

ISSN 1883-2350

CODEN : SKGKBP

REPORTS
OF THE
INDUSTRIAL RESEARCH INSTITUTE
OF SHIZUOKA PREFECTURE
No.9 FEBRUARY 2017

静岡県工業技術研究所研究報告

第 9 号
平成29年 2 月

静岡県工業技術研究所
静岡市葵区牧ヶ谷2078番地

INDUSTRIAL RESEARCH INSTITUTE OF SHIZUOKA PREFECTURE
2078 Makigaya, Aoi-ku, Shizuoka city, Shizuoka, 421-1298 Japan

目次

静岡県工業技術研究所（静岡）

I 報 告

- 1 茶の実油の特性調査と小規模製造による地域の商品開発
…渡瀬隆也、杉山直人、池ヶ谷篤、松野正幸、油上 保、山下里恵、多々良哲也、高嶋忠宏 1
- 2 食品廃棄物のメタン発酵（第2報）
ー油前処理効率化のための油分解菌の探索ー
……………室伏敬太、中島大介、太田良和弘、松村英功、望月光明 7
- 3 新規な微生物固定化接触材を利用したメタン発酵装置の開発
……………岡本哲志、大竹正寿、津田謹郎、原田達也、須和部益通、谷野真史、鈴木正史 10

II 研究ノート

- 1 レーザーによる高機能皮膜作製技術の開発（第3報）
……………増井裕久、鈴木洋光、青嶋松寿、渡邊 通 16
- 2 レーザーによる高機能皮膜作製技術の開発（第4報）
ーアルミダイカスト金型向け耐溶存性皮膜の作製ー
……………増井裕久、鈴木洋光、青嶋松寿、渡邊 通 18
- 3 合成ゴムの特性可視化ツールの開発
……………渥美博安、菅野尚子、田中翔悟、田村克浩 20
- 4 レーザー樹脂溶着加工時の非接触温度測定
……………渥美博安、田中翔悟、山下清光、植田浩安 22
- 5 プラスチック射出成形品の異物付着対策
……………田中翔悟、菅野尚子、渥美博安 24
- 6 積分球を用いた全光束測定の配光分布による影響
……………志智 亘、鈴木敬明 26
- 7 配光測定による全光束測定における測定角度間隔の影響
……………豊田敏裕 28
- 8 非接触表面性状測定機の精度評価
……………柳原 亘 30
- 9 ナノメートルサイズの極細繊維を応用した吸音材料の開発
……………木野直樹、堀 昌司 32
- 10 県内味噌・醤油蔵からの酵母の収集と選抜
……………袴田雅俊、池ヶ谷篤、松野正幸、杉山直人 34

11	食品廃棄物のメタン発酵 ーメタン発酵のための固形有機物前処理方法の開発ー中島大介、室伏敬太、太田良和弘、松村英弘、望月光明	36
12	オゾンを利用した化学系小規模排水処理装置の開発 (第2報) ーアルカリ・オゾン処理による有機性色素排水中の有機物の凝集沈殿効果ー岡本哲志、正宗達樹、酒井浩士、伊藤聖孝	38
13	トイレ内の転倒検出装置の開発小松 剛、易 強、村松重緒、多々良哲也、河合宏二 原田正洋、澤谷一幸、酒井英明、加藤 淳	40

Ⅲ 抄 録

1	調光機能付きLED照明、光拡散型天窗、太陽光発電と蓄電システムを用いた、 電力自立型照明システムの開発鈴木敬明、小野巳吉、外山 勸、池田貴裕、中村共孝、本間 篤	42
2	生体力学シミュレーションを活用した仰臥位におけるマットレス変形量予測船井 孝、鈴木敬明、中村佐紀子、横田秀夫、袴田恭正、前嶋文明	43
3	観察・生体計測記録に基づく運動評価支援システムのユーザビリティ評価易 強、小松 剛、及川貴康、山本清文、下村義弘、尾崎宏樹	44
4	木材の接触温冷感櫻川智史	45
5	マイクロ細孔構造を均一に制御したコーヒーかす活性炭の電気二重層特性とインピーダンス特性菊池圭祐、山下里恵、櫻川智史、安江智広、須藤雅夫、板垣昌幸、外山富孝、眞下 優	46

沼津工業技術支援センター

I 報 告

- 1 自然界からの新たな香味を有する清酒醸造用酵母の開発（第3報）
－河津桜から分離した酵母の清酒醸造特性－
.....勝山 聡、天野祥吾、岩原健二、高嶋一孝 47

- 2 手術支援ロボットの要素技術の研究開発（第3報）
－水素吸蔵合金アクチュエータによる力分散システムの開発－
.....細野美奈子、鬼久保郁雄、本多正計、竹居 翼、井野秀一、榊 浩司 53

II 研究ノート

- 1 酵素サイクリング法に利用するための脱水素酵素生産微生物の探索
.....飯塚千佳世、高木啓詞、太田俊也 56

富士工業技術支援センター

I 報 告

- 1 近赤外分光法を用いた市販紙中の繊維組成評価法の開発
.....齊藤将人、深沢博之 59
- 2 無拘束見守りセンサシステムの開発 (第1報)
ー呼吸・脈拍計測センサシートの開発ー
.....岡田慶雄、白井 圭、中山 洋、三浦 清、小林信明、一言貴則、福島利博、水口隼也 64
- 3 無拘束見守りセンサシステムの開発 (第2報)
ーマットレス下離床センサの開発ー
.....白井 圭、中山 洋、岡田慶雄、三浦 清、小林信明、一言貴則、福島利博、水口隼也 67
- 4 無拘束見守りセンサシステムの開発 (第3報)
ー要介護者の状態を見守るシステムの開発ー
.....中山 洋、岡田慶雄、白井 圭、三浦 清、小林信明、一言貴則、福島利博、水口隼也 71

II 研究ノート

- 1 新聞古紙をトイレトペーパーの原料とするための技術開発 (第1報)
.....齊藤和明、山口智久、齊藤将人、深沢博之、木野浩成 75
- 2 高度コーティング膜への特性付与技術の開発
ー新型プラズマ照射装置の開発ー
.....高木 誠、長谷川茂、高木宏明 79

