
研究報告

2008

第15号



平成20年6月

Journal of
Local Independent Administrative Agency
Iwate Industrial Research Institute

2008 June Vol. 15

**地方独立行政法人
岩手県工業技術センター**

◆ 複写ご利用について

必要に応じて、印刷してご利用ください。

◆ CD-ROM 版について

- (1) 一般オーディオ用 CD プレーヤでは絶対に再生しないで下さい。大音量によって耳に障害を持ったり、スピーカを破損する恐れがあります。
- (2) 内容は PDF 文書として収録しており、Adobe Acrobat Reader 5.0 以上、または Adobe Acrobat 5.0 以上など、PDF(1.4)文書を閲覧できるソフトウェアが必要です。Acrobat Reader は、Adobe 社の製品です。お手元にない場合は、Adobe 社のサイト (<http://www.adobe.co.jp>) にアクセスして入手して下さい。



岩手県工業技術センター

〒020-0852 岩手県盛岡市飯岡新田 3-35-2

TEL: 019-635-1115

FAX: 019-635-0311

ホームページ URL: <http://www.pref.iwate.jp/~kiri/>

お問い合わせ E-mail: CD0002@pref.iwate.jp

平成 20 年 8 月 第 15 号

目 次

◆ 材料・電子・機械系

- 1 ZnO 単結晶基板を用いた UV-C 紫外線検出器に関する研究
(重点研究：JST シーズ発掘試験)
遠藤 治之、菊池 三千子、芦生 匡史、目黒 和幸、藤澤 充、
羽根 一博、柏葉 安兵衛 1
- 2 表面プラズモンを利用した局所ラマン分光による半導体表面の微量分析
(重点研究：NEDO 産業技術研究助成事業)
目黒 和幸、小川 力、園田 哲也、小野 元、渡邊 洋一、岩松 新之輔 . . . 5
- 3 非接触法による 3 次元形状高精度測定技術の開発
(主要研究：地域新生コンソーシアム研究開発事業)
和合 健、米倉 勇雄 9
- 4 射出成形離型直後からのプラスチック製品の寸法変動の観察
(主要研究：地域新生コンソーシアム研究開発事業)
和合 健、千田 征樹 12
- 5 唯一形状製品（我杯・カタノブ）の生産技術高度化
(主要研究：企業ニーズ型共同研究事業)
長谷川 辰雄、小林 正信、高橋 和良、小原 美栄子、佐々木 知子 . . . 18
- 6 低切断荷重はさみの切断荷重の推定
(主要研究：都市エリア産学官連携促進事業発展型)
飯村 崇、長嶋 宏之、井上 研司、井山 俊郎、本村 貢 22
- 7 Cr、Mn 量を変化させた球状黒鉛鋳鉄チル試験片のチル面積率と硬さとの関係
(主要研究：NEDO 産業技術研究助成事業)
池 浩之、高川 貫仁、岩清水 康二 29
- 8 創成放電加工による微細穴の高精度化
(基盤的・先導的技術研究開発事業、岩手・宮城・山形連携会議共同研究)
和合 健、飯村 崇、触沢 晃 33
- 9 アルミニウム溶湯の清浄度改善による鋳造品の品質向上技術の開発
(基盤的・先導的技術研究開発事業)
岩清水 康二、池 浩之、高川 貫仁 38

- 10 任意形状ワーク持ち回り測定
(産業技術連携推進会議知的基盤部会計測分科会形状計測研究会共同実験)
和合 健、米倉 勇雄 41

◆ 環境・デザイン系

- 11 未利用資源を活用した藻礁ユニットの大型化
(主要研究：企業ニーズ型共同研究事業)
八重樫 貴宗、和田 清美、浪崎 安治 45

- 12 景観に配慮した防護柵の塗り替え塗装仕様の開発
(基盤的・先導的技術研究開発事業)
三上 義徳、穴沢 靖、飯村 崇 49

- 13 ホタテ貝殻複合材料のためのエアフィルターの開発
(北東北三県連携会議共同研究)
白藤 裕久、浪崎 安治、八重樫 貴宗 55

- 14 未利用資源のS P M捕集材としての可能性の検討
(基盤的・先導的技術研究開発事業)
八重樫 貴宗 60

- 15 一体焼成技術による貝殻の資源化と木炭の高機能化 (第一報)
(基盤的・先導的技術研究開発事業)
八重樫 貴宗 64

- 16 木製学校用家具の導入に関する意識調査
(基盤的・先導的技術研究開発事業)
有賀 康弘 68

- 17 ユニバーサルデザイン鉄瓶シリーズの開発
(日本デザイン学会誌「デザイン学研究 作品集」から転載)
長嶋 宏之、町田 俊一、有賀 康弘、小林 正信、東矢 恭明、村上 詩保 . 74

◆ 食品加工・醸造系

- 18 岩手県産酒米育種系統の醸造適性評価(VIII)
(主要研究：「吟ぎんが」「ぎんおとめ」ブランド支援研究推進事業)
米倉 裕一、平野 高広、山口 佑子、中山 繁喜 78

- 19 介護予防のための煮魚製品開発 (II)
(主要研究：産学官連携研究プロジェクト事業 (新夢県土))
武山 進一、西田 沙耶香、小野 昭男、遠山 良 81

20	ひえ3系統の製麴試験と麴の糖化 (主要研究：さんりく基金県北・沿岸振興支援事業) 畑山 誠、遠山 良	86
21	優良清酒酵母の選抜 (基盤的・先導的技術研究開発事業) 米倉 裕一、中山 繁喜、平野 高広、山口 佑子	89
22	赤ワイン用ぶどうの醸造試験 (基盤的・先導的技術研究開発事業) 平野 高広、山口 佑子、米倉 裕一、大野 浩、田村 博明	92
23	ゆきちからベーグル開発 (基盤的・先導的技術研究開発事業) 島津 裕子、佐藤 美佳子	96
24	片面シソ飲料に含まれるロズマリン酸の定量 (基盤的・先導的技術研究開発事業) 及川 和志、藤田 清	101
25	エゴマ種子に含まれる栄養成分および機能性成分 (基盤的・先導的技術研究開発事業) 及川 和志、遠山 良	107
26	未精白ヒエを用いたパンの開発 (基盤的・先導的技術研究開発事業) 菊地 淑子	114

Journal of Local Independent Administrative Agency

Iwate Industrial Research Institute

2008 August Vol.15

— Contents —

◆ Material & Electronics & Mechanics

1. Studies of a UV-C Detector Using a ZnO Single Crystal Substrate
ENDO Haruyuki, KIKUCHI Michiko, ASHIOI Masafumi, MEGURO Kazuyuki,
FUJISAWA Mitsuru, HANE Kazuhiro and KASIWABA Yasube..... 1
2. Qualitative Analysis of Nano-particles on a Semiconductor Surface by
Raman Microspectroscopy Using Surface Plasmon Resonance
MEGURO Kazuyuki, OGAWA Chikara, SONODA Tetsuya, ONO Tsukasa,
WATANABE Youichi and IWAMATSU Shinnosuke..... 5
3. Development of High Accuracy Measurement Method for 3 Dimension
Feature by Non-contact type CMM
WAGO Takeshi and YONEKURA Isao..... 9
4. Observation of Size Change of Plastic Parts Pushed Out from Injection
Molding Mold
WAGO Takeshi, CHIDA Seiki..... 12
5. Development of Automation Aystem for the Only One Product
HASEGAWA Tatsuo, KOBAYASHI Masanobu, TAKAHASHI Kazuyoshi,
OBARA Mieko and SASAKI Tomoko..... 18
6. Estimation of Cutting-Load with Low Cutting-Load Scissors
IIMURA Takashi, NAGASHIMA Hiroyuki, INOUE Kenji, IYAMA Toshirou
and MOTOMURA Mitsugu..... 22
7. Relation between Chill Area Rate and Hardness of Ductile Cast Iron
Chill Test Specimen with Varying Contents of Cr and Mn
IKE Hiroyuki, TAKAGAWA Takahito, IWASHIMIZU Kouji..... 29
8. Development of Precision Processing for Micro Diameter Hole by Use
of Machining-EDM
WAGO Takeshi, IIMURA Takashi, FURESAWA Akira..... 33

9. Development of Quality Improvement Technology of The Casting Aluminum Products by The Purity Improvement of The Aluminum Molten IWASHIMIZU Koji, IKE Hiroyuki, TAKAGAWA Takahito.....	38
10. Round Robin Test Using Work-piece of Free-defined Feature (In case of Measured by IIRI) WAGO Takeshi, YONEKURA Isao.....	41
◆ Environment & Design	
11. Enlargement of the Alga Base Unit to Use the Unapplication Resources YAEGASHI Takamune, WADA Kiyomi, and NAMIZAKI Yasuji.....	45
12. Development of the Recoat Specifications of the Guardrail for Natural Scenery MIKAMI Yoshinori, ANAZAWA Yasushi and IIMURA Takashi.....	49
13. Development of the Air Filter for Composite Material Made from Shell SHIRAFUJI Yasuhisa , NAMIZAKI Yasuji and YAEGASHI Takamune.....	55
14. Examination of Possibility as SPM Adsorption Material of Unused Wood Resources YAEGASHI Takamune.....	60
15. Recycling of a Shell and Advanced Features of Charcoal are Attained by Baking Simultaneously YAEGASHI Takamune.....	64
16. Result of the Questionnaire About Impressions of Wooden Desk and Chair that Staff at the School Feel ARUGA Yasuhiro.....	68
17. Development of “Universal Design” Iron Kettle Series Nagashima Hiroyuki, Machida Toshikazu, Aruga Yasuhiro, Kobayashi Masanobu, Toya Yasuaki, Murakami Shiho.....	74
◆ Food Processing & Brewing	
18. Evaluation of New Rice Bred in Iwate Prefecture for Sake Brewing (VIII) YONEKURA Yuichi, HIRANO Takahiro, YAMAGUCHI Yuko and NAKAYAMA Shigeki.....	78
19. Development of Boiled Fish Products as a Preventive Food of Nursing Care (II) TAKEYAMA Shinichi, NISHIDA Sayaka, ONO Akio and TOYAMA Ryo.....	81

20. <i>Koji</i> Making Test of Three Species Barnyardgrass and Glycation of <i>Koji</i> HATAKEYAMA Makoto, TOYAMA Ryo.....	86
21. Selection of Good Sake Yeast YONEKURA Yuichi, NAKAYAMA Shigeki, HIRANO Takahiro and YAMAGUCHI Yuko.....	89
22. Brewing Test of Red Wine Grape Cultivars HIRANO Takahiro, YAMAGUCHI Yuko, YONEKURA Yuichi OHNO Hiroshi and TAMURA Hiroaki.....	92
23. Development of Bagel with <i>Yukitikara</i> Wheat SHIMAZU Hiroko, SATOU Mikako.....	96
24. Analysis of the Rosmarinic acid in Perilla drinks OIKAWA Kazushi, FUZITA Kiyoshi.....	101
25. Analysis of the Nutrition and the Functionality Elements in Perilla Seeds OIKAWA Kazushi, TOYAMA Ryo.....	107
26. Development of the Bread Making Method Using Unpolished Japanese Millet KIKUCHI Yoshiko.....	114

ZnO 単結晶基板を用いた UV-C 紫外線検出器に関する研究*

遠藤 治之**、菊池 三千子**、芦生 匡史**、目黒 和幸**、藤澤 充**、羽根 一博***、
柏葉 安兵衛****

火災検出器を目指して開発中の Pt/Mg_xZn_{1-x}O ショットキーフォトダイオード型 UV-C 紫外線検出器について報告する。試作した紫外線検出器は、Pt ショットキー電極、Mg_xZn_{1-x}O 薄膜、n-ZnO 単結晶基板、そして Pt/Ti オーミック電極から構成される。得られた最大電流感度は、波長 250 nm において 0.034 A/W であった。

キーワード：酸化亜鉛単結晶、火災検出器、薄膜、Mg_xZn_{1-x}O ショットキーフォトダイオード

Studies of a UV-C Detector Using a ZnO Single Crystal Substrate

ENDO Haruyuki**, KIKUCHI Michiko**, ASHIOI Masafumi **, MEGURO
Kazuyuki**, FUJISAWA Mitsuru**, HANE Kazuhiro*** and KASIWABA Yasube****

In this report, UV-C photodiode which aimed at a flame sensor is described. The fabricated photodiode consisted of an anti-reflection SiO₂ film, semitransparent Schottky Pt electrode, Mg_{0.35}Zn_{0.65}O film, n-ZnO single crystal substrate and Pt/Ti ohmic electrode. The maximum responsivity was 0.034 A/W at the wavelength of 250 nm.

key words: ZnO single crystal, flame detector, Mg_xZn_{1-x}O film, Schottky photodiode

1 緒 言

近年ワイドギャップ酸化物半導体材料として酸化亜鉛 (ZnO) が注目を浴びている。ZnO はバンドギャップが 3.2 eV 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 60meV¹⁾ と大きいので、高効率の発光ダイオードや紫外線レーザーとして期待される材料である。また、ZnO は安全で無公害、安価といった特長を持ち、更に可視光に対し透明で紫外線吸収率が高いことから、発光ダイオード材料としてだけでなく、紫外線センサなどの受光デバイス材料としても期待されている。

当センターでは、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 ZnO 単結晶基板の開発に成功²⁾したことを受け、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を進めている。現在までに UV-A (波長 400-320 nm) や UV-B (波長 320-280 nm) 領域の日射紫外線検知を目的とし、Pt 電極をショットキー電極とした Pt/ZnO ショットキーフォトダイオード型紫外線センサを開発してきた^{3), 4)}。

一方、太陽光の地表到達限界波長である 280 nm より

短波長の紫外線である UV-C (波長 280-200 nm) の検出用途として、工業用燃焼炉や火災警報器等に使用される火災検出がある。現在 UV-C 検出に用いられているセンサとして光電効果を用いた光電管や、AlGaIn 薄膜やダイヤモンドを用いたセンサが報告されている。現在その優れた特性から光電型が実用化されているが、駆動電圧が 300~400 V と高電圧が必要な上、センサ筐体がガラス性なので機械的強度が低く、サイズが数 cm³ と大きく高価であるという問題がある。また、AlGaIn やダイヤモンドを用いた半導体式が実用化に向けて開発が進められているが、性能や価格の面で課題があり実用化はこれからである。

そこで本研究では、UV-C のみを吸収させる紫外線吸収材料として、Mg/Zn 組成比制御によりワイドバンドギャップ化が可能な Mg_xZn_{1-x}O 薄膜に着目した。MgO はバンドギャップが 7.8 eV の氧化物で、ZnO と化合させることにより Mg_xZn_{1-x}O が合成され、Mg と Zn の組成比を制御することにより、バンドギャップが ZnO の 3.2 eV から MgO の 7.8 eV まで合成が可能な材料である。また Mg_xZn_{1-x}O 薄膜は ZnO 基板と格子整合性が良いため、ZnO 基板を用いることにより高品質な薄膜の形成が可

* シーズ発掘試験「火災検知用近紫外線検出器の開発」
** 電子情報技術部
*** 東北大学大学院工学研究科
**** 岩手大学地域連携研究センター

能である。本報告ではUV-C検出に適したバンドギャップをもつ $Mg_{0.35}Zn_{0.65}O$ 薄膜を形成した Pt/ $Mg_{0.35}Zn_{0.65}O$ ショットキーフォトダイオードを作製し、その基本的な動作確認をするに至ったので報告する⁵⁾。

2 実験

2-1 $Mg_xZn_{1-x}O$ 薄膜の形成

UV-C 検出をするためには、波長 280 nm より短波長の光のみを吸収させるため、バンドギャップが 4.4 eV 以上の $Mg_xZn_{1-x}O$ 薄膜形成が必要となる。本研究では、 $Mg_xZn_{1-x}O$ 薄膜の成膜を超高真空斜入射三元同時スパッタ装置 (ULVAC;MPS-3000) により行なった。本スパッタ装置は、カソードが基板に対し 55 度傾けてオフアクシス配置されているため、プラズマダメージが低く結晶性の良好な薄膜成膜が可能である。

表 1 に主なスパッタ条件を示す。スパッタ条件は、スパッタガス圧 0.3 Pa、 O_2 ガス流量 1 sccm、Ar ガス流量 29 sccm、基板温度 500℃である。 $Mg_xZn_{1-x}O$ 薄膜のバンドギャップ評価用成膜基板として c 面サファイア基板を用いた。Mg と Zn の組成比制御は、直径 4 インチ MgO ターゲット放電電力を 200W 一定とし、直径 5 インチ ZnO ターゲットを同時放電させ ZnO 放電電力を制御することにより行なった。ZnO 放電電力は、50 W、100 W 及び 125 W の 3 条件で、MgO ターゲットと ZnO ターゲット放電電力比の違いによる ZnO 組成比のバンドギャップエネルギー依存性について評価した。バンドギャップの評価は、分光光度計によりオプティカルバンドギャップを測定することにより行なった。Mg/Zn 組成比分析は、X 線光電子分光 (X-Ray Photoelectron Spectroscopy, XPS) により行なった。

表 1 $Mg_xZn_{1-x}O$ 薄膜のスパッタ条件

項目	条件
MgO ターゲット放電電力	200 W
ZnO ターゲット放電電力	50 W, 100 W, 125 W
スパッタガス圧	0.3 Pa
O_2 : Ar ガス流量	1 sccm:29 sccm
基板温度	500 ℃

2-2 Pt/ $Mg_{0.35}Zn_{0.65}O$ ショットキーフォトダイオードの作製及び特性評価

素子の試作には、水熱育成法により製作された東京電波株式会社製 n 形 ZnO 単結晶基板 (c 板、 $10 \times 10 \times 0.5 \text{ mm}^3$ 、抵抗率 $50 \sim 500 \ \Omega \cdot \text{cm}$) を用いた。次に素子試作工程について述べる。有機溶剤により超音波洗浄～乾燥後、超高真空斜入射三元同時スパッタ装置に基板を導入し、 $Mg_xZn_{1-x}O$ 薄膜を 620 nm 成膜する。スパッタ条件は、スパッタガス圧 0.3 Pa、 O_2 ガス流量 1 sccm、

Ar ガス流量 29 sccm、基板温度 500℃である。成膜した $Mg_{0.35}Zn_{0.65}O$ 薄膜上にネガレジストを使用し半透明電極用パターンを形成後、Pt 薄膜を膜厚 3 nm スパッタにより成膜し、リフトオフにより Pt 電極をパターンニングする。同様にリフトオフによりワイヤボンディングパッド用 Pt を 100 nm パターンニングする。検出対象となる波長 250 nm 付近で感度が最大になるように、 SiO_2 からなる反射防止膜を 60 nm リフトオフによりパターンニングする。最後に基板裏面に、Al2wt%:ZnO ターゲットを用い、低抵抗 ZnO 薄膜を 150 nm 成膜後、連続して膜厚 20 nm の Ti 薄膜と膜厚 100 nm の Pt 薄膜を成膜してオーミック電極が形成される。成膜工程が終了した基板はダイシングソーによりチップサイズ $2 \times 2 \text{ mm}^2$ に切断されセンサチップが完成する。Ag ペーストを用いて T0-18 金属ステム上にダイボンディング後、Au ワイヤによりワイヤボンディングしてダイオードのアノードとカソードがパッケージに接続される。最後に石英基板が装着されたキャップが接着されセンサが完成する。

試作した Pt/ $Mg_{0.35}Zn_{0.65}O$ ショットキーフォトダイオードの電気的特性は、半導体特性評価システム (ケースレー; 4200-SCS, pre-Amp) を使用し、室温で暗所に 2 分間放置後測定を行った。光学的特性測定のための光源として、紫外線特性評価装置 (日本分光; IUV-25) を使用した。本装置は Xe ランプを光源とし、モノクロメータにより分光した光を試料に照射可能な装置である。絶対感度は、校正された Si フォトダイオードを使用して算出した。素子の出力電流は、0 V バイアスの条件で電流アンプ (ケースレー; 428-PROG) により電圧に変換後、デジタルマルチメータ (ケースレー; 2700) で電圧測定を行った。

3 結果

3-1 $Mg_xZn_{1-x}O$ 薄膜の光学特性

図 1 にサファイア基板上に成膜した $Mg_xZn_{1-x}O$ 薄膜の分光透過特性を示す。比較のため、ZnO 基板の分光特性も図示した。結果より、MgO ターゲット放電電力 200 W 一定の下で、ZnO ターゲットの放電電力を制御することにより、透過率が 0% となるバンドエッジ吸収波長が 300 nm 程度まで短波長化し、バンドギャップをワイドバンドギャップ化出来ていることが分かる。表 1 に XPS により組成分析した Zn に対する Mg モル分率を示す。ZnO 放電電力 50 W において、Mg モル分率 $x=0.35$ 、バンドギャップエネルギー 4.14 eV が得られた。以上の結果より、目標とする 4.4 eV に僅かに及ばないが、本条件を素子試作条件として選択した。

3-2 Pt/ $Mg_{0.35}Zn_{0.65}O$ ショットキーフォトダイオードの電気的特性

図 2 に試作した Pt/M $Mg_{0.35}Zn_{0.65}O$ ショットキーフォ

トダイオードの電流-電圧特性を示す。順方向電圧は 1.7 V から立ち上がり、逆方向耐圧は 40 V 程度で、若干順方向電圧が高い結果となった。これは成膜した $Mg_{0.35}Zn_{0.65}O$ 薄膜がノンドープのため抵抗が高い上、Pt- $Mg_{0.35}Zn_{0.65}O$ ショットキー接触や $Mg_{0.35}Zn_{0.65}O$ -ZnO 接合界面に高抵抗層等の中間層が形成されたためと考えられる。

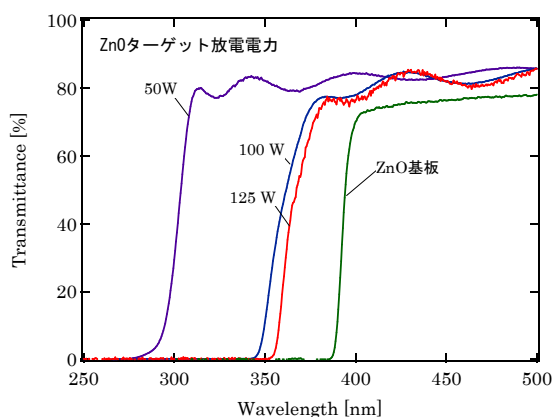


図 1 サファイア基板上に成膜した $Mg_xZn_{1-x}O$ 薄膜の分光透過特性

表 2 $Mg_xZn_{1-x}O$ 薄膜オプティカルバンドギャップの MgO/ZnO ターゲット放電電力比依存性 (MgO ターゲット放電電力: 200W 一定)

ZnO ターゲット放電電力	50 W	100 W	125 W
成膜時間 [h]	22.5	5.5	3.8
膜厚 [nm]	500	520	520
スパッタレート [nm/h]	22.2	94.5	136.8
Mg モル分率	0.35	0.08	0.02
オプティカルバンドギャップ [eV]	4.14	3.53	3.46

3-3 Pt/ $Mg_{0.35}Zn_{0.65}O$ ショットキーフォトダイオードの光学的特性

フォトダイオードの量子効率 η は、(1) 式で表わされる⁶⁾。

$$\eta = (I_p/q)/(P_{OPT}/hv) \quad (1)$$

ここで I_p は光電流、 q は電子の電荷、 P_{OPT} は受光パワー、 hv はフォトンエネルギーを示す。フォトダイオードの重要な性能指数である電流感度 R は(2)式で表わされる。

$$R = I_p/P_{OPT} = (\eta q / hv) \quad A/W. \quad (2)$$

図 3 に試作した Pt/ $Mg_{0.35}Zn_{0.65}O$ ショットキーフォトダイオードの電流感度の分光特性を示す。結果より、可視光から UV-B 領域の電流感度が低く、300 nm 付近から電流感度が増加し、評価に使用した紫外線特性評価装置の測定限界である 250nm で最大感度 0.034 A/W が得られた。この結果は AlGaIn 等⁷⁾の波長 265 nm に於ける最大電流感度 0.01 A/W に比較しても高感度であることが分かった。

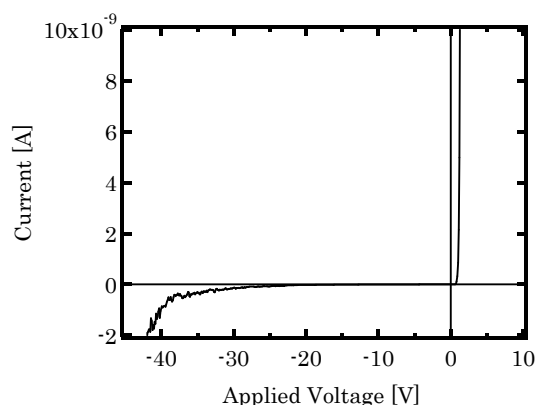


図 2 Pt/ $Mg_{0.35}Zn_{0.65}O$ ショットキーフォトダイオードの電流-電圧特性

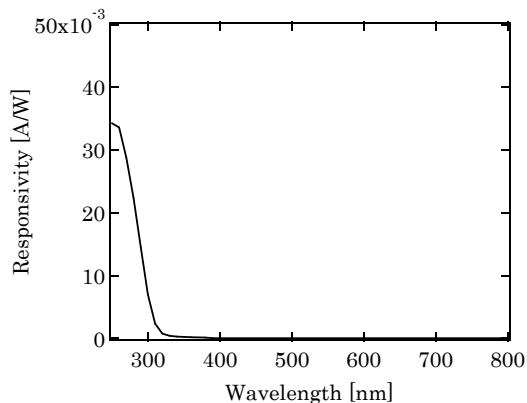


図 3 Pt/ $Mg_{0.35}Zn_{0.65}O$ ショットキーフォトダイオードの電流感度の分光特性

4 結 言

本研究では火災検出を目指して、UV-C 紫外線検出器を試作し、基本的な動作を確認した。スパッタ法により作製した $Mg_xZn_{1-x}O$ 薄膜は、MgO ターゲットと ZnO ターゲットの放電電力比を制御することにより、Mg モル分率 0.35 によりバンドギャップ 4.14 eV が得られた。試作した Pt/ $Mg_{0.35}Zn_{0.65}O$ ショットキーフォトダイオードの最大電流感度は 0.034 A/W が得られた。

謝 辞

本研究を行うにあたり、東京電波株式会社杉村茂昭氏から ZnO 単結晶基板に関するアドバイスを頂きました。また、組成分析にあたり当センター材料技術部三浦上席専門研究員及び藤原技師より支援を頂きました。本研究は、JST シーズ発掘試験研究及び岩手県酸化亜鉛産業クラスター形成事業により行われたものです。この場をお借りしてお礼申し上げます。

文 献

- 1) U. Ozgar, Ya. I. Alivov, C. Liu, A. Teke, M. A. Reshikov, S. Dogan, V. Avrutin, S. J. Cho, and H. Morkoc, *J. Appl. Phys.* 98, 041301 (2005).
- 2) E. Ohshima, H. Ogino, I. Niikura, K. Maeda, M. Sato, M. Ito, and T. Fukuda, *J. Cryst. Growth* 260, 166 (2004).
- 3) H. Endo, M. Sugibushi, K. Takahashi, S. Goto, S. Sugimura, K. Hane, and Y. Kashiwaba, *Appl. Phys. Lett.*, 90, 12, 121906 (2007).
- 4) H. Endo, M. Sugibuchi, K. Takahashi, S. Goto, T. Hasegawa, E. Ohshima, K. Meguro, K. Hane, and Y. Kashiwaba, *IEEEJ Trans. SM*, 127, 131 (2007).
- 5) H. Endo, M. Sugibuchi, K. Takahashi, S. Goto, K. Hane, and Y. Kashiwaba, *Phys. Status. Solidi C* (2008) in press.
- 6) S. M. Sze, *Physics of Semiconductor Devices* (Wiley, New York, 1981), p.262.2.
- 7) C. Pernot, A. Hirano, M. Iwaya, T. Detchprohm, H. Amano and I. Akasaki: *Jpn. J. Appl. Phys.* 39, (2000) 387.

表面プラズモンを利用した局所ラマン分光による半導体表面の微量分析*

目黒 和幸**、小川 力**、園田 哲也***、小野 元***、渡邊 洋一****、岩松 新之輔*****

高感度光子検出系とクラス 1000 以上のクリーン度を持つ暗箱からなる顕微ラマン分光システムを構築した。現状では、システムの空間分解能はほぼ回折限界である約 800 nm であった。フォトリソグラフィ技術と化学的エッチングにより、石英基板上に数十 nm の先端曲率半径を持つ先鋭な突起を作製することができた。また、大きな電場増強因子を持った近接場プローブを設計するために、金属および誘電体からなる様々な構造の電場分布の数値シミュレーションと、貴金属薄膜の ATR 実験を行った。

キーワード：ラマン散乱、近接場光学、電場増強効果

Qualitative Analysis of Nano-particles on a Semiconductor Surface by Raman Microspectroscopy Using Surface Plasmon Resonance

MEGURO Kazuyuki**, OGAWA Chikara**, SONODA Tetsuya***, ONO Tsukasa***, WATANABE Youichi**** and IWAMATSU Shinnosuke*****

In this paper, the development of the Raman microspectroscopy system that consists of a highly sensitive photon detection system and a clean dark box is described. Observed results showed that the lateral resolution was about 800 nm as a diffraction limit. A tip with the front curvature a few tens of nanometers was successfully fabricated by the photolithography process and chemical etching a quartz substrate. To design the near-field probe with large enhancement factor, we investigated the electric field of various metal/dielectric material structures by numerical simulation, as well as observing ATR signal of noble metal films experimentally.

key words: Raman scattering, near-field optics, field enhancement effect

1 緒言

半導体の前工程での歩留まりは 90%前後と見られ、現状では不良発生の原因はそのほとんどがパーティクルに起因するものであると言われている。現在、プロセスルールは 40 nm 台に突入しており、直径 30 nm 以上のサイズのパーティクルが排除対象となっている。その際、微小なパーティクルを“見る”だけでなく、そのパーティクルの“組成を判別する”ことが非常に重要である。組成が判明すれば、どの工程で付着したかを特定することで付着そのものを抑制することや、どのように洗浄すればパーティクルを取り除くことができるかという洗浄方法の改善につなげることができるからである。しかし、数ある表面分析手法を用いても、微小パーティクルの組成分析は容易では無い。イオンを検出する分析法(SIMS、ICP-MS など)は、ppm 以下の感度で元素分析が可能であるが、試料の破壊を伴う。電子線や X 線をプローブに用いた手法(ESCA、Auger、EPMA など)は、数十～数百 nm の空間分解能で元素分析が可能だが、真空などの特殊環境が必要で、高エ

ネルギープローブによる試料の損傷の可能性がある。走査プローブ顕微鏡(AFM、STM など)は、原子が見える程高い空間分解能を有するが、原子や分子の同定は一般に非常に困難である。一般に半導体ウェハ上のパーティクル検査では、その簡便さとデータベースが充実しているなどの理由で赤外吸収分光やラマン分光法などの光学的手法が用いられることが多い。しかし、その空間分解能は光の回折限界によって数百 nm に制限されて、微小なパーティクルの化学的同定は極めて困難であると言わざるを得ない。

そこで本研究では、表面プラズモン励起による金属表面で生じる電場増強効果を利用して、大気中で非接触・非破壊かつ光の回折限界を超える高い空間分解能を有する微小パーティクル分析システムの開発を目指している。本稿では、これまでに構築してきた、可視域で表面プラズモンのモードを持つ貴金属(特に Ag)の微小突起を近接場プローブとして半導体ウェハ表面近傍に接近させる構造の局所ラマン分光システムについて報告する。

* NEDO 産業技術研究助成事業

** 電子機械技術部

*** 材料技術部

**** 宮城県産業技術総合センター

***** 山形県工業技術センター

2 局所ラマン分光システムの開発

2-1 ラマン分光システムの構築

半導体基板上的の微小パーティクルを検出・同定するために、試料表面の同一箇所でも光学顕微鏡観察と顕微ラマン分光測定を行うことができる顕微ラマン分光システムの構築を行った。システム全体の概観写真を図.1に示す。基板上的の微小パーティクルからの微弱なラマン散乱光を検出するという目的から、試料室内をクラス 1000 以上のクリーン度(風量の能力としてはクラス 100 相当)で保つ構造にした。ラマン散乱光の分光検出系は、焦点距離 300 mm のツェルニターナ型イメージング分光器と液体窒素冷却型 CCD 検出器、および光電子増倍管から成る高感度フォトン検出器で構成されている。また、後述する近接場プローブを実装するに当たり、プローブの姿勢制御機構を組み込んである。これは、プローブと試料表面の相対距離および位置関係を保持するためのものであり、3 台のピエゾ駆動マイクロメータヘッドおよび静電型微小変位センサによって制御する構造となっている。このステージによって、プローブの α 軸および β 軸のあおり調整と Z 軸方向への微動が可能である。特徴として、ピエゾ駆動であることから高精度に移動することができ、変位センサによって位置の再現性を高くすることができる。

まず、顕微ラマン分光システムの性能評価として、酸化亜鉛(ZnO)単結晶表面の顕微ラマン分光測定を行った。ZnO 単結晶の酸素面側にやや大きなパーティクルを発見したので、この周辺のラマンマッピング測定を行った。この結果を図.2に示す。図.2-(a)に示すようにパーティクルは周囲の清浄な ZnO 単結晶表面よりも散乱光の強度が強い。さらに詳細な情報を得るため、パーティクル上の赤丸および緑丸の箇所と、比較のため

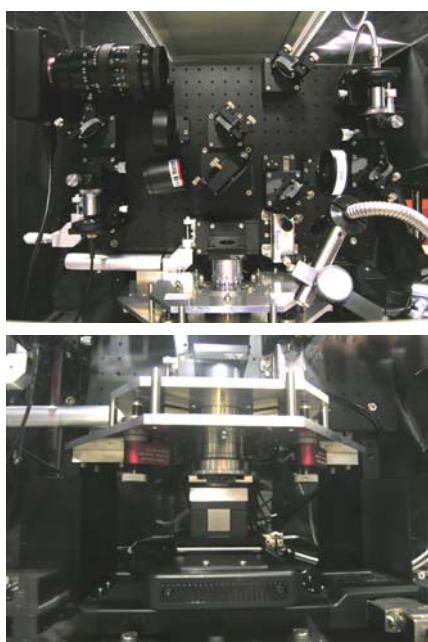
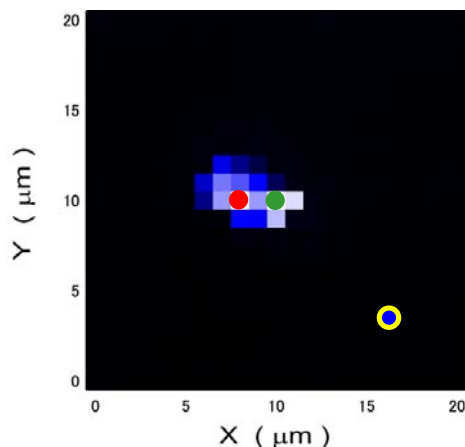
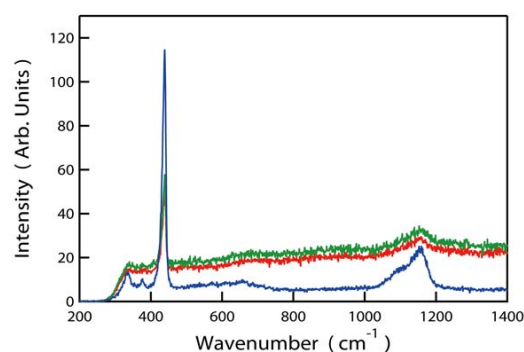


図.1: 構築したラマン分光システムの概観
(上: 照射・集光系全景、下: 試料ステージ)



(a) パーティクル周辺のラマンマッピング



(b) マッピング上の各点でのラマンスペクトル

図.2: ZnO 単結晶基板に付着したパーティクルのラマンマッピングおよびラマンスペクトル

め清浄な ZnO 単結晶表面上である黄色で囲まれた青丸の箇所でもラマンスペクトルの測定を行った。この結果を図.2-(b)に示す。横軸はラマンシフト、縦軸は散乱光の強度を示している。スペクトルの色はラマンマッピングの丸印の色に対応している。これらを見ると、清浄な ZnO 単結晶表面上(青)のスペクトルでは、特徴的に鋭い 440 cm^{-1} 付近の ZnO の $E_2(\text{high})$ モードの他、ZnO に由来するピークが観測されているが、パーティクル上(赤および緑)ではこれらのピーク強度の減少と、スペクトル全体にわたる蛍光によるバックグラウンドレベルの上昇が見られた。これらのことから、観察されたパーティクルは少なくとも ZnO 以外の物質であることが予想できる。残念ながら、異物に特徴的なラマンピークが観測されなかったため、異物の化学的同定には至っていない。

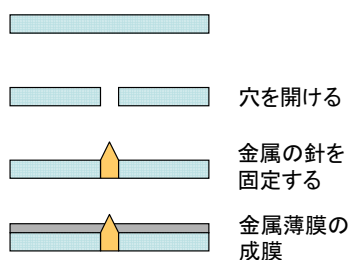
上記以外の様々な試料系の顕微ラマン分光実験を通して、プローブを挿入していない従来の顕微ラマン分光システムの現状の空間分解能は約 800 nm と見積もられた。この値は使用している対物レンズの回折限界に近い値となっている。

2-2 近接場プローブの試作

近接場プローブは局所ラマン分光システムの心臓部となる部分であり、システムの性能は表面プラズモンを効率的に励起して如何に強い電場増強を引き出せるかにかかっている。試作している近接場プローブは、使用する光の波長範囲で透明な光学材料に金属薄膜と微小な突起を有した構造になっている。この板状近接場プローブの裏側より励起光を入射して、微小突起の先端で近接場光を生じさせるものである。このような構造の近接場プローブの作製のため、図.3 に示す 2 種類の作製方法を試行した。一つは、板状の光学材料に微小な穴を穿ち、そこへ先端を鋭く尖らせた金属針を固定して、最後に金属膜を形成する方法(作製方法①)である。もう一つは光学材料に直接微細加工を施して、突起およびその他の構造を創り込んだ後に、その上に金属薄膜を形成する方法(作製方法②)である。

前者の方法に必要な金属針を作製するために、貴金属線材を電気化学的に研磨する装置を組み上げ、先鋭化した貴金属針の作製を試みた。電解液槽へ線材を垂

作製方法 ①



作製方法 ②

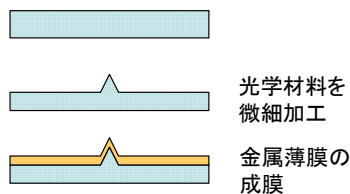
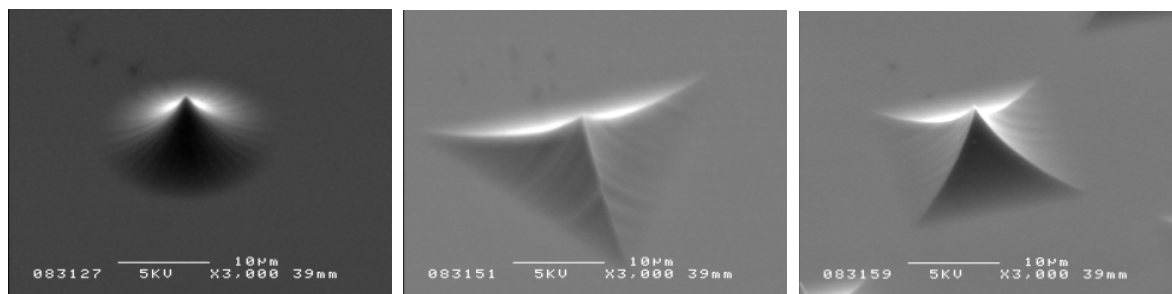


図.3: 近接場プローブの作製方法

直に導入できるように Z 軸ステージを配置した電解研磨装置を用いて、交流電源を用いた電解研磨でφ0.4 mm の Au 線を先鋭化した。この方法で実現できている最小先端曲率半径は約 270 nm である。これまでの試作で、先端曲率を決める要素のうち比較的效果が大きなパラメータは、電解液の pH と液温であることがわかった。

次に、石英基板に直接微細加工を施して、突起や様々な構造を作製した結果について述べる。微細加工には、小径切削工具による微細切削加工と、化学エッチングの 2 通りを並行して行った。微細切削加工では、1 枚刃ラジアスエンドミルを用いて溝転写加工およびコンタリング加工を試みた。その結果、おおまかな突起形状は形成できるものの、加工表面に数μm の割れが生じたり、先端の突起部分が折れて欠落していたりと、この方式での微小突起形成は非常に困難であることがわかった。次に、化学エッチングでの微細加工の結果について述べる。合成石英ウエハ上にフォトリソグラフィ技術によってパターンニングを行った後、バッファードフッ酸による等方性エッチングによって微小突起を形成した。突起の形状は、円錐(正確には 32 角形)、三角錐、四角錐、六角錐のものを試作した。これら試作品の一部の SEM 像を図.4 に示す。SEM 像を観察するにあたり、帯電を防ぐために薄く Pt をコートしている。これらの像から、それぞれの突起先端部は非常に先鋭化していることがわかる。特に円錐と三角錐の突起は、先端曲率が数十 nm 程度に先鋭化できている。一方、四角錐の先端部は稜が残った形状になっているものの、稜の長さは 200 nm 以下に収まっている。今後の課題としては、現在より先端曲率を小さくできる条件出しと、正確に先端曲率を計測する方法の確立である。前者はレジストパターンやエッチング条件の最適化、後者はより空間分解能の高い SEM や TEM あるいは AFM などでの形状評価を検討している。

順次試作した近接場プローブを導入して、回折限界を超えたラマン分光測定の実現を目指す実験を進めた。しかし、現在までのところラマン散乱強度の増大現象や空間分解能の向上は見られていない。この原因は、石英基板上の微小突起の上に形成した貴金属薄膜の一



(a) 円錐状の突起

(b) 三角錐状の突起

(c) 四角錐状の突起

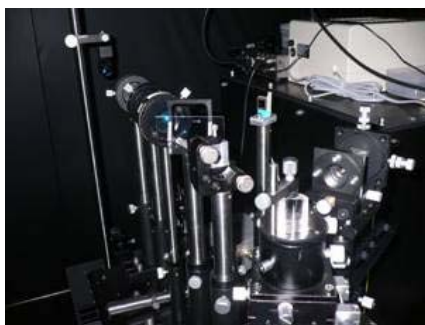
図.4: 石英基板上に形成した微小突起の SEM 写真

部が、突起先端にとって陰をつくるだけの存在になっており、電場増強作用よりも励起光の減少分が大きくなっているためであると考えられる。今後、この問題を解決するために、近接場プローブ構造の再検討、特に突起周辺に回折を利用したアンテナ構造を配置することを進めていく予定である。

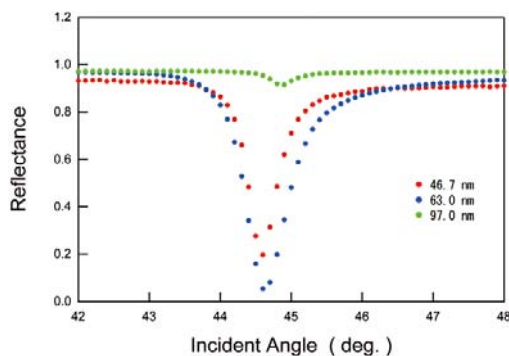
2-3 近接場プローブの設計

近接場プローブとしての機能を向上させることができるように材質や構造の設計を行うために、電磁界シミュレーションを行った。シミュレーションでは、(1) 金属/誘電体からなる多層膜構造、(2) 平板近傍に置かれた微小球、(3) ナノサイズの角柱・角錐などの構造を検討した。(1)では Transfer Matrix 法を用いた電場分布解析、(2)では Mills^[1]や Rendell^[2]による平板近傍に置かれた微小球の周りの電場分布解析、(3)では時間領域差分法(FDTD: Finite Difference Time Domain method)を用いた数値計算を行った。これら複数のシミュレーションを行うにあたり、計算環境の構築に予想以上の時間がかかったが、現在は環境も整い、安定的にシミュレーションを進めることができている。

また、微小突起を形成した石英基板上に貴金属薄膜を成膜して、表面プラズモンが効率的に励起できる膜厚や形状を決定するため、上記の(1)のシミュレーションと並行して Kretschmann 配置による全反射減衰法(ATR: Attenuated Total Reflection)実験を行った。



(a) ATR 測定光学系の写真



(b) Ag/glass の ATR 信号

図.5: ATR 測定光学系の写真と測定例

図.5 に ATR 測定光学系の写真と、ガラス基板上に異なる膜厚で Ag を蒸着した試料の ATR 信号の測定結果を示す。横軸が光の入射角、縦軸は反射率である。膜厚 46.7 nm と 63.0 nm の試料では、44.5°付近に鋭い反射率の減少が見られ、この角度で効率的に表面プラズモンが励起されていることを示している。それに対し、膜厚 97.0 nm の試料はわずかに窪みがある程度でほとんど表面プラズモンは励起されていないことを示している。2-2 で述べたように、光学材料基板上に形成した微小突起に Ag 薄膜を形成する必要があるが、この ATR 測定の結果を踏まえて Ag の膜厚を 50~65 nm にすれば効率的に表面プラズモンを励起できることを示した。

3 結言

局所ラマン分光システムの実現を目指して分光システムの構築およびその周辺技術の開発を行っている。今年度までの成果としては、次の3点が挙げられる。

- ① 500 nm 以下の位置分解能で試料を粗動させて、ラマン分光測定を行うことができる顕微ラマン分光システムを構築した。プローブを導入しない場合(従来の顕微ラマン)の空間分解能は約 800 nm である。
- ② フォトリソグラフィ技術と化学エッチングの手法によって、石英基板上に微細な突起を形成することができた。先端曲率半径は数十 nm 程度と非常に先鋭であるが、このプローブを導入して局所ラマン分光測定を行ったところ、顕著な電場増強効果はまだ確認できていない。
- ③ 近接場プローブの設計において、理論的な考察から数値シミュレーションを進め、ATR 測定実験を行った。この結果、ガラス基板上において Ag の膜厚が 50~65 nm のとき効率的に表面プラズモンが励起されていることを確かめた。

謝辞

本研究を行うにあたり、光学系や近接場プローブの形状に関して日頃より議論・アドバイスを頂きました岩手大学工学部 大坊真洋准教授に感謝いたします。電磁界シミュレーションおよびシステム構築などを手伝っていただいた岩手大学大学院工学研究科 嘉藤勝也氏に感謝いたします。本研究は、NEDO 産業技術研究助成事業の補助を受けて行われたものです。

文献

- [1] D. L. Mills, Phys. Rev. B 65, 125419 (2002).
- [2] R. W. Rendell and D. J. Scalapino, Phys. Rev. B 24, 3276 (1981).

非接触法による 3 次元形状高精度測定技術の開発*

和合 健**、米倉 勇雄**

非接触式座標測定機の性能評価を行うためにボールディメンジョンゲージ (BDG) と呼ぶ検査用標準器を提案した。測定球の表面処理の違いによる光学特性と座標測定の不確かさの関係を調べるために、二つの実験を行った。その結果、表面散乱に起因して生じる座標測定の不確かさの傾向は、反射光分布による曲げ角度 α_{agl} °と最大曲げ角度 β_{agl} °及び双方向反射率分布関数(BRDF)を指標として分類できることを示した。

キーワード：非接触式座標測定機、ボールディメンジョンゲージ、不確かさ、光学特性、表面散乱、曲げ角度、BRDF

Development of High Accuracy Measurement Method for 3 Dimension Feature by Non-contact type CMM

WAGO Takeshi and YONEKURA Isao

A new artifact, Ball Dimension Gauge (BDG), was proposed to evaluate the performance of non-contact probe coordinate measuring machines (CMM). The relationship between optical characteristics of measuring spheres surfaces and uncertainty of coordinate measuring was demonstrated by results of two experiments. The results showed that the tendency of uncertainty of coordinate measuring, which might be caused by surface scattering of measuring spheres, was able to be classified by use of a bend angle of α_{agl} , maximum bend angle β_{agl} and bi-directional reflectance distribution function (BRDF).

key words : non-contact type CMMs, ball dimension gauge (BDG), uncertainty, optical surface characteristics, surface scattering, bend angle, BRDF

1 緒言

ステレオ画像式やレーザ変位プローブ式などによる非接触座標測定は高速に面情報が取得できる反面、試料表面の性状や光学的特性の影響により測定の不確かさが増大する可能性がある。この分野は公的規格整備が未だ確立されていない現状において使用者独自の不確かさの評価方法¹⁾が求められている。本研究では、非接触座標測定機(以下、非接触 CMM という)に適応するアーティファクトを設計製作し、ライン型レーザ変位プローブ CMM を使用してアーティファクトの性能試験を行い、非接触 CMM 用検査用標準器の測定球に要求される光学特性及び光学特性の評価方法を明らかにする。

2 BDG の性能試験

2-1 評価の基本定義

図 1 に示すボールディメンジョンゲージ(BDG)²⁾を使用して球の表面処理に起因する座標測定の不確かさを求めた。評価指標は JIS Z 9090:1991 に基づき、式(1)に示す

比例回帰式を基本機能として式(2)に示す測定の SN 比を用いた。

$$y = \beta M \quad (1)$$

$$\eta = \beta^2 / \sigma^2 \quad (2)$$

ただし、 y は非接触 CMM による測定値であり、JIS 規格で規定する 20°C からの温度の偏りを取り除いた値、 M は BDG の表示値、 β は回帰係数、 η は測定の SN 比(db)、 σ^2 は誤差成分の大きさ、 β^2 は信号の効果の大きさである。

2-2 因子と水準

信号因子 M は式(1)の測定値 y を変化させる原因系となる因子であり、図 1 に示す BDG の球 1、球 2、球 3 による球間距離とした。球間距離は球 2~球 3 間を M_1 、球 1~球 2 間を M_2 、球 1~球 3 間を M_3 の 3 水準とした。制御因子は高い SN 比を得るために能動的に機能を操作する因子であり、D: 測定球の表面処理の 4 水準(Cr、Ni、GIP-T、Wp)とし、Cr は硬質クロム鍍金、Ni は無電解ニッケル鍍金、GIP-T はイオンプレーティング処理、

* 地域新生コンソーシアム研究開発事業「次世代情報家電・自動車用高度部材の生産技術の開発」

** 電子機械技術部

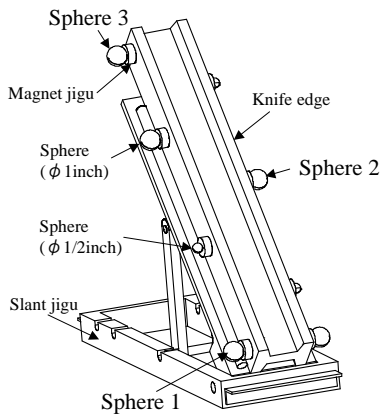


図1 ボールディメンジョンゲージ (BDG)

表1 直交表への割り付け

No.	Control Factor	Indicative Factor											
		A ₁					A ₂			A ₃		A ₄	
		B ₁		B ₂			B ₁	B ₂	B ₁	B ₂	B ₁	B ₂	
1	Cr	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	·	·	·				
2	Ni	η											
3	GIP-S	·											
4	Wp	·											

η: SN ratio of measurement (db)

Wp(White-powder)は白色粉体塗布である。標示因子は使用条件や試験条件の測定誤差への影響の程度を調べるために設定する因子であり、A: BDG の位置の 4 水準 (90°, 180°, 225°, 135°)、B: 走査面数の 2 水準(1 走査面、3 走査面)、C: 測定の繰り返しの 5 水準(1 回目~5 回目)とした。以上の因子を表 1 に示す直交表に割り付け、三角測量式のライン型レーザ変位プローブを持つ非接触 CMM(ミツトヨ製 CRT-AC776- LC15)を使用して座標測定を行った。

2-3 実験結果及び考察

特性値を球間距離として測定の SN 比を算出し、制御因子 4 水準毎の要因効果図として図 2 に示す。図中には走査面数毎の誤差限界(95%信頼限界)の平均値を示す。測定の SN 比は因子の水準間の差が 3db 以上で有意と判定し、測定の SN 比が大きい条件でばらつきと偏りが小さく良好な測定が行われていると判定する。図 2 から、Cr と Ni は 3 走査面での SN 比の平均値が Cr で 48.0db(誤差分散 $7.64 \times 10^{-5} \text{mm}^2$)、Ni で 44.0db(誤差分散 $7.90 \times 10^{-5} \text{mm}^2$)となり、SN 比の高い良好な測定を可能にするが、1 走査面において SN 比が低いことがわかる。一方、GIP-T は 3 走査面での SN 比が 35.3db(誤差分散 $2.66 \times 10^{-3} \text{mm}^2$)、1 走査面では 36.7db(誤差分散 $1.77 \times 10^{-3} \text{mm}^2$)となり、GIP-T と Wp は 1 走査面と 3 走査面の SN 比の差が小さい。

3 球の光学的特性の検証

3-1 表面散乱の測定

非接触 CMM に適した球表面の光学的特性を三次元変角光度計(村上色彩技術研究所製 GP-200)を使用して求め

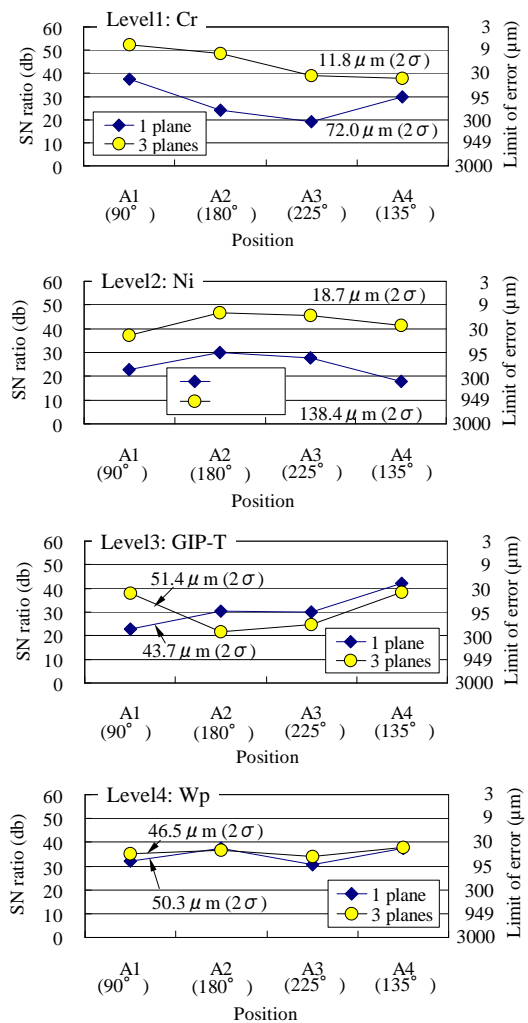


図2 制御因子 D 毎の SN 比の要因効果図

た。各表面処理の反射光分布は尖頭利得補正により二次元反射強度を 100%に校正して測定した。反射光分布の測定は、照射角度 θ_i が -45° 方向から光を照射し 0.1° ピッチで XZ 面を $-90^\circ \sim 90^\circ$ の範囲で受光器を走査する方法で行った。なお、球表面を再現するため、試料を YZ 面で 2.0° 傾けて設置し、拡散反射成分を表す式 (3)の曲げ角度 α_{agl} と式(4)の最大曲げ角度 β_{agl} を指標として各試料の表面散乱を評価した³⁾。

$$\alpha_{agl} = a/2 \tag{3}$$

$$\beta_{agl} = b/2 \tag{4}$$

ただし、 a は各試料の尖頭利得 G_0 をすべて 100%に校正した時の尖頭利得の 50%値($G_0/2$)の分布の全幅、 b は尖頭利得の 33%値($G_0/3$)の分布の全幅である。表 1 に α_{agl} と β_{agl} を図 3 に表面散乱の結果を示す。表 2 と図 3 から、Cr と Ni の α_{agl} と β_{agl} が小さいことがわかる。したがって、図 2 との比較から、指向性が高い(表面散乱が小さい)反射光分布は 1 回の走査での測定面積が小さいが、高い正確さで座標測定を行うので、走査面数を増やすことで高い SN 比(ばらつきの小さい)の測定ができると考えられる。しかし、走査面数が少ない場合は部分円測定による誤差の影響から SN 比が低くなる。一方、Wp と

表2 表面散乱特性

No.	D: Surface treatment	(Unit: degree)	
		α : Bend Angle	β : Maximum Bend Angle
1	Sp	2.5	3.5
2	Cr	4.4	7.4
3	Ni	6.5	9.9
4	GIP-T	14.8	20.6
5	Wp	59.9	69.8

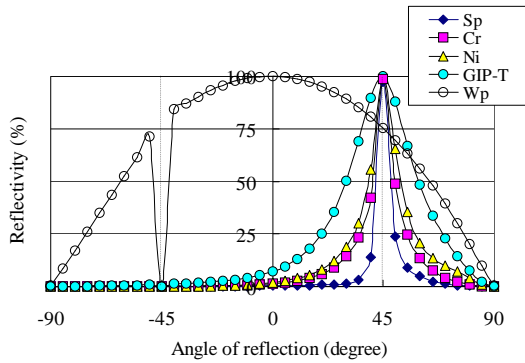


図3 直交座標系で表示した表面散乱

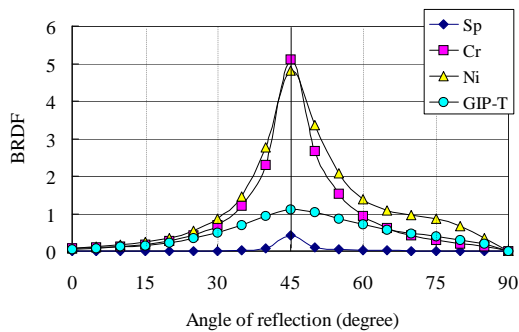


図4 BRDFの分布

GIP-Tは α_{agl} と β_{agl} が大きい。したがって、表面散乱が大きい反射光分布は1回の走査あたりの測定面積が十分に広いため、走査面数に依存しない測定が可能と考えられる。しかし、広範囲にわたる散乱光による測定のため座標測定における正確さが低くなり低いSN比(ばらつきが大きい)となる。

3-2 BRDFによる光学的特性の評価

双方向反射率分布関数(bi-directional reflectance distribution function)BRDFは総合的に物体表面における光の反射を記述する手段であり、ASTM E2387-05⁴⁾で規定されている。本研究では、式(5)、式(6)によりBRDFを算出した³⁾。

$$BRDF = R / \pi \quad (5)$$

$$R = (r_0/R_0) \times R_w \sim (r_i/R_i) \times R_w \quad (6)$$

ただし、 R_w は常用標準白色面の立体角反射率、 $r_0 \sim r_i$ は

任意角度*i*における試料が参考白色面に対する相対立体角反射率、 $R_0 \sim R_i$ は任意角度*i*における常用標準白色面が参考白色面に対する相対立体角反射率である。また、3-1の表面散乱の測定から標準的な校正球にも使用されているWpの表面性状は $-90^\circ \sim 90^\circ$ の広角にわたる散乱光を発生し非接触CMMに適する表面処理であることが示された。そこでWpを常用標準白色面として、Sp(Specular:鏡面)、Cr、Ni、GIP-Tの4種類の試料についてBRDFを算出した。なお、BRDFの単位は無次元であり、値は因子D:表面処理の水準間の相対値である。また、BRDFには物体表面の拡散反射成分と正反射成分の合成された成分が分布として現れることになる。

3-3 BRDFによる結果及び考察

BRDFの結果を図4に示す。図4から、GIP-Tは正反射成分がCrとNiに比べて少ないためBRDFが小さく、CrとNiは拡散反射成分が少ないBRDFとなるが、尖頭利得が他の試料よりも十分高い(正反射成分が多い)効果からBRDFは大きいことがわかる。この結果、CrとNiが示すBRDFと図2に示すSN比から、非接触プローブに適する表面は拡散反射成分と正反射成分を同時に発生する光学特性を持つ表面であると考えられる。

4 まとめ

本研究で得られた結論を以下に示す。

- (1) 非接触式座標測定機に適する測定球表面は、拡散反射成分と正反射成分を同時に発生する光学特性を有する表面と考えられる。
- (2) 座標測定の不確かさの大きさは測定球表面で異なり、大別すると拡散反射成分の多い測定球表面では点群のばらつき(σ)、正反射成分の多い測定球表面では部分円による曲率半径の推定誤差が影響する。
- (3) (2)で示した座標測定の不確かさの傾向は、測定球表面の拡散反射成分と正反射成分を表す曲げ角度 α_{agl} と最大曲げ角度 β_{agl} 及びBRDFを指標として分類することができる。

参考文献

- 1) JIS B 7440-2 (製品の幾何特性仕様(GPS)-座標測定機(CMM)の受入検査及び定期検査-第2部:寸法測定)、日本規格協会、(2003)
- 2) 和合健、米倉勇雄:非接触法による3次元形状高精度測定技術の開発、岩手県工業技術センター研究報告第14号、(2007)
- 3) 近藤暁弘:光散乱性板の光学的特性、(株)村上色彩技術研究所
- 4) ASTM E2387-05 Standard Practice for Goniometric Optical Scatter Measurements, ASTM, (2005)

