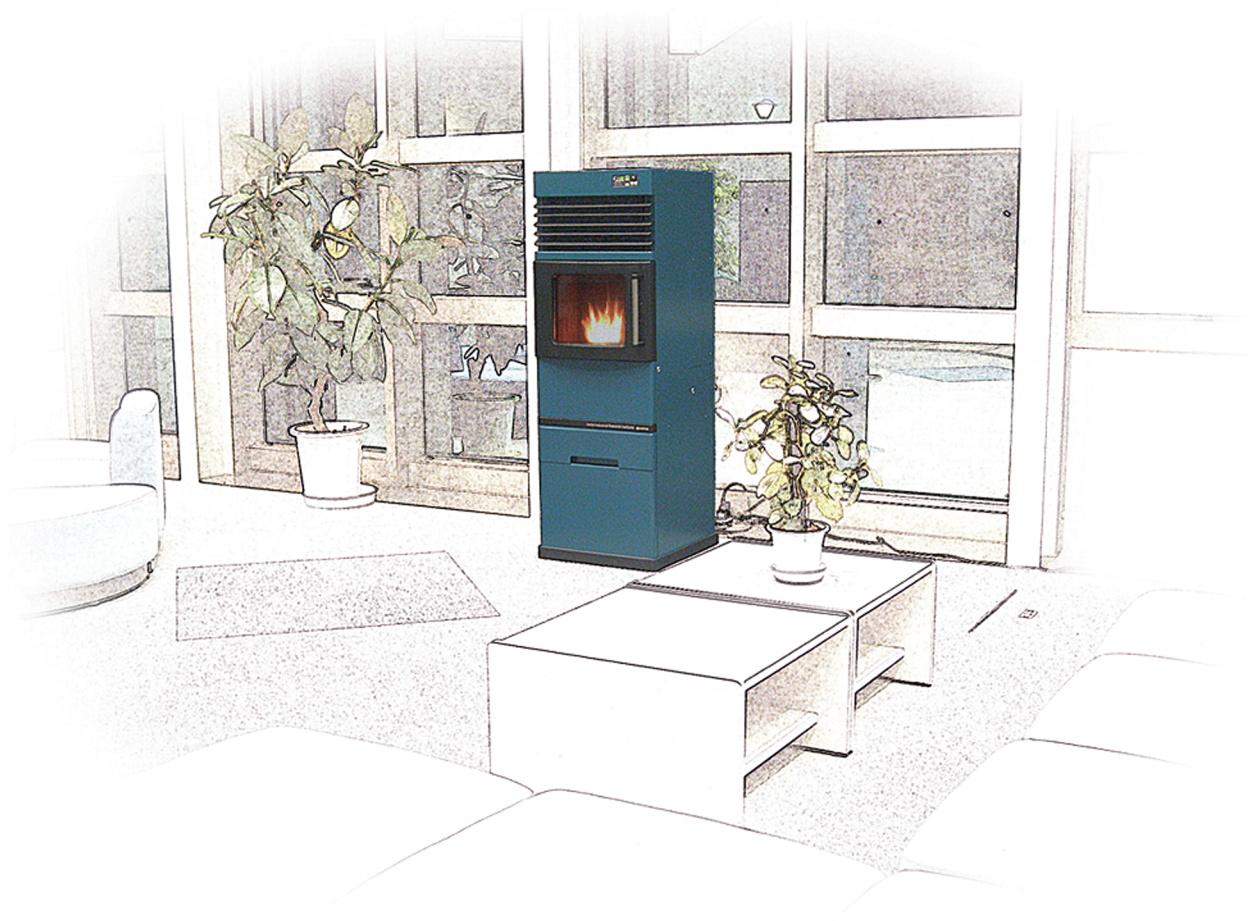


# 研 究 報 告

Journal of Iwate Industrial Research Institute

2003年6月

第 10 号



岩手県工業技術センター

## 岩手県工業技術センター

### 表紙について

モチーフは「いわて型ペレットストーブ」です。平成14年度に岩手県工業技術センターと県内企業が共同で開発しました。研究報告は9ページに記載されています。

「いわて型ペレットストーブは、

“環境にやさしい” ストーブ

- ・岩手県産の木質ペレットを使います。原料は、そのまま捨てられてしまう“木の皮”です。
- ・化石燃料の代わりに使うと地球温暖化対策に有効です。

“心が安らぐ” ストーブ

- ・岩手の伝統的地場産業である南部鉄器の技術を使い、窓部等をつくりました。梨肌の落ち着いた表面が特徴です。
- ・ガラス越しに見える炎は、心をなごませます。

“使いやすい” ストーブ

- ・着火・消化それに温度調節などすべて自動、掃除の時以外は手を汚すことはありません。
- ・燃料タンクを一番下に配置したので、燃料供給が楽にできます。

ストーブについての問い合わせは

岩手県商工労働観光部産業振興課 TEL 019-629-5550

または

岩手県工業技術センター TEL 019-635-1115

まで

### CD-ROM ラベルの背景について

岩手県工業技術センターにある壁面パネルを写しました。この壁面パネルの題名は「イーハトーボ・コスモス」です。イーハトーボとは、宮沢賢治が心に描いた理想郷としての岩手を表現した言葉です。そこは、豊かな自然のなかで、人の愛に裏づけられた科学や創造の力によってつくる理想の地なのです。

この壁面パネルは、太陽と月と星々が巡る心豊かな四季、自然と人間と科学が調和し、住む人の無限の可能性を秘めた岩手の広がりを表現しています。

このパネルは木、漆、鉄、陶を素材に制作したものです。制作にあたり岩手県内の木工、漆器、窯業、鋳造などの企業のご協力を得て完成しました。

### 複写利用について

必要に応じて、本研究報告の内容をご利用ください。

岩手県工業技術センター

〒020-0852 岩手県盛岡市飯岡新田 3-35-2

TEL 019-635-1115

FAX 019-635-0311

技術相談ホットライン：TEL 019-635-1119

インターネットホームページアドレス：<http://www.kiri.pref.iwate.jp/kiri/>

問い合わせ電子メールアドレス：[kikaku@sv02.kiri.pref.iwate.jp](mailto:kikaku@sv02.kiri.pref.iwate.jp)

## 目 次

### - 工業系 -

#### 【研究報告】

- 1 いわて型ペレットストーブの開発  
園田 哲也、堀田 昌宏、田中 愼造、遠藤 治之、東矢 恭明、高川 貫仁、  
真賀 幸八、落合 昇、北田 佳晴・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 9
- 2 創成放電加工による加工精度評価  
和合 健、田中 愼造・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 13
- 3 SQUID 応用計測システムの開発  
菊地 利雄、大坊 真洋、田中 愼造・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 17
- 4 振動切削加工技術の基礎的研究  
堀田 昌宏、池 浩之、勝負澤 善行、高川 貫仁、鈴木 一孝、飯村 崇・・・・・・・・ 21
- 5 カーボンナノチューブの応用に関する研究  
泉田 福典、馬場 守、田中 愼造・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 25
- 6 秋鮭の画像処理品質判定システムに関する研究  
長谷川 辰雄、田中 愼造・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 29
- 7 県産木材製家具へのユニバーサルデザインの導入  
町田 俊一、東矢 恭明、長嶋 宏之、有賀 康弘・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 33
- 8 廃棄超硬合金粉末を用いた再生超硬合金の製造技術とその特性  
小野 元、鎌田 公一、中村 満、齋藤 貴・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 37
- 9 TiO<sub>2</sub>光触媒溶射皮膜の脱臭性能  
桑嶋 孝幸、高橋 幾久雄、小浜 恵子、平野 高広、佐藤 一彦、太田 利夫、  
木村 貞則、伊藤 歩・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 41
- 10 トリアジンチオール蒸着重合膜への光磁場の活用  
鈴木 一孝、森 邦夫、叶 榮彬・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 45

#### 【技術報告】

- 1 木質バイオマスガス化燃焼基礎研究  
園田 哲也、遠藤 治之、田中 愼造・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 49
- 2 自然エネルギー利用技術に関する研究  
菊地 利雄、田中 愼造・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 52

3	コンプレストウッド利用製品の实用化 浪崎 安治、有賀 康弘	55
4	CADデータ交換に関する指導事業 長嶋 宏之、町田 俊一	59
5	複合オーステンパ球状黒鉛鋳鉄の耐摩耗性 勝負澤 善行、池 浩之、高川 貫仁、茨島 明	63
6	鋳鉄製厨房用品へのカラー珪瑯施行技術 米倉 勇雄	67
7	コシキ溶解技術の高度化 勝負澤 善行、高川 貫仁、池 浩之、茨島 明	71
<b>【外部発表論文要旨】</b>		
1	メッシュネットを用いた人体用簡易3次元計測 長谷川 辰雄、土井 章男、松田 浩一	75
2	メッシュネットによる効果的な三次元足計測システムの開発 長谷川 辰雄、土井 章男、松田 浩一	76

## - 食品系 -

### 【研究報告】

- 1 ラジカル消去活性の測定とヤマブドウ抗酸化性に関する研究  
小浜 恵子、岸 敦、米倉 裕一、大澤 純也、澤井 秀幸、長澤 孝志・・・77
- 2 県産ヤマブドウの果汁成分分析及び醸造試験  
米倉 裕一、泉 憲裕、山口 佑子、櫻井 廣・・・81
- 3 ‘ゆきちから’及び‘ナンプコムギ’の製パン性評価  
関村 照吉、遠山 良・・・85
- 4 湯戻し法による冷麺の早茹で化と保存中における冷麺の硬化防止について  
武山 進一、山口 佑子、笹島 正彦、関村 照吉、遠山 良・・・91

### 【技術報告】

- 1 バイオマスを混合した生分解性成型品の試作  
平野 高広、佐々木 英幸、米倉 勇雄、大澤 純也・・・97
- 2 平成14年度産「吟ぎんが」「ぎんおとめ」の酒造適性  
高橋 亨、中山 繁喜、畑山 誠、米倉 裕一、櫻井 廣・・・100
- 3 岩手県産酒米育種系統の醸造適性評価( )  
高橋 亨、櫻井 廣・・・104
- 4 低アルコール清酒の試験醸造  
中山 繁樹、櫻井 廣・・・108
- 5 白糖を原料とする色の薄い調味液  
畑山 誠、櫻井 廣・・・111
- 6 岩手県産大豆の豆腐加工適性  
山口 佑子、平野 高広、岸 敦、小浜 恵子、山本 忠、大澤 純也・・・115
- 7 膨化处理による機能性県産食品素材の活用  
笹島 正彦、遠山 良・・・120

JOURNAL OF  
IWATE INDUSTRIAL RESEARCH INSITITUTE  
2003 Vol.10

- **Industrial Technology Field** -

[Original Reports]

- 1 Development of Iwate Pellet Stove  
SONODA Tetsuya, HOTTA Masahiro, TANAKA Shinzou, ENDO Haruyuki, TOUYA  
Yasuaki, TAKAGAWA Takahito, MAGA Kouhachi, OCHIAI Noboru,  
and KITADA Yoshiharu -----9
- 2 Evaluation of Scanning Precision for Lectric Discharge Scanning  
WAGO Takeshi and TANAKA Shinzo -----13
- 3 Development of Applied Measurement System Using Laser SQUID  
KIKUCHI Toshio, DAIBO Masahiro and TANAKA Shinzou -----17
- 4 Basic study of the vibration cutting  
HOTTA Masahiro, IKE Hiroyuki, SHOUBUZAWA Yoshiyuki, TAKAGAWA Takahito,  
SUZUKI Kazunori and IIMURA Takashi -----21
- 5 Research for Application of Carbon Nanotube Thin Film  
IZUMIDA Fukunori, BABA Mamoru and TANAKA Shinzo -----25
- 6 The Evaluation of Quality of Salmon Utilizing Image Processing  
HASEGAWA Tatsuo and TANAKA Shinzou -----29
- 7 Introduction of a Universal Design to Wooden Furniture  
MACHIDA Toshikazu, TOYA Yasuaki, NAGASHIMA Hiroyuki  
and ARUGA Yasuhiro -----33
- 8 Production Technique and Mechanical Properties of Recycled  
Hard Alloy Reusing Waste Hard Alloy Powder  
ONO Tsukasa, KAMADA Koichi, NAKAMURA Mitsuru and SAITOH Takashi -----37
- 9 The Deodorant Properties of TiO<sub>2</sub> Coatings Sprayed by HVOF Spraying  
KUWASHIMA Takayuki, TAKAHASHI Ikuo, KOHAMA Keiko, HIRANO Takahiro,  
SATO Kazuhiko, OHTA Toshio, KIMURA Sadanori and ITOH Ayumi -----41
- 10 Application of Photo-magnetic Field on Triazine-dithiol Polymerization Thin Films  
SUZUKI Kazunori, MORI Kunio and Ye Ronbin -----45

[Technical Reports]

1 Study of Wood Biomass Gasification SONODA Tetsuya, ENDO Haruyuki and TANAKA Shinzou -----	49
2 Investigation of Clean Energy Utilization Technologies KIKUCHI Toshio and TANAKA Shinzou -----	52
3 Commercialization of the Application Product of Compressed Wood NAMIZAKI Yasuji and ARUGA Yasuhiro -----	55
4 Solution of Troubles CAD Data Exchange NAGASHIMA Hiroyuki and MACHIDA Toshikazu -----	59
5 Wear Properties of Composite Austempered Ductile Cast Iron with Partial Reinforcement SHOUBUZAWA Yoshiyuki, IKE Hiroyuki, TAKAGAWA Takahito and BARAJIMA Akira -----	63
6 The Technique of Colored Enamel Coating for Kitchenware Made of Gray Cast Iron YONEKURA Isao -----	67
7 The Improvement on the Melting Technology of Small Cupola SHOUBUZAWA Yoshiyuki, TAKAGAWA Takahito, IKE Hiroyuki and BARAJIMA Akira -----	71

[Reprints]

1 A Simple Three-dimensional Measurement of Human Shape Using Mesh Net HASEGAWA Tatsuo, DOI Akio and MATSUDA Koichi -----	75
2 Efficient 3D Foot Measurement System Using Mesh Net HASEGAWA Tatsuo, DOI Akio and MATSUDA Koichi -----	76

**- Food Technology Field -**

[Original Reports]

- 1 Estimation of Radical Scavenging Activities Using Various Methods  
and Antioxidant Activity of Wild Grapes (*Vitis coignetiae*)  
KOHAMA Keiko, KISHI Atsushi, OHSAWA Junya, SAWAI Hideyuki  
and NAGASAWA Takashi-----77
- 2 Must Analysis and Brewing Test of the Clones of *YAMABUDO* (*Vitis coignetiae* Pulliat)  
Collected in Iwate Prefecture  
YONEKURA Yuichi, IZUMI Kenyu, YAMAGUCHI Yuko and SAKURAI Hiroshi ----81
- 3 The Baking Suitability of the *Yukichikara* and *Nanbukomugi* Flour  
SEKIMURA Teruyoshi and TOYAMA Ryo -----85
- 4 Reducing the Soaking Time of “Reimen” (Korean Noodle)  
on the Method of Pouring the Boiling Water to it in the Cup,  
and Prevention of the Hardening in the Preservation  
TAKEYAMA Shinichi, YAMAGUCHI Yuko, SASAJIMA Masahiko,  
SEKIMURA Teruyoshi and TOYAMA Ryo -----91

[Technical Reports ]

- 1 Modification of Biodegradable Plastics by Mixing Biomass Resources  
HIRANO Takahiro, SASAKI Hideyuki, YONEKURA Isao and OHSAWA Junya -----97
- 2 The Brewing Aptitude of *Ginginga* and *Gin-otome* Harvested in *Heisei 14*  
TAKAHASHI Tohru, NAKAYAMA Shigeki, HATAKEYAMA Makoto,  
YONEKURA Yuichi and SAKURAI Hiroshi -----100
- 3 Evaluation of New Rice Bred in Iwate Prefecture for Sake Brewing  
TAKAHASHI Tohru and SAKURAI Hiroshi -----104
- 4 Brewing of Low Alcohol *Sake*  
NAKAYAMA Shigeki and SAKURAI Hiroshi -----108
- 5 Light Color Sauce Using White Rice Bran  
HATAKEYAMA Makoto and SAKURAI Hiroshi -----111
- 6 Properties of Soybeans Grown in Iwate Prefecture for Processing Tofu  
YAMAGUCHI Yuko, HIRANO Takahiro, KISHI Atsushi, KOHAMA Keiko,  
YAMAMOTO Tadashi and OHSAWA Junya -----115
- 7 Development of Foods Using Functional Ingredient of Iwate Prefecture  
with Puffing Method  
SASAJIMA Masahiko and TOYAMA Ryo -----120



## いわて型ペレットストーブの開発\*

園田 哲也\*\*、堀田 昌宏\*\*、田中 慎造\*\*、  
遠藤 治之\*\*、東矢 恭明\*\*\*、高川 貫仁\*\*\*\*、  
真賀 幸八\*\*\*\*\*、落合 昇\*\*\*\*\*、北田 佳晴\*\*\*\*\*

木質バイオマスエネルギーは「持続可能な循環型社会」を形成する上で、地球環境への負荷を抑制し、資源の有効活用を促進する事から、日本各地でその利活用に関する取り組みが急速に活発化している。木質バイオマスエネルギーの利用拡大と普及啓蒙を目的として、これまで外国製のペレットストーブでは完全燃焼させる事が困難であった樹皮 100%のペレットを燃料とし、県産品である南部鉄器を利用したいわて型ペレットストーブの開発を行った。

キーワード：木質バイオマスエネルギー、いわて型ペレットストーブ、パークペレット

## Development of Iwate Pellet Stove

SONODA Tetsuya, HOTTA Masahiro, TANAKA Shinzou,  
ENDO Haruyuki, TOUYA Yasuaki, TAKAGAWA Takahito,  
MAGA Kouhachi, OCHIAI Noboru and KITADA Yoshiharu

An approach of using the wood biomass spreads in all of Japan. Because, wood biomass energy inhibits loads to the earth environment and promotes effective use of resources. This time, our project has developed " Model Iwate pellet stove" as a purpose for expansion of wood biomass use. This stove is able to burn 100% bark pellet, which is said to very difficult to burn continuously. Also it has a characteristic that NANBU-TEKKI, which is a traditional industry in Iwate, is used.

**key words :wood biomass energy, Iwate pellet stove, bark pellet**

### 1 緒 言

岩手県では「環境首都いわて」の実現を目標に、地球温暖化対策と循環型社会の形成に向け、環境負荷の小さい新エネルギーの導入に向けた取り組みを行っている。その中でも県土の約8割が森林で森林面積でも国内第2位を誇る岩手では、木質バイオマスエネルギーの利活用を一つの大きな柱とし、環境側面のみならず、体力の衰えが著しい木材界、林業界を救う切り札として捉え、導入に向けた積極的な取り組みが行われている。

その取り組みの一環としてサンポット株式会社との共同研究により木質ペレットを燃料とした「いわて型ペレットストーブ」の開発を行った。今回開発したストーブの柱となるコンセプトは、海外製のペレットストーブでは、安定燃焼させることが困難な、パーク(樹皮)ペレットの高効率燃焼である。木材チップ製造や製材時に発生する大量のパークは、極めて利用価値が少なく、これまで殆んどが工場内で焼却処分されてきた<sup>1)</sup>。しかし「ダイオキシン類対策特別措置法」の制定により焼却処分が禁止され、廃棄物削減と木材の付加価値向上の面から新規用途の開拓が強く望まれている。一方パーク

をペレット化して燃料とした場合、ホワイト(木部)ペレットと比べ灰分が4倍~6倍と非常に多いことと、灰中に含まれるケイ酸(SiO<sub>2</sub>)に起因するクリンカーと呼ばれる燃焼生成物の影響から、対応可能なストーブは存在しないのが現状である。

以上の背景から本研究は、パークペレットを対象とし、加えて岩手の地場産品である南部鉄器を使用した木質バイオマスストーブの開発を目的として実施した。

### 2 開発ストーブ仕様

「いわて型ペレットストーブ」の開発仕様を表1に示す。対象燃料はパークペレットとし、葛巻林業株式会社製“ALA-Wood”を使用した。燃料性状を表2に示す。今回設定した燃焼出力は一般家庭用としては大型であるが、木質バイオマスエネルギーの普及啓蒙の観点から、学校等の公共施設への導入を視野に入れた出力とした。着火方式はセラミックヒーターを熱源とした熱風による自動着火方式である。この方式の場合、ヒーターが直接ペレットに触れない為、安定且つ高寿命な着火が実現できる。外形は省スペース化から床面積を可能な限り小さくした。

\* 木質バイオマス燃焼装置試作開発事業  
\*\* 電子機械部(現在 電子機械技術部)  
\*\*\* 特産開発デザイン部  
\*\*\*\* 金属材料部(現在 材料技術部)  
\*\*\*\*\* サンポット株式会社

表1 いわて型ペレットストーブ開発仕様

燃料	パークペレット
出力	2.3kW/h~9.3kW/h (2,000kcal/h~8,000kcal/h)
方式	強制給排気方式(FF式)
着火方式	熱風着火方式
外形サイズ	H1410mm×W496mm×D580mm
燃焼効率	80%以上
質量	105kg
電源	AC100V 50/60Hz
消費電力	50W(運転時)
その他	対震自動消火機能、室温調節機能 アラーム表示機能、タイマー運転機能

表2 パークペレット性状

低位発熱量	4.88kW/kg
灰分	3.5%
比容積	$1.6 \times 10^{-3} (m^3/kg)$
形状	6mm×(10mm~30mm)

安全性と操作性については、石油ストーブと同等を目指し、地震対策や、室温調節機能も盛り込む事とした。

### 3 実験結果及び考察

#### 3-1 燃焼部

パークペレット対応を考慮した場合、燃焼部で問題となるのは、クリンカーの生成と多量に発生する灰の除去である。クリンカーは灰に含まれるケイ酸(SiO<sub>2</sub>)が熱せられることによりガラス化し生じる燃焼生成物で、空気供給口を塞ぐ等燃焼器にとって致命的な障害を引き起こす可能性がある。クリンカーの生成を防ぐには、燃焼後の灰を火床から除去すればよいが、パークペレットの灰は粉状にならず、ペレット形状のまま灰となるため除去が非常に困難である。この問題を解決する為、燃焼後の灰を歯車により強制的に粉碎し、灰トレ



図1 燃焼部

イに掻き出す機構を備えた燃焼部を開発した。今回開発した燃焼部を図1に示す。火床は一定間隔で平行に配置されたスリット形状であり、スリットの隙間に灰処理用の歯車が2列交互に配置されている。この歯車の凹凸の一部がスリット上面から露出しており、露出した部分で灰を掻き出す構造である。この機構においては、未燃のペレットの掻き出しを防止する為、全ての灰を掻き出すのではなく、灰レベルをおおよそ一定に保ちながら、その灰の上でペレットを燃焼させる必要がある。その為燃焼出力に応じ、所定のタイミングで動作するように設定した。その結果どの燃焼出力においても、灰の堆積による燃焼不良や、クリンカーの発生が見られず長時間の安定燃焼を実現する事が出来た。

#### 3-2 燃料供給部

図2にペレットストーブ構造図を示す。今回開発した「いわて型ペレットストーブ」はペレットタンクをストーブの最下部に配置している。市販のペレットストーブの殆どが、燃料タンクをストーブ上部に配置しているが、下に配置することで、省スペース化と、燃料供給時の負担を軽減することができる。また燃焼部との距離を保てる為、安全面からも有効な配置と言える。その反面搬送距離が長くなる事と、搬送スクリーン入り口へのペレットの導入方法に課題が生じる。

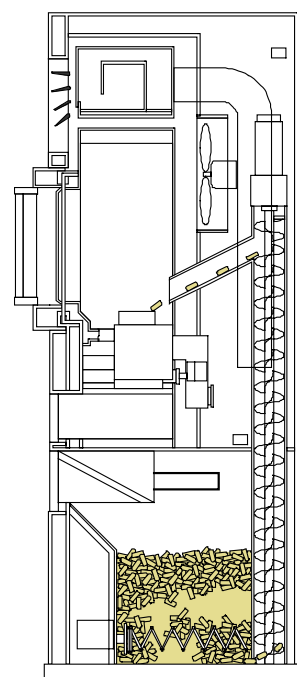


図2 ストーブ構造図

ペレットタンクが上部にある場合、搬送スクリーンはタンク下部に設置されるので、タンク形状を搬送スクリーンの入り口に向かいペレットを誘い込む形状にすれば、重力によりペレットを搬送スクリーンに導入することができる。しかし今回のように重力に反し、鉛直上向きにペレットを搬送する場合、搬送スクリーン入り口周辺のペレットのみ、搬送スクリーンに供給されるので、ある程度供給されるとスクリーン入り口付近を中心としたホールが発生し、搬送スクリーン入り口が露出するまで成長し、最終的には搬送スクリーンにペレットが供給されない状態に陥る。この問題を解決する為、タンク下部にコイル状の攪拌スクリーンを設置した。攪拌スクリーンを取り付けることにより、常に一定圧で搬送スクリーン入り口にペレットを導入することが可能となり、燃焼出力に応じた所定量を安定して燃焼部に供給することが可能となった。加えてタンク内の取り残しを最小限に押えることができた。燃料供給量のばらつきは、連続運転で6%以内となっている。

### 3-3 操作パネル部

図3に操作パネルを示す。本ストーブは石油ストーブと同等の使い勝手を目指した開発を行い、操作パネルも石油ストーブと同様に、全てボタンで操作可能な構成とした。点火/消火は運転ボタンの入り切りのみで可能である。火力調整も室温制御となっており、運転ボタン下の低・高ボタンで希望温度を設定すると、室温と設定温度の差から6段階で自動的に出力が決定される。エラー表示機能も備えており、なんらかのトラブルでストーブが停止した場合、表示されるエラー番号から原因を推定する事が可能である。



図3 操作パネル

### 3-4 南部鉄器部品

図4に南部鉄器部品を示す。今回のストーブ開発において地場産業振興の観点から、岩手県の伝統産業である南部鉄器を使用した。鋳物部品はルーバー部、窓部、ロゴ部の3箇所を使用しており、南部鉄器独特の鑄肌によってストーブ全体に重厚感を与える事ができた。鋳物部品は砂型鑄造で行ったが、その際必要となる原型は、光造型機にて作成した。これにより試作コストの削減と、製造納期の短縮に繋げることが出来た。今後コストダウンの取り組みとして、形状の見直し、2次加工箇所の削減等について鋳物メーカーと検討し、改良していく計画である。



図4 南部鉄器部品

### 3-5 性能評価

#### 3-5-1 燃焼性能

表3に燃焼性能試験結果を示す。排ガス中のガス濃度は、燃焼中の連続データを収集したが、大きなばらつきがみられた。これは燃料供給形態が断続供給なので、燃焼状態が刻一刻と変化する事と、木質ペレットの形状の不均一さが大きく影響していると考えられる。その為数値的な判断が非常に難しい事から、表中の数値はある程度数値が安定した状態の代表値を記した。スモークスケールは最大燃焼時1程度であるが、最小燃焼時3程度となった。最小燃焼の場合、燃料供給のバランスによって、燃焼状態が著しく変化する為、燃焼デ

ータのばらつきが特に大きく、今後の商品化へ向けて最小燃焼の安定化が課題である。

表3 燃焼性能データ

排ガス中 CO <sub>2</sub> 濃度	10%程度
排ガス中 CO濃度	0.02%以下
ばい煙濃度(スモークスケール)	1~3
排気温度	260 以下
燃焼効率	最大 85%
燃料消費量 (MAX/MIN)	2.20/0.73(kg/h)

#### 3-5-2 各部温度測定

最大/最小燃焼それぞれ2時間連続運転後のストーブ表面温度及び制御基板周辺の温度測定を行った。結果を表4に示す。石油ストーブのJIS S 2031によって、手の触れる恐れのある部分の表面温度は150 以下と定められているが、最も高温部でも81.5 であり、基準を十分にクリアする結果であった。しかし80 という温度はやけどの危険性が全く無い温度とは言えないので、比較的高温となる窓部周辺を触る際には注意が必要である。操作・制御基板周辺は実装部品の動作規格上60 以下にする必要がある。今回の測定では操作基板、制御基板周辺温度共に60 以下であり、特に問題は見られなかった。

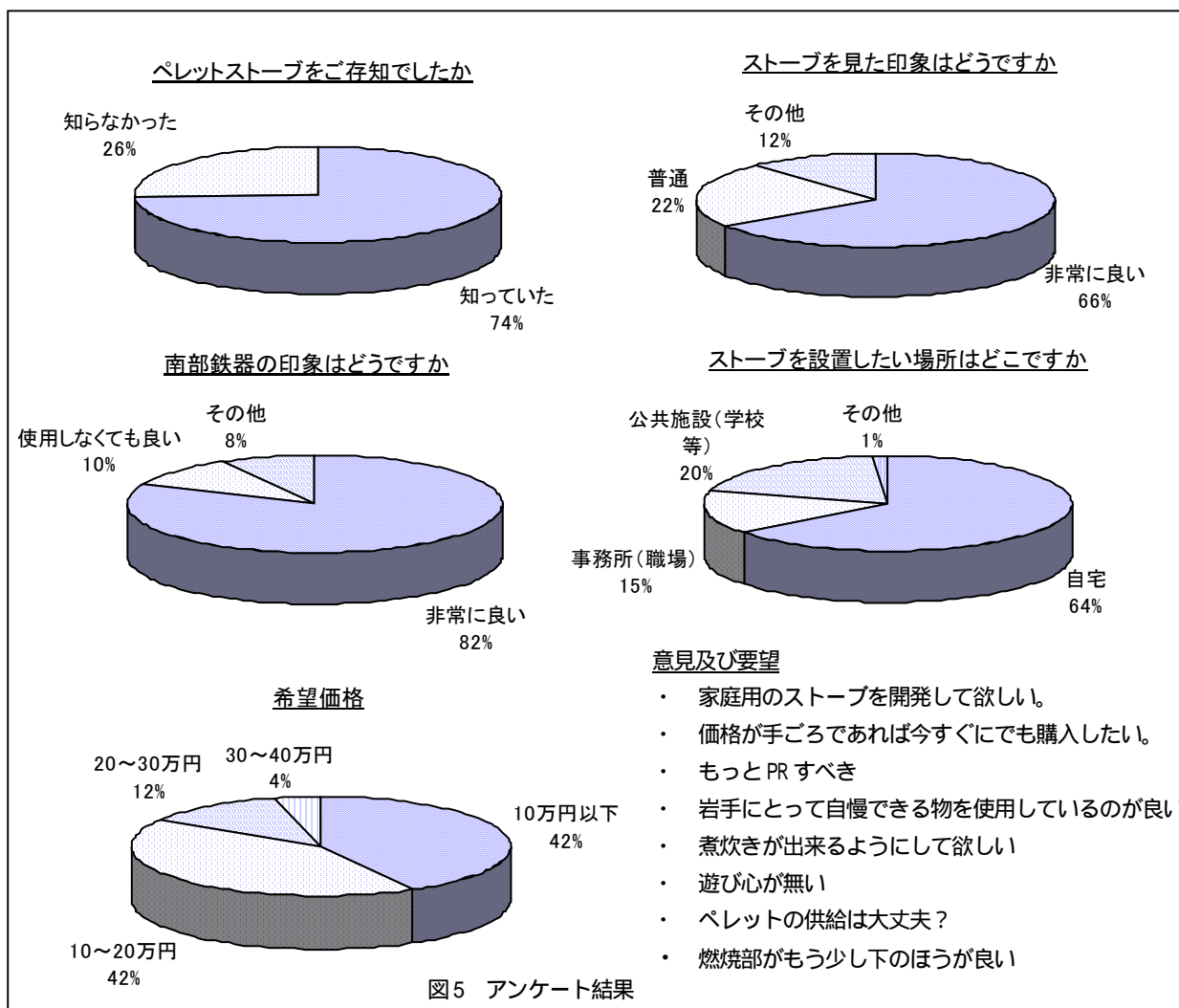
表4 各部温度測定結果

測定箇所	最大燃焼2時間後	最小燃焼2時間後
操作基板周辺	31.7	25.4
制御基板周辺	46.4	34.1
窓部鋳物部品	81.5	44.2
正面(鋳物下)	81.1	42.8
左側面	54.9	34.7
右側面	57.0	34.7
上面	43.0	29.9
裏面	55.0	35.1

この他、-20 環境下での燃焼試験、JIS S 2031 に準拠した耐風速性試験、耐風圧性試験を実施し、安全に運転することを確認した。

#### 3-6 アンケート調査結果

昨年12月、いわて型ペレットストーブのモニター機を岩手県庁県民室に設置し、長期的な評価を行うと共に、アンケート調査を開始した。4/1 現在で130 名の方に回答を頂いており、その結果の一部を図5に示す。このアンケート調査の中で、ペレットストーブの知名度の高さに驚かされた。もちろん無作為のアンケートでは無い為、関心を持った方の回答が多いという点を考慮しても予想以上の数値であった。全体的に好意的な回答が多く特に南部鉄器を使用した事に、非常に高い評価を頂いた。図5の結果から見てもわかる通り、家庭用で安価なストーブ開発の要望が非常に多く見られた。一昨年前までは一般家庭用への普及は市場性から判断しても、まだ数年先という認識があったが、前倒しで検討する必要性を感じ



た。その他たくさんの御意見、御要望を頂き非常に意義深いアンケート結果となった。

#### 4 結 言

木質バイオマスエネルギーの利用促進及び普及啓蒙を目的とし、「いわて型ペレットストーブ」の開発を行った。その結果従来のペレットストーブでは対応する事の出来ない、パークペレットに対応可能なストーブ開発に成功した。現在、平成15年度の商品化を目指し、量産に向けた取り組みと、県内5箇所、県外2箇所にモニター機を設置し評価を行っている。

本ストーブを開発するにあたり、多くの情報提供を頂きました。岩手・木質バイオマス研究会、岩手県林業技術センター、またアンケートにご協力頂いた皆様に感謝申し上げます。

#### 文 献

- 1) NPO 法人SDG、伊那谷森林バイオマス利用研究会編：森林バイオマス、川辺書林(2003)



図6 いわて型ペレットストーブ

## 創成放電加工による加工精度評価\*

和合 健\*\*、田中 慎造\*\*

創成放電加工を企業での製品製造のための実用的な加工技術とするために、加工精度、加工時間、WEDG（ワイヤ放電研削法）などの事項について加工実験を行った。その結果、有用な結果が得られ十分に実用加工として適応できることを確認した。

キーワード：創成放電加工、WEDG、加工実験

## Evaluation of Scanning Precision for Electric Discharge Scanning

WAGO Takeshi and TANAKA Shinzo

We experimented on electric discharge scanning in order to use practical manufacture for products that experiment items were scanning precision, scanning time and WEDG (wire electro-discharge grinding). As the result, we had valuable data, possibility to use for practical manufacture in enterprises.

**key words: electric discharge scanning, WEDG, experiment of scanning precision**

### 1 緒 言

創成放電加工は棒状電極を使用し放電現象によりワークを融解除去して目的の形状に成型する。掘り込み形状の最小寸法は電極径に支配されるので電極径を小径成形する技術が要求される。電極を小径成形する加工方法はWEDG（ワイヤ放電研削法）と呼ばれ、機上においてワイヤ電極により放電加工方式で小径に成形し、理論値では数 $\mu\text{m}$ の径も可能となる。創成放電加工では電極の底面のみを使用して加工する新しい方法のため、今までの型彫り放電加工とは異なる加工プログラム作成が必要になる。加工精度、加工速度に適応した電極径、電極材種、加工電気条件などの選定が要求され、多くの組み合わせが存在するため、個々の条件での加工精度把握が必要になる。特に電極の底面消耗度の割合が大きいことが予想されることから高さ方向の加工精度把握は重要となる。さらに総型電極による大面積加工とは異なり小径電極の底面による一方向の加工のため加工時間が過大となることが懸念される。以上に示した創成放電加工での加工原理から想定される加工精度、加工時間に対する問題点、微細加工を行う上での有望技術としての期待など実用加工としての性能を明らかにすることを目的とする。

### 2 実験方法、結果及び考察

#### 2-1 目的

創成放電加工では棒状電極の底面のみを使用した加工方法であることから加工精度、加工時間、電極消耗率など多くの問題が予想される。そこで、加工指示値に対する加工後寸法を誤差として加工実験を行う。

#### 2-2 実験方法

##### 2-2-1 創成放電による加工精度

##### (1) 加工原理<sup>1)</sup>

図1に創成放電加工の基本的な加工原理、図2に送り方向の基本的な考え方を示す。創成放電加工では、図1に示すとおり、電極底面からの放電により加工を行うため電極底面の消耗率が大きく、これに伴いZ方向の消耗補正送量は大きくなる。電極消耗率が安定することによりZ補正量に対するXY移動量の比が求められ、高精度な形状精度が得られる。

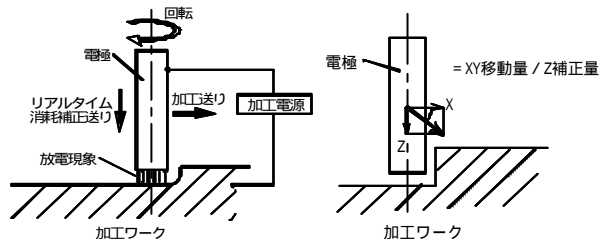


図1 創成放電加工での加工原理

図2 送り方向の考え方

\* 超精密加工技術の開発（特定産業集積中小企業等活性化補助事業）

\*\* 電子機械部（現在 電子機械技術部）

(2) 実験装置

表1に創成放電加工機の主な仕様を示す。創成放電加工機は三菱電機製のEDSCAN8Eで型彫り放電加工機を基本構造として微細放電加工に特化した特殊機能を付加した微細放電加工専用機である。加工後の測定では、XY方向は測定顕微鏡による非接触方式、Z方向は三次元測定機による有接触方式により長さを測定した。加工面粗さは接触方式により測定し、微細形状の観察ではCCDカメラによるマイクロスコプを使用した。

表1 創成放電加工機の主な仕様

項目	仕様
XYZストローク	300×250×250(mm)
XYZ軸制御方式	リニアスケールフィードバック
XYZ軸駆動単位	0.1(μm)
特殊機能	WEDG(ワイヤ放電研削法) μSF電源 創成放電CAM
加工面粗さ	0.3μmRy
加工面直直度	1.0μm以下

表3 多段形状での加工条件

加工条件	Eバック番号	加工タイプ	電極軌跡	加工時間	その他の加工条件
B1	825	荒	シフト	6h	電極径 0.5mm 電極材種 銅 電極形状 パイプ ワーク材種 SKD11
	827	仕上げ	シフト		
	827	仕上げ	輪郭		

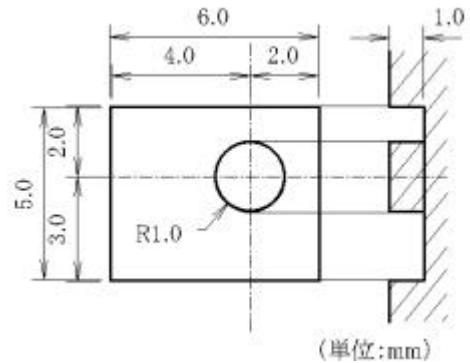


図3 簡易形状の設計図

(3) 実験方法

精密金型製作では加工精度が±2μm指示の高精度加工が要求される。モールド、ダイキャスト金型等の自由曲面部位や合わせの逃げ代などは比較的大きな公差となる部位もあり、創成放電加工で得られる加工精度を把握し、どの種類の金型製造へ適用できるかを検討する。ここでは創成放電加工で得られる加工精度を求めするために、表2に示す異なる加工条件設定で加工を行い、図3、図4に示す設計寸法に対する加工寸法の差を誤差とし、測定項目は長さ、形状、表面粗さとした。

簡易形状の場合

図3に示す四角形の掘り込み形状(以下、池形状)横6.0mm、縦5.0mmの大きさで内側に丸状の島形状2.0mmがあり、深さが1.0mmの形状を創成放電加工で成型する。評価は長さ、直径、粗さなどの項目について11箇所を測定し設計値との差を誤差とする。

多段形状の場合

図4に示す四角形の多段の池形状、横2.5mm、縦2.4mmの大きさで一段の深さが0.2mmから3段で0.6mmの深さについて創成放電加工で成型する。簡易形状での加工データを基に最適と思われる条件で加工を行う。評価は長さ、直径などの項目について16箇所を測定し設計値との差を誤差とする。

表2 簡易形状での加工条件

加工条件	Eバック番号	加工タイプ	電極軌跡	加工時間	その他の加工条件
A1	825	荒	シフト	3h23m	電極径 0.5mm 電極材種 銅 電極形状 パイプ ワーク材種 SKD11
A2	825	荒	シフト	1h33m	
	827	仕上げ	シフト		
A3	827	仕上げ	輪郭	2h44m	
	825	荒	シフト		
	827	荒	シフト		
	828	仕上げ	シフト		
	828	仕上げ	輪郭		

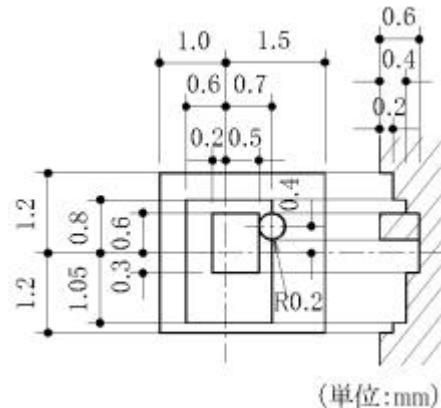


図4 多段形状での設計図

(4) 実験結果及び考察

簡易形状の場合

図5、6、7に簡易形状の加工後の拡大図、表4に粗さ誤差、表5に簡易形状の場合の形状誤差を示す。表2より加工条件A1では荒加工のみの条件であるが、予想に反して加工時間が3時間23分と最も長い。加工条件A2は荒、仕上げ(シフト)、仕上げ(輪郭)の3工程の条件であり、加工時間が最も短い1時間33分と切削加工を基準に比較すると長く感じるが、加工原理、優位性が異なることから単純比較は出来ない。加工条件A3は4工程の条件であり加工時間はA2より1段階多い1時間程度長い。誤差は加工工程を細分化し電気条件の弱い仕上げ加工条件で加工した場合ほど小さくなる。誤差の絶対値では、加工条件A3で誤差の平均値が7.6μmであり精密プレス金型の公差±2.0μmと比較して大きく、標準偏差でも5.2μmと大きい。金型用途にもよるが、精密金型に対応した製品製作を視野にいった場合ではさらに形状精度の高精度化が要求されると思われる。加工面粗さでは形状誤差と同様に仕上げ加工用の弱

い電気加工条件で加工面粗さが小さくなっている。旧 JIS による仕上記号 では Ra0.8  $\mu\text{m}$ 、Rz3.2  $\mu\text{m}$  (Ra、Rz は JIS B 0601:2001 による表面粗さパラメータで Ra: 算術平均粗さ、Rz: 最大粗さ) と定義されている。加工条件 A3 では Ra0.5  $\mu\text{m}$  と設計値 Ra0.8  $\mu\text{m}$  に対して公差を満たしており、Rz について公差 Rz3.2  $\mu\text{m}$  に対して Rz3.9  $\mu\text{m}$  と 0.7  $\mu\text{m}$  公差からはずれている。加工面粗さについてはマイクロ電源の選択、電気加工条件のより弱い選択などで設計値を満たすことが可能と思われる。

多段形状の場合

図 8 に多段形状の加工後の拡大図、表 6 に多段形状の場合の形状誤差を示す。全体 16 箇所を測定し設計値との差を誤差とすると誤差の平均値は 8.9  $\mu\text{m}$  となった。標準偏差で 6.5  $\mu\text{m}$  となり、簡易形状の場合での仕上げ工程を重視した加工条件 A3 での平均の誤差値で 7.6  $\mu\text{m}$ 、標準偏差で 5.2  $\mu\text{m}$  とほぼ同等な誤差値となっている。簡易形状に対して多段形状の場合は最大値で 20.5  $\mu\text{m}$  大きくなっている。微細な多段形状で隅 R の影響が大きく、形状の辺となる直線部が隣合う隅 R との交線により小さくなっており、測定顕微鏡による測定でエッジ抽出が難しかった。今後、隅 R を小さくする対策と測定でエッジを正確に測定する技術の向上が必要と思われる。以上について微細形状での隅 R の問題点と測定技術を考慮し、誤差の平均値と標準偏差の大きさが簡易形状の場合と、より小さい多段形状でもほぼ等しいことから、指示形状の大きさに依存する加工精度の影響は小さく、電気的な加工条件により加工精度が決定されると思われる。次に加工時間について、複雑形状では加工時間が 6 時間と長くなった。実際に加工の様子を観察すると実加工時間(放電時間)とは別に電極消耗補正のための基準点参照動作の回数が多く、この動作により加工精度を維持する反面、加工時間を長くしているようである。

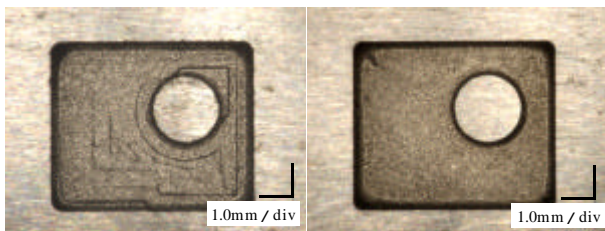


図 5 加工条件A1

図 6 加工条件A2

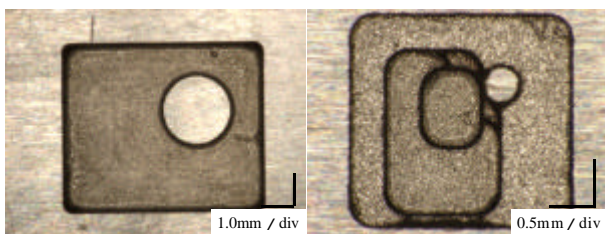


図 7 加工条件A3

図 8 加工条件B1

表 4 簡易形状での加工面粗さ

加工条件	種類	記号	(単位: $\mu\text{m}$ )		
			設計値A	測定値B	誤差B-A
A1	粗さ	Ra	0.8	1.8	1.0
		Rz	3.2	12.9	9.7
A2	粗さ	Ra	0.8	1.0	0.2
		Rz	3.2	6.3	3.1
A3	粗さ	Ra	0.8	0.5	-0.3
		Rz	3.2	3.9	0.7

1) JIS B 0601:2001によるRa 算術平均粗さ, Rz: 最大粗さ  
2) 設計値は仕上記号 によるもの

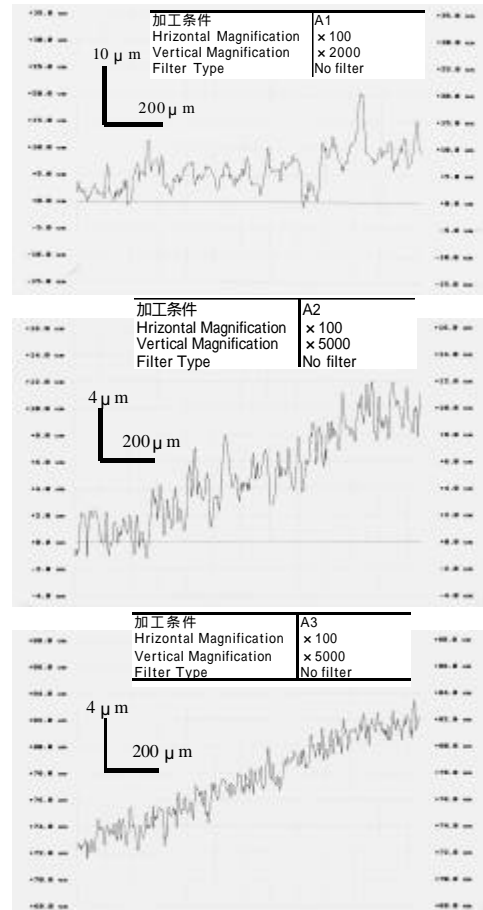


図 9 簡易形状での加工面の断面曲線

表 6 多段形状での誤差結果

No.	種類	記号	設計値 A(mm)	測定値 B(mm)	誤差B-A ( $\mu\text{m}$ )	B-A  ( $\mu\text{m}$ )
1	長さ	X	1.000	0.996	-4.1	4.1
2	長さ	X	0.600	0.601	1.0	1.0
3	長さ	X	0.200	0.216	15.9	15.9
4	長さ	X	0.500	0.501	0.9	0.9
5	長さ	X	0.700	0.708	8.4	8.4
6	長さ	X	1.500	1.515	14.9	14.9
7	長さ	Y	1.200	1.211	11.1	11.1
8	長さ	Y	0.800	0.808	8.0	8.0
9	長さ	Y	0.600	0.621	20.5	20.5
10	長さ	Y	0.300	0.306	6.1	6.1
11	長さ	Y	1.050	1.050	0.0	0.0
12	長さ	Y	1.200	1.196	-4.2	4.2
13	中心位置	CIRC-X	0.700	0.704	3.6	3.6
14	中心位置	CIRC-Y	0.400	0.410	9.7	9.7
15	直径		0.400	0.384	-16.5	16.5
16	真円度		0.000	0.017	16.8	16.8
					最大値	20.5
					最小値	0.0
					標準偏差	6.5
					平均値	8.9

表5 簡易形状での誤差結果

加工条件：A1

No.	種類	記号	設計値A (mm)	測定値B (mm)	誤差B-A (μm)	B-A  (μm)
1	長さ	X	4.000	4.032	32.0	32.0
2	長さ	X	2.000	2.020	19.8	19.8
3	長さ	Y	2.000	2.033	33.0	33.0
4	長さ	Y	3.000	3.020	19.8	19.8
5	直径	Z	2.000	1.932	-68.1	68.1
6	真円度		0.000	0.018	17.8	17.8
7	深さ	Z	1.000	1.030	30.1	30.1
8	深さ	Z	1.000	1.023	22.8	22.8
9	深さ	Z	1.000	1.016	16.3	16.3
					最大値	68.1
					最小値	16.3
					標準偏差	19.5
					平均値	32.8

加工条件：A2

No.	種類	記号	設計値A (mm)	測定値B (mm)	誤差B-A (μm)	B-A  (μm)
1	長さ	X	4.000	4.003	3.0	3.0
2	長さ	X	2.000	2.013	13.0	13.0
3	長さ	Y	2.000	2.010	9.9	9.9
4	長さ	Y	3.000	3.007	7.4	7.4
5	直径	Z	2.000	1.976	-23.9	23.9
6	真円度		0.000	0.010	10.4	10.4
7	深さ	Z	1.000	1.014	14.2	14.2
8	深さ	Z	1.000	1.013	12.8	12.8
9	深さ	Z	1.000	1.014	14.0	14.0
					最大値	23.9
					最小値	3.0
					標準偏差	5.7
					平均値	12.1

加工条件：A3

No.	種類	記号	設計値A (mm)	測定値B (mm)	誤差B-A (μm)	B-A  (μm)
1	長さ	X	4.000	4.008	7.9	7.9
2	長さ	X	2.000	2.004	4.3	4.3
3	長さ	Y	2.000	2.002	2.3	2.3
4	長さ	Y	3.000	3.006	5.8	5.8
5	直径	Z	2.000	1.983	-17.3	17.3
6	真円度		0.000	0.008	7.9	7.9
7	深さ	Z	1.000	1.003	3.4	3.4
8	深さ	Z	1.000	1.002	1.9	1.9
9	深さ	Z	1.000	1.000	0.3	0.3
					最大値	17.3
					最小値	2.3
					標準偏差	5.2
					平均値	7.6

(5) 結論

設計図を四角形の池形状、すなわち横 6.0 mm、縦 5.0 mm の大きさで内側に丸状の島形状 2.0mm があり、深さが 1.0 mm の簡易形状とした場合と、四角形の多段の池形状、横 2.5 mm、縦 2.4 mm の大きさで一段の深さが 0.2 mm から 3 段で 0.6 mm の深さの 2 つの形状について創成放電加工を行い、長さ、粗さなどの項目について評価した結果、以下の点が明らかとなった。

- (1) 誤差の平均値と標準偏差の大きさが、簡易形状の場合と、より小さい多段形状でもほぼ等しいことから、指示形状の大きさに依存する加工精度の影響は小さく、電気的な加工条件により加工精度が決定される。
- (2) ここでの仕上げによる電気加工条件の場合、誤差の平均値で 8.9 μm、標準偏差で 6.5 μm 程度の大きさに加工できる。しかし、ロッド電極径に依存する隅 R、非接触測定法による測定誤差の低減などの改善が必要となる。

2-2-2 WEDGによる電極小径成形

(1) 目的

微細形状加工では電極径の大きさにより加工形状の大きさが決定される。加工形状の大きさを微細化するために WEDG による電極小径成形は必要条件となることから WEDG による電極小径成形の微細化を試みた。

(2) 実験方法

1.0 mm のタングステン電極を使用し、WEDG マクロプログラム L97000102 により小径成形を行い、WEDG を行う上での加工技術を修得するとともに現状での最高位計測値を取得する。

(3) 実験結果及び考察

図 10 に 200 μm、長さ 1 mm に小径成形した電極、図 11 に 23 μm、長さ 760 μm に小径成形した電極を示す。材質はタングステン、成形に用いたワイヤ電極は 0.2 mm、材質は黄銅とした。200 μm、23 μm と小径化を行い、現状では 23 μm、長さ 760 μm でアスペクト比(縦/横の比) 33 の最高位計測値を得た。加工時間は 1 時間程度を要し、ロッド電極底面の平面度、ロッド電極振れ精度の高度化が必要になり、最終仕上げ径の小ささにより段取り精度が要求される。

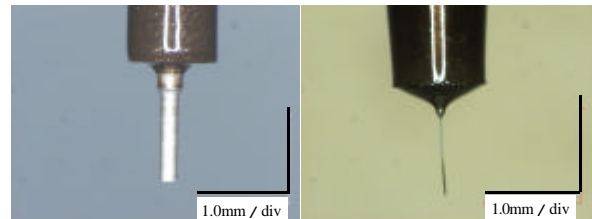


図 10 WEDG: 200 μm 図 11 WEDG: 23 μm

(4) 結論

電極材種をタングステンで電極径 1.0 mm から WEDG による最高位計測値として 23 μm、長さ 760 μm、アスペクト比 33 を得た。

3 結 言

創成放電加工を企業での製品製造のための実用的な加工技術とするために、加工精度、加工時間、WEDG (ワイヤ放電研削法) などの事項について加工実験を行い、有用な結果が得られ十分に実用加工として適応できる。

今後は、製品開発を視野に入れた創成放電加工による製品製造に取り組む予定である。

文 献

- 1) 湯澤 隆：微細創成放電加工技術の開発，三菱電機(株)技術資料



## SQUID 応用計測システムの開発\*

菊地 利雄\*\*、大坊 真洋\*\*\*、田中 慎造\*\*

半導体の検査を主目的としたレーザー-SQUID 顕微鏡の開発を行っている。非侵襲、非接触の計測が可能であり、高温超伝導 SQUID マグネットメータとレーザーダイオードを組み合わせることにより、空間分解能の向上を図っている。レーザーダイオードに 684、783、809、851nm と複数波長を使用することにより、p - n 接合を有する単結晶シリコンの少数キャリア拡散長を精度よく算出することが可能となった。また、太陽電池で多用される多結晶シリコンの結晶粒界を検出することができることも明らかとなった。

キーワード：SQUID、レーザー、顕微鏡、キャリア拡散長

## Development of Applied Measurement System Using Laser SQUID

KIKUCHI Toshio, DAIBO Masahiro and TANAKA Shinzou

We have been developing a laser SQUID microscope for mainly evaluation of semiconductors. It consists of a high temperature superconductor SQUID magnetometer and laser diodes, which provides nondestructive measurement as well as the improvement of the resolution. The minority carrier diffusion length was obtained for p-n junction structure using four laser diodes; 684nm, 783nm, 809nm and 851nm. We also demonstrated that the laser SQUID microscope detected grain boundary for poly-crystal silicon.

key words : SQUID, laser, microscope, carrier diffusion length

### 1 緒 言

SQUID ( Superconducting Quantum Interference Device : 超伝導量子干渉素子 ) は、現存する磁気センサーの中で最も高い磁気感度を有するため、微弱な電磁気現象の計測には効果的なセンサーである。このため、SQUID は脳磁場や心臓磁場の検出などの先端医療への応用が積極的に研究されている。医療以外の分野では、近年、微少領域の非常に微弱な磁場分布を画像化する SQUID 顕微鏡が注目されており、超伝導材料中の磁束の観察やプリント基板の電流分布の計測などに応用されてきている。

しかし、SQUID 顕微鏡の室温の対象物に対する空間分解能は、数百マイクロンから数ミリ程度でありこの短所が、適用できる対象の範囲を著しく制限している。一般に SQUID 顕微鏡の空間分解能は、SQUID の受感部のサイズか、SQUID と計測対象物の距離のいずれか大きい方の値で決定される。したがって、SQUID 顕微鏡の空間分解能が低い原因は、センサーである SQUID の超伝導状態を保つための低温と、計測対象物が置かれている室温状態との断熱に要する物理的な距離に起因する。SQUID の超伝導状態を保つためには外界と断熱する必要があり、検査対象物が超伝導体のように低温であれば SQUID と対象物を近接して配置できる。しかし、産業応用上、一般的な対象物は室温状態にあるため、SQUID と対象物を近接

させることは難しい。したがって、従来の SQUID 顕微鏡では、半導体の検査に使えるようなマイクロレベルの分解能は望めない。そこで、我々は対象物にレーザー光を照射することで微少領域に磁場の変化を誘発させ、その磁場を SQUID で計測する原理のレーザー-SQUID 顕微鏡を提案し、開発を進めてきた<sup>1-7)</sup>。ほぼ同時期に PTB<sup>8,9)</sup>と NEC<sup>10,11)</sup>から全く独立に類似の研究が報告され、現在でも研究が進められている。レーザーと SQUID の組み合わせによって、半導体が SQUID の産業応用のよいターゲットになったと考えられる。

レーザー-SQUID 顕微鏡では磁気信号の発生と変調領域が、最小の場合、レーザースポットサイズとキャリアの拡散長とを加算した程度の距離に限定できるため、SQUID 顕微鏡の低空間分解能を改善することができる。また、レーザー光を半導体に照射することで生じる磁場を SQUID で計測するため、非接触な計測であり、対象物の破壊や汚染が一切ないという長所がある。さらに、アクティブ型の計測なので、ノイズ除去が容易となり、簡易な磁気シールドでも計測が可能である。

本報告では、対象物として p - n 接合を有する単結晶シリコンウェハーを用い、低濃度側の不純物濃度を定量的に計測した結果を報告する。また、太陽電池で多用される多結晶シリコンの結晶粒界を検出した結果を報告する。

\* ネットワーク型磁気活用研究拠点形成推進事業 ( 地域結集型共同研究事業 )

\*\* 電子機械部 ( 現在 電子機械技術部 )

\*\*\* 岩手大学工学部電気電子工学科

## 2 実験方法

図1にレーザーSQUID顕微鏡のシステムブロック図を示す。

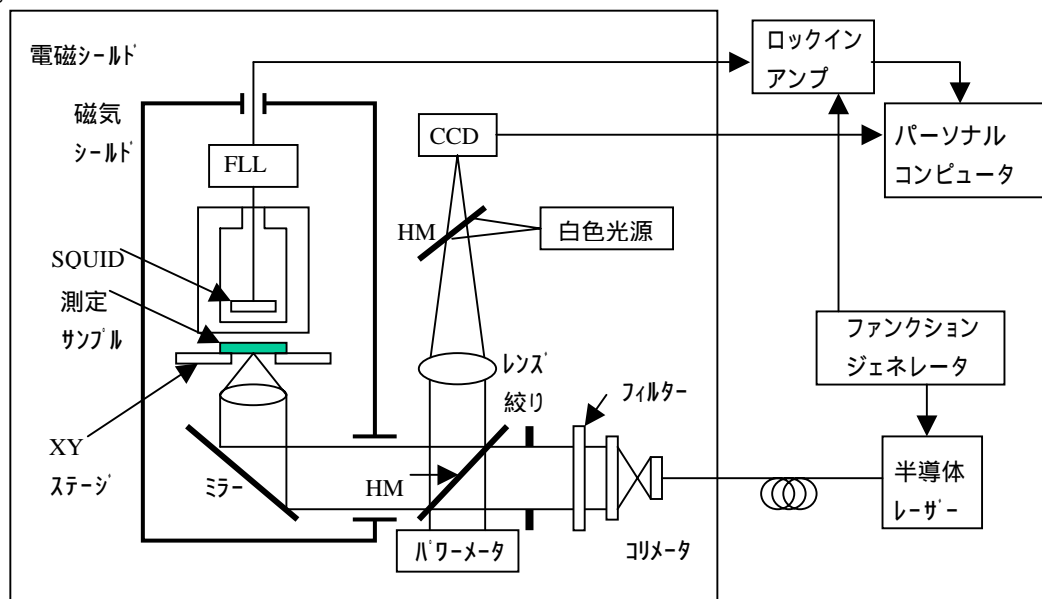


図1 システムブロック図

FLL: 磁束ロックループ回路

HM: 半透明ミラー

半導体レーザーには、波長が684nm、783nm、809nm、851nmの4種類を用いた。半導体レーザーはペルチェ素子で一定温度に制御されており、測定結果に及ぼす出力、波長変動の影響が最小になるようにしている。測定サンプルに照射されるレーザー光のパワーは各波長とも2mW程度である。半導体レーザーは、磁気シールドボックス及び電磁シールドルームの外に配置し、レーザー光をシングルモード光ファイバーで試料近傍まで導光することによって、半導体レーザーからのノイズ混入が最小になるようにしている。半導体レーザーをデューティ比50%、周波数3kHzで直接変調した状態で、レーザー光を遮光板で遮ったときのノイズレベルは、検波帯幅0.25Hzの条件170fT/Hz<sup>(1/2)</sup>であった。レーザー光を変調することにより、ロックインアンプ(Lock-in)を用いて低ノイズで狭帯域検出し、微弱信号を検出した。レーザーの駆動電流を変化させて光束量を制御すると、ノイズレベルも若干変化するので、光束量はフィルターで光学的に調整した。光ファイバーの先端に接続したコリメータレンズでレーザー光を平行光に調整し、倍率50倍、N.A. 0.8の対物レンズで試料表面に集光した。スポットサイズは20μmが得られている。光学部は倒立顕微鏡の構成となっており、ピント調整や試料表面の光学観察は、CCDカメラで随時行うことができる。

レーザー照射位置の走査は、試料を移動させて行った。試料を移動させるステージ(京セラ製)の主構成材料はセラミクスであり、 piezoelectric actuatorで駆動して、磁気ノイズが最小になるようにしている。フルストローク(20mm)量を移動させても、FLL(磁束ロックル

ープ)のロックが外れることはない。サーボ制御により0.2μmの位置合わせ精度を実現している。SQUID

(Tristan Technology社製)は、高温超伝導体(YBCO)であり液体窒素に浸して冷却するタイプである。SQUIDとレーザースポット間の距離は、約10.2mmであり、SQUIDのサイズは8mmである。磁気感度のある方向Bzは、試料に対して垂直な方向である。

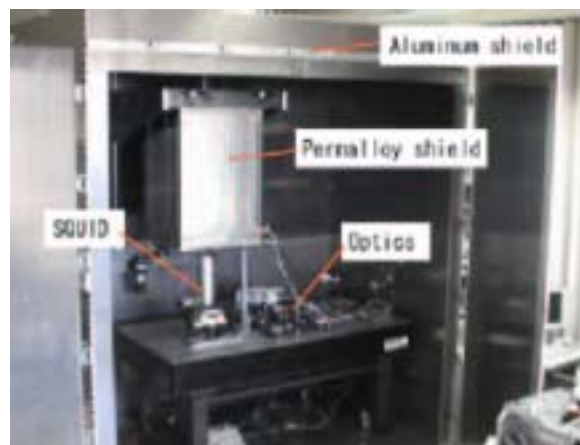


図2 実験装置外観

磁気シールド環境は、厚さ0.8mmのパーマロイ2層と厚さ5mmのアルミニウムから構成される磁気シールドボックス(シールド率-20dB@150Hz)と、厚さ20mmのアルミニウム製の電磁シールドルームの2重構成となっている。アクティブ計測の場合、ロックが外れない限り、信号検出が可能なので、生体計測のような嚴重なシールドは不要であり、このような簡易シールドでも十分である。

