

ISSN 0919-6676
CODEN : SFHPFE

試験研究報告

平成14年度

福島県
ハイテクプラザ
FUKUSHIMA TECHNOLOGY CENTRE

平成14年度 福島県ハイテクプラザ試験研究報告

目 次

産官共同研究開発事業

- 1 在宅介護用昇降ベッドの開発…………… 1
生産技術部 渡辺正幸 角田稔 斎藤俊郎 工藤弘行 安齋弘樹
会津若松技術支援センター 佐竹延明 出羽重遠
株式会社コスモテック 谷島昇
株式会社ナショナルマリンプラスチック 織茂正博 緑川貴司
株式会社ホット郡山 安齋久夫

- 2 次世代メカトロニクスシステムの開発…………… 7
－DSPとFPGAを使ったモータドライブシステムの開発－
応用技術部 高橋淳 大内繁男
山本電気株式会社 天野耀鴻

- 3 次世代メカトロニクスシステムの開発…………… 9
－近距離における電波伝搬特性に関する研究－
応用技術部 須藤尚子 笹山淑弘
アルプス電気株式会社 志賀貞一

- 4 異素材の複合化縫製技術等の活用により高感性衣料の開発…………… 11
福島技術支援センター 菅野陽一 野村隆 長沢浩
伊藤哲司 吉田正尚 東瀬慎 佐々木ふさ子
菅野繊維株式会社
三与機業場有限会社
株式会社ニーズプロダクト
有限会社曳地メリヤス
株式会社野地

- 5 次世代プラスチックの製造技術の開発(第1報)…………… 13
－ナノコンポジットによる結晶化－
材料技術部 長谷川隆 菊地時雄 高瀬つぎ子
クニミネ工業株式会社 榎戸洋之
宇部樹脂加工株式会社 秋山恵司

- 6 亜鉛めっきのクロムフリー化成処理技術…………… 16
－黒色・クロムフリー化成処理皮膜の開発－
材料技術部 宇津木隆宏 大堀俊一 鈴木雅千 渡部修 大河原薫
株式会社サンビックス 室井良一
郡山チップ工業株式会社 斎藤敏雄

- 7 有機赤外線センサーを利用したマイクロデバイスの開発(第1報)…………… 19
材料技術部 伊藤嘉亮 三瓶義之
生産技術部 本田和夫
応用技術部 高橋淳 大内繁男
株式会社コンド電機 小林好之
株式会社ホロニック 斎藤宏
- 8 スーパー繊維を活用した産業資材の開発…………… 23
福島技術支援センター 菅野陽一 野村隆 長沢浩
伊藤哲司 吉田正尚 東瀬慎 佐々木ふさ子
株式会社ニーズプロダクト
株式会社シラカワ二本松工場
電材産業協同組合
日本素材株式会社

福島・山形・新潟三県公設試験研究機関共同研究事業

- 1 微生物による未利用資源の高度利用化(第3報)…………… 26
応用技術部 安川真 池田信也 鈴木英二 桑田彰

中小企業技術開発産学官連携促進事業

- 1 エージェント利用広域高速ネットワーク管理/セキュリティ監視システムの研究…… 32
応用技術部 本田修啓 尾形直秀 高樋昌
浜尾和秀 太田悟 小柴誠

地域新生コソーシアム研究開発事業

- 1 組込みシステム・オープンプラットフォームの構築とその実用化開発…………… 34
－組込みシステムのソフトウェア部品の開発－
応用技術部 尾形直秀 本田修啓
財団法人みやぎ産業振興機構
株式会社日立国際電気八木記念情報通信システム研究所
株式会社中央製作所仙台設計事務所
有限会社品川通信計装サービス
有限会社エグゼキュートシステム
株式会社北斗電子
株式会社ヴィッツ
豊橋技術科学大学
仙台電波工業高等専門学校
苫小牧工業高等専門学校
北海道立工業試験場
名古屋市工業研究所
宮城県産業技術総合センター

知的クラスター形成事業

- 1 ホームケアサービス支援システムにおける
セキュア・モバイルインターネットに関する研究…………… 37
 応用技術部 浜尾和秀 太田悟 小柴誠
 会津大学 魏大名
 サクシード株式会社 松浦将文
 有限会社ジークルー 奥谷文昭

ニーズ対応型研究開発事業

- 1 最表面観察手法の確立と生産工程への応用…………… 40
 材料技術部 高瀬つぎ子 栗花信介 杉内重夫
- 2 大径・長尺ワーク用円筒度測定機の開発…………… 44
 生産技術部 遠藤勝幸 菅原康則 吉田智
- 3 福島県産ブランド清酒の開発…………… 46
 －福島県産オリジナル米「夢の香」と「ふくみらい」の醸造特性－
 会津若松技術支援センター 鈴木賢二 高橋幹雄 佐藤寿昭 塩原富雄
 佐藤正
- 4 デザイン情報を活用した商品開発システムの研究(第3報)…………… 50
 －トレンド情報を応用したデザイン開発の指導例－
 会津若松技術支援センター 竹内克己 出羽重遠 佐竹延明
 材料技術部 渡部修
 秋田市立美術工芸短期大学 教授 五十嵐潤
 デザイン開発研究会会員 荒井勝祐 大竹信一 大森かず子 加藤悦朗
 儀同哲夫 小松茂夫 佐野真二
 鈴木幹雄・孫枝 武田純 角田純一 手代木進
 照井有海子 細谷誠 三浦圭一 宮田幸男
 山内泰次 渡部正司
- 5 酵素重合型プレポリマーハイソリッドUV漆塗料の開発とその応用研究(第2報)…………… 54
 会津若松技術支援センター 須藤靖典 出羽重遠
- 6 伝統産業における製造技術の開発と新商品の開発…………… 57
 －大堀相馬焼の素地強度向上に関する研究－
 会津若松技術支援センター 佐藤隆 佐竹延明 丸山泰仁 水野善幸
- 7 溶接部の高温耐性被覆処理…………… 60
 －溶射と局部加熱による検討－
 いわき技術支援センター 佐藤善久 安藤久人
 生産技術部 藤井正沸
 滲透工業株式会社いわき工場 草野薫 五十嵐尉記 金長正明

試験研究機関ネットワーク共同研究事業

- 1 県農林水産物の高次活用による健康維持・増進食品に向けた
素材化技術および食品加工技術の開発…………… 63
会津若松技術支援センター 齋藤裕子 河野圭助 小野和広
- 2 県産針葉樹材の住宅内装材及び家具部材への活用のための
機能性付与技術の開発…………… 66
－スギ材の表面硬化技術の開発(1)－
会津若松技術支援センター 橋本春夫
- 3 小規模プラントにおける有機質廃棄物の高速発酵処理技術の開発と
発酵生成物の製品開発について(第1報)…………… 69
応用技術部 池田信也 鈴木英二 安川 真
農業試験場
たばこ試験場
畜産試験場
養鶏試験場
林業研究センター
水産試験場
- 4 自然浄化作用のある水生植物と太陽光によって有機物を分解できる
酸化チタン光触媒を併用した水質保全技術の開発…………… 72
－酸化チタン光触媒による家庭排水の太陽光分解－
材料技術部 大堀俊一 杉内重夫 大河原薫

受託研究事業

- 1 生分解性プラスチックの適正使用のための分解菌データベース作成に関する研究…………… 75
応用技術部 池田信也
- 2 マイクロマシンニング法による微細金型の製作方法の検討…………… 78
材料技術部 伊藤嘉亮 三瓶義之 杉内重夫
生産技術部 本田和夫 吉田智
有限会社ピーアンドエム 玉ノ井泰雄
- 3 光重合性含漆合成樹脂組成物を応用した宗教用具への装飾技術の確立と
新規デザインによる機能性付与の研究…………… 82
会津若松技術支援センター 出羽重遠 須藤靖典
株式会社小野屋漆器店 小野光典 鈴木修一 赤城真弓

公募型ものづくり短期研究開発事業

- 1 社内ネットワーク構成装置管理システムの構築…………… 85
 応用技術部 太田悟 高樋昌 本田修啓
 NKテック株式会社 橋本健太郎

- 2 PWMインバータ制御回路のPLDへの適応…………… 87
 応用技術部 大内繁男 高橋淳
 有限会社エイチ・エス・エレクトリック 関本 英雄

- 3 流動床式焼却炉流動砂の熱挙動…………… 89
 材料技術部 加藤和裕

- 4 プラスチック光ファイバの高品位切断…………… 91
 生産技術部 角田稔 吉田智 本田和夫 工藤弘行
 株式会社ホクシン 梅津薫 橋本哲也

- 5 プレス金型の高性能化・長寿命化…………… 93
 福島技術支援センター 渡辺孝夫
 材料技術部 栗花信介
 石橋工業株式会社 臼井進一

- 6 マグネシウム合金薄板のレーザ溶接…………… 95
 生産技術部 橋本政靖 藤井正沸
 日新マニファクチャリング株式会社 井石雅久

- 7 ステンレスパイプ溶接部の表面研磨技術…………… 97
 －電解砥粒研磨による仕上げ技術－
 いわき技術支援センター 緑川祐二
 材料技術部 高瀬つぎ子
 大野ペロー工業株式会社 近藤一太

- 8 ステンレス素地への漆塗料の密着法の確立と装飾化の研究…………… 99
 会津若松技術支援センター 須藤靖典
 有限会社儀同漆器工房 儀同哲夫 村上修一

- 9 柿渋の無臭化及び柿渋の粉末化……………101
 会津若松技術支援センター 河野圭助
 合名会社畔越商店 畔越大輔

在宅介護用昇降ベッドの開発

Development of elevating bed for home care

生産技術部 渡辺正幸・角田稔・斎藤俊郎・工藤弘行・安齋弘樹
会津若松技術支援センター産業工芸科 佐竹延明・出羽重遠
株式会社コスモテック 谷島昇
株式会社ナショナルマリンプラスチック 織茂正博・緑川貴司
株式会社ホット郡山 安齋久夫

昇降範囲が広く移動や操作が容易で、介護される人と介護する人がともに使い勝手の良い介護ベッドの開発を目標とした。その結果、平成14年度では、前年度までに試作した昇降機構部についての改良、ベッド外装部、背上げ・足上げ装置の試作を行い、従来よりも昇降範囲が広く、使い勝手の良いベッドを試作した。また昇降ベッドに関する人間工学的評価として、手すりを使った立ち上がり動作やベッド昇降時の快適性についての評価を行った。さらに商品化に向けたデザイン的アプローチとして、ヘッドボードなどに温もりのある木材や自然塗料である漆を使い、県産材や県内地場産業の伝統技術、県研究機関保有技術を活用して既存の介護ベッドとの差別化を図った。

Key words: 介護ベッド、昇降機構部、エアバッグ、リンクモデル、動作解析、関節トルク、脳波測定、快適度評価、杉材、桐材、漆、含漆UV塗料、デザインシミュレーション

1. 緒言

現在、少子化・高齢化が進展しており、在宅での介護が増加しているため、介護における主要な機器であるベッドは使い勝手の良いものが必要になってきている。

在宅介護では、電動式昇降ベッドが普及しているが、ベッド面高さは最低で300mm程度の高さがあるため、従来畳の上のふとんを使用してきた場合、就寝環境の維持は困難である。また普通のベッド面が高い場合、転落の際に怪我の可能性が大きい。

そこで本研究では、介護される人と介護する人がともに使い勝手の良い介護ベッドの試作・開発を行うとともに、福祉機器開発に際しての客観的評価方法の確立、県産材や県内地場産業の伝統技術および県研究機関保有技術を活用しての既存介護ベッドとの差別化を目指し、「昇降機構部の開発」、「人間工学的評価方法の確立」、「介護ベッドのデザイン的考察」の3つの要素研究について、平成12年度から平成14年度の3年間、県内企業3社との共同研究を行なった。

2. 昇降機構部の開発

2. 1. 研究内容

開発するベッドは、駆動源にエアを利用して従来の介護ベッドより低い位置まで下降することができ、通常使用する時は最も低い位置で使用することで畳の上

の布団で寝ている環境に近い状態で使用できること、介護を行う時やベッドから離れる時は必要な高さにベッド面が上昇することを目標としている。

平成14年度では前年度までに試作したX形機構及びリニアスライドガイド機構を用いた昇降ベッドの改良、ベッド外装部及び背上げ・足上げ装置を試作した。

2. 2. ベッドのシステム構成

エアを動力源としてエアバッグを膨張・収縮させ、ベッド上面を昇降させるものである。図1に基本構成を示す。

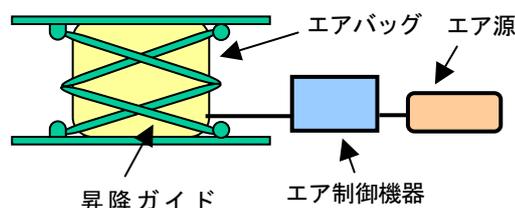


図1 基本構成

2. 3. X形機構の試作

平成14年度では、前年度試作した昇降機構部をもとに、保護カバー、ヘッドボード、手すりなどのベッド外装部の試作を進めた。保護カバーは、X形リンクに身体が接触しないようにするため、機構部全面を被うものを設置した。手すりはその位置を任意に設定でき、必要に応じて手すり本体の取り外しができるもの

とした。

試作した昇降ベッドを図2に示す。床面からベッド上面までの高さは、最も低い位置で120mm、最も高い位置で620mmとなっている。



図2 試作した昇降ベッド

2. 4. リニアスライドガイド機構の試作

平成14年度では、前年度に試作した昇降機構部をもとに、挟み込み防止スイッチ及びベッド面を最上部に固定するロック機構の設置を行った。挟み込み防止スイッチは、身体や物に接触するとベッド面の下降が止まるものをベッド面下部に設置した。またエアバッグからは少量であるが空気が抜けベッド面を長時間同じ高さを維持しているのは難しい。そのためベッド面高さを維持する装置としてロック機構を設置した。

以上の改良点を加え、2次試作を行い昇降動作の確認を行った。図3は、ベッド面が最高時の時のものである。



図3 ベッド面最高時

最低高さについては170mmとなり市販のベッドに比べて130mm程度低いベッドを試作したが、分割については2次試作では対応していないため、組み立て後の移動はキャスターを設置することで移動を容易にした。

2. 5. 背上げ・足上げ装置の試作

背上げ・足上げ装置は、ベッド本体昇降と同様にエアを駆動源とし、エアバッグを用いて昇降を行うこと

とした。

背上げ装置の構造を、図4に示す。背部ベース板の下面にエアバッグを配置し、エアバッグの膨張・収縮に従い、背部ベース板が傾斜する。



図4 背上げ装置



図5 足上げ装置

足上げ装置は単体ユニットとして構成し、使用者の体格に合わせて背上げ装置と足上げ装置の間隔が調整可能な装置を試作した。足上げ装置を図5に示す。図6に背上げ装置、足上げ装置を付加した昇降ベッドを示す。



図6 背上げ装置、足上げ装置を付加した昇降ベッド

2. 6. 結果

「介護される人」と「介護する人」、双方にとって使い勝手の良いベッドの開発を目標に試作を行い、その結果、ベッド面が従来よりも低く昇降範囲の広い昇降ベッドを試作することができた。

3. 人間工学的評価方法の確立

3. 1. 研究内容

近年、福祉介護機器の開発では、主観的な感性情報を生理的な指標で客観的に計測しようとする試みが行われ始めている。このような人間工学的評価方法を確立することによって、より使いやすい福祉介護機器を開発する際の客観的指標となるデータを得ることができる。

高齢者の生活にかかわる大きな問題の一つに移動の問題がある。自由に移動ができることは、生活基盤の上で重要な条件であり、生き生きと生活できるかどうか

かにかかってくる。また、高齢者が在宅で自立して生活できるかどうかは、医療福祉のコストにも大きく影響するという報告もある。介護ベッドにおいては、ベッドから、いかに負担が少なく立ち上がることができるかが非常に重要になる。そこで本研究では、ベッド端部に座った状態から手すりを用いて立ち上がる時の動作について、3次元動作解析システムおよび床反力計により測定した。その結果をもとに関節トルクの推定を行ない、立ち上がりにもっとも適した手すりの構造について検討した。

また、ベッドが昇降する時の快適性についての脳波測定を用いた評価を行った。本研究では、快適な状態に関連する α 波帯域、不快な状態に関連する β 波帯域に注目し、ベッド使用者の快・不快の評価をする方法ならびに最適な昇降動作について検討した。

3. 2. 手すりを使った立ち上がりについて

介護ベッドの使用者が立ち上がりをする時には、サイドフレームの手すり部分などに掴まりながら、身体を支えて立つ場合が多い。現在、手すりには様々なタイプがあるが、代表的な2つのタイプについて動作の比較を行った。測定の対象とした手すりは、取っ手部分の角度が可変式で、ベッド端面から外に突き出して取り付けられるもの(Aタイプ)とベッド端面に沿って固定されたもの(Bタイプ)である(図7参照)。測定姿勢については、基準姿勢とベッド高さが10cm高く、足を5cm引いた立ち上がり補助姿勢の2条件で行った。表1に実験結果を示す。



図7 測定に使用した手すり (左:Aタイプ 右:Bタイプ)

Bタイプでは、手すりを用いた場合、足首と膝の関節トルクの合計値が増えたり、足首関節トルクが極端に大きくなるなど、バランスの悪い不自然な立ち方であると考えられる。一方、Aタイプの場合、負担の小さく、自然な立ち上がり方ができるのではないかと考えられる。従って、ベッドに取り付ける手すりは、肉

体的負担面の観点からは、ベッド端面より外に突き出して取り付け可能なタイプが理想的であると考えられる。

表1 手すりを使った立ち上がり実験結果

	手すり	動作中の最大関節トルク(Nm)		
		足首+膝	足首	膝
基準姿勢	なし	149 (1.00)	83 (1.00)	66 (1.00)
基準姿勢	Aタイプ	99 (0.66)	58 (0.70)	41 (0.62)
基準姿勢	Bタイプ	107 (0.72)	69 (0.83)	38 (0.58)
補助姿勢	なし	104 (1.00)	59 (1.00)	45 (1.00)
補助姿勢	Aタイプ	85 (0.82)	52 (0.88)	33 (0.73)
補助姿勢	Bタイプ	106 (1.02)	91 (1.54)	15 (0.33)

3. 3. 快適性の評価について

3. 3. 1. 脳波測定について

昇降ベッドの中には、高さ調節、背上げ、足上げなどの機能が付いているものがあり、介護の様々な場面で役立っている。しかし、本当に被介護者が快適な状態にあるかどうかを評価するため、従来の聞き取り調査に変わる方法として、脳波測定を用いた快適度の評価方法について検討を行なった。また、昇降ベッドの昇降速度・加速度を変化させた場合の脳波測定を行ない、ベッド使用者にとって好ましい昇降速度・加速度についての考察を行なった。

3. 3. 2. 実験方法

脳波は、一般的に、周波数により、 δ 波(2~4Hz)、 θ 波(4~8Hz)、 α 波(8~13Hz)と β 波(13~30Hz)に分類される。記録された脳波をFFT処理することにより、各帯域のパワースペクトルを計算した。実験は被験者にベッドに寝てもらい、閉眼安静状態にて10秒程度経過した後に、ベッド昇降をした時の脳波測定を行なった。

本研究では α 波、 β 波がそれぞれ、快・不快な状態に関連することから、 α 波と β 波の含有率の合計に対する β 波含有率の割合を不快度の指標とした。図8は解析結果の一例である。図中に示された破線は、ベッド昇降開始およびベッド昇降停止の時刻を示しているが、上昇開始直後ならびに停止直後に β 波の増加が見られる。また、昇降動作中は、昇降動作前後の安静時に比べ、平均的にやや高い割合の β 波が観測されていることを確認した。これは、昇降動作中では安静時に比べ不快度が上昇していることを意味する。以上のように、脳波における α 波、 β 波の割合の変化を観測することにより、被験者の快・不快の度合いを評価する

ことが可能であることを確認した。

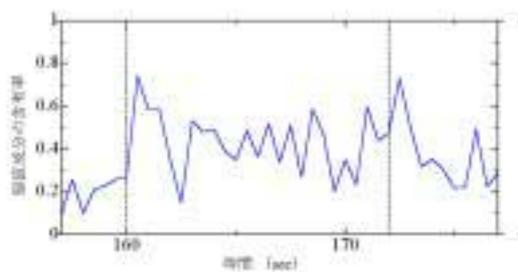


図8 脳波測定結果の一例

次に、昇降ベッドの昇降速度・加速度を変化させた場合の脳波測定を行なった。表2に測定条件として設定した昇降ベッドの速度・加速度および快適性評価結果を示す。昇降速度についてみると、いずれの速度でも、β波の割合には、ほとんど差は見られない。

一方、昇降開始直後（3秒間）の加速度についてみると加速度 8.1cm/s^2 以下ではほとんど差は見られないものの、それ以上では加速度の上昇に伴い、β波の割合も上昇していることが明らかになった。従って、ベッドの昇降速度はある程度大きくしても問題ないものの、昇降開始直後の加速度があまり大きくならないようにする必要があると考えられる。以上の結果は、人間が動きに関する感覚を速度ではなくて、加速度で感知する（この場合の感覚器は三半規管）ことと合致する結果であると考えられる。

表2 昇降速度・加速度を変化させたときの実験結果

	最高速度 (cm/s)	最高加速度 (cm/s/s)	不快度: β 波/ $(\alpha$ 波+ β 波)	
			昇降期間中	昇降開始直後
条件1	3.4	13.1	0.41	0.60
条件2	3.0	10.9	0.43	0.58
条件3	2.7	10.1	0.40	0.52
条件4	2.3	8.1	0.35	0.44
条件5	1.9	7.4	0.39	0.38
条件6	1.5	5.3	0.41	0.43
条件7	1.1	3.7	0.37	0.45
条件8	0.8	1.4	0.34	0.39
条件9	0.5	0.98	0.42	0.43

3. 4. 結果

肉体的負担面の観点からは、ベッド端面より外に突き出して取り付け可能なタイプの手すりが好ましい。

脳波中のα波、β波に注目して快適度の評価ができることを明らかにし、安静時に比べ、昇降動作中のβ波の割合が高いことを確認した。

昇降動作中の快適度は、昇降速度によらず、ほとんど変わらないが、昇降動作開始直後に注目した場合、加速度によって不快度が増加することを明らかにした。

4. 介護ベッドのデザインの考察

4. 1. 研究内容

今回の開発研究において、図9に示すような昇降の機構・機能的な部分についての成果を受け、ベッドとしての製品化更に、市場性を反映した商品にするため、各種シミュレーション等デザイン的な考察を行ったことについて報告する。

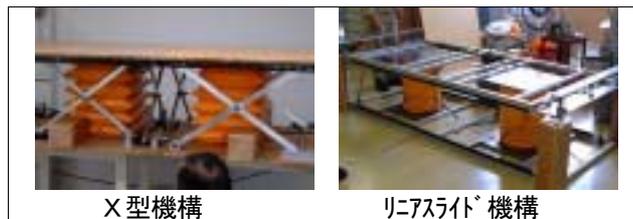


図9 研究開発されたエアバッグ昇降機構

4. 2. デザイン検討

4. 2. 1. 基本的な方向性

福島の中小企業と研究機関とが開発した「福島県産昇降ベッド」としては、昨今注目されているシックハウス症候群の問題につながるVOC(揮発性有機化合物)のない健康性、安全性に根ざした素材や塗装を取り入れる必要があると思われ、デザインを行う上で「人に優しい」を商品化の重要な要素と考え、被介護者に不快(冷たさ)を与えない木材を使用することに決めた。また、塗装処理については、殺菌・静菌機能が確認されている漆や含漆UV塗料(新開発塗料・特許登録済)を使い、衛生面にも考慮した仕上げを行うこととしてデザイン検討を行った。

4. 2. 2. 住空間におけるシミュレーション

介護の場における今回開発の介護ベッドがどのように機能するか、ベッド稼働の低床時(約15cm)と介護時(約60cm)高さにおける外観形状、ベッド上部のデザイン等について各種デザインシミュレーションを行った。

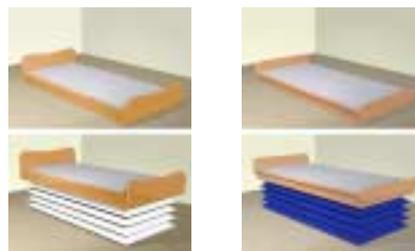


図10 X型機構ベッド上部木部のデザイン検討

図10に示すとおりX型機構ベッドの低床時では家庭用通常ベッドよりも低く、介護時高さは倍近く高くなる状況では構造的にシンプルな見た目にも軽快なイメージを目標に設定した。同時に、図11に示すとおり介護ベッドの設置場所を使用率の高い洋室に設定し、ベッドの使用状況各種場面についてX型機構ベッドのシミュレーションを行った。



図11 被介護者・介護者の動作、ベッド高さシミュレーション

介護ベッド自体はシンプルな木部を配した軽快なデザインにした。通常のベッドと同じ高さ時については違和感がないものの低床時と介護時（高床時）では若干の違和感があるように感じられ、特に洋室での低床時は回りの家具等とのバランスが取れない感じがするが、慣れの問題かとも思われる。低床時のベッドと被介護者との関係や介護時のベッド高さとの関係などCGで検討してみるとおおむね想定どおり機能することがわかる。さらに、和室についても図12に示すように介護状況のシミュレーションを行った。イメージ的には洋室と違い、上部木部のシンプルなデザインが効いてどの状況においても違和感は少なく、特に低床時は違和感がないように感じられる。



図12 和室における介護状況シミュレーション

昇降機構部にリニアスライド機構を採用した介護ベッドのシミュレーションを図13に示すとおり行った。四隅に配されたスライドバーを覆うデザインかそのまま活かすデザインかで全体の感じは変わる。どちらも低床時にスライドバーやこれを覆うカバーが高く残り、邪魔な印象になる。軽快さを出すためスライドバーを

隠さずにスライドバーをデザイン的に活かす処理方法があるが、実用面での安全性などを考慮すると何らかのカバーが必要であることがわかる。



図13 リニアスライド機構介護ベッドのシミュレーション

4. 2. 3. 背上げ脚上げシミュレーション

当初目標としていた基本的なエアバッグによる昇降機構による介護ベッドについて商品化のめどが立ったところで、一層介護ベッドとしての魅力を付け加えたいと考え、床板上の背上げ脚上げについてシミュレーションを行った。

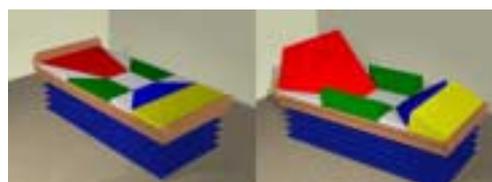


図14 エアバッグ自体による背上げ脚上げシミュレーション

図14に示すとおりエアバッグを各部分の機能別に成形し、その膨らみによる背上げ脚上げを行うものとして検討を行い、エアバッグの膨らみに追従するボードを介して背上げ脚上げを行う図15に示す形態を目標に研究、試作を行うことにした。



図15 ボードを介しての背上げ脚上げ形態

4. 3. 試作

4. 3. 1. 杉間伐材による試作

一次試作としてシンプルさを強調するためヘッドボード、フットボードを必要最低限の高さ(150mm)とし、木部に杉間伐材を使用した試作を行った。仕上げ塗装には傷に強く、衛生的にも優れている県有特許で

ある含漆UV塗料による塗装を行った。図16は木部を昇降機構部へ取り付けした1次試作の状態である。



図16 昇降機構部に木部を設置した1次試作

4. 3. 2. 桐材による試作

各種展示会や介護施設でのモニターで得られたデータを基に改良を加えた2次試作を行うにあたり、1次試作より被介護者、介護者にとって使い易いもの、健康・安全を意識した木部デザインを行った。素材にはより人に優しい健康素材である桐を使い、塗装は漆の配合比を高くした含漆UV塗料を使い、素材の風合いを残す拭き漆仕上げを行うこととした。ヘッドボード、フットボードは布団、マットレスや枕などずれない高さにし、ヘッドボードにはティッシュボックスや眼鏡などの小物を置く小さなポケットを配した。二次試作品を図17に示す。



図17 桐材による2次試作品

4. 3. 3. 昇降作動用スイッチボックスの試作

基本スイッチ基板の設計、製作後、ボックス形状の検討を3次元CGで行い、その形状データを基に、紙積層立体造形機によってモデリング(図18)を行った。誤動作の少ない着実な操作をするため、スイッチ基板が大型になり、それに連れてスイッチボックス自体も存在感のある大型のものになってしまったが、操作自体支障はなく、かえって誤動作を避けられ安全性に優れた作動スイッチができた。



図18 紙積層立体造形機によるモデリング

4. 4. 結果

試作結果を基に、商品化へ向けたデザイン検討を行い、最終的には介護現場や展示会で得られた意見を反映させた極低床介護用昇降ベッドの開発ができたと考えられる。さらに、地場の素材や加工、塗装技術などを活用したシンボリックな試作品ができあがった。

5. 結言

本研究では、家庭での福祉機器として利用されることが多い介護ベッドについて、「介護される人」と「介護する人」、双方にとって使い勝手の良い介護ベッドの開発を目標に試作を行い、その結果ベッド面が従来よりも低く昇降範囲の広い昇降ベッドを試作することができた。

また、昇降ベッドに関する人間工学的評価として、手すりを使った立ち上がり動作やベッド昇降時の快適性についての評価を行い、肉体的負担面の観点からベッド端面より外に突き出して取り付け可能なタイプの手すりが好ましいこと、昇降動作中の快適度は加速度によって不快度が増加することを確認した。

さらに被介護者にとって安らげる環境および介護者にとっても介護しやすい環境を実現した極低床の昇降介護ベッドの機能効果を妨げることなく、一層魅力あるものにするために、床板やヘッドボード、フットボードには人に優しい温もりのある木材を用い、その仕上げ塗装には自然塗料である漆を使い、県産材や県内地場産業の伝統技術、県研究機関保有技術を活用して、既存介護ベッドとの差別化を図った在宅介護用昇降ベッドを試作できた。

参考文献

- 1)阿江ら：“日本人アスリートの身体部分慣性特性の推定”、バイオメカニズム、No.11、pp.23-33、1992
- 2)岡田ら：“日本人高齢者の身体部分慣性特性”、バイオメカニズム、No.13、pp.125-138、1994
- 3)新エネルギー・産業技術総合開発機構、管理法人「福島県中小企業団体中央会」：平成10年度地域コンソーシアム研究開発事業「室内環境の快適性、健康性に対応した光重合含漆塗料の開発」成果報告書(2000)
- 4)渡辺正幸他：在宅介護用昇降ベッドの開発平成12年度福島県ハイテクプラザ試験研究報告書、pp.5-6
平成13年度福島県ハイテクプラザ試験研究報告書、pp.9-14

次世代メカトロニクスシステムの開発

—DSP と FPGA を使ったモータドライブシステムの開発—

A Development of Mechatronics System for Next Generation

-A Development of Motor Drive System by use of DSP and FPGA-

応用技術部 高橋 淳・大内 繁男

山本電気株式会社 天野 耀鴻

最近、ユーザの要求に応じた特性を、モータ電磁構造とインバータ制御の相乗効果で実現できるリラクタンストルク応用電動機に対する期待が高まっている。⁽¹⁾

磁場解析に基づいて開発したモータに、応用分野に応じたプログラムを組み込む特定用途指向型電動機の開発を行った。制御回路を共通化するために、DSP と FPGA を使った制御回路を開発し、埋込磁石シンクロナスマータと、シンクロナスリラクタンスマータを駆動するために3つのモータドライブシステムとモータ用インタフェース回路を開発した。

Key words: DSP、FPGA、モータドライブシステム、埋込磁石シンクロナスマータ、シンクロナスリラクタンスマータ、特定用途指向型電動機

1. 緒言

埋込磁石シンクロナスマータは、リラクタンストルクを利用した高効率化、高出力化、センサレス制御などが検討されている。シンクロナスリラクタンスマータは、堅牢で安価な可変速駆動モータとして期待されている。⁽¹⁾

リラクタンストルク応用電動機を高効率で制御するためには、高速演算処理が可能な制御回路が必要になる。⁽²⁾

モータドライブシステムの商品化、モータ制御方式の評価、ホール素子による電流センサを使ったセンサレス制御という3つの目的別に FMC0101、FMC0201、FAMC0201 という3種類のモータドライブシステムを DSP と FPGA を利用して設計製作した。

以下、2. では FPGA を使ったモータ用インタフェース、3. では DSP を使ったモータドライブシステム、4. ではモータのセンサレス制御について述べる。

2. FPGA を使ったモータ用インタフェース

図1にモータ制御の基本回路を組み込んだFPGAの構成を示す。FPGA内の各基本回路は、CPUやDSPに接続して使用可能な構成になっている。

インタフェースブロックは、外部の演算回路からFPGA内の各回路へのアクセスを制御する。インタフェースブロックは、アドレスデコーダとコントロールレジスタで構成されている。FPGA内の各ブロックへ設定データを渡すレジスタは、デュアルポートメモリの構造を採っている。

制御信号ブロックでは、外部演算回路からの設定によりモータへの指令値を出力する。

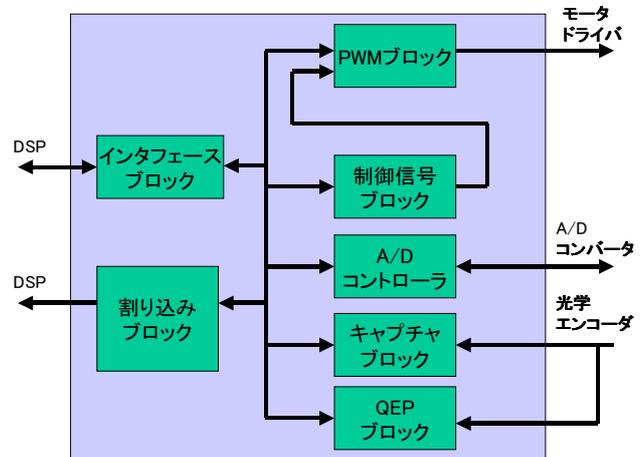


図1 FPGAを組み込んだモータ用インタフェース

PWMブロックでは、搬送波を対称型搬送波と非対称型搬送波から選択できる。搬送波の周期は、外部演算回路から設定を行う事が可能である。

ADコントローラは、ADコンバータを外部演算回路からの設定によって制御する。ADコンバータから取り込んだデータは、インタフェースブロック内のADデータレジスタに書き込まれ、外部演算回路からのアクセスで読み出される。

キャプチャブロックとQEPブロックは、モータに取り付けられた光学エンコーダからの信号によりモータの回転状態を検出する。キャプチャブロックは、モータの回転速度、QEPブロックはモータの回転角、回転方向を検出する。

割り込みブロックは、FPGA内の各ブロックからの信号を外部演算回路へ割り込み信号として出力する。外部演算回路から、どの信号を割り込み信号として出力するか設定が可能である。

今回の設計では、PWMブロックからPWMの同期

信号、AD コントローラから AD コンバータのデータ変換完了信号、キャプチャブロックからエッジ検出信号を割り込み信号として使用可能としている。

FPGA に組み込んだモータ用インタフェース回路は、回路規模が約 60,000 ゲート、最大動作クロックは約 70MHz である。FPGA の回路設計は、ブロック図や状態遷移図による動作記述で行った。

3. DSP を使ったモータドライブシステム

リラクタンストルク応用電動機を効率よく駆動するために、DSP と FPGA を使ったモータドライブシステムを設計した。



図 2 FMC0101

図 3 FMC0201



図 4 FAMC0201

商品化を目指す安価な制御回路として、TI 社製 16 ビット固定小数点 DSP の TMS320F241 を使ったモータドライブシステム FMC0101 を図 2 に示す。

リラクタンストルクを利用するモータでは、高度な制御技術を組み込む必要がある。モータドライブシステムの制御方式評価装置として設計製作した FMC0201 を図 3 に示す。FMC0201 は 900MFLOPS で動作する TMS320C6711 と、2. で述べた FPGA を使用している。

電流センサと、アナログ演算回路を組込んだモータドライブシステムを図 4 に示す。FAMC0201 では、モータのセンサレス制御を行うために、ホール素子を使った電流センサを 3 個使用している。電流センサは、LEM 社の LTS15-NP を使った。

4. センサレス制御

モータドライブシステムの低価格化と、高温多湿などの悪条件下での利用を可能にするためには、センサレス制御を行う必要がある。(3)(4)

センサレス制御では逆起電力の極性が変化した時点

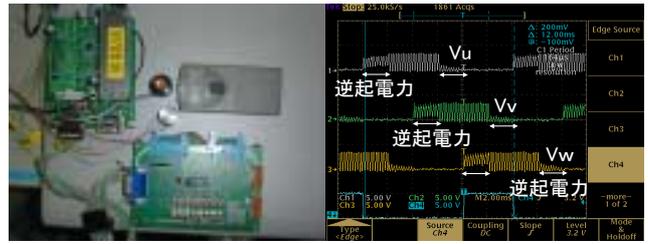


図 5 センサレス制御の実験装置

図 6 3 相ブラシレスモータの逆起電力

で電流を流す相を切り替えることによってモータを駆動する。(5)

実験装置を図 5 に示す。実験では、図 5 の写真中央にある小型モータを 7136rpm で回転させている。PWM のデューティ比は 68% 固定で実験した。図 5 の実験装置の信号をデジタルオシロスコープで測定した波形を図 6 に示す。U、V、W 相の駆動信号の両端で逆起電力による電圧が発生しているのがわかる。

5. 結言

埋め込み磁石シンクロナスモータの高効率化、高出力化と、安価で堅牢なシンクロナスリラクタンストルクモータの制御用に DSP や FPGA を利用し、ベクトル制御に対応できるモータドライブシステムを設計製作した。

ブラシレス DC モータのセンサレス制御では、モータの逆起電力を AD コンバータで測定し、回転子の位置を計算によって求め、モータを回転させることができた。

今後は、電磁界解析に基づいて設計されたリラクタンストルク応用電動機ベクトル制御プログラムの組込と、正確なセンサレス制御を行うために研究を進めていく予定である。

最後に、本研究に関して御指導いただいた岡山大学工学部電気電子工学科助教授小笠原悟司先生に感謝いたします。

文 献

- (1) 大山和伸：「リラクタンストルク応用電動機の高性能化動向」、電学論 D、123、2、pp.63-66(2003-2)
- (2) 辻峰男・坪井克剛・山田英二：「誘導電動機デジタルベクトル制御系の安定解析法」、電学論 D、123、1、pp.21-22(2003-1)
- (3) 徐柄鴻・辻敏夫・高橋淳・大内繁男・浜津恭治・飯島雅彦「デジタル位相同期ループを用いたブラシレス DC モータのセンサレス駆動システム」、電学論 D、121、11、pp.1155-1156(2001.11)
- (4) Yoko Amano et al.:"A Sensorless Drive for Brushless DC Motors Using a Digital Phase-Locked Loop"、T. IEE Japan, Vol.121-D, No.11、pp.57-58(2003-1)
- (5) Texas Instruments Europe: "Implementation of a Sensorless Speed Controlled Brushless DC drive using TMS320F240"、Texas Instruments Incorporated、pp.1-21(1997-11)

次世代メカトロニクスシステムの開発

— 近距離における電波伝搬特性に関する研究 —

A development of mechatronics system for next generation

- A study of a radiating characteristic on near-field -

応用技術部 須藤 尚子 ・ 笹山 淑弘

アルプス電気株式会社 志賀 貞一

情報機器の普及と共に、無線を使用した周辺機器が増加している。本研究では、ノイズ成分の多い機器の近くでの電波伝搬特性を解析し、効率のよいワイヤレス通信を実現するため、基板アンテナの設計指標を確立することを目的としている。

検討対象は、パーソナルコンピュータに使用するワイヤレスマウスの受信用基板アンテナとした。前年度までに、近距離では磁界成分、遠距離では電界成分を受信できるパターン形状を特定した。本年度は受信レベルを上げるため、パターンの曲がりの形状とチューニング回路について検討し、指針を得た。

Key words: 基板アンテナ、近傍界、遠方界、プリントパターン、チューニング回路

1. 緒言

パーソナルコンピュータ（以下パソコン）等の情報機器の急激な普及と共に、接続の簡素化という点から、マウスやキーボード等の周辺機器では無線化が進んでいる。しかし、パソコンは自らがノイズを発生しているため、無線環境としては決して良い条件ではない。

本研究では、近距離通信における電波伝搬特性を解析し、ノイズ成分の多い機器の周辺において効率のよいワイヤレス通信を実現するため、基板アンテナの設計指標を確立することを目的としている。

検討対象には、パソコンのワイヤレスマウス受信用の基板アンテナを選定し、前年度までに近傍界では磁界成分、遠方界では電界成分を受信できるパターン形状を特定した。¹⁾

本年度は、パターンの曲がりの形状の違いによる受信特性について検討を行い、曲がりの角度を直角にすると受信レベルが高くなることを確認した。受信効率をあげるため、基板アンテナに付加するチューニング回路の検討も行い、並列共振回路を付加することで受信レベルを向上できることがわかり、基板アンテナの設計に必要な指針を得ることができた。

以下、2.では実験方法について、3.では結果について、4.では結言について記す。

2. 実験方法

2. 1. 27MHz 用試作基板アンテナの試作

本年度は、全世界で使用可能な 27MHz ワイヤレスマウス用の基板アンテナを検討することとした。前年度までに、近傍界では磁界成分、遠方界では電界成分を受信するためには横長の長方形パターンが有利であ

るとの知見を得ていたため、図1に示す基板アンテナを試作した。

基板アンテナの大きさは、組み込むパソコンのデザイン上の制約により、縦 20mm 横 65mm とした。基板上的パターンは、長辺が 54mm、短辺が 18mm、全長が 140mm の長方形ループである。

パターンの曲がりの形状の違いによる受信特性を比較するため、図2に示す楕円ループアンテナ、ループの巻き数による受信特性を比較するために図3に示す二重ループアンテナも試作した。

受信特性は、27MHz ワイヤレスマウスから送信した

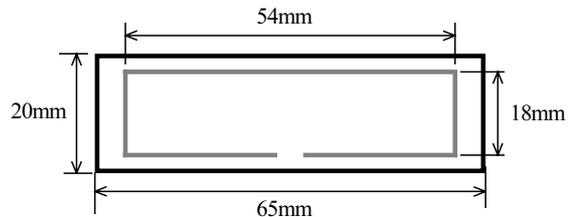


図1 試作基板アンテナ No.1

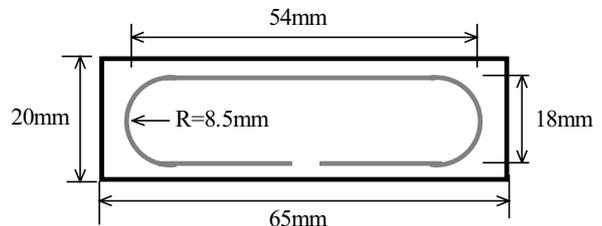


図2 試作基板アンテナ No.2

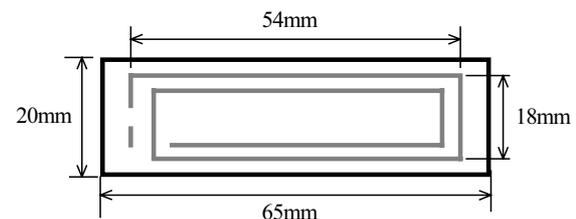


図3 試作基板アンテナ No.3

電波を試作基板アンテナで受信し、パターンに誘起された電圧で評価した。インピーダンス不整合による影響をさけるため、アクティブプローブを用いてネットワーク・スペクトラムアナライザ (HEWLETT PACKARD 4195A)で測定した。マウスと試作基板アンテナ間の距離は、100mm～500mmとした。

2. 2. チューニング回路の検討

基板アンテナの受信特性を高めるため、チューニング回路の検討を行った。試作した 27MHz 用基板アンテナにチューニング回路を付加し、共振周波数を調整した後、受信特性を測定した。

調整と受信レベルの測定には、ネットワーク・スペクトラムアナライザを用いた。前項同様、インピーダンス不整合による影響をさけるため、アクティブプローブを用いた。

3. 結果

3. 1. 27MHz 用基板アンテナの受信特性

試作した 27MHz 用基板アンテナの受信レベルを、図 4 に示す。パターンの曲がりの角度が直角の No.1 の基板アンテナの方が、No.2 の楕円ループアンテナよりも受信レベルが高かった。試作した 3 種類の基板アンテナの中では、二重ループアンテナの No.3 の受信レベルが一番高く、受信レベルを向上させるには、パターンの曲がりの角度を直角にし、ループの巻き数を多くすることが有効であることがわかった。

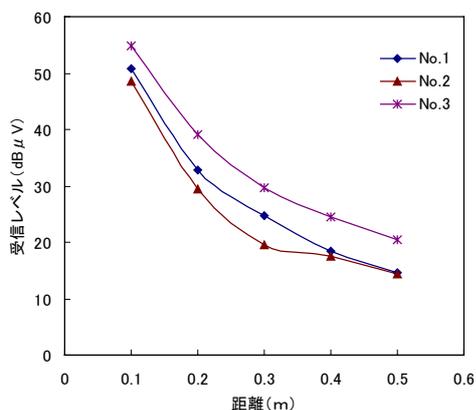


図 4 試作基板アンテナ受信特性

3. 2. チューニング回路の検討

基板アンテナを特定周波数に共振させて同調させ、受信レベルを上げるためのチューニング回路として、並列共振回路を追加することを検討した。

試作基板アンテナに、図 5 に示す並列共振回路を付加し、トリマーコンデンサで共振周波数が 27MHz になるように調整し、受信レベルを測定した。No.1 の試

作基板アンテナでの測定結果を表 1 に示す。共振回路を付加することにより、受信レベルが大きく向上した。

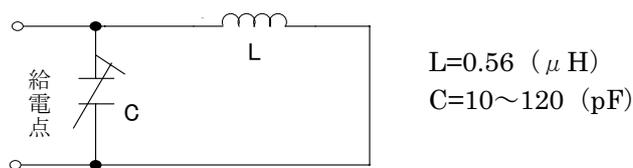


図 5 並列共振回路

表 1 並列共振回路の有無による受信レベル (No.1 測定距離 100mm f=27MHz)

	受信レベル (dB μV)	向上比 (倍)
回路なし	31.9	—
並列共振回路	57.7	19.5

4. 結言

ワイヤレスマウスの受信に使用する小型基板アンテナについて検討した。

前年度までに、磁界成分と電界成分の両方を受信するためには、基板アンテナの線路パターンを長方形ループにすることが有効との知見を得ていたが、本年度はパターンの形状についてさらに検討し、パターンの曲がりの角度を直角にしたほうが受信レベルが向上することを確認した。

基板アンテナを特定の周波数に同調させて受信レベルを上げるために、チューニング回路についても検討した結果、並列共振回路を付加することで受信レベルが向上することがわかった。

以上のことから、ワイヤレスマウス用の受信基板アンテナを設計する場合は、パターンの曲がりの角度を直角にした長方形ループの形状とすること、特定の周波数に共振させ、受信レベルを向上させるためには、並列共振回路をチューニング回路として付加することが有効であることがわかり、基板アンテナ単体での基本的な設計指標が確立された。

基板アンテナをパソコン等の機器に組み込む際は、機器本体のノイズの影響を受けにくい位置に取り付けることや、機器自身のノイズレベルを下げる等の注意が必要である。

基板アンテナの評価は、相対的な評価方法で行ってきたが、今後基板アンテナが普及するうえで絶対的な評価方法の確立が必須であり、今後の重要な検討課題である。

参考文献

- 1) 須藤 尚子、笹山淑弘：「近距離における電波伝搬特性に関する研究」福島県ハイテクプラザ試報、pp.5-8、2001

異素材の複合化縫製技術等の活用による高感性衣料の開発（概要）

Development of Highsensible Fashion Cloth

福島技術支援センター 菅野陽一・野村隆・長沢浩・伊藤哲司・吉田正尚・東瀬慎・佐々木ふさ子
共同研究企業 菅野繊維(株) 三与機業場(有) (株)ニーズプロダクト (有)曳地メリヤス (株)野地

本研究は、「高感性」、「複合化」、「環境」、「健康」をキーワードに糸の素材開発や縫製技術、用途開発等を進めてきました。そして、県内企業5社との共同により商品化を図るためにそれぞれの分野を結集し、「ニットと布帛の融合による高感性衣料の開発」、「洗濯物干しカバー」、「高比重高分子材料を縫合したリストバンド」の商品開発に取り組みました。その結果、それぞれ研究開発品が最終目標である商品化までこぎ着けることが出来ました。

Key words:高感性、複合化、環境、健康

1. 緒言

近年、感性的快適衣料（温感変色、光変色など）や生理的快適衣料（保温衣料、清涼衣料など）の分野では多くの機能性繊維素材が開発され、最近では遠赤外効果やマイナスイオン効果を謳った衣料品が市場に溢れています。

我々は上記とは異なる観点から、即ち「高感性」、「複合化」、「環境」、「健康」をキーワードに糸の素材開発、縫製技術、用途開発を進めてきました。

2. 研究体制

異素材の複合化技術等の活用による高感性衣料の開発に関する共同研究体制

2. 1 「ニットと布帛の融合による高感性衣料の開発」

共同企業 ・菅野繊維（株）
・三与機業場（有）

2. 2 「洗濯物干しカバー」

共同企業 ・ニーズプロダクト（株）

2. 3 「高比重高分子材料を縫合したリストバンド」

共同企業 ・野地（株）
・（有）曳地メリヤス

3. 研究内容

3. 1. 1. キャッチコードを利用した新素材ニットの開発

織物工場から排出され、産業廃棄物として処分されるキャッチコードの新たな使い道を模索し、技術開発やオリジナル商品開発を行いました。主に、キャッチコードの回収装置の開発と染色整理加工を担当しました。撚糸加工の工夫によりニット製品に合った糸に仕上げる事ができました。

3. 1. 2. ニットと織物の融合による新しいファッション・高感性衣料の開発

従来、ファッションのニット製品と布帛製品のコーディネートに留まっていた考え方を一新し、織物とニットの組織自身が互いに直接融合した高感性衣料を商品化しました。

基本技術を発案し、特許申請後、当該技術を活用して織物とニットの各企業の協力を得て、商品化を目指しました。

3. 1. 3. 自動リンクングマシンを活用した異素材の複合化縫製技術による新商品開発

射出成形されたフードと編み地の縫合による洗濯物雨よけカバー及び高比重高分子材料（ウエイト）と編み地の縫合によるパワーリストバンドの開発を行いました。

洗濯物カバーの通気性のある防水ネットの開発とリストバンドのウエイトを包み、肌に密着する編み地の糸素材の開発を担当しました。

4. 研究実施内容

4. 1. キャッチコードを利用した新素材ニットの開発・野地（株）

キャッチコードの回収用巻き取り装置を取り付け、織機から排出されるキャッチコードを回収し、支援センターへ提供する。また、キャッチコードの素材を変化させ、風合い、色合い等、ニット用糸としての開発に協力をお願いしました。

・（有）曳地メリヤス

回収したキャッチコードは織機がウォータージェットであり湿潤状態であるため、乾燥、染色整理加工を支援センターで行った後、編成の実証試験、試作等

で協力をお願いしました。また、独自の販売チャネルを活用して市場ニーズを調査し、売れる製品企画を行いました。



図1 膝掛け（特別老人ホームへ寄贈）

4. 2. ニットと織物の融合による新しいファッション・高感性衣料の開発

・(有) 三与機業場

支援センターで実証試験を行い、特許申請したニットと織物の融合方法に基づき織物を試作しました。

・菅野繊維(株)

ニットーとしての長年の感性と経験を生かし、ニットと織物の融合を活用したニット製品として最も相応しいと考えられるデザイン、素材を厳選し、三与機業場で試作した織物と特許申請した融合方法を用い福島県オリジナルのニット製品を試作しました。



図2 織物とニットの融合作品

4. 3. 自動リンクマシンを活用した異素材の複合化縫製技術による新商品開発

・(株) ニーズプロダクト

洗濯物カバー

自動リンクマシンの最大の特徴である、素材を選ばない縫製による結合技術の応用製品として、洗濯物カバーを企画・設計しました。

洗濯物カバーの構成要素である通気性のある防雨テキスタイルを雨よけ用プラスチック板に自動リンクマシンで縫製して接合（実際は防雨テキスタイル

はファスナーで脱着可能な構造であるので、このファスナー部をプラスチック板に接合する）しました。

中に吊した洗濯物を雨天時の雨から守り、晴天時は目隠し効果と通気性により乾燥させる機能を持ちます。様々な環境試験を経て、カタログハウス2002年秋号に採用され発売中です。



図3 洗濯物カバー

リストバンド

鉛を使用しないパワーリストバンドを開発するために、高密度ポリマーを採用しました。ウェイトは編み地と縫合するための独特の連続した針穴構造を持ち、かつ、腕にフィットする丸みのある形状に設計しました。製造は専門メーカーに委託して射出成型で製作しました。

健康面と医療面からの人体への影響・効能を分析し、機能性健康器具としての実証試験を経て、カネボウブランドのリストバンドとして発売されます。



図5 リストバンド

5. まとめ

本研究は、地元企業5社との共同により商品化を図るためにそれぞれの分野を結集し、商品開発に取り組みました。その結果、それぞれの研究開発品が最終目標である商品化までこぎ着けることが出来ました。

次世代プラスチックの製造技術の開発（第1報）

— ナノコンポジットによる結晶化 —

Nano-Composite Polymer

-Influence of Nano Filler upon Crystallization of Polypropylene-

材料技術部 長谷川隆・菊地時雄・高瀬つぎ子

クニミネ工業（株） 榎戸洋之

宇部樹脂加工（株） 秋山恵司

ポリプロピレン/クレーナノコンポジット材料について材料の試作を行ない、偏光顕微鏡による微細構造観察およびDSCによる結晶化度の測定を行なった。構造材料としての使用に重要となる結晶化度の増大について、フィラー配合の効果を確認することができた。

Key words: ナノコンポジット、クレー、結晶化、DSC、核剤

1. 緒言

環境保全、高性能、経済性を命題として、構造材料として成形が容易でありリサイクルが可能なポリオレフィン系の材料が今まで使用されなかった分野で採用されている。その際単体の樹脂では達成できない強度、剛性、耐熱性といった性能を向上させるため、ガラス・カーボン繊維に代表されるフィラーを添加することが一般的に行われているが、これらはコストが高くかつリサイクルが難しいといった欠点を持つ。また材料の持つ軽量というメリットが失われる。

近年、ナノコンポジット材料と呼ばれるフィラーの分散をナノメートルオーダーで制御する超微細分散系の材料が注目を集めている。均一な分散が実現できれば少量の配合で性能が著しく向上するため経済的に有利であり、軽量というメリットも失うことなく、なおかつ超微細構造が壊れにくいという性質からリサイクルにも耐える材料であるといわれている。

本研究ではナノフィラーとして粘土鉱物（クレー）、ポリマーとしてアイソタクチックポリプロピレンを用いたナノコンポジット材料について、製造工程から微細構造観察、物性評価、構造材料への応用といった分野までの研究を行う。

