWA Takahito, MOTOYAMA Katumi and TANAKA Satoru

We made the organic self-curing molds by using the sand of mullite, silica and zircon. And aluminum alloy was poured in each molds, and the cooling rate etc. were measured and heat transfer properties of each mold compared. As a result, The heat transfer properties of zircon is the best and it has been understood that mullite and silica reach almost the same value. The heat transfer properties of silica that the heat conductivity is high was though for the filling of sand to the molds to influence the reason which almost became the same with mullite.

key words: aluminum alloy, organic self-curing mold, heat transfer property

1 結 言

最近、環境への配慮から鑄物工場より排出される廃砂の低減が重要視されてきているが、現在鑄造工場で多く利用されているシリカサンドは、自硬性鑄型用骨材などとして使用した場合、再生処理時に微粉が発生し易く回収率に劣る。一方、鑄鋼などの骨材として使用されているムライトサンドは、硬い球状の焼結砂であるため再生処理時の回収率に優れていることから、鑄鉄や鑄鋼の分野に限らず、アルミニウム合金などの非鉄鑄物分野にお

いても注目されつつある。ところが各骨材の特性は表1に示すように異なっており、この特性によってアルミニウム合金鑄物の品質に影響を及ぼすと考えられる。特に鑄型の伝熱特性は、アルミニウム合金鑄物の湯流れ性、充填性に影響を及ぼす他、結晶粒、共晶Siなどの成長速度を支配する因子であり、それは直接引張強度、伸びなどの機械的性質にも影響を及ぼす重要な要素となる。しかし、ムライトサンドやシリカサンドなどの有機自硬性鑄型骨材の種類を変化させた鑄型を作製したとき、各

* 金属材料部（現在 企画情報部）

** 金属材料部

*** 横河電子機器株式会社

表1 各骨材の特性値(C社カタログより)

	ムライトサンド	シリカサンド	ジルコサンド
粉体高密度 g/cm ³	1.69	1.58	2.99
耐火度	1825	1730	1825
熱膨張率 300s後%	-0.02	1.39	0.18
熱伝導率 w/m·K	生型	0.49	0.72
	CO ₂	0.63	0.86
比熱 J/kg·K	1842	1130	1424
主な化学成分	Al ₂ O ₃ 61%	SiO ₂	ZrO ₂ 66%
	SiO ₂ 37%		SiO ₂ 32%

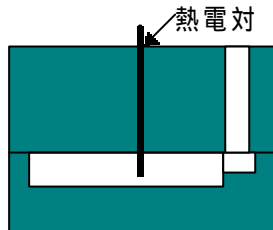


図1 冷却性能測定用鑄型形状

鑄型の伝熱特性などがアルミニウム合金鑄物の溶湯の流動性、機械的性質などに及ぼす影響を調べた例はみられない。そこで本研究では、これらについて調べることを目的とした。

2 実験方法

実験は表1に示したムライトサンド、シリカサンド、ジルコサンドの3種類を用いた。そして各骨材の粒度指数は(JIS FN176)に統一し、粒度による充填性の差を出来るだけ抑え、骨材の充填性による冷却性能の変化を少なくした。そのためシリカサンドは市販のA社製とB社製の砂を、またムライトサンドは、C社製の#650と#1450の砂をブレンドした。ジルコサンドは市販品をそのまま用いた。粘結剤はD社製を用い、その添加量は樹脂が2.5wt%(対砂比)硬化剤が18wt%(対樹脂比)とし、骨材への粘結剤の添加は小型バッチミキサーを使用して混練した。鑄物の冷却性能は図1に示すように100×100×15mm³の板状のキャビティー内の中央部に熱電対を埋め込み、各骨材で鑄型を作成した。その鑄型に溶湯処理を施したAC4Cアルミニウム合金溶湯を注湯して、鑄型の冷却速度を調べた。同様にJIS 4号試験片形状鑄型と渦巻き状流動長測定鑄型を骨材を変えて作成し、それぞれの鑄型から得られた鑄物の機械的性質、鑄型内における溶湯の流動長などを調べた。

3 実験結果

自硬性鑄型の骨材を変化させたときの、AC4Cアルミニウム合金鑄物の冷却速度は、注湯温度750 から500 までの冷却時間で測定した。その結果を図2に示す。骨材の熱伝導率は表1に示すように、ジルコサンドが最も優れ、その次にシリカサンド、ムライトサンドの順となった。ジルコサンドを使用したものは、熱伝導率が高

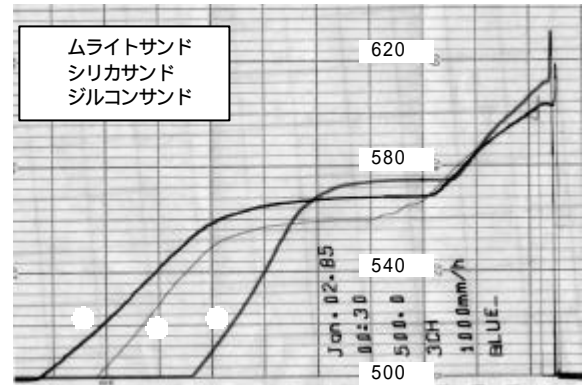


図2 各骨材を用いたときのAC4Cアルミニウム合金の冷却曲線

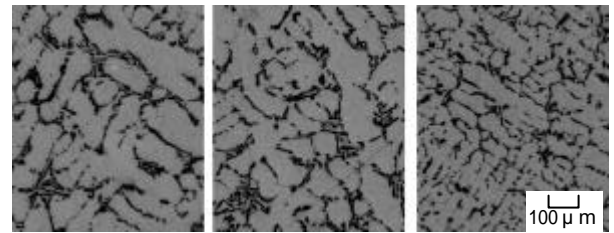


図3 各骨材を用いたときのAC4Cアルミニウム合金の組織観察結果

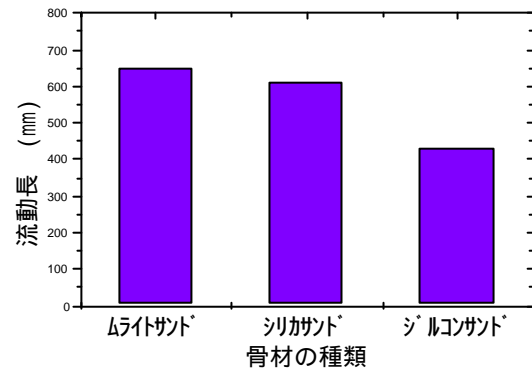


図4 AC4Cアルミニウム合金の流動長に及ぼす骨材の影響

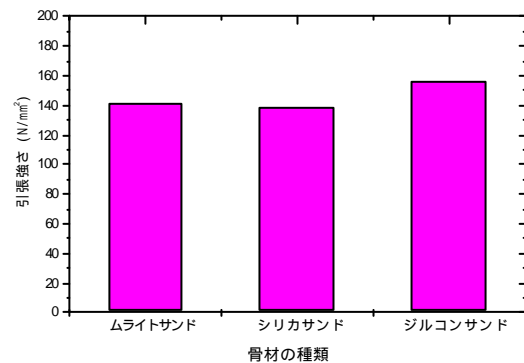
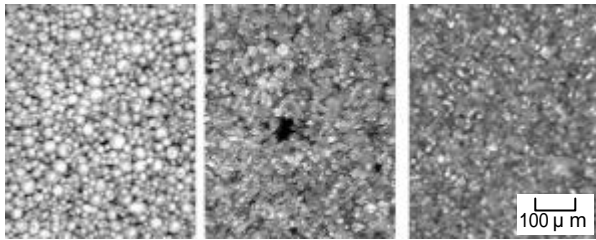


図5 AC4Cアルミニウム合金の機械的性質に及ぼす骨材の影響

いため予想通りであったが、シリカサンドの冷却速度は、予想に反してムライトサンドとほぼ同等であった。この

表2 各骨材から作った型の熱伝導率測定結果

骨材の種類	熱伝導率 (W/m・K)
ムライトサンド	0.413
シリカサンド	0.315
ジルコンサンド	0.641



ムライトサンド シリカサンド ジルコンサンド

図6 各骨材を用いて作った鑄型の充填状態観察結果

ことは、図3のそれぞれのアルミニウム合金の組織観察結果からも云える。つまりムライトサンドとシリカサンドでは共晶Siの生成状況や寸法はほぼ同じで、冷却速度の差は観察されなかった。

次に、3つの骨材から作った流動長測定鑄型を用いてアルミニウム合金の流動長を測定した結果を図4に示した。ムライトサンドとシリカサンドの流動長は、650mm前後とほぼ同等となった。一方、冷却速度の速いジルコンサンドを骨材とした鑄型の流動長は、ムライトサンドおよびシリカサンドを骨材とした鑄型の約2/3となることが分かった。

図5は、骨材の種類を変化させたときのAC4Cアルミニウム合金の引張強さおよび伸びの測定結果を示した。アルミニウム合金は同じ溶湯から採取したものであり、結晶粒微細化処理、改良処理は行っておらず、鑄出し状態の試料を測定した。いずれもJISの規定値を満足しているが、冷却速度の速いジルコンサンドを骨材として用いた方が、強度は約15%高くなる。しかし、伸びは逆に低くなることが分かった。これは、図3の共晶Siの寸法と関係しており、細かいものほど強度が高くなり、伸びが低下したと考えられる。また、シリカサンドとムライトサンドの引張強さは140N/mm²、伸びは約2.5%であり、共晶Siの寸法がほぼ同じであることから、機械的性質もほぼ同等となることが分かった。

4 考 察

これまで述べてきたように、有機自硬性鑄型用骨材の種類をムライトサンド、シリカサンドおよびジルコンサンドと変化させ、鑄型内における合金の冷却速度、流動長、組織および機械的性質などを測定した結果から判断すると、それぞれの鑄型の伝熱特性は、ジルコンサンドが最も優れ、シリカサンドとムライトサンドはほぼ同等となることが分かった。ジルコンサンドは、この3つの骨材の中で、熱伝導率が0.87w/mK(表1の生型の場合、以下同)と最も高いことから、伝熱特性は高くなると考

表3 各骨材の通気度測定結果

骨材の種類	通 気 度	
	手詰め	つき固め
ムライトサンド	164	88.1
シリカサンド	175	87.9
ジルコンサンド	133	20.4

えられる。一方、シリカサンドの熱伝導率は0.72w/mKであり、ムライトサンドの0.49w/mKに比べて約40%も高くなっているが、伝熱特性はほぼ同じとなる。この伝熱特性が同じとなる理由について次に考えてみる。

表2は、それぞれの骨材を用いて、鑄型を作ったときと同条件で、20×40×120mmのブロックを作り、ブロックの熱伝導率をQTM迅速熱伝導率計(昭和電工株式会社製)を用いて測定したときの結果を示す。砂型の熱伝導率の測定結果は、測定方法によっても変化するようである¹⁾が、この結果では、ジルコンサンドの熱伝導率が最も高くなり、表1の結果と変わらないが、ムライトサンドとシリカサンドを比較すると、表1の結果に反し、むしろムライトサンドの方が熱伝導率は高くなることが分かった。

図6はそれぞれの骨材を用いて作製した鑄型の充填状態観察結果を示した。粒度指数はすべて一定にしてあるにも関わらず、ムライトサンドおよびジルコンサンドを骨材とした場合は、ほとんど空隙は見られないが、シリカサンドを用いた場合のみ、中心部にあるような黒い空隙が見られる。また、それぞれの骨材の形状を見てみると、ムライトサンドは完全な球形をしており、シリカサンドは不定形状になっていることが分かった。そこで、表3には、それぞれの骨材の通気度を手詰め状態と3回つき固めた状態で測定した結果を示した。不定形状のシリカサンドは、球状のムライトサンドに比べて手詰め状態の通気度が高いことが分かった。つまり軽く砂を充填した状態では、シリカサンドを骨材に使用すると空隙が多くなると考えられた。

ところで自硬性鑄型の場合、生砂型やCO鑄型などと比較して鑄型を作製するとき、硬化剤が固まる前に素早く充填し、短時間で成型しなければいけないため、十分につき固めることは不可能となる。そのため、図6に示したように、流動性の良い球形の形をしているムライトサンドは、特に充填性が良くなり、空隙が少なくなったと考えられた。一方シリカサンドの場合、形状が一定で無く、また流動性が悪いいため、充填したときに空隙が多く発生し、この隙間が鑄型全体の断熱効果を高くし、結果として熱伝導率が低下したと考えられた。以上の結果より、有機自硬性鑄型用骨材としてのシリカサンドとムライトサンドを比較した場合、ほぼ同等の冷却性能になったものと考えられた。

5 結 論

有機自硬性鑄型用骨材としてシリカサンド、ムライト

サンドおよびジルコンサンドを使用した鑄型の伝熱特性を、アルミニウム合金を用いて比較した結果、以下の結論が得られた。

- 1) アルミニウム合金の冷却速度、流動長、機械的性質や組織などから判断して伝熱特性が最も優れているのは、ジルコンサンドであり、シリカサンドとムライトサンドは、ほぼ同等となることが分かった。
- 2) シリカサンドは有機自硬性鑄型用骨材として使用し

た場合、流動性が悪いため、鑄型内での充填性がムライトサンドに比べて低下し、空隙が発生し易くなり、鑄型全体の熱伝導率が悪くなるため、伝熱特性がムライトサンドとほぼ同等となると考えられた。

文 献

- 1) 久保 公雄、大中 逸雄、福迫 達一「最適化手法による砂型の熱伝導率の測定」：鑄物, 53. 1981. 31.

[研究報告]

1,3,5-トリアジン-2,4-ジチオール-6-ナトリウムチオレート によるリン青銅表面形成皮膜の構造と特性*

佐々木英幸**、小林伊智郎***、於本立也***、森邦夫****

1,3,5-トリアジン-2,4-ジチオール-6-ナトリウムチオレート(TTN)水溶液処理でリン青銅表面に形成されるトリアジンチオール銅塩皮膜の構造と特性について検討した。皮膜構造は処理条件によって変化し、TTN濃度 $2\text{mol}/\text{m}^3$ 以上または処理時間120s以上ではトリアジンチオール銅塩が金属表面に緻密に平行配向した。また、金属との界面で生じた電気二重層によって皮膜内に正の空間電荷が広がり電子密度の低い状態にあることも明らかになった。

キーワード：トリアジンチオール、射出成形、接着、リン青銅

Characteristics and Structure of Films Formed on Surface of Phosphor Bronze Plates Treated with 1,3,5-Triazine-2,4-Dithiol-6-Sodium Thiolate

SASAKI Hideyuki, KOBAYASHI Ichirou, OMOTO Tatsuya and MORI Kunio

Characteristics and structure of triazine cuprous thiolate films formed on phosphor bronze (PB) plates treated with 1,3,5-triazine-2,4-dithiol-6-sodium thiolate (TTN) aqueous solution were investigated. The structure of the film has changed depending on treatment conditions. In the case of TTN concentration of $2\text{mol}/\text{m}^3$ or more or treatment time of 120s or more, triazine cuprous thiolate in the film exactly orientated parallel to surface of the metal. It was also found that a positive space charge causes low of an extension electronic density with the electric double layer caused in the interface with the metal in the film.

keywords: triazine thiol, injection molding, adhesion, phosphor bronze

1 緒 言

著者らは1,3,5-トリアジン-2,4-ジチオール-6-ナトリウムチオレート(TTN)水溶液で処理した銅合金が射出成形でプラスチックと直接接着できることを報告してきた¹⁾⁻⁶⁾。この接着は銅合金上に形成したトリアジンチオール銅塩(TT-Cu)皮膜とプラスチック中の官能基との間の化学結合形成と考えられるが、TTN水溶液の濃度、浸せき処理時間によって接着強度が大きく変化した。接着強度に及ぼすTTN処理の各要因を分散分析した結果は、TTN濃度0.02%以下、浸せき時間5分以下で高い接着強度が得られることを示した^{1),2)}。このように銅合金上に形成されるTT-Cu皮膜は処理条件によってその構造や反応性が変化すると予想される。金属上でのトリアジンチオール化合物の皮膜形成に関しては、各種の6-置換-1,3,5-トリアジン-2,4-ジチオールのナトリウム塩(RTDN)水溶液による各種金属表面での造膜反応について検討した森らの報告がある⁷⁾。この報告では、置換基のアルキル鎖の炭素数が10以下の場合、表面で生成したTT-Cuが金属内

部に向かって拡散し皮膜が成長することを示した。しかし、TT-Cu自体が生成する機構や拡散機構、皮膜内構造、皮膜の物理的・化学的性質については十分解明されていない。このような皮膜の構造や特性を明らかにすることは、この皮膜を接着に利用する上で必要不可欠である。

本研究では、TTNによってリン青銅表面に形成されるTT-Cu皮膜の構造とその表面特性をフーリエ変換赤外線分光分析及びX線光電子分光分析法を用いて検討した。

2 実験方法

2-1 材料及び試薬

TTNは市販品をメタノールで精製し用いた。その他の特級試薬及びリン青銅板(50×25×0.5mm, JIS C 5191, Cu;93.5%, Sn;6.3%, P;0.2%)は市販品を用いた。リン青銅板はアセトンで30~60分間超音波脱脂洗浄し、10%硫酸に室温で1分間浸せき後、蒸留水で繰り返し洗浄したのちメタノールで洗浄し60℃温風で乾燥した。次いで所定濃度、所定温度のTTN水溶液に所定時間浸せきしたの

* 金属とプラスチックの一体成形技術に関する研究(第9報)

** 化学部(現在企画情報部)

*** (有)トーノ精密

**** 岩手大学工学部

ち、蒸留水で洗浄を繰り返し、メタノール洗浄後60 温風で乾燥し試料とした。

2-2 トリアジンチオール銅塩の作成

皮膜のモデル化合物としてトリアジントリチオール三銅(1)塩(TT-3Cu(1))を合成した。TT-3Cu(1)は塩化第一銅0.297g(3mmol)をアンモニア水(1+1)100mlに溶解しこれに塩酸ヒドラジン0.3gを加え、窒素気流中で30分攪拌後窒素を通したままTTN 0.199g(1mmol)を溶解した水溶液30mlを攪拌しながら徐々に滴下し作成した。TT-3Cu(1)塩の沈殿は濾過し濾液中の塩素イオンが硝酸銀で確認されなくなるまで洗浄した後真空乾燥した。乾燥したTT-3Cu(1)塩は元素分析を行った結果、N;11.3%, S;26.0%, Cu;52.6%であり理論値(N;11.52%, S;26.36%, Cu;52.24%)とほぼ一致していることを確認した。

2-3 分析及び測定

TTN処理試料表面に形成された皮膜厚さはエリブソメーター(溝尻工学工業所製)で測定した。また処理試料はフーリエ変換赤外線分光光度計(FT-IR;日本分光(株)製8900)、X線光電子分光分析装置(XPS;アルバック・ファイ(株)製5600Ci)で表面分析を行い、原子間力顕微鏡(AFM; (株)島津製作所製)で表面観察した。FT-IRスペクトルはアセトン脱脂、10%希硫酸浸せき洗浄した銅合金板をリファレンスとして反射吸収法で測定した。XPSスペクトルは表面汚染の炭素を基準(284.8eV)として補正した⁶⁾。TTN処理中の自然電位はポテンショスタット((有)日厚計測製NPGS-305)で飽和カロメル電極を基準電極として測定した。TTN処理試料のSK X線強度は蛍光X線分析装置(理学電機工業(株)製システム3270)で測定した。

3 結果と考察

TTNで処理した銅合金板上にTT-3Cu(1)塩を成分とする皮膜が形成されることは既に報告した²⁾。また、この皮膜はTTN濃度や処理時間によってその表面形態が膜状から粒子凝集状に変化することも示した⁶⁾。このことは処理条件によって皮膜内のTT-3Cu(1)塩の高次構造が異なることを示唆する。

Fig.1は浸せき処理時間によるTT-Cu皮膜のFT-IRスペクトルの変化を示す。1450 cm^{-1} 付近のトリアジン環骨格振動ピークは、処理時間60sまでは低波数側に1400~1430 cm^{-1} にかけてなだらかなショルダーを有するピーク形状であるが、120s以上ではこのショルダーがなくなり逆に高波数側の裾野が1600 cm^{-1} 近くまで広がり1500 cm^{-1} 付近にショルダーが出現する。ピーク形状が変化する原因は結晶構造の変化やTT-3Cu(1)のパッキング状態の違いなどが考えられる。パッキング密度や結晶構造の変化によるピークシフトあるいはピーク形状の変化は高分子材料でよく見られる⁹⁾。ポリエチレンではパッキング密度が高くなるとCH伸縮振動や横ゆれ振動が高波数側にシフトすることが知られている¹⁰⁾。TT-Cu皮膜の場合も同様に処理時間が長くなると高密度化、結晶化が進行する

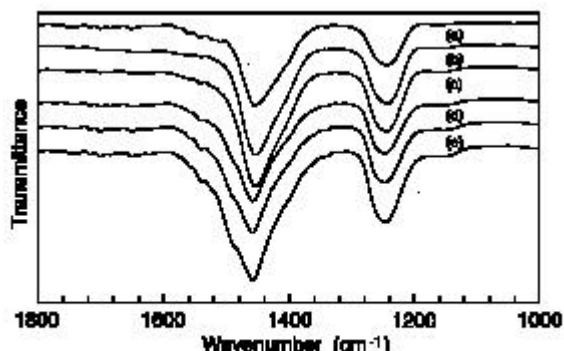


図1 リン青銅板上のTT-Cu皮膜の処理時間によるFT-IRスペクトル変化
処理時間: (a), 10s; (b), 30s; (c), 60s; (d), 180s; (e), 300s;
(f), 600s. TTN濃度: 0.8mol/m³. 処理温度: 50°C.

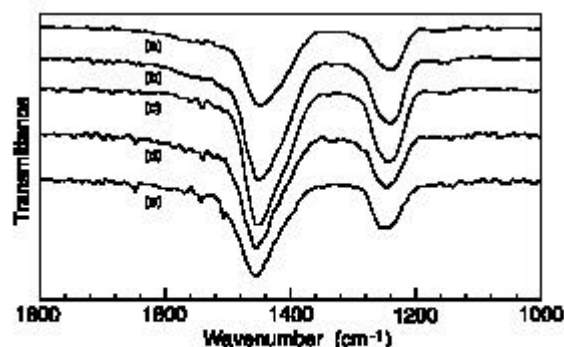


図2 TTN濃度によるリン青銅板上のTT-Cu皮膜のFT-IRスペクトル変化
TTN濃度: (a), 0.5mol/m³; (b), 0.8mol/m³; (c), 1mol/m³;
(d), 2mol/m³; (e), 5mol/m³. 処理時間: 10s. 処理温度: 50°C.

と考えられる。

Fig.2はTTN濃度によるTT-Cu皮膜のFT-IRスペクトル変化を示す。TTN濃度が2mol/m³以上になると処理時間を長くした場合と同様のピーク形状変化が観察され、皮膜の高密度化、結晶化が伺われる。また、処理濃度が高くなるに従いピーク強度が小さくなることも認められる。このことは処理濃度が高くなるとTT-Cu皮膜成長が遅くなるかあるいは皮膜内のTT-3Cu(1)が次第に金属表面に平行に配向することを示唆する。

そこでこのことを確認するために、TT-Cu皮膜厚さと反射吸収法(RA)によるトリアジン環骨格振動のIR吸光度及び皮膜のSK X線強度の関係について検討した結果をFig.3に示す。RAIRでは入射光に平行な双極子モーメントを持った分子すなわち金属表面に対して垂直な分子が入射光と最も相互作用し、平行に配向した分子は作用しないため垂直な分子は高いピーク強度を示すが、平行になるに従いピーク強度が小さくなる¹¹⁾。またS-K X線強度は、皮膜厚さがせいぜい200nm程度でありマトリックスの吸収励起効果をほとんど無視できるため、皮膜中のトリアジンチオールの絶対量に比例する¹²⁾と考えてよい。X線強度は全般に0.8mol/m³で処理した試料の方が5mol/m³の試料よりも低いことがわかる。このことは、同じ膜厚でも5mol/m³処理試料の方がTT-3Cu(1)の絶対量が多いことを示し、TT-Cu皮膜の密度が高いことを支持する。一方、IR吸光度は5mol/m³で処理した試料の方が小さい。このことは、5mol/m³処理試料では0.8mol/m³処理

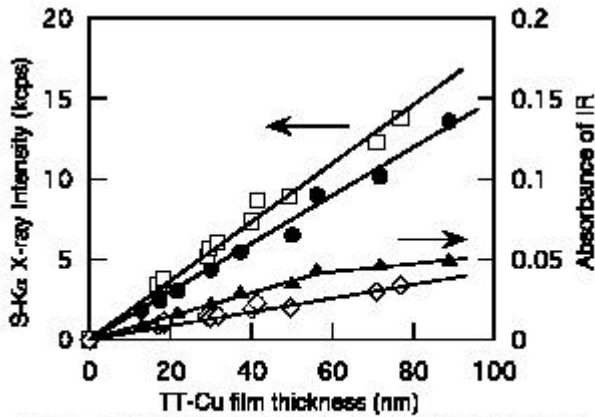


図3 TT-Cu皮膜のIR吸収強度及び S-K α X線強度と皮膜厚さの関係
IR吸収バンド: 1450cm⁻¹トリアジン環の縮環振動
TTN濃度: (●, ▲), 0.8mol/m³; (□, ◇), 5mol/m³;
処理温度, 60°C.

表1 TTN処理リン青銅板表面のTT-Cu皮膜の元素組成比

処理条件		元素組成比 (at%)					
TTN濃度	処理時間	C*	N	S	O	Cu	Sn
0.8 mol/m ³	10s	30.2	18.8	18.6	4.7	27.3	0.4
0.8 mol/m ³	300s	31.6	21.1	21.6	2.0	23.9	-
5 mol/m ³	10s	30.8	15.6	15.7	5.7	22.4	-

*Cには表面汚染炭素も含まれる。

表2 TTN処理リン青銅板表面のTT-Cu皮膜構成元素の内殻準位電子結合エネルギー

処理条件		結合エネルギー (eV)				
TTN濃度	処理時間	C1s	N1s	S2s	Cu2p3	Sn3d5
0.8 mol/m ³	10s	287.4	399.9	163.1	933.5	488.5
0.8 mol/m ³	300s	287.3	398.5	162.9	933.3	-
5 mol/m ³	10s	287.2	398.4	162.9	933.1	-
0 mol/m ³	0s (blank*)	-	-	-	932.8	488.3
	TT-3Cu(1)	288.4	398.8	162.3	932.9	-

*) blankはアセトン脱脂、10%希硫酸処理したリン青銅板を用いた。

試料よりもTT-3Cu(1)が基材表面に平行に配向していることを示す。

次に、皮膜表面の化学組成及び化学状態を検討するためXPS分析を行った。Table1には異なる条件で処理したリン青銅板表面の元素組成比を示す。試料表面からは、C、N、S、O、Cuが検出される。また濃度0.8mol/m³処理時間10sの試料ではわずかにSnも検出されるが、0.8mol/m³, 300sや5mol/m³, 10s処理試料では検出されない。ここでCには表面汚染炭素成分も含まれる。Oの大部分は後述するようにエッチング初期に消失することから、表面に吸着した水分あるいは炭酸ガスなどの酸素と考えられる。どの試料でも皮膜のモデル化合物として合成したTT-3Cu(1)の理論値よりもCuの比率が高いことがわかる。

Table2には試料表面及びTT-3Cu(1)構成元素の内殻準位電子結合エネルギーを示す。ここでC1sは波形分離操作によって得られたトリアジン環炭素の結合エネルギーを示す。TTN処理試料の各元素の結合エネルギーはTT-3Cu(1)よりも0.8~1eVほど高いことがわかる。

Fig.4にはTTN処理前後の試料及び、過酸化水素水で処理し表面に酸化銅(CuO)皮膜を形成したリン青銅板のCu2p3-XPSスペクトルを示す。TTN処理試料のスペクトルは933.1~933.5eVにピークを示し皮膜中のCuがCuOのCuと同

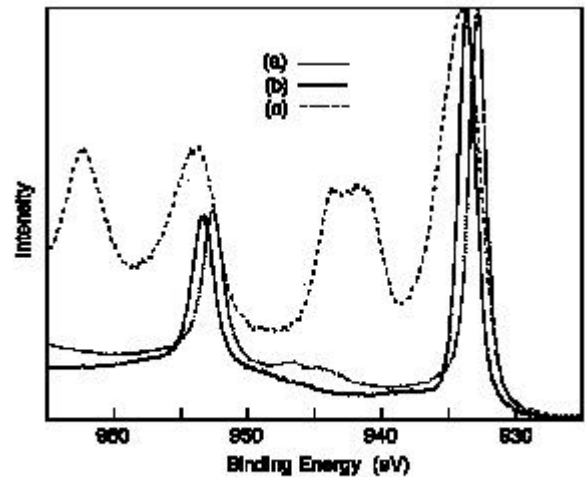


図4 TTN処理及び過酸化水素水処理リン青銅板表面のCu2p3-XPSスペクトル
(a): TTN濃度, 0.8mol/m³; 処理温度, 60°C; 処理時間, 10s.
(b): 未処理
(c): 過酸化水素水処理; 処理温度, 60°C; 処理時間, 6min.

じような化学状態にあるものの、CuOに見られるシェイクアップサテライトピークが認められず酸化物ではないことを示す。これらのことは皮膜構成元素の電子密度がTT-3Cu(1)よりも低い状態にあり、特に皮膜中のCuはCuOのCuと同程度に低電子密度であることを示す。この理由はTT-Cu皮膜全体に正の空間電荷層が広がっているためと考えられる。一般に、金属と半導体の接触界面では電気二重層が形成され界面から半導体内部のある領域にわたって電荷の偏りすなわち空間電荷層ができることはよく知られている¹³⁾。半導体がn型の場合には半導体中の伝導電子が金属側に流れ正の空間電荷層が形成され、その厚さは電荷密度によっては数 μ mになる¹⁴⁾。トリアジントリチオール金属塩は半導体としての性質を示すことが知られており¹⁵⁾、リン青銅板上のTT-Cu皮膜に空間電荷層が形成されることは十分に考えられる。

次にTT-Cu皮膜内部の構造を検討するために、異なる条件でTTN処理したリン青銅板のXPSによる深さ方向分析を行い、その結果をFig.5~Fig.7に示す。0.8mol/m³, 10s処理試料の元素組成はスパッタ時間0.2分でCが約15%に、N、Sが約10%前後に減少し、Cuが約60%に増加する。その後スパッタ時間に対して徐々にCuが増加しC、N、Sが減少する変化を示す。Sn及びOはこの間どちらも1~2%の比率で常に存在する。

一方、5mol/m³, 10s試料では元素組成がスパッタ時間に対して階段状に変化し、Cuはスパッタ時間1分程度で約65%まで増加し、その後ほぼ一定に推移した後、スパッタ時間2分過ぎから再び増加する。Sは17%前後でほぼ一定に推移した後スパッタ時間2分前から減少する。Snはスパッタ時間2分前まで存在せず、2分頃から増加しピークを示した後一定となる。Oは0.1分のスパッタで消失するがSnと同じく2分付近から再び増加しピークを示した後消失する。0.8mol/m³, 300s試料は5mol/m³, 10s試料と同様に階段状の変化を示す。

イオンスパッタでは原子の種類や化学状態によるスパ

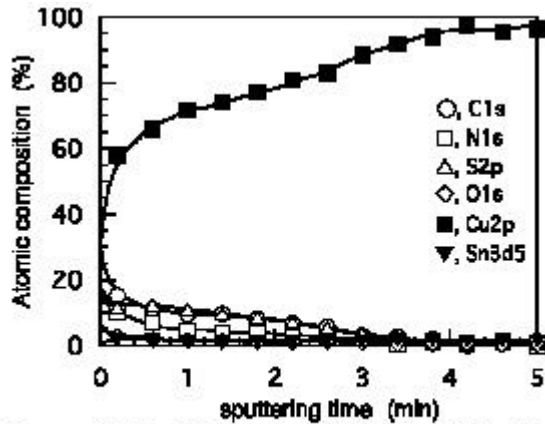


図6 TTN処理リン青銅板上のTT-Cu皮膜のXPSによる深さ方向分析結果
TTN濃度, 0.8mol/m³; 処理時間, 10s; 処理温度, 50°C.

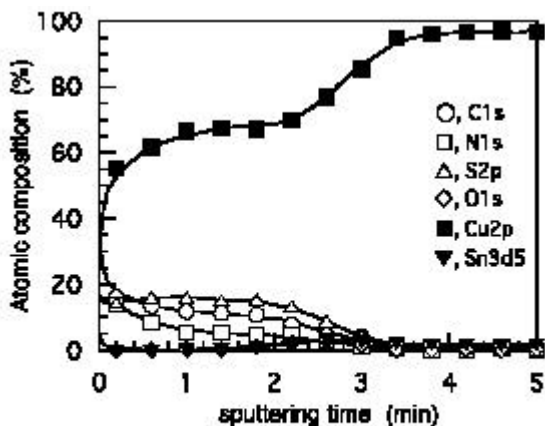


図8 TTN処理リン青銅板上のTT-Cu皮膜のXPSによる深さ方向分析結果
TTN濃度, 5mol/m³; 処理時間, 10s; 処理温度, 50°C.

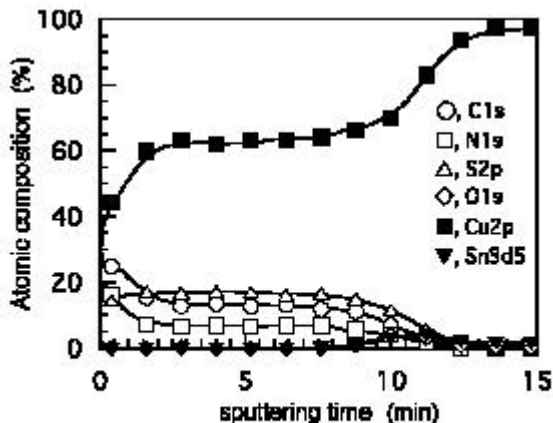


図7 TTN処理リン青銅板上のTT-Cu皮膜のXPSによる深さ方向分析結果
TTN濃度, 0.8mol/m³; 処理時間, 300s; 処理温度, 50°C.

ッタ収率の差や、カスケードミキシングによって内部組成が変化する⁽⁶⁾ことから、これらの結果は必ずしも本来の皮膜内部の組成を定量的に正しく示してはいないと考えられる。TT-Cu皮膜の場合アルゴンイオンの照射によって生成したN原子あるいはNイオンは最もエッチングされやすいため本来の元素組成よりも低い濃度で検出されると考えられる。SはCuと硫化物を形成して残ると考えられ本来の皮膜内部組成を最も反映しており、C、Nは本来Sと同じ比率で存在していると予想される。またスパ

ッタ前の表面でもCuがTT-3Cu(1)の理論値よりも多く存在することから皮膜内部でも多いことは間違いない。SnとOは最表面を除いて同様のプロファイルを示し、Sn3d5の結合エネルギーが486.4eVであることからSnOを形成していると考えられる。

0.8mol/m³, 10s処理試料では表面にもSnOが検出され、TT-3Cu(1)の理論値よりも多くのCuが皮膜中に存在し、かつ深さ方向の元素組成が徐々に変化することから、TT-Cu皮膜が島状に形成されると予想される。しかし、Cu2p3スペクトルは933.5eVにピークを示しその半値幅が1.6eVであることから、Cu20やMetal-Cu(どちらも932.6eV)がほとんど含まれていないことを示す。このことは0.8mol/m³, 10s処理表面ではTT-Cu皮膜が島状に形成されるものの元の金属表面のCuは露出していないことを示す。一方、0.8mol/m³, 300sや5mol/m³, 10s試料では階段状の深さ方向プロファイルを示し、SnはCuやSなどが一定に推移する区間には存在せずTT-Cu皮膜と基材との界面付近に濃縮して検出される。またこの区間にはOが検出されずCu0やCu20などは存在しない。これらのことはTT-Cu皮膜が島状ではなく均一に形成され、処理表面には元の金属表面が露出してないことを示す。またSnよりも上にあるCuは全てTT-Cu皮膜を構成する元素であることを示す。

4 結 論

以上のことから、TT-Cu皮膜はTT-3Cu(1)の化学量論以上のCuが存在し、また金属と皮膜界面に形成された電気二重層によって皮膜から金属側に電子が流れ込むため正に帯電した空間電荷層が形成されていると考えられる。

また皮膜は処理条件によってモルフォロジーや内部構造が異なり、TTN濃度1mol/m³, 処理時間120s以下では島状に形成され、2mol/m³以上あるいは120s以上ではTT-3Cu(1)が高密度にかつ金属表面に平行配向して均一に形成されると考えられる。このような皮膜構造や表面特性の違いは、皮膜と有機化合物の反応性や高分子材料との接着性に大きく影響を及ぼすと考えられる。

文 献

- 1) 佐々木, 瀬川, 小向, 河野, 小林, 岩手県工業試験場報告, 33, 29(1991).
- 2) 佐々木, 河野, 小向, 瀬川, 小林, 成形加工, 5, 875(1993).
- 3) 佐々木英幸, 河野隆年, 小林伊智郎, 成形加工 '93, 149(1993).
- 4) 佐々木英幸, 河野隆年, 小林伊智郎, 成形加工 '94, 375(1994).
- 5) 佐々木英幸, 小林伊智郎, 成形加工 '95, 201(1995).
- 6) 佐々木, 小林, 於本, 岩手県工業技術センター報告, 5, 77(1998).
- 7) 森邦夫, 斉藤実, 中村儀郎, 日本化学会誌, (4), 725(1987).
- 8) Handbook of X-ray Photoelectron Spectroscopy Perkin-Elmer Co., (1992).
- 9) 高分子学会編, "高分子の固体構造 I", 共立出版, 東京(1982), p. 211.
- 10) 坪井正道, 他編, "赤外・ラマン・振動II", 南江堂, 東京(1983), p. 59.
- 11) 田隅三生, "FT-IRの基礎と実際", 東京化学同人, 東京(1986), p. 92.
- 12) "けい光 X線分析の手引き" 理学電機工業(株), 大阪(1982), p. 48.
- 13) 中村勝吾, "表面の物理", 共立出版, 東京(1982), p. 215.
- 14) 日本化学会, "界面の電気化学", 学会出版センター, 東京(1978), p. 25.
- 15) J.C.Chudy and J.A.W.Dalziel, J.Inorg.nucl.Chem, 37, 2459(1975).
- 16) D.ブリッグス, M.P.シーア編, "表面分析", 上巻, アグネ承風社, 東京(1990), p. 161.

トリアジンチオール蒸着薄膜の重合*

鈴木 一孝**, 川村 智***

真空蒸着法により 6-ジブチルアミノ-1,3,5-トリアジンチオール(DB)薄膜を作製し、得られた蒸着薄膜の重合処理について検討した。成膜したDB膜は加熱処理すると熱重合により高分子膜を形成することがわかった。また、成膜時に高い基板温度で成膜したDB膜の方が、低い基板温度で成膜したDB膜よりも熱重合によって高分子になり易いことが高感度反射法FTIR変換赤外分光(FTIR-RAS)分析により明らかとなった。

キーワード：トリアジンチオール，真空蒸着法，FTIR-RAS，重合

Polymerization of Triazine-Thiol Organic Thin Films

SUZUKI Kazunori and KAWAMURA Satoshi

The thin films of 6-dibutylamino-1,3,5-triazine-2,4-dithiol (DB) are formed on a Fe substrate by conventional Vapor Deposition. Deposited DB are polymerized by heating with air. This report is discussed about relationship between polymerization and the temperature of substrate with evaporating. The results have shown that DB formed at high temperature of the substrate are easily polymerized.

key words : polymerization, triazine thiol, ftir-ras

1 緒 言

有機物質は機能原子団を分子中に導入できるので分子設計の自由度が大きく、この物質による薄膜機能材料の創製が期待され、近年多くの薄膜研究者に注目されている。しかしながら、この有機物質の薄膜化に関する研究は比較的新しく、化学構造に対応した最適な作製技術は十分に確立されていない。有機薄膜の創製にはデザインした分子構造をできるだけ保持し、しかも規則的分子配列する超薄膜(数ナノメートル以下の薄膜)形成技術の確立が膜の機能効率化には必要であると考えられる。著者らは、工業への広範な応用が期待できる手法として真空蒸着法に着目し、成膜速度や基板温度変化による成膜条件と得られた膜を構成する有機分子の分子配向および成膜形態の関係について検討し、規則的分子配向配列

薄膜を得るための基礎的な調査結果を報告してある¹⁾。

本報告では先に得られた基礎的知見をもとに、さらに実用化を目指して、蒸着膜を構成する有機分子の重合処理条件について検討した。有機膜は無機・金属膜に比べ機械的強度、ガス透過性等の機能は劣るが、有機分子を重合し、高分子にすることでその機能が向上する特長を有する。高分子膜を作製するには、膜を構成する有機分子に熱や光等の外部エネルギーを加え、その外部エネルギーにより分子間の重合反応を引き起こす必要がある。本研究では特に外部エネルギーとして工業的に簡易に行われている熱処理による重合反応性について検討したので、その結果を報告する。

* 有機超薄膜による金属の防食技術開発(第2報)

** 化学部

*** 竹内真空被膜株式会社

2 実験方法

2-1 成膜材料と基板

成膜実験に使用した有機化合物は、市販品DBの白色粉末で、成膜基板は市販冷間圧延鋼板(SPCC材:厚さ2mm, 20mm×20mm)とした。基板表面仕上げは、1000#のエメリー研磨紙で研磨し、その後に1μmのダイヤモンドペーストを分散したバフ研磨布で研磨した。その後、アセトンおよびメタノールの順でそれぞれ10分間超音波洗浄を行い試験基材とした。

2-2 真空蒸着および熱処理

真空度が 2×10^{-3} Paの条件で、成膜速度を約2.4Å/minとし、基板温度を10, 40℃に設定し、水晶振動式膜厚計でモニターしながら約150Åまで成膜した。得られた蒸着膜を大気雰囲気での熱処理炉で100, 120 および 125℃の各温度で、保持時間は30分の一定として熱処理を行った。

2-3 定性評価

成膜された蒸着膜の定性分析評価は、高感度反射型赤外分光分析法(FT-IR RAS)およびX線光電子分光分析法(XPS)により行った。

3 結果及び考察

3-1 熱処理による重合反応

図1には基板温度を10℃に設定し成膜したDB膜と得られた膜を、100, 120, および 125℃の大気雰囲気中で加熱処理したDB膜のFTIR-RASによるスペクトル変化を示した。同様に図2は基板温度を40℃に設定し成膜したDB膜と得られた膜のFTIR-RASによるスペクトル変化を示した。各基板温度による成膜を熱処理すると120℃以上の加熱温度ではこのピークは消失することから、スペクトルの 1610 cm^{-1} のピークは単分子構造を示すと考えられる。スペクトルの 1580 cm^{-1} は高分子構造を示すピークであり、120℃の加熱温度以上でDB蒸着膜は高分子構造に変化したことを示している。この125℃で熱処理したDB膜をテトラヒドロフラン溶液に溶解し、GPC(ゲルパーミエーションクロマトグラフィー)により重量平均分子量を測定すると、成膜基板温度によらず、約2万ほどの分子量を持つ高分子が得られていることがわかった。

図3に成膜時の基板温度を変えて成膜したDB膜とこの膜

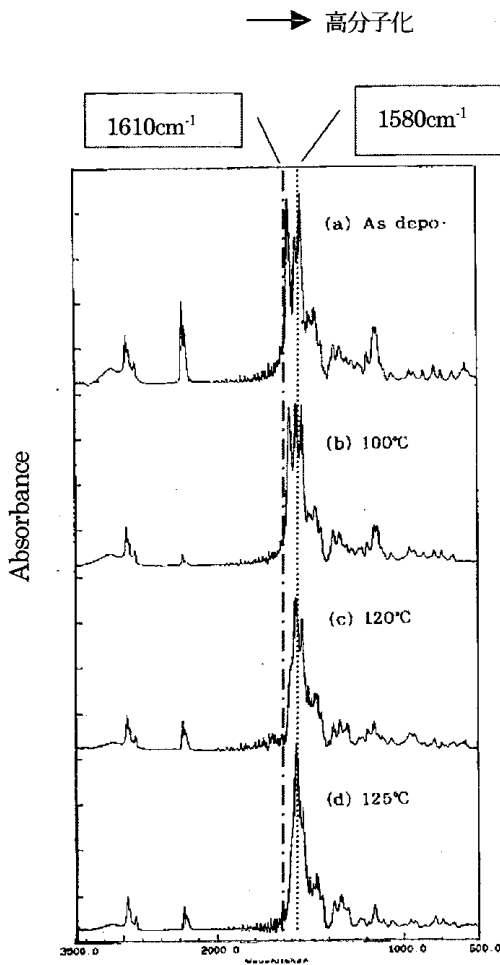


図1. 熱処理温度変化によるFT-IR スペクトル
成膜基板温度: 10℃

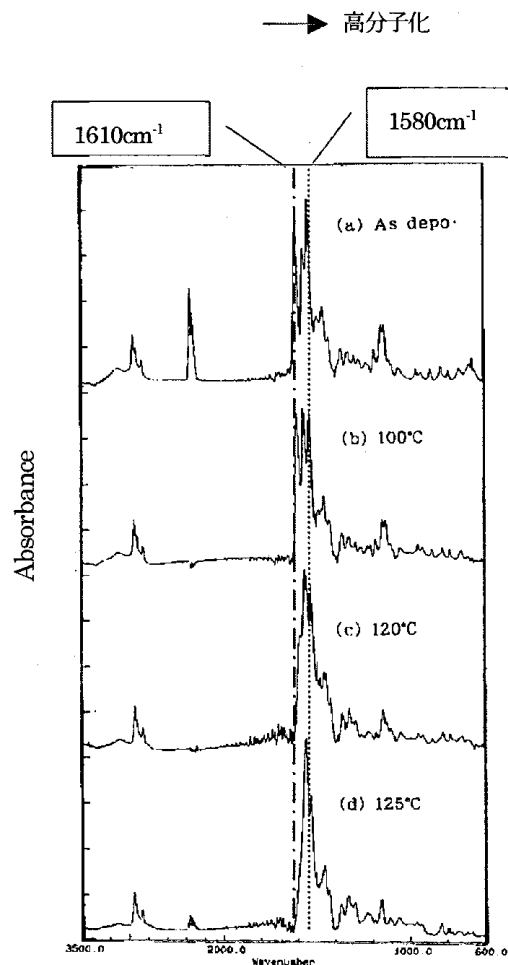


図2. 熱処理温度変化によるFT-IR スペクトル
成膜基板温度: 40℃

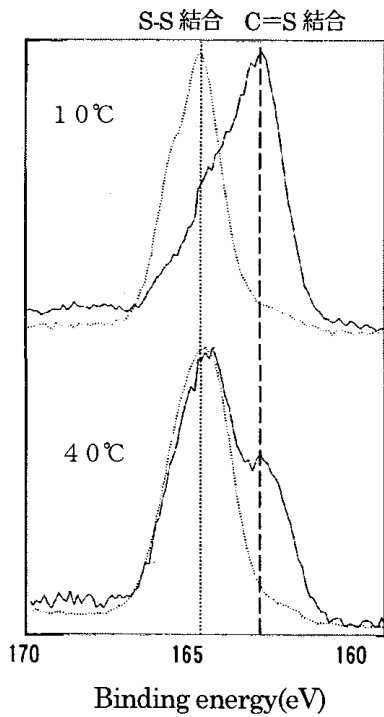


図3 成膜基板温度による熱処理前後DB膜のS 2p軌道電子の結合エネルギーを示すXPSスペクトル
熱処理前(実線), 熱処理後(点線)

を125°Cで加熱処理した後のS2p軌道電子のXPSスペクトルを示した。図の上側に示したスペクトルは成膜基板温度が10°Cとした場合を、下側は40°Cとした場合のものを示す。また、それぞれ実線が成膜したままの熱処理前のスペクトルであり点線が熱処理後のスペクトルである。

成膜基板温度によらず熱処理前のDB膜には単量体のチオール(S-H結合)もしくは互変異性体のチオン基(C=S結合)を示す162.4eV(ここでは以後チオン基とする)とジルスルフィド結合(S-S結合)を示す164.8eVのピークが見られる。基板温度が10°Cにて成膜したDBには、40°Cにて成膜したDBに比べ、チオン基(C=S結合)を示す162.4eVのピーク比が大きい。このことは、基板温度が低い状態で成膜した方が、より膜を構成する分子に単量体が多く存在することを示していると考えられる²⁾。また、ここで確認されたS-S結合成分は重量平均分子量測定結果から2量体程度の低分子であった。基板温度を高く設定すると2量体を形成し

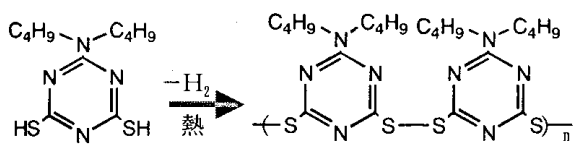


図4 DB蒸着膜の熱重合

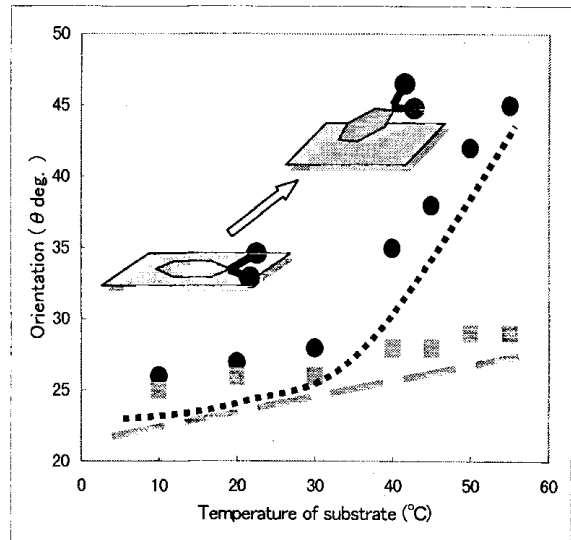


図5 基板温度による蒸着DBの基板に対する分子配向
..... : C-H伸縮振動
----- : C=N伸縮振動

やすいと考えられる。

一方、熱処理後のDB膜は成膜時の基板温度に関係なく単量体を示すチオン基(C=S結合)のピークは消えて、ジルスルフィド結合(S-S結合)を示す164.8eVにケミカルシフトしていることが確認される。熱処理によって図4に示すとおりDB分子のチオール基同士の脱水素化反応を引き起こし、縮合重合反応によりDBは高分子化したと考えられる。

3-2 蒸着時の基板加熱による分子配向と熱重合

図5に基板温度を変えて成膜したDB分子の基板に対する分子配向を示した。図の実線はトリアジン環に基因するC=N伸縮振動の基板に対する配向角度を示し、点線は機能基であるジブチル基に基因するC-H伸縮振動の基板に対する配向角度を示す。基板温度の上昇に伴いDBは基板に対し垂直方向に立つように配向し、特にジブチル基は基板温度に対し、40°C付近を変極点とし2次元的に配向変化することがわかる。

図6は、成膜時に基板に対し垂直配向性を示す分子と基板に平行配向性を示す分子の熱重合反応性について調べた結果であり、基板温度を10および40°CとしたDB蒸着膜を120°Cの温度で熱処理したFTIRチャートの1800~1400cm⁻¹波長範囲を示した。単分子構造を示す1610cm⁻¹のピークは基板温度が低い方がピークは高く、基板温度が高い方がそのピークはほとんど見られない。このことは基板温度を高くして成膜した膜の方が高分子になり易く、基板温度を低くして成膜した方が高分子になり難いことを示す。

この原因は、基板温度が低い条件で蒸着した分子は基板に

→ 高分子化

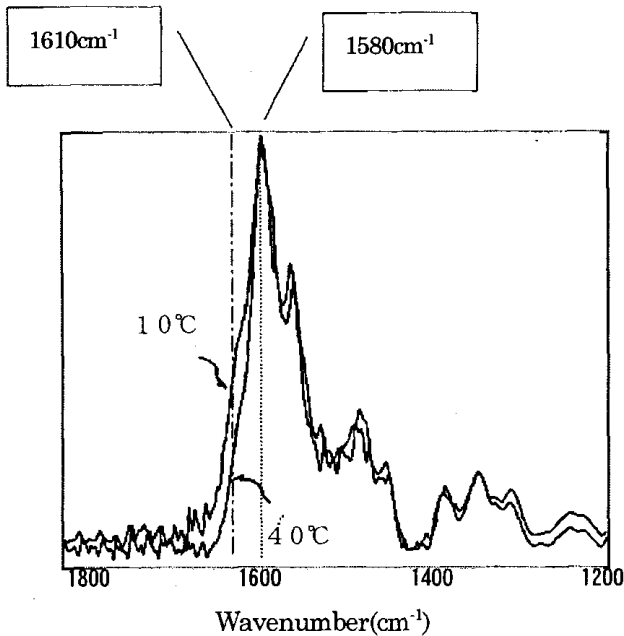


図6 成膜基板温度による120°C熱処理後DB膜の FTIR-RASスペクトル

平行配向性を示し、基板温度が高いと蒸着した分子は基板に垂直配向を示すことと関係があると思われる。すなわち、熱重合はチオール基同士の脱水素反応によるものであり、重合反応が起こるためにまずは分子会合が必要である。熱処理により蒸着分子の分子運動は活発化し、分子振動→分子の並進運動→分子の歳差回転運動する。このように熱処理により成膜分子は熱エネルギーを運動エネルギーに変換し、激しい分子運動によって分子会合が起こり、その結果重合反応を引き起こすと考えられる。基板温度が高い条件で得られた基板に垂直に配向する分子は、分子運動によるエネルギー損失が少なく熱エネルギーを効率的に反応エネルギーとして変換し易い。従って成膜時に基板に垂直配向する方が、熱処理により重合反応が起こりやすく高分子化しやすいと考えられる。

4 結言

真空蒸着法により基板温度を変えて作製したDB膜を、大気中で熱処理を行った。成膜時の基板温度によらず熱処理によりDBは高分子となることがFTIR-RASおよびGPCにより確認できた。高分子反応はDBのチオール基による脱水素化縮合重合反応であることがXPSにより推定された。また、成膜時に基板温度の高い方が熱処理により高分子になり易く、基板温度の低い方が高分子になり難いこともFTIR-RASにより明らかとなった。

真空蒸着法で得られたトリアジンジチオール薄膜は、熱処理により容易に高分子膜となりやすいことがわかった。トリアジンチオールを使った蒸着膜は、膜強度の向上や腐食媒体の進入を保護する機能膜として、工業レベルで実用的な技術であると考えられるので、この被膜の機能評価を今後実施する予定である。

謝辞

本研究にご助言頂いた岩手大学 工学部 応用分子化学科の森邦夫教授、材料物性科の吉本則之講師に感謝します。

本研究は平成10年度特定産業集積活性化支援強化事業により実施した。

文献

- 1) 鈴木一孝, 橘 秀一, 根守 章, 小向隆志, 佐々木英幸, 穴沢 靖, 佐々木秀幸, 吉田敏裕, 酒井晃二: 岩手工技七研報, 5, p71 (1998)
- 2) 鈴木一孝, 前原秀雄, 吉本則之: 真空 42, 3 p107 (1999)

廃プラスチックの再利用技術に関する研究*

酒井 晃二**、佐々木 秀幸**、根守 章**

小向 隆志**、瀬川 晃児**、佐々木 英幸**

穴沢 靖**、鈴木 一孝**

岩手県内で排出されるプラスチック系産業廃棄物の有効利用方法として、アスファルト舗装などの道路構造体への応用を目標として基礎的な性状を調査した。また、耐凍上性の骨材を目指し、凍上量の基礎的な試験も行った。その結果、廃プラスチック類は一般的な骨材の試験に適合しないものもあった。凍上量は、廃プラスチックを骨材として用いることで抑制されることが分かった。

キーワード：廃プラスチック、再利用、舗装道路、骨材

Study of Reusing techniques for the Postindustrial Plastic Wastes

SAKAI Koji, SASAKI Hideyuki, NEMORI Akira

KOMUKAI Takashi, SEGAWA Koji, SASAKI Hideyuki

ANAZAWA Yasushi and SUZUKI Kazunori

We analyzed the fundamental compositions of some postindustrial plastic wastes in Iwate prefecture, aims to apply for asphalt pavement. And also the frost heaving test was carried out, it aims to the aggregates that prevent frost heaving. The results showed that some of test for the aggregates and soil inapplicable to the postindustrial plastic wastes. The amount of frost heave was prevented by using plastic wastes as an aggregate.

