

岩 手 県 工 業 技 術 セ ン タ ー

研 究 報 告

平成16年7月 第11号

Journal of Iwate Industrial Research Institute

No.11 July 2004

<http://www.kiri.pref.iwate.jp/kiri/>



表紙及び CD ラベルについて

研究成果と関連する写真を記載しました。

- ・ 下段左から「ナンプコムギを使ったパン」、「岩手県産大豆」及び「ユニバーサルデザイン試作品」
- ・ 上段左から「南部鉄器のカラー珪瑯（ほうろう）」、「鑄ぐるみ材料」及び「リサイクルされる工具」

表紙の写真に関連する主な研究報告は次のとおりです。

「ナンプコムギを使ったパン」

- ・ ナンプコムギの特性に応じた製パン加工技術の開発（27 ページ）

「岩手県産大豆」

- ・ 岩手県産大豆の豆腐加工適性（53 ページ）

「ユニバーサルデザイン試作品」

- ・ 食器へのユニバーサルデザインの導入（107 ページ）

「南部鉄器のカラー珪瑯（ほうろう）」

- ・ カラー珪瑯被膜の健全性に及ぼす基地鑄物の材質と表面処理の影響（118 ページ）

「鑄ぐるみ材料」

- ・ 鑄ぐるみ材の研削加工（81 ページ）

「リサイクルされる工具」

- ・ 白鑄鉄による粉碎サーメット粒子の鑄ぐるみ性評価（145 ページ）

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

T E L 019 - 635 - 1115

F A X 019 - 635 - 0311

技術相談ホットライン：TLE 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

目 次

- 食品系 -

【研究報告】

- 1 麴を用いたもち米の糖化
伊藤 良仁、山口 佑子・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 1 1
- 2 糖化タンパク質生成抑制能の測定法の構築と機能性に優れた県産食品素材の検索
山口 佑子、岸 敦、小浜 恵子・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 1 5
- 3 ‘ゆきちから’ と他の国内産小麦の製パン及び製めん特性比較
関村 照吉、島津 裕子・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 1 9
- 4 外国産パン専用粉混合による‘ゆきちから’ と‘ハルイブキ’ の製パン性比較
関村 照吉、島津 裕子・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 2 3
- 5 ナンブコムギの特性に応じた製パン加工技術の開発
島津 裕子、関村 照吉、大澤 純也・・・・・・・・・・・・・・ 2 7
- 6 デンプン材料シート状食品の試作
関村 照吉、島津 裕子・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 3 3
- 7 魚加工品の魚骨軟化技術の検討
武山 進一、大澤 純也、遠山 良・・・・・・・・・・・・・・ 3 7
- 8 ヒエ味噌の製造試験
畑山 誠、櫻井 廣・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 4 2
- 9 優良清酒酵母の開発
高橋 亨、小浜 恵子、山口 佑子、櫻井 廣・・・・・・・・・・・・ 4 6
- 10 赤いリンゴ「メイポール」ワインの発酵改善
米倉 裕一、櫻井 廣・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 4 9

【技術報告】

- 1 岩手県産大豆の豆腐加工適性
山口 佑子、武山 進一、笹島 正彦、関村 照吉、遠山 良・・・・・・・・ 5 3

2	生分解性プラスチックの適正使用のための分解菌データベース作成 山本 忠	5 6
3	堆肥の高窒素化のための微生物分離方法の開発 山本 忠	5 9
4	針葉樹バーク分解微生物の検索 山本 忠、小野寺 和江	6 1
5	化学発光による米および発芽玄米の品質劣化計測 小浜 恵子、三浦 達夫、藤井 雅人	6 6
6	県産ヤマブドウを利用した商品開発 米倉 裕一、山口 佑子、小浜 恵子、櫻井 廣	7 0
【外部発表論文】		
1	アミノ酸透過能が変化した清酒酵母の特性と醸造への影響 小浜 恵子、伊藤 良仁、米倉 裕一、山本 忠、櫻井 廣、大澤 純也	7 4

- 工業系 -

【研究報告】

- 1 鑄ぐるみ材の研削加工
齋藤 裕之、堀田 昌宏、池 浩之、高川 貫仁、勝負澤 善行、飯村 崇・・・8 1
- 2 難削新素材に対する振動切削加工技術の適用
堀田 昌宏、池 浩之、勝負澤 善行、高川 貫仁、齋藤 裕之・・・8 5
- 3 画像処理による土壌品質検査に関する研究
長谷川 辰雄、高橋 良学、大和田 功・・・8 9
- 4 可搬性の高い小型計測装置の開発
長谷川 辰雄、田中 慎造・・・9 3
- 5 CMM 性能評価ゲージの不確かさ算出
和合 健、米倉 勇雄・・・9 8
- 6 銀添加(Nd,Eu,Gd)-Ba-Cu-O 超電導体の微構造と超電導特性
齋藤 貴、桑嶋 孝幸、ミリアラ ムラリダ、坂井 直道、村上 雅人・・・10 3
- 7 食器へのユニバーサルデザインの導入
町田 俊一、小林 正信、東矢 恭明、長嶋 宏之・・・10 7
- 8 成分均質化処理による漆の力学的特性の改善
小林 正信、東矢 恭明、町田 俊一・・・11 4

【技術報告】

- 1 カラー珪瑯被膜の健全性に及ぼす基地鋳物の材質と表面処理の影響
米倉 勇雄、齋藤 裕之・・・11 8
- 2 ZnO 単結晶基板の応用に関する研究
遠藤 治之、泉田 福典、菊地 利雄、田中 慎造、新倉 郁生、柏葉 安兵衛・・・12 2
- 3 ワイヤ放電研削法による小径精密リーマ製作
和合 健、中屋敷 利幸、大石 敦彦、石川 友永・・・12 8
- 4 鋳鉄からの脱マンガン・脱クロム技術の開発
高川 貫仁、勝負澤 善行、池 浩之、茨島 明・・・13 2
- 5 未利用資源の活用による試作開発
浪崎 安治、有賀 康弘・・・13 7

6 伝統的南部鉄器の自由形状製作研究

長嶋 宏之、町田 俊一、池 浩之・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 141

【外部発表論文】

1 白鑄鉄による粉砕サーメット粒子の鑄ぐるみ性評価

池 浩之、後藤 正治、勝負澤 善行、麻生 節夫、小松 芳成、小西 信夫・・・・・・・・・・・・ 145

2 高Cr白鑄鉄溶湯によるサーメット鑄ぐるみ材料の高温圧縮衝撃疲労特性

池 浩之、後藤 正治、勝負澤 善行、麻生 節夫、小松 芳成、小西 信夫・・・・・・・・・・・・ 146

3 使用済みコンクリート型枠用合板からの高吸着性炭化物の製造

平原 英俊、佐々木 陽、兼平 賢一、會澤 純雄、成田 榮一・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 147

JOURNAL OF
IWATE INDUSTRIAL RESEARCH INSTITUTE
2004 Vol.11

- Food Technology Field -

[Original Reports]

- 1 Studies on Saccharification of *Mochigome* Using *Koji*
ITO Yoshihito and YAMAGUCHI Yuko-----11
- 2 Relative Estimation of Food Functionality of Agricultural Products Harvested in Iwate
Prefecture : Application of Novel Assay for Glycosylation Process Inhibit Activity
YAMAGUCHI Yuko, KISHI Atsushi and KOHAMA Keiko -----15
- 3 *Yukichikara* and the Other Domestic Wheat Comparison of the Baking Quality and
Pasta Production
SEKIMURA Teruyoshi and SHIMAZU Hiroko-----19
- 4 Comparison of Baking Quality of *Yukichikara* and *Haruibuki*
Blending with Foreign Wheat
SEKIMURA Teruyoshi and SHIMAZU Hiroko-----23
- 5 Development of Manufacturing Method of Bread Appropriate for *Nanbukomugi*
SHIMAZU Hiroko, SEKIMURA Teruyoshi and OHSAWA Junya-----27
- 6 Paper-like Food Production from Starch
SEKIMURA Teruyoshi and SHIMAZU Hiroko-----33
- 7 Investigation of Softening Technique for Fishbone on the Processed Foods of the Fish
TAKEYAMA Shinichi, OHSAWA Junya and TOYAMA Ryo-----37
- 8 Manufacturing Tests of Barnyard Millet Miso
HATAKEYAMA Makoto and SAKURAI Hiroshi-----42
- 9 Selection of Good Sake Yeast
TAKAHASHI Tohru, KOHAMA Keiko, YAMAGUCHI Yuko and SAKURAI Hiroshi-46
- 10 Improvement of the Fermenting Condition for Red Apple Wine Made from “*Maypole*”
YONEKURA Yuichi and SAKURAI Hiroshi -----49

[Technical Reports]

- 1 Properties of Soybeans Grown in Iwate Prefecture for Processing Tofu
YAMAGUCHI Yuko, TAKEYAMA Shinichi, SASAJIMA Masahiko,
SEKIMURA Teruyoshi and TOYAMA Ryo-----53

2	Development on Distribution Map of Degrading Microorganisms for Suitable Application of Biodegradable Plastic YAMAMOTO Tadashi-----	56
3	Development of the Microorganism Separation Method for a Raise in the Nitrogen of a Compost YAMAMOTO Tadashi-----	59
4	Screening of Conifer Bark-Degrading Microorganism YAMAMOTO Tadashi, ONODERA Kazue-----	61
5	Quality Evaluation of Brown or Germinated Rice Using Chemiluminescence KOHAMA Keiko and MIURA Tatsuo-----	66
6	The New Products Made from YAMABUDO Collected in Iwate Prefecture YONEKURA Yuichi, YAMAGUCHI Yuko, KOHAMA Keiko and SAKURAI Hiroshi---	70
[Reprints]		
1	Characterization of the Sake Yeast <i>Saccharomyces Cerevisiae</i> : Its Increase of the Activity of General Amino Acid Permease (GAP) and the Effect on Sake Brewing KOHAMA Keiko, ITO Yoshihito, YONEKURA Yuichi, YAMAMOTO Tadashi, SAKURAI Hiroshi and OHSAWA Junya-----	74

- Industrial Technology Field -

[Original Reports]

- 1 Grinding of Inset Material
SAITO Hiroyuki, HOTTA Masahiro, IKE Hiroyuki TAKAGAWA Takahito,
SHOUBUZAWA Yoshiyuki and IIMURA Takashi -----81
- 2 Application of the Vibration Cutting for New Materials Are Difficult to Machine
HOTTA Masahiro, IKE Hiroyuki, SHOUBUZAWA Yoshiyuki, TAKAGAWA Takahito
and SAITO Hiroyuki-----85
- 3 The Soil Quality Inspection by the Image Processing
HASEGAWA Tatsuo, TAKAHASHI Yoshinori and OOWADA Isao-----89
- 4 The Development of Portable 3D Measurement Device
HASEGAWA Tatsuo and TANAKA Shinzo-----93
- 5 Calculation of Uncertainty of CMM Gauge for Performance Evaluation
WAGO Takeshi and YONEKURA Isao-----98
- 6 Microstructures and Superconducting Properties of Silver-Doped
(Nd,Eu,Gd)-Ba-Cu-O Superconductor
SAITOH Takashi, KUWASHIMA Takayuki, MIRYALA Muralidhar,
SAKAI Naomichi and MURAKAMI Masato-----103
- 7 Introduction of Universal Design to Table Ware
MACHIDA Toshikazu, KOBAYASHI Masanobu, TOYA Yasuaki
and NAGASHIMA Hiroyuki-----107
- 8 Improvement of Dynamic Characteristics of Japanese Lacquer
by Ingredient Homogenizing Processing
KOBAYASHI Masanobu, TOYA Yasuaki and MACHIDA Toshikazu-----114

[Technical Reports]

- 1 Influence of the Property of Basic Castings and Surface Treatment on the Quality
of Colored Enamel Coating Film
YONEKURA Isao and SAITO Hiroyuki-----118
- 2 Development of New Applications Using ZnO Single Crystal
ENDO Haruyuki, IZUMIDA Fukunori, KIKUCHI Toshio, TANAKA Shinzo
NIIKURA Ikuo and KASHIWABA Yasube-----122

3	Manufacturing of Micro Precision Reamer by Wire Electrode Discharge Grinding WAGO Takeshi, NAKAYASHIKI Toshiyuki, OOISHI Atsuhiko and ISHIKAWA Tomonaga-----	128
4	Development of the Removal Technique of Manganese and Chromium from Molten Cast Iron TAKAGAWA Takahito, SHOUBUZAWA Yoshiyuki, IKE Hiroyuki and BARAJIMA Akira-----	132
5	Trial Production by the Utilization of the Unapplication Resources NAMIZAKI Yasuji and ARUGA Yasuhiro-----	137
6	Study of Making Free Form for Traditional <i>Nanbu</i> Iron Casting NAGASHIMA Hiroyuki, MACHIDA Toshikazu and IKE Hiroyuki -----	141
[Reprints]		
1	Study on Microstructure of Cermet Powder Layer Inserted by Molten White Cast Iron IKE Hiroyuki, GOTO Shoji, SHOBUZAWA Yoshiyuki, ASO Setsuo, KOMATSU Yoshinari and KONISHI Nobuo-----	145
2	High-temperature Compressive-impact Fatigue Strength of Cermet Powder Layer Inserted by Molten White Cast Iron IKE Hiroyuki, GOTO Shoji, SHOBUZAWA Yoshiyuki, ASO Setsuo, KOMATSU Yoshinari and KONISHI Nobuo-----	146
3	Production of Charcoal with High Adsorptive Activity from Waste Plywood Panel for Concrete Form HIRAHARA Hidetoshi, SASAKI Akira, KANEHIRA Kenichi, AISAWA Sumio and NARITA Eiichi-----	147

麴を用いたもち米の糖化*

伊藤 良仁**、山口 佑子**

もち米を原料とした調味料の開発を目的として、麴による糖化条件の検討を行った。その結果、水分62%の蒸煮ヒメノモチと重量比21%の米麴を使用し、40℃で36時間インキュベートすることにより、高濃度（53Brix%）で着色もわずかな糖化物（もち米ペースト）を得ることができた。

キーワード： 麴、もち米、糖化、調味料

Studies on Saccharification of *Mochigome* Using *Koji*

ITO Yoshihito and YAMAGUCHI Yuko

The present study was aimed at developing new seasoning from *mochigome* using *koji*. The conditions of saccharification were investigated. As the result, the *mochigome* paste that showed 53Brix% and slightly colored was made from steamed *himenomochi* (moisture content of 62%), and 21% weight of *komekoji* by incubation at 40 °C for 36hrs.

key words: *koji*, *mochigome*, saccharification, seasoning

1 結 言

加工食品業界では差別化された商品を生み出すために特徴のある原料の開拓と加工技術の開発が常に求められている。本事業では、このような背景を踏まえ、県特産品を素材とし、微生物を利用した加工技術を用いて新しい加工食品群を開発すること、さらには新しい岩手ブランドを創り出すことを大目的としている。

本研究では素材として岩手県が全国第3位の生産量を誇り、中でも紫波町は市町村別生産量日本一として有名である「もち米」を選択した。さらに、従来、もち米は餅や煎餅としての消費がほとんどであるが、一部では甘酒や麴漬け等に利用され、その独特な甘みやコクが商品価値を高めている例もある事に着目し、加工技術として「麴による発酵・分解」を採用した。

一般的に「麴漬け」（野菜＝漬物、魚類＝飯寿司等）は米麴と共に炊飯した米、及び漬け込む食材と混合し、保存する¹⁾。この熟成期間中に米が分解し、旨み・甘みが醸成される。そこでは複雑な風味が形成されるメリットがあるが、反面、製造期間の長期化や厳しい微生物管理が要求されるというデメリットも存在する。そこで、もち米を予め麴で発酵・分解して甘みやコクを最大限に引き出した調味原料を開発すれば、さらに、これを添加した多数の加工食品開発が期待できるものと考えた。

本報では、これらの基礎となる「もち米の糖化」について各種条件設定を行い、高濃度で着色もわずかな「もち米ペースト」製造工程（5kg バッチ）を確立したので報告する。

2 実験方法及び結果

2-1 もち米蒸煮条件の設定

もち米ペーストの基本的な製造工程は蒸煮したもち米に食塩及び米麴を加え、混合し、さらに加温して分解を促進させる。ペーストは後に加工食品に添加する場合や輸送する場合においてもできるだけ高濃度である方が好ましい。しかし、もち米は水分を低下させると当然の事ながら「もち状」となり、米麴との混合攪拌等の作業性が大幅に低下する。また、品温が下がり、時間が経過すると部分的にガラス化して、テクスチャを損ねる。そこで、最初に水分条件を検討した。

もち米は岩手県産もち米の中で最も生産量が多いヒメノモチを使用した。蒸し器あるいは家庭用炊飯器を用いて40分間加熱した。1,600gの生もち米に対して添加する水の量を変えて炊きあがりの水分を43～66%に調節し、物性を確認した。その結果、作業性が良い「糊状」であり、最も水分が少ない条件②を採用することにした（表1）。この条件の炊きあがり水分は62%、重量は3,500gである。

* 麴を利用した新規加工食品の開発 I

** 食品技術部

表1 もち米の蒸煮条件と作業性

	加熱方式	炊きあがり水分(%)	状態	作業性
①	炊飯	66.0	糊状	○
②	炊飯	62.2	糊状	○
③	炊飯	57.5	やや餅状	△
④	炊飯	51.4	餅状	×
⑤	蒸し	43.3	餅状	×

2-2 麴歩合の設定

米麴は比較的高価なため、その歩合は低く抑えたいが、糖化速度を落とすことは避けたい。そこで、前項で設定した炊飯もち米(75℃まで冷却)に各割合の米麴を加え(米麴:炊飯もち米=1:16~5:12)、空調40℃で保温し、糖度を測定した。米麴は当センターで調製した味噌用(トヨニシキ90%精白)を用い、糖度は経時的にサンプリングした試料に等量の水を加え良く攪拌し、糖度計(株)アタゴ社製PR-1)で測定した。

その結果、図1に示したように、麴歩合が3:14(対炊飯もち米比21%)以上である場合、分解速度、最終濃度ともにほとんど変わらなかったことから、この歩合を採用することとした。

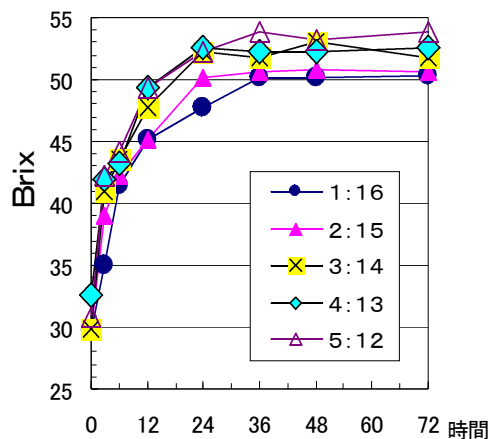


図1 糖化に与える麴歩合の影響

2-3 糖化温度・時間の設定

糖化における温度設定は工程の時間及び糖化物の性状を決める重要な因子である。工程面では糖化時間が短い方が効率がよいが、高温の場合、着色による商品価値の低下が懸念される。前項までに設定した工程を用いて、20~60℃までの温度帯(空調)で糖化試験を行い、糖度(Brix)及び明度(L値)を測定した。L値は色彩色差計(ミノルタカメラ機・CR200)で測定した。値は大きいほど明るいことを示す。

測定結果を図2及び表2に示した。糖化は温度が高いほど速いが、40℃以上では最大糖度がほとんど変わら

ず、30℃以下では時間を延長しても低いままであった。さらに、最大糖度における明度は温度に相関して低くなり、同じ糖度であれば温度が低い方が着色が少ないことを示している。

これらの結果から、加熱時間が短いこと、糖度が高くなること、着色が少ないこと等を考慮して保温温度は40℃を採用した。なお、前項の試験よりも糖化速度が遅くなっている原因は、作業の都合により加温開始時の品温が低下したためであり、炊飯もち米が75℃での混合の場合には36時間で糖度は最大となる。

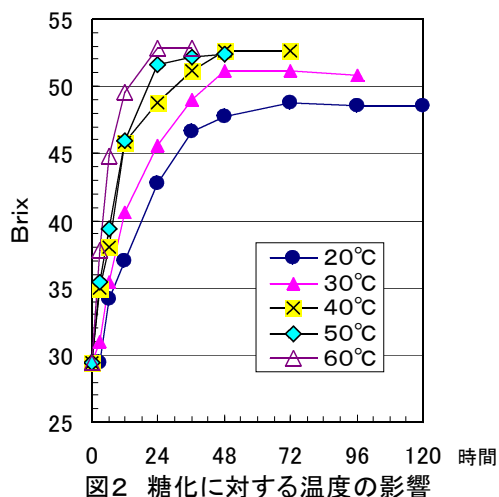


表2 糖化温度と最高濃度を示したときの色度

糖化温度(℃)	時間(h)	濃度(Brix%)	色度(L値)
20	96	48.6	64.4
30	72	51.2	64.1
40	48	52.6	62.9
50	36	52.2	58.4
60	24	52.8	55.6

2-4 糖化に対する塩分の影響

ペーストの塩分は添加先の製品(原材料の配合比)によって決定されることになるが、無塩あるいは低濃度の場合、腐敗が懸念される。そこで前項までの条件を用いて食塩濃度が糖化に与える影響を測定した。その結果、試験した濃度(0~20%)では全く影響が無く、任意の設定が可能であった(表は省略)。

2-5 もち米ペースト標準製造工程の設定

これまでの試験結果を基に、もち米ペーストの標準製造工程(5kg/バッチ)を設定した(表3)。塩分は前述の通り任意設定できるが、ここでは「呈味のバランス」と「室温での長期保存」の2点から15%とした。この条件では48時間以内に全ての工程が終了できる。

表3 もち米ペースト標準製造工程

1	1,600gの生もち米を研いで、5Lの水に2時間浸漬し、水切りする。
2	総重量が3,600gとなるように水を加え、炊飯する(約40分)。
3	炊きあがったもち米(3,500g)を、75℃になるまで放冷し、750gの米麴及び750gの食塩を加え、よく攪拌・混合する。
4	全量をビニール袋に入れ、空調40℃で36時間保温する。糖度は52Brix%程度となる。
5	必要に応じ、ミキサーで攪拌し、均質化する。
6	保存は室温。(3ヶ月以上可能)

2-6 ペーストの成分と呈味の特徴

標準製造工程で製造したもち米ペーストの栄養成分をそれぞれ常法により測定した。その結果、値は当然ながら原料(もち米及び食塩)に依存するものであり、固形分の7割弱を糖質が占めていた(表4)。また、直接還元糖をソモギー変法で測定した結果、29.4%であり、グルコースをブドウ糖自動測定装置(東洋紡績㈱ DIAGL UCA HEK-60)で測定した結果、27.3%であった。つまり、糖質の8割が直接還元糖であり、その9割強がグルコースである。

呈味の特徴は強く後味のよい甘味と弱いもち米臭・麴臭である。試験的に野菜漬物や魚介類・畜肉などの漬け焼き等に使用したが素材の風味を損なわず、良好な調味が可能であった。

表4 もち米ペーストの栄養成分(%)

水分	蛋白質	糖質	脂質	灰分
45.7	2.5	37.1	0.1	14.6

2-7 米の比較

前項までの試験では「特徴のある素材を原料に」するためもち米を用いてきたが、その特徴を数値化するためうるち米を同じ条件で糖化し、成分及び官能的な比較を行った。用いたうるち米は岩手県産のひとめぼれ及びあきたこまちである。

糖に関する成分を表5に示した。糖度に関してはうるち米に比べもち米が僅かに高い程度であるが、直接還元糖は1.25倍であり、グルコースはさらに差が開いて1.5倍以上であった。可溶化の程度は同等であるがもち米が分解されやすいことが示された。

官能評価を表6に示した。グルコース量を反映して、もち米が甘味が強く、また、塩かども少なく感じられた。香りや色調も若干の差が見られたが、これらを持って優劣を判断する程の差異はないと思われた。

表5 各種米糖化物の成分

種類	糖度(Brix%)	直接還元糖(%)	グルコース(%)
ヒメノモチ	50.2	29.4	27.3
ひとめぼれ	49.0	23.8	17.8
あきたこまち	48.4	23.7	17.6

表6 各種米糖化物の官能評価

種類	呈味(甘み)	呈味(塩かど)	香りの特徴(麴香+ α)	色調
ヒメノモチ	強	弱	モチ香	クリーム
ひとめぼれ	やや強	強	飯米香	やや白
あきたこまち	やや強	強	飯米香	やや白

2-8 麴の比較

前項までの条件で5種類の米麴を用いてペーストを調製し糖化速度を測定し、併せて官能評価を行った。使用した米麴は①当センター製味噌用麴、②当センター製清酒用麴、③徳島県T社製乾燥麴、④岩手県K社製米麴及び⑤青森県T社製米麴である。

糖度を経時的に測定した結果、ほとんど差が見られなかった。ただし、官能的には若干の差が見られ、必要に応じて選択が可能であることが示された(表7)。

表7 米麴の種類とペーストの官能評価

米 麴	糖 度(36h)	呈 味(甘味)	香りの特徴(麴香+ α)	色 調
①センター味噌	50.4	標準	モチ香	クリーム
②センター清酒	51.2	弱い	モチ香	やや白
③徳島県T社	51.0	標準	古米香	やや灰
④岩手県K社	51.8	標準	軽い香り	クリーム
⑤青森県T社	50.8	標準	漬物香	クリーム

3 考 察

糖化条件の設定に関しては、もち米の糖化に関する報告が見あたらないことや、清酒や味噌・醤油と異なり、比較的高温で短期間に糖化を終了させる事例が無かったことから、項目ごとに試験を行い、総合的に工程を組み立てる作業となった。また、企業において製造することが前提であるため、特殊な装置を使用しないことや製造コストを上昇させないことも考慮した。保温温度が40℃であることや1サイクル48時間以内であることなど、満足できる内容であると思われる。

ペーストの内容に関しては、米の比較において顕著な差が見られた。うるち米ともち米ではデンプン含量は変わらない²⁾が、前者のデンプンは直鎖のアミロースが15

～20%、分岐鎖が80～85%であり、後者のそれはアミロペクチンのみで構成されている³⁾。本試験においては清酒等と異なり高温条件の「完全分解」であることからデンプンの形状にかかわらず最終的なグルコース濃度はほとんど等しくなるはずであるが、実際は異なった。原因の詳細は不明であるが、原料にもち米を採用したことは、うるち米の糖化物に比べもち米のそれが有意にグルコース濃度が高く、官能的にも甘く感じたことから、伝統的に言い伝えられていること（甘酒にもち米を使うと甘味が増す等）を証明したと同時に、単なる「特産物利用」だけでなく中身の差別化も達成できたものと考えらる。

通常、醸造製品は「火入れ」を行い日持ちの向上を狙うが、今回設定した「もち米ペースト標準製造工程」では、あえて無殺菌とした。これはプロテアーゼやアミラーゼ等の酵素活性⁴⁾を活かすことにより、本ペーストを用いた食品加工においては呈味の付加だけでなく、酵素活性による旨み成分の増強や物性の改変等⁵⁾に期待できるものと考えたためである。今後、詳細を検討していきたい。さらに、本ペーストは呈味は強いものの香りの特徴に欠ける。そこで酵母を用いた風味改善も手掛けていく予定である。

4 結 言

各試験の結果、高濃度（高糖度）で着色も僅かなもち米ペースト製造工程（5kg バッチ）を確立することができた。食塩濃度を自由に設定できるため、例えば有塩であれば漬物や畜肉加工品、水産加工品などに、無塩であれば（冷凍保存が必須であるが）菓子や飲料などに応用可能である。本試験は複数の県内企業と共同で行われ、実際に味噌製造業者において今回得られたデータを参考に工程の一部が「漬物の素」（うるち米+米麹+食塩）製造に導入された。また、同社で製造した無塩のもち米ペーストを添加した豆乳及び豆腐が新製品として豆腐製造業者によって製造・販売されている。

今後はペースト自体の改良と共に更なる用途開発を進めていく予定である。早期に多数の商品が生まれ岩手の新ブランドが形成されることを期待している。

文 献

- 1) 麴学：日本醸造協会, 448 (1986)
- 2) 五訂食品成分表：女子栄養大学出版部 (2003)
- 3) デンプンハンドブック：朝倉書店, 51, (1961)
- 4) 一島英治：醸協, 67, 928 (1972)
- 5) 小笠原敦子：青工試報, 53 (2001)

糖化タンパク質生成抑制能の測定法の構築と 機能性に優れた県産食品素材の検索*

山口 佑子**、岸 敦**、小浜 恵子**

多試料の糖尿病予防効果を評価するため、糖尿病合併症の原因の一つである糖化タンパク質 (AGE: Advanced Glycation End Products) の生成抑制効果を測定する ELISA 法を開発した。この測定法を用いて、約 250 種類の県産農産物の AGE 生成抑制能を評価した。また、ラジカル消去能についても DPPH ラジカル消去活性、oxygen radical absorbance capacity (ORAC) を用いて同様に評価した。その結果、高い AGE 生成抑制能やラジカル消去能を持つ農産物が見つかった。

キーワード：ラジカル消去活性、糖化変性、糖尿病

Relative Estimation of Food Functionality of Agricultural Products Harvested in Iwate Prefecture : Application of Novel Assay for Glycosylation Process Inhibit Activity.

YAMAGUCHI Yuko, KISHI Atsushi and KOHAMA Keiko

Advanced glycation end products (AGEs) have been implicated in various disease states in diabetes, and to inhibit protein glycation lead to decrease AGEs is expected to be important for prevention of diabetes development. To measure physiological functional activities which work on AGEs generation inhibitory, we developed new procedure (ELISA system) which is more simple but sensitive and reliable. In this study, about 250 agricultural products were measured by using this method. And radical scavenging activities of these samples were estimated by two methods: DPPH radical scavenging activities and oxygen radical absorbance capacity (ORAC). As a result, some agricultural products showed strong food functionality.

key words : radical scavenging activity, glycation, diabetes

1 結 言

昨今の食品における消費者のニーズは「健康・安全・安心」に集約されており、今後もこの傾向は高まっていくと考えられている。一方で、県内食品企業では健康機能性に優れた食品や、地域色が強い特産品（地域ブランド）の開発に関心が高まっている。

食品の持つ健康機能性の中でも、過度の酸化ストレスが生活習慣病や老化の原因であることから、抗酸化能（ラジカル消去活性）に対する期待は高く、既報¹⁾ではヤマブドウを試

料としてラジカル消去活性の評価法を検討した。

また、生活習慣病の一つである糖尿病は国民病といわれるほど発症率が高く、糖尿病に関連した機能性食品が開発されている。糖尿病は発症初期段階において血液中の高濃度の糖が生体タンパク質と非酵素的に反応し糖化タンパク質を生成する（非酵素的糖付加反応）。これらはその後の反応過程を経て、非酵素的糖付加反応—後期反応生成物（AGE: Advanced Glycation End Products）となり、生体内で種々の糖尿病の病態（腎臓障害、視力障害、etc）を引き起こす原因となる^{2~3)}。

* 県産素材を利用した機能性食品開発 第1報

** 食品技術部

これら一連の反応では、ラジカルが発生して、AGE生成を加速すると言われており、ラジカル消去能を有するビタミンEやポリフェノール類摂取によるAGEの生成抑制が報告されている。岩手県内の農林水産物の中からAGE抑制能をもつ食品素材を見出せば新たな機能性食品としての活用も可能である。

そこで、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、既報¹⁾で構築した測定法を用いて約250種類の食品素材を評価した。また、深刻な糖尿病合併症の原因であるタンパク質の非酵素的糖化反応の抑制効果の測定法を新規に構築し、同様に評価したので報告する。

2 実験方法

2-1 分析試料

今回測定に用いた試料は以下の通りである。試料は、岩手県農業研究センター、岩手県林業技術センターなどを通じて県内より収集した。農産物の種類は大きく6つ(果実類、野菜類、キノコ類、穀類、海産物、その他)に分類した。種類別の試料数は以下の通り。

①果実類(103種類)、②野菜類(60種類)、③キノコ類(24種類)、④穀類(17種類)、⑤海産物(5種類)

2-2 試料抽出液の調製

試料は可食部を凍結乾燥後、粉碎し、10倍量(w/v)の100%エタノールで1時間抽出、または純水で熱水抽出した。この抽出液を濾過し、試料抽出液とした。

2-3 総ポリフェノール含量の測定

キノコ類を除いた各試料の総ポリフェノール量は既報¹⁾に従って測定し、没食子酸相当量として算出した。

2-4 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、既報¹⁾に従って測定し、没食子酸相当量として算出した。

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⁴⁾に準じて測定した。20nMの β -phycoerythrin(75mMリン酸緩衝液pH7.0)を170 μ l、96穴プレートに分注し、各抽出液を100倍に希釈して10 μ l添加した。対照として、0.1mMのTroloxを添加した。37℃にて30分間静置後、0.3M AAPHを20 μ l加え、2分置きに80分間

蛍光プレートリーダー(Fluostar, tecan製)によりラジカルによる蛍光退色の防止作用(Ex:530nm, 検出フィルター:570nm)を測定した。0.1mM Troloxの退色速度を被検液と比較することにより、相対的な抗酸化活性を算出した。

2-5 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(2%BSA、500mM Fructose、15ppm puoelin-200、200mMMP-K buffer(pH7.4))990 μ lに各抽出液10 μ lを加え、37℃で3日間インキュベートした。対照としては水溶性のG-Rutin(東洋精糖)を用いた。ControlとBlankには200mMP-K bufferを加え、後者は直ちに-20℃保存した。反応終了した各液を非酵素的糖付加反応一後期反応生成物(AGE:Advanced Glycation End Products)液とした。

AGE固定済マイクロプレート(AGEのプレートへの固定にはZeptoMetrix社IMMUNO TEK ELISA construction systemを使用)に抗AGEモノクローナル抗体-peroxidase(0.1 μ g/ml)を50 μ lと各AGE液の100倍希釈液を50 μ l加え、室温で3時間放置後、0.05%Tween20を含むPBSで3回洗浄した。発色基質(KPL社TMB Microwell Peroxidase Substrate System 50-76-00)を100 μ l加え約3分間発色させた。1MH3PO4を100 μ l加え反応を停止させ直ちにマイクロプレートリーダーで450nmにおける吸光度を測定し、10mMG-Rutinの生成抑制率と比較することにより、相対的な生成抑制能を算出した。

3 結果および考察

3-1 試料中の総ポリフェノール含量

図1に、各試料中の総ポリフェノール含量の分布を示した。ほとんどの試料で、エタノール抽出よりも熱水抽出の方が高いポリフェノール抽出率を示していた。熱水抽出物ではピペリカム、アロニア、西洋カンボク、カリン、ガマズミ、フサスグリ、カシスなどに多く含まれていた。エタノール抽出物でも、ほぼ同様の結果であった。既報¹⁾で試料として用いたヤマブドウを含むベリー類には、含量の高いものが多かった。野菜類、穀類では少なかった。

3-2 各測定法によるラジカル消去活性の比較

図2に、各試料のDPPHラジカル消去活性の分布を示した。全体的に、熱水抽出物の方がエタノール抽出物よりも活性が高いが、これは総ポリフェノール含量が高いためと考えられる。約250点のサンプルを測定したが、その中で活性の低

いサンプル (1mg 没食子酸相当量/g 以下) は熱水抽出物で3割、エタノール抽出物で5割を占めており、活性の特に高い (10mg 没食子酸相当量/g 以上) サンプルは、抽出法によらず全体の1割に満たなかった。熱水抽出物では、ピペリカム、アロニア、西洋カンボク、ガマズミ、フサスグリ、カシス、カリン、青シソ、クロカワ、ナメコなどで高い活性を示した。エタノール抽出物では、これらに加えてブルーベリー (ラビットアイ) が高い活性を示した。ベリー類については高い活性を示すものが多く見られた。ベリー類は総ポリフェノール量も総じて高く、これが高いラジカル消去活性に寄与していると考えられる。

図3に、各試料のORACを指標としたラジカル消去活性の分布を示した。既報¹⁾では蛍光イメージアナライザーを用いたが、今回は蛍光プレートリーダーを用いて定量測定した。DPPHラジカル消去活性の高い試料は、ORACでも高い値を示す傾向が見られた。上記以外の試料で高い活性を示したものは、ナラタケ、バイアム、スピニチ、みず、あまちゃづる等であった。

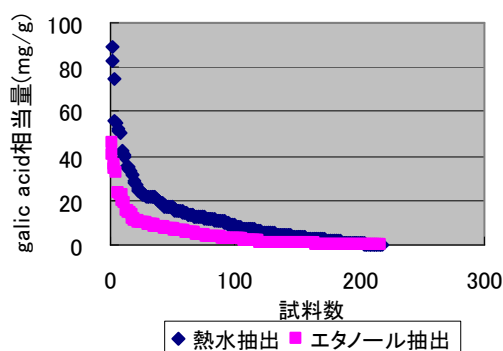


図1 総ポリフェノール含量分布

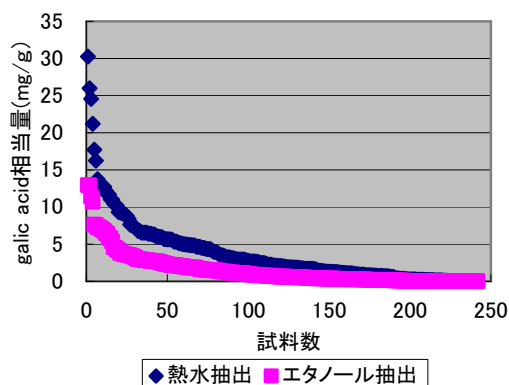


図2 DPPHラジカル消去活性分布 (没食子酸相当)

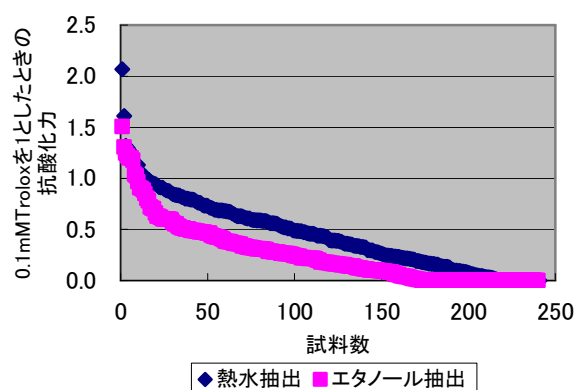


図3 ORAC分布

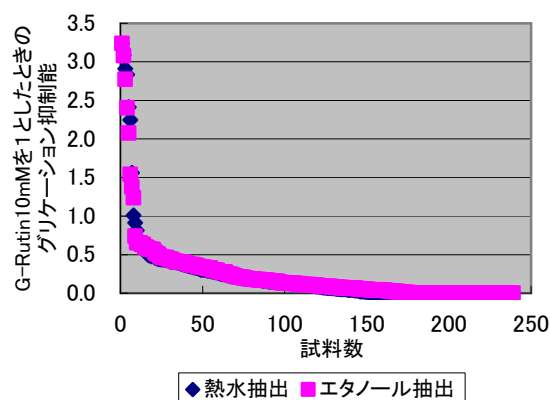


図4 糖化タンパク質 (AGE) 生成抑制能分布

表1 DPPHラジカル消去活性の高い試料のAGE生成抑制能 (熱水抽出物)

作物名	DPPHラジカル消去活性 (gallic acid 相当量)	AGE生成抑制能 (G-Rutin10mMを1とした時のAGE生成抑制率)
ピペリカム	26.0	2.91
アロニア	21.2	0.91
西洋カンボク	17.7	1.01
ガマズミ	16.3	1.56
フサスグリ	13.7	0.18
カシス	13.2	2.41
青シソ	12.8	0.4
カリン	12.7	2.84
ナメコ	11.7	0.0
イチゴ(女峰)	6.6	0.38
リンゴ(さんさ)	5.0	0.81

3-3 糖化タンパク質生成抑制活性

糖化タンパク質 (AGE) 生成抑制活性は、既報¹⁾では蛍光強度測定法を用いて評価したが、今回は競合的ELISA法を用

いた。この方法では、試料が蛍光性を有する場合や逆に蛍光を阻害する効果を有する場合でも測定結果に影響が出ないため、蛍光強度測定法よりも優れた手法といえる。また、多試料を同時に測定可能なため、不特定多数の試料からのランダムスクリーニングや、糖化抑制効果を有する試料(植物など)からの有効成分の精製に伴う分画サンプルの効果測定などに極めて有効であると考えられる。

図4に、各試料の糖化タンパク質生成抑制能の分布を示した。ラジカル消去活性の結果とは異なり、抽出法による分布の差は見られなかった。また、データは示していないが、総ポリフェノール量とAGE生成抑制能に相関は認められなかった。以上の事よりAGE生成抑制効果を持つ成分には、ポリフェノール類以外の物も含まれていると推測される。

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の生成を *in vivo* で抑制すると報告されている⁵⁾。10mM G-ルチンよりも高い抑制活性を示した試料は、熱水抽出物ではピペリカム、カリン、カシス、ガマズミ、西洋カンボク、エタノール抽出物ではカシス、カリン、アロニア、ブルーベリー(ラビットアイ)、グーズベリーなどであった。

AGE生成過程の一部では、ラジカル消去により生成反応を阻害すると言われている。そのため、ラジカル消去活性の高いサンプルは高いAGE生成抑制能が期待できる。表1にDPPHラジカル消去活性の比較的高いサンプルのAGE生成抑制能を示した。AGE生成抑制能の高い試料は、ラジカル消去活性も高い傾向にあった。しかし、フサスグリやナメコのようにその逆は当てはまらないものもあった。また、リンゴ(さんさ)のように、ラジカル消去活性は別段高いわけではないが、高いAGE生成抑制能を示すものも見られた。このようなサン

プルはAGE生成抑制に有効な成分を明らかにするという点からも非常に興味深く、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、約250種の食品素材の機能性を評価した。1次スクリーニングとして、DPPHラジカル消去活性、oxygen radical absorbance capacity (ORAC)、糖化タンパク質生成抑制能について評価し、どの評価法でも高い活性を持つ食品素材が見つかった。今後は、培養細胞を利用した評価系を用いて2次スクリーニングを行い、機能性に優れた食品の開発を進める予定である。

また、本研究の成果の一部をH16年3月末に行われた盛岡地方特産小果樹検討会において報告した。

本研究を行うにあたり試料を提供していただいた、林業技術センター、農業研究センター、県北農業研究所、(株)長根商店の皆様へ感謝いたします。

文 献

- 1) 小浜恵子、岸敦、米倉裕一、大澤純也、澤井秀幸、長澤孝志：岩手県工業技術センター研究報告，10，77-80 (2003)
- 2) Takeda, M., Ku, Y., Suzuki, Y. and Kuroda, Y.: Hepato-Gastroenterology 49. 928-931 (2002)
- 3) McLennan, S. V., Martell, S. K. Y. and Yue, D. K.: DIABETES 51, 2612-2618 (2002)
- 4) Cao, G., Verdon, C. P., Wu, A. H. B., Wang, H.: Clin. Chem., 41, 1738 (1995)
- 5) Nagasawa, T., Tabata, N., Ito, Y., Aiba, Y., Nishizawa, N. and Kitts, D. D.: Mol. Cell. Biochem., 252, 141-147 (2003)

ゆきちから と他の国内産小麦の製パン及び製めん特性比較

関村 照吉*、島津 裕子**

岩手県産と宮城県産及び福島県産の‘ゆきちから’と秋田県産の‘ハルイブキ’、北海道産の‘春よ恋’と‘キタノカオリ’、九州産の‘ニシノカオリ’の製パン性と製めん性を比較した。ワンローフパンでは、岩手県産と宮城県産の‘ゆきちから’及び北海道産の‘春よ恋’の体積がパン用粉パン並みに大きかった。中華めんでは、中華めん用粉に次いで、めんの色が黄色い北海道産の‘キタノカオリ’と灰分を少なく調整した福島産‘ゆきちから’の評価が良かった。

キーワード：‘ゆきちから’、国内産小麦粉、製パン性、製めん性

Yukichikara and the Other Domestic Wheat Comparison of the Baking Quality and Pasta Production

SEKIMURA Teruyoshi and SHIMAZU Hiroko

'Yukichikara' grown in Iwate, Miyagi and Fukushima, 'Haruibuki' grown in Akita, 'Haruyokoi' and 'Kitanokaori' grown in Hokkaido, 'Nishinokaori' grown in Kyushu were compared of their baking and noodle making aptitude. One-loof-bread volume made from 'Yukichikara' grown in Iwate and 'Haruyokoi' grown in Miyagi and Hokkaido had almost same volume with the bread from foreign bread flour. Chinese noodles made from 'Kitanokaori' grown in Hokkaido whose color is yellow and low ash-controlled 'Yukichikara' grown in Fukushima were evaluated secondly after the Chinese noodle flour.

key words: Yukichikara, domestic flour, baking quality, pasta production

1 緒 言

国の麦品種緊急開発プロジェクト¹⁾を受け、小麦の新品種が育成されてきている。‘ゆきちから’は、パン用品種として、岩手県が平成15年に奨励品種に、福島県と宮城県では奨励品種または準奨励品種に採用した。同じくパン用品種としては、秋田県では‘ハルイブキ’が栽培されている。

全国では、北海道で‘春よ恋’²⁾や‘キタノカオリ’³⁾が、九州では‘ニシノカオリ’⁴⁾が育成されている。本研究では、これら品種の製パン性を直捏ね法で比較した。更に、これらの品種は硬質小麦であり、中華めんの需要も考えられることから、製めん性も比較したので報告する。

2 実験方法

2 - 1 試料

供試小麦は2003年産で、製パン及び製めんそれぞれ表1に示すものを用いた。

表1 供試小麦粉

	水分	製パン試験	製めん試験
ゆきちから(岩手)	14.1		
ゆきちから(宮城)	12.2		
ゆきちから(福島)	13.7		
ゆきちから*(福島)	14.0		
ハルイブキ(秋田)	13.4		
キタノカオリ(北海道)	13.7		
春よ恋(北海道)	13.3		
ニシノカオリ(九州)	11.9		
パン用粉	14.0		
中華めん用粉	13.8		

* 食品技術部(現在 岩手県農業研究センター生産環境部)

** 食品技術部

これらの小麦粉はすべて小麦粉用の実用レベルの製粉機を用いて製粉した。表1の供試小麦粉のうち、‘ゆきちから’*(福島)は‘ゆきちから’(福島)と同じ小麦粉であるが、灰分を0.30%を目標に製粉した小麦粉である。製パン及び製めん用に使用した小麦粉に印を付けた。

2-2 小麦粉分析

小麦粉の成分分析は前報⁵⁾に準じた。

2-3 パン製造方法

品種による製パン性を比較するため、型焼き食パンとワンローフを製造した。型焼き食パンの製造方法は直捏ね製パン法で、小麦粉の総量は3kgとし配合表を表2に示した。

表2 製パン配合表

本	小麦粉	100	ミキシング	L H L H
	砂糖	5	捏上温度	
	食塩	2	発酵室温湿度	28、84%
	脱脂粉乳	2	発酵時間	1時00分
	ドライースト	1.5	パンチング	30分
	イーストフード	0.1	ベンチタイム	20分
	ショートニング	5	ホイロ温湿度	38、80%
	捏	仕込水	ホイロ時間	分
			焼成温度上	180
			下	220
焼成時間			35分	

表2の製パン法のうち、仕込み水の量とミキシング時間はそれぞれの品種により、生地の状態が異なることから、予め設定せず生地の状態を見ながら、最適と思われる加水量及び時間を加減した。また、捏上温度ができるだけ一定になるように仕込み水の温度を調整した。ベンチタイム、生地分割、及び成形は前報に準じ、ホイロ時間は前報に準じて計測した。生地詰め込み量は、3斤型に210g分割生地を6本詰めとした。ワンローフパンは、調製した生地から360gを分割し、1200cm³のパン型で焼成時間20分で製造した。

2-4 パン分析

パンの水分、老化の指標として硬さを圧縮仕事量として測定し、内相色の測定は前報に準じた。ワンローフの容積はナタネ置換法で測定した。

2-5 中華めん製造方法

中華めんの製造法は、食品総合研究所の中華めんの評価法⁶⁾に準じて製造した。小麦粉重量は水分13.5%換算で500gとし、小麦粉重量の32%の水に食塩1%及び炭酸カリウムと炭酸ナトリウムを6:4に混合したかんすい1%

を溶かした。縦型ミキサー(大竹麵機製)で10分間ミキシングし、製めん機(大竹麵機製)で、荒延ばし1回、複合2回で2mmのめん帯とし、めん棒に巻きつけ20に30分間放置した。その後3回の操作でめん帯1.4mmに圧延し、切り歯角20番で25cmの長さに切り、同時にめん帯も25cm切り取った。

2-6 中華めん分析

中華めんとめん帯は、4の冷蔵庫に保管し、色彩色差計で製めん当日及び翌日の表面色を測定した。また、めん帯の表面に顕在化する星の程度を評価した。製めん翌日のめんの2分間ゆで、ゆで歩合と官能評価を実施した。

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3に示す。タンパク質は、パン用粉の12.4%に対し、‘ハルイブキ’(秋田)が9.8%と最も低かった。パン用品種といっても、北海道産の‘キタノカオリ’と‘春よ恋’のタンパク質は約12%あったが、九州産の‘ニシノカオリ’は約10%であり、差が大きかった。灰分は、調整して製粉した‘ゆきちから’*(福島)が0.30%で最も低く、逆に調整しない‘ゆきちから’(福島)は0.52%で最も多かった。

表3 原料小麦粉の分析値(重量%)

	タンパク質	灰分
ゆきちから(岩手)	11.5	0.50
ゆきちから(宮城)	11.4	0.45
ゆきちから(福島)	10.3	0.52
ゆきちから*(福島)	10.0	0.30
ハルイブキ(秋田)	9.8	0.41
キタノカオリ(北海道)	11.8	0.47
春よ恋(北海道)	11.9	0.48
ニシノカオリ(九州)	10.2	0.41
パン用粉	12.4	0.37
中華めん用粉	11.0	0.30

3-2 製パンの特性値

表4に製パン時のハンドリングの難易、ホイロ時間及びワンローフパンのボリューム比を測定した結果を示した。ボリューム比とはワンローフ型に入れた生地が何倍の体積に増えたかを示す値である。

製パン時の作業効率に重要な生地ハンドリングは、‘ニシノカオリ’では難で、‘ゆきちから’(福島)と‘ハルイブキ’が中程度であった。その他の品種は比較的容易であった。食パンのホイロ時間は、最長の‘キタノカオリ’と最短の‘春よ恋’では、13分の差があった。‘

‘キタノカオリ’と‘ニシノカオリ’は、ホイロでボリュームが出ず、釜伸びもしなかった結果、ボリューム比が小さくなった。‘ハルイブキ’はハンドリングは中程度でホイロ時間も中程度であったが、最終的に釜伸びせずボリューム比が小さくなった。図1に‘ゆきちから’産地別のワンローフパンの写真を示した。

表4 パンの特性値

	生地ハンドリング	ホイロ時間(分)	ボリューム比
ゆきちから(岩手)	易	41	3.9
ゆきちから(宮城)	易	45	4.0
ゆきちから(福島)	中	41	3.3
ハルイブキ(秋田)	中	44	3.1
キタノカオリ(北海道)	易	50	3.3
春よ恋(北海道)	易	37	3.7
ニシノカオリ(九州)	難	48	2.7
パン用粉	易	40	3.9



図1 ‘ゆきちから’産地別ワンローフパン
左から岩手産、宮城産、福島産、パン用粉

また、図2に各品種のワンローフパンの写真を示した。



図2 各品種のワンローフパン
左からゆきちから、ハルイブキ、ニシノカオリ、キタノカオリ、春よ恋

3-3 パンの内相色とすだち状態

図3に型焼き食パンの内相色を立体図に表した。‘春よ恋’はパン用粉並みの色であった。‘キタノカオリ’は黄色が強く、‘ゆきちから’は色が最も白度が低かった。‘ハルイブキ’は‘キタノカオリ’と‘ゆきちから’の中間の色であった。

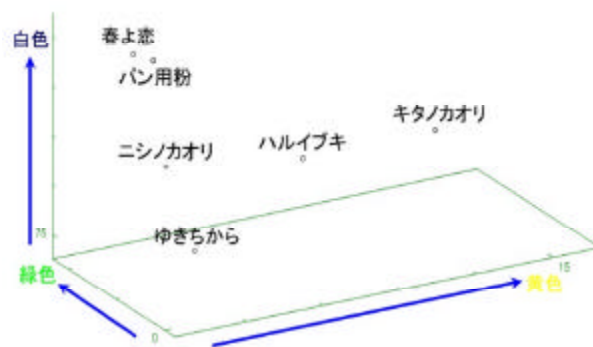


図3 型焼き食パンの内相色

白色：L*値、黄色：b*値、緑色：-a*値

3-4 中華めんの特性値

中華めんの特性値について表5に示す。

表5 中華めんの特性値

	ゆで歩合	官能評価	星の程度
ゆきちから(福島)	2.65	3	3
ゆきちから*(福島)	2.62	4	5
ハルイブキ	2.68	2	1
ニシノカオリ	2.49	3	4
キタノカオリ	2.56	4	3
中華めん用粉	2.70	5	5

官能評価 項目：色・なめらかさ・弾力・ゆでのびを5人のパネルで評価

1:めだつ、2:少しめだつ、3:普通、4:ほとんどめだたない、5:めだたない

表5でゆで歩合とは一定重量の生めんが何倍重量のゆでめんになったかの指標で、大きいほど好ましいとされる。‘ニシノカオリ’が最も小さく、中華めん用粉が最も大きかった。官能評価では、‘キタノカオリ’の評価が4となった。めん帯の星の程度は‘ハルイブキ’がめだち、‘ゆきちから’と‘キタノカオリ’は普通であり、‘ニシノカオリ’はほとんどめだたなかった。灰分を少なく調整した‘ゆきちから’*(福島)はゆで歩合が調整前より若干下がったが、星の程度はほとんど目立たず、官能評価でも4となった。図4にめん帯の写真を示した。‘ゆきちから’のめん帯色はくすんでいて、‘キタノカオリ’は黄色く、‘ゆきちから’*(福島)と中華めん用粉は同じような色であった。



図4 めん帯写真

左からゆきちから、ゆきちから*(福島)、ハルイブキ、ニシノカオリ、中華めん用粉

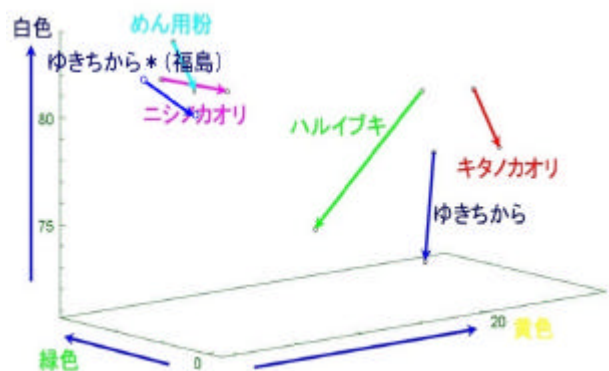


図5 中華めん帯の色変化

始点：製めん当日の色、終点：翌日の色

白色：L*値、黄色：b*値、緑色：-a*値

3-5 中華めん帯の色変化

図5に製めん当日と翌日のめん帯の色変化を示した。いずれのめん帯とも白度は低下した。‘キタノカオリ’は黄色が強く、‘ゆきちから’は白度が低かった。しかし、灰分調整した‘ゆきちから’*(福島)はめん用粉と同等の色で、白度低下の度合いも低く、灰分が低くなるように製粉することによって、色を改善した中華めんが製造可能であることが判った。

4 結 言

岩手県産と宮城県産及び福島県産の‘ゆきちから’と秋田県産の‘ハルイブキ’、北海道産の‘春よ恋’と‘キタノカオリ’、九州産の‘ニシノカオリ’の製パン性を直捏ね法で、また、製めん性も比較した。その結果、ワンローフパンでは岩手県産と宮城県産の‘ゆきちから’及び北海道産の‘春よ恋’の体積がパン用粉並みに大きく製パン性に優れると判断された。中華めんでは、中華めん用粉に次いで、めんの色が黄色い北海道産の‘キタノカオリ’と灰分を少なく調整した‘ゆきちから’の評価が良く、中華麺適性も高いと判断された。

本研究は農林水産省の「新鮮でおいしい「ブランド・ニッポン」農産物提供のための総合研究」を(独)東北農業研究センターから受託して実施したものである。関係各位に深謝致します。

文 献

- 1) 研究成果397:国の麦品種緊急開発プロジェクト、農林水産技術会議事務局
- 2) 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
- 3) 研究開発最前線:ブランドニッポン 2003、平成15年1月
- 4) 麦の高品質化を目指して:農林水産省農林水産技術会議・農林水産研究レポート No.1(2001)
- 5) 関村照吉他1名:岩工技報,10,85(2003)
- 6) 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

外国産パン専用粉混合による ゆきちから と ハルイブキ の製パン性比較

関村 照吉*、島津 裕子**

岩手県産の‘ゆきちから’と秋田県産の‘ハルイブキ’に外国産パン用粉を混合した場合、どのぐらいの割合で製パン性が改善されて老化が抑制されるか、また、製パン方法の違いがパンの体積に影響するか試験した。2003年産の‘ゆきちから’はパン用粉を配合しなくとも製パン性が良く、‘ハルイブキ’は25%以上パン用粉を混合すると体積が大きく、製パン法では直捏ね法が中種法よりもパンの体積が大きくなったことから適していると判断された。食パンの老化は、両品種とも製パン性が良くなる混合比率以上で老化の遅延効果がみられたが、保存後4日目以降はパン用粉パンとの差は広がり良くなかった。

キーワード：‘ゆきちから’、‘ハルイブキ’、製パン性

Comparison of Baking Quality of *Yukichikara* and *Haruibuki* Blending with Foreign Wheat

SEKIMURA Teruyoshi and SHIMAZU Hiroko

'*Yukichikara*' grown in Iwate and '*Haruibuki*' grown in Akita were mixed with the foreign bread flour. Baking quality and aging control depending on the mixing ratio, and volume of the bread depending on the baking methods were examined. '*Yukichikara*' of 2003 had better baking quality than the last year's one without mixing foreign flour, though '*Haruibuki*' needed more than 25% of the foreign flour to improve the volume. Volume of the bread using straight-mixing method was larger than that of the bread using twice-mixing method. At the both flour, the good effect of delay of aging could be found more than the mixing ratio for improving baking quality with foreign bread flour. However, the effect of delay of aging was found after the fourth day.

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

1 緒 言

これまで、岩手県で平成15年2月に小麦の奨励品種とした‘ゆきちから’について、市販パン用粉と比較してホームベーカリーで焼いた場合¹⁾や、製パン設備で製造する場合のミキシング条件と製造した食パンの老化の度合いを研究してきた。その結果、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ること。製パン性評価では、市販パン用粉よりも若干劣り、高速ミキシング時間を短くすること、また、食パンの老化は市販パン用粉の食パン程度であることを報告²⁾している。

今年度は、岩手県産の‘ゆきちから’と秋田県産の‘ハルイブキ’に外国産パン用粉を混合した場合、どのぐらいの割合で製パン性が改善され且つ老化が抑制されるか、また、直捏ね法や中種法などの製パン方法の違いにより、パンの体積にも違いがでるのか研究したので報告する。

2 実験方法

2-1 試料

供試小麦は2003年産で、表1に示すものを用いた。これらの小麦はすべて製粉会社を通じて入手したもので、

* 食品技術部（現在 岩手県農業研究センター生産環境部）

** 食品技術部

市販されている小麦粉を製粉するものと同様の製粉機を用いて製粉したものを使用した。‘ゆきちから’ (A)、(B)、(C)は岩手県産で、岩手県内3社の製粉工場で製粉したもので、‘ハルイブキ’ (A)、(B)は秋田県産で、産地の異なる小麦を岩手県内の製粉工場で製粉したものである。外国産パンブレンド用粉は、県内の製粉会社を通じて入手したカナダ産パン専用粉で、対照には市販のパン用粉を用いた。

表1 供試小麦粉

	水分
ゆきちから (A)	14.1
ゆきちから (B)	13.9
ゆきちから (C)	14.5
ハルイブキ (A)	13.4
ハルイブキ (B)	13.2
ブレンド用粉	13.6
パン用粉	14.0

2-2 小麦粉分析

小麦粉の成分分析は前報2)に準じた。

2-3 製造方法

小麦粉は、ミキシング前に重量比で混合した。比較品種はすべて型焼き食パンとワンローフを製造した。型焼き食パンの製造方法は、直捏ね製パン法と中種製パン法で、粉の総量は3Kgとし、それぞれの配合割合を表2及び3に示した。

表2 直捏ね製パン法

本	小麦粉	100	ミキシング	L H L H
	砂糖	5	捏上温度	
	食塩	2	発酵室温湿度	28、84%
	脱脂粉乳	2	発酵時間	1時00分
	ドライースト	1.5	パンチング	30分
	イーストフード	0.1	ベンチタイム	20分
	ショートニング	5	ホイロ温湿度	38、80%
	仕込水		ホイロ時間	分
	捏		焼成温度上	180
			下	220
		焼成時間	35分	

製パン法のうち、仕込水の量とミキシング時間はそれぞれの品種により、生地の状態が異なることから、予め設定せず、生地の状態を見ながら、最適と思われる量及び時間を加減した。また、捏上温度ができるだけ一定になるように仕込み水の温度を調整した。ベンチタイム、

生地分割、及び成形は前報に準じ、ホイロ時間は前報に準じて計測した。生地詰め込み量は、3斤型に210g分割生地を6本詰めとした。ワンローフパンは、調製した生地から360gを分割し、1200cm²のパン型で焼成時間20分で製造した。

表3 中種製パン法

中	小麦粉	70	ミキシング	L H
	ドライースト	1.5	捏上温度	
	イーストフード	0.1	発酵室温湿度	28、84%
	仕込水		発酵時間	4時00分
本	小麦粉	30	ミキシング	L H L H
	砂糖	5	捏上温度	
	食塩	2	発酵(70F)	20分
	脱脂粉乳	2	ベンチタイム	20分
	ショートニング	5	ホイロ温湿度	38、80%
	仕込水		ホイロ時間	分
	捏		焼成温度上	180
			下	220
			焼成時間	35分

‘ゆきちから’ (A)、(B)、(C)をそれぞれ製パンしたところ、同程度に製パン可能であったことから、データは‘ゆきちから’ (A)を記載した。‘ハルイブキ’ (A)、(B)は、‘ハルイブキ’ (B)の単独の製パン結果がよくなかったことから、‘ハルイブキ’ (A)にブレンドすることとした。ブレンド量は、‘ゆきちから’ (A)と‘ハルイブキ’ (A)をそれぞれ単独で製パンした結果から、‘ゆきちから(A)’にはブレンド用粉を0、2.5、10%の混合とし、‘ハルイブキ’ (A)では0、10、25、50%の混合とした。

2-4 パンの分析

パンの水分、内相の色及び老化程度などの特性分析は、前報に準じ実施した。ワンローフパンの容積は、ナタネ置換法で測定し、生地の量で割ったボリューム比を算出した。

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4に示す。‘ゆきちから’のタンパク質含量の平均は11.5%で灰分は0.48%であった。‘ハルイブキ’ (A)、(B)はタンパク質含量に0.6%の差があり、‘ハルイブキ’ (B)は前述のようにハンドリングが悪く、体積が大きくならなかった。

外国産パン専用粉ブレンドによる ゆきちから と ハルイブキ の製パン比較

表4 原料小麦粉の分析値(重量%)

	タンパク質	灰分
ゆきちから(A)	11.5	0.50
ゆきちから(B)	11.4	0.49
ゆきちから(C)	11.6	0.45
ハルイブキ(A)	9.8	0.41
ハルイブキ(B)	9.2	0.41
ブレンド用粉	12.6	0.37
パン用粉	12.4	0.37

3-2 製パンの特性値

表5に直捏ね法製パンの生地ハンドリングの難易、ホイロ時間及びワンローフパンのボリューム比を測定した結果を示した。ボリューム比とはワンローフ型に入れた生地が何倍のボリュームに増えたかを示す値である。

表5 直捏ね法パン分析値

	生地ハンドリング	ホイロ時間(分)	ボリューム比
ゆきちから	易	41	3.9
ゆきちから +ブレンド用粉(2.5%)	易	41	3.6
ゆきちから +ブレンド用粉(10%)	易	44	3.5
ハルイブキ	中	44	3.1
ハルイブキ +ブレンド用粉(10%)	中	50	3.3
ハルイブキ +ブレンド用粉(25%)	易	50	3.7
ハルイブキ +ブレンド用粉(50%)	易	47	3.9
パン用粉	易	40	3.6

‘ゆきちから’では、ブレンド用粉を混合しなくとも生地ハンドリングは容易であり、ボリューム比は配合が多いほど数値は小さくなったが、特に問題になるような状態ではなかった。‘ハルイブキ’では、10%までのブレンドではハンドリングも良くなかつ、ボリューム比も小さかったが25%や50%ではそれらが改善された。図1に直捏ね法で製造した‘ゆきちから’ワンローフパンの写真を、図2に‘ハルイブキ’のそれを示した。



図1 直捏ね法‘ゆきちから’ワンローフ
左から‘ゆきちから’にブレンド用粉0、2.5、10%



図2 直捏ね法‘ハルイブキ’ワンローフ
左から‘ハルイブキ’にブレンド用粉0、10、25、50%

表6に中種法製パンの分析値を示した。‘ゆきちから’では、直捏ね法同様にブレンド用粉をブレンドしなくとも生地ハンドリングは容易であり、ボリューム比は配合が多いほど大きくなった。‘ハルイブキ’では、25%までのブレンドではハンドリングも良くなかつ、ボリューム比も小さかったが50%ではそれらが改善された。図3に中種法で製造した‘ゆきちから’ワンローフパンの写真を、図4には‘ハルイブキ’ワンローフパンの写真を示した。

表6 中種法製パン分析値

	生地ハンドリング	ホイロ時間(分)	ボリューム比
ゆきちから	易	46	2.8
ゆきちから +ブレンド用粉(2.5%)	易	54	3.4
ゆきちから +ブレンド用粉(10%)	易	48	3.7
ハルイブキ	難	34	3.0
ハルイブキ +ブレンド用(10%)	中	50	3.3
ハルイブキ +ブレンド用(25%)	易	50	3.4
ハルイブキ +ブレンド用(50%)	易	47	3.9
パン用粉	易	46	4.0



図3 中種法‘ゆきちから’ワンローフ
左から‘ゆきちから’にブレンド用粉0、2.5、10%



図4 中種法‘ハルイブキ’ワンローフ
左から‘ハルイブキ’にブレンド用粉0、10、25、50%

製パン方法別のボリューム比は、直捏ね法の‘ゆきちから’のボリューム比の平均3.7、‘ハルイブキ’は平均3.5に対し、中種法では‘ゆきちから’の平均3.3、‘ハ

ルイブキ'は平均3.4であることから、両品種とも体積の大きいパンが作れた直捏ね法が中種法よりも適していた。

3-3 直捏ね法パンの老化

ポリウムが出る直捏ね法で製造した型焼き食パンの老化の程度を、パンの内相の硬さを圧縮仕事量として測定した。'ゆきちから'の硬さ変化を図5に、'ハルイブキ'のそれを図6に表した。

'ゆきちから'と'ハルイブキ'はブレンド比率を増していくと硬さは小さくなり、老化が遅延した。保存日数6日目で比較した場合'ゆきちから'では、ブレンドしなくても $8 \times 10^5 \text{erg}$ 程度であったが、'ハルイブキ'では25や50%ブレンドしないと $8 \times 10^5 \text{erg}$ 程度にはならなかった。しかし、'ゆきちから'に10%ブレンドしても、保存日数4日目以降はパン用粉パンの硬さとの差は広がり、老化が進んだ。

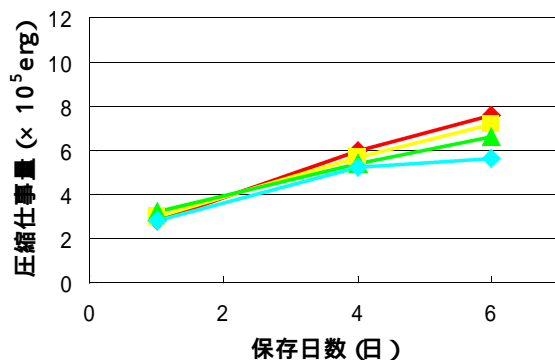


図5 'ゆきちから'の型焼き食パンの硬さ変化

- ◆ : ゆきちから、■ : ゆきちから+ブレンド' 用粉2.5%
- ▲ : ゆきちから+ブレンド' 用粉10%、◆ : パン用粉

4 結 言

岩手県産の'ゆきちから'と秋田県産の'ハルイブキ'に外国産パン用粉を混合し、どのぐらいの割合で

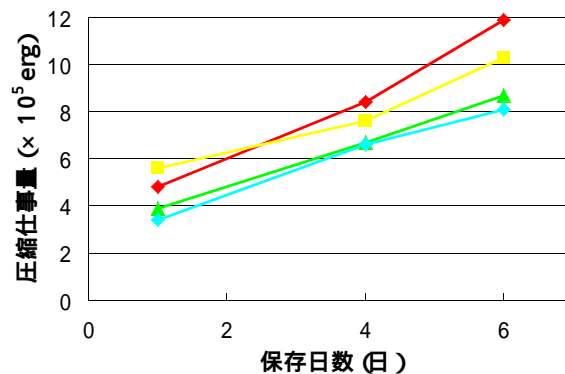


図6 'ハルイブキ'の型焼き食パンの硬さ変化

- ◆ : ハルイブキ、■ : ハルイブキ+ブレンド' 用粉10%
- ▲ : ハルイブキ+ブレンド' 用粉25%
- ◆ : ハルイブキ+ブレンド' 用粉50%

製パンが改善され且つ老化が抑制されるか、また、製パン方法の違いにより、パンの体積が大きくなるか試験した結果、2003年産の'ゆきちから'はブレンドしなくても製パン性は良く、'ハルイブキ'は25%以上のブレンドで改善できた。製パン法では直捏ね法が中種法よりも体積が大きくなった。食パンの老化は、両品種とも製パン性が良くなるブレンド比率以上で改善がみられたが、保存4日目以降はパン用粉パンとの差は広がり良くなかった。

本研究は農林水産省の「新鮮でおいしい「ブランド・ニッポン」農産物提供のための総合研究」を(独)東北農業研究センターから受託して実施したものである。関係各位に深謝致します。

文 献

- 1) 関村照吉他1名:岩工技報,9,185(2002)
- 2) 関村照吉他1名:岩工技報,10,85(2003)

ナンブコムギの特性に応じた製パン加工技術の開発

島津 裕子*、関村 照吉**、大澤 純也*

ナンブコムギの需要拡大のためには、パンへの利用も望まれるところである。しかし、ナンブコムギの製パン適性は、グルテンの量や質などで強力粉に及ばないことから、パン加工には一工夫が必要である。そこで、ナンブコムギの特性に応じた製パン法について検討したところ、ミキシングは、低速5分、油脂添加後さらに低速2分程度が良好であった。また、リーンなパンには数%の砂糖や卵を配合することによって、官能評価を良くすることができた。さらに、モルトエキスの使用も食感、風味等を向上させることがわかった。これらの加工法により、ナンブコムギの個性あるパンの開発に取り組んだ。その結果、ナンブコムギの素朴な風味を活かしたパンとしてマフィン、ベーグル、クルミパン、メロンパンの4種類を県内加工業者へ提案することができた。

キーワード：ナンブコムギ、パン加工技術

Development of Manufacturing Method of Bread

Appropriate for *Nanbukomugi*

SHIMAZU Hiroko, SEKIMURA Teruyoshi and OHSAWA Junya

Nanbukomugi should be more used for bread, in order to expand demand for it. But, its aptitude for bread is not equal to all-purpose flour in terms of the quantity and quality of gluten. So some contrivance is necessary for manufacturing bread. Therefore manufacturing method of bread was studied appropriate for the characteristic of *Nanbukomugi*. As a result, we obtained the following method: mix for five minutes at low speed, then add oil and mix for about two minutes at low speed. Adding egg and sugar at small percent gives better taste evaluation to lean bread. Furthermore, adding malt extract also increases texture and taste. With these contrivances, we made every effort to develop unique breads of *Nanbukomugi*. Taking advantage of its simple taste, four types of breads: muffin, bagel, chestnut bread and melon-shaped bread, are proposed to the manufacturers in our prefecture.