本報では研究の第1段階として二軸混練押出機を用いて異なった配合比の試料を数種試作し、材料の微細構造観察および熱特性測定を行なった結果について報告する。

2. 実験

2. 1. 試料作製

アイソタクチックポリプロピレン(i-PP)にクレー、および核剤を配合した試料を表1の組成で作製した。クレーは天然物を親有機化処理したもの、核剤は脂肪酸アルミニウム塩を用いた。

表1 作製試料

試料	クレー含有量(wt%)	核剤(wt%)
D05	0.5	-
D10	1.0	-
A02	-	0.2
D05A02	0.5	0.2

核剤を添加した理由は、クレーのポリマー中への分散補助および異種フィラーの添加による結晶化・剛性向上の相乗効果の発現を狙いとしている。

完全噛合型同方向回転二軸混練押出機 (L/D=4.5)

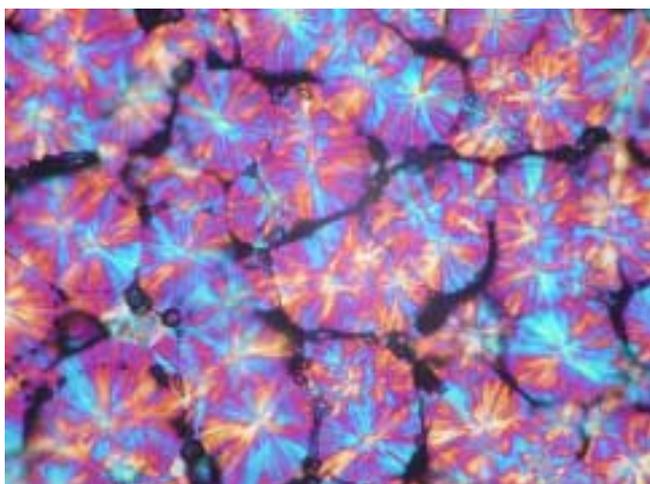
(図1)で温度210~220℃に設定し、混練押出してペレットを作製した。



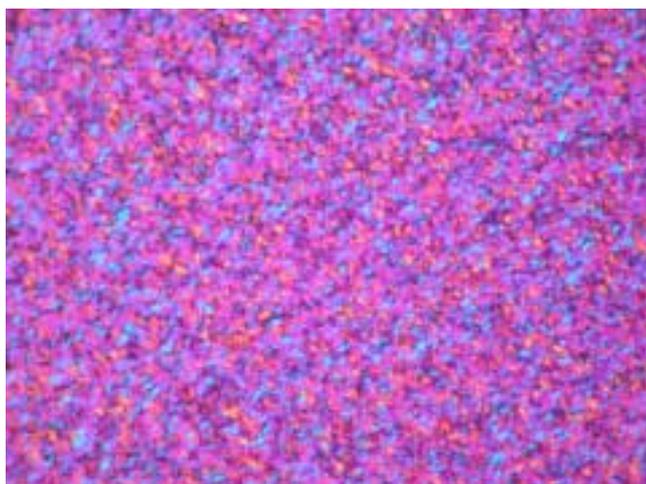
図1 二軸混練押出機

2. 2. 微細構造観察

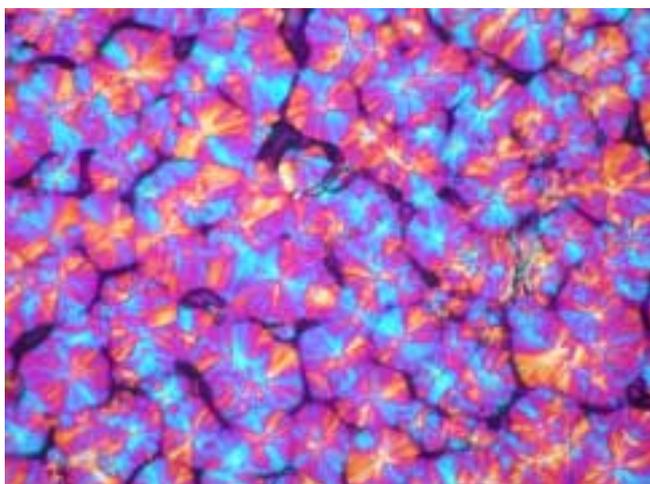
試料数mgをスライドガラスに挟み、200℃に設定したオープン中で熔融させた後、徐冷したものを偏光顕微鏡で観察した。



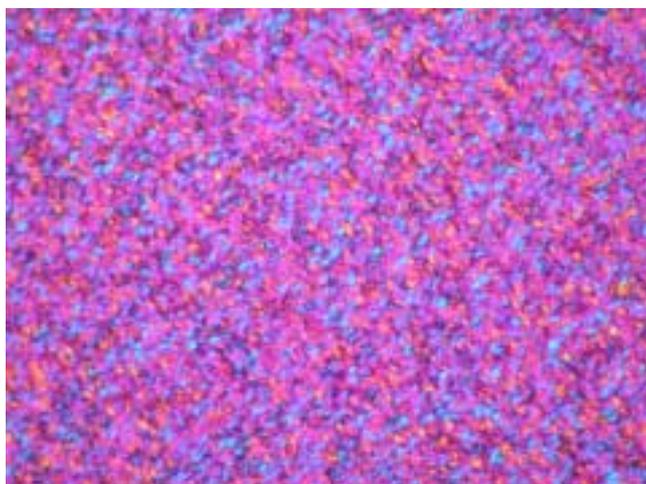
(a)iPP



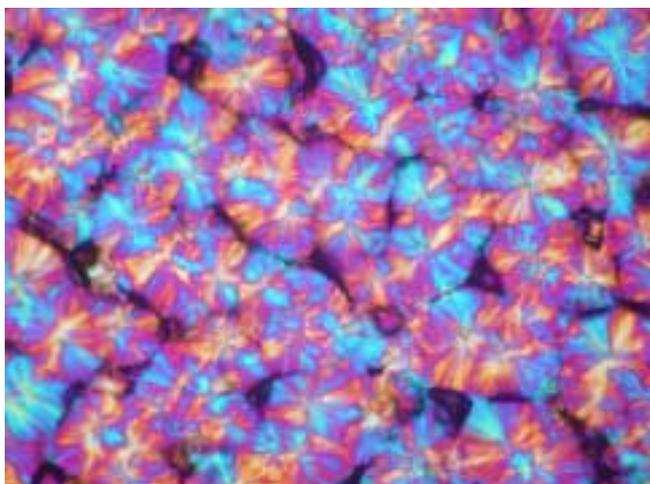
(d)A02



(b)D05



(e)D05A02



(c)D10

図2 偏光顕微鏡による結晶観察

2. 3. 熱特性

示差走査熱量計 (DSC) を用いて、融点および融解熱を測定した。ペレット作製時に受けた熱履歴を解消するため、サンプルを200℃まで昇温させ溶融させた後、5℃/minで50℃まで冷却し、再び10℃/minで200℃まで昇温しその際の融点および融解熱を測定した。

3. 結果と考察

3. 1 結晶観察

i-PP および試料の偏光顕微鏡による観察結果を図2に示す。

球晶のサイズはクレーの配合であまり変化していないが (b), (c)、核剤の添加により非常に微小化していることが分かる (d)。クレーおよび核剤を配合した場合、球晶のサイズについては核剤の影響が支配的である (e)。

3. 2 DSC による融点および結晶化度測定

DSC による試料の測定結果を図3に示す。

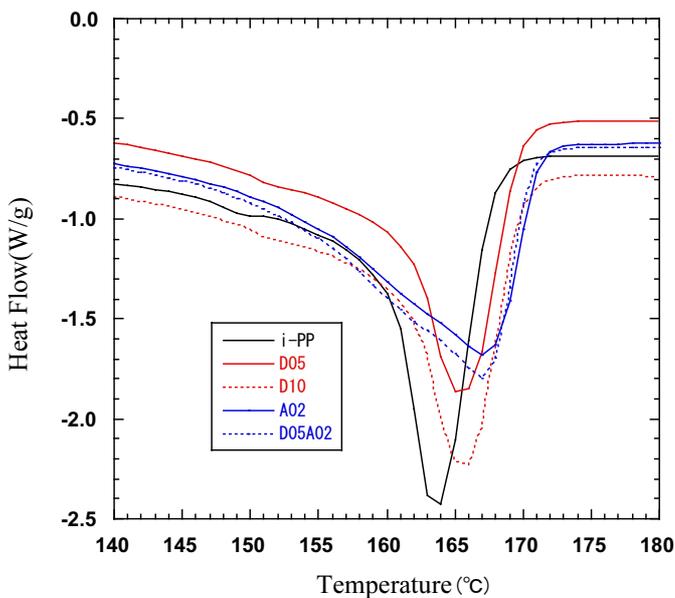


図3 DSC 曲線

i-PP およびクレー配合系では融解ピークは比較的鋭い形状を示すのに対し、核剤添加により融解ピークはブロードに変化しているのが分かる。また、配合による融点の上昇が見られ、その影響は核剤>クレーとなっている。またクレー配合量の違いは融点の値に現れていない。

クレーおよび核剤の配合による融点および結晶化度の変化について表2に示す結果が得られた。融点については融解ピークの値を読み取った。結晶化度についてはDSC 曲線より得られる融解熱より算出した。

表2 融点の上昇および結晶化度変化

試料	融点 (°C)	結晶化度 (%)
i-PP	163.6	42
D05	165.5	43
D10	165.6	44
A02	167.1	44
D05A02	167.1	49

結晶化度については D05A02 の値が大きく突出しており、クレーと核剤の両方の添加が複合的な効果を生み出していることが分かる。

結晶性プラスチックの剛性は材料の結晶化度増大に伴い向上するといわれており、複合配合が剛性材料の開発に有効であると思われる。

4. 結言

ポリプロピレン/クレーナノコンポジット材料について材料の試作を行ない、偏光顕微鏡による微細構造観察およびDSCによる結晶化度の測定を行なった。

試料の結晶成長におよぼす添加剤の影響について知見を得ることができた。

クレーおよび核剤の両配合が、ポリマーに大きな結晶化度の上昇を引き起こすことを確認した。

今後の研究で本試料の機械的物性を主に測定しそれらを元に構造材料への応用を行なう予定である。

参考文献

- 1) 白岩信裕, 内海秀樹, 後藤洋輝, 松本茂, 雨宮晶子: “顔料を添加したポリプロピレン系コンポジットの物性と微細構造”, DIC Technical Review, No. 7, 2001
- 2) 日本熱測定学会編: 熱量測定・熱分析ハンドブック, p232
- 3) 第36回繊維材料研究会講座: “熱分析で繊維・高分子の微細構造を観る” 講演要旨集, p28
- 4) 文部省科学研究費補助金・特定領域研究 (B) 「高分子の結晶化機構」: 第4回公開シンポジウム講演要旨集, p1
- 5) 文部省科学研究費補助金・特定領域研究 (B) 「高分子の結晶化機構」: 第4回公開シンポジウム講演要旨集, p56
- 6) 栗谷裕: 高分子材料の偏光顕微鏡入門, p121
- 7) Edith A. Turi: THERMAL CHARACTERIZATION OF POLYMERIC MATERIALS 2nd EDITION, p573
- 8) プラスチック成形加工学会編: 成形加工におけるプラスチック材料, p60
- 9) 日本熱測定学会: 第38回熱測定討論会講演要旨集, p114

亜鉛めっきのクロムフリー化成処理技術

— 黒色・クロムフリー化成処理皮膜の開発 —

Technology of chromium-free conversion treatment on zinc plating

-Development of chromium-free black chemical conversion coating-

材料技術部 宇津木隆宏・大堀俊一・鈴木雅千・渡部修・大河原薫

(株)サンビックス 室井良一

郡山チップ工業(株) 斎藤敏雄

クロムフリー化成処理技術開発の一環として、タンニン酸を用いた黒色皮膜の作製を行った。得られた皮膜の外観、光沢度、密着性に関しては黒色クロメート相当の良好なものが得られた。耐食性に関しては中性塩水噴霧試験で10時間程度の性能であり、黒色クロメートには及ばないものの、常温浸漬で速やかな皮膜を形成できるクロムフリー黒色皮膜の可能性として今後更なる耐食性の向上が望まれる。

Key words: 亜鉛めっき、クロムフリー、化成処理、耐食性、タンニン酸、黒色皮膜

1. 緒言

1. 1. 六価クロム規制の現状

亜鉛めっき鋼板は耐食性向上などのために、クロメート皮膜と呼ばれる六価クロム酸化物などから形成される皮膜で表面を被覆して使用される。しかし六価クロムは水溶性であるため、接触などを通じて人体に取り込まれることによるアレルギーや発がん性の危険が指摘されている。

そのため EU では様々な分野で六価クロム使用禁止の動きを進めている。例えば ELV 指令では 2007 年 7 月以降新車について六価クロムが使用禁止、また WEEE 指令および RoHS 指令では 2006 年 1 月以降に上市する電気・電子部品について六価クロムが使用禁止となっている。そのため日本の各メーカーも EU の指令に対応する形で独自の規制を打ち出している。

クロメート処理の代替技術として最も有力視されているのが三価クロムによる化成処理であり、耐食性の点では既存のクロメートに匹敵する性能が報告されている。しかしこれもクロムを含む系であり、近い将来の規制強化でクロム自体を全廃する動きも予想されるため、クロムを全く含まないクロムフリー化成処理の研究も活発になっている。

1. 2. 本研究の目的

クロムフリー化成処理としてはクロム類似金属による皮膜、シリケート皮膜、有機酸と遷移金属による皮膜などが知られている。タンニン酸皮膜もこの一つであり、これはタンニン酸のフェノール性水酸基と亜鉛のキレート効果により形成される皮膜である。

近年、福島県内のめっき専門業者がタンニン酸皮膜と遷移金属酸化物を複合化することにより、従来のタンニン酸の単独皮膜よりも耐食性を向上させることに成

功し¹⁾、クロムフリー化成処理の一つとしてタンニン酸が注目されている。

しかしそれでも、耐食性・耐候性の点で既存のクロメート処理に及ばないため、用途は室内の穏やかな環境下に限定されているのが現状である。

そのため我々はタンニン酸の改質や、新たなタンニン酸類似化合物の探索、またはタンニン酸をシリカや遷移金属酸化物と複合化することによって、耐食性・耐候性を向上させ、亜鉛めっき鋼板の主用途である自動車関連部品でも使用可能なタンニン酸による化成処理技術を開発することを研究目標とした。

またクロメート処理は処理液の組成を変化させることにより薄青色・黄金色・緑色・黒色といった各種色調を出すことができる。特に黒色クロメートは光の吸収特性を生かして複写機等の光学機器の部品として用いられるが、クロムフリー系では十分な耐食性・耐候性を持ち、なおかつ従来のクロメート処理工程に適用できる化成処理の報告はない。我々はその点に注目し、タンニン酸を用いた黒色皮膜の開発についても研究目標の一つとした。

以下、主にこの黒色皮膜の内容を中心に報告する。

2. 実験

2. 1. 試料作製

試料作製の手順を図 1 に示す。亜鉛めっき鋼板(40×80 mm)にあらかじめ付着している亜鉛を 10%塩酸で剥離した。次に小型めっき装置を用い、25°Cに保ったジンケート浴中で電流密度 6.25 A/dm²、10 分の条件で約 8 μm の電気亜鉛めっきを行った。これに化成処理を行った後、一般にトップコートと呼ばれる日本化学産業(株)製水溶性クリアラッカー、ニッカサンラック HW で 30~60 秒処理した。最後は 50°C の温風で十分乾

燥し各種の評価に供した。

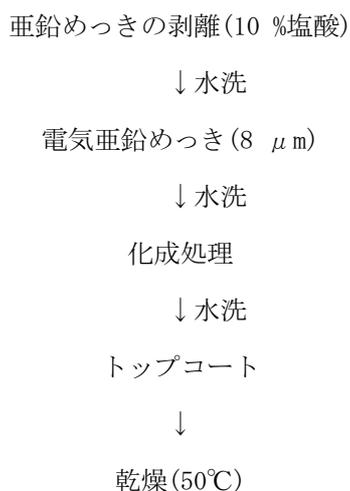


図1 試料作製の手順

2. 2. 化成処理

化成処理の詳細を図2に示す。化成処理は最大で四つの処理液から構成される。一つ目は硫酸酸性のタンニン酸であり、皮膜の密着性を向上させる目的がある。二つ目はタンニン酸に硝酸銀を加えたもので、ここで皮膜中に酸化銀を分散させ黒色皮膜を形成させる。三つ目はバナジン酸で、四つ目の中性タンニン酸の密着性を向上させるためのものである。処理条件は室温で処理時間は30~60秒、また各処理の間に水洗を行った。本研究では二つ目まで化成処理を行ったものを試料A、四つ目まで化成処理を行ったものを試料Bとした。

なお、今回使用したタンニン酸は五倍子と呼ばれる加水分解性タンニンを精製したものである。

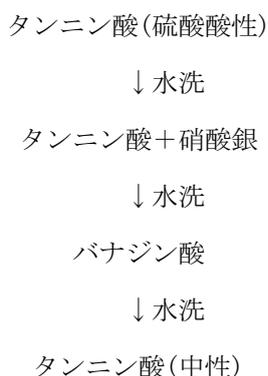


図2 化成処理の詳細

2. 3. 評価方法

作製した試料については目視による外観の評価、皮膜の密着性の評価、ミノルタ(株)製光沢計 GM268 によ

る黒色の光沢度(つや)の測定、スガ試験機(株)製塩乾湿複合サイクル試験機 ISO-3-CY·R による中性塩水噴霧試験 (JIS Z 2371)、(株)堀場製作所製マーカス型高周波グロー放電発光表面分析装置 (GD-OES) JY-5000RF による皮膜の深さ方向の元素分析を行った。

3. 結果及び考察

3. 1. 色についての評価

作製した試料の色についての評価を表1に示す。外観は黒色クロメートを基準として評価した。試料Aについてはトップコートをしない場合、粉っぽい黒色であり、色むらも少々観察された。これにトップコートを行うことにより粉っぽさは抑制されたものの、色むらが残った。試料Bについてはトップコートをしない場合の評価が低いが、これは黒色にタンニン酸特有の虹色の干渉色が混在し、均一な黒色を阻害していることによるものである。トップコートをした場合は干渉色が抑制され、外観については黒色クロメート相当の黒色が得られた。

皮膜の密着性に関しては強くこすっても色落ちがないものを○、完全に色落ちするものを×として判断した。その結果、試料Aのトップコートなしの場合に少々色落ちが見られた以外は色落ちに関する問題は無かった。

60°における光沢度を測定した結果、試料Aの場合、トップコートの有無に関らず、光沢度は10以下であり、光沢の少ない黒色であった。試料Bに関してはトップコートをしない場合は試料Aと同じような値であったが、トップコートを行うことにより適度な光沢を持ち、既存の黒色クロメートに近い適度な光沢をもつ黒色が得られた。

表1 色についての評価

試料	黒色の特徴	黒色の評価	密着性	光沢度 (60°)
試料A トップコートなし	粉っぽい黒色	△	△	5.6
試料A トップコートあり	色むらが少々残る	△~○	○	9.1
試料B トップコートなし	干渉色が混在	×~△	○	6.1
試料B トップコートあり	黒色クロメート相当	○	○	19.4

* 黒色クロメートの光沢度=21.1

3. 2. 中性塩水噴霧試験

試料 A の塩水噴霧試験の結果を図 3 に示す。試料 A の場合、24 時間で白錆が全面に発生している結果から耐食性はほとんど無いことがわかった。

試料 B の試験結果を図 4 に示す。これによると 10 時間においては JIS 法に従い試験片の周辺から 5 mm までは評価しないため、白錆発生は無いと評価できる。

試料 A と比べて耐食性が向上した理由としては、亜鉛めっきをタンニン酸単独で処理した場合は白錆発生まで 12 時間程度なのに対し、タンニン酸-バナジン酸-タンニン酸の三層処理をした場合は 48 時間程度まで耐食性が向上するという報告¹⁾があることから、本研究の場合もそれと同様の効果で耐食性が向上したものと考えられる。

ある光学機器メーカーが要求する耐食性の目安としては、中性塩水噴霧試験で最低でも 24 時間は白錆発生なしというものがある。実用化に向けてはこの要求をクリアするために、更なる耐食性の向上を図る必要がある。



図 3 試料 A の中性塩水噴霧試験の結果

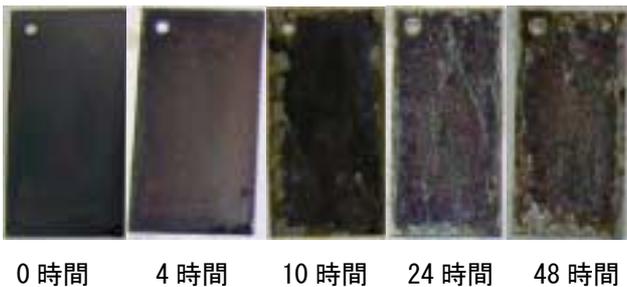


図 4 試料 B の中性塩水噴霧試験の結果

3. 3. グロー放電発光表面分析

GD-OES による試料 B の皮膜の深さ方向の元素分析の結果を図 5 に示す。ここでは最表面の化成皮膜から亜鉛めっきの深さまでの領域について示した。また元素ごとの発光強度は便宜上調整して表示した。これによると炭素の表面部のピークはトップコートによるものであり、15 秒近辺のピークはタンニン酸によるものと推測できる。銀に関しては、強度が強い部分が

バナジウムのそれよりも若干表面で観測された。化成処理の順序から考えると、銀よりもバナジウムのほうが表面で観察されるはずであるが、酸化銀の移動により逆になってしまったようである。こうした酸化銀の移動は黒色の色落ちだけでなく、耐食性の低下を招くので注意する必要がある。また最表面部では亜鉛の強度が高くなっているのが観察された。亜鉛はタンニン酸とのキレート皮膜を形成する関係上、表面部の強度が強くなる傾向があるが、これがトップコート後の表面でも観察されたのは想定外であった。

このような元素の移動による耐食性などの物性の低下を防ぐ観点から考えると、銀よりも移動度が少ない黒色酸化物の導入や、タンニン酸-亜鉛皮膜中の亜鉛を他の元素に置換する方法などが考えられるが、現段階では他の元素への変更は成功していない。

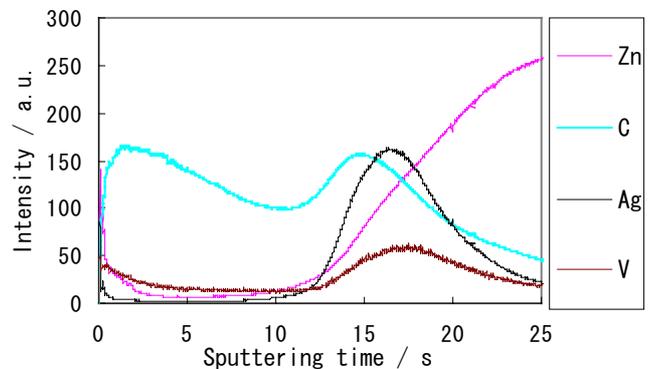


図 5 GD-OES による深さ方向の元素分析

4. 結言

現在、有害物質である六価クロムの規制により、クロメート処理の代替技術が求められている。本研究では化成処理にクロムを用いない、タンニン酸をベースとした黒色皮膜の作製を行った。外観や光沢度に関しては黒色クロメートと同等のものが得られた。また皮膜の密着性に関してはこすっても色落ちしない良好なものが得られた。

耐食性は中性塩水噴霧試験により評価し、白錆発生まで 10 時間程度の性能であることがわかった。これは黒色クロメートの約 96 時間には及ばないものの、本系のような常温浸漬で速やかに皮膜を形成できる化成処理はコストや量産性の点で有利なため要望が多い。今後更なる耐食性の向上を図り、黒色クロメートの代替技術としての可能性を探索したい。

参考文献

- 1) 公開特許公報, 2001-98392

有機赤外線センサーを利用したマイクロデバイスの開発（第1報）

Development of Micro Device with Organic IR sensor (1st Report)

材料技術部 伊藤嘉亮・三瓶義之

生産技術部 本田和夫

応用技術部 高橋淳・大内繁男

(株) コンド電機 小林好之

(株) ホロニック 斎藤 宏

現在研究中の有機焦電体薄膜の応用として、非冷却で体温付近の応答性のより赤外線画像センサーの開発を行っている。本年度の研究では、ポリ尿素を利用した赤外線素子の微小化と2次元化を行った。

Key words:赤外線センサー、画像、MEMS、焦電、有機薄膜、蒸着重合、ダイナミックスキャン

1. 緒言

1. 1. 赤外線センサー

近年、IT 機器やコンピュータの高性能化に伴い、センサーなどの高機能素子の需要が増えている。従来工場などの工業的用途が主流であったが、一部の高機能センサーなどは一般家庭用として普及しつつある。特に赤外線センサーは防犯の点から注目されており、従来型の点センサーから物体の温度や動きがわかる画像センサーの開発が望まれている。

赤外線センサーは、冷却が必要な量子型と、冷却が不要なボロメータ（抵抗の変化）や焦電型（表面電荷の変化）に分類される。ここで量子型は、高感度である半面コスト高であり、また -100°C 程度まで冷却しなければならず研究等の高機能用途に利用されている。一方ボロメータや焦電型は冷却が不要であるが、感度等が十分ではないが製造コストが安く、人体検知センサーなどに利用されている。赤外線センサーを画像素子とする場合には、これらの赤外線素子を2次元状に多数個配置すればよいが、大きさや応答性の問題により集積化する必要がある、フォトリソグラフィなどの IC 作製技術が必要となる。また、信号を時系列で取り出すために電荷結合素子（CCD）や電荷注入素子（CID）などと組み合わせる必要が生じる。ここで、感度等がそれほど必要のない場合は、素子単体のコストが低いボロメータや焦電体を用いればコストが抑えられるが、作製時の熱処理（ 600°C 以上の加熱が必要）や IC 作製工程内で使用できない元素を使用しているなどの問題により、これらの素子を容易に画像素子化することができなかった。また、赤外線画像自体は医療用などのコストよりも性能が優先される分野での需要が大きく、これらの背景と製造上の問題により、赤外線画像素子はもっぱら冷却が必要な量子型が主流となっていた¹⁾。

1. 2. 非冷却赤外線画像素子

ここ数年防犯等の要求から非冷却でより安価な赤外

線画像センサーが求められるようになってきた。それらは、熱源としての人体の移動等が確認できればよく、そのため測定範囲はせいぜい室温から 50°C 程度でよく、また防犯用としては一般的なフォト CCD と併用すれば分解能や画素数などにおいて高性能である必要がなくなると思われる。さらに、ここ数年のマイクロマシン技術の普及により、シリコンなどの素子基板を局部的に薄く加工することが容易になり、そのためボロメータや焦電素子においても著しい感度向上が望めるようになった。現在、それらを受けて一部大企業などでボロメータや焦電素子を用いた非冷却赤外線画像素子の開発が始まっている。

1. 3. 有機赤外線素子

当所においては、低コストであり、次世代の機能性素材として期待されている真空蒸着法による機能性有機薄膜について、平成 8 年度より研究を行っており、ポリ尿素などの高い焦電性を持つ有機薄膜の製造に成功している。これを焦電型赤外線素子に利用した場合、従来のセラミックス型に比べて感度では劣るものの、低比熱であり、厚さも薄くできるため応答性に優れ、被検体のより速い動きにも対応できると予想される。また、プロセス温度が 200°C 以下と低く、構成元素がポリイミドなどと変わらないため、作製時に IC 作製装置を使用することができ、また信号増幅用の集積回路を素子内に作製できるというメリットを持つ²⁾。

本研究においては、当所で研究を行っている有機焦電薄膜を利用して、非冷却で応答速度の速い赤外線画像素子の作製を行う。さらに、作製した素子をドライブする回路を作製し、赤外線画像装置の開発を行うことを目的とする。

2. 赤外線センサーの作製について

2. 1. 赤外線素子

素子の開発にあたっては、以下を予定している。

・素子構造について

図 1 に素子構造を示す。2 つの電極（上部電極と下

部電極)に焦電体をはさまれる構造をとる。焦電体下の基板は、数マイクロメートルの構造体(シリコンや窒化シリコン膜等)を残して空洞とし、熱絶縁構造とする。

・熱絶縁構造について

素子下部の基板については、マイクロマシニング技術により空洞化する。空洞化の方法については、アルカリエッチングによる方法(図2(a),(b))とドライエッチングによる方法を検討する(図2(c))。

・素子の素材について

焦電体には、ポリ尿素薄膜を用いる(図3)。作製方法は、2種類のモノマー(MDIとMDA)を原料とし、蒸着重合法を用いる。

・画素数について

画素については当初2×2で実験を行い、最終的には8×8を目標とする。

2. 2. 回路について

回路の開発にあたっては、以下を予定している。

・各画素の走査方法

今回開発するセンサーは、画素数が少ないことと応答スピードが可視光よりも遅いことを考慮し、ダイナミックスキャン式(X-Yアドレス式)とする(図4)。

・信号処理について

赤外線センサーは被検体自身からの輻射を検出するが、同時に被検体の周囲からも赤外線輻射があるためコントラストが付きにくくなる。そこで、背景信号の削除の必要が出てくる。また、個々の素子の感度バラつきを補正しないと、均一な温度分布のものを測定しても、つねに決まった像が映し出されることになる。

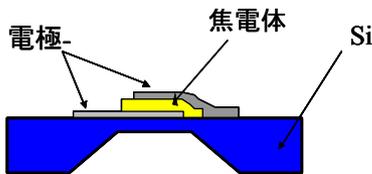


図1 素子構造

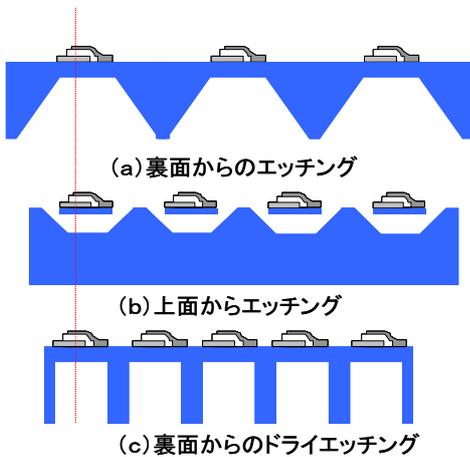


図2 熱絶縁構造の模式図

この点について、ソフトウェア上で補正を行う。

3. 今年度の成果について

今年度の研究については、以下を行った。

3. 1. 素子のアレイ化

平成12年度³⁾、13年度研究⁴⁾のプロセスに基づき、素子の微小化とアレイ化を行った。素子自体は、最小50μm角とし、アレイ化2×2とした。作製した素子を図5に示す。熱絶縁構造については、今回はTMAHを用いて裏面よりエッチングを行った。性能については、現在評価中である。

3. 2. 赤外線照射装置の試作

平成13年度研究で試作した赤外線照射装置⁴⁾は点光源型であり、広い面積の照射が行えなかったため、1cm角が均一に加熱できるように装置を試作した。図6に外観を示す。赤外線加熱装置を用いてアルミ板を加熱して、特定の温度の赤外線を放射させる構造としている。ただし、面積の規定が十分に行えないため、平成15年度にアパチャー式黒体輻射炉を導入予定である。

3. 3. 熱絶縁構造の検討

熱絶縁構造の作製方法について、2通りの検討を行った。

①ウエットエッチング法

TMAH25%水溶液(80℃)を用いて、上面からエッチングを行う方法である。結果を図7に示す。写真

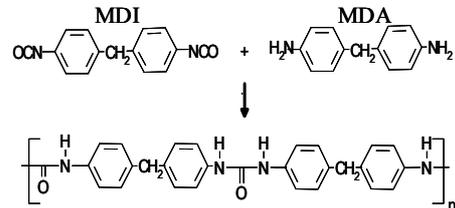


図3 ポリ尿素の反応式

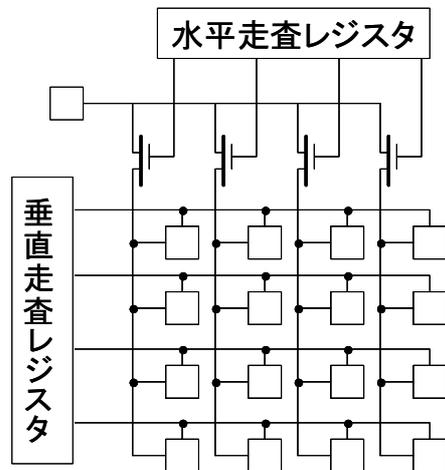
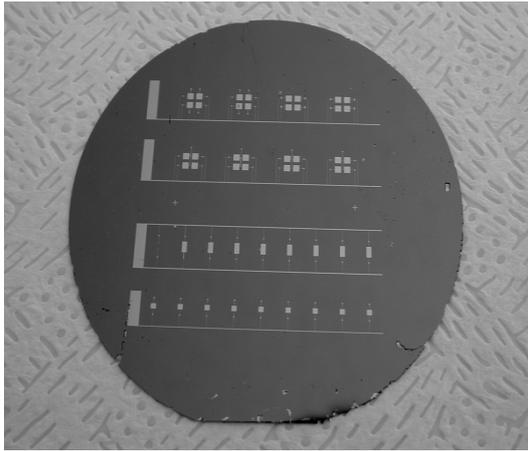
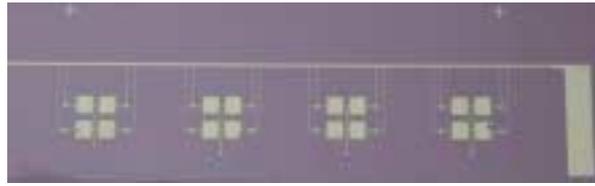


図4 X-Yアドレス方式の模式図



(a)全体像



(b)2×2の素子部分



(c)上写真の裏面部

—1mm

図5 試作した有機赤外線素子

から表面の薄膜のみを残して空洞になっている様子が伺えるが、表面部が破損しているところも現れている。これは、微小領域になると水の表面張力が相対的に強くなるため、乾燥時の水の収縮で表面の損傷が起これると考えられる。

②ドライエッチング法

ICPエッチング装置（エリオニクス社 EIS-7000）を用いて、クロム膜をエッチングマスクとしてシリコンのエッチングを行った。ガスは SF_6 を用い、流量は8sccmとした。ICP側の出力を1000Wとし、試料側が-50Vになるようにバイアスを調整した。結果を図8に示す。今回行った実験ではパターンが多少大きい、壁面は垂直にエッチングできているのがわかる。

4. 今後の予定

現在、素子のマルチ化と回路作製を行っている最中である。平成15年度については、以下を予定している。

- ・4×4素子の作製
- ・素子と回路の組み合わせ
- ・素子の感度向上
- ・シリコン基板の上面からのエッチングによる素子密度の向上
- ・CMOS回路とのハイブリット化による走査回路の作製

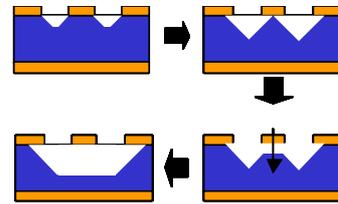


(a) 外観

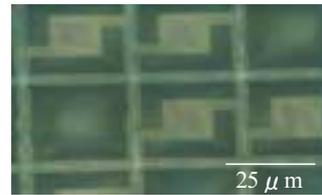


(b) 照射部

図6 試作した赤外線照射装置

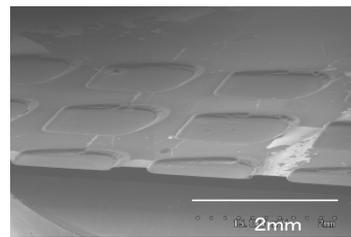


(a) エッチングの模式図

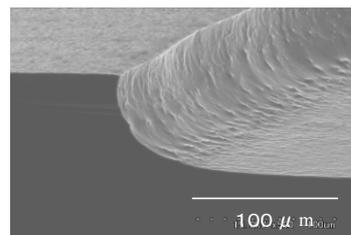


(b) エッチング結果

図7 TMAHによる上面からのエッチング



(a)パターン外観のSEM写真



(b)壁面部のSEM写真

図8 ICPエッチング装置による垂直エッチング

- ・ポリイミドフィルム等の樹脂基板上への素子の作製
- ・素子のパッケージング

5. 参考文献

- 1) 大森豊明：普及版センサ技術、(株)フジ・テクノシステム、平成12年
- 2) 産官共同研究事業（平成8年度～平成10年度）
「金属—有機海面における膜利用技術」研究報告書
- 3) 平成12年度福島県ハイテクプラザ試験研究報告書
p 34—37
- 4) 平成13年度福島県ハイテクプラザ試験研究報告書
p 37—40

スーパー繊維を活用した産業資材の開発

Development of the industrial materials that utilized a super fiber

福島技術支援センター 菅野陽一・野村隆・長沢浩・伊藤哲司・吉田正尚・東瀬慎・佐々木ふさ子
共同研究企業 株式会社ニーズプロダクト、株式会社シラカワ二本松工場
電材産業協同組合、日本素材株式会社

三次元織物は平面の織物より厚み加わるために、より強度が増し、軽量、耐熱、強度の点から次世代の産業資材として航空、宇宙、自動車、機械、建築材料などの各分野で関心が高まっています。本研究ではスーパー繊維の積層技術を確認し、今後需要の増大が見込まれる産業資材分野への市場進出を図るのが目的です。本年度は、炭素繊維の強化加工技術の確立と応用、三次元織物に関する調査研究を行いました。その結果、15年度より産業資材の試作と三次元織物製造法の考案、開発に着手出来る運びとなりました。

Key words: スーパー繊維、炭素繊維、三次元織物、産業資材

1. 緒言

近年、スーパー繊維を強化材に用いた複合材料は、産業資材や航空宇宙用資材を中心に需要が拡大傾向にあります。しかし、炭素繊維等はフィラメント糸が細く製織の生産効率が悪いために各企業とも難儀しているのが現状です。また、出来た織物は厚さが薄いため、複合材料プリフォームとして用いる場合、織物を積層することにより所定の厚さに構成しますが、この場合は面内剪断力が劣るという欠点があり、これを克服する必要があります。これらの背景をふまえて本研究では、ストレッチシルク用素材開発や自動リンキングマシンで培った技術を駆使し、スーパー繊維を活用した三次元織物の開発に着手しました。

2. 開発のねらい

炭素繊維出荷量の推移をみると1999年度は若干の落ち込みはあるものの毎年確実に出荷量は増え続けています。

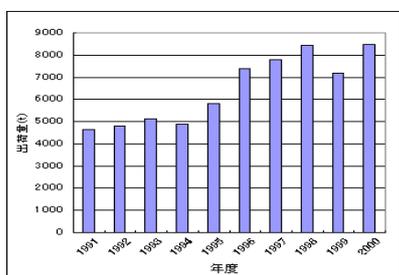


図1 炭素繊維出荷量の推移

また、補強用炭素繊維シートの市場規模の推移をみましても毎年増加傾向にあり2002年は数量、金額とも5年前の1997年よりも2倍以上に増加しております。この補強用炭素繊維シートの用途をみますと既

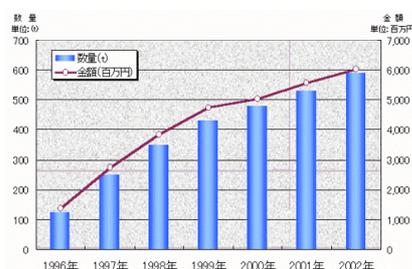


図2 炭素繊維シート市場規模の推移

存の鉄筋コンクリート柱に炭素繊維シートを巻き付け、樹脂でこれを固めて補強することで建造物と一体化させたり、また、阪神大震災を契機に高速道路の柱、橋脚、ビルの柱等に急速に炭素繊維シートが使われるようになりました(図3参照)。特に、国土交通省は高度成長期に建設した橋が2022年に集中して架け替え時期を迎えることにより、平成15年度から前倒しで補修などの延命処置を進めることになりました。また、炭素繊維の特徴である軽い、強い、変形がしにくい、耐熱性がある等により航空・宇宙分野への活用にも強い関心が寄せられております(図4、図5参照)。



図3 ビルの柱の補強



図4 航空機



図5 スペースプレーン

これらの状況を踏まえて、炭素繊維を強化材にした複合材料の需要拡大をにらみながら、当支援センターでこれまで培ってきた技術を総動員して産業資材の開発に取り組むことにしました。

3. 研究の概要

炭素繊維はフィラメントが細く繊維方向の強度は大きいですが曲げには大変脆く弱い欠点があり、織りの準備から製織工程まで繊維の取り扱いが極めて難しいのが現状です。そこで、当所では炭素繊維間の擦れによるフィラメントの破損を制御する方法として炭素繊維を適切な補強材で保護する加工方法を開発しました。これによりフィラメント切れは改善され、また、補強材の効果により当所で評価試験を行った結果、曲げ強度も2割近くアップすることがわかりました。

この炭素繊維を保護する加工の開発により補強炭素繊維シートによるSR-CF工法への応用や三次元織物である炭素繊維織物の積層化技術開発への具体的な取り組み方の見通しをつけることが出来ました。

3. 1. CFアンカーへの応用

炭素繊維シートは非常に強度の高い材料ですが、炭素繊維シートとコンクリートの付着はそれに比べて弱く、炭素繊維シートがその強度をフルに発揮するより先に剥離が始まります。独立柱の補強では、炭素繊維シートを柱にぐるりと巻き付けて端部同士を接着し閉

鎖型のフープ（輪）を形成させます（図6参照）。そのため、剥離が生じても炭素繊維シートは剪断補強筋として機能します。しかし壁付き柱では炭素繊維シートを閉鎖型に巻き付けることができません。そこで、壁に貫通孔をあけてCFアンカー（炭素繊維の束）孔に通し、両端をそれぞれ扇状に開いて炭素繊維シートに接着します。これにより炭素繊維シートの力を伝達させ、擬似的に閉鎖型のフープを形成することができます（図7参照）。



図6 炭素繊維シートの力の伝わり方

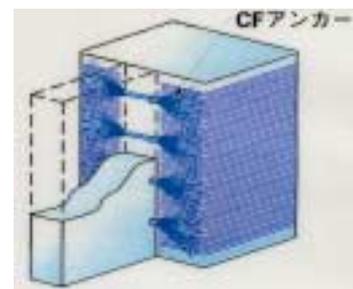


図7 CFアンカーによる壁付き柱の耐震補強

しかし、独立柱への巻き付けと違い壁付き柱への巻き付けは現場での作業が主になり人手も必要とすることから労力と時間がかかるのが欠点とされています。

そこで、この壁付き柱へ使用するCFアンカーに当所で開発した炭素繊維加工糸を代替することにより工場でCFアンカー成形版をつくり現場で取り付けることが可能となるために工期の短縮、高品質の確保にかなげると考えました。そして、15年度に共同研究企業とCFアンカーの試作品を作り試験施工する運びと

なりました。

3. 2. 三次元織物の開発

これまでの二次元織物では板厚が薄いために積層させて用いることにより弱点であった層間強度を強化することで開発されたのが三次元織物です。三次元織物技術にはさまざまな形態があり目的用途によって製造方法が異なりますが、代表的な三次元織物としてインターロック織物（図8）とZピン方式（図9）があります。

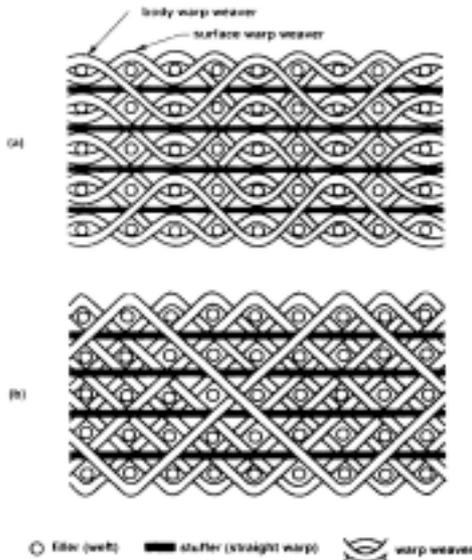


図8 インターロック織物

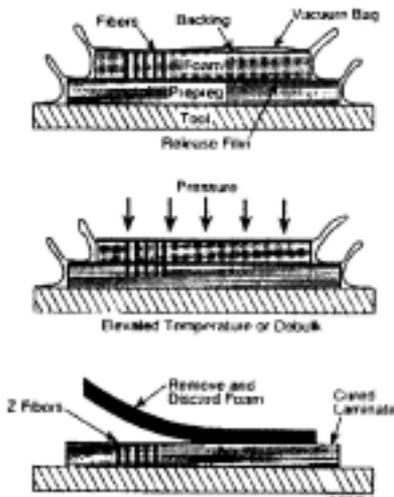


図9 Zピン方式

インターロック織物は従来の織機で開口方法を改良すれば三次元織物が得られます。しかし、面内の強化繊維の方向が経糸と緯糸の二方向のみに限定されるために面内せん断特性が劣ります。

Zピン方式はZ成分として、複合材または金属の細いピンを用いるやり方でプリフォームあるいはプリグレグ内の上にZピンをさした発泡剤を設置し、硬化時に加えるオートクレーブ圧により発泡剤を圧縮すると同時にZピンを挿入する方式です。この方式は現在開発中ですが製造コストが高いために大幅なコスト削減が課題とされております。

当所ではこれらの三次元織物を参考にしながらコスト削減、高強度、高品質の製品作りを目指し、これまで培ってきた技術（ストレッチシルク開発、自動リングマシン開発）を用いて三次元織物の開発に着手します。平成15年度は積層材料縫合機を用いて開発した炭素繊維織物を積層し、縫合することにより高密度な三次元織物を試作する予定です。

2. まとめ

14年度は産業資材調査、炭素繊維加工技術の確立と性能評価試験を行い、次年度につながる成果を得ることができました。15年度はCFアンカーの試作を行い産業資材への取り組みを図ると共に三次元織物の試織開発に着手し炭素繊維織物の積層化技術を確立する予定です。

参考文献

- 1) 日本複合材料学会誌 Vol.26.No.5 2000
「三次元織物技術の動向」安居義治
- 2) 資料 SR-CF工法による壁付き柱の耐震補強
- 3) SR-CF工法 <http://shimlab.com/cts/sckt.html>
- 4) SR-CF工法 <http://shimlab.com/cts/scks.html>
- 5) SR-CF工法
<http://constec.co.jp/04repair/srcf.html>
- 3) SR-CF工法
<http://ap1.toray.co.jp/dfdoken/faq/cloth.html>

微生物による未利用資源の高度利用化（第3報）

Development of the ways to use unused food processing subproducts by using Microbes.

応用技術部 安川 真・池田信也・鈴木英二・桑田 彰

平成12年度および13年度の実験結果をふまえて、温度計、重量計、二酸化炭素濃度計を装備した実証規模の醗酵槽を委託製作し、5カ所の事業所において投入試験を行い、醗酵の状態等を検証した。外部からデータを監視して、投入量の指示をすることで、醗酵状態を管理することが可能であることを実証した。さらに、醗酵槽内に存在する細菌群の違いについて分析し、醗酵状態との関連性を見いだした。醗酵槽の臭いの問題に関しては、腐葉土による脱臭のメカニズムを解析し、アンモニアを分解する微生物を確認した。

Key words:コンポスト、廃棄物処理、悪臭物質、生物分解、アンモニア、16SrDNA、群集解析

1. 緒言

現在、環境に対する負荷軽減が叫ばれており、これ以上廃棄物を燃焼によって処理することは避けなければならない状況下にある。さらに、平成13年4月に「食品循環資源の再利用等の促進に関する法律」が施行され、食品廃棄物の再資源化へ向けた取り組みが急務となっている。

そこで本研究では、食品廃棄物の「高速堆肥化」を目的として、醗酵中の微生物相の変化と醗酵槽の制御方法や、醗酵槽から発生する臭気に対する問題等について様々な検討を加えてきた。そして、微生物を添加しない醗酵肥料製造管理手法の開発や、被醗酵成分が肥料製造に及ぼす影響、そして、微生物相の確認法の検討、脱臭槽における脱臭メカニズムの解明などについて、一応の知見を得たので報告する。

2. 実験方法

2. 1. 実証試験機による醗酵試験

2. 1. 1. 実証試験機の仕様

表1 実証試験機の仕様

処理量	100kg/日
攪拌方式	横軸攪拌方式・二軸式
攪拌時間	正転20分・逆転20分・停止20分
回転数	0～6回転/分（連続可変可能）
排気	ブロア排出空気量 最大2.0m ³ /min
外形寸法	2,000(W)×1,000(D)×1,400(H)mm
電源	交流三相200V 20A
槽内加熱	保温30℃
データ収集装置	二酸化炭素濃度計・重量計・温度計
攪拌調整材	初穀
微生物資材	なし

今回の実験では、処理能力を100kg/dayとし、連続運転を行うことを考え、1次醗酵槽（5台）の他に2次醗酵専用の醗酵槽（2台）を別に製作した。今年度実証試験用に製作した醗酵槽については、主に、平成13年度に製作した醗酵槽を基に、処理量、データ収集装置などを再検討し、1次醗酵槽の仕様を表1のと

おりとした。

2次醗酵槽においては、1次処理物を処理するものであるため、データ収集装置の一部を省いただけで1次醗酵槽とほぼ同じ仕様となっている。

2. 1. 2. 各事業所での醗酵試験

製作した醗酵槽（1次処理用・5台）の設置場所については、共同研究先であるグンダスト事業協同組合に選定を依頼し、表2の5カ所となった。すべての場所において、重量センサーの誤動作防止を目的として正確に水平をとった。各設置場所においての廃棄物は表2のとおりであった。

表2 設置場所と投入された廃棄物

設置場所	投入した生ゴミの概要
ショッピングモール	パン類・野菜・残飯・魚介類の残さ等
ビッグパレット	野菜くず・魚介類・残飯・揚げかす等
青果市場	はねものの野菜・外皮・果物
日本大学工学部	食堂の残飯・野菜・麺類等
食品団地	小豆かす・中華麺・そば粉・おから等

2. 2. 醗酵槽内の成分変化と細菌相の変化

2. 2. 1. 成分分析

サンプルを乾燥・粉碎し、窒素・粗脂肪・粗繊維・糖について調べた。窒素分析は、KJELTEC SYSTEM（tecator社製）を用い、ケルダール法¹⁾により分析を行った。粗脂肪分析は、SER 148 Solvent Extraction（VELP社製）を用いてエーテル抽出²⁾を行い、105℃にて残留エーテルを蒸発させ、残留物の重量を秤量し粗脂肪量とした。粗繊維分析は、ADF・NDF分析装置（ANKOM社製）を用いた。糖分析は、グルコチームSP（ナガセ生化学工業（株）：グルコアミラーゼ50%含）を添加した溶液で糖化し、その糖化液をHPLCで測定した。HPLCの条件は下記のとおり。

Column :CAPCELL PAK NH2 UG80 (Shisesido co.)

