

ISSN 0918-0192

CODEN:HKSHEQ

兵庫県立工業技術センター研究報告書

第 1 4 号

平成 1 7 年版

兵庫県立工業技術センター

Hyogo Prefectural Institute of Technology

兵庫県立工業技術センター研究報告書 第14号 目次

＜地域新生コンソーシアム研究開発事業＞

ページ

- | | | |
|----------------------------|------------------------------------|---|
| 1 醗酵食品副産物からの機能性物質生産技術の開発 | 原田 修、吉田和利、脇田義久、大橋智子、井上守正、桑田 実、一森和之 | 1 |
| 2 斜め織織物の開発と高性能・高機能繊維系製品の開発 | 小紫和彦、藤田浩行、瀬川芳孝、仙崎俊明、佐伯光哉、長谷朝博 | 4 |

＜中小企業支援型研究開発事業＞

- | | | |
|---|----------------|---|
| 3 「自動注湯パラメータ最適化システムの開発」
湯流れ解析による自動注湯パラメータの評価 | 柏井茂雄、兼吉高宏、野崎峰男 | 7 |
|---|----------------|---|

＜戦略的基盤技術強化事業＞

- | | | |
|------------------------------|--------------------------|----|
| 4 ロボット用超小型6軸モーションセンサに関する研究開発 | 小坂宣之、北川洋一、中本裕之、幸田憲明、才木常正 | 10 |
|------------------------------|--------------------------|----|

＜兵庫県産学官連携ビジネスインキュベート事業＞

- | | | |
|-------------------------------|-------------------------------|----|
| 5 次世代回路基板に関する調査研究 | 森 勝、園田 司、中川和治、西羅正芳、山中啓市 | 13 |
| 6 麹菌を利用した小麦グルテンの機能化技術に関する調査研究 | 大橋智子、原田 修、脇田義久、桑田 実、一森和之 | 15 |
| 7 新機能バーコードシステム創出研究会 | 三浦久典、北川洋一、中本裕之、小坂宣之 | 17 |
| 8 難燃性マグネシウム合金製ヘルメットの試作に関する研究 | 有年雅敏、野崎峰男、阿部 剛、浜口和也、谷 州博、北沢孝次 | 19 |

＜技術支援の再整備事業＞

- | | | |
|----------------------|---------------------|----|
| 9 応力発光材料の開発と実用化の調査研究 | 石原嗣生、泉 宏和、西羅正芳、山中啓市 | 21 |
|----------------------|---------------------|----|

＜中小企業技術開発産学官連携促進事業＞

- | | | |
|------------------------------------|------------------------------------|----|
| 10 ラピッドプロトタイピング（RP）による鋳造製品の製造技術の開発 | 兼吉高宏、柏井茂雄、平田一郎、後藤泰徳、野崎峰男、山田和俊、松井 博 | 23 |
|------------------------------------|------------------------------------|----|

＜地域中小企業集積創造的發展支援促進事業＞

11 新原料による建設用粘土製品の開発	泉 宏和、河合 進、石原嗣生、 山下 満、石間健市、西羅正芳、 山中啓市	27
12 「複合素材による先染織物生産技術に関する研究」		
12-1 複合素材織物のデザイン開発	古谷 稔、藤田浩行、佐伯 靖、 宮本知左子、近藤みはる、 竹内茂樹、瀬川芳孝、小紫和彦、 仙崎俊明	30
12-2 平織り織機による商品開発	近藤みはる、竹内茂樹、 佐伯 靖、藤田浩行、宮本知左子	32
13 マイクロ加工による超小型精密金型の開発	浜口和也、安東隆志、野崎峰男、 阿部 剛、有年雅敏、松井 博	34
＜技術改善研究事業＞		
14 ワイヤレスネットワーク機能を持つ搬送ロボットの開発	幸田憲明、北川洋一、小坂宣之、 三浦久典、中里一茂、中本裕之	36
15 3次元微細構造の設計・評価に関する研究	小坂宣之、北川洋一、才木常正、 中本裕之	38
16 六価クロムを用いない耐食性めっき皮膜の作製に関する研究	園田 司、泉 宏和、石原嗣生、 西羅正芳、毛利信幸	40
17 非接触型3次元形状測定装置を利用したレリーフパターン制 作技法	後藤泰徳、兼吉高宏、平田一郎、 柏井茂雄	42
18 「先染織物の小ロット対応生産技術の高度化に関する研究」 複数の柄を一度に織る技術の開発	古谷 稔、藤田浩行、小紫和彦	44
19 「繊維系天然高分子の材料化技術に関する研究」		
19-1 エレクトロスピンニング法による医療材料の開発	中野恵之、福地雄介、北川洋一、 毛利信幸、桑田 実	46
19-2 回収牛毛ケラチン由来の生分解性紫外線カットフィルム 製造技術の開発	松本 誠、杉本 太、中川和治、 毛利信幸	48
20 無電解めっきの部分活性化前処理に関する研究	山岸憲史、西羅正芳、松井 博	50

＜部局横断研究事業＞

21 「農林水産業の副産物あるいは廃棄物の炭化をはじめとした各種資源循環 利用法の開発」 高付加価値炭化物の開発	高橋輝男、石間健市、山田和俊、 山下 満、柏井茂雄、上月秀徳	52
--	-----------------------------------	----

＜兵庫県COEプログラム推進事業＞

22 ナノ結晶蛍光体をガラス中に三次元積層化した高輝度発光ガ ラスの開発	石原嗣生、泉 宏和、毛利信幸	54
23 生体適合性材料の構築を目指したエレクトロスピンニング法の 開拓	中野恵之、桑田 実、一森和之	56
24 「湿潤有機性廃棄物の自立型高効率再資源化技術の開発」 タマネギの水熱処理による有効利用およびメタン発酵前処理 に関する研究	原田 修、桑田 実、一森和之	58
25 慢性完全閉塞疾患用超音波カテーテルの研究開発	浜口和也、富田友樹、有年雅敏、 松井 博	60

＜経常研究＞

26 応力発光材料の開発とセンサーへの応用	石原嗣生	62
27 R F I DのF A工程への適用に関する調査研究	三浦久典、小坂宣之	63
28 ナノ粒子焼結材料に関する研究	山田和俊、柏井茂雄、高橋輝男	64
29 導電性高分子の利用技術に関する研究	平瀬龍二、中川和治	65
30 熟練者の特徴を取り入れた個人の手書き文字フォントの制作	才木常正	66
31 ユーザビリティ評価を取り入れた製品評価手法の開発	平田一郎、後藤泰徳	67
32 無電解N i めっき皮膜の表面形態と色調に関する研究	山岸憲史、西羅正芳	68
33 酸化物系磁性半導体を用いるスピンエレクトロニクス材料の 開発	泉 宏和	69
34 いぶし瓦の剥離現象といぶし層の炭素発光スペクトル分光	山下 満	70
35 有機系光機能性素子の開発に関する研究	石原マリ、森 勝、中川和治、 山中啓市	71

36 天然繊維（短繊維）強化樹脂の連続混合造粒システムの開発	長谷朝博、鷲家洋彦	72
37 ゴムあるいは樹脂系発泡体に関する調査研究	鷲家洋彦	73
38 機能性材料の固相接合に関する研究	有年雅敏、野崎峰男、浜口和也、 松井 博	74
39 微細加工・細胞操作を目指したマイクロマニピュレーション に関する調査研究	安東隆志、浜口和也	75
40 生物を規範とするロボットに関する調査研究	安東隆志、中本裕之	76
41 鉛フリーはんだの低サイクル疲労における切欠き効果	野崎峰男、有年雅敏、松井 博	77
42 燃料電池用材料の開発	吉岡秀樹、柏井茂雄	78
43 レーザ加熱を利用した金属板の3次元曲げ加工	岸本 正、柏井茂雄	79
44 機能性材料のプラズマ表面改質による製品開発	柴原正文、上月秀徳、柏井茂雄	80
45 清酒もろみ中アルコール度の簡易測定装置の開発	井上守正、桑田 実、一森和之	81
46 超臨界水による生理活性ペプチドの合成	原田 修、脇田義久、桑田 実、 一森和之	82
47 動物性天然材料を用いた多孔質体の開発	中野恵之、桑田 実	83
48 発酵食品成分の化粧品素材への利用に関する研究	吉田和利、一森和之	84
49 環境汚染を感知する細胞株の樹立	大橋智子、桑田 実	85
50 亜臨界水処理技術を用いた水溶性食物繊維蓄積食品の開発	脇田義久、原田 修、桑田 実	86
51 光応用3次元形状計測の高速化に関する研究	北川洋一、松本哲也、阿部 剛、 福地雄介	87
52 スペックル干渉法による振動測定の高性能化に関する研究	松本哲也、北川洋一	88
53 搬送ロボットの周辺環境認識の評価に関する研究	中里一茂、中本裕之、幸田憲明	89
54 ホログラフィック光学素子を利用した視線入力デバイスの 開発	瀧澤由佳子、北川洋一	90
55 ロボット制御におけるパラメータ決定手法に関する研究	中本裕之	91

56 プラズマ浸炭技術応用によるステンレス系鋳鋼の高強度化について	岡本善四郎、高谷泰之	92
57 純アルミニウムの腐食に及ぼす不純物元素の影響	高谷泰之、岡本善四郎	93
58 ダイバーショナルセラピー用具へのチタンの適用	稲葉輝彦	94
59 実用小型強度試験機の応用に関する研究	永本正義、山本章裕	95
60 ステレオ画像を利用した距離計測技術に関する研究	金谷典武、三宅輝明	96
61 バレル研磨法の合理化と応用	山本章裕、岡本善四郎、 上月秀徳、三宅輝明	97
62 播州織物の複合材料化による新商品開発に関する研究	藤田浩行、小紫和彦	98
63 異物付着繊維製品の迅速解決のためのシステム化	宮本知左子、佐伯 靖、瀬川芳孝	99
64 エコレザーの開発	磯野禎三、杉本 太、 奥村城次郎、志方 徹	100
65 鞣し工程におけるクリーン技術開発（2）	杉本 太、西森昭人、奥村城次郎	101
66 乾燥状態における皮革の耐熱性の評価方法の開発	西森昭人、安藤博美、奥村城次郎	102

1 醱酵食品副産物からの機能性物質生産技術の開発

原田 修, 吉田和利, 脇田義久, 大橋智子, 井上守正, 桑田 実, 一森和之

1 目 的

酒粕、特に近年、生産量が増加している液化仕込みの酒粕や焼酎粕などの醱酵食品副産物は、栄養学的に優れたものでありながら、風味に乏しいために再利用が困難になりつつあり、新たな有効利用法の開発が重要な課題となっている。このため、大関（株）、ヤエガキ醱酵技研（株）、松谷化学工業（株）、兵庫県立工業技術センター、および兵庫県立大学と共同で液化仕込み酒粕や焼酎粕の高付加価値化に関する研究を実施した。

この中で本年度当センターが分担したのは①再醱酵酒粕抽出液の機能性評価（大テーマ：酒粕の再醱酵による機能性物質の生産技術開発）、②レジスタントスターチを含む難消化性成分の生産、および③連続式高温高压水処理によるムメフラールの生産、である。①については、大関㈱および兵庫県立大学のデータを中心に再醱酵物の生理活性評価やその素材化を検討した結果を報告する。②については、酒粕を連続的に高温高压水処理し、難消化性成分として位置づけられるβグルカンやメラノイジンの成分変化について検討した。③については、酒粕および焼酎粕を高温高压水処理し、血流改善効果のあるムメフラールを効率よく生成する条件の検討を行った。

2 実験方法

2.1 酒粕の再醱酵による機能性物質の生産技術開発

（1）酒粕再醱酵物およびその酵素処理物の調製

12.5kg 液化酒粕と 12.5L の酵母懸濁液(1.0×10^8 個/ml)を混合する。これに 6.25 g (酒粕の 1/2000 量)の酵素剤(グルク 100 : アマノエンザイム社製)を加え、15℃一定で 13 日間醱酵させた。醱酵終了後、加熱処理(120℃、10 分間)を行いドラムドライと凍結乾燥で粉末化した。また、対照として再醱酵前の液化酒粕も同様に粉末化した。

また、酒粕再醱酵物の酵素処理には、プロテアーゼを加えて最適条件(省略)で調製した。

（2）再醱酵物の分析

再醱酵酒粕の ACE 阻害活性、および酒粕がラットの血圧に及ぼす影響(ACE 阻害活性)について調べたが、紙面の都合上詳細な分析方法は省略し、概略を以下に示す。

ACE 阻害活性は、Hippurly-His-Leu を基質に酵素を利用する方法で測定した。酒粕がラットの血圧に及ぼす影響は、本態性高血圧自然発症ラットを用い、高食塩含有の飼料を与えて血圧の経時変化を調べることにより検討した。

2.2 レジスタントスターチを含む難消化性成分の生産

（1）酒粕の高温高压水処理

酒粕に蒸留水を加えミキサーで 5 分間攪拌して 10wt% (酒粕の乾燥重量%) の酒粕スラリーを調製し、高温高压水処理に供した(高温高压水処理の詳細は前号(第 13 号)を参照)。

酒粕スラリーは予熱水と混合されて、最終的に 2.6wt% になる。処理液は凍結乾燥を行い、難消化性成分の測定に供試した。また、処理液の一部を 14,000rpm で 15 分間遠心を行い、上清を凍結乾燥した後、ACE 阻害活性試験に供試した。高温高压水処理による可溶成分の変化は、各反応温度での処理液中の固形分と可溶成分の重量から算出した。

（2）難消化性成分および ACE 阻害活性の分析

難消化性成分の測定の詳細は省略するが、その概略は以下の通りである。

難消化性成分の組成として考えられるメラノイジン、レジスタントスターチ、およびβグルカンは、高温高压水処理酒粕を硫酸や酵素処理により生成するグルコース量により概算した。ACE 阻害活性は、Hippurly-His-Leu を基質に酵素を利用する方法で測定した。

2.3 連続式高温高压水処理によるムメフラールの生産

本実験では連続式高温高压水処理装置を用いた(装置の詳細については前号(第 13 号)を参照)。

処理液はそのまま凍結乾燥してムメフラールの分析に供した。ムメフラールの分析には、逆相 HPLC を用いた。C18 系カラムを用いて A 液水、B 液アセトニトリルのリニアグラジエントで、UV (282nm) により検出を行った。ムメフラールのスタンダードは市販品がないため、梅エキスより逆相 HPLC で分取して精製したものを用いた。

3 結果と考察

3.1 酒粕の再醗酵による機能性物質の生産技術開発 (1) 酒粕再醗酵物の ACE 阻害活性

酒粕及び再醗酵酒粕の ACE 阻害活性を測定した結果、両者とも濃度依存的に活性が増強しており、抽出液に含まれる多様な物質の中に ACE を阻害するペプチドが含まれていることが示唆された(図1 共同研究者 大関(株)より)。また、ACE を 50 %阻害する濃度(IC₅₀)は、酒粕 34.0mg/ml、再醗酵酒粕 8.7mg/ml を示し、酒粕を再醗酵することにより、ACE 阻害活性が 3.9 倍増強された。

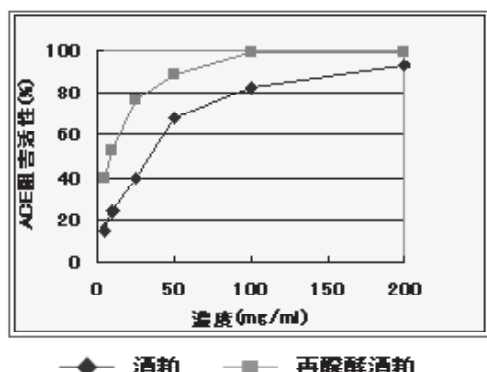


図1 ACE 阻害活性に対する再醗酵効果

また、再醗酵物をさらに酵素処理した場合、オリエンターゼ 20A が最も効果的であり、酒粕に添加したとき 6.8 倍、再醗酵物に添加したときは 5.0 倍阻害活性が高くなった。また、再醗酵とプロテアーゼ処理を組み合わせることにより、未処理の酒粕に比べて 14.4 倍の大幅な活性増強効果が確認できた。

(2) ラットを用いた ACE 阻害活性

酒粕 DD (ドラムドライ酒粕)、酒粕 RDD (ドラムドライ再醗酵酒粕)、酒粕 RDDP (ドラムドライプロテアーゼ処理再醗酵酒粕) を食餌成分として与えた SHR の 21 日間にわたる収縮期血圧の経時変化を図 2 (共同研究者 県立大より) に示した。図中、同一アルファベットを表記していない場合優位差があることを示している。実験開始 14 日目には対照群 (247 ± 8mmHg) に対して酒粕 DD 群 (214 ± 3mmHg)、酒粕 RDD 群 (215 ± 10mmHg)、酒粕 RDDP 群 (217 ± 5mmHg) で有意な低下がみられた (P<0.05)。21 日目には対照群 (235 ± 6mmHg) に対して酒粕 3 群でいずれも低値を示し、特に DD 群 (197 ± 13mmHg)、酒粕 RDDP 群 (183 ± 10mmHg) で有意な低下がみられた (P<0.05)。

これらの結果から、再醗酵酒粕には ACE 阻害活性が強化されたことは明らかで、さらにボランティア試験により検証する予定である。本研究結果は特許出願をして

おり、今後実用化のための試験を行う。

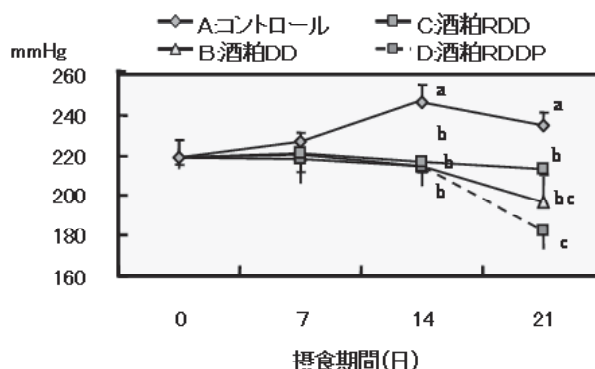


図2 ラットの血圧の変化

3.2 レジスタントスターチを含む難消化性成分の生産

(1) 難消化性成分の含有量

酒粕および高温高压水処理酒粕に酵素処理あるいは硫酸処理することで遊離してくるグルコース生成量を指標に、レジスタントスターチとβグルカンの総量とメラノイジン量を算出したところ、高温高压水処理することにより、両者ともに増加することが確認された(表1)。増加する割合としては、レジスタントスターチとβグルカンの総量よりもメラノイジンの方が大きく、酒粕を高温高压水処理することにより増加する難消化性成分の多くはメラノイジンであることが判明した。

表1 酵素、硫酸処理によるグルコース生成量および難消化性成分含有量

	①	②	③	④
未処理酒粕	29.7	30.6	0.9	---
320℃	12.5	15.3	2.8	15.3
375℃	7.0	10.7	3.7	19.9

①アミラーゼ・アミログルコシダーゼ処理によるグルコース生成量 (%), ②硫酸処理によるグルコース生成量 (%), ③レジスタントスターチ&βグルカン量 (%) (②-①), ④ラノイジン量 (%) (②の未処理-②の処理物)

(2) ACE 阻害活性

メラノイジンやペプチドで報告されている ACE 阻害活性について検討したところ、未処理サンプルでは IC₅₀ が 41.8mg/ml であったのに対し、処理サンプルでは IC₅₀ が減少しており、超臨界水処理である 375℃処理では 4.1mg/ml と約 10 倍強い ACE 阻害活性が確認された。この理由として、酒粕中に含まれるタンパク質が加水分解

解により低分子化、可溶化し、ACE 阻害活性を有するペプチドが生成したこと、および加水分解反応と同時に引き起こるメイラード反応によりメラノイジンが生成したことにより ACE 阻害活性が上昇したと考えられる。得られた可溶成分中には *in vitro* での抗酸化活性（前回報告）が確認されており、未処理時に比べると活性が顕著に上昇していた。また、可溶成分には上記の生理活性に加え、アミノ酸や酵母由来の種々の成分が含まれている可能性があるため、調味料等への利用が期待される。

3.3 連続式高温高压水処理によるムメフラールの生産

200℃～380℃の高温高压水で酒粕をクエン酸共存下で処理した結果、ムメフラールは 290℃、HMF は 320℃で極大を示した(図は省略)。ムメフラールおよび HMF はそれぞれ熱安定性が違うためこのような結果になったと考えられ、以後ムメフラールの生成量の極大であった 290℃の処理温度で実験を行った。

このように、クエン酸存在下で酒粕を高温高压水処理すると HMF およびムメフラールが生成することが分かったが、HMF 濃度はムメフラールに比べて約 200 倍と高く、またクエン酸が大量に存在しているので、さらにムメフラールが生成する余地が十分にあると考えた。そこで、290℃処理物について、さらに加熱（90℃）することによりムメフラールの生成量の増加を試みた。その結果を図 3 に示す。

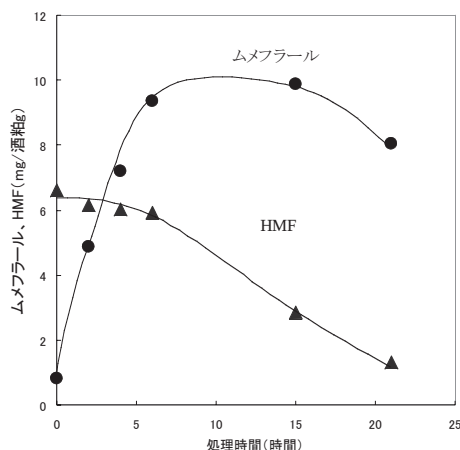


図 3 高温高压水処理酒粕の再加熱（90℃）

図のように、加熱時間と共にムメフラールが増加し、その逆に HMF が減少した。しかし、加熱時間が 10-時間ほどで HMF は減少するにもかかわらずムメフラールの増加は認められなくなり、さらに加熱すると減少する傾向が見られた。これはムメフラールが長時間の加熱で分解するためであると考えられる。いずれにしても、ク

エン酸存在下で高温高压水処理した酒粕を加熱することによりムメフラールの生成量を約 20 倍に増加させることができた。

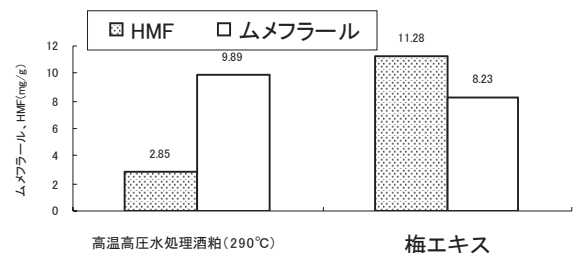


図 4 梅エキスおよび高温高压水処理酒粕（90℃加熱）のムメフラールおよび HMF 含有量の比較

市販梅エキス（クエン酸は乾燥重量で 63 %）と再加熱した高温高压水処理酒粕（同 60 %）のムメフラールおよび HMF 含有量を図 4 に示した。図より高温高压水処理酒粕は梅エキスに比べてムメフラールが 1.2 倍、HMF が 25 %となった。高温高压水処理操作の簡便さ、および反応の早さを考慮すれば、従来の梅エキスからの製造に比べ非常に簡単に調製することができ、しかも生成量も多い。さらに、食品にとってあまり好ましくない HMF 含有量が梅エキスに比べ 25 %と低い。以上のことを考えれば、本研究における酒粕および焼酎粕の高温高压水処理は、原料は副産物からであり操作方法も簡便で市販品と同等のムメフラールを含有する事から非常に有用な方法といえる。

4 まとめ

本方法により酒粕および焼酎粕から生理活性物質を生産することができた。具体的には、酒粕を再醗酵処理することにより ACE 阻害活性効果を強化することができ、特許出願するとともに製品化のための展開を検討している。また、高温高压水処理を利用することにより酒粕に ACE 阻害活性および抗酸化活性を強化することができ、クエン酸存在下では血流改善効果の高いムメフラールを高濃度で生成させることができた。これらの付加価値の高い酒粕は調味料等への利用が期待され、今後食品関連企業と検討を行う。

謝 辞

本研究は、平成 16 年度地域新生コンソーシアム研究開発事業により実施しました。管理法人（財）新産業創造研究機構をはじめ関係各位に深く感謝します。

（文責 原田 修）

（校閲 桑田 実）

2 斜め織織物の開発と高性能・高機能繊維系製品の開発

小紫和彦，藤田浩行，瀬川芳孝，仙崎俊明，佐伯光哉，長谷朝博

1 目 的

播州織産地における斜め織織物のシーズとゴム製品製造業の伝動ベルト用基布としての斜め織織物のニーズをコーディネートすることにより、昨年度に継続し斜め織織物の研究を実施した。

今年度は、斜め織織機の開発を行うとともに、開発織機による製織技術の検討、製織した斜め織織物の伝動ベルト基布としての性能等を検討したので報告する。

2 斜め織織機の開発

播州織産地における斜め織織機の開発経緯としては、昭和 48 年頃にシャトル織機で試みられ、平成元年度に今回の開発基礎としたレピア織機で開発した織機¹⁾があり、今回の織機開発が3回目となる。今迄の織機は、たて糸の送出し装置或いは織物の巻取り装置が織機本体から独立させることができないため箆を斜めとし、クランク機構により箆打ちを行い、開口装置も箆に平行に設置していた。

今回の斜め織織機の開発において重要視した点は、斜め織織物の普及を考えて斜め織織機の商業生産が可能であることとした。今回の開発織機は、電子機器の飛躍的進歩により、送出し装置及び巻取り装置が任意に設置可能となったため、織機本体の箆、開口装置はそのまま送出し装置、巻取り装置を斜めに配置した。参考のために昨年度に決定した開発斜め織織機の仕様²⁾を表1に示すが、ベース織機は高速レピア織機（津田駒工業(株)製 FR001、箆幅 190cm）とし、斜め織織用に改良した事項は次の通りである。

- ① たて糸ビームから織前までのたて糸距離をなるべく同じとするため3本ビーム方式の電動送出し装置とした。
- ② 布巻取りは、斜め織織物の交差角の戻りを防ぐため、接触巻きの電動巻取りとし、加工工程まで巻いた状態を保持することとした。
- ③ 従来の箆打ち方向を 45° 方向変換する装置すなわち箆打ち装置を開発した。
- ④ レピア駆動は、従来通りである。しかし、レピアガイドはたて糸と平行とするため 45° 傾けた。

表1 開発斜め織織機の仕様

項 目	仕 様
ベ ー ス 織 機	高速レピア織機
開 口 装 置	10枚電子ドビー装置
箆 打 ち 装 置	両側確動カム駆動方式
送 出 し 装 置	3本ビーム・電動方式
巻 取 り 装 置	電動方式
回 転 数	300 RPM

⑤ よこ糸選択部分のヤーンデレクトを 45° 傾けた。

図1に開発斜め織織機を示す。開発の重要なポイントは、箆打ち装置の開発であった。

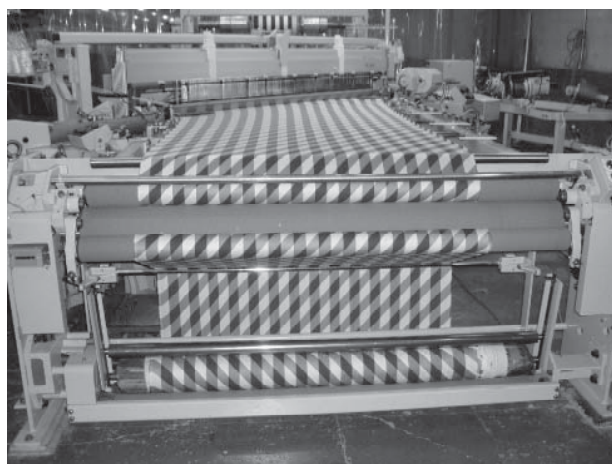


図1 開発斜め織織機

従来の箆打ちは、箆打ちカムによって揺動運動するロッキングシャフトに同調運動する箆によって行われた。今回の開発は、ロッキングシャフトの揺動運動を応用して、ロッキングシャフトと箆を把持するスレーソードの間に揺動レバー等を設けることにより斜めの箆打ちを可能としている。図2に箆打ち装置の説明図を示すが、図中の 22 は箆、36 はロッキングシャフト、38 は第1揺動レバー、44 は第2揺動レバー等を示す。箆打ちを斜めにするためには、箆の箆羽は 45° 傾ける必要がある。なお、本箆打ち装置は特許出願中である。

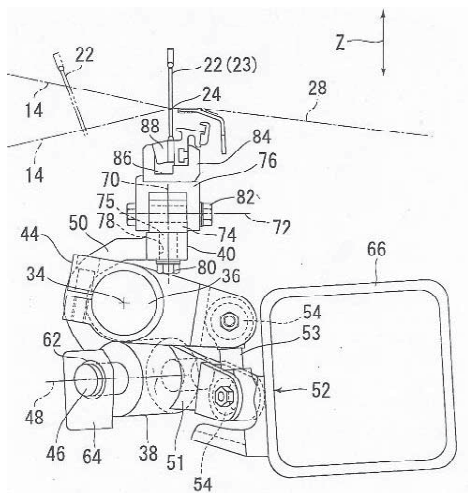


図2 箆打ち装置説明図

3 製織試験

斜め織機機の完成後、製織試験を行った概要は次の通りである。

斜め織機機で製織すると図3に示すような張力差を示し、伝動ベルト作成のためにゴムを擦り込むフリクション加工を行うと、図4のようにビーム境に筋が発生した。

製織性を向上する目的でたて糸ビーム張力の調整方法、ビーム幅の検討、ビーム境のたて糸クロス等いろいろと行った中で、特に効果があったのは、特殊テンプルの開発である。

織機のテンプルは、製織に伴い織物の急速な織縮みを抑制するために、織前近くで織物の両耳部を左右に引っ張る部品である。製織には重要な役割であり、よこ糸方

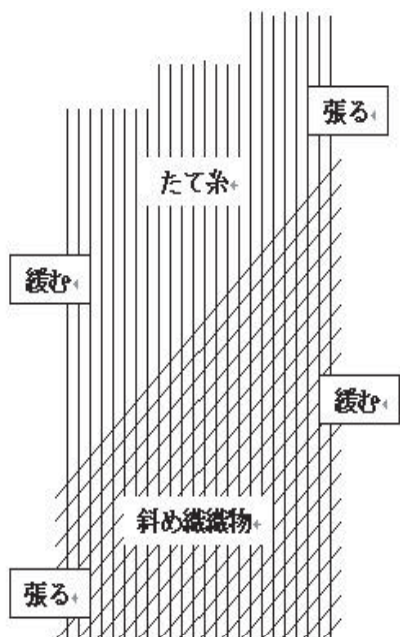
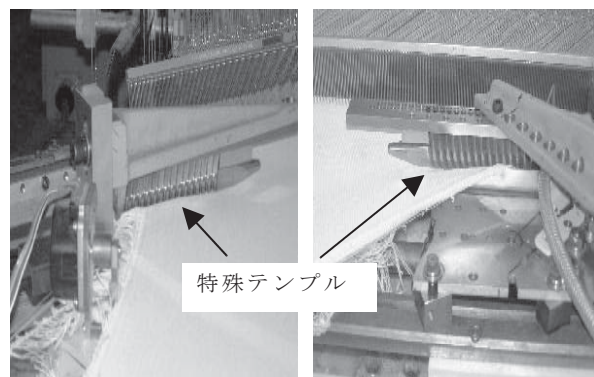


図3 斜め織機機の製織状態



図4 伝動ベルト作成時の3本ビームのシワ発生の問題

向に引っ張りつつたて糸方向に回転することが要求され、従来織機用のテンプルを使用していたのでは引っ張る方向に無理が生じる。この問題を解決するために斜め織機機用特殊テンプルを開発した。この特殊テンプルを取付けることにより、斜め織機機の製織性は飛躍的に良くなった。図5に特殊テンプルの取付け状態を示す。また、織前における織物の上下動を押さえることにより、



左側特殊テンプル 右側特殊テンプル

図5 特殊テンプル取付け状態

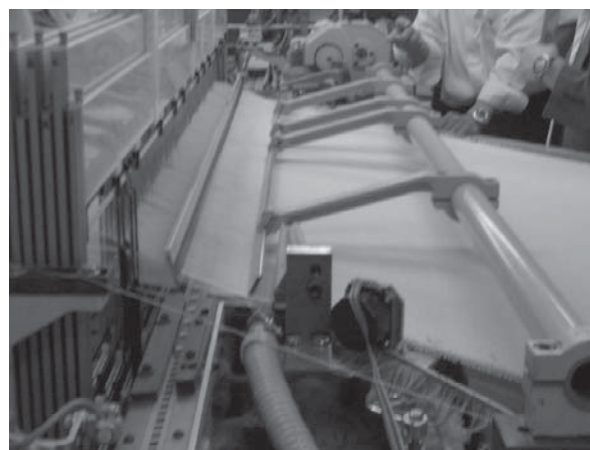


図6 織物押さえバーの取付け状態

織機の安定した稼動が可能となった。図6に織物押さえバーの設置状態を示す。

伝動ベルトの基布を中心に製織試験を行ったが、伝動ベルト基布は綿糸 20 番手 3 子使いの太番手である。さらに、衣料用織物として綿糸 80 番手双糸、カーシート用織物としてポリエステル加工糸 150 デニール使用等も試織したが問題なく織れた。

斜め織織機は、斜めに筈打ちするため、織物全幅でたて糸密度が同一になることは難しく、両端が粗く、中央が密になる傾向にあるため、たて糸密度むらが織物品質上問題があるならば、筈羽密度を位置により変えることである程度調整可能であることを確認した。

4 用途開発の検討

本研究のシーズとなった伝動ベルトの基布は、図7に示すように使われる。この基布に斜め織織物を使うと普通織物より曲げ剛性が低いため伝動効率が良くなり、省エネルギーとなる。図8が伝動効率を測定した結果であり、約1%の伝動効率の改良を認めている。数値的には僅かであるが、伝動ベルトの消費量が大きいいため効果は大きなものとなる。日本の伝動ベルトの消費量は約2,000 万本/年であり 20 %に斜め織織物を使用するとし、平均使用動力 3kw、平均使用時間 8 時間/日、平均稼働日数 250 日/年とすれば、省エネルギー電力量は24,000 万 kwh となり、原油に換算して 56,544kl の省エネルギーとなる。なお、これに使用する斜め織織物は

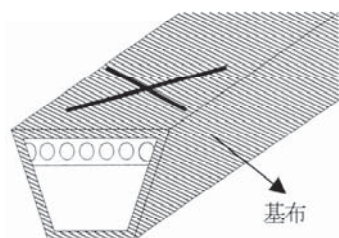


図7 伝動ベルト基布の使用状態

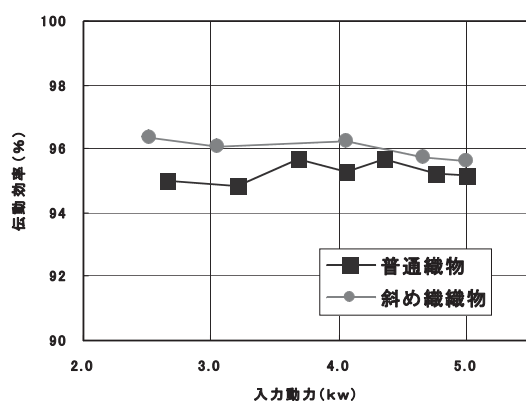


図8 伝動効率測定

30 万㎡となる。

斜め織織物の特性については前報²⁾で述べているが、特性を活かした伝動ベルト用基布以外の用途開発も必要と考える。用途としてはカーシート、シューズ生地、傘地、衣料用等いろいろと考えられる。用途展開には織物整理加工は必要と考えるので、衣料用を考えて試織した斜め織織物を実際の織物整理加工工程で試験した結果、問題なく加工が出来た。しかし、よこ糸がたて糸と直交する方向に動くため、織物幅が広がり、加工あがりにおいて交差角が約120°を示す。加工後に洗濯すると、条件によってはさらに直交状態に近づく傾向を示すため、実用性能についてはさらなる検討が必要と考える。また斜め状態を安定的に保持するためには、コーティング加工、ラミネート加工などが必要と考える。

5 まとめ

この研究は、斜め織織物のシーズとニーズをコーディネートすることから開始したものであり、斜め織織物の実用化を図るため汎用高速レピア織機をベースとして世界初の斜め織織機の開発ができた。

斜め織織機の製織性については、斜め織織機用特殊サンプルの開発が効果的であった。

ニーズとなった斜め織織物の伝動ベルト用基布としての有効性は確認出来た。しかし、伝動ベルトの実生産工程において課題が残っているため研究をさらに継続している。

斜め織織物は、特異な特性を持っているためカーシート、シューズ生地、傘地、衣料用等いろいろな用途展開が考えられるため、使用素材等も含めて実用化に向け検討を進める考えである。

謝 辞

本研究は、平成 16 年度地域新生コンソーシアム研究開発事業により実施しました。管理法人(財)新産業創造研究機構をはじめ関係各位に深く感謝いたします。

参 考 文 献

- 1)産業資材用特殊織物の開発に関する研究，平成元年度加速的技術開発支援事業成果報告書西脇地区(1990)，兵庫県中小企業振興公社。
- 2)斜め織織物の開発と高性能・高機能繊維系製品の開発，平成 15 年度地域新生コンソーシアム研究開発事業成果報告書(1994)，(財)新産業創造研究機構。

(文責 小紫和彦)

(校閲 仙崎俊明)

3 湯流れ解析による自動注湯パラメータの評価

柏井茂雄, 兼吉高宏, 野崎峰男

1 目 的

注湯速度は鋳物の品質を大きく左右する重要な要素であり、製品ごとに適切な注湯作業が要求される。このため手作業による鋳造では、熟練作業者が微妙に注湯速度を変化させ、鋳型への溶湯流入をコントロールしている。一方、量産鋳物を中心に自動注湯機が広く普及しているが、自動注湯においても製品ごとの注湯速度の設定が必要である。しかし、注湯速度の微妙な設定は試行錯誤で行われている場合がほとんどで、多くの時間と労力を必要としているのが現状であり、このことが少量、中量生産での利用を制限している。熟練者の注湯挙動をシミュレーションし、取鍋の傾動速度関数（注湯パラメータ）を自動注湯装置に設定することができれば、短時間で自動注湯装置の最適設定が可能であると考えられる。

そこで本研究では、自動注湯パラメータ最適化システムの開発を目的とし、熟練作業者および自動注湯機の注湯速度の測定と、湯流れ解析による注湯作業のシミュレーションを行い、これらを比較することで注湯パラメータを評価する方法を検討した。

2 実験方法

2.1 注湯速度の測定

注湯速度の測定は、約6kgの銅合金を熟練作業者と自動注湯機により鋳造し、鋳造中の取鍋の重量変化を記録することにより行った。熟練作業者の注湯速度の測定には、（独）産業技術総合研究所が開発した注湯速度測定装置を用いた。その作業外観を図1に示す。



図1 注湯速度測定装置

また、自動注湯機としては共同研究者の丸三工業（株）で開発、実用化されている多点式・小取鍋式自動注湯機を用いた。図2に自動注湯装置を示す。



図2 多点式・小取鍋式自動注湯機

2.2 自動注湯機のパラメータ

自動注湯機では、取鍋の傾動角度0度～90度を3分割し、回転角度 $\theta_1 \sim \theta_3$ 、回転速度パラメータ $w_1 \sim w_3$ の6種類のパラメータを用いて注湯速度を制御している。各パラメータは、熟練者が鋳込んだ場合の鋳込み時間を元に試行錯誤により決定され、鋳込み重量に応じて細かく設定されている。

自動注湯機の注湯速度は、るつぼの角度 θ と角速度 ω または回転時間 t （ $t = \theta / \omega$ ）により決定される。自動注湯機では ω 値を直接与えるのではなく、駆動モータの回転速度 w で指定する。このため、湯流れ解析、熟練作業者の注湯速度から注湯パラメータを設定するためには θ 、 ω 、 t と w の関係を明らかにする必要がある。角度 θ における角速度 ω は式1で与えられる。

$$\omega = \frac{d\theta}{dt} = \frac{24}{5\pi k} w \cos^2(45 - \theta) \quad (1)$$

k は装置定数（本実験では57.5）

また、角度 $\alpha \sim \beta$ まで回転速度 w で回転させた場合の所要時間は式2で求められる。

$$t = \int_{\alpha}^{\beta} \frac{1}{\omega} d\theta = \frac{5\pi k}{24w} [\tan(45 - \alpha) - \tan(45 - \beta)] \quad (2)$$

式1、2から θ 、 ω 、 t 、 w の相関を求め、湯流れ解析と熟練作業、自動注湯機による注湯速度の測定結果と

を比較した。

2. 3 湯流れ解析

鋳型が傾動しながら注湯する傾斜鋳造法の湯流れ挙動の解析には、重力方向を時間と共に変化させる方法が開発、利用されている。そこで本研究においても重力方向を取鍋の回転角度 θ と速度 ω にあわせて変化させることで、取鍋からの注湯状態をシミュレーションした。解析のモデルを図3に示す。左側半球状の器は取鍋であり、直方体の形状はダミーの鋳型である。注湯速度は、ダミー鋳型への溶湯の流入重量変化を調べることで求めた。また表1に解析条件を示す。解析には市販の鋳造シミュレーションソフトウェアJSCAST（（株）クオリカ）を用いた。

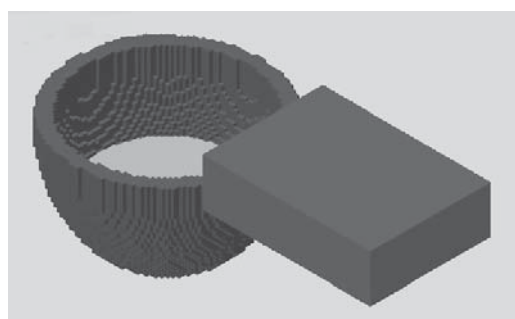


図3 湯流れ解析モデル

表1 湯流れ解析条件

要素分割	総物数	鋳物部重量	最大溶湯重量
4mm 正方メッシュ	430000 要素	13kg	24kg

鋳造合金	鋳込み重量	境界条件	動粘性係数
JIS BC6（銅合金）	4~8.5kg	自由表面境界	0.01cm ² /s

3 結果と考察

湯流れシミュレーションによる各傾斜角度における取鍋からの流れ状態を図4に示す。取鍋は水平状態から傾斜を開始するが、最初は溶湯は鋳型内に流入しない。図3の解析の場合、溶湯は47.7度で流入を開始した。自動注湯機では θ_1 に流入開始角度を設定し、 $0 \sim \theta_1$ までを比較的速い速度で回転させる。流入開始角度は溶湯量、すなわちろつぽにおける湯面高さにより変化する。この角度はシミュレーションにより容易に求めることができ、その結果を表2に示す。自動注湯機で使われている θ_1 の値と比較したところ、シミュレーションにより求めた θ_1 より大きな値であった。

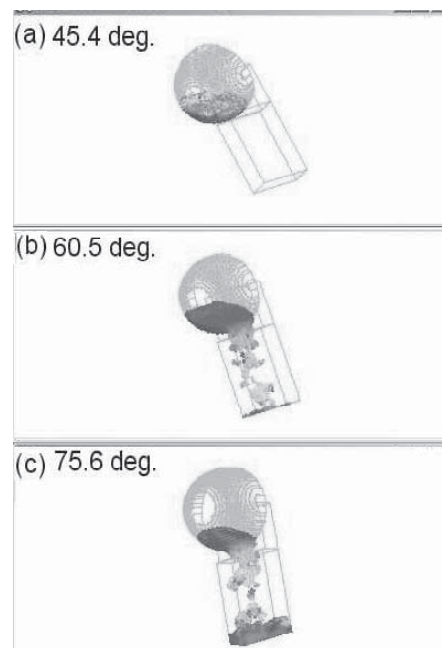


図4 AUTO-01の湯流れシミュレーション結果

表2 シミュレーションにより求めた流入開始角度

溶湯重量 (kg)	流入開始角度 θ_1 (度)
4.0	54.6
5.5	51.2
6.5	47.7
7.1	46.6
8.5	43.0

次に、シミュレーションによる熟練作業者による注湯作業の評価を行った。自動注湯機の場合と同様に、角度と回転速度を3段階に変化させてシミュレーションを行った。実測結果とシミュレーション結果が最も一致した時のパラメータを表3に示した。さらに、シミュレーションにより求めた取鍋内の溶湯重量変化（注湯速度）と熟練者の注湯作業の測定結果の比較を図5に示す。シミュレーションと実測結果は良く一致している。

表3 シミュレーションに用いたパラメータ

角解No		角度(度)			回転速度(%)			回転時間(s)			鋳込み時間(s)
		θ_1	θ_2	θ_3	w1	w2	w3	t1	t2	t3	
角解1	AUTO-01	48	70	90	21	4.8	8	2.07	2.41	2.51	7.00

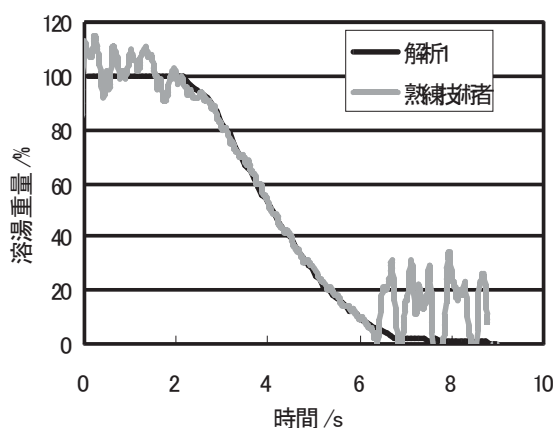


図5 シミュレーションと熟練作業者の
取鍋内の溶湯溶湯重量変化の比較

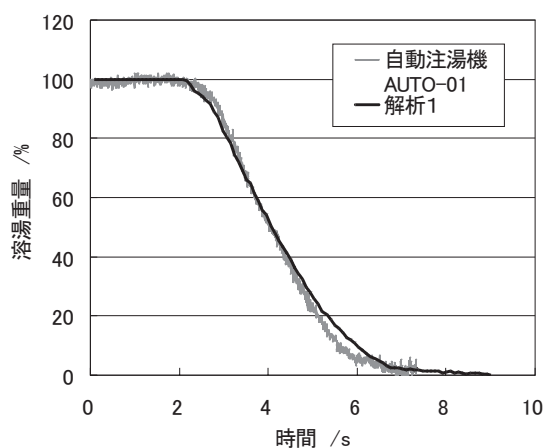


図6 シミュレーションと自動注湯機の
取鍋内の溶湯溶湯重量変化の比較

次に、表3で示したパラメータを用いた時の自動注湯機の取鍋内の溶湯重量変化の測定結果とシミュレーション結果の比較を図6に示す。大まかな傾向は両者で一致しているため、シミュレーション結果から自動注湯機の制御パラメータを設定できることがわかった。一方、自動注湯機の注湯速度はシミュレーションに比較して後半で速くなっている。すなわち、熟練者の注湯作業を測定しシミュレーションで注湯パラメータを設定した場合、熟練作業者の場合に比較して自動注湯機の注湯速度が、後半で速くなることを示している。このシミュレーションと自動注湯機実測値とのずれについて、次の原因が考えられる。

- ① 自動注湯装置では角速度 ω は θ の関数で角度とともに変化するが、シミュレーションでは ω は θ に依存せず、設定角度範囲で一定として設定している。
 - ② るつば形状のロットによるばらつき、および使用中に溶損による形状変化
 - ③ シミュレーションの立方体要素分割の影響
- ①については今後ソフトウェアの改良で対応は可能であり、②③については影響が少ないと考えられる。ただし、シミュレーションと熟練作業者の注湯速度の測定結果が良く一致していることから、むしろ自動注湯機の手数制御系の精度や機械的精度も無視できないことから、自動注湯機の手数制御の再調整を行うことにより改善されることが考えられる。

以上の結果、熟練作業者の注湯作業からシミュレーションによりパラメータを求め、自動注湯パラメータの評価および設定が可能であることがわかった。

4 結 論

熟練作業者の注湯状態を測定し、その結果を基にシミュレーションにより自動注湯パラメータを設定する方法を検討した結果、次のことが明らかとなった。

1. シミュレーションにより流入開始角度 θ_1 の評価が可能である。
2. 自動注湯機のパラメータを用いて、熟練者の注湯作業をシミュレーションにより再現でき、両者の結果は非常に良く一致した。
3. 自動注湯機の注湯速度は、注湯後半で湯流れシミュレーションより速くなる傾向を示したが、大まかな傾向は両者で一致しており、シミュレーションによる自動注湯パラメータの設定が可能である。

(文責 柏井茂雄)

(校閲 富田友樹)

4 ロボット用超小型6軸モーションセンサに関する研究開発

小坂宣之，北川洋一，中本裕之，幸田憲明，才木常正

1 はじめに

現在、多くの企業・研究機関において、インフラのメンテナンスや危険箇所作業代替を目的として超小型ロボットの開発が進められている。これらの超小型ロボットの動きを検出するためには、回転運動や直線的な運動・傾斜などを検知するいわゆるモーションセンサが必要となる。しかし、現在市販されているものでは、サイズに問題があり搭載することができない。このような状況から、6軸の動作検出ができる、超小型6軸モーションセンサの必要性はますます高まってきており、さまざまな分野での応用展開が期待されている。本研究では、その中でもニーズの高いプラントの監視／検査といったプラントメンテナンス分野での応用に着目し、(財)新産業創造研究機構、マイクロストーン㈱、川崎重工業㈱、立命館大学との共同研究により、

- A) 超小型6軸モーションセンサの開発
- B) カード型センサモジュールの開発
- C) プラント監視／検査ロボットへの適用と応用研究の研究開発を進めている¹⁾。

2 本研究開発事業の最終目標

上記の3項目に対する本研究事業の最終目標は、以下の通りである。

A) 超小型6軸モーションセンサの開発

超小型、高精度の三次元加工に有利なシリコンを用いた独自構造の3軸加速度センサ部と、超小型発振子に有利な水晶などの圧電単結晶材料を用いた独自構造の3軸ジャイロセンサ部をハイブリッド化する構造にて超小型6軸モーションセンサを実現する。目標としている仕様は、以下の通りである。

<目標仕様>

- 加速度センサチップサイズ：1×1×0.5mm
- 角速度センサチップサイズ：3.5×1.5×0.3mm
- ハイブリッドセンサパッケージサイズ：5×3×1.5mm
- 測定精度：±1%
- B) カード型センサモジュールの開発

超小型6軸モーションセンサを搭載し、さらに A/D 変換機能、データ演算機能、メモリ、無線通信機能等を

搭載した超小型カード型センサモジュールを実現する。目標仕様は以下の通りである。

<目標仕様>

- サイズ：30×30×2.5mm
 - 重量：10g以下
 - フレキシブル化
 - C) プラント監視／検査ロボットへの適用と応用研究
- 独自技術も含めた種々の診断機能を実装し、更に複数のカード型センサモジュールから取得されたデータの組み合わせから、総合的に異常の判定が可能なプラント監視／検査ロボットへ適用する。

<目標>

- 複数のモジュールの稼動による運用試験の実施
- 実プラント設備における異常診断の実施

3 最終目標に対する進捗度

A) 超小型6軸モーションセンサの開発

開発した加速度センサと角速度センサのチップを図1

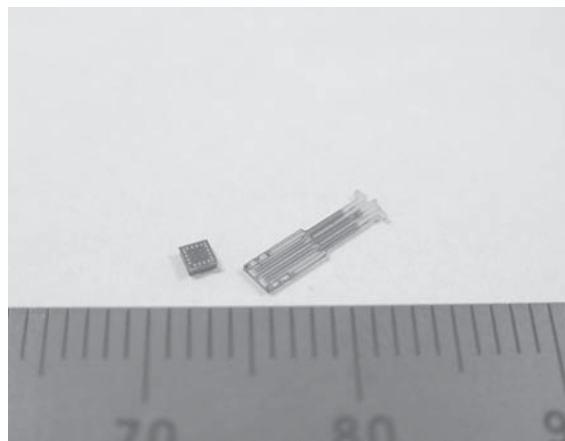


図1 試作した加速度センサと角速度センサ

に示す。左側がシリコンMEMS加工技術等を用いて試作した3軸加速度センサチップである。また、右側が水晶を用いて試作した3軸角速度センサチップである。これらのセンサは、各々単体で機能確認を行った。

平成16年度に試作したセンサの性能は、以下の通りである。

○超小型 3 軸加速度センサ

チップサイズ：1.5×1.5×0.5mm

(デバイス加工は1×1×0.5mmを達成)

測定精度：0.9%

応答周波数：1000Hz以上

ダイナミックレンジ：20m/sec²

○超小型 3 軸角速度センサ

チップサイズ：7.2×1.8×0.3mm

(デバイス加工は3.5×1.5×0.3mmを達成)

測定精度：0.4%

応答周波数：30Hz以上

ダイナミックレンジ：300deg/sec以上

B) カード型センサモジュールの開発

機能評価用カード型センサモジュールを開発し、機能の確認と評価を行った。開発したカード型センサモジュールを図2に示す。超小型6軸モーションセンサ、A/D

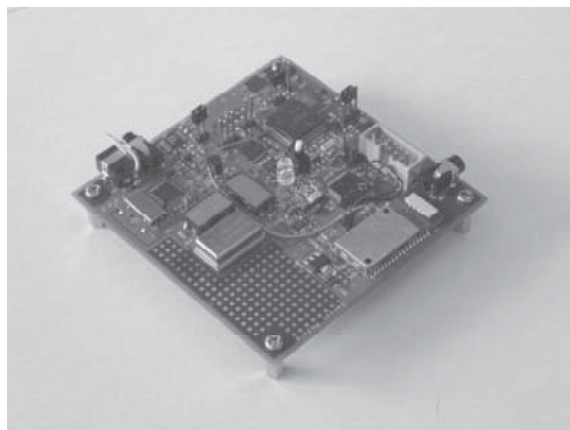


図2 機能評価用カード型センサモジュール

変換機能、データ演算機能、メモリ、無線通信機能などを搭載している。平成16年度に試作したカード型センサモジュールの仕様は、以下の通りである。

メモリ容量：16kword

無線通信距離：5m以上

C) プラント監視／検査ロボットへの適用と応用研究

実プラントにおける機能確認及びデータ収集を行い、カード型センサモジュールの機能評価を行った。ここでは、独自に開発した診断技術の採用も含め、異常診断ソフトウェアの仕様を決定した。

4 無線通信部の開発

当センターは、本事業の中でカード型センサモジュールの無線通信機能の開発を担当している。2年度は、まず前年度に選定した無線通信方式Bluetoothを搭載した評価基板ならびにパソコン（USB接続のBluetoothモジュール搭載）を使用して、図3に示す無線通信機能評価システムを製作した。ここでは、センサモジュールをマイコンとBluetooth評価基板により、また、受信モジュールをパソコンとBluetoothユニットにより構成した。このシステムを用い、Bluetoothによる通信方式がカード型センサモジュールに要求される仕様を満足する性能を有するかを調べるため、無線通信の各機能について評価検証を実施した。

4.1 データ伝送速度、通信エラーの評価

受信モジュールとセンサモジュール間の距離が5mという通信仕様に対する検証を行った。図3の評価システムを製作し評価を行ったところ、データ伝送速度約95k bpsを達成した。また、連続通信試験（24時間、45時間）を実施し、この間における通信リンク切断、パケットのチェックサムエラーなどの通信異常発生を調べた。その