key words : *Nanbukomugi*, manufacturing method of bread

1 緒 言

県産小麦の生産量は平成8年から11年頃には3000t程度で推移していたが、平成12年以降水田転作等により、生産量は年々増加し平成14年には7800tに達した。このため、小麦の需要の拡大を目的に、平成14年から3カ年の委託事業として県産小麦使用加工品開発事業がスタートした。本県の小麦の主力品種であるナンブコムギは軟質系で中力粉であるが、

比較的蛋白質が高めなことから、麺など以外にパンもできる国産小麦として知られている。

昨年は関村ら¹⁾が、市販パン用粉と比較しナンブコムギの製パン性を評価した。その結果、ナンブコムギは、市販パン用粉より蛋白質含量が2~3%少なかった。また、グルテンが弱く、ボリュームや食感、老化の面で評価が劣った。

そこで、今回はナンブコムギの製パン評価を改善するため、

* 食品技術部

** 食品技術部（現在 岩手県農業研究センター生産環境部）

その特性に配慮した製パン方法並びに原料配合等を検討したので報告する。

2 実験方法

2-1 試料

ナンブコムギは県内製粉会社3社から平成14年産3点、平成15年産2点を購入し試験に供した。内訳は A社14年産 B社14年産 B社15年産 C社15年産 A社14年産の5点で、と は銘柄が異なる。

2-2 小麦粉分析

水分の分析は、135 2時間乾燥、灰分は 550 で恒量に達するまで灰化、粗蛋白質はケルダール法にて分析し、蛋白換算係数 5.7 を乗じて算出した。ビスコグラム、ファリノグラムの値についてはブラベンダー社製を用いて測定した。

2-3 ミキシング条件検討

ナンブコムギ を使用して、ストレート法でワンローフを焼き最適ミキシング条件を検討した。原料配合は小麦粉 100% (仕込み規模 600g)、ドライイースト 1%、塩 2%、砂糖 5%、ショートニング 2%、水 58%とした。油脂添加前のミキシングを、試験区により低速 4分から低速 7分まで 1分間隔で変え、油脂添加後はすべて低速 2分という条件で実施した。各々の条件でミキシング後、1次発酵 28 90分、パンチ、2次発酵 20分、分割 400g、ベンチタイム 20分、ホイロ 38 55分とし、上火 200 下火 210 で 27分焼成した。各試験区の生地の状態やパンのボリューム、比容積等から最適ミキシング条件を判断した。なお、パンの容積は菜種置換法で測定した。

2-4 供試ナンブコムギの製パン性比較

試験に供したナンブコムギ5点について、ストレート法でワンローフを焼き製パン性を比較した。原料配合は各小麦 100% (仕込み規模 600g)、ドライイースト 1%、塩 2%、砂糖 5%、ショートニング 5%、水 58%とした。製造工程は L 5 L 2 M 0.25 でミキシング後、ホイロまでは前述と同様とし、上火 180 下火 220 で 25分焼成した。

2-5 1 製パン法の比較

ポーリッシュ法とストレート法でフランスパンを焼き、どちらがナンブコムギに適しているか比較した。使用小麦は 2kg 仕込みとした。ポーリッシュ法の配合は水種が小麦 30%、ドライイースト 0.1%、水 30%、本捏は水種と小麦粉 70%、ドライイースト 0.7%、塩 1.8%、モルトエキス 0.5%、

ビタミン C 10ppm、水 28%とした。製造工程は水種を 20 で 18時間発酵後、本捏は低速 3分とした。1次発酵 90分、分割 250g、ベンチ 15分、ホイロ 40分、焼成 200 36分とした。ストレート法はドライイースト 1%、その他の配合はポーリッシュ法と同量とした。ミキシングは低速 5分、ホイロまではポーリッシュ法と同様とし焼成は 200 33分とした。

2-5-2 各種パン配合検討

パンの種類ごとに次のような配合試験を実施した。フランスパンでモルトエキス 0.5%と砂糖 1%の比較試験。リーナーなプチパンで砂糖・卵の配合試験。マフィンでコーンスターチ添加試験、トレハロース置換試験、ショートニング量および焼き時間検討試験。クルミパンでイーストフード・モルトエキス添加試験、トレハロース置換試験。ベーグルで配合比較試験、胡麻配合試験。メロンパンでモルトエキス添加試験を行った。

2-6 官能試験

パンの品質採点や官能評価は、次のいずれかの方法を用いて実施した。パネラーは当センター職員で行った。

(1) イースト工業会パン酵母試験法による品質採点²⁾

比容積 30、焼き色 10、形均整 5、皮質 5、すだち 10、色相 5、触感 5、香り 15、味 15 の点数配分で 5段階評価

(2) 色、味、香り、食感、総合の各項目について、良い 5、やや良い 4、普通 3、やや劣る 2、劣る 1 の 5段階評価

(3) 色、味、香り、総合について、対照区を普通 3 とし、それと比較し試験区を 5段階評価した。

3 結果および考察

3-1 小麦粉分析

試験に供したナンブコムギ5点の分析結果を表1に示した。蛋白質含量は 9.4%~10.8%、平均 10.1%で、最低値は平成15年産の、最高値が平成14年産のであった。中力粉としては高めの蛋白質含量ではあるが、やはりパン用にはもう 1~2%は欲しいところである。

ファリノグラムのパロリメーターバリュー(W)は強力粉が 70程度、薄力粉が 30程度といわれている。蛋白質含量が最も高かった の W は 50 と高く、蛋白質含量が最も低かった の W は 34 と低かった。このように蛋白質含量は W にも大きく影響することがわかった。パン用としてはやはり蛋白質含量が高く、かつ W も高い小麦が望まれる。アミログラム値については最高粘度が 720~1073BU で特に問題はなかった。

表1 供試ナンブコムギ分析結果

ナンブ コムギ(粉) (年産)	水分 (%)	灰分 (%)	蛋白質 (%)	ファリノグラフ結果				アミログラム結果	
				吸水率 (%)	Stab (分)	D T (分)	V V (分)	W k (BU)	最高粘度 (BU)
(H14)	14.6	0.49	9.9	56.8	3.5	3.7	42	90	1073
(H14)	14.3	0.49	10.4	57.0	3.0	3.7	45	75	935
(H15)	12.4	0.52	9.4	56.0	2.3	2.0	34	130	873
(H15)	14.5	0.44	10.1	56.3	4.0	4.8	49	80	784
(H14)	13.7	0.50	10.8	59.5	4.0	5.0	50	80	720

3-2 ミキシング条件検討

ナンブコムギに適したミキシング条件の検討結果を表2に示した。油脂添加前のミキシングが低速4分では生地伸びが不十分でミキシング不足であった。一方、低速7分をかけると逆に生地がメタついてしまいミキシングオーバーとなった。生地の取り扱いやすさやパンのボリューム、比容積等から判断し、ナンブコムギのミキシング条件は低速5～6分、油脂添加後さらに低速2分程度のミキシングが適当と思われた。なお、強力粉では、さらに中、高速が数分プラスされる。

表2 ミキシング条件検討結果

項目	1	2	3	4
キシング	L4 L2	L5 L2	L6 L2	L7 L2
生地状態	伸び不十分	感触良好	ややメタつく	メタつく
ボリューム	1380ml	1500ml	1540ml	1430ml
重量	351g	355g	350g	347g
比容積	3.9	4.2	4.4	4.1

3-3 供試ナンブコムギの製パン性比較

試験に供した5点のナンブコムギについて、ワンローフで製パン性の比較試験を実施してみた。パン生地の状態は、はデリケートで弱々しい感触であったが、は反発のパワーを感じることができた。パンの容積や比容積を測定した結果、蛋白質含量の最も高かったがボリューム(1655ml)、比容積

表3 供試小麦のワンローフ品質採点結果

小麦粉	比容積	焼き色	形均整	皮質	すだち	色相	触感	香り	味	計	総合 評価
	(30)	(10)	(5)	(5)	(10)	(5)	(5)	(15)	(15)	(100)	
	16	7	3.8	4	6.3	3.5	4	12	11	68	D
	16	6.3	4	3.8	5.5	3.5	3.8	11	9	63	D
	14	7	3.8	3.3	5.5	3	3	8	7	55	E
	16	7.8	3.8	3.5	5.5	3.5	3.5	11	9	64	D
	17	7	4	4	6.3	3.5	4	10	11	67	D

(4.7)とともに最も高かった。一方、蛋白質含量が最も低い はボリューム(1555ml)、比容積(4.4)ともに最低となり製パン性が劣った。また、のパンはボソボソ感も強く、表3の品質採点結果でも触感、香り、味、計で評価が劣った。これらの結果からも、製パン性には小麦の蛋白質含量がいかに重要なファクターであるか再確認された。なお、総合評価は がE、その他はD評価であった。これは、イースト工業会のパン品質採点法による評価であり、強力粉のパンの普通評価Cレベルにはいずれも達しなかった。ナンブコムギは蛋白質の質、量ともに強力粉とは異なる点を考慮する必要がある。

3-4 製パン法の比較

ナンブコムギでフランスパンを作るにはどのような製法が適しているか、ポーリッシュ法とストレート法で比較検討してみた。パンの品質採点結果を図1に示した。比容積はストレート法が1点高かったものの、色、すだち、皮質、触感、香り、食感の評価はほとんど差がなかった。ナンブコムギはそれ自体風味に特徴があるので、これら製法の違いによる風味の差は僅少で優劣は認められなかった。ポーリッシュ法が良い4名、どちらも同じ評価4名、ストレート法が良い4名という結果であった。5点満点の総合評価の平均はどちらも同じ2.73で普通評価3に達しなかった。パサパサ、ボソボソ

というコメントがあり、食感の改善が必要と思われた。

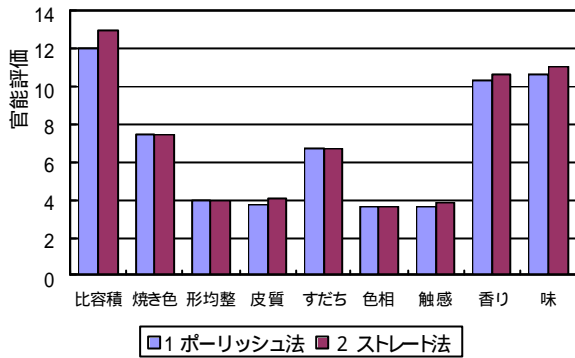


図1 製法比較試験結果

3-5 各種パン配合検討

3-5-1 モルトエキス0.5%・砂糖1%の比較(フランスパン)

バゲット等のリーンなフランスパンの配合は、小麦粉、塩、モルトエキスである。もし、モルトエキスがないときはイーストの発酵促進剤として砂糖1%で代替できるという³⁾。そこで、モルトエキス0.5%と砂糖1%で違いがあるのかどうか比較してみた。その結果、パンの色、触感、香りの評価に差は認められなかったが、比容積、すだち、味の評価では砂糖よりもモルトエキスの方が良い結果であった。これより、できればモルトエキスを使用した方が良いと思われた。

3-5-2 砂糖、卵の配合試験(リーンなプチパン)

先のナンブコムギのフランスパンの試験で、小麦粉、塩、モルトエキスの配合だけでは不十分あり、改善が必要と思われた。そこで、プチパンで砂糖、卵の配合を検討してみた。その官能試験結果を図2に示した。

11人のパネルによる5段階評価の平均値を示したものである。砂糖2%区はすべての項目が3点以下であった。「硬すぎ

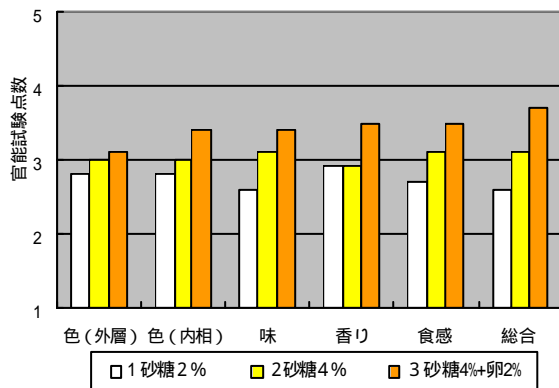


図2 プチパン配合試験結果

る」「ネバリ少なくボソボソした感じ」とコメントされた。砂糖4%区で、ほぼ3点の「ふつう」の評価となった。しかし、「味がまいち」「皮が厚い」という感想もあった。

以上より、ナンブコムギの場合、リーンなパンであっても砂糖を4%程度は配合した方が良いと思われた。

さらに、天然の乳化剤である卵を2%配合してみるとパンの色、味、香り、食感、総合評価のすべての項目で評価が3以上となり、製パン性が改善された。卵はナンブコムギパンの製パン性を改善する優れた副原料と思われた。

3-5-3 コーンスターチ添加試験(マフィン)

ナンブコムギのパンとして当初フランスパンのような堅焼きパンを目標としたが、食感や老化の面で課題が多かった。そこで、副原料を少し増やした食用パンについて検討することとし、マフィンを試作してみたところ、ナンブコムギの風味を十分味わうことができ有望なパンと思われた。そこで、はじめに、マフィンの食感改善効果を期待しコーンスターチの添加を試みた。

その結果、コーンスターチを5%添加することにより、内相はやや白くなった。しかし、味、食感、総合評価はかえって劣る結果となり、ほとんど製パン性改善効果は認められなかった。

3-5-4 トレハロース置換試験(マフィン)

トレハロースは澱粉の老化防止やケーキ類の食感をふっくらさせる効果があると言われている。そこで、マフィンでその効果を検討してみた。トレハロースの甘さは砂糖の45%程度とされているので、同程度の甘さとするため、マフィンの砂糖1%分をトレハロース2%で置換してみた。

17人のパネラーによる官能試験結果を図3に示した。その結果、トレハロース置換で味、香りは良くならなかった。しかし、内相の色と食感、総合でわずかながらトレハロース置

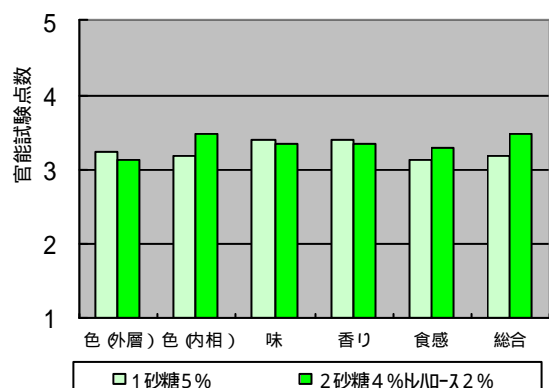


図3 トレハロース置換試験結果

換の効果が認められた。トレハロース2%の置換で食感の平均点が3.12から3.29に、総合評価は3.18から3.47となった。

なお、老化については4日後に差を感じることはできず、老化防止効果まで認めることはできなかった。

3-5-5 ショートニング配合量および焼き時間検討試験（マフィン）

ナンブコムギのパンは吸水率が低いことも原因の一つと考えられるが、食感がボソボソとなりやすい。そこで、ショートニングの配合割合や焼き時間を変えることで食感を良くすることはできないか検討した。

焼き時間15分では焼き色の評価が2.55と低く、20分焼くことで評価は3.55となった。良く焼けた色の方が好まれた。15分焼いたものは食感がやわらかな点が評価されたものの、焼きが甘い、焼き不足というコメントもあった。一方、20分焼いたものは味や香りの評価がやや良かったもののボソボソ感があり、食感がやや劣った。以上より、食感や風味を考慮すると焼き時間はこの中間位が適当と思われた。

次にショートニング量の違いが製パン性にどの程度影響するかをみたところ、官能的にあまり違いはなかったが、ショートニング4%では味と総合の評価がやや良く、ショートニング8%では色、香り、そしてもちもち感があることから、食感の評価が幾分良かった。以上より、ショートニングの増加は、わずかながら食感の改善効果があった。

3-5-6 イーストフード、モルトエキス添加試験（クルミパン）

ナンブコムギでクルミパンを試作してみたところ、ナンブコムギの風味とクルミの風味がマッチすること、また、クルミの色で、生地が着色するため、ナンブコムギの色がカバーされるなど、ナンブコムギのパンとして有望と思われた。はじめに、イーストフードとモルトエキスの添加効果を調べてみた。その結果、イーストフードの添加効果がほとんど認められなかった。これは使用したドライイーストは既にビタミンCが添加されているもので、このビタミンCで十分なためビタミンCフードの効果が認められなかったものと思われる。また、モルトエキスを0.5%添加することにより、味、香り、総合ともに評価が良かった。クルミパンでもモルトエキス0.5%の添加効果が認められたことから、モルトエキスはナンブコムギパンに有用な副原料と思われた。

3-5-7 トレハロース置換試験（クルミパン）

マフィンで2%のトレハロース置換がわずかながら食感の改善効果が認められたことから、クルミパンではさらにトレハロースの量を増やした場合の改善効果について検討することとし、砂糖2%分をトレハロース4%で置換してみた。その結果、トレハロース4%置換では、生地がべたついてしまい取り扱いにくくなり、パンの味、香り、食感も劣る結果となった。これより、トレハロースについては、単純に量を増やせばよいというわけではなく、使用量には注意が必要である。

3-5-8 配合比較試験（ベーグル）

ベーグルは焼成前に生地を熱湯にくぐらせる。ナンブコムギのパンは皮が厚く硬くなりやすいが、試作の結果、この製法はその改善効果があることがわかった。ベーグルの配合は文献3)では食パンよりもリーンな配合になっているが、ナンブコムギの場合それでは食感が硬くなるので、砂糖、ショートニング、卵等副原料を若干増やしたオリジナルの配合とで比較試験を実施した。図4に19名のパネルによる官能試験結果を示した。

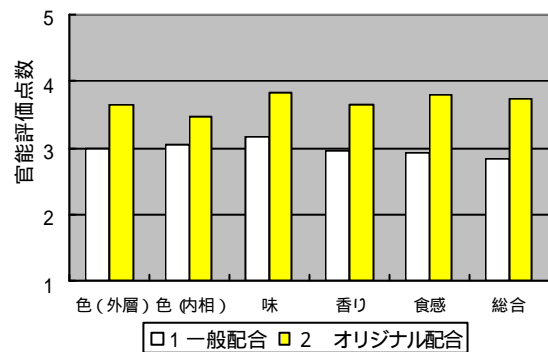


図4 ベーグル配合比較試験結果

色、味、香り、食感、総合すべての項目でオリジナル配合の評価が良かった。文献配合の総合評価の平均値は2.84、これに対し、オリジナル配合は3.74であった。強力粉のベーグルとは異なるのが、個性的なナンブコムギベーグルとして提案したい。

3-5-9 胡麻配合試験（ベーグル）

南部せんべいから連想して、ナンブコムギベーグルにも胡麻が合うのではないかと考えを胡麻の配合を検討してみた。その結果、焼き色については胡麻を入れない方の評価が良かったが、味、食感については胡麻を入れた方がやや良かった。総合評価の平均はどちらも3.26で同点であった。しかし、その標準偏差は対照が0.65に対し、胡麻配合の方は0.99とバラツキが大きく、胡麻の配合については好みに個人差が現れ

た。19名のパネラーで胡麻配合を好む人が5人、逆に嫌う人が6人であった。また、胡麻配合の評価を5点とした人2名、2点とした人は5名であった。ナンブコムギベーグルへの胡麻配合は好みの分かれるところであった。

3-5-10 モルトエキス添加試験(メロンパン)

これまでの試験で、モルトエキスの配合がナンブコムギのパンの風味、食感の改善効果が認められたことから、メロンパンでもモルトエキスの添加試験を実施し、その効果の確認を試みた。図5にメロンパンの官能試験結果を示した。

16名のパネルによる評価の平均値を示している。ビスケット

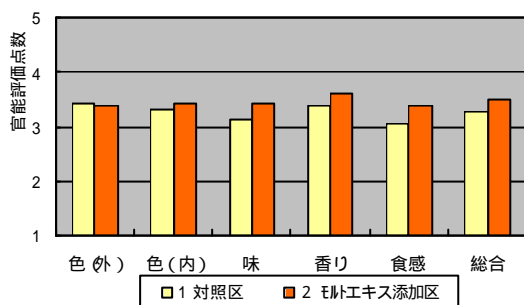


図5 メロンパン官能試験結果

ト地は同じものを使用しているので外観評価は同じである。パン生地の評価は味、香り、食感、総合すべての項目でモルトエキスを添加した方の評価が幾分良かった。これより、メロンパンにおいても、モルトエキスの添加効果が認められた。

3-6 ナンブコムギの個性的なパンの提案

ナンブコムギパンは食感等に課題があるが、製法や配合等を工夫することで、改善効果を認めることができた。これらを検討した中から、ナンブコムギの個性を活かすパンとして、次の4種類のパンを提案したい(図6~9)。

- (1) マフィン：トーストすることにより、皮がおいしくなり、ナンブコムギの風味を十分味わえる。
- (2) クルミパン：ナンブコムギとクルミの風味がマッチする。クルミの配合で小麦のくすんだ色をカバーできる。



図6 マフィン



図7 クルミパン

- (3) ベーグル：熱湯処理で、皮が厚くなるのを防げる。
- (4) メロンパン：ビスケット地のコーティングで皮を気にすることがない。素朴な風味が強く個性的である。



図8 ベーグル



図9 メロンパン

4 結 言

ナンブコムギは国産小麦としては比較的蛋白質含量が高いことから、パンも作れる小麦である。しかし、製パン性は強力粉とは異なることから、それと同じような感覚で製造することはできないし、また、パン自体も食感や老化の面で強力粉のパンと同じ感覚で扱うことは困難である。そこで、ナンブコムギの特性に合わせた製パン技術の開発を試みた。

強力粉のミキシングでは中高速ミキシングも加えられるが、ナンブコムギの場合はグルテンが弱いので、低速ミキシングが望ましいとされていることから、その適正条件を検討した。

その結果、低速で5分そして油脂添加後さらに低速2分程度が良いことがわかった。なお、パンの種類や粉によっては若干の調整も必要となる。また、リーンなパンに、数%の砂糖、2%の卵を配合することにより、色、味、香り、食感の官能評価を高めることができた。モルトエキスの使用もパンの風味、食感の改善に有効であった。

つづいて、これらの製造技術により、ナンブコムギの特性を活かすパンの開発に取り組み、マフィン、ベーグル、クルミパン、メロンパンの4種類を開発した。いずれもナンブコムギの素朴な風味を味わえる個性的なパンである。ナンブコムギパンの新製品開発の一助となれば幸いである。なお、食感や老化についてはまだ改善の余地があるため、今後は新品种ゆきちからとのブレンドについて検討していきたい。

本研究は平成15年度県産小麦使用加工品開発事業により実施したものである。

最後に、製パン試験に協力頂いた伊藤美雪さん、そして官能試験に協力して下さった皆様に感謝致します。

文 献

- 1) 関村照吉他1名：岩工技報, 10, 85 (2003)
- 2) 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)
- 3) 島津睦子：手作りパン工房

デンプン材料シート状食品の試作

関村 照吉*、島津 裕子**

小麦粉とデンプンや魚介類などの粉末を組み合わせることでシート状の食品を開発するため、11種類のデンプンについてビスコグラムで糊化特性を調べた。これから6種類の単独シートとパレイシヨデンプンと複合圧延した5種類の複合シートを製造した。これらのシートをフライした結果、単独シートでは全く膨化しないが、複合シートにすることによって著しく膨化程度が大きくなり、必ず一方に曲がる性質のあるデンプン複合シートを作ることができた。

キーワード：シート食品、デンプン、ビスコグラフ、糊化、膨化

Paper-like Food Production from Starch

SEKIMURA Teruyoshi and SHIMAZU Hiroko

Eleven kinds of starch were examined gelatinization in viscography to develop paper-like food that combined flour, starch and sea foods powder. Six kinds of single seats and five compounded seats with potato starch were manufactured from those flour and starch. As the result of these fried seats, any single seat did not puff, though the compounded seats puffed up with tendency of bending out one side remarkably.

key words: paper-like food, starch, viscograph, gelatinization, puffing

1 緒 言

シート状食品には、春巻きやライスシートなどがある。岩手県内には冷めんや団子のようにデンプン主体の生地を水蒸気を吹き込みながらミキサーで練って加工する製品を製造している企業がいくつかある。その技術を別な用途に応用し、小麦粉とデンプンや雑穀粉を組み合わせ、それらに岩手県の特産品であるキノコ類や海草及び魚介類の粉末を加えたシート状食品を開発するため本研究に着手した。本年度は当センターで入手したデンプン類の糊化特性や、これらで試作した複合シートのゆで及びフライ特性を評価し、知見が得られたので報告する。

表1 供試デンプン類

デンプン類	水分(%)
パレイシヨデンプン	17.2
トウモロコシデンプン	13.1
タピオカデンプン	12.2
緑豆デンプン	12.4
白玉	11.9
デンプンA	17.6
デンプンB	16.8
デンプンC	12.6
デンプンD	17.2
デンプンE	11.2
デンプンF	13.9

2 実験方法

2-1 試料

供試デンプン類は、県内の製粉企業を通じて表1の11種類を入手した。また、小麦粉は日清製粉(株)の特飛龍(灰分0.35%、粗タンパク10.8%：カタログ掲載値)を用いた。

2-2 デンプン類の糊化特性分析

デンプン類及びシート状食品の水分はアルミ秤量管に直接採取し、135の通風乾燥器で2時間乾燥した。デンプン類はビスコグラム(ブラバンダー社製)で13.5%に水分換算した量23gを採取し450ccの脱イオン水を加え懸濁液とした。温度条件は30から96まで温度を毎分3上昇させ、その後、96で3分間保持し、60まで毎分5で温度を下降させて糊化特性を測定した。

* 食品技術部(現在 岩手県農業研究センター生産環境部)

** 食品技術部

2-3 シート状食品の製造方法

シートにするための生地は、デンプン類と小麦粉を重量で各50%混合し、手打ち用製めん機(さぬき麵機製)に付属しているニーダー(SN6A型)で、混合粉重量の65%の熱湯を加え10分間ニーディングした。その後、ポリエチレン袋に生地を入れ室温に30分間放置し、製めん機(大竹麵機)に付属のロールで厚さ1.5mmに圧延した。

本研究は、糊化特性の違いが、シートに及ぼす知見を得たいことから、パレイショデンプンと糊化特性の異なるデンプン5つを選び、これらの単独生地シート6種類とパレイショデンプン生地と5つのデンプン生地を重ねて圧延した複合生地シート5種類の計11種類を製造した。

それらの圧延生地は、蒸し庫(サンキューボイラー、

品川工業所)で10分間蒸し、自然放冷後、85℃で4時間通風乾燥して板状糊化シートにした。

2-4 シート状食品の評価法

シート状食品は、鍋で3分間ゆでた後ゆで重量を測定し、なま重量の何倍に増加するかとしてゆで歩留¹⁾を計算した。また、中華鍋にサラダ油を入れ、150から180℃の範囲でフライした。フライ品は膨化程度を評価した。

3 実験結果及び考察

3-1 原料デンプンの糊化特性

デンプン類の内、最高粘度が比較的高いグループ6種類のビスコグラムを図1に残り5種類を図2に分けて示す。

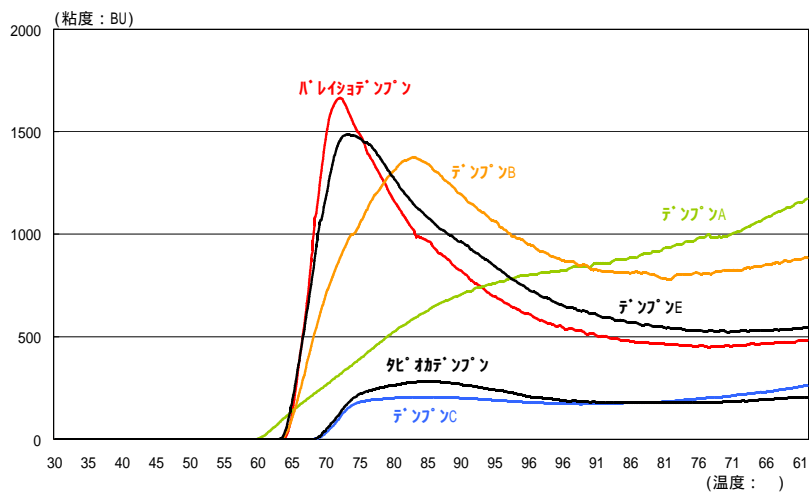


図1 デンプン類のビスコグラム 1

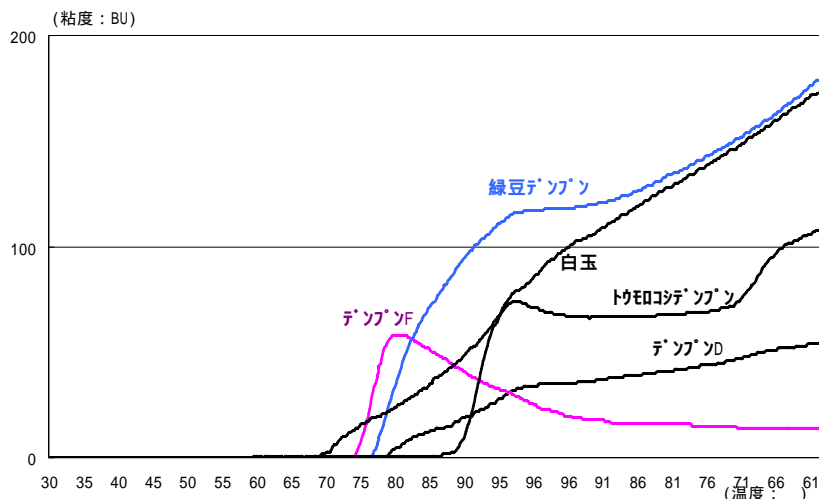


図2 デンプン類のビスコグラム 2

供試したデンプン11種類は、本供試濃度ではデンプンA、D、白玉及び緑豆デンプンのように最高粘度のピークがないものやデンプンD、F及びトウモロコシデンプンなど最高粘度が100BUに達しないものがあった。ビスコグラムの結果から糊化特性²⁾の異なるもので図1及び2では色つきの線で示したデンプンA、B、C、F及び緑豆デンプンの5つを選んだ。

3-2 シート状食品の外観

板状糊化シートの例としてパレイショデンプン単独シートを図3に、デンプンC複合シートを図4に示す。



図3 パレイショデンプン単独シート



図4 デンプンC複合シート



図5 デンプンF複合シート

図3及び4の様にほとんどのシートは長い板状の形状であったが、図5のF複合シートのように、生地のつながりが悪く短いシートになったものは、デンプンA単独、C単独、F単独シートなどであった。

3-3 シート状食品のゆで試験

それぞれのシートを3分間ゆでた写真の例としてパレイショデンプン単独シートゆでを図6に、デンプンC複合シートゆでを図7に示す。



図6 パレイショデンプン単独シートゆで

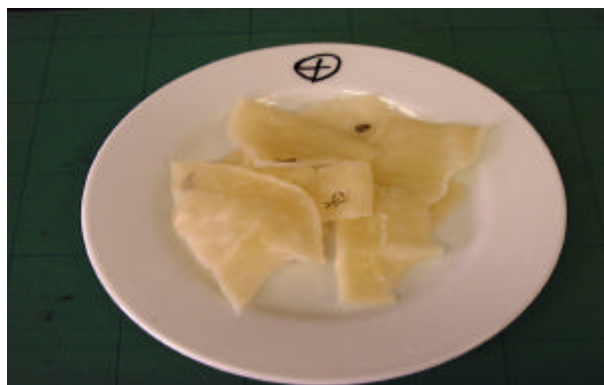


図7 デンプンC複合シートゆで

単独と複合いずれのシートとも、特に形状の変化はなくワンタン状にゆであがった。表2に各シートのゆで歩留を示した。ゆで歩留は生の状態のものがゆでて重量が何倍になったかの値で、単独シートの吸水力に差があれば複合シートにしてゆでたときに、形状に変化があるのではないかと考えて実施したが、本研究の組み合わせではゆでた生地に変化があるほどの差ではなかった。

表2 各シートのゆで歩留

種 類	ゆで歩留
パレイショデンプン単独シート	1.49
デンプンA単独シート	1.49
デンプンA複合シート	1.41
デンプンB単独シート	1.49
デンプンB複合シート	1.40
デンプンC単独シート	1.39
デンプンC複合シート	1.56
デンプンF単独シート	1.53
デンプンF複合シート	1.58
緑豆デンプン単独シート	1.60
緑豆デンプン複合シート	1.56

3-4 シート状食品のフライ試験

次にそれぞれのシートをサラダ油でフライした写真を例としてバレイショデンプン単独シートフライを図8に、B複合シートフライを図9にデンプンC複合シートフライを図10に示す。



図8 バレイショデンプン単独シートフライ



図9 デンプンB複合シートフライ



図10 デンプンC複合シートフライ

シートのフライの膨化程度を目視評価した結果を表3に示した。

シートの膨化程度は、図8のバレイショデンプン単独シートフライのように、時間を経ても膨化せず茶色に焦げるだけのものを膨化程度を1とし、図9のB複合シ-

トフライのように膨化が見られるものを膨化程度3とした。更に図10のデンプンC複合シートフライのように完全に膨化したものを膨化程度5とし、2及び4はそれぞれの中間程度として表した。

表3 シートのフライの膨化程度

種類	膨化程度
バレイショデンプン単独シート	1
デンプンA単独シート	1
デンプンA複合シート	2
デンプンB単独シート	1
デンプンB複合シート	3
デンプンC単独シート	1
デンプンC複合シート	5
デンプンF単独シート	2
デンプンF複合シート	3
緑豆デンプン単独シート	3
緑豆デンプン複合シート	3

膨化程度：1膨化なし、3膨化度中、5膨化度大

単独シートと複合シートを比較すると緑豆デンプンではほぼ同程度であったが、他のデンプンシートでは単独シートよりも複合シートが膨化した。特にデンプンCシートでは単独では全く膨化しなかったが、複合シートにすることによって著しく膨化程度が大きくなった。更に図10に示したようにバレイショデンプン側に「>」印を付けてフライしたところ、必ず印の方を内側にして膨化スナックが曲がるのが解った。

4 結 言

新規シート状食品を開発するため、入手した11種類のデンプンで糊化特性や、6種類の単独シートとバレイショデンプンと複合圧延した5種類の複合シートを製造しゆで及びフライ特性を評価した。これらのシートの中にフライした結果、単独シートでは全く膨化しないが、複合シートにすることによって著しく膨化程度が大きくなり、必ず一方に曲がる性質のあるデンプン複合シートを見出し、新規シート状食品を開発するため基礎データが得られた。

文 献

- 1) 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
- 2) 澱粉科学ハンドブック, 35, 昭和53年3月

魚加工品の魚骨軟化技術の検討

武山 進一*、大澤 純也*、遠山 良**

冷凍した魚を電子レンジ調理により煮魚とする魚加工品について、その魚骨を軟化させる技術の検討を行った。その結果、超高压処理や茶煎汁浸漬による方法では、魚骨の軟化効果はわずかであった。官能試験の結果、弱いレトルト調理による前処理が有効で、懸念されたレトルト加熱臭については問題がなかった。

キーワード：魚骨の軟化、超高压処理、茶煎汁、レトルト調理

Investigation of Softening Technique for Fishbone on the Processed Foods of the Fish

TAKEYAMA Shinichi, OHSAWA Junya and TOYAMA Ryo

We investigated the technique of softening the fishbone on the processed foods which were cooked by microwave after the process of freezing or boiling. As the result, both of the process under ultrahigh pressures and the method of soaking in green tea infusions had weak effect on softening the fishbone. In the sensory test, retort-cooking (115 °C, 5min.) had effect for softening of fishbone, and had no problem about the anxious retort-smell.

key words : softening of the fishbone, ultrahigh pressures, green tee infusions, retort cooking

1 緒 言

近年「骨なし魚」が脚光を浴びている。魚が敬遠される一番の理由「骨をとるのが面倒」という消費者のニーズに応え、売り上げを伸ばしている。しかし、これには賛否両論があり、栄養学的にはCaの摂取不足が指摘されている。また、このブームの反動が必ず起こると指摘する業界関係者もあり、それを見越し「魚を骨付きでも食べ易くする方法の検討」が要望されている。

県内沿岸地方の水産物加工会社に、電子レンジ調理用の煮魚の冷凍食品を開発し、販売している企業がある。この製品¹⁾は、電子レンジ調理時の加熱(このとき密閉された容器内は圧力が上昇)を、魚の解凍とその加熱調理に利用している。電子レンジ調理により煮魚となるのだが、この状態で魚を骨ごと食べられるようにしたい、との技術相談を受けた。但し、一般的なレトルトによる方

法ではレトルト臭が出て消費者に嫌られるとの理由から、超高压処理等による方法で魚骨の軟化技術の検討を行うこととした。

魚の骨を軟らかくする方法としては、骨を微細にする方法²⁾、加熱調理法(高温加熱法)³⁾、酢漬けによる酸処理法が知られている³⁻⁵⁾。しかし、電子レンジ調理で煮魚とする魚加工品の前処理方法としては、煮魚料理としての制約の都合から実際には加熱調理法に限られる。さけ・ますの水煮缶詰³⁾では、殺菌工程での高温加熱により、骨が軟らかくなっているが、近年では缶詰やレトルト製品は、そのレトルト臭が敬遠されつつある。魚骨が加熱により軟化するのには、硬タンパク質が可溶性のゼラチンになり無機質を沈着させている支持体がゆるむため^{3,6)}、とされている。このことは、骨の硬タンパク質を変性し得れば、軟化が可能となることを意味している。

* 食品技術部

** 企画情報部 (現 食品技術部)

我々は、超高压処理でのタンパク質変性⁷⁻⁸⁾に注目し、この処理法により魚骨を軟らかく出来ないかと考えた。超高压処理であれば、魚の外見を崩すことなく常温で処理可能であること、また他の処理法との組合せも容易であることにも着目し、魚骨の軟化を検討することとした。

2 実験方法

2-1 試料

原料の魚は、冷凍アメリカ産イワシ(体長約20cm、重さ約65g)を用いた。半解凍したイワシを1尾ずつ、(株)メイワックス製R6(160×250mm三方袋、NY25/ドライ/レトルトCP70)フィルムに入れ、真空包装し、-30℃で凍結保存した。

今回の試験で対象とする魚加工品は、電子レンジ調理により煮魚とするものであることから、1尾の魚をまるごと処理する必要があった。また、超高压処理装置の容器サイズの都合から、体長20cm程度の小ぶりの魚で試験することにした。

2-2 試作および調理条件

2-2-1 レトルト処理条件

高温高压調理殺菌試験器(株)日阪製作所製 RCS-40RTGNを用い、下記条件でレトルト処理した。

処理条件：回収式

サブ方式：二段冷却=有、回転式=有、予備加熱=有

レトルト調理条件：115 (1.5kg/cm²) 5分加熱、

120 (1.8kg/cm²) 10分, 20分, 30分加熱

2-2-2 超高压処理

高压処理装置、(株)神戸製鋼製Dr.CHEFで、超高压処理した。20に設定した装置の容器(内径60mm、最大圧縮時の深さ200mm)に、包装した試料をいれ、最大7000kgf/cm²(686MPa)で30分間加圧した。加圧開始～設定圧力、また設定圧力～加圧終了迄の時間はどれも1分間に設定した。

2-2-3 物性測定

魚骨の物性測定に関しては決められた方法はなく、用途に応じて様々な方法が採られている。本研究では、脊椎骨までも食べさせることを想定したことから、脊椎骨を取り出しその切断時の物性を測定することとした。対照品として無処理の生魚の脊椎骨を測定した。その予備試験では、測定部位やプランジャー(治具)の形状により、極端に大きな応力が生じた。この様なことを踏まえ、20kg迄のロードセルを備えている、(株)山電クリーブメーターRE-33005を用いて、魚骨の破断強度を測定した。クリーブメーターでの測定条件を、表1に示す。

表1 破断強度測定条件

ロードセル	20kgf	測定速度	0.5mm/sec
アンプ倍率	1倍	プランジャーNO.	21
格納ピッチ	0.02~0.05sec	接触面積	試料幅×0.5mm
測定歪率	99%	サンプル厚さ	(実測値)

プランジャーNo.21は、剪断用(ナイフ型)とされるもので、市販のカッター刃(背側、厚さ0.5mm)を取り付けて使用した。

骨は、尾ビレから4cm~6cm近辺の脊椎骨を取り出し、両側に出ている骨を切り落とし、カッター刃の背面側で切断する方法をとった。測定部位については、節の部分を避け関節と関節の間のくぼんだ部分にプランジャーの刃を当て、一尾につき5~7箇所測定を行った。

2-2-4 茶煎汁浸漬条件

茶煎汁は、畑江ら⁹⁾の方法に従い、市販下級煎茶2%相当量を熱水で5分間煮出し布巾で濾して調整した。茶煎汁での浸漬は、試料のイワシあるいはそのイワシから取り出した脊椎骨を、茶煎汁約50mlと一緒に三方フィルムに入れてシールした。

2-2-5 官能試験

下記の試験区に応じて前処理したイワシを凍結し、メーカーで電子レンジ調理用魚冷凍食品(以下、魚加工品)に加工した。これを、冷凍状態のまま容器ごと600W・5分間の電子レンジ加熱調理し、官能試験に供した。

(1)超高压処理区 = 700MPa30分加圧

(2)レトルト処理区 = 120 10分(F値=7.6)加熱

(3)茶煎汁添加レトルト処理区 = 頭、尾、内臓を除き、茶煎汁50mlを添加し、120 10分(F値=7.6)加熱

官能試験は、評価項目を味、におい、魚肉についてのかたさ強弱、骨についてのかたさ強弱、魚肉のかたさについての好き嫌い、骨のかたさ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10名とした。

3 実験結果及び考察

3-1 レトルト処理による魚骨の軟化

イワシの生魚の脊椎骨を取り出し、その物性を測定した場合のプロファイルチャート(6測定箇所の重ね書き)を図1に示す。パラツキが大きいものの、歪率50%~80%で破断点が現れるのが特徴であった。

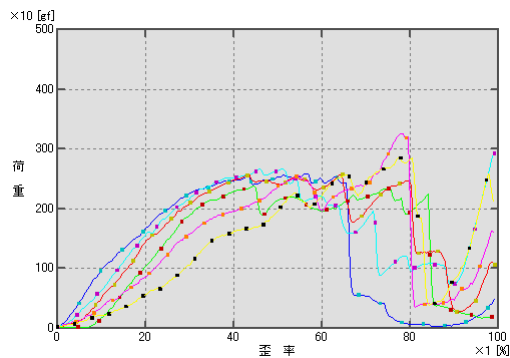


図1 生魚魚骨の破断強度測定プロファイルチャート

イワシ生魚を、115 5分間、120 10,20,30分間のレトルト処理した、魚骨の物性測定結果を図2に示す。また、そのプロファイルチャートを図3に示す。なお、最大荷重は測定波形の最大荷重値、破断荷重は破断点の荷重を示す⁹⁾。

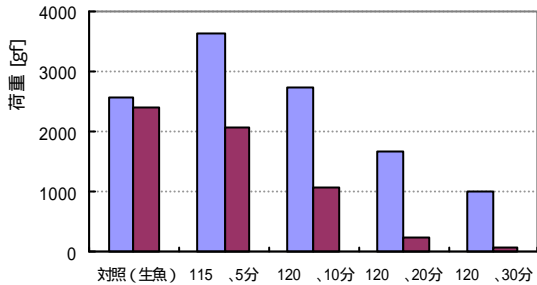


図2 レトルト処理した魚骨の物性測定結果

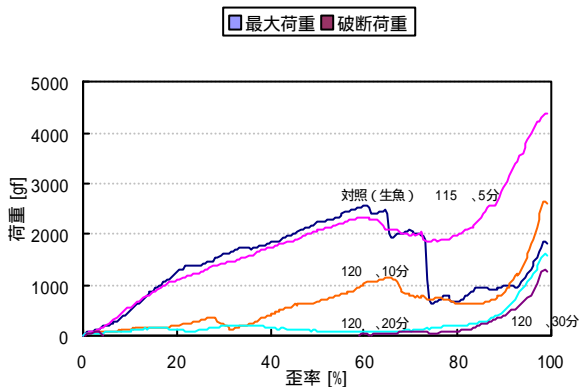


図3 レトルト処理した魚骨のプロファイルチャート

魚骨の破断荷重は、レトルト処理の加熱条件を厳しくすることにより減少し、このことは実際に食べたときの感覚と一致するものであった。

最大荷重については、115 5分間程度の弱い加熱条件では生魚の値よりも高値となり、さらに加熱条件を厳しくすると最大荷重の値は減少に転じた。これは、加熱よって一時的に破断しにくくなり、その分最大荷重が増加したことによるものであるが、食べた際の骨の硬さとして感じとられる指標ではなかった。

プロファイルチャートでは、レトルト処理による効果として、破断後の荷重の落ち込みが小さくなり、破断点が不明瞭となる傾向と、最大荷重が低下する傾向が確認出来る。

以上のことから、レトルト処理による魚骨の軟化程度は、破断荷重の低下として捉えられ、イワシを対照とした今回の試験では、概ね120・10分以上の加熱条件で魚骨の軟化が確認された。

3 - 2 超高压処理による魚骨の軟化

3 - 2 - 1 生魚に対する効果

イワシの生魚を超高压処理した物性測定結果を図4に、またその際のプロファイルチャートを図5に示す。

最大荷重に関しては、400MPa処理では対照の非加熱品よりも高くなったものの、700MPa処理では対照品とほぼ同じであった。これに対し破断荷重は、400MPa処理では対照と変化なかったものの、700MPa処理では低くなった。700MPaの加圧処理により、生魚の脊椎骨がわずかながら軟化したといえる。プロファイルチャートからも、対照品では破断点が明確に現れていたものが、700MPa処理ではそのピークが低下していることが認められた。

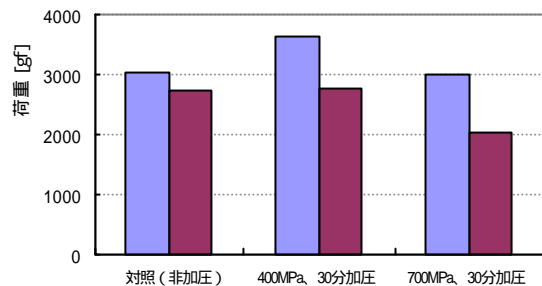


図4 超高压処理した魚骨の物性測定結果

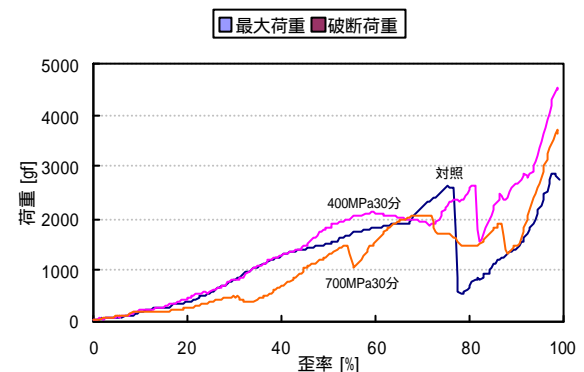


図5 超高压処理した魚骨のプロファイルチャート

3 - 2 - 2 超高压処理と加熱調理の併用効果

魚加工品は、調理として電子レンジによる加熱が行われる。超高压処理品に、この加熱調理を適用するべく115 5分のレトルト加熱を行った。この処理の結果を図6に、プロファイルチャートを図7に示す。

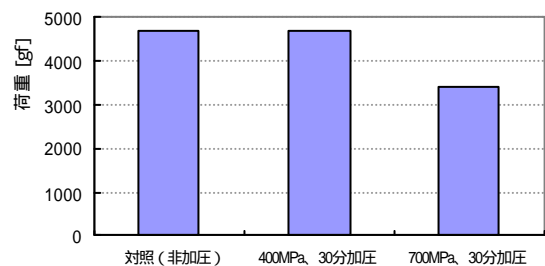


図6 超高压処理後レトルト処理した魚骨の物性結果

■最大荷重

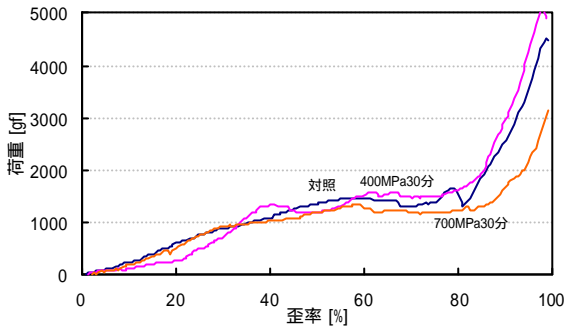
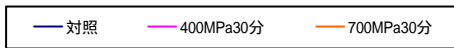


図7 超高压処理後レトルト処理した魚骨のプロファイルチャート



加熱処理によって、最大荷重は3試験区ともに増加し(図4の最大荷重との比較)、加熱処理区内での比較では、対照(非加圧品)や400MPa処理に比べ、700MPa処理の最大荷重は低値となった。しかし、実際に食べた際にはその差は僅かなものであった。

プロファイルチャートからは、加熱処理により全般に破断点が不明瞭化するとともに、右肩上がりのグラフとなり、歪率80%付近までは3試験区間での差が少なくなったことが認められる。

これらのことから、生魚で認められた超高压処理の効果も、加熱調理してしまうとその差は僅かなものとなった、といえる。

3-3 茶煎汁浸漬処理

畑江ら¹⁰⁾は、煮魚の骨の軟化におよぼす茶煎汁の効果を検討し、茶煎汁で魚の骨を加熱すると、茶葉中の可溶性成分であるカテキンが魚の中骨に作用を及ぼし加熱中に骨を軟らかい感じにしている、と報告している。このことから、茶煎汁の効果について試験した。

はじめに、生魚から取り出した脊椎骨を、茶煎汁に2時間浸漬処理して試験した。その結果を図8に示す。なお、もろさ荷重は破断により低下した荷重(差)を示すものである。

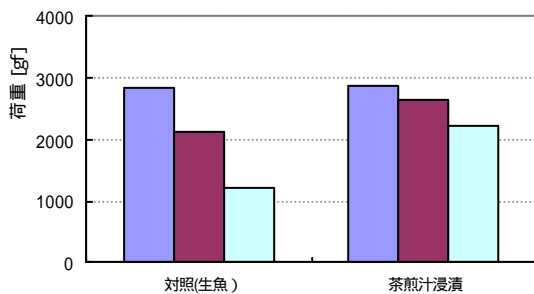
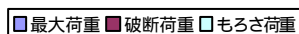


図8 茶煎汁浸漬処理した魚骨の物性測定結果



対照の生魚との比較では、最大荷重は同程度であるのに対し、破断荷重ともろさ荷重が上昇する傾向が認められた。特に、もろさ荷重は約2倍となり茶煎汁浸漬時の特徴となった。

茶煎汁に浸漬した骨は物性測定の際に、目視にてある程度の割合で明確な破断が起きていることを確認している。このような明確な破断が起きている場合のプロファイルチャートを図9に示した。破断後の荷重が急激に低下していることが読みとられ、茶煎汁が魚骨に作用して脆くしていることを認めた。

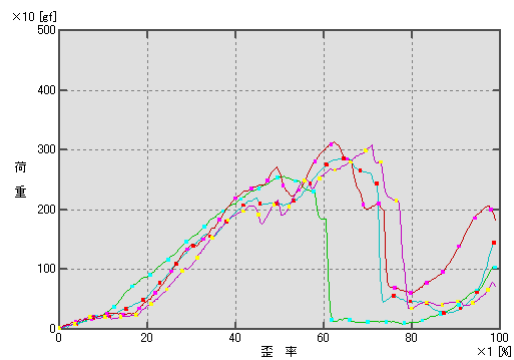


図9 茶煎汁浸漬処理した魚骨のプロファイルチャート(図1のプロファイルチャートが対照となる)

脊椎骨を浸漬して効果を確認したが、魚体の場合には単に浸漬するだけでは、内部の骨に接触することすらままならない。そこで、超高压処理との組み合わせで、試験することとした。魚骨および魚体で茶煎汁浸漬後、超高压処理(700MPa30分)したものの物性測定試験結果を図10に示す。尚、魚体での浸漬時にはなるべく浸漬液が魚体中の骨に接触する様に、身に切れ目を入れて浸漬した。

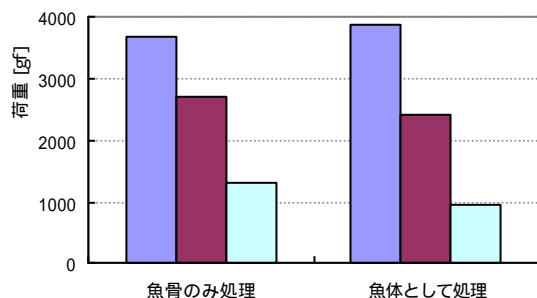
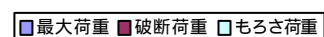


図10 茶煎汁浸漬処理後に超高压処理した魚骨の物性測定結果



茶煎汁浸漬後に超高压処理すると、破断荷重はあまり変わらなかったが、最大荷重が上昇し、もろさ荷重が減少する傾向があった。これは、破断後の荷重の落ち込みが少なくなりその後右肩上がりに上昇する様な傾向を示

したことになる。浸漬により一度脆くなった魚骨が、高圧処理により、骨組織が密になったことを示し、魚骨の軟化効果は期待出来なかった。

3 - 4 魚加工品の官能試験

超高压処理、レトルト処理、茶煎汁添加レトルト処理として前処理したものを、対照品（生魚）とともにメーカーにおいて魚加工品として調整し、これを600W・5分間の電子レンジ加熱調理後に官能試験した。その結果を図11に示す。

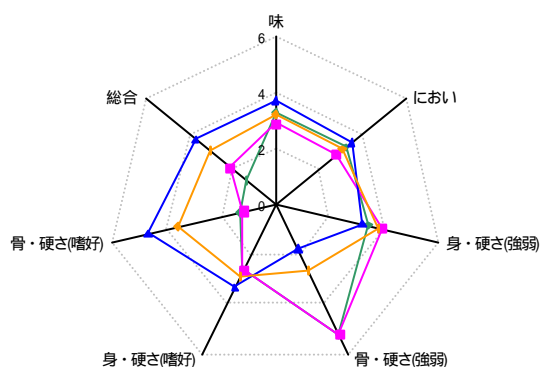
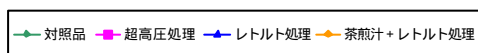


図 1 1 魚加工品に調整し電子レンジ調理した場合の官能試験結果



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。

官能試験結果から、骨の硬さの強弱については、対照品と超高压処理品が同程度に硬いという評価を受けたのに対し、レトルト処理品が軟らかいと評価され、大きな差が認められた。骨の硬さに関する嗜好については、強弱の評価がそのまま逆転した傾向となった。レトルト処理については、試験前にはレトルト臭が問題とされるという認識でいたが、実際には、においや味に関する評価においても良い側の評価を受けており、パネラーには問題とされていない。また、茶煎汁添加レトルト処理品については、茶煎汁が魚骨を軟化させる効果とともに生臭さを抑える働きがある⁴⁾とのことから試験区としたが、今回の試験結果からは茶煎汁の添加効果は見いだせなかった。

以上の官能試験結果を受けて、魚加工品においては、前処理としてレトルト臭が出ない程度にレトルト処理を施すことにより、魚骨の軟化が可能であるとした。

4 結 言

県内企業より、自社の魚加工品（電子レンジ調理用の煮魚の冷凍食品）について骨を軟らかくし、骨ごと食べられる様にしたいとの技術相談を受け、魚骨の軟化技術を検討した。その結果、以下のことが判明した。

- (1) レトルト処理による魚骨の軟化程度は、破断荷重の低下として捉えられ、イワシを対象とした今回の試験では、概ね120・10分以上の加熱条件で魚骨の軟化が確認された。
- (2) イワシの魚骨は、700MPa30分間の加圧により、魚骨の破断荷重はわずかに低下することが確認された。がしかし、調理加熱するとその差は僅かとなったことから、超高压処理は魚骨の軟化方法として有効とは言えなかった。
- (3) 魚骨を茶煎汁に浸漬することで、骨が脆くなる傾向を確認したが、魚体では超高压処理との併用を試みたものの、魚骨の軟化は期待出来なかった。
- (4) 官能試験結果から、今回対象とした魚加工品の魚骨の軟化方法として、レトルト臭が出ない程度のレトルト処理を前処理として実施することが、有効であるとした。

本研究を進めるにあたり、原料の入手と官能試験用試料の作成に協力して頂いた、(株)東興 山下秀雄氏に感謝致します。

文 献

- 1) 山下秀雄 外 1 名, 電子レンジ用調理容器および調理方法, 日特開平11-89715(1999.4.6)
- 2) 渡辺尚彦, 武輪正彦, 高井陸雄, 酒井愿夫: 日水誌, 51, 2047(1985)
- 3) 太田静行: ニューフードインダストリ, 23, 66(1980)
- 4) 畑江敬子, 大沼葉子, 島田淳子: 家政誌, 37, 505(1990)
- 5) 下坂智恵, 下村道子, 寺井稔: 家政誌, 49, 873(1998)
- 6) 野中順三九, 橋本芳郎, 高橋豊雄, 須山三千三編: 新版水産食品学, p. 259, 恒星社厚生閣(1976)
- 7) 林力丸編: 食品への高圧利用, p. 133, さんえい出版(1989)
- 8) 林力丸編: 加圧食品 - 研究と開発 -, p. 69, さんえい出版(1990)
- 9) (株)山電「クリープメーター用自動解析装置ソフトウェア 破断強度解析Ver.2.0」取扱説明書
- 10) 畑江敬子, 佐藤辰江, 吉松藤子: 家政誌, 31, 88(1980)

ヒエ味噌の製造試験

畑山 誠*、櫻井 廣*

本研究の目的は、ヒエ麹の製造方法の確立とヒエ味噌の風味に合う発酵香を持つ耐塩性酵母を見つけることである。そのヒエ麹は米麹とほぼ同じ条件で製麹出来ることが判った。また、そのヒエ麹の酵素力価は米麹のそれと比較して高く、味噌製造に十分な力価であった。ヒエ味噌用耐塩性酵母として当所保存の優良株の中からRM13とRM14を選んだ。これらの酵母を用いてヒエ味噌製造試験を行ったところ、RM14酵母を使った味噌が高く評価された。

キーワード：ヒエ、味噌、製麹、耐塩性酵母

Manufacturing Tests of Barnyard Millet Miso

HATAKEYAMA Makoto and SAKURAI Hiroshi

The purpose of this study is the establishment of barnyard millet *Koji*-making and the search of salt tolerant yeast that has a flavor matched better with the taste of barnyard millet miso. It turned out that we were able to make barnyard millet-*koji* like rice-*koji* in nearly equal conditions. The enzyme potency of barnyard millet-*koji* is higher than that of rice-*koji*. So that, the enzyme potency is sufficient to manufacture miso. The salt tolerant yeasts RM13 and RM14 for barnyard millet miso were selected out from the good yeasts of our in-house stock. In manufacturing tests of barnyard millet miso using two selected yeasts, the miso using salt tolerant yeast RM14 was evaluated highly.

key words : barnyard millet, miso, Koji-making, salt tolerant yeast

1 緒 言

岩手県は全国屈指の雑穀の産地である。近年雑穀は健康食品として注目され、雑穀ブームを起こしている。このような状況の中で、二戸地域は雑穀を使った特産品の開発に熱心であり、そのひとつにヒエ味噌がある。

昭和 10 年代にヒエを米の代替え原料とした製麹試験、醤油や味噌の醸造試験が行われたことが小原によって報告されている¹⁾²⁾。その後、ヒエ味噌に関する文献は見られず、ヒエ味噌の製造も行われていなかったが、先の理由により現代に復活し、少量ではあるが製造販売もされている。このヒエ味噌は昔ながらの製造法で造られており、蔵内に自然発生する蔵付き酵母に発酵を任せているため、味噌らしい香りには乏しい。そこで品質の向上と安定化を図るためヒエ麹の製麹法を確立するとともにヒエ味噌の風味に合う酵母の探索を行い、その結果をもとに味噌の製造試験を行った。

2 実験方法

2 - 1 原料

大豆は新潟県産エンレイ、ヒエは東北農業研究センター産二子持ちと黒ヒエ（精白粒）、ヒエの対照として市販の飯米（備蓄米）を原料として使用した。

2 - 2 醸造用微生物と添加酵母の選択およびきき味

味噌用の主発酵酵母（*Z.rouxii*）は当所保存の 17 株と全国の種麹屋から求めた市販の 5 株の併せて 22 株を用いた。種麹は日本醸造工業製丸福特製米味噌菌を用いた。

酵母選択のためにきき味液を以下のように調製した。蒸煮大豆をフードプロセッサーで粉碎したものに、原穀で等量のヒエ麹と 4 倍量の水を加え、食塩を 12% 濃度になるように溶解した。これを 1 週間 50℃ 下に置き分解させた後、ガラスフィルターでろ過し、ろ液を得た。これに主発酵酵母を植菌し、30℃ で 3 週間静置培養した後、酵母を遠心分離し、きき味液とした。

* 醸造技術部

きき味では、筆者が22株の酵母から香味に特徴ある10株を選び、この10株を当所職員4名で5株に絞り、この5株からJASきき味検査員4名と実需者2名で味噌仕込み用の2株を選んだ。また味噌のきき味はJASきき味検査員3名と実需者3名で行った。

官能評価では順位点を付け、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ものである。なお、差を付けられない場合は同点の評価を許した。また味噌の官能評価では米味噌には評価点を付けなかった。

2-3 原料処理

大豆は水洗い後、1晩浸漬1時間水切りし、池田機械工業製加圧蒸煮缶(型式60)を用い、達温121で12分間蒸煮後、減圧冷却し味噌原料とした。ヒエおよび米は水洗い後、1晩浸漬1時間水切りし、蒸米調製用コシキ³⁾で2時間蒸し、荒息を抜いて製麹原料とした。

2-4 製麹

種麹は、メーカー指定の基準使用量の2倍量を計り取り、種麹に対して5倍量のこうじむぎ(20Meshのフルイで篩下したもの)に倍散した。これを蒸したヒエおよび米に3回に分けて振り混ぜた。

種麹を振った原料をガーゼを引いた深型ピシャットに均一に広げ、恒温恒湿機(TABAI PR-2G)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。引き込みから1番手入れまではピシャットをビニール袋に入れ密閉し、原料水分が逃げないようにした。1番手入れ以降はビニール袋の口を開け、恒温恒湿機の湿度コントロール下に置き、製麹を行った。

引き込み	混合原料/ピシャット 0hr. 恒温恒湿機設定 32、60%RH 36 まで1 昇温/1時間
1番手入れ	22~23hrs. 恒温恒湿機設定 38、95%RH 40 まで1 昇温/1時間 その後38 まで1 降温/2時間
2番手入れ	29~30hrs. 恒温恒湿機設定 38、85%RH
3番手入れ	35~36hrs. 恒温恒湿機設定 37、80%RH
出 麹	47~48hrs. 麹(3日麹)

図1 製 麹

2-5 味噌の製造試験

味噌は麹歩合10割とし、ヒエ麹味噌、混合麹味噌(ヒエ麹6:米麹4)、対照として米麹味噌の3種類を仕込んだ。ヒエは二子持を使った。仕込み目標は、食塩分11.5%、対水食塩濃度21%とした。

仕込みは普通の米味噌仕込み法で行った。酵母は初発濃度が物料1g当たり10⁶個台となるように添加し、28で3ヶ月発酵させた。

2-6 麹、味噌の分析

基準味噌分析法⁴⁾に従い、食塩分、水分、対水食塩濃度、還元糖、アルコール、pH、色度、ホルモール窒素、滴定酸度、色の分析を行った。麹の酵素力価はキッコーマンの酵素力価分析キットで分析した。

全窒素の分析は、ケテックオートサンプシステム(tecator社製)で、有機酸とアミノ酸は味噌浸出液を調製し、それぞれHP^{3D}キャピラリー電気泳動システム(HEWLETT PACKARD社製)と日本電子のアミノ酸アナライザーJLC-300で測定した。

3 実験結果及び考察

3-1 主発酵酵母の選抜

本試験で用いた主発酵酵母は22株あり、ヒエ味噌向きと思われる酵母を段階を経て選抜したが、本報告では最終選抜に残った5株についてのみ記す。

きき味の結果、RM14が1番官能評価点が高かった(表2)。1位評価の審査員が5名おり、突出した評価であった。この酵母は果実様の香りを持つのが特徴である。なお味噌醸造試験には異なった特徴を持つ2株の酵母を使いたいと考えていた。次点はRM13とMS53が同点であった。MS53は香り高いも醤油様との評価である一方、RM13はやわらかな甘い香りとの評価で、1位評価の審査員もいた。そこで製造試験にはRM14とは異なった香りのRM13を用いることにした。

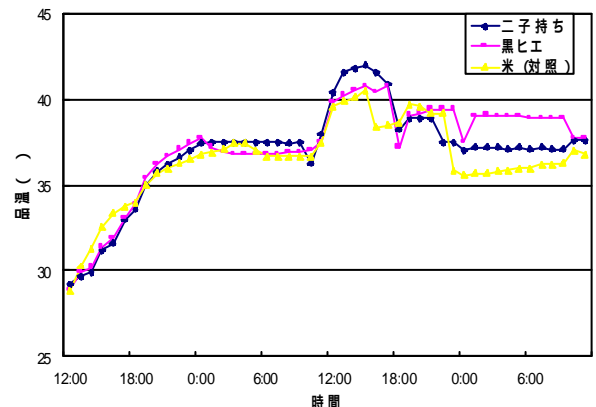


図2 ヒエの製麹品温経過

ヒエ味噌の製造試験

表1 麹の分析値

麹	ヒエ麹 二子持	ヒエ麹 黒ヒエ	米麹 飯米
水分(%)	21.7	18.5	20.9
アミラーゼ	1984	1997	1507
Gアミラーゼ	264	253	185
酸性CAP	7054	7092	4992

表2 きき味液の評価

酵母	審査員順位点						官能 評価点	コメント
	A	B	C	D	E	F		
RM13	4	1	3	5	2	5	3.3	まろやかな香り、塩角
RM14	1	5	1	1	1	1	1.7	果実様香気、澄んだ味
MS30	5	3	5	2	4	3	3.8	アルコール香、塩慣れ
MS53	2	4	3	4	5	2	3.3	醤油様香気、塩角

* 酵素力価の単位はU/g麹、値は全て乾物換算値である。

表3 味噌中の一般成分

仕込区分		水分 (%)	食塩 (%)	S/W (%)	TN (%)	FN (%)	Acid (ml)	pH	DS (%)	Alc (%)	色		
酵母	麹										Y	x	y
RM13	ヒエ	44.7	11.3	20.2	2.28	0.40	19.2	5.1	7.8	1.3	16.1	0.42	0.38
	混合	43.1	11.9	21.6	2.14	0.37	19.6	5.1	11.6	1.4	15.4	0.43	0.39
	米	42.4	10.9	20.5	2.07	0.32	20.5	5.0	12.3	1.8	11.2	0.43	0.38
RM14	ヒエ	43.9	11.8	21.2	2.23	0.39	19.7	5.1	10.4	0.8	15.8	0.43	0.39
	混合	43.9	11.3	20.5	2.15	0.36	20.7	5.1	11.4	1.1	12.6	0.43	0.39
	米	41.8	11.0	20.7	2.03	0.35	22.2	5.0	12.9	0.9	9.5	0.43	0.37

S/W：対水食塩濃度、TN：全窒素、FN：L-フェニル窒素、Acid：滴定酸度、DS：還元糖、Alc：アルコール

表4 味噌中の遊離アミノ酸含量

(μmol/ml)

酵母	麹	Asp	Thr	Ser	Glu	Gly	Ala	Val	Met	Ile	Leu	Tyr	Phe	His	Lys	Arg
RM13	ヒエ	782	301	520	977	386	607	467	75	503	771	344	367	80	599	668
	混合	770	263	461	941	352	574	419	60	447	638	234	329	68	528	579
	米	741	210	392	825	320	506	349	45	377	545	204	258	47	415	485
RM14	ヒエ	802	286	501	992	382	589	444	65	452	668	255	350	80	562	619
	混合	846	269	486	941	375	600	430	55	448	653	246	326	72	506	542
	米	846	223	425	878	345	549	365	44	398	564	200	269	53	405	467

表5 味噌中の有機酸含量

(mg/100g)

酵母	麹	リンゴ酸	クエン酸	コハク酸	酢酸	乳酸
RM13	ヒエ	16	342	25	35	ND
	混合	16	321	27	34	ND
	米	11	328	39	35	ND
RM14	ヒエ	16	352	23	39	ND
	混合	11	331	20	25	ND
	米	11	334	32	33	ND
仙台味噌 ⁵⁾		19	257	15	40	31

Asp：アスパラギン酸
Ser：セリン
Gly：グリシン
Val：バリン
Ile：イソロイシン
Tyr：チロシン
His：ヒスチジン
Arg：アルギニン

Thr：スレオニン
Glu：グルタミン酸
Ala：アラニン
Met：メチオニン
Leu：ロイシン
Phe：フェニルアラニン
Lys：リジン

3-2 ヒエ麹の製麹

麹の製麹品温経過を図2に、酵素力価を表1に示した。恒温恒湿機を同条件とし製麹すると、ヒエ麹の酵素力価は米麹のそれと比較して高くなった。ヒエは粒が小さく米と比較して表面積が大きく、菌糸が廻りやすいものと思われる。作業上注意しなければならないことは、ヒエは粒が小さいため原料処理での欠減が多くなる点である。

3-3 味噌の分析値

味噌中の一般成分を表3に、遊離アミノ酸含量を表4に、有機酸含量を表5に示した。

表3よりヒエ麹の割合が高い味噌ほど、全窒素、ホルモール窒素が高くなり、逆に色は薄く、滴定酸度、還元糖は低くなる事が判った。ヒエは米に比べて精白粒で約6割タンパク質が高い⁶⁾。そのため味噌の窒素成分が高

くなっているものと考えられる。逆に米に比べてでんぷんがやや少なく、繊維分が8倍近くもある⁶⁾。そのため酵素力価は高いにも関わらず、米麹の味噌ほど酵素分解が進まず、滴定酸度や還元糖が低いものと思われる。

酵母 RM14 を使用した味噌は RM13 の味噌より、酸度が少し高く、アルコールが低く、色が濃くなる傾向にあった。ホルモール窒素に大差がないため熟成度に大きな違いはないものと思われるが、色の違いが大きいため RM14 を使用した味噌の方が熟成が進んでいる印象を与える。

表4よりヒエ麹の割合が高い味噌ほど、アスパラギン酸以外の遊離アミノ酸が多く、旨味成分の溶出量が多い事が判った。また表5よりヒエ麹の割合が高い味噌ほど、リンゴ酸、クエン酸が高く、コハク酸が低い傾向であることが判った。酢酸には特に傾向は見られず、また乳酸は検出されなかった。これは乳酸菌を添加しなかったためと考えられる。一般的な味噌の実生産では味噌熟成中に乳酸菌が増殖して乳酸を生成するため、表5の仙台味噌の例ように本試験の味噌とは有機酸含量のバランスは異なったものとなる事が予想される。

3-4 味噌の官能評価

味噌の官能評価を表6に示した。

総合的には RM14 酵母を使用した味噌の方が評価が高く、ヒエ麹味噌と混合麹味噌では後者の方が評価が高

かった。ヒエ麹味噌は、ヒエの繊維分が高く、酵素分解が進まないため口に含んだときにパサツキ感があり、これが滑らかさ不足あるいは熟成不足と受け取られ、混合麹味噌より評価が低かったものと思われる。

4 結 言

本研究は、ヒエ麹の製麹法を確立すること、ヒエ味噌の風味を高める酵母を探索することを目的とした。

ヒエの製麹は米麹とほぼ同条件で行うことが可能で、またその酵素力価は米麹より高かった。酵母による発酵を行わたき味液を調製し官能評価に供した結果、当所保存の酵母の内から RM13 と RM14 をヒエ味噌用として選択した。これらを味噌の製造試験に使用した。味噌は28 で3ヶ月発酵させた。