Eluent :Acetonitrile/Water=70:30

Flow Rate :1ml/min

Detector :RI

Temperature :35℃

また、サンプルの水分量、pH についても調べた。

2. 2. 2. 細菌の群集解析

生ゴミ処理槽内からサンプリングし、定法²⁾により核酸調整を行った。その混合核酸を用い、前報³⁾で行った方法で細菌群の特定を行った。

2. 3. 脱臭効果

2. 3. 1. 実証試験機用脱臭槽の脱臭効果

実証試験機を設置した事業所5カ所の脱臭装置において、実証試験期間後期(約半月間)のアンモニア(NH₃)脱臭能力を確認した。今回実証試験に用いたコンポスト化醗酵装置の外観を図1に示す。



図1 実証試験機外観 左側がコンポスト化醗酵槽、右側のボックスが脱臭槽となっている。また、脱臭槽の略図を図2に示す。

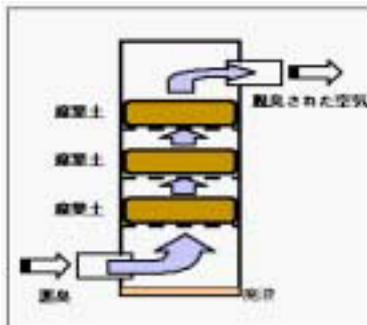


図2 脱臭槽略図 醗酵槽内から約100L/min量流入し、容積約20Lの三層の腐葉土層を通し、腐葉土中に存在する微生物により脱臭する構造である。

醗酵槽内で醗酵により発生した悪臭の通過場所である脱臭槽の導入口と排出口を測定場所とし、アンモニアガス用ガステック検知管を用いてNH₃濃度を測定した。

各事業所の脱臭槽内腐葉土におけるpH・水分・アンモニウムイオン(NH₄⁺)濃度を測定した。腐葉土中NH₄⁺濃度測定は、腐葉土100gを蒸留水100mlに浸水させ、この上澄み液100mlを試料としてアンモニウムイオン測定器(東興化学Ti-9001)を用いて測定した。

2. 3. 2. 分離菌によるアンモニア減少効果

脱臭槽内腐葉土から分離したアンモニア(NH₃)を分解する可能性のある微生物³⁾について、アンモニウムイオン(NH₄⁺)減少試験を行った。また、NH₄⁺減少における諸条件の影響を検討した。

NH₄⁺減少試験は表3に示す条件で行った。前培養液はL培地(1%Tryptone Peptone, 0.5%Yeast Extract, 0.5%NaCl, 0.1%Glucose : pH7.2)で30℃・2日間培養したものを使用し、無機窒素培地(0.2%NH₄Cl, 0.2%K₂HPO₄, 1%Glucose, 1%CaCO₃, 0.001%FeSO₄, 0.05%MgSO₄ : pH8.0)を用いたこれらの試験区を30℃・40日間培養して、NH₄⁺減少量を調べた。

表3 分離菌のNH₄⁺減少試験

試験区	Blank	A	B
無機窒素培地	500ml	500ml	500ml
添加菌	なし	分離菌 結核菌類 (K12, K13, K14, K15, K16, K17, K18, K19, K20)	分離菌 結核菌類 (K21, K22, K23, K24, K25, K26, K27, K28, K29, K30)

NH₄⁺減少におけるpHの影響および高濃度NH₄⁺条件下における減少試験を、それぞれ表4・表5に示す条件で行った。これらの試験区を30℃・約30日間培養し、NH₄⁺減少量を調べた。

表4 分離菌のNH₄⁺減少におけるpH影響試験

試験区	Blank	pH6	pH7	pH8	pH9
無機窒素培地	500ml	500ml	500ml	500ml	500ml
添加菌	なし	分離菌 結核菌類 (K12, K13, K14, K15, K16, K17, K18, K19, K20)	分離菌 結核菌類 (K12, K13, K14, K15, K16, K17, K18, K19, K20)	分離菌 結核菌類 (K12, K13, K14, K15, K16, K17, K18, K19, K20)	分離菌 結核菌類 (K12, K13, K14, K15, K16, K17, K18, K19, K20)

表5 分離菌の高濃度NH₄⁺条件下における減少試験

試験区	Blank	A	B	C	D
無機窒素培地	1500μg/L	1500μg/L	1500μg/L	2000μg/L	2000μg/L
添加菌	なし	分離菌 結核菌類 (K12, K13, K14, K15, K16, K17, K18, K19, K20)	分離菌 結核菌類 (K12, K13, K14, K15, K16, K17, K18, K19, K20)	分離菌 結核菌類 (K12, K13, K14, K15, K16, K17, K18, K19, K20)	分離菌 結核菌類 (K12, K13, K14, K15, K16, K17, K18, K19, K20)

3. 実験結果と考察

3. 1. 実証試験機による醗酵試験

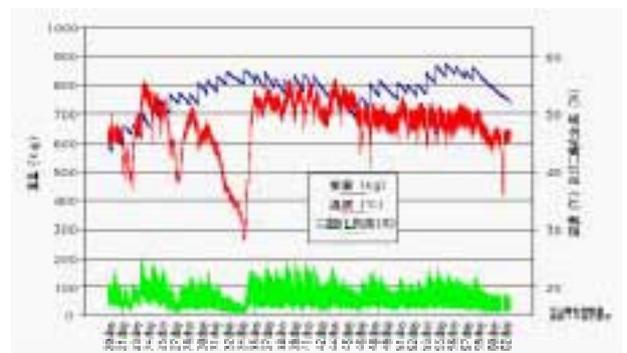


図3 ショッピングモールにおける各データの推移

ショッピングモールの温度経過において急激に下降しているところは、脱臭槽の排水が滞ったため水分の蒸散に障害が発生し、攪拌に問題が生じたためとわかった。グラフで異常を確認したことを投入担当者に伝え、適切な処置によりその後は非常に旺盛な醗酵が行われた。

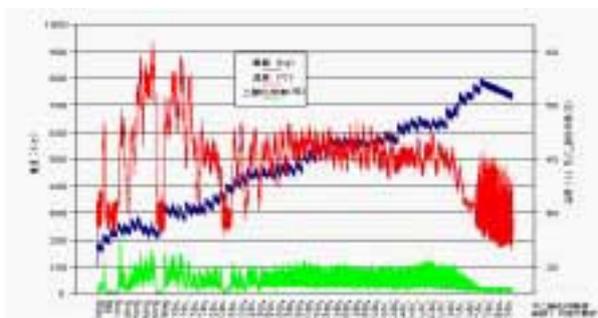


図4 ビックパレットにおける各データの推移

ビックパレットふくしまにおいては、投入開始の翌日から温度が上昇し、粉殻の追加投入だけで pH の調整は行わなかった。8日目頃には実験期間中の最高温度である 61.2℃を記録したが、温度が高すぎたために微生物の活動が阻害され、その後急激な温度下降が起こっている。こういった傾向は実験機の場合にも見られたが、異常醗酵へと続いていく性質のものではないことがわかっており、今回も正常醗酵へ回復した。

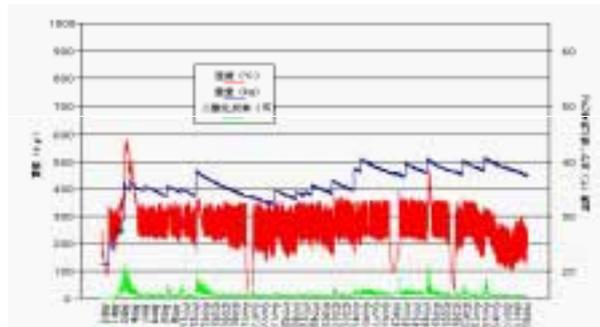


図5 青果市場における各データの推移

青果市場では、投入開始から3日目に一度品温が上昇しただけで、以後はほとんど品温は上昇しなかったが、二酸化炭素濃度は投入ごとにわずかに上昇が認められた。投入物が野菜・果物に偏っており、処理槽内の通気が良好で水分の蒸散が盛んであったため、終了時にも処理物量は 450kg 程度で大きな重量増加は見られなかった。

日本大学工学部では、投入開始から12日目までは順調な醗酵状態であったが、その後醗酵状態が悪化したため pH の調整と粉殻の追加を行った。その結果、15日目からは品温が上昇し正常な醗酵へ復帰した。グラフを見ると数日おきに温度の上昇が認められない部分があるが、二酸化炭素濃度の変化から見るとその増加の仕方が緩慢になっており、水分の多い廃棄物が投入されると一時的に攪拌状態が悪くなって通気量が

減少し、醗酵が遅れてしまうものと考えられた。

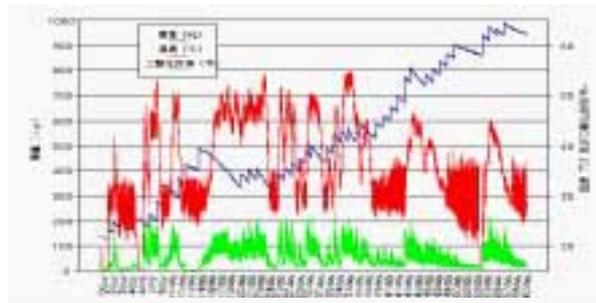


図6 日本大学工学部における各データの推移

食品団地の醗酵槽については、投入開始から1週間は品温上昇が認められたが、その後はほとんど品温の上昇が認められなかった。そのため、pH の調整を2度行ったが、正常な醗酵状態には回復しなかった。この事業所では、おから・餡かす・麺類を同重量ずつ投入しており、豆類からの難分解物質が蓄積されていったため、pH 調整や粉殻の投入を行ってもほとんど効果がなかったものと思われる。

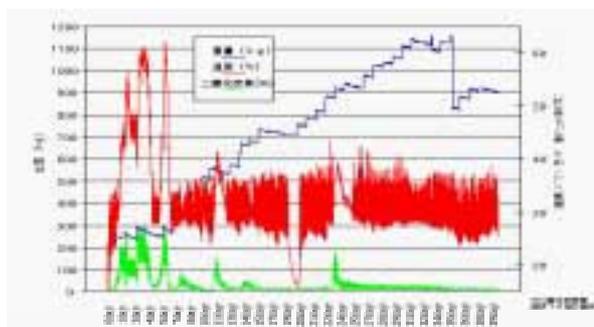


図7 食品団地における各データの推移

3. 2. 醗酵槽内の成分変化と細菌相の変化

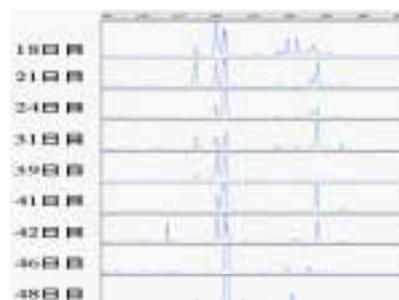
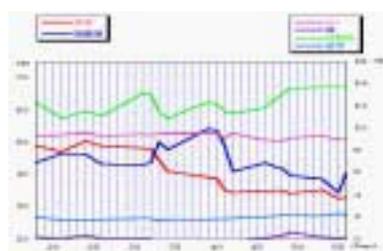


図8 ショッピングモールの成分と細菌相の変化

ショッピングモールでは、畜肉・魚などの廃棄物か

ら持ち込まれる油によって粗脂肪量は高めであるが、微生物による高い代謝熱によって水分が蒸発していたので、攪拌状態は良好であった。*Bacillus* 属(249, 251, 302, 309bp)・*Clostridium* 属(243, 306, 321bp)などの好氣的代謝によって、窒素化合物がアミン類やアンモニアに分解され、pH9 前後であった。好氣状態であるため糖の消化も良かった。細菌相の変化があまりないことから、処理槽内が安定だったことがわかる。



図9 ビックパレットふくしまの成分と細菌相の変化

ビックパレットふくしまでは、サンプリングを始める以前は pH が高く、アミン臭やアンモニア臭もしていたが、この実験期間内では pH6 前後で処理槽内は酸性だった。厨房からの魚・畜肉の廃棄部分や食事の食べ残しなどからの油で、処理槽内の粗脂肪量は5事業所中最も高かった。粗繊維の割合からもわかるように、分解が進まず糖の量も蓄積されていった。細菌相の変化については、21 日目から 25 日目の間で大きく変化し、*Bacillus* 属(309bp)の細菌がいなくなり *Lactobacillus* 属(205, 281, 335, 337bp)が中心になっていった。

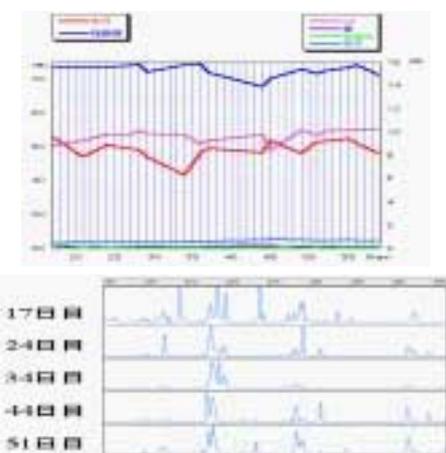


図10 青果市場の成分と細菌相の変化

青果市場では野菜・果物のみで、畜肉・魚といった窒素化合物は一切入らなかった。図12からもわかると

おり、糖・粗脂肪・窒素の量は他の実証試験機に比べてほとんどなかった。*Lactobacillus* 属(205, 292, 329bp)や *Cellulomonas* 属(232, 233bp)などが中心となって細菌相が変化していたが、窒素化合物がほとんど入らないという珍しい例だったので、図13の中では細菌の種類が不明なピークが数多く認められた。

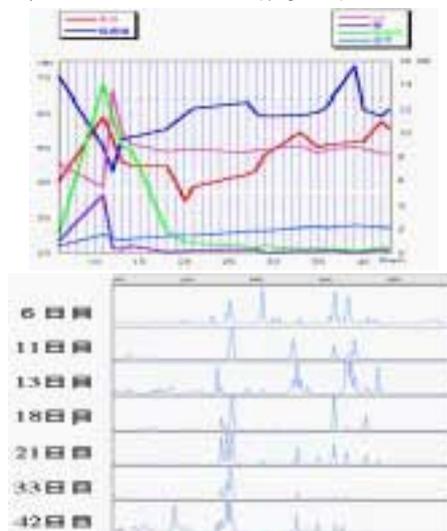


図11 日本大学工学部の成分と細菌相の変化

日本大学工学部では、運転開始から二週間ほど不安定な運転が続いたが、その後は pH8~9 の間で安定な状態となった。攪拌調整材のもみ殻の量を示す粗繊維量が大きく、糖の量が少なくなっていることから12 日目以降から良好な分解が進行していたことがわかる。13 日目まで細菌相は不安定であったが、図14のグラフと同じようにその後安定し、*Bacillus* 属(231, 234, 236, 249bp)を中心とした細菌群になった。*Bacillus* 属が中心の細菌相はショッピングモールと同じであるが、窒素化合物が大量に入ったショッピングモールとは中心となる *Bacillus* 属の種類が異なっている。

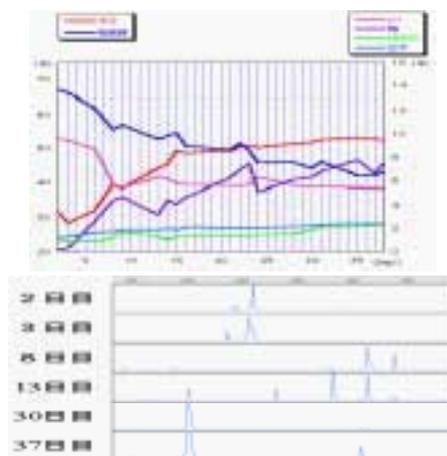


図12 食品団地の成分と細菌相の変化

食品団地では、運転開始から6 日目まで槽内はアルカリ性であったが、その後、pH は酸性の状態が続いた。槽内が酸性になってからは水分や糖が蓄積されていき、

粗繊維の割合が減少していることから分解が進まなくなることがわかる。運転開始から数日間は好気的代謝で槽内がアルカリ性となり、糖の消化もよく、*Bacillus* 属(232, 234, 249, 251bp)が中心の細菌相であった。しかし、糖の消化が悪くなり、有機酸の蓄積によって槽内が酸性になってくると同時に、*Lactobacillus* 属(205, 329, 335bp)が中心の細菌相になってしまった。

3. 3. 脱臭効果

3. 3. 1. 実証試験機用脱臭槽の脱臭効果

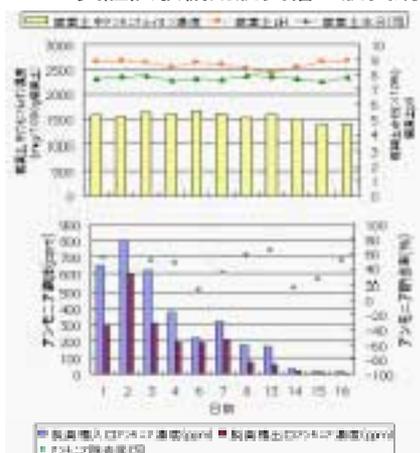


図13 ショッピングモールでの脱臭効果

ショッピングモールでのアンモニアガス (NH₃) は高濃度で発生しており、5事業所中最も高い値を示していた。そのため、NH₃ 平均除去率は最も低かった。この脱臭槽の NH₃ 除去率が 13.0～64.7%の範囲にあったことから、日々の諸条件により NH₃ 除去能力が変化すると考えられた。脱臭槽内腐葉土中のアンモニウムイオン (NH₄⁺) 濃度も、5事業所中最も高い濃度で蓄積しており、この脱臭槽の NH₃ を保持する許容範囲を超えていたため NH₃ 除去率が悪かったと考えられる。

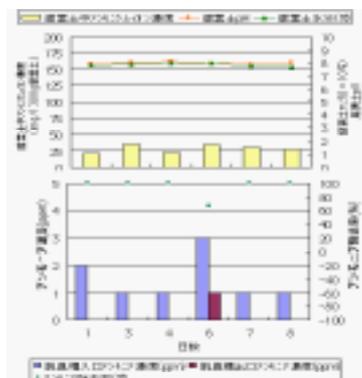


図14 ビックパレットふくしまでの脱臭効果

ビックパレットふくしまでは、生ごみの投入が終了し乾燥のための攪拌を行っていたため、NH₃ の発生は低濃度であった。脱臭槽内腐葉土中の NH₄⁺濃度も低く、したがって、NH₃ 除去率は5事業所中最も高い値

を示していた。

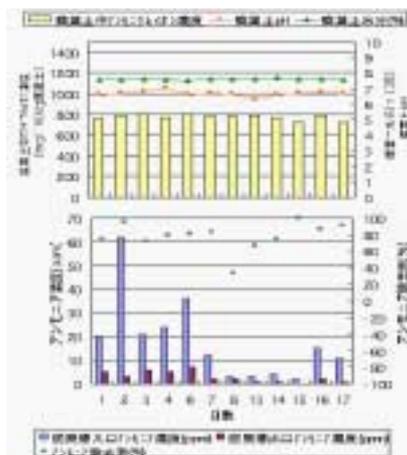


図15 青果市場での脱臭効果

青果市場では窒素化合物を多く含む畜肉・魚が投入されていなかったにもかかわらず、2～62ppmと比較的高い濃度で NH₃ が発生し、排出口からもやや高めの濃度で排出されていた。腐葉土中の NH₄⁺濃度は平均 775.1mg/kg (腐葉土) と高い濃度で蓄積していたが、腐葉土 pH は pH6.7 で5事業所中最も低い値となっていた。

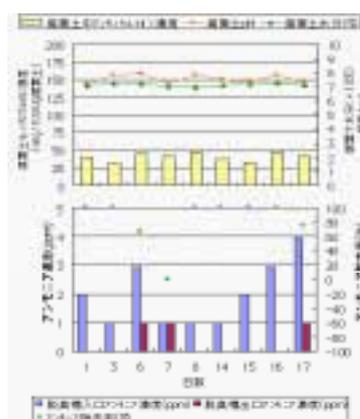


図16 日本大学工学部での脱臭効果

日本大学工学部では低濃度で NH₃ が発生し、腐葉土中の NH₄⁺濃度も平均 41.0mg/kg (腐葉土) と低濃度であったため、脱臭槽の NH₃ 平均除去率は 82.4% と高い値を示した。

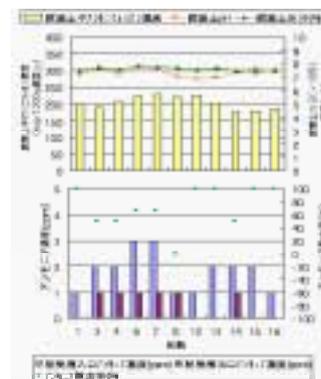


図17 食品団地での脱臭効果

食品団地では処理槽内の内容物が酸性だったため、NH₃の発生は低濃度であった。したがって、脱臭槽のNH₃除去率は平均71.1%と高い値を示した。腐葉土中のNH₄⁺濃度は平均204.6mg/kg（腐葉土）と比較的高い値を示しており、これは処理開始の頃に発生していたNH₃が分解されずに残っていたものと思われる。しかし、脱臭槽がNH₃を保持する許容範囲を超えていなかったため除去率が高かったと考えられる。

3. 3. 2. 分離菌によるアンモニア減少効果

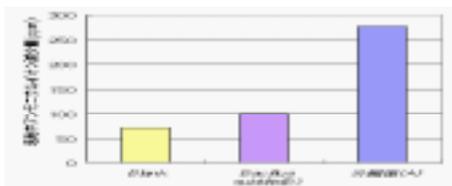


図18 分離菌のアンモニウムイオン減少量

脱臭槽内腐葉土より分離した微生物のアンモニウムイオン(NH₄⁺)減少試験を行った。分離菌と対照として使用した*B.subtilis*の40日後の培地中NH₄⁺減少量を図23に示す。*B.subtilis*は無機窒素培地においてNH₄⁺を若干減少させることが知られているが、この実験結果から、分離菌は緩やかにNH₄⁺を減少させ

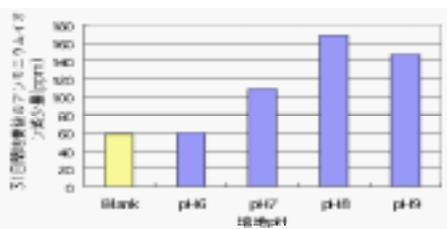


図19 分離菌のpHの影響によるNH₄⁺減少量
ることが確認できた。

脱臭槽内腐葉土から分離した微生物がNH₄⁺を減少させるうえで、培地pHがどのように影響するかを試験した。分離菌のpHの影響による培養31日後のNH₄⁺減少量を図24に示す。一般に無臭化微生物の大部分は生育至適pHが8であることが知られているが、この分離菌も生育至適pHおよびNH₄⁺を減少させるうえでの最適pHはpH8であることが確認できた。

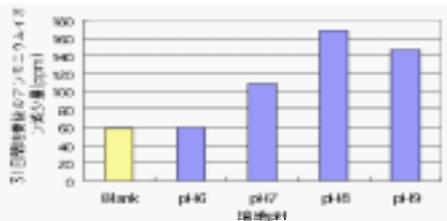


図20 分離菌の高濃度NH₄⁺におけるNH₄⁺減少量

また、高濃度アンモニウムイオン条件下における、分離菌の40日後の培地中NH₄⁺減少量を図25に示す。対照とした*B.subtilis*においては、培地中NH₄⁺濃度が1500ppmおよび2000ppmのときともにBlankの

減少量を下回っており、*B.subtilis*には高濃度NH₄⁺条件下でNH₄⁺減少能力がないことが確認された。一方、分離菌では、1500ppmの時にはNH₄⁺減少能力はあるが、培地中NH₄⁺濃度2000ppmになると菌の生育はするがNH₄⁺減少能力が無くなってしまふことが確認された。

4. 結言

平成12年度からの研究の成果を基に、処理能力を100kg/dayとした実証機を作製し、グンダスト事業協同組合の協力を得て、郡山市内の5事業所に設置し運転を行った。運転の管理という点では、データロガーと携帯電話を用い、設置場所から離れたところで醗酵槽の管理を行うことができた。また、データの異常を投入担当者へ連絡し、生ごみ投入作業の適正化を図ることが可能となった。

生ごみ処理槽内の成分変化と細菌相の変化から、窒素源が多く分解が活発な処理槽では*Bacillus*属・*Clostridium*属が存在し、アンモニアやアミン類の発生でpHが高く残存糖が少ないことがわかった。一方、炭水化物が多く分解が進まない処理槽では*Lactobacillus*属が優位を占め、有機酸の生成によりpHが低く残存糖が多かった。

実証機用脱臭槽の脱臭効果を調べた結果、アンモニア発生は事業所により大きな差があり、投入する生ごみの種類によって影響されることがわかった。また、脱臭槽排出口にてアンモニアガス濃度が高く排出されてしまうところでは、脱臭槽内腐葉土のアンモニウムイオン濃度も高く、脱臭の限界状態になり、結果としてアンモニアガスが脱臭されずに排出されていた。

腐葉土からの分離菌は、無機窒素培地において緩やかにアンモニウムイオンを減少させることが確認できた。また、NH₄⁺を減少させるうえでの至適pHは8であった。高濃度NH₄⁺環境下では培地中NH₄⁺濃度が1500ppmの時はNH₄⁺減少能力があった。

参考文献

- 1) (財)日本食品分析センター：五訂 日本食品標準成分分析マニュアルの解説
- 2) 日本生化学会編：新化学実験講座2 核酸I 分離精製
- 3) 安川真ら：福島・山形・新潟三県共同研究開発事業（平成12～14年度）研究成果報告書
- 4) 樋渡隆ら：鹿児島県畜産試験場研究報告書 第33号,P76,2000.
- 5) 白石誠ら：岡山県総合畜産センター研究報告 第8号,P66,1997.

エージェント利用広域高速ネットワーク管理／

セキュリティ監視システムの研究

A study of management and security monitoring systems for wide area and wide range networks

応用技術部 電子応用科

本田修啓・尾形直秀・高樋 昌・浜尾和秀・太田悟・小柴誠

マルチメディア時代の高速インターネットにおけるセキュリティ対策を行う分散型次世代ファイアーウォールシステム開発のための研究を平成12年度から平成14年度の3カ年計画で実施した。VPNによる実験用ネットワーク構築、セキュリティアタック検出装置開発と配置、運用実験を行った。あわせて、自動学習機能を有するメール付着ウイルス除去装置、WWWにより閲覧可能な、セキュリティ情報データベースを開発し、これらを総合的に組み合わせたFIREWALLシステムを構築し、総合運用実験を実施して改良点の抽出を行って実用化についての見通しを得た。

Key words: インターネット、セキュリティ、ファイアーウォール、IDS、データベース

1. 緒言

インターネットは、郵便、電話と同様、社会的な基本通信インフラとしての位置を確立した。「常時」、「高速」、「マルチメディアアプリケーション」を中心とするブロードバンドインターネットが安価に利用できるようになったことから、今後ますます中小企業に普及していくと考えられる。本研究は、このような状況に対応し、深刻度が増しているネットワークセキュリティ技術を中心に岩手県工業技術センター、広島県立西部工業技術センターおよび県内企業2社（フォルテ・システムズ（株）、（株）マクロウェア）と共同で、平成12年度から平成14年度までの3ヶ年計画で研究をおこなった。福島県担当分として以下の3つの課題について研究を進めた。

- (1) 次世代型ファイアーウォール装置の研究開発
- (2) 次世代型ウイルス除去システムの研究開発
- (3) ネットワーク運用管理技術者支援システムの開発研究

ここで(2)は、平成13年度以降、ウイルスによる被害が増大したことを受け、目標に追加したものである。

(1)については福島県ハイテクプラザ、(2)についてはフォルテ・システムズ（株）、(3)については（株）マクロウェアが主に研究開発を担当し研究を進めた。

2. ネットワークセキュリティ対策の必要性

2. 1. インターネット常時接続の普及

インターネットにおいて、ポートスキャンを始めとするセキュリティアタックが日常的に行なわれている。

これらは自動化ツールで機械的かつ無差別に行なわれることが多い。一方、ネットワークの高速化に伴いセキュリティ対策はより迅速さが必要となっている。また、電子メールも企業活動の基本ツールとして利用されている。ウイルスによる被害は、自組織の被害のみならず、顧客等に迷惑をかける結果ともなり、企業としての社会的責任を問われる可能性も大きくなっている。

2. 2. FIREWALLの限界

セキュリティ対策では、FIREWALLの設置が一般に用いられている。ただし、DNS、Mail、WWWのように外部公開が主目的であるサービスは、外部アクセスを禁止することができない。したがってこのようなサービスへの攻撃は、FIREWALLのみで対策することは困難である。電子メールウイルスについてもFIREWALLのウイルス除去機能は既知のウイルスのデータパターン情報による方法であり、新種のウイルスには無力である。

これらは現在のFIREWALLによるセキュリティ対策に限界があることを示している。

2. 3. 分散型IDSの開発

攻撃を目的とするパケットを検知し、それを管理者に通知もしくはルータやFIREWALLに必要な設定変更を行うIDSが、ファイアーウォールを補完するものとして使用されている。

我々は、IDSの機能に注目し、ポートスキャンがIPアドレス等について逐次処理的に行なわれることが多く、広域的に見て時差が存在することに着眼し、ネットワーク的に離れた地点に複数のIDSを設置し、それに記録されるアタック情報をもとに、セキュリティアタックに対して自動的に事前対策を行うFIREWALLシ

システム開発を目指した。

3. ネットワーク運用管理技術者支援システム

すべての中小企業が、ネットワーク運用技術者を個別雇用することは現実的ではなく、アウトソーシング対応とならざるを得ない。このことから、運用管理受託分野が、新しい地域の産業分野として企業化する可能性がある。

しかし、運用管理技術者は、既存技術に加え新技術への対応、セキュリティ対策の対応が求められている。コスト低減のため、効率良くネットワークの監視を行うことも要求される。一方で、新技術を学ぶ時間的余裕は乏しいという問題があり、これらを解決する情報提供システム開発を目指した。

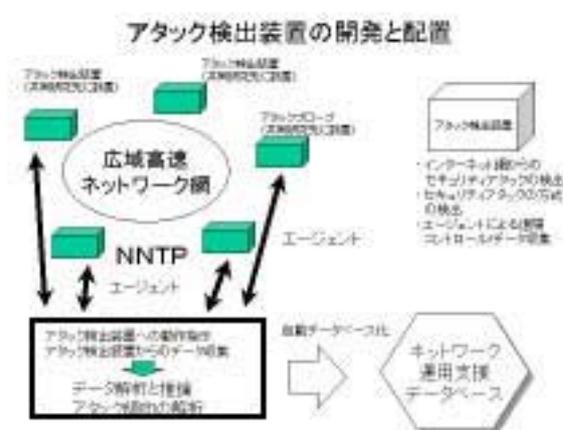


図1 アタック検出装置の開発と配置

4. 研究の内容と成果

4. 1. アタック検出装置の開発と運用実験

4.1.1 ハードウェアとソフトウェア構成

ハードウェアとして3つのネットワークインタフェースを持つラックマウントタイプPCを使用し、メール配送に関するセキュリティアタックを監視する専用ソフトとポートスキャンを主に監視する snort を搭載してアタック検出装置を構築した。

4.1.2 エージェント及びアタック情報収集データ転送システムの検討と実装

主として動作を指示するエージェントと収集データ転送方式としては、ネットニュースの配送に利用される NNTP プロトコルを採用した。転送は VPN 暗号化で安全性を確保した。

4.1.3 共同研究機関への設置と調整

共同研究機関である岩手県工業技術センター、広島

県立西部工業技術センター、及び福島県ハイテクプラザの実験用内部ネットワークをインターネット経由のVPN トンネリングで結ぶ実験用広域ネットワークとして構築し、試作した監視装置を設置して運用実験を実施し、データ収集および有効性を確認した

4. 2. 次世代型ウイルス除去 FIREWALL の開発

フォルテ・システムズ株式会社へ開発委託し、「ハニーポット」方式を採用し、パターンデータベースを自己学習し、強化していく次世代型 FIREWALL の開発研究を行った。基本ソフトとして Linux を搭載した PC に、Ruby 言語で記述したウイルス除去プログラムを開発搭載することでその機能を実現している。

4. 3. セキュリティ情報提供データベースの開発

株式会社マクロウェアへの開発委託により、基本ソフトとして Linux を搭載した PC を用い、データベースエンジンとして Oracle、HTTP サーバとして Apache を使用し、アプリケーションロジックを PHP で開発した。提供データとしては、中核技術開発事業で開発したアタック検出装置及び市販 IDS で収集したセキュリティアタック危険情報、セキュリティ対策方法の映像や講習会映像を中心とするコンテンツであり、これらを WWW ブラウザによって検索閲覧を可能としている。

5. 結言

本システムは概ね良好に動作したが、アタック誤検出が多少あり、それを最小限に抑える課題が残っている。検出アルゴリズムのさらなる改良の研究を続けるとともに、成果普及を通じた運用実験を行ない、より実用に適した完成度の高いシステムを目指したいと考える。

本研究を進めるにあたり御指導頂いた、独立行政法人産業技術総合研究所 濱崎陽一主任研究員、岩手県立大学 布川博士教授、日本大学工学部 杉浦義人助教授、会津大学 西野大助教授に感謝いたします。

参考文献

成果普及発表会資料「広域高速ネットワーク応用次世代インテリジェント分散システムの研究」、福島県ハイテクプラザ

組込みシステム・オープンプラットフォームの構築とその実用化開発

—組込みシステムのソフトウェア部品の開発—

Building and practical application of open platform resources for development embedded computer system

-Development of free software components for embedded computer-

応用技術部 尾形直秀・本田修啓

(財) みやぎ産業振興機構

(株) 日立国際電気八木記念情報通信システム研究所 (株) 中央製作所仙台設計事務所
(有) 品川通信計装サービス (有) エグゼキュートシステム (株) 北斗電子 (株) ヴィッツ
豊橋技術科学大学 仙台電波工業高等専門学校 苫小牧工業高等専門学校
北海道立工業試験場 名古屋市工業研究所 宮城県産業技術総合センター

昨今の組込みマイクロコンピュータ分野では、 μ ITRON とオープンソースという2つの要素がクローズアップされている。前者はソフトウェアの標準化という面で、ソフトウェアの再利用性が高く、プログラミング技術の継承が容易というメリットがあり、後者では大部分がフリーソフトウェアとして配布されており、そのソフトウェア資産の利用による生産性向上というメリットがある。本研究では、両者の長を併せ持つ μ ITRON 仕様 OS を中心としたオープンソースコミュニティの形成を目的として、その礎となるソフトウェア資産の開発を行う。

Key words:組込みコンピュータ、マイコン、 μ ITRON、オープンソース

1. 緒言

ネットワーク通信の普及により組込みシステムの新たな需要が生まれている。これに伴い、組込みシステムはネットワーク通信などの複雑な処理が必要とされるようになってきた。しかし、需要の増加に対応するためには開発期間を長くすることはできず、従来よりも高い生産性を得る手法が必要とされるようになってきている。このような状況の中で、 μ ITRON とオープンソースという2つの要素がクローズアップされている。

組込みマイクロコンピュータ用の OS の仕様である μ ITRON は、市販品や社内向けなどさまざまな実装が行われている。それらは家電製品、OA 機器、通信機器、自動車などに組み込まれ、国内では約 40% のシェアを持つ組込み用 OS のデファクトスタンダードである¹⁾。 μ ITRON 仕様 OS の採用によって標準化が行われることで下記のメリットが得られる。

- ・ ソフトウェアの再利用性

μ ITRON 仕様の OS であれば OS の種類が変わっても、一度書き終えたソフトウェアは他のアプリケーションで再利用できる。

- ・ 教育的効果

μ ITRON は一旦習得すれば、他の OS やハードウェアにも同じ技術でプログラミングすることができる。また、企業内での技術継承も容易になる。

一方のオープンソースは、不具合や機能拡張について自分自身で修正が行えること、多数のユーザが同じソースを見ることができるとして知識を共有化され、多くの情報が得られることがメリットとされている。しかし、実質的に最大のメリットはオープンソースと言

われるソフトウェアの多くが、フリーソフトウェアとして配布されており無償で利用可能なことである。実際に、組込み分野で多くの関心を集めているものは、Linux をはじめとする UNIX 系 OS の組込み利用であり、それらには自社開発の困難なネットワーク通信スタックやデバイスドライバ、ファイルシステムの主要なものが既に準備されている。

本研究では、この2つの要素の特長を併せ持つ組込み用のオープンソースコミュニティの形成を目的として、その基礎となるフリーソフトウェア資産の開発を行くこととしている。開発内容は μ ITRON4.0 仕様のスタンダードプロファイルをサポートするフリーのカーネルである TOPPERS/JSP²⁾ を中心として、開発環境、デバイスドライバ、通信プロトコルの開発、教育用の機器開発とそれらの成果を応用した製品化実証である。これらの成果は、研究終了後にフリーソフトウェアとして一般に公開し、商用も含め自由に利用することが可能である。

2. 研究体制

本研究は、経済産業省の地域新生コンソーシアム研究開発制度により受託研究として実施する。研究期間は、平成14年度～15年度の2年間である。

コンソーシアムは、管理法人の(財)みやぎ産業振興機構と開発担当機関13機関の合わせて14機関で構成される。図1に開発担当機関とその主要開発項目を示す。図中の矢印は技術要素の協力関係を示す。

各研究機関の開発内容は、以下の3分野に分かれている。おおまかには学術機関、公設試が基本ソフトウェアを開発し、企業では応用製品を開発するという体

きない。また、ボード上のメモリやDMAで使用するメモリについてもアクセスすることができない。このため、Linux シミュレータと任意の I/O 空間、メモリ空間とのアクセス、割込み通知の仲介を行う Linux ネイティブのデバイスドライバ⁵⁾を作成した。

I/O、メモリに対するアクセスは、proc ファイルシステムを通して、ハードウェアアクセスドライバにコマンドを送出することで行った。また、Linux シミュレータはシグナルを割込みとみなしてシミュレートする仕様となっており、これに合わせてあらかじめ割込み番号に対応するシグナル、送信先プロセスをハードウェアアクセスドライバに登録できるようにした。

この結果、Linux シミュレータ上で、TOPPERS/JSP 用のデバイスドライバの開発を進めることができるようになった。また、アプリケーション開発においても実機がない状態で Linux シミュレータにより開発を進めることができるようになった。

3. 3. 計測制御用プログラマブルコントローラの開発

開発したデバイスドライバの実装評価と、自動計測用ミドルウェア開発のターゲットのために、実証化プロトタイプを開発することとした。動作環境は計測器やパーソナルコンピュータが通信により接続される実験システムであり、計測データの収集、バルブや搬送装置の制御を行うプログラマブルコントローラとして実装することにした。

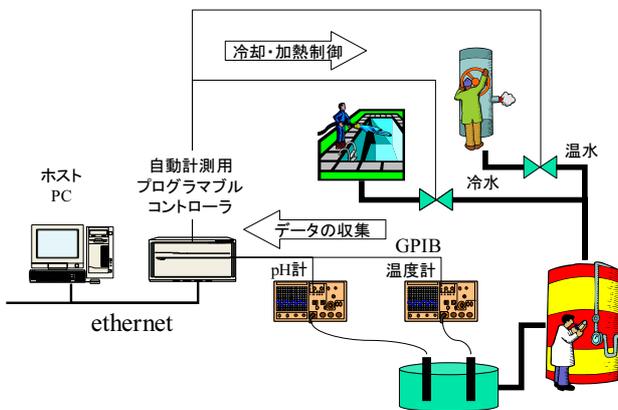


図 4 実験システムでの利用

マイクロコンピュータボードは、外部デバイスとのアクセスの状態を見るために、ICE に対応したソフィアシステムズ (株) の SH-4 評価ボードを用いる事にした。

外部デバイスは市販のボードを使用することにした。その中で、安価でデバイスの種類も多いことからインターフェースは PC/104 バスを用いることにした。

平成 14 年度は、PC/104 インターフェースの設計と、クロス開発環境構築、SH-4 評価ボードへの TOPPERS/JSP の移植を行った。

設計した PC/104 インターフェースと GPIB デバイ

スの接続を図 5 に示す。

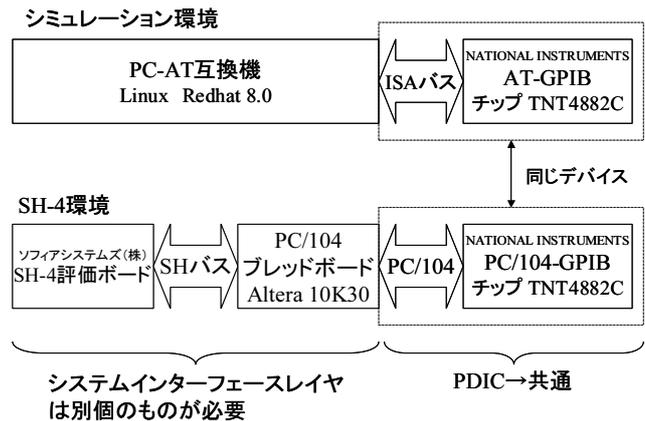


図 5 GPIB デバイスハードウェア構成

クロス開発環境は Linux(Redhad 8.0) 上に、binutils-2.13.1、gcc-3.2.1 で構築した。

TOPPERS/JSP カーネルは、CQ RISC 評価キット (kz_sh4) 用の設定をベースとして使用した。これに、バススタートコントローラ、SDRAM などの初期化ルーチンと、ブートルーチンを書き加え、FlashROM から起動するように設計した。

4. 結言

平成 14 年度は、デバイスドライバの開発にあたり、TOPPERS/JSP 用のデバイスドライバの構成を固め、Linux シミュレータでの開発環境の整備を行った。その成果から GPIB ドライバの開発を行った。また、マイクロコンピュータ環境での開発環境を整備し、実証化プロトタイプ開発の準備を行うことが出来た。

平成 15 年度については、パラレルポート、AD/DA などのデバイスドライバを開発し、計測制御用プログラマブルコントローラへ実装し評価を行う予定である。

参考文献

- 1) 坂村健：μITRON4.0 標準ガイドブック、2001
- 2) TOPPERS プロジェクト：
<http://www.toppers.jp>
- 3) μITRON4.0 仕様研究会デバイス設計ガイドライン WG、中間報告書、トロン協会、1999、
<http://www.ertl.ics.tut.ac.jp/ITRON/GUIDE/FILE/devguide-9911j.pdf>
- 4) National Instruments、TNT4882 Programmer Reference Manual、1995、
<http://www.ni.com/pdf/manuals/320724.pdf>
- 5) Alessandro Rubini、LINUX デバイスドライバ、オライリー・ジャパン、1998

ホームケアサービス支援システムにおける セキュア・モバイルインターネットに関する研究

A study of secure mobile internet in the home care service support system

応用技術部 浜尾和秀・太田 悟・小柴 誠

会津大学 魏 大名、サクシード(株) 松浦将文、(有) ジークルー 奥谷文昭

昨今の在宅介護需要の増加を受け、本研究では既存インターネットを利用して、被介護者の様態を介護センターや出張先の医師、遠方の親族、さらには会社に居る家族にもモニタリングすることを可能にする、ホームケアサービス支援システムの実現に取り組んでいる。

個人情報である通信内容を、データの盗聴や改ざん等から守り、且つ限られた人にだけ通信を許すものとした、どこでもセキュア遠隔モニタリングシステムである。

Key words: ホームケア、モバイル、暗号、IPsec、MPLS、QoS

1. 緒言

本研究は平成 14 年 9 月から始まった福島県知的クラスター形成事業の中で、会津大学 魏 大名教授をチームリーダーとする、医療・福祉情報システムの開発プロジェクトの一分担研究である。

本研究は、共同研究チームの中で開発するホームケア・サポートシステム(①生体モニタリングシステム、②Web を用いた在宅看護システム、③テレコンファレンスシステム、等) の各アプリケーション毎に、セキュリティを保った通信を実現するものである。

図 1 に示すように、昨今のユビキタスネットワーク基盤を利用し、既存インターネットを介したセキュアな遠隔モニタリングシステムを実現する。

セキュアな通信が可能になれば、既存インターネットを利用するため、専用線又はダイヤルアップ等と比べ通信コストが大幅に緩和できると共に、図 1 に示した環境のインターネットアクセスの容易さから、いつでも・どこでも被介護者の様態をモニタリングすることが可能となる。

上記を実現するために、平成 14 年度、我々は、TCP/IP の OSI 基本参照モデルの第 3 層(ネットワーク層) から安全性を確保する IP security protocol (以下 IPsec) を用い、①IPsec の性能評価、②既存インターネットの実用性評価、③実用化時の通信品質(以下 QoS) を保つための通信経路コントロール、の研究を行い基礎データを取得した。

2. IPsec による通信速度

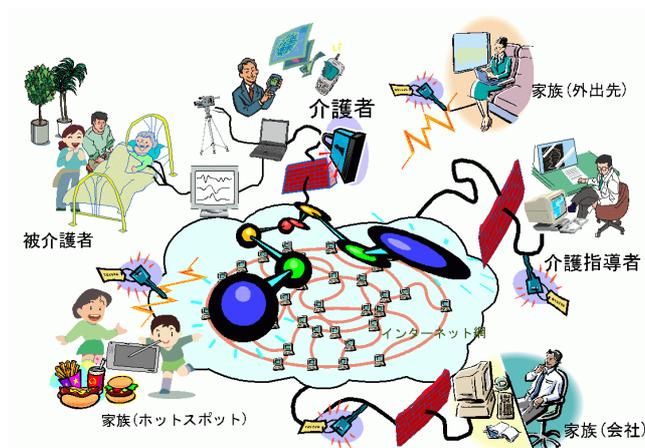


図 1 どこでもセキュア遠隔モニタリング

2.1 実験環境

図 2 に示す Peer to Peer の環境で、データサイズと暗号化アルゴリズム、プロトコル(TCP,UDP)の違いによる IPsec のスループットを計測した。

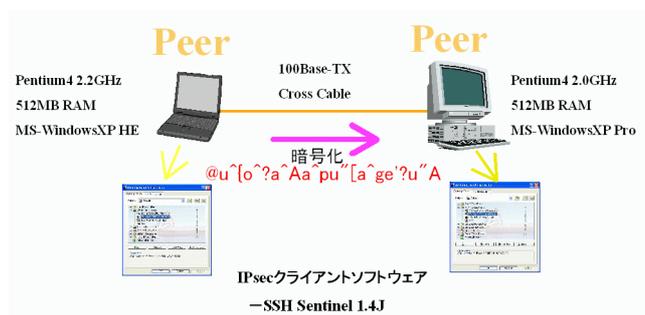


図 2 Cross Cable による Peer to Peer 実験環境計測には NetPerf[®]を用いた。以下同じ。

2.2 TCP によるスループット

測定結果を図 3 に示した。図中、暗号化無し(紺)

が一番スループットが高く、AES (赤) と DES (緑) が同等の速度、3DES (黄) が最も遅いスループットである結果となった。

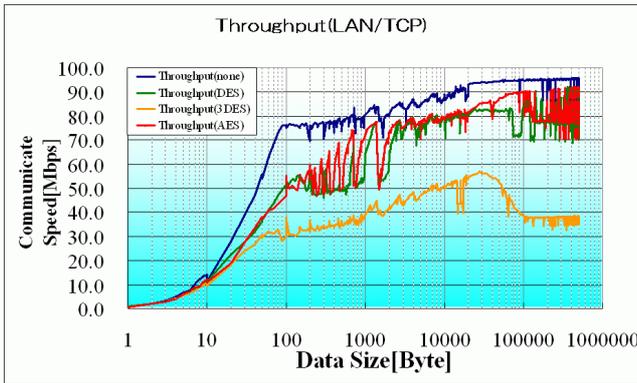


図 3 TCP による各暗号化のスループット

なお、Don't Fragment Bit はセットしない設定とした。また純粋に暗号化処理が影響を及ぼすスループットを測定するため、IPsec の Phase1、Phase2 共に Re-Key 処理は行わない設定で実験を行った。

2.3 UDP によるスループット

UDP のデータサイズは、図 5 に示した様に、400 バイトを超えるとパケットロス率が上がっていく。図 4 と併せて考えると、データサイズは 300 バイト程度が望ましいことが判明した。

「UDP メッセージの安全な最大サイズとしては 548 バイト」¹⁾ や「歴史的な理由で、UDP アプリケーションは、データグラムの大きさを 500 バイト前後にしている」²⁾ という情報がある。

確かに暗号化処理なし(紺)の場合、データサイズ 548 バイト付近のパケットロス率は 0%であった。しかし、暗号化処理を行った場合は、いずれの暗号化アルゴリズムを用いた時も、データサイズが 300 バイトでパケットロス率が 0%を示す結果となり、548 バイトでは逆にロス率が高くなる結果となった。暗号化ありとなし時では、ロス率の出現データ長が図 2 の系では異なる傾向にあった。

3. 既存インターネットの実用性評価

3.1 実験環境

実用化時のシステムの一つとして考えているモバイル端末(DDI Pocket 社 AirH[®]128k)を用い、図 6 に示すように、インターネットを介した Peer to Peer の環境で、データサイズと暗号化アルゴリズム、プロトコル(TCP,UDP)の違いによる IPsec のスループットを計測した。

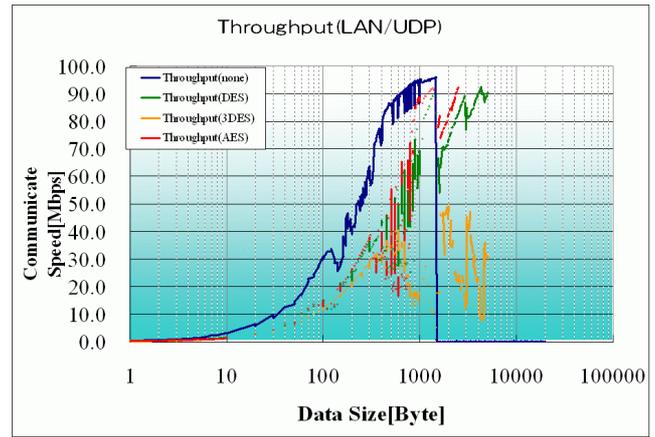


図 4 UDP による各暗号化のスループット

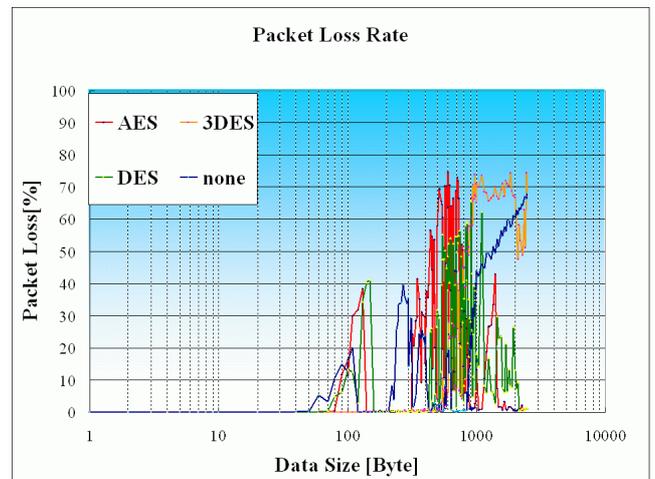


図 5 UDP による各暗号化のパケットロス率

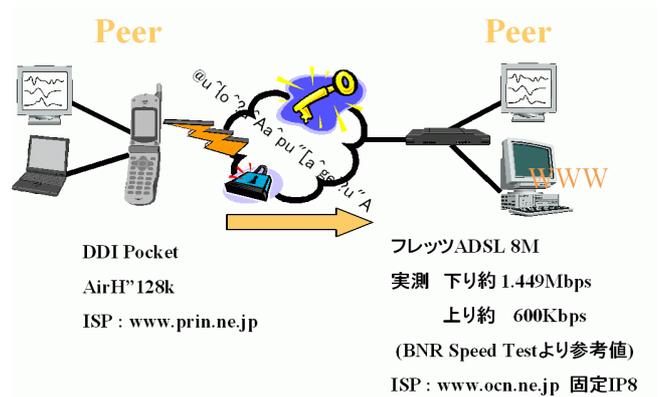


図 6 AirH[®]128k からフレッツ OCN IP8 への Peer to Peer によるインターネット実験環境

3.2 TCP,UDP によるスループット

実験環境では無線基地局が 1 基⁴⁾しか見えなく、30kbps で頭打ちとなるスループットを示した。暗号化によるスループットの差異は認められなかった。

しかし、30kbps 程度でも IPsec 通信は可能であった。また、生体モニタリングシステムもデータ欠損の

発生がなく、IPsec通信ができることを確認した。(4.2節で詳述。)

4. 通信経路コントロール

通信路の QoS を確保するため、MPLS(Multi Protocol Label Switching)技術を用いた、模擬インターネット環境を構築して、ラベル経路毎に帯域制御を実現し検証を行った。

4.1 MPLS 構築環境

RSVP-TE daemon for DiffServ over MPLS under Linux⁵⁾を用い、図7に示す4台のMPLS用ルータ(以下LSR)をPC Linux(Red Hat Linux 7.2)で構築した。

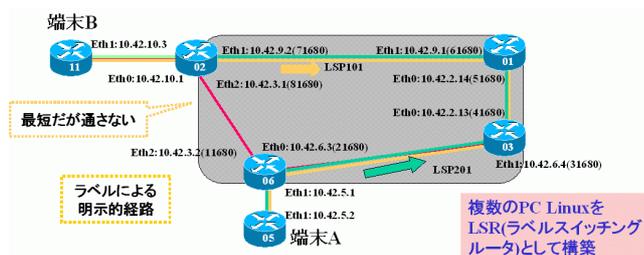


図7 構築したMPLS 擬似インターネット環境

4.2 帯域制御による通信実験

図7に示した環境を用い、生体モニタリングシステムの通信実験を行った。

ここでは、端末AとBにそれぞれClientとServer用Windows XP機を接続し、エッジルータのLSR02で通信フローをttd(Tele Traffic Tapper)⁶⁾にて観測した。

4.3 帯域制限

帯域制限をかけない状態では、生体モニタリングシステムは15kbpsの流量であり、IPsec(AES,SHA-1)による通信では、20kbpsの流量であった。

このことから、前述(3.2節)のとおり、30kbps程度でもIPsecによる生体モニタリング通信が可能である事が裏付けられた。

次に帯域制限を10kbps、5kbps、2kbpsとかけ、通信実験を行った。

LSRの帯域制限設定では、E-ELPのEF(Expedited Forwarding:優先的パケット転送処理)設定にて通信させ、パケットロスが0%となるようにしている。

帯域制限による生体モニタリングシステムのパケットロスは発生して(赤い線表示になる)いないが、Server側がある既定時間内にUDPパケットを受信できないため、生体信号波形の進行が滑らかでなくなり、ソフトウェアの構造どおりの動作を確認した。

3. 結言

各暗号化(AES,3DES,DES)によるIPsecのトラフィック分析を行い、各暗号アルゴリズムによる基礎データを得た。ただし、Phase1、Phase2共にRe-Key時のトラフィック分析は除く。

スループットでは、TCP、UDP共に、暗号化処理なし、AES、DES、3DESの暗号化処理の順に速い結果を示した。

暗号化処理時のUDPデータサイズは、パケットロス率を考えると300バイト程度が望ましい。

モバイル端末のAirHTM128kを用いたインターネット通信にて、暗号化処理した生体モニタリングシステムの正常動作を確認した。

しかしモバイル通信は利用環境によりスループットが大きく変動してしまうため、送りたいデータ量に応じて、利用環境を選んでしまうことになる。

MPLS技術を用いた帯域制御環境を構築し、ラベル付き設定経路による各プロトコルの疎通確認と、帯域制御実験を行った。

平成15年度は、平成14年度のデータを元に、暗号強度とスループットから最適なIPsec設定解を得る仕組みを作る。

モバイル端末利用時に、どのホームケアサービスの通信が可能かを、予め把握できるようにする。

福島県知的クラスター形成事業の医療・福祉情報システムの開発実現のため、QoSを行うトラフィックエンジニアリングの研究を行うことにする。

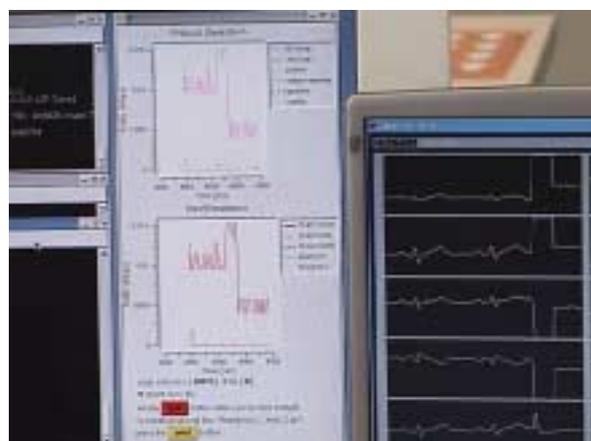


図8 帯域制限5kbps(左画面:LSR02によるttdグラフ 右画面:生体モニタリング受信Server)

参考文献

- 1)W.Richard Stevens:"Unix Network Programming",5.8 <http://www.kt.rim.or.jp/~ksc/sock-faq/unix-socket-faq-ja-5.html>
- 2)<http://csx.jp/~fex/adsl/mtu-ja.html>" Path MTU Black Hole の見分け方"
- 3) <http://www.netperf.org/netperf/NetperfPage.html>
- 4) 服部武、藤岡雅宣:"ワイヤレス・ブロードバンド教科書" IDG ジャパン,2002.6,p232-p247
- 5) <http://dsmpis.atlantis.rug.ac.be/>
- 6) <http://www.csl.sony.co.jp/person/kjc/kjc/software.html#ttd>

最表面観察手法の確立と生産工程への応用

Establishment of Observation Method of Top Surface and Manufacturing Process

材料技術部 高瀬つぎ子・栗花信介・杉内重夫

強誘電体やプラスチックなどの帯電しやすい基板上に形成された微細加工素子の微細な表面形状を安定に観察するため、AFMの観察手法の改良および金属コート方法の検討を行った。その結果、①試料表面にグランド電極を形成すること、②ばね定数の大きいカンチレバーを用いることにより、強誘電体素子表面に形成された電極の3次元形状やエッチング残渣などのAFM像を安定した状態で再現性よく観察できるようになった。また、この『AFMによるエッチング残渣の評価法』を生産工程へ応用することを検討している。

Key words: AFM、微細加工、表面形状、強誘電体素子

1. 緒言

VLS等のシリコン系半導体素子のプロセス技術として開発された超精密加工技術は、近年、急速な勢いで進歩・発展してきている。このような微細加工を用いて作られた素子では、電極パターンの3次元形状だけでなく、電極金属の粒径、基板表面の粗さやクラック等の微細な表面形状が、素子の特性に影響を与えることが知られている。このため、新製品開発のためプロセス設計や不良品解析を行う場合、素子表面の組成分析や電極パターンの形状評価だけでなく、電極や基板部分の微細な表面形状を定量的に評価することが重要になってくる。