### 3 実験結果

#### 3-1 p-n接合を有する単結晶シリコン

図3に p-n 接合を有する単結晶シリコン試料の磁場分布の波長依存性を示す。レーザー照射位置を  $20\ \mu\text{m}$  毎に移動させて1波長あたり250 サンプル点を測定した。試料はプレーナー型のダイオード構造 ( $p^+/n$ ) であり、p型アイランドが周期的に配置されたものである。この一つのアイランドを横切るように直接的にスキ

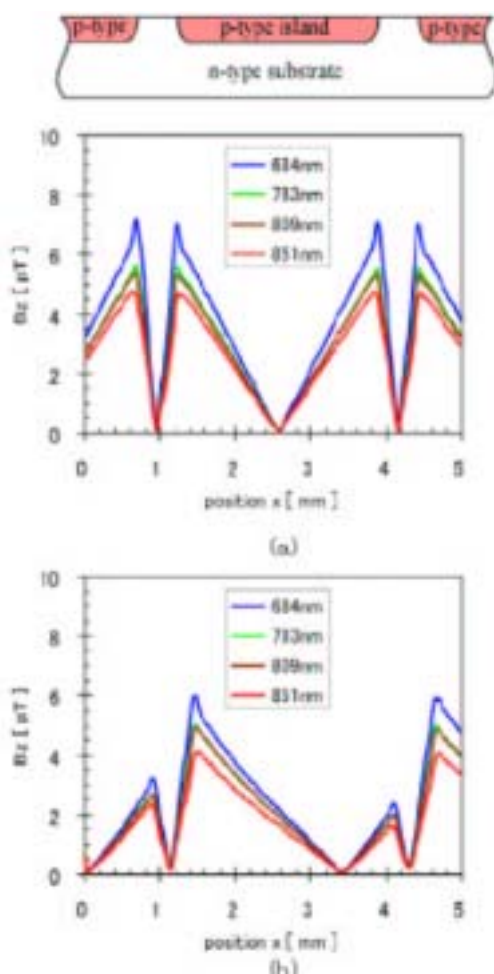


図3 p-n接合を有する単結晶シリコンの磁場分布の波長依存性

ヤンした。図3(a)は sample-1 であり n 型の不純物濃度が  $1 \times 10^{14}\text{cm}^{-3}$  である。図3(b)は sample-2 であり、n 型の不純物濃度は  $6 \times 10^{14}\text{cm}^{-3}$  である。p 型アイランドの不純物濃度はいずれのサンプルも  $1 \times 10^{18}\text{cm}^{-3}$  であり、接合深さは  $4\ \mu\text{m}$  である。空乏層厚さ  $d$  は、SRP(Spreading Resistance Profiling method)の測定結果により、 $1\ \mu\text{m}$  と仮定した。縦軸の磁束密度  $B_z$  は、SQUID の出力をロックインアンプで位相検波した振幅に対応している。 $B_z$  が極大となる場所(図中で4箇所)が p-n 接合の側壁部である。図3(a)の磁場分布をみると、p 型アイランドの両端で磁場が最大となり、中央部で最小となっている。この傾向は全てのサンプルに当

てはまった。特に、短波長側の  $684\text{nm}$  の磁場分布には p-n 接合の側壁部で鋭いピークが現れた。

図3(a)では左右ほぼ対称となっている典型的な磁場分布を示したが、図3(b)のように左右が非対称となるチップも数割の割合で存在する。このようなチップは、チップ内の何らかの要因により、電流分布が非対称になっていると思われる。単純な接触式の計測ではチップ全体の平均値しか測定できないので、このようなチップ内の分布に関する情報は、従来の測定方法では得られない。本レーザー-SQUID 法ならば、同一アイランド内部の分布も計測できることがわかる。

ステージを移動させてから、ロックインアンプの値が定常的な状態になるまで、およそ2秒程度必要であり、多点計測では長時間かかる。そこで、レーザーの波長を切り替えて、磁場のレーザー波長依存性を利用することにした。この効果を利用して少数キャリアの拡散長  $L_p$  を算出した。

図4は不純物濃度が異なる2種類のサンプルの  $1/B$  と  $1/\alpha$  の関係を図示したものである。各波長(4波長)の時の  $1/B$  と  $1/\alpha$  を求め、4点を最小自乗で直線近似して、外挿した X 切片から  $L_p$  を得ている。4つの波長について、それらの関係が直線状になり、その X 切片 ( $1/\alpha$  軸)が拡散長を示していることを確認できる。磁場の大きさが異なる4箇所のデータ(それぞれのサンプルで4本の直線に対応)は、いずれも一定の拡散長に収束している。すなわち、波長を変化させて測定すれば、p-n 接合の空間的な分布を測定しなくても、一点の測定だけで、キャリア拡散長の測定が可能であることがわかる。図5にはこのようにして算出した、全測定点での拡散長分布を示した。波長依存性を使うと、グローバルな磁場分布のシフトに影響されずに、安定に少数キャリア拡散

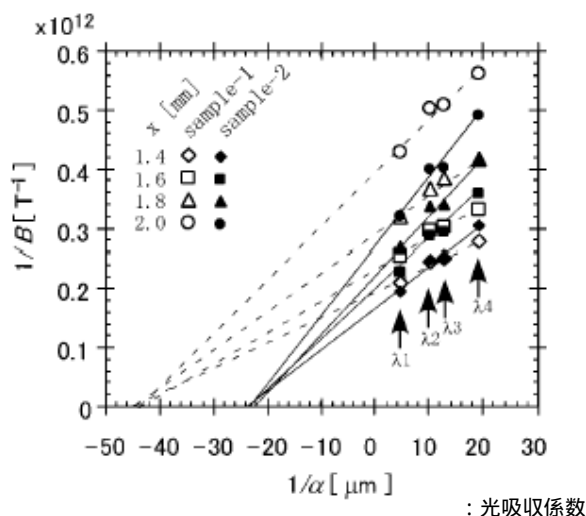


図4  $1/B$  と  $1/\alpha$  の関係

長を抽出できることがわかる。p-n 接合が存在する p 型アイランド上にレーザーを照射すれば、S/N が極端に

悪化する磁場が最小となる領域を除いて、一定の拡散長が得られている。これにより、高速で定量的な計測が可能になる。試料は基板の不純物濃度の異なる2種類であり、不純物濃度の低い Sample-1 ( $1 \times 10^{14} \text{cm}^{-3}$ ) では長い拡散長 (44  $\mu\text{m}$ )、不純物濃度の高い Sample-2 ( $6 \times 10^{14} \text{cm}^{-3}$ ) では短い拡散長 (22  $\mu\text{m}$ ) が得られた。これらの値は、接触式の SRP 法で得られた値と良く一致した。

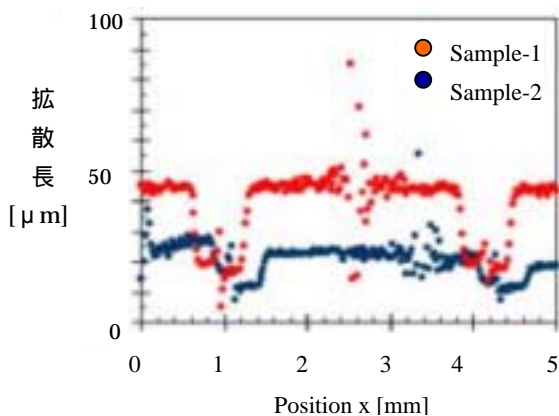


図5 少数キャリアの拡散長分布

### 3-2 多結晶シリコン

太陽電池で多用される多結晶シリコンの結晶粒界には内部電界が存在しており、光照射した場合には p - n 接合同様に光電流の駆動源となる。またそれと同時に、キャリアの再結合領域となる場合もあり、不均一な光電流分布となる。結晶粒界は太陽電池の性能を劣化させており、これを評価することは重要である。通常、結晶粒界は光学的にも観察可能である。しかし、全ての結晶粒界が電気的特性を劣化させるのではなく、存在していても電気的には不活性で問題のない場合もある。したがって、電気的な結晶粒界を評価するのが好ましい。図6に多結晶シリコンサンプルの磁場分布を測定した結果を示す。試料は p 型基板の表面全体に n 型を設けた構造と

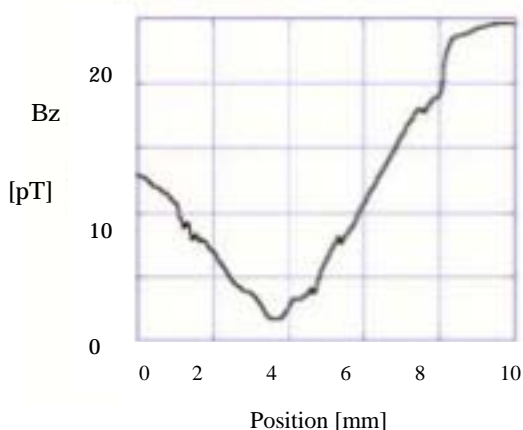


図6 多結晶シリコンの磁場分布

なっている。試料外周部で磁場が大きくなるグローバルな磁場分布の中に、局所的に不連続な部分があるが、この部分が結晶粒界と考えられる。

## 4 結 言

レーザーと高温超伝導 SQUID を組み合わせたレーザー-SQUID 顕微鏡を開発し、半導体の非接触評価を行った。多波長のレーザー光を用いることによって、p - n 接合を有する単結晶シリコンウエハーの少数キャリアの拡散長を定量的に評価する方法を示した。さらに、多結晶シリコンの太陽電池セルの結晶粒界を検出できることを示した。本方法では、電気的な接触も試料表面の前処理も必要としないので、ウエハーに汚染やダメージを与えることはない。そのため、半導体 (LSI、低温ポリシリコン TFT、ワイドバンドギャップ材料等) を製造プロセスの中で検査する用途に好都合である。検査汚染がないので、検査後に製造ラインに復帰でき、抜取検査用のダミーウエハーが不要で、検査によるスクラップウエハーが排出されない。本システムは半導体産業の効率化にとっても、また、SQUID の産業応用を加速する上でも有益と思われる。

## 文 献

- 1) 大坊真洋, 小高正, 志子田有光, 2000 年秋季第 6 1 応用物理学学会学術講演会講演予稿集, 3p-ZM-14, 210 (2000)
- 2) 大坊真洋, 小高正, 志子田有光, 計測自動制御学会第 17 回センシングフォーラム資料, 227(2000)
- 3) 大坊真洋, 小高正, 志子田有光, 電気学会センサ・マイクロマシン準部門平成 12 年度総合研究会, PHS-00-28 28, 65 (2000)
- 4) 大坊真洋, 泉田福典, 小高正, 志子田有光, 岩手県工業技術センター研究報告, 8, 13 (2001)
- 5) 大坊真洋, 泉田福典, 志子田有光, 岩手県工業技術センター研究報告, 9, 25 (2002)
- 6) M. Daibo, T. Kotaka and A. Shikoda, Physica C, 357-360 360, pp.1483-1487, 2001.
- 7) M. Daibo, A. Shikoda and M. Yoshizawa, Physica C (in press)
- 8) J. Beyer, H. Mats, D. Drung and Th. Schurig, Applied Physics Letters 74-19 19, 2863 (1999)
- 9) T. Schurig, J. Beyer, D. Drung, F. Ludwig, A. Ludge and H. Riemann, IEICE Trans. Electron. E85-C C, 665 (2002)
- 10) K. Nikawa and S. Inoue, Technical Report of IEICE, Osaka, ICD2000-174 174, 1 (2000)
- 11) K. Nikawa, IEICE Trans. Electron. E85-C C, 746 (2002)

## 振動切削加工技術の基礎的研究\*

堀田 昌宏\*\*、池 浩之\*\*\*、勝負澤 善行\*\*\*

高川 貫仁\*\*\*、鈴木 一孝\*\*\*\*、飯村 崇\*\*\*\*\*

新たに開発される耐摩耗性に優れた新素材を加工するため、工具刃先に超音波振動を付加する振動切削方法を用いて、鋼系高硬度材料及び超硬を被削材とした基礎的な加工実験を行った。その結果、今回設定した切削条件において、切削速度を遅くすると正常な加工は期待できないこと、削り誤差は振動切削を用いた場合小さくなることがわかった。

キーワード：振動切削、超音波振動

## Basic Study of the Vibration Cutting

HOTTA Masahiro, IKE Hiroyuki, SHOUBUZAWA Yoshiyuki ,

TAKAGAWA Takahito, SUZUKI Kazunori and IIMURA Takashi

We performed basic work experiment, using the way of giving ultrasonic vibration tool edge, in order to work a new material that have the anti-wearing. As a result, we knew that cutting speed is slow, normal working is impossible, and when vibration cutting is used, cutting error is loss, in cutting conditions set this time.

**key words : vibration cutting, ultrasonic vibration**

### 1 緒 言

新たに開発される耐摩耗性に優れた新素材を加工するために、新規加工法として、工具刃先を超音波域の振動数で切削方向に規則的に振動させ断続的に切削する超音波振動切削法（以下、振動切削）を提案した。この方法は、工具刃先が連続接触することがない一種の断続切削であるために切削力の低減が期待でき<sup>1)</sup>、刃先が欠損することなく安定して加工できるのではないかと考えられる。本報では、振動切削が通常加工法と比べてどの位優位性があるか不明であるため、実際に切削条件を変更しながら振動切削を実施し、その加工特性に関する基礎的な評価実験を行ったので、その経過について報告する。

### 2 実験方法

無断变速機能を有する汎用旋盤（昌運製作所製 ST-5）を用いて、予備実験と本実験の2種類を実施した。予備実験として、被削材を鋼系高硬度材料に選定し、片持ちによる外周切削を実施した。仕上げ加工に振動切削を適用するため加工条件を検討した結果、加工しるをそれぞれ：片側 0.05mm, 0.1mm に、送り

は指定粗さ（ $R_y$  が 1.6 ~ 6.3  $\mu\text{m}$  内にあること）を満足するため 0.1mm/rev に設定した。そして、触針式表面粗さ測定機（Form Talysulf S5, テーラーホブソン製）を用いて加工面の表面粗さを、削り始めの寸法と削り終わり時の寸法をマイクロメータで測定し、その誤差を削り誤差とした。工具として、通常切削ではセラミック工具及び cBN 工具を、振動切削では超硬工具を使用した。加工条件を表 1 に示す。

本実験として、被削材を超硬に選定し、端面切削を実施した。工具は cBN 工具を用い、切削液として、鏡面加工機用及び研削加工機用の粘性の低い非水溶性切削油 難削材加工用のタッピングオイルを使用した。切削速度、送り速度は通常加工の予備実験で実施した結果を基に決定した。表 2 に加工条件を示す。なお、予備実験、本実験では、工具刃先に超音波振動を付加する装置として市販の超音波振動切削装置（富士工業（株）製、FUM1）を用いた。この装置は振動周波数 27kHz、最大片振幅 12.5  $\mu\text{m}$  の性能を有し、切削工具として振動用ホーンへの取り付けが容易な市販のスローアウェイチップを用いている。写真 1 に超音波

\* 素材再利用による新材料製造技術開発事業  
\*\* 電子機械部（現在 電子機械技術部）  
\*\*\* 金属材料部（現在 材料技術部）  
\*\*\*\* 化学部（現在 材料技術部）  
\*\*\*\*\* 企画情報部

振動切削装置を示す。なお、本文中に用いる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)
- Ry : 縦方向の最大粗さ (μm)



写真1 超音波振動切削装置

表1 加工条件1

被削材	SKH51(HRC63)
速度	10,20,30,40m/min
送り	0.1mm/rev
切り込み	0.025mm/回, 0.05mm/回, 2回仕上
切削液	無し
工具	通常切削 cBN, セラミックス 振動切削 超硬(JISK10種相当) (いずれもノーズR0.8mm)

表2 加工条件2

被削材	G70(超硬)
速度	5,10,20m/min
送り	0.05,0.1mm/rev
切り込み	0.010mm/回, 2回仕上
切削液	無し, 鏡面加工用油, 研削加工用油, タッピングオイル
工具	振動切削 cBN(ノーズR0.4mm)

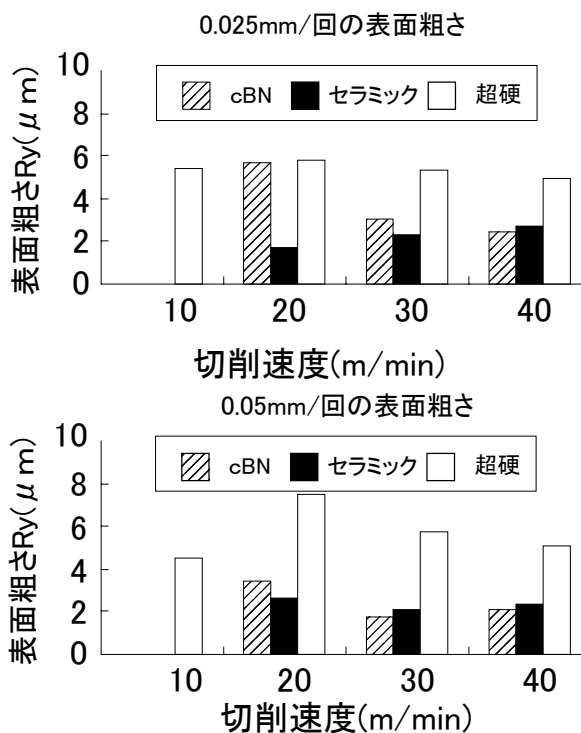
### 3 実験結果及び考察

#### 3-1 予備実験

表1の条件で実施したところ、表面粗さRyは図1に示す結果となった。振動切削において、切り込み及び切削速度を変更しても、大きな変化はない。また、Ryが平均約6μmと通常切削した場合よりも大きい数値を示しているが、指定粗さ( , Ryが1.6~6.3μm内にあること)内にあるため、要求条件を満たしている。また、cBN工具及びセラミック工具を用いて通常切削した場合、切り込み及び切削速度を

更しても、Ryは振動切削よりも小さい値(2~4μm)となっている。セラミック工具を用いた場合は、切り込みを変更したにもかかわらず、切削速度が大きくなるについて、値が小さくなっていることがわかる。粗さが小さくなった原因の一つとして、焼入鋼を切削した際、背分力が大きくなるため<sup>2)</sup>、その結果パニシ効果により粗さが小さくなっていると思われる。ところで、加工面を観察すると工具刃先が規則正しく転写されているように見えるが、よく観察すると所々組織がむしられた様な痕が見られる。この現象は、切削速度及び切り込みを変更しても同様の現象が観察されることから、工具が加工面を切っている状態ではなくある程度面をこすっているのではないかと推測される。cBN工具を用いた場合は、切り込みや切削速度を変更しても、さほど差は見られない。

写真2に ( v =20m/min , f =0.1mm/rev , a

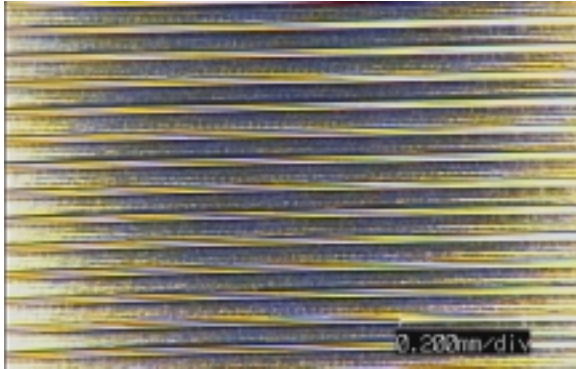


f = 0.1mm/rev 乾式切削 被削材: SKH51 (HRC63)

図1 切削速度を変化させた場合の表面粗さ

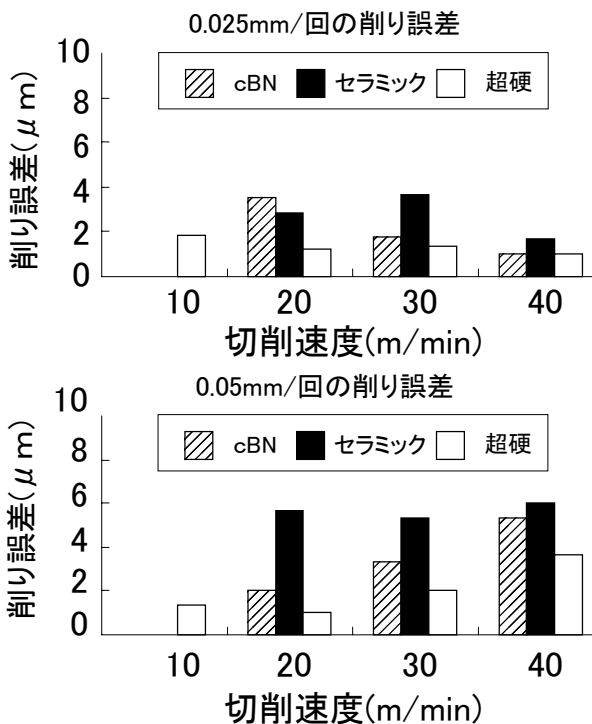
=0.025mm/回, 超硬工具)の加工条件で振動切削した際の加工面を示す。加工面には、工具刃先の送りマークとは別に工具の超音波振動によって生じた振動マークが切削方向と垂直に細かな線となって現れている。また、切削速度が速い程、振動マークが大きくなっていることがわかる。振動装置の仕様からすると、理論的には約12μm/回当たりの振動(v=20m/minの場合)をしており、加工面写真から振動ピッチを判断するとほぼ同値に見えるので、振動切削が正常に行われていたと判断できる。しかし、切削速度が遅くなると、振動マークがあまり確認できないので、振動切削が正

常に行われていないと思われる。以上のことから、振動切削を行う場合、切削速度を遅くすると正常な加工ができないと考える。



$v = 20\text{m/min}$   $f = 0.1\text{mm/rev}$   $a = 0.025\text{mm/回}$ ,  
被削材: SKH51 (HRC63), 超硬工具, 振動切削  
写真2 振動切削時の加工面写真

通常切削と振動切削時との削り誤差(削り始めの寸法と削り終わり時との寸法差)を図2に示す。振動切削において、 $a = 0.025\text{mm/回}$ の場合、切削速度が変化しても削り誤差はほぼ  $1\mu\text{m}$  とほぼ差がないが、 $a = 0.05\text{mm/回}$ の場合、切削速度が大きくなるにつれて値が大きくなっている。通常切削の場合、振動切削



$f = 0.1\text{mm/rev}$  乾式切削 被削材: SKH51 (HRC63)  
図2 切削速度を変化させた場合の削り誤差

と比べて全体的に値が大きくなっているセラミック工具は切削速度が変化しても値に差が見られないが、cBN 工具は切削速度が大きくなるにつれて、値が大きくなっている。また、 $a = 0.025\text{mm/回}$ の場合、切削

速度が大きくなるとセラミック工具及びcBN工具では誤差が小さくなっているが、原因が特定できないので、今後の検討課題である。

また、加工中の状態を見ると、通常切削の場合、切削熱発生のため、切り屑が若干ではあるが変色し、加工後に加工表面に触ると熱くなっていることがわかる。しかし、振動切削の場合、切り屑が通常切削の場合よりも変色せず、加工表面も熱くなっていない状態であるため、あまり切削熱が発生していないのではないかと推測される。

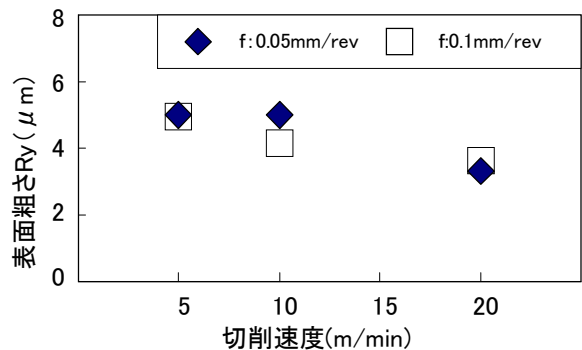
理由として、振動切削は断続切削であるため、加工負荷が被削材にかかった時に離れるので、被削材の変形が起きず、また切削熱が発生しても刃先が冷却されるので、被削材も熱くならないと思われる。

以上、設定した加工条件において、鋼系高硬度材料を切削した場合、表面粗さにおいて振動切削は粗さが指定公差内とはいえ通常切削に比べて大きくなっているため、通常切削に優位性があられ、削り誤差では逆に振動切削に優位性があられた。理由として、振動切削は断続切削であるため、加工負荷が被削材にかかった時に離れるので切削力も小さくなり<sup>3)</sup>、被削材の変形が起きにくいと思われる。

振動切削において、削り誤差が小さいと言うことは、通常切削のように指定寸法に仕上げるのに何回も加工することがないことを示しているため、加工時間もトータルとして短縮される方向にある。よって、この加工法は径が小さくかつ高硬度である材料を片持ち支持で加工しなければならない場合には、特に有効であると思われる。

### 3-2 本実験

表2の条件で実施したところ、表面粗さ  $R_y$  は図4に示す結果となった。振動切削において、切削速度が



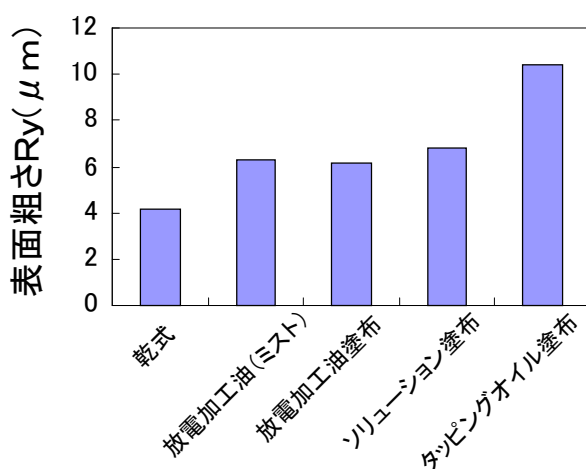
$a = 0.01\text{mm/回}$ , 乾式, cBN工具 (R0.4mm)

図3 加工条件変更による表面粗さ

大きくなるにつれて、面粗さが小さくなっている。しかし、送りを変化させた場合、さほど面粗さに変化が見られない。よって、仕上げ面粗さを小さくするためには、送りを変更するよりも切削速度を変更した方がより効果が期待できるとと思われる。

また、切削速度及び送りを固定した状態で切り込みを変更したところ、表面粗さは  $a=0.01\text{mm}/\text{回}$  に設定した場合が1番小さかったが、それ程面粗さにさほど変化が見られない。一般的にあまり切り込みを小さくすると面粗さがかえって悪くなる傾向があるが、今回設定した加工条件では切り込み量が小さいため、多少変化させても面粗さに変化が現れることが少ないと思われる。

図4に湿式切削(数種類の切削液をかけて切削)と乾式切削(何もかけないで切削)状態での表面粗さを示す。結果から言うと、乾式切削の方が湿式切削した場合よりも粗さが小さくなっている。また、湿式切削状態で比較した場合、粘性の高い切削液(鏡面加工油<研削加工油<タッピングオイル)を使用した方が面粗さが大きくなっている。一般的に湿式切削した場合、面粗さが小さくなっており、今回の結果は全く逆となっている。原因として考えられるのが、振動切削は切削力が小さい状態で加工しているため、切削液をかけることにより刃先が滑って切り込む場合と切り込まない場合があるのではないかと、振動によって発生した熱によって液が局所的に蒸発し、そのために深く切り込



$v = 10\text{m}/\text{min}$  ,  $f = 0.1\text{mm}/\text{rev}$  ,  $a = 0.01\text{mm}/\text{回}$  ,  
c B N 工具 (R0.4mm)

図4 切削液毎の表面粗さ

んでしまったのではないかと考えることができるが現時点では特定できないため、今後の検討課題である。

今回、使用した工具刃先の丸み半径は  $0.4\text{mm}$  と小さいので、それよりも大きい物を使用することにより、面粗さが小さくなると考えられるので、今後工具刃先の丸み半径を変更する等の検討を加えた実験を行う必要があると思われる。

#### 4 結 言

今回新たに開発される耐摩耗性に優れた新素材材料を加工するための予備試験として、鋼系高硬度材料及び超硬を振動切削した場合の加工特性に関する基礎的な評価実験を行ったところ、以下のことがわかった。

- 1) 鋼系高硬度材料を切削した場合、表面粗さにおいて、振動切削は切削速度及び切り込みを変更してもさほど値に差が見られない
  - 2) 鋼系高硬度材料を切削した場合、削り誤差において、振動切削は通常切削よりも値は小さく、かつ切削速度及び切り込みを変更してもさほど値に差が見られない
  - 3) 超硬を振動切削した場合、乾式切削で切削速度をある程度早めに設定した方が表面粗さを小さくする可能性がある。
- 今後、工具刃先の丸み半径を変更する等の検討を加えた実験を行うことによって振動切削加工の加工特性を更に把握すると共に、新たに開発される耐摩耗性に優れた新素材材料の加工について検討を行っていきたいと考える。

#### 文 献

- 1) 森脇俊道他：超精密生産技術体系第2巻実用技術，フジテクノシステム，910(1994)
- 2) 狩野勝吉：難削材の切削加工技術，工業調査会，213(1991)
- 3) 隈部淳一郎：振動切削，実教出版，21(1979)



## [ 研究報告 ]

# カーボンナノチューブ薄膜の応用に関する研究

泉田 福典\*、馬場 守\*\*、田中 慎造\*

4H-SiC の表面分解法により作成した CNT (カーボンナノチューブ) 薄膜を TEM (透過型電子顕微鏡) により観察し、その厚さを評価した。さらに 6H-SiC や N 形、P 形の 4H-SiC でも表面分解法を実施し、Raman 散乱スペクトルの測定によって基板表面の評価を行った。その結果、いずれの基板でも CNT による散乱ピークが観測された。

さらに、SiC 基板上に作成した CNT 薄膜上に固体電解質と正極を堆積し、薄膜 Li 電池の充放電特性を測定した。

キーワード：カーボンナノチューブ、SiC、TEM、Li イオン電池

## Research for Application of Carbon Nanotube Thin Film

IZUMIDA Fukunori, BABA Mamoru and TANAKA Shinzo

It observed by TEM (Transmission Electron Microscope) of the CNT (Carbon Nanotube) thin film created by the surface decomposition method of 4H-SiC, and the thickness was evaluated. Furthermore, the surface decomposition method of 6H-SiC, N-type and P-type 4H-SiC was enforced, and the substrate surface was evaluated by measurement of Raman scattering spectrum. Consequently, the scattering spectrum by CNT was observed at any substrate.

Furthermore, a solid electrolyte and positive electrode were deposited on the CNT thin film created on the SiC substrate, and the charge-discharge characteristic of a thin film Li battery was measured.

**key words : carbon nanotube, SiC, TEM, Li ion battery**

### 1 結 言

#### 1 - 1 CNT 薄膜の生成と評価

CNT は、ナノサイズの特異な形状とその興味深い物性を持つ新しい材料として、様々な分野で注目されている。FPD (フラットパネルディスプレイ) 用の電子放出源やプローブ顕微鏡用のプローブなどにはすでに実用化されている。また、触媒 CVD 法による大量に合成する技術も進み、より安い単価で大量に供給できる体制が整えられつつある。高品質の CNT が安価に大量に供給されれば、さらにその応用が広がり、その応用は様々な分野に波及すると考えられる。

昨年度は、SiC 単結晶基板を高温加熱する SiC 表面分解法により CNT 薄膜の合成を試み、Raman 散乱スペクトルや ESCA による分析評価を行った<sup>1)</sup>。ところで、SiC は、Si と C の積層の違いによって多数の結晶構造をとることが知られている。これらはポリタイプ (多形) と呼ばれ、SiC では 80 以上のポリタイプが報告されている<sup>2)</sup>。代表的なポリタイプとして、3C-SiC、4H-SiC、6H-SiC などがある。また、N をドーピングすることで N 形半導体に、Al をドーピングすることで P 形半導体になる。これら結晶構造の違いや不純物が表面分解時の CNT 成長に影響を与える

ことが考えられる。そこで、今年度は SiC のポリタイプやドーピング種の違いによる CNT の形成について検討した。

また、生成された CNT を直接観察するために、FIB により TEM (透過型電子顕微鏡) 観察用の試料の作成を行い、TEM による断面観察を行った。

#### 1 - 2 Li 電池への応用

携帯電話やノートパソコンなどの携帯用電源として二次電池が使われており、リチウムイオン二次電池は電池の総生産額の約 40% を占めている。現在実用化されている Li 電池の負極材料として、グラファイトが一般的に使われているが、CNT を用いることでさらに容量が上がる事が期待されている。現在、岩手大学では電極と電解質すべて固体の薄膜 Li 電池を開発しており<sup>3)</sup>、本研究で作成した CNT 薄膜を負極材料として薄膜 Li 電池を作成し、その充放電特性の測定を行った。

### 2 実験方法

#### 2 - 1 SiC の基板と CNT 薄膜

Cree 社が市販している、表面を C で終端した N 形 4H-SiC、P 形 4H-SiC、N 形 6H-SiC の各基板 (10mm × 10mm)

\* 電子機械部 (現在 電子機械技術部)

\*\* 岩手大学工学部電気電子工学科

をアセトン中で10分間超音波洗浄した後、電気炉により $1 \times 10^{-2}$ Torr、1500 で2時間加熱を行った。その後、各試料のRaman 散乱スペクトル測定を行った。励起はHe-Ne レーザーにより波長514.5nm、出力400mWとした。

## 2-2 TEM 観察による評価

電気炉で $1 \times 10^{-2}$ Torr、1500 で2時間加熱したN形4H-SiC基板表面に、保護膜として厚さ $0.3 \mu\text{m}$ のAl膜を蒸着した後、FIB(セイコーインスツルメンツ社製SMI-9200)でTEM観察試料の作成を行った。

次に、TEM試料作成の手順を述べる。FIBの機能であるFIB-CVDにより幅 $2 \mu\text{m}$ 、長さ $50 \mu\text{m}$ 程度の領域に厚さ $0.5$

$\mu\text{m}$ 程度の炭素の保護膜を堆積した(図1(a))。次に、Gaイオンビームで、厚さ $0.5 \mu\text{m}$ 程度の部分を残して両側を掘り下げ(図1(b))。残った部分をさらに厚さ $0.1 \mu\text{m}$ 程度まで薄く加工した(図1(c))。加工したさらに試料を載せたステージを約 $50^\circ$ 傾け、イオンビームにより試料を基板から切り離した(図1(d))。加工した試料片は、石英プローブで静電吸着して吊り上げ(図1(e))、TEM観察用グリッドの上に配置した。

FIBで加工した状態を図2に示す。またグリッドに積載した状態を光学顕微鏡で観察した写真を図3に示す。実際には観察試料片がグリッド上から脱離しないよう、図3のように試料を配置したグリッドの上にさらにコロジオン膜をつけて保護した。TEM観察は、岩手大学機器分析センター所有の透過型電子顕微鏡(株式会社日立製作所製H-800)を用いて行った。

## 2-3 薄膜Li電池の充放電特性

$1 \times 10^{-2}$ Torr、1500 で2時間加熱したN形4H-SiCの表面にスパッタリングで、固体電解質( $\text{Li}_3\text{PO}_4\text{-xN}_x$ )を10000、正極活性物質膜( $\text{LiMn}_2\text{O}_4$ )を8000を堆積させ、さらにバナジウム電極を形成し、定電流( $I=0.2 \mu\text{A}$ )で23回充放電を繰り返し、充放電特性の測定を行った。充電は $0.2 \mu\text{A}$ で30分、放電は $0.2 \mu\text{A}$ で端子間電圧が $0.3\text{V}$ になるまで実施した。

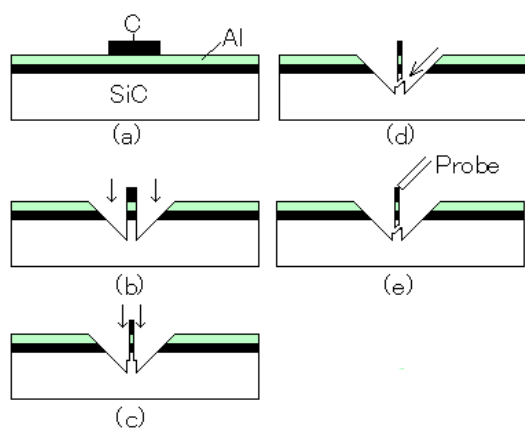


図1 FIBによるTEM観察試料の作成

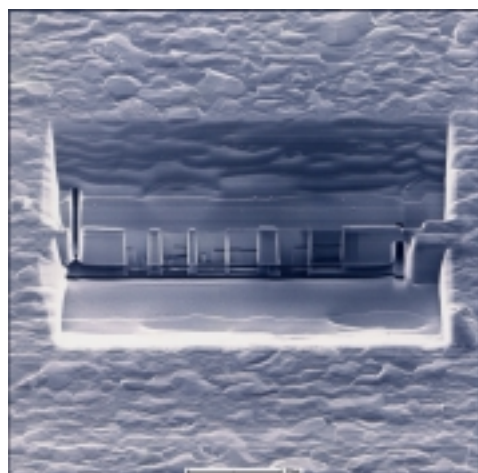


図2 FIBで加工したTEM観察用試料

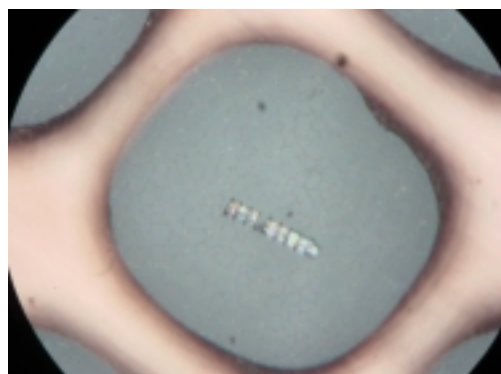


図3 グリッドに積載したTEM観察用試料

## 3 実験結果及び考察

### 3-1 SiCポリタイプにおけるCNT薄膜

$1300\text{cm}^{-1} \sim 1800\text{cm}^{-1}$ のラマンスペクトルについて測定した結果を図4に示す。

SiC基板による散乱スペクトルが畳重しているため、4H-SiCと6H-SiCは結晶構造の違いにより全体のスペクトルは異なるが、表1に示すとおりどの結晶においてもCNTに起因すると思われるDバンドとGバンドにピークが存在している。

Gバンドではいずれの結晶でも $1553\text{cm}^{-1}$ 付近と $1580\text{cm}^{-1}$ 付近とにそれぞれピークが観測されている。これらはCNTを構成するグラフェンに起因する散乱である。また、Dバンドにおけるピークの存在は、グラフェンシートにおける結晶の乱れに起因すると考えられる。

これらの結果から、6H-SiC、4H-SiCいずれのタイプでも高温昇華法によりCNTが成長していると考えられる。またN形、P形いずれのスペクトルもGバンド、Dバンドのピーク強度は同等であるため、ドーピング種による影響はないと考えられる。

### 3-2 TEMによる評価

FIBにより作成した4H-SiC表面部分の断面をTEMにより観察した結果を図5に示す。図左下はSiC基板、右上は保護膜として表面に蒸着したAlである。SiC基板とAlとの間に一様な厚さの層が観察される。この層がCNT薄膜であると考えられる。この観察結果からCNT薄膜は

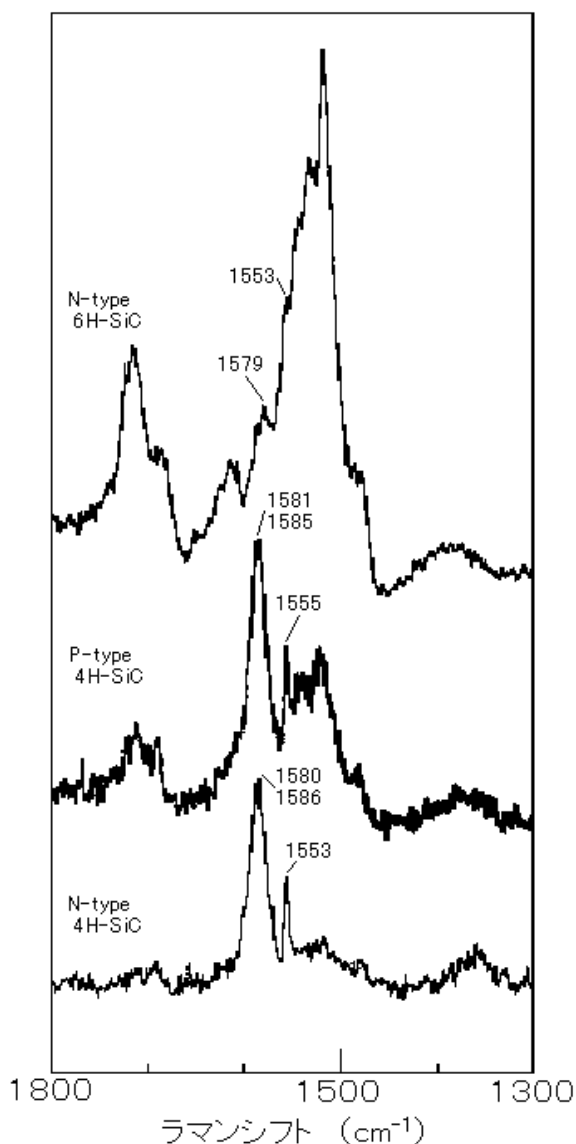


図4 SiCポリタイプのRaman スペクトル

表1 Raman 散乱スペクトルのピーク

バンド名	6H-SiC		4H-SiC	
	N形	P形	N形	N形
Dバンド	1384cm <sup>-1</sup>	1370cm <sup>-1</sup>	1357cm <sup>-1</sup>	
Gバンド	1553cm <sup>-1</sup>	1555cm <sup>-1</sup>	1553cm <sup>-1</sup>	
	1579cm <sup>-1</sup>	1581cm <sup>-1</sup> 1585cm <sup>-1</sup>	1580cm <sup>-1</sup> 1586cm <sup>-1</sup>	

20nm ~ 30nm 程度の厚さで生成されていることが示される。

1 × 10<sup>-4</sup>Torr、1500 で 1 時間加熱した場合でも、CNT は100nm程度の長さまで成長することが知られており<sup>4)</sup>、本研究のCNT薄膜の厚さはその1/5程度しかない。この原因として、電気炉内の汚染によるSiC表面の金属膜コーティング、Al蒸着によるCのAl層への拡散、FIB加工時のイオンビーム照射ダメージ、などが考えら

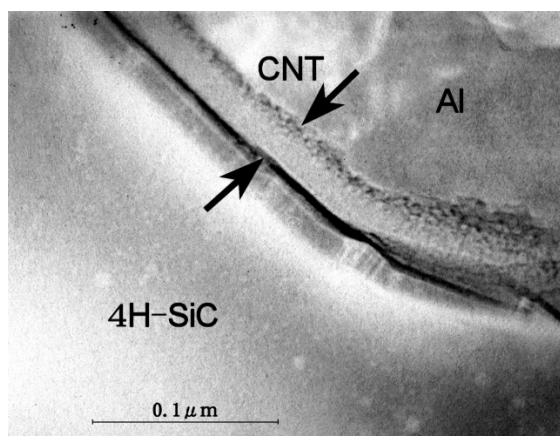


図5 SiC断面のTEM写真

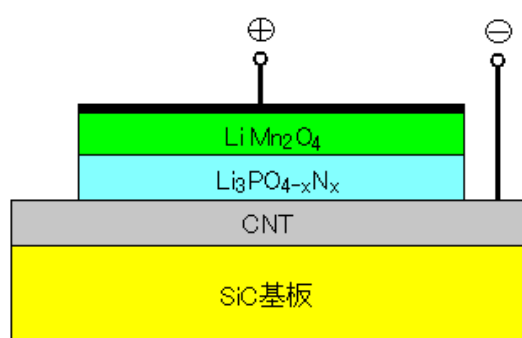


図6 CNT薄膜を使った薄膜Li電池

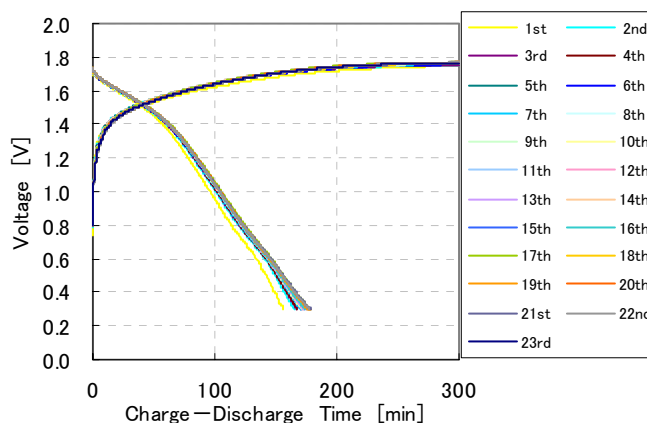


図7 薄膜Li電池の充放電特性

表2 薄膜Li電池の放電容量

負極活物質	放電容量 (μAh/cm <sup>2</sup> )	膜厚 ( )
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	18	2000 ~ 2500
CNT	2.7	200 ~ 300

れる。

### 3-3 薄膜Li電池の充放電特性

図6に作成した薄膜Li電池の構造を示す。また、このLi電池の充放電特性を図7に示す。充放電の繰り返しによる特性の大きな変化は見られないことから、安定した

充放電が行われていると考えられる。むしろ、何度か充放電を繰り返すことによって、放電時間が若干長くなる傾向が見られる。これは、充放電を繰り返す事によってLiイオンの拡散パスが形成され、初期状態よりも負極活物質におけるLiイオンの拡散がスムーズに行われるようになるためと考えられる。

一方、飽和充放電電圧は1.8V程度であり、 $V_2O_5$ を負極活物質とした場合の約3Vに比べかなり低い。今回作成したLi電池はCNT膜を電極としても利用しており、CNT薄膜における電圧降下も考えられるが、それだけでこれ程の電圧低下があるとは考えにくい。他の別の要因について検討する必要がある。

また、表2に示すように、単位面積あたりの放電容量は、 $2.7 \mu\text{Ah}/\text{cm}^2$ であり、 $V_2O_5$ の場合に比べ15%しかない。この原因は、CNTの膜厚が $V_2O_5$ の2000に比べ非常に薄いことが挙げられる。膜厚が薄いためLiイオンのドーブ量が少なく、小さな容量しか得られないものと考えられる。また、放電容量の計算ではCNT膜がSiC全面に様に形成されていることを前提としており、CNT膜が形成されていない部分が存在すれば、その部分はLi電池動作に寄与しないため、実効的な容量は低くなる。

Li電池の特性を改善するためには、基板に様にかつ10倍以上の膜厚でCNT膜を形成する必要がある。

#### 4 結 言

SiC表面分解法によりCNTの作成を行い、TEM観察を実施した結果、20nm~30nmの非常に薄いCNT薄膜であるこ

とが分かった。また、Raman散乱測定により、N形6H-SiC及びP形4H-SiC、N形4H-SiCのいずれでも、CNT膜が生成されていることが示された。

これらの結果を踏まえ、SiC表面分解法で作成したCNT膜上に固体電解質および正極活物質を積載し、固体薄膜Li電池を作成し、充放電特性を測定した。その結果Li電池の充放電特性は確認されたが、飽和電圧が低いことや充放電容量が小さいことなどの問題があることが分かった。

これらの問題を解決するためには、CNT膜の改善を行う必要があると考えられる。

#### 文 献

- 1) 泉田福典、馬場守、田中慎造：SiCによるカーボンナノチューブ薄膜の作製と評価、岩手県工業技術センター研究報告，9(2002)
- 2) 日本学術振興会第124委員会 編：SiC系セラミック新材料、内田老鶴圃(2001)
- 3) M. Baba, N. Kumagai, N. Fujita, K. Ohta, K. Nishidate, S. Komaba, H. Groult, D. Devilliers, B. Kaplan: Fabrication and Electrochemical Characteristics of All-Solid-State Lithium-Ion Rechargeable Batteries Composed of  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$  Positive and  $\text{V}_2\text{O}_5$  Negative Electrodes, J. Power Sources, 97-98, 798-800(2001)
- 4) 田中一義 編：カーボンナノチューブ ナノデバイスへの応用、化学同人(2001)

## 秋鮭の画像処理品質判定システムに関する研究

長谷川 辰雄\*、田中 慎造\*

秋鮭の品質等級の選別は岩手県が最も細分化されているが、その基準は必ずしも一定ではない。これは、明確な選別基準が無いことや、人手選別によるバラツキ、地域の目的に応じた合理的な選別など、様々な要因が考えられる。また、食品加工では、衛生面から人手による選別よりも、自動機械による選別が望まれている。このような背景から本研究では、画像処理による鮭の自動品質判定を行い、選別基準の一定化と衛生管理の向上を目的とする。品質判定の方法は、カラー画像センサによって、鮭の体表面に現れる赤色模様の面積を計算することで判定を行った。本実験は4種類の鮭の画像撮影を行い、一定の判定基準が設定可能であることについて述べる。

キーワード：鮭、等級選別、カラー画像

## The Evaluation of Quality of Salmon Utilizing Image Processing

HASEGAWA Tatsuo and TANAKA Shinzou

As for the quality grade definition of the salmon, Iwate Prefecture is the most detailed, but the standard for grade selection isn't clearly stable. Various factors that are no standard, the dispersion by the person, and rational grade selection in local area can be thought. As for food processing hygienically, the automatic selection machine of the salmon is required than the hand works. This research did the automatic grade selection of the salmon by the image processing and aimed at the stabilization of the standard for selection and the improvement in hygienic management. The Grade selection was judged by the calculation the red area of the salmon of the color image sensor. The standard colors for the grade selection were decided in this experiment by using four kinds of salmon.

**key words: salmon, grade selection, color image**

### 1 緒 言

北海道および岩手県はサケ・マスの漁獲量が全国都道府県で第1位と第2位を占め、年間100万尾を超える水揚げを持つ市場が、北海道で約15か所・岩手県で約8か所存在する。秋鮭の盛漁期には1日当たりの水揚げ量が10万尾を超える市場も少なくない。市場におけるサケ・マスの選別工程は、イクラがとれる雌と雄の判別が最も重要であり、このほかに肉質に影響がある体の色調による品質選別と重量選別が求められる。しかし、盛漁期の選別作業は熟練者の手作業に頼るところが多く、選別の迅速化・正確化が求められている。また、食品加工では衛生管理(HACCP)の導入が不可欠になっているが、対応の遅れが目立つ状況にある。特に市場での選別・搬送は屋外での手作業が主であり、現状のままでは、海外を含む食品流通に対応できなくなるのが懸念される。このため、HACCP対応の一環としても、人手を介さない自動選別システムに移行することが求められている。本研究では、品質判別の自動化を目的に、カラー画像処理による色抽出の実験を行い、一定の判定が可能であることを示した。一般的に鮭の品質選別は、主に成熟色として現れる体表面の色や模様、時間経過と共に変化することを捉えて行われている。過去に白黒カメラを使用した実験例があるが、薄い黄色と白色の区別が困難である問題が報告<sup>1)</sup>されている。本研究は、この問題を解決するため、カラーCCDカメラを利用し、より詳細な色の識別を試みた実験について報告する。

### 2 実験方法

#### 2-1 選別システムの設計

選別システムの全体イメージを図1に示す。鮭はベルトコンベアで搬送され、雌雄選別、品質選別、重量選別、秤量の各機能で選別が行われる。本研究は品質選別の高速自動化を実現するため、移動する鮭をカラーカメラで撮影し、画像処理で選別する方法を提案した。

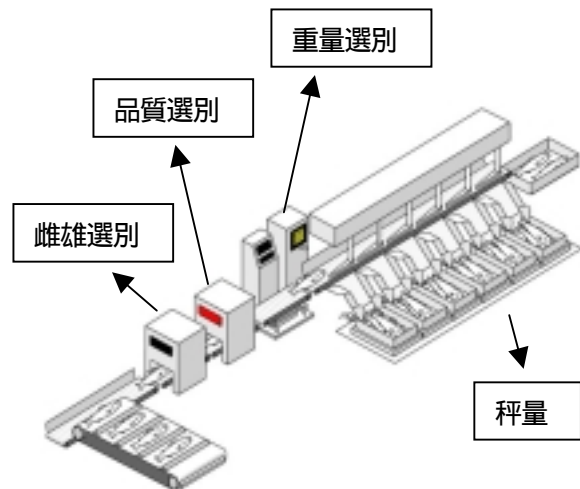


図1 選別システムの全体イメージ

\* 電子機械部(現在 電子機械技術部)

## 2-2 基準色の選択

人による現在の鮭の品質等級は、主に体表面に現れる成熟色(婚姻色とも呼ばれる)の割合や明度を基準に、最大で9等級の選別を行っている。各市場によって選別等級は異なるが、岩手県の選別規格の一例<sup>1)</sup>を表1に示す。

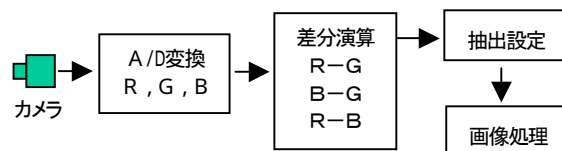
表1 岩手県の選別規格の一例

等級	名称	内容
1	銀毛	腹部に黒色が全くない
2	銀毛	腹部に一部黒色
3	銀毛	腹部全体に黒色
4	A プナ	腹部に薄い赤色
5	B プナ	腹部に赤色が広がる
6	C プナ	黄色が混じり、濃い赤色
7	銀プナ	黄色が広がり、濃い赤色
8	キズ	キズがある

本研究は、現状の目視による成熟色の判定を、カラーカメラに置き換え、色の割合を抽出し、基準値と比較することで自動選別が可能であると考えた。一般的にカラーCCD画像は光の3原色である赤(R)、緑(G)、青(B)で表現される。RGB画像の問題は、処理するための情報量が、モノクロ画像の256階調に比べて、16777階調(256<sup>3</sup>階調)と膨大となることである。また、画像処理結果を人の選別結果と同等にすることを考えると、人間の目で認識した色で判定処理を行わなければならない。一般的に人の目は、彩度を強く認識する傾向にあり、これを利用して色相、明度、彩度の組み合わせで色を表現する方法が用いられることが多い。また、実際の選別では、色以外に、鮮度や経験値などの情報も活用していると推測できる。これらの情報から具体的に選別方法を解明することは大切であるが、本研究ではシステム構築の容易性・高速性を重視し、画像のRGB値による色の抽出を試みた。選別基準となる色の抽出は、等級ごとに現れる特徴色を、あらかじめ人が選択する方法を採用した。これには画像ソフトウェアを使い、マウスによる色選択を行った。

## 2-3 画像センサ

過去の研究結果によると、白黒カメラでは6、7等級に現れる薄い黄色が白色と認識されるため、判定が困難と報告<sup>1)</sup>されている。そこで、より細かい色合いを識別できるカメラを用いて実験を行った。カメラは(株)キーエンス社のご協力により、カラー画像センサCV750<sup>2)</sup>を用いた。この画像センサの機能構成とカラー濃淡画像処理のイメージを図2に示す。本装置は小型で、色の微妙な違いを認識できる特徴があり、RGBの値とその差分データR-G、G-B、R-Bを含めた6つのパラメータを利用し、ユーザが選択した色を最大値(255)と設定し、その色から遠ざかるにつれ0に近づくような濃淡画像変換を行う。この変換によって、微妙な色合いの認識が可能となる<sup>2)</sup>。



(a) 画像センサの機能構成



(b) カラー濃淡変換のイメージ

図2 画像センサの機能構成とカラー濃淡変換

カラー画像の濃淡変換は、図3に示すように離散的な画素値を曲線の方程式で近似することで行われ、1画素より細かい単位の解析を可能とする<sup>3)</sup>。

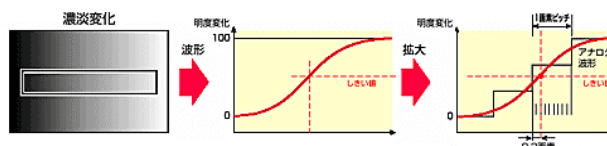


図3 サブピクセル処理

選択色のみを抽出するカラー2値化と異なり、色の微妙な違いを256階調の濃淡データに変換するため、従来の白黒濃淡値処理では判定しにくい色を識別できる。これはサブピクセル処理と呼ばれ、曲線の近似式は、ラグランジェ補間やスプライン補間、最小二乗法があるが、シンプルに実現したい場合はラグランジェ補間を用い、曲線をより滑らかに近似したい場合は3次スプライン補間を用いるなど、目的に応じて選択する必要がある。最もシンプルなラグランジェ補間は式(1)で表される。

$$P(x) = \sum_{i=k}^{k+m} N_i(x)y_i \quad \dots (1)$$

$$\text{ただし、} N_i(x) = \prod_{j=k}^{k+m} \frac{x-x_j}{x_i-x_j}$$

## 2-4 画像マッチング

鮭の選別システムは、図1のイメージ図のようにベルトコンベアで鮭を搬送しながら動的に画像認識を行う必要がある。このとき、画像センサで捉える鮭の大きさや向き、位置は常に一定ではない。これらの情報を自動的に捉えることは、画像処理の高速化につながる。品質判定を1秒以内とする場合、画像全体を走査するより、範囲を限定して走査の方が高速に処理ができる。このように、ある目的の画像の位置を照合する場合、画像処理のテンプレートマッチング法が一般的に用いられる。これには、照合したい画像(テンプレート画像)と入力画像を直接照合して、2つの画像の相関値によって類似度を評価する正規化相関が代表的である。正規化相関法は、原画像と目標画像の正規化相関値が最も大きくなる点を求め

る方法<sup>4)</sup>で、残差マッチングに比べて膨大な演算時間を要するが、階層化による高速化によって実時間で処理が可能である。入力画像の濃度値  $f[i, j]$ 、テンプレート画像の濃度値を  $s[i, j]$ 、両方の画像サイズを  $M \times N$  としたとき、相関係数  $R$  は式(2)で表される。

$$R = \frac{\sum_{j=0}^{N-1} \sum_{i=0}^{M-1} (f[i, j] - \bar{f})(s[i, j] - \bar{s})}{\sqrt{\sum_{j=0}^{N-1} \sum_{i=0}^{M-1} (f[i, j] - \bar{f})^2} \sqrt{\sum_{j=0}^{N-1} \sum_{i=0}^{M-1} (s[i, j] - \bar{s})^2}} \quad \dots$$

(2)

ここで、 $\bar{f}$  および  $\bar{s}$  は平均明度である。

また、入力画像に比べて、テンプレート画像の大きさが小さい場合、テンプレート画像の濃度値を  $t[k, l]$ 、画像サイズを  $m \times n$  ( $m < M, n < N$ ) とすると、相関係数  $R[i, j]$  は式(3)で表される。また、詳細な画像照合を行う場合、必要に応じて式(2)のような平均明度の差分を使った正規化を行う。

$$R[i, j] = \sum_{l=0}^{n-1} \sum_{m=0}^{m-1} f[i - \frac{m}{2} + k, j - \frac{n}{2} + l] \cdot t[k, l] \quad \dots \quad (3)$$

画像センサ CV750 は、多少のワークの色変化や周囲照明の変動が生じて、正規化相関法により安定した検出が可能である。また、赤色と黒色、金色と銀色など、モノクロでは濃淡の差がつきにくい対象に対しても有効に働く。

### 3 実験結果

#### 3-1 基準色の解析

実験は(株)東興の協力により、4種類の鮭を用いて実験を行った。選別の基準となる RGB 値を決定するため、撮影した画像を PC (パソコン) に取り込み、画像処理プログラムで解析を行った。解析方法のフローチャートを図4に示す。

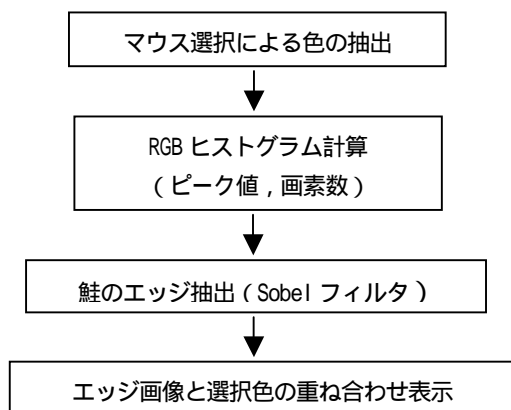


図4 基準色解析のフローチャート

はじめに、選別基準となる色をマウス選択によって決定した。B、C プナは赤系色を全て含むように選択し、銀毛、A プナは、体表面内の白色系を含むように選択した。背景が白色のため、体表面の白色を抽出するには、鮭が占める領域を特定する必要がある。このために、エッジ抽出に用いられる Sobel フィルタ処理<sup>5)</sup>を行った。次に選択した色領域について、RGB ヒストグラムを作成し、RGB の最大画素値や画素の総和(面積)を求めた。抽出した色の位置がわかるようにエッジ画像と重ね合わせて表示を行った。この実験結果を図5に示す。

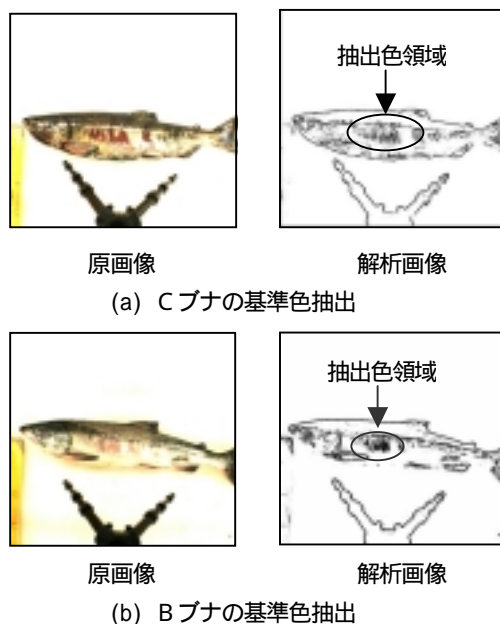


図5 プナ種類の基準色抽出結果

図6はB プナとC プナの抽出した基準色の RGB ヒストグラムの比較を示している。RGB のそれぞれの値に関して、画素値の分布が明確に異なっていることを示している。

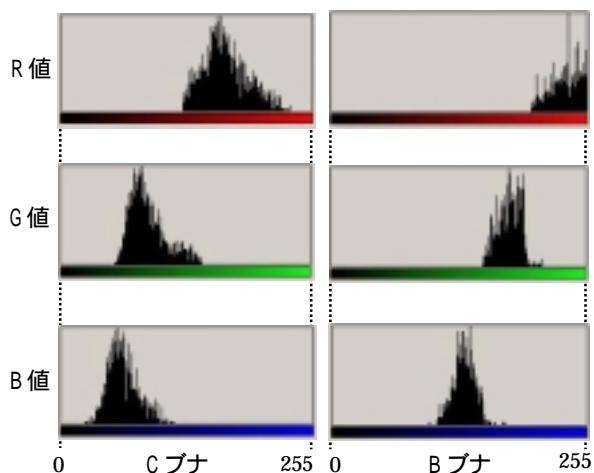


図6 B プナとC プナのRGB ヒストグラム

このRGBヒストグラムを元に、各RGBの最大値と総画素数を表2に示す。この表から実験に使用した銀毛とAブナは、黒色と白色で占められ、色の差による区別が出来ないことが分かった。そのため、RGB値の差異による識別ではなく、体表面の白色の総画素数(面積)の差で識別できることが分かった。

表2 RGB最大値と総画素数

等級	種類	R最大値	G最大値	B最大値	総画素数
1	銀毛	255	255	255	16834
2	Aブナ	255	255	255	11488
3	Bブナ	237	178	138	831
4	Cブナ	159	80	58	1471

### 3-2 専用機によるカラー画像処理

4種類の鮭について、画像処理の専用機である(株)キーエンス社製のCV750と白色LEDリング照明を用いて成熟色の抽出を行った結果を図7に示す。

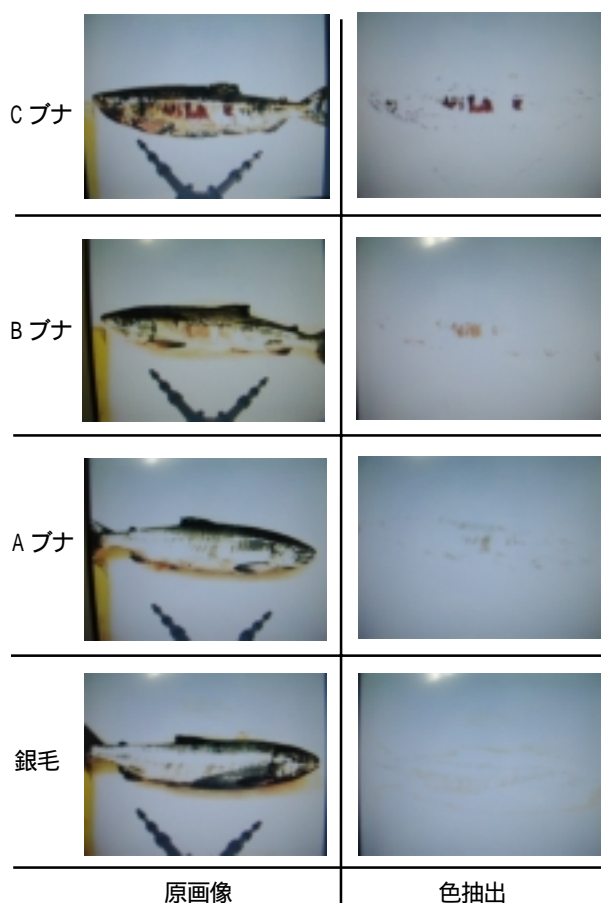


図7 鮭の成熟色の抽出結果

抽出色の選択は、人が画像を見ながらマウス選択により決定した。この結果から、A~Cのブナ種に現れる成熟色の濃度や面積の差異は明確であり、種類の区別が可能である。銀毛は、成熟色がほとんど現れないことや、腹部における白色の割合(面積率)で区別が可能であることが分かった。また、

この実験に要した処理時間と撮影条件を表3に示す。シャッタースピードは、ベルトコンベアの搬送速度に応じて設定する必要があるが、今回の実験は、色抽出を目的としたため静止状態で行った。このときのシャッタースピードは撮影画像の明るさを調整するために用いた。位置補正は、鮭の大きさや向きを捉えるための機能であり、手によって鮭を移動させながらリアルタイムに位置を検出できることを確認した。

表3 色抽出速度と実験条件

種類	色抽出速度(ms)	シャッタースピード(s)	位置補正
銀毛	167	1/50	有り
Aブナ	138	1/50	有り
Bブナ	218	1/30	有り
Cブナ	182	1/30	有り

### 4 考察

今回の実験では、白色リング照明を用いたが、照明の角度や強さによって抽出結果が異なった。抽出結果を安定させるため、暗室などの環境が必要であることが分かった。また、実験は時間の都合上、鮭の片側のみで行っており、両側での色抽出の関連実験が必要と考える。また、4種類のサンプリング実験では、基準色や面積率、領域抽出パラメータなど、より詳細な等級区別のための条件が求められなかった。これに対しては、実験のサンプリング数を増やすことで、実用化に必要な各種のパラメータが決定できると考える。

### 5 結言

鮭の体表面に現れる成熟色をカラーカメラで捉え、その特徴から鮭の等級を区別することができた。特徴となる情報は、RGBヒストグラムから、それぞれのRGBの最大値及びその近傍が異なることで識別できた。RGBヒストグラムは、各RGBの色濃度とその数量を示しており、指定した色の定量化を可能としている。この定量化によって、等級ごとの基準色を決定することができた。また、色の抽出速度も1尾1秒以下と高速に処理が可能であるため、実用化の条件をクリアした。さらに実験サンプリング数を増やし、安定した照明などの撮影環境を整えることにより、高精度の等級判定が期待できる。

### 文献

- 1) 共同組合フロンティア釜石：秋鮭の画像処理品質判定と自動選別搬送システムの開発、融合化開発促進事業成果報告書(2000)
- 2) <http://www.keyence.co.jp/gazo/lineup/CV-700/cv700-01.html> ((株)キーエンス, CV-700 カワダ (2002))
- 3) <http://www.keyence.co.jp/gazo/tech/tech10.html>
- 4) 酒井幸市：デジタル画像処理入門、CQ出版(2002)
- 5) 安居院 猛、長尾 智晴：画像の処理と認識 pp.35-37、昭晃堂(2000)



## 県産木製家具へのユニバーサルデザインの導入\*

町田 俊一\*\*、東矢 恭明\*\*、長嶋 宏之\*\*、有賀 康弘\*\*

平成 13 年度から、岩手県で生産されている各種日用品を対象に、ユニバーサルデザインの導入を目的とする、ユニバーサルデザイン推進事業を実施している。平成 14 年度は家具をテーマに、12 点の事例開発を行い、ハンドブックを作成した。

キーワード：ユニバーサルデザイン、家具

### Introduction of a Universal Design to Wooden Furniture

MACHIDA Toshikazu, TOYA Yasuaki, NAGASHIMA Hiroyuki  
and ARUGA Yasuhiro

"Universal design promotion enterprise" is carried out since 2001, which contains the example development and making handbooks for the universal design, in order to introduce the universal design into various daily necessities produced in Iwate. In 2002, 12 examples of wooden furnitures were developed, and the handbook of introducing universal design was published.