味噌を分析した結果、ヒエ麹の割合が高い味噌ほど、全窒素、ホルモール窒素が高くなり、逆に色は薄く、滴定酸度、還元糖は低くなる事が判った。これらのことからヒエ味噌は旨味が多く、甘みが少なく、熟成がゆっくり進む味噌と言える。

味噌の官能評価の結果、RM14 酵母使用した混合麹味噌の評価が一番高かった。この酵母をヒエ味噌用酵母とし共同研究企業に頒布することとした。

文 献

- 1) 小原哲二郎：醸造学雑誌,17,523(1939)
- 2) 小原哲二郎：醸造学雑誌,18,341(1940)
- 3) 西谷尚道監修：第四回改訂国税庁所定分析法注解,167(1993)
- 4) 全国味噌技術会編：基準味噌分析法(全国味噌技術会)(1998)
- 5) 日本醸造協会編：醸造物の成分,441(1998)
- 6) 香川芳子監修：五訂食品成分表(女子栄養大学出版社)(2003)

表6 味噌の官能評価

酵母	麹	官能評価点	コメント
RM13	ヒエ	3.0	アルコール香 甘香 塩角 パサツキ感
	混合	2.3	アルコール香 甘香 やや塩角
	米	- - -	アルコール香 米味噌香 なめらか
RM14	ヒエ	2.4	香りやさしい ヒエの味
	混合	1.7	香りやさしい 調和感
	米	- - -	あわい香 米味噌香 なめらか

優良清酒酵母の開発

高橋 亨*、小浜 恵子**、山口 佑子**、櫻井 廣*

当センターに保存されている「協会701号」の突然変異酵母204株について、諸性質を調べ、特徴ある酵母の選抜を試みた。試験管培養、醸造試験を重ねた結果、リンゴ酸、酢酸イソアミルの生産性が高い「Y104」株が有望であると考えられた。しかし、実用化にはアルコール耐性、低温発酵性の面で課題が残った。

キーワード：清酒酵母、Y104、協会701号

Selection of Good Sake Yeast

TAKAHASHI Tohru, KOHAMA Keiko, YAMAGUCHI Yuko and SAKURAI Hiroshi

We attempted to select the characteristics sake yeast from the 204 mutants of *Kyokai no.701* stored in Iwate Industrial Research Institute. As a result of tube culture and sake brewing, it appeared promising that the strain of *Y104* produced more malic acid and isoamyl acetate than the *Kyokai no.701*. However, we require further studies of *Y104* for tolerance to alcohol and low temperature.

key words : sake yeast, Y104, Kyokai no.701

1 緒 言

岩手県にはオリジナル酵母として「岩手吟醸2号」、
「YK-45」、「YK-71」があり、主に吟醸酒用酵母として
利用されている。しかし、近年の嗜好の変化や商品の
多様化から、商品設計にあった香気性あるいは酸味の多
少等の特徴を有する清酒酵母の開発が望まれている。

当センターではこれまで「協会701号」の突然変異
処理による酵母育種を行ってきたが^{1,2)}、それらの変異
株の中には、その性質を十分に把握していない酵母が存
在している。今研究ではこれら酵母の特徴を把握し、酒
造現場で使用できる酵母を選抜する事を目的とした。

2 実験方法

2-1 供試酵母

当センターに保管されている、「協会701号」の突
然変異株204株を試験に供した。

2-2 培養および醸造試験

変異酵母204株は、麹エキス(Brix10)で、15℃、
10~12日間静置培養した。培養液を遠心分離して酵母
菌体を取り除いた上澄について成分分析を行った。対照
として「協会701号」も同様に試験し、高香気成分、
多酸、低酸性の株を醸造試験に供した。

醸造試験は総米1kg、総米7kgで行った。原料米は岩

手県産「ぎんおとめ」(精米歩合60%)を用い、初添
は水麴とし、踊りを1日とり、留添に蒸米の2段仕込み
とした。総米1kg仕込みは、発酵温度を15℃とし、も
ろみ日数20~21日で遠心して上槽した。総米7kg仕
込みは、初添、踊りの温度を15℃、留温度を10℃、
最高温度を13℃とし、日本酒度±0を目標に上槽した。
なお、両仕込みとも、「協会701号」で同様に仕込み、
対照とした。

2-3 成分分析

培養液、製成酒の成分は国税庁所定分析法³⁾に基づい
て分析した。有機酸組成はAgilent Technologies社製キ
ャピラリー電気泳動で、香気成分はHEWLETT
PACKARD社製ヘッドスペースガスクロマトグラフ
HP5890Aでそれぞれ分析した。

また、官能評価は当センター醸造技術部員で行った。

3 実験結果及び考察

3-1 試験管培養

変異酵母204株の試験管培養液の成分分析を行った
結果を表1に示した。

「協会701号」に比べ変異酵母は酸度、アミノ酸度、
コハク酸、酢酸、乳酸、酢酸エチル、ノルマルプロピル
アルコールが高い傾向が見られた。また、酢酸イソアミ

* 醸造技術部

** 食品技術部

ルは平均値が対照より低かった。分析で検出されなかった株が多数存在したことによるが、生産性の高い株も多く、対照の5倍生産する株も見受けられた。

これらの株の中から純米酒用酵母として酸の生産性の低い3株、低アルコール酒用として酸の生産性の高い3株、香りに特徴を持つものとして酢酸イソアミルの生産性の高い3株を選抜し、総米1kgの醸造試験に供した。

表1 変異酵母204株の諸性質

	平均	最大	最小
濁度(O.D.660)	100.3	113.0	75.1
酸度(ml)	119.5	208.5	49.6
アミノ酸度(ml)	112.7	194.6	54.1
リンゴ酸(ppm)	106.9	323.1	22.6
クエン酸(ppm)	101.1	244.3	34.6
コハク酸(ppm)	137.4	356.1	35.7
ピルビン酸(ppm)	97.7	454.4	-
酢酸(ppm)	131.5	549.0	17.7
乳酸(ppm)	121.4	393.4	16.3
アセトアルデヒド(ppm)	94.9	249.7	23.3
酢酸エチル(ppm)	110.9	345.8	30.3
ノルマルプロピルアルコール(ppm)	118.6	303.6	18.5
イソブチルアルコール(ppm)	90.0	214.9	26.3
酢酸イソアミル(ppm)	88.4	502.0	-
イソアミルアルコール(ppm)	72.1	143.9	15.7
カブロン酸エチル(ppm)	91.4	206.1	-

対照の「協会701号」を100とした相対値表示

- : 測定できず

3-2 総米1kg醸造試験

総米1kg醸造試験結果を表2に示した。酸度、酢酸イソアミルは全区分で対照より高くなった。当初の目標の一つである酸度が低い純米酒用酵母は今回醸造試験した9株の中に含まれていなかった。試験管培養で低酸性のグループでも酸度が対照より多くなった原因の一つとして、試験管培養時は対照に比べ発酵が鈍く、酸があまり生産されない時点で分析に供されたためと考えられた。また、酢酸イソアミルは、どの区分でも総じて高くなり、今回醸造試験を行った9株は香りに特徴がある酵母だった。官能評価は、醸造技術部員5名が各区分で最も良いものを選び、人数の多い順に、 \cdot 、 \times とした。それぞれの区分で評価の高かった「E58」、「Y104」、「Y115」の3株について7kg醸造試験を行った。

3-3 総米7kg醸造試験

総米7kg醸造試験結果を表3に示した。

「Y104」は、もろみ日数29日目で日本酒度が目標に近い-1になったが、その後発酵が停滞しもろみ日数33日目に日本酒度-1で上槽した。また、「Y115」はもろみ日数43日目と日数はかかったものの日本酒度+1まで発酵し上槽する事ができた。一方、「協会701号」と「E58」の2株はもろみ日数45日を過ぎても日本酒度-3までしかきれず、もろみ日数47日、48日でそれぞれ上槽した。

対照を含めもろみ後半に発酵が停滞し、もろみ日数が長くなり、1kgの醸造試験で見られた酸度、酢酸イソアミルの生成が多いという酵母の特徴がうまく現れなかった。その中でも「Y104」は、酸度は対照並であるが、

表2 1kg醸造試験の製成酒成分

区分	菌株	日本酒度	アルコール	酸度	アミノ酸度	酢酸イソアミル	官能評価
対照	K701	- 9	18.1	2.0	1.9	5.1	
	E58	- 7	18.3	3.3	2.5	11.4	
低酸性	E79	- 1 5	16.6	3.6	2.2	11.2	\times
	E80	- 1 2	17.5	3.5	2.3	14.5	
	Y72	+ 2.5	18.7	3.3	2.0	7.1	
高酸性	Y104	+ 8	19.0	3.2	1.7	16.1	
	Y123	+ 8	18.6	3.5	2.1	5.3	\times
	E175	+ 7	18.6	3.1	2.1	12.1	
香気成分	U17	+ 5	18.8	3.3	2.2	11.9	\times
	Y115	+ 9	19.1	3.5	1.7	13.8	

リンゴ酸は約 1.5 倍、酢酸イソアミルは約 2.2 倍と特徴ある酵母であり、実用化に有望な酵母であると考えられた。

「Y104」も含め、今回醸造試験を行った 3 株は、もろみ末期での発酵性に問題があると考えられることから、実用化のためには今後、低温やアルコール濃度の耐性について、さらに検討、育種していく必要がある。

表3 7kg醸造試験結果

	K701	E58	Y104	Y115
もろみ日数(日)	47	48	33	43
日本酒度	- 3	- 3	- 1	+ 1
アルコール(%)	17.2	16.8	16.5	16.9
酸度(ml)	3.8	3.4	3.8	3.9
アミノ酸度(ml)	2.8	3.0	2.2	2.7
リンゴ酸(ppm)	656	711	990	958
クエン酸(ppm)	153	141	143	143
コハク酸(ppm)	973	792	934	168
酢酸イソアミル(ppm)	0.8	0.7	1.8	0.9
イソアミルアルコール(ppm)	190.4	185.1	163.9	163.8
カプロン酸エチル(ppm)	0.4	0.3	0.6	0.4

4 結 言

当センターに凍結保存されていた「協会 701 号」の突然変異酵母 204 株から、純米酒用低酸性酵母、低アルコール酒用高酸性酵母、香りの特徴ある酢酸イソアミル高生産酵母の取得を試みた。

試験管培養試験の結果、変異酵母は種々の特徴を有す酵母が、多数含まれていることが確認できた。

9 株で行った 1kg 醸造試験の結果、選抜した酵母は酸度、酢酸イソアミルが高い酵母であった。

さらに選抜した 3 株で行った 7kg 醸造試験では、酵母の特徴がはっきりと認められる製成酒が得られなかったが、「Y104」が実用化に向けて有望な株として得られた。

今後、低温発酵性やアルコール耐性を検討することによりオリジナル酵母の実用化を目指す。

文 献

- 1) 小浜恵子, 伊藤良仁, 米倉裕一, 山本 忠, 櫻井 廣, 大澤純也: 日醸協会誌, **8**, 575 (2003)
- 2) 高橋 亨, 櫻井 廣: 岩手工技セ研報, **9**, 162 (2002)
- 3) 注解編集委員会編: 第 4 回改正 国税庁所定分析法 注解, 日本醸造協会(1993)

赤いリンゴ「メイポール」ワインの発酵改善

米倉 裕一*、櫻井 廣*

果肉の赤いリンゴ「メイポール」のワイン醸造を行った。このワインは、きれいな赤色素と爽やかな酸味に特徴があり、新しい商品として有望であったが、発酵の緩慢に問題があった。その原因を検討した結果、窒素源不足であることが判り、アンモニアを0.1%程度添加することで解決できた。

キーワード：リンゴ、メイポール、ワイン醸造

Improvement of the Fermenting Condition for Red Apple Wine Made from “Maypole”

YONEKURA Yuichi and SAKURAI Hiroshi

This is a test of the brewing of the red apple named “Maypole”. This wine has a clear red color and a fresh sour taste, so that is promising as a new product. But this wine was too slow fermentation. The cause is that this apple is poor in nitrogen. And this juice is quickly fermented with about 0.1% ammonium added.

key words: apple, Maypole, wine brewing.

1 緒 言

メイポールは、遺伝的に赤い色素を持ち、花、果実、枝等の各器官が赤い。また、樹が直立性でほとんど分枝しないカラムナータイプと呼ばれ、場所を取らない特徴的な形をしていることから、観賞用やリンゴの授粉樹として注目されている。本県でもふじの授粉樹として取り入れ始めている。果実は小さく酸味が強いいため生食には適さないが、赤色のリンゴワインとして期待でき、また、新しい商品として県内ワイン業界も注目しているため、企業に先駆け試験醸造を行うこととした。

本報では、メイポールの予備醸造を行い、課題であった緩慢な発酵に着目し、その解決法を検討した。また、他のリンゴとの混合果汁について醸造し色調についても検討した。

2 実験方法

2 1 原料果実

原料果実は、2002年と2003年の独立行政法人農業・生物系特定産業技術研究機構果樹研究所リンゴ研究部および2003年の岩手県農業研究センターで収穫されたものを各試験毎にそれぞれ用いた。

2 2 果汁の調整

リンゴを乾いた布で拭き、ハンマークラッシャー（親和工業（株）製、Type No.1）で破碎後、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油圧搾機（池田機械工業（株）製、M-60）にて最高圧30 Kgf/cm²で搾汁した。この搾汁液に、100ppm ペクチナーゼ（（株）ナガセ製）および30ppm ゼラチン（野洲化学工業（株）製）を添加し、冷蔵庫で一晩放置後、カートリッジフィルター（（株）ユアサコーポレーション製、YP-90B）で濾過し、清澄果汁とした。

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、色度の分析は国税庁所定分析法に準じて行った。直接還元糖はブドウ糖、総酸はリンゴ酸として換算した。

2 4 予備醸造試験

メイポールが、ワイン原料として適しているかどうか予備試験を行った。原料は、2002年（独）果樹研究所産果実より調整した果汁を8L用いた。121 で15分間殺菌したリンゴ果汁に酵母 *Saccharomyces cerevisiae* W-3 を接種し、25 で3日間静置培養して調製した酒母を仕込量の5%加え、品温18 で発酵を行った。補糖は、Brix.11 °以下となったところで、初期糖度がBrix.23 °になるよう結晶ブドウ糖を加えた。発酵終了後、亜硫酸

* 醸造技術部

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。

2 5 緩慢発酵の原因究明試験

2-5-1 栄養源等添加試験

予備試験で発酵が緩慢であったので、その原因解明のため、炭酸カルシウムでpH 3.5まで除酸した「pH処理区」、アンモニアでpH3.5に調製し除酸と窒素源添加した「アンモニア添加区」、1%リン酸1アンモニウムを添加し窒素とリン酸の2つの栄養源を加えた「リンアン添加区」および、酵母を規定量の10倍添加した「酵母10倍添加区」と栄養源や多量に酵母を添加しない「無添加区」の5試験区を設定し、それぞれの影響を比較検討した。

原料は県農業研究センター産のものを、果汁1Lに糖度(Brix)が22~23°になるよう結晶ブドウ糖で補糖後、それぞれの栄養源と乾燥酵母EC-1118(ラルマン社製)を0.4g/L添加し、品温15°で発酵を行った。発酵終了後、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、遠心分離にており引きした。

2-5-2 アンモニア添加試験

アンモニアが発酵に有効であったので、その添加量を検討するため、0~1%の範囲で添加量を変え試験した。発酵は、果汁500mlを用い前述の栄養源等添加試験に準じた。

2 6 醸造試験

原料は2003年(独)果樹研究所産のものを、メイポール単独、およびメイポール:ふじとメイポール:つがるをそれぞれ3:7混合し醸造試験を行った。メイポール単独には、アンモニアを0.1%添加したが、混合果汁には添加しなかった。仕込量は5Lとし、Brix.23°まで補糖した果汁に1g/Lの乾燥酵母EC-1118を添加後発酵した。その後の操作は、2-5-1の栄養源等添加試験に準じた。

2 8 官能試験

試験醸造ワインの官能評価は、色調2点、香り3点、味5点の10点満点として評価した。また、添加試験の評価は無添加区との違いについてコメントしてもらった。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2004年1月23日に行った。

3 実験結果

3 1 果汁成分

果汁の分析結果を表1に示す。メイポール果汁成分を比較すると、果樹研究所の2002年産と2003年産のものでは、比重、糖、酸の値はほとんど変わりがなかったのに対し、農業研究センター産のものは、比重、糖、酸とも低い傾向であった。一方、色調は、2002年果樹研究所の果汁A₅₃₀が0.969と赤色が濃く、ついで、2003年果樹研究所のA₅₃₀が0.538とうすかった。農業研究センターのA₅₃₀は0.058とさらにうすくピンク色であった。

また、酸と糖が高く黄色みを帯びているふじやつがるを混合した果汁は、pH、糖が高くなり、色調はオレンジ色を呈した。

3 2 予備醸造試験

発酵は、糖類の減少を示すBrixの切れが0.5°/dayと緩慢で問題であった。補糖を行うBrix.11°以下に達したのは21日目であった。補糖後も発酵は緩慢であったため、まだ糖が多く残っているが、Brix.13°以下となった43日目で発酵を終了した(図1)。そのため製成酒は(表2)、アルコール5.7%、還元糖7.5%となり、アルコール度は低く、糖が多いワインとなった。総酸は、原料果汁よりリンゴ酸で0.3%程度低くなった。赤色を示すA₅₃₀は、0.589と原果汁より0.4ほど下りうすくなったが、長い発酵により澱が下がりクリアな赤色となった。

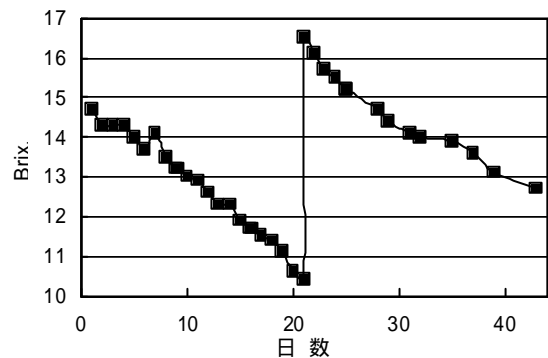


図1 予備試験の発酵経過

表1 果汁成分

	歩留 (%)	比重	還元糖 (%)	糖度 (Brix°)	pH	総酸 (%)	A ₄₂₀ (x5)	A ₅₃₀ (x5)
2002年果樹試験場産 メイポール	70.2	1.044	5.3	10.7	2.83	1.61	0.590	0.969
2003年果樹試験場産 メイポール	71.7	1.043	5.8	10.7	2.86	1.60	0.338	0.538
県農業研究センター産 メイポール	72.3	1.036	4.8	8.0	2.93	1.17	0.105	0.058
メイポール-ふじ	-	1.056	7.1	13.2	3.22	0.69	0.076	0.079
メイポール-つがる	-	1.053	8.0	14.0	3.29	0.68	0.131	0.135

表2 ワインの一般成分

試験区	アルコール (%)	比重	I+II分	還元糖 (%)	pH	総酸 (%)	A ₄₂₀ (x5)	A ₅₃₀ (x5)
予備醸造 メイポール	5.7	1.036	11.7	7.5	2.99	1.29	0.499	0.589
醸造試験 メイポール	7.4	1.031	10.9	6.0	2.97	1.51	0.060	0.115
メイポール-ふじ	7.0	1.030	10.5	6.3	3.32	0.80	0.041	0.026
メイポール-つがる	6.0	1.039	12.5	8.4	3.37	0.72	0.043	0.041

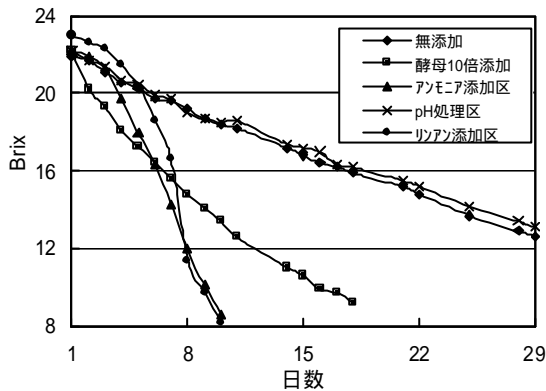


図2 栄養源等添加試験の発酵経過

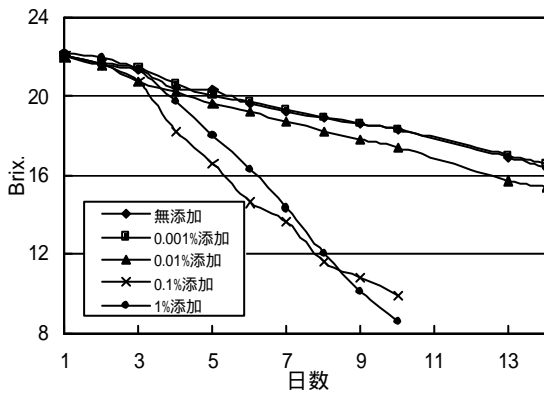


図3 アンモニアの添加量による発酵経過の比較

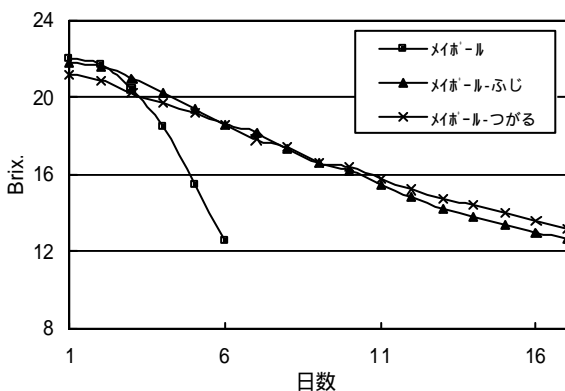


図4 醸造試験の発酵経過

3 3 緩慢発酵の原因究明試験

3 3 - 1 栄養源等添加試験

酵母の発酵経過を図2に示す。炭酸カルシウムを添加した「pH 処理区」では、「無添加区」と変わらず 29 日で Brix.13.1 と発酵期間の短縮にはならなかった。これに対し、「アンモニア添加区」、「リンアン添加区」では、発酵力が旺盛となり 10 日で Brix.8 ° 台とほぼ糖を消費し、「酵母 10 倍添加区」でも、18 日で Brix.9.2 ° となり、発酵期間が短縮し効果的であった。

3 3 - 2 アンモニア添加試験

アンモニアの添加量の違いによる発酵経過を図3に示す。添加量 0.001%区では無添加のものほとんど変わらない経過であった。また、0.01%区は、3 日目頃までは Brix.の減少が大きかったが、その後は無添加のものと同様の経過をとった。これに対し、0.1~1%添加区では糖の減少が大きく 10 日で Brix.が 10 ° 以下となり効果があった。

3 4 醸造試験

メイポールおよびふじ、つがるを混合した果汁の発酵経過を図4に示す。なお、発酵終了は 2002 年醸造試験に合わせ Brix.13 ° 以下とした。メイポールは、0.1%アンモニアと常法の 2.5 倍量の酵母添加により旺盛な発酵を示し、6 日目で発酵を終了した。ふじ、つがると混合果汁は、アンモニアを添加しなかったが 2.5 倍量の酵母の添加により、17 日で発酵が終了した。

製成酒は(表2) アルコール6~8%、還元糖が6~9%と 2002 年同様低アルコールで糖が多く残った。ワインの赤色は、原料果汁よりさらに薄くなり、他の果汁を混合したワインはオレンジ色を呈していた。

3 5 官能試験

無添加区と栄養源等添加区との官能評価の違いについて表3に示す。製成酒の糖度が無添加区と他の3試験区では差があったためか、添加区は全体的に辛口や苦みとの評価が多かった。特に、リンアン添加区は、酸強、異味、えぐみ、雑味など本来の味とは異なる風味があるとの評価であった。酵母 10 倍区では、香味に酵母臭ありとの意見があった。アンモニア添加区は、比較的無難との評価であった。

次に、同様に 0.1%および 1%のアンモニアを添加した

表3 無添加区と栄養源等添加区の官能評価比較

	短 評
アンモニア添加区	無難。酸抑。辛口。特徴なし。酸強。やや苦み。
リンアン添加区	香無。酸強。青臭。苦み。異味。えぐみ。味不良。雑味。
酵母10倍区	酵母臭。酸抑。酵母臭。味幅無。辛口。苦み。香難。

ワインと無添加区ワインの官能評価を比較した(表4)。アンモニア添加したいずれの区でも、「ボディが無い」、「苦み」、「渋み」、「えぐみ」などの悪い評価と「無難」、「さわやか」、「バランス良好」などの良い評価に分かれた。

表4 無添加区とアンモニア添加の官能評価比較

	短 評
0.1%添加区	酸味さわやか。無難。バランス良好。ボディ無。苦み。えぐみ。渋味。雑味。
1%添加区	無難。バランス良好。酸と味程良い。ボディ無。苦み。渋味。味もたつく。

また、2002年と2003年に醸造したワインの官能評価を表5に示す。2002年と2003年のメイポールを比較すると、色は2003年の評価が高かったが、香りや味では2002年の方が良かった。特に2003年メイポールは、えぐみを指摘する傾向にあった。ふじやつがるを混合したワインは、甘みが強すぎる、ワインの色がオレンジでメイポールらしくないとする指摘が多かった。

表5 醸造試験したワインの官能評価

	色	香	味	総合	短 評
予備醸造 メイポール	1.6	1.8	2.7	6.1	ジツ様、無難、くすむ
醸造試験 メイポール	1.9	1.6	2.1	5.6	酸強、えぐみ、色きれい
メイポール ふじ	1.1	1.6	2.5	5.2	甘強、色不良
メイポール つがる	1.1	1.9	2.5	5.5	甘強、香良、色不良

4 考 察

メイポールの発酵が遅い原因は、アンモニア、リン酸アンモニウムの添加により改善されることから、果汁の窒素不足であることが分かった。さらに、酵母を多量に添加した場合でも窒素源添加ほどではないが発酵が改善された。また、栄養源や酵母を多量に添加しない無添加区でも非常にゆっくりではあるが、確実に発酵は進んでいた。これらのことから、メイポール果汁の窒素不足により、酵母は増殖がほとんど出来ないため、酵母の絶対数が足りず発酵が遅延すると考えられた。添加する窒素源としては、リン酸アンモニウムではリン酸のえぐみが生じるため、アンモニアの方が官能的に評価が高く適していた。また、酵母の多量添加は、効果は認められるものの製造現場では、コストの面から難しいと考えられる。

従って、アンモニアを添加した果汁で酒母を作り、酵母の増殖と活性を促したところで、その酒母を添加する方法が良いと考えられる。今回の試験では、アンモニア0.1%程度が妥当な量であったが、少量のアンモニアの添加にしても苦みや渋みを感じる人がいるので出来るだけ添加を控えたい。桜井らは¹⁾²⁾³⁾、ブルーベリーワインの発酵停滞の改善策として窒素源の添加が有効で、アンモニアより硫酸アンモニウムが官能評価の評点が良かったとしている。また、その添加量は0.03~0.04%としている。今回は、硫酸アンモニウムについて検討していない。また、添加量についても0.01%と0.1%の間の検討してなく、今後これらについてさらに検討が必要である。また、施肥が果実の窒素蓄積にどのように影響するのか興味深いところである。この点についても今後検討していきたい。

また、メイポールの色素の有効利用や酸を和らげる観点から他のリンゴとの混合果汁の醸造も試みたが、メイポールのイメージとは異なるオレンジ色のワインとなった。2003年は天候が不順で、夏場の日照不足や低温が続く⁴⁾、果汁の赤色が薄く、それがワインの色に影響したものであると思われる。さらに、合わせる果汁色が黄色を呈していたことも原因と思われることから、透明な果汁を選ぶことも必要と思われる。また、場所や年度により赤色素の蓄積が異なったことから、これらの関係について検討する必要性がある。

5 結 言

果肉の赤いリンゴ「メイポール」の発酵遅延の原因究明の結果、窒素源の不足であることがわかり、0.1%程度のアンモニアを添加することで著しく改善することがわかった。しかし、添加により「苦み」などが感じられるので、他の窒素源の利用や施肥による果実の窒素蓄積の影響について検討する必要性が示唆された。また、他のリンゴとメイポール果汁を混合する場合は、ワインの色がオレンジ色などに変化しメイポールのイメージを損なう恐れがあるので、合わせるリンゴ果汁の色が透明に近いものを選ぶことが必要であることが解った。

今後、県内企業とともに、このメイポールワインの商品化を進めていく予定である。

今回、この試験に当たりサンプルを提供していただいた、独立行政法人農業・生物系特定産業技術研究機構果樹研究所リンゴ研究部および岩手県農業研究センターの方々に感謝いたします。

文 献

- 1) 大久保,桜井,中山,野里,大森: 岩醸食試,21,61(1987)
- 2) 桜井,大久保,斉藤,大森: 岩醸食試,22,110(1988)
- 3) 高橋,桜井,斉藤,大森: 岩醸食試,23,72(1989)
- 4) 日本気象協会盛岡支部: 岩手県気象月報(2003)

岩手県産大豆の豆腐加工適性*

山口 佑子**、武山 進一**、笹島 正彦***、
関村 照吉****、遠山 良**

県産大豆の品種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8品種の豆乳の性質、凝固特性などを調べ、併せて充填豆腐を製造し官能評価を行った。その結果、1品種をのぞく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、各品種の豆腐加工特性が明らかになった。

キーワード：大豆、豆腐、加工適性

Properties of Soybeans Grown in Iwate Prefecture for Processing Tofu

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

To clarify the processing properties of 8 cultivars of soybeans grown in Iwate prefecture for tofu, general composition of soybean seeds and some properties including gelation of soybean milk were investigated. 7 cultivars of soybeans were suitable for processing juden-tofu. Furthermore, all cultivars were characterized by aptitude for processing tofu.

key words : soybean, tofu, processing

1 結 言

近年、消費者の食に対する関心（安全、安心、健康）が益々増大しており、「大豆」は最も注目されている作物の一つとなっている。さらに、最近の豆乳ブームなども後押しし、国産大豆の需要は年々高まっている。

一方、供給に関しては水田転換畑の増大に伴い、国内生産量は増加傾向にあるが、生産・集荷ロットが小さいことによる品質のばらつきが指摘されている。さらに実需者からは、現行品種よりも加工適性に優れ、特徴のある品種が望まれている。

このような背景の中、本県においても「売れる大豆作り」を目指して、現行品種の品質向上と共に、加工適性に優れた奨励品種の選抜を進めており、その一環として前報¹⁾では、奨励品種候補4品種について、播種期及び施肥条件別の加工適性について調査し、報告した。今回

は、8品種の豆腐加工適性について検討した。

2 実験方法

2-1 原材料

岩手県農業研究センター（北上市）で収穫された平成14年度産の白大豆計8品種（表1）を各試験に供した。スズカリ、ナンブシロメは県の奨励品種であり、東北149号、東山198号は育成中の系統である。

2-2 成分分析

水分、粗蛋白質、粗脂肪、粗灰分及び全糖は、（財）日本穀物検定協会に委託した。

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²⁾の方法に基づいて算出した。

* 岩手県産大豆の加工特性 第6報

** 食品開発部（現在 食品技術部）

*** 食品開発部（現在 企画情報部）

**** 食品開発部（現在 農業研究センター）

表1 供試大豆

系統名	適期・奨励品種採用地・育成地	
① スズカリ	中晩生	岩手県奨励品種
② ナンブシロメ	中晩生	岩手県奨励品種
③ ユキホマレ	早生	北海道奨励品種
④ おおすず	中晩生	青森県奨励品種
⑤ リュウホウ	中晩生	秋田県奨励品種
⑥ エンレイ	晩生	新潟県ほか奨励品種
⑦ 東北149号	中晩生	東北農研育成品種
⑧ 東山198号	中晩生	長野中信農試育成品種

2-4 豆乳の調製及び分析

豆乳の調製及び得られた豆乳の濃度、pH及び色調測定は、既報²⁾の方法に基づいて行った。

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²⁾の方法に基づいて測定、算出した。

官能評価は充填豆腐を既報²⁾の方法に基づいて作成し、豆腐を食べ慣れている研究員5名で評価して、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、自重による変形の変換を観察した。

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結果を表2に示した。他品種と比較してユキホマレは粗蛋白質が低く、粗脂肪が高い値であった。特に蛋白質は例年よりも明らかに低く、これは気候条件の影響を受けたものと思われる。他の品種はどの成分も標準的な値³⁾であり、突出したものはなかった。

表2 大豆一般成分分析

系統	水分 (%)	粗蛋白質 (乾物%)	粗脂肪 (乾物%)	粗灰分 (乾物%)	全糖 (乾物%)
①	14.4	38.3	20.0	5.26	23.8
②	14.5	37.1	20.0	5.50	26.5
③	14.5	35.8	23.3	5.26	24.1
④	14.2	41.0	19.9	5.24	23.7
⑤	13.5	39.0	19.1	5.20	27.1
⑥	14.8	41.7	18.0	4.93	24.6
⑦	14.7	41.1	18.9	5.28	24.6
⑧	13.8	41.0	18.6	4.99	23.7

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3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%⁴⁾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4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²⁾同様大豆の粗蛋白質量とは相関していなかった。また、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。

表3 供試大豆の吸水性

系統	吸水率 (乾物%)	浸漬水 (Brix%)
①	250	0.1
②	254	0.1
③	259	0.1
④	248	0.1
⑤	249	0.2
⑥	252	0.1
⑦	250	0.1
⑧	249	0.1

表4 豆乳分析

系統	濃度 (Brix%)	pH	色調		
			(L, a, b)		
①	12.6	6.58	84.29,	- 2.93,	+10.31
②	12.5	6.53	83.91,	- 3.33,	+12.13
③	13.2	6.43	84.63,	- 3.03,	+12.52
④	13.6	6.54	83.80,	- 3.41,	+12.71
⑤	12.7	6.67	82.12,	- 3.26,	+12.30
⑥	13.1	6.61	81.97,	- 2.48,	+12.68
⑦	12.6	6.64	83.88,	- 2.41,	+11.48
⑧	13.2	6.64	81.13,	- 2.33,	+12.84

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5に示した。この中ではリュウホウが最も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った。他の品種も平均的な範囲であった。

官能評価のために調製した充填豆腐の物性(表5)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。

表5 凝固特性

系統	適正凝固剤濃度 ^{a)} (mM)	物性 ^{b)}
①	7.0~12.0	++
②	8.0~12.0	+
③	7.5~12.0	+
④	8.0~12.0	+
⑤	7.0~13.5	++
⑥	7.0~12.0	++
⑦	8.0~12.0	-
⑧	8.0~11.5	+

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) 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。
-：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。

3-4 充填豆腐官能評価

官能評価を表6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。今回は「スズカリ」を標準として相対的に評価した。

ナンブシロメとユキホマレは、甘みとコクが強く、エグ味が弱い「甘・コク」系の呈味であった。おおすず、エンレイ、東北149号および東山198号は、甘みやコクが弱い「あっさり」系、リュウホウは甘みやエグ味がスズカリと同程度の「中間」系の呈味であった。エンレイは、他品種よりもやや渋みが強く感じられたが、「特徴のある味」と評価するパネラーもいた。

物性がやや弱く、自重で変形したものは4サンプルでどれも加工に影響が出るほどではなかったが、東北149号は自重で崩壊したため豆腐製造には向かないと判断した。また、今回試験したサンプルは、例年に比較して物性が弱かった。

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、物性の弱いものも多い。プラントレベルで製造した場合、豆腐の物性を重視する傾向にあるため、目的に合わせて品種を選択することや、ブレンドの工夫も必要である。

表6 充填豆腐官能評価

系統	甘み・コク ^{a)}	渋・エグ味 ^{b)}	色調	表現系
①	++	-	淡黄	中間
②	+++	-	淡黄	甘・コク
③	+++	-	淡黄	甘・コク
④	+	-	淡黄	さっぱり
⑤	++	-	淡黄	中間
⑥	+	+	淡黄	さっぱり
⑦	+	-	淡黄	さっぱり
⑧	+	-	淡黄	さっぱり

a) +：甘み・コクが弱い。 ++：中位。 +++：強い。

b) -：渋味・エグ味がほとんどない。 +：弱い。

4 結 言

平成14年度県産大豆8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、東北149号を除いた7品種に充填豆腐の加工適性があることが示された。

平成14年度県産大豆は、夏の長雨や収穫期の降雪の影響により、収量や等級比率が前年度を大幅に下回った。今回の試験でも、一般成分についてはユキホマレを除いて例年並みであるが、充填豆腐の物性にはその影響が見られた。

奨励品種は、天候に恵まれない年でも加工適性に影響が少ない、安定した品種が望ましい。そのため、単年度では判断せず、数年間の試験を経て決定されている。来年度以降も奨励品種候補の加工適性を評価していく予定であり、より良い品種が選抜されることを期待している。

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専門研究員門間剛氏に感謝いたします。

文 献

- 山口佑子、平野高広、岸敦、小浜恵子、山本忠、大澤純也：岩手県工業技術センター研究報告，10，115-119（2003）
- 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）
- 平春枝：日本食品科学工学会誌，39(1)，122-133（1992）
- 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）

生分解性プラスチックの適正使用のための 分解菌データベース作成に関する研究

山本 忠*

生分解性プラスチックの土壌中での分解性を的確に予測するために岩手・秋田・宮城の土壌を対象に、ポリ乳酸、ポリヒドロキシブチレート、ポリカプロラク톤の分解菌の定量を行った。各地点の土壌中には、全国の他地域と同等の生分解性プラスチック分解微生物が存在することがわかった。その結果、生分解性プラスチックの分解が遅れる原因は、微生物が少ないためでないことが分かった。

キーワード: 生分解性プラスチック、分解菌、ポリ乳酸、ポリヒドロキシブチレート、ポリカプロラク톤

Development on Distribution Map of Degrading Microorganisms for Suitable Application of Biodegradable Plastic

YAMAMOTO Tadashi

The fixed quantity of bacteria of polylactic acid, poly hydroxy butyrate, poly caprolactone was done for the soil in Iwate and Akita and Miyagi in order to accurately estimate the degradability in the soil of biodegradable plastic. It was proven that equivalent biodegradable plastic degrading microorganism in the soil in the each point with another national region existed. As the result, it was proven that the reason of retarding the decomposition of the biodegradable plastic was not being accumulated there small.

key words biodegradable plastic, degrading microorganisms, poly lactic acid, poly hydroxybutyrate, poly caprolactone

1 緒言

生分解性プラスチック研究会事務局長の大島一史によれば生分解性プラスチックの定義¹⁾は、使用中は従来のプラスチックと同じ機能を保ち、使用後は自然界の土の中や水中に存在する微生物の働きによって、環境に悪影響を与えない低分子化合物に分解され、最終的に水や二酸化炭素などの無機物に分解される高分子素材と説明されている。現在、各種の生分解性プラスチックが開発されており、日本国内でも平成15年度には2万トン以上生産されている²⁾。しかし、環境中での分解に関与する微生物についてはデータがほとんどなく、その挙動は体系化されていない。

本県では生分解性プラスチックの袋による家庭生ごみ収集のモデル事業を平成10年に当センターも参加して行い、地域への普及の問題点が検討されている³⁾。その際に、生分解性プラスチックの袋で収集した生ごみの堆肥化の過程と一般細菌や脂質分解菌等の関係を調べ、ポリバケツで生ごみを収集する従来法と差が見られないことを報告⁴⁾している。その経験を踏まえ、金ヶ崎町では生ごみ収集に生分解性プラスチックの袋

を平成14年から本格採用している実績がある。また、岩手県農業研究センターでは、農業資材としての適性試験を実施して、参考事項として農家に情報を提供⁵⁾している。

生分解性プラスチック使用の増加を受けて、環境省は、平成14年度から16年度にかけて、独立行政法人産業技術総合研究所に委託研究として「生分解性プラスチックの適正使用のための分解菌データベース作成」事業を進めている。当センターも平成14年度からこの研究に参加しており、今回は、15年度に行ったポリ乳酸、ポリヒドロキシブチレート、ポリカプロラクトン分解菌の定量結果を報告する。

2 実験方法

2-1 分析用土壌の採取

試験に用いた土壌採取地点は、高分子分科会(高分子系公設グループ)が、1999年から2001年にかけて生分解性プラスチックの埋設試験を行った地点とした。この研究には当センターでも参加しており、岩手県の土壌採取地は、引き続き岩手県農業研究センター(岩手県北上市)の圃場とした。この研

* 食品技術部、現在 企画情報部

究事業の土壌採取マニュアル⁸⁾にしたがって、表面から5~10cmの土壌を採取し、直ちに微生物培養試験に用いた。

同様に、宮城県工業技術センターの敷地内で、秋田県大潟村の畑地で各県の担当者が採取し、低温で送付した土壌を微生物分析試料とした。対照とした土壌は、同様に送付された独立行政法人産業技術総合研究所関西センター(大阪府池田市)の敷地内土壌を用いた。

2-2 試料の調製・前処理

試料の調製・前処理は、この研究事業の土壌採取マニュアルにしたがって行った。他の機関から受け取った試料の処理までの保存は冷蔵庫(4℃)で行った。袋中で撪拌して均一にした後、乾熱滅菌したアルミホイル上、1mm目のステンレ

3 結果

岩手・秋田・宮城の土壌を対象に、生分解性プラスチック分解菌の定量を行った。培養後、3日目、7日目、14日目で、培地にハローを形成したものを分解菌として計測した。当センターで分担した培養7日目の土壌1g中の分解菌の数(CFU)と培養7日目の全微生物数、さらに全微生物に対する生分解性プラスチック分解菌の出現割合をまとめて表1に示した。

4 考察

1999年から2001年にかけて全国の公設試験場のメンバーなどからなる産業技術連携推進会議物質工学部会高分子

表1 生分解性プラスチック分解菌の検出数(培養7日間後)

(微生物数 cfu個×10³/g 土壌)

(分解菌出現率 %)

関連製品名	記号	成分	測定時期	岩手(畑地)			秋田(畑地)			宮城(敷地内)			全国平均(畑地)		
				分解菌	全微生物	分解菌出現率	分解菌	全微生物	分解菌出現率	分解菌	全微生物	分解菌出現率	分解菌	全微生物	分解菌出現率
バイオポール	PB	ポリヒドロキシブチレート	平成15年秋	273	320	85	705	2567	27	171	1307	13	169	875	19
セルグリーン	PCL	ポリカプロラクトン	平成15年秋	133	320	42	867	2567	34	267	1307	20	126	875	14
バイオポール	PB/V	ポリヒドロキシブチレート/バリエート	平成15年春	940	9150	10	40	4940	1	40	1070	4	90	2300	4
ラケイ	PLLA10000	ポリ乳酸(分子量1万)	平成15年春	3	4300	0	2	285	1	2	400	1	1	3433	0
ラケイ	PLLA2000	ポリ乳酸(分子量2千)	平成15年春	27	4300	1	14	285	5	5	400	1	25	3433	1

スふるいを用い、落ち葉・小石・植物の根を除き使用した。

土壌10gをフィルターつきストマカー袋に入れ、滅菌した生理食塩水90mlを加え、よく懸濁し、超音波処理3分後、最上層を培養試験に用いた。

2-3 分解菌検出用培地

分解菌の一次分離用の培地としては、本事業の実験マニュアル⁹⁾により平板培地を作成した。ポリヒドロキシブチレート/バリエート分解菌培地ではmパウダー状樹脂を添加して、オートクレーブ後平板培地にして使用した。ポリヒドロキシブチレート分解菌培地では、パウダー状樹脂(アルドゥッチ社製・分子量不明)を添加して、オートクレーブ後平板培地にして使用した。ポリカプロラクトン分解菌培地では、別途ポリカプロラクトン(和光純薬・分子量4万)乳化液を調整し、同様に行った。ポリ乳酸分解菌培地でも、別途ポリ乳酸(分子量1万、あるいは分子量2千)乳化液を調整し、同様に行った。

2-4 土壌水分分析

土壌試料から約10gを秤量したアルミ缶に精秤して、105℃の送風乾燥機で2時間乾燥し、水分を計算した。

分科会による生分解性プラスチックの物性の変化を中心とした全国土壌分解試験(フィールドテスト)が行われた。その研究成果⁶⁾として、岩手の水田での生分解性プラスチックの埋め込み20週後の分解率は、バイオポール(モンサント社の製品、ポリヒドロキシブチレートが構成成分)では10%と、水田の全国8ヶ所の平均値19%に比べ低い結果となっている。また、セルグリーン(ダイセル化学工業株式会社の製品、ポリカプロラクトンが構成成分)は、岩手の水田での分解率が0%、水田の全国8ヶ所の平均2.1%とやはり岩手での分解率が低い結果が得られている。この結果から、水田は、数ヶ月間の湛水期間があり嫌気状態のとなるため、好気的な条件が続く畑地へは、そのまま適用できないが、全国の他の地区に比べ、岩手の土に埋設した生分解性プラスチック分解速度が遅い理由は、分解微生物が少ないのか温度が低いためのものか明らかにできなかった。

平成15年度は、岩手・秋田・宮城の土壌を対象に、ポリ乳酸、ポリヒドロキシブチレート、ポリカプロラクトンの分解菌の定量を行った。当センターで測定した各地点の土壌中には、全国の他の地域と同等の生分解性プラスチック分解微生物が存在¹⁰⁾することがわかった。また、中山らにより測定された各地の土壌

抽出液で生分解性プラスチック分解活性の指標の一つとなるBODを同一条件で測定した結果でも岩手県の土壌は他の地域と同等以上であった。また、平成14年度に行った岩手・秋田・宮城県下の土壌の一般土壌微生物を細菌、糸状菌、放線菌に分類して定量した結果、および、ポリ乳酸(ラクティ)とポリブチレンスクシネートアジペート(ピオノーレ)について分解菌を測定した結果でも他の地区と同じレベルの微生物数が観測できた⁷⁾ことと一致した。

温度の影響については、高分子分科会にフィールドテストのまとめの中で、15~18℃に最適温度がある素材と温度に影響されない素材群がある¹¹⁾としている。また、夏と冬では分解速度に大きな差があるとしている。

その報告と今回の分解菌の数が同等に存在するという結果を踏まえて、岩手など東北で埋設済みの生分解性試料の分解が他の地区に比べ遅く、生分解性プラスチックの残存率が高い原因を明らかにするためには、微生物の活動状況を温度帯別で調べる必要があると考えている。

本研究は、生分解性プラスチックの適正使用のための分解菌データベース作成事業の一部として行った。実施に当たり実施機関の責任者として御指導いただいた独立行政法人産業技術総合研究所主任研究員中山敦好氏に感謝いたします。なお、土壌採取にあたりお世話いただきました岩手県農業研究センター環境保全研究室長築地邦晃氏、並びにそれぞれの地区で土壌採取いただいた秋田県工業技術センター鎌田 悟氏、宮城県産業技術総合センター佐藤勲征氏に感謝いたします。

文 献

- 1) 株式会社エヌ・ティー・エス編集企画部編：生分解性プラスチックの高機能化とその応用：株式会社エヌ・ティー・エス,p119(2003)
- 2) 大島一史：工業材料, 49(10)、p18((2001)
- 3) 岩手県水沢地方振興局保健福祉部：地域発/リサイクル推進事業報告書(2000)
- 4) 山本忠、小向隆志、山本まき子：第11回廃棄物学会研究発表会講演論文集 295-297(2000)
- 5) 岩手県農業研究センター試験研究成果：生分解性プラスチックマルチの特性と選択の目安(2001)
- 6) 産業技術連携推進会議物質工学会高分子分科会編：生分解性プラスチック共通試験報告書(2003)
- 7) 相羽誠一、中山敦好、川崎典起、山野尚子、常盤 豊、土井明夫、平栗洋一：生分解性プラスチックの適正使用のための分解菌データベース作成に関する研究事業報告書(2004)
- 8) 中山敦好：土壌採取マニュアル(2002)
- 9) 中山敦好：実験マニュアル2003(2003)
- 10) 中山敦好：生分解性プラスチックの適正使用のための分解菌データベース作成事業平成15年度秋季検討会資料(2003)
- 11) 産業技術連携推進会議物質工学会高分子分科会編：生分解性プラスチック共通試験報告書, p79(2003)

堆肥の高窒素化のための微生物分離方法の開発

山本 忠*

堆肥の有効利用を進めるためには、肥料に窒素成分を保持する技術を検討した。堆肥を分解する際に菌体内あるいは体外に窒素を保持する微生物を検索することとして、分別方法を検討した。たんぱく質染色方法とソフトアガー重層法を組み合わせることで、簡単な高窒素生産菌の分別方法開発の可能性が見出せた。

キーワード 微生物、堆肥、たんぱく質

Development of the Microorganism Separation Method for a Raise in the Nitrogen of Compost

YAMAMOTO Tadashi

In order to advance effective use of a compost, the technology of holding a nitrogen ingredient was examined. When disassembling a compost, the judgment method was examined as searching the microbe which holds nitrogen to the microorganism inside of the body or the outside of the body. By combining the protein dyeing method and a soft agar multistory method, the possibility of the judgment method development of an easy high nitrogen production microorganisms was able to be found out.

key words : microorganism, compost, protein

1 緒 言

岩手の農業の方向は、土づくりによる有機農産物・減農薬で差別化を図ろうとしている¹⁾。そのために、牛糞の堆肥の高窒素化が出来れば有益である。有機農産物の有機表示には化学肥料ではなく、有機肥料の使用が前提である。また、減農薬農産物と表示するためには、慣行法の1/2の使用量という基準をクリアしなければならない。その減農薬には、耐病性を上げるための土づくりが重要である。

現在の牛糞堆肥は、窒素が少ないためそのままでは特殊肥料の表示ができない。家畜排泄物を土づくりの役割から本格的な肥料への利用に転換を図ることが出来れば表示の問題を解決できる。岩手県では、土づくりのみでは、堆肥の充足率が197%となり、大幅な過剰となる。しかし、肥料としての活用まで利用範囲を広げると充足率90%とされている。

本研究では、農業サイドの要望に対応して堆肥の肥料化を目指した高窒素化となる微生物検索技術である。特に、牛糞堆肥の窒素濃度を上げて、鶏糞のような特殊肥料の認定を狙うこととした。それにより、特殊肥料の認定を受ける

ことが出来れば、他の認定肥料との混合が可能となる。その結果、肥料製造現場で成分が補完できるので肥料として利用しやすいこととなる。

また、堆肥を減容化すると、その保管容積が削減できるので保管費用の面で有利となる。また、農地への散布作業の負荷が軽減されるため、農家での利用の促進につながる。

堆肥を高窒素化するために、たんぱく質を菌体内に多く保持するか培地に多量に分泌する菌の分離方法開発の視点で検討したのでその結果を報告する。

2 実験方法

2-1 堆肥化微生物分離試験に用いた土壌

市販の堆肥と土壌改良材および発酵過程の堆肥を微生物の分離源として使用した。

2-2 微生物試験法

衛生試験法・注解²⁾に基づいて試験を行った。微生物分離の基本は、ポテトデキストロース寒天培地(日水製薬製)あるいはトリプトソーヤ寒天菌培地を用いて25℃、3日間培養で測定した。

* 食品技術部、現在 企画情報部

また、放線菌分離用には、Actimomyces Isolation Agar (Difco 製) にシクロヘキシミドとグリセロールを添加して作成し、25、3日間培養して測定した。

2-3 たんぱく質検出用培地

一次分離用としては、微生物を生育させた培地上に微生物がコロニーを形成したプレートへ、たんぱく質検出色素を含む寒天を重層した。重層用寒天としては、培地用寒天を0.3%でオートクレーブしたもの、あるいは電気泳動用低融点寒天(TAKARA LO3)を0.3%として電子レンジ溶解したものを使用した。

重層培地に用いるたんぱく質検出色素は、BCA法の市販試薬であるプロテインアッセイ試薬BCA(PIERCE 製)を10倍希釈して使用した。

3 結果

3-1 培地用寒天による重層の検討

プロテインアッセイ試薬BCAを用いて試験とした。BCA溶液に nakarai の寒天を0.3%加え、121、15分オートクレーブ後に寒天培地に重層を試みた。BCA溶液のpHが高いため、重層を試みた寒天はうまく固まらなかった。

次に、BCA溶液の濃度や寒天濃度を変えて、混合しないでオートクレーブ後混ぜ合わせて重層するなどの方法を試みた。寒天濃度を2%程度にすれば固まるが、この濃度では培地の温度を低くすると培地に流す前に固まり、高い温度のまま流すと微生物の発現数に問題が生じ、有効な重層は出来なかった。

3-2 電気泳動用寒天による重層の検討

高濃度の寒天では、使用できる温度に下がるまでに凝固するので、その問題を解決するため低融点の寒天を用いて重層法を試みることにした。低融点の寒天として、電気泳動用低融点寒天(TAKARA LO3)を用いた。寒天濃度を0.3%として電子レンジ溶解して、重層平板培地にして使用した。LO3は融点が37と低いため、温度が十分に下がってからコロニーにかぶせることが出来た。

また、コロニーの周辺が強く染まるものとコロニー自体が強く染まるもの両方染まるものなどの現象が見られた。

3-3 重層染色コロニーの生存率

重層法により染色したコロニー50個をトリプトソーヤ寒天培地の平板培地に竹串で突いて生存率を比較し、表1に結果を示した。この結果は、1回の試験によるものであり、さらに検討を要するが、培地用の寒天を用いた重層

法の移植先培地での生存率32%に比べ、低融点の電気泳動用の寒天を用いた重層法では、移植先の培地での生存率が88%と大幅に改善することができた。

表1 BCA試薬染色で重層に用いた寒天培地の相違による微生物生存率の比較

寒天の種類	植付菌数	生育菌数	生存率(%)
培地用の寒天重層法	50	16	32
低融点の寒天重層法	50	44	88

4 考察

本研究の目的は、堆肥製造時に高窒素化となる微生物検索技術の開発であり、たんぱく質を菌体内に保持するか培地に分泌する微生物分離操作の効率化とした。

微生物分離操作効率化の鍵となるたんぱく質の定量にBCA法を用いた理由は以下のとおりである。BCA法はアルカリ側では、BicinchoninateがCuとコンプレックスを形成して紫色を形成することを利用しており、実際の操作では、試薬のpHが強いアルカリ性のため堆肥製造時のアンモニア発生などの条件に耐える微生物選択に有効と考えている。

BCA法は、いくつかのあるたんぱく質の定量法の中でも、溶液の場合はLowry法と比較して妨害物質の影響を受けにくく、感度は0.1~1mg/mlといわれており、感度が高い点が評価されている。しかし、高濃度のたんぱく質だけを染色していると言いたい点もある³⁾ので合わせて検討を進めたい。

今回の方法では、BCA試薬を10倍希釈していること及び寒天を加えたことでたんぱく質の定量性の範囲が変動していると考えられるので、定量性の確認が必要である。また、染色の範囲が、細胞外分泌物と表層だけに留まっているのかなどを含め微生物選択の手段として用いるにはさらに検討が必要である。

本研究は、平成15年度の基盤的先導的研究事業でおこなった。

文 献

- 1) 岩手県農業・農村基本計画(1999)
- 2) 日本薬学会編 衛生試験法 注解,金原出版(1990)
- 3) タンパク質実験法, p.27, 祥土社(1996)

針葉樹バーク分解微生物の検索

山本 忠*、小野寺和江**

針葉樹バークを堆肥化するため、リグニン分解微生物を検索した。リグニン分解微生物検索試験は、市販の針葉樹バーク堆肥や漆チップの堆積されている土壌を分離源として行った。ダイオキシン分解菌の選択に利用されている色素を用いた方法で、色素を変色させる微生物がいくつか見出された。これらはリグニン分解微生物である可能性が高い。また、針葉樹バークの高速堆肥化について現場規模への準備試験として、10m³程度の針葉樹バークで添加栄養条件の相違による比較試験を進めている。

キーワード：リグニン、分解、微生物、堆肥、針葉樹、バーク

Screening of Conifer Bark - Degrading Microorganism

YAMAMOTO Tadashi, ONODERA Kazue

The degrading microorganism was examined in order to decompose lignin. The lignin-degrading microorganism retrieval test did the soil that conifer bark compost and Japanese lacquer chip of the marketing were piled up with the separation source. Some microorganisms were found in the selection which made the decomposition of the pigment to be an index. And, the comparative test by the difference of addition nutritional factor of the conifer bark of about 10m³ is advanced on the high-speed composting of the conifer bark as preparation test to the field scale.

key words : lignin, degrading, microorganism, compost, conifer, bark

1 緒 言

リグニンは木材に多く含まれ、その構造・強度を支える天然高分子成分として知られている。その分解されにくいという性質から、難分解性物質の代表とみなされている。生物的リグニン分解については、製紙工程への利用などの観点から広く研究されている。特に、ダイオキシン分解と共通する反応があることから環境の視点での検討が進んでいる。1980年代に白色腐朽菌がダイオキシンを分解することが報告¹⁾されてから急激に研究が進み多くの分解微生物が報告されている。

今まで担子菌でリグニン分解について知られていることを割石は以下のようにまとめている²⁾。リグニン分解の初期段階に働く主要な酵素は、リグニンパーオキシダーゼ、マンガンオキシダーゼ、ラッカーゼであることが知られている。また、リグニン分解にはセルロース、グルコースのようなエネルギー源が必要で、酸化的に進行し、二次代謝として発現、過酸化水素により促進され、細胞外活性であることが知られている。さらに、複雑な構造を有する芳香族高分子であるリグニンを分解する担子菌は、優れた芳香族化合物分解酵素群を有すると考えられている。それに比べて、細菌によるダイオキシン分解は Klecka ら³⁾によって報告されているもののまだ少

ない。

岩手県は、多くの杉を生産しており、その際に皮の部分であるバークと呼ばれる部位の利用価値が低いため、多くの製材所で処理に困っている。この杉バークを堆肥に利用するための工夫が有限会社グリーン総業によりなされてきた。しかし、杉バークの堆肥製造への利用は、有機性の窒素を多量に添加しないと堆肥化するまでに広葉樹バークの数倍の時間がかかることから、肥料化として扱おうとする場合でも課題が多い。また、針葉樹は燃料用にペレット化した場合でも灰分が多く出するため、灰の処理が課題であることから有効な利用方法の開発が期待されている。今回、針葉樹バークの堆肥化で、有機性廃棄物添加の効果をリグニン分解菌の分離源の視点で検討したので報告する。

2 実験方法

2 - 1 堆肥化試験に用いたバークおよび微生物

岩手県産の杉由来のバークを原料として使用した。対照としてブナを中心とする広葉樹由来のバークを使用した。また、これらに添加する種菌と呼んでいる微生物は、有限会社グリーン総業（岩手県藤沢町）で従来菌の市販菌を自社でトウモロコシとふすまベースの培地で拡大培

* 食品技術部、現在 企画情報部

** 有限会社グリーン総業

養して堆肥製造に使用しているものである。種菌試験区の菌株は、メタン発酵残さ微生物群である。

2-2 パーク分解速度に与える栄養条件比較試験

現場での実施につながる規模で、パーク分解速度に与える栄養条件比較試験を行った。窒素源として用いた鶏糞は、養鶏場から分けていただいたものを使用した。窒素を総窒素で0.5%として、投入鶏糞量を計算した。

表1 パーク分解速度に与える栄養条件比較試験の配合

試験区名称	記号	パーク(kg)		種菌(kg)			窒素	合計(kg)
		針葉樹	広葉樹	なし	従来の種菌	メタン発酵残渣	鶏糞(kg)	
対照区	C1	1,000		0				1,000
従来区	C2	1,000			10			1,010
種菌試験区	C3	1,000				10		1,010
窒素添加区	C4	1,000		0			10	1,010
窒素添加従来菌区	C5	1,000			10		10	1,020
窒素添加新菌区	C6	1,000				10	10	1,020
広葉樹対照区	B1		1,000	0				1,000
広葉樹従来区	B2		1,000		10			1,010

平成14年9月に、有限会社グリーン総業の敷地内の屋外に積み上げ自然条件下で堆肥化を行った。温度は、おんどとり Jr.TR52 (株式会社ティアンドディ製) のセンサーを堆肥の山に50cm突き刺し検知・記録した。

2-3 ダイオキシン分解標準微生物

標準微生物は、ダイオキシン分解菌として知られている3株を使用した。白色腐朽菌としてNBRC 9791 *Coriulus versicolor*、NBRC 30340 *Coriulus versicolor*、細菌としてはATCC 13368 *Bacillus megaterium* de Baryを用いた。

2-4 微生物培養液の吸光度測定

吸光度の測定は、吸光度計UV200(島津製作所株式会社製)を用い、色素レマゾール プリリアント ブルー-R (RBBR) の吸収が大きい波長595nmで測定した。10ml容のL字試験管に培地を10ml分注して、高通気性のシリコン栓をしてオートクレーブで121、15分の滅菌後、別途培養した微生物を植菌した。培養条件は、25で静置培養とした。

2-5 微生物試験法

衛生試験法・注解⁴⁾に基づいて試験を行った。一般細菌は、標準寒天培地(日水製薬株式会社製)を用いて37、48時間で測定した。生酸菌は、BCP加プレートカウンタガール(日水製薬製)を用いて、37、48時間で測定した。大腸菌群は、デソキシコレート培地を用い(日水製薬株式会社製)を用い、37、48時間で測定した。嫌気性菌

は、変法GAM培地(日水製薬株式会社製)で脱酸素剤を用い、37、48時間で測定した。

2-6 リグニン分解菌検出用培地

一次分離用の培地としては、橘らの方法⁵⁾に準じてポテトデキストロース寒天培地に0.03%のRBBRを添加して、オートクレーブ後平板培地にして使用した。培地の色素の変化は、植菌後25で培養したプレートで、2日後、7日後、14日後に観察した。また、トリプトソーヤ寒天菌培地でも0.03%のRBBRを添加して、同様に行った。

2-7 セルロース分解菌検出用培地

一次分離用の培地としては、ポテトデキストロース寒天培地に1%のセルロースパウダーを添加して、オートクレーブ後平板培地にして使用した。分解菌の存在は、培地のクリアーゾーンの形成を、植菌後25で培養したプレートで、2日後、7日後、14日後に観察した。針葉樹パークの堆肥化現場での管理を考えて、栄養源の少ない状況で生育できる微生物を選択するため、ポテトデキストロース寒天培地の量を通常の1/10、また1/100量とし、寒天濃度を1.5%になるように調整したセルロース培地も作成した。また、トリプトソーヤ寒天菌培地でも、同様に行った。

2-8 キシラン分解菌検出用培地

セルロース分解菌と同様に行った。一次分離用の培地としては、ポテトデキストロース寒天培地に1%のキシランパウダーを添加して、オートクレーブ後平板培地にして使用した。分解菌の存在は、培地のクリアーゾーンの形成を、植菌後25で培養したプレートで、2日後、7日後、14日後に観察した。針葉樹パークの堆肥化現場での管理を考えて、栄養源の少ない状況で生育できる微生物を選択するため、ポテトデキストロース寒天培地の量を通常の1/10、また1/100量とし、寒天濃度を1.5%になるように調整したキシラン培地も作成した。また、トリプトソーヤ寒天菌培地でも、同様に行った。

2-9 成分分析

分析は次のとおり行った。窒素分析は、TECATOR社製ケルテックオートサンブラーシステム1035を用いて測定した。試料約1gを耐熱ピーカーに精秤して、105の送風乾燥機で2時間乾燥した。減少した重量を水分として計算した。直接還元糖はソモギー変法で、pHは遠心チューブに取った試料10gに精製水10ml加え振とう後ろ過し、pHメーターの電極を直接差し込み読みとった。

有機態炭素及び硫黄はLECO SC144DRを用い燃焼法、脂質はクロホルム・メタノール抽出法によって測定した。

木材の高分子成分であるリグニン、セルロースは、木質科学実験マニュアル⁶⁾に準じて測定した。リグニンのうち酸不溶リグニン成分については、硫酸分解、ガラスフィルターろ過により重量分析した。酸可溶性リグニン成分は、吸光度法(205nm)により測定した。

セルロースは、 α -セルロースについては、硫酸分解、ガラスフィルターろ過により重量分析した。 β -セルロースは、 β -セルロースのろ液に酢酸を加え加熱して結晶を形成させ、ろ紙で集めて重量測定した。

2-10 微生物分離源

リグニン分解菌などの分離源は、漆廃木材など特殊な土壌を含めて岩手県内で収集したものを用いた。

3 結果

3-1 微生物源の違いによるリグニン分解菌出現度合い

試験に用いた針葉樹・広葉樹別、接種微生物群、養分添加別の微生物源の違いによる分析結果を図1に示した。

白色腐朽菌標準株のような強い色素変化を示すものは指標とする変色は赤色化するものと、緑色化するものがあった。ダイオキシン分解で知られた白色腐朽菌の2株は、ポテトデキストロース培地の色素 RBBR を赤色化させた。一方、細菌 ATCC 13368 *Bacillus megaterium* de Bary は、周辺を緑色化した。多くは得られなかったが、色素を変化させる微生物が色を変化させない普通の微生物の数%程度出現し、かなりの割合で見いだされた。ただし、鶏糞で窒素添加し、メタン発酵残渣を微生物源とした区では、色素を変化させるような微生物を見いだすことはできなかった。

この試験のほかに、漆廃木材置き場土壌など県内の幾つかの土壌から色素変化を指標として微生物の分離を行った。そこで得られた色の变化の強い株を経時的な RBBR 色素分解試験に用いた。

3-2 堆肥成分の比較

試験5ヶ月後の堆肥の基本成分及び今回検討の主な対象

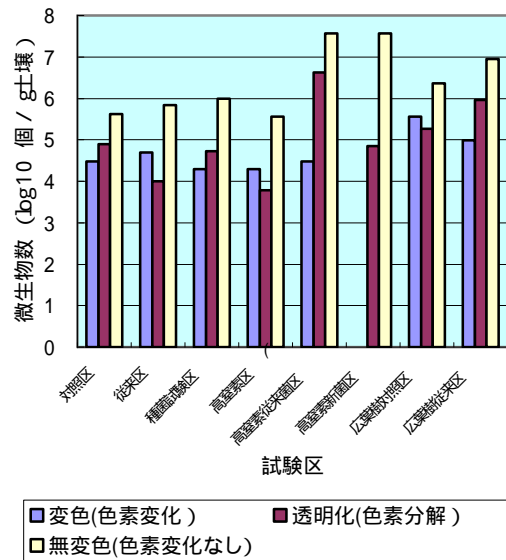


図1 針葉樹バーク堆肥製造における分解酵素生産菌の動向

とした堆肥のリグニン及びセルロース成分を試験5ヶ月後の試料で分析したものを表2に示した。

3-3 微生物による色素分解の変化

カビの培養でよく利用される培地で、窒素があまり高くないポテトデキストロース培地で培養した微生物の RBBR 3-3 色素分解の変化を図2に示した。ここでは対照とした NBRC 30340 の変化が大きかった。細菌が生育しやすい窒素の多い培地であるトリプトソーヤブイヨン培地での RBBR 色素の吸光度の経時変化を図3に示した。ここでは、選択した Kenkyou b1、Kenkyou b2、Japan a、Conifer c の変化が大きかった。

表2 発酵6ヶ月後の肥成分表

(乾物あたりの%、イタリックは各成分の内訳)

記号	内容	N	C	CN比	脂質	S	リグニン	酸可溶性リグニン	ホロセルロース	α -セルロース	β -セルロース	?-セルロース
a-1	対照区	2.41	36.65	15.20	1.11	0.18	41.32	0.81	45.92	28.43	4.93	12.55
a-2	従来区	3.53	38.69	10.96	2.47	0.21	43.68	0.79	44.88	27.49	5.00	12.39
a-3	種菌試験区	8.74	34.96	4.00	1.18	0.30	37.18	1.05	47.34	27.95	5.07	14.32
a-4	窒素添加区	2.36	37.56	15.95	0.98	0.16	41.27	0.60	47.66	28.77	5.32	13.56
a-5	窒素添加従来菌区	10.56	39.36	3.73	1.00	0.25	38.44	1.46	45.40	27.39	5.35	12.66
a-6	窒素添加新菌区	7.61	36.81	4.84	1.27	0.23	39.71	0.90	45.63	30.05	6.00	9.57
b-1	広葉樹対照区	3.08	37.89	12.30	1.62	0.15	39.29	1.54	53.15	28.56	9.26	15.32
b-2	広葉樹従来区	4.93	39.03	7.92	2.51	0.15	40.84	1.64	53.58	26.39	6.28	20.90
t-1	屋外新菌区	7.91	37.13	4.69	0.81	0.20	41.23	1.14	40.68	28.37	5.08	7.23
a-0	針葉樹原料	2.09	41.03	19.62	0.73	0.21	37.08	0.58	47.39	30.35	4.22	12.82
b-0	広葉樹原料	2.65	42.73	16.15	2.76	0.13	32.04	1.33	49.19	30.12	5.17	13.9

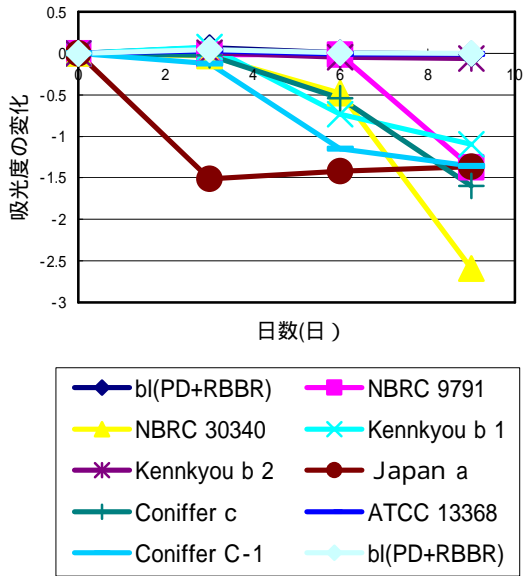


図2 ポテトデキストロース培地でのRBBR色素の変化

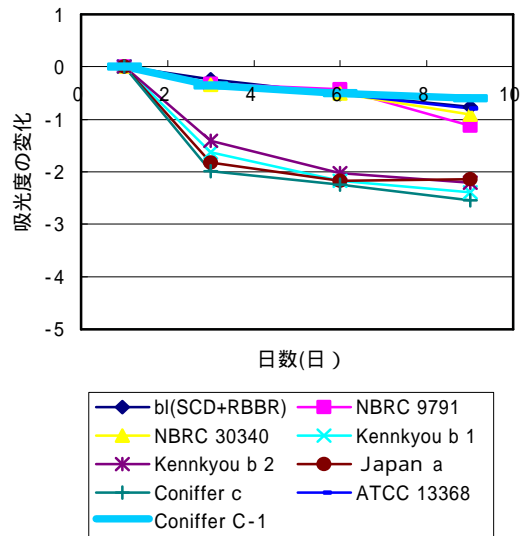


図3 トリプトソヤブイオン培地でのRBBR色素の変化

3-4 セルロース分解菌の選択

ポテトデキストロースをベースとした栄養成分の濃度の違いによるセルロース分解菌の検索の結果を表3に示した。用いた微生物源の中では、新鮮な抜根材を砕いたものから多く検出できた。なお、栄養成分は、標準で用いられる濃度での発現が多く見られた。

3-5 キシラン分解菌の選択

ポテトデキストロースをベースとした栄養成分の濃度の違いによるキシラン分解菌の検索の結果は表4に示したように、セルロース分解菌の場合と同様な結果となった。

表3 微生物分離源のポテトデキストロースをベースとしたセルロース分解菌の出現頻度の比較

微生物源	(土壌1gあたりの106培地でのコロニー数)			
	培地条件			培地中のセルロース濃度 1%
	PDA標準量 (1/1)	PDA薄め (1/10)	PDA極薄 (1/100)	
針葉樹バーク堆肥 (開始時)	2	0	0	
針葉樹バーク堆肥 (1年後)	1	0	0	
針葉樹バーク堆肥 (完熟製品)	1	0	0	
抜根材チップ (開始時)	15	2	1	
抜根材チップ (1年後)	2	0	0	