射出成形離型直後からのプラスチック製品の寸法変動の観察*

和合 健**、千田征樹***

三角測量法によるレーザ変位計を測定子とする測定器を試作して、射出成形機の隣に設置し射出成形離型直後からのプラスチック製品の寸法変動を測定した。その結果、当初予想した金型内圧力の開放による寸法膨張は測定できなかった。その後、10時間程度寸法変動を継続して測定したところ、プラスチック製品の寸法変動は室内の温度変動に追従していることがわかった。以上から通例では1日経過してから行うプラスチック製品の寸法測定は15mm程度の厚さの場合は射出成形直後でも行って良いと考えられる。

キーワード：プラスチック、寸法変動、温度、レーザ変位計

Observation of Size Change of Plastic Parts Pushed Out from Injection Molding Mold

WAGO Takeshi, CHIDA Seiki

Size change of plastic parts after injection molding had been measured continuously by use of the original measurement equipment which had laser displacement meter based on triangulation method. The equipment was set near injection molding machine. As a result, against our expectation, size expansion of the plastic parts by releasing pressure from mold was not able to be confirmed immediately after injection molding. Then, when size change had been measured continuously for about 10 hours, it was found that the size change of the plastic parts had been affected by room temperature. These results show that in case thickness of plastic parts is smaller than about 15 mm, size measurement is permitted immediately after injection molding.

key words : plastic, size moving, temperature, laser displacement probing sensor

1 はじめに

射出成形後のプラスチック製品寸法は通例として1日経過後に測定する。金型内の急激な形態変化を経たプラスチックは離型後に残留応力の作用による経時的な寸法変化の発生が予想される。通例では1日経過後であれば経時寸法変化は安定すると考えられているが、予めプラスチック材料及び成形条件や製品寸法に基づく経時寸法変化を取得することが出来れば、金型寸法や成形条件の補正により最終製品寸法を予測することができると考えられる。ここでは、射出成形直後から製品寸法を継続して測定し経時に従った寸法変化を求めた。

2 実験装置及び方法

2-1 測定器の仕様

本事業では精密プラスチック製品を対象としている。製品例は歯車、軸受け、アーム、ヒンジ、コネクタなどが該当しいずれも微小寸法となる。微小寸法製品の経時

寸法変化を求めるための測定分解能は以下により決定した。ABS樹脂の場合に線膨張係数は $95 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}^{1)}$ となり温度変化 5°C で寸法3mmの寸法変化は $2.85 \mu\text{m}$ となる。また寸法3mmで射出成形後の収縮率を0.1%とした場合の寸法変動は $3 \mu\text{m}$ となる。ここでの測定では $1 \mu\text{m}$ の測定精度 (measurement precision) が要求されるので $0.1 \mu\text{m}$ の測定分解能が必要になる。また、プラスチック材は測定力により変形を生じる。例えばABS樹脂ではチップ径 $\phi 2\text{mm}$ で測定力が1Nの場合に押し込み量は $4.1 \mu\text{m}$ 、測定力が0.1Nの場合に押し込み量は $0.4 \mu\text{m}$ となる²⁾。 $1 \mu\text{m}$ 以下の測定精度を達成するには測定力が0.1N以下である必要がある。また、射出成形直後からの寸法変化を求めるには射出成形機の隣に測定器を配置する必要がある。そのためには測定器は移設可能で射出成形作業効率を阻害しないコンパクトさが要求される。以上の測定器仕様要求を考慮した結果、非接触式で測定分解能 $0.1 \mu\text{m}$ の三角測距式レーザ変位計をプローブとしてパソコ

* 地域新生コンソーシアム研究開発事業「次世代情報家電・自動車用高度部材の生産技術の開発」

** 電子機械技術部

*** (株)北上エレメック

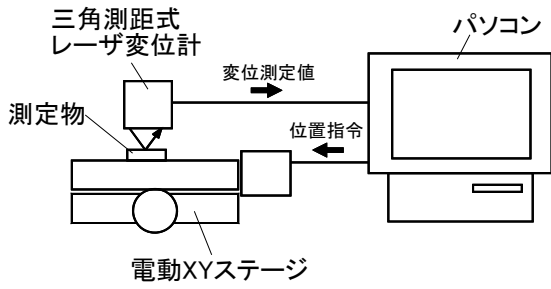


図1 測定器の構成

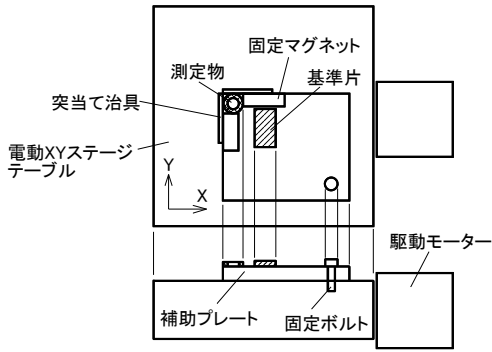


図2 測定物の設置固定方法

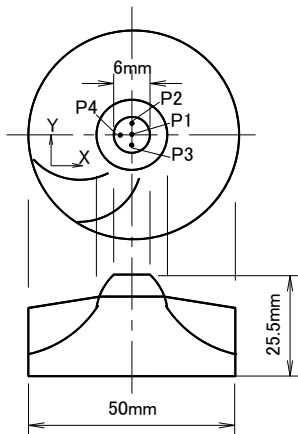


図3 スクリュー

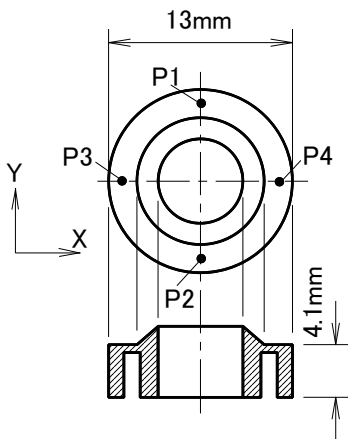


図4 リング

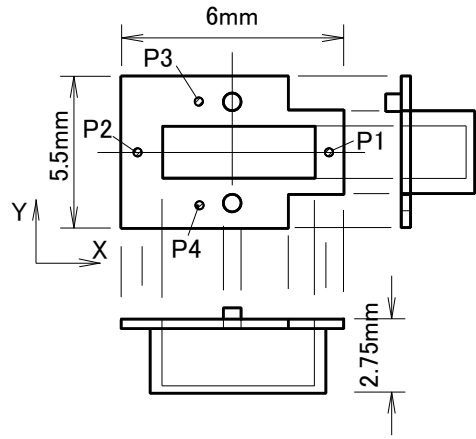
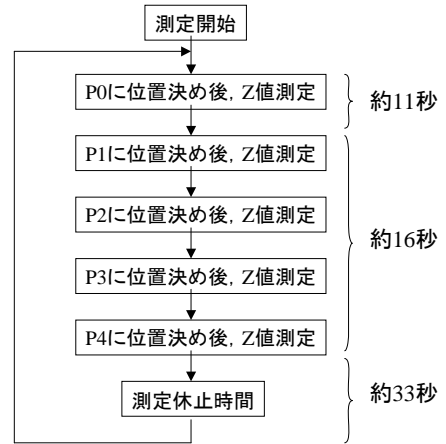


図5 ボックス



測定時間: 約60分/回

図6 測定ルーチン



図7 測定器の配置

ンで制御する測定器を独自に製作することとした。

2-2 測定器の構成

レーザ変位計と電動XYステージ及びパソコンにより構成した測定器を図1に示す。三角測距式レーザ変位計(キーエンス製LK-010)によりZ位置を500回測定しパソコンに取り込みその平均値によりZ位置を求める。レーザ変位計の分解能は $0.1\mu\text{m}$ 、測定範囲は $\pm 1\mu\text{m}$ である。パソコンからの位置指令により電動XYステージ

(日本トムソン製 CT220/220AE355) の位置決め制御を行う。電動 XY ステージの繰り返し位置決め精度は $\pm 3 \mu\text{m}$ である。パソコンによるレーザ変位計と電動 XY ステージの制御を行うプログラミング言語は Microsoft 社の Visual Basic6.0 を使用した。

2-3 測定物

測定物の固定方法を図2に示す。電動 XY ステージで測定物位置を移動する時に測定物と基準片の位置ずれが発生することが予備実験で判明した。位置ずれの防止のために測定物を L 型突き当て治具にシートマグネット 2 個により押しつけて固定した。基準片は補助プレートに直接接着剤で貼り付けた。測定物は図3、図4、図5に示す3種類の形状とし、材種はすべてナイロンである。図3はスクリューで表面色はクリーム色、ゲート位置は側面から 120 度分割で3カ所に配置されている。図4はリングで表面色は白色、ゲート位置は側面にサブマリンゲートとして1カ所を配置している。図5はボックスで表面色は濃灰色、ゲート位置は内側底面にポイントゲートとして1カ所配置されている。測定物は図に示す正面図を上面として電動 XY ステージ上に置き P1~P4 位置の Z 値を測定した。

2-4 測定器の校正

ワイヤ放電加工により基準片を作成した。基準片寸法は段差として目量 $0.01 \mu\text{m}$ のマイクロメータで測定した結果、 $0.2\text{mm} \pm 2 \mu\text{m}$ の測定値を得た。基準片の表面粗さはワイヤ放電加工での 4th カットで仕上げた結果、 $Ra0.25 \mu\text{m}$ 、 $Rz1.67 \mu\text{m}$ であった。図6に示す測定ルーチンにより基準片上面の任意位置5カ所について高さ位置を77分間測定し77ルーチン(測定値数5個/ルーチン)の測定値を得た。測定開始10分後から繰り返し10回の測定値により段差の平均値と標準偏差を求めたところ、位置 P2 では平均値が 0.2057mm 、標準偏差は $0.00073\text{mm}(\sigma)$ 、位置 P3 では平均値が 0.2064mm 、標準偏差は $0.00017\text{mm}(\sigma)$ が得られサブミクロンでのばらつきで測定が行われていた。次に77分間測定した全測定値を図8と図9に示す。時間軸に従い高さ位置の変動が見られ、位置の変動幅は位置 P0 で $8.6 \mu\text{m}$ 、位置 P1 で $6.3 \mu\text{m}$ 、位置 P2 で $6.8 \mu\text{m}$ 、位置 P3 で $8.7 \mu\text{m}$ となった。原因はレーザ出力の不安定化によるものと推測され、これらのレーザ不安定化による時間軸の変動誤差は基準片とプラスチック測定物の表面を交互に測定することで除くことができると考えられる。

2-5 実験方法

図7のとおり射出成形機の隣に測定器を配置した。射出成形機は Fanuc 製 Autoshot-model75B で型締め力が 75ton である。射出成形直後の金型外に排出され回収箱に落ちたプラスチック製品を作業者が手で取り上げる。測定器の補助プレート上の L 型突き当て治具に押し当ててシートマグネット 2 個で横方法にずれないように固定する。射出成形後から測定開始までに測定物設置のため

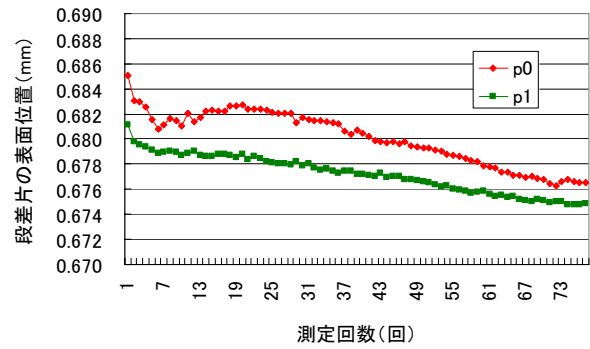


図8 位置 P0 と P1 における基準片高さの変動

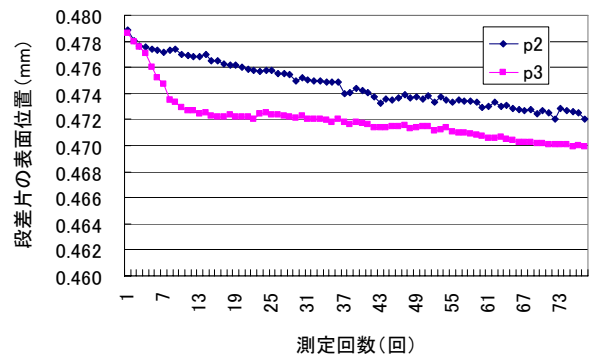


図9 位置 P2 と P3 における基準片高さの変動

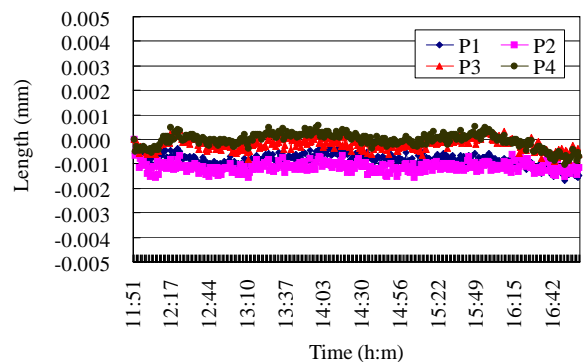


図10 鋼製ブロックの寸法変動

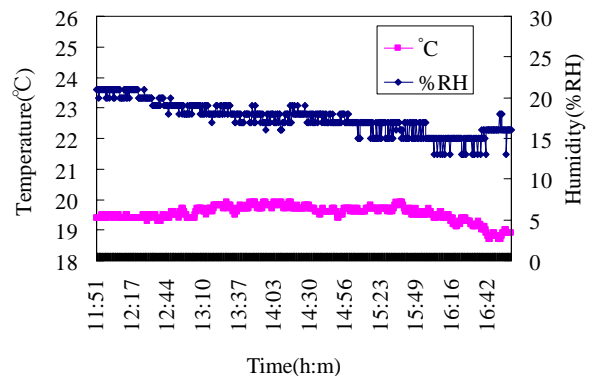


図11 鋼製ブロック測定時の温度変動

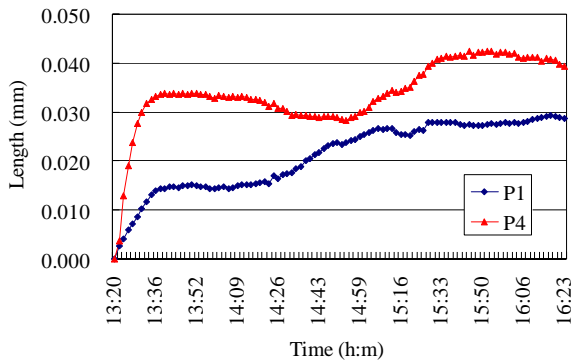


図12 スクリューの寸法変動

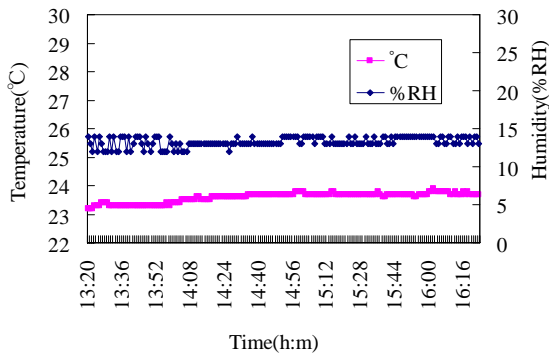


図13 スクリュー測定時の温度変動

に約10秒の不要時間を要した。図6示した測定ルーチンに従い基準片上面をP0、測定物上面をP1~P4の4カ所の順でZ値を自動で繰り返し測定した。1ルーチンの測定にかかる時間は約60秒とした。

3 実験結果及び考察

3-1 鋼製ブロックの場合

測定器の測定値の正確さを検証するために寸法変動が無い鋼製ブロックをプラスチック製測定物と同様の実験方法で測定した。測定物の寸法は厚さ4.4mm、長さ×幅は35mm×7mm、測定物の表面性状は放電加工面で測定時間は5時間とした。図7に示した寸法変動より平均値は $-0.55\mu\text{m}$ 、分布幅は $2.25\mu\text{m}$ 、標準偏差は $1.02\mu\text{m}$ (2σ)となった。この結果から当初懸念されたレーザー出力の不安定化による誤差は除かれ5時間の測定時間では測定誤差 $\pm 1.02\mu\text{m}$ (2σ)で測定できることを確認した。図11より、測定中の温度変動幅が 1.2°C であり鋼の線膨張係数を $11.5 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$ とした場合、厚さ4.4mmの鋼の温度膨張は $0.06\mu\text{m}$ であり影響が非常に小さい。

3-2 スクリューの場合

図3に示したスクリューを測定した。測定位置は基準片上のP0を測定後、軸の最上部となるP1~P4を測定した。表面色が白クリーム色であるためレーザー感度調節に苦慮した。測定範囲が非常に狭く信号取得が難しいためレーザーヘッドを 45° に傾けて散乱光が広く受光できるように調節した。射出成形後13分はレーザー信号が取得

できないため測定不可であった。13分後にレーザー信号を取得できたので測定を再開した。P0から再度P0までの経過時間は1分51秒である。P1とP4でレーザーアライメントが正常に測定が行えた。図12に示した寸法変動のうち寸法変動幅が大きいP4に注目した。P4は射出成形後30分で $33\mu\text{m}$ まで膨張した。その後寸法は安定したが1時間37分後に再び膨張し2時間30分後に $42\mu\text{m}$ の最大値まで膨張した。図13に示した温度環境より測定時間3時間3分の温度変動幅は 0.7°C であった。ナイロンの線膨張係数 $80 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$ 、測定長さ25.5mmでは $\Delta 0.7^\circ\text{C}$ の温度膨張は $1.42\mu\text{m}$ であり温度膨張は無視できる。

3-3 リングの場合

図4に示したリングを測定した。測定位置は基準片上のP0を測定後、図に示した円周上面のP1~P4の4カ所を測定した。表面色は白色であるがスクリューの場合よりはレーザー感度調整が容易でありレーザーヘッドを 45° 傾ける必要はなかった。P0から再度P0までの経過時間は1分33秒である。図14に示した15時間測定ではP2で寸法変動幅が $4.9\mu\text{m}$ でP1~P4のうちで最大値を示した。P1~P4の寸法変動の傾向はP1とP2が同じ傾向を示し収縮している。15時間測定した場合の温度環境を図15に示し温度変動幅が 3.2°C であった。ナイロンの線膨張係数 $80 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$ 、測定長さ4.1mmでは $\Delta 3.2^\circ\text{C}$ の温度

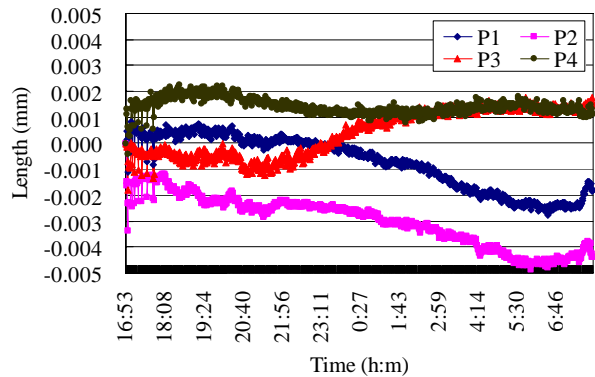


図14 リングの寸法変動

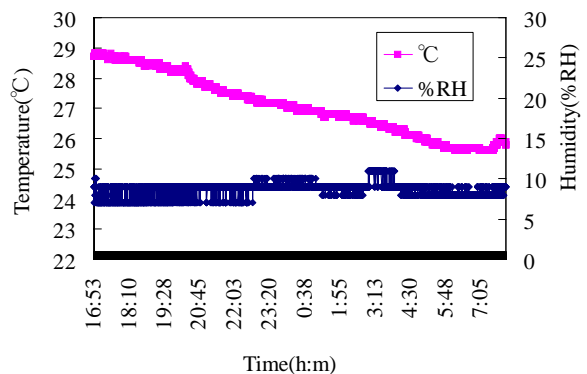


図15 リング測定時の温度変動

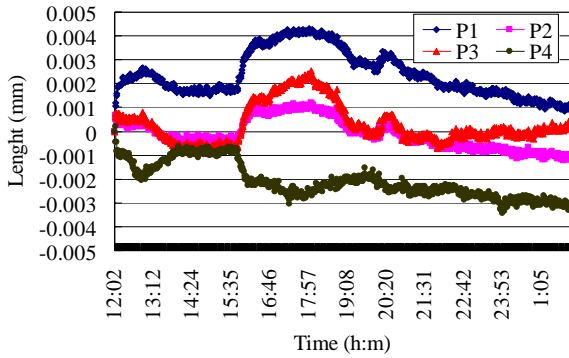


図 16 ボックスでの寸法変動

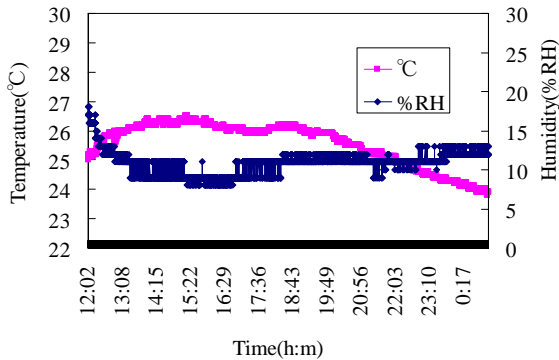


図 17 ボックス測定時の温度変動

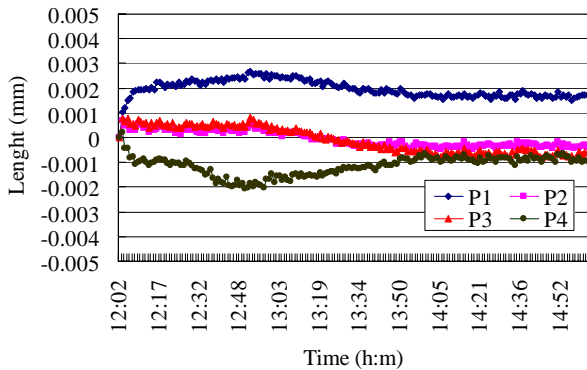


図 18 ボックスでの最初の 3 時間の寸法変動

膨張は $1.05 \mu\text{m}$ である。図 14 の寸法変動と図 15 の温度変動とを比較すると温度の低下に伴い P1 と P2 が同様の下降曲線を描き時刻 7:49 付近のグラフ形状が類似している。温度膨張 $1.05 \mu\text{m}$ を P2 の寸法変動誤差 $4.9 \mu\text{m}$ から除くと $3.9 \mu\text{m}$ となりプラスチック収縮による寸法変動は非常に小さい。射出成形後から 3 時間までのプラスチック製品の寸法変動は P4 の最大値で $2.7 \mu\text{m}$ であった。3 時間での温度変動幅は 0.6°C であり温度膨張の影響を除くとプラスチック収縮による寸法変動は $2.1 \mu\text{m}$ となった。

3-4 ボックスの場合

図 5 に示したボックスを測定した。測定位置は基準片

上の P0 を測定後、図に示したボックス外側上面の P1-P4 の 4 カ所を測定した。表面色は濃灰色であるためか 3 種類の測定物の中で最もレーザ感度調整が行い易くレーザヘッド傾斜は 0° の状態とした。P0 から再度 P0 までの経過時間は 1 分 2 秒である。図 16 に示した 14 時間測定でのプラスチック製品の寸法変動は P1 が寸法変動幅の最大値 $4.3 \mu\text{m}$ を示した。14 時間測定した場合の温度環境は図 17 より温度変動幅が 2.9°C であった。ナイロンの線膨張係数 $80 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$ 、測定長さ 2.75mm では $\Delta 2.9^\circ\text{C}$ の温度膨張は $0.64 \mu\text{m}$ である。図 16 の寸法変動から温度膨張の影響を除いた寸法変動幅は $3.7 \mu\text{m}$ となった。射出成形後は収縮する形状変化を示すと言われるが図 16 は P1 が膨張、P2 と P3 が寸法変動無し、P4 が収縮となり不規則な形状変化を示した。図 18 には図 16 の最初の 3 時間を抜き取った図を示した。図 18 の寸法変動幅の最大値は P1 の $2.7 \mu\text{m}$ となり、3 時間での温度変動幅 1.4°C による温度膨張の影響を除くと寸法変動幅は $2.2 \mu\text{m}$ となった。

3-5 考察のまとめ

スクリーウの場合は測定物の厚さが 25.5mm であり他の測定物に比較して十分大きいために射出成形後から 3 時間の寸法変動の最大値が $42 \mu\text{m}$ と大きな値を示した。形状変化の傾向は膨張となった。これはゲート位置が側面であるため樹脂流れの方向はスクリーウの水平方向になり、樹脂流れの方向へ収縮と言われる一般論から説明できる。しかし、不安定なレーザ受光状態による測定誤差の影響も考えられることから、最終的な結論はゲート位置を因子とする割り付け実験により確かめることが必要と考える。リング、ボックスの場合は測定物の厚さがリングで 4.1mm 、ボックスで 2.75mm とスクリーウと比較して十分小さいため異なる結果となった。リングでは 15 時間測定で温度膨張を除いた寸法変動幅は $3.9 \mu\text{m}$ 、ボックスでは 14 時間測定で温度膨張を除いた寸法変動幅は $3.7 \mu\text{m}$ となり射出成形後の寸法変動は非常に小さいことがわかった。形状変化の傾向はリング、ボックスとも位置の違いにより収縮や膨張の不規則な傾向を示した。当初の仮定ではプラスチック製品は射出成形後、一旦膨張しその後収縮すると予想したが、ここでの実験では再現しなかった。

4 まとめ

最終的なプラスチック製品寸法を予測するために射出成形後のプラスチック製品の寸法変動の大きさ及び傾向を実験により求めた結果、以下の事項が明らかとなった。

- (1) 射出成形機の隣に配置するために高精度及びコンパクト化を実現する測定器を製作し 5 時間の鋼製ブロック測定を行った結果、測定値の変動が標準偏差 $1.02 \mu\text{m}(2\sigma)$ となり、試作測定器の精度を確認した。
- (2) スクリーウ形状で厚さ 25.5mm の場合は射出成形後から 3 時間の温度膨張を除いた寸法変動幅は $42 \mu\text{m}$

となった。寸法変動は鉛直方向への膨張として表れており、これはゲート位置の影響が大きいと予想される。膨張収縮の傾向はゲート位置を因子とした割り付け実験により確かめる必要がある。

- (3) リングで厚さ 4.1mm の射出成形後の寸法変動を調べた結果、15 時間測定での温度膨張を除いた寸法変動幅は最大値で $3.9 \mu\text{m}$ となり寸法変動は小さい。
- (4) ボックスで厚さ 2.75mm の射出成形後の寸法変動を調べた結果、14 時間測定での温度膨張を除いた寸法変動幅は最大値で $3.7 \mu\text{mm}$ となり寸法変動は小さい。
- (5) リング及びボックスで経時による形状変化の統一的な傾向は見られなかった。

以上から射出成形直後の金型内の高圧力開放によるプラスチック製品の寸法膨張の傾向は明確に確認できなかった。その後、寸法測定を 10 時間程度継続して行った結果、

プラスチック製品の寸法は加工室内の温度変動に追従して寸法変動が行われていた。このことからプラスチック製品の寸法計測は通例では 1 日経過後に測定する考え方はここでの実験では再現されなかった。製品の大きさや材質にもよるが、ここでの対象とした材質がナイロンで寸法が 15mm 程度のプラスチック製品の場合は射出成形直後からの寸法変動が小さいので、すぐに寸法計測を行っても良いと考えられる。

文 献

- 1) 山口章三郎他：プラスチック材料選択のポイント，日本規格協会(2003)438.
- 2) 和合健，熊谷和彦，小野寺学：平成 17 年度地域新生コンソーシアム研究開発事業「マイクロ成形機の開発とそれを活用した生産革新技術の研究」成果報告書，岩手大学(2006)68.

唯一形状製品（我杯・カタノブ）の生産技術高度化 に関する研究開発

長谷川 辰雄*、小林 正信**、
高橋 和良***、小原 美栄子***、佐々木 知子***

(株)サーガは、個人の手型を木製のグラスやドアノブに象った製品を販売している。材料に県産材と漆塗り、取り付け部には南部鉄器を使用し、岩手の素材にこだわったオーダーメイド製品が特徴である。製作工程は、石膏手型を3次元スキャナで取り込み、そのスキャン・データを切削加工機用データとして編集する。スキャン・データは、ノイズ除去や原材料とエンドミルの位置合わせ等、切削加工機用のデータ作りに約50分程かかっていた。そこで、この作業の自動化ソフトを開発することによって約5分(1/10)に工数を削減することが出来た。また、漆塗り工程では、通常1カ月程かかる作業を、速乾性漆により約2週間(1/2)に短縮させ、これを塗布した我杯グラスで日常使用試験を実施した。本研究では自動化ソフトの開発と速乾性漆による日常試験結果について報告する。

キーワード：オーダーメイド、自動化、3次元スキャナ、速乾性、漆

Development of Automation System for the Only One Product

HASEGAWA Tatsuo, KOBAYASHI Masanobu,
TAKAHASHI Kazuyoshi, OBARA Mieko and SASAKI Tomoko

Sagar Inc. sells the product which carved each grip hand on the wooden doorknob and glass. The doorknob is made of the lumber of Iwate and the Japanese lacquer in the grip hand, and NANBU-TEKKI is used for the installation part. The tailor-made products which stuck to the material of Iwate are characteristics. The production of the grip hand makes a mold with seizing a material like plaster. The mold is scanned with a three-dimensional scanner, and scanning data is processed by the cutting device. The raw data of the scanner can't be shaved with a cutting device. It is reported about the automation technology of the three-dimensional scanner here.

key words: tailor-made, Automation, 3D-scanner, Japanese lacquer, quick dry

1 緒 言

「手で触る」ことで、その時の思い出や記憶を一瞬で蘇えさせるというコンセプトのもとに、(株)サーガは「我杯グラス」と「カタノブ(ドアノブ)」を製造・販売している。同社が実施した700人以上のヒアリング結果から、37%以上の人が価格次第では手を象った製品の購入を希望するという結果を得たことも起因の1つである。

「我杯」と「カタノブ」は図1に示す通り、ビールジョッキサイズのグラスと、片側だけに手形が彫られたドアノブである。



図1 我杯とカタノブ

「我杯」、「ドアノブ」の生産工程は、お客様の石膏手形を3次元スキャナ装置(ローランド社製)でデジタルデータ取得し、それを切削加工機で加工し、仕上げ磨きを行った後に塗装して完成する。しかし、3次元スキャナ装置で取得したデジタルデータには、凹凸が激しい箇所では計測出来ず穴となって残ってしまう。また、センシング光の散乱によるノイズデータや、自動ポリゴン化によるエラーが発生するため、切削加工機で切削するにはデータの編集が必要となる。このデータ編集には3次元CADソフトを用いた手作業で約50分を要し、手間がかかっていた。そこで、この手間のかかる作業を自動化ソフトによって時間の短縮化を図ることを目指した。また、生産工程中で一番工数がかかっている作業に「漆塗り」がある。漆塗りは「塗り」と「乾燥」を何回も繰り返し行う必要があるため、通常では1カ月程の日数がかかっている。そこで、漆塗り工程の短縮化を目的に速乾性漆(岩手工技発明)を使用し、日常生活での使用で問題が無いかな等の実証試験を行った。

* 電子機械技術部
** 企画デザイン部
*** 株式会社サーガ

2 開発方法

2-1 3次元スキャンから加工機用データの流れ

3次元スキャナ装置のスキャンソフトの Dr. PICZA3 で取得したデータは、データ編集ソフトの Pixform Pro を使ってノイズ除去や位置合わせ等が行われ、最終的に切削加工機用のデータとなる。この工程の一連の流れを図2に示す。

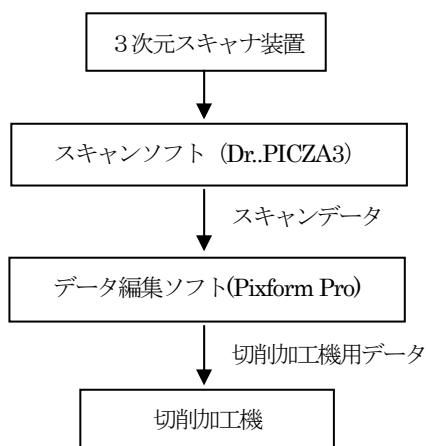


図2 データの流れ

2-2 スキャンソフトの自動化

3次元スキャナ装置はローランド社製「LPX600」であり、レーザ光の反射光を計測する原理で精度は±0.05mmである。このLPX600に付属のスキャニングソフト (Dr. PICZA3) を用いて、計測の範囲やピッチ間隔の設定を行ってスキャンを実行する。しかし、このソフトではこれらのパラメータを保存することが出来ず、立ち上げのたびに計測範囲やピッチ間隔を設定しなければならない。そこで、これらのパラメータ値を立ち上げ時に自動的に設定し、スキャンを実行するソフトウェアを開発することで、パラメータ設定の時間を短縮化することを目標とした。

3次元スキャナ装置の開発用ソフトは、メーカーが関数ライブラリを提供しており、C言語コンパイラ^{1,2,3)}によって自由にアプリケーションソフトが開発できる。このライブラリを利用してスキャンソフトの自動化プログラムを作成した。図3はスキャン範囲と角度を決定するためのC言語プログラムで、インチをミリ単位に変換している。スキャン範囲は、「高さ：13~113mm」、「幅55mm」であり、角度は物体を中心とし、センサに対して0°、45°、90°、315°ごとの4方向の平面スキャンとした。スキャンピッチは、高さ方向、幅方向ともに0.8mmに設定した。図3のプログラムを実行した結果が図4となる。図3の画面は開発用ライブラリから起動できる「スキャン設定」の画面であり、その画面に設定値をセットすることがプログラムの内容である。

```

for ( i=0;i<pScanParam2->nAreas; i++ ) {
    pScanAreaParam->Pitch. x=(int) (0.8* pReso->x / 25.4);
    // 幅ピッチ0.8mm インチをmmに変換 (25.4mm/inch)
    pScanAreaParam->Pitch. y=(int) (0.8*pReso->y/25.4);
    // 高さピッチ0.8mm
    pAreaPoint=pScanAreaParam->Points;//POINT3D* pAreaPoint;
    pAreaPoint[0].x = (int) (-27.5 * pReso->x / 25.4);
    // 開始 x 幅5.5mmの-1/2 pReso->xは指定幅の中心を示す。
    pAreaPoint[0].y = (int) (13 * pReso->y / 25.4);// 開始高さ
    pAreaPoint[1].x=(int) (27.5 * pReso->x / 25.4);// 終了 x
    pAreaPoint[1].y=(int) (113 * pReso->y / 25.4);// 終了高さ
    angle=315+(45*i)>=360 ? 45*(i-1) : 315+(45*i);// 開始角度
    pScanAreaParam->nAxisRot=(int) (angle * info.nAxisRotReso / 360)
    pScanAreaParam=(SCANAREAPARAM*) (((char*)pScanAreaParam)+
    pScanAreaParam->dwSize );
}
    
```

図3 スキャン範囲と角度の設定プログラム

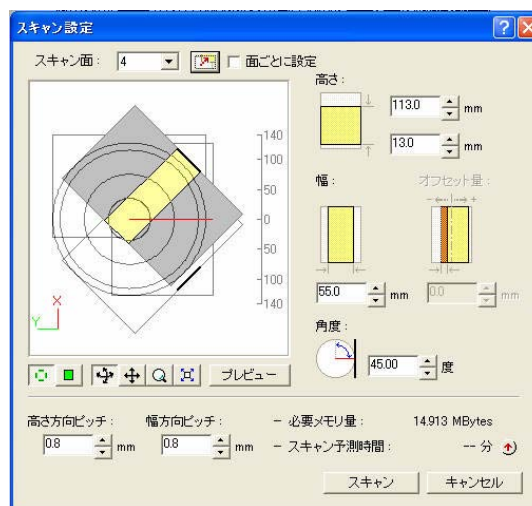


図4 プログラムの実行結果

2-3 データ編集ソフトのプログラム開発

3次元スキャナ装置で取得したデータの編集は、Pixform Pro (ソフト) を用いて下記の項目順に作業を行う。

- ①穴埋め
- ②スムージング
- ③ポリゴンデータの整合性チェック
- ④木型と手形の位置合わせ
- ⑤木型と手形のブル演算

2-3-1 穴埋め

スキャナのレーザ光が届きにくい握り手の凹凸が激しい箇所では、計測データが無い状態 (穴) が幾つか生じる。このような穴を含んだ計測データでは、切削加工機で手形を削ることが出来ないため穴を埋める必要がある。これには、穴の周辺データから補完して穴埋めを行うが、1つ1つの穴をマウスで選

択する方法や、穴の大きさを指定して複数の穴を選択する方法がある。我杯手形のスキヤナで生じる穴のサイズはほぼ一定であるため、穴のサイズを指定する方法を取り、穴の補完方法は、近傍データの曲率を利用して穴埋めを行った。

2-3-2 スムージング及びポリゴン整合性

スキヤナの計測生データは点群として生成される。これを3次元CADや切削加工機に読み込ませるためには、この点群をポリゴンデータに変換しなければならない。このポリゴン化は、スキヤナソフト(Dr.PICZA)によって自動的に生成できるが、各測定点の位置誤差によって、滑らかでないポリゴンが生成される。このポリゴンデータをそのまま切削加工機にかけると、表面に凹凸が出来るため、これを取るための仕上げに多大の時間を要する。そこで、このポリゴンを滑らかにするためのスムージングが必要となる。この機能はPixform Proに搭載されており、スムージング関数を呼ぶプログラムを作成し実行した。また、自動生成されたポリゴンが幾何学的に整合性があるかどうかをチェックする機能も同様にプログラムした。

2-3-3 位置合わせ及びブール演算

切削加工機に受け渡すデータは、木型原型モデルに握り手モデルを合成して作成する。この合成作業をブール演算と呼び、具体的には論理積演算を行う。このとき、木型原型モデルと握り手モデルの位置合わせを正確に行う必要がある。ここでは、各モデルサイズの最大値・最小値から中心座標を計算し、移動させることで位置合わせを行うプログラムを作成し実行した。

2-3-4 プログラム開発環境

Pixform Proの開発用プログラムは、BASIC言語の記述に近いマクロプログラムを使って開発した。マクロプログラムは、幾つかの処理をまとめて実行する場合や、独自のデータ演算を実行できるように、Pixform Proが提供している開発用言語である。ユーザはこのマクロプログラムを使って、定型処理の自動化や独自データ演算を自由に開発することができる仕組みとなっている。

2-4 速乾性漆の日常使用試験

現状、漆塗装工程だけで1カ月程かかっている。塗装方法は、生漆⁴⁾を塗っては拭き取る作業を繰り返すことで漆塗膜を形成させる拭き漆技法である。塗装した生漆は12時間程度の硬化時間が必要なため、1日1回の塗装が限界である。この硬化時間が長い工程期間を必要とする最大の要因である。

そこで、塗装期間の短縮を図るため、岩手県工業技術センターで開発した速乾性漆⁵⁾を用いた塗装試験を実施した。速乾性漆は漆成分の酸化重合を促進させる処理をあらかじめ行うことにより短時間で硬化する特性に改質された漆であり、添加剤等を混入していないことを特徴とする。成分は一般のスグロメ漆(生漆を精製処理した精製漆で水分は約3%)に近く、約2~3%の水分を含有する。

塗装作業は約10~20%の塗料用シンナーで粘度調整した速乾性漆を刷毛塗りし、ウェスで拭き取った。漆の硬化には恒

温恒湿器(温度28℃、湿度78%RH)を使用し、初回塗装のみ2日間、以後の塗装では3時間ほど機器内で硬化させた。初回塗装では木地に漆が浸透するため十分な時間を置いた。各塗装間では塗装表面をサンディングし、合計で6回の拭き漆で完成とした。今回は1名の作業員で10個を同時製作した。

また、完成塗装品について日常使用試験を実施した。日常使用を行う中での塗装面の変化や耐久性について、従来の漆塗装製品と比較しながら目視により評価した。

3 実験結果

3-1 スキャン自動化ソフト実験

2-2のスキヤナソフトの自動化によって、3次元スキヤナ装置のスキャン範囲や角度方向を自動的に設定し、スキャンを実行することが可能となった。このスキヤナ装置で得られるデータはXYZ座標値の点群であるため、このままではPixform Proでの編集作業は出来ない。編集を可能とするにはポリゴンと呼ばれるデータ形式が必要となる。そこで、点群データをポリゴン化するプログラムを作成した。開発したプログラムの動作順とデータの流れを図5に示す。

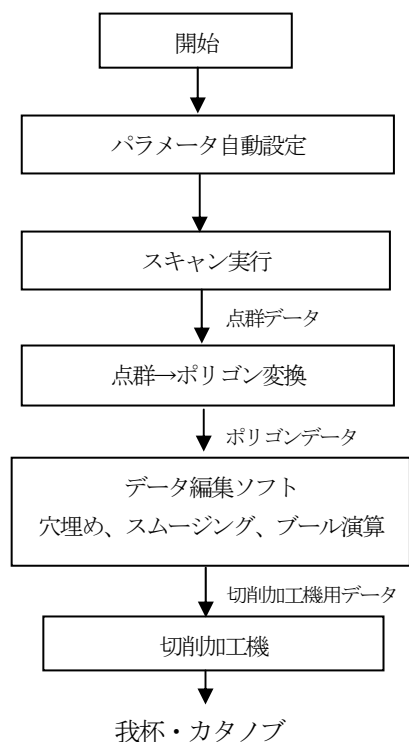


図5 プログラム動作順及びデータの流れ

3-2 自動データ編集ソフトウェアの開発

手作業で行っていた穴埋め、スムージング、ブール演算の機能を自動的に実行するプログラムを作成した。プログラムの実行時間は約1分程度であるが、起動時間やファイル読み込等の前処理を統合すると約5分であった。従来作業の約50分に比べると1/10に時間短縮をすることが出来た。図6は穴埋め、スムージング、ブール演算の自動処理を行った結果画面である。

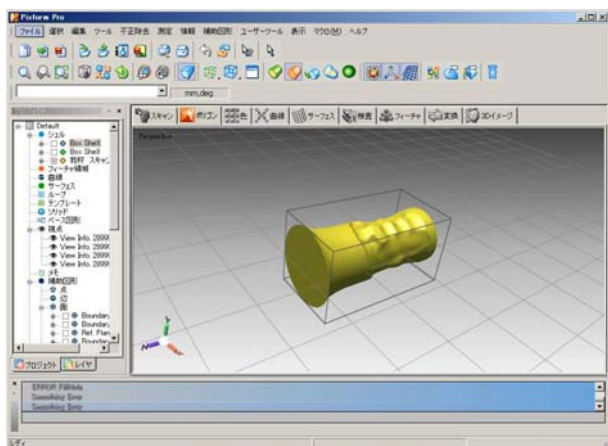


図6 自動データ編集の結果画面

3-3 速乾性漆の日常使用結果

速乾性漆を使用することで漆塗りの工程が、約1.5週間に短縮することが出来た。これは通常の漆塗り工程の1/5である。この速乾性漆を塗布した「我杯」を図7(a)及び(b)に示す。



(a) 正面



(b) 斜め上方

図7 速乾性漆を塗布した我杯

今回、試験に用いた速乾性漆自体、恒温恒湿器雰囲気中では約1~1.5時間で硬化する特性であったため、各塗装工程では十分な硬化時間を与えているといえる。それでも、1日2回の塗装が可能であり、5日で塗装工程を終えた。今回は製造個数が10個と少なかったが、実際の製品塗装のロットを考慮

しても、少なくとも1/2の工期短縮は十分可能である。また、少量の試作品などは本試験のように非常に短期間で製造できる。さらに、漆の硬化が速いので硬化雰囲気には曝す時間も短くてよく、木地変形などの不具合の低減も期待できる。

使用試験の結果からは、従来の塗装品と比べた場合のツヤの低下や色変化、傷つきやすさ、剥がれ等には遜色なく、生漆同等の塗膜性能を保持していることが確認できた。使用試験後約半年経過した現在でも状況は変わっていない。

4 結 言

3次元スキャナ装置で我杯の計測データ(点群)を自動的に取得しポリゴン化するソフトウェアと、穴埋め等のデータ編集を自動化するソフトウェアを開発し、システムの一部の時間短縮をすることが出来た。また、漆塗りの工程を1/5に短縮化出来た。今後は、さらに時間短縮できる箇所の検討やデータベース利用の検討によって、システム全体の高機能化を目指していく予定である。(株)サーガが目指している製品は、作り置きが出来ないオーダーメイド商品がコンセプトとなっている。このような商品は、製造時間がキープポイントであり、短いほど生産性が向上し販売数も増加する。また、在庫を必要としないため経済的リスクを回避することができる。今後の受注量の増加に伴い、生産性を向上させるための方法について検討していく予定である。

文 献

- 1) 谷尻 豊寿、谷尻かおり: Visual C#2005 実践プログラミングテクニック、技術評論社(2006)
- 2) 有限会社ガリバー: Visual C#.NET 基礎300の技、技術評論社(2006)
- 3) Arton: Visual C# 2005 プログラミング入門、アスキー(2007)
- 4) きうるし。木から採取しゴミを取り除いた漆で水分は約20~30%。
- 5) 小林正信、町田俊一: 岩手県工業技術センター研究報告、7、34(2000)
- 6) 町田俊一、小林正信: 岩手県工業技術センター研究報告、7、37(2000)

低切断荷重はさみの切断荷重の推定*

飯村 崇**、長嶋宏之***、井上研司****、

井山俊郎*****、本村 貢*****

医療用や理美容用のはさみは一般的なはさみと比べて、切断に対する要求が非常に厳しい。具体的にはその切断荷重が、他のはさみと比べて非常に小さくなっている。その結果、荷重に影響する因子の推定が難しい。そこで、本報告では、最終目的であるはさみの切断機構の理論化のため、空切り荷重の推定を試みた。空切りとは何も切断せずにはさみを開閉する動作を指す。その結果、形状の測定値を元にいくつかの仮定を盛り込んだ数値計算を行うことで、空切り荷重の推定が可能となった。また、この結果から、空切りの開閉感に影響を及ぼす因子が明らかになった。

キーワード：はさみ、切断荷重

Estimation of Cutting-Load with Low Cutting-Load Scissors

IIMURA Takashi, NAGASHIMA Hiroyuki, INOUE Kenji,

IYAMA Toshirou and MOTOMURA Mitsugu

Cutting Load of Hair-Cutting Scissors and Medical Scissors is lower than other Scissors, and it is difficult to estimate effective factors on cutting-load. Therefore, the method to estimate cutting-load of Low Cutting-Load scissors without cutting (only closing) is proposed in this paper. This investigation is the first step to form a theory of cutting with scissors. As a result, cutting-load (only closing) was able to estimate by numerical calculation based on measuring shape of scissors. Effective factors on cutting-load were clarified by use of this method.

key words: Hair-Cutting Scissors, Cutting-Load

1 緒 言

これまでのはさみの良否判定や、はさみ設計の簡便化を目的として、切断荷重を計算から推定する試みがいくつかなされてきた。代表的なものとしては大阪工業奨励館の藤原らの一連の報告や、岐阜県製品技術研究所の竹腰らの報告がある。¹⁾²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾しかし上述の藤原らの報告においては基本的にはラシャ切はさみ等切断荷重の大きなはさみを対象にしており、竹腰らの報告においても金属板や径の大きな棒材を切断するような状況を想定している。ところが医療用や理美容用の切断荷重が低いはさみ（以後、低切断荷重はさみと呼ぶ）では、扱う切断荷重が非常に小さく、刃やワッシャで起こる摩擦等が大きく影響を及ぼすと考えられることから、ラシャ切りはさみ等と比べ荷重に影響する因子

の推定が難しい。

そこで、本報告では、最終目的であるはさみの切断機構を理論化するための切断荷重推定の第一歩として、低切断荷重はさみの何も切断せずにはさみを開閉する際の荷重（以後、空切り荷重と呼ぶ）の推定を試みた。この空切り荷重は、刃線上の交点及び触点部分での摩擦抵抗とはさみの自重による抵抗の合力となるのが過去の研究においても既に明らかにされているが、低切断荷重はさみの場合、切断荷重が微小であるため、これに加えてネジ部での摩擦抵抗も考慮する必要がある。また、摩擦力は垂直荷重と摩擦係数によって計算されるが、この垂直荷重ははさみ全体のたわみ、樹脂ワッシャの変形及び刃先端微小部分の変形と、刃のおがみ形状から決定できると考えられる。しかし、この

* 都市エリア産学官連携促進事業発展型「MRI 対応医療用はさみの開発」

** 電子機械技術部（現 材料技術部）

*** 企画デザイン部

**** (株) 東光舎

***** 岩手大学 工学部 機械工学専攻

***** 早稲田大学 基幹理工学部 機械科学航空科学 機械科学専攻

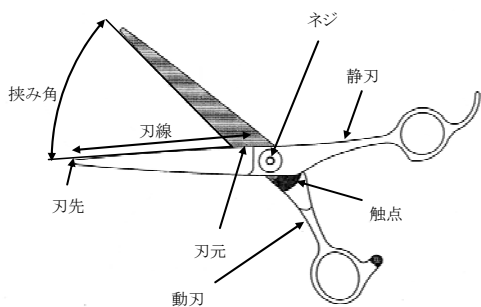


図1 はさみ各部の名称

垂直荷重を、測定したおがみ形状のみから計算で求めた例は無い。そこで本報告では、測定可能な刃のおがみ形状から刃にかかる垂直荷重を計算で推定すること及び、得られた垂直荷重から空切り荷重を推定することを目指した。また、得られた推定方法を用いて、それぞれの変形がどのくらいの割合で荷重に作用しているかなども推定したので報告する。

2 空切り開閉荷重の推定

図2に使用する記号を、以下にそれぞれの記号の意味を示す。

L: ネジ～力点の距離 / F: 開閉荷重 / θ : 開き角 / l_1 : ネジ～刃線上の交点の距離 / f_1 : 刃線上の交点での摩擦抵抗 / f_1' : 刃線上の交点での垂直荷重 / μ_1 : 刃及び触点の摩擦係数 / l_2 : ネジ～触点の距離 / f_2 : 触点での摩擦抵抗 / f_2' : 触点での垂直荷重 / l_3 : ネジ～動刃の重心の距離 / M: 動刃の重さ(gf) / g: 重力加速度 / f_3 : 動刃の重さによる抵抗の回転方向成分 / f_3' : 動刃の重さによる抵抗 / f_4 : ネジ部での摩擦抵抗 / f_4' : ネジ部での垂直荷重 / l_4 : ネジの半径(ネジの摩擦力) / μ_2 : ネジ部の(樹脂との)摩擦係数 / y: おがみ量(刃先端の垂直荷重を調整するために刃に付けられている曲がり量) / λ_1 : 垂直荷重 f_1' による刃全体のたわみ量 / λ_2 : 垂直荷重 f_1' によるネジ部樹脂ワッシャの変形による刃先端の変位量 / λ_3 : 垂直荷重 f_1' による刃の交差部分の微小変形量

2-1 空切り開閉荷重

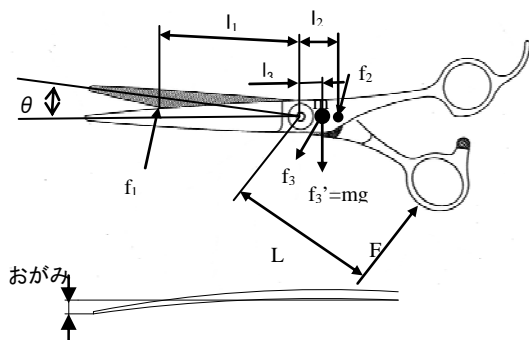


図2 理美容はさみにかかる力と記号

開閉荷重 F は、四つの力の合力と考えられ式(1)の様に示すことができる。

$$F \times L = f_1 \times l_1 + f_2 \times l_2 + f_3 \times l_3 + f_4 \times l_4 \quad (1)$$

ここで、 f_1 は f_1' を用いて次のように表すことができる。

$$f_1 = f_1' \times \mu_1 \quad (2)$$

f_2' 、 f_4' は、 f_1' に釣り合う力なので、 f_2 、 f_4 はネジからの距離を用いて (3)・(4)式で表すことができる。

$$f_2 = f_2' \times \mu_1 = f_1' \times (l_1/l_2) \times \mu_1 \quad (3)$$

$$f_4 = f_4' \times \mu_2 = f_1' \times (1+l_1/l_2) \times \mu_2 \quad (4)$$

f_3 については開き角によって方向が変化するので、(5)式となる。

$$f_3 = f_3' \cdot \cos \theta = M \cdot \cos \theta \quad (5)$$

(2)・(3)・(4)・(5)式を(1)式に代入して、(6)式が得られる。

$$F = f_1' \times [l_1 \times \mu_1 + l_1 \times \mu_1 + (1+l_1/l_2) \times l_4 \times \mu_2] + M \times l_3 \times \cos \theta \quad (6)$$

このことから、垂直荷重 f_1' を求めることができれば、空切り荷重 F を計算により推定することが可能である。

2-2 交差部分の垂直荷重

垂直荷重 f_1' を推定する。単純化のため、以下の近似を導入する。なお、図3はこの近似前後の形状を示した図である。

- はさみ形状のうち大きな曲線で構成される部分は直線で近似
- 刃の断面形状は単純な三角形と近似
- ネジ穴部分での変形はないと考え、穴は無視
- 円形の樹脂ワッシャを、直線で近似
- 刃先端の変形は刃の断面を幅 $B=1\text{mm}$ の片持ち梁と近似して考慮

はじめに、はさみ全体のたわみについて検討を行う。はさみは、図3に示すように先端からの距離 a により、断面形状が変化する一端固定梁と考える。そうした場合、垂直荷重 f_1' によるはさみのたわみ量は、次の(7)式で求められる。

$$\lambda_1 = \frac{f_1'}{E} \iint \frac{x-a}{I_z} dx dx \quad (7)$$

$$I_z = \frac{b_x h_x^3}{12} \quad (8)$$

ここで、 b_x 、 h_x は x の一次式で、はさみの幅や厚みにより傾きと切片が変化する。

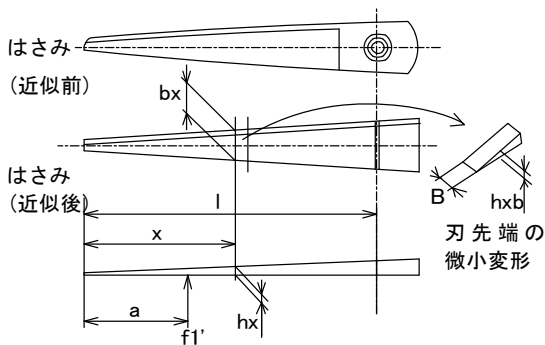


図3 単純化のための近似

次に、図4に示すネジ部ワッシャの変形による刃の長手方向の傾きを検討する。ワッシャの変形量は物質の単純圧縮で求めることができ、刃先端の荷重 f_1' での変形量を λ_2' とすると、ワッシャ変形による刃先端の変形量 λ_2 は(9)式で表すことができる。

$$\lambda_2 = \lambda_2' \times \frac{l_1 + l_2}{l_2} \quad (9)$$

$$\lambda_2' = f_1' \cdot \frac{l_1 + l_2}{l_2} \cdot \frac{1}{E} \int \frac{1}{A_t} dt \quad (10)$$

はさみがワッシャに対し片当たりするため、ワッシャの変形は、図4の下の方のようにワッシャ全体ではなく片側から部分的に起こり、徐々に全体に広がっていく。このような当たり方を近似するために、ワッシャの断面形状を図5に示すように二次曲線とした。これに

より、はじめは小さい面積で軽く当たり、次第に広い範囲で当たるようになる様子を近似することができる。

また、刃の先端は薄く変形しやすいため、刃先端微小部の変形も考え合わせる必要がある。これについては、図3の矢印で抜き出した部分の様に刃の一部を先端が薄い、幅Bの梁と近似して、その変形量 λ_3 を求める。

$$\lambda_3 = \frac{f_1'}{EB} \iint \frac{b}{h_{x^3}} db db \quad (11)$$

これら3つの変形量を合わせた値が、はさみのおがみ量と一致する。つまり、垂直荷重 f_1' に対するおがみ量 y は f_1' とその他の部分 $H(x)$ の積で、(12)式で表すことができる。

$$y = \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 = f_1' \times H(x) \quad (12)$$

従って、おがみ量 y がわかっているときの垂直荷重 f_1' は(13)式となる。

$$f_1' = \frac{y}{H(x)} \quad (13)$$

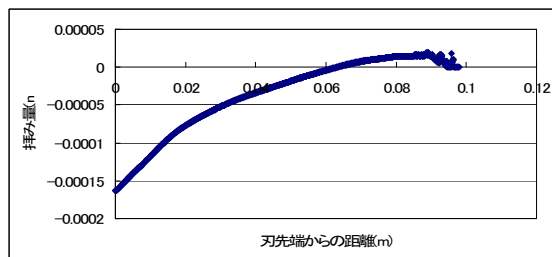


図6 おがみ量実測値

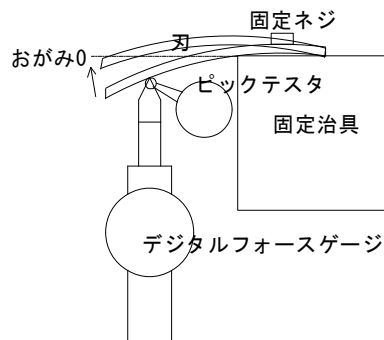


図7 刃自体のたわみによる垂直荷重測定方法



図8 垂直荷重測定の様子

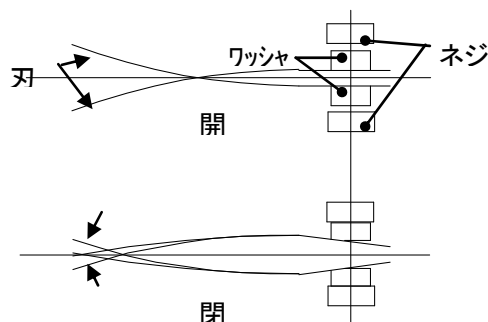


図4 開閉時の刃と樹脂ワッシャの変形

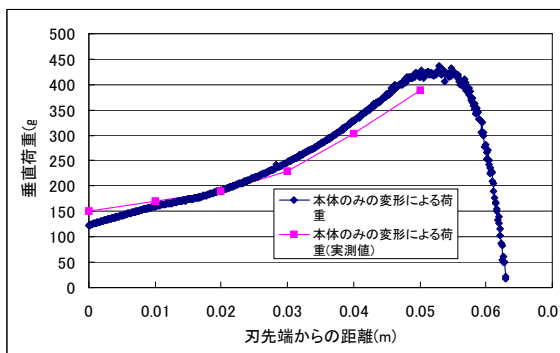


図9 刃自体のたわみによる垂直荷重の比較

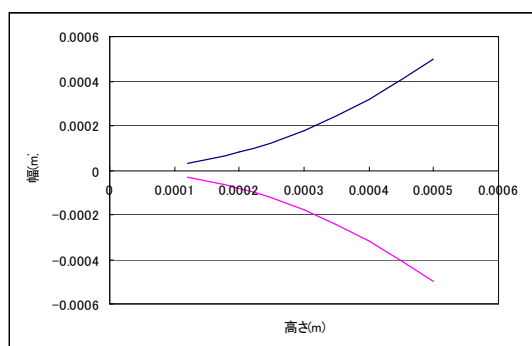


図5 ワッシャの近似形状

このようにして得られた f_1 を(6)式に代入することにより、空切り開閉荷重 F を得ることができる。

3 推定方法の検証

今回の手法を検証するため、先ず、はさみのおがみ形状を測定した(図6)。測定にはレーザ三次元測定器(三鷹光機 NH-3SP)を使用した。この値を元に、各種の計算値を求め、実測値との比較により検証を行う。

3-1 はさみ全体のたわみ

図6のおがみ量実測値から、(7)式で求められるはさみ全体のたわみについて、発生する垂直荷重の計算値を求め、実測値と比較を行う。実測値は、先端から0, 10, 20, 30, 40, 50mmの6点について求めた。測定方法は、測定点にピックテスタを当て、そのごく近傍をおがみ量が0になるまでデジタルフォースゲージ(イマダ DPS-5)で加重し、その時のデジタルフォースゲージの示す値を読み取る。図9は比較を行った結果である。刃先端(横軸が0)で若干のずれがあるが、これは、近似a)で示したように、刃の形状を単純に直線で近

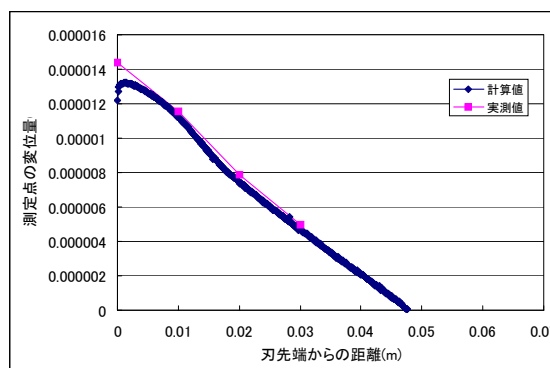


図12 測定点の変位量(刃先端より50mm)