浜松工業技術支援センター

I 報 告

- 1 電波識別装置の識別性能評価
杉森正康、山田浩文、増田康利、松田 稔、田内正治、犬塚 博 81

II 研究ノート

- 1 透明プラスチックのレーザー溶着
 –レーザー照射位置の影響–
山下清光 87
- 2 シャックハルトマンセンサを用いたスティッチング波面計測の精度評価
中野雅晴 89
- 3 高熱伝導率アルミ合金ヒートシンクを用いた評価
岩澤 秀、大澤洋文、針幸達也、長澤 正、長津義之
 上久保佳則、高橋正詞、山本健介、杉浦泰夫 91
- 4 CFRPの穴加工における工具形状の影響
大澤洋文、是永宗祐、植松俊明、伊藤芳典、長津義之 93
- 5 金コバルトめっき皮膜の硬さ測定方法の検討
田中宏樹、田光伸也 95
- 6 電鋳による金合金パイプの作製
田光伸也 97
- 7 ファンダメンタルパラメータ法による蛍光X線分析の信頼性評価
植松俊明、是永宗祐、田中宏樹、田光伸也 99
- 8 熱流体数値解析による放熱器性能評価
長津義之、岩澤 秀 101

III 抄 録

- 1 レーザー切断と超短パルスレーザーピーンフォーミングを用いた微細部品加工
鷺坂芳弘、山下清光、柳原 亘、植田浩安 103
- 2 マイクロ金型の表面テクスチャリングとそのドライ摩擦・摩耗挙動のその場観察
掛川 泰、清水徹英、楊 明、鷺坂芳弘 104
- 3 静岡県の繊維産業
鈴木一之 105

分野別目次

バイオ分野

I 報告

- 1 自然界からの新たな香味を有する清酒醸造用酵母の開発 (第3報)
ー河津桜から分離した酵母の清酒醸造特性ー
.....勝山 聡、天野祥吾、岩原健二、高嶋一孝 47

II 研究ノート

- 1 酵素サイクリング法に利用するための脱水素酵素生産微生物の探索
.....飯塚千佳世、高木啓詞、太田俊也 56

食品分野

I 報告

- 1 茶の実油の特性調査と小規模製造による地域の商品開発
...渡瀬隆也、杉山直人、池ヶ谷篤、松野正幸、油上 保、山下里恵、多々良哲也、高嶋忠宏 1

II 研究ノート

- 1 県内味噌・醤油蔵からの酵母の収集と選抜
.....袴田雅俊、池ヶ谷篤、松野正幸、杉山直人 34

環境分野

I 報告

- 1 食品廃棄物のメタン発酵 (第2報)
ー油前処理効率化のための油分解菌の探索ー
.....室伏敬太、中島大介、太田良和弘、松村英功、望月光明 7
- 2 新規な微生物固定化接触材を利用したメタン発酵装置の開発
.....岡本哲志、大竹正寿、津田謹郎、原田達也、須和部益通、谷野真史、鈴木正史 10

II 研究ノート

- 1 食品廃棄物のメタン発酵
ーメタン発酵のための固形有機物前処理方法の開発ー
.....中島大介、室伏敬太、太田良和弘、松村英弘、望月光明 36
- 2 オゾンを利用した化学系小規模排水処理装置の開発 (第2報)
ーアルカリ・オゾン処理による有機性色素排水中の有機物の凝集沈殿効果ー
.....岡本哲志、正宗達樹、酒井浩士、伊藤聖孝 38

光分野

I 研究ノート

- 1 透明プラスチックのレーザー溶着
ーレーザー照射位置の影響ー
.....山下清光 87
- 2 シャックハルトマンセンサを用いたスティッチング波面計測の精度評価
.....中野雅晴 89

III 抄 録

- 1 レーザー切断と超短パルスレーザーピーンフォーミングを用いた微細部品加工
.....鷺坂芳弘、山下清光、柳原 亘、植田浩安 103
- 2 マイクロ金型の表面テクスチャリングとそのドライ摩擦・摩耗挙動のその場観察
.....掛川 泰、清水徹英、楊 明、鷺坂芳弘 104

材料分野

I 研究ノート

- 1 レーザーによる高機能皮膜作製技術の開発（第3報）
.....増井裕久、鈴木洋光、青嶋松寿、渡邊 通 16
- 2 レーザーによる高機能皮膜作製技術の開発（第4報）
ーアルミダイカスト金型向け耐溶存性皮膜の作製ー
.....増井裕久、鈴木洋光、青嶋松寿、渡邊 通 18
- 3 合成ゴムの特性可視化ツールの開発
.....渥美博安、菅野尚子、田中翔悟、田村克浩 20
- 4 レーザー樹脂溶着加工時の非接触温度測定
.....渥美博安、田中翔悟、山下清光、植田浩安 22
- 5 プラスチック射出成形品の異物付着対策
.....田中翔悟、菅野尚子、渥美博安 24
- 6 高度コーティング膜への特性付与技術の開発
ー新型プラズマ照射装置の開発ー
.....高木 誠、長谷川茂、高木宏明 79
- 7 高熱伝導率アルミ合金ヒートシンクを用いた評価
.....岩澤 秀、大澤洋文、針幸達也、長澤 正、長津義之
上久保佳則、高橋正詞、山本健介、杉浦泰夫 91

8	CFRPの穴加工における工具形状の影響大澤洋文、是永宗祐、植松俊明、伊藤芳典、長津義之	93
9	金コバルトめっき皮膜の硬さ測定方法の検討田中宏樹、田光伸也	95
10	電鋳による金合金パイプの作製田光伸也	97
11	ファンダメンタルパラメータ法による蛍光X線分析の信頼性評価植松俊明、是永宗祐、田中宏樹、田光伸也	99
12	熱流体数値解析による放熱器性能評価長津義之、岩澤 秀	101

機械電子分野

I 報 告

1	手術支援ロボットの要素技術の研究開発 (第3報) ー水素吸蔵合金アクチュエータによる力分散システムの開発ー細野美奈子、鬼久保郁雄、本多正計、竹居 翼、井野秀一、榊 浩司	53
2	無拘束見守りセンサシステムの開発 (第1報) ー呼吸・脈拍計測センサシステムの開発ー岡田慶雄、白井 圭、中山 洋、三浦 清、小林信明、一言貴則、福島利博、水口隼也	64
3	無拘束見守りセンサシステムの開発 (第2報) ーマットレス下離床センサの開発ー白井 圭、中山 洋、岡田慶雄、三浦 清、小林信明、一言貴則、福島利博、水口隼也	67
4	無拘束見守りセンサシステムの開発 (第3報) ー要介護者の状態を見守るシステムの開発ー中山 洋、岡田慶雄、白井 圭、三浦 清、小林信明、一言貴則、福島利博、水口隼也	71
5	電波識別装置の識別性能評価杉森正康、山田浩文、増田康利、松田 稔、田内正治、犬塚 博	81