1990年代以降、それまでシリコン素子に限定されていた微細加工の技術は、シリコン以外の電子デバイスや液晶、ELなどのディスプレイ、あるいはプラスチックの加工などの分野に応用されてきている。これらの素子では、半導体や金属などの導電性がある物質だけでなく、多くの場合、基板材料として強誘電体やプラスチックなどの帯電しやすい物質が用いられており、このような新しいタイプの微細加工素子の表面形状を再現性よく定量的に評価するためには、帯電しやすい物質の微細な表面形状の観察手法を確立することが、重要な課題になってくる。

従来、微細加工表面などの微細な表面形状を観察する手段として走査型電子顕微鏡（SEM）による観察が普及しており、帯電しやすい物質を観察する場合には、『試料表面に金属をコートし、試料表面を帯電しない状態にした上で試料の表面形状を観察する』という手法が採られてきた。しかし、SEM観察の場合には、

1) 表面にコートした金属粒子の形状が影響して試料の表面形状を正確にトレースできない

2) 薄膜の厚さが、電子線の進入深さよりも非常に薄い場合には、薄膜の表面形状を正確に観察できない

3) 3次元形状を定量的に評価できないという欠点があった

一方、原子間力顕微鏡（AFM）は、表面形状の観察手段として必ずしも確立された手法ではないが、観察プローブとして試料表面の原子と探針先端の原子に働く原子間力を用いているため、原理的には、『試料表面の帯電の影響を受け難く、試料の最表面の3次元形状を定量的にトレースできる』という特徴を有しており、微細加工素子の観察・評価のコンセプトに非常に適合した観察手法である。

そこで、本研究では、『微細加工素子の観察・評価のためのAFM観察技術を確立すること』を目指して、次の3点を目標として研究を行った。

1) 帯電しやすい試料表面形状を金属コートなしで観察するためのAFM観察手法を確立すること

2) 表面形状観察時に問題となる金属粒子の形状効果の影響を最小限にするための金属コートの手法を確立すること

3) 強誘電体素子の電極付近の表面形状の評価に新しい観察手法を適用し、生産工程にフィードバックすること

2. 実験

2. 1. 静電力と原子間力

帯電している試料のAFM観察を行う場合、試料と探針の間には、原子間力（試料の表面形状を反映する短距離相互作用）と静電力（試料表面の電荷分布を反映する長距離相互作用）が働いている。原子間力と静電

力の距離依存性には大きな違いがあるため、

- 1) 試料-探針間距離が近接している場合には、試料-探針間に働く力は**原子間力**>>**静電力**となり、試料の表面形状を反映したAFM像を観察することができる
- 2) 試料-探針間距離がある程度離れている場合には、試料-探針間に働く力は**原子間力**<<**静電力**となり、原子間力が静電力によってマスクされてしまい、試料の表面形状を反映したAFM像を観察することはできない

という現象が発生する。そのため、帯電している試料の表面形状を正確にトレースするためには、

- 1) 試料表面に電極をとり、試料の電位をグラウンドレベルにすることにより、試料表面の電荷を逃がす
- 2) AFMのカンチレバーのばね定数を大きくしカンチレバーを硬くすることで、探針と試料を近接させた状態でAFM像の観察を行う

という手法が有効であると考えられる。そこで、本研究では、この2つの手法を用いて、帯電している試料の表面形状を無蒸着で正確にAFM観察するための最適条件の検討を行った。

2. 2. AFMの測定法 (タッピングモード)

AFMの測定方法には、大きく分けて

- 1) 探針と試料間に働く原子間力によってカンチレバーがたわむことを利用して、試料の表面形状(凹凸形状)をカンチレバーのたわみ量として検出し、画像化する方法 (AFMモード)
- 2) カンチレバーを強制振動させた場合の共振周波数が、探針と試料間に働く原子間力によって、高周波数側にシフトすることを利用して、試料の表面形状(凹凸形状)を強制振動の振動振幅(強制振動の周波数(ω_D)~共振周波数付近)として検出し、画像化する方法 (Force Gradient Detection 通称; タッピングモード 図1参照)

という2つの方法がある。タッピングモードはAFMモードの比較して、

- 1) カンチレバーのばね定数が大きい場合に適している
- 2) 強制振動周波数(ω_D)を低周波数側にシフトさせることにより、試料-探針間距離を近接させることができる
- 3) 試料表面のコンタミネーション(水分、自然酸化膜など)の影響を受け難い

という特徴を持っている。本研究では、タッピングモードを用いて、強制振動の検出周波数をシフトさせた場合のAFM像の解像度の変化を検討した。

2. 3. 装置構成

図2に、本研究に用いたAFM装置(セイコーインスツルメント社製、SPI3700&SPA300)のシステム構成図を示す。本装置は、カンチレバーの振動振幅の検出系に光てこ方式、ステージのフィードバック制御にアナログサーボ方式を用いた構成をとっており、AFM像

の分解能、安定性に優れた装置である。

また、本装置は、試料位置観察用光学系(図示せず)に作動距離の長い対物レンズを用いているため、試料の光学的観察とAFM観察の同軸・同時観察が可能になり、AFM観察領域の位置決めを容易に行うことができるという特徴をもっている。

2. 4. カンチレバー

AFM観察に使用した探針つきカンチレバー(オリンパス光学工業製)を図3に示す。このカンチレバーは、

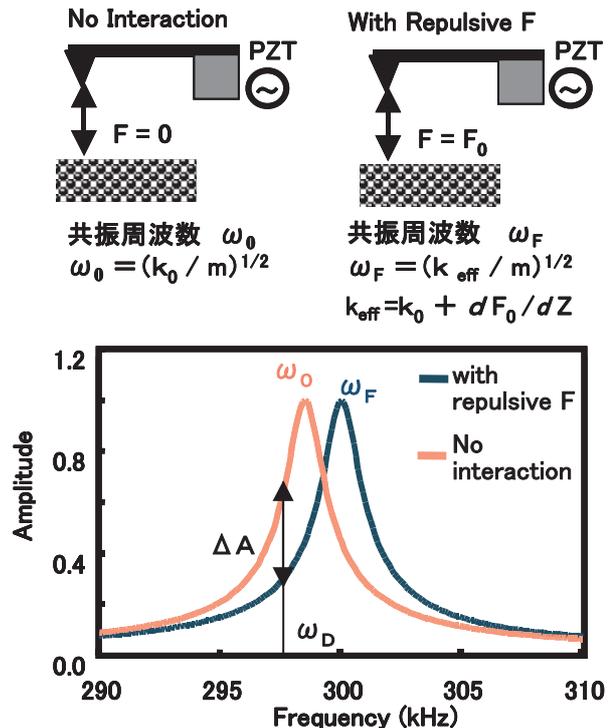


図1 タッピングモードの原理

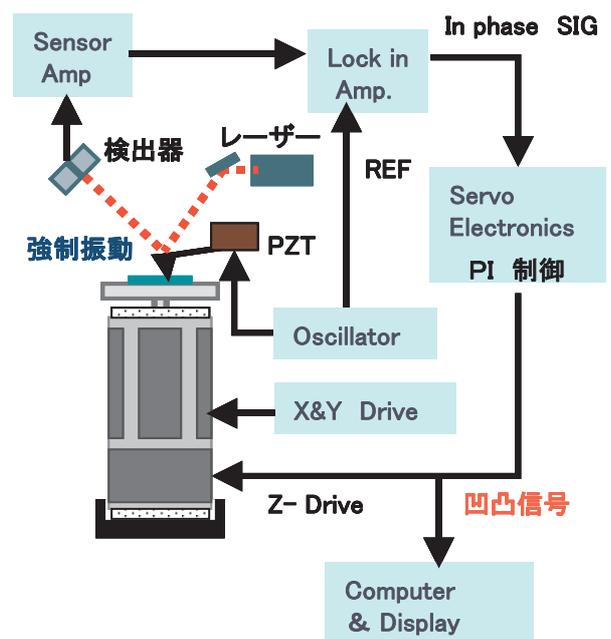
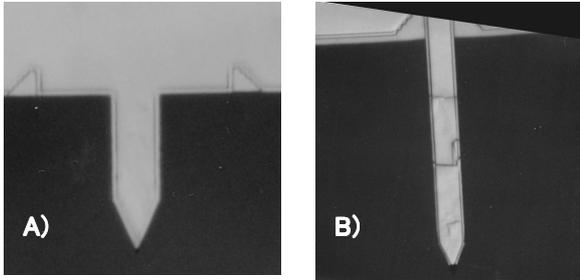


図2 AFM装置のシステム構成



均一厚さのカンチレバー クラックや凹部のあるカンチレバー

固有振動数 $\omega = AT / (4\pi L^2) * (E / 3\rho)^{1/2}$
 ばね定数 $K = ET^3 / (4L^3)$
 カンチレバー 長さ; L 幅; W 厚さ; T
 ヤング率; E=1.9E+11 N/m 密度; $\rho=2.33\text{g}\cdot\text{cm}^3$

図3 シリコンカンチレバー

シリコンの微細加工プロセスを用いて作製されている。実験に用いたカンチレバーは厚さが薄く(3~6 μm)プロセス制御が難いため、個々のカンチレバーによる厚さのばらつきが大きい。そこで、本研究では、カンチレバーの固有振動数、長さ、幅を測定し、固定端をもつ片持ち梁のモデルを用いて、カンチレバーの平均的厚みおよび、ばね定数を計算により求めた。

また、カンチレバーを安定した状態で強制振動させるためには、カンチレバーが単一の振動モードで振動している必要がある。そこで、クラックや凹部のないカンチレバー(図3)を目視検査により選択し、AFM観察に使用した。

2. 5. 試料

強誘電体基板上にアルミニウムをスパッターし、ドライエッチング法またはウエットエッチング法を用いて擬似電極パターンを作製した(図4)。このパターンのエッチング残渣のAFM観察をおこない、エッチング方法の違いが、エッチング残渣にどのように影響す

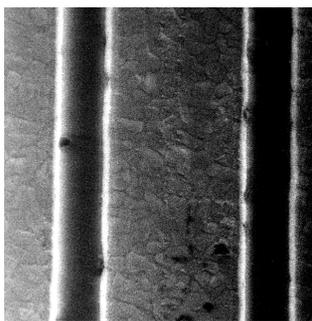


図4 強誘電体基板上のアルミのパターン SEM写真 3kV 20,000倍

るかを検討した。

3. 結果および考察

3. 1. カンチレバーの硬さとAFM像関係

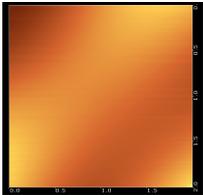
硬さの異なるカンチレバーを用いて、強誘電体基板上のエッチング残渣のAFM像の観察結果を表1に示す。

ばね定数が 2.1N/m の柔らかいカンチレバーの場合

(DF3)には、静電力の影響が大きいため、探針を試料に安定にアプローチすることが困難であった。これに対し、ばね定数が 45N/m の非常に硬いカンチレバー(OMCL160)の場合には、探針は試料に安定にアプローチすることができ、試料の凹凸に起因した微弱な変位信号は検出できるものの安定したAFM像を観察することはできなかった。

この事実は、カンチレバーを硬くすることによって、探針を試料に近づけることが可能になるため、静電力<原子間力の条件が成り立ち、静電力の影響を受けないAFM像の観察が可能になることを示唆している。

表1 カンチレバーの硬さとAFM像

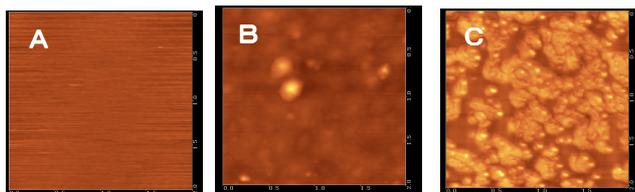
DF3 ばね定数 =2.1N/m 強制振動周波数 =23.9kHz	探針のアプローチができない
OMCL-240 ばね定数= 8.0N/m 強制振動周波数 = 79.7kHz	 アプローチが不安定である 静電力の影響を受けた AFM像
OMCL-160 ばね定数 =2.1N/m 強制振動周波数 = 359kHz	 アプローチは安定している AFM像は不安定

3. 2. 強制振動周波数のシフトとAFM像関係

次に、探針を試料により近接させるために、カンチレバーの強制振動周波数を低周波数側にシフトさせ、AFM像の観察を行った(図5-B)。この時使用したカンチレバーはOMCL-160(ばね定数; 45N/m)である。

カンチレバーの強制振動周波数を低周波数側にシフトさせること(359kHz→357kHz)により、1回目の測定では、解像度は悪いもののエッチング残渣に起因するAFM像が観察された。しかし、2回目以降の測定では、探針を試料に安定にアプローチすることが困難になった。

この事実は、探針を試料により近接させることにより、1回目のAFM像観察時には静電力<<原子間力の条件が成立し、エッチング残渣に起因したAFM像が観察できたが、探針が強誘電体基板に近づき過ぎているため、AFM観察時に探針が強誘電体基板をたた



強制振動周波数 =359 kHz 強制振動周波数 =357 kHz グランド電極あり

図5 強制振動周波数のシフトとグランド電極の効果

くことにより、基板表面に電荷が発生したと考えられる（強誘電体基板の圧電効果）。2回目以降の観察では、圧電効果によって基板表面に蓄積された電荷のために、静電力>>原子間力の条件が成立してしまい、探針の安定なアプローチが困難になったと考えられる。

3. 3. グランド電極とAFM像関係

次に、圧電効果によって試料表面に蓄積された電荷を逃がすために、銅テープを用いて試料表面にグランド電極を作製し、AFM像の観察を行った（図5-C）この時使用したカンチレバーはOMCL-160（ばね定数；45N/m）、強制振動の周波数は357kHzである。

グランド電極に近接した位置（グランド電極から0.1mm程度の位置）でAFM像を観察したところ、エッチング残渣に起因する解像度のよいAFM像が観察された。繰り返し測定を5回行ったが、再現性のあるAFM像が観察された。

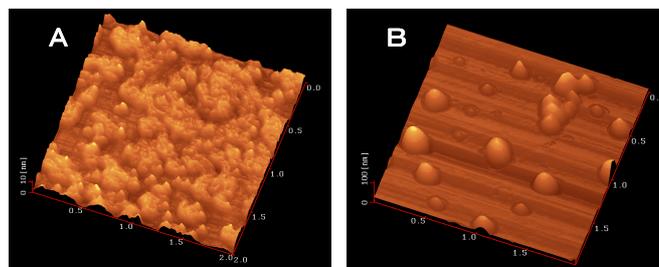
グランド電極から離れた位置（グランド電極から0.5mm程度の位置）でAFM像の観察を行った場合には、1回目のAFM観察では解像度のよいAFM像が観察されるものの再現性のあるAFM像は観察されなかった。この事実は、AFM観察領域の近傍にグランド電極を設けることにより、探針が試料を叩くことによって発生した電荷が、試料表面にある水分などのコンタミネーションを介してグランド電極に流れたために安定なAFM像が観察されたことを示唆している。

3. 4. エッチング方法とエッチング残渣のAFM像

強誘電体基板上にエッチングにより作製したアルミパターン（擬似電極）のスペーサー部分のAFM像（カンチレバー；OMCL160、強制振動周波数；357kHz、グランド電極近傍でAFM観察）を図6に示す。ドライエッチングの場合には、アルミパターンを繋ぐような形で島状のエッチング残渣がスペーサー部分全体に存在しているのに対し、ウェットエッチングの場合には、突起状のエッチング残渣がまばらに存在していることが観察できた。

この事実は、エッチング方法の違いが、エッチング残渣の分散状態や形状に大きな影響を与えることを示唆している。

実際の強誘電体素子では、エッチング残渣がデバイスの電極間ショート主な原因として指摘されており、電極間に存在するエッチング残渣の分散状態や形状を



ドライエッチング ウェットエッチング

図6 エッチング残渣のAFM像

定量的に評価することが重要になってくる。その意味で、エッチング残渣のAFM観察と粒度分布解析ソフト（エッチング残渣のAFM像を残渣部分と基板部分とに2値化して、残渣の面積、形状、個数を評価するためのソフト）を組み合わせた『AFMによるエッチング残渣評価法』は、生産工程（主にプロセス設計段階）でのエッチング残渣の定量的評価ツールになる可能性がある。

3. 5. AFM観察の問題点と金属コーティング

本研究に用いた手法を用いて、帯電しやすい試料のAFM観察を無蒸着で行う場合、強い力で探針が試料をたたくため、探針先端形状や試料表面にダメージが生じ、AFM観察に影響を与える可能性がある。

実際に、アルミ擬似電極パターンのAFM観察の繰り返し測定（電極間スペース：0.5μm、測定回数：20回）を行ったところ、見かけ上で電極間スペースが10%程度狭くなるという現象が確認された。

探針の先端形状に敏感なシャープな3次元形状や探針の接触によるダメージを受けやすい有機薄膜などのAFM観察を行う場合には、硬いカンチレバーを使用できないため、試料表面に薄い金属コートをする必要が生ずる。その点で、生物試料のSEM観察時に用いられてきたオスミウムコーティング法は、白金コーティング法と比較して、金属粒子の形状効果が出にくいという特徴を持っている。今回、オスミウムをコーティングした有機薄膜のAFM像を観察したところ、コーティング金属粒子の影響を受けない試料ダメージの少ないAFM像が観察できた。

4. 結言

帯電しやすい基板上に形成された微細加工素子の微細な表面形状を安定に観察するため、AFMの観察手法の改良および金属コート方法の検討を行った。その結果、①試料表面にグランド電極を形成すること、②ばね定数の大きいカンチレバーを用いることにより、強誘電体素子表面に形成された電極の3次元形状やエッチング残渣などの安定したAFM像を観察できるようになった。このAFM観察手法と粒度解析ソフトを組み合わせた『AFMによるエッチング残渣の評価法』を生産工程へ応用することを検討している。

大径・長尺ワーク用円筒度測定機の開発

Development of Cylindrical Figure Measuring Instrument for Large Sized Cylinder

生産技術部 遠藤勝幸・菅原康則・吉田智

市販の真円度測定機では測定が難しい、比較的大型の円筒形状機械加工物を対象とした、円筒形状測定機の開発を行う。この測定機は、新しく提案する6本の変位プローブとコンピュータによる演算処理を用いた、いわゆる多点法によって測定を行うため、高精度な回転機構や送り機構などが不要なところに特徴がある。この測定法により、大型円筒の断面形状、テーパなどの軸方向の径変化、中心軸の曲がりの一括測定が可能となった。

Key words: 円筒度、多点法

1. 緒言

本研究では、一般に市販されている真円度測定機では測定が困難な、比較的大型の印刷機械用のロールや圧延ロールなどを対象とした円筒形状測定機の開発を目的とする。測定機の低い運動精度を、複数の変位プローブとコンピュータ演算によって補うことによって、測定結果の高精度化を図る。

これまででは、円筒の表面を5本の変位プローブでらせん状に走査することによる全体形状測定を試みてきた。しかし、この方法では断面の断面形状は測定可能であったが、軸方向の径変化と中心軸の曲がりの測定は困難であった¹⁾。

そこで、新たに6本の変位プローブによる測定法を提案する。本報告では、この測定法の原理と、この方法を用いた測定結果について報告する。

2. 測定原理

本測定法の原理を図1に示す。まず、円筒ワーク上の、間隔が d だけ離れた3断面に、変位プローブ1~6をそれぞれ3本、2本、1本ずつ配置する。各プローブの配置角は、それぞれ $\varphi_1 \sim \varphi_6$ とする。この状態でワークを回転させ、各プローブの出力値をサンプリングする。サンプリングが終了したのち、各プローブの相対位置

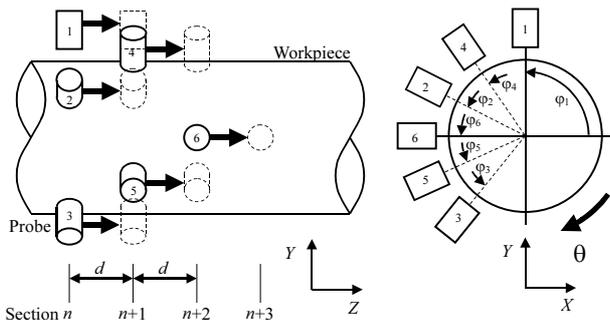


図1 測定原理

を保ったまま、プローブ群を軸方向に d だけ移動させる。この位置で再びワークを回転させ、プローブの出力値のサンプリングを行う。この手順を、円筒ワークの全測定域にわたって繰り返す。

このようにして得られたプローブの出力値には、測定に必要な円筒ワーク表面の凹凸(断面形状)と中心軸の曲がりに相当する各断面の偏心ばかりでなく、回転軸の振れまわりや、プローブの取り付けであるステージの傾きなどの運動誤差も混入されている。そこで、得られたプローブの出力値に対してコンピュータ内で演算処理を行い、混入した運動誤差を除去する。

プローブ1~3が断面 n にあるとき、プローブ4,5は断面 $n+1$ に、プローブ6は断面 $n+2$ にある。このとき各プローブの出力値 $m_{n1}(\theta) \sim m_{n6}(\theta)$ は次のようになる。

$$\begin{pmatrix} m_{n1}(\theta) \\ m_{n2}(\theta) \\ m_{n3}(\theta) \\ m_{n4}(\theta) \\ m_{n5}(\theta) \\ m_{n6}(\theta) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} r_{an} + r_n(\theta + \varphi_1) \\ r_{an} + r_n(\theta + \varphi_2) \\ r_{an} + r_n(\theta + \varphi_3) \\ r_{a(n+1)} + r_{n+1}(\theta + \varphi_4) \\ r_{a(n+1)} + r_{n+1}(\theta + \varphi_5) \\ r_{a(n+2)} + r_{n+2}(\theta + \varphi_6) \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} h_{nx} \cos(\theta + \varphi_1) + h_{ny} \sin(\theta + \varphi_1) \\ h_{nx} \cos(\theta + \varphi_2) + h_{ny} \sin(\theta + \varphi_2) \\ h_{nx} \cos(\theta + \varphi_3) + h_{ny} \sin(\theta + \varphi_3) \\ h_{(n+1)x} \cos(\theta + \varphi_4) + h_{(n+1)y} \sin(\theta + \varphi_4) \\ h_{(n+1)x} \cos(\theta + \varphi_5) + h_{(n+1)y} \sin(\theta + \varphi_5) \\ h_{(n+2)x} \cos(\theta + \varphi_6) + h_{(n+2)y} \sin(\theta + \varphi_6) \end{pmatrix} \quad (1)$$

$$+ \begin{pmatrix} 0 & 0 & \cos \varphi_1 & \sin \varphi_1 \\ 0 & 0 & \cos \varphi_2 & \sin \varphi_2 \\ 0 & 0 & \cos \varphi_3 & \sin \varphi_3 \\ \cos \varphi_4 & \sin \varphi_4 & \cos \varphi_4 & \sin \varphi_4 \\ \cos \varphi_5 & \sin \varphi_5 & \cos \varphi_5 & \sin \varphi_5 \\ 2 \cos \varphi_6 & 2 \sin \varphi_6 & \cos \varphi_6 & \sin \varphi_6 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} e_1 d \\ e_2 d \\ e_3 \\ e_4 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} m_{01} \\ m_{02} \\ m_{03} \\ m_{04} \\ m_{05} \\ m_{06} \end{pmatrix}$$

式(1)で、例えば r_{an} は断面 n の半径のある基準値からの差を、 $r_n(\theta)$ は断面 n の断面形状を、 h_{nx} と h_{ny} は断面 n の偏心量をそれぞれ表す。また、 m_{01} はプローブ1が $0 \mu\text{m}$ を出力する位置である。添え字が異なる他の変数も同様である。 $e_1 \sim e_4$ は、混入する運動誤差を表す。

この r_{an} と $r_n(\theta)$ は、プローブ1~3の出力から3点法²⁾によって算出する。得られた r_{an} と $r_n(\theta)$ を $m_{n1}(\theta) \sim m_{n6}(\theta)$ から除き、その結果に式(2)によって得られる重み $a_1 \sim a_6$ を乗算して加算すれば、式(3)が得られる。式

(3)から定数成分 $\sum_{i=1}^6 a_i m_{0i}$ を除いた結果である $\tilde{g}_n(\theta)$ の、

cos 項の係数と sin 項の係数を式(4)によって取り出し、数値積分を行えば、中心軸の曲がり h_{nx} , h_{ny} が得られる。

$$\begin{pmatrix} a_1 \\ \vdots \\ a_6 \end{pmatrix}^T = (1 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0) \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & \cos \varphi_1 & \sin \varphi_1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & \cos \varphi_2 & \sin \varphi_2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \cos \varphi_3 & \sin \varphi_3 \\ 0 & 0 & \cos \varphi_4 & \sin \varphi_4 & \cos \varphi_4 & \sin \varphi_4 \\ 0 & 0 & \cos \varphi_5 & \sin \varphi_5 & \cos \varphi_5 & \sin \varphi_5 \\ 0 & 0 & 2 \cos \varphi_6 & 2 \sin \varphi_6 & 2 \cos \varphi_6 & 2 \sin \varphi_6 \end{pmatrix}^{-1} \quad (2)$$

$$g_n(\theta) = \{h_{(n+2)x} - 2h_{(n+1)x} + h_{nx}\} a_6 \cos(\theta + \varphi_6) + \{h_{(n+2)y} - 2h_{(n+1)y} + h_{ny}\} a_6 \sin(\theta + \varphi_6) + \sum_{i=1}^6 a_i m_{0i} \quad (3)$$

$$\begin{pmatrix} h_{(n+2)x} - 2h_{(n+1)x} + h_{nx} \\ h_{(n+2)y} - 2h_{(n+1)y} + h_{ny} \end{pmatrix} = \frac{1}{4a_6} \begin{pmatrix} \cos \varphi_6 & -\sin \varphi_6 \\ \sin \varphi_6 & \cos \varphi_6 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & -1 \\ 1 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \int_0^{\pi/2} \tilde{g}_n(\theta) d\theta - \int_{\pi}^{3\pi/2} \tilde{g}_n(\theta) d\theta \\ \int_{\pi/2}^{\pi} \tilde{g}_n(\theta) d\theta - \int_{3\pi/2}^{2\pi} \tilde{g}_n(\theta) d\theta \end{pmatrix} \quad (4)$$

3. 測定実験

本測定原理を用いて、測定実験を行った。実験に用いた装置や変位プローブ等は、参考文献¹⁾と同じものであるため説明を省略する。測定に用いた円筒ワークは直径φ50mm、長さ700mmの、表面にクロムメッキ処理が施されたシャフトである。比較的小型のワークを用いたのは、市販の真円度測定機と測定結果を比較するためである。測定断面の間隔 d は50mmとしたが、軸方向の横分解能を向上させるため、開始位置をずらして測定した複数の結果を最小自乗的に合成し、横分解能を10mmとした。

図2-4に測定結果を示す。これらのグラフにおいて、青線が本測定法による結果であり、赤線が市販の真円度測定機で測定した結果である。半径変化において最大約0.2μm程度の違いが見られるが、両者はほぼよい一致を示していると考えられる。図5には、図2-4の結果から合成した全体形状を3次元的に表示した結果を示す。赤が凸部を、青が凹部を表す。

4. 結言

プローブを6本用いる新しい測定法を提案し、有効性を確認した。本測定法を用いれば、運動誤差を伴う低精度な装置でも、高精度に円筒形状を測定することが可能となる。大型の円筒ワークばかりでなく、小型のワークに対しても、測定の低コスト化に有効である。

参考文献

- 1) 遠藤、他：大径・長尺ワーク用円筒度測定機の開発、平成13年度ハイテクプラザ試験研究報告、p.53
- 2) 遠藤、他：製造プロセスにおける高精度評価装置の開発—大型円筒用真円度測定機の開発—、平成11年度ハイテクプラザ試験研究報告、p.23

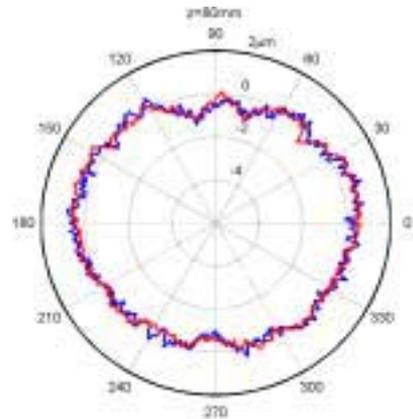


図2 断面形状の測定結果例

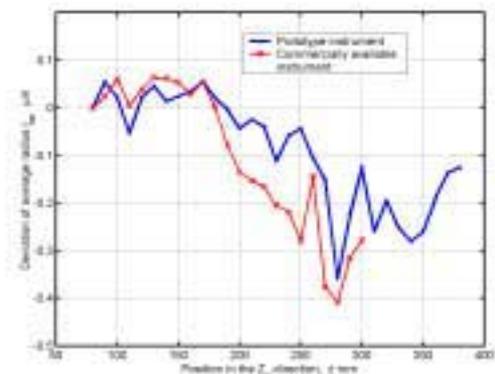


図3 半径変化の測定結果

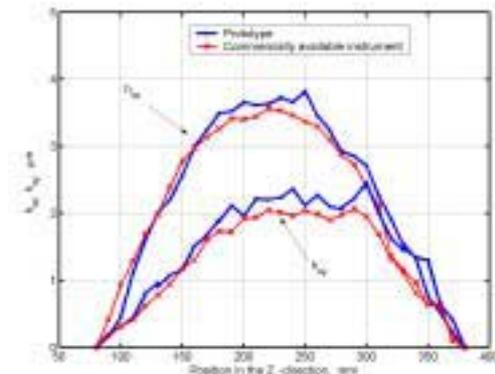


図4 軸の曲がりの測定結果

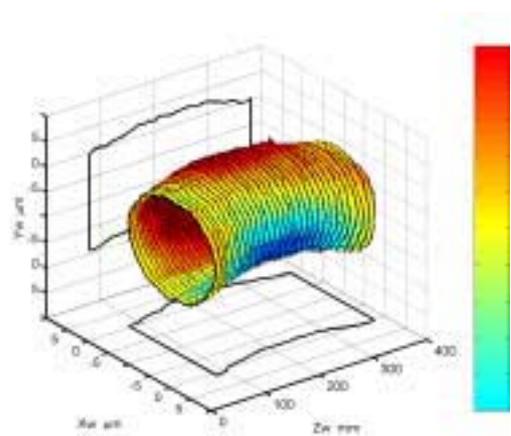


図5 全体形状

福島県産ブランド清酒の開発

—福島県産オリジナル米「夢の香」と「ふくみらい」の醸造特性—

Development of branded sake in Fukushima prefecture

-Brewing Characteristics used *Yumenokaori* and *Fukumirai* as original rice in Fukushima prefecture -

会津若松技術支援センター 鈴木賢二・高橋幹雄・佐藤寿昭・塩原富雄・佐藤 正

本県のオリジナル米「夢の香」、「ふくみらい」を用いて、純米大吟醸酒、大吟醸酒の試験醸造を行った。その結果、純米大吟醸酒については、官能試験において、カブロン酸エステル濃度の高いものが、高い評価を受け結果となった。また、大吟醸酒については、「夢の香」を使用した試験区において、高カブロン酸エステル系でかつ低酸性の酵母を使用した区が官能試験で良好な結果を示した。「ふくみらい」を使用した試験区は、官能試験において、「夢の香」と同程度であり、高級酒に十分利用可能であることが理解された。

Key words: 酒造好適米 吟醸酒 夢の香 ふくみらい カブロン酸エステル

1. 緒言

福島県産ブランド清酒として本県のオリジナル性を強調した清酒の開発を目的として、本県のオリジナル米「夢の香」¹⁾を用いて、純米大吟醸酒の試験醸造を行った。さらに「夢の香」、「ふくみらい」²⁾を用いて、大吟醸酒の試験醸造を行った。その結果、それぞれの米の醸造特性と酵母との相性について知見を得られたので報告する。

1. 1 来歴

「夢の香」の来歴を図1に、「ふくみらい」の来歴を図2に示す。

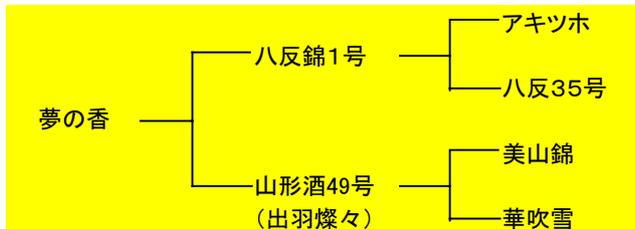


図1 「夢の香」の系譜

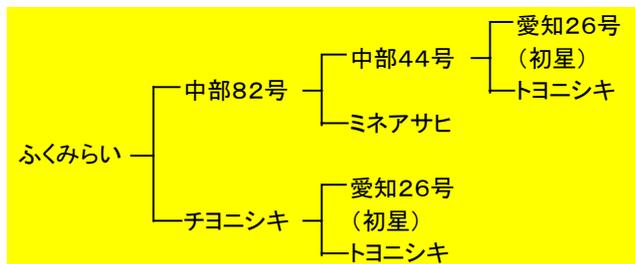


図2 「ふくみらい」の系譜

「夢の香」は、平成3年に福島県農業試験場において「八反錦1号」と「出羽燦々」の人工交配により「福島酒2号」として誕生し、平成12年に品種登録された。また、「ふくみらい」は、同じく平成3年に福島県農業試験場において「中部82号」と「チヨニシキ」の人工交配により「福島1号」として誕生し、平成13

年に品種登録された。

2. 試験方法

2. 1 原料米

原料米は、平成14年会津若松市湊地区産「夢の香」ならびに会津若松市大戸地区産「ふくみらい」を精米50%にして用いた。精米は、(株)チヨダ製HS-20II CNC(5俵張)を用いて行った。

2. 2 原料処理および蒸きょう

洗米処理量は1回あたり白米10kgで行った。洗米操作は手洗いで行い、糠成分を十分に除去するように注意して洗米した。その後、(株)中川製作所製ボイラー一式甑を用い、0.1Mpa圧にて麴米は約60分間、掛け米は約45分間蒸きょうした。

2. 3 製麴操作

麴米の原料を蒸きょう後、一度蒸気を抜き、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、約1~2時間放冷した。品温が約35℃程度になるまで冷却し、種麴として(株)秋田今野商店製吟醸グルコ菌を白米100kgあたり25gを完全に振り切った。約14時間後、切り返しを行い、盛りの操作から、天幕式半自動製麴機に移して製麴した。近年、製麴時間が長めの傾向であることから、純米大吟醸酒用麴の製麴

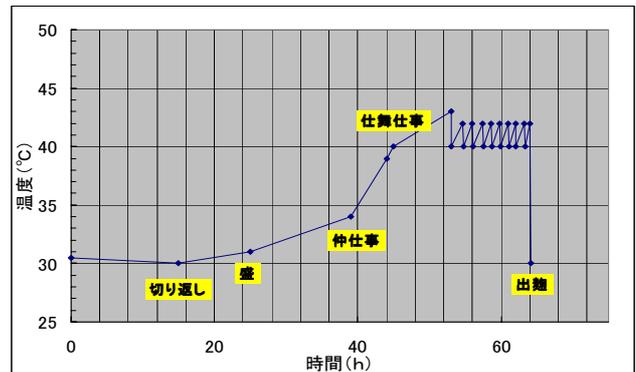


図3 製麴経過 (純米大吟醸酒)

時間は64時間、大吟醸酒用はさらに長く72時間を要して製麹した。温度経過を図3、4に示した。

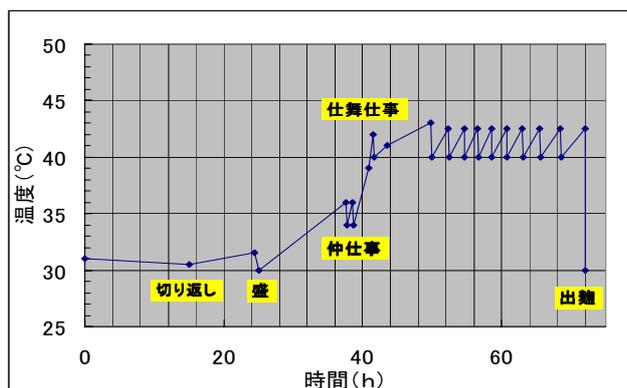


図4 製麹経過（大吟醸）

2. 4 仕込方法

今回は、純米大吟醸酒が2本、大吟醸酒が3本の計5本の試験醸造を行った。総米は90kgとし、すべて酵母仕込みで行った。使用酵母は当センターで所持している優良吟醸酵母を用い、純米大吟醸酒にはF7-01株（うつくしま夢酵母）と高カブロン酸フェル生成株であるF7-02株を、大吟醸酒には高カブロン酸フェル生成株であるF7-31株、および同じく高カブロン酸フェル生成株でかつ低酸性のF7-86株の2種類を用い、それぞれ活性酵母40を使用した。仕込み配合は、従来より前急型とし、汲水歩合は留添までで140%とした。なお、試験区内訳については表1に、仕込み配合については表2に示した。

表1 試験区内訳

試験区	掛け米	麹米	酵母	備考
純大-1	夢の香	夢の香	F7-01	うつくしま夢酵母
純大-2	〃	〃	F7-02	高カブロン酸フェル生成株
大吟-1	〃	〃	F7-31	〃
大吟-2	〃	〃	F7-86	〃・低酸性
大吟-3	ふくみらい	〃	F7-31	高カブロン酸フェル生成株

表2 仕込み配合

	初添	仲添	留添	総量
総米(kg)	16	30	44	90
掛け米(kg)	10	24	38	72
麹米(kg)	6	6	6	18
汲水(ℓ)	23	34	69	126

2. 5 酒米特性試験

酒造用原料米全国統一分析法に従って分析した。

2. 6 製成酒成分分析

国税庁所定分析法³⁾で行った。

2. 7 製成酒香气成分

Tekmar社のヘッドスペースサンプラー7050 装備の日立製作所製G-3000型ガスクロマトグラフを用いて、ヘッドスペース法により分析した。

2. 8 官能検査

きき猪口を用い、官能評価は5点法（1：優、2：良、3：普通、4：やや難、5：難）で行った。なお、パネラーは当所内酒造技術者5名で行った。

3. 試験結果および考察

3. 1 精米試験結果

今回行った精米の際の精米モード、精米時間、精米状態についての結果を表1に示した。

表3 精米試験結果

品 種	処理量 (kg)	精米 モード	精米 時間	状 貌
夢の香	360	最 弱	23:56	良 好
夢の香	210	最 弱	11:35	やや割れ米多い
夢の香	210	最 弱	14:44	やや割れ米多い
ふくみらい	150	最 強	19:00	良 好

当所の精米機の精米モードは21段階あり、「夢の香」は最も弱いモードで行った。「ふくみらい」も当初最も弱いモードで精米を始めたが、ほとんど精米が進まないため、最強モードに変更したが、「夢の香」よりも顕著に長い時間を必要とした。

これらの結果から「夢の香」は非常に米質が軟らかく、対照的に「ふくみらい」は極めて硬い米であることが理解された。

3. 2 原料処理および蒸きょう結果

「夢の香」、「ふくみらい」の原料処理および蒸きょう結果を表4、5に示す。

表4 「夢の香」原料処理結果

	麴米	初添	仲添	留添	平均
浸漬水水温 (°C)	17.0	14.0	14.0	14.0	14.8
	8.0	11.0	8.5	8.0	8.9
浸漬時間 (分, 秒)	9,00	8,45	8,45	8,15	8,31
	12,30	8,00	8,30	8,30	9,14
甑置き前吸	30.00	26.87	26.55	24.78	27.05
水率 (%)	29.63	26.50	25.73	23.78	26.41
蒸米吸水率 (%)	43.00	40.12	39.20	37.83	40.04
	40.57	38.00	39.38	35.79	38.44

※ 上段は純米吟醸酒、下段は大吟醸酒

表5 「ふくみらい」の原料処理結果

	初添	仲添	留添	平均
浸漬水水温 (°C)	11.0	8.5	9.2	10.2
浸漬時間 (分, 秒)	13,30	13,15	13,40	13,25
甑置き前吸水率 (%)	26.00	25.21	26.31	25.84
蒸米吸水率 (%)	40.00	40.00	37.76	39.25

この結果、「夢の香」は従来通り吸水が早く^{4) 5)}、蒸米吸水も高めの傾向を示した。また、「ふくみらい」は、吸水速度がそれほど早くは無いものの、蒸米吸水率は「夢の香」と同程度であった。

3. 3 製麹結果

今回、製造した麹は、純米大吟醸用が、突き破精型で、大吟醸用がやや破精廻りが多いタイプの麹となった。香りは栗香が強く、旨味、甘味ともに高く、良好と思われた。麹の酵素力価を表6に示す。この結果、今回製造した麹は、昨年の試験の麹⁴⁾と比較して、 α -アミラーゼ、グルコアミラーゼともに高い値を示した。また、製麹時間の長い方が酵素力価が高く、大吟醸用の麹は吟醸用としてはやや値が高すぎる傾向を示した。

表6 麹の酵素力価

	α -アミラーゼ	グルコアミラーゼ
純米大吟醸酒用麹	1930	218
大吟醸用麹	2400	286
※平成13BY麹	1194	148

※参考

3. 4 醪経過

醪の温度経過について図5、6に示す。純米吟醸酒の醪では、留め温度が6.5℃、最高温度が11.5℃とやや高めに推移した。醪日数は1号酒が33日、2号酒が34日と標準的なキレ具合であった。大吟醸酒醪では、同じ酵母を使用した1号と3号が順調なキレ具合を示し、予定よりも早い26日、28日で上槽となったが、2号は終始キレが鈍く、その結果高い温度帯を維持させ、最終的に33日目で上槽となった。

次にポーメ度の推移を図7、8に示す。大吟醸よりも酵素力価の低かった純米大吟醸の醪では、最高ポーメ値が8弱と一般的な値を示したが、酵素力価の高かった大吟醸醪は最高ポーメがすべて9以上となり、醪が初期の段階から溶けていることが伺えた。さらに、「夢の香」は「ふくみらい」と比較しても溶け具合が多く、追い水も多くなり、最終汲水歩合は、167%と「ふくみらい」の159%を上回る結果となった。ただ、純米大吟醸酒については、アルコールを17%台にするため、追い水を故意に控えたため、最終汲水歩合は1号が159%、2号が164%と大吟醸よりは低めとなったが、後半はあまりキレが良くなく、やや後溶けしており、もう少し追い水があっても良かったと思われた。

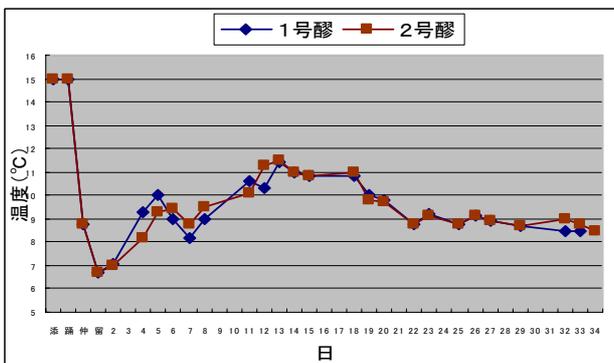


図5 醪温度経過（純米大吟醸酒）

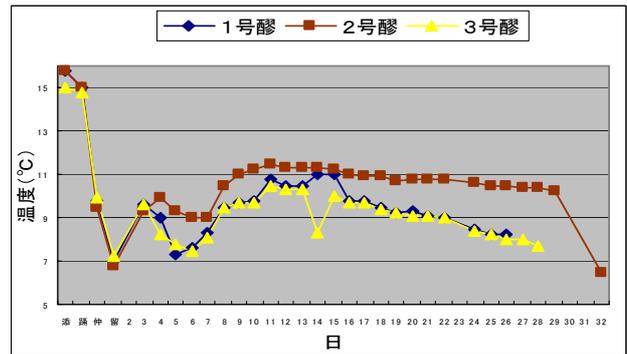


図6 醪温度経過（大吟醸酒）

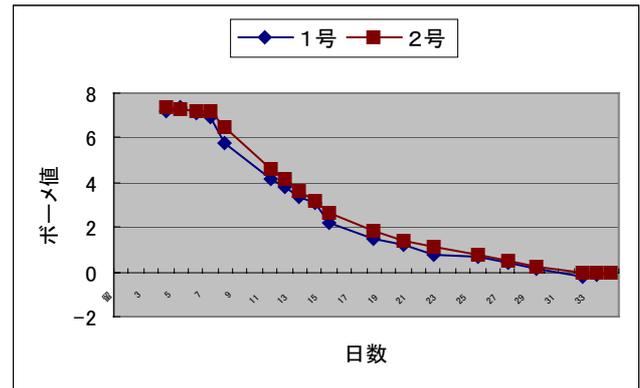


図7 ポーメ値の変化（純米大吟醸酒）

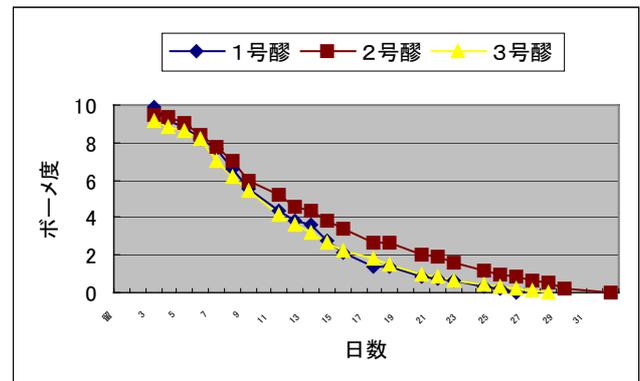


図8 ポーメ値の変化（大吟醸酒）

3. 5 酒米特性試験

「夢の香」および「ふくみらい」の酒米特性試験（精米歩合70%）結果を表7に示した。

表7 原料米の分析結果

試料	千粒重	真精米		吸水率		蒸米吸水率 (%)	消化性 (Brix)	粗蛋白 (ppm/D)	カド (RY)
		歩合 (%)	碎米率 (%)	20分 (%)	120分 (%)				
夢の香	26.0	72.4	13.3	29.0	29.2	33.7	10.0	4.6	478
ふくみらい	22.1	73.4	3.0	27.5	29.7	34.5	9.4	4.8	433
※五百万石	26.1	74.3	17.2	28.4	29.1	31.0	9.4	5.2	464
※コシヒカリ	21.0	72.6	7.9	27.8	29.7	32.2	8.9	5.4	338

※参考

酒造に適した米の条件として、①心白のある大粒米であること、②軟質米であること（吸水性が良い、製

趣しやすい、溶解しやすい)、③低タンパク質であること、等が一般に挙げられる。

今回の分析の結果「夢の香」は「五百万石」と比較すると、軟質米としての性質が強く(20分吸水参照)、相対的にタンパク質が低く、酒造好適米として十分な性質を持っている事が推測される。

また、「ふくみらい」は、飯米の「コシヒカリ」と比較すると、軟質米としての性質は弱いものの、タンパク質も低めの傾向であり、酒造にも十分適しているものと推察された。

3. 6 製成酒成分分析結果

今回の製成酒の分析結果を表8に示す。純米大吟醸酒は、大吟醸酒ともにアルコールが17%程度となったが、日本酒度は純米大吟醸酒が醗のキレがやや弱かったことから予定より低く、大吟醸酒は逆に高い結果となった。また、全体的にアミノ酸度が低い結果となった。

表8 製成酒成分分析結果

試料	日本酒度	アルコール (%)	酸度	アミノ酸度 (%)	直糖 (%)
純大-1	+1.5	17.7	1.45	0.90	1.78
純大-2	+0.5	17.5	1.60	1.10	2.22
大吟-1	+4.5	16.9	1.50	0.55	1.92
大吟-2	+6.0	17.7	1.25	0.70	2.08
大吟-3	+6.5	17.8	1.35	0.72	2.02

3. 7 製成酒香気成分分析結果

今回の製成酒の香気成分分析結果を表9に示す。高カブロン酸エチル系酵母を用いた試験区は、対照となった「うつくしま夢酵母」と比較すると、カブロン酸エチルの値が2倍～4倍程度上回っており、顕著な差が現れた。また、酢酸イソアミルについてもすべての試験区が上回っており、「うつくしま夢酵母」の吟醸香生成能は低めであることが伺えた。

表9 製成酒香気成分

試料	イソアミルアルコール (ppm)	酢酸エチル (ppm)	酢酸イソアミル (ppm)	カブロン酸エチル (ppm)	E/A×100比	C/E比
純大-1	221.93	52.88	1.86	1.68	0.84	0.90
純大-2	231.41	47.67	1.98	3.81	0.86	1.92
大吟-1	153.18	43.30	2.06	5.42	1.34	2.63
大吟-2	282.78	36.49	2.05	4.46	0.73	2.17
大吟-3	162.89	43.27	2.30	6.14	1.41	2.67

3. 8 官能検査結果

今回の製成酒の官能審査結果を表10に示す。その結果、対照となる「うつくしま夢酵母」を用いた試験区よりも高カブロン酸エチル系酵母の酵母を用いた試験区の方が高い評価を示した。今回の結果は昨年度の試験醸造結果と同じであり⁴⁾、「夢の香」には高カブロン酸エチル系酵

母の方が、相性が良いものと推察された。また、大吟醸酒にはすべて高カブロン酸エチル系酵母を使用したためか、全般的に評価が良好であった。今回最も評価が良かったのが、高カブロン酸エチル系酵母でかつ低酸性の酵母を使用した試験区であり、今後、さらに相性を検討する必要があると考えられた。

また、「ふくみらい」については2番目に良い結果となり、「夢の香」と遜色のない清酒ができたものと考えられ、この結果から「ふくみらい」も高級酒に十分使用可能であることが理解された。

表10 製成酒の官能評価結果

試料	官能評価結果(5点法)
純大-1	4.0 (硫香、自己消化臭、雑味)
純大-2	3.4 (香り高いも酸ウ、雑味)
大吟-1	3.6 (マイルドもウスイ、酸ウ、コイ)
大吟-2	2.6 (甘いもコイ、キ悪い)
大吟-3	2.8 (香り高いも酸ウ、コイ)

4. 結言

本県のオリジナル性を強調した清酒の開発を目的として、本県のオリジナル米「夢の香」を用いて、純米大吟醸酒の試験醸造を、さらに「夢の香」、「ふくみらい」を用いて大吟醸酒の試験醸造を、総米90kg仕込みで行った。その結果、純米大吟醸酒については使用酵母の違いによって製成酒の香気成分に顕著な差が見られ、官能試験においても昨年同様、カブロン酸エチル濃度の高いものが、高い評価を受ける結果となった。また、大吟醸酒については、「夢の香」を使用した試験区において、高カブロン酸エチル系酵母でかつ低酸性の酵母の方が官能試験では良好な結果を示した。また、「夢の香」は「ふくみらい」と比較して醗で溶けやすい性質であることが理解された。さらに「ふくみらい」を使用した試験区では、官能試験において、「夢の香」と同程度であり、「ふくみらい」も高級酒に十分利用可能であることが理解された。

参考文献

- 1) 斎藤真一、平俊雄: 福島県農業試験場試験成績書、平成11年度
- 2) 斎藤真一、佐藤誠: 福島県農業試験場試験成績書、平成12年度
- 3) 西谷尚道監修: 第4回改正国税庁所定分析法注解
- 4) 高橋幹雄、鈴木賢二、佐藤寿昭、佐藤正: 福島県ハイテクプラザ試験研究報告、pp. 65-68、平成13年度
- 5) 高橋幹雄、鈴木賢二、佐藤寿昭、佐藤正: 福島県ハイテクプラザ試験研究報告、pp. 60-63、平成12年度

デザイン情報を活用した商品開発システムの研究(第3報)

- トレンド情報を応用したデザイン開発の指導例 -

A study of the product development system that I utilized design information (The third report)

A lesson example of the design development that I applied trend information

会津若松技術支援センター 竹内克己・出羽重遠・佐竹延明

材料技術部 渡部修

秋田市立美術工芸短期大学 教授 五十嵐潤

デザイン開発研究会会員 荒井勝祐 大竹信一 大森かず子 加藤悦朗 儀同哲夫 小松茂夫 佐野真二 鈴木幹雄・孫枝 武田純
角田純一 手代木進 照井有海子 細谷誠 三浦圭一 宮田幸男 山内泰次 渡部正司

商品開発に活用できる情報として、トレンド情報のダイジェスト版を作成し、またそのトレンド情報を応用して、いま消費者に求められる商品開発のデザイン指導をしました。

Key words: トレンド、デザイン、伝統志向、未来志向、自然志向、工業志向、民族志向、考古学志向、哲学志向、幻想志向、

1. 緒言

地方の中小企業といえども技術革新に遅れることなく、コンピュータを導入して製品の製造管理をする時代になりました。当たり前になり高性能な商品が世の中に溢れるようになって、商品の付加価値が性能ではなく、ブランド品に象徴されるような、デザインの善し悪しのようなイメージを重視するようになってきました。

商品の中に、いまのファッションや流行のカラーなどのデザインを取り込み、消費者にライフスタイルを提案できることが、商品としての最低の条件になってしまいました。

そこで商品開発の重要な要素としてトレンド情報を取り入れて商品開発をする研究を考えました。また、実際の商品開発の現場でトレンド情報を取り入れた商品開発の指導をするには、どのようにトレンド情報を応用すればよいか、デザイン開発研究会会員のデザイン指導にトレンド情報の応用を試みました。

2. トレンド情報

2.1. トレンドの分析

2001年～2004年のトレンド傾向を予測したトレンドテーマから傾向を分析してみると、大きく4つの傾向に分類出来ることが分かりました。

- 1、伝統的で価値観が定まったモノをモダンにアレンジする傾向。
- 2、フォークロア、エスニックのような、どこか他の国の民族や文化遺産、または未来世界の工業的イメージの特徴を強調させ、過去から未来へ続く時間軸に影響された傾向。
- 3、自然の風景や風土の要素を、アートとして取り入れる素朴さと素材感を強調させる傾向。
- 4、幻想的な物語性と装飾性を強調させたイメージと対極にあるモノを調和させる傾向。

2.2. トレンドテーマのイメージマップ

4つの傾向を踏まえて、2001年～2004年のトレンド情報のテーマから、トレンド情報の傾向を分析するために、イメージマップにまとめてみました。イメ

ージを表現する言葉は、トレンドテーマから関係する言葉を抽出し、縦軸に時間をイメージする「伝統志向」と「未来志向」、横軸に手仕事をイメージする「自然志向」と機械生産をイメージする「工業志向」を置いてみました。またその4つの間に「民族志向」「考古学志向」「哲学志向」「幻想志向」の言葉を配置し、2001年～2004年のトレンドテーマを張り付けました。

デザインイメージの分布から、現在クラフトの商品開発に必要なトレンド傾向が、図1の赤のエリアではないかと推測しました。また今後の傾向として、10年程かけて装飾性がより強調される青のエリアに、商品開発に必要なトレンドが移行して行くのではないかと予測しています。