Key words : plastic waste, reuse, paved road, aggregate

1 緒 言

事業活動に伴って排出されるプラスチック類は、全国で909万トンに達し、その61%が再利用されずに埋立または焼却処分されている¹⁾。しかしながら、プラスチック類は燃焼時に高カロリーを出し燃焼炉を傷め、ダイオキシン等の有害物質やガスを排出する可能性も指摘されている。また、今後プラスチック類の埋立基準が見直される可能性があり²⁾、埋立禁止となるプラスチック類の処理方法開発は急務である。現在、再利用されている廃プラスチック類の76%が均一な材料が得られやすい生産加工ロス品であり、不純物の混入したプラスチック類の再利用技術開発が困難であることを示している。当所では平成10年度から3ヵ年計画で地域活性化連携事業の一

環として、コストのかかる洗浄や高度の分別をせずに廃プラスチックを再利用するため、路盤材等土木資材への応用研究を実施している。平成10年度は廃プラスチック類を表層アスファルト路盤材用骨材、凍上抑制骨材としての適用試験を実施したので報告する。

2 実験方法

2-1 試料

実験には表1に示す岩手県内企業から排出されている廃プラスチック類の粉砕物等を使用した。PVCは被覆電線より銅を回収している企業から排出される廃棄物であり、性状により2種類の試料を試験に供した。これら

*廃プラスチック類用途開発研究(第1報)(地域活性化連携事業)

**化学部

には電線に含まれる紙、ジュート、難燃処理PEが混入しており単純再生できず埋立処分されている(図1 黒色以外は上記混入物)。また、PETはブロー成形工場の不良品で、再生メーカーに委託して再生されているものを使用した。PMMAおよびPSは射出成形工場のランナー等工程排出物であるが、透明性が重視される加工品であるため若干のゴミが混入するだけで再生できず埋立処分されている。

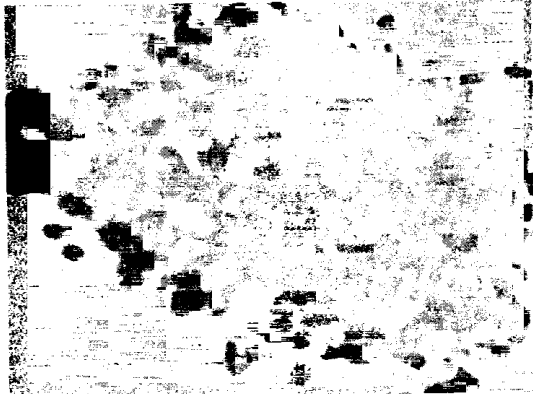


図1 PVC外観

表1 使用したプラスチック廃棄物

プラスチックの種類	排出企業業種	性状	試験内容
PVC (ポリ塩化ビニル; 軟質)	リサイクル業	フレーク	溶出・骨材・マーシャル
PET (ポリエチレンテレフタレート)	包装容器製造業	板状破砕物	溶出・骨材・マーシャル
PMMA (ポリメチルメタクリレート)	成形加工業	板状破砕物	溶出・骨材・マーシャル
PS (ポリスチレン)	成形加工業	板状破砕物	溶出・骨材・マーシャル
PVC+PS+無機汚泥(ガラス)	上記に光学レンズ製造業	粒状破砕物	骨材

2-2 溶出試験

廃プラスチック類については安定型処分場への埋立が認められているため溶出試験の義務づけはないが、骨材としての利用を考え環境庁告示第13号の試験方法に従って溶出試験を実施した。

2-3 骨材試験及びマーシャル安定度試験

プラスチックを舗装材料に利用する場合、その基準は特に定められていない。そこで、使用する廃プラスチック類について舗装試験法便覧³⁾に規定される試験方法に従い、骨材試験およびアスファルト混合物のマーシャ

表2 試験内容

骨材試験	試験内容	
	測定の可否	試験内容
フルイ分け試験	可	密度 [g/cm ³]
比重・吸水率	一部可	空隙率 [%]
単位容積重量試験	可	飽和度 [%]
粘土塊質量試験	不可(粘土無)	安定度 [kgf]
形状試験	一部可	フロー値 [1/100mm]
すり減り減量試験	不可(粒径小さすぎ)	
安定度試験	可	
軟石量試験	不可	

ル安定度試験⁴⁾を実施した。試験内容を表2に示すが、骨材試験は碎石類を対象としているため廃プラスチック類では実施できない試験もあった。

2-4 凍上量測定試験

凍上量測定装置を図2に示す。試料は、塩化ビニル製の円柱(内径100mm、厚さ3mm、長さ200mm)中に所定の付き堅め回数で締め堅めた。組成を表3に示す。ここに、試料C-25は天然採石を25号碎石にしたものである。また、試料PS-b(図3に外観を示した)はポリスチレン溶融物を碎石状に加工したものであり、試料PS-t

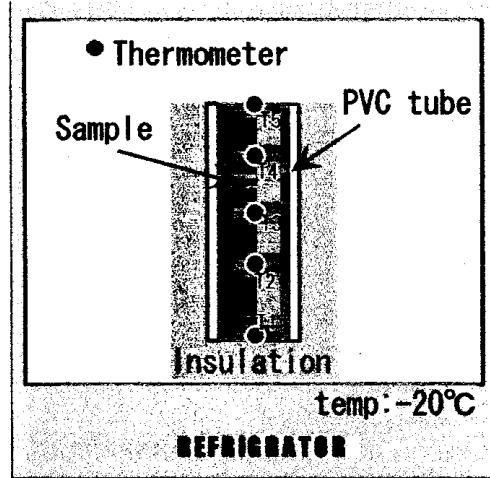


図2 凍結深測定装置構成図

表3 配合及び組成

試料	混合比 [vol. %]	最適含水比 [%]	最大乾燥密度 [g/cm ³]
C-25	100	3.6	2.238
PS-b/C-25	50/50	2.8	1.445
碎石粉	100	8.2	2.244
PS-b/碎石粉	50/50	6.2	1.502
PS-t/碎石粉	50/50	6.5	1.204

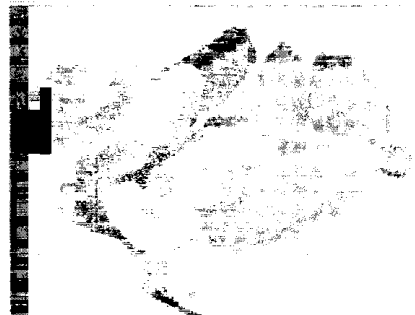


図3 PS-b外観

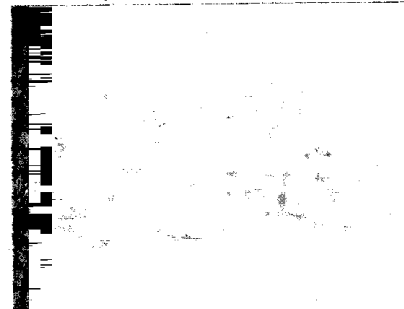


図4 PS-t外観

t (図4) は粒状に加工したものである。試験は、-20℃で24時間冷却、24時間室温放置を1サイクルとして合計10サイクルの累積凍上量を求めた。なお、凍上量は24時間冷却直後取り出し、ノギスで測定した。

3 結果及び考察

3-1 溶出試験結果

溶出試験結果を表4に示す。規制項目物質についてはすべてが埋立環境基準値以下であった。

3-2 骨材試験結果

フルイ分け試験の結果、各プラスチックは7号採石サイズから砂程度の大きさであった。骨材として使用するための大きさは5号から7号サイズへの粉碎が望まれるが、企業から排出される廃プラスチック類は処理業者への委託等を考えて小さく破碎されている。

廃プラスチック単体の単位容積重量は0.43~0.64 (kg/l) で、市販の人工骨材の1.5 (kg/l) に比べかなり小さい値を示した。このため、廃プラスチック類はアスファルトプラントの通常混合方法ではよく混じらない可能性があり今後検討が必要である。ただし、比重、強度を上げるために無機汚泥を混練した廃プラスチック類は0.90 (kg/l) となり混合の効果が認められた。

一方、扁平な骨材の含有量を測定する形状試験の結果、板状破砕物は11.5~34.4%となっており基準の10%以下を満足できず、骨材として使用する場合、混合不良や転圧時の破壊の原因となる可能性がある。

安定度試験は硫酸ナトリウム溶液の結晶圧による破砕物がほとんどなく良好な結果を示した。これは、廃プラスチック類の吸水率の低さ、粉碎品の亀裂の少なさ、

ねばり強さが影響していると思われる。

3-3 マーシャル安定度試験結果

5種類の供試プラスチックを重量比5%、10%でアスファルト混合物に添加してマーシャル安定度試験を実施した。

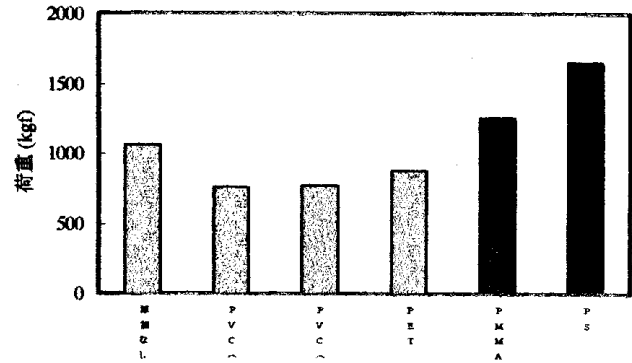


図5 マーシャル安定度試験結果 (アスファルト添加量 = 6.5wt%)

図5に示す安定度は、アスファルト混合物の破壊荷重を示している。道路舗装材の基準値は500 (kgf) 以上であり、試験したすべての混合物で基準を満たしているが、PVCとPETを添加すると安定度が低下し、PMMAとPSでは増加した。アスファルトは180℃で骨材と混合されるため、すべての廃プラスチック類が軟化するが溶融しない温度で混合されたことになる。各々の強度の違いはアスファルトとの馴染み具合 (相溶性) の差異によると考えられる。

マーシャル安定度試験は舗装道路表層のアスファルト

表4 溶出試験結果

項目	試料	アスファルト混合物	PVC (粗粒)	PVC (細粒)	PVC (再洗)	PS	PVC(粗粒)入りアスファルト	廃棄物埋立基準
カドミウム	-	-	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.3
鉛	-	-	<0.1	<0.1	<0.1	-	<0.1	0.3
クロム	<0.5	<0.5	<0.5	-	<0.5	-	<0.5	1.5
ヒ素	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	-	<0.05	-	0.3
総水銀	-	-	-	-	-	-	-	0.005
セレン	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	0.3
ジクロロメタン	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	-	0.2
四塩化炭素	-	-	-	-	-	-	-	0.02
1,2-ジクロロエタン	-	-	-	-	-	-	-	0.04
1,1-ジクロロエチレン	-	-	-	-	-	-	-	0.2
cis-1,2-ジクロロエチレン	-	-	-	-	-	-	-	0.4
1,1,1-トリクロロエタン	<0.01	-	-	-	-	-	-	3
1,1,2-トリクロロエタン	-	-	<0.01	-	-	-	-	0.06
トリクロロエチレン	-	-	-	-	-	-	-	0.3
テトラクロロエチレン	-	-	-	-	-	-	-	0.1
1,3-ジクロロプロペン	-	-	-	-	-	-	-	0.02
ベンゼン	-	-	-	-	-	<0.01	-	0.1

※ - : 検出せず 単位 (mg/l)

量を決定するための試験であるが、比重の小さいアスファルト骨材を使用したため、通常のアスファルト混合物の基準をすべて満たす最適条件は得られなかった。廃プラスチック類を用いた舗装道路表層の最適アスファルト量は検討中である。

3-4 凍上量測定試験結果

図6に凍上量測定試験結果を示す。砕石粉は最適含水比が試料中では大きいため、最も大きな凍上量を示した。これを体積比50%のPS-b(図中スチレンバー)で置き換えることにより凍上量は約1/4に減少した。砕石については、PS-bで置換しても両者に大きな差はみられなかった。粘土の最適含水比は25.8%と砕石の約3倍であるが、凍上量は砕石のほぼ半分であった。

使用する砕石粉によってシルト分(粒径1/16~1/256mm)など凍上しやすい成分を多く含む場合があるため、含水比だけで凍上量を推定することは不可能である。現在、他の配合割合、組成などを試み、水分量やPSによる置換割合で凍上量がどのように変化するかについて検討中である。また、凍上抑制のメカニズムについても検討中である。

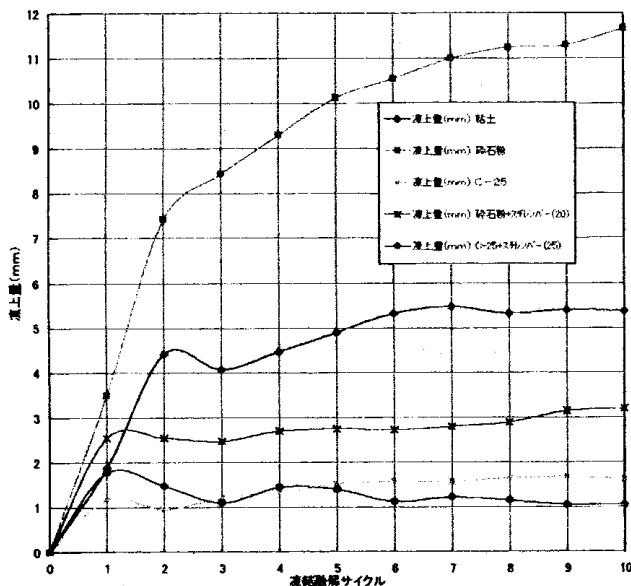


図6 凍上量測定試験結果

4 結 論

上記試験結果から次の知見が得られた。

- 1) 供試PVCからは0.1mg/l以下の微量の鉛が溶出するが、いずれも埋立基準以下であった。
- 2) 比重が小さい廃プラスチックは無機系産業廃棄物を混練して比重の大きい材料にできる。
- 3) 現状の廃プラスチックは形状、粒度が骨材として不適当なものが多い。
- 4) 廃プラスチックは、凍結・融解による破碎の危険性は小さい。
- 5) 通常骨材用の試験であるマーシャル安定度試験からは最適アスファルト量を把握することは困難であり、プラスチックに適した試験を考える必要がある。
- 6) PMMAとPSの添加はマーシャル安定度を向上させた。
- 7) 路盤材にPSを混合することにより凍上量は小さくなった。

文 献

- 1) (社)プラスチック処理促進協会資料より
- 2) 中杉修身、廃棄物学会誌, Vol. 10, No. 2, pp128-137, 1999
- 3) (社)日本道路協会編:舗装試験方法便覧、丸善(1998)
- 4) 山田優、稲葉慶成:廃棄物学会研究発表会講演論文集、385(1993)
- 5) JIS A1210

産業廃棄物の舗装材料への利用 *

佐々木秀幸**、谷藤 真一***

数種類の無機系産業廃棄物を原料としてアスファルト用人工骨材を大量に作成するための技術開発を行った。乾燥試料を60分間バッチボールミルで混合粉碎した後、ブリケットマシンで圧力170kgf/cm²で乾式成型することができた。成型体は1000℃で強固な焼成体となりハンマークラッシャーで破碎することにより人工骨材が得られた。

キーワード：廃棄物、再利用、骨材、

Utilization of Industrial Waste for Pavement Materials

SASAKI Hideyuki and TANIFUJI Shinichi

The technology which manufactured a large amount of artificial aggregates for the asphalt made from several kinds of inorganic industrial waste was studied. The dried sample is mixed and milled for 60 minutes with the batch ball mill. The mixture was molded dry process with pressure 170kgf/cm² with briquetmachine. Compact became a hard sintered body with sintering temperature of 1000 degrees, and the artificial aggregate is made by crushing with the hammer crusher.

key words : waste, recycle, aggregate

1 緒 言

無機系産業廃棄物は、様々な事業所から大量に排出されるが^{1,2)}、その多くは鉱さいまたは汚泥として管理型処分場で埋立処理される。この処分費用負担は大きく、再資源化を促進するための有効な技術開発が要求されている。

我々は過去に単独では有効利用方法のない無機系産業廃棄物を数種類混合焼成することによって、タイルやアスファルト用骨材を試作し、それぞれの規格をおおむね満足する材料を得た^{3,4)}。産業廃棄物をアスファルト用人工骨材として利用するためには、規格を満足することと共に大量に製造できる方法を開発する必要がある。現在人工骨材は煉瓦と同様に湿式成型によって製造されており焼成前の乾燥工程を必要としている。

本研究では、簡単な工程により多量の人工骨材を作成することを目的に、各種製造装置による骨材作成条件の検討を行った。その結果乾式操作による骨材製造条件を

決定できたので以下に報告する。

2 実験方法

2-1 廃棄物試料

実験には、昨年度に引き続き鋳物工場から排出される廃砂、生コン工場から発生するスラッジ及び光学レンズの研磨工場から発生するガラス研磨汚泥を使用した。

昨年までの実験で得られた廃棄物から強固な成型体を作成する条件に沿って人工骨材を大量製造する方法を粉碎機、成型機、破碎機を大型の装置に変えて検討した。

2-2 粉碎試験

粉碎試験は昨年度まで使用していたロールミルに変えて粉碎効率の高いバッチボールミルによって粉碎試験を実施した。使用した装置は大塚鉄工(株)製 B-56 型で、回転数 42rpm、ドラム容積 97 ℓ、原料投入量 20 ℓである。試料の単位容積重量が 0.98(kg/ℓ)であるため約 20

* 産業廃棄物の舗装材料への利用 (第2報) (技術パイオニア養成事業)

** 化学部

*** 高弥環境整備株式会社

kgの試料を一度に処理できる。

2-3 成型試験

昨年度までは金型に加湿した試料を入れ油圧プレス機により圧縮成型していたが、連続式でないため一度に200gの成型体しかできなかった。本研究では連続成型可能なブリケットマシンによって成型試験を行った⁹⁾。

使用した装置は大塚鉄工(株)製 K-102A型で、最大ロール圧力 210kg/cm²、ロール直径は 250mm である。得られた成型体を焼成後粉碎して人工骨材とするため、本装置の最大成型体となる 28 × 20 × 約 12mm のアーモンド状成型体が得られるロールを使用した。

ロールの回転数やフィーダの回転数により成型体の強度は変化するため、条件を変えて成型試験を実施し、成型体の強度を測定した。使用した装置の概要を図1に示す。

2-4 焼成試験

前報よりタイル状成型体の最適焼成温度は 950℃ であることが分かっているため、ブリケットマシンによる成型体を電気炉で 900 ~ 1050℃ の7点で焼成試験を実施した。得られた焼成体の吸水率と圧壊強度を測定し、最適焼成温度を決定した。

2-5 破碎試験

昨年度はタイル状の焼成体をジョークラッシャーで粉碎を行ったが扁平な形状に粉碎され、骨材の規格に適合できなかった。このため本年度はハンマークラッシャーで粉碎試験を行った。

使用した装置は大塚鉄工(株)製 HB-189型で打撃式で破碎するため扁平な破碎物になりにくい特徴を持つ。ハンマーの形状を変えるとともに、回転数を変えて粉碎試験を実施した。なお使用した粉碎・成型・破碎装置は様々なサイズが製品化されていてスケールアップや連続式にすることが容易である。

3 結果及び考察

3-1 粉碎試験結果

ボールミルによる粉碎試験結果を図2に示す。試料の平均粒径は 60分後までは直線的に減少し、平均粒径が 10.42 μm となるが、その後は粒径がほとんど変化しなかった。

昨年度使用したフレットミルによる破碎物の平均粒径が 10.21 μm であったため、粉碎時間は 60分が適当であると考えられる。

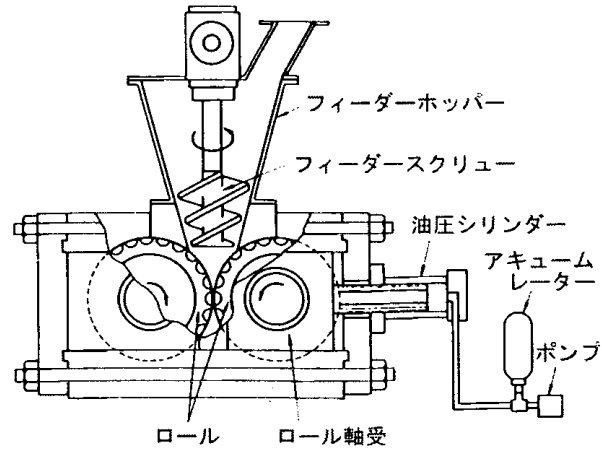


図1 ブリケットマシンの概要図

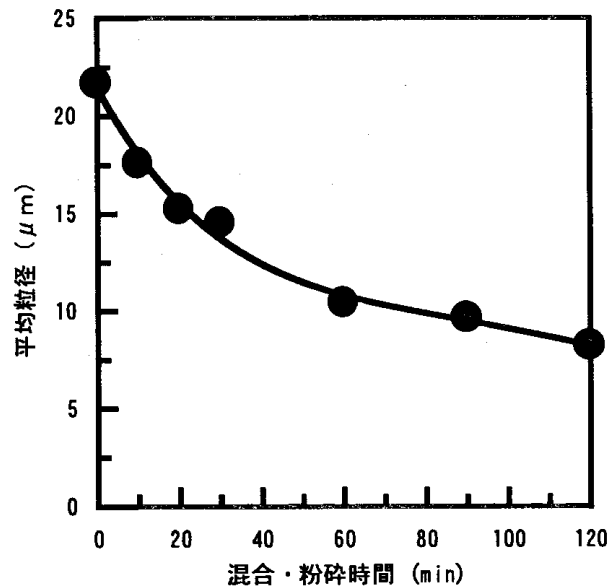


図2 混合・粉碎時間による平均粒径の変化

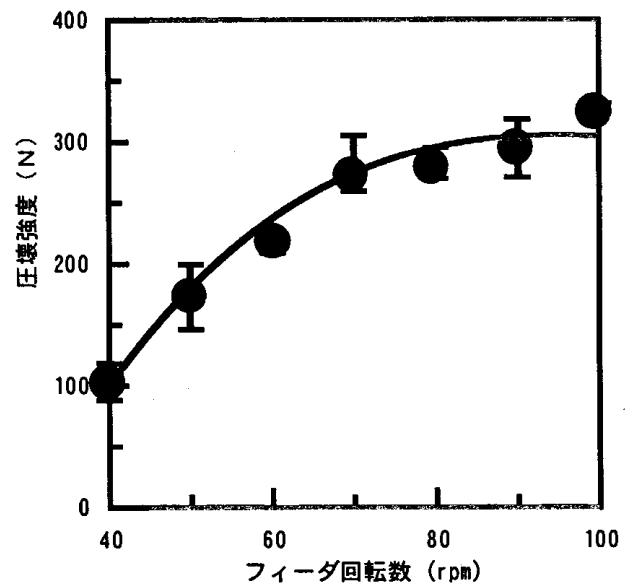


図3 フィーダ回転数と成型体の強度

3-2 成型試験結果

ブリケットマシンのロール圧力を 170kgf/cm^2 、ロール回転数を最低の 3rpm で一定とし、フィーダの回転数を変えることにより試料の送り込み量を調整して成型体を作成した。

乾燥工程を省くために水などのバインダーを一切添加しなかったためフィーダの回転数が 30rpm 以下では成型できなかった。フィーダの回転数による成型体の圧壊強度の変化を図3に示す。フィーダの回転数とともに圧壊強度も増加するが、 70rpm 以上では緩やかな増加となった。

3-3 焼成試験結果

図4はブリケットマシンのフィーダの回転数を変えて作成したサンプルを 975°C で焼成した焼成体の圧壊強度を測定した結果であるが、焼成前の試料と同様にフィーダの回転が早いほど強固な焼成体が得られることが分かる。

このことから固い成型体を作る条件が、強固な焼成体を得る条件となることが分かった。ただし、 90rpm と 100rpm では焼成体の強度がほとんど変わらないため、装置に対する負荷（最大回転数 100rpm ）を考えると、フィーダ回転数は $80\sim 90\text{rpm}$ が適当と考えられる。

なお、フィーダ回転数 90rpm の成型品を $900\sim 1050^\circ\text{C}$ で焼成した焼成体の圧壊強度及び吸水率の測定結果を図5及び図6にそれぞれ示す。 $950\sim 1000^\circ\text{C}$ で全体が熔融、収縮して焼結が行われていくため、圧壊強度は急激に増加し、それに合わせて吸水率も低下していく。その後、熔融がさらに進み、吸水率も低下していくが、同時に発泡による独立気泡が徐々に発生し始めるため圧壊強度は低下していく。 1025°C 以上になると発泡状態により、圧壊強度にばらつきが出てくる。

以上から、 1000°C 前後での焼成が適当であると思われる。同じ廃棄物を使用して作成したタイル状成型体は 900°C 付近から吸水率が減少し、 950°C で最大強度が得られたため、ブリケットマシンによる成型体は最適焼成温度が 50°C ほど高いことになる。

3-4 破碎試験結果

得られた焼成体はアーモンド状で角のない形状である。骨材として使用する場合扁平や極端に丸いものは滑りや強度不足の原因となるため⁶⁾ 骨材として適当ではない。このためハンマークラッシャーによって焼成体を粉碎した。ハンマーの形状は短冊形とあぶみ型があるが、あぶみ型では衝撃が大きすぎるため粉体にまで破碎されてし

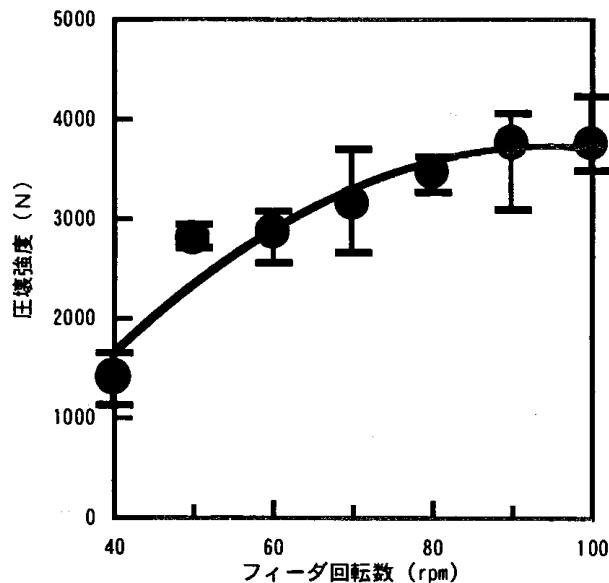


図4 フィーダ回転数と焼成体の強度

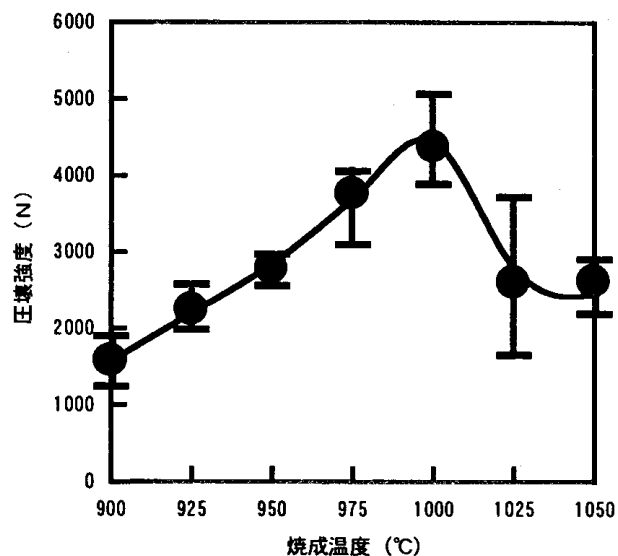


図5 焼成温度と焼成体の強度

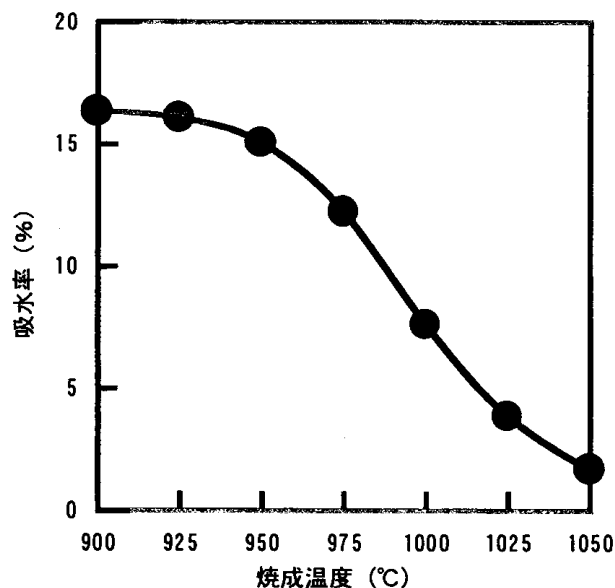


図6 焼成温度と吸水率

まった。短冊形でも回転数を上げすぎると粉体が多くなる傾向にあり、低回転での破碎が適していた。得られた人工骨材を図7に示す。

4 結 語

県内から産業廃棄物として排出される鋳物廃砂、生コンスラッジ、ガラス研磨粉を利用して簡単な操作によって大量に骨材を作成する条件を検討した結果以下の知見を得た。

- 1) 本試料をバッチボールミル混合・粉碎する時間は60分が適当である。
- 2) バインダーを一切使用せずにブリケットマシンで成型体を作成することが可能で、強固な骨材を得るためにはロール圧力 170kgf/cm^2 、ロール回転数 3rpm 、フィード回転数 $80\sim 90\text{rpm}$ が最適である。
- 3) 成型体の最適焼成温度は $1000\text{ }^\circ\text{C}$ で、タイル状成型体に比べて $50\text{ }^\circ\text{C}$ 高温となる。
- 4) 骨材として使用するためにはハンマクラッシャーによって粉碎した方が良く、この場合ハンマーの形状は短冊形で低回転での破碎が適している。

今後は、骨材試験とアスファルトとの混合試験を行うとともに、大量製造するにあたってのコスト計算を行う必要がある。

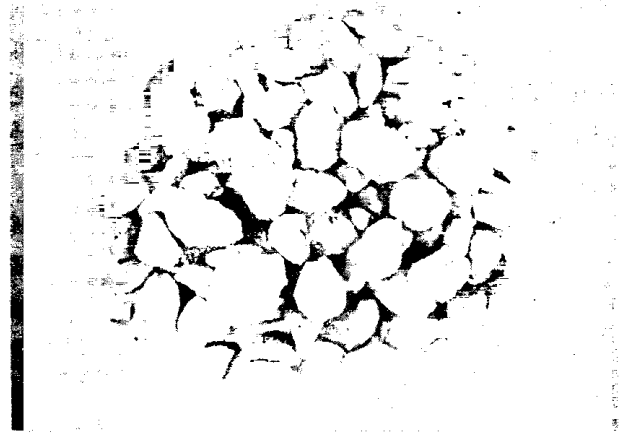


図7 作成した人工骨材

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) 岩手県生コンクリート協同組合：活路開拓調査事業，(1994)
- 3) 佐々木秀幸、谷藤眞一：岩手工技セ研報,4,77(1997)
- 4) 佐々木秀幸、谷藤眞一：岩手工技セ研報,5,95(1998)
- 5) 後藤繁雄、西川一広：環境技術，12，1076(1976)
- 6) 牧君明、末岡一登、木村鉄：道路建設，556，54(1994)

畜産未利用資源からの有用成分の抽出*

岸 敦**、大澤 純也**

特有の臭気を持つ内臓を試料とした場合の調味液調製を目的として、消臭のために醤油麹菌による肉麴の調製を行っている。麹菌を繁殖させることにより内臓臭気がかなり減少するが、麹菌の生育の栄養糖源として小麦を使用しているため、肉麴を調製後酵素分解し熱殺菌すると褐変が生じる。

今回は麴麦の変わりにトレハロース、マルトース、グルコースを使用することにより最終産物である肉麴エキスが褐変しないような肉麴を調製する方法について検討し良好な結果を得た。

キーワード：臭気、肉麴、褐変、トレハロース、マルトース、グルコース

Extraction of Available Components from Meat Processing Waste

KISHI Atsushi and OHSAWA Junya

Smell of intestines is a big problem for using them as seasonings materials. To remove the stench we used shoyu koji kinn (*Aspergillus sojae*) and prepared niku koji, similar to shoyu koji and afterward made liquid seasonings, the final products, from it with enzymes. This pre-treatment with koji kinn made great effect of removing the smell but it caused a new problem of brownig. In this study, we tried to make niku koji with several sugars, trehalose, maltose and gluucose, instead of wheat that usually used as nutritional sugar source for growing of koji kinn. And we developed clear and colorless liquid seasonings with new nutritional sugar sources.

key words: shoyu koji kinn, niku koji, brownig, trehalose, maltose, gluucose.

1 結 言

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

しかしながら肉麴調製の際に醤油醸造用小麦（麴麦）を使用するため、肉麴を酵素分解し熱殺菌すると褐変するという新たな問題が生じた。今回は肉麴調製の際の糖質を麴麦から他のものへ変えることにより褐変しない調味液を調製する方法について検討した。

2 実験方法

2-1 原材料

原料は、醤油用小麦麴麦 ST、豚腎臓、豚リンパ腺などの豚内臓類は共同研究者である（株）岩手畜産流通センターからの供与物を使用した。

* 畜肉未利用資源有効利用に関する研究（第3報）（地域先端技術共同研究開発促進事業）

** 応用生物部

2-2 肉麴の調製

上記材料を用いて表1の方法で肉麴を調製した。麴麦はそのままで、豚腎臓は塩水湯煮後粉碎して使用した。各混合比を表1に示した。それぞれに醤油麹菌 (*Aspergillus sojae*) を1/2000重量加え培養した。

表1 肉麴調製手順

(g)	豚腎臓	麴麦	T	M	G
PC	90	10	-	-	-
NC	100	-	-	-	-
T 10	90	-	10	-	-
15	85	-	15	-	-
20	80	-	20	-	-
M10	90	-	-	10	-
15	85	-	-	15	-
20	80	-	-	20	-
G 1	99	-	-	-	1
3	97	-	-	-	3
5	95	-	-	-	5

↓28°C、湿度80%、36hr
肉麴

(T=トレハロース、M=マルトース、G=グルコース)

2-3 活性炭による脱色効果の検討

腎臓/麴麦=90/10の割合で肉麴を調製し(表1のPC)フレーバーザイム(Novo Nordisk社)で分解し肉麴エキスとしたものをオートクレーブ処理した。褐変したエキスに2種類の活性炭(A:発酵調味料脱色用、B:清酒脱色用、共に武田薬品工業)を1~3%(W/V)加え室温で1時間攪拌後濾過し吸光度を測定した。controlとしてPCを10倍希釈したものを用いた。活性炭量1%で処理したものは10倍希釈し、それ以外は原液で450nmでの吸光度を測定した。controlの吸光度を100とした相対値を比較し褐変度とした。

2-4 糖質の種類が褐変に与える影響についての検討

a トレハロースによる検討

トレハロースを10%加えて調製した肉麴(表1のT10)の酵素分解エキスを90, 100, 120°C、15分間加熱し450nmで吸光度を測定した。

b トレハロース、マルトース、グルコースによる検討

表1に従いトレハロース、マルトース、グルコースの添加量を変化させ調製した肉麴エキスを120°C、15分間加熱し450nmで吸光度を測定した。

2-5 肉麴エキスの生理的機能性の検討

a 抗アレルギー作用についての検討

抗アレルギー作用の指標となるヒアルロニダーゼ活性

阻害効果について以下の方法に従って検討した^{2~4)}(図1)。

- ・肉麴エキス・・・・・・20μl
- ・ヒアルロニダーゼ・・・・40μl
- ・1mM p-ニトロフェニル-n-アセチル-β-d-グルコサミン・・・・40μl

↓混合、37°C、1hr

↓発色試薬添加・・・・200μl

吸光度測定 410nm

図1 抗アレルギー作用測定手順

b 抗ガン作用についての検討

抗ガン作用の指標となる白血病細胞HL60の分化誘導効果について以下の方法⁵⁾に従い検討した(図2)。

HL60細胞 1.5×10⁵個/3ml 培地

↓+肉麴エキス3μl、培養4days

細胞を遠心収集、PBSで洗浄

↓

細胞を遠心収集、0.5mlの培地に懸濁

↓+NBT試薬0.5ml、TPA 1μl

37°C、30min

↓

細胞を遠心収集、PBSに懸濁

↓

染色された細胞の割合を測定=分化誘導率

=脱ガン化作用

図2 抗ガン作用の測定手順

3 結果

3-1 活性炭による脱色効果

表2 図3~5のサンプル内容

図	サンプル	希釈率
図3	PC	10倍希釈
	A1%, B1%	10倍希釈
	A2%, A3%	無希釈
	B2%, B3%	無希釈
図4	PC	10倍希釈
	NC, 90~120°C	無希釈
図5	PC	10倍希釈
	NC, T10~20 M10~20, G1~5	無希釈

2-3の方法に従って活性炭の脱色効果を検討した(表2, 図3)。活性炭A、B共に添加量ごとに、1%ではPC2倍希釈、2%ではPC5倍希釈、3%ではPC10倍希釈したものと同

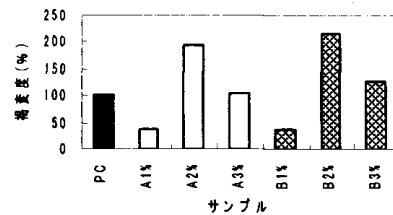


図3 活性炭の脱色効果

程度の脱色効果があることが明らかとなった。

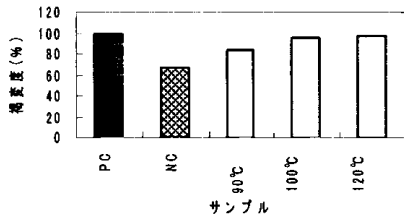


図4 トレハロースの褐変抑制効果

2-4の方法に従って肉麩調製の際の糖質(全体の10%)を従来の麩麦からトレハロースに変えて熱褐変に対する影響を検討した結果(表2、図4)、120℃、15分間の高熱処理でも褐変せず、麩麦を使用した従来のものを10倍希釈した場合(PC)や肉だけのもの(NC)とほぼ同程度の褐変しか示さなかった。続いて2-5の方法に従ってトレハロース(T)、マルトース(M)、グルコース(G)の添加量を変化させて褐変に対する影響を検討した結果(表2、図5)、麩麦の変わりにこれらの糖類を使用して肉麩を調整しそれを酵素分解した肉麩エキスは熱褐変をほとんど示さないことが明らかとなった。

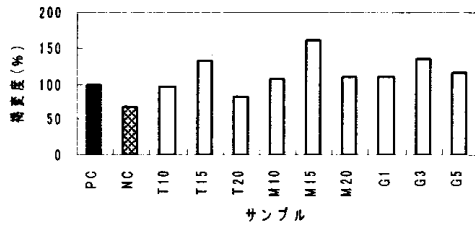


図5 種々の糖類の褐変抑制効果

3-2 肉麩エキスの生理的機能性の検討

表3のように豚腎臓とリンパ腺を原料として様々なエキスを調製した。サンプル1~5はリンパと腎臓を様々な割合で混合し、糖質としてグルコース(G)、マルトース(M)、トレハロース(T)を10/100ずつ加え肉麩を調製しそれを酵素分解しエキスとした。サンプル6~10はリンパと腎臓を様々な割合で混合し、それをそのまま酵素分解しエキスとした。サンプル11~12はリンパと腎臓に乳酸菌を加え培養したものをそのまま酵素分解しエキスとした。

それらのエキスについてヒアルロニダーゼ活性阻害効果について検討した結果(値が低いほど抗アレルギー作用がある)抗アレルギー活性を示さない緩衝液を加えたPC(Positive Control)に比べるとわずかではあるが効果が認められた(表3、図6)。

脱ガン化作用について、HL60細胞の分化を測定する方法で検討した結果(値が高いほど抗ガン作用がある)、高い細胞分化を引き起こす試薬レチノイン酸を加えたPC(Positive Control)に比べサンプルの分化誘導率

は極めて低い。よって抗ガン作用は認められなかった(表3、図7)。

表3 図6~7サンプル内容

サンプル	リンパ/腎臓	G-M-T	エキス種類
1	100/0	10-10-10	肉麩エキス
2	0/100	10-10-10	
3	10/90	10-10-10	
4	25/75	10-10-10	
5	50/50	10-10-10	
6	100/0		直接分解エキス
7	0/100		
8	10/90		
9	25/75		
10	50/50		
11	100/0	乳酸菌処理	
12	0/100	乳酸菌処理	

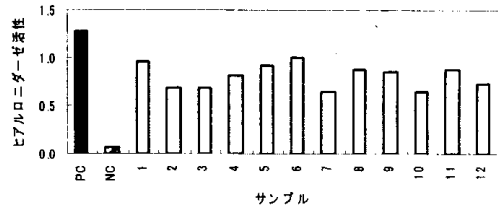


図6 肉麩エキスの抗アレルギー作用

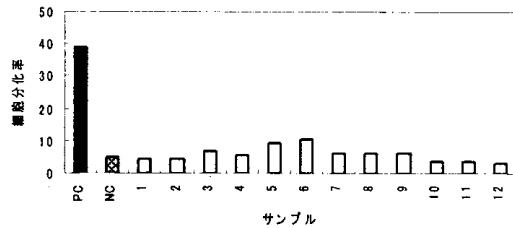


図7 肉麩エキスの抗ガン作用

4 考察

図3に示したように褐変した肉麩エキスに活性炭を3%加えると褐変したエキスを10倍希釈した場合と同程度の脱色効果がある。しかし、活性炭処理すると脱色と共に風味も失われるため、麹菌の育成過程で完全消化され褐変しないような糖質を使用した肉麩を調製することが望ましい。トレハロースはアミノ酸やタンパク質との褐変反応を起こさないことや畜肉、魚介類の特異臭を抑制する効果があることが知られている。これを10%加えて調製した肉麩の酵素分解エキスを90、100、120℃、15分間加熱したところ図4のように麩麦を使用して調製した肉麩エキスの約1/10程度の褐変しか示さないという非常に有効な結果を得た。同様に図5のようにマルトースやグルコースを添加量を変化させ調製した肉麩エキスに関して褐変を検討したところ全て調

味料として使用可能な程度の着色しか示さなかった。製造コストや操作性の点から混合糖質による肉麩エキスの調製を検討した。肉麩に麩菌を繁殖させるためにはある程度の水分が必要であるが、本肉麩エキス調製法では内臓臭の軽減のために前処理として塩水湯煮しているため原料肉がやや水分不足な感がある。マルトースは液状のため水分が補充され、麩菌の生育やまた原料のまとまりが良くなるため操作性が向上するなどの利点がある。これら3種の糖質の混合比率を様々に変化させ肉麩エキスを調製し官能検査を行ったところ、基本的には単独よりも複数の糖質を混合した方が風味的に優れているようである(データは示さない)。さらにそれらのアミノ酸組成を分析し全アミノ酸中に占める旨味甘味アミノ酸の割合を算出したところ、約50~60%の範囲内であり大きな差は認められなかった(データは示さない)。

肉麩エキスの生理的機能性について図6~7に示したように抗アレルギー作用、抗ガン作用等を検討したが有効な作用は検出できなかった。今後は抗酸化作用や乳酸菌増殖効果等のように、肉麩エキスをハムやソーセージなどの製品に使用した際の有効性という方向から検討して行きたい。

5 結 語

肉麩調製の際の糖質を考慮することにより、熱を加えても肉麩エキスが褐変しないことが明らかとなった。麩菌を利用し内臓の臭気の問題を解決し、さらに色彩の問題

も解決され試験品として一応の目安がついたこととなる。

今後はこの肉麩エキス調製スケールの拡大とそれに伴う条件設定が課題となる。また畜肉加工製品生産の工程簡略化や低コスト化などに繋がるように、肉麩エキスが使用される製品を考慮してバリエーションを増やすことも検討して行きたい(燻製品用のスモークフレーバーのようなものや発酵ソーセージ用の乳酸菌発酵させたもの等)。

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

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

文 献

- 1) 岸 敦, 大澤純也, 岩手県工業技術センター研究報告 5.99-102(1998)
- 2) 中込和哉, 高木しのぶ, 畑田清隆, 岡修一, 花粉症研究会会報 10, 8-15(1998)
- 3) Asada, M., Sugie, M., Inoue, M., Hongo, S., Murata, K., Irie, S., Takeuchi, T., Tomizuka, N. and Oka, S. Biosci. Biotech. Biochem. 1030-1032(1997)
- 4) Aronson, N. N. Jr and Davidson, E. A. J. Biol. Chem. 242, 437-440(1967)
- 5) Kobori, M and Shinohara, S, Biosci. Biotec. Biochem. 57, 1951-1952(1993)

次世代型水稲(西海231号、関東188号)の酒造適性評価

高橋 亨*、櫻井 廣*

次世代型水稲の利用技術開発のため、関東188号、西海231号について清酒醸造を目的とした適性評価を行った。関東188号は、原料米の分析値、酒化率、酒質が劣ることから、対照に用いたトヨニシキに比べ醸造適性は劣ることが明らかになった。西海231号もまた、原料米の分析値、酒化率、酒質が劣った。しかしながら、西海231号は、製成酒のアミノ酸度が低くなる特徴があり、従来の清酒と異なるタイプのアルコール飲料の開発の可能性が示唆された。

キーワード：次世代型水稲、西海231号、関東188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 231* and *Kanto 188*, and evaluated their amylolysis characteristics. The brewing aptitude of *Kanto 188* and *Saikai 231* were inferior to the control *Toyonishiki*, as the analysis of the raw material rice and in the quality of sake. However, Sake made from *Saikai 231* had property of low amino acidity. This suggests the possibility of developing new alcoholic drinks.

keywords : new types of rice grains, *Saikai 231*, *Kanto 188*, brewing aptitude

1 緒 言

農業の国際化と労働力の減少・高齢化、消費者ニーズの高度化・多様化が進行する中で、今後の稲作は高品質化はもとより大幅な省力化と低コスト化を図り、国際競争力を強化するとともに、環境保全の視点から、農薬等化学資材の使用量を合理的に減じた低投入型の栽培を目指す必要がある。このため、耐病性や耐冷性、直播適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(次世代型水稲・ミラクルライス)の創出と並行して、新規形質米の用途別利用・高度利用を図るため、各種加工適性の評価が行われており、酒類への利用もその一つとなっている。