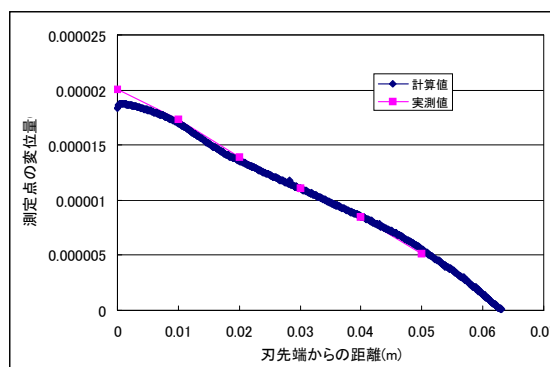


図13 測定点の変位量(刃先端より65mm)

似したことが原因であると考えられる。それ以外は、おおむねよく一致しており、はさみ全体のたわみによる垂直荷重は、今回の近似とそれをベースにした計算から求めることができることを確認した。

3-2 ワッシャの変形

ワッシャの変形に関する部分を検証するために、はさみを一定の位置まで開閉させたときの、ネジ近傍の高さの変化を計算値と測定値で比較することとした。

(刃を開閉させるのは、図10の右の図のように、刃同士の接触点をずらして、刃の傾きを変えるためである。ここで、静刃の柄が固定されているので、静場の触点近傍は動刃を動かしても傾きが変化しない。) 3-1で、はさみ全体のたわみについて計算で求めることができることを確認したので、これに、ワッシャの変形量計算値を合わせ、ネジ近傍の高さ変化を求める。測定にはレーザ三次元測定機(三鷹光機 NH-3SP)を使用する。高さの測定に先立ち、固定している静刃の3点(図10の基準1, 2, 3)を測定して測定の基準平面を作った。以後の測定は、それを元に高さ方向の測定を行っているので、固定の仕方や刃のねじれ、お

がみ等に起因する傾きはキャンセルできている。図12、13は計算値と測定値の比較を行ったグラフである。図12は先端から50mmの所で刃が当たり始めるようにセッティングした場合、図13は先端から65mmのところ刃が当たり始めるようにセッティングした場合である。いずれも計算値と実測値がよく一致している。ただし、先ほど同様、先端部分については近似のずれが原因と考えられる、誤差が発生している。

おがみをキャンセルする要素として今回は、はさみ全体のたわみ・ワッシャの変形・刃先端の微小変形の3つを考えているが、刃先端の微小変形については、変形量が非常に小さく、測定が困難であるため今回は検証を割愛する。

3-3 空切り荷重の推定

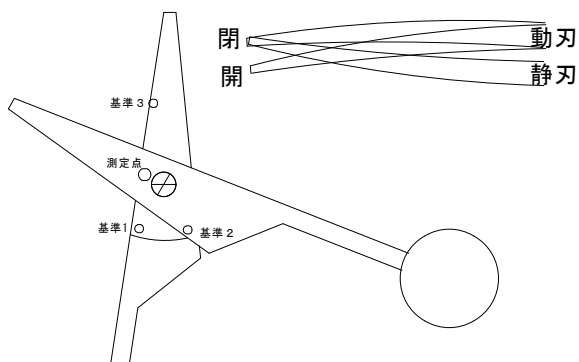


図10 傾き測定の測定点と測定基準点



図11 傾き測定の様子

3-1, 3-2で、今回用いた近似および計算方法を個別に確認し、垂直荷重を精度よく求めることが可能であることを確認した。これを用いて、はさみ全体の垂直荷重を計算により求めたのが図14, 15, 16である。それぞれ先端から75mm, 65mm, 50mmの所で動刃と静刃が接触し始める様にネジの調整を行っている。次に、図14, 15, 16で得られた値を元に、荷重を計算式(13)より求めた値を図17, 18, 19に示す。計算値と実測値がおおむねよく一致している。ただし、図19では接触が緩い部分での値が、若干ずれており、例えばガタがあるために発生するはさみの傾きにより、余分な摩擦抵抗などが発生しているのではないかと考えられる。

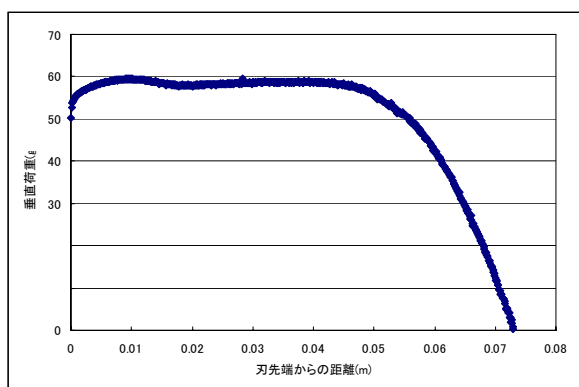


図14 垂直荷重計算値(調整値75mm)

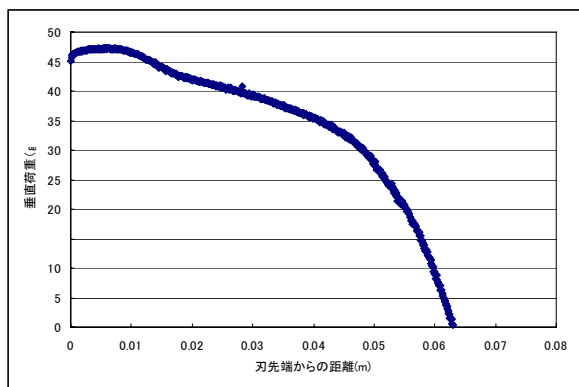


図15 垂直荷重計算値(調整値65mm)

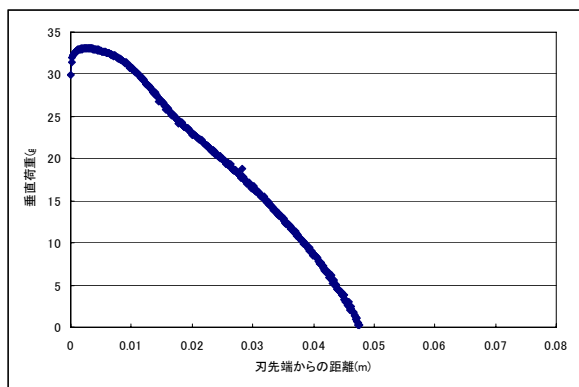


図16 垂直荷重計算値(調整値50mm)

また図20は、計算により求めたはさみ全体のたわみ、ワッシャの変形、刃先端微小部の変形の各要素が全体のたわみに占める割合を示している。ワッシャ変形の割合が全般的に高く、次いで根元の部分では刃先端微小部の変形が、先端部分でははさみ全体のたわみが大きな割合を占めていることがわかる。このことから、

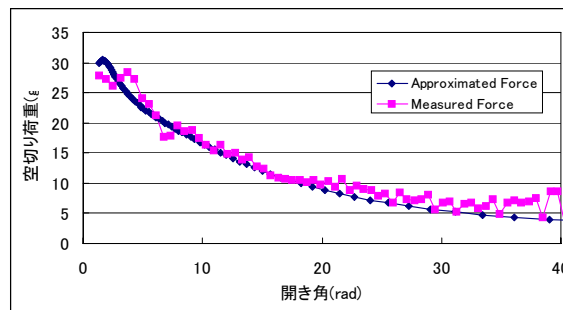


図17 空切り荷重(調整値75mm)

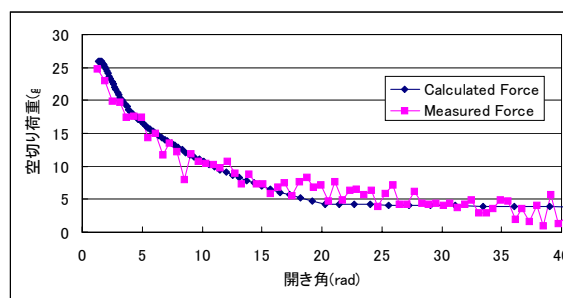


図18 空切り荷重(調整値65mm)

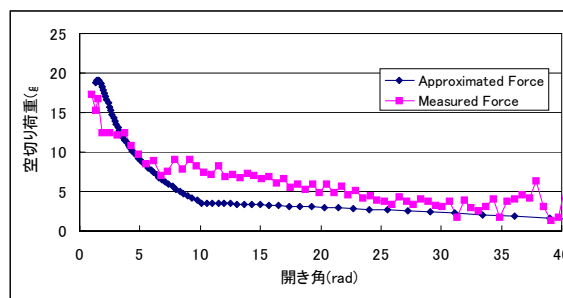


図19 空切り荷重(調整値50mm)

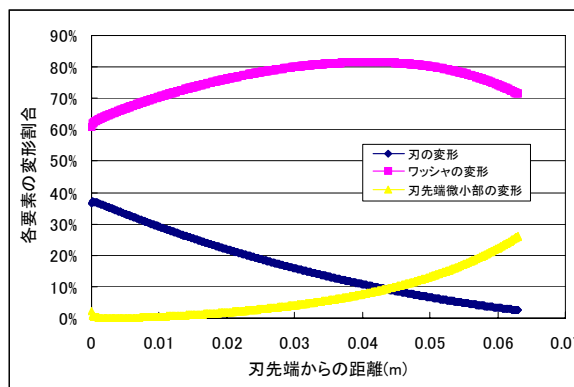


図20 各要素が変形に占める割合

例えば簡単に開閉感をコントロールするには、ワッシャの形状や材質の変更が効果的であること、先端を柔らかくするには刃の断面積を小さくするのが効果的であること、刃元を柔らかくするには刃角度を小さくして刃先端微小部の変形が起りやすくすると効果的であること等、空切り時のはさみの微小な挙動が予測可能になった。なお、今回の計算においては、ワッシャを断面積が二次関数的に変化する形状に仮定することで、実測値とよく一致した結果が得られているが、これは、閉じる動作の初期の段階でワッシャとはさみが片当たりして、閉じて行くに従い次第に接触面積が増えていくためと考えられる。これについては今後検討を行い、精度を上げていく予定である。

4 結 言

今回の研究から、はさみの空切り荷重を計算により求めることが可能となった。

- 1) はさみの空切り荷重には大きく分けて、刃と触点の摩擦、動刃の自重及びネジ部の摩擦が作用する。
- 2) 摩擦を左右する最大の要因である刃にかかる垂直荷重は、はさみ全体のたわみ、ワッシャの変形、刃先端の微小変形により発生しており、おがみ形状から計算で求めることができる。
- 3) 1)、2) を元に計算で空切り荷重を推定するこ

とが可能である。ただし、ゆるめに調整した場合は、さらに刃のガタによる傾きなども影響してくることが予想される。

また、空切り荷重が推定可能になったことにより、荷重に影響を及ぼすと考えられる各要素の影響度合いが明らかになり、空切り時のはさみの微小な挙動が予想可能になった。今回検討した、垂直荷重に影響を及ぼす3つの要素のうち、最も影響の大きいのがワッシャの変形、次いで刃先でははさみ全体のたわみ、刃元では刃先端微小部の変形であった。さらに、ワッシャ形状に盛り込んだ仮定から、空切り時のワッシャの作用の仕方などもある程度予想可能となっているが、これについては来年度更なる検討が必要である。

文 献

- 1) 藤原：大阪府立工業奨励館報告、40(1966)、79-85
- 2) 藤原：大阪府立工業奨励館報告、43(1967)、48-55
- 3) 竹腰：岐阜県金属試験場業務報告、(1978)、36-38
- 4) 竹腰：岐阜県金属試験場業務報告、(1979)、26-88
- 5) 竹腰：岐阜県金属試験場業務報告、(1980)、21-25
- 6) 井上ら：第55回塑加連講論、(2004)

Cr、Mn 量を変化させた球状黒鉛鑄鉄チル試験片 のチル面積率と硬さとの関係*

池 浩之**、高川 貫仁**、岩清水 康二**

チル検査用非破壊測定装置開発のため、Cr を 0.1~0.3mass%、Mn を 0.7~1.7mass% と変化させた球状黒鉛鑄鉄チル試験片を作製した。この試験片についてチル面積率と硬さを調べた。この時の試験片形状は階段状とした。その結果、Mn が多くなるとチル面積率は増加する傾向にあった。しかし Cr を増加させた場合、チル面積率は、試験片の厚みによりばらつくことが分かった。また、得られた試験片を用いて、チル面積率とブリネル硬さとの相関関係を求めた。

キーワード：チル試験片、球状黒鉛鑄鉄、チル面積率、硬さ

Relation between Chill Area Rate and Hardness of Ductile Cast Iron Chill Test Specimen with Varying Contents of Cr and Mn

IKE Hiroyuki, TAKAGAWA Takahito, IWASHIMIZU Kouji

In order to develop a non-destructive tester of chill in cast iron, test specimens chilled iron casting with varying contents of Cr and Mn. Cr contents was varied in the range of 0.1-0.3mass%, Mn was 0.7-1.7mass%. The test specimens had stairs shape, Chill area rate and hardness of the specimens were investigated. As a result, the chill area rate showed the tendency to increase when the content of Mn increased. However, the chill area rate varied by the thickness of the test specimen when the content of Cr was increased. Moreover, the correlation between the chill area rate with the brinell hardness was estimated by using the test specimen.

key words: chill test specimen, ductile cast iron, chill area, hardness

1 結 言

著者らは渦電流や交流磁化法による鑄鉄中のチル検査用非破壊測定装置開発のため、鑄鉄中にセメントナイト相が晶出した試験片（以下：チル試験片）の作製方法について検討してきた¹⁾⁻²⁾。これまでは、片状黒鉛鑄鉄および球状黒鉛鑄鉄で、円盤状試験片の厚みや湯口体積などを変化させて検討した。その結果、片状黒鉛鑄鉄の場合、厚みが 3mm の試験片ではチルを晶出させることが可能であったが、冷やし金を用いると砂型側に大きな引けが生じた。さらに厚みが 6mm 試験片では、湯口体積を 5 倍以上にすると、引けの無い試験片を作製することが可能であったが、冷却速度が遅くなるために、チルが晶出しなかった¹⁾。一方、球状黒鉛鑄鉄の場合は、湯口体積を 5 倍以上とすることで、引けのない厚さ 6mm のチル試験片を作製出来た¹⁾。

また、片状黒鉛鑄鉄で引けの無いチル試験片を作製するために、階段状試験片鑄型を用いて、黒鉛化阻害元素である Cr や Mn を微量添加した試験片を作製し

た。その結果、引け巣やポアなどの欠陥の無いチル試験片が作製できた。そして肉厚 5mm 部では、いずれの組成でもチルが晶出した。また 10mm 以上の肉厚では、Cr や Mn の添加量が増加するほど、チル晶出力は増加傾向にあるが、注湯温度の影響などによってバラツクことが分かった²⁾。

本研究では前回同様に階段状試験片鑄型を用いて、球状黒鉛鑄鉄に Cr や Mn を添加したチル試験片を作製した。そして組織中のチル面積率などを画像解析により測定した。またチル面積率と硬さの相関関係などについても調べた。

2 実 験 方 法

球状黒鉛鑄鉄は、FCD400 相当の溶湯を基本組成とし、銑鉄、フェロシリコン、電解鉄、電解 Mn を原料として調整した。そして鑄鉄の主要元素であり、黒鉛化阻害元素でもある Mn の添加量を 0.7mass%、1.2mass%、1.7mass% と変化させた。さらに Mn 添加量を 0.2mass%

* 事業名「鑄鉄の機械的特性に及ぼす基地組織の定量的評価」

** 材料技術部

一定として、鑄鉄のセメンタイト化促進元素である Cr の添加量を 0.1mass%、0.2mass%、0.3mass% と変化させた。上記の 6 種類の組成に調整した原料を、それぞれ黒鉛坩堝に投入し高周波誘導炉を用いて、約 1500℃で

溶解した後、Fe-Si-Mg 系の球状化剤で、サンドイッチ法により球状化処理を行った。そして#650 セラビーズで作製した階段状試験片鑄型に 1400~1450℃で注湯した。この時、チル化を促進するために接種は行わな

かった。鑄型と作製した階段状試験片の外観を図 1 に示した。階段状試験片の肉厚は 5, 10, 20, 30mm と変化させ、試験片の幅は 74mm、それぞれの肉厚部の奥行きは 35mm とした。得られた試験片は、切断後光学顕微鏡による組織観察を行った。また各肉厚部の平均チル面積率を画像解析装置(日下レアメタル製: 鑄造くん)で求めた。さらにマイクロビッカーズおよびブリネル硬さ試験機で各肉厚部の硬さ測定も行った。



図1 階段状試験片鑄型と鑄造後の試験片

表1 作製した各試料の発光分光分析結果

試料番号	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ti	Mg
A	3.70	2.39	0.24	0.027	0.009	0.10	0.012	0.038
B	3.59	2.27	0.18	0.023	0.006	0.20	0.011	0.037
C	3.49	2.49	0.20	0.021	0.008	0.27	0.011	0.041
D	3.60	2.27	0.73	0.023	0.004	0.02	0.012	0.040
E	3.79	2.42	1.20	0.030	0.004	0.02	0.013	0.041
F	3.57	2.36	1.61	0.027	0.004	0.02	0.012	0.041

3 結 果

表 1 には、試料 A~F の発光分光分析による測定結果を示した。A~C は Mn 添加量を 0.2%一定として Cr 添加量を 0.1~0.3% と変化させ、D~F では、Cr 添加量を 0.02%一定として Mn 添加量を 0.7~1.7% と変化させた。試料番号 F の 1.7%Mn で Mn 含有量が 0.1%ほど少ない 1.61%となったことを除けば、ほぼ目標とした組成の試験片が得られた。

図 2 は、0.1%Cr を添加した試料 A の各肉厚部の代表的な組織と平均チル面積率を求めた結果を示した。肉厚が薄くなるほど冷却速度は速くなるため、組織中に白色で観察されるチル(セメンタイト)相が増加し、チル面積率が大きくなった。

図 3 は試料 A~F の厚さ 5mm の肉厚部をピクリン酸溶液で腐食した後の光学顕微鏡組織と平均チル面積率を示した。試験片中の Cr 含有量が 0.10%から 0.27%と増加すると、平均チル面積率は 14.3%から 7.6%まで逆に減少することが分かった。一方 Mn 含有量が 0.73%から 1.61%と増加すると平均チル面積率は、17.6%から 24.1%まで増加した。一般に Cr は Ti, V などとともに強力な黒鉛化阻害元素であることが知られている。また Mn は黒鉛化阻害元素ではあるが、セメンタイト共晶温度を下げることなどから、Cr に比較するとそれ

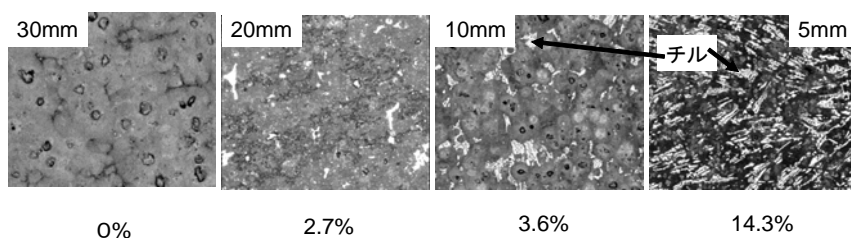


図2 0.1%Crを添加した(試料A)階段状試験片の腐食後の組織とチル面積率(組織写真下の数値)

A:0.10Cr	B:0.20Cr	C:0.27Cr
平均チル面積率(%) 14.3	13.6	7.6
D:0.73Mn	E:1.20Mn	F:1.61Mn
平均チル面積率(%) 17.6	21.5	24.1

図3 クロム、マンガン添加量を変化させた時のチル面積率の変化
階段状試験片 5mm厚み部 (ナイトール腐食)

Cr、Mn量を変化させた球状黒鉛鑄鉄チル試験片のチル面積率と硬さとの関係

ほど大きなチル化促進元素ではないことも知られている。しかし、本結果の場合、強力な黒鉛化阻害元素であるCrの含有量が増加してもチル量は増加せず、逆に減少することが分かった。そこで、図4にはCr、Mn含有量を変化させたときの各肉厚部の平均チル面積率の変化を示した。図4右に示すようにMn含有量を増加

有量を変化させた場合、5mm肉厚部ではチル面積率がCr含有量とともに減少し、10mm、30mmの肉厚部では増加傾向にあり、20mmでは一度減少してから増加する変化を示した。すなわち、Cr含有量によるチル化の傾向にバラツキを生じた。この原因は、Crの場合、その含有量が0.1～0.27%と少ないため、冷却速度や注湯温度

なども、チル発生に対し大きく影響したのではないかと考えられた。しかし、前回報告した片状黒鉛鑄鉄の場合もCrの変化によりチル発生量にバラツキを生じた²⁾。このことはCr含有量、注湯温度、冷却速度そして接種の有無なども含め今後さらに検討の余地があると云える。

図5は各試験片のチル面積率測定近傍をビッカース硬さ試験で測定した結果とチル面積率との関係を示した。この時の荷重は98.07Nである。これよりチル面積率が増加するほど硬さも増加する傾向にあることが分かった。ここで、鑄鉄の硬さを測定する場合、組織中に黒鉛を含むことから、黒鉛を含んだ領域で硬さを評価する必要がある。しかしビッカースでは荷重も98.07Nと低くいため、黒鉛を含んだ領域の硬さ測定が行えなかった。そこで、ブリネル硬さ計で各試験片の硬さを測定した結果を図6に示した。なおこの時の荷重は5～10mm厚試験片で14.71kN、20～30mm厚試験片では29.42kNとした。この結果より、ブリネル硬さの値もチル面積率の増加に伴い硬さが増加することが分かった。さらに図7は、ブリネル硬さとチル面積率の相関図にビッカース測定結果をブリネル硬さに換算した値をプロットした結果を示した。これより換算ビッカース、ブリネル硬さと同じ傾向を示すことがわかった。

4 結 言

球状黒鉛鑄鉄に黒鉛化阻害元素であるクロムやマンガンを追加して、階段状試験片を作製し、組織観察やチル面積率および硬さ測定を行った結果以下の結論が得られた。

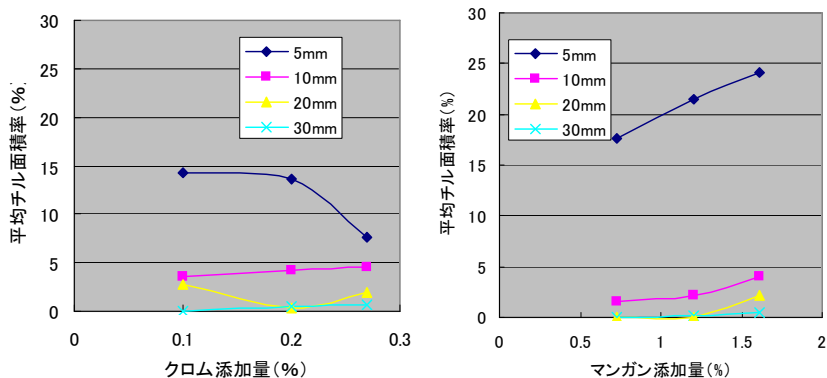


図4 クロム、マンガン添加による平均チル面積率の変化

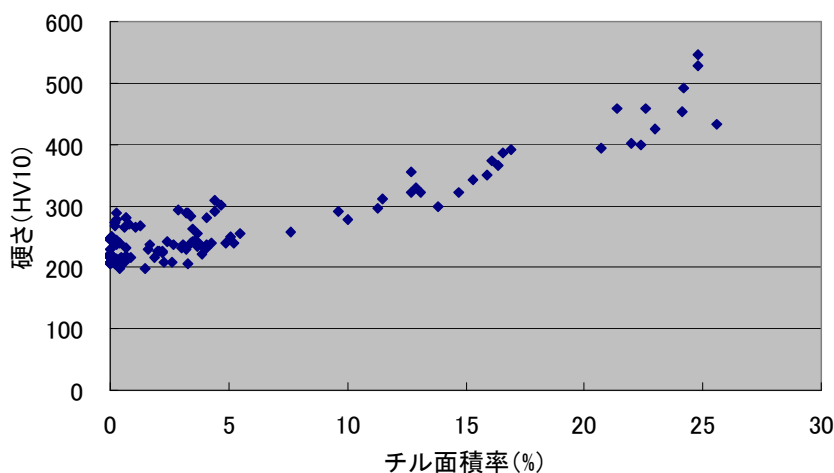


図5 チル面積率と硬さ(ビッカース硬さ)の関係

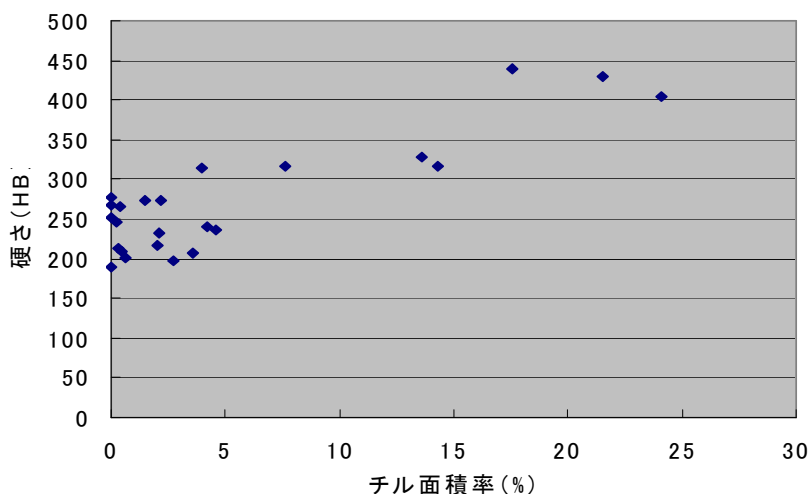


図6 チル面積率と硬さ(ブリネル硬さ)の関係

させた場合、チルが発生していない30mm肉厚部を除いてチル面積率も増加する傾向にあった。しかし、Cr含

観察やチル面積率および硬さ測定を行った結果以下の結論が得られた。

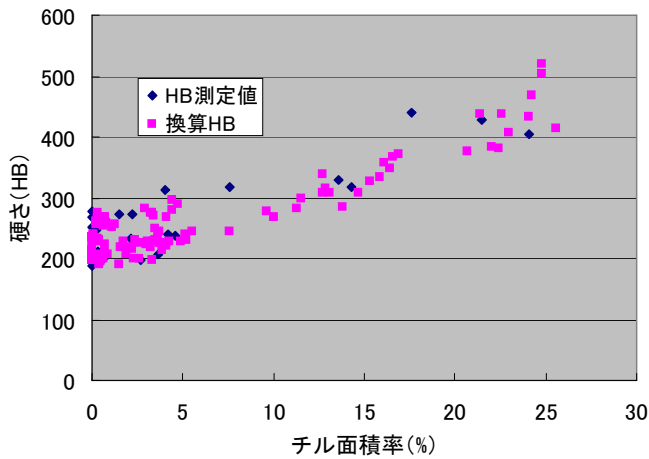


図7 チル面積率とブリネル硬さ(換算値および測定値)の関係

1 階段状試験片の5mmから20mmの間では、Mn含有量が増加すると組織中のチル面積率も増加する

傾向にあることが分かった。また30mmの肉厚ではチルが発生しなかった。

2 Cr含有量を変化させると、5mm厚試験片では、含有量とともにチル面積率が減少した。しかし、10mm厚試験片では逆にチル面積率が増加する傾向にあった。これは、冷却速度、注湯温度の影響などが考えられた。

3 階段状試験片でCr、Mn含有量を変化させることにより、幅広いチル面積率の試験片を作製することが出来た。そしてチル面積率と硬さとの相関関係を示すことが出来た。

文 献

- 1) 岩手県工業技術センター研究報告, 13, (2006)
- 2) 岩手県工業技術センター研究報告, 14, (2007)

創成放電加工による微細穴の高精度化*

和合 健**、飯村 崇**、触沢 晃***

本共同研究において岩手県は放電加工原理による微細穴加工の高度化を担当している。ここでは $\phi 240 \pm 5 \mu\text{m}$ 深さ 2.4mm を目標値としてパイプ電極による深穴加工を試みた。 $\phi 0.1\text{mm}$ の Cu パイプ電極を使用して割り付け実験により有意因子の抽出を行ったところ、深穴加工の能率向上に有利となる電極消耗率を低減する効果を持つ二つの因子の組み合わせを見つけることができた。

キーワード：創成放電加工、深穴加工、 $\phi 0.1\text{mm}$ Cu パイプ電極、電極消耗率

Development of Precision Processing for Micro Diameter Hole by Use of Machining-EDM

WAGO Takeshi, IIMURA Takashi, FURESAWA Akira

Micro holes processing by use of electrical discharge machining has been studied by Iwate prefecture group in order to manufacture mold. This study has been located in IMY cooperation meeting "Development of ultra-precision machining technology for manufacturing automobile". In this report, the processing of deep holes of $\phi 240 \mu\text{m}$ and 2.4mm depth as target value was attempted. The hole processing was performed by use of pipe electrode tool of $\phi 0.1$ Cu material in accordance with an experimental planning method. As a result, it was found that combination of two positive factors by which consumption coefficient of electrode tool reduced was effective for high efficient deep holes processing.

key words : Machining-EDM, deep hole processing, pipe electrode tool of $\phi 0.1\text{mm}$ Cu material, consumption coefficient of electrode tool

1 緒言

金型を加工する代表的な方法として放電加工がある。本研究は型彫加工による微細深穴加工の高精度化について検討した。放電加工は電極と加工物間で局所的な電気エネルギー集中によりアーク柱が形成されることで起こる爆発の物理的かつ化学的作用による除去加工である¹⁾。このような放電現象を生じさせるためには適正な加工液環境を整える必要があるが、深穴加工では加工が進行するに従い、放電加工くず（以下、スラッジという）が穴中に滞留して放電アーク柱形成を妨げる問題がある。ここでは、深穴加工を行う場合に要点となるスラッジの除去方法としてパイプ電極の使用による加工液噴流方式を採用した。微細深穴加工は、結果として振れ量、放電ギャップ量、電極消耗量が誤差要因となる偶発的な加工であるためこれらの誤差を制御できる因子抽出が重要であると考えた。

本研究は、加工穴径や加工深さ及び電極消耗率を特性

値として評価し、取り上げた制御因子の効果の大きさを求めた。また金型の入れ子ではガイド穴がダイプレートへの嵌め合い基準として用いられることから穴位置精度が重要であるため、多数個穴加工での位置誤差の大きさを求めた。さらに加工条件と穴の円筒度の関係から、高精度な円筒度の加工方法を求めた。

2 実験方法

2-1 実験装置

本研究では、実験装置として創成放電加工機（三菱電機製 EDSCAN8E）を用いた。EDSCAN8E は型彫放電加工機に微細加工機能を付加した高精度 NC 加工機である。特に、微細電源、 $0.1 \mu\text{m}$ 位置決め目盛及び完全フィードバック制御により $1/1000\text{mm}$ 台の加工精度（ばらつき誤差）を NC プログラムの指令により実現できる。

* IMY 連携会議共同研究「自動車部材関連における超精密加工技術」Gr

** 電子機械技術部

*** 岩手大学工学部機械工学科先端加工研究室

表3 微細放電回路の調査

水準	M111	M113	M115
A1	OFF	ON	OFF
A2	OFF	OFF	OFF
A3	ON	OFF	ON

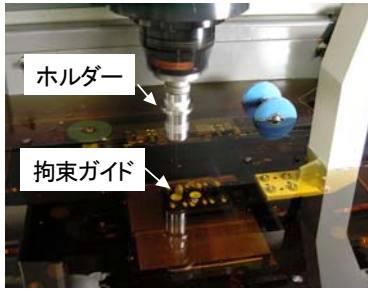


図1 ホルダーと振れ抑制ガイド

表1 L18 直交表 (実験1 加工条件)

No.	M111	M113	M115	回転速度 (r/min)	電気条件	揺動半径 (μm)
1	ON	ON	ON	100	E855	50
2	ON	ON	OFF	200	E1951	55
3	ON	ON	ON	400	E1952	60
4	ON	OFF	ON	100	E1951	55
5	ON	OFF	OFF	200	E1952	60
6	ON	OFF	ON	400	E855	50
7	ON	ON	ON	200	E855	60
8	ON	ON	OFF	400	E1951	50
9	ON	ON	ON	100	E1952	55
10	OFF	ON	ON	400	E1952	55
11	OFF	ON	OFF	100	E855	60
12	OFF	ON	ON	200	E1951	50
13	OFF	OFF	ON	200	E1952	50
14	OFF	OFF	OFF	400	E855	55
15	OFF	OFF	ON	100	E1951	60
16	OFF	ON	ON	400	E1951	60
17	OFF	ON	OFF	100	E1952	50
18	OFF	ON	ON	200	E855	55

表2 電気条件の詳細

電気条件		E855	E1951	E1952
回路選択	回路	SF	SF	SF
補助電源	AUX	3	3	9
極性切替	極性	-	-	-
加工セッティング	IP	0	0	0
パルス幅	ON	0	0	0
休止時間	OFF	0	0	0
F回路	GAP	10	14	15
コンデンサ切替	PCON	0	0	0
加工調整	GAIN	10	40	40
放電安定	JUMP	0	0	0
上昇距離	JU JD	0	0	0

2-2 実験1：穴径の加工誤差に影響を及ぼす因子の検出

電極は市販されているφ0.1mmの銅パイプを使用し、加工材にはSKH51(HRC60)を使用した。ツールパスは単純Z軸下送りとし、加工液はパイプ内からの噴出、振れ抑制ガイドの高さは50μmに設定した。電極の回転速度、電気条件であるEパック、3種類の微細電源回路及び円揺動半径を制御因子として、水準が3つの組み合わせで直交表を用いて18通りの条件で加工を行い、加工径と加工深さを測定した。表1に18個の実験条件、表2に電気

表4 L9 直交表 (実験3 加工条件)

No.	微細放電回路	回転速度 (r/min)	電気条件	揺動半径 (μm)
1	A1	100	E855	50
2	A2	200	E855	55
3	A3	400	E855	60
4	A2	400	E1951	50
5	A3	100	E1951	55
6	A1	200	E1951	60
7	A3	200	E1952	50
8	A1	400	E1952	55
9	A2	100	E1952	60

条件の詳細を示す。表1中のM111はマイクロSF回路、M113はコンデンサ回路、M115は電圧LOW回路である。直交表L18は交互作用が各列に均等配分されるので誤差列を考慮する必要がない。加工時間は30分とした。測定には非接触三次元測定装置(三鷹光器株式会社製NH-3NP)を使用した。

2-3 実験2：位置決め誤差補正

電極は実験1と同じφ0.1mmの銅パイプを使用した。基準穴には市販されているφ1mm銅電極を使用した。加工材にはSKH51(HRC60)を使用した。φ1mm電極で穴を2ヶ所にあけ、この2ヶ所でX軸を規定した。このX軸と加工機の案内軸が成すZ軸まわりのXY平面の角度を求め、座標回転角度としてプログラムに入力しソフトウェア上で座標回転を行った。ソフトウェアで座標回転を行うことでワーク座標系が決定され加工位置のずれ量が正確に算出できる。プログラムでランダムに指定した3ヶ所の座標にφ0.1mm電極で穴をあけ穴位置を測定した。3ヶ所の穴はひとつのプログラム実行により連続動作であけるものとした。測定には画像測定機(ミットヨ製HyperQV404-PRO)を使用した。

2-4 実験3：加工穴の断面形状と断面の粗さ測定

電極は実験1と同じφ0.1mmを使用し、加工材にはSKH51(HRC60)を使用した。加工材は厚さが同じ平板を合わせて固定し、そのつなぎ目に穴をあけた。加工後に加工材断面の形状と加工表面の粗さを観察した。実験条件は直交表を用いて表4の因子の組み合わせにより9通りの条件で加工を行った。微細放電回路はM111、M113、M115の3つの因子を調査して表3の組み合わせとし、A1が最強条件、A2が中間条件、A3が最弱条件となる。加工時間は90分とした。測定には画像測定機(ミットヨ製HyperQV404-PRO)、非接触三次元測定装置(三鷹光器製NH-3NP)を使用した。

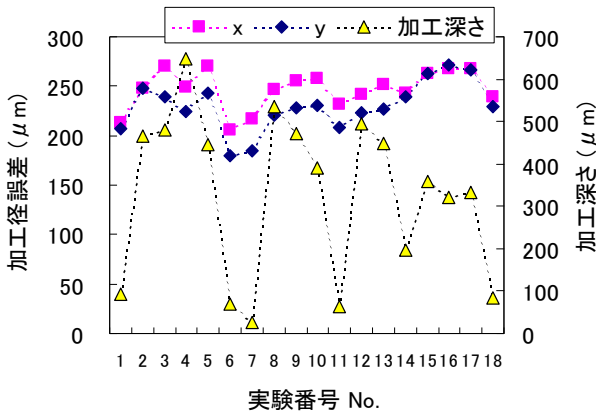


図2 誤差因子 N1:50 μ m 時の実験番号 No. 1~ No. 18 の加工径と加工深さ

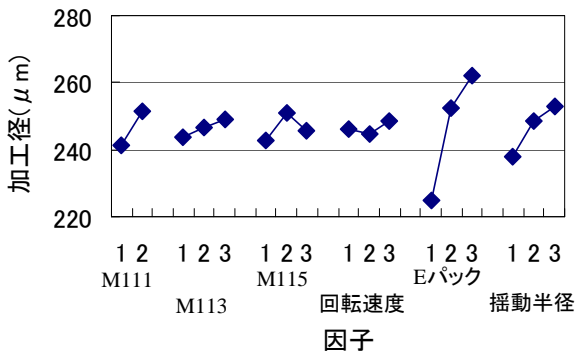


図3 工程平均 (放電ギャップ)

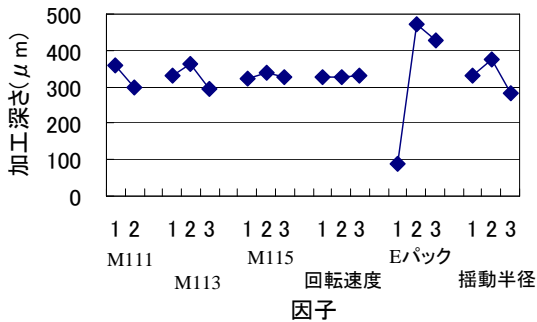


図4 工程平均 (加工深さ)

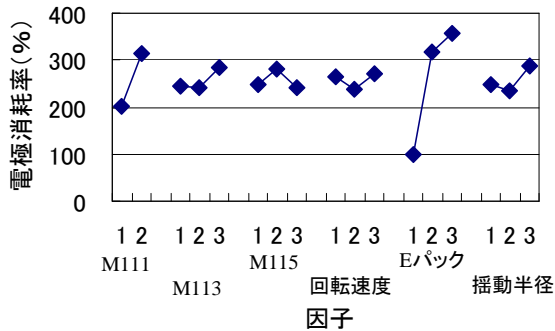


図5 工程平均 (電極消耗率)

3 実験結果及び考察

3-1 実験1: 穴径の加工誤差に影響を及ぼす因子の検出

直交表 L18 を使用し割付実験を行った理由は、L18 は交互作用が各列に均等に配分されるので少ない実験において、 $\phi 0.1\text{mm}$ の微小径による放電加工での各因子の特徴的な働きを把握したいためである。そのため、分散分析による有意差検定は、積極的に繰り返し等の外側割付因子を設定しない実験方針のため行わない。

実験1の結果を図2~図5に示す。加工径、加工深さ、電極消耗率に最も影響を与える因子はEパックであることが結果からわかる。原因としては E855 の電気条件では加工エネルギーの付与量が小さいためである。また、加工径と加工深さでは揺動半径の因子の影響も大きい。これは加工径では直接的に揺動半径の大きさにより加工径が決定されるため妥当な結果である。加工深さでは水準3の場合に加工深さが小さいことから加工エネルギーが分散されたためであり、体積で比較すると同等の除去量になっていることが推測される。放電ギャップは E855 の場合に半径相当で $8.9\mu\text{m}$ 、E1951 で $22.7\mu\text{m}$ 、E1952 で $27.4\mu\text{m}$ であった。

3-2 実験2: 位置決め誤差補正

実験2の結果を図6~図8に示す。図6の大きな円の中心が理論上の穴中心で小さい多角形が実験によるばらつきである。全体的に X 座標は負の方向に偏る傾向が見られ、Y 座標のばらつきは規則性が無かった。その後行った予備実験でも Y 方向に大きな誤差が見られた。Y 座標は正の方向にも負の方向にも不規則にばらつきがあったが X 座標は負の方向にずれる傾向があった。図7の結果において X、Y 方向の設計値からのずれ量の平均値を計算し、その分だけ加工開始時の始点をずらしたものが

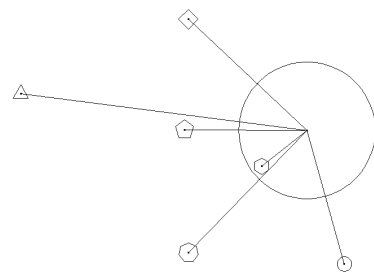


図6 予備実験での位置誤差 (大円の半径が 0.005mm)

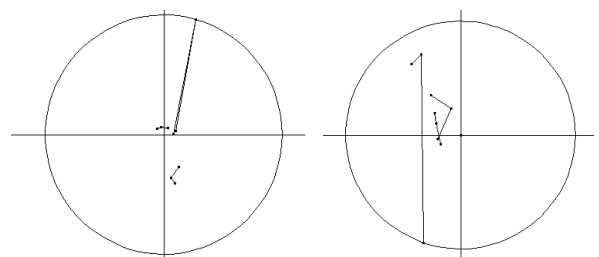


図7 補正前 (R0.130mm) 図8 補正後 (R0.049mm)

図8の補正後の結果である。結論としてX方向もY方向も位置誤差のばらつきを小さくすることに成功した。X方向にのみずれる傾向があったのはゼロ点設定でずれ量が決定されているためだと思われる。補正前加工での穴位置を求める方法は加工物を加工機から取り外し、非接触三次元測定装置で行った。そのため、放電加工機に取り付けた時点で再度、ゼロ点設定を行う必要があったためゼロ点設定誤差を取り除くことができなかった。今後、位置誤差を低減する対策は、一つ目として放電加工機上で穴位置を高精度に測定する方法を構築すること、二つ目は放電加工機上の加工物の着脱再現性を高めることの二つの改善案が考えられる。また予備実験の段階で加工プログラムの位置決め途中で振れ抑制ガイド内で電極が

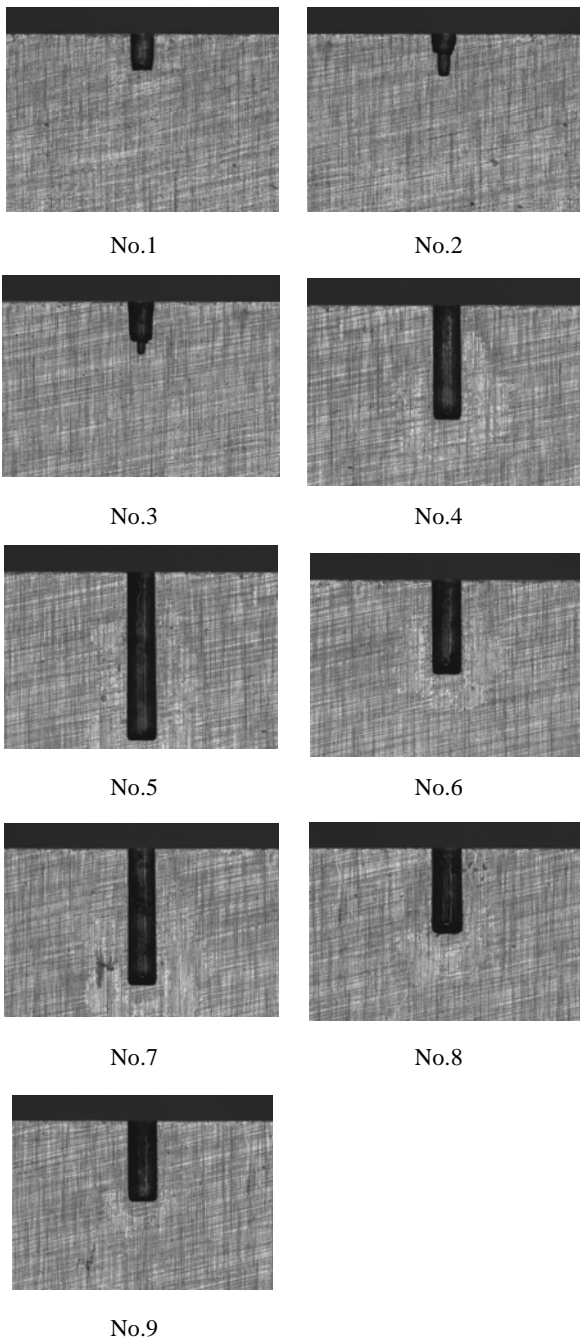


図10 穴の断面

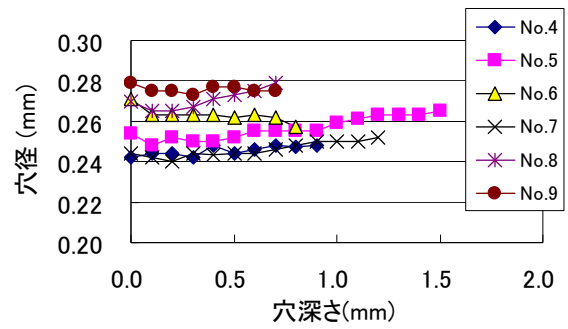


図9 穴深さに対する穴径

表5 穴側面の表面粗さ

No.		Ra (μm)	λ_c (mm)
1	E855	0.84	0.08
5	E1951	1.11	0.25
9	E1952	1.74	0.25

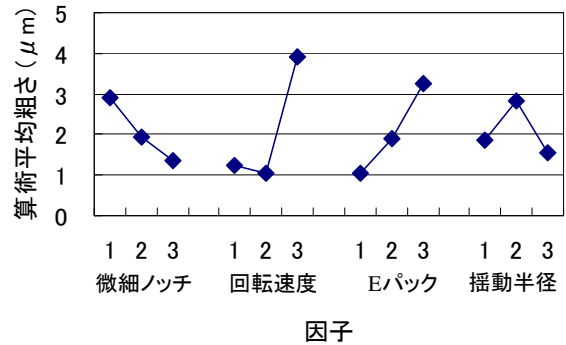


図11 工程平均 (穴側面の表面粗さ)

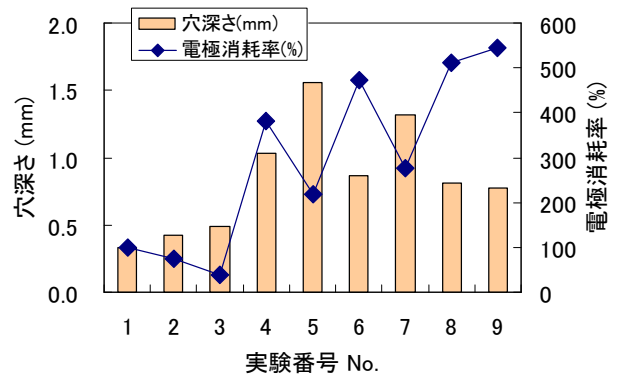


図12 穴深さと電極消耗率

下方向に通らなくなることがあった。原因としては電極の先端が加工によって炭素の付着で太くなり、加工によって短くなった電極の先端がガイド内まで引き上がることで詰まることが考えられる。解決策として適正な動作順序を求め、電極の引き上げに応じて拘束ガイドも引き上げるようにプログラムを修正したところ、電極がつまる現象は改善された。さらに加工開始時は弱い電気条件で始め、一定量加工が進んでから電気条件を上げる

プログラムに修正した。電極の先端がより正しい位置に食い付くためである。

3-3 実験3：加工穴の断面形状と断面の粗さの測定

実験3の結果を図9～図12に示す。9つの条件の中で円筒度が悪かったのはNo.1～No.3であった。この場合の円筒度は穴径の最大値と最小値の差と定義した。この3つの条件に共通するのは電気条件がE855であることから、Eパックが加工穴の形状に最も影響を与える因子だといえる。断面写真からはわかりづらいが穴の最深部の径が大きくなっているものがある。電極が拘束ガイドに詰まったのと同じで、電極先端に付着した炭素が放電に働いたものと考えられる。加工表面粗さに関しては微細放電回路と電気条件は図11より弱い条件ほど粗さが小さくなることがわかった。電極の回転数にも同じことが言えるが最良の結果が出たのは200rpmの条件だった。図12は穴の加工深さと電極消耗率のグラフであるが、電極消耗が少なく加工深さが大きい加工条件はNo.3、No.5、No.7である。この3つの条件に共通するのは微細放電回路がM111:ONかつM115:ONによる最弱の組み合わせの場合であった。この微細放電回路の設定により加工速度が大きく電極消耗率が小さい深穴加工を実現できることが分かった。実験1の結果と合わせてみても

やはりEパックが加工に与える影響が大きい。E855を使用した場合、穴径誤差、電極消耗率、穴表面の粗さは小さくなる。しかし他の条件に比べて十分な加工深さが得られず、加工穴の円筒度も悪くなるという欠点も生じた。

4 結 言

- (1)穴径はEパックと揺動半径の影響が大きく、微細放電回路で微調整が可能である。放電ギャップはE855の場合に半径相当で $8.9\mu\text{m}$ 、E1951で $22.7\mu\text{m}$ 、E1952で $27.4\mu\text{m}$ であった。
- (2)穴加工位置の再現性は高く、最初の食い付きによるばらつきは小さい。ゼロ点設定でのずれ量で穴位置誤差が決定される。
- (3)穴深さはメーカー指示値のEパックを使用し、微細放電回路のM111(μSF 回路)とM115(電圧Low)の組み合わせを併用することで電極消耗率が小さくなり、穴深さが大きくなる。

文 献

- 1) 三菱電機(株)：三菱NC型彫放電加工機EXシリーズ取扱説明書

アルミニウム溶湯の清浄度改善による鋳造品の品質向上技術の開発*

岩清水 康二**、池 浩之**、高川 貫仁**

アルミニウム合金溶湯の酸化物の発生に及ぼす、溶湯保持温度の変化の影響について検討した。その結果、溶湯温度を 680℃から 585℃まで低下させ再度 650℃まで上げると溶湯中の酸化物量が増加することが分かった。また、生成された酸化物は、アルミニウム合金の構成成分による複酸化物であることが分かった。

キーワード：アルミニウム合金、介在物

Development of Quality Improvement Technology of The Casting Aluminum Products by The Purity Improvement of The Aluminum Molten

IWASHIMIZU Koji, IKE Hiroyuki, TAKAGAWA Takahito

The influence of the molten temperature of aluminum alloy on formation of oxides in the molten was investigated. As a result, the oxides formed in the molten increased when the molten temperature was once lowered to 585 °C and was raised to 650 °C again. It was also found that the oxides were double oxides that consisted of component of the aluminum alloy.

key words: aluminum alloy, oxide

1 緒言

アルミニウム合金は、酸化傾向が強いため、溶解すると大気中の酸素や水分と反応し、酸化物を生成しやすい。また、同時に水分の分解による水素ガスを溶湯内に吸収する。生成された酸化物は介在物として、溶湯内に残留し、機械的性質の低下や製品の外観不良などになる。特に、Mg、Si が含まれる合金は、MgO、SiO₂ さらには、MgAl₂O₃、Al-Si-O 系の酸化物が生成される。MgO、MgAl₂O₃ は安定系であることから、還元できないため、鋳造現場では、フラックスなどによる脱滓処理で炉外へ排除するのが現状である。また、溶湯内の水素ガスは、不活性ガスの吹き込みにより除去し、溶湯を清浄化している。

一般的にダイカスト鋳造は、合金溶解後、溶解したアルミニウム合金を保持炉に移し、一定温度で保持したのち、ラドルで汲みだしダイカストマシンにて鋳造するという工程で行われる。溶湯の清浄化は主に、保持炉での脱滓処理が行われる。保持炉の溶湯は、表面に Al₂O₃ 被膜が形成され、大気と遮断することにより酸素や水分の吸収が防がれる。しかし、ダイカスト鋳造は、連続的な鋳造作業のため、保持炉への溶湯供給やラドルの可動により保持溶湯の温度低下や Al₂O₃ 被膜が破壊されること

で清浄化された溶湯を維持できないのが現状である。

本報では、溶湯の保持温度の変化が酸化物生成に及ぼす影響について検討を行った。

2 方法

原材料は、表 1 に示す(株)大紀アルミニウム工業所製ダイカスト用アルミニウム合金地金(JIS 記号 AD12.1) に同材種の戻り材を 50wt% 加えた 1.3 kg を用いた。戻り材には、ピケット付ランナー部分を使用した。原材料は、#10 黒鉛ルツボに入れ、抵抗式電気炉にて 680℃ で加熱し溶解した。溶解後、保持温度を 680℃ で一定にした溶湯と保持温度を変化させた溶湯について、それぞれ K モールド法 (図 1) により、目視観察にて介在物の測定と評価を行った。更に、完全に熔融し 3 時間後、市販の KCl、Na₂SO₄ を主成分とするフラックス剤を溶湯重量の 0.5wt% 添加し、3 分攪拌後、脱滓処理を施した。K モールドによる評価は、日本軽金属(株)で作成している表 2 の基準を用いた。K モールド法により確認された介在物は電子顕微鏡で観察、分析を行った。

* 基盤的・先導的技術研究開発事業

「アルミニウム溶湯の清浄度改善による鋳造品の品質向上技術の開発」

** 材料技術部

元素名	Cu	Si	Fe	Zn	Mg	Mn	Ni
wt%	2.22	11.34	0.71	0.77	0.27	0.22	0.08
元素名	Ti	Pb	Sn	Cr	Ca	Cd	Al
wt%	0.04	0.04	0.02	0.05	.0001	.0006	残部

表1 アルミニウム合金地金の成分

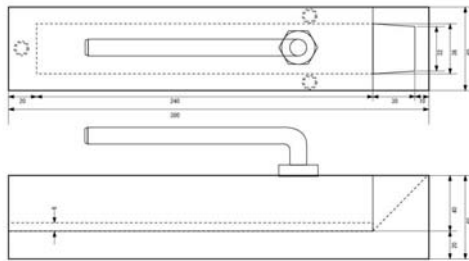


図1 Kモールド試験片鋳型

表2 K値による清浄度判定基準

級	K値	清浄度の判定	鋳造可否の判定
A	<0.1	清浄な溶湯	鋳造しても良い
B	0.1~0.5	ほぼ清浄な溶湯	できれば処理したほうが良い
C	0.5~1.0	やや汚れている溶湯	処理の必要がある
D	1.0~10	汚れている溶湯	"
E	>10	著しく汚れている溶湯	"

(日本軽金属㈱品質判定表より)

3 結果と考察

図2は、溶解後、保持温度を680℃で一定にしたときの溶湯温度ならびにK値の結果を示す。溶解直後のK値は表2よりC級と判定された。時間の経過とともに、K値が上昇し、3時間後には、溶解直後に比べK値が2倍となり判定もD級となった。表面にAl₂O₃の被膜が形成され、溶湯と大気を遮断されることにより、酸化が防止される。しかし、溶湯内には、Mgなど酸化傾向が強い元素が含まれることから酸化が進行したと考えられる。

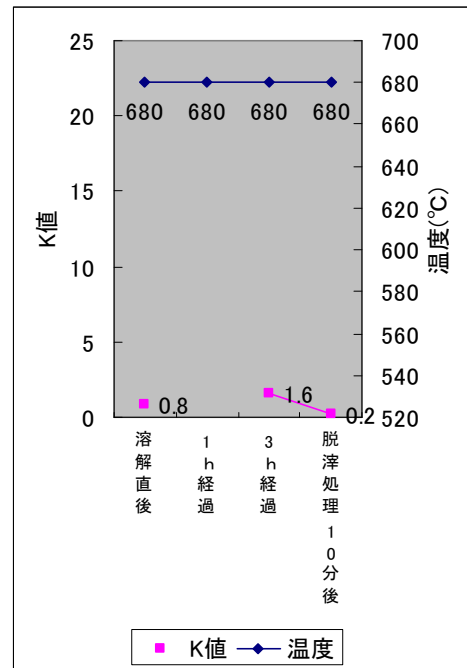


図2 一定の保持温度

図3は、溶解後、680℃から1時間で585℃に低下させ、その後、2時間で650℃に温度を変化させた溶湯とK値の結果を示す。溶解直後K値は、3.4であり、溶解当初から介在物が混入していたと思われる。3時間経過した時点でのK値は、溶解直後の7倍以上(判定E級)であった。1時間かけて、保持温度を約100℃低下させた溶湯は、表面が半凝固状態となった。その後、再加熱により、①表面に形成された酸化物が介入したこと、②空気中の水蒸気や酸素を吸収したことにより酸化が進みK値が上昇したと考えられる。発生した介在物をフラックスによる除去を試みたが、K値の高い溶湯の判定はD級に留ったこと。

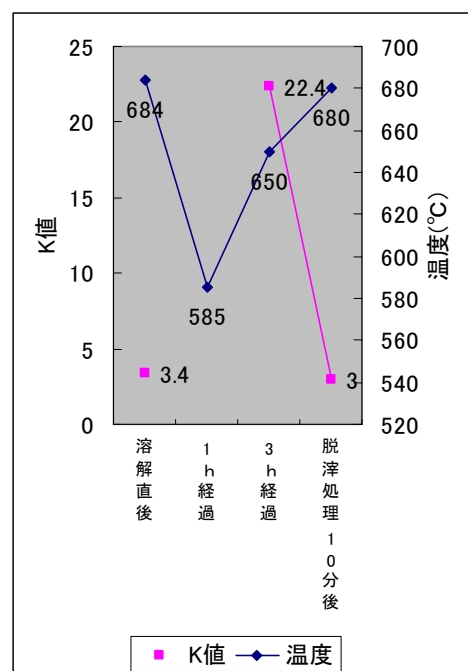


図3 保持温度変化有

図4は、3時間経過後のKモールド破断面を目視観察したものを示す。保持温度を変化させたものは介在物量が明らかに多く、介在物のサイズも大きい。また、破断面を観察するとポロシティも確認できた。介在物だけではなく残留ガスの影響もあったと考えられる。



図4 Kモールド破断面

更に、温度変化を加えた溶湯についてKモールド法で確認した介在物を電子顕微鏡で観察ならびに面分析した結果を図5に示す。介在物は、合金構成元素であるMgを中心とする複酸化物であることが分かった。また、面分析結果から酸化物中には、Feも確認できた。しかし、合金構成元素であるのか、溶解中に混入したものかは分からなかった。本実験では、黒鉛ルツボを用いたが、黒鉛ルツボからのCの混入は確認できなかった。

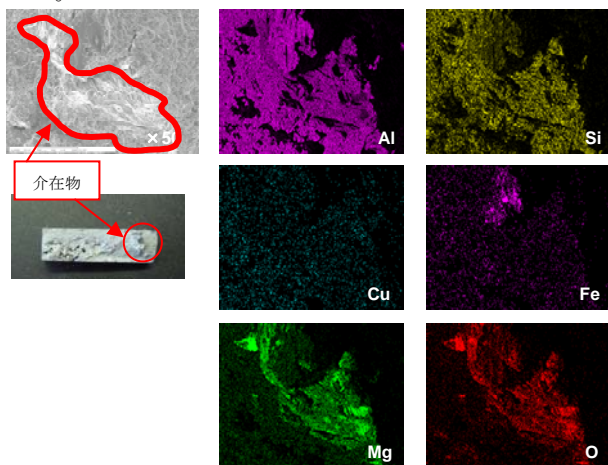


図5 電子顕微鏡による表面観察及び面分析

4 結言

溶湯保持温度を一定にした場合と変化させた場合の介在物の発生をKモールド法で検討した。得られた結果は、次の通りである。

- 1) 溶解直後、K値0.8 (C級) だった溶湯は、3時間一定の温度で保持するとK値1.6 (D級) となった。
- 2) 溶解直後、K値3.4 だった溶湯の保持温度を一旦、585℃まで下降させて、その後680℃に上昇させると、K値は22.4に上昇した。
- 3) この理由としては、表面に形成された酸化物が介在したことで、空気中の水蒸気や酸素を吸収したことにより酸化が進みK値が上昇したが考えられる。
- 4) 発生した介在物は、Mgを中心とする複酸化物であった。また、分析結果では、Feを確認したが、合金構成元素であるのか、溶解中に混入したものかは分からなかった。
- 5) 発生した介在物は、フラックスによる除去を試みたが、K値の高い溶湯を処理後した結果は判定D級に留った。

文 献

- 1) 神尾 彰彦：研究会講演「アルミニウムの溶解と溶湯品質」(2006、2007)
- 2) 山田盛雄：アルミニウム鋳鍛造技術便覧(カロス出版)(1991)

任意形状ワーク持ち回り測定（岩手県の場合）*

和合 健**, 米倉勇雄**

産業技術連携推進会議知的基盤部会計測分科会形状計測研究会の共同実験として AIST/NMIJ が提示する測定プロトコルに従い、持ち回り実験により任意形状ワークを測定した。要点となる測定戦略は下向きスタイラスのみを使用する方法を選択して行い、測定の不確かさは ISO15530-2 複数測定戦略による方法により算出した。

