

平成20年度

# 高知県工業技術センター研究報告

REPORTS OF  
KOCHI PREFECTURAL INDUSTRIAL TECHNOLOGY CENTER

No. 40 (2009)

平成21年10月

高知県工業技術センター

# 目 次

## 食品開発課

芋焼酎の製造技術に関する研究 .....	1
宗田節を利用した新商品開発及び廃棄煮汁の有効利用 .....	7
ナス果皮アントシアニンのLC-MS分析 .....	11

## 生産技術課

消失模型鑄造法の生産ラインで使用した鑄物砂の特性評価 .....	17
乳牛の行動管理システムの開発（第3報） .....	23
姿勢判定システムの開発及び運用	
非線形オートチューニングコントローラを用いた油圧リフタの同調制御 .....	27

## 資源環境課

海洋深層水中のホウ素除去技術の確立 .....	29
環境共生型廃水処理システムの開発（第1報） .....	33
天然繊維をベースとした六価クロム捕集材の開発	
金属化合物抗菌素材を含まない抗菌性高分子素材の開発 .....	37
高知県産竹材を用いた自動車内装材等工業部材の開発（第1報） .....	43
自動車内装材用3次元転写UVハードコートシステムの開発（第1報） .....	49
焼却灰の無害化・有用物製造・一体化システムの開発（第3報） .....	59
焼却灰ゼオライトの用途開発	



# 食 品 開 発 課

# 芋焼酎の製造技術に関する研究

上東治彦 加藤麗奈 十川紘一\*

*Study on Processing technology of IMO-shochu*

*Haruhiko UEHIGASHI Reina KATOH Kouichi SOGAWA\**

県産芋焼酎の品質向上と新製品開発のため、各種の仕込み試験を行った。焼酎用或いは清酒用高香気性酵母により香味特徴ある焼酎が得られた。麴使用量は標準より2割減らした試験区の評価が高かった。米粉を副原料とした芋焼酎の試作では芋の約2割を米粉に置き換えた試験区で高い評価が得られた。芋麴は吸水率を140%以下に抑えることにより安定な製麴が出来た。芋麴を用いた純芋焼酎では米麴に比べ、アルコール収量が悪くなるが、官能評価は良好であった。黄麴を使用する場合は補酸用のクエン酸を少なくする必要があった。

## 1. まえがき

宿毛市周辺はサツマイモの栽培が盛んで、シモンや、コガネセンガンが収穫されている。この芋を原料とし、試験的に県外の酒造メーカーに焼酎を製造委託し、販売したところ、非常に反響が大きく好評であった。そこで、平成19年には本格的に製造するために宿毛市に新会社を設立し、20年には焼酎の仕込みを開始した。

今後、西南地域唯一の芋焼酎として規模を拡大し、安定した品質のものを販売するためには、地域特性を生かした新製品開発や良質な焼酎の醸造方法の確立が必須となる。そこで、当センターでは新規な原料を用いた焼酎や、本県独自の芳香性の高い焼酎酵母を用いた特徴ある焼酎製品の開発、更に、高品質な焼酎製造のための醸造方法の確立について各種仕込み試験を実施し、技術支援を行った。

## 2. 実験方法

### 2. 1 使用酵母

焼酎用協会2号(S2株)他当センターで育種した各種高香気性酵母を用いた。

### 2. 2 芋焼酎仕込み方法

3kgの芋焼酎仕込み試験は以下のように行った。1次モロミは乾燥白麴(徳島精工製)510g、水870mlに150mlのYM培地で振盪培養により得られた酵母菌体または乾燥焼酎酵母(S2株)0.9g(37℃の水に10mlに溶解)を添加し、25℃、6日間発酵させた。

2次モロミは水1620ml、3kgの蒸し芋ペースト(芋を輪切りにし、60分蒸し、冷却後、マスコロイダーにて摩砕したもの)を加え、25℃、7~8日間発酵させた。発酵終了後、遠心分離(10,000rpm、20分)で得られた上澄みを蒸留前サンプル、減圧蒸留器で蒸留したものを蒸留後サンプルとした。

### 2. 3 各種の仕込み試験

#### 2. 3. 1 各種原料芋を用いた仕込み試験

各種の原料芋を用いた仕込み試験ではコガネセンガン、キントキ、シモン、ナガイモを使用した。

#### 2. 3. 2 各種高香気性酵母を用いた仕込み試験

各種酵母を用いた仕込み試験ではS2株を対照に、酢酸イソアミル高生産株であるAA41株、AAS32株<sup>1)</sup>、カプロン酸エチル高生産株であるAC15株、AC34株を使用した。

#### 2. 3. 3 麴使用量を変えた仕込み試験

麴使用量は標準量510gに対し、310g~710gの範囲で使用し、酵母添加量、仕込み水量は麴の比率に

\* 高知県環境研究センター

合わせて1次仕込み試験を行った。2次仕込みの配合は通常通りとした。

### 2. 3. 4 米粉を用いた芋焼酎仕込み試験

米粉を用いた仕込み試験では、原料となる芋の量を減らし、代わりに米粉を用いた芋焼酎の製造を試みた。

1次仕込みの仕込み配合は通常通り行い、2次仕込みの配合は、芋と米粉のデンプン含量が等しくなるようにした。米糠の液化は白糠と特白糠を等量混合し、55℃に加温した2倍量の水に米糠1/3量と液化酵素1/1000量（アミラーゼRBⅡ）を攪拌しつつ添加した。30分後、残りの白糠2/3を加えた後、乳酸でpH 5.5に調整、30分間で約100℃まで昇温し、30～50分保持して液化させた。

### 2. 3. 5 芋麴を用いた純芋焼酎仕込み試験

純芋焼酎仕込みのための芋麴は瀬戸口の方法に従い作製した。キントキ芋を用い、麴菌は焼酎用米麴（樋口松之助（米）焼酎用）を用いた。芋の皮をピーラーで剥き、5mm角のダイス状になるようカットし、60分間蒸した後、80℃で一晩乾燥させた。

乾燥サツマイモダイスを各700gずつ網袋に入れ8、12、25、45、55分間と時間を変えて浸漬後、脱水機にて3分間脱水した。各々の浸漬時間での吸水率は125%、130%、142%、157%、161%となった。これを60分間蒸した後、40℃近くになるまで放冷し、ビニール袋内にて麴菌孢子（焼酎用米麴より分離した孢子）200mg/700gを撒き、よく混ぜた後、恒温恒湿器にて最高温度42℃、出麴品温33℃、40数時間の製麴を行った。

純芋焼酎の仕込みは以下のように行った。麴の量は、乾燥芋510gに相当する芋麴量を仕込みに用いた。また、1次仕込みでは、酸度が同じになるようクエン酸を加えて調整した。さらに、原料に対して1/2,000量のセルラーゼを1次モロミで1/3量、2次モロミで

2/3量使用した。その他の条件は他の小仕込み試験と同様に行った。

### 2. 3. 6 黄麴による芋焼酎仕込み試験

1次仕込み時に清酒用黄麴510gと補酸のためのクエン酸をそれぞれ9.6g、6.4g、3.2g添加した仕込み試験を行った。対照は白麴とし、2次仕込みは通常通りの仕込みを行った。

### 2. 4 分析方法

製成酒のアルコールはアルコメイトまたは清酒メーター（京都電子製）により測定した。香気成分はヘッドスペースガスクロマト法により測定し、結果は全てアルコール20%希釈時の値で示した。官能評価は良を1、普通を2、不良を3として評価し、その平均値で示した。

## 3. 結果

### 3. 1 各種原料芋を用いた仕込み試験

各種原料芋を用いた仕込み試験の結果を表1に示す。炭酸ガス減量での発酵速度は長芋だけが他の3種類に比べて遅かった。

コガネセンガン、キントキではアルコール取得量、香気分量はほぼ同程度であった。官能的にはキントキがややイモの特徴が強く感じられたが、官能評点はほぼ同程度であった。

シモン、ナガイモはアルコール取得量が低く、コガネセンガンと比較してそれぞれ1割、2割程低下した。香気成分はシモンがやや低く、味は淡白であり、評点が0.5ポイント悪くなった。ナガイモは皮を剥がずに仕込みを行ったが、渋味が強く、個性的な味であり、評点は1ポイント悪くなった。

また、今回の蒸留は減圧蒸留で行ったが、ナガイモのモロミは粘性が強く、蒸留の速度も遅く、蒸留窯に焦げ付きが生じた。ナガイモの場合は蒸気を吹き込みながら蒸留する常圧蒸留を行う必要がある。

表1 各種原料芋を用いた仕込み試験

種類	液量 (ml)	アルコール (%)	純アル 取得量 (L/t)	アセト アルデヒド (ppm)	酢酸 エチル (ppm)	n-ブロパ ノール (ppm)	i-ブタノール (ppm)	酢酸 イソアミル (ppm)	i-アミル アルコール (ppm)	カプロン酸 エチル (ppm)	カプリル酸 エチル (ppm)	官能 評点
コガネセンガン	1965	30.8	173.1	30.7	70.8	92.3	198.9	9.51	517.6	0.48	2.64	1.63
キントキ	1860	31.6	168.1	33.0	56.8	88.5	191.3	8.54	522.5	0.44	2.57	1.53
シモン	2030	26.9	156.2	28.3	66.0	104.9	185.8	7.39	466.6	0.38	2.21	2.03
ナガイモ	1280	36.9	134.6	21.0	78.4	111.2	169.0	9.68	480.2	0.37	1.39	2.53

その後の試験で、ナガイモの皮を剥いだ仕込みを行い、常圧蒸留法で蒸留したナガイモ焼酎の試作を行ったが、やはり特有の香りが強く感じられた。ナガイモの場合は副原料の使用等も検討する必要がある。

### 3. 2 各種高香気性酵母を用いた仕込み試験

各種高香気性酵母を用いた仕込み試験を行い、その結果を表2に示す。

発酵速度はAAS32>S2>AA41、AC15、AC34の順に速く、清酒酵母（AA41、AC15、AC34）が若干発酵が遅れる傾向があったが、蒸留後のアルコール取得量は5株ともほぼ同等であった。

AAS32、AA41は酢酸イソアミル高生産株であるがそれぞれS2株の1.2倍、1.4倍の酢酸イソアミルを生成した。

AC15、AC34株はカプロン酸エチルの高い酵母であるが、カプロン酸エチルがそれぞれS2株の4倍、5.8倍となった。

今回、香りに特徴のある清酒酵母を使用し、酵母の香りと芋の香りが調和できるかが課題であったが、官能試験の結果、それぞれ特徴ある焼酎をつくる事ができた。試験した株の中には焼酎酵母と同等以上の評価が得られた株もあり、こういった株は原料特性に乏しい芋を使用する際に有効と考えられる。

### 3. 3 麴使用量を変えた仕込み試験

麴使用量を変えた仕込み試験を行い、その結果を表3に示す。

麴使用量を増やすことによって、アルコール取得量は増加したが、これは米麴のデンプン価が高いためである。高級アルコールではn-プロパノールが増加、逆にi-アミルアルコールは減少した。エステル成分はカプロン酸エチルが若干増加したが、酢酸イソアミルにはあまり差がなかった。

官能評価では麴410gのほうが、標準使用量である麴510gよりも良好であり、「マイルド、風味良好、バランスが良い、甘味」等の評価が得られた。麴610g以上では「あっさりしすぎる、エステル感が強い」といった評価となり、評点は悪くなった。

このように標準の麴使用量より若干少ない麴使用量でより評価の高い製品が得られることがわかった。

### 3. 4 米粉を用いた芋焼酎仕込み試験

芋の量を減らし、代わりに米粉を用いて、芋特有の香りを抑えたマイルドタイプの芋焼酎を試作した。その結果を表4に示す。

芋の割合が増えるにつれて、日本酒度の切れが悪くなり、アルコールも低く、発酵があまり進まなかった。デンプン含量をそろえていたのにも関わらずこのような結果になったのは、液化米粉を用いた方が、

表2 各種高香気性酵母を用いた仕込み試験

酵母種類	液量(ml)	アルコール (%)	純アルコール取得量 (L/t)	アセトアルデヒド* (ppm)	酢酸エチル (ppm)	i-ブタノール (ppm)	酢酸イソアミル (ppm)	i-アミルアルコール (ppm)	カプロン酸エチル (ppm)	カプリル酸エチル (ppm)	官能評点
S2	2030	29.6	179.7	25.8	52.4	133.5	7.86	385.9	0.42	1.53	1.80
AA41	2000	30.3	181.2	32.6	66.9	109.2	9.34	301.5	0.56	2.01	2.40
AAS32	2030	29.5	179.1	32.4	50.7	151.9	10.65	372.5	0.36	1.35	1.93
AC15	2000	30.3	181.2	43.5	65.7	83.8	7.77	271.4	1.68	3.02	1.73
AC34	2000	29.3	175.2	71.3	67.5	88.4	7.74	294.1	2.43	4.61	2.00

表3 麴使用量を変えた仕込み試験

麴使用量	液量 (ml)	アルコール (%)	純アルコール取得量 (L/t)	アセトアルデヒド* (ppm)	酢酸エチル (ppm)	n-プロパノール(ppm)	i-ブタノール(ppm)	酢酸イソアミル (ppm)	i-アミルアルコール (ppm)	カプロン酸エチル (ppm)	カプリル酸エチル (ppm)	官能評点
麴310g	2040	26.5	154.0	28.6	47.8	78.7	223.4	8.03	607.7	0.30	1.18	1.84
麴410g	2124	27.7	167.6	27.2	61.9	93.1	195.9	8.90	538.7	0.34	1.30	1.56
麴510g	2117	29.6	178.5	32.9	72.7	97.8	173.5	9.03	473.7	0.36	1.24	1.66
麴610g	2097	31.5	188.2	28.0	70.9	107.9	165.2	8.78	451.4	0.38	1.17	1.88
麴710g	2110	33.3	200.2	21.3	68.7	110.9	152.5	8.36	415.8	0.40	1.17	2.38

芋よりも発酵が良く進んだためと考えられる。

官能試験の結果は、芋の約20%を米粉に置き換えた芋2.5kgの区分が格段に評価が高く、「香りが良い、甘い、バランスが良い」というコメントが得られた。

しかし、芋の約35%以上を米粉に置き換えたものは標準の芋3.0kgと比較して、かえって悪い評価となっ

た。これは米粉が多くなるに従ってエステル感が強くなり、バランスが悪くなったことが原因と考えられる。

こういった米粉を副原料として用いた仕込みにより、芋焼酎特有の香りが苦手な消費者にも、より飲みやすい商品を提供できるものと考えられる。

表4 米粉を用いた芋焼酎仕込み試験

芋使用量	液量(ml)	アルコール (%)	純アルコール収得量 (L/t)	アセトアルデヒド (ppm)	酢酸エチル (ppm)	n-プロパノール (ppm)	イブタノール (ppm)	酢酸イソアミル (ppm)	イアミルアルコール (ppm)	カプロン酸エチル (ppm)	カプリル酸エチル (ppm)	官能評点
1kg	2048	34.8	2030	16.2	78.6	134.8	153.8	12.42	418.5	0.90	1.51	1.93
1.5kg	2026	34.2	1974	19.2	80.4	134.8	154.1	10.29	396.7	0.73	1.50	1.71
2kg	2059	32.8	1924	25.1	78.9	126.0	166.0	10.95	427.2	0.58	1.54	1.79
2.5kg	2055	31.8	1862	21.0	81.6	122.3	177.4	10.60	458.2	0.48	1.51	1.07
3kg	2054	30.8	1802	22.7	79.9	106.3	185.2	10.93	504.5	0.45	1.64	1.50

### 3.5 芋麴を用いた純芋焼酎仕込み試験

通常の芋焼酎では米麴を用いて発酵を行うが、近年、芋焼酎の商品の多様化を図るため、麴も芋で作製した芋麴を用いて純芋焼酎が製品化されるようになってきた。そこで、芋麴とそれを用いた純芋焼酎の試作を行った。

芋麴の作製は、通常の蒸芋では水分が多すぎて麴にはできない。そこで、芋をいったん蒸したのち、熱風で乾燥し、再度、短時間の限定吸水をさせて水分量を低くした蒸芋を調整し、これを用いて製麴を行った。

製麴試験の結果を表5及び図1に示す。浸漬時間が45分以上、吸水率が150%以上の区分では製麴中粘りや納豆臭が発生して雑菌に汚染され、麴菌が繁殖できなかった。

吸水率低く抑えた試験区では順調に麴菌が繁殖したが、中でも吸水率130%区で最も酸生成量、糖化力が高くなり、図1に見られるように麴菌のハゼ回りも多く観察された。

また、この区分では米麴に比べ、酸度は80%程度、

$\alpha$ アミラーゼは35%程度と低くなったが、逆に糖化力は40%程度高くなった。

これらの芋麴を用いて純芋焼酎の仕込み試験を行った結果を表6に示す。米麴を用いた通常仕込みを対照とした。芋麴は米麴と同量となるように、乾物量510g相当を使用し、酸もすべての仕込みが同量となるようクエン酸を用いて調整した。

芋麴を用いた仕込みでは対照と比べ、炭酸ガスの減少量での発酵速度が遅く、最終の炭酸ガス減量は対照より30%程度低くなった。また、芋麴では蒸留前の日本酒度の切れがやや悪く、蒸留後でもアルコール収得量が対照より20L/ton程度少なく、酢酸イソアミルも3ppm程低く、逆にイソアミルアルコールが200ppm程高くなった。

官能評価では芋麴の吸水率142%区が最も評価が高く、評点1.5と対照の1.9より0.4ポイント上回った。コメントでは「甘く飲みやすい」「きれい」等の評価が得られた。その他の125%、130%の区分でも「芋の特徴あり、濃い」等のコメントがあり、対照よりも評点が良好であった。

表5 芋麴製麴試験

浸漬時間	浸漬時吸水率(%)	出麴時吸水率 (%)	酸度 (ml)	$\alpha$ -アミラーゼ	$\alpha$ -グルコシダーゼ	糖化力
8分	125	139.6	3.93	0.036	0.116	1.28
12分	130	150.8	4.83	0.032	0.137	1.36
25分	142	160.9	3.45	0.047	0.118	0.81
米麴	—	—	5.90	0.092	0.334	0.95





吸水率125%

吸水率130%

吸水率142%

図1 芋麴の製造（吸水率の違いによる麴菌量）

表6 純芋焼酎仕込み試験

麴吸水率	純アルコール 量 (L/t)	アセト アルデヒド (ppm)	酢酸 エチル (ppm)	酢酸 イソamil (ppm)	イソamil アルコール (ppm)	カプロン酸 エチル (ppm)	官能評点	コメント
芋麴 125%	150.0	38.2	82.1	5.14	632.6	0.33	1.65	匂いがきつい、芋の特徴あり、濃い
芋麴 130%	160.4	40.5	75.0	5.28	616.7	0.32	1.75	少しモ臭い、芋の特徴あり、濃い
芋麴 142%	153.7	41.8	71.0	5.12	608.4	0.31	1.50	甘く飲みやすい、きれい、やわらかい
米麴	174.3	40.2	57.1	8.05	443.3	0.37	1.90	フルーティな香り、うすい、香りない

芋による製麴は相当手間がかかるが、商品価値の高い良好な製品造りが期待できる。

### 3.6 黄麴による芋焼酎仕込み試験

香味の多様化を図るため、清酒醸造に用いられる黄麴と通常の白麴を用いた芋焼酎の比較試験を行った。クエン酸を多く出す白麴に対して、黄麴は生酸量が少なく、雑菌に汚染される可能性がある。そこで、クエン酸を添加し、その量についても検討した。

仕込み試験の結果を表7に示す。黄麴では、白麴に比べ、発酵が鈍く、最終炭酸ガス減量で200g程度の差が生じた。また、黄麴でクエン酸を入れた量が多いほど日本酒度の切れが悪く、アルコール取得量が低くなった。

クエン酸量9.6g、6.4g添加区は蒸留の際、モロミが蒸留窯の底に焦げ付いてしまい、蒸留に長時間

を要した。これは黄麴の酵素の耐酸性が弱く、クエン酸によってアミラーゼが失活し、発酵中の芋の溶けが悪くなったためと考えられる。

官能試験の結果では、黄麴の中ではクエン酸9.6gを加えたものが評価は良かったが、白麴よりは悪くなった。発酵の遅さが影響したと考えられる。

### 4. まとめ

県産芋焼酎の品質向上と新製品開発のため、使用酵母や仕込み配合を変えた各種の仕込み試験を行った。

- ① 焼酎用或いは清酒用高香気性酵母により、カプロン酸エチル等が高く、香味に特徴ある焼酎が得られた。
- ② 麴使用量は標準より2割減らした試験区が「マイルド、風味良好」等の評価が高かった。

表7 黄麴と白麴を用いた仕込み試験

麴区分 (クエン酸添加量)	純アルコール 取得量 (L/t)	アセトアルデヒド (ppm)	酢酸 エチル (ppm)	n-プロパノール (ppm)	イソamil (ppm)	酢酸 イソamil (ppm)	イソamil アルコール (ppm)	カプロン酸 エチル (ppm)	カプリル酸 エチル (ppm)	官能評点
黄麴(クエン酸 9.63g)	126.8	17.2	45.8	87.1	307.3	6.74	674.4	0.55	0.89	1.75
黄麴(クエン酸 6.42g)	109.9	31.7	42.3	85.0	321.0	7.15	714.2	0.44	0.84	2.70
黄麴(クエン酸 3.21g)	156.5	28.7	63.0	38.5	297.3	9.56	644.8	0.59	1.29	1.95
白麴	181.2	23.2	57.9	89.9	158.2	7.89	450.1	0.38	1.52	1.65

- ③ 米粉を副原料とした芋焼酎の試作では芋の約2割を米粉に置き換えた試験区が「香りが良い、甘い、バランスが良い」等の高い評価が得られた。
- ④ 芋麴は蒸芋を熱風乾燥後、限定吸水し、製麴を行った。吸水率を140%以下に抑えることにより安定な製麴が出来た。
- ⑤ 芋麴を用いた純芋焼酎では米麴に比べ、アルコール収量が悪くなるが、官能評価は「甘く

飲みやすい、やわらかい」と良好であった。

- ⑥ 黄麴を使用する場合は補酸用のクエン酸を白麴並にするとアルコール収量が低下するため、少なくする必要があった。

#### 参考文献

- 1) 上東治彦、加藤麗奈、富重瑠伊：高知県工業技術センター研究報告、No.39、(2008) 1－6

# 宗田節を利用した新商品開発及び廃棄煮汁の有効利用

北村有里 阿部祐子 西村徳子\*<sup>1</sup> 野村 明\*<sup>2</sup>

## *Development of New Type Products used “Souda Bushi” and Utilization of Waste Broth*

*Yuri KITAMURA Yuko ABE Noriko NISHIMURA\*<sup>1</sup> Akira NOMURA\*<sup>2</sup>*

高知県土佐清水市で製造が盛んな宗田節を使った新商品開発を行った。また、加工時に排出されるソウダガツオの煮汁を有効利用するため、濃縮試験を行い、有用成分を調べた。その結果、煮汁を20倍以上に濃縮すると魚油と遊離アミノ酸を多く含む水層との分離が困難になることが分かった。3倍濃縮では油層と水層とに分離でき、油層にはDHA、EPAなどの不飽和脂肪酸が多く含まれ、水層には遊離アミノ酸が分解されることなく濃縮されることが分かった。

### 1. はじめに

宗田節は土佐清水市の基幹産業であり、漁獲から加工にかかわる住民の数は700人以上、製品出荷額は30億円以上である。最近、輸入節類の増加や食生活の変化によって需要は減少し、最盛期の2/3程度まで業者数は減少している。節産業を活性化するため、市役所や鰹節組合と協力し、みやげや学校給食へ普及していくため、節を使っためんつゆ、茶節、ふりかけ等の新製品を開発することを目的とした。

また、年間約8,000 tに及ぶ煮熟工程後の煮汁は、廃棄されるため海洋汚染等の原因になりうる。対策を講じなければ企業の廃業にも繋がる喫緊の課題である。煮汁はペットフードや養殖魚用飼料への利用は有望であるものの、腐敗しやすく、利用しづらい。そこで、濃縮装置を開発して成分の濃縮を行い、煮汁をリサイクルするための有用成分分析を行うこととした。

### 2. 実験方法

#### 2. 1 宗田節を使った新商品の開発

宗田節を使ってラーメンスープ、茶節、ふりかけを試作した。

これらの試作品については、土佐清水市の節加工

組合が中心となって市役所、商工会議所、漁業指導所とともにイベント等を通じたPR活動に積極的に取り組んだ。この様子は別報<sup>1)</sup>に掲載した。

#### 2. 2 宗田節煮汁の濃縮倍率の検討

##### 2. 2. 1 宗田節煮汁の濃縮

宗田節の原料であるマルソウダの加工をしているA社の煮熟釜で、約1時間煮熟後の煮汁を原料とした。さらに、県内機械メーカーと工業技術センターが共同開発した濃縮装置<sup>2)</sup>を用いて二段階に濃縮し、それぞれ濃縮液1、2を得た。この濃縮装置は、マイクロ波加熱により減圧下で比較的低温にて濃縮が行えるものである。

##### 2. 2. 2 原液および濃縮液の栄養成分測定

<一般成分>

Brix：ATAGO製PR101にて測定

水分活性：水分活性測定器rotronic-HygrokopDTにて測定

粗脂肪：ソックスレーテル抽出

過酸化値 (POV)：クロロホルム-メタノールで油分を抽出後、チオ硫酸ナトリウムで滴定

<遊離アミノ酸>

日本電子製アミノ酸分析装置JLC300にて測定

<イノシン酸>

高速液体クロマトグラフにて測定

\* 1 現 高知県水産振興部

\* 2 現 土佐食(株)

### 2. 3 濃縮実機を用いた煮汁濃縮

2. 2をうけて最大100リットルの煮汁が濃縮できる実機をA社に設置して煮汁の濃縮試験を行い、煮汁の成分分析をした。測定成分は2. 2. 2の他以下に示したものである。

<一般成分>

水分：105℃常圧乾燥法

粗たんぱく質：ケルダール分解法

粗灰分：550℃電気炉灰化法

酸価：水酸化カリウムにて滴定

<ミネラル成分>

ナトリウム：原子吸光法

カリウム：原子吸光法

カルシウム：原子吸光法

マグネシウム：原子吸光法

リン酸：高速液体クロマトグラフにて測定

<脂肪酸組成>

日本ビュッヒ製脂肪分析システムB-820にて測定

### 3. 結果および考察

#### 3. 1 宗田節煮汁の濃縮倍率の検討

煮汁の特性を把握し、濃縮することによる物性や成分変化の有無を調べた。

表1 各煮汁の主な成分

	原液	濃縮液1 上層	濃縮液1 下層	濃縮液2
<b>Brix(%)</b>	2.9	27.1	24.9	54.5
<b>水分活性 Aw</b>	0.979	0.966	0.968	0.885
<b>粗脂肪(%)</b>	0.4	17.6	0.0	10.8
<b>POV(meq/kg)</b>	88.2	50.3	-	54.8

その結果、表1に示すように煮汁原液からBrixが約10倍に濃縮された濃縮液1と約19倍に濃縮された濃縮液2を得た。濃縮液1は、写真1に示すとおり上層と下層の2層に分かれた。



写真1 濃縮煮汁が分離した様子(上：油層、下：水層)

濃縮液2は、粘度の高い液体で2層には分かれなかった。各液の主な成分を図1～4に示す。

濃縮液1は、上層下層とも水分活性が96以上であり、常温での長期保存は厳しいが、油層である上層が分離でき、その脂肪含量は17.6%で魚油の供給源として利用が可能である。