**key words : universal design, wooden furniture**

#### 1 緒 言

岩手県で製造されている生活用品の多くは地場産品、工芸品として位置づけられている。しかし、平成 10 年度に財団法人伝統的工芸品産業振興協会が実施した、伝統的工芸品の製造業に関する調査では、昭和 54 年をピークに 15 年間で企業数、生産額、従事者、それぞれ約半分に減少している。これは、景気の低迷だけでなく、工芸品が嗜好性の強い情緒的なモノとして使用者に受け取られるようになり、一般的な生活用品の範疇からはみ出ってしまったことに大きな原因があると考えられる。

このような現象は県内で生産されている様々な生活用品にも当てはまり、当センターでは伝統的な県産生活用品を日常生活に引き戻すことを目的に、ユニバーサルデザイン開発技術普及推進事業を平成 13 年度から実施している。事業は、県産品へのユニバーサルデザインの導入を目的として、規範デザインの開発と、導入のためのハンドブックの製作を主たる内容としている。各年のテーマは初年度が鉄器厨房用品であり、2 年度、3 年度はそれぞれ、家具、その他の生活用品である。平成 14 年度は家具業界に焦点を当て、誰にでも使いやすい製品を作るためのユニバーサルデザインの導入を試みた。

岩手県には、国の伝統的工芸品に指定されている「岩谷堂筆筒」を中心とする伝統的な収納家具と、森林県岩手ならではの特色を活かした、むく材を多用した家具がある。これらの家具は伝統的なデザインや技術、素材の

価値が大きな魅力であるが、日常生活での道具として捉えたときに、機能性、安全性等を高めていく余地は多くある。特に、高齢者や非健常者の使用に対する配慮は現在の市場・生活環境にとって必要であり、また県産家具の付加価値の向上に大きく寄与することが予想される。

#### 2 研究方法

##### 2 - 1 事例デザイン開発

###### 2 - 1 - 1 参加企業と開発のコンセプト

共同開発に参加する県産家具メーカーを募集し、参加企業との協議、製品の生産・販売状況から、使用空間と使用者の拡大を目的に、デザインコンセプトを立案し、企業が今後、改良・開発・販売を希望するものから開発品種を決定した。デザインコンセプトは、「現在の生活における機能性の見直し」、「さまざまなユーザーへの配慮の付加」、「伝統的な価値の継承と近代化」の 3 点である。

また、参加企業は岩泉純木家具（有）（有）中千家具、（有）藤里木工所、（有）福浦木工所、（株）マルイ造形家具工業（順不同）の 5 社である。

###### 2 - 1 - 2 調査による製品の問題点抽出と分析

参加企業から提供された製品サンプル 7 種について、39 人を対象に、デザイン、機能性、価格等についての意見聴取を実施した。被験者の内訳を表 1 に示す。

調査サンプルの内訳は、伝統的な飾り金具付き総抽斗筆筒 2 種類、白木の開き戸付き収納家具 1 種類、リピン

\* 平成 14 年度ユニバーサルデザイン開発技術普及推進事業

\*\* 特産開発デザイン部

グ・ダイニング等で使用する軽作業用椅子4種類である。

表1 被験者の内訳

性別	20代	30代	40代	50代	計
男性	2	9	4	10	25
女性	5	6	0	3	14
計	7	15	4	13	39(名)

### 2-1-3 ユニバーサルデザインの配慮の具体的なアイデアの創出

使用感調査の結果と文献調査から、家具のユニバーサルデザインに必要な事項を検討し、改善案を作成した。

### 2-1-4 デザイン案の作成

参加企業の要望によりサンプル製品のデザイン改善を行い、バリエーションを加えたデザイン案を作成した。

デザイン案作成に際しては、フィンランドより家具デザイナー、シモ・ヘイッキラ氏を招聘し、開発製品のデザインについて、理念、改善方法等の指導を受けた。

### 2-2 ユニバーサルデザインハンドブックの作成

昨年度と同様にハンドブックを作成したが今年度は、ユニバーサルデザイン実施上のヒントにすべく、検討すべき事項の事例を掲載した。

## 3 結果及び考察

### 3-1 使用感調査の結果

使用感調査の結果は大きく収納家具2種類、椅子1種類に分類できた。収納家具は伝統的な総抽斗の箆笥と、白木の開き戸式収納家具であり、椅子は4点のサンプルを通して全体的に同じ傾向の結果が得られた。

伝統的な箆笥については、和風箆笥独特の重量感が好みの分かれる点となったが、圧倒的に抽斗に関する意見が多く出された。特に、抽斗のサイズ、開閉のスムーズさ、閉めると他の抽斗が出てくる等、抽斗の開閉に対して意見が集中していた。また、開き戸式の収納家具は特徴的な開き戸に対して意見が集中した。前述の和風箆笥と比較し、デザインの傾向がかなり違う事と、開き戸、およびその中の衣装盆に、被験者の目が向けられた。

抽斗に関しては和風箆笥と同じく、開閉やサイズについての意見が出された。ただし、ユーザーの意識として洋服の収納、または和装の収納のどちらを想定しているかで家具の細部に対する意見が変わっているのが特徴的であった。開き戸は戸を開めた時のマグネットキャッチの感触、開き戸を全開にしないと中身の衣装盆を取り出せないことに意見が集中した。椅子に関しては座り心地について意見が集中し、座った時の第一印象が大きな要因であると思われる。さらに、長時間座れないなど、疲労に関する意見も多く見られ、椅子は休息する道具という意識が高いことがうかがえた。

### 3-2 従来製品の問題点の抽出と分析

使用感調査等から得られた家具における配慮すべき点をまとめたものを表2に示す。

表2 家具の配慮すべき点一覧

項目	配慮すべき点
	収納家具
抽斗	<ul style="list-style-type: none"> <li>・大きい抽斗も軽く、片手で開けられる</li> <li>・最下部の抽斗を開けやすくする工夫</li> <li>・引き抜けない</li> <li>・外せる抽斗(盆)は出しやすく、入れやすく</li> <li>・抽斗を開めた時に他の抽斗が飛び出さない</li> <li>・不必要に抽斗が出ない</li> <li>・一番下の抽斗を使いやすくする</li> <li>・収納物を汚したりしない、臭いがつかない</li> </ul>
引き手	<ul style="list-style-type: none"> <li>・直感的に位置や握り方、つかみ方がわかる</li> <li>・上からでも下からでもつかみやすい</li> <li>・冷たい感触をさける</li> </ul>
開き戸	<ul style="list-style-type: none"> <li>・力を入れなくても容易に開く</li> <li>・閉めたときにソフトに戸を保持する</li> <li>・勢いあまって開きすぎない</li> <li>・中身が楽に取り出せる角度まで戸が開く</li> <li>・戸と中の抽斗とがぶつからない</li> <li>・スペースがなくても戸の開閉が楽にできる</li> <li>・開け閉めのときの不愉快な音や感触をさける</li> </ul>
設置	<ul style="list-style-type: none"> <li>・壁との間に隙間がないように設置できる</li> <li>・壁のものを隠してしまうこと解消(コンセント)</li> <li>・畳や床を傷つけない</li> </ul>
安全性 メンテ ナンス	<ul style="list-style-type: none"> <li>・箆笥の上を活用できる高さ、広さ</li> <li>・狭い空間での使い勝手を考える</li> <li>・転倒の防止</li> <li>・指を挟んだり金具で怪我をしない</li> <li>・ぶつかったときに角で怪我をしない</li> <li>・引っかかって転んだりしない</li> <li>・移動時に事故を起こさない</li> <li>・掃除しやすく、ホコリがつかにくい</li> </ul>
	椅子
脚	<ul style="list-style-type: none"> <li>・足が椅子の部材にあたらぬ</li> <li>・重心を動かしたときの安定性の確保</li> <li>・床においたときにぐらつかない</li> </ul>
座板	<ul style="list-style-type: none"> <li>・腰や尻がフィットする座面</li> <li>・足や膝裏が座面に当たったりしない</li> <li>・尻が滑らない</li> <li>・用途に適した座面</li> <li>・立つときに力がいらぬ</li> </ul>
背もたれ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・背中が痛くならない</li> <li>・移動するときの持ち手も兼ねる</li> <li>・首があたらぬ</li> <li>・背もたれに重心をかけた時に後ろに倒れない</li> </ul>
肘掛け	<ul style="list-style-type: none"> <li>・立ったりする時には邪魔にならない</li> <li>・机、テーブルに干渉しない</li> <li>・くつろぐ時の補助になる</li> <li>・衣服等が引っかからない</li> <li>・移動するときの取っ手を兼ねる</li> <li>・体重をかけて立ち上がったときにたおれない</li> </ul>
重量 サイズ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・楽に移動したり、ひっくり返したりしやすい</li> <li>・用途に適したサイズ</li> <li>・椅子同士を並べたときに不必要にぶつからない</li> <li>・合理的に収納できる</li> </ul>
安全性 メンテ ナンス	<ul style="list-style-type: none"> <li>・倒れない</li> <li>・ぶつかったときに角で怪我をしない</li> <li>・引っかかって転んだりしない</li> <li>・移動時に事故を起こさない</li> <li>・持ち手などは場所が明確に分かるように</li> <li>・踏み台等にも安全に使用できる</li> <li>・ふき掃除しやすいシンプルさ</li> <li>・ゴミがたまるようなくぼみを作らない</li> <li>・汚れにくい</li> <li>・掃除の時に邪魔にならない</li> </ul>

### 3-3 具体的なアイデアの創出

次に、不都合や配慮すべき点を整理し、改良を行うためのアイデアを創出した。収納家具の例を図1に示す。

### 3-4 デザイン案の作成

次に、その結果を元にデザインスケッチを作成し、デザイン原案12点を作成した。収納家具のデザイン開発例を図2、3に、椅子の事例を図4、5に示す。



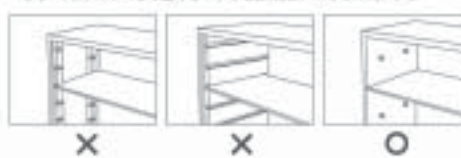
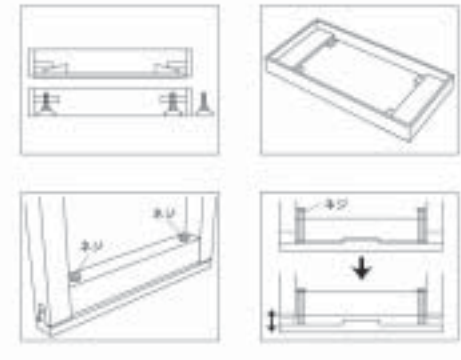
<p><b>改善のアイディア</b></p> <p><b>引き手の使い勝手</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>●大きな枠の引き手を1個にして、片手でも開け閉めできるようにする</li> <li>●2個つけるときは、両端の広さに準じて間隔を決める(500—550mm)</li> <li>●木や樹脂製の引き手を採用して、引き手の感触を改善する</li> <li>●金属でもチューブの引き手にして水たまり問題を改善する</li> <li>●引き手の握り部分を前後から少し浮かして、指を入れやすくする(図5)</li> <li>●枠の引き手をラップと連結させ、枠が不要になることを防ぐ</li> </ul>  <p>(側面図) 指を入れやすくする</p> <p><b>引き戸の使い勝手</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>●引き戸にプッシュラッチを使用して楽に開くようにする</li> <li>●引き戸のキャッチ受けに滑り水やゴム板を貼りつけて音を改善する</li> <li>●開いた戸が邪魔にならないように戸を本体に収納する</li> <li>●戸を巻き込み式にして本体に収納する</li> </ul>  <p>プッシュラッチ 軽く押す / 戸の方で開く / 滑り水 / 滑りに収納 / 滑りに収納(巻き込み式) (上面図)</p> <p><b>棚の出し入れ</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>●可動式の棚板の受けは、接受けが平を使用する</li> <li>さらに、取り外しできる受けをつける場合、棚板にのせる方式にする</li> </ul>  <p>X X O</p>	<p><b>改善のアイディア</b></p> <p><b>座</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>●大きな家具は分割式にして、大人二人で座に移動できるようにする</li> <li>●両端調整機構を組みこんで、壁にピッタリ付けて設置できるようにする             <ul style="list-style-type: none"> <li>●座の内部にくまびや座墊のアジャスターをつけられるようにする</li> <li>●脚つきの家具も、壁つきの高さも変えられるようにしておく</li> </ul> </li> <li>●両端にコンセントをつけて、壁のコンセント等を使えるようにする</li> </ul>  <p>壁つきの高さ調整機構</p> <p><b>安全性</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>●転倒の防止金具をつける</li> <li>●内の壁分は2mm程度の隙を取り、接触をしないようにする</li> </ul> <p><b>メンテナンス</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>●ホコリの付着を防止し、拭き掃除し易いように不要な突起を避ける</li> </ul> <p><b>その他</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>●収納家具の設置場所、収納するもの、収納以外の機能などを想定して、家具のサイズを検討する</li> <li>●白木の家具でもある程度色柄を付与して、設置環境との調和を図る</li> </ul>
---	---

図1 創出した改善のアイデアの例(ユニバーサルデザインハンドブックよりの抜粋)



図2 開発した収納家具のデザイン例1



図4 開発した椅子のデザイン例1



図3 開発した収納家具のデザイン例2



図5 開発した椅子のデザイン例2

### 3-5 指導者招聘によるデザイン技術の受講

平成14年12月2日から6日までの5日間、フィンランドより、家具デザイナー、シモ・ヘイッキラ氏を招聘し、製品のデザインについて理念、改善方法等の指導を受講した(図6)。指導は表3に示す日程と内容で実施された。

### 3-6 ユニバーサルデザインハンドブックの作成

企業が自社の製品にユニバーサルデザインを活用する際の参考に資することを目的として、下記の内容によるハンドブックを作成した。(図7参照)

- ・文献、資料等によるユニバーサルデザイン情報の収集
- ・他の参考事例の収集と紹介
- ・事例デザイン開発で実施したプロセスとデザイン技術の紹介ならびに提案

特に、今年度は企業が、自社製品へのユニバーサルデザイン導入のチェックに使用できる事例集を加えた。

このハンドブックは工業技術センターのホームページからPDF版を入手できるようになっている。



図6 デザイン指導会



図7 作成したハンドブック(表紙)

## 4 結 言

ユニバーサルデザイン開発技術普及推進事業は平成15年度も継続し、漆器木工製品、陶磁器などの食器、小品の生活用品をテーマに、事例開発と得られたノウハウを記載したハンドブックを作成する。

また、ユニバーサルデザイン推進事業の中で開発される製品やデザインは、企業の方が製品開発を行う際の参考にさせていただきたいと考えている。

本事業に参加していただいた家具製造業の皆様、今回開発した製品の完成度の向上と、道具の普遍性を高めるためのデザイン上の理念、具体化の方法をご指導をいただきましたシモ・ヘイッキラ氏に謹んで感謝申し上げます。

## 文 献

- 1) 椅子のS・M・Lとテーブル JAFICA(ジャパン・フリーランス・インテリアコーディネーター・アソシエイション2001)
- 2) 椅子のS・M・L JAFICA(2000)
- 3) ユニバーサルな椅子 休息の椅子 JAFICA(1999)
- 4) 60才からの椅子 JAFICA(1995)
- 5) ユニバーサルデザインの教科書 中川聡 日経デザイン編集 日経BP社(2002)
- 6) ユニバーサルデザイン BOOK 生活をもっともっと心地よく 株式会社マガジンハウス クロワッサン出版開発室(2001)
- 7) ユニバーサルデザインの考え方 建築・都市・プロダクトデザイン 梶本久夫/監修 丸善株式会社(2002)

表3 指導日程・内容

月 日	項 目	備 考
12月2日(月)	デザイン開発指導 ・作成したデザイン案の説明と講評	工業技術センター
3日(火)	デザイン開発指導 ・作成したデザイン案の説明と講評 ・デザイン検討方法の指導	工業技術センター
4日(水)	デザイン開発指導 ・デザイン検討方法の指導 ・試作方法の指導	工業技術センター
5日(木)	デザイン開発指導 ・参加企業による試作実習	工業技術センター
6日(金)	デザイン開発指導 ・試作実習の講評と全体のまとめ 講演会 ・フィンランドの家具デザイン	工業技術センター プラザおでって 聴講者125名

## 廃棄超硬合金粉末を用いた再生超硬合金の製造技術とその特性\*

小野 元\*\*、鎌田 公一\*\*\*、中村 満\*\*\*\*、齋藤 貴\*\*

廃棄超硬合金の再粉化技術によって得られる再生タングステンカーバイド(WC)粉末を用いた再生超硬合金の製造技術開発を行い、その機械的特性を市販WC粉末を用いて作製した市販超硬合金と共に評価した。市販超硬合金の硬さ及び抗折力は日本工業規格(JIS)を十分に満たす。一方、再生超硬合金は市販超硬合金に比べ硬さでは約2%低く、抗折力では約20%低い値を示すが、JISをほぼ満足することが分かった。

キーワード：超硬合金、タングステンカーバイド、リサイクル、粉末冶金

## Production Technique and Mechanical Properties of Recycled Hard Alloy Reusing Waste Hard Alloy Powder

ONO Tsukasa, KAMADA Koichi, NAKAMURA Mitsuru and SAITOH Takashi

We developed the production technique of recycled hard alloy utilizing recycled tungsten carbide (WC) powder which were obtained from the repowdering technique of waste hard alloy, and then we evaluated the mechanical properties of recycled hard alloy and commercial hard alloy which were prepared by commercial WC powder. The hardness and transverse rupture strength of commercial hard alloy meet well Japan Industrial Standard. On the other hand, both the mechanical properties of recycled hard alloy are low about 2% and 20% as compared with that of commercial hard alloy, respectively. However, these values meet almost Japan Industrial Standard.

key words: hard alloy, tungsten carbide, recycle, powder metallurgy

### 1 緒 言

超硬合金(WC-Co系)は鉄系材料に比べ、極めて高い強度・硬度を示し、かつ優れた耐摩耗性・耐食性を有する<sup>1)</sup>。このことから工具・金型などに使用され、生産量は約3000t/年の市場を形成している。しかし、これらの加工で発生する切断破片や端部等のチップ材は非常に高価(2~3万円/kg程度)であるにも関わらず有料で廃棄されている。また、中小企業においてはより廉価な超硬合金が切望されている。

これまでに著者らは廃棄超硬合金に対してSn含浸処理・塩酸洗浄・物理的粉砕及び粒度調整を施すことによって、従来の方法に比べより廉価に高純度のWC微粉末を回収する技術(再粉化技術)を開発した<sup>2)</sup>。本研究はこの再粉化技術によって得られた再生WC粉末を原材料とする再生超硬合金の製造技術の開発を目的とし、再生WC粉末及び再生超硬合金の諸物性評価を市販WC粉末及びそれを原材料とする市販超硬合金と共に行ったので、その結果を報告する。

### 2 実験方法

#### 2-1 供試材料

原料粉末は(株)富士工業にて作製された再生WC粉末及び市販WC粉末((株)豊島製作所製、平均粒径1 $\mu$ m前後、純度99%以上)を、バインダー材として市販Co粉末((株)豊島製作所製、平均粒径1~2 $\mu$ m、純度99.9%以上)及び再生WC粉末の全炭素量調整用として黒鉛粉末を用いた。

#### 2-2 WC粉末のSEM観察及び粒度分布測定

再生WC粉末及び市販WC粉末の大きさ、形状及び凝集状態を走査型電子顕微鏡(SEM)を用いて観察した。また、再生WC粉末及び市販WC粉末の粒度分布をレーザー光散乱式粒度分布測定装置を用いて測定した。分散媒には0.1%ヘキサメタリン酸ナトリウム水溶液を用い、WC粉末及び分散媒の屈折率をそれぞれ1.82及び1.33として粒度分布解析モデルを作成した。

\* 廃棄超硬合金のリサイクルによる再生超硬合金製造技術の開発  
\*\* 金属材料部(現在 材料技術部)  
\*\*\* 企画情報部  
\*\*\*\* 岩手大学工学部材料物性工学科

## 2 - 3 超合金粉末の作製

化学組成がWC-13wt%Coの超合金粉末を得るため、表1に示される混合比率にてそれぞれの粉末をアルミナ製自動乳鉢及びステンレス製V型混合器を用いて混合し、再生超合金粉末及び市販超合金粉末（以後、再生粉末及び市販粉末と表記）を作製した。ここで、再生WC粉末の全炭素量は5.9%と再粉化処理過程での酸化等により脱炭が認められたことから、黒鉛粉末にて全炭素量を約6.2%に調整した後、Co粉末と混合した。混合時間は約2hである。

表1 再生及び市販超合金粉末の混合比率

	混合比率(%)		
	再生WC粉末+黒鉛粉末	市販WC粉末	市販Co粉末
再生超合金粉末	86.7±0.3	-	13.0
市販超合金粉末	-	87.0	13.0

## 2 - 4 超合金粉末の成形及び成形密度の測定

粉末成形機及び4種類の金型を用いて超合金粉末を成形した。成形条件は成形圧力：1.0～4.0t/cm<sup>2</sup>、成形時間：5～30secの範囲で行った。また、成形密度は成形体の実測密度を混合則によって見積もられる真密度(14.7g/cm<sup>3</sup>)で割り求めた。実測密度は成形体の重さを体積で割る方法によって求めた。

## 2 - 5 成形体の焼結及び焼結密度の測定

成形体を真空焼結炉及び高真空焼結炉を用いて焼結した。焼結条件を表2に示す。また、焼結密度は焼結体の実測密度を真密度で割り求めた。実測密度はアルキメデスの原理を応用した水中排除法を利用した。その計算式を式(1)に示す。ここで、 $\rho$ は試料の密度、Aは試料の空气中の重さ、Bは試料の液体中の重さ、 $\rho_0$ は液体の密度である。液体には20℃の水を用いた。

表2 真空焼結炉及び高真空焼結炉による焼結条件

	雰囲気(Torr)	温度(℃)	時間(Hour)
真空焼結炉	10 <sup>-2</sup>	1300～1400	1, 2, 4
高真空焼結炉	10 <sup>-4</sup>	1300, 1360	1

$$\rho = \frac{A}{A - B} \times \rho_0 \quad \text{式(1)}$$

## 2 - 6 焼結体の硬さ試験及び抗折試験

(株)岡本工作機械製作所製CNC超精密研削盤UPG-63NCにて硬さ試験片は約15×15×6mm<sup>3</sup>、抗折試験片は約4×8×45mm<sup>3</sup>に焼結体の形状を整え、JIS H 5501<sup>3)</sup>に準拠した硬さ試験及び抗折試験にて評価した。

## 2 - 7 焼結体の組織観察

焼結体をストルアス製エポフィックス冷間埋込樹脂に埋め込み、MD-Chem琢磨布と0.04μmアルミナ懸濁液によって最終研磨した面を光学顕微鏡を用いて組織観察した。

## 3 実験結果及び考察

### 3 - 1 市販・再生WC粉末のSEM像及び粒度分布

図1に(a)市販WC粉末及び(b)再生WC粉末の走査型電子顕微鏡(SEM)像を示す。市販WC粉末は1μm程度の球形に近い粒子同士が数μm程度の大きさに凝集している。一方、再生WC粉末は1～3μm程度の角形に近い粒子からなる。

図2に(a)市販WC粉末及び(b)再生WC粉末の粒度分布グラフをそれぞれ示す。市販WC粉末の粒度は約0.05μm～40μmの範囲に分布しており、2μm付近で大きなピークを示す。また、10μm付近に表れている相対粒子量の山は粒子の凝集によるものと考えられる。一方、再生WC粉末の粒度は約0.05μm～50μmの範囲に分布しており、2μm付近で大きなピークを示していることから、ほぼ市販WC粉末と同じような粒度分布であることが分かる。ただし、市販WC粉末でみられた10μm付近での凝集による相対粒子量の山は小さい。

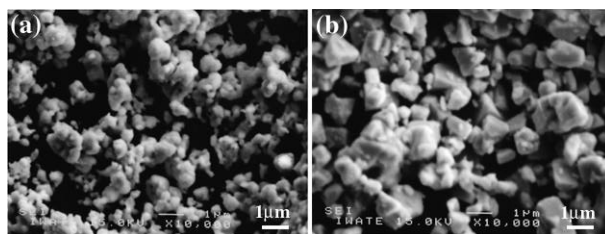


図1 (a)市販WC粉末及び(b)再生WC粉末のSEM像

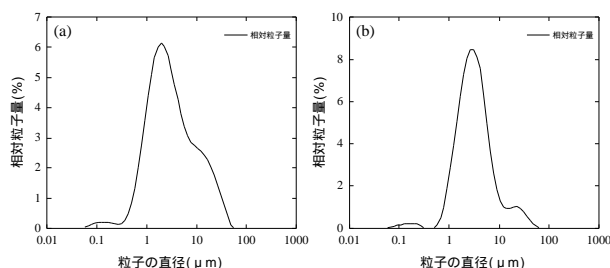


図2 (a)市販WC粉末及び(b)再生WC粉末の粒度分布

### 3 - 2 成形密度に及ぼす混合方式及び成形条件の影響

図3に成形体の成形圧力による成形密度の変化を示す。市販粉末は混合方式に自動乳鉢及びV型混合器を用いた結果を、再生粉末は自動乳鉢を用いた結果をそれぞれ示す。市販粉末の成形密度は成形圧力が1.0～4.0t/cm<sup>2</sup>の範囲では成形圧力の増加によって上昇する傾向を示し、成形圧力が1.5t/cm<sup>2</sup>のとき約43%、4.0t/cm<sup>2</sup>のとき約49%を示す。しかし、成形圧力が2.0t/cm<sup>2</sup>以上になると成形品の側面に割れが観察された。混合方式による成形密度の影響は、乳鉢混合がV型混合より全成形圧力に渡って約1%程度良好な結果を示す。一方、再生粉末の成形密度も市販粉末と同様に成形圧力の増加によって上昇する傾向を示すが、市販粉末に比べ成形性が著しく向上し、成形圧力が1.5t/cm<sup>2</sup>のとき約54%と市販粉末より11%も高い成形密度を示す。また、2t/cm<sup>2</sup>の成形圧力で

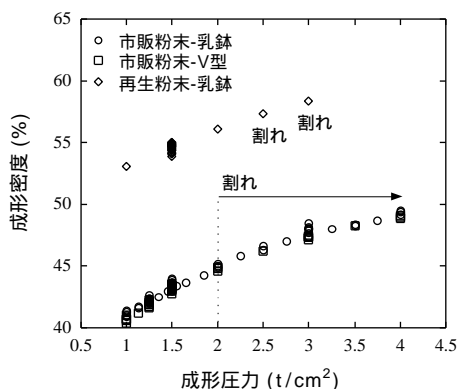


図3 成形体の成形圧力による成形密度の変化

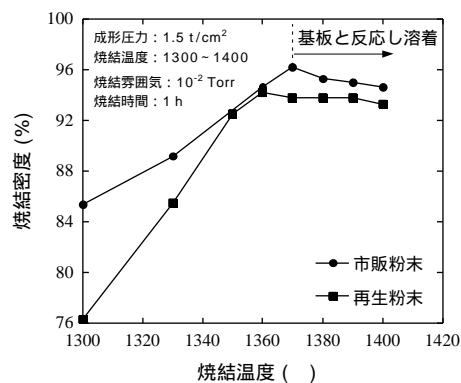


図5 原料粉末による焼結密度の違い (焼結温度)

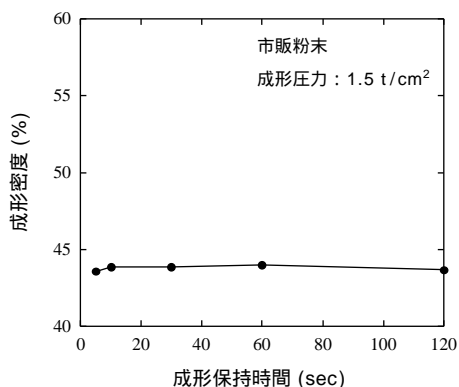


図4 成形体の成形保持時間による成形密度の変化

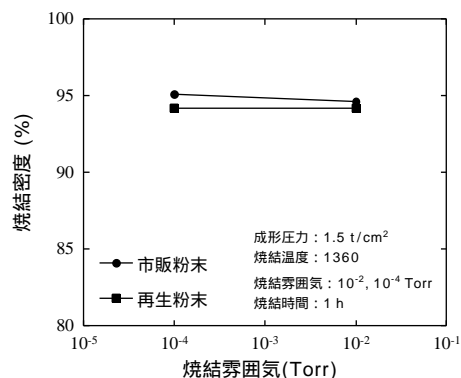


図6 原料粉末による焼結密度の違い (焼結雰囲気)

も割れが確認されなかった。このように再生粉末の成形性が市販粉末より優れているのは、全炭素量調整のため添加した黒鉛粉末が潤滑剤として働いているためと考えられる。

図4に成形体の成形保持時間による成形密度の変化を示す。成形に用いた粉末は市販粉末である。混合方式は自動乳鉢による混合、成形圧力は1.5t/cm<sup>2</sup>である。成形保持時間を5～120secの範囲で行ったが、成形密度は5secで43.6%、120secで44.0%と大きな変化は見られない。このことから、成形保持時間が成形密度に及ぼす影響はほとんどないことが分かる。

これらの結果から最適な成形条件は、混合方式：乳鉢混合、成形圧力：1.5t/cm<sup>2</sup>、成形保持時間：10secであることが分かった。

### 3 - 3 焼結密度に及ぼす成形条件及び焼結条件の影響

図5に焼結温度による焼結密度の変化を原料粉末(市販及び再生粉末)ごとに示す。成形・焼結条件は混合方式：乳鉢混合、成形圧力：1.5t/cm<sup>2</sup>、焼結温度：1300～1400、焼結雰囲気：10<sup>-2</sup>Torr、焼結時間：1hである。市販及び再生超合金ともに焼結温度の上昇によって焼結密度が増加するが、市販超合金は1370以上で約95%、再生超合金は1360以上で約94%とほぼ一定となる。このときの原料粉末による焼結密度の差は1%程度とほとんど変わらないが、1330以下の温度範囲では再生超合金の焼結密度は市販超合金に比べ1300で約9%、

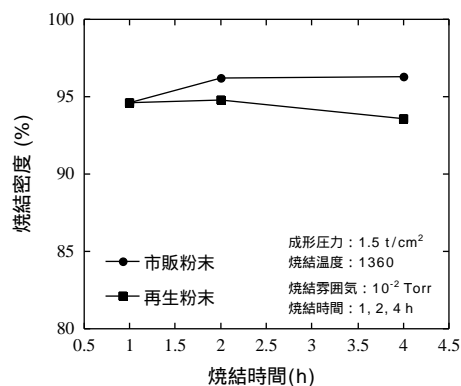


図7 原料粉末による焼結密度の違い (焼結時間)

1330で約4%と著しく低い値を示す。また、1370以上の温度では焼結体と基板が溶着する現象が確認された。

図6に焼結雰囲気による焼結密度の変化を原料粉末ごとに示す。成形・焼結条件は混合方式：乳鉢混合、成形圧力：1.5t/cm<sup>2</sup>、焼結温度：1360、焼結雰囲気：10<sup>-2</sup>、10<sup>-4</sup>Torr、焼結時間：1hである。市販及び再生超合金ともに焼結密度は焼結雰囲気に大きく影響を受けない。ただし、再生超合金の焼結密度は約94%と市販超合金に比べ1%弱低い値を示す。

図7に市販超合金及び再生超合金の焼結時間による焼結密度の変化を示す。成形・焼結条件は混合方式：乳鉢混合、成形圧力：1.5t/cm<sup>2</sup>、焼結温度：1360、焼

結露雰囲気： $10^{-2}$ Torr、焼結時間：1、2、4hである。市販超硬合金の焼結密度は焼結時間を1hから2hにすると94.5%から96%に増加するが、さらに4hで行ってもほとんど変化しない。一方、再生超硬合金は2hまでは94.5%と変化しないが、4h行くと93.5%に低下することが分かる。

これらの結果から最適な焼結条件は、焼結温度：1360～1370、焼結雰囲気： $10^{-2}$ Torr、焼結時間：1～2hであることが分かった。

### 3-4 硬さ試験及び抗折試験

図8に市販超硬合金及び再生超硬合金の焼結温度によるHRA硬さ(ロックウエルAスケール)の変化を示す。成形・焼結条件は混合方式：乳鉢混合、成形圧力：1.5t/cm<sup>2</sup>、焼結温度：1300～1400、焼結時間：1h、焼結雰囲気： $10^{-2}$ Torrである。市販超硬合金及び再生超硬合金ともに硬さは焼結温度の上昇とともに増加するが、1360付近からそれぞれ約89及び87.5の一定値を示す。

表3に種々の焼結条件で作製した市販超硬合金及び再生超硬合金の抗折力の最小値と最大値を示す。共通する成形・焼結条件は混合方式：乳鉢混合、成形圧力：1.5t/cm<sup>2</sup>、焼結雰囲気： $10^{-2}$ Torrである。市販超硬合金は137～178kgf/mm<sup>2</sup>の抗折力を示し、再生超硬合金は102～141kgf/mm<sup>2</sup>の抗折力を示す。このことから、再生超硬合金は市販超硬合金に比べ8割程度の抗折力を示すことが分かる。また、最も優れた抗折力が得られた試験片の焼結条件は市販超硬合金で1360×2h、再生超硬合金で1370×1hである。

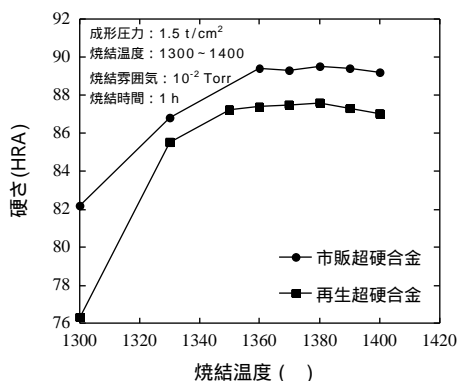


図8 市販及び再生超硬合金の焼結温度による硬さ

表3 市販及び再生超硬合金の抗折力

	焼結条件		抗折力(kgf/mm <sup>2</sup> )	
	温度( )	時間(Hour)	最小値	最大値
市販超硬合金	1360	1	141	158
		2	161	178
	1370	1	137	154
		2	155	176
再生超硬合金	1360	1	102	136
		2	131	132
	1370	1	110	141
		2	110	114

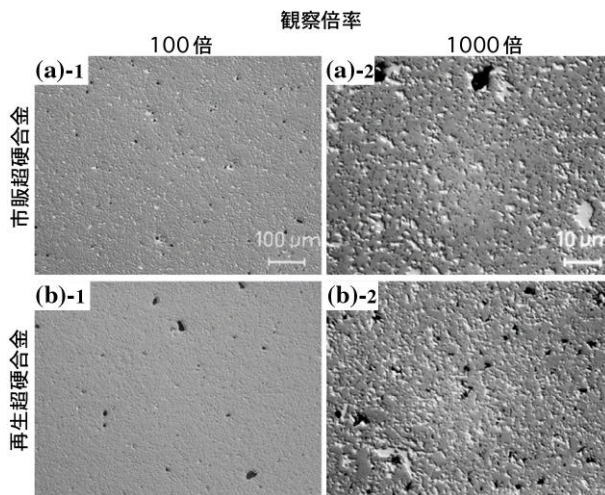


図9 市販及び再生超硬合金の微細組織

### 3-5 組織観察

図9に(a)市販超硬合金及び(b)再生超硬合金の微細組織を示す。観察倍率は左が100倍、右が1000倍で、灰色のコントラストを示す領域がWC相、白色のコントラストを示す領域がCo相、そして黒い点はポアである。成形・焼結条件は混合方式：乳鉢混合、成形圧力：1.5t/cm<sup>2</sup>、焼結温度：1360、焼結時間：1h、焼結雰囲気： $10^{-2}$ Torrである。観察倍率100倍にて両合金のポアの様子を比較すると、市販超硬合金のポアに比べより大きなポアが再生超硬合金で形成されていることが分かる。次に観察倍率1000倍にてWC相とCo相の微細組織を比較すると、再生超硬合金の方がより微細なWC相を形成しているが、観察倍率100倍で確認できなかった数μm程度のポアまたは遊離黒鉛が多数存在していることが分かる。

## 4 結 言

本研究で作製した市販超硬合金の機械的特性は日本工業規格(JIS H 5501<sup>3</sup>)を十分に満たす。一方、再生WC粉末を用いた再生超硬合金は市販超硬合金に比べ硬さでは約2%低く、抗折力では約20%低い値を示し、JISをほぼ満足することが分かった。再生超硬合金がJISを十分にクリアするためには、例えばD種1号の場合、硬さを約1%、抗折力を約15%それぞれ向上するか、S種3号の場合、硬さを約2%、抗折力を約7%それぞれ向上する必要がある。今後は組織観察の結果等を参考に再生超硬合金の機械的特性を低下させている原因を調査し、成形・焼結条件のさらなる最適化を行う必要がある。

本研究は平成13年度即効型地域新生コンソーシアム研究開発事業により実施した。

## 文 献

- 鈴木 壽 編著：超硬合金と焼結硬質材料 基礎と応用、丸善株式会社、1(1986)
- 中村 満：超硬合金のリサイクル技術、工業材料、43巻12号(1995)60-63
- 日本工業規格協会：日本工業規格 JIS H 5501、755(1996)



## TiO<sub>2</sub> 光触媒溶射皮膜の脱臭性能

桑嶋 孝幸\* 高橋 幾久雄\*\* 小浜 恵子\*\*\* 平野 高広\*\*\*\* 佐藤 一彦\*\*\*\*\*  
太田 利夫\*\*\*\*\* 木村 貞則\*\*\*\*\* 伊藤 歩\*\*\*\*\*

アナターゼ型 TiO<sub>2</sub> を高速フレイム溶射装置を使用して、光触媒溶射皮膜を製膜しその脱臭試験を行った。溶射は燃料ガスとしてプロピレン-酸素を使用し、溶射皮膜を形成した。表面及び断面は SEM による観察を行った。アナターゼ型 TiO<sub>2</sub> からルチル型 TiO<sub>2</sub> への転移は X 線回折装置により測定を行った。また、脱臭試験は、アセトアルデヒドを使って評価を行った。また、併せて耐候性試験装置により皮膜の耐久性試験を行った。その結果、(1)皮膜中のアナターゼ残存率は、約 85% であった。(2)アセトアルデヒド分解実験では、初期濃度 100ppm のアセトアルデヒドが約 30 分でほとんど分解された。(3)耐久試験では、1000 時間経過後の皮膜も分解時間はほとんど変わらなかった。

キーワード:チタニア、光触媒、高速フレイム溶射、脱臭試験、耐久試験

## The Deodorant Properties of TiO<sub>2</sub> Coatings Sprayed by HVOF Spraying

KUWASHIMA Takayuki, TAKAHASHI Ikuo, KOHAMA Keiko,  
HIRANO Takahiro, SATOH Kazuhiko, OHTA Toshio ,  
KIMURA Sadanori and ITOH Ayumi

The TiO<sub>2</sub> photo catalyst powder(anatase type) are sprayed by high velocity oxygen fuel equipment and the deodorant properties of the coatings are examined. Propylene and oxygen are used as fuel gas in thermal spraying. The forms of the coating surface and cross section are observed by SEM and the ratio of transformation from anatase to rutile are measured by XRD. The acetaldehyde are used for deodorant test gas and the initial concentration of the gas are about 100ppm. An endurance test of the coatings are carried out.

The results are as follows.

- (1)After spraying, remanent ratio of transformation from anatase to rutile are about 85%.
- (2)The 100ppm acetaldehyde test gas are decomposed by photo catalyst coatings during 30 minutes.
- (3)After 1000 hours endurance test, decomposition time of the coating is as well as initial coating.

**key words: titanium oxide, photo catalyst, HVOF spraying, deodorant test, endurance test**

### 1 緒 言

近年、環境に対する問題意識の高まりから、循環型社会への転換が叫ばれ、産業界においてもリサイクルに対する意識が高まっている。廃棄物の排出量を減らすためには、Reduce、Reuse、Recycleのいわゆる環境の3Rが重要であり、部品、部材の耐久性の向上、産業廃

棄物の再利用技術や、大気汚染物質など有害物質の除去、分解技術が求められている。

有害物質を分解、除去する材料として注目されているものとしてTiO<sub>2</sub>光触媒がある。この物質は光を照射することにより、抗菌、消臭等の効果があるもので、様々な分野で応用研究や商品化が進められている。

\* 金属材料部 (現在 材料技術部)

\*\* 金属材料部 (現在 企画情報部)

\*\*\* 応用生物部 (現在 食品技術部)

\*\*\*\* 応用生物部 (現在 材料技術部)

\*\*\*\*\* (株) 釜石電機製作所

\*\*\*\*\* 岩手大学工学部建設環境工学科

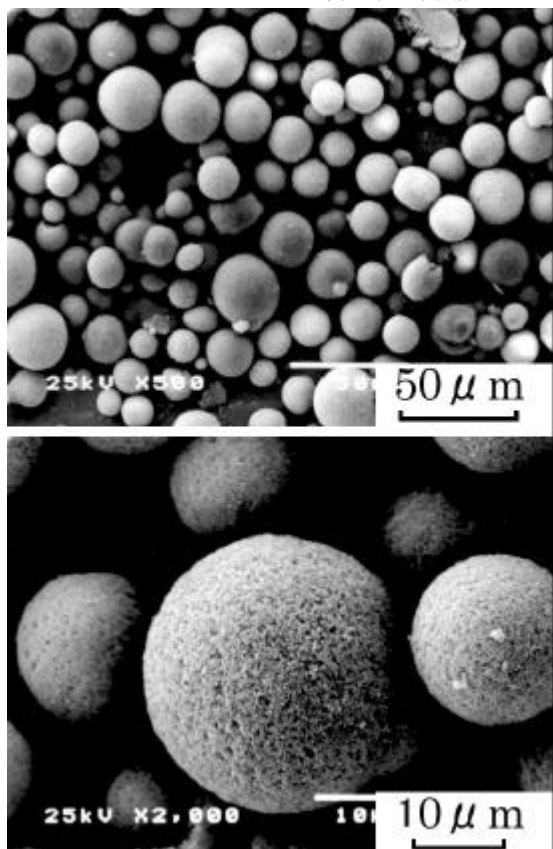


図1 溶射材料外観のSEM写真

TiO<sub>2</sub>の加工方法としては、塗布法、ゾルゲル法、CVD法、溶射法などがある。

溶射は表面改質技術の中でも加工速度が速く、金属はもちろんサーマット、セラミックスなどほとんどの材料をコーティングすることができるため、自動車産業をはじめ様々な産業分野で広く用いられている。TiO<sub>2</sub>の加工においては、加工速度が速く、大面積でも対応出来ること、現地施工が出来ることなどから、有望な加工方法と考えられている。TiO<sub>2</sub>には、いくつかの結晶構造が存在するが、光触媒活性が高いアナターゼ型TiO<sub>2</sub>は900 以上で光触媒活性の低いルチル型TiO<sub>2</sub>に変態する。そのため溶射法でこの皮膜を形成するには最適な加工条件で加工することが重要である。前報では溶射法を用いてTiO<sub>2</sub>皮膜を形成し、その製膜条件とアナターゼ型TiO<sub>2</sub>残存量、光触媒抗菌性に及ぼす加工条件の影響を明らかにした。一方、光触媒皮膜の脱臭関連製品の開発のためには、皮膜の脱臭性能や耐久性を明らかにすることが重要である。

そこで、本研究で溶射法で作製した皮膜の脱臭性能や耐久性などを明らかにすることを目的に行った。

## 2 実験方法

### 2 - 1 供試材及び溶射方法

TiO<sub>2</sub>は、種々の結晶構造を有しているが、その中でも光触媒効果が高いのは、アナターゼ型のTiO<sub>2</sub>である。そのため、本研究では、アナターゼ型のTiO<sub>2</sub>粉末を使用した。この溶射材料外観のSEM写真を図1に示す。この粉末は、1次粒径0.2 μmの粉末を粒径10 ~ 45 μmに造粒した粉末である。

表1 溶射条件

溶射装置		スルザ - メテコ社製 DJ 溶射装置
燃料ガス (プロピレン)	溶射距離(mm)	300
	圧力(psi)	100
酸素	流量(FMR)	23
	圧力(psi)	150
エア	流量(FMR)	31
	圧力(psi)	75
	流量(FMR)	44

アナターゼ型のTiO<sub>2</sub>は、熱影響によりルチル型のTiO<sub>2</sub>に転移するため、溶射皮膜を製膜するには、できるだけ入熱を抑える必要があるが、入熱量が不十分だと、製膜ができない相反する条件を克服する必要がある。そのため、本研究では、種々の溶射法による皮膜の評価を行った結果、高速フレイム溶射による皮膜の方が、アナターゼ残存率が高かった。そこで、溶射装置として高速フレイム溶射装置を使用し溶射加工を行った。

高速フレイム溶射装置はスルザメテコ社製のダイヤモンドジェット溶射装置(以下、DJ溶射装置と記す。)を使用した。溶射条件を表1に示す。燃料ガスとしては、プロピレン-酸素を使用し、溶射距離は250mmで溶射をした。溶射に際しては、ブラスト処理を施し、基材表面を清浄化、粗面化して溶射に供した。

作成した試験片は、EPMA((株)日本電子製JXA-8900M)による表面形態の観察やX線回折装置((株)リガク製RINT-2500)による構造解析を行い、皮膜の性状を調べた。

また、比較のために光触媒塗料により試験片を作製し、溶射皮膜と同様に耐久試験及び脱臭試験を行った。

### 2 - 2 耐久性試験方法

耐久性試験装置は、スガ試験機(株)製(WEL-SH-2C)のキセノンウェザリングメータを使用した。試験条件は、溶射皮膜表面に紫外線を照射し、1時間おきに15分間シャワーリングした。又、耐久性試験時間が皮膜に与える性状を明らかにするために200時間、400時間、600時間、800時間、1000時間の試験時間で試験片を取り出し、脱臭試験の試験片とした。

### 2 - 3 脱臭試験方法

脱臭試験のガスとしては、アセトアルデヒド標準ガスを用いた。試験ガスは、試験ガス調製用テドラ - バッグに封入して使用した。実験用ガスはアセトアルデヒド標準ガス(ガス濃度約6000ppm)を普通空気で希釈して80 ~ 100ppmに濃度を調整した。このガスをあらかじめ溶射した試験片をいれ密閉したテドラバックに入れた。バック内のガス量は全量を3lとした。

ガス濃度の測定は、(株)ガステック社製のガス検知管を使用した。はじめにガス濃度測定を行い当初ガス濃度とした。試験試料と試験ガスを入れたテドラ - バッグを室温でブラックライトを照射し、5分おきに検知管を用いてガス濃度測定を行った。

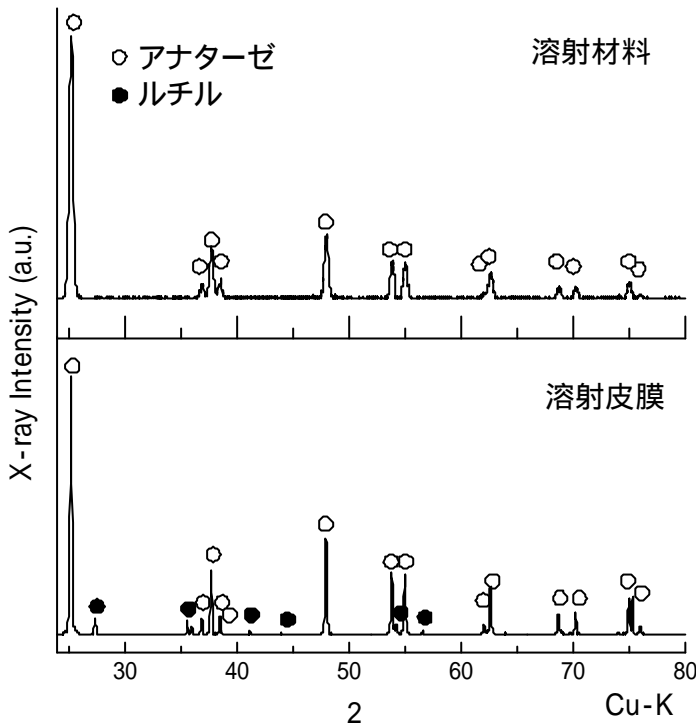


図2 溶射皮膜のX線回折結果

よりアナターゼ型TiO<sub>2</sub>とルチル型TiO<sub>2</sub>の定量分析について検討を行い、(1)式によりアナターゼ型TiO<sub>2</sub>とルチル型TiO<sub>2</sub>の存在比率を算出している。ここでI<sub>r</sub>、I<sub>a</sub>はそれぞれX線回折のアナターゼ型TiO<sub>2</sub>とルチル型TiO<sub>2</sub>の最強線のX線強度である。本研究では、この式により、皮膜中のアナターゼ型TiO<sub>2</sub>とルチル型TiO<sub>2</sub>の存在比を計算した。その結果、アナターゼ残

$$f = \frac{I_a}{1 + 1.26 \frac{I_r}{I_a}} \dots (1)$$

存率は約85%であった。

次に溶射皮膜表面のSEM写真を図3に示す。皮膜表面は凹凸が激しく、球形の未溶融粒子はほとんど認められず、均一な表面形態となっている。断面組織をみると、大きな気孔は認められず、緻密な皮膜組織となっている。

### 3 - 2 脱臭試験結果

図4に脱臭試験時のガス検知管の外観写真を図5に脱臭試験結果を示す。TiO<sub>2</sub>溶射皮膜は試験開始直後から急激に濃度が減少し、約30分後にはほぼ全量が分解されていることが分かる。溶射皮膜を形成していない基材では、アセトアルデヒド濃度がほとんど変化していないこと及び誌面の関係で割愛したが、ブラックライトを照射していない溶射皮膜試験片でもアセトアルデヒド濃度がほとんど変化しないことから、光触媒溶射皮膜によりアセトアルデヒドが分解されている。耐久試験の結果に注目すると試験時間による差は認められない。このことは、屋外で使用した場合でも長期間にわたって光触媒性能が低下していないことを示している。これに対して、光触媒塗料は、濃度低下の割合が溶射皮膜よりかなり低い。これは、溶射法により作製した皮膜は、TiO<sub>2</sub>のみからなる固体膜でありバインダー成分を含まないこと、溶射皮膜特有の組織として皮膜中に数%の気孔を含み表面積が大きいことなどによりアセトアルデヒドの分解に働くTiO<sub>2</sub>の接触面積が大きいことが影響している。これに対して、抗菌塗料ではコ-ティング剤のバインダー成分が非常に多く、有効に働くTiO<sub>2</sub>が表面にあまり

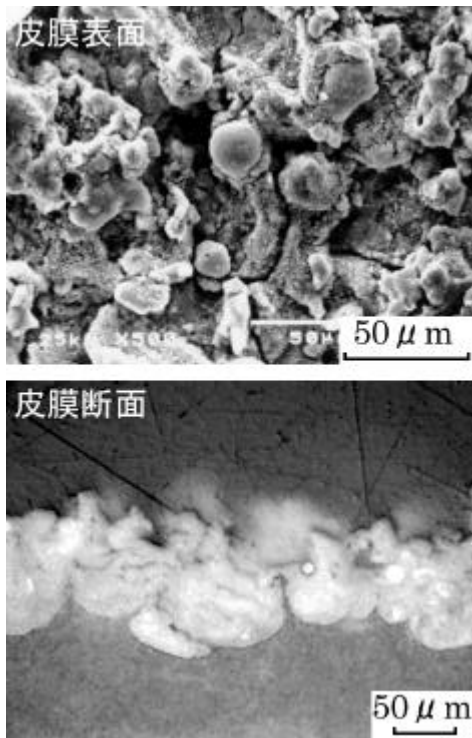


図3 溶射皮膜表面及び断面の捜査電子顕微鏡写真

## 3 実験結果及び考察

### 3 - 1 結晶構造及び表面形態

溶射皮膜の結晶構造を調べるために、X線回折装置により構造解析し、その結果を図2に示す。溶射材料は、アナターゼのみからなっている。これに対して、溶射皮膜は、溶射時の熱影響により一部がルチル型に転移している。ROBERT A SPURR<sup>(4)</sup>らは、X線回折法に

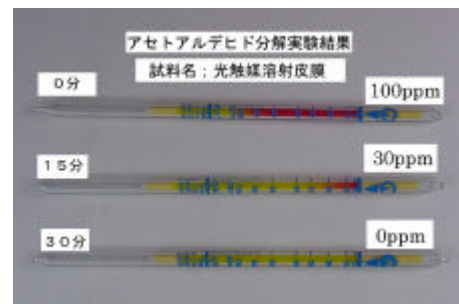


図4 アセトアルデヒド分解実験時の検知管測定例

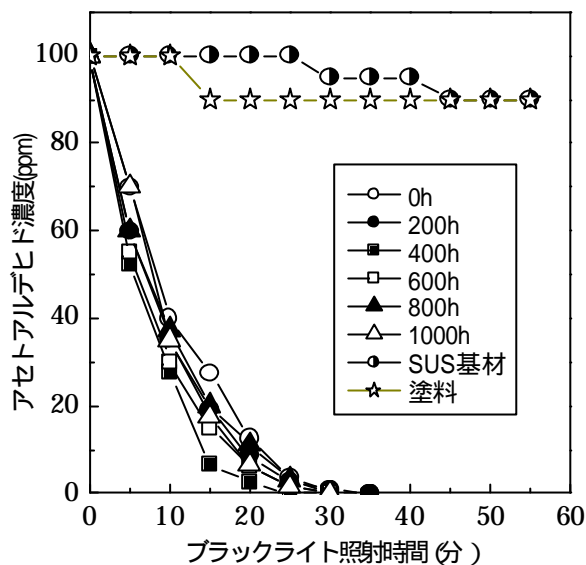


図5 脱臭試験結果



図.6 光触媒溶射被膜の応用製品例

露出していないため有効に働くTiO<sub>2</sub>が少ないためであると考えられる。施工時のイニシャルコストは、溶射法による皮膜の方が約2.5倍程度高く試算されるが、脱臭性能及び施工の自由度などを加味すれば、十分に適用できる分野があると考えられる。

### 3-3 応用分野

光の照射のみで抗菌性能、有害物の分解、脱臭性能などの機能を発揮する光触媒材料は、環境負荷が低く複雑な電気回路などを必要としないため、様々な応用製品が考えられる。溶射加工を応用した光触媒材料のコーティング技術は、バインダーを含まない固体皮膜を高速で形成でき、皮膜の再コーティングも容易に行える特徴を有している。図6に応用製品の一例を示す。いずれも既存の装置に対して、わずかな改良で光触媒皮膜を組み込むことができた。溶射加工では、皮膜の積層方法を工夫することによりほとんどの基材に対して、コーティングが可能であることから、例えば、廃棄が問題となっている廃材を利用することにより、廃棄物を利用した環境対策製品を製造できると考えられる。

## 4 結 言

- (1) 皮膜中のアナターゼ残存率は、約85%であった。
- (2) アセトアルデヒド分解実験では、初期濃度100ppmのアセトアルデヒドが約30分でほとんど分解された。
- (3) 耐久試験では、1000時間経過後の皮膜も分解時間はほとんど変わらなかった。

本報告は平成14年度基盤的先導的研究事業で実施した成果です。

溶射材料は、大阪大学接合科学研究所 大森 明 教授からご提供頂いたこと記して感謝の意を表します。

## 文 献

- 1) 福本昌宏:溶射法による光触媒チタニア皮膜創製の可能性,高温学会誌,26(Supplement),240-247(2000)
- 2) 橋本和仁:光触媒実用化の課題,工業材料誌,48(6)22-25(2000)
- 3) 藤嶋 昭:光触媒開発の最前線,工業材料誌,48(6)17-21(2000)
- 4) ROBERT A.SPURR ,HOWARDMYERS :Quantitative Analysis of Anatase-Rutile Mixtures with an X-ray Diffractometer ,ANALYTICAL CHEMISTRY ,29(5) ,760-762(1957)

## トリアジンチオール蒸着重合膜への光磁場の活用\*

鈴木 一孝\*\*、森 邦夫\*\*\*、叶 榮彬\*\*\*\*

真空蒸着法により、各種基板にジアリルアミノトリアジンチオール化合物(DA)の被膜を作製し、その光重合性に及ぼす磁場効果と成膜プロセスにおける磁気利用技術について検討した。1T以下の汎用磁場で成膜する場合、基板により光重合率に磁場効果の違いが見られ、成膜初期の基板への吸着率と関係があることがわかった。また、成膜から照射という成膜プロセスにおける磁気活用として、特に照射時に磁場が有効であることが確認された。強磁場を使った場合、基板に影響されず、光重合率は向上することがわかった。

キーワード：トリアジンチオール，真空蒸着法，光重合，バルク超電導磁石

## Application of Photo-magnetic Field on Triazine-dithiol Polymerization Thin Films

SUZUKI Kazunori, MORI Kunio and Ye Ronbin

Films of 6-diallylamino-1,3,5-triazine-2,4-dithiol (DA) were formed on the metal substrates by the conventional vacuum deposition method and were polymerized with ultraviolet irradiation in air. Photo-polymerization yields of the films were investigated using superconducting bulk magnet. The photo-polymerized film was obtained in a good yield using the magnet.

key words : triazine thiol , vacuum deposition , polymerization , superconducting, bulk magnet

### 1 緒 言

多くの工業材料の表面改質として、ナノオーダーの超薄膜技術が必要とされ、特に有機化合物による超薄膜化技術(ナノオーダー薄膜作製技術)が注目されている<sup>1)</sup>。有機超薄膜の機能化として、膜を構成する有機分子の配向・配列制御技術の確立が重要なキーテクノロジーである。分子が並ぶことにより、薄くても目的機能が発揮され、重合反応により耐久性ある有機膜が得られやすいなどの有用性のため、多くの有機薄膜研究者がその技術確立に努めている<sup>2)</sup>。著者らもトリアジンチオール誘

導体の分子配向・配列技術として、真空蒸着膜構造におよぼす磁場効果と、得られた被膜の重合性について検討し、その結果を前報で報告した<sup>3)</sup>。鉄基板に汎用磁場を使って被膜作製すると、分子は並び、そのまま汎用磁場で光重合すると重合率が向上することを明らかにした。本報では鉄以外の金属基板におけるトリアジンチオール蒸着膜に及ぼす磁場効果、膜作製プロセスにおける磁場効果、および強磁場利用効果について調べたのでその結果を報告する。

\* 地域共同研究型結集事業

\*\* 化学部(現在 材料技術部)