キーワード：座標測定機、持ち回り測定、測定戦略、測定の不確かさ、任意形状ワーク

Round Robin Test Using Work-piece of Free-defined Feature (In case of Measured by IIRI)

WAGO Takeshi, YONEKURA Isao

Evaluation of performance of coordinate measuring machine (CMM) was performed by use of work-piece of free defined feature according to protocol indicated by NMIJ/AIST as cooperative experiment of round robin test of feature measurement study group in measurement division. Therefore, measurement strategy as important point was decided to use only one piece stylus of vertical direction, and uncertainty of measurement was calculated by multiple measurement strategy method of ISO 15530-2.

key words : CMM, round robin test, measurement strategy, uncertainty of measurement, work-piece of free-defined feature

1 目的

三次元座標測定機（以下、CMM という）は融通性の大きい測定が行える反面、測定方法の違いにより同じワークを測定した場合でも異なる測定結果が得られる可能性がある。測定方法を測定戦略と呼び、ワーク形状に適した測定戦略を選択することが測定要点になる。ここでは産業技術連携推進会議知的基盤部会計測分科会形状計測研究会の共同実験として AIST/NMIJ が提示する測定プロトコルに従い、持ち回り実験により任意形状ワークを測定したので実験概要と測定結果を報告する。

2 実験装置

CMM はツァイス製 UMPC550-CARAT を使用した。この CMM は門移動形で分解能はスケール分解能となり $0.2\mu\text{m}$ 、指示誤差は $E=0.8+L/600\mu\text{m}$ (L : 測定長さ mm) である。CMM は市販品であり大きな改造は行っていない。最終の CMM のメーカ校正は 2006 年 3 月 10 日に行った。CMM のスケール誤差補正のための長さ参照標準は 125mm のブロックゲージを使用した。このブロックゲージは 2003 年 11 月 19 日が最終校正日である。

3 実験方法

3-1 温度

測定室の温度仕様は $20\pm 0.5^\circ\text{C}$ 、湿度仕様は $55\pm 5\%$ である。温度は CMM の測定テーブル上に設置したデジタル温度計で測定し、デジタル温度計の表示桁は 0.1°C である。

3-2 ワークの設置方法

スタイラスの着脱誤差を除くために 1 本のスタイラスで測定することとした。ワークの姿勢は 2 水準として図 1 で示す測定 A では垂直置き、測定 B では横置きとした。測定 A はワークの全周を測定できるがスタイラスの向きが反対方向を向く 2 本が必要である。測定 B は鉛直下向きのスタイラス 1 本のみとした。鉛直下向きスタイラスのみではワークの下側を測定することができないがスタイラス剛性が高く幾何形状が優れたワークの場合は要素の部分測定でも小さい誤差で値付けが行える可能性がある。測定 A のスタイラスは図 2 のとおり反対方向の横向きスタイラスで構成されシャフトの長さは 186mm、スタイラスの長さは 48mm、チップ径は $\phi 5\text{mm}$ である。測定 B のスタイラスは図 2 のとおり鉛直下向きの 1 本でスタイラスの長さは 91mm、チップ径は $\phi 8\text{mm}$ である。測定

* 産業技術連携推進会議知的基盤部会計測分科会形状計測研究会共同実験

** 電子機械技術部

表1 温度

(単位:°C)

測定の繰り返し	測定A	測定B	
		通常設置	座標回転後
R1	20.8	20.5	20.7
R2	20.8	20.6	20.4
R3	20.8	20.6	20.5

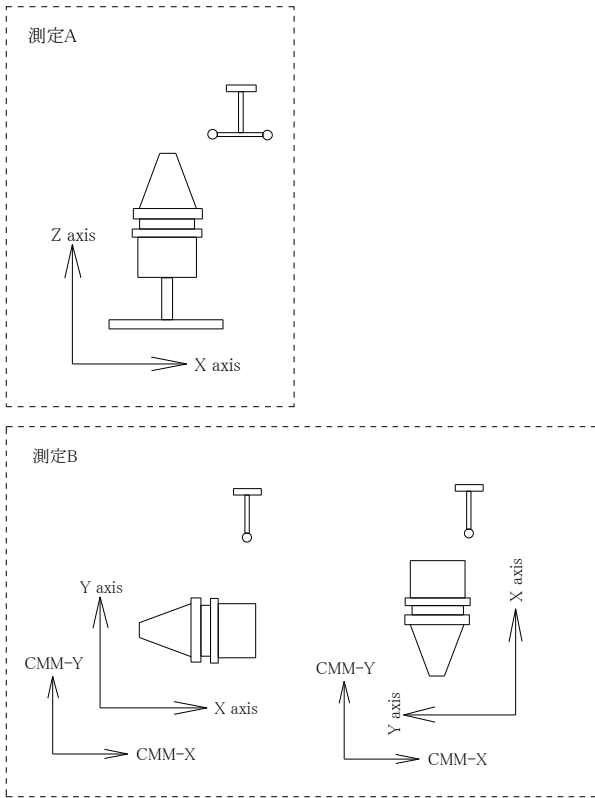


図1 ワークの設置方法 (2水準)

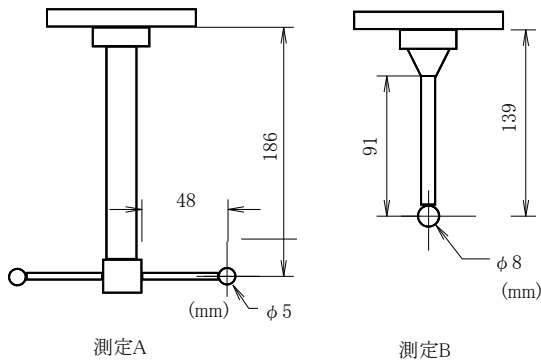


図2 使用したスタイラス

Aと測定Bのワーク固定方法をそれぞれ図3と図4に示す。測定Aでは測定の繰り返し3回とし1姿勢のみで測定した。測定Bでは図1に示すとおりXY面上でX軸に平行に置き、測定の繰り返し3回で測定した。その後、ソフトウェアによりCMMのZ軸を中心軸として反時計回りで90°回転してCMM機械座標系のY軸に平行に置き、測定の繰り返し3回で測定した。ワーク座標系は測定Aと測定Bは同じとして、図5に示す平面P2で平面測定を行い空間軸設定及びゼロ点、円筒Cy3上で任意位置を円測定をして円の中心点でゼロ点とした。回転軸設定は行わなかった。測定中の温度は測定Aと測定Bを通して表1のとおり平均値が20.6°C、変動幅は0.4°Cであった。

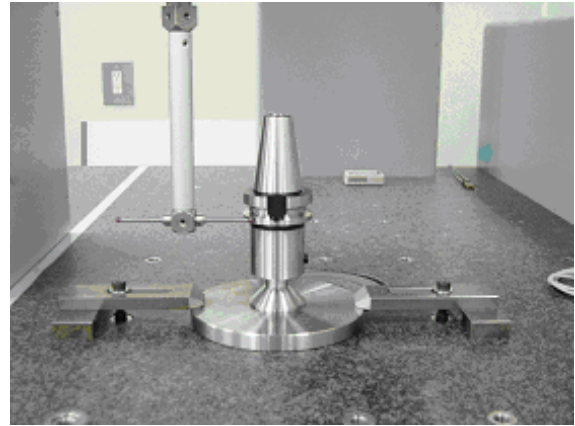


図3 測定Aのワーク姿勢

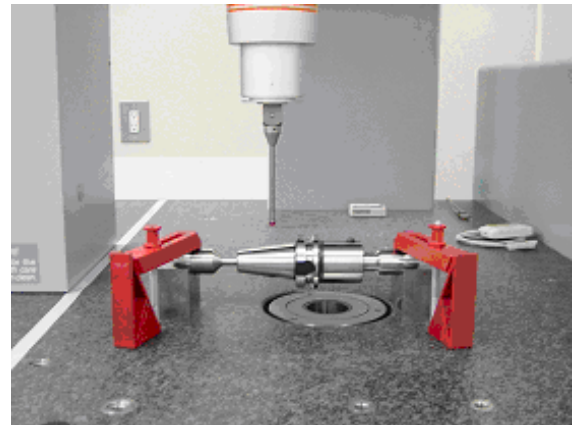


図4 測定Bのワーク姿勢

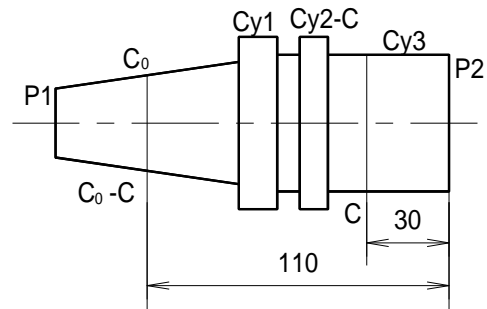


図5 任意形状ワーク

4 実験結果及び考察

測定Aの結果を表2、測定Bの結果を表3に示す。測定Aと測定Bはどちらもブロックゲージを使用したスケール誤差補正と温度膨張補正を行った。測定回数は測定Aで3回、測定Bで6回であり、測定Aはワーク取り外しが無く測定Bはワークの姿勢変化を行っている。表2

のとおり測定 A ではワークの取り外しが無いため標準偏差が小さい。測定 B ではワークの姿勢変化があるため姿勢変化前と後では測定値が異なるため標準偏差が大きくなっている。ここでの標準偏差は正規分布に従うことが予想され、偏りは補正で取り除く事が出来るので標準偏差の大小は任意形状ワークの値付けに影響しないと考えた。逆に測定 B は姿勢変化を与え、多くの測定回数の効果から任意形状ワーク値の母平均により近づいていると判断した。測定 A ではワークの全周を測定できるが

2本の異なるスタイラスによる測定が必要になる。測定 B ではスタイラスは鉛直下向きの1本で済むがワークの下側のプロービングが出来ない。今回のワークの特性を考えるとワーク使用時となる加工での工具振れ誤差を低減するためにワークとなるホルダーはスピンドルチャックに対して平行に取り付けるために高精度な加工が行われていると予想した。また、旋削及び円筒研磨による加工が適する円筒ワーク形状であるため円筒及び円の幾何公差が優れていると予想した。これらのワーク特性を測

表 2 測定 A の結果

測定要素			(mm)	
			平均値	標準偏差
P2	平面	平面度	0.0053	0.0000
Cy3-C	円	直径	49.9962	0.0001
		真円度	0.0018	0.0000
P1	平面	平面度	0.0031	0.0000
C0	円錐	頂角	16.5946	0.0000
C0-C	円	真円度	0.0013	0.0001
Cy1	円筒	直径	62.9911	0.0000
		円筒度	0.0057	0.0001
Cy3	円筒	直径	49.9963	0.0000
		円筒度	0.0067	0.0001
Cy2-C	円	直径	62.9820	0.0001
		円筒度	0.0016	0.0001
C0/P2	直角度		0.0186	0.0001
Cy1/P2	直角度		0.0338	0.0006
Cy3/P2	直角度		0.0060	0.0001
C0/Cy3	同軸度		0.0065	0.0003
Cy1/Cy3	同軸度		0.0637	0.0011
C0-C/C	同心度		0.0223	0.0003
Cy2-C/C	同心度		0.0014	0.0001
Cy3/C	同心度		0.0003	0.0001
P1/P2	平行度		0.0089	0.0001
P1-P2	2点間距離		143.4569	0.0000

表 3 測定 B の結果

測定要素			(mm)	
			平均値	標準偏差
P2	平面	平面度	0.0016	0.0004
Cy3-C	円	直径	49.9966	0.0001
		真円度	0.0003	0.0001
P1	平面	平面度	0.0005	0.0002
C0	円錐	頂角	16.5942	0.0001
C0-C	円	真円度	0.0005	0.0002
Cy1	円筒	直径	62.9908	0.0014
		円筒度	0.0018	0.0012
Cy3	円筒	直径	49.9944	0.0001
		円筒度	0.0042	0.0000
Cy2-C	円	直径	62.9855	0.0021
		円筒度	0.0030	0.0008
C0/P2	直角度		0.0131	0.0074
Cy1/P2	直角度		0.0202	0.0013
Cy3/P2	直角度		0.0046	0.0024
C0/Cy3	同軸度		0.0081	0.0028
Cy1/Cy3	同軸度		0.0638	0.0108
C0-C/C	同心度		0.0081	0.0048
Cy2-C/C	同心度		0.0039	0.0007
Cy3/C	同心度		0.0026	0.0024
P1/P2	平行度		0.0033	0.0002
P1-P2	2点間距離		143.4606	0.0004

表 4 真円度測定機による結果

測定要素			(mm)
			測定値
P2	平面	平面度	0.0017
Cy3-C	円	直径	-
		真円度	0.0004
P1	平面	平面度	0.0006
C0	円錐	頂角	-
C0-C	円	真円度	0.0005
Cy1	円筒	直径	-
		円筒度	-
Cy3	円筒	直径	-
		円筒度	0.0022
Cy2-C	円	直径	-
		円筒度	-
C0/P2	直角度		0.0024
Cy1/P2	直角度		-
Cy3/P2	直角度		0.0010
C0/Cy3	同軸度		0.0039
Cy1/Cy3	同軸度		-
C0-C/C	同心度		0.0010
Cy2-C/C	同心度		-
Cy3/C	同心度		0.0019
P1/P2	平行度		0.0003
P1-P2	2点間距離		-

表 5 測定 B の不確かさの算出

測定要素			(mm)	
			ISO15530-2 U(k=2)	標準偏差 U(k=2)
P2	平面	平面度	0.0020	0.0008
Cy3-C	円	直径	0.0004	0.0002
		真円度	0.0005	0.0002
P1	平面	平面度	0.0007	0.0004
C0	円錐	頂角	0.0006	0.0002
C0-C	円	真円度	0.0008	0.0004
Cy1	円筒	直径	0.0062	0.0028
		円筒度	0.0056	0.0024
Cy3	円筒	直径	0.0002	0.0002
		円筒度	0.0001	0.0000
Cy2-C	円	直径	0.0094	0.0042
		真円度	0.0034	0.0016
C0/P2	直角度		0.0332	0.0148
Cy1/P2	直角度		0.0032	0.0026
Cy3/P2	直角度		0.0106	0.0048
C0/Cy3	同軸度		0.0126	0.0056
Cy1/Cy3	同軸度		0.0460	0.0216
C0-C/C	同心度		0.0199	0.0096
Cy2-C/C	同心度		0.0031	0.0014
Cy3/C	同心度		0.0107	0.0048
P1/P2	平行度		0.0009	0.0004
P1-P2	2点間距離		0.0016	0.0008

定行為の選択基準とした結果、測定 A と測定 B ではワークの部分要素測定であっても測定 B による鉛直下向きのスタイラスによる測定が誤差の小さい値を付けることができると判断した。結論として測定 B による結果を決定値とすることとした。表 4 に真円度測定機（テーラーホブソン製 TR300）による測定結果を示す。真円度測定機の回転テーブルの振れ誤差はメーカー提示値で $0.025 \mu\text{m}$ である。表 3 の測定 B の結果と比較すると平面度や真円度、円筒度など単独要素の幾何公差の場合で差の平均値が $0.46 \mu\text{m}$ となり CMM による測定が真円度測定機と同等程度の正確さであった。しかし、直角度や同軸度、同心度、平行度など 2 つの要素で算出する幾何公差の場合は差の平均値は $4.89 \mu\text{m}$ となり単独要素の場合と比べると正確さが低い。これは、CMM と真円度測定機の測定原理に依存するもので、真円度測定機はピックアップスタイラスによる振れ量から測定値を求めるため直接的に幾何公差を測定しており、サンプリング周期も小さく膨大な測定量から計算される。CMM による 2 要素の幾何公差を求める方法は少ない測定点数から三次元方向ベクトルを使用して検査長さにおける二つの方向ベクトルの差から幾何公差が計算される。仮に 500mm の検査長さで $2 \mu\text{m}$ の差を測定する場合は角度に置き換えると 0.000229° となり $2/10000^\circ$ の精密さが要求される。以上から CMM を使用して 2 要素の幾何公差を求める場合には注意が必要と思われる。

5 測定の不確かさ

任意形状ゲージ測定における不確かさは、ISO15530-2 複数測定戦略による方法¹⁾による算出では因子 A：ワーク位置の水準数が 2 つと少ないために幾何誤差 u_{geo} の影響が不確かさに大きく反映している。一方、6 通りの測定における単純な標準偏差の方法は CMM の指示誤差よ

りも非常に小さく過小評価であると判断し、ここでは ISO15530-2 複数測定戦略による方法により算出した値を不確かさとして表 5 に示した。

6 結論

ワークの設置方法を CMM テーブル上に垂直置きの場合と横置きの場合とした二つの方法で測定を行い以下の結論が得られた。

- (1)ワークが横置きの場合は部分要素の測定ではあるが鉛直下向きの 1 本のスタイラスで測定ができる。ワーク特性が高精度加工によるものであるため、ここではワーク横置きの 1 本のスタイラスで行う測定方法が正確な値付けができると判断した。
- (2)真円度測定機と CMM の幾何公差結果を比較したところ、真円度、平面度など 1 要素による幾何公差は両者の差は平均値で $0.46 \mu\text{m}$ となり良好な測定となっている。直角度や同軸度など 2 要素による幾何公差は両者の差は平均値で $4.89 \mu\text{m}$ となり 2 要素による幾何公差を CMM で測定する場合は注意が必要である。
- (3)任意形状ゲージ測定における不確かさは ISO15530-2 複数測定戦略による方法により算出した。

文 献

- 1) 和合健, 米倉勇雄, 鄭鋼: ISO15530-2, -6 (アセスメント測定)による CMM 測定の不確かさ算出, 岩手県工業技術センター研究報告書, 第 13 号, (2006)

未利用資源を活用した藻礁ユニットの大型化*

八重樫貴宗**、和田清美***、浪崎安治****

前報¹⁾にて、未利用資源の活用を図るため藻礁ユニットの試作開発を行った。未利用資源として木材炭化チップと鶏糞炭化物を用いた炭化チップボードを試作し、透水性コンクリート板を組み合わせユニット化することでアラメ用中間育成ユニットを完成させ、ユニットを湾内に設置し中間育成状況を観察する実証試験を開始した。実証試験の結果、栄養素効果が確認されたためユニットの大型化を検討した。

キーワード：藻礁ユニット、未利用資源、チップ炭、鶏糞炭化物

Enlargement of the Alga Base Unit to Use the Unapplication Resources

YAEGASHI Takamune, WADA Kiyomi, and NAMIZAKI Yasuji

In the former report, the alga base unit was made for trial purpose. The unapplication resources used the chip charcoal of thinning and foul dung carbonization thing. The Porous Concrete lied board was made a combination unit and the middle promotion unit for Arame was completed with this. The proof examination that would observe the middle promotion situation of that began by setting this up inside the bay. As a result because the effect of the nutrient had been confirmed, the enlargement of the unit was examined.

key words : alga base unit, unapplication resources, chip charcoal, foul dung carbonization thing

1 緒 言

三陸沿岸地域は、豊富な漁業資源が地域の重要な宝であったが、近年、藻場の衰退が見受けられ、コンブやその他の海藻が減少することで魚類の生活の場、産卵の場、ウニ・アワビのエサ(アラメ等)が失われ、漁獲量が減少するという深刻な事態に直面している。このことは、漁業者のみならず、関連食品加工業への影響も大きく早急な対策が求められている。

このような背景の下、地域の漁業者の声を受け、H16年度よりNPO法人いわて銀河系環境ネットワークと岩手県工業技術センターでは3ヵ年計画で磯焼け(藻場の衰退)改善に向けた研究を岩手県陸前高田市の広田湾をフィールドとして行った。

磯焼けの原因の一つに海中の栄養素不足が挙げられている²⁾。そこで、未利用資源である間伐材炭化物と鶏糞炭化物の栄養素(N, P, K)に着目し、これらを活用した藻礁育成用ユニットを開発し、ユニットにて海藻(アラメ)を中間育成(養殖)した後に海底へ投下し、海中林造成へと

寄与することで、前浜資源の維持・増殖を図ることを目的としている。

H17年度試作品では、栄養素搭載ユニットと、栄養素非搭載コンクリート構造物を比較したところ、葉長で平均20cm増、繁茂率で平均30%増という結果が得られ、当該研究品の優位性が確認された(図1)。また、中間育成時に研究品の隣に垂下していた栄養素非搭載コンクリート構造物の繁茂状況も改善されたことから、当該ユニットの海藻への栄養素供給効果が波及していることが確認された。

これまでの研究では小型栄養素ユニット(26×26×15cm)にて海藻を中間育成し、成長後、海底へ固定もしくは投下し海中林造成に寄与することを目的としていた。しかし、海中林造成時にはユニットにて中間育成した海藻が母藻となり、そこから孢子によって新たな海藻が繁茂していくため、安定した海中林造成には新たに着床した海藻への栄養素供給も重要となる。

そこで、これまでの成果を発展させ、大型栄養素供給

* 企業ニーズ型共同研究事業
** 環境技術部 (現 岩手県 宮古地方振興局 岩泉土木事務所)
*** 気仙産業研究機構
**** 環境技術部

ユニットを開発することで、中間育成後の海藻を海底へ固定した後の海藻および新たに着床した海藻への栄養素供給機能を強化することにより貧栄養下における海域での安定した海中林造成を確実にものにする。海底における長期的な栄養素供給効果により、単年藻・多年藻の双方の繁茂が期待され、海の環境が改善されるのみならず、漁獲量の改善も図られ、漁業者・食品加工業者への波及効果も多大に見込まれる。

当該研究に関して、これまで検討を重ねてきたNPO法人いわて銀河系環境ネットワークは当初の目的(循環型地域システムの構築)が達成されたとして、H19年に地域での事業化に向けて、地域発意の異業種間連携による任意団体(気仙産業研究機構)が設立された。

本報告は、気仙産業研究機構が『前浜資源の維持・増殖のための人工藻礁「栄養素ユニット」の実用化』事業(財)さんりく基金:調査研究成果等活用促進事業助成)に対し、岩手県工業技術センターが共同研究を行ったものである。



図2 実証実験現場



図3 吊り上げ観察



図4 栄養素非搭載品



図5 当該研究品(栄養有)

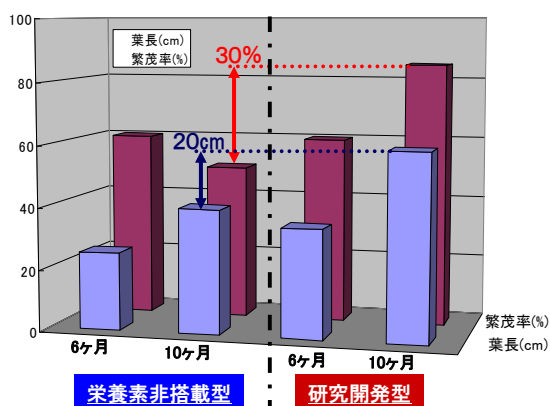


図1 葉長・繁茂率比較

2 H18年度試作ユニットの経過観察

平成18年度、NPO法人いわて銀河系環境ネットワークと共同研究にて試作を行い、陸前高田市の広田湾内において実証実験中である中間育成藻礁ユニット(小型ユニット)の経過観察を行った(図2~5)。なお、経過観察は中間育成開始から約7ヶ月後に実施した。

当該研究品と栄養素非搭載品とを比較したところ、栄養素非搭載品にはムラサキイガイが付着し、アサメの活着を阻んでいることが確認された。栄養素を搭載した当該研究品は海藻の繁茂率が明らかに良いことが確認され、栄養素供給効果が確認された。

経過観察の結果から、今後の改良点として、これまで緊結金具にステンレスを用いていたが、電蝕により吊り下げているフックが欠損するおそれがあるため鉄に変更することを検討することにした。

3 大型栄養素ユニット試作

これまで検討を重ねてきた小型ユニットの実証実験結果を受けて、ユニットの大型化を図ることにした。ユニット試作に際して、栄養素固化方法や部材検討を行った。

3-1 未利用資源を活用した栄養素供給部材の検討

これまでの研究では、ユニットの核となる栄養素として炭化鶏糞と木材炭化チップをバインダーと混合し熱圧成形にてボード状にしたものを積層させ固化していた。しかし、熱圧成形するには専用の装置(ホットプレス)が必要であるが、地域において製造(製品化)を考えた際には設備投資を極力抑える必要がある。また、ユニットの大型化に際して、栄養素部材を容易に成型できる方法を考える必要がある。そこで、栄養素は従来通り炭化鶏糞と木材炭化チップを用い、バインダーにセメントを用い、炭化チップを骨材としてその周りに炭化鶏糞をコーティングする手法を検討した(図6、7)。配合比、成形結果を表1、2に示す。



図6 栄養素固化実験



図7 固化状況(配合⑨)

検討の結果、ある程度の強度を必要とする際には⑨の配合がベストであるが、今回のように栄養素の溶出を目的として用いる場合にはセメントペーストとからみあいフレーク状をなしている状態で十分に役目を果たすこと

から、セメント使用量を抑える目的も加味し、今回は⑤の配合にて試作を行うこととした。

表1 配合比

W/C=100%	セメント：炭化鶏糞											
	1:1				2:1				3:1			
	W	C	鶏	木	W	C	鶏	木	W	C	鶏	木
10%	100	100	100	33.3	200	200	100	55.6	300	300	100	77.8
20%	100	100	100	75	200	200	100	125	300	300	100	175
30%	100	100	100	129	200	200	100	214	300	300	100	300
50%	100	100	100	300	200	200	100	500	300	300	100	700

※ W：水、C：セメント、鶏：炭化鶏糞、木：炭化チップ

表2 固化実験結果

W/C=100%	セメント：炭化鶏糞											
	1:1				2:1				3:1			
	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫
10%	×	×	×	×	○	△	×	×	○	○	△	×
20%	×	×	×	×	△	△	×	×	○	○	△	×
30%	×	×	×	×	×	×	×	×	△	△	△	×
50%	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×

※ 注：◎：しっかり固化 ○フレーク状の固まり
△：チップ表面に鶏糞炭がコーティング ×：湿った程度

3-2 ユニット設計・試作

図8、9に示す設計図に基づきユニット試作を行った(図10)。使用部材の改良点として、前年度試作品の小型ユニットの経過観察結果より、これまで、緊結金具にステンレスを用いていたが鉄に変更することにした。

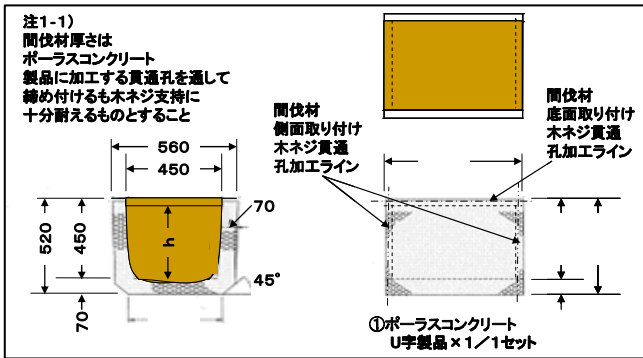


図8 大型ユニット組み立て設計図

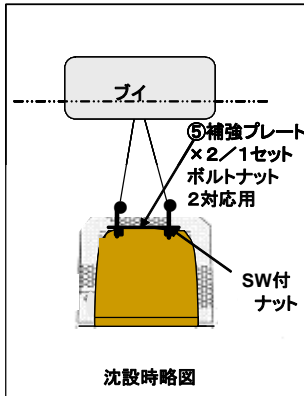


図9 沈設想定図



図10 試作品概観

4 大型栄養素ユニット製作

3-2にて試作検討を行った結果を受け、今年度製作する大型ユニットの最終形状を決定し、ユニット製作を行った(図11~16)。ユニット製作の主な工程を表3に示す。

なお、今回製作した大型ユニットは、これまで過去3年間検討を行ってきた中間育成用ユニット(小型ユニット)と比較し栄養素充填容積で約8倍、ユニット総重量で約20倍の大型化を図っている。

表3 ユニット製作工程

①	木材加工
②	ポラスコンクリート加工(垂下用フック取付等)
③	側板(2面)取付
④	栄養素(炭化鶏糞・木材炭化チップ)充填
⑤	底板取付
⑥	種糸取付用フック取付
⑦	養生(煉炭コンロによる加温:栄養素固化)



図11 側板加工



図12 栄養素混練



図13 栄養素充填



図14 底板取付



図15 種糸取付用フック取付



図16 養生

5 実証実験 -ユニット垂下-

製作を終えたユニットは、ユニット内部に封入した栄養素を固化状態にするため、一晚レンタンコンロによる養生を行った後、アラメ種糸をユニットに巻き付けて陸前高田市の広田湾管内で磯焼け現象が生じている海域において実証実験(計10ユニット:約1年間の中間育成)に供した(図17~図20)。今後、定期的に経過観察を行い、ユニット効果の有効性について検証を行っていく予定である。検討項目として、目視による成長度合いの確認や葉長計測、繁茂率等の測定を考えている。



図17 アラメ種糸取付



図18 船への積込



図19 垂下作業



図20 実証実験現場

6 結 言

今回の結果をまとめると以下のとおりである。

- ① 前年度試作を行い、実証実験に供している小型ユニットの経過観察を行った結果、栄養素非搭載品と比較したところ、栄養素非搭載ユニットにはムラサキイガイが付着しアラメの生育を阻んでいたが、栄養素を搭載した当該研究品は海藻の繁茂状況が良いことが確認され、栄養素供給ユニットの有効性が確認された。原因に関しては今後検討を重ねる必要がある。
- ② 小型ユニットの経過観察結果を受け、使用金属をステンレスから鉄に変更し、ユニットのボックス化などユニット構造の改良を行った。
- ③ 従来までのボード積層型の栄養素供給から、ブロック状の栄養素供給へ変更することにより、製作作業性の向上およびコストの抑制を図った。
- ④ 大型栄養素ユニットを計10個製作し、広田湾管内にてユニット垂下による実証実験を開始した。今後も定期的に経過観察を行い大型栄養供給ユニットの有効性を検証し、製品化(事業化)に向けて取り組む予定である。

文 献

- 1) 浪崎安治、八重樫貴宗：岩手県工業技術センター研究報告,12,p133-136(2005)
- 2) (社)北海道栽培漁業振興公社：育てる漁業 NO.392,p3-7(2006)

景観に配慮した防護柵の塗り替え塗装仕様の開発*

三上 義徳**、穴沢 靖**、飯村 崇***

岩手県内に設置されている防護柵の塗り替え仕様を確立することを目的に、各種塗膜物性試験及び環境試験等から検討を行った。その結果、溶剤系上塗り塗料では、含まれる溶剤により既存塗膜の付着性能が低下する結果となり、利用できないことが明らかとなった。しかし、水系塗料では、安定した付着性が得られることが判明し、長期の促進耐候性試験、塩水噴霧試験及び寒熱サイクル試験を行った結果、水系ポリウレタン樹脂塗料が最も耐久性を発揮する結果が得られた。

キーワード：水系塗料、ガードレール、塗り替え仕様

Development of the Recoat Specifications of the Guardrail for Natural Scenery

MIKAMI Yoshinori, ANAZAWA Yasushi and IIMURA Takashi

To establish the recoat specifications of the guardrail set up in Iwate Prefecture, it was examined by the coated film physical properties examination and the environmental test. As a result, it became the adhesion property of a former coated film decreasing with the contained solvent, and it was not possible to use it in the solvent based coating. However, a steady adhesion was obtained in the water based coatings. Moreover, the result of the water based polyurethane resin coatings demonstrating durability most was obtained since a long-period the accelerated weathering test, the neutral salt spray test and the cool-heat cycling test were done.

Key words : water based coating, guardrail, recoat specifications

1 緒 言

これまで整備されてきた歩車道防護柵（以下、防護柵）の色彩は、運転者の視線誘導を促すため白色を標準とするよう定められ、景観に配慮しているとは言い難いものであった。

近年の景観意識の高まりから、国土交通省では、今後、美しい自然との調和を図りながら、国土整備を展開していくため、「美しい国づくり政策大綱」を平成15年7月に策定した。また、「景観に配慮した防護柵の整備ガイドライン」の作成や「防護柵の設置基準」を改正し、景観に配慮した色彩とするように原則化するなど、全国の防護柵整備における方針、基準を大きく転換した。

一方、岩手県でも、国土交通省の基準に基づき、平成19年度以降に整備、修繕する防護柵について景観配慮を実施することとしている。基本色彩としては、景観行政団体が基準を制定している地域についてはその

基準に準拠し、特に景観的な配慮が必要な地域及びその他の地域において、パイプ式歩行者用防護柵はダークブラウン（こげ茶色）、ガードレール式車両用防護柵はグレーベージュ（薄灰茶色）を標準色としている。特に、2008年平泉文化の世界遺産登録に向け、登録地域では、景観を損なう要因となっている白色の既存防護柵から景観配慮型防護柵への取り替えが行われている。しかし、今後、県内全域の防護柵の取り替えを進めることは、財政的にも困難であることが予想される。

そこで本研究では、既存防護柵の塗り替え仕様を確立することを目的に、各種塗膜物性試験及び環境試験等から検討を行ったので、以下に報告する。

2 実 験

2-1 供試材料

県南広域振興局土木部が、道路工事、事故等で撤去し、保管していた旧品防護柵（縦 35×横 433×厚さ

* 基盤的先導的研究推進事業
** 環境技術部
*** 電子機械技術部（現 材料技術部）

0.23cm) を用いた。図1に全体写真を示す。以下、旧品防護柵 (OG) については記号で記す。

2-2 供試塗料

3社の塗料メーカーより市販されている溶剤系上塗り塗料の中から、それぞれ高耐候性であるポリウレタン樹脂系、アクリルシリコン樹脂系、ふっ素樹脂系塗料の3種類ずつ、合計9種類を選定した。また、1社の塗料メーカーより溶剤系塗料と同様に3種類の水溶性塗料を選定し、合計12種類の塗料を用いた。表1にそれぞれ記号、塗料名及び配合比を示す。(以下、塗料については、記号で記す。

2-3 試験片の作成

OGをJIS塗料一般試験法に準じ縦15×横7cmに切断し試験片を作成した。使用した切断機は、メカニカルシャーリングマシン MGS-4512 (株ニコテック) である。また、切断したOGの塗膜表面を耐水研磨紙で研磨した後、12種類の供試塗料を刷毛で1回塗布し、室温で7日間乾燥を行い試験に供した。

2-4 実験方法

2-4-1 外観観察

OGの塗膜表面の汚れ等について、カラーマイクロスコープ VH-611 (KEYENCE 製) で観察した。

2-4-2 塗膜厚測定

JIS-K-5400 (1990) 塗料一般試験法、3.5(2) 電磁式膜厚計により行った。なお、測定値は、試験品の上面部、後面部、前面部においてそれぞれ5カ所の測定を行い、その平均値を用いた。また、測定に用いた膜厚計は、エグザクト FN タイプ (ニッパトレーディング株式会社製) である。

2-4-3 既存塗膜の前処理

OGの塗膜表面の汚れや錆を除去するため、耐水研磨紙#320を用いて研磨した。なお、汚れ及び錆の除去程度について、表面観察及び電磁膜厚計により評価した。

2-4-4 塗膜断面の観察

OGの塗装仕様を把握するため、塗膜断面の観察を行った。断面加工には回転式マイクロトーム RM2135 (LEICA 製) を用い、撮影はカラーマイクロスコープを用いた。



図1 旧品防護柵(OG)

2-4-5 耐溶剤試験

JIS-K-5400 (1990) 塗料一般試験法、8.24 耐揮発油性に準じて行った。なお、溶剤はラッカーシンナーを用い、容器中に試験片を立て掛け、4時間浸漬した。

その後、試験片を取り出し、室内に2時間放置し、目視により塗膜状態を観察した。

2-4-6 付着力試験

JIS-K-5400 (1990) 塗料一般試験法、8.5.2 ごぼん目テープ法により行い、評価は、8.5.1の表18 ごぼん目試験の評価点数により行った。

2-4-7 衝撃試験

JIS-K-5400 (1990) 塗料一般試験法、8.3 耐衝撃性、8.3.2 デュポン式により行い、衝撃による変形で塗膜表面に割れ・剥がれができないかを評価した。なお、撃ち型と受け台の寸法は半径6.35mm、おもりの質量は500gを使用した。

2-4-8 鉛筆硬度試験

JIS-K-5400 (1990) 塗料一般試験法、8.4 鉛筆引っかき値 (手かき法) に準じて実施し、塗膜の硬さを評価した。

2-4-9 塩水噴霧試験

JIS-Z-2371 (1994) 塩水噴霧試験方法により行った。なお、試験時間は300時間で、試験片中央にカッターナイフでクロスカットを入れ、錆の発生状況及び塗膜の外観について目視により評価した。表2に試験条件を示す。なお、試験時間は500時間で、試験後にクロスカット部のテープ剥離試験を行い、片側最大剥がれ幅を測定した。

表1 塗料の種類

記号	種類	塗料名	配合比	
			主剤	硬化剤
K-PU	ポリウレタン樹脂系	低汚染型ポリウレタン樹脂塗料	6	1
D-PU		建築用ポリウレタン樹脂塗料	4	1
N-PU		ポリウレタン樹脂塗料	7	1
S-PU		水系アクリルウレタン系塗料	6	1
K-AS	アクリルシリコン樹脂系	シリコン変性エポキシ樹脂系下塗上塗兼用塗料	14	1
D-AS		シリコン変性アクリル樹脂上塗塗料	85	15
N-AS		シリコン変性アクリル樹脂上塗	4	1
S-AS		水系アクリルシリコン系塗料	18	1
K-F	ふっ素樹脂系	低汚染型弱溶剤可溶ふっ素樹脂系塗料	14	1
D-F		建築用ふっ素樹脂塗料	9	1
N-F		低汚染2液形ふっ素樹脂塗料	5	1
S-F		水系フッ素系塗料	9	1

表2 塩水噴霧試験条件

項目	試験条件
塩化ナトリウム溶液濃度	50g/L
pH	6.8
圧縮空気圧力	98kPa
噴霧量	1.5ml/80cm ² /h
空気飽和器温度	47±2℃
試験槽温度	35±2℃

2-4-9 促進耐候性試験及び色差の測定

JIS-K-5600 (1999) 塗料一般試験法、第7分塗膜の長期耐久性、第7節促進耐候性(キセノンランプ法)に準じて行った。試験機はスーパーキセノンウェザーメーターSX2D-75(スガ試験機株)を用いた。表3に促進耐候性試験条件を示す。なお、試験時間は500時間で、100時間ごとに分光測色計(カラーアナライザー、TC-1800MK II、株東京電色製)を用いて色差の測定を行った。

表3 促進耐候性試験条件

項目	条件
試験サイクル	照射+水噴霧 (120分中18分間)
試料面放射照度	180W/m ² (300~400nm)
ブラックパネル温度	63±3℃
相対湿度	50±3%R.H.
積算放射照度	323.50MJ/m ²

2-4-10 寒熱サイクル試験

JIS-K-5400 (1990) 塗料一般試験法、9.3耐冷熱繰り返し性に準じ、低温及び高温のサイクル試験を50サイクル行った。なお、評価は目視による外観検査で行った。表4にサイクルの試験条件を示す。試験時間はそれぞれの試験条件への移行時間を含まないものとする。また、試験機は温度差劣化試験機BP-FM-1(スガ試験機株)を用いた。

表4 サイクルの試験条件

試験条件	温度	相対湿度	試験時間
低温	-20±2℃	—	3時間
高温	50±2℃	95%	3時間

3 結果及び考察

3-1 外観観察及び膜厚測定結果

塗膜表面の観察結果を図2に示す。塗膜表面の状態は大きく3形態に分けられ、汚れのみで錆の発生や、塗膜の剥がれ、膨れが発生していない部分、赤錆の発生により、塗膜の膨れが発生している部分、車両の接触等により塗膜が線状に剥がれている部分

が確認できる。長期にわたり道路に設置され、暴露されていたことで、裏面より道路側の表面の汚れがひどく、錆の発生よりも傷の発生が多いが、傷部より赤錆の発生はほとんど見られなかった。また、塗色は同じ白色でも黄変度合いが異なっており、設置されていた環境が異なることがわかる。また、膜厚を測定した結果、100μm程度の膜厚が得られ、「防護柵の設置基準」で規定されている最小塗膜厚(20μm)の5倍程度の膜厚となっている。



図2 OGの汚れ部、赤錆部、傷部

3-2 塗膜断面の観察

図3にOGの塗膜断面の観察写真を示す。塗装膜は一層膜となっており、その下に熔融亜鉛メッキの層が確認できる。熔融亜鉛メッキの膜厚は、30μm程度を示し、また、塗膜厚は100μmを示している。電磁膜厚計でも同一の値が得られており、一層膜で厚膜となっていることから、粉体塗膜であると思われる。

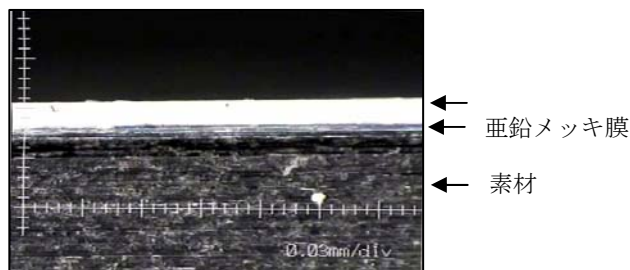


図3 OGの塗膜断面

3-3 既存塗膜の塗装前処理結果

図4に既存塗膜の研磨前と研磨後の写真を示す。研磨後に膜厚を測定した結果、塗膜表面の汚れの除去には全面つや消し状態となる10μm程度の研磨が必要であった。赤錆も汚れの除去と同じ10μm程度の研磨で除去可能であった。また、傷部のフェザーエッジ(段差部)には、50~60μm程度の研磨が必要であった。塗り替えを行う際、塗り替え塗膜の付着性や耐久性の向上を図るため、研磨作業は必要であり、その際の目安となると思われる。

3-4 耐溶剤試験

試験後の塗膜状態を観察した結果を図5に示す。浸漬部塗膜のつやの低下及び変色が見られたほか、塗膜が柔らかくなり、しわや膨れが発生し、耐溶剤性が劣る結果となった。長期の暴露による塗膜劣化の影響によるものと思われる。

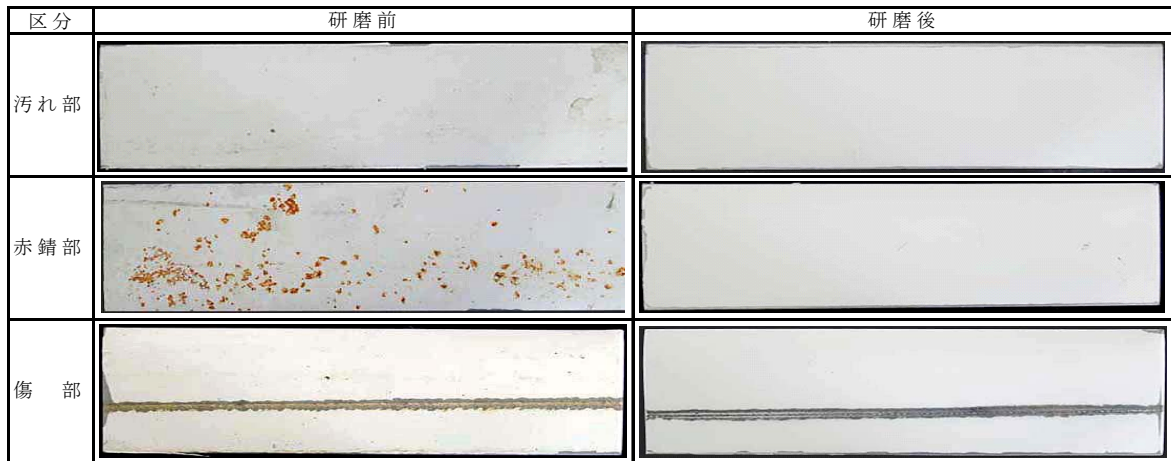


図4 塗装前処理結果

3-5 付着力試験結果

表5に12種類の試験片のごばん目テープ剥離試験した結果を示す。また、図6にテープ剥離後のマス目部の写真を示す。剥がれの程度に差はあるが、アクリルシリコン樹脂系のN-PUを除き全ての溶剤系塗料で剥がれが生じる結果となった。既存塗膜が上塗り塗膜の溶剤に侵され、付着力が低下したことが原因であると思われる。水系塗料では、溶剤系塗料に比べ含まれる溶剤量が少ないことから既存塗膜を侵すこと無く、安定した付着力が得られた。従って、既存塗膜を残し、溶剤系塗料で塗り替えを行っても、耐久性は期待できない結果となったことから、以後、水系塗料に限定し各種試験を行った。

3-6 塩水噴霧試験結果

図7に水系塗料の500時間経過後に観察した写真を示す。全ての試験片で、クロスカット部から白錆が発生しているが、赤錆の発生はなく、また、クロスカット周辺に錆及び塗膜の膨れも無く、良好な耐食性を示す結果となった。表6に試験後にクロスカット部のテープ剥離試験を行い、片側最大剥がれ幅を測定した結果を示す。S-PUが溶融亜鉛メッキ皮膜と旧塗膜の付着性を損ねず、安定した付着性能を示す結果となった。



図5 耐溶剤試験における塗膜のしわ・膨れ部

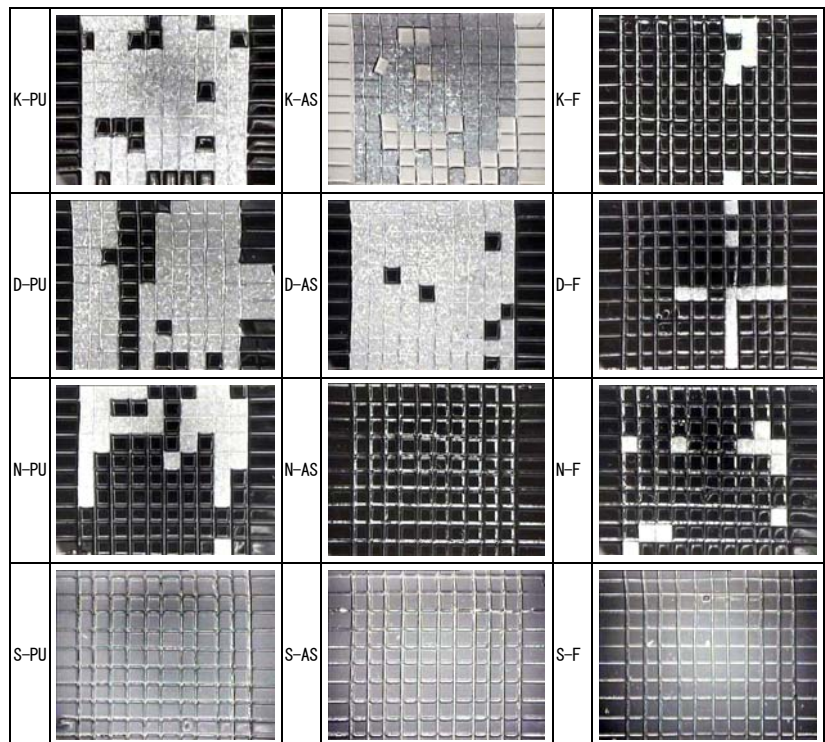


図6 ごばん目テープ剥離試験結果(×25)

3-7 促進耐候性試験における色差測定結果

図8に100時間ごとに色差の測定を行った結果を示す。いずれの塗膜も ΔE^* は1以内の変化であり、紫外線劣化による変色は非常に少なく、良好な耐候性を示す結果となった。また、目視による外観検査を行った結果、どの試験片でも光沢の低下、著しい変色及び塗膜の割れ、剥がれ、膨れの発生は認められなかった。

3-8 環境試験における付着力試験結果

図9に水系塗料の試験前と促進耐候性試験及び寒熱サイクル試験後にごばん目テープ剥離試験を行った結果を示す。試験前の性能は全て10点であるが、S-ASはどちらの試験でも6点となり付着性能が低下する結果となった。促進耐候性試験及び寒熱サイクル試験に共通する試験条件は高温条件であることから、S-ASは高温条件により他の塗料に比べ、劣化の進行が早いものと思われる。

3-9 環境試験における衝撃試験結果

図10に水系塗料の試験前と促進耐候性試験及び寒熱サイクル試験後に衝撃試験を行った結果を示す。全ての塗料で、試験前、促進耐候性試験後は全て50cmの高さからの衝撃に対し、塗膜の割れ、剥がれは生じず、安定した付着力を示した。また、寒熱サイクル試験後では、50cmの高さからの衝撃に対し全て割れが発生し、付着力が低下する結果となった。しかし、金属粉体塗装製品の製品規格における衝撃試験には、40cmの高さからの衝撃に対する規格が多く用いられており、実用的には問題ないと思われる。

3-10 環境試験における鉛筆硬度試験結果

表7に水系塗料の試験前と促進耐候性試験及び寒熱サイクル試験後に鉛筆硬度試験を行った結果を示す。試験前の鉛筆硬さは、S-PU、S-ASは2Hで一般的に金属塗装に使用できる実用硬さとなっているのに対し、S-FはFとなっており、かなり軟らかく傷つきやすい塗膜となっている。試験後の鉛筆硬さの変化はなく、どちらの試験においても硬さへの影響は見られない結果となった。

4 結 言

岩手県内に設置されている防護柵の塗り替え仕様

表5 ごばん目テープ剥離試験結果

塗料	評価	塗料	評価	塗料	評価
K-PU	0	K-AS	0	K-F	8
D-PU	0	D-AS	0	D-F	6
N-PU	2	N-AS	10	N-F	6
S-PU	10	S-AS	10	S-F	10

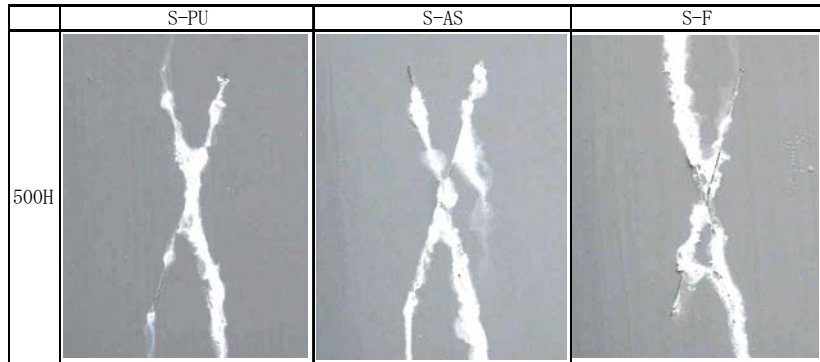


図7 塩水噴霧試験観察結果

表6 片側最大剥がれ幅測定結果

塗料名	片側最大剥がれ幅
S-PU	0 mm
S-AS	5 mm
S-F	7 mm

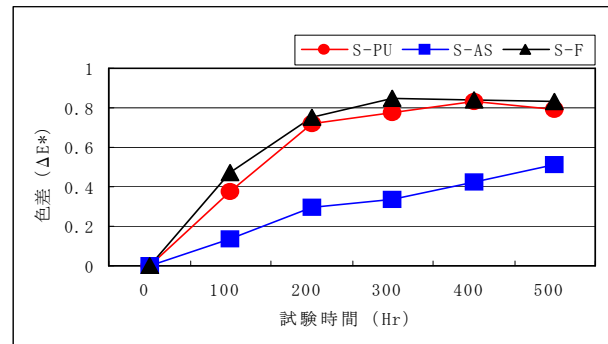


図8 促進耐候性試験における色差の測定結果

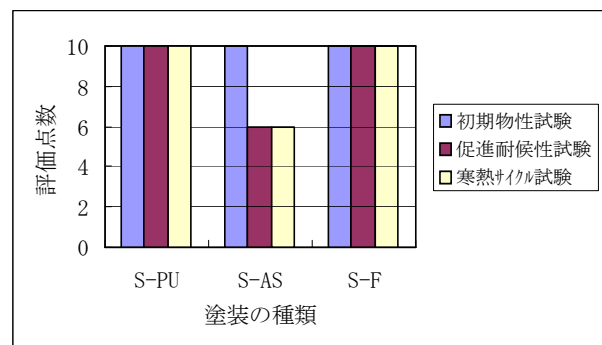


図9 各種環境試験におけるごばん目試験結果

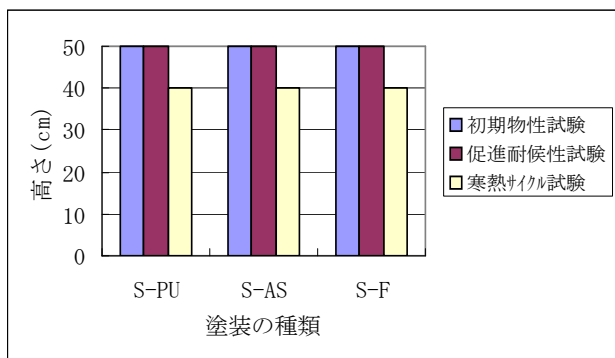


図 10 各種環境試験における衝撃試験結果

表 7 鉛筆硬度試験結果

塗料の種類	S-PU	S-AS	S-F
試験前	2H	2H	F
促進耐候性試験後	2H	2H	F
寒熱サイクル試験後	2H	2H	F

を確立することを目的に、各種塗膜物性試験及び環境試験等から検討を行った。

その結果、塗装前処理として、既存防護柵の塗膜表面を#320耐水研磨紙で、つや消し状態である10 μ m程度研磨することにより、汚れ、赤錆は除去できることがわかった。また、溶剤系上塗り塗料では、含まれる溶剤により既存塗膜の付着性能が低下する結果となり、利用できないことが明らかとなった。

しかし、水系塗料では、安定した付着性が得られることが判明し、長期の促進耐候性試験、塩水噴霧試験及び寒熱サイクル試験を行った結果、水系ポリウレタン樹脂塗料が最も耐久性を発揮する結果が得られた。

今後、防護柵の塗り替え作業を進める中で、手研磨による研磨作業は作業効率や作業コストに問題があることから、手研磨に替わる作業効率の良い方法が今後の課題になると思われる。

最後に、試験材料のご提供をいただいた県南広域振興局土木部に対し感謝申し上げます。

5 参考文献

- 1) 社団法人日本道路協会：防護柵の設置基準・同解説(平成16年3月)
- 2) 国土交通省：防護柵の設置基準の改定について(平成16年3月31日付け国道地環第93号)
- 3) 国土交通省：美しい国づくり政策大綱(平成15年7月)
- 4) 景観に配慮した防護柵推進検討委員会：景観に配慮した防護柵の整備ガイドライン(平成16年3月)
- 5) 岩手県県土整備部道路建設課、道路環境課：道路設計上の今後の留意事項について(平成19年3月27日付け道建第387号、道環第306号)

ホタテ貝殻複合材料のためのエアフィルターの開発*

白藤 裕久**、浪崎 安治**、八重樫 貴宗***

青森県工業総合研究センター、秋田県産業技術総合研究センター、岩手県工業技術センターの北東北三県の工業系公設試間で環境分野において共同研究を行った。青森県で大量に発生するホタテ貝殻を VOC 吸着剤として利用する研究である。青森県と秋田県担当の研究により、ホタテ貝殻に他物質を複合することで VOC 吸着能力を付与できることが分かった。そこで、岩手県はその複合材料のエアフィルター形状への成型を検討した。その結果、十分な機能性を有する形状に成型することができ、それをもとに試作品を作成した。

キーワード：貝殻、エアフィルター、VOC

Development of the Air Filter

for Composite Material Made from Shell

SHIRAFUJI Yasuhisa , NAMIZAKI Yasuji and YAEGASHI Takamune

Aomori Industrial Research Center(AIRC), Akita R&D Center(ARDC), and Iwate Industrial Research Institute(IIRI) did a joint research in an environmental field. The content of the research was to use the shell as VOC adsorbment. At first, AIRC and ARDC proved to be able to give the VOC adsorption ability to the shell by combining with another material. Then, IIRI studied to form the shell into the air filter. As a result it was formed to the shape which has enough function as the air filter.