II 研究ノート

1	積分球を用いた全光束測定 of 配光分布による影響志智 亘、鈴木敬明	26
2	配光測定による全光束測定における測定角度間隔の影響豊田敏裕	28

3	非接触表面性状測定機の精度評価	柳原 亘	30
---	--------------------------	------	----

4	ナノメートルサイズの極細繊維を応用した吸音材料の開発	木野直樹、堀 昌司	32
---	-------------------------------------	-----------	----

Ⅲ 抄 録

1	調光機能付きLED照明、光拡散型天窗、太陽光発電と蓄電システムを用いた、 電力自立型照明システムの開発	鈴木敬明、小野巳吉、外山 勸、池田貴裕、中村共孝、本間 篤	42
---	-----------------------------------------------------------------	-------------------------------	----

2	生体力学シミュレーションを活用した仰臥位におけるマットレス変形量予測	船井 孝、鈴木敬明、中村佐紀子、横田秀夫、袴田恭正、前嶋文明	43
---	---------------------------------------------	--------------------------------	----

3	観察・生体計測記録に基づく運動評価支援システムのユーザビリティ評価	易 強、小松 剛、及川貴康、山本清文、下村義弘、尾崎宏樹	44
---	--------------------------------------------	------------------------------	----

製紙分野

Ⅰ 報 告

1	近赤外分光法を用いた市販紙中の繊維組成評価法の開発	齊藤将人、深沢博之	59
---	------------------------------------	-----------	----

Ⅱ 研究ノート

1	新聞古紙をトイレトペーパーの原料とするための技術開発（第1報）	齊藤和明、山口智久、齊藤将人、深沢博之、木野浩成	75
---	------------------------------------------	--------------------------	----

繊維高分子材料分野

Ⅰ 抄 録

1	静岡県の繊維産業	鈴木一之	105
---	-------------------	------	-----

ユニバーサルデザイン・工芸分野

Ⅰ 研究ノート

1	トイレ内の転倒検出装置の開発	小松 剛、易 強、村松重緒、多々良哲也、河合宏二 原田正洋、澤谷一幸、酒井英明、加藤 淳	40
---	-------------------------	-------------------------------------------------	----

Ⅱ 抄 録

1	木材の接触温冷感	櫻川智史	45
---	-------------------	------	----

- 2 ミクロ細孔構造を均一に制御したコーヒーかす活性炭の電気二重層特性とインピーダンス特性
……菊池圭祐、山下里恵、櫻川智史、安江智広、須藤雅夫、板垣昌幸、外山富孝、眞下 優 46

REPORTS
OF THE
INDUSTRIAL RESEARCH INSTITUTE
OF SHIZUOKA PREFECTURE

静岡県工業技術研究所研究報告

静岡県工業技術研究所
静岡市葵区牧ヶ谷2078番地

INDUSTRIAL RESEARCH INSTITUTE OF SHIZUOKA PREFECTURE
2078 Makigaya, Aoi-ku, Shizuoka city, Shizuoka, 421-1298 Japan

茶の実油の特性調査と小規模製造による地域の商品開発

食品科	渡瀬隆也 杉山直人* 池ヶ谷篤** 松野正幸
電子科	油上 保***
工芸科	山下里恵
ユニバーサルデザイン科	多々良哲也
沼津市商工会	高嶋忠宏

Characterization of oils in tea Seeds cultivated in Numazu,
Japan and development of domestic products

Takaya WATASE, Naoto SUGIYAMA, Atsushi IKEGAYA, Masayuki MATSUNO,
Tamotsu YUGAMI, Rie YAMASHITA, Tetsuya TATARA and Tadahiro TAKASHIMA

Investigation of tea seed oil properties in Shizuoka and development of domestic items with tea seed oil produced at small-scale plant.

- 1) Crud fat content of cotyledon in riped tea seeds is 29.0%, most highly, an unripe tea seeds and husks crud fat content is 0.3-1.0%.
- 2) The color of tea seed oil was the color near the olive oil by light dark yellow in room temperature. Water was 0.05%, and the iodine value was the one which indicates 98.4 and the nature as the semi drying oil. An acid value was 0.4 and the peroxide value was 1.2, saponification value was 189.0.
- 3) Crude fatty acid constitution of tea seed oil, 49.6% oleic acid, 31.0% linoleic and 14.5% palmitic acid acid. 95.1% of fatty acid are consisted by 3 kinds of fatty acids. There was little annual change of fatty acid constitution of tea seed oil, but there was also an area with a lot of oleic acids nearly 10 % higher than Numazu area one. The tea seed oil made in Taiwan was near fatty acid constitution of domestic camellia oil.
- 4) The vitamin E content of the tea seed oil was included by 44.1mg/100g, 5 times more than olive oil.
- 5) Tea seed oil has been combined as moisturizing formula and elaboration perfume using a mandarin orange tachibana of local specialties of Numazu-shi Heda area has been developed.

Keywords : Tea seeds oil, fatty acids ratio, vitamin E.

キーワード：茶の実油、脂肪酸組成、ビタミンE。

1 はじめに

静岡県内では茶葉価格の低迷や高齢化による労働力不足から、耕作放棄される茶園が増加している^{1, 2)}。沼津市商工会では放棄茶園で多量に収穫できる茶の実を有効活用しようと、小規模な設備による茶の実油の試作に取り組んだ。しかし商品化するには搾油条件の検討や成分的な評価が課題となっていた³⁾。

チャはツバキ科ツバキ属チャ節（学名 *camellia sinensis*）の永年性常緑樹で、その新葉を加工した茶は静岡県を代表する農産品である。一方でその種子である茶の実は新品種の開発に採取する以外は利用す

ることはあまりなかった⁴⁾。しかし明治時代の農書によると当時は茶を栽培するために茶の実を採取して蒔いていたほか⁵⁾、昭和40年頃までは写真フィルムの乳化剤としてサポニンを採るために茶の実が集められていた⁶⁾。平成7年には茶の実を利用したシャンプーの開発も行われている⁷⁾。中国や台湾で茶の実油は、「月子油」、「長寿油」、「苦茶油」とも呼ばれ、高級な食用油として用いられているが^{4, 5)}、「油茶」という学名 *camellia oleifera* で、茶よりもサザンカに近い植物、ツバキ科ツバキ属ツバキ節の種子から搾油されたものである⁹⁾との報告もある。

*) 現 研究調整監 **) 現 農林技術研究所 ***) 現 食品科

【報告】

茶の実油の製造や成分に関する報告^{4, 10-11)}はいくつかあるものの、小規模製造における具体的な前処理方法から茶の実油の製造とその成分や利用までまとまった報告はない。そこで茶の実油の特性調査と小規模製造における製法を検討し、地域の商品開発を行ったので報告する。

