

ISSN 0919-6676  
CODEN: SFHPFE

# 試 験 研 究 報 告

平成 1 9 年度

福島県ハイテクプラザ



# 平成19年度 福島県ハイテクプラザ試験研究報告 目次

## ○研究開発事業

### 公募型新事業創出プロジェクト研究事業

- 1 窒素固溶によるステンレス鋼の高機能化に関する研究開発…………… 1  
研究開発部材料技術グループ 栗花信介 光井 啓  
宮城工業高等専門学校 吉田光彦  
駿河精機株式会社 桑岡正雄  
トミー株式会社 西喜久雄  
林精器製造株式会社 深山 茂
- 2 新エネルギー用マイクロ発電システムの開発…………… 5  
研究開発部システム技術グループ 高橋 淳 大内繁男 吉田英一  
東北大学大学院工学研究科 一ノ倉 理 中村健二 後藤博樹  
有限会社エイチ・エス・エレクトリック 関本英雄  
株式会社ジーエスピー 鈴木 実 高藤恭胤 稲本勝彦  
株式会社中川水力 穴戸俊一 杉内隆一郎

### 地域活性化共同研究開発事業

- 1 精密機器のための微細溶接技術による応用製品の開発（第1報）…………… 9  
研究開発部プロセス技術グループ 佐藤善久 小野裕道 吉田 智  
いわき技術支援センター材料グループ 安藤久人 富田大輔  
有限会社遠藤電子 遠藤八郎  
大野ベロー工業株式会社株式会社 佐原代喜 新蒔正之  
株式会社ピュアロンジャパン 蛭田 仁 平山正一  
高橋 誠
- 2 組込み応用製品の高機能化・高信頼性化に関する研究…………… 13  
研究開発部システム技術グループ 尾形直秀 高樋 昌  
平山和弘 浜尾和秀  
株式会社アイ・イーエス 佐藤正一 土屋 明  
田中精機株式会社 須藤勝広 藤原広征  
株式会社マクロウェア 寺脇勝彦 千代一臣  
フロンティア・オンライン 酒井克弘 渡辺俊枝  
松村 豊 武藤洋介
- 3 小径パイプ内面の高度研磨技術の開発（I）…………… 17  
いわき技術支援センター材料グループ 安藤久人 富田大輔  
株式会社神崎製作所 神崎二郎  
株式会社光陽社 安部賢一

### 福島、山形、新潟三県公設試験研究機関共同研究事業

- 1 地域特産資源を活用したふるさとブランド機能性食品の開発（第2報） …… 21  
会津若松技術支援センター食品技術グループ  
関澤春仁 後藤裕子 谷口 彩  
室井梨沙子 河野圭助

---

## 産業廃棄物減量化・再資源化技術開発支援事業

---

- 1 酸化セリウム系ガラス研磨材のリサイクル…………… 25  
いわき技術支援センター材料グループ 加藤和裕  
企画支援部連携支援グループ 中山誠一  
新協工業株式会社 渡邊敏広 服部喜清  
株式会社オプトネクサス 蒲生金太郎 宗像優博 渡辺照男  
株式会社アサカ理研 安田紀彦 笹崎克之  
福島大学共生システム理工学類 佐藤理夫

---

## 受託研究事業

---

- 1 UV-LIGAを用いた微細磁気構造をもつ  
磁性体めっきパターン形成による磁気スケールの開発…………… 29  
((独) 科学技術振興機構 産学共同シーズイノベーション化事業 顕在化ステージ)  
研究開発部プロセス技術グループ 三瓶義之 安齋弘樹 伊藤嘉亮  
ニッコーシ株式会社 前田 修 中村 寛 小山内俊介  
福島大学共生システム理工学類 山口克彦
- 2 薄地炭素繊維織物とその積層織物の製造技術の開発…………… 32  
福島技術支援センター繊維・材料グループ  
((独) 科学技術振興機構 地域イノベーション創出総合支援事業  
「事業化可能性試験」)  
三浦文明 東瀬 慎  
佐々木ふさ子  
齋藤産業有限会社 齋藤捷一
- 3 大型三次元座標測定機の開発…………… 35  
((社) いわき産学官ネットワーク協会 産学官連携プロジェクト創出モデル事業)  
いわき技術支援センター材料グループ 富田大輔  
株式会社ヨコハマ吉倉 佐藤 優  
有限会社品川通信計装サービス 松崎辰夫  
いわき明星大学 高 三徳

---

## 試験研究機関ネットワーク共同研究事業

---

- 1 ソバの機能性成分含量に及ぼす品種および栽培条件の影響…………… 38  
会津若松技術支援センター食品技術グループ 遠藤浩志 小野和広  
農業総合センター 会津地域研究所 渡部 隆
- 2 福島県オリジナル「紫アスパラガス」品種および機能性強化資材の開発…… 41  
研究開発部システム技術グループ 尾形直秀 平山和弘  
農業総合センター 作物園芸部品種開発グループ  
仁井智己
- 3 無線LANを用いた果樹ほ場の温度測定法および  
凍霜害対策への活用法の開発…………… 44  
研究開発部システム技術グループ 高樋 昌 濱尾和秀  
農業総合センター 経営企画グループ 朽木靖之 棚橋 紺  
果樹研究所 永山宏一

4	福島県オリジナル大吟醸酒向け酒米品種の育成（第3報）	47
	会津若松技術支援センター 食品技術グループ	高橋 亮 鈴木賢二 櫛田長子
	農業総合センター	佐藤弘一 吉田直史 佐藤博志
5	猪苗代湖環境負荷に対するユビキタス・センシング・モニターの開発	48
	研究開発部 システム技術グループ	濱尾和秀 高樋 昌
	環境センター	町田充弥 鈴木 聡
6	内燃機関への植物油利用技術	53
	研究開発部 材料技術グループ	内田 達也 植松 崇
	研究開発部 プロセス技術グループ	渡部 修 伊藤 嘉亮 池田 信也
	農業総合センター	大野 正博 藤沢 弥榮 棚橋 紺

---

## ニーズ対応型研究開発事業

---

1	新多様性清酒酵母の開発	56
	会津若松技術支援センター食品技術グループ	鈴木賢二 高橋 亮 櫛田長子
2	フェノール系有機資源の物質選択性を利用した高機能エコ製品の開発	59
	研究開発部材料技術グループ	内田達也 植松 崇 宇津木隆宏 渡部 修
3	難分解性有機質を分解する酵素の開発（I）	62
	研究開発部プロセス技術グループ	大野正博 池田信也
4	拡散容器における機能性膜の支持体用織物の開発	65
	福島技術支援センター繊維・材料グループ	長澤 浩 三浦文明 野村 隆 東瀬 慎 佐々木ふさ子
	富士システムズ株式会社	佐藤耕司郎 片山正徳
5	伝統工芸技術の融合によるユニバーサルデザイン製品の開発	68
	会津若松技術支援センター産業工芸グループ	出羽重遠 小熊 聡 須藤靖典 山崎智史 水野善幸

## ○技術相談・移転事業

---

### 戦略的ものづくり技術移転推進事業

---

#### 公募型ものづくり短期研究開発事業

1	「牛の張り子」の商品開発	71
	会津若松技術支援センター産業工芸グループ	竹内克己
	野沢民芸品製作企業組合	
2	動的に負荷分散するロードバランスサービスの構築	73
	研究開発部システム技術グループ	平山和弘 高樋 昌
	エヌケー・テック株式会社	荒川直高

3	レジコンクリートの特長を生かした高付加価値プリンターの開発……………	75
	研究開発部プロセス技術グループ	安齋弘樹 池田信也
	会津若松技術支援センター産業工芸グループ	出羽重遠 山崎智史
	吉田工業株式会社	吉田秀次 山田和求
4	UVインク硬化プリンターの小型化……………	77
	研究開発部材料技術グループ	植松 崇 渡部 修
	研究開発部システム技術グループ	尾形直秀
	東洋エレクトロ株式会社	荒川範雄 加藤友和
5	ステンレスパイプ溶接部の疲労破壊特性評価方法の確立と 溶接条件の最適化……………	79
	企画管理部連携支援グループ	工藤弘行
	関口工業株式会社	吉田 豊
6	蜂蜜酒「ミード」における製造管理技術の確立……………	81
	会津若松技術支援センター食品技術グループ	高橋 亮 鈴木賢二
	有限会社峰の雪酒造場	櫛田長子 佐藤利也

## ○その他の関連事業

---

### 科学研究費補助金事業

---

1	ポリオレフィン表面への機能性微粒子の簡便な固定方法の開発……………	83
	いわき技術支援センター材料グループ	吉田正尚

---

### 調査研究開発事業

---

1	植物生育促進のための微生物資源の検討……………	85
	研究開発部プロセス技術グループ	池田信也 大野正博 渡邊 真

※「公募型新事業創出プロジェクト研究事業」、「地域活性化共同研究開発事業」、「福島、山形、新潟三  
県公設試験研究機関共同研究事業」は電源立地地域対策交付金により実施しました。

# 公募型新事業創出プロジェクト研究事業

# 窒素固溶によるステンレス鋼の高機能化に関する研究開発

－加圧窒素焼結による高窒素ステンレス焼結材の製造－

Reserch for High-performance Stainless Steel by Nitrogen Solid Solution

- Product of High Nitrogen Stainless Steel by Sintering under Pressurized Nitrogen Gas -

研究開発部	材料技術グループ	光井 啓	栗花信介
宮城工業高等専門学校		吉田光彦	
駿河精機株式会社		桑岡正雄	
トミー株式会社		西喜久雄	
林精器製造株式会社		深山 茂	

ニッケルを含まないフェライト系ステンレス焼結材(SUS430L、Fe-20%Cr)において、圧粉・成形し脱脂した試験片に対し真空熱処理炉を利用した加圧窒素焼結を行うことで、焼結を行うと同時に表面から窒素を固溶・拡散させ、組織をフェライト組織から耐食性の良いオーステナイト組織に変化させた。この方法により、高窒素ステンレス焼結材の製造工程の減少と製造時間の短縮を図ることができた。また、加圧雰囲気で行うことで高密度の焼結体を得ることができた。

Key words:高窒素、ニッケルフリー、ステンレス、焼結、加圧、真空熱処理炉

## 1. 緒言

近年、ニッケルの価格の高騰により、ステンレス鋼の価格が上昇している。例えば、ニッケルを約8%含むオーステナイト系ステンレス鋼 SUS304 の価格は、ニッケルを含まないフェライト系ステンレス鋼 SUS430 の2～3倍の高価格となっている。また、ニッケルの溶出によるニッケルアレルギー問題などから、ニッケルを使用しないニッケルフリー高耐食ステンレス鋼の開発が求められている。

最近、窒素を積極的に有効利用する研究が行われており、ステンレス鋼においてもニッケルの代わりに窒素を固溶させることにより、従来のオーステナイト系ステンレス鋼に比べて高強度・高耐食性を有することが明らかになってきた<sup>1)</sup>。窒素を固溶させる方法としては窒素ガス加圧式エレクトロスラグ再溶解(ESR)法<sup>2)</sup>や窒素吸収処理<sup>3)</sup>などがある。窒素吸収処理はフェライト系ステンレス鋼に熱処理で窒素を固溶させる比較的簡便な方法で、熱処理前のフェライト組織から耐食

性の良いオーステナイト組織に変化させることができる。

本研究グループは、平成18年度の研究により、粉末冶金プロセスで作製した SUS430L ステンレス焼結材に対して真空熱処理炉を利用した加圧窒素吸収処理を行うことで、SUS430 窒素吸収圧延材に匹敵する引張強度と延性を付与できることを明らかにした<sup>4)</sup>。

平成19年度研究では、SUS430L および Fe-20%Cr において、加圧窒素雰囲気で行う焼結と窒素吸収処理を同時に行う加圧窒素焼結による高窒素ステンレス焼結材の製造方法を検討した。

## 2. 実験

### 2. 1. 加圧窒素焼結法

粉末冶金プロセスは金属粉末とバインダーの混合物を原料として圧粉・成形・焼結により精密金属部品を製造する方法で、複雑形状が容易にできることや量産性に優れていることなどの特徴を持っている。図1に本研究で行った高窒素ステンレス焼結材の製造方法を示す。

平成18年度に行った製造プロセスは焼結後に窒素吸収処理を行う方法である。脱脂後の成形体は非常にもろいため、焼結時の昇温および冷却は比較的緩やかに行わなければならない。焼結には約1日間かかる。その後、さらに高濃度に窒素を固溶させるための(加圧)窒素吸収処理を行うので生産性は良いとは言えない。

そこで、平成19年度は、脱脂後の成形体を窒素雰囲気中で熱処理することにより、焼結すると同時に材料中に窒素を吸収させ、工程数の減少および製造時間の短縮について検討を行った。さらに加圧窒素雰囲気による焼結体の高密度化を図った。

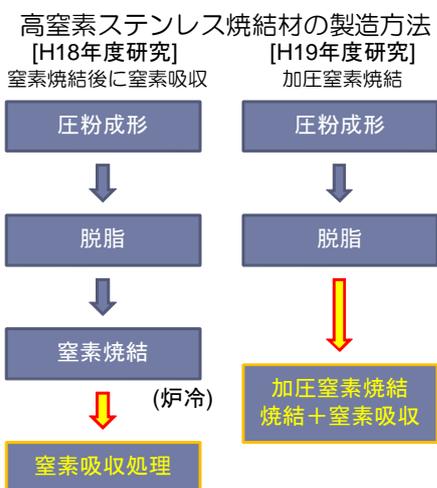


図1. 高窒素ステンレス焼結材の製造方法

## 2. 2. 実験方法

引張試験片形状（平行部寸法：厚さ約 2.6mm × 幅約 5.7mm × 長さ約 23mm）に成形し、873K で脱脂したサンプルを真空熱処理炉に設置し、真空排気しながら 10K/min で 1473K まで昇温し、0.1、0.4 および 0.7MPa の窒素ガスを導入する。8 時間の熱処理（加圧窒素焼結）を行った後、0.7MPa の加圧ガス中で急冷した。また、比較のために真空排気（約 50Pa）しながら 8 時間熱処理を行ったもの（窒素吸収なし）を作製した。なお、以上は平成 18 年度研究における窒素吸収処理と同じプロセスである。

得られたサンプルを用いて、金属顕微鏡による組織観察、窒素吸収量測定、引張試験、耐食性試験を行った。以降、窒素焼結後に窒素吸収処理を行ったサンプルと加圧窒素焼結を行ったサンプルを比較する際には、それぞれ SUS430L-A、Fe-20%Cr-A および SUS430L-B、Fe-20%Cr-B として結果を表記する。

## 3. 実験結果および考察

### 3. 1. 焼結密度の比較

粉末の焼結において、圧粉した状態では粉末粒子間に必ず空隙（気孔）が形成される。焼結の進行とともに粉末同士の接点間での結合が拡大し、気孔は相互に連結しながら小さくなっていくが、最終的に結晶粒界や粒内に分散し残存してしまう。この気孔の形態が焼結材の機械的性質や耐食性に影響を及ぼす。図 2 に焼結体の気孔の分布形態を示す。黒く見えるところが気孔であり、SUS430L および Fe-20%Cr のいずれにおいても A（窒素焼結→窒素吸収処理）と比較して B（加圧窒素焼結）の方が気孔は小さく数が少ないことが判る。図 3 にアルキメデス法により測定した焼結体密度を示す。SUS430L-A については 0.7MPa のみの実験結果ではあるが、SUS430L、Fe-20%Cr のいずれにおいても

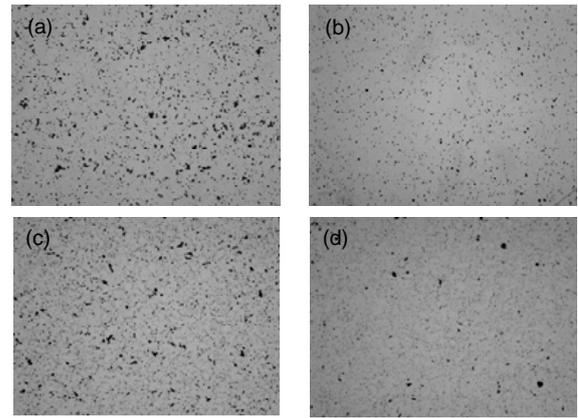


図2. 焼結体の気孔の分布形態。

(a)SUS430L-A、0.7MPa、(b)SUS430L-B、0.7MPa、  
(c)Fe-20%Cr-A、0.1MPa、(d)Fe-20%Cr-B、0.1MPa。

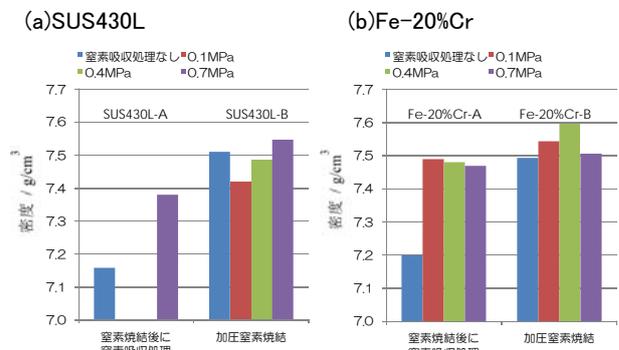


図3. 密度測定結果。(a)SUS430L、(b)Fe-20%Cr。

気孔の分布形態とよく対応して、加圧窒素焼結を行うことにより高密度化を図ることができることが判った。加圧窒素焼結では、窒素圧力を高くすることでより緻密化が進行する傾向にあるが、Fe-20%Cr において 0.7MPa で熱処理すると、窒素吸収量を多すぎて窒化物が析出してしまうため密度がやや低くなると考えら

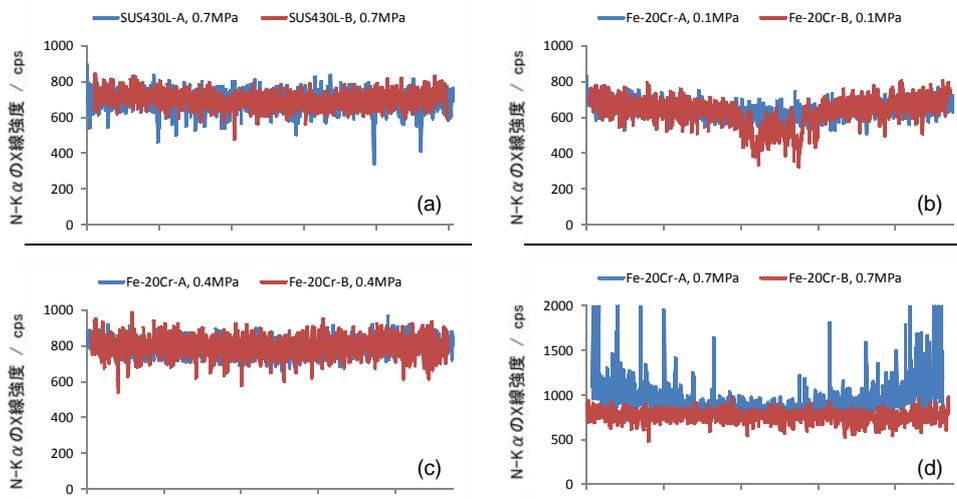


図4. EPMAによる試料断面における窒素のX線強度プロファイル比較。

(a)SUS430L、0.7MPa、(b)Fe-20%Cr、0.1MPa、(c)Fe-20%Cr、0.4MPa、(d)Fe-20%Cr、0.7MPa。

れる。比較として真空排気しながら焼結を行った「窒素吸収なし」の焼結密度が比較的高いのは、原子の拡散が早いフェライト組織のままであるため緻密化が進行したと考えられる。

### 3. 2. 窒素吸収量

材料内部への窒素の吸収・拡散状態を確認するため、EPMA による試料断面における窒素の X 線強度(N-K  $\alpha$  線)のライン分析を行った。図 4 に製造プロセスの違いによる窒素の X 線強度プロファイルの比較を示す。SUS430L の 0.7MPa および Fe-20%Cr の 0.4MPa では A、B のいずれの製造方法でも内部まで窒素が吸収・拡散しており均質となっている。Fe-20%Cr-B の 0.1MPa(図 4(b))において中心部付近で X 線強度が低くなっており、内部において窒素濃度の低いフェライト組織が残留していることを示している。一方、図 4(d)に示すように、Fe-20%Cr-A の 0.7MPa では表面近傍で X 線強度が高くなっており、スパークピークも見られ、大量の窒化物が析出していることを示唆している。A と B で窒素の吸収・拡散状態が異なるのは、窒素原子の拡散速度に大きく寄与する図 2 に示すような気孔の分布形態の違いによるもので、すなわち気孔が大きく多数存在する A の方が内部まで早く窒素が拡散するためであると考えられる。

### 3. 3. 引張試験

図 5(a)に引張試験の結果例として Fe-20%Cr-B における応力-ひずみ線図を、図 5(b)および 5(c)にそれらから得られた SUS430L および Fe-20%Cr 焼結体の引

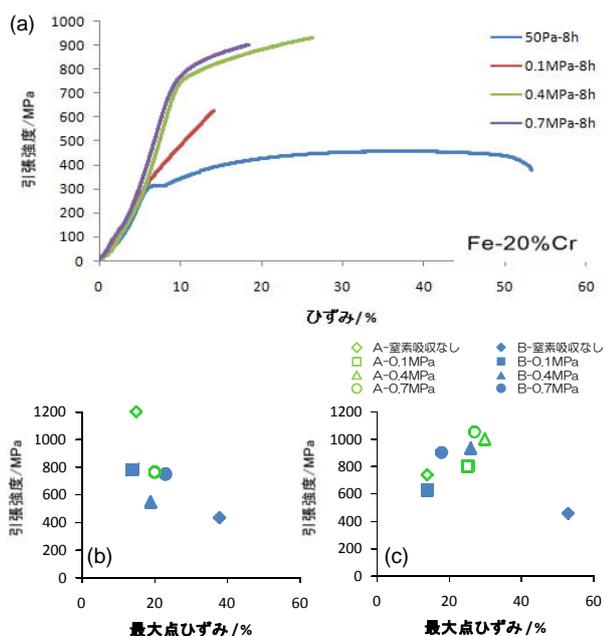


図5. (a)Fe-20%Cr-Bにおける応力-ひずみ線図と(b)SUS430L および(c)Fe-20%Crの引張強度と最大点ひずみ。

張強度と最大点ひずみを示す。窒素雰囲気焼結を行わないサンプルでは SUS430L、Fe-20%Cr のいずれもフェライト組織を有しているため延性は高いものの引張強度は 400MPa 程度と低い。一方、窒素を吸収させオーステナイト組織とすることで延性は 1/2 に減少するものの引張強度は 2 倍以上に上昇する。SUS430L では 0.7MPa、Fe-20%Cr では 0.4MPa において最も強度・延性バランスが良いと言える。製造プロセスの違いによる機械的特性を比較すると、SUS430L では 0.7MPa のみの比較ではあるがほぼ同程度の強度・延性を有している一方で、Fe-20%Cr では B の方が強度・延性ともに低下している。一般に機械的特性は窒素吸収量と良く対応しており、図 4 に示すように Fe-20%Cr において A と B で窒素の濃度プロファイルに違いがあるため、特に窒素濃度の低い組織を有する Fe-20%Cr-B の 0.1MPa および 0.7MPa で機械的特性が低下したと考えられる。しかし、これらの条件でも熱処理時間を長くすることで、機械的特性は改善される(A と同程度かそれ以上になる)と予想される。

### 3. 4. 耐食性試験(アノード分極曲線)

耐食性はアノード分極曲線により評価を行った。1M(1kmol/m<sup>3</sup>)の NaCl 水溶液(40 °C)を窒素ガスで 30 分間脱気した後、サンプルを浸漬し-700mV vs. SSE (銀/塩化銀参照電極)で 10 分間カソード処理後 10 分間静置してから-700mV vs. SSE からサンプルに流れる電流密度が 1000  $\mu$  A/cm<sup>2</sup> に達するまで掃引速度 +20mV/min で測定を行った。図 6 にアノード分極曲線の結果例として 0.1MPa で加圧窒素焼結した SUS430L のアノード分極曲線を示す。電流密度が 0 となる電位を自然電位(V<sub>corr</sub>)と呼ぶ。V<sub>corr</sub> は溶液中に静置した時の電位である。サンプル表面の電位を V<sub>corr</sub> から強制的に貴な方向にシフトさせると指数関数的に電流密度が増加し、金属元素の溶出(腐食)が進行する。ステンレス材料においては、薄く緻密な酸化皮膜(不動態皮膜)の存在により、この領域で電流密度が数  $\mu$  A/cm<sup>2</sup> と低く腐食の進行が抑えられる(不動態化)。しかし、不動態皮膜もある電位をもって失効し、それより貴な領域では腐食(NaCl 水溶液中では孔食腐食)が急激に進行するようになる。電流密度が 100  $\mu$  A/cm<sup>2</sup> となる電位を便宜的に腐食が進行し始めた電位 V<sub>100</sub> と定義すると、V<sub>corr</sub> ~ V<sub>100</sub> が不動態域、すなわち耐食性発現領域となる。電位を V<sub>corr</sub> から貴な方向にシフトさせるほど厳しい使用環境を模擬したものとなるので、V<sub>corr</sub> および V<sub>100</sub> が貴なほど耐食性は良いと言え、V<sub>corr</sub> と V<sub>100</sub> の差が大きいほど環境適応性が高いと言える。図 7(a)および 7(b)に種々の圧力で加圧窒素焼結した SUS430L および Fe-20%Cr における不動態域の比較を示す。SUS430L および Fe-20%Cr のいずれにおいても窒素雰囲気焼結することにより耐食性は向上してお

り、0.1MPa で窒素焼結した SUS430L および 0.1、0.4 MPa で(加圧)窒素焼結した Fe-20%Cr は SUS316L と同等かそれ以上の耐食性を示した。一般に、固溶窒素濃度が高くなるほど耐食性は向上すると言われていたが、本研究では、固溶窒素濃度の最も低い 0.1MPa で最も耐食性が良いという結果が得られた。本研究で用いた真空熱処理炉の冷却速度は約 100K/s で、一般的な水冷(1000K/s)に対し比較的遅いため<sup>5)</sup>冷却中に微量の Cr 窒化物が形成されたことにより、その周辺部に Cr 濃度の低い領域ができ、固溶窒素濃度が高くなるほどその量が多くなり耐食性が劣化したと考えられる。Cr 窒化物の存在しない板材では孔食腐食が始まると一気に  $100 \mu\text{A}/\text{cm}^2$  以上に電流密度が上昇するのに対し、図 6 に見られるように -200mV vs. SSE 付近からやや緩やかに電流密度が増加しているのはそのためであると推察される。

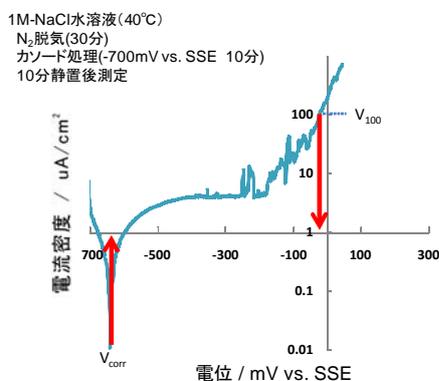


図6. 0.1MPaで加圧窒素焼結したSUS430Lのアノード分極曲線

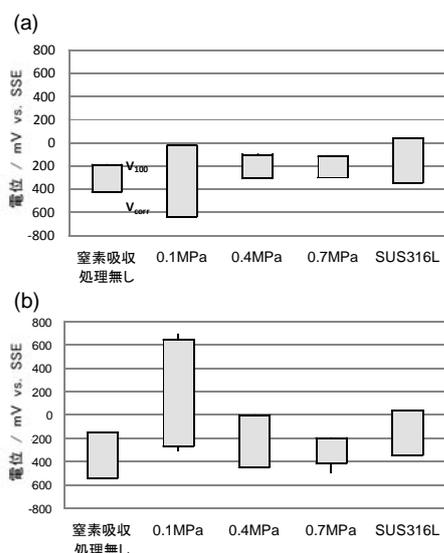


図7. (a)SUS430Lおよび(b)Fe-20%Cr加圧窒素焼結体における不動態域( $V_{corr}$ (自然電位)~ $V_{100}$ (孔食電位))

### 3. 結言

ニッケルを含まないフェライト系ステンレス焼結材 (SUS430L、Fe-20%Cr)において、圧粉・成形し脱脂した試験片に対し真空熱処理炉を利用した加圧窒素焼結を行った。その結果、以下の知見を得た。

(1)脱脂まで行ったフェライト系 Fe-Cr 合金粉末成形体を加圧窒素雰囲気中で長時間熱処理することで、高密度焼結体とするとともに試料内部まで窒素吸収させオーステナイト組織とすることができた。また、焼結と窒素吸収処理を同時に行うことで製造工程・時間の短縮を図ることができた。

(2)加圧窒素焼結により SUS430L では最大 800MPa、Fe-20%Cr では最大 1000MPa まで引張強度が上昇した。しかし、高密度化したことにより内部まで十分に窒素が吸収されておらず、伸びは 20%強と延性はさほど得られなかった。

(3)固溶窒素により焼結体の耐孔食腐食性は向上し、SUS316L と同等かそれ以上の耐食性を有する条件を見出した。

### 参考文献

- 1) 黒田大介：“生体用 Ni フリーステンレス鋼”、熱処理、48(1)、pp.18-25、2008
- 2) 片田康行：“加圧式 ESR 法による高濃度窒素鋼の製造”、ふえらむ、pp.12-13、2002
- 3) 黒田大介ほか：“窒素吸収処理を利用した Ni フリーステンレス鋼製品の製造技術の開発”、まてりあ、pp.139-141、2004
- 4) 栗花信介ほか：“窒素固溶によるステンレス鋼の高機能化に関する研究開発”、福島県ハイテクプラザ平成 18 年度試験研究報告、pp.7-10、2007
- 5) H. Mitsui ほか：“Solution Nitriding Treatment of Fe-Cr Alloys under Pressurized Nitrogen Gas”、ISIJ International、pp.479-485、2007

# 新エネルギー用マイクロ発電システムの開発

— Development of a Micro Power System for New Energy Resources —

福島県ハイテクプラザ  
東北大学大学院工学研究科  
有限会社エイチ・エス・エレクトリック  
株式会社ジーエスピー  
株式会社中川水力

高橋 淳 大内 繁男 吉田 英一  
一ノ倉 理 中村 健二 後藤 博樹  
関本 英雄  
鈴木 実 高藤 恭胤 稲本 勝彦  
宍戸 俊一 杉内 隆一郎

地球環境の保護やエネルギー資源の有効利用のため、風力や小水力などの新エネルギー発電への期待が高まっている。近年、ウインドファームと呼ばれる大型風車の建設が増加しているが、日本国内には広い平坦地が少なく、洋上発電の適地も少ない。一方、農業用水路などでは、2m以下の小落差の小水路が多く存在するが発電にはほとんど利用されていない。本研究では、どこにでも設置できるマイクロ風車と小水路を利用するマイクロ水車を使った新エネルギー発電システムを開発することを目標としている。

Key words: マイクロ水車、マイクロ風車、スイッチトリラクタンスジェネレータ、FPGA、可変速運転、インバータ、電力変換器

## 1. 緒言

エネルギー危機や地球温暖化防止のため、ゼロエミッション時代の形成とエネルギーの地産地消に向けて、風力や小水力などの新エネルギーを利用する技術開発が注目されている。

本研究では、小型風力発電と小水力発電を行うために、新エネルギー用マイクロ発電システムを開発する。マイクロ発電システムの要素として、マイクロ水車、マイクロ風車、永久磁石式リラクタンスジェネレータ、多極スイッチトリラクタンスジェネレータ、エネルギー貯蔵機能付電力変換装置、フルデジタルインバータ制御回路などを開発する。研究期間は平成19年度から21年度までの3年間である。今年度は、発電システムの各要素についてそれぞれ基礎的な研究を行った。

以下、2.では、各分担テーマの概要と今年度の成果、3.では多極SRジェネレータの可変速運転システム、4.では電力変換器の電力変換制御用ボードについて述べる。

## 2. マイクロ発電システムの開発

本研究では、家庭用の補助電源や送電線がない地域のために、電力を安定供給できるマイクロ発電システムを目指している。

発電に使用するマイクロ水車とマイクロ風車は、設置が容易で安全性が高く、保守が容易な構造が求められる。試作した水車と風車を図1に示す。

マイクロ風車やマイクロ水車では、エネルギー源である風や水量の変化による回転数の変動が大型機に比べると大きい。マイクロ発電システムでは、エネルギー源の変動が大きく、少ないエネルギー源を効率良く



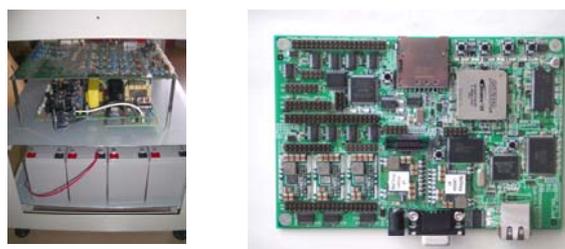
(a) マイクロ水車 (株)中川水力  
(b) マイクロ風車 (株)ジーエスピー

図1 マイクロ水車とマイクロ風車



(a) 永久磁石式SRジェネレータ 東北大学  
(b) 多極ジェネレータと可変速運転システム ハイテクプラザ

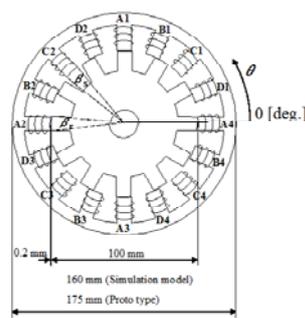
図2 小型発電機



(a) 電力変換器 (有)エイチエスエレクトリック  
(b) フルデジタル制御回路 ハイテクプラザ

図3 エネルギー貯蔵機能付き電力変換装置

電気エネルギーに変換することと、安価で保守が容易な発電機が求められる。マイクロ発電システム用に試作した発電機を図2に示す。図2(a)の永久磁石式SRジェネレータは、発電機の制御システムが不要で構成が簡単である。図2(b)の16/12 SRジェネレータは可変速運転システムを組み合わせることによって低速回転域から高速回転域まで効率良く発電を行うことができる。図2に示した発電機の出力は、電圧と周波数が変動する交流または脈流である。図3に示す電力変換器は、発電機の出力を一般の電気機器で使用できる50 Hz または 60 Hz の交流 100 V に変換し、安定に電力を供給するために、バッテリーを使ったエネルギー貯蔵装置を備えている。電力変換器の制御はデジタル制御回路を使用し、ネットワーク接続も可能になっている。初年度は、図1から図3の装置を開発し、基礎実験を行っている。



Core material 50H290  
Stack length 50 mm  
Stator pole arc  $\beta_s$  11.25°  
Rotor pole arc  $\beta_r$  15°  
Number of windings/pole 52 turn

図4 16/12 SRジェネレータの諸元

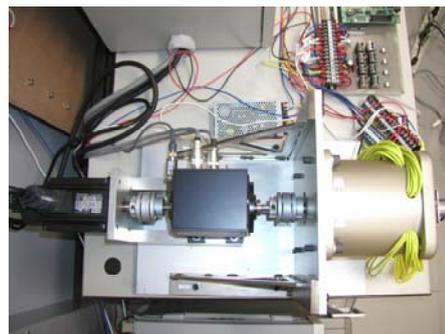


図5 16/12 SRジェネレータと実験装置

### 3. 多極SRジェネレータの可変速システム

スイッチトリラクタンスジェネレータ（以下SRジェネレータと略記）は、構造が簡単で、堅牢、安価に製作でき、形状の自由度が高く容易に多極化ができ、回転子の慣性モーメントが小さいなどの多くの特徴を有する<sup>[1]-[4]</sup>。低速回転時にも効率良く発電できるように、多極SRジェネレータの回転数に応じて励磁電圧を可変して発電特性について検討した<sup>[5][6]</sup>。

図4に実験に使用した固定子16極、回転子12極の4相16/12 SRジェネレータの諸元を示す。A相からD相の巻線はそれぞれ直列に接続されている。各相の励磁幅は7.5 deg.一定とした。図5にSRジェネレータの実験装置を示す。SRジェネレータをACサーボモータで外部駆動し、トルク計で機械入力、電力計で励磁入力と出力を測定した。負荷抵抗は10 Ωの巻線抵抗を使用した。

励磁電圧  $V_{dc}$  が 150 V におけるSRジェネレータの発電特性を図6に示す。励磁入力  $P_e$ 、機械入力  $P_m$ 、発電出力  $P_o$  とすると、効率  $\eta_i$  は(1)式で求められる。

$$\eta_i = P_o / (P_e + P_m) \times 100 [\%] \quad (1)$$

シミュレーションは2次元有限要素法を用い、半導体の損失、銅損と鉄損を考慮している。シミュレーション結果を見ると回転数が1500 rpm以上では80%以上の効率となっているが、1500 rpm以下では効率が低下し、励磁入力が増加している。

図7にA相の磁束密度と効率の関係を示す。SRジェネレータの回転数を一定とした場合、励磁電圧が高くなると効率が徐々に低下してくる。SRジェネレータの回転数を  $n_s$  [rps] としてA相の磁束密度が0.8 Tとなる励磁電圧  $V_{dc}$  との関係を求めると、(2)式のようなになる。

$$V_{dc} = 4.3 n_s \quad (2)$$

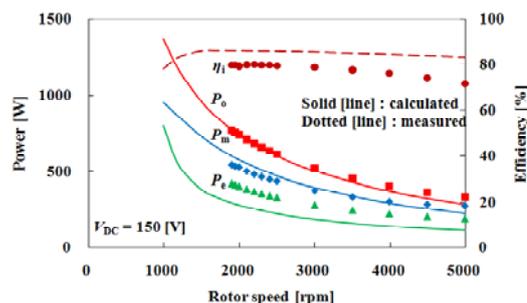


図6 16/12 SRジェネレータの発電特性

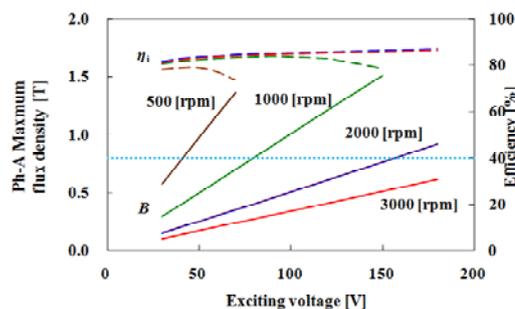


図7 16/12 SRジェネレータの磁束密度と効率

SRジェネレータの回転数  $n_s$  から(2)式で励磁電圧  $V_{dc}$  を定めると、出力と効率を高く保ちながら発電が可能である。

SRジェネレータの励磁相の磁束密度が飽和しない範囲に励磁電圧を設定することによって、SRジェネレータを効率よく運転できることを示した。

#### 4. 電力変換器

デジタル制御による電力変換器の制御は、制御回路の小型化が可能、部品の温度変化・経年変化による性能変化が無い、調整工程の削減が可能などの他に、複雑な制御にも対応可能、制御方式の変更が容易、データ取得が容易という利点がある<sup>[7]</sup>。電力変換器をデジタル制御する制御ボードを製作し、運転状態・運転履歴のプログラムと電力変換器の制御アルゴリズムについて検討した。

図8に電力変換器の構成を示す。電力変換器は、発電機からの出力を整流、DC-DC変換器でDC 180Vに変換し、DC-AC変換器で一般家庭で使用するAC 100Vに変換する。バッテリーに充電した電力により、不足した場合の電力を補い独立運転を可能とする。発電機からの電力を効率よく利用するために、整流器の後段のチョッパで、後述する最大電力追従を行う。

制御回路は、演算素子に Altera 社製 FPGA(Field Programmable Gate Array)の stratixII EP2S60F672C5N を使用した。FPGA は回路構成の自由度が高く、並列処理による演算の高速化が可能である。電力変換器の電圧・電流センサからのデータは A/D 変換を行い FPGA に取り込む。FPGA で処理したインバータの制御信号は I/O コネクタから電力変換器の主回路へ出力する。

FPGA には、電力変換器の制御回路の他に、FPGA 内に構築可能な CPU である NiosII を組み込み、組み込み用 OS である TOPPERS (Toyohashi Open Platform for Embedded Real-time Systems) を移植した。NiosII は、電力変換器の運転状態の表示・監視、運転履歴取得に使用する。NiosII の動作プログラムは 16 MB の容量を持つ Flash メモリに格納し、汎用メモリとして 2 MB の SSRAM (Synclonous Static RAM) と 32 MB の SDRAM (Synclonous Dynamic RAM) を使用する。電力変換器の運転状態と運転履歴は、ネットワークと MMC (Multi Media Card) カードに出力する。MMC カードに出力した履歴データを Windows PC で参照可能とするために、NiosII にファイルシステムを実装した。運転履歴に必要な時間情報の取得には、リアルタイムクロックを使用した。図10に、時刻と電流・電圧値をシリアル出力した例を示す。

発電機の電力特性は、図11に示すような出力電圧の変化に対して凸型の特性を持つ。発電機から最も効率よく電力を取り出すためには、出力電力が最も大きくなる出力電圧で取り出す事が必要となる。最大の出力電力を取り出す手法である最大電力点追従法 (MPPT:Maximum-Power-Point Tracking) を検討した。図12に図8の電力変換器のチョッパの回路図を示す。図12の回路では、U1のMOS FETのon時間 $T_{on}$ とoff時間 $T_{off}$ の比であるデューティ比でチョッパの動

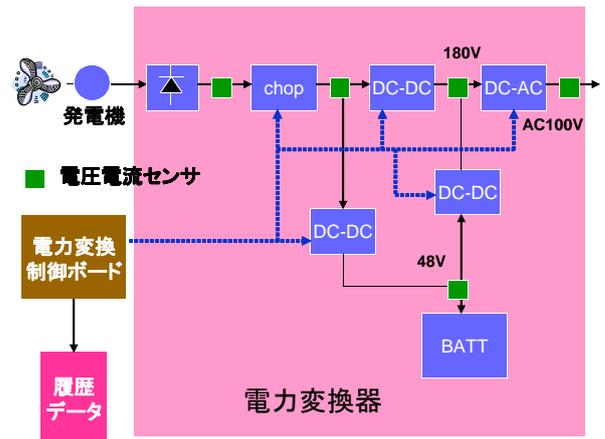


図8 電力変換器の構成

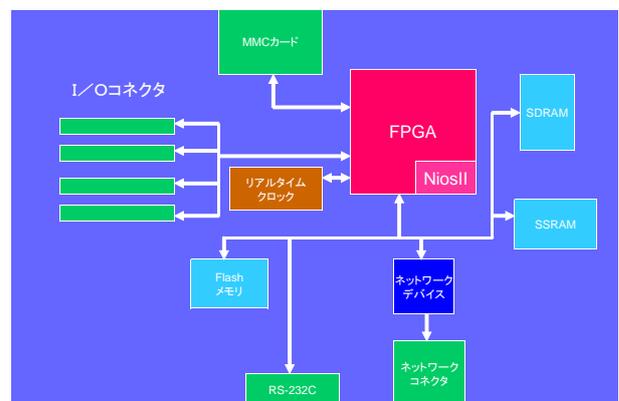


図9 電力変換制御ボードの構成

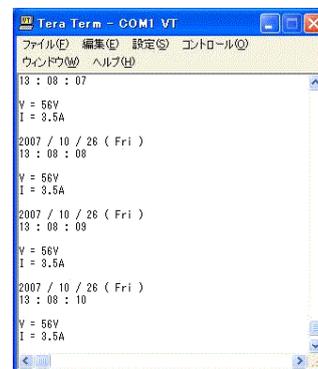


図10 リアルタイムクロックによる時刻表示

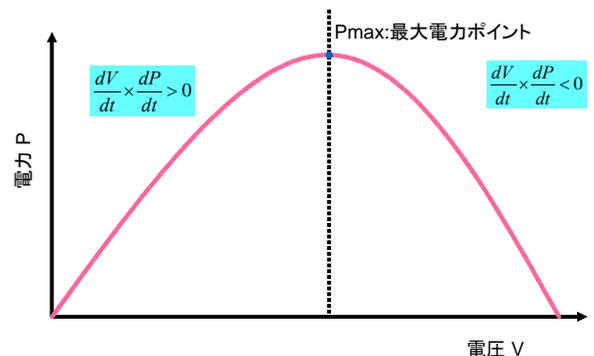


図11 発電機の電力特性

作電圧が決まる。デューティ比  $d$  は(3)式で表される。

$$d = T_{on} / (T_{on} + T_{off}) \quad (3)$$

デューティ比が大きくなるほど、チョップの動作電圧は低くなる。チョップの動作電圧を変化させながら、より高い出力電力を得ることができる動作電圧を求めていく山登り法を用いた。チョップの動作電圧が、最大電力ポイントの動作電圧より低いか高いかは、動作電圧の微分値  $dV/dt$  と出力電力の微分値  $dP/dt$  の積で判断した。チョップの動作電圧が最大電力ポイントの動作電圧より低い領域では、チョップの動作電圧を上げ、最大電力ポイントの動作電圧より高い領域では動作電圧を下げる制御を行った。

MATLAB と PSIM を使用して、出力電圧値が 80 V の場合に最大電力値 800 W を出力する電源をモデルとしてシミュレーションを行った。チョップのスイッチング周波数は 40 kHz、最大電力追従の演算時間の間隔は 1 ms である。シミュレーション結果を図 13 に示す。最大電力ポイントの出力電力 800 W、動作電圧 80 V に追従している事を確認できた。

## 5. 結言

本研究の初年度において、低落差で流量が少ない小水路で利用できるマイクロ水車、どこでも設置が容易なマイクロ風車、制御回路を必要としない永久磁石式リラクタンسジェネレータ、低速回転領域から高速回転領域まで効率良く発電可能な可変速運転システムを組み合わせた多極SRジェネレータ、エネルギー貯蔵機能付き電力変換器とインバータのフルディジタル制御回路の試作を行った。今後は、マイクロ発電システムのフィールド試験を重ね最終試作を行い実用化を目指す。

### 参考文献

- 1) 菊池, 直井, 渡辺, 郭, 一ノ倉 : "スイッチトリラクタンسジェネレータに関する基礎的考察", *日本応用磁気学会誌*, 27, pp.495-498, (2003).
- 2) D. A. Torrey : "Switched Reluctance Generators and Their Control", *IEEE Trans. Ind. Electron.*, Vol. 49, No. 1, pp.3-14, (2002).
- 3) A. Takahashi, H. Goto, K. Nakamura, T. Watanabe, O. Ichinokura : "Characteristics of 8/6 Switched Reluctance Generator Excited by Suppression Resistor Converter", *IEEE International Magnetic Conference (INTERMAG2006)*, HU-05, 2006
- 4) R. Cardenas-Dobson, G. M. Asher and W. F. Ray : "Experimental Evaluation of a Switched Reluctance Generator for Wind Energy Application", *Wind Engineering*, Vol.20, pp.115-136, (2001).
- 5) 高橋, 後藤, 一ノ倉 : "SR ジェネレータの可変速運転時の効率に

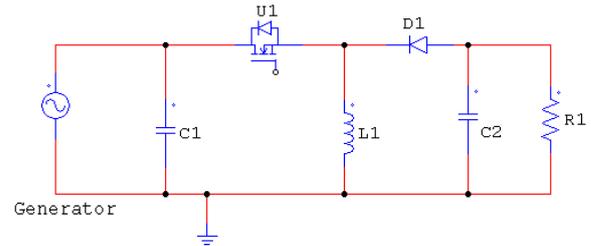


図12 昇降圧チョップ

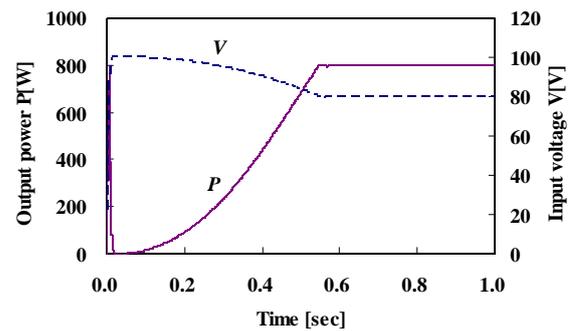


図13 最大電力追従のシミュレーション結果

関する検討”, *日本応用磁気学会誌*, Vol. 31, No. 3, pp. 254-257, (2007).

- 6) 高橋, 後藤, 一ノ倉 : "SR ジェネレータの多極化に関する考察", *平成19年度電気関係学会東北支部連合大会講演論文集*, p. 352, (2007).
- 7) 大内, 吉田, 関本 : "FPGA を使用したフルディジタル電力変換器の開発", *平成19年度電気関係学会東北支部連合大会講演論文集*, p. 353, (2007).