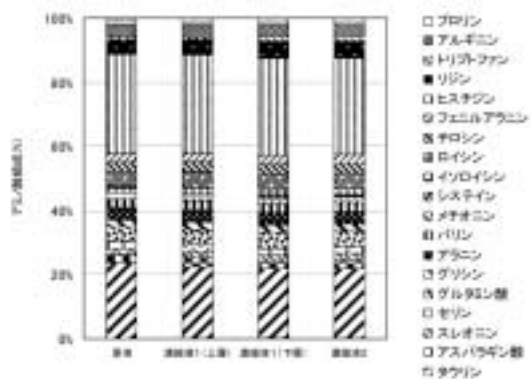


図1 各煮汁の主なアミノ酸組成

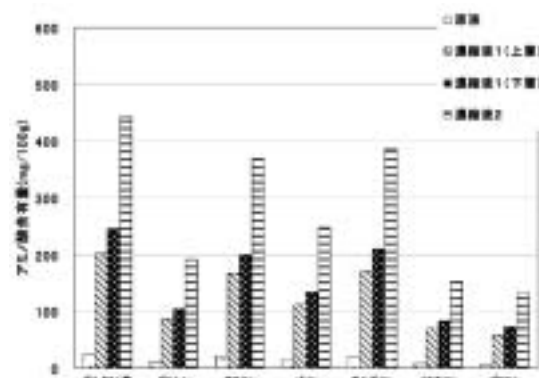


図2 各煮汁の主な呈味アミノ酸含有量

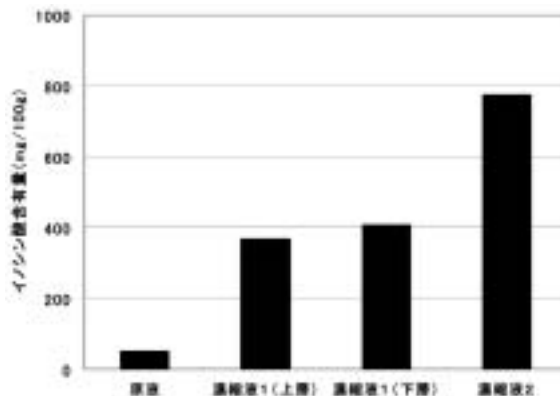


図3 各煮汁のイノシン酸含有量

濃縮液2は水分活性88.5で常温での保存はできるが、油層も一緒に濃縮された。各煮汁油分のPOVは原液88.2、濃縮液1(上層)50.3、濃縮液2 54.8で濃縮による油の劣化はなかった。遊離アミノ酸組成は、各煮汁でほとんど違いはなく、呈味アミノ酸お

よびイノシン酸含有量とも濃縮度に応じて増加しており、濃縮による分解劣化はないと思われた。脂肪酸組成では、濃縮液2でEPAやDHAといった高度不飽和脂肪酸の割合が若干増加しており、その理由は分からなかった。煮汁には、猫に必須の栄養素であるタウリン、アルギニン、メチオニンといったアミノ酸が含まれており、濃縮することで猫用サプリメント等への用途も考えられた。

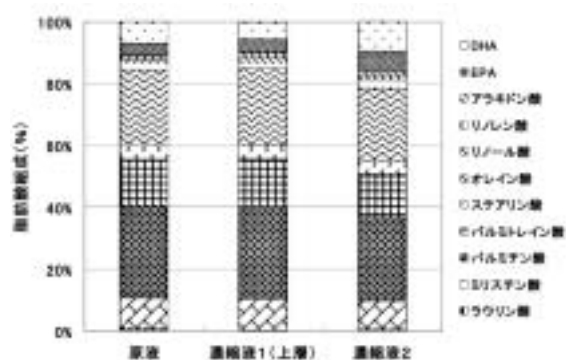


図4 各煮汁の脂肪酸組成

### 3. 2 濃縮実機を用いた煮汁濃縮

3. 1の結果を受けて10倍濃縮が現実的であり、煮汁品質の劣化もないことから濃縮実機的设计に当たって検討された結果、タンクの容量100リットルの濃縮実機がA社に設置されたが、A社の業務上煮汁が排出される夕方、煮汁を投入し、濃縮を始めて、翌日の業務が始まる朝まで運転すると3倍濃縮が限界であった。

この濃縮実機で得られた濃縮液上層（油層）と下層（水層）の一般成分を表2に示す。

表2 濃縮実機で濃縮された煮汁濃縮液の一般成分

	原液	濃縮上層(油層)	濃縮下層(水層)
Brix(%)	1.4	—	4.4
水分	98.9	45.2	96.3
粗脂肪(%)	0.2	49.1	0.4
粗タンパク質(%)	0.9	0.8	2.7
粗灰分(%)	0.2	0.2	0.7

油層は、粗脂肪が約50%含有していた。水層は、Brixベースで原液の約3倍濃縮されており、その他の一般成分も約3倍濃縮されていた。油層は、さらに10,000rpmで30分間遠心分離後、清澄な魚油を得た。

魚油の過酸化値 (POV) は13.1meq/kg、酸価 (AV) は2.2mg/gであった。魚油の脂肪酸含有量を図5に示す。DHAとEPAの含有量はそれぞれ7.6、4.2mg/100gでこれは脂肪酸組成で12.6、6.9%に当たる。

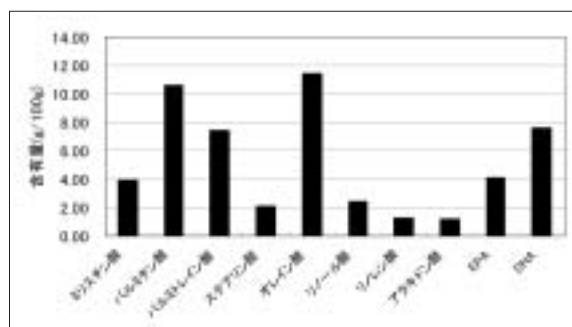


図5 油層から得られた魚油の脂肪酸含有量

水層のミネラル、イノシン酸含有量を表3に示す。

ミネラル、イノシン酸も約3倍に濃縮されていたが、ナトリウムおよびカリウムは濃縮度合いが高くなっていった。この理由は不明である。遊離アミノ酸含有量の結果を図6に示した。各遊離アミノ酸も約3倍に濃縮されており、濃縮による含有量の減少等は認められなかった。

表3 煮汁原液及び水層のミネラル成分とイノシン酸量

mg/100g	原液	濃縮下層(水層)
ナトリウム	36	232
カリウム	41	269
カルシウム	2.2	6.3
マグネシウム	3.7	12.1
イノシン酸	48.2	126.0

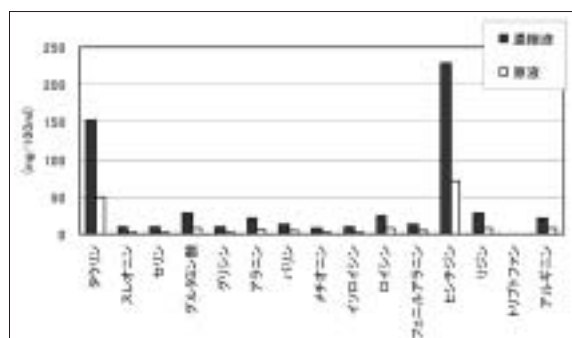


図6 煮汁原液及び水層の遊離アミノ酸含有量

以上の結果、煮汁の濃縮による各成分の劣化や含有量の減少はなく、10倍以上濃縮し、水分活性を下

げた方が理想的だが、濃縮にかかる時間や経費等を考え合わせると3倍濃縮が現実的であることが分かった。

### 3. 3 濃縮煮汁を使ったペットフードの試作

マルソウダ煮汁には猫の必須アミノ酸が豊富に含まれている<sup>3)</sup>。濃縮煮汁と寒天で猫用ペットフード(写真2)を試作したセンター職員の飼い猫をパネルにしたところ概ね好評であった。



### 参考文献

- 1) 野村明：高知県工業技術センター2006研究開発&企業支援成果報告書No 2、(2007) 15~16
- 2) 村井正徳他：高知県工業技術センター研究報告、No. 39、(2008) 19~22
- 3) 阿部又信：小動物栄養学、ファームプレス、(2005) 35



写真2 猫用ペットフード試作品

# ナス果皮アントシアニンのLC-MS分析

森山洋憲

## *Analysis of anthocyanin in the skin of eggplant by using LC-MS*

*Hironori MORIYAMA*

高知県産のナス果実外果皮を抽出し、アンバーライトXAD-7HPを用いて粗色素を調製した。粗色素をHPLC分析したところ、クロマトグラム上に最大吸光度を示すピークが検出された。このピークをLC-MSで解析したところ、 $m/z$  919の分子イオンピークが検出され、ナスニンの分子量と一致した。この分子イオンピークをMS/MS解析したところ、 $m/z$  757、465、303のフラグメントが確認された。これらはナスニンから糖及び有機酸が脱離した物質の分子量と等しかった。ピーク1はナスニンであると判断するとともに、ナスアントシアニン分析条件を設定できた。この条件を用いて1%クエン酸によるナス果皮抽出液を分析したところ、ナスニンを検出することができた。

### 1. 目的

高知県では、冬期の温暖な気候を利用して施設園芸が盛んである。ナス (*Solanum melongena* L.) は基幹作物のひとつであり、10月～6月にハウス促成栽培により、主に県東部の安芸市を中心とした地域で生産されている。平成19年産ナスの出荷量39,100トンは全国1位であり、シェア約14%を占めている<sup>1)</sup>。しかしながらナスは高知県の重要な作物のひとつであるにも関わらず、食品加工への活用例が少ないことが課題となっており、専ら漬け物の原料として利用されてきた。

一方、ナス果皮に多く含まれているナスニン (delphinidin 3-p-Coumaroylrhamnosylglucoside-5-glucoside: 図1) は高い活性酸素消去能を示し、アントシアニン類の中でも特に強い活性を有することが明らかになっている<sup>2)</sup>。また他の生体調節機能<sup>3-6)</sup>も有することが知られており、付加価値の高い食品開発への応用が期待される。

本研究では、ナス中の機能性成分を利用した新規食品開発の基礎的な知見を得ることを目的として、ナス果実外果皮から粗色素を調製し、ナスニンの分析を試みた。続いて同様の分析方法を用いることにより、ナス果皮から簡便な抽出方法で得られたエキス中のナスニン分析を行った。

### 2. 実験

#### 2.1 試料

ナスからの粗色素の調製についてはIgarashiらの方法<sup>3)</sup>を参考にして次のように行った。県産ナスの果実外果皮を3%TFA溶液に浸漬し、5℃条件下で抽出した。この抽出液をろ紙ろ過後、アンバーライトXAD-7HP (オルガノ (株) 製) に通して色素を吸着させた。水と30%メタノールで洗浄後、メタノールで吸着画分を溶出させた。色素画分を減圧濃縮後、0.01%塩酸メタノールに溶解させ、過剰のジエチルエーテルを添加して沈殿物を得た。この沈殿物を減圧乾燥したものを粗色素試料とした。

ナス果皮抽出液の調製は次の手順で行った。ナス果皮を水に15分間浸漬した。続いてこのナス果皮に等量の1%クエン酸水溶液を加えて、5℃条件下で

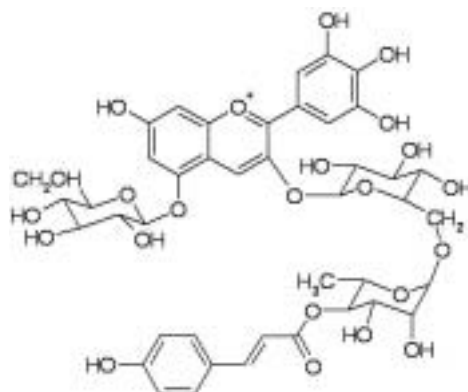


図1 ナスニン構造式

1晩放置した。クエン酸水溶液を回収後、再び同量のクエン酸溶液を添加し、1晩放置した。以上の操作で得られた2回分のクエン酸水溶液をあわせてろ紙ろ過を行い、ナス果皮抽出液とした。

## 2. 2 HPLCとLC-MS分析

ナス色素分析に用いたHPLC条件は、Matsuuraの方法<sup>7)</sup>に従って次のように実施した。カラムにCosmosil 5C<sub>18</sub>-MSII (250×4.6mm i.d.、ナカライ製)を使用し、溶離液として溶媒A; MilliQ水:ギ酸=9:1 (v/v)、溶媒B; MilliQ水:アセトニトリル:ギ酸=6:3:1 (v/v)、流速0.8mL/min、検出波長を520nmとした。粗色素を0.1mg/mLに調製後、ポアサイズ0.45μmのフィルターに通過させた試料10μLをHPLCに注入した。ナス果皮抽出液についてはポアサイズ0.45μmのフィルターに通過させた試料10μLを直接注入した。また溶出条件は直線的なグラジエント条件A; 80-15% (0-70min) に設定した。検出器にUV-2070plus (日本分光(株)製)、ポンプにPU-1580 (日本分光(株)製)を使用した。

多波長検出を行う場合はフォトダイオードアレイ (PDA) 検出器2998 (ウォーターズ製) を備えたデル

タ600システム (ウォーターズ製) を使用し、250~700nmの波長範囲を検出した。

LC-MS分析についてもMatsuuraらの方法<sup>7-8)</sup>と同様に次の条件で行った。MS検出器としてFinnigan LCQ Duo (サーモフィッシャー製) を用いた。イオン化にエレクトロスプレーイオン化 (ESI) 源を利用し、ポジティブモード、キャピラリー温度190℃、キャピラリー電圧10Vで測定した。カラム、ポンプ、溶媒についてはHPLC分析と同じものを用いた。溶出条件は直線的なグラジエント条件A; 80-15% (0-140min) に設定し、流速0.2mL/minで測定した。

## 3. 結果と考察

ナスから粗色素を調製し、HPLC分析したところ保持時間30分に大きなひとつのピーク、保持時間37~39分に小さな2つのピークが検出された。続いてLC-MS分析条件で調べたところ (図2)、保持時間80分付近に最も高い吸光度を示すピーク1、保持時間96~100分にピーク2と3が検出された。ピーク1についてESIにより、ポジティブモードで検出したところ、m/z 919の分子イオンピークが確認された。品川ら<sup>8)</sup>は漬け中のアントシアニン色素をLC-MS分析し、

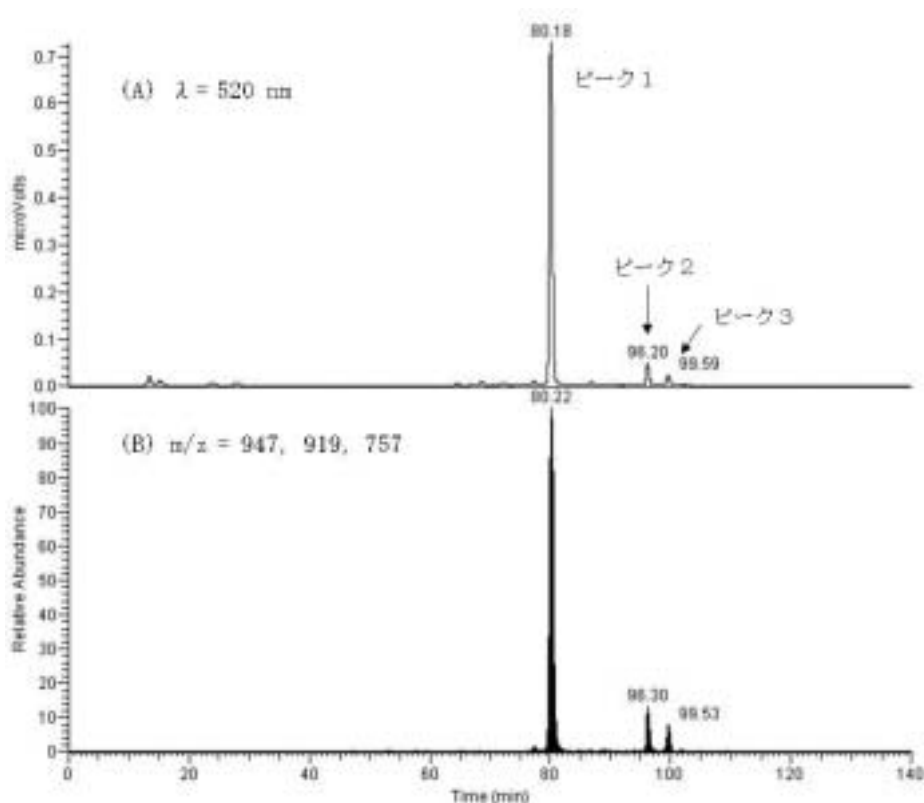


図2 粗色素のHPLCクロマトグラムとMSクロマトグラム

(A) 検出波長520nmでモニターしたHPLCクロマトグラム; (B) m/z=947、919、757でモニターしたMSクロマトグラム



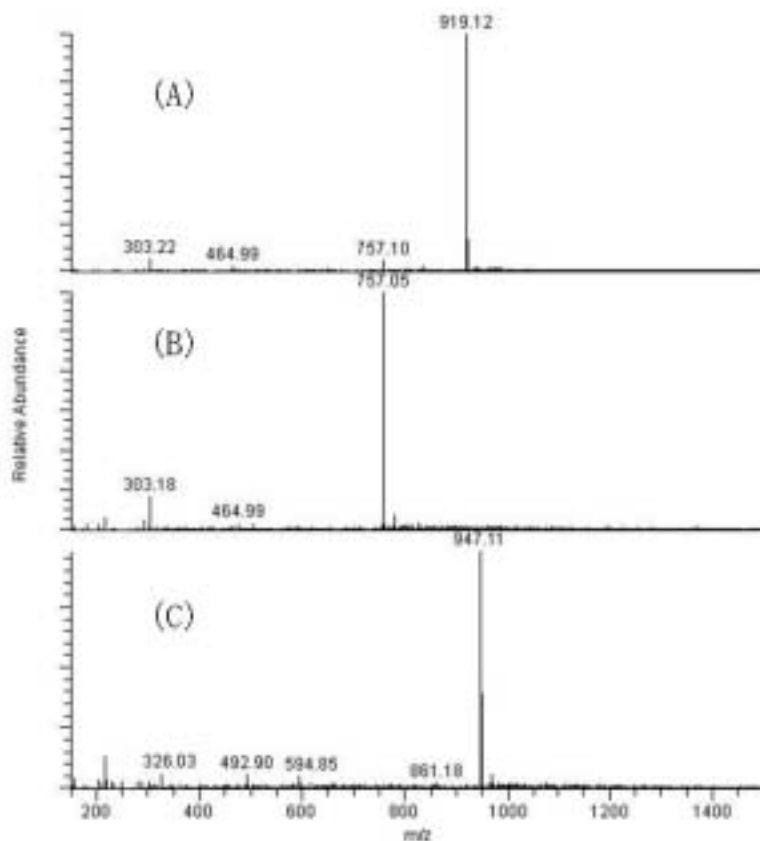


図3 粗色素のMSスペクトル

(A) 第1ピークのMSスペクトル；(B) 第2ピークのMSスペクトル；  
(C) 第3ピークのMSスペクトル

ナスニンの分子イオンピークとして $m/z$  919を検出している<sup>9)</sup>。この値と本実験で得られたピーク1の $m/z$ 値とは一致している。ピーク1を引き続き詳しく調べるためにcollision energy 30%でMS/MS解析を行った(図3)。その結果、 $m/z$  757、465、303のフラグメントが確認された。 $m/z$  757はナスニンからグルコースが1分子脱離した物質、 $m/z$  465はグルコース、p-クマル酸、ラムノースがそれぞれ1分子ずつ脱離した物質の各分子量に一致する。また $m/z$  303はナスニンから3つの糖と1つの有機酸が脱離した物質、すなわちデルフィニジンの分子量と等しい。ナス果皮の紫紺色はいくつかのアントシアニン色素を含んでいるものの、約90%がナスニンであることが知られている<sup>10)</sup>。以上のように、HPLCクロマトグラム上に確認された主要な色素成分であること、MS及びMS/MS解析によって推定分子量が一致したことから、ピーク1はナスニンであると推定した。

ピーク1が検出されてから約16分後に、保持時間96分のピーク2が検出された。ピーク1と同様にMS検出器を用いて調べると、 $m/z$  757の分子イオンピークが検出された。この値はナスニンからグルコース

が1分子脱離したものの分子量と一致する。その分子イオンピークをMS/MS解析したところ、 $m/z$  465、303が検出された。前者の値はデルフィニジンに1分子のグルコースが結合したものの、後者はデルフィニジンの分子量に一致する。PDA検出器を用いた分析結果を見ると(図4)、ピーク2は1と類似のUV-Visスペクトル吸収特性を示すことが分かった。以上の

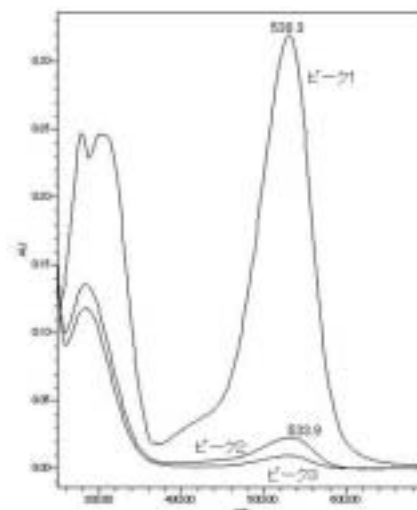


図4 ピーク1～3のUV-Visスペクトル

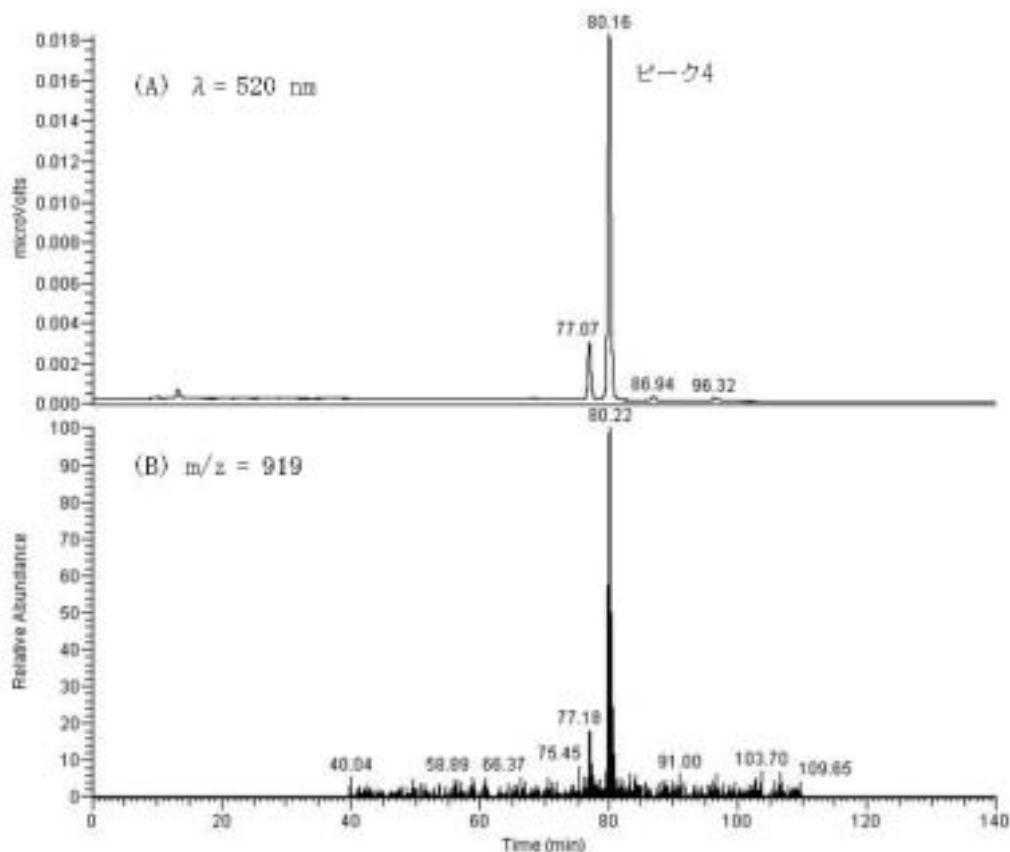


図5 ナス果皮抽出液のHPLCクロマトグラムとMSクロマトグラム

(A) 検出波長520nmでモニターしたHPLCクロマトグラム；(B) m/z=947、919、757でモニターしたMSクロマトグラム

ように、MS解析結果のパターンがピーク1のものと類似していること、UV-Visスペクトル特性が近いことから、ピーク2はデルフィニジン骨格に糖及び有機酸が結合したナスニン様物質であると推定した。一方でピーク3をESI-MSで調べると、m/z 947の分子イオンピークが検出された。またPDA検出器を用いた解析により、ピーク1と3は類似のスペクトルパターンを示すことも分かった。したがってピーク3についてもピーク2と同じくナスニン様物質であると推察する。両ピーク成分については構造式を推定するための情報が僅かに得られたものの、明確なものではなかった。したがって詳しく調べるために分離精製により検出感度を高めつつ、MS/MS解析等を今後実施する必要がある。

ナス粗色素を用いた実験によってナスニンの分析条件を確認できた。続いてこの方法をナス果皮から簡便な方法で得られた色素抽出物に応用することにした。まずナス果皮をクエン酸水溶液に浸漬し、ナス色素の抽出液を準備した。この液は赤紫色を呈し、抽出後の果皮表面色はほぼ白色に近い色合いであったことから、ナスニンが十分に浸出しているものと

考えた。この液を粗色素と同様にLC-MS分析した結果(図5)、検出波長520nmクロマトグラムにおいて、保持時間80分に最大吸光度を示すピークが現れた。この保持時間は粗色素分析で得られた値と同じである。同時にMS分析したところm/z 919の分子イオンピークが検出された。PDA検出器による解析においても、粗色素のピーク1と同様のUV-Visスペクトルを示した。以上の結果から、このピークはナスニンであると判断した。6ヶ月間5℃条件下で保存したナス果皮抽出液についても測定したところ、ナスニンと予想されるピークは保存前と同様に検出され、ピーク面積もほぼ同等であった。

ナス果皮からの粗色素を分析するとともに、ナスニンのHPLC及びLC-MS分析条件について検討した。生鮮ナス果皮中のナスニン分析については橘田らの非破壊迅速法<sup>11)</sup>で十分に測定可能と考える。しかし加工食品中には、ナス以外の素材に由来するアントシアニン類がいくつか存在している<sup>9)</sup>。こうした加工食品の分析については、UV-Vis検出器だけでなく、本実験のようにMS検出器を組み合わせた分析方法が有効であると考えられる。他方でナスアントシアニンの色

素残存率は加熱の場合22%、紫外線照射の場合18%と低くて不安定であることが知られている<sup>12)</sup>。こうした色素の安定性に関する課題を考慮しつつ、ナス由来の機能性成分を活用した新規の食品開発を今後検討する。

#### 4. 参考文献

- 1) 高知県農業振興部：高知県の園芸、(2009) 5-11
- 2) 森山洋憲他：食科工、50(11)、(2003) 499-505
- 3) K. Igarashi他：食工誌、40(2)、(1993) 138-143
- 4) F. Kayamori他：Biosci. Biotechnol. Biochem.、58(3)、(1994) 570-571
- 5) Y. Kimura他：Biosci. Biotechnol. Biochem.、63(5)、(1999) 799-804
- 6) E. Sugimoto他：Food Sci. Technol. Res.、9(1)、(2003) 94-99
- 7) R. Matsuura他：J. Agric. Food Chem.、56、(2008) 544-549
- 8) R. Matsuura他：Food Sci. Technol. Res.、14(4)、(2008) 383-388
- 9) H. Shinagawa他：J. Home Econ. Jpn.、48(12)、(1997) 1071-1076
- 10) 五十嵐喜治他：食科工、53(4)、(2006) 218-224
- 11) 橘田浩二他：食科工、50(6)、(2003) 261-265
- 12) K. Hayashi他：Food Sci. Technol. Res.、30(2)、(1996)