2 方法

2.1 試料及び前処理

茶の実はやぶきた品種のものを平成24年から平成27年までの秋に沼津市の耕作放棄茶園で沼津市商工会会員が採取したほか、比較用に平成26年に島田市、静岡市、平成28年に森町で採取されたものを団体や茶業関係者から提供を受けた。平成26年までは落下した茶の実を拾い、平成27年については落下直前の茶の実をもぎ取ったものを用いた。いずれも茶の実を一人当たり1 kg/hで採取した。採取した直後の茶の実が多いもので水分含有率が20%程ある。水分含有率が高いと、圧搾時にクリーム状のエマルジョンとなり搾油が出来かねるため、採取した茶の実を風通しの良い室内に広げ、数週間から3カ月間、自然乾燥を行った。茶の実の子葉部分の水分が10%未満となるまで乾燥させた。水分率は赤外線水分計（㈱エアードデイ製：MX-50）で測定した。以下、特に指定しない場合は、平成26年に沼津市で採取した茶の実を分析に用いた。

2.2 搾油方法

乾燥した茶の実を、銀杏用殻割り装置（㈱辻田製作所製：型番不明、外形幅900mm奥行き600mm高さ1200mm、電動2軸ローラー2組に殻つきの銀杏などを挟み込み殻を割る）（写真1）を用いて、茶の実の



写真1 茶の実殻割りに用いた銀杏用殻割り装置

供給速度120kg/hで殻割りをを行った。殻割り後、殻と子葉部分の分離は、煎茶用風力選別機（企業組合静岡機械製作所製：静岡式インクライン風撰機KF-3型）を使用した。原料入口の空隙調整レバーを茶の実子葉部分の大きさの約10mmに合わせ、風量調節用開口部を全開、ファン回転速度調節を最も高速側に設定し、原料供給速度は120kg/hで殻と子葉部分を分離した。

殻を除去し子葉部分のみとなった茶の実を、ローターミル（ドイツFRITSCH製：pulverisette14）により粉砕した。ローター回転速度15,000rpm、2.0mmスクリーン、茶の実子葉の供給速度6 kg/hで粉砕した。

ローターミルによる粉砕後、直圧式搾油機（㈱サン精機製：KT23-160EL）により圧搾した。粉砕試料300gを不織布に入れ、最高圧力69.3MPaで、30分から60分間、搾油した。なお、茶の実を蒸して放冷後に搾油したところ、搾油率が低くなったため、茶の実を蒸さずに使用した。

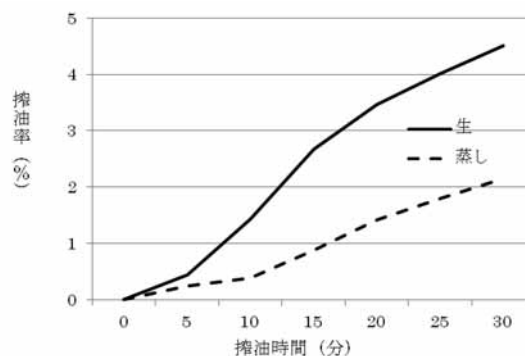


図1 茶の実の生と蒸しの搾油率の経時変化

2.3 分析方法

茶の実の一般成分（水分、灰分、脂質、たんぱく質、炭水化物）は食品衛生検査指針理化学編に従った。水分は常圧乾燥法（130℃ 2時間）、灰分は直接灰化法（550℃）、脂質はエーテル抽出法、たんぱく質はマクロ改良ケルダール法（窒素たんぱく質換算係数6.25）、炭水化物は差し引きにより求めた。

茶の実油の特性について、色（ロビボンダ法）、水分（カールフィッシャー法）、よう素価、酸価の測定は、基準油脂分析法に準じて測定した。色については測色計（コニカミノルタオプティクス㈱製：CM-5）も使い、ガラスセル20mm（コニカミノルタオプティクス㈱製：CM-A99）、表色系L*a*b*、視野角10°、光源D65の観察条件で測定した。過酸化値、けん化値は、日本農林規格（JAS法）に準じた。試薬は和光純薬製のように素価滴定用、容量分析用、試薬特級を用いた。

脂肪酸組成の測定は、脂肪酸メチルエステルの調製は米国応用化学会（AOAC）の方法に、ガスクロマトグラフの条件は農林水産消費安全技術センター（FAMIC）の方法に準じた。すなわち試料100mgと7%三ふっ化ほう素メタノール錯体メタノール溶液（市販の14%試薬をメタノールで2倍に希釈）2mL、トルエン1mLを10mL試験管に加えてスクリーキャップで密栓し、100℃で45分間アルミブロックヒーター（東京理化器械(株)製MG-2200）にて10分ごとに軽く振り混ぜながら加熱後、放冷し、水5mL、ヘキサン1mL、硫酸ナトリウム（無水）約1gを加えて栓をして1分間振とうし、上層を硫酸ナトリウム（無水）約1gの入った別の試験管に移し、その上層を以下の条件で測定した。装置：ガスクロマトグラフ（株島津製作所製GC-17A）、カラム：キャピラリーカラム（ジーエルサイエンス(株)製TC-WAX、液層0.25 μ m、内径0.25mm、長さ30m）、カラム恒温槽温度：170℃で3分間→4℃/min→240℃で10分間、試料注入口温度：240℃、キャリアーガスおよび初期流量：ヘリウム1.0mL/min、検出器：水素炎イオン化検出機（FID）、検出器温度：240℃、注入方式：スプリット（スプリット比1:100）、注入量：1 μ L。各脂肪酸メチルエステルの同定は、NU-CHEK PREP, INC.（NCP）製ガスクロマトグラフィ用脂肪酸メチルエステル標準品混合物GLC-91を用いた。その他の試薬は、和光純薬製ガスクロマトグラフ用および試薬特級を用いた。

ビタミンEの定量は、食品衛生検査指針理化学編に準じ、高速液体クロマトグラフ法により以下の条件で分析した。装置：高速液体クロマトグラフ（株島津製作所製LC-9A）、カラム：(株)資生堂製CAPCELL PAK NH2（UG-80、5 μ m、内径4.6mm、長さ250mm）、カラム恒温槽温度：30℃、移動相：酢酸・2-プロパノール・ヘキサン（5:6:1,000）、流速：1.2mL/min、検出器：蛍光検出器（FL）、励起波長：298nm、蛍光波長：330nm、注入量：20 μ L。ビタミンEの標準品には、(±)- α -トコフェロール（和光純薬製）試薬1級を用いた。その他の試薬は和光純薬製HPLC用および試薬特級を用いた。