PDA:ポテトデキストロースアガー

用いた微生物源の中では、新鮮な抜根材を砕いたものから多く検出できた。なお、栄養成分濃度の影響は、標準で用いられる濃度で分解菌の発現が多く見られた。

4 考察

今までに見出されているダイオキシン分解菌は、白色腐朽菌がほとんどであり、生育速度に問題があり、類似の分解機構をもっているリグニン分解への微生物による実用化研究の幅を狭めていた。今回、リグニン分解の可能性のある細菌と考えられる微生物が簡単に見出された意義は大きい。ただし、それらの微生物は指標色素の分解力が弱く、実用化のためには、さらに選択方法の検討を進める必要がある。

表4 微生物分離源のポテトデキストロースをベースとしたキシラン分解菌の出現頻度の比較

微生物源	(土壌1gあたりの106培地でのコロニー数)			
	培地条件			培地中のキシラン濃度 1%
	PDA標準量 (1/1)	PDA薄め (1/10)	PDA極薄 (1/100)	
針葉樹バーク堆肥 (開始時)	8	1	0	
針葉樹バーク堆肥 (1年後)	2	0	0	
針葉樹バーク堆肥 (完熟製品)	3	0	0	
抜根材チップ (開始時)	25	5	2	
抜根材チップ (1年後)	7	2	0	

PDA:ポテトデキストロースアガー

白色腐朽菌は、培地に窒素が多いとダイオキシン分解酵素を生産しなくなるとされており、今回の RBBR 色素を指標とする L チューブによる培養試験でも、白色腐朽菌はテトデキストロス培地では、色素分をよく分解するが、窒素の高いトリプトソーヤブイオンではほとんど分解しなかった。このことは、針葉樹バークを畜舎の敷き藁とした場合、堆肥化過程でリグニンの分解が期待出来ないことになるため、実用化を目指してリグニン分解酵素生産の条件をさらに検討したい。ただし、堆肥の高速製造視点では、リグニン分解にこだわる必要はなく、高窒素で針葉樹バーク堆肥を製造できることを考慮しなければならない。針葉樹バークの堆肥化の際、熟成不十分な針葉樹バークが水をはじくことやテルペン成分が微生物の生育の阻害因子となる⁷⁾などの問題点が解決されれば土壌改良材としては十分利用できる可能性が高いので、その面での検討も進めたい。

なお、リグニンに比べてはるかに分解速度が速く、またセルロースに比べても微生物に利用されやすく、成分としても含有率の高いヘミセルロースの代表であるキシランの分解菌の選択を試みた。窒素成分の少ない培地で生育するキシランの高速分解菌を選択することで、針葉樹バークの高速堆肥化が可能となると考えている。

本研究は、平成 14 年度の基盤的先導的研究事業でおこない、一部をテクノブリッジ推進事業の研究として、平成 14～15 年度に実施した。最後になりましたが、本研究を進めるにあたり、多くの御配慮をいただいた有限会社グリーン総業代表取締役熊谷勝氏の御支援に感謝いたします。

文 献

- 1) J. A. Bumpus, M. Tien, D. Wright and S. D. Aust : Science, 228, 1434-1436 (1985)
- 2) 片山義弘、桑原正章、林隆久編：木材科学講座 11 バイオテクノロジー：p105、海青社 (2002)
- 3) Klecka, G. M. and Gibson, D. T. : Biochem. J., 180, 639-645 (1979)
- 4) 日本薬学会編：衛生試験法・注解、金原出版 (1990)
- 5) 橋 燦朗、大川浩樹、伊藤和貴、沖 妙、平林達也：紙パルプ技術協会誌：50、1806-1815 (1996)
- 6) 日本木材学会編：木質科学実験マニュアル：p97、文永堂出版 (2000)
- 7) 今村博之、岡本 一、後藤輝男、安江保民、横田徳郎、善本智知孝編：木材利用の科学：p97、文永堂出版 (2000)

化学発光による米および発芽玄米の品質劣化計測

小浜 恵子、三浦 達夫、藤井 雅人

玄米および発芽玄米の極微弱光（化学発光）による品質評価について検討した。2年間冷蔵保存した玄米と新米との化学発光パターンを比較すると、古米の方が発光強度が強く、脂質のTBA（チカール酸）値も古米の方が高かった。一方、発芽玄米については脱酸素剤の有無で比較したところ、6ヶ月後も腐敗などの重大な変化はなかったが、匂いおよび呈味性は脱酸素剤で保存した方が優れていた。包装袋内の酸素濃度は脱酸素剤のないものは3ヶ月後に0となり、6ヶ月後の油脂の酸価も高い値を示した。また、化学発光強度は脱酸素剤なしで保存した方が強度が低く、脂質のほかビタミン、タンパク質などの分解も進み品質劣化が進行していると推測された。いずれにおいても化学発光の計測は簡便な品質評価方法の1つとして有効と考えられた。

キーワード：化学発光、玄米、発芽玄米、品質評価

Quality Evaluation of Brown or Germinated Rice Using Chemiluminescence

KOHAMA Keiko, MIURA Tatsuo and FUJII Masato

To evaluation of quality of rice grain, chemiluminescence (CL) production was tested. CL intensity of brown rice grain that had been stored for two years were higher than that of new harvested. In addition, TBA value of old grain also higher than that of new grain. Furthermore we measured quality of germinated rice that was stored at room temperature, with or without deoxygenating agent. After six months, the agent affects to flavor and taste for quality of germinated rice. Acid values of fat were 0.7 and 5.1, with or without the agent respectively. The lower CL intensity of germinated rice without the agent may be attributed to degradation of lipids, vitamins and proteins. These results suggested CL analysis of rice grains was simple and useful method to evaluate their quality.

key words : chemiluminescence, brown rice, germinated rice

1 緒 言

農産物の品質評価は、近赤外分光分析法による非破壊試験が発達し青果物の糖度・酸度などが測定されている。特に米については食味計が開発され、普及したことから良食味を数値化できるようにもなった。一方品質劣化の評価、たとえば脂肪酸度などは従来の化学分析で実施されている。近年では古米混入なども問題視されており米

の鮮度を見分ける方法としてペルオキシダーゼなどの酵素活性低下、脂肪の分解による脂肪酸の遊離を pH で目視判定できるキットも開発され消費者サイドでも購入している状況となっている。これらは定性的に劣化を測定可能な方法であるが、品質劣化を経時的、定量的には表現できない。品質を数値化して適用管理できるのは従来の煩雑な化学分析法であり、簡便な測定法が望まれている。

* 食品技術部

** (株)ニッテツ・ファイン・プロダクツ

*** (株)大潟村あきたこまち生産者協会

また、米の加工品である発芽玄米は健康食品ブームによって人気があり、発芽玄米の「定義」はあるものの、品質管理については製造企業が自主的に実施しており、やはり簡単な品質評価方法が望まれている。

今回は簡単な品質評価として米自身の発する極微弱発光(化学発光)に着目した。発光の解析のために光電子増倍管を用いたシングルフォトンカウンティング法による玄米および発芽玄米自身の化学発光を測定した品質評価を試みたので報告する。

2 実験方法

2-1 分析試料

玄米試料としては平成13年度および15年度に岩手県内で栽培された「いわてっこ」を用いた。平成13年産の玄米は4で保存されたものを用いた。発芽玄米は「あきたこまち」を30の温水にて24時間発芽させ風乾したドライタイプ200gをガスバリアー性のナイロンフィルム(スーパーニール:三菱化学(株)製)に入れ、脱酸素剤(サンソカットGN有機系:(株)ニッテツ・ファイン・プロダクツ製)を1個封入あるいは入れずに密封した。

2-2 化学発光の測定

試料1.5gをステンレスシャーレ(50×10mm)にとり、ケミルミネッセンスアナライザー(CLD-100、東北電子産業(株)製)で測定した(図1)。玄米の化学発光量は30,50,70の各温度で30秒ごとに、30分間測定した。発芽玄米の化学発光量は70で20分間測定した。

2-3 品質の測定

油脂の酸化度の測定

油脂の過酸化過程で生じる複雑多様な成分を総合測定するため、チオバルビツール酸試験を下記のように行った¹⁾。玄米を粉碎し、粉末5gよりエーテルで油脂を抽出した。エーテルをN₂ガスで完全に飛ばし、8.1%SDS溶液1ml、酢酸緩衝液(pH3.5)7.5ml、0.8%ジブチルヒドロキシルエン250μl、5mmol FeCl₃1.25mlを加えて混合した溶液から2mlを試験管にとり、0.66%チオバルビツール酸(TBA)溶液を2ml加えて混合後、100 1時間加熱した。冷却後ピリジン-ブタノール(1:15)5mlを加えて、生じた赤色色素を抽出し、532nmの吸光度を測定した。また油脂の酸価については常法¹⁾に従い測定した。

水分およびガス濃度の測定

発芽玄米の水分は常圧加熱法で測定した²⁾。発芽玄米包装袋内のO₂/CO₂濃度は、O₂/CO₂ analyzer (TORAY製、P

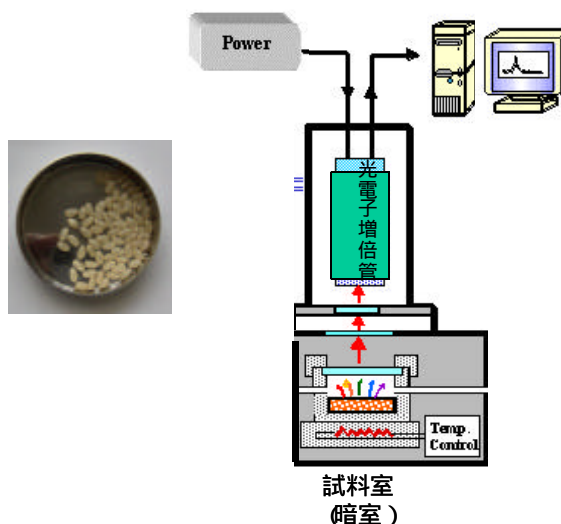


図1 CLD-100による極微弱光測定

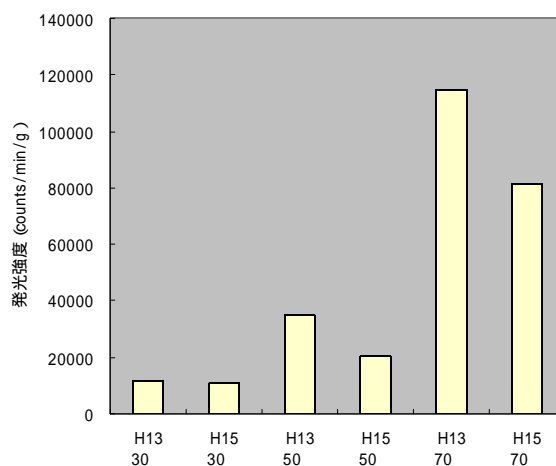


図2 玄米の測定温度と化学発光強度

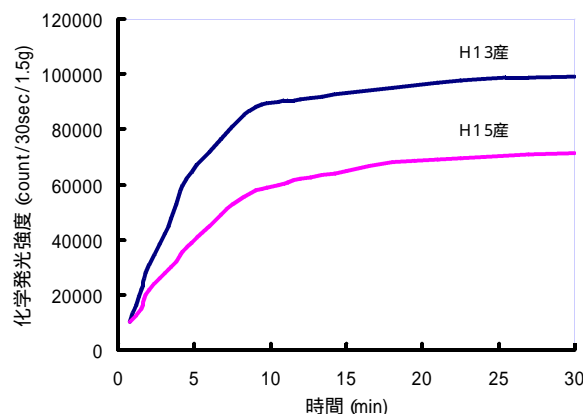


図3 化学発光発生パターン(測定温度70)

G-100)を用い、自動サンプリングして測定した。

3 実験結果および考察

3-1 玄米の化学発光量の測定および脂質の酸化

玄米の30、50、70における極微弱光発光量を30分間測定した結果を図2に示した。また、図3には70における極微弱光の発生パターンを示した。図3にみられるように極微弱光は測定温度を高くすると強くなり70では30の約10倍に増幅された。いずれの測定温度においても平成13年度産の方が発光強度は高い値を示した。

玄米の脂質のTBA値は図4の通りで、両試料共に低い値であり、脂質の酸化が顕著にすすんでいることはなかったが、明らかに平成13年度産の方が高い値を示し、官能的にはわずかに古米臭が感じられた。

玄米の発する極微弱光については各品種毎の差が調べられており、同年度産の試料においても数倍の差異があり、特に晩生種が高い傾向となる結果が得られている³⁾。

今回の結果は、異なる年度産の1品種のみであるが、他品種についても興味をもたれる。また、特別な処理を必要とせず、わずかな量で測定できるので、同一の試料を貯蔵したときの品質劣化指標として有望と考えられる。

3-2 発芽玄米の品質と脱酸素剤の効果

発芽玄米はγ-アミノ酪酸(GABA)が多い、ビタミン豊富、繊維含量が高い、圧力釜などを使用せずに普通に炊飯できるなどの理由から健康食品として人気がある。商品としては、水に浸漬して発芽させ密閉した後、加熱殺菌するウェットタイプ、あるいは発芽させた後、乾燥させて水分15%前後の製品とするドライタイプがある。ドライタイプは、通常包装でも流通不可能ではないが、設定したい消費期限と製品の品質保持を明らかにする必要がある。

表1にドライタイプ発芽玄米製品の脱酸素剤の有無によるO₂/CO₂濃度を示した。脱酸素剤を入れないものは徐々に袋内の酸素が消費され、3ヶ月後にほぼ0となる。また、CO₂濃度は徐々に増加する。3ヶ月後の製品では酸敗臭の相違や呈味への影響はほとんど感じられなかった。常温貯蔵による6ヶ月の保存可能な製品としたいことから、さらに保存試験を継続した結果、脱酸素剤の入らないものは開封時にわずかな匂いの相違が感じられた。6ヶ月後の製品を炊飯した食味試験では、脱酸素剤の入った方が食感・風味で優れる評価が得られた。

6ヶ月後の製品について油脂を抽出し、酸価を測定した結果、脱酸素剤を入れないものが値が高く油脂の分解が進んでいるものと思われた(表1)。品質評価の可能性の1つとして6ヶ月後の製品の極微弱光を測定した結

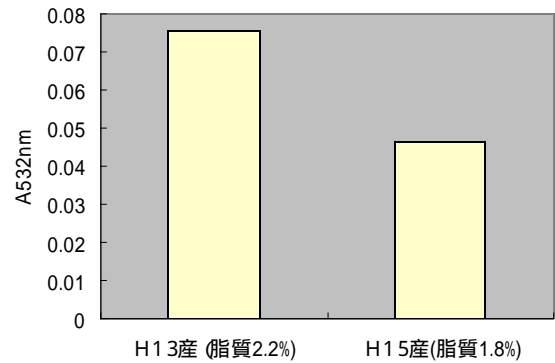


図4 玄米のTBA値

表1 発芽玄米の品質変化

	O ₂ 濃度(%)	CO ₂ 濃度(%)	水分(%)	酸価 (KOHmg/g)
脱酸素剤有り				
直後 (24hr)	0.0	0.1	15.1	-
2ヶ月後	0.0	0.1	14.9	-
3ヶ月後	0.0	0.1	15.0	-
6ヶ月後	0.0	0.1	15.1	0.7
脱酸素剤無し				
直後 (24hr)	20.0	0.1	-	-
2ヶ月後	7.5	2.1	15.0	-
3ヶ月後	0.1	3.0	15.1	-
6ヶ月後	0.3	3.0	14.8	5.1

- not determined

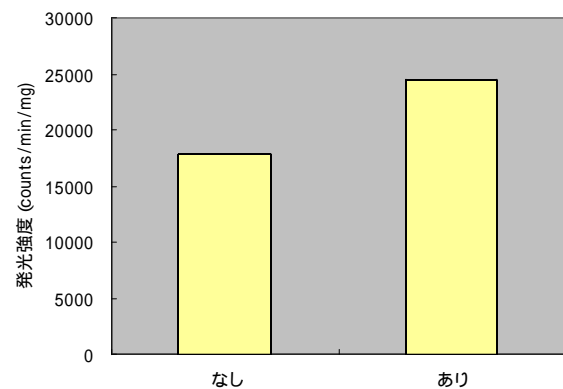


図5 脱酸素剤の有無と発芽玄米発光量

果を図5および図6に示した。脱酸素剤の無い方が発光強度が弱く、脂質、タンパク質、ビタミンなどの分解が進んでいると推測された。極微弱光の測定は前処理などが必要なく20分の測定時間で十分であり、貯蔵中の品質変化との相関を明らかにすれば指標として有効である。脱酸素剤の封入は6ヶ月後における食味の相違のみでなく栄養価に影響を与えていると推測され、常温3ヶ月以

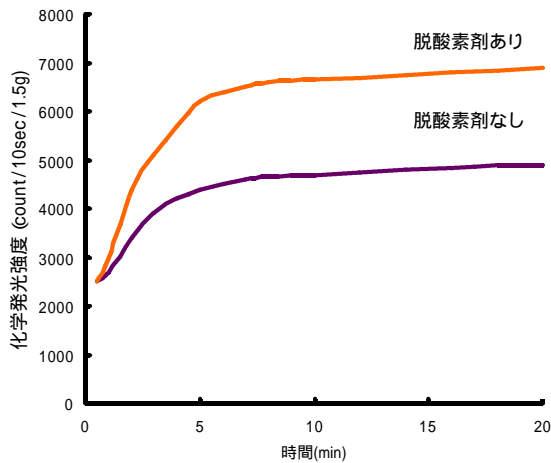


図6 発芽玄米の化学発光パターン

上の保存に耐えうる製品とするには、必須であると考えられた。

4 結 言

玄米および発芽玄米の品質を極微弱光（化学発光）によって評価する可能性について検討した。玄米の化学発光パターンを比較すると、古米の方が発光強度が強い結

果が得られ、脂質のTBA値も古米の方が高かった。一方、発芽玄米については脱酸素剤の有無で比較したところ、消費期限である6ヶ月まで保存しても、腐敗などの重大な変化はなかったが、匂いおよび呈味性は脱酸素剤で保存した方が優れていた。この時の脂質の酸価は脱酸素剤のない方が高い値を示し、化学発光パターンをみると脱酸素剤なしで保存した方が強度が低く、脂質のほかビタミン、タンパク質などの分解も進み品質劣化が進行していると推測された。いずれにおいても化学発光の計測は、特別な操作なしに短時間、少量の試料で計測できることから簡便な品質評価方法として有望と考えられた。

本研究は平成15年度中小企業開発能力強化推進事業で実施した。

文 献

- 1) 菅原龍幸編：新食品分析ハンドブック、健帛舎(2000)
- 2) 日本食品科学工学会編：新食品分析法、光琳(1996)
- 3) 須田郁夫、第4回C L技術研究会講演要旨集、p.12(1996)

県産ヤマブドウを用いた商品開発*

米倉 裕一**、山口 佑子***、小浜恵子***、櫻井 廣**

県産ヤマブドウを原料に酸味を抑えたワイン、皮ペクチンを利用したジャムおよびシードオイル、ピネガーの商品化の可能性を検討した。その結果、ワインではマセラシオンカルボニック(MC)法で醸造したものが、ジャムはパルパーフィニッシャーによる効率的な裏ごしにより新商品の可能性があった。また、油、酢においてもその可能性が十分にあった。
キーワード：ヤマブドウ、ワイン、酢、油脂

The New Products Made from YAMABUDO Collected in Iwate Prefecture

YONEKURA Yuichi, YAMAGUCHI Yuko, KOHAMA Keiko
and SAKURAI Hiroshi

It was considered the possibility of new products about wine in less sour test, jam with pectin of this rind, seed oil and vinegar made from YAMABUDO (*Vitis coignetiae Pulliat*) collected in Iwate Prefecture. The result was the possibility of the wine by Maceration Carbonic (MC) brewing, the jam strained by Pulperfinisher, seed oil and vinegar.

key words: YAMABUDO (*Vitis coignetiae Pulliat*), wine, vinegar, seed oil

1 緒 言

岩手県では、ヤマブドウの収量や品質の安定化を図り特産品として強化するため、県林業技術センターを中心に県内野生種から優良系統選抜を行い、涼実紫(すずみむらさき)1号から5号の5品種を品種登録し、平成16年度から苗木の販売を開始した。当センターでも、ヤマブドウの果汁成分分析や醸造試験を行いその特性を明らかにし、この品種登録に寄与した¹⁾²⁾³⁾⁴⁾。一方、ヤマブドウ原料を使った商品は、ジャム、ジュース、ワインなどがあり、健康志向の商品として根強い人気がある。今後、このヤマブドウの栽培が進むに従い、収量の増加が見込まれ商品化がし易くなることから、新商品の試作試験を行った。

本報では、この優良系統のヤマブドウから前報まで行っていた新しいワインの商品開発¹⁾²⁾³⁾⁴⁾の他、果汁に加えて皮まで入ったジャムの効率的な製造法、ピネガーや

シードオイルの商品化の可能性を検討した。

2 実験方法

2 1 試験サンプル

原料ヤマブドウは、県林業技術センター矢巾試験地と滝沢試験地に栽培しているものを使用した。これらは優良系統育種のため岩手県内から収集した野生株のうち、多収性、高糖度・低酸性に特徴のある株の蔓を挿し木で増殖したものである。

2 2 種子からの油の抽出および分析

ヤマブドウ種子から油脂の商品化の可能性を検討するため、油分の抽出およびその脂肪酸分析を行った。ソックスレー抽出装置によりヘキサン抽出した。また、油中の脂肪酸組成は、Phenylmethylammonium Hydroxide (PTAH)オンカラムメチル化剤(ジーエルサイエンス(株)製)を用い、表1の条件でガスクロマトグラフィー

* いわて新ブランド食品創生事業

** 醸造技術部

*** 食品技術部

(HP5980 シリーズ : ヒューレットパカード社製)にて分析した。定量は絶対検量線法で行った。参考として市販のグレープシードオイルおよびオリーブオイルの脂肪酸組成分析も行った。

表1 脂肪酸の分析条件

カラム	HP-INOWax(Cross-Linked PEG) 30m × 250 μm × 0.5 μm
キャリアガス	ヘリウム 30cm/sec, 1.5ml/min constant flow
オープン	150 (1min) to 200 at 15 /min, to 250 (1min) at 2 /min
インジェクション	スプリット(60:1), 0.5 μl, インレット 220
ディテクター	FID265
サンプル	25g/l in methylen chloride

2 3 酢の試作

ヤマブドウピネガーの商品の可能性を検討するため、酢の試作を行った。試験は、pH2.7~4.5 に調整したエタノールを加えたヤマブドウ果汁およびヤマブドウワインに酢酸菌 *Acetobacter aceti* IFO3281 を添加し酢酸発酵を行った。酢酸菌の前培養は、増殖培地に植菌後、30 130rpm、3 日間振とう培養した。酢酸製造は、振とう培養法、静置法で行い、振とう培養は表2のとおり、静置培養では、ヤマブドウワインをアルコール分 5.5%、pH3.5 に希釈調整し、必要に応じ酵母エキス、グルコースの添加や 60 加熱およびペクチナーゼ処理を行った。

表2 酢酸製造条件(振とう培養)

ヤマブドウ果汁	40ml
エタノール	5.5ml
種酢	10ml
pH 調整	2.7~4.5
水で 100ml に fill up	
30、130rpm で振とう培養	

2 4 ジャム用ペーストの試作

ヤマブドウは種と皮の分離が困難なため、通常は果汁にペクチンと砂糖を添加して製造している。そこで、効率的な種の分離方法を検討した。分離には裏漉機パルパーフィニッシャー(サンフードマシナリ社製)を用いた。前処理として、ヤマブドウ果実 30kg を破碎後、二重釜で 80、5 分間加熱し急冷した。

2 5 ワインの試作

2 5 - 1 醸造試験

ヤマブドウの酸味が強すぎるとの意見があるので、ワインの除酸を目的として醸造試験を行った。試験区は、3 試験区とし、1 仕込みの原料ヤマブドウは 15kg とした。対照となる「かもし」試験区は、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 になるようメタ亜硫酸カリウムを添加し、乾燥酵母 *EC-1118* を 0.4g/L 加えて品温 20~25 でかもし発酵を行った。次に、果汁仕込みは、果実を除梗、破碎し、よく攪拌しながら 2 重釜で 80 まで加熱後、急冷、圧搾し果汁を得た。この果汁に乾燥酵母 *EC-1118* を 0.4g/L 加えて品温 15 で発酵を行った。もう一つの MC 法は、約 25 の炭酸ガス中に果房を 8 日間置き、除梗、破碎後、圧搾し、果汁仕込み同様に発酵を行った。補糖は、糖度(Brix) が 11° 以下に達した時点で Brix23° まで結晶ブドウ糖を添加した。発酵終了は Brix9° 前後の発酵が鈍った時点としたが、かもしはそのまま 20 日放置し圧搾後、pH3.3 になるよう炭酸カルシウムで除酸した。

これら 3 試験区に亜硫酸濃度が 50ppm になるようメタ亜硫酸カリウムを添加し発酵を停止させた。

2 5 - 2 ワインおよび原料果汁の一般分析

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¹⁾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 5 - 3 官能試験

ワインの官能評価は、色調 2 点、香り 3 点、味 5 点の 10 点満点に換算して評価した。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 2004 年 1 月 23 日に行った。

3 実験結果

3 1 種子の油成分

ヤマブドウを搾汁した際の、果汁や粕および粕の水分等を表3に示す。果汁は平均 55%程度であり、残りが粕であった。また、粕の重量の半分が水分、残りが乾物であった。さらにその乾物の半分が種、残りが皮であった。この種を脂肪抽出した結果、果実の 1.2%、種子の約 10% が脂肪分であった。

表3 果実の構成比

果汁	55%					
粕	45%	水分	22.5%			
		乾物	22.5%	皮	11%	
				種	11.5%	
					脂肪	1.2%

表4 脂肪酸組成

	ヤマブドウ油		グレープシードオイル (白、市販品)		オリーブオイル (市販品)	
	mg	%	mg	%	mg	%
C14	-	0.2	-	-	-	-
C16	0.21	16.6	0.22	7.6	0.20	13.3
C16=1	-	-	-	-	0.01	1.0
C18	0.09	7.6	0.09	3.2	0.04	2.5
C18=1	0.50	40.0	0.46	16.0	1.10	74.6
C18=2	0.44	35.6	2.12	73.0	0.12	7.9
C18=3	-	-	0.01	0.3	0.01	0.7

また、このヤマブドウシードオイルおよび市販グレープシードオイルおよびオリーブオイルの脂肪酸組成組成を表4に示す。ヤマブドウシードオイルは、オレイン酸(C18=1)とリノール酸(C18=2)がほぼ同量存在し全体の80%弱を占めていた。その他、パルミチン酸(C16)、ステアリン酸(C18)が含まれていた。また、市販のグレープシードオイル、オリーブオイルは、それぞれリノール酸およびオレイン酸が8割占めていた。

3 2 酢の試作

アルコールを添加したヤマブドウ果汁を使った酢酸発酵を図1に示す。pH調整しないpH2.7の果汁とそれぞれpH3.0、pH3.3に調整した果汁では、酢酸を生成しなかった。それに対し、pH3.5と4.5に調整した果汁は酢酸を生成した。

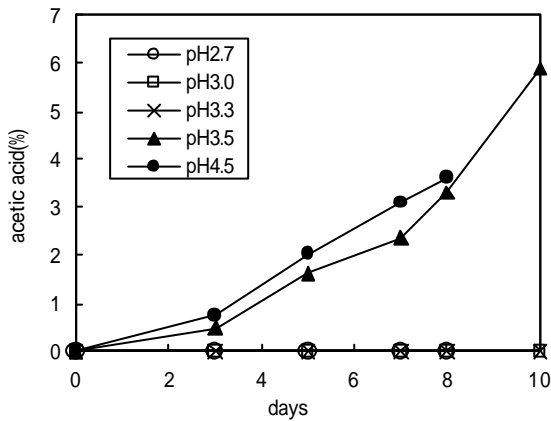


図1 酢酸生成とpH(振とう培養)

* 原果汁pH2.7、Brix.15

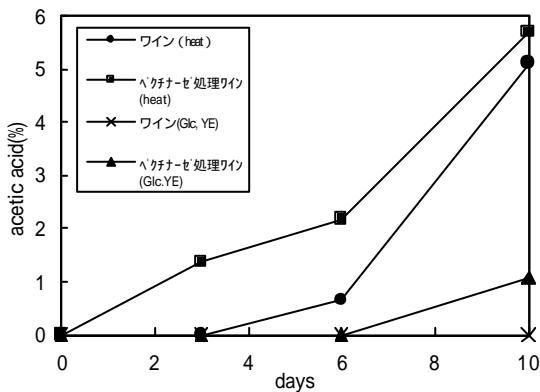


図2 ワインによる酢酸発酵

次に、pH3.5、アルコール5.5%に調整したワインを用い静置培養を行った(図2)。酵母の活性を止めるため加熱殺菌したワインは、いずれも早い段階で酢酸が生成した。一方、ワインに酵母エキス、グルコースを添加し酵母の活性を促進したものは、酢酸生成が無いもしくは遅い段階からの生成となった。また、ベクチナーゼを添加したものは、添加しないものに比べ酢酸生成が良かった。

3 3 ジャム用ペーストの試作

パルパーフィニッシャーを用いることにより、効率的な種子とペーストの分離が可能であった。ただ、2~3割程度の皮が種子の方に残った。

このペースト1に対し上白糖を1を添加して、ジャムを製造した結果、Brix.60°程度でジャム化した。

3 4 ワインの試作

3 - 4 - 1 ワイン及び原料果汁の分析

原料果汁およびワインの成分を表5、表6に示す。原料果汁は、冷夏の影響で酸が抜けきらず、例年より、pHが0.2~0.3程度低かった。この果実を加熱処理あるいはMC処理することにより、pHがそれぞれ0.2、0.4上昇した。また、MC処理により糖が消費され0.8%のアルコールが生成された。

表5 果汁成分

	比重	還元糖 (%)	糖度 (Brix)	pH	総酸 (%)	アルコール (%)
無処理	1.069	12.0	15.4	2.62	2.10	-
加熱処理	1.080	13.0	16.6	2.82	1.88	-
MC処理	1.061	9.9	14.4	3.00	1.54	0.8

ワインの発酵は、かもし仕込は15日目のBrix.8.5°で、加熱処理仕込は29日Brix.9°で、MC処理仕込は24日Brix.8.3°で発酵を終了した。発酵終了後、かもし仕込ワインはpH2.78、総酸1.7%であったが、除酸によりpH3.3、総酸1.4%になった。

表6 ワインの一般成分

	アルコール (%)	比重	糖分	還元糖 (%)	pH	総酸 (%)
かもし	11.6	1.001	4.4	0.38	3.30	1.40
加熱処理	12.4	1.002	4.9	1.09	2.93	1.76
MC処理	13.4	0.997	3.9	0.35	3.08	1.44

3 4 2 ワインの官能試験

醸造したワインの官能試験結果を表7に示す。加熱処理仕込は、総合点5.44と3つのワインの中で一番評価が高く、その内容は、香り、味のバランスが良く、穏やかであるとの評価であった。次に対照としたかもし仕込の評価が高く、ヤマブドウらしいとの評価であった。一番評価が低かったMC処理仕込は、香りに対する良否が2分していた。

4 考 察

ヤマブドウを使用した油、酢、ジャム、ワインの新しい商品の可能性を検討し、それぞれ、その可能性があることがわかった。

ヤマブドウの種子油は、その重量の10%を含有していることがわかった。これは、ごま油、なたね油など同じ種

表7 ワインの官能試験

試験区	評 点				短 評
	色	香	味	総合	
かもし	1.75	1.69	1.94	4.78	酸味強い。ヤマブドウらしい香。香マイルド。青臭い。梗臭。干し草臭。
加熱処理	1.88	1.81	2.44	5.44	香おだやか。バランス良好。フルティな味。甘香。酸化臭。苦み。
MC処理	1.69	1.38	2.00	4.50	香独特。味良。薫製様臭。色薄。酸化臭。ジャム様臭。あっさり。

子油の含有率が40～50%に対しかなり低く、大豆油の20%に比べても低い値であった。しかし、コーン油の5%程度に比べれば多いものであった⁵⁾。また、ヤマブドウの種子は通常廃棄されている部分であるので、これを利用することは廃棄物利用として有効と思われる。ヤマブドウが年間300t収穫され、その50%を種子油に加工するとすれば1.5t程度出来ることになる。今後、製油方法を検討し商品価値のあるものにすれば新しい商品の可能性を見いだすことが出来るとと思われる。

酢は、pHが低いと酢酸発酵しなかったが、pHを3.5以上に調整することにより発酵することがわかった。酢酸を製造する過程で一度除酸する事は、コスト的に無駄となるので、今後、酸に強い酢酸菌を導入すること、もしくは、酢酸菌を酸に慣らしていくことも検討していきたい。さらに、削減のため皮の部分を利用した酢酸製造を行い歩留まりの向上を図りたい。

ジャムは、パルパーフィニッシャーによりかなり効率よく裏ごしが出来るようになった。しかし、まだ、皮が種子部分に残るので、その解消法の検討として、今後、セルラーゼや加熱方法の工夫により裏ごし効率を上げることを試みたい。裏ごしの効率が上がれば、前述の酢酸製造の原料としても期待できる。

ワインは、従来品より酸を和らげることを目的として試験し、炭酸カルシウムによる除酸、MC処理、加熱処理のいずれもpHの上昇がみられた。官能評価においても、例年に比べ酸が和らぎ飲みやすくなったという評価であった。個々の評価としては、総合評価が一番高い加熱処理仕込みワインが、色、香、味の全てにおいても評価が高かった。これは、加熱することによりヤマブドウ独特の酸味や青草臭が和らぎ飲みやすくなった結果と思われる。この方法は、既に企業でも一部行われており、今後期待できる方法である。次に評価が高かったかもし仕込みワインは、従来のヤマブドウワインに近く、色、香の

評価は比較的高かったが、かもし期間を3週間と例年の2～3倍取ったためか、口に入れたときに梗や干し草の香りが残り味の評価が低かった。ヤマブドウは種子が大きいことなどから、長期間のかもしは、青草臭などの香味が付与しやすくなると思われた。一番評価の低かったMC処理仕込みワインは、酸が強いという指摘は無かったが、薫製様臭など独特な香りが強く良否の評価が分かれた。前報⁴⁾のMC処理では、処理温度が低くその効果は現れなかった。これらのことから、さらにこの条件を検討し風味を生かすことが出来れば、新しい商品として期待できると思われる。

5 結 言

ヤマブドウの新たな用途利用を目的として商品開発試験を行った。その結果、油、酢の新商品の可能性、ジャム、ワインなどの今までとは異なるバリエーションの商品の可能性が見いだされた。今後、さらに研究を進め企業での商品化を目指したい。

最後にサンプルを提供していただいた県林業技術センター並びにワインの官能試験をしていただいた企業及び試験研究機関等の方々に感謝いたします。

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) 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, **10**, 86 (2003)
- 5) 食用油脂, 藤田哲: (株) 幸書房(2000)

アミノ酸透過能が変化した清酒酵母の特性と醸造への影響

小浜恵子・伊藤良仁・米倉裕一・山本 忠・櫻井 廣・大澤純也
(岩手県工業技術センター)

平成 14 年 11 月 20 日受理

Characterization of the sake yeast *Saccharomyces cerevisiae* : Its increase of the activity of general amino acid permease (GAP) and the effect on sake brewing

Keiko KOHAMA, Yoshihito ITO, Yuichi YONEKURA,
Tadashi YAMAMOTO, Hiroshi SAKURAI and Junya OHSAWA
(Iwate Industrial Research Institute
3-35-2 Iiokashinden, Morioka, Iwate, Japan)

General amino acid permease (GAP), which is nitrogen-regulated, transports all naturally occurring amino acids in *Saccharomyces cerevisiae*. The activity of GAP is coordinately derepressed during growth on poor nitrogen sources such as proline, and it is inactivated in the presence of ammonia or glutamate. To analyze the effect of GAP activity on sake brewing, we examined a sake yeast with a high expression of the *GAP1* gene by constitutive promoter. In sake mash, intracellular amino acid contents of the yeast were higher than that of the parent strain except for proline during fermentation. With increasing GAP, changes in sake components were observed including high contents of isoamyl acetate and the composition of organic acids. Because of GAP inactivation, the parent strain was not able to grow on a methylamine medium including proline as a nitrogen source, while constitutive *GAP1* expression resulted in the utilization of proline on the same medium. Methylamine resistant mutants were obtained, almost all producing a high content of isoamyl acetate. In one of the mutants, E 136, intracellular amino acid contents increased during the sake fermentation test, and the *GAP1* gene was highly expressed under a rich nitrogen medium compared with the parent strain.

Key words : 清酒酵母, General amino acid permease-

緒 言

酵母 (*Saccharomyces cerevisiae*) が細胞内へアミノ酸の取り込みを行う際に関与するアミノ酸透過酵素は、基質特異性の異なる 19 種類が推定されている^{1,2)}。清酒醸造におけるアミノ酸の取り込みは、外部のアミノ酸量と香気成分への影響³⁾、もろみ中の無機イオンによる取り込み変化と製成酒のアミノ酸濃度⁴⁾、各種の透過酵素破壊株による醸造過程と製成酒アミノ酸組成への影響⁵⁾ など、醸造過程や製品の品質に大きな影響を与えることが報告されている。中でも基質特異性

の低いアミノ酸透過酵素 (GAP : general amino acid permease) は、生育に必要な窒素源に関して、良好な増殖を保つための nitrogen regulation に大きな役割を果たしている^{1,2)}。GAP 遺伝子 (*GAP1*) は、アンモニアやグルタミン酸など良好な窒素源の存在下では抑制され、プロリンやウレアなどの窒素源下で脱抑制される等の調節を受けているが、調節が変化した場合の清酒醸造に対する影響についてはあまり検討されていない。本研究では、*GAP1* 遺伝子を構成的発現プロモーター下で発現させた清酒酵母を用いて清酒醸造への影響を検討した。また、アンモニアのアナログ

であるメチルアミンに対する耐性を利用して、GAP活性を増大させた突然変異株取得が可能であったので報告する。

実験方法

1. アミノ酸透過酵素遺伝子(*GAP1*)高発現株の作成

協会701号酵母(K701)をYPD培地(1% yeast extract, 2% peptone, 2% glucose)にて定常期まで培養し、酢酸カリウム法⁶⁾で鋳型となる染色体を調製した。Jauniauxら⁷⁾の報告による実験室株の*GAP1*塩基配列より構造遺伝子部分の5'および3'末端塩基それぞれ20塩基に相補し、制限酵素*SalI*サイトを含むプライマーDNA(5'-CTGTCGACATGAGTAATACTTCTTCGTA-3', 5'-CTGTCGACGTTGTTCGATTCATTAACAC-3')を合成し、PCRにより増幅させた。増幅させたDNA断片を発現ベクターpAUR123(宝酒造製)のアルコールデヒドロゲナーゼプロモーター下流の*SalI*サイトに連結したプラスミドを作成した。作成したプラスミド中に含まれるDNA断片のシーケンスを行い*GAP1*遺伝子断片であることを確認した後、酢酸リチウム処理を用いる常法によりK701へ導入した。選択培地としてpAUR123の選択マーカーであるオーレオバシジンAを0.5 μ g/ml含むYPD培地を用い形質転換体を取得した(pGAP1/K701)。

2. メチルアミン耐性及び突然変異株の取得

pGAP1/K701及びK701をYPD液体培地で30°C, 1昼夜培養し、滅菌水で洗浄した後、メチルアミンを各種濃度で含みプロリンを窒素源としたYNB培地(0.16% yeast nitrogen base w/o amino acids and ammonia sulfate, 2% glucose, 0.1% proline)に同量を塗布して30°Cで培養し、2日後の生育を観察した。突然変異によるメチルアミン耐性酵母の取得は次のように行った。10mlのYPD液体培地にK701を植菌し、30°C, 1昼夜培養後、滅菌水で2回洗浄した菌体に、5%エチルメタンサルホン酸(EMS)を含むリン酸緩衝液(pH7)で30°C, 45分間処理を行った。6%チオ硫酸ナトリウムでEMSを中和後、処理菌体を2回洗浄してYPD液体培地にて30°C, 1昼夜培養した。次にメチルアミンを含む上記の選択培地で生育可能な株を取得した。

3. 清酒の小仕込み試験

小仕込み試験は難波らの方法⁸⁾に従った。総米1kg(精米歩合70%)の小仕込み試験をpGAP1/K701及びK701を用いて実施した。また、メチルアミン耐性変異株は総米100g及び1kgの小仕込み試験で評価した。仕込温度は水麴, 初添, 踊りを15°Cとして仲添12°C, 留添は10°Cとなるように仕込を行い、留後2日目より品温を1日に1°Cずつ上げ、最高品温を15°Cとなるようにした。留後21日目に遠心分離とフィルターによる加圧濾過によって上槽した。製成酒の一般成分分析, エタノール生産量, 香氣成分量は国税庁所定分析法注解⁹⁾に従って測定した。アミノ酸組成はアミノ酸自動分析計(JLC-3000, 日本電子製)を, 有機酸組成はカルボン酸分析計(S-3000, 東京理化学製)を用いて測定した。

4. 菌体内アミノ酸濃度の測定

留より7, 14, 21日後にサンプリングを実施し、酵母菌体内のアミノ酸量を測定した。測定法は北本ら⁴⁾の方法に従い、もろみより酵母を分離、10%トリクロロ酢酸(TCA)で抽出後、ジエチルエーテルでTCAを除去して沸騰水中でエーテルを除き、20mM塩酸で定容した試料をアミノ酸自動分析計により分析した。各アミノ酸量の総和を菌体内総アミノ酸量とした。

5. *GAP1* 遺伝子転写量の測定

Total RNAはSchmittら¹⁰⁾の方法により、供試酵母をYPD培地にて培養し対数増殖期に回収したものから調製した。アガロースゲルによる電気泳動にて分離し、ナイロンメンブレンに転写した。ノーザンハイブリダイゼーションはDIG DNA labeling and detection kit(ロシユ・ダイアグノスティック社製)を用いて検出した。プローブは、PCRで*GAP1*遺伝子の構造遺伝子部分を増幅したDNA断片を用いた。

実験結果及び考察

1. もろみ中でのアミノ酸取り込み変化と醸造特性

Fig.1にpGAP1/K701とK701を用いて総米1kgの小仕込み試験を実施したときの発酵経過を示した。2株の醸造経過には顕著な差はみられなかった。また、留後7, 14, 21日目の酵母菌体内アミノ酸量をTable1に示す。K701と比較して、その総量は明らかにpGAP1/K701の方が多かった。最も菌体内ア

Table 1 Intracellular amino acid compositions of the yeasts in sake mash

	Amino acids ($\mu\text{mol}/10^8$ cells)					
	7 day		14 day		21 day	
	K 701	pGAP 1/K 701	K 701	pGAP 1/K 701	K 701	pGAP 1/K 701
Asp	24.6	36.1	88.5	107.8	7.5	14.7
Thr	37.8	41.9	67.8	90.5	16.5	16.1
Ser	62.5	79.5	124.0	224.6	26.2	38.2
Glu	648.2	655.6	1167.3	1471.9	197.3	324.0
Gly	190.4	262.3	257.0	482.3	45.1	115.5
Ala	1163.8	1389.4	2328.5	2999.4	555.2	980.4
Val	61.7	91.1	74.2	107.2	10.1	15.8
Cys	40.9	37.3	225.0	232.7	99.1	142.3
Met	trace	trace	trace	4.6	trace	trace
Ile	42.8	59.3	82.1	137.6	16.3	41.0
Leu	43.9	60.2	81.5	140.2	11.8	22.9
Phe	13.5	22.3	28.1	69.3	4.0	7.9
Tyr	20.4	48.3	28.4	49.0	6.1	8.5
His	125.9	158.9	293.0	393.3	92.3	137.6
Lys	132.3	219.8	263.1	494.6	49.2	121.5
Arg	334.3	299.9	368.8	517.5	51.2	113.5
Pro	58.7	23.5	281.1	77.5	12.2	2.4
Total	3001.7	3485.3	5758.2	7600.0	1200.2	2102.3

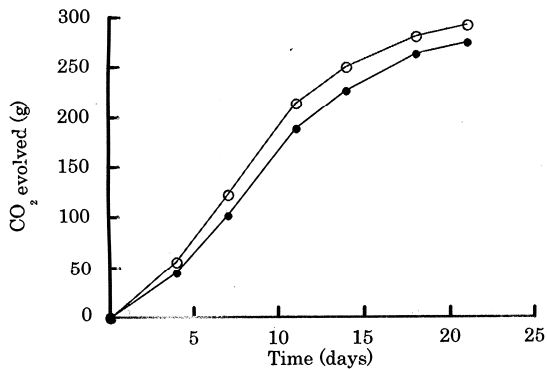


Fig. 1 Time course of carbon dioxide evolution from *moromi* during sake brewing.
Symbols: -○- K 701, -●- pGAP 1/K 701

ミノ酸総量が多い14日目と同様に、もろみ後期に至ってもアミノ酸総量はK 701に比べて2倍程度まで維持されていた。GAP1遺伝子を高発現させることにより、実際のもろみ中でも酵母のアミノ酸取り込み量が増加することが明らかであり、GAP1遺伝子の

構成的発現によるもろみ経過への顕著な影響はないことがわかった。小杉ら⁵⁾による各種アミノ酸透過酵素の破壊株を用いた報告でも、リジン透過酵素の破壊以外では特に醸酵経過への影響は認められていない。菌体内の各アミノ酸量についてはプロリンを除きpGAP 1/K 701の方が同等あるいは多かった。プロリン特異的な透過酵素遺伝子 (*PUT4*) はGAP1遺伝子と同様に nitrogen regulation を受けており、アンモニアやグルタミン酸などの存在下では抑制され、窒素源がプロリンである場合には脱抑制されて、取り込みを行うとともにプロリン代謝関連酵素が誘導され速やかに窒素源として分解利用される¹⁾。したがって、GAP活性の増大により菌体内のグルタミン酸濃度も上昇することで、プロリン特異的透過酵素は抑制を受けて菌体内プロリン濃度が減少している可能性がある。また、もろみ中ではプロリンはアミノ酸取り込み順では下位にあるが^{4,11)}、pGAP 1/K 701においてはGAP活性の増大に伴いプロリンが菌体内に取り込まれ、酵素誘導により分解されて菌体内プロリン濃度がむしろ低くなるのかもしれない。

Table 2 Analysis of sake brewed with *GAPI* gene constitutive expressed yeast

Strain	K 701	pGAP 1/K 701
Alcohol(%)	19.8	18.2
Acidity(ml)	2.7	3.0
Amino acidity(ml)	2.4	2.3
Lactate(mg/l)	558.9	579.6
Acetate(mg/l)	62.4	50.1
Malate(mg/l)	535.7	723.5
Citrate(mg/l)	125.1	129.0
Succinate(mg/l)	720.1	799.1
Ethyl acetate(mg/l)	97.7	122.7
Isoamyl acetate(mg/l)	5.9	10.9
Isoamyl alcohol(mg/l)	180.5	189.7
Ethyl caproate(mg/l)	1.5	1.5

このときの製成酒の一般成分値及び有機酸組成を Table 2 に示した。一般分析値には大きな差が見られなかったが、有機酸組成においてリンゴ酸濃度が約 1.4 倍多くなり、酢酸濃度が低くなる傾向がみられた。1 kg の小仕込みを繰り返したが同様の結果が得られた。また香気成分については酢酸エステル量が増加する傾向がみられ、特に吟醸香である酢酸イソアミルが親株に比べて 2 倍程度増大していた。菌体内アミノ酸量が増大した場合には Ehrlich 経路による高級アルコールの合成への影響が考慮されるが、イソアミルアルコール量には変化がみられなかった。

2. メチルアミン耐性突然変異株の醸造特性

GAPI 遺伝子は、アンモニア存在下では抑制されることから、窒素源をプロリンとした YNB 培地にアンモニアのアナログであるメチルアミンを添加した場合、*GAPI* 遺伝子の発現の差によって生育に相違がみられることが予測された。pGAP 1/K 701 と K 701 とのプロリンを窒素源とした培地におけるメチルアミン耐性の相違を Table 3 に示した。メチルアミン 50 mM の濃度で K 701 の生育は阻害を受けたが、pGAP 1/K 701 には影響がなかった。一方、窒素源が豊富な YPD 培地においてはメチルアミンを 100 mM 添加した培地でも K 701 は生育阻害を受けなかった。これらの結果は、プロリンを窒素源とした場合、メチルアミンの存在下では GAP が抑制を受けて生育が阻

Table 3 Differences in methylamine resistance

Strain	Viable cells number			
	Methylamine concentration (mM)			
	0	50	100	200
pGAP 1/K 701	1.3×10^2	1.1×10^2	23	--
K 701	1.5×10^2	7	--	--

害されるが、*GAPI* 遺伝子を構成的に発現させることでプロリンが取り込まれて資化され、生育可能になることを示している。したがって、これを指標にすれば酒造現場で利用可能なアミノ酸透過性の変化した突然変異株を取得可能と考えた。そこで、EMS 処理を行った酵母からメチルアミン 100 mM を含む選択培地に生育可能な株を取得した後、液体培地に植菌し、30°C、3 日間静地培養して生育良好な株を選択した。更に麴エキス培地 (Brix 15) で 13 日間培養して、親株と同等の生育を示し、アルコール生成量の良好な 14 株を選抜した。選択した 14 株を総米 100 g の小仕込み試験に供した結果を Table 4 に示した。製成酒は、ほとんどの変異株において pGAP 1/K 701 による仕込みと類似した傾向が見られた。すなわち、酢酸イソアミル含量は 1 株を除き K 701 と同等以上であり、2 倍以上のものもみられた。一方、有機酸組成ではリンゴ酸含量は 3 株を除き K 701 より高い値を示し、酢酸濃度は低く、半分以下の濃度のももみられた。パネラー 5 名による官能試験 (K 701 に比べて良い○、同等△、劣る×) の結果、酢酸イソアミル含量の高い E 136、E 208 の評価が高かった (Table 4)。このうち、酸組成に個性が感じられ、香りの華やかさがあることで最も評価の高かった E 136 について総米 1 kg の仕込みを実施した。

3. 変異株 E136 の醸造特性とアミノ酸透過性の変化

E 136 を用いて得られる製成酒の分析結果を Table 5 に示した。醸酵経過は K 701 に比べてほとんど変わらなかった。E 136 による製成酒の有機酸組成は、100g の仕込みと同様リンゴ酸濃度が約 1.4 倍高く、酢酸濃度が低くなり再現性がみられた。香気成分でも酢酸イソアミル濃度の増大がみられた。また、E 136 と K 701 のアミノ酸透過性の差を 1 kg 仕込み時のもろみ中で測定するため、留後 12 日目のもろみから酵

Table 4 Analysis of sake fermented with methylamine resistant mutants

Strain	Alcohol (%)	Acidity (ml)	Amino acidity (ml)	Acetate (mg/l)	Malate (mg/l)	Isoamyl acetate (mg/l)	Isoamyl alcohol (mg/l)
K 701	16.1	3.5	2.9	141	824	3.1	155.4
E 005	15.8	3.7	2.7	131	846	4.3	167.3
E 031	15.1	3.3	3.0	112	798	5.2	166.0
E 061	15.6	3.7	2.5	64	1141	4.4	145.9
E 074	14.9	3.8	2.5	149	1394	3.3	207.3
E 103	13.8	3.2	2.3	30	967	4.7	167.9
E 117	14.5	3.8	2.5	69	1179	5.8	162.3
E 136	15.2	3.3	2.9	35	1120	7.7	172.5
E 139	16.3	3.3	2.8	69	1269	3.3	143.4
E 140	15.5	3.6	2.8	159	809	2.0	139.5
E 144	17.1	3.5	2.7	135	909	3.1	149.2
E 156	14.4	3.0	2.8	20	1021	3.3	159.1
E 162	15.2	3.2	2.9	48	944	5.7	152.3
E 183	15.5	3.3	2.9	41	808	3.9	148.8
E 208	15.7	3.3	3.0	70	998	7.5	179.4

母を分離し、菌体内のアミノ酸濃度を測定した。E 136 は明らかに菌体内のアミノ酸濃度が高い (Table 5) ことから、メチルアミン耐性を指標としてアミノ酸透過性の増大した変異株が取得可能であり、GAP1 遺伝子を構成的に発現させた場合 (pGAP 1/K 701) と同様に酢酸イソアミルの香りが華やかで酸の個性が感じられる酒質を得ることができた。田中ら¹²⁾ は、カルバミド低生産酵母を取得するため、メチルアミン耐性を指標にウレアミドリアーゼのアンモニア脱抑制株を取得している。このとき得られている酵母による製成酒特性も、カルバミドが減少するとともに、リンゴ酸、酢酸イソアミル濃度が高く、E/A 比が高いと報告されている。この場合もイソアミルアルコール生成量は親株とほとんど変わっていない。ウレアミドリアーゼも nitrogen regulation を受けており、調節の変化に伴い得られる共通の性質かもしれない。

酢酸イソアミルは、イソアミルアルコールとアセチル Co-A を基質としてアルコールアシルトランスフェラーゼによって生成される¹³⁾。酢酸イソアミルを高生産させるため、基質であるイソアミルアルコール量を増加させる方法が報告されている。Ashida ら¹⁴⁾ はロイシンアナログ耐性株により、秋田ら¹⁵⁾ は、カナ

Table 5 Analysis of sake fermented with mutant E 136

Strain	K 701	E 136
Alcohol (%)	19.8	19.9
Sake meter	-4.5	-7.0
Acidity (ml)	2.7	2.8
Amino acidity (ml)	2.2	2.3
Lactate (mg/l)	510.3	529.3
Acetate (mg/l)	30.0	10.1
Malate (mg/l)	685.2	931.2
Citrate (mg/l)	87.3	104.0
Succinate (mg/l)	538.9	585.7
Ethyl acetate (mg/l)	88.6	99.8
Isoamyl acetate (mg/l)	6.4	10.2
Isoamyl alcohol (mg/l)	196.9	194.9
Ethyl caproate (mg/l)	1.5	1.5
Intracellular amino acid concentration (μ mol/108 cells)	8.2	11.3

Intracellular amino acids analyzed with yeast cells isolated from sake fermentation on day 12.

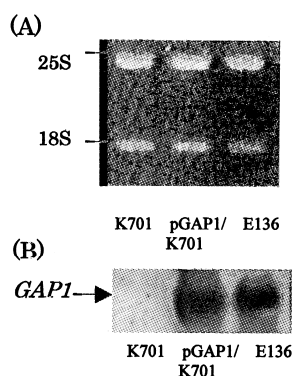


Fig. 2 Expression of the *GAPI* gene in a mutant strain.

(A) Electrophoresis of total RNA, (B) Northern blotting using DNA fragment carrying the *GAPI* gene.

Cells were grown in YPD medium and total RNA 20 μ g was used for each lane.

バニン耐性株を用いた糖化後醸酵法において取り込み順位下位のロイシンの取り込みを増すことにより、それぞれイソアミルアルコールの増加を報告している。本研究での GAP 活性の増大に伴う酢酸イソアミルの増加はこれらとは異なる理由によると考えられ、アルコールアシルトランスフェラーゼ活性の変化についても検討するべきと思われる。一方、酢酸はアセチル Co-A の基質となることから、もろみ中でのアセチル Co-A シンターゼ活性の増大が製成酒中の酢酸を減少させる^{16,17)}と報告されており、GAP 変異酵母のアセチル Co-A 生成量についても興味深いところである。また、リンゴ酸濃度の上昇についても、生成に主要な酵素であるリンゴ酸デヒドロゲナーゼへの影響を含めた検討が必要である。

4. 変異株 E136 の *GAPI* 遺伝子転写の変化

E136 はもろみ中でも菌体内アミノ酸濃度が増大しており、アミノ酸透過性が増大しているものと思われた。しかし、*GAPI* 遺伝子は転写レベルで窒素源による調節を受けているとともに、翻訳後もリン酸化による修飾を受けており、アンモニアやグルタミン酸などの窒素源存在下では脱リン酸化を受けて不活性型となることが報告されている¹⁸⁾。強力なプロモーターである *ADHI* 遺伝子プロモーターによって発現させた pGAP 1/K 701 でも菌体内のアミノ酸濃度の上昇が総

量で 2 倍程度にとどまったのは、そのためと思われる。取得した E 136 の *GAPI* 遺伝子が転写レベルでの変化を伴っているのかを調べるためノーザンブロットィングにより解析を行った (Fig. 2)。窒素源豊富な YPD 培地で培養した場合、K 701 にみられるように *GAPI* 遺伝子の転写は抑制されているが、pGAP 1/K 701 および E 136 では顕著に上昇していることが判明した。*GAPI* 遺伝子の発現は nitrogen regulation に関与する転写活性化因子 Gln 3 p, Nil 1 p によって制御されており¹⁹⁾、変異遺伝子については更なる解析が必要である。

要 約

1. 清酒酵母のアミノ酸取り込みの増大と酒質との関係を明らかにするため、基質特異性が低く nitrogen regulation に重要な役割を果たしているアミノ酸透過酵素 (GAP) に着目して調節の変化が清酒醸造に与える影響を検討した。*GAPI* 遺伝子をアルコールデヒドロゲナーゼ遺伝子 (*ADHI*) プロモーターで発現させた清酒酵母 (pGAP 1/K 701) は、実際のもろみ中でもアミノ酸の透過性は増大しており、醸酵経過への顕著な影響はみられなかった。菌体内アミノ酸濃度はもろみ初期から末期まで高く、アミノ酸組成別ではプロリンを除きすべての濃度が同等あるいは上昇していた。得られた製成酒は協会 701 号酵母 (K 701) に比べて酢酸イソアミル濃度が高く、リンゴ酸量が多く酢酸濃度が低いものであり、香りの華やかさが特徴的な酒質となった。
2. アンモニアの存在下で *GAPI* 遺伝子は抑制されることから、アンモニアのアナログであるメチルアミンを含み、プロリンを窒素源とした培地上で、K 701 と pGAP 1/K 701 の生育に差異がみられた。この耐性を指標にして、K 701 を親株とし、突然変異株を選抜した。生育良好な 14 変異株を用いて総米 100 g の試験醸造を行ったところ、製成酒の構成成分は pGAP 1/K 701 と同様の傾向が見られた。変異株のうち酢酸イソアミル含量が高く、官能評価の結果が最も高い E 136 について総米 1 kg の仕込みを繰り返した結果、構成成分及び酒質の再現性が得られ、もろみ中での菌体内アミノ酸濃度を測定したところ、明らかに K 701 に比べて上昇していた。ノーザンブロットィングによる解析から、窒素源豊富な条件下でも E 136 の

GAP1 遺伝子の転写量は K 701 に比べて増大していた。従って、プロリンを窒素源としてメチルアミン耐性を指標とした選抜により、GAP によるアミノ酸取り込み能の増大した清酒酵母の育種が可能であることが明らかとなった。

謝 辞

本報告の作成にあたりまして、貴重なご意見をいただきました秋田県立大学生物資源科学部、中沢伸重助教授に深く御礼申し上げます。

文 献

- 1) B. MAGASANIK : The Molecular and Cellular Biology of the Yeast *Saccharomyces*, vol. 2, 283-317, Cold Spring Harbor Laboratory Press, New York (1992)
- 2) B. MAGASANIK, C. A. KAISER : *Gene*, **290**, 1-18 (2002)
- 3) 秋田 修, 蓮尾徹夫, 大場俊輝, 宮野信之 : 発酵工学, **65**, 19-26 (1987)
- 4) 北本勝ひこ, 高橋康次郎, 戸塚 昭, 吉沢淑 : 発酵工学, **63**, 289-295 (1985)
- 5) 小杉昭彦, 小泉幸道, 柳田藤治, 鶴高重三 : 醸協, **94**, 141-149 (1999)
- 6) 大島泰治 編著 : 酵母分子遺伝学実験法, 学会出版センター, 東京, (1996)
- 7) J-C. JAUNIAUX, M. GRENSON : *Eur. J. Biochem.*, **190**, 39-44 (1990)
- 8) 難波康之祐, 小幡孝之, 萱島 進, 山崎与四良, 村上光彦, 下田高久 : 醸協, **73**, 295-300 (1978)
- 9) 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)
- 10) M. E. SCHMITT, T. A. BROWN, B. L. TRUMPOW : *Nucleic. Acids. Res.*, **18**, 3091-3092 (1990)
- 11) 布川弥太郎 : 醸協, **76**, 705-708 (1981)
- 12) 田中準浩, 永井英雄, 中沢英五郎, 三島秀夫, 竹村成三 : 醸協, **84**, 413-417 (1989)
- 13) K. YOSHIOKA, N. HASHIMOTO : *Agric. Biol. Chem.*, **45**, 2183-2190 (1981)
- 14) 秋田 修, 蓮尾徹夫, 原 昌道, 吉沢 淑 : 発酵工学, **67**, 7-14 (1989)
- 15) S. ASHIDA, E. ICHIKAWA, K. SUGINAMI, S. IMAYASU : *Agric. Biol. Chem.*, **51**, 2061-2065 (1987)
- 16) 後藤 (山本) 奈美, 劉 宏芳, 石川雄章, 岡崎直人 : 醸協, **95**, 533-539 (2000)
- 17) S. AKAMATSU, H. KAMIYA, N. YAMASHITA, T. MOTOYOSHI, N-G. YAMAMOTO, T. ISHIKAWA, N. OKAZAKI, A. NISHIMURA : *J. Biosci. Bioeng.*, **90**, 555-560 (2000)
- 18) M. STANBROUGH, B. MAGASANIK : *J. Bacterol.*, **177**, 94-102 (1995)

鑄ぐるみ材の研削加工*

齋藤 裕之**、堀田 昌宏**、池 浩之***

高川 貫仁***、勝負澤 善行****、飯村 崇*****

岩手県工業技術センターでは、サーメット粒子を鑄ぐるみ材に高温耐摩耗性に優れた新しい複合材料(以下「鑄ぐるみ材」と記す)を開発した。この材料を金型等の機械要素部品に適用することを目的とし、従来、明らかにされていなかった鑄ぐるみ材の高精度加工方法について検討した。この結果、以下のことが分かった。

(1) 表面粗さはRy0.5 μ m以下を達成することができた。

(2) 鑄ぐるみ材をプロファイル研削砥石にて研削すると砥石の摩耗は激しい。

(3) 砥石表面をレーザー光を用いて測定すると、その輝度値の変化により研削砥石の摩耗状況のある程度把握できる。

キーワード：複合材料、鑄ぐるみ材、研削砥石、レーザー光

Grinding of Insert Material

SAITO Hiroyuki , HOTTA Masahiro , IKE Hiroyuki

TAKAGAWA Takahito , SHOUBUZAWA Yoshiyuki and IIMURA Takashi

Generally, precision machining has used grinding. In this paper, we described grinding and evaluation of wear on grinding wheel using laser beam for insert material made in Iwate Industrial Research Institute. From the result, we found that Ry value of insert material was less than 0.5 μ m and the value of reflected laser beam cloud been evaluated wear of grinding wheel.

key words : composite material, insert material, grinding wheel, laser beam

1 緒 言

近年、環境問題が盛んに議論され始め、工業製品のリサイクルが推進あるいは義務化されている。しかし、切削加工の工具刃先に使用されるスローアウエーチップは耐摩耗性・耐熱性に優れた超硬合金やサーメットが使用されているにもかかわらず、寿命とともに廃棄され、リサイクルはほとんどなされていない。

このため、工業技術センターでは、スローアウエーチップのリサイクルを目的に、鑄鉄中に、廃棄されたスローアウエーチップを粉碎・混合して合金化した鑄ぐるみ材を開発した。この鑄ぐるみ材は、安価で高温耐摩耗性・耐熱性・耐酸化性が必要なクラッシャー用破碎歯や高温用破碎歯、焼結鋼破碎歯への適用には非常に有効である。

一方、鑄ぐるみ材を金型部品・射出成形用部品等の精密機械に適用できれば利用範囲はさらに拡大されると考えられる。しかし、これらの部品への適用には、表面粗さがRy0.5 μ m以下であることが要求される。表面粗さの向上は、組織が均一な材料の場合、切削加工後に研削加工を施し、研削砥石や研削条件を変化させることで設計値に到達させる。しかし、鑄ぐるみ材料のように組織が不均一な場合については、研削砥石や研削条件と表面粗さの関係は詳細には調べられていない。そこで、鑄ぐるみ材の高精度加工が大きな課題となっている。

また、研削作業では、砥石交換時期を作業者が判断しており、作業者の技量に大きく左右される。砥石作業の自動化には、砥石交換時期を定量化することは非

* 素材再利用による新材料製造技術開発事業
** 電子機械技術部
*** 材料技術部
**** 材料技術部(現 いわて産業振興センター)
***** 企画情報部(現 電子機械技術部)

常に重要であり、このためレーザー等の非接触による方法が有効である¹⁾と考えられている。

そこで、本研究では、(1) 鑄ぐるみ材の高精度研削加工、(2) 鑄ぐるみ材を用いた実加工品の製作と評価、(3) 研削砥石のレーザー計測について調べた。

2 実験方法

2-1 鑄ぐるみ材の高精度研削加工

実験には、CNC 超精密研削盤((株)岡本工作機械製作所 UPG-63NC)を使用した。研削剤はソリュブル液を用い、その供給量は、研削中、被削材表面に十分に供給される量とした。鑄ぐるみ材はサーメット粒子を鑄鉄で「鑄ぐるみ」したものであるため、表面は部分的に超硬合金と同様な硬度を有していると考えられるため、研削条件は、一般的にダイヤモンド砥石(1000)を用いて超硬合金を研削する場合に最適とされている条件とした。その研削条件は総切込み量0.01mm、1回あたりの切込み量0.01 μ m、周速900rpm、テーブル送り(トラバース)、左右送り速度25m/min、前後送り速度1.5m/minである。

砥石は東京ダイヤモンド製(1000)を用いた。研削実験後、鑄ぐるみ材表面は接触式表面粗さ計にて測定した。なお、本実験で用いた鑄ぐるみ材はNi50vol%、含有サーメット粒子150 μ m以下の条件のものである。

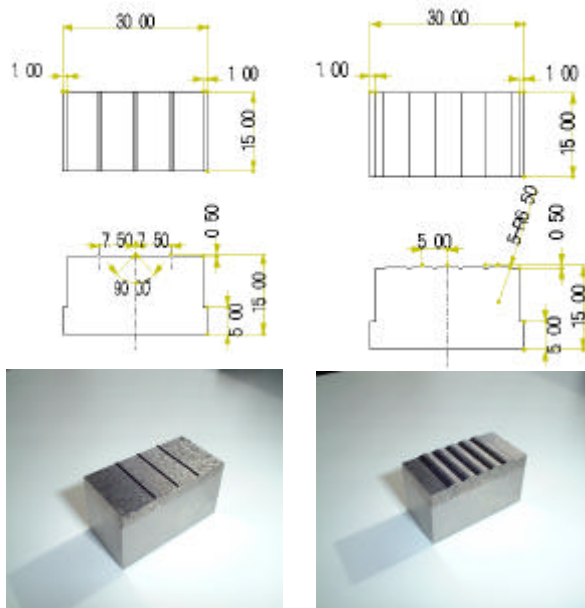
2-2 鑄ぐるみ材を用いた実加工品の製作と評価

実加工品の研削実験には精密研削盤((株)ナガセSHS-80)を使用した。研削剤はソリュブル液を用い、その供給量は、研削中、被削材表面に十分に供給される量とした。砥石はプロファイル研削砥石(SD400MVD(砥石寸法、75D*5W*1*0.04R*15°*31.75H))を用い、砥石バランスは0.1 μ m以内となるようにした。また、反転速度は500往復/minであった。本実験で用いた鑄ぐるみ材は小西鑄造(株)にて製造されたもの(含有サーメット粒子1000 μ m)である。本実験では図1(a)および(b)に示す、異なる2つの形状Type AおよびType Bについて研削を行った。

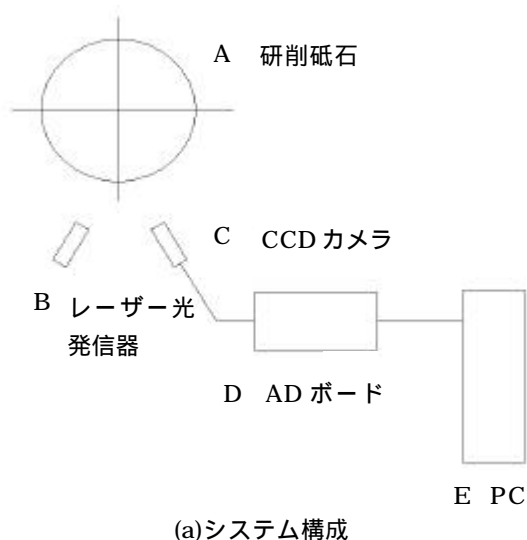
2-3 研削砥石のレーザー計測

実験には、精密平面研削盤((株)長島精工)を使用した。研削剤はソリュブル液を用い、その供給量は、研削中、被削材表面に十分に供給される量とした。研削条件は、ドレッシングする場合には、主軸回転数1200rpm、テーブル送り(左右30m/min 前後10m/min)、切り込み0.003mm/path、被削材を研削する場合には、主軸回転数1200rpm、テーブル送り(左右30m/min 前後10m/min)、切り込み0.005mm/pathとした。被削材はサーメットおよび超硬合金を用い、砥石は三菱マテリアル製ダイヤモンド砥石(200)を用いた。

図2(a)に砥石摩耗評価システム構成、(b)に砥石摩耗評価システムの実機上での様子を示す。(a)においてAは研削砥石、Bはレーザー光発信器(発信波長670nm、



(a) Type A (b) Type B
図1 研削形状



(a) システム構成



(b) 実機

図2 砥石摩耗評価システム

最大出力1.6mW、ビーム径1mm、幅1mmの30°ラインレーザ、CはCCDカメラ(測定領域1/3インチ(640×480))、DはA/Dボード、EはPCである。この計測システムにより、砥石の輝度値を測定する手順を次に示す。Bのレーザー発信器よりラインレーザ光を発生させる。そのレーザー光は砥石表面に当り、反射光となり、CのCCDカメラに取り込まれる。測定データはA/Dボードを介しEのPCにて処理される。

3 実験結果及び考察

3-1 鑄ぐるみ材の高精度研削加工

図3に鑄ぐるみ表面と鑄鉄部分の表面あらさを示す。また、図4に鑄ぐるみ表面の粗さ曲線を示す。鑄ぐるみ表面では $Ry0.33\mu m$ 、鑄鉄部分では $Ry0.12\mu m$ となり、鑄ぐるみ材料は $Ry0.5\mu m$ 以下の精度で研削加工が可能であることが分かった。しかし、鑄ぐるみ部には、図4に示すように一部 $Ry2.14\mu m$ となる部分もあることが分かった。これは、サーメットと鑄鉄の境界で材料欠陥が生じたためであると考えられる。この材料欠陥は凹形状であるため金型などの機械部品への使用には問題にならないと考えられる。

3-2 鑄ぐるみ材を用いた実加工品の製作と評価

図1(a)の形状では、設定加工深さ(0.52mm)に対して加工深さは0.45mmとなった。この時、表面粗さは $Ry0.82\mu m$ となり、総加工時間は12時間36分であった。図1(b)の形状では、設定加工深さ(0.52mm)に対して加工深さは0.49mmとなった。この時、表面粗さは $Ry0.74\mu m$ となり加工時間は13時間44分であった。二つの形状で最終加工深さは異なるが、いずれの形状の研削でも、研削砥石は研削とともに激しく摩耗しており、設定値まで加工できなかった。研削砥石が激しく摩耗した理由は、鑄ぐるみ材がサーメットを含む硬度の大きな部分と、硬度がかなり小さい鑄鉄材料の部分で構成されている複合材料であり、均一な硬度を持つ材料を研削する場合と比べ、厳しい条件であったからである。

3-3 研削砥石のレーザー計測

図5に被削材の除去体積と輝度値の関係を示す。それぞれ初期の輝度値を100%として、除去体積に対する輝度値の変化を記録した。、は超硬合金を研削したもので、はサーメットを研削したものである。光源の比較のため、ラインレーザ光のみ、さらに光量を補うことを目的としてラインレーザ光にファイバースコープの光を付加したものと光量可変スポットレーザを用いた。被削材がサーメットの場合、輝度値は除去体積1000mm³で最小値をとり、その後、増加している。被削材が超硬合金の場合、ラインレーザおよびラインレーザ+ファイバースコープを用いた時、輝度値は常に下降傾向にある。しかし、光量可変スポットレーザを用いると輝度値は常に上昇傾向に