\*\*\* 岩手大学 工学部

\*\*\*\* 財団法人 いわて産業振興センター

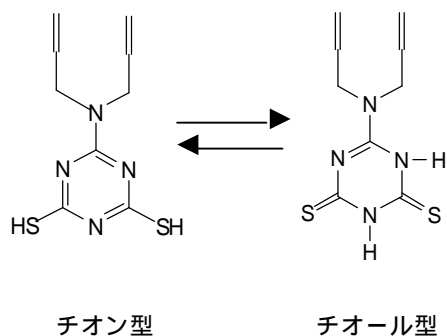


図1 成膜原料の化学構造

## 2 実験方法

### 2-1 成膜材料と基板

2mmt×20mm×20mmの鉄板（機械構造用炭素鋼材 S45C: JIS G 4051 および JIS G 3193 に規定、以後 Fe と略記する。）ステンレス板（冷間圧延ステンレス鋼板 SUS304-CP: JIS G 4305 に規定、以後 SUS と略記する。）Al 板（ニラコ㈱製 以後 Al と略記する。）および Ni 板（ニラコ㈱製、以後 Ni と略記する。）を、1 μm のダイヤモンド粉を分散したバフで研磨し成膜基板とした。成膜原料はジアリルアミノトリアジンジチオール（DA）である。その化学構造式を図1に示す。

### 2-2 成膜方法と重合方法

蒸着法による成膜は、到達真空度を $5 \times 10^{-4}$ Paとし、所定の基板温度で、約30分間行った。成膜速度は水晶振動子モニターで約0.02nm/secとした。磁場強度は市販のネオジウム合金磁石（30×5mmt, 表面磁束密度：0.45T）の直列重ね合わせ数により調整した。表面磁束密度は磁束計（島津理化学株式会社 磁束計TM-501）により計測し、磁石1, 2, および3個でそれぞれ約0.45, 0.50, および0.55Tであった。また光重合は、波長切り替

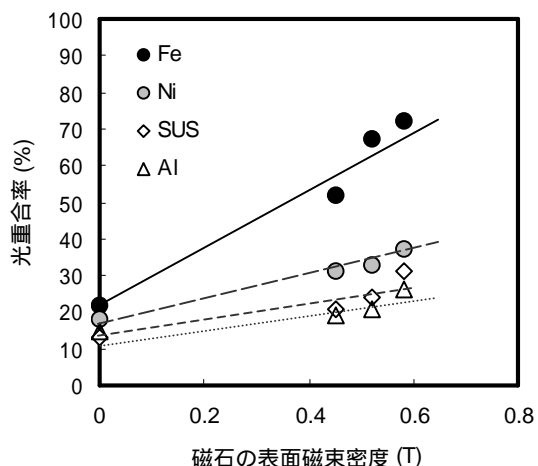


図2 DA光重合の磁場強度依存性

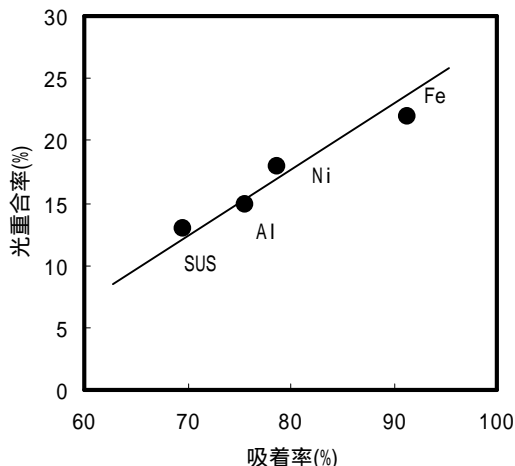


図3 各種基板へのDA吸着率と光重合

え型ハンディUVランプ（井内盛栄堂㈱製：SLUV-8）を用いて、紫外線照射距離を60mmで行った。

### 2-3 有機蒸着薄膜の評価・分析

膜厚測定はエリプソメーターを使い、屈折率を1.674とし、5回の計測の算術平均値から求めた。被膜形態は、原子間力顕微鏡のタッピングモードにより観察した。被膜の重合率はメタノール溶媒に24時間浸漬前後の膜厚をエリプソメーターにより計測し、残存率から算出した。

## 3 実験結果及び考察

### 3-1 光重合に及ぼす基板の影響

強磁性の鉄(Fe)、ニッケル(Ni)基板および非磁性のアルミニウム(Al)およびステンレス(SUS)基板に磁場強度を変えて成膜および光照射した被膜の光重合率を調べた結果を図2に示す。磁性、非磁性に関わらずどの基板を使っても、磁場の影響に差はあるものの重合率は高くなり、磁場効果があることがわかる。しかしながらFe基板ほどの顕著な効果が見られないことがわかった。基板と光重合に及ぼす磁場効果との関係を明らかにするために、基板へのDA蒸着膜の化学吸着性と光重合率の関係を調べた。各基板に水晶振動子でモニターしながら、DAを3nm成膜し、各基板へ実際に吸着した膜厚をエリプソメーターで測定し、吸着確率(吸着率)を算出した。その吸着率と光重合率の関係を図3に示す。Fe>Ni>Al>SUSの順で吸着率が高く、光重合率もその順で高くなっており、吸着率と光重合率には密接な相関関係があることが確認できた。この結果は基板への吸着率が高い被膜では光重合率は高くなることを示唆する。結晶成長理論により考察すると、基板に化学吸着した核分子に表面拡散した分子が吸着し、島(分子凝集体)を形成しやすくなったと考えられる。分子凝集体に対し、

磁場効果が発揮されやすいことが知られていることから、形成した分子凝集体は磁場効果により近接して並んだ分子構造を有し、光重合しやすい被膜を形成したと考えられる。この結果から、最も吸着率の低いステンレス表面に対し、吸着性の高い表面処理を施すことによって、磁場効果が発揮されると考えられる。このステンレス表面の前処理方法については、並行して行われる研究により徐々に明らかになりつつあり、この確認は今後の課題とする。

### 3 - 2 成膜プロセスにおける磁場効果

本研究における膜作製プロセスは蒸着と光重合処理に大別され、蒸着成膜中における磁場効果として基板表面への吸着率が重要な要因であることが明らかにされた。次にどのプロセスが光重合に対し、磁場効果が発揮されるのかについて調べることにした。図4は鉄基板に作製したDA膜の紫外光照射時間に対する重合率の関係を調べた結果を示す。無磁場で成膜および光重合した被膜、無磁場で成膜して磁場中で光重合した被膜、磁場中で成膜して無磁場で光重合した被膜、および磁場中で成膜および光重合した被膜について調べた結果である。尚、磁石の表面磁束密度は磁束計で計測すると0.5Tを示した。

図4の結果から、磁場中で成膜した被膜は紫外光照射しなくても、重合率が数%であり、メタノールに溶解しない重合生成物ができていることがわかった。また、磁場中で成膜および光照射した被膜が最も重合しやすく、無磁場で蒸着および紫外光照射した被膜が重合し難く、光重合率に磁場効果があることが確認される。そこで、蒸着と光照射プロセスのどちらにより磁場効果があるか検討した。紫外光照射初期では磁場中で成膜するプロセスが重合しやすいが、長時間の紫外光照射後は逆転し、光照射時に磁場印可した方が重合しやすいことがわかる。

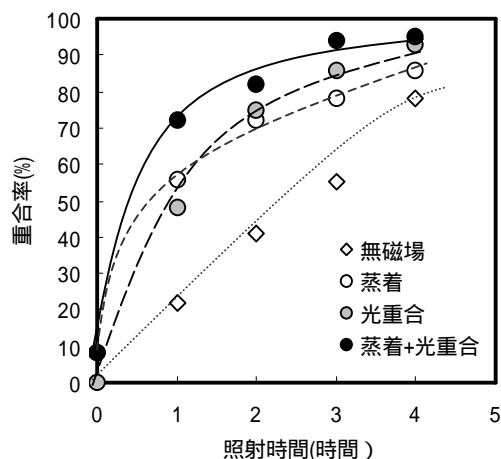


図4 膜作製プロセス毎の磁場活用効果

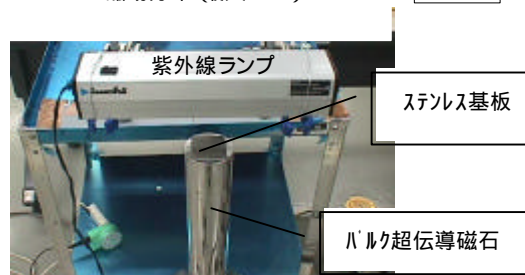
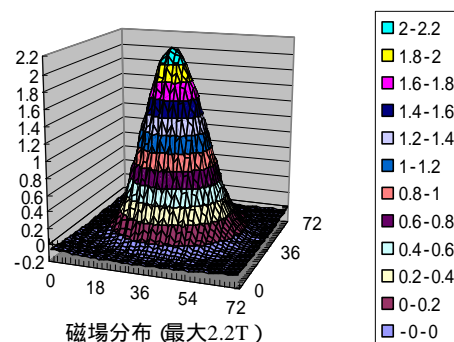


図5 バルク超伝導磁石を活用した実験の様子と磁場分布

どちらのプロセスでも磁場効果があり、磁場活用プロセスでの差は明確ではない。蒸着と光照射における重合に及ぼす磁場効果はそれぞれ異なる機構であると考えられる。すなわち、成膜時の効果は分子配向に寄与し、反応基が近接する分子の並びによって光照射初期に重合反応しやすくすると考えられる。一方光照射時の磁場効果は、分子を並べる効果とともに酸素（酸素は常磁生体）の拡散、閉じ込め等により酸化重合を促進すると推測される。事実、酸素の少ない真空中では重合速度が遅くなることが確認されている。

### 3 - 3 強磁場によるステンレス表面の光重合

基板がステンレスの場合、汎用磁場(1T以下)では磁場効果が顕著でなかったが、様々な基板に対して光重合反応を促進する技術開発が、実用化には必要である。

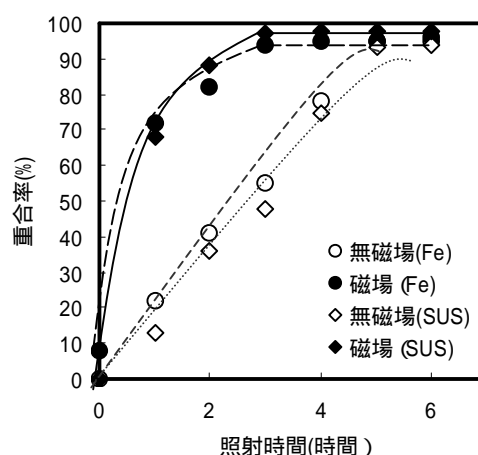


図6 SUS基板における強磁場活用効果

ここでは磁場活用の一例として、磁場強度を強くした場合の効果について検討することとした。前項の結果から、成膜と照射のどちらでも磁場効果が期待できること、および実用化を考慮した場合、成膜中に強磁場印可することは困難であると判断されることから、照射時の強磁場活用について検討することとした。図5にはDA蒸着膜を強磁場中で照射実験した様子を写真で示した。また強磁場印可に使用したバルク超伝導体の磁場分布も示した。使った磁場は中心で最大に磁場強2.2Tを示し、外周で0Tとなる勾配があった。このバルク超伝導体表面に前処理したSUS基板を置き、紫外線を照射した。この実験により得られたDA重合膜の照射時間に対する重合率を調べた結果を図6に示す。バルク超伝導体を使った強磁場を活用した場合、照射時間は3時間ではほぼ100%の重合率となることがわかった。無磁場における鉄基板とSUS基板両者では、重合率が約100%となるのに紫外照射に5時間を要したが、このように照射処理工程だけを強磁場環境とした場合でも、鉄表面の汎用磁場の場合と同等の効果があることがわかった。

図7には無磁場で成膜して2.2Tの強磁場で2時間照射したDA重合膜と無磁場で同じ2時間照射したDA重合膜、比較として光重合しないDA蒸着膜、および原料のFTIRスペクトルを示す。無磁場の場合は重合反応が不充分であり、モノマーに起因する $1605\text{cm}^{-1}$ と重合構造を示す $1556\text{cm}^{-1}$ と2本のピークが観察されるが、強磁場で照射した膜は重合構造を示す1本のピークとなっていることが確認できた。強磁場での2時間の照射ではFTIRスペクトルのピークが、1本となり完全に重合したように思われるが、図6の重合率は85%ほどであった。これは2時間の照射では、溶剤に可溶性低重合体が残存することに起因すると考えられる。

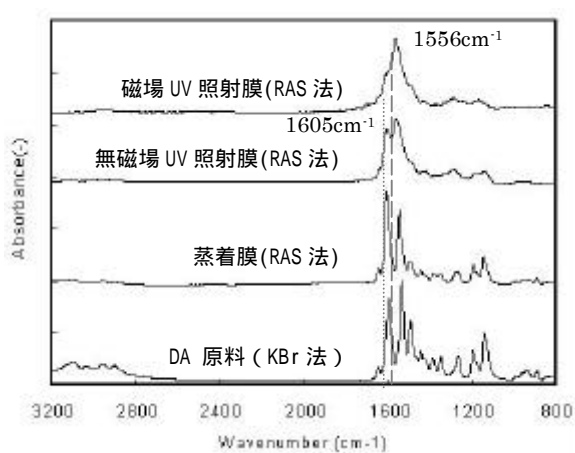


図7 SUS基板における磁場効果を示す FTIR スペクトル

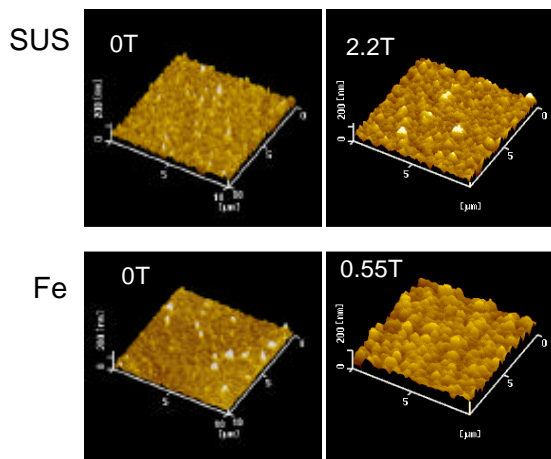


図8 ステンレス基板への強磁場効果を示す DA 光重合膜の原子間力顕微鏡像

さらに、図8に無磁場および0.5TでFe基板に成膜および照射したDA膜と無磁場および照射時のみ2.2Tの磁場で処理した被膜の原子間力顕微鏡像を示す。SUS基板で照射時のみ強磁場で処理した場合でも、無磁場の被膜とは異なり、汎用磁場で処理したFe基板のDA膜と同様に、磁場で作製した被膜には、分子凝集したような島状形態も見られた。このように汎用磁場では効果が小さい基板の場合でも、紫外照射時に強磁場を活用することにより、重合反応に対し、磁場効果を示すことが確認できた。

#### 4 結 言

真空蒸着法により、各種基板にジアリルアミノトリアジンチオール化合物(DA)の被膜を作製し、その光重合性に及ぼす磁場効果と成膜プロセスにおける磁気利用技術について検討した。1T以下の汎用磁場で成膜する場合、基板により光重合率に磁場効果の違いが見られ、成膜初期の基板への吸着率と関係があることがわかった。また、成膜から照射という成膜プロセスにおける磁気活用として、特に照射時に磁場が有効であることが確認された。強磁場を使った場合、基板に影響されず、光重合率は向上することがわかった。

#### 文 献

- 1)有機超薄膜作製技術調査専門委員会編,電気学会技術報告,2,420,(1992)
- 2)矢部明,谷口雄,増原宏,松田宏雄,培風館,有機超薄膜入門,(1995)
- 3)鈴木一孝,森邦夫,叶榮彬:岩手県工業技術センター研究報告,9,(2002)



# 木質バイオマスガス化燃焼基礎研究\*

園田 哲也\*\*、遠藤 治之\*\*、田中 慎造\*\*

地球温暖化対策の為、脱化石燃料への取組みが急務となっている中、木質バイオマスエネルギーの有効利用に関する技術開発が求められている。本研究では、木質バイオマスを燃料とした小規模ガス化コジェネレーションシステムの開発を最終目標とし、その予備研究として、木質ペレットのガス化について基礎的な実験を行った。実験で得られた主な結果として、CO ガス 25vol と高濃度の可燃性ガスを得る事が出来た。

キーワード：自然エネルギー、木質バイオマス、コジェネレーション、木質ペレット

## Study of Wood Biomass Gasification

SONODA Tetsuya, ENDO Haruyuki and TANAKA Shinzou

In order to prevent global warming, developing a utilization technology of wood biomass is demanded. An aim of this study is the development of a gasification cogeneration system using wood biomass.

This paper describes a study on the thermal property of wood pellets by thermal analysis and gasification experiments. Condition of atmospheric 600 , high concentration of 25vol% CO were observed in this experiment.

**key words : clean energy, wood biomass, cogeneration, wood pellet**

### 1 緒 言

環境問題が深刻化し、二酸化炭素削減という世界的な課題を抱える今日、カーボンニュートラルの特性を持つ木質バイオマスエネルギーの利活用に関する取り組みが活発化している。中でも県土の 8 割が森林面積の岩手では、林業振興の面からも、木質バイオマスエネルギーの導入が盛んで、チップボイラーの導入や当センターのペレットストーブの開発等、全国的に注目をあびている。

木質バイオマスエネルギーの活用手段として、ストーブや温水ボイラーの燃料としての利用が第一に考えられるが、1 歩踏み込んで木材の持つエネルギーをいかに効率的に利用するかを考慮した場合、コジェネレーションが最も有効な利用形態と言える。コジェネレーションにおける発電方式は、蒸気発電とガス化発電に分類されるが、両者を比較した場合、ガス化発電は小規模かつ高効率発電が実現出来る為、将来の利用技術として有望視されている。しかしガス化時に生じるタール分の分解や、燃焼生成物に起因する諸問題により、実用段階まで至らないのが現状である。

本研究はガス化研究の第一歩として、電気炉を使用したラボスケールでのガス化実験を行い、発生ガスのサンプリング手法の検討と、実際発生したガスの定量分析を行う事と、木質ペレット燃料の、示差熱量-質量分析の同時測定を行い、燃料の熱分解特性について調査する事を目的として実施した。

### 2 実験方法

#### 2 - 1 燃料性状

ガス化実験には、(株)葛巻林業社製の広葉樹皮 100% の木質ペレット燃料“ALA-Wood”を使用した。木質ペレット燃料は含水率・成型速度等をコントロールしながら製造される為、木質燃料の中では最も材料特性のばらつきが少ない燃料である。今回使用した燃料の化学成分を表 1 に燃料性状を表 2 に示す。

表 1 パークペレット化学成分 (%)

灰分	C	H	O	N	S
3.56	43.0	5.5	37.0	0.37	0.07

表 2 パークペレット性状

低位発熱量	4.88kW/kg
比容積	$1.6 \times 10^{-3}(\text{m}^3/\text{kg})$
形状	6mm × (10mm ~ 30mm)

#### 2 - 2 木質バイオマスのガス化反応

バイオマス原料のガス化プロセスは基本的に次のような段階を経てガス化に至る。<sup>(1)</sup>

表面水分の蒸発

固有水分の蒸発

揮発分の気化

揮発分の気化とガス化反応

\* 基盤的・先導的技術研究推進事業

\*\* 電子機械部 (現在 電子機械技術部)

### チャーのガス化

の段階は、原料が 200 ~ 300 になるとバイオマスの熱分解が始まりCO、CO<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>及びH<sub>2</sub>Oがガスとして気化する。そして揮発成分の気化終了後、固定炭素分と灰分として残されたチャーは、ガス化剤と反応し、炭素分はCO及びCO<sub>2</sub>ガスに転換する。表3にチャーのガス化反応を示す。

表3 主要なガス化反応<sup>(2)</sup>

1) $C + 2H_2 = CH_4$
2) $C + H_2O(g) = CO + H_2$
3) $C + 0.5O_2 = CO$
4) $C + O_2 = CO_2$
5) $C + CO_2 = 2CO$
6) $CO_2 = H_2O(g) = CO_2 + H_2$

### 2-3 木質ペレットの熱分析

木質ペレット熱分解の温度特性を調査する為に、示差熱量測定及び質量分析を行った。熱分析には、NETZSCH社製熱分析装置を用いた。

分析条件を表4に示す。

表4 熱分析条件

雰囲気ガス	: 酸素(99.9vol%)
試料室	: 流量 50ml/min
分析室	: 25ml/min
温度	: 室温 ~ 1200
昇温速度	: 15 /min.

### 2-4 ガス化実験装置の製作

木質ペレットを熱分解させ、可燃性ガスを取り出す実験を行う為に、ガス化実験装置を製作した。熱分解の為に加熱には、木質ペレットの自己発熱による加熱ではなく、温度制御性の良い外部加熱方式を選択した。加熱装置には、(株)いすゞ製作所製全自動開閉式管状炉 EKRO-25KS を用いた。ガス化剤として空気をコンプレッサーからレギュレータ及び流量計を通して石英管に導入し、石英管から排出されるガスをテドラ-ガス捕集バッグ(容量 10<sup>1/2</sup>ℓ)により捕集するシステムとした。図1に製作したガス化実験装置を示す。

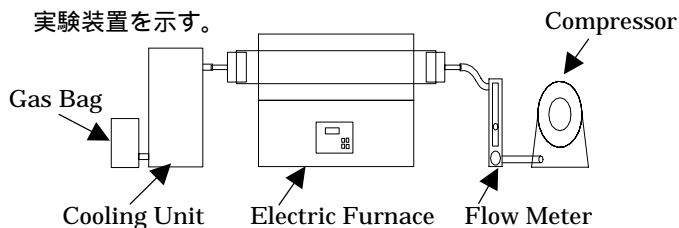


図1 ガス化実験装置

### 2-5 ガス化実験

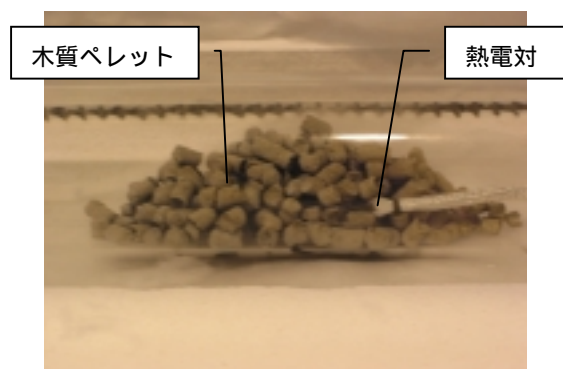
表5にガス化条件、写真1に実験時のガス化装置を示す。木質ペレットの熱分解によるガス化は、あらかじめ炉温度を600 に安定させ、中央部に木質ペレットを挿入した 50mm の石英管を横型炉に設置し、加熱した。発生したガスの捕集は、石英管を横型炉に設置した瞬間から各々、1) 5分~7分後、2) 13分~15分後、3) 20分~25分後の計3回行った。

表5 ガス化条件

雰囲気ガス	: 大気
空気流量	: 1300ml/min
温度	: 600
木質ペレット質量	: 25g



(a) 管状炉内部



(b) 木質ペレットと石英管内部温度測定用熱電対  
写真1 ガス化装置

### 2-6 発生したガスの定量分析

捕集したガスの定量分析は、島津製作所製ガスクロマトフィー(GC)装置 GC-14A を用いて行った。ガラスカラムは、島津製作所 7G 3.2-1.6m、充填材には、モレキュラシーブ 5A M-2 mesh6、キャリアガスには He ガスを用い分析を行った。

### 3 結果及び考察

#### 3-1 木質ペレット熱分析結果

木質ペレットの示差走査熱量測定結果を図2に、同時測定を行った質量分析結果を図3に示す。図2を見ると炉内温度 200 近辺で DSC (示差走査熱量測定) カーブの急激な立ち上がりが見られ、この熱分解による試料の発熱反応に伴って、炉内温度も上昇しているのがわかる。この結果より、パークペレットの熱分解は 200 ~ 300 で開始される事が確認できた。また図3よりこの時の熱分解反応により、酸素が消費され、 $H_2$ 、 $CO$ 、 $CO_2$  の熱分解ガスが発生していることがわかった。分析は 1200 まで行ったが、この後 DSC カーブの目立った変化やガスの発生は確認する事が出来なかった。

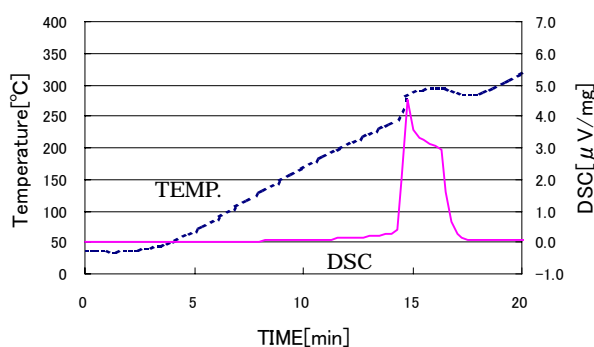


図2 示差走査熱量測定結果

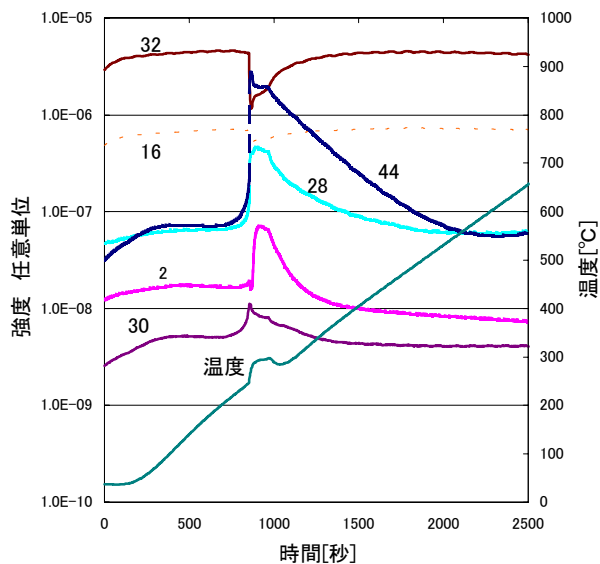


図3 質量分析結果  
グラフ中の数値は質量数

#### 3-2 ガス化実験結果

図4に石英管内部に木質ペレットを挿入し、加熱した際の石英管内部温度測定結果を示す。結果より、400 近辺において温度上昇勾配に変化が見られる。これは木質ペレットの発火温度が 400 度近辺である事から、木質ペレットの燃焼に伴う温度上昇と考えられる。

5分~7分後(管内温度 400 ~ 500 )に捕集された

ガスは、タール分を多く含んだ茶色のガスで、その後 13分~15分後(管内温度 750 )及び20分~25分後(管内温度 650 )に捕集されたガスは、わずかに白濁したガスであった。

定量分析結果を図5に示す。分析の結果、加熱開始後、5分~7分後に捕集したガス中に可燃性ガスである  $CO$  が最も多く発生しており、25%vol と高濃度のガスを回収する事が出来た。同じく可燃ガスである  $CH_4$  についても 8% 弱の発生が確認出来た。その後木質ペレットの熱分解が終了し、可燃性ガスは殆ど発生しない事がわかった。

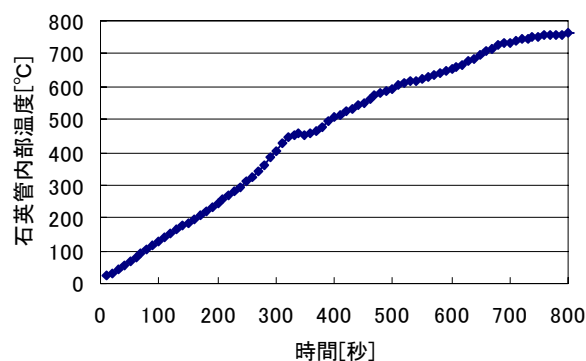


図4 ガス化実験管内温度

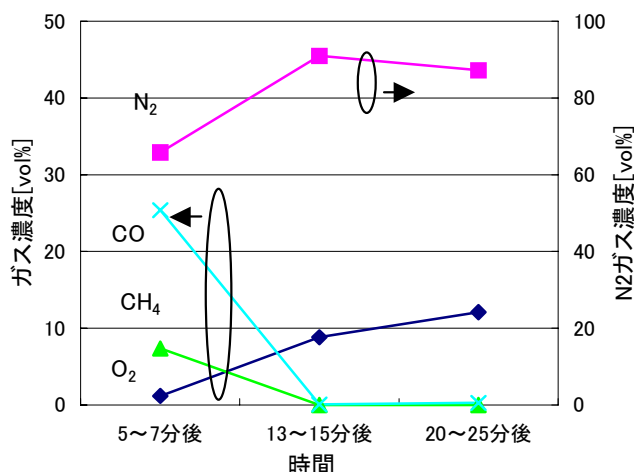


図5 発生ガス定量分析結果

### 4 結 言

木質ペレットを燃料としたガス化燃焼実験を行い以下の結果を得た。

- 1) 木質ペレットの示差熱量-質量の同時測定を行い、熱分解開始温度と、発生ガスの確認を行った。
- 2) 電気炉によるガス化実験を行い、25%vol の  $CO$  ガスを収集する事が出来た。

### 文 献

- 1) 社団法人 日本エネルギー学会[編]: バイオマスハンドブック, オーム社
- 2) 鈴木勉: 木質系バイオマスの液化とガス化 プロセス開発の現状, 木材学会誌 Vol.48 No.4, p.217-224(2002)

## 自然エネルギー利用技術に関する研究

菊地 利雄\*、田中 慎造\*

自然エネルギー利用技術に関する研究として、太陽電池、その中でも次世代薄膜太陽電池として期待されている CIGS (CuInGaSe<sub>2</sub>) 薄膜太陽電池に関する研究を行った。核となる CIGS 層は通常、真空蒸着によって製膜されるが、低コスト化の観点から微粒子をインク状にして塗布する非真空プロセスによる製膜を試みた。試作では、セレン化銅とセレン化インジウムの粉末を使用し、それぞれをインク状として 2 層に塗布し、2 層で約 8 μm 厚の CIS 層を形成することができた。

キーワード：自然エネルギー、太陽電池、CIS 薄膜太陽電池

## Investigation of Clean Energy Utilization Technologies

KIKUCHI Toshio and TANAKA Shinzou

We investigated CIGS(CuInGaSe<sub>2</sub>) thin film solar cells that as an investigation of clean energy utilization technologies. The CIGS layer is usually fabricated by coevaporation. We tried to fabricate that layer with non-vacuum process due to cost effectiveness. Cu<sub>2</sub>Se and In<sub>2</sub>Se<sub>3</sub> fine powder were prepared to formulate inks, then both inks were coated onto glass substrate.

key words : clean energy, solar cell, CIS thin film solar cell

### 1 緒 言

太陽電池は半導体の厚さによって、バルク形と薄膜形に分類することができる。バルク形は単結晶シリコンなどのように、いったんバルク状結晶を製造し、その結晶を板状に加工して太陽電池として使用するものである。単結晶シリコン太陽電池では、その厚さは約 300 μm 程度である。一方、薄膜形では半導体層の厚さが数 10 μm ~ 数 μm 以下で、シリコン系薄膜太陽電池、化合物薄膜系、カルコパイライト系がある。シリコン系薄膜太陽電池の代表がアモルファス太陽電池であり、その厚さは約 0.3 μm である。

今回試作を行った CIGS (CuInGaSe<sub>2</sub>) 薄膜太陽電池は、薄膜太陽電池の中では最も変換効率が高く、長期信頼性も実証されていることから、次世代太陽電池の有力候補として位置づけられている。CIGS 系太陽電池の研究は 1974 年にベル研究所 (米国) が CuInSe<sub>2</sub> 単結晶に CdS を蒸着して 12% という変換効率を報告したのが始まりである。これを契機に米国、欧州、日本など各国で研究開発が行われ、現在では多結晶シリコン太陽電池に匹敵する変換効率 18% が複数の研究機関で達成されるようになった。CuInSe<sub>2</sub> (CIS) 系は - -<sub>2</sub> 族化合物半導体に属し、結晶構造にはカルコパイライト形とスファレライト形がある。このうち太陽電池として利用できるのは光吸収係数の大きなカルコパイライト形で、光吸収係数は  $1 \times 10^5 \text{cm}^{-1}$  程度と既知の太陽電池材料の中では最も大きい。

図 1 に CIGS 薄膜太陽電池の構造を示す。基板はごく

一般的なソーダライムガラスを使用することができる。その基板に Mo (モリブデン) の裏面電極、CIGS 層が形成され、さらに CdS バッファ層、ZnO 透明電極が形成される構造となっている。

CIS 層 / CIGS 層の形成には多源蒸着法、セレン化法、スパッタ法などが報告されてきたが、小面積での高効率化をねらった製膜技術の中では多源蒸着法 (3 段階法) が最も優れた方法である。また、量産用製膜法として昭和シェル石油や SSI (Siemens Solar Industries) ではセレン化法を採用している。その一方で、最近、低コスト化の観点から非真空プロセスによる製膜法も注目されている。これは米国のベンチャー企業の ISET 社と

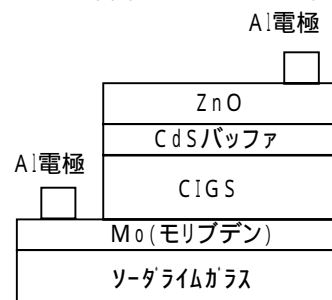


図 1 CIGS 薄膜太陽電池の構造

UNISUN 社が開発中の方法で、ナノパーティクルを応用して、インク状に塗布焼成する方法である。この方法では低コストで大面積化が可能なことや、高い原料使用率などが利点である。日本でも複数の大学でナノパーティクルを生成して、同様な試みが行われているが、まだ成功例は報告されていない。

\* 電子機械部 (現在 電子機械技術部)

## 2 実験方法

ISET社の非真空プロセスでは、Cu(銅)、In(インジウム)、Ga(ガリウム)の混合酸化物の微粉末(ファインパウダー)をインク状にして、Mo(モリブデン)を蒸着したガラス基板に塗布し、これをH<sub>2</sub>Seガス中で熱処理する気相セレン化法を使用している。そのため、厳密にはCIGS層を非真空プロセスで生成しているとは言えない面もある。

これに対し本研究では、Cu<sub>2</sub>Se(セレン化銅)、In<sub>2</sub>Se<sub>3</sub>(セレン化インジウム)の粉末をそれぞれインク状にしてガラス基板に塗布する方法を試みた。Cu<sub>2</sub>Se粉末の初期状態を図2に示す。In<sub>2</sub>Se<sub>3</sub>もほぼ同様で、粒子の大きさは数十μmから200μm程度であった。しかし、多源蒸着によって作成されているCIS/CIGS層の厚さは

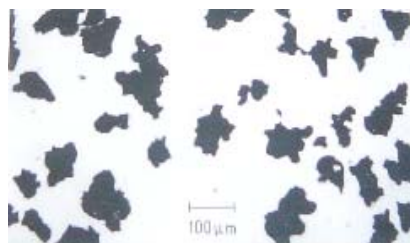


図2 Cu<sub>2</sub>Se粉末の初期状態

1.5μm~2μm程度であるため、Cu<sub>2</sub>Se粉末、In<sub>2</sub>Se<sub>3</sub>粉末ともさらに細かく粉碎する必要がある。図3はCu<sub>2</sub>Se粉末を粉碎した状態で、粒径はほぼ1μm以下程度となっている(それより粒径が大きく見えているものも、小粒径が集まって大きなかたまりに見えている)。In<sub>2</sub>Se<sub>3</sub>粉末も同様に粒径が1μm以下、300nm~500nm程度になるまで粉碎した。



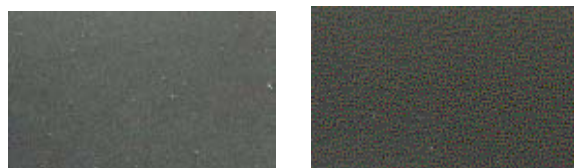
図3 Cu<sub>2</sub>Se粉末を粉碎した状態

次にこのCu<sub>2</sub>Se、In<sub>2</sub>Se<sub>3</sub>の微粉末をPVC(Pigment Volume Concentration)が大き目の値になるようにインク状にして、スプレー法及びメッシュを使った方法によりガラス基板に塗布した。

## 3 実験結果

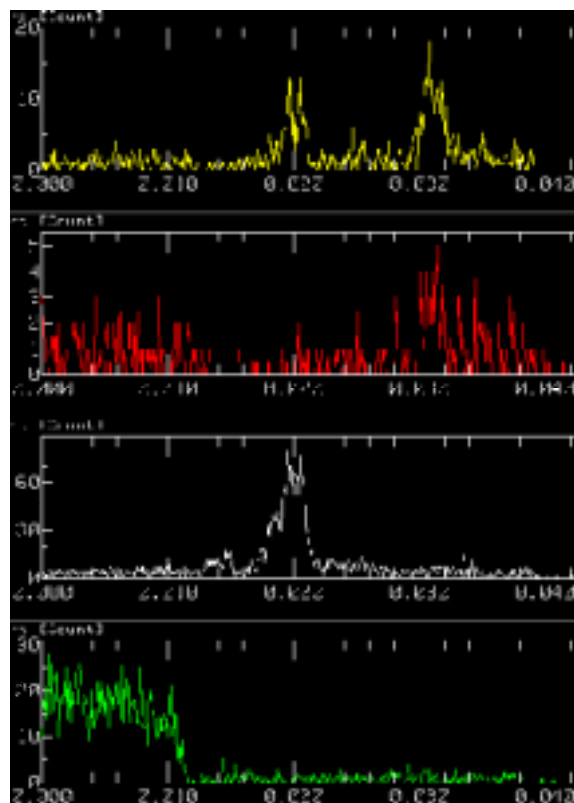
図4にスプレー法でCu<sub>2</sub>Se、In<sub>2</sub>Se<sub>3</sub>をガラス基板に塗布した様子を示す。(a)のサンプル1は薄目に、(b)のサンプル2は(a)より濃くなるよう塗布している。

いずれもCu<sub>2</sub>Se/In<sub>2</sub>Se<sub>3</sub>が2層になっている。目視では非常にきれいに塗布されている様子がわかる。



(a) サンプル1 (b) サンプル2

図4 スプレー法によるCu<sub>2</sub>Se、In<sub>2</sub>Se<sub>3</sub>の塗布



0.00 0.01 0.02 0.03 0.04  
(mm)  
| Si | Cu<sub>2</sub>Se | In<sub>2</sub>Se<sub>3</sub> |

図5 サンプル2の深さ方向成分分析結果

図5にサンプル2を深さ方向に成分分析した結果を示す。成分は上からSe(セレン)、In(インジウム)、Cu(銅)、Si(シリコン)で、Siはガラス基板を表している。下に付けているスケールより、左側にガラス基板があり、Cu<sub>2</sub>Se、In<sub>2</sub>Se<sub>3</sub>と積層している様子がわかる。Cu<sub>2</sub>Se、In<sub>2</sub>Se<sub>3</sub>の層はそれぞれ12~13μm厚となっており、合わせて25~26μm程度の厚さになっている。それぞれの層でSe(セレン)、In(インジウム)、Cu(銅)といった元素が均一に分布していないのは、Cu<sub>2</sub>Se、In<sub>2</sub>Se<sub>3</sub>が粒子として存在していることによる。

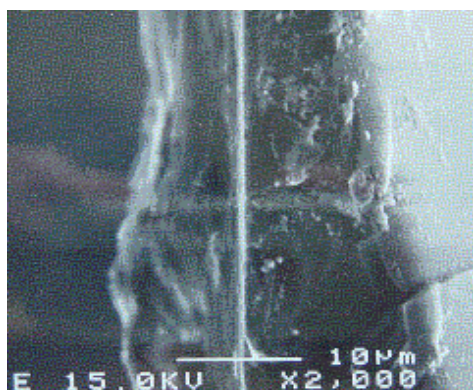
図6にはサンプル2の顕微鏡写真を示す。2つのサンプル小片を向かい合わせに貼り付けて固定している

ため、写真の左からガラス基板 /  $\text{Cu}_2\text{Se}$  /  $\text{In}_2\text{Se}_3$  /  $\text{In}_2\text{Se}_3$  /  $\text{Cu}_2\text{Se}$  / ガラス基板という層の順序になっている。また、試料作成にあたって観察面の表面を研磨している。写真中のスケールより、左右のガラス基板間の間隔は約  $50\ \mu\text{m}$  であり、図 5 で示した  $\text{Cu}_2\text{Se}$  と  $\text{In}_2\text{Se}_3$  を合わせた厚さのちょうど 2 倍になっている。図 6 の顕微鏡写真を見ると、 $\text{Cu}_2\text{Se}$  あるいは  $\text{In}_2\text{Se}_3$  とと思われる粒子がいたる



ガラス基板 |  $\text{Cu}_2\text{Se}/\text{In}_2\text{Se}_3$  |  $\text{In}_2\text{Se}_3/\text{Cu}_2\text{Se}$  | ガラス基板

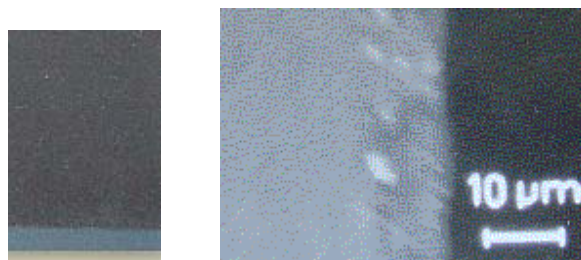
図 6 サンプル 2 の顕微鏡写真



$\text{In}_2\text{Se}_3/\text{Cu}_2\text{Se}$  | ガラス基板  
図 7 サンプル 1 の顕微鏡写真

ところに分布している様子がわかる。中には粒径の大きなものも見受けられるが、よく見ると内部に複数の小粒が見えるので、いくつかの粒子が集まっているものと考えられる。一方、 $\text{Cu}_2\text{Se}$  と  $\text{In}_2\text{Se}_3$  がやわらかい材料のため、観察用試料作成時に行った研磨で断面が崩れてしまった可能性もある。図 7 にはサンプル 1 の顕微鏡写真を示す。試料の作成が十分ではなかったため  $\text{Cu}_2\text{Se}$  と  $\text{In}_2\text{Se}_3$  の層の様子がはっきりしていないが、両方を合わせた膜厚は薄い部分で  $7\ \mu\text{m}$  程度とだいぶ薄くなっている。その一方、膜の表面は平坦になっていないことがわかる。

スプレー方式による塗布では均一な薄膜化に限界があることがわかったため、次にメッシュを使用して塗布する方法を試みた。図 8 にメッシュを使用して  $\text{Cu}_2\text{Se}$  及び  $\text{In}_2\text{Se}_3$  を塗布した様子を示す。(b) は顕微鏡写真で、左側がガラス基板になっているが、 $\text{Cu}_2\text{Se}$ 、 $\text{In}_2\text{Se}_3$  層はおおよそ  $8\ \mu\text{m}$  程度の膜厚で平坦に塗布できていることがわかる。図 9 には Mo (モリブデン) を蒸着させたガラス基板に、メッシュを使用して  $\text{Cu}_2\text{Se}$ 、 $\text{In}_2\text{Se}_3$  を塗布した外観を示す。(a) は問題なく塗布できた例であるが、(b) ではモリブデンの膜が剥離してしまった。このことにより、 $\text{Cu}_2\text{Se}$ 、 $\text{In}_2\text{Se}_3$  をインク状にして塗布する際、その粘性にも注意しながら塗布する必要があることがわかった。



(a) 外観 (b) 顕微鏡写真

図 8 メッシュを使用した塗布 (ガラス基板)



(a) 外観 (b) Mo 剥離

図 9 メッシュを使用した塗布 (ガラス + Mo 基板)

メッシュを使用した塗布により約  $8\ \mu\text{m}$  の厚さが得られたが、今後、さらに薄膜化を進める場合にはスピニングなど他の塗布方法を検討していく必要がある。また、 $\text{Cu}_2\text{Se}$ 、 $\text{In}_2\text{Se}_3$  の粒径、インクの粘性などについても定量的に把握、制御していく必要があると考えられる。

#### 4 結 言

自然エネルギー利用技術に関する研究として、CIGS ( $\text{CuInGaSe}_2$ ) 薄膜太陽電池に関する研究を行った。核となる CIS 層を構成元素の微粒子をインク状にして塗布する非真空プロセスによって製膜した。試作では、セレン化銅とセレン化インジウムの粉末を使用し、それぞれをインク状として 2 層に塗布し、2 層で約  $8\ \mu\text{m}$  厚の CIS 層を形成することができた。

研究を進めるにあたり、有意義な助言をいただいた青山学院大学理工学部の中田時夫助教授に感謝申し上げます。

## コンプレッドウッド利用製品の実用化\*

浪崎 安治\*\*、有賀 康弘\*\*

木製車いすの実用化について検討をした。昨年度の試験結果をもとに、木製車いすを再度試作し、JISに規定されている強度試験に供した。その結果、自在輪に使用したキャストタイヤに問題が見られたものの、キャストタイヤの材質を変えることで問題を解決できることが認められた。その他については異常は認められなかった。これらの結果をふまえ、盛岡市内の建具組合が木製車いすの製造販売をすることになった。

キ - ワ - ド : 木製車いす、実用化

## Commercialization of the Application Product of Compressed Wood

NAMIZAKI Yasuji and ARUGA Yasuhiro

This year, we examined the commercialization of the Wooden Wheelchair that we experimentally produced last year. We did the experimental production of a newly Wooden Wheelchair based on the test result in last year. As a result that we examined the test of Japanese Industrial Standard ( JIS T 9201 ) to this again, the only problem was caster-tire. This problem could be solved by changing the material of the caster-tire. By the result of these, the fittings cooperative inside Morioka-City have come to do the production sales of the Wooden Wheelchair.

key words: wooden wheelchair, commercialization

### 1 緒 言

岩手県工業技術センターは、ものづくり試作開発支援センター設置事業の中で中小企業ニーズ調査から「高度な試作・研究開発用設備」としてコンブウッドシステム（デンマーク製）<sup>1)</sup>を導入した。同システムは木材をコールドベンディング（常温での曲げ処理）できるように処理をするシステムである。つまり、このシステムは曲げ木加工するための素材をつくるもので、従来のスチーム曲げ木加工法とは異なる全く新しい加工処理法である。この素材は一般にコンブウッドと呼ばれ、コンプレッドウッドの略称で、縦圧縮された木材のことである。

昨年度（平成 13 年度）は、同システムの技術習得と併行して、中小企業の技術支援に資するために、曲げ木技術を取り入れた木製車いすの試作及び同車椅子の JIS に規定される試験について検討を行った。その結果、室内での使用に限定すれば、木製の躯体は車いすとして十分な強度を持つことが認められた<sup>2)</sup>。

そこで、平成 14 年度はコンプレッドウッドを活用した木製車いすの実用化を目標として、再度木製車いすの

製品試作を行い、その結果をもとに県内企業への技術普及、技術支援を行った。

### 2 試 作

昨年度の結果をもとに実用化を前提とした木製車いすの仕様を設定し、県内企業に製作を委託した。つぎの 2-1 に試作内容を記した。

#### 2 - 1 木製車いす試作品の製作

- (1) 木製車いす（固定式）の仕様に従って木製車いすを製作し、日本工業規格手動車いす（JIS T 9201:1998）の機能試験、強度・耐久性試験に供すること。試験は、製作した車いすに該当するすべての項目について行うこと。ダミー質量は 100kg とする。
- (2) 木部使用部位にコンプレッドウッドを活用したものを組み入れること。
- (3) 試験の結果、すべての項目について適合の判断を得た場合には、試験に供した木製車いすと同様のものを再度製作する。
- (4) 試験の結果、不適合の判断を得た場合には、不適

\* 福祉機器開発事業

\*\* 特産開発デザイン部

合箇所を改良した木製車いすを製作する。

- (5) よって、製作を委託する製品は試験に供する木製車いす、及び同様の木製車いす、あるいは改良した木製車いすの合計2台とする。
- (6) 試験結果(成績証明書の正本)を得る。
- (7) 委託期間は平成14年9月30日までとする。

## 2-2 木製車いす(固定式)の仕様

### 2-2-1 構造

- (1) フレーム、ハンドリム、フットレスト、アームレスト、ティッピングレバー、グリップ(握り)及びブレーキのグリップは木製とする。
- (2) 使用木材の樹種はブナ材またはブナ材と同等以上の材質ものとする。
- (3) フレームの接合は両胴付止ほぞ接ぎ以上の強度を要する接合方法とする。
- (4) フットレストは跳ね上げ式とする。
- (5) グリップはグリップカバーを付けない。
- (6) フレーム用木部等は人体に触れる部分、及び人体に触れる可能性のある部分については面取りを施すこと。
- (7) ハンドリム及びキャストは、確実に取り付け、衝撃、及び振動等で容易にゆるまないこと。
- (8) 駐車用のブレーキを有すること。
- (9) ブレーキは操作が容易で、左右両車輪を確実に制御できるものであること。
- (10) 後方転倒防止をつけること。
- (11) ティッピングレバーを設けること。
- (12) キャンパ角(前額面における主輪の垂線に対する角度)は-5~0度とする。プラスのキャンパ角は、明らかに走行性能を落とすので注意すること。また、マイナスでも大きすぎると全幅に影響するので注意すること。
- (13) トウ角(水平面における主輪の進行方向に対する角度)は0度とする。0度以外は、走行性能に悪影響があるため、注意すること。
- (14) キャスタ{自在輪}角(矢状面におけるキャスト{自在輪}回転時の垂線に対する角度)は0度とする。
- (15) 木部の仕上げは、AURO、OSMO、LIVOS社相当の自然塗料を用いクリア仕上げ塗装とする。
- (16) 図1は、部品の構造及び形状を示すものではないので注意すること。

### 2-2-2 部品

- (1) 主輪は22インチ~24インチとする。
- (2) キャスタは5インチ~6インチとする。キャストはステム付きのものとする。
- (3) クッションはFC-2クッション((株)舟木義肢)相当とする。
- (4) ブレーキはタッグルブレーキ((株)カワムラサイクル)相当とする。

### 2-2-3 サイズ

- (1) 全幅630mm×全長950mm×全高870mm以内とする。
- (2) フットレストはグラウンドレベルから下端まで20mm以上50mm以下とする。
- (3) 座の高さはグラウンドレベルからクッションの上端まで450mmとする。
- (4) 座の幅は400mmを基準とする。

### 2-2-4 その他

以上の他については岩手県工業技術センターと協議の上決定する。

なお、最終委託製作の木製車いすは第29回国際福祉機器展(会期:平成14年9月10日~平成14年9月12日)に出品する。

## 3 木製車いす(試作)の試験

試作した木製車いす(図2)についてJISに規定され

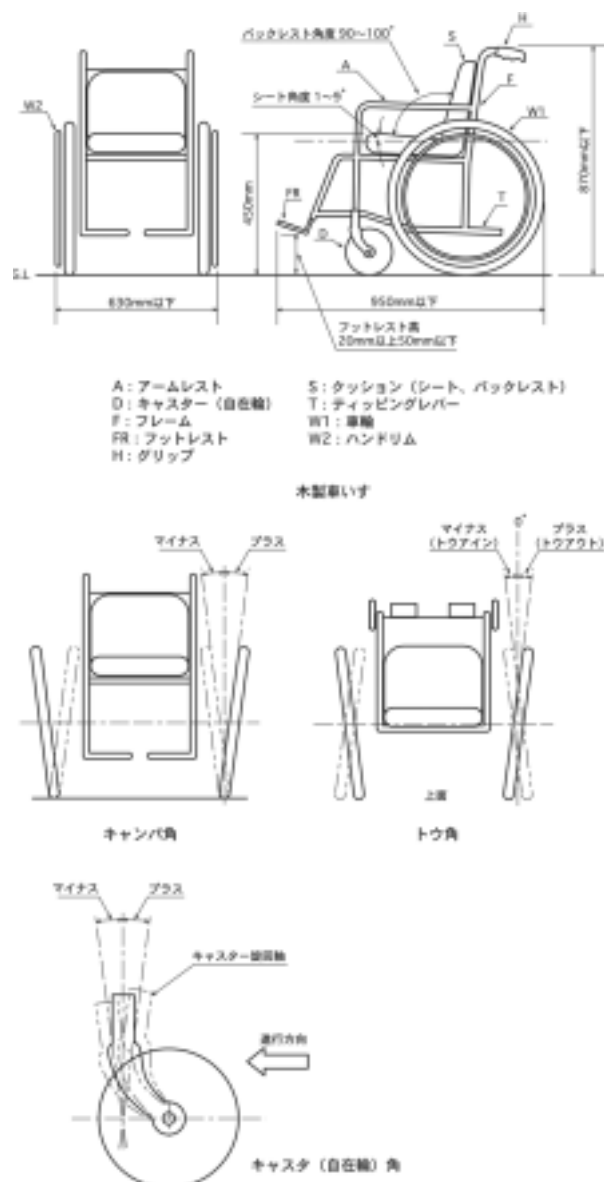


図1 木製車いすの試作仕様



ている試験を実施し、検討を行った。試験は、車いすの試験設備を備えている試験機関に委託した。試験項目は機能試験 5 項目、強度試験 6 項目、走行耐久性試験 1 項



図2 試作車いす



図3 左右独立型グリップ



図4 ループ型グリップ

表1 試験項目

・機能試験	}	静止力試験
		静的安定性試験
		直進走行性試験
		駆動輪・主輪の振れ試験
		ハンドリムの振れ試験
・強度試験	}	シート耐荷重試験
		アームレスト上方耐荷重試験
		アームレスト下方耐荷重試験
		グリップ部上部耐荷重試験
		バックレスト斜め耐衝撃性試験
		耐衝撃性試験

・走行耐久性試験

目の合計 12 試験項目で表 1 に示したとおりである。

#### 4 木製車いすの JIS 試験結果及び考察

試作品を試験した結果、12 項目中、10 項目の試験に適合し、不適合は 2 項目であった。不適合の試験項目は、グリップ部上方耐荷重試験、及び走行性耐久試験であった。

試験後の木製車いすを観察し、不適合の理由は次のように考えられた。さらに、改良方法を検討して実用化に向けた最終試作を行うことにした。

##### (1) グリップ部上方耐荷重試験

試験方法は、ダミーを載せた車いすを試験中動かないように固定し、グリップ中央部に上方へ荷重を加えたのち目視、触感などによって確認をする。

昨年度試作品のグリップは左右独立型（図 3）としたが、押し易さと握り易さを考慮しループ型のグリップ（図 4）を考案、試作して取り付けた。このグリップはソリッドの木材から成形加工したため、目切れ部分から割れが発生し試験に耐えることができなかった。

最終試作には、昨年度に行った同試験に適合した左右独立のグリップを採用することにした。

##### (2) 走行耐久性試験

試験はダミー（質量 100kg）を載せた車いすを回転ドラム上に設置し、各々の車輪がドラム一回転中に一回段差（幅 36mm、高さ 12mm）を乗り越えるように位置決めして、20 万回回転させた後、目視、触感により確認する。

昨年度の試験で問題となったキャストの取り付け方法を図 5 のように改良して試験に供した。試験の結果、キャスト取り付け部に異常は認められなかったが、ドラムの回転回数が約 40,000 回転時、約 67,000 回転時、約 110,000 回転時でそれぞれキャストタイヤが破損し、その都度予備のキャストを付け替えて試験を続行した。キャストの耐久性は平均約 40,000 回転程度であった。このキャストタイヤの材質はウレタンゴムで硬く、このため段差を乗り越えるときの変形に追従できず破損が起きたと考えられたので、約 110,000 回転以降はより柔らかい発泡ウレタン樹脂製のキャストタイヤに交換して試験を継続した（約 90,000 回転）。発泡ウレタン樹脂製のキャストには異常は見られず問題なく試験を終了した。



図5 キャスタの取り付け

試験終了後の車いすの状態は、昨年度の試験と同様な木部接合部の胴付き切れの状態が見られた。これは試験開始から約110,000回転までの間のキャストの破損に起因する躯体のねじれが生じたためと考えられる。キャストのメーカーによれば、キャストに関するJISではキャスト単体の試験は規定されているが、キャストを車いすに取り付けた状態での試験規定はないとのことであった。

## 5 最終試作

前項4の結果を踏まえて再設計し、最終試作とした。ハンドリム、ハンドル、アームレストにコンプレッドウッドを応用し、キャストタイヤには発泡ウレタン樹脂製のものを採用した。人体の接触、支持部位などの構造に木材(ソリッド)を多用し、一般住宅の室内での使用に



図6 木製車いす(最終試作)

際しても健常者用家具と違和感なく共存できる形状、外観をめざした。最終試作の木製車いすを図6に示した。

### 5-1 木製車いす(最終試作)の評価

最終試作を第29回国際福祉機器展に出品し、自由に試乗できるように展示した。来場者から寄せられた感想・意見は次のとおりでおおむね好意的な回答が得られた。

- ・使用状況に応じられる交換式シートは良い。
- ・木の素材感が良く、このような車いすを探していた。



図7 第29回国際福祉機器展展示風景

- ・リースの要望
- ・重量、寸法は一般的車いすと比較してどうか。(重量はほぼ同等、寸法も同等である)
- ・室内で扱いやすそう。
- ・足かけ部の収納方法が良く、じゃまなものが前部にないことが使いやすくて良い。
- ・木製手動輪の接合部の仕上げ不良はケガを引き起こしやすいとの指摘。
- ・耐久性はどうか。(JISに規定される試験とその結果に基づいて設計製作しているので十分な耐久性がある。)
- ・足かけ部に立った場合、転倒のおそれがある。
- ・価格をできるだけ下げてほしい。あるいはリースの設定があると良い。

## 6 結 言

コンプレッドウッド処理木材を使用して曲げ木を取り入れた木製車いすの試作を行い、次の結果を得た。

日本工業規格手動車いすの試験の結果、キャスト以外に問題はなかった。キャストタイヤは柔軟性のある発泡ウレタン樹脂製を採用することで問題解決できると判断した。最終試作した車いすは使用場所を室内に限定すれば、木製の躯体でも強度的に問題がないことが実証された。

また、国際福祉機器展で得られた感想、意見等から、木製車いすの要望は充分にあると思われた。

これらの結果をふまえ、県内建具業者の組合に対して技術支援を行い、室内専用木製手動車いすとして商品化されることになっている。

## 文 献

- 1) <http://www.compwood.dk/>
- 2) 浪崎安治, 有賀康弘, 高橋民雄: 岩手工技セ研究報告, 第9号, 83 (2002)

## CADデータ交換時の問題解決\*

長嶋 宏之\*\*、町田 俊一\*\*

昨今、製造業においてCAD/CAMシステムの普及に伴い、データ交換時のトラブルが多く発生している。そこで、データ交換時に発生する問題を抽出し、それに対する解決策を検討した。光造形用データとして使用頻度が高い、「STL」、「IGES」形式のデータを事例とし、異なるシステム間でのデータ交換時の問題点を検証した。その結果下記の事項に配慮することで不具合を改善することができた。

1. CAD間での許容精度やオブジェクト次数を適正值にする。
2. CADシステムの独自機能の多用を避け、複雑な要素や極小要素を作らない。
3. データ保存時にデータの品質を検証し、保存時の各種設定を適正に行う。

キーワード：データ交換、CAD

## Solution of Troubles in CAD Data Exchange

NAGASHIMA Hiroyuki and MACHIDA Toshikazu

Recently, troubles of CAD data exchange increase with spread of CAD/CAM system in companies. In this year, the problems which occurs at exchanging between different systems or various devices were inspected. The CAD data made for rapid prototyping was examined as an example, and it was found that these problems should be kept avoid by the consideration as follows.