# 生 產 技 術 課

# 消失模型鑄造法の生産ラインで使用した鑄物砂の特性評価

眞鍋豊士 山本康雄\*<sup>1</sup> 三宅秀和\*<sup>2</sup>

## *Characterization of Casting Sand Used in Evaporative Pattern Casting Production*

*Toyoshi MANABE Yasuo YAMAMOTO\*<sup>1</sup> Hidekazu MIYAKE\*<sup>2</sup>*

消失模型鑄造用の鑄物砂は、粘結剤等の添加物を一切使用しないため微粉砂や異物を除去するだけで繰り返し利用される。しかし、注湯により生成する分解ガスは鑄物砂中で冷却され、液化樹脂や固体カーボンなどの残渣が砂表面に附着蓄積する。

鑄込温度の高い鑄鉄鑄物や鑄鋼鑄物などの製造では、砂に附着した熱分解生成物は燃焼し蓄積は問題視されない。これに対して鑄込温度の低いアルミニウム合金鑄物の製造では、前述の熱分解生成物がほとんど燃焼しないため砂表面に順次蓄積され、黒化する現象が認められる。しかしながら、注湯毎に繰返される加熱・冷却に伴う熱影響と熱分解生成物の残留蓄積に関する消失模型鑄造用鑄物砂の特性評価の報告は見られない。

そこで、本研究では実際に消失模型鑄造法で異なる鑄物を生産している工場で使用されているライン砂の特性評価を行った。

### 1. 緒言

消失模型鑄造は鑄物砂に粘結剤等の添加物を一切使用しないため砂を冷却し微粉や異物を除去するだけで簡単に繰り返し使用できる大きな特長を有する。注湯により溶湯と模型が置換する際に模型が熱分解し生成する分解ガスが砂により冷却され液化した樹脂、固体カーボンおよび液化樹脂が模型を取り囲んでいる砂に附着蓄積する。しかしこれらは、銅合金、鑄鉄や合金鑄鋼などの高温で溶湯を注湯する場合には、砂を繰り返し使用しても溶湯の熱である程度燃焼するため砂に附着した熱分解生成物の蓄積は問題なく維持されると言われている。またアルミ鑄物では逆に、注湯温度が低く、前述の熱分解生成物がほとんど燃焼しないため順次蓄積されると言われている。さらに砂は、空洞鑄型同様に注湯毎に熱の影響を受けるが、熱分解生成物の付着蓄積と熱影響に対する報告は見られない。

そこで、本研究では実際に消失模型鑄造法で異なる

鑄物を生産しているA工場、B工場、C工場およびD工場の4つの工場で使用されている新砂とラインから採取した砂（以後ライン砂と記す）を用い、砂の粒度分布、安息角および破碎性の比較を行うことで、砂の繰り返し使用に対する影響を評価した。また、比較のためにフラン樹脂鑄型で生産を行っているE工場およびF工場の2つの工場で使用されている砂についても同様の評価を行った。

### 2. 実験方法

#### 2.1 砂のサンプリング

実験に使用した砂は各工場で約4kgサンプリングした新砂およびライン砂を用い、また空洞型でフラン樹脂鑄型用の型砂である鑄物砂も用いた。表1に消失模型鑄造法の工場で使用された砂の条件を、表2にフラン樹脂鑄型の工場で使用された砂の条件を示す。表に示すようにいずれの工場も産地や粒度は異なるもののケイ砂を使用している。

#### 2.2 粒度分布測定内容の区分

新砂とライン砂の粒度分布を日本工業規格（以降、JISと記す）における「鑄物砂の試験方法」<sup>2)</sup>に基づ

\*1 関西大学研究員

\*2 関西大学

いて、粘土分を分離した乾燥試料全量を、ふるい目の大きさの順に重ね合わせたふるいの最上部のものに移してふるい分けたとき、あるふるい面上の砂の残留量を粘土分分離前の乾燥試料全量で除した値を求めることで測定した。

表1 消失模型鑄造法の鑄物砂の諸条件

工場	A	B	C	D
生産品目	アルミ合金 銅合金	鑄鉄 (FC, FCD)	鑄鉄 (FC, FCD)	合金鑄鋼
鑄湯温度	1073~1473K	1623~1653K	1623~1653K	1693~1873K
生産量	5~6 t/月 1 t/月	70~80 t/月	80~90 t/月	27~30 t/月
JIS 粒度 <sup>1)</sup>	35号	35号	35号	48号

表2 フラン樹脂鑄型の鑄物砂の諸条件

工場	E	F
生産品目	鑄鉄 (FC, FCD)	鑄鋼 (SC, SCW)
鑄湯温度	1,673~1,703 k	1,833~1,873 k
生産量	320t/月	450t/月
JIS 粒度 <sup>1)</sup>	35号	48号

A~Fの各工場から送られてきた砂の粒度分布を測定する前準備として、円すい四分方法により砂を分取し粒度の偏りを無くした<sup>3)</sup>。図1に示すように砂山を上から平面でつぶし、上図(a)横図(b)のような状態にして、さらにそれを平面で4分割し、そのうちの2つを合わせるという作業の繰り返しを数回行った。

分取した砂は感量0.01gの電子天秤とJIS Z 8801の網目のふるいのうち、枠の直径200mmで、ふるい目寸法3.35mm、2.36mm、1.7mm、1.18mm、850 $\mu$ m、600 $\mu$ m、425 $\mu$ m、300 $\mu$ m、212 $\mu$ m、150 $\mu$ m、106 $\mu$ m、75 $\mu$ m、53 $\mu$ m、Panを使った。ここで言うPanとはふるい目寸法53 $\mu$ mのふるい下の微細粒子をいう。ふるい機はロータップ形のものを用いた。

全ての砂はロータップ形ふるい分け機(2.51打/sec)を用いて15分間ふるい分けした。

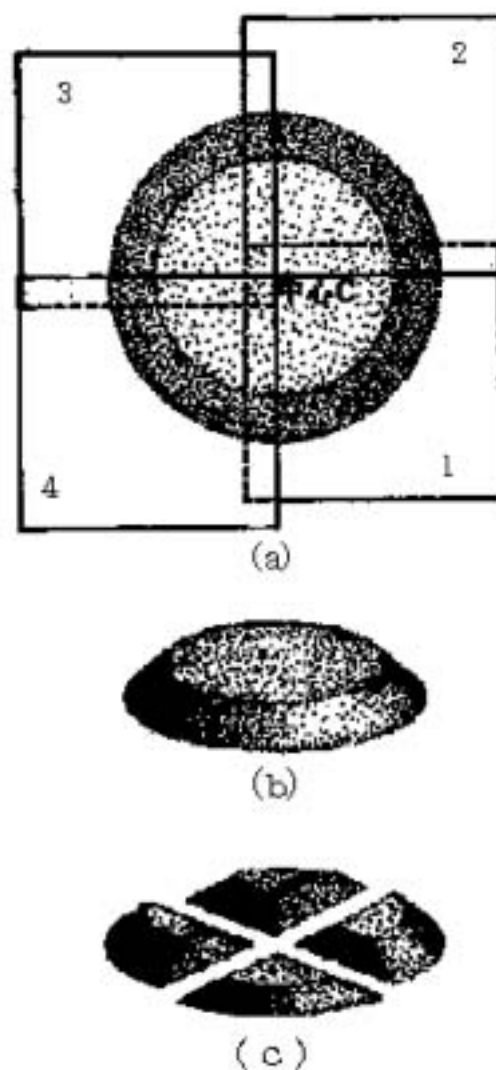


図1 円すい四分法概略図

### 2.3 安息角測定

消失模型鑄造法では熱分解生成物の付着蓄積は砂の充填性に影響を及ぼすと推測される。そこで、日本鑄造技術普及協会(JACT)の試験法 S-5に基づいて、新砂とライン砂の安息角を測定比較することで充填性について検討した。図2にJACT試験法 S-5に基づいて作製した安息角測定器を示す。測定装置は水平を保つため水準器を使って設置した。安息角の測定は3回行い平均値を求めた。砂は乾燥状態で砂を安息角測定器の上部(A)から静かに流し込み、砂山の傾斜をデジタルカメラで撮影し、その画像をプリントアウトして分度器で傾斜角を測定した。

### 2.4 破碎性試験

砂は溶湯熱や型バラしやラインによる搬送時の衝撃で破碎することが考えられる。そこで熱的処理と機械的処理による破碎性試験を行うことでAFS粒度指数を求め、砂の破碎性を検討した。

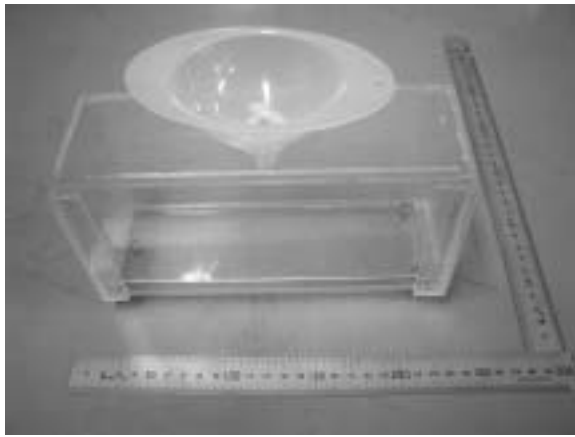


図2 安息角測定器

試験方法としては黒鉛るつぼ（1号、1/2号）に鋳物砂を入れて電気炉にて1,273Kで3,600sec保持し、空冷したものを熱的処理試料とした。さらに熱的処理を施した試料をボールミル用ステンレスポットに入れ、ボールミル回転機で15分間回転させて破碎したものを熱・機械的処理試料とした。熱的処理と熱・機械的処理をした砂試料をふるい分け試験機によってふるい分けし、粒度分布を測定した。表3にボールミリング条件を示す。

表3 ボールミリング条件

ポット	ステンレス製
ポットの容積	約 $1.7 \times 10^{-2} \text{m}^3$
ポットの径	外径0.137m、内径0.124m
ボール	ステンレス製
ボールの径	$\phi 9.4$
ボールの使用量	約0.23kg
回転数	$2.125 \text{s}^{-1}$

### 3 結果及び考察

#### 3.1 砂のサンプリング

鋳物砂は、粒径が $300 \mu\text{m} \sim 600 \mu\text{m}$ のものが多く利用されているが、今回のサンプリング砂も新砂時のピークが、その範囲内にある。また、消失模型鋳造法は、フラン樹脂鋳型との造型方法の違いから、鋳物砂に求められる粒度等の特性が異なるが、今回のサンプリング工場からは、産地、粒度等に顕著な差異は見られなかった。

#### 3.2 粒度分布測定

消失模型鋳造法の鋳物砂、フラン樹脂鋳型の鋳物砂について、それぞれサンプリングした鋳物砂の粒度分布結果を図3～図8にそれぞれ示す。

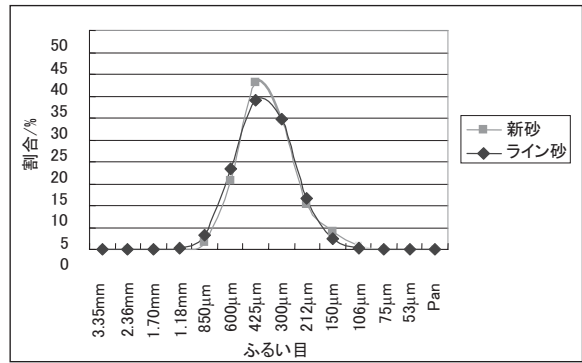


図3 工場Aの新砂、ライン砂の粒度分布測定結果

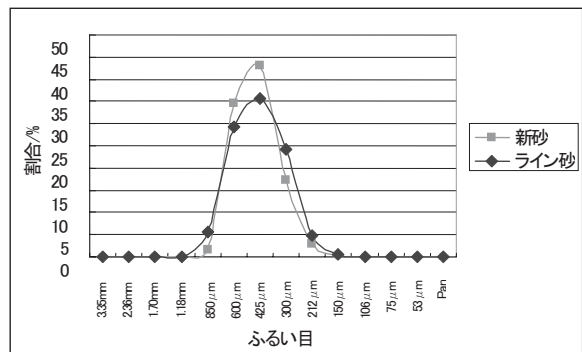


図4 工場Bの新砂、ライン砂の粒度分布測定結果

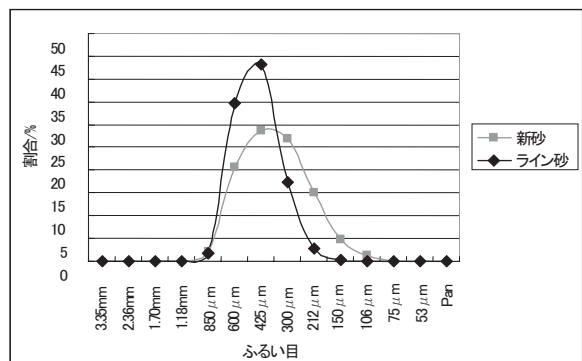


図5 工場Cの新砂、ライン砂の粒度分布測定結果

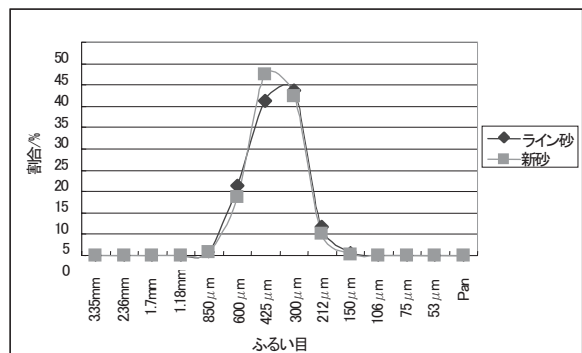


図6 工場Dの新砂、ライン砂の粒度分布測定結果



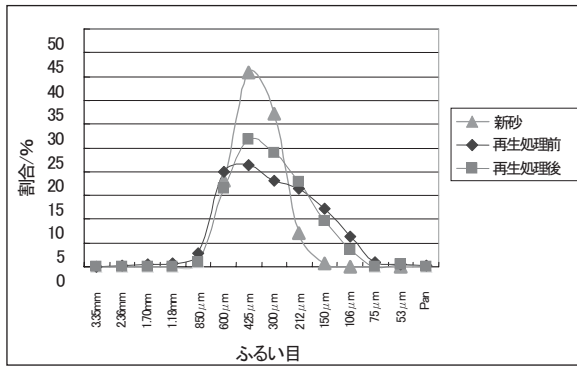


図7 工場Eの新砂、再生処理前後の粒度分布測定結果

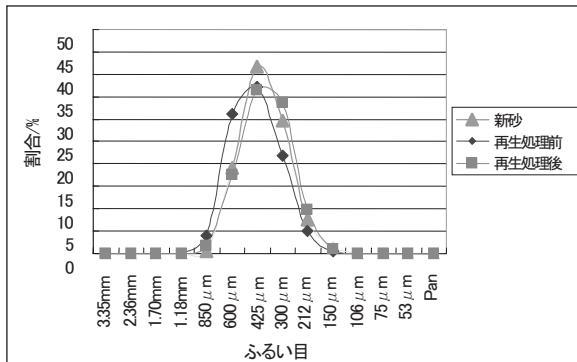


図8 工場Fの新砂、再生処理前後の粒度分布測定結果

消失模型鋳造法のAFS粒度指数を図9に、フラン樹脂鋳型のAFS粒度指数を図10にそれぞれ示す。AFS粒度指数とは、砂の表面積に関連した指数で、指数が大きいほど表面積が大きいことを示しており、砂が細かいことを意味している。

図3は、工場Aにおける鋳物砂の粒度分布である。新砂よりライン砂の方が、粒度分布のピーク値が低くなっている。また、図9のAFS粒度指数で新砂とライン砂を比較すると、0.5ライン砂の方が値は大きく、ライン砂の方が粒度は小さいことを示している。

図4は工場Bにおける鋳物砂の粒度分布である。新砂、ライン砂での粒度分布グラフでのピーク差は

工場Aのものより大きい。図9のAFS粒度指数での比較では、新砂よりライン砂の方が1.0大きい。

図5は工場Cにおける鋳物砂の粒度分布である。他の工場と異なり、粒度分布のピークは、新砂よりもライン砂の方が大きくなっている。また、AFS粒度指数についても同様の傾向が見られる。

図6は工場Dにおける鋳物砂の粒度分布である。これも新砂よりライン砂の方が、粒度分布のピーク値が低くなっているが、ピーク差は工場Aよりも小さい。図9のAFS粒度指数は、ライン砂の方が0.4大きい。

それぞれの結果について考察を加えると、工場Aは、アルミ合金・銅合金を生産しており、1,073~1,473Kと鋳込み温度が低く、消失模型鋳造法の鋳物砂の中でも最も鋳込みによる砂への熱影響が少ないことから、新砂とライン砂の粒度差が小さくなったと考えられる。

工場Bは鋳鉄(FC、FCD)を生産しており、鋳込み温度は1,623~1,653Kと工場Aに比べて高く、その分鋳物砂への熱影響が大きいと考えられる。

工場Cは、工場Bと同じく、鋳鉄(FC、FCD)を生産しており、鋳込み温度も同じである。ところが、工場Bと工場Cのグラフは全く異なっており、粒度分布のピークが新砂よりライン砂の方が大きく、AFS粒度指数も同様の傾向を示している。これは、通常、鋳造工場では解砕時に鋳物砂に混入する塗型骨材や破碎した鋳物砂の微粉を除去するために集塵機を使用しているが、工場Cでは他の工場に比べ集塵効果が高く、新砂に含まれている微粉も合わせて除去されたため大きな差が生じたものと推察される。

工場Dは、合金鋳鋼を生産しており鋳込み温度は1,693~1,873Kと最も高く、鋳込みの際の熱影響が大きいと考えられるが、新砂とライン砂の粒度分布グラフでのピーク差もAFS粒度指数の差も工場Aより小さい。これは工場Dでは、新砂が補給されて間もな

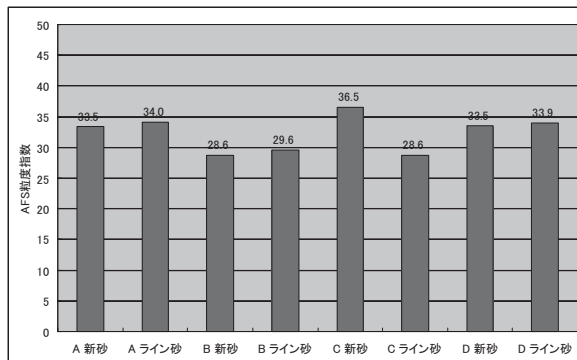


図9 消失模型鋳造のAFS粒度指数測定結果

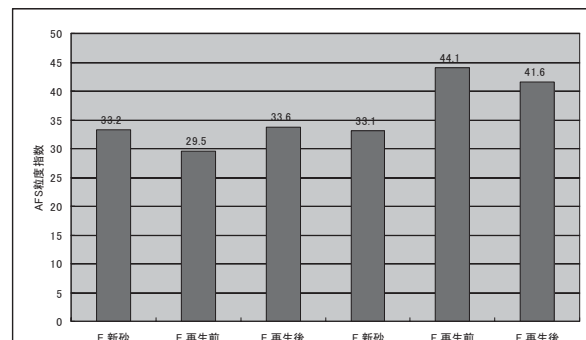


図10 フラン樹脂鋳型のAFS粒度指数測定結果

いことが原因と推測される。

消失模型鑄造法では、粘結剤などの添加を行わずに鑄物砂を使用するため微粉を除去するだけで簡単に鑄物砂を再生使用できる。しかし、粒度分布の測定結果から鑄物砂の熱影響による破砕は避けることは出来ないと考えられ、定期的な新砂の補給を行う必要がある。ただし、工場Cのように新砂とライン砂の粒度に大きな差がある工場では新砂の補給による粒度分布のバランスを崩さないように注意が必要である。その理由は、粒度の細かな鑄物砂では注湯時に発生する模型の熱分解ガスの排気が上手く行えず、溶湯の噴き返しやそれに伴う残渣欠陥および型崩れなどの鑄造欠陥を発生する可能性が高くなるからである。そのため新砂を分散させて追加するなど工夫が必要と考えられる。

次にフラン樹脂鑄型により生産を行っている工場Eおよび工場Fの粒度分布測定結果について述べる。

図7は工場Eにおける鑄物砂の粒度分布である粒度分布グラフでのピークは再生後、再生前、新砂の順で大きくなっている。図9のAFS粒度指数は、新砂-再生前では3.7再生前の鑄物砂の方が小さく、新砂-再生後では、0.4再生後の鑄物砂の方が大きい。

図8は工場Fにおける鑄物砂の粒度分布である。ピークは、新砂が一番大きい、工場Eに比べ、その差は非常に少ない。図9のAFS粒度指数は、新砂に比べ、再生前後の砂の方が、10近く大きな値を示している。

これらの結果についても考察を加える。工場Eでは鑄鉄（FC、FCD）を生産しており鑄込み温度は1,673~1,703Kである。AFS粒度指数において、新砂よりも再生前の値が小さくなっており、これは成型の際の粘結剤であるフラン樹脂が鑄物砂に付着することによって粒径が大きくなったことによるものと考えられる。また、通常、砂再生処理にはリクレーマー法という砂と砂を摩擦・衝突をさせ、付着物を除去する方法が使われるが、その処理時には砂自身も破砕したり摩耗したりする。この工場でもリクレーマー法が使用されているために、再生前後の鑄物砂は新砂に比べて粒度分布グラフのピークが低く細かいふるい目寸法の含有率が大きくなるものと考えられる。

工場Fでは鑄鋼（SC、SCW）を生産しており、鑄込み温度は1,833~1,873Kである。工場Fでは新砂と再生前後の砂の粒度分布に大きな差は観られず上手く粒度を管理していると言える。

消失模型鑄造法において新砂が補給されているように、フラン樹脂鑄型においても新砂を再生後の砂

に添加して成型するために砂の粒度分布は新砂とは異なる。また鑄造後に鑄物砂を再生するため、砂再生装置により鑄物砂表面に付着している粘結剤を除去する。

AFS粒度指数は何れも粒度分布のピーク値の変化傾向と同じ傾向を示している。特にフラン樹脂鑄型では砂に粘結剤を添加するために粒径は大きくなる。

また、工場EおよびFでは新砂よりも再生前後の砂の方が粒度指数は大きい傾向を示す。このことから消失模型鑄造法では、砂の粒度分布の差がフラン樹脂鑄型のそれらに比べ小さく、砂の再利用に適しているとともに通気条件が大きく変動しない様に管理されていると考えられる。

### 3.3 安息角測定

消失模型鑄造法についての安息角の測定の結果を表4にフラン樹脂鑄型についての安息角測定結果を表5（表中の値は3回平均値）にそれぞれ示す。また、安息角測定の一例を図11に示す。

一般的に安息角は粒度と関連性を持ち、粒度が大きいと角度は大きく、小さいと角度は小さくなる。

表6および7より同工場における新砂とライン砂では顕著な差がみられなかったが、工場Bのライン砂34.7°に対し工場Dでは37°と工場間での差がみ

表4 消失模型鑄造法鑄物砂の安息角測定結果

	新砂	ライン砂
工場A	36.8	36.2
工場B	34.9	34.7
工場C	36.5	36.0
工場D	36.6	37.0

表5 フラン樹脂鑄型鑄物砂の安息角測定結果

	新砂	再生処理前	再生処理後
工場E	35.8	37.7	35.2
工場F	35.9	35.8	36.7

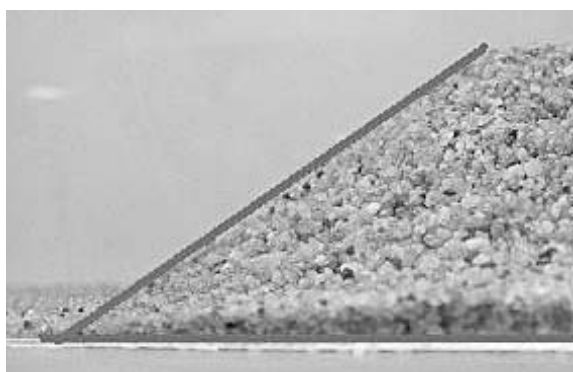


図11 安息角測定例

られた。また粒度指数測定結果と同じくフラン樹脂  
 鑄型の再生処理前後の砂の角度差に比べ消失模型鑄  
 造法での角度差は小さく、型崩れ等の鑄造欠陥に大  
 きく影響する砂の充填性の面からも有利であると考  
 えられる。

表7にはフラン樹脂鑄型における鑄物砂の安息角  
 測定結果を示しているが、粒度との関連性からAFS粒  
 度指数と比較してみると、粒度と角度との関連性に  
 沿わない結果が出ている。これは、施行回数および  
 実験手順によるものと考察できる。

一般的に消失模型鑄造法では模型の熱分解生成物  
 である煤や液化樹脂が砂に付着し使用回数に応じて  
 堆積すると言われている。注湯温度の高い鑄鉄や鑄  
 鋼では鑄物の凝固熱により鑄物周辺の砂に付着した  
 熱分解生成物が燃焼するため、熱分解生成物の量は  
 一定の値で安定すると言われている。これに対して  
 注湯温度の低いアルミ合金や銅合金の注湯では燃焼  
 して除去されるよりも新たに付着する熱分解生成物  
 の量が多くなる傾向にある。

### 3. 4 破碎性試験

消失模型鑄造法の鑄物砂およびフラン樹脂鑄型の  
 鑄物砂を加熱および加熱+ボールミリングした時の  
 AFS粒度指数の変化を図12および図13にそれぞれ示す。

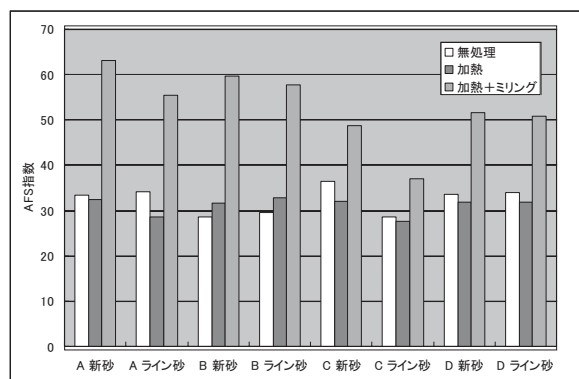


図12 消失模型鑄造のAFS粒度指数

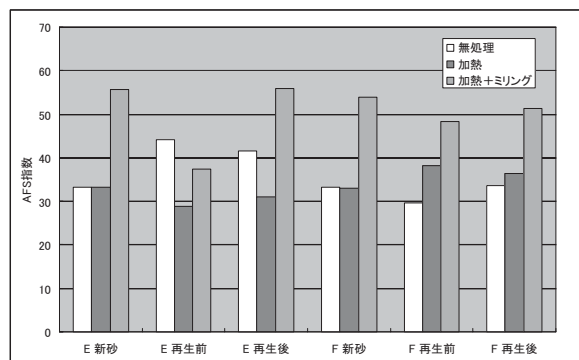


図13 フラン樹脂型鑄造のAFS粒度指数

消失模型鑄造法の試験後の新砂とライン砂を比較  
 すると、すべての工場において新砂よりライン砂の  
 方が粒度指数は小さい値を示している。これはライ  
 ン砂がすでに熱影響を受けていることが原因と考え  
 られる。フラン樹脂鑄型についても新砂および再生  
 前後を比較すると、工場E、Fともに再生前の粒度  
 指数が最も低い。これは砂にフラン樹脂が付着して  
 いるためと考えられる。また、すべての破碎試験結  
 果より熱的処理による砂の粒度指数差はあまり無く、  
 機械的処理を行った砂の方が大きかった。このこと  
 より鑄物砂の破碎は熱的作用より物理的作用の方が  
 大きく影響すると考えられ、砂の再生処理で機械に  
 よる処理を行わない消失模型鑄造法の方が有利であ  
 る。以上のことより消失模型鑄造法のライン砂は、  
 フラン樹脂鑄型のライン砂よりも特性変化が少なく、  
 鑄造品の質が安定するよう管理されていると言える。