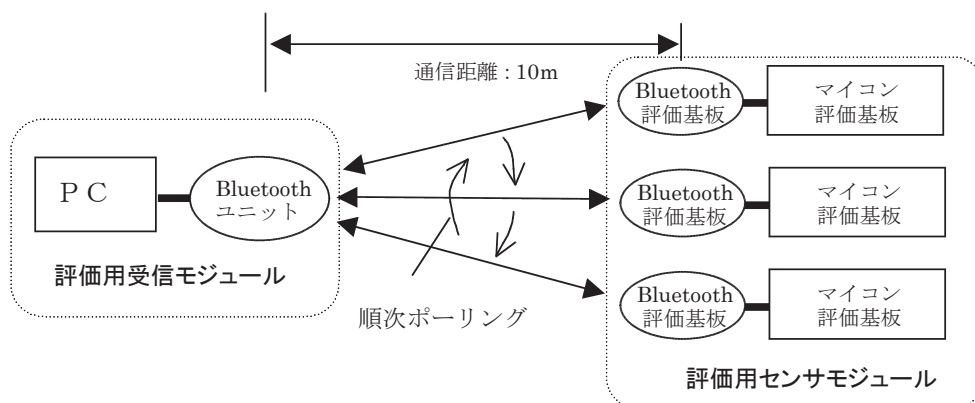


図3 開発した無線通信機能評価システム

結果、これらの通信異常の発生は全く生じないという結果が得られた。

4.2 複数台のセンサモジュールとの通信性能の評価

1台の受信モジュールで複数台のセンサモジュールとの間で通信が行えるかを検証した。評価システムを使用した検証の結果、受信モジュールが各センサモジュールに対してポーリングすることにより5台のセンサモジュールと通信できることが確認できた。以上から、Bluetoothをセンサモジュールに搭載し、仕様を十分満足できることが確認できた。

4.3 通信制御マイコンのソフト開発

無線通信機能評価システムの製作において開発した通信制御ソフトを基本として、受信モジュールとセンサモジュール間の通信仕様に対応した通信制御ソフトウェアを設計・製作し、試作したカード型センサモジュールに搭載した。

試作したカード型センサモジュールと受信モジュールを用いて、通信試験を含む総合試験を実施した。その結果、6軸モーションセンサによるセンシング情報を、受信モジュールで設定した動作モードに従い受信できることを確認した。また、通信可能距離としては、実験室屋内環境にて10mを達成した。

5 今後の予定

A) 超小型6軸モーションセンサの開発

○ハイブリッド化技術開発

シリコンデバイス（加速度センサ）と、圧電単結晶デバイス（角速度センサ）の結合方法を開発し、図4に示すように、1チップ6軸モーションセンサを開発する。

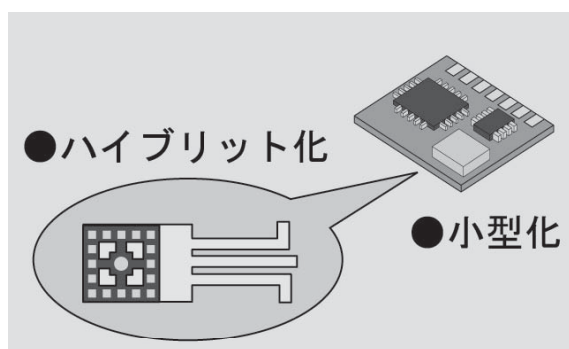


図4 1チップ6軸モーションセンサ

○小型化

シリコンデバイス、圧電単結晶デバイス共に更なる高精度・微細加工技術の開発を進めると共に、小型化しても検出効率の高いデバイス構造を得るための改良を行う。

B) カード型センサモジュールの開発

○小型・軽量化

搭載素子の小型化及び、テスト端子等の最小化を図り、カード型センサモジュールの小型化を図る。

○フレキシブル化

配管などの曲面部への取り付けを可能にするため、基板配線を簡素化してフレキシブル基板にて製作を行う。

C) プラント監視／検査ロボットへの適用と応用研究

○異常診断の妥当性の検証

種々のプラントでの診断方法の検討及び診断パラメータの精査を行う。

○異常診断の充実

独自技術の採用や、複数のカード型センサモジュールのデータを統合した総合的異常診断方法の開発など、診断機能の充実を図る。

6 まとめ

超小型自立走行ロボットに代表されるロボットの小型軽量化、多様化に対応して重要な基盤技術であるセンサ、特に動きを高精度で検出できる超小型6軸モーションセンサの開発が望まれている。本事業は、かかる市場ニーズに応えるため、「ロボット用超小型6軸モーションセンサ」および「プラント監視／検査ロボットシステム向けカード型センサモジュール」を開発し、事業化することを目的としている。この事業において、当センターはカード型センサモジュールの開発の一部を担当している。平成16年度は無線通信に使用するBluetoothの性能評価を行うとともに、カード型センサモジュールに搭載する通信制御マイコンのソフトウェアの設計、製作を行った。また、開発したセンサモジュールと受信モジュールを用いて通信試験を含む総合試験を実施した結果、安定に通信できることを確認した。平成17年度は、この成果を基に、製品化を見据えたさらに小型のセンサモジュールを開発する予定である。

参考文献

- 1) 小坂宣之，北川洋一，中本裕之，幸田憲明，兵庫県立工業技術センター研究報告書，13, 19 (2004)。

(文責 北川洋一)

(校閲 一森和之)

5 次世代回路基板に関する調査研究

森 勝, 園田 司, 中川和治, 西羅正芳, 山中啓市

1 目 的

パソコン、携帯電話、ビデオ、デジタルカメラなど幅広い電子機器に使われているプリント回路板は、絶縁体である樹脂と銅薄膜が接着され、多数の電子部品が搭載されている。回路基板には大きく分けて、硬く曲がらないリジッド基板と曲げることでできるフレキシブル基板の2種類がある。現在、前者はガラス繊維で補強されたエポキシ樹脂、後者はポリイミド樹脂を用いている。携帯電話やデジタルカメラを始めとするモバイル機器に代表されるように電子機器が小型になるにつれて、エポキシ樹脂板よりもフレキシブルなポリイミド樹脂板の需要が増大している。

プリント回路板の高密度実装が進むにつれて、ポリイミド樹脂の高吸水率、吸湿寸法安定性が問題となっている。さらに、次世代の電子機器は、大容量・高速処理が必要であるが、ポリイミド樹脂の高周波領域での電気特性は良くない。その対応策として、吸湿性、高周波特性、耐熱性に優れた液晶ポリマー(LCP)が次世代の回路基板材料として期待されている¹⁾。基板に回路を作成するためには表面に銅箔を積層するか、銅めっきを施すことが必要である。しかし、LCPは疎水性のため銅との密着性が悪い。LCPの密着性を高める方法として、サンドブラスト処理、クロム酸混液処理、コロナ放電処理などが提案されているが、十分な成果が得られていない。回路パターン形成法は大きく分けて、サブトラクティブ法、セミアディティブ法およびフルアディティブ法の3種類がある。サブトラクティブ法では、銅箔を張った基板(銅張積層板)を用い、エッチングによる回路パターンの形成を行う。これとは逆にセミアディティブ法およびフルアディティブ法では、銅めっきで直接配線を形成する。3つの方法ともそれぞれ長所と短所があるが、微細配線を形成するためには、セミアディティブ法あるいはフルアディティブ法による技術の確立が必要と考えられている。

本研究では、LCPフィルムにセミアディティブ法を適用するために、プラズマ処理によるLCPフィルムと無電解銅めっきとの密着力の向上について検討した。

2 実験方法

2.1 プラズマ処理

LCPフィルムには(株)クラレ製ベクスターOC(厚さ50 μ m)を用いた。図1にその構造式を示す。プラズマ処理は、サムコ(株)製のBP-1型プラズマ処理装置を用いた。フィルムをサンプルホルダにはさみ、平行平板型の電極の上に置いて、13.56MHzの高周波電界を印可した。プラズマガスには窒素を用い、流量20ml/min、照射時間は1分間とし、出力を30W~150Wの間で変化させた。

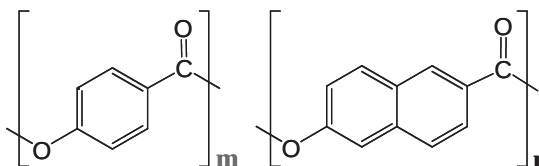


図1 ベクスターOCの分子構造

2.2 銅めっき

プラズマ処理したLCPフィルムを奥野製薬工業(株)製プリント回路基板用キャタリスト(OPC-80MキャタリストM)、プリント基板用活性化剤(OPC-500アクセレーターMX)、スルーホール用無電解めっき液(OPC-750無電解めっき液)に順番に浸漬して無電解めっきを行った。その後、はく離試験を行うために、電気めっきで銅めっき皮膜を約20 μ mまで厚くした。電気めっき液は、硫酸銅、硫酸、塩化ナトリウムに奥野製薬工業(株)製高性能プリント配線板用硫酸銅めっき添加剤(トップルチナSF)を加えて作製した。

2.3 評価

プラズマ照射後のLCP表面の変化は、協和界面科学(株)製接触角測定装置、アルバック・ファイ(株)製5500MT型X線光電子分光分析装置(XPS)、(株)日立製作所製S-800走査型電子顕微鏡(SEM)を用いて評価した。銅めっきの密着強度は、(株)島津製作所製オートグラフAG-1000Dを使用し、引張速度50mm/minで180°はく離試験により求めた。

3 結果と考察

3.1 プラズマ処理によるLCPフィルム表面の変化

図2に、30および100Wでプラズマ処理したLCPフィル

ムのSEM写真を示す。未処理のフィルム表面は、ほぼ平滑であったが、30Wで1分間プラズマ処理すると、縞状の凹凸が観測され、100Wにすると縞状の凹凸がより大きくなった。これはプラズマによるエッチングのためであり、出力が大きくなるにつれて凹凸も大きくなった。

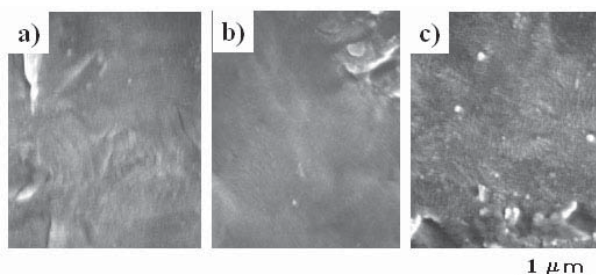


図2 プラズマ処理したLCPフィルム表面のSEM写真
(a) 未処理, (b) プラズマ出力 30 W, (c) プラズマ出力 100 W

表1に、異なる出力でプラズマ処理したLCPフィルム表面に対する水の接触角、XPSによる元素組成およびめっき皮膜のはく離強度を示す。LCPフィルム表面は、プラズマ処理することにより、水の接触角が83°から大きく低下しており、疎水性から親水性へと変化したことがわかる。プラズマ出力が大きいほど、XPS測定によるLCPフィルム表面のO, Nの割合が増加し、接触角が減少した。このことからプラズマ処理によりLCPフィルム表面に極性を持つ含酸素、含窒素官能基が導入され、親水性が増加したと考えられる。未処理LCPフィルムではめっき皮膜が形成されなかったが、プラズマ処理したLCPフィルムではめっき皮膜が形成された。めっき皮膜のはく離強度はプラズマ出力に依存し150Wで処理したとき2.4 N/cmに達した。LCPフィルムと銅との密着にはLCPフィルム表面に導入された親水性官能基および凹凸によるアンカー効果が関係していると考えられる^{2,3)}。

表1 窒素プラズマ処理したLCPフィルムの接触角、XPS元素濃度およびメッキ皮膜のはく離強度

プラズマ 出力(W)	接触角 (°)	XPS元素濃度 (%)			はく離 強度 (N/cm)
		C	O	N	
未処理	83.0	87.2	12.2	0.6	—
30	30.5	74.4	20.7	4.9	0.8
50	29.5	73.9	20.5	5.6	0.8
100	9.2	64.9	28.4	6.7	2.3
150	9.1	69.1	24.6	6.3	2.4

図3に、無電解めっきしたLCPフィルム表面および電

気銅めっきした銅/LCPフィルムのはく離面のSEM写真を示す。無電解銅めっきしたLCPフィルムには緻密なめっき皮膜が形成されていることがわかる(図3a)。はく離試験後のLCPフィルム側界面はめっきする前と大きく異なり、層状に破壊されていることが観察された(図3b)。さらに、銅めっき皮膜側界面には引き剥がされたLCPフィルムが付着しており(図3c)、LCPフィルムの凝集破壊が起きていることが確認された。

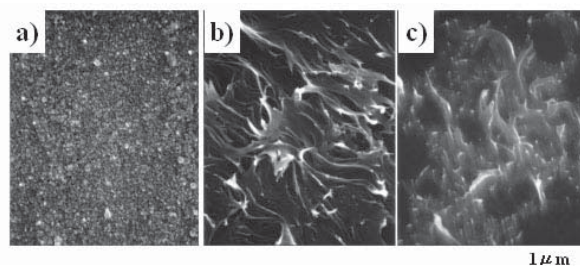


図3 プラズマ処理後、無電解銅めっきしたLCPフィルムのSEM写真 (a)無電解めっきしたLCPフィルム表面、(b)はく離試験後のLCPフィルム側界面、(c)はく離試験後の銅めっき皮膜側界面

4 結 論

LCPフィルムを窒素プラズマ処理することにより、無電解銅めっき皮膜との密着性を向上させることができた。さらに、プラズマ出力が大きいほど密着力も増大することを明らかにした。密着強度の増大には、LCPフィルム表面の親水性官能基の増加および凹凸によるアンカー効果が寄与していると考えられる。以上のことから、LCPフィルムと銅めっき皮膜との密着力を改善する手段としてプラズマ処理が有効であることがわかった。

謝 辞

本研究を遂行するに当たり、ご協力をいただきました神戸大学大学院自然科学研究科 上田裕清教授、浅野友晴学部生に厚くお礼申し上げます。

参 考 文 献

- 1) 田中善喜, 小野寺 稔, エレクトロニクス実装学会誌, 2, (1999), 84.
- 2) 梅原弘次, 新保一樹, 斉藤 徹, 有泉昇次, 小早川絃一, 佐藤祐一, エレクトロニクス実装学会誌, 7, (2004), 328.
- 3) J. Ge, M. P. K. Turunen, J. K. Kivilahti, J. Polym. Sci: Part B: Polym Phys., 41, (2003), 623.

(文責 森 勝)

(校閲 山中啓市)

6 麴菌を利用した小麦グルテンの機能化技術に関する調査研究

大橋智子, 原田 修, 脇田義久, 桑田 実, 一森和之

1 目 的

グルテンを含めた多くの植物性タンパク質は、特に通常の食品 pH 範囲である弱酸性において、可溶性、分散性、乳化性などの機能が乏しいため多くの食品、例えばジュース、ドレッシング、マヨネーズ等への使用が制限されている。さらに小麦グルテンはグルタミンが多いため天然調味料の原料として最適でありながら、上記理由により取り扱いが難しく普及の妨げとなっている。しかしながら、脱アミド化酵素で処理された脱アミド化グルテンは可溶性、分散性が増大し、これまで適さなかったこれらの食品への使用が可能となり、また天然調味料の製造も容易になる。本研究では小麦グルテンの水に対する可溶性を向上させるための脱アミド化酵素を遺伝子組換え麴菌より産出させることを最終目標とし、今回はターゲットとなる遺伝子の検索およびその最適な組み換え条件を調査研究する。なお、グルテン等のタンパク質を脱アミド化する酵素は市販されていない。また、同様の操作により高発現させることが可能な、グルテンを加水分解できる新たなプロテアーゼについても並行して検討を行う。グルテンの特定部位だけを加水分解できるプロテアーゼならば、高分子量の可溶性グルテンを調整することができ、上記用途に好都合である。

2 実験方法

2.1 候補遺伝子探索

遺伝子の選定には、麴菌ゲノム解析プロジェクトのメンバーに配布されているデータベースと塩基配列の注釈情報（アノテーションデータ）を使用した。また、その配列情報を基に以下の情報を調査し、酵素開発に利用されていない未登録の遺伝子を選択した。

- ・アノテーション（注釈）の情報
- ・EST（cDNA 断片データベース）検索
- ・タンパク質のモチーフ類似性検索
- ・小胞体移行シグナル検索
- ・BLAST（配列データベース）検索
- ・細胞内局在部位予測
- ・特許等の検索

2.2 麴菌形質転換と SDS-PAGE

麴菌を利用した有用酵素の高発現方法は、まず目的遺伝子を組み込んだベクターを麴菌に導入して形質転換を行う。その遺伝子情報により麴菌内で mRNA を介してタンパク質（ここでは酵素）が高発現し、それらは麴菌外へ分泌、もしくは菌体内で留まる。導入する遺伝子は麴菌が持つ遺伝子を使うことから、いわゆるセルフクロニングの範疇にはいるため、高発現した酵素の食品利用には問題はない。

宿主は *A.oryzae* NS4 株を用いた。NS4 株は硝酸還元遺伝子と硫黄基転移遺伝子を欠損しているため、栄養要求性の有無で形質転換体を容易に選択・分離ができる。形質転換は、プロトプラスト化した細胞に DNA を導入するプロトプラスト-PEG 法を用いた。再生プレートに生育した麴菌を培養して、培養上清と菌体それぞれからタンパク質を抽出した。SDS-PAGE は、10 %アクリルアミドゲルを用いて Leammli の方法に準じて行った。

3 結果と考察

3.1 グルタミナーゼ、またはアスパラギナーゼ様酵素の発現

麴菌のゲノム情報からグルタミナーゼまたはアスパラギナーゼ様モチーフを有する配列は約 40 種類存在した。そのうち特許等の登録がされていないものについて調査を行い、5 種類の遺伝子を選抜した（表 1 G1 ~ G5）。

表 1 グルタミナーゼ、アスパラギナーゼ様遺伝子

	登録番号	分子量	等電点	推定モチーフ
G1	266000003	60570	5.9	Asparaginase
G2	280000039	68125	6.5	γ -glutamyltranspeptidase
G3	313000009	64342	5.4	γ -glutamyltranspeptidase
G4	334000041	39669	5.4	Asparaginase
G5	338000047	92431	5.5	related to glutaminase A

5 種類それぞれについて発現ベクターの構築を行い、麴菌に形質転換した。それぞれ約 20 個の形質転換体を得られた。そのうち 4 個（G4 は 5 個）をランダムに抽出し、発現状況を確認するために培養上清と菌体のタン

パク質を抽出し、SDS-PAGE により分離を行った（図 1：培養上清、図 2：菌体）。

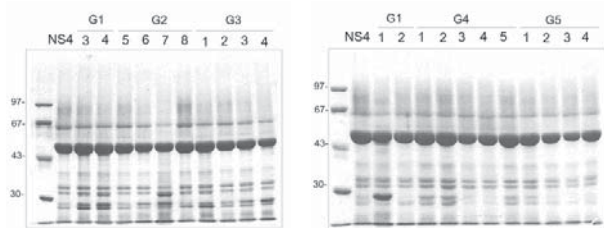


図 1 グルタミナーゼ遺伝子導入菌株の培養上清の SDS-PAGE (G1 ~ G5 それぞれ得られた形質転換体を 4 ~ 5 個ずつ選び、タンパク質を抽出した。1 ~ 8 の番号は選んだ形質転換体の番号を示している。分子量マーカーの数字の単位は (kDa) である)

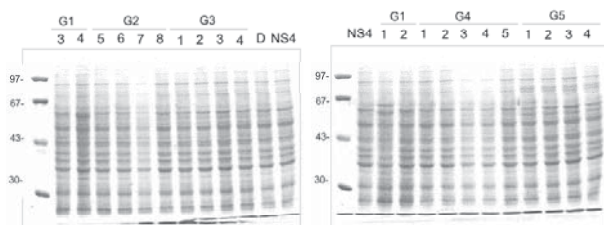


図 2 グルタミナーゼ遺伝子導入菌株の菌体の SDS-PAGE

宿主 (NS4) とのバンドパターンを比べることにより目的タンパク質の発現が確認できる。図より、上清側の G 2 および菌体側の G 1 に新たなバンドが出現し、その分子量から目的の酵素だと考えられる。

そこで、G1 の菌体抽出物、G2 ~ G5 の培養上清を試料としてグルタミナーゼ活性を測定した (図 3)。その結果、全ての試料で NS4 より活性が高くなっていたことからグルタミナーゼ活性をもつ酵素が発現できたと考えられる。G 3, 4, 5 については SDS-PAGE では検出されていないがグルタミナーゼタンパク質が発現している可能性が高い。グルテンの脱アミド化活性に関しては今後検討を行う。

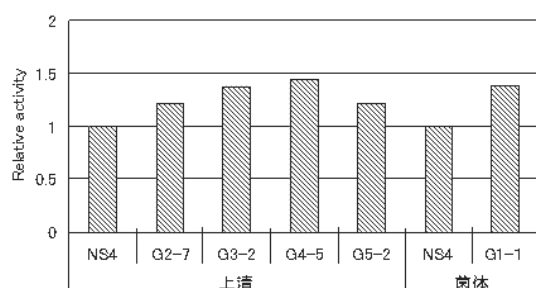


図 3 グルタミナーゼ G1 ~ G5 のグルタミナーゼ活性

(数値は、NS4 株の上清、菌体それぞれに相対的な値を示している)

3.2 プロテアーゼの発現

3.1 と同様に表 2 に示した 4 つのプロテアーゼ様のモチーフを有する遺伝子を選択して形質転換を行い、培養上清を試料としてプロテアーゼ活性を測定した。その結果、基質をカゼインとした条件下 (pH3.0 あるいは 7.0) においては、A ~ D いずれも宿主株に対して優位な結果が得られた (図 4)。このことよりプロテアーゼ活性を有する酵素が発現されたことが明らかとなり、さらに高発現できるように検討中である。

表 2 プロテアーゼ様遺伝子

	登録番号	分子量	等電点	推定モチーフ
A	252000004	39142	5.2	Eukaryotic aspartyl protease
B	312000069	42917	5.4	Eukaryotic aspartyl protease
C	319000053	45572	4.4	Eukaryotic aspartyl protease
D	343000208	45007	5.1	Eukaryotic aspartyl protease

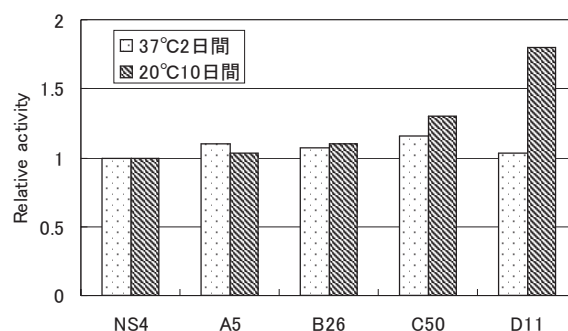


図 4 プロテアーゼ A~D のカゼイン分解活性

(数値は、NS4 株の上清、菌体それぞれに相対的な値を示している)

4 まとめ

グルテンの溶解性を高める目的で、新たな酵素を合成するための遺伝子組み換え麹菌から新規酵素産生を試みたところ、グルタミナーゼ、およびプロテアーゼ様の酵素発現に成功した。この中にはプロテイングルタミナーゼ様の効果を示す可能性が高いものもあり、これらの酵素を利用して高分子量の可溶化グルテンを調製して機能化を計ることができる。今後酵素活性等をさらに詳細に検討する予定である。

(文責 原田 修)

(校閲 桑田 実)

7 新機能バーコードシステム創出研究会

三浦久典，北川洋一，中本裕之，小坂宣之

1 目 的

本研究会では、工業技術センターのバーコード関連技術シーズ^{1)~3)}をベースとし、医療関係分野の新しい情報管理システムの実用化に向けその可能性を検討した。

医療機器に係る安全対策の見直しを主な内容とする改正薬事法が平成17年4月に施行された。この法律は医療機器が人命に直接影響を及ぼすものであり、その安全性と有効性が保証されねばならないことに基づく。本研究会ではこの医療関係分野の中で、病院等における手術時に用いられる医療器具、手術用器材などのより細かな器材管理を検討した。現状、手術に用いられるメス、ハサミなどの器材の個々について、納入時期、使用期間、使用頻度の管理は充分になされてなく、安全医療への要望、ニーズが高まっている。

2 システム構想

医療器具・治具など手術用器材管理システムについての構想を図1に示す。手術用器材を個別に識別するために単体IDとして各々にコードを付す。このことにより、器材個々の管理として以下のことが可能になる。

①個別履歴

- ・購入情報・購入年月日、購入先、製造元、製造ロットなど
- ・使用履歴・投入場所、使用頻度、使用状況（対応手術、使用者、患者など）
- ・メンテナンス履歴・修理情報、洗浄状況など

②現品状況・手術使用中、洗浄済み保管など

③メンテナンス情報・洗浄指示、廃棄指示（廃棄時期）など

また、器材管理システムとして、器材個々の情報データベースを持つことで、次のとおり、種々の管理が可能になる。

- ①医療器材の在庫管理
- ②手術等投入のための品揃え
- ③器材購入・廃棄指示システム
- ④医療行為等に対するトレース

上記システムを構築する際の課題は、器材へのコード貼付（熱、薬品に対する方策）である。医療器材にバーコード貼付する際、例えば、点滴用器材など常温である

場合にはその一部にバーコードラベルなどを直接貼り付けることは可能だが、メス、ピンセット、ハサミなどの場合には、洗浄などに対する熱、液体対策、貼付等の場所が微小で、かつ限定された場所であることに対策が必要である。

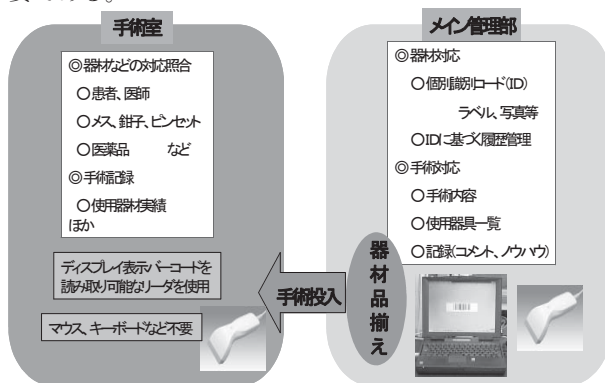


図1 システム構想

3 器材へのコード付与検討

医療器材にコード等を付与する場合、以下の問題をクリアしなければならない。

- ・洗浄、殺菌を行うため、高温処理、アルコール等の溶剤により印刷が消える。
- ・手に持つ時の感触、扱いが変わる可能性がある。
- ・はがれ、剥離などがあると体内に入る危険がある。

こうした問題点があるため、各種コード付加方法について基本的知識および医用器材へのコード付与に特化した性能等を持つかどうかをバーコードラベル、RF-IDタグ、器材への直接印字などについて検討した。その結果、手術用等の医療器具には、直接印字がもっとも適した方法と判断した。

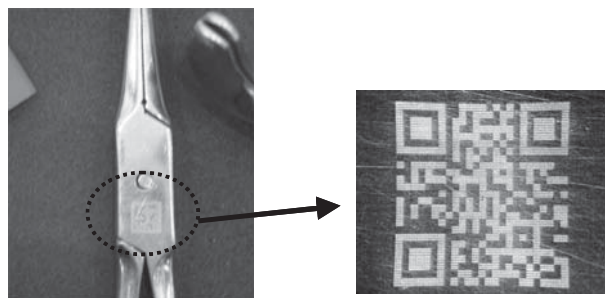


図2 医用機器への2次元コードダイレクト印字例

4 システム提案

本研究会で検討した結果、図3に示す手術用器材管理システムを提案する。医療器材各個別にバーコードを付し、個別識別するとともに、医療器材の総括管理をメイン管理コンピュータで一括管理する。手術用器材管理システムは、総合管理と個別管理の2つの部分から構築する。

(器材総合管理)

①在庫、ロケーション管理

各器材個々のロケーション(所在)管理、現在の在庫量と使用率の把握、使用状況に基づく購入計画ならびに購入手配、購入品受け入れならびに現場への投入等を行う。

②手術計画に基づく器材最適配置

別途作成されている手術計画を入力し、手術スケジュールに合わせてその手術に必要な器材の割付、および手術前準備として器材の品揃えを行う。器材の割り付けの際に、手術内容、患者、医師などを加味したものとする。

③トレーサビリティ

手術、医師、患者、器材の各項目毎に、過去の状況を検索できる、いわゆるトレーサビリティの機能を備える。

④メンテナンス管理

各器材個々の情報をベースに、再使用のための洗浄・殺菌処理、故障・破損に対する修理・廃棄、耐用期限管理による廃却などのメンテナンス管理を実施する。

(器材個別管理)

器材は個別識別コード(ID)によって下記の内容を管理し、器材個々の情報をデータベースとして記録し、索引できるようにする。

①購入情報

納入日、メーカー、投入日などの購入情報とリンクする。

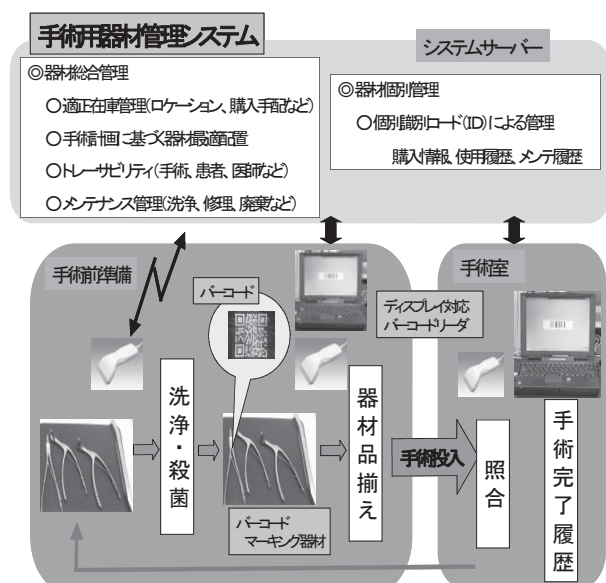


図3 提案システム

②使用履歴

使用した手術の日時、内容、医師、患者などの情報を使用履歴として保存する。

③メンテナンス履歴

洗浄・殺菌などの再使用処理、故障・破損の修理、あるいは不具合発生時の情報、廃却状況などの履歴を保存する。

5 成果

新機能バーコードシステムとして手術用器材管理システムの提案を行うことができた。利点として、

①医療器材のロケーション管理ができ、適正在庫、手術時の仕様器材準備の効率化などが可能となる。

②メンテナンス管理が容易となり、洗浄、修理などの確に行える。

③適所に操作端末が設置でき、端末における操作がワンタッチで可能となり、作業効率が向上する。などが挙げられる。

6 まとめ

検討、提案した医療器材管理システムは、新たなバーコードシステムの展開につながると考える。今回は単にシステム提案の段階にとどまったが、更に、具体的な検証段階を引き続き進めて行きたい。最近、IDタグを用いたシステム展開が加速されており、医療関係分野でも様々な取り組みが行われている。これらシステムではIDタグの特質を活かしたシステムも見受けられ、提案したバーコードシステムとの融合を図ることを検討する必要もある。例えば、器材自身の管理には、バーコードを用いるが、品揃えトレイにはIDタグを用いて管理するなど一方法である。今後、こうした融合システムの検討も行っていく予定である。

参考文献

- 1)三浦久典, 小坂宣之, 「ディスプレイ上コードの読み取り可能なバーコードリーダー」, 兵庫県立工業技術センター製品化事例集平成15年度版, p.12, (2003).
- 2)三浦久典, 北川洋一, 小坂宣之, 「ディスプレイ対応バーコードリーダーによる倉庫管理システム」, 兵庫県立工業技術センター製品化事例集平成16年度版, p.3, (2004).
- 3)「ユビキタス社会のRFIDタグ徹底解説」(株)電子ジャーナル(2004).

(文責 三浦久典)

(校閲 一森和之)

8 難燃性マグネシウム合金製ヘルメットの試作に関する研究

有年雅敏, 野崎峰男, 阿部 剛, 浜口和也, 谷 州博¹⁾, 北沢孝次²⁾

1 目 的

難燃性マグネシウム(Mg)合金は、通常のMg合金が持っている「燃えやすい」という欠点を改善するために開発されたものである。難燃性Mg合金は、通常のMg合金よりも発火点を約200K上昇させる効果を持っている。また、難燃性Mg合金は、大気中で溶解することができるなど、通常のMg合金よりも優れた特性を持っている。

本研究は、現在FRP(繊維強化プラスチック)、熱硬化性樹脂などによって製作されている乗車用ヘルメットを、軽量で装着しやすくするため、材質を難燃性Mg合金に替えて試作するための基礎研究を行った。なお、ヘルメットを試作するにあたり、摩擦撹拌接合によって接合した部材を用いて、温間絞り試験によって性能評価した。

2 実験方法

2.1 難燃性 Mg 合金

使用した難燃性Mg合金は、AZ60にカルシウムを約2%添加したものである。板厚は1.5, 2.0mmの2種類である。絞り試験するための部材は、板幅150mmの難燃性Mg合金を突き合せて摩擦撹拌接合することによって製作した。

図1は板厚2.0mmの場合の母材組織である。難燃性を有する酸化カルシウムは、材料表面では皮膜、材料内部では粒子状(白く見える粒子)でほぼ均一に分散する。

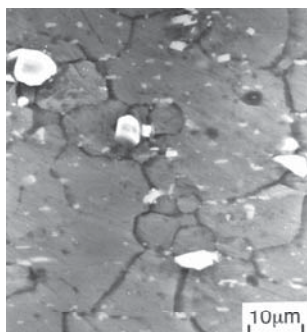


図1 母材組織(板厚: 2.0mm)

2.2 摩擦撹拌接合の原理

摩擦撹拌接合は、図2に示すように先端部に接合ピン(以後、ピンという)を持つ接合ツールを回転させなが

1) ㈱ケーエステクノス 2) 北沢産業㈱

ら接合部に圧入し、ピンと接合材との間で発生する摩擦熱と塑性流動を利用して溶かさずに接合する方法である。摩擦撹拌接合は、凝固割れの発生がなく、大気中で接合でき、開先面における酸化皮膜の影響を受けにくい特徴があり、板材の接合に適している。

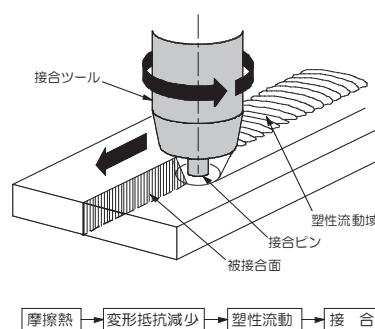


図2 摩擦撹拌接合の概略図

2.3 摩擦撹拌接合条件

本研究では、接合ツールの回転数N 1500 ~ 3000rpm、接合速度Fを50 ~ 300mm/minの範囲で接合した。継手性能は引張強さによって評価した。

3 結果と考察

3.1 摩擦撹拌接合部の金属組織

難燃性Mg合金は、AZ31の場合に比べて硬く、高温で塑性流動しにくいいため、AZ31のように高速回転・高接合速度では接合不良を起こす。このため、摩擦撹拌接合が可能な条件は、低回転数でかつ低接合速度の狭い範囲となる。図3は、板厚2.0mmにおいて回転数N=2000rpm、接合速度F=150mm/minで接合した継手の横断面マクロ写真および光学顕微鏡組織である。接合部の板厚は、中心付近では1.9mmと若干の減少が認められたが、変形が小さいことが明らかになった。撹拌部の中心付近(d)の金属組織は、母材部(a)(平均結晶粒径: 約30μm)から接合部に近づくにつれて微細化しており、撹拌部の中心付近(d)では平均結晶粒径が数μmまで動的再結晶によって微細化していた。撹拌部と母材部との境界付近(c)では、撹拌部の中心付近(d)を詳細に観察した結果、酸化カルシウム粒子は、摩擦撹拌による高温中での強加工を

受けて母材組織よりもかなり微細化しており、粒径がサブミクロンの粒子も観察された。

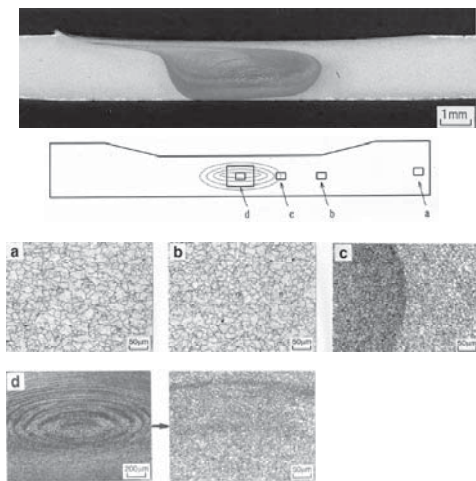


図3 摩擦撹拌接合部の金属組織(板厚: 2.0mm)

板厚1.5mm場合も、板厚2.0mmの場合と同様に、撹拌部付近の金属組織は母材部よりもかなり微細化していた。また、撹拌部付近における酸化カルシウム粒子は、母材部に比べ微細化し、粒状になって数多く分散しているのが認められた。

3.2 摩擦撹拌接合材の継手強度

図4は、板厚が2.0mmにおける継手の引張強さに及ぼす接合速度の影響をツールの回転数をパラメータにして示したものである。継手の引張強さは、接合速度の増加とともに少しずつ上昇し、接合速度 $F=150\text{mm/min}$ において $N=1500\text{rpm}$ では221MPa、 $N=2000\text{rpm}$ では223MPaに達し、母材強度に接近した。板厚が1.5mmの場合についても、2.0mmの場合と同様な傾向を示し、90%以上の継手効率が得られた。継手は、板厚によらず、いずれも摩擦撹拌接合部のTMAZ(熱的機械的影響部)付近で破断した。

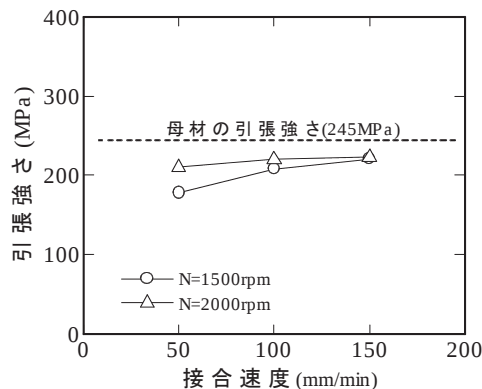


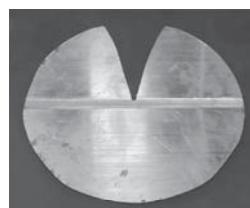
図4 継手の引張強さに及ぼす接合速度の影響

4 温間絞り試験結果

摩擦撹拌接合した部材の絞り試験は、図5(a)に示すように直径200mmの半球状の簡易な金型を用いて、摩擦撹拌接合部材(図5(b))を凹型の金型上に設置し、試験温度573K(300℃)、絞り速度4m/minで行った。



(a) 直径200mmの半球金型



(b) 温間絞り試験片

図5 半球金型と温間絞り試験片

試験温度423Kでは、摩擦撹拌接合方向に沿って割れが発生することが明らかになった。図6は、板厚1.5mm、試験温度573Kで絞り試験した結果を示したものである。試験片の裏面(a)および表面(b)とも割れの無い良好な絞り加工を行うことができた。ヘルメットを想定して半球状の簡易金型を用いて温間絞り試験を行った結果、割れの無い良好な絞り加工の可能性が確認された。

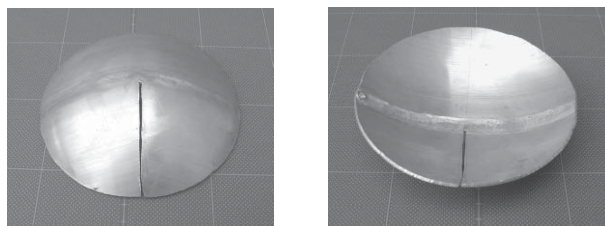


図6 試験温度573Kで絞り試験した結果

5 結 言

難燃性Mg合金を摩擦撹拌接合によって製作した大型部材を用いて、試験温度573Kで直径200mmの半球上の金型による絞り試験を行った結果、割れが発生することなく絞り加工することができた。今後、FRPや熱硬化性樹脂製よりも軽量でかつ装着性の良い乗車用ヘルメットの製作が可能であることが確認された。

(文責 有年雅敏)

(校閲 富田友樹)

9 応力発光材料の開発と実用化の調査研究

石原嗣生，泉 宏和，西羅正芳，山中啓市

1 目 的

構造用セラミックスは強度に優れているが、靱性が低いため長期使用時の信頼性に欠ける。構造材への過負荷を抑制し、信頼性を改善するためには、応力の負荷状態をセンシングすることが必要である。センシング機能を付与する通常の手法は、圧電センサーを用いた電気信号を利用するものであるが、計測物体上に電極やリード線をもうける必要があり、構造上複雑になると共に動的物体やリード線を取り付けにくいもの場合には計測が非常に困難になる。また、圧電センサーは鉛系化合物からできているため、環境保全やリサイクルの観点から使用が規制されつつあり、環境に優しい非鉛系化合物の開発が望まれている。そこで、機械的な作用により光を発する機能材料を開発すれば、応力分布の可視化が可能になり、応力状態をコードレスに診断することができる。応力-電気-光という斬新な多元エネルギー変換素子の開発は、応力を非破壊的に計測できるセンサーをはじめ、高い信頼性と安全性を備えるインテリジェント材料、さらには、光を直接機械的エネルギーに変換する光アクチュエーターへの応用も考えられ、幅広い領域での応用が期待でき、新産業の創出に繋がる。そこで、応力発光材料の実用化の可能性について調査研究を行うとともに、新規材料の開発研究を行った。

2 調査結果

2.1 新規な応力発光材料の開発状況および応力センシングへの検討状況

現状では、 α - SrAl_2O_4 が高輝度の応力発光を示すマトリックスとして最適である。新規な種々の応力発光材料が開発されているが¹⁻⁷⁾、多くのものは暗室等の真っ暗な場所においてのみ観察が可能であり、実際に、薄明かりの下で応力発光の様子が観察できるのは、 ZnS:Mn と α - $\text{SrAl}_2\text{O}_4\text{:Eu}$ のみである。これら応力発光粒子と高分子とのハイブリッド材料は、簡単に色々なものにコーティングできるため、新規な応力センシング付与技術として多分野への応用が期待できる。図1に応力発光微粒子を

分散させたペーストでコーティングを施したプラスチックペレットに応力を印加した時の発光画像を示す。発光の強度分布は、有限要素法による数値解析の結果と良く一致していることより、応力分布の可視化が可能であることがわかる。

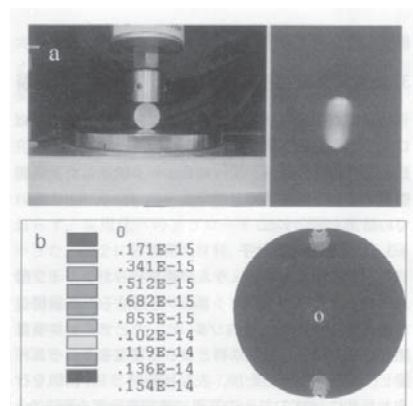


図1 応力発光微粒子が分散したペーストでコーティングしたプラスチック円盤に応力を加えた時の発光画像 (a) と有限要素法で解析した数値解析の結果 (b)¹⁾

応力発光を利用した新規センシング技術の主な特徴として、①対象物を選ばず複雑形状の計測が可能、②動的対象物もリモートでリアルタイムな計測が可能、③三次元的な情報が得られる、などが挙げられる。具体的な応用として、接着層内の応力分布、あごの骨の応力解析や人工骨の応力分布測定など医療関連の応力測定方法として現在その活用を研究中である。

2.2 特許出願状況の調査分析

平成17年4月30日現在の公開特許を「応力発光」および「メカノルミネッセンス」で検索した結果、「応力発光」が28件、「メカノルミネッセンス」が4件の合計32件であった。表1に特許出願機関および件数を示すが、最も出願の多いのが、独立行政法人産業技術総合研究所九州センターで、単独および共同で18件、ついで多いのがソニー(株)の10件で、太平洋セメント(株)を合わせた

3機関で出願の大部分を占めている。

表1 特許出願機関および件数

出 願 機 関	件 数
産総研九州センター	12 件
ソニー(株)	10 件
太平洋セメント(株)・産総研九州センター	5 件
キャノン(株)	1 件
セイコーエプソン(株)	1 件
オムロン(株)・産総研九州センター	1 件
双葉電子工業(株)・産総研筑波センター	1 件
鉄道総合技術研究所・埼玉大学	1 件

図2に特許公開件数の推移と出願内容を示す。応力発光およびトライボルミネッセンスの研究が、注目を浴びだした1997年^{2,3)}からしばらくの間は、産業技術総合研究所九州センターが主体となって、出願が行われてきた。2001年からは企業をも巻き込んで急激に出願件数が増加している。出願内容は、応力発光材料自体の開発に関するものおよびその粉末と樹脂とのハイブリッド化による種々の製品開発に関するものが多く、また最近では、センサー等の測定システムに関するものも増加してきている。

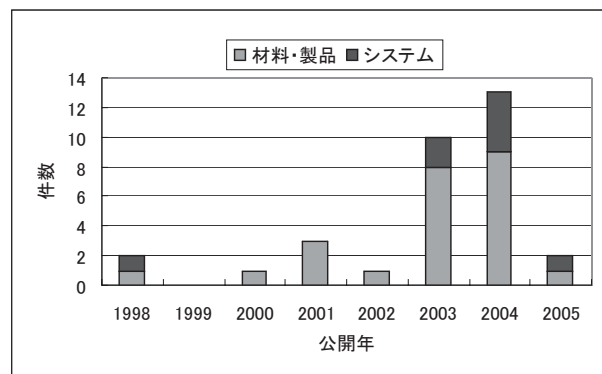


図2 特許公開件数と出願内容の推移

検討されている応力発光材料は、スピネル構造の $\text{ZnAl}_2\text{O}_4:\text{Mn}$ 、ウルツ型の $\text{ZnS}:\text{Mn}$ 、メリライト構造の $\text{Ca}_2\text{Al}_2\text{SiO}_7:\text{Ce}$ 、長残光化合物の $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}$ 、 FeS_2 構造の $\text{Sr}_3\text{Al}_2\text{O}_6:\text{Eu}$ 等の無機化合物である。その中でも、製品化、測定システム用の応力発光材料としては、発光強度が大きい $\text{ZnS}:\text{Mn}$ 、 $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}$ を中心に検討されている。

3 新規材料の開発結果

応力発光を示す $\text{Zn}_2\text{SiO}_4:\text{Mn}$ の Mn を Ti に置換した $\text{Zn}_2\text{SiO}_4:\text{Ti}$ の作製と応力発光の可能性について検討を行った。蛍光体粉末は、純度 99.99% の ZnO 粉末、 SiO_2 粉末および TiO_2 粉末を、 $\text{Zn}_{1.75}\text{SiO}_4:\text{Ti}_{0.005}$ のモル比になるように秤量し、ボールミルで混合した後、 $1,300^\circ\text{C}$ で 2 時間仮焼を行い、得られた仮焼粉末を粉碎し、再度、焼成を行うことにより作製した。得られた $\text{Zn}_{1.75}\text{SiO}_4:\text{Ti}_{0.005}$ は、紫外線励起によりピーク波長が 404nm の蛍光スペクトルを示した。応力発光の有無を、粉末を冷間埋め込み法によりエポキシ樹脂で固めた成型体で評価した。その結果、破壊時に短時間であるが、紫色の高輝度発光を示したことから、応力センサーへの利用が可能であると考えられる。また、無機薄膜 EL 材料として $\text{Zn}_2\text{SiO}_4:\text{Mn}$ が検討されていることより、 $\text{Zn}_{1.75}\text{SiO}_4:\text{Ti}_{0.005}$ も同様のピエゾ電気による発光メカニズムであると考えられる。

4 結 論

高輝度な応力発光微粒子 $\alpha\text{-SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}$ と高分子とのハイブリッド材料は、簡単にコーティングできるため、スマートコーティングとしての応用が有望である。特に、新規なセンシング技術として多分野への応用が可能であり、なかでも医療関連分野で微小領域のリアルタイムでの応力分布測定手法として期待できる。現状では、測定時に暗室を用いるなど測定環境に配慮する必要があるので、リアルタイムでの応力変化の観察のためにも、さらに、発光寿命の長い高輝度材料の開発が望まれている。

参 考 文 献

- 1) 徐超男, セラミックス, 39, (2004), 130.
- 2) C.N.Xu, T.Watanabe, M.Akiyama, and X.G.Zheng, 4th Inter. Conf. Compo. Engin., (1997), 1075.
- 3) T.Ishihara, K.Tanaka, K.Fujita, K.Hirao, and N.Soga, Jpn.J.Appl.Phys., 36, (1997), L781.
- 4) M.Akiyama, C.N.Xu, K.Nonaka, and T.Watanabe, Appl.Phys.Lett., 73, (1998), 3046.
- 5) M.Akiyama, C.N.Cho, H.Mastu, K.Nonaka, and T.Watanabe, Appl.Phys.Lett., 75, (1999), 2548.
- 6) H.Mastui, C.N.Xu, and H.Tateyama, Appl.Phys.Lett., 78, (2001), 1068.
- 7) K.Fujita, K.Tanaka, T.Ishihara, and K.Hirao, Encyclopedia of Smart Materials, 2, (2002), 1054.