茶の実油との比較に用いた油脂は、流通量が多いと思われたコンビニエンスストアの商品を使用したほか、台湾産茶油は「東方美人茶油」を購入した。国産椿油は三宅島産のヤブツバキを圧搾して精製されたものを静岡県内業者より譲り受けた。マーガリンは明治メグミルク(株)ネオソフトを購入して用いた。

2.4 商品開発

商品開発は、ふじのくに素材活用協同組合（株エコーライフラボ他）と共同し、茶実油10%配合の練り香水を開発した。沼津地域の特産品や歴史を考慮し、愛鷹緑茶、原宿ざくら、戸田たちばなの3種類の練り香水を開発した。香料のうち、戸田たちばなに用いたたちばな精油は、次の方法で製造した。沼津市戸田産のたちばな果皮14kgを、3回に分けて、ブレンダー（株エフ・エム・アイ製：CB-15T）で適宜イオン交換水を加水し油胞の破碎を目視で確認しながら粉碎し、これを減圧蒸留装置（株本村製作所製）で減圧水蒸気蒸留（蒸留温度50℃、減圧0.087MPa、蒸気流量12kg/h、トラップ冷却温度18℃）を行い、合計で85gの精油（比重0.85g/cm³、精油回収比率0.6%）を得た。



写真2 保湿剤として茶の実油を配合して開発した練り香水

3 結果および考察

3.1 茶の実の一般成分組成

茶の実の一般成分組成は表1に示すとおりである。熟果と未熟果についてそれぞれ殻と中身に分けて測定した。熟果は10月以降に採取したもので、殻を割ると子葉と殻に分けられた。未熟果は実の大きさが最大となる7月に採取した。軟らかい殻を剥くと胚乳が出てくる。熟果の子葉部分には脂質が29.0%含まれており、既知^{4, 12-13)}の茶の実の範囲内にあった。殻や未熟果の胚乳と殻には0.3%から1.0%と少なかった。茶の花の子房は、受精した翌年4月上旬から5月下旬に肥大が始まり、7月に入り急速に発達して肥大期（写真3）となり、子葉は6月下旬頃出現し、8月下旬から9月上旬に急速な肥大が見られ、9月下旬には完熟時の大きさに達する¹⁴⁾。したがって油脂を得るには完熟した熟果の子葉を用いるのがよいと思われた。

表1 茶の実の一般成分 (%)

	熟果		未熟果	
	子葉	殻	胚乳	殻
水分	6.7	9.9	95.5	77.8
灰分	3.0	0.4	0.9	1.0
脂質	29.0	0.3	0.8	1.0
たんぱく質	10.8	1.8	1.5	2.1
炭水化物	50.5	87.5	1.3	18.0

熟果：10月以降に採取した。

未熟果：7月に採取した。



写真3 未熟果の茶の実（肥大期）の断面の様子

3.2 茶の実油の油脂分析

茶の実油の特性を流通する食用油脂と比較して表2に示した。外観は常温で黄色の液状をなし、オリーブ油に近い明るく濃い黄色だった。水分は0.05%でオリーブ油の0.08%より低く、よう素価は98.4と半乾性油であった。酸化は0.4、過酸化価は1.2、けん化価は189.0だった。いずれも既知^{4, 12)}の茶の実油の範囲内にあった。

表2 茶の実油と流通する食用油脂の特性の比較

	茶の実油	キャノーラ油	オリーブ油	ごま油
色(ロビボンダ法)	赤	1.5	-	-
	黄色	30	-	-
色(測色計)	L*	83.1	99.4	82.8
	a*	21.9	-3.1	8.3
	b*	137.2	10.8	127.4
水分(%)	0.05	0.01	0.08	-
よう素価	98.4	110.9	82.4	109.9
酸価	0.4	0.1	0.9	1.0
過酸化価	1.2	1.7	1.4	1.3
けん化価	189.0	-	-	-

—：未測定

3.3 茶の実油の脂肪酸組成

平成26年の茶の実油と市販の食用油脂の脂肪酸組成を表3に示す。茶の実油はオレイン酸の脂肪酸組成が49.6%と最も高く、リノール酸31.0%、パルミチン

酸14.5%とつづいた。既知の報告と同様な値を示した。またキャノーラ油、オリーブ油、ごま油のいずれも既知^{*}の報告と同様な値を示した。茶の実油は10%以上の組成比を示す脂肪酸が3種類存在する特徴があった。

表3 茶の実油と市販の食用油脂の脂肪酸組成 (%)

脂肪酸	茶の実油	キャノーラ油	オリーブ油	ごま油
C14:0(ミリスチン酸)	0.1	tr	tr	tr
C16:0(パルミチン酸)	14.5	2.2	10.1	7.7
C16:1(パルミトリン酸)	0.1	0.1	0.7	0.1
C18:0(ステアリン酸)	2.2	1.2	2.4	5.0
C18:1(オレイン酸)	49.6	61.2	75.7	40.2
C18:2(リノール酸)	31.0	20.2	7.1	44.8
C18:3(リノレン酸)	0.4	7.9	0.6	0.1

沼津市で採取した茶の実油の脂肪酸組成の年次変動を表4に示す。いずれもオレイン酸が最も多く48.1%から50.7%、次いでリノール酸が26.1%から31.0%で、パルミチン酸が14.5%から17.0%とつづいた。平成27年の茶の実の採取は、落下した茶の実の採取から落下直前の茶の実をもぎ取る採集に変更したが、リノール酸がやや少なく、パルミチン酸がやや多いものの、大きな変動はないと思われた。

表4 沼津市で採取した茶の実油の脂肪酸組成の年次変動 (%)

脂肪酸	平成24年	平成25年	平成26年	平成27年
C14:0(ミリスチン酸)	tr	tr	0.1	0.1
C16:0(パルミチン酸)	15.9	16.1	14.5	17.0
C16:1(パルミトリン酸)	tr	tr	0.1	0.1
C18:0(ステアリン酸)	2.4	2.3	2.2	2.0
C18:1(オレイン酸)	48.1	48.9	49.6	50.7
C18:2(リノール酸)	30.7	30.0	31.0	26.1
C18:3(リノレン酸)	0.9	1.8	0.4	0.9