## 4. 結 言

本研究では、消失模型鑄造法における鑄物砂の特  
 性を検討するために、消失模型鑄造法、フラン樹脂  
 鑄型それぞれの鑄物砂をサンプリングし、粒度分布、  
 安息角測定および破碎性試験を行った。得られた結  
 果を以下に示す。

- (1) ラインで使用される鑄物砂への破碎の影響は、  
 熱的なものに比べ、機械的なものの方が大きい。
- (2) 消失模型鑄造法は、フラン樹脂鑄型に比べ、機  
 械的再生処理を行わないことなどから、通気度変動、  
 充填性の面などで有利な点がみられた。
- (3) 新砂に比べラインで使用されている鑄物砂は、  
 通気性、充填性などの特性に変化を生じている。こ  
 のことから、定期的に砂の交換、補給を行うことは  
 安定生産の面から望ましい。

## 文 献

- 1) JIS G 5901 「鑄型用けい砂」
- 2) JIS Z 2601-1993 附属書2 鑄物砂の粒度試  
 験方法
- 3) JIS Z 8861 5.3.5 鑄物砂の円すい四分方法

# 乳牛の行動管理システムの開発（第3報）

## 姿勢判定システムの開発及び運用

毛利謙作 今西孝也 川原尚人\*

### *Development of Activity Logging System for Cows (Part 3) Development and Operation of Posture Judgment System*

*Kensaku MOHRI Koya IMANISHI Naoto KAWAHARA*

大規模化の進む酪農家において、乳牛の個体管理を実現するため、小型の無線端末を用いた行動モニタリングシステムを開発した。発情行動や健康状態と相関関係のある牛の姿勢について、判定方法を開発し、判定、記録するソフトウェアを開発した。独自の通信アルゴリズムを開発し、省電力化を図った。また、システムの連続運用により、実用上の課題を把握し、その対策を行った。

#### 1. まえがき

国内の酪農家戸数は減少傾向にあるが、飼養規模は大規模化している。飼養方法も、中小規模（30頭程度）の「繋ぎ飼い」から、数百頭規模の「群管理」に移行しつつある。「群管理」の問題点は、発情発見等の個体管理が困難になってしまうことである。

このため、全国の酪農経営者から、低コストかつ高精度な発情発見、個体管理システムが要望されている。歩数計を使ったシステムが実用化されている<sup>1)</sup>が、精度及び価格面から広く普及するまでには至っていない。

これまで我々は、小型無線端末により牛の加速度を連続的に取得するシステムを開発、連続稼働させた。また、省電力通信手順を開発、実装し、牛の行動データを蓄積してきた<sup>2, 3)</sup>。

しかし、加速度の値の大きさだけの分析では、他の牛の影響を受け、正確な発情判定が難しいことがわかった。そのため、発情時は牛が落ち着かず、立ったり歩き回る時間が多くなる傾向を利用し、牛の姿勢判定を行い、それを元に発情発見することとした。

本報では、牛の姿勢判定アルゴリズムを開発、実装し、実験牛舎で稼働試験を行ったことについて報告する。

#### 2. 試験内容

##### 2.1 ハードウェア

牛に取り付けた小型無線端末から、実験牛舎の4隅の柱に設置したアクセスポイントを経由し、牛の加速度データを取得する実験システムを、高知県畜産試験場内に構築している。牛舎の広さは9m四方で、4頭の牛を実験に用いた（写真1）。



写真1 実験牛舎全景

小型無線端末は、加速度センサモジュールと無線モジュールで構成される「S-node」<sup>4)</sup>（ワイマチック（株）製）を使用した。

加速度センサモジュールは、CPUにMicrochip社のPIC18F2515を使用し、3軸加速度センサ、リアルタイムクロック、EPROM、シリアルポートで構成され、

\* 高知県畜産試験場

乳牛の加速度データを一定周期ごとに取得し、データ処理を行う。

無線モジュールは、Microchip社のPIC16F88を使用し、シリアルポートで受信したデータをアクセスポイントに無線送信する。

小型無線端末を足に取り付けるため、専用ケースを設計し、3Dプリンタで造形した。ABS樹脂製で、牛舎内で脱落しても見つけやすいよう黄色に塗装した(写真2)。



写真2 小型無線端末を専用ケースに収納

ケースは既存のレッグバンドに通す方式で、透明のプラスチック板越しに、端末のLEDの点滅が見え、動作確認できる。また、プラスチック板をスライドさせ取り外すことにより、端末、電池の交換が容易に行えるようになっている。

## 2. 2 省電力小型無線端末の開発

小型無線端末を、長期間電池交換なしで稼働させることを目的に、下記のソフトウェア開発を行った。

(1)行動管理に必要な状態データを、必要な時にのみ取得、送信を行う方式を開発し組み込んだ。

(2)データ送信のリトライ数を増やし送信する方式を組み込んだ。

(3)小型無線端末で姿勢判定を行い、その処理データを送信することにより、長期間連続稼働する手法を組み込んだ。

## 2. 3 姿勢判定及び加速度計測

牛の3軸加速度値から、4姿勢(座る、立つ、歩く、走る)を判定する条件を検討するとともに、加速度を同時に計測する手法を決定するために、下記の試験を行った。

(1)小型無線端末に、0.5秒ごとに加速度を送信するプ

ログラムを組み込み、試作した装具に電源の単3電池2本とともに試験用端末を封入後、試験施設内で1年以上飼養しているホルスタイン種牝牛3頭の左前脚に装着した。

(2)乳牛の「立つ」、「歩く」、「走る」の状態を人為的に発生させ、それぞれの加速度の値を計測した。立位は乳牛を3分間立位のまま静止させた状態で、また、歩行、走行は引き手が乳牛を誘導して10mの距離で3反復測定した(写真3)。



写真3 歩行・走行時の加速度計測試験

(3)得られた加速度の値から姿勢判定条件を設定した。

姿勢判定結果を確認するため、設定した姿勢判定条件を組み込んだプログラムを無線端末に組み込み、ホルスタイン種牝牛4頭のうち、2頭に発情同期化処理を行い、発情行動及び排卵を確認後、回帰した次の周期の発情行動を含む期間(3~4日間)に、姿勢判定結果とビデオを使った目視による姿勢判定結果を比較した。

## 3. 結果と考察

### 3. 1 ハードウェア

小型無線端末の専用ケースは、従来使用していた手製装具よりシンプルで、端末の取り外しが簡易であるが、試験中破壊し、脱落したことがあった。牛が座った際、局所的に過大な力がかかったと思われるが、強度不足であることがわかった。改良し、様々な飼養形態の農場で長期装着試験を重ねる必要がある。

### 3. 2 省電力小型無線端末の開発

3軸加速度の測定から姿勢データの送信方式は、下記のとおりである。

(1)乳牛に取り付ける小型無線端末からは、送信のみ

行う。相手がパケットを受信したかどうかの確認信号は受信しない。

(2) 3軸加速度の測定、3軸加速度に基づいた姿勢判定、合成加速度が1.1Gを超えた回数のカウント、「座る」姿勢から「立つ」姿勢への移行回数のカウントを0.5秒に1回行う。

(3) 1時間ごとに1回、「立つ」「座る」「歩く」「走る」の1時間における割合(%)、1.1Gを越えた回数、「座る」から「立つ」へ移行した回数、をアクセスポイントへ送信する。これらは12bytes/時間である。

(4) センシング時と12bytes送信時以外は、ほとんどCPUはスリープしている。これにより、電力消費が抑えられる。

送信データに関しては、小型無線端末は乳牛の脚に取り付けているため、乳牛が脚を曲げて座るなど、小型無線端末を乳牛の体で覆った場合、小型無線端末から無線送信されるデータはアクセスポイントで受信できない。

そこで、データの送信の際、データの確実な取得のため乳牛の姿勢判定を見て、データをいつ送信するか判断を行う方式を開発し組み込んだ。送信データのリトライ方式は下記のとおりである。

(1) 乳牛に取り付ける小型無線端末からは送信のみ行う。相手がパケットを受信したかどうかの確認信号は受信しない。乳牛の体や地面等が電波吸収する場合があるため、アクセスポイントはパケットを受信できない場合がある。

(2) アクセスポイントはデータが受信できない可能性があるため、1時間ごと、「立つ」姿勢の時にリトライデータを送信する。もし、30分たっても一度も「立つ」姿勢にならないときは、リトライデータの送信を行う。

(3) リトライデータの送信は23回行い、1時間ごとに上記の方式で送信する。

この設定の端末では、平均28日間、最大32日間電池交換なしで稼働することを確認した。リトライ回数を低減できれば、長期間(数年程度)の連続稼働が期待できる。そのためには、端末及びアクセスポイントのアンテナを最適化し、通信品質の向上を図る必要があると考えられる。

### 3. 3 姿勢判定及び加速度計測

姿勢別に得られた3軸の合成加速度は以下のとおりであった(表1)。いずれの姿勢においても正規分布はしていなかった。

表1 姿勢別3軸合成加速度

	立つ(G)	歩く(G)	走る(G)
平均	1.0049	1.1755	1.5780
中央値	0.9997	1.0119	1.1275
分散	0.0120	0.1607	0.5917
標準偏差	0.1100	0.4008	0.7692

静止状態では、常に重力加速度がかかっているため、加速度の大きさは1Gとなる。過去10回の合成加速度の大きさ平均が1Gを超えていることは、何らかの力が乳牛にかかり、乳牛が行動を始めたことを意味する。

過去10回の合成加速度の大きさの分散は、静止状態では0Gとみなすことができる。分散が大きいことは、乳牛が活発に行動し、得られた加速度の値にばらつきが大きかったことを意味する。

これらのことから、乳牛の合成加速度または合成加速度の分散が大きいときには乳牛は走っており、合成加速度が小さいかつ合成加速度の分散が小さいときはほぼ静止しており、これら以外は歩いているとした。さらに静止している場合、X軸の角度が60度以上だと乳牛は立って静止し、以下だと座って静止とした。

この姿勢判定方式により、乳牛の姿勢を「走る」「歩く」「座る」「立つ」の4つに分類し、これらの状態の一定時間に占める割合により、乳牛の行動分析を行った。

乳牛の3軸加速度から姿勢判定方式を判定する方式は下記のとおりであり、そのプログラムの開発を行った(図1)。

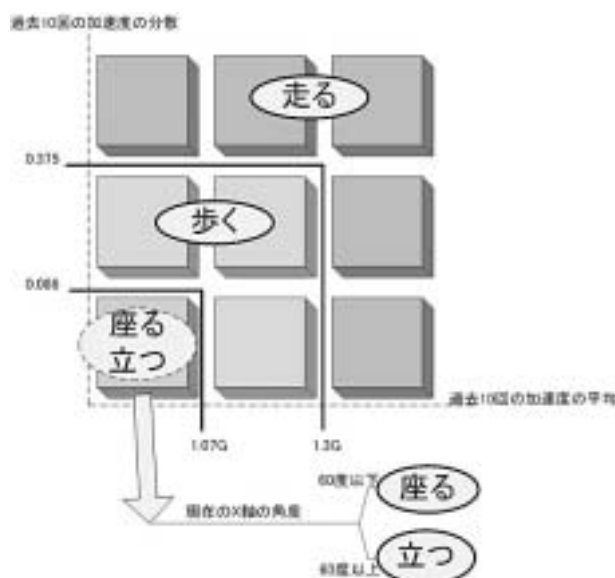


図1 姿勢判定方式

- (1)乳牛の3軸加速度を一定時間ごとに計測。
- (2)乳牛の3軸加速度についてX、Y、Z各軸を合成し、3軸加速度の大きさ(合成加速度)を計算。
- (3)計算した3軸加速度の大きさの過去10回の平均と分散を算出。
- (4)同時に現在のX軸加速度よりY軸の角度が60度以上か以下か判断。
- (5)乳牛の姿勢を「走る」「歩く」「座る」「立つ」の4つに分類し、判定。

姿勢判定ソフトウェアの開発により、牛の1日の行動を把握、記録できるようになった。姿勢判定結果(図2)では、朝夕の給餌時間に立位時間が長いことが確認できる。

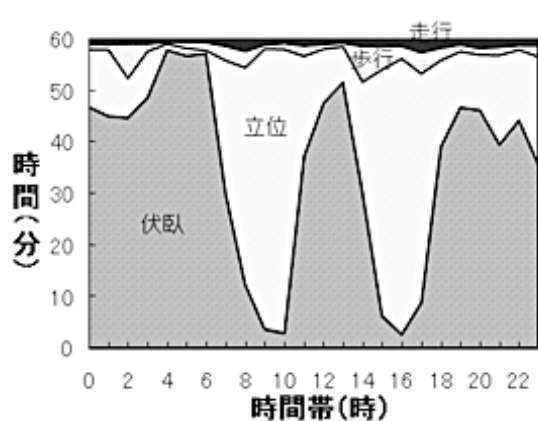


図2 姿勢判定結果

#### 4. まとめ

大規模化の進む酪農家において、乳牛の個体管理を実現するため、小型の無線端末を用いた行動モニタリングシステムを開発した。

発情行動や健康状態と相関関係のある牛の姿勢について、判定方法を開発し、判定、記録するソフトウェアを開発した。独自の通信アルゴリズムを開発し、省電力化を図った。また、システムの連続運用により、実用上の課題を把握し、その対策を行った。

今後の課題としては、(1)データの蓄積による判定精度の向上、(2)判定結果をグラフィカルに表示するソフトウェアの開発、(3)家畜福祉(牛の快適性判定)への応用、が挙げられる。

#### 参考文献

- 1) 発情発見装置「牛歩」、(株)コムテック、  
[http://www.s-comtec.co.jp/product\\_gyuhoh.html](http://www.s-comtec.co.jp/product_gyuhoh.html)
- 2) 毛利謙作、今西孝也：高知県工業技術センター研究報告、No.38(2007)43-46
- 3) 毛利謙作、今西孝也、川原尚人：高知県工業技術センター研究報告、No.39(2008)23-26
- 4) 産業技術総合研究所プレスリリース「ユビキタス社会に向けた超小型ネットワーク・ノードを開発」、2004.12.15、  
[http://www.aist.go.jp/aist\\_j/press\\_release/pr2004/pr20041215/pr20041215.html](http://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2004/pr20041215/pr20041215.html)

## 非線形オートチューニングコントローラを用いた油圧リフタの同調制御

刈谷 学 川崎 修\*<sup>1</sup> 安野 卓\*<sup>2</sup>

*Synchronous Positioning System of Hydraulic Lifter  
using Nonlinear Auto-Tuning Controller*

*Manabu KARIYA Osamu KAWASAKI\*<sup>1</sup> Takashi YASUNO\*<sup>2</sup>*

非線形オートチューニングコントローラを用いて、試作した油圧リフタを構成する3台の小型油圧ユニットの非線形特性と同調性能の改善について検討した。その制御系は、各油圧ユニットの非線形の補償を目的として、非線形変換部と可調節パラメータ部分からなるフィードバックコントローラとフィードフォワードコントローラを用いた。また、ユニット間の同調性能の改善を目的として、同じ調整機構をもつ同調制御器を配置した。これらの制御器のチューニング機構を、6つの関数からなる非線形変換部と重み付けを行うゲイン調整部の2つで構成した。これは、ニューラルネットワークやファジィ制御などに比べ、簡素な制御構造となり実装上の制約が少ないため、産業機分野で用いられている汎用のプログラマブルコントローラへの実装が可能であった。また、この制御系を実機に適用した場合の有用性を、いくつかの運転条件で確認した結果、充分実用的に機能することを確認した。

第13回知能メカトロニクスワークショップ講演論文集, pp.174-178, 9月8日, 2008 掲載

---

\* 1 (株)大進商工

\* 2 徳島大学大学院





# 資源環境課

# 海洋深層水中のホウ素除去技術の確立

川北浩久 隅田 隆 岡崎由佳 伊吹 哲\*

*Boron removal technology from Deep Seawater*

*Hirohisa KAWAKITA Takashi SUMIDA Yuka OKAZAKI Satoru IBUKI\**

海洋深層水および、深層水を原料としたRO脱塩水中に残存するホウ素の適切な除去方法について、イオン交換樹脂及び高ホウ素除去RO膜を用いた除去試験を行った。

その結果、ある一定条件下で水道法水質基準値以下の脱ホウ素が可能であり、その他の水質項目についても、一定良好な水質の水が確保可能であった。

## 1. 目的と背景

ホウ素は目の洗浄剤や口腔衛生用医薬品等、身近に利用されている一方、動物体内に大量・長期間摂取すると生殖阻害毒性を引き起こすと言われている。

このため、世界保健機関（WHO）ではホウ素の耐容一日摂取量（TDI）を0.16mg/kgと定め、表1に示すような様々な基準濃度が設定されているが、今後の情勢は流動的である

表1 ホウ素に関する各種基準

各種基準	基準濃度 (mgB/L)
WHO飲料水ガイドライン	0.5 (暫定値)
水道法水質基準	1.0
ミネラルウォーター原水基準	5.25 (=30mgH <sub>2</sub> BO <sub>3</sub> /L)
(参考) 排水基準	河川： 10 海域： 230

海洋深層水（以下深層水）を含めた海水中にはおよそ4～7mg/L程度のホウ素（B）が溶存しており、通常のRO膜（逆浸透膜）により得られる脱塩水（以下RO脱塩水）中には1～2.5mg/L程度残留する。これら脱塩水を原料とする飲料水には、ミネラルウォーター原水基準が適用されており特段問題は無いと思われるが、今後の基準値の動向には注意が必要である。

\* 高知県海洋深層水研究所

(Kochi Prefectural DeepSea Water Laboratory)

今回、深層水および、深層水を原料としたRO脱塩水中に残存するホウ素の適切な除去方法について、市販で入手可能なホウ素除去能のあるイオン交換樹脂2種及び現在膜メーカーで開発中の高ホウ素除去RO膜を用いた除去試験を行った。

## 2. 試験方法

深層水及び脱塩水について、ホウ素除去能力の性能評価を表2に示す樹脂で試験した。

また、高ホウ素除去RO膜の性能評価を表3に示す条件で行った。

各処理方法について、共存元素の挙動および溶出物についても併せて評価した。

表2 ホウ素吸着樹脂評価条件

		樹脂A	樹脂B
組成		スチレン系MR形	Ce(OH)x担持
使用可能pH範囲		5～10	7～9
コデ <sup>®</sup> イソノク <sup>®</sup>		推奨標準処理 (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , NaOH処理)	
B吸着能力試験	吸着条件	樹脂量200cm <sup>3</sup> (5cmφ id×40cmH) 樹脂量5,000cm <sup>3</sup> (10cmφ id×63cmH) SV=0(1時間滞留), 5～40、 試験水：深層水、RO脱塩水	
	分析条件	pH：ガラス電極法 B：ICP (前処理無し)	
共存元素挙動試験	吸着条件	樹脂量5,000cm <sup>3</sup> (10cmφ id×63cmH) SV=0(1時間滞留), 10、 試験水：深層水	
	分析条件	pH：ガラス電極法 B, Ca, Sr, Ce：ICP (前処理無し) Ce, Cu, Fe, Ni, U：ICP (プレート樹脂濃縮) T-N, COD：JIS K0101準拠 TOC：TOC計 K, Na：原子吸光度計	

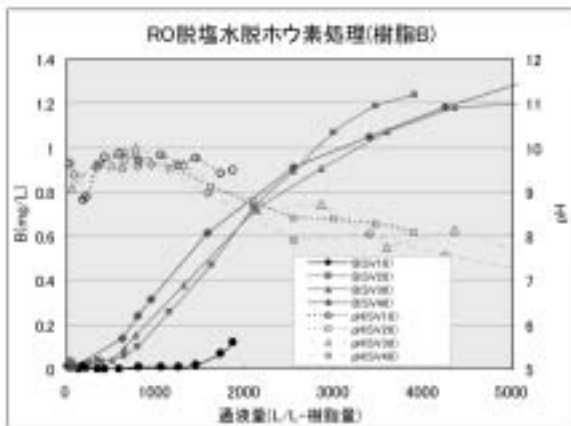
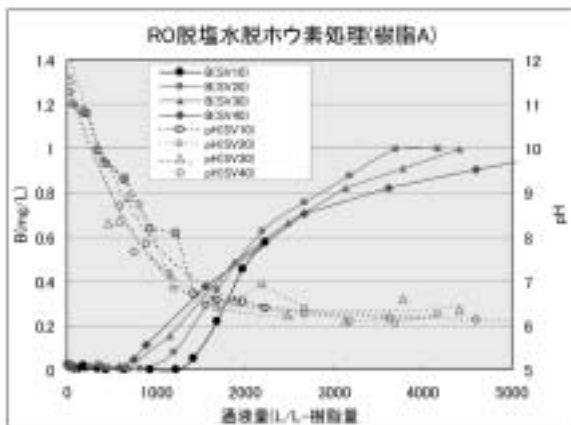
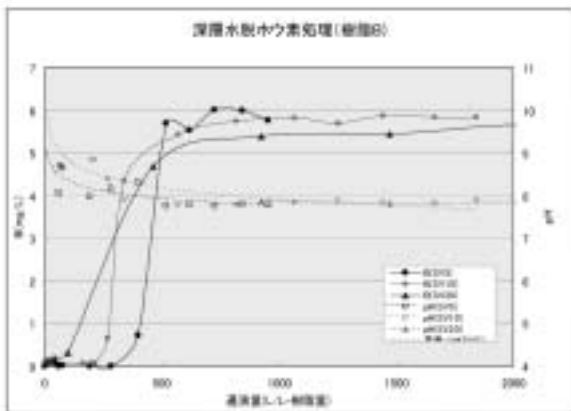
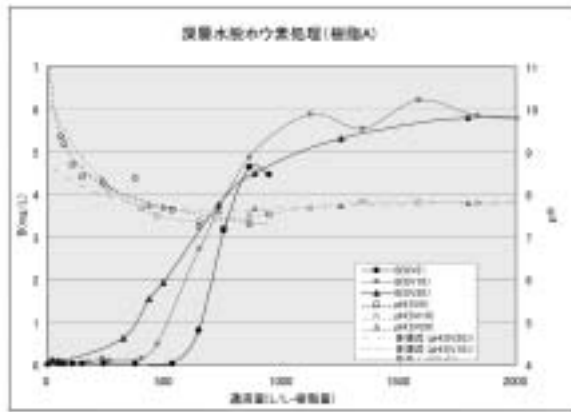


図1 樹脂による脱ホウ素処理結果

表3 高ホウ素除去RO膜の評価条件

試験装置	日東電工RO試験装置RUW-4X (平膜試験ユニット)
膜	T社試供品高ホウ素除去RO膜
試験サイズ	75mm φ
圧力	60~75kgf/cm <sup>2</sup>

### 3. 結果および考察

#### 3.1 ホウ素吸着樹脂によるホウ素除去試験

##### 3.1.1 ホウ素除去能力評価

樹脂量200cm<sup>3</sup>で深層水および脱塩水の脱ホウ素処理した結果を図1に示す。

いずれのケースも水道法基準値 (1mg/L)、WHO飲料水ガイドライン値 (0.5mg/L) 以下に一定量処理が可能であった。また、図2に示すように0.5mg/Lに処理可能な通水量は、SV5~20では100~500L/L-樹脂であり、樹脂種により明らかに差が認められた。現状では樹脂の正価が得られておらず、コスト比較の際の大きな要因となる。

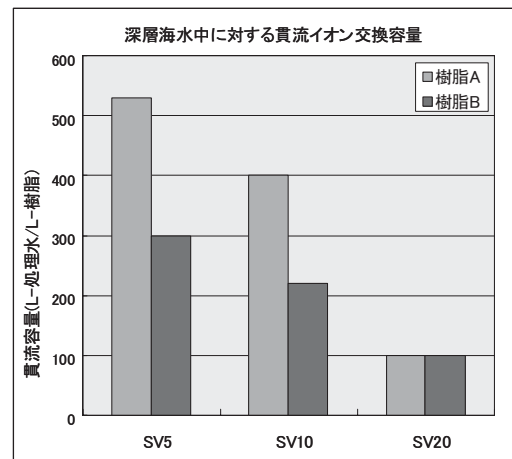


図2 処理可能な深層水量 (B<0.5mg/L)

##### 3.1.2 共存元素・有機物の挙動

深層水、樹脂AB処理水 (SV=10)、樹脂AB滞留水 (SV=0) 中の共存元素・有機物の分析を行った結果を図3~5に示す。

樹脂Bでの若干のCa、Srの減少がみられる他は他のイオン種の変動は誤差範囲内であり、良好な選択性を発揮しているものと思われる。

樹脂の基体の構成物由来のT-Nは検出されなかった。樹脂Bでは若干のTOC上昇が見られ、滞留水ではTOC、CODともに増加するケースが見られた。通常安定運転時には安全性に問題がある程度とは思われない。また、樹脂Bは、IC (無機炭素) が顕著に減

少する傾向が見られた。主要因は溶存炭酸ガスの離脱と見られる。

吸着用担体であるセリウムの溶出は認められなかった。他の微量元素の溶出も認められなかったが、全

般に原水より数%減少する傾向が見られた。また、Uについては樹脂Bで顕著な低下が見られたが、原因は不明である。

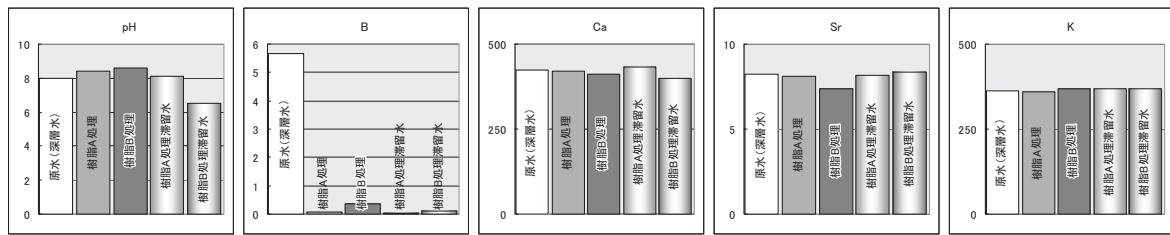


図3 主要塩類濃度 (pH以外の単位はmg/L)

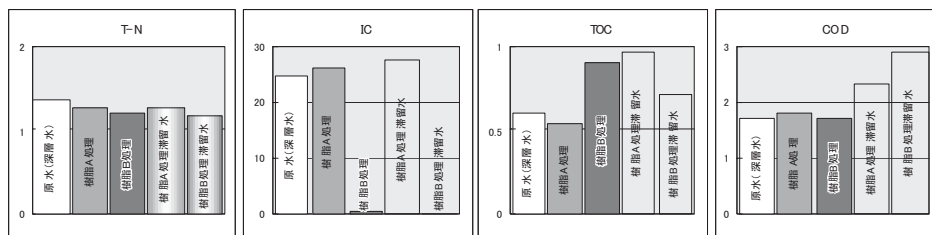


図4 有機物等の濃度 (単位はmg/L)

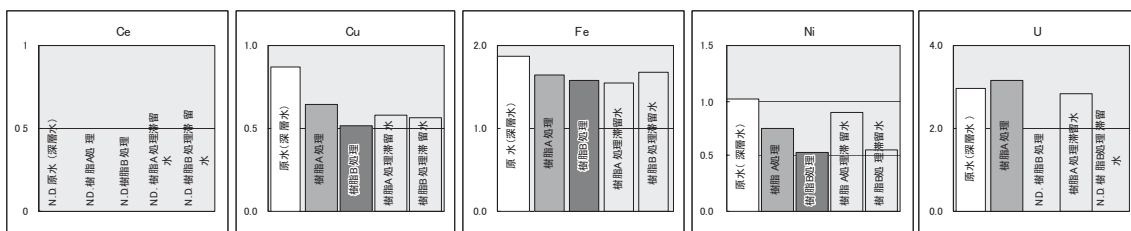


図5 微量元素濃度 (単位はμg/L)