(文責 石原嗣生) (校閲 毛利信幸)

10 ラピッドプロトタイピング（R P）による鑄造製品の製造技術の開発

兼吉高宏，柏井茂雄，平田一郎，後藤泰徳，野崎峰男，山田和俊，松井 博

1 目 的

近年、鑄造現場において、木型技能者の高齢化と後継者不足が深刻な問題となっている。しかも、多品種少量生産の需要は高まる一方であり、様々な形状の木型を迅速に作製することが求められている。

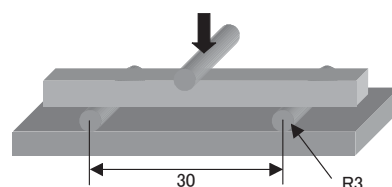
一方、近年のコンピュータ技術の発達により、複雑な3次元形状データを安価なシステムで簡単に処理できるようになった。これにより、コンピュータ上の3次元形状から直接立体模型を作製するラピッドプロトタイピング法(Rapid Prototyping Process：R P法)の研究・開発が進められている。R P法は、3次元データをコンピュータ上で幾層にも輪切りして2次元平面の積層したデータを作成し、このデータを基に積層モデルを作製する技術であり、簡便かつ迅速に3次元データから実際の立体模型を作製することができる。すなわち、R P法を鑄造工程に取り込むことにより、設計からプロトタイプ部品製造までの開発期間を短縮する新たな高付加価値製品の製造技術の確立が期待できる。本事業の目的は、R P技術を用いた鑄造技術の開発に伴う問題点を明らかにし、製品開発技術への展開を図っていくことである。

前年度の研究で紙積層R Pモデルから石膏鑄型を作製し、鑄造品を作製するプロセスを開発した。本研究では、開発したプロセスで用いる石膏鑄型の強度評価および石膏鑄型の強化法について検討した。その結果、コロイダルシリカ溶液を用いた新たな石膏鑄型強化法を開発することができたので報告する。さらに実製品への応用化例についても報告する。

2 実験方法

2.1 石膏鑄型の強度評価

石膏鑄型の強度評価は、抗折試験により行った。抗折試験は、両側の二点支持の中心に荷重を加え、試験片が折れたときの荷重から試験片の抗折強度を求める方法で行った。抗折試験法の概略図および試験条件を図1に示す。 α 石膏、石英および水を種々の組成で配合した10×10×50mmの角柱の抗折試験片を作製し、自然乾燥後、250℃および400℃のそれぞれの温度で、8時間の焼成を行った場合の石膏鑄型抗折強度を評価した。



石膏試験片	: 10×10×50mm
石膏配合	: α 石膏：石英＝30：70～70：30
混水量	: 30%～60%
加熱乾燥処理	: なし（自然乾燥） 250℃（通常の石膏鑄型での条件） 400℃（本プロセスでの条件）

図1 石膏鑄型の抗折試験法の概略図および試験条件

2.2 石膏鑄型の強化処理

α 石膏：石英＝50：50の混合粉末に、種々の濃度の酸性コロイダルシリカ水溶液を加えて混練、400℃で焼成し、抗折試験用標準試験片を作製した（図2）。 α 石膏：石英：水＝50：50：50の基本組成（以後、標準組成と呼ぶ）に対し、コロイダルシリカ添加量を変化させた時の抗折強度の変化を調べた。

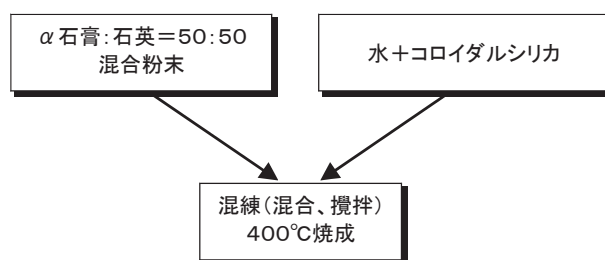


図2 コロイダルシリカ添加法

3 結果と考察

3.1 抗折試験による石膏鑄型の評価

前年度開発したプロセスでは、石膏中で紙積層R Pモデルを焼失させるため、400℃、8時間の加熱処理を行った。この温度は通常の鑄造用石膏鑄型を焼成する温度（約250℃）に比べ、高い温度で処理されるため、石膏鑄型の強度が低下する。石膏鑄型の強度が不十分であれば、鑄造時にクラック（割れ）が発生し、鑄物の変形、バリ発生などの鑄造不良の要因となる可能性が高い。そ

のため、前述の新たに手法を開発したプロセスでの石膏
 鋳型の強度について調べた。

標準組成の石膏および市販の鋳造用石膏で作製した鋳
 型について、焼成温度による抗折強度の変化を図3に示
 す。どちらも焼成温度の上昇とともに抗折力が減少する。
 400℃で焼成した場合には、250℃の場合に比べ、抗折強
 度はおよそ半減することがわかった。250、400℃の焼成
 温度で市販鋳造用石膏の強度が標準組成の鋳造鋳型より
 も高いのは、強度確保のためガラスファイバーなどが添
 加されているためと考えられる。

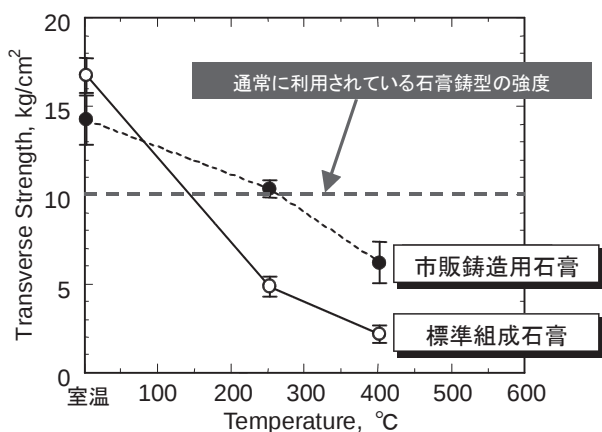


図3 焼成温度による石膏鋳型の抗折強度の変化

図4に、400℃で焼成した場合のα石膏量および混水
 量の石膏鋳型強度へ及ぼす影響をまとめた。α石膏量
 が多いほど、また、混水量が少なくなるほど石膏鋳型
 強度は上昇する。この傾向は、自然乾燥および250℃で焼
 成した場合と同様であった。

以上の結果をまとめると、通常の鋳造用石膏鋳型に比
 べ高温で処理されるプロセスでは、石膏鋳型の強度が大
 きく減少する。そのため、紙積層R Pモデル焼失処理時
 あるいは鋳造作業中において石膏鋳型にクラックが発生
 する要因となる。実際に、複雑形状あるいは大容量の紙
 積層R Pモデルの焼失過程で石膏鋳型にクラックが生じ
 る現象が多く見受けられた。

石膏のクラック発生を抑制するひとつの方法として、
 石膏の強度を増加させることが考えられる。図4に示し
 たように、α石膏量あるいは混水量を調整することによ
 り石膏強度を増大させることが、ある程度可能である。
 しかし、α石膏量を増やす場合は、結果として石英の量
 を減らすこととなり、熱衝撃特性の低下を招くと考えら
 れる。また、混水量を減らす場合は、スラリー粘度の上
 昇および石膏硬化時間の短縮につながるため、作業性の
 悪化が懸念される。このため、これらの方法以外で石膏

鋳型の強度を改善することとした。

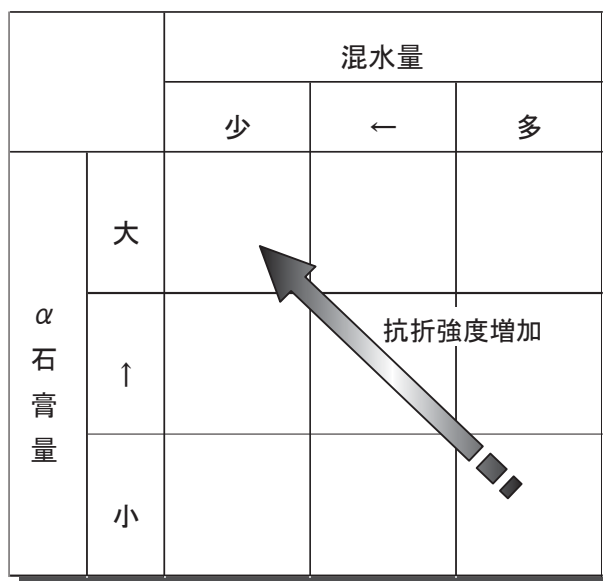


図4 400℃で焼成した石膏鋳型の抗折強度に及ぼす
 α石膏量および混水量の影響

3.2 石膏鋳型の強化処理

石膏鋳型の強化については、石膏鋳型作製プロセスを
 大きく変えないことを基本方針とし、添加法による石膏
 鋳型強化法を検討した。その結果、セラミックス系精密
 鋳造用鋳型用バインダ(粘結剤)として用いられている
 コロイダルシリカの添加による石膏鋳型の強化を検討す
 ることとした。なお、抗折強度の目標値として、図3に
 示した市販鋳造用石膏鋳型の250℃焼成条件での抗折強
 度、約10kgf/cm²を目標強度とした。

図5に、コロイダルシリカ添加による石膏鋳型の抗折
 強度の変化を示す。コロイダルシリカ添加量の増加にと
 もない抗折強度は上昇する。約5mass% (以後%と略
 す)以上の添加により、目標強度の10kgf/cm²を超える
 抗折力が得られることがわかった。ただし、コロイダル
 シリカ添加にともない、スラリー粘度が増大し、特に8
 %を超える添加では石膏が急速硬化する傾向が認められ
 た。したがって、作業性の確保にはコロイダルシリカ添
 加量を5%以下に抑える必要があった。

作業性を確保し、さらに強度を上げるため、従来から
 あるファイバー繊維の添加による石膏鋳型の強化法と組
 み合わせ、石膏鋳型の強化を図った。図6にコロイダル
 シリカおよびファイバー添加による石膏鋳型の抗折強度
 への影響を示す。コロイダルシリカ添加による石膏鋳型
 強化にファイバー繊維の強化を組み合わせることにより、
 作業性を確保した状態で目標強度を上回る石膏鋳型を実
 現できることがわかった。

次に、強化した石膏鋳型を評価するため、50×50×50

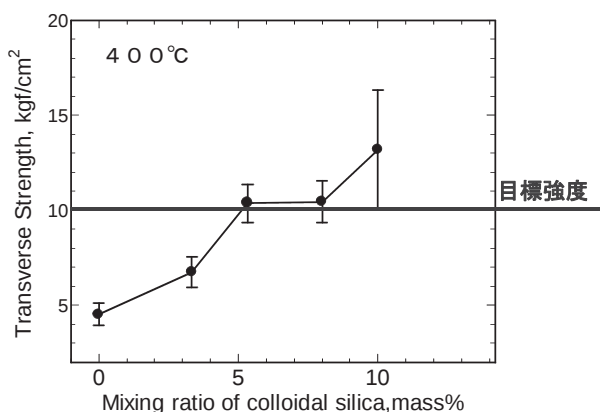


図5 コロイダルシリカ添加による石膏鋳型の抗折強度の変化

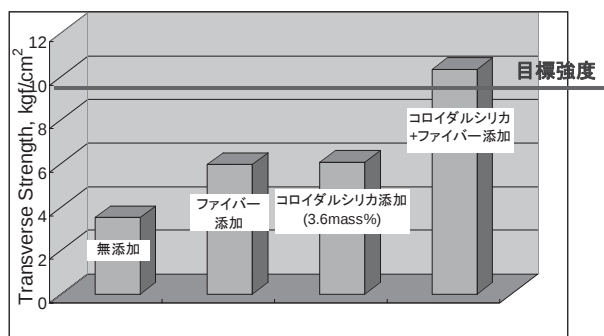


図6 コロイダルシリカ、ファイバー添加による石膏鋳型の抗折強度の変化

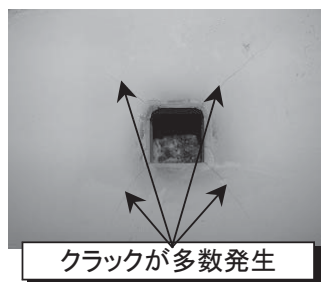
mmの角型紙積層RPモデルを用いてクラックの発生状況を調べた。無添加の石膏鋳型とコロイダルシリカ添加およびコロイダルシリカ+ファイバー添加を行った石膏鋳型のクラック発生状況を、図7に示す。無添加の石膏鋳型では多数のクラックが認められるのに対し、コロイダルシリカ添加の石膏鋳型では、クラックの発生が大きく抑制される。さらにファイバー添加を組み合わせた場合、クラックの発生はほとんど認められない。

以上のように、コロイダルシリカおよびファイバー添加による石膏鋳型強化は、紙積層RPモデル焼失処理時に発生するクラックの抑制に効果があることがわかった。

3.3 開発プロセスの実用化テスト

本事業において開発したプロセスを用いて、石膏鋳造を行っている企業2社で試作を行った。

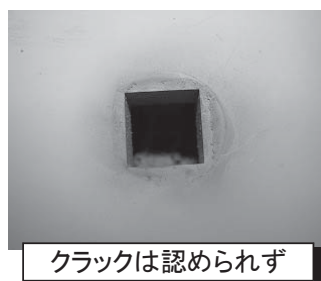
図8および図9に、それぞれゴルフパターとタイヤ金型の紙積層RPモデルおよび鋳造品を示す。ゴルフパターの場合は、市販の鋳造用石膏を用いて鋳型を作製したところ、コーナー部などに割れが発生した。そこで、コロイダルシリカ+ファイバー添加した石膏鋳型を用いる



無添加
(石膏50、石英50)



コロイダルシリカ
5mass%添加



コロイダルシリカ
+ファイバー添加

図7 コロイダルシリカ、ファイバー添加による石膏鋳型の湯口周辺におけるクラック発生状況

ことにより、割れの発生を抑制することができた。一方、タイヤ金型の場合は、立方体に近く比較的単純な形状であるため、石膏鋳型の割れも発生することなく良好な鋳造品が作製できた。

図10は、ダイカスト製品の紙積層RPモデルおよび鋳造品である。比較的薄肉であり、石膏鋳型の割れは少なかった。ただし、穴部や凹凸の激しい部分では石膏鋳型の割れや欠損などが生じやすかった。

いずれの鋳造品においても、3次元データから紙積層RPモデルの作製に1～4日、紙積層RPモデルから石膏鋳型の作製に2～3日、鋳造作業に1日程度の期間で完了しており、3次元データから約1週間程度で鋳造品が得られることがわかった。

従来の砂型鋳造で図面から木型、中子の作製だけで数週間を要することを考えれば、開発したプロセスは迅速な鋳造品作製技術として十分活用できる。また、3次元データの活用により設計変更が容易であり、多品種少量生産に適した鋳造技術として活用が期待できる。

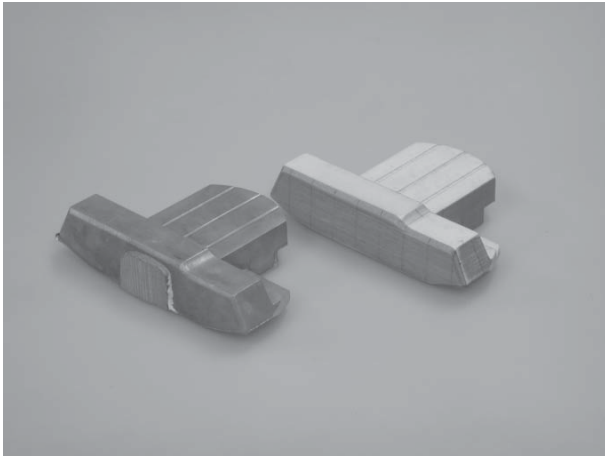


図8 ゴルフパターの紙積層RPモデルおよび鋳造品



図9 タイヤ金型の紙積層RPモデルおよび鋳造品

4 まとめ

本実験の結果をまとめると以下のとおりである。

- 1) 石膏鋳型の組成および焼成温度による鋳型強度への影響を検討した結果、紙積層モデル焼失時の高温処理により石膏鋳型の強度は大きく低下することが明らかとなった。
- 2) コロイダルシリカおよびファイバー添加による石膏鋳型強化により、紙積層RPモデル焼失処理によ

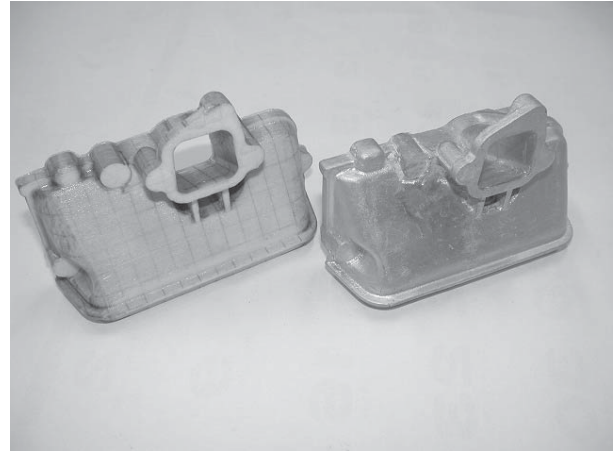
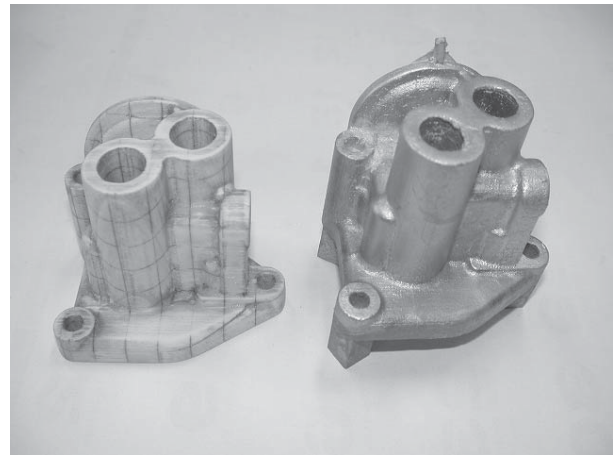


図10 ダイカスト製品の紙積層RPモデルおよび鋳造品

るクラック発生を効果的に抑制できることがわかった。

- 3) 開発したプロセスを用いてゴルフパター、タイヤ金型、ダイカスト製品の試作を行ったところ、実用製品への適用が十分可能であることがわかった。

(文責 兼吉高宏)

(校閲 柏井茂雄)

11 新原料による建設用粘土製品の開発

泉 宏和，河合 進，石原嗣生，山下 満，石間健市，西羅正芳，山中啓市

1 目 的

淡路粘土瓦業界では、長引く景気の低迷に加え阪神・淡路大震災によるダメージにより、需要の低迷が続いている。そこで、淡路瓦の品質向上等による産地競争力の強化を目的に、新原料開発、原土処理工場建設、新製品開発などを目指しているが、業界にとって特に新原料による建設用粘土製品の開発が重要課題となっていることから、そのための研究開発支援が必要となっている。

本研究では、南あわじ市松帆宝明寺（旧三原郡西淡町松帆宝明寺）の露頭で産出した可塑性の強い褐色土がカオリン系粘土であることを見出し、詳細な構造評価を行うとともに、淡路島内の未利用資源である亜炭入青粘土に添加して、泥漿鑄込法で成型後焼成し、調湿壁材としての特性について検討した。

2 実験方法

2.1 原土の物性

亜炭入青土および新たに産出した褐色土は、南あわじ市松帆慶野および松帆宝明寺の各露頭において採取し、自然乾燥後、1mm以下にまで粉碎して用いた。原土の同定および物性の評価は、X線回折、蛍光X線分析、示差熱重量分析、熱膨張測定により行った。

2.2 成型および焼成

乾燥原料を乾式で十分に混合した後、乾燥原料に対して50重量%の水と0.6重量%のケイ酸ナトリウムを添加し、ボールミルを用いて1時間粉碎混合を行うことで泥漿を得た。鑄込み成形は、100mm×100mm×10mmのくぼみを形成させた石膏型に十分な量の泥漿を流し込み、1時間静置した後、石膏型からはずすことによって行った。脱型を行った試料は、室温で12時間、110℃の乾燥機で12時間乾燥させた。その後、電気炉を用いて毎時300℃で昇温し、700℃から900℃の所定温度でそれぞれ1時間焼成を行い、電気炉中で冷却した。乾燥原料の配合割合と焼成温度を表1に示す。

2.3 焼成体の物性測定

得られた焼成体の曲げ強度の測定は、普通レンガ（JIS R1250:2000）に準じて行った。また焼成体の比表面積測定は、素素吸着法による比表面積測定法（JIS R1626

表1 配合割合および焼成温度

試料記号		配合割合 (%)		焼成温度 (℃)
		亜炭入青土	褐色土	
A	0	100	0	900
	1	100	0	800
	2	100	0	750
	3	100	0	700
B	1	90	10	800
	2	90	10	750
	3	90	10	700
C	1	80	20	800
	2	80	20	750
	3	80	20	700

:1996) に準じ、ユアサアイオニクス（株）製モノソーブMS-21を用いて行った。焼成体の細孔分布測定は、水銀圧入法による細孔分布測定法（JIS R1655:2003）に準じて、マイクロメリティックス社製ポアサイザ9320を用いて行った。また、焼成体の吸放湿特性は、調湿建材の吸放湿性試験方法（第1部：湿度応答法－湿度変動による吸放湿試験方法）（JIS A1470-1:2002）を参考にして、タバイエスペック（株）製環境試験装置TBE-2HW5G3Aを用い、相対湿度50%と90%での24時間後の水分吸着量の差を吸放湿量として評価した。

3 結果と考察

3.1 原土の物性

図1に褐色土のX線回折の結果を示す。2 θ = 12° 付近のピークは、いずれの薬品処理によっても変化していないことから、カオリナイトに帰属することができる。また、2 θ = 6° 付近のピークは、硝酸アンモニウム処理により2 θ = 7° 付近へ、エチレングリコール処理により2 θ = 5° 付近へ移動し、塩酸処理により消滅している。このことから、このピークはスメクタイトに帰属することができる。現在、淡路島内で産出し瓦の原料として用いられている粘土は緑泥石系であるが、新たに産出した褐色土のX線回折パターンには、緑泥石に帰属さ

れるピークは確認できなかった。表2には蛍光X線分析による組成分析結果を示す。参考にした緑泥石系の現用赤粘土に比べると、褐色土では酸化アルミニウムが多く、酸化鉄や酸化マグネシウムが少なくなっている。

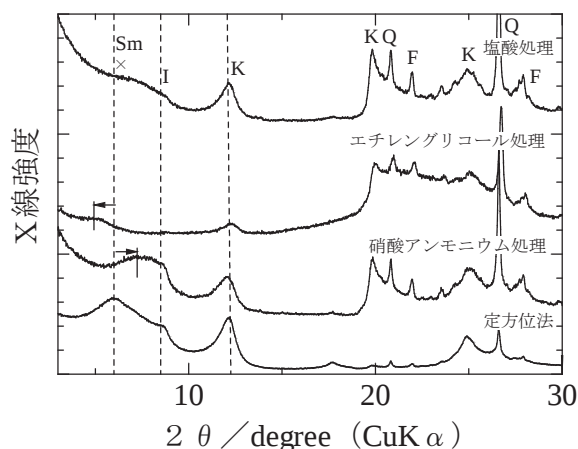


図1 褐色土のX線回折パターン (Sm:スメクタイト、I:雲母、K:カオリナイト、Q:石英、F:長石)

表2 原土の組成分析結果 (重量%)

	褐色土	赤粘土 (参考)
Na ₂ O	1.09	0.69
MgO	1.59	3.80
Al ₂ O ₃	21.2	17.7
SiO ₂	58.0	53.6
K ₂ O	2.09	2.98
CaO	0.72	1.34
Fe ₂ O ₃	8.01	10.4

褐色土の示差熱重量分析の結果を図2に示す。熱重量曲線 (TG) では、100℃付近の吸着水脱離による重量減少と500℃付近の構造水の脱離による重量減少が認められる。また、示差熱分析曲線 (DTA) では、100℃付近での吸着水脱離による吸熱ピークの他に、515℃付近での吸熱ピーク、930℃付近の発熱ピーク、および1150℃付近の発熱ピークが確認できる。これらはそれぞれ、カオリナイトの構造水の脱水、脱水により非晶質化した試料の再結晶化、およびムライトの生成によるものであり、カオリン系粘土において特徴的にみられるものである。図3に、褐色土の熱膨張測定 (TMA) の結果を示す。焼結が進むことにより生じる900℃付近からの収縮は2段階で起こっており、これは褐色土がカオリン系粘土であることを示唆している。焼結が終了し、その後の膨張のはじまる温度は1243℃であり、現在粘土瓦用原土として用いられている赤粘土や青粘土 (約1200℃) に比べ高かった。

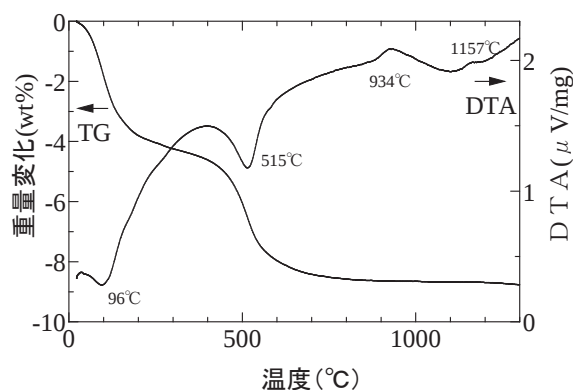


図2 褐色土の示差熱重量分析結果

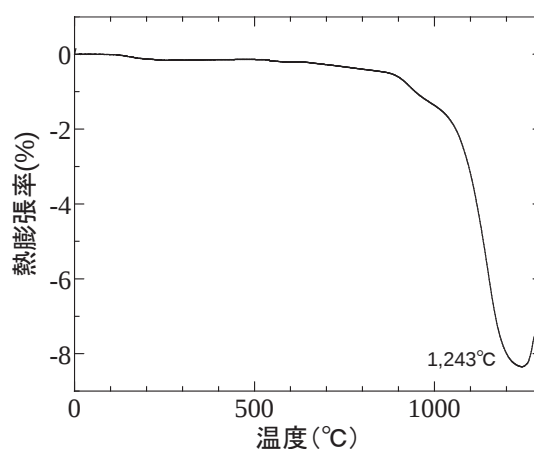


図3

3 褐色土の熱膨張測定結果

以上の結果から、南あわじ市松帆宝明寺で新たに産出した褐色土は、現在粘土瓦用原土として用いられている緑泥石系の赤粘土および青粘土とは異なり、耐火度の高いカオリン系粘土であることが明らかとなった。

3.2 焼成体の物性

昨年度の結果から、試料を高温で焼成すると焼結が進行し、曲げ強度は大きくなるものの、吸水率の低下と、気孔が潰れることによる吸放湿量の低下を招くために、調湿材としては適さないことが明らかとなっている。そこで本研究では、800℃以下で焼成を行った。得られた焼成体試料の曲げ強度を表3に示す。一部で曲げ強度の小さな試料もあったが、おおむね1～2N/mm²程度の曲げ強度は有しており、実用材料として使用可能であると考えられる。

焼成体の比表面積、細孔分布および吸放湿量測定結果を表3にあわせて示す。いずれの配合割合の試料においても、焼成温度の低下とともに、吸放湿量は大きくなった。700℃で焼成した亜炭入青土単味試料では50.0g/m²

表3 焼成体の曲げ強度、比表面積、細孔分布および吸放湿量

試料 記号		曲げ 強度 (N/mm ²)	比表面積 (m ² /g)	細孔分布細孔体積		吸放湿量 (g/m ²)
				(cm ³ /g)	平均直径 (nm)	
A	0	1.22	1.6	0.441	274.3	10.7
	1	1.23	5.6	0.402	192.9	37.2
	2	0.52	8.9	0.416	189.1	43.3
	3	1.03	10.8	0.425	195.1	50.0
B	1	1.50	6.5	0.379	180.0	43.1
	2	0.84	8.1	0.410	183.5	52.4
	3	1.21	9.4	0.367	158.8	61.5
C	1	2.35	6.7	0.368	154.6	44.5
	2	1.16	8.8	0.456	225.0	53.3
	3	1.20	9.9	0.387	179.0	59.4

の吸放湿量を示した。図4は亜炭入青土単味試料（A）の累積気孔径分布曲線（-□-、-○-、-△-）および気孔径頻度分布曲線（実線）である。一般に、細孔への水分の吸着現象は毛細管凝縮を主体としており、水蒸気の凝縮が生じる細孔直径と相対湿度の関係は、Kelvin式として表されることが知られている。室温において、相対湿度50%および90%での吸着に対応する細孔半径は、それぞれ約2nmと約10nmとなることから、吸放湿量の大きな材料は高湿度と低湿度での平衡吸着量の差が大きな材料であり、直径が4から20nmの細孔が多く存在する材料である。亜炭入青土単味の場合、900℃で焼成した試料に比べて、800℃以下で焼成した試料では、細孔の平均直径は小さくなり、直径が4から20nmの細孔体積は大きくなっている。このため、800℃以下の温度で焼成した試料において吸放湿量が大きくなったと考えられる。

図5は細孔分布におよぼす褐色土の添加効果を示したものである。亜炭入青土単味に対して褐色土を添加することで、直径が4から20nmの細孔体積が大きくなっている。この結果、同じ温度で焼成した場合でも、褐色土を添加した試料で吸放湿量が大きくなったと考えられる。

4 結 論

本研究では、南あわじ市松帆宝明寺で新たに産出した可塑性の強い褐色土が、現在粘土瓦用原土として用いられている赤粘土や青粘土とは異なる、カオリン系粘土であることを明らかにした。この褐色土を、淡路島内の未利用資源である亜炭入青土に添加し、泥漿鑄込み法によ

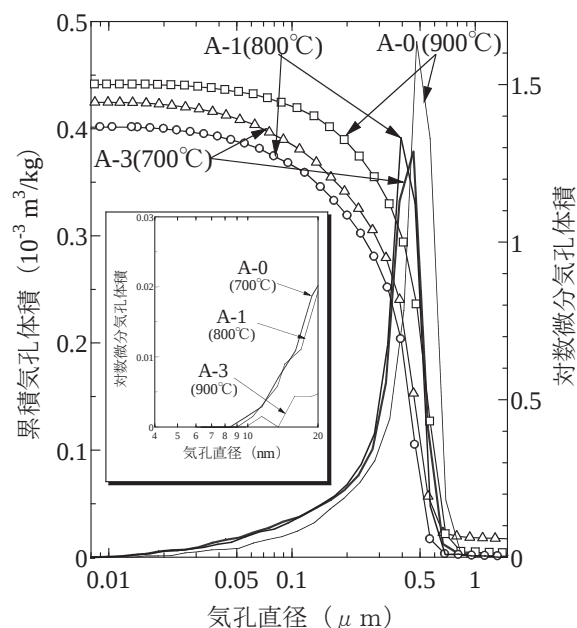


図4 細孔分布の焼成温度依存性（亜炭入青土単味）

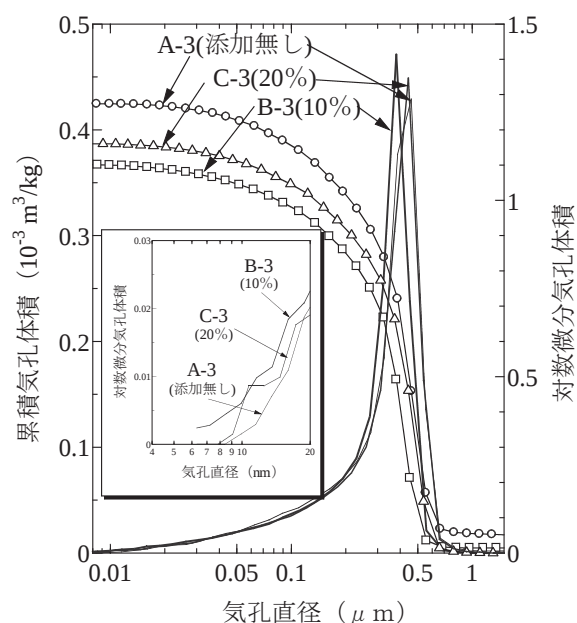


図5 細孔分布の配合割合依存性（700℃で焼成）

り成型後、焼成した試料を作製し、その調湿機能について検討したところ、亜炭入青土単味の場合と比較して、吸放湿量が約20%向上することが明らかとなった。

（文責 泉 宏和）

（校閲 山中啓市）

12-1 複合素材織物のデザイン開発

古谷 稔，藤田浩行，佐伯 靖，宮本知左子，近藤みはる，竹内茂樹，瀬川芳孝，小紫和彦，仙崎俊明

1 目 的

アジア諸国、特に中国の目覚ましい発展による価格競争力の低下のため、播州織産地は高生産力を優先した輸外型から、高付加価値化素材の導入や、差別化製品の開発、少ロット生産対応の内需型への転換が進んだ。しかし、消費の低迷と、消費者嗜好の多様化、個性化に伴い、さらに工夫を凝らした斬新な織物の開発が要求されている。

そこで、デザイン性豊かで、変化に富む、高感性な織物を作成するデザイン開発を行った。

2 新しい織物のデザイン開発

2.1 柄付のリバース織物

たて糸の配列を活かして柄が浮かび出すように組織を配置したリバース織物。よこ糸にナイロン糸を使うことで、糸に収縮差が生まれ独特のしわが表現できた（図1）
用途としては、ジャケットやアウターを想定した。

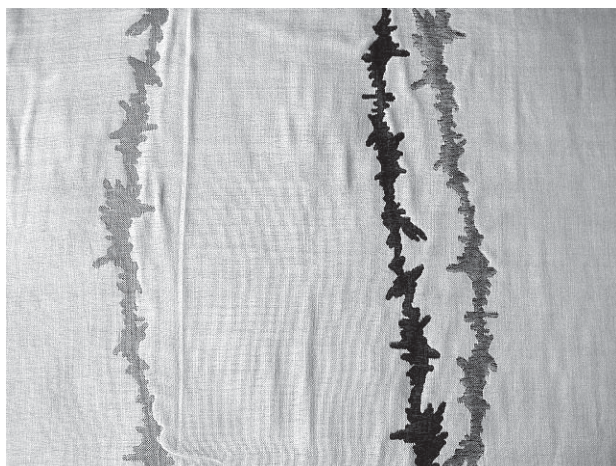


図1 有刺鉄線柄のリバース

2.2 組織と素材の組み合わせ

伸縮性のあるポリウレタン糸を使い、二重組織と組み合わせることで、シボとボリューム感のある織物を創った。蜘蛛の巣柄を配置することでさらに斬新なデザインの織物となった（図2）。

用途は、播州織産地が比較的扱ってこなかった秋物が

ターゲットで、伸縮性を活かした新しい感覚の秋物Tシャツという新しいジャンルを狙った。

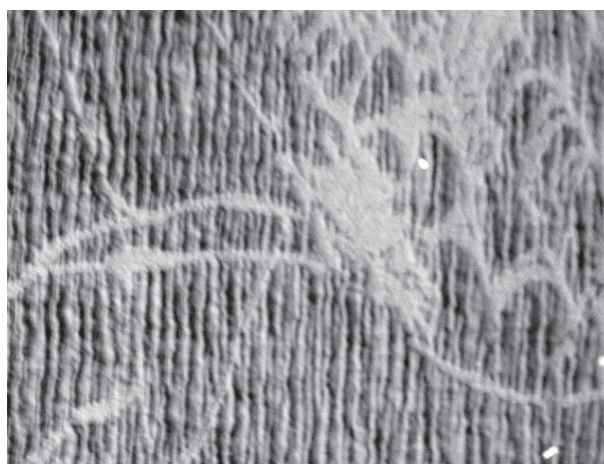


図2 蜘蛛の巣柄のシボ織物

2.3 アレンジワインダを使った織物

開発中のアレンジワインダで、異なる糸を繋いで今までにない柄の織物（図3）を創作した。播州織産地発の技術であるアレンジワインダの活用範囲の拡大を目指して、アレンジワインダによる差別化先染織物の開発を狙った。このオリジナル織物は、全国繊維技術交流プラザ（福井で開催）で中小企業庁長官賞を受賞した。

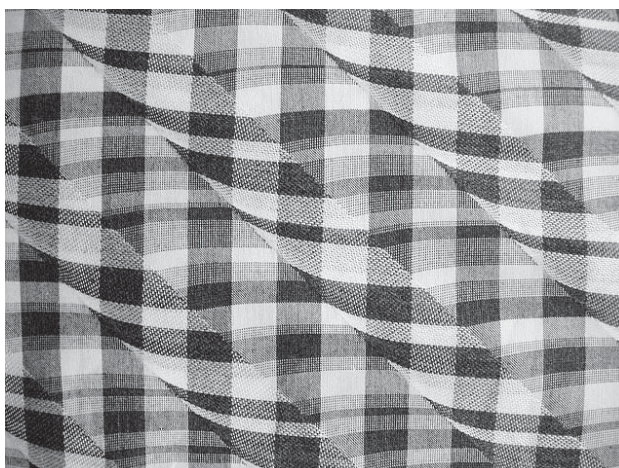


図3 よこ糸が曲がる織物とアレンジワインダの組合せ

2.4 織物組織と加工

この技術は、特許出願中の新開発の加工技術であり、組織の粗い織物のスリップしやすい欠点を逆手に取ったアイデア技術開発である。

後加工で、糸を移動させることで今までにない糸の表情と色合いおよび風合いができる。製品洗いによる独特の風合いや空気を多く含むため非常に保温性に優れる特徴を持っている（図4、5）。

図6は、企業が同技術を用いて商品化したものである。

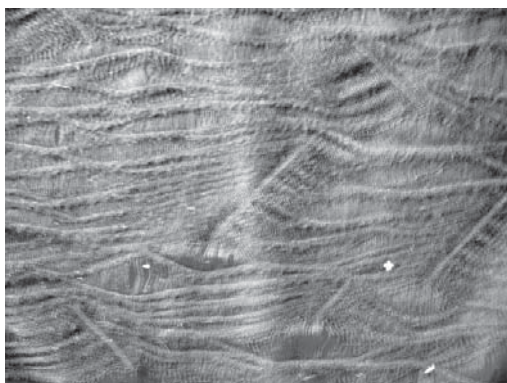


図4 ブラックウェーブオンレッド

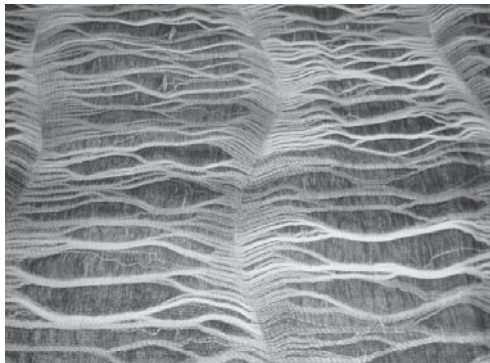


図5 クラッシュ製品（J C）

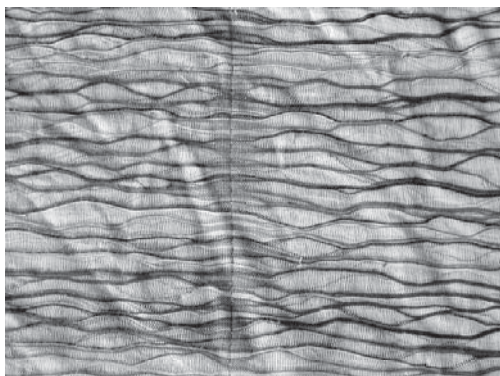


図6 企業が商品化

2.5 織物の製品化と商品化

試作した織物は、地元企業はもちろん、大都市圏のデザイナー、バイヤー等に評価を求めるために積極的に展示会等に出品している。

例として、播州織ジョイントファッションショーに素材提供し縫製化を進める道筋ができた。また、総合素材展に展示ブースを得て展示、所内でも展示会を開催し好評であった（図7、8）。



図7 縫製化した織物（プレゼンス展示会）



図8 ファッションショーや展示会における製品の発表

3 結 論

様々な織物を創作し反響があった。今後もデザイン研究と製品開発を続けていく予定である。一部の織物については、地元企業を通じて商品化が進行している。

なお、本研究の実験に際し、ご協力をいただいた㈱片山商店、西角綿業㈱、播州織工業協同組合等、試作織物の製品化にご協力いただいた㈱ミスティミスト（プレゼンス）、玉木新雌氏（デザイナー）に感謝します。

（文責 古谷 稔）

（校閲 小紫和彦）

12-2 平織り織機による商品開発

近藤みはる，竹内茂樹，佐伯 靖，藤田浩行，宮本知左子

1 目 的

播州織産地の平織り織機を保有する織布工場は、従来からの画一的な織物の製織を行っているが、近年受注量が減り、稼働率が低下して、非常に厳しい状況が続いているのが現状である。これに対応するためには、差別化新商品づくりが重要であり、これまでに培われた製織技術と経験を活かし、素材の多様化¹⁾と糸の特色を活用した、平織り織機ならではのオリジナル性のある商品開発を目的として研究を実施した。

2 実験方法

2.1 平織物製織試験

当産地の平織工場では、ほとんどが筈1羽に対してたて糸2本入れが基本である。今回は、筈密度の少ない筈を用いて²⁾、1羽6本入りを6羽と1羽4本入りを6羽のくり返しを織物全幅に行い、たて・よこ糸共綿糸、たて糸綿糸でよこ糸に綿糸、スパンデックス（コア・ヤーン）糸³⁾との組み合わせの3通りの平組織の織物を製織試験した。

このうち1点の織物（図1）の規格を次に示す。

素 材：たて糸：綿20番手単糸

よこ糸：綿スラブ糸15番手単糸

織物密度：たて 56本／インチ よこ 50本／インチ

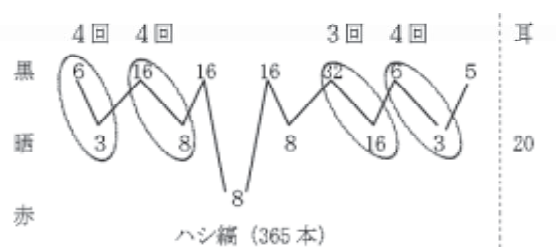
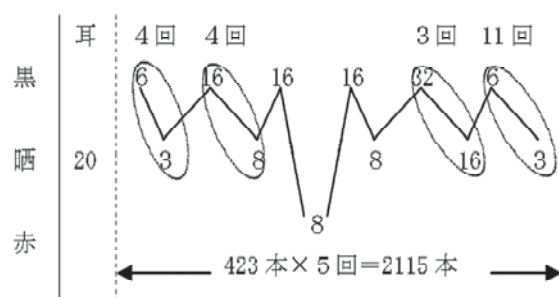
組 織：平組織

たて糸準備：糊付機：KS-5N型ユニサイザー（株式会社梶製作所製）

：整経機：NAS-5（株式会社鈴木鉄工所製）

織 機：片側四丁杼、ドビー機付力織機（平野製作所製）

たて縞割り



$$2115\text{本} + 365\text{本} + 40\text{本} = 2520\text{本}$$

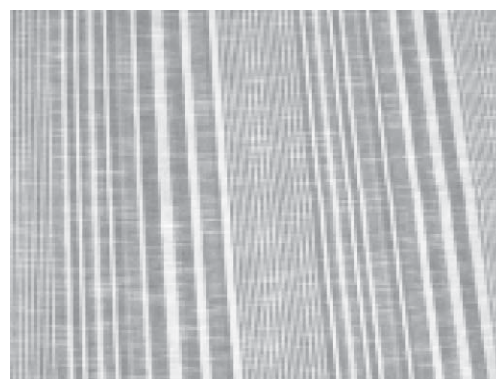


図1 筈入れ変化織物

2.2 空羽織物製織試験

部分的にたて糸の無い所（空羽）を設計し、よこ糸に綿糸とスパンデックス（コア・ヤーン）糸を用いて⁴⁾、平織物を立体的な一見ドビー織物の様な外観をもつ織物（図2）の製織試験を行った。

織物規格を次に示す。

素 材：たて糸：綿20番手単糸

よこ糸：綿20番手単糸、スパンデックス（コア・ヤーン）20番手単糸

織物密度：たて 75本／インチ よこ 58本／インチ

組 織：平組織

経糸準備：糊付機：KS-5N型ユニサイザー（株式会社梶製作所製）

：整経機：NAS-5（株式会社鈴木鉄工所製）

織 機：片側四丁杼、ドビー機付力織機（平野製作所製）

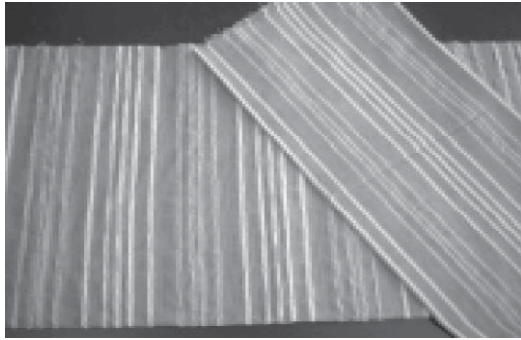


図2 空羽織物

2.3 リオンバ格子製織試験

固定色を白・黒糸として、3色目の糸においては〔スラブ糸・ネップ糸・斑染め糸・かすぎの糸（異なる先染糸3本以上合糸した糸）〕など、異なった変化のある糸素材を用いた。3色格子の織物をリオンバ格子（図3）と称し、播州織産地から発信する8点の規格織物の製織試験を行った。

このうち8点中1例としての織物規格を次に示す。

素 材：たて糸：綿20番手単糸×綿糸かすぎの糸（MK 603-1701）合糸太さ20番手

よこ糸：綿20番手単糸×綿糸かすぎの糸（MK 603-1701）合糸太さ20番手

織物密度：たて 70本／インチ よこ 56本／インチ

組 織：4枚斜文（4つ綾）

たて糸準備：糊付機：KS-5N型ユニサイザー（㈱梶製作所製）

：整経機：NAS-5（㈱鈴木鉄工所製）

織 機：片側四丁杼、ドビー機付力織機（岩間織機製作所製）

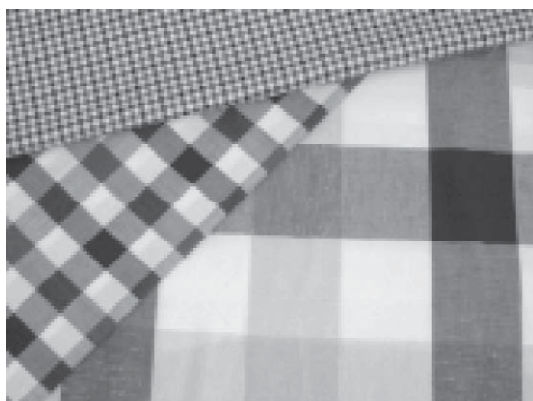


図3 リオンバ格子

3 結果と考察

3.1 平組織における箆入れ

たて糸における箆の入れ方を検討した結果、今回行っ

た実験においては、平組織でありながら今までにない平織物の重要な知見を得た。

3.2 空羽織物

空羽織物においては、空羽のパターンを変化させたり、今後の素材研究により差別化織物の開発に有効な手段であることがわかった。

3.3 リオンバ格子

提案型産地をめざすために、リオンバ格子を確立し、産地から発信するブランド織物の商品化（図4）に向けて研究を進めていく。

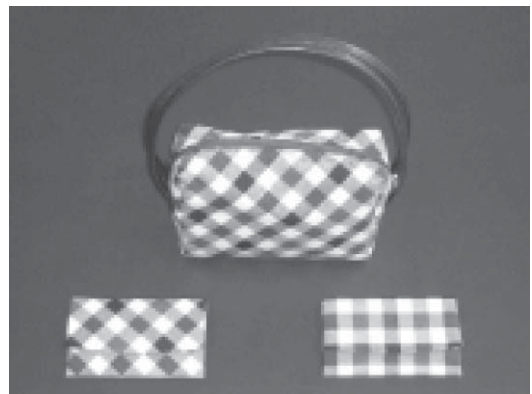


図4 リオンバ格子の商品の一例

4 結 論

播州織産地には古くから培われた製織技術がある。その産地の製織技術と応用技術、また新素材の導入により既存設備を使った新商品開発が可能となった。今回の研究において試作した織物は、かばん、名刺入れ、小物等に製品化した。この成果は用途開発並びに高級化をめざした新商品開発につながる。また試織織物は、全国繊維技術交流プラザ（福井県）などの各種展示会に出展するとともに、織物見本帳を作成し発行する予定である。

参 考 文 献

- 1) 織田勝俊, 竹内茂樹, 近藤みはる, 兵庫県立工業技術センター研究報告書(平成5年版), 3, (1993), 94.
- 2) 播州織グループ編, 先染織物ハンドブック, 播州織総合開発センター(1983.3).
- 3) 織田勝俊, 近藤みはる, 兵庫県立工業技術センター研究報告書(平成7年版), 5, (1995), 84.
- 4) 織田勝俊, 竹内茂樹, 兵庫県立工業技術センター研究報告書(平成8年版), 6, (1996), 97.

(文責 竹内茂樹)

(校閲 小紫和彦)

13 マイクロ加工による超小型精密金型の開発

浜口和也，安東隆志，野崎峰男，阿部 剛，有年雅敏，松井 博

1 目 的

最近、医療関連機器部品をはじめ、光学部品、精密機械、電子部品などの小型・軽量化が進むにつれて、微細な溝加工や複雑な形状に加工するマイクロ加工のニーズが急増している。マイクロ加工の中で、極小径工具によるマイクロ切削加工はマイクロポンプ、医療検査器具など、高付加価値部品を製作するために不可欠なものづくり技術である。

本研究は、0.5mm以下の極小径工具を用いて、超高速回転三次元形状精密加工装置（以下、超高速回転加工装置と略す。最高12万回転／分）による2種類のポケット形状加工試験を行った。種々の加工面性状については、通常の高速加工機（最高5万回転／分）の結果と比較した例を紹介する。

2 実験方法

2.1 超高速回転加工装置

ポケット形状加工に用いた超高速回転加工装置は、(株)ソディックエンジニアリング製 MC250L 型で、図1に外観写真を示す。本体寸法は幅 1.2m、奥行き 1.8m、高さ 1.9m であり、一般の工作機械に比べて、かなり小型となっている。本体左側面部には自動焼きばめ装置を設置してある。本装置には、以下の3つの特徴がある。



図1 超高速回転三次元形状精密加工装置

2.1.1 超高速回転主軸

主軸は最高回転数12万回転／分のエアタービンスピンドルである。エアタービンスピンドルは伸縮が非常に小さく、約60秒で安定する。

2.1.2 リニアモータ駆動

本装置はX、Y、Z軸の3軸ともリニアモータ駆動方式を採用している。リニアモータ駆動方式はテーブルを非接触で直接駆動するため、高加速度加工が可能である。また、バックラッシュが無いため、高い位置決め精度（1 μ m以下）となっている。

2.1.3 自動焼きばめ装置

極小径工具を超高速回転させたときの工具先端部の振れを抑制するため、本装置では図2に示す高周波自動焼きばめ装置によって、工具をチャッキングする方式を採用している。焼きばめ方式は、保持力が強く、工具先端部の振れを抑えることができ、工具の損傷などを防ぐことができる。



図2 自動焼きばめ装置（左）と工具取り付け状態（右）

2.2 切削条件

超高速回転加工装置と高速加工機（東芝機械(株)製 ASV400：ボールねじ駆動、最高5万回転／分、コレットチャック方式）を用いて、直径0.2mmの極小径エンドミルで平面を加工したときの表面性状について比較した。被削材は高強度アルミニウム合金 A7075、高硬度の難削材であるダイス鋼 SKD11（H_RC60）で、ポケット形状（□：2×2×0.01mm）を加工した。切削条件を表1に示す。

表1 切削条件

主軸回転数	50,000 rpm	120,000 rpm
切削速度	31,4 m/min	75,4 m/min
切込量	1 μ m / 刃	
送り速度	100 m/min	240 m/min
ピックフィード	0.01mm	
加工方向	ダウンカット	
クーラント	オイルミスト	

3 結果および考察

加工表面の性状は、ZYGO 社製 NewView 5032（垂直分解能 0.1 ナノメートル）を用いて、表面粗さによって評価した。測定倍率は10倍、測定範囲は 0.54×0.71 mm である。

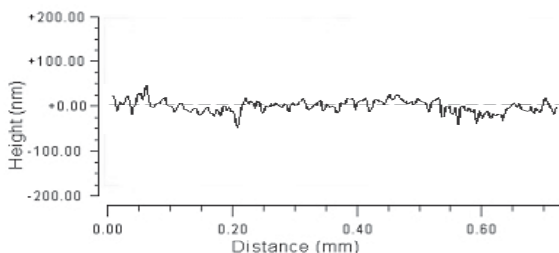
3.1 アルミニウム合金（A7075）の切削試験

A7075 の加工面における面最大粗さと面平均粗さの測定データを表 2 に示す。面最大粗さは $0.2 \sim 0.3 \mu\text{m}$ で、面精度の良い加工面が得られた。超高速回転加工装置で加工した場合の面最大粗さ、面平均粗さは高速加工機を用いた場合より小さく、加工面精度は向上している。これは、主軸回転数の差によるもので、極小径工具を用いた加工においては、主軸を超高速回転させて、工具に必要な切削速度で加工する方が、面精度の良い加工面が得られることがわかった。

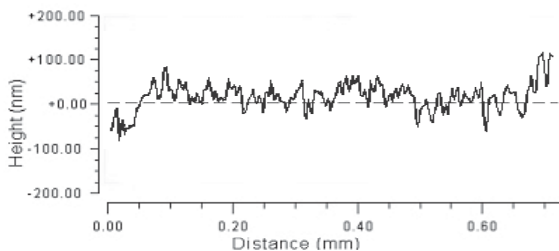
表 2 表面粗さの比較（A7075）

主軸回転数 (rpm)	120,000	50,000
面最大粗さ (μm)	0.224	0.298
面平均粗さ (μm)	0.010	0.025

測定範囲内の任意の箇所における表面粗さ波形を図 3 に示す。超高速回転加工装置で加工した図 3（a）ではうねりはほとんどみられず、ほぼ平坦に加工されているが、高速加工機で加工した図 3（b）では約 $0.2 \mu\text{m}$ のうねりが発生していた。うねりは機械の加工精度や加工条件により発生すると推察されるが、原因については今後追究する。



（a）超高速回転加工装置による加工



（b）高速加工機による加工

図 3 A7075 の表面粗さ波形の比較

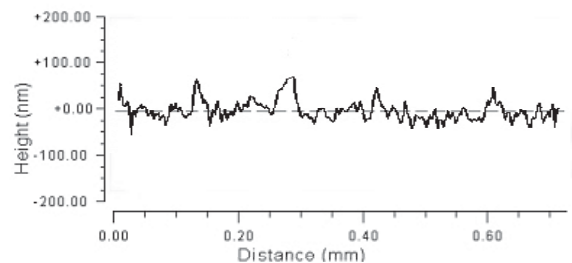
3.2 ダイス鋼（SKD11）の切削試験

SKD11 の加工面における面最大粗さと面平均粗さの測定データを表 3 に示す。A7075と同様に、加工面精度は良く、超高速回転加工装置を用いた方が、加工面精度は向上している。

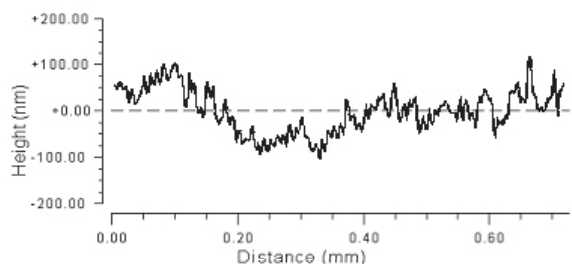
表 3 表面粗さの比較（SKD11）

主軸回転数 (rpm)	120,000	50,000
面最大粗さ (μm)	0.354	0.725
面平均粗さ (μm)	0.017	0.038

表面粗さ波形を図 4 に示す。A7075の場合と同様に、超高速回転加工装置による加工面ではうねりはほとんどみられず、高速加工機による加工面では約 $0.2 \mu\text{m}$ のうねりが発生していた。



（a）超高速回転加工装置による加工



（b）高速加工機による加工

図 4 SKD11 の表面粗さ波形の比較

4 まとめ

超高速回転加工装置を用いて、極小径工具によるポケット形状加工を行い、高速加工機による加工と比較して、以下の結果が得られた。

- （1）いずれの加工装置を用いた場合でも、A7075、SKD11 の加工面最大粗さは $1 \mu\text{m}$ より小さく、加工面精度は良好であった。
- （2）超高速回転させた方が、面最大粗さ、面平均粗さともに小さくなり、加工面精度は向上した。
- （3）高速加工機では約 $0.2 \mu\text{m}$ のうねりが発生したが、超高速回転加工装置では認められなかった。

（文責 浜口和也）

（校閲 有年雅敏）

14 ワイヤレスネットワーク機能を持つ搬送ロボットの開発

幸田憲明, 北川洋一, 小坂宣之, 三浦久典, 中里一茂, 中本裕之

1 はじめに

近年、生産現場における加工機器、計測機器等はLANに接続されて利用されている。LANへの接続をワイヤレスで行うことにより機器配置の変更が容易となり、柔軟な生産形態を実現できるため、新製品サイクルの短縮化に有効である。そこで、本研究では搬送ロボットを対象としてBluetoothを利用したワイヤレス通信ネットワークの開発に取り組んだ。本年度はホストPC、センサを搭載した作業ロボット、複数の中継ロボットからなる、より実用的なワイヤレス通信中継ネットワークを構成した。

2 目標とする機能

前年度¹⁾の作業ロボット1台、中継ロボット1台、ホストPC1台の構成を基にして、本年度は複数の中継ロボット、作業ロボットを用いて、ネットワークへの接続、切断を自動的に行うことができる通信ネットワークの実現を目指した。具体的には、以下の機能を追加実装し、複数の中継ロボットの導入により、作業ロボットの移動範囲の拡大を図った。

i)中継ロボットのネットワーク加入を自動化し、通信範囲の広いネットワークを自動的に構築する。

ii)作業ロボットを複数導入し、ロボット別にデータ、コマンド通信を行うことができる。

特に i)について、前年度では中継ロボット数を随時増やすことができなかった点を改良し、ネットワーク構成に柔軟性を与える機能の実現を目指した。以上の機能を持つ通信ネットワークシステムをPCとBluetooth²⁾通信モジュールを組み合わせることで構成した。

3 システム構成

本年度製作した中継ネットワークシステムの構成を、図1に示す。

システム内にホストPCと作業ロボット、中継ロボットの2種類の搬送ロボットが存在するのは前年度と同様であるが、本年度は中継ロボット、作業ロボットが複数存在できるように機能を拡張している。またBluetoothモジュールには、簡単なコマンドにより周囲のデバイス探索や通信接続を行うことができる、太陽誘電製シリアル

通信プロファイルを搭載したモジュールを採用した。

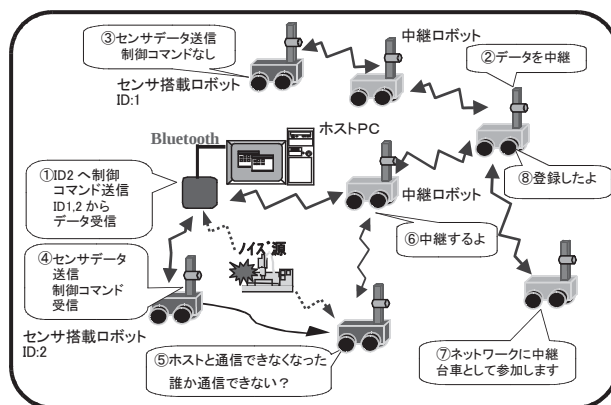


図1 システムの構成

4 通信ソフトウェア

本年度新たに製作、追加した通信機能について述べる。

まずネットワーク未加入の中継、作業ロボットが随時ネットワークに加入できるようにするため、未加入ロボットからのネットワーク加入要求に対して、加入に必要な情報（中継あるいは作業ロボットとのどちらとしてネットワークに参加するのか、Bluetooth接続するための接続アドレスは何か）を相互通信する機能を追加した。この機能を用いて、中継ロボットを随時導入することによって広範囲の中継ネットワークを構築できる。また強ノイズや距離増大等による通信切断に対して、適切に終了処理が行えるよう改良した。これにより、中継ロボットとの間に通信ができなくなる不具合が生じて、新たな接続先を求めて再接続を行い、ネットワークを再構築することが可能となった。

中継ロボット(制御PC、Bluetoothのみ)

作業ロボット



図2 試作したシステムの中継ロボットと作業ロボット

次に作業ロボットに ID を付与し、通信パケットに ID を加えて該当する ID をもつ作業ロボットとの相互通信を行う機能を追加した。これにより、ホスト PC は任意の作業ロボットに制御コマンドを渡せるだけでなく、作業ロボットからのセンサデータの発信元を知ることが可能となった。

試作したシステムの作業ロボットと中継ロボット (PC+Bluetooth のみ) を、図 2 に示す。

5 動作確認実験

システムの目標とする機能について、その有効性の評価を行った。評価するネットワークの構成は、ホスト PC 1 台、中継ロボット 2 台、作業ロボット 1 台の基本的な構成とした。ホスト PC と各ロボットの配置を図 3 に示す。

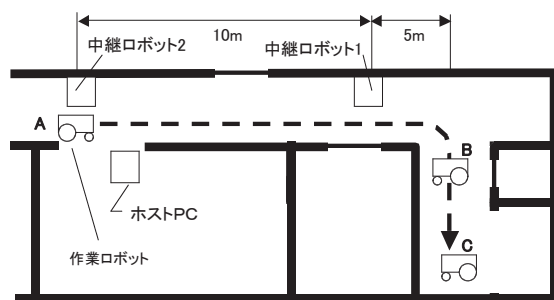


図3 ホストPC、中継ロボットの配置と
作業ロボットの移動経路

まず、ネットワークへの中継ロボットの随時加入機能の確認を行った。ホスト PC と中継ロボット 1 が接続している状況において中継ロボット 2 を新たに投入したところ、正しくネットワークに接続され、中継していることを確認した。次に、新しく中継ロボットが加入したネットワークが、作業ロボットに対して正しく機能するのか確認を行った。実験方法としては、以下に示すデータのホスト PC ⇄ 作業ロボット間の相互通信により評価した。

- ・ホスト PC → 作業ロボット : 動作指令 (10byte)
- ・作業ロボット → ホスト PC : 距離センサデータ (10byte)

作業ロボットを中継ロボット 2 に接続し、図 3 に示す A 地点からホスト PC からのコマンドにより発進させた。B 地点において作業ロボットと中継ロボット 2 との通信が確立できなくなり、中継ロボット 1 へと接続先を切換えてホスト PC との通信を回復し、ホストにセンサデータを再び送信できることを確認した。図 4 に B 地点における作業ロボットのノート PC 画面を示す。中継ロボッ

ト 2 の Bluetooth モジュールとの通信ができなくなり、新たな周囲探索により中継ロボット 1 の Bluetooth モジュールを発見して接続していることが分かる。さらに、ホスト PC ⇄ 中継ロボット 2 ⇄ 作業ロボットと接続してデータ通信を行っている状況において、中継ロボット 1 を投入するとネットワークに加入でき、接続先の切換え動作も正常に実行できることを確認した。

以上から、中継ロボットを新たにネットワークに追加する機能と、作業ロボットに対する中継経路の動的変更動作を実現できたことを確認できた。

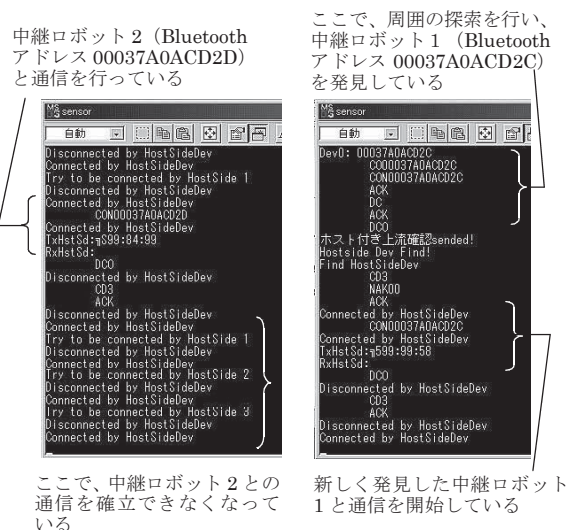


図4 作業ロボットの接続先切換の様子

6 結 論

本研究において作業ロボットの移動範囲を拡張し、通信ネットワークをよりダイナミックに変化させることが可能なワイヤレスネットワークシステムを試作した。そして確認実験から、随時中継ロボットを投入することにより通信ネットワークを拡張することが可能であることを実証することができた。また、通常では直接通信できない距離にある作業ロボットでも、中継ロボットを配置できれば、ホスト PC と通信できることを確認できた。

今後は、ロボット間通信において、通信リンクを通信のたびに接続/切断する方法でなく、常時接続して通信できるように改良したい。

参 考 文 献

- 1) 小坂宣之, 北川洋一, 中本裕之, 幸田憲明, 兵庫県立工業技術センター研究報告書平成 16 年版, 13, 61 (2004).
- 2) Bluetooth Specification of the Bluetooth System v1.1b, 'Core', (2001).