# 地域活性化共同研究開発事業

# 精密機器のための微細溶接技術による応用製品の開発（第1報）

## Development of applied products by micro welding for precision instruments

研究開発部プロセス技術グループ 佐藤善久・小野裕道・吉田 智  
いわき技術支援センター材料グループ 安藤久人・富田大輔  
有限会社遠藤電子 遠藤八郎  
大野ペロー工業株式会社 佐原代喜・荒蒔正之・蛭田 仁・平山正一  
株式会社ピュアロンジャパン 高橋 誠

板厚0.5 mm以下の極薄板の溶接技術とその応用製品の開発に取り組んでいる。今年度は溶接用CAEによる解析を検証するために抵抗溶接実験を行って、溶接条件等のデータを収集した。マイクロプラズマ溶接装置の導入と直線および周溶接ができる溶接用治具を設計製作した。部品や専用のワーククランプ治具を製作し、直径4.2 mmの6 MPa用溶接ペローズを試作した。さらに、焼結体フィルタエレメントとフィルタボディの溶接実験と圧力センサ・液面検出センサを設計した。

Key words:マイクロプラズマ、溶接用CAE、抵抗溶接、溶接ペローズ、圧力センサ、液面検出センサ

## 1. 緒言

半導体や電子関連の精密機器における高付加価値製品には板厚0.5 mm以下の極薄金属板（以下、「極薄板」）による接合構造体が多く用いられている。極薄板はしなやかで熱を伝えやすく、構造物の軽量化もできる。しかし、曲げ応力による変形量は板厚の2乗に反比例するため、溶接時に発生する応力で変形して製品にならない。また、熔融池の幅を1 mm以下にする必要があるため、パワー密度が高いレーザー等の熱源を必要とするため、TIG等の一般的な方法では溶接できない。更に、汎用機の金型のクリアランスは約0.1 mmを最小としているため、標準的なプレス加工では十分な品質の開先が得られない。極薄板の溶接は全国的にも限られた企業のみが可能な極めて難易度の高い技術であり、県内企業からの要望も多い。そこで本研究は、極薄板の溶接技術とそれを応用した競争力がある製品の開発を目的としている。

溶接には部品の確実な固定と、適当な熱源を用いた溶接線の正確なトレースが必要である。固定には治具の活用や部分的に溶接を行う仮付けが行われる。特に極薄板の仮付けには加工部に痕を残さずに点状の接合ができる抵抗溶接法が有効であるが、適正な条件を得るための試作回数の低減による効率化が望まれている。そこで、溶接用CAEによる解析結果の妥当性を検証して、溶接条件から接合状態を予測する技術を確立するために抵抗溶接実験を行った。

極薄板を溶接するためには特にレーザーが適しているが、導入と運用のコストを低減するため、熱源にはマイクロプラズマ溶接装置を用いた。また、溶接するための基本的な動作である回転と直線の運動をする治具を設計・製作した。

さらに、極薄板の溶接技術の有効性を検証するために、溶接ペローズと圧力センサおよび液面検出センサの試作とその実用化に取り組んだ。

## 2. 抵抗溶接実験

試験片には、極薄板や線材等を用いた微細な溶接が行われる電子材料を使用した。表1に実験の条件を示す。

表1 抵抗溶接実験

試験材料	SUS304、リン青銅、コパール (板厚各0.1 mm、0.2 mm)
電極材料	Mo、Be-Cu
試験加重(Kg)	9.5
測定項目	電流(最大値、実効値、波形) 電圧(最大値、実効値)、通電時間

抵抗溶接では電流値・通電時間・加圧力が重要なパラメータといわれている。通常、電流値は最大値や実効値(演算値)で管理されている。電源の方式等によっても差があるが、一般的に通電時間中の電流値は変動していることが多いと考えられる。実際に出力された電流波形を溶接用CAEに入力することによって、接合状態を予測する精度の向上が期待できると考えた。そこで今回は、電流の出力波形を記録しながら実験を行った。実験で得られた電流波形の例を図1に示す。また、図2に溶接部の断面観察例を示す。

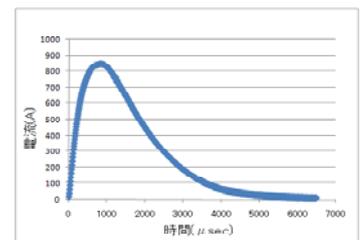


図1 抵抗溶接の電流波形

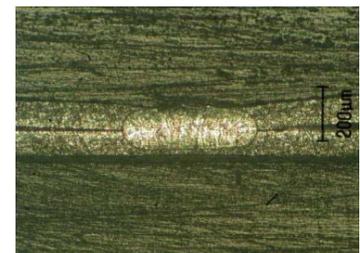


図2 溶接部のマクロ観察

本来であれば、溶接用CAEを用いてナゲットの径や溶接変形を予測し、今回の実験で

得られた断面観察の結果と比較する予定であったが、都合により今年度は実施できなかったため、実験の結果とCAEの予測との比較検証は20年度に行うことにした。

### 3. 実験装置

#### 3. 1. マイクロプラズマ溶接装置

溶接用の熱源には小池酸素工業(株)製のマイクロプラズマ溶接装置PW-50NRを用いた。表2に主な仕様を示す。

表2 マイクロプラズマ溶接装置の主な仕様

定格出力電流 (A)	0.08～50
定格使用率 (%)	100
パルス周波数 (Hz)	0～9,900
パルス幅調整 (%)	10～90
プラズマガス	Ar
シールドガス	Ar/H <sub>2</sub> 混合ガス
ノズル径 (mm)	0.6～1.8
トーチ冷却方式	水冷閉回路循環
電源部寸法 (mm)	(W)360 (H)750 (D)650
電源部重量 (Kg)	95

マイクロプラズマ溶接装置の溶接トーチは図3に示すように、2重ノズル構造となっている。



図3 プラズマ溶接トーチ

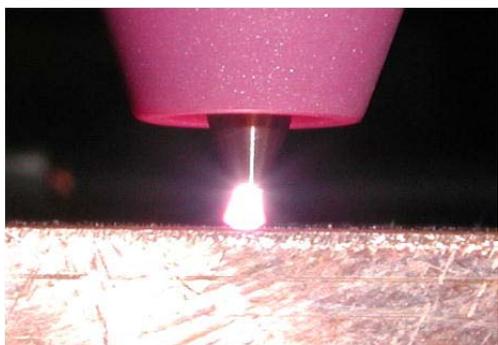


図4 マイクロプラズマアーク

溶接時にはセラミックノズルとメタルノズルに、それぞれプラズマガスとシールドガスを流しながら用いる。電極から発生したアークは図4に示すようにメタルノズルによって緊縮したものとなり、さらにパルス出力にすることで硬直する。設定できる溶接電流の範囲はノズル径によって決まっている。また、アーク柱は溶接電流5A、アーク長1.5mmのとき、27°の広がり角があることがわかった。当初はメタルノズルと電極の中心がずれやすい構造となっていたので、アークがメタルノズルの中心軸に対して傾いて発生することがあった。そこで、電極の位置を矯正するための治具を製作し、図5に示すようにアークの傾きを解消した。

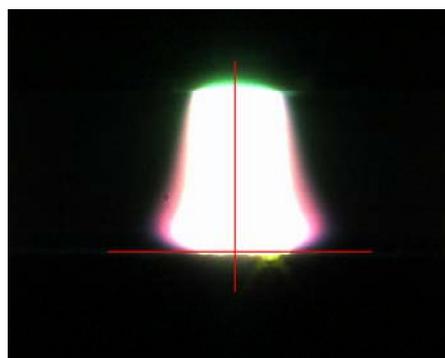


図5 矯正後のアーク(アーク長:1.5 mm)

#### 3. 2. 溶接用治具

高品位な溶接を行うためには、溶接用の治具に次のような性能が必要である。

- 1) 試験片の固定や溶接変形の防止
- 2) アーク長や溶接速度を一定に保つ
- 3) 安定したグラウンドやバックシールド機能を有する

本研究では、試作品や今後の応用を検討して周溶接用2種類、直線溶接用1種類の溶接用治具を製作した。

図6に示す周溶接用の治具は、市販の小型汎用旋盤



図6 周溶接用治具 I

をベースにしたものである。溶接速度を正確にするため、減速ギヤを介してサーボモータで主軸を駆動している。制御用の回路に溶接装置からのノイズが侵入しないように、サーボモータと治具はほとんど絶縁している。減速比の設定により、主軸の回転速度は1～300rpmを任意に設定できる。スリップリングを装備しているので、動作中でも主軸から直接に安定したグラウンドが取れる。また、ロータリージョイントから主軸の貫通孔にバックシールド用のガスも導入できる。

図7に示す周溶接用の治具は、ステッピングモータで駆動する2台の回転テーブルを向かい合わせて設置したものである。動作開始・終了と回転速度を同期または個別に設定できるので、剛性が低くて変形し、押しつけることができない部品同士をずれることなく溶接できる。



図7 周溶接用治具Ⅱ

図8に示す直線溶接用の治具は、部品を拘束しながら、サーボモータとボールネジでリニアスライド上を移動させる機構を有する。周溶接用治具と同様に、サーボモータと治具は絶縁している。また、グラウンド用の配線とシールドガスを導入するための配管を有する。



図8 直線周溶接用治具

#### 4. 溶接ベローズの試作

今回の目標は、高温高圧用に用いるためNi系合金であるオーステナイト系ステンレス鋼の極薄金属板を用いた直径42mmの6MPa用溶接ベローズとした。溶接ベローズは、2種類のドーナツ型のプレートの内周と外周を溶接して製作する。プレス成形性及びその後の溶接作業性を考慮して数種類の部品形状を計画した。CAEを用いて、事前に加圧や伸びに伴う応力の分布を解析し、部品形状の最適化を試みた。その結果、図9に示すように溶接部の周辺以外では著しい応力

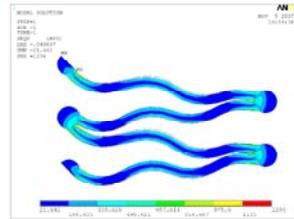


図9 応力の解析事例  
(6MPaの加圧)



図10 溶接ベローズの部品

の集中等の問題がない形状が得られた。応力の集中は溶接部の近傍が最大であることや特に溶接部の内側に形成された曲率が応力の発生に大きな影響を与えると考えられることもわかった。

図10に示す2種類のプレートを製作し、はじめにマイクロプラズマ溶接装置で内周のみを溶接した部品を製作した。次にその部品の外周を同様に溶接することで溶接ベローズを試作した。

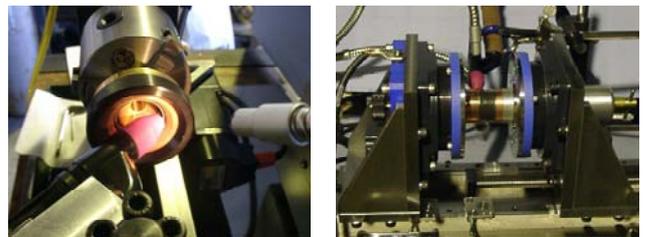


図11 溶接用治具(左:内周用 右:外周用)

溶接に用いる治具は、改造せずに用いることができる市販品が見あたらなかったため、図11に示すように内周溶接と外周溶接ともに専用のワーククランプ治具を製作し、それぞれ本研究で製作した回転型と対向型の溶接治具に装着して用いた。ワーククランプ治具は、熱伝導度の大きい銅系材料を用い、溶接熱によるワークの熱歪を抑えるように工夫した。

以上により、試作した溶接ベローズの外観を図12に示す。試作した溶接ベローズは、各種の評価(硬さ試験・バネ定数の測定・気密性の確認・寿命試験)を行い、当初目的とした性能を満足することを確認した。



図12 試作した溶接ベローズ

## 5. センサの試作

本研究で取り組んでいる微細溶接技術の有効性を検証するため、センサの試作に先立ちSUS 316Lの焼結体であるフィルターエレメントと切削品であるフィルターボディの溶接実験を行った。フィルターエレメントは焼結体であり、溶接ビードの幅や入熱、溶接線の正確なトレース等が難しく、従来は生産工数の削減ができなかった。そこで、本研究で導入したマイクロプラズマアーク溶接装置と、回転型の治具を用いて溶接したところ、図13に示すようにビード幅3mm、とけ込み深さ0.5mmの良好な溶接部が形成され、30個の試作に対して性能上の問題はみられなかった。また、50%以上の大幅な工数削減が期待できることもわかった。

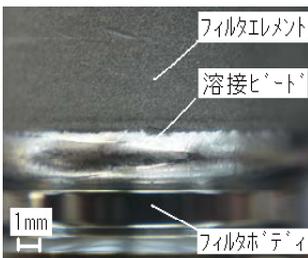


図13 フィルタ部品の溶接

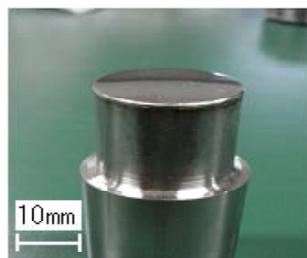


図14 圧力センサの試作

センサ内外の圧力差によって生じるダイヤフラムの撓みを圧力差として検出する圧力センサは、円筒状のボディの端面にSUS 316Lの極薄板を溶接する。最初の試作は、直径20mmのボディと板厚0.3mmの極薄板の組み合わせで行った。図14に最初の試作品を示す。最初の試作によって、ダイヤフラムが溶接できることが確認できたが、これまで、板厚0.1mmのダイヤフラムでは実用化されていないので、より高感度なセンサの開発のため、20年度に行う試作

は図15に示すように、直径10mmのボディと板厚0.1mmのダイヤフラムで行うことにした。

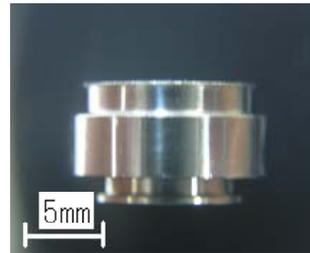


図15 圧力センサ部品



図16 液面検出部品センサ部

半導体製造関連設備の純水や薬液の正確な液面管理に用いられる液面検出センサは、性能と機械的な強度を得るために、板厚0.3mmのSUS 316Lを用いた構造とすることにした。図16に試作した部品を示す。

## 6. 結言

19年度の取り組みをまとめると次のようになる。

- 1) 溶接用CAEによる解析を検証するために抵抗溶接実験を行って、溶接条件等のデータを収集した。
- 2) マイクロプラズマ溶接装置の導入と直線および周溶接ができる溶接用治具を設計・製作した。
- 3) 部品や専用のワーククランプ治具を製作し、6MPa用の溶接ベローズを試作した。
- 4) 焼結体フィルタエレメントとフィルタボディの溶接実験と圧力センサ、液面検出センサの設計を行った。

引き続き20年度もSUS 316L ( $t=0.1$ mm)の溶接実験や抵抗溶接実験と溶接用CAEによる解析結果を比較検証して、溶接条件から接合状態を予測する技術を確認する。また、14.7MPa用の溶接ベローズ・圧力センサ液面検出センサを試作して実用化を目指す。

※この研究は、電源立地地域対策交付金により実施した事業です。

# 組込み応用製品の高機能化・高信頼性化に関する研究

## Research on High Performance and High Reliability of the Embedded Computer Application Products

研究開発部 システム技術グループ 尾形直秀 高樋昌 平山和弘 浜尾和秀  
(株) アイ・イーエス 佐藤正一 土屋明  
田中精機(株) 須藤勝広 藤原広征  
(株) マクロウェア 寺脇勝彦 千代一臣  
(有) フロンティア・オンライン 酒井克弘 渡辺俊枝 松村豊 武藤洋介

本研究は県内の企業が組込み応用製品の開発に自由に利用できるハードウェア、ソフトウェアの開発、開発環境の構築を行い、これらの成果を用いることで既存製品への新たな機能の付加、組込み分野への新規参入の支援を行うことを目的とする。本年度は、この開発プラットフォームの基本となる MPU ボード、FPGA ボードの開発を行い、カーネルや通信スタックなどの基本ソフトウェア開発を進めた。

Key words: 組込み、プラットフォーム、iTRON、TOPPERS プロジェクト

### 1. 緒言

県内の中小企業では組込み製品の開発について次のような問題を抱えている。

- ハードウェア関連
  - 組込み製品は製品毎に異なるハードウェアが必要であり、品種が多くなると保守用として確保しなければならないハードウェアも多くなり、負担が大きくなる。
  - 使用していたハードウェアが製造中止になった場合、新しいハードウェアへの移行するため新たな開発技術が必要となる。
- 開発環境関連
  - ソフトウェアはほとんど自社開発であるため、ネットワーク通信のような複雑な機能の追加は困難である。
  - 新たに組込み応用製品開発に取り組みたいが、ハードウェア技術の修得や組込み独特の開発環境、プログラミング手法のため敷居が高い。

また、組込み開発産業の状況として組込み開発者の不足が続いており、経済産業省の2007年版組込みソフトウェア産業実態調査<sup>1)</sup>によると、開発者数が約23万5千人のところ、不足する開発者が9万9千人という報告がある。この状況はいずれ県内にも波及することが考えられる。

本研究は、これらの問題点やニーズを踏まえ、組込み応用製品の開発に必要な要素であるハードウェア、ソフトウェア、開発環境からなるプラットフォームの開発を行い、この成果をもって組込み応用製品の開発支援を行うことを目的とする。

今年度は、ハードウェアのベースとなる MPU (Micro Processing Unit) ボードと FPGA(Field Programmable Gateway Array)ボードの開発を行い、それらの基本ソフ

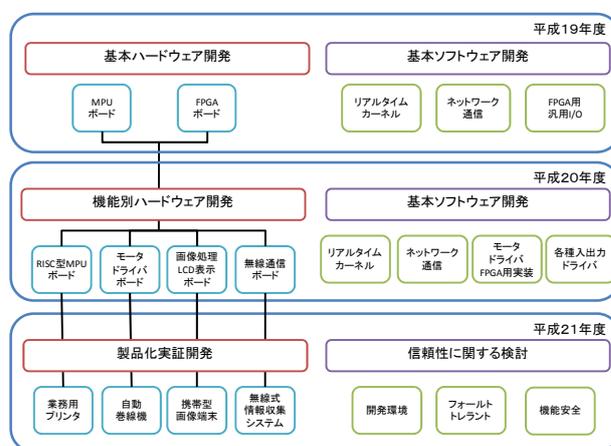


図1 研究計画概要

ウェアの開発を行ったので報告する。

### 2. 研究計画概要

本研究は、研究期間を3年間として計画している。各年度の主な研究内容を図1に示す。

研究分担はハードウェアに関してはハイテクプラザが基本設計、共同研究機関が実装開発を行う。ソフトウェアに関してはカーネル、通信スタックなどの基本ソフトウェア開発、信頼性の検討に関してはハイテクプラザが分担し、アプリケーション開発や製品ノウハウにかかわる非公開部分については共同研究企業で行うようにした。

初年度は、ハードウェア、ソフトウェア、開発環境の相互関連を考慮してプラットフォームの基本仕様の策定を行い、これに基づいて、ハードウェアの基本部分となる MPU ボードと FPGA ボードの開発、これらのハードウェア上で動作する基本ソフトウェアであるリアルタイムカーネルやネットワーク通信スタック、さらに FPGA 用のリソース開発を行った。

2年目は、MPU ボード、FPGA ボードと組み合わせて使用するハードウェアの開発を行うが、各共同研究企業はそれぞれの製品に強く関連する機能のハードウェア開発を担当し、必要に応じて相互のハードウェアを利用する。ソフトウェアはこれらのハードウェアのための基本ソフトウェアとしてカーネル、通信スタックに加えデバイスドライバの開発を行う。

3年目にはこれらの成果を応用して、各共同研究企業では、それぞれの製品化開発を行う。ハイテクプラザでは主に信頼性に関する開発環境等の検討をおこない、製品化実証開発への応用を図る。

### 3. プラットホームの基本仕様

実際の開発に先立ってプラットフォームの基本仕様の策定を行った。

まず、ソフトウェア開発環境としてリアルタイムマルチタスクカーネルの検討を行った結果、以下の理由から TOPPERS カーネル<sup>2)</sup>を利用することにした。

- iTRON 仕様カーネルであること。  
日本国内では最も多く使われている仕様であり事実上のデファクトスタンダードである。
- オープンソースであること。  
本研究ではハードウェア、ソフトウェアの相互利用があるため、改変や配布に制限のあるライセンス形態では障害がある。
- ネットワーク通信スタックがあること。  
ニーズとして挙げられている機能であるが、TOPPERS プロジェクト内の TINET がカーネル同様にオープンソースで公開されている。
- 県内企業で利用の多いMPUに対応していること。  
ルネサス社の H8 シリーズ、SH1、SH2 シリーズなどの 16 ビット MPU から選択する。

TOPPERS カーネルは新世代である TOPPERS/ASP の一般公開が平成 20 年 5 月であるため、平成 19 年度については、旧来の TOPPERS/JSP を使用し、平成 20 年度から TOPPERS/ASP へ移行していくことにした。

次にハードウェアの構成について通信方式について検討を行った。

MPU ボードと入出力ボード間のシステムバスは PC/104<sup>3)</sup> とピン配置互換とした。搭載を考えているクラスの MPU のバス速度 20MHz、バス幅 16 ビットで、なるべく低コストに実現出来るものとして選択した。ただし、MPU や FPGA の信号線が 3.3V のものが増えてきているため、今後のメモリや周辺 IC の入手のしやすさを考えて信号レベルは 3.3V とした。

システムが複数の MPU ボードで構成される場合の MPU 間の通信には RS232C などのシリアル通信が用いられる事が多い。しかし、RS232C は多くの MPU に内蔵され、手軽に扱うことが出来る反面、1対1通信であるために、接続機器が多くなると通信ポートが不足

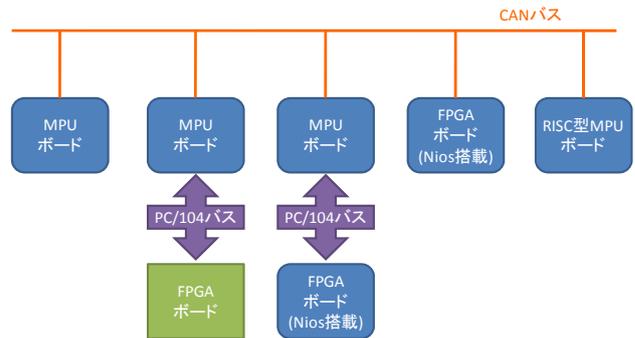


図2 フィールドバスと PC/104 バス

し、接続数と同じ数の配線が必要となりケーブル敷設も困難となる問題点があった。そこで、本プラットフォームではCPU間の通信はフィールドバスとしてCAN<sup>4)</sup>通信を取り入れて 30 台程度の接続にも容易に対応できるようにした。

CAN 通信は元々、車載用コンピュータ向きに開発されたものであるが、広く計測・制御用にも利用され、コントローラが内蔵されている MPU もいくつかあり低コストの実装が可能である。パケットの衝突時の処理が ethernet のような再送ではなく、優先順位による勝ち抜けのため、高いリアルタイム性を有するなど計測・制御向きの特徴がある。

CAN と PC/104 の使い分けは図2のようになる。MPU と I/O 間は PC/104 バスを、MPU と MPU 間には CAN を使用することとした。FPGA に MPU コアを搭載することを想定したボードは MPU ボードと同様に CAN 通信を可能とするようにした。

CAN の上位プロトコルには自律分散プロトコル<sup>5)</sup>を基にしたプロトコルを開発し実装することにした。

外部とのネットワーク通信は ethernet デバイスを搭載し、TCP/IP を用いて行うことにした。TCP/IP スタックには TOOPERS カーネルの使用を前提として TINET を利用することとした。

FPGA ボードでは CAN 通信と同様に Nios II の搭載し MPU の機能を持ち得る構成のものは ethernet デバイスを搭載することとした。

### 4. ハードウェア基本設計

プラットフォームの基本仕様を踏まえて MPU ボード、FPGA ボードの基本設計を行った。

MPU ボードの基本仕様は以下のとおりとした。図3に完成した MPU ボードを示す。

- MPU  
共同研究企業が共通に使用実績のあるルネサス社の H8 シリーズから選択することにした。シリアルポート 5 ポート以上という要望と、CAN ドライバ内蔵、flash ROM 内蔵 412 k バイト、RAM 空間 2 M バイト以上、

現行の TOPPERS/JSP カーネルが稼働する MPU と機械語レベルで互換性を持つという要件から H8S/2556 を使用することにした。

- RAM

バッテリーバックアップが可能なスタティック RAM を使用することにした。リアルタイムカーネルや TINET を利用したうえで余裕を見込んで 2M バイトの容量とした。

- ethernet コントローラ

MAC アドレスは MAC アドレス書き込み済みのシリアル ROM を購入して利用することとしたため、書き込まれたデータのフォーマットが対応している Realtek 社の RTL8019AS を採用することにした。この LSI は TINET でもサポート済みのもので、移植も容易であることが期待できる。ただし、この LSI のみ 5 V 信号となるためレベルコンバータを通してバス接続した。

- CAN コントローラ

コントローラは内蔵のものを利用し、トランシーバは MAXIM 社製の MAX3059 を利用した。

- ROM イミュレータソケット

デバッグ作業の効率化のため ROM イミュレータ用のソケット設置の要望があったため、PC/104 バスを介したドータカードとして同時に開発することにした。

FPGA ボードの基本設計は以下のとおりとした。

FPGA に MPU コアの搭載を可能にするように flash ROM、SDRAM を実装することにした。また、基本仕様に従い、ethernet デバイス、CAN デバイスも実装することにした。搭載デバイスは以下の様に選定した。完成した FPGA ボードを図 4 に示す。

- FPGA

研究等での使用実績からアルテラ社の FPGA を使用することにした。高速処理に関する要望はなかったため廉価な Cyclone シリーズのデバイスから選択することにした。ゲート容量に関しては Nios II の利用や、画像処理への応用の要望があったため、余裕を持たせるため CycloneIII EP3C40 を使用することにした。クロックは 50 MHz とした。

- ROM

Nios II のプログラム格納や汎用のデータ領域として多用途に利用できるように 16 M バイトの Flash ROM を搭載した。

- RAM

画像処理用途に使用できるように 32 M バイトの SDRAM を搭載することにした。

- ethernet コントローラ

MPU ボードと同様に Realtek 社の RTL8019AS を用いることにした。

- CAN コントローラ



図 3 H8 MPU ボード



図 4 FPGA ボード

専用の LSI を搭載することし、Philips 社の SJA100T を搭載した。トランシーバは MAXIM 社の MAX3059 を使用した。

## 5. 基本ソフトウェアの開発

基本ソフトウェアとしてリアルタイムマルチタスクカーネル、ネットワーク通信、FPGA 汎用 I/O の開発を行った。

リアルタイムマルチタスクカーネルとして TOPPERS カーネルの移植開発を行った。次世代の TOPPERS カーネルである TOPPERS/ASP は、まだ一般公開されていないため、今年度は TOPPERS/JSP の移植開発を行い、TOPPERS/ASP の公開が予定されている平成 20 年度以降に TOPPERS/ASP へと移行することにした。今年度は以下のプラットフォームへの移植開発を行った。

- MPU ボード

H8S 用の機種依存部を利用して GDB スタブ、TOPPERS/JSP 1.4.3、TINET 1.3 の移植を行い、TINET のサンプルについて動作を確認した。

- FPGA ボード

FPGA ボード開発と並行してアルテラ社から販売されている CycloneIII スターターキットへ TOPPERS/JSP の移植開発を行い、FPGA ボードが完成しだい、その成果を移植することにした。カーネルは TOPPERS/JSP 1.4.3 の Cyclone II、Stratix II 用の実装を基に移植開発を行った。その結果、カーネル上でアプリケーションの動作を確認できたが、SDRAM インタフェース IP が評価版のため時間制限を持つという問題があった。この問題に関しては SDRAM インタフェースの独自実装など追って対処することとした。

ネットワーク通信は TINET の移植開発とフィールドバス通信として自律分散プロトコルとその下位プロトコルとなる CAN デバイスドライバの開発を進めた。

自律分散プロトコルは、参考文献 5 の規格を基にプロトコル設計を行い、UNIX 環境の UDP プロトコル上での試験環境の整備を行った。

CAN ドライバは H8S シリーズの内臓コントローラをターゲットとした機種依存部の開発とユーザ API の開発を行った。

FPGA ボード用に新たに I/O を開発する際にスケルトンとして利用できるような以下の汎用の I/O を開発した。

- PC/104 インタフェース
- パラレル I/O
- カウンタ/タイマ

確認のため PWM 制御を行うサンプルプログラムを作成し LED の照度制御を行った。

## 6. 結言

研究の初年度として、ハードウェアプラットフォームの基盤となる MPU ボード、FPGA ボードの開発を行い、それらで動作する基本ソフトウェアの開発を行った。これを受けて次年度の基本ソフトウェアの TOPPERS/ASP への移行、およびミドルウェア開発を進めていく予定である。

### 参考文献

- 1) 2007 年版組込みソフトウェア産業実態調査 報告書, 経済産業省, 独立行政法人情報処理推進機構, 2007/6
- 2) TOPPERS プロジェクト, <http://www.toppers.jp>
- 3) PC/104 Specification Version 2.5, PC/104 Embedded Consortium, <http://www.pc104.org>, 2003/10
- 4) CAN Specification Version 2.0, Robert Bosch GmbH, <http://www.semiconductors.bosch.de/pdf/can2spec.pdf>, 1991
- 5) 自律分散プロトコル仕様書 R3.0 (ADS-net), F A オープン推進協議会, (財)製造科学技術センター, 1999/9

# 小径パイプ内面の高度研磨技術の開発 (I)

## Development of Polishing Methods for Small Diameter Pipes' Inner Surface (I)

いわき技術支援センター材料グループ 安藤久人, 富田大輔  
(株) 神崎製作所 神崎二郎, 草野光一  
(株) 光陽社 安部賢一, 綱島和郎, 生田桂

現在手作業で行われている、プラスチック成型金型用部品の小径内面研磨について、その作業者による手研磨を応用した、研磨工具と自動装置を作成し、品質の安定化と作業時間の短縮について検討を行った。その結果、自動研磨機により目標である  $0.3 \mu \text{ mRa}$  以下の表面粗さで仕上げることができた。作業時間も短縮できたものの、安定的に製品を研磨するためには、工具の接触状況や研磨砥粒など、更なる検証が必要であることがわかった。

Key words: プラスチック成型金型、小径深穴内面研磨

### 1. 緒言

携帯電話などの筐体を製作するプラスチック成型金型がある。この金型の重要な部品の一つとして、樹脂の流路となるスプルーブシュがある。この部品は、小径深穴構造をしており、内径が入口部で約  $\phi 1.5 \sim 3\text{mm}$ 、出口部で約  $\phi 4 \sim 6\text{mm}$  である。また、ピン長が標準品で  $100\text{mm}$  と長い。この部品は最終仕上げ工程として、内径研磨を行う必要があるが、作業者は、形状に合わせて加工した心棒に市販の研磨紙を巻き付け、手作業を行っている。1本の研磨にかかる時間は  $100\text{mm}$  の製品で5分。海外の廉価な製品との競争が激しいが、携帯電話等のデザイン変更による試作品製作など、短納期需要に対応することで受注を得ている。今後、更なる時間短縮と表面品質の向上が求められている。

本研究では、(株) 神崎製作所で行われている手作業を評価し、その結果を元に (株) 光陽社で研磨工具の試作を、いわき技術支援センターで自動研磨機を製作して実験を行うことで、研磨工程の自動化による表面品質の向上と作業時間の短縮を検討した。

### 2. 実験

#### 2. 1. 方法

##### (1) 熟練工による手研磨

現場では作業者の熟練を頼りに生産を行っている。自動研磨機を製作するにあたり、現在熟練工が行っている、最適条件を元に加工条件と加工品質の詳細な検証を行う必要があると考えた。そこで、現場で使用している研磨紙番手と作業時間を変化させた場合の、同一作業者での仕上げ面粗さを評価した。研磨条件は、研磨紙番手 (#150、#320、#600、#800) の各々について研磨時間 0.5、1.0、1.5min で手研磨を行った。ここで、研磨紙の番手は数字が小さいほど砥粒の粒径が粗く、研磨性は高く傷が残るため、粗研

磨などの前処理に用いられる。一方、数字が大きいほど粒径は細かく、研磨性は落ちるが、仕上げに用いられる。研磨前の表面粗さは、その前工程である電着工具での磨き面であり、粗さにして約  $1 \mu \text{ mRa}$  である。研磨実験は、(株) 神崎製作所、評価はいわき技術支援センターで行った。

##### (2) 自動研磨

研磨を自動化するにあたり、研磨手法を決定する必要があった。まず、遊離砥粒で検討を行った。円筒形状の試験サンプル (内径  $\phi 12\text{mm}$ ) にコンパウンド剤 (粗目 #120) を充填し、 $\phi 10\text{mm}$  の円筒丸棒を挿入して回転 ( $1,500\text{rpm}$ ) させた。試験サンプルは低速で回転 ( $16\text{rpm}$ ) させた。サンプルと丸棒の材質はいずれも炭素鋼 (S45C)。コンパウンド剤は2分ごとに供給し、研磨時間を10分および30分とした。その結果、遊離砥粒の場合、研磨前粗さ  $2 \mu \text{ mRa}$  に対し、10分後、30分後いずれの結果でも表面粗さが  $2 \mu \text{ mRa}$  程度と変化が無かった。また、遊離砥粒で研磨を行った場合、穴内面の洗浄工程が加わり、作業時間が増えてしまう。そこで、現場の手作業で使用している研磨棒を応用した、乾式の固定研磨剤による研磨工具を用いることとした (図1参照)。また、これにより乾式工具による研磨手法に対応した自動機を設計、製作した。

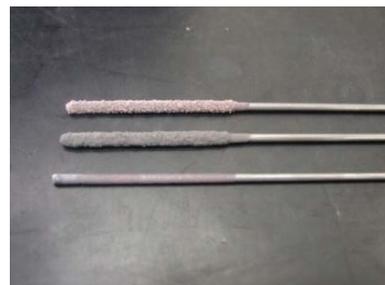


図1 乾式研磨工具

設計に際し、以下の点を考慮した。

- (a) 研磨屑などの残留を少なくするために、縦型とする。
- (b) 作業の効率を考え、卓上型で扱いやすいものにする。
- (c) 電源電圧を交流 100V にする。
- (d) ワークが小径のため、工具半径が小さく研磨時の周速が小さいため、工具、もしくはサンプルの回転速度を高速回転 (10,000rpm 以上) にする。
- (e) 工具と研磨面との接触を評価するため研磨時の荷重をロードセル等で検出できるようにする。
- (f) 特殊形状を研磨するための機構を付与する。
- (g) 工具の送り速度を可変にし、往復運動させる。
- (h) 工具移動時、穴の半径方向と軸方向の 2 軸が連動して動く機構を付与する。

以上から仕様を決定し、以下、表 1、図 2 に示すような自動研磨装置を設計製作した。

同様の研究では、庄司らが歯車金型研磨の自動機を開発している<sup>(1)</sup>。これは縦型形状で、工具が楕円軌道を描くことにより、歯車の内面を研磨する装置である。縦型の機構を参考にしたが、工具の送りや運動は独自の機構を採用した。仕上げ面の目標は、製品の品質基準である表面粗さ  $0.3 \mu\text{mRa}$  以下を達成することとした。

表 1 自動研磨装置スペック

項目	スペック
全長	幅500×奥行500×高さ800mm
動力 (位置決め)	リニアスライダアクチュエーター (リード長6mm、分解能0.01mm、 $0.6^\circ/1\text{puls}$ )
動力 (研磨)	試料回転：ブラシレスDCモーター (最大4,000rpm無負荷時) 工具回転：DCモーター (最大35,000rpm無負荷時)
システム	インターフェース：PCIボード ソフト：Visual Studio 2005 OS:Windows XP
電源	AC100V
押し付け力検出	ロードセルによる接触式

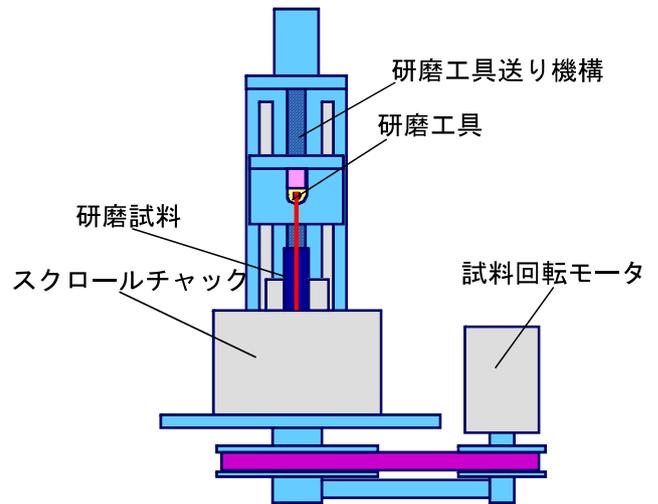


図 2 自動研磨装置概要図

## 2. 2. 結果と考察

### (1) 熟練工による手研磨

実験結果を図 3 に示す。測定は、輪郭形状測定機 (サーフコム 2000-DX、(株)東京精密社製) を使用した。評価項目は、粗さのパラメータである  $Ra [\mu\text{m}]$ 、 $Ry [\mu\text{m}]$  (1994 年 JIS) である。測定は 4 回行い、その平均値を粗さの結果とした。

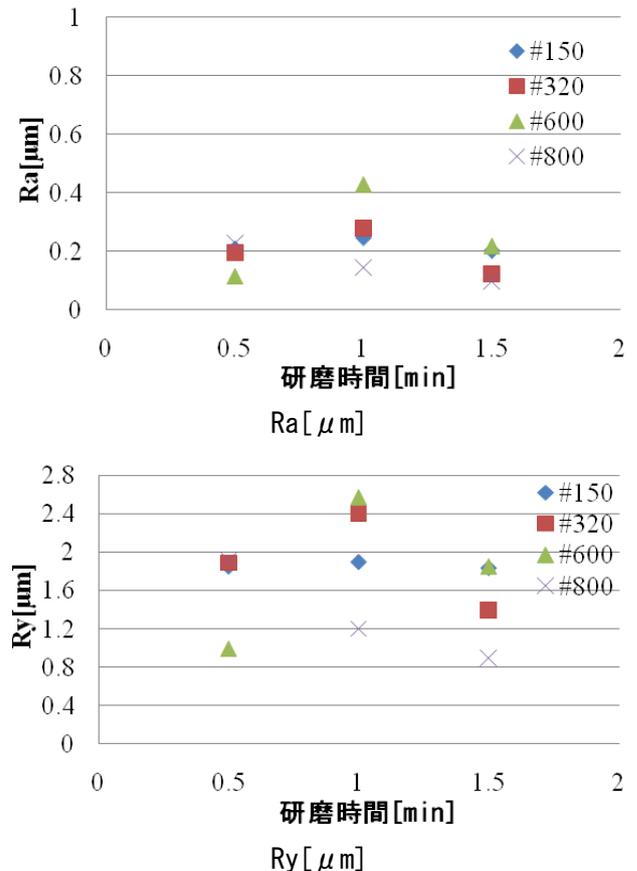


図 3 手作業による研磨結果 (研磨番手、時間の影響)

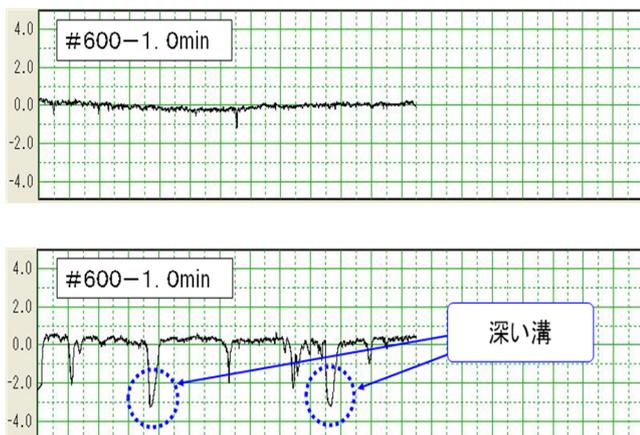


図4 同一サンプル内での仕上げ面のばらつき

0.3  $\mu$  mRa 以下が製品の品質基準であるが、#600、1分での加工条件以外は、Raの指標を満足していたものの、Ryでは最大で2.58  $\mu$  m (番手:#600、研磨時間:1分)、最少で0.89  $\mu$  m (番手:#800、研磨時間:1.5分)と大きく差が生じた。当初は、番手が大きくかつ研磨時間が長ければ、表面粗さも小さくなると仮定した。しかし、測定結果は、異なるものであった。結果的には番手#800、研磨時間1.5分が最も良い結果であったが、番手#600などのサンプルは測定箇所による研磨仕上げ面のばらつきが大きく、予測とは異なるものであった。図4に示すように、番手#600の場合には、Ryで0.56  $\mu$  mと良好な研磨面が得られた一方、2  $\mu$  m以上と大きな深い傷が残されている部位もあり、ばらつきが大きかった。

以上の結果より、番手を上げるにつれて、表面粗さは改善する傾向にあるがばらつきが大きい。深いV状の傷は#150程度の研磨により取り除かれるも、それ以上は傷が残ったままとなり、粗さの値に影響する。また、傷は主に円周方向に存在し、プラスチック成型時の妨げになる可能性がある。研磨時における工具先端部の接触や前処理の問題などが考えられる。以上を踏まえ、手作業による現場の研磨工程を評価し、以下の知見と仮定を得た。

(a) 手作業研磨では、同一サンプルでも品質にばらつきが生じやすい。

(b) 研磨前工程での仕上げ面の影響が研磨品質(特に大きな傷など)に大きく影響している。

(c) 作業時に工具と研磨面に生じる押し付け力の不安定さが、仕上げ面のばらつきに影響をあたえたのではないかと仮定。

以上をふまえ、自動研磨装置を製作し、検証を行った。

## (2) 自動研磨

自動研磨機による実験条件を表2に、結果を表3に示す。試料寸法は長さ90mm、内穴直径3.0mm(入口部)、内穴直径6.4mm(出口部)である。工具回転速度と研磨時間短縮の関係、研磨工具の添加剤の有無と仕上げ面の関係を検証するため、上記の条件で試験を行った。

このとき、試験サンプルは湿式高速カッターで軸方向に切断し、内面の表面粗さを測定した。輪郭形状測定機(サーフコム2000-DX、(株)東京精密社製)を使用した。測定は1994年JISに従った。なお、このとき、試料の入口部、中央部、出口部の三か所で表面粗さを計測し比較を行った。

表2 実験条件(自動研磨)

実験条件		工具1	工具2	工具3
研磨工具	砥粒	アルミナ(A-400)		
	接着剤	酢酸ビニル		ホリビニールアルコール
	添加剤	なし	あり	
加工条件	試料回転速度	1,500rpm		
	工具送り速度	2.0mm/s		
	工具回転速度(無負荷時)	5,000rpm	20,000rpm	
	往復回数	3回	1回	

表3 実験結果(自動研磨)

表面粗さ結果 Ra[ $\mu$ m]	工具1	工具2	工具3
入口側	0.150	0.253	1.777
中央部	0.074	0.231	0.227
出口側	0.106	0.273	0.236
加工時間	4.5min	1.5min	

工具1、工具2では、管内の3カ所いずれも0.3  $\mu$  mRa以下を達成した。しかし、部位によって、その仕上げ面に差が生じた。中央部の仕上げが良い一方で、穴の出入り口である端部の仕上げ面粗さが大きい傾向を示した。試作した研磨工具と試作機により、手作業で見られた深い傷は改善することが確認できた。また、アルミナに添加剤を加えた結果(工具2、3)は、アルミナのみを付着させた研磨工具(工具1)よりも、表面の仕上げ状態が悪い結果となった。しかし、工

具1では、研磨時間が4.5分と現状の手作業（5分）とほぼ同等の作業時間であった。

工具2と工具3は、特殊な添加剤を混入した研磨工具の場合であり、工具の回転速度を約20,000rpm（無負荷時）に上げ、往復回数を1回としたときの結果である。研磨工具の回転速度を上げ、加工時間は1.5分と短縮できた。しかし、工具3の入口側では、大幅に研磨面の仕上げ状態の悪い箇所が存在していた。

また、図5に示すように、研磨後それぞれの工具の先端を観察したところ、乾式工具のため、摩耗が生じている。特に工具3の場合、添加剤を起点として生じたと思われる砥粒の脱落が確認された。また、その先端ではなく、根本側にもあたりがあり、そのため研磨効率が低下した可能性も考えられる。研磨工具やワークの回転速度、送り速度に加え、研磨工具の接触や往復回数など、今後詳細な検討が必要である。

また、押し付け力の検出に関して、研磨工具側に設置したロードセルで検出した荷重から、工具が接触する部位によって荷重に変動が見られることが確認できた。これは、工具先端と管の口径とが近接するために、工具と管との隙間に余裕がなくなるなどの要因が挙げられる。しかし、工具側に検出器を取り付けたため、工具の曲がりや保持部のあそび等が存在し、荷重検出にはまだ課題を残している。



工具1  
砥粒（アルミナA-400）、添加剤なし



工具2                      工具3  
砥粒（アルミナA-400）、添加剤あり

図5 自動研磨後の工具先端

### 3. 結言

小径パイプ研磨のための基礎的な研究を行い、自動研磨機と工具開発のための指標とした。また、開発した試作品の評価も行った。今回、解ったことは作業者の熟練度などに多く負っていた手作業について、表面粗さ計測により、研磨面のばらつきの状況や深いV状の傷を除去する必要性について認識することができた。

自動研磨による試験では、アルミナの研磨砥粒を用い目標である表面粗さ  $0.3 \mu \text{ mRa}$  以下を達成することができた。また、研磨時間の短縮については、仕上げ面のばらつきを改善していく必要がある。このとき、仮定した研磨時の荷重変動が及ぼす表面仕上げとの関係について、研磨工具側にロードセルを設置し加工中の荷重計測を試みた。工具を送るにつれて、押し付け荷重が増加する傾向を確認することができたものの、その検出方法や実測値の妥当性などの課題を残している。仕上げ面の安定化要素は接触状況や研磨砥粒など他の要因も考えられ、今後は、手作業・自動研磨両方の押し付け力を計測し、一定の力で研磨した場合に作業員間でばらつきが発生するのか、また、工具とサンプルの接触の違いでばらつきが抑制されるのかなど、要素を絞って検証していく必要がある。

また、研削加工では、押し付け力ではなく砥粒の粒径や材質などが仕上げ面に大きく影響する。工具の砥粒や形状の変更で大きく仕上げ面品質が改善し安定する可能性もある。

今後の課題として、品質安定化のための要素を絞った仮定の検証（押し付け力や工具接触と仕上げ面の影響）と、併せて、研磨工具の砥粒や形状、添加剤の有無、摩耗や生産コストの検討が挙げられる。今後は、これら課題の解決に取り組み、最終目標である短時間での小径深穴金型の表面仕上げというプロセス技術を確立する。

### 参考文献

1) 庄司克雄：“超精密加工と非球面加工”、壮光舎印刷株式会社、pp.254-264、2004年7月

福島、山形、新潟三県  
公設試験研究機関共同研究事業

# 地域特産資源を活用したふるさとブランド機能性食品の開発(第2報)

— 県産果実(ベリー類)を利活用した機能性食品の開発 —

Development of functional foods that used local product resources

— Development of the functional foods which used local product fruit (berries) —

会津若松技術支援センター食品技術グループ 関澤春仁 後藤裕子 谷口彩 室井梨沙子 河野圭助

ブルーベリーと同じツツジ科スノキ属に属し、アントシアニンを高含有するナツハゼの果実を用いた食品素材の開発を行った。その結果、高含有するアントシアニンを活かしたハーブティー様の嗜好飲料に適した乾燥素材、新鮮な味を保持したピューレ素材と果汁素材、機能性デキストリンを用いたパウダー素材を開発し、ナツハゼ果実は機能性食品素材として様々な利用が可能であることが明らかとなった。

Key words:ブルーベリー、ナツハゼ、アントシアニン、食品素材

## 1. 緒言

ブルーベリーを主とするベリー類果実は従来、主にその色と香りが利用され、ジャムやケーキ等の加工品に使われてきた。しかし、1990年代後半からブルーベリーに含まれるアントシアニンの機能性が知られるようになると、日本国内でもベリー類果実に対する関心が高くなり、輸入量・生産量ともに急激に増加した。従来の加工品以外にも機能性食品原料としての輸入や冷凍果実、生果実での流通も一般的になった。福島県内においても近年、ベリー類果実の栽培は増加しているが、その消費形態は観光果樹園等での摘み採りや直売がその多くを占めていると推察され、生果実での消費がほとんどである。また、古くから桑の実やナツハゼといった果実が小規模ながら利用されていたが、最近ではこれらの果実利用を目的として、本格的に栽培しようとする動きも活発になっている。しかしながら、これらベリー類果実は他の果実に比べ腐敗しやすく、今後は生果実以外での利用法が必要となってくると考えられる。

ベリー類果実に含まれるアントシアニンに関しては、視覚改善効果が一般的に広く知られているが、近年では高血圧、脂肪蓄積抑制、血糖上昇抑制といった、メタボリックシンドローム予防効果への期待を寄せた研究が盛んに行われており、アントシアニンを含むベリー類果実への注目度は高まってきている。

そこで我々は、これらベリー類果実の持つ機能性に着目した食品素材の開発を行うことで、県内食品企業の機能性食品開発の促進と県内果樹農家の振興を図ることを目的とし、本研究を開始した。