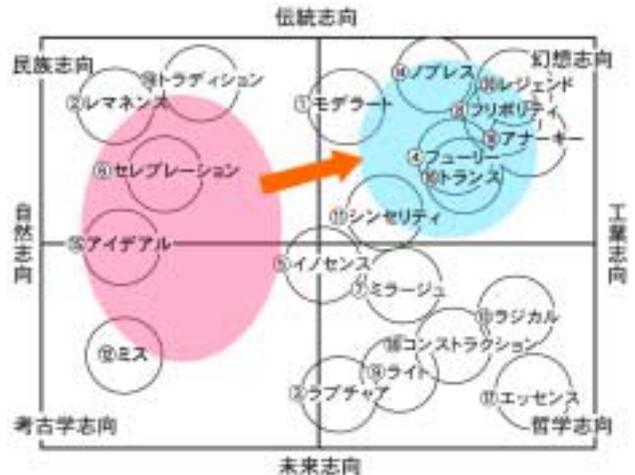


図1 トレンドテーマのイメージマップ

2001年/2002年秋冬のトレンドテーマの解説

- 、モデラート: Moderato: 塩梅
エレガンスを好む傾向が強くなり、高級ブランドの強い影響を受けた自分だけの特別な贅沢感。計算された色使い、シルエット、ディテールなどでクラシックアイテムにモダンな感覚が適度なバランスでアレンジされる。
- 、レマネンス: Remanence: 残像
価値基準のグローバル化の浸透にもかかわらず、民族の過去や起源などの局地的な文化や、自然との結びつきを求め文化の再構築をはじめ。焼き直されたビンテージ感覚、遙か遠い地のカルチャ、歴史を感じさせる遠い国のイメージをミックスして、詩的でノスタルジックな世界を創る。
- ラプチュア: Rupture: 断絶
革命的でデザイン性に富んだ世界は、遊び心と皮肉に満ちている。レトロでフューチャー感覚、役に立たない機能性にユーモア感覚、既成概念を越えた両義性のある

用したり、素材の持つ凸凹感や、アンティークなイメージを、モダンでシンプルな形に装飾として融合させ、少しシュールなイメージを演出する)な傾向になっているのではないかと推定し、完成品が少しでもトレンドテーマのイメージ(図1の赤いエリア)に近づくように指導しました。

平成12年度は、地場産業産業総合振興事業でデザイン指導の成果を、日本橋・丸善で展示会「じまんの器つどう!」を開催し発表しました。その結果トレンドテーマのイメージに近づけた商品はたいへん好評を得ました。

3.1.2.平成12年度の指導例



儀同 哲夫 「取皿付 波型長手重箱」
「取皿付 八角長手重箱」



手代木 進「ティーポット」



荒井 勝祐 「KakuKaku・KakiKaki
・GakuGaku」



佐野 真二 「GAN-3段
GAN-皿付き」



三浦 圭一 「積み器 A・B・C」



山内 泰次 「TATE/A-小皿
TATE/B-長皿」



鈴木 幹雄・孫枝「染付け磁器」



小松 茂夫「Sabi-小判/大・高
・小・注器」



大竹 信一 「ひろがりの器」



武田 純 「鉄漆」

3.1.3.平成13年度の指導例

平成13年度と平成14年度は、テーマ設定をこだわりの生活のシーンからの発想ということで、デザインのテーマを、具体的なお客の顔の見える「生活の中の道具」にしました。



手代木 進「ティーポット」



角田 純一「漆額」



荒井 勝祐 「シガレットケース」



大森 かず子 「卵」



鈴木 幹雄・孫枝「染付け磁器」



渡部 正司 「挽き目大皿」



武田 純 「乾漆メタルヌードル」

3.1.4.平成14年度の指導例



加藤 悦朗 「布目鉢・皿」



照井 有海子「パルプ乾漆-鮑」



大森 かず子 「華卵」



大森 かず子「卵-金地・ブライ地」



大竹 信一 「箱-玉石」

大竹 信一 「箱-鳳」



細谷 誠 「そば打ちセット」

鈴木 幹雄・孫枝 「染付け磁器」



武田 純 「乾漆-長ぐつ」

宮田 幸男 「乾漆-どんぶり」



図7 平成12年、平成13年、平成14年のイメージマップ

4. 結言

平成12年から平成14年の3年間、デザイン開発研究会の会員を対象に、商品開発の現場でトレンド情報が有効に機能するかどうか試してみました。その結果、デザインイメージがイメージマップの図1の赤いエリアの位置にくるような商品にすれば、売れることが分かりました。トレンド情報をうまく利用すれば、商品開発の現場では、有効なツールになることが実証できたと思います。

幕末以来、日本の政治文化の形態は、ヨーロッパとアメリカをお手本に体系化されてきました。一日でも早く世界に認められる先進国になるために、国策として進められてきました。1867年のパリ万国博覧会への初参加、1873年(明治6年)のウイーン万国博覧会の本格的な参加によって、日本の工芸産業とその文化の独自性を国際舞台に披露することになり、ヨーロッパにジャポニズムの流行を生みしました。

そしてそのジャポニズムの文化から、絵画の世界では、浮世絵の平面的な画面構成と色彩の処理に影響された印象派に派生し、工芸の世界では、精緻な細工と植物模様の曲線に影響されたアールヌーボー様式に発

展し、それらの文化は、日本に逆輸入され大正ロマンの文化を生みました。ヨーロッパの産業革命の草創期に、それらの文化とライフスタイルの影響を、たくみに取り入れて産業に反映させると、大きな経済効果をもたらすことが分かりました。

文化の流行(トレンド)は、産業として十分に成り立ち、大きな経済効果があることを、いち早く知り、戦略として産業に結びつけようと考えた人達が、ヨーロッパにはいました。

トレンドは決して自然発生するものではありません。特に創造性を先取りするファッションの世界で、毎年毎年新しいトレンドを発信し続け、それが世界中で流行するようなトレンドへと成長するような、メガトレンドを発信し続けることは、何らかの仕掛けがないかぎり不可能なことです。

ブランドの戦艦LVMH(モエヘネシー・ルイヴィトン)グループの2001年の売上高は1兆4千億円、その内のルイヴィトンの売り上げの6割を日本人が買っていると言われています。日本はアメリカに次ぐ強大な市場で、原宿と銀座は、いまやブランドの植民地といわれるぐらい、ブランド店の出店ラッシュの状態になっています。そして、そのマーケットを維持し、より発展していくには、毎年毎年、目先を変え、新しいトレンドの新作を提供する戦略がなければならないのです。

トレンド情報を商売に利用して、失敗しない戦略を実行し、マーケットを維持している勝ち組がいて、その戦略も分かっているならば、同じ手法で商品開発をしたらどうなるか?と考えるのは自然な成り行きだと思います。

トレンド情報は商品開発の現場で、2~3年先の大まかなデザインの傾向を示す目標の1つです。完全ではないが、消費社会の需要を吸い上げて、みんなで納得出来るデザインイメージの未来予測を発信しているのです。

トレンド情報は目的をもって作られた、共同作業のデザインイメージの目標です。そして、それは確実に経済効果をもたらすブランドを確立させ、常に鮮度を保つ販売戦略の1つなのです。

何時の時代にも、売れるモノの底にながれる大きなデザインの潮流があります。その潮流を無視して商品開発をしても無駄なのです。

参考文献

- 1) (株)プロモスティル・ジャパン: “インフルエンズ”(秋冬2001春夏2002、2002夏、秋冬2003春夏2004、2004夏)
- 2) 渡部修: 漆塗膜の化学修飾による高付加価値化 平成13年度福島県ハイテクプラザ研究報告 p8 1-84

酵素重合型プレポリマーハイソリッド UV 漆塗料の開発とその応用研究 (第2報)

Research and the application research for the development of
the Enzyme Polymerization Prepolymer Highsolid UV Urushi paint

会津若松技術支援センター

須藤 靖典・出羽 重遠

酵素重合型プレポリマー漆とハイソリッドUVアクリレート化合物との相溶性及び光重合開始剤の均一な分散方法を検討し、居住空間においてシックハウス症候群を誘発する原因ともなっている有害8物質を取り除いた、「安全」で「人」と「地球環境に優しい」プレポリマーハイソリッドUV漆塗料を活用した製品開発を行いました。

Key words : 漆、紫外線、光重合、アクリレート化合物、含漆UV樹脂塗料、カーテンロールコーター、静電塗装、ノンソル、ハイソリッド、プレポリマー

1. 研究の目的と背景

1.1 環境問題への配慮と方向性

先に厚生労働省より、居住空間に於けるシックハウス症候群を始めとするT.V.O.C(総揮発性有機化合物)、室内に存在する複数の揮発性有機化合物の総量を低く押さえるための目標値が設けられると共に、有害化学8物質が示されたことで、これらの物質を含まない建築資材や建築方法が検討されつつある。塗料業界では「環境に優しい塗料や塗装方法」が最重要課題として位置づけられ、トルエン・キシレンを排除したNonトルエン・キシレン型塗料も開発され市販され始めている。これに先んじて福島県と民間企業による産官共同研究で、「環境対応型・光重合硬化性含漆塗料」をいち早く開発した実績を基に、本研究では漆塗料の風合い、機能性を維持しつつ揮発性有機溶剤を極力除去したハイソリッド組成成分のアクリレート化合物と漆塗料を配合した酵素重合型プレポリマーハイソリッドUV漆塗料を開発し、「安全」で「健康的」な塗料として公共物の内装部材やインテリアの要素も加味されつつある、新型仏壇・仏具にも積極的に活用を図る目的で研究に着手した。

1.2 ハイソリッド化による問題とその解決法

UVアクリレート化合物と漆塗料との相容性については幾度となく改質を行うと共に、光重合硬化システムへ導くための光重合開始剤をどの様に均一に分散・配合できるかを検討してきた。その結果、粉末状の光重合開始剤を均一に分散・混練

できる有効な装置として播潰機を活用し問題解決を図った。しかし、新たな問題として酵素重合型プレポリマーハイソリッドUV塗料塗膜(以後ハイソリッドUV漆)を硬化させるための、紫外線エネルギーは従来の溶剤型含漆UV塗料と比較し、おおよそ2倍程度必要であることが実験より確認された。紫外線の積算光量が増えることは、即ち素地の变形や痩せが生じやすくなることから、平成14年度では塗膜の硬化に必要な不可欠である漆塗料の自動酸化反応をさらに向上させた酵素重合漆(以後重合漆)を精製することとした。さらには、光重合開始剤(以後開始剤)の配合比率を再検討し、ハイソリッドUV漆塗膜の硬化に必要な適正光量を把握することとした。

2. 研究の展開

2.1 酵素重合型プレポリマー漆の改質化(実験-1)

平成10年度に県有特許として取得した「自動酸化重合型の漆塗料の製造法」(特許第3001056)を基に平成13年度では、重合漆を樹脂成分98%以上のアクリレート化合物と混合し易くする目的で、UVモノマー(トリメチロールプロパン・エトキシトリアクリレート)を希釈剤として使用する他、開始剤、レベリング剤などの各種添加剤を組み合わせハイソリッドUV漆を精製した。しかし、希釈剤として使用しているUVモノマーの影響からか、光重合硬化直後の塗膜硬度が予想以上に柔らかく、その後の計時変化でも塗膜硬度の上昇が確認出来なかった為、平成14年度ではUVモノマーを混合

した重合漆であっても乾燥・硬化が促進するだけの重合度を向上させる改質化を行い、光重合硬化後の自動酸化反応により強固な塗膜を形成できるため精製実験-1を行った。

2.1 実験-1の結果

反復重合装置「ミゼットクロメール」を使用し、生漆に補給水を分散させながら重合漆の精製を行った。さらには、平成10年度の地域コンソーシアム研究開発事業の重合漆に関する研究成果をもとに、アミノシラン化合物を重量比に対して0.5~1%程度精製段階で添加した。その結果、乾燥性・硬度とも昨年度を上回る性能の重合漆が精製できた。さらに、UVモノマーと混合した重合漆の乾燥実験を行った結果、湿度70%温度20の条件での塗膜硬化が確認された。



図-1 ミゼットクロメールによる重合漆の精製

2.2 UVモノマーと光重合開始剤の検討(実験-2)

ハイソリッドUV漆を光重合硬化に導くための粉末状の開始剤をUVモノマーに分散させ、雷潰機を使用して均一な液状開始剤にする為の精製実験-2を行った。

2.3 実験-2の結果

UVモノマーと開始剤を混合する際、紫外線による感光を防止する目的で黒の覆いをおけて約30分程度分散させた。その結果、光を遮断して混合・分散させた開始剤はゲル化傾向も見られず、低粘度で均一な液状開始剤となった。

2.4 ハイソリッドUV漆塗料の再変性(実験-3)

平成14年度の研究は、紫外線の積算光量を抑えつつ塗膜の完全硬化を目指す為の改良化実験を行った。実験-1では、自動酸化反応を一段と向上させた重合漆の精製を行い。実験-2では、開始剤の配合比率を高め、その感光度を向上させるための均一な分散方法の検討を行った。実験-3では、実験-1,2の成果を基に下記に示す塗料調合の工程でハイソリッドUV漆の変性作業を行った。

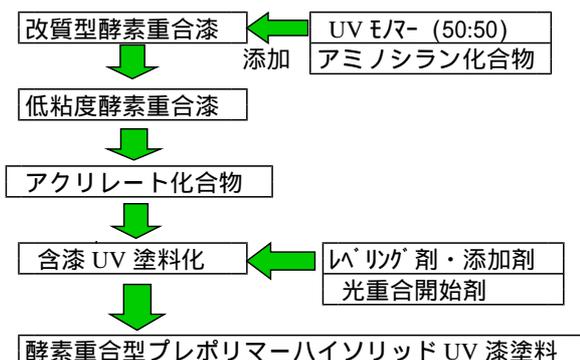


図-2 塗料調合工程

2.5 適正光量の把握(実験-4)

ハイソリッドUV漆塗料が硬化に必要な紫外線の積算光量を測定した。特に、照射距離とコンベアスピード、光量の3項目に重点を置いて実験-4を行った。加えて、作り付けの被塗物にハイソリッドUV漆を塗装した場合、ハンディUV装置を使用し硬化に必要な光量を満たすためまでの照射時間(秒)がどの程度必要になるのかの実験も併せて行った。

2.6 実験-4の結果

実験-4を下記の項目で実施しその結果は、表-1の通りとなった。●印で示したハイソリッドUV漆塗膜が良好な硬化状態となった。改質前のハイソリッドUV漆塗料の硬化に必要とされた光量は1251mj/cであったが改質後は、889mj/cの光量で塗膜が硬化した。この結果を分析すると、開始剤の分散及び調合が大きく影響している様に思われる。さらに、光重合硬化後のハイソリッドUV漆塗膜は乾燥と硬化性を向上させた重合漆が配合されていることで、より自動酸化反応が進むこ

とが予想され計時変化とともに耐久性が向上して いくことが期待される。

UV照射距離	コンベアスピード	積算光量 (80w x 12kw 2灯)	ピーク光量	改質前 UV 漆 硬化状況	改質後 UV 漆 硬化状況
25cm	2.00 m/min 2.25 m/min 2.50 m/min	889 mj/c 815 mj/c 735 mj/c	70 mw/c 70 m w/c 70 m w/c		●●
UV照射距離	コンベアスピード	積算光量 (120w x 12kw 2灯)	ピーク光量	改質前 UV 漆 硬化状況	改質後 UV 漆 硬化状況
25cm	2.00 m/min 2.25 m/min 2.50 m/min	1453 mj/c 1284 mj/c 1251 mj/c	110 mw/c 105 mw/c 115 mw/c	●●●	●●●
ハンディUV照射距離	照射時間	積算光量 (1 kw 1灯)	ピーク光量	改質前 UV 漆 硬化状況	改質後 UV 漆 硬化状況
15 ~ 20cm	40 sec 37 sec 33 sec	884 mj/c 815 mj/c 735 mj/c	20 mw/c 20 mw/c 25 mw/c		●●

使用機器及び名称について
 積算光量測定装置・・・アイグラフィクス UVMETER UVPF-3 使用
 UV漆・・・・・・酵素重合型プレポリマーハイソリッドUV塗料

表-1 酵素重合型プレポリマーハイソリッド UV 漆の硬化光量と塗膜状況

3 . 試作

実験-4の結果を基に、ハイソリッド UV 漆を試作に応用した。塗膜の厚みは、約20~30ミクロン程度と推察されることからハンディ UV 装置を使用し紫外線を照射した。その結果、試作品は図-3,4の通りとなった。



図-3 椅子



図-4 携帯電話カバー

連の光重合硬化性含漆 UV 塗料の総まとめの年度と位置づけ、「ひとに優しい塗料」とのコンセプトのもと酵素重合型プレポリマーハイソリッド UV 漆塗料の研究開発を行ってきた。その成果は、数々の試作品の制作を通じて実証済みであり、今後は民間ベースによる塗料の製造・販売体制も整っていくことで市場に参入していく為の条件が整ってきた。また、この含漆 UV 塗料を乾燥・硬化させる工法も現在では、ハンディタイプの小型 UV 装置(1KW)で十分に作業が行えるまでの省力化が可能となったことで、身近な塗装工法として活用されていくことを期待したい。最後に7年間に渡り、光重合硬化性含漆 UV 塗料の研究開発に携わっていただきました福島県客員研究員の永瀬喜助先生並びに諸先生と協力企業、さらには県有特許として活用の方を与えていただいた福島県と関係団体の方々に厚く御礼を申し上げます。

引用文献

- 1) 新エネルギー・産業技術総合開発機構、管理法人「福島県中小企業団体中央会」：平成10年度地域コンソーシアム研究開発事業「室内環境の快適性、健康性に対応した光重合含漆塗料の開発」成果報告書(2000)

4 . 研究の考察と結言

平成8年度の産官共同研究を皮切りに、光重合硬化性含漆 UV 塗料の実用化を図る目的で改質化を繰り返し行ってきた。平成14年度では、これら一

伝統産業における製造技術の開発と新商品の開発

Study on development of manufacturing technology and new item production in traditional industry

—大堀相馬焼の素地強度向上に関する研究—

Study on body-strength improvement of OHORI-SOMA YAKI Porcelain

会津若松技術支援センター 産業工芸科 佐藤 隆・佐竹 延明・丸山 泰仁・水野 善幸

大堀相馬焼の坯土に県内で産出される安達陶石・大久保陶石および電磁器の製造に使用される碍子坯土3種を配合し、従来の素地土強度に対し最大1.5倍の強度を得た。原料の緻密化と配合した坯土の粒径が素地強度の向上に寄与しているものと思われる。強化食器等の新しい用途が期待できる。

Key words : 伝統的工芸品、陶磁器、強化食器

1. 緒言

大堀相馬焼は“走り駒”の絵付けと“青ひび”と呼ばれる貫入緑色釉を特徴とする陶磁器で、国指定の伝統的工芸品である。しかし、碗の縁・取手・注口などの薄手部分の強度が低く壊れやすいため、以前から業務用には殆ど出荷されていなかった。出荷・消費量を拡大するには、業務用食器への展開が迫られている。それには素地強度を向上する必要がある。そのため、現在使用されている素地坯土に強化用原料を添加することで素地強度の向上を図った。ただし、佐藤らが行ったアルミナ等の添加による強度向上研究¹⁾(約2倍の強度向上を確認した。)を参考にしつつも、あくまでも伝統工芸品としての“相馬焼^{つちあじ}の土味”を犠牲にすることのないよう、添加原料を県内産の陶磁器原料に絞った。

2. 実験方法

2. 1. 使用原料

基本となる大堀坯土は大堀相馬焼協同組合において調整されたものを使用した。

また、大堀坯土に添加する原料として県内の窯業原料を検討し、以下の6種を取り上げた。

①安達陶石：安達町に産出する長石質陶石。

②大久保陶石：会津本郷町に産出する陶石。

①、②ともに碍子の原料として使用されている。

③碍子坯土A、④碍子坯土N、⑤碍子坯土U：碍子の生産に使用される3社の素地土3種で②大久保陶石を主体に各社で独自の配合を行っている。

⑥鹿島粘土：相馬郡鹿島町より産出する赤土系の粘土、大堀坯土と同じく大堀相馬焼協同組合において調整されている。

2. 2. 使用原料の調製と試験

大久保陶石と安達陶石は磁製ポットミルでそれぞれ10時間と20時間湿式粉碎し、乾燥させたものを試料

とした。大堀坯土、鹿島粘土及び各碍子坯土は乾燥させ、解砕したものを試料とした。

曲げ試験・吸水率・見掛け比重の試験片は石膏型による泥漿鑄込み成形で製作した。調合した乾燥試料に重量比50%の水と解膠剤として重量比0.4%の水ガラスを加え2Lポリ瓶で2時間混合し、6mm×8mm×65mmの試験片とした。焼成条件は還元雰囲気中で最高温度1250℃、保持時間30分とした(一般的な大堀相馬焼きの焼成条件)。表・1に使用原料の諸物性と平均粒径及び粉末エックス線回折より求めた構成鉱物を示す。平均粒径はセイシン企業製粒度分布測定機LMS-24で測定した。吸水率・見掛け比重試験はJIS-A1110に準拠した(試料を110℃3時間乾燥し乾燥重量を測定、その後3時間煮沸し水中秤量法により測定)。粉末エックス線回折分析はパナリティカル社製エックス線回折装置X'Pert PROで行った。

	平均粒径 (μm)	吸水率 (%)	見掛け 比重	曲げ 強度 (MPa)	構成 鉱物
大堀坯土	11.60	0.27	2.33	59	石英、カオリナイト、 長石
鹿島粘土	14.40	0.13	2.29	74	石英、長石、 セリサイト、カオリナイト
大久保陶石 10H-Milling	11.30	—	—	—	石英、セリサイト
大久保陶石 20H-Milling	7.66	—	—	—	
安達陶石 10H-Milling	15.50	—	—	—	玻璃長石、石英
安達陶石 20H-Milling	8.41	—	—	—	
碍子坯土A	6.76	0.11	2.38	116	石英、カオリナイト、 長石
碍子坯土N	7.50	0.08	2.47	108	石英、カオリナイト、 アルミナ、長石
碍子坯土U	12.00	0.11	2.27	55	石英、カオリナイト、 長石

表・1 使用原料の特性

曲げ強度は3点曲げ試験により測定した。スパン35mm、ヘッドスピード5mm/minとし、試験体の歪

みを補正するため、ゴム板を挟んで測定した。島津製作所万能試験機「オートグラフAG-2000E」を使用した。

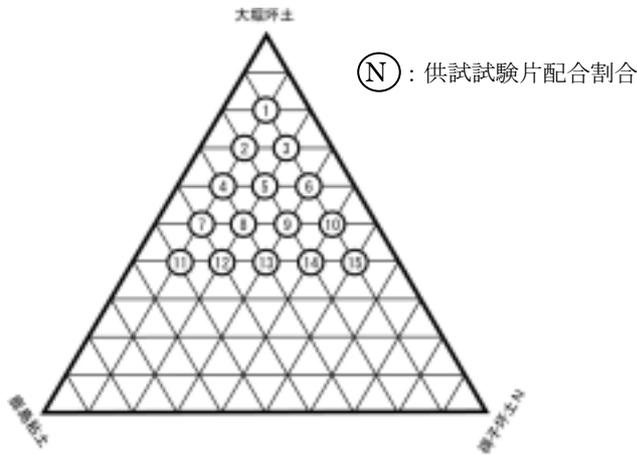
2. 2. 1. 1次配合試験

大堀坏土に、陶石類 10%~40%、各碍子坏土 10%~50%を2元添加した。曲げ強度試験を行い、強度向上に効果のある原料の絞込みを行った。

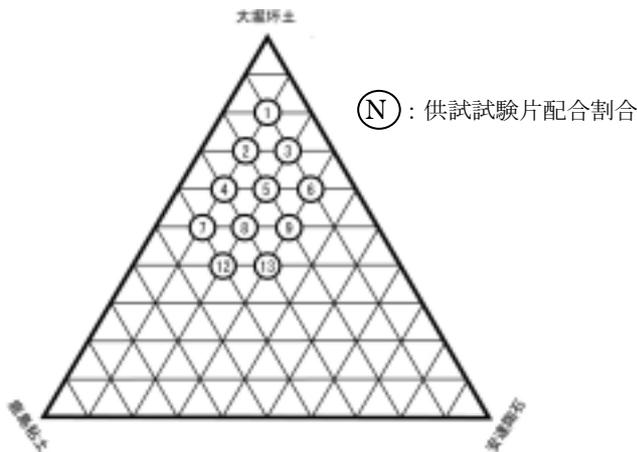
2. 2. 2. 2次配合試験

1次配合試験により、強度向上に効果のあった20時間湿式粉碎した安達陶石（以下安達20H）と碍子坏土N（以下碍子N）、さらに焼成呈色を考慮して鉄分を多く含む鹿島粘土を3元添加した。

大堀坏土-碍子N-鹿島粘土をNK配合、大堀坏土-安達20H-鹿島粘土をAK配合とした。配合割合を図・1、図・2に示す。



図・1 NK配合



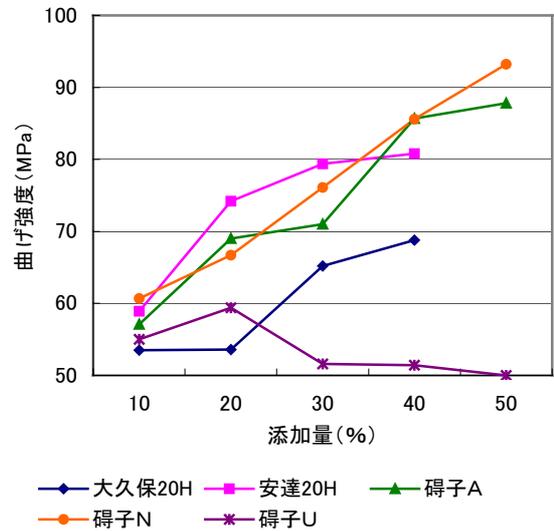
図・2 AK配合

3. 実験結果および考察

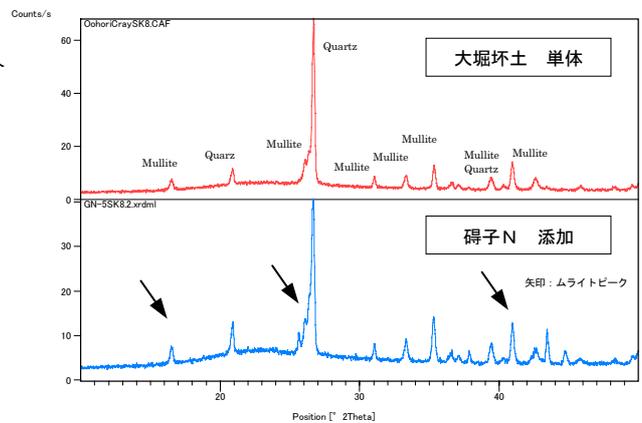
3. 1. 1次配合試験

安達陶石20Hと碍子坏土N、碍子坏土Aの添加が曲げ強度向上に効果があった。エクス線回折により、大堀坏土に比較シムライトの生成量が若干増加し残留石英の量が減少していることが推察される。また、添加量の増加と共に吸水率が減少し見掛け比重が増加傾向にある。これらの結果と原料組成（粒径が小さく長石を含有している）から、この3種類の試料については、ガラス化が進行し焼き締まりが良くなったものと考えられる。

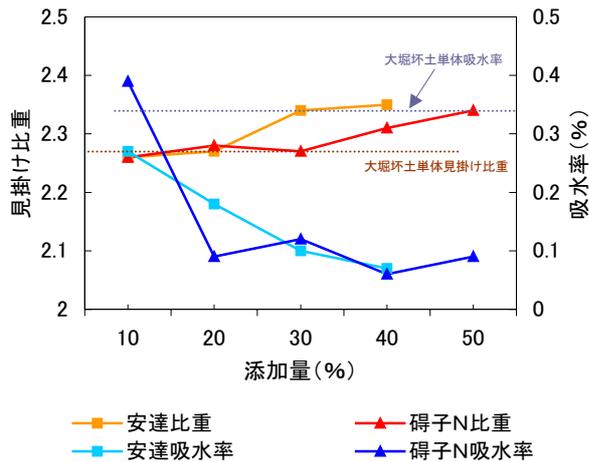
曲げ強度試験結果を図・3、粉末エクス線回折測定結果を図・4、比重・吸水率の結果を図・5に示す。



図・3 曲げ強度試験結果（1次配合）



図・4 エクス線回折結果（1次配合）



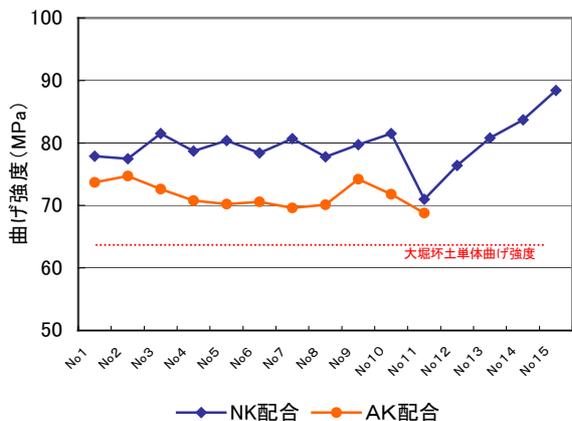
図・5 吸水率・見掛け比重測定結果（1次配合）

3. 2. 2次配合試験

2次配合による吸水率・見掛け比重測定結果を表・2、曲げ強度を図・6に示す。

表・2 吸水率・見掛け比重測定結果（2次配合）

	吸水率 (%)	見掛け比重		吸水率 (%)	見掛け比重
NK 1	0.19	2.36	AK 1	0.11	2.35
NK 2	0.23	2.36	AK 2	0.12	2.36
NK 3	0.07	2.36	AK 3	0.12	2.38
NK 4	0.12	2.37	AK 4	0.13	2.36
NK 5	0.17	2.38	AK 5	0.12	2.38
NK 6	0.26	2.36	AK 6	0.20	2.39
NK 7	0.18	2.37	AK 7	0.09	2.37
NK 8	0.17	2.38	AK 8	0.06	2.38
NK 9	0.17	2.39	AK 9	0.09	2.42
NK10	0.19	2.40	AK10	0.13	2.37
NK11	0.23	2.37	AK11	0.23	2.38
NK12	0.17	2.39	＜安達陶石の多量の添加は成形性の不良をまねくため、試験片の製作を見合わせた。＞		
NK13	0.22	2.41			
NK14	0.24	2.39			
NK15	0.12	2.41			



図・6 曲げ強度試験結果（2次配合）

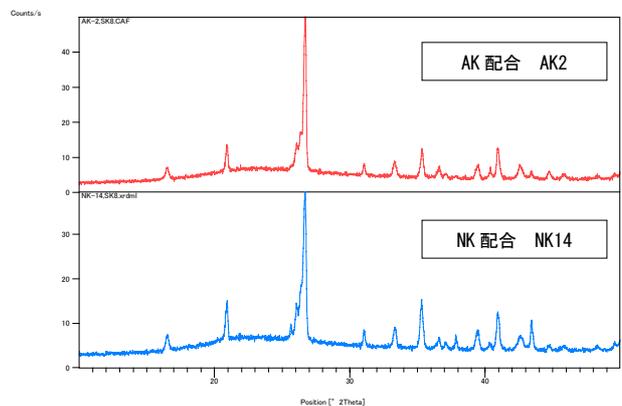
AK配合・NK配合共に大堀坏土より吸水率が減少し、曲げ強度が大きくなっている。

特にNK配合の曲げ強度はNo11を除いて30%~50%向上し、焼成呈色も鹿島粘土20%~30%の添加で「土味」のある良好なものとなった（図・7）。



図・7 焼成呈色

図・8にAK2、NK14の粉末エックス線回折測定結果を示す。1次配合試験同様の結果が確認できた。



図・8 エックス線回折結果（2次配合）

4. 結言

大堀坏土に碍子坏土A・N及び安達陶石を添加することにより、アルミナ添加のものには及ばないものの曲げ強度が最大で約50%向上した。また、鹿島粘土を20~30%添加することにより、「土味」を損なうことなく高強度を保てることも確認できた。

5. 今後の方針

次年度は比較的高強度で成形性が良好なNK配合を坏土として試料を製作し、曲げ強度に及ぼす釉薬の影響等について検討する。あわせて、割烹用強化食器のデザイン開発を実施する。

参考文献

- 1) 昭和62年技術指導施設費補助事業報告書 佐藤重徳、吉田忠利 pp.1-14、1990

溶接部の高温耐性被覆処理

—溶射と局部加熱による検討—

High temperature tolerance coating processing of a weld.

-Examination by thermal spraying and part heating-

いわき技術支援センター 佐藤善久・安藤久人

生産技術部エネルギー加工科 藤井正沸

滲透工業（株）いわき工場 草野薫・五十嵐尉記・金長正明

カラライジングを鋼材リサイクル用電気炉の大型部品に適用するため、フレーム溶射による溶接部の被覆処理技術を検討した。800℃24時間の高温放置でボンディングコート+自溶合金溶射による被覆が有効なことがわかった。同様に、純アルミニウム溶射とTIGやレーザを用いた局部加熱を実験し、ビームスキャナを使用することでアルミニウム濃度が23% (at.)程度、厚さ0.5mmの合金層で鋼材の露出部周辺を被覆する技術を開発した。現在、これら被覆処理の性能を実証するため、実地試験を行っている。

Key words:アルミニウム、カラライジング、フレーム溶射、自溶合金、TIG、ビームスキャナ

1. 緒言

アルミニウムの拡散浸透処理（以下「カラライジング」）は、鋼材の表面に耐高温酸化性・耐高温硫化性等の優れた耐性を付加できる¹⁾。しかし、カラライジングは粉末パッキ法により、加熱炉の中で行われるため、処理できる製品サイズは、炉の大きさに制限される。

一方、鋼材の表面に厚さ数百 μ m程度の機能的な金属やセラミックスの被膜が形成できるフレーム溶射法は、他の溶射法に比べて設備が簡便なうえ、作業の姿勢や場所そして複雑な製品形状にも柔軟に対応できるなど現場施工に適している。しかし、使用する環境や母材との組み合わせを考えた溶射材料の選択と適正な加工技術がないと、膜は容易に剥離や摩耗で失われる。

そこで本研究では、カラライジング試験片上に設けられた未処理部分を溶接部と見なし、自溶合金溶射と純アルミニウム溶射+TIG・レーザによる局部加熱で、溶接部にカラライジングと同等の高温耐性を与える被覆処理方法について検討した。

2. 実験

2. 1. 供試材

鋼板上に溶射で被覆するための基礎的な実験と引張試験には、それぞれ120mm×200mm(t9mm)と ϕ 38mmの一般構造用圧延鋼板(SS400)を供試材として用いた。

高温放置試験とカラライジング層を含めた界面の観察は75mm×95mm(t6mm)の浸透処理された鋼板(SS400)の一部から乾式の研削でカラライジング層を除去して基材である鋼材を露出させて供試材とした。

なお、各供試材には溶射加工の前処理としてブラス

ト処理を行った。溶射材には、Ni-Cr系自溶合金・Ni-Al系ボンディングコート・純アルミニウムの各溶射用粉末（日本ユテク社製）を使用した。

2. 2. 溶射実験と局部加熱

3軸制御加工装置を用い、X-Yテーブル上に試験片、Z軸に溶射ガンを設置した。X軸方向に溶射距離、Y軸方向の速度で試験片の移動速度（最大250mm/min）、Z軸方向の移動量で溶射帯の間隔が設定できる。図1に溶射実験を示す。加工条件は、溶射作業標準(JIS H 9300)に規定されている、溶射距離や1回の通過で形成される被膜の厚さ等を参考にした。



図1 溶射実験

自溶合金を溶射した試験片のフェーシングは、アセチレンバーナーを用いて、中性炎で行った。また、純アルミニウムを溶射した試験片の局部加熱はTIGと炭酸ガスレーザ（ビームスキャナ）で行った。

2. 3. 引張試験

溶射皮膜の密着性を評価するため、引張試験を行った。試験方法はJIS H8661のB法を参考にした。

2. 4. 自溶合金の高温硬さ

自溶合金の高温下での特性を確認するため、常温～800℃までの高温硬さを計測した。鋼板上に厚さ0.5mmの被膜を形成した後にフェーシングして試験片とした。硬さは、被膜と鋼板の断面について計測した。硬さの測定には、(株)ニコン製高温顕微硬度計QM2

を用いた。

2. 5. アルミニウムの濃度と硬さ

局部的な加熱により、鋼材の表面に形成された鉄とアルミニウムの合金に関して、硬さと濃度を計測した。

濃度の計測は標準試料 (Co) で校正しながらEDXで行った。

2. 6. 高温放置試験

自溶合金と純アルミニウムを溶射した試験片のうち、被膜が優れた密着性を有する試験片について高温放置試験を行った。試験は最高の使用温度より高く、自溶合金の融点よりは低い800℃に加熱された電気炉中に24時間放置した後、常温までの炉冷で行った。

3. 結果

3. 1. 加工条件と溶射帯

移動速度と溶射距離の設定で、溶射帯の幅と厚さを調整できることがわかった。

今回、1パスあたりの最大膜厚と外観検査による密着性等の確認から、それぞれの溶射材は表1で示した加工条件を採用し、以後の実験を行うことにした。

表1 溶射条件と1パスあたりの溶射帯

溶射材	移動速度 (mm/sec)	溶射距離 (mm)	最大厚さ (mm)	幅 (mm)
自溶合金	180	200	0.06	32
純アルミニウム	150	200	0.06	43
ボンディングコート	200	200	0.05	36

3. 2. 引張試験

表2に引張試験の結果を示す。試験片の作製には、高温放置試験を意識してメタライズ用のノズルを使用した。その結果、自溶合金では、比較的気孔の少ない被覆層が形成できるが、加工後すぐに溶射層が剥離した。ボンディングコートを施工した後に自溶合金を溶射した試験片は接着層から破断した。

表2 引張試験

溶射材	最大荷重 (N)	引張強さ (N/mm ²)	破断箇所	ボンディングコート
自溶合金	—	—	溶射後剥離	無し
	21300	19	接着層	有り
純アルミニウム	4000	3.5	鋼材・膜間	無し
	12800	11	接着層	有り

純アルミニウムは溶射材自体が軟質の材料であるから、ボンディングコートを用いても、接着層と、一部、アルミニウムの層で破断した。しかし、いずれにおいても、引張強さが著しく改善され、ボンディングコートが皮膜の密着性向上に非常に有効であることがわかった。

3. 3. 自溶合金の高温硬さ

図2に自溶合金とSS400の高温硬さを示す。溶射被膜は常温で700HVを超える硬さを示し、600℃においても350HV程度を維持している。鋼材リサイクル用電気炉中では砂塵によるエロージョンコロージョンも受けることから、本自溶合金による被覆が有効であることが確認された。

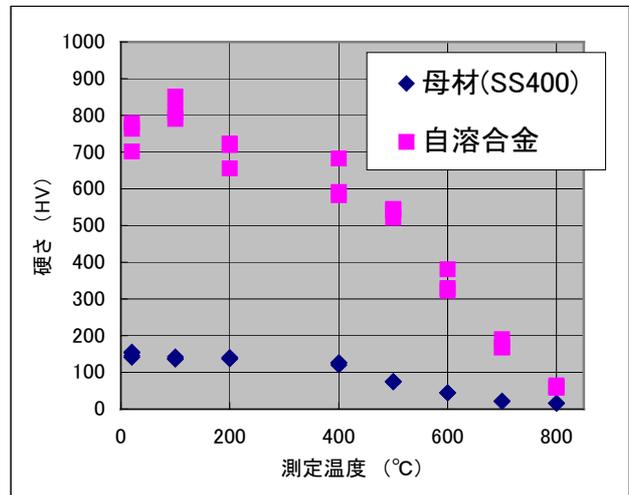


図2 自溶合金とSS400の高温硬さ

3. 4. アルミニウムの濃度と硬さ

図3にアルミニウム濃度と合金の硬さを示す。合金の硬さは、約23%(at.)まで濃度の増加とともに、ほぼ直線的に大きくなる。Fe-Alの2元系状態図²⁾によると、約21%(at.)から金属間化合物が形成され、それ以下では固溶体であることが示されているから、硬さの傾向が変化するのはそのためと考えられる。

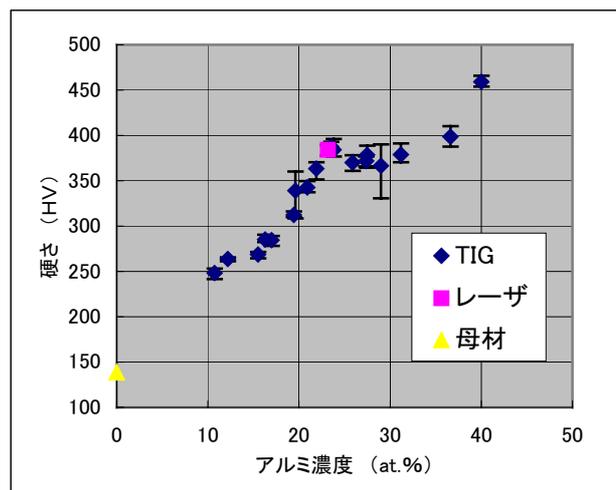


図3 加熱法によるアルミニウム濃度と硬さ

Cr、Y等の添加で、延性が改善された例が報告されているが³⁾、通常Fe-Alの金属間化合物は硬くて脆い性質があるから、今回のように熔融・凝固とそれに伴う残留応力が発生する条件では、その析出は割れ等

の欠陥発生において好ましくないと考えた。(実際に、23%(at.)を超える高濃度側では、多数の割れが確認された。)そこで、今回の場合、アルミニウムの濃度は、金属間化合物の析出が少ない、アルミニウム濃度21%(at.)程度が最適と考えた。

3. 5. 純アルミニウム被覆の局部加熱

局部加熱方法としては、当初、比較的簡便かつ一般的なTIGによる加熱を想定していた。

最適と考えた21%(at.)程度のアルミニウム濃度が得られる加工条



図4 レーザによる加熱

件でアンダーカットが発生して下地が露出した。そこで、ビームスキャナを用いた炭酸ガスレーザーによる加熱を行った。その結果、図4に示すように、アルミニウムの濃度は約23%(at.)でアンダーカットの無い、幅5mm、厚さ0.5mmの合金が得られた。

3. 6. 高温放置試験

コーティング層に自溶合金を溶射してフェージングすると、凝固後に自溶合金が剥離して、安定した被覆層が得られなかった。そこで、自溶合金溶射の前に、ボンディングコートを一層加えることにした。

図5に高温放置試験前後の試験片を示す。自溶合金で被覆された試験片は、コーティング部・基材露出部ともに、密着性は良好で、著しい損傷も受けていないことが確認できた。

基材と被覆層の間に厚さ20μm程度の酸化層が確認された。ノズルは気孔の発生を低減するためにメタライジング用のものを使用した。酸素が基材にまで到達してはいるが、被覆層の硬さ等を考慮すると、著しい改善が期待できる。(被覆をしない場合、厚さ0.5mm程度の酸化層と1mm程度の金属組織変質層が見られた)

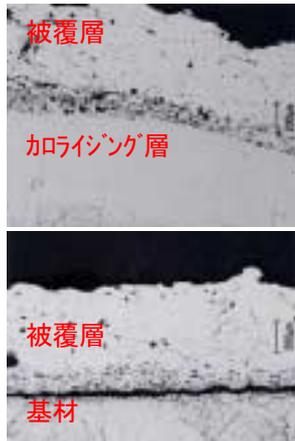


図5 高温放置試験

同様に、レーザーでFe-Alの合金で被覆された試験片も高温放置試験が行われた。被膜の一部に、黒く酸化した部分が認められるが、著しい腐食損傷はないことが確認された。酸化した部分はレーザーによる加熱の工程において、プラズマが発生して溶け込み深さが変動し、アルミニウム濃度が低下した部分と考えられる。

3. 7. 自溶合金とボンディングコート

ボンディングコートが基材に密着する機構は、投錨効果と金属冶金的な結合によるものとされる。⁴⁾今回使用したNi-Al系の材料は溶射中に熔融発熱して基材に衝突するため、その時に基材の一部を熔融、拡散することで金属冶金的な結合が生じたと考えられる。実際に、NiとAlの化合物は一般的な金属の中では比較的に高い生成熱を発生することが知られている。

また、コーティング鋼板に溶射した試験片をSEMで観察すると、部分的かつわずかではあるが、コーティングとボンディング

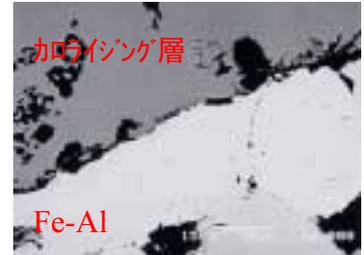


図6 ボンディングコートの拡散
コートの間に、図6に示すようにNiの拡散が確認された。

3. 8. 実地試験 (実施中)

予想される最高の使用温度よりも高い温度で高温放置試験を行い、高温酸化に対する性能を確認してきた。今後、実用化に向け、実際の使用環境に投入して性能確認を行う必要があるから、今回高温放置試験を実施した試験片と同じものを、実際の電気炉内部に装着して経時変化を観察することにした。

4. 結言

コーティングを鋼材リサイクル用電気炉の大型部品に適用するため、フレーム溶射による溶接部の被覆処理技術を検討した。800℃24時間の高温放置でボンディングコート+自溶合金溶射による被覆が有効なことがわかった。同様に、純アルミニウム溶射とTIGやレーザーを用いた局部加熱を実験し、ビームスキャナを使用することでAl濃度が23%(at.)程度、厚さ0.5mmの合金層で鋼材の露出部周辺を被覆する技術を開発した。現在、これら被覆処理の性能を実証するため、実地試験を行っている。

参考文献

- 1) 滲透工業 (株) : コーティング・コーティングの特性と用途に就いて、pp.4-8
- 2) ASM International : " Binary Alloy Phase Diagram", Fe-Al
- 3) D.J.Alexander and V.K.Sikka : " Tensile and Impact Properties of Iron-Aluminum Alloys", The Minerals, Metals & Materials Society, pp.113~127, 1994
- 4) 蓮井 淳 : 新版溶射工学、pp.103、1996

県農林水産物の高次活用による健康維持・増進食品に向けた 素材化技術および食品加工技術の開発

The development of food processing technology for the preservation of human health
by practical use of the Prefectural crops, forest and marine produce

会津若松技術支援センター 齋藤裕子・河野圭助・小野和広

県産農産物のうち、桑の葉と柿の葉の機能性成分を効率的に保持する素材化の方法について検討した。

桑の葉の - アミノ酪酸、ポリフェノール、1 - デオキシノジリマイシン、柿の葉のタンニンについて、
それぞれの成分に合った素材化の方法が確立された。

Key words: 桑の葉、柿の葉、 - アミノ酪酸 (GABA)、ポリフェノール、1 - デオキシノジリマイシン (DNJ)、タンニン

1. 緒言

食品に対して「安全、安心、健康」志向が高まり、健康の維持・増進等に寄与する食品や高齢者向け機能性食品の開発が求められている。そこで本研究では県産農林水産物の生理機能特性を把握し、それらの生理活性機能を強化した食品素材化・食品開発を目指す。14年度は、桑の葉と柿の葉の機能性成分を効率的に得られるような素材化の方法について、品種、採取時期、採取部位、処理方法ごとに検討した。

2. 実験方法

2.1. 供試原料

桑の葉は、農業試験場梁川支場にて14年6月10日・9月17日に採取した「しんけんもち」、「改良鼠返」、「きぬゆたか」の3品種を用いた。9月は樹木の上部、下部それぞれの葉を採取した。また、柿の葉は、果樹試験場にて同年5月27日・7月23日に採取した「平核無」、6月3日・7月23日に採取した「会津身不知」の2品種を用いた。7月は樹木の上部、下部それぞれの葉を採取した。

2.2. 原料の処理

乾燥方法

A. 真空凍結乾燥

凍結温度 - 40℃、棚温20℃で48時間、真空凍結乾燥機 (TFD-550, (株)宝製作所) で乾燥した。

B. 低温除湿乾燥

庫内温度20℃で48時間、除湿乾燥器 (IHR-06-4, (株)稲葉屋冷熱産業) で乾燥した。

C. 熱風乾燥

庫内温度80℃で24時間、熱風循環式定温乾燥器 (そよかぜ, (株)いすゞ製作所) で乾燥した。

窒素処理

桑葉700gをポリ袋(45×50cm)に入れ、脱気後、窒素ガスを充填し、密封して20℃に18時間静置した。

2.3. 乾燥粉末の分析

- アミノ酪酸 (GABA)

高等動物における神経伝達物質であり、血圧降下作用がある¹⁾。グルタミン酸からグルタミン酸デカルボキシラーゼにより生合成される²⁾。桑葉乾燥粉末に75%エタノールを加え、80℃還流抽出法³⁾で得た供試液について、全自動アミノ酸分析機 (JLC-500/V, 日本電子データム) で定量した。

ポリフェノール (クロロゲン酸、ルチンなど)

桑葉乾燥粉末の80%メタノール抽出液について、高速液体クロマトグラフィー法で定量した。

1 - デオキシノジリマイシン (DNJ)

桑の葉に含まれる1 - デオキシノジリマイシン (DNJ) は、糖分解酵素 (- グルコシダーゼ) を強く阻害することによって、腸管内における糖質の消化吸収を遅延させ、血糖値の上昇を抑制する効果のあることが明らかにされている^{4), 5)}。木村らの方法⁶⁾で定量した。

タンニン

柿の実、葉などに含まれるポリフェノール成分であり、血圧上昇抑制作用がある⁷⁾。柿葉乾燥粉末の80%メタノール抽出液について、Folin-Denis法⁸⁾で定量した。

3. 実験結果及び考察

3.1. 桑葉のGABA含有量

6月10日採取分の桑葉乾燥粉末のGABAおよびグルタミン酸含有量を図1に示す。乾燥方法別に見ると3品種とも低温除湿乾燥 > 熱風乾燥 > 真空凍結乾燥の順に含有量が多かった。グルタミン酸の量は真空凍結乾燥で最も多く、真空凍結乾燥の場合、急速に凍結するため、酵素が作用しにくく、GABAの生成が少なかったと考えられる。

改良鼠返の採取時期、部位ごとのGABA含有量を図2に示す。時期は9月より6月、部位は下部より上

部の方が含有量が多く、他の2品種についても同様であった。

桑葉を窒素ガスで嫌気処理することにより、桑葉中のGABA含有量が高まることが確認されている⁹⁾。窒素処理の有無によるGABA含有量の違いを図3に示す。

3品種とも、窒素処理によりGABA含有量が増加した。図3は6月採取分のデータであるが、9月採取分でも同様の傾向が見られた。

総合的に見ると、品種間の差はほとんどなく、3品種とも6月に採取し窒素処理後、低温除湿乾燥した試験区で最もGABA含有量が多かった。

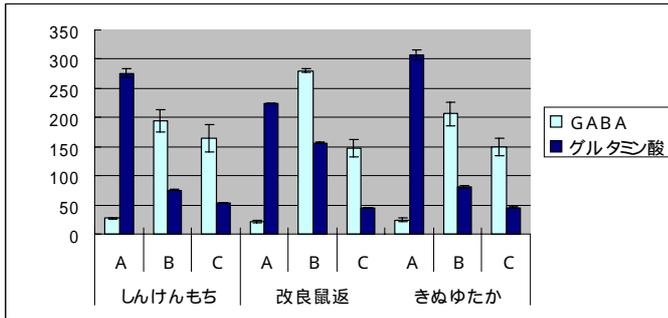


図1 桑葉（6月採取）乾燥粉末のGABA含有量（A；真空凍結乾燥、B；低温除湿乾燥、C；熱風乾燥）

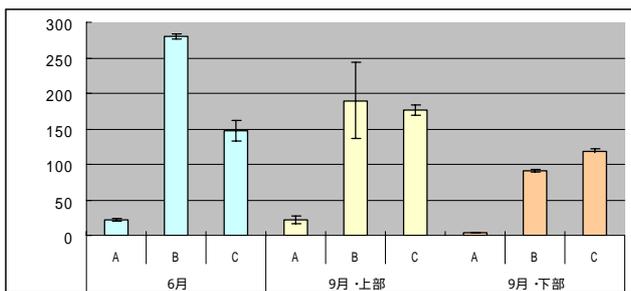


図2 採取時期、部位ごとのGABA含有量(改良鼠返)

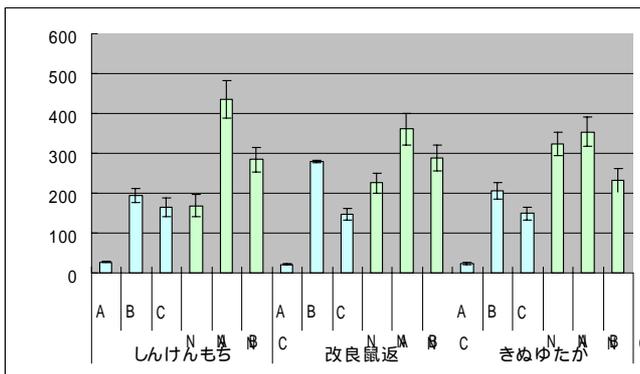


図3 窒素処理の有無とGABA含有量(N；窒素処理)

3.2. 桑葉のポリフェノール含有量

6月10日採取分の桑葉乾燥粉末の主なポリフェノール含有量を図4に示す。品種では、改良鼠返>きぬゆたか>しんけんもち、乾燥方法別に見ると、真空凍結乾燥>低温除湿乾燥>熱風乾燥の順に含有量が多かった。

改良鼠返の採取時期、部位ごとのクロロゲン酸含有量

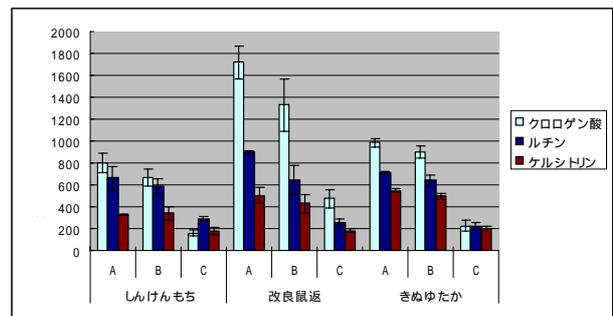


図4 桑葉（6月採取）乾燥粉末のポリフェノール含有量

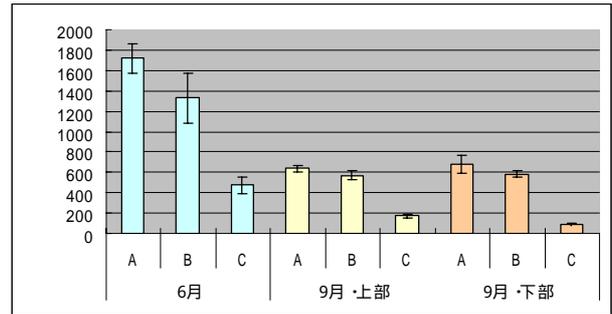


図5 採取時期、部位ごとのクロロゲン酸含有量（改良鼠返）

を図5に示す。時期では9月より6月の方が含有量が多く、部位による差はほとんどなかった。他の2品種についても、ルチン、ケルセチンについても同様であった。つまり、改良鼠返を6月に採取し真空凍結乾燥した試験区で最もポリフェノール含有量が多かった。