### 3. 2 高ホウ素除去RO膜によるホウ素除去試験

高ホウ素除去RO膜(平膜)により70kgf/cm<sup>2</sup>ワンパスで透過処理を行った透過液の分析結果を表4に示す。

ホウ素除去能力を見る限り、水道法基準値、WHOガイドライン値を下回る良好な結果であった。

### 4. まとめ

今回試験を行ったホウ素除去能のあるイオン交換樹脂2種類、高ホウ素除去RO膜1種類は、いずれもWHOガイドライン値を下回る事が可能であり、樹脂については一部元素を除いて、ほぼ良好な選択性がある事がわかった。

今回利用した膜、樹脂は標準市価が明確になっていないものが多く、コスト計算は今後行う予定であ

るが、RO脱塩水のみを利用する場合は脱ホウ素膜の利用を、濃縮水も含めて海水を総合的に利用する場合は、いずれかの樹脂処理をするのがコストパフォーマンスに優れる事は容易に想像できる。

2種類の樹脂の優劣は性能的には樹脂Aが優れるが、樹脂単価・再生性能・Ce排水処理費のバランス次第である。

表4 高ホウ素除去RO膜による試験結果

	B	Ca	Si	Sr	Na
深層水 (mg/L)	5.62	380	1.8	9.5	11,000
RO脱塩水 (mg/L)	0.47	11.8	N. D.	0.28	354
除去率(%)	91.6	96.9	>99	97.1	96.8



# 環境共生型廃水処理システムの開発（第1報）

## 天然繊維をベースとした六価クロム捕集材の開発

山下 実      隅田 隆      川北浩久      岡崎由佳  
河野敏夫      鶴田 望      伊藤 毅      篠原速都  
福富 兀\*

*Development of new wastewater disposal system (Part1)  
Development of Cr (VI) adsorbent made based on natural fabric*

Minoru YAMASHITA Takashi SUMIDA Hirohisa KAWAKITA Yuka OKAZAKI  
Toshio KONO Nozomu TSURUTA Takeshi ITO Hayato SHINOHARA  
Takashi HUKUTOMI\*

本研究では、多数のアミノ基を有する高分子を分子設計することにより、六価クロムの直接捕集が可能な天然繊維をベースとした捕集材を開発した。これは、複雑なプロセスを必要とせず排水浄化プロセスが簡易で、回収された六価クロムも濃縮しての処理が可能となり再利用も見込めるなど、従来法にはなかった新規性がある。

### 1. まえがき

クロム (Cr) は自然界において普遍的に広く存在し、単独では無毒で工業的な利用頻度も高い。特に耐蝕性、耐摩耗性、高温での強靱性に優れ、表面処理の薬品として食器などのメッキは殆どクロムが使用されているほどで、これらの分野では適当な代替品は現在特にない。利用価値の高いクロムだが、人工的に生成される六価クロムは非常に強い毒性を示し、発ガン性等で問題となるため、表面処理やメッキ等の産業界では、クロムを含む産業廃水の排出は水質汚濁防止法でも厳しく規制されている。現在の処理方法としては還元中和沈殿法が最も頻用されているものの、プロセスが複雑であり、大量に発生するスラッジの処理も問題となっている。

そこで、本研究では、多数のアミノ基を有する高分子を分子設計することにより、六価クロムの直接捕集が可能な天然繊維をベースとした捕集材を開発

し、前述の複雑なプロセスを必要とせず排水浄化プロセスが簡易で、回収された六価クロムも濃縮しての処理が可能で再利用も見込むことが可能な低コストで新規性の高いシステムの開発を目指す。

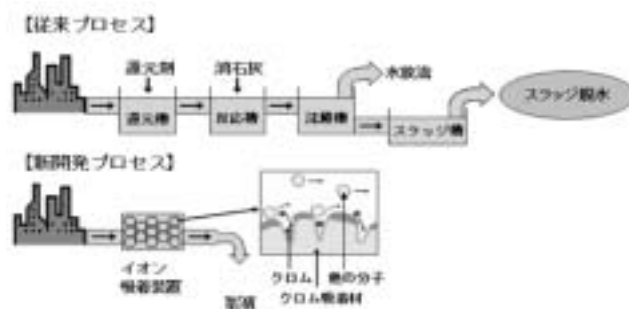


図1 新開発プロセスイメージ

### 2. 実験および結果

#### 2.1 合成方法の確立

##### 2.1.1 構造設計

六価クロム捕集材の基本構造は、図2のように水不溶性の基材部（セルロース繊維など）・吸着部（アミノ基を有する高分子によるマイクロゲル）・通水

\* 高知工科大学名誉教授（現高知県工業技術センター企業化支援客員研究員）

部（基材部によって得られる空隙部）の3要素からなる。このような構造（不均一構造と呼ぶ）によってイオンを含む廃水は吸着平衡を起こすことなく高速吸着され、処理水は目詰まりを起こすことなく空隙をスムーズに通過すると考えられる。



図2 六価クロム捕集材イメージ

### 2. 1. 2 合成方法における改善点

上記のように、高分子に任意の機能を持つ物質を付加する場合には、長鎖のイオン吸着性重合体を基材部に結合させる（グラフトする）方法が一般的で、この方法では基材部の特性を保持することができなかった。すなわち、長鎖のイオン吸着性重合体を基材部にグラフトさせ基材部に直接イオン吸着性基を付加すると、イオン吸着性基の性質がイオン吸着材全体の性質として現れ、イオン吸着性基の数に応じて水溶解性の高く最終的に基材部全体が水溶性となるものとなってしまっていた。また、イオン吸着性基の密度を大きくすることもできなかった。さらには、目的に応じた多様な吸着性基を簡単なプロセスで導入することもできなかった。

そこで、本研究ではイオン吸着性重合体を架橋によりマイクロゲル化する方法によって、イオン吸着部中のイオン吸着性基の密度が高く、この吸着部におけるイオン溶液の拡散が容易かつイオン吸着部へイオンの接近が容易であり、さらに吸着材全体の特性を変えずにイオン交換容量を大幅に向上させ得る方法での合成を検討し、その合成方法を確立した。

### 2. 1. 3 原材料

基材としてはいくつかの繊維材料を検討したが、  
 ①容易に入手可能である ②一般には廃棄物である廃パルプが使用できる ③廃棄時の環境負荷が少ない ④リグニンなどの反応に関与しない（もしくは反応阻害する）物質がほぼ除去されている ⑤水、

アルコール類など多くの溶剤に対して耐性が高いなどの理由により、セルロース繊維（広葉樹晒クラフトパルプ）を使用することにした。クラフトパルプは本、ノート、牛乳パックなどほとんどの紙製品で使用されている最も一般的なパルプである。

次にイオン吸着部についてであるが、本法ではイオン吸着重合体としてポリアリルアミン（PAA）を使用し、ポリアリルアミンを架橋させるための橋かけ剤としてグリシジルメタアクリレート（GMA）をセルロース（基材部）にグラフト重合させ、いくつかのGMAを介してPAAが架橋しマイクロゲルを形成する構造とした。その構造に関するイメージを図3に示す。

また、合成した捕集材を電子顕微鏡によって撮影したものを図4に示す。



図3 吸着材マイクロゲルのイメージ

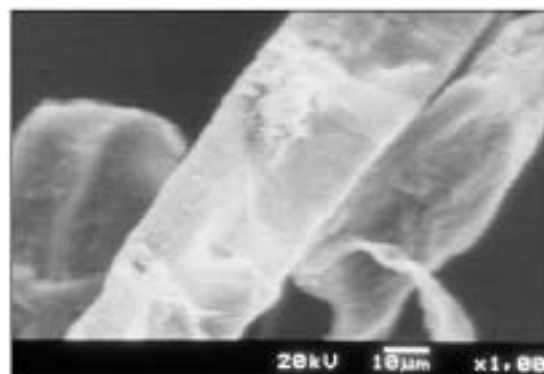


図4 吸着材の電子顕微鏡写真

### 2. 2 合成した高分子吸着材の吸着特性

吸着材0.01gに10ppmの六価クロム水溶液10mlを通過した結果、ICPの検出限界である0.02ppm以下まで吸着することが可能であった。また図5に示すように吸着特性はpH依存性を有することから、pH調整によって吸着イオンの脱離・回収・濃縮が可能である。

また、図6にいくつかの陰イオンを捕集材に吸着させた場合の溶液中のイオン濃度を示す。Cr (VI)



は、それぞれ濃度10ppmで200ml (pH6.5) に樹脂0.5 gを加え濃度変化を測定し、F、Cl、Br、NO<sub>3</sub>、NO<sub>2</sub>、SO<sub>4</sub>、BO<sub>3</sub>、AsO<sub>4</sub>の各イオンは濃度10ppmで200ml (pH6.5) に樹脂量 0.2 gを加えて濃度変化を測定した結果である。この結果から、本捕集材がクロム(VI)イオンに代表される酸素酸イオンに対して非常に高い選択性を持つことが分かった。

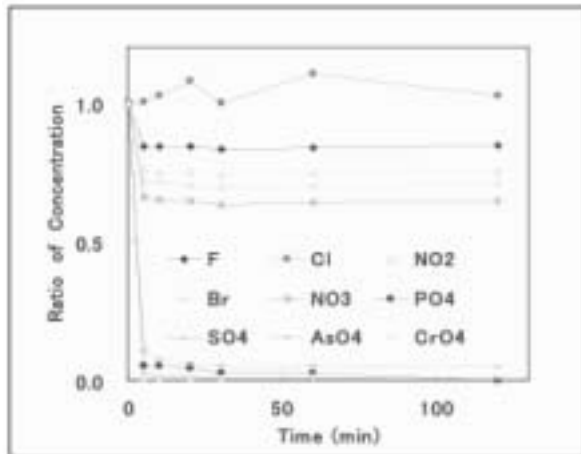


図5 pHと吸着性能

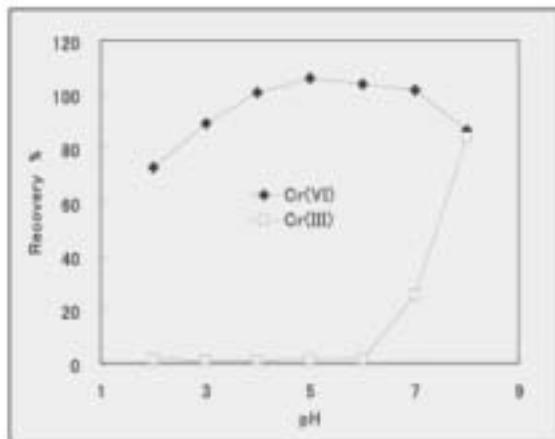


図6 イオン選択性

### 3. まとめ

#### 3. 1 考えられる用途

本吸着材は六価クロムのほかにリン酸など他の酸素酸イオンの吸着が可能であることが分かった。これにより次の様な用途が考えられる。

- ・工場排水処理施設等のクロム処理
- ・親水公園・景観用水・単独、合併浄化槽・農業集落排水処理施設の栄養塩除去
- ・環境水からの栄養塩除去

#### 3. 2 従来の六価クロム処理との比較

六価クロム処理について代表的な従来法である還元・凝集沈殿法と比較したものを表1に示す。また、成果物である六価クロム捕集材の外観を図7に示す。

表1 新開発システムと従来法の比較

	従来法(還元中和沈殿法)	本法
コンセプト	薬品添加して二価のクロムとし中和・沈殿させて分離除去	難溶状高分子吸着材に直接吸着・薬劑コンパクトにまとめて処理する
使用薬剤・材料	一般の薬品で安価	新開発の吸着材(しかし安価)
使用法	広大な敷地に構築の槽を設置	六価クロム廃水を通過させるのみ
対応できる濃度	高濃度~中濃度	高濃度~低濃度
コストなど	薬品等は一般的で安価だが、設備建設にコストがかかり、環境改善のための広大な敷地を要する。	吸着材の製造、吸着工程のすべて簡易な設備、イニシャルコスト、ランニングコストとも低い。吸着材はくり返し使用可能で廃棄物が少ない。



図7 六価クロム吸着材外観



# 金属化合物抗菌素材を含まない抗菌性高分子素材の開発

鶴田 望 山下 実 篠原速都

*Development of the antibacterial macromolecule material which does not include metal chemical combination quarrel bacteria material*

*Nozomu TSURUTA Minoru YAMASHITA Hayato SHINOHARA*

高分子自身に抗菌性を持たせるために、主鎖骨格を制御しつつ第4級アンモニウム塩を組み込んだ高分子材料を合成した。抗菌性を調査したところ、高い抗菌性を示し、また抗菌の維持能力もある高分子試作物を得ることができた。汎用性を高くするために、汎用性の高いモノマーに置換し、さらに第4級アンモニウム塩の反応量を減少させて作製した試料でも、同様の抗菌性を発揮した。

## 1. 背景

O-157による食中毒やメチシリン耐性黄色ブドウ球菌による院内感染など、人間の生活環境に悪影響をもたらす微生物が存在しているため、様々な抗菌性製品を利用している。また、過度に清潔性を求める国民性からか、あらゆる物に抗菌性が付与されており、その市場は、年々増大している。通常、抗菌性物質には金属化合物が多数使用されており、また、安定した効果を発揮している。しかしながら、最近多用されているナノ銀粒子は、ヒトに対する安全性が確認できるまで、農薬と同様に扱うとの勧告が米国環境保護局から出ている。このように銀ナノ粒子に代表される抗菌性をもった金属化合物は、今後、大幅に規制される可能性がある。

現状での高分子材料に抗菌性を持たせる方法は、高分子表面に抗菌物質を塗布したり、高分子と抗菌性物質を混合し均一存在させる必要があり、抗菌性物質が細菌と接触できる部分に存在させなくてはならない。

本研究では高分子鎖の分子構造ならびに高次構造を制御することにより、高分子自体に抗菌性を持った材料を開発することを目標としている。金属化合物などの抗菌性物質を添加することなく、高分子自身に抗菌性を持たせるために、主鎖構造ならびに側鎖に導入する官能基やモノマーを検討し、安定的に抗菌性を発揮する高分子材料を開発し、内装用塗料等への利用を検討する。

## 2. 実験方法

### 2. 1 抗菌性を持った高分子化合物の合成について

高分子の主鎖部分は、無水マレイン酸とクロロメチルスチレンの共重合体とした。重合反応は、無水マレイン酸、クロロメチルスチレンを等モルずつ取り、酢酸ブチルに溶解した。十分に溶解した後、75℃に加温してアゾビスブチロニトリルを加えて8時間攪拌した。次に、第4級アンモニウム塩である塩化ベンザルコニウムを無水マレイン酸と等モル秤量し、アセトンに溶解した。塩化ベンザルコニウムのアセトン溶液を無水マレイン酸とクロロメチルスチレンの共重合体の酢酸ブチル溶液と混合し、加温攪拌しながら、アゾビスブチロニトリルを加えて、一昼夜反応させた。これを試作高分子C3溶液とした。

### 2. 2 市販塗料との混合について

試作高分子C3は、単独では塗料としての性能が十分でない可能性があること、また、早急に製品化を考えた場合、既存塗料との混合により、性能を確保した方が上市しやすいと考えた。そこで、すでに市販されている塗料との相溶性を検討した。相溶性を観るのに使用した塗料は、エポキシ塗料、アクリルウレタン塗料、ウレタン (PU) 塗料の3種類である。

### 2. 3 耐候性試験について

外装用塗料に使用した場合の劣化状況をウェザーメーターを使用して調査した。太陽光強度として150 MJの光量を照射した。試験に使用した試料は、ABS樹

脂板、PU、PUC3、C3の4種類である。

## 2. 4 抗菌性試験について

抗菌性試験は、JIS Z 2801に従って行った。但し、

各試料は1検体2水準で行った。結果は、2水準の平均とした。所定の大きさの亚克力板にスプレー塗装した後、十分に乾燥させて抗菌性試験に使用した。使用した試料を表1に示す。

表1 抗菌性試験に使用した試料

試料名	
PE	ポリエチレン (生菌数検査用のストマック袋) 40mm 角
亚克力	市販亚克力板 無塗装
PU	市販の2液混合型ウレタン塗料
PUC3	市販の2液混合型ウレタン塗料のA液1部に対してC3 20%液1部で混合し、ウレタン塗料B液1部を加えたもの
PUCX10	市販の2液混合型ウレタン塗料のA液1部に対してC3 20%液0.1部で混合し、ウレタン塗料B液1部を加えたもの
C3	試作高分子試料
抗菌塗料	市販品

## 3. 結果

得られた試作高分子試料C3は、赤外線分光分析で、構造を確認した上で、各種試験に使用した。

図1に市販塗料との混合状態を示す。エポキシ塗料は、主剤にC3を添加すると同時にゲル状の析出物が生じた。別途、硬化剤側にC3を添加した場合もゲル状の析出物を生じ、エポキシ塗料との相溶性は無かった。亚克力ウレタン塗料は、主剤にC3を加えると均一な溶液になったが、時間が経過すると白色の浮遊物が析出した。これに硬化剤を加え、膜化したものの白濁した膜になったが、C3との相溶性は不十分である。PU塗料は、主剤にC3を添加していくと一度白い析出物を生じたが、攪拌し続けると消失し、透明な液体になった。これに硬化剤を加えて膜化したところ、透明な膜が得られた。膜化した試料は、

見た目にはPU塗料の塗膜と差は無かった。

図2に各試料の24時間後の大腸菌の生菌状態を示している。亚克力ならびにPUには、培地表面全体に大腸菌が繁殖し、無数のコロニーを作っていることが確認できる。抗菌成分を有する試作物C3ならびに試作物混合試験体PUC3、PUCX10では、大腸菌の生育は確認できなかった。市販抗菌塗料では、大腸菌の生育が観察された。

各試料の24時間後の生菌数を表2に示す。PEの植菌直後は、105オーダーで24時間経過後で106オーダーになっており、PEでは、一桁大腸菌が増殖している。PEを基準にして考えると、無塗装の亚克力樹脂板は、PEと同程度であることがわかる。市販のPU塗料は、PEと比較して2桁の差、市販抗菌塗料も3桁差があり、抗菌活性があるといえる。試作物C3ならび

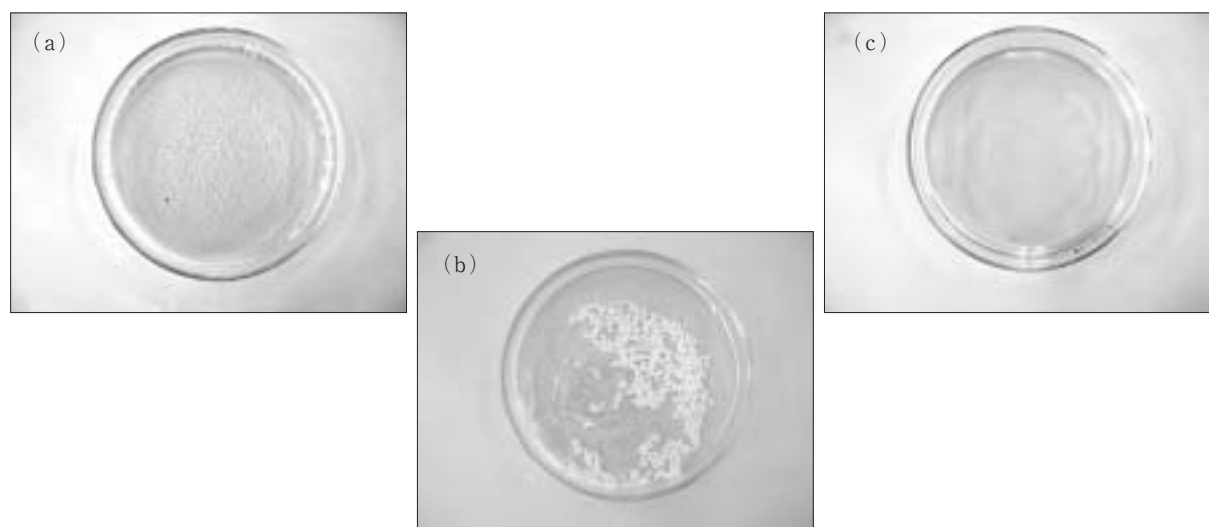


図1 試作高分子C3と市販塗料との相溶性  
(a) ウレタン (PU) 塗料 (b) エポキシ塗料 (c) アクリルウレタン塗料

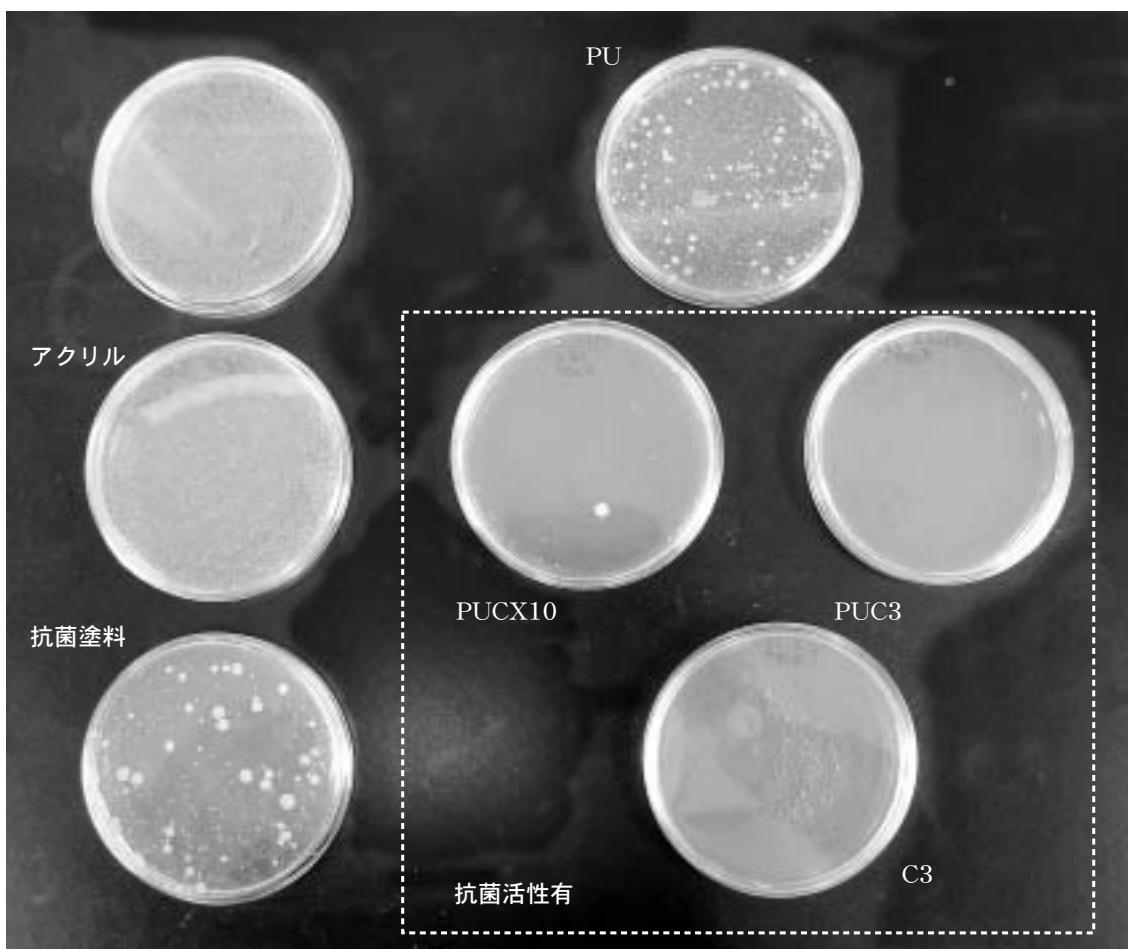


図2 各試料の24時間後生菌状態

に試作物混合試験体PUC3、PUCX10は、生菌数は100個以下であり、著しい抗菌活性を持つことを示している。市販抗菌試料は、抗菌活性値2.9を示したが、試作物の試料群（抗菌活性値4.4以上）に比べて抗菌活性は劣ることがわかる。

耐候性試験前の抗菌性を図3に示す。ABS、PUには、大腸菌の生育が観察され、抗菌性がないことがわか

る。PUC3、C3には、大腸菌の育成は観察されず、抗菌性があることがわかる。次に、150MJの光量照射後の各試料の大腸菌の育成状態を図4に示す。照射前には抗菌性が観られなかったABS、PUに抗菌が観られた。PUC3、C3は継続して抗菌性が観られ、耐候性を有していることがわかった。

表2 各試料の24時間後生菌数と抗菌活性値

植菌直後の菌数（無加工）	試料/24時間経過の菌数	抗菌活性値 <sup>*)</sup>
PE/5.4×10 <sup>5</sup>	PE/2.6×10 <sup>6</sup>	(基準試料)
	アクリル/1.7×10 <sup>6</sup>	0.1
	PU/2.5×10 <sup>4</sup>	2.0
	PUCX10/1.0×10 <sup>2</sup> 以下	4.4以上
	PUC3/1.0×10 <sup>2</sup> 以下	4.4以上
	C3/1.0×10 <sup>2</sup> 以下	4.4以上
	市販抗菌塗料/2.8×10 <sup>3</sup>	2.9

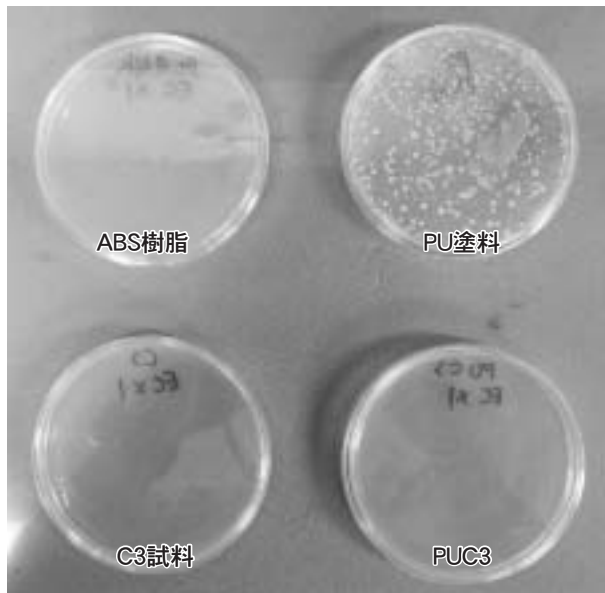


図3 耐候性試験前の各試験体の抗菌性

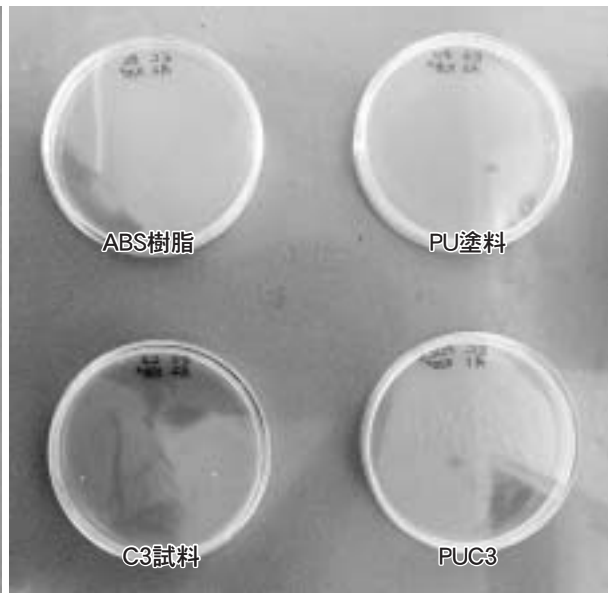


図4 150MJ照射後の各試料の抗菌性

#### 4. 考察

抗菌性を持った高分子材料を得ることができた。現段階で想定される試料C3の抗菌性の発現因子は、組み込んだ塩化ベンザルコニウムの性質がそのまま反映されたと考えられる。塩化ベンザルコニウムは、元々病院等で使用される手指殺菌・消毒剤である。この作用は、塩化ベンザルコニウムによる細胞膜の損傷、細胞の酵素タンパクの変性により消毒・殺菌作用が働く。今のところ、C3の抗菌因子はこの作用に基づくと考えるのが妥当である。