次世代型水稲を酒造用原料米として使用するには、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。

今回、我々は西海231号、関東188号の2品種の次世代型水稲について実地醸造試験を含む醸造適性の評価を行ったので、ここに報告する。

2 実験方法

2-1 供試原料米

今回使用した次世代型水稲は、平成10年産関東188号(農水省農業研究センター)、西海231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10年産トヨニシキ(岩手県産)を用いた。米の特徴として、関東188号は極多収米であり、西海231号は低グルテリン米である。

2-2 原料米分析

原料米は酒造用原料米全国統一分析法(以下酒米統一分析法と呼ぶ)¹⁾に準じて分析した。

2-3 清酒醸造試験

清酒醸造試験は総米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⁾に基づいて分析した。酒質は平成10酒造年度岩手県新酒鑑評会審査員10名により5点法で評価した。数字の小さい方が優良であり、対照であるトヨニシキは3点とした。

* 醸造技術部

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
麹米(kg)	25	30	50	105
汲水(l)	150	200	300	650

- ・30%アルコール使用量：380ℓ / t 白米
- ・酵母仕込(協会901号)による3段仕込

3 実験結果

3-1 原料米分析

原料米分析結果を表2に示す。

表2 酒米統一分析法による分析結果

	トヨニシキ	西海231号	関東188号
玄米千粒重(g)	21.2	24.0	21.2
20分吸水(%)	24.9	22.9	24.8
120分吸水(%)	28.9	32.2	29.1
蒸米吸水(%)	37.8	35.0	34.5
糖度(Brix)	10.0	9.4	10.8
F-N態窒素(ml)	0.77	0.52	1.03
粗タンパク質(%)	5.38	4.93	5.80
精米時砕米率(%)	6.9	5.0	5.8

3-2 清酒醸造試験

清酒製造事績及び製成酒成分を表3、試験酒求評結果を表4にそれぞれ示す。

原料処理において、関東188号、西海231号とも蒸米に粘りがあり、作業中蒸米が団子状になることがあった。

トヨニシキ、関東188号のもろみ経過はほぼ順調に推移した。西海231号は、最高ポーメが高く出たが、その後は急速に切れていき、もろみ日数がやや短めになった。また、両試験品種とも対照に比べ粕歩合が高く、酒化率も悪かった。

表3 清酒製造事績及び製成酒成分

	トヨニシキ	西海231号	関東188号
もろみ日数(日)	20	17	19
製成数量(l)	1,200	1,103	1,149
アルコール濃度(%)	20.1	18.1	19.2
滴定酸度(ml)	2.6	2.2	2.5
アミノ酸度(ml)	1.4	0.5	1.7
日本酒度	-1	+1	-1
アルコール収得量(l/t)	368	284	327
粕歩合(%)	29.2	52.4	39.8

製成酒の酒質は、関東188号はスッキリしているとする審査員と味濃く雑味が多いとする審査員に評価が別れたが、平均点は3.20点と対照よりやや劣った。西海

231号はきれいだが不調和であると評価され、評点も3.7点であった。

表4 試験酒求評結果

品 種 名	1	2	3	4	5	平均点
西海231号	0	1	3	4	2	3.70
関東188号	1	3	0	5	1	3.20

4 考 察

一般に酒造好適米の条件として、大粒で心白があること、もろみでの溶解性がよいこと、タンパク質が少ないこと、無効精米歩合、砕米の発生が少ないことが挙げられる。この大粒であること、は、斉藤らの原料米の酒造適性を推定する方法^{3)~5)}に基づいて評価した。なお、トヨニシキは酒造好適米ではないため、玄米千粒重等斉藤らの酒造適性推定法の数値に当てはまらない項目がある。また、については、これまで酒造適性を評価する明確な基準がないことから、対照と比較し経験的に判断した。

関東188号は酒米統一分析法において、玄米千粒重が小さく20分吸水が低い、粗蛋白質が多いという結果であり、酒造にはあまり向かない品種である。また、精米性に問題はないが、原料処理において蒸米が粘つくことから、放冷機への蒸米の付着など作業性に問題が生じると考えられる。酒化率も悪くきき酒の評価も対照よりやや劣ることから、酒造用原料米の価値は低いと考えられた。関東188号の特徴は極多収米であることから、米価によっては酒造に供する可能性がある。

西海231号は、酒米統一分析法で玄米千粒重が小さく20分吸水、消化性の値が低いことから、酒造適性は劣る。F-N態窒素の値が低いのは、麹のプロテアーゼで分解されるグルテリンの含量が低いためと考えられる。精米性には問題ないが、原料処理では、関東188号と同様蒸米が粘り、作業性に劣る。もろみも通常の経過と異なり、もろみ初期にかなり高くポーメが出たものの、その後は急速に切れていった。これは、もろみ初期は米が溶解したものの、その後は米がほとんど溶けずにアルコール発酵のみが行われたと考えられる。また、米が溶けにくいことが酒化率の悪さにもつながっている。このように並行複発酵のバランスが悪いのは、西海231号の有する特徴と考えられ、この米での清酒醸造では米を良く溶かすために何らかの対策を講じなければならない。きき酒において、きれいだと評価されたのは、雑味の原因であるアミノ酸やペプチドの量が少ないためと考えられるが、製成酒のアミノ酸度がかかなり低いため、かえって酸味とのバランスが悪く不調和であり評価が低くなった。このようなことから、西海231号は、酒造用原料米としての価値はかなり低い。しかし、製成酒のアミノ酸度がかかなり低いというのは西海231号の大きな特徴であり、この特徴を生かすことで新しいタイプの清酒が作ら

れる可能性はある。

5 結 語

関東 188 号、西海 231 号の 2 品種について、清酒醸造試験を含めた酒米適性を評価した。

関東 188 号は、原料米分析において玄米千粒重、20 分吸水、粗蛋白質含量に問題があり、製成酒の酒化率も悪く、きき酒でも高い評価は得られなかったことから、酒造適性は劣る。

一方、西海 231 号についても玄米千粒重、20 分吸水、消化性に問題があり、酒化率も非常に悪く、きき酒の成績も悪いことから、酒造には適さない品種である。西海 231 号を酒造用原料米として使用するのであれば、製成酒のアミノ酸度が低く押さえられる特徴を生かした新商品開発の可能性が考えられる。

本研究は農林水産省「画期的新品種の創出等による次世代水稲技術構築のための基盤的総合研究」の一環として行ったものである。また、精米にあたって協力いただきました高橋酒造店高橋久社長はじめ関係各位に感謝します。

文 献

- 1) 酒米研究会：酒造用原料米全国統一分析法 (1996)
- 2) 注解編集委員会編：第 4 回改訂 国税庁所定分析法 注解，日本醸造協会 (1993)
- 3) 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)

酒造好適米新品種「岩南酒13号」の醸造適性

高橋 亨*、櫻井 廣*

奨励品種決定調査の行われた岩手県オリジナル酒造好適米3系統（岩手酒52号、岩南酒13号、岩南酒15号）について、酒造用原料米統一分析法に基づく原料米分析、総米30kgの醸造試験を行った。岩手酒52号は原料処理に、岩南酒15号はもろみ経過に難点があり、扱いにくいことが明らかになった。岩南酒13号は原料処理、もろみ経過とも無難であり、酒質の評価も高いことから、岩南酒13号を奨励品種とすることとなった。

キーワード：岩手県産酒米、岩手酒52号、岩南酒13号、岩南酒15号、醸造適性

Brewing Properties of New Rice Breed Iwanansake 13

TAKAHASHI Tohru and SAKURAI Hiroshi

We evaluated the brewing aptitude of the three kinds of rice which were newly bred in Iwate prefecture. *Iwanansake 13* had good properties in the material treatment and the fermentation control, and taste of sake made from it was superior. The material treatment of *Iwatesake 52* was inferior to other breeds. *Iwanansake 15* was inferior in fermentation control. We selected *Iwanansake 13* for the new brewer's rice of Iwate prefecture.

key words : brewer's rice, *Iwatesake 52*, *Iwanansake 13*, *Iwanansake 15*

1 結 言

県内の酒造業界は、岩手の清酒イメージと結びつく県産酒米の新品種を強く望んでいる。岩手県農業研究センターでは酒造好適米の育種を平成2年度から開始した。平成8年度、我々は岩手県農業研究センターで育種中の5系統について酒造適性を評価し、岩酒382号、江さけ235、237号が優れていることを報告した¹⁾。平成9年度、これら3系統はそれぞれ岩手酒52号、岩南酒13号、岩南酒15号と名称を変え、奨励品種決定予備調査および現地調査が行われた。これと並行して県酒造組合主導のもと、県内企業による総米500kgの実地醸造試験が行われ、現場での適性を検討した。結果、岩南酒13号が良い評価を得たが、1系統に絞り込むには至らなかった。

平成10年度、岩手酒52号、岩南酒13号、15号の3系統を再度試験し、岩南酒13号を奨励品種にするに至ったのでここに報告する。

2 実験方法

2-1 供試原料米

原料米分析は、石鳥谷町で栽培された玄米と岩手県農業研究センターで栽培された玄米を用いた。試験醸造は石鳥谷町で栽培し、岩手精米俵で精米された50%精白

米を使用した。

2-2 原料米分析

原料米は酒造用原料米統一分析法（以下酒米統一分析法と呼ぶ）²⁾に準じて分析した。

2-3 清酒醸造試験

清酒醸造試験は総米30kg（精米歩合50%）でいわゆる吟醸造りを行った。仕込配合は表1のとおりであった。製成酒は国税庁所定分析法³⁾に基づいて分析し、酒質は平成11年1月12日に開催された、岩手県酒造技術研究委員会の参加者10名により評価を得た。

表1 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(l)				9.0

・単位は kg

・岩手吟醸2号酵母による酒母廃止酵母3段仕込

3 実験結果及び考察

3-1 原料米分析

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)の酒米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、直接還元糖(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^{4)~6)}。当時と測定法が異なる項目もあるが、今回試験した3系統の原料米について、おおよそこの基準に基づいて酒造適性を評価した。今回試験した3系統および美山錦、山田錦の原料米分析結果を表2に示す。

酒米統一分析法に基づく原料米分析の結果、3系統とも大きな問題となる項目はなかった。無効精米歩合、碎米混入率は美山錦並かやや良であり、精米歩合70%摺

精も問題ないと考えられる。

3-2 清酒醸造試験

原料処理結果を表3、もろみのBMD曲線を図1、製造実績及び製成酒の分析結果を表4、きき酒の評点およびコメントを表5にそれぞれ示す。原料処理において、洗米・浸漬時に碎粒が発生したが、特に岩手酒52号がひどく、また、水切り後ももたつく感じがした。もろみでは岩南酒13号がやや早めに経過し、もろみ日数も22日であった。これは、米の特徴というより、甾時の温度が設定より高くなり、前急タイプになったためと考えられた。岩南酒15号は前半米が溶けすぎて、後半切れが鈍った。原料米分析でも消化性の糖度が最も高いことから、溶けやすい米であることが明らかになった。きき酒では岩南酒13号が最も良かった。

表2 原料米分析結果

系統名	分析 点数	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(%)
岩手酒52号	7	25.9	27.7	30.8	34.2	10.1	0.77	4.9	4.3	10.8
岩南酒13号	10	27.0	26.7	29.6	33.8	10.4	0.76	4.7	1.0	9.0
岩南酒15号	10	27.2	27.0	30.2	34.2	10.6	0.74	4.6	1.3	9.2
山田錦	3	26.2	26.9	28.9	34.8	10.5	0.70	4.8	6.9	22.6
美山錦	10	25.0	25.9	29.1	32.7	10.5	0.75	4.8	3.2	13.2

表3 原料処理結果

系統名	用途	品温 (°C)	水温 (°C)	吸水時間 (分)	吸水率 (%)	こしき前 吸水(%)	こしき吸水 (%)
岩手酒52号	添掛	6.0	13.0	17.0	32.6	23.2	36.5
	仲掛	8.0	13.0	17.0	30.9	30.3	45.5
	留掛	9.0	11.0	16.0	28.0	27.7	42.3
岩南酒13号	添掛	13.0	14.0	10.0	27.4	26.8	39.0
	仲掛	12.0	15.0	12.0	29.0	29.1	44.6
	留掛	10.0	12.0	12.0	27.1	26.9	38.1
岩南酒15号	添掛	6.0	13.0	18.7	36.1	26.8	39.4
	仲掛	8.0	13.0	17.0	34.0	32.6	48.6
	留掛	9.0	11.0	15.0	30.0	29.5	45.8

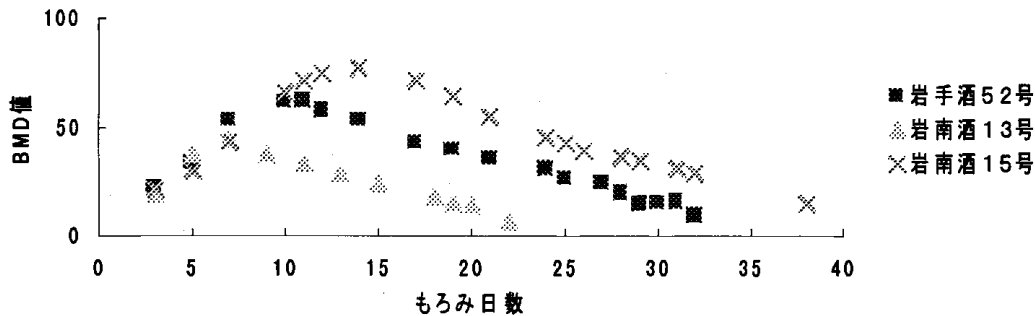


図1 もろみのBMD曲線

酒造好適米新品種「岩南酒13号」の醸造適性

表4 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 (lt)	粕歩合 (%)
岩手酒 52号	32	18.7	+3	2.4	1.9	280	24.7
岩南酒 13号	22	18.3	+3	1.9	1.0	288	34.9
岩南酒 15号	38	18.1	+2	2.4	1.7	293	24.0

表5 審査員による酒質の評価

系統名	評点	コメント
岩手酒 52号	2.1	雑、甘、不調和
岩南酒 13号	1.5	軽快、味薄
岩南酒 15号	2.1	濃厚、重い

点数が低いほど良好な酒である

4 結 語

岩手県農業研究センター水稻育種研究室および銘柄米開発研究室で育種され、奨励品種決定調査を行った酒米3系統について醸造適性を評価した。

粗タンパク質や20分吸水値などの分析値は全ての系統で大きな問題はなかったが、原料処理では岩手酒52号が作業性でやや劣った。また、岩南酒15号は米が溶

けやすく長期もろみになる傾向が見られた。岩南酒13号は原料処理、もろみ経過が無難であり、酒質の評価も高いことから3系統の中で最も酒造に適していると考えられた。

文 献

- 1) 高橋 亨, 桜井 廣: 岩手工技セ研報, 4, 105 (1997)
- 2) 酒米研究会: 酒造用原料米全国統一分析法(1996)
- 3) 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)
- 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)
- 6) 斉藤博之, 西澤直行: 醸協, 91, 737 (1996)

育種酵母による吟醸酒製造試験*

中山繁喜**、櫻井 廣**、高橋 亨**、畑山 誠**、平野高広**

(財)岩手生物工学研究センターと共同で開発した吟醸酒用酵母YK-45株及びYK-71株の2株を使って試験醸造を行った。今回は添仕込みと踊りの温度を高く設定して酵母の増殖を促すことで、昨年までもろみ日数が伸びがちだったYK-71株が、通常の日数で上槽できるようになった。その際、高い吟醸香を生成する酵母の特質は保持されたままであった。もう一方のYK-45株は、常法どおりの仕込み方法が適していると思われる。

キーワード：吟醸酵母、試験醸造

Sake Brewing with Hybrid Yeast Strains

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

Two strains of *Ginjo-shu* yeast, YK-45 and YK-71, were tested for sake brewing which were developed in cooperation with the Iwate Biotechnology Research Center. The fermentation period was improved to be normal for YK-71 when the temperature was set higher in 1st addition and *Odori*. In the case, the characteristic of the yeast which generated high flavor was remained. The traditional method seemed to be suitable for YK-45.

keywords : Ginjo yeast, fermentation test

1 緒 言

我々は財岩手生物工学研究センターと共同で、吟醸酒酵母に求められる華やかな香りと味のきれいさを持つ製成酒を造る酵母の育種を試み、YK-45、YK-71の2株を選抜した¹⁾。これらの株について昨年総米180kgの仕込み試験を行い、YK-71は清酒もろみ中で華やかな吟醸香を生成することが確認されたが、発酵が鈍く発酵日数が伸びる傾向があった²⁾。そこで、添え仕込みと踊りの温度を通常より高い温度に設定し、酵母数を十分に増やしてから、伸仕込みを行う方法をとることにより、通常のもろみ日数で上槽できるようになったので報告する。

2 実験方法

2-1 供試酵母

当センターで吟醸用酵母として、県内企業へ頒布して

いる岩手吟醸2号酵母を対照に、交雑法によって得られたYK-45、YK-71の2株を用いた。

2-2 原料および処理法

原料米は、精米歩合50%の岩手産美山錦を用いた。洗米はMJP式洗米機(白垣産業株式会社製)を用い、2分間洗米した後、麴米と添、伸掛米は吸水率30%、留掛米は27%を目標に浸漬吸水させた。蒸きょうはOH式二重蒸気槽付き甑(増田商事株式会社製)を用い50分間行った。蒸きょう終了前10分間は蒸気を加熱した乾燥蒸気を通じた。

製麴は薄盛三段式製麴機(ハクヨウ株式会社製)を用い、添麴と伸麴はまとめて製麴した。種麴(株秋田今野商店 5菌)は白米100kg当たり添、伸麴で50g、留麴で30g使用した。

* 吟醸酵母に関する研究(第2報)(基盤的・基盤的技術研究推進事業)

** 醸造技術部

表1 仕込配合

	初添	仲添	留添	計
総米(kg)	30	65	91	186
蒸米(kg)	21	53	75	149
麹米(kg)	9	12	16	37
汲水(l)	40	80	140	260

30%アルコール：57ℓ、追水10ℓ

2-3 仕込み配合および温度管理

表1に示した仕込み配合で試験醸造した。酒母として、麹エキス(Brix11度、0.3%酵母エキス)10ℓを用い、30、2日間静置培養した酵母を初添水麹に添加する酵母仕込みとした。アルコール添加量は白米トン当たり純アルコール換算で90ℓとした。

温度管理は、添仕込みと踊りが20、仲仕込で12、留仕込みで7を目標にした。添仕込みと踊りの温度が通常の方法より、高いのが特徴である。

アルコール添加時期は、もろみの日本酒度-2到達時を目標にした。

2-4 分析および官能評価

製成酒およびもろみは国税庁所定分析法³⁾に基づいて分析し、香气成分は、HEWLETPACKARD社製ヘッドスペースガスクロマトグラフHP5890Aで測定した。製成酒の官能評価は岩手県新酒鑑評会審査員10名の5点法で行った。

3 実験結果

3-1 もろみの発酵経過

図1に示した品温経過をたどり、29日から35日のもろみ日数で上槽した。3種の酵母を用いた場合いずれも

吟醸酒としては、ほぼ常法どおりの経過であった。

図2にBMD値と酸度の経過を示した。BMD値は、最高値が高めであったがその後の降下は順調であった。YK-71株のもろみは、30日目付近で停滞気味であった。酸度はもろみ初期の増加が大きかったが、YK-45と吟醸2号もろみは中期以降は安定し、アルコール添加前で1.5~1.6mlであった。YK-71もろみは1.8mlでやや高めであった。

もろみの状態は、サバケがよく酵母の活動が弱まることなく推移した。ただ、YK-45株は泡無し酵母にもかかわらず泡が上がった。

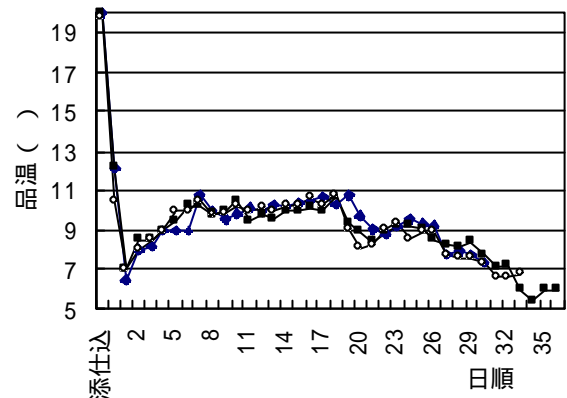


図1 品温経過
◆ YK-45 ■ YK-71 ○ 吟醸2号

3-2 製造実績および製成酒の成分

清酒製造実績および製成酒一般成分は、表2のとおりであった。対照の吟醸2号を使用した仕込みは、粕歩合がやや高めで日本酒度が低めであったが、酸度アミノ酸度は通常どおりであった。

YK-45株を使用した仕込みは、粕歩合がやや高めで、製成酒の酸度やアミノ酸が低めであった。YK-71株では、

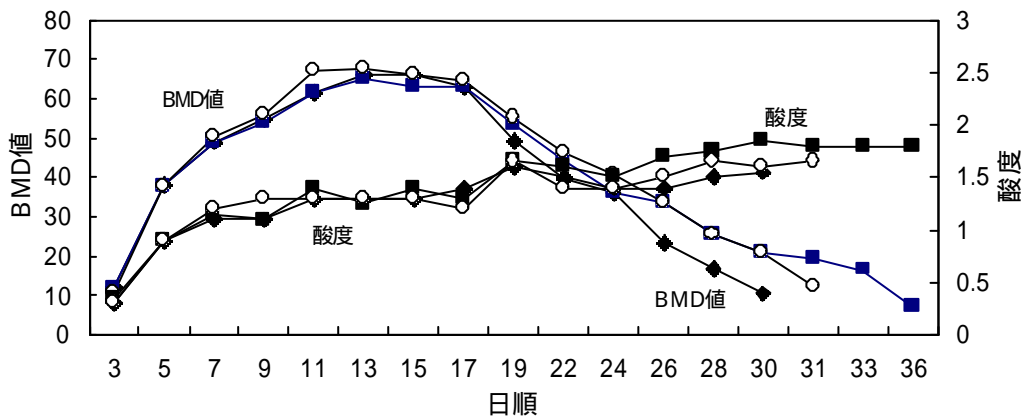


図2 発酵経過
◆ YK-45 ■ YK-71 ○ 吟醸2号

若干もろみ日数が伸び製成酒のアルコール度数が高くなった。

表2 清酒製造事績及び製成酒成分

	YK-45	YK-71	吟醸2号
もろみ日数(日)	29	35	30
製成数量(l)	372	370	362
アルコール収得量(l/t)	260	273	248
粕歩合(%)	59.7	55.1	58.3
アルコール濃度(%)	17.6	18.25	17.5
酸度(ml)	1.3	1.5	1.5
アミノ酸度(ml)	0.8	0.9	0.95
日本酒度	+3	+3	+2

3-3 香気成分

3試験区の上槽前の香気成分を表3に示した。

YK-45株は、酢酸イソアミルが吟醸2号より高いものの、前年の酢酸イソアミル3.55 ppm、カプロン酸エチル3.53 ppmより低かった。

YK-71株は、酢酸イソアミルが低い反面、カプロン酸エチルが突出して高く、やや刺激的な香りであった。

また、3試験区とも酢酸エチルやプロピルアルコール等の不快な香り成分は低めであった。

表3 もろみの香気成分 (単位 ppm)

	YK-45	YK-71	吟醸2号
酢酸イソアミル	3.2	1.5	2.4
カプロン酸エチル	2.3	5.9	5.1
酢酸エチル	62	40	45
プロピルアルコール	30	28	28
i-ブチルアルコール	44	41	46
i-アミルアルコール	128	117	132

3-4 製成酒の評価

鑑評値では、吟醸2号が2.1と最も評価が高く、YK-45が2.9、YK-71が3.0であった。YK-45は雑味が後口まで残り、華かな香りがないと講評された。YK-71は香りが離れると判断した人がいたため、評価が低かったが、雑味や渋味の指摘はなかった。

4 考察

YK-71株は高い吟醸香を生成する酵母であることは既実証されている¹⁾²⁾が、発酵が緩慢でもろみ日数が延びることが懸念されていた。今回、添え仕込み温度と踊りの温度を20 という吟醸造りでは通常行わない高い

温度に設定した。その結果、留仕込以降酵母の活動が活発で、さばけのよい健全な状態でもろみが推移した。36日目にもろみの日本酒度が-2に達し、上槽することができたことから、この操作により発酵状態が一般的な吟醸酵母並に改善されたと思われる。仕込み温度を高くした場合、蒸米の溶けすぎ、酸度、アミノ酸度の高くなる懸念されたが、もろみや製成酒の成分分析値から、その傾向は認められなかった。また、仕込み温度を高くしても、香りハナレが指摘されるほど、高い吟醸香を生成する特性は維持されていた。このことから、仕込み温度を高くすれば、香り高い吟醸酒を35日前後で造ることができることが明らかになった。

この初添えと踊りの温度を高くする方法は、通常の仕込み温度で十分に増殖する吟醸2号酵母に対しても有効で、もろみのさばけが良く健全な発酵経過であった。製成酒の酸度やアミノ酸度が高くなることもなく、香味の調和のとれた製成酒を造ることができた。

しかし、YK-45株に対しては、初添温度を高くするともろみ中で泡が発生したり、もろみ後半BMD値の降下が早まるなど、発酵のバランスを崩している兆候があった。また、製成酒の香りも例年ほどの華やかさはなかった。この原因が仕込み温度だけによるものか否かは、再度検討したい。

5 結 語

新たな吟醸酵母を開発するため、(財)岩手生物工学研究センターと共同で研究を進めているが、前年度、香りが柔らかく味の調和が良いことを明らかにしたYK-45株¹⁾と、今回添仕込み温度を上げることで、高い吟醸香の有する酒を造れることが実証されたYK-71株と、2つの酵母を県内酒造場に頒布できるようになった。それぞれの酵母の特長を生かし、パラリテューにとんだ吟醸酒が生まれることと思われる。

本研究の遂行に際し、酵母の交雑を行い提供して下さった(財)岩手生物工学研究センターの江井仁所長、佐藤利次主任研究員、中沢伸重研究員に深謝します。

文 献

- (財)岩手生物工学研究センター：研究成果集(3) 8-9 (1996)
- 小澤麻由美、中山繁喜、櫻井 廣：岩手工技セ研報、5,115(1998)
- 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)

耐塩性酵母の生理的性質

畑山 誠**、中山 繁喜**、桜井 廣**

培養酵母を添加していない味噌、醤油諸味から分離した蔵付き耐塩性酵母の生理的性質を調べた。この中から醸造に利用できそうな菌株として、主発酵酵母4株、後熟酵母1株を取得した。これらの酵母は、生育pH、生育温度、エタノール耐性の適性域が異なるため、様々な発酵環境で使い分けが出来る可能性を持つことが分かった。

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 warehouse salt tolerant yeasts was examined, which were isolated from Miso and Shoyu mash with no addition of cultivated yeasts. Four strains of *Zygosaccharomyces rouxii* and 1 strain of *Candida* genus seemed to be available for brewing Miso and Shoyu. Because of their variety in optimum pH, temperature and ethanol concentration for growth, they supposed to be used in Miso and Shoyu making in the various fermentation environment.

key words : salt tolerant yeast , physiological properties

1 緒 言

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広く行われている。また、これに関する報告や解説も多い^{1)~7)}。

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。センター保有耐塩性酵母の生理的性質の研究については前報⁸⁾で報告した。本研究では、培養酵母の添加を行っていない味噌、醤油諸味から分離した耐塩性酵母の生理的性質 (生育pH、生育温度、耐エタノール性、香り) について調べた。

2 実験方法

2-1 酵母の分離、分別

県内外から収集した味噌、醤油諸味から耐塩性酵母分離用グルコース平板培地 (表1の基本培地に2%寒天を加えたもの) を用いて酵母の分離を行った。

主発酵酵母 (以降、Z酵母) と後熟酵母 (以降、C酵母) の分別は、分別用培地 (表2) でKNO₃の資化性を調べることで行った⁹⁾。分離分別を行ったZ酵母28菌株、C酵母2菌株を試験に供試した。対照としてセンター保有のZ酵母RS-1とC酵母KT-3を用いた。

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 (%)
かびミノ酸	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

* 地域に適合する耐塩性酵母の開発に関する研究 (第2報) (基盤的・先導的技術研究推進事業)

** 醸造技術部

表2 分別培地組成

組成物	含量(%)
Yeast Carbon Base (DIFCO)	1.17
KNO ₃	0.078
NaCl	18.0
寒天	2.0

2-3 酵母の前培養

表1の培地を5mlづつL字試験管に分注し、殺菌した。これに酵母を1白金耳植菌し、よく攪拌した後、30℃で2日間振とう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0.1mlを注入植菌し、よく攪拌した後、28℃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15~35℃に5℃刻みで設定した。酵母の培養と生育度測定は、生育pH試験と同様に行った。最も生育度の高かった温度を生育最適温度とした。

2-6 耐エタノール性試験

培地として、滅菌後の基本培地にエタノールを加え、エタノール含量を0、1、2、3、4%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試験と同様に行った。

2-7 発酵香気試験

培地として、仕込み約1ヶ月後の醤油諸味ろ液を使用し、表3の諸味ろ液培地を調製した。

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1.5mlを注入植菌し、30℃、100rpmで18日間緩やかに振とう培養を行った。

この培養物の香りの好ましさについて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3 諸味ろ液培地の組成

諸味ろ液	50%
グルコース	5%
食塩	10%

(pH5.0に調整)

3 実験結果

3-1 生育pH試験

今井¹⁰⁾によるとNaCl 3M存在下でのZ酵母の生育pHは、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グループの3グループに分類されると言う。

本試験の結果は表4の通りであり、収集酵母はAグループとBグループに分けられ、Cグループに該当する菌株はなかった。ただし生育pHの上限が6.0の菌株、5.5の菌株と5.0の菌株の3つに分かれた。

表4 耐塩性酵母の生育pH

グループ	A	B			C
		pH6.0	pH5.5	pH5.0	
Z酵母	O-4	O-7	O-1	M009	なし
	O-5	O-9	O-2	M010	
	O-6	O-10	O-3	RS-1	
	O-11	M-4	O-8		
	O-12	M-5	M-6		
	F-1		M004		
	F-2		M008		
	F-3				
	M-2				
	M001				
	M003				
	M005				
	M006				
	M007				
	C酵母	M-1			
	M-3				
	KT-1				

3-2 生育温度試験

収集酵母の生育最適温度は表5の通りである。通常、酵母の生育適温は25~30℃位と考えられているが、20~35℃位まで同程度の生育を示した酵母もあった。しかし、すべての酵母で15℃以下の温度帯では生育が鈍かった。また後熟酵母は25~35℃と高めの生育適温を示した。

表5 耐塩性酵母の生育最適温度(℃)

最適温度	20-35	20-30	25-30	25-35	
Z酵母	O-1	O-2	O-4	O-11	
	O-9	O-3	O-5	O-12	
	O-10	O-7	O-6	M-2	
	M-4	O-8	F-1	M006	
	M-5	M003	F-2	M007	
	M-6	M004	F-3		
	M001		M010		
	M005				
	M008				
	M009				
	RS-1				
	C酵母				M-1
					M-3
					KT-3

3-3 エタノール耐性

それぞれの酵母の生育できる上限のエタノール濃度を表6に示す。収集酵母は、エタノール濃度3%あるいは4%まで生育できる酵母が多かった。

表6 耐塩性酵母のエタノール耐性

アルコール	1%	2%	3%	4%
Z酵母	O-4 O-5 O-6	M-2 M010 RS-1	O-2 O-3 O-7 O-8 O-9 M003 M006 M007 M008 M009	O-1, O-10 O-11, O-12 F-1, F-2 F-3 M-4 M-5 M-6 M001 M004 M005
C酵母			M-1 M-3 KT-3	

3-4 発酵香

収集耐塩性酵母の発酵香の好ましさの平均点を表7にまとめた。この中で一番評価の高かった株は、主発酵酵母では対照株RS-1であった。これにやや並ぶ菌株として、M-5、M005、M008、M010が挙げられた。後熟酵母では、M-1が対照株KT-3より香りが良く、対照株より穏やかな香りと評価された。

表7 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	O-1	3.8	M-2	3.0
	O-2	3.2	M-4	3.6
	O-3	3.4	M-5	2.2
	O-4	3.6	M-6	3.8
	O-5	4.2	M001	2.8
	O-6	3.8	M003	3.6
	O-7	3.2	M004	4.0
	O-8	3.0	M005	2.4
	O-9	3.4	M006	2.6
	O-10	2.8	M007	2.8
	O-11	3.0	M008	2.4
	O-12	3.4	M009	4.0
		F-1	2.8	M010
	F-2	3.0	RS-1	2.0
	F-3	2.6		
C酵母	M-1	2.4	KT-3	2.6
	M-3	3.6		

4 考察

収集酵母の生育 pH 範囲が、pH3.5 ~ 6.5 の広い株 (Aグループ) と生育 pH 上限が少し低い株 (Bグループ) が半々あった。味噌醤油醸造への利用という点から考えると、耐塩性乳酸菌の増殖が旺盛で製品酸度が高くなる傾向のある製造場にはAグループの株が適する。また乳酸発酵が低調な場合はBグループの株の方が適当と

考えられる。

生育温度範囲は、大きく4グループに分かれた。生育温度範囲が広い (20-35 °C) 株を使用すれば発酵熟成は早いと思われる。しかし麹の酵素による原料成分の分解とバランスが取れなければ製品での香味のバランスが崩れる可能性もあるので、発酵熟成と酵母の生育温度範囲の関係については更に検討が必要と考える。

エタノール耐性では、4%のエタノールが存在しても生育できる酵母が13株あった。これら収集酵母は、前報⁹⁾のセンター保有酵母と比較すると総じて生育適応範囲が広い傾向にある。

発酵香は、主発酵酵母では対照より良いと判断された株はなかった。これにやや並ぶ菌株として、M-5、M005、M008、M010が挙げられた。これらの酵母は、生育pH、生育温度、エタノール耐性の適性域が様々であるため、製造場の環境条件によって使い分けができると思われる。後熟酵母ではM-1が対照株よりやや良い香りだと判断された。香りの強さが対照株より弱いので、おだやかな後熟の発酵香が欲しい場合には有用な株と考える。

5 結 語

本研究では、県内外から収集した耐塩性酵母について生理的性質の比較を行った。収集酵母の生育pH、生育温度、エタノール耐性の適応範囲は様々であるが、センター保有酵母と比較すると総じて生育適応範囲が広い傾向にある。発酵香は、主発酵酵母では対照とやや並ぶ菌株として、4株 (M-5、M005、M008、M010) が挙げられた。これらの菌株は様々な生育適性を持つので、醸造環境の違いにより使い分けができる可能性がある。また後熟酵母ではM-1が対照株よりやや良い香りで、おだやかな後熟の発酵香が欲しい場合には有用な株である。しかし大半の酵母は好ましくない香気をもつため、培養酵母無添加での味噌、醤油の醸造は、製品の品質上問題がある場合が多い。

文 献

- 1) 相羽富夫：醬研,1,157(1975)
- 2) 清水 毅、木村延二郎：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) 畑山 誠、中山繁喜、櫻井 廣：岩手県工業技術センター研究報告,4,109(1997)
- 9) 山里一英ら編著：微生物の分離方法 p.294 R & D プランニング(1986)
- 10) 今井誠一：新潟県食品研究所報告・特別号(1984)

[研究報告]

交雑育種酵母によるぶどう酒製造試験

平野 高広^{*}、中沢 伸重^{**}、畑山 誠^{*}

大川 久美子^{**}、佐藤 利次^{**}、江井 仁^{**}

櫻井 廣^{*}

2種類の薬剤耐性を利用した新規交雑育種法を用いて、県内で広く使用されているワイン酵母 EC-1118とL-2226を親株として、4種類の交雑育種株を育成した。これらの酵母を用いてナイアガラ種ぶどう果汁でワイン醸造試験を行い、醸造適性を検討したところ、交雑育種株全てが岩手県産ぶどうに適した低酸性であっただけでなく、数株が親株にない性質も有していることが明らかとなった。官能試験の結果から、香りが高いものや味がきれいで素直なものなど親株よりも優れた酵母を育種できることが明らかとなり、数種は岩手県の優良ワイン酵母となることが示唆された。

キーワード：交雑育種、ワイン酵母、*Saccharomyces cerevisiae*

Enological Characteristics of New Wine Yeasts

constructed by Hybridization

between *Saccharomyces cerevisiae* EC-1118 and L-2226

HIRANO Takahiro, NAKAZAWA Nobushige, HATAKEYAMA Makoto

OKAWA Kumiko, SATO Toshitugu, ENEI Hitoshi

and SAKURAI Hiroshi

Four hybrids were constructed from two wine yeast strains, *Saccharomyces cerevisiae* EC-1118 and L-2226, generally used for wine making in Iwate prefecture, by crossing in combination with two drug-resistant markers. Enological characteristics of the hybrids were investigated by 5.4 l-scale brewing with Niagara grape must. Total acids of wines produced by all the hybrids were lower than that by the parents. The sensory test indicated that some of the hybrids made an aromatic or an honest wine in comparison to the parents. It was suggested that some of the hybrids were suitable for wine brewing in Iwate prefecture, Japan.

key words: hybridization breeding, wine yeast, *Saccharomyces cerevisiae*

1 緒 言

ワインの酒質は原料となるブドウの品種・品質に大きく左右され、酒質向上の研究もブドウの品種、栽培技術、果汁の前処理、ワインの精製などの製造プロセスの改良

がほとんどで、主発酵を担うワイン酵母のワイン品質への傾向は過小評価される傾向にあった。しかし、近年、ワインの品質や性質を大きく左右する味や香りの成分は、原料ブドウ由来だけではなく、酵母の代謝により変化

* 醸造技術部

** (財)岩手生物工学研究センター

するとの報告が相次いでおり¹⁻⁴⁾、ワイン醸造における酵母の重要性が見直されるようになってきた。

岩手県内では白ワイン用酵母としてEC-1118、赤ワイン用としてL-2226が主に使用されているが、ワインの高品質化、個性化の両面から、オリジナルワイン酵母の出現が望まれている。著者らはこれまでもゲノムリニューアル法⁵⁾や1種類の薬剤耐性を用いた交雑育種法によりオリジナルワイン酵母の造成を検討してきたが、今回、2種類の薬剤耐性を用いることで、より簡便な酵母の孢子-孢子間の交雑を可能にした。本報告では、得られた交雑育種株をぶどう酒の醸造試験に用いることで、その醸造適性を明らかにした。

2 実験方法

2-1 供試菌株

L-2226にはG418耐性を付与する単コピープラスミドpK06を、EC-1118にはTaKaRaのオーレオバシジンA耐性を付与する単コピープラスミドpAUR112を、それぞれ酢酸リチウム法により導入した。得られた形質転換体は各々薬剤耐性を保持することを確認した後、それらの孢子細胞をマイクロマンニピレーターで組み合わせた。生育したコロニーからG418耐性およびオーレオバシジンA耐性を有する株を選択し、四分子分析により交雑体であることを確認した。交雑体は4株作成し(K0-10、K0-11、K0-12、K0-13と呼ぶ)、各試験に用いた。また、対照としてL-2226、EC-1118を使用した。

2-2 ワインの醸造試験

前培養菌株は、121 で15分間殺菌したぶどう果汁に供試菌株を接種し、25 で3日間静置培養して調製した。亜硫酸100 ppmを含むナイアガラ種ぶどう果汁5.4 lを10 l容ステンレス製発酵容器に入れ、各供試酵母菌株の前培養液5 v/v%を接種し、15 で発酵させた。補糖は結晶ブドウ糖を使用し、補糖後の糖度(Brix°)が22になるように発酵3日目に行った。発酵期間中、果醪の糖度(Brix°)を毎日測定した。完全発酵を目標とし、糖度(Brix°)が

8.0以下になったところで発酵を終了した。発酵終了後、メタ重亜硫酸カリウムを亜硫酸量で50 ppm添加し、麻布で濾過して10 で保存した。分析には主に膜濾過(孔径0.20~1.0 μm)したワインを用いた。

2-3 果汁、ワインの一般分析

分析は常法^{6、7)}により、比重は浮ひょう計で測定した。エキス分は比重より計算法で求めた。アルコール度は蒸留後浮ひょう計で、pHはガラス電極pHメーターで測定した。直接還元糖はソモギーネルソン法で測定した。総酸度は0IVの分析法に従いNaOHによる滴定値を酒石酸度に換算した。低沸点香気成分はガスクロマトグラフィー(HEWLETT PACKERD、HP5890)を用いて測定した。色度は分光光度計(BECKMAN、DU7500)で10mmのセルを用い420 nmの吸光度で測定した。また、フェノール性化合物の目安として試料を蒸留水で100倍希釈した後、280nmの吸光度を測定した。総亜硫酸(t-SO₂)及び遊離型亜硫酸(f-SO₂)はRankine法で定量した。有機酸は(株)東京理科のS-3000型カルボン酸分析計で測定した。

2-4 官能試験

官能評価は、山梨県果樹試験場で行っている官能検査法⁸⁾に従って行った。すなわち、色調1点、清澄度1点、香り6点、味10点の計18点満点で採点したものを10点満点に換算して評価した。パネラーは当センター職員の5人で1999年4月12日に行った。

3 実験結果

3-1 ワインの醸造試験

発酵中の糖度(Brix°)の日変化を表1に示した。K0-11、K0-12の2株は発酵が緩やかでL-2226と同様の発酵経過をとり、醪日数13日で発酵が終了した。K0-10はEC-1118と同様の発酵経過をとり(醪日数10日)、低温発酵性が高いことが明らかとなった。K0-13はL-2226とEC-1118の中間の発酵性を示し、醪日数は12日であった。

表1 発酵経過(糖度Brix°の日変化)

菌株	発酵時間 (日)												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
L-2226	15.5	13.0	12.0	16.8	14.8	13.7	12.0	10.6	9.9	9.0	8.3	8.0	7.7
EC-1118	15.2	14.6	12.6	18.0	15.7	13.2	11.2	9.7	8.5	7.7			
K0-10	15.5	14.6	12.8	16.8	14.4	12.8	10.8	9.3	8.5	7.6			
K0-11	15.4	14.4	12.7	17.6	15.6	14.2	12.4	11.0	10.1	9.2	8.4	8.0	7.8
K0-12	15.3	14.3	12.3	17.4	15.3	13.7	12.0	10.9	9.8	9.0	8.4	8.0	7.8
K0-13	15.5	14.4	12.8	16.8	14.7	13.2	11.4	10.3	9.4	8.7	8.0	7.6	

交雑育種酵母によるぶどう酒製造試験

表2 ワインの一般成分

	アルコール (%)	比重	エキス分	直接還元糖 (g/100ml)	pH	総酸度 (g-酒石酸/100ml)	A ₄₂₀	A ₂₈₀ (x100)	f-SO ₂ (mg/l)	t-SO ₂ (mg/l)
果汁		1.064		13.3	3.25	0.728	0.400	0.144		
L-2226	13.4	0.997	3.63	0.508	3.19	0.705	0.153	0.103	0.6	75.0
EC-1118	13.3	0.993	2.56	0.212	3.22	0.716	0.164	0.098	1.9	128.9
K0-10	13.7	0.992	2.42	0.208	3.24	0.672	0.155	0.094	1.6	97.1
K0-11	14.0	0.996	3.55	1.040	3.24	0.655	0.158	0.075	1.6	125.9
K0-12	13.3	0.994	2.82	0.851	3.21	0.600	0.144	0.092	2.9	100.0
K0-13	13.2	0.994	2.80	0.488	3.23	0.629	0.155	0.088	1.8	107.2

表3 ワインの低沸点香り成分(mg/l)および有機酸成分(g/l)

菌株	アセトアルデヒド	酢酸エチル	n-プロパノール	イソブタノール	酢酸イソアミル	イソアミルアルコール	カプロン酸エチル	高級アルコール	乳酸	酢酸	ピルリッソ酸	酒石酸	リンゴ酸	クイン酸	コハク酸
L-2226	17.64	29.39	29.07	36.33	0.65	154.31	0.34	219.7	0.11	0.49	0.00	3.35	1.46	0.01	0.81
EC-1118	43.15	49.84	59.69	19.77	0.62	117.42	0.48	196.9	0.14	0.62	0.05	3.87	1.55	0.00	0.66
K0-10	30.61	41.65	39.61	18.14	0.82	112.83	0.42	170.6	0.11	0.47	0.00	3.78	1.55	0.00	0.57
K0-11	71.61	35.32	36.23	16.74	0.42	84.32	0.35	137.3	0.10	0.77	0.00	3.07	1.48	0.00	0.00
K0-12	33.87	44.03	34.91	13.59	0.66	88.29	0.42	136.8	0.08	0.56	0.01	2.97	1.49	0.01	0.32
K0-13	105.27	53.33	43.20	16.32	0.63	90.75	0.51	150.3	0.08	0.49	0.04	3.08	1.35	0.00	0.38

表4 ワインの官能試験結果

菌株	総合得点	短評
L-2226	4.7	不調和、酸味、渋味
EC-1118	6.1	まるやか
K0-10	5.7	味きれい、渋味
K0-11	6.0	原料香強い、まるやか
K0-12	5.4	まるやか、渋味、甘味残る
K0-13	4.4	まるやか、渋味、香り強い

3 2 ワイン分析および官能試験

果汁およびワインの一般成分を表2に、ワインの低沸点香り成分および有機酸成分を表3に、官能試験結果を表4に示した。

官能評価の総合得点は、K0-11が6.0、K0-10が5.7でありEC-1118の6.1にならぶ結果であった。K0-13は両親株を下回る4.4であった。

アルコール生成量は13.2~14.0 vol.%の範囲で、K0-10とK0-11はアルコール生産量が若干多かった。K0-10は、短い発酵日数でアルコール生産量が多かったことから、EC-1118よりも発酵力が高いことが明らかになった。

交雑株のワインは全て親株よりも総酸度が低く、交雑株が低酸性であることが示された。総酸度が高く、pHが若干低かったL-2226は、酢酸が少なかったにもかかわらず、酸味を感じると評価された。

交雑株は親株に比べ香り成分である高級アルコール(n-プロパノール、イソブタノール、イソアミルアルコ

ールの総和)が低かった。香りが強いと評価されたK0-13株はアセトアルデヒド、酢酸エチル、n-プロパノール、カプロン酸エチルが比較的多く検出された。特にアセトアルデヒドは閾値である100 mg/l⁹⁾以上含まれる場合に異臭(変敗臭)となる成分でありK0-13の評価を下げた原因の一つと考えられる。原料香が強いと評価されたK0-11株はアセトアルデヒドが若干多かったものの、他の低沸点香り成分は平均的な濃度であった。

4 考 察

酵母の発酵速度は発酵温度と関係があり、ワイン酵母の発酵型は、低温発酵型、中温発酵型、低・中温の両方で発酵旺盛な3つに分けられる¹⁰⁾。L-2226は20 付近の中温で発酵力が高く、15 付近の低温では発酵力が低いことから、県内では主に中温で発酵させる赤ワインに用いられている。これに対してEC-1118は15 の低温発酵性が高く、低温で発酵させる白ワインに主に使用されている。本試験では15 の低温で発酵させたことから、発酵力が低かった菌株でも中温では発酵力が旺盛になる可能性がある。また、ワイン酵母の発酵速度は、原料ブドウの品種によって異なるため¹¹⁾、他品種での検討も必要である。

交雑株はすべて親株よりも低酸性であった。岩手県などの積算温度が低い地域で栽培されたぶどうは、総酸度が高くなる傾向がある¹²⁾。酸は他の成分とのバランスにもよるが、多く含まれると香味に影響しワインの品質を低下させる。このような理由から岩手県産ぶどうには、

交雑株のような低酸性の酵母が適している。

交雑株のワインはすべて親株のものに比べ香気成分である高級アルコールが少なかったが、ワイン酵母の香気成分生産性は原料ブドウの品種によって異なることから¹¹⁾、他品種ぶどうについても検討する必要がある。

交雑株の中でもK0-10は低酸性、発酵力が親株よりも高い、芳香成分や高級アルコールが他の交雑株より多いなどの点で優れていた。また、K0-11は発酵力がL-2226と同等で比較的良かったものの、低酸性、味がまろやか、原料香が強いなどの評価を得ており、原料の風味を生かしたワインに好適と思われた。以上の結果から、これらの交雑株が多酸傾向にある岩手県産ブドウと相性が良く、本県の優良ワイン酵母となりうることが示唆された。

5 結 語

2種類の薬剤耐性を利用した新規交雑育種法を用いて、EC-1118とL-2226から4種の交雑育種株K0-10～13を育成した。交雑育種株の醸造試験をおこなったところ、親株とは異なる特性を有し、有望と思われる株を見出すことができた。

現在、新規交雑育種法について特許申請中である。

文 献

- 1) 大塚謙一：醸協，70(11)，800(1975)
- 2) 篠原隆：農化，52，309(1978)
- 3) 乙黒親男：醸協，78(3)，214(1983)
- 4) 宇井定春：醸協，72(6)，449(1977)
- 5) 小澤麻由美、中沢伸重、櫻井廣：岩手工技セ研報，5，127(1998)
- 6) 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)
- 7) M. A. Amerine and C. S. Ough: Wine and must analysis, John Wiley & Sons, New York (1974)
- 8) 山梨県食工試編：葡萄醸造法，p.23(1974)
- 9) 篠原隆：化学工業，48(2)，35(1997)
- 10) 押田明成：醸協，90(5)，381(1995)
- 11) ワイン学編集委員会：ワイン学，p.101，産業調査会(1991)
- 12) ワイン学編集委員会：ワイン学，p.61，産業調査会(1991)

県産多収性系統ヤマブドウの果汁成分分析および醸造試験

平野 高広^{*}、泉 憲裕^{**}、畑山 誠^{*}

中山 繁喜^{*}、作山 健^{**}、櫻井 廣^{*}

岩手県内から収集したヤマブドウを対象に多収性系統を選抜した。収集した9系統の果汁成分は、色調、フェノール性化合物含量、糖度、および酸度に系統の個性が見られた。多収性3系統の醸造試験を行ったところ、ワインの試作品は、色調が濃く、酸が高く、渋みのある味で原料の個性が出ていた。これらの結果からヤマブドウ果汁およびワインは岩手県の特産品になりうることを示唆された。

キーワード：ヤマブドウ、系統選抜、ワイン醸造、果汁

Must Analysis and Brewing Test of Selected High-Yielding Clones of YAMABUDO (*Vitis coignetiae pulliat*)

HIRANO Takahiro, IZUMI Kenyu, HATAKEYAMA Makoto

NAKAYAMA Shigeki, SAKUYAMA Takeshi and SAKURAI Hiroshi

High yielding clones were selected among YAMABUDO (*Vitis coignetiae pulliat*) collected in Iwate prefecture, Japan. Each must of 9 clones had individual characteristics in view of the color and the amounts of sugar and acid. The wines made from selected 3 high yielding clones were deep in color, soure in taste, and rich in body, and had characteristic qualities of YAMABUDO.

key words: YAMABUDO (*Vitis coignetiae pulliat*), clone selection, wine brewing, must

1 緒 言

ヤマブドウは岩手県内では葛巻、安代、久慈、大野などの一部地域で栽培されている。県内での総生産量は年間100~300トンであり、2007年の目標生産量は1000トンにものぼる。ヤマブドウを原料とした商品は地域特産品として県内企業や第三セクターの産業開発公社等から、ワイン、原液、ジュース、ジャム、ようかんおよびドリンク剤等が販売されており、近年の健康志向からその需要が拡大している。しかしながら、

原料ヤマブドウのほとんどが山取り(すなわち天然物)であることから、収量や品質のばらつきが年毎に大きく、現状では原料ヤマブドウの安定供給は困難である。このことから多収性など優良系統の選抜が必要である。