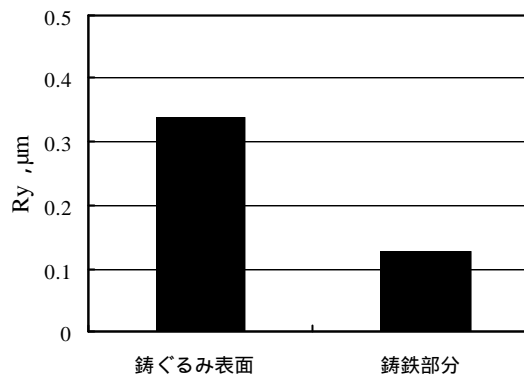


図3 鑄ぐるみ表面と鑄鉄部分の表面粗さ

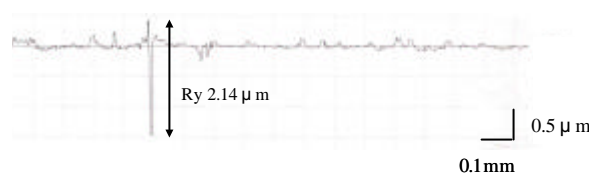


図4 鑄ぐるみ表面の粗さ曲線

ある。

ここで、除去体積と輝度値の変化について考察する。砥石表面の不良は目つぶれ、目づまり、目こぼれの3つのいずれかの状態になると考えられる。そこで、本計測システムでは、

目つぶれ状態：砥粒が摩耗して平坦化され、砥石表面で反射される光の正反射成分が増すため、測定器の受光量が増加する。

目づまり状態：砥粒周辺に加工中の金属が付着し、加工ができなくなる状態であり、金属部分でもレーザー光が反射されるため、全体の受光量が増加する。

目こぼれ状態：砥石表面のうち、光を反射する成分である砥粒が減少し、砥石面からの反射光量が減少する、と仮定した。

今回の実験では砥石はダイヤモンド砥粒(200)、被削材としてサーメットもしくは超硬合金を用いたので砥石表面に発生する不良は目つぶれ状態になると考えられる。

その結果、測定器の受光量が増加し輝度値は上昇するものと考えられる。

被削材がサーメットの場合、除去体積1000mm³までは、目こぼれ状態であったものが、除去体積1000mm³を超えると、目つぶれ状態になったと考えられる。

被削材が超硬合金の場合、ラインレーザ光()およびラインレーザ光+ファイバースコープ()では輝度値が下降傾向になっている。これは砥石の摩耗状態が加工が進行しても常に目こぼれ状態になっていたことを意味している。しかし、光量可変スポットレーザ光()を用いると上昇傾向になっている。光量可

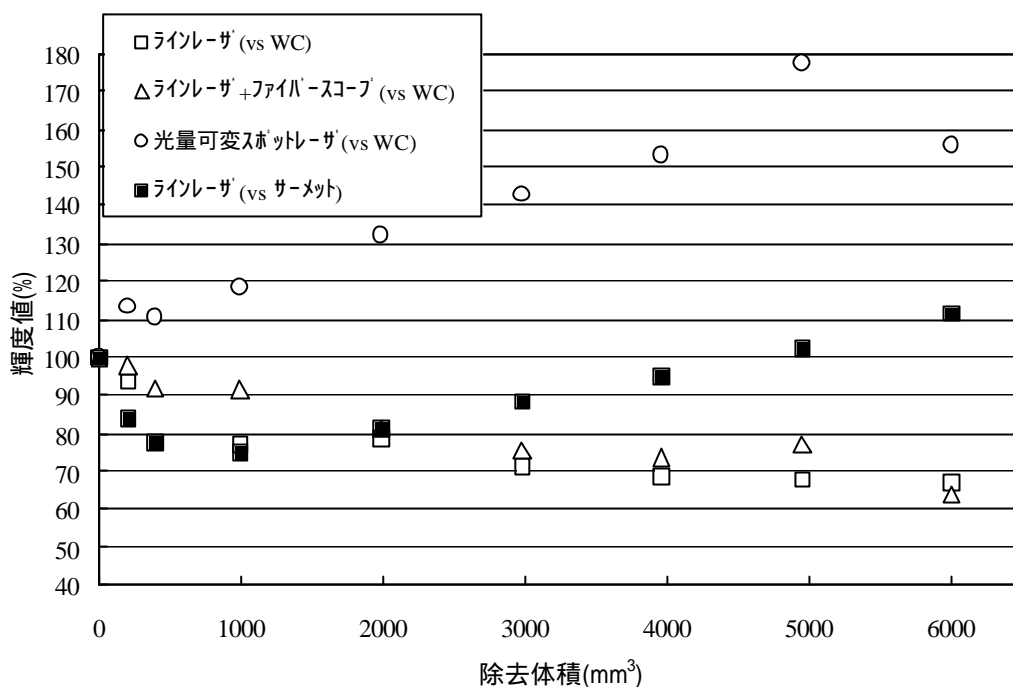


図5 除去体積と輝度値の関係

変スポットレーザー光では砥石表面のある一点の情報
が強調されすぎたためこのような結果になったと思わ
れる。

以上の結果から、ラインレーザー光もしくはライン
レーザー光+ファイバースコープによる光量で砥石表
面の情報は得られることが可能であることが分かった。
しかし、これらの結果だけでは砥石摩耗状態を把握し
寿命を判断することは難しい。砥石摩耗状態を把握し
寿命を判断するには、AEセンサー、切削動力計および
主軸の負荷などを計測することにより、研削状態を複
合的に把握する必要があると考えられる。

4 結 言

耐摩耗性に優れた鋳ぐるみ材を金型などの機械要
素部品として用いるには、実際に研削加工を施してそ
の製作精度を検討する必要があると考えられる。そこ
で、本研究では、(1)鋳ぐるみ材の高精度研削加工、(2)
鋳ぐるみ材を用いた実加工品の製作と評価、(3)研削砥

石のレーザー計測について調べた。この結果、以下の
ことが分かった。

鋳ぐるみ材の高精度研削加工では、

(1)表面あらさ Ry0.5 μ m 以下を達成することができた。

鋳ぐるみ材を用いた実加工品の製作と評価では、

(1)異なる2つの形状でも、表面粗さは Ry0.5 μ m 以下
とはならなかった。

(2)鋳ぐるみ材を研削すると砥石の摩耗は激しい。

研削砥石のレーザー計測では、

(1)輝度値の変化により、砥石の摩耗状況をある程度把
握できる。

文 献

1)飯村 崇：一般砥石の摩耗評価法確立、岩手県工業
技術センター研究報告 第9号(2002)8

難削新素材に対する振動切削加工技術の適用*

堀田 昌宏**、池 浩之***、勝負澤 善行****

高川 貴仁***、齋藤 裕之**

新たに開発された耐摩耗性に優れる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の適応について検討した。その結果、切削速度をある程度早めに、送り速度を遅く設定した方が面粗さを向上させる可能性があることがわかった。

キーワード：振動切削、超音波振動

Application of the Vibration Cutting for New Materials that Are Difficult-to-Machine

HOTTA Masahiro, IKE Hiroyuki, SHOUBUZAWA Yoshiyuki,

TAKAGAWA Takahito, and HIROYUKI Saito

We examined application by using the vibration cutting way of giving ultrasonic vibration to tool edge, in order to work a new material that have the anti-wearing. As a result, we knew that speeding up the cutting speed a little and slowing feed rate can make the surface better roughness.

key words : vibration cutting, ultrasonic vibration

1 緒 言

新たに鑄ぐるみ手法で開発された耐摩耗性に優れる新素材材料を加工するために、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）の適用を試みた。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¹⁾、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、新素材を被削材として振動切削に関する加工条件を検討し、併せて試作加工を行ったので、その経過について報告する。

2 実験方法

無断変速機能を有する汎用旋盤（昌運製作所（株）製 S T - 5）を用い、新素材を被削材として、端面切削を実施した。工具は超硬工具及び c B N 工具を用い、切削液として、水溶性切削液（30 倍希釈）を使用した。そし

て、加工機に取り付けた状態で触針式表面粗さ測定機（サーフェスト、ミットヨ（株）製）を用いて加工面の表面粗さを測定した。

なお、実験では、工具刃先に超音波振動を付加する装



図 1 超音波振動切削装置

* 素材再利用による新材料製造技術開発事業
** 電子機械技術部
*** 材料技術部
**** 材料技術部（現 いわて産業振興センター）

置として、図1に示す市販の超音波振動切削装置(FUM1、富士工業(株)製)を用いた。この装置は振動周波数27kHz、最大片振幅12.5 μ 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。表1、表2に切削条件を示す。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 : 送り速度 (mm/rev)
- a : 切り込み(mm)
- Ry : 縦方向の最大高さ (μ m)

表1 切削条件(1)

被削材	鑄ぐるみ材(素地:高Cr白鑄鉄、Ni50%vol添加,含有サーメット粒子0.15mm以下)
切削速度 V	10,20,30m/min
送り速度 f	0.05,0.1mm/rev
切り込み a	0.025mm/pass
切削液	無し 水溶性切削液(30倍希釈)
工具	超硬(JIS:K種相当、刃先半径0.4)

表2 切削条件(2)

被削材	鑄ぐるみ材(素地:高Cr白鑄鉄、Ni50%vol添加,含有サーメット粒子0.15mm以下)
切削速度 V	10,30,60,80m/min
送り速度 f	0.05mm/rev
切り込み a	0.025mm/pass
切削液	無し
工具	cBN(メーカA、メーカB、どちらも刃先半径0.4)

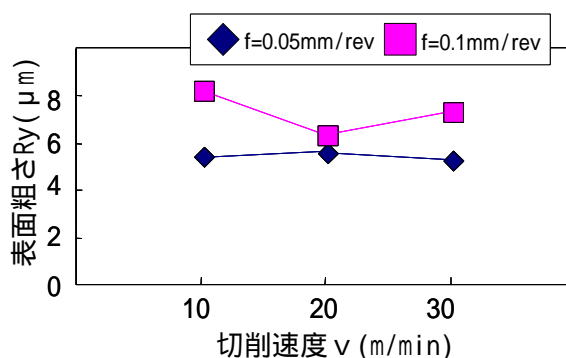
3 実験結果及び考察

3-1 超硬工具における表面粗さ

切削速度と送り速度が表面粗さに及ぼす影響を確認するため、切削条件(1)で端面切削した。この場合の表面粗さRyの実験結果を図に示す。Ryは切削速度による変化はないが、送り速度が遅いと値が小さくなった。また、切削液の影響を検討したところ、湿式切削(水溶性切削液供給)よりも乾式切削(切削液無し)の方が表面粗さが小さくなった。この結果はcBN工具を用いて超硬を振動切削した場合と同様であり²⁾、通常加工の場合とは異なっている。また、加工後の工具刃先を観察すると、乾式切削、湿式切削いずれの場合も欠損が確認された。そのため、より耐欠損性の高い超硬工具に変更し、加工負荷が小さい切削条件(V=40m/min、f=0.05mm/rev、a=0.01mm、超硬工具)で加工したが、表面粗さは小さくならず、かつ、刃先欠損も確認された。この切削条件で加工した表面を電界放射型電子顕微鏡(ERA-8800FE、エリオニクス(株)製)でEPMA分析した結果を図3に示す。元素可視化(Ti)イメージからサーメット粒子(Tic)が素地内に存在することがはっきりと観察され、その部分に相当する加工面を見ると、

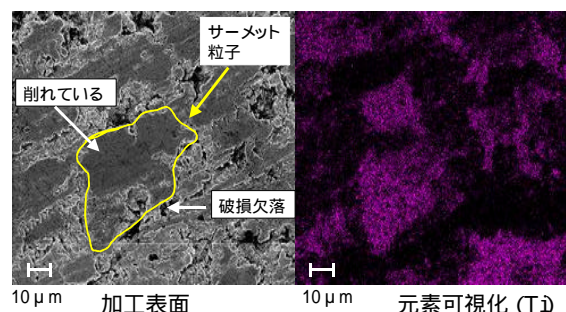
粒子の一部が切削されている部分と破損している部分の両方が確認された。そのため、表面粗さが大きくなった原因は、振動切削がもたらす加工衝撃によるサーメット粒子破損、工具刃先欠損による加工面への転写等が考えられるが、どちらが大きく影響しているかは現時点では不明である。

当初、新素材に含むサーメット粒子の硬度はHV3000程度のため、超硬工具(JIS:K種相当、HV2000)では加工困難な切削条件であると考えたが、鑄ぐるみにより、サーメット粒子の硬度が低くなると予想した。そのため、切削条件を変更しながら振動切削したが、欠損が発生するため、工具材種に関して再検討する必要が生じた。



a=0.025mm、超硬工具、乾式切削、振動切削

図2 切削条件(1)における表面粗さ



V=40m/min、f=0.05mm/rev、a=0.01mm、超硬工具、乾式切削、振動切削

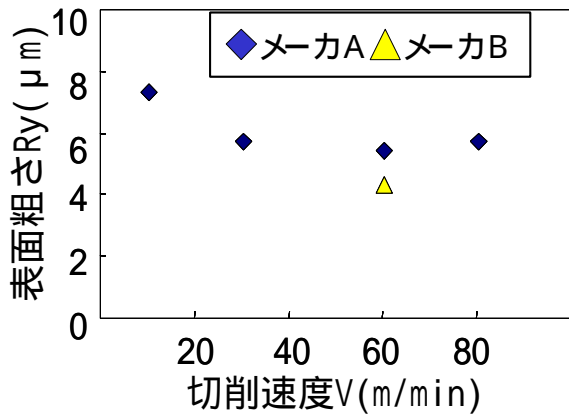
図3 加工面のEPMA分析

3-2 cBN工具における表面粗さ

超硬工具では切削できなかったため、より耐欠損性が高い工具材種としてcBN工具を選択した。振動切削による効果は、振動切削速度(=2 \times 平均片振幅0.0125mm \times 振動周波数27kHz=127m/min)が通常切削速度(工具が振動しない場合の切削速度)より速ければ効果が現れる³⁾といわれており、故に切削速度が低速であればより効果が発揮されると考える。しかし、図2の結果から、今回はその条件に該当しないのではないかと考え、更に切削速度を速く設定することで、切削速度と工具形状による影響を確認することとした。送り速度は図2の結果からf=0.05mm/revに固定し、表2の切

削条件(2)で端面切削した。この場合の表面粗さ R_y の実験結果を図4に示す。 R_y は切削速度が速くなるに従って小さくなり、 $V = 40\text{m/min}$ 付近を超えると逆に大きくなった。この原因は不明であるが、原因の一つとして被削材に含まれるサーメット粒子をcBN工具で削る場合、その衝撃に耐えきれず工具刃先の欠損が生じその面が加工面に転写されるのではないかとと思われる。

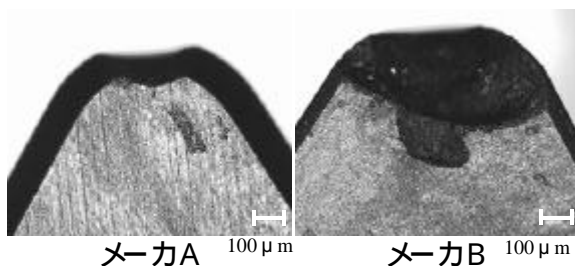
また、メーカーBのcBN工具に変更し切削したところ、 $V=10\text{m/min}$ では加工開始後にすぐ欠損したために測定できず、 $V=60\text{m/min}$ において測定可能であったが、刃先の状態を顕微鏡観察すると欠損がみられた。



$f=0.05\text{mm/rev}$ 、 $a=0.025\text{mm}$ 、cBN工具

図4 切削条件(2)における表面粗さ

図5にメーカー別による加工後の工具刃先形状を示すが、メーカーBはメーカーAに比較して多く欠損している。このように欠損の大きさに相違が生じる理由は、メーカーによってチャンファー角度(刃先欠損防止として刃先に面取り処理を施す処理)が異なるため、それが耐欠損性に影響しているのではないかとと思われる。今回の加工は一種の断続切削であるため、チャンファー角度が大きい工具を使用した方が有効であると思われる。以上、今回設定した加工条件において、 $V = 60\text{m/min}$ 、 $f = 0.05\text{mm/rev}$ 、チャンファー角度が大きいcBN工具とした切削条件で切削した場合、 R_y が小さくなる可能性があることが判った。



$v = 60\text{m/min}$ 、 $f = 0.05\text{mm/rev}$ 、 $a = 0.025\text{mm}$
cBN工具、乾式切削、振動切削、

図5 加工後の工具刃先形状

3-3 エジェクターピンの試作加工

共同研究企業(小西鑄造(株)、宮古市)から支給された新素材(含有サーメット粒径: 3.4mm 以下、素地: 耐熱鑄鋼)をプレス金型のエジェクターピン形状に試作加工した。その結果、振動切削で鑄ぐるみ部分を切削したところ、表面粗さ R_y は $2.22\mu\text{m}$ となった。

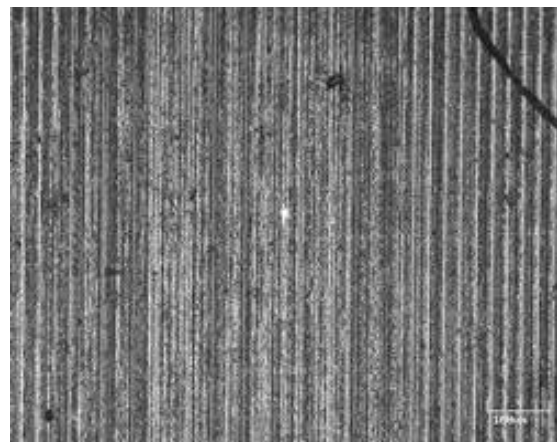
図6、図7に、試作品の形状及び振動切削された加工表面を示す。当初、検討した通常加工条件で切削を試みたが、被削材の逃げが発生し正常加工ができなかった。原因として、支給材料の鑄ぐるみ部分に含むサーメット粒子が大きくて工具が切り込めず加工表面をこすっている状態になってしまったこと、対象形状に加工する際 work の逃げが発生してしまったことが上げられ、その相乗効果により加工ができなかったと考えられる。

そのため、加工負荷が小さければ work の逃げも発生しないと考え、その条件に適合する振動切削⁴⁾で加工を試みたところ、正常に加工することができた。

以上のことから、新素材を振動切削した場合、切削速度はある程度早めに、送り速度は遅い方が面粗さを向上させる可能性があることが判った。また工具材種を選定する場合、新素材に含まれるサーメットよりも硬いcB



図6 試作エジェクターピン



$V = 20\text{m/min}$ 、 $f = 0.025\text{mm/rev}$ 、 $a = 0.005\text{mm}$ 、
ダイヤモンド工具、乾式切削、振動切削

図7 加工面写真

Nあるいはダイヤモンドにした方がよいが、加工コストの比較及び刃先の健全性から考えてcBNでも十分切削可能であると考えられる。また、加工能率から考えて、送り速度を小さくする分切削速度を大きくしたいが、切削速度を大きくすると工具欠損が発生する。しかし、実験結果から最適切削速度が存在する可能性が推測できるので、切削速度毎の加工面のSEM観察を実施するなどして、振動切削の特性について更に考察する必要があると考えられる。

4 結 言

今回、新素材を被削材として振動切削に関する加工条件を検討し、併せて試作加工を行ったところ、以下のことが判った。

1) 今回設定した加工条件のうち、 $V = 60\text{m/min}$ 、 $f =$

0.05mm/rev 、チャンファー角度が大きいcBN工具とした切削条件で切削した場合、表面粗さ R_y の値が小さくなる可能性があることが判った。

・新素材をプレス金型のエジェクターピンのような形状(径が小さくかつ片方持ち支持で加工しなければならない形状)に加工する場合には振動切削が有効である

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) 堀田他：岩手工技セ報告、10、21(2002)
- 3) 隈部淳一郎：精密加工 振動切削 基礎と応用、実教出版、58(1979)
- 4) 隈部淳一郎：精密加工 振動切削 基礎と応用、実教出版、21(1979)

画像処理による土壌品質検査に関する研究

長谷川 辰雄*、高橋 良学**、大和田 功***

食の安全に対する関心の高まりから、農産物の生産過程のみならず、その農産物が生産される土壌の健全性に関心を示す消費者が増えてきている。そこで、当センターと岩手県農業研究センターは共同で、容易に土壌の品質を検査する研究を実施した。従来方法は、高精度であるが、検査装置が高額で検査時間が長く手間がかかるという問題を抱えている。これに対して、本手法は土壌の色をスキャナで画像化し、その色から全炭素含有量を推定し品質を判定する。パソコンとスキャナさえあれば、簡易に土壌の品質を推定することが可能となる。

キーワード：土壌品質、スキャナ、画像処理

The Soil Quality Inspection by the Image Processing

HASEGAWA Tatsuo, TAKAHASHI Yoshinori and OOWADA Isao

The consumers who show concern in soundness of the soil where agricultural produce is produced have been increasing by the reason of the safety of food. The joint research to examine the quality of the soil easily was conducted between our Center and Iwate Agricultural Research Center. Though the usual method is high precision, the soil inspection device has the problem that is high price and inspection time are long. By the color of the soil acquired with scanner, all carbon content in the soil is estimated and it judges soil quality. If only there are a personal computer and a scanner, it becomes possible that the quality of the soil is estimated simply.

key words: soil quality, scanner, image processing

1 緒 言

健全な土壌は、たい肥等の有機物を適切に使用することで維持される。一般的に有機物量が増えると土壌中の全炭素量が増加することが知られており、全炭素含量は土壌の健全性を評価する重要指標の1つと考えられるが、現在の分析手法が煩雑であるため農業生産現場での評価は難しいという問題がある。このような背景から、より簡易な全炭素量の分析手法が必要となっている。

本研究では、土壌の色と全炭素含量との間に相関関係があることを確認し、土壌全炭素含量推定手法を考案した。この手法では、パソコンとスキャナがあれば、簡易に土壌の全炭素含量を推定することが可能となる。スキャナ画像から土壌の色を取得する場合の問題は、異機種ごとに取得される色の値が異なるため、判定基準が一定化しないことにある。この問題に対し、本研究では判定基準を一定化するために、基準色となるカラーチャートを使って色補正を行う実験を行った。その結果、異機種ごとに、画素値の違いや読みとり面のムラ、画質の安定時間に差があることが判明した。また、ユーザの操作性を向上させるための画像取り込みソフトウェアと土壌を設置するための専用トレーを試作した。本報告書では、これらの開発内容について報告する。

パソコン用のスキャナは、主に写真などの画像を得る目的で使用されるため、厳密な色の再現は行われていない。また、機種ごとに色の値が異なるため、同一の方法では評価できない問題がある。そのため、均一的な色計測を行うために色補正が必要となる。コンピュータで色を扱う場合、モニタ RGB 単位(sRGB)で管理する仕様となっている。

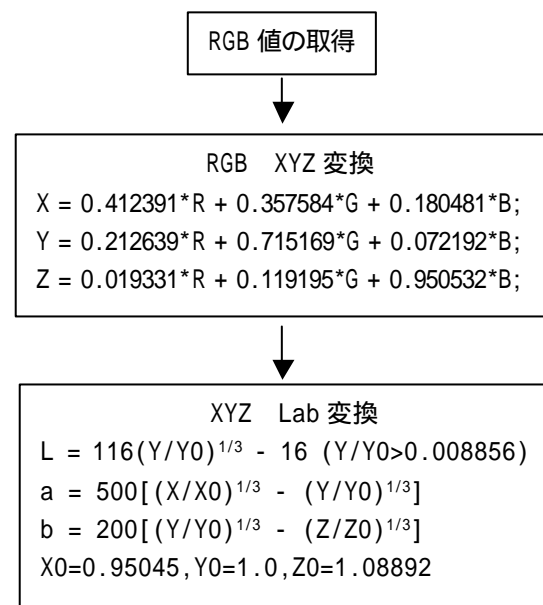


図1 モニタRGBのLab変換方法

2 実験方法

2-1 色の取り扱い

* 電子機械技術部

** 岩手県農業研究センター

*** (有)イグノス

しかし、人間の視覚はこの RGB とは異なる色空間認識であることが知られている。人間の視覚に最も近い色表現として Lab 単位が知られており¹⁾、人間の視覚に関する分析などに用いられている。Lは明度、a、bはLにおける色度を2次元で表している。そこで本研究では、色補正を色彩計で計測した Lab 単位または XYZ 単位で行うこととした。このためには、スキャナ画像の RGB 値から Lab または XYZ 単位へ変換する必要がある。この変換プログラムを図1の変換方法²⁾により作成した。

2 - 2 色の再現性試験

スキャナの色の再現性は、スキャン回数や場所(スキャン位置)によって異なる。通常、色のバラツキなどはメーカーごとに独自に調整され、その補正データが推奨値としてプロファイルに記録され自動的に色の調整を行っている。この補正はユーザが独自に調整することも可能であるが、スキャナの専門知識が必要となり簡単に設定することが困難である。そのため、本研究ではメーカー推奨のプロファイル値(デフォルト値)を用いて、スキャン回数とスキャン位置の変化による色の再現性を試験した。この試験に使用したチャート紙を図2に示す。試験する色を15種類にサンプリングし、スキャナ読み込み位置は、縦方向を上段、中段、下段に分け、横方向を9列とした配置とした。また、試験したスキャナは3種類であり、連続スキャンによる時経変化による色再現性及び、1ページ内の位置変化による色再現性の評価を行った。

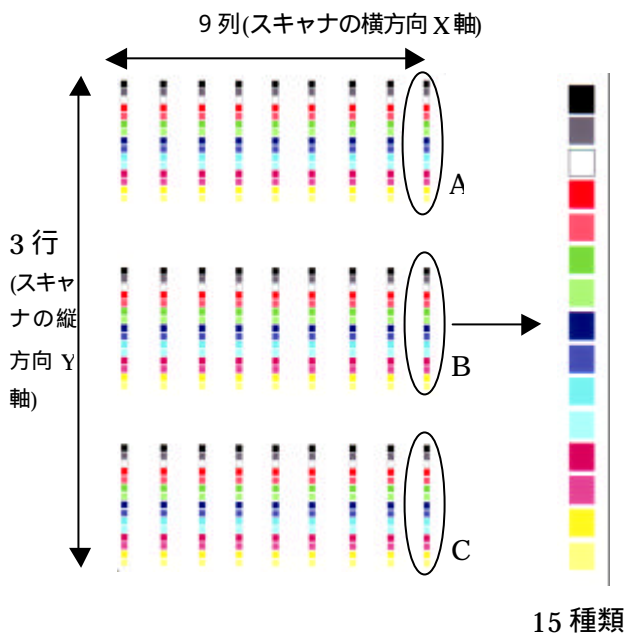


図2 試験チャート紙

2 - 3 スキャナ画像取り込み制御ソフトウェア

装置の低価格性を実現するために使用するスキャナは、一般向け低価格スキャナ(実売価格1~2万円)を対象とする。通常、スキャナの画像を取り込むには、メーカーが提供す

るドライバソフトによって画像を取り込む。しかし、これを利用する場合、一旦ファイルに保存する必要がある。ユーザの操作性から見ると、「画像取り込み」と「画像保存」の2つの操作をしなければならず、多数の土壌検査を連続して行う場合、操作が煩雑となる。そこで、図3に示すように、スキャナのドライバソフトをアプリケーションプログラムから自由に制御するソフトウェアを作成した。これにはTWAIN (Tool Without An Interesting Name) と呼ばれるソフトウェア仕様を元に作成した。TWAINとはスキャナやデジタルカメラなどの画像入力機器とパソコンを接続するための技術仕様である。TWAINドライバはスキャナメーカーが提供するソフトウェアで、画像取り込みなどの実際のスキャナ制御を行う。今回作成したアプリケーションは、TWAINドライバ自体を起動し、画像を取り込む機能として実現した。これはTWAINドライバが提供されている装置であれば、たとえ異機種でも対応できることを意味する。

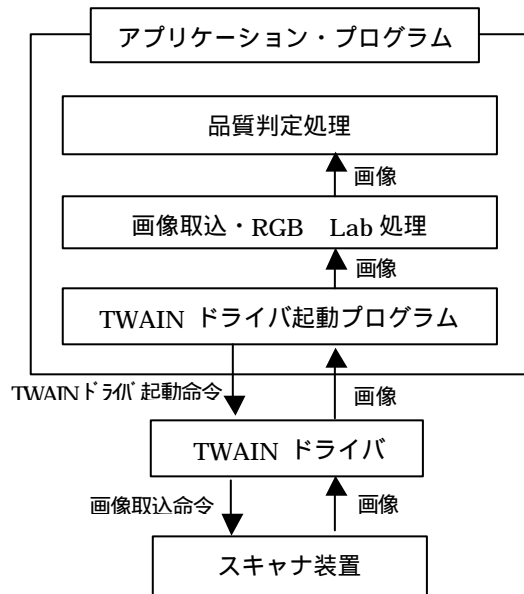
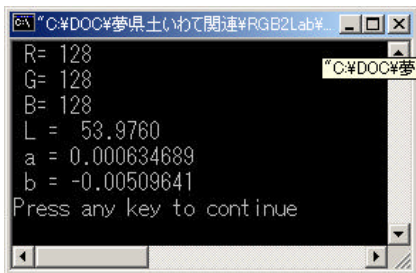


図3 ソフトウェアの処理の流れ

3 実験結果

3 - 1 色の取り扱い

安定した色計測を行うために、スキャナの特性を考慮した色補正が必要となる。これには、カラーパッチが印刷されているチャート紙を色彩計で計測し、XYZ 単位系または Lab 単位系で統一して補正を行うのが一般的である³⁾。しかし、パソコンの色は RGB 単位であるため単位系の相互変換が必要となる。そこで、スキャナ画像の RGB 単位系を、Lab 系で表されるカラーチャート紙との単位を合わせるために RGB Lab 変換プログラムを作成した。図4に自作プログラムと Photoshop の RGB Lab 変換を行った比較を示す。この実験結果から、変換がほぼ同じく行われることが確認でき、カラーチャート紙による色補正プログラムの一部分が実現できた。



(a) 開発プログラムによる RGB Lab 変換



(b) Photoshop による RGB Lab 変換

図4 RGB 単位から Lab 単位への変換結果

3 - 2 色の再現性実験

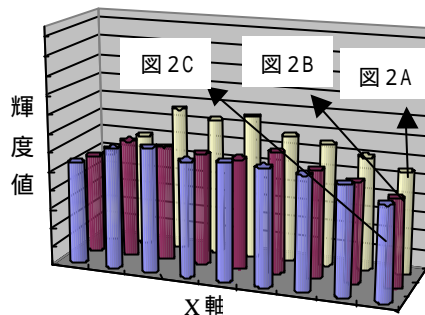
連続スキャンによる時経列変化と、1 ページ内の位置を変えることによる色再現性の評価を行った。色再現性試験の仕様を表1に示す。図2の試験チャート紙を、3機種ごとに連続50回のスキャンを行い、10回目ごとの画像を評価対象データ(5サンプル)とした。チャートに印刷した色は15色で、位置の特定をするため等間隔(ブロック単位)に配置してある。

表1 試験仕様

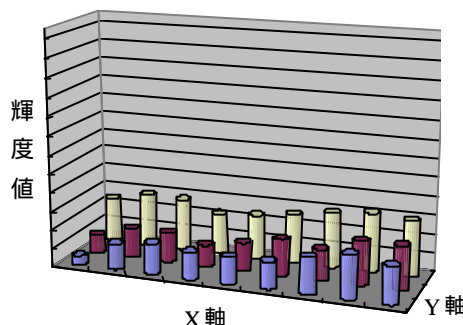
試験項目	数	仕様
スキャン回数(回)	50	連続スキャン
サンプリング数	5	10回ごと
サンプリング色(色)	15	パッチサイズ: 4x4mm 色: 白, 黒, 灰, RGBx2, CMYKx2
スキャン位置(ブロック)	27	3行x9列
スキャン画像(DPI)	300	サイズ: 2552x3508pixel
機種(台)	3	機種A, 機種B, 機種C

表1の試験仕様によって、1ページ内における輝度値の分布測定を行った。取り込んだRGBの実測値を輝度値(GRAY:0~255)へ変換し、ブロック位置ごとの輝度値をグラフ化した。図5に機種A,B,Cの輝度値分布を示す。この結果から全体的に、スキャナの上方の輝度値が高いことが分かった。また、機種Aと機種Cは左右の端に近づくほど輝度値が低く、機種Bは右側が高く、

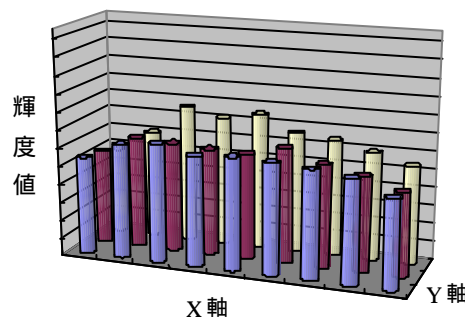
左側が低い傾向にあることが分かった。これは、ラインスキャナーの特性に起因すると考えられ、一般的には中央部が高くなる左右対称に現れるが、機種Bのように左右非対称のものも存在する。左右非対称の原因は、光源の配置やラインスキャナーの特性が他と異なるためと予想される。



(a) 機種A



(b) 機種B



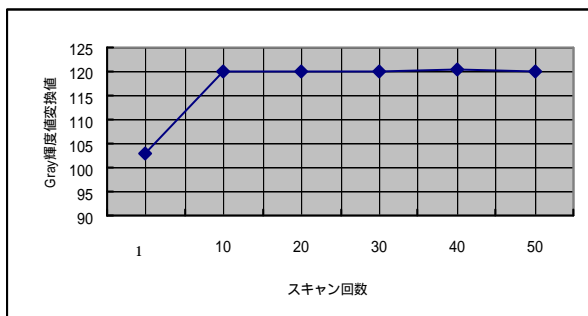
(c) 機種C

図5 3機種の輝度値分布

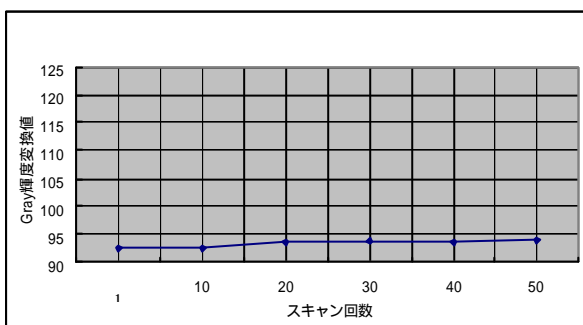
3 - 3 経時変化による輝度値測定

連続スキャンによる輝度の変化を表したグラフを図6に示す。この結果から機種Aと機種Cでは明らかに1回目と10回目に輝度の変化が見られる。一方、機種Bは安定の傾向が見られる。これは蛍光管の暖まり具合によるもので、スタート時光量が少

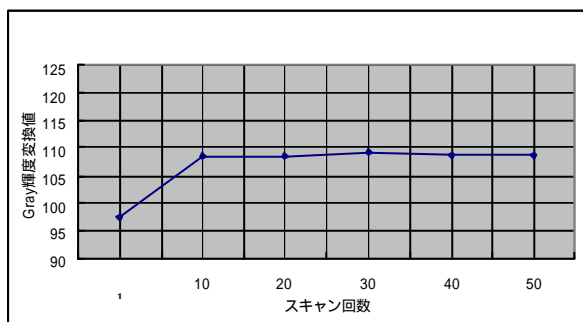
なく、連続スキャンにより蛍光管が温まると光量が増加する影響と推測される。この結果から、安定した測定を行うためには、蛍光管の光量を安定化させるための準備スキャンが必要となることが分かった。この準備スキャンの回数や方法は機種ごとに異なると考えられるが、今後行う実験値から推定できると思われる。



(a) 機種 A



(b) 機種 B



(c) 機種 C

図6 連続スキャンによる輝度の変化

3-4 スキャナ画像取り込み制御ソフトウェア

TWAIN仕様に従ってスキャナから自動的に画像を取り込むソフトウェアを開発した。開発言語は Microsoft Visual C++で、OSは Windows98/2000/XPに対応するように設計した。試作トレーは、A4サイズ(横210×縦297×厚さ5mm)の白色アクリル板を直径30mmの円形に切り抜き、ガラスを下面に張り合わせた形状となっている。このソフトを使って、土壌サンプルを入れる試作トレーをスキャンした結果を図7に示す。開発した本ソフトによって、自動的に土壌サンプルの画像を取り込むことが可能となった。

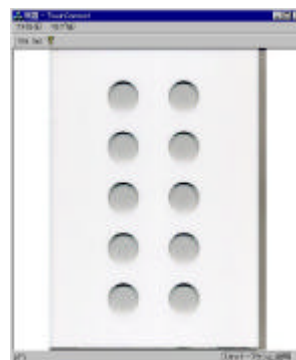


図7 スキャナ画像の自動取り込みの結果

4 考察

安定した色の管理を行うために、RGB値をLab値に統一して行う必要があるが、パソコンで取り扱うRGBはモニターRGB(sRGB)と呼ばれ、CIE(国際照明委員会)の三刺激値XYZの前身となっているCIERGB値とは異なっている⁴⁾。モニターRGBは、0~255のデジタル値の組み合わせで色を表しているのに対し、CIERGBは実際の可視スペクトル光から特定の波長を3つ選んでRGB値を決定している。しかし、CIERGB値をLab値へ変換する式は一般的であるが、モニターRGB値をLab値へ変換する式は、幾つか提案されているがあまり明確ではない。本研究では、モニターRGBをXYZ値へ一度変換する方法でLab変換を行った。また、色補正用のカラーチャートとして、ISO12647-2に準拠した画像電子学会が提供しているカラーチャート(No.22)を検討したが、チャート上の色はインキで印刷されており紫外線などによる劣化で値が変化するという問題がある。厳密に計測するには、その都度、色度計によって計測する必要がある。

5 結言

本年度の実験により、異機種スキャナの連続スキャン特性と1ページ内の色ムラの分布を評価することができた。この結果、スキャナ中央が比較的安定した画像が得られることがわかり、土壌品質検査専用トレーの試料配置位置設計の参考となった。また、土壌品質判定ソフトウェアの部品として、自動的にスキャナ画像を取り込む機能を実現した。これによって、今後ユーザの操作性を向上することが可能となった。来年度は、スキャナの色補正方式の確立、試料トレーの製作及び、色と全炭素量の関係式から全炭素量を求めるプログラムを開発する予定である。

文献

- 1) 三宅 洋一：デジタルカラー画像の解析・評価、東京大学出版会(2002)
- 2) 岡野 啓彦：http://www.asahi-net.or.jp/~rt6k-okn/canp98/resume/Makita.htm
- 3) 山内 二郎、金沢 寿吉：新編色彩科学ハンドブック、日本色彩学会、東京大学出版会(1985)
- 4) 日下 秀夫：カラー画像工学、オーム社(1997)

可搬性の高い小型計測装置の研究

長谷川 辰雄*、田中 慎造**

岩手県と青森県にまたがる国内最大級の不法投棄の全量撤去には、575億円の膨大な費用が推定され、環境面と経済面の両方で国民への負担が大きくなっている。この原因について、行政の管理責任が問われる中、他の都道府県において、廃棄物監視予算が膨らんでいる現状にある(数千万円~1億円)。不法投棄の未然防止は、発見後に対処するよりも、環境面・経済面の両方に効果的がある。このことから、環境監視用の空撮に搭載可能な小型画像計測装置を開発した。本装置は、空撮対象物の3次元計測を実現する基盤技術を確認するための試作装置として開発した。この基盤技術には2台の画像センサによるステレオビジョン法を用いたソフトウェアとして実現した。

キーワード：環境監視、3次元計測、空撮

The Development of Portable 3D Measurement Device

HASEGAWA Tatsuo and TANAKA Shinzo

Unauthorized dumping of domestic maximum in Iwate and Aomori is very huge and the removal cost is estimated at 57.5 billion yen. The national burden becomes large in the natural environment and the economy. The budget of the unauthorized dumping watch in each all prefectures is very large. The prevention of illegal throwing away is more effective than to deal with it after the occurrence in the natural environment and the economy. We developed the miniature measurement device which could take pictures of aerial photograph for the natural environment watch. This device was developed as a trial device to establish the base technology for which to realize the three-dimensional measurement of the aerial photograph. This technology was realized as software, which used stereophonic vision.

key words: environment monitoring, 3-D measurement, aerial photograph

1 緒 言

廃棄物の不法投棄による環境への悪影響を未然に防ぐために、不法投棄の監視パトロールが急務となっている。現状では、自治体が主体となった人海戦術による監視が多く、監視カメラによる自動化など、作業の効率化が求められている。

本研究は、上空からの広域的な監視を目的に、低価格でメンテナンスが容易なラジコン飛行体(カイト型、飛行船型など)に搭載可能な画像センサ装置の開発が目的である。この画像センサは、ステレオ画像計測による不法投棄箇所の高さの計測や、広範囲な土木測量を可能とする。現状では実機飛行機の航空写真が主流であるが、コスト高や上空300m以下での撮影が困難という問題点がある。そこで、本研究では、土木建築用の3次元計測を目的に、上空150m程度の空撮を前提とした小型3次元計測装置の要素技術を開発した。空撮の画像計測の問題は、自然光による画像ノイズの影響にある。太陽光の直射や反射によって画像の品質が安定せず、計測精度を不安定にさせている。3次元計測で一般的なレーザ光線を用いたスリット光投影法においても、太陽光の外乱によって、レーザ光を捉えにくい箇所があり、安定した計測ができない。これに対して、ステレオ画像計測では、画像のみで計測するため、画像自体の品質を向上させる必要がある。ここで定義する画像品質とは、ステレオ画像計測に必要な左

右画像の対応点の正確さであり、これをいかに自動的に特定するかが本研究のテーマである。

2 実験方法

対象物が建物、自動車などの明瞭な特徴を持つ人工物は、ステレオの対応点を特定しやすいが、廃棄物監視のように自然界にある山林・野原などの非人工物の特徴は捉えにくい。特に屋外の画像は天候(太陽光)の影響に左右されやすい。そこで、自動化が難しい左右対応点の決定を、手作業で行っている現状がある。これには、対象物の種類によって明確に判断がつかなく、作業時間を要している。そこで、本研究ではこの作業を容易化するために図1に示す手順によって対応点決定の特徴づけを行った。

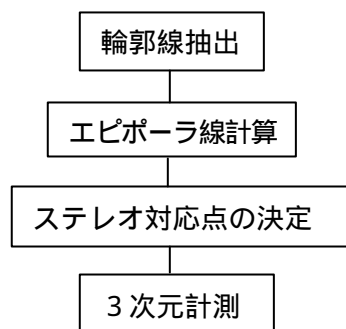


図1 全体処理手順

* 電子機械技術部

** 電子機械技術部(現 岩手県立産業技術短大学校水沢校)

2-1 輪郭線の抽出

物体の特徴を捉える手法として、対象物の輪郭線を使用する
場合が多い。これは背景と対象物との境界が、比較的明確
であり画像処理しやすいという理由からである。輪郭線の抽
出アルゴリズムに、代表的なソーベル空間フィルタを用い
た。この特徴は画像の縦・横方向の画素勾配を強調するた
めに、建物などの人工物の輪郭線を捉えやすい特徴がある。
ソーベル空間フィルタを図2に示す。

-1	0	1
-2	0	2
-1	0	1

-1	-2	-1
0	0	0
1	2	1

(a) 横方向 (b) 縦方向

図2 ソーベル・空間フィルタ

ソーベルフィルタによる微分の大きさを示すフィルタを式
(1)に示す

$$g(i, j) = \sqrt{(g_H(i, j))^2 + (g_V(i, j))^2} \dots (1)$$

ただし、

$g_H(i, j)$ は i 方向のソーベルフィルタ

$g_V(i, j)$ は j 方向のソーベルフィルタ

2-2 エピポーラ線の計算

物体の輪郭線が得られると、その輪郭線を元に左右画像の
対応点を決定できる。しかし、特徴が明確な箇所を多く含む
建物や自動車などの人工物に対して、山林・野原などは、輪
郭線が得られても明確に対応点となる特徴が少ない。そこで、
この不明瞭な対応点を決定するためにエピポーラ線²⁾の計算
を行った。エピポーラ線とは、図3に示すように、3次元空
間点 $X1$ と2台のカメラの焦点 C, C' を結ぶ三角形によって得
られる画像上の線分 L, L' である。

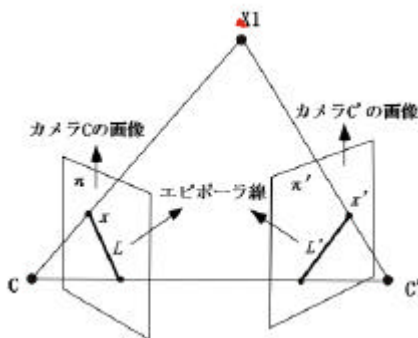


図3 エピポーラ線

カメラCの画像点 x が観測されたとき、 x は直線 L 上に存
在し、同様に x' は直線 L' 上に存在する。このように、エ
ピポーラ線は点同士の対応関係を表している。つまり、画像平
面上の点を決定すると、画像平面'上のエピポーラ線上

に、その対応する点が存在する。エピポーラ線を求めるには、
図3に示すエピポーラ幾何を図4に示すベクトル図へ展開して
考えると、式(2)で表すことができる。

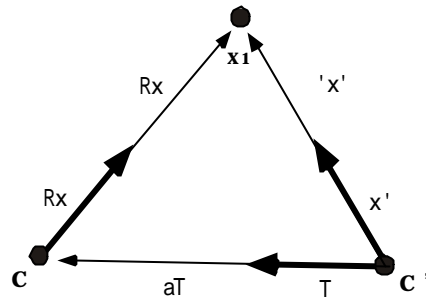


図4 エピポーラ幾何のベクトル図

$$x = Rx + aT \dots (2)$$

これは、3つのベクトル x', Rx, T が同一平面上にあること
を示している。したがって式(3)が成り立つ。

$$x' \cdot (T \times Rx) = 0 \dots (3)$$

2つのカメラの画像座標をそれぞれ m, m' とし、式(3)に代入
すると式(4)で表される。これがエピポーラ方程式であり、 F を
基礎行列(Fundamental Matrix)と呼ぶ。

$$\tilde{m}'^T F \tilde{m} = 0 \dots (4)$$

ただし、 $F = A'^T [T]_r R A$

A, A' は2台のカメラパラメータである。

2つのカメラに撮影された同一点は、必ず式(4)のエピポーラ方
程式を満たすことになる。基礎行列 F の自由度は7であるので、
8点以上の対応点が得られれば線形解法によって F を求めるこ
とができる。この手法は8ポイントアルゴリズムと呼ばれ、基
礎行列を求める一般的な手法であり、本研究で実装を試みた。

2-3 小型計測装置

本研究は、低価格・メンテナンスが容易なラジコン飛行体(カ
イト型、飛行船型など)に搭載可能な画像センサ装置の開発が
目的である。ラジコン飛行体は小型であるため積載可能重量は
かなり制限されるが、必要最低限の空撮機材の重量を5kg以
内とした。これに伴って、開発装置は小型・軽量化を実現す
るために、個々の部品の小型化を工夫した。また、製造コスト
の低価格化を目指し、構成部品はすべて汎用品を用いて製作した。

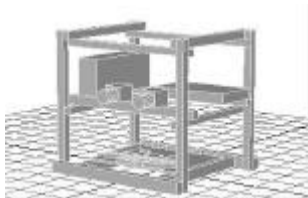
特に制御ボードに Micro-ATX 規格である 170x170mm の小型オ
ールインワンボードの採用と、15mm 角のユニバーサルアルミフ
レームを用いたことで小型化と、組み立ての柔軟性を図った。
また、IEEE1394 規格の小型 CCD(30x31x29μm, 45g, 60f/s)を採用
したことによって、軽量化と高速撮影を実現した。空撮時は、
風や飛行体姿勢制御の影響による振動が原因で画像がみだれる

場合が多い。この振動の影響をできるだけ少なくするため、60f/sのシャッタースピードの機種を選定した。表1に詳細な小型計測装置の仕様を示す。

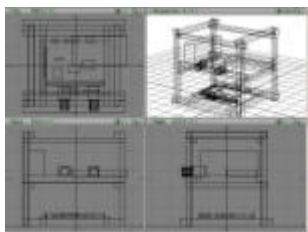
表1 小型計測装置仕様

項目	仕様
CPU	800MHz
メモリ	256MB
制御ボード	Micro-ATX VIA-EPIA-C800
HDD	3.5 型, 5400rpm
IEEE1394 ボード	2 ポート
IEEE1394 カメラ	PGR 社製 Flea 2 台, 640x480, 60f/s, 8bit-mono
電源	200W
重量	4Kg
サイズ	アルミフレーム 250 × 250 × 280mm
OS	Windows2000
開発言語	Microsoft Visual C++ V6.0

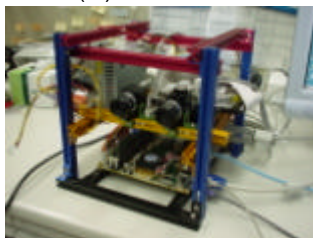
開発した小型計測装置の図面と実物写真を図5 (a)、(b)、(c)に示す。強度を保つために立方体形状とし、軽量化のためにカバーは付けず、制御ボードやカメラなどの構成部品をフレームに直接取り付け付けた。また、重心バランスが装置中央となるような部品配置となっている。総重量が4kgとなり目標の5kg以下を達成した。



(a) CGモデル



(b) 設計図面



(b) 実物写真

図5 小型計測装置の設計図面と実物写真

3 実験結果

3-1 ソーベル空間フィルタ処理

開発した小型計測装置を用いて左右2つの画像を取得し、

輪郭線を抽出する実験を行った。空撮を想定し撮影は工技センターの東側3階から地表面に向かって行った。左右2つの画像の処理結果は同様なので、左画像の実験結果を図6 (a)(b)(c)に示す。



(a) 入力画像 (左) 640x480 画像、8bit モノクロ



(b) ソーベル+2値化処理結果



(c) 入力画像+輪郭線

図6 ソーベル空間フィルタによる輪郭線強調

図6 (b)はソーベルと2値化の2つの処理を行った結果であり、輪郭線が明確に得られていることが分かる。ソーベル処理だけでは見た目で見分けにくいので、さらに閾値法による2値化³⁾を行った。図(c)は入力画像と輪郭線を重ね合わせることで、目視で対象物の特徴を捉えやすくした結果である。

3-2 基礎行列 F の計算結果

輪郭線が得られると画像の特徴が明確となるため、左右画像の対応点を目視によって特定しやすくなる。そこで、基礎行列を得るために輪郭線画像を元に、マウス入力で対応点を決定するソフトウェア・プログラムを作成し実験を行った。図7はそのプログラムによって、8つの対応点を決定した実行結果である。画面上に輪郭線処理された左右画像が上下に表示され、マウスで選択した時点で、ダイアログボックスに対応点座標が自動的に入力される。マウス選択した座標は丸い印が表示され、操作者が既に対応点として入力されていることが分かるように工夫した。エピポーラ線を得るための基礎行列 F を求めるためには最低8つの対応点を決める必要がある⁴⁾が、本プログラムは8つ以上の入力点に対応している。この理由は、基礎行列 F は最小二乗解を用いて計算しているため、精度の良い対応点を多数入力するほど、エピポーラ線の精度が良くなるためである。

今回の実験では、必要最小限の8箇所の入力で基礎行列を求めた。表2はマウス選択した対応点座標値であり、それを元に基礎行列を計算した結果が表3である

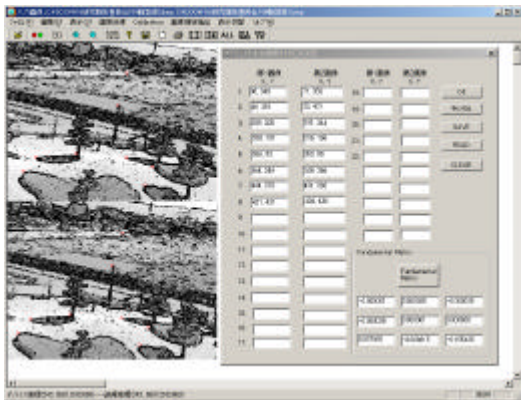


図7 左右画像の対応点入力プログラム

表2 対応点座標値

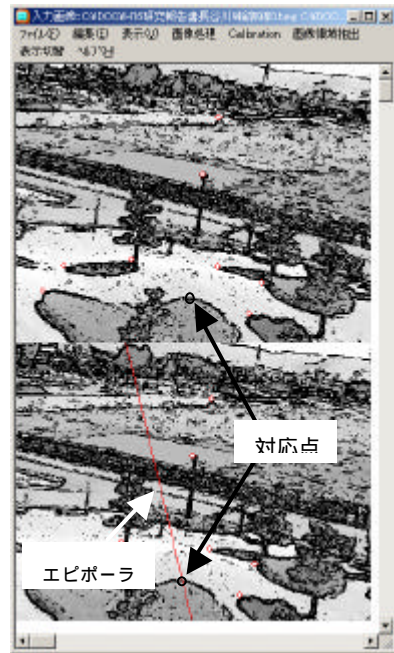
対応点番号	左画像座標値 (x, y)	右画像座標値 (x, y)
1	88, 384	71, 358
2	49, 391	33, 401
3	209, 338	191, 344
4	338, 191	319, 196
5	366, 93	353, 98
6	364, 349	349, 356
7	444, 378	431, 383
8	421, 431	404, 436

表3 基礎行列 F (3 × 3)

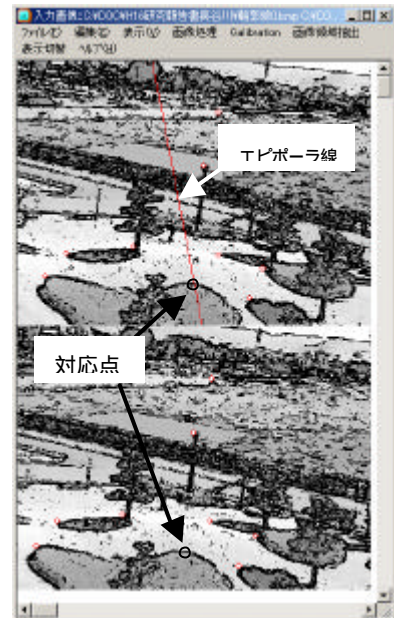
-0.000001	0.000035	-0.000035
-0.000035	0.000001	0.008880
0.007060	-0.008815	-0.155435

3-2 エピポーラ線による対応点の決定

対応点入力プログラムによって基礎行列 F を得ることができたので、左右どちらか一点が決まると、相対する画像のエピポーラ線を求めることが可能となる。図8に左右画像を上下に表示し、エピポーラ線を求めた結果を示す。図8(a)は上の画像の丸印で示した点をマウス選択し、下の画像にその対応するエピポーラ線が表示された結果を示している。図8(b)は逆に下の画像の丸印に対応したエピポーラ線を表示した結果である。



(a) 上画像の点に対応したエピポーラ線



(b) 下画像の点に対応したエピポーラ線

図8 エピポーラ線の表示

このようにエピポーラ線表示結果から、両画像の対応点がエピポーラ線上にあることが確認できた。操作者が左右の対応点を

決めるとき、一方の点が、他方のどの点に対応するかという問題は、エピポーラ線を追跡することで対応可能となる。ただし、エピポーラ線と輪郭線との交点は多数求まる場合が多く、自動的に交点を検出することは難しい⁵⁾。特に山林・野原などの自然画像の場合、輪郭線抽出を行っても特徴を捉えにくいケースがある。今回の実験では2台のカメラ間隔が7.5cmと狭かったため視差による影響が少なく、エピポーラ線が精度良く求めることができた。視差とは、ある計測対象となる基準点において、2台のカメラの視線がなす角度(輻輳角)の変化量として定義される。しかし、対象物とカメラの距離に比べ、カメラの間隔が狭いと、左右画像のピクセルのずれ幅が小さくなり、計測誤差が大きくなる。つまり、ある程度の視差がないと計測誤差が大きくなる。視差を大きくするためには、1台のカメラで場所を移動しながら撮影する方が現実的である。

4 結 言

今回の実験では、小型計測装置のハードウェアの試作及びその動作確認と、ステレオ画像計測の対応点入力ソフトウェアの試作及び評価を行った。ハードウェアの試作では、アルミフレーム材の軽量化、ハードディスクをシリコンディスク化、電源を小型リチウム電池にするなど、更に小型・軽量化するための改良点が明確になった。ラジコン飛行体に搭載される小型計測装置は、揺れや振動する状態にさらされることが容易に予想できるため、単純に小型・軽量化を進めることは難しく、耐久性を考慮した装置設計が必要と考える。同様に画像センサについても、撮影時に姿勢が安定しなければ画像がブレてしまうため、今後、安定化の工夫が必要である。

ソフトウェアの試作では、山林や野原など、屋外撮影の困難さが分かった。特に日陰となる部分は実際の対象物の輪郭に添うようにできるため、輪郭線の抽出は、日陰の大きさに影響を受けてしまう。太陽の角度、撮影の角度によって入力画像が異なるという問題は、ステレオ画像計測の誤差に影響を及ぼすため、計測の誤差をどのように解消するかが問題となる。単なる航空写真だけでなく、計測を行うには高品質な画像が必要となる。実験のカメラは小型化を重視して640×480画素であるが、計測の精度を向上させるには最低でも1024×768画素は必要と思われる。今後は振動対策など、具体的な飛行体への搭載を検討し、実用化を目指す予定である。

文 献

- 1) 安居院 猛、長尾 智晴：画像の処理と認識、pp.35-37、昭晃堂(2000)
- 2) 佐藤 淳：コンピュータビジョン、pp.81-96、コロナ社(1999)
- 3) 田村 秀行：コンピュータ画像処理、pp.138-140、オーム社(2002)
- 4) R. Hartley: In defense of the eight-point algorithm. IEEE Trans. PAMI, 19(6), pp.580-593, 1997.
- 5) 佐藤 淳、木下 敬介、ロベルト チボラ：曲面上のエピポーラ幾何と未校正カメラによる視覚誘導、電子情報通信学会、Vol. J82-D-、No.9、pp.1401-1410(1999)
- 6) 津邑 公暁、清水 雄歩、中島 康彦、五島 正裕、森眞一郎、北村 俊明、富田 眞治：ステレオ画像処理を用いた曖昧再利用の評価、情報処理学会、トランザクション、コンピューティングシステム、Vol. 44、No. SIG11-024、pp.1-8(2003)

CMM性能評価ゲージの不確かさ算出*

和合 健**、米倉 勇雄**

我々は、使用者が現場においてISO10360-2及びJIS Z 9090¹⁹⁹¹に基づいてCMMを校正することの出来るゲージを考案・試作した。それは、くさび形の斜面に大小の複数球を配置した三角形型である。ゲージは形状が単純で、測定が容易でかつ経年変化が少ないという設計理念を満足させた。試作したゲージの不確かさについて算出した結果、その拡張不確かさ $U(k=2)$ は $1.72\mu\text{m}$ であった。
キーワード：CMM、ゲージ、校正、性能評価、不確かさ

Calculation of Uncertainty of CMM Gauge for Performance Evaluation

WAGO Takeshi and YONEKURA Isao

The newly designed wedge-shaped gauge was manufactured experimentally according to ISO 10360-2 and JIS Z 9090¹⁹⁹¹ for CMM calibration at a working place. Spheres of several sizes are situated on the slanted surface of the gauge. Design concepts included simplicity, ease of measurement, and small secular change. We assessed the precision of the experimentally manufactured gauge: its expanded uncertainty $U(k=2)$ was $1.72\mu\text{m}$.

keywords: CMM, gauge, calibration, evaluation of performance, uncertainty

1 緒 言

製品の高機能化に伴い、それらを構成する部品には高い寸法精度が要求されている。これらの部品製造に使用される工作機械の加工精度の進歩は著しく、現状では $\pm 2\mu\text{m}$ 台の寸法公差を高い確度で達成できる。しかし、加工精度が向上している反面、その値を保証する測定技術が加工精度に追いつかない状況が多々見られる。特に、三次元測定機（以下、CMM）は容易に立体形状の寸法測定が行える反面、その融通性による測定誤差の影響が大きい。通常の製造現場で使用されている汎用CMMでは測定精度が $\pm 5\mu\text{m}$ 程度であり、精密金型など高精度機械加工品の加工公差を下回る。また、測定精度が $\pm 1\mu\text{m}$ 以下の高精度CMMは装置価格が高額になり一般企業への導入は難しい。そこで現有CMMを使用してより正確な測定を行うために校正、誤差分離、補正の方法について開発を進めている。

ここではCMMの使用者校正による性能評価¹⁾²⁾を容易かつ正確に行うため、そこで使用されるゲージの製作において有効な設計データを構築し、ゲージ製作指針として提示することを目的とした。

2 ゲージの要素設計

2-1 ゲージの特徴

新たに試作したゲージは図1に示すとおり頂角を 30° 、 60° 、 90° としたくさび型でありW.A.ゲージ（和合-阿部ゲージの略、以下単にゲージ）という。くさび型の斜面に球を配置したことで大きな測定長さを確保し、球の空間配置が容易に出来る。くさび型の長辺・短辺を接地面として使い分けることでゲージのZ高さが 300mm 及び 460mm となり、測定範囲の異なるCMMに対応できる。材質の選定により小型軽量化となりシンプルで作業性が良く、可搬用取手によりCMMへの積載性及び測定中のゲージ姿勢変更での操作性にも優れている。塊型（ブロック型）としたことで図2に示すCMMの空間軸とゲージの空間軸の為す角度により反転法を利用し案内軸の直角度評価に使用できる。ゲージの基準面は表1に示すとおり長辺で $1.4\mu\text{m}$ 、短辺で $1.0\mu\text{m}$ の平面度に仕上げられており反転法の使用に十分対応できる。高精度CMMの直角度評価を行った結果、表2のとおりCMMのXZ面で 0.0001° 、YZ面で 0.0004° の

* 超高精度金型測定技術（第1報）（地域新生コンソーシアム研究開発事業）

** 電子機械技術部

値は十分小さくゲージの製作精度の高さが検証された。ゲージは斜面上に球径の異なる2種類の球を配置したことで、ISO10360-2で規定する接触角の違いによるスタイラスチップの接触安定性及び曲面接触でのプロービング誤差が評価できる。図3に示す方法で実験を行った結果、表3に示すとおりプローブ機構が3軸開放プロービング方式の場合では標準値からの偏差は1.1 μm と小さい。しかし、2軸固定1軸開放プロービング方式の場合では接触角が小さくなる1/2inch球の場合で標準値からの偏差は12.5 μm と大きい。2種類の球を配置したゲージ設計の目的が実験により検証された。

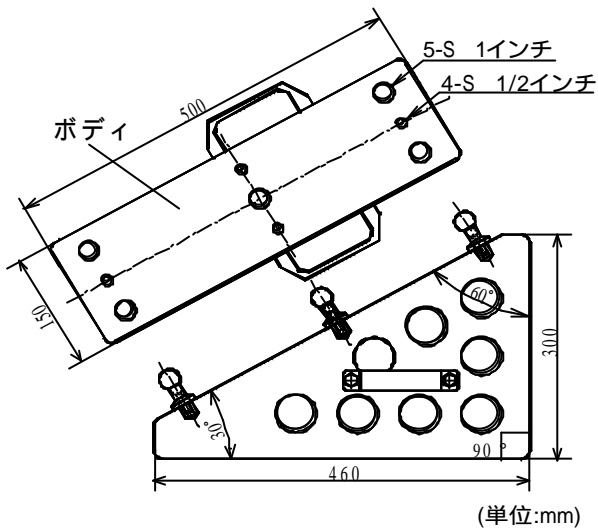


図1 ゲージの設計形状

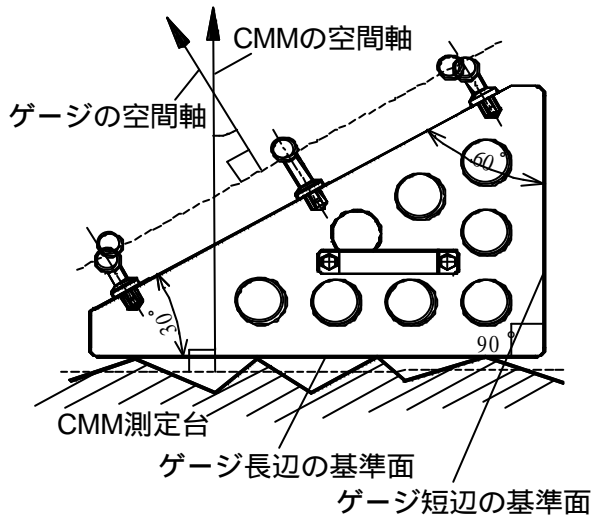


図2 反転法による直角度測定

表1 ゲージ基準面の平面度

(単位: mm)			
ゲージの基準面	平面度	測定値のばらつき:	基準面の広さ
ゲージの長辺	0.0014	0.0002	460 × 150
ゲージの短辺	0.0010	0.0001	300 × 150

表2 反転法による直角度測定結果

			(単位: 度)
CMMの座標平面	ゲージを置く向き	ゲージとCMMの為す角度	直角度
XZ座標面	X+ 方向	-30.0052	0.0001
	X- 方向	-30.0051	
YZ座標面	Y+ 方向	-30.0057	0.0004
	Y- 方向	-30.0053	

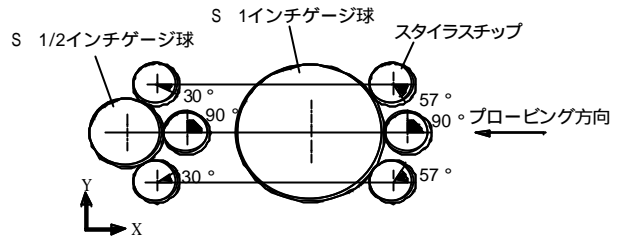


図3 プロービング時に球とスタイラスチップが為す接触角

表3 プロービングに起因するCMM測定誤差

(単位: mm)					
プローブの種類	球径の種類	球径の測定値 A	球径の標準値 B	測定値と標準値の差 B-A	測定値のばらつき:
3軸フリープローブ	S 1インチ	25.4014	25.4003	0.0011	0.0012
	S 1/2インチ	12.6989	12.6995	-0.0006	0.0006
2軸固定1軸フリープローブ	S 1インチ	25.3935	25.4003	-0.0069	0.0013
	S 1/2インチ	12.6870	12.6995	-0.0126	0.0019

2-2 球の選定

ゲージの球は真球度 0.08 μm を使用した。球の材質は高炭素クロム軸受鋼鋼材で線膨張係数 11.5 $\times 10^{-6}/$ 、硬さは1inch球、1/2inch球ともHRC62以上である。

2-3 本体の設計

ISO 10360-2では測定長さに起因する累積誤差を抽出するため大きな測定長さを要求している。ゲージの大型化に伴う操作性向上のために、ゲージ本体は密度 2.7g/cm³の花崗岩(御影石)を使用し鉄と比較して1/3の軽量化ができた。

2-4 シャフトの設計

図4に示すシャフトによる保持は、広角範囲のプロービングを実現した。シャフトの材質はグラファイトとした。グラファイトの線膨張係数は 3.1 $\times 10^{-6}/$ 、ヤング率は 106 $\times 10^{10}\text{Pa}$ であり鉄(線膨張係数 11.5 $\times 10^{-6}/$ 、ヤング率 20.1 $\times 10^{10}\text{Pa}$)と比較して熱的、機械的特性に優れている。

2-5 シャフトの本体への固定

シャフトを本体へ固定する方法は、図5に示す円筒ブッシュを本体に埋設しネジ締めにより接合する。ブッシュの材質はSUS303で線膨張係数 11.4 $\times 10^{-6}/$ である。本体とブッシュの接合は球とシャフトの接合で使ったエポキシ系接着剤により0.1mmの厚みで接着した。

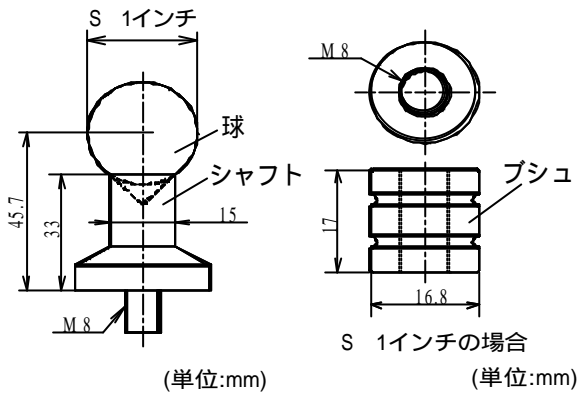


図4 シャフトの設計

図5 ブシュの設計

2 - 6 球の固定

熱応力による球の変形を防止するためにエポキシ系接着剤により球を固定した。接着強度は実験を行った結果、引張強さの平均値が 1inch 球で 1519N、1/2inch 球で 515N を示し十分に大きい。この接着剤の線膨張係数は 60×10^{-6} である。

3 ゲージの値付けの不確かさの算出

指示精度の優れた CMM を標準機として、開発したゲージを校正する場合のゼロ点球と各球との中心間距離の値付けの不確かさを求めた³⁾。校正室の温度環境は、校正作業での 8 回の平均値から 20.25 ± 0.16 である。使用した CMM は Zeiss 製 UPMC550-CARAT である。

3 - 1 関数モデル

表 4 のバジェット表により抽出した不確かさ成分からゲージの校正に関するモデル式は式(1)で示される。L はゲージの値、M は CMM の測定値、s(E) は合成標準不確かさである。

$$L = M \pm 2s(E) \quad (1)$$

また、合成標準不確かさは式(2)で示される。

$$s_c^2(E) = s^2(G) + s^2(C_a) + s^2(P_h) + s^2(P_a) + s^2(A_{1a}) + s^2(F_a) + s^2(F_b) + s^2(R) + s^2(B_a) + s^2(A_{2a}) + s^2(D_a) + s^2(E_{CMM}) + s^2(Y) \quad (2)$$

ここで、G は標準器の誤差、C_a は CMM スケールの線膨張係数に起因する誤差、P_h は球の真球度の誤差、P_a は球の線膨張係数に起因する誤差、A_{1a} は球とシャフトの接着剤の線膨張係数に起因する誤差、F_a はシャフトの線膨張係数に起因する誤差、F_b はシャフトの弾性変形量による誤差、R はシャフトとブシュの接合での応力歪み量による誤差、B_a はブシュの線膨張係数に起因する誤差、A_{2a} はブシュと本体の接着剤の線膨張係数に起因する誤差、D_a は本体の線膨張係数に起因する誤差、E_{CMM} は CMM の測定誤差、Y は経年変化による誤差である。

表 4 バジェット表³⁾

構成要素	不確かさの要因	要因記号	評価タイプ
ブロックゲージ	比較校正	(G)	B
CMMスケール	熱膨張係数	(C)	B
球	真球度	(P _h)	A
	ブロックゲージと構成要素の熱膨張係数の差	(P)	B
球とシャフトの接合	ブロックゲージと構成要素の熱膨張係数の差	(A ₁)	B
シャフト	ブロックゲージと構成要素の熱膨張係数の差	(F)	B
	応力たわみ量	(F _D)	A
シャフトとブシュの接合	ひずみ量	(R)	A
ブシュ	構成要素とブロックゲージとの熱膨張係数の差	(B)	B
ブシュと本体の接合	ブロックゲージと構成要素の熱膨張係数の差	(A ₂)	B
本体	ブロックゲージと構成要素の熱膨張係数の差	(D)	B
CMM	W.A.ゲージ測定でのCMMの測定誤差	(E _{CMM})	A
W.A.ゲージの全構成要素	経年変化量	(Y)	A