表5に静岡県内市町で採取した茶の実油の脂肪酸組成を示した。5つの市町の茶の実の脂肪酸組成はいずれもオレイン酸が最も多く、リノール酸、パルミチン酸の順につづいた。森町と静岡市で採取された茶の実のオレイン酸が59.1%、58.3%とやや高く、リノール酸は21.9%、22.8%でやや低かった。沼津市における脂肪酸組成の年次変動は少なかったことから、栽培地域の土壌や気象条件の差により脂肪酸組成に変動が生じると思われた。

表5 静岡県内市町で採取した茶の実油の脂肪酸組成 (%)

脂肪酸	沼津市	静岡市	藤枝市	島田市	森町
C14:0(ミリスチン酸)	0.1	tr	tr	tr	0.1
C16:0(パルミチン酸)	14.5	14.8	11.8	15.9	14.2
C16:1(パルミトリン酸)	0.1	tr	tr	tr	0.1
C18:0(ステアリン酸)	2.2	1.7	1.7	1.9	2.4
C18:1(オレイン酸)	49.6	58.4	56.0	50.8	59.1
C18:2(リノール酸)	31.0	22.8	27.8	29.0	21.9
C18:3(リノレン酸)	0.4	2.3	1.5	2.3	1.0

* 一般財団法人日本植物油協会：主な植物油に含まれる脂肪酸。 http://www.oil.or.jp/kiso/eiyou/eiyou02_02.html (2014. 7. 2アクセス)

【報告】

表6に国産椿油と台湾産茶油の脂肪酸組成を示す。国産椿油はオレイン酸が86.5%と非常に多く、パルミチン酸6.8%、リノール酸3.5%と続いた。台湾産茶油はオレイン酸が78.2%で、リノール酸10.3%、パルミチン酸7.6%と続いた。いずれも静岡県内で採取されたお茶の実の油と比べ、オレイン酸が多かった。これらのことから、台湾産茶油は国産椿油と類似しており、静岡県内で採取された茶の実の油とは異なる組成を示した。

表6 国産椿油と台湾産茶油の脂肪酸組成 (%)

脂肪酸	国産椿油	台湾産茶油
C14:0(ミリスチン酸)	tr	tr
C16:0(パルミチン酸)	6.8	7.6
C16:1(パルミトレイン酸)	0.1	0.1
C18:0(ステアリン酸)	2.1	1.9
C18:1(オレイン酸)	86.5	78.2
C18:2(リノール酸)	3.5	10.3
C18:3(リノレン酸)	0.1	0.3

3.4 茶の実油のビタミンE含有量

食用油脂と茶の実油のビタミンE ((±)- α -トコフェロール)の分析結果を図2に示した。平成27年沼津市の茶の実油は44.1mg/100gで、オリーブ油6.6mg/100g、ごま油5.2mg/100g、マーガリン7.5mg/100gより5倍以上多く含有していた。茶の実油はビタミンE含有量が高いので、酸化防止効果が期待できると思われる。

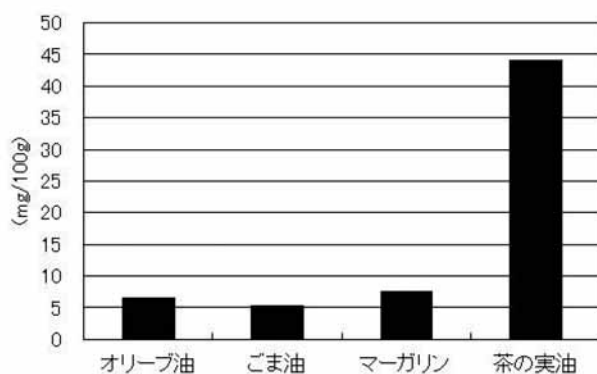


図2 食用油脂と茶の実油のビタミンE含有量

4 まとめ

茶の実油の特性調査と小規模製造による地域の商品開発を行った。

- 1) 茶の実の脂質含量は、熟果の子葉が29.0%と一番高く、未熟果や殻には0.3~1.0%と低かった。
- 2) 茶の実油の色は常温で明るい濃い黄色でオリーブ油に近い色だった。水分は0.05%、よう素価は98.4

と半乾性油としての性質を示すものであった。酸価は0.4、過酸化物価は1.2で、けん化価は189.0だった。

- 3) 茶の実油の脂肪酸組成は、オレイン酸が49.6%、リノール酸が31.0%、パルミチン酸が14.5%と、3種類で95.1%を占める特徴があった。茶の実油の脂肪酸組成の年次変動は少なかったが、栽培地域により沼津市で採取した茶の実の油と比べて、10%近くオレイン酸が多い地域もあった。台湾産茶油は国産椿油の脂肪酸組成に近かった。
- 4) 茶の実油のビタミンE含有量は、44.1mg/100gで、オリーブ油の5倍以上含まれていた。
- 5) 茶の実油を保湿成分として配合し、沼津市戸田地区の特産品のたちばななどを用いた練り香水を開発した。

謝辞

本研究を行うにあたり、茶の実の提供をしていただいた沼津市商工会関係者、野菜茶業研究所の池田奈美子様、金谷コミュニティ委員会、株式会社丸倅、白形傳四郎商店の各位に、また、色(ロビボンダ法)、水分(カールフィッシャー法)の測定協力をしていただいたJ-オイルミルズ株式会社清水工場品質管理室に深謝します。試作や分析に協力していただいた青木陽一郎様、同僚の皆様に感謝します。

参考文献

- 1) 静岡県産業経済部管理局政策監：「静岡県の産業ハンドブック」, pp.59 (2015)
- 2) 農林水産省：農林水産統計。(2013公表)
- 3) 沼津市商工会：お茶資源活用部会経過報告。(2013公表)
- 4) 徳江千代子 他、台湾産および日本産茶種子の脂質の特性について。日本栄養・食糧学会誌, 42(1), 71-77 (1989).
- 5) 粕淵宏昭：製茶図解, 「茶大百科 I」, 版(社団法人農山漁村文化協会, 東京都港区赤坂7丁目6-1), 社団法人農山漁村文化協会, pp.209-212 (2008).
- 6) 中川致之：茶の実(チャ種子)の利用, 「茶大百科 I」, 初版(社団法人農山漁村文化協会, 東京都港区赤坂7丁目6-1), 社団法人農山漁村文化協会, pp.137-138 (2008).
- 7) 社団法人静岡県茶業会議所：「茶多用途利用調

- 査報告書」, (社団法人静岡県茶業会議所, 静岡市北番町81番地), pp.46-47 (1999)
- 8) 清水康夫、南京市・茶種子と茶の高度加工指導. 静岡県日中農林水産交流協会「交流」, 45, 16-19 (2009)
- 9) 松下智: 「茶副読本」, 豊茗会, pp.36-37 (1974)
- 10) 池ヶ谷賢次郎 他: 日本食品工学会誌、29, 706 (1982)
- 11) 河村真也 他: 日本食品工学会誌、32, 870 (1985)
- 12) 日本油化学協会 (編): 油化学便覧、3 (1971)
- 13) 手塚雅子 他: 地域特産品の利用と加工 (第1報) -茶の実の食品素材としての利用-. 静岡県静岡工業技術センター研究報告, 40, 34-37 (1995).
- 14) 中山仰: チャの形態, 「茶の栽培と利用加工」, 第1版 (株式会社養賢堂, 東京都文京区本郷5丁目30番15号), 35-36 (1994).