そこで著者らは、県内から収集したヤマブドウから多収性系統を選抜した。さらに、これらの系統がジュースやワインなど県特産品として商品化に適するか調べるために、試験系統の果汁成分分析ならびに多収性系統の醸造試験を試みた。

* 醸造技術部

** 岩手県林業技術センター 特用林産部

表1 試験系統

系統	母樹の自生地	検定林	樹齢	結実回数
衣川	衣川村餅転	矢巾	5	3
江刺	江刺市根木	矢巾	5	3
川井1	川井村田代	矢巾	5	3
川井4	川井村小国峠	矢巾	5	3
川井5	川井村小国峠	矢巾	5	3
山形3	山形村戸呂町	矢巾	5	3
一戸	一戸町来田	滝沢	4	2
沢内	沢内村猿橋	滝沢	4	2
葛巻	葛巻	滝沢	4	2

2 実験方法

2-1 試験樹

試験樹の樹齢等を表1に示した。これらは岩手県内の野外から収集した野性株の蔓を挿し木で増殖させたもので、県林業技術センター矢巾試験地および滝沢村試験地において垣根仕立て法で栽培した。

これらの9系統について果汁成分分析を行った。

2-2 多収性系統の選抜

矢巾試験地に植栽されている試験樹の中で、1997年と1998年の結実重量を、各系統1本あたりの平均値で比較し、衣川、川井1、川井4、山形2の4系統を多収性系統として選抜した。醸造試験には山形2を除く3系統を供試した。

2-3 果汁、ワインの一般分析

分析は常法^{1, 2)}により、比重は浮ひょう計で測定した。エキス分は比重より計算法で求めた。アルコール度は蒸留後浮ひょう計で、pHはガラス電極 pHメーターで測定した。直接還元糖はソモギー・ネルソン法で測定した。総酸度はOIVの分析法に従いNaOHによる滴定値を酒石酸度に換算した。低沸点香気成分はガスクロマトグラフィー(HEWLETT PACKERD、HP5890)を用いて測定した。色度は分光光度計(BECKMAN、DU7500)で10mmのセルを用い試料を蒸留水で5倍希釈した後、430nmおよび530nmの吸光度で測定した。フェノール性化合物の目安として試料を蒸留水で100倍希釈した後、280nmの吸光度を測定した。有機酸は(株)東京理化のS-3000型カルボン酸分析計で測定した。

2-4 ワインの醸造

前培養菌株は、121で15分間殺菌したぶどう果汁に酵母 *Saccharomyces cerevisiae* EC-1118 株を接種し、25で3日間静置培養して調製した。原料ぶどう各10kgを除梗、破碎後、10L容ステンレス製発酵容器に入れた。これに終亜硫酸濃度が100ppmになるようメタ重亜硫酸カリウムを添加し、前培養液を加えて温度20で発酵させた。発酵4日目に糖度(Brix)22°まで

結晶ブドウ糖で補糖した。発酵終了10日後におり引きし、孔径3μmのフィルターでろ過した。

2-5 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³⁾に従って行った。すなわち、色調1点、清澄度1点、香り6点、味10点の計18点満点で採点したものを10点満点に換算して評価した。パネラーは当センター職員、県関係者、県内ワインメーカー職員など20人で1998年10月16日に実施した。

3 実験結果

3-1 1998年の気象条件と生育状況

矢巾試験地および滝沢試験地における月別平均気温、日照時間、降水量の平均値比較を図1に示す。なお、平年値および各観測地は盛岡気象台の「岩手県気象月報」⁴⁾によった。

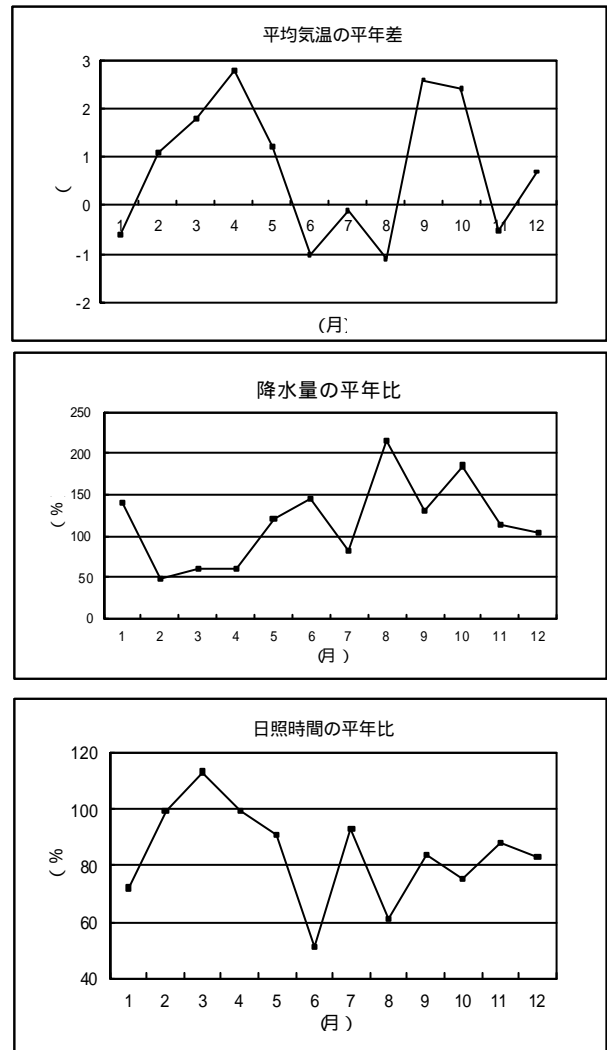


図1 気温、日照時間、降水量の平年値比較

表2 生育状況

系統	開花期	収穫期	結実重量 (kg)
衣川	5/27	9/29	8.0
江刺	5/26	9/30	5.6
川井 1	5/29	9/30	11.0
川井 4	5/26	9/29	11.7
川井 5	5/28	9/30	2.9
山形 3	5/26	9/29	5.7
一戸	5/29	10/5	0.3
沢内	5/30	10/5	1.1
葛巻	5/29	10/6	0.2

ヤマブドウの活動期の4~9月の気温は平年より高めに推移し、降水量は1,054mm(平年比130%)と多雨だった。日照時間は800時間(平年比80%)と少なかった。

4月の気温は平年より高く発芽展葉が促進された。4、5月の気温は平年より高く日照も順調だったため、開花は10日以上も早まった。しかし、展葉・花芽出現後に滝沢試験地では霜害が観察され、収量および生育に多大な影響があった。矢巾試験地では花振るいは少なかった。滝沢試験地では霜害のため、花振るいは極めて多かった。

果実の肥大、熟成期である7、8月の気温は平年に比べやや低く、降水量は多かった。日照は平年比76%と少なかった。収穫期の9月は気温が平年より高かったが、日照は平年比84%であった。生育期前半は生育が早い傾向であったが、後半は悪天候のため成熟が遅れ気味になり、収穫期はほぼ例年並であった。

試験系統の生育状況を表2に示す。矢巾試験地の生育はほぼ順調であったが、日照不足や多雨の影響により全体的に昨年より収量は少ない傾向であった。滝沢試験地は5月の霜害のため樹勢回復を目的とした栽培管理を行ったことから、収量は極端に減少した。

3 2 果汁の分析

試験樹9系統の果汁成分分析を行った(表3)。色度 A_{430} 値、 A_{520} 値ともに系統間で大きく異なっており、色調も赤色、赤紫色、赤褐色と様々であった。比重は1.056~1.084、pHは2.78~3.47の範囲であった。糖度は還元糖で9.7~17.4 g/100mlで、良く熟したものから糖分が少なくそのままではワインやジュースに適さないと思われるものまでであった。総酸度は0.60~2.1 g-酒石酸/100mlの範囲で系統差が大きかった。フェノール性化合物の目安である A_{280} 値は0.333~0.751であった。とくに川井1、川井5、沢内のフェノール性化合物含量が高く、これらは色度も高い傾向であった。

3 3 醸造試験

多収性3系統を対象に醸造試験を行った。発酵経過を図2に示した。発酵は糖度(Brix°)が8台前半となるまで行った。衣川と川井4はほぼ同じ経過で発酵が進み、衣川は発酵13日目で、川井4は14日目で発酵を終了した。川井1は他の2系統よりも4日ほどはやい経過で糖分を消費し、10日間で発酵を終了した。

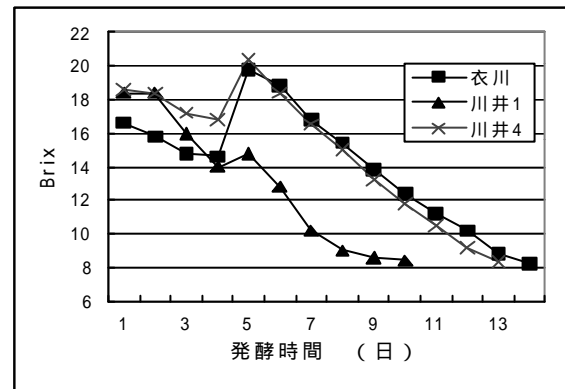


図2 発酵経過(糖度Brix°の日変化)

表3 果汁成分

系統	A430 (x5)	A530 (x5)	比重	糖度 (Brix°)	還元糖 (g/100ml)	pH	総酸度 (g-酒石酸/100ml)	A_{280} (x100)
衣川	0.606	0.534	1.080	16.6	14.2	3.00	1.3950	0.443
江刺	0.447	0.301	1.084	19.6	17.4	3.47	0.9750	0.333
川井 1	1.188	1.575	1.083	18.4	17.4	3.28	1.3500	0.751
川井 4	0.491	0.461	1.075	18.6	16.2	3.13	1.1175	0.353
川井 5	0.967	1.355	1.066	15.7	12.3	3.04	0.6000	0.621
山形 3	0.647	0.836	1.062	14.6	12.0	2.83	1.4625	0.404
一戸	0.503	0.339	1.061	14.5	11.7	2.83	1.7250	0.368
沢内	1.160	1.074	1.056	13.0	9.7	2.81	1.8375	0.670
葛巻	0.775	1.229	1.074	17.4	14.2	2.78	2.1000	0.425

表4 ワインの一般成分

系統	アルコール	比重	還元糖 (g/100ml)	エキス分	pH	総酸度 (g-酒石酸/100ml)	A420 (x5)	A530 (x5)	A280 (x100)
衣川	12.4	1.000	2.782	4.124	2.94	1.508	0.81	1.780	0.613
川井1	11.4	1.014	2.782	7.475	3.31	1.575	1.76	3.000	0.980
川井4	12.1	1.000	0.556	4.037	3.17	1.275	1.12	2.897	0.751

表5 ワインの低沸点香気成分(mg/l)および有機酸成分(g/l)

系統	アセト アルデヒド	酢酸 エチル	n-プロパノール	イソブタ ノール	酢酸 イソアミル	イソアミル アルコール	カルボン酸 エチル	乳酸	酢酸	ピルビン酸	酒石酸	リンゴ酸	クエン酸	コルク酸
衣川	145.13	107.52	18.58	33.80	0.25	158.45	0.21	0.094	0.607	0.014	6.321	4.855	0.004	1.130
川井1	124.70	109.11	22.56	46.33	0.44	212.61	0.24	0.116	0.486	0.011	3.009	5.911	0.564	1.269
川井4	152.61	88.42	16.74	31.80	0.25	147.39	0.29	0.099	0.868	0.008	3.795	3.136	0.000	1.145

表6 官能試験結果

系統	総合得点	短評
衣川	5.20	酸味、苦い、えぐ味、薄味、マイルド
川井1	5.30	香りくせ、渋味、えぐ味、苦味、雑味
川井4	5.27	えぐ味残る、口当たりがよい、酸味

3 4 ワインの分析

一般成分を表4に、低沸点香気成分および有機酸成分を表5に示した。アルコールは11.4~12.4 vol.%であった。エキス分は4.037~7.475と一般的な赤ワインよりも高い値を示した⁵⁾。pHは2.94~3.31で果汁のpHとほぼ等しかった。総酸度は1.275~1.575 g-酒石酸/100mlと国産赤ワインの平均値よりも高い値を示した⁵⁾。フェノール性化合物の目安であるA₂₈₀値および色度とも高かった。成分、色調とも全体的に濃厚でヤマブドウの個性が生かされたワインであった。特に川井1はエキス分、総酸度、色度、フェノール性化合物量がよくボディのあるワインに仕上がった。

低沸点香気成分は、一般的なワインに比べてアセトアルデヒドが若干高く、酢酸エチルが低かった⁶⁾。衣川と川井4の香気成分含有量は類似していた。

有機酸成分は、乳酸が平均的な含有量よりもすくなかったが、他の成分はおおよそ平均的であった⁷⁾。

3 5 官能試験

官能試験結果を表6に示した。総合得点は5.20~5.30と大差はなかったが、色、香り、味に個性があった。川井1は香りくせが指摘された。他の系統よりも低沸点香気成分であるn-プロパノール、イソブタノール、酢酸イソアミルおよびイソアミルアルコールが若干多かったが、香りくせの原因かは断定できない。また、すべての系統からえぐ味が指摘された。この原因としてフェノール性化合物が多いことが考えられる。また、マイルド、口当たりが良いなどの良い評価も得た。

4 考察

ワインは色が濃く、通常の赤ワインよりもフェノール性化合物が多く含まれていた。ワインの代表的な色素成分であるアントシアニンやタンニンなどのフェノール性化合物は、抗酸化作用が注目されているが、渋味の成分でもあることも考慮しなければならない。

衣川と川井4では酸味の指摘があった。酸味の突出はワインの品質を著しく低下させる。ほどよい酸を持つ系統の選抜も必要であるが、果汁の前処理やマロラクティック発酵など原料の多酸をカバーする醸造法の検討も必要であろう。

5 結語

県内から収集したヤマブドウの中から多収性系統を選抜した。収集した9系統の果汁成分分析ならびに多収性3系統の醸造試験を行ったところ、すべての系統が個性を有し、かつヤマブドウの特徴である濃色、多酸、渋味を有していた。この結果は商品の性質に則した系統を選択使用できることを示唆しており、県産品の原料として有望であると思われた。

今後は耐霜性、耐病性等についても調査する予定である。また、気象条件や栽培条件がブドウの品質に大きく影響することから、果汁成分分析ならびに醸造試験を数年間にわたって行う予定である。

文献

- 1) 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）
- 2) M. A. Amerine and C. S. Ough: Wine and must analysis, John Wiley & Sons, New York (1974)
- 3) 山梨県食工指編：葡萄醸造法，p.23 (1974)
- 4) 日本気象協会盛岡支部：岩手県気象月報 (1998)
- 5) 国税庁醸造研究所：醸造研究所報告，170，13(1998)
- 6) 篠原隆：化学工業，48(2)，35(1997)
- 7) 大塚謙一：醸協，70(7)，463(1975)

郷土食ひつつみの機械化製造に適する原料配合

関村 照吉*、荒川 善行*

郷土食のひつつみを機械化生産する目的で、原料粉の配合を変えて生地の物性値を測定した。また、その生地の機械による分割作業性とゆでひつつみの食感について試験した。その結果、機械製造の作業性と食感は、小麦粉の品質等級には関係なく、重量の90%程度の小麦粉と10%程度のでんぷんを配合し、これに油を加えたものが優れていた。

キーワード：ひつつみ、機械化製造

Combination of The Material Contents Suitability for Machine-made *Hitsumi* as Hometown Food.

SEKIMURA Teruyoshi and ARAKAWA Yoshiyuki

To develop the machine-made *Hitsumi*, the physiological properties of dough were examined which were made in various combination of raw materials. The facility of machine-work of *Hitsumi* and the texture of cooked *Hitsumi* were also examined. As the result, they were not affected by the quality of flour and were excellent in the combination of about 10% starch with 90% flour of the weight with oil.

key words: *Hitsumi*, machine-made

1 緒 言

郷土食のひつつみ鍋は、ひつつみと肉や野菜を煮込んだ料理¹⁾である。一般家庭ではこのひつつみを、小麦粉に水を加えこねた後、乾燥を防止しながら一定時間熟成させ、手で引き延ばしながら少しづつ引きちぎり取り²⁾、鍋でゆで上げている。筆者らは、ひつつみを工場レベルで大量生産する目的で「手作り風ひつつみの機械化生産技術開発」の研究に取り組んでいる。今回は、原料粉の配合を変え生地の物性値を測定した。また、この生地の機械による分割の作業性とゆでひつつみの食感について検討したので報告する。

2 実験方法

2-1 試料

ひつつみの原料粉は表1に示した配合のものを用いた。

2-2 ひつつみ生地の製造法

配合は水分13.5%換算で重量%で、原料配合粉100に対し食塩2と水55を加えた。スーパーニーダ（さぬき麵機（株）製：AP-6）で10分間ミキシングした後ポリエチレン製フィルムに入れ30分間放置し、物性測定試料とした。また、この配合にサラダ油を1の割合で加えた生地を別に作り同様に物性測定試料とした。

2-3 物性測定法

ひつつみ生地物性の測定は、テンシプレッサ（タケトモ製：TTP-50BX）を使用し、生地を1回咀嚼する1バイト法で測定した。測定方法は、ひつつみ生地を直径45mm、高さ30mmのポリカーボネート製の円筒にできるだけ隙間のないように軽く詰め、ほぼ中央を表2のような条件で生地を押し込み、生地が残り20mmのところまで生地の押し込みを10秒間停止し、その時にプランジャーにかかっている生地の反発力を1試料につき10反復測定した。実際の測定はプランジャーが下降するのではなく、試料をの

表1 ひつつみ原料粉配合表（重量%）

試料名	A	B	C	D	E	F	G	H	I
小麦粉中力1等粉	100	93	88	78	68				
小麦粉中力2等粉						93	88	78	68
でんぷん		7	12	22	32	7	12	22	32
計	100	100	100	100	100	100	100	100	100

せている台が持ち上がり、生地にプランジャーが押し込まれる。そのときのチャート例を図1に示した。

表2 生地物性測定時のテンシプレス設定値

	設定値	備考
Distance(mm)	50	プランジャーと試料台の距離
Clearance(mm)	20	最圧縮時のプランジャーと試料台の距離
Thickness(mm)	40	データ取り込み開始距離
Static Time(sec)	10	試料台最上昇時の停止時間
Bites Speed(mm/sec)	2	試料台の移動速度
Plunger Area(mm ²)	254	プランジャーの面積

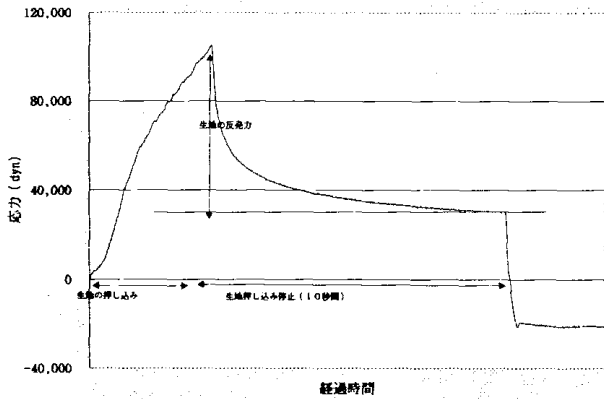


図1 1バイト測定チャート例

2-4 ひっつき生地の機械分割の作業性と官能試験

テンシプレスで物性を測定した試料について、包あん機(レオン自動機製:CN-111)で生地を分割したときの作業性を観察した。さらに、分割した生地ですでにひっつきを作り5人のパネルでかたさ、弾力、なめらかさについて評価しその意見を集約した。

3 結果

3-1 小麦粉の品質等級とひっつき生地の反発力

図2に小麦粉の品質等級とひっつき生地の反発力の関係について示した。

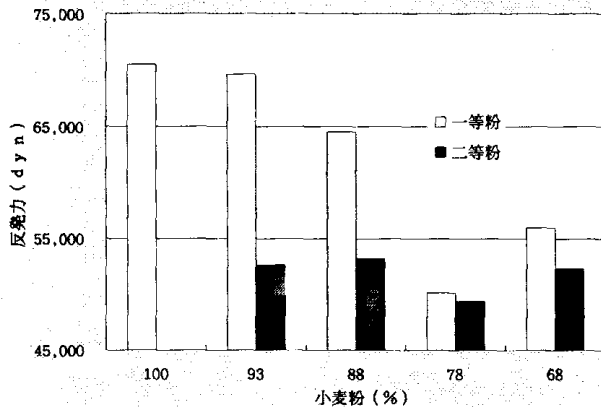


図2 小麦粉の配合割合と反発力

生地反発力は小麦粉78%の割合の生地が反発力が最少であり、割合を増減した場合反発力は増加した。小麦粉の1等粉と2等粉を比較すると1等粉の反発力が強かった。

3-2 ひっつき生地への油の配合の有無と反発力

図3に油の配合の有無と反発力の関係について示した。

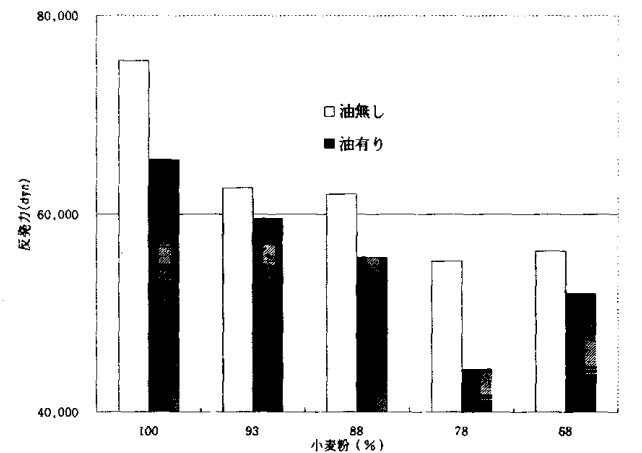


図3 生地への油混合と反発力

3-3 ひっつき生地の機械分割作業性

図4にひっつき生地の分割状況を示した。



図4 ひっつき生地の分割

機械による分割作業性は、一定重量のひっつきを分割するために、反発力の強い生地では生地投入部から分割部へ供給量を増やす必要があり、逆に反発力の弱い生地では供給量を減らす必要があった。

油の混合の有無では、油を混合した生地は反発力が弱く生地投入部からの供給量を減らす必要があったが、機械へ付着が少なく掃除などの作業性に優れ、投入部にほとんど生地が残らなかった。逆に、油を混合しないものは機械へ付着し、生地投入部で生地の残存が多く作業性が劣った。

3-4 ゆでひっつみの官能試験結果

機械で分割したひっつきを、ゆでひっつみの水分が52%になる時間をゆで上がり時間とし、ゆで時間を測定した結果、いずれの配合のひっつきでも極端な差がなく1

分57秒から2分5秒の間であった。

予め計ったゆで上がり時間ゆでたひっつみを図5の工程で殺菌処理した。これをスープ（府金製粉（株）製、商品名：こなやさんのすいとんスープ）の18倍液に入れ再加熱し、官能評価した結果を表3に示した。

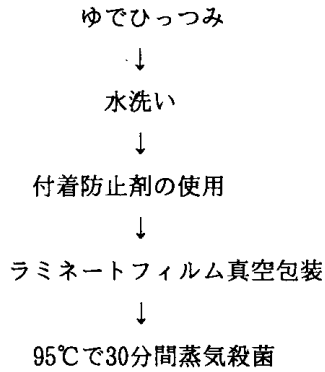


図5 包装ゆでひっつみ製造工程

表3 ゆでひっつみの官能評価

試料名	A	B	C	D	E	F	G	H	I
かたさ	△	△	△	×	×	△	△	×	×
弾力	○	△	○	△	△	△	△	△	△
なめらかさ	×	×	△	○	○	×	△	○	○

試料名	A+	B+	C+	D+	E+	F+	G+	H+	I+
かたさ	△	△	○	×	×	△	△	×	×
弾力	○	△	○	×	△	○	○	△	△
なめらかさ	×	×	○	○	○	×	○	○	○

良：○、普通：△、不良：×

試料名+は油を配合したもので試料名は表1と同じ

その結果、小麦粉100%（試料名:A）のひっつみは弾力が強く、なめらかさがなかった。小麦粉の比率が少なくなるにつれて、ひっつみの食感にはなめらかさは感じられるが、かたさと弾力がなくなった。小麦粉の等級品質は1等粉の○の数8に対し、2等粉は7であり差はなかった。油の配合の有無による差は油なしの○の数6に対し、油ありは11個で油を配合したひっつみの食感の評価が良かった。

文 献

- 1) 岩手の食事：農山漁村文化協会(1984)
- 2) 「ひっつみ・旬」振興アクションプラン：岩手県(1999)

浅漬けの加熱殺菌および漬け込み条件がテクスチャーに及ぼす影響

遠山 良**、吉田秀樹*、荒川善行**

テンシプレッサーと官能検査により、様々な処理による浅漬け大根のテクスチャーの変化を調べた。その結果、食塩濃度の増加とともに破断歪みは大きくなる傾向がみられ、破断応力は食塩濃度1から2%で最大となりそれ以後低下する傾向であった。また、塩分濃度が高い試料ほど加熱処理による軟化が著しかった。食塩濃度2%の試料を用いて加熱温度と時間による変化を調べると共に、官能検査結果と比較した結果、組織の軟化が不明瞭であっても加熱による特異臭の発生があるため、浅漬け大根の場合、60℃30分以下の殺菌が適当と考えられた。加熱処理によるテクスチャーの変化を調べた結果、糖絞りの方が塩漬よりも加熱処理による組織の軟化に耐性のあることが分かった。

キーワード：浅漬、大根、加熱殺菌、テクスチャー、官能検査、糖絞り

Influence of the Condition of Soaking and Pasteurization on the Texture of Pickles Prepared in Low Concentration Soaking Liquid

TOYAMA Ryo, YOSHIDA Hideki and ARAKAWA Yoshiyuki

Changes in texture of pickles of Chinese radish made at various conditions were investigated with tensipresser and sensory test. The breaking strain was increased as the salt concentration of soaking liquid was increased. And the breaking stress had maximum at the 1 to 2 % of salt concentration of soaking liquid, then over these salt concentration, the breaking stress was decreased as the salt concentration was increased. The higher salt concentration was increased, the softer the sample was changed after pasteurization. It was thought the condition of under 60 °C, 30 min was proper for pasteurizing condition of radish pickles, on account of changes of texture and flavor induced with pasteurization. The pickles soaked in sugar had more resistance than that of in salt to the change of softening induced with pasteurization.

key words : Pickles, radish, pasteurization, texture, sensory test, sugar soaking

1 緒 言

従来、浅漬けは古漬けには無い新鮮さと歯ごたえを特徴とするために、保存性向上の手段として加熱殺菌が用いられることはほとんどなかった。しかし、浅漬けでも従来の塩漬けの他に糖類で漬け込むいわゆる糖絞り大根などの商品が開発されるなど商品が多様化してきており、ある程度の保存性も求められるようになってきている。

保存料を用いずに食品の保存性を向上させる方法とし

ては、pH 調整、水分活性の低下、加熱殺菌などが考えられる。しかし、これらの条件が浅漬けのテクスチャーにどのような影響を与えるかについて、詳しく検討した例はあまり見られない。そこで、本研究では大根を試料として用い、テンシプレッサーによる測定方法について検討するとともに大根のテクスチャーに及ぼす塩濃度、加熱殺菌条件、塩漬と糖絞りによる違いなどの影響について調べた。

* 株式会社 青三

** 食品開発部

2 実験方法

漬物のテクスチャーの測定に際して、試料の処理方法は金子らの方法¹⁾を参考にして実施した。すなわち、皮をむいた生大根の頭部側 1/4 ~ 1/2 の部位を幅 1.3 cm 長さ 5 cm の直方体に切りそろえた。この試料 100g に対して 20g の各濃度の食塩水あるいは液糖（フラクト M75-20C、日本コーンスターチ(株)）溶液で浮かし漬けを行い、2日後のそのまま、あるいは加熱殺菌を加えたのち、官能評価するとともに、テンシプレッサー（MyBoy, ㈱タケトモ電機）を用いて測定した。

加熱殺菌に際しては、殺菌時間は各温度条件に達温後の時間とした。テンシプレッサーによる測定ではV型プランジャー（底面の幅 2mm）を使用した（写真1参照）。

測定は中心軸に対して直角に圧縮して行い、各条件ごとに10回行いその平均値を求めた。

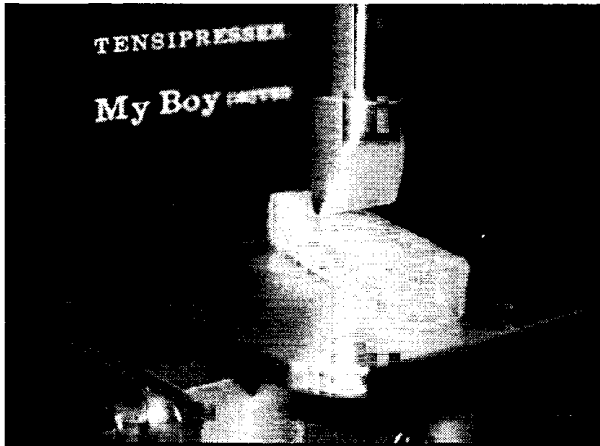


写真1 テンシプレッサーによるテクスチャー測定

3 結果および考察

3-1 生大根と塩漬大根のテクスチャープロファイル

生大根と塩漬大根をテンシプレッサーにより測定した典型的なテクスチャープロファイルを図1に示した。

官能的には生大根をかじった場合さくさくしてもろい感じであり、歯にかかる力は小さいが、塩漬大根は少し弾力性があり、ぼりぼりした感じとなり、歯にかかる力は大きく感じる。このような感覚をテンシプレッサープロファイルと比較すると、生大根はピークの立ち上がりが早い、試料の変形率の少ない段階で小さな破断ピークが数多く出現する。これに対して、塩漬大根はピークの立ち上がりが緩やかであるが、変形率がより大きな位置により大きな破断ピークが出現する。このようなテクスチャープロファイルの差は実際に試料を咀嚼したときに感じる差とよく対応していると考えられる。

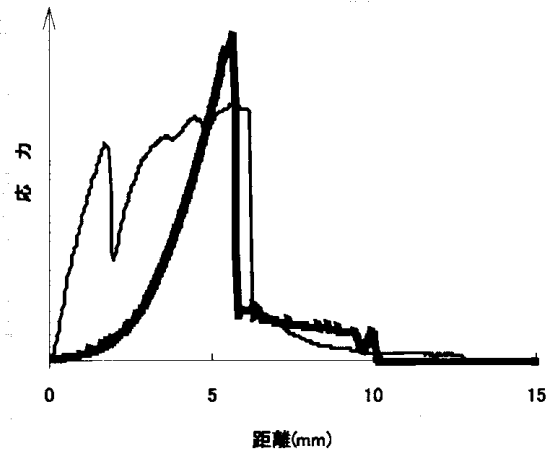


図1 塩漬によるテクスチャープロファイルの変化

—— 生 —— 2%塩漬

3-2 塩分濃度と加熱殺菌によるテクスチャー変化

漬け込み時の塩分濃度を変えて試作した浅漬大根の破断歪みの測定結果を図2に示した。また、80℃ 30分の加熱殺菌による応力の変化を図3に示した。

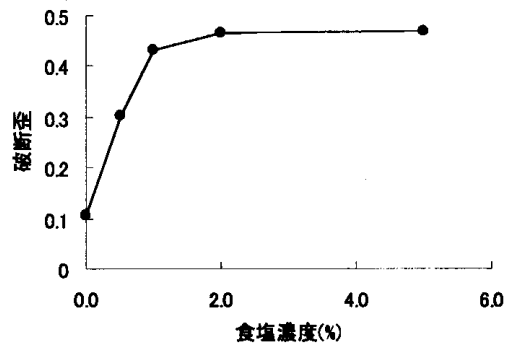


図2 食塩濃度と破断歪

破断応力は、殺菌前の試料では塩分濃度が2.5 ~ 5%の試料については高くなったが、10%の濃度を超えると逆に低下する傾向であった（図3）。一方破断歪みは塩分濃度が高くなるほど大きくなる傾向があり、塩分濃度5%ではほぼ一定の値となった（図2）。これらの試料を加熱殺菌処理する事により、図3に示したように破断応力は大きく低下した。また、その低下の割合は漬け込み塩濃度が高いほど著しいという結果が得られた。食塩と漬物のテクスチャーの関係については金子らの総説²⁾がある。金子らはその中で、塩漬により大根のペクチンはヘキサメタリン酸可溶性ペクチン画分から熱水可溶性ペクチン画分に変化することを報告しており、それは、ペクチンに結合している多価金属元素及び(-COOH)のH⁺とNaClのNa⁺イオンとのイオン交換に主要因があると考察している。今回の結果はそのようなペクチンと食塩との反応と、食塩の浸透圧低下作用による試料の収

縮などが関係しているものと考えられる。

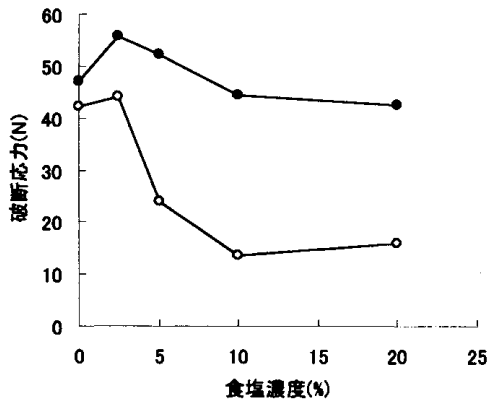


図3 塩分濃度と80°C30分の加熱殺菌処理による破断応力の変化
●—加熱殺菌前 ○—加熱殺菌後

3-3 加熱殺菌条件とテクスチャー

つぎに、2% 2日間塩漬した試料を用いて加熱殺菌条件を変えた場合の破断応力の変化を調べ、その結果を図4に示した。

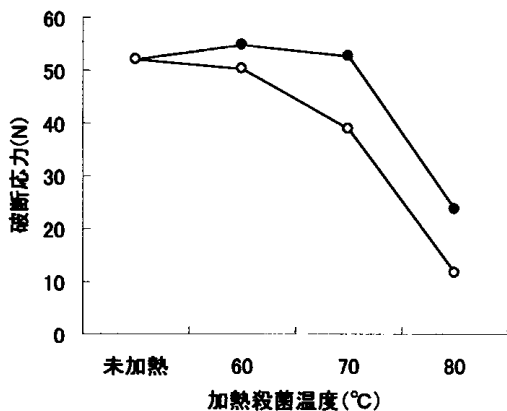


図4 加熱殺菌条件と浅漬けの破断応力の変化
●—10分間加熱 ○—30分間加熱

10 分間の加熱の場合、80 °C以上で破断応力の大きな変化が見られた。30 分間の加熱の場合、70 °C以上で大きな変化が観察された。加熱による変化を官能検査により調べた結果、未加熱試料は「ポリポリした感じ」とか「歯にかかる力が必要」等の評価が多かったのに対し、加熱により「サクとした」とか「歯に力を入れなくてもつぶれる」等の評価に変化した。加熱による軟化は個人差があるが相対破断応力が未加熱試料に対し 90 %以下になると感じるようであった。また、硬さの変化以外に大根の場合には 70 °C 10 分以上の加熱により特有の不快臭が発生した。官能検査の場合にはこの臭いの変化が硬さの評価と交絡する傾向があり、硬さの変化がほとんどなくともテクスチャーに対する評価が低下する場合があった。これらのことを考慮すると、官能的には 60 °C 30 分以内の加熱処理が望ましいという結論が得られ

た。

3-4 糖絞り大根のテクスチャーと加熱処理

液糖を使用して 5、10、20 %で2日間漬け込んだ試料の破断歪みを図5に、また、加熱処理前後の破断応力の比較を図6に示した。

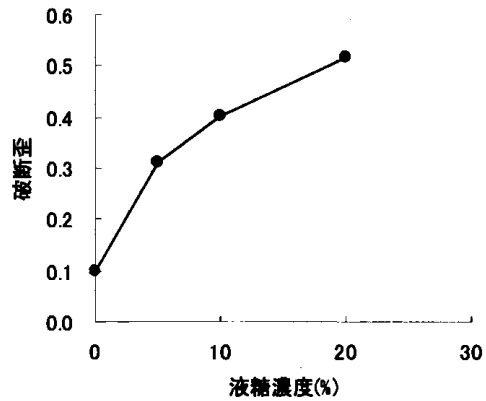


図5 糖絞り大根の糖濃度と破断歪

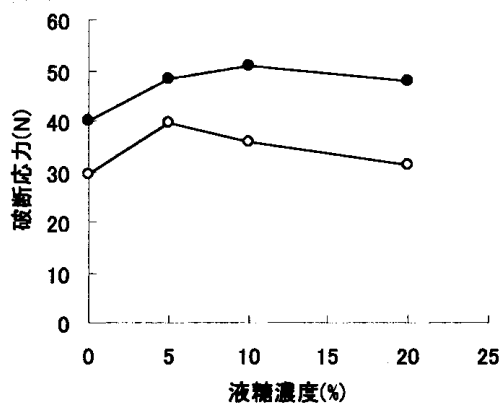


図6 液糖濃度と80°C30分の加熱殺菌処理による破断応力の変化
●—加熱殺菌前 ○—加熱殺菌後

糖絞りの場合にも破断歪は塩漬の場合と同様に、糖濃度が増すに従い増加した。破断応力は液糖を添加すると無添加よりも高い傾向があった。また、80 °C 30 分の加熱殺菌処理により塩漬の場合と同様に軟化するが、糖を添加した場合には糖を添加しない場合よりも破断応力が大きかった。糖濃度が増すと加熱による破断応力の低下率はやや増加するが、それでも無添加の場合よりも大きな破断応力であり、食塩よりも加熱軟化に対する耐性があった。これらのことから、糖は大根の組織に対して食塩とは異なる形で作用するものと考えられる。

4 結 語

大根を試料として加熱殺菌や塩漬、糖絞りおよびそれらの濃度などの漬け込み条件がテクスチャーにどのような影響を及ぼすかについてテンシプレッサーにより測定

し、以下の結果を得た。

(1) 塩漬、糖絞大根は生大根とは異なるテクスチャーパターンを示し、破断応力や破断歪みなどを比較することによりテクスチャーの違いを評価できることが分かった。

(2) 食塩濃度を変えてテクスチャーを測定すると、食塩濃度1~2%では破断応力は増加し、それよりも食塩濃度が高くなると破断応力は逆に減少した。また、破断歪みは食塩濃度が高くなるに従って増加し、5%ではほぼ一定の値になった。

(3) 食塩濃度を変えた試料を80℃30分で加熱殺菌した場合、食塩濃度が高いほど軟化が著しい傾向を示した。

(4) 食塩濃度2%で2日間塩蔵した試料を加熱殺菌した場合、10分間の加熱では80℃以上、30分間では

70℃以上で破断応力の大きな変化が見られた。しかし、官能検査では破断応力の変化が見られなくとも特有の不快感が感じられる場合があるため、60℃30分以内の加熱が望ましいと考えられる。

(5) 糖濃度を変えてテクスチャーを測定すると、破断応力は糖絞りをを行った方が無処理よりも大きく、80℃30分の加熱処理を施したあとでも同様の傾向があった。また、破断歪みは糖濃度が高いほど大きかった。

(6) 塩漬と糖絞りを比較すると、糖絞りの方が加熱による軟化に耐性があった。

文 献

- 1) 金子憲太郎、黒坂光江、前田安彦：日食工誌, 29, 443 (1982)
- 2) 金子憲太郎、前田安彦：日食工誌, 31, 677 (1984)

モチ性小麦粉の菓子類への加工適性

関村 照吉*、笹島 正彦*、荒川 善行*

岩手県産のモチ性小麦粉を使用し、25%の混合率でゆでうどんとパンを、25%、50%及び100%の混合率で南部せんべいを、さらにモチ性小麦粉100%で、モチまんじゅうとゆべしを製造し、官能試験で評価した。その結果、ゆでうどんとパンは色が悪く、ほとんどの評価項目で市販粉のものに比較して劣った。南部せんべいは、市販粉のものに比較して、25%混合品はわずかに良く、50%混合品はわずかに悪く、100%は悪い評価が多かった。パウンドケーキ及びドラヤキは膨らみを保つことができず加工は不適性であった。モチまんじゅうとゆべしの評価は良く、モチ性小麦粉特有の味や色をかくせることから、これらの菓子類には加工適性が高かった。

キーワード：モチ性小麦粉、加工適性、菓子類

Processing Suitability of Waxy Flour to The Sweets.

SEKIMURA Teruyoshi, SASAJIMA Masahiko and ARAKAWA Yoshiyuki

Noodle and bread made with 25% of the mixed weight rates of waxy flour harvested in Iwate, and Nanbu-senbei made with the 25, 50 and 100% of the mixed rates of waxy flour were evaluated in the sensory test. The Mochi-manju and Yubeshi of 100% waxy flour were also made and evaluated in the sensory test. As the result, the noodle and bread had poor color, and were little inferior in the most evaluation items to common flour. Comparing waxy flour mixture with common flour in Nanbu-senbei, the 25% mixture was a little better, the 50% mixture was a little worse, and the 100% was bad. The pound cake and Dorayaki using the waxy flour could not keep their volume, and these processing were unsuitable for waxy flour. Mochi-manju and Yubeshi, on the other hand, was good in sensory test. This indicated that waxy flour is suitable for these processing as they masked the original taste and color of waxy flour.

key words: waxy flour, processing suitability, sweets kinds

1 緒 言

モチ性小麦粉の加工適性について、従来的小麦粉に重量の25%混合した混合粉は南部せんべいやおしるこ団子の加工適性に優れていることを報告した。¹⁾本年度は、モチ性小麦100%で製造したお菓子を中心に、官能試験により加工適性を評価したので報告する。

2 実験方法

2-1 試料

モチ性小麦粉は、岩手県産の東北糯211号粉で、東北製粉組合岩手事務所を通じ、(財)農産業振興奨励会から提供された。製粉方法は、従来的小麦の製粉方法とは異なり、精米式で外皮から順に削り取る方法²⁾である。一般分析とブラベンター試験は、従来的小麦粉であるキタカミコムギ粉(東日本産業(株)製)に重量の50%混合した混合粉で実施した。製造に用いた市販めん用粉は(府金製粉(株)製、商品名:きたぐに)、市販パン用粉(日本製粉(株)製、商品名:イーグル)は、市販南

部せんべい粉は(府金製粉(株)製、商品名:ヒット)を使用した。

2-2 原料小麦粉配合

1) ゆでうどんとパン

それぞれ市販めん用粉と市販パン用粉を基準とし、その重量の25%に東北糯211号粉を混合したものをモチ性小麦混合粉とした。

2) 南部せんべい

市販南部せんべい粉を基準とし、その重量の25%と50%に東北糯211号粉を混合したものをモチ性小麦混合粉とし、東北糯211号粉100%でも製造した。

お菓子類は、東北糯211号粉100%で製造した。

2-3 製造法

1) ゆでうどん

前報¹⁾に準じて調整し、試食前日に製麺して室温に保存後、試食当日ゆでめん水分が75%になるようにゆで、約2時間後に官能評価を行った。

2) パン

小麦粉は水分13.5%換算で375g計り取り、ドライイースト4.5g、食塩3.8g、砂糖12g、スキムミルク9g、バター22.5g、水280mlで、試食2日前にホームベーカリー(象印マホービン(株)製:BC-S15)で所定の設定³⁾により、1.5斤の食パンを製造し、試食当日まで室温に置き、試食当日に適宜裁断して官能評価を行った。

3) 南部せんべい

前報¹⁾に準じて調整し、石釜式の南部せんべい焼き機(大橋製作所製)で焼き上げた。試食当日まで防湿フィルムに保存し官能評価を行った。

4) モチまんじゅう

小麦粉は水分13.5%換算で200gに対し、あん200g、水90mlで生地を作り、30分間蒸した後さらしあんと黄身あんを包あんした。試食前日まで-30℃で凍結保存し自然解凍後官能評価を行った。

5) ゆべし

小麦粉は水分13.5%換算で100gに対し、砂糖130g、水110mlで生地を作り、適宜醤油とくるみを加え20分間蒸した。試食前日まで-30℃で凍結保存し自然解凍後官能評価を行った。

2-4 官能試験

ゆでうどんとパンは、それぞれ市販粉で製造したゆでうどんとパンを基準品とし、ゆでうどんは色、外観、粘弾性、なめらかさ、食味、総合の5項目⁴⁾、パンは外観、すだち、触感・弾力、香り、味、総合の6項目⁵⁾をそれぞれ5段階で官能比較した。南部せんべいは、市販南部せんべい粉の南部せんべいを基準品とし、色、もろさ、かたさ、味、総合の5項目をそれぞれ5段階で官能比較した。モチまんじゅうとゆべしは、基準品を設けず、かたさ、味、総合の3項目を3段階で官能評価した。これはすべて27名のパネルで試験を実施した。

3 結 果

3-1 小麦粉及び混合粉の特性値

小麦粉及びモチ性小麦粉の特性値を表1に示した。キタカミコムギ粉の灰分含量は高かった。モチ性小麦粉のアミログラムの特性値では、MVT(℃):最高粘度到達温度は、キタカミコムギ粉と比較して低く、でんぷんの膨潤が容易である特徴⁶⁾を表している。

次に混合粉の特性値を調べた結果を表2に示し、また、その時のアミログラムの例を図1に示した。混合粉のアミログラムでは2つのピークが認められ、それぞれ小麦粉とモチ性小麦粉のアミログラムから、第1ピークはモチ性小麦粉に、第2ピークは小麦粉のキタカミコムギ粉に由来するものと考えられた。ファリノグラムはAbs(%):吸水率は大きいにもかかわらず、WK(BU):弱化度が大きく、VV:ハリ-メーター-ハリュ-の値は薄力粉から中力粉の値であった。⁷⁾エクステンソグラムはR(BU):伸張抵抗が小さく、E(mm):伸張度が大きく、R/Eも小さいことから生地が柔らかいことがわかった。

3-2 モチ小麦粉製品の分析値

表3にゆでうどんの分析値を示した。ゆで時間はモチ性小麦粉を混合することで早くなった。これはアミログラムでも明らかのようにモチ性小麦粉のでんぷんは膨潤し易いために起こる現象と考えられた。ゆで溶出率はモチ性小麦粉を混合したものが少なかった。めん帯の色L*値はモチ性小麦粉を混合することで値が低くなり市販めん用粉に比較して色が黒かった。

次に、表4にパンの分析値を示した。混合粉のパンの焼減率と比容積は、市販粉のパンに対し、少し劣り膨らみが足りなかった。パン内部の色L*値は、ゆでめん同様に混合粉のパンが市販パン用粉のパンに比較して色が黒かった。

表1 原料粉の特性値

	水分(%)	灰分(%)	タンパク質(%)	白度	アミログラム		
					GT(℃)	MV(BU)	MVT(℃)
キタカミコムギ粉	13.3	0.51	8.20	89.92	56.2	830	88.7
東北糯211号粉:岩手産	13.4	0.36	9.68	90.44	56.4	950	64.9

表2 混合粉の特性値

	水分(%)	灰分(%)	タンパク質(%)	白度	アミログラム		
					GT(℃)	MV(BU)	MVT(℃)
東北糯211号:岩手産	13.5	0.44	8.93	90.02	56.5	第1ピーク 308	68.2
50%+キタカミコムギ50%						第2ピーク 620	86.8

表2の続き

	ファリノグラム					エクステンソグラム 135分				
	Abs(%)	PT(分)	Stub(分)	WK(BU)	VV	Abs(%)	A(cm)	R(BU)	E(mm)	R/E
東北糯211号：岩手産 50%+ ｷｶﾞｺﾓｷﾞ粉50%	67.8	2.3	1.8	150	38	65.2	66	220	204	1.08

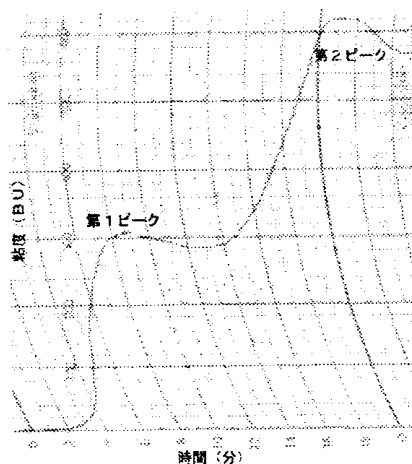


図1 混合粉のアミログラム例 (岩手県産東北糯211号粉50%+ ｷｶﾞｺﾓｷﾞ粉50%)

表3 ゆでうどんの分析値

	ゆで時間	ゆで歩留	ゆで溶出率	めん帯の色L*値
市販めん用粉	23'44"	3.14	6.35	84.0
市販めん用粉+東北糯211号25%	20'24"	3.06	5.28	82.8

表4 パンの分析値

	焼減率(%)	比容積(%)	パンの内部色L*値
市販パン用粉	21.2	5.13	78.94
市販パン用粉+東北糯211号25%	20.5	4.78	73.51

3-3 官能試験結果

市販めん用粉のゆでうどんを基準品とし、混合粉のゆでうどんを官能比較した結果を図2に示した。

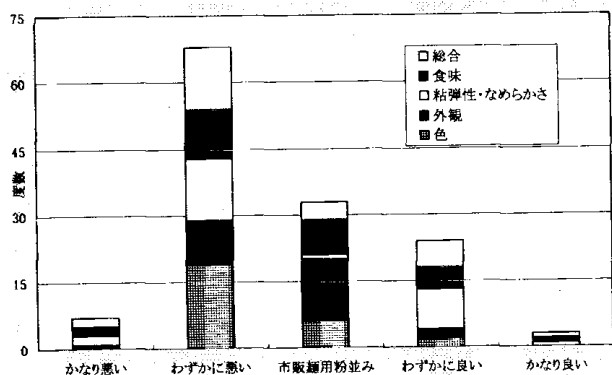


図2 ゆでめん官能試験度数分布

混合粉のゆでうどんは、外観が市販めん用粉のゆでう

どん並みで、粘弾性・なめらかさは良否の意見が分かれたが、食味と総合ではわずかに悪い評価が多く、特に色の項目ではわずかに悪いと評価したパネルが多かった。

次に図3に市販パン用粉で作ったパンを基準品とし、混合粉で作ったパンを官能比較した結果を示した。

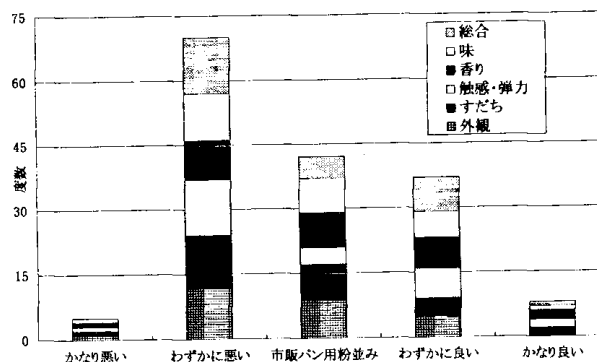


図3 パン官能試験度数分布

混合粉のパンは、触感・弾力と総合では意見が分かれたが、外観、すだち、香り、味で市販パン用粉パンよりわずかに悪い評価であった。しかし、ゆでうどんの結果よりは混合粉が良いとする意見が多かった。

南部せんべいは、昨年度モチ性小麦粉を25%混合した粉で製造した南部せんべいが「さくさく」した独特の食感があり、老人や子供向けの新用途が考えられるとの意見があった¹⁾ことから、市販の南部せんべい粉で製造した南部せんべいを基準品とし、重量の25%モチ性小麦粉を混合したもの、50%混合したもの及びモチ性小麦粉10%のものを官能試験で比較した結果を図4に示した。

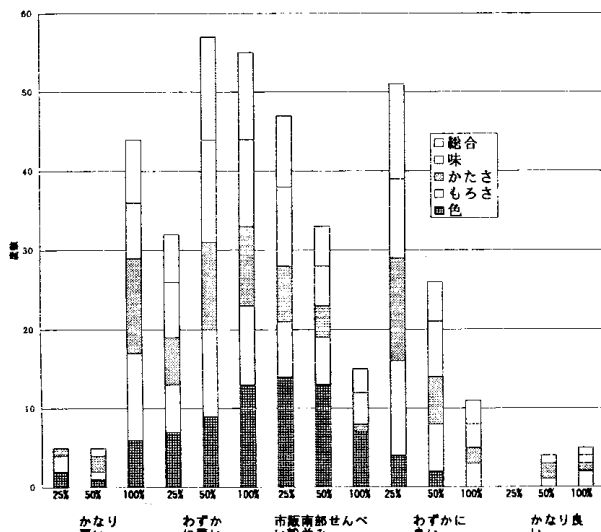


図4 南部せんべいの官能比較

その結果、基準品と比較し、25%混合品は色の項目は市販南部せんべい粉並みであり他はわずかに良かった。50%混合品は25%混合品とは逆に、色だけは市販南部せんべい粉並みであったが他の項目はわずかに悪かった。100%モチ性小麦粉のみの南部せんべいは、いずれの評価項目ともかなり悪く、特に味は苦みのある後味があるとの意見があった。しかし、25%混合品には度数のなかったかなり良いとする評価が、50と100%品にはあり、「さくさく」した軽い食感を新しい感覚の南部せんべいとして評価する意見があった。

次に、パウンドケーキ及びドラヤキを製造したが、いずれも膨らみを保っていることができず、加工適性がないと判断した。これらは生地を加熱し、モチ性小麦の粘度が高くなり、配合した炭酸水素ナトリウムから発生した二酸化炭素ガスを保持して膨化するが、品温が下がる

につれモチ性小麦粉の粘性は急激に失われ、二酸化炭素ガスが抜ける。普通のパン用粉などではその抜けた穴をグルテンなどで保つことができるが、モチ性小麦粉には、その抜けた穴を保てる強度がないためと考えられた。

そこで、お菓子の製造に膨化工程がなく、モチ性特有の粘りを生かせるものとして、モチ性小麦粉100%で、モチまんじゅうとゆべしを製造した。図5にそれぞれ2種類を製造して官能評価した結果を示した。その結果、モチまんじゅうとゆべしはいずれも良いから普通との評価が大半で、モチ性小麦粉の特徴である色が悪いことや苦みを目立たなくすることが可能なこれらの菓子類には加工適性が高いものと考えられた。

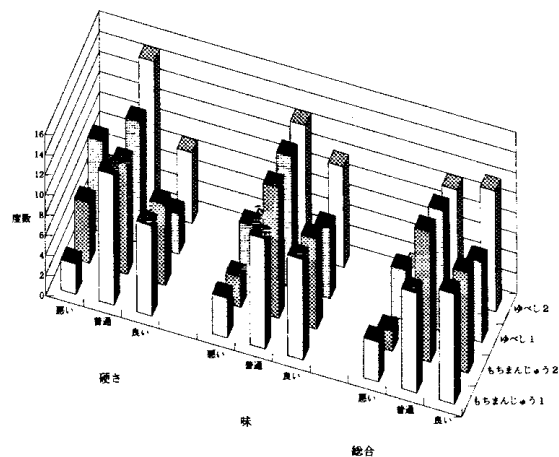


図5 菓子類の官能評価

文 献

- 1) 関村照吉, 伊藤良仁, 荒川善行: 本誌, 5, 213 (1998)
- 2) モチ性小麦の生産・利用技術実用化事業実績報告書: (財) 農産業振興奨励会(1998)
- 3) ホームベーカリー ご愛用の手びき: 象印マホービン(株)
- 4) 小麦の品質評価法 官能検査によるめん適性: 農林水産省 食品総合研究所, 昭和60年11月
- 5) パン酵母試験法 (パン試験法追加): 日本イースト工業会, 平成3年
- 6) 中村道徳, 鈴木繁男編: 澱粉科学ハンドブック p.312 朝倉書店 (1977)
- 7) 農林水産技術会議事務局: 小麦育種試験における小麦品質検定法 p.29(1968)

東北205号粉の製パン適性と東北206号粉の製めん適性評価

関村 照吉*、笹島 正彦*、荒川 善行*

東北205号粉の製パン適性をコユキコムギ粉と比較し、東北206号粉の製めん適性をナンブコムギ粉とASW (Australian Standard White) 粉で比較する官能評価を実施した。その結果、東北205号粉のパンは、官能評価ではコユキコムギ粉のパン並みかそれよりわずかに良いとする評価であったが、市販パン用粉のそれには色や比容積で劣った。東北206号粉のゆでうどんは、官能評価ではナンブコムギ粉のゆでうどんよりは良い評価であったが、ASW粉には色の点で及ばなかった。

キーワード：製パン適性、製めん適性

Evaluation of Making Suitability of Bread of Tohoku 205 Flour and Noodle of Tohoku 206 Flour.