Key words : shell, air filter, VOC

1 緒 言

北東北公設試連携推進会議は「広域連携が重要」、「連携で無駄をなくす」、「連携で相互補完をする」等を念頭に平成 15 年 1 月に第 1 回が開催された。それ以降青森県工業総合研究センター（以下、青森工総研）、秋田県産業技術総合研究センター（以下、秋田産総研）、岩手県工業技術センター（以下、岩手工技）の北東北三県の工業系公設試の環境グループが情報交流を継続し、共同研究を模索してきた。その結果、ホタテ貝殻と他物質を複合させた吸着剤に関する知見を持つ青森工総研から「ホタテ貝殻複合材料の開発」というテーマが提案され、これを核として共同研究を行うことになった。

青森県ではホタテ貝殻養殖が盛んであり、その加工残査であるホタテ貝殻が年間約 5 万トン排出されている。ホタテ貝殻は土壌改良材として粉末利用されているものの、抜本的な対策とはなっていない。

一方近年、揮発性有機化合物（VOC）を含んだ建材・内装材等を使用することによる室内空気汚染が原因と考えられるシックハウス症候群が問題となっている。建築基準法の改正により新規住宅は改善されているものの、既存住宅ではこの問題対応は遅れている。¹⁾

そこで、本研究では青森工総研の知見をもとにホタテ貝殻に VOC 等の吸着能力を付与したホタテ貝殻複合材料を開発し、ホタテ貝殻を活用した応用製品の試作開発を行うことになった。研究分担は、青森工総研が核となり研究を推進し、それを秋田産総研の吸着評価技術と岩手工技の成型技術がサポートすることとした。

本報告では岩手県工業技術センターが担当した、破碎ホタテ貝殻の空気清浄機用フィルターへの成型検討と、共同研究で得られた知見をもとに岩手県で行った建具組み込み用エアフィルターの試作について報告する。

2 成型方法提案と吸着評価

ホタテ貝殻複合材料の製品化案としては、樹脂のフィルター、顔料に混入させ印刷、消臭剤、エアフィルターなどが挙げられた。消耗品で大量に使われることや販路などを考慮し、空気清浄機用フィルターが有力と考えた。そこで、成型担当の岩手工技がフィルター形状の試作品を数種類作成し、提案することにした。

複合化前ホタテ貝殻を使用し、150mm×150mm のサイズで試作した。試作品を図 1～4 に示す。

* 北東北三県共同研究（支援・研究活動活性化事業）

** 環境技術部

*** 環境技術部（現 宮古地方振興局岩泉土木事務所）



図1 ボードタイプ



図2 袋詰めタイプ



図3 シートタイプ A



図4 シートタイプ B

図1はもともと岩手工技で有する技術で作成したボード状のもので、破碎貝殻とバインダーを混合して型枠内で熱圧成型するものである(ボードタイプ)。

図2は不織布(PP製)をセル状に区切りホタテ貝殻(粒径5mm)を封入したものである。(袋詰めタイプ)

図3は粒径5mmのホタテ貝殻をホットメルト接着剤が塗布された不織布(接着芯地; ダイニック製 PDT-15W)で挟み込み熱圧成型したものである。(シートタイプA)

図4は粒径約500 μ m以下のホタテ貝殻を140mm×140mmの和紙上にバインダーで固定し、それを接着芯地で挟み込み熱圧成型したものである。(シートタイプB)それぞれ成型したホタテ貝殻量は適当量とした。

ボードタイプは通気性に問題があると思われ、袋詰めタイプ、シートタイプA、Bがフィルターとして適当と思われた。また、ボードタイプとシートタイプBではバインダーによる貝殻表面の被覆による表面積減少と工程の煩雑化が懸念された。

よって、外観や成型方法からは袋詰めまたはシートタイプAが適当と思われた。

作成した4種類のサンプルをもとに、ボードタイプを除いた3種類の成型方法について吸着能力試験を行った。ホタテ貝殻-エチレン尿素複合化合物と活性炭それぞれ1.0gを50mm×50mmに成型し試験片とした。岩手工技で試験片を作成し、青森工総研、秋田産総研が吸着能力を評価した。

その結果、どの成型方法のサンプルでもホルムアルデヒドが吸着することが分かった。また、シートタイプAとBはそれぞれ袋詰めタイプより吸着量が多いという結果となり、吸着能力の面からはシートタイプAまたはBが望ましいことが分かった²⁾。成型方法、吸着能力から考えシートタイプAをもとに、より製品に近い試作を行うことにした。

3 ホタテ貝殻封入量増加の検討

空気清浄機用フィルターを発売しているI社ではフィルターの充填材として活性炭を使用しているが、この量は1cm²あたり0.1gである。青森工総研の実験ではホタテ貝殻-エチレン尿素複合化合物の吸着能力は活性炭の20%程度だった²⁾。フィルターとして同一の能力を得るため、5倍量の1cm²あたり0.5gを目標に成型方法を検討した。

シートタイプAの成型方法は図5のように接着芯地上に貝殻を散布しその上にもう1枚の接着芯地をのせ、熱圧する方法である。この方法では単純に貝殻量を増やすと、上下の接着芯地が互いに接触せず接着しなくなる。

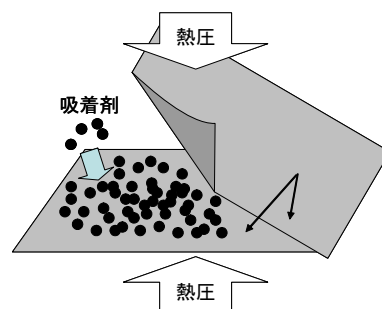


図5 シートタイプAの成型方法

そのため、貝殻を分割して封入しその隙間から接着芯地が互いに接触し接着する方法（図 6）とハニカムコアを用いてそのセル内に貝殻を封入し、ハニカムコアの両面に接着芯地を接着する方法（図 7）³⁾ が改善案として考えられた。

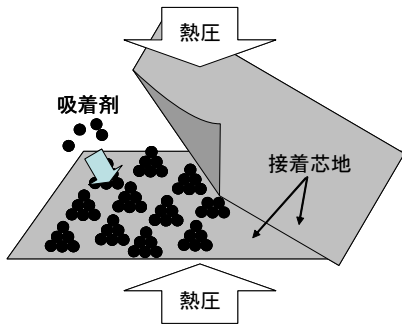


図 6 貝殻を分割して封入する方法

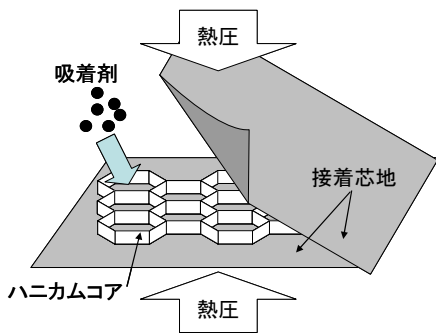


図 7 ハニカムコアを用いた方法

図 6 に示す方法では実験の結果、1cm²あたり 0.3g までしか成型できなかったため、2 層化することで 1cm²あたり 0.5g の目標を達成した。成型品を図 8 に示す。しかし、剛性に欠けることから空気清浄機へ設置するのには向かない点が問題であった。

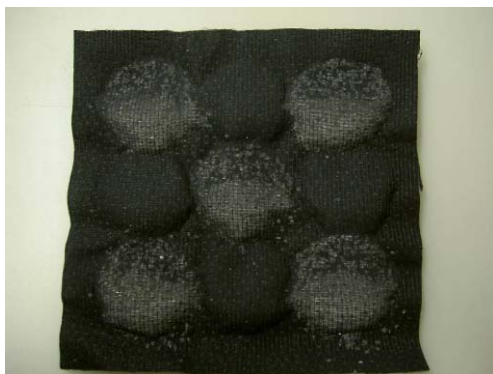


図 8 貝殻を分割して封入したもの

図 7 に示すハニカムコアを使用する方法では、ハニカムコアの厚みを調節することで貝殻充填量 0.5g/cm² が達成できた。成型品を図 9 に示す。ハニカムコアは紙製のものを使用したが、エアフィルターとしては十分な剛性があると考えられた。



図 9 ハニカムコアを使用したもの

しかし、活性炭より重いホタテ貝殻を充填したときにハニカムコアと接着芯地が接着強度不足ではがれてしまうことと、充填物の重さのためハニカムコアが変形しやすく、通常では接着している箇所でも変形したときにはがれてしまうという 2 つの欠点があった。

そこで、熱板と接着芯地の間に耐熱性スポンジを挟みこむ方法を考案した（図 10）。接着芯地をスポンジでハニカムコアのセル内に押し込みセル壁面にも接着することで接着面積が図 11 のように増え、接着強度が上昇することが期待された。

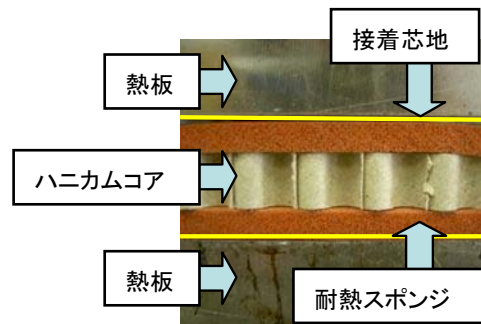


図 10 耐熱スポンジを挟み込む方法

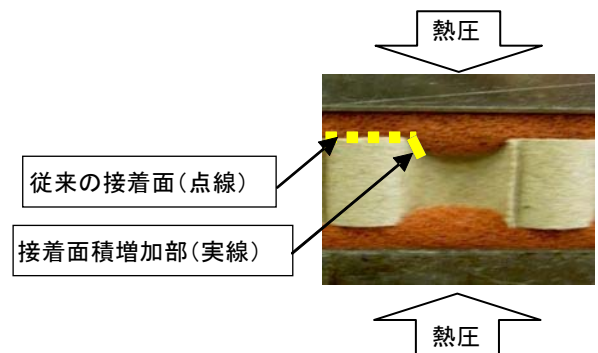


図 11 接着面積増加部分

その接着強度を図 12 に示す方法で 1セルに接着している芯地をはがし、そのときの荷重を測定した。はがれたときセルのエッジ 1mm あたりにかかった荷重を接着強度 A (gf/mm) として図 13 の棒グラフに示した。

対象とした接着芯地は代表的な布組織の織布、不織布、編布とし、それぞれスポンジあり、なしで測定した。

スポンジの使用によりどの種類の接着芯地でも接着強度が向上したことが確認できた。

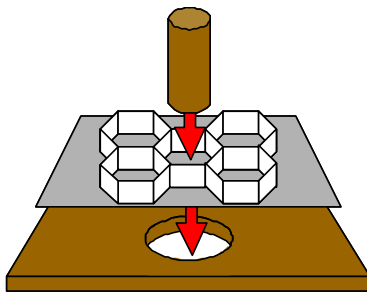


図12 接着強度測定方法

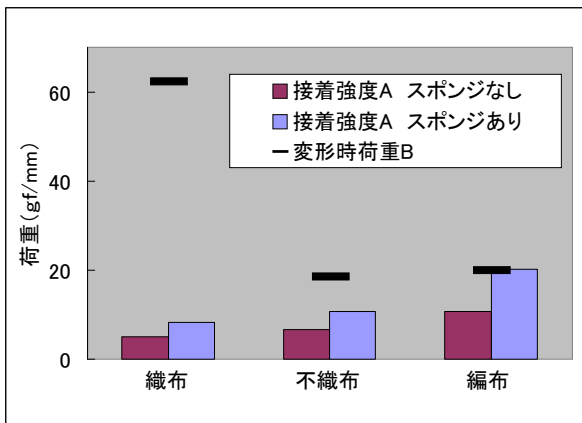


図13 接着強度と変形時の荷重

さらに、ハニカムコアが変形したとき接着芯地がはがれることを防止する方法を検討した。はがれやすい場所はほぼ一定で、セルが隣接する部分に変形により約1mm反対方向に引っ張られた部分だった (図14)。

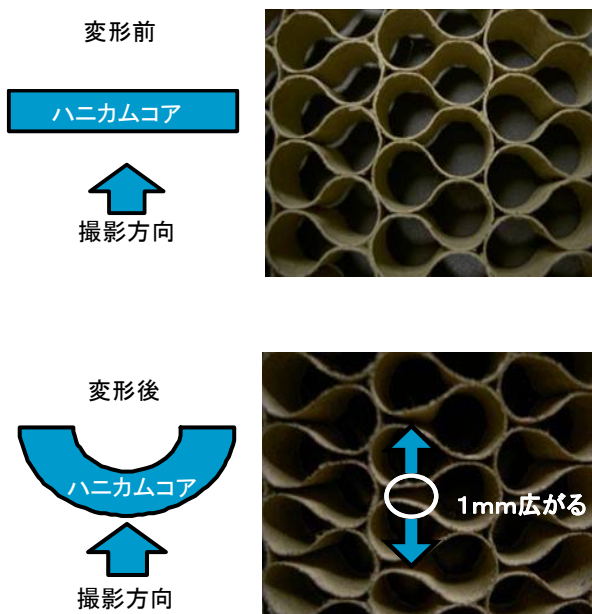


図14 ハニカムコアの変形

そこで、ハニカムコアが1mm変形しても接着芯地が伸びることで接着部分に接着強度以上の力がかからないように検討した。1mm幅の接着芯地が1mm伸びたときにかかる荷重を変形時荷重B (gf/mm)として測定した。結果を図14中の横棒に示した。

接着強度Aと変形時荷重Bを比較して $A \geq B$ となればハニカムコアが変形しても接着芯地がはがれないことになるが、これを満たしたものは織布をスポンジ使用で接着したものだった。

この方法を使用することで接着芯地のはがれを防止でき、活性炭の5倍量のホタテ貝殻を空気清浄機用フィルターとして成型することが可能になった。

4 空気清浄機用フィルターの試作

以上の検討で得られた結果をもとに、I社のペット用空気清浄機フィルターと同等サイズ(346mm×388mm)で試作を行った。充填物は青森工総研の最終的な試作品である、ホタテ貝殻-エチレン尿素複合化合物の造粒品とした。

外観を図16に示す。市販品同等サイズでも問題なく成型できた。



図16 市販活性炭製品と同サイズの試作品

この試作品について、青森工総研が行ったエアフィルター性能試験の結果は良好²⁾で、青森県において製品化を検討中である。

5 建具組み込み用エアフィルターの試作

以上の知見を岩手県内企業に還元するために、建具組み込み用エアフィルターを試作した。製品化までを考慮し、住宅設計事務所の協力を得て建築士および一般ユーザーの意見を聴取しながら行った。

まず、空気清浄機用として作成したフィルター筐体(図16)について建築士の意見を聴取した。

その結果、用途としては建具への組み込み、壁面装飾に利用可能性があり、芯材が布から透けて見える様子もデザインとして面白いということだった。建築士が住宅建築の施主へ提案してみたいということで、特に押入れ用建具への用途を検討することとした。

押入れ用建具への取り付けを考慮して、周辺部に取付け用の耳を設けたもの(図17)をもとにして一般ユーザー

一の見意見を聴取した。



図 17 建具取り付け用フィルター

その結果、①布が黒ではなくもっと自然な感じのするものがいい、②介護用の消臭機能があるとよい、③調湿機能があるとよい、といった意見が寄せられた。

②、③については今回検討したホタテ貝殻-エチレン尿素複合化物以外も充填物として考慮すれば対応可能であると考えられる。①について検討し、材質を変更したものが図 18 である。布の材質を壁紙剤として使用されることもある麻布とした。



図 18 布種類を変更したもの

現在、この形状で建築士を通して一般ユーザーへ提案を行っている段階である。

6 結言

岩手県工業技術センターが開発した試作品は、空気清浄機用フィルターの代替品として利用可能であり、十分な性能の試作品を提供できた。この試作品については青森工総研が製品化に向けて検討中である。

共同研究にて得られた知見をもとに、建具組み込み用エアフィルターを試作し、岩手県内の住宅関係業者や一般ユーザーから評価を得た。今後、様々な資材の活用を前提に機能性を向上させ、住宅設計事務所の協力を得ながらより製品に近い試作品開発に取り組んで行く予定である。

また岩手県工業技術センターでは、このフィルター作成方法について特許を出願した（特願 2007-187740）。

文 献

- 1) (独) 森林総合研究所編著：シックハウスと木質建材 試料編, (財) 林業科学技術振興所(2004)
- 2) 廣瀬孝：機能性材料研究会資料「ホタテ貝殻複合材料の開発」(2008)
- 3) 特開平 8-294611 脱臭フィルターエレメント など

未利用資源のSPM捕集材としての可能性の検討*

八重樫貴宗**

未利用資源の活用を図るためSPM捕集材としての可能性を検討した。未利用資源として木材チップと木材炭化チップ、バークを用いてSPMのうちの発ガン性物質であるB(a)Pに着目し捕集能力を検討した。試験の結果、バークは濾紙に比べ約40倍の捕集能力があることが判明した。

キーワード：SPM、B(a)P、未利用資源、木材チップ、チップ炭、バーク

Examination of Possibility as SPM Adsorption Material of Unused Wood Resources

YAEGASHI Takamune

SPM(Suspended Particulate Matter) generated from the smoke of the factory and the car exhaust emission is a typical air pollutant. And B(a)P(benzo [a] pyrene) in SPM is presumed to be a carcinogen. In this study, about ability to adsorb B(a)P, bark chip and wood chip are compared with paper filter for dust measurement. As a result, the adsorption ability of bark chip is higher than that of wood chip. And bark chip has the adsorption ability 50 times paper filter.

key words : SPM, B(a)P, unused wood resources, wood chip, charcoal, bark chip

1 結 言

SPM(浮遊粒子状物質)とは、大気中に漂う $10\mu\text{m}$ 以下の粒子を指し、自動車排ガスや化石燃料の燃焼によって発生するもので、呼吸器疾患やスギ花粉症などの原因になるといった報告がされている^{1,2)}。また、粒径 $2.5\mu\text{m}$ 以下のPM_{2.5}に関しては、肺ガン等を引き起こす変異原性として疑われている物質である。岩手県におけるSPM濃度は環境基準をクリアしている³⁾ものの人体への悪影響は否めない。さらに、近年、東京都をはじめとする首都圏の八都県市では「自動車NO_x・PM法」の規制に関する条例を設け、基準を満たさないディーゼル車については八都県市を走行できないこととなったため、対策地域内にて登録できなくなった車両が対策地域外である地方に移転している。このことは、汚染の地方移転を意味し⁴⁾、今後、地方の主要都市部における汚染対策も考慮していかなければならない。

また、岩手県における未利用資源の一例として、木材炭化チップやバークなどが挙げられる。木材炭化チップは土壌改良材等に用いられているがその他の利用例が少なく、バークに関しては堆肥原料や家畜の敷料として農業分野に利用されているほか、ペレット化され燃焼機器の燃料として利用されているがその利用は一部に限られている⁵⁾ため新たな活用方法が模索されている。

そこで、岩手県における未利用資源を活用して、大気汚染物質のひとつであるSPMの捕集可能性を検討することとした。今回対象とした物質は、ディーゼル車排ガスに含まれ、発ガン性物質のひとつであるとされるベンツピレン(以下、B(a)P)に着目し、その吸着性能の検討を行ったので報告する。

2 実験方法の検討

2-1 捕集材の検討

岩手県内における未利用資源のうち、捕集能力が見込まれる素材として木材チップ(赤松)(以下、チップ)と木材炭化チップ(唐松)(以下、炭化チップ)、バーク(スギ)を用いることとした。また、比較対象として、SPMの簡易大気モニタリング材としてマイクロ繊維シートが検討されている⁶⁾ことから、マイクロ繊維シート(花王:クイックルワイパー[®])と、粉塵測定などに用いられるエアサンプラー用の濾紙を比較対象として用いることとした。図1~5に今回用いた供試材を示す。



* 基盤的・先導的技術研究開発事業

** 環境技術部(現 岩手県 宮古地方振興局 岩泉土木事務所)

図1 濾紙



図2 ミクロ繊維シート



図3 チップ

図4 炭化チップ

図5 パーク

2-2 供試形状の検討

供試材料の形状が異なることから、比較検討の際の基準を検討した。考えられる基準として、重量あたりのB(a)P 捕集量や、表面積あたりのB(a)P 捕集量などが考えられるが、未利用資源は濾紙などと比較して、敷き詰めた際に重量や表面積の比較が難しいため、ある面積に敷き詰めた際の単位面積あたりのB(a)P 捕集量を比較することとし、今回の検討では直径90mmのシャーレに敷き詰め、ディーゼル車排ガスの捕集を行うこととした。

2-3 排ガス捕集方法の検討

ディーゼル車排ガスを捕集する方法として、排ガス捕集BOXを作製し、BOX内底部に供試体を設置しマフラーから排出される排ガスを直接BOXへ引き込む方法にてサンプリングを行った。今回実験に用いた排ガス捕集BOX(約0.1m³)の模式図を図6に示す。

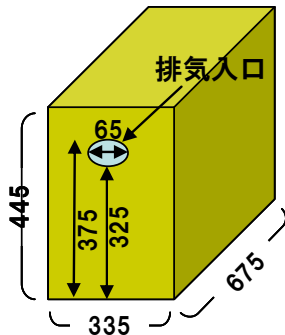


図6 排ガス捕集BOX 模式図(単位 mm)

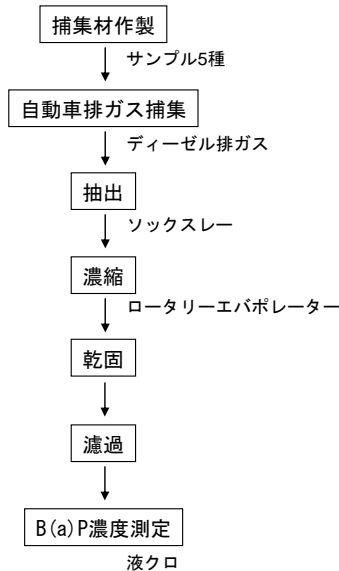


図7 実験フロー

3 実験

これまでの検討の結果を踏まえて、図7のフローによって実験を行った。

3-1 供試材料(ブランク)のB(a)P濃度測定

捕集材として検討するにあたり、試験供試前のサンプル(以下、ブランク)のB(a)P濃度を測定することとした。結果を表1に示す。

表1に示すとおり、5種類のうち4種類の供試材からはB(a)Pが検出されなかったが、炭化チップからはB(a)Pが検出された。この結果として考えられることは、木炭を製造する際に、炭化温度等の諸条件により排煙にB(a)Pが含まれ、その排煙が木炭部から抜けきらず冷やされることで含有した可能性が考えられる。しかしながら、木炭としての形状をなしている場合においては飛散等の悪影響を及ぼす可能性は極めて低いと考えられるので、炭化チップも供試材として検討することとした。なお、濃度測定の際には、ブランクにおけるB(a)P濃度を差し引いた値にて評価することとした。

表1 ブランクのB(a)P濃度

材種	B(a)P濃度 (mg/L)
濾紙	0.00
マイクロ繊維シート	0.00
チップ(赤松)	0.00
炭化チップ(唐松)	1.96E-03
パーク(杉)	0.00

3-2 ディーゼル車排ガスのサンプリング

供試材となる濾紙、マイクロ繊維シート、チップ、炭化チップ、パークを直径90mmのシャーレに敷き詰め、図6に示す排ガス捕集BOX内にシリカゲルを敷き、その上に、図8の順にシャーレを並べ、排ガス捕集を行った。捕集実験の条件および様子を表2、図9、10に示す。



図8 配置図



図9 配置状況

表2 排ガス捕集実験条件

実験車	トヨタ ルシーダ(平成6年式)
実施時間	1時間
エンジン回転数	750rpm(アイドリング時)
	2000rpm(10分に1回10秒間)



図10 排ガス捕集実験

4 結果

4-1 B(a)P 濃度の比較

排ガス捕集後の供試材は、図7に示すフローに沿ってB(a)P濃度の測定を行った。結果を図11に示す。

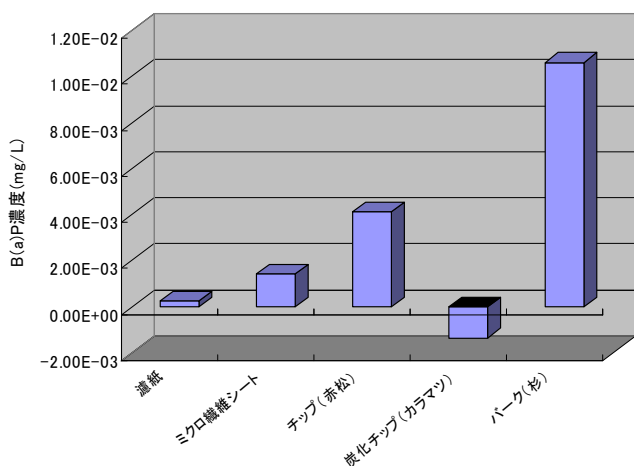


図11 供試材とB(a)P濃度の関係

試験の結果、比較対象物である濾紙・マイクロ繊維シートに比べ、チップ、バークのB(a)P濃度が高く、捕集材としての可能性があることがわかった。炭化チップについては、ブランク時のB(a)P濃度を下回る濃度であったため、マイナスの濃度を示している。この原因として考えられることのひとつとして、ブランクとして用いたサンプルのB(a)P含有量に比べ、供試材へ用いたサンプルのB(a)P含有量が少なかったことが考えられるが、今回の実験工程からB(a)P濃度がマイナスになった原因を説明するには至らなかった。

比較対象物として用いた濾紙と他の捕集材とを比較した際のB(a)P濃度を表3に示す。

表3 濾紙と比較した際のB(a)P濃度

マイクロ繊維シート	522.8%
チップ	1510.9%
炭化チップ	-489.5%
バーク	3879.6%

今回用いた濾紙は、粉塵測定などの際に用いるエアサンプラー用の濾紙を用いたが、従来はエアサンプラーによる強制捕集により、粒子状物質を濾紙へ吸着させるため、凹凸の少ない濾紙の表面形状から考えても、濾紙単体での捕集能力は低いものと考えられる。

同様に、マイクロ繊維シートと他の捕集材とを比較した際のB(a)P濃度を表4に示す。

表4 ミクロ繊維シートと比較した際のB(a)P濃度

濾紙	19.1%
チップ	289.0%
炭化チップ	-93.6%
バーク	742.0%

マイクロ繊維シートに関しては従来から簡易大気モニタリング材として検討されていることもあり、濾紙と比較すると捕集能力があるように考察されるが、チップ(289%)やバーク(742%)と比較すると捕集能力の違いが明らかとなった。マイクロ繊維シートは表面に凹凸があり、粒子状物質の捕集を得意とする形状となっているが、チップやバークにはそれ以上の捕集能力があることがわかった。その要因として、チップやバークの表面形状が粒子状物質の捕集に優位に作用することが考えられるが、詳細に関しては今後検討を重ねていく必要がある。

4-2 重量変化

今回、実験を行うにあたり排ガス捕集実験の前と後で捕集材の重量を計測した。実験に用いたチップ、炭化チップ、バークは表乾状態にしたもので、濾紙、マイクロ繊維シートも含めて同一条件にて計測を行った。結果を図12に示す。

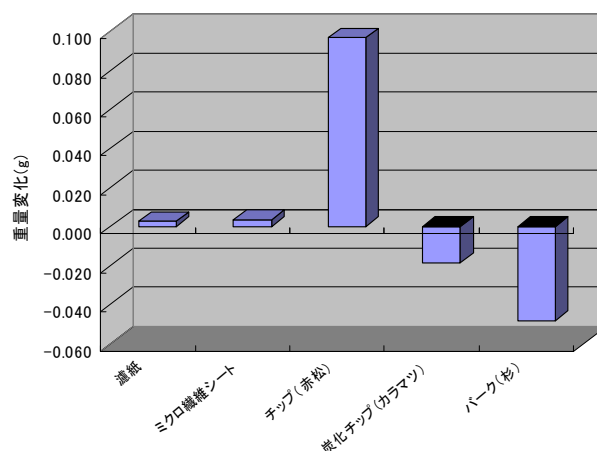


図12 供試材と重量変化の関係

濾紙、マイクロ繊維シート、チップに関してはプラスの重量変化となったが、炭化チップとバークに関してはマ

イナスの重量変化となった。この原因として考えられることは、供試材の乾燥が不十分であり、排ガス捕集実験中に、排ガスの温風により乾燥されたため水分減少分がこのような結果になったものと考えられる。また、他の3供試材に比べ水分を吸収しやすいため、サンプル準備中にも水分を吸収した可能性も考えられる。いずれの場合にも、湿度・温度条件等によって重量が左右されやすい供試材料であるため、重量変化による判断は難しいものと考えられる。

5 結 言

本研究では、未利用資源の活用を図るためSPM捕集材としての可能性を検討した。未利用資源として木材チップと木材炭化チップ、パークを用いてSPMのうちの発ガン性物質であるB(a)Pに着目し捕集能力を検討した。今回の結果をまとめると次のとおりである。

- 1) 木材チップのB(a)P補集量(濃度)は濾紙と比較して約15倍、マイクロ繊維シートと比較して約3倍となり、B(a)P捕集材として木材チップの有効性が示唆された。
- 2) パークのB(a)P補集量(濃度)は濾紙と比較して約40倍、マイクロ繊維シートと比較して約7倍となり、B(a)P捕集材としてパークの有効性が示唆された。
- 3) 木材炭化チップは、炭化物特有の多孔質表面形状により、VOC等のガス状物質の捕集には向いている⁷⁾ものの、粒子状物質の捕集には向いていない可能性があることが示唆された。
- 4) 未利用資源を用いたSPM捕集材を比較検討するにあたり、重量変化等、様々なファクターが考え得るが、ある面積に敷き詰めた際の単位面積あたりのB(a)P補集量(濃度)を比較することにより一定の評価ができることがわかった。

今回は、未利用資源をSPM捕集材として用いることの可能性について検討を行った。結果、可能性の段階ではあるが、木材チップ、パークに関しては有効な素材であることがわかった。

今後は、捕集材として用いた場合の高効率化の検討や、現在、マイクロ繊維シートにて検討がなされている簡易モニタリング材への応用など、捕集材以外への応用展開も視野に検討を行う必要がある。

謝 辞

本研究を遂行するにあたり、岩手大学工学部建設環境工学科の齊藤貢助教より、多大なるご支援ご協力を頂いたことに文末ながら感謝を申し上げます。

文 献

- 1) 嵯峨井勝ほか：国立環境研究所年報,p104-106(1998)
- 2) ディーゼル車排出ガスと花粉症の関連に関する調査委員会：ディーゼル車排出ガスと花粉症の関連に関する調査委員会 報告書,p23(2003)
- 3) 岩手県環境生活部 HP：平成18年度大気常時監視結果概要(2008)
- 4) 中央環境審議会大気環境部会 自動車排出ガス総合対策小委員会(第3回)：議事録(2005)
- 5) 岩手県：いわてバイオマス総合利活用マスタープラン(2005)
- 6) 齊藤貢、大塚尚寛：大気環境学会,38(3), p162-171(2004)
- 7) 小幡透、森田慎一、神野好孝、新村孝善：鹿児島県工業技術センター研究成果発表会予稿集(2007)

一体焼成技術による貝殻の資源化と木炭の高機能化（第一報）*

八重樫貴宗**

廃棄物系バイオマスの活用を図るため貝殻の有効活用を検討した。貝殻を焼成してカルシウム成分として資源化を図る際の焼成条件の最適化を検討した。また、貝殻を焼成する際に発生する二酸化炭素を用いて木炭を高機能化する可能性について検討した。検討の結果、貝殻の焼成条件の最適化が図られ、木炭の高機能化に向けて可能性があることがわかった。

キーワード：廃棄物系バイオマス、貝殻、木炭、焼成

Recycling of a Shell and Advanced Features of Charcoal are Attained by Baking Simultaneously

YAEGASHI Takamune

For the purpose to reuse the shell, it was examined for seeking the optimum condition to generate CaO by burning the shell. And as CO₂ was generated when the shell was burnt, it was examined how to make charcoal at the same time by using it. As a result of examination, the optimum condition (such as 900°C and 1hour) of burning the shell was found. And it was suggested that high quality charcoal might be made by this method.

key words : waste biomass, shell, charcoal, bake

1 緒 言

バイオマスとは、生物資源 (bio) の量 (mass) を表す概念で、一般的には「生物由来の有機性資源で化石資源を除いたもの」とされ、次のような特徴がある。

①太陽エネルギーを使い、生物が光合成によって生成したものであり、生命と太陽がある限り枯渇しない資源

②焼却しても大気中の二酸化炭素を増加させない「カーボンニュートラル」な資源

岩手県では、農林水産業が主要産業であるが、農林水産分野から多量に発生する副産物や廃棄物の環境への影響や処理コストの増嵩による経営の圧迫などが懸念されており、環境負荷の低減に向けて、これらの廃棄物等を再利用・再資源化するための技術開発などにより地域資源の循環システムの構築が必要とされている¹⁾。

バイオマスの種類には農作物の非食部や、間伐材などの未利用バイオマスやエネルギー資源を得ることを目的として栽培される資源作物のほかに、生活や産業活動から排出される廃棄物系バイオマスが挙げられる。今回はその中でも、水産物残渣として大量に排出されるカキ殻に着目をした。岩手県内におけるカキ殻の排出量は年間7,500 トンにものぼり、漁業生産活動の水産物残渣で最

も多く発生している¹⁾。カキ殻はカルシウム成分が多いことから、肥料原料やセメント原料、土壌改良材等への利用実証がされつつあるが、岩手県内には餌料用のカキ殻処理業者がないことから、他県の専門業者により処理されるか、廃棄物処理される場合が多い。課題として、製品化コストが高いことが挙げられ、再資源化に向けた取り組みを行う場合には製品化コストをいかに抑えて高付加価値化を図れるかがポイントとなる。

また、岩手県は木炭生産量日本一の県であるが、近年、安価な輸入商品に押され木炭生産量は減少傾向である。しかしながら、白炭生産量は増加傾向であり、燃焼性能の向上など付加価値のあるものに関しては需要があることがわかっている²⁾。

そこで、従来の設備を用いて付加価値のある木炭生産はできないかを検討し、木炭製造とカキ殻焼成を炭窯内にて同時に行い、カキ殻焼成時に発生する二酸化炭素を利用して木炭を賦活し、高機能木炭の製造とカルシウム成分の有効利用の可能性を検討したので報告する。

2 カキ殻焼成特性の解明

貝殻の主成分は炭酸カルシウム (CaCO₃) であり、ある温度域にて焼成することによって CaCO₃ から CO₂ が離れ、

* 基盤的・先導的技術研究開発事業

** 環境技術部 (現 岩手県 宮古地方振興局 岩泉土木事務所)

酸化カルシウム (CaO) と二酸化炭素に分離される。そこで、貝殻を焼成する際の条件により、どの程度 CaO が生成されているのか検討することとした。

2-1 各種貝殻による焼成実験

カキ殻の焼成特性を解明するにあたり、まず、様々な貝殻の焼成挙動を把握することを目的として焼成実験を行うこととした。実験に供する貝殻は、スーパーにて市販されている食用の貝殻 (ホタテ・カキ：岩手県産、シジミ：青森県産、ハマグリ：宮城県産、アサリ：北海道産) を用い、表面を軽く水洗いし 105℃にて 24 時間乾燥させたものを用いた。

なお、焼成傾向を事前に把握するため、試差熱天秤 (TG-DTA) にて、カキ殻を用いて表 1 の条件で分析を行った。

温度域	24-1000 °C
昇温速度	10.0 K/min

実験の結果 (図 1)、820℃付近で重量が約 44%減となり、CaCO₃ の分子量は 100 であり、重量が約 44%減ということは、分子量 44 である CO₂ が 100%分離されたこととなる。

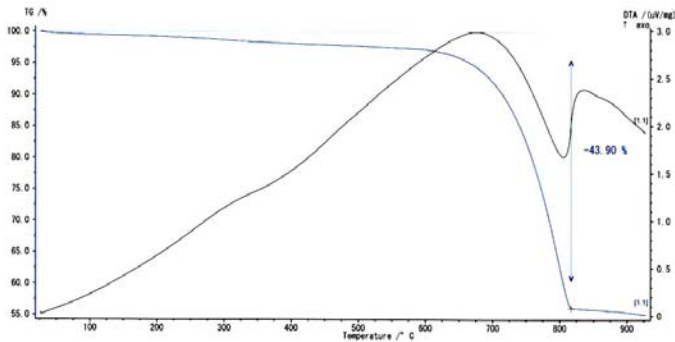


図 1 TG-DTA 結果

以上の結果を踏まえ、電気炉にて各種貝殻を用いて焼成実験を行うこととした。実験に供した貝殻の種類、焼成温度、焼成時間等を表 2 に示す。

供試材料	ホタテ、カキ、シジミ、ハマグリ、アサリ
焼成温度	600、1000 °C
昇温速度	10°C/min
焼成時間	5 時間

実験の結果 (図 2)、1000℃にて焼成した場合には、全ての貝殻が CaO に 100%なっており、600℃にて焼成した場合には若干の差は見受けられるものの全ての貝殻において 10%以下の CaO 率であった。

2-2 カキ殻焼成実験

2-1 の結果を受けて、今回検討するカキ殻に関して、さらに詳細な CaO 生成 (CO₂ 発生) 挙動を把握するため、焼成温度および焼成時間の組み合わせの違いによる CaO

生成率 (CO₂ 分離率) を開放条件の電気炉にて検討を行った。実験条件を表 3 に示す。なお、試験に供したカキ殻は岩手県陸前高田市の広田湾にて養殖されているカキのむき殻を用い、あらかじめ水洗いをし、105℃にて 24 時間乾燥させたものを用いた。

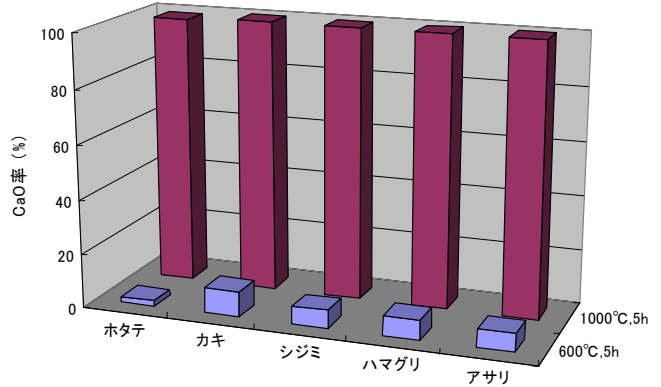


図 2 各種貝殻における焼成結果

焼成温度	600~1000 °C
	50°C間隔 (9パターン)
昇温速度	10°C/min
焼成時間	1、3、5 時間 (3パターン)

実験の結果を図 3~5 に示す。焼成温度を横軸にとり、焼成時間の違いによる CaO 生成率を求めた。

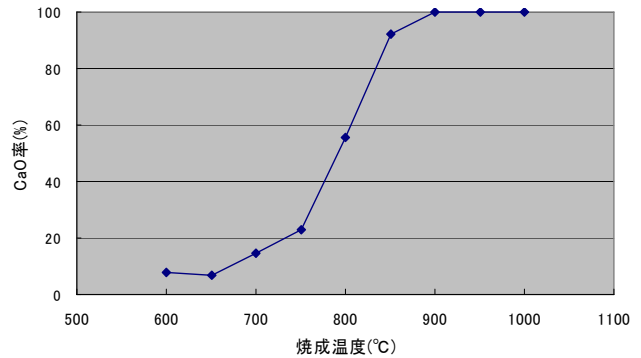


図 3 CaO 生成率 (焼成時間 1 時間)

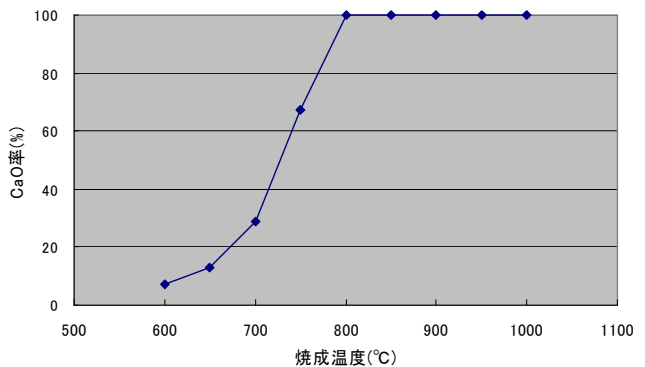


図 4 CaO 生成率 (焼成時間 3 時間)

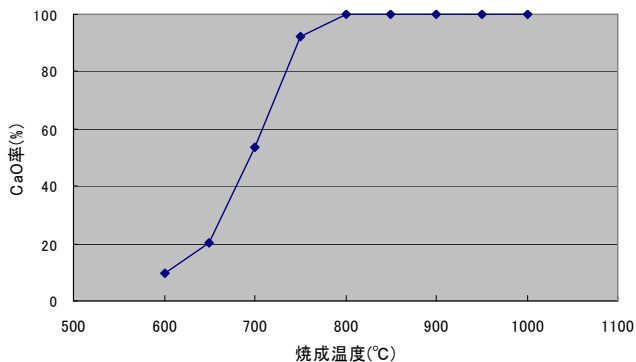


図5 CaO 生成率（焼成時間 5 時間）

2-3 CaO 生成・CO₂ 発生の効率化の検討

カキ殻を焼成することによってCaOとして資源化し、その際に発生するCO₂を有効に活用するためには、最も効率よくCaOを生成する(CO₂を発生させる)ための焼成温度、焼成時間を求めなければならない。そこで、焼成時間を横軸にとり、各温度域におけるCaO生成率を比較検討し、CaO生成・CO₂発生の最適化を図ることとした。各温度域における焼成時間の違いによるCaO生成率を図6~13に示す。

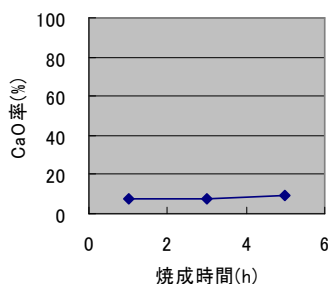


図6 焼成温度 600°C

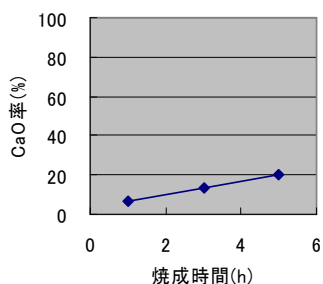


図7 焼成温度 650°C

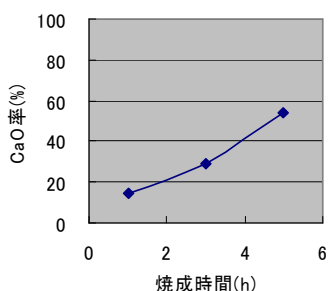


図8 焼成温度 700°C

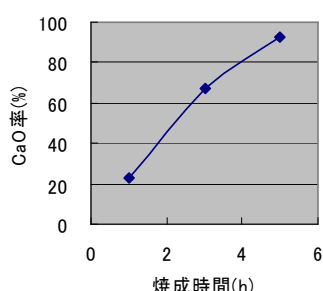


図9 焼成温度 750°C

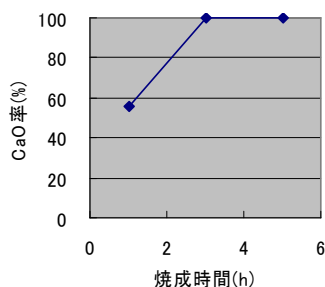


図10 焼成温度 800°C

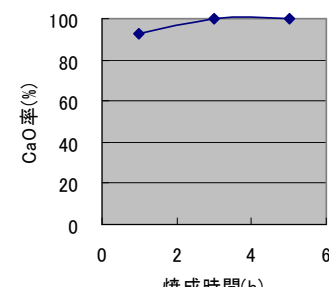


図11 焼成温度 850°C

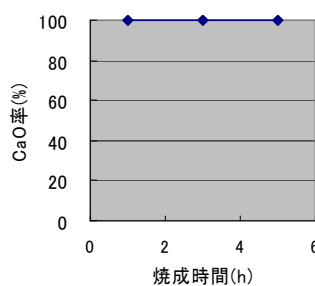


図12 焼成温度 900°C

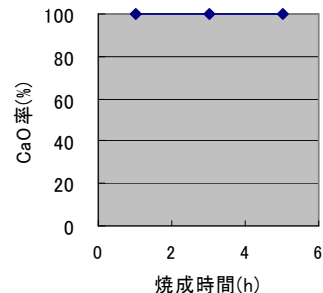


図13 焼成温度 950°C

検討の結果、短時間にてCaO生成・CO₂発生を行うには900°C以上、1時間の焼成が最も適していると考えられる。しかしながら、従来の炭窯を用いて炭焼きと同時に貝殻の焼成を考えた場合には、焼成時間が長い場合、900°Cまで高温に上げることなく900°Cより低い温度で長時間焼成することによって同様の結果が得られることが示唆される。実験の結果より、木炭製造と貝殻焼成を同時に行う際の好ましい焼成条件として、750°Cにて5時間以上の焼成が適しているものと考えられる。

3 一体焼成による木材炭化・カキ殻焼成

これまでの検討の結果を踏まえて、一体焼成による木材炭化およびカキ殻焼成実験を行った。実験には岩手県産のナラチップ(約5mm)と岩手県陸前高田市の広田湾において養殖されているカキのむき殻(ジョークラッシャーにて粗砕)を用い、750°C・6時間と900°C・1時間の2通りの条件で焼成を行い、一体焼成時の配合比は表4に掲げる条件で検討を行った。なお、焼成には電気炉を用い、炭窯を再現するために蓋付きのつぼ(280ml)にて焼成を行った。

表4 一体焼成条件

焼成温度(°C)	混合比		焼成時間(h)
	ナラ	カキ	
750	1	0.25	6
		0.5	
		1	
		3	
		5	
900	1	0.25	1
		0.5	
		1	
		3	
		5	

実験の結果を図14, 15に示す。いずれの場合にも同様の傾向を示し、木炭の収率が最高で15%前後であった。今後は収率を向上させるための検討が必要であると考えられる。低収率の原因として、るつぼの容積に占める原料の占有率が収率の鍵を握っているものと考えられる。今回の実験では、限られたるつぼ容積のなかで、ナラチ

チップとカキ殻を一定の重量比にて入れたため、比重の大きいカキ殻の混合比を増やすことによりナラチップの体積が小さくなり、るつぼ内の空間が大きくなる分、酸素が多く入り込み木材が燃焼してしまったものと考えられる。その根拠として焼成時にナラ:カキ殻=1:0.25、1:0.5、1:1の場合にはナラチップの重量を一定にし、るつぼ容積の7割程度をナラチップとカキ殻で占めていたため、るつぼ内が満たされていたが、他の2パターン(1:3、1:5)の場合には、容積の関係からカキ殻の重量を一定にしたため、るつぼ内に占めるナラチップの割合が少なくなり、空間が大きくなってしまった。今後は収率向上のため、焼成炉の容積とそれに占める木材チップとカキ殻の体積の関係を明らかにし最適条件を導き出す必要がある。

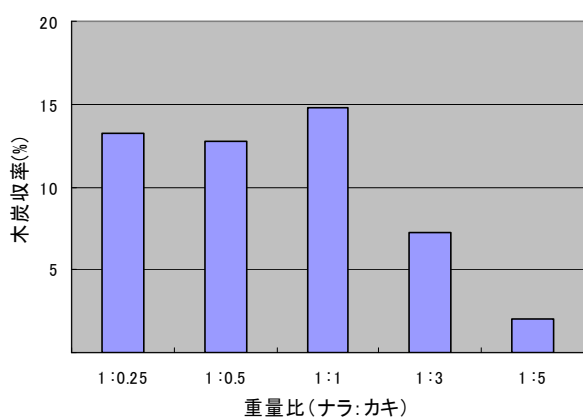


図14 木炭収率(750°C 6h)

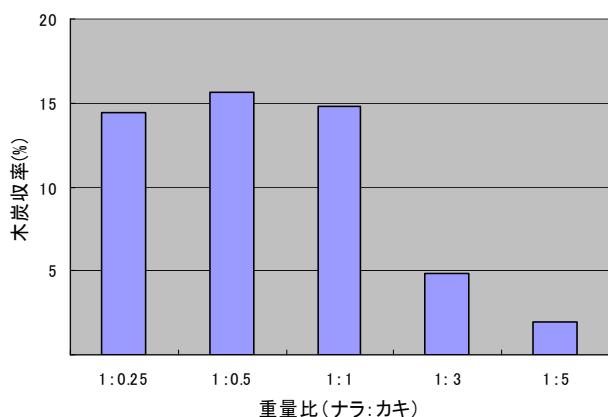


図15 木炭収率(900°C 1h)

4 結 言

本研究では、廃棄物系バイオマスの有効活用を図るため貝殻の有効活用について検討を行った。

貝殻を焼成し、カルシウム成分として資源化を図る際の焼成条件の最適化を検討した後に、焼成時に発生する二酸化炭素を木炭の賦活に活用するため木材チップとカキ殻の同時焼成を試みた。今回の結果をまとめると次のとおりである。

- 1) ホタテ・カキ・シジミ・ハマグリ・アサリを電気炉にて1000°C、5時間の条件下で焼成した場合、貝殻の主成分であるCaCO₃はほぼ100% CaOへ変化していることが判明した。
- 2) カキ殻を焼成し、効率よくCaOを生成(CO₂を発生させる)ための焼成温度、焼成時間は、①焼成時間重視の場合:900°C以上、1時間、②焼成温度重視の場合:750°C、5時間以上の条件下にて焼成を行うことにより効率的にCaOが生成されることが示唆された。
- 3) 同一炉内にてカキ殻焼成と木材炭化を行う際には炉の容積に占める原料(木材チップ・カキ殻)体積の最適化を図る必要があることが示唆された。

今回は、同一炉内にてカキ殻焼成と木材炭化を行い、カキ殻の資源化と木炭の高機能化の可能性について検討を行った。結果、可能性の段階ではあるが、焼成条件(焼成温度・時間、投入体積)の最適化を図ることにより有効な手法であることがわかった。

今後は、収率向上のため、焼成炉の容積とそれに占める木材チップとカキ殻の体積の関係を明らかにし、焼成時の最適条件を導き出すとともに、最適条件にて得られた木炭に関して今回実施することができなかった木炭の評価(JISに準じた活性炭試験)を行う必要がある。

文 献

- 1) 岩手県：いわてバイオマス総合利活用マスタープラン(2005)
- 2) 岩手県林業振興課 HP：岩手県市町村得用林産物生産量、くり、木炭等(平成12年～平成17年)

木製学校用家具の導入に関する意識調査*

有賀 康弘**

岩手県工業技術センターでは、木製学校用家具（机・いす）の開発支援、技術支援を行ってきた。木製学校用家具（机・いす）を導入している学校関係者の感想等を把握し、地域資源である県産木材を活用する家具や製品開発の参考とするためにアンケート調査を実施した。その結果、学校用家具（机・いす）の材料として木材を使うことに良いイメージを持っているが、木製の家具は重く、傷つきやすいと感じていることがわかった。

キーワード：木材、家具、学校

Results of school staff opinion survey on placing wooden furniture in schools

ARUGA Yasuhiro

The Iwate Industrial Research Institute has provided developmental and technological support for wooden furniture (desks and chairs) in schools. The survey was conducted for the purpose of understanding the opinions of staff involved in placing wooden furniture (desks and chairs) in schools, and to provide reference on product development and furniture utilizing local lumber resources in the prefecture. The results show that while school furniture (desks and chairs) made from wood has a good image, it is heavy and easily damaged.

Key words : wood, furniture, school

1 緒 言

全国の学校施設が国産材利用、木材使用の促進に取り組んでいる。岩手県でも豊富な森林資源の活用がすすめられており、岩手らしい循環型社会形成のために公共施設等に県産材利用の支援や、普及啓発活動を展開している。これまでに岩手県工業技術センターでは、地域の木材資源をいかし岩手県内各地域で生産可能な、岩手オリジナル木製学校用家具の研究¹⁾を行い、その成果に基づいて技術支援を推進してきた。それによって、県内において5,000組を超える木製学校用家具（机・いす）が生産され学校で使用されている（平成18年9月現在）。

県内木製品製造業にとって、木製学校用家具が新しい製品分野となるための資料を得ることを目的として、すでに木製学校用家具を導入している学校を対象に、木製机・いすに対する意識や使用感についてアンケート調査を行ったので、報告する。

2 調査方法

2-1 調査対象

平成11年度から平成18年度の期間に、木製学校用家具（机・いす）を導入した岩手県内の公立小学校28校、公立中学校7校を調査対象とした。なお、これらの学校に導入されている木製机・いすは、岩手県の事業（木の

香る学校づくりモデル事業、および、やすら木の学校づくり整備事業）を活用して、学校の立地する地域内で生産されたものである。

2-2 調査期間

平成20年1月30日～2月20日

2-3 調査票

調査対象とした学校に調査票を郵送で送付し、回答を回収した。調査票の設問はつぎの2-4のとおりとした。

2-4 調査票の設問

表題「木製学校用机・いす<木製の児童（生徒）用机いす>アンケート調査」

問1. ご回答者についてお知らせください。

学校名、児童（生徒）数、役職名、性別、年齢

（以下の質問には、該当する番号を○で囲んでお答えください。）

問2. 現在、木製の児童（生徒）用机・いすを使っていますか。

①全ての児童（生徒）が使っている、②一部の児童（生徒）が使っている（一部の場合は、その理由をお知らせください）、③使っていない

問3. 木製の児童（生徒）用机・いすを使っていて、ご不満に思ったことはありますか。（複数回答可）

①不満はない、②長く座っていると疲れる、③デ

* 基盤的先導的研究事業

** 環境技術部

デザインが良くない、④お尻が痛くなる、⑤サイズ(高さ)が身体に合わない(合わせにくい)、⑥机の面積が小さい、⑦立ち座りしにくい、⑧重い、⑨傷つきやすい、汚れやすい、⑩壊れた(壊れやすい)、⑪納得がいかない家具を購入した。⑫価格、⑬その他(具体的な不満などございましたら、ご記入ください)

問4. 新たに児童(生徒)用机・いすを購入するとしたら、どんな家具を選びますか。(複数回答可)

①今使っている家具と同じもの、②今とは全く異なる家具、③木製は選択しない、④今の不満点、欠点を改良した家具、⑤その他(具体的なご要望などございましたら、ご記入ください)

問5. 児童(生徒)用机・いすを選ぶポイントを教えてください。(複数回答可)

①使いやすいこと、②運び(移動し)やすいこと、③教材などの収納力、④体格に合わせる調整機能、⑤丈夫さ(がたつきがない、キズがつきにくい、汚れにくい、壊れない)、⑥寸法(全体の大きさ)、⑦材質、⑧重量、⑨価格、⑩デザイン(形、色)、⑪地震対策、⑫化学物質対策、⑬メーカー、⑭特にない、⑮その他(具体的なポイントなどございましたら、ご記入ください)

問6. 日本工業規格(JIS)には、教室用の机やいすの規格があることを知っていますか。

①知っている、②知らない

問7. 木製の児童(生徒)用机・いすには集成材(板や小角材などを、接着剤を使って貼りあわせた材)や合板を使うことがあります。これについて、どのように思いますか。(複数回答可)

①特に抵抗はない、②ある程度はかまわない(価格や性能、用途の面から)、③無垢材を使った製品がよい、④わからない、⑤その他

問8. 木製の児童(生徒)用机・いすに塗装をすることについて、どのように思いますか。

①必要、②汚れやキズは当然なので塗装はいらない、③どちらともいえない(わからない)、④その他

問9. 木製の児童(生徒)用机・いすに使う木材の産地について、どのように考えますか。

①国産、外国産など特にこだわらない、②できれば国産材を利用したい、③できれば地元の木材を利用したい、④その他

問10. 木製の児童(生徒)用机・いすに対してお持ちのイメージをお選びください。(複数回答可)

①暖かい、②やすらぐ、③環境によい、④健康によい、⑤壊れやすい、⑥古くさい、⑦使いにくい、⑧教室に適している、⑨木製は適さない、⑩流行、⑪その他(できれば具体的に)

問11. 教室で使う家具で、替えたいあるいは新規に購入したいと考えている家具がありますか。また、その理由もお知らせください。(複数回答可)

①キャビネット(収納・整理棚)、②本棚、③テレビ台、④教師用机・いす、⑤児童(生徒)用机・いす、⑥特にない、⑦その他(できれば具体的に)

問12. 児童(生徒)用机・いすについて、ご意見・ご感想・ご要望など、何でもご記入ください。

3 結果および考察

3-1 調査票回収率

調査票を送付した35校のうち、32校から回答をいただいた。回収率は91%だった。

表1 調査票回収率

	回答を得た学校数/対象学校数	回収率
全体	32校/35校	91.4%
小学校	25校/28校	89.2%
中学校	7校/7校	100%

3-2 学校(回答者)について

回答をいただいた学校の児童(生徒)数は図1のとおり。回答者は表2のとおり。養護教諭が回答した学校は1校だった。

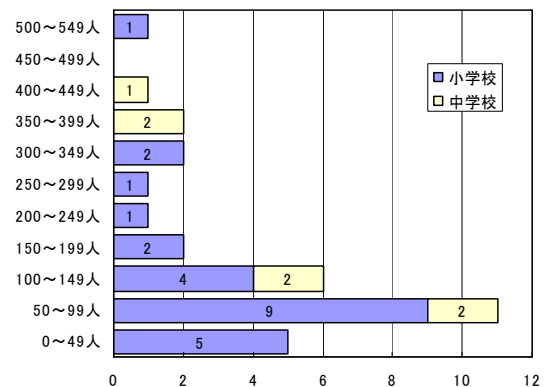


図1 児童(生徒)数

表2 回答者

教頭	事務職員	教諭	校長
18	9	4	1

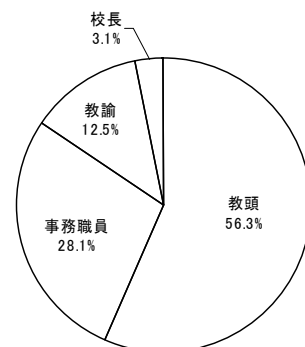


図2 回答者

3-3 問2の回答

あらかじめ木製学校用家具を導入している学校を選んで調査票を送付したので、すべての小中学校で、児童(生徒)が木製の机・いすを使っていると回答した。しかし、小学校のうち1校が、1年生を除いた2年生以上の学年で使っていると回答した。その理由は、1年生が使うには木製の机・いすが重すぎるということだった。その他の学校は、全員が使用している。

3-4 問3の回答(複数回答)

図3.1、図3.2のとおり。

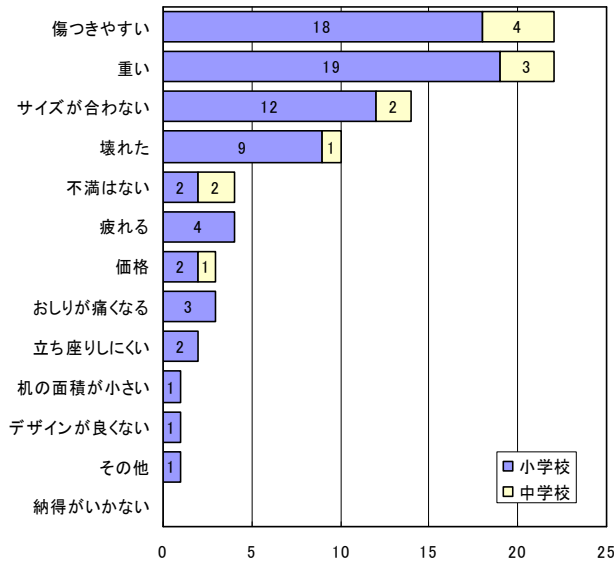


図3.1 不満に思ったこと

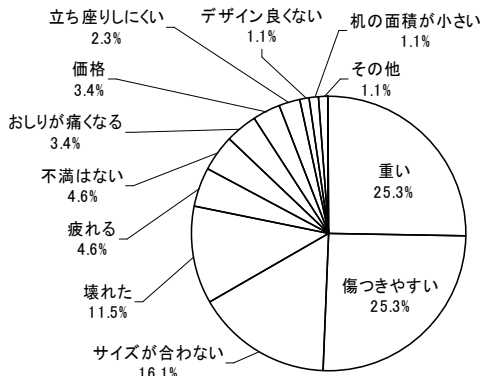


図3.2 不満に思ったこと

「重い」、「傷つきやすい」「汚れやすい」という回答がそれぞれ25%以上あった。「サイズが合わない」(16%)、「壊れた」(11%)という回答も上位にあり、これらを合わせると77%を占める。「不満はない」という回答は4%だった。その他の自由記述内容はつぎのとおり。

●予備が足りない。●体の大きさに合う机やいすがなくて、がまんして使っている子どもたちも多い。●樹液が出てくさい、べたべたする。●背もたれが小さい。●持ちにくい。●カドが直角でいたい。●中学年(3、4年)でも重すぎる。●机やいすの端のところでトゲが刺

さったことがある(複数児童)。●机が揺れてガタガタする。調節ができないため、体に合わない机、いすを使わなければならない児童がいた。●材質がやわらかく天板にキズがつきやすい。●接続部分がゆるくなってこわれやすい。●規格が大きく場所をとる。●修理に金額がかかりすぎる。●壊れたり、はずれたりした際、部品の取り寄せに時間がかかる。●修理にくい。●机が大きいので、人数の多い学級では教室がせまくなる。●背もたれにカーブがあるとよい。●机の中がせまくて、道具類が入りきらない。●重くて運びにくい。●ささくれになると直せない。●汚れをとるのが大変。

3-5 問4の回答(複数回答)

図4.1、図4.2のとおり。

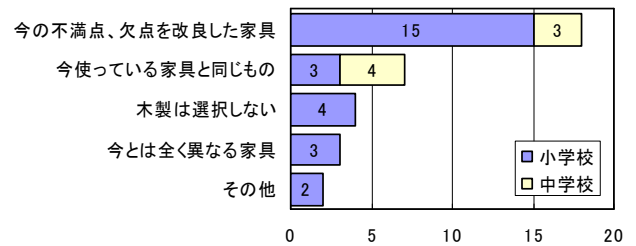


図4.1 どんな家具を選ぶか

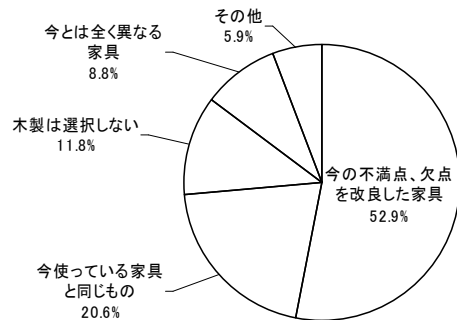


図4.2 どんな家具を選ぶか

「不満点、欠点を改良した家具を選びたい」という回答が52%で半数を占めた。「今使っているものと同じもの」という回答が20%あり、木製机・いすに満足している学校もあったが、その一方で、「木製は選択しない」という回答が11%あった。この回答の中には、使いにくさなどの不満のほか、木製机・いすの導入に際して、学校が意見を述べる機会がなかったことに対する不満も感じられた。同様の不満は複数の学校が記述していた。その他の自由記述内容はつぎのとおり。

●木製は、人間が本来欲しているものという印象。あたたかみがあり、やすらぐ感じがする。頑丈さからいえば鉄パイプ製の脚がついた机だと思うが、ひどい状態になる前に入れ替えてもらえるのであれば、木製(の机・いす)を入れてほしいと思う。●軽い机、座りやすいこと。●学校独自で決めるのではなく、市町村から現物を支給される。

3-6 問5の回答 (複数回答)

図5.1、図5.2のとおり。

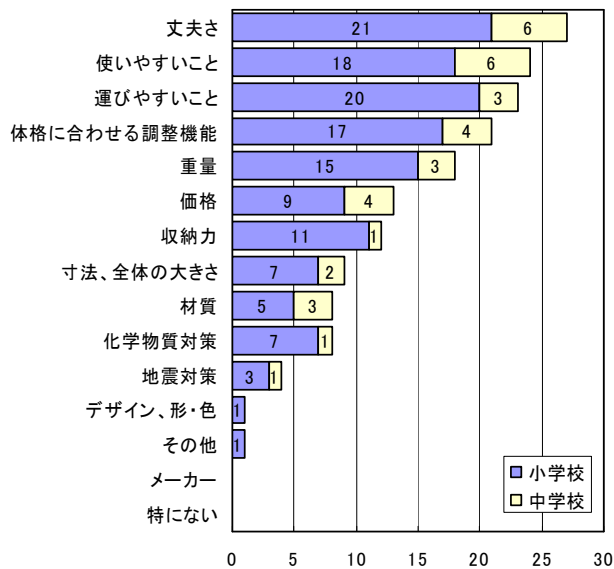


図5.1 机・いすを選ぶポイント

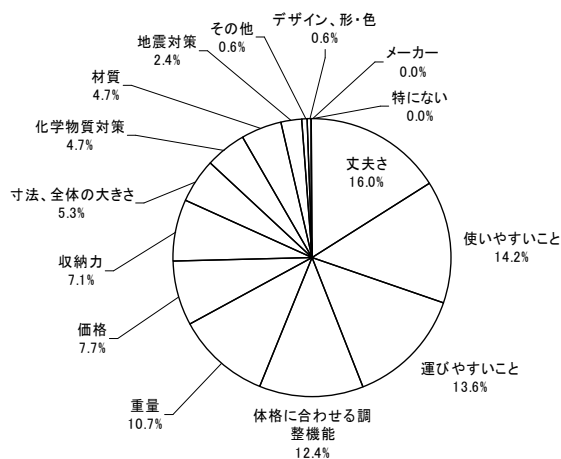


図5.2 机・いすを選ぶポイント

「丈夫」(15%)で、「使いやすい」(14%)、重量に配慮して運びやすいことを求める回答が多い。体格に合わせられる機能を求める回答もめだった。化学物質に対しても意識され、見た目の姿、形よりも子供達の使いやすさを最優先に考えていることがわかる。その他の自由記述内容は、つぎのとおり。