食品廃棄物のメタン発酵（第2報）

— 油前処理効率化のための油分解菌の探索 —

環境科 室伏敬太 中島大介 太田良和弘
山梨罐詰株式会社 松村英功 望月光明

Methane fermentation of food waste (2nd Report)

— Isolation of oil degrading microorganisms for pretreatment of food waste —

Keita MUROFUSHI, Daisuke NAKASHIMA, Kazuhiro OHTARA, Hidenori MATSUMURA
and Mitsuaki MOCHIZUKI

Methane fermentation is a microbial reaction and a promising technique to create renewable energy from biomass such as food waste. However, the reaction was strongly prohibited when the biomass contains high levels of lipid. In this study, lipid degrading microorganisms were isolated from activated sludge to develop a lipid-degrading pretreatment system for efficient methane fermentation of lipid-rich food wastes. Strain-01, which was estimated as yeast *Yarrowia lipolytica*, showed high performance in soy bean oil and beef tallow degradation. It is expected that microbial pretreatment process using the Strain-01 enhance methane fermentation of lipid-rich food waste.

Keywords : Methane fermentation, wastewater sludge, oil degrading microorganisms.

キーワード：メタン発酵、排水汚泥、油脂分解微生物。

1 はじめに

メタン発酵は有機性廃棄物の分解とエネルギー回収の効果を併せ持ち、生ゴミや汚泥等の処理に広く用いられている。しかし、その反応は原料である有機性廃棄物の質に大きく左右され、特に油脂は分解効率が悪い。大量の油脂を直接メタン発酵槽へ投入すると発酵が阻害・停止してしまうことから、食品工場から排出される廃油や、油脂を高濃度に含む食品廃棄物のメタン発酵処理は困難である。

上記課題の解決を目的として、我々は食品廃棄物中の油脂の効率的な前処理方法の開発に取り組んでいる。これまでに、排水汚泥を用いた微生物処理で油脂が可溶化することや¹⁾、可溶化した油脂処理液は効率的にメタン発酵で処理できること²⁾を報告している。

本研究では、油脂前処理時間の短縮化を目的として、排水汚泥から油脂分解活性を有する微生物の分離および同定を試みたので、その手法および結果について報告する。

2 方法

2.1 油脂分解微生物の分離

100mL三角フラスコに、食品工場排水汚泥（山梨罐詰株の排水処理場で平成26年10月23日に採取したもの）45mLとダイズ油5mLを混合して、エアポンプにて4 mL/minで通気を行いながら30°Cで7日間振とうして集積培養を行った。生理食塩水で希釈した集積培養液を、LB培地にトリブチリンを添加したスクリーニング用寒天培地³⁾に塗布して30°Cで4日間静置培養を行った。培地中のトリブチリンが分解され、ハローが観察されたコロニーを油脂分解微生物として分離した。

2.2 油脂分解微生物による油脂分解試験

分離した油脂分解微生物をLB培地で培養して、前培養液として調製した。次に、試験管にダイズ油又は牛脂0.2mL、LB培地0.8mL、1 Mリン酸緩衝液（pH 7.0）0.2mL、前培養液0.04mL、滅菌水2.76mLを加えて30°Cで振とうした。反応液に残存する油脂をn-ヘキサンで抽出して重量を測定し、次式により油脂分解率を算出した。

$$\text{油脂分解率(\%)} = ((B-A)/B) \times 100$$

A: 回収した反応液のn-ヘキサン抽出重量(g)

B: 反応開始直後のn-ヘキサン抽出重量(g)

2.3 遺伝子解析による油脂分解微生物の微生物種の推定

油脂分解微生物の微生物種の推定は、日本薬局方「遺伝子解析による微生物の迅速同定法」⁴⁾を参考として、以下の手法でリボソームRNA領域の遺伝子配列を解析することで行った。

LB寒天培地上に形成した単一コロニーを釣菌して、100 μLの50 mM Tris-HCl (pH 7.0) に懸濁させた。コロニー懸濁液を鋳型とするリボソームRNA領域遺伝子の増幅は、KOD-Plus-Neo (東洋紡(株)製) を用いて行った。PCR 反応条件は、変性を98℃で10秒、アニーリングを50℃で30秒、伸長を68℃で50秒、反応サイクルを30回で実施した。真菌の26SrRNA領域 (約500塩基長) の増幅にはNL1およびNL4プライマーセット、細菌の16SrRNA領域 (約1,500塩基長) の増幅には8Fおよび1492Rのプライマーセットを用いた (表1)。

表1 PCR反応で使用したDNAプライマー

	塩基配列 (5'→3')	増幅対象
8F	AGAGTTTGATCCTGGCTCAG	細菌
1492R	GGTACCTGTTCAGACTT	16SrRNA
NL1	GCATATCAATAAGCGGAGGAAAAG	真菌
NL4	GGTCCGTGTTTCAAGACGG	26SrRNA

エタノール沈殿で精製したPCR産物を鋳型として、サイクルシークエンス試薬キットBigDye Terminator v3.1 Cycle Sequencing KitおよびDNAシークエンサーABI PRISM 310 (共にサーモフィッシャーサイエンティフィック(株)製) を用いて塩基配列を解析した。解析した遺伝子配列を、米国立生物工学情報センター (NCBI) が提供するデータベースに登録された微生物の遺伝子配列と比較し、上位にランクされた菌種を同一種として推定した。

2.4 メタン発酵試験に向けた油脂前処理液の調製および油脂分解状況の確認

300mL三角フラスコに、ダイズ油または牛脂2.5mL、LB培地20mL、1Mリン酸緩衝液 (pH7.0) 2.0mL、排水汚泥40mL、前培養液1.0mL、滅菌水34.5mLを加えて、エアポンプにて8 mL/minで通気を行いながら30℃で4日間振とうした。振とう後、油脂の分解状況を目視による観察で評価した。