3 - 2 各成分の標準不確かさの評価

3 - 2 - 1 ブロックゲージの標準不確かさ

CMM の校正に用いたブロックゲージの標準不確かさを式(3)により求める。ブロックゲージの比較校正での不確かさの要因は、標準器の校正値の不確かさ s(L_{SCB})、寸法差測定での不確かさ s(d_{CB}) (平均値での不確かさ・ランダム効果での不確かさ・系統効果での不確かさ)、両ゲージの熱膨張係数の差による不確かさ s(d_{aCB})、両ゲージの温度差による不確かさ s(d_{tCB})、標準器の経年変化による不確かさ s(Y_{CB})からなる。ここでは、ゲージの最大測定長さからブロックゲージの長さ 414mm、JCSS 認定事業者での校正室温度環境の一例より 20 からの温度差 0.14 として標準不確かさを求めた。

$$s^2(G) = s^2(L_{SCB}) + s^2(d_{CB}) + s^2(d_{aCB}) + s^2(d_{tCB}) + s^2(Y_{CB}) = 2.25 \times 10^{-4} + 7.569 \times 10^{-5} + 1.129 \times 10^{-3} + 5.991 \times 10^{-3} + 1.00 \times 10^{-4} = 7.520 \times 10^{-3} \mu m^2 \quad (3)$$

$$s(G) = 0.087 \mu m$$

3 - 2 - 2 CMM スケールの線膨張係数の標準不確かさ

校正室の温度環境は 20 からの偏差が 0.25、分布範囲が ± 0.16 であり、中心値 0.25 ± 0.16 を限界とする矩形分布とし式(4)により標準不確かさ s(?) を求める。ここで、? は 20 からの温度差、d_t は温度変動幅とする。

$$s(?) = [?^2 + (d_t / 3)^2]^{1/2} = [0.25^2 + (0.16 / 3)^2]^{1/2} = 0.267 \quad (4)$$

CMM スケールの材質はゼロデュアで線膨張係数による標準不確かさは $\pm 0.05 \times 10^{-6}$ を分布幅とする矩形分布として式(5)、式(6)により求める。ここで、a_c は CMM

スケールの線膨張係数の分布幅、D はゲージの最大測定長さとする。

$$s(ac) = 0.05 \times 10^{-6} / 3 = 2.886 \times 10^{-8} \quad (5)$$

$$s(C) = D \cdot s(?) \cdot s(a) = 0.414 \times 0.267 \times 2.886 \times 10^{-8} = 0.003 \mu\text{m} \quad (6)$$

3-2-3 球とブロックゲージの線膨張係数の差による標準不確かさ

CMM はブロックゲージにより校正されており、かつスケールの線膨張係数が 0 に等しいと見なせることから直接ブロックゲージとの線膨張係数の差が不確かさに現れると推測した。P は球径、 da_p は球とブロックゲージの線膨張係数の差としてブロックゲージの線膨張係数の不確かさ 1×10^{-6} を加えた値を最大幅とする矩形分布とし式(7)、式(8)より求める。

$$s(da_p) = [(11.5 \times 10^{-6} - 11.5 \times 10^{-6})/2 + 1 \times 10^{-6}] / 3 = 5.773 \times 10^{-7} \quad (7)$$

$$s(P) = P \cdot s(?) \cdot s(da_p) = 0.0254 \times 0.267 \times 5.773 \times 10^{-7} = 0.004 \mu\text{m} \quad (8)$$

3-2-4 シャフトのプロービング圧による弾性変形の標準不確かさ

シャフトのプロービング圧による弾性変形の標準不確かさを式(9)、式(10)より求める。プロービング圧の不確かさは電子天秤にプロービングしその測定値から標準偏差を求めた結果、 $9.24 \times 10^{-4} \text{N}$ と算出された。片持ち梁構造で 1inch 球ではシャフト末端から球中心までの梁の長さは 45.7mm、梁の外径は 15.0mm となる。

$$s(F_D) = (W \cdot l) / (3 \cdot E \cdot I) = (0.000924 \times 0.0457) / (3 \times 1.06 \times 10^{12} \times 2.48 \times 10^{-9}) = 1.116 \times 10^{-5} \mu\text{m} \quad (9)$$

$$\text{ここで、} I = p \cdot d_i^4 / 64 = 3.14 \times 0.015^4 / 64 = 2.48 \times 10^{-9} \quad (10)$$

F_D は弾性変形量、W は加重、l は梁の長さ、 E_i はヤング率、 I は断面二次モーメント、 d_i は梁の直径である。

3-2-5 本体とブロックゲージの線膨張係数の差による標準不確かさ

本体とブロックゲージの線膨張係数の差による標準不確かさを式(11)、式(12)より求める。ゲージの最大測定長さは 414mm、本体の線膨張係数は $4 \cdot 10 \times 10^{-6}$ の幅があり、ブロックゲージからの差の大きい値を用いる。ここで D はゲージの最大測定長さ、 da_D は本体とブロックゲージの線膨張係数の差とし矩形分布とする。

$$s(da_D) = [(11.5 \times 10^{-6} - 4 \times 10^{-6})/2 + 1 \times 10^{-6}] / 3 = 2.742 \times 10^{-6} \quad (11)$$

$$s(D) = D \cdot s(?) \cdot s(da_D) = 0.414 \times 0.267 \times 2.742 \times 10^{-6} = 0.30 \mu\text{m} \quad (12)$$

3-2-6 CMM の測定による標準不確かさ

ゼロ点球と各球との中心間距離の値付けの不確かさに対する CMM の測定による標準不確かさを求める。球測定は、CNC 自動測定による極 3 点赤道軸方向 4 点 $\times 2$ 回の計 11 点とし、繰り返し 3 回、反復 5 回を行い

合計 120 個のゼロ点球から各球までの中心間距離を得た。ここで反復は CMM 測定台上のゲージの設置位置を移動させ、時間を隔てた場合とした。その結果を図 6 に示す。図中の点は各球毎の任意の基準値からの偏差の平均値で、点の分布幅はゼロ点球から各球までの中心間距離の標準偏差である。CMM の測定による標準不確かさは、式(13)に示すとおりゼロ点球から各球までの中心間距離の標準偏差の平均値とした。平均値は各球の標準偏差の 2 乗を加算し、球の個数で除算した後の平方根とした。

$$s(E_{CMM}) = (a \text{ 球の標準偏差} + b \text{ 球の標準偏差} + \dots + h \text{ 球の標準偏差}) \text{の平均値} = [(0.2^2 + 0.2^2 + \dots + 0.46^2) / 8]^{1/2} = 0.37 \mu\text{m} \quad (13)$$

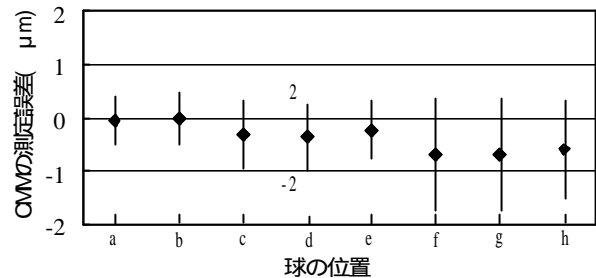


図6 ゲージ測定によるCMMの測定誤差

3-2-7 経年変化による標準不確かさ

ゲージの経年変化による標準不確かさは、1年間のゼロ点球から各球までの中心間距離の標準偏差の 2 乗から 3-2-6 による CMM の測定による標準不確かさの 2 乗を減算し、球の個数で除算した後の平方根とした。図 7 はゲージの経年変化を示したもので、図中の点は任意の基準値からの偏差の平均値である。以上から経年変化による標準不確かさを式(14)に示す。

$$s(Y) = (a \text{ 球の経年変化} + b \text{ 球の経年変化} + \dots + h \text{ 球の経年変化}) \text{の平均値} = [\{(0.87^2 - 0.22^2) + (0.85^2 - 0.25^2) + \dots + (0.64^2 - 0.46^2)\} / 8]^{1/2} = 0.71 \mu\text{m} \quad (14)$$

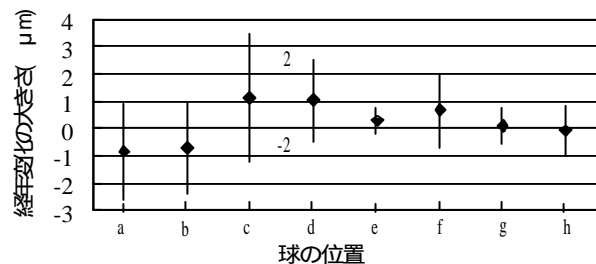


図7 1年間の経年変化の大きさ

4 合成標準不確かさ

以上の結果から表5に示す不確かさ成分ごとの標準不確かさが得られる。

表5 不確かさ成分の結果

要因記号	標準不確かさ u(xi)	感度係数 f / xi ci	長さへの変換 (μm) ui(y) / ci u(xi)	二乗項 ui(y) ²
(G)	0.087 μm	1	0.087	0.007569
(C)	2.886×10^{-8} /	D · ()	0.003	0.000009
(Ph)	0.041 μm	1	0.041	0.001681
(P)	5.773×10^{-7} /	P · ()	0.004	0.000016
(A1)	1.457×10^{-5} /	A1 · ()	0.019	0.000358
(F)	3.002×10^{-6} /	F · ()	0.026	0.000700
(Fd)	1.116×10^{-5} μm	1	0.000	0.000000
(R)	-	-	-	-
(B)	6.062×10^{-7} /	B · ()	0.003	0.000008
(A2)	1.457×10^{-5} /	A2 · ()	0.0004	0.00000015
(D)	2.742×10^{-6} /	D · ()	0.30	0.0900
(ECMM)	0.37 μm	1	0.37	0.1369
(Y)	0.71 μm	1	0.71	0.5041

二乗和 $\sum u_i^2(E) = 0.7413 \mu\text{m}^2$

合成不確かさ $u_c(E) = 0.861 \mu\text{m}$

拡張不確かさ $U(k=2) = 1.72 \mu\text{m}$

) (R)は (Y)に含まれることとした

4 - 1 拡張不確かさの決定

得られた合成標準不確かさに包含係数 $k=2$ を乗じてCMMを標準とするゲージの校正における拡張不確かさを式(15)に示す。

$$U(k=2) = 2 \times u_c(E) = 2 \times 0.861 = 1.72 \mu\text{m} \quad (15)$$

5 考 察

CMMの性能評価に使用するゲージは、CMMの測定長さ起因する累積誤差を評価するためにゲージの大型化が要求される。本体の材質に鉄を用いた場合は、ブロックゲージとの線膨張係数の差が小さくその不確かさは小さくなる、一方、鉄の密度は 7.8g/cm^3 で重量は 80.7kg となり可搬性が悪くなる。そこで、ゲージの目的が使用者校正での活用なので材質を密度 2.7g/cm^3 で重量が 28.2kg の花崗岩として取扱容易性を重視した。

球を支持するシャフトに使用したグラフィイトは熱的、機械的性質に優れており、プロービング圧によるたわみ量を小さくすることができる。また球の材質をブロックゲージと同一としたことにより、ブロックゲージとの線膨張係数の差による不確かさが小さくなる。球とシャフトの接合をエポキシ系接着剤による接着としたことで、接合強さは十分目的を満たし、接合原理による熱ま

たは機械的な応力による球の形状精度低下への影響は無い。

CMMの測定による不確かさは、CMMによりゲージを多数回測定した時の標準偏差として求めた。アーティファクトの校正ではアーティファクト自体を測定対象物として測定した場合の測定機器の誤差がアーティファクトの不確かさに含まれる。ここでは、2種類9個の球を立方空間の対角線に配置したことで、最大長さ 414mm 時のCMMの測定による不確かさが求められた。つまりアーティファクトの校正で信頼性の高い不確かさを求めるためには、CMMの校正も同様のアーティファクトを用いて校正を行いCMMの測定誤差を求めることが重要である。

経年変化による不確かさは高精度CMMによる値付け校正を定期的に行うことにより排除できる。その場合拡張不確かさは $U(k=2) = 2 \times 0.487 = 0.97 \mu\text{m}$ と求められ $1 \mu\text{m}$ 以下の良好な値となった。

6 結 言

- ゲージの拡張不確かさは $U(k=2) = 1.72 \mu\text{m}$ となった。
- 1年間における経年変化の不確かさが $0.71 \mu\text{m}$ と算出され十分小さい。
- ゲージはくさび型にしたことでゲージのZ高さが 300mm または 460mm の2種類が設定できる。
- 2種類の球径によりプロービング時の接触角による誤差が求められる。
- 高精度CMMによる校正を定期的に行う場合は経年変化による不確かさは排除され、ゲージの拡張不確かさは $U(k=2) = 0.97 \mu\text{m}$ となる。

今後は、試作したゲージの信頼性を更に高めるため、標準値を与えるとともに経年変化を追跡調査することが課題である。

文 献

- ISO 10360-2^{:1994} (Coordinate metrology - Part2: Performance assessment of coordinate measuring machines)、ISO(1994)
- JIS Z 9090^{:1991} (測定 - 校正方式通則)、日本規格協会
- BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, IUPAP, OIML, Guide to the expression of uncertainty in measurement, ISO(1993)

[研究報告]

銀添加(Nd,Eu,Gd)-Ba-Cu-O 超電導体の微構造と超電導特性

齋藤 貴^{*}、桑嶋 孝幸^{*}、ミアラムラダ^{**}、
坂井 直道^{**}、村上 雅人^{**}

溶融凝固法で作成した(Nd,Eu,Gd)-Ba-Cu-O バルク超電導体の微構造と超電導特性について検討を行った。(Nd,Eu,Gd)Ba₂Cu₃O_y (NEG123)に (Nd,Eu,Gd)₂BaCuO_x (NEG211)と白金を添加量それぞれ 10mole%・0.5mole% で混合し、銀添加量を 0 ~ 50wt% に変化させた原料を作成し、酸素分圧制御型溶融凝固法(OCMG 法)にて直径 22mm 厚さ 9mm の超電導体を得た。その試料の不可逆磁場は銀添加量増大につれて上昇し 30wt% 以上の試料においては 77K、7T の条件でも磁化曲線が閉じなかった。また、銀添加量 30wt% の試料は非常に大きな臨界電流密度を持ち、77K、7T の条件で c 軸に平行な向きで 8000A/cm² となった。

キーワード (Nd,Eu,Gd)-Ba-Cu-O、超電導体、溶融法

Microstructures and Superconducting Properties of Silver-Doped (Nd,Eu,Gd)-Ba-Cu-O Superconductor

SAITOH Takashi, KUWASHIMA Takayuki, MIRYALA Muralidhar,
SAKAI Naomichi and MURAKAMI Masato

We examined microstructure and superconducting properties of melt-processed (Nd,Eu,Gd)-Ba-Cu-O composite bulks. We prepared (Nd,Eu,Gd)Ba₂Cu₃O_y (NEG123) pellets of 22mm diameter and 9mm thickness with 10 mole% (Nd,Eu,Gd)₂BaCuO_x (NEG211), 0.5 mole% Pt, and various amounts of Ag ranging from 0 to 50 wt% using the oxygen-controlled-melt-growth (OCMG) process. The irreversibility field increased with Ag content up to 30 wt%, the magnetization loop was open at 77K and 7T. In the sample with 30 wt% Ag, a large critical current density of 8000 A/cm² was recorded even at 7T and 77K for fields applied parallel to the c-axis.

key words: (Nd,Eu,Gd)-Ba-Cu-O, Superconductor, Melt-processing

1 緒 言

液体窒素温度で使用可能な超電導バルク体は、熱容量が小さく値段の高い液体ヘリウム (4.2K) で冷却することが必要な従来の超電導体に比べ、熱的安定性やコストが大幅に改善されることが期待され、電力貯蔵用フライホイールなどのエネルギー関係の応用や磁気分離システムなどの環境面での応用に実用化が期待されている。なかでも、磁気浮上や磁気分離などの用途では、今までの永久磁石・電磁石で実現可能な性能を遙かに超える強力な磁石材料が必要とされている。その性能を実現可能な超電導バルク体はスーパーマグネットと呼ばれている。具体的にスーパーマグネット材料として要求される性能は、温度 77K・磁界 3T 中で臨界電流密度(J_c)が 10⁵A / cm² 以上、または 3T 以上の磁界を捕捉することが可能であるということが一般的に言われて

いる。永久磁石材料として最高性能を有するネオジム磁石 (Nd-Fe-B) の大型で良質なもので、表面の磁束密度が 0.5T 程度である。あるいは、重量 2t を超える大型の電磁石でも 1.5 ~ 2.0T しか発生し得ないなど、その要求性能は高レベルであり、小型軽量の超電導バルク体で実現可能となれば、応用装置の飛躍的な性能向上や、全く新たなアプリケーションの開発が期待される。

現在特性が明らかになっている軽希土類系超電導バルク体を用いれば 3 ~ 4T のスーパーマグネットが理論的に実現可能であるが、その実用化のためには良好な特性を持つ超電導結晶を合成し、さらに結晶軸のそろった大型のバルク体を作製することが必要である。しかしながら溶融凝固法によるバルク体の大型化は、物理的な結晶成長速度の遅さによる限界

* 材料技術部

** (財) 国際超電導産業技術研究センター 超電導工学研究所

や、結晶成長に要する多大な時間・装置及び材料コスト等、数々の課題を抱えている。

そこで、筆者らは小型で良質なバルク体を接合することによって良質な大型バルクを得ることを目標に、RE-Ba₂-Cu₃-O_x (RE123)超電導バルク体の接合手法について基礎的な研究を行ってきた。RE123バルクを接合するためにはRE123と同等の超電導特性を持ちながら、より低い熱分解温度を有する接合用超電導材料 (RE'123)が必要であり、さらにその接合用材料が、RE123との接合界面で反応部分の特性を劣化させないことが必要である。過去の報告で筆者らは、酸素分圧制御半溶融結晶成長 (OCMG) 法^{1,2}によるNd-Ba₂-Cu₃-O_x (Nd123)バルク超電導体のNdサイトを、他の複数の希土類元素(Nd,Sm,Eu,Gd)に置き換えた混合希土類系超電導体 (RE-RE')-Ba₂-Cu₃-O_xが良好な超電導特性を示すこと、これら希土類元素の選択によって (RE-RE')-Ba₂-Cu₃-O_x超電導体の熱分解温度(融点)を制御可能であることを報告した^{3,4}。そこで、本実験ではバルク超電導材料として世界最高性能を有する (Nd,Eu,Gd)-Ba-Cu-O超電導体⁵⁻⁷をベース組成として選択し、この超電導体に多量の銀を添加することにより熱分解温度を低下させ、(Nd,Eu,Gd)-Ba-Cu-O超電導体の接合に適応しうる材料を開発することを目的として検討を行った。

2 実験方法

2-1 NEG原料粉末の合成

原材料としてNdBa₂Cu₃O_y (Nd123), EuBa₂Cu₃O_y (Eu123), GdBa₂Cu₃O_y (Gd123)合成粉末 (各粉末とも平均粒径3ミクロン以下:同和鉱業株式会社製)を用い、化学組成が(Nd_{0.33},Eu_{0.33},Gd_{0.33})Ba₂Cu₃O_y (NEG123)となるように秤量し、瑪瑙製自動乳鉢で4時間混合した。混合後の粉末は金型で50MPaの圧力で成形した後、温度890-920・雰囲気0.1%O₂-Ar中で24時間仮焼を行った。未反応相が残存しないように粉碎、仮焼を3回繰り返して、NEG123粉末を得た。同様に合成粉末Nd₄Ba₂Cu₂O_x (Nd422), Eu₂BaCuO_x (Eu211), Gd₂BaCuO_x (Gd211) (各粉末とも平均粒径3ミクロン以下:同和鉱業(株)製)を用い、化学組成が(Nd_{0.66},Eu_{0.66},Gd_{0.66})BaCuO_x (NEG-211)となるように秤量混合し、温度920・0.1%O₂-Ar雰囲気中で仮焼を行い、NEG211粉末を得た。

NEG123粉末に10mole%のNEG211粉末、0.5mole%の白金(Pt)粉末を混合し、銀(Ag)を0-50wt%混合して結晶成長用試料を作成した。作成した試料の熱分解温度(T_m)は、示差熱天秤(DTA)にて測定した。

2-2 半溶融凝固熱処理による結晶成長

各試料粉末を直径25mmの金型で予備成形し、取り出し後冷間等方圧プレス(CIP)にて圧力200MPaで本成形を行い、圧粉体を得た。圧粉体はOCMG法を用いて、図1に示す条件でNd123種結晶から結晶成長させた。ここでT_{max}は各試料の熱分解温度T_m+10である。半溶融凝固処理中に試料中の液相が基板と反応することによる試料の汚染や化学組成のずれを防ぐために精研磨(エヒ研磨)MgO基板上で熱処理を行った。取り出し後、試料を5mm×5mm×1mmの大きさに切り出し、純酸素気流中で550から250まで-0.33/hourの条件で酸素アニール処理を行い超電導特性を持たせた。

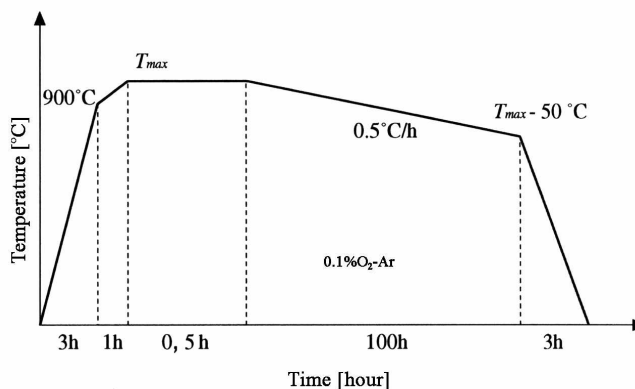


図1 超電導体合成熱処理条件
(酸素分圧制御型半溶融凝固処理)

2-3 組織観察・定性分析・面分析

結晶成長後の試料は、表面を鏡面研磨後、光学顕微鏡を用いて組織観察を行った。またEPMA (電子線プローブマイクロアナライザ)を用いて反射電子線像観察、定性分析、面分析を行い、各相の同定及び構成元素について分析した。また、面分析ではマトクス相・第2相中の組成分析結果を2次元マップで表示し、構成元素の分布を明らかにした。

2-4 磁気特性測定

酸素アニール後の試料は、超電導量子干渉素子磁力計(SQUID:米 Quantum Design 社製)によるT_c (超電導転移温度)、J_c-B (臨界電流密度の磁場依存性)測定を行った。T_c測定は試料のゼロ磁場冷却・微小磁場中冷却を行い、磁化率の温度依存性として求め、J_c-B測定は磁化率の磁場依存性を求めた後、Beanモデルを用いて算出した。

3 実験結果と考察

3-1 Ag添加量と熱分解温度

Ag添加量を変化させたNEG123のT_mを図2に示す。Ag添加量の増加にとともにT_mは低下する事がわかった。Ag添加量10wt%でT_mが無添加時より約20度低下し、目標とする接合熱処理に十分な融点差を得られる。しかしながら、Ag添加量をそれ以上に増やしてもT_mの変化はほとんど無いことから、実際の接合を行う場合には母材側にT_mの高い材料、例えばAg無添加のNEG123超電導体やEu、Gd配合比の小さいNEG123を使用することが望ましいと考えられる。

3-2 結晶成長状態

図3にOCMG処理後のNEG123バルク体外観写真を示す。図中(a)はAg添加量0wt%、(b)は30wt%、(c)は40wt%の試料である。Ag添加量30wt%までの試料では、良好な結晶成長が起こり、バルク全体がシングルドメインとなったが、40wt%添加試料ではNd123種結晶の融解が起こり、マルチドメインの結晶となった。Ag添加量が増えるにつれ、凝固時に試料表面へ液相のAgが押し出されてくる量が増えるため、種結晶がAgと反応・溶融したものと考えられる。従って機械的強度を向上させるなどのT_m制御以外の理由で、更にAg添加量を増やす場合には、種結晶の融解が起こらないようにMgOを

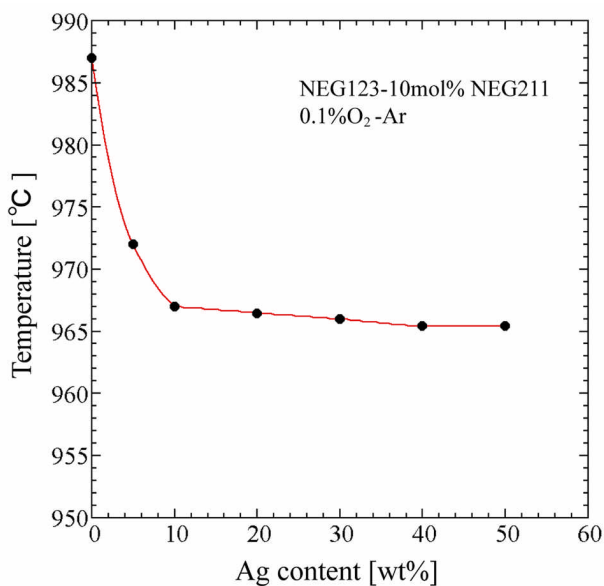


図2 Ag添加量とNEG123熱分解温度の関係

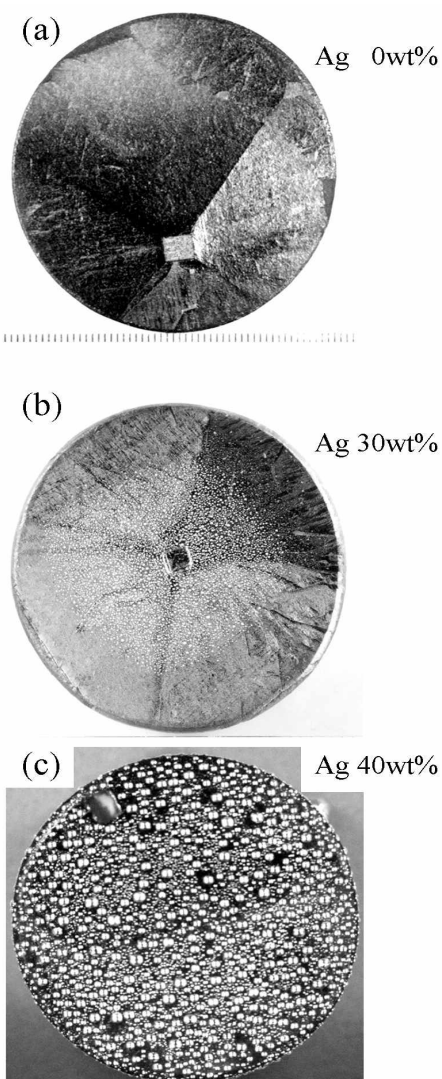


図3 結晶成長後のバルク外観写真

用いるなどの対策が必要である。

3 - 3 超電導特性評価

図4に、良好な結晶成長を得られたAg添加量30wt%までの各試料の T_c を示す。どの試料も超電導転移開始温度は90K付近で、転移幅が1~2K程度と狭い。すなわち、Ag添加量を30wt%程度まで増加させても、OCMG処理の温度を最適化し、211相やAgの凝集を起こさないようにすれば、良好な超電導特性を得られることがわかった。

図5にAg添加量0及び30wt%試料の臨界電流密度の磁場依存性のグラフを示す。Ag添加量30wt%の試料において、非常に興味深い結果が得られた。Ag無添加試料で2.5T付近にあった J_c のピークが3T付近へと高磁場側にシフトし、4T以上の高磁場において著しい J_c の向上が見られる。一般に高磁場での J_c や不可逆磁場は、試料中の組織欠陥によって低下することから、Ag添加が試料中のマイクロクラックなどの組織欠陥発生を抑制し、結果としてこれら特性の向上につながったものと推察する。

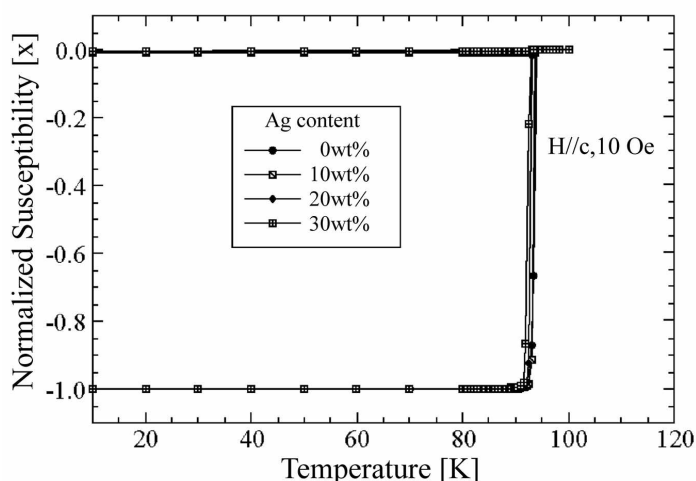


図4 Ag添加量と超電導転移温度の関係

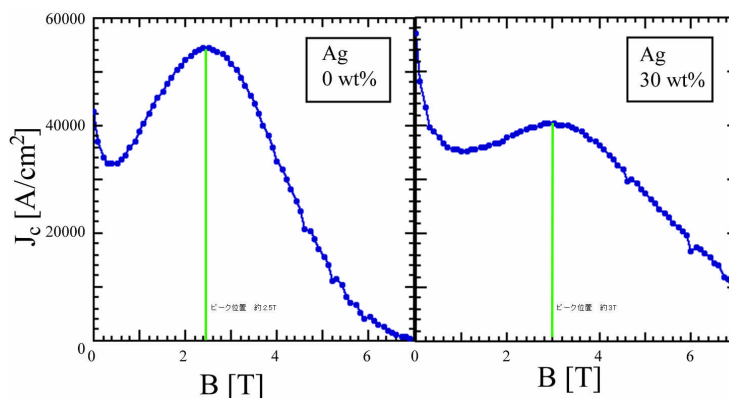


図5 臨界電流密度の磁場依存性

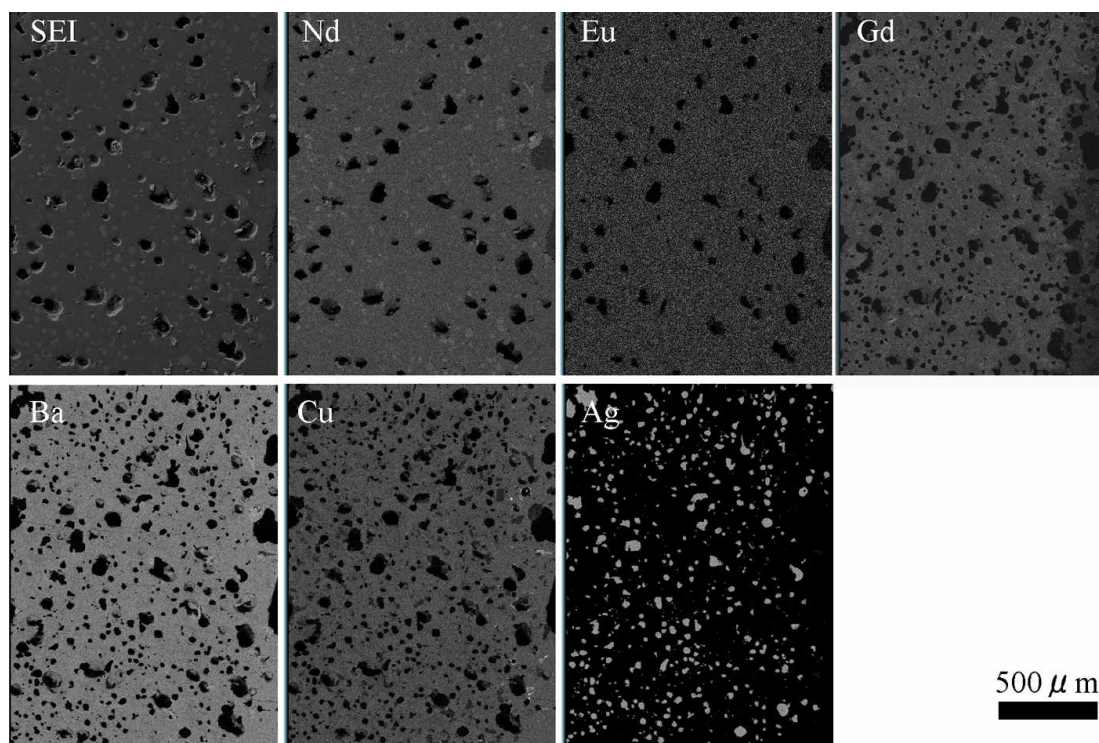


図6 Ag20wt%添加試料の面分析結果

3 - 4 EPMA による面分析結果

図6にAg20wt%添加試料のEPMAによる面分析結果を示す。各希土類元素に偏析は見られず、均一に結晶が生成されたことがわかる。Agの分布に着目すると、マトリクス中に存在する物の他に、各希土類元素やBa・Cuとは結合せず、単独で析出しているものが多数存在する。OCMG処理した希土類123バルク超電導体では不可避である結晶成長中に生じる試料中の空孔部分に、優先してAgが析出することは、クラックの抑制や機械的強度の向上に有効であると考えられる。またこの観察結果は、 J_c の高磁場側での良好な特性を裏付ける一因となると考えられる。

4 結 言

Ag添加NEG123超電導体は、Ag添加量10wt%以上において T_m が無添加試料より20以上低下し、接合プロセス開発に利用可能な材料であることがわかった。Ag添加量30wt%までの範囲では結晶成長性も良好であり、その T_c はAg無添加試料と同等であることがわかった。また、 J_c の磁場依存性においては、Ag30wt%添加試料において特に高磁場側でAg無添加試料より改善が見られ、77K・7Tにおいて磁化曲線が閉じないなど、非常に大きな不可逆磁場を持ち、そのときの J_c 値は8000A/cm²となった。したがって、接合相に本開発材料を使用してバルク体同士の接合を行った場合、

全体の J_c に悪影響を及ぼさない接合が可能である。

今後、この材料を活用して良好な超電導体同士の接合を行うことで、優れた特性を持った大型バルク超電導体が製造可能であると考えられる。

文 献

- 1) S.I. Yoo, N. Sakai, H. Takaichi, T. Higuchi and M. Murakami, Appl. Phys. Lett 65 (1994) 633.
- 2) M. Murakami, S.I. Yoo, T. Higuchi, N. Sakai, J. Weltz, N. Koshizuka and S. Tanaka, Jpn. J. Appl. Phys. 33 (1994) L715
- 3) T. Saitoh, K. Segawa, K. Kamada, N. Sakai, T. Segawa, S.I. Yoo and M. Murakami, Physica C 288 (1997) 141-147
- 4) T. Saitoh, K. Kamada, K. Iida, N. Sakai and M. Murakami, Advances in Superconductivity XII, (1999) 461
- 5) Murakami M, Sakai N, Higuchi T and Yoo S.I., Supercond. Sci. Tec. 9(1996) 1015-1032
- 6) M. Muralidhar and M. Murakami, Physica C357 (2001) 657
- 7) M. Muralidhar, T. Miyamoto and M. Murakami, Supercond. Sci. Tec. 13 (2000) 756

食器へのユニバーサルデザインの導入*

町田 俊一**、小林 正信**、東矢 恭明**、長嶋 宏之**

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（以下UD）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15年度は食器をテーマに、漆器、磁器、木製品27点の事例開発を行い、併せて、ノウハウを記載した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、食器

Introduction of Universal Design to Table ware

MACHIDA Toshikazu, KOBAYASHI Masanobu, TOYA Yasuaki,
and NAGASHIMA Hiroyuki

"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 2003, 27 examples of table wares were developed, and the handbook of introducing universal design was published.

key words: universaldesign, table ware

1 緒 言

全国には食器、厨房用品、家具などの生活用品を製造している多くの地域に根ざした産業(地場産業)がある。地場産業の中には伝統的な素材や技術を使用して作られ、審美性の高い工芸品として位置づけられているものも多く、これらの工芸品は伝統的工芸品と呼ばれている。

岩手県にも鉄器、漆器、家具等の伝統的工芸品産業が息づいているが、その多くは構造的な不況・衰退に陥っている。この不況は全国の伝統的工芸品産業に共通して見られ、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、従事者ともに約半分に減少している。

この工芸品産業を取り巻く衰退の原因は、景気の低迷だけで説明できるものではなく、嗜好性を強調した情緒的な面を使用者に訴求するあまり、機能性や経済性を考慮した一般的な生活用品の範疇から逸脱したことに大きな原因があると考えられている。現在、伝統的工芸品産業が陥っている構造的な衰退を食い止めるために重要なことは、生活のなかで機能する生活用品として、生活者のニーズに適合させることであると考えられている。

当センターではこのような工芸品産業を取り巻く状況に鑑み、岩手県に多くある工芸品を生活用品として、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3カ年実施した。

この事業は、誰にでも使いやすく、安全な製品を開発す

るために、ユニバーサルデザインの考え、手法を活用し、県内工芸品製造業へ普及することを大きな目的としている。

事業の主たる内容は、県産品へのユニバーサルデザインの導入促進を目的とした、事例デザインの開発と導入のためのハンドブックの製作である。事業は3カ年の各年度で3つの製品種をテーマに実施した。各年のテーマには平成13年度に鉄器厨房用品を、14年度は家具、15年度は食器を選定した。この事業の実施により、現在の県内で生産されている工芸品の機能性、安全性等を高めることによって、従来にはない付加価値を付与できることが期待される。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、伝統的な県産生活用品を日常生活に引き戻すために大きく寄与することが予想された。

2 研究方法

2-1 事例デザインの開発

2-1-1 参加企業の募集

事業は製造業との共同開発として実施することとし、共同開発に参加する食器製造業の募集を行った結果、浄法寺漆器工芸企業組合、安代町漆器センター、有限会社丸三漆器(以上漆器製造業)、杏工房、蘇泥工房(以上磁器製造業)、大野村産業デザインセンター(木製品製造業)の6社が参加した。

* 平成15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

2-1-2 食器に求められる要件の検討

誰にでも使いやすく、安全な食器に求められる要件を洗い出すために、下記の各調査・検討作業を行い、ユニバーサルデザインに必要な要件の検討を行った。

(1) 県立盲学校での食事観察による状況調査

特殊な状況下での食器の使用方法について、現状を把握するために、県立盲学校における給食の食事を観察し、通常の使用方法とは異なる食器使用上の留意点の調査を行った。結果の概略を表1に記す。

表1 岩手県立盛岡盲学校の昼食調査結果

項目	特徴的な事項
1 形状による認識	器をさわって器の形から食べ物を認識している。 普通の汁碗は、さわったときに倒れる可能性がある。 片づけ時も形状で認識。食器相互の位置関係、大きさの関係が常に一定。
2 持って食べる	食器を口に近づけて食べるため、片手・両手で持って食べる。 持ち手の位置はさわって認識。
3 介助作業	場合によっては介助者が料理を口に運んで食べさせる場合もある。
4 その他1	料理が食器からこぼれやすく、深めの食器が必要。 同様にトレイ等も必要。
5 その他2	背の高いものは安定性が必要。

(2) ユニバーサルデザイン製品売り場からの意見聴取
ユニバーサルデザインを主眼に作られた各種製品を取り扱っている専門売場の販売担当者から、現在の製品の評価、使用者のユニバーサルデザインに対するニーズに関する情報を聴取し、現在の県産品に対する意見の聴取を行い、具体的なユニバーサルデザインの製品とはどのようなものか、概略の把握を行った。(表2、3)

表2 UD製品販売担当者からの意見聴取

日時	平成15年10月15日
場所	岩手県立産業デザインセンター会議室
講師	(株)松屋百貨店銀座店ユニバーサルデザインスクエア販売責任者 山本幸代氏
参加者	事業参加企業、工業技術センター職員 計16名
内容	(1)参加企業の製品に対するユニバーサルデザインの観点からの評価 (2)使用者のユニバーサルデザインに対するニーズ (3)ユニバーサルデザインの観点からのデザインに対する留意点

表3 UD製品販売担当者からのアドバイス

項目	留意事項
1 片手の使用	・スプーン等を使用する際に片手で食器を安定して保持できること。 ・片手で口を持っていったときに完全に飲み干せること。 ・片手で持ったときに滑ったりしないこと。 ・倒れたりせずにきちんと持てること。 ・おいたときに滑らないこと。
2 両手の使用	・両手で持って口につけるときに中のものが飲み切りやすいこと。 ・食べるとき以外(片づけるときなど)にも持ちやすいこと。
3 形状の方向性	・目の不自由な使用者に判りやすいように、形状に方向性があること。
4 断熱性	・手で持ったとき、口につけたときに熱くないこと。
5 重さ	・持ち運びしやすいように軽量であると同時に、おいたときに安定していること。
6 審美性	・合成樹脂より、天然素材が良い、模様、色彩による楽しさの表現が欲しい。

(3) 参加企業の事情による、開発製品への要望の把握
ユニバーサルデザインを取り入れた製品の開発に際して、素材、使用する技術、他の製品との兼ね合い、販売方法、場所等、参加企業個々の事情を聴取し、参加企業の製品に対する要望を把握した。(表4)

表4 参加企業の問題点と要望

	問題点	要望	方向
漆器	・新商品ができない。 ・アイデアを出せない。 ・製品全体の売上げが落ちている。 ・製品に限られている ・持つと滑りやすい ・種類は多いが、枠組みに限られている	・現代生活で使用する新しい漆器の開発を行いたい。 ・多用途な製品を開発したい。 ・子供用の食器を開発したい。	・機能の向上が見た目にも理解し易い規範事例の開発。 ・多用途に対応できる漆器の開発。 ・和食、洋食、中華料理等に使える漆器の開発。
木工品	・販売額が減少している。 ・木工品だけだと用途が限定される。	・新しいデザインの給食器を要望 ・漆を使った製品を開発したい	・学校給食器としての新しいデザインの食器を開発する。
陶磁器	・ろくろ加工なので、形状が限定される。 ・手加工生産なのでバラつきが大きい。 ・滑りやすく、倒したりして壊れやすい	・現在の絵付け技術を活用した製品開発をしたい。 ・自由形状の製品を開発したい	・機能の向上が見た目にも理解し易い規範事例の開発。 ・機能向上のために、自由形状を取り入れた製品の開発。

2-1-3 ユニバーサルデザインの要件を具体化するための問題の把握と留意点の検討

ユニバーサルデザインに必要とされる具体的な配慮を把握するために、参加企業で通常生産を行っている製品の使用試験をデザイン担当職員とその家族で行い、①持ちやすさ、②動かしやすさ、③食べやすさ、④安定性、⑤その他の食卓用品としての機能の5項目について評価を行った。その結果から使用上の問題点を抽出し、問題点の解決の観点からデザイン上特に考慮を必要とする点(デザインの条件)をまとめた。試験に使用した製品と結果の概要を表5、6に記す。また、使用試験の際に評価項目として使用した、使いやすさに関するチェック項目の一覧と、試験結果から得られたデザイン上の留意点を文末に記す(表8、9)。

表5 使用試験に用いた食器の概要

品名	湯飲み カップ	皿		汁椀	飯碗	大鉢		丼	小鉢
種類	磁器	木製	漆	漆	磁器	漆	磁器	磁器	磁器
数量	7	4	1	3	3	1	2	2	2

表6 使用試験結果の概要

	項目	問題点	原因
湯飲み カップ	保持に関するもの	・滑りやすい、手で握るときの違和感 ・持ったときに熱くて握れない	形状・素材による問題
	飲む時の問題	・形状が不安定で倒れやすい ・深くて飲みきりにくい	形状による問題
	その他	・指がはいらず、洗いにくい ・洗い終わったときに重ねにくい	形状による問題
皿類	保持に関するもの	・保持部分の未確保（持つ部分がない）	形状による問題
	その他	・スプーンですくいにくい、重ねが悪い	形状による問題
椀類	保持に関するもの	・滑りやすい、持ちにくい	表面状態による問題 素材による問題
	その他	・重ねにくい	形状による問題

3 結果

3-1 基本コンセプトの立案

食器の開発にあたって、業界の規模、使用する材料や技術などの製造業の事情を基盤に、岩手県の伝統的工芸品の特徴を活かしながらユニバーサルデザインを付与する方向で製品のコンセプトを立案した。このコンセプトは、以下の3点にまとめることができる。①手仕事（融通がきく、丁寧な作り、多品種少量）による使用者の要求に柔軟に対応し、製品のバリエーションを無理なく展開すること。②一般生活者をはじめ、ある程度使用能力が低下した使用者でも楽に使うことができる配慮を加えること。③木、漆などの天然素材を使用した安全性の確保と生産や廃棄の際に環境に負荷を与えないことの3点である。

このコンセプトによって、伝統的な素材と技術を使用して作られる製品が、嗜好性や審美性、加工技術の精緻さなどの従来の価値と異なる新しい付加価値を持つことができると考えられる。

3-2 開発品目とデザインコンセプトの決定

使用試験の結果、ユーザーの状況に適合させるための個々の製品に取り入れるべきデザインの留意点の検討を行った。得られたデザイン上の留意点をもとに、開発製品を決定し、それぞれのデザインコンセプトを作成した（表7）。

表7 開発のコンセプトと開発製品

基本 コンセプト	1. 手仕事の特性を活かした使用者の要求への対応強化 2. 一般生活者+ある程度使用能力が低下したユーザにも対応 3. 天然素材の使用による安全性の確保と環境負荷の低減			
デザイン コンセプト	漆 器	<ul style="list-style-type: none"> ● 漆器の欠点（滑りやすさ）を改善 ● ある程度の使用能力の低下にも対応 ● 家庭内の使用を中心にデザイン 	<ul style="list-style-type: none"> ● 暖かいものを暖かく 冷たいものを冷たく ● 軽くて持ちやすい 	汁椀 2種 飯碗 2種 カップ2種 子供椀2種
	陶 磁 器	<ul style="list-style-type: none"> ● 磁器の欠点（重さ、熱伝導性の良さ）により生じる問題を改善 ● ある程度使用能力の低下にも対応 ● 家庭、施設等、広範囲での使用 	<ul style="list-style-type: none"> ● 使いやすさを追求したデザイン ● シンプル・クリーン 	カップ6種 皿大 2種 皿中 2種 深皿 2種 ボウル2種
	木 製 品	<ul style="list-style-type: none"> ● 多少の乱暴な取り扱いにも対応 ● 学校、施設等での使用 ● 子供向け、高齢者向け 	<ul style="list-style-type: none"> ● 木目の暖かさが魅力 	ボウル1種 中皿 2種 大皿 2種

3-3 デザイン案の作成

作成したデザインコンセプトに従い、それぞれの製品とユーザーの身体的条件の関連を検討して、個々の製品のデザイン開発を行った。今回は27製品を合計で27点の製品を開発したが、主なものについて、デザイン案を紹介し、それぞれの特徴を記す。

開発した製品のデザインは、通常の食器の形状とそれほど異ならないようになっている。これは、身体機能が低い人だけでなく、健常者でも使いやすいものにすることが基本的なコンセプトであり、通常の食器との違和感を避けることが必要であったためと、県内製造業にとって既存の商品構成の一部として商品の販売を行いやすくする必要があったためである。例えば、漆の椀では伝統的な形状における、持ちにくさの大きな要因が高台上部の丸みであり、指がかかりにくいことであったので、この部分に突起をつけることで、持ちにくさの解消を図った。また、皿類は木製品、陶磁器を通じて収納性の問題が多く見られることから、積み重ねやすさを配慮し、特に、重量がある磁器については持ちやすさを考慮してある。また、身体機能の低下が見られる場合は、食器を口につけて食物の摂取を行う状況が多く観察されたため、口につけてスムーズに食物を食べられるように、いわゆる、「飲み口」的な機能を果たせる部分を設けた。



図1 指の掛かりを改善した汁椀

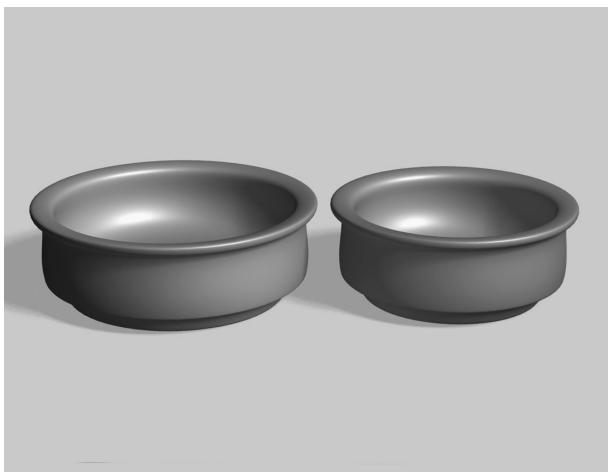


図4 すくいやすさを向上した子供椀



図3 凹凸をつけて持ちやすくした漆カップ

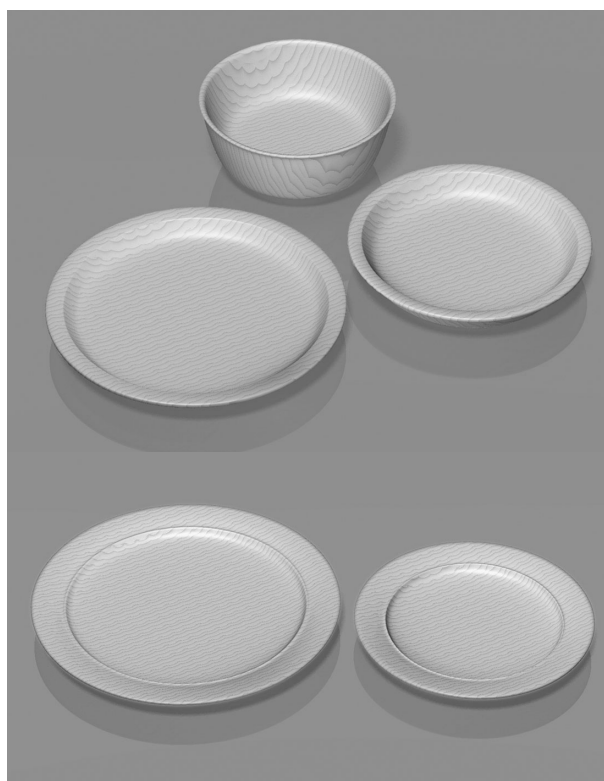


図4 丈夫で積み重ねがきく給食器用木製食器



図5 二重構造により熱が伝わりにくくしたカップ

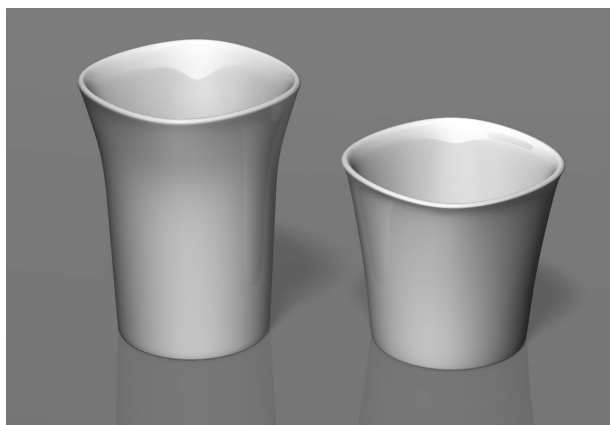


図6 フチを四角にして飲みやすくしたカップ

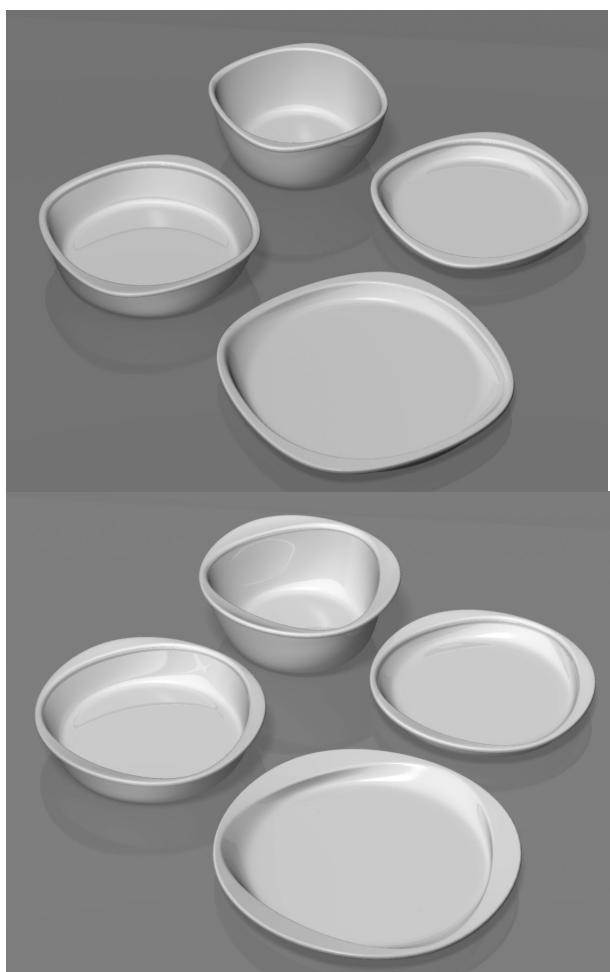


図7 すくいやすく、口をつけて食べやすい食器

3-4 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8)。

今年度作成したハンドブックは平成13年度、14年度に引き続き3号目である。従来のハンドブックがユニバーサルデザインの理念やユニバーサルデザインに関するユーザ要求の紹介を行ってきたことに対して、本号ではユーザーの要求を把握するための調査手法や、製品の

評価方法等、開発に必要とされるソフトな領域の作業に関する説明を中心に記載した。

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。

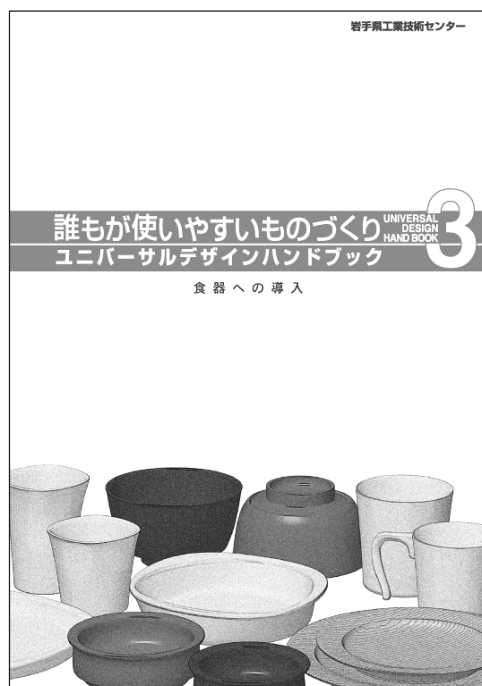


図8 作成したハンドブック

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年度で終了するが、事業の中で開発された製品は次年度に、企業によって試作を行い、デザインの妥当性を検証し、改善を行う。試作・試用によって使いやすさと、製品としての生産性の検証を行い、順次製品化を行っていく予定である。今後の課題としては製品の市場化を推進するための展示会への出品や、製品情報を訴求するためのパンフレットの作成やパッケージデザイン等の整備等、製品の周辺を取り巻く事項の整備が必要になると考えられ、同時にユニバーサルデザインの商品品種をふやし、新しい地場産業製品としての位置づけを確立することが重要な課題であると考えられる。

最後に、本事業に参加していただいた製造業の皆様にご挨拶申し上げます。

表8 UD製品の機能チェックリスト

持ちやすさ	握りやすい	滑りにくい	片手で持てるか		適切な大きさか		
	掴みやすい	か	指等の引っかかりがあるか		楽に掴めるか	食品に手が触れないか	
	摘みやすい		楽につまめるか		指だけで持てるか		
	温度が適切	持つところが熱くならないか					
	重さが適切	楽に持てる重さか		重過ぎるデメリット	軽過ぎるデメリット		
動かしやすさ	指で動かす	少ない力で動かせるか	他の動作でも動かせるか	左右を問わないか	少ない本数でもできるか		指のかかりは良いか
	手首で動かす				少ない角度、距離で動かせるか		動かすとき安定してるか
	肘で動かす						
	肩で動かす						
	上半身で動かす						
重さが適切	垂直方向に持ち上げやすいか			水平方向に動かしやすいか			
食べやすさ	口に食べ物を入れやすい	片手で食べられるか	容器を持たなくても楽にできるか		容器を楽に口まで持っていけるか	食物を楽に口に入れられるか	
	食べ物を口に運ぶ道具を使いやすい		入っているものを最後まで取れるか		取るときに楽にできるか	中のものを取りやすいか	
	口に入れやすい(直接口につけるもの)		適量を口に入れられるか		食べ物を最後まで入れやすいか	口に当てて食べやすいか	
	食べ物の温度や状態を認識し易い	熱いか冷たいかわかりやすいか		予想外の状態にならないか		入っているものが見えやすいか	
	使い方に方向があるものを判りやすい	上下、左右が認識しやすいか		定められた方向に変更しやすいか		変更を片手でできるか	
	転びにくい	置いたときに安定しているか		置くときに安定して置きやすいか		倒れにくい	
	こぼれにくい	動かすときにこぼれにくい			食べる時こぼれにくい		
安定性	置きやすい	注意しなくてもきちんとおけるか		カタカタしたりしないか	多少凸凹でも安定して置けるか	滑りにくい	
	食事空間に適した大きさ	使用者に適した大きさか					
	使用者に適した内容量	使用者に適した内容量であるか			内容量の多少に柔軟性があるか		
食卓用品としての機能	洗いやすさ	洗うときに持ちやすいか	全ての部分に指が届くか		水切りが良いか	拭きやすいか 乾燥し易いか	
	しまいやすさ	しまうときに重ねられるか	重ねやすいか		ばらしやすいか	重ねたまま持ちやすいか	
	多用途性	様々な食事の環境でも使用できるか	身体条件が異なる人も使用できるか		様々な温度の物にも使えるか	様々な食べ物も使えるか	
	丈夫さ(頑丈さ、耐久性)	ぶつかっても割れにくい形状か			繊細なところがぶつかりにくい		
	食事の場の雰囲気重視	他の食器と違和感がないか(デザイン)					
	情緒性(美しさ、精緻さ等)	機能性だけが前面に出ていないか	さりげない処理になっているか		食事にマッチした色、デザインか		

食器へのユニバーサルデザインの導入

表9 ユニバーサルデザインのためのデザインの留意点

考慮項目	品目	コップ	カップ	湯飲み	中皿	大皿	小ボウル(碗)	深皿		
性別	・男性	直径65~75mm								
	・女性	直径60~70mm								
体力	・起きあがれない	飲み口が必要。ストロー等を使いやすい。寝ながら傾けても横にこぼれにくい。			口のそばに持っていくために持ちやすい。		口のそばに持っていくために持ちやすい。食べさせるためにスプーンですくいやすい。			
	・力が弱い	指の引っかかりになる凹凸。	手の甲がはいる大きめのハンドル。	ハンドルを付ける。持つところが細い。断熱性。様々な持ち方ができる。	滑りにくく軽く持やすい。片手で握める。	滑りにくい。軽く持しやすい。	滑りにくく軽く持しやすい。片手で握める。			
	・体力がない	軽くて小さい。			滑りにくい。軽く持しやすい。					
目	・まったく見えない	倒れにくい安定感。	手をハンドルに入れやすい。ハンドルを持ちやすい。	倒れにくい。トレイや机に固定できる。	片手で持って口に運びやすい口につけて食べやすい。スプーンやフォークですくいやすい。箸やスプーンを乱暴に入れても安定している。口につける部分を持った時に認識できる。					
	・見えにくい ・片目が見えない ・視界が狭い	倒れにくい安定感。強い色彩。	手をハンドルに入れやすい。認識し易い(色彩)。	背景と色彩の差を持たせる。	分かりやすい。他と区別しやすい。					
口	・食べ物を嘔めない						粘度の高い流動食でも飲み込みやすい形状。			
	・味覚が鈍い	一度に大量に口に入らない。			熱さを感覚で確認できる					
手	・両手を使えない	机に固定できる。	机に固定できる。断熱性。ストロー等の使用。		他人が持って食べさせるときに持ちやすく、スプーン等を使いやすい。					
	・片手を使えない	指等の引っかかり、ハンドル等。ストローを固定できる。	ハンドル等、指以外でも移動できる工夫。断熱性。ストロー等を固定できる。	断熱性。	スプーン、フォーク、箸で掴んだり握うときに滑ったり、ぐらついたりしない。		直接口に食物を入れる。スプーン等で中身をすくいやすい。	スプーン、フォーク、箸で掴んだりすくうときに滑ったり、ぐらついたりしない。		
	・指を使えない	ハンドル等、指以外でも移動できる工夫。			手の平、甲等で保持できる。	手の平や甲を使って動かし易い。		持つときの手がかりがある。		
	・手が小さい	直径65~70mm。指の引っかかりになる凹凸。	掴みやすいハンドルの形状。ストロー等を固定できる。		持つところが細い。直径60~65mm。滑りにくい表面。	掴みやすいように縁などがある。		持つときの手がかりがある。小さめの高台。	持つときの手がかりがある。	
	・手が大きい			大きめのハンドル						
	・握力が弱い	ハンドル等、指以外でも移動できる工夫。	軽く小さめのカップ。手の甲が入るハンドル。		持つところが細い。指が引っかかる凹凸。	掴みやすいようにフチなどがある。		指の引っかかりになる凹凸。		
	・手のひらがすべる	細かい凹凸、テクスチャー。壊れにくい形状。				細かい凹凸、テクスチャー。壊れにくい形状。			細かい凹凸、テクスチャー。壊れにくい形状。	掴みやすいようにフチなどがある。
腕	・腕が上がらない	机に固定できる。		断熱性。机に固定。	机に固定できる。	中ものを別の容器に移し替えやすい。		机に固定できる。		
	・腕が上げにくい	机に固定できる。ハンドル等の利用。ハンドル等の利用。		重くない。滑らせて移動しやすい(倒れない)。	滑りにくい。			口に付けて飲む時わずかな角度でも口に入れやすい。高い高台。	口に付けて飲む時わずかな角度でも口に入れやすい。	
首	・首が動かない	あまり傾けなくても飲み干せる。ストロー等を固定しやすい。			傾けなくても飲みやすい。	持ち上げやすいように、指で握めるフチがある。	スプーンやフォークですくいやすい。		口に付けて飲む時わずかな角度でも口に入れやすい。	
	・首が動かしにくい									
一般的事項	食事空間に適した大きさ	直径66mm	直径65~75mm	直径60~70mm	直径150~165mm	直径220mm	直径120~130mm	直径150~165mm		
	使用者に適した内容量	180~200cc			150~200cc					
	洗いやすさ	底に人差し指、中指が届く深さ。逆さにして重ねられる。	逆さに重ねたときにハンドルが邪魔にならない。	湯飲みに指が入る。逆さにして重ねたときの安定感。洗うときに滑りにくい。	立てたとき水が完全に切れる。洗うときに滑りにくい。油污れを取りやすい。		逆さに伏せた時に水が切れやすい。洗うときに滑りにくい。油污れを取りやすい。		縦にしたとき水が完全に切れる。洗うときに滑りにくい。油污れを取りやすい。	
	しまいやすさ	重ねられる。	2個重ねても安定している。	重ねられる。あまり背が高くない。	たくさん重ねてもぐらつかない。	たくさん重ねても場所を取らない。	重ねてもぐらつかない。重ねたときに高台が底につく。		たくさん重ねても場所を取らない。	
	多用途性	ある程度の使用区分は必要。用途が不明確なもの混入を招く。	粘度の高い食物にも使える形態。		取り皿として使用。少量の固形食物を乗せる。置きやすく、取りやすい。	盛り皿、主食的な固形、半固形食物を乗せる。	固形+液体の食物、少量の液体。		固形+液体の食物	
	丈夫さ(頑丈さ、耐久性)				落としても壊れにくい。他のものとぶつかっても壊れにくい(フチ)。					
	食事の場の雰囲気重視	中性的なデザイン。	他の食器とのバランスのとれた形。							
情緒性(美しさ、表情等)	デザインを兼ねた滑りどめ。				統一的な文様。					

文献

- 1) 共用品白書 財団法人共用品推進機構編 (株)ぎょうせい (2003)
- 2) バリアフリー時代を切り開く—共用品ビジネスを進めるための本 財団法人共用品推進機構編著 日刊工業新聞社 (2002)
- 3) 看護動作を助ける基礎人間工学 小川鑛一著 東京電気大学出版局 (1999)
- 4) ユーザー優先のデザイン・設計 山岡俊樹他編著 共立出版(株) (2000)
- 5) 食をすこやか暮らしのグッズ 財団法人すこやか食生活協会発行 (株)ゆみる出版 (2001)
- 6) 食器の選び方 秋岡芳夫著 (株)新潮社 (1987)
- 7) 五感を刺激する環境デザイン 田中直人・保志場国夫著 (株)彰国社 (2002)

成分均質化処理による漆の力学的特性の改善*

小林 正信**、東矢 恭明**、町田 俊一**

成分均質化処理が漆の力学的特性に及ぼす影響を調べた。国産と中国産の4種類の漆の均質化処理前後の成分組成、硬化時間、付着性および引張強度を測定し、次の結果を得た。

- (1)全ての試料について硬化時間の短縮効果は認められなかった。
- (2)生漆は力学的特性の向上が期待できるが、精製漆は強度低下の傾向が見られた。

キーワード：漆、均質化処理、力学的特性

Improvement of Dynamic Characteristics of Japanese Lacquer by Ingredient Homogenizing Processing

KOBAYASHI Masanobu, TOYA Yasuaki and MACHIDA Toshikazu

The influences of ingredient homogenizing processing to dynamic characteristics of Japanese lacquer were examined. About four kind of Japanese lacquer before and after processing, the ingredient composition, hardening time, adhesion and tensile strength were compared. The results are as follows:

- (1) The shortening of hardening time was not recognized about all samples.
- (2) Dynamic characteristics of raw lacquer improves by processing, but, as for the refined lacquer, strength tends to deteriorate.

key words : japanese lacquer, homogenizing processing, dynamic characteristic

1 緒 言

古来より漆は優れた天然高分子材料として日用品や美術工芸品に塗装されてきた。今日、機能性材料としての漆の新たな側面も明らかになってきている。人体や環境への有害物の危険性が社会的問題として注目される現在、工業製品塗装をはじめとする新分野で低環境負荷で人体にも害のない漆塗装の活用が期待される。これまでも漆塗装が車やコンピュータなどの工業製品へ行われた事例はあるが、いずれも漆を含有する合成化学塗料による塗装が多く、天然漆だけによる塗装は行われていない。その理由は、塗膜強度や硬化特性に天然材料固有の個体差が大きいこと、製作工程の複雑さと硬化時間が長いこと、などである。量産品への純漆工業塗装が可能になれば、漆本来の特性を最大限に生かした付加価値の高い塗装を実現することができる。

本研究は、平成15年～16年度の2ケ年で、工業分野をターゲットとする量産向け純漆塗装法の確立と製品応用を検討する。初年度目は、全国第一位の生産高を誇る本県浄法寺町産漆の優位性を力学的特性の面から中国産漆と比較検討した。また、工業塗装に適する漆に調整するための均質化処理の効果を検証した。漆の成分均質化処理とは、ロールミル精製法に代表される漆成分を高度に分散させる処理を指し、漆の硬化時間や塗膜特性の改善に効果があると言われている¹⁾²⁾。漆の硬化特性や力

学的特性における天然材料固有の個体差の解消ができれば、漆材料の規格化や塗装方法の画一化が可能となる。

2 実験方法

浄法寺産漆の優位性と成分均質化処理の効果を検証するため、成分均質化処理前後の試料について、成分分析と硬化時間および塗膜強度を測定し、比較検討した。

2-1 試料

実験に用いる試料を文献¹⁾²⁾を参考に図1に示す装置で均質化処理した。装置右側の3本のロールが試料混練部である。回転するロール上に装置奥から試料を投入し、手前側のロール部で均質化された試料を採取する仕組みである。



図1 均質化処理に用いたロールミル装置

* 県産漆液の物理特性評価に基づく工業材料化の検討（基盤的・先導的技術研究開発事業）

** 特産開発デザイン部

表1に装置の仕様と今回行った処理条件を示す。予備実験として5回処理した試料の硬化時間等の特性変化を測定したが、処理前後の差が見られなかったため、表1の処理回数を設定した。

表1 均質化処理条件

装置名	卓上型3本ロールミル RMA-1M (株式会社入江商会製)
ロール寸法	φ63.5mm (径) × 150mm (長さ)
ロール材質	アルミナ
ロール回転数	15.1/36.5/89rpm
処理回数	10回
処理量	100g
処理環境	20℃、40%RHの室内で処理

均質化処理は2産地(浄法寺産、中国産)の生漆(キウルシ)および素黒目(スグロメ)漆の計4種類について行い、表2に示す均質化処理前後の8試料により実験を進めた。以下、本報告中では表2の分類記号で試料を表記する。

なお、生漆とは採取した漆からゴミを取り除いたものであり、素黒目漆はナヤシ(攪拌)とクロメ(加熱攪拌)の精製工程を経て、漆成分の酸化重合反応を促進し、水分含有量を調整した漆である。本実験では漆の個体差が処理によりどのように特性変化するのかを比較検討するため、試料に用いた生漆とは異なる漆から精製した素黒目漆を用いた。

表2 実験に用いた試料

No.	産地	種類	均質化処理	分類記号
1	浄法寺	生漆	無	jk
2	浄法寺	生漆	有	jkr
3	浄法寺	素黒目	無	js
4	浄法寺	素黒目	有	jsr
5	中国	生漆	無	ck
6	中国	生漆	有	ckr
7	中国	素黒目	無	cs
8	中国	素黒目	有	csr

2-2 成分分析

漆の定量的評価を進めるうえで、試料の成分組成を特定する必要があることから、成分分析によりウルシオール、水分、ゴム質、含窒素物の各成分含有量を測定した。分析方法は、水分量を加熱減量法により、他の成分を重量法により測定した(表3)。

2-3 硬化実験

試料の硬化現象を図2のRC型ドラインレコーダ(太佑機材株式会社製)で24時間連続測定した。ガラス板(25mm × 350mm)に試料をアプリケーションで0.2mm厚に均一に塗布したものを、25℃75%RHの雰囲気中で硬化させた。本装置は、ガラス板上の試料の上を一定速度で

表3 成分分析法

加熱減量法(水分の測定)

1. アルミ箔(約5cm角)の乾燥重量を測定。
2. アルミ箔に漆(約1~2g)を乗せ重量測定。
3. 約120℃のホットプレートで20分程度加熱。
4. 水分蒸発後の総重量を測定。
5. 水分量は下式で求める。
水分(%) = 減少重量(g) / 漆重量(g) × 100

重量法(ウルシオール、ゴム質、含窒素物の測定)

1. ビーカーに漆(約1~2g)を入れ重量測定。
2. エタノールを適量加えて静かに攪拌。
3. 乾燥ろ紙の重量測定。
4. エタノールでろ過(溶解物=ウルシオール)。
5. 残留物が残るろ紙の乾燥重量測定。
6. ろ紙を熱湯ろ過(溶解物=ゴム質)。
7. 残留物の乾燥重量測定(残留物=含窒素物)。
8. 別途測定した水分量より、各成分は下式で求める。
ウルシオール(%) = エタノールろ過減少量(g) / 漆重量(g) × 100 - 水分(%)
ゴム質(%) = 熱湯ろ過減少量(g) / 漆重量(g) × 100
含窒素物(%) = 残留物(g) / 漆重量(g) × 100

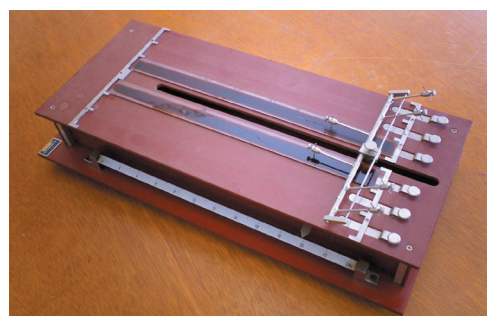


図2 ドラインレコーダ

動く針の軌跡から試料の状態変化を読み取る仕組みである。漆を本装置で計測した場合、硬化が進むと徐々に針の軌跡が試料上に残り始める(初期硬化点)。その後試料表面が硬化すると、針により表面の薄膜が剥がれる現象が起こる(表面硬化点)。さらに内部硬化が進むと針は塗膜上に乗り(内部硬化点)、硬化が進むにしたがい軌跡は消える。以上の各変化点について、試料上の発生位置から時間を算出したものを硬化特性とした。

2-4 塗膜付着力測定

塗膜強度を評価する一つの指標として、他材料への付着力を図3のエルコメータ106(太平理化工業株式会社製)により測定した。基盤には表面粗さが均一な厚さ20mmの鋼板を用いた。試料を均一に塗布するため、ガイドとなる2本のセロハンテープ(厚さ0.05mm)を鋼板上に約10cm幅で平行に貼り、ガラス製スクイージーで試料を塗布した。試料は25℃75%RHの雰囲気中で硬化させ、塗布後100時間経過後にドリー(アルミ製、直径20mm)と試料を2液性エポキシ接着剤で接着し、さらに