市販塗料との混合は、上市を考える上で、一番早く製品化できる可能性があるため、検討項目に入れた。図1に示したように、試作高分子の相溶性の悪さは、主鎖骨格に使用した無水マレイン酸に起因すると考えられる。無水マレイン酸を選択した理由は、無水マレイン酸同士は重合せず、必ず別のモノマーと反応し交互共重合体を構成すること、また、無水酸の五員環を開裂させることにより側鎖にモノマーを導入できることから、主鎖ユニットに使用した。その反面、カルボキシル基に由来する親水性や五員環に基づく電子の偏り等により親水性の高い高分子になっている。そのため、通常、疎水性のモノマーで構成される汎用高分子との相溶性は悪いといえる。

PU塗料との相溶性が良かった理由は、PU塗料の主剤がポリオールであることが大きい。無水マレイン酸の五員環は、水酸基存在下で容易に開環して加水分解される。ポリオールは水酸基を有するので、無水マレイン酸により水酸基を引き抜かれる。主鎖ユニットの無水マレイン酸の五員環は開環してポリオー

ルと反応してコポリマーを形成したためと考えられる。このことを利用して、無水マレイン酸の五員環部分に、相溶性を向上させるモノマー等を導入し、試作高分子C3の相溶性を改善することができる。この点に関しては、主鎖骨格の無水マレイン酸を加水分解して再グラフト化するか、無水マレイン酸を別の有機酸に置換することで改善できる。

他の高分子との混合性を良くするため、さらに安価に合成するために主鎖骨格の構造を再検討した。そこで、無水マレイン酸の代わりにアクリル酸を使用し、CMSの大部分をスチレン置き換えて新規の抗菌性高分子を試作した。まず、アクリル酸3.6g、クロロメチルスチレン7.6g、スチレン52gをそれぞれ秤量し、アセトン245gに加え均一に攪拌した後、75℃に加熱して、アゾビスブチロニトリル1g加えて8時間加熱攪拌した。この高分子溶液を60gずつ分取して、塩化ベンザルコニウムをそれぞれ、0.34g（試料名：ACS1）、1.7g（ACS2）を秤量しアセトンの20%溶液にして加え75℃に加熱しアゾビスブチロニトリル0.5g加えて8時間試作した。

表3に抗菌性試験の結果を示す。無添加のACS0でも抗菌活性値2.3を示すが、これは前述の市販抗菌性塗料と同程度有り、今回の試料群中では抗菌性は低い。塩化ベンザルコニウム添加量6.4%であるACS2がC3試料と同程度あることから、C3に対する塩化ベンザルコニウムは過剰ともいえ、1/10程度でも抗菌性は発現すると推察される。

耐候性に関しては、150MJ照射でも塗膜の劣化は無く、良好な性能を維持したといえる。通常、PU塗料

は耐候性に劣るので、他の塗料との相溶性を改善する  
 ことは、今後の商品化を考える上で必要な事項である。

表3 ACS試料の24時間後生菌数と抗菌活性値

	塩化ベンザルコニウム		24時間後生菌数 (大腸菌)	抗菌活性
	添加量 (g)	含有率 (%)		
PE (基準)			$1.7 \times 10^7$	---
ACS 0	0	0	$8.0 \times 10^4$	2.3
ACS 1	0.34	1.4	$1.4 \times 10^4$	3.1
ACS 2	1.70	6.5	$1.0 \times 10^2$ 以下	5.2以上
C3	---	57.6	$1.0 \times 10^2$ 以下	5.2以上

#### 5. まとめ

金属化合物の抗菌素材を含まない抗菌性高分子材料を得ることができた。

無水マレイン酸を別の有機酸に置換して作製した

ACS試料が抗菌性を発現したことから、他の高分子と相溶性も良く、自身も低コスト化できる汎用性が改善できると思われる。





# 高知県産竹材を用いた自動車内装材等工業部材の開発 (第1報)

山下 実 篠原速都 伊藤 毅 鶴田 望

## Development of industrial material used Kochi Bamboo (Part1)

Minoru YAMASHITA Hayato SHINOHARA Takeshi ITO Nozomu TSURUTA

本研究開発では、竹材を工業材料として使用するための前処理方法を確立し、その管理された工程によって生産した竹材を使用してハンドル成型のための竹集成曲げ加工技術、竹と異種素材の接着・接合技術を開発し、自動車内装材製造における竹材利用の基本的技術を確立した。さらに樹脂含浸と金型による成型及び意匠付加技術の開発により、ナイフグリップをターゲットとして耐久性確保、コストダウンした意匠性付与（立体エンボス、滑り止め）技術を確立した。またこれらの技術に基づいて製造した試作品の性能試験において良好な結果を得た。

### 1. 目的

竹は古くから生活用品の材料として使用され、生活に密着している材料の1つである。しかし近年は里山周辺に繁殖し、その面積を拡大する傾向にある。森林の機能を阻害するとも考えられており、竹林整備の必要性から新しい利用方法が必要とされている。

そのような中、県内企業から自動車メーカーに提案された竹集成材の自動車内装材は注目を浴び、自動車内装スベックに対応できる製品の開発が求められている。しかし、竹素材そのものを部品として使用した自動車内装品はほとんど存在せず、種々の厳しい自動車部品の性能スベックをクリアする技術は確立されていないことから、本研究では世界初の竹自動車内装材の開発を目指す。

また、これまで竹製品が使用されなかった新規分野の開拓をめざし、金型成型等による加工費コストダウンと意匠性付与技術を確立する。これらの技術をもとに、ナイフグリップなどへの竹材利用を検討する。

### 2. 実験及び調査

#### 2.1 現状調査および竹材の基本物性

##### 2.1.1 原竹の供給体制

今回竹材を利用するにあたって、高知県の竹の蓄積状況が整っているのかを調べたところ、高知県の竹の面積は4,388haあり、十分な蓄積量があることがわかった。

日本国土の竹林面積153千haのうち、高知県の竹林面積は4,388haあり、高知県の推定本数は11,550本/ha（高知県森林技術センターの調査による）、1本あたりの使用可能材積は0.03m<sup>3</sup>/本、1haあたりの材積は約346m<sup>3</sup>/ha、高知県の蓄積は4,388ha×346m<sup>3</sup>=1,535,800m<sup>3</sup>である。伐採は、根元から4mを使用（平均樹高16m）し、4年サイクルで伐採するので、1,535,800m<sup>3</sup>÷4÷4=95987.5m<sup>3</sup>となり、統計的には高知県で年間約96,000m<sup>3</sup>が、伐採可能である。

一方、共同研究機関である竹素材加工業者の生産実績が年間120m<sup>3</sup>であり、120m<sup>3</sup>の製品を生産するためには、実質歩留りが2割なので、600m<sup>3</sup>の竹材が必要である。仮に、300%増産したとしても必要材積率は1,800m<sup>3</sup>。伐採可能な竹は96,000m<sup>3</sup>なので、竹材は十分供給可能であると考えられる。

また、竹製ハンドルを年間一万本生産するために必要な原竹を概算すると約100m<sup>3</sup>であり、ハンドル生産を想定した場合においても原竹の供給体制は十分であると考えられる。それらの算出結果を表1に示す。

表1 竹材の蓄積量と想定必要量

年間可能生産量	約96,000m <sup>3</sup>	高知県の竹林面積4,388ha 高知県の蓄積1,535,800m <sup>3</sup> 根元から4mを使用（平均樹高16m） 4年サイクルで伐採するとして 1535800/4/4=95987
想定必要量 (ハンドル)	100m <sup>3</sup>	1セット分の材積0.002m <sup>3</sup> 製造歩留まり20% 年間1万セット生産として 0.002×10,000/0.2=100

## 2. 1. 2 竹ラミナの製造と基本的な物性

竹を工業製品として使用する場合は集成材として使用することが一般的である。その際、最も基本的な材料となるものが竹ラミナ（厚み4～6mm、幅25mm～40mm程度の板）と言われるものである。ここではこれまで建材等の製造時に行っていた製造方法を改良し、それによって製造したラミナの基本的性能を調べた結果について述べる。竹ラミナを図1に示す。



図1 竹ラミナ

ラミナは伐採から乾燥、仕上げ加工までいくつかの工程を経て製造される。その過程で乾燥時に強い乾燥応力を受ける。これが竹材に残留したままの状態加工されるとラミナに応力が残留し、高温時に変形や接着剥離を引き起こす原因となると考えられる。

その対策として、乾燥後に高温蒸気による応力の除去（蒸気処理と呼ぶ）を試みた。この処理によりラミナの寸法安定性の向上がみられる。また物理的性質も大きく変化することが分かった。その寸法安定性と比重の変化及び表面硬さの変化について調べた。その内容を以下に述べる。

試験片は乾留、乾燥の工程を終えた従来の竹ラミナを、縦に2枚に分割し、そのうちの1枚はそのまま仕上げ加工する。残る一枚を恒温恒湿槽で蒸気処理後に仕上げ加工を行った。試験に使用した竹材は2007年5月高知市春野産、発生後3年以上経過したモウソウチクを使用した。試験体数はそれぞれ11体とした。

寸法安定性試験は、試験片を厚さ4mm幅25mm長さ60mmに仕上げ加工し、仕上げ後の重量と寸法および含水率の測定により気乾比重を測定し、乾湿くり返し試験によって寸法変化を測定した。試験条件は湿潤時温度50℃相対湿度95%rh24時間、乾燥時温度80℃湿度制御なし24時間、湿乾3回くり返して行った。

寸法測定は、接線方向（幅）が外皮側と内皮側の2点、半径方向（厚み）が中心部と端部の2点の計4点を測定した。

表面強度は、JIS Z2101木材の試験方法、木材の硬さ試験方法に準じて、内皮側の硬さを測定した。測定は直径10mmの鋼球を $1/\pi$  (0.32mm) 圧入する方法で測定する。また得られた荷重値から次式によって硬さを算出する。

$$\text{硬さ (N/mm}^2\text{)} = \text{荷重 P (N)} / \text{圧入面積 10 (mm}^2\text{)}$$

図2から図5に蒸気処理を行ったラミナの乾湿くり返しによる寸法変化を測定した結果を示す。同時に同一の原竹から採取した従来の蒸気処理をしていないものを同時に測定した結果を示す。

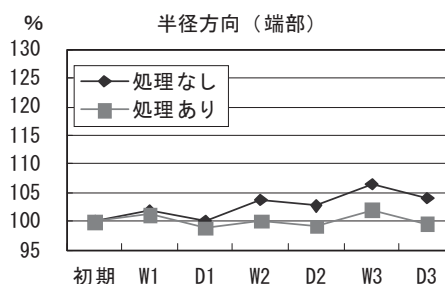


図2 乾湿繰返時の寸法変化①

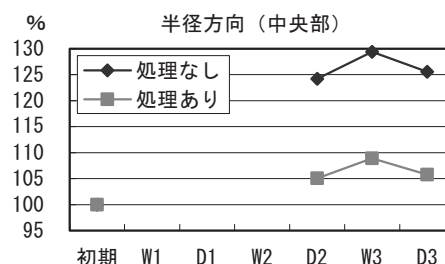


図3 乾湿繰返時の寸法変化②

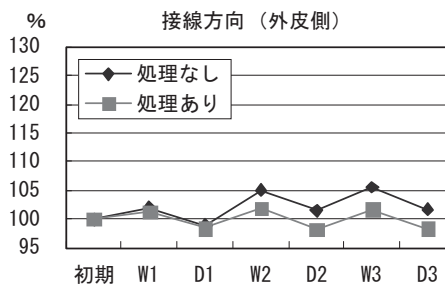


図4 乾湿繰返時の寸法変化③

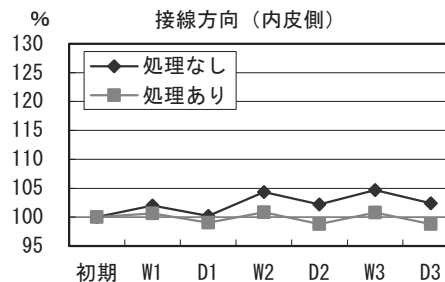


図5 乾湿繰返時の寸法変化④

半径方向の寸法変化は、蒸気処理を行ったラミナでは最大で10%程度の膨張に抑えられ、試験後の残留変形はほぼ無いが、非常に少なかった。蒸気処理をしない従来のラミナでは中央部の変形が特に大きく、最大で30%の膨張が起こった。繰り返し回数が増えると徐々に増加傾向であることから、試験を継続した場合さらに大きな変形が起こることが予想される。含水率の上昇による膨張は含水率の低下に従って初期の寸法にほぼ復帰するが、今回試験を行った処理なしラミナは、試験後に初期寸法に復帰していない。つまりこの寸法変化の理由は含水率の上昇だけではなく収縮応力の解放であり、これまでこの残留応力が接着不良の大きな原因になっていたと考えられる。

接線方向では、半径方向ほどの寸法変化はないものの、蒸気処理ありのラミナでは1~2%程度の膨張に抑えられ、試験後の残留変形はほぼ無いが、いくつかの試験片ではわずかながら収縮もみられた。蒸気処理なしのラミナでは最大5%程度の変形がみられた。この変形は複雑な形状の製品や異種材料との接着を行った場合に大きく影響すると予想される。

以上のように、蒸気処理によって寸法安定性は大きく改善された。このような性能向上は複雑な形状の製品や異種材料との接着を行った場合にも大きなメリットになると考えられる。

竹ラミナの比重について、ラミナの蒸気処理によって比重は平均で初期0.84から処理後0.73まで低下した。個体間のばらつきによりほぼ変化しないラミナや0.95から0.63まで25%近く変化するものもあった。

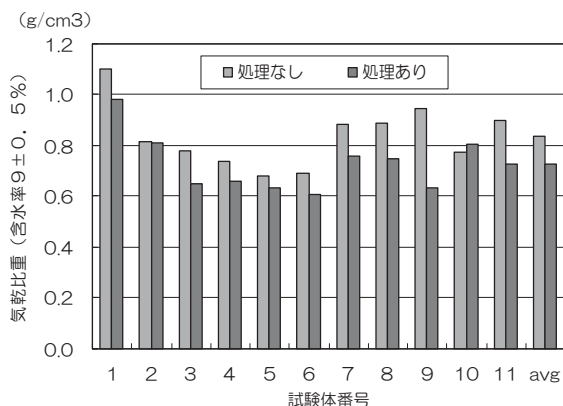


図6 蒸気処理による比重の変化

表面硬さの測定結果については、比重、曲げ強度と同様に蒸気処理によって低下する傾向にある。

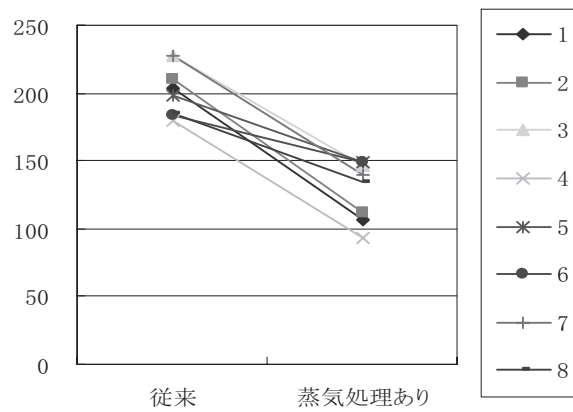


図7 蒸気処理による表面硬さの変化

### 2. 1. 3 処理時間と強度低下

次に蒸気処理により使用上問題が起こるほどの強度劣化が起こらないことを確認するために、処理時間と曲げ強度の関係を調べた。

#### 試験方法

同一の原竹からA~E 5枚のラミナを作成し、それぞれ蒸気処理の時間を変えて蒸気処理を行い、その後気乾状態で曲げ強度および曲げヤング率を測定した。原竹は5月春野産の材料を使用した。試験体数は各条件10体。

試験の結果、曲げ強度、曲げヤング率とも処理時間4時間ではほぼ横ばいとなり、8時間が最低値を示し、その値は処理時間0時間と比較して70%程度である。16時間処理では曲げ強度、曲げヤング率とも上昇傾向が見られる。木材では高温熱処理によって結晶化が進行し強度性能の上昇が起こることが知られているが、今回の竹も結晶化の進行によるものと考えられる。

これらのことから蒸気処理4時間以降18時間程度までは強度の低下は無いことが分かった。蒸気処理の目的が寸法安定性の向上であることと曲げ接着のしやすさから、曲げヤング率が最低となる8時間を最適処理時間とした。

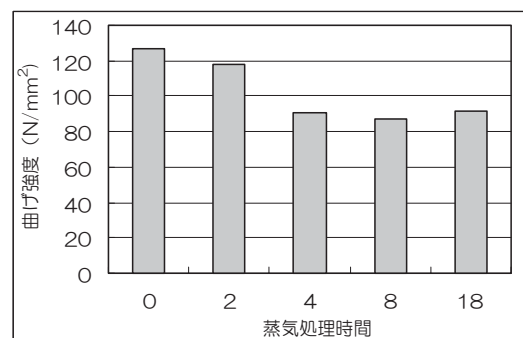


図8 曲げ強度と蒸気処理時間

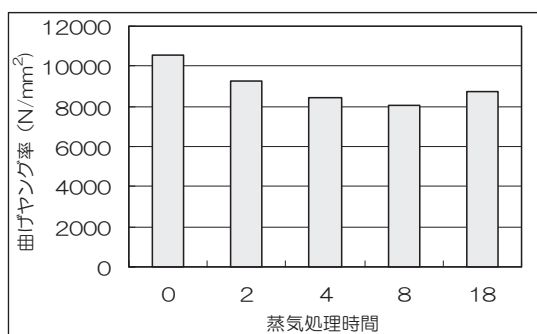


図9 曲げヤング率と蒸気処理時間

### 2. 1. 4 一般木材との比較

その後比重と曲げ強さの関係を測定した結果を図10に示す。一般の木材の値と比較して示している。この結果から蒸気処理ラミナでは比重と曲げ強さに高い相関があることがわかる。また比重と曲げ強さの関係は、現在自動車用ハンドルの材料として使用されているウォールナットとメイプル（ハードメイプル）と同等以上であることが分かる。

現在はまだ引張や圧縮など他の強度性能はデータがないため、評価が出来ない。これは今後の課題の一つであるが、一般の木材では物理的強度は比重との相関が高く、また竹は繊維構造が単純であることから推測すると曲げ強さと同様の傾向にあると予想される。

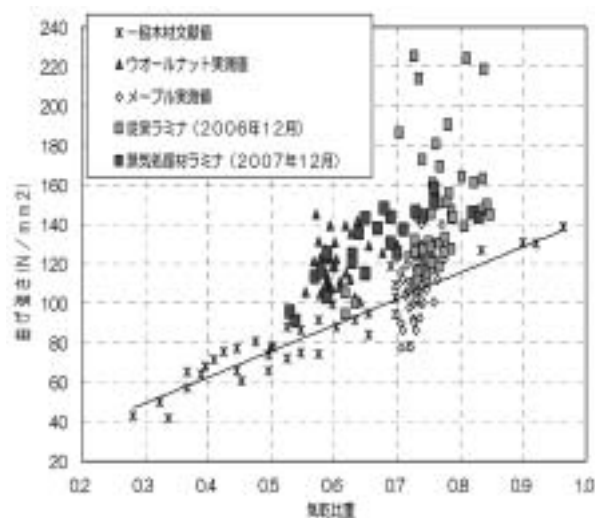


図10 一般木材と竹材の比較<sup>1)</sup>

### 2. 1. 5 蒸気処理ラミナを使用した竹集成材

続いて蒸気処理を行った竹ラミナを使用した竹集成材の接着性能の確認、寸法安定性の測定を行った。

試験方法は、ラミナと同じく同一材から蒸気処理ありと処理なし2つのラミナを作製し、それぞれ集成材を作製して比較を行った。接着剤は水性高分子イソシアネート系接着剤コニシ製CU11。使用したラ

ミナは気乾状態のもので、含水率は $9 \pm 0.5\%$ で接着を行った。接着性能は、構造用集成材の日本農林規格 (JAS) における浸せきはく離試験で規定する条件に従って試験片を処理することとし、試験片を室温 (10~25℃) の水中に24時間浸せきした後、 $70\text{℃} \pm 3\text{℃}$  の恒温乾燥器中に入れ、器中に湿気がこもらないようにして24時間以上乾燥し、乾燥後の含水率が試験前の含水率以下となるようにする。はく離の測定は木口面と側面の接着層すべてにおいて行い、はく離率を算出した。はく離率は次の式によって算出した。

はく離率 $\% = \text{はく離長さの合計} / \text{接着層の長さ} \times 100$   
試験体数は3体とした。

寸法安定性については試験片を温度 $50\text{℃}$  相対湿度95%の雰囲気内に静置し、1日目と7日目の寸法変化を測定した。

浸せきはく離試験の結果、蒸気処理を行ったラミナでははく離が起こらなかった。ただし、実際には外皮内皮の残留や節部の荒れなどが原因による接着不良が起こっているため、ラミナ状態は常にチェックし、不良ラミナの選別を行う必要がある。

表2 浸せきはく離試験結果

試験体名	はく離率 (%)	
	処理なし	処理あり
A	3.2	0.0
B	0.8	0.0
C	5.7	0.0
平均	3.3	0.0

寸法安定性の試験の結果、ラミナの場合と同じように半径方向の変形の変形量が非常に大きく、蒸気処理なしでは7日目で16%の膨張が起こっている。しかし蒸気処理をしたラミナによる試験片では2%程度の変化に抑えられ、蒸気処理の効果が明確に現れている。

蒸気処理をしたラミナによる試験片と処理しない従来の試験片を比較すると接線方向および半径方向の寸法変化率には大きな差があり、重量の変化率にはほぼ違いがなかった。このことは両者の吸湿速度に違いがないことを示しており、蒸気処理による寸法安定性の向上の理由が、吸湿性の違いではなく試験片に残留する残留応力の有無によるものであることを示している。

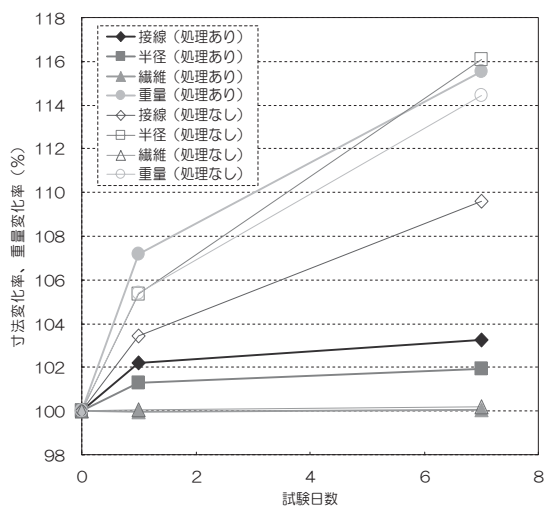


図11 蒸気処理ラミナによる竹集成材の寸法変化

### 2. 1. 6 竹曲げハンドル試作

蒸気処理により寸法安定性を向上させたラミナを使用して県内企業によりハンドルの試作を行った(図12)。耐熱試験、冷湿熱くり返し試験について、試験後の形状に異常は認められなかった。



図12 試作した竹ハンドル

## 2. 2 竹と異種素材の接着・接合技術の確立

### 2. 2. 1 竹とアルミ接着技術の確立

シリル化ウレタン系接着剤は比較的高い接着強度を有しているが、エポキシ系接着剤は化成処理を施すことによってシリル化ウレタン系接着剤より30%以上の接着強度の向上が得られた(図13)。

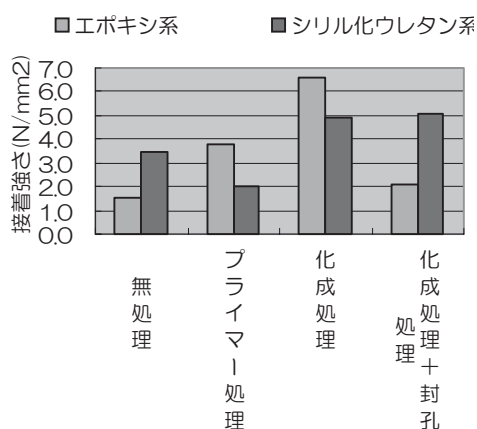


図13 引張試験結果

## 2. 3 竹への樹脂含浸および金型による成型加工技術の確立

### 2. 3. 1 竹への樹脂含浸技術の確立

含浸性、硬さ、寸法安定性、コスト、可使用時間等を考慮し、含浸用樹脂としてディッピングクリヤー(エポキシ系)を選定した。

また、含浸処理と塗装処理を組み合わせることによって優れた寸法安定性を示した(図14)。

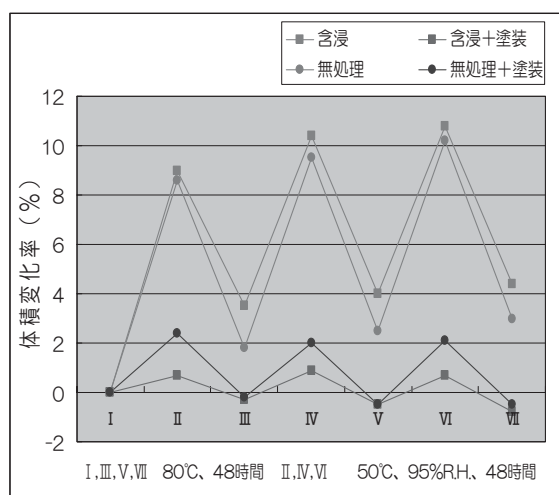


図14 樹脂含浸竹材の寸法安定性

## 2. 4 竹への金型による成型加工技術の確立

竹集成材の加熱圧縮成型材(160°C処理)は、圧縮方向(厚さ方向)において他の樹種に比べ膨張率が低く、竹集成材を加熱圧縮成型し、意匠性を付与する方法は非常に有効である。最適条件によるナイフ試作試験結果をふまえ、ナイフグリップとケースを試作した(図15)。



図15 ナイフグリップ、ケース

## 3. 参考文献

- 1) 森林総合研究所監修 改訂4版木材工業ハンドブック, 丸善, P135
- 2) 平成19年度 地域資源活用型研究開発事業「高知県産竹材を用いた自動車内装材等工業部材の

開発」成果報告書

- 3) 平成20年度 地域資源活用型研究開発事業「高知県産竹材を用いた自動車内装材等工業部材の開発」成果報告書

謝 辞

本研究開発を行うに当たり、共同研究機関として多大なご協力をいただきました(株)ミロクテクノウッド、丸西木材(有)、(有)トヨクニ、(財)高知県産業振興センター各社関係者の皆様に深く御礼申し上げます。

# 自動車内装材用3次元転写UVハードコートシステムの開発 (第1報)

篠原速都 森 光弘\*<sup>1</sup> 森 光\*<sup>2</sup>

## Development of UV hard coat system with 3-D. printing technique for car interior production (Part I)

Hayato SHINOHARA Teruhiro MORI\*<sup>1</sup> Hikaru MORI\*<sup>2</sup>

複雑な形状にもUV塗膜と印刷柄が同時に転写可能なUV塗膜付き転写シートを作製し、実際のスイッチパネルの試作を行った。UV塗膜付き転写シートは、130~150%の非常に高い伸長率を得ることができ、平面の試験板では、密着性、硬さ、耐熱性、耐湿潤冷熱繰り返し性、耐光性など、ほとんどの性能評価において目標とする自動車内装スペックをクリアできた。