1. Keeping reasonable tolerance and object degree.
2. Not to use a peculiar function of each CAD and complexity and small elements.
3. To inspect the data quality and to carry out appropriate setting in saving.

key words : CAD data exchange, rapid prototyping

### 1 緒 言

昨今、製造業においてCAD/CAMシステムの導入は必要不可欠になっている。しかし、下請けの多い県内企業では顧客とのデータ交換や加工機へのデータの受け渡しができない、データが破損するなどの問題で頭を悩ますことが多く、工業技術センター（以下センター）の技術相談においても同様の問題がかなり発生している。

そこで本指導事業では作業中に発生する問題を抽出し、それに対する解決策を検討した。さらにそれをノウハウとして収集し、一般に公開することで、県内企業のデータ受け渡し時の問題解決を図った。この事業は2カ年計画で行われ、今年度が最終年度である。

### 2 方 法

#### 2-1 事業の流れ

異なるCADシステム間でのCADデータの授受や、NC加工機等への送信時に発生する問題の多くは、作業の過程で問題が発生し受け取ったデータが展開できないことである（図1）。

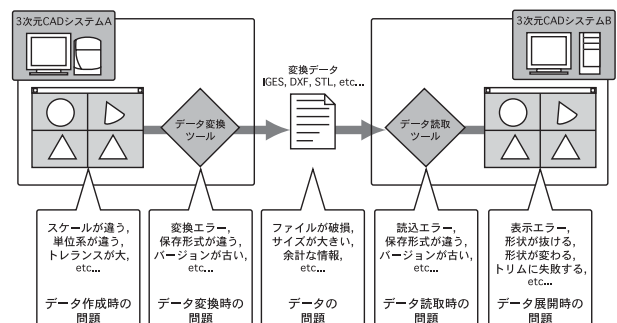


図1 データ交換の流れと起こりうる問題

そこでセンターのCADシステムを使用して検証用データを作成し、他のCADや加工機へのデータ交換を試み、実際の作業過程を通して問題の発生する状況を抽出し、それに対する解決法を検討する。

次に協力企業\*\*\*のシステムで作製されたデータにおいて同様の検討を実施し、抽出された問題点を整理検討し、具体的な改善方法を企業に提案する。

\* 平成14年度特定地域産業集積活性化機関支援強化事業（指導事業）

\*\* 特産開発デザイン部

\*\*\* 本事業に関する協力企業は7社。数企業に要望により詳細は非公表。

## 2-2 昨年度（平成13年度）までの経過

検証用CADデータをセンターのシステムによって作成し、このデータをセンター内の異なるCADシステムとでデータ交換を行い、不具合発生の有無を検証した。また、異環境で作成したデータを、センターの加工機（光造形装置）用データに変換し、データ交換の不具合を検証した。この際の、不具合は原因を調べ、解決策を検討し、データを受け渡し可能な状態に修正して、改善方法の検討を行った（表1）。

表1 抽出したトラブル（一部）

	トラブルの症例	トラブルの原因
設定に関するトラブル	サイズが異なる。	単位系が正しくない。 スケールの設定が正しくない。
	形状が見えない。	非表示の属性が与えられている。 原点から遠い場所に物体がある。
	モデルが読み込めない。	精度の値が小さすぎる。
	反応が遅くなる。	精度の値が小さすぎる。
	面に隙間ができる。	精度の値が大きすぎる。
	形状を正しく表現しない。	精度の値が大きすぎる。
ファイル変換時のトラブル	うまくファイル変換されない。	変換対象を選択していない。 バージョンが古い。 変換データが不完全である。
	ファイル変換ツールが読み込めない。	拡張子が違う。 読み込み側に機能制限がある。 ファイルが壊れている。 ASCII/バイナリモードが正しくない。 変換側で独自拡張機能を書き込む。
	カーブや面のトラブル	カーブや面が無くなる/形状が変わる。
	トリミングのトラブル	トリムが解除される。
		曲面の表現が異なる。 制御点が多い。 次数が高い 面にシワや折れがある。 精度が悪く近似や補正をされる。 複数の境界線がある。 縮退している面がある。 境界線が交差している。 精度の値が大きすぎる。

その結果、大きく以下の3点に配慮しなくてはならないことが分かった。

- 1) 送り手側、受け手側のCADソフトウェアの特性、許容精度などの確認。
- 2) ファイル形式、単位系、保存要素の選択等、ファイル保存の詳細設定の確認。
- 3) オペレーションシステム、ファイル転送の条件等、送り手側、受け手側、双方のシステムの確認。

## 2-3 平成14年度の計画

平成14年度は、検討した改善方法が他のCADシステムや加工機等のデータにも利用できるかを検証した。そこで技術相談、機器貸付等で協力企業から持ち込まれたCADデータを使用し、問題発生の有無、その内容を抽出する。今回は、実際に企業から持ち込まれたデータを使用し、センターの光造形装置へのデータ交換を実例とした。これらの情報から、CAD間の相性、発生した問題の状況、解決方法の整理を行い、パターンを抽出して、具体的な改善方法を県内企業に公開した。

## 3 結果及び考察

### 3-1 改善方法の作業現場での検証

光造形装置へのデータの受け渡しで一般的に使用されるデータ形式は「STL形式」と「IGES形式」である。「STL形式」は米国3D System社が自社光造形装置のために開発したファイル形式で、頂点を共有する法線を持った三角

パッチによって立体を表現しており、光造形に代表されるラピッドプロトタイプング装置でほぼ標準データ形式として使用されている。

また、「IGES形式」はANSI規格が制定した3次元データ交換の標準フォーマットで、CADデータ交換のデファクトスタンダードとしてよく使われている。しかしながら、寸法の表現方法不足や各ソフトウェア独自の方言を持っているなどの問題も多い。

今回は、データ交換時の事例としてセンターの光造形装置へのデータ修正ソフトウェアに読み込みを行った。その際問題が起こった事例を以下に示す。

#### 1) 許容精度（トレランス）値が異なる事例。

送り手側システムでは正常に読み込まれるが、受け手側システムでは面の間に隙間が発生する場合である。原因の一因は送り手側システムと受け手側システムとの許容精度（トレランス）の差によるものと考えられる。送り手側よりも受け手側のトレランスが小さいと、面の境界を同一と見なせず、隙間が発生しやすい（図2）。IGES形式のデータ交換でよく見られるトリミングの失敗も、トレランスの違いによる境界曲線のずれが原因となる場合が多い。また、逆に送り手よりも受け手のトレランスが大きい場合は微小要素による問題が起こりやすい。この場合、受け手のトレランスが微小要素より大きいとこの要素を認識できず、この要素が抜け落ちて隙間や穴になる。このような微小要素はモデリングの際に発生し、データ交換の問題の原因となる。

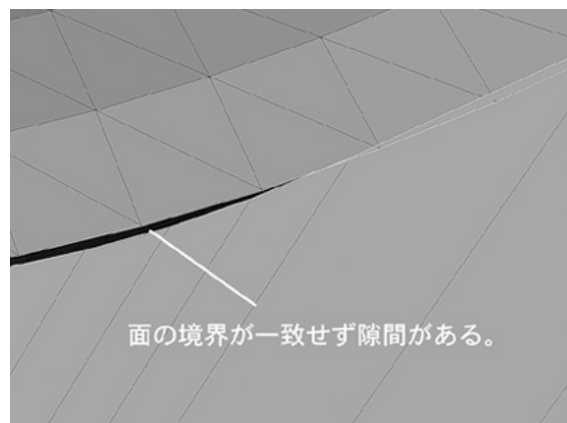


図2 受け手の許容精度が小さい場合

#### 2) モデリングにおける事例

基本的なことではあるが、トレランスの問題以前にCAD上で作成された面が実際に重なっていたり、離れていたりと、交差している場合が問題となる。モデリングにおいて複雑な形状を作成していると、意図せず、オブジェクトの位置がずれたり、同じ面を2枚重ねてしまったままそれに気づかないことがある。そのため、オブジェクトに隙間や交差が生じたり、トリミングしたにもかかわらず、面が残っていたり、面の連続性が保たれていなかったりする（図3）。

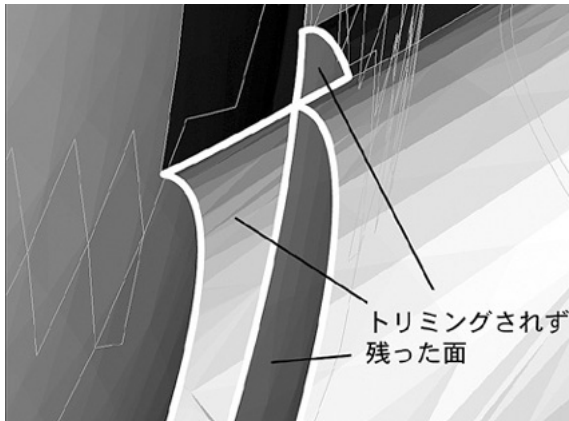


図3 トリミングされなかった面

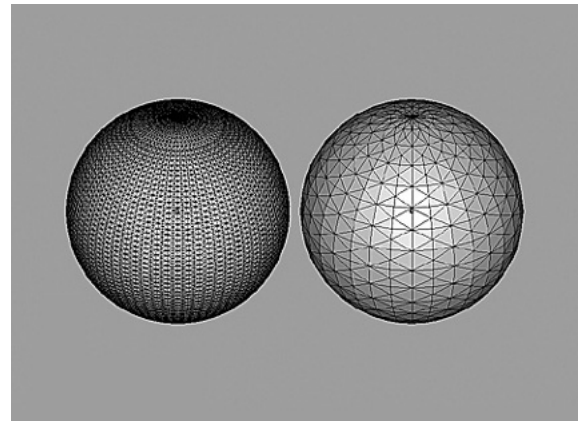


図5 STLの精度の違い

### 3) アセンブリを利用して作成された事例

アセンブリを利用して作成された形状は、作成したソフトウェア上では意図していた形状を維持するが、他のシステムでは一部の情報が反映されず、形状を維持できない場合がある。例えばアセンブリによって組み合わせたパーツの境界にトリミングを適応していたが、IGES、STL、どちらのファイル形式でもパーツの境界で面の交差を起こしてしまうことがあった。これは、他のファイル形式に変換した場合にトリミングの情報が伝わらなかったことが原因と考えられる(図4)。

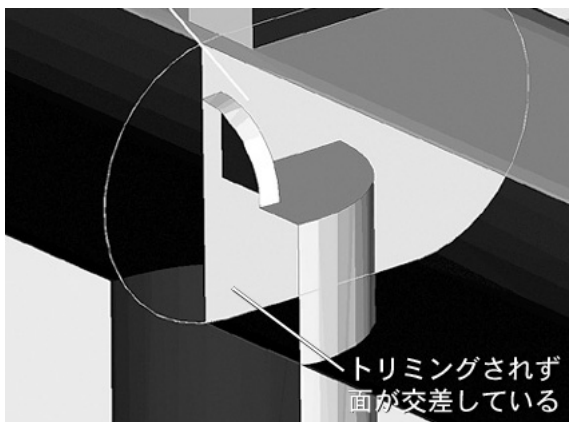


図4 アセンブリの問題の例

### 4) STLの精度の事例

STLは前述の通り、単純に三角パッチの集合データであり、データ構造が非常にシンプルで扱いやすい。しかしながら、面の曲率や連続性の保持や形状修正が困難などCADで要求される事項については得意でない。そのために、STLを書き出す際に適切な設定を行わないと、形状表面にパッチが目立ったりする場合がある(図5)。

### 3-2 改善方法の検討

今回、センターの光造形装置を例に取り、外部CADシステムとのデータ交換では以下のような点に注意すれば良いことが分かった。

#### 1) 許容精度(トレランス)の確認

1-1) 送り手、受け手のCADシステムのトレランスを極端に相違させない。

CADシステムにおいてトレランスの差異は非常に重要な設定事項である。最悪の場合、トリミングできない。形状を維持できない、オブジェクトの位置、接続関係、面の連続性(位相情報)が正常に伝わらない等、致命的なエラーにつながることもある。このようなエラーを防ぐためには、送り手側、受け手側、双方のシステムのトレランスを知っておく、または送り手の必要な精度、常識的に必要な精度(0.01mm等)に合わせるなど、モデリングを行う前に双方のシステム(特に送り手)を設定する必要がある。

#### 2) モデリング

2-1) 制御点、曲線、曲面の次数を適正な値にする。

点、曲線、曲面の定義に必要な次数が極端に異なる場合、特に高次数のオブジェクトを低次数のシステムに受け入れると、受け手のシステムは曲線等をそのままでは定義できず、近似してしまう。その時オブジェクトは変形される場合があり、隙間やずれができる可能性がある。よってモデリング時に極端に次数を高くすることはせず、なるべく5次以下に押さえると良いといわれている。

2-2) CADシステムの固有機能を使用しない。

システムによって平面の定義の仕方が違うことがある。同じ立体でも基本となる曲線や平面の分割は異なる(例:回転体の境界、トリミング面が有限平面か無限平面か等)。そのために、受け手のシステムでは理解できない定義法の場合、面の接続や形状に異常が発生することがある。従って、特にそのシステム固有の機能は極力使用を控えた方がよい。

2-3) 無理なモデリングはしない。

自己交差(オブジェクトがねじれなどにより自分自身と交わってしまうこと)や縮退部(オブジェクト上の異なる点が一カ所に集中してしまった部分)を持つオブジェクト、折れを持つ面、また、多くの要素から生成された一つの面など無理なモデリングは問題の原因となる。できるだけシンプルなオブジェクトを作成することが、後のデータ交換での問題を減少させる。

2-4) できるだけ極小要素を作らない。

極小要素はモデリング時にユーザーの意図しないところで生成されることが多いが、データ交換時には問題を

引き起こしやすい。特にトレランスの小さいシステムから、大きいシステムにデータを移した場合、あるはずの要素が、トレランス以下の微小要素であったため抜け落ちる場合がある。線分や面の制御点を必要以上に多くしたり、接する曲線、曲面でのトリミングや切断などは微小要素を発生しやすいので避けたほうがよい。

### 3) データ保存の確認

#### 3-1) データに不具合がある場合は変換をしない。

データ保存時にはオブジェクトデータをチェックする。ソフトウェアによってはデータの品質検証ツールが装備されている物もあるので利用する。特に、微小要素、オブジェクトの自己交差、面の隙間、交差、折れ等が含まれていないこと確認することが必要である。

スティッチ(面の縫合)を行い、モデルをシェル化することで、面の接続性が保たれ問題が解決する場合もある。

また一度 IGES 形式等の中間ファイル形式で保存して、もう一度送り手システムで読み込み、改めて保存することで問題が解決することがある。

#### 3-2) アセンブリモデルは、パーツデータとしてまとめる。

モデリング時には必要不可欠なアセンブリ機能であるが、時としてはデータ交換に支障をおよぼす。受け手がアセンブリ機能に対応していない場合や IGES 形式などの中間ファイル形式でファイル交換を行う場合は注意が必要である。

#### 3-3) 各種設定の確認

受け手が受け取り可能なデータ形式なのかを確認する。データ形式の種類から、各形式のバージョン等も確認する。特に IGES 形式などは同じ形式でもバージョンやシス

テムの方言によってデータ交換に問題を生じる場合がある。ソフトウェアによっては主だった CAD システムに対応するオプション設定が存在する物もあるので利用する。STL 形式などではデータの質(パッチの大きさ、トレランスなど)に関する設定が必要となるので、目的にあった適切な値を設定する。

また、単純な問題を増やさないためにもデータのトレランスや次数、単位系、縮尺等も確認する必要がある。

## 4 結 言

今年度はセンターのシステムを使用し、外部システムで作成されたデータを読み込むことで、一般的なデータ交換における問題点を抽出し、まとめることができた。単純な問題から、モデリング、システムの設定など様々な要因から発生する問題を見直していくことで、高価な変換ツールを使用せずとも、交換時の不具合の発生を防ぐことに有効なことが分かった。

今後も、新たなトラブルの発見やファイル形式の規格の変更に伴って、継続的に問題の解決法を検討することとし、情報として随時公開するつもりである。

本事業を実施するにあたり、多大なる協力いただいた各協力企業の皆様に深謝いたします。

## 文 献

- 1) 鈴木浩司, 荻野目智明: 基礎から学ぶデータ交換かけこみ寺, 日経デジタルエンジニアリング 2000.5~2001.3連載, 日経BP社
- 2) Alias|wavefront: DATA TRANSFER FOR CAD AND SOLID IMAGING IN ALIAS 9.0, (1998)

## 複合オーステンパ球状黒鉛鑄鉄の耐摩耗性

勝負澤 善行\*、池 浩之\*、高川 貫仁\*、茨島 明\*\*

土木・産業機械の性能向上のため、高い耐摩耗性と強靱な機械的性質の鑄鉄材が必要とされている。これに対応して、鑄ぐるみにより超硬合金を複合させたオーステンパ球状黒鉛鑄鉄を製作し、その耐摩耗性について検討を行った。その結果、次のことが明らかになった。

- (1) 超硬合金粉及び焼結体を球状黒鉛鑄鉄により鑄ぐるみ複合化することは容易であり、さらに超硬合金の割れを伴わずにオーステンパ熱処理が可能である。
- (2) 超硬合金の複合化により、オーステンパ球状黒鉛鑄鉄及び球状黒鉛鑄鉄の耐摩耗性能を大きく向上できる。
- (3) 超硬合金と球状黒鉛鑄鉄の鑄ぐるみ界面には、黒鉛層が晶出する。

キーワード: 複合オーステンパ球状黒鉛鑄鉄、超硬合金、耐摩耗性

## Wear Properties of Composite Austempered Ductile Cast Iron with Partial Reinforcement

SHOUBUZAWA Yoshiyuki, IKE Hiroyuki, TAKAGAWA Takahito  
and BARAJIMA Akira

The wear properties of composite austempered ductile cast iron with WC(wc) particles are examined by using pin-on-disk method in this study. It is summarized as follows:

- (1) Composite austempered ductile cast iron can be made easily. Ductile cast iron combined with wc particles by cast-in insertions, and this composite ductile cast iron can be heat-treated without crack of wc particles.
- (2) Wear properties of composite austempered ductile cast iron are superior wear-resistance.
- (3) Flake graphite are seen in the interface of ductile cast iron and wc particles.

**key words : composite austempered ductile cast iron, WC, wear**

### 1 緒 言

ねずみ鑄鉄や球状黒鉛鑄鉄は、形状に対する自由度が高く、従来より種々の産業機械用部材として広く用いられている。しかし、引張強さは 100 ~ 800MPa、硬さは 8 ~ 20HRC の範囲であり、より高い強度や耐摩耗を必要とする部材として用いるためには機械的性質が低い。これに対して、球状黒鉛鑄鉄にオーステンパ熱処理を施したオーステンパ球状黒鉛鑄鉄(ADI)が開発<sup>1)</sup>された。その機械的性質は引張強さ 900 ~ 1500MPa、伸び 1 ~ 10%、硬さ 30 ~ 48HRC と強靱で硬い。

現在、ADI鑄物は機械的性質の制御が容易であること及びリサイクル性が優れていることなどにより、特殊鋼や鍛造鋼に代わり今後の用途拡大が期待されている。

実用化されている製品例は、歯車、カムシャフト、土木機械部品等の耐摩耗部材であるが、機器の高性能化に従い、更に高い耐摩耗性や強靱性が求められている。

著者らは、オーステンパ熱処理に冷却能が高く無公害な金属錫浴<sup>2)</sup>を用いた熱処理方法を工夫して ADI の性能向上を試みてきた。例えば、図 1 に示すように ADI 熱処理工程を従来の処理 B から処理 A に代えることに

\* 金属材料部(現在 材料技術部)

\*\* 企画情報部

より最高硬さを45～48HRCから53～58HRCに向上させ、ベルカッター、鉋盤用刃物及びリータビット等の木工用刃物に用いる検討<sup>3)</sup>を行い実用化に成功した。

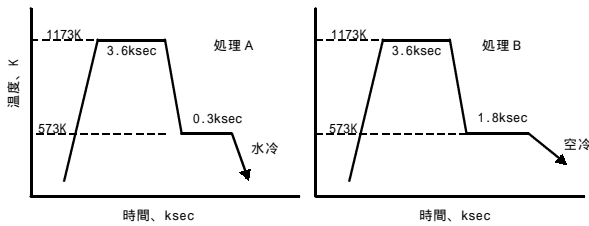


図1 熱処理方法の変更

本年度は、高い耐摩耗性が必要な土木関連機械部品への応用化を図るため、超硬合金を鑄ぐるみ複合化したADIの耐摩耗性向上について検討した。

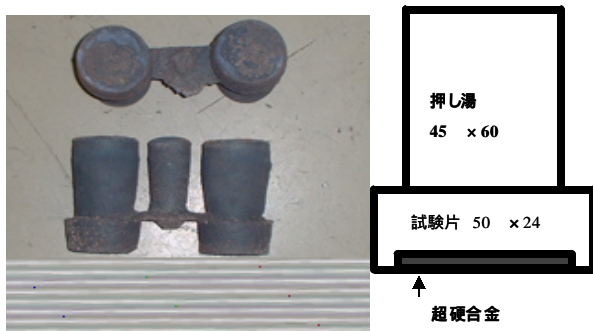
2 実験方法

2-1 試験片の溶製と鑄ぐるみ

銑鉄と電解鉄及び Fe-Si(75%)等を配合し、7kg/回を3KHz-50KWの高周波誘導炉を用いて最高溶解温度1723Kで溶解した。そしてサンドイッチ法により1700KでFe-Si-Mg(6.6%)合金を添加して球状化処理を行い球状黒鉛鑄鉄試験片(FCD500相当)を溶製した。

試験片は図2に示す様に、寸法が50×24mm、押し湯は45×60mmであり、人工ムライト砂のCO<sub>2</sub>鑄型を用いて2個/型を鑄造した。

超硬合金(WC-15%Co:6.1%C)を鑄ぐるむ場合は、60mesh粉-10g及び焼結体(30×3-30g)をそれぞれ試験片鑄型底面にセット(図2)し、球状黒鉛鑄鉄溶湯を注湯して鑄ぐるんだ。溶製した球状黒鉛鑄鉄の化学組成は表1に示すとおりであるが、黒鉛球状化率を90%以上とするため残留Mg量は0.03%以上とした。



(1) 試験片形状

(2) 試験片寸法

図2 試験片形状と寸法

表1 球状黒鉛鑄鉄の化学組成(mass%)

元素名	C	Si	Mn	P	S	Mg
含有量	3.96	2.57	0.26	0.072	0.016	0.033

2-2 各試験片と熱処理

溶製した球状黒鉛鑄鉄を40×16mmに加工後、各種処理を施し摩耗試験片を作成した。各試験片の内容を表2に示すが、基本的に図1-Bのオーステンパ熱処理により基地をベイナイト化した試験片、そして超硬合金を鑄ぐるみ複合化した試験片、更に両処理を併用した試験片の3種である。また、A-4とA-6では、オーステンパ熱処理時に超硬合金の劣化が懸念されたので、アルミナ系塗型材(鑄型表面の耐火度を増すために塗るもの)を熱処理前に試片に塗布して被覆した。

表2 各試験片と内容

試料名	内容
A-0	無処理材
A-1	図1-A処理
A-2	図1-B処理
A-3	超硬合金粉を鑄ぐるみ、表面硬化
A-4	A-3を図1-B処理
A-5	超硬合金焼結体を鑄ぐるみ硬化
A-6	A5を図1-B処理

2-3 摩耗試験

各試験片の耐摩耗特性は、ピンオンディスク摩耗試験装置(神鋼造機(株)製SWT-405-03)を用いて行い、摩耗深さを測定して評価した。すなわち、相手材を5.55の玉軸受け鋼球(硬さ62HRC-3個)とし、デスク位置に各摩耗試験片を設置後、20kgの負荷で回転数800rpmとして60minの一定時間摩耗試験を行った。

3 結果及び考察

3-1 硬さ

各試験片の硬さを表3に示すが、A-0材は一般的なフェライト系球状黒鉛鑄鉄の硬さで軟らかく、オーステンパ熱処理途中水冷処理したA-1はADI(A-2)より若干高い値となっている。これは下部ベイナイト組織にマルテンサイトが混在<sup>4)</sup>するためである。しかし、超硬合金粉を鑄ぐるんだA-3ではベースのA-0より低い値となった。これは、超硬合金粉が粗の状態では表面に鑄く



るまれ、ベースも軟らかいためと思われる。同様の理由で A-4 も基地が ADI の A-2 に比べ低い値となっているものと思われる。しかし、超硬合金焼結体を鑄ぐるんだ A-5 と A-6 では、超硬合金自体と同様な硬さとなり、複合化効果が顕著である。

表 3 各試験片の硬さ

試験片	硬さ HRC
A-0	9.3
A-1	50.4
A-2	44.7
A-3	7.3
A-4	38.4
A-5	68.3
A-6	68.1

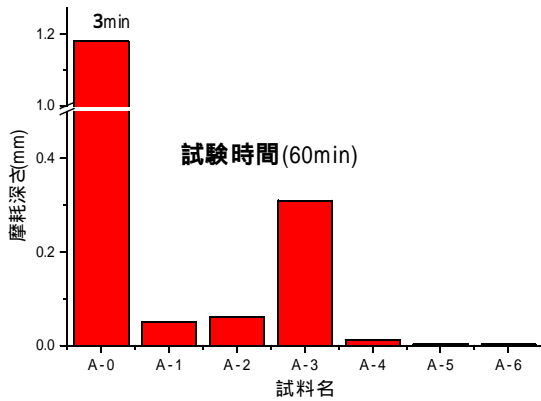


図 3 ピンオンディスク摩耗試験の結果

### 3 - 2 摩耗試験結果

ピンオンディスク摩耗試験の結果を図 3 に示す。A-0 は硬さが低いため、この摩耗試験では 3min の短時間内に急激に摩耗してしまい他の試験片と比較ができるレベルではない。オーステンパ熱処理した A-1 と A-2 での摩耗は同じレベルであるが、硬さが高い方が少し摩耗は少ない。

超硬合金粉を鑄ぐるんだ A-3 では、各種処理した試験片に比べて摩耗深さが大きいですが、硬さが同レベルの A-0 に比較して耐摩耗性は大きく向上した。しかし、耐摩耗性が低いのは、表面に超硬合金粉を複合化しただけでは耐摩耗性の効果が小さいことを示している。これに対して、超硬合金粉の複合化と共にベースの球状黒鉛鑄鉄を ADI として硬さを向上させた A-4 では、非常に摩耗が少なくなる。この結果、超硬合金粉を鑄ぐるむことにより耐摩耗性を向上する場合は、ベースも硬化することが有効

であることが分かる。

また、超硬合金焼結体を複合化した試験片では、鑄放してもベースを ADI とした場合でも摩耗深さは非常に小さく、複合化の効果が大きく母材の基地組織の影響は少ない。これは、超硬合金粉に比べ焼結体は厚さがあるため、複合化母材の影響が少なくそれ自体の硬さが発揮されるためと考えられる。

### 3 - 3 超硬合金粉複合化の顕微鏡組織

耐摩耗向上に効果があった超硬合金粉複合化の界面付近の顕微鏡組織を図 4 に示す。球状黒鉛鑄鉄と複合化された超硬合金粉層(図 4-1)は厚さが 400 ~ 800 μm あり各粉粒には鑄ぐるみ時の熱影響のため 30 ~ 80 μm 程の拡散相が形成されている。この相の機械的性質は若干低いと思われる。また、図 4-2 に示すように超硬合金粉粒の近接では、黒鉛の球状化が崩れ片状黒鉛となっており、強度は低下するが熱伝導性が向上し耐摩耗性には良好に作用するものと思われる。更に、ADI として基地をベイナイトとした試験片では、超硬合金粉粒近傍でのベイナイト組織が荒くなっている様に観察される。これは、融合化時、超硬合金が分解して母材の球状黒鉛鑄鉄側に W と C が拡散するため、W<sub>2</sub>C の生成<sup>5)</sup>やベイナイト析出に影響を及ぼしているものと思われる。これらの状況は更に詳しく調べる必要がある。

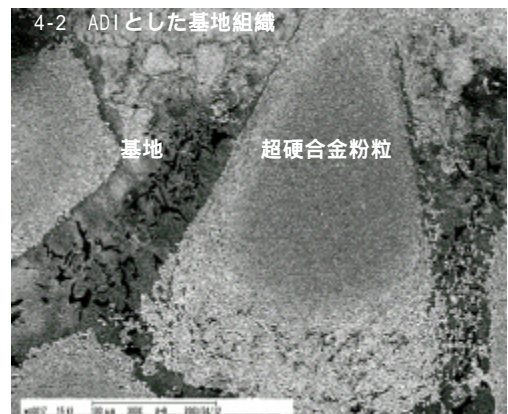
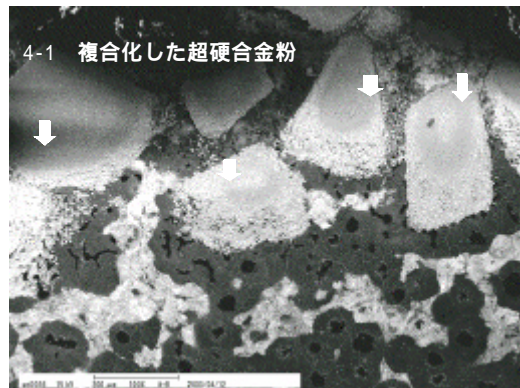


図 4 超硬合金粉複合化の顕微鏡組織

### 3-4 超合金焼結体複合化の顕微鏡組織

本検討で最も摩耗深さが小さい、超合金焼結体を複合化した試験片の顕微鏡組織を図5に示す。図5-1の鑄放し材で確認されるように、超合金焼結体界面には矢印で示すような拡散相が70~90 $\mu$ m形成され、融合は良好に行われて複合化している。耐摩耗性は、鑄ぐるみ接合面とは逆側の超合金の硬さの維持によって十分発揮される。また、界面には球状黒鉛鑄鉄側に薄い黒鉛層が超合金粉の場合より明確に形成されているのが観察される。この黒鉛層は、図5-2の様にオーステンパ熱処理で更に成長して明確な層となっており、強度的に

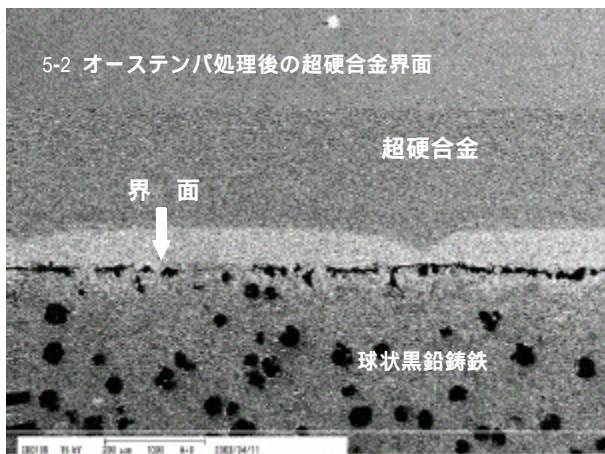
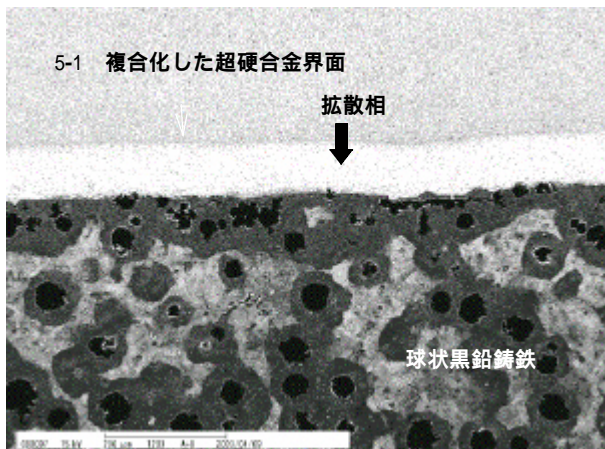


図5 超合金焼結体を複合化した顕微鏡組織

はマイナスに作用するものと思われる。黒鉛層は、超合金中のWとCが鑄ぐるみ時に鑄鉄側に拡散し、その拡散したCが界面で黒鉛化したものと思われる。そしてオーステンパ熱処理後では、更に分解と拡散が進み黒鉛が晶出成長したものと思われる。対策としては、球状黒鉛鑄鉄のCE値(C+Si/3)を低下して炭素を吸収する事などが考えられる。

### 4 結 言

超合金を鑄ぐるみ複合化した ADI の耐摩耗性向上について検討し、次の結果を得た。

- (1) 超合金粉及び焼結体は、球状黒鉛鑄鉄により鑄ぐるみ複合化が容易である。
- (2) 超合金粉を複合化した球状黒鉛鑄鉄鑄放し材は、球状黒鉛鑄鉄の耐摩耗性を向上する。
- (3) 超合金焼結体を鑄ぐるんだ球状黒鉛鑄鉄は、超合金の割れを伴わずにオーステンパ熱処理が可能である。
- (4) 超合金粉を複合化したオーステンパ球状黒鉛鑄鉄は、基地の効果と共に耐摩耗性能を大きく向上する。
- (5) 超合金焼結体を複合化した材料は、鑄放しても耐摩耗性が飛躍的に向上する。
- (6) 超合金と球状黒鉛鑄鉄の鑄ぐるみ界面には、黒鉛層が晶出する。
- (7) 超合金粉を鑄ぐるんだ球状黒鉛鑄鉄状及び ADI は耐摩耗性が向上し、土木関係器機の耐摩耗部材として用途が期待できることが分かった。

### 文 献

- 1) 第3回ADI国際会議報告 他
- 2) 勝負澤ほか：鑄造工学 Vol.71 (1999) 7-484
- 3) 茨島 ほか：岩手工技セ研究報告 Vol.8(2001)25
- 4) 勝負澤ほか：岩手工技セ研究報告 Vol.7(2000)45
- 5) 麻生 ほか：鑄造工学 Vol.73 (2001) 3-155

## 鑄鉄製厨房用品へのカラー珐瑯施工技術

米倉 勇雄\*

鑄鉄製厨房用品に対する、欠陥の無いカラー珐瑯施工方法について検討した。その結果、ピンホール欠陥防止のためには、鑄物基材に対する脱ガス熱処理が非常に有効であることが判った。

また、軽微な欠陥が発生した製品については、時間と温度を調整した再焼成によって、その部分の補修が可能であることが明らかになった。

キーワード : 鑄鉄製厨房用品、カラー珐瑯、熱処理

## The Technique of Colored Enamel Coating for Kitchenware Made of Gray Cast Iron

YONEKURA Isao

We investigated about the perfect technique of colored enamel coating for kitchenware made of gray cast iron. Consequently, we recognized that the heat treatment to pull out of gas on the basic castings was very effective to prevent from occurring pinhole. And we found that it was able to repair the products small defects by reheating with regulated the time and the temperature.

**key words : kitchenware made of gray cast iron, colored enamel coating, heat treatment**

### 1 緒 言

珐瑯(ほうろう)は、鉄、銅、アルミニウム、金、銀などに、釉(ゆう)または釉薬と呼ばれる無機ガラス質の被膜を焼き付ける表面処理法<sup>1)</sup>である。塗料よりも耐蝕・耐熱性に優れ、光沢のある鮮やかな色彩は、紫外線や塩水などの劣悪環境にも強いため、厨房用品、化学工業用品、醸造用タンク、浴槽、燃焼機器、看板、道路標識板など、幅広い分野で活用されている。珐瑯の起源は極めて古く、紀元前のエジプトやメソポタミアの遺跡からも発掘されているが、鉄基地珐瑯の歴史は比較的新しく、19世紀初頭にドイツ、スウェーデン、イギリスなどヨーロッパ諸国を中心に始まったとされており、これらの国々は、今日でも珐瑯に関する技術先進国になっている。鉄基地珐瑯の技術は、約半世紀遅れて日本に伝えられており、1866年に桑名で内面に珐瑯を施工した鑄鉄製の鍋が生産されている。しかし、その後、日本国内における鉄基地珐瑯の研究は、需要の多い軟鋼板製品が中心となり、特に鑄鉄厨房用品に対する彩色を兼ねたカラー珐瑯の技術は、ヨーロッパ諸国と比較して大きな後れを

取ることとなった。本県の鑄鉄厨房用品工房でも、鍋や急須鉄瓶などの内面に珐瑯を施工した製品が製造されているが、それは下釉(したゆう)と呼ばれ、140年前の桑名鍋と同様に錆び止めだけを目的としたものであり、現在日本国内でも輸入販売されているヨーロッパの珐瑯製品とは、その鮮やかな色彩などの点で大差がある。本研究は、先に行われた県内企業へのニーズ調査において、複数企業から自社製品のバリエーションを増やす目的で要望のあったカラー珐瑯施工技術について、小規模工房での施工可能性などを含めて検討したものである。

### 2 実験方法

#### 2-1 釉の選定と調整

釉は、下釉・上釉ともに関東珐瑯釉薬(株)製の鑄鉄用湿式釉を使用した。この釉は、工場出荷時に、そのまま鑄鉄素材に施釉可能な粘度に調整されていたものと思われるが、輸送途中で水分が分離蒸発したために粘性が上昇し、スプレー吹き付けが不可能だったことから、試し吹きをしながら水を加え、下釉・上釉ともに比重が約

\* 金属材料部(現在 電子機械技術部)

1.8 になるように調整した。

## 2 - 2 鑄鉄基材（珪瑯施工試験片）

欠陥の発生程度や位置などを評価するための鑄鉄基材には、100 × 145 × 厚さ 5mm の板状試験片と、現在焼き付け塗装で市販されているグラタン鍋を使用した。板状試験片は、欠陥発生に及ぼす鑄鉄材質の影響を検討するため、表 1 に示す 2 種類の材質に溶製した。グラタン鍋の材質は、小規模鑄鉄工芸工房での再現試作を考慮して、表 1 の工芸品の材質で統一した。

表 1 板状試験片の化学組成 (mass%)

成分名	T.C	Si	Mn	P	S
工芸品用溶湯	3.78	2.42	0.38	0.038	0.042
FC 200 相当	3.52	2.19	0.61	0.038	0.031

## 2 - 3 施釉および焼成方法

基材に対する釉の塗布は、ノズル径 2.0mm の重力式スプレーガンを使用し、下釉・上釉ともに湿態での被膜厚さ 300 μ m を目標に、約 0.24MPa の空気圧で吹き付けた。釉の塗布後、大和科学工業（株）製の定温乾燥器を用い、105 ± 5 で 1 時間乾燥し、直ちに星和理工（株）製の高温マuffle 炉に投入して、下釉を 725 で 15 分、上釉を 700 で 15 分間焼成した。

## 3 実験結果および考察

### 3 - 1 板状試験片による下釉焼成試験

図 1 に、鑄放しのみでショットブラスト処理した工芸品組成の板状試験片に下釉を施工した状況を、図 2 には、同じく FC200 組成の試験片の施工状況を示す。



図 1 下釉を焼き付けた工芸品組成試験片

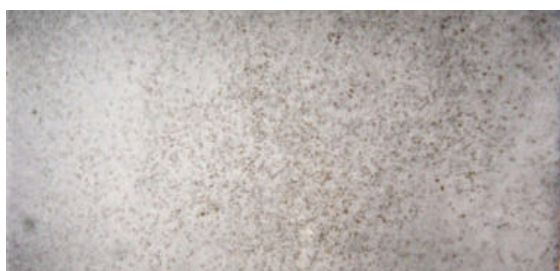


図 2 下釉を焼き付けたFC200組成試験片

図 1 および図 2 から判るように、工芸品組成の試験片では中央部に、FC200 相当の試験片では特に板の端部付

近に集中して、透明感のあるガラス質被膜とは異なる黒点の発生が見られる。この黒点は、同一条件で施釉した SS400 の軟鋼板には見られないことから、鑄鉄板であるがゆえに発生するガス成分が釉中の何らかの成分と反応して生成するものと考えられ、黒変した部分の性状は、今のところ明らかではないが、陶器の焼成時に炉内の雰囲気によって釉薬の色が多様に变化する現象に近いものであると思われる。この黒点は、市販されている珪瑯引きの鍋や急須などにも同様に観察されるが、これを起点として錆びが発生したというような問題は、今のところ報告されておらず、錆止めを目的とした下釉珪瑯の性能が極端に損なわれるものではないと考えられる。

### 3 - 2 上釉焼成試験

次に、下釉を施工した試験片に重ねる形で、純白のカラー上釉を焼き付けた。図 3 および図 4 は、図 1 および図 2 に示したものと同一条件で下釉を施工した工芸品および FC200 相当の試験片に、それぞれ上釉を焼き付けた状況である。図 3 および図 4 から明らかであるように、下釉施工段階で黒点が観察された部分を中心に、その範



図 3 上釉を焼き付けた工芸品組成試験片



図 4 上釉を焼き付けたFC200組成試験片

囲が拡大した形で上釉被膜が泡立ち、特に膨れが大きい部分では、被膜が破れて下釉が露出するピンホール状の欠陥になっている。この欠陥は、形状から判断して明らかにガス欠陥であり、その発生位置が工芸品組成と FC200 組成の試験片に共通して下釉に黒点があった場所であることから、黒変した下釉と深い関わりを持つものと推測される。すなわち、黒変した下釉そのものがガス発生源になっている可能性と、下釉の黒変が実は炭化に近い現象であって、その部分の被膜に通気性が発生し、鑄鉄基地から発生するガスが下釉を貫通して上釉に影響を及ぼすことの二つの原因が考えられる。いずれにしても、欠陥の発生する位置が不特定ではなく、工芸品組成

の試験片では板の中央に、FC200 組成の試験片では板の端部に集中していることから、試験片材質に偏りがあって、特定部分のガス発生量が多くなり、欠陥がその場所に集中したことは明らかである。図5は、工芸品組成の試験片の中央部で下釉に黒点が多く、上釉にも多数のピンホール欠陥が発生した部分の組織を示したものであり、大きく成長した片状黒鉛が鑄肌表面に開口している。



図5 工芸品組成中央部組織 (┆┆┆ 100 μ m)  
(組織写真の倍率は、図5～図8まで全て同じ)

また図6は、同様に欠陥の多いFC200 組成の試験片の板端部の組織を示したもので、細かい共晶状黒鉛や遊離セメントタイトおよびパーライトが混在した異常な組織になっている。従って、欠陥の発生しやすい組織は一種

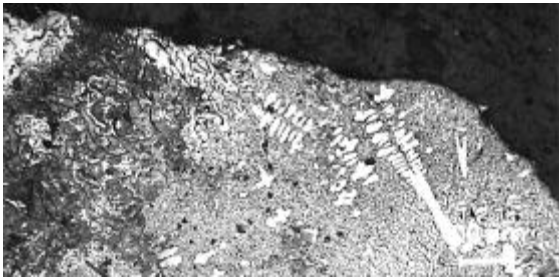


図6 FC200組成試験片の端部組織

類ではなく、徐冷されて黒鉛が肥大した部分と、逆に急冷されて黒鉛の成長が妨げられた両極端の部分であるものと考えられ、このことから珪瑯処理に適した組織は、この両者の中間的な組織であるものと推測される。図7は、工芸品組成の試験片で欠陥が発生していない部分の組織を示したもので、フェライトの多い基地に小さ目の



図7 欠陥が無い部分の組織

A型黒鉛が均一に分散した緻密な組織になっていることから推測が裏付けられた。また、特にFC200 組成の試

験片表面に、50～100 μ mの厚さを有するパーライト層が形成される部分があり、ここには黒鉛が無いため珪瑯施工には最適ではないかと考えられたが、上釉を施工すると膨れの発生が多く、必ずしも良好な組織ではないことが判った。図8は、焼成後の層組織を示したもので、パーライトだった層が下釉および上釉焼き付けのための二度に渡る熱影響で分解し、焼鈍黒鉛と思われる塊状の黒鉛が析出していて、この黒鉛が釉層を膨れさせる原因になっているものと考えられる。図7の組織は、これと同様の熱履歴を受けているにもかかわらず、塊状黒鉛の析出が無く、この事からも珪瑯処理に適した鑄鉄基材の組織は、フェライト地で小さ目のA型黒鉛が均一に分散したものであることが確認された。

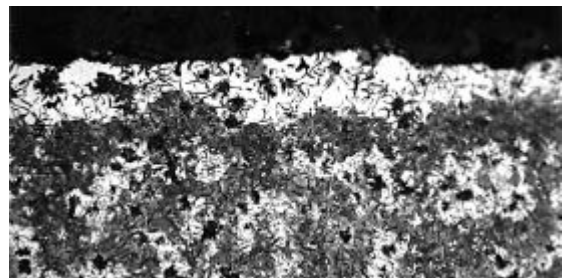


図8 珪瑯処理の熱影響を受けた表面層組織

### 3-3 脱ガス熱処理の効果

これまでの実験で、珪瑯処理に適した鑄鉄基材の組織が明らかになったが、実際問題として厨房用品の表面全てを図7のような均一組織に製造することは不可能である。そこで、異常組織部分から発生するガスなどを、珪瑯処理時に受ける熱影響よりも過酷な条件で熱処理することによって、釉の塗布前にあらかじめ抜いてしまう手法を試みた。表2は、工芸品とFC200 組成の試験片を700～850℃に1時間過熱し、サンドブラストで酸化被膜を除去した後に下釉・上釉を焼き付けた場合に発生した欠陥数を示したもので、800℃以上の処理において極めて顕著な欠陥抑止効果が見られる。表2での記号は、

表2 脱ガス熱処理による欠陥抑止効果

欠陥(膨れ、ピンホール)の発生数(個)

熱処理温度	700	750	800	850
工芸品相当組成		147	4	2
FC200相当組成	298	228	9	4

広い面積を持つ欠陥があるため計数不可能であることを示す。脱ガス熱処理の温度は、本来であればセメントタイトの分解温度といわれる900℃程度が望ましいと思われるが、薄肉の工芸品の場合は変形の恐れが生じるため850℃を上限とした。この処理によっても欠陥を完全に抑えることは難しいが、図9に示すように800℃、1時間の脱ガス熱処理によって、ほとんど欠陥の無い上釉焼き付け試験片が得られた。



図9 脱ガス熱処理後の上釉被膜



図12 欠陥の無いカラー珐瑯グラタン鍋

### 3-4 実製品(グラタン鍋)の焼成試験

実際の製品にカラー珐瑯を施工するに当たっては、十分な脱ガス熱処理も重要であるが、釉を均一な厚さに塗布することなど、現場的な技術が肝要である。今回採用したスプレー塗布の場合には、ガンと製品の距離や吹き付け時間を一定にしても、製品の凹部分には釉が厚く塗布され、凸部分は薄くなる。これをそのまま焼成すると、図10および図11に示すように、下釉の厚い部分はガラス光沢の無い生焼けの状態になり、薄い部分は被膜が焼き切れた炭化状態になって、同じ場所の上釉にも欠陥が



図10 実製品の焼成状態(下釉)



図11 実製品の焼成状態(上釉)

多発する。この釉厚さムラの解消方法としては、一度薄めに施釉して乾燥した後に、凸部分のみを狙って二度吹きをする方法があるが、根本的には製品のエッジ形状を極力避けることであると考えられる。また、下釉の施工が万全であっても、上釉が薄かったために軽微な欠陥が生じた場合には、再度上釉を薄く塗布し、一度目の焼成温度よりも15程度低温にするか、または時間を半分程度に短縮した再焼成によって、欠陥の補修が可能である。しかし、この方法はやむを得ない場合に適用すべきで、基本的に欠陥の無い製品を得るためには、鑄鉄基材の丁寧な脱ガス熱処理と表面処理、均一な厚さの施釉、発熱体からの距離の差などによる温度ムラが無い焼成条件が必要であり、それが達成されることによって初めて図12に示したような欠陥の無い珐瑯製品が得られる。

### 3-5 残された問題点

今回の実験では、ステンレスボルトの先を針状に加工し、その上に試験片を乗せる方式の焼成台を使用したが、その針痕を消去することができなかった。したがって製品化のためにはこの問題を解決する必要がある。簡便な方法としては、耐熱塗料などでカバーする方法も考えられるが、根本的にはこの焼成台痕の除去方法や、前述したエッジ形状を避けることなどを含めて、珐瑯処理に適合した厨房用品のデザイン開発が必要と考えられる。

## 4 結 言

鑄鉄厨房用品に対するカラー珐瑯施工技術に関して、次のような知見が得られた。

- 1) カラー珐瑯に適した鑄鉄基材は、フェライトの多い基地で小さ目のA型黒鉛が均一に分散した組織であり、肥大した徐冷黒鉛組織や急冷組織およびパーライト表面層を有する組織は好ましくない。
- 2) 珐瑯施工前の脱ガス熱処理は、基材組織と無関係にピンホール欠陥を減少させる効果が顕著である。
- 3) 下釉塗布時の厚さムラは、生焼けや焼き切れの原因になり、それが上釉の欠陥発生にもつながる。
- 4) 下釉の施工が万全であれば、上釉に厚さムラがあったことで生じた軽微な欠陥は、温度と時間を調整した再焼成によって補修が可能である。
- 5) 欠陥のないカラー珐瑯を施工するためには、炉内の温度を均一かつ正確にコントロール可能な焼成炉が必要であり、さらに製品同士が接触しない状態で焼成する必要がある。このため、内面のみを下釉処理し、外側は塗料着色して出荷する製品と比較すると、製造コストが2倍以上になるものと考えられる。
- 6) 全面カラー珐瑯の鑄鉄厨房用品を商品化するためには、焼成台痕の処理法と、均一肉厚や丸縁など、珐瑯処理を前提としたデザイン開発が必要である。

最後に、本研究を進めるに当たってご協力いただいた関東珐瑯釉薬(株)、(株)岩鑄鑄造所ならびに水沢鑄物工業協同組合に深謝します。

## 文 献

- 1) (社)日本セラミックス協会編「セラミック工学ハンドブック」,1297(1989)

## コシキ溶解技術の高度化

勝負澤 善行\*、高川 貫仁\*、池 浩之\*、茨島 明\*\*

コシキ炉溶解における操業の安定化を目的に、溶解の基礎的調査を行い、さらにイオウ含有量の抑制、高温溶解技術について検討を行った。その結果、コークスの一部を木炭に代替することにより、イオウの増加を抑制することができた。また、空気と一緒に酸素ガスを吹き込むことにより、高い温度の鑄鉄溶湯を得ることができた。

キーワード：コシキ炉、鑄鉄、イオウ、温度

## The Improvement on the Melting Technology of Small Cupola

SHOUBUZAWA Yoshiyuki, TAKAGAWA Takahito, IKE Hiroyuki  
and BARAJIMA Akira

In order to stabilize the quality of molten cast iron by small cupola, we carried out the basic investigation of the melting operation. In addition, we examined technology which controlled the content of sulfur in molten cast iron, and which increased the temperature of molten cast iron. Consequently, by using charcoal as a substitute for a part of coke, we were able to suppress that the sulfur increased. And by blowing the oxygen gas with the air, we were able to increase the temperature of the molten cast iron.

**key words : small cupola, cast iron, sulfur, temperature**

### 1 緒 言

鉄瓶などの南部鉄器を製造している工房では、コシキ(甌)炉と言われる、キュポラを縮小したような形状の小型炉で鑄鉄を溶解している。使用されているコシキ炉のサイズは様々であるが、いずれも溶解能力は低く、それ故に、手づくりで鉄瓶用焼型を造型し鑄造している小ロット生産の工房に適している。

コシキ炉は、積み重ね式の炉であり、上ゴシキ・中ゴシキ・湯溜部の3つに分けることができるので、炉の補修がやすく、扱いやすいのが特徴である。

しかし、溶解作業は、経験に頼るところが多く目定で行われているため、溶湯温度が変化しやすかったり、溶湯成分バラつくなど、操業の安定化が難しい。当然、業界においても数値の蓄積や操業の技術改善等が大切であるとの認識はあるのだが、コシキ炉溶解方法の文献や情報はほとんどなく、技術的解析が求められている。

そこで、本実験では、操業の安定化を目的に、コシキ炉溶解における基礎的な調査を行い、さらに湯流れや材料を脆くするイオウの抑制や高温溶解技術など、業界が抱えている諸問題についても検討を行った。イオウの抑

制については、イオウ発生源がコークスであることが知られており<sup>1)</sup>、今回はコークス投入量の一部を木炭に換えてその影響を検討した。また高温溶解技術については、酸素ガスを吹き込むことによりその効果を検討した。

### 2 実験方法

#### 2 - 1 コシキ炉の構造

実験に用いたコシキ炉の概略図を図1に示す。本炉の特徴は、羽口が3本ある、風箱がある、上ゴシキに湯返口がある等である。は、炉に送り込まれる風の方向性を和らげ、燃料や材料の溶解が不均一にならないように考慮されたものであり、はテル(取鍋)の残り湯を戻しやすいというだけでなく、湯温を高める効果も持つ。炉の性能を示す各値は次のとおりである。

< 有効高さ比 >

有効高さ比とは、羽口面から原材料が常に充填されている上面までの高さ(有効高さ)と、羽口面の炉内径との比率のことである。有効高さの上方は地金を予熱するので、高くした方が熱的に有利となる。しかし高すぎると、燃料(コークスや木炭など)に大きな圧力がかかるため燃

\* 金属材料部 (現在 材料技術部)

\*\* 企画情報部

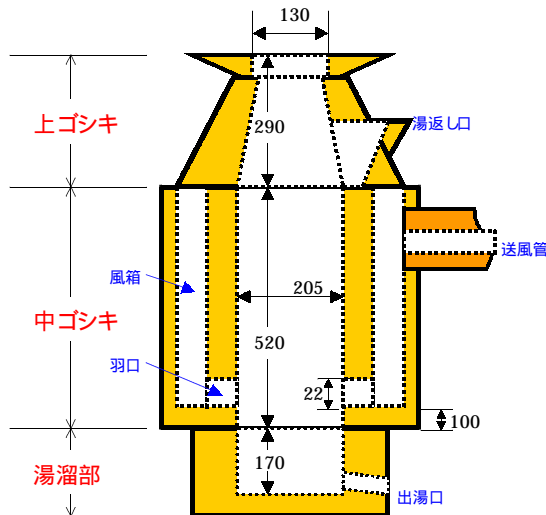


図1 コシキ炉の概略図



図2 操業の様子

料が破損し、炉内の通風抵抗が大きくなり正常な溶解が行われない。一般的なキュボラでは4~6程度であるが<sup>1)</sup>、小型炉の場合は大抵、少し大きめである。

本炉は、710 / 205 3.5 であり、値は小さめである。木炭を燃料とした炉は、木炭の圧縮強度が弱いために小さな値となっているものが多い。この炉も、木炭を燃料として南部鉄瓶を製造していた当時の寸法比率になっていると思われる。

#### <羽口比>

羽口の効率は、羽口面の炉の断面積と羽口の総断面積の比率(羽口比)で示される。羽口比が大きいことは、羽口面積が小さいことを意味し、速度が大きい風が炉内に入り、局部的・偏析的な燃焼が起こる。これに対して羽口比が小さい場合は、送られる風の速度が小さく、燃焼が炉の中心まで達しない。大型キュボラでは10~15、小型キュボラでは5~9が一般的な値である<sup>2)</sup>。

この炉は、 $102.5^2 / (11^2 \times 3) 29$  である。これは相当高い値であるが、その理由は、この炉が設計された当時は、燃料の主体が木炭であったことと、送風に鞆(ふいご)を使用する南部鉄瓶製造技術の名残であると考えられる。

送風機には、1.5kWのモーター式ブロアーを使用した。

## 2-2 溶解方法

### 2-2-1 コシキ炉溶解の基礎調査

原料は、銑鉄(JIS-1種B銑)および機械鋳物故銑を用いた。機械鋳物故銑は不純物が比較的少なく、B銑はシリコンを1.8~2.2%を含有している。

操業の様子を図2に示す。操業は、まず湯返口を塞ぎ出湯口を開けたままの状態ですくきを行った。10分後、出湯口を栓止棒で塞ぎ、溶解材料と燃料であるコークスを投入した。約5分おきに、コークスと材料を添加し、途中、造滓材である石灰石も添加した。

溶解における温度の経時変化は、R熱電対を炉床の炉壁内面より10mmの所に挿入し記録した。また20~30分おきに、テルで受けた溶湯温度を測定し、その後、分析用金型に注湯した。得られた分析試料について、発光分光分析装置により分析を行った。

### 2-2-2 木炭添加実験

2-2-1の実験方法をベースとして、燃料にコークスと木炭を用い、溶湯中元素におよぼす木炭使用の影響を調べた。1回の燃料投入量は、コークス1kgおよび木炭0.5kgである。木炭の投入は、出湯開始から80分経過後に開始した。

### 2-2-3 酸素ガス吹き込み実験

2-2-1の実験方法をベースにして、空気と一緒に酸素ガスを吹き込み、溶湯温度及び溶湯元素に及ぼす影響を調べた。酸素ガスは、プロアー側面の空気吸込み口から3ℓ/min注入した。

燃料にはコークスと木炭を使用し、材料投入開始から木炭の投入を行った。1回の燃料投入量は、上記実験同様、コークス1kg+木炭0.5kgとした。

## 3 実験結果および考察

### 3-1 コシキ炉溶解の基礎調査結果

#### 3-1-1 溶解温度の変化

溶解温度の経時変化を図3に示す。図は、溶解材料を投入し始めてからの時間を示している。

15分後、炉床の温度が上がっていき、炉床に溶湯が溜まりはじめたことが分かる。18~20分で、湯温は1350 付近で安定し、出湯可能となった。この時間は、正常操業している一般のキュボラも同様である。炉床の温度は、湯溜まりの溶湯に直接熱電対を挿入しているのではなく、炉壁の10mm内側の温度であり、実際の溶湯温度は1450 程度と思われる。



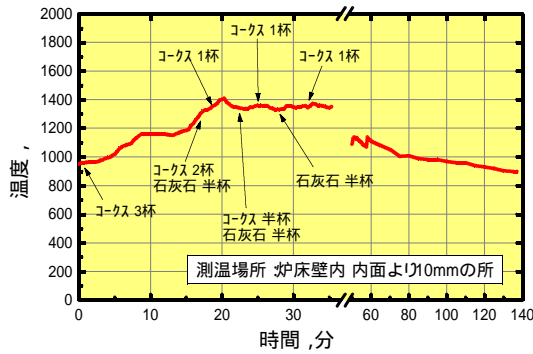


図3 溶解温度の経時変化

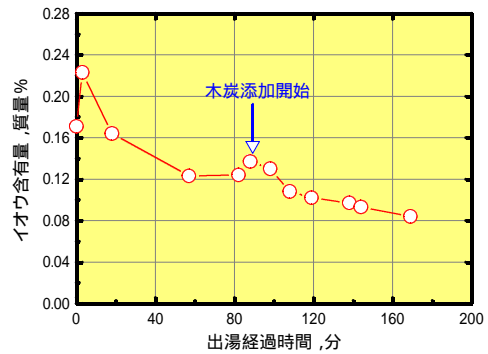


図5 木炭を添加したときのイオウの経時変化

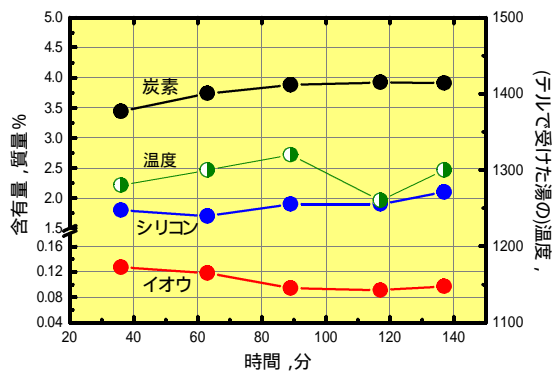


図4 炭素・シリコン・イオウの経時変化

60分以降は、熱電対の装入場所を変え、前より厚い炉床壁内で測温したため、正確な測温はできていないと思われるが、溶解の継続により、温度の降下が大きくなった。これは、ベッコークスが燃焼し降下したためと考えられ、ここから更に継続して安定な溶解を行うには、ベッコークスを補給すべきであることが分かる。

### 3-1-2 鑄鉄溶湯の化学組成の変化

図4に、鑄鉄の主要元素である炭素・シリコン・イオウの経時変化を示す。また、図中に、テルで受けた溶湯温度も示す。溶湯温度は、テルの予熱によりバラツキが生じているが、実験による溶湯温度の変化を見るための大まかな目安として記録した。

図中の3元素とも、時間の経過と共に大きく変化している。炭素は、溶解温度の上昇に伴って増加することが知られており<sup>1)</sup>、本実験でも、3.5%から3.9%へ増加しており、時間の経過にしたがって炉況が良くなっていることが分かる。

また珪素は、溶解当初、酸化傾向が強かったためか値は低いですが、時間の経過にしたがって上昇した。これは炭素の挙動と類似している。

これに対して、鑄鉄の材質を劣化させるイオウは、溶解開始時には0.12%以上と高い値であるが、時間の経過

と共に減少し、90分以降では0.1%程度となった。イオウは、石灰との反応によりある程度減少したものと考えられる。

溶湯の化学成分から判断すると、50分以降の溶湯が良好である。テルの予熱を充分に行えば、注湯に適した良好な溶湯となることが予測される。

その他の元素については、次のとおりである。リン=0.072%、マンガン=0.53%、クロム=0.042%、銅=0.033%、ニッケル=0.039%、チタン=0.034%、バナジウム=0.013%。リンとマンガンはやや高めであるが、問題になる量ではない。また、クロム、チタン、バナジウム等の白銹化元素も0.05%以下で問題のない量であった。

### 3-2 木炭添加実験の結果

溶湯中のイオウを抑制するために、コークスの一部を木炭に換えて溶解実験を行った。その結果を図5に示す。横軸は、出湯からの経過時間を示す。前の実験では、初湯(はなゆ：最初に出湯した溶湯のこと)の分析を行わなかったが、今回は最初から分析試料を採取した。

イオウは、出湯開始直後では0.16~0.23%とかなり高かったが、その後数回出湯することにより、0.12%近傍に安定した。木炭投入開始後、イオウは徐々に下がっていき、0.08%まで減少した。これより、木炭による代替は、溶湯中イオウ含有量の抑制に効果があることが分かった。初湯のイオウ含有量が高いのは、コークスの燃焼により溶解材料がイオウガス雰囲気中にさらされ、さらに湯溜部でベッコークスのイオウ分を吸収するためと考えられる。

早期にイオウの量を減少させるには、石灰石の投入量を多くすることにより可能と思われるが、炉壁が酸性耐火物であるため、炉壁の損耗が大きくなる。この辺の兼ね合いは、これからの溶解で見極めていく必要がある。また、イオウの含有量を高めないために、初湯を再度炉に返さないで、捨てる方がよいと思われた。

### 3-3 酸素ガス吹き込み実験の結果

酸素ガス吹き込みによる溶解温度および溶湯中元素の経時変化を図6に示す。図は、溶解材料を投入し始め

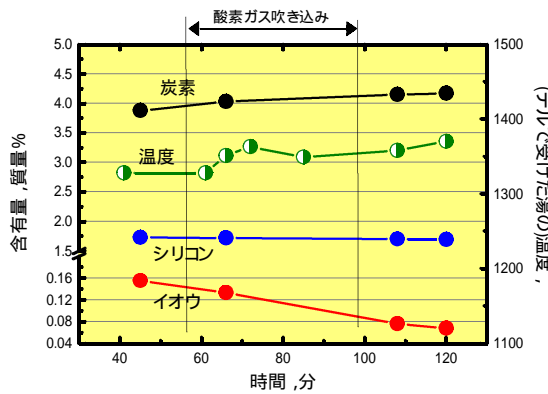


図6 酸素ガス吹き込みによる溶解温度と元素の挙動

てからの時間を示している。また、図中の溶湯温度は、テルで受けた溶湯温度である。

酸素ガス吹き込み前は、1330 付近で安定していたが、酸素吹き込み開始後、溶湯温度は急激に上昇し、1360、最高1370 まで上がった。これは、酸素ガスの吹き込みにより、 $C + O_2 = CO_2$ の発熱反応が活発に行われたためと考えられる。また、溶湯中の炭素含有量が増加していることから、燃料の投入量及びサイズには問題なく、良好な溶解ができたことが分かる。

イオウ含有量は、溶解当初はベッコークスの影響もあり変わらず高い値であったが、徐々に減少していき0.07%まで下がった。

#### 4 結 言

- 1) 通常の操業において、溶解材料投入開始から18～20分後に湯溜部の湯温は安定した。
- 2) 通常の操業において、テルに受けた湯の温度は、約1300 であった。
- 3) 原材料に機械鋳物故銑と銑鉄(B銑)を用いて、炭素含有量3.8%、シリコン含有量1.8%前後の南部鉄瓶にとって理想の化学組成を得ることができた。
- 4) 初湯のイオウ含有量は、0.16～0.23%とかなり高く、その後数回出湯することにより0.12%まで減少した。
- 5) 燃料として、コークス投入量の1/3を木炭に換えることにより、イオウ含有量の増加を抑えることができた。
- 6) 酸素ガスを吹き込むことにより、湯温を1330 から最高1370 まで上昇させることができた。

以上より、不良や歩留まり、単価を考慮すれば、今後は機械鋳物の故銑や専用に配合された銑鉄を購入し用いた方が、品質の安定化に効果的と考えられた。

今後、初湯の処理やベッコークスの補給、石灰石の

投入などを改善すれば、更に良好な溶解が可能と思われる。また、風圧・風量と温度上昇、耐火物の選択と築炉改善などを検討すれば、このような小型のコシキで、さらに良好な溶湯が得られるものと考えられる。

本実験を遂行するにあたり、多大なる御協力をいただいた、南部鉄器販売(株)の皆様、ならびに南部鉄器協同組合 岩清水康二氏に深く感謝いたします。

最後に、平成12年度から平成14年度に行われたペルーと当センター及び県内企業との技術交流により、本報告で使用したコシキ炉と同様の炉が、ペルーにも造られたので図7に紹介いたします。



図7 ペルー国で造られたコシキ炉

#### 文 献

- 1) 例えば、石野亨著：キューボラ、(社)新日本鋳造協会(1985)
- 2) 例えば、鋳造技術シリーズ3 鋳鉄の生産技術(改訂版)、(財)素形材センター(1998)

## A simple three-dimensional measurement of human shape using mesh net

Tatsuo Hasegawa\*, Akio Doi\*\* and Koichi Matsuda\*\*

This paper presents a 3D representation algorithm using mesh net that is suitable for measurement of a human shape: 'foot'. Projective approximation for stereo matching is a simple method to obtain 3D measurements, but stereo matching problem is recognized as the most difficult step in computer vision. The correspondence problem in computer vision is the calculation of matching of points or other kinds of primitives in two images. The method of calculating these matches over an entire stereo image pair usually depends on the application for which accuracy of depth information will be used. We implemented an application that measures foot size with mesh net, and then developed a stereo matching algorithm using thinning and constrained depth first search. The foot is covered with mesh cloth such as that used for tights, and is recorded by several consumer digital still cameras. Mesh intersections are used here for the matching points of stereo images. We adopted thinning process to mesh image for searching intersections. When corresponding intersections of mesh are determined, depth can be computed by perspective projection matrices. We also describe a 3D measuring system that produces effective structured data for available analysis of the human foot shape.

## メッシュ・ネットを用いた人体用簡易 3次元計測

長谷川辰雄\*, 土井章男\*\*, 松田浩一\*\*

本論文は、足計測のために、メッシュ・ネットを利用した3次元形状再構成のアルゴリズムについて述べている。ステレオマッチングのための投影近似法は、簡単に3次元計測を行うことができる。しかし、ステレオマッチング問題は、コンピュータビジョンにおいて、最も困難であると認識されている。コンピュータビジョンにおける対応点問題、2つの画像の同一点、または、基本図形の一致を決定することである。これらのマッチングの計算方法は、実際に求められるアプリケーションの3次元計測精度によって異なる。我々は、メッシュ・ネットを使った足の3次元計測を行うアプリケーションを開発した。これは、細線化、制限付き深さ探索を使っている。計測は、タイツのようなメッシュを足に履かせ、数台のデジタルカメラで撮影する。メッシュ交差点は、ステレオ画像のマッチング対応点として使われる。対応点の決定には、細線化画像処理を適用した。対応点が決定されると、透視投影行列によって、3次元座標が求まる。また、この座標は、足の形状を分析する場合の構造化データとして有効に使われる。

---

\* 電子機械部 (現在 電子機械技術部)

\*\* 岩手県立大学ソフトウェア情報学部

## Efficient 3D foot measurement system using mesh net

Tatsuo Hasegawa\*, Akio Doi\*\* and Koichi Matsuda\*\*

This paper presents a 3D foot measurement system for tailor-made shoes, which using mesh net that is suitable for measurement of a human shape: 'foot'. The foot is covered with mesh net, and is recorded as images by eight digital still cameras. The coordinates of mesh intersections are extracted by the developed filtering process, and are used here for the matching points of stereophonic measurement. The typical three-dimensional measurement system consists of the laser device and the high-speed image-processing device. These devices are expensive, and general users can't get the whole of three-dimensional shape easily. We adopted mesh net so that the user could get the whole of three-dimensional shape easily. The user can decide the necessary number of camera and the position easily by referring to the indicated stereophonic area in advance. The measurement point (mesh intersections) can be constructed as the structured data because it is a lattice structure. The structured data is useful for analysis of human foot shape.