●もしあれば体格に合わせる調整機能が欲しい。●学校が選ぶことができない。●机の天板は大きめ、ただし全体の重さは軽く、子ども自身が持ち運び可能なもの。

3-7 問6の回答

図6.1、図6.2のとおり。

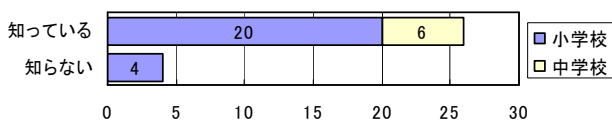


図6.2 JIS 教室用の机やいすの規格

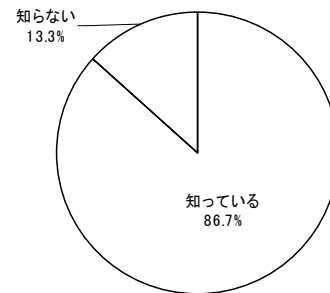


図6.2 JIS 教室用の机やいすの規格

87%の学校が、日本工業規格 (JIS) には、教室用の机やいすの規格があることを知っていると回答した。

3-8 問7の回答 (複数回答)

図7.1、図7.2のとおり。

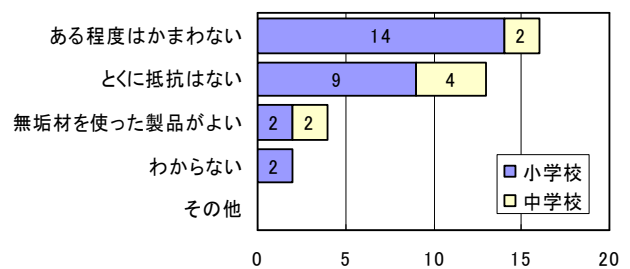


図7.1 集成材や合板の使用について

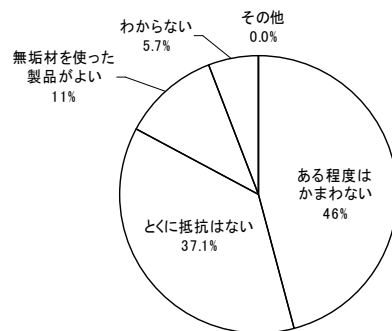


図7.2 集成材や合板の使用について

机・いすに集成材や合板を使うことについて、ほとんどの学校がかまわないと回答している (83%)。無垢の木材がよいという答えは11%だった。その他の自由記述内容はつぎのとおり。

●接着部分がはずれ、すっかりこわれた机があった。
●集成材利用はよいことと思う (木が無駄にならない)。

3-9 問8の回答

図8.1、図8.2のとおり。

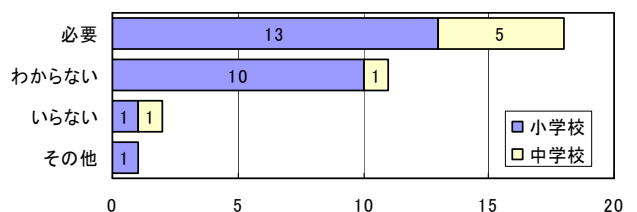


図8.1 机やいすの塗装

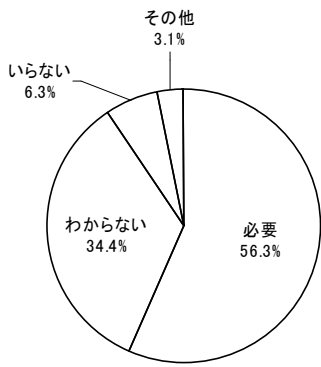


図 8.2 机やいすの塗装

塗装は「必要」という回答は57%だった。木製の家具は、汚れやキズが付きやすいと不満に思っていることが、塗装の必要性を訴える主な要因であろう。汚れやキズは当然なので塗装は「いらない」という回答はわずか(5%)、塗装について「わからない」という回答が34%だった。その他の自由記述内容はつぎのとおり。

●塗装は必要と思うが、薬品など化学物質に注意してほしい。

3-10 問9の回答

図 9.1、図 9.2 のとおり。

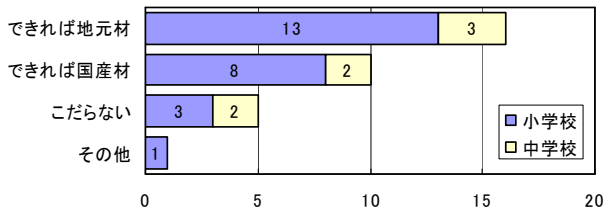


図 9.1 木材の産地について

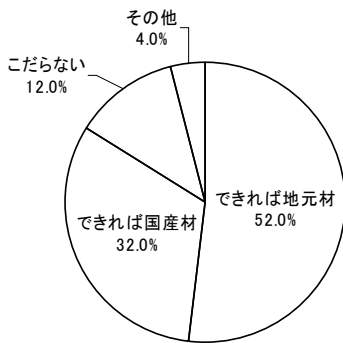


図 9.2 木材の産地について

木製の机・いすの材料には、地域の木材を使うことを望む回答は52%だった。国産材を望む回答も32%あり、それぞれを合わせると84%が国内産の木材の利用を望んでいる。その他の自由記述内容はつぎのとおり。

●外国産材を使用することによって環境破壊につながると思う。

3-11 問10の回答(複数回答)

図 10.1、図 10.2 のとおり。

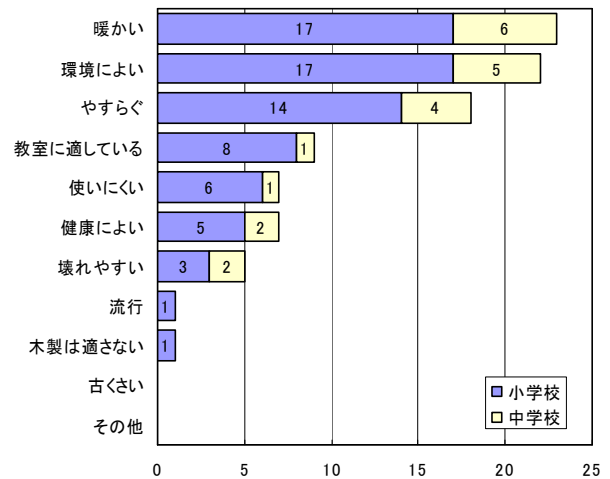


図 10.1 木製の机・いすのイメージ

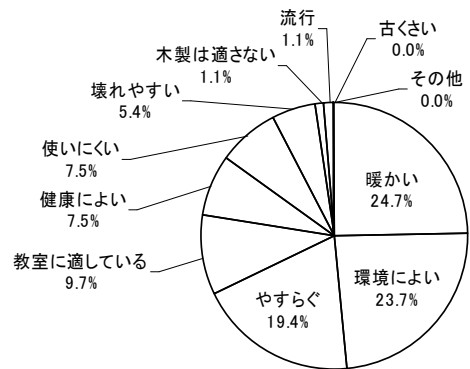


図 10.2 木製の机・いすのイメージ

木製の机・いすに対するイメージは、「暖かい」(24%)、「環境によい」(24%)、「やすらぐ」(19%)、「教室に適している」(10%)、「健康によい」(8%)、など良いイメージの回答が85%を占めた。その他の自由記述内容はつぎのとおり。

●重くて移動時にひきずることになるので使いにくい。

3-12 問11の回答(複数回答)

図 11.1、図 11.2 のとおり。その他の自由記述内容はつぎのとおり。

●古くゆるんだり、きしんだりしている。傷だらけ。予備を入れてくれるとありがたい。●校舎が新築されたばかりで必要性を感じない。●教卓がこわれているため更新したい。●古いので新しいものにしたいとは思いますが、予算が少なくてもまんせざるを得ない。●給食台を望む。

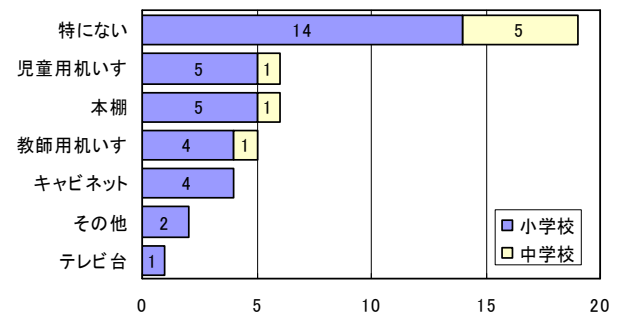


図 11.1 替えたい、新規に購入したい家具

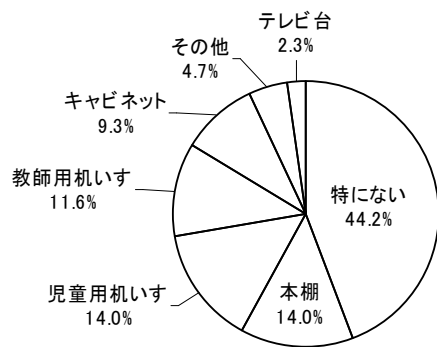


図 11.2 替えたい、新規に購入したい家具

3-13 問 12 の回答 (自由記述)

自由記述内容はつぎのとおり。

●現在使用している机・いすの材質が軟らかすぎて、机の表面にキズがつきやすく学習に支障をきたしているし、ねじがすぐ抜けてしまう。これらの理由から使用2年目にして使用できない机やいすがでてきている。●パイプいすや机は確かに丈夫である。しかし、木の温もりは捨てがたい。すべての学校とはいかないと思うが可能な限り使ってほしいと思う。●天板にキズがつき、デコボコする。こういう場合のアフターケアをしてほしい。(いすのササクレ等も) ●木製は大変良いことであるが、丈夫で壊れにくいものにしてほしい。●普通教室で使用する場合、重く、天板が傷みやすい。清掃時の移動に不適合で、天板が軟らかいのは学習面でも支障があります。価格も既製品には遠く及ばないので、少数の更新品については既製品にしています。ただ、普通教室ではなく、多目的ホールや図書室等に2人がけ以上のベンチタイプのいすは設置してよいと思います。●木製の机・いすの構造によっては強度が弱いものがある。●天板が非常に傷つきやすい。表面だけでも保護材を貼ってほしい。●接着剤止めのため、修理しにくい。●同サイズの机・いすを使用しているも、腿の太い子どもは机の中に足が入らない場合がある。

4 結言

学校関係者による木製学校用家具(机・いす)の使用感は、「傷つきやすい」と「重い」が合わせて回答の半数以上を占め、つぎに「サイズが合わない」、「壊れた」という回答が続いた。調査対象の学校で使われている木製机・いすは、スギ材やアカマツ材、カラマツ材などの針葉樹を使ったものが多い。今、地域の木材の活用を考えると、材料の第1候補となるのはこれら針葉樹材である。針葉樹材は比較的軟らかく、材色も明るいのでキズや汚れがめだちやすい。また、強度を確保するために部材寸法を大きくしがちになることが重量の増加につながる。このように、岩手県内の学校に導入されている木製机・いすは、針葉樹材の特徴が製品の欠点となってクローズアップされ、使用している学校から不満の対象

として指摘されている。適材適所を心がけ、家具の部位によっては広葉樹材を使う(あるいは木材以外の材料も検討する)など、樹種の性質を理解しながら、それに適した製品設計や加工方法を取り入れて、木材の特長を活かした木製机・いすとなるように十分に考慮することが重要である。

「持ち運びがしにくい」、「体に合わない」という指摘は、児童(生徒)の体格への対応が十分に検討されていない製品が多いことを示唆する。座り心地と強度を確保しつつ、可能な限り軽量化する方策は、まだまだ探れるのではないだろうか。また、机やいすの高さ調節は「手間と時間がかかる」という意見、感想がこれまでの技術相談などで聞かれたので、高さ調整機能を採用する際には、試作段階で不具合や調整の手間を入念にチェックする必要がある。

木製机・いすの欠点は目につきやすく、それ故、厳しく指摘されることが多いが、一方で木製の机・いすに対するイメージは、「暖かい」、「環境によい」、「やすらぐ」、「教室に適している」、「健康によい」、など大変良い。このことに甘んじることなく、使用者の期待を裏切ることのない製品が提供されなければ、木製学校用家具への関心は薄れてしまい、普及することは期待できない。納入された家具のメンテナンスやアフターケアの対応もこれからの課題といえる。循環型社会をめざす岩手において、地域の木材を使った木製学校用家具の価値が認められ、よりいっそう受け入れられるためには、学校現場の声に耳を傾け、学校での使われ方を理解し、それに対応する性能、品質の製品が望まれる。机・いす以外にも学校で使われる家具類に地域の木材を活用する提案があってもよいだろう。

アンケートの自由記述に関しては、原則として記述内容をそのまま掲載したが、学校名等の固有情報は除いた。

最後に、本調査を実施するにあたって、県内の小学校、中学校の皆様には、お忙しいなか多大なご協力と貴重なご意見をいただきました。感謝いたします。

文 献

- 1) 有賀康弘, 他: 岩手県工業技術センター研究報告, 9, (2002)
- 2) 社団法人文教施設協会: 季刊文教施設, 19, (2005)

ユニバーサルデザイン鉄瓶 シリーズの開発

Development of “Universal Design” Iron Kettle Series

- 長嶋宏之 地方独立行政法人 岩手県工業技術センター
- 町田俊一 地方独立行政法人 岩手県工業技術センター
- 有賀康弘 地方独立行政法人 岩手県工業技術センター
- 小林正信 地方独立行政法人 岩手県工業技術センター
- 東矢恭明 地方独立行政法人 岩手県工業技術センター
- 村上詩保 ワニーデザイン

- Nagashima Hiroyuki : Iwate Industrial Research Institute
- Machida Toshikazu : Iwate Industrial Research Institute
- Aruga Yasuhiro : Iwate Industrial Research Institute
- Kobayashi Masanobu : Iwate Industrial Research Institute
- Toya Yasuaki : Iwate Industrial Research Institute
- Murakami Shiho : Wannie Design



図1 ユニバーサルデザイン鉄瓶

要旨

昨今、伝統工芸品・地場産品製造業界は厳しい時代を迎え、打開策を模索している。そこで岩手県工業技術センターではユニバーサルデザイン（以下UD）の理念を導入することで、より身近な生活用品となる「南部鉄瓶」を目指し、「ユニバーサルデザイン鉄瓶（以下UD鉄瓶）シリーズ」の開発を行った。特に本事例ではUDの理念を「弱者への配慮」としてではなく、あくまで鉄器を使用する上で「ユーザビリティの基本概念」として捉えて開発を行った。初めに従来の鉄器の使用手順を検証し、使用上の障害（バリア）を抽出した。次にそれらを改善するアイデアを展開し、この改善アイデアを1つ以上盛り込んだ鉄瓶のデザイン試作及び商品化を行った。本稿では開発に際してのコンセプト立案から製品評価にいたる一連のプロセスについて報告を行う。

Summary

Recently, it is hard times for the traditional crafts and the local crafts industry. And, the industries are groping for the breakthrough plan. Then, Iwate industrial research institute developed “Universal design” iron kettle series. It aimed at “Nanbu iron kettle” become more familiar general goods by introducing the idea of the universal design. Especially, this research was developed by considering the idea of the universal design not “Consideration to the weak” but “Basic concept of the usability”. The ideas of the improvement of iron ware progressed from the confirmation of use procedure and the extraction of the trouble in use. “Universal design iron kettles” has been commercialized including these one or more improvement ideas. This thesis reports the process from the plan of the concept to the product evaluation.

1. はじめに

1-1 南部鉄器とその現状

「南部鉄器」は岩手・盛岡を代表する地場産品である。江戸初期、盛岡藩政時代から400年の歴史を持ち、その重厚かつ繊細な造形と鑄鉄独特の素材の魅力から、全国的にも知名度が高い優れた伝統工芸品である^{1), 2)}。しかしながら昨今、全国的に地場産品製造業は衰退の傾向にあり、特に伝統的工芸品においては1979(昭和54)年のピーク時に比べ、企業数、生産額、従事者数のそれぞれが約半以下に減少している。南部鉄器業界も他産地と比べれば状況は悪くないとはいえ、決して例外ではない。

この地場産品製造業の衰退原因は景気の低迷だけで説明することはできない。なぜなら、工芸品が嗜好性の強い情緒的な品物として認知され生活の実用的な道具としては受け取られなくなったことも、その原因の一つと考えるからである。

1-2 UD鉄瓶シリーズの開発経緯

地場産品・工芸品の製造業が活気を取り戻すためには、工芸品が生活の必需品として再認知される新しい試みが必要であると考へた。そこで、岩手県工業技術センターでは生活者本位であるUDの理念を工芸品に導入することを目的として「ユニバーサルデザイン推進事業(2001～2003年度)」を実施した。

この「UD推進事業」に期待した効果を以下に挙げる。

- (1) 嗜好的な製品である地場産品を生活に密着した道具として再認知できる。
- (2) 伝統と職人の経験・勘によってデザインされている製品の機能と効果を客観的に設計・評価できる。
- (3) 製品の普遍性を高めることで使用者や購買者の層を広げ、生活用品としての市場を拡大できる。
- (4) 昨今のUD理念の認知により、「UD=良質な製品」といった評価や品質の保証ができる。

この事業において、もっと身近な生活用品としての「南部鉄器」を目指した成果がUD鉄瓶シリーズである。UD鉄瓶シリーズは岩手県工業技術センターがデザイン提供を行い、盛岡地域の伝統的な鑄鉄器生産者組合である南部鉄器協同組合の加盟事業所10社が試作した共同開発製品である。

2. UD鉄瓶シリーズについて

2-1 使いやすさのくふう

開発されたUD鉄瓶シリーズ(図1、2)の最大の特徴は「使いやすさのくふう」である。それぞれのUD鉄瓶には、以下の「くふう」が1つ以上盛り込まれている(図3)。

(1) 吹きこぼれにくい

沸騰時の吹きこぼれを防ぐため、口の付け根の位置と水面の位置を見直して口から蒸気が逃げるようにした。

(2) 注ぎやすい口

傾ける角度と注ぎ口の形状、そして注ぎ口と胴体の形状の関係性を見直し、注ぐ動作の負担を軽減した。



図2 シリーズ商品一覧(2006年3月現在)

(3) 落ちない蓋

蓋の裏側の「えんしょ」と呼ばれる段差を高くする、蓋が載る輪口部の形状に段差をつけるなどの傾けて注ぐときに蓋が落ちにくいアイデアや形状を取り入れた。

(4) 片手鉸

片手鉸(つる:ハンドル)により鉸上の把持点と鉄瓶の重心がずれ、持ち上げると自然と鉄瓶が傾き、注ぎやすくなった。

2-2 シリーズ共通の特徴

次にUD鉄瓶シリーズの製品において共通の特徴を述べる。

まず、幅広い年齢層や様々なインテリアに受け入れられるよう、シンプルな造形を基調とし伝統的様式をあえて意識させない形状を提案した。表面処理についても南部鉄器のアイコンと言ふべき特徴的な霰や絵文様等の装飾的な文様は基本的に廃し、砂目を生かすシンプルな鑄肌を施した。

また、南部鉄器は鑄造品であるゆえ重量があり、さらに水を入れることでより重量が増える。しかしながら抜本的な軽量化には素材改良が必要になる。そこで、容量を見直すことで軽量化を図った。最近では単身者や壮年夫婦などの1～2人の少数利用が多いことから、標準的容量の1.4～2.0ℓよりも少なめの0.8～1.0ℓ、最大でも1.5ℓの容量とした。本体

重量は1.1～2.2kgである。さらに、電磁調理器やクッキングヒータなどへ対応するため底形状を平らにし、発熱体に合わせ直径12cm前後にしている。

製造方法においては伝統技法を崩さずに製作できるように「UD鉄瓶」のための特別な技法や異素材は使用していない。よって、伝統的工艺品指定もうたえる製品となっている。これは、製品が丈夫かつ修理が可能で素材も铸铁ゆえリサイクルが可能であること、そして製造工程でも自然素材の原料・副原料を使用していること、特に铸砂などはリユースしていることなどを示し、環境に優しい製品の証明とも言える。

3. 開発コンセプト

UD鉄瓶の開発コンセプトは「南部鉄器」を嗜好性、審美性を重要視する情緒的な「工艺品」としてではなく、もっと身近な生活の「道具」としても認知してもらうことである。

そこで、近世・近代の生活様式から生まれた伝統的な形状・使用法を見直し、さらにロナルド・メイスが提唱したUDの理念³⁾と照らし合わせることで、「南部鉄瓶」が生活用品へ復権できる製品になることを目指した。よって、UDの理念を「弱者への配慮」としてとらえるのではなく、あくまで鉄器を使用する上での「ユーザビリティの基本概念」としてとらえた。今回のUD鉄瓶は以下の項目を命題としている。



図3 UD鉄瓶の特徴

- (1) 「UD」の理念を基に「注ぐ」、「沸かす」、「持ち上げる」などの動作1つ1つを解析し、それぞれの使い勝手にこだわる。
- (2) 伝統に裏打ちされた確かな製法と、素材から副原料に至るまでリサイクル可能なエコロジー性を保つ。
- (3) 様々な生活様式に合う、シンプルなデザインに仕上げる。

4. 開発プロセス

4-1 使用手順の解析とアイデア抽出

開発のプロセスとしては、まず従来の鉄瓶の使用手順を検証した。実際に使用して所作を時系列で抽出することにより、「湯沸かし」行為の流れとその行為における鉄瓶の特性を明示した。そこから使用上の問題点を抽出し、さらに安全性の問題、機能性の問題、その他の問題、と3種に分類した。次にその使用上の問題点の原因となるバリア（障害）をできる限り抽出し、これらから改善するデザイン的アイデアを検討し列挙した⁴⁾ (図4、5)。

4-2 デザイン案作成

この改善アイデアを1つ以上盛り込んだ鉄瓶のデザイン案を16種提案した。さらにこの案に対し指導を仰ぐため、フィンランドからプロダクトデザイナーのヘイッキ・オルボラ氏を招聘、また参加事業所から職人も交えディスカッションを行い、鉄瓶のデザイン案を完成させた。3次元CGによる完

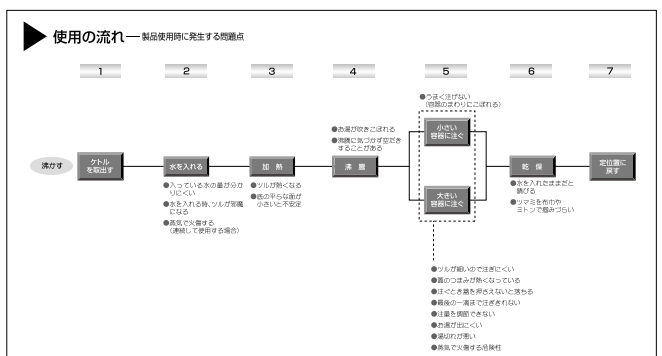


図4 使用手順の検証

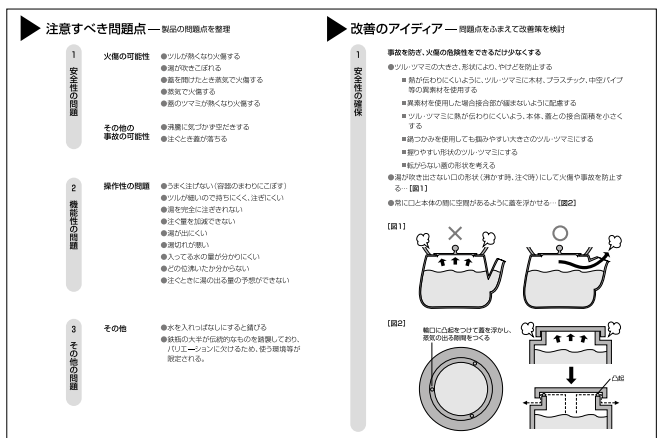


図5 抽出した問題点と改善のアイデア (一部)



図6 デザイン案の作成

成予想図を作成し、形状によっては光造形による形状試作を行ってデザイン案を決定、製品図面を作成した⁴⁾(図6)。

4-3 製品化・評価

完成したUD鉄瓶のデザイン案及び図面を参加事業所に提示した。各事業所には1点を選択してもらい自社での商品化を前提に試作した。完成した試作品については有識者、および制作者で求評会を行った。その後、首都圏の百貨店などを中心に展示会・即売会を開催し、店頭客、購入者、インテリアショップや百貨店のバイヤーなどに口頭意見やアンケートを通して意見や反応を求めた。さらにUD鉄瓶は公募展にも出展し、「2002日本クラフト展」にて5点が入選⁵⁾、2005年度にはシリーズとしてグッドデザイン賞特別賞(日本商工会議所会頭賞)を受賞した。

これらの意見や反応、製造上の問題などについて改良を重ね、また新しいデザインなども追加し「UD鉄瓶」シリーズとして商品化した。

5. 現状及び今後

開発された「UD鉄瓶」は、その後の改良と新規製品を追加し2005年度までにのべ20品種ほどのシリーズとなり、現在は商品の普及について順次、展示会の開催、商品の営業支援、販促物などの作成を行っている。また、意欲のある事業所に対しては新製品開発についても随時支援を行う予定である。

謝辞

本製品において、製品開発にご協力いただいた南部鉄器協同組合と参加事業所の皆様、ヘイッキ・オルボラ氏、展示会及び販売活動に尽力していただいた関係各位に謹んで御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 南部鉄器協同組合編：南部鉄器 その美と技、岩手県南部鉄器協同組合連合会、1990
- 2) 堀江皓：伝統的工芸品シリーズ 南部鉄器、理工学社、2000
- 3) ユニバーサルデザイン研究会編：ユニバーサルデザイン～超高齢社会に向けたモノづくり～、日本工業出版株式会社、2001

- 4) 岩手県工業技術センター：誰もが使いやすいものづくりユニバーサルデザインハンドブック1、岩手県工業技術センター、2002
- 5) 岩手県工業技術センター：誰もが使いやすいものづくりユニバーサルデザインハンドブック3、岩手県工業技術センター、2004

作品概要 (2006年3月現在)

名称：ユニバーサルデザイン鉄瓶シリーズ
 用途：飲料用及び調理用湯沸かし
 事業主：南部鉄器協同組合、および組合員事業所
 デザイン：町田俊一、有賀康弘、小林正信、東矢恭明、長嶋宏之、村上詩保

製品仕様：

(品番、製造者、外寸[mm]、容量、希望価格(税込))

- ① KU-03、(有)ナルセ、W168×D140×H170、0.8ℓ、¥30,450
- ② KU-04、(株)岩鑄製造所、W197×D156×H169、1.0ℓ、¥36,750
- ③ KU-06、(名)照亦製作所、W185×D160×H163、0.8ℓ、¥18,900
- ④ KU-07、七ッ森工房、W212×D130×H171、1.0ℓ、¥30,450
- ⑤ KU-08、南部鉄器販売(株)、W197×D148×H180、1.0ℓ、¥30,450
- ⑥ KU-09、(有)藤枝工房、W165×D140×H220、0.9ℓ、¥44,100
- ⑦ KU-151L、南部鉄器販売(株)、W220×D180×H210、1.5ℓ、¥31,500
- ⑧ KU-151M、南部鉄器販売(株)、W190×D150×H180、1.2ℓ、¥25,200
- ⑨ KU-151S、南部鉄器販売(株)、W170×D130×H150、0.5ℓ、¥18,900
- ⑩ KU-154、(有)ナルセ、W180×D150×H180、0.8ℓ、¥30,450

岩手県産酒米育種系統の醸造適性評価(Ⅷ)*

米倉裕一**、平野高広**、山口佑子**、中山繁喜**

「山田錦」並の酒造適性を有する酒造好適米を開発するため、県農業研究センターが育種している3系統について酒造用原料米全国統一分析法に基づく原料米分析及び清酒醸造試験を行った。原料米分析の結果、酒造適性基準値⁷⁻⁹⁾を全て満たしているものは「岩酒906号」と「岩酒907号」であった。また、醸造試験の結果、「岩酒904号」の製成酒は対照の「山田錦」並みの評価であった。

キーワード：岩手県産酒米、岩酒904号、岩酒906号、岩酒907号、醸造適性

Evaluation of New Rice Bred in Iwate Prefecture for Sake Brewing (Ⅷ)

YONEKURA Yuichi, HIRANO Takahiro, YAMAGUCHI Yuko and NAKAYAMA Shigeki

The brewing aptitude of three varieties of rice for sake that were newly bred in Iwate prefecture was evaluated by brewing test and assay of rice based on the standard procedure of raw material rice for sake brewing. As a result of analysis of the raw material rice, it was found that *Iwasake 906* and *Iwasake 907* fit the standard values of rice suitable for sake brewing. *Iwasake 904* got the same evaluation with *Yamadanishiki* tested as control by the tasting of sake.

key words : brewer's rice, *Iwasake 904*, *Iwasake 906*, *Iwasake 907*, brewing aptitude

1 緒言

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

現在、県農業研究センターでは「山田錦」並の醸造適性を目指した酒造好適米の育種を行っている。今回、我々はこの育成過程の3系統について、清酒醸造試験を含む醸造適性評価を行い酒米開発に取り組んだので報告する。

2 実験方法

2-1 供試原料米

岩手県農業研究センター水稲育種研究室で育成された3系統を試験した。その系統名と交配組み合わせを表1に示した。岩酒904号は「山田錦」を片親に持つ「華想い」に山田錦を掛け合わせ、岩酒906、907号は大きい心白が発現する「出羽の里」に「華想い」、「ぎんおとめ」を掛け合わせた系統である。また、対照には平成19年兵庫県産「山田錦」を用いた。

2-2 原料米分析

原料米は酒造用原料米全国統一分析法⁵⁾に準じて分析した。

表1 供試原料米の系統名及び組み合わせ

交配組合せ	
岩酒904号	華想い/山田錦
岩酒906号	出羽の里/華想い
岩酒907号	出羽の里/ぎんおとめ

2-3 清酒醸造試験

醸造試験は総米7kgで清酒醸造試験を行った。3系統および対照の「山田錦」は、新中野工業(株)製ミニ精米機を用い、ロール回転数1,800~2,000rpmで見掛精米歩合40%に精米し掛米とした。麴米はすべて岩手県酒造協同組合から購入した精米歩合40%の「山田錦」を使用した。洗米はMJP式洗米機(白垣産業(株)製)を用い2分間洗米し、蒸きょうは、せいろ付サンキュウボイラー(株式会社川工業所製)を用い60分蒸しを行った。種麴は(株)秋田今野商店の「特別吟醸用No.5菌」を白米100kg当たり30g用い、薄盛三段式製麴機(ハクヨウ(株)製)により添、伸、留麴をまとめて製麴した。酵母は「岩手吟醸2号」を用い、酒母廃止の酵母仕込みとし、仕込み配合は表2のと

* 「吟ぎんが」「ぎんおとめ」ブランド支援研究推進事業

** 食品醸造技術部

おりとした。留添時の温度は6℃、最高温度11.0℃、日本酒度-4~-3で醸造アルコールを添加し上槽した。

製成酒の一般成分は国税庁所定分析法⁶⁾に基づいて分析し、香气成分はHEWLETT PACKARD製ヘッドスペースガスクロマトグラフ5890 SERIES 2により分析した。酒質は当センター醸造担当者5名で評価した。

表2 清酒醸造試験仕込配合

	初添	仲添	留添	計
総米	1.2	2.0	3.8	7.0
蒸米	0.8	1.6	3.2	5.6
麴米	0.4	0.4	0.6	1.4
汲水	1.8	2.8	5.2	9.8
30%アルコール(L)				2.3

- ・単位はkg
- ・酵母仕込(岩手吟醸2号)による3段仕込

3 実験結果および考察

3-1 原料米分析

少数検体の酒造用米の適性評価法として、斉藤らは過去17年間(1976~1993年)の酒造用原料米全国統一分析法に基づく分析データを解析し、原料米の酒造適性は玄米千粒重、20分吸水値、蒸米吸水値、消化性直接還元糖、粗タンパク質量の5項目で評価できること、そしてこれら5項目に基準値を設定し、その範囲内であれば酒造に適すると評価できるとしている^{7)~9)}。当時と測定法が異なる項目もあるが、今回試験した3系統の原料米について、おおよそこの基準に基づいて酒造適性を評価した。今回試験した3系統及び「山田錦」の原料米分析結果を表3に示した。「岩酒906号」、「岩酒907号」はすべての項目で基準を満たしていた。対照の「山田錦」と「岩酒904号」は20分吸水の基準を満たしていなかった。ただし昨年度の試験(データ未掲載)ではすべての基準を満たしていた。平成19年の気象は9月の登熟期に高温、小

雨で例年に比べ硬質な米となり、20分吸水が少なかったものと思われる。例年基準値を満たしている「山田錦」が基準を満たしていないことから、山田錦の遺伝子を持つ「岩酒904号」にとっても不向きな気象条件であったと思われる。また、「岩酒906号」、「岩酒907号」は吸水率、糖度がいずれも高いことから、軟質で溶けの良い米と思われる。

3-2 40%精米及び清酒醸造試験

40%精米及び清酒醸造事績及び製成酒成分について表4に示す。「岩酒906号」、「岩酒907号」は、無効精米歩合、碎米混入率、浸漬割率(浸漬10分間に割れる米の割合)いずれにおいても「山田錦」より高かったのに対し、「岩酒904号」は無効精米歩合、浸漬割率において低いもしくは同程度と良好であった。「岩酒906号」と「岩酒907号」の碎米率等が高かったのは、親株「出羽の里」と同様に心白が大きく、40%の精白では砕けた米が多かったものと思われる。原料米分析⁵⁾では70%精米した米を評価するのに対し、実際の醸造には40%精米した米を使用するために、原料米分析結果と40%精米評価にずれが生じたものと思われる。前年度の原料米評価の時点で40%精白試験を実施するなど何らかの対策を取りより効率的な選抜を行うことを考えていきたい。

もろみ経過は「岩酒906号」、「岩酒907号」は、前半は溶けが進みもろみ初期のポーメが高いため、7日、9日、13日、15日に各5%の追水を行いポーメの調整をした。対照の「山田錦」もポーメの切れが多少遅れ気味であったため、11日と13日に各5%の追水をした。「岩酒904号」は11日に1回の追水をし、上槽直前「山田錦」と汲水歩合を合わせるために2回目の追水をした。追水後ポーメは順調に切れたが、もろみ末期の日本酒度-10程度で再び切れが鈍りもろみ日数を伸ばしたが、滴定酸度が2ml以上に上昇したため「岩酒906号」、「岩酒907号」は34日目、「岩酒904号」、「山田錦」は39日目で上

表3 原料米分析結果

系統名	玄米 千粒重 (g)	20分 吸水 (%)	120分 吸水 (%)	蒸米 吸水率 (%)	糖度 Brix (%)	アミ/酸度 (ml)	粗蛋白質 (%)	無効精米 歩合 (%)	碎米 混入率 (%)
山田錦(対照)	27.6	25.5	26.1	31.5	10.8	0.8	4.7	4.2	5.0
岩酒904号	24.6	25.1	27.9	32.8	10.3	0.5	4.4	6.6	6.6
岩酒906号	24.6	28.7	29.3	34.4	11.8	0.6	4.0	7.5	1.8
岩酒907号	25.0	28.1	28.9	34.6	11.8	0.5	4.1	7.6	5.8

- ・赤字：適性の劣る項目

表4 40%精米・清酒製造事績及び製成酒成分

系統名	見掛精 米歩合 (%)	真精米 歩合 (%)	無効精 米歩合 (%)	碎米 混入率 (%)	浸漬米 割率 (%)	もろみ 日数 (日)	アルコール 収得率 (%)	粕歩合 (%)	アルコール 濃度 (%)	日本 酒度	滴定 酸度 (ml)	アミ/酸度 (ml)
山田錦(対照)	38.8	46.5	7.7	5.1	81.3	39	15.8	85.8	16.3	+1	1.7	1.3
岩酒904号	40.6	45.0	4.4	7.1	79.1	39	15.8	85.7	16.3	-1	1.7	1.2
岩酒906号	40.4	51.3	10.9	8.2	90.7	34	18.7	82.8	16.0	-2	1.7	1.2
岩酒907号	40.5	51.6	11.1	11.0	87.7	34	17.9	81.4	15.7	-2	1.6	1.2

槽した。対照の「山田錦」に比べ、「岩酒 906 号」、「岩酒 907 号」のアルコール取得率は高く、粕歩合は低く、溶けやすい米であった。一方、「岩酒 904 号」のアルコール取得率、粕歩合は「山田錦」と同程度であった。「岩酒 904 号」は「山田錦」の遺伝子を 3/4 持っており、類似の性質が発現していると思われる。

表 5 酒質の評価

系統名	評点 *1	酒 質*2			
		旨味	甘味	後味	きれいさ
山田錦(対照)	3.3	1.5	1.8	2.0	2.6
岩酒 904 号	3.3	2.0	2.1	2.0	2.5
岩酒 906 号	4.2	1.5	1.8	2.5	1.9
岩酒 907 号	4.4	1.4	1.8	2.6	1.8

*1 評点:香 2 点、味 4 点、計 6 点で採点、低い方が良好。

*2 旨味、甘味、きれいさは、1 無、2 弱、3 強で評価し、後味は、1 良、2 可、3 不可で評価。

酒質の評価を表 5 に示した。「岩酒 904 号」の評点は 3.3 と「山田錦」と同点であった。それに対し、「岩酒 906 号」、「岩酒 907 号」の評点はそれぞれ 4.2、4.4 とどちらも「山田錦」に劣った。「岩酒 906 号」、「岩酒 907 号」は、「後味」、「きれいさ」の点で「山田錦」より劣っていた。これは精米時の砕けが大きな原因となっているものと思われる。よって、この 2 つの酒米は、酒造適性評価は高いが心白が大き過ぎるために砕けやすく大吟醸酒などの高精白用には不向きと思われる。ただ、心白が大きく低タンパクなため低精白でも高精白のようなきれいなお酒が造れる可能性がある。事実、親株の「出羽の里」はこのような用途で選抜された酒米である。今後、県内酒造メーカーへの働きかけによっては酒米としての活用が期待出来る。また、「岩酒 904 号」は「旨味」、「きれいさ」で「山田錦」より評価が高く、次世代の酒造好適米として期待出来る。次年度以降、継続試験により新しい酒造好適米の誕生の可能性が出てきた。

4 結 言

県農業研究センター水稻育種研究室が育種している 3 系統について醸造適性を評価した。結果は、下記の通りである。

酒造用原料米全国統一分析において、「岩酒 906 号」「岩酒 907 号」はすべての項目で酒造適性基準値の範囲内であったが、40%精米試験で砕米率が強く醸造試験での評価は低かった。高精白用酒米としては不向きであるが、低精白で高級感ある酒など新用途で使用可能な酒米として期待できる。また、「岩酒 904 号」は 20 分吸水で「山田錦」と同様で基準を満たしていなかったが、40%精米や醸造試験では評価が高く、次世代高級酒用酒米として期待できる。実地醸造など岩手の酒造好適米となるよう、さらに試験を進める予定である。

文 献

- 1) 高橋 亨, 櫻井 廣: 岩手県工業技術センター研究報告, 6, 81 (1999)
- 2) 荻内 謙吾, 尾形 茂, 神山 芳典: 1999. 酒造好適米新品種「吟ぎんが」の玄米品質特性, 東北農業研究, 52: 9-10
- 3) 小田中 浩哉, 扇良 明, 高橋 亨, 中野 央子, 佐藤 喬, 高橋 正樹, 照井 儀明, 神山 芳典, 櫻井 廣: 1999. 水稻新品種「吟ぎんが」の特性, 東北農業研究, 52: 7-8
- 4) 畠山 均, 菅原 浩視, 佐々木 力, 高橋 亨, 漆原 昌二, 小綿 寿志, 中西 商量, 仲條 眞介, 櫻井 廣: 2000. 酒造好適米新品種「ぎんおとめ」の育成経緯及び特性, 東北農業研究, 53: 3-4
- 5) 酒米研究会: 酒造用原料米全国統一分析法 (1996)
- 6) 注解編集委員会編: 第 4 回改正 国税庁所定分析法注解, 日本醸造協会 (1993)
- 7) 斉藤 博之, 谷口 肇: 醸協, 90, 387 (1995)
- 8) 斉藤 博之, 西澤 直行: 醸協, 91, 123 (1996)
- 9) 斉藤 博之, 西澤 直行: 醸協, 91, 737 (1996)

介護予防のための煮魚製品開発（Ⅱ）*

武山 進一**、西田沙耶香***、小野 昭男***、遠山 良**

高齢者向け食品開発の一環として、ユニバーサルデザインフード¹⁻³⁾区分1(上限 $5 \times 10^5 \text{N/m}^2$)と区分2(上限 $5 \times 10^4 \text{N/m}^2$)に対応する煮魚製品の開発を目的とした。区分1については、真空低温調理⁴⁾を試みたところ、魚の身をふっくらさせることが出来たが、クリープメーターで測定したかたさの値は変わらないことを確認した。また、煮魚製品のタレに関するとろみ付けの効果も検証した。区分2については、魚をすり身にし、つみれにすることで規格を満たす3種類の試作品を得た。

キーワード：煮魚製品、真空低温調理、とろみ、つみれ

Development of Boiled Fish Products as a Preventive Food of Nursing Care (II)

TAKEYAMA Shinichi, NISHIDA Sayaka, ONO Akio and TOYAMA Ryo

As a part of the food development for the aged people, the development of the cooked fish products which satisfied the standard value of universal design food (UDF) classification 1 (Power to be necessary to eat : under $5 \times 10^5 \text{N/m}^2$) and classification 2 (under $5 \times 10^4 \text{N/m}^2$) was aimed.

In the condition of classification 1, the low temperature vacuum packed pouch cooking was tried to make the meat of fish puffy, but it was confirmed that a value of hardness measured in creep-meter had no difference from the value by cooking in other conditions.

Also the thickening effect about the sauce of boiled fish products was verified .

In the condition of classification 2, the three kinds of test products which satisfied with the standard could be made, by grounding fish meat fish meat to its dumpling.

key words : Boiled fish products, Vacuum packed pouch cooking, Thickness, Dumpling

1 結 言

前報⁵⁾では、ユニバーサルデザインフード¹⁻³⁾ (以下、UDFと省略)区分1の規格を満たす煮魚製品の開発について報告し、レトルト処理を過度にしても煮魚の保水性が低下⁶⁾するため、そのかたさ調節には限界があるとした。このことについては、煮魚の身をふっくらさせる方法として低温での調理⁷⁻⁸⁾が紹介されていることから、真空包装と組み合わせた真空低温調理⁴⁾を検討した。

一方、煮魚製品は高齢者施設で試食が実施され、その際に、タレにとろみを付けることが提案された。とろみを付けることでタレの付着量が多くなり食べ易さに繋がるものと考えられ、このことを検証した。

つぎに、ユニバーサルデザインフード¹⁻³⁾区分2の規格を満たすために魚のすり身を用いた“つみれ”を開発対象として、つなぎの種類や配合割合、さらに油脂の添加効果を検討した。その結果、つみれの試作品3種類でUDF区分2の規格値を満たすことが出来たので報告する。

2 実験方法

2-1 試料

2-1-1 真空低温調理試験用の魚試料

真空低温調理では魚の骨は硬いままなので、試料は骨を取り除いた魚(骨なし魚)を用いることにした。焼き魚用のホッケ原料(骨なし魚)を小野食品より入手し、

*平成19年度産学官連携研究プロジェクト事業(新夢県土)

**食品醸造技術部

***小野食品株式会社(釜石市両石町4-24-7)

冷凍状態のまま(株)メイワックス製R-3フィルム(140×200mm、三方袋、NY25/ドライ/レトルトCP70)に入れ、真空包装した。

2-1-2 タレにとろみ付けた煮魚

サンマ生姜煮のしょうゆタレにとろみをつけた試作品を小野食品より入手し、とろみを付けない通常のタレのものを対照として、喫食時の煮魚へのタレの付着程度とそれを模擬的な食塊にした場合のかたさの違いを比較することで、とろみ付けの効果を確認した。

2-1-3 つみれ

原料として鮭を用い、皮や骨が取り除かれブランチング処理された鮭の切り身を冷凍状態で小野食品より入手した。調理方法は、解凍した鮭(175g)をフードプロセッサーにかけ、これにすりおろした長芋(92g、(株)ヤマトフーズ製、品名「とろろ」)を加え、鮭の身の繊維がある程度細くなるまで更に続ける。この鮭・長芋の混合品56gに対し、角が立つまで泡立てた卵白8gを混合し、さらに寒天液(0.8%)を加える。このものをスプーン等で適当な大きさに成形してから、煮汁に入れて5分ほど煮て、つみれとした。この配合を基本配合とした。煮汁については、鰹だし、みりん、酒、薄口醤油、砂糖で調整した。

2-2 試料の調整および処理条件

2-2-1 真空低温調理条件

真空包装は、WEBOMATIC社製真空包装機 E-10-GHを用いて行い(真空度99.9%)、マルゼン社製スチームコンベクションオープン スーパースチームSSC-04SCを用いて低温調理した。調理条件は、以下の通り。

- 調理条件：65℃ 5分および10分加熱
- 75℃ 5分、10分および20分加熱
- 85℃ 5分および10分加熱

対照として、前報と同様のレトルト加熱処理品(110℃・30分および120℃・30分加熱)を調整した。

2-2-2 とろみ付けによる効果確認のための調整

サンマ生姜煮を自然解凍後、袋から取り出し、皿にあげ、実際に食べるときと同様に、身をほぐしタレにつける動作を繰り返すことで、タレの付着重量を測定した。さらにこれを乳鉢に移しすり潰すことで疑似的な食塊にし、この状態のものをステンレスシャーレ(直径40mmφ、高さ15mm)に均等に詰め、そのかたさを測定した。

2-2-3 つみれの配合検討試料の調整

つみれのやわらかさ調整の検討のために、つなぎ、卵白、寒天の配合割合を変えてかたさに及ぼす影響を調べた。また、サラダ油(なたね油)を添加した時の効果を調べた。つみれ基本配合とサラダ油の比率を95:5、90:10に調整したものを油5%添加品、油10%添加品とした。

2-3 測定条件

2-3-1 物性測定

前報と同様に、平成6年に厚生省(当時)が示した高

齢者用食品の「かたさ」の測定法⁹⁾に従い、(株)山電クリープメーターRE-33005を用いて測定した。テクスチャー解析試験モードでの測定により、かたさの他に、凝集性、付着性の結果も得た。クリープメーターでの測定条件を、表1に示す。

表1 高齢者用食品の物性測定条件

ロードセル	2kgf	測定速度	10mm/sec
アンプ倍率	1倍	ブランジャーNO.	4
格納ピッチ	0.01sec	接触面直径	3mm
測定歪率	70%	サンプル厚さ	(実測値)

高齢者用食品の「かたさ」の測定法⁹⁾では、試料を容器(シャーレ)に入れて測定する方法も示されている。タレにとろみをつけた効果の確認として煮魚をすり潰した状態での測定は、この方法に従い測定した。その測定条件を表2に示す。

表2 高齢者用食品(容器使用)の物性測定条件

ロードセル	2kgf	測定速度	10mm/sec
アンプ倍率	1倍	ブランジャーNO.	56
格納ピッチ	0.01sec	接触面直径	20mm
方法	ステンレス製シャーレ(直径40mmφ、高さ15mm)に詰め、ブランジャーで10mm押し込む。 (測定歪率=実質66.7%)		

2-3-2 真空低温調理品のかたさ測定

ホッケの開き(切り身)のかたさ測定に関しては、試料が固定しにくかったため、皮側から測定した。なお、切り身の形状のバラツキが大きいため、各試験区とも誤差範囲(標準誤差)はかなり大きいものであった。

3 実験結果及び考察

3-1 煮魚製品の開発に関する検討

3-1-1 真空低温調理法の検討

あらかじめ骨が抜かれたホッケの開き(塩焼き魚用の原料)を用いて、真空低温調理時の魚のかたさを調べた結果を、図1に示す。

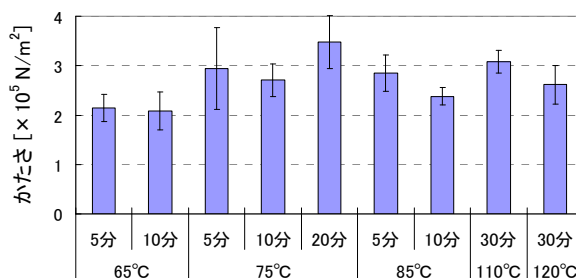


図1 真空低温調理したホッケのかたさ (n=5)

低温調理法では煮魚の身を柔らかくに仕上げるとされているが、低温側(65~85℃)で加熱調理した魚の身は確かにふっくらした食感であり、加熱温度・時間による差は出ている様に感じられた。しかし、かたさの測定結

果をみると、65～85℃での低温調理時と110～120℃でのレトルト調理時とでは、その違いは明確なものではなかった。これは、低温調理品を食べた際の食感である、“ふっくら柔らかい感じ”を、差として捉えられない測定法上の問題でもあると考えられる。このために、規定に従った測定法による高齢者用食品としての“かたさ”としては「違いはない」と判断せざるを得なかった。

3-1-2 タレのとろみ付けによる効果の検討

高齢者施設で実施した試食の際に出た意見を反映し、タレにとろみを付ける改良を行ったところ、食べやすくなったとのことで好評価を得た。物性測定によりその比較を行なおうとする場合、喫食を模した前処理を行なう必要があり、特に咀嚼動作に関しては試料を乳鉢ですり潰す方法をとった。前処理方法が簡易的ではあるが、タレにとろみを付けることによる、タレ由来の水分増加による変化をつかむことを目的とした。煮魚の切り身をほぐしてタレに付けて食べる際の、タレのとろみ有無によるタレ付着量の違いを測定した結果を表3に示す。

表3 煮魚のほぐし身へのタレ付着量測定結果

	切り身重量(g)	タレ付け後重量(g)	付着タレ量(g)	付着タレ量(対切り身重量%)	シャーレ充填時の比重(g/cm ³)
とろみ無し	45.5	51.3	5.8	12.7	0.96
とろみ有り	39.0	47.8	8.9	22.8	1.03

タレにとろみを付けることにより、切り身(実際には、ほぐした状態)に付着するタレ量が”とろみ無し”に比べ約10%増加(対切り身重量)していることが確認された。喫食時には咀嚼されて食塊形成後に嚥下される。この咀嚼動作をすり潰すことで模して食塊を作りそのかたさを比較することにした。煮魚のほぐし身にタレが付いた状態のものを乳鉢ですり潰した場合のかたさの測定結果を、図2に示す。

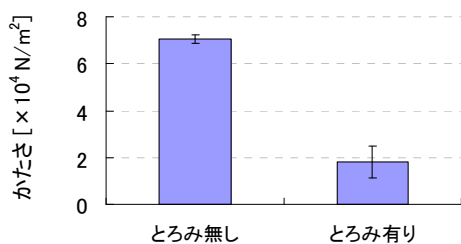


図2 煮魚のタレにとろみ付けした場合のそのほぐし身のかたさに及ぼす影響¹⁾

1) すり潰したのち、シャーレに充填して測定

かたさの測定結果から、タレにとろみを付けた”とろみ有り”のかたさは、対照(とろみ無し)の約1/4であった。今回の測定結果は、飲み込み易さの程度を直接評価するものではないが、少なくともタレにとろみを付けると、喫食時に煮魚のほぐし身へのタレ付着量が多くなり、結果として咀嚼段階での食塊が軟らかくなるものと考え、その程度を模擬的に測定したことになる。

3-2 つみれのかたさに及ぼす各種添加物の効果

UDF区分2への対応として、煮魚製品よりもかたさが調整し易い魚加工品のひとつである、つみれで対応することになった。このことで小野食品側から”鮭つみれ”のレシピがたたき台として提案された。このたたき台を基本配合として、配合割合が物性に及ぼす影響を調査した。

3-2-1 寒天の効果

寒天は基本配合では、約0.8%の寒天液を調整後、つみれに16%配合しており、このときのつみれ中の寒天濃度は0.13%になる。この寒天濃度を変化させた場合の、つみれのかたさの変化を調査した。つみれの寒天配合割合を、基本配合を1として、1.5倍、2倍に変えた場合のかたさの測定結果を図3に示す。

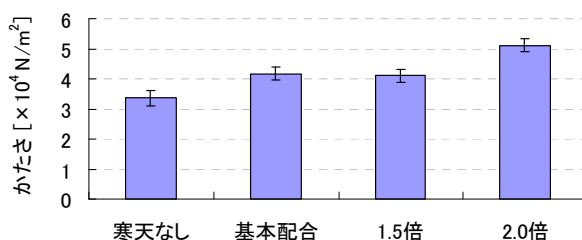


図3 つみれのかたさに及ぼす寒天の影響

1) 基本配合での寒天配合割合は0.13%

寒天を抜いた場合には基本配合に比べ僅かにかたさが低下した。寒天濃度を基本配合の1.5倍にした場合は、かたさは基本配合の場合と変わらず、2倍にすると確実にかたさが上昇しUDF区分2の規格(かたさの上限値、 $5 \times 10^4 \text{ N/m}^2$)をオーバーした。寒天を抜いても多少成形しにくくなる程度であった為に、寒天は配合から抜いても構わないと判断した。

3-2-2 卵白の効果

卵白は、基本配合では配合割合が16%で、メレンゲ状態で加えて、つみれのつなぎ目的で使用している。この卵白配合割合を変えた場合の、かたさの測定結果を図4に示す。

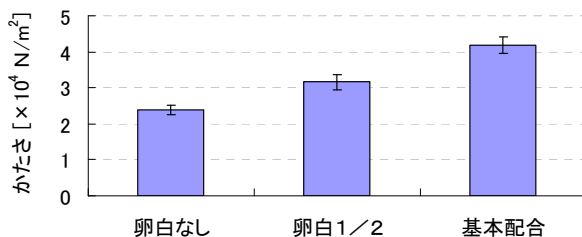


図4 つみれのかたさに及ぼす卵白の影響

卵白の配合割合を減らすと比例的にかたさが低下し、卵白なしではUDF区分3の規格(上限 $2 \times 10^4 \text{ N/m}^2$)に近づくほど軟らかくなった。しかし、実際に食べてみると、べちゃべちゃした食感で美味しさも低下した。今回の基本配合中での卵白の重要性を認識した。

3-2-3 長芋の効果

つみれの主原料である鮭と長芋は、基本配合では66:34の割合。長芋の効果確認として、主原料(鮭と長芋)中の長芋の割合を15%、25%、34%(基本配合)、40%に調整して試験した際のかたさ測定結果を図5に示す。

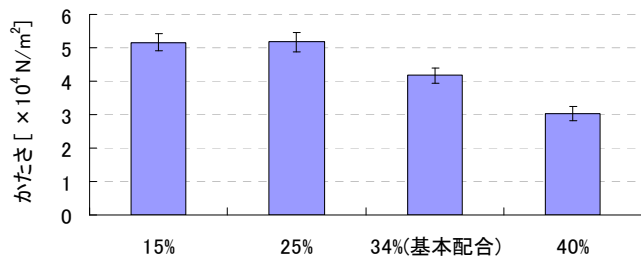


図5 つみれのかたさに及ぼす長芋の影響

長芋の配合割合を少なくするとUDF区分2の規格値をオーバーする程かたくなり、長芋量はかたさへの影響が大きいと言える。しかし長芋量を40%迄多くすると鮭の割合が低下することで、つみれらしさが失われることになり、基本配合での配合割合(34%)がバランスが取れていた。

3-2-4 長芋の摩砕処理効果

今回の試験では、長芋は冷凍品(業務用)を使用している。生の長芋をすりおろして使用している場合よりも、長芋のザラツキ感が感じられた。冷凍長芋の摩砕程度は意図されたものであろうが、この冷凍長芋を更に摩砕した場合、つみれとしての食感やかたさがどのようになるか試験した。冷凍長芋をそのまま使用した場合を対照とし、フードプロセッサ、すり鉢で摩砕処理した場合の、つみれのかたさ測定結果を図6に示す。

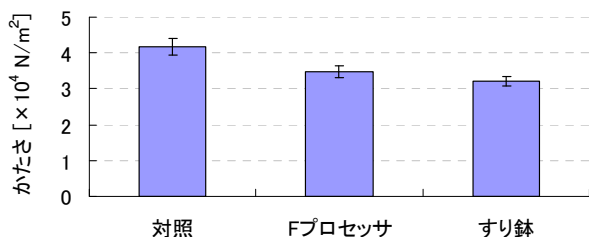


図6 つみれのかたさに及ぼす冷凍長芋の摩砕処理方法の影響

冷凍長芋をさらに摩砕することにより、芋のザラツキ感が低下し、つみれの食感はなめらかなものとなった。また、摩砕処理時に長芋に空気が抱き込まれることで、つみれのかたさも低下した。このことから冷凍長芋を直接使用するよりも、フードプロセッサ等で更に摩砕処理を施す方がよいと考えられた。

3-2-5 油脂の添加効果

つみれを更に軟らかくする為の対策として、油脂を配合に加えることを検討した。サラダ油(なたね油)を基本配合のつみれに対し5%、10%になるように加えた場合

の、つみれのかたさ測定結果を図7に示す。

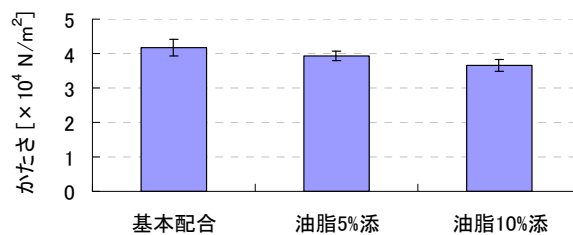


図7 つみれのかたさに及ぼす油脂の影響

かたさの測定結果からは、油脂を添加することでかたさの数値が低下し軟らかくなっていることがわかるが、その程度は“僅か”といえるレベルであった。しかし、実際に食べた際には、“なめらかさ”が感じられる食感になり、美味しさが向上した。油脂を添加することで、油脂が分離したり、食べた際に油っぽさを感じたりすることを懸念していたが、この点は問題にならなかった。油脂の添加は、鮭・長芋とのフードプロセッサ処理の段階で行っており、油脂が十分に乳化出来ている様子であった。油脂の添加は、かたさ測定値の低下効果もあるが、それ以上に食感や美味しさを向上する効果が大きいものであった。

3-2-6 UDF区分2への対応

これまで記したとおり、鮭のつみれの基本配合をたたき台にして、UDF区分2に対応するかたさで、なおかつ食べても美味しい“つみれ”の検討を重ねた。企業側(小野食品)では、これらの結果を実際の試作に反映すると共に、つみれの種類も鮭の他にイワシ、サンマとアイテムを増やし、それらの改良を重ねた。その結果、これらのつみれでほぼUDF区分2に対応することが出来た。サケ、イワシ、サンマのつみれ試作品を写真1に、それらのかたさ測定結果を図8に示す。



写真1 UDF区分2に対応させた“つみれ”試作品
(上:サケ、左下:イワシ、右下:サンマ)

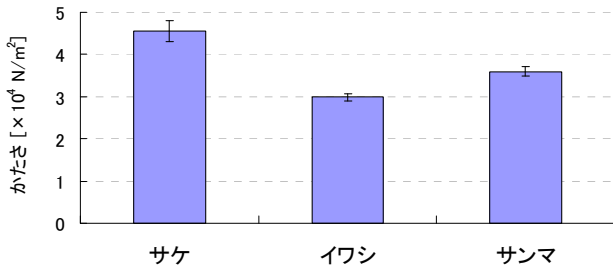


図8 3種のつみれのかたさ測定結果

結果より、サケ、イワシ、サンマのつみれはUDF区分2の規格（かたさの上限値、 $5 \times 10^4 \text{ N/m}^2$ ）満たしていた。イワシとサンマのつみれに関しては、青魚特有の臭味を抑えるために生姜を加え、また柔らかくするために油脂添加量を調整する等の試作を繰り返した。その結果、臭味は気にならない程度迄に抑えた、UDF区分2の上限値を大幅に下回る柔らかさのつみれを作成できた。この試作品は高齢者施設での試食試験を実施し、その評価を更なる改良につなげることにしている。

4 結 言

高齢者向けの煮魚製品の開発を目的として、真空低温調理、煮魚のタレのとろみの影響を検討するとともに、UDF区分2の規格を満たすために“つみれ”の配合割合に関する試験を実施し、以下の結果を得た。

- (1) 真空低温調理法では、煮魚の身がふっくらした食感になっても、かたさの測定値は低下しなかった。
- (2) 煮魚のタレにとろみを付けると、身をほぐす際にタレの付着量が約10%増加し、そのために食塊がやわらかくなると考えられた。
- (3) 鮭つみれでは、長芋（つなぎ）の割合を少なく、また卵白と寒天液の割合は多くすると、かたさが増した。食感を考慮し、卵白は重要だが、寒天液は不要とした。更に、油脂を添加すると、かたさの低下はわずかであったが美味しさが増した。

- (4) UDF区分2の規格を満たす鮭、イワシ、サンマの3種類のつみれを試作した。

本研究は、平成19年度産学官連携研究プロジェクト事業（新夢県土）「魚介類等産地産食材を利用した新しいカテゴリーの食品である介護予防食品の開発」の一部として実施された。

文 献

- 1) 日本介護食品協議会編：ユニバーサルデザインフード自主規格
- 2) 西成勝好, 大越ひろ, 神山かおる, 山本隆: 食感創造ハンドブック, p.145, サイエンスフォーラム (2005)
- 3) 佐々木真希: 月刊フードケミカル, 2004-2, 44 (2004)
- 4) 西成勝好, 大越ひろ, 神山かおる, 山本隆: 食感創造ハンドブック, p.131, サイエンスフォーラム (2005)
- 5) 武山進一, 遠山良, 小野昭男: 岩手工技セ研報, 14, 28 (2007)
- 6) 横山理雄, 矢野俊治監: レトルト食品入門, p.154, 日本食糧新聞社 (2001)
- 7) タベダス編集部編: パッククッキング基本レシピ43, 風人社 (2005)
- 8) 相羽孝昭, 西出亨, 横山理雄編: これからの高齢者食品開発, p.198, 幸書房 (2006)
- 9) 厚生省 (当時) : 高齢者用食品の表示許可の取扱いについて、平成6年2月23日衛新第15号厚生省生活衛生局食品保健課新開発食品保健対策室長通知 (1994)