研究初年度である18年度はベリー類の主な機能性成分であるアントシアニンについて調査を行った<sup>1)</sup>。その結果、アントシアニン含量は品種や採取時期、栽培法などによって大きく異なることが確認され、ブルーベリーと同じツツジ科スノキ属であるナツハゼ果実は非常に多くのアントシアニンを含有しており、ブルーベリーエキスの原料として世界的に利用されているピ

ルベリー果実よりも含有量が高いことが明らかとなった。また、ブルーベリー果実では15種類のアントシアニンが確認されているが、その組成については品種によって特徴があることが明らかとなった。これにより品種識別や加工品のトレーサビリティなどに応用が期待される。

19年度はこれらの結果を基に、アントシアニンを高含有する地域特産資源としてナツハゼに注目し、ナツハゼ果実を用いた食品素材の開発と利用法を検討した。

## 2. 実験方法

### 2. 1. 供試原料

試験には前年度の結果から、アントシアニン含量が高いナツハゼ果実を使用した。ナツハゼ果実は19年度に福島県内で採取された果実を冷凍保存し、試験時に解凍して供試した。

### 2. 2. 素材化および分析試料調整

#### 2. 2. 1. 乾燥素材化

乾燥は、真空凍結乾燥(以下FD)機と通風加熱乾燥(以下加熱乾燥)機を用いて行い、乾燥後の果実のアントシアニン含量を比較した。通風加熱乾燥の温度は、40, 60, 80℃で、乾燥時間は48時間に設定した。また、80℃区においては12, 24時間の乾燥も行った。

さらに、乾燥した果実をハーブティー様の飲料として利用するために熱水抽出試験を行った。それぞれの乾燥果実1gを熱水200mlに入れて2分間攪拌した。得られた抽出液は、アントシアニン含量と褐色度(420nm/520nm)、味覚センサーによる味覚測定に供試した。

#### 2. 2. 2. ピューレ素材化

果実は電動石臼(R&Dマルチミル, グローエンジニアリング)で磨砕処理を行い、ピューレ素材とした。ピューレ素材については流通を想定し、レトルト殺菌機(LFS-CR75, 鳥取三洋電機)による加熱試験を、70, 80, 90, 100℃でそれぞれ10分間行った。加熱処理した

ピューレ素材については、アントシアニン含量の測定と味覚センサーによる味覚測定を行った。

### 2. 2. 3. 果汁素材化

果実をミキサーと電動石臼でそれぞれ処理した後にペクチナーゼ（スクラーゼN, 三菱ライフフーズ）を原料比0.03%添加、45℃で2時間処理して圧搾し、それぞれの搾汁率を調べた。対照として生果実を圧搾しただけの区を設けた。また、果汁素材の流通を想定し、70, 80, 90, 100℃でそれぞれ10分間の加熱試験を行い、味覚センサーによる味覚測定を行った。

### 2. 2. 4. 粉体素材化

果汁素材化とピューレ素材化によって得られた果汁とピューレ素材に、粉末化基剤として各種デキストリンを混合し、真空凍結乾燥を行った。粉末化基剤には、 $\alpha$ -シクロデキストリン（ $\alpha$ -100, 塩水港精糖）、デキストリン（パインデックス#1, 松谷化学）、難消化性デキストリン（ファイバーソル2, 松谷化学）を用い、それぞれを原料に対し、ピューレには10%、果汁には15%を混合した。得られた粉体については、アントシアニン含量を測定した。

## 2. 3. 分析方法

### 2. 3. 1 アントシアニンの測定

アントシアニンは、1%トリフルオロ酢酸水溶液を用いて抽出し、分光光度計（UV-2550, 島津製作所）で520nmの吸光度から求めた<sup>2),3)</sup>。標準品はCyanidin-3-Glucoside (Kuromanin Chloride, フナコシ)を用いた。

### 2. 3. 2 味覚センサーによる味覚の測定

(株)インテリジェントセンサーテクノロジー社製の味認識装置（SA402B）を用い、一般的な食品用の5本のセンサー（AAE, CTO, CA0, CO0, AE1）によって、旨味、塩味、酸味、苦味雑味、渋味刺激、旨味コク、苦味、渋味の8項目について測定を行った。

## 3. 実験結果および考察

### 3. 1. 素材化

#### 3. 1. 1. 乾燥素材化

乾燥後の果実の外見は、FD区ではほぼ乾燥前の形と色を保持したが、通風加熱乾燥区は縮んで黒色になった。しかしながら、どちらの区においてもベタつきのない乾燥が可能であった。乾燥後の歩留まりは全ての区で20%前後であった。

乾物あたりのアントシアニン含量は、FD区が最も高く26.6mg/gであったが、乾燥温度が高くなるにつれ低下し、40℃区においてはFD区の50%、60℃区においては42%、80℃においては14%まで減少した。また、80

℃で乾燥時間を比較した結果、乾燥時間が長くなるとともにアントシアニン含量は減少した（図1）。

以上の結果から、アントシアニン保持の観点からはFDが最適であるが、加熱乾燥する場合は、なるべく低い温度で、乾燥時間は短くすることでアントシアニン含量の低減を抑えられることがわかった。

また、ハーブティー様の飲料を想定した熱水抽出試験の結果、FD区ではアントシアニン由来の非常に鮮やかな赤色を呈したが、加熱乾燥区においては、条件が厳しくなるにつれて赤色度が減少する一方、褐色度は増加した（図1）。さらに、各熱水抽出液を味覚センサーで測定したところ、80℃12時間以上の条件では著しく酸味と塩味の値が減少した（図2）。これは加熱による有機酸量の変化が影響していると考えられる。

以上の結果、アントシアニンの機能性と味覚を考慮すると、乾燥素材を飲料原料として利用するにはFDが最も適していることが示された。

### 3. 1. 2 ピューレ素材化

ピューレ素材に関しては、加糖して加熱するなどの加工も考えられたが、本試験では生果実での加工を試みた。最初はミキサーで果実を処理したが、果皮を2~3mmに裁断するのが限界であり、外見上も好ましい印象を受けなかった。そこで電動石臼による処理を行ったところ、均一で滑らかな素材を得ることができた。

次に、ピューレ素材の流通を想定した加熱殺菌試験を行い、アントシアニン含量の測定と味覚センサーによる味覚測定を行った。ナツハゼ果実のpHは3前後であるため、温度は65℃以上で10分以上の加熱が必要である。試験の結果、アントシアニン含量は80℃でも大きく減少することは無かったが、味覚測定値においては80℃以上で大きく値が異なった（図3, 4）。測定値は「苦味雑味」の変化が大きかった。

以上のことから、今回のピューレ素材の殺菌法としては70℃程度での処理が望ましいことが示された。

### 3. 1. 3 果汁素材化

果皮に多く含まれているアントシアニンの有効利用を目的に、一般的なミキサーと、より細かく処理できる電動石臼を用いて前処理の比較を行った。搾汁率に関してはミキサー区67.1%、電動石臼区68.9%とほぼ同じであった。対照として設けた圧搾区では35.0%であり、この時点で圧搾のみでは果汁を得るには非効率であることが明らかとなった。アントシアニン含量は、ミキサー区2.91mg/ml、磨砕機区2.37mg/mlとなった（図5）。この要因としては、磨砕処理時にアントシアニンを多く含む果皮のロスがあったことや、処理時に生じる熱が影響したことなどが考えられる。原因追求のためにはスケールアップして追試を行う必要があ

るが、いずれにしても磨砕機処理がアントシアニンの有効利用にそれほど有利に働かないことが推察されたため、果汁素材の加工にはミキサー処理でも十分であると考えられた。

次に、ピューレ素材同様、流通を想定した加熱殺菌試験を行い、味覚センサーで味覚を測定したところ、非加熱区と比較すると、70℃ではほとんど味覚データに影響しないが、80℃以上では「苦味雑味」が大きく増加した(図6)。この原因の特定は今後の課題であるが、味覚を考慮した高品質な果汁素材を得るためには70℃程度での殺菌が望ましいことが明らかとなった。

### 3. 1. 4 粉体素材化

果実やジュースを粉末にする際にはデキストリンが粉末化基剤として多く用いられているが、場合によっては増量剤や添加物等のマイナスイメージで捉えられることも多い。そこで今回は粉末化基剤に機能性デキストリンを用いることで、ナツハゼのアントシアニン

とデキストリンの機能性を併せ持った、より付加価値の高い粉体素材の開発を目的として試験を行った。デキストリンには整腸作用や血糖上昇抑制作用などをもち、整腸作用では規格基準型トクホに利用されている難消化性デキストリン、そして、包接作用によって高品質な粉体化が可能とされ、難消化性デキストリンとしての作用も知られる $\alpha$ -シクロデキストリンを用いた。対照として一般的なデキストリン区を設けた。ナツハゼ原料にはピューレ素材と果汁素材を供した。

試験の結果、ピューレ素材においてはデキストリン無添加でも粉末化が可能であることが明らかとなり、アントシアニン含量は19.9mg/gであった。また、果汁素材においては、各デキストリンを15%添加することで原料比約50%の粉体を得られ、アントシアニン含量は全て10mg/g前後であった(図7)。ピューレ素材、果汁素材ともに粉体性状はデキストリンによって異なり、一般的なデキストリンの添加が最もサラサラとした粉体を得ることに有利であった。

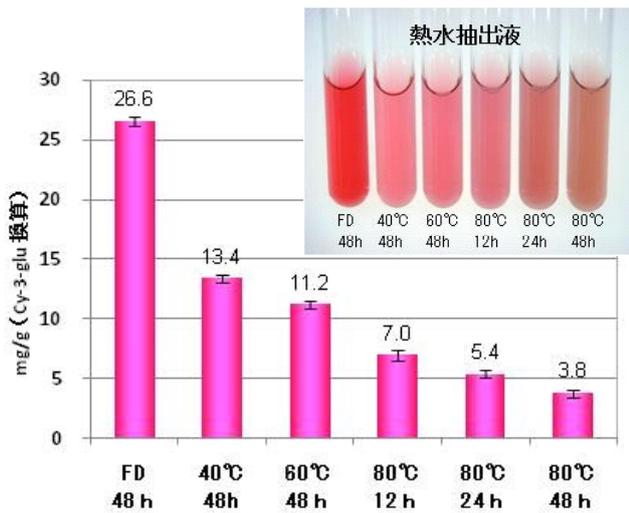


図1 乾燥素材のアントシアニン含量と熱水抽出液

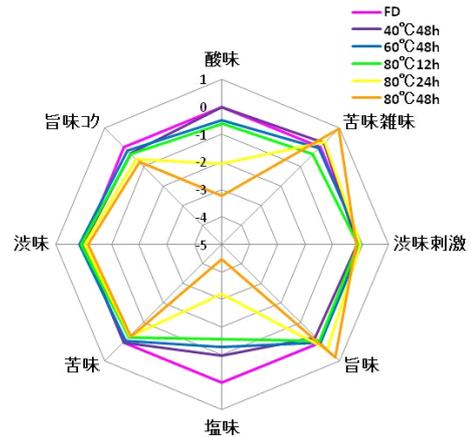


図2 熱水抽出液の味覚センサー測定値

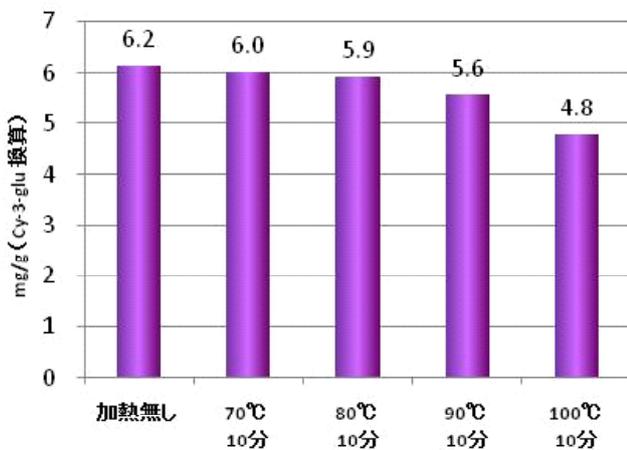


図3 ピューレ素材のアントシアニン含量

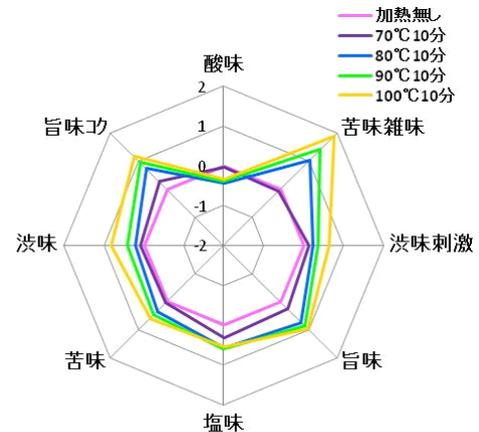


図4 ピューレ素材の味覚センサー測定値

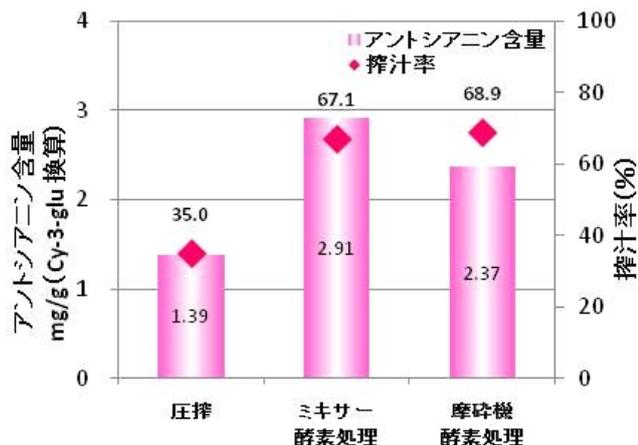


図5 果汁素材のアントシアニン含量と搾汁率

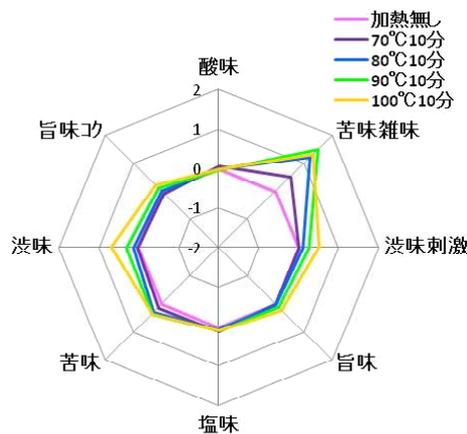


図6 果汁素材の味覚センサー測定値

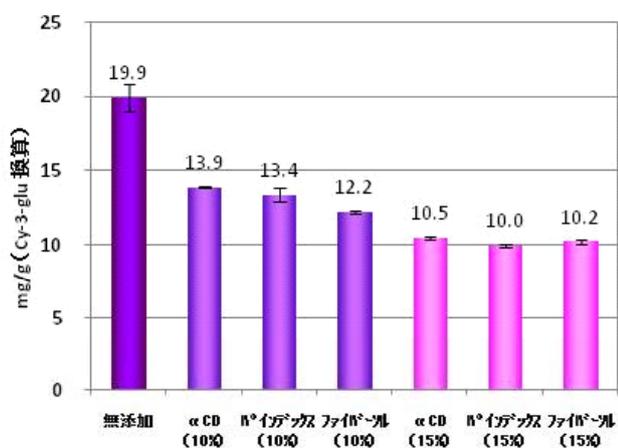


図7 パウダー素材のアントシアニン含量



図8 開発したナツハゼ素材

#### 4. 結言

本研究ではアントシアニンを豊富に含むナツハゼ果実の食品素材加工を行い、ハーブティー様の飲料に適した乾燥素材、新鮮な味を保持したピューレ素材と果汁素材、機能性デキストリンを用いた粉体素材を開発した(図8)。開発した素材はアントシアニンを減らすことなく加工が可能であるため、機能性成分として知られるアントシアニンによる健康維持効果が期待される。一方、ナツハゼ果実は酸味が強い特徴があり、今回アントシアニンの色と酸味を活かした様々な食品素材への加工が可能であることが示されたことで、ナツハゼは加工用として優れた果実であることが明らかとなった。

現在、ナツハゼは花木用として流通が多く、果実用に栽培している例は少ない。さらに果樹としての栽培方法が未確立であるため、採取量も多くないのが現状である。しかし福島県では当所以外にも、福島県農業総合センターにおいてナツハゼに関する試験研究に取り組んでおり、ナツハゼの繁殖法の検討<sup>4)</sup>や果実の

加工<sup>5)</sup>などが検討されている。また、県内各地でもナツハゼを地域資源として活用して地域特産物を開発する動きもあることから、今後の展開が期待される。

#### 参考文献

- 1) 関澤ら：地域特産資源を活用したふるさとブランド機能性食品の開発(第1報)、平成18年度福島ハイテクプラザ試験研究報告, pp. 29-32 (2007)
- 2) 日本食品科学工学会 新食品分析法編集委員会編：新・食品分析法, pp. 653-659
- 3) 須田ら：日本食品科学工学会誌, 52, 10 pp. 462-471 (2005)
- 4) 矢吹ら：ナツハゼの実生繁殖法、平成13年度福島県農業試験場試験成績概要 (2002)
- 5) 新妻ら：未利用農産物等の活用技術及び加工品開発、平成19年度福島県農業総合センター試験成績概要 (2008)

産業廃棄物減量化・再資源化  
技術開発支援事業

# 酸化セリウム系ガラス研磨材のリサイクル

## Recycle System of Ceria based Glass Polishing Powder

いわき技術支援センター材料グループ 加藤和裕 企画支援部連携支援グループ 中山誠一  
新協工業株式会社 渡邊敏広、服部喜清  
株式会社オプトネクス 蒲生金太郎、宗像優博、渡辺照男  
株式会社 アサカ理研 安田紀彦、笹崎克之  
福島大学 共生システム理工学類 佐藤理夫

酸化セリウム系ガラス研磨材のリサイクルを検討した。その結果、遠心分離法や自然沈降法で、研磨材成分とガラス成分を分離できることがわかった。また回収した研磨材成分を使用してガラスを研磨することができ、沈降法による再生研磨材回収が期待される。また再生研磨材には粗大な異物粒子が混入する場合があります、これを避けるために沈降工程を2段階とするのが有効であることを確認した。

Key words:酸化セリウム、研磨材、リサイクル、希土類、沈降

### 1. 緒言

酸化セリウム系ガラス研磨材はレンズやプリズムなどの光学部品、液晶ガラス、ガラス製ハードディスクなどの精密研磨に使用されており、その使用量は年々増加している。この研磨材の原料の希土類鉱石の生産は現在、ほぼ中国の独占状態にある。昨今では中国の内需優先策あるいは環境・資源保護政策で輸出量が制限され、研磨材の価格が高騰、研磨事業者の負担となっている。また研磨材は水に懸濁して使用するため、その廃棄物は含水率が高く廃棄コストが嵩むという問題もあり、使用量、廃棄物量の削減が求められている。

一方、希土類元素は研磨材以外にも蛍光体や磁性体、触媒、鉄鋼やガラスへの添加剤など広い分野で使用される工業的に重要な元素群である。しかし希土類資源を中国に全面的に依存している現状は資源の安定供給確保の観点からも問題と思われ、希土類原料の多様化は重要と考えられる。

そこで我々は産学官が連携し、平成19年度から21年度の3カ年、酸化セリウム系ガラス研磨材のリサイクル技術の開発に取り組むこととした。リサイクル技術の開発にあたっては、次の2点からの検討を行う。

一つ目は、「廃研磨材からの再生研磨材回収」である。ハイテクプラザでは平成9～12年度に水酸化ナトリウム処理によるガラス研磨材のリサイクルを検討し、その結果、廃研磨材からガラス成分、凝集剤成分を除去すると、研磨能力を有する再生研磨材が回収できることを確認した<sup>1)</sup>。さらに回収プロセスを提案したが、これは高濃度アルカリを使用するため、大規模な設備が必要となる問題があった。そこで本事業では、研磨事業者が自社で発生する廃研磨材を処理することができるよう薬剤や大がかりな設備が不必要な再生研磨材回収プロセスを目的とする。

二つ目は、「廃研磨材を原料とした研磨材以外の希土類製品の開発」である。酸化セリウム系研磨材はセ

リウム以外にもランタンやプラセオジウムといった希土類元素を含んでいる。この希土類元素をそれぞれ高純度で抽出、新たな希土類製品を開発する。このことは希土類資源の安定供給に寄与すると期待できる。

以上の2通りのリサイクルループを組み合わせることで、投入エネルギーあるいはコストの観点から効率のよいリサイクルプロセスの構築を目標とする。

平成19年度、ハイテクプラザでは、廃研磨材スラリーからの再生研磨材の回収方法について検討したので報告する。

### 2. 実験方法

#### 2. 1. 廃研磨材スラリー

廃研磨材スラリーは新協工業(株)で排出されるものを使用した。

#### 2. 2. 再生処理および分析

再生処理は、廃研磨材スラリーを遠心分離法または自然沈降法で、沈降物と非沈降物を分離した。分離後それぞれに含まれるランタン、セリウム、プラセオジウム、ネオジウムおよびけい素を波長分散型蛍光X線分析法、または次の湿式化学分析法で分析した。希土類元素は試料を硫酸で分解後適当濃度に希釈し、ICP発光分光装置で分析した。けい素は硫酸に不溶性成分をSiO<sub>2</sub>とした後にフッ化水素処理を作用し揮散させ、減量分から求めた。

#### 2. 3. 研磨性能評価

2. 2の再生処理での沈降物を使用して、新協工業(株)において研磨試験を行った。

### 3. 結果および考察

#### 3. 1. 遠心分離法による研磨材再生試験

試験に使用した廃研磨材スラリーの乾燥組成を表1に示す。ランタン、セリウム、プラセオジウムが検出さ

れた。通常酸化セリウム系ガラス研磨材はランタンからネオジムまでの軽希土を多く含むバストネサイトなどの鉱石を原料にしている。しかし廃研磨材スラリーはネオジムを含んでいなかった。これはネオジム-鉄-ボロン磁石向けのネオジム需要が高く、研磨材製造に先立ち回収されているためと思われる。またけい素は酸化物に換算して10wt%程度であった。

この廃研磨材スラリーを遠心分離処理し、沈降分と非沈降分を分離した。それぞれを乾燥し、廃研磨材スラリーと同様分析した。結果を表2に示す。けい素は沈降分に少なく、非沈降分が多いことがわかる。このことから薬剤を使用しない簡便な方法でガラス成分と研磨材成分が分離できる可能性が示唆された。

次に沈降分の再生研磨材としての可能性を検討するため、新協工業（株）で研磨試験を実施した。腕時計用カバーガラス1,440枚（120枚/バッチ×12バッチ）を研磨した結果、不良発生は認められなかった。したがって廃研磨材スラリーから再生研磨材が回収できると期待される。

表1 廃研磨材スラリー乾燥物の化学組成

試料	成分 / wt%				
	SiO <sub>2</sub>	La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CeO <sub>2</sub>	Pr <sub>6</sub> O <sub>11</sub>	Nd <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
廃研磨材スラリー	10.0	17.9	40.7	2.1	0.4

表2 遠心分離処理での非沈降分、沈降分の化学組成

試料	成分 / wt%				
	SiO <sub>2</sub>	La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CeO <sub>2</sub>	Pr <sub>6</sub> O <sub>11</sub>	Nd <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
非沈降分	42.9	4.3	18.0	1.2	0.4
沈降分	2.2	24.1	42.8	2.3	0.6

### 3. 2. 自然沈降法による研磨材再生試験

本研究では、薬剤を使用しないと同時に、出来るだけ簡便な設備で廃研磨材スラリーから再生研磨材を回収することを目的としている。そこで遠心分離装置を使用せず、自然沈降法による再生研磨材の回収を試みた。

新協工業（株）で発生した廃研磨材スラリー約20Lを3日間静置し、沈降分と非沈降分を分離、それぞれを乾燥し、組成を分析した。結果を表3に示す。遠心分離処理時と同様、研磨材成分は沈降分が多く、ガラス成分は非沈降分が多く検出された。しかし遠心分離処理沈降物と比べて沈降分中のけい素濃度がやや高い結果となった。

この自然沈降回収物を使用し、新協工業（株）で研

表3 自然沈降処理での非沈降分、沈降分の化学組成

試料	成分 / wt%				
	SiO <sub>2</sub>	La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CeO <sub>2</sub>	Pr <sub>6</sub> O <sub>11</sub>	Nd <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
非沈降分	44.1	8.3	31.6	1.8	-
沈降分	4.1	29.8	57.3	3.8	0.5

磨試験を実施した結果、キズ、カケなどの不良が高い頻度で発生した。

これは廃研磨材スラリーへの異物混入のためと考え、次の試験を行った。廃研磨材スラリーを目開き350、250、125および63μmのステンレス製ふるいを通させ、それぞれのふるい上残留物およびふるい通過物を回収し、実体顕微鏡、走査型電子顕微鏡でその性状を調査した。図1は目開き125μmのふるい状残留物の実体顕微鏡観察結果である。研磨材の凝集体以外にガラスや金属らしき異物粒子が確認された。代表的な異物粒子を抽出し、走査型電子顕微鏡で観察、元素分析したところ、主にアルミニウム、けい素、酸素が検出された。研磨作業環境を考えると、これらの異物粒子はガラス、治工具や装置部材から混入する金属アルミニウム、他の研磨工程から混入したアルミナ系研磨材などであり、このことが沈降分のけい素濃度



図1 125 μmふるい上残留物



図2 63 μmふるい通過物

が高くなった原因であると思われる。

図2に今回使用したふるいのうち最も細かい目開き  $63\mu\text{m}$  のふるいまで通過したものの実体顕微鏡観察結果を示す。ここでも研磨材以外の異物粒子が確認された。これに対し、前節の遠心分離処理で使用した廃研磨スラリーには異物粒子の混入が少なかったために研磨試験の結果が良好であったと推測され、廃研磨材スラリーの性状はその発生履歴などにより変動している可能性があることがわかった。品質の安定した再生研磨材を回収するためには、研磨材の履歴を管理するなどして、この点にも留意する必要がある。

### 3. 3. 2段階での自然沈降処理

上で示したように、廃研磨材スラリーには粗大な異物粒子が混入している場合があることがわかった。再生研磨材回収のためにはこの異物粒子を除去する必要がある。しかし現在のところ、異物粒子のサイズが不明である上、目詰まりの問題から目の細かいふるいでの除去は現実的ではないと判断した。

そこで、異物粒子除去のため、2段階での自然沈降処理を検討した。廃研磨材スラリーを十分攪拌後、5分間静置、沈降分（以下、5分沈降物）と非沈降分を分離した。非沈降分は更に2日間静置し、沈降分（以下、2日沈降物）を回収した。5分沈降物と2日沈降物の走査型電子顕微鏡観察結果を図3に示す。5分沈降物は数百  $\mu\text{m}$  の粗大凝集粒子を形成しているのに対し、2日沈降物では粗大な異物粒子や凝集物は観察さ

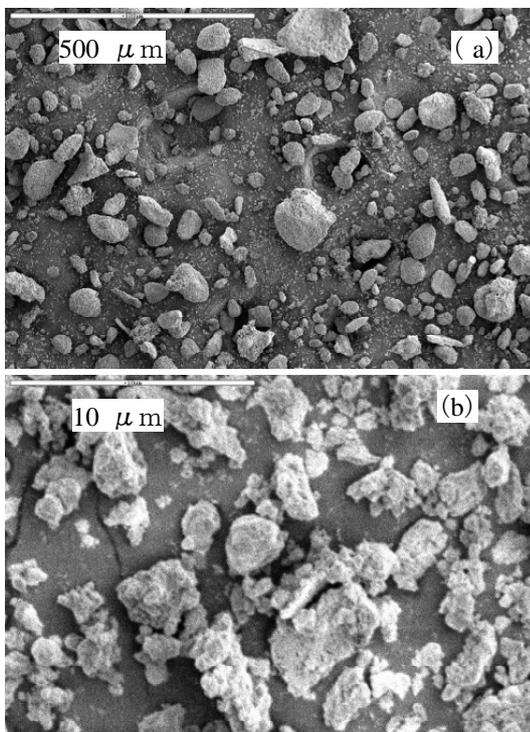


図3 沈降時間の異なる沈降物の電子顕微鏡観察 (a) 5分沈降物、(b) 2日沈降物

表4 2段階自然沈降処理での非沈降分、沈降分の化学組成

試料	成分 / wt%				
	SiO <sub>2</sub>	La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CeO <sub>2</sub>	Pr <sub>6</sub> O <sub>11</sub>	Nd <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
5分沈降物	8.0	24.6	49.5	2.9	-
2日沈降物	2.1	29.7	52.5	3.4	-

れず、数  $\mu\text{m}$  程度の粒径であった。また両者の元素分析結果を表に示す。5分沈降物でけい素濃度が高いことがわかる。以上から再生研磨材の回収は2段階で処理を行うことが好ましいと思われる。

5分沈降物中の凝集体がどのように生成するのか現在のところ明らかとなっていない。凝集体生成が研磨材の性能劣化の一因である可能性もあり、今後検討をおこなう。

### 3. 4. 研磨工程における研磨材フロー

本研究では、廃研磨材スラリーからの再生研磨材回収を目的に種々検討をおこなったが、改めて研磨工程を詳細に見直す機会にもなった。その結果次のことが確認された。

ガラス研磨においては研磨材は水に懸濁し、10%程度のスラリーで使用される。研磨材スラリーはスラリータンクで常に攪拌されつつ、ポンプで研磨機上部に送られ、被研磨物と接触後研磨機下部からスラリータンクに戻るといふ、循環式を採用している。しかし循環すべき研磨材のうち、一部が図4のように研磨機内部に沈殿・堆積したり、非研磨物や作業者に付着して流出するなどして次第に減少する。そこで研磨材のフローを解析し、この量を概算したところ、投入した研磨材の約50%にのぼることがわかった。すなわち、研磨材のおよそ半分はガラス研磨に十分に活用されていないこととなり、この点を解決すれば、研磨材の使用量が大幅に低減する可能性がある。



図4 研磨材の堆積した研磨機内部

また本年度は研磨機付着分等はリサイクル対象に含めていなかった。今後はより回収率の高いプロセスの構築を目指し、これらもリサイクルの対象とすることを検討する。

#### 4. 結言

酸化セリウム系ガラス研磨材のリサイクルを検討した。その結果廃研磨材スラリーを静置すると、研磨材成分が沈降し、ガラス成分と分離できることがわかった。またこの研磨材成分はガラス研磨能を有しているが、再生研磨材中に粗大な異物粒子が混入する場合があります、留意が必要であることがわかり、これの除去には沈降プロセスを2段階にすることが有効であった。今後は、30～50Lの廃研磨材スラリーの再生処理ができる装置を試作して試験を行う予定である。

#### 参考文献

1)加藤和裕：“酸化セリウム系ガラス研磨材廃棄物の有効利用”、平成12年度福島県ハイテクプラザ試験研究報告、pp.78-81,2000

# 受託研究事業

# UV-LIGAを用いた微細磁気構造をもつ 磁性体めっきパターン形成による磁気スケールの開発

Development of magnetic scale with micro stripe pattern by photolithography and electroplating

研究開発部 プロセス技術グループ 三瓶義之 安齋弘樹 伊藤嘉亮  
ニッコーシ株式会社 前田修 中村寛 小山内俊介  
福島大学理工学群 山口克彦 入戸野修

フォトリソグラフィと電気めっき技術を組み合わせ、非磁性基板上に磁性体による磁気構造を形成し、磁気スケールとすることを試みた。Fe-Ni合金、Fe-Co合金といった磁性体のめっきにおいて、めっき条件やフォトリソグラフィ条件の検討により磁性体の微細パターンを形成することが可能となり、プロセスを繰り返すことにより、異なる磁性体による複合構造パターンを形成することも可能となった。形成された微細パターンは磁気抵抗素子を用いて磁気スケールとして使用できることが確認できた。

Key words: UV-LIGA、磁性体めっき、磁気スケール、Fe-Ni、Fe-Co

## 1. 緒言

従来、磁気エンコーダーの目盛となる磁気スケールは磁性金属やプラスチックマグネットの機械加工や射出成型による凹凸形成、あるいは着磁機で磁極を形成することで作製されてきた。<sup>1)</sup>しかし、これらの手法では加工法や着磁機の限界からピッチ0.5mm以下に微細化することは非常に困難であり、またプラスチックマグネットは高温や放射線への耐性に劣るという問題があった。そこで本研究では、厚膜レジストを用いたフォトリソグラフィと電気めっきを組み合わせることにより、非磁性金属の基板上に幅・高さともに数十 $\mu\text{m}$ オーダーの磁性体金属の微細構造パターンを形成し、高温・放射線耐性に優れた磁気スケールを開発することを目標に研究を行った。

## 2. 実験方法

### 2. 1. 磁性体めっきの検討

#### 2. 1. 1 めっき浴及び磁気特性

Fe-Ni合金めっきおよびFe-Co合金めっきについて電気めっきにより被膜を形成し、磁気特性の評価を行った。Fe-Ni合金は市販のめっき浴、Fe-Co合金は硫酸塩からなるめっき浴を用い、 $5\text{mm} \times 0.5\text{mm}$ の銅板上に厚さ $20\mu\text{m}$ のめっきを形成した。磁気特性は振動試料型磁力計により評価を行った。測定結果を図1に示す。

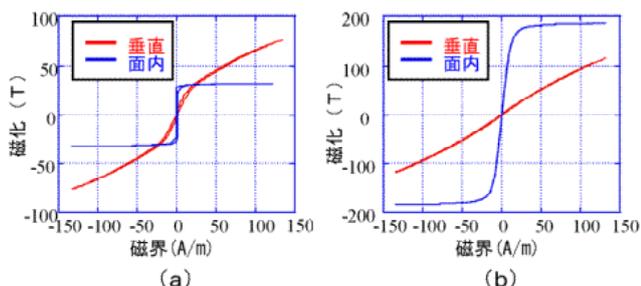


図1 Fe-Ni、Fe-Coめっき膜の磁気特性  
(a) Fe-Niめっき、(b) Fe-Coめっき

この結果より、Fe-Ni合金めっき、Fe-Co合金めっきとも磁性材料としての性能を有しており、特にFe-Ni合金めっきが軟磁性体として良好な性能を有していることが確認された。

### 2. 1. 2. 熱処理による磁気特性の向上

銅板上に成膜したFe-Ni合金めっき、およびFe-Co合金めっきについて、処理温度の異なる3試料を作製し、X線回折による結晶性の評価と振動試料型磁力計による磁気特性の評価を行った。図2にX線回折での測定結果、図3に保持力と飽和磁化の値について未処理品を基準とした相対値で示す。

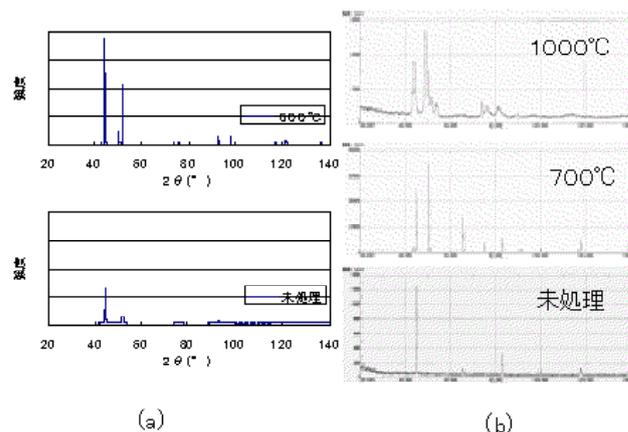


図2 めっき膜のX線回折  
(a) Fe-Ni (b) Fe-Co

図2より、Fe-Ni合金、Fe-Co合金のいずれもめっき直後はアモルファス状態であり、熱処理により結晶化することがわかった。磁気特性については、Fe-Ni合金めっきについては保持力、飽和磁化ともに大きな変化が見られなかったが、後述する磁気センサによる評価では信号強度の著しい増加が見られた。Fe-Co合金め

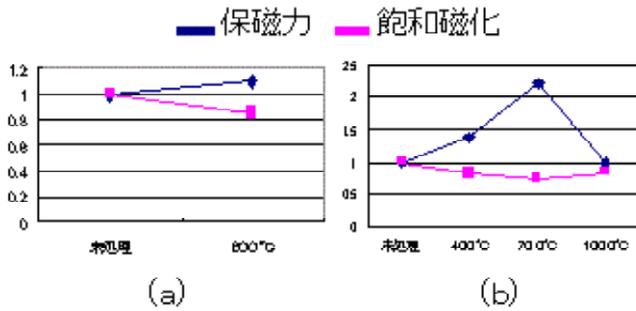


図3 熱処理による磁気特性の違い  
(a) Fe-Ni (b) Fe-Co

つきでは700°Cでの処理により保持力の増加が見られた。これらは、熱処理による結晶性の向上に起因しているものと考えられる。

## 2. 2. UV-LIGAによるめっき微細構造の形成

### 2. 2. 1. めっき磁気スケールの作製

フォトリソグラフィと電気めっきの組み合わせにより、磁性体の微細パターンを形成するプロセスを確立した。図4にプロセスの概略、図5にこれを用いて形成したパターン幅50 μm、高さ50 μm、ピッチ200 μmの磁気スケールのSEM画像を示す。

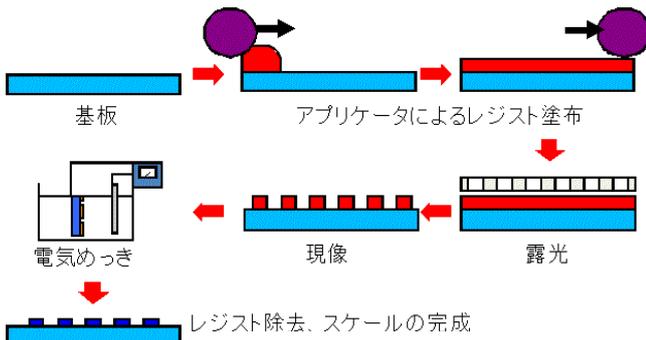


図4 スケール作製プロセスの模式図

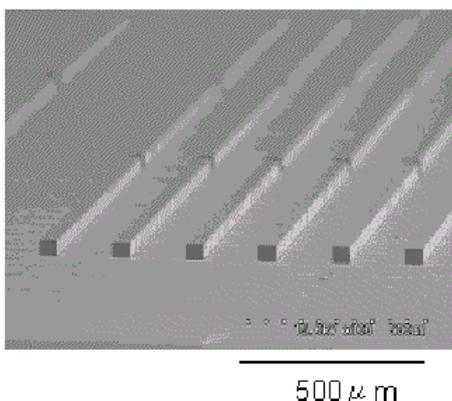


図5 作成した微細パターンのSEM像

Fe-Ni合金、Fe-Co合金いずれのめっきで作製したパターンともフォトリソグラフィ工程に耐えられる十分な

強度を持っており、めっき後の熱処理においても剥離や変形などの問題は発生しなかった。

### 2. 2. 2. スケールの評価

ニッコーシ(株)で作製したMRセンサーと専用ステージを用いて上記パターンの評価を行った。評価の概略を図6に、図7にNi, Fe-Ni, Fe-Ni熱処理, Fe-Coで作製した100 μmピッチのスケール出力の結果を示す。

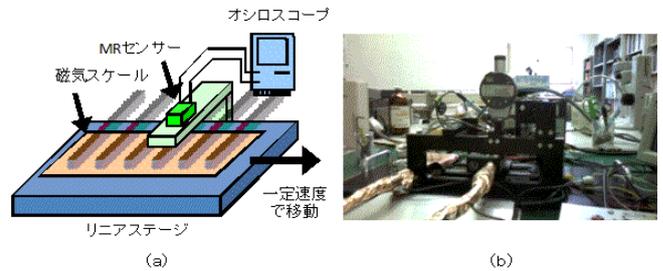


図6 磁気スケール評価装置  
(a) 概略図 (b) 外観

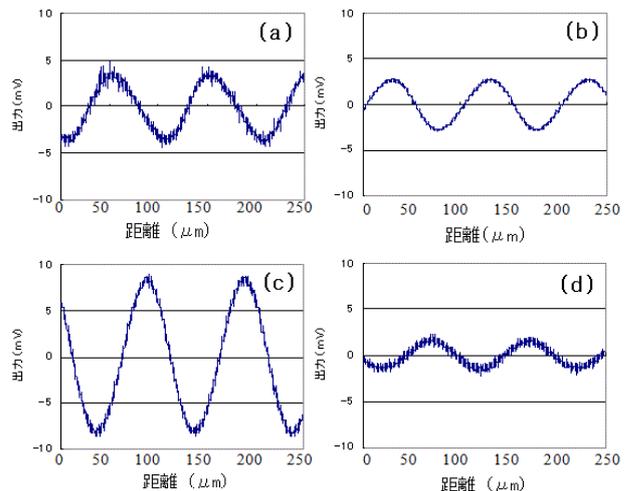


図7 スケールのMRセンサーでの信号出力  
(a)Ni,(b)Fe-Ni,(c)Fe-Ni熱処理,(d)Fe-Co

これより、今回使用した素材の中ではFe-Niに熱処理を施したパターンが最も信号強度が強いことがわかった。Fe-Ni合金めっきは熱処理を行うことにより、信号強度が約3倍に向上しており、熱処理による結晶化が影響しているものと考えられる。

### 2. 3. 異なる磁性体による複合めっき法の開発

#### 2. 3. 1. Fe-Ni/Fe-Co交互配置パターンの形成

Fe-Ni合金とFe-Co合金とが一定の空間を挟んで繰り返されている複合構造スケールの作成に取り組んだ。これを実現するためのプロセスの概略を図8に、作製したスケールの外観およびEPMA分析結果を図9に示す。

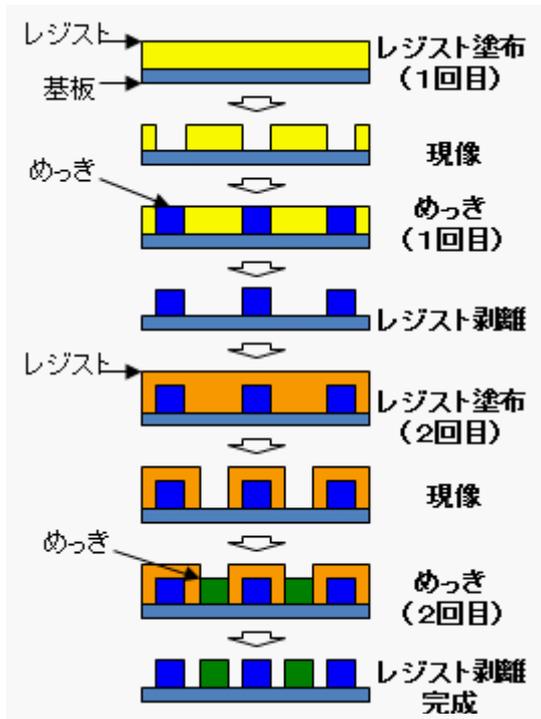


図8 Fe-Ni/Fe-Co交互配置  
スケール形成プロセス

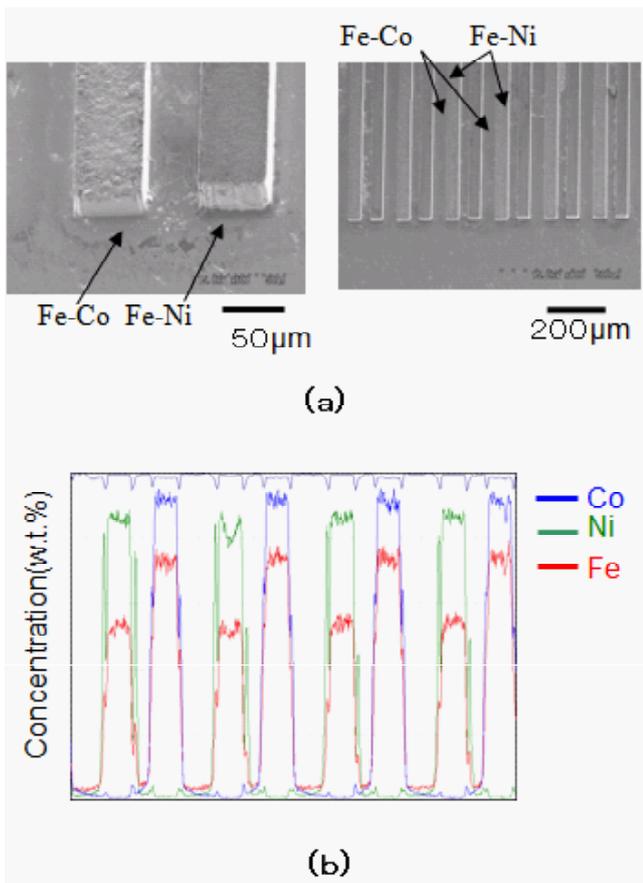


図9 Fe-Coめっき交互構造パターン  
(a)パターンSEM像 (b)EPMA線分析

図9より、Fe-Ni合金とFe-Co合金とがそれぞれパター

ン幅 $50\mu\text{m}$ 、ピッチ $200\mu\text{m}$ で交互に、見掛け上 $100\mu\text{m}$ ピッチでパターンが配置できており、このプロセスにより異なる磁性体による複合構造パターンを形成可能なことが確認できた。

### 3. 結言

本研究では、フォトリソグラフィーと電気めっきの組み合わせにより、磁性体の微細パターンを形成し磁気スケールとして使用することを目標に、めっき条件および微細パターン形成プロセスについて検討を行った。それにより以下の知見を得た。

- 1) Fe-Ni や Fe-Co といった磁性体のめっきにより微細パターンを形成し、MRセンサーによる磁気スケールとして使用できることができた。
- 2) MRセンサーでの信号強度は Fe-Ni が最も大きく、熱処理により信号強度を向上させることが可能であった。
- 3) 微細パターン形成プロセスを繰り返すことにより異なる磁性体の複合構造を形成することができた。

今回作成された磁気スケールは、金属素材のみで形成されているため、高温や放射線に対して高い耐性を持っているものと考えられる。

今後は磁性体めっきの高性能化やパターン形状の最適化などにより信号強度の向上、高温や放射線耐性の評価などを行い、実用化に向けた検討を行ってゆく予定である。

### 参考文献

- 1) 大森豊明：“普及版センサ実用便覧” pp.507、2000

# 薄地炭素繊維織物とその積層織物の製造技術の開発

Manufacturing technology development of a thin carbon fiber cloth and the laminates.