## メッシュ・ネットによる効果的な3次元足計測システムの開発

長谷川辰雄\*, 土井章男\*\*, 松田浩一\*\*

本論文は、オーダーメイド靴作成のために、メッシュ・ネットを活用した、足全体の計測に効果的な3次元計測システムについて述べる。この計測は、メッシュ・ネットを被せた足を、8台のデジタルカメラで撮影して行われる。メッシュ交差点の座標は、開発した画像処理フィルタによって抽出され、ステレオ計測の対応点として使われる。従来の3次元計測システムは、高額なレーザ装置と高速画像処理装置で構成され、一般ユーザにとって、足全体の形状を手軽に求めることが困難である。そこで我々は、足全体の3次元の形状を、手軽に求められるようにメッシュを利用した。ユーザは、事前に明示されたステレオ計測領域を参照することで、必要なカメラ台数及び、その位置を決定することができる。また、計測点(メッシュ交差点)は、格子構造のため、構造化データとして構成することができる。この構造化データは、足形状の分析に有益なデータである。

---

\* 電子機械部(現在 電子機械技術部)

\*\* 岩手県立大学ソフトウェア情報学部

## ラジカル消去活性の測定法とヤマブドウ抗酸化性に関する研究

小浜 恵子<sup>\*</sup>、岸 敦<sup>\*</sup>、米倉 裕一<sup>\*\*</sup>、大澤 純也<sup>\*</sup>、  
澤井 秀幸<sup>\*\*\*</sup>、長澤 孝志<sup>\*\*\*</sup>

簡便、高感度かつ多試料を測定可能なラジカル消去活性測定法を確立するため、DPPH ラジカル消去活性、リノール酸メチルペルオキシド生成抑制、oxygen radical absorbance capacity (ORAC)を利用して検討し、ヤマブドウを試料として実際に測定を行った。ラジカル消去活性は試料のポリフェノール含量とほぼ比例し、いずれの方法でも試料間の差を検出することが可能であった。ORAC は検出感度が非常に高く、1000 倍に希釈した試料での検出が可能であった。また、試験管内でのタンパク質の非酵素的糖化抑制を測定したところ、ヤマブドウジュース搾汁残滓の効果が非常に大きかった。

キーワード：ラジカル消去活性、ヤマブドウ、糖化変性

## Estimation of Radical Scavenging Activities Using Various Methods and Antioxidant Activity of Wild Grapes (*Vitis coignetiae*)

KOHAMA Keiko, KISHI Atsushi, OHSAWA Junya,  
SAWAI Hideyuki and NAGASAWA Takashi

To develop simple and sensitive methods for measuring radical scavenging activities, evaluation was done using three different analyses: DPPH radical scavenging activities, AAPH-induced lipid oxidation and oxygen radical absorbance capacity (ORAC). Each of the methods were useful for screening, in particular, ORAC was suitable to test for small amounts because of the high sensitivity. Using these methods, juice and wine made from wild grapes (*vitis coignetiae*) were measured, and the activities were correlated to polyphenol contents. Skin-seed mixture, after squeeze, showed the highest activity in these methods. In addition, skin-seed mixture strongly prevented production glycated protein as well as G-rutin *in vitro*.

**key words : radical scavenging activity, wild grape, glycation**

### 1 緒 言

生体内で発生する様々な酸化ストレスは生活習慣病発症に大きく関わっており、酸化ストレスに関連する活性酸素種等を生体内で防御可能な食品への期待は大きい。たとえば、お茶のカテキンや赤ワインのポリフェノールなどラジカル消去能を有する食品素材が酸化ストレスを低減するものとして注目されている。

食品素材中のラジカル消去作用は様々な方法によって測定されている。有色の安定ラジカル DPPH の退色を測定する方

法<sup>1)</sup>、電子スピン共鳴 (ESR) により活性酸素種を測定する方法<sup>1)</sup>、ラジカルにより進行する不飽和脂肪酸の酸化を、生じる脂質ヒドロペルオキシド量で測定する方法<sup>2)</sup>などが用いられている。ESR は直接ラジカルをみるものであるが、他のほとんどはラジカル消去活性を間接的に測定しており、通常は2つ以上の原理に基づく方法で測定し総合評価することが多い。

本報告では、岩手県内の農林水産物中から高いラジカル消去活性を有するものを検索して有効利用するため、多種試料

\* 応用生物部 (現在 食品技術部)  
\*\* 醸造技術部  
\*\*\* 岩手大学農学部

を簡便に評価可能な3種類の測定法構築を試みた。試料としてはヤマブドウを用い、必要量や感度の検討を行った。また、深刻な糖尿病合併症を引き起こす、タンパク質の非酵素的糖化反応の抑制についても比較検討を行ったので報告する。

## 2 実験方法

### 2-1 分析試料

試料として、岩手県林業技術センターで選抜された7系統のヤマブドウ(涼実紫1,2,4,5号、川井1、衣川、山形2)を除梗後、圧搾、加熱抽出したジュース、破碎後に種皮とともに通常通りかもし込みを行ったワイン及び圧搾残滓を用いた。圧搾残滓は適量の水を添加して抽出した後、凍結乾燥して得た粉末を0.2mg/mlとなるように水に溶解して用いた。参考として市販のヤマブドウジュースも試料とした。

### 2-2 総フェノール及びアントシアニン含量の測定

総フェノール量はFolin-Denis法により測定し、没食子酸相当量として算出した。アントシアニンモノマー含量は、Wrolstadらの方法<sup>3)</sup>により測定した。ジュース、ワイン試料を75倍に希釈してpH1.0及びpH4.5における520nmと700nmの吸光度からcyanidin-3-glucoside相当量として算出した。

### 2-3 ラジカル消去活性の測定

ラジカル消去活性は原理の異なる以下の方法で測定した。有色ラジカルであるDPPHの消去活性は木村らの方法<sup>4)</sup>に準じて測定した。試料を5,10,25,50倍に希釈して96穴プレートに10 $\mu$ lずつ分注したものに50%(V/V)エタノールに溶解した200 $\mu$ M DPPH(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazol, ナカライテスク)を185 $\mu$ l加えて5分間振とうした。マイクロプレートリーダーにより550nmの吸光度を測定しラジカル消去による退色活性を没食子酸相当量として表示した。試料は3点分析した平均値とした。

脂質酸化の抑制活性についてはモデルとしてリノール酸メチルを用いた。試料160 $\mu$ lに、リノール酸メチル132 $\mu$ l及び50mMリン酸緩衝液(pH7.4, tween20を1.2%含む)8mlを加えた。Vortexにより2分間混合後、超音波によりミセル化した。2mlをガラスバイアルにとり、ラジカル開始剤として0.2M AAPH(2,2'-azobis(2-amino-propane) dihydrochloride)100 $\mu$ lを加えて37 $^{\circ}$ C、3時間振とうした。反応液をメタノールで20倍に希釈し、HPLCによってリノール酸メチルヒドロペルオキシドを以下の条件で定量した。カラム、Waters Symmetry C18 5 $\mu$  3.9 $\times$ 150mm、溶媒、水:メタノール(20:80)

流速1ml/min、検出波長、234nm。生成量は試料無添加時のリノール酸メチルヒドロペルオキシドピークエリア値を100として生成率で表示した。メタノールに溶解したトコフェロールを対照として用いた。

Oxygen radical absorbance capacity (ORAC)を指標としたラジカル消去活性はCaoらの方法<sup>5)</sup>に準じて測定した。0.2nMの $\alpha$ -phycoerythrin(75mMリン酸緩衝液pH7.0)を170 $\mu$ l、96穴プレートに分注し、試料を100倍、1000倍に希釈して10 $\mu$ l添加した。対照として、2, 0.2, 0.02mMのTroloxを添加した。37 $^{\circ}$ Cにて10分間静置後、0.2M AAPHを20 $\mu$ l加え、2時間後に蛍光イメージアナライザー(FMBIO11、宝酒造製)によりラジカルによる蛍光退色の防止作用(Ex:532nm, 検出フィルター605nm)を測定した。

### 2-4 糖化タンパク質生成抑制能の測定

糖化タンパク質生成抑制能は次のように測定した。BSA-Fructose溶液(20mg/mlBSA, 500mM fructose, 0.2g/l Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 200mM P-K buffer(pH7.4))を試験管に3.96ml分注後、試料を40 $\mu$ l加え37 $^{\circ}$ Cで5日間インキュベートした。対照としては水溶性のG-ルチン(東洋製糖)を用いた。Controlには200mM P-K bufferを加えた。インキュベート終了後、氷冷した20%TCAを4ml加えて混和、遠心分離によって沈殿を回収し、さらに10%TCAで2回洗浄した後、200mM P-K buffer 7mlに完全に溶解させた。生成した糖化タンパク質は蛍光強度によって測定し(Ex 350nm, Em 425nm) Controlを0としたときの生成阻害率で表示した。

## 3 結果および考察

### 3-1 試料中の総フェノール含量とDPPHラジカル消去活性

図1にヤマブドウ試料の総ポリフェノール量およびアントシアニンモノマーの占める量を示した。ヤマブドウのアントシアニンはmalvidin-3,5-diglucosideが主であると報告されているが、本報告ではcyanidin-3-glucosideのモル吸光係数を便宜上用いた。図2にはDPPHラジカル消去能を示した。総ポリフェノール量とDPPHラジカル消去活性は、ほぼ比例していた。ただし川井1、山形2は総ポリフェノールが比較的高いものの、ラジカル消去活性は他と比較してやや低めであった。DPPHラジカル消去活性は、アントシアニン量よりもポリフェノール量と相関すると報告されており、これらはアントシアニンモノマーの占める割合が高いことが原因と思われる。

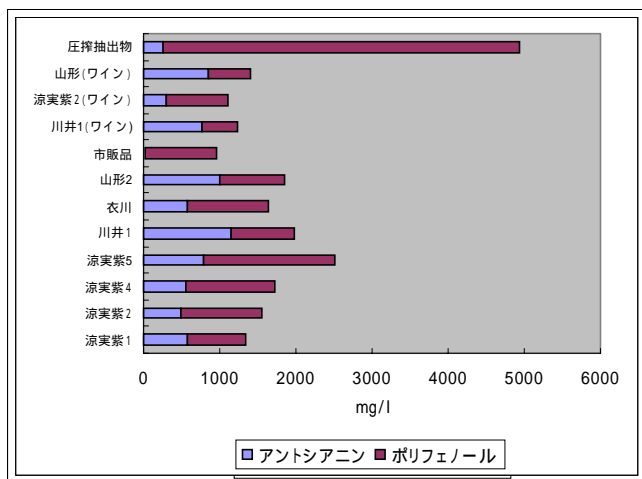


図1 ポリフェノール・アントシアニン含量

る。しかし、これらは色調が濃くジュース向きとして期待されており、他と比べて劣るものではない。市販品のヤマブドウジュースでは長期間貯蔵されるため、アントシアニンモノマーはほとんど検出されなかった。压榨残滓抽出液は多量のポリフェノールを含んでいた。

### 3-2 各測定法によるラジカル消去活性の比較

压榨残滓抽出液、および涼実紫2、4、5号のヤマブドウジュースを用いてリノール酸メチルヒドロペルオキシド生成抑制によるラジカル消去活性を測定した結果を トコフェロールの濃度 25, 62.5, 125 μg/ml とした場合とともに表1に示した。压榨残滓、ヤマブドウジュース系統間とのラジカル消去活性の差はこの手法でも測定可能であった。

また、同サンプルのORACを指標としたラジカル消去活性を解析した結果を図3に示す。ラジカル消去活性を有するものとしてTroloxを対照とし、試料の代わりに水を添加しControlとした。1,000倍に希釈した試料でラジカル消去活性が検出可能であり、残滓とヤマブドウジュースとの差、さら

表1 ヒドロペルオキシド生成による測定

	ヒドロペルオキシド生成率(%)
Control	100.0
トコフェロール 125 μg/ml	46.1
トコフェロール 62.5 μg/ml	52.5
トコフェロール 25 μg/ml	58.2
压榨残滓	43.6
涼実紫5	44.5
涼実紫4	48.0
涼実紫2	47.0

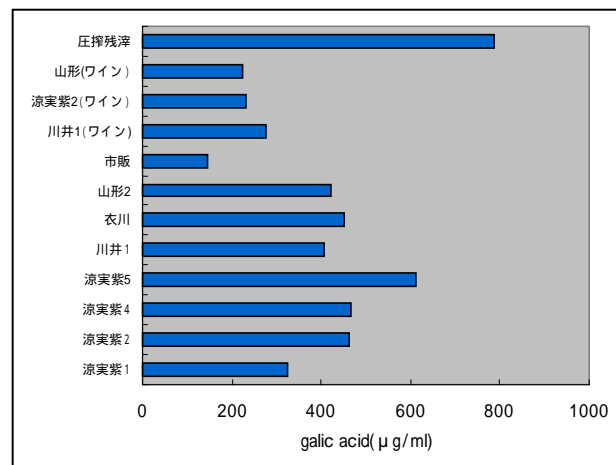


図2 DPPH ラジカル消去活性 (没食子酸相当)

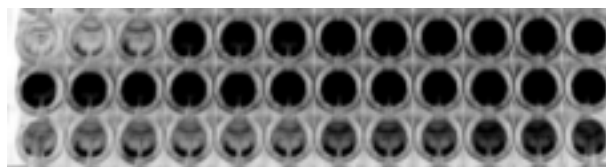
に涼実紫5号と2、4号とのラジカル消去活性の差も検出可能であった。蛍光イメージアナライザーの感度を1/2(感度25%)に落とした時の100倍に希釈した試料とTroloxの比較結果は、ヤマブドウジュースが0.02mM Troloxと同等以上の消去活性を持つことを示しており、压榨残滓抽出液はそれ以上の活性を有していた。多検体を処理可能で、感度が非常に高いことから、スクリーニングや活性物質の分画に有効と思われる。蛍光プレートリーダーを用いれば、定量測定も可能である。

以上のことから、これら2種の方法は、DPPHラジカル消去活性と同様に有効な測定方法であり、併用することでより正確なラジカル消去活性を評価可能であると考えられる。

#### 1) 試料の配置 (各3)

Control	0.02mM Trolox	0.2mM Trolox	2mM Trolox
10 <sup>2</sup> 倍涼実紫2	10 <sup>2</sup> 倍涼実紫4	10 <sup>2</sup> 倍涼実紫5	10 <sup>2</sup> 倍压榨残滓
10 <sup>3</sup> 倍涼実紫2	10 <sup>3</sup> 倍涼実紫4	10 <sup>3</sup> 倍涼実紫5	10 <sup>3</sup> 倍压榨残滓

#### 2) 検出感度50%



#### 3) 検出感度25%

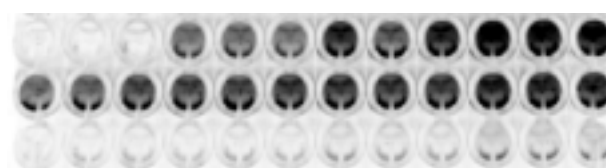


図3 ORACによる測定

### 3 - 3 糖化タンパク質生成抑制活性

3 - 1 で測定に用いた試料を用いて糖化タンパク質生成抑制活性を測定した結果を、G - ルチンを用いた場合とともに図4に示した。ジュースの抑制活性の差はDPPHラジカル消去活性と同様の傾向を示した。ワインの総ポリフェノールはジュースよりも低いが(図1)糖化抑制はむしろ高い値を示した。また、圧搾残滓抽出液の活性が飛び抜けて高いことから、種子中フェノール化合物の抑制活性が高いものと推察している。対照として用いた抗酸化性を有するG - ルチンは糖尿病の病態として体内に蓄積する糖化タンパク質(後期反応生成物: advanced glycation end products)の生成を *in vivo* で抑制すると報告されている。そのメカニズムの1つはラジカルの消去と考えられている。10mMG - ルチンよりも高い抑制活性を圧搾残滓抽出物は有しており、澤井ら<sup>6)</sup>によれば本報告で用いた圧搾残滓抽出物を糖尿病ラットに摂取させた場合、肝臓と腎臓における糖化タンパク質の生成を抑制する興味深い結果を得ている。今後、さらに検討をすすめる予定である。

## 4 結 言

岩手県内の農林水産物の有効利用のため、多試料を同列に比較評価可能な3種類のラジカル消去活性測定法の構築を試みた。DPPHラジカル消去活性、リノール酸メチルペルオキシド生成抑制、oxygen radical absorbance capacity (ORAC)を利用して検討し、ヤマブドウを試料として実際に測定を行った。ラジカル消去活性は試料のポリフェノール含量とほぼ比例し、いずれの方法でも試料間の差を検出することが可能であった。ORACは検出感度が非常に高く、1000倍に希釈した試料での検出が可能であった。また、試験管内でのタンパク質の非酵素的糖化抑制を測定したところ、ヤマブドウの圧搾残滓抽出物は顕著に抑制していた。今後、構築した評価方法を用いて食品素材のスクリーニングを行うとともに、ヤマブ

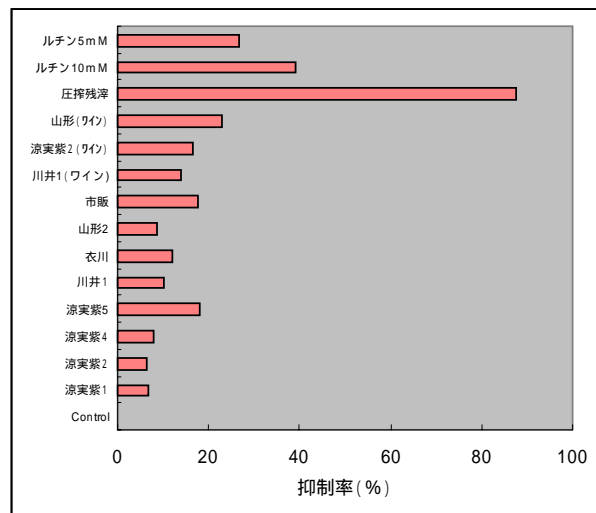


図4 糖化タンパク質生成抑制

ドウ圧搾残滓中の高活性成分の分析と利用について検討を進める予定である。

本研究は農林業技術センター特用林産部との共同研究において、供与いただいたヤマブドウを用いて実施したものであり、関係各位に深く御礼申し上げます。

## 文 献

- 1) 篠原和毅、鈴木建夫、上野川修一編：食品機能研究法、光琳(2001)
- 2) 五十嵐脩、島崎弘幸編：過酸化脂質・フリーラジカル実験法、学会出版センター(1995)
- 3) Wrolstad, R. E. : Current Protocols in Food Analytical Chemistry, John Wiley & Sons (2001)
- 4) 木村俊之、山岸賢治、鈴木雅博、新本洋士：日食工誌 49, 257 (2002)
- 5) Cao, G., Verdon, C. P., Wu, A. H. B., Wang, H. : Clin. Chem., 41, 1738(1995)
- 6) 澤井秀幸ら：日本栄養・食糧学会大会講演要旨集(2003)



## 県産ヤマブドウの果汁成分分析および醸造試験\*

米倉 裕一\*\*、泉 憲裕\*\*\*、山口 佑子\*\*\*\*、櫻井 廣\*\*

県産ヤマブドウの選抜系統7系統について果汁分析とジュースを製造し官能評価を行った。また、ヤマブドウワインの酸味を和らげる醸造法として、マセラシオンカルボニック(MC)処理とマロラクチック発酵(MLF)法の検討を行った。その結果酸の量に減少が見られ、醸造法による酸味改善の可能性が示唆された。

キーワード：ヤマブドウ、ワイン醸造

## Must Analysis and Brewing Test of the Clones of YAMABUDO (*Vitis coignetiae* Pulliat) Collected in Iwate Prefecture

YONEKURA Yuichi, IZUMI Kenyu, YAMAGUCHI Yuko  
and SAKURAI Hiroshi

Each must of seven strains, which were selected of clones of YAMABUDO (*Vitis coignetiae* Pulliat) collected in Iwate prefecture, were analyzed components, and juice made from these strains and these were tasted sensory. It was considered that maceration carbonic(MC) and malolactic fermentation(MLF) were brewing method for decreasing the sour in wine. The result is that the sour in wine is decreased by these methods, and it is suggested to be able to improve the sour by them.

**key words: YAMABUDO (*Vitis coignetiae* Pulliat), wine brewing.**

### 1 緒 言

ヤマブドウは岩手県内では葛巻町、安代町、久慈市、大野村などで栽培されており、その収穫量は天然と合わせ年間 100～300 トンである。また、これを原料とした商品は地域特産品として県内企業や産業開発公社等から、ワイン、ジュース、ジャム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、これら原料は天然物に依存するところが大きく、年毎の収量や品質のばらつきの原因となっている。

その解決のため、県林業技術センターでは優良系統選抜を行い、著者らはこの優良系統の果汁成分分析及びワイン醸造等によりその特性を明らかにし<sup>1)2)3)</sup>、涼実紫の

品種登録など今後頒布する系統の特定に寄与した(表1)。

本報では、登録品種等今後頒布予定の優良系統7株について、果汁成分の品種特性とその経年変化を検討した。また、ヤマブドウワインの酸味を和らげる醸造方法としてマセラシオンカルボニック(MC)処理とマロラクチック発酵(MLF)法を検討した。

### 2 実験方法

#### 2.1 試験樹

試験樹の由来等を表1に示す。これらは岩手県内から収集した野生株のうち、多収性、高糖度・低酸性に特徴

\* 県産ヤマブドウの果汁成分分析および醸造試験 第5報

\*\* 醸造技術部

\*\*\* 岩手県林業技術センター 特用林産部

\*\*\*\* 食品開発部(現:食品技術部)

のある株の蔓を挿し木で増殖した試験樹と、葛巻町で栽培されている「葛巻(対照樹)」であり、県林業技術センター矢巾試験地及び滝沢試験地で検定している。栽培管理は「ヤマブドウの手引き」(葛巻町発行)に従い、房数の調整は剪定にまかせ、摘果や摘房は行わなかった。これら8系統について、結実期に果実を収穫し果汁成分を分析した。

表1 試験系統

品種及び系統名	母樹の自生地	検定林	樹齢	結実回数
涼実紫1号	江刺市根木	矢巾	9	7
涼実紫2号	川井村田代	矢巾	9	7
涼実紫4号	二戸市白鳥	滝沢	8	6
涼実紫5号	沢内村猿橋	滝沢	8	6
衣川	衣川村餅転	矢巾	9	7
川井1	川井村田代	矢巾	9	7
山形2	山形村戸呂	矢巾	9	7
葛巻(対照)	葛巻町	滝沢	8	6

## 2 2 ジュース製造

表1の試験系統株を原料に用いた。原料ぶどう約3kgを除梗後、500gを2-3の果汁分析用とし、残りをジュース製造用とした。製造法は、果実を鍋に入れ直火で焦げないように攪拌しながら約15分で80℃となるように加熱した。加熱後直ちに、ステンレス製ハンドジューサーにより搾汁、瓶詰め後80℃達温で殺菌した。

## 2 3 果汁、ワインの一般分析

比重、エキス分、アルコール、pH、直接還元糖、総酸、色度の分析は前報<sup>1)</sup>に準じて行った。直接還元糖はブドウ糖、総酸は酒石酸として換算した。

## 2 4 ワインの醸造

醸造試験は、涼実紫2号を原料に用いた。前培養は、121℃で15分間殺菌したぶどう果汁に酵母 *Saccharomyces cerevisiae* L-2226 を接種し、25℃で3日間静置培養して調製した。原料ぶどうは、各15kgをそのまま次工程へ(無処理)、もう一方は、炭酸ガス存在下に約1週間置きMC処理した。このぶどうをそれぞれ除梗、破碎後、20L容ステンレス製ジャケットタンクに入れ、亜硫酸濃度が50ppmになるようメタ重亜硫酸カリウムを添加し、前培養液を5%加えて品温20℃でかもし発酵を行った。発酵3日目に糖度(Brix)23°まで結晶ブドウ糖で補糖した。発酵終了後、圧搾を行い、製成酒の半量に亜硫酸濃度が50ppmになるようメタ重亜硫酸カリウムを添加し、数日後おり引きした。残りの半量は、*Leuconostoc aenos* DSM7008(クリスチャンハンセン社製)を10<sup>6</sup>個/ml添加し23℃にてMLF処理を行った。発酵停止は酸度の変化が無くなった時点とし、前記と同様メタ重亜硫酸カリウムを添加した。

## 2 5 官能試験

ワインの官能評価は山梨県果樹試験場の官能検査法<sup>4)</sup>に従った。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。ジュースの官能評価は、好き3点、普通2点、嫌い1点で行った。パネラーは岩手県ワイン研究会に出席した県ワインメーカー職員、県試験場及び県関係者等18人で2002年11月28日に行った。

## 3 実験結果

### 3 1 2002年の気象概況と生育状況

矢巾及び滝沢両試験地域における月別平均気温、降水量、日照時間の平年値比較を表2に示す。なお、観測値等は盛岡気象台の「岩手県気象月報」<sup>5)</sup>によった。

ヤマブドウの活動期である4~9月の気温は全般に平年より高めに推移し、降水量は1,057mm(平年比129.9%)と多雨だった。日照時間は851時間(平年比89.8%)と少なかった。

表2 2002年の月別気象(平年値格差)

	気温 (℃)	日照時間 (%)	降水量 (%)
3月	2.2	83	168
4月	2.1	104	50
5月	-0.5	96	95
6月	-0.8	113	60
7月	1.1	71	231
8月	-0.9	48	199
9月	0.2	111	67
10月	0.6	83	156

3月及び4月の気温は平年に比べ高く、発芽期は早かったが、5月は気温が低めに推移し開花期は例年並みであった。

果実の肥大、成熟期では7月の気温が高かったものの、8月には平均気温が22.3度(平年差-0.9度)と低かった。降水量は7月(平年比231%)、8月(平年比199%)と非常に多かった。日照時間は7月(平年比71%)、8月(平年比48%)と非常に少なかった。収穫期の9月の気温は平年並みで降水量は少なかった。

試験系統の生育状況を表3に示す。全般に生育は順調であったが、7月、8月の日照不足により果実の登熟が遅れる傾向が見られた。同時期の日照不足及び多雨により各試験地ともべと病の発生が観察され、結実量に影響があった。また、滝沢試験地では4月27日の晩霜被害が見られ、涼実紫4、5号、葛巻の結実量に影響があった。

表3 試験系統の生育状況等

品種及び系統名	開花期	収穫期	結実重量* (kg/本)
涼実紫1号	6月3日	9月27日	7.5
涼実紫2号	6月3日	9月25日	10.5
涼実紫4号	6月6日	9月26日	1.6
涼実紫5号	6月6日	9月26日	4.6
衣川	6月4日	9月27日	7.6
川井1	6月4日	9月25日	3.8
山形2	6月3日	9月25日	5.4
葛巻(対照)	6月5日	10月2日	1.9

\* 1本あたり結実重量(Kg)の系統平均値

3 2 果汁の分析

試験樹 8 系統の果汁成分分析を行った (表 4)。比重は 1.051~1.076 と例年並みであった。色度 A<sub>420</sub> 値、A<sub>530</sub> 値とともに例年に比べ低く色が薄かった。味への影響が大きい糖度は還元糖で昨年並みの 7.4~14.1g/100ml だったが、総酸は 1.44~2.81g-酒石酸/100ml、pH は 2.60~2.88 と例年より酸味が強かった。

3 3 醸造試験

酵母の発酵経過を図 2 に示す。発酵終了は、糖度 (Brix°) 8°とした。発酵日数は、MC 処理区 13 日、無処理区 15 日と昨年並みであった。

MLF によるリンゴ酸と乳酸の消長を図 3 に示す。発酵初期から 8 日目くらいまではあまり変化がなかった。その後、MC 処理区は MLF が起こりリンゴ酸が減少し乳酸を生成したが、無処理区は MLF が起こらずリンゴ酸が増加し乳酸が減少した。

3 4 ワイン及び原料果汁の分析

一般成分を表 5 に示す。原料果汁は、MC 処理後 pH が 0.05 高く、酸度が 0.04% 低く、通常見られるアルコールの生成はなかった。ワインは、アルコールが MLF 前は 9.7~9.8vol%、MLF 後は 10.2~10.3vol% と増加していた。還元糖は、MLF の前後で 0.7~0.8 程度少なくなった。総酸は、MC 処理の有無では処理区が低く、MLF の有無では MC 処理区で MLF 後減少したのに対し、無処理区では増加した。色は無処理-MLF 区が他の試験区に比べ色度 A<sub>420</sub> 値、A<sub>530</sub> 値とも高かった。

3 5 官能試験

ジュースの官能試験結果を表 6 に、ワインの官能試験結果を表 7 に示す。

ジュースの総合得点は、「涼実紫 1 号」、「涼実紫 2 号」

の評価が高く、次いで「山形 2」、「川井 1」の評価が高かった。個々では「涼実紫 1 号」、「涼実紫 2 号」の評価が高く、次いで「山形 2」、「川井 1」の評価が高かった。

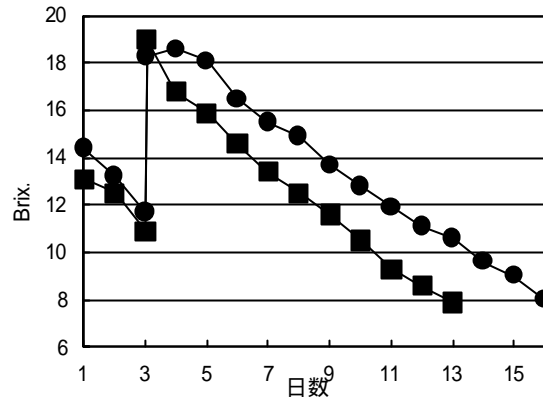


図2 発酵経過

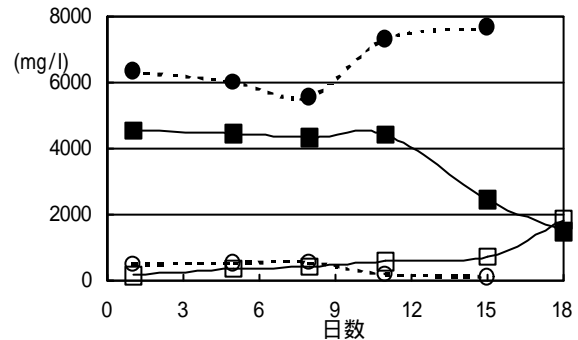
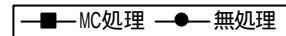


図3 MLF発酵によるリンゴ酸及び乳酸の消長

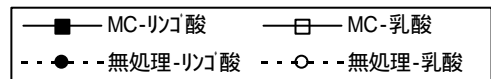


表 4 果汁成分

品種及び系統名	比重	還元糖 (%)	糖度 (Brix°)	pH	総酸 (%)	A <sub>420</sub> (x5)	A <sub>530</sub> (x5)
涼実紫1号	1.070	14.1	17.4	2.88	1.44	0.813	0.309
涼実紫2号	1.065	12.5	15.1	2.85	1.55	1.224	0.467
涼実紫4号	1.058	8.9	13.6	2.65	2.63	0.850	0.353
涼実紫5号	1.051	7.4	10.9	2.60	2.81	0.989	0.651
川井1	1.063	12.2	14.6	2.74	1.59	0.782	0.342
衣川	1.068	11.9	15.2	2.70	1.71	0.769	0.324
山形2	1.060	10.6	13.7	2.63	2.09	0.930	0.350
葛巻(対照)	1.076	13.9	17.6	2.74	2.72	0.944	0.514

表 5 ワイン及び原料果汁の一般成分

試験区	アルコール (%)	比重	糖分	還元糖 (%)	pH	総酸 (%)	A <sub>420</sub> (x5)	A <sub>530</sub> (x5)
無処理果汁	-	1.065	-	14.4	2.96	1.42	-	-
無処理ワイン	9.7	1.004	4.32	1.22	2.96	1.36	0.634	0.857
上記-MLF	10.2	0.999	3.47	0.38	3.01	1.39	0.859	1.151
MC処理果汁	0	1.060	-	13.9	3.04	1.38	-	-
MC処理ワイン	9.8	1.000	3.60	1.01	3.05	1.11	0.625	0.857
上記-MLF	10.3	0.996	2.72	0.31	3.10	1.04	0.675	0.836

表6 ジュースの官能試験結果

品種及び系統名	総合得点	短評
涼実紫1号	2.31	甘く飲みやすい
涼実紫2号	2.25	甘み良好
涼実紫4号	1.63	酸強い
涼実紫5号	1.44	酸強い
川井1	2.00	焦げ臭、酸味良好
衣川	1.69	酸強い
山形2	2.00	酸味良好。苦み少々

表7 ワインの官能試験結果

試験区	総合得点	短評
無処理	5.09	酸強い
上記-MLF	4.97	酸異常。酸味落ちてない
MC処理	5.22	青草臭、酸強い
上記-MLF	5.25	多少減酸 苦み

個々では「涼実紫1号」、「涼実紫2号」は甘みに対する評価が高かった。「川井1」、「山形2」は酸に対する評価が高かったが、「焦げ臭」や「苦み」の指摘があった。評価の低かった「涼実紫4号」、「涼実紫5号」、「衣川」は共に酸が強いという評価であった。

ワインの総合得点は4.97~5.25の狭い範囲で、「MC処理-MLF」、「MC処理」、「無処理」の評価が高かった。これらの処理に対し、「ヤマブドウは個性が強く、醸造用ぶどうに行う効果に比べ、その効果が小さいのでは」という意見があった。また、一番評価の低かった「無処理-MLF」については、「酸が落ちていない」、「酸味が異常である」という意見が多かった。

#### 4 考 察

昨年ジュースの官能試験で高い評価を得た4系統は、今年も比較的评价が高かった。特に、「涼実紫1号」は、酸が低く甘みが引き立ち従来のヤマブドウジュースとは異なる商品が見込める。その他の系統も酸味や甘み等にそれぞれ個性があり、それぞれ特徴をもった商品化が可能と思われる。また、酸が高かった「涼実紫4号」、「涼実紫5号」は、他の系統と異なり滝沢試験地であり、晩霜被害や7-8月の日照不足と多雨の影響で酸が高くなった可能性もあり調査の継続が必要と思われる。

ワイン醸造は、リンゴ酸を乳酸に変えることによりワインの減酸と酸味を改善するMLFを試みた。今回供したMLF乳酸菌は、アルコール濃度13%、亜硫酸70ppmで、pH3.1以上での発酵が可能で、アルコール濃度や亜硫酸が低濃度の場合、さらに低いpHでも発酵可能とのものであった。本試験の無処理区ワインは、アルコール10%弱、亜硫酸50ppm以下、pH3以下でありMLFの限界と思われる、実際の試験でもMLFは起こらず、逆

に何らかの酸化もしくは発酵により酸の量が増えた。それに対し、無酸素状態で自己消化を誘導しリンゴ酸等を減少させ減酸するMC処理したワインでは、pHが3.05に上昇し、その結果MLFが起こりさらにpHが上昇した。しかし、生じたMLF発酵は乳酸菌添加後10日目から開始し、本来1週間程度で終了するMLFとは異なるものであった。この原因として、1%程度の残糖があり初期段階でアルコール発酵が優先的に行われていたことと、依然pHが低く乳酸菌の活発を阻害していたと考えられるが、特に後者が大きく影響していると思われる。これらは、官能試験の各処理の効果が充分でないという評価と一致している。以上のことより、健全なMLFを行うには製成酒のpH上昇の必要性が示唆されたが、今回のMC処理では、本来見られる1~2%程度のアルコールの生成が見られなかったこと、自重による果肉の潰れがみられなかったことより処理が完了してなかったと思われる。MC処理が完全であればpHがもう少し上昇しMLFが円滑に行われた可能性が大きい。今後、MC処理条件の再検討やその他の減酸方法を試みることにより、製成ワインのpHが上昇し、MLFが促され、ヤマブドウワインの風味改善が出来ると思われる。

#### 5 結 言

ヤマブドウの優良系統について、果汁成分分析ならびに醸造試験を行った。試験したすべての果汁は、系統由来の個性とヤマブドウらしい色調、酸味、渋味を持っていた。ジュースの官能試験では、例年に比べ酸味が強かったにもかかわらず、昨年同様「涼実紫1号」、「涼実紫2号」、「川井1」、「山形2」がジュース向きとの評価であり用途の展望が開けた。

また、醸造試験ではワインの酸味を和らげるため、MC及びMLF処理を行い、風味改善につながる知見が得られた。

なお、2004年よりこれら優良系統の苗木を(社)岩手県農産物改良種苗センターから販売する予定である。

#### 文 献

- 1) 平野高広, 泉憲裕, 畑山誠, 中山繁喜, 作山健, 櫻井廣: 岩手工技セ研報, 7, 111 (2000)
- 2) 米倉裕一, 平野高広, 泉憲裕, 作山健, 櫻井廣: 岩手工技セ研報, 8, 183 (2001)
- 3) 米倉裕一, 泉憲裕, 平野高広, 山口佑子, 作山健, 櫻井廣: 岩手工技セ研報, 9, 209 (2002)
- 4) 山梨県食工指編: 葡萄醸造法, p.23 (1974)
- 5) 日本気象協会盛岡支部: 岩手県気象月報 (2002)
- 6) 新技術解説シリーズ ヤマブドウの優良品種の育成: 岩手県林業技術センター (平成15年3月31日)

## [ 研究報告 ]

# ‘ ゆきちから ’ 及び ‘ ナンブコムギ ’ の製パン性評価

関村 照吉\*、遠山 良\*\*

岩手県は平成15年に小麦の奨励品種として‘ゆきちから’を採用した。また、既存小麦品種の‘ナンブコムギ’は、今後市場出回り量が増加すると予想されることから、両品種の製パン性について市販パン用粉と比較評価した。その結果、両品種ともタンパク質含量は、市販のパン用粉よりも2から3%低く、中力粉の特性値であった。製パン性総合5段階評価では、市販パン用粉のパンを“A”とした場合、食パンを造った場合では‘ゆきちから’は“B”、‘ナンブコムギ’は“C”であった。フランスパンを造った場合では両品種とも“D”であった。両品種の食パンを比容積が大きく硬さも柔らかく製造できるパン生地のみキシングを検討したところ、高速みキシングをしない方が良かった。また、加水量を減らした場合は作業性は改善されたが、食パンの比容積は低下し硬くなった。食パンを保存したところ、‘ゆきちから’の食パンは市販パン用粉の食パン同程度にやわらかさが保持できた。

キーワード：国内産小麦粉、‘ゆきちから’、‘ナンブコムギ’、製パン性

## The Baking Suitability of the *Yukichikara* and *Nanbukomugi* Flour

SEKIMURA Teruyoshi and TOYAMARyo

The baking suitability of the wheat flour *Yukichikara* and *Nanbukomugi* were compared with those of market-sold flour. As the result, the protein content was 2 to 3 percent lower and categorized medium type flour. The bread made out of market-sold flour was evaluated 'A' in total test, however *Yukichikara* was 'B', *Nanbukomugi* was 'C'. The specific volume of *Yukichikara* and *Nanbukomugi* bread were the largest and became soft without high-speed mixing. The bread made of additional reduce water decreased the specific volume, and became hard, however the dough handling was improved. After storage, *Yukichikara* bread kept enough soft as same as market-sold flour bread.

**key words: domestic flour, *Yukichikara*, *Nanbukomugi*, baking quality**

### 1 緒 言

これまで国内産小麦は製パン性が高いと評価された品種は少なかったが、近年北海道などで製パン適性の優れた新品種として‘春よ恋’<sup>1)</sup>や‘キタノカオリ’<sup>2)</sup>が育成されている。独立行政法人農業研究機構東北農業研究センターでは、‘ゆきちから’（旧系統名東北214号）を育成し、岩手県では平成15年2月に奨励品種とした。既に当センターではホームベーカリーを使用して、この品種の製パン性について市販パン用粉と比較した結果を報告<sup>3)</sup>している。今年度は、製パン設備で仕込量を多くし、みキシング条件や製造したパンの

老化について比較した。更に、既存品種の‘ナンブコムギ’の製パン性は、これまでもいくつか報告<sup>4)~7)</sup>されているが、平成11年度から栽培面積が急激に増加し、学校給食の食パンに使われてきている。今後その市場出回り量が多くなり、学校給食用パンへの混合率も増加すると予想されることから、その製パン特性についても改めて比較評価したので報告する。

### 2 実験方法

#### 2-1 試料

供試小麦は東北地方で栽培された2002年産を用いた。

\* 食品開発部（現在 食品技術部）

\*\* 食品開発部（現在 企画情報部）

‘ゆきちから’は岩手、宮城、福島産で、菅原製粉製麺工場と福島県の製粉会社で製粉したものを使用した。‘ハルイブキ’は秋田産で東日本産業(株)で製粉したものを使用した。‘ナンブコムギ’は岩手産で東日本産業(株)と府金製粉(株)で製粉したものを使用した。各小麦の製粉方法は、市場流通している小麦粉の製粉機械を用いた。対照には市販の食パン用粉として日本製粉(株)の‘イーグル’とフランスパン用粉は日本製粉(株)の‘F・ナポレオン’を用いた。

## 2-2 製造方法

比較品種はすべて食パンとフランスパンを製造した。食パンは中種製パン<sup>8)</sup>とし、小麦粉の2,100gにドライイースト60g、イーストフード3g及び水1,200mlを加え、ミキサーで低速3分、高速2分間ミキシングした後、温度28℃、湿度85%で4時間中種発酵した。本捏は、市販パン用粉は、発酵生地小麦粉900gと砂糖150g、食塩60g、脱脂粉乳60g及び水600mlを加え、ミキサーで低速3分、高速2分間ミキシングし、更に油脂60gを加えた後、低速3分、高速2分間ミキシングした。‘ゆきちから’、‘ハルイブキ’及び‘ナンブコムギ’は、中種発酵生地と同量の小麦粉、砂糖、食塩、脱脂粉乳及び水を加えて低速のみで3分間ミキシングし、更に油脂を加えた後、低速のみで3分間ミキシングした。その後、すべての生地で、20分間フロアタイムをとり、生地分割は230gとし丸めてベンチタイムを20分間とった。整形機で整形し、食パン3斤型に6個詰めして温度37℃、湿度86%で最終発酵させた。生地が上部20mmに達するまで発酵した状態をホイロ時間として取り出し、蓋をして200℃にセットしたオープンに入れ45分間焼成した。焼成後は直ちに取り出し自然冷却した。

フランスパンは、市販パン用粉は小麦粉の3,000gにドライイースト30g、砂糖9g、食塩60g及び水1,900mlを加え、ミキサーで低速3分、高速3分間ミキシングした。‘ゆきちから’、‘ハルイブキ’及び‘ナンブコムギ’は同量で低速3分、高速1分間ミキシングした。その後、すべての生地を、温度28℃、湿度85%で2.5時間発酵させた。生地を250gに分割整形し、ベンチタイムを20分間とった。更に温度37℃、湿度86%で1時間ホイロし、切り込みを入れ200℃にセットしたオープンで、水蒸気を吹き込み後40分間焼成した。焼成後は直ちに取り出し自然冷却した。

## 2-3 小麦粉分析

水分はアルミ秤量管に直接採取し、135℃の通風乾燥器で2時間乾燥し測定した。灰分は550℃のマッフル炉で灰化して測定した。タンパク質はセミマイクロケールダール法で全窒素を分析し、タンパク質係数5.7を乗じた。ビスコグラム、ファリノグラム及びエクステンソグラムの諸

特性値をブラベンダー社製を用いて測定した。

## 2-4 パンの分析

水分はアルミ秤量管に採取し、135℃の通風乾燥器で2時間乾燥し測定した。パンの容積は、型一杯に膨らまない食パンとフランスパンはナタネ置換法で測定し、パンの容積を重量で割った比容積を求めた。パンの硬さは、パンをポリエチレン袋に入れ18℃の室温に所定の日数保存し、パンスライサーで25mmの厚さに切り取り、テンシプレッサーを用い、測定条件を圧縮スピード2.0mm/sec、変形歪み75%、プランジャー面積706.5mm<sup>2</sup>でパンを圧縮して最大圧縮仕事量を測定し、各10回測定した平均値で表した。パンの内相白度は、色彩色差計を用い、明度L\*値を測定し各10回測定した平均値で表した。パンの内相を客観的に比較するため、パンの断面内部2,500mmをスキャナーで取り込み白黒立体図形で表した。また、パンは8ないし9名のほぼ同一のパネルで官能評価試験を行った。評価の項目は表皮の焼色、焼上均等、形の均整、皮質、すだち、色相、触感、香り及び味で、フランスパンは形の均整を除いて評価した。配点は日本イースト工業会パン酵母試験法<sup>9)</sup>を基本とし、一部学校給食パンの審査採点<sup>10)</sup>を取り入れ配点し合計点を算出した。また、パン生地の扱いやすさや作業性を難・中・易の3段階で評価した。総合5段階評価は合計点の78以上を“ A ”とし、以下78~74を“ B ”、74~70を“ C ”、70~66を“ D ”、66以下を“ E ”と判定した。

## 3 実験結果及び考察

### 3-1 原料小麦粉の特性値

原料小麦粉の分析値を表1に示す。市販パン用粉を除いてタンパク質含量は9%台であり、市販パン用粉よりも2から3%低かった。アミログラムの最高粘度は‘ハルイブキ’は320BUであり、過去の報告<sup>11)</sup>でも低いことからこの品種の特性と考えられた。いずれの小麦粉もデンプンが損傷している低アミロ小麦<sup>12)</sup>ではなかった。ファリノグラムの弱化度は‘ゆきちから’と‘ナンブコムギ’は100BUを越えていることから生地の機械耐性が無く、それよりも小さい‘ハルイブキ’は市販パン用粉と同程度に生地の機械耐性があると考えられた。バロリーメーター・バリューは、市販パン用粉は70以上で強力粉の値であったが、比較品種は38から47といずれも中力粉の値を示した。エクステンソグラムのR/Eは、値が小さいほど生地がだれ、製パンには好ましくないと言われるが、‘ゆきちから’はいずれの産地とも小さく、逆に‘ナンブコムギ’は市販パン用粉と同程

度に大きかった。

### 3-2 製パンの特性値

パンの分析値を表2に示す。生地の取り扱いやすさは、市販パン用粉は食パン用とフランスパン用とも易であり、食パンを製造した結果では、岩手産と宮城産の‘ゆきちから’が、フランスパンを製造した結果では、岩手産の‘ゆきちから’と‘ナンブコムギ’が中程度であったが、他の品種は生地がベトつき悪く作業性が劣った。‘ゆきちから’は‘ハルイブキ’や‘ナンブコムギ’と比較すれば易であるが、福島産は難で岩手産は中であるなど産地によって差があった。生地温度は、概して市販パン用粉が他に比較して高かった。また、食パンの生地温度はフランスパンのそれより高く、パン酵母発酵の質となる糖含量で生地温度が上下していると考えられた。食パンのホイロ時間は、‘ハルイブキ’が47分間と最も長く作業効率が悪いと考えられた。他の品種は40から43分間とほぼ同時間であった。比容積は、食パンでは‘ハルイブキ’が3.9で小さく、フランスパンでは2.9から4.3までばらつき、特に福島産の‘ゆきちから’はボリュウムが小さかった。食パンの内相白度 $L^*$ 値は、市販パン用粉よりも比較品種が低く、特に宮城産‘ゆきちから’は食パン及びフランスパンとも最も低く灰褐色であった。パンの水分は食パンとフランスパンいずれも市販パン用粉が最も少なく、特にフランスパンはその差が大きかった。パンの水分と比容積及び蛋白質含量の関係は、食パンでは水分と比容積が-0.81と負の相関が高く、比容積と蛋白質含量には明確な関係がなかった。これと比較しフランスパンでは水分と比容積は食パン同様-0.75と負の相関が高く、比容積と蛋白質含量にはも0.82と正の関係があり、蛋白質含量が多いほど比容積が大きかった。

### 3-3 パンの官能試験評価

パン官能評価結果を表3に示す。比容積の配点は30点であるが、型焼きパンではパン型一杯に膨らんだ場合、比容積が4.5となり24点が満点となる採点法である。市販パン用粉の食パンは満点の24点であった。フランスパンは市販パン用粉のパンの比容積5.4を満点の24点とし、他の品種のフランスパンは学校給食パンの比容積換算表を用いて換算した。食パンを造った場合は‘ハルイブキ’が、フランスパンを造った場合は‘ナンブコムギ’がそれぞれ市販パン用粉と比較して比容積が小さかった。岩手産の‘ゆきちから’のフランスパンは比容積は小さかった。焼色と焼上均等及び食パンの形均整は有意な差はなかった。皮質は、‘ハルイブキ’のフランスパンが悪かった。すだちは、食パンを造った場合では‘ハルイブ

キ’と‘ナンブコムギ’が、フランスパンを造った場合では岩手産の‘ゆきちから’と‘ナンブコムギ’がそれぞれ悪かった。図1に食パンの断面写真を図2に4品種の食パンの内相白黒立体図を示した。ハルイブキ’と‘ナンブコムギ’の食パンはすだちの粗さがめだった。色相は、‘ハルイブキ’の食パンと‘ナンブコムギ’のフランスパンが悪かった。触感は、‘ナンブコムギ’の食パンが悪く、ボソボソしていた。フランスパンを造った場合の触感は‘ハルイブキ’と‘ナンブコムギ’が悪かった。香りは差があまりなかった。味は、‘ナンブコムギ’の食パンが悪い評価であり、独特の味があるとの意見があった。フランスパンでは‘ハルイブキ’が悪かった。合計点は、‘ハルイブキ’と‘ナンブコムギ’の食パンが悪く、フランスパンでは上記2品種は食パン同様に、また‘ゆきちから’も市販のパン用粉よりも悪い評価となった。生地の作業性と比容積及び官能評価を、総合的に5段階で評価した結果、市販パン用粉は“ A ”評価であり、食パン用としては‘ゆきちから’が“ B ”、‘ハルイブキ’と‘ナンブコムギ’は“ C ”の評価であった。また、フランスパン用としては、市販パン用粉以外はすべての品種が“ D ”の評価であった。

### 3-4 小麦品種とパンの老化

それぞれの品種の食パンを7日間保存したときのパンの硬さの変化を図3に示した。市販パン用粉と‘ゆきちから’の食パンは硬度の変化が小さく両品種は同じような傾向で変化した。‘ナンブコムギ’と‘ハルイブキ’のパンは硬度の変化が大きく両品種やはり同じように変化を示し、これら2つは市販パン用粉と‘ゆきちから’の食パンよりも硬くなりやすく、それぞれの品種とパンの老化には関係があると考えられた。

### 3-5 生地のミキシング時間と加水量がパンの硬さに及ぼす影響

国内産小麦は、タンパク質含量が少なくその質も悪いため生地をミキシングした場合に、機械耐性がなく、短い時間のミキシングでもオーバーミキシングになり生地がだれて作業性が悪くなりやすい。そこで、岩手産の‘ゆきちから’と‘ナンブコムギ’を用いミキシング時間を変えて製パンした場合に食パンの比容積や硬さに及ぼす影響を測定した結果を表4と5に示した。‘ゆきちから’は本捏ミキシング時に高速ミキシングをしなかった区が最も比容積が大きく、食パンの硬さも柔らかくなった。‘ナンブコムギ’も同様に高速ミキシングすると比容積が低下しパンが硬くなった。更に、生地のだれや生地が柔らかくなるのを防止するため、加水量を2%減らして食パンを作り、その食パンを保存したときの硬さの

変化を測定した結果を図4に示した。加水量を減らすことで、ミキシング時の生地のだれとハンドリングは改善されたが、食パンの比容積は低下し硬くなった。そのパンを8日間保存した場合、保存日数が経過するほど、加水量の多いパンと少ないパンの硬さの差は拡大し、加水量の少ない食パンの老化が早まったことから、単純に加水量を減らすことはできないと考えられた。

4 結 言

岩手県的小麦新奨励品種‘ゆきちから’と既存小麦品種の‘ナンブコムギ’の製パン性を市販のパン用粉と比較評価した。その結果、両品種ともタンパク質含量は、市販のパン用粉よりも2から3%低く、いずれも中力粉の特性値を示した。製パン性の総合5段階評価では、市販パン用粉を“A”とした場合、食パン製造では‘ゆきちから’は“B”、‘ナンブコムギ’は“C”であった。フランスパン製造はいずれの品種とも“D”であった。両品種のパン生地ミキシング時間を検討したところ、高速ミキシングなしで最も比容積が大きく、パンの硬さも柔らかであった。加水量を減らした場合はハンドリングは改善されたが、

パンの比容積が低下し硬くなった。パンを保存した場合の硬度変化は‘ゆきちから’の食パンは市販パン用粉と同程度であった。

文 献

- 1) 麦類新品種の特性と栽培ポイント:麦類良質品種実用化・普及促進協議会、平成13年3月
- 2) MOBAC SHOW 2003:配付資料
- 3) 関村照吉他1名:岩工技報,9,185(2002)
- 4) 島津裕子他3名:岩醸試報,15,145(1981)
- 5) 島津裕子他2名:岩醸試報,16,126(1982)
- 6) 島津裕子他2名:岩醸試報,18,119(1984)
- 7) 荒川善行:岩醸試報,27,39(1993)
- 8) 吉川亮他3名:東北農研,52,87(1999)
- 9) パンの品質採点表:日本イースト工業会パン酵母試験法,60,102(1991)
- 10) 学校給食用パン採点表:学校給食会
- 11) 関村照吉他2名:岩工技報,6,113(1999)
- 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

表1 原料小麦粉の分析値

小麦粉・品種名	灰分(%)	蛋白質(%)	アミログラム		ファリノグラム		エクステンソグラム R/E(135分後)
			最高粘度(BU)	弱化度(BU)	パロリーメーター ・バリュー		
ゆきちから(岩手産)	0.44	9.9	900	115	39	1.48	
ゆきちから(宮城産)	0.46	10.1	814	115	44	1.94	
ゆきちから(福島産)	0.49	9.3	665	120	38	2.08	
ハルイブキ(秋田産)	0.43	9.3	320	60	47	N.D.	
ナンブコムギ(岩手産)	0.39	9.8	1061	100	40	3.86	
市販粉(食パン用)	0.32	12.4	910	30	83	3.77	
市販粉(フランスパン用)	0.44	11.6	780	70	74	3.83	

表2 パンの分析値

官能評価項目と配点												
小麦粉・品種名	比容積	焼色	焼上均等	形均整	皮質	すだち	色相	触感	香り	味	合計	評価
パンの種類・食パン	30	5	5	5	5	10	5	5	15	15		
ゆきちから(岩手産)	23	3.7	3.7	4.2	4.1	7.2	3.9	4.2	11.4	11.7	77.2	B
ハルイブキ(秋田産)	18**	4.1	3.8	3.9	3.9	6.3**	3.5*	3.9	11.4	11.9	70.9**	C
ナンブコムギ(岩手産)	22	3.9	3.9	4	3.9	6.4**	3.6	3.6*	11.3	10.8**	73.4**	C
市販粉(食パン用)	24	4	3.9	3.9	4.2	7.7	4.3	4.2	12.1	12.1	80.4	A
小麦粉・品種名	比容積	焼色	焼上均等	皮質	すだち	色相	触感	香り	味	合計	評価	
パンの種類・フランスパン	30	5	5	10	10	5	5	15	15			
ゆきちから(岩手産)	19	3.9	3.9	6.8	5.8**	3.8	3.8	10.6	10.8	68.4*	D	
ハルイブキ(秋田産)	21	3.6	3.6	5**	6.3	3.7	3.6*	10.3	9.9*	66.9**	D	
ナンブコムギ(岩手産)	11**	3.6	3.7	6.1	5.5**	3.4*	3.5*	10	10	56.8**	D	
市販粉(フランスパン用)	24	3.9	3.9	7.5	7.2	4.3	4.2	11.7	11.7	78.4	A	



小麦粉‘ゆきちから及び‘ナンプコムギの製パン性評価

表3 パン官能評価結果

小麦粉・品種名 パンの種類・食パン	生地ハンドリング	生地温度(℃)	ホイロ時間(分)	比容積	パン内相白度(L*値)	パン水分(%)
ゆきちから(岩手産)	中	29.9	43	4.4	73.16	42.8
ゆきちから(宮城産)	中	27.7	42	4.5	71.45	41.8
ゆきちから(福島産)	難	28.4	43	4.4	74.36	42.1
ハルイブキ(秋田産)	難	31.0	47	3.9	72.57	43.2
ナンプコムギ(岩手産)	難	29.4	41	4.4	74.36	42.4
市販粉(食パン用)	易	30.0	40	4.5	76.73	41.5

小麦粉・品種名 パンの種類・フランスパン	生地ハンドリング	生地温度(℃)	比容積	パン内相白度(L*値)	パン水分(%)
ゆきちから(岩手産)	中	27.9	3.7	60.32	37.7
ゆきちから(宮城産)	難	25.3	4.3	58.44	41.7
ゆきちから(福島産)	難	25.3	2.9	64.70	42.5
ハルイブキ(秋田産)	難	27.8	4.2	63.36	40.9
ナンプコムギ(岩手産)	中	27.9	3.3	61.65	42.7
市販粉(フランスパン用)	易	30.0	5.4	64.06	35.2

食パンは比容積4.5以上を24点とし、それ以外とフランスパンは比容積換算 \* : 5%有意 \*\* : 1%有意

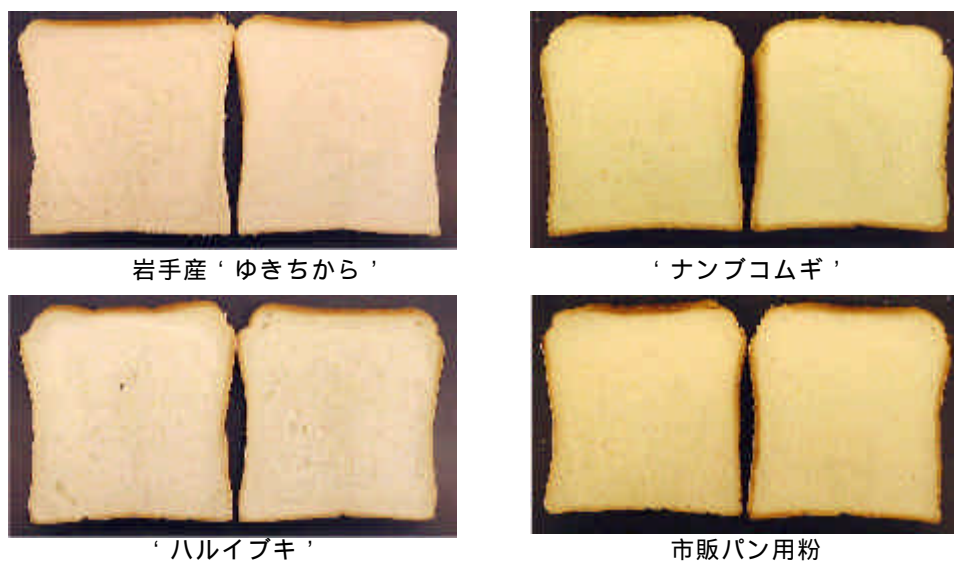


図1 食パン断面写真

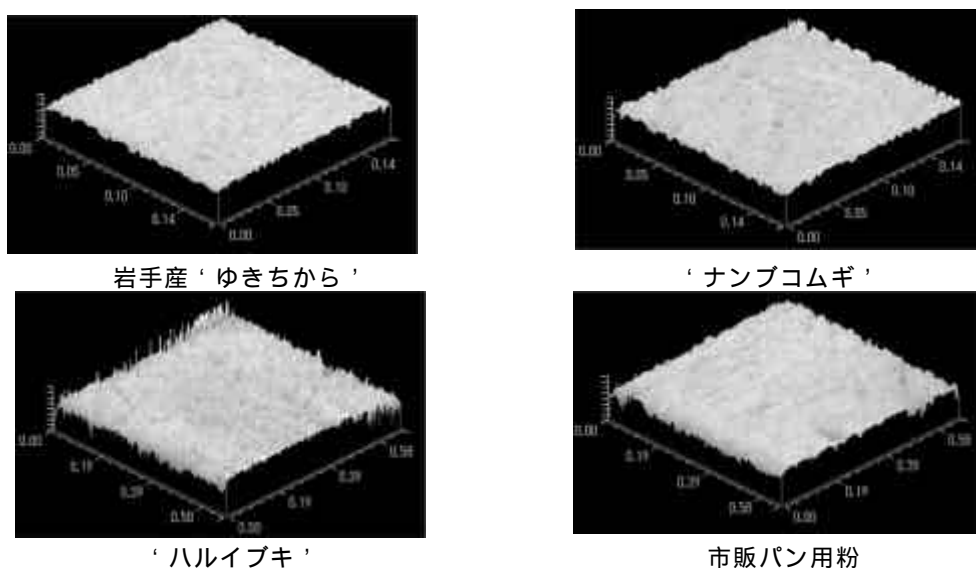


図2 食パンの内相白黒立体図

表4 ミキシング時間がパンの比容積と硬さに与える影響(‘ゆきちから’食パン)

生地ミキシング条件	パン水分 (%)	比容積	パンの硬さ (erg)
中種 本捏			
L3H2 L3 L3	42.8	4.4	419,000
L3H2 L3 L3H1	41.1	4.2	550,000
L3H2 L3H2 L3H2	41.5	3.9	613,000
L3H3 L2H2 L2H6	43.4	3.8	589,000

表5 ミキシング時間がパンの比容積と硬さに与える影響(‘ナンブコムギ’食パン)

生地ミキシング条件	パン水分 (%)	比容積	パンの硬さ (erg)
中種 本捏			
L3H2 L3 L3	40.4	4.4	605,000
L3H2 L3 L3H1	39.5	4.3	613,000

L:低速ミキシング, H:高速ミキシング, 後数字は時間(分数)

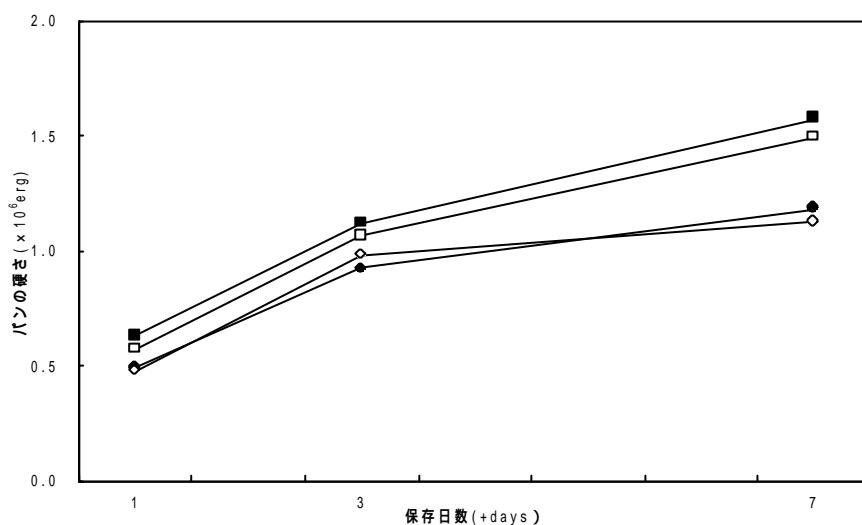


図3 食パン保存中のパンの硬さ変化

市販パン用粉, ゆきちから, ハルイブキ, ナンプコムギ

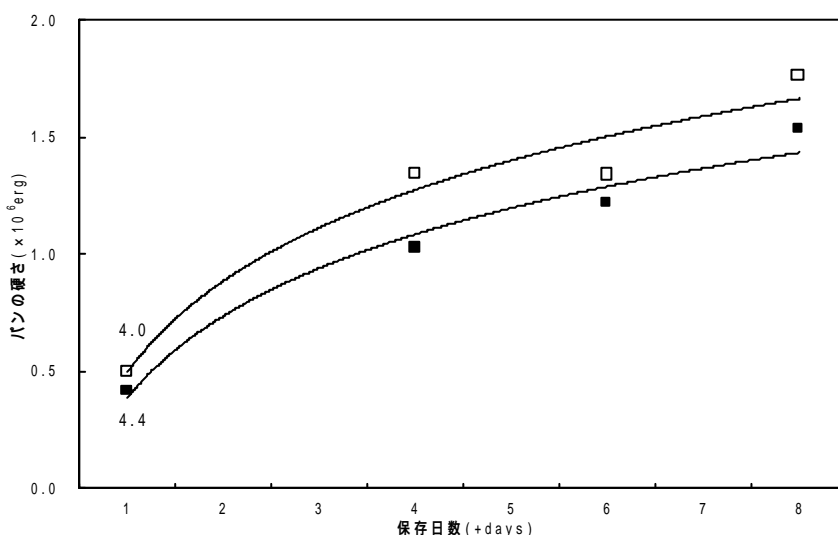


図4 加水量を減らして製造したパンの保存中の硬さ変化

中種仕込水が全粉量40%, 中種仕込水が全粉量38% グラフ上の数字はパンの比容積

## 湯戻し法による冷麺の早茹で化と 保存中における冷麺の硬化防止について

武山 進一<sup>\*</sup>、山口 佑子<sup>\*</sup>、笹島 正彦<sup>\*\*</sup>、関村 照吉<sup>\*</sup>、遠山 良<sup>\*\*</sup>

冷麺の調理方法の簡便化のために麺の早茹で化と、冷麺が保存期間に硬化する現象（老化）について調査、検討した。早茹で化については、カップ麺方式での検討を行い、化工デンプン配合と細麺化によって加熱調理時間が短縮できることがわかった。冷麺製造後生麺を25℃1ヶ月保存すると、カップ麺として調理した場合茹で麺のHardness(かたさ)が約4割増加することを確認した。また、試用したいくつかの化工デンプンにこの硬化現象を抑える効果があることを確認した。

キーワード：冷麺、化工デンプン、カップ麺、硬化現象

## Reducing the Soaking Time of “Reimen” (Korean Noodle) on the Method of Pouring the Boiling Water to it in the Cup, and Prevention of the Hardening in the Preservation.