24時間の室温放置後に実験した。15℃の室内で各試料6回測定した平均値を求め、試料の付着力として評価した。

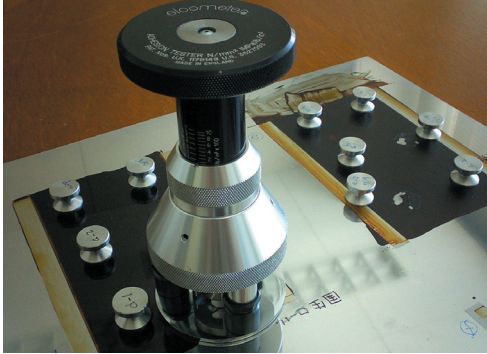


図3 エルコメータによる付着力測定

2-5 塗膜引張試験

塗膜引張強度と伸度を引張試験機(図4)で測定した。試験片はガラス板に試料を塗布して25℃75%RHの雰囲気中で硬化させ作成した。膜厚を均一にするためには2-4と同様の方法を行い、一度の塗装膜厚では試料取り扱い時の破損が予想されたことから24時間毎に計3回塗り重ねた。得られた塗膜(厚さ約0.1~0.15mm)は最終塗布から48時間経過後にガラス板から剥離し、試験寸法に切断加工した。さらに100時間経過した時点で塗膜引張試験した。各試料5回試験し、破断までの最大点応力と破断点伸度の平均値を求め、試料の引張強度とした。装置の仕様と試験条件を表4に示す。



図4 引張試験装置

表4 引張試験条件

装置名	テンシロン万能試験機 RTC-1210A (株式会社オリエンテック製)
ロードセル	500N (UR-500N-D)
ジョウ	500Nエアジョウ(OJ-JFAS-500N)
試料寸法	8mm×100mm
ジョウ間距離	30mm
引張速度	2mm/min
雰囲気	20℃、40%RH
データ処理	引張試験用解析ソフト MSAT0002 (株式会社エー・アンド・デイ製)

3 実験結果及び考察

3-1 成分組成

試料の成分分析結果を表5に示す。表中の網掛けが均質化した試料である。均質化処理は漆の成分組成に関わらず水分を約1%台にまで揮発させ、成分の個体差を減らす効果があることがわかった。なお、目視では処理前後の粘度変化はほとんどなく、色は精製漆に近い茶褐色に変化した。

表5 成分分析結果

試料	ウルシオール	水分	ゴム質	含窒素物
jk	75.1	16.9	6.7	1.3
jkr	90.2	1.4	6.7	1.6
js	90.3	1.8	5.3	2.6
jsr	92.3	1.1	3.6	3.1
ck	82.4	6.8	8.6	2.2
ckr	86.6	1.8	9.2	2.4
cs	96.2	1.3	1.5	0.9
csr	94.0	1.3	2.8	1.9

(%)

3-2 硬化時間

ドライングレコーダの軌跡から硬化過程を読み取った結果が図5である。均質化処理で硬化時間が短縮したものはなかった。特に国産生漆では処理による硬化遅延が著しく、完全硬化までに100時間以上を要した。結論として均質化処理による硬化特性の改善効果はなく、逆に硬化遅延を引き起こす場合もあるといえる。

この結果について、漆の硬化メカニズムを踏まえて原因を考察したい。まず、均質化処理による水分量の減少が考えられる。水分量の少ない漆は一般的に硬化が遅い傾向があるためである。次に、漆の硬化特性を左右する酵素ラッカーゼの性質を考慮すると熱による変性の可能性が考えられる。ラッカーゼの活性は約50℃以上で低下し始めるため、約50℃以上の温度に曝した漆は硬化しにくくなる性質がある。ロール混練時に何らかの局所的な発熱が起こり、それによりラッカーゼが失活した可能性が考えられる。さらに、均質化処理工程を一種の精製工程と考えると、通常の前製直後にも硬化特性の悪化

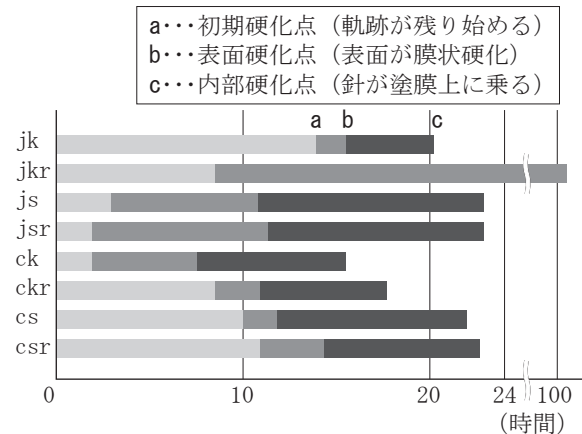


図5 漆の硬化時間の比較

を示す場合があり、それと同様の現象と捉えることもできる。いずれにしても、これらの相互作用による現象と考えるが、現時点で原因究明するまでは至っていない。

3-3 漆塗膜の強度

漆塗膜の強度は、図6および図7の結果であった。グラフはそれぞれの実験結果を平均値で表したものである。傾向としては、生漆が素黒目漆より強く、国産漆が中国産漆より強い。一般的には素黒目漆のほうが生漆よりも強いと言われており、この結果は一般的認識と相反するものであるが、今回の試料がそれぞれが全く素性の異なる漆であるため、その特性差によるものと考えられる。

均質化処理の効果については、全試料ともに元々の個体差を凌駕するほどの処理前後の変化は見られなかった。生漆では強度向上する傾向が見られたが、素黒目漆では逆に強度が低下した。素黒目漆では破断点伸度の変化も大きく、生漆よりも伸びやすい性質に変化した。これは、分子間結合力が低下していることを示している。この結果から、素黒目漆には均質化処理が過度の精製処理となり、すでに促進されている酸化重合反応に悪影響を及ぼしてしまい、逆に生漆にとっては通常の精製と同様の効果があるのではないかと考える。

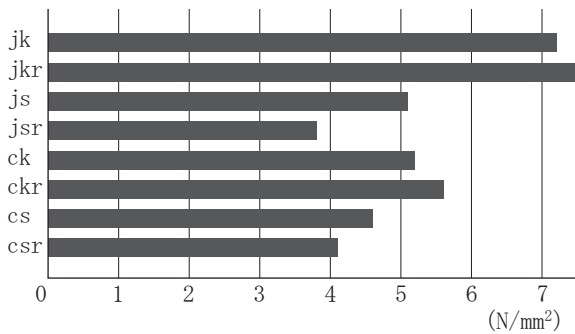


図6 漆の付着力の比較

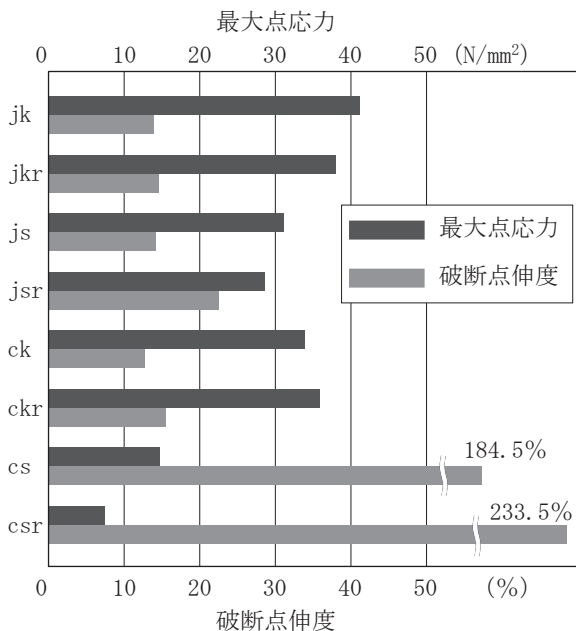


図7 引張試験での漆の最大点応力と破断点伸度

3-4 均質化処理の効果

今回の実験より、均質化処理は漆の種類によってその効果が異なり、場合によって硬化時間を遅延させ強度低下を引き起こす可能性があるといえる。均質化処理により水分量が大幅に減ることで、成分組成の個体差を減少することは可能であるが、硬化時間や強度特性についての個体差の減少傾向は確認できなかった。この結果は漆の成分組成を調整するだけでは硬化特性や力学的特性の向上を図ることが困難であることを示唆している。漆の諸特性の改善には、漆の主成分であるウルシオール重合度や酵素ラッカーゼの活性度合などの化学的特性も踏まえた処理方法を検討する必要がある。

均質化処理の条件についても、今回は一通りの条件しか検討していないため言及できないが、回数、処理速度、温度などの条件により効果が異なることが考えられる。均質化処理の有効性について結論づけるためには、これらの様々な処理条件での実験に基づく比較検討を行なったうえでの判断が必要である。

3-2、3-3でも触れたが、均質化処理は一種の精製工程と捉えることができる。化学的な裏付けを取るには至っていないが、今回の実験結果からは、特に生漆に対して有効な処理で、精製漆については強度低下などの悪影響を及ぼす可能性がある結論づけたい。

4 結 言

本研究で得られた知見は以下のようにまとめられる。

- (1) 国産漆は強度に優れるといわれているが、本実験からも同様の結果が得られた。
- (2) 均質化前後の大幅な漆の硬化時間や力学的特性の改善効果は確認できなかった。
- (3) 生漆は均質化処理を行うことで力学的特性の向上が期待できるが、素黒目漆などの精製漆には強度低下をもたらす。

平成16年度は具体的な量産塗装技術の開発と製品への応用を検討する予定である。特に工程数や硬化時間の面で他の塗装と比較して効率の悪い点が漆塗装を工業化する場合の問題点と考える。均質化処理によるこれらの改善も引き続き検討していくが、硬化時間の短縮に重点を置き、新しい視点からの技術開発についても取り組んでいきたい。

本研究を進めるにあたり、材料技術部佐々木英幸部長には、引張試験に関する実験方法並びに結果の評価に関する助言をいただいた。この場を借りて謝意を表したい。

文 献

- 1) 大藪泰、阿佐見徹、山本修、田嶋秀起：色材、65、349(1992)
- 2) 特公平4-359077

カラー珐瑯被膜の健全性に及ぼす基地鋳物の 材質と表面処理の影響

米倉 勇雄*、齋藤 裕之*

カラー珐瑯被膜に発生する「泡欠陥」の原因について検討した。その結果、泡の発生には、釉薬の塗布厚さ、乾燥速度、焼成温度および時間などが関与していること、さらには基地である鋳物の材質と熱処理および表面処理の影響が極めて大きいことなどが明らかになった。

キーワード： 鋳鉄製厨房用品、カラー珐瑯、表面処理

Influence of the Property of Basic Castings and Surface Treatment on the Quality of Colored Enamel Coating Film

YONEKURA Isao and SAITOH Hiroyuki

We investigated the causes of the blistering appear on colored enamel coating film. Consequently, we recognized that the thickness of enamel spray, drying velocity, porcelain temperature and the time, are concern in appearance of the blisters. And we reached to the conclusion that the property of basic castings, heat treatment and surface treatment are greatly influence to the blisters.

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

1 緒 言

岩手県の特産品である「南部鉄器」は、1975年制定の時限立法「伝統的工艺品産業の振興に関する法律（通商産業省告示第44号）」の第1号指定などから明らかであるように、全国的にも極めて知名度が高い。しかし、その売上額は、平成9年の61.3億円をピークに下降を続け、現在では約37.5億円と最盛期の60%近くまで落ち込んだ状態が続いている。これは、消費者の鉄器離れが原因であるが、平成不況の深刻化に伴って外食をやめて家庭内で鍋を囲む機会が増えたことから、一時期鍋類の売り上げが上昇に転じた時期もあった。しかし量販店が取り扱う温調ヒーター付きのテフロンコート鉄板鍋に凌駕された為に再び売り上げの低迷が深刻化している。このような状況の中で、現在盛岡市内のデパートでは、ヨーロッパ製のカラー珐瑯仕上げの鋳鉄厨房用品が売られており、全国的にも料理教室などが発端となって静かなブームになっていると言われている。南部鉄器は、古くから漆やカシュー、ポリサイトなどの塗料によって、黒や茶色などの地味な色合いに仕上げられ、落ち着いた素朴な味わ

いを売り物にしてきた。しかし、ここに来て古来からの手法による鉄器の売り上げが落ち込み、替わるようにカラフルな珐瑯仕上げの鋳鉄厨房用品が売れている。この結果は、派手な色彩の厨房用品を嫌う日本人の好み、若い世代を中心に変わりつつあると見て間違いない。

このことは、県内の厨房用品メーカーでも熟知しており、昨年のニーズ調査で複数の厨房用品メーカーがカラー珐瑯技術を挙げている。そのニーズ内容は、自社でカラー珐瑯に挑戦してみたが「泡欠陥」が多発して売り物にならず、その原因と対策について検討してもらいたいというものが殆どであった。本研究は、この要望に応えるべく、カラー珐瑯被膜に発生する「泡欠陥」の原因とそれを抑止するための方法について、基地鋳物の材質、熱処理、表面処理そして珐瑯被膜の施工技術について検討したものである。

2 実験方法

2 - 1 珐瑯施工試験片の溶製

珐瑯釉薬を焼き付け、欠陥の発生程度を比較検討する

* 電子機械技術部

ための基地鋳物試験片には、110 × 83 × 厚さ 4mm の板状試験片と、図 1 に示す実製品に近い形状の小型フライパンを使用した。

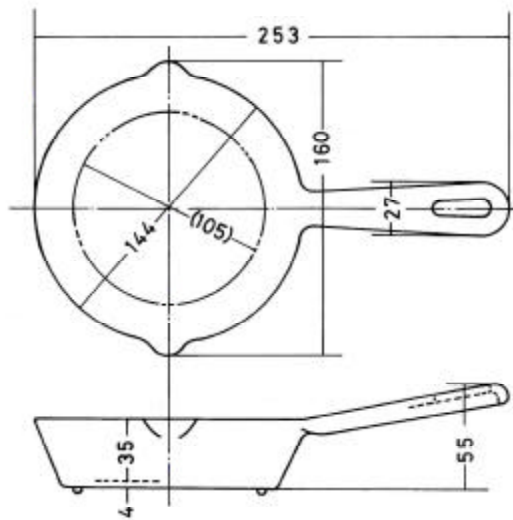


図 1 基地鋳物試験片

試験片の材質は、表 1 に示すように県内の厨房用品メーカーで製造されている通常の工芸品組成に近いもの(以下、工芸品)と、炭素飽和度(Sc)を下げて FC200 程度の硬い材質に調整したもの(以下、低 Sc)、さらにリン(P)を通常の厨房用品より多めに添加したもの(以下、高 P)の 3 種類とした。

表 1 基地鋳物試験片の化学組成 (mass%)

成分名	T.C	Si	Mn	P	S
工芸品	3.78	2.42	0.38	0.038	0.042
低 Sc	3.52	2.19	0.61	0.038	0.031
高 P	3.50	2.13	0.67	0.390	0.034

それぞれの試験片は、マッチプレートにして、粒度指数(F.N) 154 のけい砂生型で造型し、高周波溶解炉で溶解した溶湯を約 1,400 で注湯した。

2 - 2 試験片の熱処理および前処理

脱ガス熱処理の効果を検証する試験片は、星和理工(株)製の高温マッフル炉により 800 で 1 時間加熱した後、300 まで炉冷してから空中放冷した。熱処理およびこれを行わない鋳造試験片の表面仕上げは、粒度 500 μm のアルミナグリッドを研磨剤とする不二製作所製のニューマブラスターで、表面の酸化皮膜が完全に剥離するまでブラスト処理し、その後乾燥空気によって表面に付着しているホコリや黒鉛屑および研磨剤屑などを吹き払った。

2 - 3 釉薬の選定

釉薬には、表 2 に製品記号を示す関東珪瑯釉薬(株)

製の鋳鉄用湿式珪瑯釉薬を使用した。

表 2 供試釉薬の種類

釉薬の種類	製品記号
下釉薬(白)	CIG - 3135
上釉薬(白)	CIW - 34123
カラー釉薬(赤)	CIR - 045911
カラー釉薬(黄)	CIYR - 055911
カラー釉薬(青)	CIB - 42136
カラー釉薬(緑)	CIG - 43136

2 - 4 釉薬の塗布、乾燥および焼成

釉薬の塗布は、ノズル径 2.0mm の重力式スプレーガンを使用し、上・下釉薬ともに湿態での塗膜厚さ 300 μm を目標に、約 0.24MPa の空気圧で吹き付けした。

釉薬塗布後、大和科学工業(株)製の定温乾燥器を用いて 150 ± 5 で 30 分間乾燥し、直ちに脱ガス熱処理に使用したマッフル炉に投入して、下釉薬を 720 で 20 分、上釉薬(白)を 700 で 20 分、カラー釉薬を 700 で 18 分間焼成した。

2 - 5 珪瑯被膜の健全性評価方法

珪瑯被膜の健全性は、泡を中心とする欠陥の発生程度と発生個数などを総合して、目視により表 3 に示す 4 段階の記号で評価することとした。

表 3 珪瑯被膜の健全程度と評価記号

被膜の状態	記号
欠陥が殆ど無く、商品として十分に通用する	
軽微な膨れや毛筋はあるが、使用上は問題ない	
欠陥が目立ち、商品としての価値は低い	
著しい発泡があり、全く商品にはなり得ない	x

釉薬の塗布から乾燥、焼成、被膜評価までの順序は、特別の場合を除いて、最初に全ての試験片に下釉薬を焼き付け、この時点で発泡が認められない試験片のみ、次の上釉薬施工工程に進むこととし、同様に欠陥の無い上釉薬が施工された試験片について、必要に応じてカラー釉薬を施工することとした。

3 実験結果および考察

3 - 1 欠陥発生に及ぼす基地鋳物材質の影響

表 4 に、3 種類の材質の板状試験片それぞれ 5 枚に、標準条件で珪瑯を施工した場合の被膜の健全性を示す。

表 4 鋳物材質と珪瑯被膜の健全性

基地鋳物の材質	試験片番号				
	1	2	3	4	5
工芸品			x		x
低 Sc			x		
高 P					

表4から判るように、通常の工芸品組成の厨房用品にカラー珐瑯を施工して、欠陥のない被膜が形成される確率は極めて低く、この組成での製品化は難しい。図2は、その工芸品の試験片の下釉薬層に発生した欠陥の状況を示したもので、大きく発達し鋳肌表面に開口した黒鉛直上の釉薬層にブローホールが生じている。

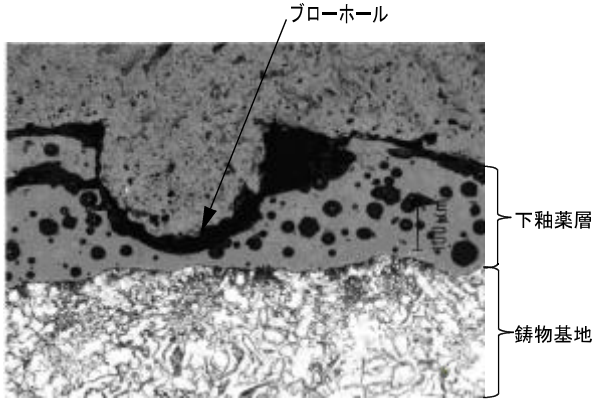


図2 珐瑯被膜に発生した欠陥（工芸品）

粗大黒鉛の晶出を避けるために炭素飽和度を低くした低 Sc 試験片に施工した下釉薬被膜には、表4から判るように工芸品と比較すると明らかに欠陥の発生数が少ない。

しかし、薄肉鋳物であることから、図3に示すように試験片の端部にレデブライトが晶出しやすく、その部分に施工された珐瑯被膜に発泡が多くなる。また、これとは別に、レデブライトの晶出のない試験片中央部分で、珐瑯焼成時の加熱によってパーライト中のセメントイトが分解したものと考えられる塊状のテンパーカーボンの晶出があり、その部分に発泡が多くなった。従って、基地の炭素飽和度を低くすることのみで無欠陥の珐瑯被膜を形成させることも、工芸品と同様に難しい。

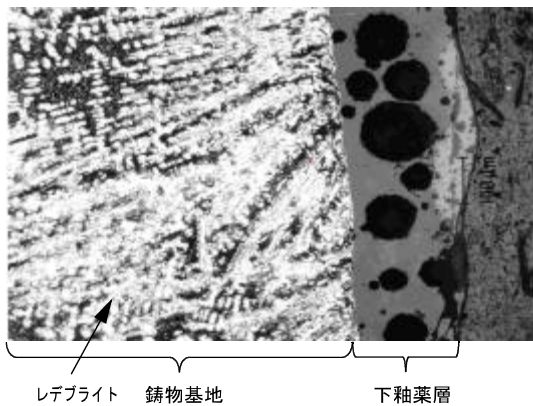


図3 試験片端部の組織と被膜中の気泡（低Sc）

これに対して高 P の試験片では、炭素飽和度が低 Sc と同じであるにもかかわらず、端部にレデブライトを生じることが少なく、図4に示すように比較的容易に欠陥のない珐瑯被膜が得られる。図4から判るように、この

組成の組織はステダイトが多いものとなり、材質的に脆弱であることは明白である。しかし、珐瑯の密着性が良く、被膜中の気泡も極めて小さいので、殆ど欠陥として目立たない。この P による欠陥抑止作用には、2つの理由が考えられる。1つは、P の添加で溶湯の湯流れ性が改善され、溶湯が高温のまま試験片の端部に達するためにレデブライトの生成が避けられることが挙げられる。もう1つは、この組成の場合、下釉薬、上釉薬そしてカラー釉薬までの、3回に及ぶ焼成の熱影響を受けても、低 Sc 組成の試験片に多く見られるテンパーカーボンの生成が少ないことから、P にパーライト中のセメントイトの分解抑制効果があると考えられる。

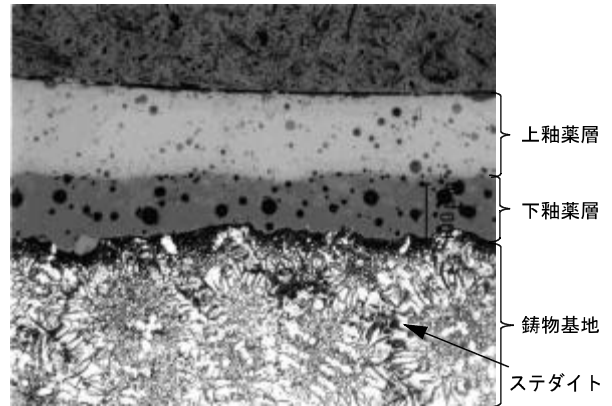


図4 試験片の組織と珐瑯被膜の状況（高P組成）

3 - 2 脱ガス熱処理の効果

珐瑯焼成時に基地鋳物から発生する微量のガスによって、熔融状態にある釉薬層が発泡して形成する泡欠陥を防止するために、釉薬塗布前の試験片の脱ガス熱処理を試みた。表5に、脱ガス処理をした3種類の材質の板状試験片それぞれ5枚について、珐瑯処理した場合の被膜の健全性評価結果を示す。

表5 鋳物材質と珐瑯被膜の健全性（熱処理済）

基地鋳物の材質	試験片番号				
	1	2	3	4	5
工芸品	x				
低 Sc					
高 P					

表5から判るように、3種類の材質とも、熱処理を施さない場合（表3）と比較して被膜の健全性がかなり改善されており、明らかに脱ガスの効果が認められる。組織内のマイクロポロシティの他に黒鉛の脱落跡など、元々鋳肌表面に空洞の多い工芸品組成の試験片については、あまり大きな改善効果が見られない。しかし、低 Sc の試験片への改善効果は特に顕著であり、未熱処理の試験片に出現した広い面積を有する欠陥は全く発生しなかった。この低 Sc 組成の試験片には、熱処理によって珐瑯

焼成前にテンパーカーボンが晶出することが多く、それが焼成加熱によって成長する形態が多く見られる。しかし、この時被膜内に生じる気泡は、未熱処理の場合と比較して小さく、決定的な欠陥にはならない場合が多かった。このことは、軟化溶融している珪瑯被膜の下で生成するテンパーカーボンは重大な欠陥発生の原因になるが、珪瑯塗布前に、予めテンパーカーボンを晶出させてしまうことで泡欠陥の抑制が可能であることを示している。また、高Pの材質の試験片に脱ガス熱処理を施したのものには、目立った泡欠陥が殆ど発生しなくなることが判り、これが珪瑯用の基地鋳物として最適に近い材質、そして前処理方法であるものと考えられる。

3-3 珪瑯被膜の健全性に及ぼすその他の要因

3-3-1 表面処理

釉薬を塗布する前の基地鋳物の表面処理は、極力丁寧に行う必要がある。砂噛みや珪酸鉄(ファイヤライト)の巻き込みがある部分には、泡欠陥が集中発生することから、これを完全に除去する必要があり、それが不可能な鋳物は珪瑯用の基地としては使用できない。サンドブラスト後、基地表面に付着しているホコリや黒鉛屑は、乾燥空気で吹き飛ばす処理が最善で、アルコール、熱湯および酸などによる洗浄は、鋳物の場合好ましくない。

3-3-2 釉薬の塗布厚さ

基地の角部分の釉薬は、平らな部分と比較して薄く塗布されやすく、その部分の下釉薬が焼き切れて炭化すると上釉薬の発泡原因になることから、他の部分よりも角が少し厚めになるように2度塗りするなど現場的なテクニックが重要である。また、逆にコーナーの部分の釉薬は厚くなりやすく、「たまり」や「ひび割れ」が生じやすいので、重ね塗りにならないように注意が必要である。

3-3-3 釉薬塗布後の乾燥速度

多数の基地鋳物に対して順番に釉薬を塗布し、バッチ式の炉で乾燥した後に焼成すると、明らかに先に釉薬を塗布した鋳物の泡欠陥発生率が高くなる。この原因は湿った釉薬が乗った状態で長時間放置されることによって、

鋳物表面の酸化が進行することによるものと考えられ、乾燥炉から取り出した鋳物を大気中に長時間放置した後焼成した場合にも全く同様の欠陥が多発する。

4 結 言

カラー珪瑯被膜の健全性に及ぼす基地鋳物の材質と表面処理の影響に関して、次のような知見が得られた。

- 1) カラー珪瑯を施工する厨房用品の材質は、通常の工芸品よりも炭素飽和度を低めにしたほうが「泡欠陥」の発生が少なくなり、これにP(リン)を添加することでさらに安定した欠陥抑止効果が得られる。
- 2) Pの欠陥抑止効果は、薄肉鋳物の湯流れ性改善によるチル生成防止およびパーライト中のセメンタイトの分解を抑制する2つ作用によるものと考えられる。
- 3) 珪瑯施工前の脱ガス熱処理は、泡欠陥を少なくする効果があり、それは低炭素飽和度の基地鋳物の場合に特に顕著である。
- 4) 釉薬塗布前の基地鋳物の表面処理は、砂や珪酸鉄(ファイヤライト)などの付着物のみならず、鋳肌表面の全ての酸化皮膜が除去されるまで丁寧に行う必要がある。
- 5) 下釉薬の厚さムラは、生焼けや焼き切れの原因になり、それが次に重ねて施工される上珪瑯およびカラー珪瑯層の欠陥発生に強く関与する。
- 6) 釉薬の塗布から乾燥開始までの時間と乾燥時間および乾燥終了から焼成までの時間は、できるだけ短くして、釉薬層と鋳物基地表面との境界に発生する錆び(酸化鉄)の進行を少なく抑える必要がある。

以上のように、欠陥の無いカラー珪瑯被膜施工のためには、多くの作業工程において厳重な品質管理と細心の現場テクニックが必要であり、その全てが達成されることによって、図5に示したような無欠陥の製品が得られる。これまでの塗装製品に加え、全面カラー珪瑯仕上げによる新しい形の南部鉄器が生産されることで、産地の隆盛が取り戻されることを心から願うものである。



図5 全面カラー珪瑯仕上げの試作品

ZnO 単結晶基板の応用に関する研究*

遠藤 治之**、泉田 福典**、菊地 利雄***、田中 槇造****、
新倉 郁生*****、柏葉 安兵衛*****

近年次世代照明や大容量記録用デバイスとして、GaN 系材料を用いた白色発光ダイオードや青紫色レーザーダイオードが脚光を浴びているが、これらのデバイスの材料として酸化亜鉛 (ZnO) が注目を集めている。ZnO は結晶成長が難しく今まで高純度な ZnO 単結晶は得られていなかったが、岩手県内に立地する東京電波(株)が、水晶の結晶育成技術を応用することにより高純度な直径 2 インチサイズ ZnO 単結晶基板の開発に成功した。岩手県工業技術センターではこの ZnO 単結晶基板の特性評価及び開発支援を行なうとともに、新たな応用製品の開発に着手した。本報告では、ZnO 単結晶基板の特性について述べた後、ZnO オープンラボについて紹介する。

キーワード：酸化亜鉛 (ZnO)、単結晶、白色 LED、青紫色レーザーダイオード

Development of New Applications Using ZnO Single Crystal

ENDO Haruyuki, IZUMIDA Fukunori, KIKUCHI Toshio, TANAKA Shinzo
NIIKURA Ikuo and KASHIWABA Yasube

In recent years, white Light Emitted Diode (LED) and blue violet Laser Diode (LD) using gallium nitride semiconductor have become attractive for next generation lighting and large capacity media devices. It appears that zinc oxide is useful as material for these devices.

A 2inch diameter single crystal of highly pure zinc oxide (ZnO) was developed by TOKYO DENPA CO. LTD. for the first time. Iwate Industrial Research Institute has started to research characteristics of ZnO and develop new applications. In this paper, characteristics of ZnO and introduction to the ZnO Open Laboratory are described.

key words: zinc oxide single crystal, white light emitted diode, blue violet laser diode

1 緒 言

近年、次世代照明や大容量記録用デバイスとして、白色発光ダイオードや青紫色レーザーダイオードが注目されている。

これらのデバイスは発光層として GaN 系薄膜材料が用いられており、その基板としてサファイア基板が使用されているが、GaN とサファイア基板は格子定数のミスマッチが大きい為、GaN 薄膜に欠陥が多く、よりミスマッチの少ない基板が求められている。この状況下にあって、岩手県内に立地する東京電波(株)が、高純度な直径 2 インチサイズ酸化亜鉛 (ZnO)

単結晶基板の作製に成功した。ZnO 単結晶基板はバンドギャップが 3.2eV と広いワイドギャップ半導体で、GaN との格子定数のミスマッチが小さく、且つ束縛励起子の結合エネルギーが 60meV と大きく、高効率の発光ダイオードや紫外レーザーとして期待される材料である。当センターでは、この ZnO 単結晶基板の特性評価を行なうとともに、新たな応用製品の開発事業に着手した。本報告では、ZnO 単結晶基板特性の紹介ならびに評価・試作を行なう ZnO オープンラボの整備状況について報告する。

* 戦略的技術開発推進事業
** 電子機械技術部
*** 電子機械技術部 (現在 岩手県商工労働観光部科学技術課)
**** 電子機械技術部 (現在 岩手県立産業技術短期大学校)
***** 東京電波(株)
***** 岩手大学工学部電気電子工学科

2 ZnO 単結晶基板の紹介

表1にZnOの主な特性を示す。^{1) 2)} また、図1及び図2には、東京電波(株)が開発したZnO単結晶のインゴット及び直径2インチ基板を示す。ZnO単結晶の育成は、従来から水晶の育成方法として広く知られている水熱育成法により行っている。

表1 ZnOの主な特性

項目	単位	特性値
結晶対称性		六方晶 ウルツァイト (6mm)
格子定数	a	3.24265
	c	5.1948
融点		1975
バンドギャップ	eV	3.2
色		無色透明、黄着色
硬度	Mohs	4

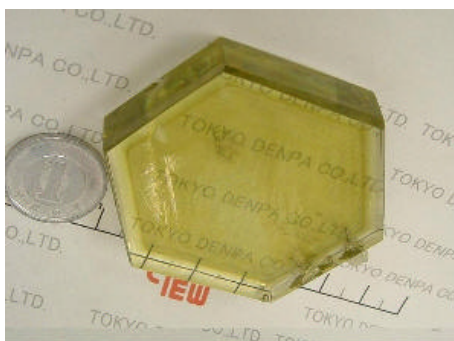


図1 ZnO単結晶インゴット

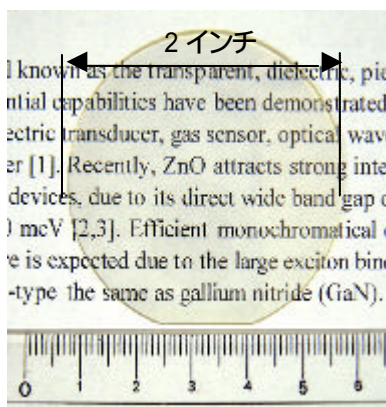


図2 直径2インチ ZnO単結晶基板

図1に示すインゴット状態のZnO単結晶は、緑黄色に着色しているが、これは主に種結晶を中心として、O面側に成長した部分に含まれる不純物に起因するものである。Zn面側に成長したZnO単結晶は、図2に示すように無色透明で、可視光領域では80%程度の高い透過率を示す。図3に、10mm×10mmサイズのZnO単結晶基板の寸法を示す。基板表面には、Zn面(+C面)と、O面(-C面)がある為、表裏

判別をする目的で基板の一角のみ、斜めに加工がされている。図4には、従来からあるCVT(Chemical Vapor Transport)法によって成長されたZnO単結晶基板とのX線回折(XRD)評価結果の比較を示す。³⁾ この結果から水熱育成法によって成長したZnO単結晶はXRDの半値幅が狭く、結晶性が優れていることが判る。図5には、基板表面の粗さを原子間力顕微鏡(AFM)によって測定した一例を示す。測定領域10μm×10μm、縦軸フルスケール2.5nmにおいて、Rms=0.13nmを示しており、非常にフラットな基板表面になっていることが分かった。

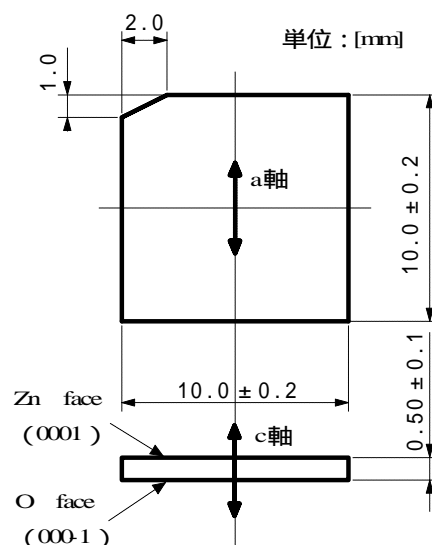


図3 10mm×10mm ZnO単結晶基板寸法

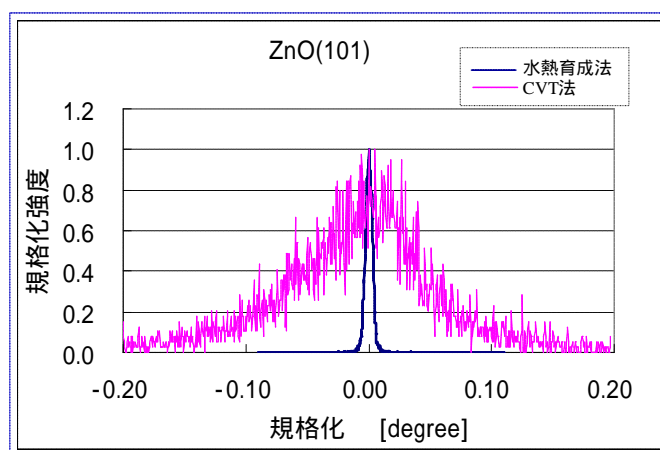


図4 XRD評価結果

ZnO 単結晶基板の応用に関する研究

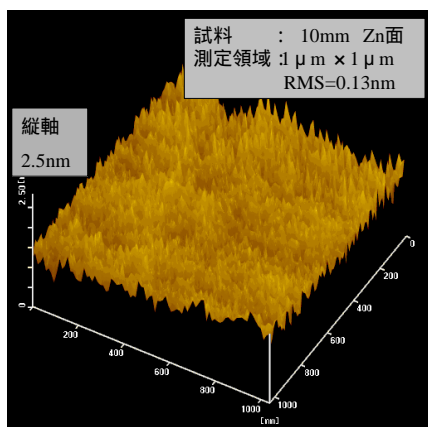


図5 AFMによる基板粗さ測定結果

3 ZnO オープンラボ

ZnO 単結晶基板の応用としては、現在白色 LED や青紫色レーザーダイオードに使用されているサファイア基板の代替が最も有望視されている。当センターではこれらの応用に加え、県内企業と共同で半導体特性及び圧電性や光の透過性等バルク単結晶の未評価特性をいち早く評価し、新たな応用を検討することにしている。これらの評価及び試作を行う施設として、センター内に ZnO オープンラボを開設置したもので以下に紹介する。

表2 クリーンルームの概要

	クリーンルーム1 (暗室)	クリーンルーム2
広さ	20m ²	65m ²
クリーン度	クラス1000	クラス1000

表3 ZnO オープンラボ装置の一覧

	装置名
評価用装置	水銀プローブ式キャリア密度測定装置
	非接触シート抵抗測定装置
	ホール効果測定装置
	フォトルミネッセンス測定装置
	分光光度計
	半導体パラメータアナライザ
試作用装置	電子線描画装置
	両面マスクアライナー装置
	分子線エピタキシー装置
	三元スパッタ装置
	マニュアルワイヤーボンダー装置

表2及び表3にクリーンルームの概要及び平成15年度までに整備した設備一覧を示す。クリーンルームは2箇所あり、1箇所は電子線描画装置や両面マスクアライナーが設置され、フォトリソグラフィ工程を行う暗室となっている。他の1箇所

は、分子線エピタキシー装置や三元スパッタ装置が設置された薄膜の成膜や微細加工を行う実験室となっている。また、その他の評価用装置は電子計測室に設置されている。

ZnO オープンラボの開設に当たり、評価用装置に関してはLED等の応用製品の開発を主目的とし、今まで当センターに無かった半導体特性や光学的特性の評価装置を充実させた。試作用装置に関しては、半導体微細加工からパッケージングまでの一連の試作工程を、全て当ラボにて行えるように設備を整備中である。これらの装置は、当センターと共同研究契約を締結した県内企業の研究員に自由に使用して頂き、ZnO単結晶基板の応用研究を共同で行うものである。

以下に平成15年度までに整備した装置の概略仕様を示す。

3-1 評価用装置

3-1-1 水銀プローブ式キャリア密度測定装置

本装置(図6、表4)は、半導体と水銀電極とのショットキー接合により半導体のキャリア密度測定を非破壊で行う装置である。



図6 水銀プローブ式キャリア密度測定装置

表4 水銀プローブ式キャリア密度測定装置の主な仕様

項目	内容
メーカー名・型式	(株)堀場製作所 AP-2000
測定方式	水銀プローブ式
キャリア密度測定範囲	$1 \times 10^{14} \sim 2 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ (材料に依存)
試料サイズ	15mm ~ 150mm
LCRメータ	アジレントテクノロジー - 4284A

3-1-2 非接触シート抵抗測定装置

本装置(図7、表5)は、高周波渦電流法により酸化物や各種金属薄膜等の抵抗率測定を非接触で行う装置である。



図7 非接触シート抵抗測定装置

表5 非接触シート抵抗測定装置の主な仕様

項目	内容
メカ名・型式	ガソ(株)
測定方式	渦電流方式
抵抗率測定範囲	0.001 \cdot cm ~ 100 \cdot cm
試料サイズ	20mm ~ 200mm

3-1-3 ホール効果測定装置

本装置(図8、表6)は、半導体単結晶や薄膜の抵抗率測定、キャリア密度や移動度の測定、キャリアタイプの判定を行い、電気的特性評価を行う装置である。



図8 ホール効果測定装置

表6 ホール効果測定装置の主な仕様

項目	内容
メカ名・型式	(株)東陽テクニカ RESITEST 8310
測定方式	ファンデルポール法 DC磁場及びAC磁場 温度範囲 15K ~ 300K
抵抗測定範囲	10^{-1} ~ 10^{13}
磁界発生部	電磁石方式 DC -0.8T ~ +0.8T
試料サイズ	10mm x 10mm

3-1-4 フォトルミネッセンス測定装置

本装置(図9、表7)はフォトルミネッセンス効果により、半導体単結晶や薄膜の結晶欠陥や発光プロセスの評価を行う装置である。



図9 フォトルミネッセンス測定装置

表7 フォトルミネッセンス測定装置の主な仕様

項目	内容
メカ名・型式	(株)堀場製作所 Photopuminor-U
励起光源	He-Cd レザ 発振波長 325nm スポット径 100 μ m 以下
検出器	CCD 検出器
波長範囲	300nm ~ 1000nm
波長分解能	0.06nm 以下
温度範囲	4K ~ 300K
マウントステージ	試料サイズ 3" 以内

3-1-5 分光光度計

本装置(図10、表8)は、基板や薄膜材料の透過率、反射率及び発光スペクトル測定などの光学的特性評価に使用する装置である。



図10 分光光度計

ZnO 単結晶基板の応用に関する研究

表 8 分光光度計の主な仕様

項目	内容
メーカー・型式	日本分光(株) V-550
波長範囲	190nm ~ 900nm
波長精度	±0.3nm 以下
試料サイズ	10mm × 10mm

3 - 1 - 6 半導体パラメータアナライザ

本装置(図11、表9)は、高精度大容量電流電圧源と高精度測定部により半導体や各種電子部品の電氣的測定を行なう装置である。



図 11 半導体パラメータアナライザ

表 9 半導体パラメータアナライザの主な仕様

項目	内容
メーカー・型式	ケール・インスツルメンツ(株) 4200-SCS
電圧測定レンジ	1μV/200V
電圧分解能	1μV
電流測定レンジ	0.1fA/1A
電流最小分解能	0.1fA
電流印加分解能	1.5fA
最大電流印加	1A (at 20V)

3 - 2 試作用装置

3 - 2 - 1 電子線描画装置



図

1 2 電子線描画装置

本装置(図12、表10)は電子線をスキャンすることにより、サブミクロンオーダーでレジストをパターン化する装置である。

表 10 電子線描画装置の主な仕様

項目	内容
メーカー・型式	(株)エリックス ELS-3700S
電子線走査領域	0.2mm × 0.2mm、0.5mm × 0.5mm 1.0mm × 1.0mm
最小線幅	100nm
ステージ移動範囲	X : 60mm Y : 90mm

3 - 2 - 2 両面マスクアライナー装置

本装置(図13、表11)は、フォトリソグラフィ法により、フォトレジストの露光を行う装置で、ZnO や他の薄膜材料等の微細加工(パターン形成)を行う為に使用する。



図 13 両面マスクアライナー装置

表 11 両面マスクアライナー装置の主な仕様

項目	内容
メーカー・型式	エーパ光学 PEM-800
試料サイズ	最大 4インチ
アライメント誤差	±5μm
解像度	3μm (ライアント スペー)

3 - 2 - 3 分子線エピタキシー装置

本装置(図14、表12)は、固体蒸発源(Kセル)とRFラジカル源により、基板上にZnO薄膜やGaN薄膜を分子層レベルで制御しながら成膜が可能な装置である。



図14 分子線エピタキシー装置

表12 分子線エピタキシー装置の主な仕様

項目	内容
メカ名・型式	エパ・システム UMB-200
試料サイズ	最大直径2インチ
最高到達真空度	6.65×10^{-8} Pa 以下
K切数	5式
RF加熱源	1式
EBガン	1式

3-2-4 三元スパッタ装置

本装置(図15、表13)は、三種類のターゲットの同時放電が可能なマグネトロンスパッタ装置で、酸化物薄膜や各種金属の成膜を行う装置である。



図15 三元スパッタ装置

表13 三元スパッタ装置の主な仕様

項目	内容
メカ名・型式	(株)アルパック MPS-3000
スパッタ方式	斜入射三元同時 マグネトロンスパッタ
最高到達真空度	6.7×10^{-6} Pa 以下

試料サイズ	最大 2インチ
スパッタコート	直径5インチ×1 直径4インチ×1 直径2インチ×1
基板加熱温度	最高 800

3-2-5 マニュアルワイヤーボンダー装置

本装置(図16、表14)は、電子デバイス等のチップ上に形成された電極へ電線を接続する装置である。



図16 マニュアルワイヤーボンダー装置

表14 マニュアルワイヤーボンダー装置の主な仕様

項目	内容
メカ名・型式	WESTBOND MODEL-7456
ボンディング方式	超音波及び 超音波熱圧着方式
ワイヤ材質	Au, Al
ワイヤ直径	18 μm ~ 50 μm

4 結 言

東京電波株が開発したZnO単結晶基板の特性評価を進め、従来のCVT法により成長した基板に比較し優れた結晶性を持つことが分かった。今後は基板特性の評価を進めると共に、新たな応用製品の研究開発を行う予定である。

本研究は、岩手県戦略的技術開発推進事業(事業期間:平成15年度~17年度)により実施しているものである。

文 献

- 1) 塩寄忠監修: 圧電材料とその応用、シーエムシー出版、(2002)
- 2) 鯉沼秀臣編著: 酸化物エレクトロニクス、培風館(2001)
- 3) 前田克己、佐藤充、新倉郁生: 応用物理学会結晶工学分科会第120回研究会テキストp11(2004)

ワイヤ放電研削法による小径精密リーマ製作*

和合 健**、中屋 敷利幸***、大石 敦彦***、石川 友永****

精密部品の内径を高精度寸法に加工する小径精密リーマの刃形成形をワイヤ放電研削法 (WEDG) により行った。この方法で製作した小径精密リーマを使用し、製品の径仕上げ加工を行った結果、良好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：WEDG、小径精密リーマ、径仕上げ加工、高精度

Manufacturing of Micro Precision Reamer by Wire Electrode Discharge Grinding

WAGO Takeshi, NAKAYASHIKI Toshiyuki, OOISHI Atsuhiko
and ISHIKAWA Tomonaga

Micro precision reamer which could machine inner diameter of precision mechanical part with high precision was manufactured by Wire Electrode Discharge Grinding (WEDG).

Precision mechanical products was machined on manufacturing line a part of finish processing of inner using manufactured micro precision reamer by WEDG. As a result this machining process were obtained good conditions and we found to adapt enough for manufacturing division.

key words: WEDG, micro precision reamer, finish processing of inner, high precision

1 緒 言

精密機械の液体流路は 1mm 以下の内径寸法において高い寸法精度が要求される。液体流路の内径加工は、小径精密リーマを使用した切削加工により行われる。小径精密リーマは高額な高精度研削加工機を使用し特定作業員の高度熟練技能により刃形成形加工が行われている。この刃形成形加工では、1mm 以下の径になると切削力による曲げや歪みが生じるため特別な機械や技能が必要とされるためである。小径精密リーマの刃形成形を汎用工作機械を使用し、NC プログラムで行うことができれば熟練技能には頼らない工程が実現できる。ここでは、在庫に依存しないジャストインタイムによる目的径の小径精密リーマの調達、ばらつきの小さい生産管理や製造スピードの向上が図られる。研削加工とは異なる精密リーマの刃形成形を行う方法として放電加工があげられる¹⁾。放電加工方法は、加工物を放電現象により溶解加工する非接触加工方式のため加工力による刃物の曲げや歪みは生じない。さらに、加工電極を小さくすることが容易であるため微細形状成形に適している。ここで

は、液体流路を高精度に加工する小径精密リーマの刃形成形を放電加工により行い良好な結果が得られた内容について報告する。

2 実験内容

2 - 1 実験 1 丸棒からの成形の場合

2 - 1 - 1 実験方法

刃物成形に使用する放電加工機は三菱電機製微細放電加工機 EDSCAN8E を使用した。微細放電加工機の主な仕様を表 1 に示す。微細放電加工機は、微細加工に適した付加装置を有しておりワイヤ放電研削法 (以下、WEDG) 微細加工用電源であるマイクロ SF 電源、微細形状加工パスを生成する創成放電 CAM を備えている。WEDG は図 1、図 2 に示すとおりワイヤ電極で棒状電極を回転させ Y 軸及び Z 軸の移動制御を行うことにより微細径電極が成形される。

1 mm 丸棒を WEDG で半月形状に成形し、先端角と逃げ面は研削加工によりブランク加工してある。研削成形でも同一形状に成形し両者の成形状況及び刃物工具

* マイクロマシニングによる高機能製品開発 (第 1 報) (特定産業集積中小企業等活性化補助事業)

** 電子機械技術部

*** (株) ミクニ

**** 岩手大学工学部

としての切削性能を求める。

2-1-2 実験結果及び考察

WEDG 成形品と研削成形品を図3に示す。図3に示すとおり研削成形品と同等の半月形状に WEDG により成形することができた。WEDG 成形と研削成形の成形時間を比較すると加工能率は研削成形が5倍以上高い。WEDG 成形の加工時間は 2/3 が仕上げ工程であり加工面粗さの低減に多くの加工時間を費やしている。WEDG 加工と研削加工の加工面粗さを図4に示す。グラフの倍率は同等である。WEDG 成形は、研削成形に比べてやや大きな振幅を示しているが異常ピークは見られず規則的な波形となっている。それぞれの表面粗さは同等である。

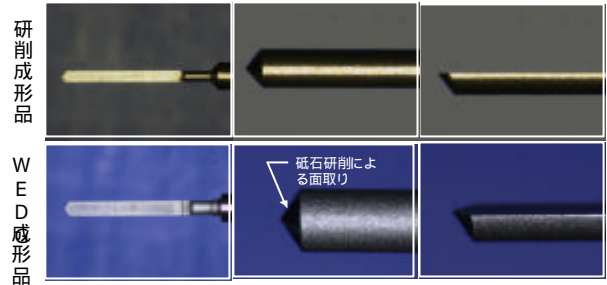


図3 研削成形品とWEDG成形品の比較

表1 EDSCAN8E 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
加工面真直度	1.0μm以下

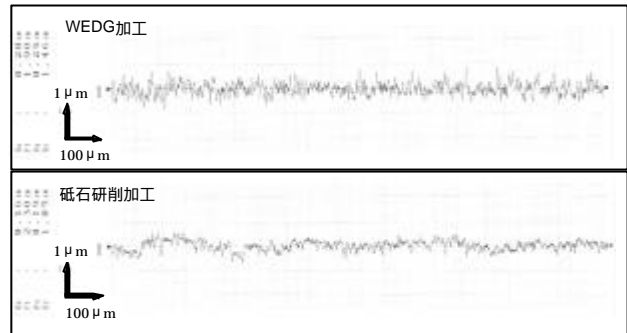


図4 WEDG成形と研削成形の刃物の表面粗さ

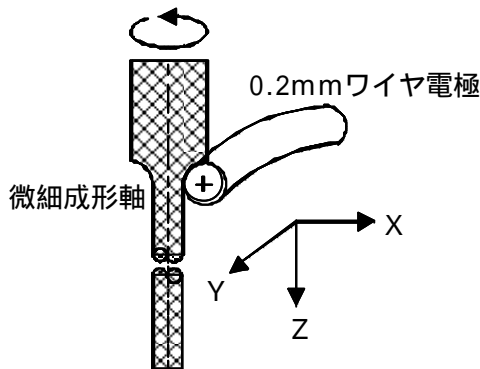


図1 WEDGの原理

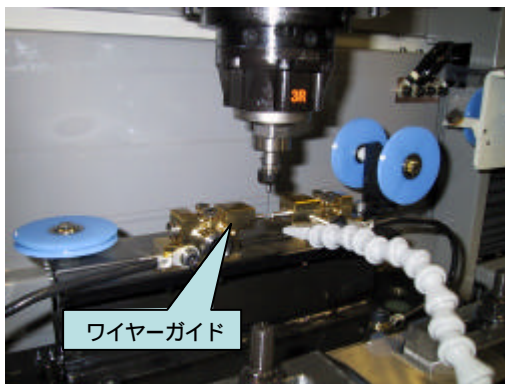


図2 EDSCAN8EのWEDG装置

2-2 実験2 半月ドリルに対して径調整量が小さい場合

2-2-1 実験方法

WEDG 成形により丸棒から半月形状に成形する場合は除去量が多いため加工時間が長くなる。そこで、既製品である研削加工により成形した半月ドリルを WEDG 加工により径調整を目的に成形する場合の加工時間と表面粗さを求めた。実験装置は完全丸棒での場合と同等装置を使用し、通常の小径成形する場合のプログラムを使用して径調整をした。

2-2-2 実験結果及び考察

WEDG 加工による加工後の形状を図5に示す。図5に示す2つの写真は同じ製品で見える方向が異なる。加工時間は、完全丸棒からの場合と比べると 1/2 程度に加工時間が短縮された。しかし、刃物形状で削り残しと見られる加工異常部が確認された。これは小さい径調整量では芯ズレ誤差が径方向の加工範囲より大きいと削り残しが生じたものと推測した。

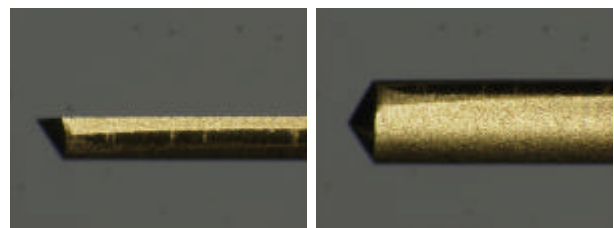


図5 半月ドリルに対して径調整量が小さい場合

2 - 3 実験3 半月ドリルに対して径調整量大きい場合

2 - 3 - 1 実験方法

径調整量が小さい場合は、芯ズレ誤差が大きく影響することが予想されるので径調整量を大きくして径調整加工を行った。プログラムは径調整量が小さい場合と同等の動きのものを使用した。

2 - 3 - 2 実験結果及び考察

WEDG 加工による加工後の形状を図6に示す。加工時間は実験2の場合とほぼ同等となった。形状は実験2の場合よりも改善され削り残しは無いが、真円とは異なる不良加工部が見られる。半月形状の場合は放電ギャップが切り欠け部と円周部では異なる。真円形状の場合放電ギャップは一定であり正常放電となるが、半月形状では放電ギャップが変化する箇所では異常放電となり正常放電が行われないうえに不良加工部が形成されると推測した。

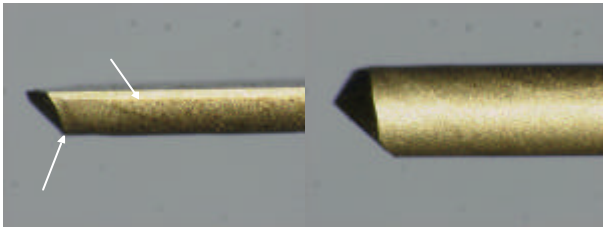


図6 半月ドリルに対して径調整が大きい場合

2 - 4 実験4 実製品に対する加工実験

2 - 4 - 1 実験方法

精密機械の液体流路を WEDG 成形により成形した刃物を使用して加工した。現在生産工程で使用している研削加工により成形した刃物で加工した製品を参照品として WEDG 加工による刃物で加工した製品と比較した。実験装置は生産工程で使用しているインライン加工装置を使用した。

2 - 4 - 2 実験結果及び考察

(1) 加工後の製品表面

図7に加工後の製品の表面状態を示す。加工面粗さは、研削加工と WEDG : (丸から半月) ではほぼ同等の数値となっている。WEDG : (半月径落とし) は他の2つの方法と比較して R_a , R_y とほぼ2倍の数値となっている。WEDG : (半月径落とし) では WEDG 加工による半月刃形成の時に不良形状加工となっており加工面粗さの原因になったものと推測される。製品の表面状態は、研削刃物では入口から出口まで均一の表面状態となり正常加工されている。一方 WEDG 刃物による表面状態は、入口部は正常な加工面となっているが製品加工数が増加するに従い出口付近で表面状態が悪化する傾向が見られる。これは、WEDG 刃物による刃物表面の表面性状による影響と推測される。

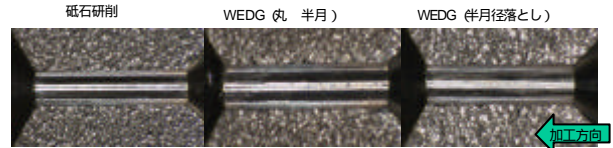


図7 WEDG 刃物による実製品加工

(2) 加工後の WEDG 刃物表面

製品加工後の WEDG 刃物の表面状態と加工面粗さの断面曲線を図8に示す。加工面粗さの断面曲線では、製品材質のアルミニウムが付着している箇所の粗さが大きくなっており、特に大きい箇所ではアルミニウムが付着していない箇所の3倍程度大きくなっている。表面状態からもアルミニウムが点在して付着している様子が分かる。刃物のすくい面へのアルミニウムの付着は少ない。

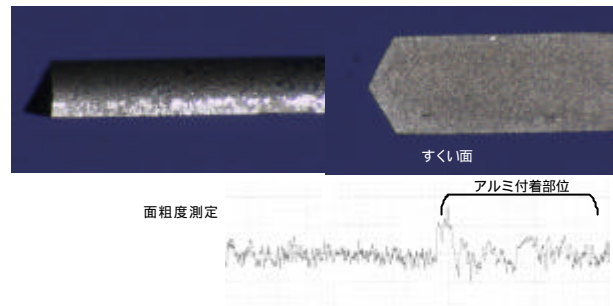


図8 製品加工後の表面状態

(3) SEM による WEDG 刃物表面

図9に研削刃物と WEDG 刃物の製品加工後の SEM による表面状態 ($\times 2000$) を示す。研削刃物の表面は均一で緻密な平坦面になっている。一方 WEDG 刃物は魚の鱗のようなでこぼした表面で放電加工特有の梨地面になっている。切刃部は、研削刃物では稜線部が鋭利な直線を形成して3平面の接点は点となっている。一方 WEDG 刃物の稜線は魚の鱗状に覆われ鋭いエッジを形成していない。3平面の接点は点にはならず鱗表面による曲面となっている。WEDG 刃物ではアルミニウムが点在して付着しているのが確認できる。図10に倍率を1000倍と低くした研削刃物と WEDG 刃物の SEM による表面性状を示す。図から研削刃物では表面は一定方向への研削筋規則的に配列されており刃物に適した面性状となっている。一方 WEDG 刃物は、梨地面となっており細かいへこみが点在している。このへこみにアルミニウムの切りくずが入り込み刃物表面に付着していることが確認できた。

研削砥石

WEDG

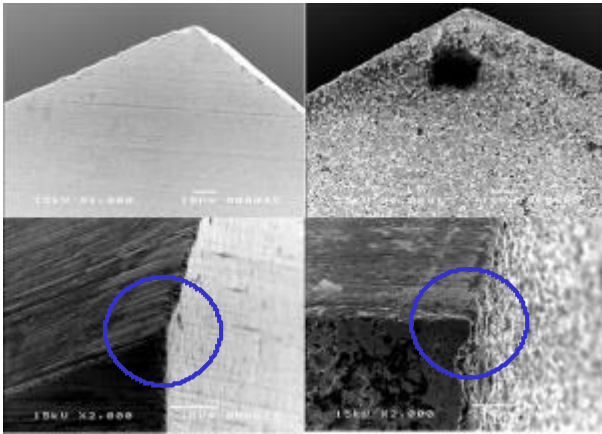


図9 SEMによるWEDG刃物の表面その1

研削砥石

WEDG

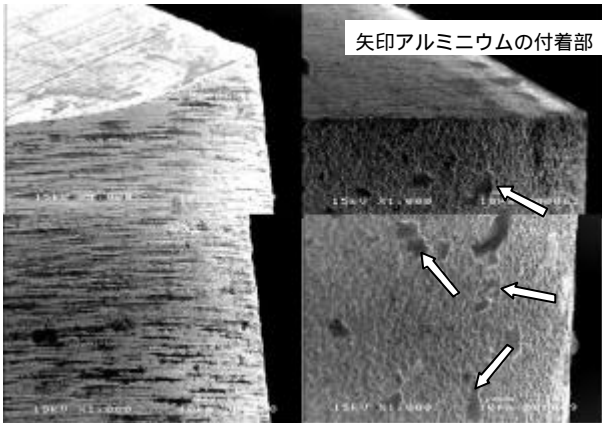


図10 SEMによるWEDG刃物の表面その2

3 結 言

- (1) 半月ドリルを径調整することは、WEDG 成形加工では不向きである。丸形状から半月ドリル形状に成形加工すべきである。
- (2) WEDG では、芯振れを無くすることが要点となる。芯振れの影響から径調整量 / 径 が小さい削り代では削り残しが発生する。
- (3) WEDG による刃物成形時間は、研削加工の 5 倍以上の時間を要しその 2/3 は仕上げ加工工程である。
- (4) WEDG 刃物では研削刃物に比べて製品加工での工具寿命が短い。これは、放電加工特有の梨地面による表面性状によりアルミニウム付着が著しく生じるためである。
- (5) WEDG 刃物成形では研削成形のような熟練した技能は不必要であり、標準化推進に有利である。

以上のとおり、WEDG 成形刃物は研削刃物に比べて工具寿命は短い。成形能率の問題は ATC や NC プログラム制御により回避され、工具寿命の問題は目的に応じた研削刃物との使い分けによる適材適所への登用により避けられる。WEDG 刃物はその特性に応じた使用方法により実用的な生産工程で活用できる。

文 献

- 1) 増沢隆久：やさしいマイクロ加工技術，日刊工業新聞社

鑄鉄溶湯からの脱マンガン・脱クロム技術の開発

高川 貫仁*、勝負澤 善行**、池 浩之*、

茨島 明***

酸化鉄添加による鑄鉄溶湯からの脱マンガン及び脱クロムの効果について検討を行った。その結果、酸化鉄を添加することによりマンガンとクロムは減少した。ただし、シリコンも同様に減少することから、今後、シリコン損耗の抑制についてさらに検討が必要である。

キーワード：脱マンガン、脱クロム、鑄鉄、酸化鉄、鉄スクラップ

Development of the Removal Technique of Manganese and Chromium from Molten Cast Iron

TAKAGAWA Takahito, SHOUBUZAWA Yoshiyuki, IKE Hiroyuki
and BARAJIMA Akira

The effect of the iron oxide addition on removal of the manganese and chromium from molten cast iron was examined. As a result, Manganese and chromium have decreased as the amount of the iron oxide addition increases. However, the control of the silicon decrease should be examined more in the future because silicon decreases similarly, too.

key words: manganese removal, chrome removal, cast iron, iron oxide, steel scrap

1 緒 言

マンガンやクロムは銑鉄鑄物製品の耐衝撃性を大きく低下させる元素である。銑鉄鑄物の主原料に、鉄スクラップが用いられているが、現在、鉄鋼材料の合金化に伴い、鉄スクラップ中のマンガンやクロムの含有量は増加してきており、銑鉄鑄物製品の品質に影響を及ぼすこれらの元素を除去する技術が必要になっている。

マンガンの除去技術については、マンガンを硫化物をつくりやすいことから、硫化物フラックス添加による脱マンガン技術が研究されたが¹⁾²⁾、発生する硫黄ガスなど作業環境上の問題があり実用化には至っていない。そこで本研究では、酸化物添加による脱マンガン・脱クロム技術について検討を行った。

この方法は、マンガンやクロムが酸化しやすいことに着目し、鑄鉄溶湯中に酸化鉄を添加して、それによりマンガンとクロムを酸化物にして湯面にスラグとして浮上させ、溶湯から分離除去するという方法である。酸化

除去の目標値は、県内企業の要望等を考慮し、以下のとおりとした。

脱マンガン率60%以上。

(溶湯中マンガン含有量1.0% 0.4%以下)

脱クロム率70%以上。

(溶湯中クロム含有量0.1% 0.03%以下)

なお、マンガンやクロムよりも酸化されやすい炭素やシリコンが優先酸化される可能性がある(図1において、縦軸の標準生成自由エネルギー G^0 がマイナスに大きい元素ほど酸化物を生成しやすい元素である)ことから、これらの元素の挙動についても併せて検討を行った。

2 脱マンガン技術についての検討

2-1 実験方法

鑄鉄(4.0%C - 0.6~1.8%Si - 1.0%Mn)を黒鉛ルツボに入れて高周波溶解炉を用いて溶解した。溶湯温度が所定温度に達した後、酸化鉄(FeO 又は Fe₂O₃)を添加し、所

* 材料技術部

** 材料技術部 (現 (財)いわて産業振興センター)

*** 企画情報部

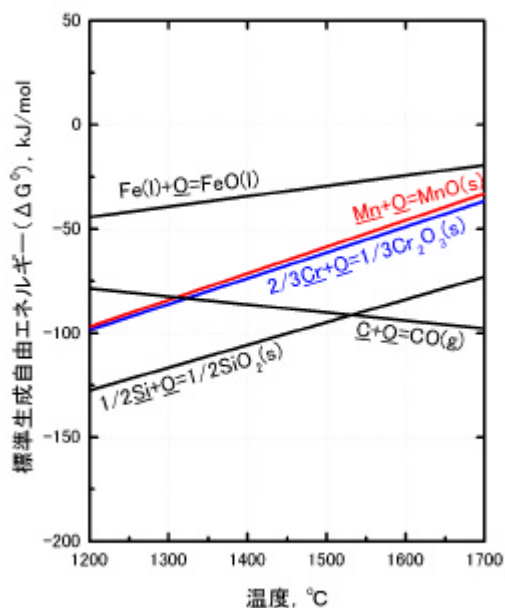


図1 酸化物の標準生成自由エネルギー-温度図

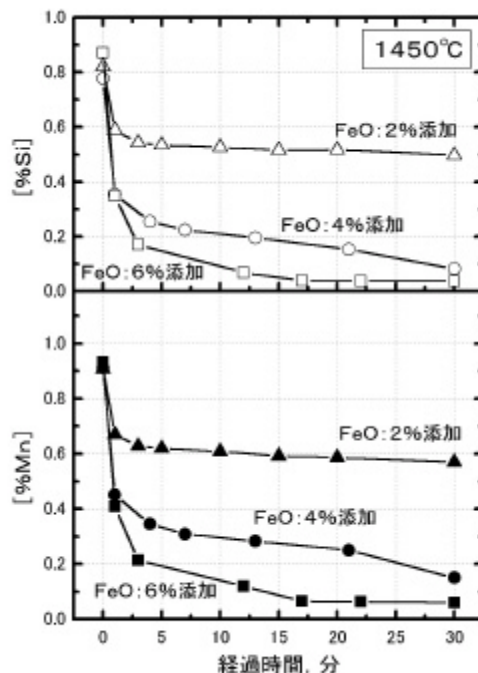


図2 酸化鉄を添加したときの鑄鉄溶湯中マンガんとシリコン含有量の経時変化

定時間保持した後、分析試料を採取した。また、脱マンガン率の向上やシリコンの酸化抑制を目的として、FeOと同時に酸化シリコン(SiO₂)や酸化アルミニウム(Al₂O₃)なども添加し実験を行った。得られた鑄鉄分析試料について、固体発光分光分析装置により諸元素の定量分析を行った。実験終了後のスラグについては、粉碎してプレス機で固めた後、波長分散型蛍光X線分析装置により、半定量分析を行った。

2-2 実験結果および考察

図2に、1450において、FeOを2~6%添加したときの鑄鉄溶湯中のマンガ含有量[%Mn]及びシリコン含有量[%Si]の経時変化を示す。[%Mn]と[%Si]は、FeO添加後すぐに大きく減少し、約5分後から緩やかに減少した。また、FeO添加量を増やすことにより、その減少量は大きくなり、FeOを4%以上添加することにより約5分でマンガ含有量を0.91%から0.34%まで下げることができ(脱マンガ率:63%)、目標は達成された。シリコンについては、図1から予想されたとおり、マンガよりも優先的に酸化された。炭素については、グラフ上には載せなかったが、脱炭率は10分保持で3%~5%でありほとんど脱炭はなかった。これは、炭素は酸化しやすい元素ではあるが、酸化速度が遅いためと考えられる。図3に脱マンガ率、脱シリコン率、脱炭率およびスラグ組成に及ぼす溶湯温度の影響を示す。脱マンガ率および脱シリコン率は、1300ではそれぞれ35%および38%であったが、温度の上昇に伴い低下していき、1400で約30%と一定になった。また、低温側では脱

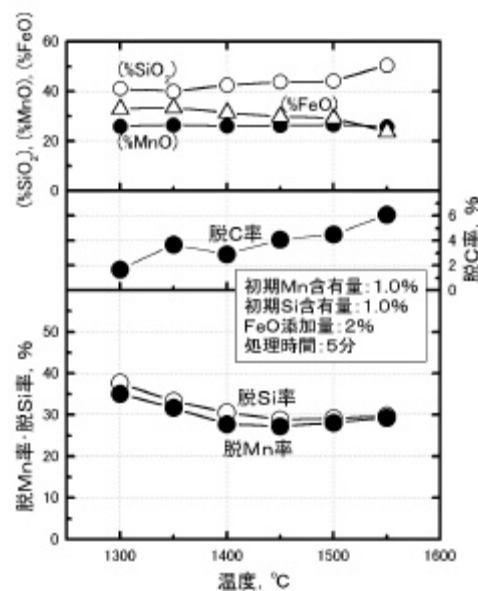


図3 脱マンガ率、脱シリコン率、脱炭率およびスラグ組成に及ぼす溶湯温度の影響

マンガ率よりも脱シリコン率の方が高いが、高温になるに従い、その差は縮まり、1550では同程度になった。脱炭率は、温度の上昇に伴い高くなり、特に1450からその勾配はやや急になった。図1からマンガとシリ

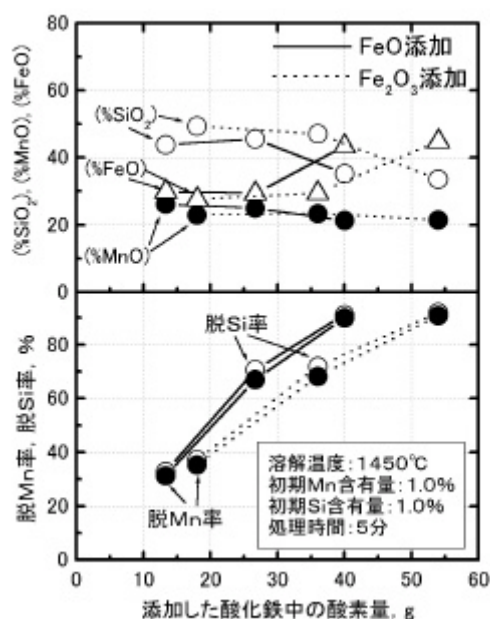


図4 脱マンガン率、脱シリコン率およびスラグ組成に及ぼす酸化鉄の種類と添加量の影響

コンの酸化反応は低温ほど起こりやすく、また炭素の酸化反応は高温ほど起こりやすいことが分かる。これより、1400 付近までは温度の上昇に伴いマンガンとシリコンは酸化しづらくなるために除去率は低下したものと考えられる。さらに 1450 以上においては脱炭反応が優先的に起こるようになり、また(%FeO)が温度の上昇に伴い低下し、酸化性雰囲気との度合いが若干低下したが、相対的に(%SiO₂)が上昇し、脱マンガン率はほぼ一定になったと考えられる。

次に、酸化鉄の種類を Fe₂O₃ にして検討を行った。図4に脱マンガン率、脱シリコン率およびスラグ組成に及ぼす酸化鉄の種類とその添加した酸化鉄中の酸素量の影響を示す。Fe₂O₃ および FeO の添加量は、2%、4%、6%の3レベルで添加している。横軸は、その添加量と元素組成から酸素量を算出した値である。図より、それぞれの添加量により同程度の脱マンガン率および脱クロム率になり、添加した酸化鉄中の酸素量で、一つの線としてはまとまらなかった。これより、一度に酸化鉄を添加する場合は、酸化鉄の種類の影響はほとんど無いことがわかった。ただし、Fe₂O₃ は FeO に比較して比重が軽いので、炉に投入する体積が増える。そのため、作業性やスペース、運搬のことなどを考慮すると、FeO の方が良いと考えられる。

次に、シリコンの酸化損耗を抑制するために、予め SiO₂ を 1%(30g)添加し、さらにスラグの粘性を下げるために溶解温度を 1550 とし、Al₂O₃ を 0.1%、0.2%、