福島技術支援センター 三浦文明 東瀬慎 佐々木ふさ子  
齋藤産業株式会社 齋藤捷一

炭素繊維織物の積層縫合シートとしての適用範囲を広げるため、炭素繊維織物の薄地化を図り積層縫合シートの作製を行った。さらにその積層縫合シートに樹脂を含浸させた炭素繊維複合材料(CFRP)の作製と評価試験を行った。その結果、炭素繊維織物の積層化における縫合密度を高くすることにより、これまで問題となっていたCFRPの面外衝撃による層間剥離発生をより抑制する効果があることが分かった。

Key words:炭素繊維、薄地炭素繊維織物、積層縫合シート、炭素繊維複合材料(CFRP)、縫合密度、層間剥離

## 1. 緒言

近年、炭素繊維強化プラスチックをはじめとした繊維強化複合材料は、比強度や比剛性の点で従来の金属材料よりも優れ、航空宇宙分野等において開発が進んでいる。しかし、これら複合材料は圧縮荷重や衝撃荷重などによって損傷が発生しやすく、一度損傷が発生すると著しい強度低下を起こすことが知られている。特に、CFRP積層板は衝撃荷重等による層間剥離発生が材料の強度低下を引き起こす問題を抱えている。従来、CFRP積層板の層間破壊靱性を高めるため、プリプレグのオートクレーブ成型などにより層間に高靱性樹脂層を入れるなどの手法が試みられてきたが、この方法では大型構造物への適用が難しいことやRTM(Resin Transfer Moulding)、VaRTM(Vacuum assisted RTM)といった低コスト成型法には適用できない問題があった。そこで本研究では、面外衝撃損傷を軽減させるためCFRPの基材となる炭素繊維織物を積層させ、その層間を縫合糸で縫合した三次元構造のシートを作製する技術を開発し、低コスト成形によるCFRPの作製と評価を試みることにした。

## 2. 研究方法

今まで我々が行ってきた、複数の炭素繊維織物(図1-A A1, A2, .. An)を積層して面内糸(各織物を構

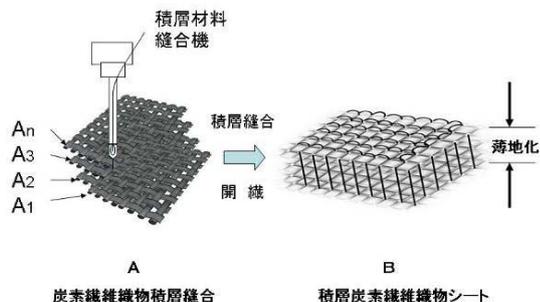


図1 薄地炭素繊維織物の積層縫合概要図

成している炭素繊維の糸)を損傷することなく縫合し、積層縫合シートBを形成する技術<sup>1)</sup>を使い、薄地化させた炭素繊維織物と、その積層縫合シートを作製した。

### 2. 1 織物設計・製織

共同研究者である齋藤産業有限会社の協力により以下の2種類の織物の設計(表1)と製織を行った。

表1 炭素繊維織物設計仕様

仕様\タイプ	1K炭素繊維織物	3K炭素繊維織物
炭素繊維	BESFIGHT HTA-W1K F501 東邦テナックス(株)	BESFIGHT HTA-3K E30 東邦テナックス(株)
織度	67Tex	200Tex
カパリング糸	ソルブロンSF110T/30F (株)ニチビ	ソルブロンSF330T/100F (株)ニチビ
カパリング条件	990T/m DCY(Double Co vered Yarn)	600T/m DCY
織密度 タテ	10本/cm	5本/cm
ヨコ	10本/cm	5本/cm
織物組織	平織	平織
タテ糸数	地部680本 耳部360本	地部510本 耳部270本
整経長	20m	20m
製織機	シャトル織機(図2)	レピア織機(図3)



図2 シャトル織機



図3 レピア織機

### 2. 2 積層縫合

1K及び3Kの炭素繊維織物を積層し、積層材料縫合機(図4)で積層縫合シート(仕様は表2)を作製した。その後、温水(95℃)にて精練を施しカパリング糸の除去及び炭素繊維の開織を行った。

表2 積層縫合シート仕様

シート寸法	タテ1000mm × ヨコ400mm
積層枚数	9枚
縫合糸	アラミド繊維 (テクナラ #20 200D/1*3 帝人株)
ステッチ方法	本縫い
ステッチ間隔 (縫合密度)	5mm、10mm

### 2.3 CFRP成形

1K及び3K炭素繊維織物を基材とした積層縫合シートを表3に示す条件で成形を行い、それぞれ1Kタイプ、3KタイプのCFRPを作製した。

表3 CFRP成形条件

成形方法	インフュージョン成形(図5)
含浸樹脂	ビニルエステル樹脂(リポキシR-7070-1 昭和 高分子株)
樹脂硬化剤	MEKPO(パーメック 日本油脂株)
硬化促進剤	ナフテン酸コバルト(ナフテックスコバルト 日本化学産業(株))
ゲルタイム	20℃ 60min



図4 積層材料縫合機

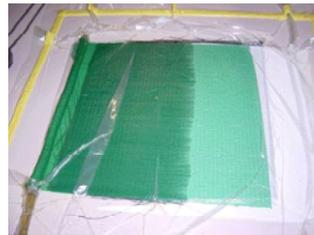


図5 インフュージョン成形

### 2.4 評価試験

#### 2.4.1 面外(落球)衝撃試験

成形した各試料を切り出し、両端支持(一軸拘束)し、表4の条件によりCFRP板面中央への鋼球落下試験(JIS K7211準拠 図6)を試みた。

表4 落球衝撃試験条件

鋼	直径	50.0mm φ
	質量	0.533kg
球	落下高さ	0.950m
	試料寸法	160*100mm
	衝撃面寸法	100*100mm
	衝撃エネルギー	4.96J



図6 落球衝撃試験

#### 2.4.2 衝撃部の観察

落球衝撃試験によって発生したCFRP面内方向の損傷の影響を検討するため、超音波映像装置(mi-scope II 日立建機ファインテック株) 25MHzプローブ使用(図7)で衝突部の観察を行った。

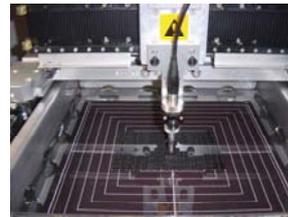


図7 超音波映像装置



図8 層間せん断試験

### 2.4.3 層間せん断試験

層間せん断強さを試験するため、万能抗張力試験機(AGS-10KNG 株島津製作所)による層間せん断試験(JIS K7078 図8)を行った。

表5 層間せん断試験条件

試験速度	2.0mm/min
圧子半径	5.0mm
支点半径	2.0mm

試験条件、各試験片寸法は、表5及び表6のとおりである。各試験片は基材である炭素繊維織物のタテ(Warp)及びヨコ(Weft)方向についてそれぞれ5試料作製し試験した。

表6 層間せん断強さ試験片寸法

試験片	幅(b)mm	厚さ(h)mm	長さ(l)mm	支点間距離(L)mm
1Kタイプ	10.0	1.6	11.2	8.0
3Kタイプ	10.0	2.5	17.5	12.5

$$l=7h \quad L=5h$$

$$\text{見掛け層間せん断強さ (Mpa)} = 3Ps/4bh \quad Ps: \text{破壊の力 (N)}$$

## 3. 研究結果及び考察

### 3.1 試織・積層縫合・成形結果

今回試織した1K炭素繊維を用いた織物及び3K炭素繊維を用いた織物と以前我々が試作した6K炭素繊維を用いた織物の織密度・厚さ・目付けを表7に示す。

表7 炭素繊維織物の密度・厚さ・目付け

試織織物	織密度(タテヨコ本/cm)	厚さ(mm)	目付け(g/m <sup>2</sup> )
1K炭素繊維織物	10.0 10.0	0.2	120
3K炭素繊維織物	5.0 5.0	0.3	230
6K炭素繊維織物	5.7 4.5	0.6	440

1K及び3Kの炭素繊維織物については、織密度を考慮することにより6K炭素繊維織物の厚さの1/2~1/3、目付けの1/2~1/4程度の薄地化・軽量化を図ることができた。3K炭素繊維の製織については、カバリング糸の剛性が強くなりシャトル織機による製織は困難であった。そのため、太織度の炭素繊維の製織についてはレピア織機等の使用が妥当かと思われる。図8は1K炭素繊維織物の積層縫合シートの精練前と精練後の表面である。精練後における織物では、カバリング糸が除去されたことにより炭素繊維が開織され、縫合糸が面内糸間を貫通していることが確認できた。また、それらを基材として成形したCFRP(図8下段 寸法:

タテ400×ヨコ400mm 厚：表6参照)は、繊維間への樹脂含浸が1Kタイプでは十分であったが、3Kタイプについてはボイドの発生が認められた。

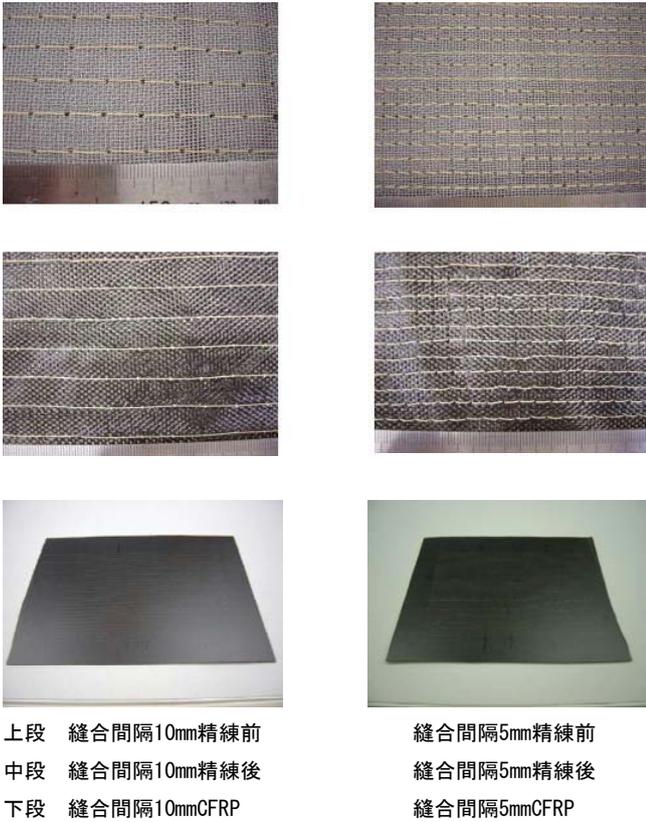


図9 1K炭素繊維織物の表面及びCFRP

### 3.2 評価試験結果

図10は面外衝撃試験として鋼球落下によって4.96Jの衝撃エネルギーをそれぞれ1Kタイプ及び3KタイプのCFRPに与えた時の超音波映像である。基材である炭素繊維織物にステッチを行っていないCFRPは図の上下方向(未拘束方向)に層間剥離損傷が広がっているのに対し、ステッチを行った試験片では損傷が抑制されていることが分かる。特に1Kタイプでは、ステッチ間隔を狭める(縫合密度を高める)ことにより損傷

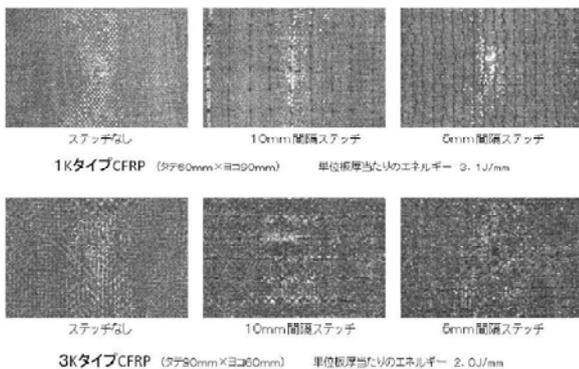


図10 面外衝撃(落球衝撃)試験による層間剥離の超音波映像

が縮小している。このことより、縫合が面外衝撃による剥離損傷を軽減し、縫合密度を高めることで損傷の拡大をより抑制できることが分かった。

図11は、1Kタイプ及び3KタイプCFRPの層間せん断強さを試験した結果である。1KタイプのCFRPについて、5mm間隔でステッチを行った試験片は、ステッチを行わなかった試験片に比べ見掛け層間せん断強さがタテ(Warp)方向、ヨコ(Weft)とも向上している。しかし、10mm間隔でステッチを行った試験片では顕著な差が見られなかった。これは、試験片の寸法上、縫合部が負荷のかかる部位から外れた影響が考えられる。また、3KタイプのCFRPは1Kタイプの2/3~1/2程度のせん断強さとなっている。これは成形時におけるボイドの影響と考えられる。

今後、さらに様々なパラメータを設定し、従来のCFRP素材との強度比較を行っていく必要がある。

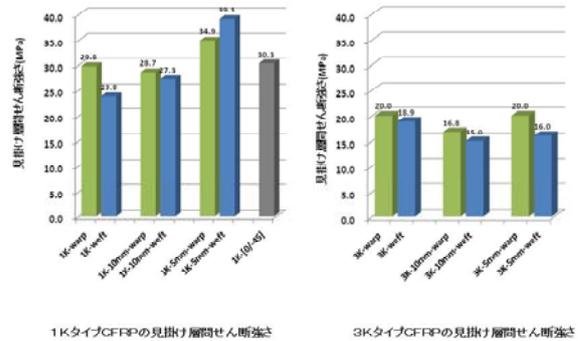


図11 1Kタイプ及び3KタイプCFRPの層間せん断強さ

## 4. 結言

本研究では、CFRPの基材となる炭素繊維の織度や織物の密度、製織加工法を工夫することにより、従来我々が試織した織物に比べ、当初の目標であった厚さ及び目付けで1/2以下の薄地炭素繊維織物を製造することができるようになった。また、その織物の積層縫合シートによるCFRPを成形し試験評価した結果、縫合が今まで問題となっていたCFRPの面外衝撃損傷を軽減させることが確認できた。

このことより薄地炭素繊維織物の積層縫合シートは、軽量かつ低コスト成形が可能な基材として、今後大型構造物などへの応用が期待される。

### 参考文献

- 菅野陽一他:”スーパー繊維を活用した産業資材の開発”、福島県ハイテクプラザ研究報告書、1-14、2005

# 大型三次元座標測定機の開発

Development of large-scale coordinate measuring machine

いわき技術支援センター 材料グループ 富田大輔  
株式会社ヨコハマ吉倉 佐藤優  
有限会社品川通信計装サービス 松崎辰夫  
いわき明星大学 高三徳

三次元座標測定機は一般的に高価な機械であり、中小企業にとって導入の難しい機械の一つである。三次元座標測定機の市場では、中小企業が要望する大型・低価格の測定機がほとんど無いため、板金・製缶業などを対象とした新しい三次元座標測定機を企業と共同で開発することとした。今回は中小企業向け・大型対応をコンセプトとして第1号の試作機を製作し、性能の確認や課題点の抽出を行った。

Key words:三次元座標測定機、中小企業向け、コンベックス

## 1. 緒言

中小企業（主に製缶・板金業など）にとって、大型の製品を測定するのは容易ではない。特に三次元的な計測については十分に行われているとは言えないのが現状である（写真1）。一般的に大型構造物の計測はノギスや巻き尺を用いているが、平面度や直角度などの幾何形状の測定については治具を作って間接的に測定するなど工夫が必要で、実際の測定手法には多くの問題点を含む場合が多い。

また、既存の三次元座標測定機は高価なものばかりで、多くの中小企業にとっては導入が難しい状況にある。三次元座標測定機は主に精密加工部品を対象としているため非常に高価であり、操作も複雑であることなど、課題点が多い。

そこで、中小企業向けの三次元座標測定機を開発し、今までに無い新しい市場を開拓していくことを目的として研究開発を行った。今回は試作機を製作したので報告する。



写真1 現場での測定例

## 2. 三次元座標測定機の種類

三次元座標測定機（座標測定機または CMM）とは、JIS<sup>1)</sup>によると、プロービングシステムを移動させ、測定物表面上の空間座標を決定する能力のある測定システムのことを指す。その種類は数多くあり、三軸直交形だけでも、固定テーブル形、門移動形、固定ブリッジ形、シングルコラム形などがある。他に、リニアスケールを用いず複数のロータリーエンコーダのみで構

成された多関節形などがある。測定手法については一般に接触式が多く用いられているが、最近ではレーザを用いた非接触式なども販売されている。

一般的な三次元座標測定機は三軸直交した3つのスケールとプロービングシステムで構成され、プロービングシステムの先端はスタイラスチップと呼ばれる球形の接触子になっており、その接触子を任意の位置へ移動させ被測定物に接触した瞬間にスケール値を読み取ることにより三次元座標値を取得する仕組みになっている。プロービングシステムは主にジョイスティックを用いて操作される。

三次元座標測定機の価格については、性能や測定範囲により異なるが、価格帯としては数百万円～1億円程度の範囲で、一般的に精度が高くなり測定範囲が大きくなるにつれ価格は向上する。特に2m以上の大型測定物に対応できる三次元座標測定機になると1000万円以下の価格の測定機は市場にはほとんど無く、大型機械を扱う中小企業にとって導入が難しいのが現状と言える（図1）。

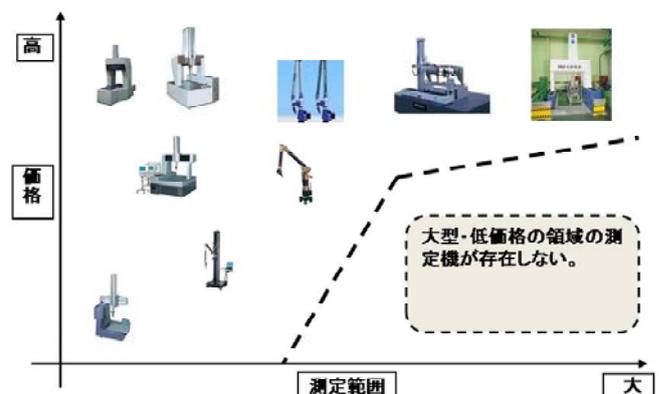


図1 三次元座標測定機の市場イメージ

## 3. 市場調査

### 3. 1. 市内企業調査

三次元座標測定機開発に当たって、いわき市内の製

造業を 10 社程度訪問し、大型の三次元座標測定機に関する簡単なニーズ調査を行った。調査対象は主に大型の製品を扱う企業とした。

調査した企業からは、三次元座標測定機に関して、「導入したいが高価過ぎて難しい」との意見が多く見られた。また、「操作が煩雑」「板金・製缶業向きではない」などの意見もあった。

そこで今回は、これらの意見を踏まえた上で既存の三次元座標測定機ではカバーしきれない領域、特に大型対応、低価格領域について産学官連携の体制で、新しい三次元座標測定機の開発を行うこととした。

### 3. 2. 試作機のコセプト

今回開発する三次元座標測定機は板金・製缶業など  $\mu\text{m}$  単位の細かい精度を要求しないと思われる業種をターゲットとした。また、製造現場の人間がイメージしやすいコンベックス（メジャー）感覚で使用できるものを目指した。

試作機の基本コンセプトは、市場調査した際の意見を踏まえ以下の様に決めた。

- ・精度は板金・製缶業などに対応できる程度（0.3 mm 程度）とすること
- ・最大の測定対象物を 3 m 程度とし、その範囲をカバーできる大型対応の測定機であること
- ・工場の現場などにおいて測定対象物の場所まで容易に移動可能なこと
- ・測定専門の人間のみが扱えるものではなく、現場の人間が誰でも容易に扱えること
- ・低価格であること

「精度」の表現は測定機や測定手段により表現方法が異なり、JIS では 3 軸直交型座標測定機を想定した精度の表現方法を示しているが、それ以外の座標測定機について明確に定義されておらず、試作機の段階で詳細に精度を定義するのは誤解を招く恐れがあるため、一般的な「指示誤差（＝測定機の指示寸法－標準器の寸法）」とほぼ同一の意味として考えることとした。

「低価格」については具体的な基準を決めるのは難しいが、市場調査の内容を考慮すると販売価格で 200 万円前後の目標が妥当と思われる。

## 4. 研究内容

### 4. 1. 役割分担

研究期間が短期間なこともあり、研究を迅速に実施するために作業の大部分を共同で行っており、必ずしも明確に役割を区別できるものではないが、以下の様に役割を分担した。

ハイテクプラザいわき技術支援センターは既存の三

次元座標測定機に関する知識を利用して、主に設計支援と精度検証を担当した。(有)品川通信計装サービスは機械製作全般の実績があり、主に基本設計とソフトウェア開発を担当した。(株)ヨコハマ吉倉は県内有数の大型機械加工の実績があり、試作機の特に大型部品について開発を行った。いわき明星大学からは三次元 CAD の知識を活かして空間座標処理に関するアドバイスを受けた。

### 4. 2. 試作機的设计

試作機開発に当たっては共同研究企業と打ち合わせ、共同で概念的な形を作った。上記コンセプトを全て実現するのは難しいが、既存の測定機に近い物にレイアウトマシンや六軸多関節型三次元測定機などがあり、出来る限りそれらの測定機とは区別するように設計を行った。

試作機の構成は、垂直の土台に水平アームを取り付け、アームの内部にワイヤを通し、先端にロータリーエンコーダ 2 個を備えた首振り機構を通して、ワイヤをあらゆる方向に引き出すことが出来るようになっている。水平アームの内部には磁気スケールを内蔵し、ワイヤの引き出し量に応じて位置を検出する機構とし、ロータリーエンコーダ 2 個とリニアスケールの値を用いてワイヤ先端の空間座標を算出する機構とした。このような機構にすることでスタイラスを伸ばしたり縮めたりする感覚に近くなり、現場の作業者がイメージしやすい測定機になると考えた(図 2)。

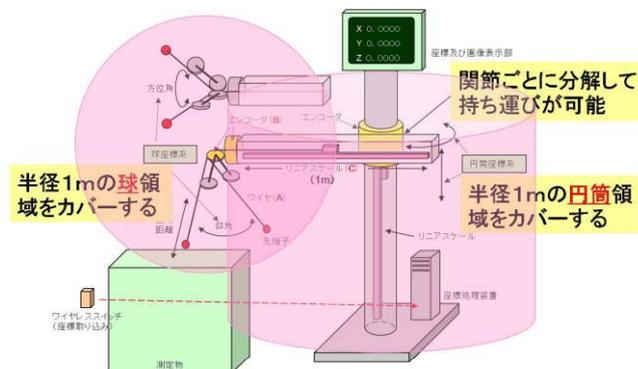


図 2 試作機のご概念図

### 4. 3. 試作機の製作

実際に製作したのが写真 2 である。水平アーム内部に配置してあるワイヤには常に一定の張力が与えられ、使用する範囲においては、ワイヤのたるみを無くしている。

先端の首振り機構は、ワイヤを曲げたとき球座標を形成させるために本来はある一点を中心に曲げ、そのときの 2 軸方向の回転量を計測しなければならないが、実際にはある一点を中心にワイヤをあらゆる方向に曲げることは不可能なので、一方の曲げ分について、既知の半径を持った回転体に連続的にたるみなくワイヤ

をなじませ、その後その長さを補正する方法で、間接的に球座標形を形成する構造としている。これにより、ワイヤが連続的に先端までたるむことなく目標位置へ引き出すことが可能となる。ただし、測定前にある角度で首振り部分を固定し、初期値を決定しなければ補正值が計算できない。初期値の決定には他にスタイラスの長さ、スタイラスチップ（先端子）の径が必要である。

スタイラスチップの形状は既存の三次元座標測定機と同様に、基本形を球形にしてあるが、測定内容や精度に応じて針状形にするなど、各種形状を工夫することができる。座標値の取得はワイヤレススイッチにより行う。

本試作においては水平アームの回転量検出、上下移動は実現しなかった。



写真2 製作した試作機

## 5. 実験

### 5. 1. ステップゲージによる誤差測定

JIS における指示誤差の測定は「二つの名目的に平行な面を、互いに反対方向から一方の面に垂直にプロービングすることで行う。」とある。試作機の測定方式は、手動で被測定物にスタイラスを接触させワイヤレススイッチを押すことで座標を取得するようになっている。しかし試作機ではブロックゲージの平行面を正確にプロービングすることは困難であるため、今回は全長 600 mm、20 mmピッチのステップゲージ（ミットヨ製 CheckMaster、写真3）を用い、手動で出来る限り JIS に近い形でプロービングを行い各座標値とステップゲージの指示値との差を計算することで、指示誤差を求めた。



写真3 ステップゲージ

測定位置は首振り機構から約 500 mm離れた位置と約 1000 mm離れた位置にステップゲージを任意の方向で固定した場所とした。図3に測定した指示誤差を示す。

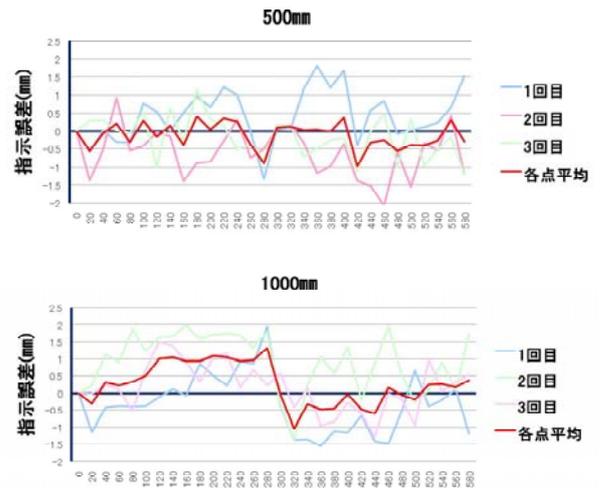


図3 ステップゲージによる指示誤差

### 5. 2. 考察

500 mm地点の誤差のばらつき方を観ると、測定を繰り返すほど平均値が指示値に近づく傾向にあり、手動測定による直接的なばらつき（ブレ）が大きく測定結果に影響を与えていると思われる。また、スタイラスの構造が、接触点以外にも作用する力点を持つ構造になっており、それがさらに接触位置の不安定をもたらす要因となっている。現時点ではそのブレ分のみを分離することは難しく、スタイラスの改良が必要である。

1000 mm地点になるとばらつきの幅が僅かに大きくなる程度だったが（標準偏差  $\sigma = 0.66 \rightarrow 0.81$ ）、一様に収束する程均一にはばらついていなかった。これはワイヤ引き出し長さが長くなるに比例して、首振り機構に与える力が弱くなりワイヤ角度の追従性が鈍くなるためと考えられる。

## 6. 結言

試作機を製作していく過程で、新たな用途として木工用、教育用（三次元 CAD 用）が考えられるなど新たな展開も見られたが、当初のコンセプトを達成し、製品化に至るまでには多くの課題が残ることが分かった。特に精度面で改善が必要であり、現在試作2号機の製作を検討中である。

### 参考文献

- 1) JISB7440-1 製品幾何特性仕様 (GPS) 一 座標測定機 (CMM) の受入検査及び定期検査—第1部：用語

# 試験研究機関ネットワーク共同研究事業

# ソバの機能性成分含量に及ぼす品種および栽培条件の影響

— 優良系統の選抜およびそばの調理に伴う機能性成分の溶出 —

## Effect of Variety and Cropping Season and Planting Place

### on the Functionally Components of Buckwheat

#### Selection of Superior Strain and Leak of Functionally Components by Cooking of Buckwheat Noodles

会津若松技術支援センター 食品技術グループ 遠藤浩志 小野和広

農業総合センター 会津地域研究所 渡部 隆

気候や風土の異なる県内のソバ産地に適合する新しいソバ品種を育成するため、会津1、2号と会津4～8号を3試験地で栽培し、収量特性とルチン含量を調査した。その結果、会津5号と会津7号は栽培地にかかわらず優れた収量特性を有するとともにルチンの多い系統であることから会津のかおりに続く有望系統であると考えられた。

手打ち十割そばの調理中の機能性成分の溶出について検討した結果、ゆで中にタンパク質の約12%、ポリフェノールおよびルチンの約42～45%が溶出することが明らかとなった。また、抗酸化能は約32%低下した。これより、機能性成分の効率的な摂取のためにそば湯を飲むことは、十割そばにあってはとりわけ重要な意義を持つと考えられた。

Key words: ソバ、品種、ルチン、ポリフェノール、抗酸化性

## 1. 緒言

著者等はこれまで、品種の異なるソバのルチン含量、栽培及び加工適性について検討し、会津3号（『会津のかおり』として品種登録出願、以下、会津のかおり）が高い機能性を有するとともに、生産性や製麺性に優れていることを報告<sup>1)2)</sup>した。会津のかおりは県内14カ所にわたる現地農家の栽培（平成19年に約15ha）結果でも高い評価を受け、平成20年における予想作付面積は100haと順調な増加が見込まれている。

しかし福島県内でソバは標高や気候風土の異なる各地域で広範囲に栽培されており、産地からは独自で栽培適性に優れた新品種の育成が求められている。

一方、そば切り（以下そば）は日本において古くから親しまれ、近年では、健康や本物志向の高まりとともに、ソバ粉配合割合のより高い手打ちそばの需要が増加している。しかし、そば成分は調理中に溶出することから、機能性成分の摂取量を推測するために調理中の動向を把握することは有効と考えられる。

以上のような背景から本研究では優良系統の選抜育成のため会津1、2号、会津4～8号の収量特性とルチン含量を調査した。また、十割そばを調製し調理に伴う機能性成分の溶出および抗酸化能の変化について検討した。

## 2. 実験方法

### 2. 1. 供試材料

ソバは2007年に会津坂下町大字見明の福島県農業総合センター会津地域研究所内圃場（以下、坂下）、下郷町十文字（以下、下郷）、猪苗代町入江（以下、猪苗代）で信濃1号、会津のかおり、最上早生、現地在来種を対照に、会津1、2号、会津4～8号を栽培し供試した。栽培は1区面積を坂下は29.4m<sup>2</sup>、下郷と猪苗代は35.0m<sup>2</sup>とし2反復で行った。坂下、下郷、

猪苗代の播種期は各8月9日、8月1日、7月27日、同様に成熟期は各10月5～12日、10月1～5日、10月1～8日だった。3試験地とも初期生育は概ね順調であったが、下郷と猪苗代は9月6日の台風9号により全面的に倒伏し成熟期の生育は不良であった。

### 2. 2. 分析試料の調製

ソバ粉は玄ソバを脱皮（国光社 SP-M）した抜き実を小型粉砕機（アズワン製 ワンダーブレンダー WB-1）により粒径355 μm以下に粉砕し供試した。生そばはアルミ製鍋を用い20倍量の蒸留水でゆでた後に氷水中で30秒間冷却し、水切り後に凍結乾燥（ヤマト科学製 DC56A）を行い、ソバと同様の方法で粉砕試料を調製し供試した。なお、機能性成分溶出量測定には2006年産猪苗代在来種を使用した。

### 2. 3. 生そば用ソバ粉と生そばの調製

原料ソバ粉は抜き実を石臼で粉砕（国光社 NC-400SW）して全層粉を調製後、60メッシュスルー区分を供試した。

生そばは品質評価用十割そば製造装置（千穂田精衡製）を用い、ソバ粉100gに蒸留水（室温または沸騰水）45gを加えて水回し（5分間）、捏ね（4回）、のし（厚さ1.2mm）の後、2軸カッター（幅2.0mm）で切り出すことにより十割生そばを調製した。なお、室温水を用いたそばを水捏ねそば、沸騰水を用いたそばを湯捏ねそばとし、いずれも3反復した。

### 2. 4. 分析方法

タンパク質はケルダール法、ルチンはHPLC法<sup>3)</sup>、ポリフェノールはFolin-Ciocalteu法<sup>4)</sup>、抗酸化能は木村等<sup>5)</sup>の方法に従い、有色の安定ラジカルであるDPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) の退色を測定した。

### 3. 実験結果及び考察

#### 3. 1. 収量特性

表1に坂下、下郷、猪苗代で栽培した品種の異なるソバの子実重、千粒重、リットル重を示した。

表1 ソバの子実重、千粒重、リットル重の品種および産地間差

品種・系統	坂下			下郷			猪苗代		
	子実重 (kg/a)	千粒重 (g)	リットル重 (g)	子実重 (kg/a)	千粒重 (g)	リットル重 (g)	子実重 (kg/a)	千粒重 (g)	リットル重 (g)
信濃1号	19.0	31.8	641	7.2	29.0	583	12.4	32.6	626
会津のかおり	24.2	32.7	636	7.4	30.5	619	13.4	30.1	626
最上早生	19.8	34.0	643	5.5	30.7	576	13.0	34.1	616
下郷町在来	22.6	31.0	612	7.9	31.0	636			
猪苗代町在来	23.1	31.2	612				12.6	30.5	606
会津1号	23.2	32.3	649	8.0	28.4	574	13.7	30.6	622
会津2号	23.8	32.7	640	7.6	29.8	597	13.7	31.1	630
会津4号	22.8	30.8	647	7.4	31.0	597	12.7	29.3	646
会津5号	23.6	33.1	646	8.5	28.4	612	13.5	30.9	637
会津6号	23.2	32.3	645	7.7	31.0	613	13.0	31.3	641
会津7号	24.4	32.6	647	8.1	30.7	617	13.9	31.3	653
会津8号	21.8	32.8	655	7.7	31.1	643	12.6	31.8	652

子実重は台風による倒伏の影響から下郷と猪苗代が坂下に比べ著しく減少した。対照品種間の比較では会津のかおりが3試験地とも大きい傾向を示した。試験品種で子実重が大きかったのは坂下では会津7号(24.4kg/a)、2号(23.8kg/a)、下郷では会津5号(8.5kg/a)、7号(8.1kg/a)、猪苗代では会津7号(13.9kg/a)、1、2号(13.7kg/a)だった。

千粒重は下郷でやや小さい傾向を示したが各試験地とも品種間に大きな差は認められなかった。

対照品種に比べ供試系統のリットル重は坂下では大きい傾向を示し、また、下郷と猪苗代でも会津4～8号では大きい傾向を示した。3試験地の平均で最もリットル重が大きかったのは会津8号(655g)で、会津4～7号も会津のかおり(643g)並に大きかった。

以上の結果から供試系統の会津5号、会津7号は福島県のソバ品種である会津のかおり並みに収量特性に優れていると考えられた。

#### 3. 2. ルチン含量

図1に坂下で栽培した品種の異なるソバのルチン含量を示した。

ルチン含量は対照品種では会津のかおりが27.3mgで最も多く、次いで下郷町在来(23.1mg)、信濃1号(22.0mg)の順だった。また、供試系統では会津8号(28.1mg)が最も多く、次いで会津5号(27.9mg)、会津7号(26.4mg)の順で、これらはいずれも会津のかおり並に高い含量を示した。

ルチンの多かった会津5号、会津7号は既述のとおり収量特性にも優れていることから有望系統と考えられ、今後のソバ産地における優良性の検証試験の結果が期待される。

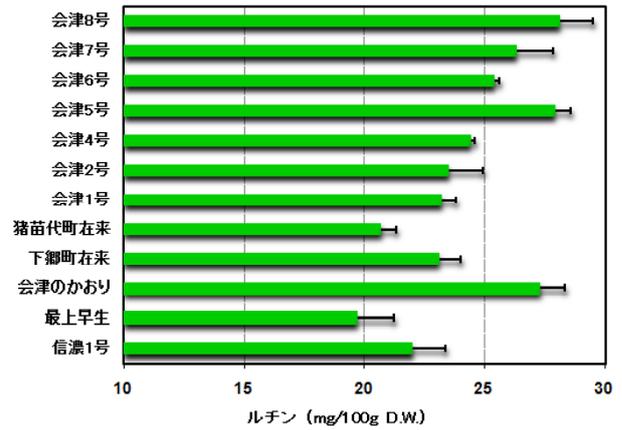


図1 品種の異なるソバのルチン含量

#### 3. 3. 調理中の生そばの成分溶出

図2、3に水捏ねと湯捏ねそばの調理に伴うタンパク質、ルチン、ポリフェノールの残存率を示した。

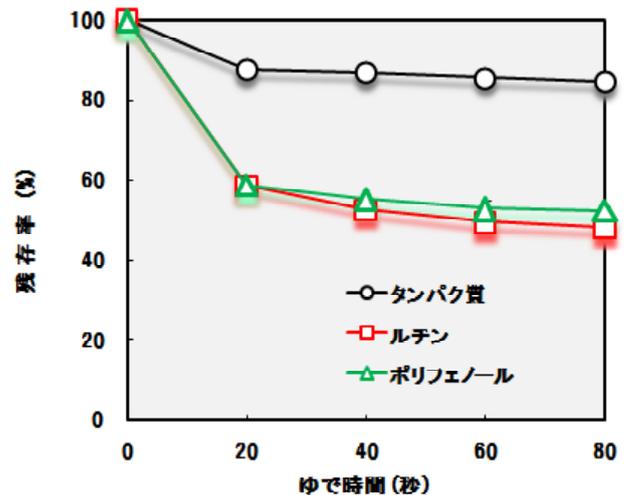


図2 水捏ねそばの調理に伴うソバ成分の溶出

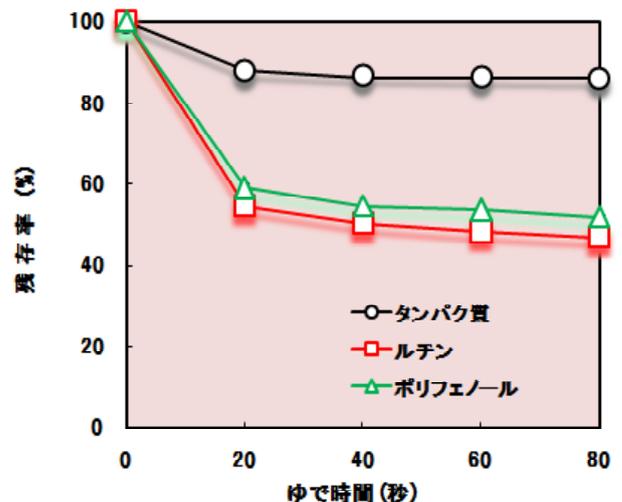


図3 湯捏ねそばの調理に伴うソバ成分の溶出

各成分の溶出率は水捏ねそば(図2)、湯捏ねそば(図3)にかかわらず、ゆで20秒までは急激に、それ以降は漸減する傾向があった。水捏ねそばのゆで20秒以降のタンパク質、ルチン、ポリフェノールの残存率は、各84.7～87.6、48.2～58.6、52.5～58.8%で、タンパク質に比べルチンとポリフェノールの溶出率は著しく高かった。一方、湯捏ねそばも成分溶出は水捏ねと同様の傾向を示し、各成分の残存率に大きな差はなかった。本試験に用いた生そば(厚さ1.2mm、幅2.0mm)の適切なゆで時間は30秒前後である。水捏ねそばのゆで30秒後のタンパク質、ルチン、ポリフェノールの残存率は図2より各87、54、57%と推定され、ルチンの溶出率は二八生そば<sup>6)</sup>や、そば粉配合比率70%の乾そば<sup>7)</sup>よりもやや高かった。

以上の結果から、手打ち十割そばは調理によりタンパク質の1割以上、ルチンおよびポリフェノールでは4割以上が溶出することが明らかとなった。これより、機能性成分の効率的な摂取のためにそば湯を飲むことは、十割そばにあってはとりわけ重要な意義を持つと考えられた。

### 3. 4. 調理中の生そばのDPPHラジカル消去活性の変化

表2に生そば調理中のDPPHラジカル消去活性を示した。

表2 手打ち生そば調理中のDPPHラジカル消去活性の変化

そばの種類	活性	ゆで時間				
		0秒	20秒	40秒	60秒	80秒
水捏ねそば	DPPH消去活性 <sup>1)</sup> (Trolox m mol)	1.43	1.02	0.99	0.88	0.86
	残存活性(%)	100	71.3	63.8	61.5	60.1
湯捏ねそば	DPPH消去活性 <sup>1)</sup> (Trolox m mol)	1.43	1.01	0.92	0.88	0.84
	残存活性(%)	100	70.5	64.0	61.3	59.0

1) そば粉100gあたりの活性をTrolox相当量で示した。

調理前の水捏ねそばのDPPH消去活性は1.43 m mol、ゆで10、20、40、60、80秒後は各々1.02、0.99、0.88、0.86 m molだった。ゆで20秒までの活性低下が著しく(約29%)、その後は緩やかとなり、ゆで時間30秒(適切なゆで時間)での低下率は約32%だった。一方、湯捏ねそばの調理に伴うDPPH消去活性の変化は水捏ねそばの場合とほとんど差がなかった。

上記の調理に伴うDPPH消去活性の変化はルチンやポリフェノールの残存量の変化(図2、3)と類似しており、これらがそばの抗酸化能を支配する主要成分であることが示唆された。

以上の結果から、手打ち十割そばは調理により抗酸化能が約3割低下することがわかった。

## 4. 結言

県内のソバ産地の風土や気象条件に適合した新しいソバ品種を育成するため、会津1、2号と会津4～8号を会津地方の3試験地で栽培し、収量特性とルチン含量を調査した。その結果、会津5号および会津7号は子実重や容積重が大きく、またルチン含量も多く、会津のかおりに続く有望な系統であることがわかった。

そばの調理に伴う機能性成分の溶出率について検討した結果、手打ち十割ソバにおける溶出率は二八そばや乾そばよりやや高く、ゆで中にタンパク質の約12%、ポリフェノールの約42%、ルチンの約45%が溶出し、これにより抗酸化能は約32%失われることが明らかとなった。

### 参考文献

- 1) 遠藤浩志・小野和広・渡部隆：ソバの機能性に及ぼす品種および栽培条件～播種期および栽培地の異なるソバ品種の収量とルチン含量～、福島県ハイテクプラザ試験研究報告、39～41 平成17年度
- 2) 遠藤浩志・小野和広・渡部隆：ソバの機能性に及ぼす品種および栽培条件～育成系統の栽培特性とそば切りへの加工適性～、福島県ハイテクプラザ試験研究報告、36～38 平成18年度
- 3) 小原忠彦・大日方洋・村松信之・松橋鉄治郎：高速液体クロマトグラフィーによるそばルチンの定量、日食工誌、36、114～120(1989)
- 4) 津志田藤二郎：食品機能研究法(光琳、東京)、p318～322(2000)
- 5) 木村俊之・山岸賢治・鈴木雅博・新本洋士：農産物のラジカル消去能の検索：食科工、49、257～266(2002)
- 6) 鈴木建夫・桜田尚子・目黒熙・鈴木彦市・坂上孝彦・氏原暉男：そばのルチン含量と分布について、New Food Industry, Vol.29, No. 6, 29-32(1987)
- 7) 小原忠彦・大日方洋・村松信之・松橋鉄治郎：信州そばの品質向上に関する研究(第1報) そば粒中のルチン分布とそば製品中のルチン含量、長野食工試験報告、15、106～114、(1987)

# 福島県オリジナル「紫アスパラガス」品種および機能性強化資材の開発

## — 紫外線強度自動計測システムの開発 —

Breed Improvement of Purple Asparagus which is Original Breed of Fukushima Prefecture,  
and Development of Agricultural Materials for Increase of Functional Elements within the Asparagus.

- Development of automatic UV intensity measuring system -

研究開発部システム技術グループ 尾形直秀 平山和弘  
農業総合センター 作物園芸部 品種開発グループ 仁井智己

夏採りと呼ばれる夏季のアスパラガス収穫法では若芽の色付きが十分ではなく、機能性成分であるルチンの含有量も減少する。本研究では、全光反射不織布を敷設することにより、収穫する若芽への太陽光照射を補強し色付き、ルチン含有量の改善を目的とする。この中で不織布の敷設有無による紫外線量について無人計測を行ったので報告する。

Key words : 自動計測、紫外線計測、Windows Mobile

### 1. 緒言

紫アスパラガスは県内では主に南会津町の特産物として市場でも引き合いが高く、付加価値の高い商品であるが、夏採りと呼ばれる夏季の収穫では色付きも薄くなりルチン等の機能性成分や旨み成分も低下する。

夏採りという手法は立茎を繁らせて光合成による養分蓄積を行いつつ若芽を収穫するものであるが、収穫する若芽は立茎の影になってしまい、十分な太陽光を浴びることができないことが、その原因の一つと考えられている。

本サブテーマでは、圃場に全光反射不織布を敷設し、その反射光によってアスパラガス若芽への太陽光照射を補強し、色付き、ルチンを主とする機能性成分、旨み成分の低下を改善することを目的とする。

ここでは、サブテーマのうち圃場において実施した紫外線量の無人測定とその結果について報告する。

### 2. 全光反射不織布の敷設

不織布にはデュポン社のタイベックシート<sup>1)</sup>を使用した。タイベックシート自体は多目的の保護材であるが、農業資材としては果実の増糖、着色の増進、地温の抑制といった効果が謳われている。これを畝の側部に敷設し、施工区と慣行区の紫外線量を測定し、比較することにした。

図1に全光不織布の敷設状態を示す。敷設したのは南会津町の個人の圃場で、図の左側が南、奥行方向が西向きになる。

右下の機器箱には測定機器、バッテリーが保管されている。



図1 全光不織布の敷設状態

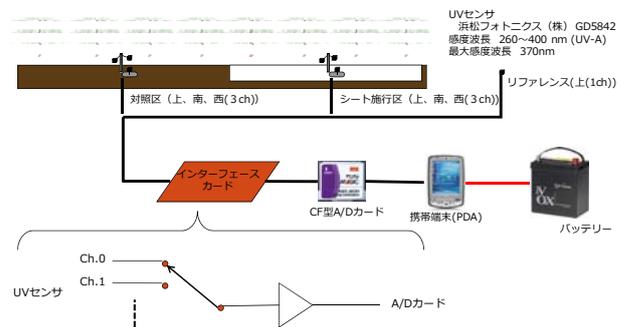


図2 自動測定システム

施工区はこの機器箱から奥行方向に伸びている畝、約20mであり、その先の奥行方向20mが慣行区となる。

シートの敷設は施工区の畝の両側面と両隣の畝のそ

れぞれ施工区側の合わせて4列の敷設を行った。

### 3. 自動紫外線測定システムの開発

紫外線測定を無人で行うために自動紫外線測定システムの開発を行った。システムの構成を図2に示す。

圃場では商用電源を利用することができないため12Vの大容量バッテリーを設置し、2~3週間おきにデータ収集とバッテリー交換を行った。

データ収集装置本体にはWindows Mobile仕様のPDAを用い、Windows Studio 2005、Windows Mobile SDKを開発環境としてC++で開発を行った。測定間隔は1分単位で設定できるようにした。一回の測定が終了すると自動的にスリープ状態に入るようにして省電力化を目指した。夜間の測定休止のため測定開始時間、測定終了時間の設定を行うようにし、その間はスリープモードに入るようにした。

紫外線センサには浜松ホトニクス社のG5842を使用してセンサ製作した。G5842は感度波長が240nm~400nmのUV-A二当たり紫外線領域でピーク波長は370nmである。センサは施工区、慣行区に上向き、南向き、西向きに各3点ずつ、機器箱の上部に上向きに1点の計7点を取り付けた。南向き、西向きセンサを図3に示す。紫外線センサ信号はインタフェースカードに入力され、マルチプレクサにより逐次切り替えて増幅後、CF型A/Dカードを通してPDAに渡される。インタフェースカードを図4に示す。



図3 南向きセンサと西向きセンサ



図4 インタフェースカード

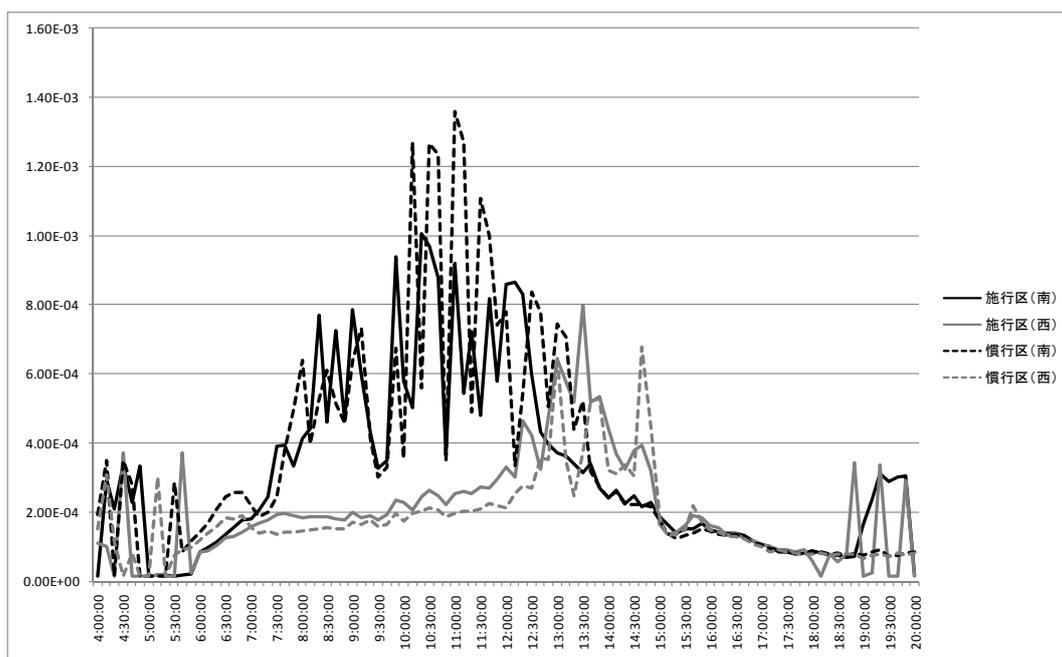


図5 1日間の紫外線強度の推移

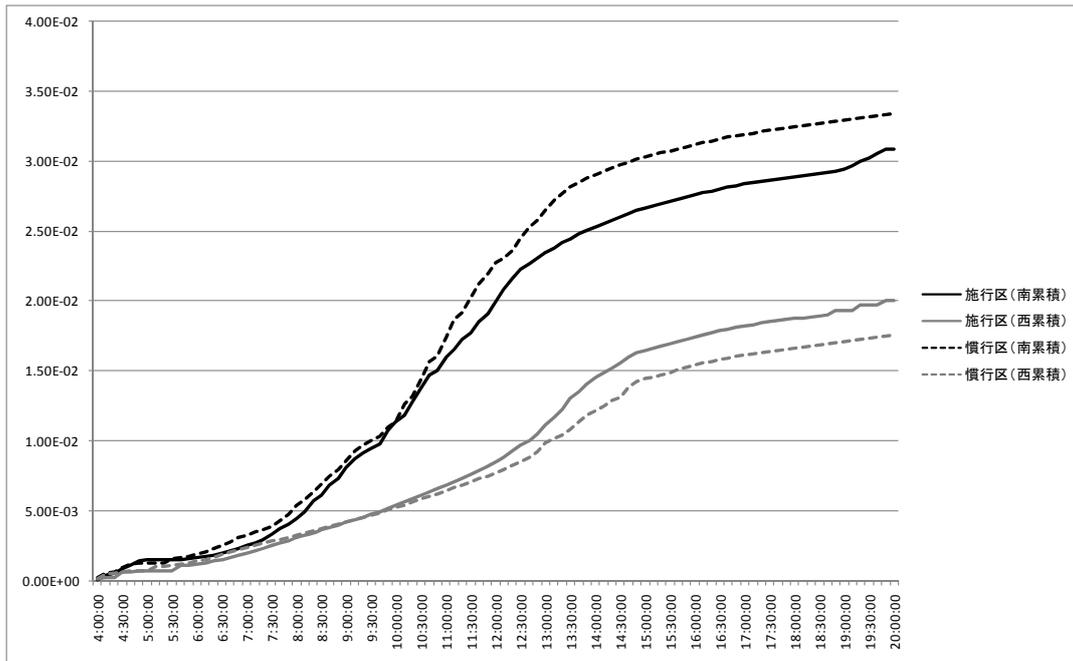


図 6 1日間の紫外線強度の累積

#### 4. 測定結果

1日の間の南向きセンサと西向きセンサの紫外線強度の推移を図5に示す。横軸は測定時刻で測定開始時間4時から終了時間20時まで10分毎に測定を行った。このグラフでは、立径の葉の影が原因と思われる施工区と慣行区の同方向のセンサに紫外線強度の逆転が見られた。このため、図5に示す累積値グラフにより大まかな傾向を探った。その結果、累積値の高い方から慣行区南向き、施工区南向き、施工区西向き、慣行区西向きという順となり、シートの敷設による紫外線強度の強化に関しては、認めることができなかった。