3.3. 桑葉のDNJ含有量

6月10日採取分の桑葉乾燥粉末のDNJ含有量を図6に示す。品種、乾燥方法による有意な差は認められなかった。改良鼠返の採取時期、部位ごとのDNJ含有量を図7に示す。時期では、9月より6月、部位は上部の方が含有量が多く、9月の下部の葉では検出限界以下であり、他の2品種についても同様であった。

つまり、3品種とも、6月に採取した葉の乾燥粉末でDNJ含有量が多かった。

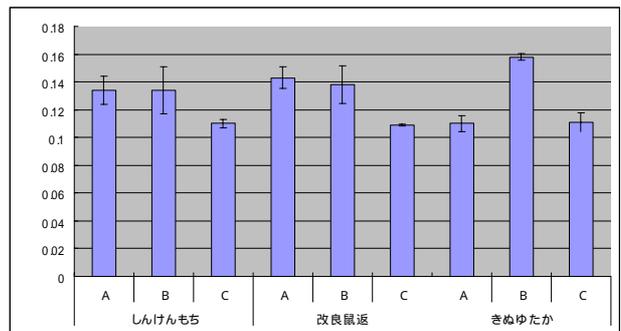


図6 桑葉（6月採取）乾燥粉末のDNJ含有量

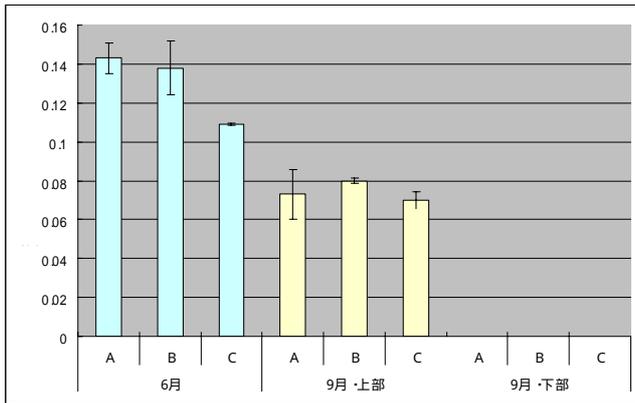


図7 採取時期、部位ごとのDNJ含有量 (改良鼠返)

3.4 柿葉のタンニン含有量

5月27日採取分の平核無、6月3日採取分の会津身不知の葉乾燥粉末のタンニン含有量を図8に示す。品種間の有意な差はなく、2品種とも真空凍結乾燥 > 低温除湿乾燥 > 熱風乾燥の順に含有量が多かった。

会津身不知の採取時期、部位ごとのタンニン含有量を図9に示す。時期では、6月より7月、部位は下部より上部の方が含有量が高かった。平核無についても同様であった。つまり、2品種とも、7月に採取し、真空凍結乾燥した試験区で最もタンニン含有量が多かった。

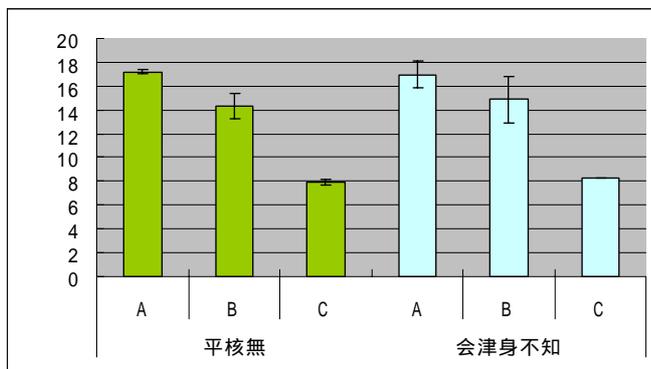


図8 柿葉乾燥粉末のタンニン含有量 (平核無：5月27日採取、会津身不知：6月3日採取)

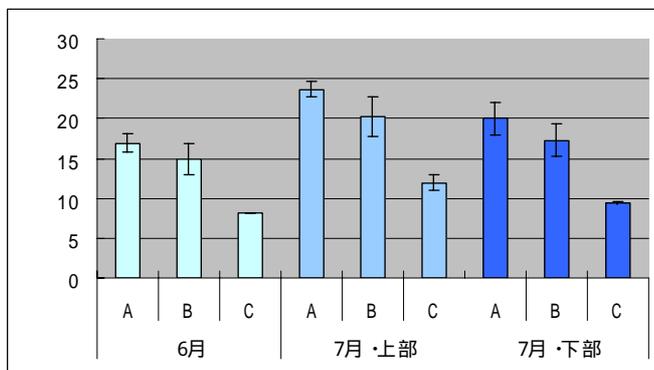


図9 採取時期、部位ごとのタンニン含有量 (会津身不知)

4. 結言

桑の葉、柿の葉の品種、採取時期、採取部位、処理方法による機能性成分への影響を調べた結果、桑の葉のGABA、ポリフェノール、DNJを多く得るには、9月より6月が採取に適していることが分かった。処理方法については、今回の結果をもとにそれぞれの成分に適した方法を選択することによって、目的とする機能性成分を多く含有する素材を得ることができる。

また、柿の葉のタンニンを多く得るには、7月下旬に樹の上部の葉を採取し、真空凍結乾燥する方法が適していることが分かった。今後は、これらの素材化技術を生かし、より機能性の高い食品の開発を検討するとともに、桑、柿以外の県産農林水産物についても、適した素材化の方法について検討する。

謝辞

本研究を行うに当たり、1-デオキシノジリマイシン定量法を開発いただいた、東北農業研究センター作物機能開発部の木村俊之研究員に深謝致します。

参考文献

- 1) 柴田承二ら編(1982)：薬用天然物化学．南江堂：491
- 2) 今堀和友ら監修(1990)：生化学辞典第2版．東京化学同人：70
- 3) 鈴木忠直ら(1991)：食品総合研究所研究報告，No.55:31-36
- 4) T.Niwa, et. al(1970)：Agr. Bio. Chem. 34:966
- 5) Y. Yoshikuni, et. al(1988)：Agr. Bio. Chem. 52:121
- 6) 木村俊之ら(2003)：平成14年度 東北農業研究成果情報
- 7) J. Inokuchi, et. al(1985)：Chem. Pharm. Bull. 33:264
- 8) S. TAIRA(1996)：Astringency in Persimmon. Modern Methods of Plant Analysis. 18:97-110
- 9) 酒井案理ら(1996)：機能性食品に関する共同研究事業報告 第2号．神奈川県

県産針葉樹材の住宅内装材及び家具部材への活用のための 機能性付与技術の開発

- スギ材の表面硬化技術の開発 (1) -

House interior decoration materials and development of function nature grant technology for practical use to a furniture member of prefecture product conifer materials

- Development of surface hardening technology of cedar materials (1) -

会津若松技術支援センター 橋本春夫

スギ材は、低比重な早材部の軟質さが原因で、床やテーブルの天板等の家具材料として好まれません。そこで、本研究では、軟質な早材部の表面硬化技術の開発を目的として検討しました。その結果、スギ早材部の硬度は、プリネル硬さ改良型の直径3 鋼球を用いることにより、早材部、晩材部の硬度比較や広葉樹材との比較等に対して効果的な性能評価手法であることを確認しました。また、環境に優しい樹脂を用いての樹脂圧密処理による表面硬化技術では、水分散系樹脂に無機粉体を添加した樹脂をスギ材表面に塗布乾燥後、140 圧密処理を行った材料に硬質塗料の塗布が最も効果的であることを確認しました。

今後、樹脂と添加剤の混合比率の検討、圧密処理条件の検討、加熱圧縮処理におけるはく離素材の検討、樹脂圧密処理材の耐光性、製品形状での効果確認等の検討を実施し、スギ材の表面硬化技術を確立します。

Key 表面改質、表面硬化、樹脂処理、圧密処理、樹脂圧密処理

1 . 緒言

本県のスギ、アカマツ等の針葉樹人工林資源は、蓄積量の増加に伴い、その潜在的供給能力を高めつつあるが、安価な外材等の台頭により市場性を失い、県産材の生産が著しく低下している。そのため、針葉樹材の用途拡大による需要増加や流通の活性化を促すことが必要となっています。

住宅の床材等の内装部材やテーブル等の家具部材には、針葉樹材の欠点である軟質な早材部の硬度不足から傷が付き易いなどから、硬度を必要とする製品には広葉樹材が用いられてきました。従って、針葉樹材を用いた床材、テーブル天板などの開発には、軟質な早材部の表面硬さを広葉樹並みに改質する機能性付与技術の開発が必要となっています。

本研究は、簡易な手法で広葉樹並みの表面硬さを得るため、かつ環境に優しい樹脂処理と圧密処理の併用による改質、併せて硬質塗料での塗装等について、樹脂圧密処理、塗装等条件が軟質なスギ材早材部（以降、早材部と呼ぶ）の表面硬さに与える影響を評価し、スギ材の表面硬化技術について検討を行いました。

2 . 実験方法

2 . 1 . スギ材等への塗装による表面硬度付与及び測定

スギ材などの針葉樹材は、低比重である早材部が最も軟質で硬度不足と言われている。その早材部の表面硬度評価を行うため、年輪幅より小さい3 鋼球を用い早材部、スギ材晩材部（以降、晩材部と呼ぶ）における押し込み強さを測定しました。また、広葉樹材

のナラ材、ブナ材の押し込み強さ及び試料に塗装を施し、表面硬さを3 鋼球押し込み強さとして比較試験を行いました。

2 . 1 . 1 供試材

鋼球押し込み強さを検討するため、県産スギ針葉樹材を寸法 $L \times R \times T = 240 \times 76 \times 17$ に二方桁目木取りの試験体及びナラ・ブナ広葉樹材寸法 $L \times R \times T = 240 \times 105 \times 17$ に桁目木取りの試験体を恒温恒湿機で水分調整し、節等のない試験体を用いました。その材質を表1に示します。

表1 供試材の材質

種 類	含水率(%)	気乾比重	年輪幅()
スギ材	11.98	0.32	3.99
ナラ材	11.58	0.79	1.84
ブナ材	11.26	0.63	3.61

2 . 1 . 2 塗装

塗料は、一般的な塗料と硬質的な塗料を用いました。一般的な塗料としては、環境型ポリウレタン樹脂塗料（サンユーペイント（株）乾燥塗膜の鉛筆硬度でB）の上塗り塗料を用いました。硬質的な塗料は、環境型ポリウレタン樹脂塗料でハードコート塗料（サンユーペイント（株）乾燥塗膜の鉛筆硬度でF～H）の下塗り塗料を用いました。

2 . 1 . 3 押し込み硬さ試験

万能試験機AG-2000E・トラペジウム（島津製作所製）を用い、試験体表面から直径3 の鋼を約0.3 押し込み、（図1に示す）その時点の荷重P（N）を測定し、押し込み荷重を測定値として、試験

を行いました。

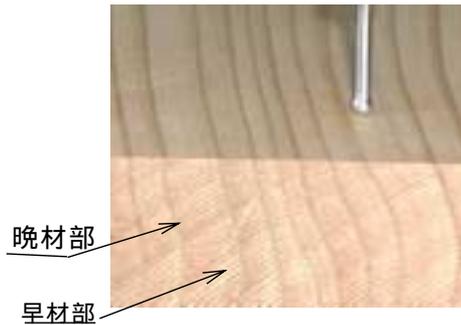


図 1.3 鋼球押し込み方法

2.2.2 樹脂によるスギ材表面硬度の向上

環境付加の少ない水性樹脂を選択し、簡易な樹脂処理と圧密処理併用による早材部の表面硬さの変化及び塗装による表面硬さの変化について比較試験を行いました。

2.2.2.1 供試材

県産スギ針葉樹材の寸法 $L \times R \times T = 4000 \times 90 \times 35$ の二方桁目心材を恒温恒湿機で含水率約 10%まで人工乾燥後、3週間養生した材料を用いました。その二方桁目板材における節等不用部分を除去と自動飽盤等で加工し、寸法 $L \times R \times T = 360 \times 76 \times 21$ に二方桁目板木取りを試験体として用いました。

2.2.2.2 樹脂処理

表 2 に示す環境付加の少ない水性樹脂 4 種類の原液を試験体に 2 回刷毛塗り (約 200g/) し、試験片として用いました。更に、4 種類の原液樹脂に無機系粉体を 10% 添加し、試験体に 2 回刷毛塗り (約 200g/) し、試験片として用いました。

表 2 水性樹脂の種類

分類	樹脂タイプ
NOA	水分散系樹脂 (1)
NOB	水分散系樹脂 (2)
NOC	熱反応型水溶性樹脂
NOD	水分散系樹脂 (3)

2.2.2.3 圧密処理

蒸気加熱式ホットプレス P20-B (株) 太平製作所製) を用い、圧縮量 = 1.5 (21.5 20) 加熱温度 = 140、加熱圧縮時間 = 20 分、圧縮力 = 1 Mpa 以下、冷却圧縮時間 = 10 分、の圧密処理条件で行いました。

2.2.2.3 塗装

塗料は、硬質的な環境型ポリウレタン樹脂塗料でハードコート塗料 (サンユーペイント (株) 乾燥塗膜の鉛筆硬度で F ~ H) の下塗り塗料を用いました。

2.2.2.4 押し込み硬さ試験

2.1.3 に準じて行いました。なお、早材部 6 点における押し込み荷重を測定値として、試験を行いま

した。

3. 結果

3.1 スギ材等への塗装による表面硬度付与及び測定

早材部と晩材部における表面硬さ、広葉樹材のナラ材、ブナ材における表面硬さを直径 3 の鋼球で 0.3 押し込んだ時の荷重 P (N) 値を硬さとして図 2 に示します。最も軟質とされる早材部の押し込み荷重は 11.44 N 示し最も低い荷重値でありました。それに対して晩材部は約 250% の増加で、ナラ材は約 680% の増加で、ブナ材は約 450% の増加の押し込み荷重を示しました。

塗料比較では、早材部と晩材部素地と硬質ウレタン塗料塗布において有意さが認められ、50% の増加を示しました。また、広葉樹のナラやブナ材における塗料比較では、有意差が認められなかったものの、一般ウレタン塗料より硬質ウレタン塗料が増加を示しました。

このことにより、直径 3 の鋼球で 0.3 押し込んだ時の荷重 P (N) 値の測定により、最も低比重で軟質な早材部における表面硬さの基準値が得られました。その結果から、油性塗料での塗装仕上げ処理だけでは、早材部の硬度不足を塗膜厚 50 ~ 80 μ 程度で補うことができない考えられる。但し、硬質塗料が増加傾向を示したことから、軟質な材種用表面仕上げ塗料としての効果が得られました。

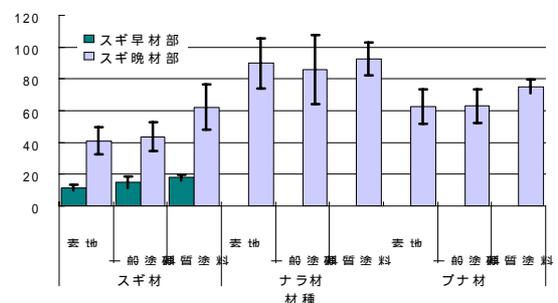


図 2 早材 晩材部、ナラ材、ブナ材の表面硬さ

3.2 樹脂によるスギ材表面硬度の向上

早材部における加熱圧密処理後の押し込み荷重値及び硬質塗料塗布後の押し込み荷重値を図 3 に示します。早材部は、圧密処理より硬質塗料の塗布処理において効果が得られました。

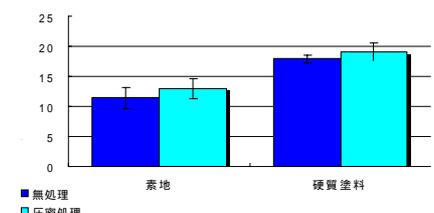


図 3 早材部の圧密処理 硬質塗装処理における押し込み荷重 (N) 比較

早材部の樹脂加熱圧密処理における使用樹脂及び樹脂無機添加処理による押し込み荷重比較値を図4に示します。スギ早材部の樹脂加熱圧密処理における押し込み荷重の向上では、樹脂単体でNOBで効果が得られ、無処理早材部より60%の増加を示しました。また、樹脂への無機粉体添加による圧密処理においては、NOC、NODへの無機添加樹脂で効果が得られ、無処理早材部より120%の増加を示しました。

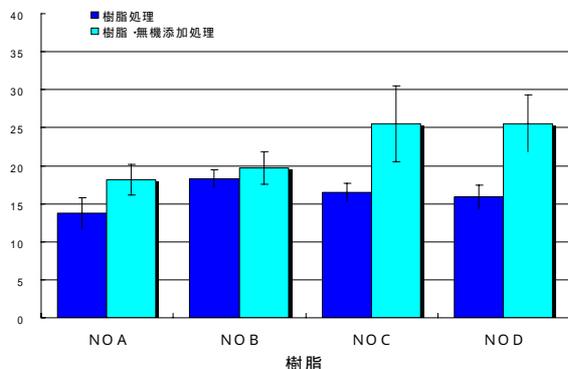


図4 早材部の樹脂圧密処理における押し込み荷重使用樹脂比較

樹脂加熱圧密処理後に硬質塗料を塗装した後の押し込み荷重樹脂比較値を図5に示します。早材部の樹脂加熱圧密処理と硬質塗料との併用による押し込み荷重の向上では、NOAでの単体と無機粉体添加樹脂とも塗装により約30%の増加を示し、NOBの単体で約30%の増加であったが、無機粉体添加樹脂で約10%程度の増加率に止まりました。また、NOCにおける無機粉体添加樹脂では、硬質塗料塗布による効果が得られませんでした。

その中で、NODへの無機粉体添加樹脂で最も効果が得られ、約30N値を示し、無処理早材部より170%の増加を示しました。

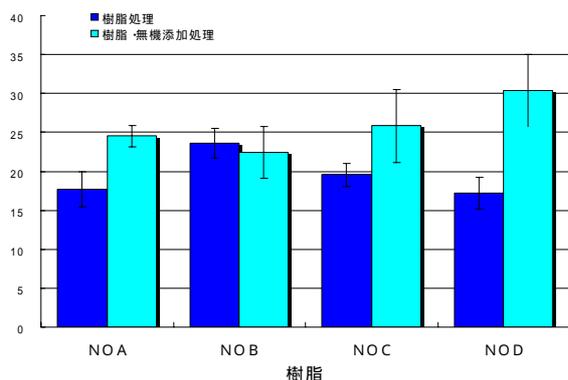


図5 早材部の樹脂圧密処理後の

硬質塗装における押し込み荷重使用樹脂比較

無処理早材部の押し込み荷重を基準値として算出した増加率(%)を図6に示します。最も効果が得られたNODの無機粉体添加樹脂による樹脂加熱圧密処理では、晩材部の約1/3程度の押し込み荷重しか得られ

ず、広葉樹のナラ材の約1/4、ブナ材の約1/3程度の押し込み荷重しか得られませんでした。

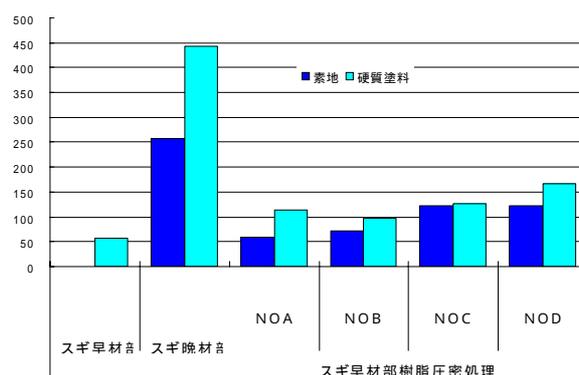


図6 早材部基準とした押し込み荷重増加率(%)比較

環境に優しい樹脂を使用した樹脂圧密処理による押し込み荷重の増加が得られたことは、高分子量の樹脂であることから木材に浸透による効果より、木材表面に塗膜を形成したことから、固形分率が増加する無機粉体添加樹脂に押し込み荷重の増加が得られたものと考えられます。

4. 結言

軟質なスギ材の表面硬度比較評価による樹脂加熱圧密処理による表面硬化技術の開発における基礎的資料を得る目的で、プリネル硬さ試験方法の改良装置による木材の表面硬さを検討した結果、次のことを得ました。(1)最も軟質な早材部の硬さ測定方法は、年輪幅より小さい直径3鋼球を用い約0.3押し込み荷重P(N)を測定することにより、早材部のみの硬さが確認できました。

(2)塗料においては、硬質的な環境型ポリウレタン樹脂塗料でハードコート塗料(サンキューペイント(株)乾燥塗膜の鉛筆硬度で(F~H)が効果的塗料であることを確認しました。

(3)環境に優しい樹脂による表面硬度の向上では、水分散系樹脂(3)に無機添加した混合樹脂が最も効果的樹脂であることを確認しました。

今後、樹脂と添加剤の混合比率の検討、圧密処理条件の検討、加熱圧縮処理におけるはく離素材の検討、樹脂圧密処理材の耐光性、製品形状での効果確認等の検討を実施し、スギ材の表面硬化技術を確立する予定です。

参考文献

- 1) 木質新素材ハンドブック編集委員会・代表 原口隆英：“木質新素材ハンドブック”

小規模プラントにおける 有機質廃棄物の高速発酵処理技術の開発と 発酵生成物の製品開発について（第1報）

About the development of the high-speed fermentation processing technology of the nature waste of organic and the product development of a fermentation generation thing in a small-scale plant

応用技術部 池田信也・鈴木英二・安川 真

農業試験場 たばこ試験場 畜産試験場 養鶏試験場 林業研究センター 水産試験場

牛糞、鶏糞及び魚介類のあらについて、単独での発酵が可能かどうかについて検証を行った。牛糞（稲藁を含む）単独では発酵温度が上昇せず、うまく処理できなかった。しかし、鶏糞と魚介類のあらについては、良好な発酵が継続したが、脂肪分の多い魚類の処理に関しては、分解しきれない脂肪分が残り、発酵に障害を起こすことがわかった。

key words:有機性廃棄物、発酵槽

1. 緒言

魚介類のあら（非可食部廃棄物）や生ゴミ等の食品廃棄物及び家畜の糞尿など、日常の食料生産現場や、流通・加工現場からは、大量の有機質廃棄物が排出され、全国の有機性廃棄物の排出量は年間約2億8千万トンとも言われており、その処理を巡っては大きな社会問題となってきた。

また、「家畜排泄物の管理の適正化および利用の促進に関する法律」などの施行により、家畜排泄物の管理の適正化と利用の促進を図ることが求められているところである。

県内でも、特定の大規模な処理施設が稼働する事例も見られるが、トータル的には、有機質廃棄物の発生量が最も多く、かつ多様なものが混在する少量な部分からの排出物の処理については、産業廃棄物処理業務に依存せざるを得ないのが現状である。

このため、小規模単位での有機質廃棄物の処理手法を開発するとともに、発酵生成物の利用に関する技術開発を進め、資源の循環利用の促進を図ることを目的として研究を行い、一応の知見を見たのでここに報告する。

2. 実験内容

2. 1. 発酵試験

有機性廃棄物の攪拌型発酵槽における、それぞれの廃棄物単独による発酵状態等の確認のため、発酵槽への投入試験を行った。表1に廃棄物の特徴等を示した。

投入試験の条件は下記のとおりである。

投入量 投入開始から3日間は1日 5kg、その後は10kg

投入期間 牛糞約2週間、鶏糞約1ヶ月、サンマのあら、鮭は約3週間（土、日曜を除く）。

その後、二次発酵として、水で水分の調節をしながら、

表1 実験に使用した有機性廃棄物の特徴等

廃棄物名	特徴	出所
牛糞	粘性が高い 敷き藁が多量に含まれている 栄養分は少ない	畜産試験場
鶏糞	粘性は低い 異物は羽程度 窒素分が多い	養鶏試験場
サンマのあら（加工残さ）	脂肪分が多い 骨は除去済み 多量の血液を含む 異物はほとんど無い	水産試験場
鮭	骨が硬く、大きい 脂肪分は少ない （投入時は幅10cm程度に切断）	水産試験場

1ヶ月間運転（牛糞をのぞく）した。

また、投入試験に使用した発酵槽の運転パターンは下記のとおりである。

攪拌 正転15分、逆転15分、停止30分

保温温度 30℃

攪拌補助材として、籾殻を使用。微生物資材は無添加。

（畜産試験場では、正転のみの装置を使用した。）

さらに、発酵槽内の温度を計測するため、発酵槽側面に温度センサーとデータ収集装置（ティーアンドディー社製 TR-52）を取り付け、発酵温度の測定を行った。データ収集は10分おきに行い、そのデータを基にグラフ化処理を行った。

2. 2. 成分試験

各有機性廃棄物による発酵試験後、1ヶ月間二次発酵した処理物の成分を分析した。

全窒素、全炭素については、CHNS-O 分析装置 EA-1108（FISON 社製）により分析し、金属元素

については、波長分散型エックス線分析装置 PW2400 (PANalytical 社製) により分析した。

3. 実験結果

3. 1. 発酵槽内の温度について

各有機性廃棄物による発酵試験中における、発酵槽内の温度の変化を図1～図3に示す。横軸は経過日数である。

牛糞については、温度の上昇が小さく、正常な発酵が行われなかったため、途中で投入実験を中止した。

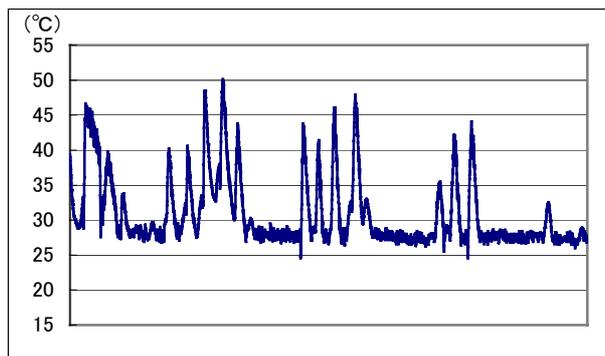


図1 鶏糞の発酵温度の推移

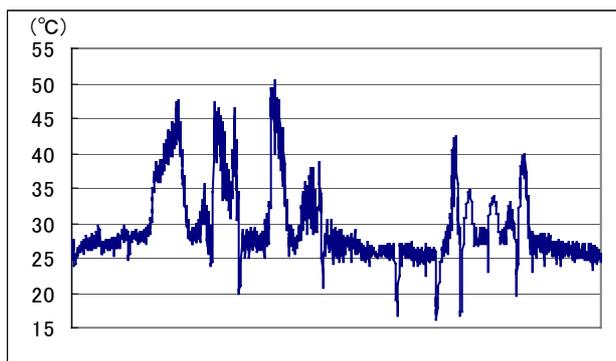


図2 サンマのあらの発酵温度の推移

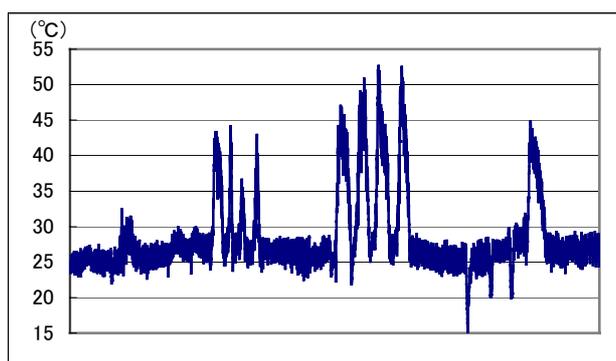


図3 鮭の発酵温度の推移

また、発酵処理終了物(以下、「処理物」という)の成分を表2に示す。各成分は、乾物換算していない。

牛糞の処理物については、中止した段階のものであるため、参考として表に記載した。

4. 考察

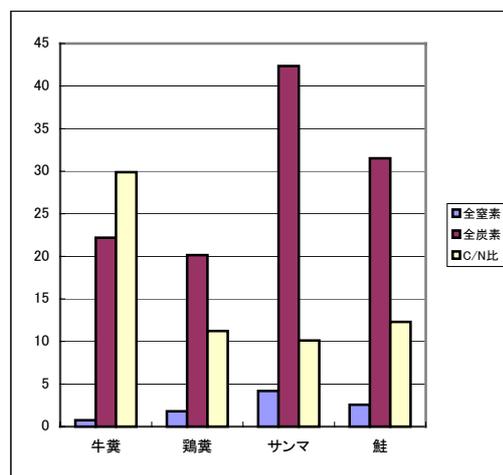


図4 各処理物の全窒素、全炭素及びC/N比

表2 各処理物の成分(単位: % ただし、C/N比は除く)

	牛糞	鶏糞	サンマ	鮭
水分	38.55	37.19	5.83	14.54
全窒素	0.74	1.79	4.18	2.56
全炭素	22.20	20.14	42.35	31.52
C/N比	29.89	11.23	10.13	12.29
P ₂ O ₅	3.20	8.07	8.96	1.31
K ₂ O	4.47	5.79	2.49	2.96

※牛糞については、参考値。

4. 1. 牛糞の発酵処理

牛糞の場合、廃棄物の投入直後から、数時間にわたって温度が5~6°C上昇するだけで、水分の乾燥もほとんど無かったが、発酵槽の保温装置が働いているため、当初、乾燥だけはすすんだ。しかし、投入回数が8回を越えたあたりから、追加投入できない状態となってしまったために、実験を中止せざるをえなかった。

今回、牛糞において、発酵が旺盛に行われなかった原因としては、牛糞の他に生ゴミを半分混合して実験を行った際には、50°C以上の温度上昇を見たことから、消化物である牛糞には易分解性の糖類などが少なく、微生物が利用できる栄養分が少なかったためであると考えている。

さらに、牛糞には牛舎で用いられる敷き藁(長さ10~30cm程度)が多量に含まれ、そのままでは、攪拌型の発酵槽においては対策が必要であることが判明した。

これは、発酵槽の攪拌羽根に藁がからみつき、回転に支障を来すためである。

こういった場合、攪拌羽根の形状の工夫や、回転パターンなどについて、追試しなければならないところである。

処理物の成分については、試験を中断したため、籾殻と稲藁の影響が強く反映されて、C/N比が高くなっている。牛糞のみの場合は、もっと低くなると考えら

れた。

これら発酵処理の状況や、稲藁等の問題、栄養分の問題などから、単独での処理には適さないと考えられる。

4. 2. 鶏糞の発酵処理

鶏糞の場合は、投入1回目から温度が上昇し、図1に見られるように、投入ごとに温度が上昇し、発酵は順調に推移した。投入試験後の状態も良く、ほとんど鶏糞と思われるような、固形物や臭気もなかった。

しかし、鶏の羽が多数含まれており、これらは分解せずに、処理物中に残存していた。

また、発酵中のアンモニアの発生量が多く、対策が必要と考えられるが、二次発酵が終了したものについては、アンモニア臭は全く感じられなかった。

廃棄物中にあった鶏の羽については、攪拌中に剪断応力がかかって、裁断されただけで、分解されたのではないと考えられるが、確認方法等について検討中である。

処理物の成分については、全炭素の含有量も少なく、C/N比も10に近いことなどから、鶏糞単独で処理しても、有効な肥料として働くのではないと思われる。

ただし、市販の鶏糞のみを使った堆肥よりも、やはり籾殻の影響で、全窒素量は低くなっており、窒素による肥効よりも、リンなどの効果の方が高いと考えられる。

4. 3. サンマのあらの発酵処理

サンマのあらは、正確には、みりん干しを作るために使われた部分の残りで、頭部と内臓、及び血液である。そのため、今回実験を行った廃棄物中、全窒素及び全炭素共に最も多く含まれており、発酵に適した成分であったが、図2に示すように、後半温度の上昇が悪くなっていることがわかった。

これは、サンマに含まれる脂質が、発酵槽内での分解量の限界を超えて蓄積し、処理物の粘性が増加したため、攪拌性が悪くなり、処理物への酸素の供給に障害が発生し、発酵速度が低下して、発酵が思わしくなくなったためと考えられる。

なお、グラフ上で、何回か20℃以下になっているところがあるが、これは廃棄物が、凍結されて輸送され、投入時に解凍はしたが、投入する際、処理物の品温が一時的に下がったためである。

処理物の成分については、前述したように、処理物中の脂肪分が多いため、水分がかなり低いにもかかわらず、外見はしっとりとしており、非常に魚臭が強が残っていた。

C/N比は4サンプル中最も低いものの、全窒素、全炭素、共に含有量が多く、後半発酵がうまくすすまなかったために、未分解物が多量に残り、更に2次発酵においても、空気の供給が不完全となり、他のサン

マに比べ分解がすすまずこのような結果となったものと考えられる。

これらのことから、サンマのあらについては、単独の処理には適していないものと考えられた。

4. 3. 鮭の発酵処理

鮭の場合は、ほぼ魚体丸ごとの投入であったが、処理物の水分が上昇するまでは、処理物の品温は上昇しなかった。

しかし、いったん品温が上昇し始めると、投入ごとに、温度の上昇下降を繰り返し、正常な発酵へと移行した。

ところが、温度の上昇が続いた後、また乾燥状態となり、投入開始直後のように、品温が上昇しないままの状態が3日ほど続いた。

これらのことから、鮭単独では水分が不足しており、水分調整のために、処理の際には水分を補う必要があると考えられた。また、乾燥状態で発酵が正常でないときは表皮だけがのこり、その分解にも時間がかかっていたが、水分が適正で温度が上昇しているときは、分解も速かった事が観察された。

鮭の場合、鱗と大きな中骨が施用する際の「異物」として排除されるべきものと考えられるが、鱗については、判別不可能な状態であり問題ないと考えられるが、骨については分解されず、ほとんどそのままの状態であった。

処理物の成分は、C/N比は12程度と良好で、水分を調整し、前述した骨を適切に取り除くことができれば、有効な肥料としての利用が期待できると考えられる。

これらのことから、鮭については単独での処理が可能であると考えられる。

ただし、処理物中には、サンマのあらほどではないが魚臭が残っており、使用の際には注意が必要と考えられる。

5. 今後の計画

平成14年度は、廃棄物単独による発酵試験を行ったが、平成15年度においては、各廃棄物と生ゴミを混合した実験を行い、特に、牛糞とサンマのあらのような、単独では正常な発酵を継続できなかった廃棄物について、正常な発酵を継続させるための、適切な混合比などを確認して、肥料を完成させると共に、製品化への道筋を考えていくこととしたい。

6. 謝辞

今回の実験に際し、廃棄物の提供等、試験にご協力いただいた、畜産試験場 柳田研究員、養鶏試験場 関澤研究員、水産試験場 齋藤主任研究員に、謝意を表します。

自然浄化作用のある水生植物と太陽光によって有機物を分解できる

酸化チタン光触媒を併用した水質保全技術の開発

—酸化チタン光触媒による家庭排水の太陽光光分解—

Water quality preservation technology by combination Titanium Dioxide Photocatalysis and aquatic plants

-Purification of living wastewater using solar energy by TiO₂ Photocatalysis -

材料技術部 大堀俊一・杉内重夫・大河原薫

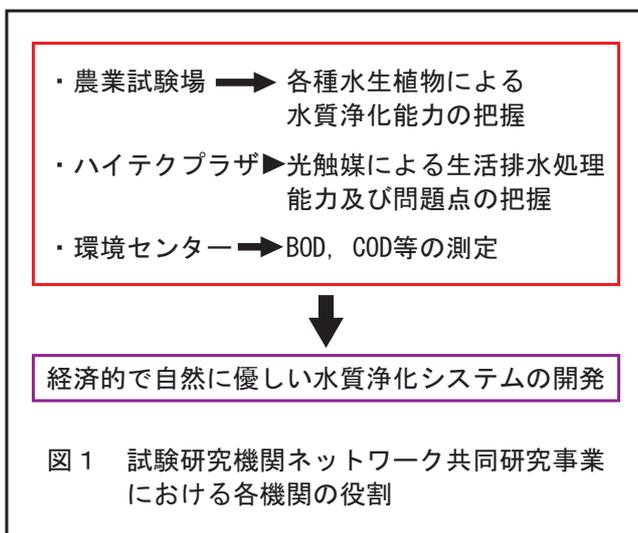
家庭排水が流入する、ため池等の浄化装置に酸化チタン光触媒を活用するための予備実験として、太陽光下での光触媒による家庭排水処理実験を行った。その結果、TOC、CODの減少が観察されたが、BODの変化は少ないことがわかった。このことより、酸化チタン光触媒を用いた家庭排水の処理が可能であることがわかった。

Key words: 光触媒, 酸化チタン, 水処理

1. 緒言

県内には、急激な都市化に伴い、市街地に取り残された灌漑用ため池や沼が数多く存在している。このような池や沼には、一般家庭から排出される汚水等が流入するため、富栄養化をはじめとする水質汚染が進行し、地域住民の生活にも影響を及ぼしている。

このような池や沼の水質改善を行い、自然生態系の再生・回復させるため、水生植物と酸化チタン光触媒を組み合わせた、低コストで太陽光以外のエネルギーを加えない水処理システムを、農業試験場、環境センターとハイテクプラザの3機関の共同で検討している。



今回、共同研究の一環として、実際の家庭排水を太陽光と酸化チタン光触媒で処理できるのか、富栄養化の原因物質である有機物や窒素、リンの変化に着目し実験したので報告する。

2. 実験

2. 1. 処理水および実験日

実験には、農業集落排水処理施設で一次処理された

放流水を用いた。処理実験は10月から12月上旬にかけて行った。

2. 2. 実験装置

実験に用いた装置は、容量1.93L、太陽光受光面積616cm²、パイレックスガラスでカバーされた反応槽内に光触媒を詰め、20Lの排水を入れた予備タンクからポンプで処理液を循環させた。また、予備タンク内で空気をバブリングさせ酸素を供給させた。

また、粉末酸化チタンによる分解実験には内部照射型光化学反応装置（シゲミスタンダード商事製）を用いた。

2. 3. 光触媒

実験には、それぞれ酸化チタンを担持させたガラスクロス¹⁾、粒状ガラス発泡体²⁾、粒状シリカゲル（新東Vセラ製）、セラミック多孔体（明電舎製）の4種類の触媒を用いた。

2. 4. 評価法

分解の評価は、TOC、BOD、CODによって有機物の変化を、全窒素量、亜硝酸イオン、硝酸イオンにより窒素の変化を、全リン量、リン酸イオンによってリンの変化を観察した。

測定には、TOCは全有機体炭素計（島津製作所製TOC-5000A）、BOD、CODはJIS法により測定した。

全窒素、全リンは環境庁告示法により測定した。また、その他のイオン種はイオンクロマトグラフ（日本ダイオネクス製）により測定した。

3. 結果

3. 1. 粉末酸化チタン光触媒による分解処理

今回用いた家庭排水を、酸化チタン光触媒で最大どのくらいまで分解処理できるのか確かめるため、粉末酸化チタン2g、処理液500mL、400W水銀ランプの条件で分解実験を行った。結果を図2に示す。分解開始2時間でTOCが約2ppmに減少し、その後の変化はあまり見られなかった。

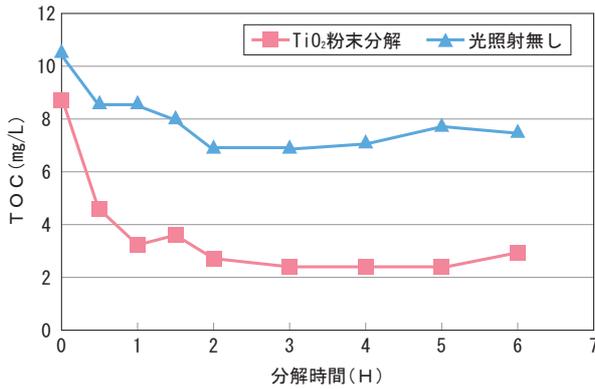


図2 粉末酸化チタンによる分解処理
TiO₂ 2g 処理液500mL 400W水銀ランプ

3. 2. 太陽光による有機物分解処理

太陽光により、1ヶ月間分解処理した結果を図3に示す。

全体的に見てBODの減少より、CODの減少の方が大きいことがわかる。これは、光触媒の分解がBOD源である有機物の分解と同時に、生物では基本的に処理できない界面活性剤等の難分解性有機物をBOD源有機物に分解しているため、外見上BODが平衡状態になっていると思われる。このことは、大竹らが報告している結果³⁾と一致している。

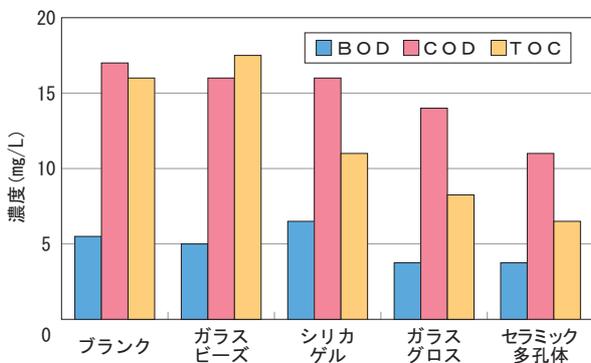


図3 1ヶ月分解処理による有機物の変化

今回用いた光触媒のうち、セラミック多孔体構造のものが最大の分解を示した。ガラスビーズについては、担持強度が弱かったため、触媒の脱落等が分解処理中に起きていたため分解が進まなかったと思われる。

3. 3. 窒素、リンの変化

太陽光による分解処理を1週間行ったときの窒素の変化を図4に、リンの変化を図5に示す。

全窒素はほとんど変化が無く、亜硝酸が酸化され硝酸に変化しているのがわかった。排水中にはその他にも有機性窒素、アンモニア性窒素があるが、光触媒はこれらの成分を酸化し、植物が固定しやすい成分に変化するものと思われる。

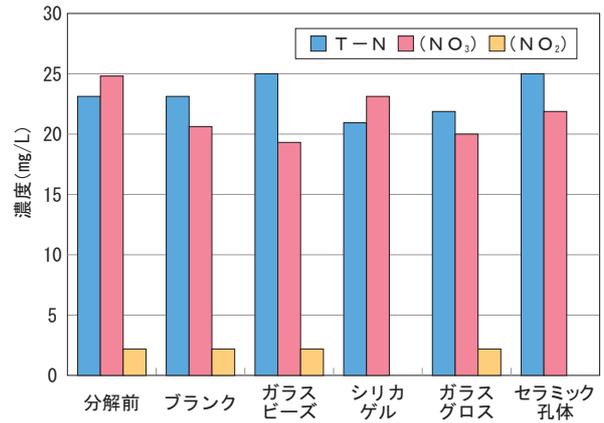


図4 1週間分解処理による窒素の変化

リンの変化では、リン酸イオンがほとんどなくなり、それにつれて全リンも減少している。リン成分が反応系外に出ることは考えられないため、リン酸イオンが触媒に吸着したものと考えられる。光触媒にとってリン酸イオンの吸着は触媒性能を劣化させる方向に働くため対策を考える必要がある。

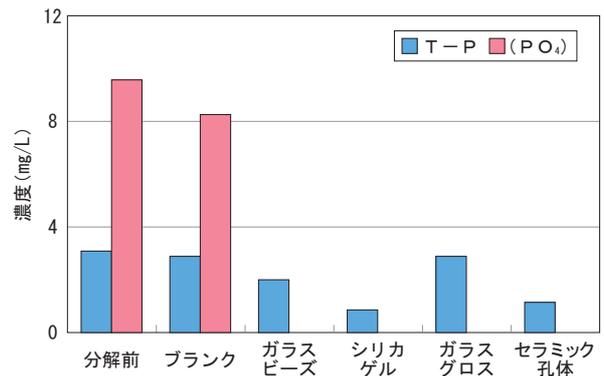


図5 1週間分解処理によるリンの変化

4. 考察

酸化チタン光触媒を用いた太陽光による排水処理実験を行った結果、光触媒だけの処理には処理速度の問題から限界があると考えられる。

そこで、本研究では、水生植物と光触媒を組み合わせることにより、富栄養化の原因物質である窒素、リンの固定化を水生植物が行い、光触媒は水生植物が処理できない界面活性剤等の難分解性有機物および有機性窒素や有機性リンを分解し、水生植物が吸収しやすいようにするなど、それぞれの特性を活かした水質保全システムの開発を考えている。図6に汚染原因物質と各種処理の関係を示した。

5. 結言

ため池等の水質浄化システム構築のため予備実験として、酸化チタン光触媒による太陽光下での家庭排水の分解処理を行ったところ以下の結果が得られた。

- 1) 有機物の変化では、有機物の減少が観察された。このうちCODの減少が大きく、BODの減少は小さかった。
- 2) 窒素の変化では、全窒素の変化は見られなかったが、亜硝酸イオンの酸化が観察された。
- 3) リン酸イオンの触媒への吸着と思われる減少が観察された。

6. 謝辞

本研究の実施にあたり、実験装置のご提供および多数のご助言、ご協力をいただきました株式会社明電舎野口寛氏に感謝いたします。また、各種イオンの定量分析にご協力していただいた、福島県産業振興センター福田玲子氏に感謝いたします。

参考文献

- 1) 松本, 中村, 鈴木ら: 福島県ハイテクプラザ研究報告書「酸化チタン系光触媒の開発と環境浄化に関する研究」, pp30-32, 2001
- 2) 大河原, 大堀, 関根ら: 福島県ハイテクプラザ研究報告書「酸化チタン系光触媒の開発と環境浄化に関する研究」, pp16-20, 2001
- 3) 大竹, 根岸, 岡野: 全国環境研会誌Vol. 28 p39, 2003

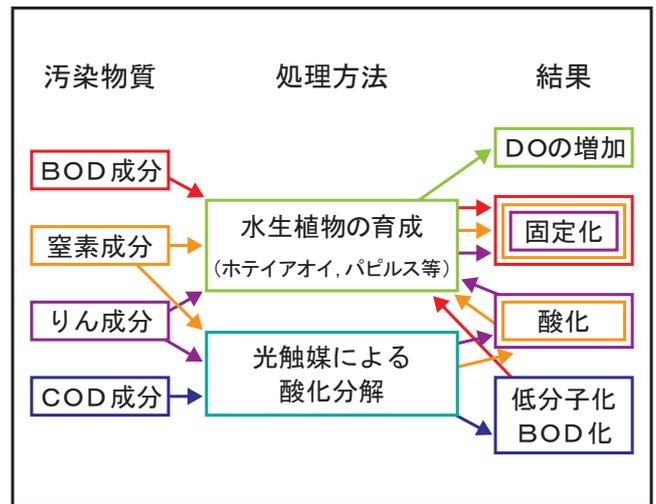


図6 汚染物質と処理方法の関係

生分解性プラスチックの適正使用のための 分解菌データベース作成に関する研究

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

応用技術部微生物応用科 主任研究員 池田信也

受託先：独立行政法人 産業技術総合研究所 関西センター

生分解性プラスチックを分解する微生物の検索や土壌の分解能を調査するため、埋設試験を行った土壌中の微生物試験を行った。

Key words: 生分解性プラスチック

1. 緒言

生分解性プラスチックは環境負荷が小さい材料として、近年その利用が増加している。しかし、分解に寄与している微生物に関する知見はまだ少ない。

更なる利用促進のためには、土壌中での分解に寄与する微生物を明らかにすることにより分解予測技術を確立することが必要である。

また、土壌と土壌微生物のキャラクター化を行い、全国の土壌中の生分解性プラスチック分解菌の全国分布をマップ化することも必要である。

その分解菌マップを基に土壌中での分解性を的確に予測する技術を確立し、さまざまな種類がある生分解性プラスチックのフィールドにおける適正な使用方法についての指標を作成し、その用途拡大を促すとともに、安全性の確保を目指すことを目的として、現在上市されている生分解性プラスチックを対象に、公設試11機関との連携により、プラスチック分解能を有する細菌等の微生物を定量的に評価し、顕著な分解性を示す菌の単離・同定、分解挙動解明を行うこととなった。

当ハイテクプラザでは、平成11年度及び12年度に行われた、埋設試験の地点の土壌を試料として、一般微生物と分解菌の確認を行った。

2. 試料の調製及び前処理

試料の採取は、平成14年5月17日、及び10月29日の2回行った。

採取した試料は、処理までの保存は冷蔵庫（4℃）で行った。

試料は、前処理として、袋中で攪拌して均一にした後、アルコール滅菌したアルミホイル上で、1mm目のステンレスふるいをを用い、落ち葉・小石・植物の根を除いた。

菌数測定用とは別に、含水率測定用として、乾燥秤量したアルミ缶に約5gの土壌を精秤し、110℃の乾燥機で2時間乾燥した後、デシケーター内で1時間放冷後、

減少した重量を持って水分として、含水率を求めた。

3. 試料懸濁液の調製

滅菌した0.8% NaCl（生理食塩水）90mLに土壌10gを加えよく懸濁し、超音波処理し、土壌団粒中の微生物を浮遊分離させた。

- ・超音波洗浄機：47kHz
- ・処理条件：1分間ON、3分間OFF、1分間ON、3分間OFF、1分間ON。計3分間処理する。3分間のインターバルを置き、熱の発生を最小限となるようにした。

4. 培地の調製

試験方法は、全国統一で行った。

4. 1. 微生物数測定用培地について

第1回及び第2回試験で、共に選択培地は下記のとおりとした。

- ・細菌用培地：普通寒天培地（日水製薬05514）
- ・放線菌用培地：Actinomycetes Isolation Agar (Difco212168)
 - ・シクロヘキシミド（和光038-11131）
 - ・グリセロール（和光075-00616）
- ・糸状菌用培地：ポテトデキストロース寒天培地（日水製薬05709）
- ・ストレプトマイシン（和光196-08511）
糸状菌用培地には、分注前にストレプトマイシン溶液を無菌的に添加した。

4. 2. 分解菌用培地について

第1回目の分解菌用培地は、下記のとおりとした。

- ・試薬：酵母エキス Yeast extract (Difco 212740)
寒天 Bacto (Difco 214050)
無機試薬（下記による）

まず、ポリマーを含まない2倍濃度の無機塩培地を調製する。

下記の試薬を蒸留水に溶解し、1リットルにする。

KH ₂ PO ₄	2.0g
K ₂ HPO ₄	2.0g
(NH ₄) ₂ SO ₄	2.0g
NaCl	0.2g
MgSO ₄ ・7H ₂ O	0.4g
FeSO ₄ ・7H ₂ O	0.02g
CaCl ₂ ・2H ₂ O	0.04g
Yeast extract	0.2g

次に、3倍濃度のポリマー（ビオノーレ）乳化液150mLと2倍濃度の無機塩培地225mLを蒸留水で450mLにした後、寒天9gを加え、滅菌後分注する。

第2回目の分解菌用培地は、1回目とポリマーを変更し、下記のとおりとした。

ポリマー：ポリ乳酸2種
高分子（ナカライ、分子量200,000）
低分子（ナカライ、分子量5,000）

培地作成においては、培地濃縮液（100mL）を作成した。

A液（100倍）：MgSO ₄ ・7H ₂ O	2g
FeSO ₄ ・7H ₂ O	0.1g
B液（100倍）：NaCl	1g
CaCl ₂	0.2g
C液（50倍）：KH ₂ PO ₄	5g
K ₂ HPO ₄	5g
(NH ₄) ₂ SO ₄	5g

上記培地濃縮液を用いて、乳化培地を作成した。組成は下記のとおり。

乳化液	500mL
培地濃縮液 A	5mL
B	5mL
C	10mL
Yeast extract	50mg
Agar	10g

5. 培養・計測

第1回目の試験では、一般微生物数の測定は混釈法で行い、分解菌の測定は塗抹法で行った。

培養日数および計測日

細菌：3日間培養で3日目に計数。
放線菌：7日間培養で、5、7日目に計数
糸状菌：5日間培養で、3、5日目に計数
分解菌：28日間培養で、3、7、14、28日目に計数

第2回目の実験では糸状菌の計測日を変更した。また、すべての測定で、混釈法を用いた。

糸状菌：3日間培養で、2、3日目に計数

他の培養日数及び計測日は第1回目と同じである。

6. 実験結果

6. 1. 水分含有率

第1回目の試験の結果は25.34%、第2回は26.85%となった。

6. 2. 一般微生物

実験結果を表1に示す。

表1 一般微生物の測定結果（単位：cells/g）

	1回目	1回目全国平均 ²⁾	2回目	2回目全国平均 ²⁾
細菌	4.1×10 ⁶	5.5×10 ⁶	1.7×10 ⁷	1.0×10 ⁷
放線菌	4.0×10 ⁷	5.5×10 ⁶	5.5×10 ⁶	1.0×10 ⁷
糸状菌	3.7×10 ⁵	8.0×10 ⁴	2.1×10 ⁵	6.0×10 ⁴

細菌においては、2回目の試験の方が多かったが、他の放線菌、糸状菌については、1回目の方が多かった。

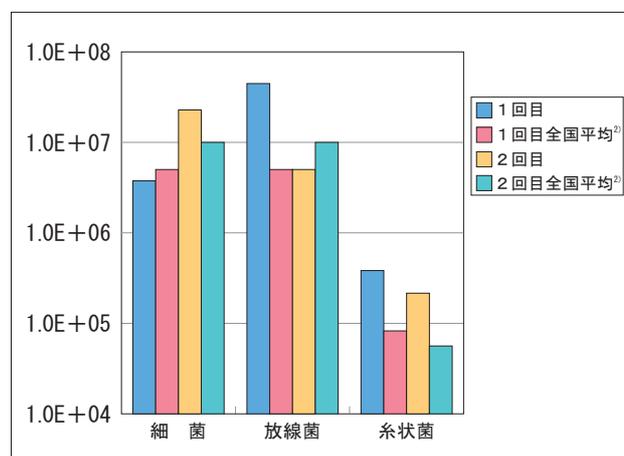


図1 一般微生物の計数結果

全国平均と比較してみると、第1回、2回共に糸状菌が多いという結果となった。しかし、細菌と放線菌については一定の傾向は見られなかった。

なお、今回の結果については、独立行政法人産業技術総合研究所関西センターで、同時に行った土壌の分析結果を用いた補正は行っていない。

6. 3. 分解菌

第1回目の試験では、明瞭なハロー数が7.5×10⁵cells/g、不明瞭なハロー数が6.1×10⁵cells/g、全コロニー数が5.4×10⁶cells/gとなった。

実験方法を変えた第2回目の分解菌試験では、全コロニー数が3.5×10⁵cells/g、低分子PLLAでは明瞭なハローは見られず、不明瞭なハロー数が6.7×10²cells/g、高分子PLLAでは、不明瞭なハローさえも出現しなかった。

7. 考察

一般の土壤に比べ、ハイテクプラザの細菌数は第1回及び2回ともに少ないと思われたが、今回の実験の全国データから見ると、平均的な数値となっていた。

表2 分解菌によるハローの出現カ所及び割合²⁾

	低分子		高分子	
	+	±	+	±
土壤数 (カ所)	20	41	0	18
比率 (%)	37.04	75.93	0	33.33

+: 明瞭なハロー

±: 不明瞭なハロー

また、高分子PLLAにおいて分解菌が出現しなかったが、表2の全国の結果²⁾を見ても、高分子PLLAでは明瞭なハローが認められなかったことから、日本土壤での高分子PLLA分解菌の生育数は少ないものと考えられる。