SEKIMURA Teruyoshi, SASAJIMA Masahiko and ARAKAWA Yoshiyuki

The sensory test was done in comparing bread suitability of Tohoku 205 flour with Koyuki flour, and noodle suitability of Tohoku 206 flour with Nanbu flour and ASW (Australian Standard White) flour. Tohoku 205 flour bread was in the same level or a little better than the Koyuki flour bread, though it was inferior to the marketing flour bread in color and the volume ratio. Tohoku 206 flour noodle was better than the Nanbu flour noodle, and less than the ASW flour noodle in color.

key words: bread suitability, noodle suitability

1 緒 言

東北農業試験場で育種された小麦の新品種のうち、それぞれ製パン適性と製めん適性に優れるとされる東北205号粉と東北206号粉を用い、それらの従来品種であるナンブコムギ粉とコユキコムギ粉を対照に、その加工適性を評価してきた。^{1), 2)}今年度は、東北205号粉の製パン適性をコユキコムギ粉と、東北206号粉の製めん適性をナンブコムギ粉及び製めん適性が優れていると一般に認知されているASW (Australian Standard White) 粉と比較する官能評価を実施したので、パンとゆでうどんに分けて報告する。

I パン加工適性試験

2 実験方法

2-1 試料

東北205号粉とコユキコムギ粉は平成9年度岩手県農業研究センター産³⁾で、ピューラーテストミル⁴⁾で製粉し、60%歩止まり粉を試料とした。市販パン用粉は、マーケットミル⁵⁾で製粉した(日本製粉(株)製、商品名:イーグル)を試料とした。

2-2 製パン方法

小麦粉は水分13.5%換算で375g、ドライイースト4.5

g、食塩3.8g、砂糖12g、スキムミルク9g、バター22.5g、水280mlを計り取り、象印マホービン(株)製(ホームベーカリー:BC-S15)で所定の方法⁶⁾により、1.5斤の食パンとした。試食2日前に製パンし室温に保存後、官能評価した。

2-3 パンの内層図の比較

前報²⁾同様に実施した。

2-4 官能試験

コユキコムギ粉のパンを基準品とし、東北205号粉のパンを外観、すだち、触感・弾力、香り、味、総合の6項目をかなり悪いからかなり良いまでの5段階で27名のパネルにより官能評価した。⁷⁾

3 結 果

3-1 パン原料小麦粉の特性値

パン原料の小麦粉の分析値を表1に示した。市販パン用粉に比較して、東北205号粉及びコユキコムギ粉は灰分は多いが、タンパク含量は低い特徴があった。

表2にパン原料粉のブラベンダー試験⁸⁾の結果を示した。東北205号粉のアミログラムのMV(BU):最高粘度は低く、低アミロ小麦であった。⁹⁾両小麦粉のフェリノグラム¹⁰⁾の分析値は、一般的なパン用粉に比較して、Abs(%):吸水率は大きく、Wk(BU):弱化度も比較的大きく、

VV(BU)：ハロー-メーター・ハリュ-の特性値では中力粉の値であった。¹⁰⁾ エクステンソグラムの分析値は、特にココキコムギ粉のR(BU)：伸張抵抗が小さく、E(mm)：伸張度が大きく、R/Eも小さいことから生地が柔らかく、製パン適性はあまり良くないのではないかと推察された。しかしながら、ココキコムギは育種当初から製パン性が高いとして岩手県の奨励品種に採用された経緯¹¹⁾があり、本試験ではココキコムギ粉を基準品とし、新品種でココキコムギに換わる可能性のある東北205号について官能比較することとした。

3-2 パンの分析値

供試小麦粉パンの分析値を表3に、内層図を図1に示した。焼減率は、市販パン用粉のパンを100としたとき、東北205号粉のパンは97%、ココキコムギ粉のパンは90%でずっしり重いパンであった。比容積も焼減率と同様で、市販パン用粉のパンを100として、それぞれ68%と6

5%で小さく膨らみが足りなかった。パンの内部の色L*値はココキコムギ粉のパンが東北205号粉のパンに比較して高いものの、両者とも市販パン用粉のパンに比較すると値が低く、色が黒ずんでいた。

3-3 パン官能試験結果

図2にココキコムギ粉のパンを基準品とし、東北205号粉のパンを官能比較した結果を示した。外観、すだち、触感・弾力、総合評価はココキコムギのパンに比較してわずかに良いとの評価が多かった。香り・味についてはココキコムギのパン並みとの評価が多かった。全体的には、ココキコムギのパン並みかわずかに良いとする評価が多かった。

以上の結果から、東北205号粉のパンは、官能評価ではココキコムギ粉のパン並みかそれよりわずかに良いとする評価であったが、市販パン用粉のそれには色や比容積で劣っていると考えられた。

表1 パン原料粉の分析値

由来	製粉方法	水分(%)	灰分(%)	タンパク質(%)	粉の色相*値
東北205号粉	農研センター テストミル60%粉	13.5	0.45	9.6	91.5
ココキコムギ粉	農研センター テストミル60%粉	12.7	0.48	10.1	92.1
市販パン用粉	市販品 マーケットミル	12.4	0.42	11.4	

表2 パン原料粉のブラベンダー試験値

	アマログラム			ファリノグラム				
	GT(°C)	MV(BU)	MVT(°C)	Abs(%)	PT(分)	Stab(分)	Wk(BU)	VV(BU)
東北205号粉	53.5	170	85.2	66.0	2.0	1.6	120	38
ココキコムギ粉	52.8	742	92.7	71.5	3.0	2.4	140	41

表2の続き

	エクステンソグラム 135分値				
	Abs(%)	A(cm ²)	R(BU)	E(mm)	R/E
東北205号粉	63.3	59	400	113	3.54
ココキコムギ粉	68.7	51	160	206	0.78

表3 パンの分析値

	焼減率(%)	比容積(%)	パンの内部色L*値
東北205号粉	20.6	3.48	69.89
ココキコムギ粉	19.1	3.32	71.35
市販パン用粉	21.2	5.13	78.94



市販パン用粉

東北205号粉
図1 パンの内層図

ココキコムギ粉

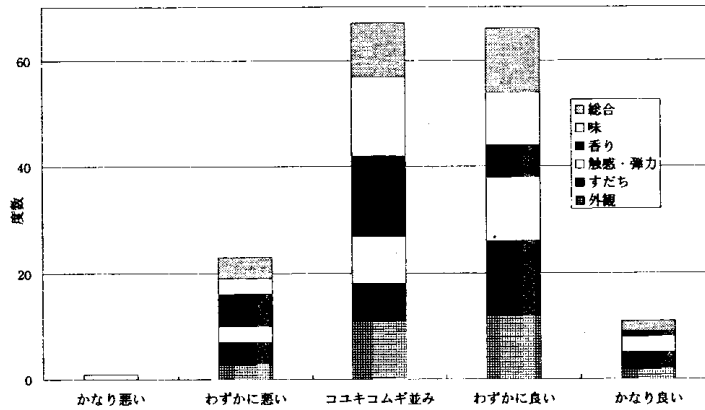


図2 パンの官能試験度数分布

II ゆでうどん加工適性試験

4 実験方法

4-1 試料

東北206号粉とナンブコムギ粉（農研）は平成9年度岩手県農業研究センター産³⁾で、ビューラーテストミルで製粉し、60%歩止まり粉を試料とした。ナンブコムギ粉（市販）はマーケットミルで製粉した東日本産業（株）製を試料とした。ASW粉はビューラーテストミルで製粉し、60%歩止まり粉を試料とした。

4-2 製めん方法及びゆで時間の設定

製めん方法及びゆで時間の設定は前報に準じた。²⁾

4-3 官能試験

うどんの水分が75%になるようにゆで時間を決めてゆでた後、水で冷却し1時間後に冷たい状態で、基準品を設けずに27名のパネルで官能評価した。¹²⁾

5 結果

5-1 ゆでうどん原料小麦粉の分析値

表4にゆでうどん原料小麦粉の分析値を示した。同一品種のナンブコムギ粉（農研）と（市販）では、灰分の差が0.17%もあり、製粉方法の違いによるものと考えられた。タンパク質含量は、最大のナンブコムギ粉（農研）と最少の東北206号粉の差が3%あった。

表5にプラベンダー試験の結果を示した。アミログラムのMV(BU)：最高粘度は高く低アミロ小麦ではなかった。一般的なめん用粉と比較し、両粉のファリノグラム分析値はAbs(%)：吸水率は大きく、Wk(BU)：弱化度も比較的大きく、VV(BU)：ハ^{*}ロ-メ-ター・ハ^{*}リュ-の特性値では薄力に近い中力粉の値であった。¹²⁾

5-2 ゆでうどんの分析値

ゆでうどんの分析値を表6に示した。ゆで時間は東北206号粉のゆでうどんが最も早く、低アミロ小麦含量小麦の特徴¹³⁾と考えられた。めん帯の色L^{*}値は、ナンブコムギ粉（市販）のゆでうどんが一番白く、ついでASW粉、東北206号粉、ナンブコムギ粉（農研）の順であった。

表4 ゆでうどん原料粉の分析値

	由来	製粉方法	水分(%)	灰分(%)	タンパク質(%)	粉の色相L [*] 値
東北206号粉	農研センター	テストミル60%粉	13.6	0.41	8.2	93.6
ナンブコムギ粉（農研）	農研センター	テストミル60%粉	13.3	0.52	11.2	93.3
ナンブコムギ粉（市販）	市販品	マーケットミル	14.4	0.35	9.9	
ASW粉		テストミル60%粉	11.9	0.51	9.5	

表5 ゆでうどん原料粉のプラベンダー試験値

	アミログラム			ファリノグラム				
	GT(°C)	MV(BU)	MVT(°C)	Abs(%)	PT(分)	Stab(分)	Wk(BU)	VV(BU)
東北206号粉	54.5	820	89.7	59.5	1.8	2.1	175	31
ナンブコムギ粉（農研）	54.3	886	93.0	61.3	2.2	1.7	140	36

表6 ゆでうどんの分析値

	ゆで時間	ゆで歩留	ゆで溶出率	めん帯の色L [*] 値
東北206号粉	20'55"	3.18	5.86	76.9
ナンブコムギ粉（農研）	24'01"	3.20	5.90	73.6
ナンブコムギ粉（市販）	23'39"	3.16	5.54	78.0
ASW粉	24'46"	3.01	6.21	77.4

5-3 ゆでうどん官能試験結果

東北206号粉、ナンブコムギ粉（農研）、ナンブコムギ粉（市販）及びASW粉のゆでうどんを、基準品を設けずに官能評価した項目の内、図3に色を図4に粘弾性を図5に総合評価の結果を示した。

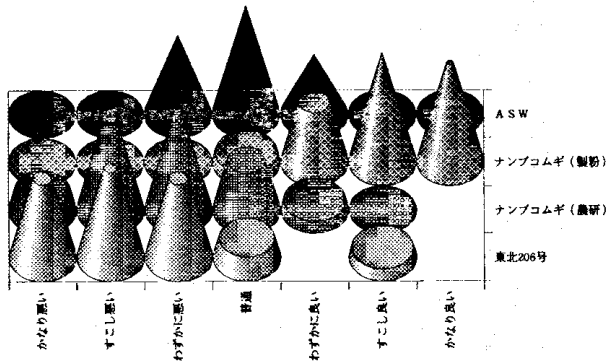


図3 ゆでうどん官能評価 (項目: 色)

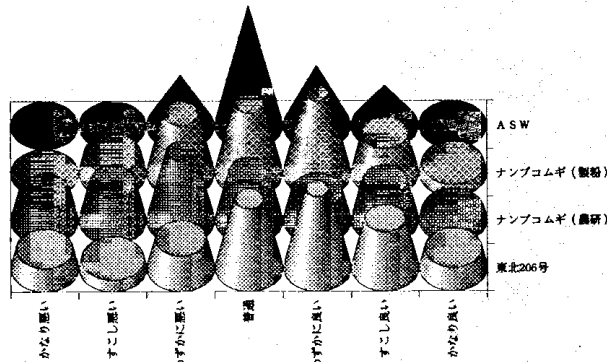


図4 ゆでうどん官能評価 (項目: 粘弾性)

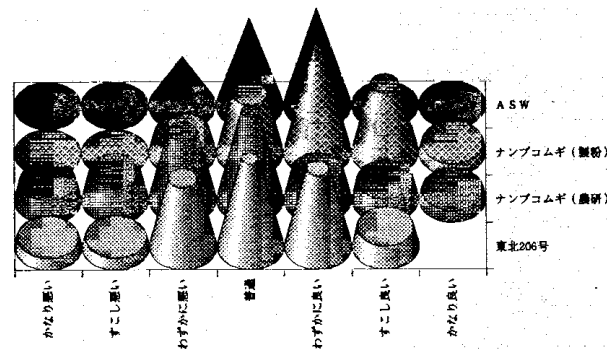


図5 ゆでうどん官能評価 (項目: 総合評価)

色の項目では、ナンブコムギ粉（市販）のゆでうどん

が良く、東北206号粉とナンブコムギ粉（農研）のゆでうどんは少しからわずかに悪い評価であった。東北206号粉とナンブコムギ粉（農研）及びASW粉は同じビュラーテストミルで製粉したが、ASW粉のゆでうどんの色だけが普通の評価で、製粉方法によらずASW粉の色が本来良いために起こった結果と考えられた。

粘弾性は、ASW粉のゆでうどんが普通、ナンブコムギ粉（農研）のゆでうどんが少し悪く、東北206号粉とナンブコムギ粉（市販）のゆでうどんはわずかに良い評価であった。

総合評価では、ASW粉のゆでうどんがわずかに良い、ナンブコムギ粉（市販）のゆでうどんはわずかに良いから少し良い、ナンブコムギ粉（農研）のゆでうどんは普通からわずかに悪い、東北206号粉のゆでうどんは普通の評価であった。

その他の項目は、外観と匂い・味は、ナンブコムギ粉（市販）のゆでうどんが良く、かたさは、ナンブコムギ粉（農研）のゆでうどんが少し悪かった。なめらかさは、ASW粉とナンブコムギ粉（農研）のゆでうどんが普通で、東北206号粉とナンブコムギ粉（市販）のゆでうどんはわずかに良い評価であった。

以上の結果から、東北206号粉のゆでうどんは、官能評価ではナンブコムギ粉のゆでうどんよりは良い評価であったが、製めん適性のあるASW粉には特に色の点で及ばないと考えられた。

文 献

- 1) 荒川善行, 吉田和美, 高橋正一: 本誌, 4, 183 (1997)
- 2) 関村照吉, 伊藤良仁, 荒川善行: 本誌, 5, 209 (1998)
- 3) 平成9年度東北農試及び各県農試産小麦の品質試験成績
- 4) 小麦粉 その原料と加工品: 日本麦類研究会 p. 936, 昭和51年1月
- 5) 同上 p. 379
- 6) ホームベーカリー ご愛用の手びき: 象印マホービン (株)
- 7) パン酵母試験法 (パン試験法追加): 日本イースト工業会 p. 102, 平成3年
- 8) 小麦粉の加工適正評価法: 食品分析法 光琳 p. 619, 昭和60年11月
- 9) 小田間多: 新めんの本 食品産業新聞社 p. 11, (1994)
- 10) 小麦粉の加工適正評価法: 食品分析法 光琳 p. 62, 昭和60年11月
- 11) 小麦新品種「コユキコムギ」その特徴と栽培法: 農業普及 平成元年
- 12) 小麦の品質評価法 官能検査によるめん適性: 農林水産省 食品総合研究所, 昭和60年11月
- 13) 今井徹: でん粉の質が異なる小麦の実用化に向けて 食品と科学, 7, 67 (1996)

生産管理システムへ移行するための現状分析*

若槻 正明**、和合 健**、堀田 昌宏**

飯村 崇**、行方 学***

コストダウンや短納期化が進むにつれ、売上を伸ばそうとするほど多種少量、個別生産が多くなり、作業の繁雑化や慢性的な納期遅れが多発している。このような状況から、細部のシステム化により生産能力を効率よく売上に結びつけ、事務工数の削減や進捗状況の把握、リードタイムの短縮などを図り、多種少量の個別生産に対応する生産管理システムの構築を試みている。その第1段階として、現状の生産における問題点の分析と、それによる損失について示した。

キーワード：生産管理、生産分析、工数削減

Evaluation of Administrative Production to Replace Manufacturing Management System with Computer

WAKATUKI Masaaki, WAGO Takeshi, HOTTA Masahiro,

IIMURA Takashi and NAMEKATA Manabu

As going to reduce of production costs and cut time for delivery to short, the more we try to increase to production sailing, the more it becomes small sized and jobbing production, then it causes continuously lateness of time for delivery. The reason of this, we attempt to produce production goods effectively, such as reducing of administrative process and expense, controlling for shop floor and cutting lead time to short by constructing manufacturing management system for small sized and jobbing production. In order to shift this construction smoothly, we evaluate productive activity and problem.

Key words: manufacturing management, production process evaluation, production process reduction

1 結 言

現在、K社では受注・納品管理を主とした生産管理システムを導入している。最近では、作業票作成や工程計画も行えるようにシステムの機能を拡張した。しかし、コストダウン、短納期化が進むにつれ、売上を伸ばそうとするほど多種少量・個別生産が多くなり、現行の生産管理方式で

は市場要求に対して迅速な対応が困難となっている。この対策として、

- ① 事務工数の削減
- ② 生産実績・進捗状況の把握
- ③ リードタイムの短縮
- ④ 完成・材料在庫の削減

* 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

などを目的とした多種少量の個別生産に対応する生産管理システムの構築を検討している。このことから、筆者らは工場の生産能力を効率よく売上に結びつけ、効果的なシステム構築を目的に、現行の生産方式と管理方式について分析し、その問題点を明確化した。この後、これらの問題が生じない生産の合理的な流れや管理方法について検討し、新しいシステムについて考察した。ここでは、現行の問題により生ずる経費を損失経費として算出して数値化した内容と納期対策、在庫の問題について報告する。

2 現状の問題と対策

現状の分析は以下の方法で行った。

2-1 調査、分析の方法

- ① 生産管理従事者からの聞き取り調査と生産に関する各作業の観察調査を実施した。
- ② 現行の生産ならびに管理方式の流れの明文化、問題点の洗い出しを行った。
- ③ 問題となる作業の時間と頻度を調査し、その経費(人件費)を算出した。
- ④ これと同等時間の直接作業に振り替えたときの生産額を算出した。

2-2 損失経費の算出方法

問題と思われる作業と生産管理に関する間接作業のみに限定し、それらの作業に要した経費の算出を行った。経費は人件費と時間売上見込額から積算し、人件費は役職者を除く従業員の総給与の平均値とし、時間売上見込額は全売上額を総従業員数と総就業時間で除し、1人当たりの平均値とした。また、これら給与ならびに売上額は平成9年～10年の実績を用いた。

これより、以下の損失もしくは損失となる可能性がある作業内容について、その経費を算出した。

- ・ミーティング・間接作業にかかる経費
- ・不良生産による経費
- ・納期遅れ対策の作業に要する経費
- ・在庫管理にかかる経費

これらは、いずれも生産活動のなかに埋もれ、経費の損失として明示されない場合が多い。なお、個々の算出方法は以下の通りである。

(1) ミーティング・間接作業の経費

ミーティング・間接作業について、その作業内容と作業時間、延べ人数、頻度から1ヶ月の人件費、またその時間を生産の直接作業へ振り向けた場合の売上見込額をそれぞれ算出した。

(2) 不良生産による経費

通常、不良品製作の経費は、不良品製作に要した作業経費と不良品として廃棄される品物である。不良品製作後、再加工による修正や選別が行われた場合には、不良品ではなく良品として扱われるため、経費の損失があったとは捕らえられない。しかし、ここには見えない損失が含まれており、不良品を良品とするために要した人件費、ならびに追加作業時間で行える本来の作業(新規売上)が含まれていない。したがって、不良品製作による真の損失経費は、

$$\begin{aligned} \text{「損失経費」} &= \text{「不良製作の修正に要した時間(人件費)」} \\ &+ \text{「修正に要した時間で可能な生産高」} \\ &+ \text{「不良品の材料費、要した消耗品費など」} \end{aligned}$$

となる。

(3) 納期遅れ対策の作業に要する経費

納期に遅れが生じた場合、この作業を以後の生産に割り込ませる必要がある。このとき予定していた生産ができなくなるため、

$$\begin{aligned} \text{「損失経費」} &= \text{「遅れ品処理のための残業・休出・外注」} \\ &+ \text{「遅れ品処理の作業で可能な生産高」} \end{aligned}$$

となる。社内作業が納入締切日前に完了しても、後処理・輸送により納期遅れとなった場合は、社内納期に対し作業が遅れたとみなす。

(4) 在庫管理にかかる経費

現在、在庫担当者は計量・梱包作業等も兼務しているため、人数を0.5人として、在庫1点ごとについて管理費を算出した。

2-3 調査・分析結果

(1) ミーティング・間接作業の経費

図1に間接作業の経費(人件費)の割合を示す。これより、ミーティングが間接作業全体の約61%を占めている。したがって、その内容や生産への寄与の度合いによっては大きな損失となる可能性がある。

(2) 不良生産による損失経費

全体の約10%となっている。(図2)

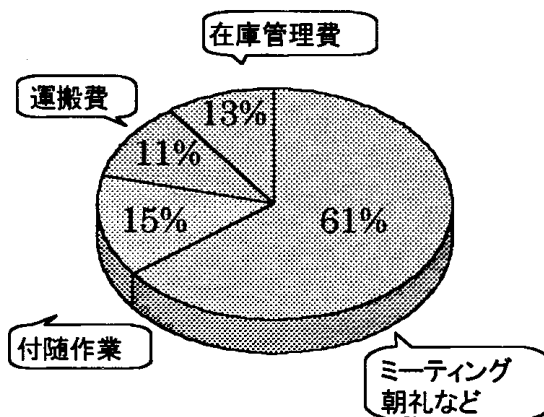


図1 間接作業の経費割合 (人件費)

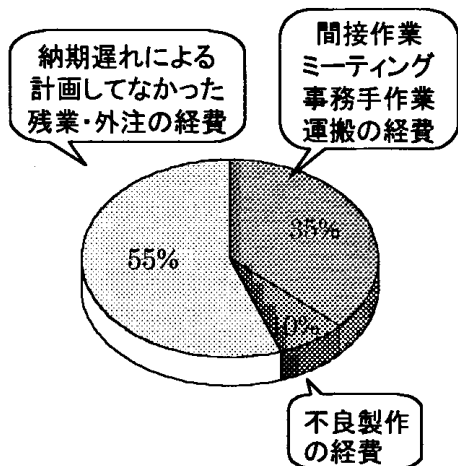


図2 作業経費の割合

(3) 納期遅れ対策の作業に要する経費

納期遅れは慢性化しており、このため、納期遅れ対策として行われる作業は、全体の約 55%を占めている。

(図2)

(4) 在庫管理にかかる経費

在庫管理にかかる経費は、間接作業経費の約 15%となっている。(図1)

2-4 納期遅れについての分析

図2に示されるように、問題となる作業経費の約半分は納期遅れに対処するための作業である。現在、納期遅れは、残業や休日出勤、外注展開、新規受注取り止めなどで解消を図っている。しかし、これらは即効性があるもののその場凌ぎに過ぎず、納期遅れが発生する仕組みそのものが解決されていないため、慢性的な納期遅れとなっている。また、納期遅れ防止のため、受注後直ちに生産計画や段取計画を立てたいという現場要請にもとづき、納入締切日が2~3ヶ月先の作業時間にかなり余裕のある製品の場合でも、作業票の早期配布を実施しているが、慢性的な納期遅れは解消されていない。このことから、現行の納期対策としての作業票早期配布の実効性についての検証を行った。

(1) 納期と作業完了日の関係

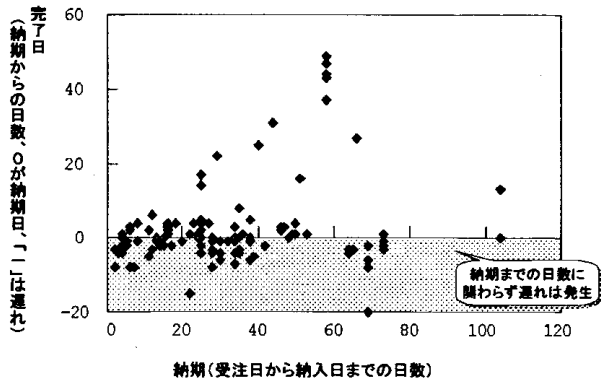


図3 納期と作業完了日の関係

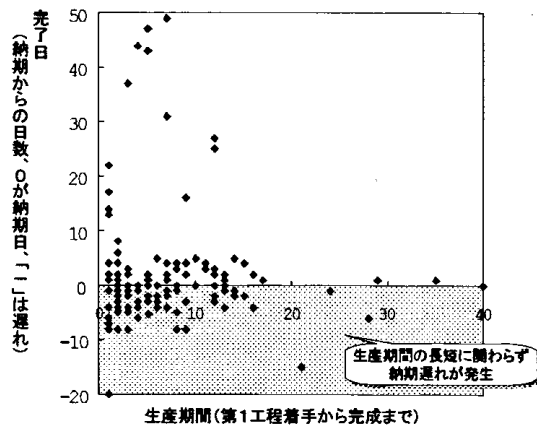


図4 生産期間と作業完了日の関係

作業票に記入された作業票作成日(受注日)と作業実績から、納期と作業完了日との関係を調べ、納期に対する作業余裕を調査した。(図3)納期が1週間以内の短期間の製品も2~3ヶ月の長期間(作業余裕がある)の製品であっても、同様な納期遅れが生じている。また、この遅れ日数でも納期の長短とは無関係に、約1週間の範囲で遅れるものが発生している。

(2) 生産期間と作業完了日の関係

作業実績から、生産期間と作業完了日の関係を調べた。

(図4)作業日数が10日以上の製品も1日の製品もほとんど同じ割合で納期遅れが生じている。また、作業が1~2日で完了可能な製品が1週間以上の遅れを出している。つまり、作業着手時点で既に納期遅れとなっているものが多い。作業日数の短い製品については納入締切日以前にかなり余裕をもって作業を完了する場合もあるが、作業日数の長いものになるにつれて納入締切日直前に作業が完了する傾向がある。

(3) 納期と作業着手日の関係

受注日から納入締切日までの日数(納期)と作業に着手するまでの日数(作業票放置期間)を作業実績から調査した。(図5)この図から、大半の製品が納入締切日直前に作業着手されていることがわかる。

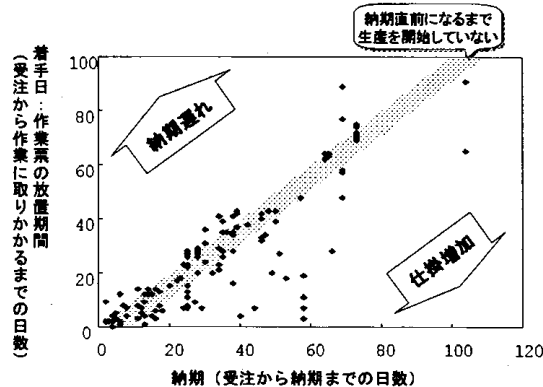


図5 納期と作業着手日の関係

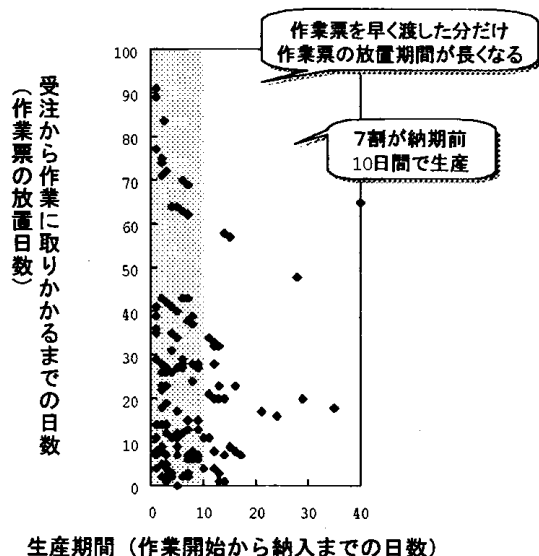


図6 生産期間と作業着手日の関係

(4) 生産期間と作業着手日の関係

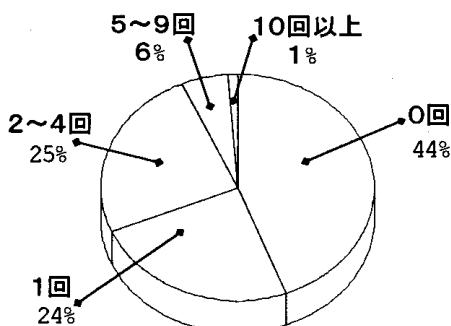
作業日数(生産機関)と受注日から作業に着手するまでの日数の関係を調査した。(図6)これより、作業票を早期に配布しても作業着手日が早まることはなく、早期に配布するほど作業票の放置期間が長くなる傾向にあることがわかる。また、これらの約7割の製品は、10日以内で作業が完了している。したがって、十分な生産計画を組んだ後に、納入締切日10日前位に配布しても十分に合うことがわかる。

以上のことから、納期遅れ防止策として作業票の早期配布を実施しているが、納期と着手日(図5)、生産期間と着手日(図6)の関係を調べた結果からは、納期遅れを解消するような効果はみられない。反対に、作業票を早期配布することにより、作業票の紛失や仕掛かり品の増加、忘れといった弊害を発生する原因となっている。

2-5 完成在庫の分析

現在、在庫品は、

- ① 生産部門での受注情報や受注予測が不明であること。



1年間に1回以下しか流れない在庫が7割。

納入ロットに満たない端数在庫が多い。

図7 過去1年間の在庫出荷回数

- ② 不良対策として要求数以上に多く製作する。
- ③ 段取り替えなどを少なくし、作業効率を高める。
- ④ 作業が比較的すいている時、今後の受注分を見込み生産する。
- ⑤ 端材の有効利用として、材料を使い切るまで加工。
- ⑥ 少量の在庫蓄積を数回繰り返すことにより、1ロット分の作業を省く。

などの理由で、在庫数は生産指示数量とは無関係に作業者によりその数量が決定されている。この結果、無計画な在庫生産により、在庫製品の増加、不測の材料不足、作業の遅れなどが発生し、必要以上の生産コストがかかる結果となっている。このことから、在庫品の状況について、平成10年2月~平成11年1月の1年間に完成在庫から出庫した回数を在庫台帳から調査した。(図7)主要取引先のみ在庫品の調査でも、過去1年間に在庫が1回以下の製品が約70%であった。その内、出庫0回の製品が約44%存在した。この在庫品は売上げに寄与しないのみならず、これらの製作に要した時間(人件費)や材料費が回収できないままに眠っていることになり、ただ管理費用がかさむだけの製品となっている。つまり在庫を保管している間、要した経費は借入金と同一であり、しかも、保管期間中の金利も合わせると損失が増加する製品となっている。したがって、これらは在庫品とせずに、受注の都度に生産する方が、経費の損失が少ないといえる。

3 まとめ

- ① 現状の生産での問題点により生じる経費を損失経費として数値化し、具体化した。
- ② ミーティングなどの会議が間接作業経費の約6割を占めている。したがって、効果の期待できないミーティングが数多く開催されると、それ自体が生産の損失となる可能性がある。
- ③ 損失作業経費の約半分が納期遅れに対処するための作業である。
- ④ 納期遅れ防止策として実施されている、作業票の早期配布は効果がない。
- ⑤ 在庫の約7割が、出庫回数1回以下の製品である。

以上、これら問題点を改善することにより、作業経費の約6割以上が削減可能であり、新システムへの移行経費は、これら改善効果が予測の6~7割であっても損失経費のみを充当したとすると1~2年で回収でき、それ以降はプラスへ転じる事が可能である。

なお、本研究は平成10年度技術パイオニア養成事業にて実施したものである。

三次元測定機評価用ゲージの要素設計と試作

和合 健**、多田 三郎***、松田 次郎****

北上川流域の金型産業技術力向上の一環として、岩手県工業技術センターを中心に市営支援センター、企業の計9機関で持ち回り測定による三次元測定機（以下、CMM）の誤差評価実験を計画している。本稿では、CMMの精度評価を正確かつ容易に行うためのCMM測定用ゲージ試作を目的に、CMMの精度評価に関する文献調査、ゲージの形状設計、測定要素となる球体の選定、熱膨張係数の小さい材料の選定など要素設計を行い、試作ゲージを製作した。

キーワード：三次元測定機、持ち回り測定、試作ゲージ、球体、誤差評価

Element Design and Product of CMM Master Gauge

WAGO Takeshi, TADA Saburo and MATSUDA Jiro

Round robin test on an evaluation of uncertainty of CMM (Coordinate Measuring Machine) are planned by nine organizations, such as Municipal Support Centers and enterprises under the leadership of IIRI(Iwate Industrial Research Institute) for the purpose of the contribution to an industrial development along the Kitakami River industrial area.

In order to make the evaluation of uncertainty of CMM exact and easy, a trial gauge (CMM master gauge) was designed through an element design based on a literature investigation on uncertainty of CMM, a shape design of the trial gauge, selections of sphere of measurement element and material with low thermal expansion coefficient. This report treats the process of designing and manufacturing the gauge for the round robin test.

key words : CMM, round robin test, trial gauge, sphere, evaluation of uncertainty

1 結 言

1-1 はじめに

当センターでは平成10年度から国庫補助「地域産業集積活性化対策補助事業」で北上川流域（花巻市、北上市、水沢市、一関市など）の金型産業技術力向上のための支援を開始する。CMMによる計測の重要性は近年金型業界においてますます高くなってきており、顕著なこととして北上市、花巻市では三次元測定機（以下、CMM）を中心とする開放試験施設の充実を計画中で、北上市の民間企業においても高精度CMMを設備している。しかし、CMMはプローブシャフトのたわみ誤差、プローブヘッド方式に起因する誤差などの解決しなければならない問題が山積みしている。また、複雑形状を測定するた

めの熟練した操作技術修得、関連規格についての知識やトレーサビリティ体系を基本とした計測不確かさに関する知識などCMMを正常に稼働するために把握すべき事項は多い。そこで、当センターを中心に各市、企業と連携しCMMを有効活用するためにCMM評価用ゲージ（以下、試作ゲージ）の持ち回り測定実験を行う。本稿では、初年度として試作ゲージ製作のための文献調査、ゲージ設計及び製作について述べる。

1-2 参加機関及びCMMの主な仕様

表1に持ち回り測定での主なCMMの仕様を示す。持ち回り測定参加者は、岩手県工業技術センター、花巻市起業化支援センター、北上市基盤技術支援センター、民

* 持ち回り測定による三次元測定機の誤差評価（第1報）（特定産業集積活性化関連機関支援強化事業）

** 電子機械部

*** 電子機械部（現在 木工特産部）

**** 工業技術院計量研究所計測システム部

表1 持ち回り測定での主なCMMの仕様

参加機関	岩手県工技セ	花巻市起業セ	北上市基盤セ	A社	B社	C社	D社
メーカー	Z社	M社	Z社	L社	T社	T社	M社
型式	UPMC550-CARAT・HSS	BHN706	UPMC850CARAT-SuperACC	PM12106	PJ800A	SP600A	BH710
CNC/手動別	CNC	CNC	CNC	CNC	CNC	手動	手動
プローブ方式	差動トリス平行ハネ方式	タッチトリガ方式	差動トリス平行ハネ方式	差動トリス平行ハネ方式	圧電素子方式	タッチトリガ方式	タッチトリガ方式
構造	ブリッジ移動形	ブリッジ移動形	ブリッジ移動形	固定ブリッジ形	ブリッジ移動形	ブリッジ移動形	ブリッジ移動形
大きさ(X×Y×Zmm)	550×500×450	700×600×600	850×1200×600	1200×1000×600	770×550×370	600×500×300	700×1000×600
測定精度U ₃ (μm)	0.8+L/600	5+5.5L/1000	0.7+L/600	0.8+L/400	2.6+3L/1000 ≤4.5	5.4+5.5L/1000	5.4+5.5L/1000

間企業6社の計9機関により行う。CMMの構造、プロービング方式はメーカー独自の思想や特許の制限が影響するので機種により構造が異なる。そこで本体基本構造、プローブヘッド方式の相違による誤差の大きさを調べるために異なる機種を取り上げた。

2 CMMの規格調査

2-1 ISO 10360-2^{1994 1)}

ISOにおけるCMMの精度検査について調べた。ISO 10360-2¹⁹⁹⁴では指示誤差Eを求めるために段差ブロックゲージ、プロービング誤差Rを求めるために基準球の使用を強く推奨している。また、補足として附属書Aで臨時検査について規定している。附属書Aでは、基準ゲージは、典型的な形状要素を表すような特徴をもつ異形供試体で、寸法が安定し、機械強度が高く、さらに測定の不確かさに大きな影響を及ぼさない表面仕上げを施されたものとしている。例えば、両端がボール上のパー、ボールプレート、リングゲージなどがあげられる。なお、JIS B 7440-2¹⁹⁹⁷はISO 10360-2¹⁹⁹⁴に準拠している。

2-2 VDI/VDE2617パート1~5²⁾

表2 供試体の計測不確かさに
関する主な影響要因

- 1) 温度
- 2) プローブ形状エレメントの形状偏差
- 3) 配置に依存する供試体のたわみ
(特にたわみ中性でない構造の場合)
- 4) 供試体締付け部の安定性
- 5) 長期間安定性
- 6) 測定戦略に依存する誤差増殖
- 7) 供試体の校正不確かさ

表2にVDI/VDE2617パート1~5で明示する供試体(試作ゲージ)の計測の不確かさに関する主な影響要因を示す。VDI/VDE2617パート1~5はドイツ技術協会、ドイツ電気技術者協会による規格で、CMMの精度検査について細かく規定されている。特に基準ゲージについての記述は多く、試作ゲージ製作の参考とした。

3 試作ゲージ設計

3-1 試作ゲージの基本設計

図1に試作ゲージの全体図を示す。CMMの標準器はブロックゲージなどの端度器標準が規格の主流であるが、球を測定要素とした標準器ではドイツ国PTBが開発したボールプレートが実用化されている。ここでは、図1に示す三次元形状の試作ゲージを考案した。特徴は、プレートの角度がCMM定盤面に対して60°と30°の2種類に設定できる、三次元形状のため反転法によりCMMガイド直角測定ができる、コンパクトで持ち運びに容易などの優位点がある。

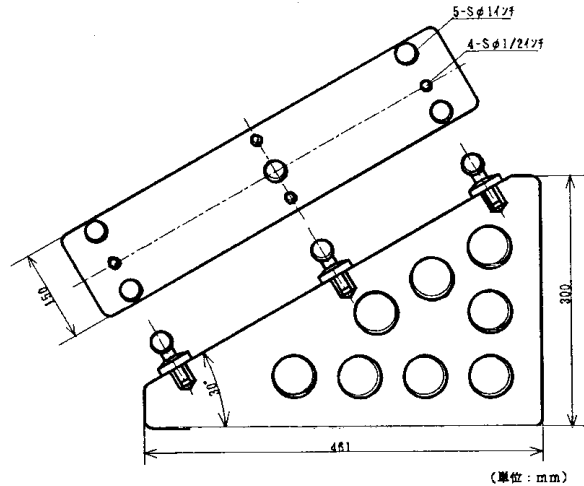


図1 試作ゲージの全体図

3-2 鋼球の選定

表3にJIS規格による鋼球の等級、表4にJIS規格による鋼球の硬さを示す。VDI/VDE指針ではプローブ不確かさ検査、プローブ形状エレメント作成では球体を推奨しており、球体の径は30mm程度、真球度はプローブ不確かさ精度を上回る0.05μm以下が要求される。また、CMM測定用ゲージに用いる鋼球は一般的に径が1インチ(25.4mm)または1/2インチ(12.7mm)が使用されている。そこで、試作ゲージに使用する球体購入の調査を行った。表3に示すとおり球径が1インチ程度では真球度は0.25μmとなり試作ゲージに使用する球体の精度を満たさない。そこで、5級の1インチ球と1/2インチ

球をそれぞれを多数個購入し、測定により真球度 $0.08\mu\text{m}$ 以下を満たしたものを選別し採用した。鋼球の硬さはVDI/VDE指針の規格を満たしている。

表3 JIS規格による鋼球の等級

精度	呼びの適用範囲	真球度 (μm)
3級	0.3~12mm	0.08
5級	0.3~12mm	0.13
10級	0.3~25mm	0.25
16級	0.3~25mm	0.4
20級	0.3~38mm	0.5

材料 : JIS G 4805 (高炭素クロム軸受鋼鋼材) による

表4 JIS規格による鋼球の硬さ

呼び径	硬さ	
	H _v	HRC
0.3~3mm	772~900	(63~67)
3.5~30mm	-	62~67
32~65mm	-	61~67

3-3 本体の材種選定

表5 ブロックゲージJIS B 7506¹⁹⁹⁷

硬さ	HV 800以上
熱膨張係数	$(11.5 \pm 1.0) \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$
材料	高炭素鋼クロム鋼 クロムカーバイド タングステンカーバイド
等級	変化量の許容値 ($\mu\text{m}/\text{年}$)
00, 0	$0.02 + 0.0005L_0$
1, 2	$0.05 + 0.001L_0$

※ L_0 は、mmで表した呼び寸法とする

表5にブロックゲージJIS B 7506¹⁹⁹⁷を示す。試作ゲージ本体を製作する上で材種の選定を行った。持ち回り試験では長期間で実験が行われることから、長期間安定性の項目が重要な影響要因となる。試作ゲージは500×300mm程度の比較的大型なプレートで応力ひずみによるワーク変形が考えられるので、ひずみ除去のための材料選定、熱処理方法、硬度や熱膨張等について検討した。また、測定でのハンドリングの容易性が重要となり、試作ゲージの落下によるCMMの損傷などを避けるために試作ゲージの軽量化が要求される。以上の点を考慮して、試作ゲージ本体の材料は石定盤等を使用される花コウ岩(御影石)を採用することとした。花コウ岩は密度 $2.7(\text{g}/\text{cm}^3)$ で、鉄の密度 $(7.86\text{g}/\text{cm}^3)$ と比較して約3倍小さく軽量化が図られる。石を使用して軽量化が図られることで、本体全体を三次元的なブロック形状にすることが可能であり、補助的な固定治具製作が不要となった。また、反転法によるCMM相互の直角度測定を行うために、試作ゲージの基準面の平面度が $2\mu\text{m}$ 以下になるように加工した。

3-4 鋼球の本体への固定

図2に鋼球の保持具、表6にはんだの熔融温度、表7に接着剤種による接着強さを示す。鋼球をプレートに固定する方法について、鋼球の硬さはHRC62~67であり鋼球に取付穴を切削により加工するのは難しい。また放電加工による取付穴加工では熱による応力ひずみの影響から真球度が悪くなることが予想される。そこで、鋼球を加工する方法ではなく、接着により鋼球とプレートを接合する方法が良いと考えられる。接着では一般に溶接、はんだ、接着剤の3つの方法があるが、溶接は金属が熱により溶融することを利用した接合方法であり、アーク溶接では電極面で $4,000\sim 5,000^\circ\text{C}$ 、最低の場所でも $2,500^\circ\text{C}$ となる。そこで、はんだと接着剤の方法について調べた。はんだの熔融温度は 220°C 前後と低く応力ひずみが発生しない。接着剤では金型等に使用する金属系接着剤が有効と考えた。以上の候補から熱ひずみ、応力ひずみ、接着強さを考慮し接着剤による方法を採用した。表7に示す材料試験機による引張り試験の結果、接着強さは接着剤Aが優れていることから最終的に鋼球の接合方法として接着剤A(シーカデュア31)を採用した。また、図2に示す様に鋼球をゲージ本体(石)に固定する場合に球保持具を使用した。これは、鋼球を直接ゲージ本体(石)に取り付ける方法ではCMMプローブチップでの球測定でチップとゲージ本体との干渉で測定可能範囲が狭くなり、誤差が大きくなると考えた。そこで、図2に示す球保持具を取り付けることにより干渉を防ぎ、球の測定範囲が広がることで測定精度が向上する。また、球保持具の材料は熱膨張を考慮してグラファイトとした。

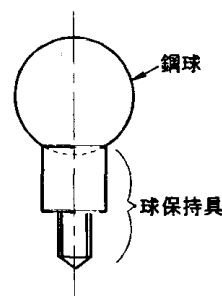


図2 鋼球の保持具

表6 はんだの熔融温度

合金系	種類	固相線温度 $^\circ\text{C}$	液相線温度 $^\circ\text{C}$	比重
Sn-Pb系	Sn95Pb	約183	約224	約7.4
Pb-Sn系	Pb55Sn	約183	約227	約9.1
Sn-Ag系	Sn96.5Ag	約221	約221	約7.4
Pb-Ag系	Pb97.5Ag	約304	約304	約11.3

表7 接着剤種による接着強さ

接着剤	球径	引張強さ(N)		
		1回目	2回目	平均値
接着剤A	Sφ1インチ	1274	1764	1519
	Sφ1/2インチ	490	539	515
接着剤B	Sφ1インチ	0	0	0
	Sφ1/2インチ	測定不可	測定不可	結果無し

3-5 各構成要素の熱膨張係数

表8に各構成要素の熱膨張係数を示す。長さ測定では温度による影響が大きく、各構成要素の熱膨張がCMMの測定精度と比較して十分に小さいことが要求される。

接着剤Aは熱膨張係数が 60×10^{-6} (1/°C)と他と比較して大きい。これは接着剤の厚さ1mmで $0.06 \mu\text{m}$ でありCMMのメーカー保証測定精度より十分に小さい。

表8 各構成要素の熱膨張係数

品名	材種	熱膨張係数 α ($10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)
本体	花コウ岩 (御影石)	4-10
接着剤A	-	60
接着剤B	-	70
球保持具	グラファイト	3.1
鋼材 (参考)	炭素鋼	11.5
アルミ材 (参考)	A1 (アルミニウム)	23.8

4 試作ゲージの完了検査

図3に測定でのワーク座標系、表9に測定結果を示す。高精度三次元測定機 (PMM12106、ライツ製) を用いて、完成した試作ゲージを測定して値付けを行った。ワーク座標系は3つの1インチ球により平面を作成して空間軸補正をし、ゼロ点位置と位置fの1インチ球により回転軸補正を行う。ゼロ点は図に示す左上の1インチ球とする。ここでの球測定は極1点赤道4点の計5点測定とし、表9に示す真球度、直径、距離の項目について算出した。今後、他の高精度三次元測定機による測定を行い、その測定結果と照合して標準値を決定する。