TAKEYAMA Shinichi, YAMAGUCHI Yuko, SASAJIMA Masahiko, SEKIMURA Teruyoshi and TOYAMA Ryo

In order to simplify the cooking process of “Reimen”, we investigated the shortening of the boiling time. We made some instant noodles of “Reimen” with several conditions for the test, and evaluated these noodles on the method of pouring the boiling water to “Reimen” in the Cup. Using chemically modified starches for a part of noodle’s ingredients and the thinning of the noodles brought reduction on the boiling time. And we also examined the prevention of the hardening of “Reimen” in the preservation. We recognized the increases of the hardness values of “Reimen” about 40% during 1 month preservation at 25℃, and some of the chemically modified starches had the prevention effect for this phenomenon.

**key words : reimen (Korean noodles), chemically modified starch, instant noodle, hardening**

### 1 緒 言

冷麺を家庭で調理する際には、ナベで茹でる手間が欠かせない。より簡便に調理したいという消費者ニーズがあることからカップ麺方式での検討が必要となり、それにともない低温での茹でで時間短縮についての検討が必要となってきている。一方、半生タイプの冷麺では常温流通での期間中に麺線が硬化するという、麺の老化現象が指摘され、その防止対策への要望が出てきている。

これらの問題点について、改善効果の期待される各種の化工デンプンを用いた試作試験をおこなったところ、基礎的な知見が得られたので報告する。

### 2 実験方法

#### 2 - 1 試料

冷麺の原料粉については、小麦粉（㈱府金製粉製、オリンピック1号）、バレイショデンプン（南十勝農工連澱粉工場製、南十勝）および食塩を用いた。

化工デンプンとして、馬鈴薯澱粉ベースタイプでは、ファリネックスAG600、たんぼぼ（㈱松谷化学工業製）、デリカKH、デリカM9（㈱日澱化学製）を、タピオカ澱粉ベースタイプでは、さくら#2、ゆり（㈱松谷化学製）、G800、G500、G400（㈱日澱化学製）を用いた。ファリネックスAG600とデリカKHはエーテル化デンプンであり、他

\* 食品開発部（現在 食品技術部）

\*\* 食品開発部（現在 企画情報部）

は全てエステル化デンプンであった<sup>1,2)</sup>。

## 2-2 試作および調理条件

### 2-2-1 冷麺の試作

化工デンプンを用いない対照品は、デンプン60%、小麦粉40%、加水55%(対粉)、食塩2%(対粉)を配合し、既報<sup>3)</sup>での対照品の製法に準じて、冷麺用エクストルーダーで製麺した。

エクストルーダーのダイスは、孔径1.1mm のものを使用し、一部の麺は細麺用として孔径0.9mm のダイスで製麺した。

麺は放冷後、脱酸素剤(株三菱ガス化学製、エージレスSA-200)と共に、(株)メイワボックス製A-31(200×300mm三方袋、KNY15/ドライ/LLDPE60)フィルムに入れ、シールした。

### 2-2-2 化工デンプン配合品の試作

原料粉のデンプンを化工デンプンで50%、25%、12.5%の割合で置換し試作した。このとき、原料粉に占める化工デンプンの割合は30%、15%、7.5%となる。

化工デンプン配合品の試験区は、化工デンプンの種類毎とし、AG600、デリカKH、たんぼぼ、デリカM9、さくら#2、ゆり、G800、G500、G400 の9種類とした。

### 2-2-3 冷麺調理条件

茹で調理は、ナベで2分間茹でた後、冷水で1分間冷やし、よく水切りした。

### 2-2-4 カップ麺調理条件

発泡スチロール製カップ(中央化学(株)製P井)に、冷麺100g(麺線をハサミで二分割)を入れ、沸騰した熱湯約330mlを注ぎ、直ちにアルミホイルで蓋をして調理。3分後に麺をザルに移し、水中で1分間冷却後、よく水切りした。

## 2-3 保存試験

包装後の冷麺は、4 および25 で1ヶ月(DSC測定用冷麺については2ヶ月)保存し、保存試験用試料とした。

## 2-4 水分測定

常法<sup>4)</sup>に従い、135 で2時間乾燥し水分を測定した。測定用試料の調整については、生麺については長さ2mm程度に細切り、茹で麺等の調理済みの麺については、冷水で1分間冷却後よく水を切り、水分測定用試料とした。

カップ麺調理中の麺線の水分の測定としては、1分間隔で少量の麺を採取し、よく水切りしたものを水分測定用試料とした。

### 2-5 カップ麺内の温度測定

カップ麺内の温度測定は、(株)ティアドデイ製温度データロガー TR-71Sを用いた。2個の温度センサーをカップ内の麺の上部と下部に配置して測定した。

### 2-6 官能試験

官能試験は、評価項目を色、外観、かたさの強弱、粘弾性の強弱、かたさについての好き嫌い、粘弾性についての好き嫌い、総合評価の7項目とし、7段階(0~6点)

評価で実施した。パネラーは熟練したセンター職員5~6名とした。

### 2-7 物性測定

既報<sup>5)</sup>と同様に、(有)タケトモ電機製テンシプレッサー My Boy Systemを用いて、麺のHardnessおよびWorkを1バイト法で測定した。

測定用の冷麺試料の調整については、遠山ら<sup>6)</sup>の方法に従った。

### 2-8 DSC測定

DSC(示差走査熱量計)の測定は、ネッチグレイトパウ社(ドイツ)製 NETZSCH DSC 204 Phoenix を用いた。試料10mgを銀製容器(70μl容)に精秤し水40μlを加え、10 から5 /min.の速度で100 まで昇温して測定した。

測定用試料は、デンプンの25%を化工デンプン(ファリネックスAG600)で置換した麺とその対照品とし、4 および25 で2ヶ月保存後の生麺とした。測定用試料は、麺を細切後アセトン処理により脱水し、風乾後メノウ製乳鉢で粉碎し150μmの分析篩を通過させて調整した。

## 3 実験結果及び考察

### 3-1 低温での冷麺の早ゆで化に関する検討

麺の入った容器に熱湯を注いで茹でる、カップ麺方式による、ゆで麺に及ぼす湯の温度、化工デンプン添加の影響について検討した。

#### 3-1-1 カップ麺調理中の麺の変化

カップ麺調理中の容器内の温度変化を調べた結果を図1に示す。また、その際の麺線の水分量の推移を図2に示す。

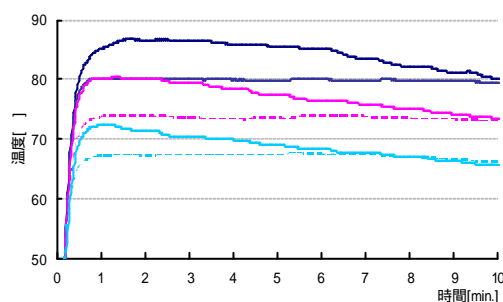


図1 カップ麺として調理中の茹で湯の温度変化

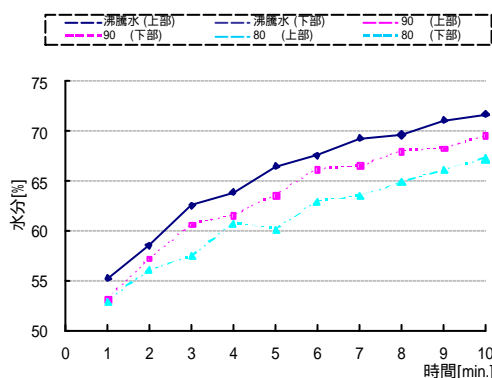


図2 カップ麺として調理中の冷麺の水分含量変化

カップ麺調理時のお湯の温度は、沸騰水を注いだ場合は約1.5分でカップ上部では約87℃、下部では約80℃に達した。カップ内の上と下では6~7℃の温度差があった。お湯の温度が90℃の場合には、上部で80℃、下部で73℃、80℃の場合には上部で72℃、下部で67℃であった。何れも、馬鈴薯澱粉の糊化温度56~66℃<sup>7)</sup>、小麦粉の澱粉糊化温度52~63℃<sup>7)</sup>を上まわっていたものの、加熱調理の条件としては充分とは言えないものであった。

麺の水分量の推移については、生状態での水分量(36~37%)は、沸騰した熱湯を注いだ場合約4分でナベ茹で加熱の場合と同程度の水分量(64%)に達した。この水分量に達する迄の時間は、90℃のお湯の場合では約5分、80℃の場合では約7分を要した。お湯の温度が低い場合での吸水率の低下が確認できた。

### 3-1-2 化工デンプン配合の検討

冷麺の基本的な配合をデンプン6、小麦粉4に設定し、デンプンの一部(50%,25%,12.5%)を化工デンプンで置き換えて試作した。カップ入り麺として官能評価を実施したところ、化工デンプンの割合が多いほど麺がやわらかくなる傾向が認められた。早茹でしながら、冷麺特有の弾力性のある食感を重視し、化工デンプンの置換割合を25%に設定することとした。

化工デンプンを25%置き換えた場合の、カップ麺のHardness(かたさ)を図3に、官能試験結果を図4に示す。

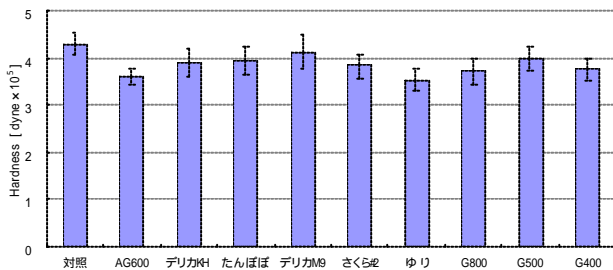


図3 化工デンプンを25%置換して製造し、カップ麺として茹でた冷麺のHardness(かたさ)

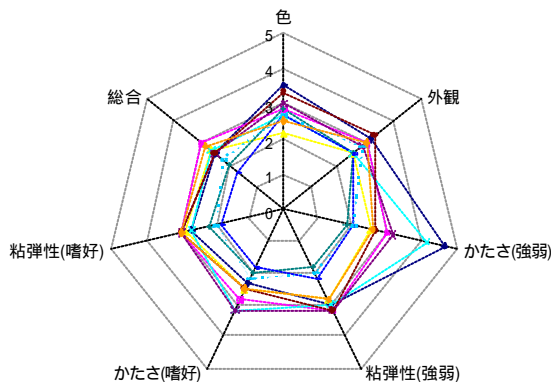


図4 化工デンプンを25%置換して製造し、カップ麺として茹でた冷麺の官能試験結果

7点評価法で調査。「普通」(3点)を基準とし、高い値ほど「強い」もしくは「好き」側評価。

カップ麺として調理した冷麺の物性測定結果は、通常のナベで茹でた場合に比べ変動幅が大きく、個別の評価が困難なものであった。加熱調理段階でかき混ぜ出来ないことから、カップ容器内でのお湯の温度差が生じるためと判断される。

官能試験では、かたさに関する強弱の評価結果に特徴がみられた。対照品の評価が高値で、これに「たんぽぽ」が続いた。逆に、「ゆり」、「G500」、「G800」等が低値であった。かたさの嗜好に関する評価では、対照品は硬すぎたために評価は中程度であったのに対し、「たんぽぽ」、「デリカM9」、「AG600」の評価が高かった。これらの化工デンプンを配合することでかたさの嗜好面での評価が改善された。

今回、メーカー2社の化工デンプン9種類を対象として試験した。それらは馬鈴薯澱粉ベース、タピオカ澱粉ベースのものに分けられ、更に誘導体別にエステル化デンプン、エーテル化デンプンに分類される。これらを冷麺に配合した場合、分類毎に麺の物性に及ぼす影響、傾向がどの程度かを検討したが、ばらつきが大きく傾向は掴めなかった。

### 3-1-3 細麺による早茹で効果

エクストルーダーのダイス(麺押出部分)は、通常の冷麺では孔径1.1mmのものを用いているが、孔径を小さくし麺線を細くすることによる早茹で効果を試験した。ダイス孔径0.9mmで製麺したものを細麺、同孔径1.1mm

で製麺したものを通常麺とし、それらの麺のHardness(かたさ)の比率を図5、調理時の麺の水分含量の変化を図6に示す。

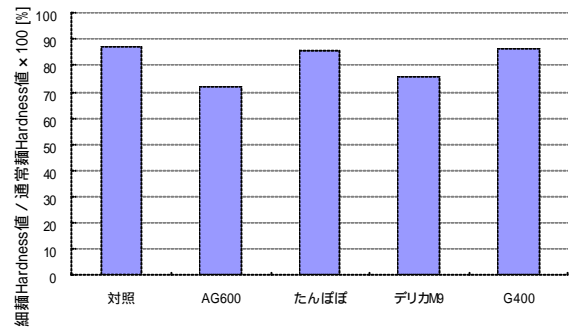


図5 細麺と通常麺のHardness(かたさ)の比率

細麺は通常麺に比べ麺線が細いため自然Hardness値は低くなる。化工デンプンが配合されない対照品では、通常麺のHardness値を100とした場合の細麺のHardness値は、約87.2%であった。化工デンプン配合の「たんぽぽ」、「G400」のそれは、85.9%~86.3%。「AG600」、「デリカM9」では、72.0%~75.4%であった。よって細麺化によるHardnessの低下については、「たんぽぽ」と「G400」は対照品とほぼ同じであったのに対し、「AG600」と「デリカM9」は対照品よりも大きかった。この結果は官能試験結果と一致した。

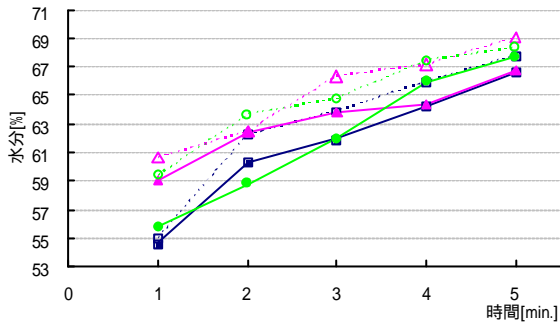
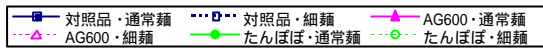


図6 カップ麺調理時の麺水分含量の変化



カップ麺調理時の麺の水分量推移より、細麺が通常麺よりも吸水性が高いことがわかる。また、化工デンプンの種類により吸水性に差があることも示された。ナベを用いて茹でる場合、冷麺の水分量は約64%に達する。この水分量を基準とすれば、カップ麺でこの温度に達する迄の時間は、通常麺では対照品で4分のところ、化工デンプン配合品では3~3.5分であった。これに対し、細麺では、対照品で3分、化工デンプン配合品ではおおよそ2分と、茹で時間の短縮が確認された。

3-2 硬化防止に関する検討

冷麺製造業関係者の間では、半生タイプの冷麺は保存期間中に徐々に硬くなる傾向があり製造後1ヶ月以内で起きてくるといふ指摘があった。このことから、まず保存による硬化現象の確認を行い、原因を調査し更に硬化現象の防止方法の検討を行った。

3-2-1 硬化現象の確認

冷麺の製造後および1ヶ月保存品の、かたさの指標である最大圧縮応力Hardness値、噛み応えに相当する指標である最大圧縮エネルギーWork値、の測定結果を図7に、1ヶ月保存品の官能試験結果を表1に示す。

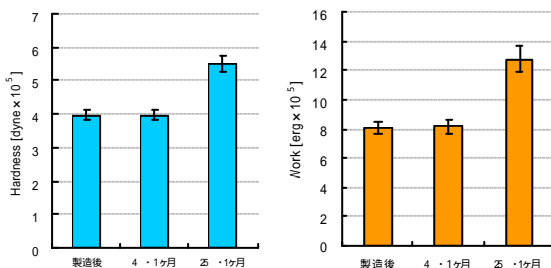


図7 製造後および1ヶ月保存品の Hardness と Work 測定値

表1 1ヶ月保存した冷麺の官能試験結果

	色	外観	かたさ (強弱)	粘弾性 (強弱)	かたさ (嗜好)	粘弾性 (嗜好)	総合
4 保存	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
25 保存	2.50	2.67	4.00	2.50	2.50	2.83	2.83

7点評価法で調査。「普通」(3点)を基準とし、高い値ほど「強い」もしくは「好き」側評価。

冷麺の25ヶ月保存品は、製造直後と比較するとHardness値は約4割、Work値は約6割増加していた。これに対し4ヶ月保存品は、製造直後と物性的にほとんど同じであった。官能試験では、4ヶ月保存品と25ヶ月保存品とは、かたさ(強弱)の評価で、1.0点(7点評価法)の差あり、25ヶ月保存により麺が硬化したことが、確認された。

3-2-2 化工デンプン配合による硬化現象の抑制

各種化工デンプンの、冷麺保存期間中の硬化抑制効果について調べた。

生麺および茹で上げ後の冷麺の水分を測定した結果を表2に示す。また、1ヶ月保存した麺について、吸水性をより詳しく調べるために麺をカップ麺として調理し、その際の麺線を1分間隔で取り出し水分を測定した結果を図8に示す。

表2 生麺および茹で麺の水分(%)

	生麺	茹で麺
製造後	37.9	61.0
1ヶ月後(4ヶ月保存)	37.1	61.0
1ヶ月後(25ヶ月保存)	37.3	62.7

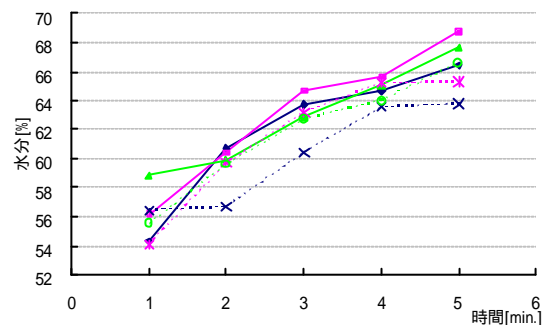
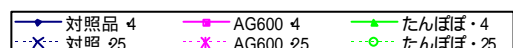


図8 1ヶ月保存した冷麺の調理時の麺の水分変化



生麺は、1ヶ月保存後も37%前後であり保存期間における包装材内での麺の乾燥や離水は起きていないことが確認された。茹で麺については1ヶ月保存品での水分の減少は認められなかった。

茹で調理よりも、調理時の加熱条件がよくないカップ麺での麺線の水分量測定結果からは、化工デンプンを含まない対照品の25ヶ月保存品だけが吸水速度が低いことが示された。化工デンプン配合品では25ヶ月保存品は冷蔵保存(4ヶ月)していたものに近く、化工デンプン配合品での吸水性低下防止効果が確認された。

化工デンプン25%置換品について1ヶ月保存した場合のHardness(かたさ)を図9に、官能試験結果を図10に示す。いずれもカップ麺として加熱調理している。

湯戻し法による冷麺の早茹で化と保存中における冷麺の硬化防止について

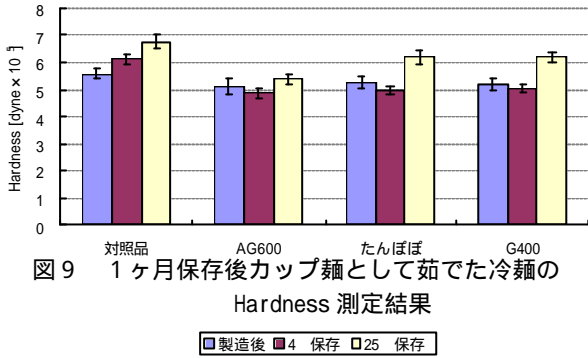


図9 1ヶ月保存後カップ麺として茹でた冷麺の Hardness 測定結果

化工デンプン配合品のうち、タンポポとG400は対照品に近い物性でやや弾力があり、AG600はやわらかめの食感のするものであった。25 1ヶ月保存することにより、対照品、タンポポ、G400等は、4 保存品や製造直後に比べ硬化したのに対し、AG600は硬化の程度が低かった。官能試験結果からは、4 保存品よりも25 保存品が全体的に硬く、これが全体の評価を下げたことが示された。特に対照品とG400の25 保存品の評価が極端に低く、これに対しAG600の評価は4 試験区の中は一番良かった。このように、化工デンプンの硬化抑制効果には、種類(製品)によって大きな差が認められた。

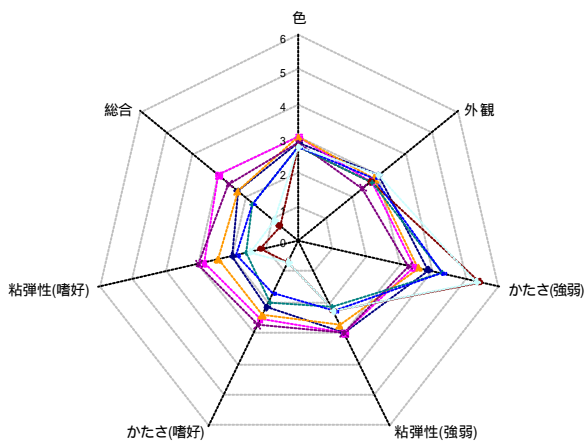


図10 1ヶ月保存後カップ麺としてゆでた冷麺の官能試験結果

7点評価法で調査。「普通」(3点)を基準とし、高い値ほど「強い」もしくは「好き」側評価。

3-2-3 冷麺の硬化現象とデンプンの関係について

冷麺の保存期間中に起こる硬化現象と、デンプンの糊化状態の関係を調べるため、冷麺の保存品について熱分析試験を実施した。2ヶ月保存品のDSCチャートを図11に、吸熱ピーク値およびピーク温度の結果を表3に示す。

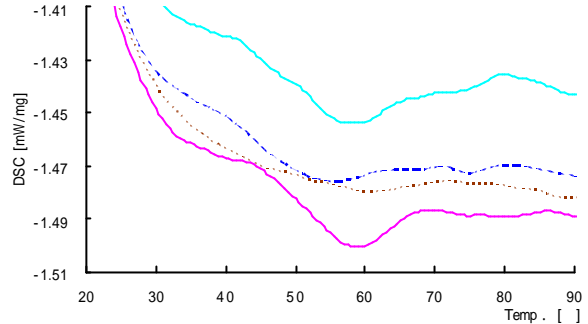


図11 冷麺2ヶ月保存品のDSCチャート測定結果

表3 冷麺2ヶ月保存品のDSC測定結果

	熱量 [J/g]	ピーク温度 [°C]	温度範囲 [°C]
対照品・4 保存	1.99	55.5	44-68
対照品・25 保存	3.20	59.0	40-63
AG600・4 保存	0.96	60.5	46-72
AG600・25 保存	1.76	59.0	48-68

DSCにより冷麺中の澱粉の糊化状態を観察・測定出来る。結果より、4 保存品よりも25 保存品の方が吸熱ピークは大きく、デンプンの再結晶化が進行し、糊化度の低下が確認された。この結果は、25 保存品で硬化が進行しているとする、これ迄の一連の試験結果を裏付けるものである。しかしながら通常、室温(25 保存)よりも冷蔵(4 保存)の方がデンプンの老化・再結晶化が進行し易いとされており<sup>8)</sup>、矛盾する。

稲場ら<sup>9)</sup>は、二軸型エクストルーダーで製造した餅類の老化特性を詳細に調べ、粳米粉を原料とする餅で冷蔵庫中(5 )2ヶ月の保存時の糊化度(BAP法)は66.5%だったとしている。また、家庭用電気餅つき機で製造した餅よりも老化速度が遅い理由としては、二軸型エクストルーダーによる糊化時の温度が高いことを挙げている。このことから、エクストルーダーで糊化した食品は、そのデンプンの老化の進行に、特徴的な傾向がありうる。この点について、今後更なる確認を行い説明してゆきたい。

4 結 言

冷麺の調理方法について簡便化の要望があり、カップ麺方式での麺の早茹で化を検討することにした。また、冷麺の保存期間中の硬化現象について調査、対策の検討を行った。その結果、以下のことがわかった。

- (1) カップ麺用として、9種類の化工デンプンを検討したところ、デンプンの25%を化工デンプンで置き換えた配合が適当とされ、「たんぽぽ」をはじめとする化工デンプンの配合品はかたさに関する官能評価が向上した。
- (2) カップ麺での加熱調理では、細麺化(ダイス孔径0.9mm)と化工デンプン配合の有効性が確認され、

調理時間4分を2分に短縮可能であった。

- (3) 冷麺は、25℃で1ヶ月保存した場合、Hardness値が約4割増加し保存期間中の硬化が確認された。
- (4) 使用した化工デンプンのいくつかは、冷麺保存中での硬化現象抑制効果があった。
- (5) 冷麺保存品のDSC測定の結果、硬化した麺ほど吸熱ピークが大きくなっていることが確認されたが、デンプンが老化し易いとされる温度帯でなかったことから、今後更なる検証が必要とされた。

#### 文 献

- 1) ㈱松谷化学工業、製品資料
- 2) ㈱日澱化学、製品資料
- 3) 武山進一, 笹島正彦, 関村照吉, 遠山良, 荒川善行:

岩手工技セ研報, 7, 123(2000)

- 4) 日本食品工業学会食品分析法編集委員会編: 食品分析法, p. 42, 光琳(1982)
- 5) 遠山良, 種谷真一: 食科工, 46, 155(1999)
- 6) 武山進一, 笹島正彦, 遠山良, 荒川善行: 岩手工技セ研報, 9, 177(2002)
- 7) 鈴木繁男, 中村道徳編: 澱粉化学実験法, p146, 朝倉書店(1979)
- 8) 二国二郎編: デンプンハンドブック, p. 70, 朝倉書店(1961)
- 9) 稲場久二, 畠中義男, 飯村普則, 松村康生, 森友彦: 日食工誌, 35, 15(1988)



## バイオマスを混合した生分解性成型品の試作

平野 高広<sup>\*</sup>、佐々木 英幸<sup>\*\*</sup>、米倉 勇雄<sup>\*\*\*</sup>  
大澤 純也<sup>\*\*\*\*</sup>

バイオマスの有効活用および生分解性プラスチックの機能改変を目的として、小麦のふすま、末粉、根昆布粉末をポリブチレンサクシネートへ重量比 1:1 で混合し、成型した。成型試作品を、引張強度試験、酵素分解試験、浸漬試験、コンポスト分解試験で評価した。バイオマスを添加すると、引張強度は約 1/3~1/6 まで低下したが、酵素、浸漬、コンポストによる分解速度は 10~800 倍上昇した。

キーワード：小麦ふすま、末粉、根昆布粉末、ポリブチレンサクシネート

## Modification of Biodegradable Plastics by Mixing Biomass Resources

HIRANO Takahiro, SASAKI Hideyuki, YONEKURA Isao  
and OHSAWA Junya

To making good use of the biomass resources and easy modification of the characters of the biodegradable plastic, we put 50%(w/w) of flour, bran, or kelp root powder into polybutylene succinate, the major biodegradable plastic. The strengths of the plastic films with the biomass resources were 1/3~1/6 of that without it. Addition the biomass resources raised the degradation rates of the plastic films up to about 10~800 times.

**key words: flour, bran, kelp root, biodegradable plastics, polybutylene succinate.**

### 1 緒 言

近年、環境負荷の低減を目的に、様々な分野でバイオマスの有効活用が進められている。我々はこれまでに粉砕粉末を生分解性プラスチックに混合する方法で、粉砕の有効活用及び生分解性プラスチックの機能改変に取り組んだ<sup>1, 2)</sup>。

本研究では、粉砕と同様に余剰状態にある小麦のふすま(小麦の外皮)、末粉(三等粉や四等粉と呼ばれる外皮に近い部分の小麦粉)、根昆布粉末を混合した成型品を試作し、その強度及び分解性を評価した。

### 2 実験方法

#### 2 1 成型加工

- \* 応用生物部(現在 材料技術部)
- \*\* 化学部(現在 材料技術部)
- \*\*\* 金属材料部(現在 電子機械技術部)
- \*\*\*\* 応用生物部(現在 食品技術部)

バイオマスとして、小麦のふすまと末粉、および根昆布を使用した。根昆布は凍結乾燥後、超微粒摩砕機(増幸産業(株)製、スーパーマスコロイダーMKCA6-3)で粉砕し粉末にして用いた。成型加工の際、パインダーとして生分解性プラスチックであるポリブチレンサクシネート(昭和高分子(株)製、ピオノーレ#1020)を使用した。ポリブチレンサクシネートのペレット及び同重量のバイオマスをニーダーで 130 にて混合後、ホットプレス((株)小平製作所製、PY-50E)にて 135 で板状に成型した。またアルミ製の金型で 135 にて成型品のサンプルを作成した。

#### 2 2 引張強度試験

板状にした試料をダンベル型(2号ダンベル、JIS

K7127)に打ち抜き供試した。試験方法は前報<sup>2)</sup>に従った。

### 2 3 酵素分解試験

板状にした試料を、厚さ約1mm、縦横約3×30mm、重量約100mgに切断し供試した。試験方法は前報<sup>2)</sup>に従った。

### 2-4 浸漬試験

試料(厚さ約1.0mm、縦横約20×40mm、重量約1.0g)を、蒸留水30mlを入れたプラスチックチューブに沈め、試料全体を浸漬させた。浸漬72時間後に試料を60℃で4時間以上乾燥させ、重量を測定した。浸漬前後の重量変化から、水への溶解率を求めた。なお、本試験では前報にて作成した初殻粉末40%(w/w)を含むポリブチレンサクシネートも試験に用いた。

### 2 5 コンポスト分解試験

発泡スチロール容器(縦20cm、横30cm、高さ10cm)に、コンポスト(盛岡・紫波地区環境施設組合製、田園有機、原料:生ごみ及び樹皮、成分:窒素全量3.1%、リン酸全量0.7%、カリ全量1.1%、炭素窒素比14、pH6.5)700gを入れ、深さ2cmの位置に試料(厚さ約1.0mm、縦横約20×40mm、重量約1.0g)を水平に埋設した。発泡スチロール容器に空気が若干通る程度にビニールで蓋をし、恒温恒湿器内で温度25±1℃、湿度50%に保った。

試験20日後に試験片を採取し、超音波洗浄器にて数秒間洗浄した後、温度60℃で4時間以上乾燥させて重量を測定した。重量減少率を分解量とした。

試験前のコンポスト中の菌叢を以下の方法で調べた。コンポスト1.0gを採取し、滅菌済み生理食塩水中に懸濁し適宜希釈した。細菌数は、普通寒天培地に菌液を塗布し、培養3日後にコロニーをカウントした。糸状菌数は、ストレプトマイシン30mg/Lを含んだポテトデキストロス寒天培地を用い、培養5日後にカウントした。放線菌数は、グリセロール5g/L、シクロヘキシミド50mg/Lを含むactinomyces isolation agarを用い、培養7日後にカウントした。培養温度はすべて25℃とした。コロニー数と菌液の希釈倍率から、菌数を求めた。また対照として畑地土壌の菌叢も調査した。

## 3 実験結果及び考察

### 3 1 試験片の性状及び引張強度

図1に作成したダンベル片及び成型品サンプル(末粉50%を含む)を示す。表1に引張強度およびクロスヘッドの変位の平均値を示す。バイオマスの添加により、引張強度は約1/3~1/6に低下した。また、伸びの指標であるクロスヘッドの変位が約1/18~1/42まで低下した。成型品サンプルは2~4mmの厚さがあるが、直接大きな力を加えない用途には十分使用できる強度を備えていると思われた。

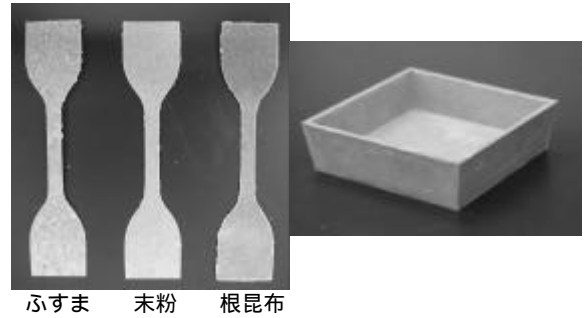


図1 試作したダンベル片(左)及び成型品サンプル(右、末粉入り)

表1 引張強度

初殻含有率(重量%)	強度(N/mm <sup>2</sup> )	クロスヘッドの変位(mm)
無添加	29.3	58.7
ふすま	5.6	1.6
末粉	8.8	3.3
根昆布	12.4	1.4

### 3 2 酵素分解試験

酵素分解試験後の試験片の重量減少率を図2に示す。重量減少率はバイオマスの添加により、酵素無添加の場合で35倍以上、酵素添加の場合で10倍以上増した。バイオマス無添加区では酵素添加によって重量減少率が増したが、バイオマス添加区では酵素の有無に関わらず重量減少率は高かった。これはバイオマスが水溶液中に溶出する速度が、酵素分解速度と同等に高かったためと思われる。

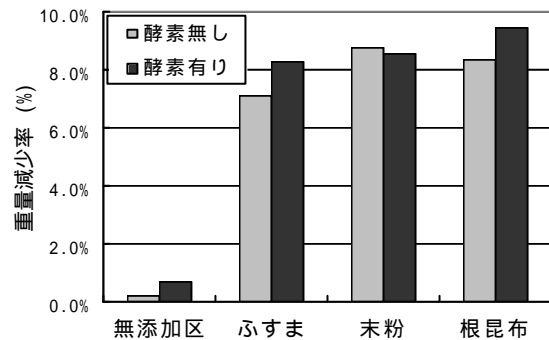


図2 酵素分解による重量減少

### 3 3 浸漬試験

図3に浸漬試験の重量減少量を示す。ふすま、末粉、根昆布粉末を添加した場合、浸漬による重量減少が大きく(無添加区の200倍以上)、初殻粉末では重量減少が確認されなかった。浸漬による重量減少が、添加したバイオマスの性質に影響されることが明らかとなった。この影響はバイオマスの水溶性や親水性の違いに起因すると思われる。

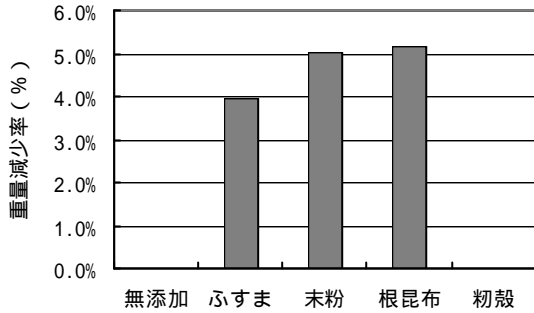


図3 浸漬による重量減少

### 3 4 コンポスト分解試験

図4にコンポスト試験の重量減少率を示す。無添加の場合と比べて、ふすま、末粉、根昆布を添加した場合、重量減少率はそれぞれ約 80、400、800 倍増した。なお、コンポストの菌数(表2)は一般的な土壌よりも1桁から2桁多く、生分解に關与する微生物数も多いと思われる。

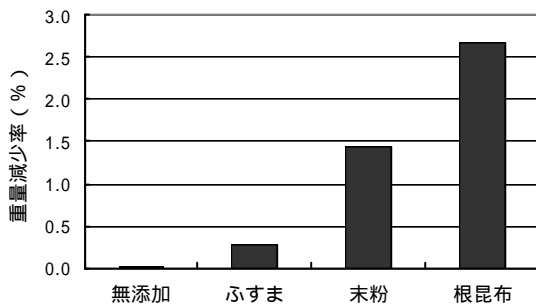


図4 コンポスト中での重量減少

表2 コンポストの菌叢

試料	菌数(個/g)		
	細菌	糸状菌	放線菌
コンポスト	$1.7 \times 10^8$	$1.2 \times 10^6$	$5.2 \times 10^8$
畑地土壌(対照)	$6.2 \times 10^9$	$2.5 \times 10^9$	$3.7 \times 10^9$

## 4 結 言

バイオマスの有効活用を目的に、バイオマス(ふすま、末粉、根昆布粉末)とポリブチレンサクシネートを重量比1:1で含む成型品を試作し、その強度及び分解性を試験した。

生分解性評価には数カ月を要するため、短期間で評価できる方法が望まれている。前報<sup>2)</sup>のコンポスト分解試験法は短期間で生分解性を評価できたが、毎日メンテナンスする必要があった。本報告では、恵谷らの方法<sup>3)</sup>を参考に改良し作業の大幅な簡素化に成功した。

引張強度は、バイオマス添加により1/3~1/6まで低下した。酵素試験、浸漬試験、コンポスト試験による分解速度は、バイオマスの添加で10~800倍まで上昇した。ポリブチレンサクシネートを土壌中に1年以上埋設した場合、重量で数%しか分解せず<sup>4)</sup>、完全分解には数年から十数年かかることが予想される。本試験結果から、バイオマスの添加によって完全分解に必要な期間を大幅に短縮できると思われる。

成型品サンプルの試作から、厚さが数mmあれば力が直接加わらない用途ならば十分使用できると思われる。すなわち、重い物を入れる薄手の袋類等には適さないが、軽い物を入れる小物トレイ等の容器には使用できる。強度と分解性は裏表の性質であるが、製品の特徴にあわせてそれらを制御することで実用性が広がるだろう。

## 文 献

- 1) 平野高広, 酒井晃二, 佐々木英幸, 山本忠, 大澤純也: 岩手県工業技術センター研究報告, 8, 151-153 (2001)
- 2) 平野高広, 佐々木英幸, 山本忠, 大澤純也: 岩手県工業技術センター研究報告, 9, 154-157 (2002)
- 3) 恵谷浩, 平野元三, 岩城尚子, 日本生物工学会誌, 80, 331-338 (2002)
- 4) 高分子分科会, 「生分解性プラスチックのフィールドテスト」中間報告、平成13年度 第39回高分子分科会会議資料

## 平成 14 年産「吟ぎんが」「ぎんおとめ」の酒造適性

高橋 亨\*、中山 繁喜\*、畑山 誠\*  
米倉 裕一\*、櫻井 廣\*

平成14年産「吟ぎんが」と「ぎんおとめ」について酒造用原料米全国統一分析、試験醸造を行った。平成14年産米は両品種とも砕米率が高めであり、もろみ初期にポーメが出やすいが、もろみの適正管理によりもろみ後半は順調にポーメが減少する事がわかった。

キーワード：平成14年、吟ぎんが、ぎんおとめ、酒造適性

## The Brewing Aptitude of *Ginginga* and *Gin-otome* Harvested in *Heisei* 14

TAKAHASHI Tohru, NAKAYAMA Shigeki, HATAKEYAMA Makoto,  
YONEKURA Yuichi and SAKURAI Hiroshi

We examined the rice grain of *Ginginga* and *Gin-otome* harvested in *Heisei* 14 by the method of national standard analysis for sake brewing and were made the sake. The properties of *Ginginga* and *Gin-otome* were high cracked rice ratio, and were very easily dissolved in early period of *Moromi*. However, it was clarified that the latter *Moromi* was progressed satisfactorily by proper control of *Moromi*'s temperature.

**key words** : *Ginginga*, *Gin-otome*, *Heisei* 14, brewing aptitude

### 1 緒 言

岩手県オリジナル酒造好適米である「吟ぎんが」は県内各酒造会社で主に吟醸酒、純米吟醸酒の原料米として、「ぎんおとめ」は主に純米酒、本醸造酒の原料米として用いられている。当センターでは岩手県酒造協同組合の委託により、平成 14 年産「吟ぎんが」、「ぎんおとめ」の特性を調査するために、酒造用原料米全国統一分析、醸造試験を行ったのでここに報告する。

### 2 実験方法

#### 2 - 1 原料米分析

岩手県酒造協同組合共同精米所より提供された玄米を、酒造用原料米全国統一分析<sup>1)</sup>により分析した。また、花巻農業改良普及センターより提供された栽培農家の異なる石鳥谷町産「吟ぎんが」24 点は、(株)チヨダエンジンニアリング製試験精米機 HS-4 にて、見掛け精米歩合 50% 目標に精米し、砕米等の発生状況および精米特性を調査した。

#### 2 - 2 試験醸造

共同精米所より購入した「吟ぎんが(精米歩合 50%)」および「ぎんおとめ(精米歩合 60%)」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、麴米と添および仲掛米は吸水率

30%、留掛米は 28% を目標に浸漬吸水させた。蒸きょうは O H 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 分間は加熱した乾燥蒸気を通じた。

製麴は薄盛三段式製麴機(ハクヨウ株式会社製)を用い、添麴と仲麴はまとめて製麴した。「吟ぎんが」は種麴(株)秋田今野商店製、特別吟醸用 5 菌)を白米 100 kg 当たり添・仲麴で 50 g、留麴で 30 g 使用した。「ぎんおとめ」は種麴(株)秋田今野商店製、高級もろみ用)を白米 100 kg 当たり添・仲・留麴で 100 g 使用した。麴の分析は国税庁所定分析法<sup>2)</sup>に基づいて分析した。

仕込み配合はそれぞれ表 1, 2 のとおりであり、酵母仕込みで行った。なお、「吟ぎんが」は岩手吟醸 2 号酵母、「ぎんおとめ」は協会 901 を使用した。「吟ぎんが」は添仕込みと踊りが 20、仲仕込で 10、留仕込で 6、最高温度 10.5 を目標にした。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。上槽は綿搾袋で行い、初期の濁りが無くなった後 40 ℓ を斗ビン(20 ℓ 容ガラス容器)にとった。

「ぎんおとめ」は添仕込みと踊りが 20、仲仕込みが 11、留添時の温度 9、最高温度 13.5 を目標とし、日本酒度 ± 0 で藪田産業(株)藪田式濾過圧搾機 B-60 型で上槽した。

\* 醸造技術部

表1 吟ぎんがの仕込配合

	初添	仲添	留添	計
総米(kg)	45	54	81	180
蒸米(kg)	35	42	67	144
麴米(kg)	10	12	14	36
汲水(ℓ)	62	70	120	252
30%アルコール(ℓ)				60

表2 ぎんおとめ仕込配合

	初添	仲添	留添	計
総米(kg)	80	140	180	400
蒸米(kg)	58	112	150	320
麴米(kg)	22	28	30	80
汲水(ℓ)	92	182	286	560

3 実験結果および考察

3-1 原料米分析

原料米分析結果を表3に示す。平成13年産米に比べ平成14年産米は千粒重、吸水、粗タンパク質、砕米率、真精米歩合がやや高めだが、消化性試験のBrixはやや低めであった。平成13年産米が吸水率に比べBrixが高く、もろみ中で米の溶解が進み、もろみ末期にポーメの減少が鈍くなった<sup>3)</sup>のに対し、平成14年産米の傾向としては、砕米が多いことから吸水率は高くなるが、Brixの数値からもろみでの溶解性は平成13年産米より進まないと考えられた。ただし、砕米が多いことにより限定吸水に注意が必要なこと、もろみ初期はポーメがでやすいこと、真精米歩合が高いことから米が見掛精米歩合の数値ほど削られていないことや粗タンパク質が高いため、米の溶解性が低くても雑味が出る可能性が高いことが明らかになった。

表3 原料米分析結果

	吟ぎんが		ぎんおとめ	
	H14	H13	H14	H13
玄米千粒重(g)	27.0	26.1	27.0	26.0
20分吸水(%)	28.4	28.1	28.7	28.5
120分吸水(%)	31.0	29.7	31.0	30.8
蒸米吸水(%)	36.6	33.6	34.7	35.3
糖度(Brix)	10.3	10.8	9.1	9.6
pH/酸度(ml)	0.6	0.6	0.7	0.6
粗蛋白質(%)	5.0	4.7	5.2	5.0
砕米率(%)	8.9	6.2	10.0	8.0
真精米歩合(%)	72.9	72.6	74.8	73.6

栽培農家の異なる24点の「吟ぎんが」の50%精米試験結果は表4のとおりであった。また、刈り取り日と砕米率の関係を図1に示す。なお、10番は砕米率が94.8%と高く、異常値として取り除いている。10番の砕米率が高い理由として、玄米水分が13.2%(平均

15.4%)と低く過乾燥であり、胴割れが生じていたためと考えられた。刈り取り日が9月25日以降に砕米率の高いものが出現しており、相関係数は $r = 0.45$ (5%有意)と刈り取り時期が遅れると精米時に砕米が発生しやすい傾向が見られた。この結果をふまえ、花巻農業普及センターでは今後、刈り遅れに注意するようにし、これまで以上に「吟ぎんが」の品質向上に取り組む予定である。

表4 「吟ぎんが」50%精米試験

番号	刈取日	栽培状況	精米時間(hr)	真精米歩合(%)	無効精米歩合(%)	砕米率(%)
1	9/20		4.50	52.9	2.3	12.9
2	9/21	着色粒・茶米	4.25	53.1	2.1	4.7
3	9/21	青濃い	4.50	53.6	2.5	8.4
4	9/21	屑米多・加着色	4.50	51.9	1.4	7.0
5	9/21		4.50	51.9	1.8	6.0
6	9/22	茶米・発酵粒	5.00	52.2	2.0	4.3
7	9/22	青未熟・発酵粒	4.50	52.1	1.4	2.3
8	9/22	加着色多	4.50	51.5	2.0	8.0
9	9/22	加着色微	4.83	50.8	1.3	12.8
10	9/25		5.00	61.6	11.8	94.8
11	9/25	加着色	4.50	51.7	6.1	24.7
12	9/26	加着色微	*	49.8	2.3	12.8
13	9/26	茶米・加着色微	4.50	51.6	1.0	14.0
14	9/26	青濃い・加着色	4.50	52.2	2.5	3.7
15	9/26	茶米・加着色微	4.50	51.0	2.4	10.6
16	9/26		4.50	52.0	0.9	3.3
17	9/27	茶・青未熟・発芽	4.75	51.9	1.4	8.1
18	9/27	加着色多	4.50	51.6	1.0	17.6
19	9/29	茶米	4.50	51.2	1.5	9.5
20	9/29	稲コブ多・茶米	4.50	50.7	0.9	7.3
21	9/29	青未熟・茶米多	5.00	52.0	1.6	7.3
22	9/29	茶米・着色粒	4.83	50.3	0.5	29.7
23	9/30	茶米	5.25	53.7	4.4	26.4
24	9/22	青未熟多	4.75	55.4	5.1	4.7

\*：精米機の不調により正確な精米時間測定できず

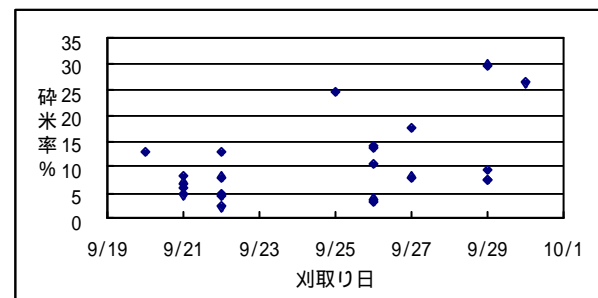


図1 50%精米試験結果

3 - 2 醸造試験

原料処理結果を表5、表6に示す。「吟ぎんが」、  
「ぎんおとめ」とも吸水時間は昨年より短めであった。  
胴割れ、碎米が多く吸水率のわりに整粒の目玉（浸漬時  
に米の中心部に見られる白濁した部分で、水を吸ってな  
い部分）は大きく、また、浸漬中の碎粒は例年より多く  
感じた。蒸米は吸水歩合のわりにかたく感じ、留掛米で  
は米の中心部が白濁したいわゆる生蒸しが散見された。  
例年、蒸米吸水 39%で生蒸しは見られないため、整粒  
は吸水の実測値に比べ吸水率が低く、蒸米もかたかった  
と考えられた。

麹の分析結果を表7に示す。「吟ぎんが」は昨年に比  
べ、添・仲麹、留麹とも水分は低く、酵素力価は - ア  
ミラーゼは昨年より高く、グルコアミラーゼ活性は昨年  
並み、酸性カルボキシペプチダーゼ活性がやや弱めの麹  
であった。「ぎんおとめ」も昨年に比べ水分が低かった。  
酵素活性はすべて昨年より低かったが、昨年は「株秋田  
今野商店製、北斗」を種麹に用いたため、単純に比較で  
きない。

表5 原料処理結果（吟ぎんが）

	品温 ( )	水温 ( )	吸水時間 (分)	吸水率 (%)	蒸米吸水 (%)
添・仲麹	4.0	9.0	18.5	32.1	43.2
留 麹	-	-	16.0	29.8	42.3
添 掛	-	-	16.6	32.0*	44.2
仲 掛	6.0	6.5	16.9	28.6	41.0
留 掛	7.0	6.5	16.0	26.9	39.0

- : 測定せず

表6 原料処理結果（ぎんおとめ）

	品温 ( )	水温 ( )	吸水時間 (分)	吸水率 (%)	蒸米吸水 (%)
添・仲麹	14.0	16.0	13.3	31.8	43.1
留 麹	11.0	14.0	12.2	31.4	41.6
添 掛	11.0	14.0	12.2	31.4*	42.8
仲 掛	13.0	10.0	13.0	29.8	41.6
留 掛	7.0	13.0	11.3	27.5	38.9

表7 麹分析結果

	水分 (%)	-アミラーゼ (U/g 麹)	グルコアミラーゼ (U/g 麹)	A C P* (U/g 麹)
吟ぎんが 添・仲	18.1	902	187	3,888
吟ぎんが 留	15.1	1,003	191	2,733
ぎんおとめ 添・仲	17.5	624	128	2,185

\*酸性カルボキシペプチダーゼ

図2にもろみ品温経過、表8に製造実績および製成酒  
成分を示す。「吟ぎんが」の最高ポーメは 9.2（4 日目、  
昨年は 7 日目で 8.6）ともろみ初期に溶解が進んだ。

BMD 値は最高が 65（13 日目、昨年は 18 日目で 88.2）  
であった。もろみ初期に昨年より米が溶解したのは碎米  
や胴割れの影響と考えられたが、原料米分析で推察され  
たように米質自体は昨年より溶解しない事が明らかにな  
った。もろみ日数が 43 日と長くなったのは、もろみ初  
期に温度が上がるのを抑えすぎたため酵母の増殖が抑制  
されたと考えられた。

「ぎんおとめ」の最高ポーメは 8.6（4 日目、昨年は  
4 日目で 7.2）であり、昨年よりももろみ初期の溶解が  
進んだが、その後は順調に推移した。昨年はもろみ末期  
も溶解が進みポーメの減少が鈍ったが、今年のもろみ初  
期で溶解は進んだものの、米質自体は昨年より溶けにく  
いため、もろみ後半も順調にポーメが減少したと推察さ  
れた。

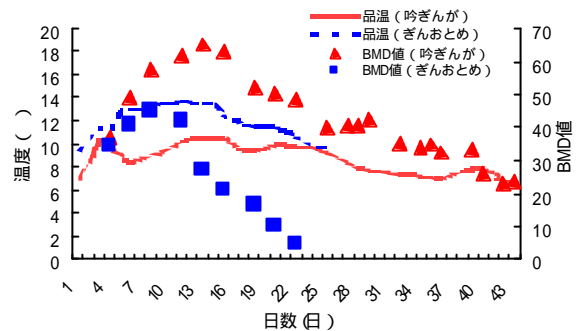


図2 もろみ品温経過

表8 清酒製造実績及び製成酒成分

	吟ぎんが	ぎんおとめ
もろみ日数（日）	43	25
製成数量（ℓ）	423	846
もろみ熟成歩合（%）	96.1	94.0
もろみたれ歩合（%）	87.2	90.4
アルコール収得率（%）	30.0	38.4
粕歩合（%）	36.6	22.8
アルコール濃度（%）	17.0	18.2
酸度（ml）	1.8	2.2
アミノ酸度（ml）	1.1	1.5
日本酒度	+ 2.5	± 0

4 結 言

平成 14 年産「吟ぎんが」、「ぎんおとめ」の特性を  
把握するために酒造用原料米全国統一分析法による分析、  
醸造試験を行った。平成 14 年産「吟ぎんが」「ぎんお  
とめ」は平成 13 年産に比べ玄米千粒重、吸水率、粗タ  
ンパク質、真精米歩合、碎米率が高め、Brix は低めで  
あった。碎米が多いので限定吸水に留意すること、もろ  
み初期は碎米の影響でポーメがでるが米自体は平成 13  
年産米より溶解しにくいので、もろみ品温管理に注意す  
ればもろみ後半は順調にポーメが減少する事がわかった。

これら平成14年産米の特徴は酒造講習会や企業訪問をとおりて情報を提供することができた。

「吟ぎんが」精米試験にあたり貴重な玄米を提供していただいた花巻農業改良普及センター技術普及課長 伊五沢正光様に感謝いたします。

## 文 献

- 1) 酒米研究会：酒造用原料米全国統一分析法(1996)
- 2) 注解編集委員会編：第4回改訂 国税庁所定分析法注解，日本醸造協会(1993)
- 3) 高橋 亨，中山繁喜，畑山 誠，米倉裕一，桜井 廣：岩手工技セ研報，9，212(2002)

## 岩手県産酒米育種系統の醸造適性評価 ( ) \*

高橋 亨\*\*、櫻井 廣\*\*

「吟ぎんが」を上回り「山田錦」並の酒造適性を有する酒造好適米選抜のため、県農業研究センターで育種されている4系統について酒造用原料米全国統一分析法に基づく原料米分析、見掛精米歩合50%精米試験、総米30kgの清酒醸造試験を行った。供試原料米の理化学分析において、酒造適性基準値を満たしているものは「江さけ432号」だけであった。また、見掛精米歩合50%精米試験は4系統とも「吟ぎんが」に比べ劣ることがわかった。「江さけ431号」、「江さけ432号」は醸造試験の結果、対照の「吟ぎんが」より酒質が劣り、酒質の点からも「吟ぎんが」に劣ることが明らかになった。

キーワード：岩手県産酒米、岩酒674号、岩酒675号、江さけ431号、江さけ432号、醸造適性

## Evaluation of New Rice Bred in Iwate Prefecture for Sake Brewing

TAKAHASHI Tohru and SAKURAI Hiroshi

We evaluated the brewing aptitude of the four varieties of sake rice which were newly bred in Iwate prefecture. As a result of raw material rice analysis, it was clarified that only *Kousake 432* was fit to standard values of the rice suitable for sake brewing, and that the properties of four varieties against polishing were inferior to the control *Ginginga*. *Kousake 431* and *Kousake 432* were inferior to the control *Ginginga* because of the sake tasting.