図7は7月～9月の夏採り時期の着色具合でわずかに施工区の方が着色度1の収穫物の割合が高かった。また、図8には同時期の収穫物のルチン含有量を示す。こちらも頭部、中間部において施工区の方にルチン含有量が多いことがわかった。

全光反射不織布の敷設では地温の低下という効果もあり、若芽の伸びが抑えられることにより収穫までに太陽光を浴びる時間が長くなりそのために着色、ルチン含有量の改善が見られた可能性もある。

#### 5. 結言

全光反射不織布の敷設による紫外線強度の改善について計測を行ったが、明確な差は見られなかった。立茎の影響等が不織布の敷設より影響が多いものと考えられるが、改善効果に関する地温などの他の影響について別途調査の必要が感じられた。

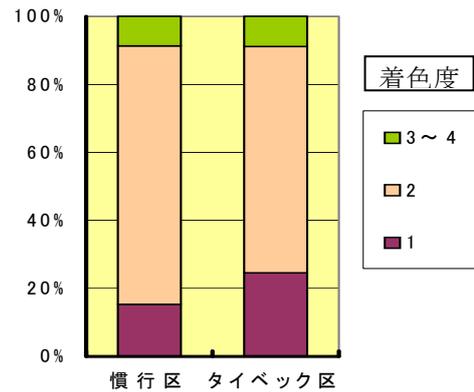


図 7 7～9月の着色割合(%)

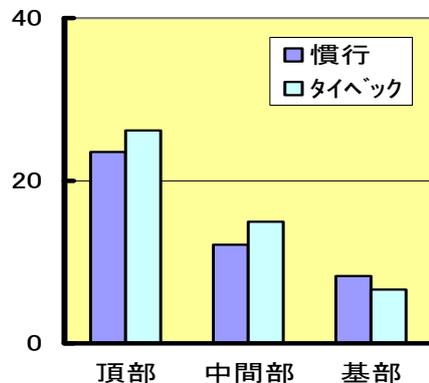


図 8 夏採りにおけるルチン含有量(mg/100g)

# 無線LANを用いた果樹ほ場の温度測定法 および凍霜害対策への活用法の開発

Development of thermometric method using wireless LAN for Orchard  
and using its method for frost damage protection

農業総合センター 経営企画グループ 朽木靖之・棚橋 紺

農業総合センター 果樹研究所 永山宏一

研究開発部 システム技術グループ 高樋 昌・濱尾和秀

福島県における凍霜害の被害額は例年数億円に上る。しかしながら現在まで有効な対策法が確立されておらず、被害が減ることはなかった。本研究では、福島県で特に被害が多い果樹に着目し凍霜害対策に必要な気象観測装置の構築とデータ収集、配信方法の検討を行った。農業総合センターでのセンサ選択、測定条件選択をもとに、ハイテクプラザで無線 LAN を用いた気象観測装置を構築した。また、果樹ほ場でデータ収集をおこない、蓄積したデータを加工後、気象状況の経過を閲覧できるシステムを構築した。気象予測はできなかったものの、霜発生の予測には十分利用可能なシステムであることがわかった。

Key words:凍霜害、果樹、ほ場、気温、湿度、風速、無線 LAN

## 1. 緒言

福島県における凍霜害による被害額は、例年数億円の規模に上り<sup>1)</sup>、特に早春につぼみが開く果樹の被害がその大部分を占めている<sup>2)</sup>。しかし、いまだに的確な予測、対応が取れないため被害が減ることはない。一方、生産農家における霜対策は、気象庁の発表データとその土地特有の気象現象などを参考に、各農家が独自に判断して行っているのが現状であり、判断基準があいまいなままになっている。また、具体的な対策は、燃料を燃やしたり、防霜ファン<sup>3)</sup>をまわすなどして周辺の大気を循環させるものだが、あいまいな判断基準の下に行うため、無駄に燃料や電力を消費したり、逆に対策が必要となるときに見逃してしまい被害を拡大することも多い。

このような状況において、営農地における気温をはじめとした降霜予測のための気象情報を閲覧できれば、閲覧情報が判断基準となるため大幅な労力、経費の節減につながり、かつ的確な霜害対策を施すことが可能となる。また、計測現場の測定データが判断基準になるため、将来においては、防霜ファンなどの機器を自動運転する基礎データにもなる。

## 2. 実験

### 2. 1. 実験概要

各機関を含めた実験の分担、概要を図 1 に示す。

ハイテクプラザが担当した気象観測装置の構築において、気象データの管理の容易性、保守性を確保するため、果樹ほ場に気象観測装置を設置し無線 LAN を利用して気象データを収集・蓄積する方式を選択した。利用者は、サーバに蓄積されたデータを WEB ブラウ

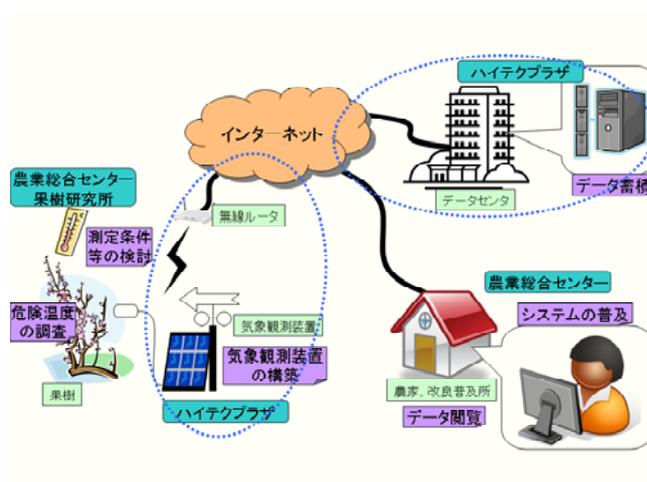


図1 各機関における分担

ザによってアクセスし、閲覧したい日時などの必要な項目を設定して閲覧するようになる。

### 2. 2. 実験装置の構築

平成 17 年度の農業総合センター果樹研究所内ほ場における実験で、農業総合センターおよび農業総合センター果樹研究所は、温度測定センサとしてサーミスタを選択しても十分測定に耐えるという結果を得た。また、測定高さを果樹の花芽の高さとほぼ同じ 1.5m とすることとした。

平成 18 年度において、平成 17 年度の結果を受け製作した気象観測装置のプロトタイプを用い、標準温度計による校正を行った結果、図 2 に示すとおり、プログラムのオフセットを加えるだけで氷点付近のリニアリティが確保できることがわかった。

これらの結果をもとに、表 1 を構成部品として図 3 および図 4 に示す気象観測装置を製作した。製作に際し、測定には霜の発生メカニズムに密接に関連する次の 4 項目が必要となるため、それに合わせたセンサを

選択した。

- ①地上 1.5m の温度： 花芽付近の温度
- ②地表の温度： 温度の逆転現象判定
- ③風速： 霜発生時は無風
- ④湿度（相対）： 霜発生時は高い

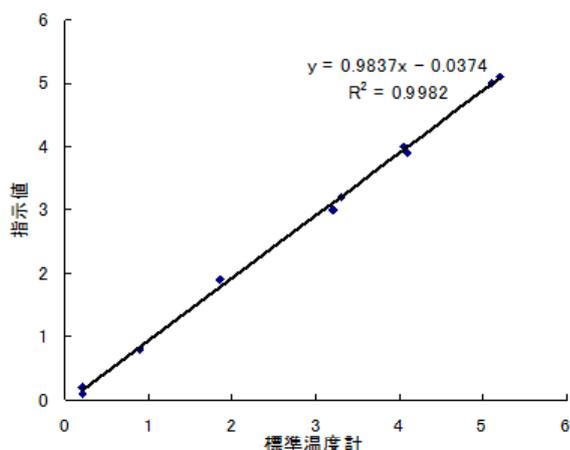


図2 標準温度計による温度センサの校正

表1 気象観測装置構成部品

部品名	部品名	型番	測定範囲など
マイコン	秋月電子	AKIH8_3069f	
温度センサ	石塚電子	AT-502	-10~40°C
湿度センサ	TDK	CHS-GSS	5~90%
風速センサ	Davis	Vantage Pro Anemometer	0~20m/s (表示上)
ネットワーク	BUFFALO	WHR-G54S	アクセスポイント
バッテリー	ACデルコ	M24MF	12Vディープサイクル
太陽電池パネル	シャープ	NE-70AIT	70W出力 (120cm × 53cm)

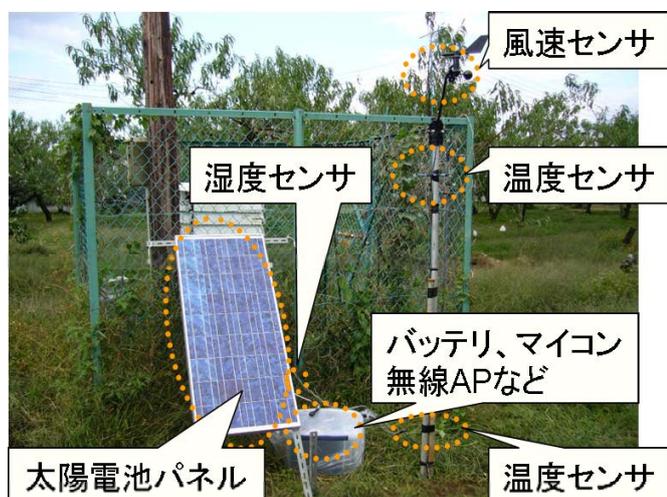


図3 気象観測装置概観

データ計測は1分に1回行い、年間を通してデータを蓄積できる仕様としたため、バッテリー、ソーラパネルとも大型化した。

温度センサ、湿度センサの電圧出力および風速センサのカウンタ出力を図4におけるセンサ回路に入力し、H8 マイコンにリアルタイム OS (TOPPERS/JSP)<sup>4)</sup>を実装した上で、入力されたデータを WEB サーバによって配信する方式とした。WEB サーバはアクティブ配信ではなくパッシブ配信とし、気象データ蓄積サーバからのアクセスによって初めてデータが収集される。なお、データの蓄積にはハイテクプラザ内実験ネットワーク上に設置したデータベースサーバを用いた。利用した各アプリケーション等は下記の通りである。

- ・OS : Linux kernel 2.6.9 (Distribution:CentOS4.4)
- ・Java ランタイム環境 : JRE 2.6.9
- ・WEB アプリケーションサーバ : ApacheTomcat5.5.20
- ・データベースサーバ : PostgreSQL 7.4.19

### 3. 結果

果樹園における実証実験のため、国見町にある果樹農家のほ場へ気象観測装置を設置し、気象データ収集実験を行った。

強風などにより無線 LAN の通信障害が日中に発生する日も若干あったが、必要なデータが得られる夜間においては通信障害もなく、データが欠落することは一切なかった。

#### 3. 1. 閲覧画面設定

蓄積された気象データの閲覧は、登録されたユーザ、パスワードでログインし、図5に示す設定画面において表示したい装置番号、開始時間、終了時間、表示間隔を設定することで、任意の日時、時間間隔のデータに対して可能となる。

#### 3. 2. 閲覧データ

実際に果樹農家のほ場で霜が発生したときに得られた気象データを図6に示す。

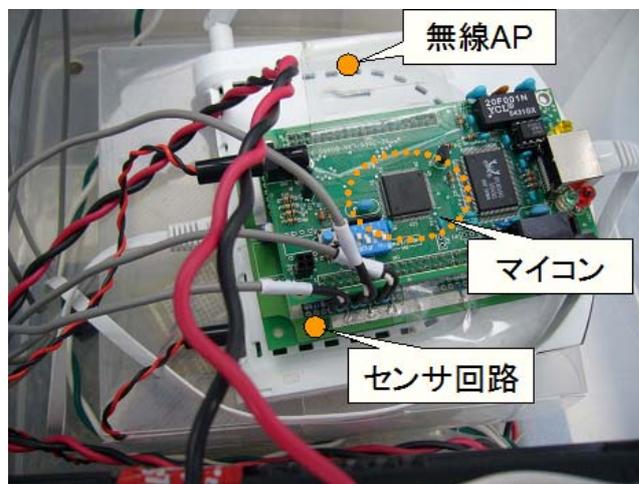


図4 気象観測装置制御部

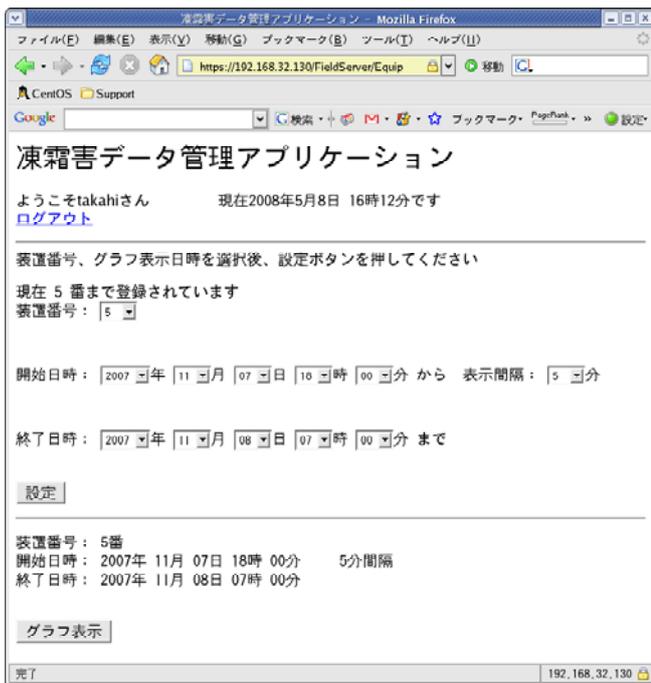


図5 設定画面

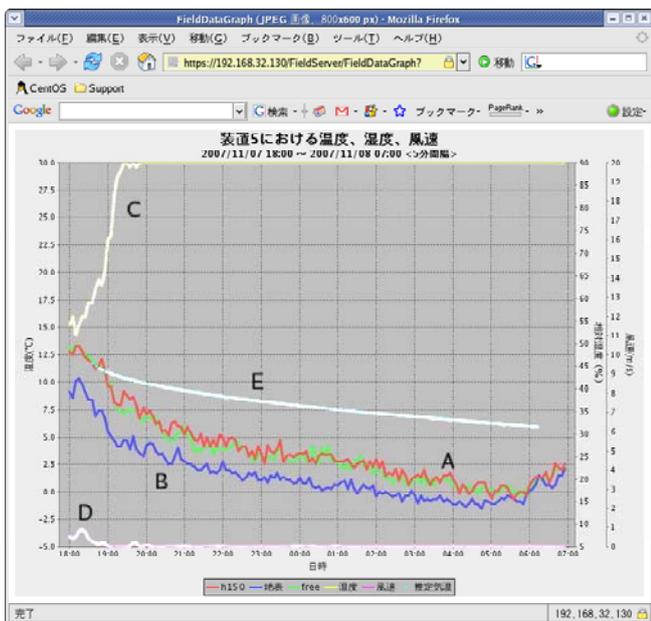


図6 霜発生時の気象データ

図6において、A：地上1.5mでの温度、B：地表面の温度、C：相対湿度、D：風速、E：低温時(主に降霜時)の最低温度予測式に従って算出した温度である。

本研究で用いた最低温度予測式<sup>5)</sup>は、

$$T_i = T_0 - 1.773 * \text{SQRT}(i - 2)$$

$T_i$ : 日没から  $i$  時間後の予測温度(°C)

$T_0$ : 日没後2時間のH150における温度(°C)

$i$ : 日没からの経過時間(時間)

で示され、日没後2時間経過した時の温度が起点となり、日出時が最低温度になる。なお、本予測式は海外の文献を参考としているが、日本における降霜時の最低温度予測式が報告されていないためそのまま流用し

た。従って、日本の気象状況との違いがあるため、本研究では最低気温予測式の妥当性の検証は行わず、参考程度の位置づけで利用した。

このグラフを見ると霜の発生する状況(発生時無風、高湿度、地表と上空の気温が逆転、地上気温が氷点下)に非常によく当てはまる。

このグラフを協力農家の担当者に見てもらったところ、「従来行っていた気温だけの判断に比べ、他の測定値と共に視覚的にとらえることができるため判断の好材料となる」との評価を得た。

#### 4. 結言

凍霜害対策の指標となる気象データを果樹生産農家のほ場において計測し、無線LANを介して気象データを蓄積する気象観測装置を構築した。また、蓄積した気象データを加工後、気象状況の経過を任意の日時で閲覧できるシステムを構築した。気象予測はできなかったものの、霜発生の予測には十分利用可能なシステムであることがわかった。

ただし、本研究で開発したシステムを生産農家等に普及する場合、次の3点を検討し解決しなければならない。

1. 気象業務法第9条の規定により<sup>6)</sup>、気象データを測定するセンサは気象庁の検定を受ける必要がある
2. 気象業務法第17条の規定により<sup>6)</sup>、予報業務を行うおうとする場合は、気象庁長官の許可が必要
3. 気象業務法第26条の規定により<sup>6)</sup>、無線通信を利用して気象データを配信、閲覧する場合は、気象庁長官の許可が必要

#### 謝辞

本研究の遂行にあたり、果樹ほ場におけるデータ収集作業を快諾してくださった佐野農園の関係者の皆様に深謝いたします。

#### 参考文献

- 1) <http://www.pref.fukushima.jp/shoubo/H18saigai.pdf> : "災害編",平成18年版消防防災年報,4(2006)
- 2) <http://www.pref.fukushima.jp/kajyu-shiken/gijyutu-shiryo/070316tenp-index.pdf> : "果樹の凍霜害対策のための温度指標",技術資料(2007)
- 3) [http://www.affrc.go.jp/ja/research/seika/data\\_tnaes/h02/tnaes90115](http://www.affrc.go.jp/ja/research/seika/data_tnaes/h02/tnaes90115) : "防霜ファンによるリンゴの霜害防止",平成2年度 東北農業試験場 研究成果情報(1990)
- 4) <http://toppers.jp> : "TOPPERS プロジェクトホームページ"
- 5) <http://biomet.ucdavis.edu/frost-protection.html> : "Principles of Frost Protection",November 2001
- 6) <http://law.e-gov.go.jp/htmldata/S27/S27HO165.html> : "気象業務法",総務省法令データ提供システム(2007)

# 福島県オリジナル大吟醸向け酒米品種の育成（第3報）

Development of original rice cultivar for Ginjyousyu in Fukushima prefecture. (Part III)

会津若松技術支援センター 食品技術グループ 高橋 亮 鈴木賢二 櫛田長子  
農業総合センター 佐藤弘一 吉田直史 佐藤 博志

福島県オリジナル大吟醸向け酒米品種の育成のため、福島県農業総合センターの育種系統について、醸造適性に主眼をおき、新規酒造好適米の実用性を検討した。最終選抜系統の「郡系酒452」は対照とした「山田錦」「夢の香」と比較し精米特性に優れ、玄米性状では腹白米比率が非常に低い分、心白米比率、無心白米比率が高い特徴が示された。仕込み試験(総米90kg)の製成酒一般成分、香気成分分析では酸度、アミノ酸度、直接還元糖、酢酸イソアミルがやや高い傾向となり味のりしやすいタイプであった。官能評価では「山田錦」にはやや劣るが「夢の香」より良好な評価が得られた。

Key words : 清酒、酒造好適米、酒米、夢の香

## 1. 緒言

本県初の育成酒米品種である「夢の香」は優れた酒造適性を有するが、心白が大きく、吸水性も非常に高いため、必ずしも大吟醸向けの高精白、限定吸水が容易ではなく、新たな大吟醸向けの酒米育種が望まれている。そこで本研究では福島県農業総合センターとの部局横断型共同研究として、福島県オリジナル大吟醸向け酒米品種の育成のため、酒造適性に主眼をおいた新規酒造好適米の実用性を検討した。昨年度までに農業総合センターで育種された既存の有望系統のうち2次選抜供試系統3種から最も優れた酒造適性を示した「郡系酒452」を最終選抜系統とした。本年度は対照として「夢の香」と新たに「山田錦」を加え、最終選抜系統「郡系酒452」について酒造原料米の性状分析、試験醸造(総米90kg)を行い、製成酒の成分分析、官能評価により詳しく酒造適性について検討を行った。また、農業総合センターで育種された新たな育種系統を含めた9品種について昨年度同様に1次選抜を行った。

## 2. 実験方法

### 2. 1. 原料米

1次選抜供試系統を表1に、最終選抜供試系統を表2に示した。原料米は兵庫産の「山田錦」を除き全て平成19年度農業総合センター産(郡山市・日和田町)を用いた。精米は70%精白米の性状分析では(株)佐竹製作所製テストミルTM-05を、小仕込試験(総米200g・50%精白)、及び50%精白米の性状分析では(株)チヨダ製HS-4を、仕込試験(総米90kg・50%精白)では(株)チヨダ製HS-20 II CNCを用いた。

表1 1次選抜供試系統

品種	交配親
山田錦	(対照)
五百万石	(対照)
美山錦	(対照)
夢の香	(対照)
郡系酒621	秋田酒77号×夢の香
郡系酒663	兵系酒66号×夢の香
郡系酒664	兵系酒66号×岩手酒52号
郡系酒665	兵系酒66号×東北糯161号
郡系酒733	郡系酒453×飛系酒74号
郡系酒734	郡系酒454×兵系酒65号
郡系酒735	郡系酒454×飛系酒73号
郡系酒736	郡系酒453×山形酒86号
郡系酒737	郡系酒453×山形酒86号

表2 中仕込み試験供試系統

品種	交配親
夢の香	(対照)
山田錦	(対照)
郡系酒452	奥羽366×夢の香

### 2. 2. 原料米の性状分析

酒造用原料米全国統一分析法<sup>1)</sup>に従った。

### 2. 3. 仕込試験

精米歩合50%(見掛け精米歩合)まで精米した供試系統を用いた。仕込配合を表3、4に示した。1次選抜の小仕込試験は酒母省略の1段仕込(酵母701-g31)で行い、最高気温12℃、以降は10℃一定経過とし、遠心分離(9000rpm 5min)にて上槽した。最終選抜の仕込試験は酒母省略の3段仕込(酵母701-g31:F7-01=7:3)で行い、醪は前急型で経過させ大吟醸として遠心分離(9000rpm 5min)にて上槽した。なお、麴は麴蓋法にて各試験区ごとに製麴した。

表3 小仕込試験配合

総米(g)	200
蒸米(g)	160
麴米(g)	40
汲水(ml)	300
乳酸(ml)	0.3
培養酵母(ml)	1

表4 仕込試験配合

	洗	仲	留	合計
総米(kg)	16	30	44	90
蒸米(kg)	11	24	37	72
麴米(kg)	5	6	7	18
汲水(L)	24	40	62	126
乳酸(ml)	100			
培養酵母(L)	4			

### 2. 4. 製成酒成分分析

一般成分分析は国税庁所定分析法<sup>1)</sup>に従った。香気成分分析はヘッドスペースガスオートサンプラー7050(Tekmar社製)、及びガスクロマトグラフ(GLサイエンス社製)を用い、ヘッドスペース法<sup>2)</sup>に従った。

### 2. 5. 麴酵素活性分析

麴の酵素活性分析は(株)キッコーマン製測定キットにて測定した。

### 2. 6. 官能評価

官能評価はきき猪口を用い、評価は1次選抜では3点法(1:優~3:難 パネラー3名)、最終選抜では5点法(1:優~5:難 パネラー7名)で行い平均点を算出した。

## 3. 試験結果及び考察

### 3. 1. 官能評価結果

官能評価結果を表5、6に示した。1次選抜の小仕込試験製成酒(総米200g)では「山田錦」と並び「郡系酒664」「郡系酒733」「郡系酒737」の3系統について良

好な評価が得られた。「郡系酒664」は味に旨み、ふくらみがあり、香味の調和が取れている。「郡系酒733」は味がキレイで軽快で上品である。「郡系酒737」は甘味がキレイ軽快という良好な評価が得られた。その他の1次選抜系統は「夢の香」とほぼ同程度であった。最終選抜の仕込試験製成酒(総米90kg)において「郡系酒452」はやや酸ウクが、米由来の旨みが厚い特徴があり、対照とした「山田錦」にはやや劣るが「夢の香」より良好な評価が得られた。

表5 1次選抜における官能評価結果

品種名	評点	評価
山田錦	1.3	軽快 キレイ 香味調和 味ウスイ
五百万石	1.7	味重い やや酸ハル 甘キレイ
夢の香	2.0	酸ハル 味ニガシブ 味ウスイ
美山錦	2.3	苦味 酸ハル 味グダイ 甘キレイ
郡系酒664	1.0	旨味あり 味ふくらみ 香味調和
郡系酒665	2.3	酸ハル 味重い 味不調和
郡系酒733	1.3	味キレイでまとまり 軽快 上品
郡系酒734	2.0	酸ハル キレイ 旨味不足
郡系酒735	2.0	ウスイ やや酸ハル まとまり
郡系酒736	1.7	キレイ やや甘重 酸ハル
郡系酒737	1.3	甘味キレイ 軽快 やや酸ハル

表6 中仕込官能評価結果

品種名	評点	評価
夢の香	2.9	やや酸ハル 香高い 渋のこり
山田錦	2.3	香味調和 香はなやか 後味苦味
郡系酒452	2.6	酸ウク 旨味あり やや渋

### 3. 2. 原料米の性状分析結果

酒造原料米の性状分析結果を表7, 8に示した。酒造好適米の条件として、粒の大きさ、充実度を示す千粒重が大きく、精米特性を示す無効精米歩合、砕米率が低いこと、さらに粗蛋白、カリウム含量が低く、消化性が高いことがあげられる。吟醸用に用いられる高精白米は吸水性が高く、吸水が過多になりやすいことから作業性や製成酒の酒質に影響するため限定吸水法(厳密に一定水分に調整する方法)が用いられるため、吸水性は酒造適性に関する大きな要素となる

「郡系酒452」は、千粒重が「夢の香」並で、70%精白の無効精米歩合、砕米率が低いことから、精米特性が優れていた。吸水率は20分と120分の差が小さいためやや限定吸水し難いことが推察される。消化性は平均的な値となり、粗蛋白、カリウム含量は対照よりも低い値を示した。

「郡系酒664」は、千粒重が高い値となり、粒の充実度は高いが、無効精米歩合がやや高く、砕米率が非常に高いため精米特性が懸念される。また、消化性Brixが低くモロミで溶けにくいことが考えられ、カリウムについても高い値を示した。

「郡系酒733」は70%精白の無効精米歩合が低く精米

特性が優れていた。その他の項目については「五百万石」並で特に欠点がなく総合的に酒造適性は高いことが推察された。

「郡系酒737」は千粒重はやや低い値となったが、吸水率は20分と120分の差が大きいため限定吸水し易いことが推察される。また、消化性に特徴があり、消化性Brixが非常に高い値を示した一方で消化性F-Nが低い値となった。粗蛋白についても低い値を示した。

表7 玄米・70%精白における酒造原料米の性状分析結果

品種名	千粒重	玄米水分	精米歩合(70%)			砕米率(%)	白米水分
			見かけ	真	無効		
山田錦	25.9	15.2	70.5	72.8	2.3	12.2	13.4
五百万石	24.5	15.3	70.1	73.3	3.2	7.6	13.9
夢の香	23.7	15.5	70.1	72.4	2.3	13.0	13.4
美山錦	22.3	15.5	70.1	72.5	2.5	7.5	13.4
郡系酒452	23.9	15.1	70.3	73.0	2.7	5.0	13.6
郡系酒621	23.7	15.3	70.1	77.8	7.7	10.7	13.5
郡系酒663	23.3	15.2	70.1	77.6	7.5	21.4	13.7
郡系酒664	26.5	15.3	69.9	73.1	3.2	21.8	13.7
郡系酒665	25.6	15.2	70.3	71.4	1.1	11.0	13.7
郡系酒733	24.3	15.2	69.7	70.9	1.2	11.1	13.4
郡系酒734	23.5	15.5	70.3	71.2	0.8	5.0	13.6
郡系酒735	24.8	15.2	69.9	72.7	2.7	6.6	13.9
郡系酒736	25.6	15.4	69.3	72.8	3.5	10.3	13.5
郡系酒737	23.2	15.4	69.9	72.8	2.9	12.5	13.6

表8 70%精白における酒造原料米の性状分析結果

品種名	吸水率			蒸米吸水率	消化性		粗蛋白(%/DRY)	カリウム(ppm/DRY)
	20分	120分	差		Brix	F-N		
山田錦	28.6	30.3	1.8	33.6	10.3	0.8	4.6	35.8
五百万石	27.1	27.6	0.6	31.6	10.2	0.7	4.4	35.0
夢の香	28.6	29.2	0.6	33.2	10.7	0.7	4.0	35.4
美山錦	27.4	28.8	1.4	33.8	10.4	0.6	3.6	33.8
郡系酒452	27.5	28.1	0.7	33.5	10.1	0.7	3.8	24.7
郡系酒621	26.3	26.7	0.5	31.4	10.6	0.6	4.0	31.7
郡系酒663	26.8	27.9	1.0	32.4	9.6	0.7	3.9	33.9
郡系酒664	26.7	27.8	1.1	32.2	9.7	0.6	4.1	45.2
郡系酒665	27.1	28.0	0.9	31.1	10.8	0.8	4.2	34.4
郡系酒733	26.8	27.9	1.1	31.6	10.3	0.7	4.0	31.2
郡系酒734	27.7	28.1	0.4	33.4	10.5	0.7	3.9	30.3
郡系酒735	26.1	27.5	1.4	31.7	10.2	0.6	3.6	35.4
郡系酒736	28.3	29.3	1.0	33.5	10.1	0.6	3.8	37.9
郡系酒737	27.9	29.4	1.5	31.9	11.3	0.6	3.7	31.0

酒造原料米の性状分析結果から良好な官能評価結果が得られた最終選抜系統「郡系酒452」及び1次選抜系統「郡系酒733」「郡系酒737」は、対照と同等以上の高い酒造適性を示した。1次選抜「郡系酒664」は官能評価結果は良好だが酒造適性がやや劣る結果となった。

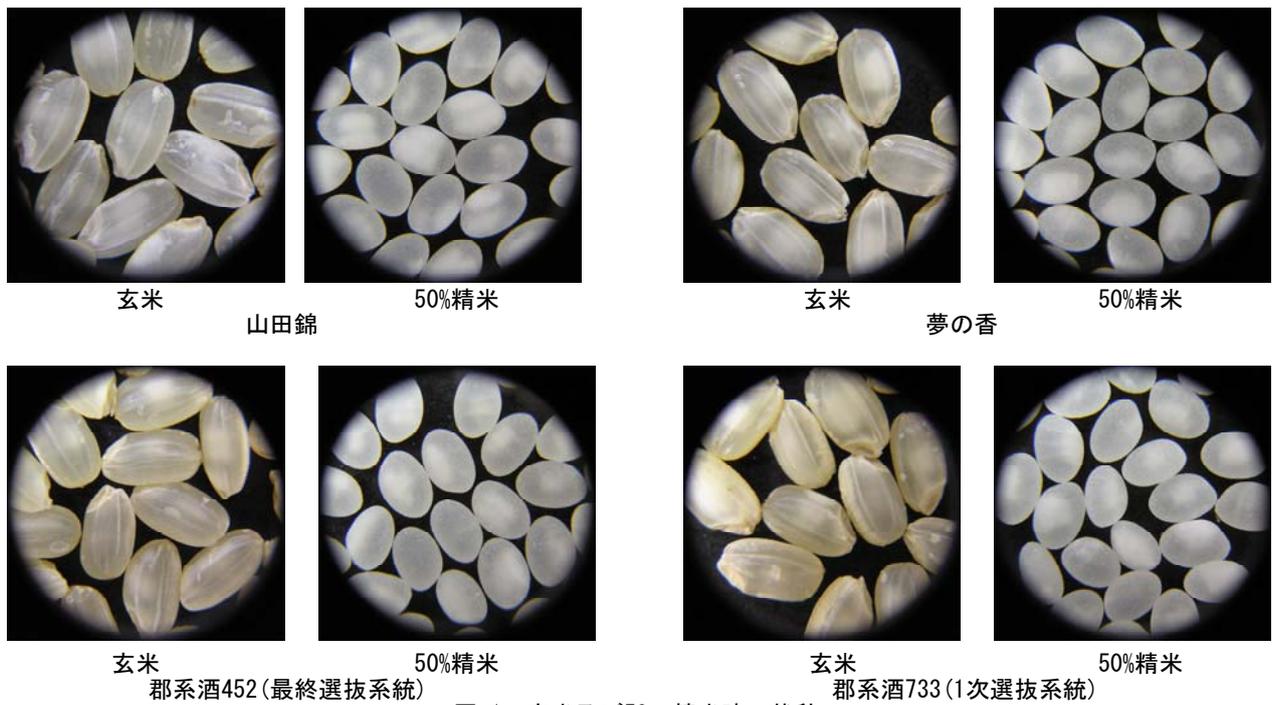


図1 玄米及び50%精米時の状貌

### 3. 3. 玄米性状分析結果

玄米性状分析結果を表9に示した。「夢の香」「郡系酒452」「郡系酒733」「郡系酒737」について、いずれも心白米比率が高く(55~68%)、腹白米比率が低い傾向となった(9~17%)。「郡系酒452」については腹白米比率が8.7%と低い分、無心白米比率が高いという特徴があった。「郡系酒664」は白米比率が非常に低く、腹白米比率が非常に高い傾向となり精米特性が劣る一因であると推察される。対照とした「山田錦」「夢の香」と「郡系酒452」「郡系酒735」の玄米、及び50%精米時の状貌を図1に示した。

品種	心白米	腹白米	無心白	活青	胴割	茶米	病米	死米
山田錦	508	252	225	13	0.0	0.1	0.0	0.0
五百万石	594	189	123	44	0.1	2.0	1.1	1.7
夢の香	455	379	126	03	0.0	0.1	2.4	1.1
美山錦	120	566	283	13	0.0	1.0	0.0	0.8
郡系酒452	551	87	339	01	0.0	0.8	0.8	0.4
郡系酒621	900	66	19	04	0.0	0.0	0.0	1.1
郡系酒663	173	509	274	03	0.0	1.4	2.4	0.3
郡系酒664	248	588	75	06	0.9	1.4	3.3	2.7
郡系酒665	385	433	103	28	0.0	0.6	1.9	2.7
郡系酒733	556	119	270	01	0.1	1.6	1.6	2.1
郡系酒734	665	143	152	13	0.0	0.3	2.0	0.4
郡系酒735	555	165	189	39	0.8	1.1	2.0	1.3
郡系酒736	415	485	55	00	0.1	0.6	2.7	1.0
郡系酒737	683	154	141	06	0.0	0.4	1.1	0.1

### 3. 4. 一般成分及び香氣成分分析結果

仕込試験醸造の製成酒成分、酵素活性分析結果を表10に示した。「郡系酒452」において対照と比較し、酸度、アミノ酸度、直接還元糖、及び吟醸香成分である酢酸イソアミルがやや高い傾向となり、官能評価結果との相関がみられた。麴酵素活性についてはグルコアミラーゼがやや高い値となったが、著者らの考える理想値に近い活性を示した。

分析項目	夢の香	山田錦	郡系酒452
日本酒度	+5.0	+6.5	+2.5
アルコール(%)	17.2	17.1	17.2
酸度(ml)	1.27	1.25	1.33
アミノ酸度(ml)	1.06	1.08	1.16
直接還元糖(%)	3.10	3.22	3.42
酢酸イソアミル*	2.36	2.39	2.72
カプロン酸エチル*	4.00	4.20	4.03
グルコアミラーゼ**	361	321	368
α-アミラーゼ**	492	533	605
酸性カルホキシヘプタゲ* *(ppm) ** (U/g koji)	3783	3864	3285

## 4. 結言

福島県オリジナル大吟醸酒向け酒米品種の育成のため、農業総合センターの育種系統について、醸造適性に主眼をおいた新規酒造好適米の実用性を検討した。

酒造原料米の性状分析、仕込試験、製成酒の成分分析、官能評価を行い、最終選抜系統「郡系酒452」は対照と同等以上の高い酒造適性を示し、官能評価においても「山田錦」にはやや劣るが「夢の香」より良好な評価を得ることができた。1次選抜では「郡系酒733」次いで「郡系酒737」を選抜系統とし、農業総合センターでは今後も新規酒造好適米の育種を続けていくため、さらに詳しい酒造特性についての検討を行う(20年度ニーズ対応型研究の一部に引継ぐ予定)。

### 参考文献

- 1) 西谷尚道監修：第4回改正国税庁所定分析法注解，日本醸造協会，(1993)
- 2) 吉澤 淑：醸協，68，59 (1973)

# 猪苗代湖環境負荷に対するユビキタス・センシング・モニターの開発

A Development of Ubiquitous Sensing Monitor for Environmental Burden of Lake Inawashiro

研究開発部システム技術グループ 浜尾和秀 高樋昌

環境センター 町田充弥 鈴木 聡

水質センサから、リアルタイムにデータ取得が行えることを目的に、データ取得が容易で且つ、他の環境システムとの統合が図れる通信ソフトウェアを開発した。将来は様々なセンサとのデータ統合を図り、環境行政施策や県民への環境情報データ利用窓口サイト構築が最終目標である。

Key words:湖、環境、負荷、センサ、ユビキタス、wsdl

## 1. 緒言

猪苗代湖の pH が上昇し、湖の水質が年々悪化してきていることが報告<sup>1)</sup>されている。

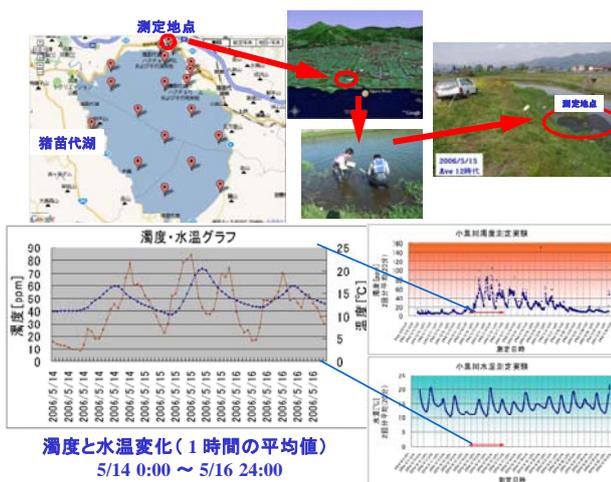
環境センターでは調査研究を実施し、それまでの調査結果を平成 19 年 9 月に発表をした<sup>2)</sup>。

現在の環境保全をするためには、環境変化を常に読み取り、連続した変化の流れから対策を打つ必要があると考えている。従来の水質調査は、測定者が現地へ赴いて採水し、現地又は実験室で測定をしていた。本報では、水質調査測定を支援する部分に着目し、水質センサから、リアルタイムにデータ取得が行えるシステム開発を行うことにした。開発する要件としては、データの取得が容易で、且つ他の環境システムとの統合が図れる通信ソフトウェアとする。

## 2. 事前調査

### 2. 1 濁度測定

事前調査として流入河川の一つ小黒川で、水質汚濁の原因の一つである濁度について一定期間測定し、負荷測定の課題の洗い出しを行った。なおここでは、測定後センサを回収した後に測定結果を把握することが



5/14-16に急激な濁度の変化を観測した。  
5/14-16の平均気温は15℃、降水量ほぼ0(14日が1mm)、日照時間はそれぞれ4時間、10時間、1時間であった。

図1 小黒川の濁度変化

できる、自機記録型センサを用いた。

### 2. 2 水質汚濁の考察

図1に示すとおり、5月14日～16日に急激な濁度の変化が観測されたことが分かった。

本測定には、上流部の土木工事等の有無など他の要因調査や、水温・濁度変化が例年同じように示すかの複数年調査が必要である課題を持っている。左記課題には、流入河川と湖内の関連を見出すと共に、河川及び湖内の同時測定が状況把握には良いと考えられる。

以上の事項には、筆者らは多地点・多種類・実時間測定によるセンサネットワーク化で、課題の解決が図れるものと考えた。

## 3. システム

### 3. 1 開発したシステム

開発したシステムは、表1に示すように、濁度センサに WSDL と呼ぶ、ソフトウェアインタフェースを実装した。

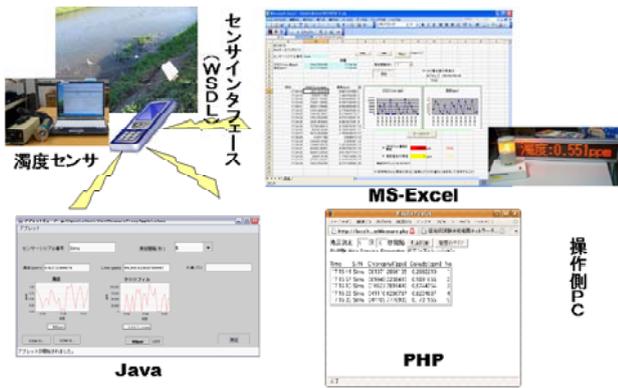
本実装によって図2に示す様に、Java、PHP、Microsoft Excel等のWSDLに接続可能な各種プログラム言語から、直接センサをネットワークを介して操作可能にした。

### 3. 2 従来のシステム

従来システム(図3)は電子メールを利用したシステムとなっている。表2の比較のとおり、開発したシステムは相互通信が可能及び3.3で記すように現場利用可能な回線が選択できる等の利点が挙げられる。

表1 インタフェース

センサー呼出し		データ量(1Pkt=128Byte)	
API (WSDL)		API	Byte Pkt
DataCollectService		open()	2,224 17.4
close()		close()	1,724 13.5
open()	COMポートオープン	getData(1)	2,525 19.7
close()	COMクローズ	getData(2)	3,226 25.2
getData()	センサーコマンド	getData(3)	2,614 20.4
	1 S/N読み出し	getData(4)	2,522 19.7
	2 パラメータ読み出し	getData(5)	2,522 19.7
	3 A/D値読み出し	合計	17,357 135.6
	4 ワイパーON		
	5 ワイパーOFF		



WSDL を元に操作側でインターフェースに接続可能な言語であれば、センサー操作が可能になる。プログラムを組む部分は極わずか。PHP では6行から可能となった。

図2 開発したシステム



従来システムは、電子メールでセンサの操作を行っている。受信メールから専用ソフトで数値化及び可視化を行う。

図3 通信システム構成

表2 通信システムの比較

従来の通信システム	開発した通信システム
<ul style="list-style-type: none"> <li>電子メール方式</li> <li>決まった時刻に計測値を発信</li> <li>受信メールからデータ化する専用ソフトウェアが必要</li> <li>docomo社 DoPa 網を利用している</li> <li>通信費が比較的安い</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>XML Web Services 方式</li> <li>双方向通信</li> <li>緊急時等は詳細な計測指令の発呼が任意に可能</li> <li>専用ソフトウェアに依存しない</li> <li>他の環境センサー等との連系（編成）が容易</li> <li>現場利用可能な回線が選択できる</li> <li>通信が多くなるため通信費上昇（の可能性）</li> </ul>

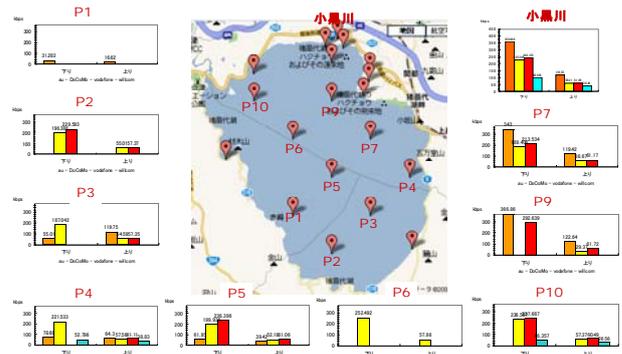
### 3. 3 通信キャリア

通信キャリアの au、 docomo、 SoftBank、 WILLCOM 社の各社通信カードを使い、湖上の水質測定箇所(図 4 の P1 ~ P7,P9,P10,小黒川)で通信の状況を測定した。また表 1 データ量及び表 3 から、月額通信料を算出したものを表 4 に示す。

各測定箇所毎に、各社の通信品質及び通信料金から、最適な通信カードを選択することができる。

### 4. 環境データの統合

システムの発展型として将来は環境データの統合を考えている。各種環境データとの連系を行い、データ利用者が、必要なデータを自由に探し、利用できる、



猪苗代湖上(P1~P7,P9,P10)及び北岸の通信状況を調査。遠隔による通信測定が可能か及び通信品質を確認した。グラフは縦軸 kbps、横軸は下り、上り回線を示し au、docomo、SoftBank、WILLCOM 社の順に表示。

図4 各社通信端末の湖上通信測定

表3 測定間隔とデータ量

間隔 [分]	回/時間	回/日	Pkt / 日	Pkt / 月
10	6	144	19,527	585,799
15	4	96	13,018	390,533

表4 月額通信料 (円：税込み)

		WIN シングル M	WIN シングル L
		0.02625 円	0.01575 円
au	10 分間隔	9,340	8,400
	15 分間隔	5,775	8,400
docomo		データプラン M 0.021 円	データプラン L 0.01575 円
	10 分間隔	8,312	7,770
	15 分間隔	5,460	7,770
SoftBank		レギュラー 0.02625 円	ミドル 0.01575 円
	10 分間隔	13,067	8,400
	15 分間隔	6,090	8,400
WILLCOM		バケコミネット	ネット 25
	10 分間隔	17,088	5,670
15 分間隔	10,937		

環境情報利用窓口サイト (図 5) の構築が目標である。

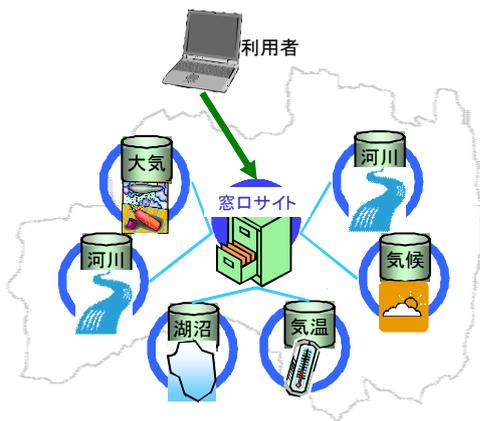
今後は、膨大な過去のデータと、これから得られるデータをデータベース化しつつ、Web Services でのデータ提供が望まれる。

## 5. 検討

### 5. 1 関連研究

本報では、水質センサをネットワーク化させ、計測データをリアルタイムに利用できるシステム開発を報告した。

世界的には GLEON (Global Lake Ecological Observatory Network) が、湖沼の動態観察用の各種観察データを収集し、ネットワークによるデータの提供



各種データの連系を行い、データ利用者が自由に必要なデータを探し、利用できる、環境情報利用窓口サイトの構築が目標。



今後は、膨大な過去のデータと、これからのデータをDB化しつつ、Web Servicesでのデータ提供が望まれる。

図5 環境情報ポータルサイト

を行っている。開発した本システムの WSDL を提供することで、容易に GLEON との湖の水質データ共用が実現できるものと考えている。

また日本では、Live E! ～活きた地球の環境情報～が、日本全国に配置したセンサから各種環境情報を収集して、教育や研究、ビジネスに役立つ産学官の取り組みを行っている。しかし Live E! は、百葉箱をデジタル化しているため、水質センサの情報は現在見あたらなかった。そのため、開発した本システムの wsd1 提供により、水質データの活用法を Live E! にも広げられるものと考えている。

福島県内では、桧原湖水質自動モニタリングシステムが福島県水・大気環境課により稼働している。本システムは、自動で採水分析し、その分析結果を電話回線で会津地方振興局に定期的に送るものである。4. で述べたようなデータの連系ができるようになれば、桧原湖の有益な水質データの更なる活用が計れるものと考えている。

## 5. 2 考察

時系列に揃えられた水質データが、湖の環境負荷の

動態観察に役立ち、且つ容易にデータを持ち得るシステムが時代の流れであることが分かる。開発した本システムの有意性が示される。しかし現在次の課題を持っている。

### ①電力問題

無線通信を行うため自機記録型センサより多くの電力を要してしまう。バースト的なデータ送受信ではなく、一回の送受信内容を小さくする等の通信上の工夫が必要である。

### ②同時アクセス

本システムではセンサへの同時アクセスに対応していない。多人数からの同時アクセスの排他制御を行うか、接続相手の限定を計る必要がある。

### ③復帰問題

現場投入し何らかの障害によってセンサシステムが停止してしまっただけ、外部からの通信または自己による復帰の機能が保守性には必須である。

## 6. 結言

本報告では、以下の内容を報告した。

- ①濁度センサを遠隔で操作可能なシステムを開発した。
- ②従来は電子メールでセンサに指示を出していたが、MS-Excel 等で直接センサの遠隔操作が可能になった。
- ③センサ呼出し方法は XML Web Services 方式なので、どんなシステムからも容易にセンサへのアクセスが可能となった。