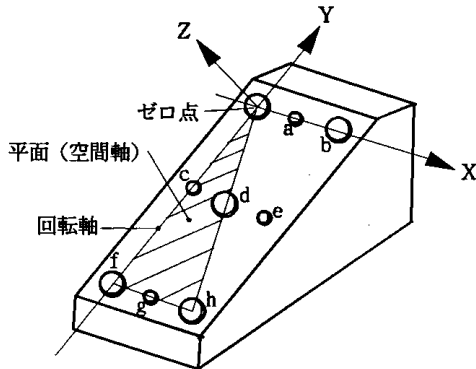


図3 ワーク座標系の設定

表9 測定結果

(単位: mm)

位置	真球度	直径	距離
a	0.0002	12.7003	48.9685
b	0.0002	25.4010	90.3593
c	0.0001	12.6999	201.8189
d	0.0002	25.4009	206.9010
e	0.0002	12.7002	221.5412
f	0.0000	25.4007	403.6743
g	0.0002	12.6995	406.6212
h	0.0001	25.4006	413.8319

5 まとめ

持ち回り測定によるCMMの誤差評価実験の1年目として、持ち回り測定への参加者集め、CMM文献調査、試作ゲージ設計、試作など実験を始めるにあたり準備を行った。以下に主な内容についてまとめる。

- 1) 持ち回り測定に参加者9機関で測定実験を行う。
- 2) CMMの測定実験で使用する試作ゲージ製作のために、ISO 10360-2:1994、VDI/VDE2617Part1~5など規格の調査を行い、試作ゲージ本体は石(花コウ岩)を材料として三次元形状とした。この球体の選定、球体の固定方法、各構成要素の熱膨張について検討したことによりCMMガイド直角度評価が可能になる。
- 3) 試作ゲージの完了検査として簡易的な値付けを行った。今後、他の高精度三次元測定機での測定結果と照合させ標準値を決定する。

6 今後の予定

- 1) 数台の高精度三次元測定機で試作ゲージを交互に測定し、測定結果を照合して試作ゲージの正確な値付けを行う。
- 2) 品質工学に基づいてSN比による評価のための実験計画を作成する。
- 3) 持ち回り測定参加者による打ち合わせを行い、今後のスケジュール、実験計画等について意見交換を行い実験を開始する。

本研究を進めるにあたり、試作ゲージ製作において多大なるご協力を頂いた株式会社阿部製作所に感謝いたします。

文献

- 1) ISO 10360-2:1994, ISO規格
- 2) VDI/VDE2617Part1~5, ドイツ技術協会, ドイツ電気技術者協会

福祉機器調査と実験用歩行器の試作

藤澤 充*、多田 三郎**、堀田 昌宏*

福祉機器開発に取り組むために、平成9年度から福祉機器産業の全般的な調査を行い、平成10年度には具体的に県内福祉施設現場の聞き取り調査とその要望に対する国際福祉機器展等での既製品の有無を調べて、開発課題の抽出を行った。その中から、歩行器使用時に前のめりの転倒を防止するために、体重がかかると自動ブレーキが働く機構を備えた実験用歩行器を試作した。

キーワード：福祉機器、調査、開発課題、自動制動歩行器

Research on Auxiliary Instruments for Aged or Handicapped People and Trial Manufacture of Experimental Auxiliary Walker

FUJISAWA Mitsuru, TADA Saburo and HOTTA Masahiro

To develop auxiliary instruments for aged or handicapped people, we picked up the target to develop by the general research of auxiliary instruments industry in 1997, the research on the welfare homes and the ready made goods research for some concrete demands in 1998. By way of trial, we made a experimental auxiliary walker with auto break not to fall forward when weight was put on the walker.

key words : auxiliary instruments, research, target to develop, auxiliary walker with auto break

1 結 言

岩手県では2025年には全人口の1/4が65歳以上という高齢社会が到来する。この間近に迫った高齢社会への対応と、これまで本県の工業を支えてきた自動車や半導体産業の伸び悩みを打開する中小企業の新産業分野創出を目指して、福祉用具・機器開発に取り組むこととした。

筆者らはこれまで、平成9年度には福祉用具産業の全般的な実態調査を行い、平成10年度には(財)いわてリハビリテーションセンターと共同で福祉現場調査を実施し、その結果を基に自動制動機能付き実験用歩行器の試作を行ったので報告する。

2 調査方法

平成9年度は、福祉機器開発の先進県をはじめ、国際的な福祉機器展、各種研究会やシンポジウム、県内企業や介護ショップの状況等を調査した。また、(財)いわてリハビリテーションセンターからは具体的な要望を聞き、その中から抱きかかえ型の新規リフトの開発を検討したが、具体的な試作にまでは至らなかった。

そこで、平成10年度は県内の福祉施設現場5カ所(特別養護老人ホーム×2、養護老人ホーム、老人保健施設、ケアハウス)に対して、先に送付して記入を依頼してお

いたアンケート調査票(様式参照)を基に訪問聞き取り調査を実施し、中間ユーザの方々から具体的な要望や問題点を調査し、その結果についてカタログや国際福祉機器展等で調べ、既製品で対応できるものと開発が必要なものに分類してみることにした。

<アンケート調査票様式>

1. 日常動作の中で、日頃不便に感じていることやどんな作業が辛いかを介護者の立場と被介護者の立場の両面から教えてください。
2. 現在どのような福祉(及び生活)用具・機器を導入されていますか? 問題点は?
用具・機器の使用頻度や操作性(不便な点やこう改良すればいい等)、あっても利用していない場合はその理由を教えてください。特に、リフトと呼ばれる福祉機器を利用されている場合は、その点を詳しく。
また、被介護者の立場から、快適さの度合い(使い心地が悪い等)も教えてください。
3. 日常こんな用具や機器があつたら便利なのになあという要望がありましたら、是非教えてください。(介護者側と被介護者側の両面から)

* 電子機械部

** 電子機械部(現在 木工特産部)

3 結 果

3-1 福祉現場調査

今回調査した福祉施設では全般的に福祉用具や機器に関する情報が乏しく、既にある便利な用具が意外に使われていないことが多い。その理由は、日々の仕事に追われて情報収集する暇がないか、予算を確保するのが難しいものと推測される。また、車椅子等の選定が業者任せで、かつ既製品のままフィッティング作業がない。さらに、施設内で不便を感じても担当者が改善要求を言いにくい雰囲気があるように感じられた。そのため、ちょっとした調整や改良のために、リハセンやボランティアグループによる支援が必要であろう。

具体的な要望を以下に列記する。

――― <入浴関連> ―――

- ・リフトは入浴用のものが殆ど(恐怖感を伴う)で、ベッドと車椅子間の移動にはリフトを使わずに、人力で(腰痛防止ベルト使用)行っているケースが圧倒的に多い。時間と手間をかけるよりも、効率的に仕事をこなすことが優先される。但し、在宅では介護者の毎日の負担を考えると、リフトの必要性はあるのではないかと。介護保険の導入により、在宅で安くて使い易い機器の需要が高くなるものと思われる。[開発が必要：要調査]
- ・どこの施設でも座位保持困難や拘縮がある人は入浴時に浮力で浮いてしまって、十分に肩まで浸かれない不満があるので、浴槽内で浮力を防止するための機構が必要である。[開発が必要：要調査]
- ・特殊浴装置の排水溝の穴が小さく清掃に時間がかかるので、もっと大きくしてほしい。
- ・芯の強いシャンプーハットがほしい。[開発が必要：要調査]
- ・入浴チェアの高さ調節(一般に高すぎる)と臀部穴サイズの選択が可能な製品がほしい。[要調査]

――― <車椅子関連> ―――

- ・一般的に、車軸の捻れが原因のアライメントのずれによる漕ぎ辛さ(特に軽量なチタン製)、モジュール型は高価、エア入りタイヤは小回りが利かない等数々の問題がある。[一部既製品有り、開発が必要：要調査]
- ・前のめりの転倒防止のため、歩行器やシルバーカーのタイヤの回転を一定に制動する機構やスロープを下る時の電動車椅子の十分な制動機能が必要である。
[一部既製品有り、開発が必要：要調査]
- ・電動三輪車(スクータ)がもっと軽く、シートが90度回転可能であるとよい。[要調査]
- ・片手操作のレバー式で左右の車の駆動力が均等に軽く漕げるような車椅子がほしい。[要調査]
- ・スタンダードタイプで、スムーズにバックレストが倒れ、フットレストが上がり、傾斜角が可変なリクライニング車椅子がほしい。[既製品有り]

――― <その他全般> ―――

- ・施設内の手すりの色は全般的に木材そのものの色が使

われているが、高齢者に目立つ色としてピンク系に統一するのが好ましい。また、食堂のテーブルや椅子の高さや車椅子使用の配慮に欠けているので、抗菌対策や耐久性を考慮した木製福祉家具などの参入する余地が大きいのではないかと。[要調査]

- ・ケアハウス等ではドアの開閉やスイッチの高さの点で豪華さよりも使い易さの配慮が必要である。
[一部既製品有り、開発が必要：要調査]
- ・高齢者は力がなく目も見えにくいので、タッチするだけで動くような車椅子や表示文字が日本語で大きくなりモコンやスイッチが好ましい。また、折り畳みと缶やナイロンの蓋を軽い力で開けられるようなうまい仕組みが必要である。
[一部既製品有り、開発が必要：要調査]
- ・長さ幅が大きく、高さ調節可能なベッドがほしい。
[既製品有り]
- ・簡単にできる口腔衛生道具、例えば歯磨き用吸引機等がほしい。[既製品有り]
- ・ポータブルトイレに関しては蓋を閉じる時の大きな音が出ない工夫、低額な消臭性や高さ調節機能(一般に低すぎる)が期待されている。[既製品有り]
- ・全般的に、新素材開発の必要性が高い。担架やストレッチャーの軽量化、人体接触部の材質(柔らかく、冷たくなく、衛生的)、伸縮性の優れた繊維素材、排使用使い捨て紙袋など [開発が必要：要調査]
- ・お子さまランチのように、シルバーランチがあったほうがよい。
- ・腰が曲がった人用の衣服や検査/医療機器がほしい。
- ・高齢者は園児が歌ってくれる唱歌を最も好む傾向にあり、かつ高齢者と幼児の問題に共通性があるため、老人福祉施設と幼稚園等が同じ敷地内か近くにあつて、交流を深める関係にあるのが好ましいのではないかと。

3-2 既製品調査結果

国際福祉機器展では、現在どのような製品がどの程度の技術レベルで世の中に出ているのかと、先に実施した福祉現場調査の際に出された問題点や要望を解決するような既製品の有無を調査した結果、まさに開発されたばかりの製品がある等、コスト面を別にすれば、かなりの割合で既製品で対応できるものが多いことがわかった。

このことは、福祉現場の意見を鵜呑みにして大きな失敗をしないように、具体的なニーズに対する十分な調査・解析・検討が必要不可欠であることに通じる。

福祉施設現場調査から得られた要望に対する既製品の有無に関して主なものを以下に抜粋した。

[福祉現場からの要望に沿った製品や便利グッズ]

- ・清潔なやわらか便座
- ・蓋閉め防音と高さ調節可能なポータブルトイレ
- ・給水吸引機能付口腔ケアシステム
- ・缶オープナー

- ・室内ドア簡易自動開閉装置
- ・歩行器やシルバーカーのタイヤの回転を自動的に制御する機構(症状に応じた磁気制動歩行補助器)
- ・表示文字が日本語で大きなりモコンやスイッチ類
- ・ソフトで衛生的な滑らない手摺カバー
- ・軽量で移乗容易なストレッチャー
- ・トランスファー&サポートベルト/ボード

[開発が必要]

- ・前のめり転倒を防止するための機構
- ・浴槽内で浮力を防止するための機構
- ・在宅用リフト(操作性・効率性の改良)
- ・新素材開発(軽量、ソフト、ホット、衛生的、伸縮性、使い捨て、他)

[その他、特に目を引いた製品]

- ・手すり位置計測器(手すりの取り付け位置のシミュレート)
- ・使う人に合わせた組み合わせ自由自在の家具
- ・真横や斜めに移動可能な新機構の車椅子及び福祉車両の充実
- ・座席から腰を浮かすと自動的にブレーキがかかる車椅子
- ・ポリエチレン樹脂再生によるエコチェア+人間工学的シートの車椅子
- ・人間工学的視点から快適さを追求した形状のクッションや背もたれ等
- ・和式を意識した用具・機器(和式移動器、木製座椅子、座椅子→車椅子、座椅子昇降手動車椅子)
- ・抱き上げ式のリフト
- ・NEDOやテクノイド協会等の補助金を活用した製品群(起き上がり補助装置、体圧分散クッション、旅行用超軽量携帯ホイールチェア、等)

3-3 歩行器の試作

調査した歩行器には使用時の前のめり転倒に対する配慮がなされていない。そこで、前のめり転倒を防止するため、体重がかかると自動ブレーキが働く機構を備えた歩行器を実験用として試作することとした。

以下、その結果について述べる。

3-3-1 背景

歩行器は、杖とともに最も身近な歩行・移動関連の福祉機器であり、キャスター無しとキャスター付き歩行器に大別され、多くのメーカーから多種多様な歩行器が市販されており、使用者の運動能力(歩行能力)、使用場所、行動範囲などによって選択し使い分けられる。



図1 歩行器の正常な使用状態

4輪歩行器は、医療施設や介護施設で広く使用されている歩行器であり、図1に示すような正常な使い方では問題は少ないが、元気な高齢者ほど図2-aに示すように手押し車のような使われ方がされ、前のめり転倒し、

額を打ったり手首の骨折など大事に至る危険が指摘されている。事故防止を目的としたハンドブレーキ付きの歩行器も市販されているが、握力の衰えた高齢者にはブレーキ操作が困難であるほか、体のバランスが崩れた状態でのブレーキ操作は、健常者でも不可能に近い。

このような背景から前のめり転倒防止歩行器の試作開発を目指し、その前段階として前のめり転倒現象を検証し必要な機能及び諸元決定の参考とする実験歩行器を試作した。

3-3-2 実験歩行器のコンセプト及び基本仕様

前のめりから転倒に至る経過は、図2-aの定常状態から何らかの原因でbのように歩行器が先行し出し、歩行能力の低下から脚が追従できず前のめり状態になり体勢の立て直しができずアンバランス状態が加速されてcの経過を辿りdのように転倒するものと考えられる。

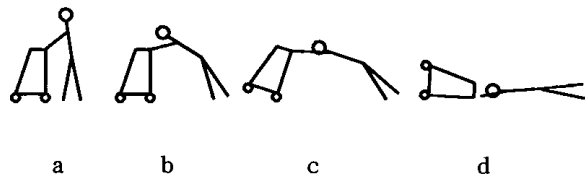


図2 前のめり転倒の経過

前のめり状態では、定常状態とは異なった前傾体勢に起因する荷重が歩行器に作用すると仮説を立て、前傾体勢による荷重変化を事前に感知して作動するブレーキ機構を有する歩行器の開発を目指した。

前のめり転倒防止歩行器の基本コンセプトは次のとおりである。

- ①前のめり状態を寸前に感知し作動するブレーキ機構を有する
- ②前のめり状態になっても転倒し難い
- ③上半肢不自由者でも安定歩行可能
- ④コスト的に市販品と同程度

この前段階として、体勢変化と荷重変化の関係、具備すべきブレーキの条件や機構、歩行器の基本諸元を実験を通じて明らかにすることと、今後の試作歩行器の具体的なイメージを把握することを目的に実験歩行器を試作した。この基本仕様は次のとおりである。(図3参照)

- ①レバーユニットで前傾体重を感知しブレーキ作動
- ②レバーユニットは、ハンドブレーキ装着も可能
- ③転倒防止のため後方(使用者側)が傾斜バー
- ④フレームバーやレバーユニットの長さ可変
- ⑤フレーム傾斜バーの傾斜角可変
- ⑥前輪自在キャスター、後輪ブレーキ付き固定キャスター

3-3-3 試作結果及び今後の計画

試作した実験歩行器を写真1~3に示す。

試作歩行器の福祉現場使用が進んでいないため、諸問題を考察することは難しいが、ブレーキに関しては、予

想したとおりブレーキ作動調整バネの強さと位置がブレーキ感度に大きく影響する結果となった。また、前傾体勢を想定した歩行方向荷重には難点が見られるなど今後詳細に検討する必要がある。

今後の計画は、前のめり状態になった場合の歩行器に作用する荷重の検出方法、機構の検討、人間動作解析装置による前のめり状態に至るまでの体重ベクトルの変化の解析をするとともに、複数の被験者によるモニタ実験を行い、実用的機構を考案して実用機の開発を目指す。

実験歩行器は、製作しやすさの観点からパイプ曲げ加工を伴わない直線形状のものであったが、今後の試作機はCNCパイプベンダーを利用した曲線的なものにする予定である。

4 考 察

国際福祉機器展に出展される製品は年々増加する一方であり、個々の製品の性能には目を見張るものがある。福祉現場から出された要望の大半は既製品で対応できるものが多い。これからの課題は、福祉現場の多種多様なニーズ(特に3-1で挙げた要調査項目)を一つずつ掘り下げて具体的に調査しながら、要望に近い個々の優れた

製品を見つけて更に使いやすく改良したり、システム化してトータルに使いやすい環境を作ることによって、利用者と開発者の共感を重視した人間共存型の用具づくりを行うことが重要と考えられる。

今後は、人に優しい生活支援用具づくりを行うために、平成10年度の国庫補助「ものづくり試作支援センター整備事業」で導入した各種設備(三次元動作解析装置、人体形状計測・モデリングシステム、CNCパイプベンダ、コンブウッドシステム、人間工学的評価装置等)を活用しながら、県内企業との共同研究により、共用品やユニバーサルデザインの考え方を念頭に置いて、安全性・効率性・適合性・経済性等の向上を目指した製品の開発・改良に取り組んでいきたいと考えている。

本研究は県内試験研究機関共同研究事業により実施した。本研究を実施するにあたり、福祉現場調査の依頼及び同行に多大な御協力をいただいた(財)いわてリハビリテーションセンターの高橋明センター長と千田峰子主任作業療法士に感謝いたします。

また、歩行器の試作を快くお引き受けいただいた(株)北日本機設サービスの四戸立男社長に感謝いたします。

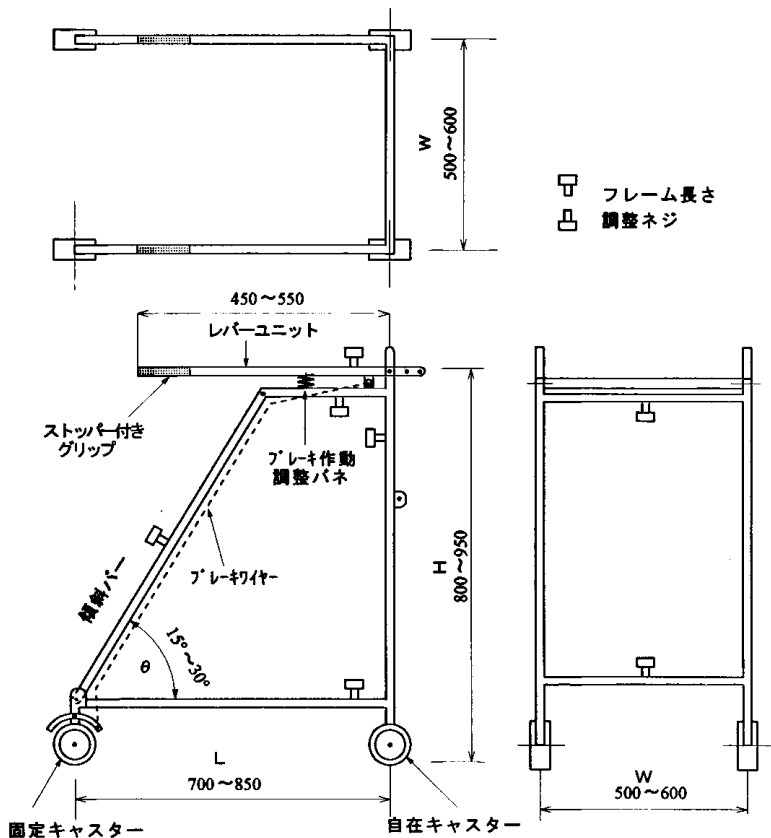


図3 実験歩行器仕様図

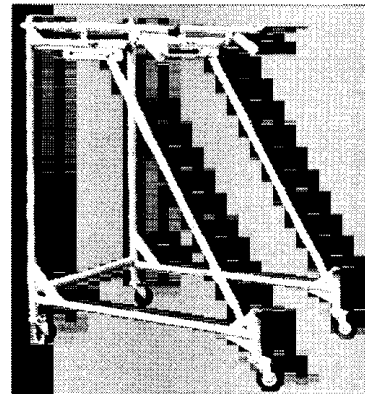


写真1 実験歩行器外観



写真2 レバーユニットのハンドブレーキ装着状態

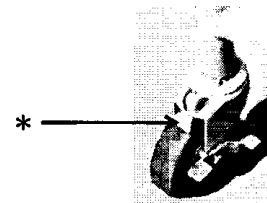


写真3 キャスター(*:ブレーキ)

パッケージ設計専用CADの開発*

長谷川 辰雄**、中村 吉信***、上野 育子***、藤澤 充**

包装用パッケージ(紙箱)の製作は、中にいれる商品の形状や重量、紙材質、外見の良さ、色彩など、様々な項目を検討して行われる。その工程は、はじめにパッケージの意図するデザインを検討し形式を決定する。その形式に基づいてドラフター製図を行う。この製図の段階で、組み立てに必要な切れ込み、糊代幅、色づけの際のベタ幅など、細部の寸法計算を行わなければならない。この寸法計算は、紙厚や紙材質によって異なってくるため、熟練者でも30分から1時間の時間を要する。本研究では、時間を要する製図工程の省力化を図るため、パソコンによる寸法計算で図面作成を行うソフトウェアを開発した。

キーワード: パッケージ、CAD、ソフトウェア

A Development of CAD Software for drawing Package Design

HASEGAWA Tatsuo, NAKAMURA Yoshinobu, UWANO Ikuko
and FUJISAWA Mitsuru

There are many processes of making packaging box. The design is decided based on a purpose of package, type, weight, material of paper, looking and color. The drawing process is required many time because of designers have to make detail drawings about measuring the size, calculating area size of a tab for sticking and colorizing. This process needs from 30min. to 60min. for an expert. This paper reports a development of CAD Software that can make package drawing with easy operations.

key words: Package, CAD, Software

1 緒 言

包装用パッケージ(紙箱)のデザイン及び製作は多くの工程を経て行われており、パソコン利用による製作作業の省力化が試みられている。パッケージには、商品の可搬性・安全性を保つほかに、商品アピールなどの宣伝効果が期待されている。既製品パッケージは、形状や材質が固定されているため、特殊な形状、安全性をより高めたいなどの柔軟な要求を満たすことができない。そのため、新たなパッケージ製作が必要となる。単純形状と思われがちなパッケージであるが、その製作には時間を要する。この作業工程を次に述べる。「①パッケージに入る商品の寸法を測り、パッケージの形式を決定する。②寸法計算及びドラフターで製図し、型紙を作成する。③型紙を基に紙を切り、組み立ててパッケージの試作をする。④発注先からの要求があった場合に、イラストレータ (Adobe Illustrator) でCAD展開図面を作成する」の工程を経て行われている。これらの作成には、10分から1時間を要する。さらにイラストレータで展開図面を書く場合は、30分から1時間ほど要する。

また、パッケージの形状は20種類に分類され、紙材の

種類や寸法と組み合わせると数百種類になり、その選択が製図時間に大きく影響を及ぼしている。作業工程の中で多くの時間を費やすのが、②の寸法計算及びドラフターでの製図、④の展開図面の作成であり、これらを自動化することで大幅な時間短縮となる。本報では、パッケージ種類の選択をマウス選択で簡素化し、寸法入力のみでパッケージのデザイン図面を自動生成する新規CADについて述べる。

2 開発方法

2-1 開発概要

本CADの原型は1987年に(株)でんにより開発され、当時のプログラムはMS-DOS上のBASICで作成された。しかし、現在は全く異なったOS環境であるため、開発するプログラムはWindows95/98上でVisual C++⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁸⁾及びAccessデータベース⁽⁷⁾を使って、オブジェクト指向型開発⁽⁵⁾を行った。オブジェクト指向型開発は、膨大・複雑化するソフトウェア開発の効率化、信頼性向上を目的とした設計手法であり、これを本研究の開発プログラムに適用した。これは、データベースを管理するためのAccessと、

*技術バイオニア養成事業

**電子機械部

*** (株)でん

計算プログラムにはVisual C++というように、別々に開発することで作業分担ができ、開発効率が向上するメリットがある。Accessを用いてデータベース化することは、デザイン(寸法)変更が容易であり、型紙のデジタルアーカイブ(デジタル保管)や、再利用性向上が図れる。開発CADは、(株)でんの経営システムとコンピュータ・ネットワークで連携管理できるようにデータベース設計を行った。本システムの基本となる設計方針を次に示す。

- ① 画面の遷移階層は5階層以内で設計する。
- ② データの入力形態は、可能な限り選択式で設計する。
- ③ 寸法計算はオブジェクト指向型で設計する。
- ④ 図面データはファイルとして保存する。
- ⑤ CADの入力データはデータベースとして構築する。

これらの基本設計を元に詳細なフローチャートを作成し開発を行った。図1に詳細フローチャートを示すとともに、その内容を以下に述べる。

形式を選ぶ

パッケージの基本となる形式を選択する。形式は直接選択することも出来るが、縮小されたパッケージの展開図面を見ながら選択することも可能である。

紙の種類を選択

パッケージに使う紙の種類を選択する。(紙の厚さの違いにより、計算方法も変わってくる。)

寸法基準の指定

パッケージの寸法の基準となる指定方法を選択する。内

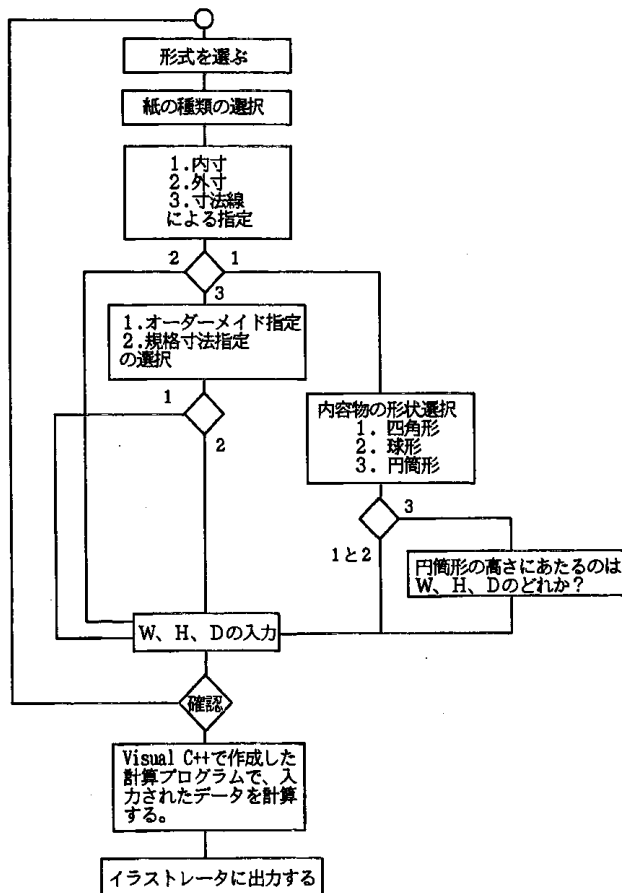


図1 フローチャート

寸の場合は、パッケージの内側の寸法を基準にし、外寸はパッケージの外側を基準にしている。寸法線による指定の場合は、2つの選択肢があり、W、H、D以外の細かい寸法を入力するのがオーダーメイド指定で、W、H、Dだけを入力するのが規格寸法指定である。

図面化データの計算

各形式の選択や寸法の入力が終了後、Visual C++で作成されたプログラムがデータを読み込んで図面化データの数値計算を行う。

ファイル保存

イラストレータ形式の展開図面がファイルとして出力される。

2-2 開発手法

代表的なプログラム開発手法に、構造化開発とスパイラル型開発の2種類が挙げられる。構造化開発の特徴は、プログラムを細分化しグループ分けすることで分散開発を可能とした。これによって、複数人による大規模開発が可能となる。現在でも主流の開発手法であるが問題もある。例えば、あるデータ形式が変更になった場合、それを処理する全ての関連モジュールを見つけだし修正しなければならない。修正したモジュールが、他のデータ処理に対して悪影響となる場合がある。スパイラル型開発は、最初に核となる小さなプロトタイププログラムを作成し、それに対して少しずつプログラム追加しながら開発する手法である。これは、開発内容をすべて把握可能な個人レベルの小規模なプログラム開発に向いている。開発の容易性の反面、開発者以外にはプログラム内容がわからず、複数人で改良や拡張することができない傾向にある。オブジェクト指向型開発は、クラス階層化やインヘリタンス(継承)という概念を用いることで、モジュールの追加・修正の容易性を追求した手法である。本研究では、この手法に基づき、寸法計算プログラムをクラス階層化し、メソッドをプログラミングした。

3 結果

開発したCADプログラムを起動すると、図2に示すデータ入力画面が表示される。ここで、パッケージの形式や蓋の種類に関するデータを入力する。この入力データは同時にAccessデータベースへ保管される。パッケージ形式の選択は、名前を選択する方法と画像化した展開図を視覚的に選択する方法の2つの選択方法を可能とした。視覚的に選択する方法では、図3の細分化されたパッケージ種類を選択した後、図4に示す画像リストから選択が可能である。ここまで入力したデータを元に図5に示すレイアウト確認画面が表示される。この画面で紙の種類や折りかたの方法、外寸・内寸の寸法設定を行う。これらの作業が完了後、図面化のための計算プログラムを立ち上げ、入力されたデータを計算することで、イラストレータの展開図面が図6のように出力される。入力作業から展開図面が出力するまでの時間は約1分程度であったが、従来の設計時間である30分~1時間を大幅に短縮することができた。

4 今後の課題

試作段階であるが、形式と寸法を与えるだけでCADデータを求めることができた。作業時間も従来の30分の1から60分の1と大幅に短縮することができ、目標を達成することができた。本開発におけるプログラムのテストは、1~2人のプログラム開発者で行っているため、実用化のための実用化試験を実施する必要がある。このため、作業現場での複数人によるテストが必須となる。また、本ソフトウェアの本格稼働には、形式種類の追加、カッタープロッター出力、信頼性向上テスト、営業データとの連携など多くの機能追加が必要となる。本

格稼働のためのプログラム全体構造を図7に示す。核となる処理プログラムをオブジェクト指向型のC++言語で開発し、入力データはAccessデータベースへ構築され経営システムで管理される。図面をカッタープロッターで出力し、図面の切り取り作業の自動化を目指す。本ソフトウェア開発の手法に、オブジェクト指向型開発を採用したが、C言語やBASIC言語とプログラムの流れが異なっているため、データ構造のクラス化や処理フロ

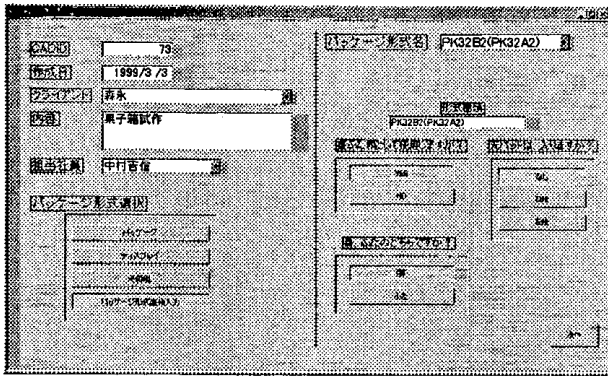


図2 初期データ入力画面

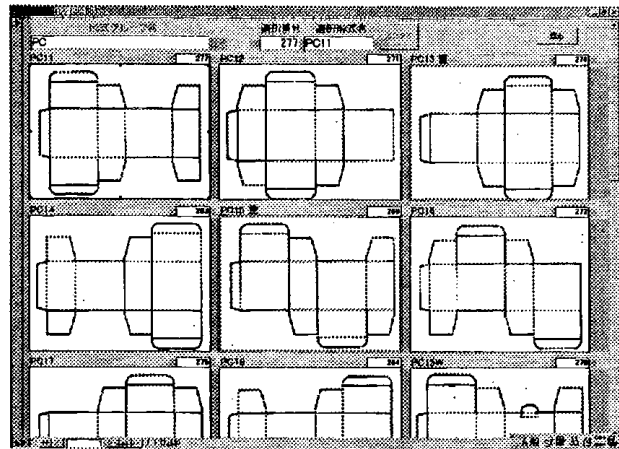


図4 パッケージ種類の画像リスト



図3 細分化されたパッケージ種類

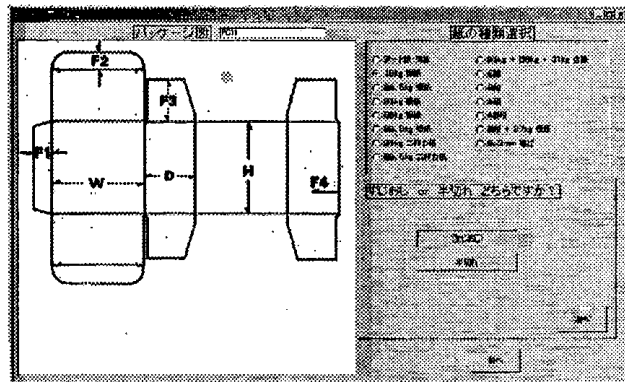


図5 レイアウト確認画面

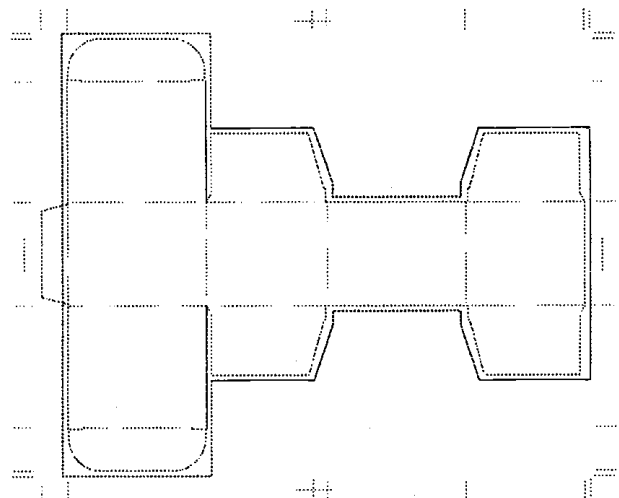


図6 イラストレータ展開図面 (実行結果)

一の作成方法に時間を要した。この結果として開発効率は従来開発よりも低下したが、オブジェクト指向型開発技術の修得の時間を含んでいるため単純には比較できない。開発効率や信頼性の向上、保守時間の低減など、実際に効果が現れるのは今後のプログラム開発からであると期待される。

文 献

- 1) 桜田幸嗣, 田口景介: Visual C++ 5.0 プログラミング入門, アスキー, 1998
- 2) 横井与次郎: Visual C++ 5.0 パワープログラミング, ソフトバンク, 1996
- 3) David J. Kruglinski: Inside Visual C++ Version 5, アスキー, 1998
- 4) 林晴比古: 新 Visual C++ 5.0 入門, ソフトバンク, 1998
- 5) 石塚圭樹, 横手靖彦: オブジェクト指向プログラミング, アスキー, 1993

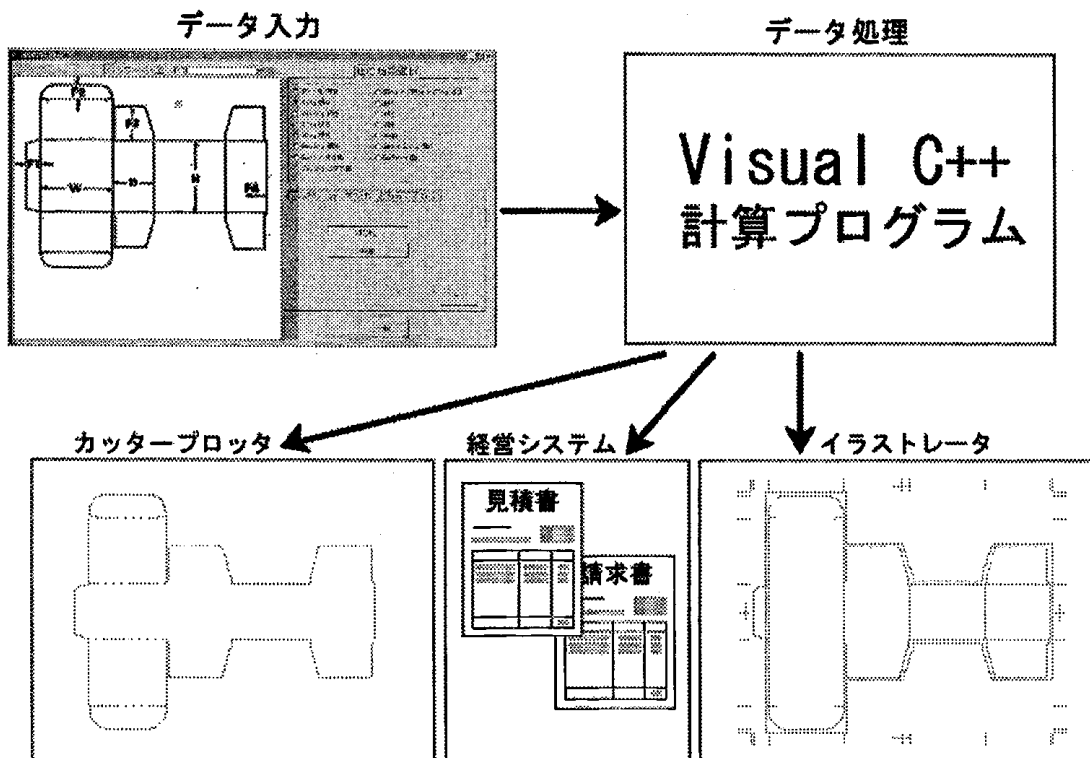


図7 プログラム全体構造図

廃粒炭の利用活用

高橋民雄*、浪崎安治*、有賀康弘*
大内康弘**

木炭の製造過程から排出される廃粒炭を活用して厚物ボードの製造の可能性を乾式フォーミングにより検討した¹⁾。炭化物は粉碎されたナラ材の廃粒炭、接着剤はフェノール樹脂を用いた。炭の粒が小さくなるにつれてフォーミングは容易であった。

実用化のための製造適性条件は以下のとおりである。

- (1)廃粒炭の量：2000g、(2)廃粒炭の大きさ：1 mm以上、5 mm以下、(3)フェノール樹脂：500g
(4)圧縮時間：90min、(5)加熱温度：150℃

実用化を目指し、廃粒炭ボードは簡易木炭釜で焼成した。その結果、接着剤の残炭による炭化物ボードの製造の可能性を見いだすことができた。

キーワード：廃粒炭、フェノール樹脂、ボード

The Efficient Utilization of Waste Charcoal

TAKAHASHI Tamio, NAMIZAKI Yasuji, ARUGA Yasuhiro
and OUCHI Yasuhiro

The possibility of making a thick-board with utilization of waste charcoal making from manufacturing process of charcoal was examined with a dry-forming process. Pulverized waste charcoal and a phenol resin were used to form boards. Forming board was easy as the particle size of charcoal decreased. The good condition of making for test sample is as following.

- (1)Waste charcoal : 2000g, (2)Particle size : > 1 mm、5mm > (3)Phenol resin : 500g
(4)Press time : 90min, (5)Press Temperature : 150 °C

For practical application, the waste charcoal board was burned in the small scale charcoal kiln. As a result, we find out tha making of the waste charcoal board included phenol resin carbonized.

Key words : waste charcoal, phenol resin, board

1 緒 言

昭和30年代まで全国で年間200万トン以上を生産していた「炭」はどこの家庭でも燃料として使用されていた。

しかし、石油の需要が伸びるとともに炭の利用は減少し、今では年間7万トン程度の生産量まで落ち込み、炭は家庭から消えていった。今日、岩手県は木炭（黒炭）の生産量全国一位で、全国の25%を生産している。また、県内では県北地方で全県下の85%を占めているものの、価格の低迷、需要の伸び悩み等が問題となっている。近年、木炭の持つ特異性を生かした利用法が数多くおこなわれている²⁾

特に、床下の換気不十分からくる「湿気」、「結露」、

「かび」等の防止対策として切り炭や不織布入り粒炭を床下に敷いて住環境に良い結果が報告されている。

しかし、コスト高、作業時の汚れ、粉塵等の影響から敬遠される面も否定できない。

本研究では、木炭の吸湿性を生かした利用法に着目し、木炭生産時に排出される廃粒炭の利用活用を目的に、これをボード化することで作業性の向上、廃粒炭の活用等技術指導を考慮した実務型研究で対応し、これらの諸問題の解決の糸口を見つけながら木造住宅への利用を目指し検討を行ったので報告する。

* 木工特産部

**現在 化学部

2 実験方法

2-1 供試材料

ボードに使用した材料は、山形村産の木炭を製品として切断する時に排出されるナラ炭の屑炭（廃粒炭）であるが、粒径が不揃いなのは接着力に与える影響が大きいので、5 mmメッシュ以下（中粒炭）と、それ以上（大粒炭）に篩分けを行って供試材とした。

2-2 ボードの製造

廃粒炭ボードを住宅に使用する施工例を図1に示す。

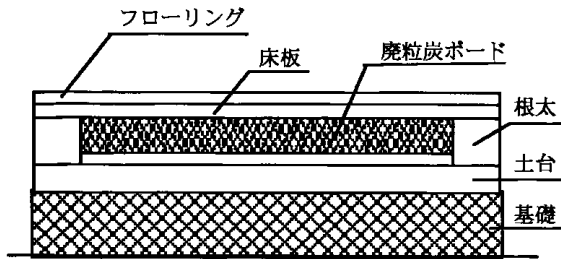


図1 施工図

本実験で試作する廃粒炭ボードは、床板下部にはめ込み、床下からの湿気を防止する事を目的としている。

廃粒炭ボードのサイズは、実用化を考慮し根太と根太の間隔を基準に300mm×300mm×50mmとした。強度については床板、フローリング等で保護されることから、ハンドリングに支障がない程度とし、特に問わないこととした。

バインダーはウッドセラミック³⁾等の製造で使用されるフェノール樹脂接着剤（昭和高分子（株））とした。

図2にボードの製造実験フローを示す。

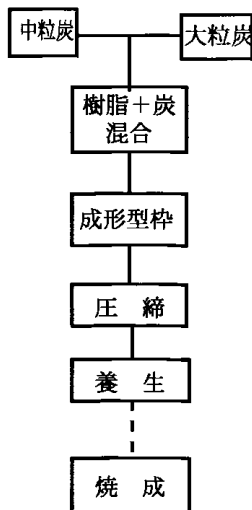


図2 実験のフローチャート

ボードは、5ミリメッシュの篩いで篩い分けし2種類の廃粒炭を作り、それぞれ中粒炭、大粒炭の単体ボードと、2種類を混ぜ合わせた混合ボードの3種類で比較検

討を行った。

配合条件を表1に示す。

表1 配合条件

炭	試験片	重量 (g)	樹脂 (%)	圧縮時間 (分)
中粒炭	中-1 0	1 0 0 0	30	6 0
	中-2 0	2 0 0 0	25	9 0
	中-3 0	3 0 0 0	16	1 2 0
大粒炭	大-1 0	1 0 0 0	30	6 0
	大-2 0	2 0 0 0	25	9 0
	大-3 0	3 0 0 0	16	1 2 0
中粒炭 大粒炭 (1:1)	混-1 0	1 0 0 0	30	6 0
	混-2 0	2 0 0 0	25	9 0
	混-3 0	3 0 0 0	16	1 2 0

※ 中：#5■～#1■、大：#5■以上

廃粒炭を計量しハンドミキサーで混ぜ合わせた。これを成形治具に入れ、表面を平らにならし厚みを均一にしてホットプレスで圧縮した⁴⁾。圧縮圧力は各試験片とも14kgf/cm²とした。治具はアルミ製でボードを取り出し易いように分解できるタイプとした。

2-3 吸湿実験

試験ボードを写真1に示す。

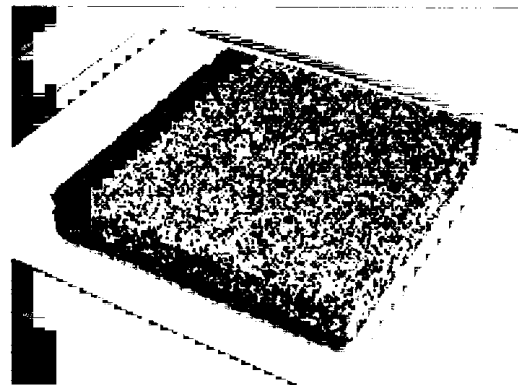


写真1 試験ボード

試験ボードは、中粒炭単体ボードと混合ボードの2種類で行った。まずボード自体を全乾にするため105℃の恒温器に一昼夜放置し実験に供した。実験場所は屋外で試験ボードに直接雨が吹き込まない所に置き、その重量変化を測定した。

2-4 廃粒炭ボードの焼成実験

本実験では、廃粒炭ボードの製造に使用した接着剤がフェノール樹脂である。これを再度焼成することで樹脂が炭化になり、廃粒炭ボードが組成的に炭化物となり、焼成前に比べ機能性のあるボードの製造が考えられる。

表2に焼成実験工程を、図3に焼成実験した炭焼き釜の平面図を示す。焼成実験は山形村の建設会社で製造し

た移動式炭焼き釜（鋼鉄製）を使用して、木炭製造と併用して実験を行った。

焼成実験に供したボードを鋼板で製作した450mm角の実験箱に入れ、さらにその上から蓋をして、AからDの4地点に設置して焼成した。焼成に要した日数は、一般の炭焼きとほぼ同じ10日間とし、温度測定箇所は煙排出地点で行った。

表2 焼成実験工程

No	工 程
1	実験箱を設置 (A~D)
2	釜口より点火する
3	内部の木材に火が付くまで薪で燃やし続ける
4	木材に着火後前面空気調整口を1/3後ろ側を1/5開けた状態で燃やす
5	煙が出なくなるまで燃やし続ける
6	前後の空気調整口を閉め、空気を遮断する
7	内部温度低下まで放置する

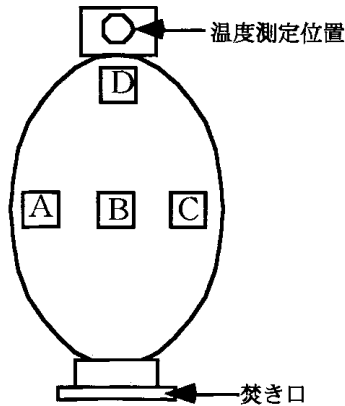


図3 釜平面図

3 結果及び考察

3-1 ボードの製造

製造実験の結果を表3に示す。

表3 実験結果

試験片	中-10	中-20	中-30
評価	ハンドリング不可	ハンドリング可	ハンドリング不可
試験片	大-10	大-20	大-30
評価	ハンドリング不可	ハンドリング可	ハンドリング不可
試験片	混-10	混-20	混-30
評価	ハンドリング不可	ハンドリング可	ハンドリング不可

表3の結果から、供試材料の大きさに関係なく粒炭重量が2000g、接着剤の添加量25%の条件がハンドリングできる成型が可能であった。一般に木材の小片に接着剤を添加して熱圧して固めた板をパーティクルボードといい、接着剤の添加量が11%前後が普通であると言われ

ているが⁵⁾、これに比べて、この結果は接着剤の添加量が多いと考えられるが、木材の小片に比べ粒炭の空隙の多さが影響したものと思われる。添加量16%（中-30、大-30、混-30）では粒炭の量が多過ぎ、設定した厚さ50mmの成型ができなかった。さらに、接着剤の量も少なく粒炭の空隙に入り込んだ接着剤が効力を示さなかったものと思われる。添加量30%（中-10、大-10、混-10）では成型サイズに対し、粒炭自身の量が少なく、比重が小さい為粒炭同士の接着結合が弱く、ハンドリングができなかった。その上、接着剤による粒炭の完全被覆による成型にいたるには粒炭量に対して、接着剤の添加量が多すぎたものと考えられる。

3-2 吸湿試験

ボード製造でハンドリング「可」の結果を得た中-20、混-20の条件で試作したボードを吸湿性について検討した。環境条件は

- (1) 期間：1週間
- (2) 平均温度：8.6℃
- (3) 平均湿度：63%
- (4) 設置場所：屋外（屋根有）

で行った。ボードは炭と炭を液状の接着剤で成型しているので、炭を接着剤が被覆して硬化結合していると考えられ、ボードの吸湿性はかなり低いものと思われた。

ボードの吸湿による重量変化は、中-20が108g、混-20で105gの増となったものの、粒炭のサイズの違いによる差は認められなかった。今回製造したボードは炭自身の内部の空隙に水を吸収することが可能で、炭と炭が点接着でボードが成型されていたと考えられる。

3-3 廃粒炭ボードの焼成実験

炭焼き釜を利用して廃粒炭ボードの焼成を試みた結果を表4に示す。

表4 焼成実験結果

設置地点	A	B	C	D
評価	不可	可	不可	不可

実験結果から、B地点に設置したものがほぼ完全な形状で残っていたものの、他の地点に設置したものは形状が一部崩れてしまっていた。特にD地点のボードの形状が完全に崩れた状態であった。焼成実験の温度測定は煙突の煙排出地点で測定したが、その地点での最高温度が500℃であったことから考えると、釜内部の温度は、それより高めと推測され、フェノール樹脂の炭化が行われ、B地点のみが良かったと思われる。炭焼きの時、釜内部の部分部分でかなり炭化温度が異なり、その性質も違ってくると言われている⁶⁾。炭焼きの平均燃焼温度は、600℃から700℃であり、今回の焼成実験として釜内部の温

度が全体として低かった為、釜中央地点以外では結果が良くなかったと思われる。

実証実験の回数が1回と少なく、可能性はあるものの断定するまでには至らなかった。今後、本実験で行ったボード製造条件を基礎に技術指導により、さらに焼成実験を押し進めることとしたい。

4 結 言

廃粒炭の利用活用として、特殊な設備を利用せず、粉塵や、煩わしい施工作业を解消する為、ボード化の製造条件を把握することができた。なお、本実験での廃粒炭ボードは、床下調湿以外に、壁面からくる湿気を防止する目的で壁面への設置も考えられ、このボードを活用して、写真2のような縦型のパネルを試作し提案した⁷⁾。

しかし、廃粒炭ボードの炭焼き釜を利用した再焼成では、炭化したボードの製造の可能性は見られたものの、さらにより一層の実証実験が要求される。

以上のようなことを踏まえ今後は、企業側で実際の現場施工を含め、廃粒炭ボードの効果を検討しながら、今後も炭の有効活用について指導していきたい。

最後に、本研究を進めるにあたり、設備等を提供してくださった九戸郡山形村、蒲野建設株式会社に感謝する。

文 献

- 1) 樋口光夫、岡本大亮：木材学会誌、44(3)、178-183 (1998)
- 2) 岸本定吉監修：炭・木酢液の利用辞典、(1997)
- 3) 岡部敏弘：多孔質炭素材料・ウッドセラミックスに関する研究、6-13 (1995)
- 4) 高橋民雄、浪崎安治、及川雄：岩手工技セ研報、3、39 (1996)
- 5) 小野和雄：改良木材実験書：62 (1972)
- 6) 炭焼きの会：炭と木酢液 (平3)
- 7) 岩手の木炭活用展
・盛岡展：平成11年2月、かわとく壱番館
・東京展：平成11年3月、いわて銀河プラザ