(文責 幸田憲明) (校閲 一森和之)

1 目的

そこで、当センターにおいてもMEMS技術の基礎を確立すると共に、マイクロデバイスの一つとして半導体ピエゾ抵抗素子型フォースモーメントセンサを取り上げ、設計、製作、評価を立命館大学で行った。更に、このセンサをロボットの触覚へ応用する方法についても検討した。

立命館大学オリジナルの $3 \times 3 \text{ mm}$ の6軸フォースモーメントセンサを製作した。製作したセンサを図1に示す。このセンサの中央部に力が加わると、移動部が移動して梁が変形する。梁が変形すると、梁の内部には応力が発生する。この応力を半導体ピエゾ抵抗素子を用いて検出する。このピエゾ抵抗素子は応力が加わると抵抗値が変化する性質があるので、この素子の抵抗変化を電氣的に検出することで、加わっている力及びモーメントを求めることが可能となる。また、このセンサの材質はSiである。この構造体はマイクロ成形技術によって製作され、梁に配置した半導体ピエゾ抵抗素子は半導体プロセスにより作製する。

図1 製作したフォースモーメントセンサ (3×3mm)

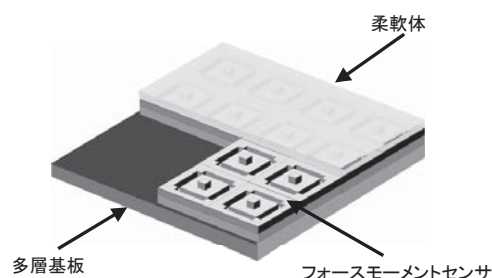


図2 ロボット用触覚センサの構造

前節で説明したロボット触覚用のフォースモーメントセンサを製作するために必要なガラスマスク5枚（ピエゾ抵抗素子作製用、コンタクトホール作製用、配線用、梁作製用、ピラー作製用）を設計した（図3参照）。これらガラスマスクを用いてリソグラフィを行い、その後ウェット又はドライエッチングを行うことで、センサ構造体を作製する。

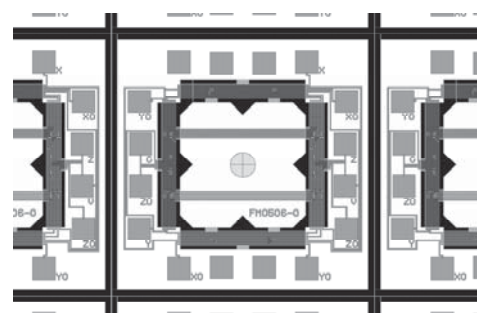


図3 設計したガラスマスクの一部
(5枚のマスクを重ねて表示)

– 38 –

フォースモーメントセンサの固定部から移動部の梁の支え方、つまり梁構造により様々なセンサ形状が考えられる。そこで、ロボット用触覚センサとして使用するため、形状によるセンサ特性についてFEM解析を用いて比較評価した。

比較に用いたセンサの構造モデルを図4に示す。図(a), (b), (c), (d)に示したセンサは移動部と固定部がそれぞれ4対4, 4対8, 8対12, 4対4で支えられた梁構造のセンサであり、以後、それぞれSA, RMA, FM, CR型センサと言う。また、図(a), (b), (c)に示したセンサは小スペース設計のために移動部と固定部を近づけたものであり、図(d)に示したセンサは従来型のものである。ここで、主梁は太線で表し、補梁は細線で表している。これからセンサの主梁の長さ、幅、厚みはそれぞれ約 $500\mu\text{m}$, $60\mu\text{m}$, $45\mu\text{m}$ 一定であり、補梁の長さ、幅、厚みはそれぞれ $15\mu\text{m}$, $50\mu\text{m}$, $45\mu\text{m}$ である。また、固定部及び移動部の厚みは $90\mu\text{m}$ であり、移動部の大きさは $500\times 500\mu\text{m}$ である。

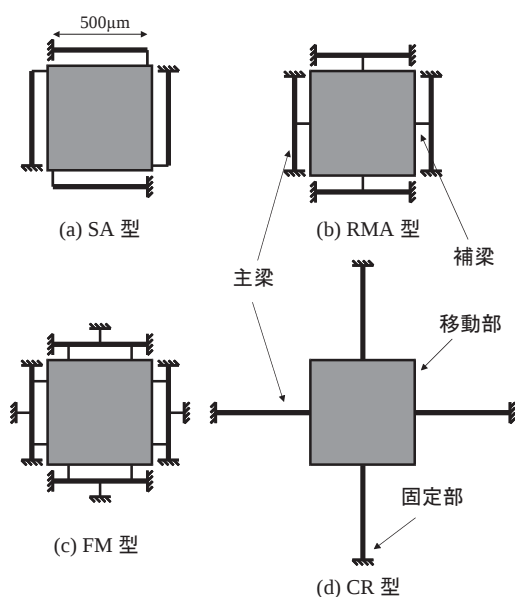


図4 フォースモーメントセンサの構造

一定の応力 {Siの降伏強さの10分の1 (安全率10%) 程度の 500MPa } が梁に加わる時の移動部中心に加わる力及びモーメントを求めた。各センサの最大垂直力 $F_{z\text{max}}$ 及び最大モーメント $M_{x\text{max}}$ をまとめ、それぞれ図5(a), (b)に示す。図5(a)の $F_{z\text{max}}$ を見ると、CR型を除けば、FM, RMA, SA型の順に $F_{z\text{max}}$ が大きい。ちなみに、FM型の $F_{z\text{max}}$ は 0.74N である。CR型はSA型と同程度の $F_{z\text{max}}$ である。すなわち、固定部と移動部の梁に支えられる箇所が多くなるほど $F_{z\text{max}}$ は大きくなることがわかった。

また、図5(b)の $M_{x\text{max}}$ においても、固定部と移動部の

梁に支えられる箇所が多くなるほど $M_{x\text{max}}$ は大きくなっていることがわかる。ちなみに一番大きなFM型の $M_{x\text{max}}$ は $111\text{N}\mu\text{m}$ であった。

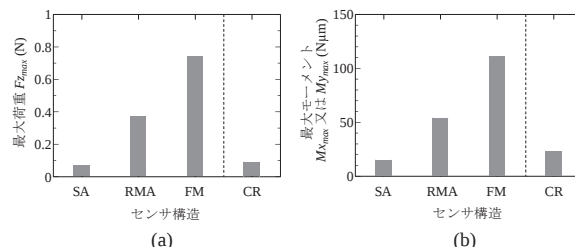


図5 各センサに加えることが可能な最大の力及びモーメント

次に、ピエゾ抵抗素子を適所に配置し、それら抵抗素子をブリッジ接続したときの F_z , M_x に対する感度 S_{Fz} , S_{Mx} を求めた。 S_{Fz} , S_{Mx} をまとめ、それぞれ図6(a), (b)に示す。図6(a)の感度 S_{Fz} を見ると、CR型を除けば、SA, RMA, FM型の順に S_{Fz} が高い。また、CR型はSA型と同程度の S_{Fz} である。すなわち、固定部と移動部の梁に支えられる箇所が少なくなるほど感度 S_{Fz} は高くなることがわかる。一番感度の高かったSA型の S_{Fz} は $1.41\text{mV}(\text{NmV})^{-1}$ であった。また、図6(b)のモーメント M_x に対する感度 S_{Mx} においても、固定部と移動部の梁に支えられる箇所が少なくなるほど S_{Mx} は大きくなっていることがわかる。一番感度の高かった SA 型の S_{Mx} は $0.00587\text{mV}(\text{N}\mu\text{m}\cdot\text{mV})^{-1}$ であった。これらのことより、最大力及びモーメント $F_{z\text{max}}$, $M_{x\text{max}}$ と感度 S_{Fz} , S_{Mx} は反比例の関係になっていることがわかる。

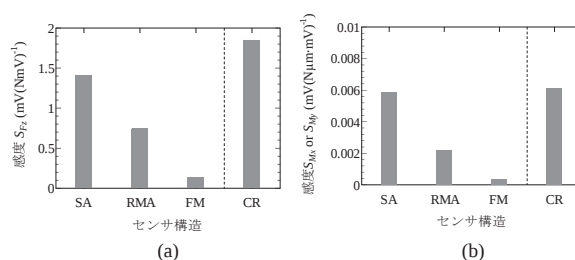


図6 各センサの感度

5 結 論

半導体ピエゾ抵抗素子型フォースモーメントセンサの設計、製作を行いMEMS技術の基礎を確立した。そして、ロボット用触覚センサとして使用するため、形状によるセンサ特性についてFEM解析を用いて比較評価し、感度、測定範囲を使用目的に応じて設定するための指針を得た。

(文責 才木常正) (校閲 一森和之)

16 六価クロムを用いない耐食性めっき皮膜の作製に関する研究

園田 司, 泉 宏和, 石原嗣生, 西羅正芳, 毛利信幸

1 目 的

従来、電気亜鉛めっき後六価クロムを含むクロメート処理を行うプロセスが鉄鋼製品の防食に使用されてきた。しかし、このような処理を行った自動車、家電製品などが屋外に放置されると、酸性雨により六価クロムが溶出し、河川、地下水を汚染する恐れがある。また、欧州では、電気・電子機器に含まれる特定有害物質の使用制限に関する指令(RoHS指令)が施行される見通しであり、六価クロムなどの有害物質の使用が制限される。さらに、六価クロムの発ガン性の危険が指摘されるようになったため、鉄鋼の防食としてこれまで大量に使用されてきた亜鉛めっき後のクロメート処理に代わる化成処理皮膜の開発が不可欠となっている。

代替処理法として毒性の少ない三価クロムプロセスが検討されているが、酸化により六価クロムが生成するなどの問題がある。また亜鉛は、近年、貝類などの水生生物に有害であることが指摘されていることから、亜鉛めっきおよびクロメート処理に代わる環境にやさしいめっきプロセスの導入が必要である。

耐食性に優れた安価な亜鉛めっきに代わる単一金属のめっき皮膜を見出すことは困難であるが、スズ-鉄合金めっき皮膜が有望と考えられる。この理由として、スズ-鉄合金めっき皮膜は、安価で資源が豊富であり、環境問題の少ない鉄を合金化元素として使用するため、環境対策と低コスト化が期待できる。

当センターでは、これまでリチウム二次電池用負極として、スズ-鉄合金めっき皮膜のリチウム充放電特性¹⁾について検討してきたが、皮膜の耐食性は評価していない。一方、スズ-鉄合金皮膜の耐食性に関しては、熱拡散法により作製したスズ-鉄合金皮膜の耐食性²⁾についての報告がある。この方法は、铸铁上にスズめっきを行った後、窒素中、600℃で10時間加熱し、鉄とスズを反応させて合金皮膜を作製する。しかし、熱拡散法では、合金皮膜の形成に長時間を要するだけでなく、熱処理によりコストが増大する短所を有する。

本研究では、低コストで迅速に合金めっき皮膜の作製が可能な電気めっき法により、広範囲の鉄含有量を有するスズ-鉄合金めっき皮膜を作製し、めっき外観、皮膜の結晶構造、耐食性について検討した。

2 実験方法

2.1 めっき皮膜の作製

硫酸第一スズ、硫酸第一鉄、グルコン酸ナトリウム、界面活性剤を含む種々のめっき浴を作製した後、アノードにスズ板、カソードに銅板を用い、浴温35℃、電流1Aの条件で、ハルセル試験を行い、めっき外観および合金皮膜中の鉄含有量に及ぼす浴組成および浴のpHの影響を検討した。皮膜中の鉄含有量は、エネルギー分散型X線分析装置により分析した。

2.2 X線回折測定

銅板上に種々の鉄含有量を有する厚さ約10μmのスズ-鉄合金めっき皮膜を電析させ、X線回折装置(CuKα、40kV-40mA)を用いて、皮膜の結晶構造を調べた。

2.3 電気化学測定

片面被覆した鉄板上スズ-鉄合金めっき皮膜を30℃、0.05mol/dm³硫酸水溶液中に浸漬し、参照電極として銀/塩化銀電極を用いて、ポテンショスタットにより自然電位からアノード方向に500mVまで1mV/sで走査させ、アノード分極曲線を測定し、めっき皮膜の耐食性を評価した。

3 結果と考察

3.1 皮膜中の鉄含有量に及ぼす電流密度の影響

図1に、浴組成を変化させた4種類のめっき浴について、皮膜中の鉄含有量と電流密度の関係を示す。これより、電流密度の増大に伴い、皮膜中の鉄含有量が、低下する傾向を示すことがわかった。

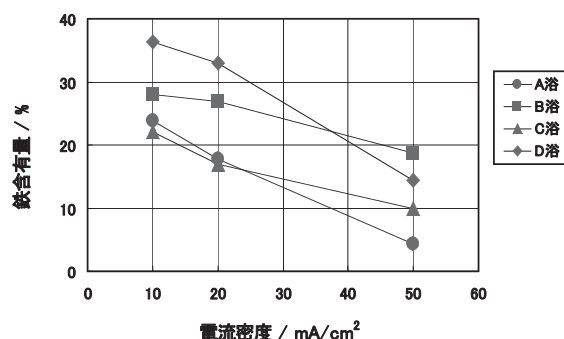


図1 スズ-鉄合金めっき皮膜中の鉄含有量に及ぼす電流密度の影響

3.2 皮膜の結晶構造に及ぼす鉄含有量の影響

図2に、スズ-11.7%鉄合金めっき皮膜のX線回折パターンを示す。スズ-11.7%鉄合金めっき皮膜では、スズおよびFeSn₂相の回折線が観察された。

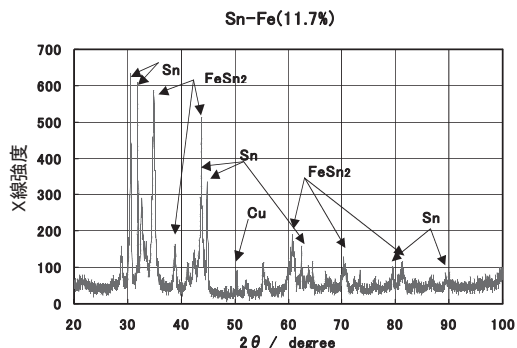


図2 スズ-11.7%鉄合金めっき皮膜の結晶構造

図3には、スズ-21.7%鉄合金めっき皮膜のX線回折パターンを示す。スズ-21.7%鉄合金めっき皮膜では、スズの回折強度が低下するとともに、主にFeSn₂相の回折線が観察され、平滑緻密なめっき外観が得られた。

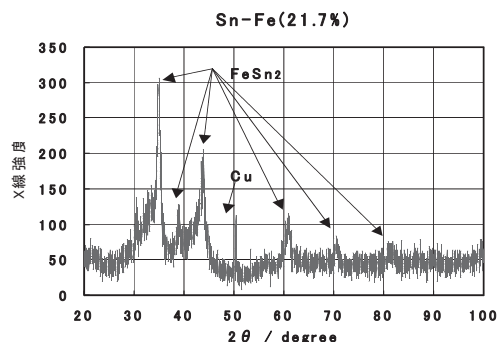


図3 スズ-21.7%鉄合金めっき皮膜の結晶構造

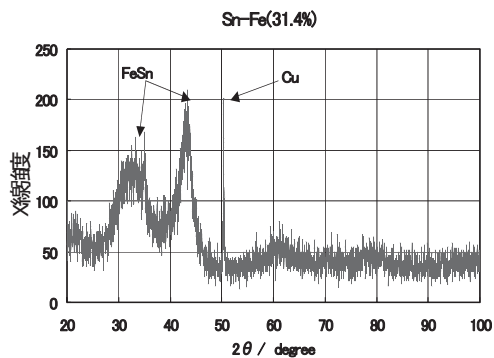


図4 スズ-31.4%鉄合金めっき皮膜の結晶構造

図4には、スズ-31.4%鉄合金めっき皮膜のX線回折パターンを示す。スズ-31.4%鉄合金めっき皮膜では、主にFeSn相の回折線が観察されるとともに、平滑緻密で光沢のあるめっき外観が得られた。

3.3 皮膜の耐食性に及ぼす鉄含有量の影響

図5に、下地鉄板、スズめっき皮膜、スズ-鉄合金めっき皮膜のアノード分極曲線を示す。鉄含有量20~24%のスズ-鉄合金めっき皮膜は、鉄板およびスズめっき皮膜よりもアノード分極における電流値が低下し、耐食性が改善された。耐食性が改善される理由として、熱拡散法により作製したスズ-鉄合金皮膜²⁾と同様に、電気めっき法においてもFeSn₂またはFeSn相などのスズ-鉄金属間化合物が形成されるためと考えられる。

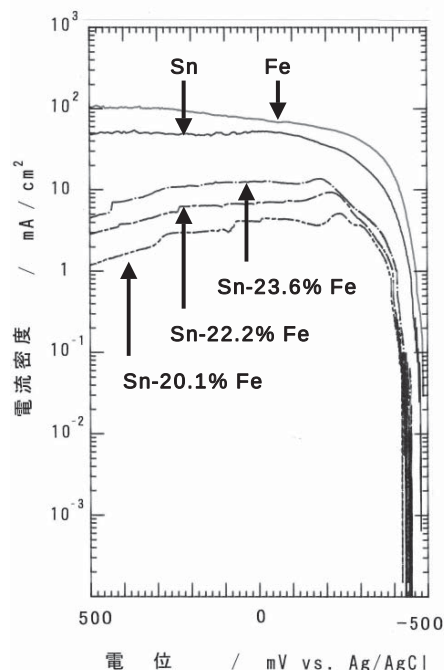


図5 アノード分極曲線に及ぼす鉄含有量の影響

4 結 論

電気めっき法により作製したスズ-鉄合金めっき皮膜は、FeSn₂またはFeSn相の形成により、耐食性が改善されるとともに、光沢のある平滑緻密な外観を示した。

参 考 文 献

- 1) 園田 司, 小林弘典, 河本健一, 栄部比夏里, 辰巳国昭, 表面技術, vol. 54, 528(2003).
- 2) 水谷芳樹, 表面技術, vol. 37, 313(1986).

(文責 園田 司)
(校閲 山中啓市)

17 非接触型 3 次元形状測定装置を利用したレリーフパターン制作技法

後藤泰徳, 兼吉高宏, 平田一郎, 柏井茂雄

1 目 的

自然素材や既存の芸術作品の一部を題材にレリーフ（浮き彫り）を制作する場合、これまでは全てを最初から創作するか、石膏やシリコンで型取りし、手加工するしか方法はなかった。

そこで、非接触型 3 次元形状測定装置を用いて造形することができれば、貝や自然木等の自然素材だけでなく植物の葉のような型取りしにくい自然素材も 3 次元データとして加工でき、組み合わせや変形等の手加工では困難な作業が可能ではないかと考えた。

本研究では、非接触型 3 次元形状測定装置で取り込んだ 3 次元データを造形要素として、修正・加工・編集等の制作工程についてモデル制作しながら検証を行った。

さらに、その応用例として、レリーフパターンを制作する技法について検証した。

2 制作技法の検討

2.1 形状データの取り込み

レリーフパターン造形用の情報として非接触型 3 次元形状測定装置を用い、素材の 3 次元点群データを取り込んだ。図 1 に測定した素材の外観写真（上段）とその 3 次元点群データ（下段）を示す。紫陽花の葉（a）を選択した理由は、「柔らかくすぐに朽ちてしまうものを型取りするのは困難であり、撮影対象に触れずに形状データを得られるという非接触型 3 次元形状測定装置の利点を造形に生かせる」からである。巻き貝（b）と 2 枚貝（c）を選択した理由は、「貝は造形要素として、蒔絵工芸品など古来より用いられてきたものであり、美的造形要素として適当」だからである。

また、今回の研究では工芸品からのデータ取り込みも考えていたが、入手が困難であるため、手彫り彫刻（d）を自作して使用した。さらに、各素材を配置する時の背景素材として、木肌（e）を取り込んだ。

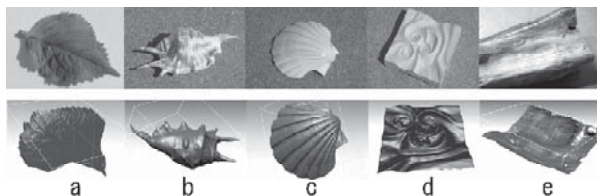


図 1 型取りが困難な植物の葉など自然素材

取り込んだ 3 次元形状のデータは点群座標データのままだけは加工できないため、点群座標形式を C A D のポリゴン形式(*1)に変換した。ポリゴン形式からさらにサーフェス形式(*2)とボクセル形式(*3)に変換し、それぞれのデータ形式での制作工程について検証した。

2.2 サーフェス形式での制作工程検討

渦巻彫刻（d）を素材とする場合、それほど複雑な形状でなく、形状データの追加のみで修正の必要がないため、滑らかな面が得られるサーフェス形式を適用して制作工程の検討を行った。その工程を図 2 に示す。

点群座標データ（f）からラピッドフォーム(*4)を用いて彫刻表面だけを抜き取り、ポリゴン形式に変換した（g）。このサンプルデータは逆勾配がなく形状修正の必要がないため、このままの形を生かしサーフェスデータを作成した。

このサーフェスデータをライノセロス(*5)に読み込み、曲面を押し出し成形でソリッド化した（h）。さらに、ソリッドワークス(*6)で外枠形状を作り、合成した境界領域を面取り加工した（i）。その際、外枠形状に抜き勾配をつけた。以上の工程を得ることで、比較的単純な形状であれば、サーフェス形式で造作できることがわかった。

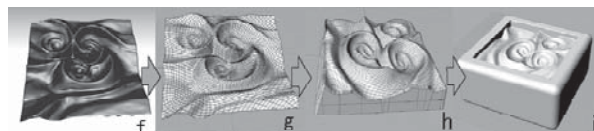


図 2 サーフェス形式での制作工程

2.3 ボクセル形式での制作工程検討

自然物を素材とした場合、複数の素材で構成された複雑な形状であるため、形状修正が容易なポリゴン及びボクセル形式を適用して制作工程を検討した。その工程を図 3 に示す。

ここでは、加工素材として、自然物（図 1 . a、b、c、d）の測定によって得られた点群データを使用した。

オブジェ(*8)の背景となる（e）の上に、（a）、（b）、（c）、を配置した。木肌の点群データ（j）の場合、配置される素材を構成した時の収まりを想定しながら、歪みを修正し（k）、押し出し成形した（l）。

次に、この背景データをフリーフォーム(*4)に読み込み、その上に(a)、(b)、(c)を同一空間内に配置した(m)。この時、互いの接合部が離れているため、フリーフォームの充填機能を用いて埋めた後、彫刻機能により木肌の質感にあわせ充填部分を制作した(n)。

以上の工程を経ることにより、それぞれが別々であったものを、一つの塊上のオブジェとして造形できることがわかった。

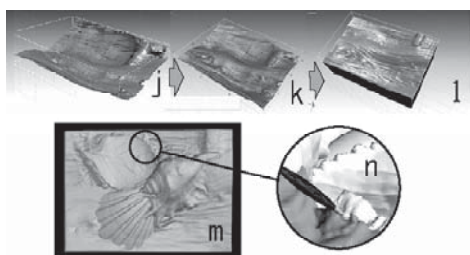


図3 ボクセル形式での制作工程

2.4 レリーフパターン制作工程の検討

2.3では非接触型3次元形状測定装置で取り込んだ自然物の3次元点群データによるオブジェの制作工程を明らかにした。

しかし、自然物のみによる構成であると単なる自然の模写という評価を否めない。そこで、より美術性の高い立体図案展開の可能性を探るため、意匠図案と自然の形態を混在させることで深みがでるよう試みた。その制作工程を図4に示す。

意匠図案の題材としては、現実ではありえない組み合わせを強調するため、海から採れた貝と対象的な植物を選択した。イラストレータ(*9)で草花の文様を描き(o)、フリーフォームに線画のベクトルデータとして読み込んだ後、垂直方向への押し出し機能を使って浮き彫り状態にした(p)。次に、フリーフォームの押し出しカット機能を用い縦縞模様を立体化する(q)ことで、奥行き感の向上を図った。

次に、このオブジェを上下左右に繰り返して並べてもつなぎ目が整合するよう検討した。草花の文様は、イラストレータで描画する際に、図案を上下左右の繰り返しと文様の連続性を確認しながら描画したため、立体化しても繋ぎ目の連続性は保持された。2枚貝(r)については意匠上のバランスを観ながら、位置を確定した。配置が確定した後、継ぎ目上にくる2枚貝は下地と合成する前に、予めフリーフォームの押し出しカット機能を使って2つのパーツに分割した(s)。分割したパーツを垂直方向に同軸になるよう、上下境界線上に配置した(q)。これにより上下に繰り返した時、2枚貝が一つの物体として見えるようになった。

次に、ラピッドフォームで下地プレート面に合うよう形状修正した巻き貝のポリゴンデータ(t)を読み込み、巻き貝と下地プレート間の隙間を埋めた後、2つのデータを合成し、一つの塊とした(u)。このデータから粉末造型機により試作品(v)を成形した。

以上の工程を経ることにより、一つの造形作品として、上下左右に配列しても連続性が保持されるオブジェを制作できることがわかった(w)。

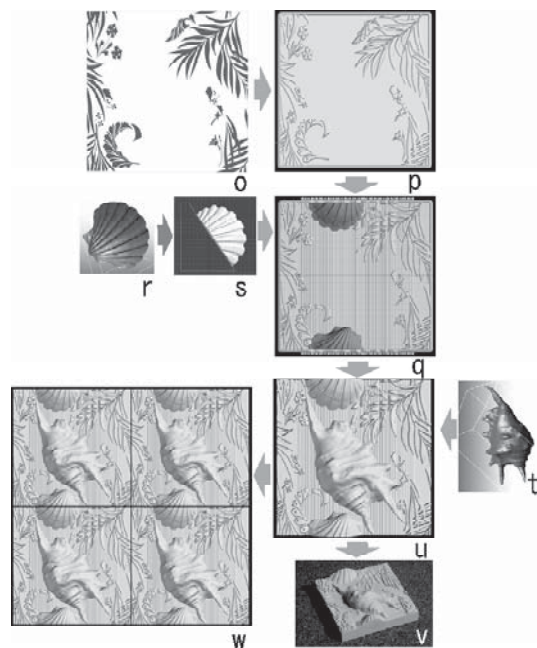


図4 レリーフパターンの制作工程

3 結 論

非接触型3次元形状測定装置は製品形状の設計データと製造品との誤差検証などに用いられるが、単に形状の測定だけでなく、取り込んだデータを編集・加工し、さらに意匠図案と組み合わせることで、美的造形物として新たな付加価値を加えられることがわかった。

今後はこの技法を用いて県内の製造業やデザイン業による新たな市場の創出を目指す。

- (*1) 形状表面を微小な三角形に分割して表現する方式
- (*2) 面の集まりで形状の表面のみを表現する方式
- (*3) 立体を単位立方体での集合で表現する方式
- (*4) 点群データ処理ソフト
- (*5) サーフェス CAD ソフト
- (*6) ソリッド CAD ソフト (*7) 彫刻ソフト
- (*8) 美術的な立体造形物 (*9) 2次元描画ソフト

(文責 後藤泰徳)

(校閲 後藤浩二)

18 複数の柄を一度に織る技術の開発

古谷 稔，藤田浩行，小紫和彦

1 目 的

この研究の目的は、“製織準備工程の合理化”である。

この問題は、播州織産地の生産ロットが小ロット化する中で発生した課題である。大きなロットでも小さなロットでも、煩雑な織物製造準備工程を同様に経る必要がある、この煩雑な作業回数を減少させる必要がある。

複数の異なる柄の織物を一度に生産するシステムが確立されると先染織物生産工程の合理化につながり、産地の重要で緊急な課題である“小ロットに対応した製織準備工程の合理化”が達成できる。

2 実 験

2.1 複数の柄の織物を一度に織り上げる方法の検討

先染織物の生産工程では、複数の柄の織物を一度に織ることはできないとされてきた。そこで、不可能と考えられてきた、複数の異なる柄の織物を一度に織る製造方法について検討した。

2.1.1 従来の方法の検証

まず始めに、従来から行われている複数の柄を作成する方法で3柄を織る工程の流れを図式化し、図1に示す。A柄、B柄、C柄それぞれで準備が必要で、柄ごとに個別に生産していくため、複数の柄を同時に織り上げることはできない。

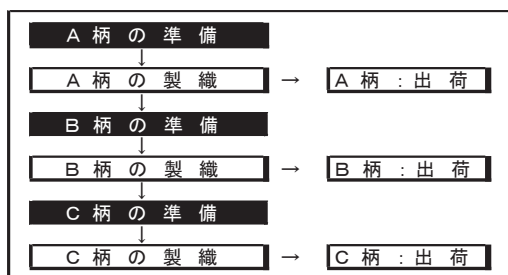


図1 従来の工程の流れ

2.1.2 複数の柄を一度に織り上げる方法の検討

そこで、複数の柄の織物を一度に織り上げる方法を検討した。この方法で3柄を作る工程を図式化したものが図2である。

この方法をシステム化すると、A柄、B柄、C柄の生産準備工程が一度で済み、複数の柄を同時に織り上げる

ことが可能となる。

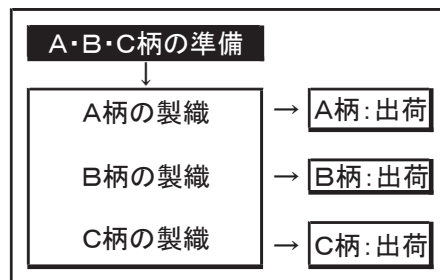


図2 今回検討した工程の流れ

この方法を実現するためには、A柄、B柄、C柄を1本の糸に繋ぐ必要がある。この糸同士を繋ぐ装置が共同研究で開発した“アレンジワインダ（図3）”であり、すでに企業で実用化されている。



図3 実用化されたアレンジワインダ

A柄、B柄、C柄を一度で織るためにアレンジワインダで繋いだ糸を準備工程で使用した時の概念を図4に示す。

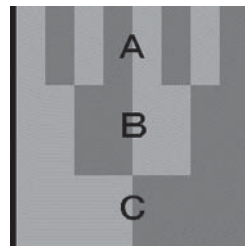


図4 一度で織るための準備工程の概念

2.2 実証実験

今回検討した方法をシステム化し、実用可能な方法であるかどうかを検証するために企業の協力を得て実証実験を行った。

実験を繰り返した結果、このシステムに最適な糸同士を繋ぐためのデータの作成システムの確立、アレンジワインダの性能向上のための改良、糸の伸縮のばらつきを吸収する技術等の成果を得た。

特に、糸の伸縮のばらつきを吸収する技術については、“糸の結び目を揃える装置（図5）”を開発し、結び目のばらつき部分の削減と、このシステム上の作業性の向上に大きく寄与した。

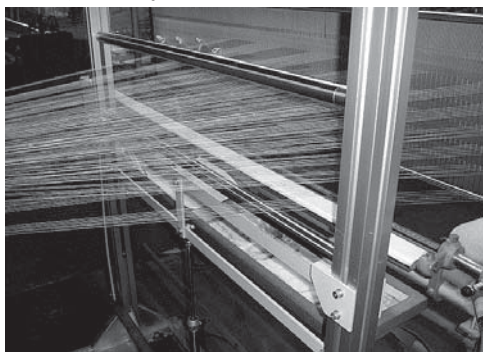


図5 糸の結び目を揃える装置

3 結 果

通常、糸は平均 5 %程度の伸縮性があり、糸の長さを正確に測定することは難しかった。しかし、このシステムの確立には、共同研究で開発した糸と糸を繋ぐ装置であるアレンジワインダが重要な役割を果たした。この装置には正確に糸の長さを測定する機能¹⁾があり、この特徴をこのシステム構築に応用した。

また、たて糸の先頭を揃える装置を開発したことが重要で、作業工程で若干の伸びがある糸を簡単に揃える事が出来る。この装置の開発で、このシステム作業性が飛躍的に向上し、作業時間が短縮でき、実用化に大きく寄与した。

表1 準備工程の詳細と作業工数の比較

	今回の方法	従来の方法		
	A・B・Cを同時に作製	A柄	B柄	C柄
糸の分割	1	1	1	1
糸立て	1	1	1	1
整経	1	1	1	1
糊付け	1	1	1	1
経通し	1	1	1	1
箆通し	1	1	1	1
工程数の合計	6	18		

表1は、従来の方法と今回検討した方法の作業工程の詳細を示したものである。両者を比較して、今回検討した方法は煩雑な作業工程が大幅に削減されている。また、柄数が多いほど効率が良いことも実証実験の結果から得られている。

4 まとめ

このシステムの確立で、産地の重要で緊急な課題である“製織準備工程の合理化”という目的が達成できた。



図6 実際に商品化された柄の変わり目と縫製品

現在、同システムが産地内で稼働しており、図6は、実際に産地企業がこのシステムを使って商品化した織物とその縫製品の例である。その他にも、国内およびヨーロッパで複数の企業が本システムの導入計画がある。

なお、導入した現場の声として、このシステムの導入により“小ロットの受注増およびコストダウンが実感できる”との報告を受けている。

最後に、本研究の実験に際し、ご協力をいただいた榊山商店、村田機械㈱、作業工程実験にご協力をいただいた、㈱日建千歳に感謝します。

参 考 文 献

- 1) Arrange Winder Type-II 操作説明書, 村田機械㈱新分野グループ(2003).

(文責 古谷 稔)
(校閲 小紫和彦)

19-1 エレクトロスピンニング法による医療材料の開発

中野恵之, 福地雄介, 北川洋一, 毛利信幸, 桑田 実

1 目 的

エレクトロスピンニング法は、20 kV程度の高電圧をノズルに加え、そこから高分子溶液を噴霧させることでマイクロファイバーやナノファイバーを作製する方法である。本研究では細胞培地に適した材料であるコラーゲン等の天然タンパク質によるマイクロファイバーの作製と装置開発を検討した。

これらマイクロファイバーによる新規材料は、再生医療用培地やエアフィルター、バイオセンサー用基質等への展開が期待されるが、微小部分への加工装置は未だ開発されていない。本研究では簡易にエレクトロスピンニング試作試験が行える装置開発とマイクロファイバーの作製の検討を行った。

2 実験方法

2.1 エレクトロスピンニング法

ノズル先からポリマー溶液が押出されたとき、加電圧により液表面に帯電した電荷は互いに反発する。その反発力が表面張力を超えた時に溶液は、電荷の反発力で枝分かれのように分散しながら、アースをとった集積板方向に導かれる。この過程で噴出された溶液は、溶媒を揮発させつつ微小繊維を形成して集積板上に堆積する。（図1参照）

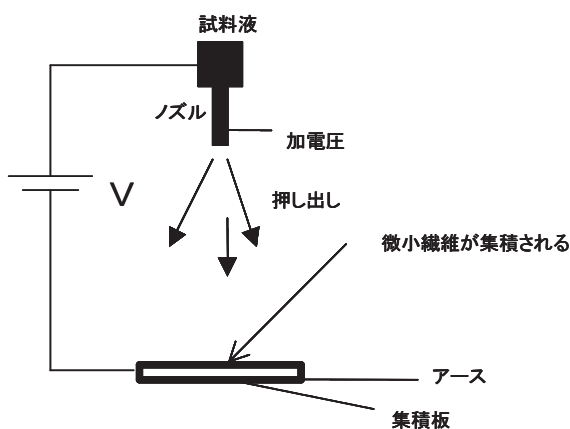


図1 エレクトロスピンニングの概要

2.2 エレクトロスピンニング卓上装置の開発

試作した装置は、エレクトロスピンニング試験を行う際に噴出ノズルをエレクトロスピンニング槽の上部または側面部に置くことが可能で、また吸気口と排気口を設けて使用した溶媒を排出できるようにした。また、アース設置が可能なモータ軸を内部に設ける事により集積板を回転させることを可能とした。

図2に装置の全体写真を示す。開発した装置は卓上型の小型のもので、これに高電圧電源やノズルおよび定量ポンプ等の周辺装置を設置することにより、試作試験が可能となる。

2.3 コラーゲン溶液の調整

コラーゲンは1)牛皮革コラーゲン、2)豚皮アテロコラーゲン、3)魚ゼラチン、4)魚コラーゲンペプチドについて検討した。

2.3.1 牛皮革コラーゲンの調製

牛床皮を細分化し、水酸化ナトリウム水溶液で溶解した後に中和、脱塩した。これを水中で酸を加えて溶解させた後に濾過してコラーゲン水溶液とした。コラーゲン濃度は8%であり、水溶液中にある固形物の約92%がコラーゲンであった。

2.3.2 豚皮アテロコラーゲンの調製

原料の豚皮を水洗してから、水酸化ナトリウム水溶液とメチルアミンの混合液を用いて20℃で7日間処理した。

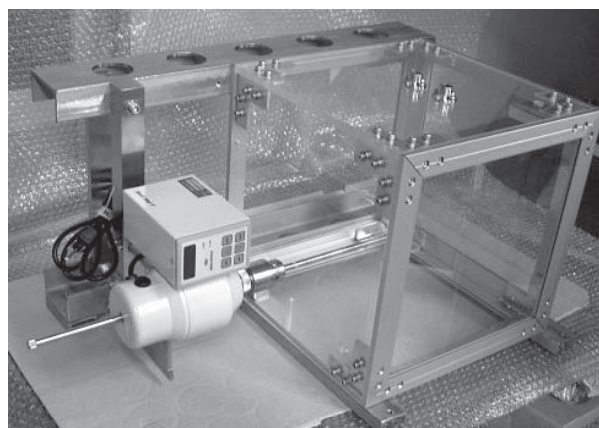


図2 試作したエレクトロスピンニング装置写真

後、ステンレス金網で濾過した。得られた濾液を塩酸で pH2.0～2.5 に調整した後、20% 塩化ナトリウム液を加えて塩析させた。この塩析物を遠心分離（12,000rpm、15 min.）し、アセトン置換にて脱水、脱脂処理したものを試料とした。

2.3.3 魚ゼラチンの調製

原料の魚鱗を水で80℃、5時間抽出した後に加圧濾過した。得られた濾液をカチオン、アニオン交換樹脂を用いて脱塩した。減圧濃縮を行い、プレート式殺菌機にて125℃で5秒殺菌処理し、除湿温風（50℃）にて乾燥処理したものを試料とした。

2.3.4 魚コラーゲンペプチド

前項の魚ゼラチンをプロテアーゼ処理後に加圧濾過し、得られた濾液をカチオン、アニオン交換樹脂を用いて脱塩処理した。水酸化ナトリウムにより pH5.5～6.0 に調整し減圧濃縮を行った後、プレート式殺菌機にて125℃で5秒殺菌処理し、スプレードライ乾燥したものを試料とした。

3 結果と考察

調製した各種コラーゲン、ゼラチン試料について、種々の溶液にてエレクトロスピンニング試験を行った。

水溶液系でのエレクトロスピンニング試験においては、いずれの試料も試料噴出後の乾燥が不十分となり、固形試料を得ることができなかった。しかし、牛皮コラーゲンのみ試料溶液の粘度が高いにもかかわらず、乾燥ができ繊維が得られた。図3に試作された牛皮コラーゲン繊維の電子顕微鏡写真を示す。試作時のエレクトロスピンニング条件は、コラーゲン濃度6.5%、電圧20 kV、ノズル内径0.2mm、押出圧力0.15MPaである。写真から直径が4～5ミクロン程度の表面がなめらかなコラーゲン繊維が安定して得られていることがわかる。血液細胞の白血球の直径が15～20ミクロン、赤血球の直径が3～5ミクロン程度であることから、この直径4～5ミクロンのフェルト状のコラーゲン繊維は、白血球分離フィルタ素材や細胞培養の足場材として適した太さの繊維で構成されていると考えられる。

今後の課題は、

- 1) 牛皮コラーゲン以外の各種コラーゲン及びペプチドについては、エレクトロスピンニングに適した溶液の調製方法は見いだせなかったため、コラーゲン・ゼラチンの調製や溶液調製方法について検討を加える。
- 2) 魚コラーゲンの変性温度は他のコラーゲンよりも低いという特徴があり、この特徴を利用した機能性医療材料の開発を検討する。
- 3) ゼラチン微粉末は血管内での接着効果も期待されて

おり、エレクトロスプレー法を用いた微粉末の調製を検討する。

- 4) エレクトロスピンニング法についても、本年度はエレクトロスピンニング槽上部の噴出ノズルを使用し、上下間の電場を利用したが、開発した装置は槽側面にも噴出ノズルが設置可能なため、横方向のスピニング試験について検討を加える。この横方向の設置ではスピニング時に重力の効果が加わり、集積装置に集められる微細繊維の大きさを選別できる可能性を探る。

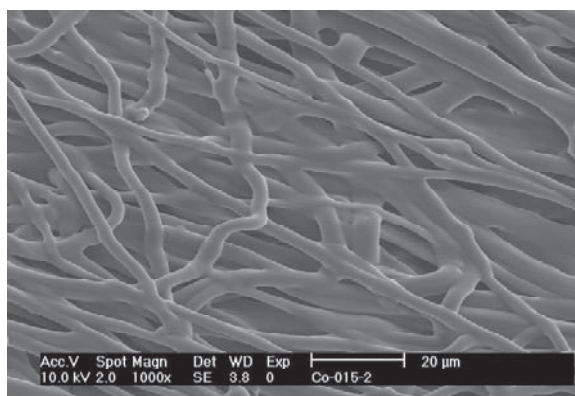
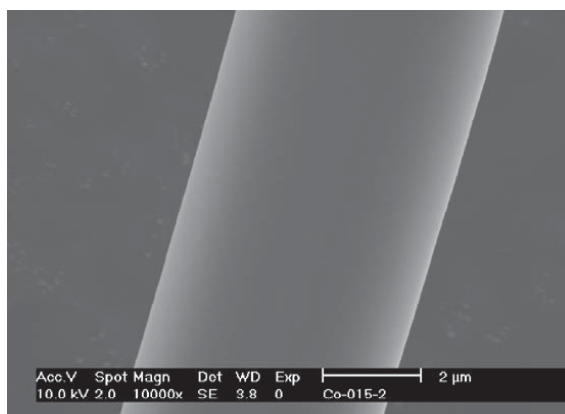


図3 エレクトロスピンニングされた牛皮コラーゲン繊維の電子顕微鏡写真

謝 辞

本研究を実施するにあたり、エレクトロスピンニング装置の組立について甲子園金属(株)、コラーゲン、ゼラチンの調製において、旭陽化学工業(株)および(株)カネカの関係者の方々にご助力いただきましたこと感謝いたします。

また、京都工芸繊維大学の木村良晴教授をはじめ、ご助言いただきました皆様に感謝致します。

(文責 中野恵之)

(校閲 毛利信幸)

19-2 回収牛毛ケラチン由来の生分解性紫外線カットフィルム製造技術の開発

松本 誠, 杉本 太, 中川和治, 毛利信幸

1 目 的

皮革製造における排水処理コストは極めて高く、特に皮革汚泥の処理コストが高いため、汚泥量の削減が検討されている。毛の回収もその有力な手段の一つであり、回収した毛の利用方法の開発が期待されている。我々は回収した毛を有効利用するべく農業用、建材用の生分解性紫外線カットフィルムの製造を検討してきた^{1,2)}。しかし、アルカリ処理で低分子化するため、これまでに作製したケラチンフィルムの機械的強度等は実用化レベルに達しなかった。そこで、牛毛を可溶化する際にバッチ式高温高压水処理を行うことによって、より高分子量の水溶性牛毛ケラチンを得る技術について検討した。今年度は処理温度、保持時間といった可溶化条件と牛毛からの溶解物の分子量分布との関係について検討した。

2 実験方法

2.1 牛毛試料の調製

バーバー法³⁾で牛毛を回収し、水洗、脱脂後粉碎した。

2.2 牛毛の高温高压水処理

ブルードン管式圧力計、安全弁、バルブを装備したステンレススチール製の反応容器(内容積 50cm³, 耐圧 45MPa, 耐熱温度 450℃)に 2.1 で回収した牛毛 0.25g と蒸留水 20ml を加え、容器ごと 600℃の電気炉に挿入し、次の手順で高温高压水処理を行った。所定温度(150～350℃)に到達後、所定時間(0～60分)保ち、その後すぐに反応容器を電気炉から取り出して水冷し、室温に戻した。高温高压水処理で得られた反応液をろ過し、ろ液からの乾燥物の重量を測定した。牛毛の重量に対する乾燥物の重量比から、溶解率を求めた。

2.3 反応液の分子量分布測定

ゲル浸透クロマトグラフ (GPC)により、高温高压水処理で得られた反応液中に溶解している成分の分子量分布を測定した。分子量標準物質(standard)には Enolase, Myokinase, Cytochrome C, Aprotinin, Glycine を用いた。また、比較のために前報^{1,2)}と同じアルカリ処理で得られた溶解物の測定も行った。カラムは Pharmacia 製の Superdex HR75 を使い、0.2 M リン酸ナトリウム溶液 (pH6.8)を溶離液とし、0.75ml/min で流した。検出器は、紫外線吸光度検出器(210nm)を用いた。

3 結果と考察

3.1 溶解率に及ぼす処理温度の影響

所定温度に到達した後、保持時間 0 分としたときの処理温度と溶解率の関係を図 1 に示す。処理温度を上昇させるほど溶解率が高くなり、処理温度 250℃で溶解率は 64.8%になった。しかし、それ以上処理温度を高くしても溶解率は上昇せず、逆に低下した。

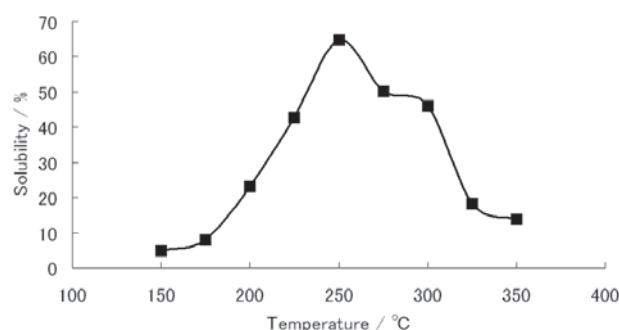


図1 溶解率に及ぼす処理温度の影響

3.2 分子量分布に及ぼす処理温度の影響

所定温度に到達後、保持時間 0 分としたときの、各所定温度における溶解物の GPC 曲線を図 2 に示す。150℃と 175℃で処理した場合、分子量は6,500以下から約 60,000 まで広がるブロードなピークが見られた。しかし、処理温度の上昇とともに、高分子量のピークはほとんど見られなくなった。これは、分解反応が温度の上昇によって速くなるためと考えられる。分子量標準物質から推測して、分子量 40,000～60,000 に相当すると思われる溶離時間 12 分から 15 分の画分を高分子量画分とした。

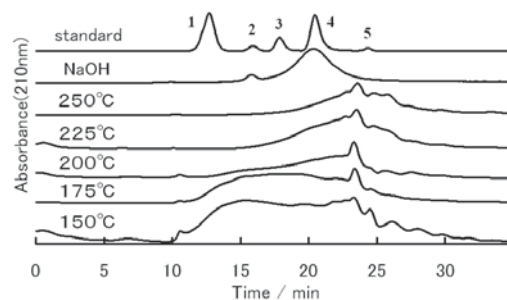


図2 各温度における溶解物のGPC曲線

1 Enolase(yeast) 67kD 2 Myokinase(yeast) 32kD 3 Cytochrome C (horse heart) 12.4kD
4 Aprotinin (bovine lung) 6.5kD 5 Glycine 75D
NaOH: 水酸化ナトリウム処理による牛毛からの溶解物

GPC 曲線の全面積に対する高分子量画分の面積の割合を表1に示す。反応温度が175℃までは高分子量画分は約15%であったが、反応温度が225℃以上では、高分子量画分はほとんどなくなることが明らかとなった。前報^{1,2)}と同じ処理で得られた溶解物の高分子量画分の割合は2.3%であり、今回の200℃以下での処理はアルカリ処理よりも高分子量画分の割合が多くなった。

表1 各温度における溶解物の高分子量画分割合					
処理温度(℃)	150	175	200	225	250
高分子量画分の割合(%)	16.4	15.4	3.9	0.5	0.5

3.3 150℃における高温高压水処理

高分子量画分の溶解物を効率よく得るためには処理温度は低いほうがよい。そこで処理温度を150℃に設定し、この処理温度で保持時間を変え保持時間と溶解率の関係を求めた。図3に示したように保持時間が30分までは溶解率はほぼ一定であるが、30分をこえると上昇し60分では15%になった。各保持時間での反応液のGPC測定を行い、高分子量画分の割合を表2に示した。保持時間が30分までは16～19%であるが、60分の処理では低下した。

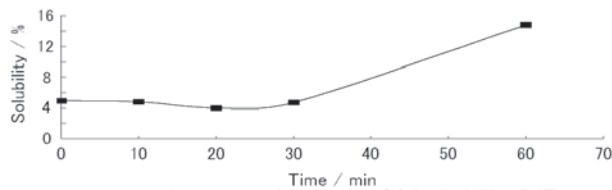


図3 150℃における溶解率に及ぼす処理時間の影響

表2 150℃における溶解物の高分子量画分割合					
処理時間(分)	0	10	20	30	60
高分子量画分の割合(%)	16.4	16.8	19.0	17.6	10.0

3.4 175℃における高温高压水処理

175℃での保持時間と溶解率の関係を図4に示す。保持時間を長くすると溶解率は上昇し、保持時間30分で最大となり、約46%であった。GPC測定を行い、高分子量画分の割合を求め、表3に示した。保持時間が30分までは高分子量画分の割合が15～16%であるが、150℃の場合と同様に60分になると低下した。

3.5 各処理条件における高分子量画分の収率

式1により、高分子量画分の収率(%)を求めた。各処理条件における高分子量画分の収率を表4に示す。

$$\text{高分子量画分の収率} = \text{溶解率} \times \text{高分子量画分の割合} / 100$$

: 式 1

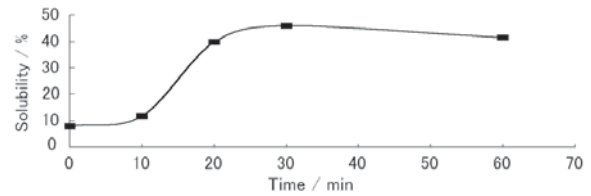


図4 175℃における溶解率に及ぼす処理時間の影響

表3 175℃における溶解物の高分子量画分割合					
処理時間(分)	0	10	20	30	60
高分子量画分の割合(%)	15.4	15.8	16.0	14.7	9.2

150℃で処理した場合、高分子量画分の割合は約16%だが溶解率が低く、高分子量画分の収率は1%前後と効率的ではなかった。処理温度を250℃まで上昇させると溶解率は64.8%と高いが、高分子量画分の割合が0.5%と低く、収率は0.3%にとどまった。処理温度175℃、保持時間30分で処理した場合、収率が6.8%となり、アルカリ処理時の収率2.2%より高くなり、高分子量画分を最も効率よく得られることが明らかとなった。

表4 各処理条件における高分子量画分の収率(%)

保持時間 (min)		0	10	20	30	60
処 理 温 度 (℃)	150	0.8	0.8	0.8	0.8	1.5
	175	1.2	1.8	6.4	6.8	3.8
	200	0.9	—	—	—	—
	225	0.2	—	—	—	—
	250	0.3	—	—	—	—

4 結 論

水酸化ナトリウムで溶解した場合、高分子量画分の収率は2.2%であったが、高温高压水処理では175℃で20分、30分、60分処理すれば、より高い収率が得られた。高分子量画分の収率が最も高くなったのは175℃で30分処理した場合で、収率は6.8%であった。

参 考 文 献

- 1) 松本 誠, 西森昭人, 杉本 太, 奥村城次郎, 石川 齋, 兵庫県立工業技術センター研究報告(平成15年版), 17, p.39, (2003).
- 2) 松本 誠, 西森昭人, 杉本 太, 奥村城次郎, 石川 齋, 兵庫県立工業技術センター研究報告(平成16年版), 27, p.65, (2004).
- 3) 中川和治, 角田和成, 松本 誠, 皮革科学, 47(4), 242, (2002).