以上の結果から、リアルタイムのデータが容易に取得できれば、濁度変化時に速やかな要因調査が可能になる。また長期間の連続測定から、季節や地域ごとの変動を把握できるものと期待できる。

本開発システムによるセンサネットワークを湖上に多く配置していくことで、猪苗代湖の環境負荷の解明と今後の環境保全に役立てていけるものと考えている。

### 参考文献

- 1) 福島県環境センター：“猪苗代湖及び長瀬川のイオンバランスの季節的変動と経年変化調査”、福島県環境センター年報 第9号、pp.19-21、2005
- 2) 日本大学工学部・福島県環境センター共同研究発表会運営協議会：“清らかな湖、美しい猪苗代湖の秘密を探る講座”、平成19年9月13日(木)

# 内燃機関への植物油利用技術

## Application of Vegetable Oil to an Internal Combustion Engine

研究開発部 材料技術グループ 内田 達也 植松 崇 渡部 修  
研究開発部 プロセス技術グループ 伊藤 嘉亮 池田 信也 大野 正博  
農業総合センター 藤沢 弥榮 棚橋 紺

近年、二酸化炭素フリーであり廃食用油から製造される BDF が注目を集めている。しかし、規格が任意であり JIS 化されていないことや製法及び原料の違いなどから、品質も一定しない問題がある。そこで県内にある BDF 製造メーカー 2 社の BDF について成分分析を行い、構成成分の違いについて検討した。その結果、2 社ともに炭素 16 から 18 の脂肪酸メチルエステルが多く、H 社ではリノール酸メチルエステル、T 社ではオレイン酸メチルエステルが多く検出され成分の違いが見られた。

Key words: バイオディーゼル燃料、BDF、廃食用油、エステル交換反応

### 1. 緒言

近年、原油の高騰や京都議定書による二酸化炭素の排出規制のため、燃料用エネルギーの多様化が求められている。特に、農産物由来の燃料は、二酸化炭素フリーであり廃食用油から製造できることなどから、各地で製造、利用が進んでいる。

県内においても、バイオディーゼル燃料(以下 BDF とする)を製造・販売する他、自ら活用を図る予定の団体もあり、ニーズは拡大の様相を見せている。

しかし、規格が任意規格であり JIS 化されていないことや、製法や原料の違いなどから、製品の品質も一定でないという問題がある。

そこで、我々は品質確認の手法形成を兼ねて県内に数社ある BDF 製造メーカーのうち、2 社の BDF について成分分析を行い、構成成分を比較検討した。

### 2. 実験方法

#### 2. 1. 試料

BDF は廃食用油を原料に県内の 2 社(H 社、T 社)で製造されたものを用いた。図 1 に 2 社の BDF を示す。



図1 BDF(左:H社 右:T社)

BDF の製造方法は、廃食用油を原料として、まず沈殿物の除去や脱水をした後、アルカリ触媒(水酸化

ナトリウム)下でメタノールとエステル交換反応を行い、脂肪酸メチルエステルとグリセリンを生成させる。次に、副生成物であるグリセリンを除去した後、洗浄・脱水を行い、必要な添加剤を加えることで完成する。

#### 2. 2. 試薬

エステル化合物は、そのまま質量分析計で検出されるが、エステル化されなかった脂肪酸類は極性が強く、沸点が高いなどの理由でそのままでは検出することが困難である。そこで、シリル化剤として SUPELCO 製 BSA(N,O-ビストリメチルシリルアセトアミド)+TMCS(トリメチルクロロシラン)、5:1(SYLON BT)を使用して検出可能とした。また、n-ヘキサンは関東化学(株)の高速液体クロマトグラフ用、塩化ナトリウム及び硫酸ナトリウム(無水)は和光純薬工業(株)の試薬特級を用いた。

#### 2. 3. 試料の前処理<sup>1)</sup>

まず、BDF の塵埃を除くために吸引ろ過した。次に、ろ液を分液ロートに入れ 15wt%塩化ナトリウム水溶液で 5 回洗浄し、再度吸引ろ過した。最後にろ液に硫酸ナトリウム(無水)を適量入れ乾燥させた。

乾燥させたサンプル瓶に BDF を 100 $\mu$ l 採取し、BSA+TMCS 100 $\mu$ l 及び n-ヘキサン 800 $\mu$ l を加え GC-MS 用分析試料とした。

#### 2. 4. 実験装置及び分析方法

ガスクロマトグラフ質量分析計(GC-MS)は、バリアン・テクノロジー・ジャパン・リミテッド製 Saturn 2000 を使用した。カラムはフロンティア製 Ultra Alloy-2(膜厚 0.5 $\mu$ m、内径 0.25mm、長さ 30m)を用い、イオン化条件は EI 法 70eV、カラム温度は 50 $^{\circ}$ C(5min)-10 $^{\circ}$ C/min-300 $^{\circ}$ C(90min)、キャリアガスは He(0.8ml/min)、注入口温度は 320 $^{\circ}$ C、注入方法は Split 1:10 と 1:100 の 2 種類、注入量は 1 $\mu$ l とした。

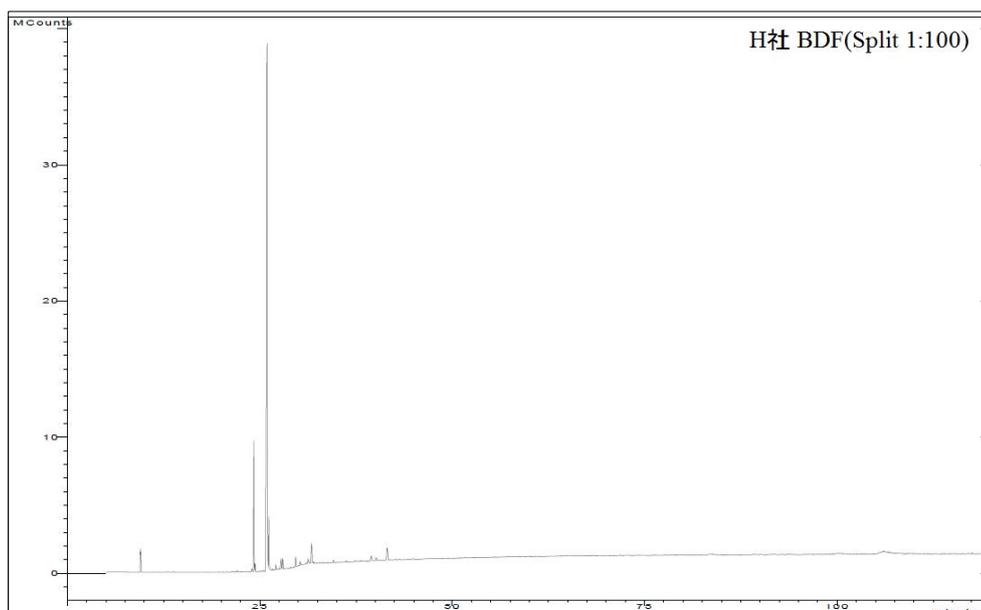


図2 H社BDFのクロマトグラム  
(Split 1:100)

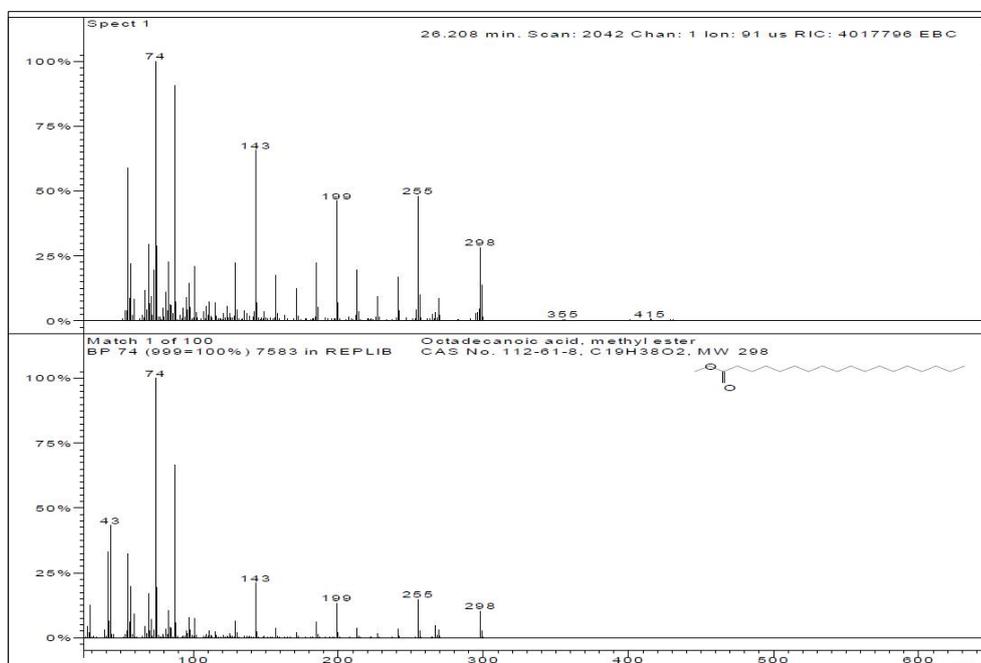


図3 H社BDF(Split 1:100)の  
26.208minのMSスペクトル  
(上段)とデータベースの  
検索結果(下段)

### 3. 結果と考察

ガスクロマトグラムの一例として図2にH社BDFのクロマトグラム、図3に検索結果の一例としてH社BDFの26.208minのMSスペクトルとデータベースのMSスペクトルを示す。また表1～3にH社、T社のBDFから検出された成分の検出時間及びピーク強度をまとめて示す。

2社とも24minから27minにかけて検出された炭素16から18の脂肪酸メチルエステルが多かった。その中でもH社BDFではリノール酸メチルエステルが、T社BDFではオレイン酸メチルエステルが一番多く検出された。2社BDFの炭素16から18の脂肪酸メチルエステルの量を比較するとT社BDFの方がピーク

強度比で2倍以上多く含有していた。

トリメチルシリル化脂肪酸類では、2社ともに1-モノオレイルグリセロールトリメチルシリルが一番多いが、H社BDFの方がT社BDFより約1.4倍多く検出された。また脂肪酸メチルエステル時に多かった炭素16から18のトリメチルシリルエステル化されたものも2社同じくらい多く検出された。BDF生成時の副生成物であるグリセリンのトリメチルシリル化物であるグリセロールトリメチルシリルはH社BDFの方がT社BDFより約1.5倍多かった。

全体としては、トリメチルシリル化された脂肪酸はH社BDFの方が約1.3倍ほど多く含有しており、T社よりエステル化が不十分であることが分かった。これはBDFの性状に影響してくる要因の1つであると

表1 各種脂肪酸メチルの検出時間及びピーク強度(Split 1:10)

Split 1:10		H社		T社	
脂肪酸メチル		検出時間 (min)	ピーク強度 (Counts)	検出時間 (min)	ピーク強度 (Counts)
ヘプタン酸メチル	C7 : 0	12.102	100129	12.090	225337
オクタン酸メチル	C8 : 0	13.922	1031541	13.908	2363026
ノナン酸メチル	C9 : 0	15.535	64537	15.533	103199
デカン酸メチル	C10 : 0	17.020	234198	17.021	215474
ドデカン酸メチル	C12 : 0	19.696	616832	19.702	616716
テトラデカン酸メチル	C14 : 0	22.085	5498530	22.081	5956356
ヘキサデカン酸メチル	C16 : 0	23.195	828179	23.180	1073238
イコサン酸メチル	C20 : 0	28.006	23492636	28.003	27379824
11-イコセン酸メチル	C20 : 1	27.785	28547050	27.784	31912243
5,11-イコサジエン酸メチル	C20 : 2	27.719	4159638	27.719	6462256
ドコサン酸メチル	C22 : 0	29.697	27040012	29.699	25251688
cis-ドコサ-13-エン酸メチル	C22 : 1	29.491	3473888	29.491	2096895
テトラコサン酸メチル	C24 : 0	31.414	14333534	31.418	8642514
cis-15-テトラコセン酸メチル	C24 : 1	31.195	3058640	31.197	3628111
ヘキサコサン酸メチル	C26 : 0	33.588	2208083	33.606	1040261
合計		116687249		116967138	

表2 各種脂肪酸メチルの検出時間及びピーク強度(Split 1:100)

Split 1:100		H社		T社	
脂肪酸メチル		検出時間 (min)	ピーク強度 (Counts)	検出時間 (min)	ピーク強度 (Counts)
ヘキサデカン酸メチル	C16 : 0	24.238	9673367	24.243	24926502
9-ヘキサデセン酸メチル	C16 : 1	24.016	240328	24.008	825417
ヘプタデカン酸メチル	C17 : 0	25.240	86206	25.241	315910
ステアリン酸メチル	C18 : 0	26.208	4017796	26.201	12450282
オレイン酸メチル	C18 : 1	25.965	38780941	25.968	80595221
リノール酸メチル	C18 : 2	25.889	36328519	25.892	87407015
リノレン酸メチル	C18 : 3	25.927	8019918	25.930	17534751
合計		97147075		224055098	

表3 各種脂肪酸トリメチルシリルの検出時間及びピーク強度(Split 1:100)

Split 1:10		H社		T社	
トリメチルシリル脂肪酸		検出時間 (min)	ピーク強度 (Counts)	検出時間 (min)	ピーク強度 (Counts)
ヘキサ酸トリメチルシリル	C6 : 0	13.170	118687	13.170	160474
オクタン酸トリメチルシリル	C8 : 0	16.269	115242	16.269	143027
ノナン酸トリメチルシリル	C9 : 0	17.666	102292	17.633	132749
ドデカン酸トリメチルシリル	C12 : 0	21.370	121536	21.364	108612
テトラデカン酸トリメチルシリル	C14 : 0	23.548	340381	23.539	246245
ヘキサデカン酸トリメチルシリル	C16 : 0	25.537	3770273	25.534	4194794
ステアリン酸トリメチルシリル	C18 : 0	27.359	2465269	27.356	3567833
オレイン酸トリメチルシリル	C18 : 1	27.113	16909084	27.124	15907364
リノール酸トリメチルシリル	C18 : 2	27.048	12843018	27.045	13000563
ドコサン酸トリメチルシリル	C22 : 0	30.692	715622	30.694	775171
グリセロールトリメチルシリル		16.702	363579	16.702	228384
コレステロールトリメチルシリル		37.712	2078002	37.722	989555
ステイグマステロールトリメチルシリル		40.632	4172619	40.665	1503634
βシトステロールトリメチルシリル		42.143	15056384	42.152	5257708
1-モノオレイルグリセロールトリメチルシリル		31.880	38061295	31.883	26615996
モノステアリンピストリメチルシリル		32.126	3419199	32.131	2658721
合計		100652482		75490830	

考えられた。

#### 4. 結言

以上のことから以下の結果を得た。

2社のBDFを比較することにより、原料である廃食用油の違いが確認できた。2社とも炭素16から18の脂肪酸メチルエステルが多く、特にH社ではリノール酸メチルエステル、T社ではオレイン酸メチルエステルが一番多かった。

シリル化剤を使用することによりエステル化されなかった脂肪酸類を検出することができ、2社とも1-モ

ノオレオイルグリセロールトリメチルシリルが一番多かった。またBDF生成時の副生成物であるグリセリンのトリメチルシリル化物であるグリセロールトリメチルシリルも検出された。そしてH社の方がトリメチルシリル化された量が多く、T社よりエステル化が不十分だったことが分かった。

#### 参考文献

- 1) シグマ アルドリッチ ジャパン(株) ; 技術資料  
ガスクロマトグラフィー用誘導化試料 他

# ニーズ対応型研究開発事業

# 新多様性清酒用酵母の開発

## ー選抜酵母と「山田錦」を用いての大吟醸酒の試験醸造ー

### Development of new yeast for variety sake

-Experiment brewing of Ginjousyu by selected yeasts and Yamadanishiki-

会津若松技術支援センター 食品技術グループ 鈴木賢二・高橋亮・榎田長子

本県オリジナルの吟醸酒用酒造酵母の開発を目的として、昨年度までにハイテクプラザプロセス技術グループが取得したセルレニン耐性株1049株より3株を選抜し、それらの酵母を用いて良好な吟醸酒を得る事が可能であることが理解された。しかし、これまでの試験はすべて原料米に本県オリジナル酒造好適米「夢の香」を用いており、本県で大吟醸酒に最も使用されている「山田錦」を用いての試験は行っていない。そこで本年は選択された3株を用いて「山田錦」を原料として大吟醸酒を試験醸造し、酵母との相性について試験したところ、それぞれ酵母の特性を持ちながらも、芳醇で良好な吟醸酒を得る事が可能であった。以上のことから新たに選抜した3株すべてが吟醸酒製造に利用可能であることが確認された。

Key words: カブロン酸エチル セルレニン耐性 清酒酵母 吟醸酒 山田錦

## 1. 緒言

清酒における酵母の役割はその風味の良否を決める上で大変重要な存在となっている。そのため従来より、国税庁醸造試験所（現：独立行政法人酒類総合研究所）や各県を中心として様々な優良酵母の開発が行われて来た。当県においても平成3年に「うつくしま夢酵母」が<sup>1)</sup>、平成9年には多酸性酵母「52-5-S38」が<sup>2)</sup>、開発されている。しかし、その一方で近年開催されている清酒鑑評会では、香气成分の中でも特にカブロン酸エチルの量が多いものの上位入賞の傾向が高いと報告されている<sup>3)</sup>。そこで、筆者らは平成16年度よりハイテクプラザプロセス技術グループとの共同研究を行い、これまで吟醸酒向けセルレニン耐性酵母1049株の中から優良高香气性酵母として3株を取得し、試験を行ってきたところ、これらの株はすべて吟醸酒製造に利用可能と考えられた<sup>4)5)6)</sup>。しかし、これまで試験を行ってきた試験の原料米はすべて当県オリジナル酒造好適米「夢の香」であり、当県の大吟醸酒で最も使用の多い「山田錦」を用いては行っていないのが現状である。そこで本年は原料米に「山田錦」を用いてこれまで選抜された酵母「701-g31」株、「901-A113」株、「701-15」株を用いて、大吟醸酒の試験醸造を行ったところ、それぞれこれまで同様の性質を保ちながらも良好な吟醸酒が得られ、これらの株については吟醸酒醸造に十分に利用が可能と考えられたので報告する。

## 2. 試験方法

### 2. 1. 試験醸造

これまでの研究において選抜された「701-g31」株、「901-A113」株、「701-15」株を用いて試験醸造を行った。すべての区において兵庫県産「山田錦」精米50%総米90kgを用いて試験醸造を行った。表1に試験区内訳を示す。精米は㈱チヨダ製HS-20 II CNCを用いて行った。

表1 試験醸造 試験区内訳

総 米：90kg
原料米：「山田錦」精白歩合50% 平成19年兵庫県産特等米
使用酵母（それぞれ2リットルずつ添加）
試験区1：701-g31株
試験区2：901-A113株
試験区3：701-15株
乳酸：100ml
三段仕込み

### 2. 2. 製麴操作

麴米の原料を蒸きょう後、約40℃になるまで放冷し、その後、麴室に引き込み、床全体に広げて1～2時間時々返しながらか放冷した。品温が約35℃まで下がるのを待ってから種麴として㈱秋田田野商店製「吟醸新グルコ菌」を100kgあたり10gを完全に振り切った。品温が31℃まで下がってからみ上げ、約14時間後、切り返しを行い、盛りの操作以降は天幕式半自動製麴機に移して製麴を行った。なお、温度経過を図1に示した。

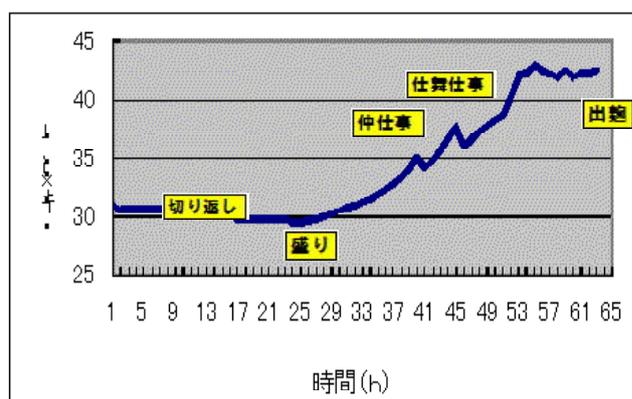


図1 製麴経過

また、出来上がった麴の酵素力価を㈱キッコーマン製の測定キットで測定した。

### 2. 3. 醪の作製

総米 90kg 仕込みで試験醸造を行った。仕込みは酵

母の特性がわかりやすいよう酵母仕込みとし各試験区に活性酵母 2 ℓ を添加した。仕込み配合を表 2 に示す。仕込は従来通り三段仕込みの前急型とし、汲水歩合は留添までで、約 140 % とした。

表 2 醪仕込配合

	初添	仲添	留添	総量
総米 (kg)	15	30	45	90
掛米 (kg)	10	24	38	72
麴米 (kg)	5	6	7	18
水 (ℓ)	23	35	68	126
汲水歩合 (%)	153.3	116.6	151.1	140.0

## 2. 4. 製成酒成分分析

一般成分の分析は国税庁所定分析法<sup>7)</sup>により行い、香气成分は Tekmar 社のヘッドスペースガスオートサンプラー 7050 装備の GL サイエンス社製ガスクロマトグラフで行った。

## 2. 5. 試験醸造酒の官能評価

平成 20 年福島県春季鑑評会に出品して酒質の審査を行った。容器はアンバーグラスを用い、評価を 5 点法 (1:優良 ←→ 5:難あり) で行った。なお、審査員は当所酒造担当職員 3 名を含む 14 名で行った。

## 3. 試験結果及び考察

### 3. 1. 試験醸造製麴結果

今回、製造した麴は、製麴時間としてはやや長めとなったが、破精廻りは少なく理想的な突き破精となった。香りは栗香が高く、旨味、甘味ともに適度にあり、良好な出来具合であった。酵素力価を表 3 に示した。この結果、グルコアミラーゼ力価が高いものの、 $\alpha$ -アミラーゼ力価、酸性カルボキシペプチターゼ力価は標準より低い数値となり、理想的な吟醸麴であることが理解された。

表 3 麴の酵素力価

測定項目	酵素力価 (U / g)
$\alpha$ -アミラーゼ	345
グルコアミラーゼ	214
酸性カルボキシペプチターゼ	2,192

### 3. 2. 試験醸造醪経過

醪の温度経過については図 2 に、ポーメの経過については図 3 に、アルコール生成の推移については図 4 に示す。この結果、今回試験に供した「901-A113」株を使用した 2 号試験区が、最もポーメのキレが良く、アルコール生成も良好で、最終的に試験区の中では最も早い 22 日目で上槽となった。昨年結果でも同様な傾向があったことから「901-A113」株は清酒を製造する上で十分な発酵力を備えている酵母であることが理解された。また、香气も良好でカプロン酸エチルと酢酸イ

ソアミルの香りがともに高く順調に推移した。また、「701-g31」株を使用した 1 号試験区は、醪初期より高い香气を発生し、10 日目以降からはカプロン酸エチルの香气が強く感じられ、高香气性の醪となった。3 号試験区の「701-15」株については、これまではやや発酵力が弱く感じられたものの、今回は 1 号試験区と同等の経過をたどり、香气も高く順調に醪が推移し、25 日目での上槽となった。結果的に 1 号試験区よりも一日早の上槽となり、発酵力についても問題がないものと考えられた。また、今回の試験醸造に原料米として用いた「山田錦」はここ数年の中で最も溶けが悪く、ほとんど追い水を打つ必要性がない結果となった。

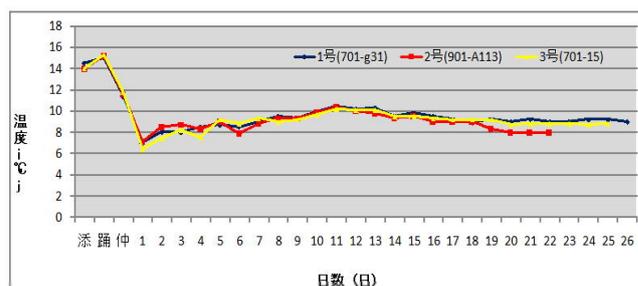


図 2 醪の温度経過

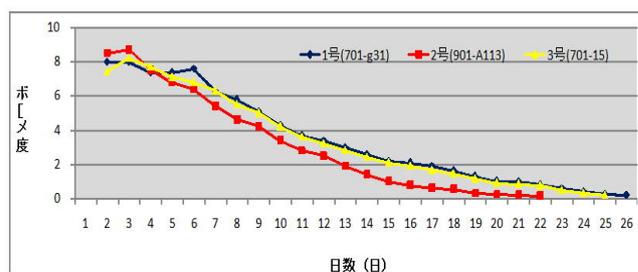


図 3 ポーメの経過

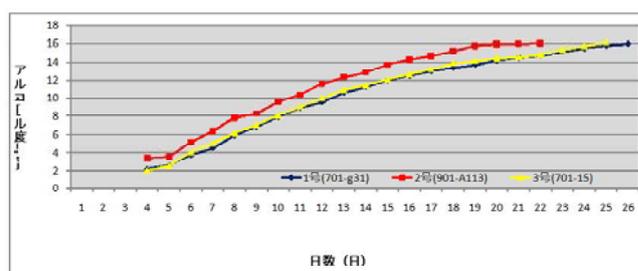


図 4 アルコール生成の推移

### 3. 3. 製成酒の分析結果

製成酒の一般成分分析結果を表 4 に、香气成分分析結果を表 5 に示す。成分的には、「701-g31」株を使用した 1 号試験区においてやや酸が高い傾向を示したが、主な香气成分のカプロン酸エチル量が 8 ppm 以上に達し、あらためて香气生成が最も高い事が理解された。また、「901-A113」株を用いた 2 号試験区に関しては、香气生成としては 3 株の中で最も低いものの、発酵力は極めて強く、発酵管理が容易な酵母である事が伺えた。さらに「701-15」株を用いた 3 号試験区につい

ては、今回は「701-g31」株よりも発酵力が強く、決して発酵力に難のある酵母ではない事が伺えた。また、香気特性に関しても「701-g31」株がカプロン酸エチルのみ高いのに比べ、「701-15」株や「901-A113」株は酢酸イソアミルもともに生成し、さわやかな感じのする香気であった。今回の結果は昨年までの結果とほぼ同様であり、それぞれの酵母の特性が再現された結果となり、米の品種差は小さいと考えられた。

表4 製成酒の分析結果

分析項目	701-g31	901-A113	701-15
日本酒度	+2.5	+4.5	+3.0
酸度(ml)	1.54	1.45	1.42
アミノ酸度(ml)	1.10	1.00	1.06
アルコール(%)	17.1	17.6	17.1
直糖分(%)	2.96	2.54	2.92
醗日数(日)	26	22	25

表5 製成酒の香気成分分析結果 (ppm)

香気成分	1号酒 (701-g31)	2号酒 (901-A113)	3号酒 (701-15)
n-PrOH(ルマルブヒルアルコール)	84.3	59.8	55.5
i-BuOH(イソブチルアルコール)	27.7	33.0	32.9
i-AmOH(イソアミルアルコール)	88.4	97.4	95.9
EtOAc(酢酸エチル)	23.5	40.4	31.0
i-BuOAc(酢酸イソブチル)	tr	0.2	tr
i-AmOAc(酢酸イソアミル)	1.6	2.6	2.2
EtOCap(カプロン酸エチル)	8.6	5.1	7.8

tr : trace

### 3. 6. 官能試験結果

官能評価結果を表6に示す。今回は福島県新酒鑑評会に参考酒として出品し、厳正な審査をお願いした。その結果、3試験区ともすべて同じ評価となり、全出品酒内での位置づけとしては、ほぼ平均的な結果であった。全般的な評価としては、本年の山田錦が極めて溶けにくかったために味わいが軽快すぎて味乗りが悪く、ウスイと指摘されたことや、さらにやや酸が高めである事が問題とされたが、今回の試験醸造が90kg仕込みと小さい事、精米歩合が50%であることを考慮すると、酸が出やすい傾向にある事が伺える。今後、酒造場において仕込み規模が大きくなり、さらに精米歩合もいっそう高精白になると酸が減る事が予想され、これらのことから判断しても本酵母は3種とも十分に大吟醸酒に使用可能であることが伺えた。

表6 製成酒の官能評価結果

符号	官能試験※	評価
1号酒 (701-g31)	2.50	やや味ウスイもキレイ、やや酸高い
2号酒 (901-A113)	2.50	味のキレあるもウスイ、やや辛め
3号酒 (701-15)	2.50	香味調和も味あらくやや酸ウク

※審査員14名(5点法、1:優良←→5:難あり)

## 4. 結言

当県のオリジナル吟醸酵母の開発を目的として、セルレニン耐性株1049株の中から、「701-g31」株、「901-A113」株、「701-15」株の3株を選択し、山田錦精米50%を用いて、総米90kg仕込み規模での試験醸造を行った。その結果、「701-g31」株、「701-15」株については発酵力はやや弱めであるものの、香気生成が高く、香りの高い吟醸酒の製造が可能であり、鑑評会などにおいてもでもほぼ良好な結果を示す酵母である事が理解された。また、「901-A113」株については発酵力が強く、香りも程良く生成し、発酵管理が容易な酵母である事が伺えた。これらの酵母の性質は昨年までの研究とほぼ同様な事から、これらの酵母の特性を十分に活かして、大吟醸酒を造る事が可能である事と考えられた。

## 謝辞

本研究を遂行するにあたり、麹菌を提供くださいました株式会社秋田今野商店に深謝いたします。また、参考出品として、官能審査に協力いただきました福島県酒造組合に深謝いたします。

## 参考文献

- 1) 遠藤浩志、鈴木英二、高橋幹雄、斉藤孔男：福島県ハイテクプラザ会津若松技術支援センター試験研究報告(食品部) pp.63-71(1992)
- 2) 桑田彰、鈴木英二、安川真：福島県ハイテクプラザ試験研究報告、pp.129-130(1998)
- 3) 中野成美、宇都宮仁、磯谷敦子、高橋利郎：酒類総合研究所報告、177、pp.1-12(2005)
- 4) 大野正博、渡邊真、池田信也、鈴木賢二、鈴木英二、高橋亮、櫛田長子、佐藤正：福島県ハイテクプラザ試験研究報告、pp.78-79(2005)
- 5) 鈴木賢二、高橋亮、櫛田長子：福島県ハイテクプラザ試験研究報告、pp.60-62(2006)
- 6) 鈴木賢二、高橋亮、櫛田長子：福島県ハイテクプラザ試験研究報告、pp.54-56(2007)
- 7) 西谷尚道監修：第4回改正国税庁所定分析法注解

# フェノール系有機資源の物質選択性を利用した高機能エコ製品の開発 —柿渋担持ゲルの作製と重金属吸着能評価—

Development of High Performance Eco-product using Material Selectively with Phenolic Organic Resources

-Preparation of gel carrying persimmon astringency component, and its evaluation of heavy metal adsorption ability-

研究開発部 材料技術グループ 内田 達也 植松 崇 宇津木 隆宏 渡部 修

天然多価フェノールの1つである柿渋は、重金属やタンパク質、アルデヒドなどと良好に結合することが知られている。また、昆布などから抽出される天然物由来のアルギン酸は2価以上の陽イオンと鋭敏に反応してゲル化することが知られている。この2つの化合物を利用して、環境にやさしく機能性を持ったゲルを作製した。ここで内包した柿渋の溶出を抑えるため、柿渋を架橋し、高分子化してからゲルを作製した。重金属として亜鉛を用いた吸着実験では、良好に吸着することが確認できた。

Key words:多価フェノール、柿渋、タンニン、架橋柿渋、アルギン酸、重金属、吸着

## 1. 緒言

ハイテクプラザでは、これまで漆粘土<sup>1)</sup>やタンニン系化成処理<sup>2)</sup>などで積み重ねてきた研究で、タンニンをはじめとする天然多価フェノール化合物の有用性を確認してきた。これらの研究成果の報道を受けて県内外から柿渋をはじめとした新たな化合物への活用を望む声が寄せられた。

福島県は柿の収穫量が多いことで知られており、柿渋は地域資源として豊富に存在していることから、この研究では天然多価フェノールとして柿渋を使用することにした。今回、我々は多価フェノールがもつ重金属、タンパク質、アルカロイドおよびアルデヒドなどと結合する性質に着目して、これらの吸着剤としての利用、開発に取り組むことにした。

吸着剤の効果的な利用と簡易な取り扱いを実現するには、まず柿渋を固定化する必要がある。柿渋とホルマリンを反応させることで柿渋を固定化する事例の報告がなされているが、ホルマリンは発癌性が疑われる物質であり、シックハウス症候群の原因物質の1つでもあり、人体や環境にやさしい材料とは言い難い。そこで、人体や環境を考慮した材料で固定化することを前提とした。

我々は、昆布などから抽出されるアルギン酸が2価以上の陽イオンと鋭敏に反応してゲル化する性質があり、人体への悪影響もないことに着目した。2価の陽イオンとしてカルシウムイオンを選択し、アルギン酸とカルシウムイオンのゲルに柿渋を内包させることで柿渋担持ゲルを作製し、その重金属吸着能を評価した。

## 2. 実験方法

### 2. 1. 試薬

ポリリンは市販品をイオン交換樹脂カラムで精製したものを使用した。その他の試薬は全て市販品をそのまま使用した。

### 2. 2. ゲル作製方法<sup>3)4)</sup>

多価フェノール化合物(柿渋あるいは架橋柿渋)を蒸留水に溶解し、攪拌しながらアルギン酸ナトリウムを少しずつだまがでないようにゆっくりと溶解させた。これを塩化カルシウム水溶液にスポイトを使い、ゆっくりと滴下して球状のゲルを作製した。滴下が終了したら、時々かき混ぜながらしばらく浸漬した。その後、ポリリン水溶液、アルギン酸ナトリウム水溶液、クエン酸ナトリウム水溶液の順にそれぞれ軽く攪拌しながら浸漬することで目的のゲルを得た。なお、各処理の間にはろ過及び水洗を行った。図1にゲル作製方法のフローチャートを示す。

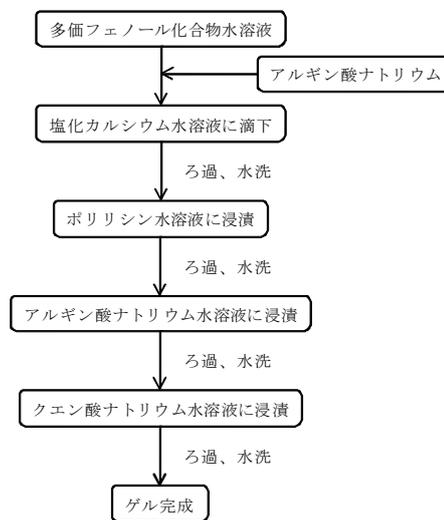


図1 ゲル作製方法のフローチャート

### 2. 3. 架橋柿渋の調製

架橋剤を溶解した水溶液と柿渋を溶解した水溶液を室温で混ぜ合わせ、分離精製し乾燥させることで架橋柿渋の粉末を得た。図2に架橋柿渋の粉末を示す。



図2 架橋柿渋の粉末

#### 2. 4. 分析機器と測定条件

ゲルの安定性評価は、凍結乾燥ゲル 0.02g をサンプル瓶に入れた蒸留水 5.0g に 7 日間浸漬し、ゲル及び浸漬水の色を観察した。

浸漬水の透過率を測定して色の変化を評価した。(株)日立製作所製の自記分光光度計(U-4000)を用いて UV-Vis スペクトルを測定した。測定対象の浸漬水はろ過せず、そのまま測定に用いた。

重金属吸着実験は、凍結乾燥ゲル 0.30g を 300ml 三角フラスコに入れた 10mg/l の亜鉛水溶液 100ml に浸漬させ、室温で金属を吸着させた。続いて、ろ液中の残留亜鉛濃度を(株)堀場製作所製の ICP 発光分光分析装置を用いて一定時間毎に定量することで評価した。

### 3. 結果と考察

#### 3. 1. 柿渋ゲルの外観

図 3 に柿渋を内包させたアルギン酸ゲル(以下柿渋ゲルとする)を示す。アルギン酸とカルシウムイオンによるゲル化反応で容易に球状の柿渋担持ゲルを作製することができた。アルギン酸のみのゲルは無色透明であるが、柿渋を入れることで柿渋の色である茶色をした透明性のあるゲルが出来上がった。今回、ゲルの扱いやすさ、保存性、気体吸着剤への応用を考慮してゲルを凍結乾燥した。凍結乾燥ゲルは色味にややばらつきが見られた。



図3 柿渋ゲル  
(左:凍結乾燥前、右:凍結乾燥後)

#### 3. 2. 水中での柿渋ゲルの安定性

液体用として使用する上で、ゲルの崩壊や内包物である柿渋の溶出がないことが重要であるため、凍結乾

燥した柿渋ゲルを水中に一定期間浸漬してゲルに戻してその安定性を評価した。図 4 にゲル安定性評価結果を示す。

ゲルの膨張は見られたが、割れや崩壊は見られなかった。ゲルは水を吸い、凍結乾燥前のゲルの状態に戻っていた。しかし、浸漬水は茶色に色づいており、明らかに内包物の溶出が見られた。このままでは、水溶液に浸漬した時に色をつけることになり、繰り返し使用する場合に性能の低下や取り扱いに支障をきたすと予想される。そこで柿渋の溶出を抑えるべく改良を行うこととした。

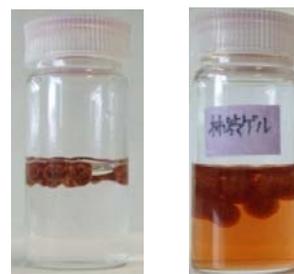


図4 ゲル安定性評価結果  
(左:浸漬直後 右:7日目)

#### 3. 3. 架橋柿渋ゲルの外観

前述のように、アルギン酸ゲルに柿渋を内包させるだけでは溶出が見られた。そこで柿渋を架橋し、高分子化することによる溶出の抑制を検討した。使用する架橋剤の選定や柿渋との反応割合などについて検討し、得られた架橋柿渋(図 2)を使用してゲルを作製した。図 5 に架橋柿渋を内包させたアルギン酸ゲル(以下架橋柿渋ゲルとする)を示す。架橋柿渋ゲルは、うす茶色をしており表面が凸凹していた。柿渋ゲルよりも硬めになっており、透明性は見られなかった。



図5 架橋柿渋ゲル  
(左:凍結乾燥前、右:凍結乾燥後)

#### 3. 4. ゲル安定性の比較

柿渋ゲルと架橋柿渋ゲルの凍結乾燥ゲルを用い、水中に一定期間浸漬して浸漬水の色および透過率を測定し、溶出がどの程度抑制されたのかを比較した。溶出物の有無を簡易的に測定するために UV-Vis スペクトルを測定した。図 6 にゲルの安定性評価結果、図 7 に

UV-Vis スペクトルを示す。



図6 ゲル安定性評価結果(7日間浸漬後)  
(左:柿渋ゲル 右:架橋柿渋ゲル)

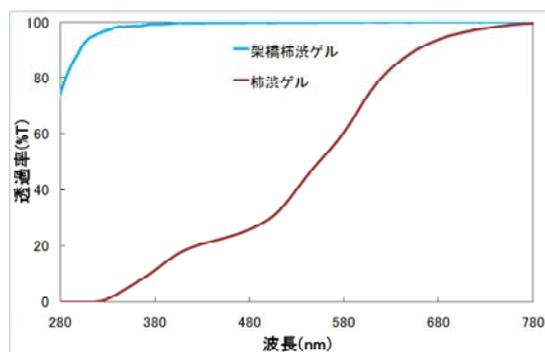


図7 UV-Visスペクトル

架橋柿渋ゲルでは、浸漬水に色づきは見られず、溶出を抑えることができた。

また、柿渋ゲルと同様に割れや崩壊は見られなかったが、柿渋ゲルより膨張は少なかった。内包物の違いでゲルの膨張率が変化することがわかった。

このように、柿渋を架橋し、高分子化することで溶出を飛躍的に抑制することができた。

### 3. 5. 重金属吸着実験

架橋柿渋ゲルを用いて重金属吸着実験を行った。今回は亜鉛に対する吸着能を測定した。図8に吸着実験結果を示す。

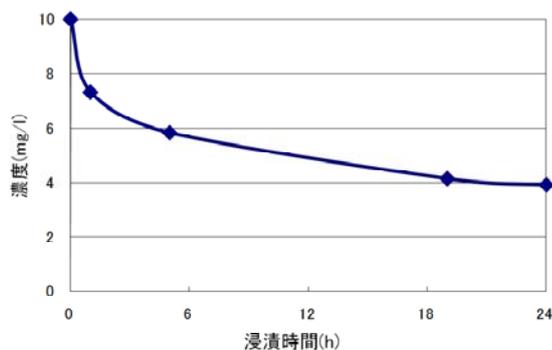


図8 重金属(亜鉛)吸着実験結果

1 時間後には約 30%の濃度減少が見られ、その後は緩やかに濃度減少が進んだ。24 時間後には 10mg/l あった濃度が 3.9mg/l に減少した。今回作製した架橋柿渋ゲルは亜鉛に対して良好な吸着能を有していると言える。

郡山市の亜鉛及びその化合物の排出規制値は 4mg/l 以下<sup>9)</sup>となっている。今回、バッチ式であるが少量の架橋柿渋ゲルでこの規制値以下に濃度を減少させることができた。しかし、時間がかかるという課題が見えたことから今後、この点を向上させる必要がある。

## 4. 結言

以上のことから以下の結果を得た。

天然多価フェノールである柿渋を架橋し、高分子化することで溶出を抑えた安定な球状のゲルを作製することができた。

亜鉛を用いた重金属吸着実験では、亜鉛を良好に吸着することが確認できた。

今後は他の重金属に対しても吸着実験を行い、金属の種類における吸着特性を確認するとともに吸着能のさらなる向上のための改良を検討する。また、タンパク質やアルカロイドに対する吸着特性、気体吸着剤への応用なども検討する。

## 参考文献

- 1) Osamu Watanabe, Katsumi Takeuchi : "Plastic Shape Material "Urushi-Nendo" Applying Lacquer Tree Paint", Bulletin of the Chemical Society of Japan, pp.1789,1790、Vol.77 No.9 2004
- 2) 植松 崇、渡部 修 : "亜鉛めっき皮膜上への架橋タンニン酸化処理皮膜の作製と耐食性評価"、表面技術、pp.160,161、第 58 巻 第 12 号 2007
- 3) "バイオリアクターの作成 - 固定化酵母によるアルコール発酵 -"、  
<http://www2s.biglobe.ne.jp/~nakacchi/jinkoikura.htm>
- 4) 岡田 直貴 : "細胞性製剤の設計・創製と細胞療法への展開"、薬学雑誌、pp.601-615、125(8) 2005
- 5) "郡山市下水道条例"、  
[http://www2.city.koriyama.fukushima.jp/reiki/reiki\\_honbun/c5040480001.html](http://www2.city.koriyama.fukushima.jp/reiki/reiki_honbun/c5040480001.html)

# 難分解性有機質を分解する酵素の開発 (I)

## —好熱性コラーゲン分解酵素生産菌の探索—

### Development of the Digestive Enzyme for Difficult Digestive Organic Matter (I)

-Search of the Thermophilic Bacteria Producing Collagenolytic Enzyme-

研究開発部プロセス技術グループ 大野正博 池田信也

バイオマスとしてのコラーゲンに着目し、コラーゲンを低分子化しコンポスト化するというバイオプロセスに利用可能なコラーゲン分解酵素の開発に取り組んでいる。そこで、バイオプロセスに利用価値が高い、至適pHが弱アルカリ域であり高温に耐性を持つコラーゲン分解酵素の生産菌を分離した。その菌の培養液中のコラーゲン分解活性を測定したところ、pH 8.5に至適を持ち、耐熱性に優れていた。この生産菌の培養液が示す好熱性コラーゲン分解活性について報告する。

Key words: バイオプロセス, コンポスト, コラーゲン分解酵素, 好熱性

## 1. 緒言

コラーゲンは皮膚や骨、軟骨、腱、血管壁など動物の主要構造タンパク質であり、哺乳動物が持つタンパク質では最も含有量が高い。細胞増殖や分化にも深く関係し、現在では化粧品や健康補助食品へ広く利用されている。一方、畜肉加工場や水産加工場では大量のコラーゲン含有廃棄物が排出されているが、そのほとんどは利用されずに焼却などにより廃棄処分されている。その廃棄物をバイオプロセスにより発酵分解しコンポスト化するにはコラーゲンを速やかに分解する必要があるが、コラーゲンは強固な線維構造をもつため一般的なタンパク分解酵素は直接作用することができない。

バイオプロセスへの利用を目的として分離されたコラーゲン分解酵素生産菌の例として、Tsuruokaらは酸性に至適pHを持つ耐熱性コラーゲン分解酵素生産菌を土壌から分離した<sup>1)</sup>。また、Okamotoらは至適pHが中性域であり至適温度が60℃であるコラーゲン分解酵素を生産する細菌を土壌中から分離した<sup>2)</sup>。

微生物による発酵分解プロセスにおいては発酵熱により発酵物が高温になる上、発酵生成物によりpHが変動する。一般的なコンポスト化装置では、アミン類の生成により発酵物pHが弱アルカリ域で推移することが多い。しかし、上記の分離菌はいずれも、高温かつ弱アルカリ性というコンポスト化条件に適したものではなかった。そこで、コラーゲン高含有廃棄物の高速コンポスト化に利用することを目的として、至適pHが弱アルカリ域であり、かつ高温に耐性を持つコラーゲン分解酵素の取得を目指した。今年度、目的のコラーゲン分解生産菌を各種環境中から検索した結果、コンポスト化条件に適したコラーゲン分解酵素生産菌を得たので、その分解特性について報告する。

## 2. 材料と方法

### 2. 1. 微生物及び培養条件

GY培地<sup>3)</sup> (1.5% Bacto Gelatin, 0.01% Bacto

Yeast Extract, 0.85% NaCl, 0.5% KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, 0.001% MgSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O, pH 8.5に調整)に1.5%寒天を添加した培地を用いて好気条件下70℃で培養し、環境中や有機性廃棄物発酵処理物から好熱性微生物を多数分離した。これら分離株を培養するため、GY培地を改変したGY改変培地(1.5% Bacto Gelatin, 0.5% Bacto Yeast Extract, 1.0% Bacto Peptone, 0.85% NaCl, 0.5% KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, 0.001% MgSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O, pH 8.5に調整)、あるいはNutrient Broth培地にさらに酵母エキスを加えたNB改変培地(0.5% Bacto Yeast Extract, 0.5% 肉エキス, 1.0% Bacto Peptone, 0.5% NaCl, pH 8.5に調整)を用いて170 rpmの振盪培養を行った。培養する際には、培地に1白金耳植菌して前培養した後、対数増殖期の培養物から本培養培地に1/500量植菌した。

なお、Bacto Yeast Extract, Bacto Peptone及びBacto GelatinはBecton, Dickinson and Company社から購入した。その他の試薬は、特に指定しない限り和光純薬工業(株)より特級グレードを購入して用いた。

### 2. 2. コラーゲン基質分解試験

コラーゲン分解活性の指標として、Azo色素結合性のコラーゲン粉末であるAzocoll(Calbiochem社製)を基質として使用した。Azocoll 25 mg, 4 mM Tris-HCl (pH 8.5), Tween 80 2.5 mg, 適宜希釈した培養上清を混合し、最終液量が2.5 mlとなる反応溶液組成とした。あらかじめ反応温度で保持しておいた反応溶液に酵素溶液を加え、反応を開始させた。60分間インキュベートした後、直ちに反応液を氷冷するとともに1M酢酸バッファー(pH 4.5)を5 ml加え反応を停止させた。分解活性は、反応後の上清の540 nmにおける吸光度の増加から見積もった。

また、I型コラーゲンの分解試験では、ウシアキレス腱由来コラーゲン(Sigma-Aldrich社製, Collagen from bovine achilles tendon)を基質として用い、2 mgの基質に対し1 mlの培養上清を80℃で1時間作用させた。

### 3. 結果と考察

#### 3. 1. 好熱性コラーゲン分解酵素生産菌の分離と選択

環境中や有機性廃棄物発酵処理物から多数の好熱性微生物を分離した。分離した微生物が持つコラーゲン分解活性を確かめるため、Nutrient Broth 培地、GY 培地、GY 改変培地といった各種培地を使用して分離株を 12 日間培養し、各培養上清中の Azocoll 分解活性を測定した。分離した株のうち、4-1-2 株、4-2-1 株、1-B-6-B 株に高いコラーゲン分解活性が見られ（図 1）、いずれも培養上清中に高い活性が存在していることから、細胞外にコラーゲン分解酵素を分泌していることが示唆された。4-1-2 株における GY 培地培養上清中の分解活性はインキュベート温度 60 °C 付近に活性のピークが存在したが、80 °C ではほとんど活性が検出されなかった。一方、4-2-1 株と 1-B-6-B 株については、インキュベート温度の上昇とともに分解活性が上昇し、80 °C 付近まで活性が上昇した。高温領域で長時間の耐久性を維持するためには、80 °C 付近で活性が高い株の方に優位性があった。そこで、インキュベート温度 80 °C においてコラーゲン分解活性が高かった 4-2-1 株について、培養上清中のコラーゲン分解特性を詳しく調べた。

なお、分離した株の分類学的特徴については、研究継続中であることから記載を控える。

#### 3. 2. 培養上清中のコラーゲン分解活性特性

インキュベート温度 80 °C においてコラーゲン分解活性が高かった 4-2-1 株について、NB 改変培地を用いて 50 °C で振盪培養し、培養上清中の 80 °C におけるコラーゲン分解活性を測定した（図 2）。その結果、

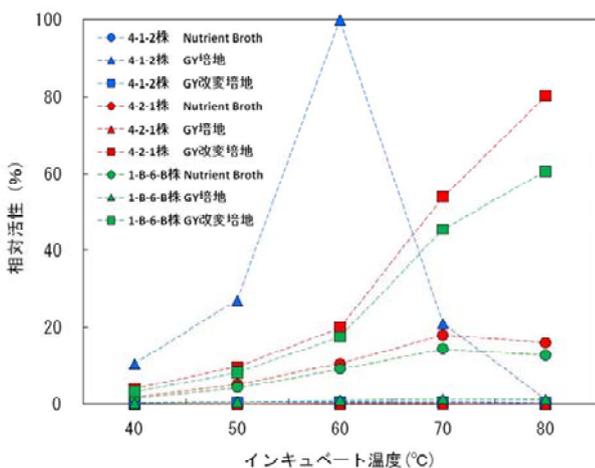


図 1 分離株培養液上清中のコラーゲン分解活性に対する温度の影響  
pH 8.5 にて Azocoll を 1 時間分解させたときの相対活性値で示した。80 °C のときの活性を 100 とした。

4-2-1 株は培養 6 日間で活性が最大になり、その後徐々に減少していった。培養日数の経過に伴う急激な活性低下は見られず、タンパク質分解酵素によるコラーゲン分解酵素の急激な分解やコラーゲン分解酵素タンパク質の急激な変性は起きていないことが示唆された。酵素を精製して酵素製剤として利用する場合には酵素の効率的な生産性を考慮する必要があるが、その際には培地の組成など培養条件を検討することで一定量の酵素生産に必要な日数を短縮できるかもしれない。

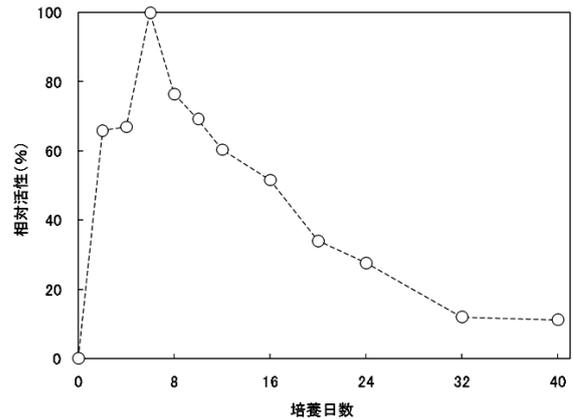


図 2 4-2-1 株培養液上清中のコラーゲン分解活性の推移  
pH 8.5 にて Azocoll を 1 時間分解させたときの相対活性値で示した。培養 6 日間の活性を 100 とした。

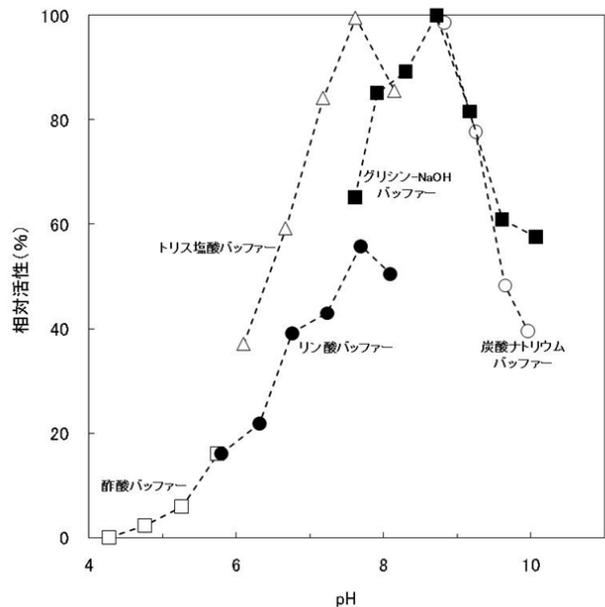


図 3 4-2-1 株培養液上清中のコラーゲン分解活性に対する pH の影響  
80 °C にて Azocoll を 1 時間分解させたときの相対活性値で示した。培養 6 日間の活性を 100 とした。

### 3. 3. コラーゲン分解活性の反応pH依存性

4-2-1 株について 80 °Cでの反応 pH 依存性を調べた結果、NB 改変培地を用いて 60 °Cで 12 日間振盪培養を行った培養液上清中の至適 pH は 7.6 から 8.7 の領域にあった (図 3) . 一般的に、有機性廃棄物を発酵分解させた際には、アンモニア等のアミン類の生成により発酵物の pH が pH 8 前後の弱アルカリ域で推移することが多い. 4-2-1 株培養液の至適 pH は、有機性廃棄物発酵分解環境と合致する弱アルカリ域であり、発酵分解システムへ利用するための必要条件を満たしていた.