通常、単独の微生物が、高分子量のプラスチックを低分子まで分解するのではなく、高分子量のプラスチックを分解する菌が、ある程度までの分子量まで分解し、その後、中、低分子量のプラスチックを分解していくという経過をとるため、高分子PLLAを分解する微生物が少ないと言うことは、今後、土壤の採取範囲を広げるなどの、工夫が必要なのではないかと考えられる。

8. 要約

全国土壤の生分解性プラスチック分解菌確認の担当県として、ハイテクプラザ土壤において、一般微生物数と生分解性プラスチックの分解菌数を測定した。

- 1) ハイテクプラザ土壤の水分含有率は、第1回試験の結果は25.34%、第2回は26.85%となった。
- 2) 一般微生物においては、細菌が、1回目 4.1×10^6 cells/g、2回目が 1.7×10^7 cells/g、放線菌が1回目 4.0×10^7 cells/g、2回目が 5.5×10^6 cells/g、糸状菌が1回目 3.7×10^5 cells/g、2回目 2.1×10^5 cells/gという結果となり、全国平均²⁾に比べ、あまり大きな差は見られなかった。
- 3) 分解菌においては、第1回目の試験では、全ハロー数が 5.4×10^6 cells/gとなった。
- 4) ポリマーを変更した第2回目の分解菌試験では、低分子PLLAで不明瞭ながら 6.7×10^2 cells/gとなった。

なお、本研究は独立行政法人産業技術総合研究所関西センターからの受託研究として行ったものである。

本報告の一部は平成15年4月2日開催の、日本農芸化学会2003年大会において報告を行った。

参考文献

- 1) 土壤微生物研究会編：“土壤微生物実験法”、養賢堂（1997）
- 2) 独立行政法人 産業技術総合研究所 人間系特別研究体グリーンバイオ研究グループ他：“生分解性プラスチックの適正使用のための分解菌データベース作成に関する研究”、研究委託報告書（2003）

マイクロマシンニング法による微細金型の製作方法の検討

Production of Micro Mould by MEMS

材料技術部 伊藤嘉亮・三瓶義之・杉内重夫
生産技術部 本田和夫・吉田智
(有) ピーアンドエム 玉ノ井泰雄

マイクロメートル台の微細な構造をもつプラスチック成形品を作製するために、微細な構造をもつ金型の試作を行った。作製にはフォトリソグラフィとめっき法を用い、金型の入れ子の基板上に直接金属の微細構造を形成する方法を試みた。その結果、 $40\mu\text{m}$ 幅のスリットの入ったロータリーエンコーダ用のスリット板をプラスチック成形で作製することができた。

Key words: MEMS、微細金型、めっき、UV-LIGA、プラスチック成形

1. 緒言

ここ数年、MEMS 技術の進歩により微細素子技術が急速に発展してきている。その中の大きな課題として量産化の問題があり、いくつかの部品ではシリコンからプラスチック成形への転換が求められている。しかし、従来の微細加工技術はシリコンの加工を主体としたものであり、サブミリメートル以下の部品の金型製作では形状形成をシリコン上で行うなど、これまでの金型加工業者が取り組みづらいう方法で研究が行われてきている。また、製品が微細になるに従いゲートやランナー等も微細になってくるが、これらの加工には金属微細加工技術が必要不可欠であるにもかかわらず、この点はほとんど研究されていないのが現状である。

われわれは、従来の機械加工業者により近い技術として、微細放電加工などにより金属板に直接微細な形状を加工する技術を研究し、ある程度の成果を挙げてきた。そこで本試験においては、これまで技術構築を行ってきたフォトリソグラフィ技術、微細放電加工技術、微細切削加工技術による金属板上への金属微細パターン形成の簡易なプロセスを確立するとともに、金型作製（入れ子とモールドベース）によるプラスチック成形を試みた。これらプロセスでは、ハイテクプラザで所有している装置のみを使用するものとし、試作品としてはアクチュエーターの制御などで微細化、高性能化が求められているロータリーエンコーダーに使用する微細スリット板の形状を選んだ。

今回検討したプロセスは、以下のとおりである。

- ①フォトリソグラフィとめっき法によるステンレス板上への微細金属パターンの形成
- ②微細放電加工による微細溝の加工
- ③微細切削加工用工具の試作とそれによる微細溝加工
- ④①～③による金型（入れ子）の作製
- ⑤金型（モールドベース）の作製
- ⑥成形

2. 実験

2. 1. めっき法による微細金属パターンの形成

2. 1. 1. 試作パターンの設計

(1) 試作パターン

試作品のパターンは、1回転あたり256パルスおよび516パルス用のロータリーエンコーダー用スリット板（外周部に256個と512個の凹凸がある）と $50\mu\text{m}\times 1\text{mm}$ のライン&スペース、 $20\mu\text{m}\times 1\text{mm}$ のライン&スペースとした。概略を図1に示す。これ以降、図1(a)のパターンをパターンA、(b),(c),(d)のパターンをパターンB,C,Dと称す。

(2) フォトマスクの作製

電子線描画装置を用いてフォトリソグラフィ用のマスク（フォトマスク）の作製を行った。電子線描画装置にはELS-3700（エリオニクス社）、基板にはクロムコートを行った石英、レジストにはOEBR100（東京応化工業(株)）を用いた。

2. 1. 2. レジストの塗布

レジスト材には高アスペクト比（幅－高さ比）加工に優れ、かなりの厚膜が作れるNANO SU-8 2035（MICROCHEM社）を用い、目標厚さを $80\mu\text{m}$ とした。塗布方法はスピコート法と、スピコート法では $80\mu\text{m}$ が厚すぎる可能性があるため、漆の塗布評価法として実績のあるアプリケーション法（図2）の2種類を検討した。

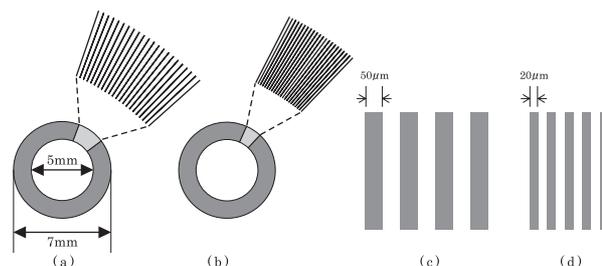
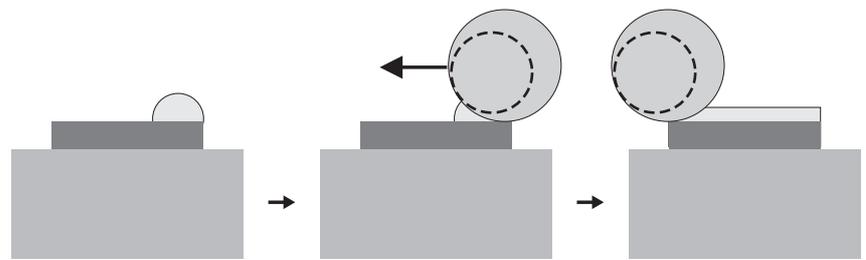


図1 試作パターン



(a) 全景



石定盤の上の基板にレジスト滴下し、隙間の決まったローラーで引き延ばす

(b) アプリケーター法の概念図

図2 アプリケーター法

2. 1. 3. レジストのパターン化

レジストのパターン化にはコンタクトアライナ（ユニオン光学（株））を用いた。

2. 1. 4. めっき

パターン化したSU-8／基板に、金型（入れ子）として用いるための金属構造体を形成するために、めっき法を用いてニッケルの構造体を形成した。条件および模式図を表1および図3に示す。今回は、スルファミン酸ニッケルによるめっき法と、密着性向上を目的としてフッ硝酸による基板洗浄後および中間層にNi蒸着膜、クロム蒸着膜、ニッケルストライクめっきを

表1めっき条件

ニッケルめっき	
浴組成	: スルファミン酸ニッケル350g/L、 ホウ酸30g/L、ピット防止剤5mL/L
電流密度	: 2 A/dm ²
電極間距離	: 55mm
浴温度	: 38℃
振動速度	: 2m/min (ストローク30mm)
めっき時間	: 120min
ニッケルストライクめっき	
浴組成	: 塩化ニッケル250g/L、 35%塩酸150mL/L
電流密度	: 10A/dm ²
電極間距離	: 30mm
浴温度	: 20℃
めっき時間	: 5min

表2 プラズマエッチングの条件

装置	: EIS-700 (エリオニクス)
エッチング方法	: ICPプラズマエッチング
ガス	: O ₂
真空度	: 0.5Pa
ガス流量	: 30sccm
高周波出力	: 300W
試料バイアス	: 50V
エッチング時間	: 180min

各々形成後に、スルファミン酸ニッケルを用いためっきを行う方法を検討した。また、20mm×30mmのSU304板上に上記めっきを施し、クロスカット、テープピーリング法を用いて密着性の評価も行った。

2. 1. 5. めっき後の表面加工

めっき後に、金属部の表面を平坦にし、目的の厚さに調整するために、超精密研磨を行った。装置は、超精密研磨機（MULTIPREP：ALLIED社）を用いた。目標厚みを50μmとし、回転数20rpmで15μm、6μm、3μm、1μmのダイヤモンドフィルムにより仕上げを行った。

2. 1. 6. レジストの除去

金属部およびレジストを所定の厚さに調整したのちに、金属部のみを残すためにレジスト材を除去する必要がある。今回は、SU-8専用剥離液による除去とO₂プラズマによる灰化（アッシング）の2通りを検討した。剥離液による除去は、50℃、30分浸漬で行った。O₂プラズマによる除去は、表2に示す条件で行った。

2. 2. モールドベースの試作

上記により作製した入れ子用の金型（成形器）を作製した。図4に構造を示す。素材はステンレス（STAVAX）とし、トランスファモールド方式の構造とした。

2. 3. 成形実験

上記金型を用いて、成形実験を行った。樹脂はPMMAを用い、金型温度（樹脂温度）を230℃、射出圧力（保圧）100MPa（油圧プレスを使用）、型開き温度を110℃とした。

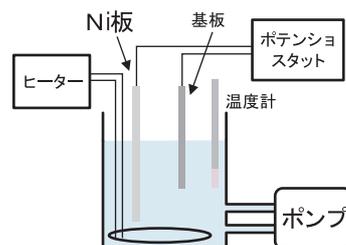


図3 メッキ槽の模式図

3. 結果と考察

3. 1. めっき法による微細金属パターンの形成

3. 1. 1. レジストの塗布

図5にスピコート法による回転数とSU-8の膜厚を示す。約1500rpmで80μm厚になることが分かる。次に1500rpmでスピコートした場合の膜厚分布を図6に示す。これによれば、中央部に比べて端部の厚みが薄くなっているのが分かる。これは、膜厚が厚いことと粘度が高いことにより、樹脂が流動する前に表面が硬化してしまうためと考える。この状態でコンタクトアライナを用いた場合、中央部が先にフォトマスクと接してしまい、中央部に以外に隙間が生じてしまうためパターンがボケてしまい、良好な結果が得られなかった。

一方、アプリケーター法の膜厚分布は、スピコート法に比べて分布がかなり均一であることがわかる。これより、SU-8の塗布にはアプリケーター法が非常に有効であることが分かる。

3. 1. 2. レジストのパターン化

現像定着後のレジストパターンのSEM像を、図7に示す。これによるとパターンAとパターンCは、非常に切れがよく形成されていることが分かる。一方、パターンBでは、外周部は比較的形状が保たれているが、中心に向かうにしたがって形状がつぶれているのが分かる。パターンDでは、表面に行くにしたがってパターンが厚くなっているのが分かる。これは、パターンが厚いため露光時間が長くなり、回折や拡散の効果により表面近傍ではオーバー露光になりやすいこと、薄膜レジストと違い表面の凹凸が微妙にあるため、マ

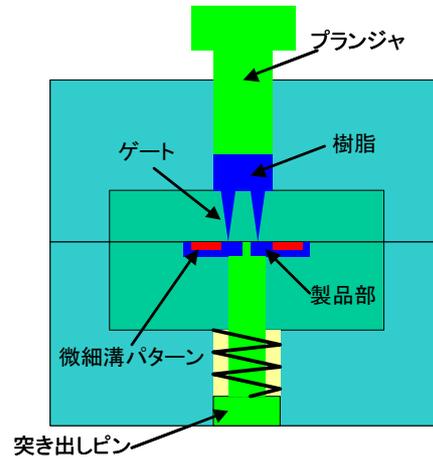


図4 モールドベース模式図

スクとレジストの間にわずかながら隙間が空いてしまうため、パターンに滲みが出てしまうことによると考える。しかし、高さ方向の3/4程度はストレートな形状をしており、めっきの成長に制限がないのであれば、この状態でめっきをかけてしまい1/4を研磨により削り落とすことも可能である。

3. 1. 3 めっき

(1) 密着性

2A/dm²の電流密度でスルファミン酸ニッケル浴によりSUS304板にニッケルめっきを施したのち、クロスカットを行って密着性を調べた。その結果、ニッケルは皮膜は形成するものの基板とはほとんど密着せず、全面で剥離してしまった。この剥離現象は電流密度や浴組成にかかわらず、テープピーリング前に発生した。また、Ni蒸着膜やNi-Crスパッタ膜を中間層としたものも、クロスカット時にNiめっき/中間層界面から剥離を起こした。めっき前にフッ硝酸溶液で表面を洗浄したものは、ほとんど剥離が観られなかったが、

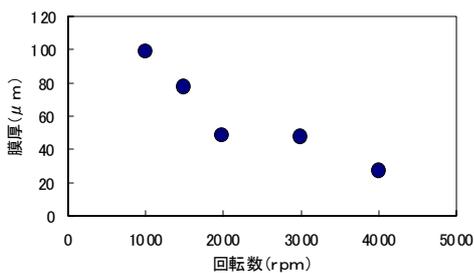


図5 回転数による膜厚の変化

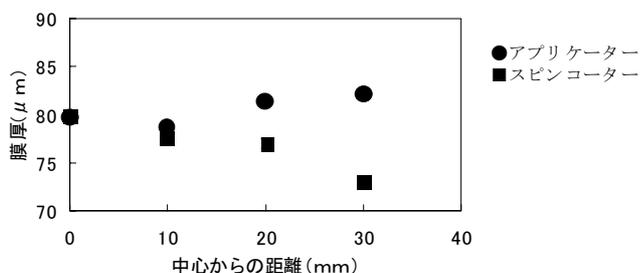


図6 膜厚の面内分布

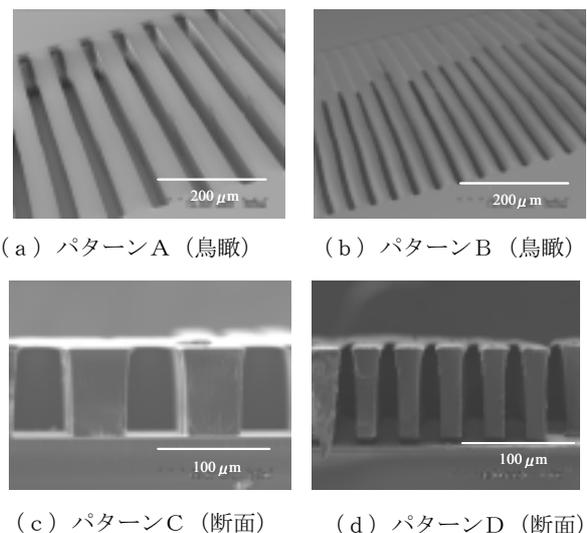
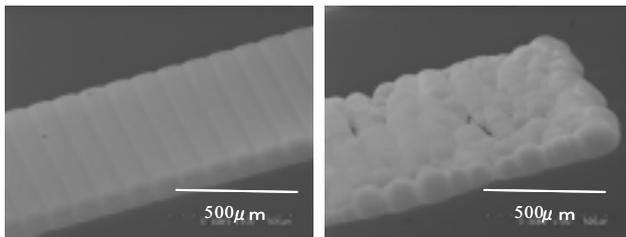


図7 レジストパターンのSEM写真



(a) パターンC (b) パターンD

図8 めっき膜形成後のSEM写真

表面に著しい凹凸がついてしまい、金型としては使用できなかった。

一方 $10\text{A}/\text{dm}^2$ の電流密度で塩化ニッケル浴内にて $1\ \mu\text{m}$ ほどストライクめっきを施したのちに、 $2\ \text{A}/\text{dm}^2$ の電流密度でスルファミン酸ニッケル浴によりニッケルめっきをおこなったものは、クロスカット、テープピーリングによる剥離は認められなかった。また、表面の光沢も十分にあり、フッ硝酸洗浄で観られた表面の粗れは認められなかった。

(2) パターン基板への成膜

上記試験により、塩酸ニッケル浴によるストライクめっき後のスルファミン酸ニッケル浴によるめっきが非常に有効であることが分かったため、パターン化したSU-8にこの方法でのめっきを試みた。めっき後の表面のSEM写真を図8に示す。Cでは、隣接するパターン間でめっきが融合しているが、欠落など観られずにきれいに成長しているのが分かる。一方Dでは、粒子状のめっきが多数存在し、成長が一様でない。これは、SU-8のパターンが表面近傍で太くなり、表面に露出している穴の大きさが不均一であるためと考える。

3. 1. 3. 表面加工およびレジストの除去

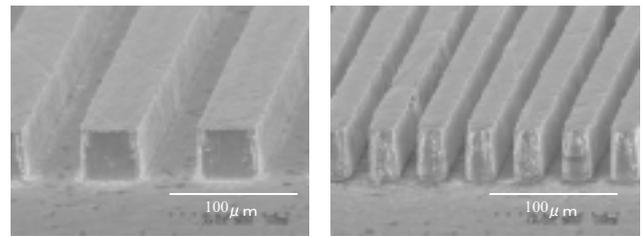
研磨後は、めっき直後のひとかたまりになっていたパターンが、研磨によりきれいに分離しているのが分かる。この基板を、専用剥離液に浸漬してレジスト除去を試みた。所定時間経過後でも、レジストは除去されずに残ったままであった。このレジストをピンセットで機械的に除去したところ、めっきパターンの一部が欠落してしまった。これは、剥離液によりレジストが溶解するのではなく、膨潤した状態で浮いてきてしまうため、パターンが細くなるとパターンに付着してしまい、レジストが局在してしまうためと考える。

一方、 O_2 プラズマ処理後では、めっきパターン間でステンレス基板が露出しており、レジストが完全に除去されていることが分かる。(図9)



(a) 入れ子のパターン (b) モールドベース

図10 試作した金型



(a) パターンC (b) パターンD

図9 レジスト除去後のSEM写真

3. 1. 4. めっきパターンの完成

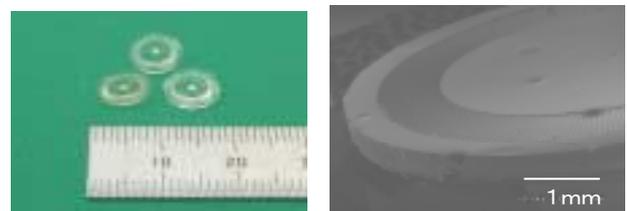
図9に上記工程終了後のパターンC,DのSEM写真を示す。パターンCでは、厚さ $50\ \mu\text{m}$ で設計通りのパターンが形成されている。パターンDでは、レジストのパターン化時点で隙間が少なくなっていたが、めっき形成では基板まできちんと達しており、一部欠落は見られるもののおおむね設計値に近い形状になっていることがわかった。

3. 2. 金型の試作および成形

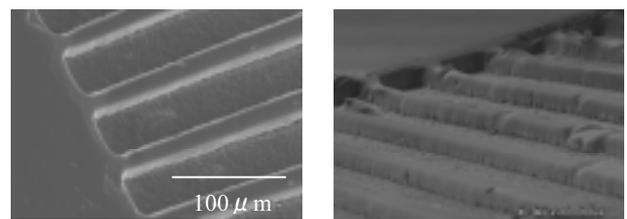
上記工程により、パターンAの金型(入れ子およびモールドベース)を作製した。図10にパターンのSEM写真とモールドベースの外観を示す。このモールドベースにより成形したロータリーエンコーダ用のスリット板を図11に示す。今回は射出成形ではないため、スリット細部での充填不足がみられるが、全体としては良好な仕上がりになっていると思われる。

4. 結言

フォトリソグラフィとめっき法により、金属基板上に金属の微細パターンを形成し、それを金型として表面に微細スリットも持つプラスチック成形品の試作に成功した。今後は、射出成形への応用や3次元構造をもつ金型の試作を行い、マイクロ分析チップなどの高付加価値微細部品の量産化研究を行っていく予定である。



(a) スリット板の外観 (b) スリット板のSEM写真



(c) (b)スリット部の拡大

図11 試作したスリット板

光重合性含漆合成樹脂組成物を応用した宗教用具への 装飾技術の確立と新規デザインによる機能性付与の研究

Establishment of the decoration technology that used the ultraviolet cure coating materials which contained urushi and research of new religion equipment development

会津若松技術支援センター 出羽重遠・須藤靖典
 (株)小野屋漆器店 小野光典・鈴木修一・赤城真弓

光重合性含漆合成樹脂組成物による塗料を使用した新規宗教用具の開発を行いました。
 CGによる試作品のシミュレーション手法を修得すると共に、時代のニーズに適合した
 装飾文様のデータベースを構築しました。加えて、仏壇・仏具の開発には現代洋風家
 具・インテリア製品に共通する開発コンセプトを設定し、ガラス素地を含む様々な素材
 を活用した新製品開発の手法を確立しました。

Key words: 光重合性含漆合成樹脂組成物、漆、仏壇、仏具、厨子、CGシミュレーション

1. 緒言

現在の仏壇・仏具の主力は、木地もしくは唐木仏壇と称される木材の板目、柾目を表面に使用し、塗装はポリウレタン塗装仕上げが一般的になっており、他のメーカーにおいても同様の仕様で製品が製造されています。この様な状況下において、近年外材の銘木を素地とした洋風家具、インテリア調仏壇・仏具が首都圏を中心としてその需要が拡大傾向にあります。そのため、各社が追随し現代風仏壇の開発傾向にあり、特徴ある自社ブランドのオリジナル製品開発の必要性が改めて問われる結果になっています。特に、現代の居住空間に適合させる仏壇の開発には、総合的なデザインプランが必要となり、企業の企画・デザイン力を持った人材養成も必要不可欠となっています。これを機に昨年の11月より新型仏壇・仏具の製品開発と人材養成の目的から企業の依頼を請け、製品開発における装飾、機能、デザイン性を向上させるための手法から、CGを活用したシミュレーションと装飾文様のデータベース構築に取り組むことになりました。

2. デザイン検討

2. 1. 情報収集と分析技法の習得

目的の製品開発に必要な情報として対象とする製品分野のデザイン情報だけでは情報としての価値が低く、新規製品を開発するには役に立たないケースが多く、仏壇・仏具だから仏壇・仏具の情報だけを見ればよいかということではなく、住宅やインテリアの動向などについて情報を集める必要がある。今回は短期間であり、情報収集についても不十分であるが、情報収集・分析手法として図2に示すイメージスケールによる分析や、図3に示すビジュアルイメージによる背景イメージ確立について指導を行った。



図2 イメージスケールによる現状分析



図3 イメージスケールによる現状分析



図1 研究フローチャート

2. 2. 商品企画・開発技法の習得（商品コンセプト作成）

緒言でも述べたが、この受託研究では技術開発による加飾技法の確立と共に、随時デザイン開発、製品開発を繰り返し行い、企業側への製品開発行為の定着と人材養成を実施するため、当面の製品開発のコンセプト策定を行いました。現在の生活環境や住宅事情から検討し、次の3項目を基本要素としました。

- ①従来型には無い塗りの良さを出す。
- ②シンプルでどこにでも置ける形+α
- ③企業保有特許（漆加飾を施したガラス製品）を取り入れる。（特許第2949423号）

この要素を反映した次の2アイテムを中心に製品開発、試作研究を行いました。

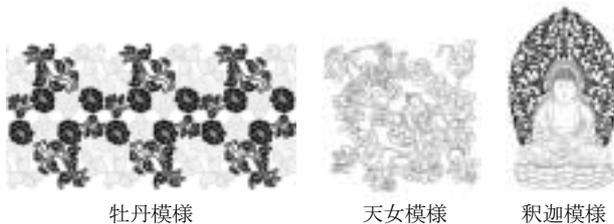
- ①八角柱をモチーフとした小型厨子
- ②ガラスを大胆に使った小型箱仏壇

2. 3. 装飾加飾模様デザイン

受託研究の根幹をなす加飾技術（加飾インク、加飾手法）については開発済で、現在特許取得手続き中です。この加飾技術は従来の漆の乾燥時間からくる加飾タイミングによる失敗がなく、仕上がりのむらもなくグレードの高い加飾が可能です。

2. 3. 1. 装飾模様データベース構築

デザインコンセプトから塗りの良さと共に加飾技術活用を念頭に置いた装飾模様収集、データベース作成を行いました。代表的な試作に使った加飾模様を図4に示します。



牡丹模様 天女模様 釈迦模様
図4 加飾模様データベースの模様データ

2. 3. 2. 装飾模様の各種加飾展開

前述の装飾模様による加飾を八角厨子内部加飾や企業取得のガラス加飾に展開した結果を図5に示します。



厨子内部金梨地 牡丹模様ガラス蒔絵 天女模様ガラス蒔絵
牡丹模様高蒔絵

図5 装飾模様の加飾展開例

複雑で緻密な装飾模様の加飾方法として、手書きでの対応は精度の点等で無理があり、スクリーンプロセスやこれの応用としての転写紙を用いた高度加飾技術を活用して行いました。

2. 4. CGシミュレーション

基本コンセプトを前提に形状や機能面についてアイ

デアスケッチを数点出し、図6に示すとおりCGによる形状、材質、仕上げ塗装、装飾模様、機能面の確認のためのシミュレーションを行いました。



図6 形状・機能・加飾把握のためのCGシミュレーション

3. 試作

CGによるシミュレーションを繰り返し行い、試作へのプロセス確認が充分とれたところで試作を行いました。

3. 1. 八角厨子

基本形状を八角とし、側板8枚の内3枚を背板として台輪、天板に固定し、前方5枚の2枚半ずつを左右の扉としました。扉の内側には戒名等を書いた差し札が入るスペースを設けてあります。木地呂や塗り色の



図7 塗り色の組み合わせによる厨子



図8 金梨地に高蒔絵の加飾を施した厨子組み合わせによる試作品を図7に、本朱塗り、内部金梨地高蒔絵加飾による試作品を図8に示します。

また、各種塗り仕上げや青貝による螺鈿による試作品を図9に示します。



図9 各種塗り、螺鈿による試作品

3. 2. ガラス仏壇

ガラスを大胆に使った小型箱仏壇について、全面ガラスを用いて箱を組んで試作したものを図10に示します。背面中心に取り替え自由な加飾ガラス板を組み付け、デザイン上のポイントとしました。

また、全面ガラスという従来の製造工程では対応しきれないことやコスト低減を図る目的で図11に示すような前面と背面にガラスを上下左右には木製黒塗り仕上げをした箱を配した、ガラスと会津塗りの組み合わせによる今後の方向性を示すような試作品の作成も行いました。

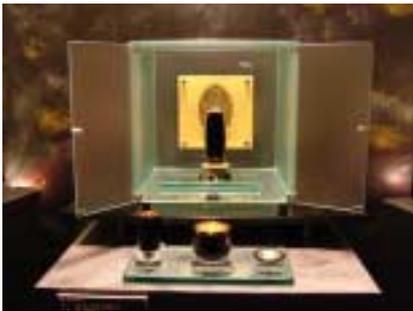


図10 全面ガラスの小型箱仏壇



図11 前面と背面にガラスを配した小型箱仏壇

4. 結言

光重合性含漆合成樹脂組成物による塗料を使用した新規宗教用具の開発を行いました。CGによる試作品のシミュレーション手法を修得すると共に、時代のニーズに適した装飾文様のデータベースを構築しました。加えて、仏壇・仏具の開発には現代洋風家具・インテリア製品に共通する開発コンセプトを設定し、ガラス素地を含む様々な素材を活用した新製品開発の手法を確立しました。今後は、さらに重要視されるキーワードでもある、「安全」で「人に優しく」、「環境」

に配慮した製品開発を行いつつ、装飾材料、塗料に至る様々な情報の収集と分析の手法の確立と、コスト、耐久性などを含めた実用的な機能が付与された製品開発に結び付けていく予定でいます。

参考文献

- 1) 須藤靖典・出羽重遠：平成10年度産官共同研究開発事業、
“光重合硬化性含漆塗料の開発とその応用研究” 研究成果報告書、1999
- 2) 新エネルギー・産業技術総合開発機構、管理法人「福島県中小企業団体中央会」：平成10年度地域コンソーシアム研究開発事業、
“室内環境の快適性、健康性に対応した光重合含漆塗料の開発” 成果報告書、2000
- 3) 須藤靖典・出羽重遠：“含漆UV塗料を応用した製品開発とその実用化指導”、
平成12年度福島県ハイテクプラザ試験研究報告書、pp. 71-75、2000
- 4) 須藤靖典・出羽重遠：“酵素重合型プレポリマーハイブリッドUV漆塗料の開発とその応用研究”、
平成13年度福島県ハイテクプラザ試験研究報告書、pp. 61-64、2001

社内ネットワーク構成装置管理システムの構築

Construction of the network device management system in a company

応用技術部 太田悟・高樋昌・本田修啓
NK テック株式会社 橋本健太郎

ユーザ情報やパスワードといったネットワーク管理において必要となる情報を、DES や3DES、SSLといった暗号化技術を用いることにより、安全にデータベース上に登録、クライアントPCから閲覧し、ネットワーク管理者の間でこれらの情報を共有できるシステムを作成した。またドキュメント生成技術とも組み合わせ、PDFを動的に作成する機能についても実現した。

Key words:データベース、セキュリティ、暗号化、SSL、PDF

1. 緒言

コンピュータやネットワーク機器の高性能化、価格の低下に伴い、多くの企業で情報システムの導入が進む一方、不正アクセス等による顧客情報の漏えいが社会問題となっている。損害賠償を請求されるケースもあるため、あらゆる企業においては情報管理について再度見直し、より高いセキュリティへの対策が急務となっている。

しかし中小企業にとっては、人手不足や経済的な理由から、セキュリティやネットワーク管理に十分な投資を行えないという現状もある。システム規模の拡大に伴い、その管理も複雑多岐にわたる。データベースを利用することで管理面の問題をクリアすることは可能であるが、単純にデータを登録するだけではセキュリティに限界がある。高いセキュリティを継続的に保つためには、重要な情報を安全かつ統一的に扱う仕組みの構築が必須である。

そこで本研究では、ネットワーク機器やサーバにおけるユーザ・パスワード情報など、社内ネットワークを管理する上で必要となる情報を、3DES、SSLといった暗号化技術を用いることにより、データベース上に安全に登録し、閲覧できるシステムを構築した。またドキュメント生成技術とも組み合わせ、動的にPDFを作成するシステムについても研究・開発を行った。

2. 研究内容

本研究では、ハードウェア・ソフトウェア情報やユーザ・パスワード情報を安全に管理し閲覧できる、「社内ネットワーク構成装置管理システム」を構築することを目標とし、以下に説明する3つの技術について調査・研究を行った。

2. 1. データベースにおける暗号化技術

今回の研究で対象とするシステム管理情報は、いつ

た第三者に知られてしまうと、社内システムを奪取される事態にもなりかねない、最も重要な情報の一つである。検索性の向上や業務の効率化の点から、これらの情報をデータベースで一元管理することには非常に大きなメリットがあるが、データベースに登録されるデータは、一般的にはそのままの状態に登録されるため、不正アクセス等をきっかけにして、第三者に知られてしまう危険性もある。

そこで図1に示すように、データベースに暗号化機能を持たせることで、不正アクセスによるデータの漏えいを最小限にとどめることが可能となる。第三者がなんらかのきっかけでそのデータベースにアクセスすることができたとしても、データは暗号化されているため、容易に解読することは困難となる。

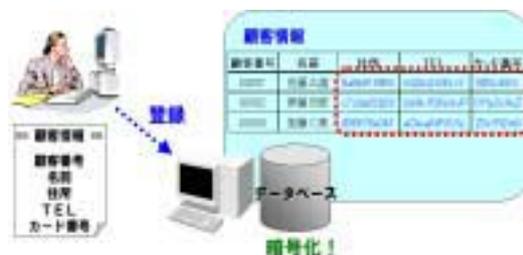


図1 暗号化機能を持ったデータベース

暗号技術には暗号文から原文を再現できる可逆性のものと、暗号文から原文を再現できない不可逆性のものがある。前者はさらに鍵の方式によって秘密鍵暗号方式と公開鍵暗号方式に分けられる。後者はハッシュと呼ばれる原文から固定長の擬似乱数を作成するもので、ユーザ認証やデジタル署名等に利用される。

本研究で使用した PostgreSQL には、pgcrypto と呼ばれる暗号化関数が用意されており、データ登録時にこれらの関数を利用することで、暗号化したデータを PostgreSQL に登録することが可能となる。

2. 2. 通信路における暗号化技術

現在、Web ブラウザから Web サーバにアクセスす

ることによってデータ閲覧を可能とする Web データベースと呼ばれるシステムが主流となっている。通常、この通信はネットワークを介して行われるが、この時、第三者により通信データを盗聴されるおそれがある。この通信には一般的に HTTP プロトコルが用いられる。これは Web ブラウザに情報を表示するためのデータがそのまま記述されたものなので、ネットワーク上にも同様のデータが流れてしまう。データベースにおける暗号化はあくまでデータベースサーバ内のものであり、通信時には復号されたデータが送信されてしまう。通信時のデータも安全にやり取りを行うためには、別途、暗号化を行う技術が必要となる。

そこで本研究では SSL という暗号化技術を利用することとした。SSL は Netscape Communications 社が開発した技術で、インターネット上で情報を暗号化して送受信を行うためのプロトコルである。様々なセキュリティ技術を組み合わせ、盗聴や改ざん、なりすまし等を防ぐことができるため、インターネット上で幅広く利用されている。特にパスワード情報などを安全にやり取りする際には必須となる技術である。これをクライアント PC と Web サーバ間、また Web サーバとデータベース間に利用することで、エンドエンドでのセキュリティを確保することが可能となった。

2. 3. 電子データの文書化・管理技術

ユーザ情報やパスワード、サーバの稼動状況といったシステム管理情報は、秘匿性の高い情報であると共に、常に変化が伴うといった特徴がある。更新履歴を含めた管理が必要とされ、かつ情報量も多いため、効率的に管理する仕組みが求められる。情報の管理にはデータベースが適しているが、携帯性や閲覧性ではまだまだ紙のほうが優れている。そこで本研究では、データベースと文書管理を統合する仕組みについて調査を行い、図 2 に示すようにデータベースに登録した情報から、動的に PDF ドキュメントを生成する技術についても実装を行った。



図 2 PDF 生成画面

上記 3 つの技術を組み合わせ、図 3 に示す「社内ネ

ットワーク構成装置管理システム」を構築した。クライアント端末となるノート PC、本システムの中心となる Web 機能、データベース機能を持った Linux サーバマシン、データをバックアップするための CD-R ドライブ等の機器を用意すれば、容易に構築が可能である。



図 3 システム構成

3. 結言

本研究ではデータベースシステムおよびネットワーク上における暗号化技術の調査・研究を行った。さらに文書管理技術とデータベース技術を統合し、動的に PDF ドキュメントを作成する仕組みについても実現した。これにより、ネットワークを経由したデータベースシステムにおいて、データの閲覧や登録を安全に行い、また不正アクセスによるデータの漏えいを未然に防ぐシステムを実現することができた。昨今、ネットワークを利用した不正アクセス、情報漏えいや改ざんが社会的な問題になっており、それに対する様々なソリューションが提案されている。しかしそれらのほとんどがネットワークを対象としたものであり、情報を蓄えているデータベースにおけるセキュリティについては軽視されがちと言わざるを得ない。様々な危険が潜むネットワーク社会において、企業内で稼動している情報システムではトータルセキュリティを考える必要がある。本研究ではデータベースの暗号化に的を絞って研究・開発を行ったが、今後は認証や改ざん検知といったデータベース・セキュリティについても、その必要性が重要視されると考えられる。

参考文献・書籍

- 1) 石井達夫：“PC UNIX ユーザのための PostgreSQL 完全攻略ガイド”、技術評論社
- 2) 山田祥寛：“今日からつかえる PHP4 サンプル集”、秀和システム
- 3) 北川剛：“Oracle9i Database 新機能ガイド～セキュアシステム～”、翔泳社
- 4) マイケル・J. ウェンストロム：“Cisco ネットワークセキュリティ管理ガイド”、SOFT BANK

PWMインバータ制御回路のPLDへの適応

A Design of PWM inverter control circuit by using PLD

福島県ハイテクプラザ応用技術部 大内 繁男 ・ 高橋 淳
有限会社エイチ・エス・エレクトリック 関本 英雄

分散型電源で使用する直流から3相交流への変換を行うPWMインバータ制御回路を製作した。回路の設計には、回路の小型化が可能で、設計資産の再利用が容易であるPLDを使用し設計した。製作したPWMインバータ制御回路を組み込んだインバータは、商用電源と一緒に使用するため系統連系に必要な単独運転検出回路も組み込んだ。

Key words: PWM インバータ PLD 分散型電源 系統連系 単独運転検出

1. 緒言

デジタルデバイスの高性能化に伴いインバータなどの電力制御回路に、高度なデジタル制御が取り入れられてきている。PLD(Programmable Logic Device)は名前が示すとおり、回路設計者がデバイスの動作を自由にプログラム可能なデジタルデバイスであり、設計の自由度が大きいため広くデジタル回路に使用されている。PLDは、必要とする機能をデバイスへ動作プログラムとして書き込むだけであり、既存のデジタルデバイスを組み合わせる必要が無く回路の小型化を図る事が可能である。設計したPLDの動作プログラムは、IP(Intellectual Property)として利用可能であり、設計資産の蓄積、再利用を容易に行える。

本研究では、PLDを使用し分散型発電用のPWMインバータ制御回路を製作した。製作したPWMインバータ制御回路は、商用電力との併用も考えているため、系統連系に必要な単独運転検出回路も製作した。以下に製作したPWMインバータ制御回路、単独運転検出回路について報告を行う。

2. インバータ制御回路

太陽光発電、風力発電、地熱発電などの自然エネルギーを利用した分散発電が近年注目されている。風力発電や地熱発電など発電機のタービンの回転によって得られる電力は、周波数が不定であり商用電力の周波数に設定されていないため、図1に示すように一旦

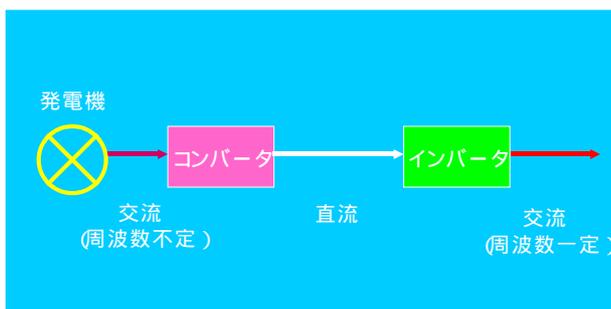


図1 交直変換回路

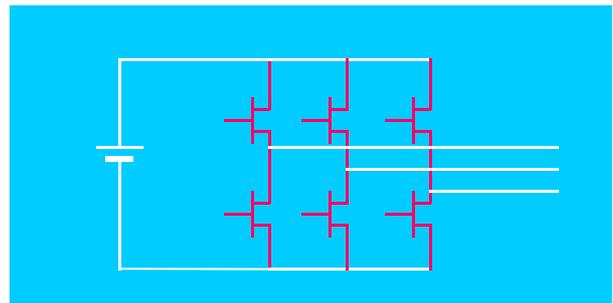


図2 3相インバータ回路

直流に変換し、その後商用電力で使用されている周波数の交流へ変換する交直変換回路を必要とする。

太陽光発電による電力は、直流電力であるため、直流から交流への変換のみを必要とする。インバータ回路は、直流から交流への変換回路である。3相インバータ回路を図2に示す。各相に交互にON、OFFを行う2つのスイッチングデバイスにより、直流から交流の変換を行う。

2.1. 製作したインバータ回路

製作したインバータ回路のブロック図を図3に示す。電流指令回路では、インバータへの電流指令値となる3相の正弦波を出力する。電流指令値は、インバータ

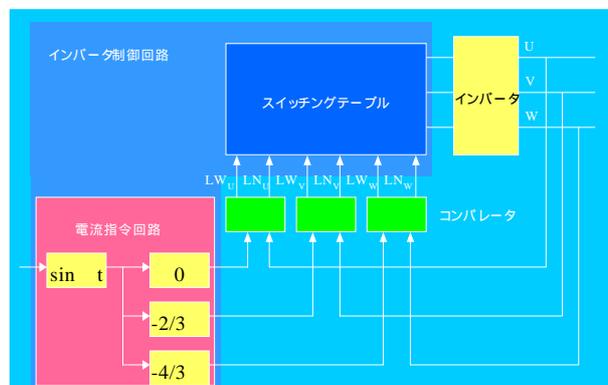


図3 インバータ回路のブロック

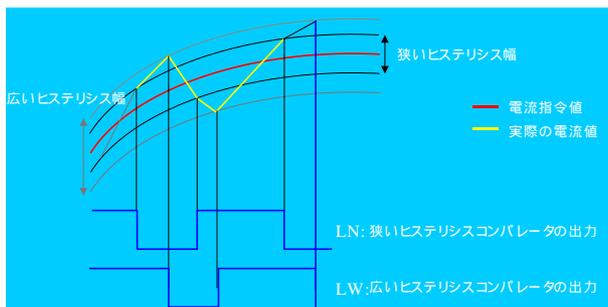


図4 二重ヒステリシス

の出力電流値とコンパレータで比較を行う。電流指令値と出力電流値との比較は、図4に示すように電流指令値に2つの幅の異なるヒステリシス幅を持たせて行っている。各相のコンパレータからの出力信号の組み合わせにより、スイッチングテーブルに書き込んだインバータのスイッチングデバイスのON、OFFを決定する信号をインバータへ出力する。これによりインバータのスイッチングを制御する。

2.2. 電流指令回路、スイッチングテーブル

3 相交流の電流指令値は、電流指令回路で正弦波に $2/3$ 、 $4/3$ の位相遅れを与えて作っている。正弦波は、PLD内のROMに書き込んだ正弦波のデータを読み出す事により生成している。使用した正弦波の分解能は、時間分解能 10bit、振幅の分解能8bitである。正弦波のデータを読み出すタイミングの設定を可能としているので、PLL(Phase Locked Loop)による同期をかける事が可能である。

スイッチングテーブルは、3 相のコンパレータからの出力信号により、インバータのスイッチングデバイスの状態を決定するデコーダの構造を採っている。スイッチングデバイスの切り替えによる電源短絡を防ぐため、デッドタイムを0.5 μ sから2 μ s範囲で設定が可能である。

3. 単独運転検出回路

商用電力と連系して分散電源を使用する系統連系を行う場合、商用電力の電力系統の停止時には、分散電源の運転は禁止されている。系統連系で分散電源を運転する場合、系統停止時の分散型電源の単独運転検出を行う必要がある。¹⁾単独運転検出には、受動的方式と能動的方式があり。製作した回路は、両方式による単独運転検出回路をPLD使用し製作した。

3.1. 受動的方式による単独運転検出

受動的方式による分散型電源の単独運転検出は、電力系統停止時における電源の周波数変化の検出により行う。¹⁾周波数変化検出は、PLDを使用したタイマで行

った。50Hz \pm 1Hz にリミッタを設け、範囲を超える周波数変化を検出可能とした。

3.1. 能動的方式による単独運転検出

能動的方式による単独運転検出は、発電出力に周期的な電力変動を与えておき、単独運転移行時に現れる周期的な周波数変動を検出する方式である。¹⁾能動的方式による単独運転検出を行うため、PLDには、周期的な電圧変動の信号源となる2Hzの正弦波発生回路と、周波数変動検出のためのタイマを作った。周波数変動は、50Hz \pm 5Hzの範囲内の周波数変動を 8bit の分解能で検出可能である。

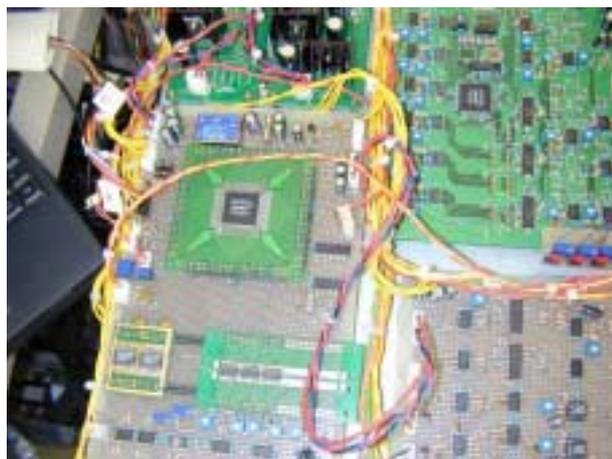


図5 インバータ制御回路と単独運転検出回路

4. 結言

PLDを使用し、インバータ回路と系統連系に必要な単独運転検出回路を作成した。図5に製作したインバータ回路と単独運転検出回路を示す。製作した回路は、分散型電源のインバータとして使用している。

PLDは、ゲート数30,000のAltera EPF10K30ATC144-3を使用した。インバータ回路と単独運転検出回路の最大動作クロックは40MHzである。PLDの動作プログラムの記述はVHDLで行った。正弦波発生回路とタイマは、平成12年度から14年度に行った産官共同研究「次世代メカトロニクスシステムの開発」で設計した回路を活用した。

今回の研究では、インバータのスイッチングデバイス制御と、単独運転検出回路の周波数変動検出部をデジタル化した。今後はインバータのデジタル化をさらに進め、インバータの高機能化、小型化に取り組んでいきたいと考えている。

参考文献

1) 分散型電源系統連系専門部会:「分散型電源系統連系技術指針」,pp.37-43,社団法人日本電気協会(2002)

流動床式焼却炉流動砂の熱挙動

Heat Reaction of SiO₂ in a Fluidization Incinerator

材料技術部 加藤和裕

公募型ものづくり短期研究事業として、流動床式焼却炉で発生している流動砂の固化や排気ダクト閉塞などの問題の現象解明に取り組んだ。DSC により流動砂-炭酸ナトリウム混合物を測定したところ、流動砂の熔融が吸熱反応として観察できた。またこのとき炭酸ナトリウムと SiO₂ が反応し、Na₂Si₂O₅ が生成することが分かった。Na₂Si₂O₅ は SiO₂ と 789°C に共晶点を持ち、低温で液相が発生する。この過程により流動砂の固化等が起り、問題が進行しているものと推測した。さらに水酸化カルシウムを添加すると、Na₂Si₂O₅ が生成せず、流動砂の熔融も起らないことが DSC で再現できた。

Key words: 流動床式焼却炉、DSC、SiO₂、Na₂O、Na₂Si₂O₅

1. 緒言

流動床式焼却炉での産業廃棄物や廃液処理では、廃液のナトリウム等アルカリ金属濃度が高いと、流動砂の固化や排気ダクトの閉塞がおきるため、高濃度ナトリウムの廃液が難しい。一方、処理物に水酸化カルシウムを添加すると上記問題の抑制が認められている。この機構が明らかとなれば、高濃度廃液の処理や流動砂固化防止剤の開発が期待できる。そこで今回、流動砂固化温度測定法の開発、トラブル発生機構および水酸化カルシウムによるトラブル抑制機構の解明を目的とし研究を実施した。

2. 実験

焼却炉で利用されている流動砂と市販試薬の炭酸ナトリウム、水酸化カルシウムを混合、ボールミルで粉碎し、DSC 測定に供した。800~900°C の炉内条件を再現するため、DSC は空气中で 1000°C まで測定した。また粉碎した試料を径 7 mm、厚さ 2 mm のペレットに加压成形し、マッフル炉で空气中、1 時間焼成した。焼成試料の表面状態は走査型電子顕微鏡で観察し、生成した結晶相は X 線回折装置で同定した。

3. 結果

図 1 に流動砂-炭酸ナトリウム混合物の DSC 測定結果を示す。比較のためアルミナの測定結果を同時に示す。流動砂は石英の高温型への相転位に伴う吸熱ピークが 573°C に見られる以外はアルミナとほぼ同一であった。流動砂-炭酸ナトリウム混合物では 730°C 以上の温度で吸熱反応が進行することがわかった。図 2 に焼成した流動砂-炭酸ナトリウム混合物ペレットの表面の SEM 写真を示す。730°C を超えると粒子径が増大した。ここから 730°C 付近で流動砂の熔融が起っていると推測され、これは DSC での吸熱開始温度と一致した。よって DSC で流動砂の熔融温度が測定できることがわかった。図 3 に流動砂-炭酸ナトリウム-水酸化カル

シウム混合物の DSC 測定結果を示す。水酸化カルシウム添加量の増加とともに熔融開始温度が上昇した。炭酸ナトリウムの 2 倍の重量の水酸化カルシウム添加で吸熱がほとんど見られなくなり、流動砂固化を抑制する現象が再現できた。図 4 に流動砂、流動砂-炭酸ナトリウム混合焼成物および流動砂-炭酸ナトリウム-水酸化カルシウム混合焼成物の X 線回折パターンを示す。流動砂はほとんどのピークが石英に帰属された。流動砂-炭酸ナトリウム混合焼成物では Na₂Si₂O₅ が生成したが、流動砂-炭酸ナトリウム-水酸化カルシウム混合焼成物では Na₂Si₂O₅ は生成しなかった。

4. 考察

SiO₂ と Na₂Si₂O₅ の混合系は 789°C に共晶点を持ち、この温度以上で液相が発生する。本実験でも Na₂Si₂O₅ の生成したため、730°C という低温で液相が発生したと考えられる。730°C と 789°C と液相発生温度に差がある

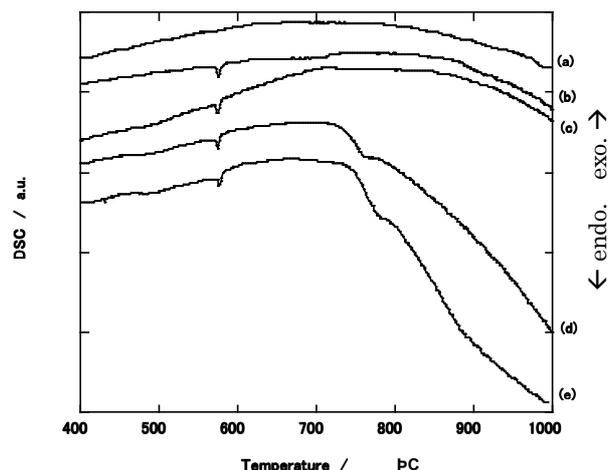


図 1 流動砂 - Na₂CO₃ 混合物の DSC 曲線
(a) アルミナブランク (b) 流動砂
(c) 流動砂 10 g + Na₂CO₃ 0.52 g
(d) 流動砂 10 g + Na₂CO₃ 1.2 g
(e) 流動砂 10 g + Na₂CO₃ 2.0 g

のは、 SiO_2 、 $\text{Na}_2\text{Si}_2\text{O}_5$ 以外の成分があるためと思われる。水酸化カルシウム添加では $\text{Na}_2\text{Si}_2\text{O}_5$ が生成しないため低温で液相が発生せず、流動砂固化が起らないと思われる。

流動砂固化および排気ダクトの閉塞は次の機構で発生すると推測される。

水酸化カルシウムを添加しない場合、廃液中の炭酸ナトリウムなどが熱分解により Na_2O が生成し、つい

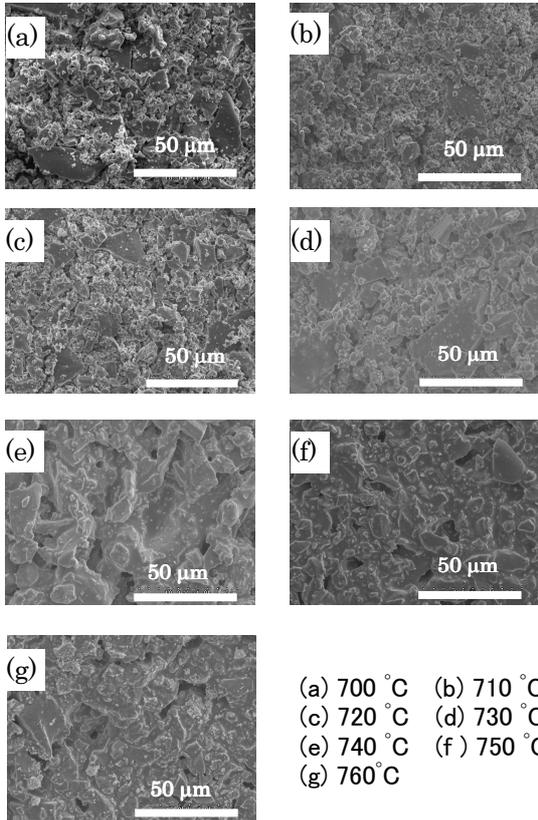


図2 流動砂 10 g + Na_2CO_3 1.2 g 混合物ペレットの焼成による表面状態の変化

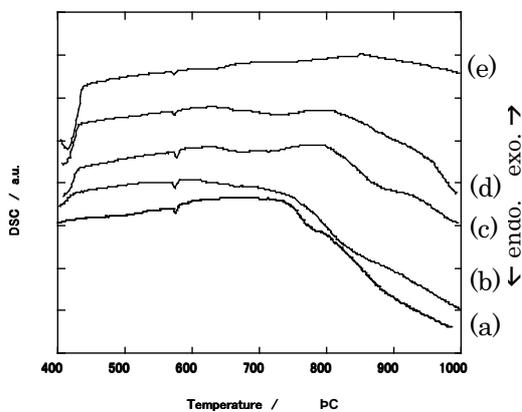


図3 流動砂- Na_2CO_3 - $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 混合物の DSC
流動砂 10 g, Na_2CO_3 2 g.
 $\text{Ca}(\text{OH})_2$: (a) 0 g, (b) 0.5 g, (c) 1 g,
(d) 2 g, (e) 4 g

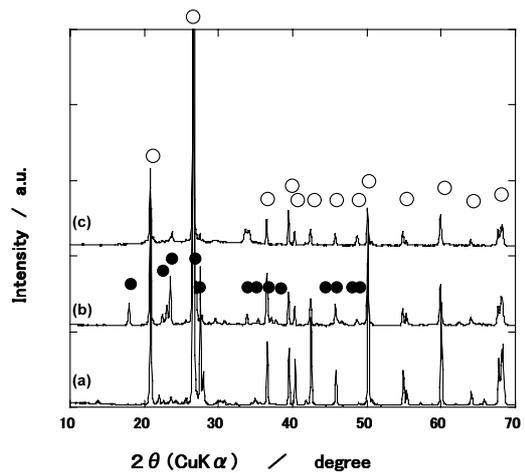


図4 (a) 流動砂、(b) 流動砂 10 g - Na_2CO_3 2.0 g 混合焼成物、(c) 流動砂 10 g - Na_2CO_3 2 g - $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 2 g 混合焼成物の XRD パターン
○: 石英, ●: $\text{Na}_2\text{Si}_2\text{O}_5$ 、焼成温度 700 °C