(文責 松本 誠) (校閲 毛利信幸)

20 無電解めっきの部分活性化前処理に関する研究

山岸憲史，西羅正芳，松井 博

1 目 的

非導電性素材を基板とした電子デバイス上に電極や配線パターンを形成するために部分めっき法が利用されている。この方法には、①全面にめっきした後、必要な部分をマスキングし、それ以外の部分をエッチング除去する方法、②不必要な部分をマスキングし、めっきした後マスクを溶解してパターンを残す方法、③必要な部分のみを改質して、その部分にめっきを析出させる方法など、がある。①および②の方法がマスキング等の複雑な工程を含むのに対し、③はマスキングなしで部分めっきが可能な方法として注目されている。このようなマスクレスでの部分めっき法に、無電解めっきの選択析出性を利用した方法がある。これは、無電解めっき反応が触媒活性を有する部分で進行することを利用したもので、部分的な活性化を如何に施すかがキーポイントとなっている。

当工業技術センターでは、これまでより二液法を主とした無電解めっきの活性化前処理に関する研究を行ってきており^{1, 2)}、これらの技術を基に部分活性化の方法についても検討している。今回は、滴下法と固体接触法という2つの方法について、検討した結果を報告する。

2 実験方法

基板には、松浪硝子工業(株)製のスライドガラス (S 1112) を用いた。基板を50℃に加熱した1.78mol/L KOH 水溶液中に10分間浸漬してアルカリ脱脂し、希塩酸による中和、純水洗浄したのち乾燥させて実験に用いた。部分活性化法として、図1に示す(a)滴下法と(b)固体接触法について検討した。なお、(c)に、一般的な活性化前処理法である二液法の工程を示す。それぞれの方法で用いた前処理液の組成を表1に示す。無電解めっきには、無電解Ni-Pめっき浴 (0.1mol/L 硫酸ニッケル、0.1mol/L コハク酸ナトリウム、0.1mol/L DL-リンゴ酸、0.3mol/L ホスフィン酸ナトリウム；水酸化ナトリウムでpH4.8に調整、浴温 70℃) を用い、120秒間めっきを行った。めっき膜厚および析出境界面の形状を触針式表面粗さ測定機にて測定した。めっき皮膜の密着性は、セロハンテープによるはく離試験を行い、はく離の有無により評価した。

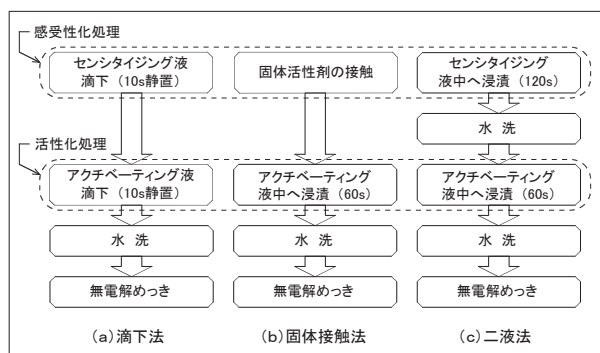


図1 各種活性化前処理法によるめっき工程

表1 活性化前処理に用いた前処理液の組成

	センシタイジング液	アクチベータング液
SnCl ₂ (×10 ⁻³ mol/L)	0.89	—
PdCl ₂ (×10 ⁻³ mol/L)	—	0.56
HCl (×10 ⁻³ mol/L)	2.4	12.0

3 結果および考察

3.1 滴下法

図1(a)に示す滴下法により、部分めっきを行った結果を次に示す。ガラス基板上にセンシタイジング液を1滴(約0.06g)滴下して10秒間静置することにより部分的な感受性化処理を施した。この時の液滴の広がり約10mmφであった。続いてその上に、アクチベータング液を1滴(約0.06g)滴下して10秒間静置することにより活性化処理を施した。液滴は約15mmφに広がった。これをイオン交換水にて十分に水洗し、無電解めっき浴中に浸してめっきを行った。この様にして析出しためっきの外観写真を図2(a)に示す。めっきの析出領域は、センシタイジング液を滴下した領域よりやや大きい約11mmφであった。各処理液の滴下領域およびめっきの析出領域をモデル化して図2(b)に示す。めっき皮膜の密着性を調べた結果、センシタイジング液の滴下領域に析出しためっきははく離しなかったが、そこからはみ出した部

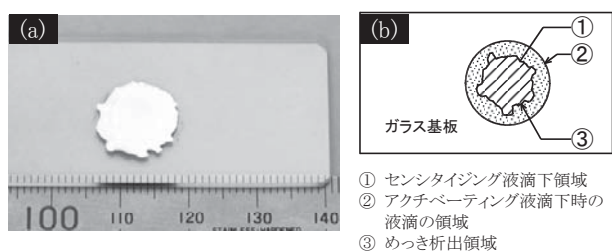


図2 (a)滴下法によりガラス基板上に析出しためっきの外観写真と(b)滴下法のモデル図

分には、一部ではく離が見られた。そこで、アクチベータリング液の滴下時に液滴が広がらないようにして、センシタイジング液の滴下領域を析出領域とする部分めっきを試みた。センシタイジング液の滴下領域は約10mmφのままで、液量を半分の約0.03gにし、アクチベータリング液の滴下量も半分の約0.03gにして液滴の広がりをなくした。しかし、センシタイジング液の液量が少なくなったことで、液が蒸発しやすくなり一部が乾燥した。乾燥した領域には、めっきが析出しなかったり、析出しても密着性が悪かった。

以上の結果より、滴下法による部分めっきは、アクチベータリング液のはみ出しやセンシタイジング液の乾燥が問題となり、選択範囲のみに密着性の良いめっきを析出させることは困難であった。

3.2 固体接触法

二液法(図1(c))では、基板をまずセンシタイジング液中に浸漬して感受性化処理を施す。この感受性化処理に固体の物質(固体活性剤)を基板上に接触させる方法を固体接触法(図1(b))として検討した。固体活性剤に酸化すずを用いた固体接触法により、めっきしたガラス基板を図3(a)に示す。固体処理剤を接触させた基板の中央部分のみにめっきが析出した。めっきの析出境界部における粗さ測定では、膜厚に相当する約 $0.15\mu\text{m}$ の段差がはっきりと示された。図3(b)に、この析出境界部の走査型電子顕微鏡像を示す。以上のように、酸化すずの固体接触により、ガラス基板表面を部分的に感受性化することができ、選択性の高い部分めっきが可能であることが分かった。さらに、酸化すず以外の固体活性剤として、その他数種類の2価のすず化合物において、同様の効果を確認した。

次に、狭い領域への部分めっきを行うために、先端部に固体活性剤を付けたペン型の器具を作り、ラインパターン状の部分活性化を施した。これにより析出しためっきパターンの写真を図4(a)に示す。ペンによる部分活



図3 固体接触法によりガラス基板上に形成しためっきの(a)外観写真と(b)析出境界部のSEM像

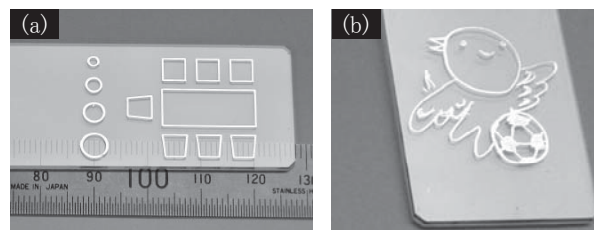


図4 固体接触法による部分活性化を施してマスクレスで作製しためっきパターンの例；(a)ラインパターン、(b)兵庫国体マスコット「はばタン」の絵

性はフリーハンドで行うことができることから、図4(b)に示すような絵をめっきで描くことができた。

4 結 論

マスクレスでの部分めっきを行うために、無電解めっきの活性化前処理を部分的に行う方法として、滴下法と固体接触法について検討した。その結果を次に示す。
①センシタイジング液、アクチベータリング液を順次滴下する滴下法により、部分的にめっきを析出させることができた。しかし、液滴のはみ出しによるめっき析出領域の制御の問題や、液滴の乾燥による密着性の低下など、滴下法による部分めっきには課題が多いことが分かった。
②感受性化処理に固体活性剤(2価のすず化合物)を用いた固体接触法により、マスクレスでラインパターン等の部分めっきが可能となった。

参 考 文 献

- 1) 山岸憲史, 西羅正芳, 高橋輝男, 上月秀徳, 工業技術センター研究報告書, 13, 63 (2004).
- 2) 山岸憲史, 岡本尚樹, 鶴川博之, 福室直樹, 八重真治, 松田 均, 表面技術, 55, 417 (2004).

(文責 山岸憲史)

(校閲 西羅正芳)

21 高付加価値炭化物の開発

高橋輝男，石間健市，山田和俊，山下 満，柏井茂雄，上月秀徳

1 目 的

我々は、平成14年度から兵庫県立農林水産技術総合センターと共同で、従来は燃料あるいは堆肥の原料としてのみ処理されてきた木材加工くずや農業廃棄物の用途拡大および高付加価値化すなわち土壌改良、キノコ栽培、VOC 吸着建材、黒鉛化、分散強化合金の開発などを目的に研究を進めてきた。

当工業技術センターでは、工業的に価値の低い難黒鉛化炭素の典型である天然有機物系炭化物を工業的に付加価値の高い黒鉛に変換する研究および天然有機物系炭化物を出発原料とした分散強化アルミニウム合金作製の研究を行っている。

本報告では、前年に報告¹⁾した分散強化アルミニウム合金の分散粒子である Al-B-C 系三元金属間化合物の組成範囲の精密化と、より高温での熱的安定性について検討した。また Al-B-C 系三元金属間化合物粉を固化成形した結果についても簡単に言及する。

2 実験方法

出発原料の杉チップ粉の SEM 像を図1に示す。これは農林水産技術センターで 350℃で2時間炭化処理したものである。この杉チップ炭を微粉碎した木炭粉を使用し、所定の比に配合した Al および B 粉とともに(図2)、図3に示す Spex8000 粉碎混合ミキサーミルで 50 時間機械的合金化(MA)処理を行った。混合容器はステンレス鋼であり、混合メディアは SUJ2 鋼球である。試料の重量を1バッチ 10 g とし、アルゴン置換した後、MA 処理した。得られた粉末は、高真空中 600 あるいは 1000℃で1時間の加熱処理を行った。

粉末の状態の確認には、X線回折装置(CuK α 線、

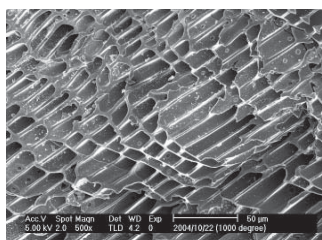
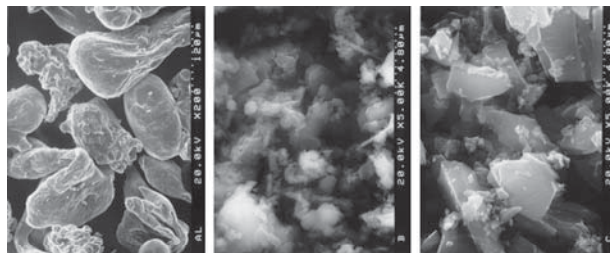


図1 杉チップ炭の SEM 像



(a) Al 粉 (b) B 粉 (c) 木炭粉

図2 出発原料粉の SEM 像

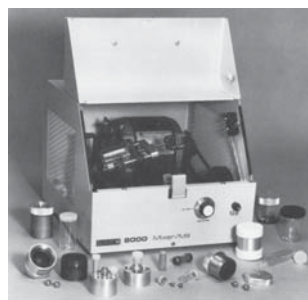


図3 実験に使用した Spex8000 混合粉碎ミキサーミル

40kV、40mA、モノクロメーター付き)で行った。

加熱処理した粉末の一部を、プラズマアシスト焼結装置(PAS)により固化成形し、比重測定およびマイクロ組織の観察などを行った。

3 結果および考察

以前に行った実験結果¹⁾の一部を、図4に示す。これは Al:B:C=22:9:9 の組成で 20 時間MAし、600℃で1時間加熱した粉末の X 線回折図形を示す。この図形からほぼ単相の化合物が生成することが明らかになったが、詳細に検討すると図形中↑印で示したところに僅かであ

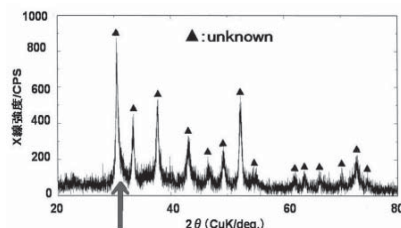


図4 Al:B:C=22:9:9 の組成で得られた粉末の X 線回折図形

るが、別の相が存在していることが明らかになった。この相を出さないために配合組成を図5に示すように Al:B:C=22:9:9 から 55:27:18 に僅かに変化させて MA および加熱処理を行った。加熱温度はこの化合物の熱的安定性を調べることを目的として 1000℃で行った。

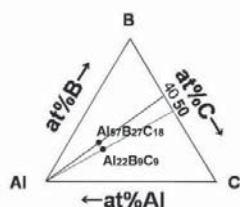


図5 配合組成の変化

図6に、得られた粉末からのX線回折図形を示す。これから明かなように図4で示した矢印の位置 $2\theta = 30.8^\circ$ での回折強度は弱くなり、ほぼ単相に近い化合物が生成していることが明らかになった。1000℃での加熱にも拘わらずX線回折図形には他の析出物の存在を示すピークもなく、この化合物が非常に安定したものであることが明らかになった。

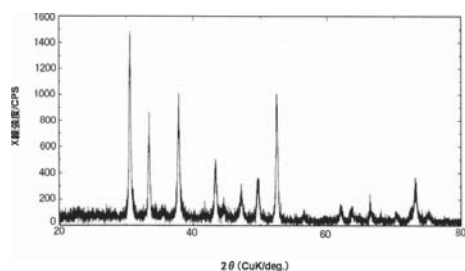


図6 Al:B:C=55:27:18の粉末を50時間MAし1000℃で1時間加熱した粉末のX線回折図形

図7は、Al:B:C=55:27:18の粉末を50時間MAし1000℃で1時間加熱した粉末をPAS焼結法により固化成形し、#150のエメリーペーパーで研磨した状態の試験片のSEM像である。

この焼結体の比重は、 2.2g/cm^3 であった。この値は、理論真密度の約81%であった。図7のSEM像から、焼結体周辺部では空隙も少なく緻密であるが、中心部ではかなり多数の空隙が存在していることが明らかになった。この原因については次のように考えられる。すなわちPAS法では、MA粉を黒鉛の型に充填し、一軸圧縮で加圧成形しながら通電する。この方法では粉末の塑性流動が生じにくいと、中心部では空隙が残留しやすいものと考えられる。

使用した木炭をSEM-EDXで分析した結果、僅かなK

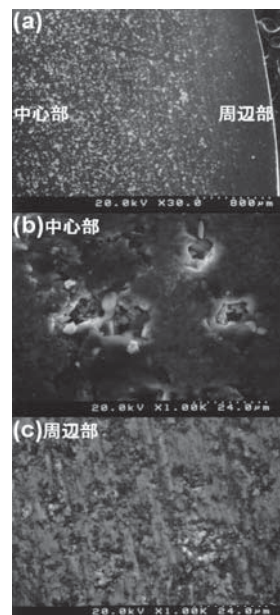


図7 Al:B:C=55:27:18の粉末を50時間MAし、1000℃で1時間加熱した粉末をPAS焼結法により固化成形し、#150のエメリーペーパーで研磨した試験片のSEM像

とCaが存在することが明らかになった。これら元素の比はK:Ca = 47:53であった。これらの元素の全体に占める割合は2%前後であると推定された。また、PAS焼結体をEDX分析した結果、KおよびCaは全く検出されず不純物として問題のないレベルにとどまっていることが明らかになった。またMA処理に使用したSUS容器とスチールボールからの汚染も非常に少ないことが明らかになった。

4 結 論

本研究結果を要約すると次のようになる。

- (1) 配合組成を Al:B:C=22:9:9 から 55:27:18 に僅かに変化させて MA および加熱処理を行った結果、ほぼ単相と考えられる化合物が得られた。
- (2) この MA 粉を 1000℃で1時間加熱した結果、他の化合物と考えられるX線回折ピークは出現せず、この化合物の熱的安定性は優れていることが明らかになった。
- (3) 焼結体の比重は 2.2g/cm^3 であり、理論真密度の約81%であった。

参 考 文 献

- 1) 山下 満, 柏井茂雄, 石間健市, 山田和俊, 元山宗之, 高橋輝男, 上月秀徳, 兵庫県立工業技術センター研究報告書第13号, p.67.

(文責 高橋輝男)

(校閲 上月秀徳)

22 ナノ結晶蛍光体をガラス中に三次元積層化した高輝度発光ガラスの開発

石原嗣生，泉 宏和，毛利信幸

1 目 的

来るべきユビキタス情報社会、すなわちコンピュータやネットワークが、いつでも、どこでも存在する社会の構築に向けて、少ない消費電力で駆動する色鮮やかなマイクロ型次世代表示素子の開発は、極めて重要である。

マイクロ型次世代表示素子を開発するためには、長寿命でかつ蛍光強度の極めて高い蛍光体の開発が不可欠である。また、蛍光体のマイクロ化、携帯化のために、当該蛍光体への柔軟性の付与は重要である。これまでに、有機ポリマーによる蛍光体が種々開発されているが、寿命や輝度に問題がある。また、無機蛍光体も開発されてきたが、輝度、柔軟性に問題があった。

高輝度化のためには、従来、二次元的にしか作製できなかった蛍光体群を三次元的に構築する必要がある。本研究では、蛍光強度を三次元的に高めることを目的として、透光性の高いガラスマトリックス中に粒子サイズ 20nm 以下の結晶蛍光体を直接析出させ、三次元積層した高輝度発光ガラスの作製を検討した。さらに、ウェアラブルコンピュータ用の表示素子の開発を目指して、柔軟性がありプラスチックフィルム上にコートできるガラス蛍光体の開発を行った。

2 実験方法

2.1 ガラスの作製と結晶化処理

実験には、熱処理により SiO_2 リッチ相と B_2O_3 リッチ相に分相する $65.2\text{SiO}_2 \cdot 25.4\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 9.4\text{Na}_2\text{O}$ (wt%) の組成を有するホウケイ酸ガラスに析出結晶相として 5wt% の Y_2O_3 と 0.35wt% の Eu_2O_3 を添加したガラスを用いた。酸化物及び炭酸塩の特級試薬粉末を所定の組成になるように秤量し、混合後るつぽに入れ、電気炉中 1,500 °C で 1 時間熔融し、その後徐冷することによりガラスを作製した。得られたガラスは、X 線回折測定により結晶が析出していないことを確認した。結晶化処理は、ガラス片を切り出し、切断面を鏡面研磨した試料を、電気炉中 600 ~ 750 °C で 48 時間熱処理を行った。

2.2 有機・無機ナノハイブリッド体へのコンポジット化

ト化

界面活性剤としてドデシルトリメチルアルミノプロミドを用い、テトラエトキシシラン：水：硝酸：エタノール = 1 : 1.5 : 0.01 : 5 のモル比に調整したゾル溶液に、700 °C の熱処理を行った結晶化ガラスを 10 μm 程度に粉碎したものを加え、攪拌後、ポリエチレングリコールのエタノール溶液を添加することにより、コンポジット化を行った。

2.3 結晶化過程の追跡と蛍光スペクトル評価

ガラス中に析出した結晶相の同定は、熱処理を行った試料を粉碎し、粉末 X 線回折測定法により行った。蛍光スペクトルの測定は、分光蛍光光度計を用い、365nm の紫外線を照射して行った。ユーロピウムの配位状態は、SPRing-8 の XAFS ビームライン BL01B1 および産業利用ビームライン BL19B2 を用いて、Eu-L_m 吸収端の XAFS スペクトルを蛍光法により測定して得られたデータを解析することにより調べた。

3 結果と考察

3.1 結晶化過程の追跡と蛍光スペクトルの変化

図 1 に 600 ~ 750 °C で熱処理を行った試料の X 線回折測定結果を示す。熱処理温度 600 °C までは、結晶の析出が見られないが、650 °C 以上になると SiO_2 (クリスト

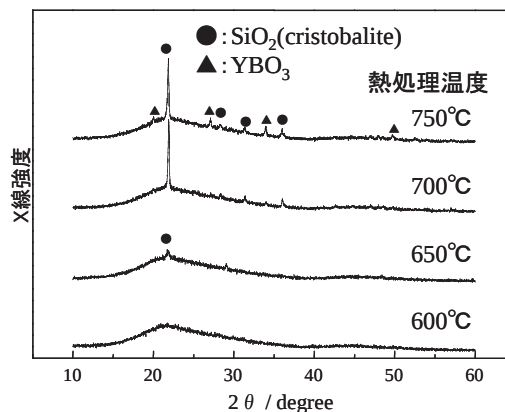


図 1 熱処理温度による X 線回折図形の変化

バライト) が析出し、さらに 700 °C 以上では、 YBO_3 結晶も析出することが明らかになった。

蛍光スペクトルの測定結果を図 2 に示す。熱処理温度 650 °C まではほとんど変化しないが、 YBO_3 結晶が析出している 700 °C からは、スペクトルの形状が大きく異なり、発光中心である 3 価のユーロピウムイオンの周りの局所構造がガラス中とは異なっていることを示している。すなわち、3 価のユーロピウムイオンが YBO_3 結晶に取り込まれていることを示唆しており、そのために蛍光強度が増加したと考えられる。

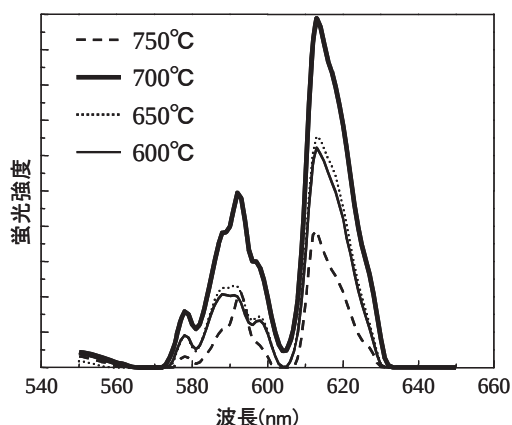


図 2

熱処理温度による蛍光スペクトルの変化

3.2 XAFS によるユーロピウムイオンの配位状態解析

ガラスおよび熱処理を行った試料について、Eu-L_{III} 吸収端の XAFS スペクトルを解析して得られた動径構造関数を図 3 に示す。

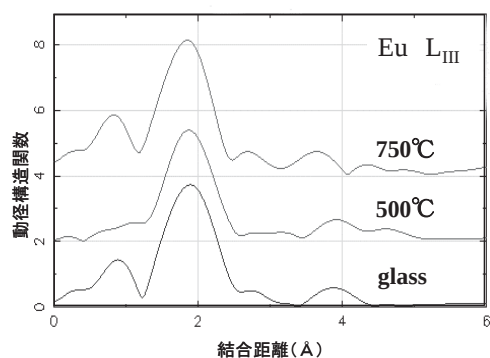


図 3

XAFS スペクトルの解析結果

動径構造関数で 1.9 Å 付近のピークは、ユーロピウムの最近接原子である酸素によるものであり、 YBO_3 結晶が析出している 750 °C ではピークが短距離側にシフトしている。参照に測定した Eu_2O_3 結晶では、第二近接原子

に関係するピークが 3.5 Å 付近に見られていたものが、 YBO_3 結晶が析出している試料でも不明瞭になっており、これは結晶が微粒子化したことによると考えられる。

動径構造関数を解析して得られたユーロピウムの周りの酸素の配位数と原子間距離の結果を図 4 に示す。図中に示した 2.37 Å の値は、 YBO_3 結晶の Y-O 原子間距離である。ガラスおよび結晶が析出していない 500 °C の試料では、原子間距離 2.40 Å、配位数 5.2 であるのに対して、 YBO_3 結晶が析出している試料は、配位数が 6.2 へ増加し、原子間距離が 2.37 Å と短くなった。このことは YBO_3 結晶中の Y サイトにユーロピウムが存在していることを示している。

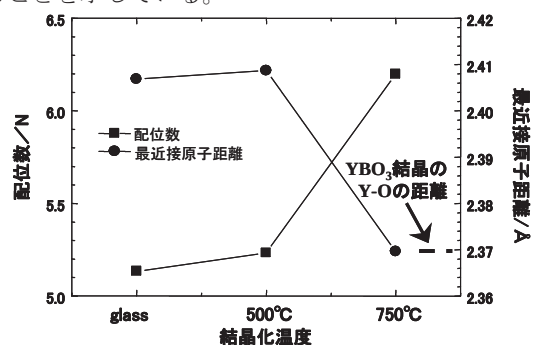


図 4 ユーロピウムの周りの酸素の配位数と原子間距離

3.3 有機・無機ナノハイブリッド体へのコンポジット化

図 5 に示すように、簡単に指で曲げることのできる柔軟性のあるフィルムを得ることができた。紫外線照射により赤色に高輝度で発光し、色彩輝度計で測定した結果、 4cd/m^2 の輝度を示した。



図 5 有機・無機ハイブリッド体へのコンポジット化

謝 辞

本研究は、兵庫県立大学の矢澤哲夫教授をリーダーに、(財)新産業創造研究機構、(独)産業技術総合研究所関西センター、(財)高輝度光科学研究センター、日本山村硝子株式会社との共同で実施したものであり、関係各位に感謝します。

(文責 石原嗣生) (校閲 山中啓市)

23 生体適合性材料の構築を目指したエレクトロスピンニング法の開拓

中野恵之，桑田 実，一森和之

1 目 的

近年、ナノテクノロジーは材料・バイオ等の広い分野で技術革新を起こすと期待されている。中でもエレクトロスピンニング法はマイクロファイバーやナノファイバー、さらには微粒子や薄膜の製造が可能な新技術である。本研究では、新規生体適合性材料の開発を目的として、エレクトロスピンニングマシンの開発とそれを用いたナノファイバーマットの試作を伴う技術開発を行った。これらの生体適合性を持ったマイクロファイバーマットは、その大きな空隙率と細胞に対する安定性から細胞培地等の医療材料として期待される。現在、培養皮膚は50億円以上の市場を持っており、また、これらマイクロ繊維にて被覆されたカバーステントは20億円以上の市場がある。

2 実験方法

2.1 エレクトロスピンニングマシンの開発

エレクトロスピンニング法は、20kV程度の高電圧をノズルに加え、そこから高分子溶液を噴霧させることからマイクロファイバーやナノファイバーを作製する方法である。

図1に開発したエレクトロスピンニング装置本体の概略図を示す。直径50cm、高さ70cmのステンレス製の簡易密閉型の装置で、内部に集積装置等の小型設備を設置できるように設計した。

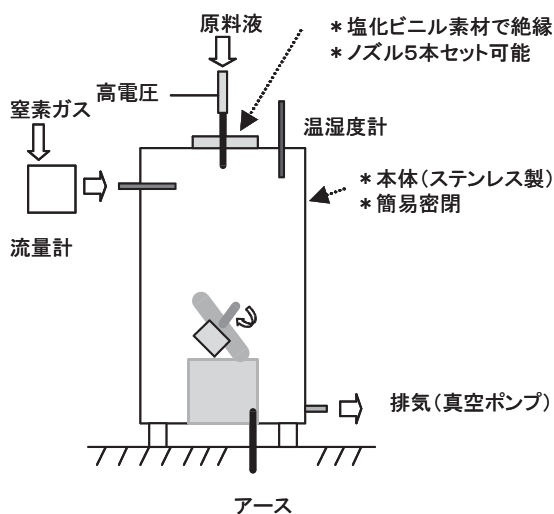


図1 エレクトロスピンニング装置本体の概略図

図2に開発した装置の外観を示す。(1)の装置本体には着脱可能なノズルユニットが配置されており、また、各種ノズルも容易に着脱・交換可能に設計した。

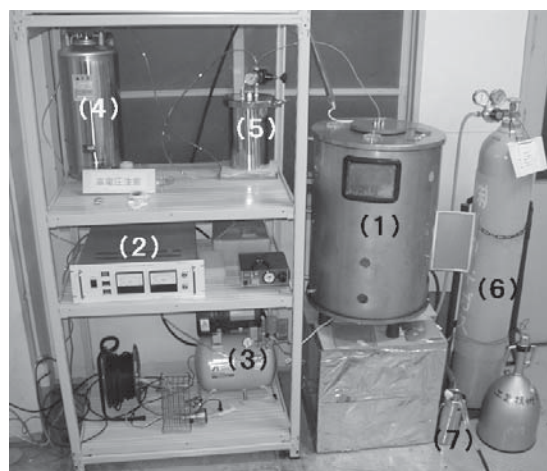


図2 エレクトロスピンニングマシンの外観

(1)装置本体、(2)高電圧電源、(3)コンプレッサー、(4)加圧予備タンク、(5)試料溶液タンク、(6)窒素ガスボンベ、(7)トラップ

2.2 ステント加工装置の開発

装置本体内部にステント加工装置を設置し、カバーステントの試作を行った。ステント加工装置はステント縦方向への移動と回転を与えられるようにした装置で、これによりステント上に均一なマイクロ繊維被覆を行えるようにした。

3 結果と考察

3.1 エレクトロスピンニングによる試作試験

試作した装置を用いて各種分解性高分子のマイクロ・ナノ繊維の試作試験を行った。図3にエレクトロスピンニングされたポリ乳酸ナノファイバーの電子顕微鏡写真を示す。ポリ乳酸は広く利用されるようになった代表的な分解性高分子材料で、医療用材料としても活用が進められている。ポリ乳酸濃度を10%に調整したジクロロメタン溶液を調整し、加電圧15kV、使用ノズル径0.3mm、押出

圧力0.02MPaで試験した。得られたポリ乳酸繊維は直径が数十ミクロンから150nm程度と広範囲に分布した。この原因解明にはさらに研究を要するが、高機能フィルターの作製にはこの特徴が有益となることも考えれる。また、150nmの繊維直径を有する繊維は通常の製造方法では得られない試料である。

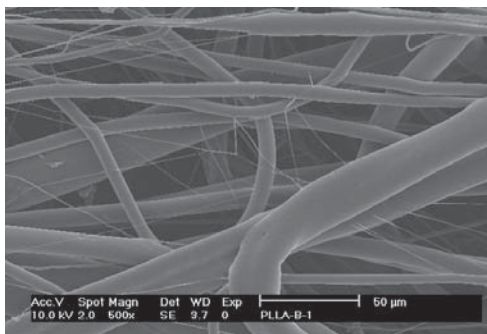


図3 エレクトロスピンニングされたポリ乳酸ナノファイバーの電子顕微鏡写真

図4にエレクトロスピンニングされた乳酸・グリコール酸共重合体（以下PLGAと略す）の電子顕微鏡写真を示す。PLGAは医療用高分子材料として一般的に広く利用されている高分子材料である。PLGAに関して、溶剤をジクロロメタンとクロロホルムを用いた比較試験を行った。加電圧やPLGA濃度については同条件で試験を行った。ジクロロメタンを溶剤に用いた場合には、直径が安定していないが、繊維状の生成物が得られている。これに対して、クロロホルムを用いた場合には、球状の生成物を細い繊維が繋げている状態の試作物が得られた。この場合、繊維化についてはジクロロメタンの方が適しているように思われるが、今後、溶剤と高分子との関係も考察していく必要がある。

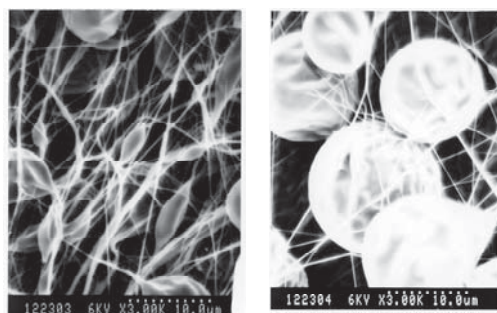


図4 エレクトロスピンニングされたPLGA繊維の電子顕微鏡写真（右：ジクロロメタン溶液にて調整、左：クロロホルム溶液にて調整）

図5にエレクトロスピンニングされたポリカプロラク톤の電子顕微鏡写真を示す。ポリカプロラク톤は分解

性高分子のなかでも伸縮性の高い材料である。この伸縮性を有する分解性材料の繊維化技術は各分野で有益な技術となる。ポリカプロラク톤（分子量7万～10万）をトリフルオロエタノールに溶解し濃度を10%に調整した。加電圧は15kV、ノズルは24Gを用い、溶液圧力は0.005MPaに設定した。図5に示すように安定した繊維が試作できた。伸縮性のあるポリカプロラク톤において繊維形態を得ることは繊維の延伸効果によりさらに伸縮性があがることが推測され、高伸縮性分解性材料の開発が期待される。

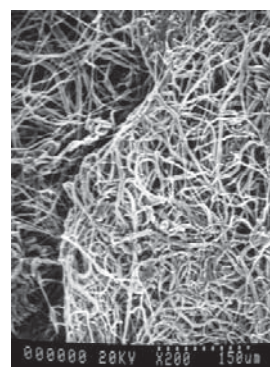


図5 エレクトロスピンニングされたポリカプロラク톤繊維の電子顕微鏡写真

3.2 カバーステントの試作

開発したステント加工装置にて、カバーステントの試作を行った。エレクトロスピンニングにて繊維化が可能な分解性高分子材料については、均一にむら無くステント外部分を微細繊維にてカバーリングすることに成功した。

3.3 白血球分離フィルターの検討

PLGAを用いてエレクトロスピンニングされたマイクロファイバー試作フェルトを用いて血球細胞捕捉試験を行った。試作フェルトに血液を通過させ、白血球数、赤血球数、血小板数を測定した。その結果、積層枚数を増やすことによって白血球等の特定の血球細胞の捕捉能及び選択性が向上することが示され、目的の細胞に応じた細胞分離フィルターを開発する可能性が示唆された。

謝 辞

本研究は平成16年度兵庫県COEプログラム推進事業にて実施した成果である。プロジェクトリーダーの京都工芸繊維大学、木村良晴教授、および同、山岡哲二助教授、京都大学再生医科学研究所、岩田博夫教授、(株)カネカ、旭陽化学工業(株)、甲子園金属(株)の各参加機関の関係者の皆様に感謝致します。

(文責 中野恵之)

(校閲 桑田 実)

24 タマネギの水熱処理による有効利用およびメタン発酵前処理に関する研究

原田 修、桑田 実、一森和之

1 目 的

近年、メタン発酵の高効率化のために、発酵原料に可溶化等の前処理を行う研究が行われている。オカラをメタン発酵する前処理に亜臨界水処理を利用した研究では、亜臨界水処理によりメタン発酵を短時間に行うことができる」と報告されている。

我々は、亜臨界水処理（水熱処理）を利用したバイオマスの加水分解に関する研究を行ってきた。亜臨界水は、水の臨界点（374℃，22MPa）未満の熱水を指し、加水分解反応が触媒なしで短時間に起こることが知られている。本研究では大量に発生する廃棄タマネギのメタン発酵の高効率化を実現するためにタマネギの水熱処理実験（バッチ処理および連続処理）を行い、タマネギの分解挙動について検討した。さらに廃棄タマネギの有効利用を目的とした水熱処理による食材としての高付加価値化についても検討を行った。

2 実験方法

2.1 水熱処理

水熱処理方法は以下の通りである。

タマネギ 1900g に水 800mL を入れてホモジナイズして試料スラリーとし、これをスラリーポンプで送り出す。水用ポンプから送られてきた予熱水とスラリーがステイックミキサーで混合されて水熱処理され、その後速やかに冷却されてコントロールバルブより系外へ排出される。系内の圧力はコントロールバルブにより調節される。表 1 に示したように、反応時間 4.5 ～ 5.2 秒であり、非常に短時間である。

表 1 水熱処理（連続）条件

Run. No.	反応温度 (°C)	密度 (ρ) (g/cm ³)	滞留時間 (τ) (sec)
1	150 (206)	0.924	5.17
2	200 (272)	0.873	4.89
3	250 (330)	0.809	4.53

反応管の体積 (V), 9.8 ml、全流量 (F), 105ml/min (スラリーポンプ; 37ml/min, 水用ポンプ; 68ml/min)

圧力, 13Mpa (): 予熱水温度

滞留時間（反応時間）： $\tau = \tau = V \rho / F$

2.2 水熱処理物の分析

それぞれ処理した試料はグラスフィルターで固液分離して可溶成分および残渣に分けて、以下の項目について分析を行った。

- ①可溶成分の変化
- ②可溶成分のリンゴ酸およびグルコース量（HPLC）
- ③可溶成分中の水溶性食物繊維（プロスキー法）
- ④可溶成分中のケルセチン（HPLC）
- ⑤味および匂い（官能検査）
- ⑥水熱処理タマネギのメタン発酵試験（関西大学）

3 結果と考察

図 1（左）に水熱処理による可溶成分量の変化を示した。図から明らかなように処理温度と共に可溶成分が増加し、250℃で 74.0%→83.1%になった。また、水熱処理によるグルコースおよびリンゴ酸量に変化がないことは（図 1（右））、メイラード反応や熱分解反応の発生がほとんどないことを示唆しており、メタン発酵を妨害する物質の生成はほとんどないものと考えられる。これらのことより、水熱処理はメタン発酵の前処理として有効な方法である可能性が高い（この試料を関西大学でメタン発酵実験を行った）。

次に、水熱処理による廃棄タマネギの食材利用が可能であるかを検討した。まず、水熱処理による水溶性食物繊維の生成量の変化を図 2 に示す。水溶性食物繊維は高粘性による消化管内での通過時間の遅延と大腸内で発酵しやすい点の特徴で、それにともない種々の生理活性が認められている。図 2 から、150℃の処理で未処理のほぼ倍になった。これは、タマネギ中のヘミセルロースが加水分解して可溶化して、水溶性食物繊維としてカウントされたためと考えられる。これにより生理活性効果が強化されたことになる。

また、タマネギの中には抗酸化活性のあるケルセチンおよびケルセチン配糖体が含まれている。それが体内に吸収されるには配糖体からアグリコン（ケルセチン）に加水分解される必要がある。そこで、処理物中のケルセチン量を図 3 に示した。図 3 よりすべての処理温度でケ

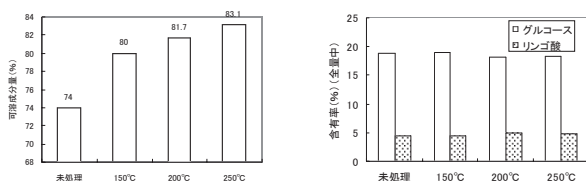


図1 水熱処理による可溶成分量（左）およびグルコース、リンゴ酸量の変化（右）

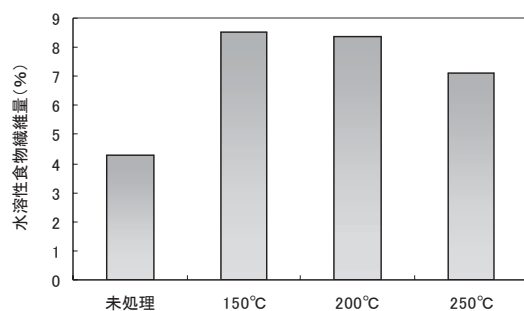


図2 水熱処理による水溶性食物繊維の生成

ルセチンが増加し、特に 200 °C の処理が最大値を示して未処理に比べて倍増した。このことから生理活性効果が強化されたことになる。

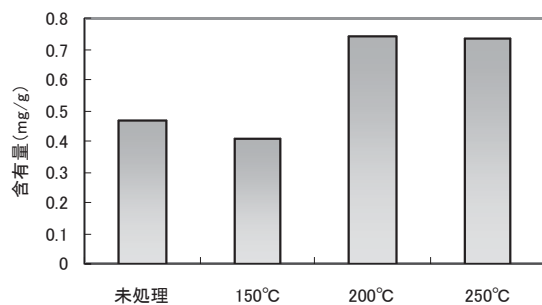


図3 水熱処理によるクルセチン量の変化

表2 連続処理物の味および匂いの評価

	味	匂い
未処理	ビリビリ感あり	若干刺激臭
150 °C	ビリビリ感若干緩和	若干刺激臭
200 °C	甘みあり、ビリビリ感無くなる	香ばしい
250 °C	苦みあり	香ばしい

次に、処理物の味と匂いの官能検査を行った。表2にその結果を示す。200 °C 処理物は味、匂い共に良好で、連続式の水熱処理（亜臨界水処理）は新しい食品加工技術としての活用が期待される。

最後に、水熱処理タマネギのメタン発酵実験を行った。図4には牛糞および発酵残渣の結果（榊鋼環境ソリューション）も示す。いずれの試料も水熱処理することによりメタン発酵の効率が上昇し、タマネギに関しては200 °C の処理で良好な結果を示した。参考までに、発酵残渣は150 °C の水熱処理で最良の結果を示し、メタン発酵効率も約5倍と3つの試料の中で最大の値を示した。

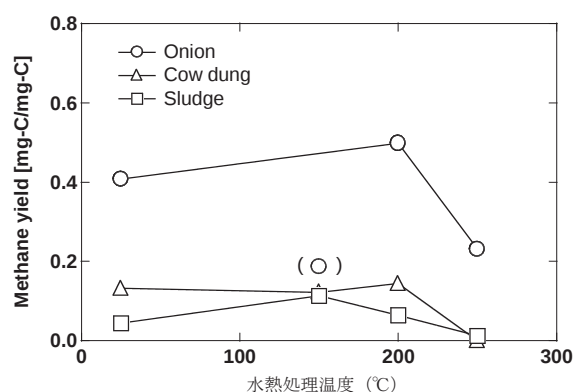


図4 水熱処理温度がメタン収率に及ぼす影響

4 まとめ

以下に示したとおり水熱処理（亜臨界水処理）することによりタマネギを高付加価値化ができ、またメタン発酵の前処理として利用できることが分かった。

- ①可溶成分が増加し、250 °C で 74 % → 83 % になった。実際に関西大学のメタン発酵実験により、メタン発酵の効率が高くなることが分かった。
- ②水溶性食物繊維が 150 °C の処理で未処理の倍になり、生理活性効果が強化された。
- ③ 150 °C の処理によりアグリコンが未処理に比べて倍増したことから、さらに生理活性効果が強化された。
- ④ 200 °C 処理物は味、匂い共に良好で、連続式の水熱処理は新しい食品加工技術としての活用が期待された。

謝 辞

本研究は、平成 16 年度兵庫県 COE プログラム事業の分担課題として実施しました。（財）新産業創造研究機構および関西大学をはじめ関係各位に深く感謝します。

（文責 原田 修）

（校閲 桑田 実）

25 慢性完全閉塞疾患用超音波カテーテルの研究開発

浜口和也，富田友樹，有年雅敏，松井 博

1 目 的

虚血性心疾患患者のなかの慢性完全閉塞病変に対する冠動脈インターベンションに求められる慢性完全閉塞疾患用カテーテルは再狭窄を起こすなどの問題があるため、慢性閉塞疾患用バルーン、ステント等に替わり、血流中で冠動脈病変性状を観察し、血栓と血管をリアルタイムで判別しながら血栓を取り除くことのできる慢性完全閉塞疾患用カテーテルの開発が求められている。

本研究は、冠動脈血管内病変の診断が可能な超音波エコー診断機能および血管を傷つけることなく血栓を除去できる治療機能を有する慢性完全閉塞疾患用超音波カテーテルの開発を目的とする。当センターでは超音波エコー診断技術確立のために、細径化した超音波探触子を開発して、性能評価実験を行った。

2 実 験

2.1 小型超音波探触子

血管内の血栓や血管壁の状態を検査するために、液体中で探傷できる小型の超音波探触子を開発した。垂直型の探触子で、周波数は5 MHz、10 MHzの2種類である。形状は直径2 mm、長さ3 mmの円筒型で、図1に外観を示す。一般に使用されている工業用探触子と比較して、かなり小型の探触子であることがわかる。液体中では超音波ビームを集束させて検査する集束型の探触子が用いられることが多いが、血液中を検査する場合は血管壁の検査も必要とされるため、超音波ビームがある指向角で広がりながら伝播するフラット型探触子を採用した。フラット型探触子の超音波ビームの伝播状態を図2に、探触子の主な仕様は表1に示す。

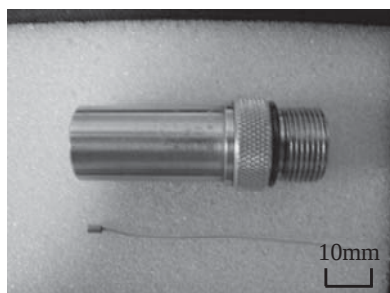


図1 工業用探触子（上）と小型探触子（下）

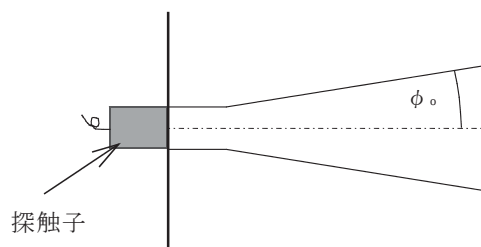


図2 超音波ビームの伝播状態

表1 小型超音波探触子の仕様

直径	2 mm	
長さ	3 mm	
周波数	5 MHz	10 MHz
指向角 φ。	10.4°	5.2°

2.2 実験方法

2.2.1 探触子走査方法

走査方法は図3に示すように、探触子から試料表面までの距離を一定にして、試料の表面に超音波を照射し、探触子を図4のように前後左右に自動走査させる。得られた超音波反射エコーを画像データに変換し、性能評価を行った。

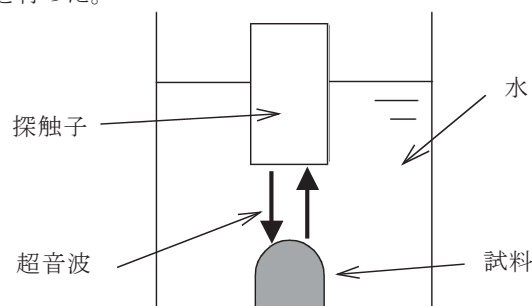


図3 超音波照射状態

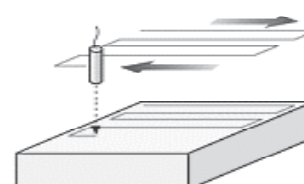


図4 走査方向

2.2.2 走査条件

走査範囲 8×6 mm、走査ピッチ 0.05 mm、走査速度は 200 mm/s である。試料は鋼球（直径 3 mm）、および材質が血栓に近い卵の殻を用いた。

伝播距離による検出画像の差異を調べるため、探触子から試料表面までの距離を 5, 10, 15 mm と変化させて走査した。同様に、周波数による検出画像の差異を調べるために、10 MHz と 5 MHz の探触子を走査範囲内での最大反射エコー高さが同じになるようにして走査した。

3 結果および考察

3.1 距離の変化

5 MHz の探触子を用いて、鋼球（直径 3 mm）、および卵の殻を走査した画像を図 5 に示す。左側が鋼球、右側が卵の殻の画像である。鋼球の中心部では、発振された超音波が垂直に反射するため超音波エコーは高くなり、画像は濃く表示される。球の中心から外側になるにつれて、超音波は様々な方向に反射されるため、反射エコーは低くなり、薄く表示される。探触子が鋼球表面から離れるほど、画像が不鮮明になることが確認できた。卵の殻も鋼球の場合と同様に、殻の中心部では濃く表示され、外側では薄く表示される。また、殻の表面から探触子までの距離が離れるほど、画像は薄く不鮮明になる。

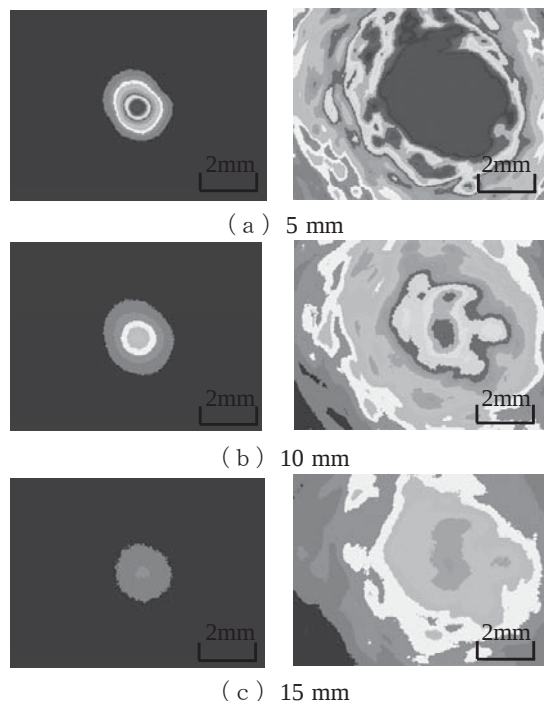


図 5 探触子から試料表面までの距離の違いによる走査画像（左：鋼球、右：卵の殻、周波数 5MHz）

10 MHz の探触子で探傷した場合も同様な結果が得られたが、探傷感度は 5 MHz のときよりも上げる必要があった。

鋼球と卵の殻の画像を比較すると、鋼球は中心部から外側へと同心円状に一樣に薄くなっているが、卵の殻は一樣には薄くならず、まだら模様の箇所が多く存在する。これは卵の殻の表面に存在する微小な凹凸により、超音波が様々な方向に反射されるためである。この結果から凹凸を多数含む血栓の表面状態を検査することが可能であることがわかった。

3.2 周波数の変化

10 MHz の探触子を用いて、卵の殻の表面から 5 mm の位置で探傷した結果を図 6 に示す。10 MHz の方がより鮮明に卵の殻表面の凹凸を表示していることが確認できる。血栓の状態を精度よく検査するには、10 MHz の方が適している。しかし、距離による減衰が大きいため、対象物までの距離が大きい場合は 5 MHz が適している。

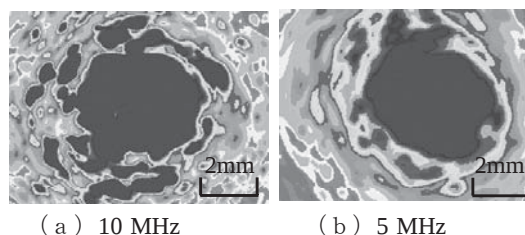


図 6 周波数の違いによる走査画像（卵の殻）

4 まとめ

鋼球、および卵の殻の表面に対して、性能評価試験を行い、以下の結果が得られた。

（１）伝播距離による検出画像の差異を調べるため、探触子から試料表面までの距離を変えて検査した結果、鋼球、卵の殻ともに伝播距離が短いほど画像は鮮明に、長いほど画像は不鮮明になった。また、試料中心部では画像は濃く、外側に向かうほど画像は薄く表示された。卵の殻表面では画像が一樣ではなく、卵の殻の表面に存在する微小な凹凸が検出できていたため、血栓の表面状態を検査することが可能となった。

（２）周波数の違いによる画像の差異を確認するため、5 MHz と 10 MHz の探触子を用いて検査した結果、10MHz の方がより精度良く検査できることが確認できた。

（文責 浜口和也）
（校閲 富田友樹）

26 応力発光材料の開発とセンサーへの応用

石原嗣生

1 目 的

機械的な外力により発光する応力発光材料は、遠隔での応力センシング、応力分布のビジュアル化への応用が検討されている。特に、長残光性の $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}$ 、 $\text{CaAl}_2\text{SiO}_7:\text{Ce}$ 等酸化物系で強い応力発光が確認され、その発光には格子欠陥により形成されたトラップ準位から転位の移動によってキャリアが解放されることにより発光すると考えられている。当センターでは、硫化亜鉛系蛍光体で、燐光性を有する $\text{ZnS}:\text{Cu},\text{Al}$ と有しない $\text{ZnS}:\text{Mn}$ では発光のメカニズムが異なり、 $\text{ZnS}:\text{Cu},\text{Al}$ は摩擦熱により、 $\text{ZnS}:\text{Mn}$ はピエゾ電気により発光しているというメカニズムを提唱してきた。さらに、プラズマディスプレイパネル用緑色蛍光体として使用されている $\text{Zn}_2\text{SiO}_4:\text{Mn}$ も発光寿命は短いがピエゾ電気により発光することを見いだしている。より長い発光寿命で高輝度な応力発光を示す材料の候補として、ピエゾ電気と同様に高電場を印加することにより発光するエレクトロルミネッセンス材料が考えられる。本研究では、無機薄膜 EL 材料として検討されている酸化物蛍光体 $\text{Zn}_2\text{SiO}_4:\text{Mn}$ の Si を Ge に置換した $\text{Zn}_2\text{GeO}_4:\text{Mn}$ を作製し、応力発光の可能性について検討を行った。

2 実験方法

$\text{Zn}_2\text{GeO}_4:\text{Mn}$ 蛍光体粉末は、純度 99.99% の ZnO 粉末、 GeO_2 粉末および MnCO_3 粉末を、 $\text{Zn}_{1.75}\text{GeO}_4:\text{Mn}_{0.08}$ のモル比になるように秤量し、ボールミルで混合した後、白金るつぼを用い電気炉中 1,050 °C で 2 時間仮焼を行い、得られた仮焼粉末を粉碎し、再度、焼成を行うことにより作製した。得られた粉末の結晶構造を X 線回折法により調べ、蛍光スペクトルの測定は、分光蛍光光度計を用いて行い、応力発光の有無は、粉末を冷間埋め込み法によりエポキシ樹脂で固めた成型体で評価した。

3 結果と考察

得られた $\text{Zn}_{1.75}\text{GeO}_4:\text{Mn}_{0.08}$ 粉末の X 線回折結果を図 1 に示す。原料の GeO_2 が一部残存しているが、大部分は目的とした Zn_2GeO_4 組成の化合物が得られていることが

わかる。 Zn_2GeO_4 の結晶構造は、 Zn_2SiO_4 と同じ三斜晶系であり、格子定数が Zn_2SiO_4 では $a=13.938 \text{ \AA}$ 、 $c=9.310 \text{ \AA}$ であるのに対して、 Zn_2GeO_4 では、 $a=14.231 \text{ \AA}$ 、 $c=9.530 \text{ \AA}$ と格子が広がった構造をとっている。この結晶構造は、点群 C_3 であるので、ピエゾ電気性を生じるものである。

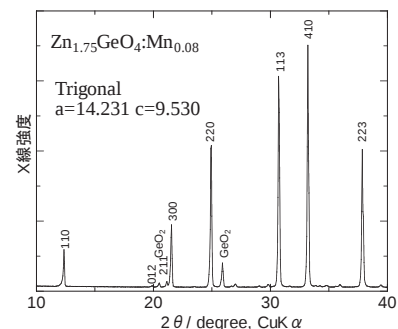


図 1 得られた試料の X 線回折図形

得られた $\text{Zn}_{1.75}\text{GeO}_4:\text{Mn}_{0.08}$ 粉末の励起および蛍光スペクトルを図 2 に示す。参照として、 $\text{Zn}_{1.75}\text{SiO}_4:\text{Mn}_{0.08}$ 粉末のスペクトルも示している。 $\text{Zn}_{1.75}\text{GeO}_4:\text{Mn}_{0.08}$ は、 $\text{Zn}_{1.75}\text{SiO}_4:\text{Mn}_{0.08}$ よりも紫外線励起で高強度に緑色発光を示した。発光波長が長波長シフトし、また、励起スペクトルの形状も大きく異なっており、これは格子定数が大きくなったことにより、発光中心である Mn の配位子場が変化したことによると考えられる。

さらに、 $\text{Zn}_{1.75}\text{GeO}_4:\text{Mn}_{0.08}$ 粉末を樹脂埋めした成型体は、破壊時に短時間であるが、緑色の高輝度発光を示したことから応力センサーへの応用が可能である。

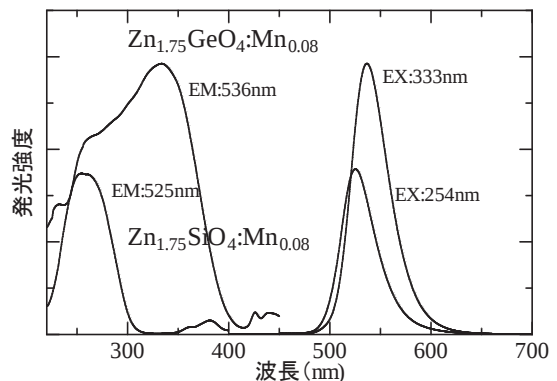


図 2 蛍光スペクトルの比較

(文責 石原嗣生) (校閲 吉岡秀樹)

27 R F I DのF A工程への適用に関する調査研究

三浦久典, 小坂宣之

1 はじめに

R F I D (Radio Frequency Identification) とは、R F タグとリーダライタ装置を含むシステムの総称である。R F タグは紙やプラスチックフィルムなどの絶縁物上にメモリチップおよびアンテナ回路を実装し、電磁波によりデータを非接触で読み書きすることができる情報媒体である。R F タグは固有のコードデータ等を保持しており、リーダライタからの無線通信による誘導起電力で I C を駆動し、データの読み出し・書き込みを可能としている。

最近、R F I D に関心が急激に高まっているのは、米最大手のウォルマートが R F I D を利用する動きをして、流通分野でバーコードに置き換わることが現実味を帯びてきているからである。一方、製造現場に目を向けると、10 年以上も前から F A 工程など製造の現場で利用されてきている。呼び方は R F I D ではなく、トランスポンダ、データキャリアという表現が使われてきた。しかしシステム全体としては高価であるため、主に大手企業での利用に留まってきたが、ここにきて R F タグとシステム全体の価格低下により中小企業でも導入可能になりつつある。そこで、本調査研究では、R F I D の F A 工程での利用方法と導入時に留意しないといけない点にポイントを絞って調査を行った。

2 F A 工程への適用

製造現場では、リードタイム短縮、歩留まり向上などでコストを下げながら高品質を維持し、適正在庫を保持し納期を厳守することを求められる。最近では製造工程履歴を残し、出荷後のトラブル時においても履歴を即座に参照できることを求められる。これらに対し、バーコードシステムを導入し成果を上げているが、多くの制約を有しているため人手を介在させる場合がほとんどである。例えば、バーコードラベル貼付位置の固定化、一度に 1 つしか読めない、汚れに弱い、情報の追加ができないなどである。一方、R F I D ではこれらのバーコードシステムの弱点をカバーする特徴を持っている。また大きな制約であった金属体に付帯しては読み書きができないという点を克服した R F タグも商品化されている。

F A 工程における主な利用方法を以下にあげる。

(1) R F タグを人に付帯する

- ・作業者に R F タグを持たせ、作業者の動線を解析することにより、作業効率化や配置検討を行う。
- ・作業者が別の作業現場に移動したときにその時の作業内容を画面等に表示させ作業指示を即座に行う。

(2) R F タグを生産物に付帯する

- ・各種の仕様情報を入力した R F タグを取り付け、各工程の自動機用プログラムの選択を行う。また、R F タグからの情報により画面に組み立て内容を表示し作業指示に利用する。これらは、作業者の入力作業、確認作業など付加価値を生まない作業のかなりの部分を作業員から排除できる。また、多品種少量生産におけるポカよけを可能とする。
- ・主要パーツの製造履歴、組立完成後の検査工程でのデータの書き込み等でトレーサビリティを確保する。

3 導入時の注意点

しかし、R F I D を導入してもそれ自体のトラブルのために工程ラインのストップやトラブル対策などでよけいなコストを発生させる事例がある。特に、

- ・周辺機器から発生する電磁波がデータの読み書きに与える影響（特に時系列変化、季節変動に要注意）
 - ・R F I D が周辺機器に与える電磁波の影響
 - ・周囲温湿度条件、薬品等による R F タグへの影響
 - ・工程変更による周囲環境の変化の推測
 - ・R F タグの特性ばらつきによる通信距離の増減
 - ・R F タグ故障時のバックアップシステム
- などは導入前に十分に検討を行う必要がある。

R F I D は使い方により飛躍的に効率を上げることができるツールであり、有効なシステムとするために R F I D の特性を充分理解することが大切である。

参 考 文 献

- 1) 「I C タグで変わるものづくり」, R F I D テクノロジ, 日経 B P 社 (2004) .
- 2) 「ユビキタス社会の RFID タグ徹底解説」, (株) 電子ジャーナル (2004) .