ひえ 3 系統の製麴試験と麴の糖化

畑山 誠**、 遠山 良**

粳種の「だるまひえ」、糯種の「長十郎もち」、半糯種の「もじゃっぺ」の製麴試験を行った。「だるまひえ」麴の糖化力は低く、「長十郎もち」、「もじゃっぺ」麴の糖化力は高かった。麴糖化物の糖度と甘味は糖化力の大きさに比例した。

キーワード：だるまひえ、もじゃっぺ、長十郎もち、製麴、糖化

Koji Making Test of Three Species Barnyardgrass and Glycation of Koji

HATAKEYAMA Makoto, TOYAMA Ryo

Koji making test of three species Barnyardgrass, Daruma-hie, Mojayappe and Tyoujyurou-moti was operated. Glycation activity of Daruma-hie's koji was low. And the activity of Mojayappe's and Tyoujyurou-moti's koji was high. Sugar content and sweetness of Glycated koji was proportional to the glycation activity.

key words: *Daruma-hie, Mojayappe, Tyoujyurou-moti, Koji making, glycation*

1 緒 言

岩手県は全国第1位の生産量を誇る雑穀の産地であり、その中でもひえの生産量が最も多い。系統毎の生産量としては粳種の「だるまひえ」が最も多く、半糯種の「もじゃっぺ」なども生産されている。近年、岩手大学の星野らは完全な糯種のひえ「長十郎もち（品種登録出願番号第20584号）」を開発した。これは従来からある粳種のひえと比べて、食味に優れるという特徴があるという。本試験では、これら形質の異なる3系統のひえを製麴し、麴を糖化してその特徴を調べた。

2 方 法

2-1 原材料

「だるまひえ」と「もじゃっぺ」は平成19年産のものを北いわて農業協同組合から購入した。「長十郎もち」は平成19年産のものを岩手大学農学部星野教授から譲渡して戴いた。精白歩合は「達磨ひえ」と「もじゃっぺ」が50%、「長十郎もち」は70%である。

製麴に使った種麴は秋田今野商店製「高級配立用」であり、基準使用量の2倍の種麴を等量のデンプンに混合して用いた。

2-2 原料処理

ひえ各500gを洗穀し、連続して吸水を行った。「だるまひえ」は一晚吸水させた。「長十郎もち」と「もじゃっぺ」は吸水率が30%となるように限定吸水させた。

粒表面の付着水を除いた後、(株)品川工業所製サンキューボイラーSB-2を甑として用い、弱火で1時間蒸きようした。ひえを放冷した後、種麴を振った。

2-3 製麴

製麴はTABAI製恒温恒湿機PR-2Gを用いて行った。製麴操作として、各段階に応じて槽内温湿度を調整しながら、手入れを行った。

種付けしたひえを団子状に丸めてビニール袋に包み、水分の抜けを抑えるようにして槽内に引き込んだ。引込み～盛までは槽内温度を28～30℃、湿度を60%RHとした。盛以降は固まりを解して広げ、ビニール袋の口を開いて槽内湿度の制御を受けるようにした。槽内湿度は85%RHとした。槽内温度は盛、仲仕事、仕舞仕事時に品温がそれぞれ32℃、34℃、38℃となるように調節し、仕舞仕事以降は出麴まで品温が40～42℃となるように調節した。

2-4 麴の糖化

三角フラスコ中でひえ麴と水を等量混合し、TAITEC製恒温水槽PARSONAL-11に入れて60℃で24時間糖化を行った。

2-5 分析

ひえ麴の酵素力価は、キッコーマン醸造分析シリーズのキット（糖化力測定キット、 α アミラーゼ測定キット、酸性カルボキシペプチダーゼ測定キット）を用いて測定した。麴水分の測定は国税庁所定分析法注解

* さんりく基金県北・沿岸振興支援事業（調査研究成果等活用促進事業）
「県北産雑穀を活用した雑穀麴の工業的製造方法の確立と雑穀麴ペーストの製パンへの利用」
** 岩手県工業技術センター食品醸造技術部

に従って行った。麴糖化液の糖度は屈折糖度計を用いて測定した。

3 結 果

3-1 ひえの吸水

表1にひえの吸水率を示した。糯種の「長十郎もち」と半糯種の「もじゃっぺ」は洗穀吸水率、甑吸水率ともに製麴に必要な十分なものであった。しかし粳種の「だるまひえ」は吸水率が低く製麴に必要な水分を粒内に保持することが出来なかった。

表1 ひえの形質と吸水率

品 種	形 質	洗穀吸水率(%)	甑吸水率(%)
だるまひえ	粳	25.8	33.6
長十郎もち	糯	31.2	43.6
もじゃっぺ	半糯	31.9	44.8

3-2 製麴品温経過

図1に製麴品温経過を示す。本試験の製麴では清酒用麴の製麴品温経過を範とし操作した。

盛(21~23時間目)時の品温が「だるまひえ」と「もじゃっぺ」では34℃程と高くなる傾向にあった。逆に「長十郎もち」はこの時間帯ではまだ品温が上がり始めなかった。この差は精白歩合の違いにより麴菌の生育が異なったためと思われる。即ち高精白な(粒の削りが少ない)「長十郎もち」では粒表面が固く、麴菌菌糸が粒中に食い込みづらいものと推測される。

その後は仲仕事(29~32時間目)時に34~36℃、仕舞仕事(34~37時間目)時に38~40℃と品温を調節した。仕舞仕事から出麴までの最高品温とする時間帯では品種毎に温度のバラツキが大きかった(38~42℃)。これは麴物料を置く恒温恒湿機内の位置の違いによって槽内温度や風の掛かり方が異なったためと思われる。

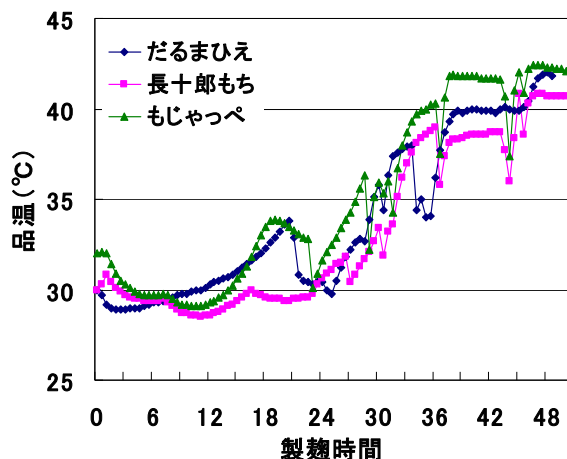


図1. ひえの製麴品温経過

3-3 麴の酵素力価

表2にひえ麴の酵素力価を示す。

「だるまひえ」麴は他の麴よりデンプン分解酵素力価が低く、特に糖化力が低い傾向にあった。岡崎らは糖化力の主酵素であるグルコアミラーゼは製麴後半、品温を高温経過(40℃)にすると生産が増加すると報告している¹⁾。また岡崎は吸水率が24%以下になると菌糸の増殖速度が低下するとしている²⁾。甑吸水率が33.6%と低い「だるまひえ」では水分が製麴の早い時期に低下するため、製麴の後半では活発な代謝活動が出来ず、糖化酵素の力価が低くなるのではないかとと思われる。

「長十郎もち」と「もじゃっぺ」のデンプン分解酵素の力価差は精白度の違いによるものと思われる。また酸性カルボキシペプチダーゼの力価差は製麴品温経過の違いによると思われる。酸性カルボキシペプチダーゼは35℃以下で生産が大きいとされている¹⁾。「長十郎もち」の製麴では27時間目まで品温が上がらず、そこから短時間で最高品温である40℃付近まで品温が上昇し、タンパク質分解酵素が多く生成される30℃台前半の温度帯を早く抜けている。これに対して「もじゃっぺ」では盛(21~23時間目)までに一度34℃付近まで品温が上昇し、手入れによって品温が下げられた後、30~35℃位の温度帯をゆっくりと通過している。この差がタンパク質分解酵素の力価差として現れたと考えられる。

表2 ひえ麴の酵素力価

品 種	出麴 水分(%)	酵素力価 (U/g 麴)		
		AA	GA	ACP
だるまひえ	17.6	1038	134	10454
長十郎もち	18.0	1797	326	8869
もじゃっぺ	17.6	2632	368	22539

AA: αアミラーゼ GA: 糖化力
ACP: 酸性カルボキシペプチダーゼ
酵素力価は乾物換算値

3-4 麴の糖化液

表3に麴糖化物の糖度と特徴を示した。

糖度、甘味の差はデンプン分解酵素の力価差に比例する。特に「だるまひえ」麴では糖化力の低さのため糖化物から遊離してくる液分が極めて少なく粥状で甘味も低かった。これに対して他の麴は液分が十分滲出した。「長十郎もち」麴の糖化物は口に入れた時、ざらつく感じが残った。これは精白度が低いため繊維分が多く残った、あるいは繊維分の多い品種のためと推測される。「もじゃっぺ」麴の糖化物は甘味が強く、滑らかさもあるが、苦味が強く感じられた。

表3 ひえ麴糖化物の糖度

品 種	形質	6hr.	24hr.	特 徴
だるまひえ	粳	31°	34°	甘味弱、液少
長十郎もち	糯	37°	37°	甘味、ざらつき
もじゃっぺ	半糯	41°	41°	甘味強、苦み

4 結 言

本試験では形質の異なる3系統のひえ、粳種の「だるまひえ」、糯種の「長十郎もち」、半糯種の「もじゃっぺ」を製麴し、麴を糖化し、その特徴を調べた。

製麴では清酒用麴の製麴品温経過を範とし操作した。「だるまひえ」麴は他の麴よりデンプン分解酵素力価が低かった。「長十郎もち」麴と「もじゃっぺ」麴のデ

ンプン分解酵素の力価差は精白の違いによるものと思われた。タンパク質分解酵素の差は製麴品温経過の差に起因するものと考えられた。糖化物の糖度、甘味の差はデンプン分解酵素の力価差に比例した。

本試験実施にあたり、糯ひえ「長十郎もち」を分譲下さった岩手大学農学部附属寒冷フィールドサイエンス教育研究センターの星野次汪教授に御礼申し上げます。

文 献

- 1) 岡崎直人, 竹内啓修, 菅間誠之助, 日本醸造協会誌, **74**, 683 (1979)
- 2) 岡崎直人, 日本醸造協会誌, **75**, 831 (1980)

優良清酒酵母の選抜*

米倉裕一**、中山繁喜**、平野高広**、山口 佑子**

「岩手吟醸 2 号」の酸低生産性酵母の取得を試みた結果 2 株の有望株を得た。この有望株 2 株及び「岩手吟醸 2 号」を用い総米 150kg で醸造試験を行ったところ、いずれも親株より滴定酸度が低く、発酵性が良く、香気生成量が多かった。官能評価は、2 株とも親株とは異なる酒質であるとの評価であった。

キーワード：「岩手吟醸 2 号」、酵母、低酸性

Selection of Good Sake Yeast

YONEKURA Yuichi, NAKAYAMA Shigeki, HIRANO Takahiro and YAMAGUCHI Yuko

Two low acid productivity strains was obtained from the Iwate-Ginjou No.2 yeast. Brewing test with these strains, total rice 150 kg, showed low acidity, active fermentation and high productivity of fragrance component, compared with the parent strain. The sake brewed with each strain was evaluated by sensory test that they had different characteristics compared with that of the parent strain.

key words : *Iwate-Ginjo No. 2*, sake yeast, low Acidity

1 緒 言

岩手県では「岩手吟醸 2 号」がオリジナル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、「もっと高い香りを出す酵母が欲しい」、「もう少し酸の低い酵母が欲しい」といった要望が聞かれるようになった。今回は、「岩手吟醸 2 号」より酸生成の低い酵母の取得を試みた。

2 実験方法

2-1 酵母の取得と選抜

当センター保存の「岩手吟醸 2 号」を麴エキス液体培地 (Brix. 10°) で 20°C、2 日間培養し、単コロニーが出現するよう適時希釈後、麴エキス平板培地 (Brix. 15°) に塗抹し 15°C 培養した。出てきたコロニーを、TTC 平板培地と Wallerstein Nutrient (WLN) 平板培地にレプリカし、呼吸欠損株の確認と低酸性酵母の取得を行った。

取得した株は、麴エキス培地 (Brix. 10°) で 20°C、4 日間培養後、麴エキス培地 (Brix. 20°) で 15°C、一週間静置培養した。この培養液を遠心分離して酵母菌体を取り除いた上澄を成分分析し選抜に用いた。

選抜した株は総米 1kg の小仕込試験に供しさらに選抜した。仕込配合は表 1 のとおりとし、使用酒米は精米歩合 60% 「ぎんおとめ」、汲水歩合は 140% とした。初添、踊りの仕込温度は 16°C、仲添 12°C、留添 7°C にした。1 日に 0.5°C ずつ 10°C まで恒温器の温度を上げ発酵を行い、

日本酒度が -4 ~ -1 になったときに遠心分離により上槽した。

表 1 総米 1kg 小仕込試験配合

	初添	仲添	留添	計
総米	180	290	530	1,000
蒸米	130	220	450	800
麴米	50	70	80	200
汲水	270	380	750	1,400

・単位は g

・酵母仕込による 3 段仕込

2-2 醸造試験

醸造試験は、総米 150kg で行い、麴米、掛米とも「吟ぎんが」(精米歩合 50%) を使用した。仕込配合は表 2 の

表 2 総米 150kg 醸造試験仕込配合

	酒母	初添	仲添	留添	計
総米	4	25	50	71	150
蒸米		17	41	62	120
麴米	4	8	9	9	20
汲水	16	30	60	104	210
30%アルコール(L)					55

・単位は kg

・高温糖化酒母仕込による 3 段仕込

* 基盤的・先導的技術研究開発事業

** 食品醸造技術部

とおりとし、初添の温度を14℃、留添温度を6℃、最高温度を11℃とし、日本酒度-4を目安に醸造アルコールを添加し上槽した。

2-4 成分分析および官能評価

培養液、製成酒の一般成分は国税庁所定分析法¹⁾に準じた。香气成分はHEWLETT PACKARD製ヘッドスペースガスクロマトグラフ5890 SERIES 2により分析した。

製成酒は当センター醸造担当者5名で、酒質の特徴について評価した。

3 実験結果および考察

3-1 酵母の取得と選抜

岩手吟醸2号酵母を6枚のシャーレに10⁶倍希釈し塗抹培養した結果、100cells/枚程度のコロニーが出現した。これらにTTC染色した結果、白色のコロニーは1個で、その他は全て呼吸欠損株でない赤色を示した。赤色のうち、MLN培地で緑色の変化が遅い酸低生産性株は24株であった。

これら24株と親株の岩手吟醸2号、M310、協会1801酵母を培養し上澄液を分析した結果を表3に示す。親株より酸度が低かった取得株は12株/24株であった。その差は0.1~0.2mlと僅かな減少であり、対照株であるM310、協会1801号の1.9mlには及ばなかった。今回の試験では薬剤等の変異処理をしていないため、飛び抜けた性質を持つものは現れなかったものと思われる。これら、酸の低い12株のうち、イソアミルアルコールの低い株、糖の資化性のよい株、カプロン酸エチルの濃度が高い株、酢酸エチルが低い株として、No. 1、11、13、18、20の5株を選抜した。

次に総米1kgの小仕込試験結果を表4に示す。前述した5株と対照として親株とM310を用いた。仕込品温が高く発酵旺盛であったことに加え、もろみ終盤で品温を下げなかったため、もろみ日数は留後21日と短く、製成酒の滴定酸度は2ml以上と高かった。選抜株の滴定酸度は、親株より低いものが3株あり、特にNo. 13は一般に酸が低いとされるM310よりも低かった。また、もろみ中の発酵状態の指標である日本酒度は、No. 1株を除き、-4~-1と親株より若干良好あるいは良好な値であった。特に、

日本酒度-1のNo. 13は、発酵が旺盛に進んだにもかかわらず酸度が低いこと、イソアミルアルコールの生成量が高いがカプロン酸エチル生成量が高いことから有望株と思われた。また、No. 18株も親株より滴定酸度とイソアミルアルコール生成量が低く有望株と思われ、これら2株を総米150kg醸造試験に供した。

表3 培養試験分析結果

	AC (ml)	EtOH (%)	糖度 (%)	CaEt (ppm)	AmOH (ppm)	EtAc (ppm)
親株	2.2	10.3	8.1	2.50	64.0	8.3
No. 1	2.1	10.1	8.2	2.44	58.2	12.5
2	2.2	10.5	8.2	2.42	65.0	12.5
3	2.1	10.9	8.2	2.90	68.5	12.4
4	2.2	10.8	8.1	2.76	66.1	11.9
5	2.1	10.9	8.1	2.65	67.0	11.7
6	2.2	10.8	8.0	2.26	65.1	9.6
7	2.2	11.1	8.1	2.52	63.7	10.8
8	2.3	11.0	8.1	2.50	59.2	10.5
9	2.1	11.0	8.1	2.57	67.7	10.3
10	2.1	10.4	8.2	2.32	65.4	10.1
11	2.1	10.4	7.9	3.04	63.7	10.3
12	2.2	10.4	8.2	2.56	65.0	11.5
13	2.1	10.1	8.1	2.77	71.3	7.9
14	2.1	10.3	8.2	2.58	73.6	12.5
15	2.2	10.6	8.2	2.49	75.5	11.7
16	2.1	10.1	8.2	2.32	77.4	16.1
17	2.2	10.3	8.2	2.77	69.5	13.0
18	2.0	10.3	8.2	3.90	62.2	11.8
19	2.1	10.5	8.2	2.79	68.5	11.6
20	2.1	10.3	8.0	3.02	66.3	11.2
21	2.2	10.3	8.2	3.11	67.4	12.1
22	2.2	10.4	8.1	2.70	68.0	11.5
23	2.2	10.4	8.2	2.33	65.4	10.3
24	2.3	10.5	8.0	2.70	67.6	9.6
M310	1.9	10.3	8.1	2.39	62.8	8.1
1801	1.9	10.2	8.2	3.86	61.4	8.4

*AC: 滴定酸度 EtOH: エチルアルコール濃度 糖度: 屈折計による Brix. (%) CaEt: カプロン酸エチル濃度 AmOH: イソアミルアルコール濃度、EtAc: 酢酸エチル濃度 紫: 選抜株、水色: 優良因子

表4 総米1kg小仕込試験製成酒の成分

	一般成分				香气成分(ppm)			
	日本酒度	アルコール (%)	滴定酸度 (ml)	グルコース (%)	カプロン酸エチル	酢酸イソアミル	イソアミルアルコール	酢酸エチル
親株	-5	16.5	2.7	0.7	5.0	3.2	132	34
No. 1	-9	15.4	2.9	0.9	4.0	2.3	122	30
No. 11	-4	16.3	2.7	0.6	4.8	3.2	125	37
No. 13	-1	15.9	2.1	0.8	7.2	3.8	137	34
No. 18	-4	16.4	2.5	0.6	5.1	3.2	127	36
No. 20	-4	16.0	2.5	0.6	4.9	3.0	134	29
M310	-1	16.2	2.3	0.6	5.6	3.0	114	31

・ 紫: 選抜株、水色: 優良因子、赤: 劣性因子

3-2 醸造試験

総米 150kg の醸造試験結果を表 5 に示した。もろみ初期は溶け優先に進み遅れ気味だったため、14 日目と 16 日目の 2 回追水を行い調整した。追水後は順調に進み、最終的なもろみ日数は 28~31 日とほぼ標準的となった。製成酒は、滴定酸度が親株 1.5ml に対し、No. 13 が 1.2ml、No. 18 が 1.4ml とともに、酸生成量が低かった。香气成分であるカブロン酸エチル、酢酸イソアミルは、両株とも生成量が増えていた。オフフレーバーであるイソアミルアルコール、酢酸エチルは、同程度もしくは微増であった。

表 5 150kg 醸造試験結果

	親株	No. 13	No. 18
最終汲水歩合 (%)	150	150	150
もろみ日数 (日)	31	28	30
日本酒度	+4	+5	+4
アルコール (%)	17.2	16.0	16.5
滴定酸度 (ml)	1.5	1.2	1.4
アミノ酸度 (ml)	0.8	0.9	1.0
グルコース (%)	0.4	0.6	0.5
カブロン酸エチル (ppm)	4.5	5.9	5.2
酢酸イソアミル (ppm)	1.2	2.4	1.7
イソアミルアルコール (ppm)	129	135	131
酢酸エチル (ppm)	22.2	26.4	26.4

表 6 製成酒の官能評価

コメント	
親株	酢酸イソアミル系の香、ソフト
No. 13	カブロン酸エチル系の香、やや重
No. 18	香穏やか、きれい、ソフト

製成酒官能評価を表 6 に示す。親株、No. 13、No. 18 とともに優劣はなかったが、酒質の差はあるとの評価であった。親株はカブロン酸エチル、酢酸イソアミルの両香气成分生成量が一番低いにもかかわらず酢酸イソアミル系の香りが強いとの評価であり、また、割合的には酢酸イソアミルが多く生成している No. 13 は、カブロン酸エチル系の香りが強いとの評価であった。中間の No. 18 は特徴的な香りは強く感じられなかった。単純な香气成分データとの相関は低く、この特徴が何によるものなのか興味がある。

今回の試験で、親株より酸生成量が少なく、発酵が良い酵母が取得でき、安定した酒造に寄与できると思われる。また、親株を含めた 3 株は、それぞれ酒質に個性があり、使用用途試験を進めることでさらなる酒質の個性化が期待できる。

4 結 言

当センター保管の「岩手吟醸 2 号」酵母から酸生成量の低い株の取得を行い 2 株の有望株を取得した。醸造試験の結果、2 株は親株より酸生成量が少なく発酵が良かった。官能評価でも、親株と異なる酒質であり、新しい酵母として期待できる。

文 献

- 1) 注解編集委員会編：第 4 回改正 国税庁所定分析法 注解，日本醸造協会（1993）

赤ワイン用ぶどうの醸造試験*

平野 高広**、山口 佑子**、米倉 裕一**

大野 浩***、田村 博明***

岩手県の冷涼な気候に適した赤ワイン用ぶどう 2 系統（山梨 38 号、山梨 44 号）の醸造試験を、メルローを対照として行った。2007 年は成熟期の平均気温が高かったが、両系統とも着色不良は起きなかった。ワインの官能検査では両系統ともメルローと同等レベルとの高い評価を得た。

キーワード：2007 年、醸造試験、醸造専用ぶどう品種

Brewing Test of Red Wine Grape Cultivars

HIRANO Takahiro, YAMAGUCHI Yuko, YONEKURA Yuichi
OHNO Hiroshi and TAMURA Hiroaki

Wines were made from 2 red grape cultivars, Yamanashi 38 and Yamanashi 44, suited for cold climates in Iwate prefecture and from merlot as a reference. Although the average temperature during maturation in 2007 was relatively high, Yamanashi 38 and Yamanashi 44 were colored highly. These wines were evaluated highly as the same level as merlot by a sensory test.

key words: 2007 year, brewing test, wine grape cultivar

1 緒 言

現在、岩手県の推奨品種に登録されている醸造専用ぶどうは、白ワイン用ではリースリング・リオンと S-9110 の 2 品種であり、リースリング・リオンは岩手の主要な白ワイン品種となっている¹⁾。赤ワイン用ではメルローとカベルネ・フランの 2 品種が奨励されているが、岩手のような寒冷地では酸味が強く、着色不良が起きるなどの品質低下がしばしば見られることから、岩手に合った品種の選抜が必要とされている。

平成 16～18 年度の研究に於いて^{2～4)}、山梨県で育種選抜した赤ワイン用ぶどう品種のうち、岩手の冷涼な気候風土にあった系統として山梨 38 号と山梨 44 号を選抜した。本報では、これら 2 系統を県内ワイナリーへ普及させることを目的に、メルローを対照として 2007 年における醸造適性について検討した。

2 方 法

2-1 試験樹について

前報⁴⁾同様、岩手県農業研究センター（北上市）に植栽されている山梨県果樹試験場で醸造用として育成

された 2 系統（山梨 38 号、44 号）を用いた。これらの試験樹は、平成 12 年に植栽され、植栽時樹齢は 1 年生である。対照には花巻市大迫産メルローを用いた。

表 1 交配組み合わせ

試験品種	交 配
山梨 38 号	山梨 27 号(甲州三尺×メルロー)×マルベック
山梨 44 号	カベルネ・ソービニオン×ツヴァイゲルト・レーベ

2-2 果汁、ワインの一般分析

前報⁴⁾に従った。

2-3 ワインの醸造

収穫した各系統のぶどうを除梗・破砕機にかけ、メタ重亜硫酸カリウム 100ppm を添加後、翌日、乾燥ワイン酵母 L-2323(ラルバン社製)を 0.4g/L 添加し、発酵を開始した。補糖は、結晶ブドウ糖を初期糖度が 22° となるように 1 日目に行った。かもし期間は 5 日間とし、3 日目まではパンチダウンを 1 回/日、4 日目以降は 2 回/日行った。搾汁後マロラクティック発酵(以降 MLF) スターター(商品名「ビニフローラ エノス」、

* 優良赤ワイン用ぶどう品種の醸造適性

** 食品醸造技術部

*** 岩手県農業研究センター

シイベルヘグナー社製)を0.01g/L添加した。発酵終了後、メタ重亜硫酸カリウム100ppmを添加し澱引きした。その後4℃で約2週間静置した後、2回目の澱引きした。さらに4℃で3ヶ月静置した後に3回目の澱引きを行いメタ重亜硫酸カリウム60ppmを添加して瓶詰めした。なお、品種の特徴を活かすため、澱下げ及びろ過は行わなかった。

2-4 官能試験

官能評価は、外観2点、香り3点、味5点の10点満点で評価した。パネラーはワインメーカー13人、試験研究機関6人の19名で2008年2月15日に行った。

3 結果

3-1 気象と生育状況

2007年の有効積算温度、日照時間、降水量の平年値比較を図1に示した⁵⁾。平年に比べて有効積算温度は高く、日照時間が長かったが、降水量も多かった。

生育状況を表2に示す。発芽期と開花期は過去3年間とほぼ同じであった^{2~4)}。山梨38号及び山梨44号の収穫期は、過去3年間では10月上旬~中旬であったが^{2~4)}、2007年は過熟しないよう半月~1ヶ月ほど早めた。

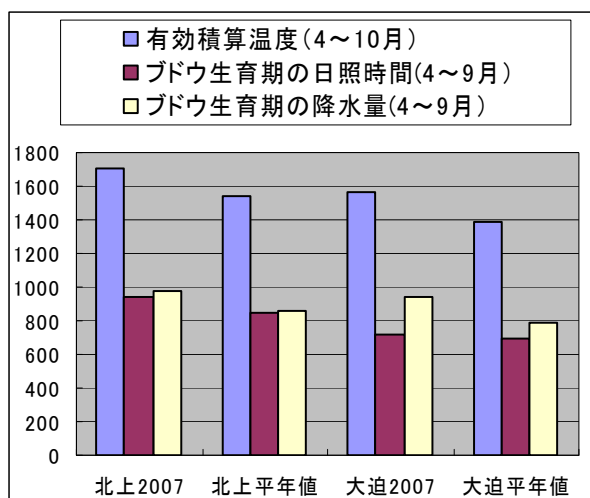


図1 有効積算温度、日照時間、降水量 (2007年岩手県北上市、大迫)

表2 生育状況

試験品種	発芽期	開花期	収穫期
山梨38号	5/10	6/22	9/13
山梨44号	5/13	6/24	9/20
メルロー	5/10	6/26	10/18

3-2 原料果汁

原料果汁の成分等を表3に示す。搾汁率は、山梨38号、山梨44号とも対照のメルローより若干低かった。

糖度は、山梨38号、山梨44号ともメルローより低く、また過去3年間で最も低い値であった。総酸は、山梨38号、山梨44号ともメルローより高く、過去3年間でも最も高い値であった。

図3は果実の写真である。栽培地や栽培方法が異なるため単純な比較はできないが、対照のメルローは着色不良が起きたのに対し、山梨38号と山梨44号は着色不良は起きなかった。成熟期である9月の平均気温は、北上、大迫とも平年より約2.5℃高く⁵⁾、メルローの着色不良はこのためと思われる。

表3 原料果汁

	仕込量 (kg)	搾汁率 (%)	糖度 (Brix°)	総酸 (%)	pH
山梨38号	20.5	78.6	17.0	0.96	3.2
山梨44号	24.2	78.5	18.4	0.77	3.4
メルロー	19.0	82.5	19.4	0.58	3.5



図3 果実の写真

(左から 山梨38号、山梨44号、メルロー)

3-3 ワインの醸造試験

アルコール発酵の経過を糖の減少量で示す(図4)。発酵時の品温は25℃前後で、最高品温を28~29℃とし、25℃以上の日を3日間保った。発酵経過はすべて同様の経過を取り、6日目でアルコール発酵が終了した。

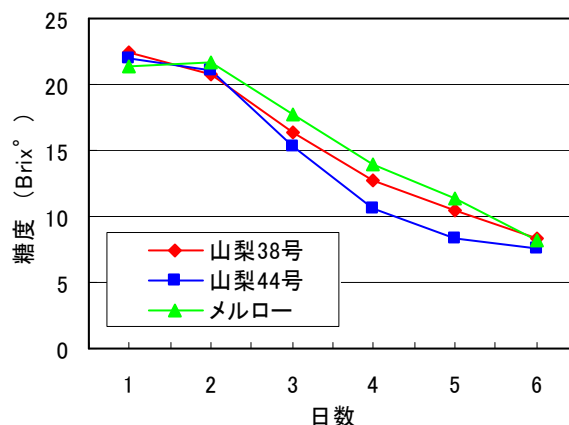


図4 アルコール発酵の経過

次に、MLFの経過を総酸の減少量で示す(図5)。アルコール発酵が終了した6日目にMLFスターターを添

加し、品温は 23℃前後で 2 週間ほど行った。その間の総酸の減少量は品種により差が生じ、最も減少した山梨 38 号で 0.29%、山梨 44 号で 0.19%、メルローは 0.16% の減少であった。

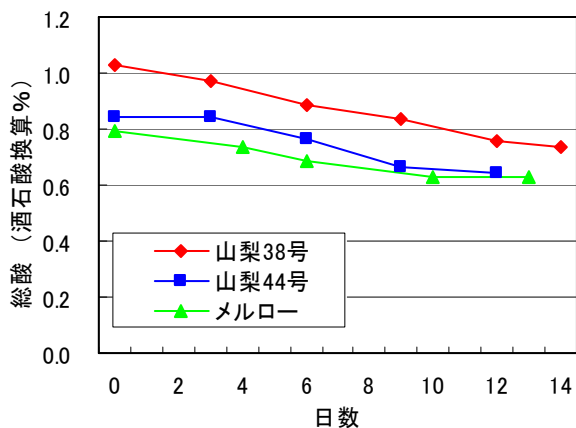


図5 マロラクティック発酵の経過

3-4 ワイン分析および官能試験

ワインの官能試験結果を表5に、一般成分を表6に示す。またワインの写真を図6に示す。ワインはアルコール度数 10.6~11.2、エキス分 3.3~4.6、還元糖 2.3g/L以下で、山梨 38 号と山梨 44 号は色が濃く濃厚なワインに、メルローはやや色が薄く総フェノールが少なく、若干軽めのワインに仕上がった。ワインの pH は果汁とほぼ同じで、総酸は山梨 38 号と山梨 44 号は果汁よりも低くなっていた。有機酸の量に大きな差はなかった。

官能試験では、山梨 38 号、山梨 44 号とも対照のメルローと同等レベルという高い評価であった。

表5 官能試験結果

	外観	香	味	総合	短評
山梨 38 号	1.7	1.9	3.3	6.9	若々しい香り、しっかりした渋味
山梨 44 号	1.7	1.8	3.2	6.7	穏やかで飲みやすい、スパイシー
メルロー	1.7	1.9	3.1	6.7	酸味が強い、柔らか、バランス良い



図6 ワインの写真
(左から 山梨38号、山梨44号、メルロー)

4 考察

2007 年産の山梨 38 号、及び山梨 44 号の果実の総酸は、過去 3 年間で比較して最も高く、また対照のメルローよりも高かったが、ワインでは僅かな差となった。これは MLF によるリンゴ酸の減少とともに、4℃での静置によって酒石酸が除去されたためである。冷涼な気候で総酸が高くなる岩手県に於いても容易に減酸が可能であり寒冷地に適した系統と言える。

また、栽培地や栽培方法が異なるため単純な比較はできないが、対照のメルローは着色不良が起きたのに対し、山梨 38 号と山梨 44 号は着色不良が起きず、着色不良が起きにくい系統であることが示唆された。なお、ぶどうの着色不良は成熟期の高温が大きく影響し、着果量や着色開始後の気温でも変化するが⁶⁾、品種による差が大きいことが報告されている⁷⁾。

官能試験では、両系統ともメルローと同レベルとの高い評価を得ており、過去 3 年間の結果と同様に岩手県の赤ワイン用ブドウ品種として有望と言える。

両系統とも、岩手県その他、全国の試験地でも高い評価を得ており、山梨 38 号は 2008 年 3 月に「ビジュノワール」という名前で品種登録され、山梨 44 号は 2008 年 1 月に「クリスタルノワール」という名前で品種登録出願されている。岩手県に於いても県の奨励品種登録及び県内ワイナリーへの普及を目指し、情報提供や試験の継続をする予定である。

表6 ワイン成分

	アルコール (%)	比重	総酸 (%)	エキス (%)	残糖分 (g/l)	pH	色調		亜硫酸		アミノ態窒素 (mg/l)	酒石酸 (%)	リンゴ酸 (%)	乳酸 (%)	総フェノール (mg/l)
							430nm ×10	530nm ×10	遊離型 (mg/l)	結合型 (mg/l)					
山梨38号	10.7	1.002	0.67	4.6	1.7	3.36	0.554	0.879	12.5	13.0	139	0.19	Trace	0.28	2188
山梨44号	11.2	0.998	0.60	3.5	2.3	3.42	0.530	0.751	6.1	6.6	187	0.17	Trace	0.31	2685
メルロー	10.6	0.998	0.60	3.3	0.6	3.30	0.253	0.339	12.3	19.8	146	0.21	0.02	0.20	1301

5 結 言

平成16～18年度の研究結果^{2～4)}から有望と評価した山梨38号と山梨44号についてメルローを対照とした醸造試験を実施した。メルローでは着色不良が起きたが、山梨38号と山梨44号は着色不良は起きず、着色性が良いことが示唆された。官能評価では、山梨38号、山梨44号ともメルローと同等レベルとの高評価であり、過去3年間と同様の結果となった。今後は両系統について岩手県の奨励品種登録及び県内ワイナリーへの普及を目指す予定である。

謝 辞

本研究の遂行にあたりメルローの果実を提供して頂きましたエーデルワイン株式会社様に心から感謝

いたします。

文 献

- 1) 大澤 純也ら, 岩醸食試, 10 (1976) ~17 (1983)
- 2) 米倉 裕一ら, 岩手県工技センター研報, 12, 58-60 (2005)
- 3) 山口 佑子ら, 岩手県工技センター研報, 13, 73-75 (2006)
- 4) 山口 佑子ら, 岩手県工技センター研報, 14, 40-43 (2007)
- 5) 気象庁気象統計情報
- 6) 山根 崇嘉ら, 園芸学研究, 6, 441-447 (2007)
- 7) W. M. Kliever and R. E. Torres, Am. J. Enol. Vitic., 23, 71-77 (1972)

ゆきちからベーグル開発

島津 裕子*、佐藤美佳子*

パン用小麦の新品種ゆきちからの栽培が徐々に増えている。国産小麦の課題の一つに品質のバラツキがある。そこで、平成19年産ゆきちからを県内製粉会社3社から購入し、製パン性の面からその品質を調べた。その結果、蛋白質含量は10~12%、パンの比容積は4.3~5.1、パンの食味でも明らかな差が認められた。

併せて、県産小麦を使用したパンの新たな提案を目的に、ゆきちからのベーグル開発に取り組んだ。ハードなニューヨークベーグルは最強力粉が使用されている。ゆきちからはこれとは性質が異なる。そこで、独自の地元ベーグルを目指し、配合や製造工程等を検討した。そして、県産りんごや雑穀を使用したもの等、ゆきちからベーグルを開発した。

キーワード：ゆきちから、ベーグル、

Development of Bagel with *Yukitikara* Wheat

SHIMAZU Hiroko, SATOU Mikako

The cultivation of *Yukichikara*, one of the new wheat breeds for baking, has been gradually increasing. Japanese wheat has a problem of unevenness in its quality. So, 2007 *Yukichikara* was bought from 3 different millers in Iwate and its quality was examined in terms of baking quality. As a result, percentage of protein content was 10~12%, specific volume of the bread was 4.3~5.1 and the taste of bread had an obvious difference.

In order to propose a new bread with Iwate wheat, development of *Yukichikara* bagel was started. Strong wheat is used for hard New York bagel. *Yukichikara* has a different quality. Then, compounding of flour and manufacturing process were investigated to develop an original and local bagel. Such *Yukichikara* bagels as with Iwate apple, minor cereals etc., were developed.

key words : *Yukitikara*, Bagel

1 緒 言

県産小麦の需要拡大のため、これまでは主力品種であるナンブコムギに着目し、パン・菓子への加工利用^{1)~4)}を検討してきたところである。中力粉であるナンブコムギは麺に適した小麦である。風味に特徴があり、比較的蛋白質含量が高めなことからパンにも使用されているが、パンの食感や老化の面では、パン用粉には及ばない。

国産小麦のパンへの関心が高まる中、東北農業研究センターで育種されたパン用小麦の新品種ゆきちからが、平成15年に、県の奨励品種となった。その後徐々に栽培面積が増え、平成19年産は県産小麦の7.4%を占めるまでになった。平成20年4月からは学校給食がナンブコムギ3割から、ゆきちから2割をプラスし、県産小麦5割パンとなった。ゆきちからは、外麦パン用粉に近い製パン性があり、国産小麦としてはパンを作りやすい小麦である。しかし、グルテンの質は外麦パン用粉ほど強くはなく、ミキシング等調製が必要である。さらに、栽培面積の増加とともに品質のばらつきも懸念されるところで

ある。そこで、平成19年産の市販ゆきちから3点について製パン性を調べた。

また、ゆきちからを使用した新製品開発の一助となるよう、ゆきちからのベーグル開発に取り組んだ。今日ベーグルといえば最強力粉を使用したニューヨークベーグルが主流となっている。ハードでもちもちとした食感が好まれている。しかし、県産小麦を使用した場合は、グルテンの性質上そのような食感を得る事はなかなか困難である。そこで、ニューヨークベーグルにこだわることなく、地元いわてのベーグルとして、配合や製法そして副原料等検討をした。そして、「ゆきちからベーグル」を開発したので、これらの結果を報告する。

2 実験方法

2-1 小麦粉分析

水分の分析は、135℃1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。アミログラフの値

* 食品醸造技術部

についてはブラベンダー社製ビスコグラフを用いて測定した。

2-2 平成19年産ゆきちからの製パン試験

〔原料配合〕小麦粉 100%、ドライイースト 1.2%、塩 2%、砂糖 5%、脱脂粉乳 3%、ショートニング 5%、水は粉により適宜加減した。

〔製造工程〕ミキシングは低速 2分30秒、中速 2分30秒、中高速 30秒、ショートニングを投入し低速 2分30秒、中速 2分30秒、中高速 1分~1分30秒とした。ミキシング後の製造工程は1次発酵 28℃60分、パンチ、28度 30分、分割はワンローフ 360g、食パン 220g × 4、パンチ 15分、ホイロ 38度 45分、焼成は上火 180度、下火 220度でワンローフ 20分、食パン 30分とした。

〔パンの評価〕パンの体積は菜種置換法、パンの官能評価は色相、触感、香り、味、総合について5段階評価で実施した。

2-3 ゆきちからのベーグル適性

(1) オールドファッションベーグル：ゆきちからと外麦フランスパン用粉を比較

〔原料配合〕小麦粉 90%、ライ麦 10%、ドライイースト 1.2%、塩 1.8%、砂糖 3%、水は適宜加減した。

〔製造工程〕ミキシング後 100g 分割、パンチ 5分、成形、ホイロ 30度 45から 60分、湯通し、焼成は上火 220度、下火 190度で 14分。

(2) ベーグル：ゆきちからと外麦パン用粉を比較

〔原料配合〕小麦粉 100%、ドライイースト 1.5%、塩 1.8%、砂糖 3%、ショートニング 2%、水は適宜加減した。

〔製造工程〕ミキシング後一次発酵 28度 60分、75g 分割、パンチ 5分、成形、ホイロ 35度 20分、湯通し、焼成は 200度、17分。

〔ベーグル官能評価〕外観、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段階評価で実施した。

2-4 ベーグルの製造工程検討

製造工程では、①一次発酵の有無、②湯通しの湯の中に溶かす物質の比較、③湯通しとその代替に湯種を使用した場合等検討をした。

なお、ベーグルの官能評価は色、味、香り、食感、総合の各項目について、5段階評価で実施した。

2-5 ゆきちからベーグルの開発

ゆきちからを使用して、地元いわてのベーグルを開発するために、配合や副原料の種類、製造工程等種々検討した。

3 結果および考察

3-1 小麦粉分析

県内の製粉会社3社から購入した平成19年産ゆきちからの分析結果を表1に示した。

蛋白質含量は 10.0%~12.0% でゆきちから A、C は外

表1 平成19年産ゆきちからの分析結果

	水分 (%)	蛋白質 (%)	灰分 (%)	最高粘度 (BU)
ゆきちからA	13.3	12.0	0.52	594
ゆきちからB	14.0	10.0	0.53	741
ゆきちからC	15.2	11.7	0.44	999
外麦パン用粉	14.2	11.7	0.38	926

麦パン用粉レベルの蛋白質含量であった。灰分は 0.44~0.53% で外麦よりはやや高い傾向にあった。アミログラフの最高粘度は 300BU 未満の低アミロのものはなかった。

3-2 平成19年産ゆきちからの製パン性

平成19年産ゆきちからの製パン試験結果を写真1、表2に示した。

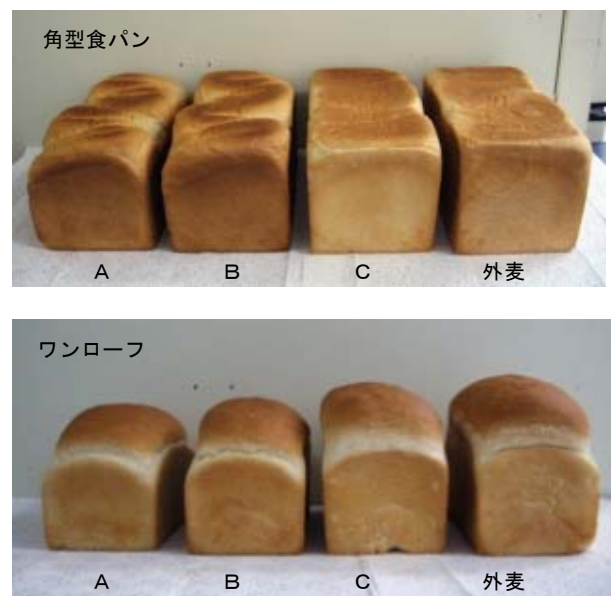


写真1 パン外観

表2 製パン試験結果

	給水率 %	ワンローフ容積 ml	比容積 ml/g	パンの品質 合計点* ⁵⁾
ゆきちからA	64	1400	4.3	59.6(E)
ゆきちからB	62	1410	4.4	65.3(D)
ゆきちからC	63	1630	5.1	76.7(C)
外麦パン用粉	67	1660	5.2	80.2(C)

*日本イースト工業会パンの品質採点表による採点&()はランク

製パン試験の結果、3点のゆきちからの品質差は大きかった。ゆきちからAは蛋白質含量が高かったにもかかわらず、パンの容積が出なかった。給水率64%でミキシング時も3点の中では生地パワーを感じ、各製造工程もなら問題なく順調に進んだ。しかし、オープンに入ってから静止状態で、全く窯伸びしなかった。ゆきちからBは蛋白質含量が低かったため、ボリュームが出にくかった。ゆきちからCは外麦パン用粉に近いボリュー

ムで、パンの品質も外麦と同じCレベルであった。

図1にパンの官能試験結果を、写真2にパンの内相を示した。

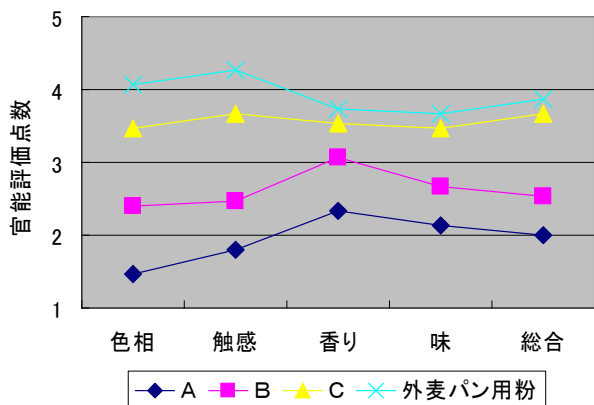


図1 パン官能試験結果



A B C 外麦

写真2 パンの内相

ゆきちからAは内相がくすんでおり、触感もぼそぼそで、風味も劣った。BはAよりは良かったものの普通評価には達しなかった。Cはすべての項目で、評価がよく、外麦に近かった。加工業者ならびに消費者のためにも、ゆきちからCレベルの品質のものが安定的に供給されるよう期待したい。

3-3 平成19年産ゆきちからのベーグル製パン試験

平成19年産ゆきちから3点について、ベーグルの製パン試験を実施し、その結果を、写真3、図2に示した。

小麦粉の品質差は、ベーグルの場合食パン程には影響しなかった。つまり、ベーグルは内相が詰まった状態のパンのため、ゆきちからAのようにボリュームの出にくい小麦でも、あまり問題にはならなかった。

しかし、官能試験では、ゆきちからAは味・香り・総合評価がやや劣った。ゆきちからB、Cの評価はほぼ同じ結果であった。

このことから、ベーグルでも小麦粉の味・香りが劣るとパンの風味への影響することがわかった。

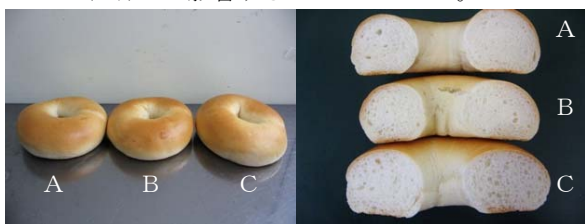


写真3 19年産ゆきちからの外観&内相

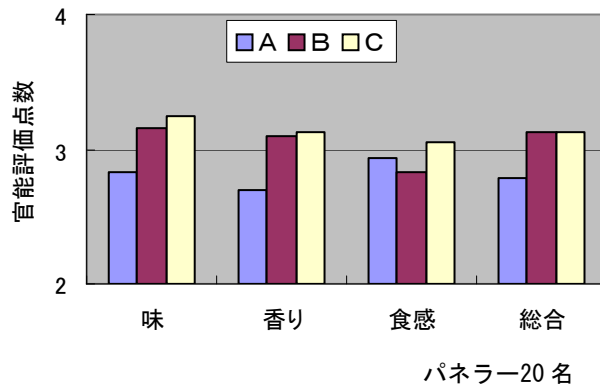


図2 19年産ゆきちからベーグル官能試験結果

3-4 ゆきちからのベーグル適性

(1) オールドファッションベーグル

ゆきちからのベーグル適性を調べるため、オールドファッションベーグルで外麦フランスパン用粉と比較した。その結果を写真4、図3に示した。



外麦フランスパン用粉 ゆきちから

写真4 オールドファッションベーグル外観

ゆきちからは外麦フランスパン用粉より若干官能評価が低い傾向にあったものの、総合評価は3.1であった。オールドファッションベーグルでは、ライ麦を10%配合しているため、ライ麦のもちもち感もプラスに働き、ゆきちからも、まずまずの適性が認められた。

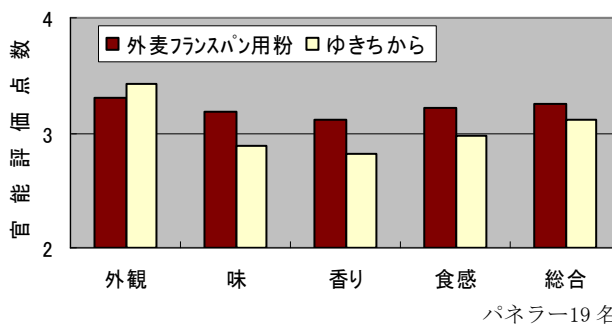


図3 オールドファッションベーグル官能試験結果

(2) ベーグル

次に小麦粉100%、ショートニング2%の文献配合のベーグルで、ゆきちからと外麦パン用粉を比較した。

その結果は写真5、図4のとおりで、総合評価は外麦3.15に対しゆきちからは2.8であった。そこで、ゆきちからの官能評価を上げるために、甘味を増し、モルトエキスや卵を配合して作ったところ総合評価を3.8に高めることができた。ただし、この配合については、コメン

トの中に「パンとしては美味しいがベーグルとしては?」、
「個人的に食感は好きだが、ベーグルでないように感じた」「甘い一般受けしそう」等のコメントが寄せられた。



外麦パン用粉 ゆきちから ゆきちから提案配合
写真5 ベーグル外観

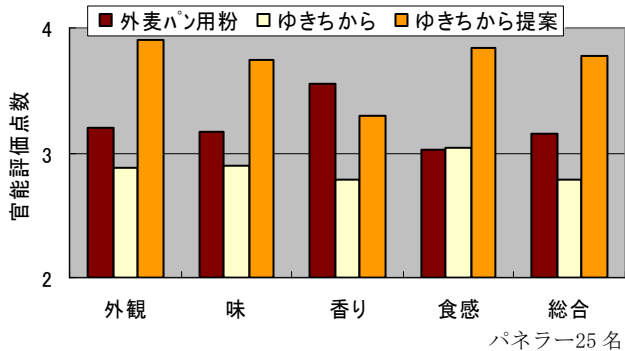


図4 ベーグル官能試験結果

3-5 一次発酵の有無

ベーグルの製法は実に様々である。例えば一次発酵を全くとらないものから60分発酵させる方法もある。そこで、一次発酵の有無によりベーグルがどのようにできるのか比較してみた。以後一次発酵28℃、60分を〔有〕、一次発酵無しは〔無〕と表現する。なお、ホイロは成形後の生地1.6倍を目安としたので、〔有〕は35℃・17分、〔無〕は35℃・25分要した。

各々のベーグルの外観および官能試験結果を写真6、図5に示した。

両者の明らかな違いは外観であった。〔有〕の方が膨らみによりやや肌荒れが生じた。一方〔無〕は張りのある外観となった。食感は〔有〕が柔らかめ、〔無〕は発酵時間が少ない分だけ、残糖の影響か焼き色がやや濃かった。風味については好みの分かれるところであったが、大差はなかった。



一次発酵：有 一次発酵：無
写真6 ベーグル外観

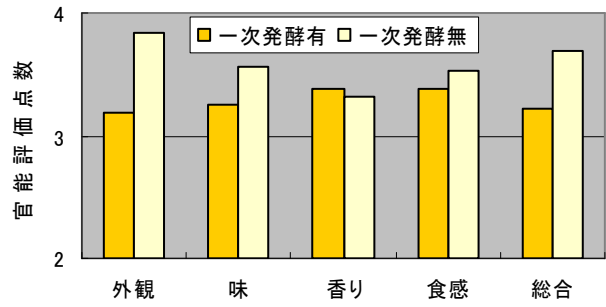


図5 一次発酵の有無官能試験結果

3-4 茹で湯への溶解物質比較

ベーグルを湯通しする際、湯の中に溶かす物質もいろいろである。そこで、モルトエキス、はちみつ、砂糖各々の3%溶液で湯通し、比較検討した。その結果を写真7、図6に示した。



モルトエキス はちみつ 砂糖

写真7 ベーグル外観

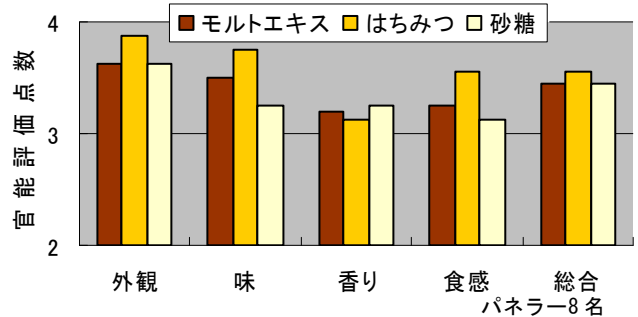


図6 湯で湯への溶解物質比較官能試験結果

はちみつを使用したものが、外観、味、食感等評価が良い傾向にあった。ただし、各々の単価は砂糖1に対し、モルトエキス約3倍、はちみつ約5倍である。いずれも3以上の評価を得ていることから、食味と単価を考慮し、適宜選択したいところである。

3-5 湯通しと湯種の比較

ベーグルの特徴は湯通しすることにある。これでもちもち食感が出てくる。しかし、仕込み量が多いと、湯通し工程は時間と労力を要する。そのため、湯種を使用することで、湯通し工程を省略できる市販のミックス粉も販売されている。そこで、ゆきちからを使用し、湯通ししたものと、湯通しに代え、自家製湯種を10%配合したもので、それぞれベーグルを製造し、比較検討した。その結果を図7に示した。

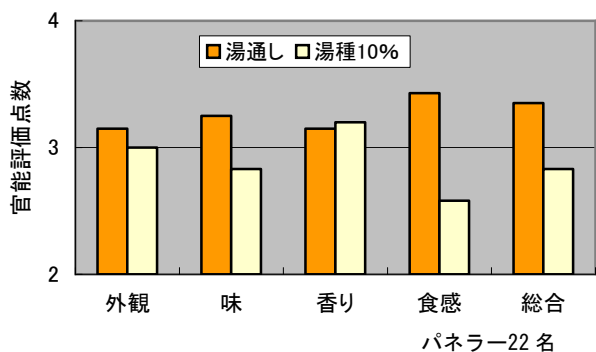


図7 湯通り・湯種官能試験結果

両者の違いは食感に大きく現れた。湯通りをした方は、噛み応え、歯ごたえがある。一方湯種を使用した方はソフトである。これには、コメントには物足りなさを感じる、ふっくらしていてベーグルらしくない、パンとしてはおいしい等寄せられた。総合評価は湯通りをした方が高かった。

ただし、噛み応えのあるベーグルが苦手な人には、湯種ベーグルは食べやすく向いていると思われる。

3-6 副原料の検討事例

ベーグルにレーズンやくるみを配合はどうか検討してみた。その結果を図8に示した。

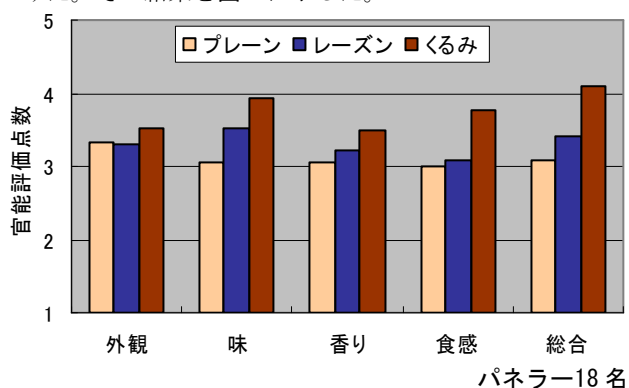


図8 副原料配合官能試験結果

レーズン、くるみを配合したものは、味がプラスされたためかプレーンより官能評価が良くなった。くるみの方がより好まれた。ただし、中にはベーグルっぽくないというコメントもあった。

なお、官能試験ではプレーンに何も付けず、そのまま試験に供している。実際は好みのものを付けたり、挟むなどして食するものなので、その点を考慮する必要がある。

3-7 ゆきちからベーグルの提案

種々の配合や製造条件を検討した中から、写真8の6点を地元いわてのゆきちからベーグルとして提案する。

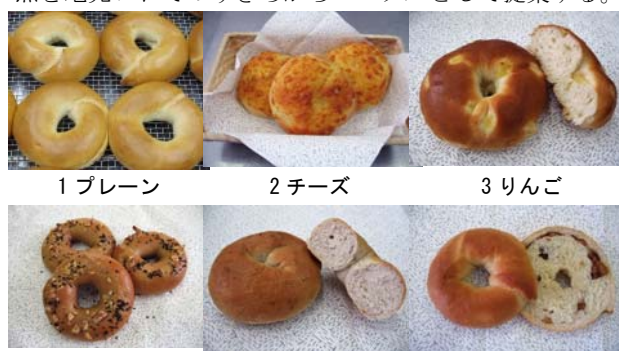


写真8 ゆきちからベーグル

4 結 言

市販されている平成19年産ゆきちからの品質を製パン性の面から調べた。その結果、蛋白質含量、パンの比容積、食味に明らかな差があり、品質のばらつきは大きかった。消費拡大には品質の安定が望まれる。

ゆきちからの新商品開発に資するため、ベーグル適性を調べた。その結果、官能評価では、外麦パン用粉よりや低い傾向にあった。そこで、ゆきちからにあった配合や製造条件を検討した。そして、ゆきちからベーグル6点を開発した。

これらの結果については、今年2月のゆきちから研究会で、小麦栽培関係者や県内加工業者へ情報提供した。県産小麦使用の新商品誕生の一助となれば幸いである。

文 献

- 1) 島津裕子他、関村照吉、大沢純也：岩工技報，11，27（2004）
- 2) 島津 裕子他、菊池淑子、遠山良：岩工技報，12，15（2005）
- 3) 島津 裕子他、菊池淑子、遠山良：岩工技報，13，（2006）
- 4) 島津 裕子他、遠山良：岩工技報，14，（2007）
- 5) 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）
- 6) 江崎 修：プロのためのわかりやすい製パン技術
- 7) 島津睦子：手作りパン工房

片面シソ飲料に含まれるロズマリン酸の定量*

及川 和志**、藤田 清***

川井村では片面シソを活用した特産品の開発に取り組んでいる。シソの機能性成分であるロズマリン酸の含有量を明らかにするため、市販されているシソ飲料や開発中のシソ酢を対象に定量分析を行った。その結果、川井村産シソ飲料（ペリーラ）にはロズマリン酸が400mg/L程度含まれていた。また、シソ酢の製造中にロズマリン酸が減少する原因についても検討した。

キーワード：シソ、エゴマ、ロズマリン酸

Analysis of the Rosmarinic Acid in Perilla Drinks

OIKAWA Kazushi*, FUZITA Kiyoshi**

Kawai-Village is developing of original foods from perilla leaf named “Katamen”.

To investigate of the rosmarinic acid, perilla drinks were analysed by HPLC.