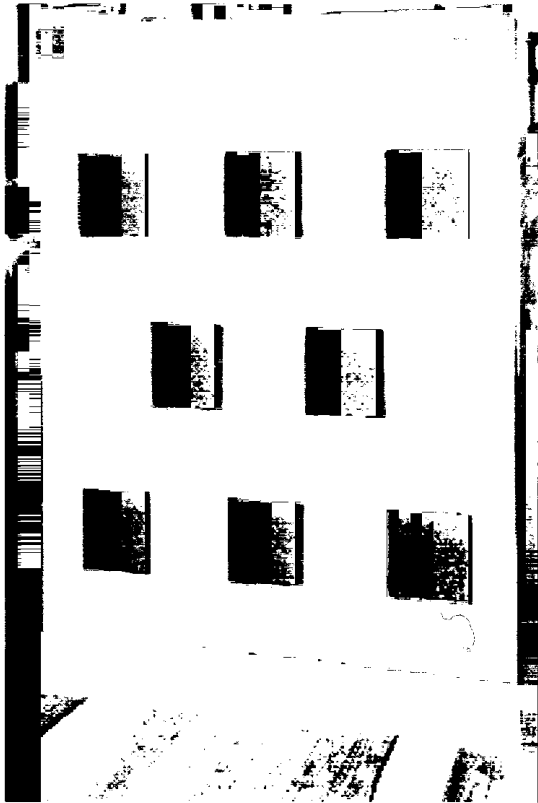


写真2 パネル

漆器木地へのCAD利用*

有賀康弘**、浪崎安治**、高橋民雄**、
町田俊一**

本県の木材加工産業が高品質な製品開発、製造を行うために必要な技術について検討した。県内で生産されている自由曲面を含む伝統的な漆器木地を例にとりあげ、その加工にNCルータを活用することを前提とした製品の設計を3次元CADによって行った。

キーワード：木材、CAD、漆器

Practical Use of 3D CAD for Wood Processing Product

ARUGA Yasuhiro, NAMIZAKI Yasuji, TAKAHASHI Tamio
and MACHIDA Toshikazu

We examined the necessary technology to enable the making of products in the wood processing industry of Iwate Prefecture. We took as a case study the manufacture of a traditional lacquer ware containing freeform curvature from a local factory. Product design was carried out by 3D CAD and assessed for assembly.

key words : wood, CAD, lacquer ware

1 緒 言

地場産業分野、中でも木材、木質材料を主材料とする工芸品、什器等の製品分野では、一般にいわれている「岩手ならでは」といった品質イメージ(伝統性や手作り性に象徴される高品質イメージ)に対して、実際に高品質な製品開発、製造を実現しているものはそれほど多くはないのが現状である。また、伝統的な生産技術保有者の高齢化や後継者不足、知識不足があって生産力は低く、新製品製造力、デザイン創出力等の面で立ち遅れ傾向が目立つ。

こうした現状に対し再活性化を図るためには、この分野への新技術の導入やこれを利用した新製品開発をさらに推進し、その技術を普及することが必要となっている。

ここでは、これまで手加工に頼らざるを得なかった自由曲面を含む漆器木地について、生産性と品質の向上、製作技能者の後継者不足に対応することを目的に、その加工にNCルータを活用することを前提とした製品の設計を3次元CADによって行うことを試みた。

2 研究方法

実験には、岩手県北地方(安代町、浄法寺町)で生産されている漆器(写真1)を例にとりあげた。この漆器は片口(かたくち)あるいはヒアゲと呼ばれるもので、木地はロク

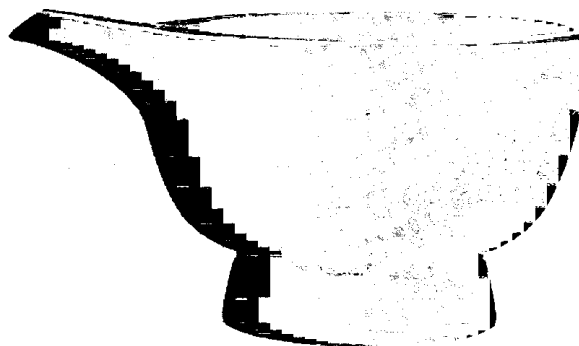


写真1 片口(浄法寺)

ロと手加工によって作られる。製作に関しては図面類が存在しないため、仕上がった製品の形状や品質にばらつきが多い。また、現在この地方には片口の木地を製作できる技能者が一人しかおらず、かつ高齢で後継者もないという問題もある。将来にわたって伝統的な漆器形状を継承していくには客観的な形状データとその伝達手段は必要不可欠である。

これまでのように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パソコンを用いたCAD等の設計手法を導入する効果は大きく、次のような改善が期待できる¹⁾。

* 県内木製品の高品質化に関する研究(第1報)

** 木工特産部

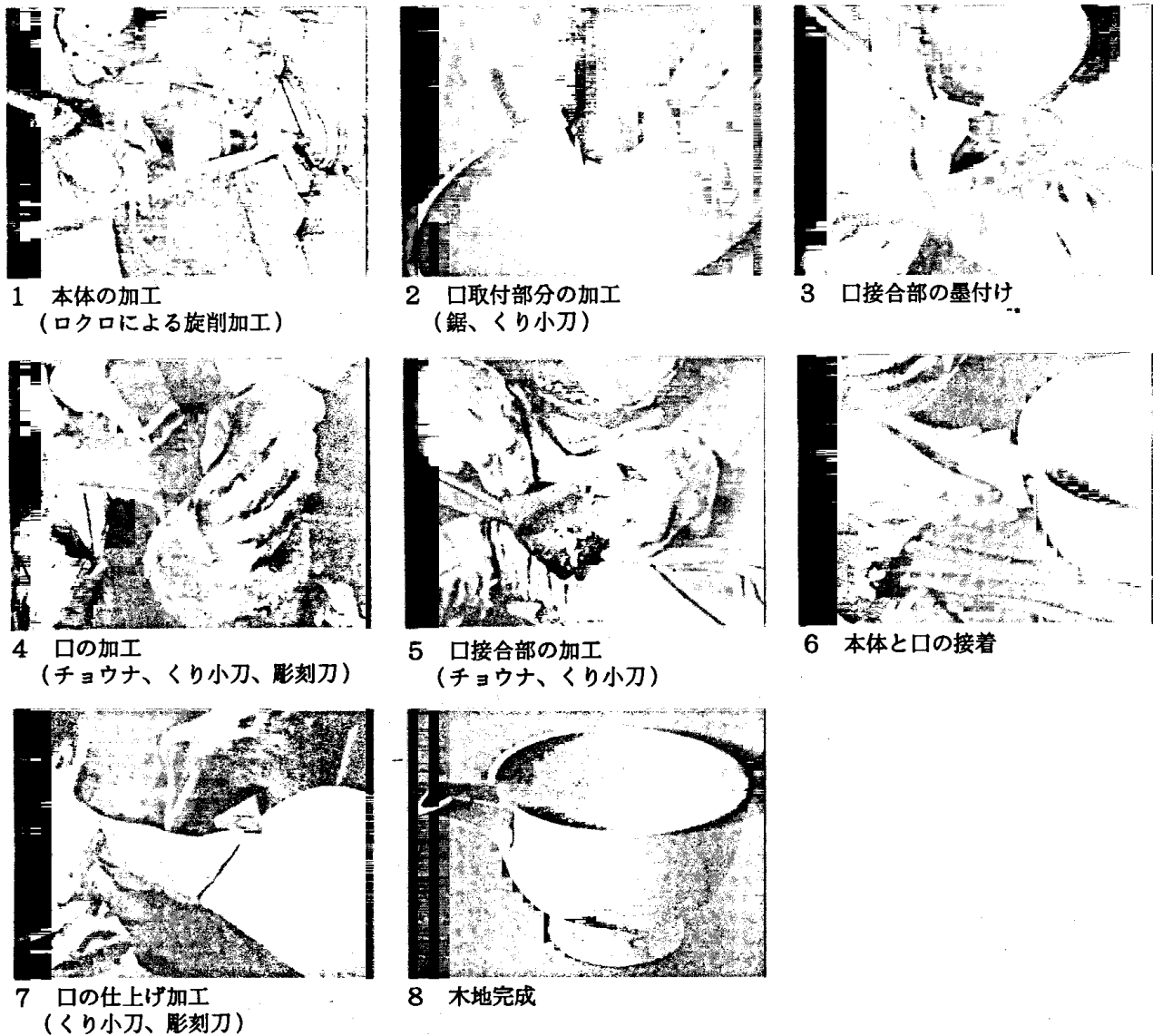


図1 片口木地の製作工程

(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、より効率的で精度の高い加工が可能となる。
 この漆器木地の形状をCADで再設計するにあたって次の項目について検討した。

- (1) 木地の生産工程、生産技術に関する調査。
- (2) 木地形状の複製。
- (3) 3次元CADと三次元モデリングソフトを併用した再設計。

なお、表1に示したように、設計には一般的に図形作成作業に用いられている汎用性の高い機器とアプリケーションソフトを使用し、できるだけ小規模な木製品製造現場でも導入しやすい機器構成とすることに留意した。

表1 設計機器構成

1	パソコン
	Apple社 Macintosh Quadra 800
2	アプリケーションソフト
	Adobe社 Illustrator 5.5j
	Alias Research社 AliasSketch! 1.5
	NCM System社 HEIAN-QuickSurf 2.03j

3 結果および考察

3-1 従来の木地生産工程および生産技術

従来の片口木地の生産工程および生産技術について、木地製作者による製作作業のビデオ映像記録²⁾と安代町漆器センターでの聞き取りによって調査を行った。生産工程および生産技術は図1のとおりである。

ここで、木地材料は本体にはトチ、口にはカツラの天然乾燥材が用いられている。材料に用いる樹種はとくに定まったものはなく、この他にもホオ、ケヤキ、クリ等が使われるようである。

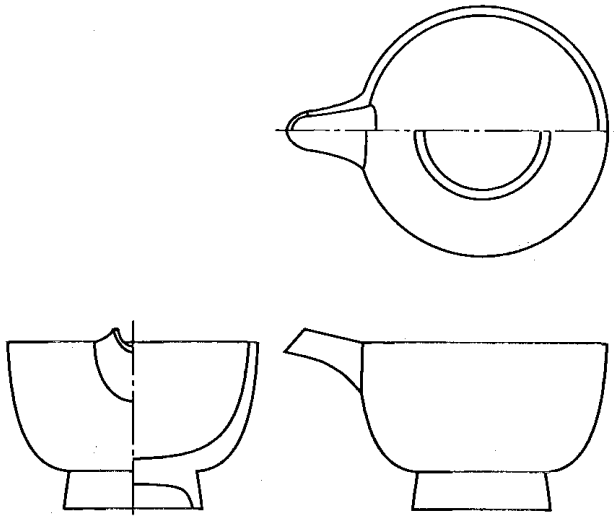


図2 外觀図

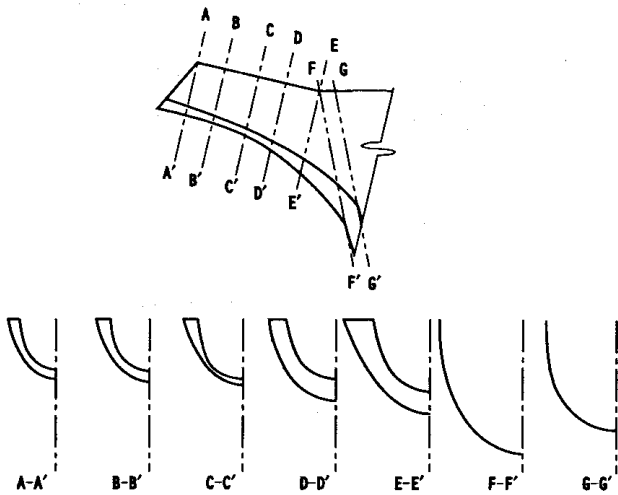


図3 断面線図

本体部分はロクロによって製作者自ら鍛造したカンナ(バイト)によって旋削加工される。これは、盆や椀など他の漆器木地と同様である。ロクロの方式として特徴的なのは座式であり、動力を人力に頼っていた古い形を残していることである。本体は横木取りで、形状は直径を加工途中にさし曲で確認するのみで仕上げられる(本体の仕上げ寸法は直径約185mm)。断面形をひき写した木型などは用いられない。

口は鋸、チョウナ、クリ小刀を使って荒加工した後、本体の柁目面にあらかじめくりぬいたU型穴に嵌入接着し、全体のバランスを見ながらクリ小刀、彫刻刀で形を整える。最後に口部分をサンドペーパーで仕上げてヒヤゲ木地が完成する。口部分と本体の嵌合は、目測でそれぞれの加工を行っているため若干の不整合が生じることがあるが、漆塗りの工程で錆付け補修される。

以上の工程にかかる時間は、接着圧縮時間を除いておよそ2~3時間程度である。

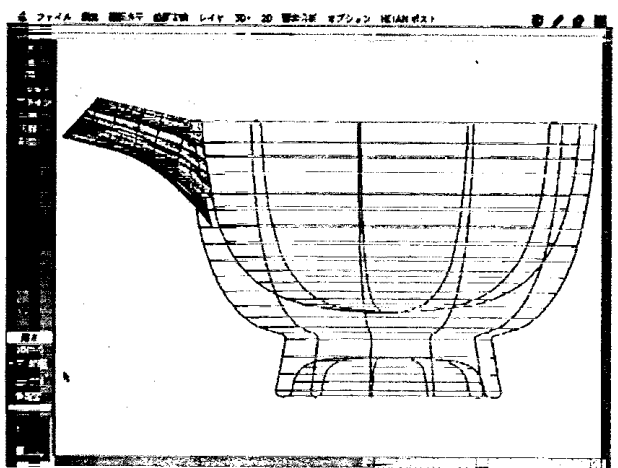
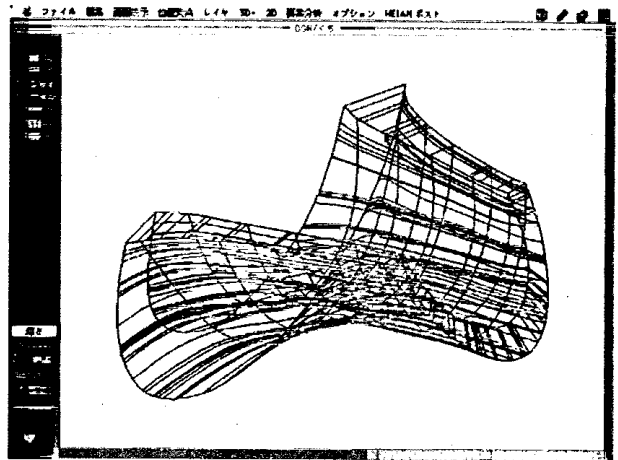
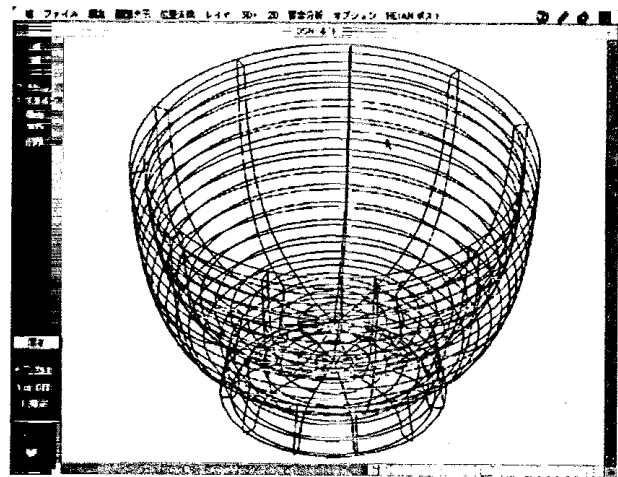


図4 CAD画面

このように完成した片口木地の形状は、岩手県北地域の独特なものであるといわれている。製作者によれば口と本体部分の取付角度などに特徴があるようだが、形状について記録されたものはない。

3-2 木地形状の複製

現在、製作されている木地をサンプルモデルとして用意し、型取り法によって木地本体部分の形状をトレースした。口部分は、曲面形状をできるだけ正確にトレースするためにシリコンゴム(東芝シリコン(株)製TSE350)

によって型取りして雌型を作成した後、これを切断して断面形状を得た。

これらの実測図、曲線をCADのデータとして用いるためにスキャナーでパソコンに読み込み、汎用のドロー系グラフィックアプリケーションソフト(Adobe社Illustrator 5.5j)によって2次元の外観図と口部分の曲面線図を作成した(図2、図3)。

3-3 3次元CADと3次元モデリングソフトを併用した再設計

外観図および断面線図の2次元データを、それぞれ3次元モデリングソフト(Alias Research社 AliasSketch! 1.5)の機能によってIGESファイル形式に変換し、3次元CADソフトで読み込み可能なデータとした。

IGESファイルデータから、3次元CADソフトによって木地の本体と口部分の立体形状および曲面を作成した(図4)。CAD上で作成した曲面形状の確認は、そのデータを3次元モデリングソフトで再び読み込み、レンダリングを行なう方法によった。さらにレンダリング画像とサンプルモデルとの目視による比較も行った。このとき、断面線図などの2次元データが多いほどサンプルモデルに近い3次元CADデータが得られる。

最終的に木地の本体と口部分をCAD上で組み合わせ、合成して片口木地の設計を完成させた。以上の方法で作成した3次元CADデータの容量は約250kバイトとなった。

4 結 語

岩手県北地方で生産されている片口木地の生産工程、生産技術を見ると、本体部分の木地加工はロクロによって比較的短時間で加工されるが、口部分と本体側の嵌合部分は手工具による全くの手作りであり、最も加工時間がかかる工程となっている。この弊害として、口と本体の嵌合部分の加工精度に不安定さがあり、十分な接着が行われるか疑問がある。加えて、木地形状を記録したものがなく、仕上がった製品一つ一つの形状の善し悪しは製作者の経験によって決められる。また、同形状の木地を他の製作者が製

作することは困難である。このように、従来の製作方法では人間個々の技能格差が製品の品質にそのまま現れ、自由曲面などを含む高度な製品になるほど製作者のちがいによる品質格差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ときには満足なものとはいえない。

自由曲面を含んだ立体形状を複製して平面図や曲線図を作成することで、製品の形状を客観的に視覚化し、確認できる。ただし、2次元の情報では表示が複雑になりやすく、表現しきれない場合があり、このようなときに立体形状をパソコン上で3次元CADデータとして数値化すると、製作に必要な情報がより正確に伝達可能となる。片口木地の場合には、口部分の形状を3次元CADデータにすれば、その加工にNC加工機を利用して正確に同形状のものを迅速に複数個加工することが可能となるし、本体との接合部分も的確な設計と加工ができる。本体部分は平面図から得られる断面形から倣い型を作成し、旋盤によって加工することができる。

今後、実験で作成したCADデータをもとに口と本体との接合部の設計とNCルータでの自動加工を検討したい。

文 献

- 1) 有賀康弘、他：岩手工技セ研報，4，157
- 2) 町田俊一、他：岩手県工業試験場報告，34，53
- 3) 町田俊一、他：岩手工技セ研報，4，163
- 4) 町田俊一、他：岩手工技セ研報，4，167
- 5) 平安コーポレーション：HEIAN-QuickSerf取扱説明書
- 6) Alias Research社：AliasSketch! 1.5取扱説明書
- 7) 成田壽一郎：木材工芸用語辞典(増補版)，理工学社(1988)
- 8) 成田壽一郎：木工挽物，理工学社(1996)
- 9) 工業デザイン全集編集委員会：工業デザイン全集，4，(株)日本出版サービス(1984)

ホームスパンと人体の生理機能に関する研究

大和 進*、久慈 省一郎*

本報告では一般的毛織物とホームスパンの風合い比較を行った。その結果、ホームスパンは一般的毛織物とほぼ同程度の風合い値を示した。近年のホームスパンは紳士服、婦人服の差が少なくなっており、婦人服として製作した生地を紳士服として風合い評価した場合、婦人服としてよりも高い風合い評価が得られる生地もあることがわかった。

キーワード：ホームスパン、毛織物、風合い

Study on Relationship between Home-spun Clothes Element and Physiological Function of Human Body

YAMATO Susumu and KUJI Shoichiro

We studied the "hand touchness" about Woolen cloth and "Home-Spun" cloth. As a result, Woolen cloth compared with "Home-Spun" cloth was almost of the "hand touchness" of same quality. With regards to softness or feeling, recently, "Home-Spun" clothing has not much difference when used as material for men's clothing or women's clothing. When the cloth of the women's clothes was evaluated by being the "hand touchness" about the men's clothes, we found that there are clothes to obtain a high evaluation compared with the women's clothes too.

key words : home-spun, woolen cloth, hand touchness

1 緒 言

本県の特産品であり、手紡ぎ、手織りの毛織物であるホームスパンの製造技術は明治になってスコットランドの宣教師より伝えられたといわれている。その後、農閑期における農家の副業として国の施策により関東、東北に広く普及が図られた。本県においては、県の積極的な対応により、毛織物仕上げ設備が導入され、織り上がったホームスパン生地の仕上げを県職員である繊維技術者が一手に引き受けることによって企業化が進んだ。一方この様な設備を持たない他県では、企業化にいたらず、徐々にその姿を消し僅かに工芸作家が散在しているに過ぎない。ホームスパンは軽く、丈夫で温かい毛織物として好評を得てきた。しかし消費者嗜好の変化に対応した商品展開の結果、ソフト感覚のホームスパンが主流を占めるようになり、以前のような「丈夫さ」が失われてきた。また、人手を要する織物であることから高価格であり、また主流の服地が秋冬物であることから販売期間・地域も限定されており、近年生産量が漸減してきている。

本研究は、従来の秋冬物中心のホームスパンに初夏、初秋用の製品を開発することにより商品バリエーション

と着用期間を拡張し、ホームスパンの販路の拡大に資することを、目的としている。そのためには開発製品着用時における着用者の生理的現象、例えば外的要因（外気温、湿度等）と衣服内気候との関係を明らかにする必要があるとともに、着心地に代表される風合いをも消費者の嗜好に合致したものにする必要がある。しかし、それ以前の問題として最近のホームスパンについては基本的データがほとんど無い現状から、本研究では最近のホームスパンの把握から進めることとした。

本報告はその第一報として、ホームスパンを「風合い評価」によって検討した結果について報告する。

2 実験方法

2-1 ホームスパンの性能試験

2-1-1 試料

実験に使用したホームスパンは2社のホームスパン企業から提供を受けた。従って系統的な試料ではない。また、ホームスパン以外の毛織物については岐阜県繊維試験場から提供を受けた毛織物を使用した。その組成については表1のとおりである。

*木工特産部

2-1-2 試料の物性試験

提供を受けたホームスパンを始めとする毛織物の物性を、山形県工業技術センターの山澤氏のご協力により、KESシリーズの試験機で、引っ張り、せん断、表面粗さ、摩擦係数、圧縮弾性、曲げ特性について測定し、風合い (KOSHI, NUMERI, FUKURAMI, SOFUTOSA, THV) 値を求めた。

また一部試料については、例えば婦人服地として設計製作したものを紳士服の計算式により算出し評価するなど、本来の製作目的と異なる評価をした場合にどのような結果が得られるか実験した。

3 結果及び考察

3-1 物性試験からの風合い値

表1 試料の基本的性能

No	方向	密度	撚り数	番手	厚さmm	組織
1	たよ	22.2	—	—	0.55	*
	てこ	14.0	—	—		
2	たよ	14.0	8.9s	3.9	0.67	平織り
	てこ	14.1	8.9s	4.2		
3	たよ	9.0	5.1z	7.6	0.80	平織り
	てこ	18.	7.0z	4.8		
4	たよ	21.9	4.9z	8.6	0.59	平織り
	てこ	18.5	6.4z	4.1		
5	たよ	18.2	4.3z	4.0	0.69	*
	てこ	16.8	4.2z	5.1		
6	たよ	17.6	4.0z	4.1	0.75	平織り
	てこ	15.8	5.3z	4.5		
7	たよ	24.1	3.9z	7.3	0.46	平織り
	てこ	22.7	5.5z	8.9		
8	たよ	18.7	5.8z	6.4	0.34	平織り
	てこ	16.2	3.4z	8.5		
9	たよ	22.7	4.7z	10.9	0.35	平織り
	てこ	20.2	2.5z	4.5		
10	たよ	20.0	3.7z	5.1	0.42	平織り
	てこ	22.6	4.0z	8.8		
11	たよ	18.2	5.2z	3.9	0.56	平織り
	てこ	15.4	9.0z	3.4		
12	たよ	22.4	5.2z	9.0	0.38	平織り
	てこ	20.2	7.1z	6.0		
13	たよ	18.5	4.7z	6.3	0.60	畝織り
	てこ	21.8	5.1z	4.0		
14	たよ	18.2	2.9z	3.7	0.74	*
	てこ	17.4	2.3z	4.2		
15	たよ	18.0	3.5z	5.2	0.46	平織り
	てこ	16.7	4.9z	4.0		
16	たよ	18.4	3.8z	5.1	0.72	2/2斜文
	てこ	18.9	6.6z	4.8		
17	たよ	18.5	4.0z	3.9	1.17	2/2斜文
	てこ	16.3	2.7z	3.8		
18	たよ	18.3	3.9z	3.7	0.75	*
	てこ	17.4	3.2z	3.9		
19	たよ	22.8	12.1z	6.1	0.76	*
	てこ	14.7	6.1z	4.0		
20	たよ	12.8	3.4z	6.4	0.73	*
	てこ	17.4	3.4z	5.6		
21	たよ	21.0	6.4z	5.4	0.71	*
	てこ	15.6	4.7z	4.9		

22	たよ	20.6	—	—	—	平織り
	てこ	20.2	—	—		
23	たよ	18.8	4.9z	4.6	0.44	平織り
	てこ	20.2	4.3z	3.9		
24	たよ	18.8	6.9z	5.4	0.48	2/2斜文
	てこ	12.0	3.6z	4.3		
25	たよ	18.0	5.0z	5.8	0.68	畝織り
	てこ	11.6	4.6z	3.9		
26	たよ	18.4	4.1z	5.1	0.39	平織り
	てこ	17.2	3.8z	4.4		
27	たよ	12.2	5.3z	5.8	1.04	*
	てこ	11.4	6.0z	4.9		
28	たよ	17.0	3.3z	4.8	0.49	*
	てこ	21.8	5.1z	8.3		
29	たよ	20.0	2.4z	10.5	0.30	平織り
	てこ	18.8	6.7z	7.3		
30	たよ	15.0	3.6z	10.5	0.71	平織り
	てこ	14.0	2.8z	5.4		
31	たよ	19.6	7.1z	5.2	0.56	平織り
	てこ	16.4	5.4z	4.8		
32	たよ	21.0	7.0z	5.3	0.50	平織り
	てこ	17.6	6.8z	4.5		
33	たよ	18.8	—	—	—	平織り
	てこ	19.8	—	—		
34	たよ	18.6	7.4z	4.6	0.68	2/2杉綾
	てこ	18.2	4.0z	4.4		
35	たよ	22.0	—	—	—	平織り
	てこ	24.4	—	—		
36	たよ	22.2	4.0z	10.4	0.26	平織り
	てこ	22.0	6.2z	10.8		
37	たよ	21.8	—	—	—	平織り
	てこ	22.4	—	—		
38	たよ	19.3	6.0z	7.6	0.35	平織り
	てこ	17.8	4.8z	7.4		
39	たよ	17.4	5.2z	3.9	0.80	平織り
	てこ	15.6	4.2z	5.8		
40	たよ	18.0	3.8z	5.6	0.99	*
	てこ	19.0	6.8z	4.6		
41	たよ	23.8	8.2z	7.1	0.50	杉綾
	てこ	22.4	9.4z	7.5		
42	たよ	27.6	8.0z	8.9	0.51	*
	てこ	28.0	9.5z	8.7		
43	たよ	51.2	9.3z	15.5	0.44	斜文
	てこ	42.6	7.0z	16.0		
44	たよ	33.4	8.0z	9.3	0.64	*
	てこ	31.0	7.0z	9.5		
45	たよ	13.1	3.1z	3.1	0.70	平織り
	てこ	12.4	5.1z	2.8		
46	たよ	21.8	5.7z	11.1	0.31	2/2畝織り
	てこ	26.5	5.4z	10.7		
47	たよ	26.3	7.3z	13.3	0.28	平織り
	てこ	33.1	6.8z	10.6		
48	たよ	20.2	8.2z	5.4	0.57	平織り
	てこ	22.2	5.5z	6.5		
49	たよ	31.0	8.9z	8.2	0.59	平織り
	てこ	24.2	10.2z	9.2		
50	たよ	43.8	5.5z	15.7	0.39	2/2杉綾
	てこ	32.8	6.1z	11.5		
51	たよ	50.8	3.9z	23.2	0.28	平織り
	てこ	46.4	7.1z	21.8		

* 組織の欄の「*」は特殊な組織を有する織物を示す。

* 番手は共通式番手を用いた。

日本繊維機械学会「風合い計量と規格化研究委員会」では、THV(Total Hand Value)を6段階に評価している。これを表2に示す。

試料のホームスパンは中厚物が多く、計算式は全て婦人服中厚物の計算式で計算した。この結果を表3に示す。風合い評価は、KOSHI、NUMERI、FUKURAMI、SOFUTOSA、及びTHV(総合風合い値)で示されることから表にはこの5種を表示した。

表2 THV評価

THV レベル	評 価
5	優秀(極めて優れている)
4	良
3	平均的
2	平均以下
1	非常に悪い
0	用途外も含め問題外

表3 試料の風合い評価

資 No.	KOSHI	NUMERI	FUKURAMI	SOFUTOSA	T.H.V
1	4.5382	6.7953	9.2096	7.1403	3.6348
2	6.2517	5.3902	7.7751	4.7920	3.4422
3	5.7513	5.8686	8.2807	5.2546	3.5410
4	5.2741	6.0058	8.3999	5.7474	3.5336
5	6.5494	5.5310	7.9595	5.1852	3.4821
6	6.5784	5.1347	7.7598	4.6574	3.3446
7	6.0463	5.0518	7.0439	4.5114	3.3767
8	3.9923	6.9208	8.9258	7.1144	3.6726
9	5.2642	6.2803	8.8259	6.2076	3.5714
10	4.9387	5.7854	7.9581	5.7798	3.4654
11	6.7172	5.2183	7.5298	4.8217	3.4123
12	4.9280	6.8085	9.0918	6.7127	3.7445
13	6.5739	5.4730	7.8680	5.0671	3.4719
14	6.1737	5.9555	8.5839	5.3929	3.5438
15	6.1836	5.5167	7.5487	5.1802	3.5277
16	5.6940	6.4678	8.5518	6.2301	3.7860
17	6.5315	5.7781	8.4238	5.2860	3.5050
18	6.6000	5.5584	8.2433	5.0327	3.4418
19	5.3728	6.6041	9.0192	6.6411	3.7087
20	6.1917	6.0812	8.3540	5.6208	3.6593
21	6.3919	5.7140	8.1205	4.9927	3.5340
22	4.4499	6.7490	8.7926	6.9069	3.7070
23	6.4005	5.2646	7.4364	4.7127	3.4397
24	5.0031	6.3732	8.5018	6.5660	3.6643
25	6.2326	5.3676	7.6583	5.0205	3.4490
26	6.2729	5.4441	7.6817	4.8681	3.4807
27	6.1106	5.5627	8.1523	5.2364	3.4471
28	4.8262	6.3944	8.4400	6.3463	3.6618
29	3.9042	6.9837	8.9611	7.3577	3.6792
30	5.0071	6.5957	8.9771	6.4511	3.6672
31	6.4592	5.2605	7.1250	4.6058	3.4719
32	7.1388	4.6011	5.8735	3.8255	3.2413
33	6.5885	5.6404	8.2710	4.4259	3.4736
34	6.5423	5.2838	7.2579	4.4105	3.4705
35	5.7684	4.8384	5.2929	4.2929	3.2603
36	5.4489	4.9951	5.4130	4.6434	3.3013
37	5.7517	5.1341	5.6135	4.7145	3.4013
38	5.5242	5.4473	6.2527	5.1320	3.5337
39	6.1881	5.8506	8.3746	5.2467	3.5405
40	6.3419	6.4516	9.0663	5.5373	3.6825
41	6.1666	4.9926	6.2334	3.9995	3.3915
42	5.6306	5.7567	7.5502	4.9961	3.5999
43	5.1428	6.0546	7.2414	4.9825	3.7253
44	4.0196	6.3454	8.3682	5.9964	3.4896
45	5.0671	5.4203	7.2094	5.0941	3.4186
46	4.0216	5.9483	7.3931	5.6430	3.4470
47	3.2153	5.7444	7.2281	5.9437	3.1476
48	4.0629	5.9843	7.6158	5.6946	3.4462
49	2.9571	6.0401	7.3897	6.6230	3.1923
50	2.9114	6.7813	8.0138	6.6841	3.4867
51	3.3137	5.8759	6.8455	5.3713	3.2709

*はホームスパン以外の織物

THVについて、表2を基準としてホームスパンの性能を見た場合、すべての試料がレベル3であり、「普通」との評価であったが、レベル4に近い値を持つホームスパン試料もあった。

表4 婦人外衣用中厚地の風合い値間の相関係数

	KOSHI	NUMERI	FUKURAMI	SOFUTOSA
KOSHI	1.0000	0.1745	0.4435	-0.0869
NUMERI	0.1745	1.0000	0.7417	0.8628
FUKURAMI	0.4435	0.7417	1.0000	0.7299
SOFUTOSA	-0.0869	0.8628	0.7299	1.0000

(川端季雄著：風合い評価の標準化と解析-第2版-より)

表4に一例として、婦人外衣中厚地の風合い値間の相関係数を示すが、各式ともにこの関係からHV(HAND VALUE)およびTHVが導き出される。従って表3のレベル3のホームスパンをレベル4、レベル5、にするためにはどの数値を上げ、どの数値を下げるとTHVの値が上がるかが予想できることから、ある程度の評価値向上は可能であると考えられる。

ホームスパン企業がホームスパンを設計する場合、取引先からの要望に基づいて行う場合と、自社独自の経験から設計製作する場合に大別されるが、後者は今迄の勘や経験に負うところも多く、設計者の感性に寄るところが大きい。またホームスパンは比較的高価な衣服素材であることから対象となる消費者も自ずと限定される。そのため在庫が生じ、生産量が漸減するといった事態になるが、升見本等の段階で風合いを評価をする事により、製品の風合い予測ができることは生産者としては大いにプラスになると考える。

3-2 評価式を変えた場合の評価値

ホームスパンの製作にあたっては、用途に応じて羊毛種の選択、配合、糸番手、撚り数、密度などを変化させると共に仕上げ条件も変化させ出来るだけ当初の設計思想に近づけようとする。しかし、例えば婦人服として設計した服地を紳士服の計算式により評価した場合、常に婦人服としての評価より劣るかどうかを確かめるため、ホームスパン試料10点について計算式を変えてみた。

その結果を婦人服としてのTHV値、紳士スーツ夏物としてのTHV値、紳士スーツ秋冬物としてのTHV値を比較した。その結果10点中3点が婦人服中厚物としてよりも紳士服として使用した方が風合い的にはより良いという結果が出た。表5の試料No. 35~37がこれにあたる。これらの試料は婦人服として製作されたにもかかわらず紳士スーツ夏物として用いた方がTHV評価は高い値を示している。特に、No. 37は紳士スーツ夏物、紳士スーツ秋冬物としてのTHV値が婦人中厚物として

評価するよりも高い値を示している。しかし、これはあくまでも風合いという観点からの評価であり、実際に同一生地を紳士スーツ夏物として使用するためには通気性や汗など衣服内水分の放出も考慮する必要がある、THV 値のみでは判断できない面もある。

表5 評価基準を変化させた場合のTHV値

資料 NO.	開発用途評価			
	婦人中厚物	紳士スーツ夏物	紳士スーツ秋冬物	
31	3.4719	—	3.0900	* * *
32	3.2413	—	3.1300	
33	3.4736	—	2.5636	
34	3.4705	—	3.0445	
35	3.2603	3.3917	3.2453	
36	3.3013	3.6365	3.2183	
37	3.4013	3.6179	3.4038	
38	3.5337	3.4395	3.4194	
39	3.5405	2.8915	2.6048	
40	3.6825	2.3933	2.5168	

*印は用途外評価の方が使用目的評価よりも高い値を示している。

従来のホームスパンは、原料やその配合、撚り数などが紳士服と婦人服では、はっきりした違いがあったが、最近のホームスパンは全体的にソフト感に重点を置いているものが多く、素材や感触からは紳士服と婦人服の違いがはっきりしなくなっている。そのため、密度や糸の太さなどのファクターを除くと色の違いでどうにか判別できる状態が多くなってきている。つまり触感だけでは紳士服地、婦人服地の境界線がはっきりしなくなっている状態である。表5の「*印」は製作目的(婦人服地)と異なった用途(紳士服地)の方がより良い結果を示した服地であるが、実際に良い風合い結果が得られるならば、その結果をなるべく維持しながら良い評価が得られるアイテムを生産していくことは可能であろう。

4 結 論

今回の実験に供した服地の総合評価では全て「レベル3-平均的」であったことから、服地としてのホームス

パンは他の毛織物と比較し特段劣るものではないことが分かった。また、紳士服地、婦人服地の境界が曖昧となってきておりソフト感に重点が置かれている近年のホームスパンにおいては、風合いの観点からみた場合、見本段階で風合い評価を行い、最適用途の確認をした方が良いと考えられる。

本実験に供した服地は総合風合い評価が「レベル3」であることは前述した。しかし、「レベル4-良い」に近い値を示すホームスパンもあることから、設計時に風合いを念頭におくことにより、より良いホームスパンが開発できる可能性は充分ある。また風合いに関しては織物の基本的要素は勿論であるが、仕上げ加工によって最終風合いは大きく変わる。今回の試料は全て既存の材料を用いたため、仕上げ条件も織物によってそれぞれ異なっている。このため本研究の主題である「初夏、初秋用ホームスパンの開発」を進めるにあたっては仕上げ条件を十分考慮した計画に基づいて実験を進めていきたい。また、より良い風合い評価の得られるホームスパン開発を進めていきたい。

最後に、本研究を進めるにあたってご指導を頂いた山形県工業技術センターの山澤君好氏と、毛織物の収集にご尽力いただいた岐阜県繊維試験場の山下典男氏に深く感謝します。

文 献

- 1) 川端季雄：風合いと衣服, 繊維機械学会誌 Vol.33No.2
- 2) 塩見早代子, 丹波雅子：スチームプレスによる布の力学的性質ならびに風合いの変化, 繊維機械学会誌 Vol.33No.5
- 3) 川端季雄：風合い客観評価法の応用研究；ニュージーランド羊毛夏服地の開発, 繊維機械学会誌 Vol.40No.2
- 4) 川端季雄：H.E.S.C STANDARD OF HAND EVALUATION

蛍光X線分析法によるアルミニウム合金中シリコン定量時の鉄の影響

高川 貫仁*、池 浩之**、勝負澤 善行*
茨島 明*

蛍光X線分析によるアルミニウム合金中シリコン定量時の鉄の影響を調べるために、Al-Si-Mg合金およびAl-Si-Mg-Fe合金におけるシリコンのX線強度測定、組織観察およびX線回折を行った。その結果、Al-Si-Mg合金において、シリコンの化学分析値(W_{Si})とシリコンのX線強度(I_{Si})は良好な直線関係を示し、正確度の良い検量線が得られた。Al-Si-Mg合金に鉄を添加した場合、 W_{Si} とシリコンのX線分析値(X_{Si})との偏差は大きくなった。しかし、その偏差に対する鉄含有量、シリコン含有量、金属組織および生成相の影響は見られなかった。そこで、JIS G 1256で示されている補正式を用いて、鉄の総合吸収補正係数(d_{Fe})を求めた。 d_{Fe} は、0.02577と求められ、良好な検量線が得られた。

キーワード：蛍光X線分析、アルミニウム合金、シリコンの定量分析、鉄の総合吸収補正係数

Effect of Iron on Quantitative Analysis of Silicon in Aluminum Alloy by X-ray Fluorescence Analysis

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

Effect of iron on quantitative analysis of silicon in aluminum alloy by X-ray fluorescence analysis were investigated by measurement of X-ray intensity of silicon, metallographic observation and X-ray diffraction analysis on Al-Si-Mg alloys and Al-Si-Mg-Fe alloys. As the results, in Al-Si-Mg alloys, the relation between chemical analyzed value of silicon (W_{Si}) and X-ray intensity of silicon (I_{Si}) showed the linear function, and the good calibration curve was obtained. When iron was added in Al-Si-Mg alloys, the difference of W_{Si} and X-ray analyzed value (X_{Si}) increased. However, there was no effect of content of iron, content of silicon, metallurgical structure and product phase for the difference of W_{Si} and X_{Si} . Then, the common correction factor for X-ray absorption of iron (d_{Fe}) was calculated on the basis of the formula described in JIS-G-1256. The d_{Fe} was obtained with 0.02577, and good calibration curve was obtained in Al-Si-Mg-Fe alloy.

key words : X-ray fluorescence analysis, aluminum alloy, quantitative analysis of silicon,
the common correction factor for X-ray absorption of iron

1 緒 言

県内のアルミニウム合金鋳造業・ダイカスト業では、溶湯品質管理の一貫として地金および溶湯の成分分析を行っている。しかし、分析装置を有している企業は少なく、分析業者に依頼している企業が多い。

工場の品質管理に適した機器分析法として、蛍光X線分析装置がある。蛍光X線分析法は、アルミニウム合金の成分分析法としてJISでは規定されていないが、測定および試料調整が簡単で、迅速性に優れた分析方法である。そこで、蛍光X線分析装置を県内アルミニウム合金

鋳造業の品質管理に活用するため、アルミニウム合金標準試料5点を用いてアルミニウム合金用の検量線の作成を試みた。しかし、シリコンやマグネシウム等の軽元素に関しては、信頼性のある検量線は得られなかった¹⁾。

この様に、軽元素の定量分析を困難にする要因として、アルミニウム合金中の鉄・銅・マンガン・亜鉛などの重元素が、軽元素の蛍光X線を吸収してしまうことやアルミニウム合金の組織の影響などが考えられている^{2) 3)}。

そこで本研究では、アルミニウム合金中シリコン定量値に及ぼす重元素の影響を明らかにするために、Al-Si-

* 金属材料部

** 金属材料部 (現在 企画情報部)

Mgの3元系合金において検量線を作成し、その後、Al-Si-Mg-Fe合金を用いてシリコン定量時における鉄の影響について検討を行った。

2 実験方法

2-1 標準試料の作製

まず、アルミニウム地金(99.99mass%Al[以下%と記す])、マグネシウム地金(99.9%Mg)および電解シリコン(99.999%Si)を高周波溶解炉において溶解し、AC4C(Al-6.6%Si-0.4%Mg)組成のAl-Si-Mg合金を作製した。AC4C組成を選択した理由は、県内のアルミニウム合金鋳造業において通常よく利用されている材種であり、軽元素のシリコン、マグネシウムを主要元素としているためである。標準試料は、このAC4C材を黒鉛るつぼに入れ電気炉において973Kで溶解し、これに先述のアルミニウム地金、電解シリコンおよび電解鉄(99.9%Fe)を目的組成になるように添加し、分析用金型に鑄込み急冷させ作製した。シリコン含有量は、1.2、4.4、6.6、8.6、10.5および13.5%の6レベルに変化させ、またシリコン含有量1.2~6.6%の試料については鉄を0.2~1.3%添加した。マグネシウムの含有量範囲は、0.01~0.4%である。

2-2 標準試料の諸試験

作成した標準試料について、蛍光X線分析装置によりシリコンのX線強度を測定した。また、シリコンのX線強度がアルミニウム合金組織に影響されることも考えられるため、光学顕微鏡による組織観察、X線回折を行った。なお、X線回折は、Cu-K α 線を使用し、40kV-30mAの条件で $2\theta=20\sim90^\circ$ の範囲で行った。

2-3 蛍光X線分析の分析条件

蛍光X線分析装置は、理学電機工業(株)製のシステム3270を使用した。また、Si-K α の分析条件を表1に示す。標準試料の分析面は、高速切断機を用いて褐色溶融アルミナ質製切断砥石により切断し、切断面をそのまま分析に用いた。

3 実験結果および考察

3-1 Al-Si-Mg合金

3-1-1 Al-Si-Mg合金の組織

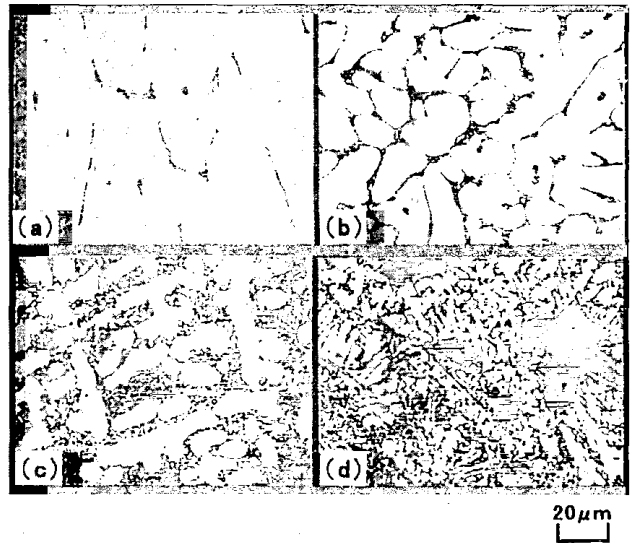
図1にAl-Si-Mg合金の組織観察写真を示す。1.2%Siでは、初晶 α -Alの粒界にシリコンが細長く成長しており、シリコン含有量の増加にともない粒状の共晶シリコンが粒界に増加した。共晶組成(11.7%Si)以上の13.5%Siになると、針状の共晶シリコンに加え、多角形状の初晶シリコンが観察された。また、X線回折結果では、アルミニウムとシリコンが同定された。

3-1-2 Al-Si-Mg合金中のシリコンの検量線

図2にAl-Si-Mg合金におけるシリコンのX線強度(I_{Si})とシリコンの化学分析値(W_{Si})の関係を示す。 I_{Si} と W_{Si} は良好な直線関係を示し、シリコンのX線強度に及ぼすマグネシウムの影響および亜共晶組成から過共晶組成

表1 Si-K α の分析条件

管球	分光結晶	管電圧/電流	ワウ径	測定時間
Rh	PET	50kV/50mA	10mm	40sec



(a)1.2%Si,(b)4.4%Si,(c)10.5%Si,(d)13.5%Si

図1 Al-Si-Mg合金の組織観察写真

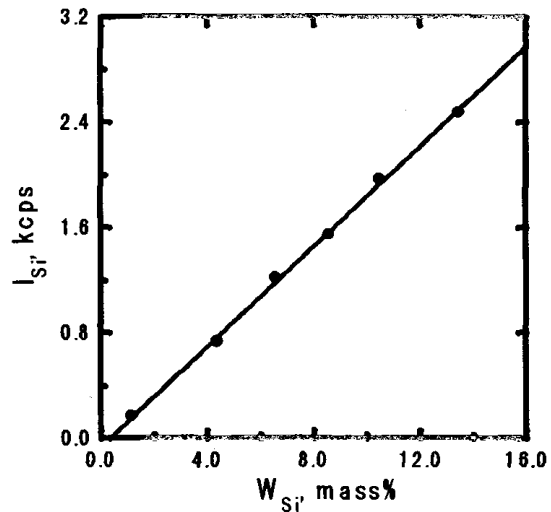


図2 Al-Si-Mg合金におけるシリコンのX線強度(I_{Si})とシリコンの化学分析値(W_{Si})の関係

にかけての組織の影響はほとんど現れなかった。ここで、最小二乗法により次の関係式を得た。

$$W_{Si} = 5.2674I_{Si} + 0.3616 \dots\dots(1)$$

よって、シリコンの検量線は次のように表される。

$$X_{Si} = 5.2674I_{Si} + 0.3616 \dots\dots(2)$$

ここに、 X_{Si} :シリコンのX線分析値

検量線(2)式の相関係数(r)は0.9993であり、正確度(σ)は0.1810である。このことから、重元素の影響がなければ、 I_{Si} と W_{Si} により良好な検量線が得られることが分かった。

3-2 Al-Si-Mg-Fe合金

3-2-1 Al-Si-Mg-Fe合金の組織

代表例として、Al-6.6%Si-Mg-Fe合金の組織観察写真を図3に示す。鉄含有量の増加に伴い α -Alの結晶粒は細くなった。またAl-6.6%Si-Mg-Fe合金において、鉄含有量が0.4%以上になるとシリコンと連なった針状の化合物が観察され、鉄含有量の増加に伴いその量は増加した。この化合物は、Al-4.4%Si-Mg-Fe合金においても、鉄含有量が0.8%以上の組成で観察され、X線回折の結果、その化合物は Al_3FeSi_3 であると推測された。

3-2-2 Al-Si-Mg-Fe合金中シリコンの検量線

シリコン定量時における鉄の影響を検討するために、検量線(2)式を用いてAl-Si-Mg-Fe合金中シリコンのX線分析値を求め、鉄が入ることにより化学分析値とどの程度ズレが生じるかを調べた。図4に、 W_{Si} と X_{Si} の偏差(ΔSi)に及ぼす鉄含有量(W_{Fe})の影響を示す。鉄の添加により、シリコンのX線分析値にバラツキが生じ、検量線(2)式はAl-Si-Mg-Fe合金において検量線としては使用できないことが分かった。そのため、 X_{Si} に対して鉄による補正を加えることが必要であると考えた。共存元素の影響を補正するためには、鉄および鉄鋼の蛍光X線分析において、次の補正式が用いられる⁴⁾。

$$\hat{W}_i = X_i(1 + d_j W_j) \dots \dots (3)$$

ここに、 \hat{W}_i : 定量成分iの補正定量値

d_j : 定量成分iに対する共存成分jの総合吸収補正定数

ここで図4において、 ΔSi の変化には、 W_{Fe} および W_{Si} の定量的な影響は見られず、また鉄添加に伴う生成相および組織変化の影響も見られなかったが、(3)式によりAl-Si-Mg-Fe合金におけるシリコンの検量線の作成を試みた。まず、Al-Si-Mg-Fe合金における X_{Si} を用いて、(4)式より鉄の総合吸収補正定数(d_{Fe})を求めた。

$$W_{Si} = X_{Si}(1 + d_{Fe} W_{Fe}) \dots \dots (4)$$

その結果、 d_{Fe} は0.02577と求められた。

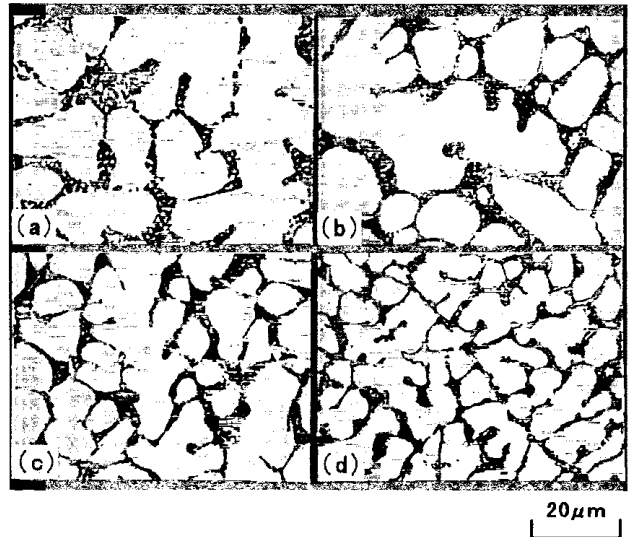
次に、(3)において \hat{W}_{Si} を W_{Si} に、また X_{Si} をシリコンの推定基準値(\hat{X}_{Si})に置き換えて \hat{X}_{Si} を求め、 \hat{X}_{Si} と I_{Si} の関係式を最小二乗法により求めた。 \hat{X}_{Si} は(5)式の様になり、検量線(6)式が得られた。

$$\hat{X}_{Si} = 5.2391 I_{Si} + 0.4325 \dots \dots (5)$$

$$\hat{W}_{Si} = (5.2391 I_{Si} + 0.4325)(1 + 0.02577 W_{Fe}) \dots \dots (6)$$

検量線(6)式の相関係数(r)は0.9989であり、正確度(σ)は0.1708である。この結果、Al-Si-Mg合金における検量線とほとんど変わらない正確度で検量線を得ることができ、シリコンの定量分析において、充分使用できる鉄の補正値を得ることができた。