(文責 三浦久典)

(校閲 北川洋一)

28 ナノ粒子焼結材料に関する研究

山田和俊, 柏井茂雄, 高橋輝男

1 目 的

焼結材料の強度、硬さおよび靱性を改善するには原料粉末の微粉化あるいはナノ粒子材料の利用が有効である。しかし、既存の焼結法は高温で長時間保持する必要があるため粒成長が生じ、ナノ粒子材料の特性を十分に発揮できない。このため、メカニカルアロイング(MA)で作製した超微粒子を含むナノ粒子の粒成長を抑えるため放電プラズマ焼結法により固化成型することにした。本年度は、焼結に用いる粉末の作製を目的に、MAによる超微細炭化タングステン(WC)の生成について検討した。

2 実験方法

市販のタングステン(W)およびグラファイト粉末をWCの元素比になるように総量20gで配合した。焼付き防止剤は用いずに直径12.7mmの鋼球5個とともに、種々の時間MA処理を行った。X線回折およびX線マイクロアナライザーによりWC生成を確認し、走査型電子顕微鏡で粉末の形状を観察した。

3 結果と考察

図1に種々の時間MA処理した粉末のX線回折パターンを示す。MA処理が3.6および14.4ksでは半価幅の狭いWの回折線が見られるため、Wは微細化していないことがわかる。72ksではWの回折線はブロードになり、微細化が進行していることがわかる。360および720ksでは

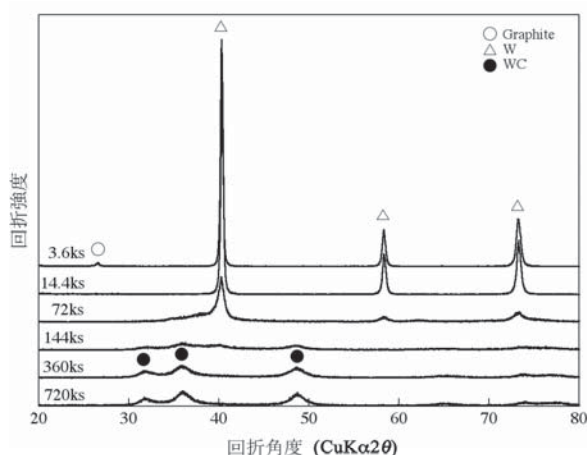


図1 種々の時間MA処理した粉末のX線回折パターン

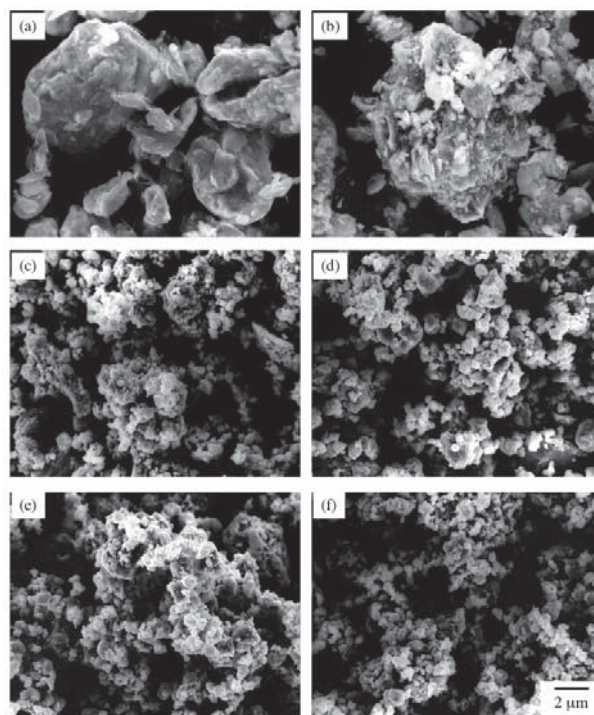


図2 MA処理粉末の走査型電子顕微鏡像

(a)3.6ks, (b)14.4ks, (c)72ks

(d)144ks, (e)360ks, (f)720ks

WCのブロードな回折線が認められることから、微細なWCが生成したと考えられる。図2に種々の時間MA処理した粉末の走査型電子顕微鏡像を示す。MA処理が3.6ksの粉末はW粉末の周囲に鱗片状のグラファイト粒子が付着しているのが分かる。14.4ksではグラファイトの粉砕が進行していることが分かる。X線回折でWCの生成を確認している360および720ksの粉末形状は、粒径が1 μ m以下の球状粒子であることが分かった。

4 結 論

WとグラファイトをMA処理することで粒径が1 μ m以下のWCを得ることができた。このWCを用い、放電プラズマ焼結法で作製することにより、高性能な超硬合金の作製が期待できる。

(文責 山田和俊) (校閲 高橋輝男)

29 導電性高分子の利用技術に関する研究

平瀬龍二, 中川和治

1 目 的

導電性高分子は、新しい機能性素材としての応用が期待され、種々の分野で実用化が検討され始めている。我々は導電性高分子のセンサーへの応用に着目した。バイオセンサー、特に味覚センサーへの導電性高分子の応用例は少ない。さらに、当所には味覚センサーに関連する技術の蓄積がある。これらの理由により、本事業では導電性高分子の利用技術として、味覚センサーを中心としたバイオセンサーへの応用について検討を行った。

2 実験方法

2.1 ポリピロール被覆電極の作製

0.01mol/L ピロール、0.05mol/L カンファースルホン酸 (CSA) の組成である電解溶液を用い、作用極および対極として金あるいは白金、参照電極として飽和KCl銀/塩化銀電極である構成で、0.2~1.4Vの範囲を50mV/sの電位掃引速度で4回掃引することにより、CSAでドーピングされたポリピロールで被覆された電極を得た。

2.2 味覚物質標準液中での電極電位の測定

基本味覚物質としてNaCl (塩味)、HCl (酸味)、D-グルコース (甘味)、カフェイン (苦味)、L-グルタミン酸ナトリウム (旨味) を用いた。各基本味覚物質の水溶液の濃度は、0.01mol/Lとした。飽和KCl銀塩化銀電極とポリピロール被覆金電極間の電位差を測定した。電極を各標準液に浸漬してから5分後の値を電位差とした。

3 結果と考察

各味覚物質標準液中での電極電位の測定結果を図1に示す。ポリピロールを被覆していない電極では、白金が金に対してすべての味覚物質において高い電極電位を示した。CSAをドーピングしたポリピロールを被覆した電極を用いた場合、基盤が白金の時は被覆なしの時と電極電位はほとんど変わらなかった。これに対して、基盤が金の時は被覆なしの時と比較すると電極電位は大きく変化した。まず、全体的に電極電位が高くなり、イオン性物質、特にHClに対する電極電位変化が大きくなっている。この結果より、ポリピロールは各味覚物質に対する金電極の電極電位特性を変化させることが判明した。

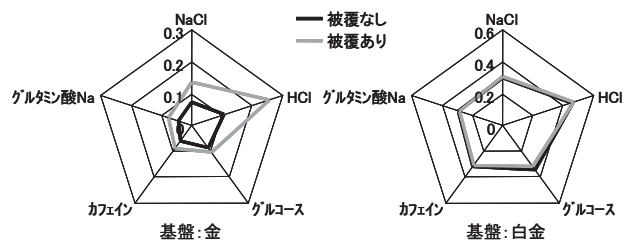


図1 各味覚物質標準液中での電極電位の測定結果

今回の検討では、ドーパントとしてCSAのみを用いたが、ドーパントを変化させることにより各味覚物質に対する電極の電極電位特性が変化するものと考えている。今後はドーパントによる電極電位の変化を検討し、それぞれの味覚物質に高い電極電位を示す電極を探索する。それらの電極をアレイとし、味覚評価システム (図2) の構築を行う予定である。

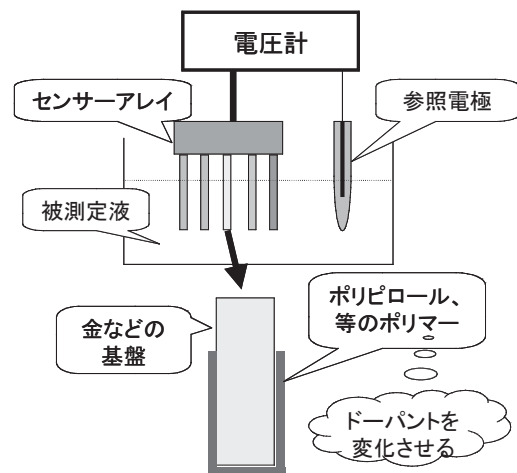


図2 味覚評価システムの概念図

4 結 論

以上の結果より、次のことが明らかとなった。金電極をポリピロールで被覆することにより、各味覚物質溶液中での電極電位特性を変化させることができる。CSAをドーピングしたポリピロールはイオン性物質、特にHClに対する電極電位変化が大きかった。

(文責 平瀬龍二)

(校閲 中川和治)

30 熟練者の特徴を取り入れた個人の手書き文字フォントの制作

才木常正

1 目 的

手書き文章は読み手に親近感を与えることから、個人間の手紙等において多く用いられている。しかし、事務文書においては、ワードプロセッサの編集機能等の利便性からワープロ文章が多用されている。これらの手書きとワープロ文章の利点を考慮し、最近、個人の手書き文字フォントの制作サービス¹⁾が行われ、手書き風のワープロ文章が簡単に作成できるようになってきた。

一方、人は一般に熟練者が書くような綺麗な文字を好む。これより、個人の特徴をもった綺麗な手書き風のワープロ文章を作成することができれば、手書き風のワープロ文章はより多く使用されるようになると考えられる。

そこで本報告では、モーフィング²⁾の手法を用い、熟練者の特徴を取り入れた新しい個人の手書き文字フォントの制作方法を提案する。

2 熟練者の特徴を取り入れた手書き文字の作成方法

本方法では素人と熟練者の手書き文字画像の中間文字画像をモーフィングによって作成する。この方法を図1に示す。まず、素人と熟練者の手書き文字をイメージスキャナで画像データとしてコンピュータに取り込み、2値化処理する。次に、素人と熟練者の手書き文字の輪郭点の対応するそれぞれの座標 (X_{ai}, Y_{ai}) と (X_{si}, Y_{si}) を順次指定する。そして、素人の文字画像から熟練者の文字画像への内挿の割合をPとすると、得られた一連の2組の画素位置より、中間文字画像の各画素位置 (X_{mi}, Y_{mi}) を次式により決定する。

$$X_{mi} = (1-P)X_{ai} + PX_{si} \quad (1)$$

$$Y_{mi} = (1-P)Y_{ai} + PY_{si} \quad (2)$$

次に、中間文字画像の隣り合う画素位置を直線で結び、それらの線によって囲まれた範囲を塗りつぶし、新しい手書き文字画像が作成される。

3 実験結果

前節の方法を用いて作成した文字画像例を図2に示す。ここで用いた素人の手書き文字は習字歴がない人に17mmの正方形の升中に書いてもらった「桜」という文字である。熟練者の文字は同じ文字をペン字の教本³⁾から引用した。ここでは、内挿の割合Pが0, 20, 40, 60, 80, 100%の

場合の結果を示しているが、他の割合の画像も容易に作成できる。

図2において、「桜」の「木」偏の上部が素人の文字(P=0%)ではまっすぐであるが、熟練者の文字(P=100%)に近づくにつれ、徐々に折れ曲がっていくことがわかる。これと同じようなことが「ツ」の「ノ」の上部などにみられる。これより、本方法で熟練者の特徴を取り入れた個人の文字画像を制作できることがわかった。

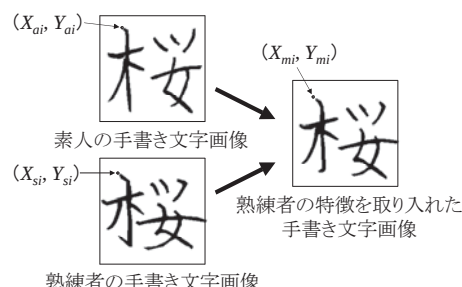


図1 熟練者の特徴を取り入れた手書き文字の作成

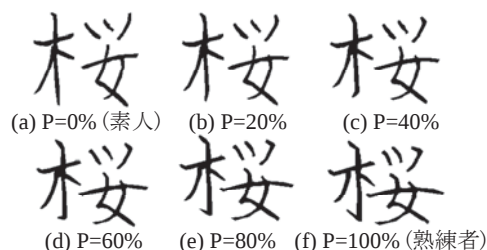


図2 作成した文字画像

4 結 論

素人と熟練者の手書き文字画像を基にモーフィングを行い、熟練者の特徴を取り入れた個人の手書き文字画像を作成することができた。今後、これら文字の心理的な効果について検討する予定である。

参 考 文 献

- 1) http://www.kohshin-graphic-sys.com/MJ/MYFONT/MY_FONT.html
- 2) 安生健一他：技術編 CG 標準テキストブック，CG-ARTS協会，(1995)，p. 185.
- 3) 永井暁舟：ペン字入門，二玄社，(1999)，p. 26.
(文責 才木常正) (校閲 一森和之)

31 ユーザビリティ評価を取り入れた製品評価手法の開発

平田一郎, 後藤泰徳

1 目 的

ISO13407の制定などにより、人間中心設計がプロダクトデザインの一つの潮流となっている。人間中心設計とは、従来の「新しい機能を組み込んだ製品をいかにやすく造る」から「使用者にとって使いやすく魅力的な製品を造る」へ重点をかえて設計を行うことである。今までも、デザイナーの感性や経験による「使いやすさ」を反映させた製品開発が行われてきたが、使いやすさについての論理的証明は、なされていない。

人間中心設計の必要性が世界的に広まる中、今後は感性による「使いやすさ」だけでなく、それと並行した人間工学的な評価（ユーザビリティ評価）による裏付けが製品の差別化として重要であり、このような要望はますます大きくなると思われる。

そこで、市販の製品についてユーザビリティ評価を行い、そこから抽出された問題点を改善するデザイン手法について研究を行った。

2 ユーザビリティ評価法の検討

本研究では、産業機器の操作パネルをサンプルモデルとし、その改善手法について研究を進めた。大手企業などで行われている現状のユーザビリティ評価手法を調査したところ、多種多様な評価方法があることがわかった。本研究では、それらの内、できるだけ専門的な知識や設備を必要としない手法の導入を検討した。被験者の協力が必要ない点およびユーザの行動面から製品の問題点を抽出することができるなどの点から、下記2つの評価手法を取り入れ、従来パネルの問題抽出を行った。

ひとつは、機器を操作する作業工程を分析し、人間の情報処理プロセスである「情報入手」「理解・判断」「操作」の3点から各工程における問題点を抽出していく3Pタスク分析¹⁾であり、他のひとつは、操作ボタンのアクセス履歴・回数を分析し、操作ボタン間のレイアウトの妥当性を評価するリンク解析²⁾である。

3Pタスク分析から、「情報入手」の手がかりとなる操作ボタンの文字表記が小さくわかりづらいことや、関連性のあるボタン同士がグルーピングされていないため操作判断を躊躇してしまうなどの問題を抽出することができた。

また、リンク解析から、状況表示ランプと操作ボタン

のレイアウトや各操作ボタンと緊急停止ボタンとの距離についての問題点を抽出することができた。

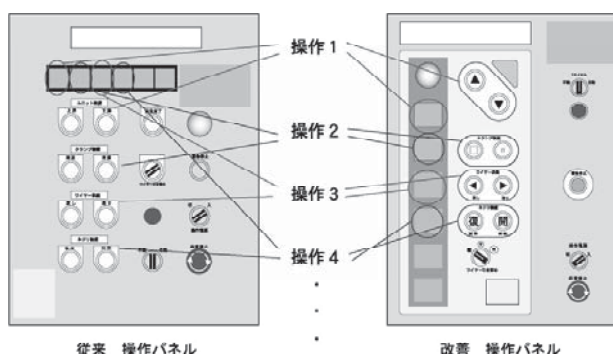


図1 操作パネルの改善前と改善後

3 結果と考察

ユーザビリティ評価から得られた問題点を改善するため、図1右のようなデザイン案を作成した。

作業工程順に操作ボタンと状況表示ランプを線で結ぶことにより、改善パネルの優位性を確認した。

また、従来パネルでは、操作ボタンと状況表示ランプの配置が離れていたが、これを並列表示することにより、作業効率の向上を図ることができた。

4 結 論

製品開発の問題点抽出手法として3Pタスク分析とリンク解析を導入することで、明確な問題点の抽出を行えることがわかった。

今後は、被験者の協力による評価方法（プロトコル分析など）も取り入れ、抽出される問題点の違いや導入効果についての比較、検討を進め、より効果的な製品開発手法の構築を進める。

参 考 文 献

- 1) 山岡俊樹, 岡田明, 吉武良治, 田中兼一: ハード・ソフトデザインの人間工学講義, 武蔵野美術大学, (2002), p.154.
- 2) 同上 p.162.

(文責 平田一郎)

(校閲 後藤浩二)

32 無電解Niめっき皮膜の表面形態と色調に関する研究

山岸憲史, 西羅正芳

1 目 的

キラキラ輝くメタリック調の塗装には、塗料中にアルミニウム薄片やマイカ粉、ガラスフレーク等の微粒子がフィラーとして含有されている。このようなフィラーは、光輝材とも言われ、様々な色調を示すものが要望されている。フィラー素材や発色剤は、有害性物質を含まないこと、耐候性に優れ色あせしないこと、マトリックスである塗料に悪影響を及ぼさないことなども要求される。

そこで、様々な色調を呈する耐候性に優れた無機系の光輝剤を開発することを目標として、ガラス素材上に無電解ニッケルめっきを施し、その皮膜の色調を後処理により変化させる方法を検討した。無電解ニッケルめっき皮膜を黒色化する後処理として、硝酸酸性溶液や鉄あるいは銅イオンを含む溶液中に浸漬する方法が知られている。また、我々は、無電解ニッケルめっきの発色法¹⁾により、ゴールドやブルーなどの干渉色を呈する無機系皮膜を得る方法を報告している。今回は、このような処理をガラス微粒子に適応する場合の問題点を模索するために行った実験結果について報告する。

2 実験方法

スライドガラスおよびガラスビーズ (0.1, 0.6mmφ) を基板に用いて無電解ニッケルめっきを行った。無電解めっきの活性化前処理には、昨年度、当センターで開発した触媒液²⁾ (特許申請中) を用いた二液法により行った。無電解ニッケルめっきには、金属塩に0.1mol/Lの硫酸ニッケル、還元剤に0.2mol/Lのホスフィン酸ナトリウムを用い、錯化剤にコハク酸、りんご酸を加えためっき浴をpH5、80℃で用いた。めっき時間2分で膜厚は約0.3μm、リン含有率は約10wt%であった。めっき皮膜の後処理には、10g/Lの硫酸鉄(III)水溶液に2分間浸漬する黒色化処理と、発色法²⁾ (0.05mol/L 硫酸銅, 0.1mol/L クエン酸ナトリウム, 0.3mol/L ホウ酸; pH8, 80℃に浸漬) による発色処理を施した。めっき皮膜の色調は、鏡面反射ユニットおよび拡散反射ユニットを搭載した分光光度計を用いて、320~850nmの光反射率を測定した。

3 結 果

3.1 めっき皮膜の黒色化処理

スライドガラス基板に無電解ニッケルめっきを施し、純水洗浄した後、一度乾燥させたものを黒色化処理した。基板の半分を黒色化処理したスライドガラスを図1(a)に示す。処理を施した右半分が黒色化している。黒色化部分の走査型電子顕微鏡 (SEM) 像を図1(b)に示す。黒



図1 めっき皮膜の黒色化処理
(a)外観写真, (b)黒色化部分のSEM像

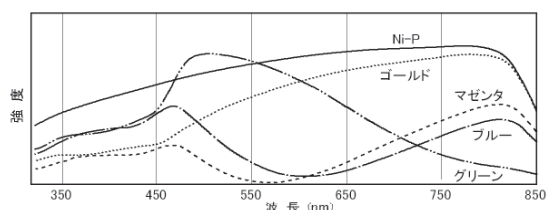


図2 発色処理しためっき皮膜の鏡面反射率

色化した表面には、微細なクラックが多数見られた。黒色化しためっき皮膜の鏡面反射率は約30%、拡散反射率は1%以下と低く、乱反射の少ない黒色系皮膜であることが分かった。一方、黒色化には、0.1μm以上のめっき膜厚が必要ことが分かった。

3.2 発色処理による色調の変化

スライドガラス基板に無電解ニッケルめっきを施し、引き続き1~10分間の発色処理を行った。浸漬時間の経過に伴い、シルバーからゴールド、マゼンタ、ブルー、イエローグリーンの順に色調が変化した。同様にして、いろいろな色の発色ガラスビーズを作製することができた。図2に、発色皮膜の鏡面反射測定の結果を示す。光反射率の波長依存性と目視感覚の相関性については今後の検討課題である。

4 結 論

- (1) 無電解ニッケルめっきと黒色化処理により、ガラス素材上に乱反射の少ない黒色系皮膜を作製することができた。
- (2) 無電解ニッケルめっきの発色法により、いろいろな色調を呈するガラス微粒子を作製することができた。

参 考 文 献

- 1) 山岸憲史, 西羅正芳, 工業技術センター研究報告書, 5, (1995), 13.
- 2) 山岸憲史, 西羅正芳, 高橋輝男, 上月秀徳, 工業技術センター研究報告書, 13, (2004), 63.

(文責 山岸憲史)

(校閲 園田 司)

33 酸化物系磁性半導体を用いるスピニエレクトロニクス材料の開発

泉 宏和

1 目 的

従来の半導体デバイスでは、キャリアの電荷の自由度を用いて情報の輸送や記憶といった機能を発現していたのに対し、キャリアのスピン自由度を活用することで新たな機能を実現しようとする「スピニエレクトロニクス」が注目され、不揮発性メモリや光制御機能を有するデバイスへの応用をめざした研究が行われている。

これまで、母体の非磁性半導体としてはGaAsが用いられてきたが、近年、酸化物半導体であるZnOやTiO₂を母体とする研究が急速に発展している。本研究では、酸化物半導体であり、透明導電膜としても広く用いられているITO（酸化インジウム-酸化スズ）およびZnOに磁性元素をドーブした薄膜を作製し、その特性を評価した。

2 実験方法

試料薄膜は、高周波（RF）スパッタリング法により作製した。ターゲットには、ITO焼結体（99.99%；90wt% In₂O₃-10wt%SnO₂）、ZnO焼結体（99.9%）およびCo₃O₄（99.5%）を圧縮成型後、大気中1373Kで2時間焼成したものを、基板には室温および473Kに保持した石英ガラスを用い、Ar-O₂（O₂=0, 5, 15%）0.7Paの雰囲気中、RF出力50Wで5分間成膜を行った。

得られた膜について、X線回折測定により結晶構造を、X線光電子分光により組成と電子状態を評価した。また、電気特性の測定は、van der Pauw法により行った。

3 結果と考察

図1に得られた試料のX線回折結果を示す。In₂O₃-ZnO系では、基板温度が473Kであっても比較的広い組成範囲で非晶質膜の得られることが知られている。今回作製した膜では、低酸素分圧下では非晶質であったが、成膜時の酸素が15%になると、ZnOあるいはIn₂O₃に帰属されると思われるピークが出現した。表1に得られた試料の電気特性を示す。成膜時の酸素分圧が高くなるにつれて膜の抵抗率が高くなる理由として、膜中の酸素欠陥が減少しキャリア密度が低下したことが考えられる。また、Coの添加により膜の抵抗率が高くなった理由としては、高抵抗率のZnO含有量が相対的に増大したことが考えられる。さらに、室温および77Kにおいて、いずれの試料も

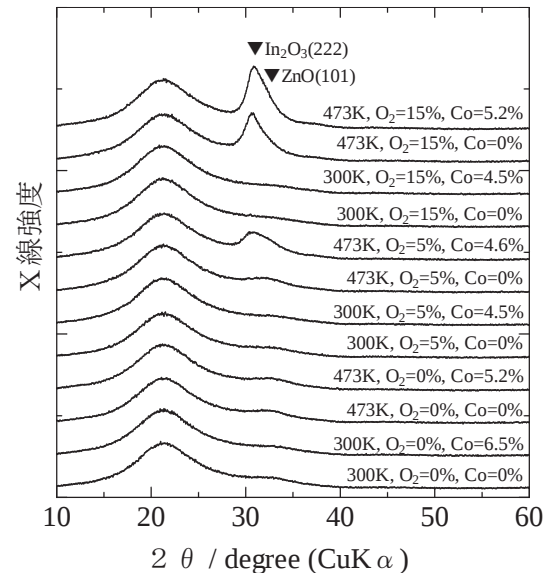


図1 試料薄膜のX線回折パターン

表1 試料薄膜の電気特性

成膜温度 ／K	酸素分圧 ／%	Co量 ／%	膜厚 ／nm	抵抗率 ／Ωcm
300	0	0	214	1.2×10^{-3}
300	0	6.5	187	8.2×10^{-3}
473	0	0	215	6.0×10^{-4}
473	0	5.2	190	1.5×10^{-3}
300	5	0	210	4.1×10^{-3}
300	5	4.5	174	—*
473	5	0	191	2.7×10^{-4}
473	5	4.6	180	1.2×10^{-1}
300	15	0	155	—*
300	15	4.5	128	—*
473	15	0	155	2.0×10^{-2}
473	15	5.2	145	—*

*高抵抗のため測定不能

強磁性体の特徴である異常ホール効果を示さなかった。これは、添加したCoがInおよびZnと強い磁氣的相互作用をしていないためと考えられる。

（文責 泉 宏和）

（校閲 園田 司）

34 いぶし瓦の剥離現象といぶし層の炭素発光スペクトル分光

山下 満

1 目 的

兵庫県の地場産業の一つに、400 年以上の伝統を持つ『いぶし瓦』がある。いぶし瓦の特徴は、焼成の最終工程に燻化を行い表面に金属光沢を持つ『いぶし層』(図 1)を形成する点にある。燻化工程は、加熱した粘土素地に炭化水素を含むガスを接触させ、炭素を主成分とする炭素膜を素地表面に形成し、炭素膜が燃焼しないよう窯を密閉して冷却する方法で行われる。この銀色の炭素膜の特徴は独特の光沢と高い撥水性である。

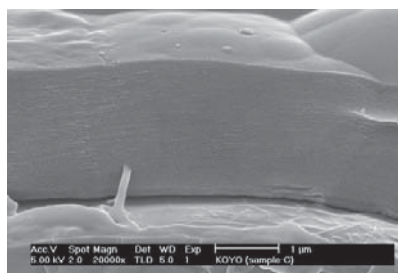


図 1 いぶし層断面の SEM 写真

本報告では、このいぶし層が剥がれてしまう『剥離』の問題に注目し、その原因を炭素発光スペクトル分光法を用いて解析した事例について報告する。

2 実験方法

測定対象として、スクラッチテストでいぶし層が剥離しやすい瓦とそうでない瓦の 2 種類を用意した。また、標準スペクトルに、高配向性熱分解黒鉛(HOPG: Highly Ordered Pyrolytic Graphite)を用いた。スペクトルの測定には、島津製作所 EPMA-1500 ($\theta = 52.5^\circ$, $V_{acc}=15kV$, $PbSt : d=5.01nm$, $\phi=100 \mu m$, $I_s \sim 100nA$, $T=4.14ms/0.014 \text{ \AA}$)を用い、炭素発光スペクトルはノイズが低く波長分解に有利な 2 次の高次線域を測定した。

3 結果と考察

一般に、放出される特性 X 線が強く偏光している場合、偏光面と分光結晶との相対角度が変わると、検出される X 線強度は、偏光面と分光結晶の回折面との関係に応じて変化するため、HOPG のように高い配向性を持つ場合、図 2 のように炭素発光スペクトルは軌道成分の向きと分光結晶との相対角度に応じて異方性を示す。電気双極子近似による定性的な考察から、 π 結合では、図 2 の(a)で最も減衰し、(c)では最も減衰されにくく、 σ 結合では、(c)で最も減衰し、(a)では最も減衰されにくい。(a)(c)

の比較から、 π 結合を強く反映しているのは、両者で最も差が顕著となる 281.8eV 近傍であり、 σ 結合からの信号が支配的なのは 276eV 付近であることが分る。

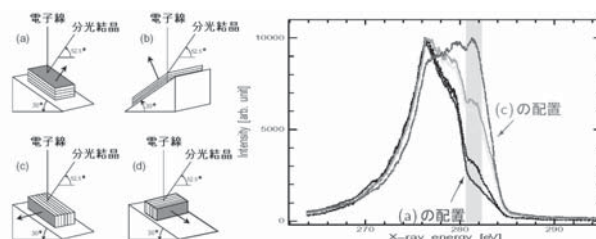


図 2 試料面と分光結晶の相対関係と HOPG の炭素発光スペクトルの相対角度依存性

以上の考察に基づいて、図 3 のスペクトル変化を解析すると、278eV 近傍と 282eV 近傍の 2 箇所に見られる有為な変化は π 結合の信号成分が強いことがうかがえる。剥離を起こしやすい瓦では、剥離しにくい瓦に比べて 282eV 近傍の強度が低下しており、これはグラファイト様の化学結合を持つ炭素組織が、瓦の表層面内で強く配向していることを示唆している。

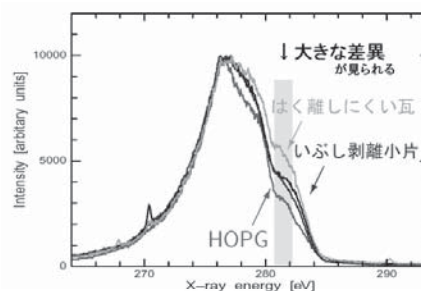


図 3 いぶし層からの炭素発光スペクトルとその変化

4 結 論

はがれやすいいぶし膜では、グラファイト様の炭素組織が正常品よりも強く配向しており、層間の結合が比較的容易に切れてしまうために『剥離』が発生する事が明らかになった。

(文責 山下 満)

(校閲 高橋輝男)

35 有機系光機能性素子の開発に関する研究

石原マリ, 森 勝, 中川和治, 山中啓市

1 目 的

書き換え可能型光メモリの開発に関する研究がさかんに行われている。これまでに検討されている有機材料系書き換え可能型光メモリは、単一の記録層で書き込み・消去・読み出しを行うのに対し¹⁾、われわれは非破壊読み出し性能の向上を目的として、書き込み・消去と読み出しとを別々に行えるよう記録層に二種類の有機材料を用いる素子構造を提案し²⁾、有効な有機材料の組み合わせについて知見を得ている³⁾。本研究では、有効と考えられる有機材料を組み合わせ、これらを含む有機薄膜をLangmuir-Blodgett(LB)法により作製して、この膜の光応答性を検討した。

2 実験方法

有機材料として 1,3,3-トリメチルインドリノ-6'-ニトロベンゾスピラン (SP98)、シアニン色素 (NK-3175)およびアラキジン酸を用いた。下層水として蒸留水(NaHCO_3 で pH7.0 に調整)を用い SP98, NK-3175 およびアラキジン酸混合ベンゼン溶液(それぞれ 0.5mM, 1 mM, 0.5mM)を展開した。水温 5℃、表面圧 25, 30, および 40dyne/cm で、疎水性処理を行った石英ガラス上に薄膜を採取し有機薄膜とした。これに紫外光・可視光(波長 550nm)照射前後の電子吸収スペクトルを測定した。

3 結果と考察

図 1 に、紫外・可視光照射前後の有機薄膜(表面圧 25dyne/cm)の電子吸収スペクトルを示す。比較のため、NK-3175 ベンゼン溶液の電子吸収スペクトルもともに示す。有機薄膜のスペクトルにおいて 612nm および 662nm に吸収バンドが認められた。これらの吸収バンドは NK-3175 に基づくと考えられる。有機薄膜への光照射によりスペクトルの変化が観測された。有機薄膜への光照射前には、これらの吸収バンドはほぼ同程度の強度で観測された。これに紫外光を照射すると、612nm の吸収バンドは 662nm の吸収バンドに対して相対的にわずかに強く観測された。次に可視光(波長 550nm)を照射すると、これらのバンドはほぼ同程度の強度として観測され、光照射前のスペクトルの場合と同様となった。

一方、SP98 のみの薄膜に紫外光照射した場合にも、612nm 付近の吸収強度が増大することから、観測されたスペクトル変化が SP98 に基づいている可能性もある。観測されたスペクトル変化が NK3175 に基づくものかどうかさらに検討する必要がある。

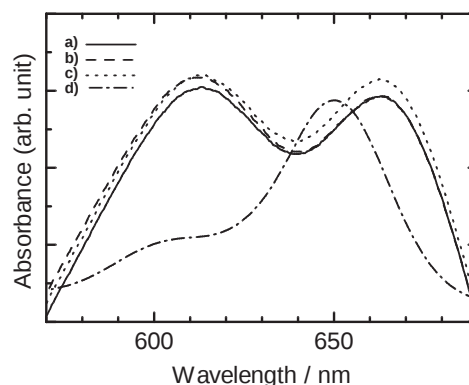


図 1 有機薄膜および NK-3175 ベンゼン溶液の電子吸収スペクトル

a)有機薄膜(光照射前)、b)有機薄膜(紫外光照射後)
c)有機薄膜(可視光照射後)、d)NK3175 ベンゼン溶液

4 結 論

SP98 および NK-3175 を含む有機薄膜を LB 法により作製し、その光照射前後の電子吸収スペクトルを測定し、期待どおりの電子吸収スペクトル変化を観測した。これが NK-3175 に基づくものかどうかさらに検討する。

参 考 文 献

- 1)たとえば、市村國宏 監修：クロミック材料の開発，(株)シーエムシー，(2000)，p. 3.
- 2)石原マリ，鷲家洋彦，勝矢良雄，志方 徹，兵庫県立工業技術センター研究報告書，第 11 号.
- 3)石原マリ，森 勝，平瀬龍二，志方 徹，柏井茂雄，元山宗之，平成 16 年度兵庫県イノベーション・インキュベート F/S 事業報告書.

(文責 石原マリ)

(校閲 中川和治)

36 天然繊維（短繊維）強化樹脂の連続混合造粒システムの開発

長谷朝博，鷲家洋彦

1 目 的

近年、環境負荷を低減する目的から、ガラス繊維に替わる強化材として植物由来の天然繊維が注目されており、欧州ではジュート、ケナフ等の繊維を樹脂の強化材とした工業部材の開発が行われている。しかし、天然繊維（短繊維）強化樹脂に関しては、繊維の複合体中への安定した供給方法がないこと等から、そのペレット化技術が確立されておらず、射出成形による製品（部品）成形が行われていないのが現状である。そこで、本研究では、天然繊維（短繊維）強化樹脂の連続混合造粒システムを基盤技術として確立し、その技術を活用することにより、ガラス繊維強化樹脂材料の代替を目的とした竹繊維強化樹脂材料の開発に取り組んだ。

2 実験方法

2.1 ペレットの製造方法

竹繊維（BF）とポリプロピレン樹脂（PP）の不織布との組成比が重量比で50:50となるようなロール状原料を手作業で調製した。さらに、このロール状原料を連続して製造し二軸押出機に供給するための装置を試作し、実験に用いた。本装置は、連続シート状の不織布の巻出部、BFを自動定量供給するためのフィーダ、BFが供給された不織布をロール状に賦形するためのガイドおよび賦形された材料を押出機に投入するためのクレーン部から構成される（図1）。長尺の不織布を用いることによって連続的に均一組成のペレット製造が可能である。

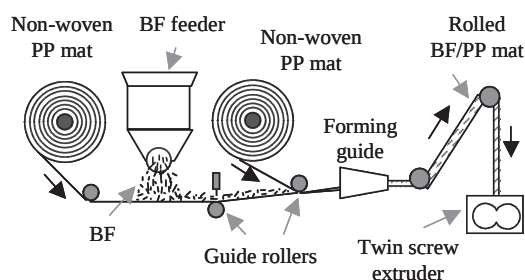


図1 BF/PP不織布の自動複合化・供給装置の概略図

この装置を用いてBF:PP=50:50の重量比となるように原料を調製・供給し、二軸押出機（L/D=36、スクリュ径：30mm）にてBF/PP複合体ペレットを製造した。

2.2 複合体の曲げ試験

得られたペレットを減圧乾燥器で乾燥した後、型締力100tonの射出成形機により短冊状試験片を作製し、JIS K 7171に準じて曲げ試験（支点間距離：40mm、試験速度：2mm/min）を行った。

3 結果と考察

図1に示した供給装置は、BFの供給安定性などの点で今後改良の余地は残るものの、自動連続運転によるペレット化が可能であった。本装置を用い、BF含有率を約50wt%に調整したBF/PP複合体およびPP単体の曲げ強度、曲げ弾性率を図2に示す。BF/PP複合体の曲げ強度はPP単体に比べて大幅に（約80%）向上した。一方、BFにアルカリ処理を施したものと未処理のものとは曲げ強度は同等であったが、曲げ弾性率は1割以上向上した。これは、アルカリ処理によって繊維/樹脂間の接着性が改善され、剛性向上に寄与したものと考えられる。

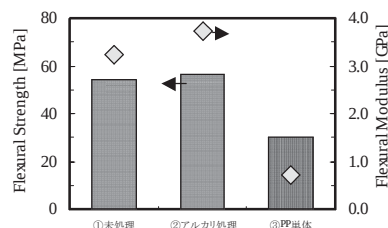


図2 BF/PP複合体の曲げ強度および曲げ弾性率

4 結 論

BF/PP不織布の自動複合化・供給装置を用い、二軸押出機によりBF含有率50wt%のBF/PP複合体ペレットを連続的に作製できた。

BFにアルカリ処理を施すことで、BF/PP複合体の曲げ弾性率が向上した。

謝 辞

本研究は、同志社大学および㈱神戸製鋼所と共同で実施しました。関係各位に深く感謝いたします。

（文責 長谷朝博）

（校閲 中川和治）

37 ゴムあるいは樹脂系発泡体に関する調査研究

鷲家洋彦

1 緒 言

当センターの有機高分子技術部門に寄せられる相談は、大きく分けて製品のトラブルに関する事、および材料開発に関する事の2つである。製品のトラブルは分析・評価方法の確立等により原因究明・解決に導いている。

一方、材料開発について、加硫ゴム（以下、ゴム）の代替材料として有力な熱可塑性エラストマーに注目の集まるなか、当センターにおいても、熱可塑性エラストマーと液晶ポリマーの複合化に関する研究に取り組んでいる。

その他の業務として、県内外を問わずゴム技術に関する幅広い相談が数多く寄せられている。従来型のゴムに関する材料開発、あるいはゴムの特徴を他の材料に応用した新材料開発等の案件が占める割合は大きく、当該分野への関心が依然として高いことは明らかである。

そこで、通常のゴムの発展型でありながら、製造技術が先行するゴム系発泡体（以下、発泡ゴム）に注目し、その基礎的製法の習得、および当センター保有のゴムに係る基盤技術の展開を目的とし、発泡ゴム関連企業の現状調査によるニーズの把握、および最新技術動向の調査研究等を行った。

2 発泡ゴム製造の現状

兵庫県内の発泡ゴムメーカー、および関連企業と発泡ゴムの現状について意見交換を行った結果、下記の内容が明らかになった。

2.1 製造時期による製法のバランス

同じ製品を作る場合でも春夏秋冬、それぞれ基本配合が異なる。主な原因はプレスの設置環境であるため、1年中同じ温度・湿度の実験室で製造を行えば、この問題は解決すると考えられる。しかし、現実的には新たな投資を伴うため不可能な場合がある。

2.2 経験と勘による配合と製造条件

配合とは十種類以上の試薬の調合、製造条件とは主に加工、成形を意味する。これらをバランス良く制御することで製品が完成するが、微妙な物性制御は依然として職人的要素が大きい。そのため、専門の技術者の育成が不可欠である。

2.3 材料開発の重要性

現在、メーカーは自社の基本配合をもとに、最適な材

料を選択、あるいは組み合わせ、機能・用途に応じた製品をユーザーに提供している。その多くが自社の技術をもとに新規な複合材料を模索し、他社との差別化を図ろうとしている。

なお、発泡ゴム製品の製造は研究室レベルの実験と比較すると、加工時の温度・成形時の圧力等の変動の幅が大きいため、材料開発の際は当然このことを考慮に入れなければならない。

3 今後の研究開発の方向性

発泡ゴム製品の風合い等の特徴は、発泡剤を除いた基礎配合に起因する要素が大きい。また、発泡ゴムの軽量・緩衝性能は周知である。さらに、最近の技術動向の調査結果から、機能面では導電性・断熱性をターゲットとする研究内容が多い。機能のみに注目すると、軽量化は空隙が生まれれば当然発現する機能であるため、必然的に通常のゴムが有する機能が現れた形態であると考えられる。

一方、同じ発泡ゴムであっても、各々の空隙が相互につながった連泡体、空隙が相互に単独の単泡体の製法はそれぞれ異なる。しかし、通常のゴム配合技術と、空隙の大きさ・つながりを制御する技術の2つの技術で構成される点は共通するため、後者の空隙を制御する技術に取り組むことによって基盤技術の展開を図ることができると考えられる。

4 結 論

「ものづくり」の面から考えると、発泡ゴムは製造技術の点では成熟している。一方、その制御技術は、経験が支配する色彩が濃く、対象とするゴム種・製品についてもそれぞれ異なる。従来からのゴムの配合・成形加工・物性評価技術のさらなる積み重ねは勿論のこと、空隙を制御する技術を追求することは、開発材料の用途展開を広げることに直接結びつく。また、関連業界の技術相談に対し、これまで以上に視野を拡張した支援が可能になると考えられる。

（文責 鷲家洋彦）

（校閲 中川和治）

38 機能性材料の固相接合に関する研究

有年雅敏，野崎峰男，浜口和也，松井 博

1 目 的

Siを10%含んだアルミニウム合金(以後、Al合金)は、強度が高く、軽量機械部品などへの応用が期待されている。しかし、パイプ状のAl合金をブレーキ式圧接サイクルで摩擦圧接すると、アプセット圧力を付加した際に生じる急激な塑性変形によってバリに割れが生じ、この割れは継手強度を低下させる原因となっている。

本研究では、バリの割れ発生を防止するため、圧力比例制御式の圧接サイクルを用いた場合の接合性について検討した。

2 実験方法

図1はAl合金の母材組織である。継手は、パイプ材と中実丸棒を組み合わせとした。パイプ部材側は内径13mm、外径19mm、中実丸棒側は直径19mmとした。圧接サイクルは、図2に示すように摩擦圧力が摩擦時間とともにスロープ状に増加する圧力比例制御式である。圧接条件は、回転数 $N=2400\text{rpm}$ 、アプセット時間 $t_2=6\text{s}$ を一定とし、予熱圧力 $P_0(10\text{MPa})$ を $t_0(1\text{s})$ 付加後、アプセット圧力 P_2 を80～150MPa、摩擦時間 t_1 を0.5～2.0sとした。継手性能は、引張試験によって評価した。

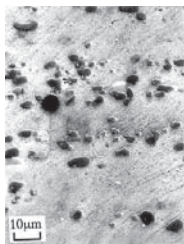


図1 Al合金の母材組織

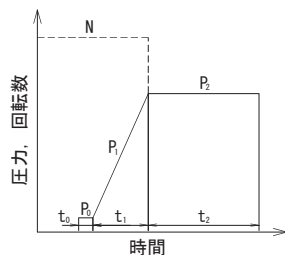


図2 圧力比例制御式サイクル

3 結果および考察

3.1 圧接部の金属組織

図3は、アプセット圧力 $P_2=120\text{MPa}$ として接合した断面マクロ写真例である。圧力比例制御式圧接サイクルは、圧力が階段状に増加するブレーキ式圧接サイクルに比べて急激な塑性変形がないため、圧接部の金属組織を観察した結果、いずれの摩擦時間においてもバリに割れ発生は認められなかった。また、Si粒子は母材部よりも微細化しており、圧接面にほぼ平行方向に分布していた。

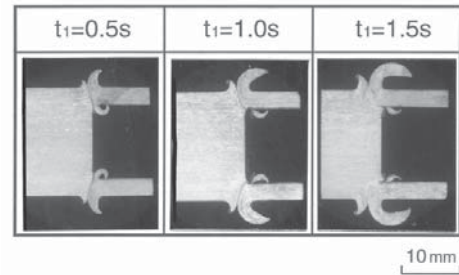


図3 圧接部の断面マクロ写真

3.2 継手強度

継手の引張強さは、図4に示すように摩擦時間の経過と共に若干低下する傾向を示す。継手の引張強さの最高値は、摩擦時間 $t_1=0.5\text{s}$ の場合で母材強度の約90%であった。熱影響による軟化のために継手強度は、母材よりも低下したため、圧接後熱処理(T6法)した。その結果、圧接部の硬さは、母材の硬さまで回復することが明らかになった。また、T6処理した継手の引張強さは、母材強度まで回復することが明らかになった。

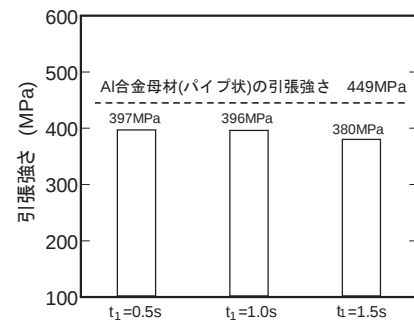


図4 継手の引張強さに及ぼす摩擦時間の影響

4 結 論

Siを10%含有した高強度のAl合金を軽量機械部品に適用するため、パイプ状のAl合金の接合に圧力比例制御方式圧接サイクルによる摩擦圧接した結果、バリ中の割れ発生を防止することができた。継手の引張強さは、圧接後T6処理することによって、母材と同等の強度まで回復することが明らかになった。

(文責 有年雅敏)

(校閲 富田友樹)

39 微細加工・細胞操作を目指したマイクロマニピュレーションに関する調査研究

安東隆志, 浜口和也

1 目 的

携帯性などの利便性を高めるために家電製品の小型化に対する要求が強まっている。そのため、例えば、直径0.1mm以下のドリルなどを使用した工具による部品加工や組み立て作業の需要が高まり、それを実現するためには精密位置決めステージが必要である^{1~3)}。一方、バイオテクノロジーなどの分野でも、卵細胞に細胞核を移植するなど、細胞を操作する際に精密な位置決めステージが必要となっている。これらには共通して微細な位置決め操作、すなわちマイクロマニピュレーションが必要である。そこで、微細機械加工および細胞操作に共通する課題を洗い出すための調査を実施した。

2 微細な組み立て作業

図1に示す超小型ハードディスク⁴⁾のように、今後、多くの家電製品はさらに小型化する傾向が予測される。そのような超小型化の要求に応えるためには、マイクロ加工などによって製作されたサイズが1mmにも満たない微小な部品(マイクロパーツ)を顕微鏡下で組み立てる必要がある。通常人間が手で持って部品を組み立てる場合、視覚によって得られる部品の位置と、手に感じる力(力覚)が重要である。マイクロパーツの組み立てにおいては、部品の損傷を回避するために力覚は特に重要である。

例えば、直径0.1mmの穴にピンを挿入する場合、目視だけに頼って脆弱なピンを無理に挿入すれば折損してしまう。また、マイクロパーツを検査して数ミクロンのバリやカエリの手直しを顕微鏡下で実施する場合、工具とワークピースの接触を手で感じ取る必要がある。

3 バイオテクノロジー分野における需要

不妊治療では、卵細胞に細胞核を移植する操作が必要であり、再生医療では分化した受精卵から胚幹細胞を抽出する作業が必要である。これらの作業では、細胞を損傷させないことが非常に重要であり、顕微鏡下での目視による作業は、高度な熟練を要する非常に困難な作業である。その他にも、生体の神経情報処理を分析するための手段として、昆虫の脳に微細な電極を挿入し、電気信号を計測する必要がある、狙った位置に正確な深さで電極を挿入しなければならない。このように医療や生物工

学の分野においても微細な操作を行う必要がある。

4 結 論

微細加工およびバイオテクノロジーでの細胞操作におけるマイクロマニピュレーションに関する調査を実施した。その結果、顕微鏡下で行う微細な操作(マイクロハンドリング)が両者に共通する技術課題であり、目視による位置情報だけでなく、顕微鏡下の微細な操作で発生する触覚を力覚としてマニピュレータに再現することが重要である。

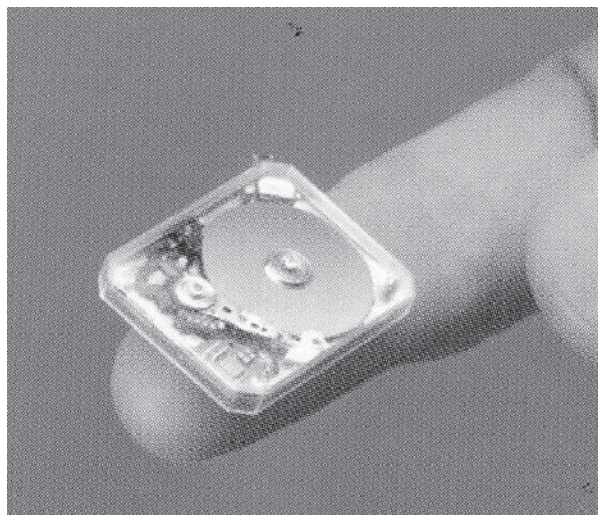


図1 超小型ハードディスク (日本機械学会誌⁴⁾より)

参 考 文 献

- 1) 山田満彦, 日本機械学会誌, Vol. 100, No. 943, 618, (1997)
- 2) 堤 正臣, 計測と制御, Vol. 41, No. 11, 765, (2002)
- 3) 大塚二郎, 計測と制御, Vol. 41, No. 11, 769, (2002)
- 4) 柳原茂樹, 日本機械学会誌, Vol. 108, No. 1039, 466, (2005)

(文責 安東隆志)

(校閲 有年雅敏)

40 生物を規範とするロボットに関する調査研究

安東隆志, 中本裕之

1 はじめに

サイバネティクスの提唱者ノーバート・ウィーナーは著書「サイバネティクス」の第4章「フィードバックと振動」において、脊髄損傷患者の手足の痙攣は脊髄反射と呼ばれるフィードバック系の異常であるという示唆を受け、機械や電気回路の異常振動や発振現象と共通する現象として解析的に説明すべきことを提唱した。その後、近年に至ってロボット開発が活発になると、生物に近い高性能なロボットを目指して、生物を規範とするロボットに関する研究がなされるようになってきた。そこで生物とロボットに関して実施されている研究を調査した。

2 生体における運動制御系

生物が持つ筋肉には筋紡錘と呼ばれる筋肉の伸縮量を計測するセンサが内蔵されており、脊髄に伸縮量を伝達する役目を持つ。脊髄は、筋肉の伸縮量を調整する信号を筋肉に伝達する脊髄反射と呼ばれるフィードバック系を形成している。人間が姿勢を維持したり、肢体を操作できるのは、フィードバック制御が機能しているからである。このフィードバック系を調整する役割を小脳が行っており、硬い物を強く握ったり、柔らかいものを弱く握る筋肉の粘弾性を調整している¹⁾。

猿を使った眼球追従運動に関する研究では、学習によって獲得した内部モデルを使ったフィードフォワード制御を小脳が行っていることが明らかになっている²⁾。また、フィードバック制御とニューラルネットワーク制御を組み合わせ、適応制御の原理を適用することによって制御対象である運動系をニューラルネットワークに内部モデルとして獲得可能なことが示されている^{3,4)}。

これらのことから、生体の運動制御系は視覚から得た情報に基づいて、大脳が肢体の運動軌道を生成して小脳へ伝達し、小脳が獲得した内部モデルに基づいて制御信号が生成され、筋-脊髄系が構成するフィードバック制御系へ指示することにより目標軌道に従う適応制御を実施しているのではないかと考えられる。すなわち、人間を含む生体の運動制御系は大脳、小脳、脊髄などの複数の計算機からなる階層型の制御構造を持つことにより、イメージした目標軌道に従う随意運動を実現していると思われる。

3 神経振動子と歩行

多くの動物が行う歩行や昆虫の翅の羽ばたきは、興奮と抑制の2つの神経細胞が結合した発振回路から発生する振動信号が基準となっているとする説がある。この発振回路をパターン発生器(CPG)と呼び、CPGによって振動する脚からの変位信号をCPGに回帰させることによって歩行に適した振動数で振動することが示されている⁵⁾。

4 ロボットの制御構成の現状

現在市販されている玩具ロボットやその他工業用ロボットにはラジコン用サーボが使用されている。このラジコン用サーボには、出力軸の回転角を制御する回路が内蔵されており、目標角を電氣的に入力するだけで角度を調整することができる。そのため、小脳と脊髄で見られるような筋肉の粘弾性を調整することができない。また、製作コストの制約から計算機は単一のものが多い。

5 結 論

生体の運動制御系は階層構造を持ち、軌道生成、内部モデル獲得、粘弾性調整、フィードバック制御を分担している。このような生物を規範とする制御構成は、ロボットに限らず人間の作業を代行または拡張する機械、例えば工作機械や顕微鏡下での作業に適用することにより、その活用の範囲を広げ有用性を実証することができる。

参 考 文 献

- 1) 赤沢堅造, 運動制御と筋特性, 計測と制御, Vol. 33, No. 4, Apr, 1994.
- 2) M. Shidara, K. Kawano, H. Gomi, M. Kawato, NATURE, Vol. 365, 2, September, 1993.
- 3) 川人光男, 小脳の内部モデルと運動学習, 計測と制御, Vol. 33, No. 4, Apr, 1994.
- 4) 五味裕章, フィードバック誤差学習による閉ループシステムの学習制御, システム制御情報学会論文誌, Vol. 4, No. 1, 1991.
- 5) 木村 浩, 生物規範型歩行ロボット制御-筋骨格系と神経系のカップリング, 計測と制御, Vol. 40, No. 6, 2001.