Key words: Perilla, Egoma, Rosmarinic acid

1 緒 言

岩手県沿岸北部から県央部にかけての中山間地帯は、春から初夏にかけて吹き降ろす「やませ」の影響を強く受けるため水稲栽培には困難が伴う。その一方で、冷湿な環境でも育つレタスや大根、シソなどの栽培においては病害虫の発生が少ないなどの利点が見出せるため、減農薬に対応した安全・安心な露地農産物の生産地として見直されている。

本研究のフィールドである下閉伊郡川井村は盛岡市と宮古市のほぼ中間に位置し、林業と畜産を主産業とする自然豊かな山村であるが、早くから中山間地の特色を生かした農業や特産品の開発に力を入れてきた。

中でも、特産の“片面シソ”は“葉表が青く裏が赤い”という特徴に加えて肉厚かつ香味にも優れることから、飲料等への加工利用のほか、梅干製造の原料となる塩蔵シソを年間150t規模で紀州地方に供給するなど、本県を代表する農産物の一つに成長してきた。

しかしながら、更なる産地・ブランドの形成に当たっては、栽培から販売までの体制強化とノウハウの蓄積はもとより、産地や素材の優位性を明らかにするなど、素材自体の差別化を念頭に於いた独自の取り組みが重要となる。

近年、健康志向を背景に、農産物や食品に含まれている栄養成分や機能性成分についての関心が高いが、シソ科植物に含まれるロズマリン酸には抗アレルギー（抗炎症）などの機能性が示唆されている¹⁾ため、身近な健康食材としてのシソの可能性が注目されている。

機能性に関する表記は、特定保健用食品など、安全

性と効果効能を科学的に証明した一部の食品においてのみ許されるものであるが、製品に含まれる有用成分を把握することは、地場の特産品など一般の食品においても“信頼の食”としての認知に少なからず寄与するものである。また、新たな商品開発に取り組む際の成分設計や技術開発の指標としても活用が見込まれる。

そこで、本研究では、川井村が製造販売しているシソエキス製品についてロズマリン酸の含有量を調査すると共に、開発中のシソ酢にロズマリン酸を安定的に保持させるための基礎知見とすべく、加熱処理などの製造条件によって成分が減衰する可能性について詳細な検討を行った。



写真1 川井村区界高原の片面シソ圃場
清らかな環境が良質の片面シソを育てている

* H19年度 技術者受入型研究開発事業「紫蘇エキス製品の機能性成分の定量」

** 食品醸造技術部 専門研究員

*** (社)川井村産業開発公社 事務局長

2 方法

2-1 試料 (シソエキス製品)

(社)川井村産業開発公社 (以下、産業開発公社と略称) で製造、販売しているシソエキス製品 (商品名: ペリーラ、しそっふる、紫蘇原液、塩蔵赤しそ液) は、製造直後の製品および一定期間が経過した保存品を研究試料としてご提供頂いた。また、開発中のシソ酢についても参考試料としてご提供頂いた。

この他、比較試料とするため、岩手県および青森県の産地直売所などで販売されていたシソ飲料およびシソ酢の計12製品を購入した。

2-2 試料 (シソ葉)

片面シソの生葉は産業開発公社よりご提供頂いた。青シソ (イオン盛岡南店にて販売)、赤シソ (遠野市産地直売所「風の丘」にて販売) の生葉は購入した。

また、シソの近縁であるエゴマの生葉についても比較するため、北上市の栽培農家よりご提供頂いた。

何れも、生葉の重量 (g/100枚) と水分 (%) を測定の後、成分抽出などの検討に用いた。

2-3 シソ葉およびエゴマ葉からのアルコール抽出

シソ葉に含まれるロズマリン酸 (およびカフェ酸などのフェノール化合物) を定量するため、シソ葉を凍結乾燥した後、粗粉碎し、70%メタノール (0.1% TFA 含有) にて一昼夜の浸漬抽出を行った。抽出後、No.2 濾紙を用いて吸引濾過し、濾過液を一定量に希釈してアルコール抽出液とした。

2-4 食酢および蒸留酒への成分溶出

産業開発公社では片面シソを利用したシソ酢の開発を進めていることから、シソ葉の浸漬期間と抽出液中のロズマリン酸の推移について検討を行った。

片面シソ葉は、その生葉 300g を幅 1cm 程度に裁断の上、1200ml の米酢 (酸度 4.5%、ミツカン酢) もしくは蒸留酒 (アルコール度数 10°, 20°, 30°) を抽出液として漬け込み、浸漬後 1日、5日、30日、120日の間隔で上清の一部を採取し、ロズマリン酸の定量に供した。

2-5 シソ酢の加熱処理とロズマリン酸の減衰率

シソ酢の加熱殺菌処理によるロズマリン酸の減衰率を把握するため、公社が開発中のシソ酢を用いて加熱試験を実施した。

シソ酢は、その 100ml を試験区ごとに 100ml 容の広口メジューム瓶に分注の上、シリコンパッキンおよび蓋 (穴あき型) により密封し、温度センサーをパッキン部より内部に刺し入れた後、試験温度に温調した恒温水槽にメジューム瓶を浸漬して加熱処理した。

加熱温度は、40、60、75、90℃の4試験区とし、達温か

らの経過時間を計測し、40℃の試験区のみ 0、90、180分の時間間隔、他の 60℃、75℃、90℃の試験区では 0、60、120 分の時間間隔でメジューム瓶内のシソ酢を採取し、ロズマリン酸の分析に供した。

2-6 ロズマリン酸の定量

シソ飲料やシソ酢に含まれるロズマリン酸は、製品を均一に攪拌後、終濃度 70% のメタノール溶液になるように希釈し、0.45 μm のシリンジフィルターにて夾雑物を除去の上、その一定量を高速液体クロマトグラフィー (HPLC) による定量分析に供した。

シソ葉およびエゴマ葉からの抽出液についても、0.45 μm のシリンジフィルターにて夾雑物を除去の上、シソエキス製品と同様に定量分析に供した。

HPLC による定量分析は、標準品としてロズマリン酸およびカフェ酸 (純度 98% 以上、何れもフナコシ) を用い、ODS カラムおよび水-アセトニトリル系溶離液 (0.1% TFA 含有) を用いた逆相・グラジエント条件により行った。成分の同定は、溶出成分のリテンションタイムおよび PDA (フォトダイオードアレイ) 検出器による波長スペクトルの一致により確認した。

ロズマリン酸の化学構造を図 1 に、HPLC 分析で得られた標準品および試料に由来するロズマリン酸の UV-VIS 波長スペクトルを図 2 に示す。

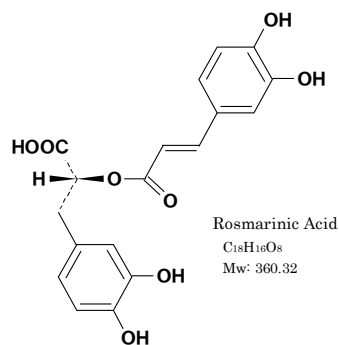


図 1 ロズマリン酸

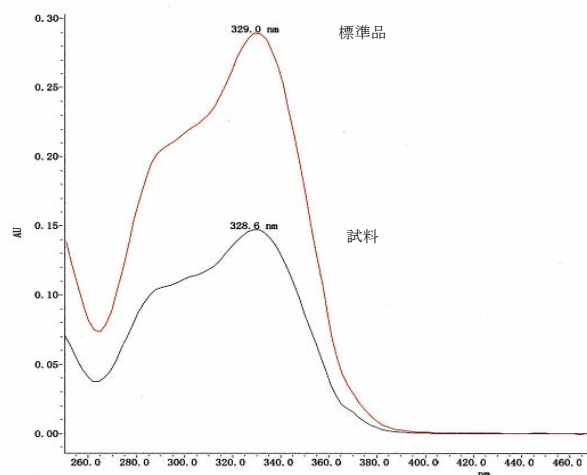


図 2 ロズマリン酸の波長スペクトル

3 結果 および 考察

3-1 川井村製品に含まれるロズマリン酸

川井村の片面シソエキス製品を写真2に、製品についての分析結果を表1に、開発中の片面シソ酢についての分析結果を表2に示す。



写真2 川井村のシソエキス製品

表1 川井村製品に含まれるロズマリン酸

商品名	規格	製造からの経過期間	ロズマリン酸 (mg/L)
紫蘇原液	720ml	直後	761.1
〃	〃	4ヶ月	723.7
ペリーラ	720ml	直後	403.1
〃	〃	8ヶ月	400.2
〃	〃	1年	397.9
〃	500ml	直後	387.2
しそっふる	500ml	直後	46.1
〃	〃	7ヶ月	89.5
塩蔵赤しそ液	500ml	直後	148.6

注) 製品毎の製造年月日は異なる

シソ飲料であるペリーラは、片面シソ葉を熱水抽出して得られたシソエキス（紫蘇原液）を原料に用い、飲用に適するよう希釈と調合の上で製品化されている。

紫蘇原液のロズマリン酸含有量は、製造直後で761.1 mg/L、製造から4ヶ月経過したもので723.7 mg/Lと何れも高濃度であった。一方、ペリーラのロズマリン酸含有量は、387.2 ~ 403.1 mg/Lであり、シソエキスの配合率から考えると分析値は妥当である。

それぞれ、製造日や経過日数が異なる製品での比較ではあったが、紫蘇原液やペリーラのロズマリン酸含有量は製造からの時間を経ても大差ないことから、製品中ではロズマリン酸が安定に保持されていると考えられる。一方、シソエキスとりんご果汁をブレンドした飲料である“しそっふる”では、分析値が2倍程度異なっており、ロット間の変動および原因については更に検討が必要である。

表2 開発中のシソ酢に含まれるロズマリン酸

試料	搾汁からの経過期間	加熱殺菌	ロズマリン酸 (mg/L)
シソ酢	直後	なし	226.9
〃	2ヶ月	85°C10分	75.9

シソ葉は裁断せずに食酢に約3ヶ月間浸漬した後に压榨

次に、産業開発公社ではシソ製品のバリエーション強化の一環として新たにシソ酢の開発を進めており、片面シソを原料に試作されたシソ酢についてもロズマリン酸の定量を行った。

飲用を目的とした果実酢やシソ酢を製造しようとする場合、原料を食酢に漬け込むことで色素などのエキスを十分に抽出できるとされるため、製品化は比較的容易であると思われるが、ロズマリン酸の溶出に着目してシソ酢の製造条件を検討した事例は見当たらない。

分析の結果、シソ葉を食酢に一定期間漬け込んだ後に搾汁して得たシソ酢（非加熱）に含まれるロズマリン酸は226.9 mg/Lであった。一方、搾汁したシソ酢を冷暗所で約3ヶ月間保存した後、ジャケット式タンクで達温85°C、10分間の加熱処理を施したシソ酢ではロズマリン酸の含有量が75.9 mg/Lに減少していた。

この原因としては、シソ葉から溶出した酵素による分解、食酢中でも生育できる耐酸性微生物による分解、あるいは、加熱殺菌工程での劣化などが考えられる。

一般に、食酢（酸度4.5%）には有害微生物に対する殺菌作用がある²⁾と考えられるため、製品化前のシソ酢を非加熱のまま保存するケースが考えられるが、ロズマリン酸の保持には適さない可能性がある。

これらの点については以降の項目で検討した。

3-2 他社製品に含まれるロズマリン酸

岩手県および青森県の産地直売所等で販売されているシソエキス製品についての分析結果を表3に示す。

表3 他社製品に含まれるロズマリン酸

商品名	地域	タイプ	ロズマリン酸 (mg/L)
赤しそドリンク	岩手	赤シソ飲料	291.3
おいしそう	〃	〃	239.7
赤しそ	青森	〃	192.6
しその精	〃	〃	78.7
しそじゅうす	〃	〃	343.4
青シソドリンク	岩手	青シソ飲料	517.3
青しそ	青森	〃	475.4
赤しそ酢	岩手	赤シソ酢	84.9
赤しそ液酢	〃	〃	158.8
赤しそ酢	青森	〃	91.3
湯あがり	〃	梅/シソ飲料	205.2
飲む梅干	〃	梅干飲料	17.6

市販されている全てのシソエキス製品を対象とした検討は困難であるため、川井村製品と商圏がほぼ一致する岩手県および青森県内の他社製品について、一般に販売されていた製品を購入して調査した。

その結果、赤シソを原料とする飲料のロズマリン酸の含有量は、78.7 ~ 343.4 mg/L (5 製品の平均値 229.1mg/L) と様々であるが、川井村のペリーラが含有する約390mg/L に対して6割程度のロズマリン酸を含有するものが多かった。一方、青シソを原料とする飲料ではロズマリン酸の含有量が 475.4 ~ 517.3 mg/L とペリーラよりも2割ほど高濃度であった。

この結果について考察を加えるためには、ロズマリン酸含有量が用いる原料によって大きく異なる可能性についても把握する必要があるため、次項で品種の異なるシソ葉のロズマリン酸含有量についても検討した。

なお、シソ飲料と同時に分析を行った他社製赤シソ酢や梅シソ飲料等の分析結果は、今後、新製品の開発などの際に参考的な情報として活用されるものと期待する。

3-3 シソ・エゴマ葉に含まれるロズマリン酸

川井村の片面シソのほか、赤シソ (ちりめん)、青シソ (大葉)、エゴマ葉について分析した結果を 表4に、片面シソの生葉を写真3に示す。

表4 シソ・エゴマの生葉に含まれるロズマリン酸

品種	生葉 100 枚 あたり重量 (g)	水分 (%)	生葉の ロズマリン酸 (mg/g)
青シソ (大葉)	61.1	87.4	1.9
片面シソ	195.5	85.1	1.8
赤シソ (ちりめん)	111.7	84.2	3.3
エゴマ	169.4	78.8	9.4



写真3 川井村産の片面シソ (生葉)

シソ葉の分析から、生葉 100 枚あたりの重量は片面シソが最も重く、肉厚とされる川井村産片面シソの特徴が現れている。一方、生葉 1g あたりに含まれているロズマリン酸は、シソの起源種とされるエゴマの葉が 9.4 mg/g と最も多く、次いで赤シソの 3.3 mg/g、片面シソは青シソの 1.9 mg/g とほぼ同等の 1.8mg/g であるとの結果が得られた。

この結果を基に、前項で示したシソ飲料の分析結果とを考え合わせると、ロズマリン酸が豊富な赤シソを原料としたシソ飲料はロズマリン酸濃度が低く、対して、ロズマリン酸が比較的少ない片面シソや青シソを原料としたシソ飲料はロズマリン酸が高濃度であるという逆相関的な関係が見出され、興味深い。

これは、赤シソ葉の特徴と言えるアントシアニン系色素の多少が、シソ飲料へのロズマリン酸の配合に影響しているためであると考えられる。

すなわち、シソ飲料の製造に於いては、シソ葉の特徴を製品に反映させることが重要となるため、赤シソ系の飲料ではアントシアニンに由来する鮮やかな赤色を付与したい。この際、チリメンなどの赤シソに対し、片面シソはアントシアニンが少ないため、製品に十分な赤色を付与するためには原料の使用量を多く設定することとなり、結果としてロズマリン酸も高濃度に配合される。

他方、青シソを用いた飲料では、青シソ葉にアントシアニンがほとんど含まれないため、清涼な青シソの香気を製品の特徴として設計する必要があり、必然的に赤シソ系飲料よりもさらに原料の使用量が多くなる。その結果として、青シソ飲料ではロズマリン酸が高濃度に配合される。

このような考察はあくまでも推測の域を出ないが、原料の異なるシソ飲料の製造条件とロズマリン酸含有量との関連について検討を行った事例は見当たらないため、この点については更なる検証の余地がある。

なお、ロズマリン酸のみに着目した場合、片面シソ葉の優位性は特に見出せないとの結果であったが、HPLC 分析で検出されるロズマリン酸以外の機能性成分に着目すると、赤シソと青シソに特徴的な成分をそれぞれ含有することが判っている。

片面シソは、“赤シソの色素”と“青シソの香り”といった特徴を程よく併せ持つと考えられるため、今後は、片面シソの持つ中庸的な成分特性に焦点を当て、その優位性を引き出したいと考える。

3-4 食酢・蒸留酒によるロズマリン酸の抽出

3-1 で示したように、試作段階にあった片面シソのシソ酢について分析したところ、非加熱での貯蔵、もしくは、加熱殺菌処理による影響のどちらかにより、食酢中に抽出されたロズマリン酸が分解・減少するとの予備的な知見が得られた。

そこで、試験室規模で片面シソを食酢に浸漬し、経時的なロズマリン酸の濃度について検討を行った。この際、アルコールからの食酢製造工程にシソエキス成分の抽出工程を組み込むことを視野に入れ、蒸留酒(焼酎)を用いた試験区を設けて同時に検討した。

片面シソ葉の浸漬抽出期間と抽出液中のロズマリン酸濃度の関係について図3に示す。また、浸漬1日目の抽出液を写真4に示す。

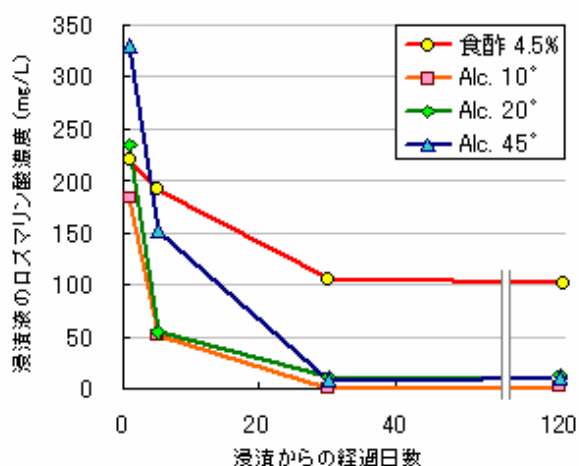


図3 片面シソ葉の食酢・蒸留酒への浸漬期間と浸漬液中のロズマリン酸濃度

その結果、細断した片面シソを各浸漬液に浸漬してから1日経過後の抽出液に含まれるロズマリン酸は、アルコール 40° > アルコール 20° ≒ 食酢 > アルコール 10° の順に多く、含水アルコールに溶けやすいロズマリン酸の性質が反映されていた。

しかしながら、アルコール系抽出液では5日から30日の浸漬期間中にロズマリン酸が大幅に減少しており、30日以上浸漬ではほとんど残っていない。

対して、食酢への浸漬では期間と共にロズマリン酸の減少が認められるものの、減少速度はアルコール系抽出液よりも穏やかであり、浸漬120日目でも浸漬1日目の最大濃度に対してほぼ50%のロズマリン酸が残留している。

このことから、シソ葉の細断や浸漬量などの条件を考慮する必要はあるが、ロズマリン酸に着目したシソ酢の製造ではシソ葉を食酢に数日間浸漬することで十分に目的を達成できるとの知見が得られた。

また、写真4に示すように、5日程度の短期間であっても、食酢への浸漬はシソ葉から溶出したアントシアニン色素を鮮やかな赤色に発色させており、片面シソを原料とするシソ酢の特徴は既に得られている。

したがって、浸漬期間の延長と共に進むロズマリン酸の分解についても考慮すると、食酢を用いたシソ酢の製造ではシソ葉の浸漬工程は数日から1週間程度が望ましいと考えられる。

なお、低濃度のアルコールを抽出液としてシソ葉の成分を抽出した場合は、いずれのアルコール抽出液においてもpHを酸性とすることでアントシアニンの赤い発色が認められるため、さらに酢酸菌を接種することで赤シソ酢を製造できる可能性がある。

しかしながら、ロズマリン酸がアルコールからの酢酸醗酵中に分解・消失する可能性が高く、また、シソエキスを含むアルコールに酢酸菌を接種しても醗酵が充分に進まないとの指摘もあることから、ロズマリン酸に着目したシソ酢の製造には適さないと思われる。

この点については、詳細な醗酵試験を実施していないため、今後、必要に応じて検討を加えたい。

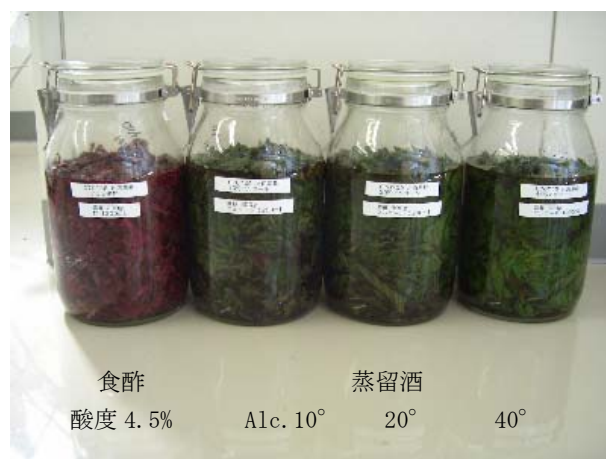


写真4 片面シソ葉の浸漬試験(浸漬5日目)

3-5 シソ酢の加熱処理によるロズマリン酸の減衰

3-4の検討により、片面シソ葉を食酢に浸漬した際のロズマリン酸の溶出と分解に関する知見が得られたが、シソ酢の加熱処理によるロズマリン酸の分解については不明であった。そこで、産業開発公社で試作した片面シソ酢を用いて、加熱処理条件とロズマリン酸の減少について検討を行った。結果を図4に示す。また、開発された片面シソ酢(製品)を写真5に示す。

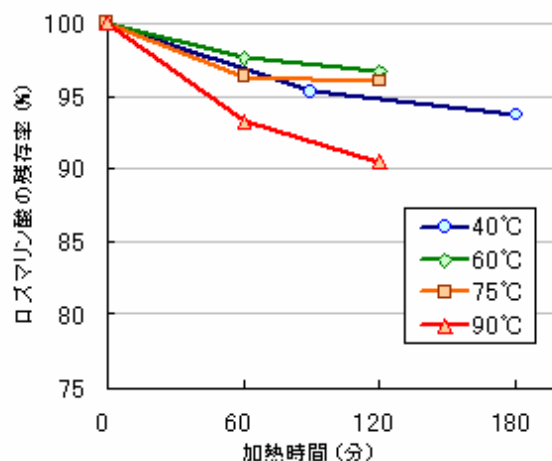


図4 シソ酢の加熱処理によるロズマリン酸の残存率



写真5 市販されている片面シソ酢(産業開発公社)

加熱試験の結果、90℃の加熱処理では達温から60分で93%、120分では91%の残存率と、加熱処理によりロズマリン酸の減少が認められた。一方、60℃および75℃での加熱処理では、120分の処理でも95%以上の残存率であった。なお、40℃での加熱処理（保温に等しい）では、時間経過によるロズマリン酸の残存率が60℃での温度処理よりも低く、興味深い。

今回の研究ではシソ酢に含まれる酵素や微生物についての検討を行ってはいないため機序は不明であるが、分解に関与する酵素等が失活しない温度帯での処理は、むしろロズマリン酸の分解を進める可能性がある。

表2に示したとおり、シソ酢を加熱処理せずに2ヶ月間保存し、なおかつ、85℃10分の加熱処理を行った試作品では含有するロズマリン酸が1/3程度まで減少していたが、本検討の結果より、現実的な加熱処理条件でのロズマリン酸の減少率は、加熱処理の前後で10%を超えない。

したがって、図4に示した結果と同様に、片面シソ酢の試作品に認められたロズマリン酸の減少は、非加熱での保存期間中にロズマリン酸の分解が進んだことで引き起こされたと考えてよい。

ただし、本研究では加熱処理を施されたシソ酢の保存経過については検討していないため、加熱処理によってロズマリン酸の分解が抑制できるかは不明である。市販化あたりは保存・流通段階の成分推移について改めて検証しておく必要があると考える。

なお、シソ酢はpHが3程度と酸性である為、100℃近い高温での処理が必要とは考えにくく、有機酸や有用成分の損失を避けるためにも可能な限り低い温度帯で加熱殺菌を行うのが望ましい。

実製造に際しての殺菌条件の設定は、有害微生物の殺菌と保存性に影響する一般細菌の低減が第一目的であるが、有用成分の保持をバランス良く満たす加熱処理条件については検討の余地がある。

4 結 言

4-1 成果要約

本研究では、川井村で製造されているシソエキス製品に含まれるロズマリン酸の定量を行い、各製品のロズマリン酸含有量を明らかにした。

また、開発中のシソ酢で認められていたロズマリン酸の減少について試験室レベルで検証を行い、非加熱で行ったシソ酢の保存が原因であるとの知見を得た。

4-2 謝 辞

本研究の実施にあたり、川井村および（社）川井村産業開発公社より複数の製品、分析試料をご提供頂きました。感謝申し上げます。

文 献

- 1) 越阪部奈緒美, バイオサイエンスとインダストリー, 62 (11), p743-744 (2004)
- 2) 古茂田恵美子, 綿貫知彦, 東京家政大学研究紀要2 自然科学, 47, p7-12 (2007)

エゴマ種子に含まれる栄養成分および機能性成分*

及川 和志**、遠山 良***

岩手県を中心に収集したエゴマの種子について、その栄養成分と機能性成分について比較分析を行った。さらに、エゴマ種子の種子径と成分含有量との関係について詳細を明らかにした。

キーワード：エゴマ、蛋白質、脂肪酸、ロズマリン酸、ルテオリン、アピゲニン

Analysis of the Nutrition and the Functionality Elements in Perilla Seeds

OIKAWA Kazushi*, TOYAMA Ryo**

The perilla seeds were collected around Iwate. And they were analysed of the nutrition and the functionality elements. In addition, the authors investigated about the relationship with the seeds size and functionality elements.

Key words: Egoma, Protein, Fatty acid, Rosmarinic acid, Luteolin, Apigenin

1 緒 言

岩手県内の中山間地帯ではエゴマ (*Perilla frutescens* Britton var. *Japonica* Hara) の価値が見直されており、伝統的な食材としてのみならず、 α -リノレン酸など、脂質の栄養や機能性に着目した新たな地場産食用油（「地あぶら」）の原料としても活用が進んでいる。

エゴマの種子を用いた「地あぶら」は、油圧式のプレス装置などを用いて種子中のオイルを圧搾抽出し、濾過程度の後処理のみで製品とする軽度精製油¹⁾に位置づけられる。小規模な農家グループ等でも取り組める農産加工として注目され、2008年現在、岩手県内では大小あわせて6加工場（この内、4加工所が販売のために保健所の認可を得ている）が製造する。

このように、近年になってエゴマの加工が拡大している背景は、日本脂質栄養学会によるn-3系脂肪酸の重要性に関する啓蒙²⁾³⁾と日本エゴマの会（福島県船引町）による普及活動の影響が大きいと推測される。さらに、岩手県内における普及拡大は、①食習慣のある身近な素材であったこと、②農家・企業の経営基盤強化につながる新たな作物生産と加工利用が求められていたこと、③健康志向などを背景に食の健全性を見直す機運が高まっていたこと、など複数の要素を満たす取り組みとして認知された為であると考えられる。

岩手県工業技術センターでは、上記の認識と共に、エゴマの栽培と加工利用による地場農業および地域食産業に対する潜在的な波及効果の高さに着目し、県内の「地あぶら」の加工者らと共に、その品質に関する

調査研究⁴⁾⁵⁾および品質向上や収益性向上を目的とした加工技術の開発に取り組んでいる⁶⁾。

しかしながら、停滞期に入りつつあるエゴマ「地あぶら」の取り組みを再び活性化し、地場産業と言えるレベルにまで高めるためには、新用途の開発や環境に配慮した原料の副次利用など、新たな視点に立った加工技術の開発と共に、栽培農家と食品加工者が相補的に収益を確保できる連携的な製造プロセスの構築支援も必要と考えられ、依然として課題が多い。

本研究では、新たな製造プロセスの構築に向けた研究開発の一環として、栄養や機能性成分、加工適性に優れた品種を見出すことを目標に、県内外で栽培されているエゴマ種子の収集と成分分析を進めた。



写真1 エゴマの栽培風景

* H19年度 基盤的先導的研究開発事業「オメガスリーフーズの開発」

** 食品醸造技術部 専門研究員

*** 食品醸造技術部 部長

2 方法

2-1 試料の収集

エゴマ種子は、2006年から2008年にかけて岩手県内の産地直売所当で販売されていたものを購入し、真空包装の上で、分析時まで4℃で冷蔵保存した。また、日本エゴマの会（福島県）が収集し、会が主催しているエゴマサミットにて販売されていた栽培用種子についても購入し、同様に試料とした。

また、農家で栽培されている種子についても、栽培農家や「地あぶら」加工者の協力によりご提供いただき、種子の起源が同一と認められる場合でも栽培年度が異なるものについては年度間の比較を行うための試料として入手した。

なお、結果の取りまとめに際し、種子の入手地もしくは栽培地は混乱を防ぐため旧町村名で記載した。

2-2 種子径分布の測定と分画

「地あぶら」の原料として栽培されていた種子（黒種、通称 福島田村種）および岩手県内で伝統的に栽培されてきた種子（白種、西和賀在来）について、電動式振動篩（Decagon2000）を用いて数段階に篩い分けし、種子径の分布を測定した。また、黒種については栽培年度の異なる種子をそれぞれ篩い分けし、年度間での種子径分布を比較した。

なお、篩い分けにより分画した種子試料の一部は、栄養成分および機能性成分を分析し、種子径と成分含有量との関係についても検討を行った。

2-3 水分の測定

種子の水分含有量は、種子をコーヒーマルにて粉碎の後、75℃、3hr の条件で減圧乾燥を行い、試料重量の減少から水分含有量（%）を求めた。

2-4 粗蛋白質の測定

収集した種子の粗蛋白質（%）は、燃焼法窒素蛋白分析装置（TruSpecN型、Leco ジャパン）を用いた改良デュマ法⁷⁾により窒素含有量（N%）を測定の上、エゴマの窒素-蛋白質換算係数 5.30 を乗じて求めた。

なお、種子径と成分の関係を明らかにすることを目的に2-2で篩い分けした種子の粗蛋白質（%）については、濃硫酸による湿式分解の後、パルナス式蒸留装置を用いたセミマイクロケルダール法により試料の窒素含有率（N%）を測定し、窒素-蛋白質換算係数 5.30 を乗じて求めた。

2-5 粗脂肪の測定

種子の粗脂肪（%）は、粗粉碎した試料を減圧乾燥の後、ジエチルエーテルを用いたソックスレー法により脂肪分を抽出して求めた。

2-6 灰分および炭水化物

種子の灰分および炭水化物は、本研究では測定せず、水分、粗蛋白質、粗脂肪の含有率を差し引いた残留分（%）を灰分および炭水化物の合計とした。

2-6 脂肪酸組成の測定

種子のオイルを構成する脂肪酸組成についても比較するため、キャピラリーカラムおよび水素炎イオン化検出器（FID）を用いたガスクロマトグラフィー（GC）による分析⁸⁾を行った。

この際、収集した種子の試料量が限られ、圧搾等によるオイル分の抽出が困難であった。そのため、2-5の粗脂肪の測定で抽出された脂肪分を分析用試料とし、脂肪酸組成比の算出用内部標準物質としてC17ヘプタデカン酸を用いて、三フッ化ホウ素メタノールによりメチルエステル化し、これをGC分析試料とした。

2-6 機能性成分の定量

エゴマ種子に含まれる機能性成分は、予備検討により決定した70%メタノールを溶媒として抽出の上、高速液体クロマトグラフィー（HPLC）により定量した。

エゴマ種子は粗粉碎の後、70%メタノール溶液に浸漬し、室温にて攪拌しながら一昼夜抽出し、遠心分離で得た上清を定容の上、0.45μmのシリンジフィルターにて夾雑物を除去した一定量をHPLCに導入した。

HPLCによる定量分析は、標準品としてロスマリン酸、ルテオリン、アピゲニン（純度98%以上、何れもフナコシ）を用い、ODSカラムおよび水-アセトニトリル系溶離液（0.1%TFA含有）を用いた逆相・グラジエント分析により行った。各成分の同定は、溶出成分のリテンションタイムおよびPDA（フォトダイオードアレイ）検出器による波長スペクトル（図1）の一致により確認し、各成分の最大吸収波長で収集したクロマトチャートのピーク面積値から成分濃度を算出した。

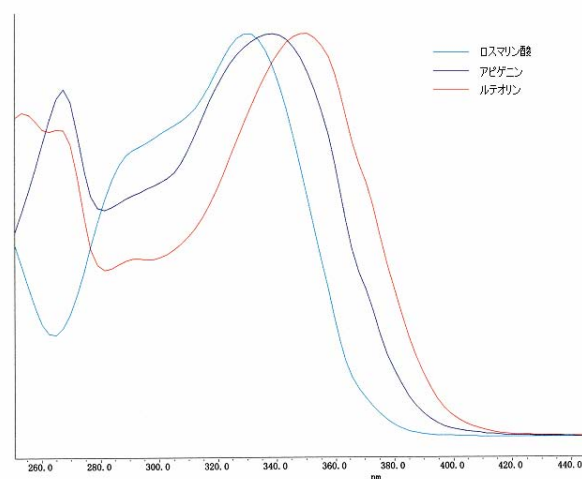


図1 機能性成分の波長スペクトル

3 結果

3-1 エゴマ種子の成分

種子の一般成分および機能性成分についての定量結果を表1に、種子の外観を写真2に示す。

エゴマは黒種と白種に大別され、成分的な差は無いとされる⁹⁾一方、「地あぶら」では油が多く採れるとして福島田村系黒種の普及が進められている。

収集種子には福島田村系統を栽培したものが複数含まれている為一概には結論付けられないが、本研究では白種よりも黒種の脂質が多い傾向を認める。

ただし、その差はごく小さく、「地あぶら」の原料としては白種の脂質含有量でも充分であると考える。



写真2 エゴマ種子の外観

写真 右) 福島田村系統/黒種、左) 岩手西和賀在来/白種

表1. 収集したエゴマ種子の一般成分および機能性成分

収集No.	種子の収集履歴		一般成分				機能性成分		
	種子色調	栽培地もしくは販売地 /種子由来(系統) /栽培年度	水分 (%)	蛋白質 (%)	脂質 (%)	炭水化物 +灰分 (%)	ロスマリン酸 (mg/g)	ルチオリン (mg/g)	アピゲニン (mg/g)
1	黒	[種子]/岩手・二戸系統	5.7	21.7	39.4	33.2	3.17	0.29	0.05
2	黒	[種子]/福島・田村系統	5.3	22.3	45.5	26.9	3.19	0.14	0.03
3	黒	[種子]/岐阜・白川系統	5.1	22.2	43.6	29.1	2.10	0.33	0.17
4	黒	東和町/在来 a	4.7	19.2	48.1	27.9	2.92	0.15	0.04
5	黒	東和町/在来 b	5.7	21.2	44.4	28.7	3.24	0.07	0.02
6	黒	大迫町/在来	6.0	19.6	44.2	30.2	2.89	0.09	0.03
7	黒	西和賀町/a	5.6	18.7	43.2	32.6	2.63	0.41	0.14
8	黒	西和賀町/b	5.3	20.1	48.5	26.2	2.53	0.30	0.08
9	黒	遠野市/在来	5.9	18.7	46.8	28.6	2.34	0.59	0.10
10	黒	岩手町/在来	5.4	17.8	47.6	29.2	2.63	0.16	0.04
11	黒	葛巻町/在来	5.5	19.6	42.7	32.1	2.64	0.09	0.02
12	黒	衣川村/田村種	5.4	21.3	46.2	27.0	2.51	0.45	0.08
13	黒	北上市/田村種/2005年	6.7	23.0	39.8	30.6	2.50	0.13	0.04
14	黒	" /2006年	9.3	16.9	46.4	27.3	2.07	0.25	0.06
15	黒	大東町/田村種/2004年	5.3	18.0	46.2	30.6	1.88	0.12	0.03
16	黒	" /2005年	5.0	21.0	47.0	27.1	2.86	0.41	0.07
17	黒	" /2006年	6.4	18.4	48.3	26.9	2.95	0.50	0.09
18	白	[種子]/福島・田村系統	4.9	17.5	48.3	29.3	2.87	0.08	0.03
19	白	東和町/在来	5.5	21.3	43.2	30.0	2.46	0.19	0.07
20	白	花巻市/履歴不明	4.9	19.9	45.5	29.7	2.55	0.35	0.08
21	白	北上市/田村種	8.2	19.2	41.3	31.2	3.24	0.11	0.04
22	白	西和賀町/在来	6.2	21.1	41.9	30.8	2.09	0.27	0.08
23	白	北上市/西和賀在来/2006年	6.0	21.7	42.5	29.8	2.85	0.29	0.07
24	白	" /2007年	7.0	19.3	43.0	30.7	1.90	0.41	0.11
黒種 (n=17) 平均値			5.8	20.0	45.2	29.1	2.65	0.26	0.06
±SD			1.04	1.79	2.76	2.17	0.40	0.16	0.04
白種 (n=7) 平均値			6.1	20.0	43.7	30.2	2.57	0.24	0.07
±SD			1.21	1.47	2.43	0.69	0.47	0.12	0.03
全体 (n=24) 平均値			5.9	20.0	44.7	29.4	2.63	0.26	0.06
±SD			1.07	1.67	2.70	1.92	0.41	0.15	0.04

3-2 エゴマ種子の脂肪酸組成

続いて、各エゴマ種子から得られた油（エーテル抽出による粗脂肪）の脂肪酸組成を表2に示す。

何れの種子でも脂肪酸組成における α -リノレン酸（C18:3n-3）比率が60%程度を示し、エゴマの栄養学的特徴が再確認された。なお、黒種と白種では油の脂肪酸組成には差がなく、脂質の栄養学的特性は同じである。したがって、「地あぶら」の製造に際して、脂肪酸組成の観点からは必ずしも特定の種子を用いる必要はないものと考えられる。

なお、エゴマ「地あぶら」の製造では脂質や蛋白質な

どの成分が残る搾油残渣の活用が課題となっているが、黒種を原料に用いた場合は残渣の色調が著しい黒褐色となるため残渣を他食品に活用することは難しく、結果として高コストな「地あぶら」造りを余儀なくされている。

この点において、白種は、油の含有量が若干少ない傾向を認めるものの、搾油残渣の色調が淡くなるため、残渣を食品素材化する場合はメリットがある。

搾油残渣の素材化が「地あぶら」製造のコストを下げるとの視点に立てば、黒種と栄養的特徴がほぼ同じである白種は、「地あぶら」製造の低コスト化には欠かせない原料として選択されうると考える。

表2 収集したエゴマ種子から得られた油の脂肪酸組成比

種子の収集履歴			脂肪酸組成比 (%)					
収集 No.	種子色調	栽培地もしくは販売地 / 種子由来 (系統) / 栽培年度	C16	C18	C18:1 n-9	C18:1 n-7	C18:2 n-6	C18:3 n-3
1	黒	[種子] / 岩手・二戸系統	6.5	2.2	14.7	0.9	13.6	62.1
2	黒	[種子] / 福島・田村系統	6.2	1.8	12.6	0.9	15.6	62.9
3	黒	[種子] / 岐阜・白川系統	5.9	2.0	12.9	0.7	13.0	65.5
4	黒	東和町/在来 a	6.0	1.9	11.9	0.8	14.6	64.9
5	黒	東和町/在来 b	6.2	1.9	12.1	0.8	13.7	65.2
6	黒	大迫町/在来	6.3	1.8	13.9	0.9	12.9	64.2
7	黒	西和賀町/a	6.3	1.4	16.3	1.0	13.8	61.2
8	黒	西和賀町/b	6.1	1.7	12.5	0.8	16.1	62.8
9	黒	遠野市/在来	6.4	1.6	11.7	0.9	15.9	63.5
10	黒	岩手町/在来	6.1	1.9	10.1	0.7	14.3	66.9
11	黒	葛巻町/在来	6.7	1.8	12.9	0.9	12.6	65.0
12	黒	衣川村/田村種	6.3	1.6	11.5	0.8	15.9	63.9
13	黒	北上市/田村種/2005年	6.8	2.0	13.5	0.9	11.8	65.0
14	黒	" /2006年	6.5	1.7	11.5	0.9	17.5	61.8
15	黒	大東町/田村種/2004年	6.5	1.8	11.6	0.9	16.8	62.4
16	黒	" /2005年	6.2	1.8	12.5	0.8	17.2	61.5
17	黒	" /2006年	6.2	1.7	12.8	0.8	16.7	61.8
18	白	[種子] / 福島・田村系統	7.0	1.9	10.9	0.9	16.4	62.9
19	白	東和町/在来	6.0	1.6	16.2	0.8	13.4	62.0
20	白	花巻市/履歴不明	5.9	1.8	17.7	0.8	14.5	59.3
21	白	北上市/田村種	6.3	2.4	9.3	0.7	13.0	68.3
22	白	西和賀町/在来	6.3	1.5	15.2	0.9	13.0	63.1
23	白	北上市/西和賀在来/2006年	6.1	1.9	13.0	0.8	13.5	64.7
24	白	" /2007年	7.0	1.7	10.2	0.9	15.6	64.5
黒種 (n=17) 平均値			6.3	1.8	12.6	0.8	14.8	63.6
±SD			0.2	0.2	1.4	0.1	1.8	1.7
白種 (n=7) 平均値			6.4	1.8	13.2	0.8	14.2	63.5
±SD			0.5	0.3	3.2	0.1	1.4	2.8
全体 (n=24) 平均値			6.3	1.8	12.8	0.8	14.6	63.6
±SD			0.3	0.2	2.0	0.1	1.7	2.0

3-3 エゴマ種子の種子径分布

加工利用を目的としたエゴマ種子の選定にあたっては、その成分的な特性とともに、種子の大きさや硬さといった物理的特性についても考慮に入れる必要がある。

そこで、「地あぶら」製造に適しているとして普及が進む福島田村系統の黒種について、その栽培年度と種子径分布の変化について検討した。さらに、岩手県の在来種として活用が望まれる西和賀系統の白種について、種子径分布を黒種と比較した。

系統と栽培地域が同一である黒種（一関市大東町産、福島田村系統）について、2004年～2007年までの栽培年度と種子径分布との関係を図1に示す。また、図1で得られた黒種の種子径分布を平均化し、在来白種と比較した結果を図2に示す。

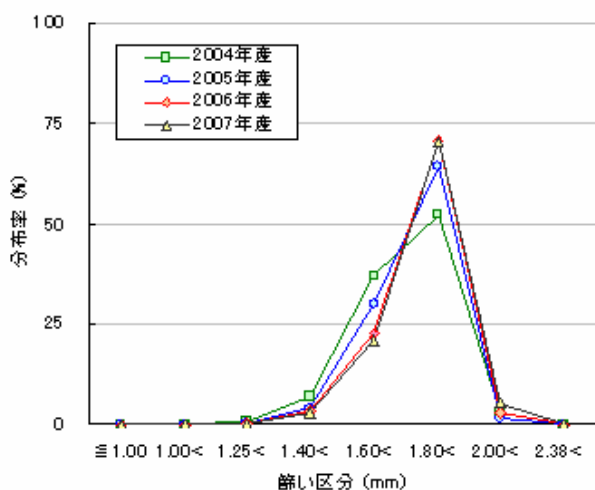


図1 収穫年度の異なる一関市大東町産黒種の種子径分布の比較

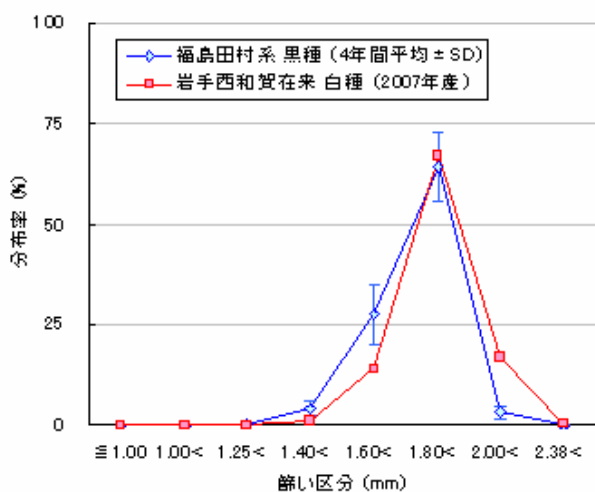


図2 黒種と白種の種子径分布の比較

栽培年度が異なる黒種の種子径分布を検討したところ、年度に関わらず、篩い口径が1.80<口径 \leq 2.00mmの区画が最も多く、次いで1.60<口径 \leq 1.80 (mm)であり、この両区画の合計で9割を占めていた。年度間の比較では、2004年産のみ1.60<口径 \leq 1.80 (mm)区画が多めであったが(その分、1.80<口径 \leq 2.00 (mm)の区画が少ない)、他の2005年～2007年産の種子はほぼ同じ分布パターンを示している。なお、2.00mmより大きい、もしくは1.40mm以下の篩い区画での分布率には変化が少ない。

したがって、上記の結果を考え合わせると、黒種の平均的な種子径は1.80mm付近からやや1.60mm寄りにあるものと考えられる。

次いで、図2に示したとおり、在来系統の白種では、篩い口径1.80<口径 \leq 2.00 (mm)の区画が最も多い点は黒種と同じであるものの、黒種に比較して1.60<口径 \leq 1.80 (mm)区画が少なく、また、2.00<口径 \leq 2.38 (mm)区画が多いとの結果が得られた。なお、1.60<口径 \leq 1.80 (mm)の区画と、2.00<口径 \leq 2.38 (mm)の区画での分布率はほぼ同等(14～16%)であることから、白種の平均種子径は、1.80<口径 \leq 2.00 (mm)のほぼ中央、1.90mm付近であると考えられる。

白種については、単一試料での検討であるため一概には断定できないものの、エゴマの生産者には黒種よりも白種の方が大きいとの認識があることから、それを裏付ける結果が得られたものとする。

3-4 種子径分布と成分の関係

3-3での検討により、エゴマ種子の種子径に関する知見が得られたが、種子の大小と含有成分との関係については不明であった。そこで、篩い分けで得られた、黒種(旧大東町産、福島田村系統、2004年産)および白種(北上市産、西和賀在来、2006年産)の各篩い区画について、栄養成分および機能性成分の定量を行った。

黒種の篩い区画と栄養成分との関係を図3、機能性成分との関係を図4に示す。同様に、白種の篩い区画と栄養成分との関係を図5、機能性成分との関係を図6に示す。

エゴマの種子は熟成が進むにつれ種子径が大きくなるが、図3および図5からは、主要な篩い区分(黒種では種子径が1.4mm<篩い口径 \leq 2.0mmの範囲、白種では種子径が1.6mm<篩い口径 \leq 2.0mmの範囲)における種子が含む脂質は同程度であるのに対して、蛋白質は種子径の拡大につれて増加、炭水化物は種子径が拡大するにつれて減少するとの結果が得られた。

なお、篩い区分 \leq 1.4は分布率が著しく低いため問題にはならないが、種子が著しく未熟で、茎や鞘の破砕片など協雑物も含まれる画分であるため、炭水化物の比率が高い。また、黒種における篩い区分2.0<の種子では脂質の比率が若干低い、これも未熟な種子が含まれるためと思われる。

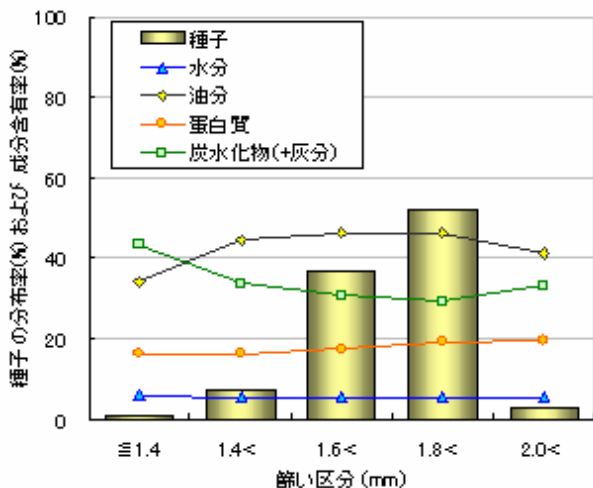


図3 黒種の種子径と栄養成分の関係

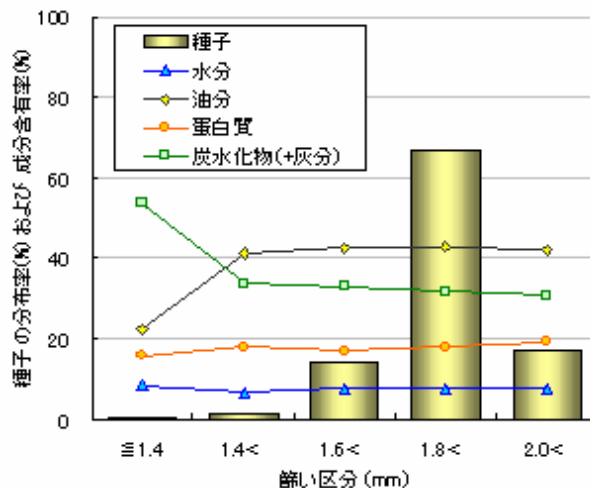


図5 白種の種子径と栄養成分の関係

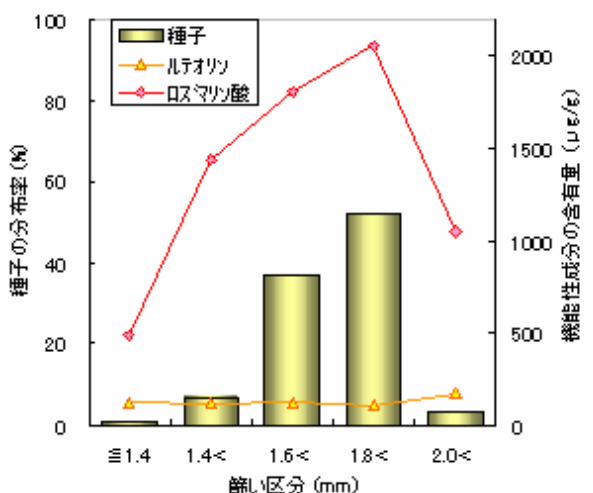


図4 黒種の種子径と機能性成分の関係

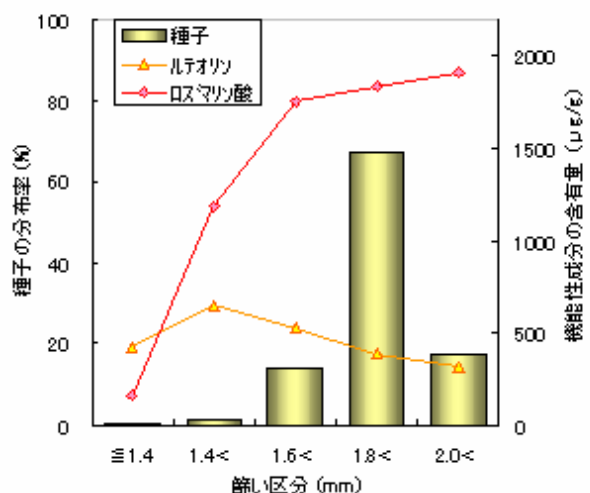


図6 白種の種子径と機能性成分の関係

次に、種子径と機能性成分の含有量との関係であるが、図4および図6に示したとおり、種子径の増加と共に主要な機能性成分であるロズマリン酸の含有量も増加する。対して、ルテオリンは、種子径の増加に関わらずほぼ横這いであり、興味深い。これらの結果については、現在、さらに詳細を検討中である。

4 結 言

4-1 成果要約

本研究では、岩手県内を中心にエゴマの種子を収集し、計24試料について栄養成分および機能性成分の定量分析を行った。

その結果、何れの種子も脂質含有量が4割、脂肪酸組成に占めるC18:3n-3 (α-リノレン酸)の割合が6割を示し、エゴマ種子の栄養学的特性が再確認された。

また、エゴマの種子径分布について詳細な検討を行い、「地あぶら」製造で標準的に用いられている福島田村系

統黒種の種子径分布を明らかにするとともに、岩手県の在来品種(西和賀在来白種)との比較を行い、黒種および白種の優位性についての考察を行った。

さらに、種子径分布と栄養成分の含有量について検討を行い、主要画分(分布率の多い上位三画分)における種子の脂質含有量は種子径に因らずほぼ同じであることが明らかとなった。

4-2 謝 辞

本研究の実施にあたっては、大東町菜の花プロジェクト「花菜油の会」(搾油工房「地あぶら」)、有限会社 アルバ、衣川エゴマの会、NPO法人 日本エゴマの会ほか、エゴマの栽培および「地あぶら」の開発に取り組んでいる生産者や加工場、行政機関など、多方面より分析試料の提供やご相談、ご助言を頂きました。深く感謝申し上げます。

文 献

- 1) 現代農業 2004 年 5 月号, 農文協, 83(9), 108 (2004)
- 2) 奥山治美ら, 脂質栄養学, 11, 17-24 (2002)
- 3) 浜田智仁ら, 脂質栄養学, 12, 7-34 (2003)
- 4) 及川和志, 日本食品科学工学会第 53 大会講演集, 2Ep15 (2006)
- 5) 及川和志, 日本食品科学工学会第 54 大会講演要旨集, 3Ja11 (2007)
- 6) 及川和志, 食品の試験と研究, 42, 105 (2007)
- 7) M. King-Brink and J.G Sebranek, J. AOAC Int., 76, 787 (1993)
- 8) 日本油化学会編, 基準油脂分析試験法 2003 年版, 斬 15-2003
- 9) 日本エゴマの会 編, エゴマ～つくり方・生かし方～, 創森社, (2000)

未精白ヒエを用いたパンの開発*

菊地 淑子**

雑穀の新商品開発として未精白のヒエを用いたパン製品の開発を行った。未精白ヒエの加熱処理方法を検討し、製パンに用いる際の最適な条件を明らかにした。またこの原料を用いて製パンを行う際の最適な製パン条件を確立し、外観、味、香りが良好な製品を開発した。

キーワード：未精白ヒエ、製パン法

Development of the Bread Making Method Using Unpolished Japanese Millet

KIKUCHI Yoshiko

The bread making method using unpolished Japanese millet was developed as a new product of cereals. The method of simmering process of unpolished Japanese millet was investigated and the most suitable condition for the use of bread making was clarified. And the most suitable bread making condition, with these ingredients through the simmering process, was established. The product with this procedure had good appearance, good taste and fragrance.

key words : non-refinery Japanese millet, baking method

1 緒 言

岩手県内の雑穀生産量は全国の生産量の約 50%以上を占め日本一の雑穀生産県である。中でもヒエは全国の栽培面積の 85%以上を占めている¹⁾。

現在ヒエの消費方法としては、精白粒をアワやキビなど他の雑穀とともに米と一緒に炊飯する雑穀ご飯が主たるものである。また精白粒を粉にして小麦粉等と混合し麺、パン、菓子への利用もされている。

ヒエはアワやキビより精白歩留まりが悪く精白によって分離されるぬか部分が多い。ぬか部分にはミネラル等の成分が多く含まれており、有効利用が望まれるが、現在は未利用である。

この研究は、現在は加工利用法が確立されていない未精白の雑穀の加工品開発を目的に行った。今回は最も精白歩留まりの悪いヒエを対象とした。

主食として日常的に摂取され、かつ手軽に利用してもらえるようパンへの利用を検討した。製パンに用いる際の未精白ヒエの加水量、加熱条件を検討しヒエの風味が十分に活かされた食味良好な製品を開発したので報告する。

2 実験方法

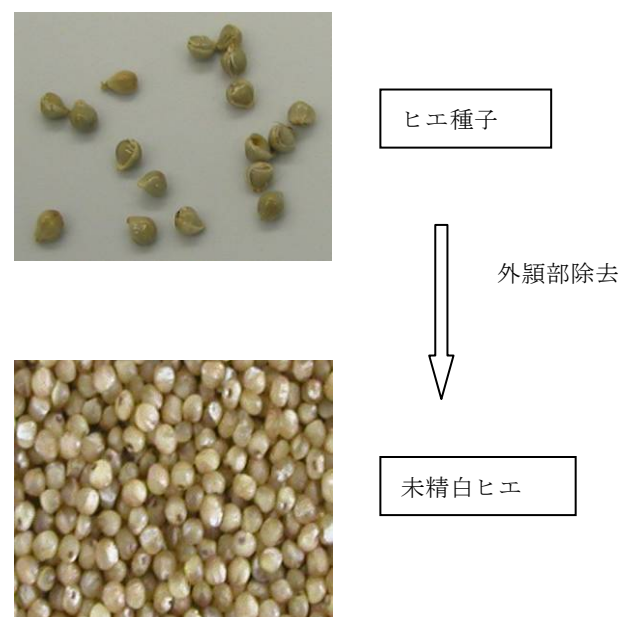
2-1 未精白ヒエの加熱条件検討

2-1-1 供試材料

原材料のヒエは、平成 17 年に岩手県北部で栽培された「達磨」を用いた。エンペラ型籾摺り機で外穎部

分を除去し（この状態が未精白ヒエ）、使用までは 5℃の冷蔵庫で保管した。

図 1 未精白ヒエの製造工程



* 基盤的・先導的研究開発推進事業

** 県南施設管理所

製パンに使用した小麦粉は1CW：東日本産業および、ゆきちから：菅原製粉の2種類である。砂糖（台糖株式会社：グラニュー糖）、食塩（並塩）、製パン用酵母（S. I. Lesaffre：インスタントドライイースト）、油脂（Crisco：ショートニング）、脱脂粉乳（よつば乳業）を使用した。

2-2-2 ひえの加水、加熱条件

未精白ヒエは吸水後、ヒエ重量の2倍または3倍になるよう加水し、なべまたは圧力なべで加熱した。製パン試験には1日冷蔵保存したものを供した。

2-1-3 製パン試験

配合は表1に示す食パンの配合で、製法はストレート法とした。小麦粉は1CWを使用した。ヒエは炊飯加熱前の重量で小麦粉の20%となるように添加した。（実際は加熱炊飯しているのもっと多い。）

表1 食パンの配合及び工程

配合(%)		工程	
小麦粉	100	ミキシング	L3分 M2分 H1~3分 ↓ L3分 M2分 H1~3分
ドライイースト	1.2	こね上げ温度	27℃
食塩	2	発酵	60分パンチ30分
砂糖	5	分割	ワンローフ360g
脱脂粉乳	2	ベンチタイム	20分
油脂	5	ホイロ	45分前後
水	-	焼成	上180℃-下220℃ 20分
ヒエ*	20		

*： 実際加えたヒエは加熱炊飯後のものなので重量はこれより多い。

L：低速、M：中速、H：高速ミキシング、↓：油脂添加
高速ミキシングは生地の状態により1~3分で調整
加水量は適宜調整

3 結果および考察

3-1 ヒエの前処理条件と製パン

未精白ヒエは圧力なべを用いなくとも、なべで加熱するだけで製パンに使用可能な硬さとなった。加水量がヒエの2倍では外皮部分がややかたく、3倍程度の加水が適当であった。これは通常の炊飯よりかなり多くヒエ粒はややおかゆ状になっている。この状態のヒエを使用すると、パン焼成後のヒエはやわらかく、ヒエのかゆ状になった部分が湯捏ね生地と同じ働きをし、焼きあがったパンもしつとりと柔らかくなった。（表3~4）

これらのことから未精白ヒエを製パンに利用する場合は、ヒエの加熱は通常のなべの加熱で十分であるが加水量は約3倍と通常の炊飯よりかなり多い量が必要である。

小麦粉は1CWを使用したので、未精白ヒエは20%添

加でもパン品質を落とさずにヒエの存在が十分にあるパンの製造が可能であった。（図1~2）しかしヒエ粒がパンの中に過剰に入っており食べてじゃまな感じがした。実際、製造販売する場合はこれより少ない量の添加で十分である。

表2 ヒエの加熱条件と炊飯後の状態

試験No.	加熱条件	ヒエ重量(g)	加水量(g)	加熱時間(分)	加熱後状態
1	なべ	200	400	20	外皮部硬い
2	なべ	200	600	30	やわらかいご飯状
3	圧力なべ	200	400	20	粘り強く外皮もやわらか

表3 異なる前処理条件のヒエを用いた製パン製

試験No.	製パン時加水量(%)	生地の状態	焼減率(%)	比容積	焼成後のヒエの状態
1	69	柔らかい	15.0	3.9	ヒエ粒は残っているがやや硬い
2	58	後半からしめる	15.0	4.2	ヒエ粒はやわらかい
3	68	柔らかい	13.9	3.9	ヒエ粒がくずれている



図2 試験No.1(外観)

試験No.2(外観)

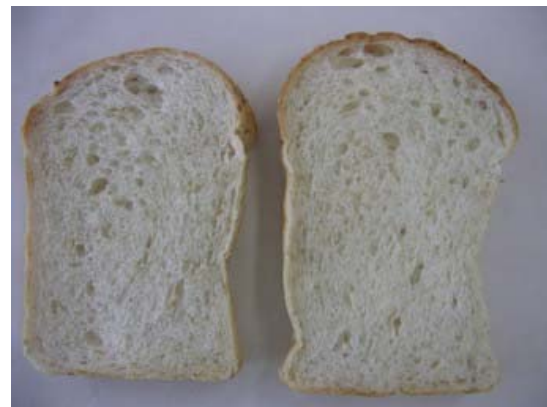


図3 試験No.1(断面)

試験No.2(断面)

最後に、パン用小麦「ゆきちから」を使用した場合の製パン法を示す。ゆきちからは外国産のパン用小麦と比べるとタンパク質含量が低く、グルテンの質も劣るため、1CWと同様の方法で製パンを行うと良好な製品ができなかった。このためヒエの添加量を10%とし、パン生地のみキシング時間を短くする等、ゆきちからを使用した場合の未精白ヒエパンの製法を確立したので表4に示す。

表4 ゆきちから使用時の未精白ヒエパンの製法

配 合 (%)		工 程	
ゆきちから	90	ミキシング	L3分 M2H分 ↓ L3分 M2分 H15秒
ドライイースト	1.2	こね上げ温度	27℃
食塩	2	発酵	60分パンチ 30分
砂糖	5	分割	ワンローフ 360g
脱脂粉乳	2	ベンチタイム	15分
油脂	5	ホイロ	45分前後
水	-	焼成	上 180℃-下 220℃
ヒエ*	10		20分

*：実際加えたヒエは加熱炊飯後のものなので重量はこれより多い。

- ・L：低速、M：中速、H：高速ミキシング
- ・高速ミキシングは生地の状態により15～30秒で調整
- ・加水量は適宜調整
- ・ヒエはミキシングの最初から混合

4 結 言

現在、未精白の雑穀は精白設備の関係から市販されていないが、需要があれば製造は可能である。

今回の製品開発試験で未精白の状態でも加圧処理を行わなくとも製パンに利用可能なことが明らかとなり、新たな設備投資を行わなくとも未精白雑穀の加工品開発が可能ながことが明らかとなった。

今回は製パンへの利用を検討し外観、味、風味ともに良好な製品が開発できたのでここに報告する。

5 参考文献

- 1) 岩手県農産園芸課ホームページ

地方独立行政法人岩手県工業技術センター研究報告

平成 20 年 8 月 第 15 号

Journal of Local Independent Administrative Agency

Iwate Industrial Research Institute

2008 August Vol.15

発 行 平成 20 年 8 月 15 日

ISSN 1348-7779

地方独立行政法人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

ホームページ URL: <http://www.pref.iwate.jp/~kiri/>

お問い合わせ E-mail: CD0002@pref.iwate.jp