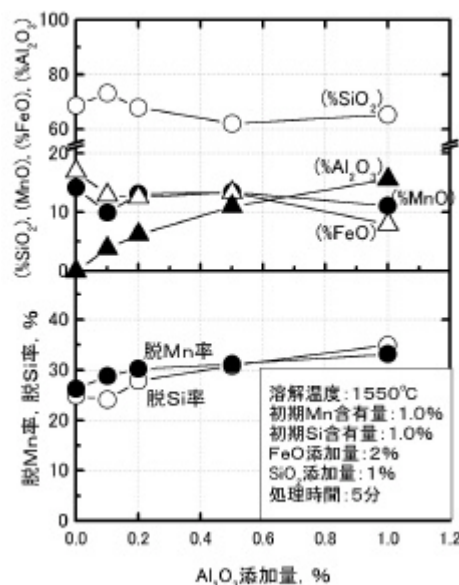


図5 脱マンガン率、脱シリコン率およびスラグ組成に及ぼす酸化アルミニウム添加量の影響

0.5%、1.0%と4レベル変化させて、FeO と共に添加した。結果を図5に示す。SiO₂ と FeO のみの添加により、脱マンガン率および脱シリコン率は低下したが、脱マンガン率よりも脱シリコン率を若干低くすることができた。さらに Al₂O₃ を 0.1%添加することにより、脱マンガン率は FeO のみを 2%添加したときと同じままで(図3参照)、脱シリコン率を抑制することができた。Al₂O₃ 添加量の増加に従い脱マンガン率は向上したが、脱シリコン率も上昇し、Al₂O₃ 添加量 1.0%では脱マンガン率と脱シリコン率が逆転し、シリコンが優先的に酸化されるようになった。これより、0.5%以下の Al₂O₃ の添加が、シリコン酸化の抑制と脱マンガンの向上に有効であることが分かった。これは、SiO₂ と Al₂O₃ の二元系状態図において、Al₂O₃ が9%で共晶温度約 1550 をとることから、低 Al₂O₃ 側でスラグの粘性が下がり、それによりスラグ中の SiO₂ がシリコン酸化の抑制に有効に効いたものと考えられる。

次に、初期シリコン含有量を 0.6%、1.0%、1.4%、1.8%の4レベルに変化させて、マンガン減少量及びシリコン減少量に及ぼす初期シリコン含有量の影響を調べた。その結果を図6に示す。マンガン減少量は、初期シリコン量の増加に伴い大きく減少した。また、シリコン減少量は、初期シリコン量の増加に伴い上昇した。これは溶湯中のシリコン含有量の増加に伴い溶湯中のシリコンの活量が大きくなり、シリコンが酸化されやすい状態になると共に、酸化鉄の活量が小さくなったためと考えられる。

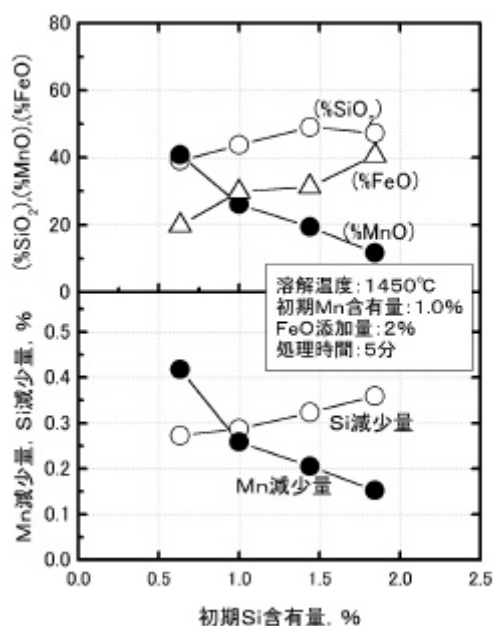


図6 マンガン減少量、シリコン減少量およびスラグ組成に及ぼす鑄鉄溶湯中初期シリコン含有量の影響

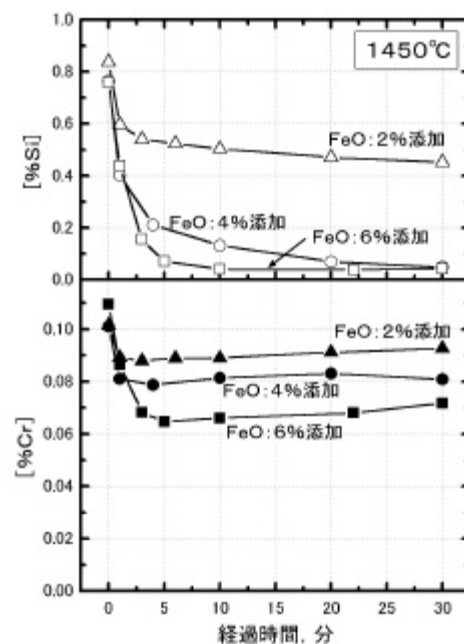


図7 酸化鉄を添加したときの鑄鉄溶湯中クロムとシリコン量の経時変化

3 脱クロム技術についての検討

3-1 実験方法

鑄鉄溶湯(4.0%C-1.0%Si-0.1%Cr)を 1450 で溶解し、酸化鉄(FeO)を所定量添加して、所定時間保持した後、分析試料を採取した。また、FeO と同時に、酸化カルシウム(CaO)を添加し塩基度(=(%CaO)/(%SiO₂))を変化させ、塩基度の影響について検討を行った。得られた鑄鉄分析試料について、固体発光分光分析装置により諸元素の定量分析を行った。

3-2 実験結果および考察

図7に、FeO を添加したときの鑄鉄溶湯中のクロム含有量[%Cr]及び[%Si]の経時変化を示す。[%Si]は、FeO を添加後すぐに大きく減少したが、[%Cr]は僅かに減少しただけで、逆に時間の経過に伴い復クロム現象が起こった。[%Cr]は FeO 添加量 6%でも 0.06%付近までしか下がらず、脱クロム率にすると 40%にとどまった。Cr の標準生成自由エネルギーは Mn と大きな差があるわけではないが、シリコンの含有量に対してクロムの含有量が 1/10 とかなり低いことが、クロムの酸化を難しくしていると思われた。FeO 添加量を増やすことにより更なる脱クロム率の向上は望めるが、これ以上 FeO を添加することはスラグの問題やシリコンの酸化減少の問題を大きくしてしまうので、FeO の添加はここまでとした。

次に、酸化クロム(Cr₂O₃)が中性酸化物であることが

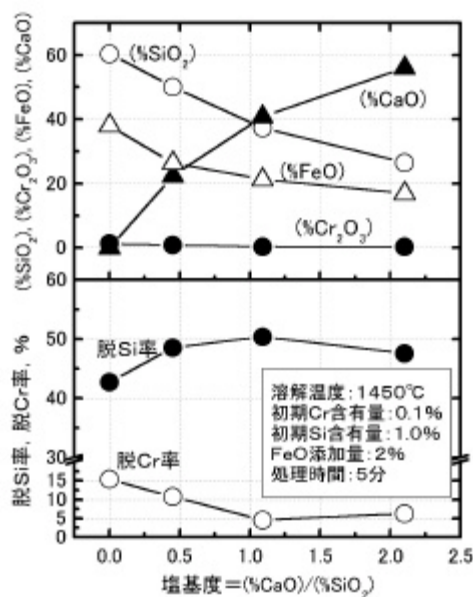


図8 脱クロム率、脱シリコン率およびスラグ組成に及ぼす塩基度の影響

ら、塩基性酸化物である CaO を添加し塩基度を変化させて、クロムの酸化除去について検討を行った。図8に、FeO 添加量 2%のときの、脱クロム率及び脱シリコン率におよぼす塩基度の影響を示す。また、塩基度は、CaO 添加量を 0.3% ~ 1.0%まで変化させた。塩基度

1.0%以下の範囲では、脱クロム率は塩基度の上昇に伴い低下した。また脱シリコン率は僅かに上がった。塩基度を上げることにより、酸性酸化物となるシリコンだけが酸化減少していき、同時にクロムを下げるまでには塩基度の効果はおよばなかった。今回塩基度の検討を行った実験条件では、酸化鉄の添加量が2%と少なく、うまくスラグが形成されなかったため、今後、スラグが形成しやすいように、酸化鉄の添加量を4%に増やすなどしてさらに検討を行うこととした。

4 結 言

- 1) 脱マンガン及び脱クロム反応は、酸化剤添加後すぐに起こり、約5分で落ち着いた。
- 2) マンガン除去について、鑄鉄溶湯に酸化鉄を4%添加することによりマンガン含有量は0.34%まで減少し、目標を達成することができた。
- 3) 鑄鉄溶湯に酸化鉄を添加したとき、マンガンやクロムよりもシリコンのほうが優先的に酸化除去された。
- 4) 酸化鉄以外に酸化シリコンや酸化アルミニウムを添加することにより、マンガンをシリコンよりも優先酸化させることができた。
- 5) クロム除去については、酸化鉄を添加したり、スラグの塩基度を変化させたりしたが、今回の実験範囲では0.06%までしか減少させることができず、目標は達成できなかった。

脱マンガン率を脱シリコン率よりも高められたことは、酸化法を進めていく上で、前向きに取り組める第一歩となった。さらに、その条件として、スラグ中の酸化シリコンや酸化アルミニウムの存在がシリコンの酸化抑制ならびに脱マンガン率の向上に有効に働くことは、工場から廃棄されている酸化鉄等のリサイクルにもつながり、好結果となった。

スラグの発生量は、添加した酸化物以上のスラグが発生するわけではなく、添加量の1/2~2/3程度であることが分かった。

本研究を遂行するにあたり、御指導・御助言をいただいた室蘭工業大学 片山博名誉教授および桃野正教授に深く感謝いたします。

本研究は、平成15年度特定地域産業集積活性化機関支援強化事業において実施したものである。

また、本研究に使用した高周波溶解炉は、日本自転車振興会の補助金により導入したものです。

文 献

- 1) 高川貫仁、勝負澤善行、茨島明、池浩之：岩手県工業技術センター研究報告5(1998)181
- 2) 堀江皓、小綿利憲、福井克彦、石川佳樹：鑄物62(1990)643

未利用資源の活用による試作開発*

浪崎 安治**、有賀 康弘***

岩手県工業技術センターに企業から寄せられた技術相談内容にはこれまで、未利用木材・廃材の活用、農業用廃プラスチックフィルムの再利用、タバコ用不良フィルターの再利用などがあり、これらの材料を未利用資源として見直してその活用方法、用途開発を検討した。そして、未利用資源を活用するために、木材炭化チップなどを利用した環境資材を試作開発した。

キーワード：技術相談、未利用資源、環境資材

Trial Production by the Utilization of the Unapplication Resources

NAMIZAKI Yasuji and ARUGA Yasuhiro

The Iwate Industrial Research Institute came following technical consultation from the enterprises about application etc, of unapplication wood, the wood that was discarded and the plastic films for the agriculture that got worse. We reviewed it as the resources that are not utilized the material to solve the problem that those materials have technically. We examined such a technical method that we use as that biomaterial about resources. In order that the there are few cases it is used for the product is utilized developing the environment capital assets that used carbonization etc, of wood, we experimentally produced the product.

key words : technical consultation, unapplication resources, environment capital assets

1 緒 言

国内各地の地域木材産業は安価な外国産木材に押されている。特に県産木材チップは出口が見えない壊滅的な状況にある。そのような中で、岩手県チップ協同組合はチップ産業基盤を生かし未利用森林資源の用途の多角化が急務だとして「県内木質資源を原料とする炭化物の用途開発」¹⁾の中で木材チップの現状を打開するには炭化は有効な手段であると述べている。また、環境を切り口に岩手県をフィールドとして資源循環型社会のモデル作りをする「いわて銀河系環境ネットワーク」が平成 14 年に設立され、その活動の中で提案している環境ビジネスの核となるものの一つは木材チップの炭化物である。このように環境問題・資源の循環利用が重要視される情勢の中で、木材加工産業においては木材（端材）の焼却処理や木質廃棄物量の抑制、資源の循環利用に取り組んでいくことが求められている。県内の未利用木材等の未利用資源の用途開発は低迷する木材加工産業の発展に不可欠な重要な課題となっている。

岩手県工業技術センターに企業から寄せられた技術相談内容にはこれまで、未利用木材・廃材の活用、農業用廃プラスチックフィルムの再利用、タバコ用不良フィルターの再利用などがあり、これらの材料を未利用資源として見直し、その活用方法、及び用途開発を検討した。その中でバイオマテリアルである木材を環境資材として製品に活かすべく「炭化」、「未利用木材」をキーワードにしなが炭化チップボード、間伐材利用木製発酵槽の試作開発を行ったので報告する。

2 技術相談に見られる未利用資源

未利用資源と位置づけられる材料の再利用などの相談が寄せられてきた。その概略はつぎのとおりで、これらの複合化によって未利用資源を有効に活用できる環境資材の開発と試作を検討した。

(1) 未利用森林資源

岩手県の間伐材の未利用率は 48%（平成 12 年度）である。また、木材チップの生産量は北海道について

* 基盤的先導的技術研究事業

** 特産開発デザイン部

*** 特産開発デザイン部（現在 企画情報部）

第2位を占めるものの、昭和63年を100とすると平成13年度は53になっている。

(2) 農業用廃プラスチックフィルム

岩手県の年間排出量は2,352t(平成12年度推計)で、内訳はポリエチレン、塩化ビニールがほぼ9割を占めている。このうち再生利用されたものは26%であり、大半は産業廃棄物として処分されている。

(3) タバコ用不良フィルター

タバコ用フィルターの原料はパルプから溶解したセルロースで、一般にはアセテート・トウと呼ばれている。1日あたり約100kgの不良品が発生し、焼却処分となっている。



図3 ソリッド

図4 フラット

3 未利用資源の活用

木材炭化チップをメインに未利用資源を使った複合材を試作し、いわて銀河系環境ネットワーク拡大環境資材分科会において提案した。さらに分科会参加企業各社とともに具体的な用途、製品案について検討した。これらはつぎのとおりである。

(1) ブロック

木材炭化チップを主材に農業用廃プラスチックフィルムの破砕片をバインダーとした板状成形品(図1)。

用途: 例えば、水質浄化用流動床担体など。

(2) ロープ

不良フィルターを解きほぐし、縄製作のような伝統技術を応用しながら木材炭化チップを編み込んだ、三つ撚りにしたロープ状の製品(図2)。

用途: 例えば、水質浄化用バイオコード、畜産糞尿分離用材など。

(3) ソリッド

不良フィルターを解きほぐし、木材炭化チップと交互に同心円状にした立体物(図3)。

用途: 例えば、プレイグランド用材、屋上緑化用材など。

(4) フラット

不良フィルターを解きほぐし、木材炭化チップと交互に積層した布団状の製品(図4)。

用途: 例えば、水質浄化用流動床担体など。



図1 ブロック

図2 ロープ

3-1 木材炭化チップボードの試作

先の案から、より多く木材炭化チップを使用し、多用途に利用が可能と考えられるブロック(板状成形品)の試作を行った。バインダーには農業用廃プラスチックフィルム(ポリエチレン:農ポリ)を再利用した。これをバインダーとして使用するために破砕試験機(西川鉄工KKスーパークラッシャーSP-10型:回転刃2枚、固定刃6枚、回転数1440r.p.m)で破砕して粒状とした(図5)。試作は「廃プラスチック担持体及び製造方法」²⁾(特許出願済)に基づいて進めた。仕上がり寸法は300mm×300mm×10mmとした。

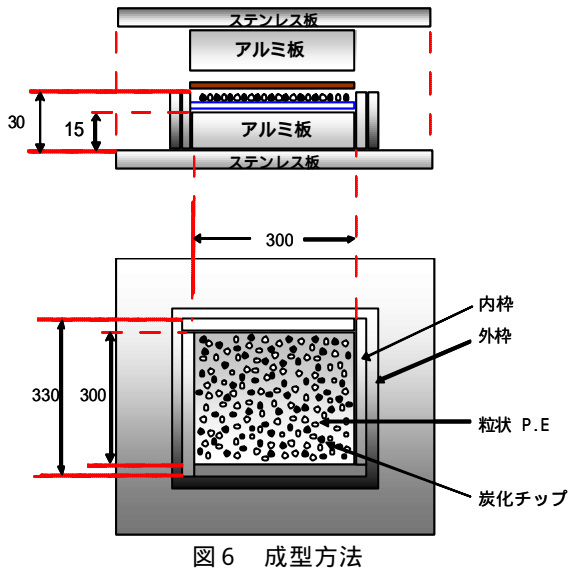


図5 破砕片(細粒状)

3-1-1 製板試験

適切な木材炭化チップボードの試作条件を得るために製板試験を行った。試験は内法300mm×300mmのアルミ製成型枠に、木材炭化チップとバインダーをミキサーで混合したものを投入し、熱圧縮することによった(図6)。

その結果、炭化広葉樹チップ(#14<X<#6)180gと破砕した農ポリ(バインダー)(X<#12)180gを混合したものを成型枠に投入し、圧縮盤温度170、ゲージ圧10kg/cm²で5分間圧縮する製板条件において製板が可能となった。これにより得られた炭化チップボードを図7に示した。



- ・ 醗酵槽の容量は50cm³とする。
- ・ 醗酵槽とメタンガスホルダーの一体型（着脱可能）とする。
- ・ 製材所等の加工技術で可能な加工方法であること。材料の幅矧ぎは雇い核継ぎ手とする。
- ・ ガスホルダーはドーム型でドームの梁はブナ材とする。試作した木製醗酵槽の外観を図8に、木製醗酵槽内部を図9に示した。

3-2-1 メタンガス発生試験

木製醗酵槽に乳牛の糞尿スラリーを投入し中温醗酵（38℃）でメタンガスの発生試験を行った。図10に示すようにメタンガスの発生が認められた。なお、木製醗酵槽壁材の節部分、及び底板の接合部分から漏れがあった。



図7 試作した炭化チップボード

3-2 木製醗酵槽の試作

有機性廃棄物、主にスラリー状の家畜糞尿を嫌気発酵（メタン発酵）し、発生するメタンガスをエネルギー化する施設全体をバイオガスプラントと呼んでいる。

間伐材をはじめとする未利用森林資源の用途多角化の一案として家畜糞尿バイオガスプラントでのメタン醗酵槽の木製化を試みた。醗酵槽に木材を使用することで、従来の金属やコンクリート製醗酵槽に比べ軽量で、保温性に優れ、温度管理、施工、解体、処分等々が容易で、従前に比べ少ない消費エネルギーであり、なおかつ地域で産出する間伐材を地域で活用することができる。岩手県内の平均的畜産農家の乳牛数は30～60頭で小規模のバイオガスプラントが適当であることから、コンパクトサイズの木製醗酵槽を試作開発した。なお、これは（株）コーンズ・エージー東北営業所との中小企業開発能力強化推進事業共同研究によって実施した。

試作品の設計の要点は次のとおりである。

- ・ 県産赤松材（7歳級の間伐材）を使用する。
- ・ 縦型の醗酵槽とする。



図8 木製醗酵槽の外観



図9 木製醗酵槽内部

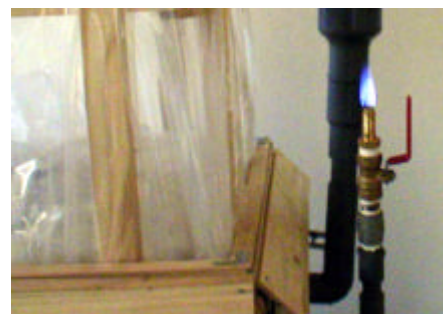


図10 メタンガス発生確認状況

4 結 言

本報告で試作した木材炭化チップボード、木製醗酵槽により、それぞれ未利用資源の新しい用途展開の可能性を見いだすことができた。

4 - 1 木材炭化チップボードの展開

製品として実証試験に使用できるサイズの木材炭化チップボードの製板が可能になった。農業用廃プラスチックを再利用するためにバインダーとして利用したが、この他にも、植物由来等の天然バインダーの導入も検討が必要と考えている。また、さらに実証による製品化を進めるには単層の木材炭化チップボードの多層化などの構造や、他の資材との複合化の検討も必要と考えている。今後はさらに実用化に向け、以下のことを検討する計画である。

- (1) 3層構造木材炭化チップボードの試作開発。
- (2) 植物由来のバインダーによる木材炭化チップボードの試作。
- (3) 木材炭化チップボードと他素材との複合化による

環境資材の試作開発。

- (4) 試作開発した製品の実証試験

4 - 2 試作木製醗酵槽の展開

試作した木製醗酵槽の接合部や節の処理等の問題が残った。これらを再度検討し、木製醗酵槽への間伐材の用途展開を図るため、以下のことを検討していきたい。

- (1) 設計を見直して接合部の問題を解決する。
- (2) 製品選択のバリエーションを増やすために横型醗酵槽の試作を検討する。
- (3) いわて銀河系環境ネットワーク(次世代エコファーム分科会)は、畜産糞尿有機物複合新エネルギープラントの県内での実証を支援しているので、これと連携するような製品化の展開方法を検討する。

文 献

- 1) 岩手県チップ協同組合：中小企業活路開拓調査・実現化事業(平成12年度)
- 2) 特願2001-330360(登録査定2004/04/02)

伝統的南部鉄器の自由形状製作研究

長嶋 宏之*、町田 俊一*、池 浩之**

伝統的な製法（通称：焼型製法）で製造される南部鉄瓶は技術的な制限から、回転形状のものが多く、デザインも画一的なものになりがちであった。そこで、新しいニーズに対応したデザインの鉄瓶を製造するため、過去の製法にとらわれない、新しい技術を使った鑄型の製作法を検討した。本研究ではコンピュータによって正確な外形と内形の鑄型原型を作製し、鑄型をおこすことで、鉄瓶（銚子）の試作に成功した。その結果、回転形状製品とほぼ同じ時間（2週間程度）で、形状が正確で肉厚の均一な製品を製作することができた。

キーワード：南部鉄器、鑄型、CAD

Study of Making Free Form for Traditional *Nanbu* Iron Casting

NAGASHIMA Hiroyuki, MACHIDA Toshikazu and IKE Hiroyuki

The *Nanbu* iron kettle which is produced with traditional making method, those of rotary form are many from technical restriction, and, design was tend to become uniform ones. Then, in order to produce the iron kettle of new designs, the method of the making mold which used new ideas where it is not restricted by past making method, was examined. In this study, the iron kettle were succeeded in trial manufacture by making the mold prototype of the accurate shape with the computer. As a result, the almost same time as the traditional making method, it was possible to produce the uniform iron kettle of form being accurate and wall thickness.

key words : *Nanbu* Iron Casting, Molding, CAD

1 緒 言

南部鉄器は江戸時代、南部盛岡藩の庇護育成を起源とし、その重厚かつ繊細な造形の魅力から、現在でも盛岡を代表する特産品である。

盛岡近郊に点在する南部鉄器の工房は、伝統的な惣型製作法によって鑄型を製作しており、これを通称「焼型製法」と呼んでいる（図1）。「焼型製法」という呼称は



図1 伝統的南部鉄器の製作の様子¹⁾

一般的な分類²⁾では別の鑄型製作法を指すが、ここでは南部鉄器業界の呼称に合わせて「焼型製法」と呼ぶ。

この「焼型製法」は、素焼きの型枠（実型）に鑄物砂と粘土水（はじろ）を混入した泥状の真土をつけ、製品の断面形状をした鉄板（木型）を回転させて型を整形し、焼いて乾燥させる鑄型の製法である。

この方法は薄肉で精密な鑄造品が得られる反面、基本形状が回転形に制限され、自由な形状の製作が困難である。これでは製品のデザインが画一的なものになり、昨今の価値観や嗜好の多様化に対応できず、使用者・購買者の拡大を阻害する。

そこで、従来方法にとらわれない簡便な自由形状の鉄器鑄型の製作方法を検討した。

2 方 法

「焼型製法」で回転形状でない鉄器を製作する場合の問題点は、木型が使えず、鑄型製作のほとんどが手作業のため、正確性を要する形状（幾何学形状や対称な形状）を製作することが難しく、作れる数が少ないことである。

* 特産開発デザイン部

** 材料技術部

そこで、正確なプロポーションの鉄瓶が得られる簡便な方法を検討するために、3次元CADシステムの特徴である設計の正確性を用い、かつ、伝統製法にとらわれない方法によって、回転形ではない形状の鉄瓶(銚子)の試作を行った。今回の検討項目は以下の2点である。

1) プロポーションの正確さ

試作品の任意各部分の寸法測定値を設計寸法値と比較し、誤差±0.5mm以内を目指す。

2) 作業工程の複雑さと作業時間

工程の簡便さは作業時間の短縮と考え、原型製作から型ばらしまでの作業時間を、現状の回転形状の鉄瓶並み(約2週間)以下を目指す。

2-1 試作のデザイン

今回は試作に銚子を選択した。銚子は鉄瓶の中でも価格帯が高く、審美性の要求から高度な技法の必要性が多いため、試作に最適と判断した。

胴の形状は上面から見て正八角形を縦方向のみ縮小し、長手方向の頂点の一方を、口と同じ幅の面で切り落とした変形9角形とした。

また、上面が薄い円錐状のため、型の分割線(毛合せ)が直線ではなく、9角形の各辺がアーチを描いている。通常「焼型製法」ではこのような胴の形状を正確に製作するのは至難の業と言える。

口は銚子口と呼ばれるオーソドックスな形状に、鍔付きは装飾のないシンプルな形状とした。各部の厚みは2.7mmとした(図2)。

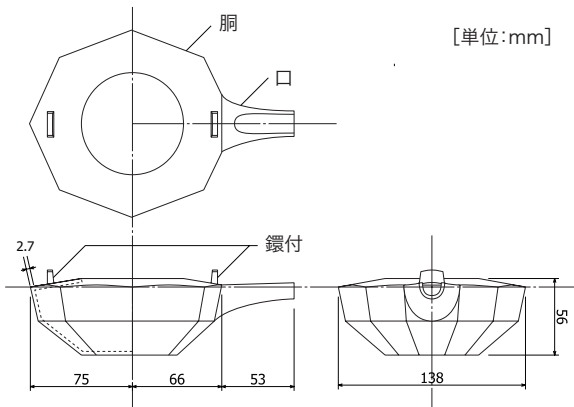


図2 検討試作の2次元図面

2-2 3次元データの製作

2次元図面を元に、鋳型原型の3次元データを作成した。データは銚子の形状、型の分割線等を踏まえ、上型、下型、中子取り用上・下型、口の中子取り用左・右型の計6個を作成した。

使用ソフトは形状データとSTLデータの作成にAlias社製 AutoStudio 9.7、STLデータの編集にMaterialise社製 Magics 8.0を使用した。

2-3 鋳型原型の製作

原型データを使用し光造形装置(シーメット社製 SOUP600HGS)を用いて鋳型原型を製作した。光造形装置は液状の紫外線硬化性樹脂をレーザー光線で硬化さ

せ、立体を積層造形する装置である。切削式の造形装置に比べ治具などの前準備の必要がなく、複雑な形状でも短時間で成果物を得ることが可能である。

2-4 鋳型の製作

鋳型には外型、中子取り型ともに炭酸ガス硬化鋳型を選択した。炭酸ガスによって鋳物砂を硬化させるこの鋳型製作法は、特別な下準備や後処理が不要で、製作時間も早く、鋳肌も工芸鉄器として良好等の利点がある。

2-5 注湯

注湯材料はFC250を使用し、溶解には高周波溶解炉を用いた。注湯温度は1,450℃~1,470℃の間を保った。

2-6 仕上げ

今回は鋳造法の試作であるので、仕上げは簡易的に行うこととし熱処理や塗装は省略した。湯口を切り落とし、セキ、バリなどをグラインダー、ヤスリで仕上げた後にサンドブラスターで表面の汚れを落とした。

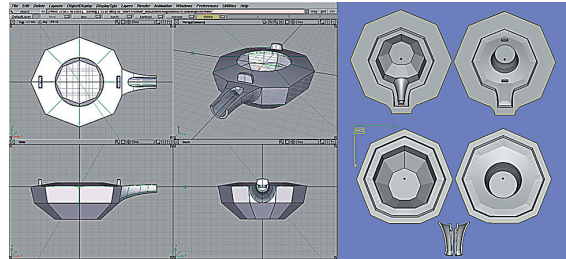
3 結果及び考察

3-1 結果

3-1-1 3次元データ

データ作成は、まず図面通りに銚子の形状データを作成し、次にそれを鏡面反転、それぞれの型の分割線で分け、中子を保持する部分(はばき)と上・下型を合わせる段差(まな)を追加して原型データとした(図3)。

原型データの作製に要した時間はのべ2日間である。



左: 面データ、右: 原型データ

図3 試作の3次元データ

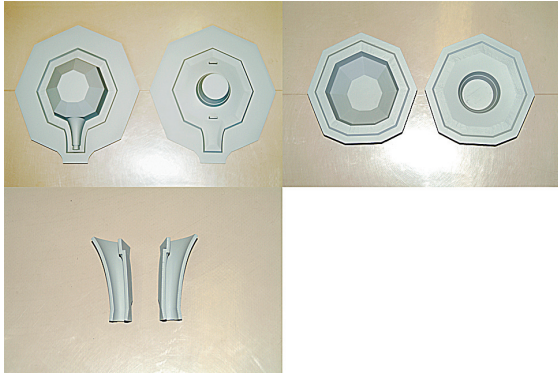
3-1-2 鋳型原型

光造形装置による鋳型原型の造形に要した時間は22時間0分20秒であった。しかしながら、造形物には光造形装置の原理上、表面に階段状の段差が現れる。そこで、なめらかな鋳肌を得るために積層段差に、パテ埋め、目止め材(自動車塗装用サーフェーサ)の塗装、ペーパー掛け等の下地処理を何度か繰り返した(図4)。よって原型の完成までにのべ3日間が必要であった。

3-1-3 鋳型

鋳物砂には外型、中子ともにムライト質人工砂「セラビーズ60」の650メッシュに水ガラス7%配合したものを十分に混練して使用した。完成した各鋳型(図5)は、一昼夜以上自然乾燥させた後、それぞれの摺り合わせを確認し、注湯直前に型合わせを行った。

鋳型は合計3組制作し、1組の製作時間は約1~2時間程度であった。



左上：外型原型、左下：口中子取り型、右上：中子取り型
図4 完成した鋳型原型



左上：上型、左下：下型、右上：中子、右下：上型
図5 完成した鋳型

1) 外型の製作

破損防止のため裏側から油土のバックアップを行った原型を定盤上に配置し、型枠を合わせ、離形材をふり、砂を込めた。硬化には型の表裏にそれぞれ7～10分程まんべんなく炭酸ガスを散布した。

硬化後、鋳肌面に湯流れと鋳肌表面の向上のため、エタノールで溶いたジルコン系塗型材を塗布し乾燥させた。

2) 中子の製作

胴の中子製作は、中子取り用の上型、下型にそれぞれ砂を込め、両型を合わせて型込めした。その後、そつと上型をはずし炭酸ガスを散布して、ある程度硬化したあと、下型をはずしもう一度炭酸ガスを散布した。

また口の中子の製作は、離形材を散布した口の中子取り型左右それぞれに砂を込め、左右を擦り合わせて押しえながら口の中子を製作した。次に炭酸ガスを1分程度、型の上から散布し、さらに型からはずしてもう一度炭酸ガスを散布した。

両中子共に、外型同様、塗型材を塗布し乾燥させた。

3-1-4 試作完成品

注湯は合計で3回行った。一回の注湯毎に一組の型を使用し、穴等の不良部分の発生具合を確認、鋳型の改良を行った。その結果、3回目の注湯で、視認上の不良については現状鉄器製品と変わらないレベルの試作品（図6）を得ることができた。



図6 完成品

以下に起きた不良と改良の結果を述べる。

1) 型の分割線

型合わせを行った時、上型と下型が分割線面で接しない状態であった。これは上型と下型の位置合わせの段差（まな）が途中でぶつかっていたためであった。型合わせ時の原型の誤差を考え、データ作成時に段差に余裕として0.5mmの隙間を持たせてはおいしたが、原型のサーフェイサの塗膜厚や鋳型の塗型材の厚みで合わなかった。

型合わせ時に下型の段差の外側を削って、上型のまなが収まるように段差の角度を浅くし、パーティングラインの面で合うように型の修正加工を行った。

2) 口

一回目の注湯時に口の下面部に大きな穴が生じた。注湯時に口の中子が浮力で浮いたためと思われる。

そこで口の中子に針金（芯金）を入れ、中子と接する部分で針金の先を飛び出させた。また中子にも針金が入る穴を空け、注湯時に針金が引っかかり口の中子が浮かないよう改良を行った。

3) 型持ち

「焼型製法」では注湯時に中子が浮力で浮かないよう、底の部分に型持ちといわれる鉄片を2～3枚配置する。その部分で穴が生じた。型持ちの固定のためには通常、粘土（真土）を使用する。この真土に含まれる水分が注湯時に蒸発し、ガスとなって欠陥を引き起こしたと思われる。真土をよく乾燥させ使用したところ穴は見られなくなった。

4) 中子

2回目の注湯時に胴の半分近くに「割れ」が入った。注湯後の鋳鉄の冷却収縮時に何らかの原因で「割れ」が入り、多角形を構成している辺の部分に沿って割れたと思われる。

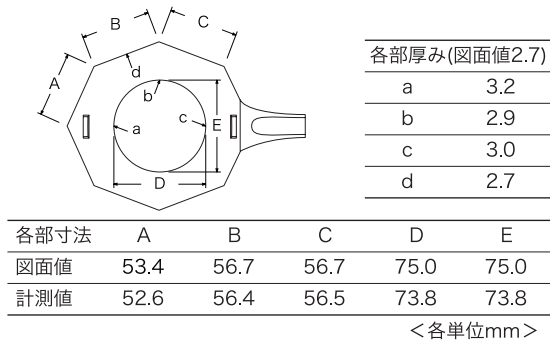
そこで内側からの応力に鉄瓶が耐えられるように中子の角を丸く削り落とした。また、中子の強度が高く、収縮する鋳鉄が耐えられなかった可能性もあり、中子製作時に砂をあまり込め過ぎないように注意し、また鋳物砂の節約と軽量化も兼ね、中心部を空洞化した。

3-2 考察

3-2-1 プロポーションの正確性

設計寸法と完成品の寸法との差を検証すべく、任意の各部位、厚みについて4箇所、外形寸法について5箇所の任意の各部位について計測を行った。その結果、計測した各部厚み、外形寸法の7箇所は目標の±0.5mm以内に収まった。ただし輪口の直径D、Eについては1.2mm(中心からの半径としても0.6mm)収縮している(表1)。直交するD、Eの収縮差が同値ということから均等に収縮し、大きなプロポーションの崩れはないと考えるが、鋳物の収縮率(鋳鉄は8/1000程度)等も考慮し、原因を追求する必要性はある。

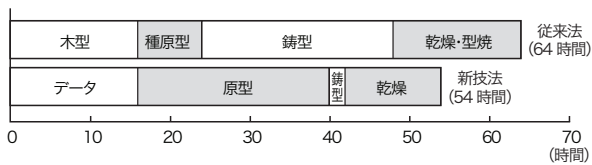
表1 各部寸法比較表



3-2-2 作業時間

原データ作成から約3週間、実質作業時間約12日間で、形状が正確で肉厚の均一な製品を試作することができた。ただし、鋳型の改良を考えなければ、ほぼ従来法と変わらない時間、約2週間弱で完成品を得ることができると考える(表2)。特に従来法では困難な削り出しによる中子の製作も、中子取り型の製作が可能な今回の技法は時間的短縮を図れる。

表2 鋳型製作予想時間比較表



容量1.2L程の鉄瓶の胴型製作とし、蓋、絵付・文様は考えないものとする。1日の作業時間を8時間とし、作業に要する時間だけを計上する。

3-2-3 課題

1) 原型の製作

3次元CADによる原型の設計は、CAD等になじみの低い鉄器業界では導入が困難と思われる。しかし、工芸品鋳物は、工業用鋳物程の高精度は必要なく、簡単な技能と低価格な3Dモデリングソフトウェアで対応できると考える。

原型製作には特殊な装置を使用したがる、公設機関の装置貸付制度を利用すれば6万円前後(岩手県の場合)で製作できる。伝統的南部鉄器の商品開発コストとしては高価であるが、原型が一つあれば型の量産が可能となり、鉄瓶一つあたりのコストはそれほど高価ではない。また、低価格の造形装置でも製作可能である。

2) 鋳型の製作

今回使用した炭酸ガス硬化鋳型は、機械鋳物では一般的な鋳型製法であり、危険な化学物質等も使用せず、材料も安価で、取り扱いに技能を要するものでもない。しかし、伝統的な製法を守り続けている南部鉄器工房が炭酸ガス硬化鋳型の技術を取り入れるかは課題となるだろう。

また、「焼型製法」は1つの型で複数個製品が製作できるが、炭酸ガス硬化鋳型は1つの型で1製品しか製作できない。ただし、これには時間的、経済的コストに関する利点の検証が必要で、鋳型の製作時間が圧倒的に短いガス型の利点は大きいと予想する。

また、中子に関しては手法はほぼ伝統的「焼型製法」と同様で、「焼型製法」で使用している鋳物砂を利用できる可能性もある。

3) 試作完成品

完成品の不良とはいえない多少の湯じわやヒケ、ピンホールは方案を含めた鋳型の改良の必要がある。この課題は現在の伝統的南部鉄器業界が日々抱えている問題であるが、材質や注湯条件等の様々な要因が関係する溶解法の課題でもあるので今回はあまり言及しない。

4 結 言

今回の試作により、3次元CADシステムによる設計の正確性と伝統製法にとらわれない方法で、以下のような結果を得ることができた。

- 1) 試作品の各部分の寸法測定値を設計寸法値と比較し、各部厚みと外形寸法5箇所中、3箇所誤差±0.5mm以内を達成できた。
- 2) データ作成から原型・試作品製作まで実質作業時間約12日間(約2週間弱)を達成できた。

現状でこの技術を生産品へ応用するには、鋳型製法の改良、原型の製作、割り型への応用、コスト等、まだ課題も多い。しかしながら、この技法を使用すれば、今回のような幾何学形状や3次元自由曲面のつながった形状など、鉄器のデザインが広がる可能性は高く、伝統的な南部鉄器に新しい形の商品が誕生する可能性が期待でき、新しい使用者、購買層を獲得できると考える。

文 献

- 1) 南部鉄器協同組合編：南部鉄器 その美と技，1990.3.30，岩手県南部鉄器協同組合連合会
- 2) 鋳物データブック，株式会社岡本，<http://www.nbk-okamoto.co.jp/data/d000.htm>
- 3) 造形技術教本編集部会編：鋳型技術シリーズ2 鋳型の生産技術，1995.1.20，(財)素形材センター
- 4) 堀江皓：伝統的工芸品シリーズ 南部鉄器，2000.6.30，理工学社

Study on Microstructure of Cermet Powder Layer Inserted by Molten White Cast Iron

Hiroyuki Ike*, Shoji Goto**, Yoshiyuki Shobuzawa*, Setsuo Aso**, Yoshinari Komatsu** and
Nobuo Konishi***

In order to improve wear resistance of white cast iron, cermet powder layer only and cermet powder layer mixed with some metallic powder were inserted by molten 27 mass % Cr white cast iron at 1773K. Various sizes of the cermet powder were adopted for the insertion. The microstructure of surface and vertical cross-section of the inserted layer was examined to investigate castability of the molten cast iron for this powder layer. The results obtained are as follows. (1) For the cermet powder size of more than 3.4 mm, the inserted layer shows satisfactory metallographic structure. (2) For the cermet powder size of less than 3.4 mm, many voids are located in the inserted layer and cermet powder remain, but good metallographic structure is obtained by the addition of Ni powder or Cr powder. (3) For the mixed cermet powder added 50 vol.% Ni powder, a compression method to make a compact is available to obtain a good microstructure of inserted layer. (4) A suspension method for the cermet powder in the mold is also effective to obtain the good microstructure because it is easy to obtain a good admission of the molten cast iron into the cermet powder.

白鑄鉄による粉碎サーメット粒子の鑄ぐるみ性評価

池 浩之*、後藤正治**、勝負澤善行*、麻生節夫**、小松芳成**、小西信夫***

白鑄鉄の耐摩耗性を向上させるために、サーメット粉碎粉のみ、又はサーメット粉碎粉に他の金属粉末を添加した混合粉末を強化材として、1773K の温度で溶解した 27%Cr 白鑄鉄溶湯で鑄ぐるみを行った。粉碎したサーメットの粒度は種々変化させた。そして強化材と白鑄鉄溶湯との鑄ぐるみ特性を調べるために鑄ぐるみ層表面および断面組織観察を行った。その結果以下の結論が得られた。(1) 粒径が 3.4mm 以上のサーメット粒子はほぼ鑄ぐるみ可能である。(2) 3.4mm 以下のサーメット粒子の場合は、ボイドが多くそのままでは鑄ぐるむことが出来ないが、Ni や Cr 粉末を添加することによりほぼ鑄ぐるむことが可能になる。(3) 50vol%Ni を添加した強化材を加圧成形したものは、完全に鑄ぐるむことが可能であり良好な鑄ぐるみ組織を示した。(4) 鑄型内でサーメット粒子を中空で保持すると良好な鑄ぐるみ層が得られた。その理由は、溶湯がサーメット粒子を覆うことが可能となるからである。

* 岩手県工業技術センター材料技術部

** 秋田大学工学資源学部

*** (株)小西鑄造

High-temperature Compressive-impact Fatigue Strength of Cermet Powder Layer Inserted by Molten White Cast Iron

Hiroyuki Ike*, Shoji Goto**, Yoshiyuki Shobuzawa*, Setsuo Aso**, Yoshinari Komatsu** and Nobuo Konishi***

In order to improve the high-temperature wear resistance of white cast iron, a cermet powder layer mixed with Ni and/or Cr powder was inserted by molten 27mass% Cr white cast iron. The microstructures of surface and vertical cross-section of the inserted layer were examined to investigate castability of the molten cast iron. High-temperature wear resistance of the inserted layer was examined by means of a high-temperature compressive impact fatigue test. The results obtained are as follows. (1) The inserted layer with 50vol.% Ni powder or 25vol.% Ni and 25vol.% Cr powder shows satisfactory metallographic structure, though the inserted layer with 50vol.% Cr powder includes some micro pores and voids. (2) The wear resistance decreases with increasing temperature for whole the inserted layers. The impact fatigue strength of the layer with 50vol.% Cr powder is highest in whole the inserted layers at higher temperature side. (3) However, the inserted layer with 50vol.% Cr powder shows many cracks connecting with the micro pores and voids after the impact fatigue test. Therefore, it is important to make an inserted layer without any micro pores and voids by using smaller sized cermet powder.

高 Cr 白鑄鉄溶湯によるサーメット鑄ぐるみ材料の高温圧縮衝撃疲労特性

池 浩之*、後藤正治**、勝負澤善行*、麻生節夫**、小松芳成**、小西信夫***

白鑄鉄の高温耐摩耗性向上を図るために、サーメット粉末に Ni や Cr を添加した粉末を 27mass%Cr 白鑄鉄で鑄ぐるみ表面硬化処理を行った。そして強化材と白鑄鉄溶湯との鑄ぐるみ特性を調べるために鑄ぐるみ層表面および断面組織観察を行った。さらに高温表面圧縮衝撃疲労試験により高温の耐摩耗性を評価した。その結果以下の結論が得られた。(1)各強化材を鑄ぐるみだ試験において、50vol.%Ni と 25vol.%Ni-25vol.%Cr を用いた場合は、健全な鑄ぐるみ層が得られた。しかし、50vol.%Cr を添加した粉末の場合はボイドやマイクロポアが観察された。(2)表面圧縮衝撃疲労試験において、いずれの鑄ぐるみ層でも、耐摩耗性は温度が高くなると低下した。50vol.%Cr を添加したサーメット鑄ぐるみ層の衝撃疲労強度は全試験範囲において最も強かった。(3)しかし 50vol.%Cr を添加したサーメット鑄ぐるみ層には、圧縮衝撃疲労試験後にボイドやマイクロポアを介して多数のクラックが発生した。したがって鑄ぐるみ層の圧縮疲労強度を高めるためには、サーメット粒子のサイズや形状を制御して、ボイドやマイクロポアなどを含まない健全な鑄ぐるみ層を作ることが重要と考えられた。

* 岩手県工業技術センター材料技術部

** 秋田大学工学資源学部

*** (株)小西鑄造

使用済みコンクリート型枠用合板からの高吸着性炭化物の製造

平原英俊*・佐々木 陽**・兼平賢一*・會澤純雄*・成田榮一*

Production of Charcoal with High Adsorptive Activity
from Waste Plywood Panel for Concrete FormHidetoshi HIRAHARA, Akira SASAKI, Ken-ichi KANEHIRA,
Sumio AISAWA and Eiichi NARITA

A large quantity of waste plywood panel for concrete form has recently been generated with progress of construction industry and its effective utilization become a social urgent problem. In this study, the production of charcoal from the waste plywood form and its adsorption characteristics were investigated. The virgin plywood form and the raw plywood material were also examined for reference. The plywood samples was first pulverized as a chip and carbonized at 500-1,000°C under nitrogen atmosphere using an electric furnace. The yield of the charcoal was slightly decreased with increasing carbonization temperature, being about 30% at 800°C in the same manner as ordinary charcoals. The specific surface area of the charcoal was increased remarkably at the temperature range over 800°C. X-ray diffraction analysis reveals that the partial graphitization proceeded at carbonization temperature range over 800°C, particularly in the case of the waste plywood form. In the experiments of adsorption in aqueous solutions, the charcoal from the waste plywood form was found to have 3-5 times activity in the adsorption of alkaline dye (methylene blue) and acidic dye (orange II) compared to that from the raw plywood material and about 15 times activity in the adsorption of bisphenol A which is one of endocrine disruptors. Chemical analysis shows that the content of metal ions such as Ca^{2+} , Na^+ , K^+ , Al^{3+} and Total-Fe was considerably larger in the charcoal from the waste plywood form than in that from the virgin plywood form and the raw plywood material. Therefore, the partial graphitization of the charcoal assumed to be accelerated by the catalytic action of the metal ions derived from concrete, which leads to the remarkable increase in the hydrophobicity of the charcoal surface, viz. in the adsorptive activity for organic compounds. It was concluded that the charcoal with high adsorptive activity could be produced from the waste plywood form without any additional activation procedures.

1. 緒 言

現在、大量生産そして大量消費の時代が終わりを告げ、地球環境の保全に関心が高まるなか、廃棄物及びリサイクル対策を推進することを目的とした循環型社会基本法が2000年6月より施行された。また、2002年4月施行の建築工事に係る資材の再資源化に関する法律(通称、建設資材リサイクル法)では、特定資材を使用している建設物の解体を行う場合、建設廃棄物の分別を現場で行い、コンクリート廃材、アスファルト廃材、そして型枠などの廃木材について再利用することを義務づけ、具体

的なリサイクル化を求めている。このような社会的要請の高まりを背景に、近年、建築系廃木材や間伐材などの未利用木質資源を炭化し、有効活用しようとする研究が多数行われてきている¹⁻⁶⁾。

機能性炭化物の開発としては、鈴木ら^{7)・8)}が金属イオン存在下で木材を炭化し、高い電磁波シールド機能を有する炭化物が得られることを報告している。佐々木らは地熱水や酸性温泉水で処理した木材が改質されるとともに、各種金属イオンを多く含むことに注目し³⁾、温泉水処理木材を炭化した場合、炭化物が部分的にグラファイト化しやすくなり、染料の吸着性能が向上することを報告している^{9)・9)}。また、木炭を硫酸鉄水溶液で処理することによって磁性木炭を調製し、磁気分離器を用いた各種染料の分離技術に関する報告もなされている⁹⁾。さら

平成14年11月7日 本会第109回例会において発表

*岩手大学工学部応用化学科

**岩手県環境保健研究センター衛生科学部

平成14年7月18日受理

Vol. 49, No. 4 (02-冬)

(15)

本論文の内容は岩手県工業技術センター平成13年度基盤的・先導的的事业にて取り組んだものです。

に、木材を化学修飾する研究や木質系廃材をチップ化し、セメントペーストと混合ブロック状に固化させて敷材として実用化へ向けた技術開発も行われ¹⁰⁾、未利用木質資源の新用途開発に対する多くの提案もなされてきている^{11)・12)}。しかし、このような機能性炭化物を製造する開発技術はあっても、建築廃材のように木質材だけを大量に選別することが不可能な場合、これらの技術を活用した炭化物を得ることは困難である。また、防腐、防虫処理された建築木材は有害な金属イオンを含んでいるため、炭化物としての有効活用には問題がある。

一方、建築廃材のなかでもビル、橋梁などの施工に利用されているコンクリート型枠用合板は、家屋解体廃棄物と違って、分別が困難なプラスチック、ガラス、瓦、その他畳や残廃などの異物が混入していないことから比較的再利用が容易な木質系廃棄物であると言われている。そこで本研究では、木質系廃棄物であり、かつ未利用資源となっている使用済コンクリート型枠用合板の有効利用として、それらの炭化物への変換を提案し、炭化に及ぼす型枠合板に浸透している金属イオンまたは付着しているコンクリート成分の影響を調べるとともに、得られた炭化物の吸着性能の評価を行った。

2. 実験方法

2.1 木材試料

木材試料は、廃棄処分されたベニヤ仕様のコンクリート型枠用合板（使用済型枠）をチップ状（5~10mm）に粉砕したものをを用いた。また、比較試料として未使用コンクリート型枠用合板（未使用型枠）、原材料の未使用合板（普通合板）も用いた。なお、コンクリート型枠用合板は、コンクリートとの離型性を改善するために塗装した後、メラミン樹脂の離型剤が塗布されている。

2.2 木材試料中の金属イオン含有量の定量

金属イオン含有量の定量は、木材試料を磁製するつぎに入れてマッフル炉（ヤマト科学株式会社製 FP22 型）で 750℃、1h 灰化し、得られた灰分を 0.1mol/dm³ HCl 水溶液 100cm³ に溶解後、偏光ゼーマン原子吸光光度計（株式会社日立製作所製 180-80 型）を用いて溶液中の金属イオン濃度を測定し、これより算出した。

2.3 炭化物の調製と評価

炭化は、木材試料を燃焼ポート（高アルミナセラミックス製、3.0×1.5×11.8 cm³）に入れ、電気炉（株式会社デンゲン製卓上真空・ガス置換炉 KDF75 型）内において窒素気流下（1.5 dm³/min）で行った。炭化の昇温速度は 6.7 °C/min、保持温度は 500、600、700、800、900℃及び 1,000℃で、保持温度に達してから 30min その温度を保持し、その後自然放冷した。得られた炭化物の収炭率は、灰分量を引いた木材試料の重量に対する炭化後の重量比から求め、比表面積は迅速表面積測定装置（柴田科学器機工業株式会社製 SA-1100 型）を用い、窒素吸着による BET1 点法により求めた。炭化物の結晶性は X 線回折装置（理学電気株式会社製 RINT2200 型）を用い Cu K α 線（40kV、20mA）により測定した。

2.4 染料とビスフェノール A の吸着

チップ状木材試料の炭化物は、100mesh 以下の粉炭を除去した後、105℃、24h 乾燥させてから染料の吸着実験に用いた。使用した染料は陽イオン性染料のメチレンブルー（MB；3,7-bis(dimethylamino)-5-phenothiazinium chloride, C₁₆H₁₈N₃S⁺Cl⁻）と陰イオン性染料のオレンジ II（OR II；sodium p-(2-hydroxy-1-naphthylazo) benzene sulfonate, C₁₆H₁₁N₂SO₃⁻Na⁺）である。染料の吸着実験は、初濃度 50、100、200、300 及び 400 μ mol/dm³ の染料水溶液 50cm³ を入れた 100cm³ 蓋付き三角フラスコに炭化物 0.10g を添加し、恒温振とう器（トーマス科学機械株式会社製 T-22S 型）を用いて 25℃で 144h 振とうした後、1h 静置して行った。その上澄み液中の染料濃度を吸光分光光度計（株式会社島津製作所製 UV-160 型）で測定し、吸着前後の濃度差より炭化物の単位重量あたりの MB または OR II の吸着量を求めた。なお、分析に使用した吸収波長は MB、OR II それぞれ 664.0nm と 485.0nm である。ビスフェノール A（BPA；2,2-bis(4-hydroxyphenyl) propane, C₁₅H₁₄(OH)₂）の吸着実験は、初濃度 50、100、120 及び 150 mg/dm³ の BPA 水溶液 50cm³ を入れた 100cm³ 蓋付き三角フラスコに炭化物 0.10g を添加し、恒温振とう器を用いて 25℃で 96h 振とうすることにより行った。その後、得られた懸濁液をメンブレンフィルターにより固液分離し、液相中の BPA 濃度を吸光分光光度計で測定した後、吸着前後の濃度差より炭化物の単位重量あたりの BPA の吸着量を求めた。なお、分析に使用した吸収波長は 276.4nm である。

Table 1 Content of metal ions in plywood samples

Plywood sample	Ash (%)	Content of metal ions (mg/g)							
		Na ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Al ³⁺	Mn ²⁺	Zn ²⁺	Total Fe
Raw plywood material	0.30	0.07	0.08	0.03	0.11	0.01	0.00	0.00	0.00
Virgin plywood form	0.60	0.07	0.13	0.08	0.97	0.00	0.02	0.00	0.01
Waste plywood form	3.10	3.92	1.84	0.09	17.00	0.50	0.01	0.01	0.39

3. 結果と考察

3.1 木材試料の灰分率及び金属イオン含有量

木材試料に含まれる灰分及び単位木材あたりの金属イオン含有量を表1に示す。使用済型枠の灰分率は、普通合板の灰分率0.30%と比較して約10倍の3.10%であった。また、 Ca^{2+} 、 Na^+ 、 K^+ の金属イオンが3~17 mg/g、 Al^{3+} 、T-Feが0.39~0.5mg/gと、いずれも未使用型枠より多く存在することが確認された。これらの金属イオンはコンクリートから型枠に浸透したものか、もしくは型枠に付着したコンクリート残痕からのものである。

3.2 炭化物の収炭率及び比表面積

炭化の度合いを示す収炭率は、一般に炭化の進行とともに減少する。炭化物の収炭率に及ぼす炭化温度の影響

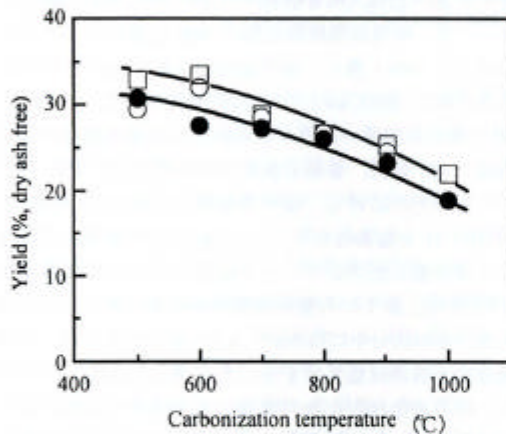


Fig.1 Effect of carbonization temperature on yield of charcoals produced from waste plywood form (○), virgin plywood form (●) and raw plywood material (□).

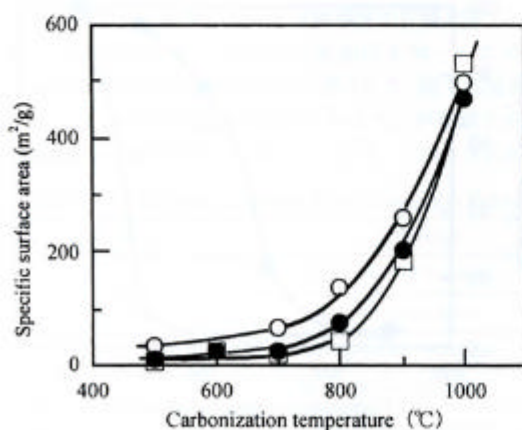


Fig.2 Effect of carbonization temperature on specific surface area of charcoals produced from waste plywood form (○), virgin plywood form (●) and raw plywood material (□).

を図1に示す。いずれの炭化物も炭化温度の増加とともに収炭率は減少した。温泉水処理した炭化物のように金属イオンが多くなれば炭化度は増大し、収炭率は減少すると言われているが³⁾、本実験では普通合板炭化物に比べ金属イオンの含有量の多い使用済型枠炭化物の収炭率はわずかに小さく、未使用型枠、使用済型枠中の金属イオンの含有量と収炭率との間に明確な傾向は見られなかった。炭化物の比表面積に及ぼす炭化温度の影響を図2に示す。各炭化物の比表面積は炭化温度が上昇するとともに増加する傾向が見られた。炭化温度800°Cの場合を比較すると、未使用型枠炭化物の比表面積が100 m²/gであるのに対し、使用済型枠炭化物の比表面積は約180 m²/gと高い値を示し、明らかに差が見られた。しかし、炭化温度1,000°Cの場合では、いずれの炭化物も約500 m²/gの比表面積となっており、木材試料において差は認められなかった。

3.3 炭化物のXRD

炭化温度800°Cで得られた使用済型枠、未使用型枠及び普通合板からの炭化物のXRD図を図3に示す。2θ=26.4deg付近にみられるグラファイトの回折ピークが普通合板炭化物、未使用型枠炭化物では検出されなかったが、使用済型枠炭化物ではわずかに検出され確認された。グラファイトの(002)面の反射を示す2θが26.4degに対して、使用済型枠炭化物のグラファイトの2θが0.5~1deg低角度に現れたことは、グラファイト化がまだ十分に進まず面間隔が広いと考えられる。炭化温度700°C~1,000°Cで得られた使用済型枠炭化物のXRD図を示した図4からも、部分的なグラファイト化を示す回折ピーク強度が炭化温度800°C以上で増大していることが確認された。カルサイトは炭化温度上昇とともに分解して減

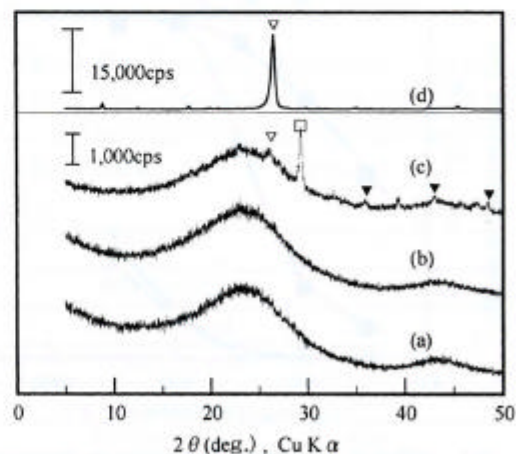


Fig.3 X-ray diffraction patterns of charcoals produced at 800°C from (a)raw plywood material, (b)virgin plywood form, (c)waste plywood form and (d)graphite as reference. (▽)graphite and (▼)calcite

少していることが明らかである。木材を酸性水溶液で煮沸処理するとセルロースの結晶領域がわずかに成長することは知られている¹⁴⁾。また、合成温泉水(湯花懸濁液)で煮沸処理した木材の結晶領域が溶液中の鉄イオンの影響を受けて成長することも確認されている¹⁵⁾。さらに、これらの木材試料を炭化した場合、部分的なグラファイト化の進んだ結晶性炭化物が得られることも見出されている³⁾。以上のことから、使用済型枠合板に浸透あるいは付着したコンクリートからの金属イオンが、炭化時の結晶性向上に寄与したものと考えられる。

3.4 炭化物の吸着特性

木炭への吸着は、化学吸着と物理吸着の二つの異なる

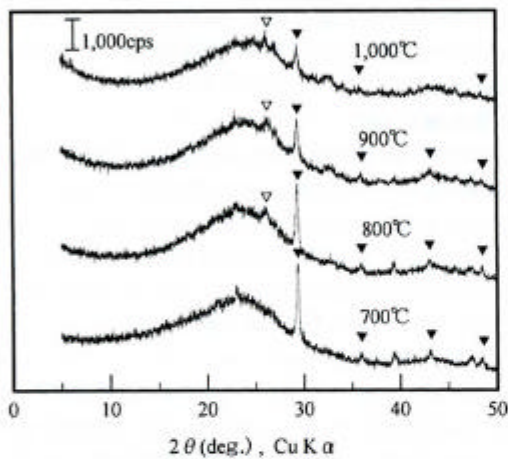


Fig.4 X-ray diffraction patterns of charcoals produced from waste plywood form at various carbonization temperatures. (▽)graphite and (▼)calcite

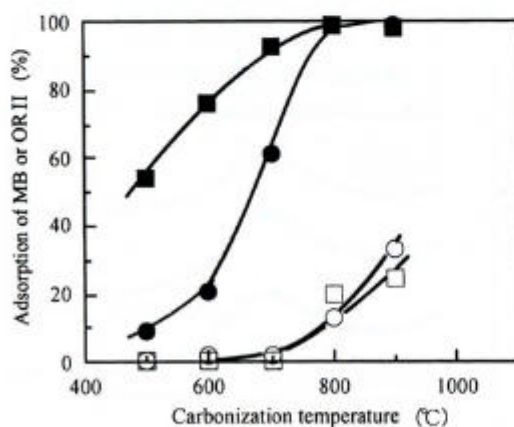


Fig.5 Effect of carbonization temperature on adsorption of MB (■□) or OR II (●○) by charcoals produced from produced raw plywood material (□○) and waste plywood form (■●). Initial concentration; $50 \mu \text{mol}/\text{dm}^3$

様式によって起こることが知られている。化学吸着は木炭表面に存在する COO^- 基をはじめとする表面官能基と吸着物質との間で静電引力の相互作用により起こり、吸着速度は遅いが、吸着熱が高いといった特徴を持つ。一方、物理吸着は細孔部分への吸着物質の取り込みと、部分的に成長したグラファイト化領域の π 電子が吸着物質との間で疎水的相互作用を起こして生じることから、吸着速度は速く、吸着熱が低いといった特徴を持つ。また、化学吸着が単分子層の吸着であるのに対し、物理吸着は多分子層の吸着が可能である。

各炭化物への陽イオン染料 MB と陰イオン性染料 OR II の吸着率に及ぼす炭化温度の影響を図 5 に示す。700°C 以下で炭化した普通合板炭化物の場合、MB、OR II ともにほとんど吸着せず、800°C 以上で炭化した場合でも MB 吸着率が 20~23%、OR II 吸着率は 10~25% と低い値であった。一方、使用済型枠炭化物の MB 吸着率は 500°C の炭化時でも 50% と高く、炭化温度が上昇するとさらに値は大きくなり、800°C 以上ではほぼ 100% 吸着した。また、OR II の場合も同様の傾向が見られた。吸着実験後の MB 水溶液の pH 値は、普通合板炭化物を使用した場合 pH6~7 であったのに対し、使用済型枠炭化物を用いた場合は pH10~11 と塩基性を示した。これは使用済型枠に浸透もしくは付着したコンクリート成分によるもの推測される。すなわち、表 1 から使用済型枠炭化物の灰分が 3.10% であり、その灰分中には Na^+ 、 K^+ が含有するため、吸着実験後の水溶液は塩基性を示したと考えられる。したがって、使用済型枠炭化物の表面は水溶液中では負により強く帯電しており、静電引力による相互作用により陽イオン性染料である MB が化学吸着していると考えられる。また、炭化温度の増加とともに炭化物の比表面積が増加

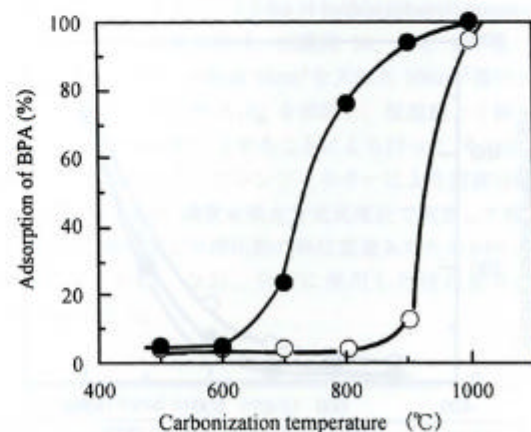


Fig.6 Effect of carbonization temperature on adsorption of BPA by charcoals produced from raw plywood material (○) and waste plywood form (●). Initial concentration; $50 \mu \text{mol}/\text{dm}^3$

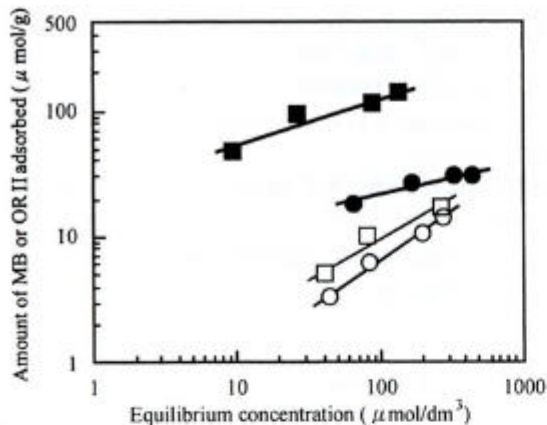


Fig.7 Freundlich's adsorption isotherms of MB (■□) or OR II (●○) by charcoals produced at 800°C from raw plywood material (○□) and waste plywood form (●■).

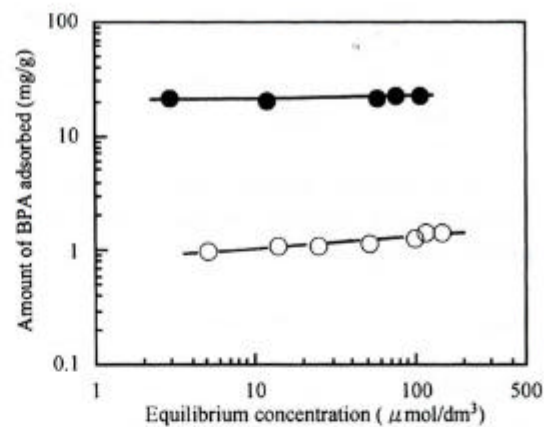


Fig.8 Freundlich's adsorption isotherms of BPA by charcoals produced at 800°C from raw plywood material (○□) and waste plywood form (●■).

し、グラファイト化が進行していることから物理吸着の起こるサイトの増加が吸着に影響したものと思われる。特に、陰イオン性染料のOR IIの場合、グラファイト化領域の π 電子との間で強い疎水的相互作用が働き、これにより高い吸着率を示したものと考えられる。以上のことから、普通合板炭化物に比べ、使用済型枠炭化物の陽イオン染料のMBと陰イオン性染料のOR IIの吸着率が高いことが明らかとなった。各炭化物へのBPA吸着率に及ぼす炭化温度の影響を図6に示す。900°C以下で炭化した普通合板炭化物はほとんどBPAを吸着しないのに対し、使用済型枠炭化物の吸着率は700°Cで25%、800°Cで75%、900°Cで82%ときわめて高い値となった。炭化温度の増加とともにBPAの吸着率は増大するが、1,000°Cでの炭化物はともにほぼ100%の吸着率を示した。各炭化物による染料及びBPAの吸着量に及ぼす平衡濃度の影響を図7と図8にそれぞれ示す。炭化物の表面は不均一のため、Freundlich吸着等温型の吸着が予想された。図7と図8より得られる吸着等温線は直線となることが確認され、Freundlich吸着等温式に一致した。また、このとき式から

得られた K の値及び n の値を表2に示す。染料及びBPAの吸着において、普通合板炭化物に対し、使用済型枠炭化物は K の値、 n の値ともに著しく大きい値を示した。また、使用済型枠炭化物は n の値が2以上であることから、優れた吸着物質であると考えられる。BPAは非イオン性物質であることから、その吸着能は炭化物の表面官能基に依存しない。また、使用済型枠炭化物は、炭化温度が高いと比表面積が増加し(図2)、含まれる金属イオンの触媒的な作用により部分的なグラファイト化が進行する(図3、図4)。したがって、BPAの吸着量の増加は炭化物の物理的な吸着サイトの増加し、疎水的相互作用がより強くなるためと考えられる。

4. 結 言

木質系廃棄物として現在大量に発生している使用済コンクリート型枠用合板を取り上げ、これを炭化するとともに、得られた炭化物の物理化学的特性及び吸着性について検討した結果、以下のことが明らかとなった。

Table 2 Adsorption constants K and n values in Freundlich's equation

Adsorbate	Charcoal	K	n
MB	Raw plywood material	0.74 (μ mol/g)	1.10
	Waste plywood form	22.20 (μ mol/g)	2.71
OR II	Raw plywood material	0.28 (μ mol/g)	1.42
	Waste plywood form	6.02 (μ mol/g)	3.71
BPA	Raw plywood material	0.77 (mg/g)	9.72
	Waste plywood form	19.80 (mg/g)	55.70

Freundlich's equation ; $\log W = \log K + (1/n) \log C$

W ; adsorbed amount (μ mol/g or mg/g), C ; equilibrium concentration (μ mol/dm³ or mg/dm³)

K ; adsorption constant (μ mol/g or mg/g) , n ; adsorption constant

- 1) 使用済型枠用合板には、 Ca^{2+} 、 Na^+ 、 K^+ 、 Al^{3+} 及びT-Feなどの金属イオンが多く含有していた。
- 2) 型枠用合板の種類に関わらず、取炭率は炭化温度の上昇とともに減少したが、種類によって大きな差は見られなかった。
- 3) 炭化物の比表面積は炭化温度の上昇とともに増加し、使用済型枠炭化物は、炭化温度700~900℃において普通合板炭化物や未使用型枠炭化物よりも高い比表面積を示した。
- 4) 800℃で炭化した普通合板炭化物や未使用型枠炭化物からはグラファイトの回折ピークが確認できなかったが、使用済型枠炭化物からは確認できた。このことから使用済型枠に含まれる金属イオンが、炭化物の部分的なグラファイト化を促進したものと考えられる。
- 5) 800℃で炭化した使用済型枠炭化物は、普通合板炭化物に比べ染料の吸着性能が約3~5倍、BPAの吸着性能が約15倍であった。Freundlich吸着等温線から使用済型枠炭化物はnの値が2以上であることから、優れた吸着剤であると考えられる。
- 6) 使用済型枠からの炭化物は特別な活性化過程を必要とせず、炭化温度を低く押さえたままで染料及びBPAに対して高い吸着特性を有することがわかった。使用済コンクリート型枠用合板の有効利用方法の一つとして、環境ホルモン浄化をはじめとする水質浄化への応用が期待される。

最後に、本論文作成に当たり、ご協力を頂いた岩手大学工学部の高橋 諭技術専門職員に心より謝意を表します。

参 考 文 献

- 1) 石原茂久：木材学会誌，42，8，pp.717-723 (1996)
- 2) 石原茂久：材料，48，5，pp.473-482 (1999)
- 3) 佐々木陽，成田榮一，森邦夫：高分子論文集，54，5，pp.316-324 (1997)
- 4) 佐々木陽，成田榮一，森邦夫：高分子加工，47，3，pp.132-138 (1998)
- 5) 佐々木陽，蓬田茂，梅津芳生，成田榮一：木材学会誌，47，2，pp.171-179 (2001)
- 6) 甲斐登起雄，山本哲平，金川靖，石原茂久：資源処理技術，48，3，pp.158-167 (2001)
- 7) 鈴木 勉，藤沢武範，中西嘉美雄，二保正美：第49回日本木材学会大会研究発表要旨集，東京，p.462 (1999)
- 8) 鈴木 勉，麦島光彦，山田哲夫，本間恒行：木材学会誌，38，5，pp.509-515 (1992)
- 9) I. Safarik, K. Nymburska, M. Safarikova : J. Chem. Tech. Biotechnol., 69，1，pp.1-4 (1997)
- 10) 公開特許公報，平 11-001356
- 11) 秋山 俊夫 編著：木材のリサイクル，産調出版(1998)
- 12) 山田 正編：木質環境の化学，海青社(1987)
- 13) Y. Kurimoto, S. Doi, M. Aoyama : J. Wood. Sci., 47，1，pp.76-79 (2001)
- 14) 高橋雅恵，竹内はる子：繊維学会誌，35，3，pp.99-104 (1979)
- 15) 佐々木陽，蓬田茂，梅津芳生，成田榮一，森邦夫：高分子論文集，56，2，pp.61-67 (1999)

岩手県工業技術センター研究報告

2004年

第11号

平成16年7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