(文責 安東隆志)

(校閲 有年雅敏)

41 鉛フリーはんだの低サイクル疲労における切欠き効果

野崎峰男, 有年雅敏, 松井 博

1 目 的

電子デバイスのはんだの接合部は電源のon/offに伴い、接合部品間の熱膨張係数の差により、繰返し負荷を受ける。はんだの接合部の形状は、はんだ付けの際、リードおよびランド等の接合物の形状により、切欠き状になる場合が多い¹⁾。したがって、電子デバイス等の動作中、はんだの接合部は繰返し負荷下で応力集中を受け、疲労寿命の低下が推定される。しかし現在、はんだの接合部の応力集中を伴う低サイクル疲労の実験的研究は、あまり実施されていない。

本研究では、鉛フリーはんだの低サイクル疲労における切欠きの影響を調べるため、Sn-3.5Agはんだの切欠き材を用い、温度313Kの下、低サイクル疲労試験を行った。その結果を基にして、き裂発生、き裂伝ばおよび破損の各繰返し数に及ぼす切欠きの影響を検討した。

2 実験方法

本研究で用いたSn-3.5Agはんだの試験片（弾性応力集中係数 $K_t=2.6, 4.2$ および 6.0 ）の形状および寸法を図1に示す。試験片は、Sn-3.5Agはんだを円柱状に鋳造した後、図1の形状に機械加工した。試験装置は電気油圧サーボ疲労試験機であり、標点部の中央に切欠き部が位置するよう伸び計を取付け、公称ひずみ(ϵ_t)制御の低サイクル疲労試験を実施した。ひずみ波形は、引張－圧縮の公称ひずみ速度 $0.5\%/s$ の対称三角波を用い、公称全ひずみ範囲は、 $0.3, 0.5$ および 0.7% とした。なお本研究では、破損繰返し数 N_f を、引張側応力振幅が $1/2N_f$ 時のそれから 25% 低下したときの繰返し数として定義した。さらに、き裂発生繰返し数 N_c をクラックメータにより検出し、き裂伝ば繰返し数 N_p は、 $N_p=N_f-N_c$ で算出した。

3 結果と考察

き裂発生、き裂伝ばおよび破損の各繰返し数に及ぼす弾性応力集中係数の影響を図2に示す。図2より、それぞれの公称全ひずみ範囲において、き裂発生、き裂伝ばおよび破損の各繰返し数は、弾性応力集中係数の増加に伴い減少した。減少の程度はき裂発生繰返し数が最も大きく、き裂伝ばおよび破損の両繰返し数は同程度であった。

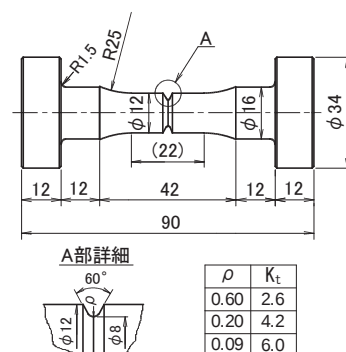


図1 試験片の形状および寸法(mm)

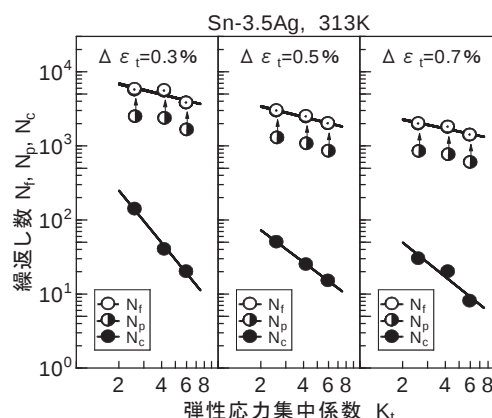


図2 き裂発生、き裂伝ばおよび破損の各繰返し数に及ぼす弾性応力集中係数の影響

破損繰返し数に占めるき裂発生繰返し数の割合は小さく、破損繰返し数はき裂伝ば繰返し数にほぼ等しくなった。

以上の結果、き裂発生繰返し数は応力集中係数の影響を大きく受けるが、き裂伝ばおよび破損の両繰返し数は、それ程大きく応力集中係数の影響を受けないことが明らかとなった。さらに、切欠き材のき裂は、低サイクル疲労寿命の極めて初期に発生することを確認した。

参 考 文 献

- 1) 大澤 直：はんだ付の基礎と応用, 工業調査会, (2000), p. 21.

(文責 野崎峰男) (校閲 有年雅敏)

42 燃料電池用材料の開発

吉岡秀樹, 柏井茂雄

1 目 的

固体酸化物型燃料電池(SOFC)は、800 ～ 1000 °C の高温で運転するため、発電効率が低い、貴金属触媒が不要、水素以外にメタン等の燃料ガスが使用できる等の特長を持ち、工場や家庭用の据置型燃料電池として実用化が期待されている。SOFC の電解質部分には、イットリア安定化ジルコニア(YSZ)が広く使用されているが、さらに高いイオン伝導性が求められている。当所では、アパタイト型ランタンシリケートのイオン伝導度がマグネシウム置換により向上し、SOFC 用電解質として使用できることを明らかにしてきた¹⁻³⁾。今年度は、高いイオン伝導体の組成と結晶構造の関係について検討した。

2 実験方法

表 1 に示した組成の粉末を固相反応法で作製・成型後、1700 または 1750 °C で 4 時間焼成して焼結体試料を作製した。試料の両面に白金電極を形成し、交流インピーダンス法により 800 °C におけるイオン伝導度を評価した。結晶構造は、粉末 X 線回折パターンの RIETAN-2000 によるリートベルト解析から検討した。

3 結果と考察

密度、イオン伝導度（以下伝導度と略す）及び活性化エネルギーの組成による変化を表 1 に示す。密度は、試料 A1 を除きいずれの試料でも理論密度 5.5 の約 90% の高い値を示している。La 量を 9.33、9.67、10 に増加させた L1、L2、L3 では、La 量の増加にともない伝導度は 0.6、7.1、32 mS cm⁻¹ と上昇、活性化エネルギーは 0.84 から 0.75、0.47 eV へと減少し、伝導性の向上が見られる。La 量が 9.33 では結晶構造中に 6.7% の陽イオン空孔が存在する。La 量の増加により、空孔が埋められるとともに過剰酸化物イオンが生じ、その結果伝導性が向上したと考えられる。

La の代わりに Sr や Nd を加えた S1、S2、N1、N2 の場合も伝導度は増加し、活性化エネルギーは減少した。Sr や Nd の添加は、La 量増加の場合と同様に空孔を埋め、過剰酸化物イオンを生成していると考えられる。

A1-A5、M1-M3 は、Al または Mg で Si を置換した試料であるが、いずれの試料でも伝導度の上昇が見られ

る。特に Mg を少量置換した試料では YSZ より高い伝導度を示した。これらの試料では酸化物イオンの数を 26 で一定にしているため、過剰酸化物イオンでは伝導度の上昇を説明できない。そこで、リートベルト解析を行い、詳細な結晶構造を調べた。

アパタイト型イオン伝導体では、酸化物イオンは La イオンを頂点とする三角形の中心、続いて酸化物イオンを頂点とする三角形の中心を通り抜けて移動する。各試料につき、これらの三角形の大きさと伝導度の関係を調べた。その結果、置換元素の種類とは関係なく、伝導度の高い試料では La イオンからなる三角形は収縮し、酸化物イオンからなる三角形は膨張していることがわかった。高いイオン伝導体では伝導する酸化物イオンにより伝導経路が負電荷を帯びているためと考えられる。格子間型のイオン伝導体でこのような伝導経路の膨張・収縮が明らかになったのは初めてであり、さらに高い伝導性を示す材料の開発に繋げることができる。

表 1 作製した試料の組成、密度、伝導度、活性化エネルギー

試料	組 成	密度 / g cm ⁻³	σ_{800} / mS cm ⁻¹	Ea / eV
L1	La _{9.33} Si ₆ O ₂₆	4.8	0.6	0.84
L2	La _{9.67} Si ₆ O _{26.5}	4.9	7.1	0.75
L3	La ₁₀ Si ₆ O ₂₇	5.1	32	0.47
S1	(La _{9.33} Sr _{0.33})Si ₆ O _{26.5}	4.9	6.5	0.73
S2	(La _{9.33} Sr _{0.67})Si ₆ O ₂₇	4.9	33	0.47
N1	(La _{9.33} Nd _{0.33})Si ₆ O _{26.5}	4.7	12	0.72
N2	(La _{9.33} Nd _{0.67})Si ₆ O ₂₇	5.1	36	0.56
A1	La _{9.533} (Si _{5.4} Al _{0.6})O ₂₆	4.0	7.8	0.68
A2	La _{9.633} (Si _{5.1} Al _{0.9})O ₂₆	5.1	8.2	0.59
A3	La _{9.733} (Si _{4.8} Al _{1.2})O ₂₆	5.0	18	0.39
A4	La _{9.833} (Si _{4.5} Al _{1.5})O ₂₆	5.3	6.4	0.54
A5	La _{9.933} (Si _{4.2} Al _{1.8})O ₂₆	4.8	3.8	0.65
M1	La _{9.533} (Si _{5.7} Mg _{0.3})O ₂₆	5.1	44	0.50
M2	La _{9.733} (Si _{5.4} Mg _{0.6})O ₂₆	5.1	28	0.50
M3	La _{9.933} (Si _{5.1} Mg _{0.9})O ₂₆	4.9	19	0.55

参 考 文 献

- 1) H. Yoshioka, Chem. Lett., **33**, (2004), 392.
- 2) H. Yoshioka, J. Alloys and Compounds, 印刷中.
- 3) H. Yoshioka and S. Tanase, Solid State Ionics, 投稿中.

(文責 吉岡秀樹)

(校閲 柏井茂雄)

43 レーザ加熱を利用した金属板の3次元曲げ加工

岸本 正, 柏井茂雄

1 目 的

レーザ加熱を利用した金属板の曲げ加工は、レーザビームを金属板に照射し、熱応力による塑性変形を利用して行う新しい曲げ加工である。この加工技術は、金型を必要としないため、多品種少量生産に有効であり、短納期、低コストで製作することができる。

これまでの研究において、レーザ加熱による金属板の2次元曲げ加工特性を明らかにした。そこで、今回は、球面板などの3次元曲げ加工における加工特性について検討を加えた。

2 実験方法

供試材は、直径216mm、厚さ2.9mmのオーステナイト系ステンレス鋼管（200A、SUS304）である。この供試材には、予め残留応力の除去と均質化のため固溶化熱処理を施し、軸方向に10mm間隔で円周方向に罫書線を入れた。レーザ加熱による供試材の塑性変形は、罫書線の間隔と外周の長さ変化により把握した。また、供試材の表面には、レーザビームの吸収改善のため、カーボンブラックを均一に塗布した。

レーザ加熱には、ビーム径20mm、出力1500Wのマルチモードの炭酸ガスレーザビームを使用した。また、焦点距離7.5inch(190.5mm)のレンズを用いた焦点はずし方式により、ビーム径を11.2mmに変換した。レーザ移動速度は、2000mm/minとした。

図1に4種類のレーザ加熱実験方法を示す。実験1と実験2では、供試材が1回転する毎に、レーザビームを

軸方向に3mm間隔で移動させて加熱し、実験3と実験4では、供試材を円周方向に3mm回転させる毎に、レーザビームを軸方向に移動させて加熱した。

3 結果と考察

本方式により、ステンレス鋼管にマイナスの塑性変形（縮み）を生じさせることができた。その塑性変形率を表1に示す。軸方向の塑性変形率において、管の中央部から端面に向かってレーザ加熱する場合（実験2と実験4）の変形率が、管の端面から中央部に向かってレーザ加熱する場合（実験1と実験3）の約1.5倍であった。しかし、円周方向の塑性変形率は、レーザ加熱条件による差が小さく、約-0.30%であった。

表1 ステンレス鋼管の塑性変形率

実験番号	1	2	3	4
軸方向(%)	-0.59	-0.93	-0.63	-0.88
円周方向(%)	-0.37	-0.30	-0.28	-0.37

4 結 論

本研究では、レーザ加熱によりステンレス鋼管に塑性変形（縮み）を生じさせることができた。実用化のために、塑性変形量を制御できるレーザ加熱条件を検討する必要がある。

(文責 岸本 正)

(校閲 後藤浩二)

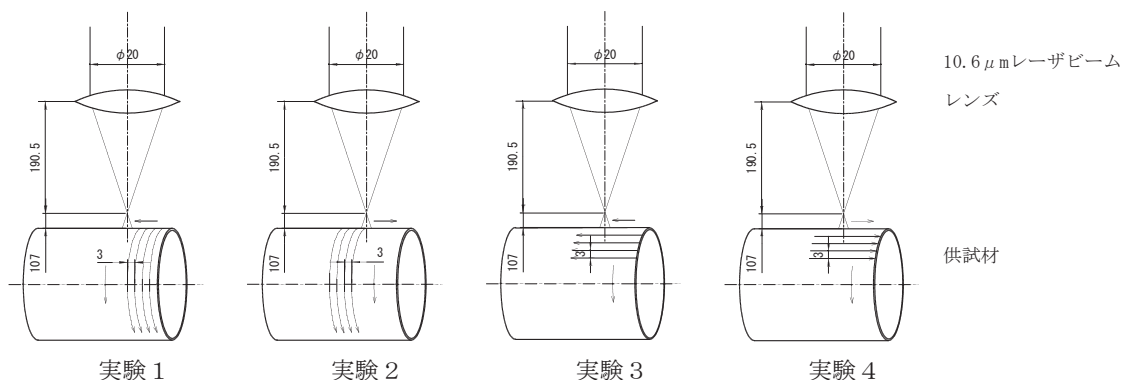


図1 レーザ加熱実験方法

44 機能性材料のプラズマ表面改質による製品開発

柴原正文, 上月秀徳, 柏井茂雄

1 目 的

ポリテトラフルオロエチレン(以下、PTFE)シートは、誘電特性、耐熱性に優れた機能性材料であるが、シート表面に親水性がなく、接着等による製品開発が困難な状況である。そこで、PTFE シート表面にプラズマ CVM 装置を用いた大気圧プラズマ表面処理を施し、水酸基やカルボキシル基等の親水基をシート表面に付与して親水性の改善を行った。

2 実験方法

試料は、PTFE シート(厚み 100 μ m)を 150×70mm の寸法に切り出し、試料台上に吸着固定した。大気圧プラズマは、プラズマ CVM 装置内にヘリウムガスを大気圧まで充填した後、円筒型回転電極(直径 120mm、幅 100 mm)に 150MHz 高周波電力を印加することで発生させた。その際、図 1 に示す管路により、水中にヘリウムガスをバブリングさせ、飽和水蒸気を反応ガス成分としてチャンバー内に導入した。また、電子制御式バブリング流量調整弁を使用することにより、均一で安定したプラズマ発光を得ることができた。その時の最大流量は、水滴を管路内へ巻き込まない 0.5L/min とした。

プラズマは電極の回転軸と平行な方向(幅 100mm)に発生し、試料台の走査ストロークは ± 25 mm であるため、プラズマ照射範囲は 50×100mm となった。試料をそのプラズマ照射域内に所定回数往復走査し、表面処理を施した。表 1 に処理条件の一例を示す。

処理後の表面性状は、精製水の接触角を測定する濡れ性試験と ESCA 分析により評価した。

3 結果と考察

図 2 は、試料をプラズマ照射域内に 2 回往復走査させた(処理時間 30 秒)処理表面の濡れ性試験結果であり、接触角の経時変化を示す。 H_2O : 1% より H_2O : 2% の条件の方が濡れ性は良好であり、2 週間経過後も接触角は 75° 以下を維持しており、濡れ性の劣化は少ない。

図 3 には、条件 H_2O : 2% における処理表面の ESCA 分析結果を示す。 $C1s$ ピークの近傍にはブロードなスペクトルが現れ、また処理前にはなかった $O1s$ ピークが認められたことから、処理表面上には -C-OH、-COOH

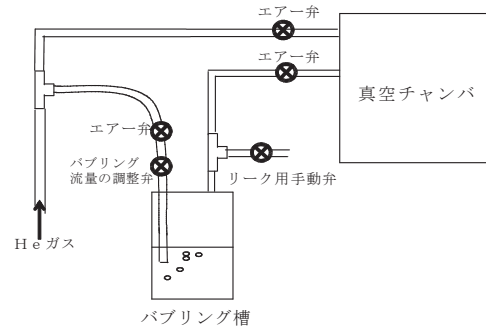


図 1 装置概略図

表 1 処理条件

反応ガスの体積比率	He : H_2O = 98 : 2
到達真空度	0.5 Torr
高周波電力	300 W
加工ギャップ	300 μ m
電極回転速度	1000 rpm
走査速度	200 mm/min

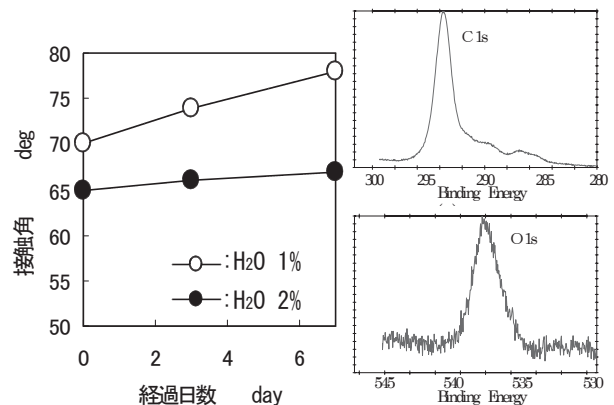


図 2 接触角の経時変化

図 3 処理表面の ESCA 分析

が存在することが考えられ、これらが PTFE シートの親水性改善に寄与していることがわかった。

4 結 論

PTFE シートに本処理を数十秒という短時間施すだけでシート表面の親水性が改善され、その効果は長時間にわたり変化しないことから、接着等の密着性向上が期待できると考えられる。今後は、異なる反応ガス成分を検討する等、処理条件の最適化を行う予定である。

(文責 柴原正文)

(校閲 後藤浩二)

45 清酒もろみ中アルコール度の簡易測定装置の開発

井上 守正, 桑田 実, 一森 和之

1 緒 言

清酒の製造管理法は酒税法により規定されているが、同法によるもろみ中のアルコール度の測定方法は煩雑で欠減も多く、固形分の多いもろみの初期には実施できない、などの問題点がある。しかし高品質な清酒を製造するためには、仕込み直後から成分を把握する必要があり、とりわけアルコール度については、発酵が正常に進行しているかどうかの指標となるため、簡易に測定する技術の開発が待望されている。フィガロ技研工業㈱では既存の半導体ガスセンサを改良し、単一もしくは少数のデバイスによる高次元情報の取得技術を開発した。本研究では、当該センサを用いてもろみ上空部のガス分析を行うことにより、もろみ中のアルコール濃度を簡易に測定する技術の開発を目的に検討を行った。

2 実験方法

2.1 ガス分析技術

通常の半導体ガスセンサの半導体素子温度をサイン波状に上下するよう制御した時に現れる歪んだ波形の出力を、波動方程式で近似し、さらにフーリエ積分すると、複数の高調波成分が得られる。この複数の高調波成分は、測定対象中のガス成分の増減等の変化に対応して、それぞれ独立に変動する。そこでこの複数の高調波成分に対してニューラルネットワーク処理等の情報処理を施すことによって、目的物質を選択的に定性、定量分析するのが本分析技術の原理である。本研究ではこれらの高調波成分ともろみ中のアルコール濃度との相関を調査した。

2.2 清酒もろみ仕込

清酒もろみについて検討することとし、定法により総米 300g で仕込んだ。但し原料米は α 化米（山田錦、精米歩合 75 %）、麴は乾燥麴（山田錦、60%）を使用した。酵母は協会 901 号（日本醸造協会）を用い、仕込み容器は 1L 容バイアル瓶を使用した。各仕込時の温度および発酵温度は 15 °C 一定とし、アルコール生成量はもろみの重量減少から換算して実測値とした。

2.3 清酒もろみヘッドスペースの測定

各もろみとガスセンサは 15 °C 恒温の室内に設置し、センサ測定中ももろみ温度が変化しないよう留意した。

ポリエチレン製密閉デシケータ内に設置したセンサ部は、もろみ瓶上約 5 cm の高さになるよう固定した。

3 結果と考察

測定の結果、もろみ中のアルコール濃度と良好な相関を示す高調波成分（実数、虚数）が複数得られた。図 1 に相関の例を、図 2 にもろみの発酵時間に伴う、上記高調波成分を用いて測定したアルコール濃度ならびにアルコール濃度の実測値の変化を示す。

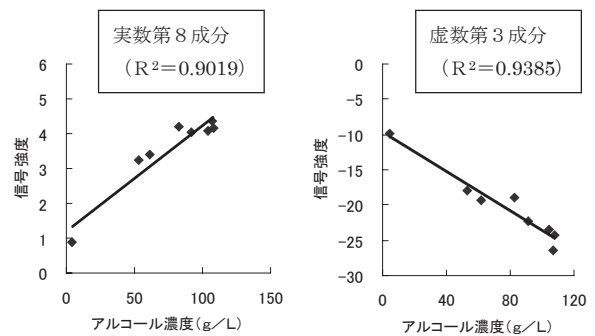


図 1 アルコール濃度と高調波成分の相関例

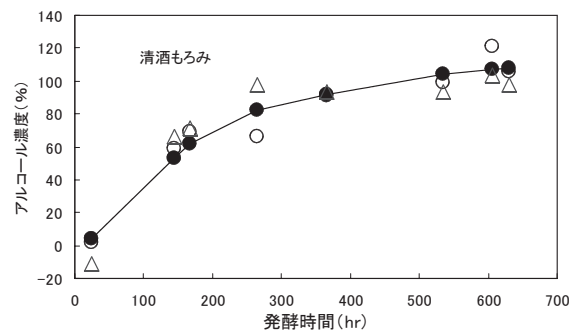


図 2 清酒もろみのアルコール濃度変化

●は実測値、△、○は測定値

4 結 論

以上の結果から、新規なガス分析技術を用いて清酒もろみのヘッドスペースを分析することにより、もろみ中のアルコール濃度を直接測定できることが確認された。

（文責 井上守正）（校閲 森 勝）

46 超臨界水による生理活性ペプチドの合成

原田 修, 脇田義久, 桑田 実, 一森和之

1 目 的

超臨界流体を用いた種々の反応系や応用例が注目されており、これまでに種々の研究成果が報告されている。著者らも超臨界水を利用したグリシンオリゴペプチドの無触媒合成に関して報告している。無触媒でのオリゴペプチドの合成は環境への負荷の低減化に期待される。

本研究では、亜臨界水・超臨界水を利用して生理活性ペプチドとしてイソロイシルチロシン (Ile-Tyr) の合成を試みて、無触媒での生理活性ペプチド合成の可能性を見いだすことを目的とする。Ile-Tyr にはアンジオテンシン I 変換酵素阻害活性 (ACE 阻害活性) が認められている。

2 実験方法

連続式の超臨界水処理装置 (図 1) を用いて超臨界水中で連続反応を行った。反応条件は、圧力 22MPa、反応温度 280 ~ 384 °C、滞留時間は約 1 秒である。使用した基質はアミノ基、カルボキシル基を保護していない Ile と Tyr である。それぞれ 8mM になるように蒸留水に溶解して用いた。

処理液中のアミノ酸、ジペプチドの分析は、ウォータース社 AccQ・Tag 法 (HPLC) により行った。

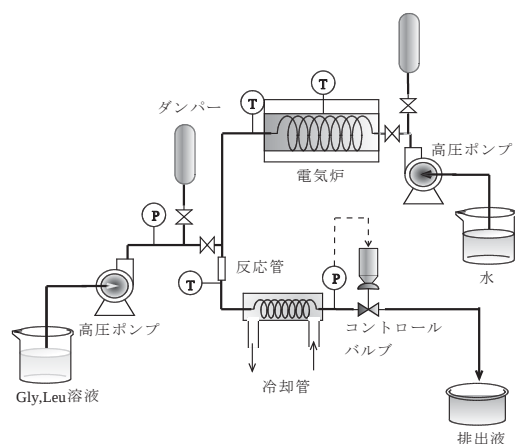


図 1 超臨界水処理装置

3 結果と考察

図 2 に 8mMGly、8mMLEu 混合水溶液を圧力 22MPa、339 °C の亜臨界水中で処理した結果を示す。図 2 (下)

のように超臨界水中で Gly-Leu、Leu-Gly ペプチドが無触媒条件下でも短時間で合成できることが分かった。オリゴペプチドの生成量は、図 2 (下) で示した 340 °C 付近が最大で、さらに温度を上げると減少した。図 2 (下) には未知のピークも見られるが、これは Tyr や Ile 単独および Tyr と Ile から成るトリペプチド以上のオリゴペプチドもしくは熱分解生成物と考えられ、単一アミノ酸の縮合に比べて生成物は大変複雑となる。

本実験条件下では目的ジペプチドである Ile-Tyr の生成量は極僅かで実用的ではない。その原因として Tyr の溶解度が非常に低く、十分な濃度のアミノ酸溶液を調製できなかったことが挙げられる。生理活性ペプチドは他にも多く知られており、今後溶解度の高いアミノ酸で構成されたジペプチドについて検討を行い、さらに高濃度の生理活性ペプチドの合成を行う予定である。

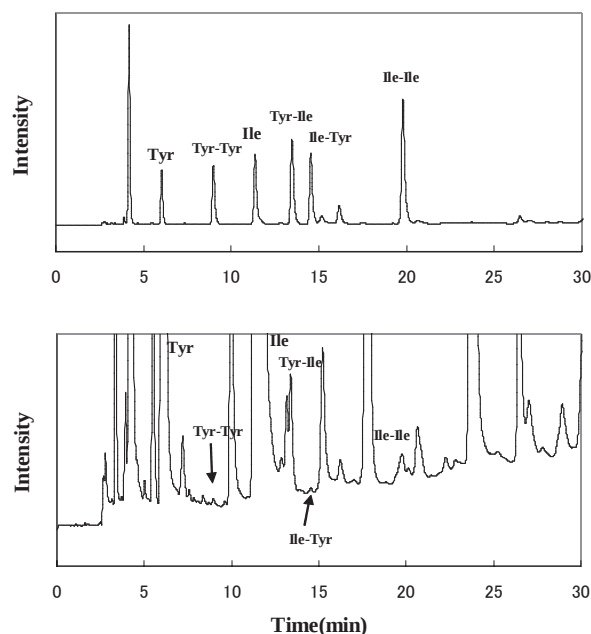


図 2 生成物の分析 (HPLC)

図 (上) スタンダード

図 (下) 339°C亜臨界水処理物

(文責 原田 修)

(校閲 森 勝)

47 動物性天然材料を用いた多孔質体の開発

中野恵之, 桑田 実

1 目 的

動物性天然材料にはキチン・キトサンのような多糖類やシルクフィブロインのようなタンパク質など、機能性を有するものが多くある。これらの有効利用を目的としてエレクトロスピニング法によるマイクロ繊維化を検討した。キトサンは抗菌性を有し、最近ではo-157や院内感染で問題となる黄色ブドウ球菌にも抗菌効果があると報告されている。本研究では、このキトサンのマイクロ繊維化を行い表面積を大きくすることから、抗菌・防臭効果の大きい天然多孔質体の製造を試みた。

2 実験方法

エレクトロスピニング法は試料を溶剤に溶解して高電位をかけたキャピラリー中を移動させ、電圧印加させることによりマイクロファイバーやナノファイバーを作製する技術である。溶媒中の物質は多数のプロトンが付加した多電荷イオンとなり、数個から数十個の水分子が溶媒和した混合クラスターとして生成する。ノズル出口からはスプレー状になり、溶媒は飛行過程に蒸発する。キトサン溶液はエス・イーケミカル㈱から提供を受けたサクシニールキトサン溶液（キトサン濃度5%）を用いて行った。エレクトロスピニング条件は加電圧20kV、溶液圧力0.002MPaで行った。キトサン溶液は電圧をかけられたノズルから押し出されることから電気的作用により溶媒がキトサンから離れて濃縮される。この効果が大きい時は乾燥され固化するが、キトサン溶液では乾燥まで至らない。そこで、集積板上にメタノール液を入れたシャーレを置き、メタノール液中に繊維を落として固化した（図1参照）。電圧をかけられたノズルとアースをとった集積板の間で電場が生じ、この電場力によって繊維状にスピニングされる。生成物はメタノール落下後に液中に沈んだ。メタノール液中で生成したキトサン繊維を吸引濾過して濾紙上に集め、さらにメタノールで洗浄した後に自然乾燥させた。

3 結果と考察

図2に試作されたキトサン繊維の集積試料の電子顕微鏡写真を示す。直径が $0.5\mu\text{m}$ 程度のキトサン繊維が集合していることがわかる。写真では、キトサンを集積後

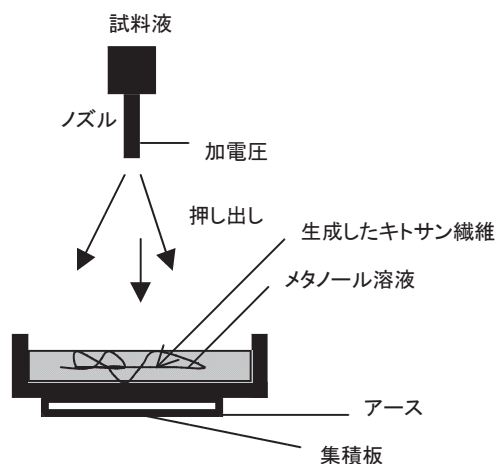


図1 キトサン繊維製造におけるエレクトロスピニング方法

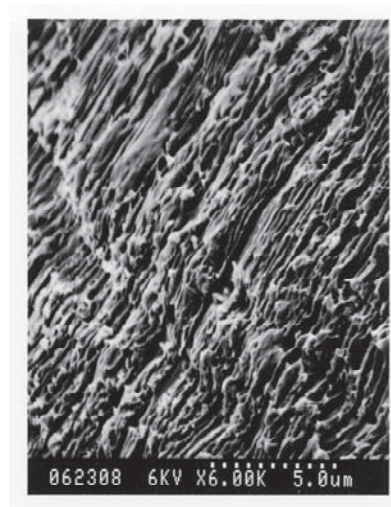


図2 キトサン繊維の電子顕微鏡写真

に自然乾燥させたため、乾燥時に収縮を起こして固まっている状態であるが、この乾燥方法を改良することによって多孔質のキトサン生成物を得ることは可能と思われる。

(文責 中野恵之)

(校閲 森 勝)

48 発酵食品成分の化粧品素材への利用に関する研究

吉田和利, 一森和之

1 目 的

清酒などの伝統的な発酵食品の有する有効性研究は長年に渡って行われており、数多くの成分がこれまでに同定されている。特に清酒においては、古くからヒトの肌に対する効果（保湿、美白など）がよく言われているが、未だ研究報告が少ないのが現状である。

本研究では発酵食品として清酒（製造副産物の酒粕も含める）のヒトに対する有効性、特にこれらの高付加価値化を狙った化粧品素材への応用を目的に調査研究ならびに *in vitro* 評価系を利用したチロシナーゼ阻害活性（美白効果）の機能検索を行った。

2 清酒の有効性に関する調査

清酒の健康増進に関連した機能として、これまでに血圧上昇抑制、健忘症予防、骨粗鬆症予防、糖尿病予防、ガン予防などの効果が、酒粕中には心臓・脳血管疾患予防効果が見いだされており、その機能性成分の同定も一部行われている¹⁾。一方、清酒のヒトの肌に対する効果については、昔から杜氏の手が冬季の水仕事にもかかわらず荒れることもなくツルツルであること、さらにその手が白くきれいであることはよく知られていることから、清酒や酒粕中に含まれる何らかの成分が肌の保湿作用とメラニン合成抑制作用を及ぼしていると推測される。保湿作用については、清酒ではグリセロールやアミノ酸、酒粕では脂肪酸などが関与していると考えられている。また、メラニン合成抑制作用についてはビタミンEやリノール酸などの効果が確認されているが、他にも多数あるとの報告もあり引き続き検索が行われている。

3 実験方法

供試試料は清酒（普通酒）をロータリーエバポレーターで濃縮した清酒濃縮物（約50倍濃縮）と凍結乾燥酒粕の水抽出液（10mg/ml抽出）を用いた。

チロシナーゼ阻害活性は、96ウェルマイクロプレート上に供試試料溶液を2倍系列希釈したのち、マシユルム由来チロシナーゼ溶液（酵素2mgをpH 6.8の50mMリン酸緩衝液 10mlで溶解）を各ウェルに25ml添加、基質としてチロシン/50mMリン酸緩衝液（pH 6.8）（10mg/ml）を各ウェルに5ml添加し37℃で10分間インキュベーション

した。反応終了後、生成したメラニン量を測定するため、マイクロプレートリーダーにて570nmの吸光度を測定した。チロシナーゼ阻害活性は試料の代わりに水を入れた場合は阻害活性0%として算出した。

4 結果と考察

チロシナーゼ阻害活性測定を行った結果、清酒濃縮物ではチロシナーゼ阻害活性は認められなかったが、酒粕の水抽出液では、濃度依存的に阻害活性が見られた。このことから、チロシナーゼ阻害活性物質は酒粕中に多く残存し、かつ水溶性であることが示唆された。今回の実験では、清酒の濃縮が50倍程度であったことから清酒中にも阻害物質は存在する可能性はあるが低濃度であるため活性が認められなかったと考えられる。

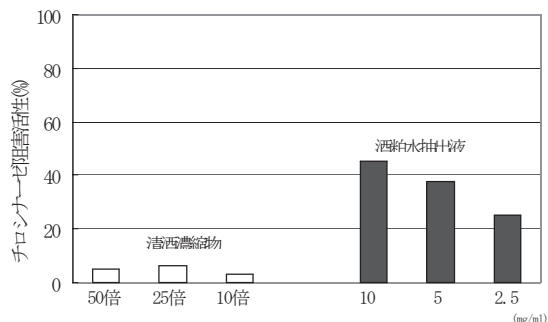


図1 チロシナーゼ阻害活性評価

□は清酒濃縮物でそれぞれ濃縮倍率を示す。■は凍結乾燥酒粕の水抽出液でそれぞれ抽出濃度 (mg/ml) 示す。

4 結 論

清酒および酒粕の化粧品素材としての可能性を探った結果、酒粕にチロシナーゼ阻害活性を見いだした。

参 考 文 献

- 1) 今安 聡, 川戸章嗣, 日本醸造協会誌, 94, (1999), p. 201-208.

(文責 吉田和利)

(校閲 森 勝)

49 環境汚染を感知する細胞株の樹立

大橋智子, 桑田 実

1 目 的

環境汚染物質の環境への流出は、環境基準の設定など様々な対策により改善の傾向が見られるものの、依然解決されていない問題である。今後、汚染物質の測定には、物質量の測定に加えて、汚染物質が生体へ与える影響を総合的に評価するバイオアッセイ法の適用が有効である。

本研究では、ルシフェラーゼ活性を基に重金属に対する応答性の高いプロモーターを選択し、緑色蛍光タンパク質 (GFP) 発現量を指標とした重金属を感知する細胞株の樹立を目的とする。

2 材料と実験方法

2.1 プロモーターアッセイ

ルシフェラーゼ遺伝子が組み込まれたプラスミド pGL3 に、重金属応答タンパク質メタロチオネインの遺伝子のプロモーター配列 (pGL3-MT II A) およびその一部の重金属応答配列 (pGL3-MRE) を組み込んだ。構築したプラスミドをリン酸カルシウム法を用いて COS7 細胞に導入した。導入後、37°C で 16 時間インキュベーションした後、プロモーター活性化物質として塩化カドミウム (CdCl_2)、硫酸亜鉛 (ZnSO_4) を所定濃度になるように添加した。

5 時間後、細胞溶解液を用いてルシフェラーゼ活性を測定した。

2.2

細胞株の樹立

GFP 遺伝子が組み込まれたプラスミド pEGFP-1 に、2.1 と同様に MT 遺伝子のプロモーター配列 (pEGFP-MT II A) および MRE 配列 (pEGFP-MRE) を組み込んだ。リン酸カルシウム法により遺伝子を Ba1b3T3 細胞に導入した後、GFP の発現を指標に蛍光顕微鏡下で組換え体を選別し、継代培養を続けることにより、安定発現細胞株を得た。

3 結果と考察

3.1 プロモーターアッセイ

作製したプラスミドのプロモーター活性を確認するため、プロモーター活性化物質として CdCl_2 と ZnSO_4 をそれぞれのプラスミド導入細胞に添加して、ルシフェラーゼ活性を測定した。図 1、図 2 の通り、pGL3-MT II A および pGL3-MRE をそれぞれ導入した細胞は活性化物質の濃度依

存的に、ルシフェラーゼ活性が増加した。pGL3-MT II A はプロモーターの全長であり、本来のプロモーター活性が高いため、 Cd $5 \mu\text{M}$ の濃度でプラトーに達した。一方、pGL3-MRE は MT II A プロモーター配列のうち、転写因子が結合する配列のみであるため、活性のベースが低く定量的に重金属の応答性を確認するのに適することが分かった。

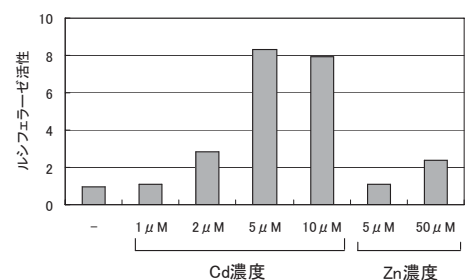


図 1 pGL3-MT II A 導入細胞の相対的ルシフェラーゼ活性

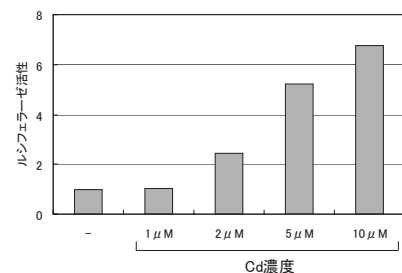


図 2 pGL3-MRE 導入細胞の相対的ルシフェラーゼ活性

3.2 細胞株の樹立

ルシフェラーゼ活性評価から判断し、プロモーター活性の高い MT 遺伝子プロモーター配列を pEGFP-1 に導入し、安定発現細胞を作製した。重金属に対するプロモーター活性の強度を調べるために、培養液中に重金属を添加した後、細胞を蛍光顕微鏡で観察した。その結果、重金属 (Cd , Zn) の添加により GFP 発現細胞が増加したことから、重金属に対する応答性が確認でき、重金属を感知する細胞株が樹立できた。改良点として、一過性発現時と比べて光の強度が弱いという点が挙げられる。今後、プロモーターの改良等について検討を行う。

(文責 大橋智子)

(校閲 森 勝)

50 亜臨界水処理技術を用いた水溶性食物繊維蓄積食品の開発

脇田義久, 原田 修, 桑田 実

1 目 的

食物繊維は不溶性食物繊維と水溶性食物繊維に大別される。一般的に、水溶性食物繊維は糖尿病、高脂血症、肥満、腸内細菌の菌叢改善（整腸作用）に有効である。現在、特定の生理活性機能をもった特定保健用食品の開発が飛躍的に進んでおり、水溶性食物繊維を添加しているものが多い。本研究では、連続式亜臨界水処理装置を用いてタマネギを処理し、特定の加水分解酵素を用いることなく、短時間かつ簡便に水溶性食物繊維の豊富な野菜エキスを作製できるかを検討した。また、亜臨界水処理物の微生物学的安全性についても検討した。

2 実験方法

2.1 亜臨界水処理および水溶性食物繊維測定

タマネギをミルサーでペーストしたものについて、連続式の亜臨界水処理装置を用いて亜臨界水（240, 290, 330 °C、22MPa）中で連続反応を行った。その後、凍結乾燥することにより、タマネギ粉末を得た。この粉末について、水溶性食物繊維量を公定法である Prosky 法により測定した。

2.2 亜臨界水処理物の微生物学的安全性

エンテロトキシン A、B、C、D（SEA、SEB、SEC、SED）を産生する黄色ブドウ球菌 4 株を HI プイヨン（日水）で 37 °C、一晚培養した。培養液を亜臨界水処理（200, 250, 300, 375 °C、22MPa）し、寒天平板培養法による生菌数測定と逆受身ラテックス凝集反応法（SET-RPLA、デンカ生研）によるエンテロトキシン量測定を行った。

3 結果と考察

未処理で 4.3 % であった水溶性食物繊維量が 240, 290, 330 °C 処理タマネギ粉末ではそれぞれ 8.5, 8.4, 7.1 % となり、ほぼ倍加させることができた（図 1）。水溶性食物繊維の機能については成人病予防効果が知られており、本研究で得られた水溶性食物繊維蓄積タマネギも糖尿病、高脂血症改善等の生理機能を保持していると予想される。また、食中毒細菌で代表的な黄色ブドウ球菌を用いて亜臨界水中での殺菌効果を検討したところ、200 °C 以上の処理で完全に死滅した。一方、耐熱性である黄

色ブドウ球菌のエンテロトキシンでは 121 °C、15 分のオートクレーブ処理でも分解されないことが報告されている。本研究の結果、250 °C 以上の処理で未処理時の 1/1,000 ~ 1/1,000,000 に分解されることを見出した（図 2）。これらの結果から、250 °C 以上の亜臨界水処理を施した食品は微生物学のおよび食中毒毒素の観点から安全であると考えられる。

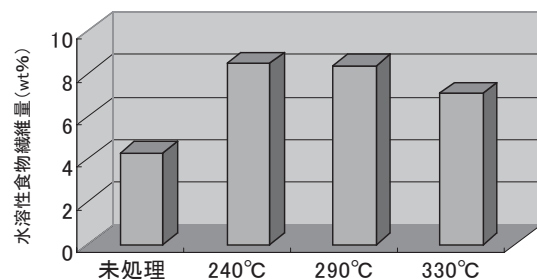


図 1 水溶性食物繊維量の変化

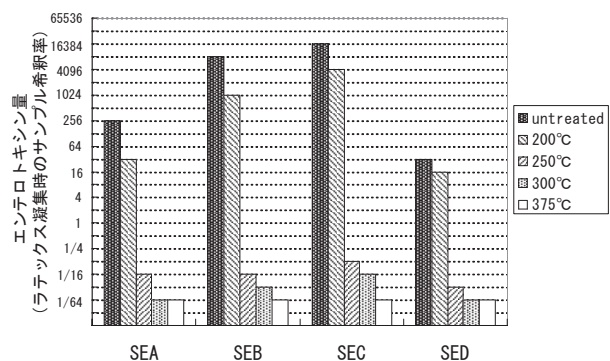


図 2 エンテロトキシン量の変化

最小で 1 ~ 2ng/ml のエンテロトキシン濃度でラテックスが凝集。希釈率が 256 の場合、267 ~ 512g/ml のエンテロトキシン濃度である。

4 結 論

タマネギを亜臨界水処理することにより水溶性食物繊維を倍化することができた。微生物学的安全性を加味すると、250 °C 付近の亜臨界水処理により、機能性かつ安全な水溶性食物繊維蓄積食品の作製が可能と考えられる。

（文責 脇田義久）

（校閲 森 勝）

51 光応用 3 次元形状計測の高速化に関する研究

北川洋一, 松本哲也, 阿部 剛, 福地雄介

1 目 的

設計・試作段階やFA（ファクトリーオートメーション）における3次元形状計測に対するニーズに対応するため、低コヒーレンス干渉法を用いた距離計測法の開発を進めてきた¹⁾。本方法は、センサ出力信号の振幅のピーク位置が距離に対応しているため、複雑な信号処理が不要となり、測定的高速化が期待できる。本年度は、測定対象を金属粗面としたときの影響を検討した。

2 実験方法

実験装置の構成を図1に示す。今回の実験は測定対象が粗面であることから、光源にはスーパールミネセントダイオード（SLD）を用いた。この光をビームスプリッタ（BS1）により分割して一方を参照ミラー、他方を測定対象へ照射する。測定対象、参照ミラーからの反射光は光ファイバーにより導光し、マルチチャンネル分光器を用いて干渉スペクトルを測定した。

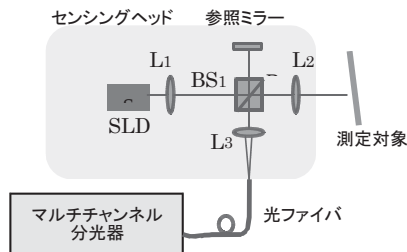


図1 実験装置の構成

測定対象には、アルミ箔の粗面側を用い、測定対象位置の変化に対する干渉スペクトルの変化と測定対象面の傾きが干渉スペクトルに及ぼす影響を調べた。

3 結果と考察

図2に測定対象の距離を変えたときの干渉スペクトルを示す。対象がミラーの時と同様に距離が増大するにつれてSLD自身のスペクトルに重畳する振動成分の周期が短くなっており、距離が測定できていることが分かる。

図3に測定対象の傾きを変えて行ったときの干渉スペクトルの変化を示す。この図から分かるように対象の傾きが増大するにつれて干渉成分の振幅が減少していくが、1.7度程度傾いても干渉スペクトルを測定すること

ができる。測定対象がミラーの場合、わずかの傾きでも干渉スペクトルが測定できなくなるのに比べ、測定対象が粗面の場合は表面で散乱された光が広い範囲に分布しているため面が傾いてもスペクトルを測定できたものと考えられる。しかし、機械加工部品の形状を考えた場合この傾き角度に対する測定範囲は不十分である。これは、参照光量が一定であるのに対し、物体光量は対象の傾き

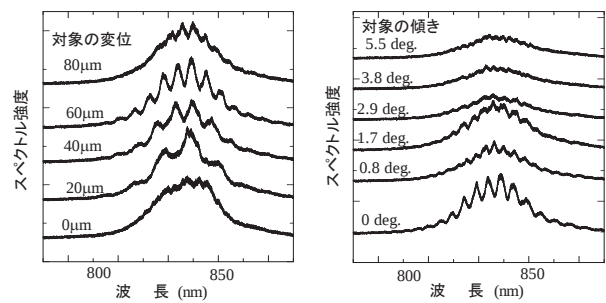


図2 距離に対するスペクトル 図3 傾きに対するスペクトル

によって大きく変化することが原因と考えられる。工業用に広く使用されているレーザー変位計は、対象物体の反射率に応じて照射光強度を制御するとともに、位相検波を用いて微弱な信号を測定している。現状、低コヒーレンス干渉法ではこのような感度向上手法を取ることができないため、測定対象の反射率変化への対応には新たな手法の開発が必要と考えられる。

4 ま と め

低コヒーレンス干渉法を用いた距離測定法において、FAへの適用を想定して対象面を金属粗面とし、この場合に距離測定が可能であることを確認するとともに、面の傾きによる影響を調べた。その結果、機械加工部品の形状計測に適用するためには、対象面の傾きに起因する物体光量の低下への対策が必要なが分かった。

参 考 文 献

- 1) 北川洋一, 福地雄介, 阿部 剛, 松本哲也, 兵庫県立工業技術センター研究報告書, 13, 108 (2004)。

(文責 北川洋一)

(校閲 一森和之)

52 スペックル干渉法による振動測定の高性能化に関する研究

松本哲也, 北川洋一

1 はじめに

車載機器やモータ搭載機器等の設計・製造時には、機器の耐振動特性を評価するための振動解析が必要となる。我々は、簡易に振動解析を行うための装置として、電子スペックル干渉法(ESPI 法)を用いた 2 次元振動測定装置を、産学官連携により開発した¹⁾。

今回、開発した装置の振動測定の高性能化を目的に、2 次元振動振幅分布画像の定性的評価を検討した。

2 振動測定機の構成

ESPI 法による振動測定機の構成を図1に示す。レーザー光を 2 分割し、一方を振動面(Object)に照射する。振動面からの反射光中に生じるスペックルパターン(濃淡のつぶつぶ模様からなる干渉パターン)と、ビームスプリッター BS₁ から BS₂ にショートカットされた参照光を重ね合わせる。これを CCD カメラにより観測すると、振動振幅に応じた濃淡の振動振幅分布画像(等高縞画像)が得られる。ESPI 法により振動振幅分布画像が観測可能な振動周波数範囲は CCD カメラの取り込みレート(NTSC 規格では 30Hz)以上である。

3 性能評価実験結果および考察

振動測定で得られる等高縞画像を評価するため、有限要素法による計算結果との対比を行った。

対比を容易にするため、振動面にはシンプルな形状のステンレス鋼製円盤を用い、まずその振動振幅分布を測定した。用いたステンレス円盤は、直径 80mm、厚さ 0.2mm で、中心に直径 4.2mm の穴が開けられている。この中心をボルトでピエゾアクチュエータに直結し、円盤を垂直に立てた状態で中心のみ支持して加振した。

加振力一定で、加振周波数を $f=1456\text{Hz}$ と 2560Hz に設

定して等振幅の縞画像を測定した結果を図 2 の(a),(c)に示す。また、素材、サイズ等同じパラメータを用いて有限要素法により 2 次元振幅分布を計算した結果を図 2 の(b),(d)に示す。

測定結果では、最も白く現れている縞の中心が振幅ゼロの位置であり、その両側で振幅に応じて縞が現れている。有限要素法による計算結果では、振幅を色の違いにより表現しているため、測定結果と濃淡の違いがでているが、同様の振幅パターンが得られていることがわかる。また実測した場合の加振周波数と若干異なる周波数でこれらのパターンが現れ、測定時と同じ周波数では現れなかった。両者の周波数のずれは、円盤の厚みや固定位置等の誤差に起因すると考えられる。

4 まとめ

開発した 2 次元振動測定機の性能を評価して高性能化につなげるため、振動測定結果を、有限要素法による計算結果と比較した。その結果、定性評価が可能であることが明らかになった。

参考文献

- 1) T. Matsumoto, Y. Kitagawa, N. Kosaka, Y. Kinoshita, M. Shimada, M. Adachi, Proc.SPIE, Vol.5602, p.91-98 (2004).