**key words** : brewer's rice, *Iwasake674*, *Iwasake 675*, *Kousake431*, *Kousake432* ,  
brewing aptitude

### 1 緒 言

岩手県には現在、「吟ぎんが」<sup>1) - 3)</sup>と「ぎんおとめ」<sup>4)</sup>の2種類のオリジナル酒造好適米がある。県内酒造会社において「吟ぎんが」は主に精米歩合 50%以下で、吟醸酒、純米吟醸酒の原料米として、「ぎんおとめ」は主に精米歩合 55 ~ 60%の特別純米酒、特別本醸造酒に使用されている。しかしながら、精米歩合 40%以下の大吟醸酒のほとんどは県外産の「山田錦」が使用されている。

県農業研究センターでは現在、「山田錦」並の醸造適性を有する酒造好適米の育種を行っている。今回、我々は育成過程の4系統について、清酒醸造試験を含む醸造適性評価を行ったので、ここに報告する。

### 2 実験方法

#### 2 - 1 供試原料米

県農業研究センター水稲育種研究室で育成された4系統の系統名と交配組み合わせを表1に示す。また、対照は平成14年岩手県産「吟ぎんが」を用いた。

#### 2 - 2 原料米分析

原料米は酒造用原料米全国統一分析法<sup>5)</sup>に準じて分析した。

表1 供試原料米の系統名及び組み合わせ

系統名	交配組み合わせ
岩酒 674 号	吟ぎんが / 富山酒 45 号
岩酒 675 号	吟ぎんが / 富山酒 45 号
江さけ 431 号	東北 154 号 / 岩南 6 号
江さけ 432 号	東北 154 号 / 信交酒 480 号

#### 2 - 3 50%精米試験

新中野工業(株)製のミニ精米機を用い、玄米張り込み量 30kg、ロールメッシュ # 60、ロール回転数 1,800 ~ 2,200rpm の条件で見掛精米歩合 50%まで精米した。

#### 2 - 4 清酒醸造試験

清酒醸造試験は総米 30kg (精米歩合 50%)、仕込温度 6、最高温度 10.5 を目標とし、吟醸造りを行った。麴米は「吟ぎんが」とし、掛米に各試験米を使用した(表2)。製成酒は国税庁所定分析法<sup>6)</sup>に基づいて分析し、酒質は平成 14 酒造年度岩手県新酒鑑評会審査員

\* 岩手県産酒米育種系統の酒造適性評価

\*\* 醸造技術部



およびセンター職員 11 名により評価を得た。

表2 清酒醸造試験仕込配合

	初添	仲添	留添	計
総米	4.8	9.6	15.6	30.0
蒸米	3.1	7.7	13.2	24.0
麹米	1.7	1.9	2.4	6.0
汲水	6.0	12.0	24.0	42.0
30%アルコール(1)				9.0

・単位は kg

・酵母仕込(岩手吟醸2号)による3段仕込

### 3 実験結果及び考察

#### 3-1 原料米分析及び50%精米試験

少数検体の酒造用米の適性評価法として、斉藤らは過去17年間(1976~1993年)の酒造用原料米全国統一分析法に基づく分析データを解析し、原料米の酒造適性は玄米千粒重、20分吸水値、蒸米吸水値、消化性直接還元糖、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<sup>7)~9)</sup>。当時と測定法が異なる項目もあるが、今回試験した4系統の原料米について、おおよその基準に基づいて酒造適性を評価した。また、精米特性は基準がないが、対照である「吟ぎんが」との比較により評価した。今回試験した4系統及び対照品種「吟ぎんが」の原料米分析結果を表3、

50%精米試験結果は表4に示す。

表3、表4の結果から「岩酒674号」は精米特性がかなり劣ること、酒造適性基準値よりも玄米千粒重が大きいこと、50%精米試験結果では無効精米歩合が最も悪く砕米も多いことから、酒造適性は低いと考えられた。「岩酒675号」は4系統の中で50%精米試験成績が最も良かった。しかし、玄米千粒重が30gを超える大粒であり心白も大きいこと、20分吸水、糖度の数値から非常に溶解しやすく、もろみ管理の難しさが予想された。「江さけ431号」は酒造適性基準値に比べ、玄米千粒重が大きすぎることで、タンパク質含量がやや高いことや、糖度が低くもろみでの溶解性が低いと考えられたが、50%精米試験では「岩酒675号」について良かった。「江さけ432号」は酒造適性基準値からはずれる項目がなく4系統の中では最もバランスが良かった。以上のことから「江さけ431号」、「江さけ432号」について試験醸造を行うこととした。なお、「江さけ432号」は平成13年度、酒造用原料米全国統一分析、50%精米試験で最も良い酒造適性であったが、玄米量が少なく試験醸造を行うことができなかった系統である<sup>10)</sup>。

#### 3-2 清酒醸造試験

原料処理において「江さけ431号」「江さけ432号」とも対照よりも吸水時間がかかった(表5)。吸水時の砕粒発生は対照と同程度に思われた。また、蒸し上がりの状態の品種間差は感じられなかった。

表3 原料米分析結果

系統名	玄米千粒重(g)	20分吸水(%)	120分吸水(%)	蒸米吸水率(%)	糖度 Brix	アミ/酸度 (ml)	粗蛋白質(%)	無効精米歩合(%)	砕米混入率(%)
吟ぎんが(対照)	27.4	27.5	28.5	32.8	10.3	0.7	5.3	9.0	11.4
岩酒674号	28.4	26.7	28.1	31.0	10.3	0.7	4.7	5.8	14.4
岩酒675号	30.1	29.7	30.2	35.4	11.4	0.7	4.8	7.7	11.0
江さけ431号	28.5	25.3	29.2	34.4	8.7	0.6	5.6	9.1	14.7
江さけ432号	27.7	26.8	29.6	33.5	10.1	0.7	4.8	7.4	13.6

表4 50%精米試験結果

系統名	見掛精米歩合(%)	真精米歩合(%)	無効精米歩合(%)	砕米混入率(%)	精米時間(時間)
吟ぎんが(対照)	49.9	58.9	9.0	5.5	26.5
岩酒674号	49.3	65.4	16.1	15.8	18.5
岩酒675号	50.3	61.6	11.3	9.8	17.0
江さけ431号	49.8	60.3	10.4	11.4	29.0
江さけ432号	49.9	61.2	11.3	20.5	22.5

表5 原料処理結果

	用途	品温( )	水温( )	吸水時間(分)	吸水率(%)	こしき前(%)	こしき吸水(%)
吟ぎんが	添掛	-	-	17.0	37.4	34.5	46.5
	仲掛	5.0	6.0	14.0	37.4	34.5	41.8
	留掛	6.0	6.0	14.0	24.2	24.1	37.1
江さけ 431号	添掛	-	-	20.0	40.0	37.7	50.3
	仲掛	5.0	6.0	17.0	29.2	28.4	41.2
	留掛	6.0	6.0	19.0	26.0	25.8	38.6
江さけ 432号	添掛	-	-	18.8	30.3	29.0	41.3
	仲掛	5.0	6.0	20.0	29.5	28.6	42.0
	留掛	6.0	6.0	20.0	28.0	27.3	39.9

- : 測定せず

表6 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)	アルコール収得率 (%)	粕歩合 (%)
吟ぎんが(対照)	28	17.2	+ 4	1.8	0.8	24.8	51.7
江さけ 431号	22	15.3	+ 3.5	1.6	0.7	22.1	53.3
江さけ 432号	27	17.2	+ 5	1.8	0.8	26.5	49.7

表7 審査員による酒質の評価

系統名	評点	コメント
吟ぎんが(対照)	3.0	きれい、やわらかい
江さけ 431号	3.4	苦味、渋味、不調和
江さけ 432号	3.5	渋味、雑、若い

5点法で採点、数字の低い方が良好

製造事績及び製成酒の分析結果を表6、審査員による酒質の評価を表7に示す。対照である「吟ぎんが」の最高ボーメは8.2であったのに対し、「江さけ 431号」は7.8、「江さけ 432号」は8.4(すべて5日目)であり、酒造用原料米全国統一分析結果と同様、「江さけ 431号」はやや溶けにくい、「江さけ 432号」はやや溶けやすい傾向を示した。「吟ぎんが」と「江さけ 432号」はほぼ同様なもろみ経過をたどり、製成酒の成分も類似していたが、「江さけ 431号」は米が硬いためか対照よりキレが早く22日で上槽となり、アルコール収得率も低くなった。官能評価では「江さけ 431号」, 「江さけ 432号」とも苦み、渋みが強く少々雑であり、評点も対照の吟ぎんがに劣った。また、「江さけ 432号」は「若い」ため現時点での評価は良くないが、熟成後の酒質に期待するコメントがあった。

#### 4 結 言

県農業研究センター水稻育種研究室で育種されている

4系統について醸造適性を評価した。

酒造用原料米全国統一分析において、「江さけ 432号」だけがすべての項目で酒造適性基準値の範囲内であり、酒造適性が高いと考えられた。見掛精米歩合50%精米試験結果では「岩酒 675号」、「江さけ 431号」、「江さけ 432号」、「岩酒 674号」の順番で精米性が良いと考えられたが、すべての系統で「吟ぎんが」より劣っていた。

試験醸造では、「江さけ 432号」は「吟ぎんが」に類似したもろみ経過、成分であったが、「江さけ 431号」は「吟ぎんが」に比べ米の溶解性が悪かった。酒質は、「江さけ 432号」の熟成後の酒質に期待を寄せるパネラーもいたが、両系統とも対照である「吟ぎんが」より評点が悪い事から「吟ぎんが」に劣ると判断した。

#### 文 献

- 1) 高橋 亨, 櫻井 廣: 岩手工技セ研報, 6, 81 (1999)
- 2) 荻内謙吾, 尾形茂, 神山芳典: 1999. 酒造好適米新品種「吟ぎんが」の玄米品質特性. 東北農業研究 52: 9-10
- 3) 小田中浩哉, 扇良明, 高橋亨, 中野央子, 佐藤喬, 高橋正樹, 照井儀明, 神山芳典, 櫻井廣: 1999. 水稻新品種「吟ぎんが」の特性. 東北農業研究 52: 7-8

- 4) 畠山均、菅原浩視、佐々木力、高橋亨、漆原昌二、  
小綿寿志、中西商量、仲條真介、櫻井廣・2000・  
酒造好適米新品種「ぎんおとめ」の育成経緯及び特  
性・東北農業研究 53:3-4
- 5) 酒米研究会：酒造用原料米全国統一分析法(1996)
- 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) 斉藤博之，谷口 肇：醸協，90, 387 (1995)
- 8) 斉藤博之，西澤直行：醸協，91, 123 (1996)
- 9) 斉藤博之，西澤直行：醸協，91, 737 (1996)
- 10) 高橋 亨，桜井 廣：岩手工技セ研報，9, 162  
(2002)

## 低アルコール清酒の試験醸造

中山 繁喜\*、櫻井 廣\*

女性に好まれる低アルコール清酒の開発を目指し、酒質設計と試験醸造を行った。清酒を希釈しブドウ糖と酸味料を調合したモデル酒を使い女性パネラーによる嗜好調査を行った結果、クエン酸を添加して酸味を強調した酒が好まれることが分かった。また、液化仕込みで麹歩合の異なる酒を試験醸造し、同様の嗜好調査を行った結果、麹歩合を10%程度に設定すると清酒らしい旨味と酸味の爽やかさが表れ好まれると思われた。

キーワード：低アルコール清酒、クエン酸

## Brewing of Low Alcohol Sake

NAKAYAMA Shigeki and SAKURAI Hiroshi

We aimed at the development of low alcohol sake liked by woman. The design of sake taste and the test brewing were done. It was understood that sake added citric acid within some type of model sake was liked by woman panels. And we estimated from the test brewing that sake became light taste, fresh acidity, and was liked by woman in case of about 10% koji-ratio. The koji-ratio is a rate of rice for koji making in total rice.

key words : low alcohol sake, citric acid

### 1 緒 言

県内には低アルコール清酒に着目し、その開発や販売に取り組んでいる企業がある。本研究は、アンケート調査によって市場価値の高い低アルコール清酒を明らかにするとともに、その製造法を開発し、低アルコール清酒に取り組む企業を支援することを目的にしている。当初は女性にポイントを絞り、昨年甘味や酸味が明確で発泡性を有する低アルコール清酒が好まれることを明らかにした<sup>1)</sup>。今年はさらに酸味料の種類を特定した。また、昨年行った試験醸造の経験から液化仕込法を採用し、低アルコール清酒の試験醸造を行って酸味と旨味が調和する麹歩合を検討したので報告する。

### 2 モデル酒による嗜好調査

昨年実施した女性パネラーによる市販低アルコール清酒の調査では、乳酸やクエン酸の濃度が高く甘味が明確な酒が女性に支持される傾向があった<sup>1)</sup>。そこで、乳酸またクエン酸、ブドウ糖、清酒、炭酸水、水を使ったモ

デル酒を作り、女性10人に「好き」「嫌い」「どちらでもない」の中から回答させる嗜好調査を実施した。試験区は、2種類の有機酸とそれぞれ3段階の酸度で6区分設けた(表1)。モデル酒は清酒原酒(アルコール19%)50mlにブドウ糖10gと乳酸またはクエン酸を所定の濃度になるように添加し、炭酸水20mlと水を加えて100mlにしたものを用いた。

その結果を表1に示した。乳酸よりクエン酸を好む人が多く、クエン酸でも酸度13ml付近のような高い酸度では好まれないことが分かった。

表1 乳酸・クエン酸添加モデル酒を使った嗜好調査

乳酸	酸度(ml)	3.9	6.8	9.8
	評点	-3	-2	-3
クエン酸	酸度(ml)	4.9	8.9	12.9
	評点	±0	+5	-2

調査は女性10人で行った。  
評点 = (「好き」と回答した人数) - (「嫌い」と回答した人数)

\* 醸造技術部

一般的な清酒に含まれる有機酸は乳酸、リンゴ酸、コハク酸が主でクエン酸は僅かである<sup>2)</sup>。クエン酸を添加した清酒は、従来の清酒のイメージと異なる清涼飲料水を連想させる味になり、この味が女性に好まれたと思われた。

### 3 麹歩合を変えた小仕込み試験

前述の結果から、クエン酸を酸味料として添加し、麹歩合20%、14%、7%にした試験区を設け低アルコール清酒の製造を試みた。この試験区は麹歩合20%の製成酒では味が濃く爽快感に欠けると考え、酒質を淡麗化させることで酒質評価が向上することを期待し設定した。

今回は製成酒のアルコール濃度と残糖量を調整しやすくするため液化仕込み法を用いた。米麹は2倍量の水を加え58で一晚糖化後圧搾して麹糖化液にした。掛米は浸漬蒸きょう後2倍量の水と液化酵素0.1%を加え90達温で液化させ、続いて58に保持し糖化酵素0.1%添加して1晩糖化後圧搾して米糖化液にした。仕込みは総米7kgの2段仕込みで行った(表2)。初添は麹糖化液に酸味料と酵母培養液500mlを加え16に保った。翌日、留添で米糖化液を加え品温を15にして発酵させた。品温経過は図1のとおりにした。発酵はアルコール発酵を主とした一次発酵と、炭酸ガスの封じ込めを主とした二次発酵の二段階で行った。二次発酵は容器を密封してもろみ温度を下げて行い、ガス圧が100kPaに達した時瓶詰めし、60達温で火入れを行い発酵を終了させた。

麹歩合20%の製成酒は、不快な香り成分ダイアセチルの生成につながるピルビン酸濃度が高めであった(表3)。そこで、麹歩合14と7%の仕込みでは一次発酵から二次発酵へ移る際、もろみの品温を段階的に低下させ、二次発酵の品温を5にした(図1)。

その結果、製成酒のピルビン酸がほとんど無い程度まで低下させることができた。段階的に品温を下げ二次発酵に移行させる経過を取ると、炭酸ガスの圧力上昇が早まり、酵母の代謝が進んでピルビン酸が消費されたと思われた。ピルビン酸は市販低アルコール清酒にも高い濃度で含まれる場合があり<sup>1)</sup>、この方法は低アルコール清酒の製法として有効な手段と考えられた。

これら3試験区の製成酒を女性パネラー13人による嗜好調査を行った結果を表4、5に示した。麹歩合20%と7%の酒が「好き」と回答した人が多かった。しかし一方では、麹歩合20%の酒は、クエン酸、コハク酸濃度や酸度が低いにも関わらず「酸が強い」「ピリピリする」など刺激的な味を指摘するコメントが多かった。

それに対し、麹歩合7%の酒は「酸味が爽やか」等酸味が心地良いことを示すコメントが多く、この酒質の方が評価されたと思われた。なお、麹歩合14%の酒は発酵が進み過ぎてブドウ糖濃度が下がり(表6)、苦み等が感じられるようになり「好き」と回答した人が少なかった。

表2 試験酒の仕込み配合

麹歩合	初添		留添		計	
	麹米	汲水	掛米	汲水	掛米	汲水
20%	1.4kg	2.8ℓ	5.6kg	11.2ℓ	7kg	14ℓ
14%	1.0	2.0	6.0	12.0	7	14
7%	0.5	1.0	6.5	13.0	7	14

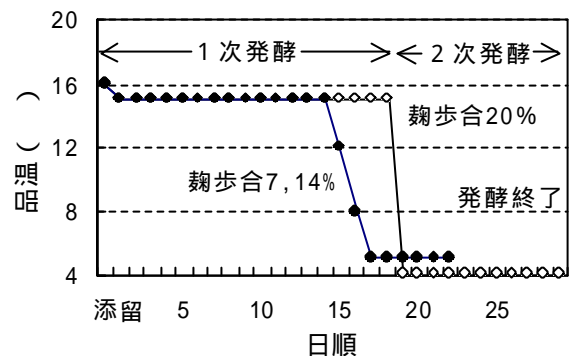


図1 もろみの品温経過

表3 試験酒の有機酸濃度 (mg/ℓ)

麹歩合	乳酸	ピルビン酸	リンゴ酸	クエン酸	コハク酸
20%	114	119	250	403	324
14%	150	<5	222	1144	514
7%	155	<5	279	1299	540

表4 試験酒の嗜好調査結果

麹歩合	好き	嫌い	どちらでもない
20%	8人	3人	2人
14%	2	6	5
7%	8	2	3

調査は女性13人で行った。

表5 試験酒へのコメント

麹歩合	短評
20%	甘くて良い(2人)、炭酸がきつい、酸が強い、ピリピリする。
14%	飲みやすい、スッキリ、苦い(2人)、アルコールが強い、エグ味
7%	酸味が爽やか、白ワイン風、ジュースみたい、飲みやすい、甘くて良い、甘すぎる

表6 試験酒の一般成分

麹歩合	アルコール	日本酒度	酸度	アミノ酸度	ブドウ糖
20%	9.8 %	-50	2.5mℓ	0.7mℓ	8.2%
14%	11.5	-30	4.2	0.15	5.6
7%	10.1	-48	4.1	0.2	7.6

たと思われた。

#### 4 酸味料を変えた小仕込試験

麹歩合を変えた試験では麹歩合7%の製成酒が好評であったが、麹由来の旨味が減り淡麗な酒質になった分、酸味が単調になることが懸念された。そこで、乳酸とクエン酸を併用した試験区を設け新たに試験醸造し確認を行った。

仕込み方法は、酸味料としてクエン酸と乳酸両方を添加した他は麹歩合7%の仕込みと同様にした。品温も同様に管理した。製成酒の成分は表7に示したとおりで、乳酸濃度が高まり酸度が高くなった。

この試験区の製成酒と先の調査で好評を得た麹歩合7%と20%の製成酒を使い女性パネラー7人による嗜好調査を行った。その結果を表8、9に示した。麹歩合7%の酒2つを比較すると両者の差はほとんど無く、乳酸を併用した効果は無かった。

また、麹歩合による差が前回の調査よりも明確になった。麹歩合20%の製成酒は麹臭様の香りを指摘する人が複数おり、この酒を「好き」と答えた人が少なかった。それに対し麹歩合7%の製成酒はジュースの様な軽い味になり「好き」と回答した人数が最も多かった。しかし、麹歩合7%の酒に対して「もの足りない」と指摘した人もおり、より多くの人に好まれる酒質にするには麹歩合10%程度にし清酒らしい旨味を増した方が良いと考えられた。

表7 クエン酸乳酸併用低アルコール清酒の成分

アルコール	日本酒度	酸度	ブドウ糖	クエン酸	乳酸
1.2%	-50	9.5mℓ	8.3%	890mg/ℓ	1360mg/ℓ

表8 試験酒の嗜好調査結果

麹歩合	酸味料	好き	嫌い	どちらでもない
7%	クエン酸+乳酸	3人	1人	3人
7%	クエン酸	4	1	2
20%	クエン酸	2	2	3

調査は女性7人で行った。

表9 試験酒へのコメント

麹歩合 酸味料	短評
7% クエン酸+乳酸	ジュースみたいでおいしい、味が濃い、フルーティー、
7% クエン酸	ジュースみたいで良い、もの足りない、
20% クエン酸	臭いがきつい(2人)、麹臭、ざっぱり、炭酸がきつい。

#### 5 結 言

通常の酒を薄めブドウ糖や酸味料を加えた低アルコール清酒で、女性に好まれたのはクエン酸で酸味を強調した酒であった。その結果を基に液化仕込み法で低アルコール清酒を試験醸造したところ、麹歩合7%の酒が爽やかな酸味が活き好評であった。しかし、より多くの女性に好まれる酒質にするには麹歩合を10%程度にし清酒らしい旨味を増した方が良いと考えられた。

また、発酵管理では二次発酵に移る際、段階的にもろみの温度を下げる手法は、不快臭の原因になるピルビン酸濃度を低下させることから、低アルコール清酒製成の有効な手段になると考えられた。

なお、本研究は岩手県酒造協同組合の委託による県産清酒品質向上研究推進事業により実施されたものである。

#### 文 献

- 1) 中山繁喜、山口佑子、小浜恵子、櫻井 廣：本誌、9、215 (2002)
- 2) 醸造物の成分 日本醸造協会 50(1999)
- 3) 第4回改正 国税庁所定分析法注解、日本醸造協会 (1993)

## 白糠を原料とする色の薄い調味液

畑山 誠\*、櫻井 廣\*

本研究の目的は、白糠を原料とする全窒素1.0%以上、色度50番以上の色の薄い調味液を製造することである。調味液の着色を抑えるために、市販されている種麹、乳酸菌、酵母の選択を行った。その結果、ほぼ目標に到達し、全窒素1.0%、色度49番の調味液を造ることが出来た。  
キーワード：白糠、調味液、全窒素、色度

## Light Color Sauce Using White Rice Bran

HATAKEYAMA Makoto and SAKURAI Hiroshi

The purpose of this study is manufacturing of light color sauce using white rice bran. The target values are 1.0% over a total nitrogen and No.50 over as *shikido* (sauce color). To control the coloring of sauce, the selection of *koji* mold, lactic bacteria and yeast that were on the market had been done. As a result, the target values could be almost achieved. The sauce is 1.0% a total nitrogen and No.49 as *shikido*.

**key words** : whitericebran, sauce, totalnitrogen, **Shikido** (sauce color)

### 1 緒 言

昨年、小麦の代わりに酒米の精米時に生成される白糠を澱粉原料とした色の薄い調味液の開発を行った<sup>1)</sup>。これは脱脂大豆1部に対して白糠を4部使ったものであった。この調味液に対して官能評価パネルの多くは旨味の欠如を指摘した。そこで脱脂大豆1に対する白糠量を2と抑え、アミノ酸成分を増やし、かつ色が薄いままの調味液開発を進める事とした。色は白醤油並（色度50以上）、旨味はうす口醤油並（全窒素1.0%以上）の調味液を開発目標とした。

醤油の着色は糖類とアミノ酸類の褐変反応に因るところが大きい。糖類の中ではペントース（特にキシロース）の寄与が大きいことが奥原<sup>2)</sup>や橋場<sup>3)4)</sup>によって報告されている。そこで本研究では調味液の着色を抑える方法として、市販されている種麹、耐塩性乳酸菌、主発酵酵母の中から、種麹についてはキシラナーゼ活性の低い株を選択し、乳酸菌と酵母についてはキシロース消化性の大きな株を見つけることにより色の薄い調味液の開発を目指した。

この研究で得られた若干の知見について報告する。

### 2 実験方法

#### 2-1 原料

脱脂加工大豆（味の素）、酒米の搗精時に生成した白糠（玄米表面から20～30%の胚乳部分を削った米粉）を原料として使用した。

#### 2-2 醸造用微生物

醸造用の微生物は、全国の種麹メーカー6社から求めた（表1）。種麹として6社14株を、耐塩性乳酸菌以下、乳酸菌と記す）として3社4株を、主発酵酵母（以下、酵母と記す）として4社5株を用いた。なお酵母の対照として当所保存株のRS-1を用いた。乳酸菌は、乳酸菌自動培養装置（エイブル社製）で培養し、酵母は振とう培養器（タイテック社製）で培養して用いた。

表1 種麹メーカーと種麹、乳酸菌、酵母

メ-カ	種 麹	乳 酸 菌	酵 母
A社	A1,A2,A3	a 1, a 2	Ya1,Ya2
B社	B1,B2	b 1	Yb1
K社	K1,K2	- - -	- - -
H社	H1 ~ H4	- - -	Yh1
N社	N1,N2	n 1	Yn1
R社	R1	- - -	- - -

\* 醸造技術部

## 2-3 原料処理

脱脂大豆は、原料重量に対して180%量の熱水(約80)を散水して30分放置し、これをオートクレーブで121、45分間蒸煮した後、40まで手早く冷却し、製麹原料とした。白糠はフライパンで薄くきつね色になるまで煎り、デシケーター中で冷却した後、目の粗い篩を通して製麹原料とした。

## 2-4 製麹

脱脂大豆と白糠を1:2(100g:200g)に混合し製麹した。種麹は、それぞれの種麹の基準使用量の2倍量を白糠に倍散した。これを蒸煮した脱脂大豆に振り掛け、表面を均一に覆うように混合した。

混合した原料をガーゼを引いた深型ピシヤット(323mm×253mm)に均一に広げ、恒温恒湿機(日本製粉製パン生地発酵機U-47)に引き込み、3日麹として製麹した。製麹の流れを図1に示した。製麹中の品温は2番手入れまでを30、その後25を目標としてコントロールした。

<b>引き込み</b>	混合原料/ピシヤット 0hr. 恒温恒湿機設定 28、98%RH
<b>1番手入れ</b>	21~23hrs. 恒温恒湿機設定 25、92%RH
<b>2番手入れ</b>	28~30hrs. 恒温恒湿機設定 22、85%RH
<b>出 麹</b>	麹(3日麹)

図1 製 麹

## 2-5 諸味の仕込み、発酵

1仕込みは、製麹前の原料250gに相当する量の麹に食塩分22.5%(ボーム18.5)に調製した塩水を12水加え、発酵した。

麹が塩水に馴染むまでは、1日に1回攪入れを行い、仕込み14日目までは諸味品温を15で、その後上槽までは28に管理した。乳酸菌は仕込み直後に、酵母は仕込み14日目に初発濃度が諸味1g当たり $10^5$ 個となるように添加した。

## 2-6 諸味の上槽

1ヶ月間諸味を発酵させ、その後、ガラスフィルターGA-100(アドバンテック製)を使用し、常温で一晩ろ過し、液と粕を分離した。

## 2-7 麹、調味液の分析

しょうゆ試験法<sup>5)</sup>に従い、全プロテアーゼ、還元糖、色度、麹水分の分析を行った。麹の酵素力価分析は出麹後直ちに-30で凍結保存した麹を用いた。

麹のキシラナーゼ活性は山本らの方法<sup>6)</sup>に準じて測定した。調味液の全窒素の分析は、ケルテックオートサンプリングシステム(tecator社製)で、アルコール分析はガスクロマトグラフ(HEWLETT PACKARD社製)で、有機酸はHP<sup>3D</sup>キャピラリー電気泳動システム(HEWLETTPACKARD社製)で測定した。

## 2-8 調味液の官能評価

調味液は火入れをせずに生揚げのまま官能評価に供した。パネラーは6名である。官能評価は乳酸菌試験区と酵母試験区のそれぞれの調味液に順位点を付けて、その平均値を官能評価点とした。点数の少ない方が好ましい香味の調味液である。またパネラーが優劣を付けにくい調味液については同点の評価を許した。

## 3 実験結果及び考察

### 3-1 分析による種麹の選択

麹の分析値を表2に示した。

この中でキシラナーゼ活性の低い(キシロース生成量の少ない)麹はA1麹とH2麹である。A1麹は普通の醤油用で、H2麹は白醤油用であったため、H2麹を選択した。しかし、これらの麹はキシラナーゼ活性も低いが、全プロテアーゼ力価も低い。そのため調味液の全窒素が低くなる、つまり旨味成分が少なくなることが懸念された。

そこで種麹選択の別の指標として、全プロテアーゼ力価をキシロース量で割った値(表2の(a)/(b)値)を算出し、この値の大きい麹を探した。その結果、(a)/(b)値が200を超える麹が5株あった。この中から菌種が不明なものを除くと、3株である。*Asp.oryzae*と*Asp.sojae*を比較すると、同じ会社の麹の場合、総じて*Asp.oryzae*は*Asp.sojae*よりキシラナーゼ活性が高いため、これを除外した。残った2株の内、キシラナーゼ活性の低い*Asp.sojae*由来のB1麹を選んだ。

### 3-2 仕込み試験による種麹の選択

B1麹とH2麹で調味液諸味を仕込んだ。この調味液の分析結果を表3-1に示した。

全窒素(表中TN)はどちらも約1.0%で色度は45と同じであった。この結果からは明確な差が出なかったが、還元糖(表中RS)がやや高いB1麹を選んだ。



白糖を原料とする色の薄い調味液

表2 麹の分析値とキシロース生成量

	種 麹	菌 種	水分(%)	Pro.(U/g 麹) (a)*	キシロース(mg)(b)**	(a)/(b)
1	A社 A1	<i>Asp.sojae</i>	36.5	466	3.93	119
2	A2	<i>Asp.oryzae</i>	39.9	201	5.21	39
3	A3	<i>Asp.oryzae</i>	37.5	224	5.47	41
4	B社 B1	<i>Asp.sojae</i>	38.4	956	4.60	208
5	B2	<i>Asp.oryzae</i>	35.0	635	5.22	122
6	K社 K1	不明	38.4	414	4.50	92
7	K2	不明	40.2	279	5.06	55
8	H社 H1	不明	34.2	290	5.24	55
9	H2	不明	36.0	372	4.13	90
10	H3	<i>Asp.oryzae</i>	36.7	1142	5.21	219
11	H4	<i>Asp.sojae</i>	34.2	1023	5.08	201
12	N社 N1	不明	37.0	1097	5.03	218
13	N2	不明	39.5	1106	5.67	195
14	R社 R1	不明	39.9	1021	4.75	215

\* Pro. (全蛋白) は乾物換算値である。

\*\*キシロース(mg)は麹乾物 1 g 当たりの酵素が 1 分間に生成した量である。

表3 - 1 調味液の分析値 (種麹試験)

試験区	種 麹	乳酸菌	酵 母	TN(%)*	色 度	RS(%)*	Alc.(%)*	乳酸**	コハク酸**	クエン酸**	酢酸**
1	B1	a 1	RS-1	1.00	45	4.66	0.22	1678	556	969	491
2	H2	"	"	0.99	45	3.79	0.31	1850	758	1947	621

表3 - 2 調味液の分析値 (乳酸菌試験)

試験区	種 麹	乳酸菌	酵 母	TN(%)*	色 度	RS(%)*	Alc.(%)*	乳酸**	コハク酸**	クエン酸**	酢酸**
1	B1	a 1	RS-1	1.04	49	5.72	0.97	851	562	1543	556
2	"	a 2	"	1.03	49	6.01	1.00	1223	590	1533	467
3	"	b 1	"	1.03	49	2.86	2.16	634	785	1201	645
4	"	n 1	"	1.03	45	6.08	0.86	1766	507	1621	524

表3 - 3 調味液の分析値 (酵母試験)

試験区	種 麹	乳酸菌	酵 母	TN(%)*	色 度	RS(%)*	Alc.(%)*	乳酸**	コハク酸**	クエン酸**	酢酸**
1	B1	a 1	RS-1	0.94	49	1.50	3.53	424	992	1502	529
2	"	"	Ya1	0.90	49	1.61	3.84	568	829	1394	369
3	"	"	Ya2	0.89	49	1.37	4.05	743	843	1501	212
4	"	"	Yb1	0.91	49	1.26	4.07	616	763	1334	587
5	"	"	Yh1	0.90	49	1.91	3.82	875	674	1425	434
6	"	"	Yn1	0.92	49	1.85	3.60	1001	1048	1461	222

\*TN: 全窒素、RS: 還元糖、Alc.: アルコール \*\*有機酸: ppm

3 - 3 乳酸菌の選択

3社4株の乳酸菌で調味液諸味を仕込んだ。この調味液の分析結果を表3-2に、官能評価を表4に示した。

全窒素は全て約 1.03 ~ 1.04 と同程度で、色度は 4 を除くと 49 と同じであった。種麹試験区に比較すると色度が4向上している。この試験区では乳酸菌間のキシ

ロース消化性の差をはっきり出すことを意図した。そこで発酵期間が1ヶ月と短いこともあり、初発菌数を諸味 1g 当たり  $10^7$  個となるように添加した(100倍の濃度)。色度の向上は初発菌数の増加のためと思われる。種麹試験と比較すると乳酸菌添加量が多いにも関わらず乳酸生成量は少ない。これは調味液を低温(3 )で保

表4 調味液の官能評価

試験区		評価点	コメント
乳酸菌	1	<b>1.50</b>	無難
	2	3.83	味荒い、原料味、甘香
	3	2.33	アルコール、味重い、丸み
	4	2.33	滑らか、納豆臭、大人しい
酵母	1	4.17	糠臭、未発酵臭
	2	<b>2.33</b>	滑らか、まとまり
	3	3.33	マイルド、塩角
	4	3.83	無精香、塩角、アルコール
	5	3.33	糠臭、味締まる
	6	2.83	マイルド、香り難あり

存していたにも関わらず、保存期間が長い種麹試験の調味液は乳酸発酵が進んだものと思われる。

分析値からは乳酸菌を1株に絞れなかった。そのため表4の官能評価点から、点数の良いa1株を選んだ。

### 3-4 酵母の選択

4社5株の酵母で調味液諸味を仕込んだ。この試験区では、仕込み14日目までは諸味品温を15とし、その後上槽まで28に保つ方法ではなく、7日目が過ぎたら20に昇温して、15日目まで1日1昇温させる方法を使った。これは乳酸菌の早めの活動を促し、更に色が薄くなることを狙ったためである。また酵母間のキシロース消化性の差をはっきりと出すため6倍量の酵母を添加した。この調味液の分析結果を表3-3に、官能評価を表4に示した。

全窒素は約0.89～0.94%と多少ばらつき、色度は全て49と同じであった。乳酸菌試験区に比較すると色度は同程度も、全窒素が1割方低くなった。また還元糖も半分以下になった。これに対してアルコール(表中Alc.)は多く生成した。この結果は、諸味pHの下降が早く酵素反応の阻害や酵素失活が起き、麹の溶解と成分の溶出が阻害されたため全窒素と還元糖が低くなり、加えて酵母添加量が多かったため還元糖の消費が早くアルコールが多く生成したのではないかと思われる。乳酸菌、酵母の添加時期と添加量については更に検討が必要であ

る。

この試験区の結果から、色度は皆同じなので全窒素が高く、還元糖も高い酵母を選ぶと対照のRS-1が良かった。しかし、表4の官能評価点ではこれが1番悪く、良いのはYa1株であった。

## 4 結 言

本研究は、白糖を用いて色の薄い調味液を開発することを目的とした。脱脂大豆1に対する白糖量を2とし、色は白醤油並(色度50番以上)、旨味はうす口醤油並(全窒素1.0%以上)を開発目標とした。醤油の着色にはペントース(特にキシロース)の寄与が大きいため、そこで調味液の着色を抑える方法として、市販されている種麹、乳酸菌、酵母の中から、キシラナーゼ活性の低い種麹の選択、キシロース消費能の大きな乳酸菌と酵母を選択することにした。

その結果、最適の組み合わせは、種麹B1、乳酸菌a1、酵母RS-1であり、全窒素1.0%以上、色度49番となった。目標にはわずかに達しなかったものの、JAS規格では白醤油の色度は46番以上と定められており、本研究の調味液は色は白醤油並、旨味はうす口醤油並であった。しかし、目標とする品質の調味液を安定的に製造するためには乳酸菌、酵母の添加時期、添加量等について更に検討が必要であり、また香味の改善も必要である。

## 文 献

- 1) 畑山 誠、櫻井 廣：岩手県工業技術センター研究報告,9,204(2002)
- 2) 奥原 章、佐伯昌俊、佐々木 崔：醬研,1,185(1975)
- 3) 橋場弘長：醬研,7,19(1981)
- 4) 橋場弘長：醬研,8,206(1982)
- 5) しょうゆ試験法編集委員会：しょうゆ試験法(日本醤油研究所)(1985)
- 6) 山本 泰、東 和男、好井久雄：日食工,28,496(1981)

## 岩手県産大豆の豆腐加工適性\*

山口 佑子\*\*、平野 高広\*\*\*、岸 敦\*\*\*\*、  
小浜 恵子\*\*\*\*、山本 忠\*\*\*\*、大澤 純也\*\*\*\*

県産大豆の品種別および栽培条件別の加工適性について検討するために、奨励品種候補を含む4品種の一般成分、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、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、さらに栽培条件別の豆腐加工適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

YAMAGUCHI Yuko, HIRANO Takahiro, KISHI Atsushi,  
KOHAMA Keiko, YAMAMOTO Tadashi and OHSAWA Junya

In order to evaluate the effect of cultivar, seeding time, and fertilization condition on processing properties of 4 cultivars of soybeans grown in Iwate prefecture for tofu, general composition of soybean seeds and some properties including gelation of soybean milk were investigated. All cultivars of soybeans were suitable for processing juken-tofu. Furthermore, some cultivation conditions were characterized by aptitude for processing tofu.

key words : soybean, tofu, processing

### 1 緒 言

県産大豆の生産量は年々増加しているが、それと同時に品質の不均一さが指摘されている。また、実需者からは現行よりも製造が容易でかつ個性を持った品種の選抜が望まれている。

そのため現行品種の品質向上、加工適性に優れた奨励品種の選抜が急務となっており、前報<sup>1)</sup>では各品種の播種期や栽培地が加工適性に与える影響を検討した。

今回は奨励品種候補である「ユキホマレ(十育233号)」を含む4品種について、昨年度に引き続き適切な播種期の決定、さらに施肥条件の検討を行い、奨励品種候補選抜のためのデータを得るために、成分分析と豆腐加工適性試験を行った。

### 2 実験方法

#### 2-1 原材料

岩手県農業研究センターで収穫された平成13年度産の白大豆計4品種26種類(表1)を各試験に供した。

1~10は極早生白大豆、11~26は中晩生白大豆である。ワセスズナリ、スズカリ、ナンブシロメは県の奨励品種であり、ユキホマレ(十育233号)は奨励品種候補である。

#### 2-2 成分分析

水分、粗蛋白質、粗脂肪及び粗灰分は、既報<sup>2)</sup>の方法に基づいて分析した。

#### 2-3 吸水試験

吸水率及び溶出固形分量を示す浸漬液のBrix濃度は、既報<sup>2)</sup>の方法に基づいて算出した。

\* 岩手県産大豆の加工特性 第5報

\*\* 食品開発部(現在 食品技術部)

\*\*\* 応用生物部(現在 材料技術部)

\*\*\*\* 応用生物部(現在 食品技術部)

表1 供試大豆および一般成分分析

No.	系統名 (播種日、施肥等栽培条件)	水分 (%)	百粒重 (15%水分)	粗蛋白質 (乾物%)	粗脂肪 (乾物%)	粗灰分 (乾物%)
1	ワセスズナリ (5/21; 標肥)	10.8	29.5	37.6	22.3	5.92
2	" (7/5; 標肥)	10.7	24.9	37.7	20.7	5.41
3	" (7/5; 多肥)	10.8	23.5	37.2	21.0	5.63
4	" (7/19; 標肥)	11.0	25.3	37.0	19.0	4.97
5	" (7/19; 多肥)	11.0	24.1	36.6	19.3	5.40
6	ユキホマレ (5/21; 標肥)	11.0	30.4	35.9	21.9	5.92
7	" (7/5; 標肥)	11.4	36.6	35.3	20.9	5.70
8	" (7/5; 多肥)	11.3	37.0	36.8	21.4	5.47
9	" (7/19; 標肥)	11.3	30.4	37.8	19.9	5.48
10	" (7/19; 多肥)	11.4	32.0	37.7	19.8	5.78
11	スズカリ (5/21)	8.16	35.9	38.0	20.4	5.58
12	" (6/5)	8.18	34.3	36.6	20.6	5.42
13	" (6/12)	11.6	36.0	37.7	20.2	5.43
14	" (6/21)	11.6	34.2	37.9	19.3	5.43
15	" (7/5)	11.0	30.0	36.8	19.4	4.33
16	" (6/5; 144a)	11.6	32.7	36.3	21.5	5.36
17	" (6/21; 144)	12.1	34.4	37.0	20.4	5.30
18	ナンブシロメ (5/21)	8.56	26.7	37.8	19.5	5.90
19	" (6/5)	8.16	26.3	38.5	19.1	5.77
20	" (6/21)	8.36	24.9	37.7	18.7	5.58
21	スズカリ (0.4+0) b)	11.3	27.6	37.3	19.5	5.06
22	" (0.4+1.0; LP70c) 培	11.7	36.3	39.4	19.7	5.13
23	土)	11.6	36.2	39.1	19.9	5.06
24	" (0.4+1.0; LP40d) 培	12.1	35.9	39.1	19.9	5.02
25	土)	12.0	37.6	38.6	20.0	5.19
26	" (0.4+1.0; LP40 開花)	11.7	39.9	39.3	19.7	5.20
	" (0.4+1.0; 硫安 開花)					
	" (1.4+0 ; LP100e)					

- a) 144は地力の特に低い圃場。
- b) 基肥の窒素成分が0.4kg/a、追肥の窒素成分が0kg/aという条件。
- c) ~e)LP40、70、100は肥効調節型肥料であり、例えばLP40は施肥してから40日までに約80%の窒素が溶出する肥料。

## 2-4 豆乳の調製及び分析

豆乳の調製は、既報<sup>2)</sup>の方法に基づいて行った。得られた豆乳の濃度、pH及び色調は、既報<sup>2)</sup>の方法に基づいて測定した。

## 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、既報<sup>2)</sup>の方法に基づいて算出した。

官能評価に用いた充填豆腐は既報<sup>2)</sup>の方法に基づいて作成した。これを豆腐を食べ慣れている研究員6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観察した。

## 3 実験結果及び考察

### 3-1 大豆の成分分析

供試大豆の成分分析を行い、結果を表1に示した。粗蛋白質は全体的にばらつきが小さく標準的な値<sup>3)</sup>であっ

た。ワセスズナリ、スズカリ、ナンブシロメでは播種期と粗蛋白質量との相関はみられないが、ユキホマレでは晩播になるほど高くなる傾向が見られた。これは前報<sup>1)</sup>とは異なる傾向であった。また、ワセスズナリとユキホマレでは、どの成分においても施肥量の影響は見られなかった。スズカリの22~26が21と比較して蛋白質量がやや高く、百粒重にも差が認められた。これは追肥の効果が現れたものと考えられるが、追肥条件別では突出したものは無かった。他の成分は標準的な値<sup>3)</sup>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のBrix濃度を表2左に示した。吸水率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%<sup>4)</sup>を越えるものはなかった。

充填豆腐製造に重要とされる豆乳の濃度、pH及び色調を表2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、前報<sup>1)</sup>同様大豆の粗蛋白質量とは相関していなかった。ま

表2 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 )		
1	243	0.2	14.4	6.65	83.82,	- 2.49,	+11.73
2	247	0.2	13.2	6.58	83.74,	- 3.23,	+13.14
3	248	0.3	14.4	6.57	83.71,	- 2.91,	+13.61
4	248	0.2	13.2	6.57	82.54,	- 3.04,	+14.26
5	250	0.2	13.2	6.55	83.64,	- 3.03,	+13.43
6	255	0.3	13.2	6.63	84.03,	- 2.40,	+10.79
7	255	0.3	14.3	6.54	84.27,	- 2.66,	+11.52
8	254	0.3	14.1	6.53	83.66,	- 2.68,	+11.80
9	256	0.2	14.5	6.62	82.88,	- 2.82,	+12.68
10	255	0.2	13.7	6.55	82.94,	- 2.95,	+12.36
11	259	0.6	14.0	6.73	83.32,	- 2.37,	+10.93
12	257	0.4	12.6	6.63	84.46,	- 2.55,	+10.41
13	246	0.3	12.5	6.61	84.09,	- 2.51,	+ 9.99
14	245	0.2	14.0	6.71	84.17,	- 2.59,	+10.67
15	251	0.3	13.7	6.68	84.11,	- 2.84,	+11.43
16	247	0.4	13.0	6.59	83.98,	- 2.37,	+10.71
17	246	0.2	13.5	6.57	82.98,	- 2.57,	+11.13
18	251	0.4	12.6	6.66	83.67,	- 2.69,	+11.08
19	254	0.2	14.9	6.73	84.11,	- 2.57,	+11.78
20	256	0.3	14.8	6.70	83.93,	- 2.52,	+11.86
21	244	0.4	14.2	6.64	83.43,	- 2.44,	+10.65
22	244	0.3	14.2	6.64	84.25,	- 2.44,	+10.27
23	247	0.4	14.4	6.64	83.21,	- 2.37,	+10.75
24	242	0.4	14.3	6.65	84.07,	- 2.59,	+10.35
25	243	0.3	14.4	6.62	84.07,	- 2.45,	+10.60
26	243	0.3	13.4	6.63	83.49,	- 2.52,	+10.13

た、pHと色調についてはすべての品種でほとんど差が無かった。

今回のサンプルについて豆乳の粘度測定は行ってないが、ユキホマレは他品種よりも粘度が高いように感じられた。豆腐製造業界では経験的に、粘度が高い豆乳は圧搾しにくいいため歩留まりが悪く、また、凝固剤が均一に混ざりにくいいため豆腐製造が難しいと言われている。今回は実験室レベルでの試験であるため、特に加工上の問題は感じられなかったが、奨励品種として採用するためにはプラントレベルでの試験を行い検討する必要があると思われる。

### 3-3 凝固特性

凝固剤（塩化マグネシウム）の適正な濃度の範囲が広く、極端に低濃度または高濃度でない適正濃度範囲（約10mM前後）を持つ大豆が豆腐加工適性が高いと判断した。各品種の適正凝固剤濃度範囲を表3左に示した。ワセスズナリは晩播になると適正濃度範囲が狭くなる傾向がみられた。これは前報<sup>1)</sup>同様の結果である。ワセス

ズナリもユキホマレも晩播になると適正範囲が低濃度になる傾向がみられた。どちらの品種についても、施肥量とは相関していなかった。11~20のスズカリとナンブシロメでは播種時期や栽培地での差は見られなかった。適正濃度範囲も広く、充填豆腐を製造する場合に好適であると言える。21~26では全体的に適正濃度範囲が広がった。22はもっとも範囲が広く、標準と差が認められたが、施肥条件との関係があるとは言い切れない。

官能評価のために調製した充填豆腐の物性（表3中）は、豆乳濃度が高いため、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。

### 3-4 充填豆腐官能評価

官能評価を表3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つの表現系で示した。

極早生大豆では、ワセスズナリは前報<sup>1)</sup>同様に晩播の方が味が濃いという評価を得た。ユキホマレは播種時期

表3 凝固特性及び充填豆腐官能評価

系統名	適正凝固剤濃度 <sup>a)</sup> (mM)	物性 <sup>b)</sup>	豆腐官能評価 <sup>c)</sup>			
			甘み・コク <sup>d)</sup>	渋・エグ味 <sup>e)</sup>	色調	表現系
1	6.5~11.5	++	+	+	淡黄	さっぱり
2	6.0~10.0	++	+	-	淡黄	さっぱり
3	7.0~11.0	++	+	+	淡黄	中間
4	6.0~9.5	++	++	-	淡黄	甘・コク
5	6.0~9.0	++	++	-	淡黄	甘・コク
6	7.0~11.0	++	+++	-	淡黄	甘・コク
7	7.0~10.0	++	++	+	淡黄	甘・コク
8	7.0~10.5	++	++	+	淡黄	中間
9	6.5~10.0	+	++	-	淡黄	中間
10	6.0~9.0	++	++	-	淡黄	中間
11	7.0~12.0	++	+	+	淡黄	さっぱり
12	7.0~11.0	+	++	-	淡黄	中間
13	7.0~12.0	++	+	+	淡黄	さっぱり
14	7.0~11.0	++	+++	+	淡黄	甘・コク
15	7.0~11.0	++	+	+	淡黄	さっぱり
16	7.0~11.0	++	++	+	淡黄	中間
17	7.0~11.0	+	++	+	淡黄	中間
18	7.0~11.5	++	+++	-	淡黄	甘・コク
19	7.0~11.0	++	+	-	淡黄	さっぱり
20	7.0~10.0	++	++	-	淡黄	さっぱり
21	6.0~10.5	++	+	+	淡黄	さっぱり
22	6.0~12.0	++	+	+	淡黄	さっぱり
23	6.0~11.0	++	+	+	淡黄	さっぱり
24	6.0~10.0	++	+	+	淡黄	さっぱり
25	6.0~10.0	++	++	-	淡黄	中間
26	6.0~10.5	++	+	+	淡黄	さっぱり

- 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。
- b, c) 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。

に関係なく甘みやコクなどの味が濃く、高い評価を得た。ただし、ユキホマレは食感が柔らかく、パネラーの好みは分かれた。どちらについても施肥条件による呈味の差は感じられなかった。

中晩生白大豆は播種時期によって呈味に差があり、スズカリでは6月播種、ナンブシロメは5月下旬播種のものが高く評価された。地力の弱い栽培地で育成された16, 17についても、17がやや物性が弱い呈味としては中間であり、栽培地による差は見られなかった。

施肥条件を変えた21~26では、25がやや甘みが強いと評価されたが大きな差はなく、全体的に甘みやエグ味が弱くさっぱりとした味であった。

物性がやや弱く、自重で変形したものは3サンプルあったが、どれも加工に影響が出るほどではなかった。

今回、パネラーには甘みやコクが強い豆腐が好まれる傾向が見られたが、さっぱりとした豆腐が好まれる場合もあるため利用目的に合わせて大豆を選択することも重要である。

#### 4 結 言

県産大豆4品種について栽培条件別の大豆の成分分析、豆乳の分析及び凝固試験などを行った結果、今回供試した品種はすべて前報<sup>1)</sup>同様に充填豆腐の加工適性があることが示された。

普通畑で育成した大豆の場合、施肥条件が成分や加工適性に及ぼす影響は小さいと言われている<sup>3)5)</sup>。今回の結果はそれに合致するものである。成分については、気候条件の影響もあるため、どの品種についてもはっきり

とした結論づけはできない。しかし、ワセスズナリの凝固特性と官能評価については、H12年度産大豆と同様の傾向を示した。加工適性を重視する場合であれば、この結果は播種時期決定の参考にできる。他の3品種についての傾向を結論付けるためには、さらに継続した試験を行う必要がある。

今後は、特に品質の差が大きいと言われる普通畑と転換畑の大豆、さらに県内各地で栽培された大豆についての加工特性を検討する予定である。

本研究を実施するにあたり、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主任専門研究員沼田聡（現在 二戸農業改良普及センター）、専門研究員門間剛両氏に感謝いたします。

#### 文 献

- 1)山口佑子、平野高広、岸敦、小浜恵子、大澤純也：岩手県工業技術センター研究報告，**9**，200-203（2002）
- 2)伊藤良仁、山本忠、岸敦、小浜恵子、大澤純也：岩手県工業技術センター研究報告，**6**，149-152（1999）
- 3)平春枝：日本食品科学工学会誌，**39**(1)，122-133（1992）
- 4)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）
- 5)大村芳正：New Food Industry，**42**(5)，1-7（2000）

## 膨化処理による機能性県産食品素材の活用

笹島 正彦\*、遠山 良\*

機能性のある食材として注目されている各種色付き大豆（青大豆、茶豆、黒平豆）を使用した膨化菓子の製造法について検討した。その結果、大豆の種類により膨化度や風味が異なり、青大豆の場合あおばた豆よりもいわてみどりの方が膨化菓子の素材として適しており、穀類膨張機を使用した適切な膨化処理圧力は4～5kg/cm<sup>2</sup>の範囲であった。また、茶豆や黒平豆も5kg/cm<sup>2</sup>で良好な膨化物が得られた。さらに、新規機能性膨化菓子製造の原材料とすることを目的に、デンプンをベースとした膨化食品の原料調製や、あらかじめ加熱調理したのち乾燥し、熱湯を注ぐだけで簡単に調理できる穀粒状即席粥の製造方法についても検討した。その結果、膨化食品原料については乾燥に長時間を要し、また、穀粒状即席粥については湯戻り性が不十分であり、実用化するためにはこれらの課題の検討が必要と考えられた。

キーワード：緑豆、膨化、減圧乾燥

## Development of Foods Using Functional Ingredient of Iwate Prefecture with Puffing Method

SASAJIMA Masahiko and TOYAMA Ryo

The puffing methods for the development of food used colored soybeans (blue, brown and black), they are attracted with the functional ingredient which has the power improving health, are tested. Consequently, every soybean has each degree of puffing and each flavor, and *Iwatemidori* is suitable for the ingredient of puffing method than *Aobata* in the case of blue beans. Appropriate condition of puffing pressure is in the range of 4 to 5 kg/cm<sup>2</sup>, in the case of *Iwatemidori*. 5 kg/cm<sup>2</sup> is suitable condition as for the brown and black beans. Moreover, it is investigated for the methods of preparation for the functional puffed foods that are composed with various ingredient added to starch which is major component. And the method of preparation for instant gruel is also tested. It takes long time to make the raw material of puffed foods by drying process. The instant gruel put in the hot water does not absorb the water sufficiently.

**key words: colored soybean, puffing method, functional food, instant gruel**

### 1 緒 言

近年大豆はその栄養成分だけではなく、イソフラボンなどの各種機能性物質を持つことが知られ、大豆の中でも特に黒豆や青大豆などの色付き大豆を使用した、豆腐、納豆などの様々な加工品開発が盛んに行われてきている。その中で丸のまま膨化させた膨化菓子は素朴ではあるが、簡便で大豆の栄養成分を丸ごと活用した食品である。最近青大豆を使用した膨化菓子開発が県内企業で行われているが、色調保持や品種の選択などいくつかの課題があり、それらについての検討は十分には行われていない。そこで、本県で多く栽培されている在来種のいわてみどり<sup>1)2)</sup>をはじめとした各種色付き大豆を使用して膨化菓子の製造条件を調べた。

また、栄養成分を豊富に含んでいるが「外観が悪い」「加工しにくい」との理由で利用度合いが低い規格外農

林産物や食品加工副生成物の利用について県内企業等の課題となっている。そこで、これらの素材を活用でき、調理不要又は簡易調理で簡単に食べられる食品の加工法として、デンプンをベースとした膨化食品原料の調整法や、あらかじめ加熱調理したのち乾燥し、熱湯を注ぐだけで簡単に調理できる穀粒状即席粥の製造方法について検討した。

### 2 実験方法

#### 2-1 原材料

大豆：青大豆（いわてみどり、あおばた豆、市販混合品）茶豆、黒平豆

バレイショデンプン：南十勝農工連澱粉工場製、南十勝

小麦粉：日清製粉株式会社製、金すずらん

\* 食品開発部（現在、企画情報部）



食塩

副材料（県産素材）：イナキビ粉、シイタケ、クロヒラマメ

2-2 製造装置

大豆の膨化装置には穀物膨張機（（有）光陽機械製作所、ボン菓子製造機）を用いた。

デンプンを使用した膨化用ペレットの成型機として圧延式製麺機（（株）大竹製麺）と、押し出し式の製麺機（三上製麺製作所）を使用した。

穀粒状食品製造のための乾燥機としては凍結乾燥器（（株）共和真空 RLE103）、送風定温恒温器（ヤマト科学（株）DK63）及び、家庭用電子レンジ（松下電器産業（株）NE-S20）を使用した。

2-3 製造法

2-3-1 大豆の膨化方法の検討

青大豆は加熱しすぎると緑色が退色すると共に褐変し<sup>3)</sup>、商品価値が低下する。逆に膨化処理温度が低いと膨化しにくい。

そこで、膨化条件を確認するためにフライパンでの焙煎、電子レンジでの膨化、穀類膨張機での膨化を試みた。穀類膨張機では、豆の水分含量の影響を見るために、乾燥処理と水浸漬処理の効果を調べた。乾燥処理は20の恒温恒湿器中で無加湿で一晩放置したものを試料とした。水浸漬処理は大豆を水洗いした試料と水に5分間浸漬後引き上げた試料の二とおり設け、いずれも水を大豆の内部に浸透させるため一晩放置したものを膨化用試料とした。

2-3-2 膨化菓子原材料ペレット

原材料の配合割合を表1に示す。

(1) 試料調製

副材料にイナキビ粉を用いたものは、デンプン、小麦粉、イナキビ粉及び混合用水を加えた混合物、並びに食塩を加えた沸騰水を用意し、混合物を沸騰水に加えデンプンを糊化させた。

副材料にシイタケを用いたものは、デンプン、小麦粉及び混合用水を加えた混合物、並びに食塩及びブレードミルで粉碎したシイタケを加えた沸騰水を用意し、混合物を沸騰水に加えデンプンを糊化させた。

副材料にクロヒラマメを用いたものは、小麦粉及び混合用水を加えた混合物、並びに食塩及びクロヒラマメを加えた沸騰水を用意し、混合物を沸騰水に加えデンプンを糊化させた。沸騰水は、クロヒラマメを水に浸漬・湯煮したのち家庭用ミキサーでクロヒラマメを粉碎し、食塩及び水を配合割合に従って加えておいた。

(2) 乾燥

デンプンを糊化させた原材料を、送風定温恒温器により90で乾燥させた。また、乾燥時間短縮のためマイクロ波調理器を用い600w設定で10分間加熱乾燥後、送風定温恒温器により90で乾燥させた。

表1 膨化菓子材料ペレットの配合割合

デンプン	85
小麦粉	9
副材料（県産素材）	5
食塩	1
水（混合用）	(200)
水（沸騰水）	(500)

2-3-3 穀粒状食材

表2に示す配合割合で原料を混合・製麺後、約2mm長に切断した。大竹式製麺機では、ミキシング時間10分、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番に縮れ麺用板を付けて切り出したのち切断した。押し出し製麺機では10分間ミキシング後、押し出しつつ切断した。製麺切断後5分間湯煮したのち、水洗水切りし凍結乾燥した。

表2 穀粒状食材の配合割合

デンプン	50
小麦粉	44
副材料（県産素材）	5
食塩	1
水	(45)

2-4 測定

2-4-1 穀類膨張機により処理した大豆の膨化度と比重

膨化未処理と処理大豆それぞれ100粒を100mlメスシリンダーに入れて体積を繰り返し5回測定し、その平均値を見かけの容積とした。同時にその重さを量り100粒重とした。以上の値より膨化度は

$$\text{膨化度} = (\text{膨化処理後の容積} / \text{膨化未処理容積}) \times 100 - 100$$

とし、

見かけの比重は

$$\text{見かけの比重} = 100 \text{粒重} / 100 \text{粒の見かけの容積}$$

とした。

2-4-2 膨化菓子原材料ペレット

穀類を膨化する機器で加工するためには、膨化菓子原材料を穀類とほぼ同程度の水分とする必要があることから、製造における乾燥時間ごとの乾熱減量(105で恒量)を測定した。

2-4-3 穀粒状食材

タケモト電機株式会社製テンシプレスサー My Boy Systemを用いて、試作品の固さを1バイト法で表3により測定した。テンシプレスサーのプランジャーはプレート型（刃巾1mm×長さ20mm）を使用した。

表3 テンシプレッサー測定条件

Distance	30 mm	Bite Speed	2 mm/sec
Clearance	0.05 mm	Loadcell	10 kg
Thickness	3 mm	Plunger area	1 cm <sup>2</sup>
Repeat time	1	Selector	37
Static time	0 sec	Mode check	0

### 3 実験結果及び考察

#### 3-1 各種色付き大豆の膨化処理条件の検討

##### 3-1-1 フライパンと電子レンジによる焙煎

緑豆を用いてフライパンによる膨化を試みた結果、3～4分程度の焙煎で食べられるようになった。しかし、所々に、焙煎による焦げ目が付き、穀類膨張機を使用した場合と比べてかなり硬いものであった。

同様に、簡便な膨化方法の試みとして、電子レンジを使用してみたところ、電子レンジによる焙煎も可能ではあるが、やはり、加熱ムラがあり、所々に焦げた豆が混じった。

##### 3-1-2 穀類膨張機による膨化

###### (1) 圧力の影響

いわてみどり、市販青豆、あおばた豆について圧力と膨化度との関係を見た結果を図1に示した。ただし、あおばた豆については4 kg/cm<sup>2</sup>の場合のみ示した。また、いわてみどりを各種条件により膨化物を写真1に示した。

品種により膨化度にかなり差があることが分かった。一般に4kg/cm<sup>2</sup>の圧力では緑豆の青みが残り、ある程度膨化するがやや硬めである。しかし、5 kg/cm<sup>2</sup>まで加熱すると青みが薄れ、褐変し、購入大豆や青ばたまめでは苦みが出た。しかし膨化は十分であり、いわてみどりでは軽い食感となり、人によっては最も評価が高かった。あおばた豆といわてみどりを比較した場合、あおばた豆はやや甘みに乏しくやや青臭い香りも残る。色調も膨化処理により退色・褐変しやすかったが、いわてみどりは甘みがあり、膨化しやすく退色・褐変しにくかった。

以上より、穀類膨張機による膨化は豆の種類により大きく異なり、いわてみどりとあおばた豆を比べた場合、いわてみどりの方が膨化処理に適していた。これは、脂質や糖質の成分組成が膨化に大きく影響することを示唆している。

###### (2) 水浸漬の効果

乾燥処理したものを膨化処理したところ、無処理と比べて膨化度合いが少なく、乾燥処理は好ましくなかった。そこで、逆に、水浸漬の効果調べた。

水浸漬の膨化に及ぼす影響を見た結果を表4に示した。水浸漬により、膨化度は一般に低下した。また、5分間浸漬した試料は膨化しても柔らかく湿った食感となり、水浸漬はあまり好ましくなかった。

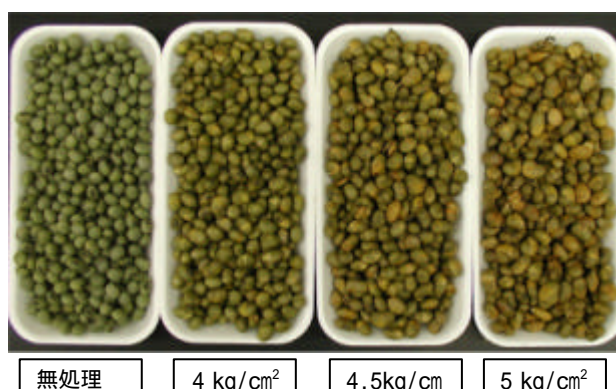
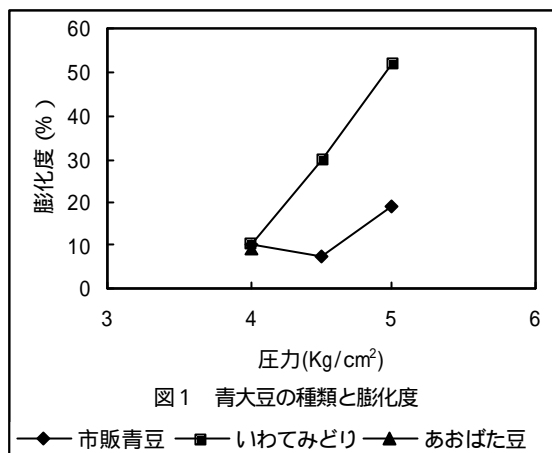


写真1 圧力を変えて膨化したいわてみどり

###### (3) 茶豆と黒平豆の膨化

茶豆、黒平豆を5 kg/cm<sup>2</sup>の圧力により膨化した結果、良好な膨化物が得られた。試食した結果食味は良好であった。膨化物を写真2に示した。

膨化度はいわてみどりが同条件で51.9%であったのに対して、茶豆は51.4%、黒平豆は42.3%であった。

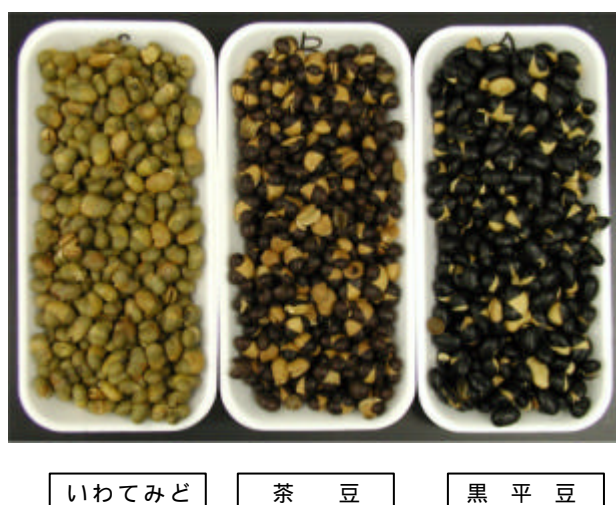


写真2 圧力5 kg/cm<sup>2</sup>で膨化したいわてみどり、茶豆、黒平豆

表4 膨化に及ぼす水浸漬の効果

大豆	処理		膨化度(%)
いわてみどり	対照	5kg/cm <sup>2</sup>	51.9
	水浸漬 5分	5kg/cm <sup>2</sup>	39.1
市販青豆	対照	4kg/cm <sup>2</sup>	9.9
	水洗い	4kg/cm <sup>2</sup>	9.5
	水浸漬 5分	4kg/cm <sup>2</sup>	5.6
あおばた豆	対照	4kg/cm <sup>2</sup>	9.3
	水洗い	4kg/cm <sup>2</sup>	10.5

(4) 膨化物の比重と膨化度との関係

膨化物の比重と膨化度との関係を図2に示した。膨化物の比重と膨化度との関係を見た結果ほぼ直線回帰が可能であり、相関係数 0.967 (1%有意)、膨化度(%) = -208.41 × 見かけの比重 + 125.7 の関係が得られた。これにより、膨化物の見かけ比重を測定することによりある程度大豆の膨化度を推定できると考えられた。

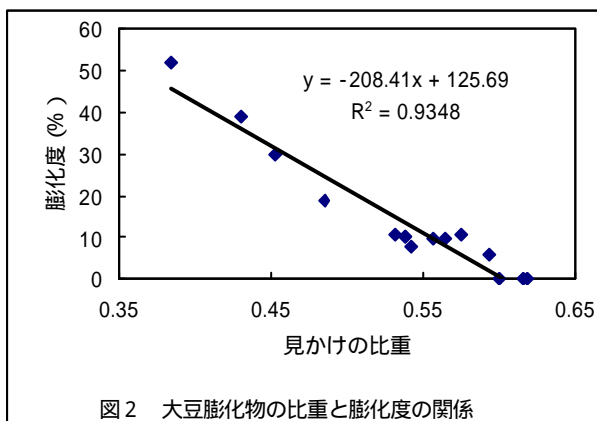


図2 大豆膨化物の比重と膨化度との関係

3 - 2 膨化菓子原材料ペレット

送風定温恒温乾燥時間と水分の関係について図3に示す。

その結果、穀類程度の水分まで乾燥させるには、送風定温恒温乾燥のみで7時間程度、マイクロ波加熱で予備乾燥した場合でも5時間程度必要であった。

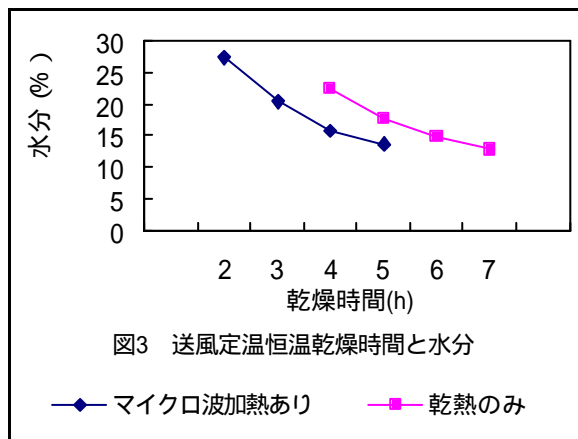


図3 送風定温恒温乾燥時間と水分

◆ マイクロ波加熱あり      ■ 乾熱のみ

3 - 3 穀粒状食材

熱湯浸漬時間と固さとの関係を図4に示すが、3分から7分間程度ではあまり変化しなかった。

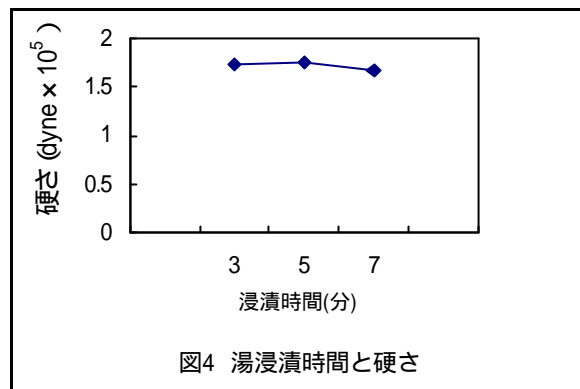


図4 湯浸漬時間と硬さ

4 結 言

機能性が注目されている各種色付き大豆を使用し、穀類膨張機を使用した膨化処理条件について調べると共に、パレイショデンプンをベースとした膨化食品原料の調整法や、あらかじめ調理加熱し、熱湯を注ぐだけで簡単に調理できる穀粒即席粥の製造方法についても検討し、以下の結果を得た。

- (1) 青大豆を膨化処理した場合適切な膨化処理圧力は、4 ~ 5kg/cm<sup>2</sup> の範囲であった。
- (2) 青大豆ではあおばた豆は独特のおいがあり、膨化圧力を高めると退色・褐変が著しい傾向があるが、いわてみどりは、退色・褐変が少なく甘みを感じられ膨化菓子の原料に適していた。
- (3) 茶豆、黒平豆も 5kg/cm<sup>2</sup> の処理条件により良好な膨化物が製造できた。
- (4) 大豆膨化物の見かけの比重と膨化度には相関係数 0.967 の強い相関関係が見られ、見かけの比重を測定することによりある程度膨化度を推定できると考えられた。
- (5) パレイショデンプンをベースとする膨化菓子原料の製造にあたってはエネルギーコスト低減のため、膨化菓子原料ペレット試料調整後、短時間で乾燥可能な方法の検討が課題である。
- (6) 即席粥については試作品は湯戻り性が不十分であり、パフマシンを使用するなど更に試料調整法の検討が必要である。

文 献

- 1) 緑色の濃い豆腐向け特産大豆「東北141号」: 岩手県農業研究センター平成13年度試験研究成果
- 2) 山口佑子、平野高広、岸敦、小浜恵子、大澤純也: 本誌, 9, 200 (2002)
- 3) 難波晴行: 食品工業学会誌, 13, 91 (1966)

---

岩手県工業技術センター研究報告

2003年

第10号

平成15年6月発行

発行 岩手県工業技術センター

〒020-0852 岩手県盛岡市飯岡新田 3-35-2

TEL 019 - 635 - 1115

FAX 019 - 635 - 0311

技術相談ホットライン

TEL 019 - 635 - 1119

インターネットホームページアドレス

<http://www.kiri.pref.iwate.jp/kiri/>

電子メールアドレス

kikaku@sv02.kiri.pref.iwate.jp

---