でこれが流動砂表面や砂の摩砕により生じた微細な粉と、 $\text{Na}_2\text{Si}_2\text{O}_5$ を形成する。 SiO_2 と $\text{Na}_2\text{Si}_2\text{O}_5$ が共存すると低温で液相が発生するため、流動砂固化が発生しやすくなり、また SiO_2 粉同士が結合したものが排気ダクトに堆積する。これに対し、水酸化カルシウムを添加すると $\text{Na}_2\text{Si}_2\text{O}_5$ が生成しないためトラブルが抑制される。

上の機構では廃液中のナトリウムが塩化物であれば、流動砂の固化の問題が発生しないと予測される。従って、廃液はナトリウム濃度以外にも塩形態の管理も必要と考えられる。しかし、廃液中の塩化ナトリウム濃度が増加すると次の点が懸念される。塩化ナトリウムを高濃度に含む廃液を 800-900 °C の炉中に噴霧すると、塩化ナトリウムは融点が 801 °C であるので、熔融塩状態となる。これが燃焼飛灰や SiO_2 粉に付着、排気ダクトへの堆積、閉塞を促進する。実際にダクト閉塞物からは塩化ナトリウムや硫酸ナトリウムが検出されており、この塩による閉塞プロセスも可能性があり、留意が必要である。

5. 結言

本研究により以下の点が明らかとなった。

- (1) 流動砂の熔融開始温度を DSC で測定した。
- (2) $\text{Na}_2\text{Si}_2\text{O}_5$ が生成すると、730 °C 付近で液相が発生するため、流動砂固化や排気ダクト閉塞のトラブルが起きやすくなると推測される。
- (3) 消石灰を添加すると $\text{Na}_2\text{Si}_2\text{O}_5$ が生成しないため、流動砂の熔融が抑制される。

プラスチック光ファイバの高品位切断

High Quality Cutting of Plastic Optical Fiber

生産技術部 角田稔・吉田智・本田和夫・工藤弘行

株式会社ホクシン 梅津薫・橋本哲也

プラスチック光ファイバをカッターによるギロチン方式で切断する方法についての研究を行った。接続損失を低減するための切断方法について検討を行い、通常のカッター切断に比べ高品位な切断が可能となった。最適な条件下では、切断のみで機器接続に使用できる程度の低損失の端面を得ることが可能となった。

Key words: プラスチック光ファイバ、ギロチン方式、端面処理

1. 緒言

近年、通信の大容量化、広帯域化が進み、FTTHの普及や車載用ワイヤーハーネスでの使用など応用分野が拡大するのに伴い、光ファイバ、その中でもプラスチック光ファイバ(POF)の需要増加が見込まれている。

POFを機器接続に使用するときには、通常、接続による損失を軽減するために端面処理を行う。代表的な端面処理方法として、研磨、ホットプレート、ホットカット、コールドカットなどが挙げられる。研磨はカッターにより切断した面を研磨する方法であるが、この場合の接続損失は1dB程度となる。ホットプレートによる方法はカッターにより切断した面を熱したプレートに押し当て、溶解により端面を平滑にする方法であり、接続損失は1.5dB程度である。ホットカット、コールドカットは切断のみによる方法で、ホットカットは刃物を熱して切断する方法である。接続損失はそれぞれの場合で2dB、3dB程度である。

本研究では、安価で取り扱いしやすい切断機を作製するため、熱を使用しない最も単純なコールドカット(ギロチン方式)によって高品位切断をするための方法についての研究を行った。また、様々な加工条件で試験を行い、最適な加工条件について調べた。さらに、刃物の耐久性に関する試験ならび考察を行った。

2. 実験および考察

2. 1 試験方法

試験治具は一般に市販されている簡易型カッターの構造を参考にして作成した。簡易型カッターは図1に示すように刃物固定部とファイバ固定部に分かれています。切断は、ファイバを穴に通して指で挟んで行うものである。このカッターの問題点としては、切断面に欠けや角など欠陥が生じやすい、刃物が傷みやすい、切断ごとに切断面の様子がばらつくといった傾向がある。これは、刃物の固定方法が原因であると考えられる。この簡易型ファイバでは刃物に空いた2箇所の穴に突起物を通して固定してあり、刃物面と垂直な方向の拘束は全くなしということから、刃物ががたつ

く可能性があると予想される。以上のことを踏まえ試験治具を作成した。



図1 簡易型カッターの構造および切断方法

図2に作成した試験治具を示す。これは金型用のダイセットの上側可動部に刃物を、下側固定部にファイバを取り付けたもので、マシニングセンタで可動部を下向きに押しつけ、ファイバを切断するという仕組みである。また、図3がファイバの固定されている状態を示したものである。ファイバ把持部には、刃物が通過するためのスリットが入っている。ファイバの固定方法はファイバ全周を挟み込んで固定する方法を用いている。

一方、刃物は、図4に示すように、ピンでの固定に加えて、両面から挟んで拘束し、簡易型カッターで生じる刃物のがたつきの低減を図ったものである。



図2 作製した試験治具



図3 ファイバの固定方法

図4 刃物の固定方法

2. 2 切断条件

切断速度については、25,100,500,1000mm/min.の幅広い範囲で試験を行った。切断時の刃物の角度について、0度、20度の場合の試験を行った。厚さについては、0.25mmのものと0.10mmのものを対象とした。なお、刃物はいずれも両刃のものである。

ファイバ固定部は切断する箇所を両側を5mm幅ずつ把持した。また、ファイバの固定部のスリット幅は0.5mmとした。

2.3 切断試験結果

切断面の評価は、接続損失測定によって行った。測定方法はJIS C 6823 光ファイバ損失試験方法の中のカットバック法と呼ばれる方法を用いた。図5に切断試験結果を示す。グラフは横軸に切断速度、縦軸に接続による損失率をとったものである。いずれの場合も通常のコールドカットでの損失率3dBを下回り、刃物の固定方法改善の効果が確認された。

今回試験した条件の中では、厚さ0.10mm、角度0度の切断条件が最適であり、損失率が0.8以下だと機器接続に使用可能なので、後加工の必要がないことが分かった。

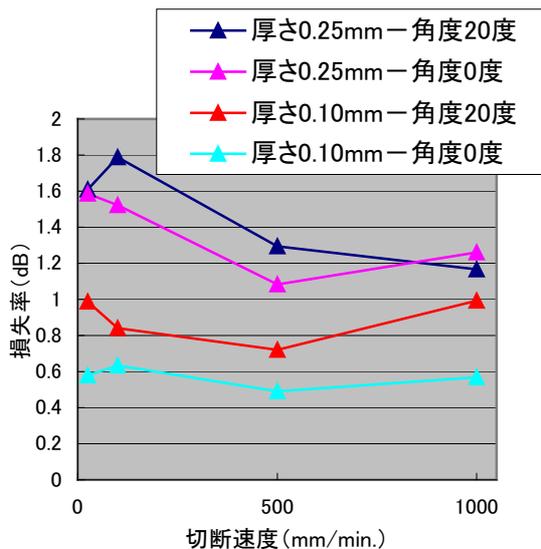


図5 切断試験結果

2.4 刃物の耐久性試験

刃物の耐久性試験は同一刃物、同一切断条件にて、繰り返し切断を行い、刃先が欠損するまでの回数を測定した。なお、切断速度は100mm/minとした。

表1にその結果を示す。結果は3回の測定の平均値である。厚さ0.10mmの刃物の場合、破損なしに切断できる回数は、厚さ0.25mmの刃物の場合に比べ、非常に少ないことが分かった。

表1 耐久性試験結果

刃物の厚さ (mm)	刃物の角度 (度)	破損までの切断回数
0.25	0	100回以上
0.25	20	100回以上
0.10	0	9回
0.10	20	4回

また、切断回数が増える過程において、損失率がどのように変化するか調べた。刃物の厚さ0.25mm、角度0度の条件での30、50、80、100回目の切断について、損失測定を行った。その結果を表2に示す。100回までの切断の範囲では、損失率が極端に増加することは確認されなかった。

表2 耐久試験時の損失率測定結果

切断回数 (回)	損失率 (dB)
30	1.76
50	1.76
80	1.69
100	1.94

2.5 耐久性を向上させるための対策について

破損した刃物面を観察すると、刃物面の面外への折れ、座屈が確認された。これは刃先がファイバに当たった瞬間の衝撃荷重によって、曲げ応力ないし、圧縮応力が働き、欠損の原因になったためであると考えられる。また、応力の大小によって発生のしやすさが変わると予想される。つまり切断速度が速いと、大きな荷重が加わり、折れ、座屈が生じる可能性が高くなると考えられる。

そこで、刃先が自重の影響のみでファイバに接触、静止させた後に切断する方法について検討した。その結果、この方法で切断した場合、耐久性の劣る0.10mm厚の刃物、角度0度の場合の切断でも、刃先の欠損なしに100回切断できることを確認した。

3. 結言

プラスチック光ファイバをギロチン方式で切断する方法を検討した。刃物の固定方法を改善することで、高品位な切断が可能となった。

最適な切断条件を調べた結果、0.10mm厚の刃物を用い、刃物角度0度で切断した場合が最も良好な結果であり、このときの切断損失0.5~0.6dBで後加工なしで機器接続に使用できる範囲であった。

耐久性については、0.25mm厚の刃物に比べて、0.10mm厚の刃物は耐久性が低かったが、切断方法の改善によって100回までの切断が可能となった。

プレス金型の高性能化・長寿命化

High Efficiency and a Long Life for Press Dies

福島技術支援センター 渡辺孝夫
材料技術部 栗花信介
石橋工業株式会社 臼井進一

プレス金型の高性能化・長寿命化を図るため、表面に精密ショットピーニング加工（別名WPC処理）を行った。

潤滑性能を向上させることにより湿式・セミドライ加工からドライ加工へ、また表面硬化等により長寿命化や欠陥防止へ、などを目標に有用なデータを得た。

今後、これら金型での実部品加工試験を行う予定である。

Key words: プレス金型、WPC処理、潤滑性能、表面硬化

1. 緒言

プレス金型業界は国外との競合で厳しい局面を迎えている。国内の「ものづくり」を維持発展させるため、さらなる技術研究開発を進め、専門化・差別化を図ることが焦眉の急である。

今回、金属表面処理の有効な一手段として、福島技術支援センターに設置の「精密ショットピーニング処理装置」を使用し、プレス金型を対象に、これの高性能化・長寿命化を探るものである。

2. WPC処理の内容と試験条件

2.1 WPC処理について

WPC処理とは、金属の表面に40～200 μ mの特殊なショットを高速で噴射させ、局部的に再結晶温度まで高めることにより、熱処理効果、鍛錬効果の加工強化が瞬時に繰り返され、金属表面層の残留オーステナイトのマルテンサイト化や、再結晶、組織の微細化が行われる。これにより、金属表面は高硬度で韌性に富んだ微細な組織が形成され、内部圧縮残留応力も高めることが出来る。

WPC処理では表面の硬度を上げると同時に微細な凹凸を作っているため、摺動性を向上させることができ、また疲労強度も高められ折れや欠けの欠陥が減少する。

2.2 試験条件

処理装置：(株) 不二機販製 ニューマブラスター
(P-SGF-4A)

金型材料：

SKD11 (55HRC、60HRC)

SKD61 (52HRC)

HAP40 (64HRC、粉末ハイス、日立金属)

YXR3 (60HRC、マトリックスハイス)

日立金属)

VANADIS6 (62HRC 粉末ダイス
ウッディホルム)

投射材：第1段 FHS (ハイス 粒径50 μ m)

第2段 FHB (セラミック 粒径40 μ m)

加工条件：手動加工、ノズル固定

ノズル距離 100mm

第1段 直圧式

加工圧力 0.3MPa

加工時間 約20秒

第2段 重力式

加工圧力 0.4MPa

加工時間 約15秒

3. 結果と考察

3.1 表面性状について

表1 WPC処理前後の表面粗さ (Ra: μ m)

金型材料名	研削面 (処理前)	wpc処理面 (処理後)	
SKD11	55HRC	0.36	0.70
〃	60HRC	0.33	0.46
SKD61	52HRC	0.30	0.59
HAP40	64HRC	0.24	0.26
YXR3	60HRC	0.32	0.39
VNDS6	62HRC	0.28	0.26

表1にWPC処理前後の表面粗さについて示す。これによれば、5種の材料とも同様な研削加工を行っており、表面粗さに差異はない。WPC処理後については、52～55HRC前後のものでは粗さが却って大きくなる。60HRC以上では差異はない。

重要なのは表面性状である。写真1のように全方向に凹凸形状となり、これが接触面積の変化による潤滑性能を増す要因である。

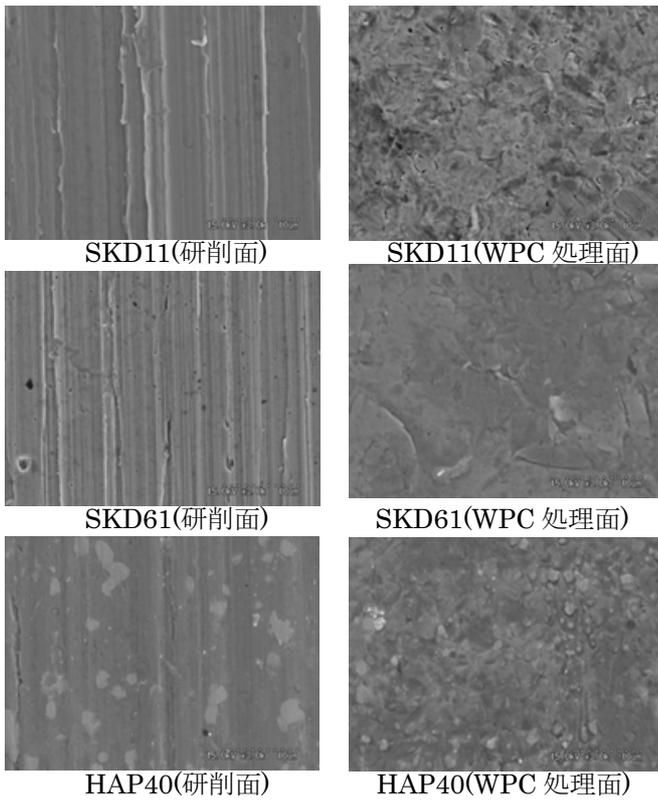


写真 1 WPC 処理前後の電子顕微鏡観察結果

3. 2 表面硬化と摩擦摩耗特性

図 1 に WPC 処理前後の表面硬度について示す。これによれば、52～55HRC の SKD 材は硬度上昇が限定される。60HRC 以上のものは熱処理効果が発揮され、上昇は良好である。特に YXR3 は HV750 程度のものが、1100HV 程度に上昇している。

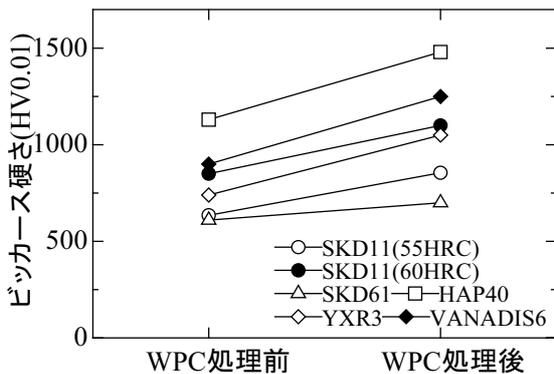


図 1 WPC 処理前後の表面硬度

一方、図 2 はボールオンディスク型摩擦摩耗試験の結果である。相手材はφ6 の SUJ2 を用い、試験荷重 1N、摩擦速度 2cm/s の条件で試験を行った。HAP40 については WPC 処理を行ったものが初期摩擦係数が小さくなる傾向が見られた。しかしながら他の鋼種については WPC 処理前後で顕著な変化は見られなかった。

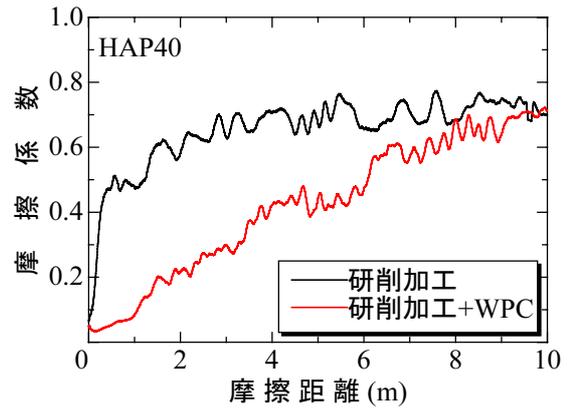


図 2 WPC 処理前後の摩擦係数 (HAP40)

3. 3 圧縮残留応力の変化

前加工としての金型の研削加工（仕上加工）面には留意しなければならない。加工残留応力が少ない状態がベターである。研削面の残留応力の値は研削方向に比べ、研削方向に垂直方向の方が大きな値を示している。WPC 処理を行うことにより圧縮応力の値は大きくなり、900MPa から 1400MPa の範囲の値を示した。処理前の硬度が高いものが処理後の圧縮応力の値が大きくなっている。

表 2 残留応力の変化（単位：Mpa すべて圧縮応力）

材料名	硬さ	研削面 (研削方向)	研削面 (研削方向に垂直)	WPC 処理面
SKD11	55HRC	-233.6	-440.7	-889.4
SKD11	60HRC	-172.1	-342.7	-1092.3
SKD61	52HRC	-30.5	-255.9	-968.7
HAP40	64HRC	-569.9	-782.4	-1399.1
YXR3	60HRC	-389.0	-314.4	-1009.6
VNDS6	62HRC	-382.1	-698.1	-1201.2

4. 結言

プレス金型の高性能化・長寿命化を図るため、5種類の金型材料について WPC 処理を行い、その有効性を検討した。その結果

- 1) 表面粗さ (Ra) は 60HRC 以上の研削面（仕上面）では、WPC 処理後もそう変わらない。但し、WPC 処理面は凹凸状の潤滑性能面となる。
- 2) 表面硬度は、WPC 処理後全般に上昇する。60HRC 以上では処理後圧縮残留応力が大きくなり、硬度もより上昇する。特に YXR3 は処理前硬度 740HV 程度が、処理後 1100HV 程度まで上昇する。
- 3) HAP 材においては、WPC 処理による初期摩擦係数の低下が認められた。

参考文献

- 1) 加賀谷忠治：表面技術 52.169(2001)
- 2) 宮坂四志男：ショットピーニング技術 5.51(1993)

マグネシウム合金薄板のレーザ溶接

The laser welding of magnesium base alloy thin plate.

生産技術部 橋本政靖・藤井正沸

日新マニファクチャリング（株） 井石雅久

軽量で比較的大型の高付加価値製品の製造には、マグネシウムの板金加工が経済性から有利である。しかし、板金加工により管体を作製する場合には板金加工部の接合が必要となっている。マグネシウム合金圧延板をレーザ溶接する場合の連続出力からパルス出力への段階的移行に伴う溶接部の品質変化について検討を行った。その結果、溶接条件を最適化することで、レーザで溶接することが可能となり、最適化されたパルス波を用いることで、従来の連続波と比較して半分のパルス出力のレーザ装置で溶接することが可能となった。

Key words: マグネシウム, 溶接, YAG レーザ

1. 緒言

軽量で比較的大型の高付加価値製品の製造には、マグネシウムの板金加工が経済性から有利である。しかし、板金加工により管体を作製する場合には板金加工部の接合が必要となっている。このマグネシウム合金の薄板においては、アーク溶接法の適用が難しくレーザ溶接法が期待されている。そこで、マグネシウム合金圧延板 AZ31B にレーザ溶接を行い、レーザ溶接の適用の可能性について検討した。ここでは、YAG レーザを用いて基礎的な溶接現象の調査と突合せ継手によるレーザ溶接部の強度について調べ、実用的な溶接条件の検討を行う。

パルスレーザ溶接法は設備コストが低く、少量で複雑な形状に対して適用性が広い。しかし、パルス溶接では溶接部に割れが発生することがあり、溶接条件の最適化が求められている。そこで、ハイテクプラザの高出力レーザのパルス機能を利用し、連続出力からパルス出力への段階的移行に伴う溶接部の品質変化について検討を行うことを目的とした。

2. 実験方法

供試材として、マグネシウム合金圧延板（大阪富士工業(株)製 AZ31B 合金, t1.0mm × L100mm × W150mm）を用いた。溶接時に短辺方向が圧延方向となるようにし、長辺方向の端面をエンドミルで加工した。

溶接は、連続出力およびパルス出力が可能な高出力 YAG レーザ加工装置（石川島播磨重工業(株)製, 最大出力 2kW）を用いて、2 枚のマグネシウム合金圧延板の加工面を突き合わせて支持具で固定し、150mm の長さを直線溶接した。試料の走査はテーブルを移動させることで行い、トーチおよびバックシールドガスとして Ar を使用し、10~100mm/s の速度で溶接した。

溶接で得られた試料について X 線透視観察を行い、

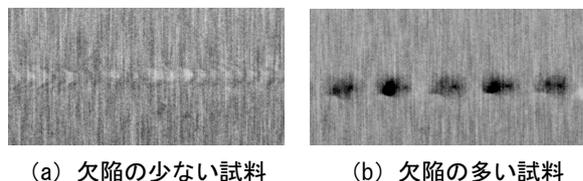
内部欠陥を観察した。その後、5 号試験片（JIS Z2201）および 4 号曲げ試験片（JIS Z2204）を作製し、引張試験および曲げ試験を行った。曲げ試験は曲げ半径 14mm で 180° の曲げ試験を行った。組織観察は、溶接部を含む断面を鏡面研磨後にエッチングを行い金属顕微鏡の偏光観察を行った。

3. 実験結果および考察

まず、マグネシウム合金を溶接する際の最適出力を検討するために、連続出力でレーザ出力を変化させながら溶接速度 50mm/s でビードオンプレート溶接を行った。その結果、レーザ出力 1,000W 以下では溶融が全く認められず、反対に 1,850W 以上では溶接部に断続した溶け落ちが発生した。1,100~1,800W の範囲に最適条件があることがわかった。このビードオンプレートの結果をもとに連続出力でレーザ出力および溶接速度を変化させ突合せ溶接を行った結果、レーザ出力 1,700W、溶接速度 80mm/s において、一部に溶け落ちが見られるものの比較的良好な溶接部が得られた。

これらの連続出力の結果をもとに、パルス出力で溶接を行った。パルスレーザ出力は先に測定した基礎データをもとに、ピーク出力 Q_p が連続出力で 1,700W 相当になるように設定し、溶接入熱が一定となるように duty および溶接速度を変化させ突合せ溶接を行った。ここで、パルス周波数は 40, 100 および 200Hz, duty は 10~90% とした。その結果、すべてのパルス周波数において duty が 30~100% の範囲では接合が可能であることが認められたが、20%以下の duty では接合せず、溶融も認められなかった。また、溶接部を肉眼で外観観察した結果、duty が 70%以上で溶接した試料では断続した溶け落ちが見られ、duty の上昇にともない顕著となった。また、duty が 30%の場合は溶け込み不足が見られ、周波数の上昇にともない溶け込み不足が大きくなる傾向を示した。

この接合された試料について、溶接部の内部欠陥を観察するためにX線透視観察を行った。X線透視観察結果を Fig.1 に示す。内部欠陥の少ない試料は Fig.1 (a) に示すように良好であるが、Fig.1 (b) に示すように外観観察では良好な結果であっても内部欠陥が存在する試料もあり、低いパルス周波数ほど顕著であった。



(a) 欠陥の少ない試料 (b) 欠陥の多い試料

Fig. 1 X線透視観察結果

この溶接部の機械的特性を評価するために引張試験を行った。その結果、すべての試料は溶接部で破断した。duty と引張強さの関係を Fig.2 に示す。本実験の範囲での最大の引張強さは 100Hz, 50%で 240MPa を示し、これは母材の強さ (290MPa) の約 80%である。また、連続波で溶接を行った場合の引張強さは 215MPa であり母材の強さの約 75%であった。Fig.2 より、40Hz では duty 50%付近で、200Hz では duty 70%付近でそれぞれ最大値を示し、この最大の強さを示す duty は周波数の上昇とともに高くなる傾向を示した。これは、duty が低い場合には溶け込み不足、duty が高い場合には溶け落ちによるものと考えられ、それらの中間に最適なパルス溶接条件が存在している。これより、良好な溶接部を得るための duty は 50~70%の範囲内であると考えられる。この 50~70%のパルス出力を出すためには 800W 級のパルス YAG レーザ装置で可能であり、連続波で行う場合と比較して、半分以下の出力の装置で溶接することが可能である。

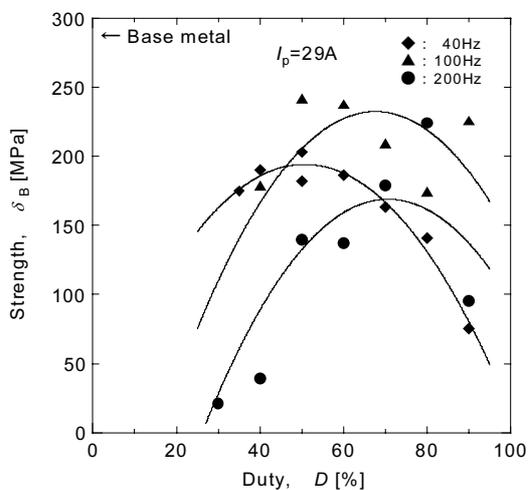


Fig. 2 Duty と引張強さの関係

この溶接部の延性について評価するために曲げ試験を行った。その結果を Table1 に示す。40Hzにおいては 40~60%の範囲では割れなどが全く見られず良好な結果が得られ、良好な範囲を示す duty は引張試験とほぼ同様の傾向が見られ、周波数の上昇とともに広がる傾向が見られた。

Table1 曲げ試験結果

周波数	Duty [%]									
	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
40Hz	*	*	○	○	○	△	△	×	○	
100Hz	*	*	×	○	○	○	○	△	○	
200Hz	*	*	×	×	○	○	○	○	○	

*: 試料取れず ×: 破断 △: 割れ ○: 良好

溶接時の熱による溶接金属の組織を検討するために金属偏光顕微鏡で観察した。各種溶接条件における溶接部近傍の組織を Fig.3 に示す。Fig.3(a)は入熱不足であり溶け込みが少なくさらに溶融部に割れが認められる。反対に(c)は入熱過剰であり、断続的な溶け落ちが生じさらに溶融部に割れが生じている。これらに対して(b)は適正な入熱であり割れや溶け落ちなどは見られず、引張強さでも最大値を示している。



(a) 入熱不足



(b) 適正入熱



(c) 入熱過剰

Fig. 3 各種溶接条件における溶接部近傍の組織

3. 結言

マグネシウム合金圧延板について高出力レーザーのパルス機能を利用し、連続出力からパルス出力への段階的移行に伴う溶接部の品質変化について検討を行った。

その結果、溶接条件を最適化することで、レーザーで溶接することが可能となった。また、これまで困難であったパルス波で溶接することが可能となり、最適化されたパルス波を用いることで、従来の連続波と比較して半分の出力のレーザー装置で溶接することが可能となった。

これより、良好にレーザー溶接するための最適条件を得られ、これまでより安価な装置での溶接加工が可能となった。

ステンレスパイプ溶接部の表面研磨技術

— 電解砥粒研磨による仕上げ技術 —

A Study of Electro-abrasive Polishing for Stainless steel Pipe

いわき技術支援センター 緑川祐二

材料技術部無機材料科 高瀬つぎ子

大野ペロー工業株式会社 近藤一太

溶接したステンレスパイプ（内径φ18.2mm）の内面を研磨するために偏芯型の電極工具を試作して、電解砥粒研磨技術により研磨した。その結果、#400で2分、さらに#3000で1分研磨したところ、表面粗さが $0.21\mu\text{mRy}$ 程度まで達した。そして、溶接焼け等がない光沢のあるステンレスパイプを仕上げることができた。

Key words: 電解砥粒研磨、電解研磨、ステンレスパイプ

1. 緒言

半導体工場で使用されているバルブや配管等の内面は、耐腐食性・耐付着性の向上、流動抵抗の低減のため表面粗さが細かく鏡面仕上げをした部品を使用している。そして、部品加工時に不純物が付着したまま製造工程で使用すると、原料や製品に不純物が混入してしまいクレームの原因になる。そのため、定形品のバルブや配管は、不純物の除去と鏡面仕上げを目的として、電極を用いた電解研磨を施している。しかし、バルブ等にパイプを溶接した部品では、溶接したパイプの軸が若干傾く傾向がある。通常の電極を用いた電解研磨では、傾いたパイプと電極が接触してスパークし、製品と電極が溶着してしまう。このため、溶接した内面を研磨紙やバフによる手作業により研磨し、表面粗さを細かくしている。その後、研磨時の砥粒を除去するため電極と製品が接触しないように隙間を大きく取った電解研磨で対応している。

そこで、本研究では、研磨面の品質を損なうことなく、機械的な研磨と電解研磨を同時に行う電解砥粒研磨技術での加工を検討した。そして、現在、研磨紙やバフ研磨と電解研磨の2工程で行われている研磨工程を電解砥粒研磨の1工程とし、工程数や時間の短縮によりコストを削減することを目的とした。以下にその結果を報告する。

2. 実験方法

2. 1. 試験片

実験に用いたステンレスパイプは、外径がφ21.2mm、内径がφ18.2mm、長さが50mmと20mmで、2本のパイプを円周方向にTIG溶接したものである。材質は、SUS316LのBA材を使用した。

2. 2. 電解砥粒研磨方法

電解砥粒研磨技術とは、被削材を陽極とし、砥粒入り不織布の研磨材を取り付けた電極工具を陰極とする。電極工具は、回転しながら被削材に押しつけて研磨する。その際、研磨面へ電解液（20wt%硝

酸ナトリウム水溶液）を供給する。砥粒擦過の確立は、凸部が凹部よりも大きいため、凸部に対し優先的に機械的な研磨を行う。同時に、金属素地が露出したところを効率よく電解研磨を行う。このように機械的な研磨と電解研磨の相乗効果により凸部が急速に除去される。この結果、効率的な平滑面が得られることになる。¹⁾

2. 3. 偏芯型電極工具の試作

図1に試作した偏芯型電極工具と研磨状況を示す。電極はシャフトから偏芯させて、極力歪みを低減するためにレーザ加工機により溶接した。また、研磨材は、電極に巻き付けて樹脂製のネジで取り付けた。試験片は固定用ジグで固定し、電極工具をパイプの中へ挿入する場合、内面に傷を付けないように、パイプの中心に電極の中心を合わせて挿入する。溶接した内面を研磨する場合、パイプの中心に回転軸であるシャフトの中心を合わせて溶接面へ電極を押しつけて研磨する。このように、研磨したい部分だけを研磨できる電極工具を試作した。

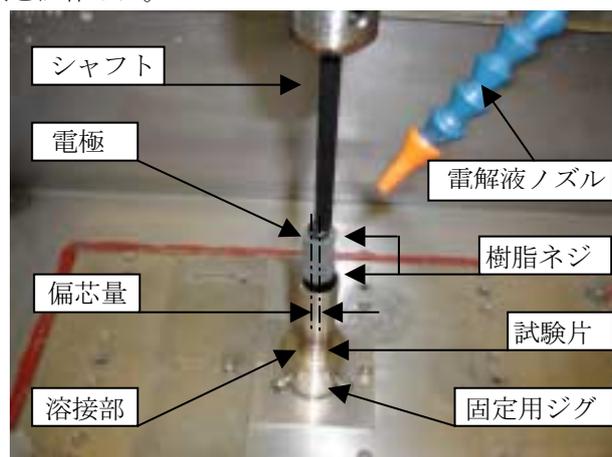


図1 偏芯型電極工具と研磨状況

2. 4. 実験方法

パイプの内面を電解砥粒研磨装置（㈱杉山商事製PIEP-10）により研磨し、現状の研磨工程品と比較検討した。研磨方法は、電極工具を回転させなが

ら上下に揺動を加え、電解液をノズルから研磨面に供給して溶接部及びその周辺を研磨した。

なお、ステンレスパイプの研磨面の仕上げ目標は、表面粗さが $0.7 \mu\text{mRy}$ (最大高さ) 以内で、溶接焼けや研磨焼け等がないことである。評価に用いた機種は、表面粗さ測定機 (株) ミットヨ製サーフテスト S V 624)、エックス線光電子分光装置 (フィジカルエレクトロニクス製 Quantum2000) である。

3. 実験結果及び考察

3. 1. 研磨条件の検討

図 2-(a)に研磨前の溶接部の断面曲線を示す。縦軸のフルスケールは、 $\pm 50 \mu\text{m}$ で、横軸は、8mmである。大きな形状の上に粗さ成分があることがわかる。また、図 2-(b)に低周波成分であるうねりを取り除いた粗さ曲線を示す。縦軸のフルスケールは、 $\pm 5 \mu\text{m}$ で、横軸は、8mmである。溶接部の表面には、ピット等が存在し母材部の表面と比較すると、著しく凹凸があり表面粗さが粗い。このため、#400 で1分間下地の粗加工をした場合には、表面の粗さが除去できないものがあつた。そのため、#400 で、2分間研磨をした断面曲線を図 2-(c)に、粗さ曲線を図 2-(d)示す。研磨前の曲線と比較すると、表面の粗さが細くなり、溶接部と母材部の表面粗さが同等になっていることがわかる。さらに、#3000 で1分間仕上げ加工をした断面曲線を図 2-(e)に、粗さ曲線を図 2-(f)に示す。表面が、さらに滑らかになっていることがわかる。#3000 で仕上げた面の表面粗さは、 $0.21 \mu\text{mRy}$ まで達した。

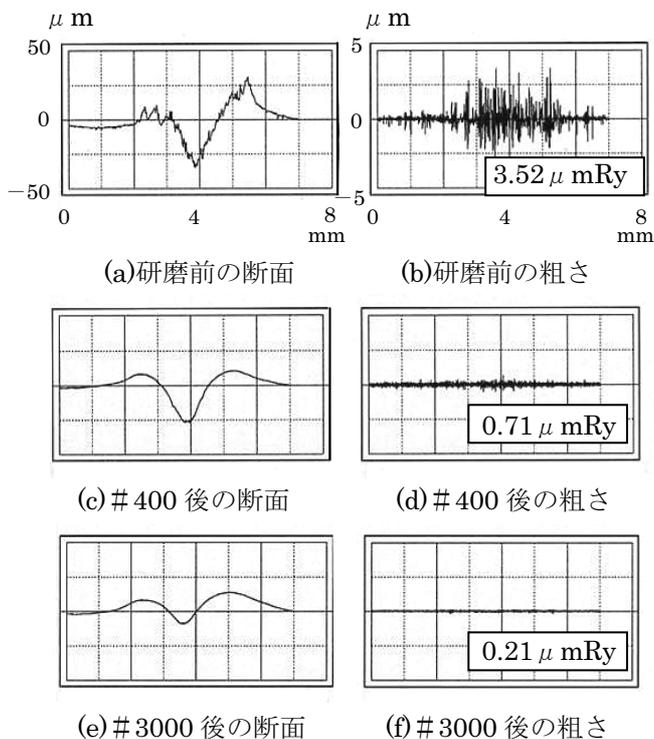


図 2 研磨前後の断面曲線と粗さ曲線

表面粗さの測定条件は、基準長さが 0.8mm、評価長さが 8mm、カットオフ値が 0.08mmである。

溶接部を研磨する場合、電流密度を高く設定すると溶接部の金属組織は、粗大化しているため、母材部より先にピットが発生すると考えられる。このため、 0.1 A/cm^2 程度の電流密度 (電流値を電極工具の研磨面積で除した値) で研磨した。²⁾

また、図 3 に研磨前後の写真を示す。電解砥粒研磨技術を用いて研磨した結果、研磨面に溶接焼け等がなく平滑で光沢のあるパイプを仕上げることができた。

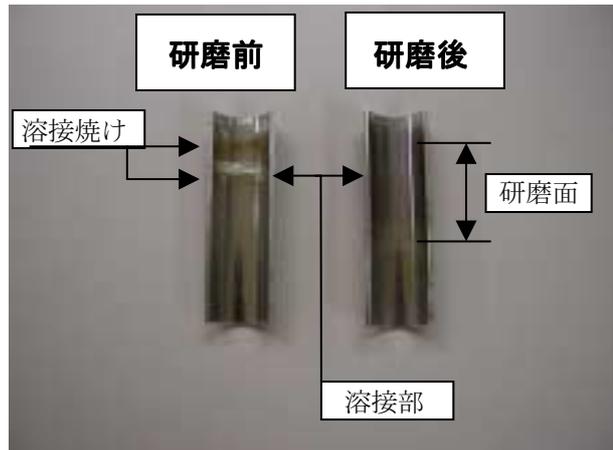


図 3 研磨前後のステンレスパイプ

3. 2. XPSによる深さ方向の分析

研磨した $0.21 \mu\text{mRy}$ の研磨面では、5 nm 程度の酸化クロム層の不働体被膜があり、これは、通常の砥粒による機械的な研磨と同じ様な研磨面が得られた。

4. 結言

今回の実験の結果から、次のことを確認した。

- 1) ステンレスパイプ内面の任意の場所を研磨するために偏芯型の電極工具を試作した。
- 2) 溶接したパイプ内面を #400 で2分、#3000 で1分研磨した結果、表面粗さが $0.21 \mu\text{mRy}$ 程度に達した。
- 3) 溶接焼け等がない光沢のあるステンレスパイプを仕上げることができた。

謝辞

本研究の遂行に当たり、ご指導、ご協力頂きました独立行政法人産業技術総合研究所の清宮紘一先生、名古屋工業大学の梅原徳次先生、いわき技術支援センター職員に感謝いたします。

参考文献

- 1) 清宮紘一：“小径ステンレス鋼管内面の電解砥粒研磨仕上げ”、真空 第40巻 第6号 pp.19-24、1997
- 2) 緑川祐二他：“電解砥粒研磨によるステンレス容器の仕上げ技術”、福島県ハイテクプラザ試験研究報告 pp.123-126、2001

ステンレス素地への漆塗料の密着法の確立と装飾化の研究

Research of the decoration using the technical development and its adhesion technology
for a urushi adhering to the stainless steel surface

会津若松技術支援センター
(有)儀同漆器工房

須藤 靖典
儀同 哲夫・村上 修一

ステンレス素地スプーンなどに漆塗料を塗布し、如何なる条件下においても剥離等が生じない密着性を確立するとともに、堅牢でしかも装飾性、機能が向上した新しい金胎漆器としての製造技術の構築が出来ました。

Key words : ステンレス、漆、プライマー、シランカップリング剤、サンドブラスト

1. 緒言

1.1 研究の目的と背景

近年、漆器業界は木質系素地に変わる素材として、紙や陶磁器などを活用した紙胎、陶胎漆器などが商品化されています。この傾向は、素材としての木材の安定供給体制が崩れつつあることから生じる原因と差別化された個性的な商品を買求める消費者動向も影響しているもの推察する。その為、これらの現状を踏まえ本研究では現代生活に即応した新しい漆器製品のコンセプトとして、ステンレス素地を応用した金胎漆器の製造技術の確立を目指した。実験としては、ステンレス素地への密着性を重要視し加えて、装飾性を付与することで新規で今様の金胎漆器の製品化を行った。

1.2 実用化への問題解決

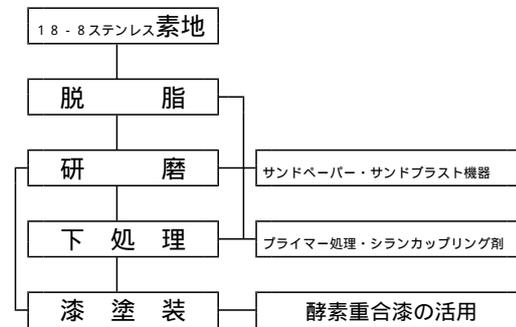
製品化を図る際の解決すべき項目として、1) ステンレス素地への密着方法の確立、2) 塗装工法の確立、3) 装飾方法の選択などがあげられる。1)に

ついては、低温焼付・プライマー処理・シランカップリング剤などを活用する工法。2)については手塗りと吹付塗装の併用。3)については蒔絵を含めた螺鈿、象眼などの活用を検討することとした。

2. 実験

2.1 実験-1と結果

実験-1では、平板のステンレス材への密着性、塗装性の確認を行い、次に行う実験-2の製品に应用するための基礎データとして行った。その工程を下記に示す。



	研磨状況	上塗り漆	膜厚 μm	密着性	浸漬試験/密着性	摩耗試験	荷重引掻試験(g)	耐煮沸試験/密着性
F1	脱脂・洗浄/#1500/水研ぎ	素黒目+シランカップリング剤	56.6	100/100	100/100	○	100	剥離 0/100
2	〃	重合漆+シランカップリング剤	79.6	80/100	100/100	○	100	異常なし 100/100
G1	脱脂・洗浄/サンドブラスト	素黒目+シランカップリング剤	37.7	100/100	100/100	○	150	異常なし 100/100
2	〃	重合漆+シランカップリング剤	30	100/100	100/100	△	150	異常なし 100/100
H1	脱脂・洗浄/サンドブラスト	素黒目+シランカップリング剤	43.6	100/100	100/100	○	150	異常なし 100/100
2	〃	重合漆+シランカップリング剤	28.4	100/100	100/100	○	150	異常なし 100/100
I1	脱脂・洗浄/#1000/水研ぎ	素黒目+シランカップリング剤	57.4	0/100	100/100	△	150	異常なし 100/100
2	〃	重合漆+シランカップリング剤	31.7	90/100	100/100	○	150	異常なし 100/100

表-1 実験-1の密着性及び各種物性試験結果 (JIS5400塗膜の付着性試験による)

2.2 実験-1の結果分析

表-1に示した通りステンレス(SUS304-18-8)板への密着性及び各種物性試験結果では、素地調整段階でサンドブラストを使用し、シランカップリング剤を添加した漆塗膜は良好な試験結果が得られた。これ以外のサンドペーパーやプライマー剤を使用した試験片の結果は、密着不良が多く発生し

試験片名	研磨状況	上塗り漆	密着性
A1	研磨無し	素黒目漆+G1添加剤	0/100
B1	研磨無し	重合漆+シランカップリング剤	0/100
C1	#1000水研ぎ	素黒目漆+G1	0/100
D1	#1000水研ぎ	重合漆+シランカップリング剤	0/100
E1	研磨無し	素黒目漆+MEp	0/100
F1	#1000水研ぎ	素黒目漆+MEp	0/100
G1	研磨無し	素黒目漆	0/100
H1	#1000水研ぎ	素黒目漆	0/100

た。

2.3 実験-2と結果

実験-1の結果を踏まえ、次段階として具体的な製品としてスプーン素地を使用した。工程は実験-1と同様に行った。

試験片名	研磨状況	上塗り漆	密着性
A2-1	#180	素黒目漆+G1添加剤	0/100
A2-2	#400	素黒目漆+G1添加剤	70/100
A2-3	サンドブラスト	素黒目漆+G1添加剤	95/100
B2-1	#180	重合漆+シランカップリング剤	80/100
B2-2	#400	重合漆+シランカップリング剤	0/100
B2-3	サンドブラスト	重合漆+シランカップリング剤	80/100
C3-1	#180	重合漆+MEp	100/100
C3-2	#400	重合漆+MEp	100/100
C3-3	サンドブラスト	重合漆+MEp	100/100

表-2 実験-2剥離試験及び浸漬試験結果

2.3 実験-2の結果分析

実験-1の試験データを基に実験-2を行った。素地研磨ではサンドブラスト及びメッシュの荒いサンドペーパーを使用しその後、重合漆にシランカップリング剤(MEp)を添加した上塗り漆が密着性良好であった。この結果は、装飾性を付与させる為の塗膜としては最適であることから、螺鈿等を含めた数多くの蒔絵技法が発揮できる条件が整ったと判断される。



図-2 溜塗りを応用したスプーン

3. 装飾

実験-2の結果を基に、蒔絵技法の選択を行った。今回、選択した技法は螺鈿と塗りの加飾とも呼ばれる溜塗り(透漆を透して弁柄色が見える技法)をスプーンの末端部分に装飾することとした。その結果は、図-1.2の通りとなった。



図-1 鮑貝を応用した螺鈿スプーン

4. 結言

3ヶ月という短い期間内に、製品化の方向性を導き出す目的で実施された即効型の本研究で、漆とステンレス素地を活用した今様の金胎漆器の製造ノウハウが蓄積されたことは、単に食器やその他の什器類への活用に止まらず、より精密で希少価値の高い金属製品への応用ができる技術シーズとして期待される。

最後に本研究に際して、依頼先事業所である儀同漆器工房の儀同哲夫氏と村上修一氏の御協力に感謝すると共に、是非とも今様金胎漆器の技術的ノウハウを製品化されますことを御期待申し上げます。

柿渋の無臭化及び柿渋の粉末化

Removing odor and Freezed dried persimmon tannin

会津若松技術支援センター 河野圭助

合名会社 畔越商店 畔越大輔

柿渋は天然の摘果された青柿を圧搾処理し、その浸出液を熟成して造りだされるが、その熟成により独特の強烈な臭気が発生するため、柿渋は様々な用途の使用時において敬遠される。そこで、柿渋の天然素材を生かしながら消臭と長期保存面から粉末化を行った。その結果、柿渋を中和処理後、悪臭の分子を芳香剤で包み込む脱臭法と水溶性多糖類で包接消臭法を併用し、真空凍結乾燥を行ったところ独特の異臭は消臭された柿渋の粉末を得ることが出来た。

Key words:柿渋、縮合型タンニン、サイクロデキストリン、脱臭剤、粉体化

1. 緒言

近年、化学物質による「シックハウス症候群」や「化学物質過敏症」等、環境、人間への悪影響が多く報告され大きな問題となっている。その原因は主に住宅内装材や家具等に使用されている塗料や接着剤に含まれているホルムアルデヒド、トルエン等にあると言われている。これ等、合成化学物質を含有しない柿渋は天然物由来の水溶性剤で環境や健康への悪影響が少なく、古くから建築物の内装塗料や漆器の下塗りに用いられ、また酒類、調味料の清澄剤として食品分野でも利用されている。しかし、柿渋は独特の異臭があり、様々な用途、販路拡大していくうえで大きな壁となっている。

そこで、柿渋の主成分である縮合型タンニンと製造過程の熟成中に生成される発酵生産物の分子量の違いに着目し、分子量の大きいタンニンは残し、分子量が小さく異臭の元となる成分について、脱臭剤と水溶性多糖類を用い包接複合体を作ってマスキングし、凍結乾燥による柿渋の粉末化について検討した。なお、本研究はハイテクプラザで実施している「公募型ものづくり短期研究開発事業」において行われたものである。

2. 実験方法

2.1. 供試材料

今回の研究で使用した柿渋は全て2年間熟成した市販品を用いた。

2.2. 測定機器

揮発性有機酸については高速液体クロマトグラフ (LC-2000plus有機酸分析専用カラムShodex RSpak KC-811 (日本分光社製)、臭気測定は、におい識別装置 (FF-1 (島津製作所製)) を用い解析手段として主成分分析を用いた。また、タンニンはFolin-Denis法、pHおよび全酸 (pH6.5までの滴定酸度から酢酸として計算) を測定した柿渋10mlに塩化カルシウム15gを添加し水蒸気蒸留し、溜液600mlを得る。これをN/10NaOHで滴定して揮発性酸 (酢酸として計算) を定量した。

2.3. 消臭方法

中和反応処理、脱臭剤処理と賦形剤処理による消臭

を行った。

2.4. 柿渋の粉末化

柿渋を水溶性多糖類で包接複合体を得るため、賦形剤の選択と濃度を検討し、真空凍結乾燥機 (TFD-550 (宝製作所製)) で柿渋の粉末化を行った。

3. 結果と考察

3.1. 柿渋の揮発性酸組成と含量

柿渋の揮発性酸組成を測定した結果を表1に示した。この結果から、柿渋は2.1%の全酸を含むが、そのほとんどが揮発性酸で占められ、揮発性酸の54.3%が酢酸、23.6%が酪酸、約6%がプロピオン酸とバレリアン酸となっており柿渋の異臭の主因が、これ等の酸に由来することが分かった。

表1 柿渋の揮発性酸組成

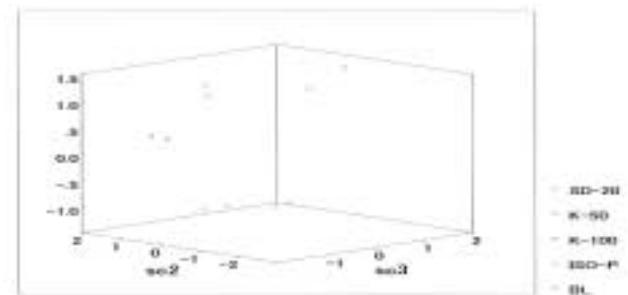
タンニン (%)	pH	全酸 (%)	全酸中の揮発性酸 (%)
5.37	4.30	2.13	94.2
揮発性酸中の酸組成 (%)			
酢酸	プロピオン酸	酪酸	バレリアン酸
54.3	6.3	23.6	6.2

3.2. 各種賦形剤による異臭の包接能

異臭物質の包接効果を見るために、各種賦形剤 (以下 CD と略す) 4種類について柿渋に対し20%で包接した柿渋粉末をFF-1の6chの測定結果から、主成分分析を行った結果を図1に示した。

その結果、非分岐型 CD である K-100 と分岐型 CD のイソエリート P に高い包接能が認められた。

図1 各 CD による異臭物質の包接能

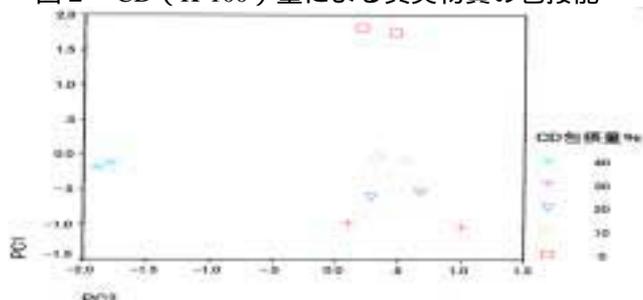


3.3. CD (K-100) の包接量による異臭の包接能

CD (K-100) 包接量を0%から30%へと増加させるに従い、PC1 (臭気の強弱) が小さくなっており、

臭気が少なくなっていると思われる。また、40%包接した柿渋粉末は他の4つの試料よりも Factor score2 (臭気の質) の値が異なる。これは、40%包接した柿渋粉末が、他ものとは傾向が異なることを示している。この要因として CD の量が飽和して、過剰となりセンサが CD 自体に反応していることなどが考えられる。このため 30%包接よりも PC1 の値が大きくなっているものと思われる。以上の結果から CD 包接量は 20%、30%が消臭には有効と考えられる。

図2 CD (K-100) 量による異臭物質の包接能



3.4. 中和処理と脱臭剤処理による異臭の消臭

柿渋を NaOH で pH7.0 に中和処理後、柿渋エキスと柿渋粉末の消臭試験区を表2に示した。また、その消臭効果の結果を図3、4、5に示した。

表2 中和処理と脱臭剤処理の消臭試験区

試験区	脱臭剤	添加量 (%)
A	中和処理、脱臭剤無添加	-
B	エアケム 188	0.2
C	エアケム 188	0.4
D	アメニクリーン M500	0.2
E	アメニクリーン M500	0.4
F	エアケム 188 + アメニクリーン M500	0.2
G	エアケム 188 + アメニクリーン M500	0.4
H	中和無処理	-

その結果、柿渋エキスの脱臭は中和処理することにより明らかに消臭効果が認められた。また脱臭剤単体の試験区 B から E は中和無処理試験区 H の方向に近くなり、臭気が強くなった。これは脱臭剤自体をセンサが検知し出力が大きくなったためである。また2種類の脱臭剤を混合した試験区 F、G は柿渋の臭気軸である試験区 A からは、かなり離れており、柿渋独特の臭気とは異なっている。従って柿渋自体の臭気は少なくなっていると考えられる。脱臭剤添加量の比較試験については、添加量が多い程、試験区 G、F に近くなっていることから、添加量を多くすることにより、柿渋の消臭効果が認められた。

一方、柿渋粉末の消臭試験では、原液粉末が他の試験区に比較し非常に臭気が強いため、測定時の出力が大きいため、試験区 I を除いた解析結果を図4に示した。

その結果、CD で臭気成分を包接しているため全体的に出力が小さく、柿渋の原液エキスの粉体を除けば

CD による包接効果が認められた。

図3 中和、脱臭剤処理による消臭 (エキス)

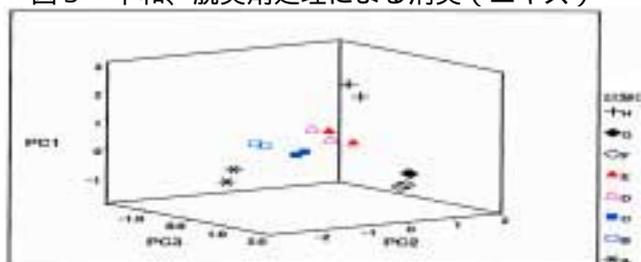


図4 中和、脱臭剤処理による消臭 (粉末)

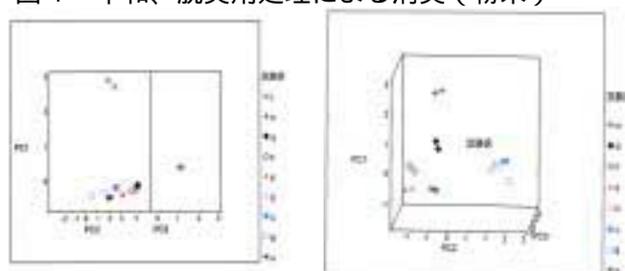


図5 消臭した柿渋



4. 結言

- 1) 柿渋に含まれる約2%の全酸のうち、94%が揮発性酸で占められ、揮発性酸のうち54%が酢酸で23%が酪酸、他にプロピオン酸、バレリアン酸が検出された。これ等の揮発性酸が柿渋の強烈な異臭の原因と考えられる。
- 2) 柿渋に対し20%以上のCD量で臭気の包接効果が認められたが、完全の消臭には至らなかった。
- 3) 柿渋を中和処理後、脱臭剤による消臭を行ったところ、芳香成分によって柿渋独特の臭気の少ない柿渋エキスを得ることができた。
- 4) 柿渋を中和処理後、脱臭剤による消臭とCD包接の併用による柿渋粉末化を行った結果、柿渋独特の臭気は緩和され、僅かな芳香をおびた粉体を得ることができた。
- 5) 柿渋の主成分は柿タンニンで、空気中で酸化して凝固し易い性質を持つが、CDで包接処理後、直ちに乾燥処理することにより、柿渋の凝固は防止できた。