### 3. 4. I 型コラーゲン基質に対する分解活性

動物由来のコラーゲンは 20 数種類のタイプに分類されているが、もっとも存在量が多く普遍的なタイプである I 型コラーゲンに対する分解活性を調べた. 4-2-1 株について NB 改変培地を用いて 50 °Cで 4 日間振盪培養し、その培養上清とウシアキレス腱由来 I 型コラーゲンを混合し、80 °Cで 60 分間インキュベートした. その結果、ウシアキレス腱由来 I 型コラーゲンの固形物は目視で確認できないまで分解された (図 4) . コラーゲタンパク質の線維が培養上清中の分解酵素により切断されたと考えられるが、コラーゲンの巨大分子が分子レベルでどのように切断されるのかについては不明であり、今後詳しく調べる必要がある.

## 4. 結言

コンポスト化条件に適したコラーゲン分解酵素生産菌を探索し、取得した株の中から 4-1-2 株、4-2-1 株、1-B-6-B 株を選抜した. これらのうち、4-2-1 株の培養液上清は 80 °Cの高温においてコラーゲン分解活性が高く、さらに至適 pH は 7.6 から 8.7 の弱アルカリ領域であった. これらの特徴は、有機性廃棄物を発酵分解させる際の条件として好ましいものであった.

4-2-1 株について、NB 改変培地を用いて 50 °Cで振盪培養したところ、培養上清中のコラーゲン分解活性は培養 6 日間で最大になり、その後徐々に減少していった. 培養条件と活性の消長については、培地の組成等の条件を検討することでさらに酵素の生産効率を高めることができるかもしれない.

また、微生物酵素を大量に生産する際には、酵素が菌体外に分泌されれば細胞の破碎が不要となり、酵素の精製工程が簡略化される. 分離した株はいずれも細胞外に分解酵素が分泌されていると考えられることから、酵素を大量に生産する上では工業的に有利と言える.

今回の試験では、粗酵素液である培養上清を用いて試験を実施したが、今後、コラーゲン分解に寄与して

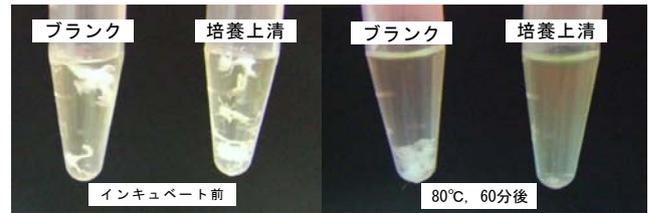


図 4 4-2-1株培養液上清中のウシ I 型コラーゲンに対する分解活性

いる酵素を単一に精製し、酵素工学的に詳しく解析する予定である. 標的とする酵素の性質を調べることで、その実用性を明らかにし、コンポスト化システム高機能化のための酵素の利用を目指す.

## 謝 辞

本研究を実施するにあたり、試料の採取にご協力いただいた福島大学共生システム理工学類産業システム工学専攻の佐藤理夫教授、並びに本宮市白沢有機センターの方々に深く感謝いたします. また、研究を遂行するにあたって、実験のサポートをいただいた福島県ハイテクプラザ臨時技能員の安藤由花さん、田平ともみさんに深く感謝いたします.

## 参考文献

- 1) Tsuruoka, N., Isono, Y., Shida, O., Hemmi, H., Nakayama, T., and Nishino, T., *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* **53**, 1081-1084, (2003).
- 2) Okamoto, M., Yonejima, Y., Tsujimoto, Y., Suzuki, Y., and Watanabe, K., *Appl. Microbiol. Biotechnol.* **57**, 103-108, (2001).
- 3) Nakayama, T., Tsuruoka, N., Akai, M., Nishino, T. *J. Biosci. Bioeng.* **89**, 612-614, 2000.

# 拡散容器における機能性膜の支持体用織物の開発

Development of cloth for support body of functionality film in diffusion chamber

福島技術支援センター 長澤浩 三浦文明 野村隆 東瀬慎 佐々木ふさ子  
富士システムズ株式会社 佐藤耕司郎 片山正徳

富士システムズ株式会社ではシリコンを利用した研究開発、商品化に取り組んでいる。その中でも細胞培養や人工臓器に用いられる拡散容器（Diffusion Chamber）の機能性膜（以下シリコン薄膜という）にシリコンを用いる研究開発を行っているが、シリコンだけでは伸縮性が大きく十分な機能性が出せないために膜の支持体が必要になる。支持体に求められる性能は、絹のような医療の分野で使用されている素材で薄い織物が望ましいことから、地場の企業の製織技術を利用して、拡散容器の機能性膜のための支持体用織物開発を行った。

Key words:シリコン薄膜、拡散容器、機能性膜

## 1. 緒言

シリコンは、液体や気体の透過性を利用して医療分野に利用されている。これから模索されている利用用途の一つとして拡散容器の機能性膜が挙げられる。拡散容器の機能性膜とは、容器の中の細胞と外界とを隔てる膜をいい多孔質の膜である。

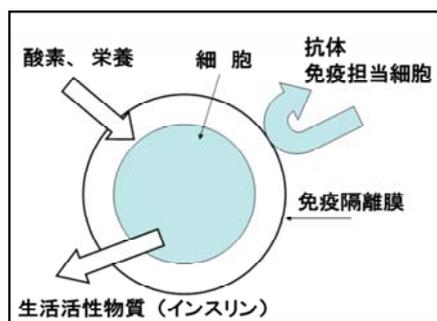


図1 拡散容器概念図

拡散容器の用途としては人工臓器などがあげられる。これまでのところ肝臓、膵臓などの高度な機能を持っている臓器そのものの再生は実現されていないが、肝細胞、膵細胞などを幹細胞から分化誘導する技術は確立されつつある。分化誘導された細胞を移植するだけで治療できる患者もいるが、この種の細胞移植で常に問題になるのは拒絶反応である。拒絶反応を引き起こすのは免疫担当細胞や抗体などの分子量が10万以上と比較的大きな物質である。一方で、細胞の育成に必要な酸素、栄養分、生活活性物質などは分子量が小さいので、高分子量の物質の透過を選択的に阻止する膜が必要になっている。現在、研究されている多孔質の膜素材では、長期間の使用において剥離などの現象が起きるために使用時間に限界がある。シリコン薄膜は均質膜で物理的な処理により任

意の大きさの孔を開けることができ、素材そのものは非常に安定的で隔離膜として非常に優れた性能を持つが、柔らかいために孔径が安定しない欠点がある。そこで、孔径を安定させるためにシリコン薄膜に支持体が必要となる。支持体に要求される条件として、生体適合性のある素材が望ましく、身体の動きに耐えられる強度があり薄いこと、などが挙げられる。そこで、現在使用されている支持体用の織物を調査し素材や織物設計を検討した。また、福島県の川俣、飯野地方は他産地にはない薄地の製織技術を持っているので、そこで地場の織物業者の協力を得ながら当所の糸加工技術と企業の製織加工技術を結びつけて支持体用の織物の開発に取り組んだ。

## 2. 研究内容

### 2. 1. 支持体用織物の条件

支持体用織物として用いる場合の条件は下記の3点である。

1. 素材はシルク
2. 織物の糸と糸との間隔が1.5～2.0mm
3. 織物の接結点の厚さが10μm以下

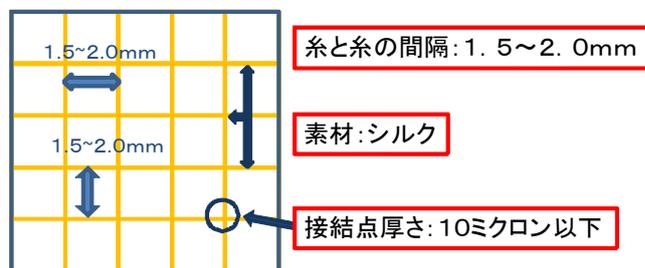


図2 支持体用織物と条件

### 2. 2. 支持体用織物試織の問題点

支持体用織物を作るに当たり問題点を下記の通り整理してみた。

1. メッシュ状の織物なので経糸本数が少ない。このため、準備工程や製織工程時の経糸に荷重がかかり経糸が切れてしまいやすいことから、経糸のテンション管理が問題となる。
2. 織り上がった織物も糸がスリップしやすいために、規定の糸間隔を保持することが困難である。
3. 従来の織物の接結点の厚みは60～70 μ m であるのに対して、今回、織物の接結点の厚さを1/6の10 μ m にするのは技術的に困難である。

### 2. 3. 問題点の解決方法

そこで、これらの問題点を克服するために、次の方法で支持体用織物を試作した。

1. 製織の際にタテ、ヨコともシルク繊維間にダミー糸を挿入し弱い経糸張力を補強し、かつ、密度を大きくすることでシルク糸のスリップを防止する。
2. 製織後にダミー糸を除去することにより、規格上のメッシュ織物にする。
3. その後、精練加工を施しセリシンを除去することにより、所定の厚さにする。

この解決方法をイメージ化したのが図3、図4である。

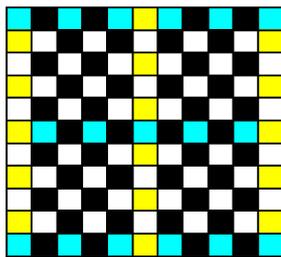


図3 ダミー糸の入った織物  
(黄色:シルク経糸、水色:シルクの緯糸、  
黒色:ダミー糸)

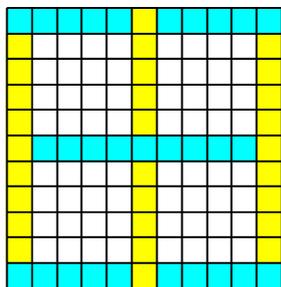


図4 ダミー糸除去後の織物  
(黄色:シルク経糸、水色:シルクの緯糸)

### 3. 支持体用織物試作

前述の問題点の解決方法に基づき支持体用織物の試

作を行った。ダミー糸として、レーヨンを使用した。

#### 3. 1. 試織条件

織物設計書は以下のとおりである。

素 材	経糸、緯糸 ①シルクカバリング糸 芯糸 生糸10 (中) レーヨン100 (d) 鞘糸 レーヨン100 (d) × 2 ②ダミー糸 レーヨン 300 (d)
使用箆	37.9羽/曲寸 (12.5羽/cm)
通し巾	40.0cm
総羽数	500 (羽) 地 476 (羽)、耳24 (羽)
一羽引込本数	地 2本、耳 4本
経糸本数	総本数 1,048本 シルクカバリング糸 190本 レーヨン 858本
組織図	図3参照
緯糸密度	25 (本/cm)

#### 3. 2. 織物写真

3. 1. の条件で試織した織物を図5、図6に示す。

図6でシルクが認識出来るよう染色(紺色)し、糸間隔を測定したところタテ、ヨコとも1.94mmだった。図6では、シルクが入っている部分がわかるように赤線で示してある。



図5 ダミー糸(レーヨン)の入った織物

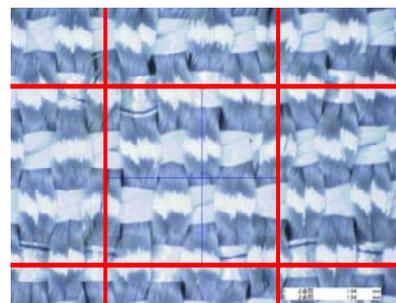


図6 ダミー糸(レーヨン)の入った織物(図5)拡大図  
(赤色部分にシルクが入っている)

### 3. 3. オパール加工（レーヨン除去）

3. 2. の試織した織物はレーヨンが入っているためにオパール加工により除去した。オパール加工条件を下記に示す。

オパール加工条件

デンプン	60%
グリセリン	5%
硫酸バンド	20%
水	15%

除去工程としては、上記の割合で作った酸性糊を除去する部分に塗り、高温処理（150℃で40分ベーキング）後に、水洗いにて脆化したレーヨンを除去した。オパール加工後の織物写真を図7、図8に示す。

図8で糸と糸の間隔を測定すると、2.0mmで当初の条件である1.5～2.0mmをクリアした。



図7 レーヨン除去後の織物

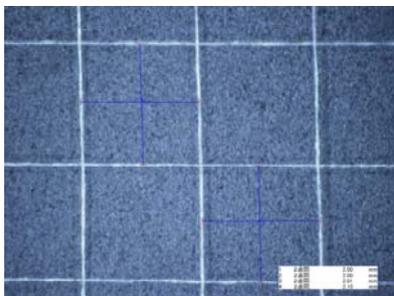


図8 レーヨン除去後の織物(図6)拡大図

### 3. 3. 精練加工

オパール加工後の織物は、シルクにセリシンが付着しているために精練加工してセリシンを除去して、目的の支持体用織物を試作した。

精練加工条件（石けん精練）

前処理	40℃で30分 浸漬
精練	マルセル石けん 15% O.W.F 浴比1:50 97～99℃ 2時間
洗浄1	炭酸ナトリウム 1% O.W.F 浴比1:50 80～90℃ 10～15分
洗浄2	0.5% O.W.F 浴比1:50 50～60℃ 10～15分

精練加工後の支持体用織物の電子顕微鏡写真を図9に示す。

図9の接結点の厚さを測定したところ20μmであった。20μmは、フィラメント糸一本の厚さが10μmなので丁度二本が重なった厚さである。条件は接結点の厚さを10μmにすることなので、化学的に薬品で更に細くする方法と物理的にフィラメント糸を膨潤させた状態で高い圧力をかけて規定の厚さにする方法を考えているが、これは次年度の課題とする。

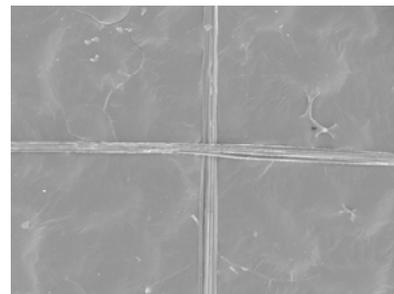


図9 精練後の電子顕微鏡写真

## 4. 結言

今年度は、ダミー糸にレーヨンを使用した支持体用織物を試作し、必要3条件のうち素材と糸間隔の条件はクリア出来たものの接結点の厚さの条件で問題を残したが、ある程度の目処がついた。

次年度の課題として下記の3点について研究を行う予定である。

1. 接結点の厚さ問題を解決する。
2. この支持体用織物を共同研究企業に提案し、シリコーン膜加工と評価試験を行ってもらい、この評価試験結果をフィードバックして目的とする支持体用織物を完成させる。
3. 水溶性繊維を使用した支持体用織物をはじめ、新たな支持体用織物製織法も検討してみる。

# 伝統工芸技術の融合によるユニバーサルデザイン製品の開発

Development of universal design product by uniting traditional craft technology

会津若松技術支援センター産業工芸グループ 出羽 重遠 小熊 聡 須藤 靖典  
山崎 智史 水野 善幸

ユニバーサルデザイン、健康指向・安全指向から自然由来の素材・加工技術による製品が社会的ニーズとして高まってきている。この状況を受けて、県内の伝統工芸産地の潜在技術や立地条件を活かし、単一素材・技術では製造不可能だった高機能ユニバーサルデザイン製品を実現するため、陶磁器と漆器・木製品の融合技術の開発研究や技術蓄積と共に新しいデザイン展開について提案することができた。

Key words : 伝統工芸技術、ユニバーサルデザイン、サステナブルデザイン、二重鑄込み技術、陶胎漆器

## 1. 緒言

県内の伝統工芸産地（図1、本研究では南会津編組品産地は除く）では、需要の低迷を続けている一方、それぞれの産地では化学合成物質とは無縁の自然由来の素材・加工技術が根幹になっている。この潜在技術を活かしたユニバーサルデザイン、健康指向・安全指向のものづくりによる製品を要望する社会的ニーズが深まっている。特に、伝統技術によるものづくりの確かさに加え、最新テクノロジーによる生産性やユニバーサルデザインを取り入れた商品等の開発が望まれており、漆工・窯業・木工など県内に散らばる産地間における伝統工芸技術の新連携による融合技術の研究し、確立することによって高品質のユニバーサルデザインやサステナブルデザイン製品が実現でき、需要喚起が可能となる。

従来から、木と漆は密接な関係を持ち、盛んに商品開発がなされているが、陶磁器と漆、陶磁器と木を組み合わせた商品は、素材同士の密着性や膨張率、加工精度の違い等から積極的な商品開発が行われないうま今日まできている。

本研究では、陶磁器の成形性や焼成後の陶磁器表面の機能性を最大限に活かしながら、漆の加飾性や木質材の温もり感を併せ持つ製品開発のための技術の確立を行った。さらに、木質材との組み合わせによって機能性と温もりのある触感や加飾性を併せ持った製品展開が可能となった。このデザイン展開コンセプトを「Myしよく器」と名付け、家族の中の個人、施設等



図1. 県内伝統的工芸品産業産地指定箇所

多人数の中の個人に対して「自分（My）だけ毎回（My）の食・触・色・飾器」を提案することができた。

## 2. 研究内容

陶磁器の成形性、焼成後の機能性を活かしながら、漆の加飾性や木質材の温もり感を併せ持つ製品開発のため、次の項目について研究を進めた。

- ①陶磁器（釉薬）表面と漆の密着技術の確立
- ②陶磁器の活用範囲を広げる二重構造の高精度鑄込み技術の確立
- ③これら①②の技術を活かし、ユニバーサルデザインを念頭に木質材と陶磁器を組み合わせた製品の開発検討

### 2.1. 陶磁器（釉薬）表面と漆の密着技術の確立

陶磁器に塗装すること自体は漆、化学塗料を問わず大変困難なものであり、施釉磁器表面に均一な塗膜を作ることと塗膜乾燥後に塗膜がはがれない密着状態を形成できるかが鍵となる。

塗膜の密着状態確保としていくつかの方法があるが、ここではプライマー剤を塗布する方法について検討を行った。

表1. 陶磁器板による密着試験

陶磁器板(会津本郷粘土・50mm角)によるクロスカット密着試験		
磁器板仕上げ	焼き締め無釉	焼き締め施釉
プライマー種類		
プライマーT	---	加温3hr × +常温24hr ○
プライマーH	加温12hr ○	加温12hr ○

無釉、施釉の50mm四方の陶磁器板を使い、プライマー剤数種類を塗布し、塗装を行いクロスカット密着試験によって密着度の評価を行った。最終的には

表1のとおり、作業性を加味した結果、プライマーHが良好な結果を示した(図2)が、施釉や焼成の条件が微妙に違えば密着度も変わる可能性があり、毎回施工時に密着度を確認する必要があると思われる。

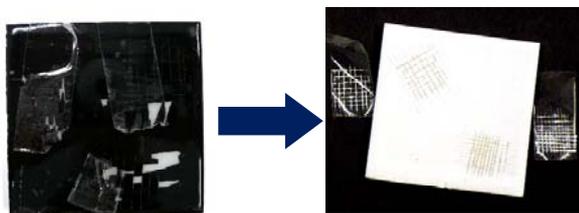


図2. プライマー処理による塗膜密着

## 2.2. 陶磁器の活用範囲を広げる二重構造の高精度鑄込み技術の確立

平成16年度<sup>1)</sup>、平成17年度<sup>2)</sup>に実施したユニバーサルデザイン製品(食器)の開発研究をとおして、歴史的に培われた機能性は元より、人の手になじむ形状、使いやすい形状を実現する素材として陶磁器は優れていると同時に、高重量や高熱伝導率といった欠点があることを認識している。ユニバーサルデザイン的に理想形状を製作しつつ軽量化や低熱伝導を実現する手段として、鑄型による二重構造がある。この二重鑄込み技術を最大限利用して内側が丸い形状で、外側が四角い形状を有機的に組み合わせたデザインの試作品を図3に、その内部、二重構造を図4に示す。



図3. 内と外、異なるフォルムの食器の試作品



図4. 二重構造内部

高精度鑄込み成形技術については、鑄型による鑄込み成形の制約や薄肉厚による成形において形状の変形があり、質の高い製品を製作する上で高精度鑄込み技

術の確立が必要であり、現時点ではもう一段階のレベルアップが必要である。

器は底に4カ所の鑄込み穴があり、これを塞ぐと同時にテーブルやお盆等を傷つけないための処理として漆による処理を行った。(図5)



図5. 鑄込み穴の状態と漆による処理

処理の結果は、実用性と共に加飾性についても評価が高いが、一般的には底の見えない所に、この処理を行うことが最良とは考えにくく、加飾として一見して解る位置に鑄込み穴を移動し、加飾性と穴を塞ぐ処理が合致しても違和感のない位置や機能性について検討を行った。(図6)

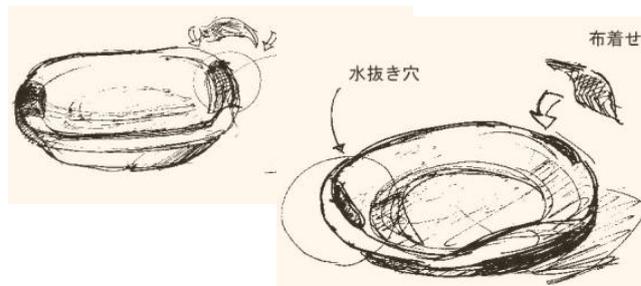


図6. 鑄込み穴の移動や機能性の検討

検討の結果、上縁に鑄込み穴を設け、漆による処理を行った試作例が図7である。



図7. 鑄込み穴を上縁に変更し、漆処理

## 2.3. ユニバーサルデザインを念頭に木質材と陶磁器を組み合わせた製品の開発

### 2.3.1. 基本コンセプトの検討

陶磁器と木製器に注目し、ユニバーサルデザインを念頭に、使用者にとって最良の形状や素材、使用される環境や設備について総合的に検討した結果、次の項

目の基本コンセプトを設定した。

- ①密着性や膨張率、加工精度の違い等から問題があり、衛生面や使い勝手から接着はしない。
- ②内側の陶磁器は他の使用者（施設等）と一緒に洗浄・乾燥することができる。
- ③内側・外側の素材（陶磁器・漆器・木製器）、色加飾等は自分好みの組み合わせができる。
- ④家族の中の個人、施設等多人数の中の個人に対する自分（My）だけの食器を提供を基本に「自分（My）だけ毎回（My）の食・触・色・飾器」を提案する。

### 2.3.2. My しょく器のデザイン検討

デザインコンセプトを元にデザインの検討（図8）を行った。この中で、「My カップ」であったり「My 皿」における外側の個人使用の部分と内側の共有部分は接着しないが、特に、カップについては、使用時における支障の有無が明確ではなく、理想的には軽く勘合する構造を採らなければならない可能性がある。

外側の個人使用の部分については、色や加飾と共に、表面の凸凹等形状もある程度自由に設定できる。

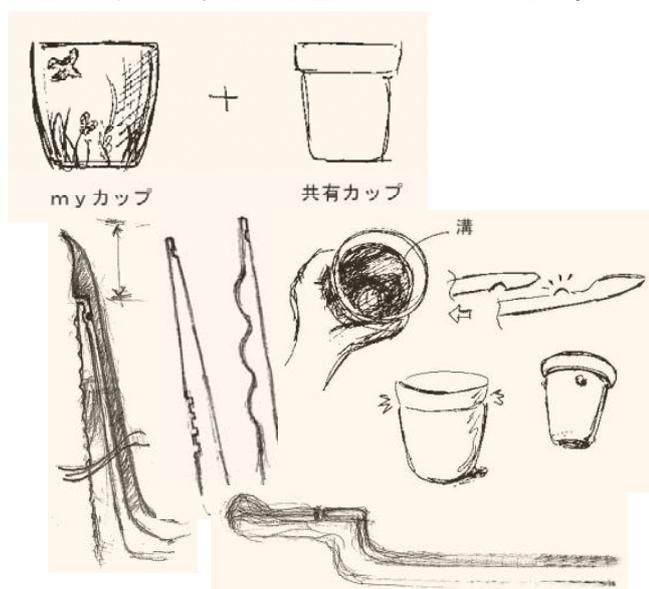


図8. コンセプトに基づいたデザインの検討

次に、今後の製品開発における基本デザインの検討を行った。製品のアイテムとしては、カップ、小鉢、皿を基に、デザインの確認を行った。（図9）



図9. カップ、小鉢、皿等食器の検討

### 2.3.3. My カップのデザイン検討

「My しょく器」のアイテムの中で、「My カップについて」試作を行った。（図10）内側の共有部分は磁器による薄肉厚仕上げとした。外側の個人使用部分は、木製で食用着色剤による着色を行い、色譜漆による摺漆仕上げを行った。内側と外側を軽く固定する勘合機能は設けなかったが、実用上支障は出ないかと考える。バリエーションとしては、内側の陶磁器に漆塗装や加飾を施したり、内側も木製（一般家庭向け）にしたり、内外の色を変えた組み合わせ等を検討し、他のアイテムについても試作を行う予定である。



図10. My カップの試作品

## 3. 結言

陶磁器（釉薬）表面と漆の密着技術の確立については、随時確認は必要であるが、技術的に問題はなく、陶胎漆器、あるいは陶磁器の漆加飾として製品開発に活用予定である。

陶磁器の二重構造の高精度鑄込み技術の確立については、もう一段階のレベルアップが必要と思われる、製品開発におけるデザイン検討、試作をとおして確立を目指す。

木質材と陶磁器を組み合わせた製品の開発については、「My しょく器」のコンセプトを基に一般家庭を含め、介護施設や医療施設等での需要に対応すべく研究を進めたいと考える。

技術移転については、陶磁器、漆器関連企業においてこれまで手がけていない商品となるので、すぐに技術移転は無理と思うが、市場性のある製品とするべく研究を進めれば、スムーズな技術移転は可能と考えている。

## 参考文献

- 1) 「食卓回りを中心とした食器・家具の開発」  
出羽重遠、福田寿寛 福島県ハイテクプラザ試験研究報告平成16年度 pp.80-82 2005
- 2) 「食卓回りを中心とした食器・家具の開発」  
(第2報)  
出羽重遠、福田寿寛、須藤靖典、山崎智史、水野善幸 福島県ハイテクプラザ試験研究報告平成17年度 pp.80-82 2006

戦略的ものづくり技術移転推進事業

公募型ものづくり短期研究開発事業

# 「牛の張り子」の商品開発

Article development of "the harito of the cow".

会津若松技術支援センター産業工芸グループ 竹内克己

福島県中小企業団体中央会より、会津野沢民芸品製作企業組合の新商品開発の支援を行い、組合の活性化に積極的に取り組みたいという要請があり、平成21年の干支商品である「牛の張り子」の商品開発を行なった。企業から要望されたデザインイメージに従って、2種類のデザインをし、試作品を提案した。

Key words: 民芸品、張り子、干支

## 1. 緒言

会津野沢民芸品製作企業組合は、昭和35年から民芸品を製造しているが、張り子は最盛期には年間25万個売れていたが、最近では10万～12万個と、最盛期の半分に落ち込み、組合の活性化が急務となっている。低迷の原因には、

- (1)、東北地方で売れなくなった。
- (2)、定番商品が少ない。
- (3)、主力商品の干支の張り子は、販売開始から商品寿命が3ヶ月で終わってしまう。年間を通して販売できるデザインではない。
- (4)、関東以西、京都などが主要なマーケットであるが、販売地域にデザインが対応できていない。等があげられる。

そこで福島県中小企業団体中央会より、新商品開発を行い、組合を活性化させたいので協力して欲しい、という要請を受けて、平成19年度公募型ものづくり短期研究開発事業で、平成21年の干支の商品「牛の張り子」の商品開発を行うことになった。

## 2. 商品開発

### 2. 1. デザインコンセプト

今回、企業から要望された商品のデザインイメージの条件は、以下の3点である。

- (1)、素朴で目立つ。
- (2)、俳画風な表現。
- (3)、模様は9筆以内で描ける。

デザインコンセプトとして、以下の3点を考慮した。

- (1)、「可愛い」をテーマに、シンプルで暖かみのあるデザイン。
- (2)、正月前後しか売れない干支の張り子を、年間を通して売れるようなデザインにする。
- (3)、会津地方独特の赤べこのイメージから脱却できるようなデザインで、色の配色や形の変化等、アレンジ展開が容易にできるように考え、デザインをする。

### 2. 2. 形体のデザイン

過去の商品から、今回のデザインコンセプトに参考

となるような物を探した。



図1 牛香合



図2 赤べこ

シンプルなデザインの元として、図1と図2を参考にして、一体型と首振り型の2種類を試作することにした。

民芸品の張り子は、赤べこに代表されるように、素朴で古くさいイメージがあり、観光土産品として販売量が減少傾向を示している。若者が好むような雑貨店に置いても、キャラクター製品として成立するように、「可愛い」をテーマにデザインを考えた。

造形は「まる」を基本形にして、アレンジし、特に首振り型は体を球形にし、毎年違う干支の頭だけを変えることで、新商品が出来るように考え、デザインを行った。



図3 一体型 大・中・小



図4 首振り型 大・中・小

### 2. 3. 彩色のデザイン

今回のデザインでは、形をシンプルにし、色彩も複雑にしないように考え、白の体に金色、赤色、黒色の三色で絵付けをし「陽気、おめでたい、ハッピー」なイメージを強調しました。

顔の表情は全国の郷土玩具の中に、栃木県の図5「牛のり天神」があり、これを参考にして、素朴で楽しい表情を考えた。



図5 牛のり天神



図6 一体型 大・中・小



図7 首ふり型 大・中・小



図8 デザイン提案をもとに製造した企業の商品

#### 2. 4. 開発手法の考察

現在、市場で流行っているような、雑貨のトレンドイメージを形にした、新鮮な商品を開発するためには、過去から行われている民芸品作りを発展させ、コンピュータを利用したデザイン開発手法の導入が望まれている。

今回のデザイン支援を通じて、デザイン力や造形力といったものに依存する商品開発を行う場合、多くの例として、市場動向に対する的確な分析力と、具現化するための臨機応変なデザイン力が、企業に不足するケースがあると考えられた。

#### 3. 結言

會津野沢民芸品製作企業組合とは数度の事前調査と打ち合わせをし、企業の能力を最大限に活かすデザインコンセプトを考え、「可愛い」をテーマに、最近の雑貨のトレンドイメージに合うようデザインした。

その結果、「牛の張り子」の一体型（大・中・小）と、首ふり型（大・中・小）の2種類をデザインして、試作品を提案した。

#### 参考文献

1. 図1 「香合の美（モントリオール美術館所蔵）」展図録（2000年）
2. 図5 郷土玩具の杜（栃木県）ホームページ

# 動的に負荷分散するロードバランスサービスの構築

## Development of dynamic load balancing service

研究開発部 システム技術グループ 平山和弘・高樋 昌  
エヌケー・テック株式会社 荒川直高

近年、テレビ等のマスメディアと連動したインターネットサイトが多くなっているが、これらのサイトでは、短時間でアクセス数が急増し、応答が遅れたり接続が不可能になるといった問題も発生している。既にインフラとしての機能を持ち始めているインターネットサイトにおいて、サービス停止を防ぐことはサービス提供者にとって大きな課題になっている。一方、これらの問題を解決するための専用ハードウェアは高価であり、中小企業が導入するのは困難である。

そこで、既存の設備を流用することを前提として、過負荷時に動的に負荷分散するロードバランスシステムを構築した。過負荷実験を行ったところ、動的負荷分散によりサービス提供不能を回避できることがわかった。

Key words : 動的負荷分散、ロードバランス、ネットワーク、Xen、LVS、Nagios

### 1. 緒言

インターネットの普及により、パソコン、携帯電話を問わずインターネット利用者数は伸び続け、それに伴いホームページ等のインターネットサイトへのアクセス数も増加し続けている。近年では、テレビやラジオ等のマスメディアと連動したサイトも見受けられるようになってきたが、マスメディアによって告知、PRされたサイトは、短時間でアクセス数が急増し、応答が遅れたり接続不能になるといった問題も発生している。

既にインフラとしての機能を持ち始めているインターネットサイトは、365日24時間稼働を期待され、サービス停止を防ぐことはサービス提供者にとって大きな課題になっている。

この問題を解決する手法の一つに、集中する負荷を複数のサーバに分散するロードバランスを導入する方法<sup>1)</sup>がある。しかし、ロードバランスは一般的に高価であり、しかも、問題が頻発するわけではなく年に1度あるかないか程度の頻度で、継続時間も30分程度と短い。このような状況で高価なロードバランスを導入するのは中小企業にとってきわめて不経済であり、高いハードルとなっている。従って本研究では、既存の装置、技術を利用し、急激に増加する負荷に耐えサービスを提供し続けられるロードバランスサービスの構築を行う。

### 2. システムの構築

発生する問題の程度を見てみると、通常は1台のサーバ(メインサーバとする)で十分サービスを提供できており、問題発生時でも応答遅延が発生するもののサービス停止には至らないことが多い。従って2台(メインサーバ+サブサーバとする)でサービスを提供すれば問題を回避できると考えられる。そこで、本研究では以下の3つの既存技術を用い、ロードバランスサービスを構築した。概要を図1に示す。

・LVS(Linux Virtual Server)<sup>2)</sup>による負荷分散サービス

ーサーバの生存確認(死活チェック)を行い、過高負荷時にメイン対サブの分散比率を1対1として負荷分散を図る

・Xen<sup>3)</sup>によるサーバ仮想化技術

ー1つのハードウェアに複数のOS(仮想マシン)を構成する技術であり、管理用OSから仮想マシンの起動・停止を自由自在に行えることを応用し、動的負荷分散を実現する

・Nagios<sup>4)</sup>によるメインサーバの状態監視

ーメインサーバの負荷チェックを行う  
ーサブサーバの起動、停止を行う

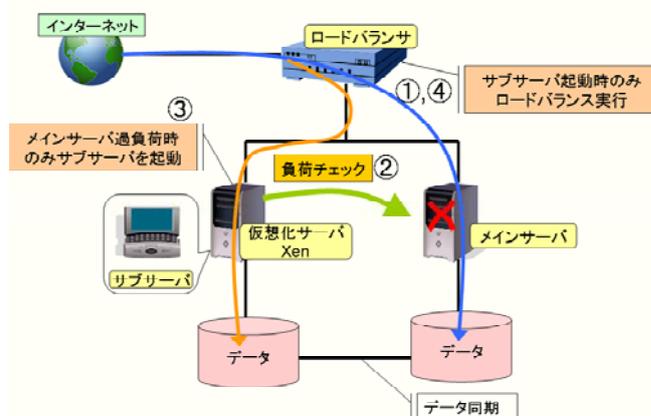


図1 システムの概要

動作状況は以下のとおりである。

- ①通常の負荷が少ない状態では、メインサーバだけで配信処理を行う(同時に常時LVSによるサーバの死活チェック)
- ②常時Nagiosにより仮想化サーバ上でメインサーバの負荷チェック(WEBコンテンツの提供のみを前提に構築したため、CPU負荷をチェック項目とした)
- ③メインサーバ過負荷検知時(CPU負荷80%超時)に、Nagiosにより仮想化サーバ上にサブサーバを起動し、LVSにより1対1のバランスサービスを行う
- ④設定した継続時間(ここでは30分)を経過した場合、

Nagios によりサブサーバを停止しメインサーバによる通常配信処理に戻る

本システムの大きな特徴は、Xen を用いることにより、メインサーバが複数台に増えても、1 台の Xen サーバ内に複数のサブサーバを構築できるため、新たに負荷分散用のハードウェアを準備する必要がないことである。

なお、①～④の動作は自動的に行われ、管理者は動作状況の変化をメール等で受け取るほか、図 2 の監視画面で動作状況を確認することも可能である。

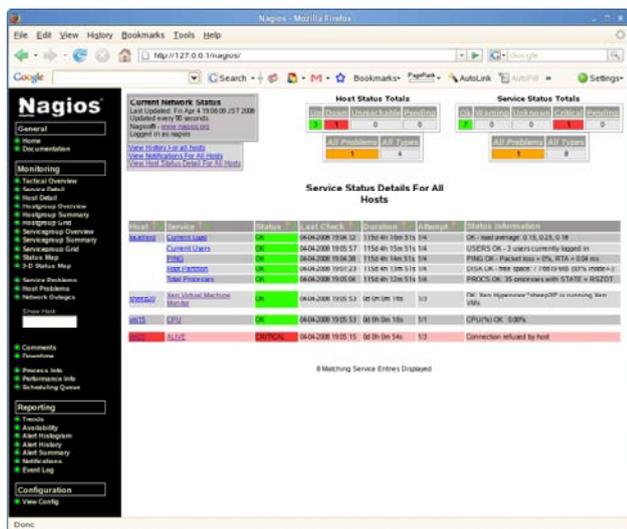


図2 全サーバの状態監視

### 3. 負荷実験

メインサーバが過負荷状態になった場合の動作状況および負荷低減の程度を確認するために負荷テストを行った。負荷テストには WEB サーバテスト用の ApacheBench を用い、下記の条件で行った。

- 1 つのテキストファイル(15kByte)を同時接続数 200、総リクエスト数 100,000 でアクセスする
- 上記の負荷がかかっているときに、別 PC から同じファイルをアクセスした場合に、一秒当たりどの程度のリクエストを処理できるか計測する

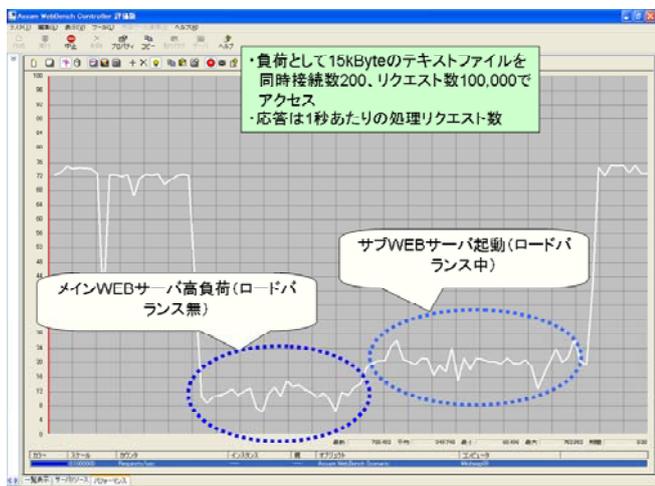


図3 負荷実験結果

実験結果を図 3 に示す(グラフの縦軸は 1 秒あたりの処理リクエスト数× 0.1 の表示であることに注意)。

無負荷の状態では 660 ~ 730 件(平均 700 件)処理できていたが、サーバ負荷をかけると 80 ~ 150 件(平均 110 件)まで低下している。しかし、サブサーバが起動しロードバランスが始まると 130 ~ 270 件(平均 200 件)まで増加していることがわかる。過負荷状態でロードバランスさせるとほぼ倍の処理ができていたことから、少なくとも「接続できない」といったクレームには対応できるものと思われる。

### 4. 結言

通常は単一サーバとして機能し、過負荷時に動的に負荷分散するロードバランスシステムを構築した。本システムに対し負荷実験を行ったところ、意図通りの負荷分散を行い、サービス提供不能を回避できることがわかった。

基本的な動的分散機能を備えたロードバランスシステムの構築はできたが、実運用に向け下記に示す様な課題を解決する必要がある。

- ロードバランサ部分の負荷集中対策
    - ーロードバランサの多重化
  - サーバの詳細な状態把握
    - ーCPU 状態以外のサービス低下要因の可能性
    - ーサービスチェック、サーバの死活チェック等
  - サーバのコンテンツ同期
    - ーネットワーク越しの RAID 機能実現によりメインサーバ、サブサーバのコンテンツ常時同期
  - SSL 通信 (ショッピングサイト等) への対応
    - ーレイヤー 7 対応のロードバランサ導入
- なお、本システムは既存のハードウェアを生かし、既存の技術を利用するため、ネットワーク技術者であれば基本的な構築は容易である。

### 謝辞

本研究の遂行にあたり、貴重なご助言を賜りました日本仮想化技術株式会社 代表取締役社長兼 CEO であり株式会社びぎねっと 代表取締役社長である宮原 徹氏に深謝いたします。

### 参考文献

- 1) 泊 正和: "サーバ負荷分散 ~仕組み、サイトの構築事例、技術動向~", Internet Week 2005 チュートリアル
- 2) 安井真伸: "LVS で実現するロードバランサ", WEB+DB PRESS vol.37,61 ~ 67 (2007)
- 3) <http://xen.org>: "Xen 3.0 Documentation"
- 4) <http://www.nagios.org>: "Nagios Version 3.x Documentation"

# レジンコンクリートの特長を生かした高付加価値プランターの開発

## Development of a Large size Resin concrete Planter with Self Watering System

研究開発部 プロセス技術グループ 安齋弘樹 池田信也  
会津若松支援センター 産業工芸グループ 出羽重遠 山崎智史  
吉田工業株式会社 吉田秀次 山田和求

レジンコンクリートは高強度、非透水性という特長がある。この特長を生かし、給水時の水や雨水を貯水することで数週間育成可能なプランターの開発を行った。その結果、無給水で50日間の育成が可能となった。同時にプランターのデザインについても検討を行い、季節や場所を選ばない使い勝手の良いものを提案することが出来た。

Key words:レジンコンクリート、セメントコンクリート、保水性、デザイン性

## 1. 緒言

近年スーパーマーケット等において、大型のセメントコンクリート製プランターを車の侵入防止や駐車場の区画整理のために使用するニーズが増えている。従来のプランター栽培では、根腐れ等の防止のため余分な水分を排出しており、給水間隔が短く、業務用では自動給水が必要であった。従来の自動給水は、ポンプや電磁バルブを用いるものがほとんどであり、水道料金に加え電気料金の負担が必要であった。また、貯水についても、従来のセメントコンクリート製の大型プランターは、素材の透水性が高いためプランター自体の貯水能力が低く、貯水用タンクを別に設置する必要があり、スペース効率的にも問題があった。

そこで我々は、通常セメントコンクリートの代わりに、強度や非透水性に優れるレジンコンクリートを素材に用いて、プランター自体を貯水タンクにするとともに、根腐れを防止し、電気を全く使用しない給水システムを開発した。図1に機構のイメージ図を示す。

この新規機構とレジンコンクリート製プランター（以下、RCプランターとする）を組み合わせ、一度給水した後に長期間無給水での植物育成試験を行った。また、店舗の前に設置されることを考慮して、プランターのデザインについても併せて検討を行った。

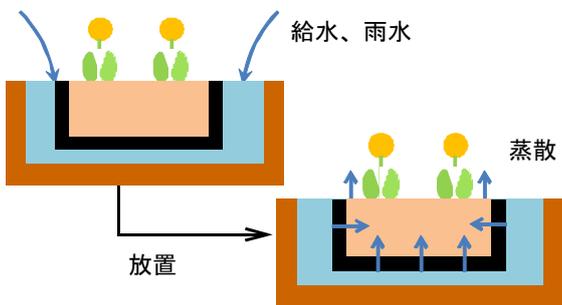


図1 給水のイメージ図

## 2. 実験

### 2.1. 実験方法

開発した給水機構を設置したRCプランター（以下、プランターAとする）（容量40ℓ）に草花を植栽し、無給水で育成可能な日数の把握を行った。草花は、パ

ンジー8本を使用し、給水は実験開始時に8ℓ行い、その後は給水を行わなかった。

また、RCプランターは非透水性のため雨水等により土壌が水に浸ることもあるため、給水機構を設置せず、ドレインを設けないもの（以下、プランターBとする）と、セメントコンクリートに植栽した場合を想定し、給水機構を設置せずにドレインを設けたもの（以下、プランターCとする）についても上記と同条件で育成を行った。給水量は、プランターBについては土壌が水に浸る程度、プランターCについては8ℓ行ったが、プランターCでは、ほとんどがドレインから排水された。図2に実験開始時のプランターの様子を示す。

実験期間は、50日とし、実験場所は、雨水による影響を受けないように屋内とし、直接日光が当たらない場所に設置した。実験期間中の温度および湿度は表1に示すとおりである。