### 1. まえがき

高知県工業技術センターや(株)リアライズを中心にした我々のグループは、経済産業省の平成17~18年度地域新生コンソーシアム研究開発事業「高意匠性自動車ハンドル生産のための乾式加飾技術の開発」により、自動車のステアリングハンドル等3次元形状に意匠を転写できる新しい乾式転写技術を開発した<sup>1)2)</sup>。

この乾式加飾装置は、新たに開発した乾式転写シート、シートを被転写面に密着させるための油圧式プレスと転写槽を中心とした装置から構成されている。また、このシートは、キャリアフィルム、基材フィルム、インク(印刷)層から構成され、被転写面に密着させ、加熱・加圧した後、基材フィルムを剥がすことにより、インク層が被転写面に転写される構造になっており、フィルムの伸び率が高いことから、複雑な3次元形状に加飾が可能になった。

ところが、現在の転写による加飾方法は、複雑な3次元形状に転写する場合、柔軟性や伸長性が要求され、塗膜の硬さや耐熱性が確保できないため、転写工程と塗装工程は、別工程でしか行えなかった。

本研究では、転写時には柔軟性と伸長性を持ち、硬化後には硬さや耐熱性を持つ3次元転写用UV塗料を開発、柄転写と同時に塗膜をも形成することで、

工程及びコスト削減できる自動車内装材用3次元転写UVハードコートシステムを開発する。

### 2. 実験方法

#### 2.1 3次元転写UVハードコート塗料の開発と試作

##### 2.1.1 第1次転写評価試験

3次元転写用のUV塗料として伸長率の高い2種のウレタン系UV塗料を大日精化工業(株)及びM社の協力を得て試作した。この塗料の概要を表1に示す。

この2種を用いて以下の処理方法で転写試験を行い、転写性、離型性、硬さ、密着性を評価した。処理方法は以下の方法で行った。

- ① UV塗料を転写シートに刷毛塗り又はスプレーコーティングする。
- ② 塗布した転写基材シートにUV照射(10kJ/m<sup>2</sup>)し、硬化させる。
- ③ ウレタン系グラビアインク(コンク): 溶剤=10:10で希釈UV塗料面にスプレーコーティングする。
- ④ ベースコート塗布面にホットプレス(80℃、0.5MPa)による転写をおこなう。

表1 塗料の概要

塗料	製造メーカー	固形分(%)	粘度(MPa・s)	伸長率(%)	鉛筆硬さ	UV照射条件
セイカビームEXF-PU5	大日精化工業(株)	40	30(25℃)	50~70	2B~B	10kJ/m <sup>2</sup>
UVクリヤー	M社	48		50~70	2B~B	10kJ/m <sup>2</sup>

\* 1 (株)フジコー

\* 2 大日精化工業(株)

## 2. 1. 2 第1次転写評価結果

第1次転写性評価試験結果を表2に示す。セイカビームはグラビアインクの溶剤配合あるいは塗布量によって、離型層を侵したり、インク層で界面剥離

を起こすなど問題があった。しかし、インク溶剤の配合や塗布量を少なくすれば転写可能で硬さが若干柔らかいものの密着性も問題がなかった。

表2 第1次転写性評価試験結果

塗料	塗布条件	UV 硬化条件	インク溶剤配合条件	結果
セイカビーム EXF-PU5	原液刷毛塗り	220W/m <sup>2</sup> , 10kJ/m <sup>2</sup>	インク：酢酸エチル =10:10	転写可 密着試験で塗膜とインク層で界面剥離
		220W/m <sup>2</sup> , 10kJ/m <sup>2</sup>	インク：酢酸エチル：MEK：トルエン=15:5:5:5	転写可 密着試験で塗膜とインク層で界面剥離 塗布量が多いと離型層を侵す
		220W/m <sup>2</sup> , 10kJ/m <sup>2</sup>	インク：酢酸エチル：MEK：トルエン=15:5:5:5	不可 離型層を侵す
		220W/m <sup>2</sup> , 10kJ/m <sup>2</sup>	インク：酢酸エチル：MEK：トルエン=15:5:5:5	転写可 密着試験で塗膜とインク層で界面剥離 塗布量が多いと離型層を侵す
		220W/m <sup>2</sup> , 10kJ/m <sup>2</sup>	インクコンク：メディウム：酢酸エチル：MEK：トルエン =15:15:10:10:10	転写可 密着 OK 鉛筆硬さ HB
UV クリヤー	原液刷毛塗り	220W/m <sup>2</sup> , 10kJ/m <sup>2</sup>	インク：酢酸エチル =10:10	転写可 密着試験 OK 鉛筆硬さ F
	クリヤー：シンナー=10:10 スプレー塗り	220W/m <sup>2</sup> , 10kJ/m <sup>2</sup>	インク：酢酸エチル =10:10	転写可 密着試験 OK 鉛筆硬さ F

## 2. 2 実機による第1次UV塗料塗布試験

### 2. 2. 1 UV塗料塗布及び転写シート作製方法

この結果を受けてグラビア印刷機による実機でのUV塗布およびグラビア印刷を(株)フジコーの協力を得て行った。使用したグラビア印刷機を写真1に示す。



写真1 UV照射型グラビア印刷機

基材シートとしてウレタンエラストマーシートに離型処理を施し、UV塗料を塗布した。塗布条件は、上記2種の塗料を用い、UV照射型グラビア印刷機により、紫外線照射量10kJ/m<sup>2</sup>、塗布量1g/m<sup>2</sup>、送り速さ、30m/min、乾燥温度50℃で窒素パージしながら硬化を行った。

次に通常の加熱乾燥型のグラビア印刷機により、木目柄（バーズアイメープル）の印刷を行い、UV塗膜付き試験用転写シートを得た。

### 2. 2. 2 転写及び評価試験方法

#### 2. 2. 2. 1 転写方法

転写素材は、ABS又はアクリル板へウレタン系エナメル塗料を約20μmスプレー塗布し、80℃で30分、加熱乾燥させた。この転写素材へUV塗膜付き試験用転写シートを押し当て、試験用ホットプレスを用い、金盤温度100℃、圧力0.5MPa、圧縮時間1分で転写を行った。



### 2.2.2.2 評価方法

評価方法として転写シートの伸びを測定するため、精密万能材料試験機を用い、引っ張り試験を行った。なお、転写時の温度を考慮し、常温時と加温時（保温用のシリコン樹脂で試験片をはさみ80℃で1時間以上加熱後し、オープンから取り出し後速やかに試験を行った。予備試験の結果から試験片は50℃程度になっていると考えられる。）の試験を行った。

また、膜厚、密着性、硬さ、耐熱性、耐湿潤冷熱繰り返し性、耐光性など、UV塗膜の性能評価を表3の条件で行った。

表3 UV塗膜試験方法

試験方法	規格	試験機
引っ張り試験	引っ張り速度 100mm/分 チャック間距離 50mm 試験材寸法 10mm×100mm 試験体数 3体	精密万能材料試験機 (AG-50Knisd : 島津製作所製)
膜厚試験	加速電圧 15 kV	走査型電子顕微鏡 (JSM-5800LV : 日本電子社製)
密着性試験	JIS K 5600-5-6 に準じ、下記の(1)～(4)試験後の付着性(マス目間隔は2mm)及び縮れ・剥離・亀裂等の表面観察 (1) 常温 (2) 80℃、250h 500h 加熱試験 (3) 湿潤 50℃、95%RH、18h → 低温-20℃、3h → 標準 23℃、50%RH、3h (4) 80℃、1h → -20℃、1h、10 サイクル	クロスカットガイド
硬さ試験	JIS K 5600-5-4 に準拠。	鉛筆硬さ試験機
耐光性試験	JIS 5600-7-5 耐光試験方法に準拠。 促進耐光試験機で 150MJ、300MJ、キセノン光を照射し、試験前後の色彩を分光測色計(CM-3500d : ミノルタ(株)製)で測定し、耐光性を評価	キセノンロングライフウエザーメーター(スガ試験機(株)製)

### 2.2.3 評価結果

#### 2.2.3.1 引っ張り試験結果

引っ張り試験結果を表4と図1にまとめる。加熱すれば破断点応力は若干低くなるものの塗料の伸び

は改善されず、セイカビームにおいては逆に伸び率が低下しており、加熱による改善効果は見られない。しかし、UVクリヤーで約100%、セイカビームで約150%伸長することから、伸び率が限られた形状によっては塗膜破壊を起こさず、転写可能であると考えられる。

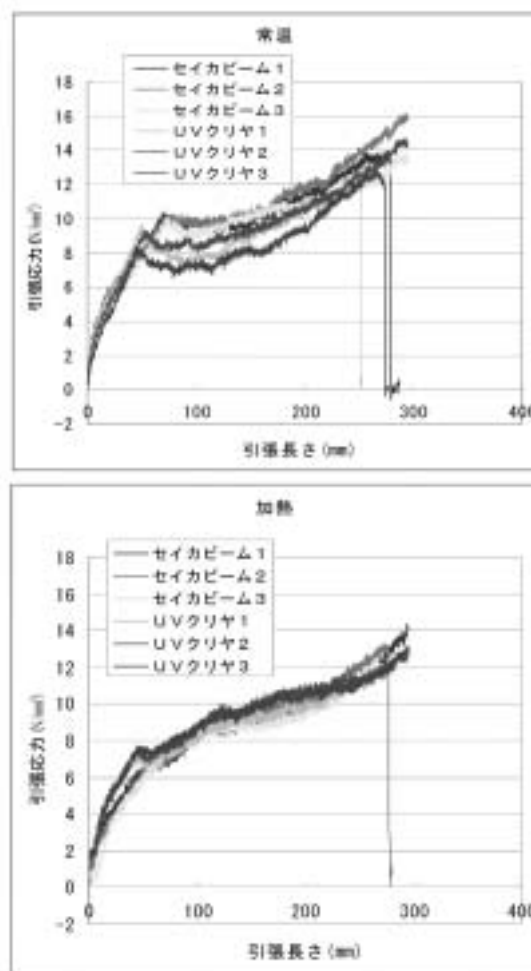


図1 転写シートの引っ張り試験結果  
(上：常温時 下：加熱時)

表4 引っ張り試験結果

塗料	試験時状態	破断点応力 (N/mm <sup>2</sup> )	塗料破壊時変位 (mm)	伸長率 (%)
セイカビーム EXF-PU5	常温	14.62	74	148
	加熱	13.61	70	140
UVクリヤーHC	常温	13.46	48	96
	加熱	13.07	54	108

#### 2.2.3.2 その他の試験結果

電子顕微鏡による観察結果を写真2に、その他の評価結果を表5にまとめる。鉛筆硬さでFと若干柔らかい他は主な自動車内装材の規格を満たしている。

自動車メーカーによっては、表面硬さの基準を素材の硬さ以上と規定しているところもあるため、今回のABSの硬さ（F）以上であれば合格といえる。

ただ、今回のUVグラビア塗布試験の時、膜厚が薄いと2つの塗料ともはじきが起こり、均一な膜を形成するまでに3回のグラビア印刷が必要であった。

このはじきを解消する必要がある。他の塗膜性能に付いては2つの塗料ともほとんど遜色ないが、セイカビームの伸長性が高いことから、セイカビームには、はじき対策を行い、UVクリヤーは伸長率アップと膜厚を厚くすることではじきをなくすることを目標に塗料の改善をメーカーに依頼した。

表5 UV塗膜評価結果

試験方法	評価結果	
膜厚試験	セイカビーム EXF-PU5 : 5 $\mu$ m UVクリヤー : 5 $\mu$ m	
密着性試験	(1) 常温	セイカビーム、UVクリヤーとも 0/100 カットの縁が滑らかで、どの格子の目にもはがれがない。
	(2) 80 $^{\circ}$ C加熱試験 250h	セイカビーム、UVクリヤーとも 0/100 カットの縁が滑らかで、どの格子の目にもはがれがない。
	500h	セイカビーム、UVクリヤーとも 0/100 カットの縁が滑らかで、どの格子の目にもはがれがない。
	(3) 湿潤 50 $^{\circ}$ C、95%RH、18h → 低温 -20 $^{\circ}$ C、3h → 標準 23 $^{\circ}$ C、50%RH、3h	セイカビーム、UVクリヤーとも 0/100 カットの縁が滑らかで、どの格子の目にもはがれがない。
(4) 80 $^{\circ}$ C、1h → 20 $^{\circ}$ C、1h、 10 サイクル	セイカビーム、UVクリヤーとも 0/100 カットの縁が滑らかで、どの格子の目にもはがれがない。	
硬さ試験	セイカビーム UVクリヤー	F F
耐光性試験	セイカビーム	150MJ 0.69
		300MJ 0.99
	UVクリヤー	150MJ 0.50
		300MJ 0.40

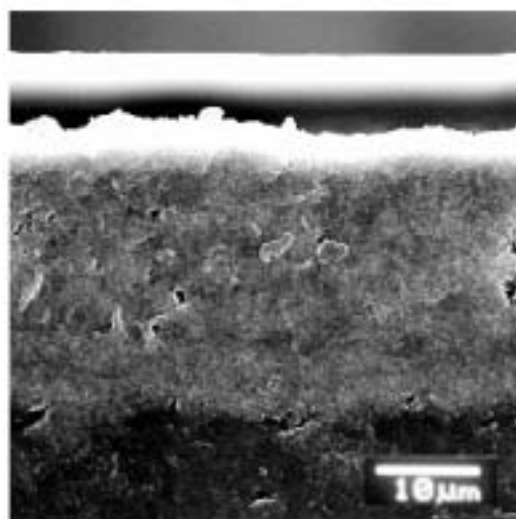
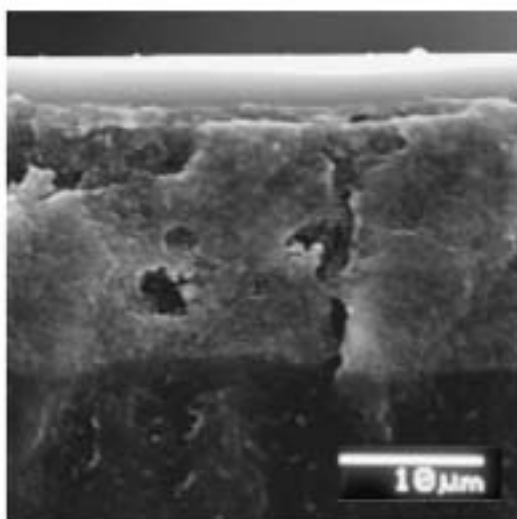


写真2 UV塗膜断面観察結果（左：セイカビーム、右：UVクリヤー）

### 2.3 はじき対策試験

膜厚が薄い場合ははじき対策として、バーコーターを用いて、まず膜厚を代えてはじきを確認することと、粘度をあげることで、シリカを添加することを検討項目としてはじき対策試験を行った。

#### 2.3.1 はじき再現試験

バーコーターを用いて、ウエットで3、6、9 $\mu\text{m}$ 塗布し、はじきを目視で判断した。結果を表6にまとめる。再現試験でも9 $\mu\text{m}$ まで塗布しなければ、はじきは解消されなかった。

表6 はじき再現試験結果

塗布量	外観評価
#2 (約ウエット3 $\mu\text{m}$ 、ドライ1.2 $\mu\text{m}$ )	はじき大
#4 (約ウエット6 $\mu\text{m}$ 、ドライ2.4 $\mu\text{m}$ )	はじき中
#6 (約ウエット9 $\mu\text{m}$ 、ドライ3.6 $\mu\text{m}$ )	はじき無し

#### 2.3.2 固形分アップ品の検討

セイカビームEXF-PU5の固形分を40%から58% (トルエン/MEK=1/1) へアップさせ、粘度も100mPs/25 $^{\circ}\text{C}$ へあげることによる効果を確認した。その結果を表7に示す。ウエット6 $\mu\text{m}$ で改善効果が見られた。

表7 固形分アップ試験結果

塗布量	外観評価
#2 (約ウエット3 $\mu\text{m}$ 、ドライ1.2 $\mu\text{m}$ )	はじき中
#4 (約ウエット6 $\mu\text{m}$ 、ドライ2.4 $\mu\text{m}$ )	はじき無し
#6 (約ウエット9 $\mu\text{m}$ 、ドライ3.6 $\mu\text{m}$ )	はじき無し

#### 2.3.3 シリカ添加効果の検討

シリカを塗料に樹脂100部に対し1部又は2部添加し、はじきが改善されるか確認した。その結果を表8に示す。樹脂に対し、シリカ1部添加ではじきは発生しなかった。

以上の結果から、固形分を40%から58% (トルエン/MEK=1/1) へアップさせ、シリカを塗料に樹脂100部に対し1部添加することで試作用UV塗料を作製することとした。

表8 シリカ添加試験結果

	シリカ添加量	粘度(MPs /25 $^{\circ}\text{C}$ )	外観評価
#2 (約ウエット3 $\mu\text{m}$ 、ドライ1.2 $\mu\text{m}$ )	1部	130	はじき無し
	2部	190	はじき無し
#4 (約ウエット6 $\mu\text{m}$ 、ドライ2.4 $\mu\text{m}$ )	1部	130	はじき無し
	2部	190	はじき無し

### 2.4 転写シートへの3次元転写UVハードコート塗装と転写試験

#### 2.4.1 実機による第2次UV塗料塗布試験

##### 2.4.1.1 UV塗料塗布及び転写シート作製方法

これまでの結果を受けて新たに試作したUV塗料を用いて、再度グラビア印刷機による実機でのUV塗布及びグラビア印刷を(株)フジコーの協力を得て行った。

第1次UV塗料塗布試験と同様に、基材シートとしてウレタンエラストマーシートに離型処理を施し、UV塗料を塗布した。塗料の性状を表9に、塗布条件を表10に示す。次に通常の加熱乾燥型のグラビア印刷機により、木目柄 (バーズアイメープル) の印刷を行い、UV塗膜付き試験用転写シートを得た。

表9 改良UV塗料の概要

塗料	メーカー	固形分 (%)	粘度	伸長率 (%)	鉛筆硬さ	UV照射条件
セイカビームEXF-PU5 (K)	大日精化工業(株)	48	130 (MPa・s・25 $^{\circ}\text{C}$ )	50~70	2B~B	220W/m $^2$ 、10kJ/m $^2$
UVクリヤーKS-1	M社製	48	17.3 (秒:イワタカップ)	80~90	B	220W/m $^2$ 、10kJ/m $^2$
UVクリヤーKS-2	M社製	48	18.0 (秒:イワタカップ)	200	B	220W/m $^2$ 、10kJ/m $^2$

表10 改良UV塗料の塗布方法

塗料	塗布方法	塗布量
セイカビーム EXF-PU5 (K)	UV 照射型グラビア印刷機 送り速さ、30m/min、乾燥温度 50℃で 窒素パージ	ウエット 6g/m <sup>2</sup> 1層 (ドライ 2.6μm) ウエット 6g/m <sup>2</sup> 2層 (ドライ 5.2μm) ウエット 6g/m <sup>2</sup> 3層 (ドライ 7.8μm)
UV クリヤーKS-1	スプレー塗装 セッティング3~5分 FD (60℃) 10分	ウエット 20g/m <sup>2</sup> 1層 (ドライ 9μm)
UV クリヤーKS-2		

2.4.1.2 転写及び評価試験方法

2.4.1.2.1 転写方法

転写素材は、ABS又はアクリル板、スイッチベゼル (ABS) へウレタン系エナメル塗料を約20μmスプレー塗布し、80℃で30分、加熱乾燥させた。この転写素材へUV塗膜付き試験用転写シートを押し当て、試験用ホットプレス又は転写装置 (有)ヤマト商工製) を用い、雰囲気温度100℃、圧力0.6MPa、圧縮時間1分で転写を行った。

2.4.1.2.2 評価方法

評価方法として2.2.2.2評価方法と同様に、引っ張り試験、膜厚、密着性、硬さ、耐熱性、耐湿潤冷

熱繰り返し性、耐光性など、UV塗膜の性能評価を表3の条件で行った。

2.4.1.3 評価結果

2.4.1.3.1 引っ張り試験結果

引っ張り試験結果を表11と図2、3にまとめる。加熱すれば破断点応力は若干低くなるものの塗料の伸びは改善されず、セイカビームにおいては逆に伸び率が低下しており、加熱による改善効果は見られない。しかし、UVクリヤーで約100%、セイカビームで約150%伸長することから、伸び率が限られた形状によっては塗膜破壊を起さず、転写可能であると考えられる。

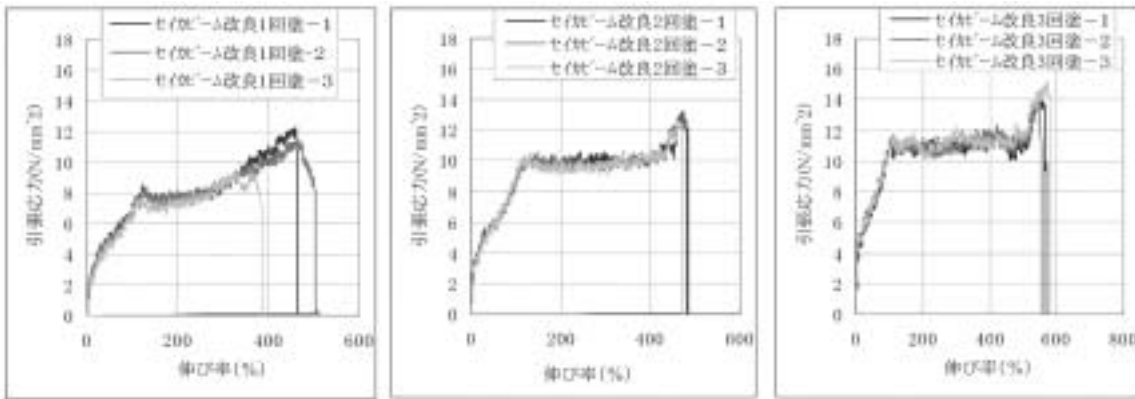


図2 引っ張り試験結果 (セイカビーム左: 1回塗り、中: 2回塗り、右: 3回塗り)

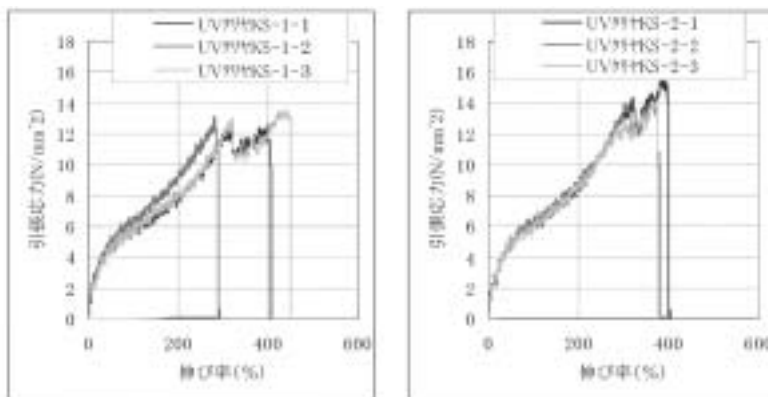


図3 引っ張り試験結果 (左: UVクリヤーKS-1、右: UVクリヤーKS-2)

表11 引っ張り試験結果

塗料	膜厚	破断点応力 (N/mm <sup>2</sup> )	塗料破壊時変位 (mm)	伸長率 (%)
セイカビーム EXF-PU5 (K)	2.6	11.05	68	136
	5.2	12.89	57	114
	7.8	14.84	60	120
UV クリヤーKS-1	15	13.16	151	302
UV クリヤーKS-1	15	14.65	157	314

今回、UVクリヤーは伸び率を改善の結果、非常に離型性が悪くなり、転写基材シートからUV塗膜がうまく剥離せず、評価できなかった。再度、検討する必要がある。

光学顕微鏡による観察結果を写真3に、その他の

評価結果を表12にまとめる。主な自動車内装材の規格を満たしているが、鉛筆硬さは、基材がアクリル板では1回塗りで鉛筆硬さがHと規格値に達したが、2回塗りで、3回塗りでFと若干柔らかい。ABS板はすべてFであった。

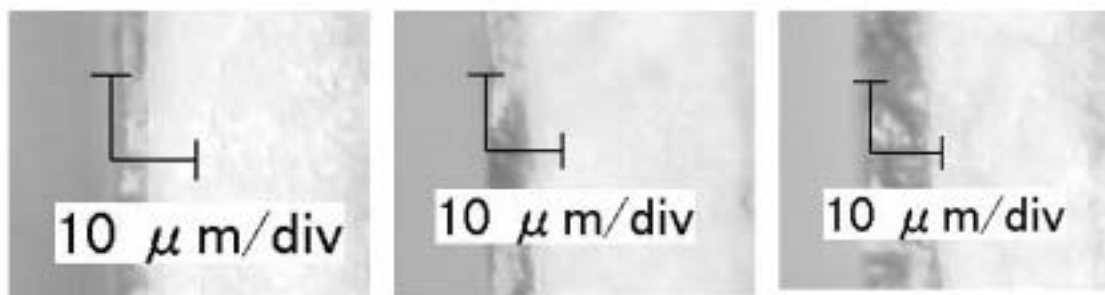


写真3 UV塗膜断面観察結果（左：1回塗り、中2回塗り、右：3回塗り）

表12 UV塗膜評価結果

試験方法	評価結果	
膜厚試験	セイカビーム EXF-PU5 (K) 2.6、5.2、7.6 μm	
密着性試験	(1) 常温	0/100 (1回塗り、2回塗り、3回塗り) カットの縁が滑らかで、どの格子の目にもはがれがない。
	(2) 80°C加熱試験 (ABS板、アクリル板) 500h, 1000h	0/100 (1回塗り、2回塗り、3回塗り) カットの縁が滑らかで、どの格子の目にもはがれがない。
	100°C加熱試験 (ABS板) 500h, 1000h	0/100 (3回塗り) カットの縁が滑らかで、どの格子の目にもはがれがない。
	(3) 湿潤 50°C、95%RH、18h →低温-20°C、3h →標準 23°C、50%RH、3h	0/100 カットの縁が滑らかで、どの格子の目にもはがれがない。
	(4) 80°C、1h →20°C、1h、10 サイクル	0/100 (1回塗り、2回塗り、3回塗り) カットの縁が滑らかで、どの格子の目にもはがれがない。
硬さ試験	セイカビーム 1回塗り 2回塗り 3回塗り	H (基材アクリル板)、F (基材ABS板) F (基材アクリル板、基材ABS板) F (基材アクリル板、基材ABS板)
耐光性試験	セイカビーム 150MJ	1.76
	300MJ	2.45

## 2.5 パネルへの転写試験

### 2.5.1 パネルへの転写試験方法

これまでの評価結果から、転写困難度が高いスイッチパネルへ転写を行った。転写シートは、第1次転写性評価試験で用いたセイカビームPU5、UVクリヤー、改良したセイカビームPU-5 (NS-58S1) を塗布したシートである。転写は、転写装置 (転写装置; (有)ヤマト商工社製) を用い、転写時表面温度90~100℃、加圧力0.6MPa、加圧時間60秒で転写を行い、急速に冷却させ、試験材を取り出した。表13に供試材の概要を示す。

表13 UV塗膜の概要

塗料	膜厚 ( $\mu\text{m}$ )	伸長率 (%)
セイカビーム EXF-PU5 (K)	5	148
UV クリヤー	5	96
セイカビーム EXF-PU5 (K)	2.6	136
	5.2	114
	7.8	120

### 2.5.2 パネルへの転写試験結果

スイッチパネルへ転写した結果を写真4~6に示

す。転写前に真空吸引する時に塗膜の亀裂が発生したため、前処理として、転写シートをプレヒートして行う処理も追加して行った。

セイカビームPU5は、常温では微細な亀裂が発生したものの、シートにインク層は残っておらず、ほぼ全面に転写されていた。90秒プレヒートしたものは、亀裂の発生は伸び率の大きい箇所にのみ発生し、シート側にインク層が残った。シート引きはがし時の離型性が悪くなっていた。