これらのことから、シリコン分析値に及ぼす重元素一つ一つの影響を調べることにより、多元系アルミニウム合金中シリコンの分析も正確にできるようになるものと考えられる。また、今回の実験において、鉄の影響を0.2~1.2%Feの範囲で検討したが、鉄含有量の範囲をさ



(a)6.6%Si, (b)6.6%Si-0.45%Fe,
(c)6.6%Si-0.85%Fe,(d)6.6%Si-1.19%Fe

図3 Al-6.6%Si-Mg-Fe合金の組織観察写真

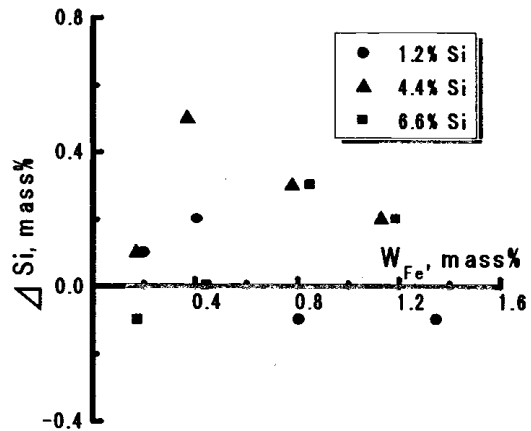


図4 $\Delta Si (=W_{Si} - X_{Si})$ に及ぼす鉄含有量(W_{Fe})の影響

らに広げることにより、より明確に鉄の影響を検討できるものと考えられる。

4 結 言

蛍光X線分析によるアルミニウム合金中シリコン定量時の鉄の影響を調べるために、Al-Si-Mg合金およびAl-Si-Mg-Fe合金におけるシリコンのX線強度測定、組織観察およびX線回折を行った。得られた結果を次に示す。

- (1) Al-Si-Mg合金において、 W_{Si} と I_{Si} は良好な直線関係を示し、次の検量線を得た。 $X_{Si} = 5.2674 I_{Si} + 0.3616$
- (2) Al-Si-Mg-Fe合金において、鉄含有量の増加に伴い α -Alの結晶粒は細くなり、また Al_3FeSi_3 の生成が確認された。
- (3) Al-Si-Mg合金に鉄を添加することにより、 X_{Si} と W_{Si} との間にバラツキが生じた。
- (4) Al-Si-Mg-Fe合金において、 $\Delta Si (=W_{Si} - X_{Si})$ に及ぼす組織および化合物の影響は認められなかった。

(5) 鉄の総合吸収補正定数(d_{Fe})は0.02577と求められた。

(6) Al-Si-Mg-Fe合金において、次の検量線を得た。

$$W_{Si} = (5.2391I_{Si} + 0.4325)(1 + 0.02577W_{Fe})$$

本研究を遂行するにあたり、多大な御協力をいただいた(株)ニッテツ・ファイン・プロダクツ釜石試験分析センター 東野武美氏および藤原利隆氏、岩手県非鉄金属加工技術研究会会員の方々に深く感謝する。

なお、本研究を遂行するにあたり、使用した蛍光X線

分析装置、X線回折装置、高周波溶解炉および高速切断機は、日本自動車振興協会の補助金により購入したものである。

文 献

- 1) 岩手県非鉄金属加工技術研究会資料(1997.8.8)
- 2) 「蛍光X線分析の手引」理学電機工業(株)(1993)
- 3) 小谷直美, 五藤武, 松村哲夫, 成田貴一: 日本金属学会誌 63(1974)
- 4) JIS G 1256-1997「鉄及び鋼-蛍光X線分析方法」

岩手県産大豆の豆腐加工適性*

伊藤 良仁**、山本 忠**、岸 敦**、
小浜 恵子**、大澤 純也**

消費者ニーズの変化に伴い、大豆の新品種育種の指標は収量、耐病性等の栽培特性から、商品加工適性にシフトしつつある。そこで、奨励品種候補を含む県産大豆14品種の生大豆一般成分、豆乳の性質、凝固特性などを調べ、併せて充填豆腐を製造し官能評価を行った。その結果、1品種を除き全ての品種で十分な強度を持つ充填豆腐が製造可能であることが示され、さらに在来種を含めた各品種の豆腐加工特性が明らかになった。

キーワード：大豆、豆腐、加工適性

Properties of Soybeans Grown in Iwate Prefecture for Processing Tofu

ITO Yoshihito, YAMAMOTO Tadashi, KISHI Atsushi,
KOHAMA Keiko and OHSAWA Junya

Breeding index of soybean have been shifted to processing aptitude for foods from cultivation character with the change of consumer needs. To clarify the processing properties of 14 cultivars of soybeans grown in Iwate prefecture for tofu, general composition of soybean seeds and some properties include gelation of soybean milk were investigated. Thirteen cultivars of soybeans were suitable for processing jutten-tofu. Furthermore, all cultivars were characterized by aptitude for processing tofu.

key words : soybean, tofu, processing

1 緒 言

岩手県産大豆は輸入大豆に比べ生産量が圧倒的に少なく、安定・多量な納入が困難であることから、大手大豆加工業者から敬遠されているのが現状である。しかし、一方では健康、安全志向の消費傾向から、国産大豆を用いた高付加価値商品が熱望されている。

また、従来大豆の育種は単位面積あたりの収量や耐病害虫性、機械化特性などを指標に検討されてきた。しかし、消費者あるいは加工食品企業からのニーズに答えるためには最終商品の加工適性を持つ品種を供給しなければならない。

このような背景から安定供給のできる、加工特性に優れた品種を開発・育種する事が急務となっている。そこで今回、個性のある岩手県の風土に適した原材料の開発

および、最終商品加工適性から育種目標を設定することを大目的として、県産大豆ではほとんど検討されていなかった大豆の成分や豆乳の成分、凝固特性など豆腐加工に関する基礎的な情報の蓄積のため県内で従来から栽培されている品種及び奨励品種候補、合わせて14品種の豆腐加工適性を調べた。

2 材料及び実験方法

2-1 原材料

岩手県農業研究センター（北上市）で収穫された平成10年度産の普通大豆、青大豆、黒大豆および納豆用小粒大豆の計14品種（表1）を各試験に供した。①②③⑨⑩⑫⑬は在来種であり、④⑤⑥⑦⑧⑪⑭は奨励品種候補の系統である。

* 岩手県産大豆の加工特性 第1報

** 応用生物部

表1 供試大豆

系統名	
①	ワセズナリ 普通大豆・早生
②	ズカリ 普通大豆・中晩生
③	ナンブシロメ 普通大豆・中晩生
④	東北118号 普通大豆・中晩生
⑤	東北124号 普通大豆・中晩生
⑥	東北136号 普通大豆・中晩生
⑦	刈系584号 青大豆
⑧	刈系629号 青大豆
⑨	南部黒平 黒大豆
⑩	中生光黒 黒大豆
⑪	BL97L 黒大豆
⑫	コスズ 納豆用小粒
⑬	鈴の音 納豆用小粒
⑭	東北122号 納豆用小粒

2-2 成分分析

水分は105℃・16時間乾燥法、粗蛋白質はtecator社製ケルテックオートサンプラーシステム1035アナライザーを用いたケルダール法(係数5.71)、粗脂肪はジエチルエーテルによるソックスレー抽出法、粗灰分は550℃灰化法で測定した。

2-3 吸水試験

吸水率は100gの大豆に500mlの蒸留水を加え、15℃で20時間浸して吸水させ、ペーパータオルで表面の水分を拭き取った後、重量を測定し乾物重を100%として算出した。また、溶出固形分量を示す浸漬液の濃度はBrix計(株)アタゴ・デジタル糖度計PR-1)で測定した。

2-4 豆乳の調製及び分析

100gの大豆を500mlの蒸留水に浸して15℃で20時間吸水させ、家庭用ミキサーで2分間磨砕し、湯煎で95度以上2分間保持した(総加熱時間12分)後、蒸発分の蒸留水を添加し、家庭用ジューサーで分離、さらに木綿布で濾過して豆乳を調製した。得られた豆乳の濃度をBrix計で、pHをpHメーター(BECKMAN・Φ50 pH Meter)で、色調を色彩色差計(ミノルタ・CR200)で測定した。色調を示すL値は大きいほど明るく、a値は小さいほど緑が強く、大きいほど赤が強く、b値は小さいほど青が強く、大きいほど黄が強い。

2-5 豆腐加工(凝固)試験及び官能評価

適正凝固剤濃度範囲は以下に示す中川らの方法¹⁾で求めた。蒸留水で濃度をBrix10に調製した豆乳4.5mlを内径12mmの試験管に入れ、10℃以下に冷却した後、各濃度の塩化マグネシウム(0.5ml)を添加、70℃で30分間加熱して凝固させた。さらに室温で30分間放冷後、3000rpmで10分間遠心し、試験管を逆さにして未凝固豆乳あるいは凝縮水「ゆ」をトレーに受けて重

量を測定した。未凝固重量が全重量の5%以下を示す塩化マグネシウム濃度を適正凝固濃度とした。

官能評価に用いた充填豆腐は、内径45mmの1000ml容びーカーに2-4で抽出した90mlの豆乳を10℃以下に冷却後希釈せずに入れ、1M塩化マグネシウム溶液10mlを添加(最終濃度10mM)し、湯浴で70℃・1時間加熱して作成した。これを豆腐を食べ慣れている研究員5名で評価し、一致した官能的特徴を採用した。物性は凝固した円筒状の豆腐を皿に出し、自重による変形の度合を確認した。

3 結果

3-1 大豆の成分分析

生大豆の成分分析を行い、結果を表2に示した。粗蛋白質は東北124号が最も高く、ワセズナリ、東北122号が低かったが、他の成分も含めて標準的な値²⁾であり、突出したものはなかった。

3-2 大豆の吸水性及び豆乳の性質

豆腐加工の第一段階である吸水過程に関わる吸水率および浸漬水濃度を表3左に示した。吸水率は黒大豆が高い傾向がみられたが他の大豆ではほとんど差がなかった。浸漬水濃度はいずれも低く、豆腐の品質に影響するとされる2%³⁾を越えるものはなかった。

「ゆ」を取らない充填豆腐はもめん豆腐とは異なり、豆乳の性質がそのまま反映する。豆乳の濃度、pH及び色調を表3右に示した。一般に企業において豆腐を製造する場合、豆乳濃度は最も重要な基準となっているが、今回試験した大豆の粗蛋白質量とは相関していなかった。また、pHについてはすべての品種でほとんど差がなかった。色調は普通及び小粒大豆では差がほとんどなく、黒大豆3品種間での差が比較的大きかった。

3-3 凝固特性

各品種の適正凝固剤(塩化マグネシウム)濃度範囲を表4左に示した。普通大豆及び黒大豆は、東北124号を除き比較的適正範囲が広く、充填豆腐を製造する場合に好適であると判断した。なお、表には示していないが東北124号は「もめん豆腐」の製造法で充分強度がある豆腐の製造が可能である。青大豆は適正範囲が低く、普通大豆と同じ濃度で凝固させた場合には凝縮が起り「ゆ」ができる。一般的に青大豆豆腐は寄せにくいと言われるが、この点が作り難さの原因と考えられた。また、本来小粒種を用いて豆腐を作ることはないが、粗蛋白質量が大きく、蛋白質の性質が等しければ豆腐として成り立つものと考え同様な試験を行ったが、2品種は凝固特性が悪く、やはり豆腐には向かないことが示された。

岩手県産大豆の豆腐加工適性

表2 大豆一般分析

系統名	水分 (%)	百粒重 (15%水分)	粗蛋白質 (乾物%)	粗脂肪 (乾物%)	粗灰分 (乾物%)
ワセスズナリ	11.5	27.9	38.3	23.1	5.75
スズカリ	11.3	41.2	40.3	20.4	5.31
ナンブシロメ	11.7	30.8	40.5	20.2	5.56
東北118号	11.6	49.9	42.7	20.2	5.34
東北124号	13.5	27.0	44.4	20.3	5.10
東北136号	12.1	38.2	41.4	20.1	5.49
刈系584号	10.9	34.1	41.4	21.3	5.22
刈系629号	11.3	31.3	42.1	21.6	5.24
南部黒平	11.0	55.4	40.1	21.8	5.44
中生光黒	10.7	52.8	39.5	22.7	5.91
BL97L	12.5	61.0	39.0	19.5	5.24
コスズ	10.5	12.2	42.0	18.9	5.31
鈴の音	11.2	14.0	41.5	19.6	5.46
東北122号	10.7	11.3	37.7	22.9	5.46

表3 吸水性及び豆乳分析

系統名	吸水率 (乾物%)	浸漬水 (Brix%)	豆乳				
			濃度 (Brix%)	pH	色調 (L, a, b)		
ワセスズナリ	242	0.2	12.2	6.61	83.14,	-2.71,	+11.39
スズカリ	245	0.3	12.6	6.65	83.08,	-3.28,	+10.00
ナンブシロメ	245	0.2	13.1	6.62	82.68,	-3.48,	+11.03
東北118号	234	0.1	13.0	6.70	81.76,	-3.83,	+11.91
東北124号	243	0.1	11.7	6.59	84.50,	-3.39,	+10.52
東北136号	235	0.1	13.2	6.66	84.05,	-3.06,	+10.02
刈系584号	243	0.5	13.0	6.63	79.29,	-9.74,	+15.31
刈系629号	242	0.3	12.7	6.66	79.26,	-10.50,	+15.75
南部黒平	254	0.3	13.1	6.68	60.26,	+1.58,	-2.04
中生光黒	256	0.4	12.9	6.59	68.08,	+2.78,	+3.21
BL97L	265	0.5	12.6	6.59	64.04,	+2.77,	+1.29
コスズ	239	0.2	14.4	6.67	82.69,	-2.13,	+9.32
鈴の音	239	0.2	13.0	6.70	82.17,	-2.92,	+12.45
東北122号	245	0.2	13.2	6.76	83.34,	-3.34,	+13.23

表4 凝固特性及び充填豆腐官能評価

系統名	適正凝固剤濃度 ^{a)} (mM)	物性 ^{b)}	豆腐官能評価 ^{c)}			
			甘み・コク ^{d)}	渋・エグ味 ^{e)}	色調	表現系
ワセスズナリ	7.0~11.5	+	+	-	淡黄	さっぱり
スズカリ	7.5~11.0	++	++	+	淡黄	中間
ナンブシロメ	7.5~10.5	++	+++	+	淡黄	甘・コク
東北118号	8.0~11.5	++	+	-	淡黄	さっぱり
東北124号	-	-	++	+	淡黄	中間
東北136号	7.0~10.5	++	+++	+	淡黄	甘・コク
刈系584号	6.0~9.0	++	++	+	淡黄緑	中間
刈系629号	6.0~9.0	++	++	+	黄緑	中間
南部黒平	7.0~11.0	++	++	-	灰紫	ねっとり
中生光黒	7.5~10.0	+	++	-	赤紫	ねっとり
BL97L	7.0~10.5	++	+++	+	赤紫	甘・コク
コスズ	-	++	++	+	淡黄	中間
鈴の音	6.0~8.5	++	++	+	淡黄	中間
東北122号	-	++	++	+	淡黄	中間

- a) Brix10.0の豆乳を用いた試験管凝固試験において未凝固豆乳あるいは凝縮水「ゆ」が5%以下の状態を与える塩化マグネシウムの濃度範囲。-:試験濃度範囲(0~12mM)で適正な凝固を示さない。
- b, c) 生大豆100g及び水500mlで調製した豆乳(それぞれBrixは異なる)及び塩化マグネシウム(最終濃度10mM)を用いて、100ml容ビーカー中で凝固させた充填豆腐を評価。
- b) -:自重により崩壊する。+:自重により崩壊しないが、大きく変形する。++:ほとんど変形しない。
- d) +:甘み・コクが弱い。 ++:中位。 +++:強い。
- e) -:渋味・エグ味がほとんどない。 +:弱い。

官能評価のために調製した充填豆腐の物性(表4中)は、豆乳濃度が高い(11.7~14.4 Brix%)ため、コスズと東北122号で適正凝固剤濃度測定試験結果と一致しないが、これは豆乳が低濃度の場合に凝固しにくいことを示している。これらの結果から、5倍加水豆乳を用いた場合、東北124号を除いたすべての品種で充填豆腐を製造することが可能であり、ワセスズナリと中生光黒以外は標準的な堅さであると判断した。

3-4 充填豆腐官能評価

官能評価を表4右に示した。豆腐の呈味における重要な項目として「甘み・コク」と「渋・エグ味」の2点で評価し、「さっぱり」、「中間」、「甘・コク」の3系に黒豆に特有なwaxyな呈味(表皮に含まれる成分に由来する蠟質の味)「ねっとり」を加えた4つの表現系で示した。「さっぱり」系のワセスズナリは味がうすく感じられ、一方、東北118号は大豆臭の少ないプレーンな呈味であった。「甘・コク」系のナンブシロメおよび東北136号は味が濃く感じられた。青大豆2品種は標準的であり、呈味そのものについては「中間」といえる。黒大豆についてはBL97Lが南部黒平、中生光黒と比較してwaxyな呈味が弱く、豆乳をそのまま固める充填豆腐あるいは絹ごし豆腐に向くと考えられた。

豆腐の官能評価は、個人差あるいは地域差が大きく、どの風味が最も良いという結論は出しにくい。あえて方向性(個性)を示すとすれば、「甘さ・コク」を重視すればナンブシロメおよび東北136号、「ニュートラル・プレーン」を重視すれば東北118号が適し、黒大豆からはBL97Lが選択される。

4 考 察

県産大豆14品種について大豆の成分分析、豆乳の分析及び凝固試験などを行った結果、各品種の豆腐加工に関わる基礎的な情報が得られ、さらに今回供試した奨励品種候補は1品種を除き(充填)豆腐加工適性があることが示された。

一方、今回試験した品種のなかでは、大豆粗タンパク質含量と豆乳濃度、適正凝固剤濃度範囲、さらに豆腐の堅さにまったく相関性、関連性は見いだされなかった。以前より、豆腐には蛋白含量の高い大豆が適する⁴⁾と報告されているが、これは多数の試料を統計処理した場合の相関性を指しており、個々の大豆を評価する場合には凝固試験が必要であること、また、実際に製造する場合には品種毎の調製が必要であることなどが示された。

前述の通り、豆腐の官能評価は個人差、地域差が大きく、さらに豆腐の味は各種の呈味成分の微妙なバランス

により成り立っており、大豆の特定成分量だけでは豆腐の味を説明することはできない⁵⁾と考えられている。また、今回得られた結果は、少量のサンプルを用いた試験室レベルの加工適性であり、実際にプラントレベルで加工した場合に直接評価が一致しない可能性もあることから、企業での製造試験および多数のパネラーによる官能評価が望まれる。

本文中では触れなかったが、各豆乳の抗酸化性を津志田らの方法⁶⁾で調べた結果、普通大豆及び青大豆ではその差がほとんどなかったが、黒大豆については他の大豆と比較して約2倍の活性を持つことが確認された。黒大豆豆腐は普通大豆豆腐と比較した場合、呈味の点でやや劣るため、その色調や機能性等を活かしつつ呈味性の向上を計ることが求められる。

5 結 語

豆腐以外に納豆、煮豆等の加工適性を調べ、各種県産大豆の個性を明確にしていく予定であり、従来の「栽培しやすさ」の評価に「加工したときの個性」を加えることにより、差別化された加工食品の誕生を担う岩手県の風土に適した大豆の育種が進められるであろう。

本研究を実施するに当たり、大豆原材料及び関連資料等を提供していただきました岩手県農業研究センター園芸畑作部高橋智宏氏に感謝します。また、試験方法等について御指導いただきました富山県食品研究所中川義久氏に深謝します。

文 献

- 1) 中川義久、鹿島真樹：富山県食品研究所研究報告，1，43-51 (1993)
- 2) 平春枝：日本食品科学工学会誌，39(1)，122-133 (1992)
- 3) 大村芳正、武知博憲、島本富明：徳島県食品加工試験場研究報告，34，33-39 (1987)
- 4) 斎尾恭子：食品総合研究所研究報告，47，128-149 (1985)
- 5) 島田和子、野村寛美、原由美、藤本房江、喜多村啓介：日本食品科学工学会誌，45(2)，122-128 (1998)
- 6) 津志田藤二郎、鈴木雅博、黒木柁吉：日本食品科学工学会誌，41(9)，611-618 (1994)

雑穀を利用したパン、麺及び菓子の試作*

笹島 正彦**、武山 進一**、荒川 善行**、
小浜 恵子***、大澤 純也***

アマランサスを用いたパンでは原料の加熱処理及び配合の検討により比較的食味の良いものを、イナキビを用いた麺では原料配合の検討により比較的食感の良いものを試作することができた。

また、ダツタンソバを用い菓子を試作しルチン含有量を測定したところ、ダツタンソバ粉に含まれるルチン量を大きく減らすものではないと推定された。

キーワード：アマランサス、イナキビ、アワ、ダツタンソバ

Making of Bread, Noodle and Cake from Cereals

SASAJIMA Masahiko, TAKEYAMA Shinichi, ARAKAWA Yosiyuki,
KOHAMA Keiko and OHSAWA Junya

We could bake relatively good taste bread used amaranth flour by the examination of the condition of the heat-treatment and the combination of the raw materials. And we could make noodle used proso millet with comparatively fine feeling to eat by the examination of the raw materials combination.

We made cakes from tartary buckwheat husk, and measured the amount of rutin in a cake. Rutin in tartary buckwheat husk was supposed not to be lost so much in the cake making.

key words : amaranth, proso millet, foxtail millet, tartary buckwheat

1 緒 言

岩手県北部に位置する軽米町では、寒冷地特有の気候風土に適した作物として雑穀の生産が盛んであり、雑穀を利用した町おこしに取り組んでいる。軽米町商工会では、商工会等地域技術創造事業（技おこし事業）として、雑穀に関係する企業間で「雑穀を利用した食品の開発」を行うこととし、工業技術センターでは研究開発に関する部分を受託した。

技おこし事業の参加企業からの要望としてあげられたもののうち、アマランサスを利用したパン、イナキビ及びアワを利用した麺、並びにアマランサス及びダツタンソバを利用した菓子を試作した。パン及び麺については官能試験により評価を行い、菓子についてはダツタンソバに含まれるルチン含有量の測定を行った。

2 実験方法

2 - 1 原材料

1) パン

パン用小麦粉（日本製粉（株）イーグル）、アマランサス粉（（有）高常商店：技おこし事業参加企業）、並塩（日本たばこ産業（株））、マーガリン（不二製油（株））、グラニュー糖（日新製糖（株））、上白糖（三井製糖（株））を使用した。

なお、アマランサス粉については、原穀をそのまま製粉したもの、原穀を180℃で1時間乾燥後製粉したもの、原穀製粉後170℃オーブンで10分間加熱したものの3種類を使用した。

2) 麺

小麦粉は中力粉（日清製粉（株）金すずらん）、準強力粉（日清製粉（株）ふるさと）及び強力粉（日本製粉（株）

* 商工会等地域技術創造事業

** 食品開発部

*** 応用生物部

イーグル)の3種を、アワ粉は軽米町産ウルチ(古館製麺所:技おこし事業参加企業)及び市販モチ((有)武田米穀店)の2種を、イナキビ粉は軽米町産モチ全粒(古館製麺所)及び市販モチ((有)武田米穀店)の2種を、食塩は並塩(日本たばこ産業(株))を使用した。

3)菓子

小麦粉(日清製粉(株)旭)、ダツタンソバ粉(古館製麺所)、アマランサス粉((有)高常商店)、上白糖(三井製糖(株)製)を使用した。

なお、ダツタンソバ粉及びアマランサス粉については、170 オープンで加熱したものをを使用した。

2-2 原料配合及び製造法

1)パン

表1 パンの配合割合

	対粉比	全体比率(%)
小麦粉	80	42.1~44.4
アマランサス粉	20	10.5~11.4
砂糖	10	5.3~5.6
食塩	2	1.1
油脂	5~15	2.8~7.9
イースト	1	-
水	62	32.6~34.4

配合は、小麦粉とアマランサス粉とを80:20の割合で混合したものを100として、その他原材料を表1の重量割合とした。

製造は、小麦・アマランサス混合粉600gを基準量とし、表2の工程で行った。成形は生地100gでコッペパン型とした。

表2 パンの製造工程

ミキシング	油脂投入前	低速3分、高速1.5分
	油脂投入後	低速1.5分、高速3分
	捏上温度	27
発酵	温度	28
	(パンチング)	1:40(体積2.5倍時)
	時間	2:10(体積2.2倍時)
ベンチタイム		15分
ホイロ	温湿度	38、86%
	時間	45分
焼成	上温度	160
	下温度	200
	時間	18分

2) 麺

小麦粉とアワ粉又はイナキビ粉とを70:30の割合で混合したものを100として、その他原材料を表3の重量割合で配合した。

表3 麺の配合割合

	対粉比	全体比率(%)
小麦粉	70	51.5
アワ粉 又は イナキビ粉	30	22.1
食塩	2	1.5
水	34	25

製法は、ミキシング時間10分間、荒のべ1回、生地複合2回、圧延3回で最終麺帯厚1.5mmとし、切り刃20番で切り出し、4ステップ乾燥とした。

3)菓子

表4の重量割合で配合し、まんじゅう及びスポンジ菓子を製造した。まんじゅうの製造法は図1に示した。また、スポンジ菓子については、混合生地を円形平板に焼成後2枚でリンゴジャムをはさんだ。

表4 菓子の配合割合

		まんじゅう	スポンジ菓子
生地配合	粉類	薄力粉 ダツタンソバ粉 又は アマランサス粉	60 40
	糖類	上白糖 水飴	45 5
	卵	全卵	50
	その他	ベーキングパウダー	1
	水		適量
仕上材料	中餡:小豆粒餡、ミルク餡、リンゴジャム等		

卵黄

混合

糖類

糖類

水

混合

水

混合生地

あん

包あん

焼成

卵白

泡立て

上白糖

図1 まんじゅうの製造法

2 - 3 官能試験と測定

官能試験は、パンについては味、香り、食感、色を評価項目として5段階で点数を付ける方法で、麺については食感の良いものを選択する方法で行い、菓子については総合評価で感想を求めた。

パンについては、4個(焼成前の生地にして400gの量)の容積及び重量を測定し比容積を求めた。

ダツタンソバを用いた菓子については、ルチン含有量の測定を行った。

3 結果

3 - 1 パン

油脂の配合割合を5とし、原材料の ~ のアマランサス粉を使用したパンを を標準として比較した。その結果、170 加熱した が、比容積が大きく、味、香りの評価が良かった。一方180 加熱した は比容積が より大きいものの、焦げによる渋み・臭気のため、味・香りの評価が低くなった。(表5)

表5 アマランサス粉の処理による比較

使用したアマランサス粉					
比容積			4.10	4.22	4.37
官能試験	味	最小~最大		1~4	2~5
		平均	3	2.5	3.4
	香り	最小~最大		1~4	2~5
		平均	3	2.8	3.1
	食感	最小~最大		2~4	1~4
平均		3	3.0	2.7	
色	最小~最大		2~3	2~3	
	平均	3	2.2	2.3	
総合	最小~最大		2~4	2~5	
	平均	3	2.6	3.0	

表6 油脂量による比較

油脂配合割合					
比容積			4.20	4.23	4.01
官能試験	味	最小~最大		2~3	3~4
		平均	3	2.9	3.4
	香り	最小~最大		3~4	3~5
		平均	3	3.3	3.7
	食感	最小~最大		3~4	3~4
平均		3	3.1	3.3	
色	最小~最大		2~3	3~3	
	平均	3	2.9	3.0	
総合	最小~最大		2~4	3~4	
	平均	3	3.0	3.7	

また、 のアマランサス粉を用い、油脂の配合割合を変えたパンを、油脂配合割合5を標準として比較した。その結果、油脂配合割合15のものが官能試験の評価が高かったものの、比容積が小さくなった。(表6)

3 - 2 麺

使用する原材料の組み合わせを変えて麺を製造し、食感の比較を行った。

その結果、イナキビ麺では原料小麦粉に強力粉を用いたものが良いとの意見が多く、また、軽米産イナキビ全粒粉を用いたものが、精白度の高い市販イナキビ粉を用いたものより良いとの意見が多かった。

アワ麺では、軽米産ウルチアワ粉を使用したものが、市販モチアワ粉を用いたものより良いとの意見が多かった。また、軽米産ウルチアワ粉を用い、イナキビ麺と同様に原料小麦粉を変えて比較したが、いずれの小麦粉でも差がないとの意見が多かった。

表7に比較した組み合わせを示し、最も評価が高かったものに 印を付けた。

表7 雑穀麺の原材料組み合わせによる食感比較

原材料組み合わせ			
1	軽米産モチイナキビ粉+中力粉	軽米産モチイナキビ粉+準強力粉	軽米産モチイナキビ粉+強力粉
2	市販モチイナキビ粉+中力粉	市販モチイナキビ粉+準強力粉	市販モチイナキビ粉+強力粉
3	軽米産モチイナキビ粉+強力粉	市販モチイナキビ粉+強力粉	-
4	軽米産ウルチアワ粉+強力粉	市販モチアワ粉+強力粉	-

3 - 3 菓子

ダツタンソバの菓子は、170 10分間加熱したのものについては、苦みが無く黄緑色が鮮やかで好評であったが、20分間加熱したのものについては褐色となり相対的に不評であった。また、アマランサスを使用したものは独特の臭いが気になるとの意見が多かった。

表8にダツタンソバ粉及び170 10分加熱粉を使用したまんじゅうのルチン含有量を示すが、まんじゅうの原料粉中のダツタンソバ粉の割合が40%であることを考慮すると、ダツタンソバ粉中のルチンはまんじゅう製造により大きく減じるものではないと推定される。

表8 ダツタンソバ粉等のルチン含有量

	ルチン含有量	備考
ダツタンソバ粉	10.4 mg/g	生粉
	9.2 mg/g	170 10分加熱粉
	6.2 mg/g	170 20分加熱粉
まんじゅう	2.1 mg/g	1個(15g)当たりのルチン含有量31.5mg

雑穀を利用したシリアル食品の開発*

武山 進一^{**}、笹島 正彦^{**}、小浜 恵子^{***}、
大澤 純也^{***}、荒川 善行^{**}

雑穀を膨化処理あるいはフレーク加工して、シリアル食品を試作した。雑穀単独での膨化試験では、膨化程度と官能評価は比例関係にあり、モチアワの評価が高かった。モチアワをベースとする膨化品では、イナキビを20%配合したものが最も評価が高かった。フレークの試作では、コーングリッツに雑穀を20%配合した試料が、ヒエ、イナキビでは良好な結果を得、アマランサスでは及第点レベルの評価を得た。

キーワード：雑穀、シリアル食品、膨化処理、フレーク、コーングリッツ

Cereal Foods of Miscellaneous Cereal by Extrusion Cooking and Flaking

TAKEYAMA Shinichi, SASAJIMA Masahiko, KOHAMA Keiko,
OHSAWA Junya and ARAKAWA Yoshiyuki

The Cereal food was made from miscellaneous cereals by extrusion cooking and flaking. The extrusion level and the sensory evaluation were in the proportional relation with single cereals, and glutinous foxtail millet was excellent in the sensory evaluation. The samples mixed 20% proso millet got the highest point in the examination cooking with a glutinous foxtail millet base. The flakes of sawa millet and proso millet gave excellent results in the sensory test, and the flake of amaranth followed them, when 20% of miscellaneous cereals were mixed into corn grits.

key words : miscellaneous cereal, cereal food, extrusion cooking, flake, corn grits

1 緒 言

本県軽米町の特産品である雑穀類（ヒエ、アワ、イナキビ、タカキビ、アマランサス）を利用した食品の開発を目的として、雑穀を膨化処理またはフレーク化処理によるシリアル食品の試作試験を実施した。

開発の対象としたシリアル食品は、「朝食シリアル」として定義されているタイプをイメージしたもので、主にご飯とともに炊飯して食されるという従来の雑穀類の消費形態を変えることを目的として提案された。試験は

雑穀粒を膨化する方法と薄焼きしてフレーク化する方法の2種を実施した。

2 実験方法

2 - 1 試料

雑穀類は、軽米町の雑穀商 尾田川農園より購入した、雑穀ヒエ、イナキビ、タカキビ、モチアワ、アマランサスを使用した。

* 商工会等地域技術創造事業部

** 食品開発部

*** 応用生物部

雑穀を利用したシリアル食品の開発

2 - 2 雑穀を用いたシリアル食品の試作試験

2 - 2 - 1 膨化試験

(1) 膨化程度把握試験

雑穀粒として、モチアワ、イナキビ、ヒエ、アマランサスを用いて試験した。モチアワについては玄穀のものについても試験した。

(2) モチアワベース膨化試験

モチアワ（精製済）を主原料として、これに他の雑穀及び、玄穀のモチアワを混合して、膨化程度を向上させることとした。試験区を表1に示す

表1 試験区分

原料配合
モチアワ
モチアワ+アマランサス20%
モチアワ+アマランサス10%
モチアワ+イナキビ20%
モチアワ+イナキビ50%
モチアワ+玄穀モチアワ(1:2)
モチアワ+玄穀モチアワ(2:1)

膨化試験用の原料（4種類）は、一般成分を測定した。膨化品については、膨化容積及び膨化率、官能試験、および水分を測定した。

(3) コーングリッツベース膨化試験

コーングリッツにアマランサスを20%及び40%添加し膨化させ、膨化容積の測定と官能試験を実施した。

(4) 膨化処理

グレンパフマシン（斉藤精工製SS601型、20馬力）を用いた。予備加熱温度を180とし、スタンダードノズル及び一部カールタイプノズルを使用した。

(5) 膨化容積測定

種子置換法¹⁾で測定した。種子にはアワ種子を用いた。

(6) 膨化率測定

膨化品の膨化容積を原料粒の容積で除して求めた。

(7) 官能試験

膨化程度把握試験では、外観、食感、味、総合評価の項目について、関係者8人に講評を求めた。

コーングリッツベース膨化試験、モチアワベース膨化試験では、同様の項目について、それぞれ3点評価法（7人）、5点評価法（10人）で評価した。

2 - 2 - 2 フレーク化試験

(1) 原料配合

コーングリッツ 360g、雑穀粒（精製済のもの）90g、食塩4.5g、水700ml

(2) フレークの加工方法

原料を計りとり、炊飯ジャーで炊飯後、生地を整形するために焼き網（テフロン加工品）の上のせ、のし棒

で引き延ばす。生地が付着しないよう、クッキングシート（テフロン含浸ガラスクロス）を敷いて行った。引き延ばした生地は焼き網とクッキングシートから外しアルミ製パットに広げ、これをオープン（180）で25分程度焼き上げた。

(3) 官能試験

5点評価法（8人）で評価し、講評を求めた。

2 - 3 一般分析

水分は、常圧加熱乾燥法（135、1時間）で測定した。脂肪は、エチルエーテルを用いたソックスレー抽出法（18時間）で測定した。蛋白は、Tecator社製ケルテックオートサンプラーシステム1035アナライザーによるミクロケルダール法（窒素-タンパク質係数6.25）で測定した。灰分は、直接灰化法（550）で測定した。炭水化物量は、差し引き法で求めた。

3 結果及び考察

3 - 1 膨化試験

3 - 1 - 1 膨化程度把握試験

雑穀の膨化品を写真1に示す。膨化容積を表2、官能試験結果（総合評価）を表3に示す。

この試験により、雑穀の種類毎の傾向が把握できた。官能評価の結果は、概ね膨化率と比例関係にあり、モチアワ（精製、玄穀）の評価が良かった。



写真1 雑穀の膨化品

表2 膨化容積

	膨化容積 (ml/g)
ヒエ	1.79
イナキビ	1.88
モチアワ	6.53
玄穀モチアワ	3.21
アマランサス	0.82
タカキビ	6.14

雑穀を利用したシリアル食品の開発

表3 官能試験結果

膨化品試料	総合評価・結果（代表的な評価）
モチアワ	良い。
イナキビ	可。膨化度をあげればなお良い。
タカキビ	アワに近い感じ。後味が悪い。
玄穀モチアワ	シリアルスナック風でおもしろい。
ヒエ	よくない。
アマランサス	不良。アマランサス単独は無理。

モチアワは、外観は市販の膨化スナック菓子類に近く、味もクセが少なく評価が一番高かった。玄穀モチアワは、独特のサクサク感を好ましいと感じる人がいたが、逆にぬか臭いとの評価もあり好みが見られる傾向にあった。タカキビについては、モチアワと同程度の膨化容積であったが味や匂いの評価が若干低かった。

3-1-2 モチアワベース膨化試験

モチアワ(精製済)をベース(主原料)として、これに他の雑穀及び、玄穀のモチアワを混合して、膨化程度を向上させることとした。

原料の一般分析結果を表4に、膨化容積(膨化率)結果を表5に、官能試験結果を表6に示す。

表4 原料の一般分析結果

	水分 (%)	脂肪 (%)	蛋白 (%)	灰分 (%)	炭水化物 (%)
モチアワ	13.8	3.70	11.1	1.59	69.8
玄穀モチアワ	13.4	4.26	13.0	1.62	67.7
イナキビ	14.3	3.27	12.5	1.30	68.6
アマランサス	13.2	6.92	14.2	2.72	63.0

穀類を膨化する場合、水分は14%前後でもっとも膨化し易く、また脂肪分が高いと膨化が抑制されるとされている。今回の試験の原料は、すべて14%前後の水分量であり、特に水分調整は必要なかった。

表5 水分、膨化容積(膨化率)の結果

	水分(%)		膨化容積 (ml/g)	膨化率
	原料	膨化品		
モチアワ	13.8	7.83	6.08	4.9
モチアワ+アマランサス(20%)	14.3	9.05	4.75	3.7
モチアワ+アマランサス(10%)	14.4	8.90	5.13	3.9
モチアワ+イナキビ(20%)	14.2	8.10	6.53	5.1
モチアワ+イナキビ(50%)	14.0	9.50	2.91	2.3
モチアワ+玄穀モチアワ(1:2)	13.9	6.92	4.29	2.8
モチアワ+玄穀モチアワ(2:1)	13.5	7.23	5.26	3.8

脂肪分については、雑穀ごとに違いがあり、アマランサスは6.9%台と、イナキビや、モチアワの3.27~3.70%と比較すると約2倍の高値であった。アマランサスが膨化しにくいのは脂肪分が他の雑穀よりも多いため²⁾と考えられる。また、脂肪分は雑穀の精製度合いとも関係しており、モチアワは玄穀で4.26%、精白で3.70%であった。精製度合いが高いほど、脂肪分が少なくなりかつ膨化し易くなるといえる。

アワをベースとした試料 ~ については、試料の「アワ+イナキビ20%」がもっとも官能試験での評価が高く、且つ膨化率も高かった。試料の「アワ+アマランサス10%」、試料の「アワ+玄穀モチアワ(2:1)」はこれに続き、膨化率の順位とも一致した。

アワに対する混合割合を高くした試料 、 、 については、単独でも膨化し易い玄穀モチアワ(膨化容積3.21ml/g)との混合品(試料)で評価が高かったものの、他は評価を低くした。

3-1-3 コーングリッツベース膨化試験

アマランサスは他の雑穀に比べ脂肪分が多く、膨化しにくいということがわかった。雑穀の中でもっとも膨化し易いモチアワをベースとして膨化した場合でも、膨化が不十分で固くなってしまった。このため膨化力の向上の目的で、コーングリッツを主原料とした膨化品を試作することとした。

表6 官能試験結果(3点評価法*)

	外観	食感	匂い	味	総合評価	講評
モチアワ	1.7	1.3	1.1	1.3	1.6	歯にくっつく。
モチアワ+アマランサス(20%)	0.4	0.3	1.0	0.9	0.4	固すぎる。
モチアワ+アマランサス(10%)	1.1	0.9	0.9	0.6	1.1	固い。歯につく。
モチアワ+イナキビ(20%)	1.7	1.4	1.3	1.1	1.4	なかなか良い。無難。
モチアワ+イナキビ(50%)	0.7	0.1	0.9	0.7	0.3	固い。味が苦い。後味悪い。
モチアワ+玄穀モチアワ(1:2)	0.1	1.0	1.0	0.9	0.9	噛んだ感じがよい。個性あり。
モチアワ+玄穀モチアワ(2:1)	0.7	1.0	0.9	1.1	1.0	歯にくっつく。

* 良い=2、普通=1、良くない=0で評価

雑穀を利用したシリアル食品の開発

コーングリッツは、トウモロコシのデントコーン種（馬齒種）を挽き割したもので、コーンフレーク等のコーンスナック菓子の主原料に用いられる。膨化しやすく膨化品製造の際の原料として用いられることが多い。

試験は、コーングリッツにアマランサスを粒あるいは粉の状態に20%及び40%添加し膨化させ、膨化容積の測定と官能試験を実施した。

試作品の写真を写真2に、水分及び膨化容積の結果を表7に示す。



写真2 コーングリッツベースの膨化品

表7 膨化容積及び官能試験の結果

アマランサス配合量	膨化容積 (ml/g)	官能試験 [*] 評点
粒40%	3.74	1.4
粉40%	8.02	2.6
粒20%	10.0	3.0
粉20%	12.2	3.5

* 良い側4点、普通2点、良くない=0で評価

モチアワをベースとしてアマランサスを20%配合した場合の膨化容積は、4.75ml/gであったが、コーングリッツをベースとした場合には、10.0ml/gと約2倍に向上した。また、穀粒で配合した場合と、粉（製粉したもの）で配合した場合には、その膨化容積は、それぞれ10.0ml/g、12.2ml/gとなり、粉で配合したものが膨化度は向上した。原料はグレンパフマシン中で粉碎され摩擦熱により糊化されるのだが、初めから粉になっていると、粉碎～糊化が促進されて膨化度が高くなる。

官能評価の結果は、アマランサス含量40%よりも20%の方が、穀粒よりも粉の方が評価は高かった。評価は、膨化の程度とほぼ比例関係にあったが、配合20%の場合でも後味に問題があるとのことで、配合割合をもっと低くする必要があると思われた。

3-2 フレーク化試験

アマランサス入りコーンフレークを写真3に示す。官能試験結果を表8に示した。



写真3 フレーク（アマランサス入り）

表8 官能試験結果（5点評価法^{*}）

	評点	総評
モチアワ	2.0	苦味あり。
イナキビ	2.6	特徴が少ない。食感が良い。
ヒエ	2.5	食べ易い。香り、味が良い。
アマランサス	1.5	硬い粒(アマランサス)に独特の味。

* 良い側4点、普通2点、良くない=0で評価

イナキビ、ヒエが”良い”側の評価、モチアワが”普通”の評価、アマランサスは”普通をやや下回る”評価であった。アマランサス入りのコーンフレークは他の加工法の場合よりも、クセが表に出にくい様子であり、アマランサスを利用したシリアル食品としては及第点といえる。

4 結 語

本県産雑穀類である、アワ、ヒエ、イナキビ、タカキビ、アマランサスを利用したシリアル食品を開発するために試作試験を行った。

雑穀単独での膨化試験では、膨化程度と官能評価は比例関係にあり、モチアワの評価が高かった。

モチアワをベースとする膨化品では、イナキビを20%配合したものが最も評価が高かった。

アマランサスについては、コーングリッツを主原料とした膨化品を試作した。

フレークの試作では、コーングリッツに雑穀を20%配合し、ヒエ、イナキビでは良好な、アマランサスについても及第点レベルの評価を得た。

文 献

- 1) 後藤富士雄：澱粉科学実験法, p.177, 朝倉書店 (1979)
- 2) 大坪研一, 柳瀬 肇, 橋本勝彦, 豊島英親, 戸谷昭夫: 日食工誌, 31, 596 (1996)

雑穀を利用したレトルト食品の試作

武山 進一^{*}、笹島 正彦^{*}、遠山 良^{*}、
荒川 善行^{*}

雑穀類（ヒエ、モチアワ、イナキビ、タカキビ、アマランサス）を高温高圧調理殺菌処理（レトルト）し、粥、飯を試作した。官能試験を実施した結果、粥ではヒエ、モチアワ、イナキビが、飯ではモチアワ、イナキビが普通以上の評価を得た。雑穀粥は、雑穀飯よりも食べ易い傾向があった。

キーワード：雑穀、レトルト食品、粥

Examination of Retort-packed Food made from Miscellaneous Cereals

TAKEYAMA Shinichi, SASAJIMA Masahiko, TOYAMA Ryo
and ARAKAWA Yoshiyuki

Retort-packed foods were made from miscellaneous cereals (sawa millet, glutinous foxtail millet, proso millet, sorghum, and amaranth) to evaluate the appliance for cereals gruel and boiled cereals. Sawa millet, glutinous foxtail millet and proso millet were above the average in the sensory evaluation as cereal gruel. As for boiled cereals, glutinous foxtail millet and proso millet obtained the same results. The gruel of miscellaneous cereal was more suitable to eat than boiled miscellaneous cereal.

key words : miscellaneous cereal, retort-packed food, cereal gruel

1 緒 言

雑穀類（ヒエ、アワ、イナキビ、タカキビ、アマランサス）の炊飯調理品について利便性の向上を目的に、粥、飯のレトルト（高温高圧加熱調理）処理による試作試験を実施した。

2 実験方法

2 - 1 試料

雑穀類は、軽米町の雑穀商 尾田川農園より購入した、ヒエ、イナキビ、タカキビ、モチアワ、アマランサスを使用した。

2 - 2 雑穀を用いたレトルト食品の試作試験

2 - 2 - 1 レトルト装置

高温高圧調理殺菌試験器：

（株）日阪製作所製 RCS-40RTGN

2 - 2 - 2 レトルト粥

(1) 粥の調整方法

粥原料として、ヒエ、モチアワ、イナキビ、タカキビ、アマランサス及び対照としてコメを用いた。原料100 g に6倍量の水と0.1%に相当する食塩を加え、レトルト装置で120（1.8kg/cm²）×10分間のレトルト調理を行った。

できあがった粥は、官能試験を実施して評価した。

(2) レトルト装置運転条件

処理条件：回収式

サブ方式：

二段冷却 = 有、回転式 = 有、予備加熱 = 有

レトルト調理条件：

120、1.8kg/cm²、10分加熱

(3) 包装材（レトルト容器）

（株）メイワパック製 R 6（180×260mm三方袋）。NY25 / ドライノレトルトCP70 フィルム。耐熱性があり蒸気殺菌（レトルト120 × 30分）可能。耐油性あり。

* 食品開発部

2 - 2 - 3 レトルト飯

(4) レトルト飯の調整方法

飯の原料として、ヒエ、モチアワ、イナキビ、タカキビ、アマランサス及び対象としてコメを用いた。原料100gに1.2倍量の水を加え、レトルト装置で115 × 30分間のレトルト調理を行った。製品の仕上がりを”ふっくら”したものにする目的から、包装にスタンディングパウチを用い、レトルトを含気容器処理圧コントロールプログラム制御にて行った。

できあがった飯は、官能試験を実施して評価した。

(5) レトルト装置運転条件

- ・処理条件： 含気式
二段冷却 = 有、回転式 = 無、予備加熱 = 無
- ・含気容器処理圧プログラム条件：
PRV圧力補正值 -4、PIL昇圧遅れレベル 3、
PDL降圧遅れレベル 2。

(6) 包装材（レトルト容器）

(株)カウパック製 スタンディングパウチ NACF-122
(寸法120×250mm、充填容量 600cc)。

2 - 2 - 4 官能試験

関係者10人で、3点評価法(良い=2、普通=1、良くない=0)で実施した。

3 結果及び考察

3 - 1 レトルト粥

官能試験結果を表1に示す。

表1 雑穀粥の官能試験結果*

	評点
ヒエ粥	1.6
モチアワ粥	1.5
イナキビ粥	1.4
タカキビ粥	0.9
アマランサス粥	0.1
コメ粥	1.9

* 3点評価法(良い=2、普通=1、良くない=0)で評価

ヒエ(写真1)、モチアワ、イナキビは、“普通”より良い評価であったが、タカキビ、については、“普通”を若干下回った。アマランサスについては、粥にする調理方法は向いていないといえた。

評価は全体的に、飯での結果(後述)よりも良いものであった。粥にすることで、飯の場合よりも雑穀の個性が和らげられ、食べ易くなる様子であった。

レトルト調理による変化については、製品のF値は1.0~1.9で、比較的弱い加熱であった。試作品の中には、汁と粒に分離してしまっているものがあり、このようなもの場合には加熱条件を強くする必要があると思われた。

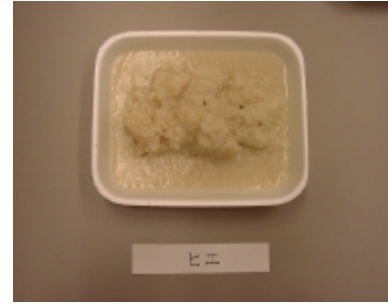


写真1 ヒエ粥

3 - 2 レトルト飯

官能試験結果を表2に示す。

表2 雑穀飯の官能試験結果*

	評点
ヒエ飯	0.8
モチアワ飯	1.4
イナキビ飯	1.6
タカキビ飯	0.9
アマランサス飯	0.2
コメ飯	1.7

* 3点評価法(良い=2、普通=1、良くない=0)で評価

イナキビ、モチアワは“普通”より良い評価であったが、タカキビ、ヒエについては、“普通”を下回った。アマランサスについては、飯にする調理方法は向いていないといえた。全体的な傾向としては、粥の官能試験結果よりも低値であった。特に、ヒエについては粥の場合の評価ポイントは半減した。水分が少なくボソボソ状態であったことが原因といえる。

レトルト調理による変化については、製品のF値は5.4~8.0で、かなり強力に炊飯されていた。実際、対象品であるコメ飯の状態から、色は若干黄色に変色していた。

今回の試験では、加水量とレトルト条件を一定にしたが、本来は雑穀の種類に応じた、調理条件を設定する必要がある。

4 結 語

雑穀類の炊飯品である粥、飯についてレトルト調理殺菌による試作試験を実施した。

- (1) 雑穀の粥の官能評価では、ヒエ、モチアワ、イナキビが「普通」以上の評価であった。
- (2) 雑穀の飯の官能評価では、イナキビ、モチアワは「普通」より良い評価であった。
- (3) 雑穀の調理法として、“粥”は“飯”よりも適していた。