(a) プランターA



(b) プランターB



(c) プランターC

図2 実験開始時のプランターの様子

表1 実験中の温度・湿度変化

	温度(°C)	湿度(%)
平均	17.4	57.9
最高	27.4	85.5
最低	9.7	43.9

## 2. 2. 実験結果

実験途中(35日目)および実験終了時(50日目)の各プランターの状態を図3から5に示す。

実験開始後10日後には、プランターBのパンジーは、根腐れにより全てしおれていた。その他のプランターには、異常が見られなかった。

35日後では、プランターCにおいて、ほとんどのパンジーがしおれた状態となっていた。一方、プランターAにおいては、しおれているものが3本程度あるが、その他のパンジーは茎が伸長し、異常は見られなかった。

50日後は、どのプランターでも新たにしおれたものは無く、35日目と大きな差は見られなかった。プランターAのパンジーは、5本程度が青々と正常に育成しており、給水機構を用いることで長期間無給水で育成可能であることが確認出来た。

また、実験終了時のプランターAのパンジーの様子を図6に示すが、茎や根等に異常は見られなかった。



(a) 35日後 (b) 50日後  
図3 プランターAの状態



(a) 35日後 (b) 50日後  
図4 プランターBの状態



(a) 35日後 (b) 50日後  
図5 プランターCの状態



図6 プランターAの50日後のパンジー

## 2. 3. プランターデザイン

レジンコンクリートは、セメントコンクリートに比べ、厚さを1/3程度とすることが出来るため、形状の自由度が高く、樹脂の種類を変えることで色彩も変更でき、接着材等によりパネルの貼り付けも可能といった特長を持つ。

通常のセメントコンクリートでは、施工厚が厚くなるためプランターのR形状作製に多くの制約があり、設置形状に合わせた配置が著しく限られていたが、レジンコンクリートでは曲率の小さなR形状等も作製できるため、設置形状に合わせて設置することが出来る。図7に3DCGによる設置イメージを示す。この形状においても、開発した給水機構は設置可能である。



図7 3DCGによる設置イメージ

## 3. 結言

給水機構を付加したレジンプランターにパンジーを8本植栽し、無給水実験を行った。これにより、50日間無給水で育成することが可能であることが確認出来た。

デザインについては、標準形状(四角形)をベースに行ってきたので一般的なものを中心に提案した。本プランターは季節や場所を選ばない使い勝手の良い製品になるものと考えられ、節水や省力化を必要とする事業所への販売が見込まれる。

# UV インク硬化プリンターの小型化

## Downsizing of UV-Curable Ink Printer

研究開発部 材料技術グループ 植松 崇 渡部 修  
研究開発部 システム技術グループ 尾形直秀  
東洋エレクトロ株式会社 荒川範雄 加藤友和

小型で低価格な UV インク硬化プリンターの開発を目指し、現行のプリンターが大型となる主要素であった UV 照射装置を、低出力で小型なものに置き換えられないか検討を行った。UV 光源に殺菌灯やブラックライトを利用する装置を試作し、これを用いて印刷物の硬化実験を行った。その結果、現行より長いおよそ 15 秒の照射時間で指触評価では問題ない程度に印刷物を硬化できることがわかったが、同時に硬化時間の増加により硬化不良が引き起こされる可能性があることも示された。

Key words: UV インク, プリンター, 小型化, 低出力, 硬化度評価

## 1. 緒言

UV 印刷は、素地を選ばずプラスチックや金属などへ直接印刷でき、また被膜強度が高いなど多くの特徴を有していることから、近年広く普及が進んでいる。

一方で UV 印刷に必要なプリンターは、瞬時にインクを硬化する目的で高出力な UV 照射装置を備えているため、熱やオゾンの発生に対処する必要があり大型で大変高価である(図 1)。そのため、大量印刷などの用途以外では装置の導入は難しく、また印刷コストも高いことから、低価格で扱いやすい小型プリンターの開発が望まれている。



図 1 現行の UV インク硬化プリンター例

そこで、本研究では UV 照射装置をより低出力なもので代用することにより、排熱や排気に関する装置を必要としない小型で低価格なプリンターの開発に取り組んだ。今回、光源として互いに照射光の波長域が異なる殺菌灯とブラックライトを用いた低出力な UV 照射装置を試作し、これを用いて印刷物を十分に硬化できるかについて検討を行ったので報告する。

## 2. 実験

### 2. 1. 供試材

一般的な用途を想定し、条件の簡略化から、UV インクはコニカミノルタ II(株)製の黒色インクのみを用い、印刷素地には PET フィルムを用いた。また、殺菌灯には National-GL-10(10W, 254nm)を、ブラックライトには National-FL10BL-B(10W, 352nm)を用いた。

### 2. 2. 硬化度評価方法

本研究では低出力な UV 照射装置により印刷物の十分な硬化が可能かを判断するため、硬化度を適切に評価できる方法が必要である。そこで、今回用いた UV インクについて利用可能な方法を調査検討し<sup>1)</sup>、鉛筆硬度試験、スチールウール試験、メタノールラビング試験、基盤目テープ試験、ダイナミック硬さ試験及び指触が適用できることを確認した。



図 2 硬化度評価方法  
(左：指触、右：メタノールラビング試験)

### 2. 3. 低出力 UV 照射装置の試作及び照射強度測定

殺菌灯あるいはブラックライトを 3 本並列に設置できる UV 照射装置の試作を行った(図 3)。反射板には紫外域での反射特性を有するアルミニウム製のものを簡易的に利用した。

また、照射強度測定は各光源に対して適切な波長感度を持つ UV センサーにより行った。その際、測定位置は 3 本のライトの中央線上とした。



図 3 試作の UV 照射装置

### 2. 4. 低出力 UV 照射装置による硬化実験

現行の UV インク硬化プリンターで印字のみ行った

ものを素早く試作装置に運び入れ、照射距離 5mm で UV 照射を行った。また、基準となる完全硬化した比較物として、現行の UV 照射装置(メタルハライドランプ 2kW) により約 1 秒照射したものを準備した。なお、硬化度評価には、試験環境や汎用性を考慮し、指触とメタノールラビング試験を用いた。

### 3. 結果と考察

#### 3. 1. 照射強度

図 4 に照射強度の測定結果を殺菌灯とブラックライト別に示す。殺菌灯ではおよそ 1~2mW/cm<sup>2</sup>、ブラックライトでは 5~10mW/cm<sup>2</sup> であり、現行装置が約 100mW/cm<sup>2</sup> であることと比べて 1/10~1/100 の低い値であった。したがって、このような低出力 UV 照射装置では、照射強度の低さを補うために、照射距離を十分に近く設定することがより重要になると考えられる。

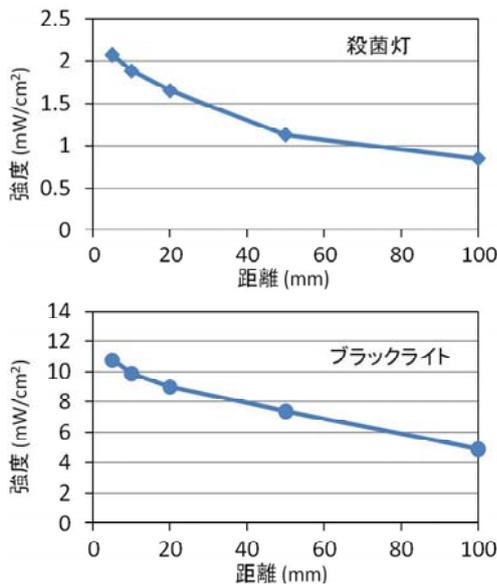


図 4 照射強度測定結果

#### 3. 2. 硬化実験

表 1、表 2 にそれぞれ各光源での硬化実験の結果を示す。また、図 5 には代表してブラックライトにより 20 秒 UV 照射した試料の写真を示す。殺菌灯ではおよそ 10 秒、ブラックライトではおよそ 15 秒で指触評価では十分な硬化が得られた。このことは、1 秒程度である現行装置と比べれば長いですが、照射強度が低い場合でも照射時間を長くとることにより硬化は可能であることを示しているものといえる。

表 1 殺菌灯での硬化実験結果

時間(sec)	指触	メタノールラビング試験
5	△	× (剥離)
10	◎	× (剥離)
15	◎	× (剥離)
20	◎	× (剥離)

表 2 ブラックライトでの硬化実験結果

時間(sec)	指触	メタノールラビング試験
10	△	× (剥離)
15	◎	× (剥離)
20	◎	× (剥離)

しかし、一方でメタノールラビング試験では図 5 の赤枠内に見られるように比較物ではなかったインクの剥離が両光源ともに見られ、さらに照射時間を長くしても改善することはなかった。この原因としては、空气中の酸素による反応活性種の失活や熱の影響などが考えられるが、長すぎる硬化時間は一種の硬化不良を引き起こす可能性があることを示していると考えられる。



図 5 硬化試料(赤枠内はメタノールラビング試験後)

### 4. 結言

本研究では、UV インク硬化プリンターの小型化を目的として、UV 照射装置の低出力化に取り組んだ。その結果、殺菌灯やブラックライトを光源として検討を行い、現行の 1/10~1/100 の出力でも、照射距離を十分に近く、また照射時間を長く設定することで、指触評価では問題無い程度に印刷物を硬化できることがわかった。しかしながら、硬化時間が増加することで一種の硬化不良が生じうることも同時に判明した。

今回は、光源やインク等の検討範囲を大きく限定して実施したために系統的な議論とはならなかったが、今後検討範囲を広げるとともに、コストと性能との兼ね合いなど市場からの要望も適切に判断し反映させていくことで、より実用性のあるプリンターの開発に繋がっていくものと期待される。

### 参考文献

1) 樹脂の硬化度・硬化挙動の測定と評価方法；サイエンス&テクノロジー社, 2007.

# ステンレスパイプ溶接部の疲労破壊特性評価方法 の確立と溶接条件の最適化

Establishment of Testing Method for Fatigue Properties on Stainless Pipe  
,and Optimization for Welding Condition

企画支援部 連携支援グループ 工藤弘行  
関口工業株式会社 吉田 豊

製品形状に対する振動疲労試験において、加速度測定、ひずみ測定を組み合わせる方法を用いることで、一定の応力を与えること、微視的破壊を早期に検知することができた。この結果、従来に比べ、より定量的な疲労破壊特性評価(S-N曲線の取得)が可能となり、適切な溶接施工条件の範囲を判断することができた。

Key words: 疲労試験、振動荷重、破壊力学、CAE

## 1. 緒言

自動車部品に代表されるような長時間振動を受け続ける製品は、共振の影響などにより過大な荷重負荷となり疲労破壊を生じるケースが多いと言われる。また、製品の溶接部は、溶接部止端や、溶接欠陥など応力集中が生じる形状的特徴や、溶接熱により熱影響部など金属組織的な特徴部位が形成される。このため、溶接部は、他の部位に比べ破壊の危険性が高く、溶接部の強度特性を評価することが極めて重要となる。<sup>1)</sup>

製品の疲労特性試験としては、共振振動を利用したものが一般的である。共振振動は製品固有の周波数で振動が極大となる現象であり、実現象で問題となる場合が多い。共振振動試験では、試験条件は加振機の制御周波数、加速度によって設定されるが、結果として生じる応力の程度は製品の振動特性に大きく左右されたため、条件設定が困難である。また、共振点前後では複雑な挙動を示すことから、安定した応力負荷ができないという問題点がある。さらに、破壊の程度についての評価方法についても、決まった方法がないのが現状である。

本研究では、製品に対する振動荷重疲労試験を行う際に加速度測定、ひずみ測定を組み合わせる方法を用いることで、安定して試験をする方法、定量的な評価を行う方法について、検討を行った。また、溶接条件の異なる製品群に対して、疲労試験・評価を行い、適切な溶接条件を把握することを目的とした。

## 2. 試験方法および評価手法

### 2. 1. 試験方法

材料の疲労特性を知るための一般的な疲労試験は、定形の試験片を対象に専用の試験機で行われるため、一定の荷重負荷で実施される。また、単純形状であることから、均一な応力分布となる。これに対して、製品形状に対して行われる疲労試験は、形状が複雑であるため、応力分布が均一ではない。また、溶接部止端

など形状的な特徴部位では応力集中が発生するため、測定している応力と、実際に破壊に至る位置での応力が異なるという問題点があり、一般の疲労試験結果をそのまま利用することができない。

本研究では、両端でコネクタ部品を隅肉溶接したステンレス製パイプ製品を対象とした。溶接部止端をひずみ測定位置とし、この位置での応力振幅を疲労試験における条件設定に用いた。この手法は、局所ひずみによる評価方法として知られるもので、特に複雑な構造物に対して有効である。<sup>2)</sup>

### 2. 2. 応力負荷方法の検討

予備試験として、広く行われる加振機の制御周波数を製品の共振周波数に合わせて固定させる手法を実施した。その結果、数分経過後に、徐々に加速度、ひずみが低下する現象が観察された。この時、負荷応力が大きいほど、短時間で急激な低下となり、長時間安定した応力負荷ができない状況であった。一定の振動条件に対し、応答が変化するという事は、振動工学的に見ると製品の共振特性が変化したことが考えられる。そこで、疲労試験中の共振周波数の変化を調査した。図1は測定例だが、すべての測定条件で、負荷回数の増加に伴う共振周波数の低下が確認された。よって、加振機の制御周波数と製品の共振周波数の乖離が原因で、安定した応力負荷ができなかったと推察される。

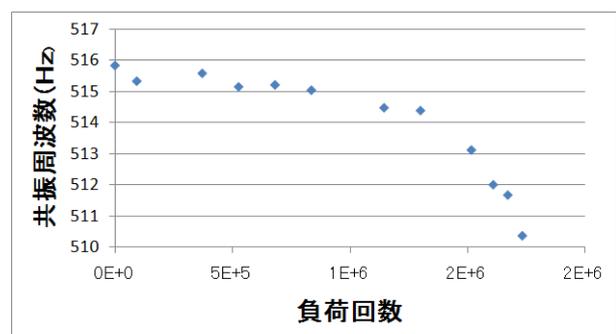


図1 負荷回数と製品の共振周波数の関係

以上から、本研究では、製品の共振周波数の低下に同調するように非常に小さな挿引速度で制御周波数を低下させる手法を実施した。複雑な構造物の場合、その共振周波数は剛性マトリクス、質量マトリクスで決まる。共振周波数が低下するということは、剛性特性に影響を与える構造上の変化（微視的破壊、亀裂の発生、成長）があったと理解すべきである。よって、破壊力学的な観点を適用し、1回の荷重変動ごとに少しずつ亀裂が成長し、共振周波数が低下していると推測する。亀裂成長の速度は、ある範囲において応力振幅と比例的な関係があることが知られており、比例係数も材料の種類によって決まる材料特性値となる。<sup>3)</sup>このことは、適切な試験速度を選択することで、安定した試験ができる可能性を示唆するものである。

### 2. 3. 破壊基準評価方法の検討

一般の疲労試験は破断に伴う荷重低下という明確な基準があるが、製品試験ではどのように破断を判断するか明確ではない。本研究では、破壊の程度を共振周波数の低下量としてとらえることとした。これは、前述した破壊力学的観点の適用によるものである。

疲労試験による共振周波数低下量を1~10Hzとした複数の製品を用意し、提案企業で染色浸透探傷検査、水没試験を実施した結果、亀裂の大きさと共振周波数の低下量との相関が確認された。

この評価方法により、従来のように亀裂の状況確認のために何度も試験を中断することもなく、従来より定量的な評価が可能となる。

## 3. 試験結果と考察

### 3. 1. 疲労特性試験

製品の疲労破壊特性を把握するために、複数の溶接条件試験体を対象に疲労試験を行った。応力条件は、90、100、110、120、130、140 N/mm<sup>2</sup>の6条件とした。破壊基準は、探傷試験の検出限界から共振周波数5Hz低下に相当する破壊とした。

図2に振動疲労試験結果を示す。同一の試験・評価方法で実施した結果、通常の方法で見られるばらつきは低減し、S-N曲線挙動を得ることができた。

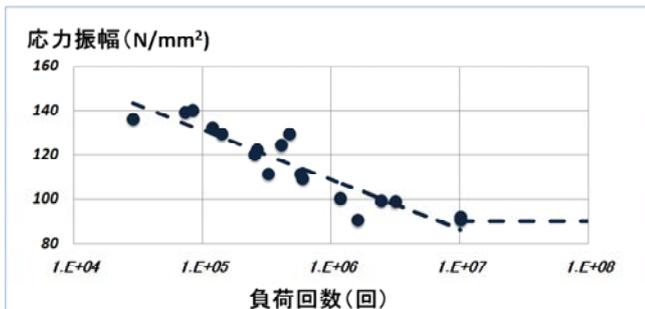


図2 振動疲労試験結果

また、90 N/mm<sup>2</sup> 荷重条件では、10<sup>7</sup>回まで繰り返し荷重を負荷しても、破断、亀裂進展が観察されない疲労限度を把握することができた。この条件では、試験初期の段階で共振点が低下せずに停滞する現象が見られた。この現象は、疲労限度を極めて早い段階で判断できる手がかりとなり、試験時間の大幅な短縮の可能性を示唆している。

### 3. 2. CAE解析による検証（応力解析）

疲労特性評価の妥当性を検討するために、CAE解析を行った。解析は振動荷重による影響を調べるため、周波数応答解析とした。

図3は応力分布を示したものである。最大応力位置の仮想断面図と拡大図を図示したが、最大となるのは溶接部止端の切欠き形状位置表面であり、応力集中の影響によると考えられる。また、最大応力位置は破断発生位置とほぼ一致した。最大応力はひずみ測定位置の1.4倍ほどであることが確認された。

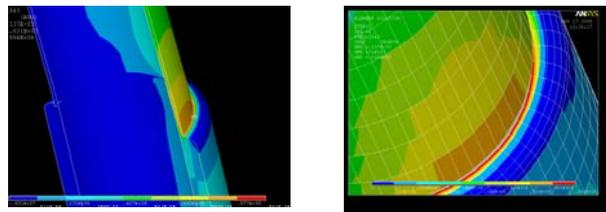


図3 CAE解析結果(左：仮想断面図、右：拡大図)

## 4. 結言

製品に対する振動疲労試験において、加速度測定、ひずみ測定を組み合わせた方法ならびにCAE解析を行うことで、以下の知見・結果が得られた。

- ・従来の一定周波数で加振をする方法に代わり、製品の共振周波数の低下に合わせて非常に小さな挿引速度で加振機の制御周波数を低下させる方法により、従来よりも安定した応力振幅負荷を与えることができた。
- ・破壊の程度を共振周波数の低下量として評価することにより、試験を中断することなく定量的な評価が可能となった。
- ・上記の試験方法、評価方法に従った疲労試験により、疲労破壊特性評価(S-N曲線の取得)が可能となった。また、一部条件で疲労限度を把握することができた。
- ・CAE解析により、ひずみ測定位置での応力と破断発生位置での応力に、どの程度の差があるかを確認することができた。

### 参考文献

- 1) 溶接・接合便覧, (社) 溶接学会
- 2) 鯉淵ら: “製品開発のための材料力学と強度設計のノウハウ”, 日刊工業新聞社
- 3) 東郷ら: “材料強度解析学”, 内田老鶴圃

# 蜂蜜酒「ミード」における製造管理技術の確立

Establishment of production control technology of a mead.

会津若松技術支援センター 食品技術グループ 高橋 亮 鈴木賢二 櫛田長子  
有限会社峰の雪酒造場 佐藤利也

蜂蜜酒「ミード」製造において蜂蜜のみを原料とした場合、アルコール分が3%程度で発酵が停止してしまう問題があるが、発酵条件を最適化することで、目的とするアルコール分11%生成を達成し、さらに活性炭により酵母臭を軽減し、蜂蜜本来の香味を有したより高品質なミード製造技術の検討を行った。

Key words : 蜂蜜酒、ミード、製造管理、活性炭

## 1. 緒言

蜂蜜を発酵させた蜂蜜酒「ミード」はワインやビールと同様に古代より存在し、ヨーロッパを中心に愛飲されており、ハネムーン(蜜月)の語源ともなっている。ミードは通常、蜂蜜を水で希釈し、酵母を接種して発酵させる方法がとられるが、蜂蜜のみを原料として発酵させることは難しく、酵母が栄養不足に陥り、アルコール分が3%程度で発酵が停止してしまう問題がある。そのため通常、麦芽や穀類、果汁等が加えられ、発酵する方法がとられるが、蜂蜜本来の香味が消失したり、異臭が付与されてしまう問題があり、蜂蜜のみを原料とする詳しい製造管理技術は確立されていない。そこで、本研究では会津ブランドの自然食品としてミードを特産商品化を目指し、国産蜂蜜である奥会津特産「栃の木蜂蜜」のみを原料とした場合でも健全な発酵経過により市販酒と同等の11%程度までアルコールを生成させ、さらに蜂蜜本来の香味を有したより高品質なミード製造技術について検討を行った。

## 2. 実験方法

### 2. 1. 小仕込試験

原料蜂蜜は使用予定の会津産「栃の木蜂蜜」を用いた(写真1)。小仕込試験は1段仕込(使用酵母 K-901)で行い、遠心分離(9000rpm 5min)にて上槽後、オムニテストフィルター(ポアサイズ0.4 $\mu$  K. TSUKAMOTO社製)で濾過し、63 $^{\circ}$ C達温にて火入れを行い製成酒とした。



写真1 原料蜂蜜・発酵モロミ・製成酒

### 2. 2. モロミ及び製成酒成分分析

Brixの測定は屈折糖度計(ATAGO社製)、アルコール濃度の分析はアルコメイトAL-2型(理研計器株式会社製)を用いた。

### 2. 3. 官能評価

官能評価は3点法(1:優~3:難)にて行い平均点を算出した。パネラーは当所酒類関係職員4名で行った。

## 3. 試験結果及び考察

### 3. 1. 初発酵母添加数の検討

酵母に対する栄養不足による発酵停止を回避する手段として、仕込時の初発酵母添加量を増やすことで酵母増殖に消費される栄養を節約させる点に着目し、初発添加酵母数の検討を行った。初発添加酵母数によるアルコール生成経過を図1に示した。その結果、発酵経過に顕著な差がみられ、発酵期間30日間で目的とするアルコール濃度11%に到達するには $1 \times 10^8$ cells/ml以上の酵母密度を必要とすることが確認できた。

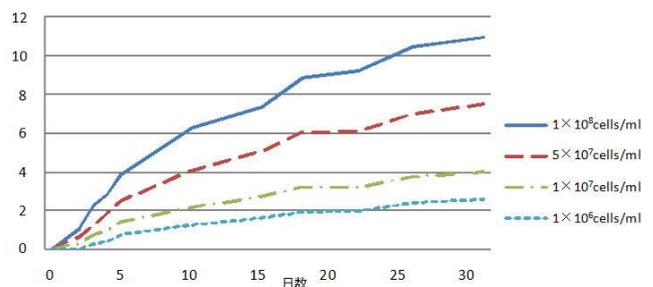


図1 初発酵母密度によるアルコール生成経過

### 3. 2. 初発Brixの検討

初発Brixの検討ではBrix30以上でアルコール発酵がやや抑制される傾向となったが、25以下では一定となり官能評価結果の最も高いBrix25を最適条件とした。

表1 初発Brixによる官能評価結果

Brix	評点	評価
35	3.0	甘重い 味クドイ 甘すぎ
30	2.3	蜂蜜らしい 甘重い やや味クドイ
25	1.0	甘味酸味バランス良い 軽快
20	1.8	やや酸ハル 軽快 薄い
15	3.0	酸味ウク 苦味 薄い 甘味不足

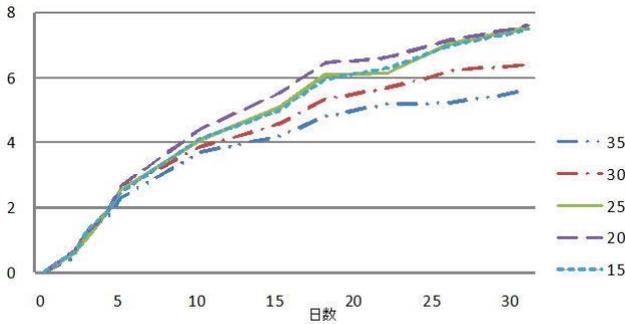


図2 初発Brix濃度による発酵経過

### 3. 3. 発酵温度の検討

発酵温度の検討では20℃において発酵が旺盛となるが、香味のバランスが崩れ官能評価が著しく低下したため発酵経過、官能評価ともに良好な15℃を最適条件とした。

表2 発酵温度による官能評価結果

温度	評点	評価
10℃	1.8	甘味キレイ 甘重い
15℃	1.0	甘味酸味バランス良い 軽快
20℃	2.3	味ぎたない 酢酸エチル臭 酵母臭

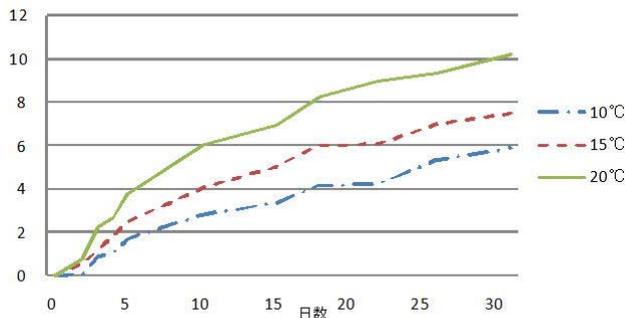


図3 温度による発酵経過

### 3. 4. 活性炭使用量の検討

酵母大量添加により生じた酵母臭除去、及び香味調整のため活性炭添加量の検討を行った。その結果、活性炭添加量が多いほど香味及び色が薄くなる傾向となり、0.01%添加条件で余分な蜂蜜臭、酵母臭を除去すると同時に適度に蜂蜜らしい色が残り官能表評価が最も高くなったことから最適添加量とした。

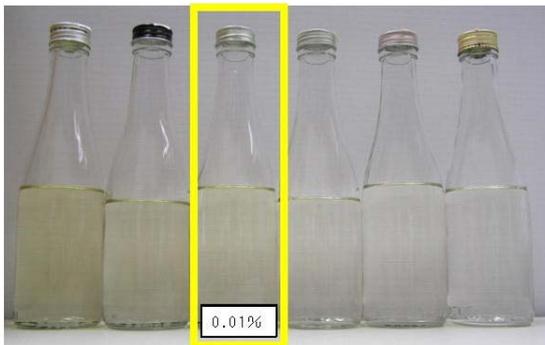


写真2 活性炭使用量による色の変化

表3 活性炭使用量における官能評価結果

使用量(%)	評点	評価
無添加	2.5	酵母臭、蜂蜜臭強い 甘旨いも重い
0.005	2.0	やや酵母臭、蜂蜜臭あり 甘旨いもやや重い
0.010	1.3	軽快 香味バランス良好 甘味キレイ
0.050	2.0	酵母臭、蜂蜜臭少ない キレイ やや酸ハル
0.100	2.3	蜂蜜らしさやや欠く 酸味甘味ウク
0.200	2.5	蜂蜜らしさ欠く 酸味甘味ウク 酸臭

### 3. 5. モロミのアルコール分とBrixの関係

発酵経過におけるモロミ中の生成アルコール濃度とBrixの関係を図4に示した。酵母増殖を伴わない単発酵であるミードのモロミではアルコール濃度値とBrix値の和が一定、さらに初発Brix値となることが明らかとなり下記の式が成り立つことを確認できた。この式を用いることでモロミのアルコール濃度の把握には屈折糖度計によるBrix測定のみで済み、モロミ管理にかかる手間の軽減が可能となった。

「アルコール濃度 + Brix = 一定(初発Brix)」

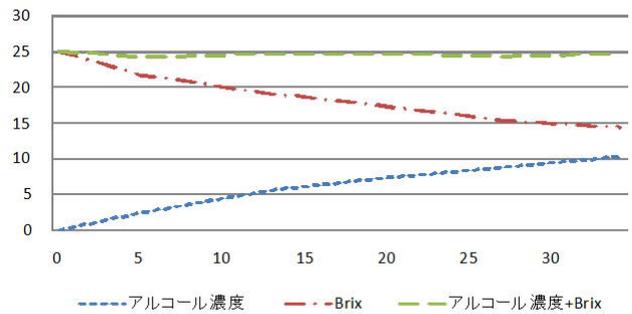


図4 アルコール濃度とBrixの関係

## 4. 結言

蜂蜜本来の香味を有したミード製造のため蜂蜜のみを原料とする場合、初発添加酵母数を $1 \times 10^8$  cells/ml以上とすることで酵母の栄養不足による発酵停止を回避することができ市販酒と同等のアルコール濃度11%程度まで生成可能となった。発酵条件について検討したところ初発Brix25、発酵温度15℃が最適条件となり、さらに適度な活性炭使用(0.01%)により酵母臭を除去することができ、香味のバランスがとれたより高品質なミード製造が可能となった。また、発酵経過におけるモロミ中のアルコール濃度値とBrix値の和が一定、さらに初発Brix値となることが明らかとなり、Brix測定のみでモロミのアルコール濃度が把握できることが確認できた。

# 科学研究費補助金事業

# ポリオレフィン表面への機能性微粒子の簡便な固定法の開発

## —微粒子固定における基材結晶性の影響—

Development of a Facile Method for the Fixation of Functional Fine Particles to Polyolefin Surfaces

-Effect of Substrate Crystallinity on the Fixation of Fine Particles to Polyolefin Surfaces-

いわき技術支援センター 材料グループ 吉田正尚

本研究ではその化学構造から着色等の表面修飾が困難なポリエチレン基材が何故シラン系結合剤と微粒子を分散した液相中に浸漬するだけで微粒子が基材表面に固定されているのかを基材結晶性を中心に検討した。即ち微粒子を固定可能なポリエチレン系を熱処理により結晶性を低下させると微粒子は固定出来なくなり、逆にn-テトラコンタン(ポリエチレンのモデル分子)を高度に結晶化させると微粒子を固定出来た。微粒子は基材表面のラメラ晶上に島を形成し、そこを起点に板状に広がり被覆していくと思われた。

Key words: ポリエチレン、微粒子固定、結晶配向性、n-テトラコンタン、結晶ラメラ構造

## 1. 緒言

ポリエチレン(以下PEと略す)等のポリオレフィン(以下POと略す)類は一般にその化学構造から表面不活性であり、後加工による着色等の表面修飾が非常に困難な材料である。POの表面修飾は、原着法やコロナ放電処理法等が提案されているが、これらの方法では顔料等の微粒子がPO基材内部に分布したり、またその処理によりPO自体が傷む為物理的特性が低下しPO本来の強度が発揮できない欠点があった。そこで、シラン系結合剤と機能性微粒子を含む液相中でPO基材表面に微粒子を固定する、ゾルゲル法を基にした独自の手法を開発した。この方法によるとPE系にダメージを与えることなくW微粒子を固定し高比重化することができることを前回報告した<sup>1)</sup>。今回はPO基材に何故表面修飾できるのかを考察する為、PO基材の結晶性の高低と微粒子の付着性の関係及びそれら結晶性の異なる各PO基材表面状態と微粒子固定の影響について検討した。

## 2. 実験

### 2. 1. 結晶性の異なるPO基材への微粒子固定実験

結晶性の異なる各PO基材を作製し、機能性微粒子としてタンゲステン(W)微粒子(高純度化学(株)製、平均粒径0.6 μm)を用い、結合剤である3-メタクリロキシプロピルトリエトキシシラン(シラン系結合剤)の1%水溶液中にPO基材とW微粒子を同時に投入し、PO基材表面にW微粒子を固定してPO基材全体を高比重化することを試みた。(以下この操作を高比重化処理とする)

#### 2. 1. 1. 熱処理の有無による実験

PO基材としてPE系(東洋紡績(株)製ダイニーマ)を用いた。PE系をその融点である156℃以上で熱処理(真空中180℃2時間)を行い結晶性を低下させた試料(図1(b))とPEに熱処理を行わない試料(図1(a))で高比重化処理を行いそれぞれのW微粒子固定量を比較した。

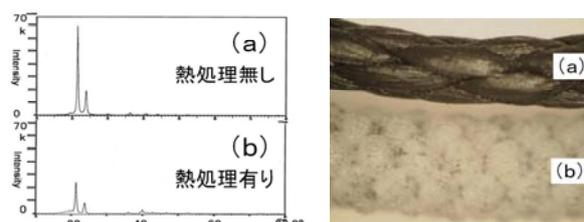


図1 各PE系のX線回折像(左)と高比重化処理後(右)

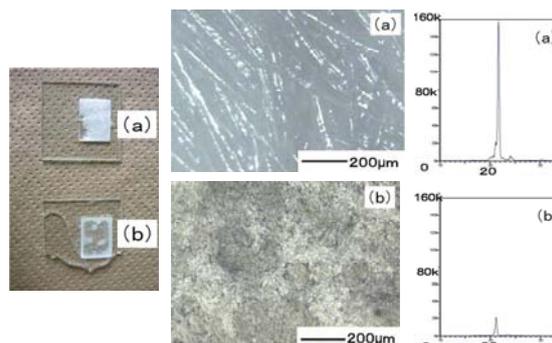


図2 結晶性の異なるn-テトラコンタン(左・中)X線回折像(右)

### 2. 1. 2. PEモデル分子を用いた実験

直鎖アルカンのn-テトラコンタン(CH<sub>3</sub>(CH<sub>2</sub>)<sub>38</sub>CH<sub>3</sub>)と光純薬工業(株)製を用いて基材結晶性の異なる試料を作製し同様の高比重化処理を行った。n-テトラコンタンはPE高分子を短く切断したPEのモデル分子であり、融点81℃以上の熔融状態から液体窒素による急冷により非晶質試料(図2(b))、降温速度0.3℃/hで大気中除冷により結晶性の高い試料(図2(a))が得られ、基材の結晶性の影響を検証することができる。

#### 2. 2. PO基材表面の観察

W微粒子固定の可否はPO基材表面にどのような特徴があるのか、またそのW微粒子が固定されていく成長過程を以下の機器分析により検討した。

##### 2. 2. 1. 走査型プローブ顕微鏡(SPM)による観察

PE平板(作新工業(株)ニューライトNL-W)を2.1.1と同様に熱処理を行い、熱処理の有無で各PE基材表面の状態がどう変わるのかをSPM(島津製作所(株)製SPM-9600)により観察した。

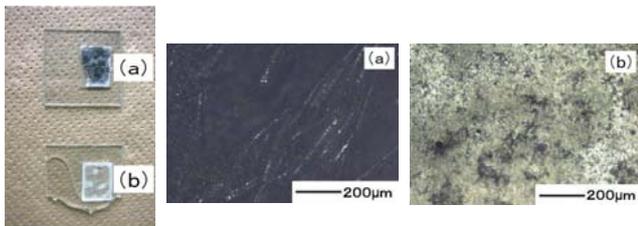


図3 結晶性の異なるn-テトラコンタン基材のW固定量の違い

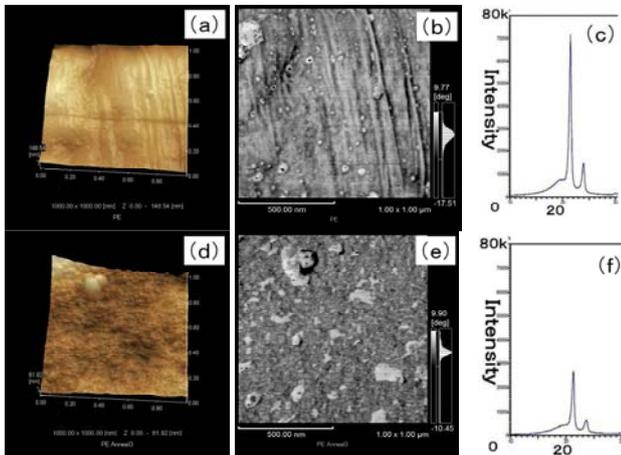


図4 熱処理無しPE平板基材のSPM形状像(a)位相像(b) X線回折像(c)、熱処理有りPE平板基材のSPM形状像(d)位相像(e)X線回折像(f)

### 2. 2. 2. 走査型電子顕微鏡 (SEM) による観察

W微粒子がPE平板に固定されていく過程を時間毎にSEM(日本電子(株)製 JSM-7000F)により観察した。

## 3. 結果と考察

### 3. 1. 1. 熱処理の有無の影響

初めはW微粒子を固定出来たPE糸も予め熱処理して結晶性を低下させた試料(図1(b))では高比重化処理を行ってもW微粒子を固定できなくなり(図1右)基材結晶性の低下は微粒子固定を困難にすると思われる。

### 3. 1. 2. 基材結晶性の影響

結晶性の高低に差があるn-テトラコンタンでは、結晶性が低い試料に比べ、結晶性が高い試料の方にW微粒子が多く固定できた(図3)。ゆえにW微粒子固定には基材の高い結晶性が必要であると考えられる。

### 3. 2. PO基材表面の機器分析の結果と考察

#### 3. 2. 1. SPMによる観察

図4にSPM像とX線回折像を示す。熱処理無しPE平板基材表面には形状像(a)及び位相像(b)を見るとその微構造として上下方向に配向したPE高分子の結晶ラメラ構造の凹凸が確認出来た。一方、熱処理した試料では形状像(d)及び位相像(e)を見ると熱処理により前述の結晶ラメラ構造が消失しており、その結果、微粒子固定の足場となる凹凸を失うことにもなりW微粒子固定が困難になると考えられる。

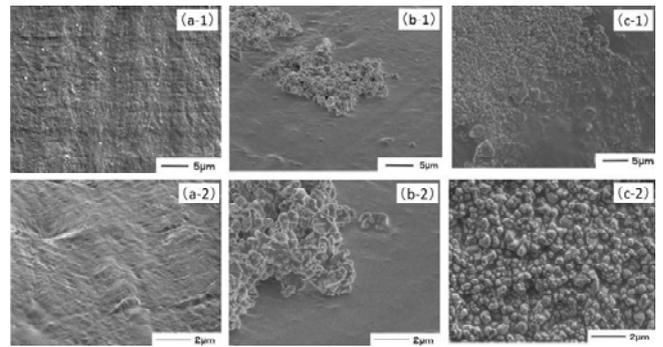


図5 高比重化処理開始から3分後(a-1,2)、10分後(b-1,2)、120分後(c-1,2)のSEM観察

### 3. 2. 2. SEMによる微粒子固定過程の観察

図5にSEM観察によりPE平板基材にW微粒子が固定していく成長過程を示す。W微粒子はPE高分子が結晶化したラメラ晶部分を足場として始めに島を形成し、その島を起点として板状に拡がり他の島と融合しながらPE基材表面全体を被覆していくと思われる。

## 4. 結言

以上を検討した結果、下記の知見を得た。

- 1) 初めW微粒子が固定出来たPO基材でも結晶性が低下するとW微粒子は固定されず、逆に本来W微粒子を固定出来ないアルカン分子でも結晶性を高めるとW微粒子が固定された。これにより基材結晶性の程度がW微粒子固定に影響を与えていると思われる。
- 2) W微粒子を固定出来る結晶性が高いPO基材表面には結晶ラメラ構造が存在し、熱処理を施すと結晶ラメラ構造が消失しW微粒子は固定出来なかった。
- 3) W微粒子がPO基材に固定されていく様式は始めにW微粒子がPEが結晶化したラメラ晶部分に島を形成し、その島を起点として板状に拡がるように基材表面を被覆していくことが示唆された。

今後は微粒子固定機構の更なる検討と本技術を利用した工業製品の実用量産化<sup>2)</sup>、並びに本技術がPO基材以外の他の高分子材料についても適用できるかどうかについても検討する。

### 謝辞

本研究でご指導ご協力頂きました福島大学共生システム理工学類の佐藤理夫教授に深謝致します。

### 参考文献

- 1) 吉田正尚：平成18年度福島県ハイテクプラザ試験研究報告、pp.51-53、2007
- 2) 特許取得：”釣り糸の微粒子コーティング”  
特許第4011588号

# 調査研究開発事業

# 植物生育促進のための微生物資材の開発

## Development of microorganism materials for plant growth promotion

研究開発部 プロセス技術グループ 池田信也、大野正博、渡邊 真

会津桐は福島県の特産品であるが、生育障害などによって桐材の生産量が激減している。我々は会津桐の生育不良に関して、従来から原因として示唆されている栽培土壌中の微生物の変化について調査研究を行った。

Key words: 桐、土壌微生物、DGGE 法、微生物群集解析

### 1. 緒言

微生物農薬や微生物資材は「環境対応型アグリ資材」として、現在アグリ市場で注目されている分野である。これまでもいくつかの微生物農薬や微生物資材が市場に出ているが、福島県の土壌（地域）や特産品（会津桐など）に適合した微生物資材の開発はこれまでになされていない。

そこで、我々は近年、植栽苗の生育障害等により、生産量が激減している大沼郡三島町の特産品である会津桐に注目し、これらの土壌、品種等に適合した微生物資材の開発により、会津桐の生育促進に取り組んでいる。



図1 正常に生育した桐の成木  
(樹齢17年(左)、樹齢2年(右))

従来から、土壌の化学性及び物理性などの調査研究は行われていたが、生育阻害に関する因果関係は掴めず、土壌微生物の関与が示唆されるにとどまっていた。

そこで、本調査研究事業では、良好な生育を示す桐植栽地の土壌微生物と、生育不良を示す土地の土壌微生物を統計的に比較してその差異を解明するための実験方法を確立することを目的とした。また、過去の文献を調査し、桐の病気とその原因などについて確認を行った<sup>1)~4)</sup>。

将来は、桐の適正な生育に寄与する土壌微生物を特定するほか、本来持っている病虫害抵抗性を高め、今まで栽培が困難であった作物を容易に栽培できるようにするための微生物資材を開発することを目標としている。

### 2. 実験

#### 2. 1. 調査地

まず、本調査研究を実施するにあたり、三島町役場に調査候補地の選定を依頼した。

その結果、三島町の行う「会津桐畑地植栽モデル林整備事業」で選定する栽培地を、本調査研究調査地とすることとした。

三島町役場で、連作地、新作地問わず、桐の栽培に協力していただける場所を公募したところ、9件の申し込みがあった。現地調査の上、重機の入れない場所等を選外として、計6カ所を調査地とした。調査地は下記のとおりである。

表1 調査地

符号	地名	面積 (m <sup>2</sup> )
A	川井字下仲の原	528
B	川井字下原	1,000
C	川井字西割沢	1,000
D	名入字下上ノ原	604
E	間方字石畑	310
F	大谷字細越	1,200

#### 2. 2. 試料の採取方法

採取土壌は、まず、表土を一辺 15cm 程度の正方形の形に深さ 5cm 程度取り除いた。そして、その表面を基準に更に 5cm 程度掘り起こし、その中から、20g ~ 30g 程度無菌バッグに採取した。採取した土壌は、氷で予冷した発泡スチロールの箱に保管した。

試料採取は、2007年11月20日(A、B、D)12月5日(C、E、F)の2日間で行った。

本来であれば、三島町における桐の生育期間である5月から8月のサンプリングが望ましかったが、幼木は1カ所にまとめて植えられ、それぞれの土地に植え替えが行われた直後の、11月の後半から12月にかけてのサンプリングとなった。

それぞれの場所で、桐の木の直近部(樹中心から20cm以内)と盛り土部の2カ所からサンプリングし

た(図2)。また、A地点は、川を跨いで飛び地となっていたため、2カ所と計算しそれぞれサンプリングを行った。そのため、サンプルは合計14土壌となった。



図2 積雪防護のための「さやがけ」をした桐の幼木(丸印がサンプリング箇所)

### 2. 3. DNAの抽出

DNAの抽出は、サンプリング当日にDNA抽出キット(MO BIO Laboratories, Inc.製 PowerMax™ Soil DNA Isolation Kit)を使用し、土壌10gを使用して、そのキットの標準的な方法で抽出を行った。抽出液は、-30℃で凍結保存した。

### 2. 4. DGGE法による微生物群集解析

16SrDNAの357forward primerにGCクランプを付け、518reverse primerとPCRを行った。変性剤は40% formamide, 7M Ureaを100%とし、35%-55%のグラジエント変性ゲル(6.5%アクリルアミド)を作成した。電気泳動は60℃・130V・210minで行った。

## 3. 実験結果と考察

### 3. 1. DNA抽出品質の確認

電気泳動後のゲルの状態は図3(図は7サンプル分)のとおり。DNAのバンドが確認され、抽出及びPCRが正確に行われたことがわかった。

### 3. 2. DGGE法による微生物群集解析

DGGE法による群集解析を行った(図4)が、降雪後だったにもかかわらず、土壌中の微生物の種類が非常に多く、明確に分離できるバンドが現れなかったため、微生物の特定は行えなかった。

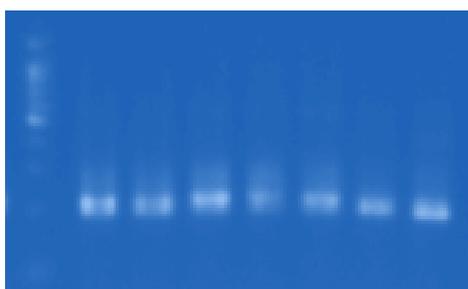


図3 電気泳動後のゲル(左端はサイズスタンダード)

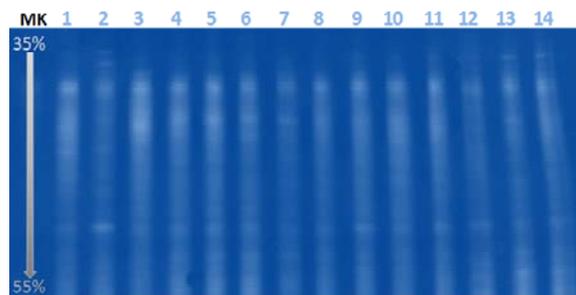


図4 グラジエント変性ゲルでの電気泳動結果

## 4. まとめ

大沼郡三島町の桐栽培土壌の土壌微生物調査のため、合計14カ所のサンプリングを行った。それらの土壌からDNAを抽出し、DGGE法による群集解析を行った。

その結果、耕地、未耕地にかかわらず、試料中の土壌微生物の多様性が高く、微生物の特定が困難なため、今後は、成長期における土壌及び根周辺の土壌及び根自体のサンプリングを行い、微生物を検討する必要があると考えられた。

## 謝辞

本研究を遂行するにあたり、調査地の選定等にご協力いただきました福島県大沼郡三島町の皆様、及び、桐の生態等に関してご指導いただきました、県林業研究センター林産資源部の方々に深謝いたします。また、実験のサポートをしていただいた臨時技能員の田平ともみさんに深謝いたします。

## 参考文献

- 1) 青野茂、渡部正明、我妻実：“キリのタンソ病抵抗性育種の研究”、福島県林業試験場研究報告 第19号、pp.239-244、1986
- 2) 青野茂、松崎明：“桐樹の体質劣化の解明に関する研究”、福島県林業試験場研究報告 第19号、pp.245-252、1986
- 3) 古川成治、青野茂：“会津桐の栽培技術体系化に関する研究—キリ胴枯性病害抵抗性の検定法—”、福島県林業試験場研究報告 第32号、pp.77-90、2000
- 4) 佐々木克彦、松崎清一：“北海道におけるキリ腐らん病に関する研究”、北海道立林業試験場研究報告 No.349、pp.97-117、1987

# **福島県ハイテクプラザ試験研究報告**

平成19年度（2007年度）

平成20年11月発行

発行

## **福島県ハイテクプラザ**

〒963-0215 郡山市待池台1丁目12番地

代 表	0 2 4 - 9 5 9 - 1 7 4 1
企 画 管 理 科	0 2 4 - 9 5 9 - 1 7 3 6
連 携 支 援 科	0 2 4 - 9 5 9 - 1 7 4 1
工 業 材 料 科	0 2 4 - 9 5 9 - 1 7 3 7
生 産 ・ 加 工 科	0 2 4 - 9 5 9 - 1 7 3 8
電 子 ・ 情 報 科	0 2 4 - 9 5 9 - 1 7 3 9
フ ァ ク シ ミ リ	0 2 4 - 9 5 9 - 1 7 6 1

## **福島県ハイテクプラザ福島技術支援センター**

〒960-2154 福島市佐倉下字附ノ川1-3

代 表	0 2 4 - 5 9 3 - 1 1 2 1
織 維 ・ 材 料 科	0 2 4 - 5 9 3 - 1 1 2 2
フ ァ ク シ ミ リ	0 2 4 - 5 9 3 - 1 1 2 5

## **福島県ハイテクプラザ会津若松技術支援センター**

〒965-0006 会津若松市一箕町大字鶴賀字下柳原88-1

代 表	0 2 4 2 - 3 9 - 2 1 0 0
醸 造 ・ 食 品 科	0 2 4 2 - 3 9 - 2 9 7 6 ・ 2 9 7 7
産 業 工 芸 科	0 2 4 2 - 3 9 - 2 9 7 8
フ ァ ク シ ミ リ	0 2 4 2 - 3 9 - 0 3 3 5

## **福島県ハイテクプラザいわき技術支援センター**

〒972-8312 いわき市常磐下船尾町字杭出作23-32

機 械 ・ 材 料 科	0 2 4 6 - 4 4 - 1 4 7 5 (代表)
フ ァ ク シ ミ リ	0 2 4 6 - 4 3 - 6 9 5 8

編集

福島県ハイテクプラザ 企画管理科  
URL <http://www.fukushima-iri.go.jp>  
E-mail [info@fukushima-iri.go.jp](mailto:info@fukushima-iri.go.jp)