(文責 松本哲也)

(校閲 北川洋一)

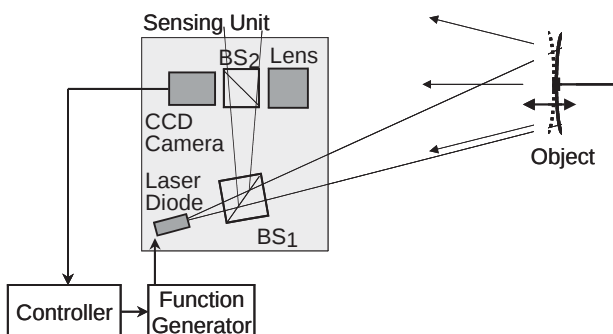


図1 電子スペックル干渉法による振動測定機の構成
BS₁, BS₂: ビームスプリッター

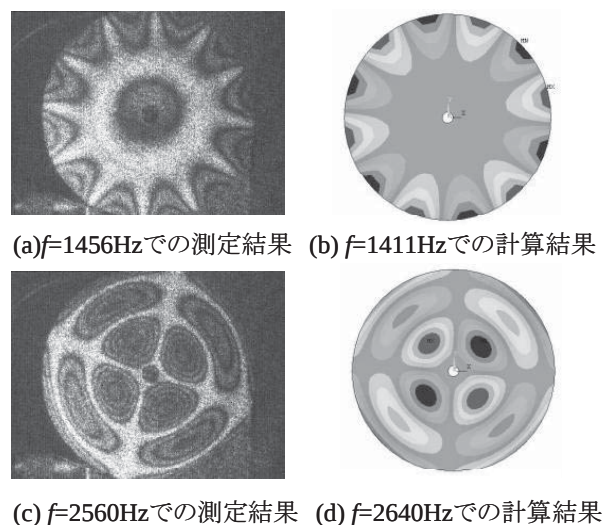


図2 ステンレス鋼製円盤の中心を加振したときの振動測定結果と、有限要素法による計算結果との比較

53 搬送ロボットの周辺環境認識の評価に関する研究

中里一茂，中本裕之，幸田憲明

1 目 的

近年、省力化を目的として、搬送ロボットによる自動搬送の開発が行われている。現状の搬送ロボットでは、マーカによるライントレーシングや磁気テープの利用によるものが多い。しかし、目印となるマーカの設置等の別途費用が発生したり、部屋のレイアウト変更に伴う配置転換が行いにくい問題がある。この問題の解決策の1つとして、ロボット自身が周囲環境を認識して走行・制御を行う技術が有効である。

本研究では、搬送ロボットの高機能化のために、工場内の周囲環境を把握し、把握した情報を基に搬送ロボットの制御を行うことを目的とする。前回は障害物の検知を行い、有効性が確認できた。今回は動画像を扱うために処理速度の向上について検討した。

2 実験方法

実験には小型移動ロボット（ISR製）を用いた。また、視覚情報の入力には小型カメラを用い、移動ロボット上に搭載して測定を行った。

処理方法は、まず入力画像からエッジ画像を求め、得られた画像を基にロボットからの距離マップを作成する。次に、移動ロボットから一番近い物体の位置を求め、距離パターンを作成する。図1で主な進行路の形における距離マップのパターンを示す。距離パターンの3本のバーは画像の左領域、中央領域、右領域における障害物までの最短距離とその位置を示している。バーが長い場合、

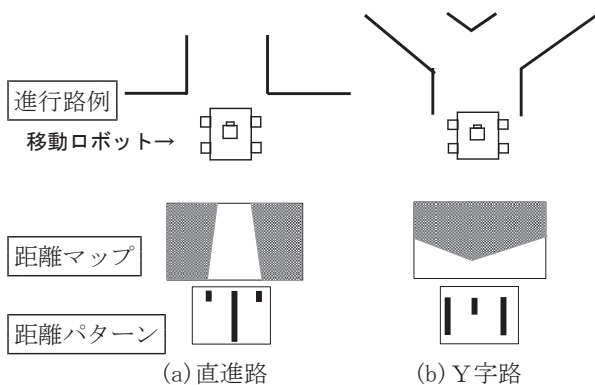


図1 距離マップとパターン例

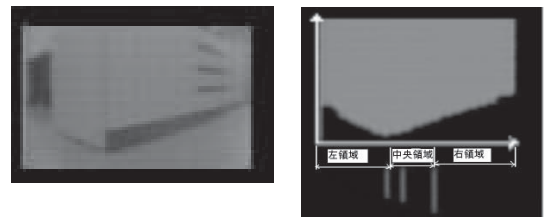
通路があることがわかる。

距離マップ作成の際、これまでは画像の膨張・収縮処理を用いたが、本研究ではロボットに近い位置に相当するエッジの輪郭を2次微分フィルタで抽出する方法を用いた。

3 結果と考察

コーナーにおける距離測定の結果を図2に示す。図2(a)はカメラからの入力画像、(b)は距離マップと距離パターンである。図2の場合、距離パターンの結果から他の領域に比べ右領域の最短距離が大きいことがわかる。すなわちこれは右手方向に進路が開いていることに対応している。入力画像も右手に進路が開いており、距離パターンは移動ロボットが進路を決めるための要素であると考察できる。

次に、本方法とこれまでの方法を用いた場合の処理時間を比較した。その結果、約71%の時間で短縮処理できることがわかった。



(a) 入力画像 (b) 距離マップと距離パターン
図2 コーナーにおける距離測定結果

4 結 論

搬送ロボットのカメラから入力された動画像による環境認識を行うことによる処理速度の向上に取り組んだ。その結果、処理速度の改善が確認できた。

今後は、さらに処理速度の向上を進めていくとともに、無線通信を組み込んだ実環境での認識技術の向上を図っていく。

(文責 中里一茂)

(校閲 北川洋一)

54 ホログラフィック光学素子を利用した視線入力デバイスの開発

瀧澤由佳子, 北川洋一

1 目 的

近年、いつでもどこでもコンピュータやネットワークが使用可能な環境を実現する一つの形態として、ウェアラブルコンピュータが注目されている。

われわれは、ウェアラブルコンピュータの操作用の入力装置として、ホログラフィック光学素子（以下、HOE と略す。）を利用した視線検出による入力デバイスを提案した¹⁾。本デバイスは、透過型 HOE と反射型 HOE を集積した HOE により、目とその周囲の像および視線がとらえている対象の像を 1 枚の画像として結像させることに特徴をもつ。本研究では、透過型 HOE の結像特性の解析のために構築した計算モデルと、それに基づいた解析結果について述べる。

2 計算モデル

透過型 HOE の結像特性の解析のために、計算モデルを構築した。本モデルは HOE の屈折率分布を算出する機能と、屈折率分布に基づいて観測面での光波を算出して透過型 HOE の結像特性を解析する機能をもつ。本モデルにおいて、計算の簡素化のために入力面と観測面間の空間を 2 次元として、入力面の 1 次元像の観測面への伝搬を求める。計算では、空气中を伝播する光波をフレネル回折積分によって求め、HOE 中を伝播する光波を Kogelnik の結合波理論によって求める。

3 計算結果

観測面における範囲 T を結像する HOE の評価として、HOE の屈折率分布を与える最適な点光源の個数について検討を行った。図 1 に 3 個の点光源により作製される HOE を示す。このとき、計算モデルは 3 個の点光源で構成される点光源アレイを用いて屈折率分布を算出する。そして、入力面の範囲 T に点光源があるときの観測面での観測光を算出する。計算では、入力面と HOE 間の距離 $l_1=50\text{mm}$ 、HOE と観測面間の距離 $l_2=50\text{mm}$ とした。また、透過型 HOE の大きさを 10.0mm 、厚さを 0.9mm 、HOE 材料の屈折率を 1.5、最大屈折率変調量を 3.5×10^{-5} とした。範囲 T を $-4.25\text{mm} \leq x \leq -3.25\text{mm}$ とし、入力面における範囲 T に、光強度分布が 半値全幅 $57.49 \mu\text{m}$ のガウス分布である点光源をおき、結像特性

の解析を行った。結像特性としては、入力面での点光源の光強度分布が等しいとき、観測面においても等しい光強度分布となることが望ましい。従って、最適な結像特性が得られる HOE、すなわち、屈折率分布の算出時に必要な点光源の個数を光強度分布のばらつきで評価する。ここで、ばらつきとして、入力面の点光源の位置に対する観測面での光強度の標準偏差を平均値で除算したものとした。点光源数に対するばらつきを図 2 に示す。その結果、12 個のときばらつきが 12% となり、最も平坦な特性が得られることがわかった。

4 まとめ

ウェアラブルコンピュータの操作のための視線入力デバイスについて述べ、透過型 HOE の結像特性について検討した結果を示した。今後、反射型 HOE についても検討する予定である。

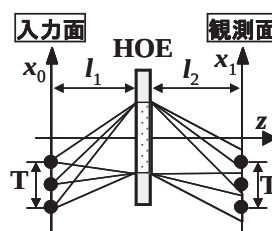


図 1 点光源アレイを結像する HOE
(点光源数が 3 個の場合)

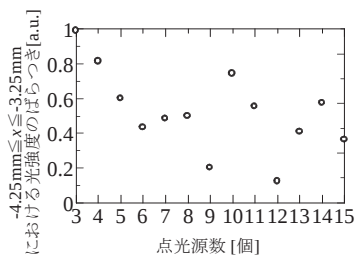


図 2 点光源数の評価

参 考 文 献

- 1) 瀧澤由佳子, 北川洋一, 小坂宣之, "ホログラムシートを利用した視線入力デバイス", 兵庫県立工業技術センター研究報告書, 13, p.107, (2004).

(文責 瀧澤由佳子) (校閲 北川洋一)

55 ロボット制御におけるパラメータ決定手法に関する研究

中本裕之

1 目 的

一般にロボットは多くのリンクとジョイントからなる。それらを適切に動作させるためには事前に力学的なモデルを構築し、そのモデルを用いて動作の計画を行う。しかし、複雑な機構のロボットではモデル化自体が困難であったり、実際のロボットとモデルの間にモデル化できない微小な要素が存在したり、わずかな変更でも再度モデル化を行う必要があるなど、モデルを用いてロボットの動作を決定することは困難であった。そこで本研究では、ロボットを動作させながらロボットの動作特性を学習し、制御パラメータを決定する手法の検討を行う。

2 手 法

本研究では、ロボットの動作特性を獲得する手法として、強化学習の1つであるアクター・クリティック手法を用いる。アクター・クリティック手法は、ロボットや環境のダイナミクスのモデルを用いずに、経験からロボットのパラメータを直接学習することができる。そのアーキテクチャを図1に示す。

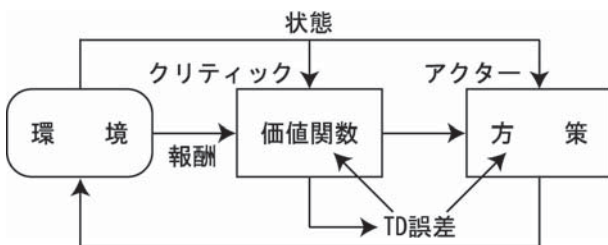


図1 アクター・クリティック手法のアーキテクチャ

アクターは、ロボットの行動を方策に従って選択し、クリティックは状態の価値関数によってアクターの選択した行動を評価する。評価は、報酬と状態価値関数から時間的差分誤差（TD誤差）としてなされる。TD誤差を用いてアクターとクリティックを更新し、それを繰り返すことで問題に対して適切な行動を選択できるアクターと正しい状態価値の評価ができるクリティックに近づく。

3 シミュレーション実験

ロボットの行動獲得のために、アクター・クリティック手法を用いてシミュレーション実験を行った。学習の

対象は、ロボットフィンガを想定して4リンク3関節のロボットとし、各リンクの大きさは $0.1 \times 0.1 \times 0.3\text{m}$ で根元のリンクのみ $0.3 \times 0.3 \times 0.3\text{m}$ 、各関節の大きさは $0.1 \times 0.1 \times 0.1\text{m}$ とした。質量密度は 5kg/m^3 。ロボットフィンガのタスクは、ロボットから 0.7m 離して配置した棒の先端に指先が触れることとした。状態は関節の角度によって決められ、報酬は棒と指先との距離の時間微分とし、アクターの選択する行動は各関節に与えるトルクとした。また、シミュレーションの動力学計算はOpen Dynamics Engineを用いて行った。

3 結果と考察

シミュレーションの結果として、試行回数と棒に到達するまでの時間との関係を図2に示す。図2の右の0.1から0.9までの数値は棒の高さ（単位はm）を表す。高さ0.7の場合以外は試行回数を重ねるにしたがって棒に到達する時間が短くなり、動作の習得ができていることが分かる。高さ0.7に関しては10000試行で動作の習得できていないが、値が上下していることから局所解に陥ることなく動作の広い範囲での試行を行っている。更なる試行により動作の獲得ができると考えられる。

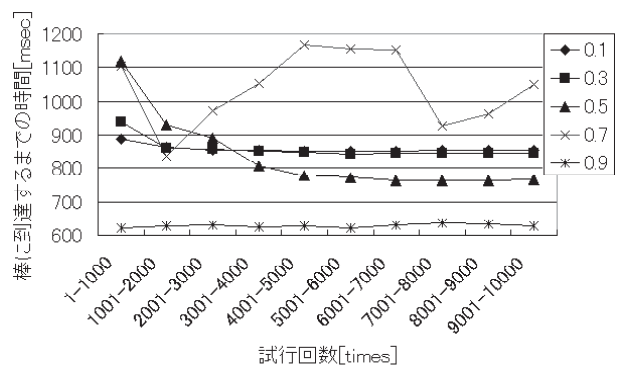


図2 シミュレーション結果

4 結 論

アクター・クリティック手法をロボットフィンガの動作生成問題に適用し、その有効性が明らかとなった。今後は、今回よりも複雑な対象に対しての適用を試みる。

（文責 中本裕之）

（校閲 一森和之）

56 プラズマ浸炭技術応用によるステンレス系鋳鋼の高強度化について

岡本善四郎，高谷泰之

1 目 的

Fe-C-Cr-Ni-V系のオーステナイトステンレス鋳鋼は、従来のSUS304等のステンレス鋼に比べて多量の合金元素を含み耐熱性、耐食性に優れている。そのため、焼却炉用部品や火力発電用部品等に多く用いられている。

しかし、この材料は、鋳造性に優れている反面、軟質なために耐摩耗性、耐疲労性の面で難点がある。そこで前年度では、表面改質として、これら鋳鋼にプラズマ浸炭処理を施し、その耐摩耗性の評価を行った結果、未処理材に比べて耐摩耗性が飛躍的に向上することが明らかになった。本年度では、耐疲労性の面からプラズマ浸炭の有効性について検討した。

2 実験方法

供試材はオーステナイトステンレス鋳鋼でその化学組成を表1に示す。この材料を熱処理によってバナジウム炭化物が球状およびデンドライト状に分散するように組織制御した。これらの組織の異なる2種類の材料から図1に示す形状の回転曲げ疲労試験片を作製した。

これらの試験片のプラズマ浸炭処理としては、あらかじめ試料の表面をクリーニングするために、 H_2+Ar の混合ガスで0.6ksスパッタリングを行い、その後、メタン濃度3.4vol%の CH_4-Ar-H_2 混合ガス雰囲気中で、炉内圧力250 Pa、グロー放電電流密度を0.06 A/cm²に保ちながら浸炭を行った。処理温度は1173K、1273K、1323Kとし、処理時間は3.6ks、10.8ks、18.0ksの3条件とした。以上の条件でプラズマ浸炭処理を施した試料について、表面の硬さ測定ならびに疲労試験を行った。

表1 供試材の化学組成 (mass %)

Fe	C	V	Ni	Cr	Si	Mn	Mg
bal.	2.71	8.33	8.25	16.70	0.78	0.55	1.0

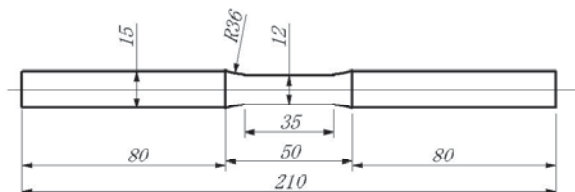


図1 回転曲げ疲労試験片形状 (単位: mm)

耐疲労性の評価としては、小野式回転曲げ疲労試験機を用いて405MPa一定の応力振幅で回転曲げ疲労を加え、破断までの繰返し数を疲労寿命として評価した。

3 結果と考察

プラズマ浸炭処理した試料の外観観察では、いずれの処理条件においても、スケーリングはなく、表面には剥離や亀裂などは認められなかった。各温度で10.8ks処理した試料について疲労試験を行った結果を図2に示す。

球状炭化物鋳鋼では無処理材の回転曲げ疲労回数(疲労寿命)が10万回であり、処理温度が高くなるにつれて疲労寿命が低下する。デンドライト状炭化物鋳鋼では、1173 Kの浸炭処理において無処理材より若干疲労寿命が延びているが、処理温度が高くなるに従って、球状炭化物鋳鋼と同様に低下の傾向が見られた。これはプラズマ浸炭によって表面硬さがHV500と高く、また浸炭層が厚くなったことにより、クラックが発生しやすくなったものと考えられる。

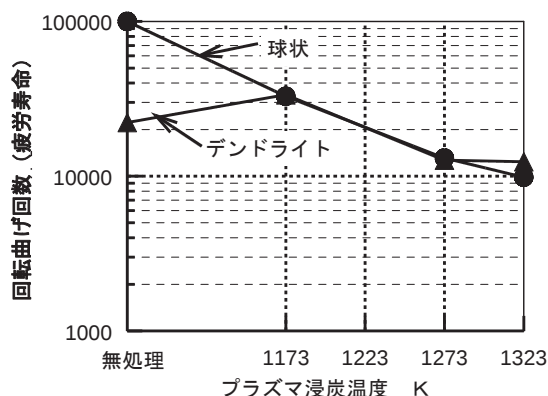


図2 プラズマ浸炭処理した材料の、浸炭温度と破断に至るまでの回転曲げ回数との関係

4 結 論

プラズマ浸炭したオーステナイトステンレス鋳鋼に対して本実験条件の下で耐疲労性を検討した結果、プラズマ浸炭の表面改質としての有効性は認められなかった。

(文責 岡本善四郎)

(校閲 西羅正芳)

57 純アルミニウムの腐食に及ぼす不純物元素の影響

高谷泰之, 岡本善四郎

1 目 的

高純度アルミニウム箔は電解コンデンサー用材料である。Al箔のエッチング性能を向上させるために、微量なPb元素を含有させ、熱処理することにより、表面にPbを濃縮させていると言われている。しかしながら、Pbの表面濃縮とAl表面の電気化学的特性は明らかにされていない。そこで、Pbの表面濃縮挙動と電気化学的インピーダンス特性を関係づけた。

2 実験方法

99.999mass%Al(5N-Al)に100ppm-mass%Pbを含ませた試料は電解研磨により表面を $30\mu\text{m}$ 除去し、Ar雰囲気中723Kで熱処理を行った後、NaOH(pH8)溶液中で逐次表面を溶解させ、 0.5kmol/m^3 ホウ酸+ 0.05kmol/m^3 硼砂溶液中で電気化学的インピーダンス特性を測定した。

電気化学的インピーダンス測定は、Al試料電極、Pt対電極とAg/AgCl参照電極の3電極式とし、周波数応答解析装置(FRA)とポテシオスタットを連結させ、試料の腐食電位における印加交流電圧の振幅を 5mV とし、 $10^{-2}\text{Hz} \sim 10^5\text{Hz}$ の周波数範囲で行った。

3 結果と考察

ホウ酸-硼砂溶液中における熱処理を施さない5N-Al試料の電気化学的インピーダンス特性をベクトル軌跡図で表示すると、図1に示す半円の軌跡が描かれる。それ

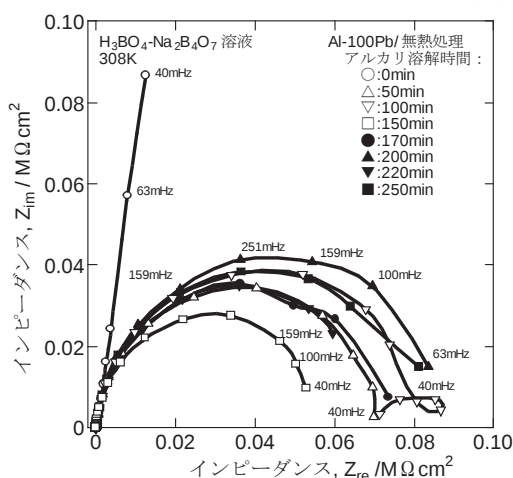


図1 無熱処理Al箔のインピーダンス特性の変化

らの半円の直径が反応抵抗値である。一方、熱処理を施したAl試料のインピーダンス特性の軌跡図では、半円が描かれないために、測定周波数が100mHz時のインピーダンス(Z)値を比較することとした。その $Z_{100\text{m}}$ 値とアルカリ溶液中での化学溶解時間の関係を図2に示す。

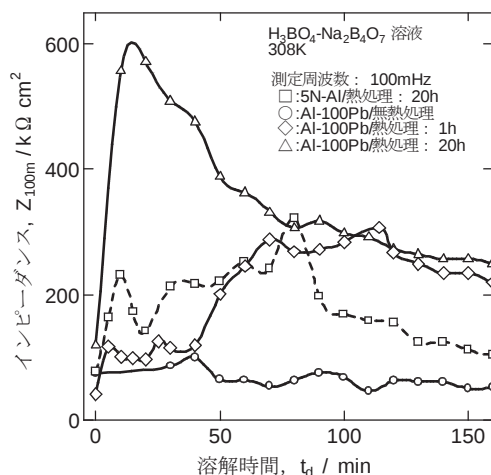


図2 溶解時間に対するインピーダンス値の変化

熱処理を施さないAl-100ppm-mass%Pbは化学溶解においてもほとんど $Z_{100\text{m}}$ 値が変わらず低い値で推移している。熱処理を1時間施すと溶解時間が40minまで低い $Z_{100\text{m}}$ 値をとり、その後ゆっくりと増加し、溶解時間70min以降定常値となる。Al-100ppm-mass%Pbを20時間熱処理すると、化学溶解初期に高い $Z_{100\text{m}}$ 値とその極大を示し、その後溶解時間に対して低下し、溶解時間が70min以降になると、1時間熱処理した場合と同じ $Z_{100\text{m}}$ 値となる。

5N-Alでは20時間熱処理した場合でも化学溶解に対して $Z_{100\text{m}}$ 値はそれほど大きな変化が認められない。

4 結 論

アルカリ溶液中で化学溶解した時間に対する $Z_{100\text{m}}$ の推移を見ると、Al箔は熱処理により表面に偏析したPbの挙動が電気化学的インピーダンス特性に反映されていることが明らかである。

(文責 高谷泰之)

(校閲 西羅正芳)

58 ダイバージョナルセラピー用具へのチタンの適用

稲葉輝彦

1 目 的

高齢社会への対応、ノーマライゼーションの推進といった背景から、ダイバージョナルセラピー（以下、DT）を概念とする用具の開発普及が国際的に進んでおり、それは最近の国際福祉機器展やバリアフリー展における出展傾向からもみてとれる。DT用具とは、いわゆる身体的、精神的機能の低下した状態から、その人のもつ可能性を引き出すために用いる用具である¹⁾。DT用具は、誰にとっても受け入れられる用具である場合が多く、ユニバーサルデザイン用具ともいえる。DT用具は、当所の支援先異業種グループにおいても、「食」、「癒し」、「遊び」に関する種々のDT用具を商品化しており、その開発支援ニーズは高い。そこで、本年度は、チタン材料のもつ独特な音色（音響効果）を活かしたDT用具の開発可能性を調査検討した。

2 チタンの音色（音響効果）

チタン材あるいはその加工品からは、他の材料にはない独特の音がでることがよく知られている。いわゆる好ましい音色である。この音がでるメカニズムは明らかではないが、物性面からは鉄系材料や木材に比べて内部摩擦が小さく適度な制振性があるためと考えられている。また、感覚面からは日頃聞かない音色ゆえに特別に良い音と感ずるのではないかと考えられている。

こうしたチタンの音響効果を積極的に応用した商品として、楽器のドラムが有名であり、また音響部品であるマイクロフォンやスピーカーの振動板などにも採用されている。それ以外にも、オートバイや自動車では排気音が良くなることから、若者を中心にチタン製マフラーの人気の高い。さらに、県の伝統工芸品に認定されている火箸（いわゆる風鈴）にもチタンが一部採用されている。仏具のリンも、チタンで製造したものは独特の音色を発するといわれている。

3 適用可能なDT用具の検討

本研究では、癒しと遊びの観点からチタンのもつ音響効果を適用することのできるDT遊具を検討した。具体的には、ビー玉などを落下させ、落下途中で種々の衝突音をだす遊具を対象とした。これらの遊具は、視覚、聴

覚を刺激する効果があり、古くから多くの種類の遊具が使われている。このような遊具は、ユニバーサルデザイン遊具として販路も広い。

チタンの適用により聴覚面の刺激がより向上すると思われる遊具に、クーベルバーン（独語で玉の道）という外国製の遊具がある。根強い

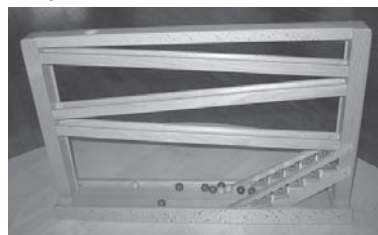


図1 木製遊具

人気の商品である。色つきのビー玉が溝に沿って転がり落ち、両端の支柱部での落下時ならびに最後に複数の金属板を通過する時にさまざまな音が出る機構である。この遊具に使用されている金属板をチタン製にすると、より一層ユニークな視覚、聴覚を刺激する遊具になるものと考えられる。



図2 試作遊具

一方、試作遊具に、図1と類似の機構ではあるが、両端の支柱部に漏斗を取り付けたものがある（図2参照）。ビー玉は、漏斗の内面を回転

しながら落下する。現在、漏斗は透明な樹脂製であるが、ビー玉が回転して落下する時に漏斗から独特の音が発生する。この漏斗をチタンで製作すると、漏斗は独特の音響を発生するのではないかと期待される。

謝 辞

本研究にあたり、多くの助言を頂きました東京大学大学院工学系研究科朝倉健太郎博士、近畿福祉大学福祉産業学科教授繁成 剛氏に厚くお礼を申し上げます。

参 考 文 献

- 1) 渡辺嘉久，芹澤隆子監修，全人ケアの実践，日本ダイバージョナルセラピー協会編。

（文責 稲葉輝彦）（校閲 西羅正芳）

59 実用小型強度試験機の応用に関する研究

永本正義, 山本章裕

1 目 的

刃物工具製品の場合、品質の管理や破損・破壊などの原因の究明に対して、硬さ試験や強度試験の果たす役割は大きい。本研究は機能を特化した小型の試験機の開発と強度評価法の確立を図ることを最終目的としている。

今回、草刈り刃を対象とした新たな曲げ試験装置を製作して曲げ試験を行い、試験機の性能と熱処理した薄鋼板の曲げ強度特性について検討した。

2 実験方法

2.1 供試材

曲げ試験に供した試材は、チップソーのボディに用いる直径190mm、板厚1.15mmの鋼板で46HRCの硬さに調整した。試験片は円板の中央の3箇所からそれぞれ2枚ずつ、幅10, 20, 30, 40mm、長さ60mmの寸法にワイヤー放電加工で切り出した。

2.2 曲げ試験方法

試験はJIS B9212-2001に準じて行った。試験装置の概略図を図1に示す。曲げ試験は下部ブロック中央のV字に沿って試験片が90度に折り曲げられる。ブロックのV溝部と試験片が密着し、曲げ角度が90度に達すると試験を終える。計測器は共和電業㈱のPCD-300Aを用いた。

図2は曲げ試験中の画面を示し、上段はたわみ量、下段は荷重の変化をモニターしている。計測器は1回の曲げ試験で連続的に約6500個のデータを収録した。

試験後、CSV形式に書き換えた荷重とたわみの2つの

時間軸のデータを、たわみ量を0.1mmピッチで刻み、この時の荷重を算出する計算処理を行った。そして、10mmのたわみスパンを100個のデータに整理し、静的荷重Pと、たわみ δ の関係を求めた。

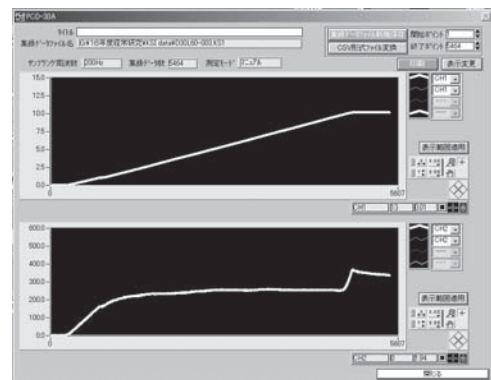


図2 曲げ試験中のCRT画面

3 結果と考察

熱処理した薄鋼板のV字曲げ試験を行い、静的荷重Pとたわみ δ との関係を求めた。図3にそれぞれの平均値で求めた結果を示す。グラフから曲げ強度は試験片の幅に比例するが、少しのたわみ量で荷重に屈曲点が見えている点で試験初期段階の評価が重要であると考えられる。

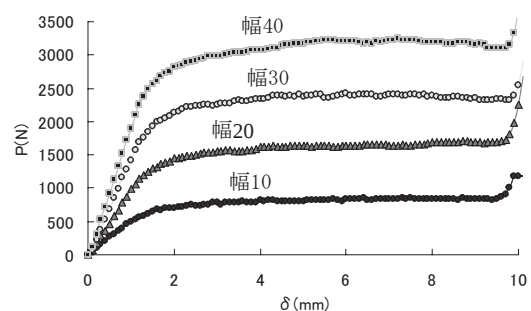


図3 試験片の幅ごとのP- δ 線図

4 結 論

熱処理した薄鋼板の曲げ試験の結果、試験機の性能の確認と課題を見出した。今後、硬さレベル、試験速度などを変えた薄鋼板の曲げ強度特性の評価を計画する。

(文責 永本正義)

(校閲 西羅正芳)

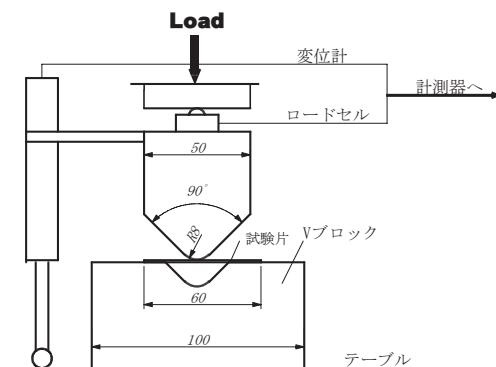


図1 曲げ試験の概略 (単位 mm)

60 ステレオ画像を利用した距離計測技術に関する研究

金谷典武, 三宅輝明

1 目 的

画像処理を利用して非接触で距離を計測する技術の開発を目的とし、計測手法の検討を行った。本報告では、視覚センサ（カメラ）を平行移動させることにより得られる2枚のステレオ画像から、画像処理を利用して距離計測を行う方法について記述する。

2 ステレオ画像と計測原理

ステレオ画像とは、異なる場所に設置した2台のカメラによって同一物体、あるいは、同一シーンを撮影した画像のことである。本研究では、距離計測の基本的な原理を確認するため、典型的なステレオ画像に対して実験を行うこととし、1台のカメラを、カメラの光軸方向に対して垂直に平行移動させることにより、ステレオ画像を得ることとした。実験室の床上1mの地点で撮影した画像を図1に示す。その後、カメラを上方に15cm平行移動させて撮影を行い、ステレオ画像を得た。これらの画像のサイズは640×480画素であり、各画素はRGBそれぞれ8ビット、合計24ビットのフルカラーのデータである。ここで撮影したステレオ画像は、画像データの縦軸とカメラの移動方向がほぼ一致するように撮影を行っている。従って、画像データの縦軸方向で、上下の画像の画像間の対応関係を決定することができれば、視差を求めることができ、計測対象までの距離や、計測対象が存在する3次元空間上の座標を求めることができる。



図1 原画像（ステレオ画像の一部）

3 実験結果

原画像はカラー画像であるが、濃淡画像に変換を行い、輝度情報のみを利用することにした。まず、原画像に対してソーベル演算を行い、輝度変化の大きい部分を抽出する。次に、原画像から輝度変化の大きい部分を中心とする21×21画素の領域を取り出して、もう一つの画像の縦軸方向に対し対応点の探索を行う。視差の検出は、対応する画像間の輝度値の差の総和が最小になる点を探索することにより行った。ただし、それぞれの画像の周囲10画素分は処理の対象外とした。この処理を行うことによりステレオ画像から視差を得ることができ、対象物までの距離を求めることができた。求めた距離情報を輝度情報に変換して表示した結果を図2に示す。この図は、距離が近い部分が明るく（白く）、遠い部分は暗く（黒く）表示されるようになっており、距離が10m以上の部分と距離計測の対象外となった部分は黒（輝度値0）で表示されている。図2の結果から、図中右側部分の机が手前にあり、中央部分の机と壁が中間の位置に、左側部分のラックが奥に位置していることがわかる。

4 結 論

2枚のステレオ画像から距離計測を行う手法について検討を行った。実験により本計測手法の基本的な計測原理を確認した。

（文責 金谷典武）（校閲 上月秀徳）



図2 距離計測の結果

61 バレル研磨法の合理化と応用

山本章裕，岡本善四郎，上月秀徳，三宅輝明

1 目 的

昨年度は、遠心バレル研磨法の合理化のため、研磨条件の一つであるメディア装入率を取り上げた。メディア装入率の低い方が工作物 1 個あたりの研磨量が大きくなる。しかし、低いと 1 バッチ当たりの工作物の処理量は減少するため、全体の研磨量が最大となるメディア装入率が存在することを明らかにした。

そこで、本年度は、全体の研磨量とメディア装入率について検討した。

2 実験方法

工作物には、直径32mm、厚さ10mmの磨き棒鋼（S45C，HB262）を使用した。

研磨実験としては直径2.5mm、長さ4mmの円柱状メディアを使用し、メディア装入率（メディア体積と容器容積の比）を20～50vol%、タレット回転数を160～240min⁻¹の範囲で変化させて、工作物のバレル研磨を行った。

3 結果と考察

図1は、メディア装入率と研磨時間および処理回数の関係を示したものである。ここでの研磨時間はメディア装入率20vol%、タレット回転数240 min⁻¹における1時間の研磨量(79.5mg)に達するまでの各研磨条件における時間を示す。メディア装入率が高く、タレット回転数が低いほど研磨時間は長い。また、処理回数は、混合比（工作物に対するメディアの割合）を一定としたとき、メディア装入率50vol%において1回で処理できる工作物の量を各メディア装入率において何回で処理できるか示したものである。

すなわち、図1は一定量の工作物を研磨する場合、メディア装入率が低いほど、所定の研磨量への到達時間は短くなるが、処理回数が増えることを示している。

図2は、メディア装入率 50vol%において1回で処理できる工作物の量を一定の研磨量(79.5mg)まで研磨するのに要する総研磨時間とメディア装入率の関係を示したものである。

メディア装入率 30～50vol%では、メディア装入率による総研磨時間は短縮は期待できないことがわかる。また、工作物のバレルへの装入と排出の労力と時間を考慮

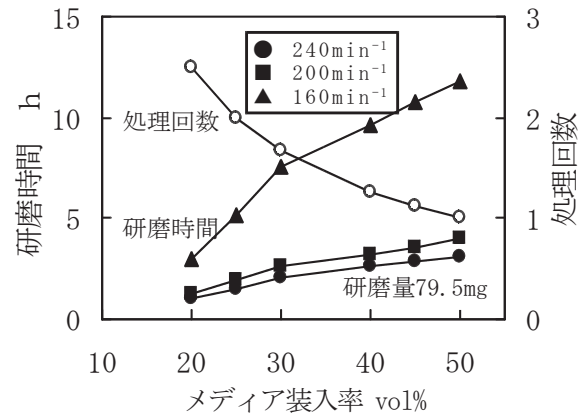


図1 メディア装入率と研磨時間および処理回数の関係

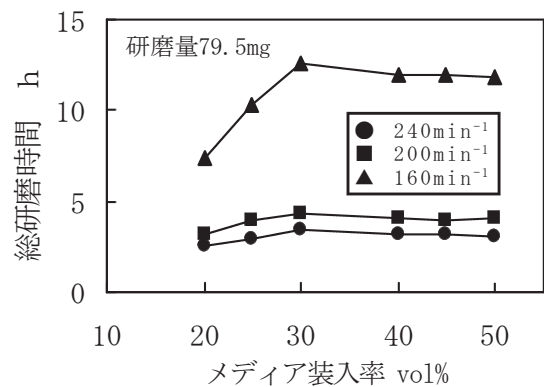


図2 メディア装入率と総研磨時間の関係

すると、低いメディア装入率での研磨は、メディア装入率による総研磨時間の差が大きく、さらに、タレット回転数の低い場合に効果があることがわかる。

4 結 論

メディア装入率の低いほど工作物 1 個あたりの研磨量は大きく、短い時間で所定の研磨量に到達できるが、工作物のバレルへの装入と排出の労力と時間を考慮すると、タレット回転数の低い場合にのみメディア装入率の変更による効率の改善が期待できることがわかった。

(文責 山本章裕)

(校閲 西羅正芳)

62 播州織物の複合材料化による新商品開発に関する研究

藤田浩行, 小紫和彦

1 目 的

播州織物の多用途展開を図るため、織物の繊維強化複合材料の強化材への応用およびその製品化を目指した材料開発を実施している。本研究では、断熱性能に優れた繊維強化複合材料の製造方法の開発およびその材料の特性を明らかにすることを目的とした。具体的には、マイクロ波によりフェノール樹脂を発泡させた多孔質材料の断熱性能および強化材として用いる繊維のマイクロ波の吸収特性について検討した。

2 実験方法

複合材料の成形には、樹脂の粘度やポットライフなどを十分把握することが必要である。さらに、繊維および樹脂のマイクロ波の吸収性およびマイクロ波の照射条件などを考慮することが重要である。また、成形条件による発泡効率や気泡の変化による材料特性への影響を把握する必要がある。そこで、成形前にフェノール樹脂の粘度と温度の関係を明らかにした上で使用した。フェノール樹脂はレゾール型を使用し、硬化剤は5wt%添加した。また、界面活性剤である整泡剤を1wt%添加し、その効果を明らかにした。繊維素材ごとのマイクロ波の吸収性の違いを明らかにするため、質量及び照射面積が一定となるように調整した織物を用い、出力600Wで30秒間マイクロ波を照射して、試料表面の温度上昇を計測した。

3 結果と考察

マイクロ波の照射は200Wと600Wの2条件で実施し、発泡性や硬化ムラの関係から600Wで60～80秒とした。図1は成形したフェノールフォームの断面図である。図2は各条件で作成した材料のかさ密度と熱伝導率の関係である。整泡剤を添加することで気泡は円形となった。また、かさ密度が低下し、熱伝導率も小さくなった。図3はマイクロ波の照射による各繊維の上昇温度を公定水分率と対比させて示した。その結果、セルロース系繊維はマイクロ波の吸収が良く、水分率の増加にしたがい大きくなった。これらの繊維はマイクロ波を強く吸収する特長があり、発泡効率を向上させる効果が期待できる。

4 結 論

かさ密度を低下させることで断熱性は向上する。また、

マイクロ波を強く吸収するセルロース系織物を用いることにより、樹脂の発泡効率の向上と強化材として機能することで高い比強度を持つ材料の開発が期待できる。

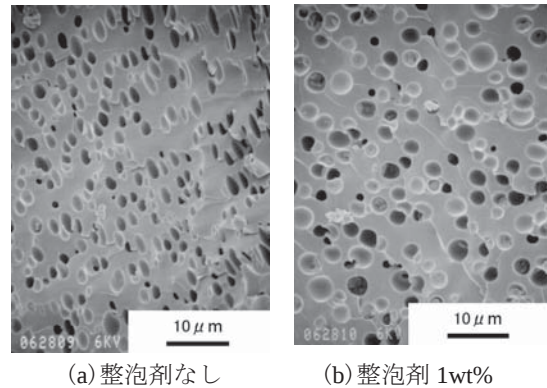


図1 フェノールフォームの断面図

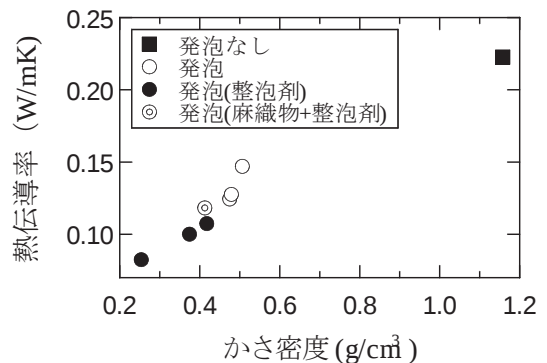


図2 成形材料の熱伝導率

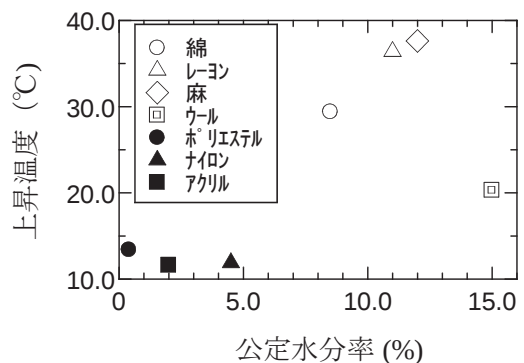


図3 繊維素材のマイクロ波の吸収性

(文責 藤田浩行)

(校閲 小紫和彦)

63 異物付着繊維製品の迅速解決のためのシステム化

宮本知左子, 佐伯 靖, 瀬川芳孝

1 目 的

当センターに持ち込まれる繊維製品の異物付着などのクレームは後を絶たず、依頼試験や分析機器の機器利用も多い。繊維用薬剤のデータベース化は以前になされており¹⁾、そのデータを利用してクレームの原因説明もなされている。しかし、その原因が加工剤や染料といった繊維製品への使用薬剤だけではないことも少なくない。物質の情報も得られないほど微量な場合はともかく、赤外分光分析によるスペクトル等の情報が得られても、機器利用者の中にはスペクトルを解析できないこともあり、薬剤以外のものはデータベース不足で解決に繋がらないこともしばしばある。ここでは、よりデータベースを充実させ、迅速に原因究明できるシステムを構築することで、業界への技術支援を図った。

2 実験方法

現在データベースには、繊維の素材、繊維用薬剤の他、有機低分子物質、有機高分子物質などがある。これらを分類し、持ち込まれる異物の経験などから、データの足りない分野を探った。データの足りない分野についてはサンプルを収集し、フーリエ変換赤外分光光度計（パーキンエルマー社製FT-IR Spectro One）を用い、ユニバーサルATR法にて測定し、測定データを基に新たなデータベースを作成した。

3 結果と考察

当センターにあるデータベースには、繊維や繊維用薬剤に関するものが、約300種、有機低分子物質が約1000種、有機高分子物質が約100種のデータがある。中でも、経験上高分子物質のデータが不足していたため、これらを重点的にサンプルを収集することとした。

組成が分かっているサンプルを調査収集したが、あまり多く手に入らなかったため、日常の身の回りで使われているものを収集、測定し、すでにデータベースにあるものは除いた。また、実際のクレーム品やその現場におけるクレーム原因の可能性のある対象品などからも必要なものはデータベースに取り入れた。

さらに、定期的に利用している機器利用者の中には純粋な物質でなく、業種に特化した複合物質を取り扱うこ

ともある。これらのデータはデータベースにはないため、利用者毎に標準物質を設けて専用のデータベースを作成した。

図1に機器利用者の利用例（赤外分光スペクトル）を示した。付着異物を光学顕微鏡で観察し、その形状などから可能性のありそうな対象物質を現場内外より収集した。測定の結果、対象物質の中の1つが付着異物とほぼ同じものと思われた。これら対象物質も次回以降の参考データとして保存した。

このようにデータベースを改良した結果、付着異物の同定ができることが多くなった。また、機器利用者に対応できるデータベースも作成された。

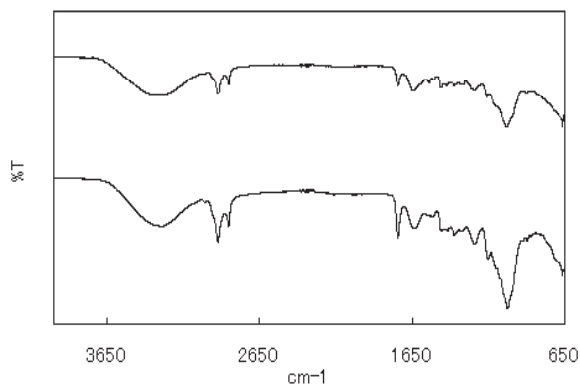


図1 機器利用者の利用例
上：付着異物 下：対象物質

4 結 論

有機高分子物質を中心に不足していた物質のデータを加えることにより、付着異物の同定に繋がることが多くなり、原因説明がより迅速に行えるようになった。また機器利用者に対応したデータベースも作成することができた。このことを通じて、業界への技術支援がさらに図れるようになった。

参 考 文 献

- 1) 瀬川芳孝, 中野恵之, 兵庫県立工業技術センター研究報告書, 12, (2003), 103.

(文責 宮本知左子)

(校閲 小紫和彦)

64 エコレザーの開発

磯野禎三, 杉本 太, 奥村城次郎, 志方 徹

1 目 的

近年、人と環境に優しいエコレザーが注目を集めている。エコレザーの製造方法としては、様々な方法が開発されているが、ノンクロムのエコレザーは耐熱性が低く、兵庫県産革の主要な用途である靴用には向いていない。そこで、通常のクロム鞣し技術を基に、クロム溶出量を少なくするために、クロム鞣剤の使用量を少なくし、クロム鞣剤の削減分をホルムアルデヒド(FA)で補填するコンビネーション鞣しによる靴用エコレザーの開発について研究を行っている。本年度はFA使用量の影響について検討を行った。

2 実験方法

原皮としては、オランダ産キップ皮(16kg)を用い、常法による水漬、脱毛・石灰漬、脱灰・酵解及び浸酸を行った。続いて、浸酸皮を背線を中心に左右に分割し、一方の背を常法によるクロム鞣し(クロム鞣剤使用量 8%)を行い対照革とした。他の背をコンビネーション鞣しに供した。

クロム鞣剤の使用量は3%とし、FA使用量を2, 5, 8%とした。また、1実験当たり半裁4枚(右背2枚、左背2枚)の皮を使用した。

鞣し後、1.3mmにシェービングし、アクリル系樹脂鞣剤と植物タンニンによる再鞣し・染色加脂を行った。

3 結果と考察

図1に鞣しの程度と耐熱性の目安である液中熱収縮温度(Ts)の変化を示す。FA鞣し後のTsはFA2, 5, 8%時にそれぞれ69, 78, 81℃となり、FA添加量を多くするとTsは高くなり、FAを2%から8%にするとTsが12℃高くなった。クロム鞣し後のTsはそれぞれ103, 105, 111℃、再鞣し後は107, 109, 112℃となり、FAを2%から8%にするとTsがクロム鞣し後で8℃、再鞣し後で5℃高くなった。以上のことにより、クロム鞣剤とFAを併用したコンビネーション鞣しにおいて、FAは鞣しと耐熱性を向上させる効果を持っていると考えられる。

特に、Cr3%とFA8%を使用した革のTsは112℃と通常のクロム革(110℃以上)と同等の耐熱性があり、靴用

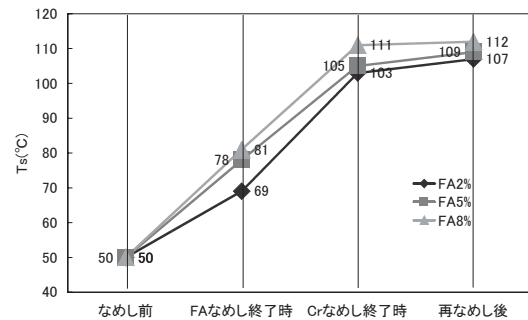


図1 FA使用量のTsに対する影響

革として使用可能であると考えられる。

クロム溶出量と遊離FA量を表1に示す。試験革のクロム溶出量は18~25 mg/kgで対照革の28~42mg/kgよりも小さく、クロム鞣剤使用量を少なくすることはクロム溶出量の削減に効果があった。遊離FAはFA2, 5, 8%時にそれぞれ21, 49, 62 mg/kgとなり、「有害物質を含有する家庭用品の規制に関する法律」に規定する繊維製品の法規制値の成人用75mg/kg以下であった。

表1 クロム溶出量と遊離FA量

FA使用量 (%)	Cr使用量 (%)	Cr溶出 (mg/kg)	遊離FA (mg/kg)	Ts (℃)
2	3	18	21	107
5	3	23	49	109
8	3	25	62	112

4 結 論

クロム鞣剤とFAを併用したコンビネーション鞣しによるエコレザーの開発について検討した結果、通常のクロム革に近い耐熱性を持つエコレザーが開発できた。今後、クロム溶出量と遊離FAをより削減できる鞣し技術の開発を行う予定である

(文責 磯野禎三)

(校閲 安藤博美)

65 鞣し工程におけるクリーン技術開発(2)

杉本 太, 西森昭人, 奥村城次郎

1 目 的

鞣し後の未固着のクロムを分離回収するための効率的な処理を図ることを目的に、泡沫を利用した方法を提案し、その際の泡沫剤の検討を行った。泡沫剤には環境負荷への影響も考慮して、カゼインやゼラチンを用い、タンパク質の界面活性機能を利用したクロムの分離効果を調べた。

2 実 験

泡沫処理装置を図1に示す。

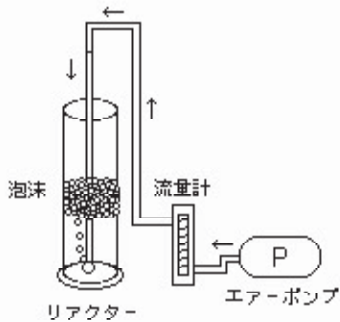


図1 泡沫分離装置

3 結果と考察

3.1 クロムの除去率、泡沫率に及ぼす泡沫剤の影響

泡沫剤にはカゼインまたはゼラチンを用い、100mg/Lクロム(Ⅲ)溶液200mLのpHを9に調節後、4g/L泡沫剤を0～5mL加え、クロム除去率を調べた。その結果、カゼインを用いた場合、3mL以上の添加でクロムは約90%除去されたが、ゼラチンを用いた場合、5mLの添加においても除去率は約20%であった。

クロムの除去率を更に向上させるため、水溶性の有機溶媒を泡沫処理時に添加することを考えた。エタノールなどの水溶性の溶剤が介在すると、その気泡同士の合いが妨げられ、気泡が小さいままで噴射管を離れるため小気泡が発生する。そこで、泡沫処理時にエタノールを併用し、より微細なクロム懸濁物を捕集する方法を試みた。その結果カゼインの場合、エタノールを1mL加えると4g/Lカゼイン溶液0.3mLの添加でほぼ100%のクロムが除去され、ゼラチンの場合も同様にエタノールを1mL加えると、4g/Lゼラチン溶液2mLの添加で95%程度のクロム除去率が得られた。共にクロムの除去率は改善されたが、液が泡

沫化される割合(泡沫率)はゼラチンの場合に比べてカゼインの方が小さく、泡沫剤としてはカゼインの方が優れていた。

3.2 クロム除去率に及ぼす塩化ナトリウム添加量の影響

鞣し直前のピクル処理時に多量の塩化ナトリウムを使用するため、実際の鞣し液には多量の塩が含まれている。そこで、クロムの泡沫除去に及ぼす塩化ナトリウムの影響について検討した。

泡沫剤にはカゼインを用い、クロム(Ⅲ)100mg/L溶液のpHを9に調節後、塩化ナトリウム0～100g/Lを加え、4g/Lカゼイン溶液を1mL添加して処理し、泡沫処理時にエタノールを1mL加えて、その際のクロムの除去率を調べた。その結果、クロムは塩化ナトリウムの添加量に関係なくほぼ完全に捕集され、また、塩化ナトリウムの添加量の増加とともに泡沫率も増加する傾向を示した。

クロム(Ⅲ)を含む検水に、塩化ナトリウムを10g/L一定で4g/Lカゼインを0～5mL加えて処理し、同様に泡沫処理時にエタノールを1mL加えて、塩化ナトリウムの共存下でのクロムの除去率について検討した。その結果、4g/Lカゼイン溶液0.2mLの添加でほぼ100%のクロムが除去され、この除去率は塩化ナトリウム無添加の場合に比べカゼインの添加量は少量で同程度のクロムの除去効果が得られた。泡沫量は塩化ナトリウムを無添加の場合に比べ、その生成量は増加する傾向を示した。カゼインに対して塩化ナトリウムは、塩析効果によるクロムの沈殿生成の促進と、液を泡沫化させやすい性質を示すことがわかった。

4 結 論

クロムの泡沫分離処理について検討し、次の知見を得た。泡沫剤としてカゼインを用いることにより、クロム(Ⅲ)の泡沫分離は可能であった。エタノールを泡沫処理時に添加すると、クロムの泡沫率は向上した。また、泡沫率はゼラチンに比べカゼインは小さく、クロム除去率はカゼインの方が大きかった。これらの結果をもとに、次年度は泡沫剤にカゼインを用いた場合のpHの影響、実鞣し排液の泡沫処理効果などを検討する予定である。

(文責 杉本 太)

(校閲 安藤博美)

66 乾燥状態における皮革の耐熱性の評価方法の開発

西森昭人, 安藤博美, 奥村城次郎

1 目 的

皮革の耐熱性評価は主にJIS K6550の「液中熱収縮温度」により行われている。この方法はクロム革に適した方法であるが、最近必要性が高まっている「人と環境に優しいエコレザー」では液中熱収縮温度が低く、良い評価は得られない。その一方、乾燥雰囲気中では、クロム革とクロム鞣剤の使用量の少ないエコレザーに耐熱性の差は見られないとの意見もある。そこで、エコレザーの耐熱性評価に適した方法を見いだすため、各種方法で革の耐熱性を観察した。

2 実験方法

2.1 試料

クロム鞣剤3%とホルムアルデヒド2%を用いてコンビネーション鞣しを行った革(以下革C)と、その参照用にクロム鞣剤8%を用いて通常の方法で鞣した革(以下革R)を20℃・65%RHで48時間以上調整した後に測定した。

2.2 測定

2.2.1 液中熱収縮温度

JIS K6550に従って前処理として48時間以上水中に漬けたものと、前処理なしのものの液中熱収縮温度を皮革収縮温度測定機(安田精機製作所製)を使用して測定した。

2.2.2 熱分析

脱気し、水分を十分に含ませた革を用いて、示差走査熱量計(DSC、理学電機製)で簡易密閉式セルを使用し、加熱速度5℃/minで25から130℃まで測定した。

2.2.3 加熱水蒸気処理

スチームセッターを使用して、試験片を10分間処理した後に取り出し、革の変形を観測した。

2.2.4 高温乾燥処理

高温処理用の恒温装置に試験片を入れて、10分後に取り出したときの変形を観測した。

3 結果と考察

3.1 液中熱収縮温度

今回用いた革は表面仕上げ塗装を施していなかったもので測定昇温中に水分が浸透し、前処理の有無による影響は見られなかった。収縮開始温度は、前処理した場合で革Cが100℃、革Rが114℃であった。前処理なしの場合

では、革Cが99℃、革Rが113℃であった。

3.2 熱分析

DSCのチャートから吸熱開始温度を読み取った。いずれの場合も液中熱収縮温度に対応する温度から吸熱が始まり、革Cの場合は98℃から2段階の吸熱、革Rの場合は112℃から2段階の吸熱を観測した。

3.3 加熱水蒸気処理

処理後の試験片の変化の様子を図1に示す。

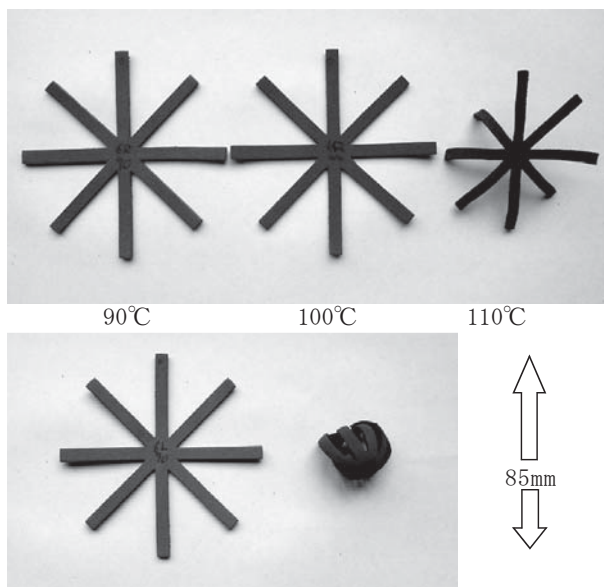


図1 加熱水蒸気処理温度と試験片の変形の様子
上段：革R，下段：革C

なお、図中の温度はその上下の革の処理温度を表す。

3.4 高温乾燥処理

150℃までは2種類の革の外観に差は見られず、150℃まで両者の耐熱性に差はないものと考えられる。

4 結 論

水分が十分に存在すると、液中熱収縮温度・熱分析・加熱水蒸気処理ともに耐熱温度は、革Cで約100℃、革Rでは約110℃であった。一方、乾燥雰囲気中では150℃でも差はなかった。今後は、湿潤した革や表面に水を吹き付けた革などを用いて耐熱性を評価する必要がある。

(文責 西森昭人)

(校閲 安藤博美)

所在地

(技術企画部、技術支援部、材料技術部、ものづくり開発部)

〒 654-0037 神戸市須磨区行平町 3 丁目 1-12

Tel. (078) 731-4033 FAX (078) 735-7845

(機械金属工業技術支援センター)

〒 673-0405 三木市平田字フケ 240-1

Tel. (0794) 82-0026 FAX (0794) 83-6230

(繊維工業技術支援センター)

〒 677-0054 西脇市野村町上ノ段 1790-496

Tel. (0795) 22-2041 FAX (0795) 22-3671

(皮革工業技術支援センター)

〒 670-0811 姫路市野里東河原 3

Tel. (0792) 82-2290 FAX (0792) 22-9043

兵庫県立工業技術センター研究報告 第 14 号

(平成 17 年版)

平成 17 年 9 月 1 日 発行

発行所 兵庫県立工業技術センター

〒 654-0037 神戸市須磨区行平町 3 丁目 1-12