UVクリヤーは、脱気を行い、転写シートをセットした時点で表面にひび割れが発生した。シートのプレヒートを90秒行えば、緩和されたが、シート、転写層の割れが発生した。

改良したセイカビームPU-5 (NS-58S1) は、UV塗膜がポリウレタンシートとインクの伸びに追従できていないため、初期試作PU-5より伸び率が悪く、伸び率が大きい部分で転写層に割れが発生した。また、塗膜が厚いほど転写層に大きな亀裂が発生した。これは、UV塗膜の引っ張り試験結果からも明らかで、はじき防止のため行ったシリカが悪影響を及ぼしたものと考えられる。早急に対策を検討し、塗料の再試作を行う。

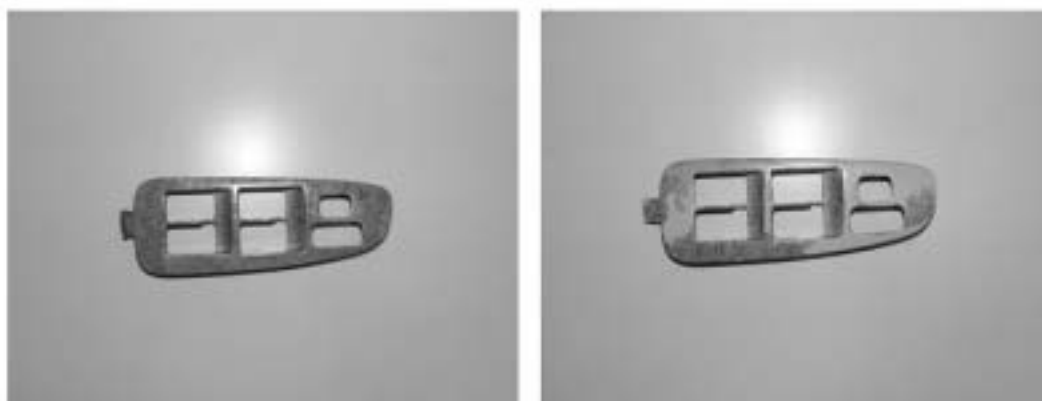


写真4 セイカビームPU-5 (左:通常転写、右:プレヒート処理後、転写)

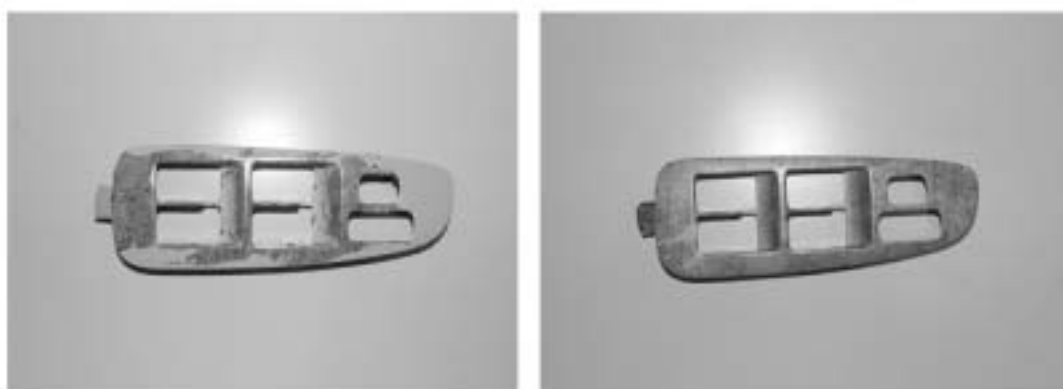


写真5 UVクリヤー (左:通常転写、右:プレヒート処理後、転写)



写真6 セイカビームPU-5 (NS-58S1) (左：膜厚2.6 $\mu$ m、右：膜厚5.2 $\mu$ m)

### 3. まとめ

①研究基礎データからUV塗料と3次元転写用シートを作製し、実際のスイッチパネルの試作を行った。UV塗膜付き転写シートは、130～150%の非常に高い伸長率を得ることができ、平面の試験板では、密着性、硬さ、耐熱性、耐湿潤冷熱繰り返し性、耐光性など、ほとんどの性能評価において自動車内装スペックをクリアできた。

#### ②当初の目標

- 転写シートの伸び率 →120～150%の伸長性
- 転写完了→鉛筆硬さH以上の硬度
- 自動車内装部品に求められる物性（耐熱、耐摩擦、強度、寸法安定性、耐久性、耐光性など）をクリアする。

試作した転写UV塗膜付きシートの伸び率は130～150%で、転写後の硬さも転写素材がABSではFであったが、アクリル板ではHを達成し、素材以上の硬さを達成した。

自動車内装部品に求められる主な物性（耐熱密着性、耐湿潤冷熱繰り返し密着性、耐冷熱繰り返し密着性、耐光性など）をクリアできた。

③当初の目標は達成できたものの、転写素材として

ハードルの高いスイッチパネルへの転写試験では、伸び率が150%までであれば、問題なく転写できていたが、それ以上の伸び率の高い部分では、転写塗膜面に亀裂が入った。スイッチパネルのような複雑な形状には200%程度まで伸長可能な転写シートを作製する必要がある。

### 謝辞

本研究の実施に当たり、スイッチパネルへの転写試験を行っていただきました(株)リアライズに深くお礼申し上げます。

### 参考文献

- 1) 篠原速都他3名（高知県、(株)リアライズ）：特許4218904（2008）
- 2) 篠原速都：第38回木材の化学加工研究会シンポジウム講演集、高知（2008）7-12

\*本研究は、平成18年度JSTシーズ発掘試験「自動車内装材用3次元転写UVハードコートシステムの開発」の研究成果の一部である。





# 焼却灰の無害化・有用物製造・一体化システムの開発（第3報）

## 焼却灰ゼオライトの用途開発

河野敏夫 隅田 隆 山崎幹男\*<sup>1</sup> 山崎俊輔\*<sup>1</sup>

### *Construction of Continuous Operation System for Detoxification and Production of Incineration Ash (Part3) Application of Synthesized Zeolitic Material from Incineration Ash to Soil Conditioner and Humidity Controlling Material*

*Toshio KONO Takashi SUMIDA Mikio YAMASAKI\*<sup>1</sup> Shunsuke YAMASAKI\*<sup>1</sup>*

一般廃棄物の焼却灰を原料として合成した焼却灰ゼオライトの用途開発を行った。実用化を視野に入れ、実際の耕作地、家屋を使用して用途開発のためのフィールド試験を行った。連作障害を引き起こしていた耕作地では、焼却灰ゼオライトの添加によって発育促進効果が得られた。また、床下調湿剤としての効果も確認することができた。

#### 1. はじめに

高知県高岡郡四万十町の一般廃棄物の処理施設である「クリーンセンター銀河」から排出されるゴミ焼却灰を対象として、ゼオライト化を行う技術開発を平成17～18年度にかけて実施した<sup>1)</sup>。

本報告では、開発した焼却灰ゼオライトの用途開発を目的として、フィールド試験を実施した結果について報告する。

ゼオライトは、イオン交換機能と吸着機能を持つことが特徴であり、前者の特徴を活かした用途として、洗剤用のビルダー、土壌改良材、および機能性コンクリート等があり、後者の特徴を活かした用途として、吸着材、浄化剤、および調湿剤等がある。今回、焼却灰から合成したゼオライトの用途として、土壌改良材および床下調湿剤を想定し、それぞれの用途に対して、実際の耕作地および家屋を用いてフィールド試験を実施した。

#### 2. 実験方法

##### 2. 1. 試料準備

フィールド試験に用いた代表的な焼却灰ゼオライトの電子顕微鏡写真を図1に、物性を表1にそれぞれ示す。

焼却灰から合成したゼオライトは、ソーダライト( $\text{Na}_8\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{24}2\text{NO}_2$ )またはNa-PI( $\text{Na}_6\text{Al}_6\text{Si}_{10}\text{O}_{32}12\text{H}_2\text{O}$ )の結晶組成を示し、両者ともイオン交換機能部は、ナトリウムが配位する。土壌改良材として用いる場合、ナトリウムによる塩害が懸念されるため<sup>2)</sup>、塩化カルシウム水溶液を添加してイオン交換を行い、カルシウム型に調整した。

床下調湿剤用は、遠心造粒機によって10mm程度の形状に造粒を行い、105℃の乾燥機によって乾燥させたものを用いた。

##### 2. 2. 土壌改良材としてのフィールド試験

ハウス栽培によるスプレー菊の連作障害の改善を目的とした用途開発を行った。

含水率50%のスラリー状に調整した焼却灰ゼオライトを土壌に噴霧し、表面層の土壌を攪拌した。

\* (株)ユイ工業

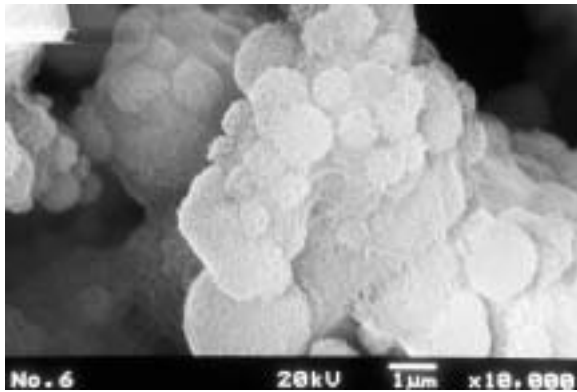


図1 焼却灰ゼオライトの電子顕微鏡写真

表1 焼却灰ゼオライトの物性

BET 比表面積値(m <sup>2</sup> /g)	100
CEC (meq/100g)	78

表2 土壌改良材フィールド試験栽培条件

	試験区	対照区
定植日	平成19年8月29日	
収穫日	平成19年11月21日	
栽培密度	畝幅：90cm、株間：10cm、5条植え	
栽培面積	17.6m <sup>2</sup>	9m <sup>2</sup>
施肥量 (CDU-15-15-15)	5.63kg/m <sup>2</sup> (320kg/10a)	
焼却灰ゼオライト (乾粉ベース)	55kg (3125kg/10a)	なし



図2 定植状況

焼却灰ゼオライトの有無による生育比較を行うために、一つの畝の長さ方向の約2/3に焼却灰ゼオライトを添加して試験区とし、残りの約1/3は比較対照区とした。栽培条件等を表2に定植状況を図2に示す。

焼却灰ゼオライトの添加による効果を評価するために、定期的に土壌を採取して、pHおよびEC（電気伝導度）の測定を行った。

### 2. 3. 床下調湿剤としてのフィールド試験

焼却灰ゼオライトを実際の家屋の床下に一定期間敷設し、床下の湿度変化を対照区と比較した。

焼却灰ゼオライトをCMC（カルボキシルメチルセルロースNa塩）水溶液をバインダーとして、約10mmの大きさに造粒し、105℃で乾燥した後、約4kgずつ不織布製の袋に充填した。

実際のモデルハウス（在来木材工法、木造二階建て、床面積約73.4m<sup>2</sup>）を用いて、コンクリート基礎によって区切られた床下一区間をさらにビニルシートによって二分割して試験区と対照区を設定した（図3）。試験区には、1,800×1,800mmの床面積に対して、28袋（112kg）の焼却灰ゼオライトを敷設した。

データ蓄積型の温湿度計を試験区および対照区に設置して、三ヶ月間の温度および湿度の推移を記録し、焼却灰ゼオライトの調湿剤としての機能について評価を行った（図4）。

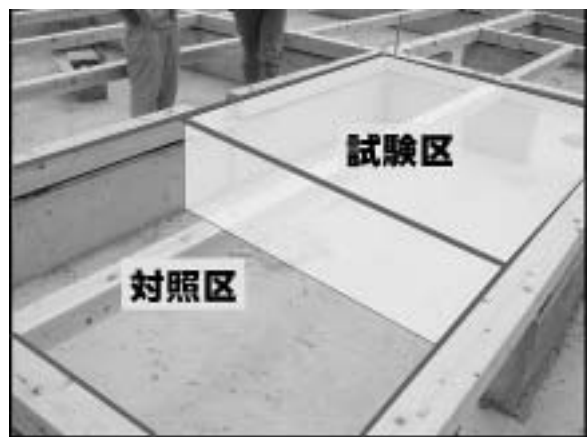


図3 試験区と対照区の分け



図4 調湿試験実施状況

### 3. 結果および考察

#### 3. 1. 焼却灰ゼオライト添加による土壌の変化について

焼却灰ゼオライトを添加した試験区の長さ方向に一定間隔で6ヶ所、対照区で4ヶ所から定期的に土壌を採取してpHおよびECの変化を測定した(図5～8)。焼却灰ゼオライトを添加する前に土壌のサンプリングを行い、グラフ上では便宜的に0日とした。

試験土壌の初期pHは、4.2～4.4で栽培土壌としては低い値を示した。pHの変化について、試験区と対照区を比較すると、焼却灰ゼオライトの添加によって、試験区ではpHが約6に上昇し、その後5.5～5.8の値を推移した。一方、対照区では緩やかにpHは下降する傾向を示し、最終的には4以下の値を示した。両者とも時間経過とともにpHが低下したことから、スプレー菊の生育に伴って、その土壌のpHが低下す

ることが考えられる。

また、初期のECは栽培土壌としてはかなり高く、一般的な値として推奨される0.8を大きく超えている。さらに、サンプリング場所によるバラツキが大きいことから、これまでに行った施肥作業で土壌が均一に攪拌されていない可能性が示唆される。また、焼却灰ゼオライトの添加後においても、そのバラツキは収束していないことから、今回の試験では、水平面においては焼却灰ゼオライトの散布を均一に行ったが、垂直面において攪拌作業が不十分だったため、かなりのムラが生じていたと考えられる。

#### 3. 2. 焼却灰ゼオライト添加によるスプレー菊の発育への影響について

図9に収穫後の試験区と対照区で栽培したスプレー菊の比較写真を示す。写真からも明らかなように、

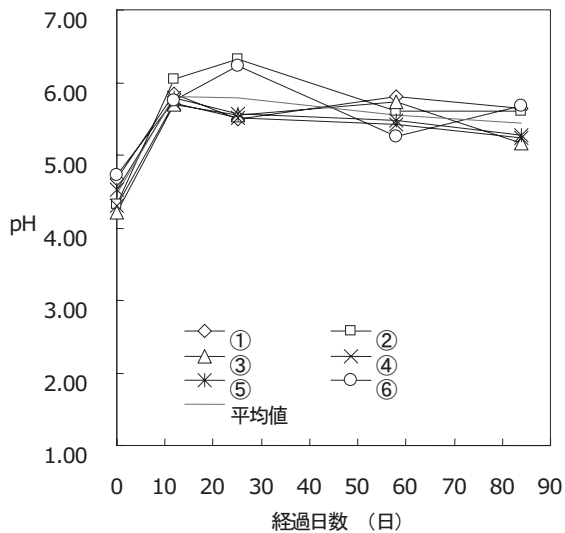


図5 試験区のpHの変化

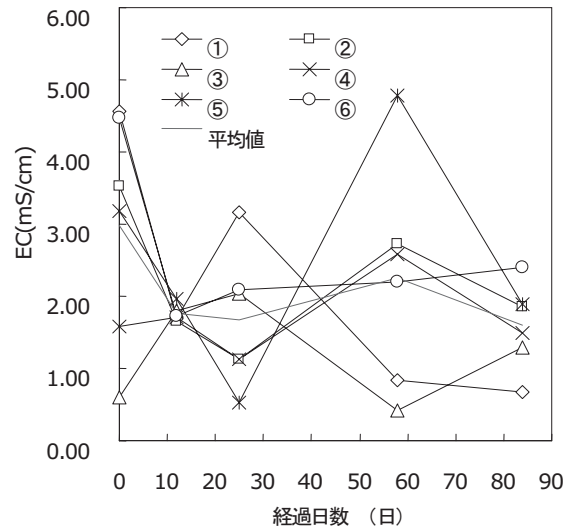


図7 試験区のECの変化

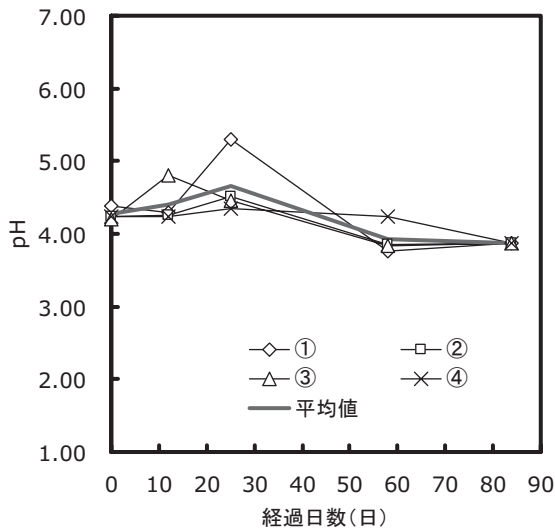


図6 対照区のpHの変化

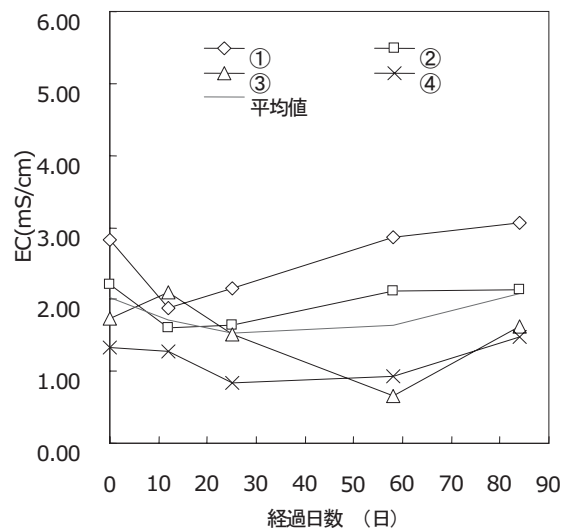


図8 対照区のECの変化

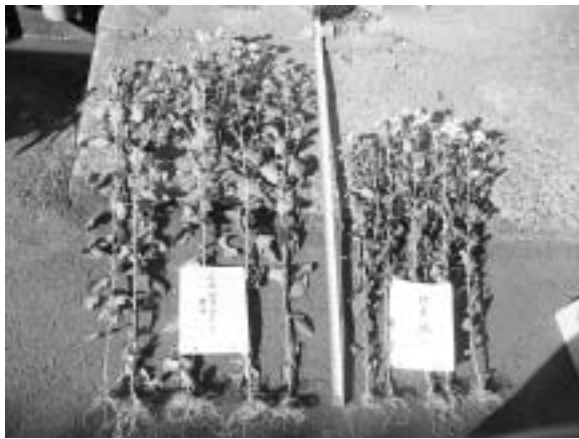


図9 収穫後の発育比較（試験区-対照区）

試験区で栽培したスプレー菊は最大で25cm背丈が高くなり、切花重および花蕾数の増加が見られ、焼却灰ゼオライトの添加による発育促進効果が確認され

た。前述のpHの変化から、この促進効果は焼却灰ゼオライトを土壤改良材として添加したことによって、pHが上昇したことが強く影響していると考えられる。ECについては、バラツキが大きかったため、影響を評価することはできない。また、今回測定は行わなかったが、添加によるCEC（陽イオン交換能）の上昇も促進効果として影響していると考えられる。

### 3. 3. 床下調湿剤としての効果について

図10～12に試験区と対照区の温度および湿度変化の三ヶ月間の推移を、一ヶ月毎に分割した結果を示す。

試験開始から約10日間で試験区での吸着側の調湿機能が大きく機能しており、対照区と比較して約10%RHの湿度低減効果を発揮している。その後、試験

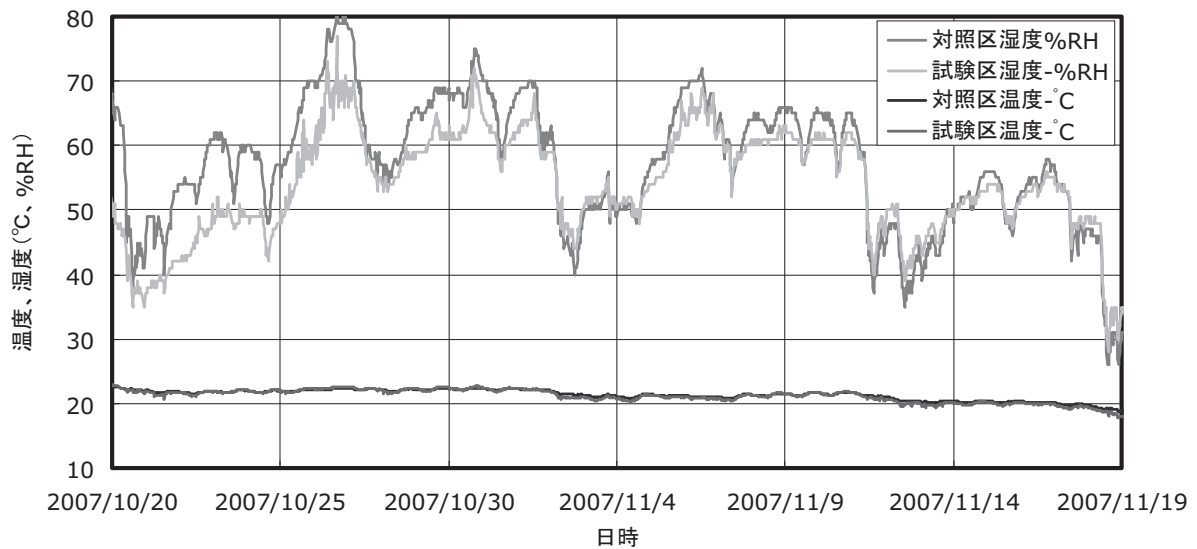


図10 敷設後一か月間の温度、湿度変化

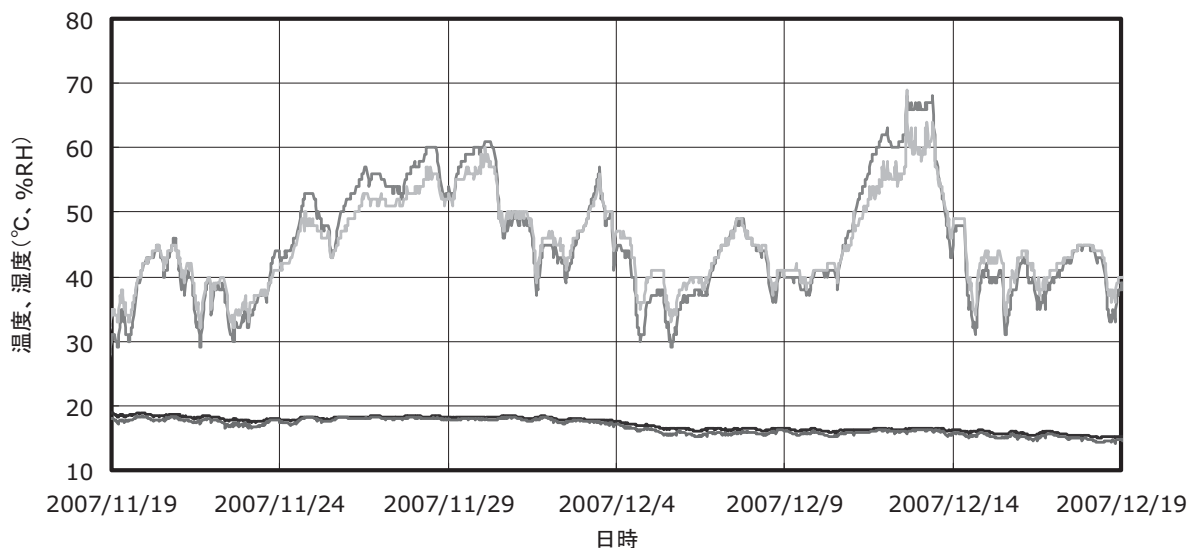


図11 敷設後一か月から二か月間の温度、湿度変化

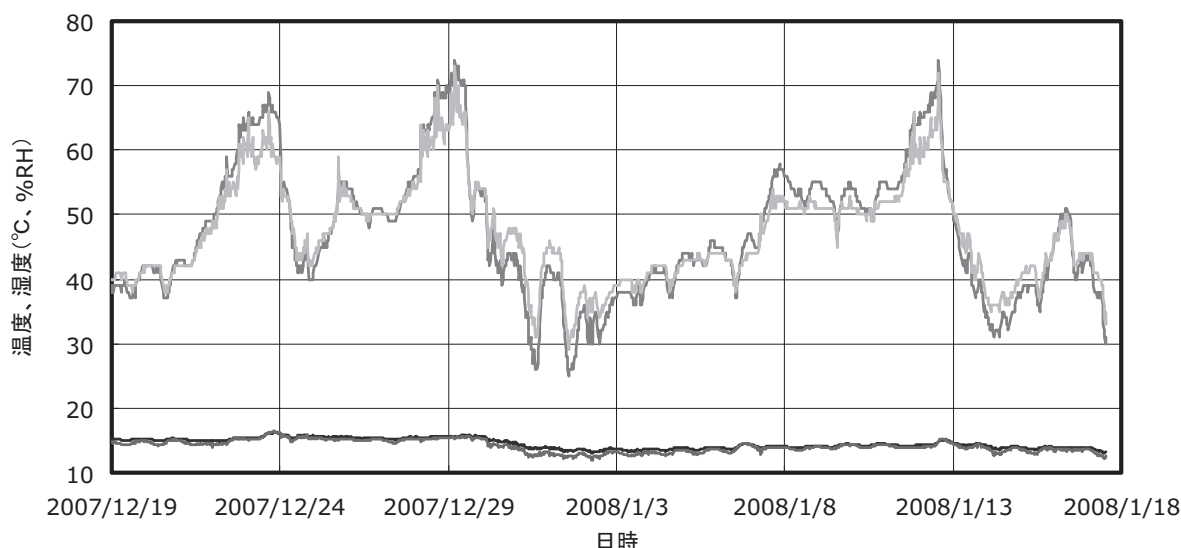


図12 敷設後二ヶ月から三ヶ月間の温度、湿度変化

区と対照区の湿度差は5%RHになり、初期における調湿機能が大きいこと分かる。

三ヶ月間を通じて、試験区と対照区を比較すると、湿度が高くなる条件では試験区の湿度は低く、湿度が低くなる条件では試験区の湿度は高くなっていることから、焼却灰ゼオライトは床下調湿剤として利用可能であると考えられる。また、木炭や竹炭等を原料とする床下調湿剤に対して、焼却灰ゼオライトは燃えないことが大きな利点である。

#### 4. まとめ

焼却灰ゼオライトの用途開発として、土壤改良材（保肥剤）および床下調湿剤を想定してフィールド試験を実施した結果を以下にまとめる。

- ・スプレー菊の栽培土壤に焼却灰ゼオライトを添加したところ、酸性土壤の大幅な改善効果が現れ、顕

著な発育促進効果を得た。

- ・床下調湿剤として焼却灰ゼオライトを敷設した結果、大幅な調湿効果は確認できなかったが、三ヶ月間を通じて、湿度の変動幅は対照区よりも小さくなり、調湿機能を確認することができた。

#### 謝 辞

土壤改良材試験について、スプレー菊栽培に協力いただいた四万十町宮脇様に感謝いたします。

また、床下調湿剤試験に際して、モデルハウスをご提供いただいた(株)フタガミ様に感謝いたします。

#### 参考文献

- 1) 河野他：高知県工業技術センター研究報告、38、(2007) 63-67
- 2) 特開2007-237159



平成20年度高知県工業技術センター研究報告第40号  
平成21年10月1日 印刷発行

〒781-5101 高知市布師田3992-3

編集兼  
発行所 高知県工業技術センター

Kochi Prefectural  
Industrial Technology Center

印刷所 西 富 膳 写 堂

この資料は再生紙を使用しています。