3 結果および考察

3.1 油脂分解微生物の分離

集積培養液をスクリーニング用寒天培地に塗布したところ、ハローを形成するコロニーが多数確認された。無作為にコロニーを選び、油脂分解微生物として32株を分離した (Strain-01~32と命名)。

3.2 油脂分解微生物による油脂分解試験

分離した32株の試験管規模の牛脂分解試験で、特に分解率の高かったものを図1に示す。Strain-01、03および31の3株は7日間の処理でダイズ油および牛脂の30%以上が分解されていたため、油脂前処理用微生物の候補として選抜した。

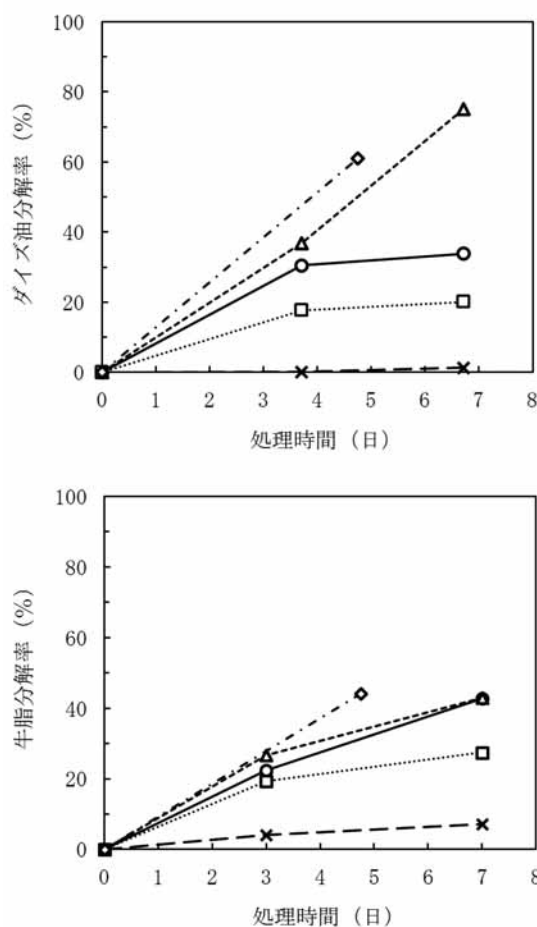


図1 分離した微生物のダイズ油および牛脂分解試験

○: Strain-01 △: Strain-03 □: Strain-14

◇: Strain-31 ×: 対照 (微生物添加なし)

3.3 遺伝子解析による油脂分解微生物の微生物種の推定

選抜した3株のリボソームRNA領域の遺伝子をPCR反応で増幅させたところ、Strain-01および03は真菌26SrRNA領域 (約500塩基長) のみが増幅され、Strain-31は細菌16SrRNA領域 (約1,500塩基長) の増幅が確認された (図2)。増幅した遺伝子の塩基配列を解析

【報告】

してデータベースと照合した結果を表2に示す。Strain-03および31はそれぞれ*Candida*属および*Serratia*属と遺伝子配列が完全一致したが、共にヒトへの感染例が報告されている微生物属である。特に*Serratia marcescens*は国立感染症研究所の病原性微生物等のバイオセーフティレベル分類⁵⁾においてレベル2に指定される微生物種であり、重大な災害となる可能性は低いものの、ヒト又は動物に病原性を有する可能性が強く疑われる。メタン発酵運転管理者への安全性を考慮して、以後の実験では*Yarrowia lipolytica*と推定された、Strain-01(写真1)を用いることとした。

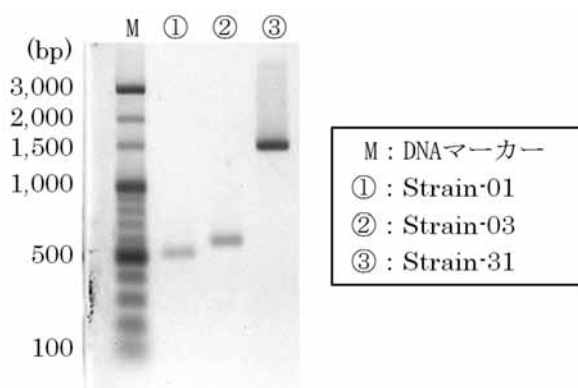


図2 各選抜株のリボソームRNA領域増幅PCR産物

表2 選抜した油脂分解微生物の遺伝子解析結果

選抜株名	遺伝子解析領域	データベースと一致した属種	一致率 (%)
Strain-01	真菌	<i>Yarrowia lipolytica</i>	99.8
Strain-03	26SrDNA	<i>Candida palmioleophila</i>	100.0
Strain-31	細菌 16SrDNA	<i>Serratia marcescens</i>	100.0

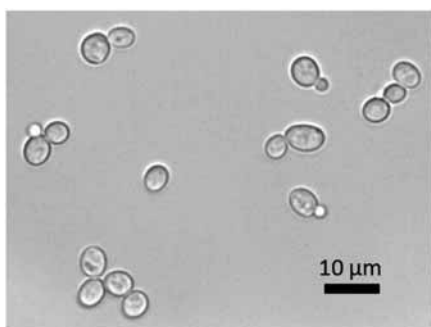


写真1 分離したStrain-01の顕微鏡観察写真

3.4 メタン発酵試験に向けた油脂前処理液の調製および油脂分解状況の確認

Strain-01を用いて調製した牛脂前処理液を写真2に示す。比較対照の活性汚泥のみを添加した系では牛脂の可溶化はほとんど観察されなかったが、Strain-

01の前培養液を添加することで固形状の牛脂はほぼ消失している状態が観察された。また、ダイズ油を用いた同様の実験では反応開始から3日経過した時点で油層が消失している状態が観察された。

*Yarrowia lipolytica*は油脂を資化する酵母として報告されている⁶⁾ことから、Strain-01を添加することによって油脂の前処理反応が大幅に促進したと推測された。

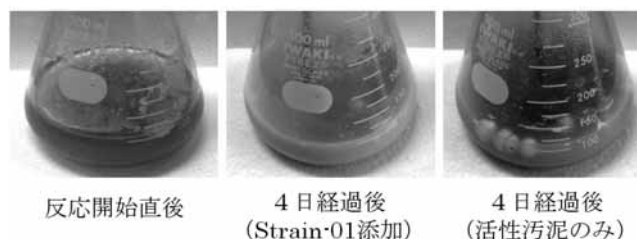


写真2 Strain-01を用いた牛脂前処理試験

4 まとめ

排水汚泥より分離した油脂分解微生物Strain-01の培養液を添加することで、油脂の前処理反応を高速化することが可能となった。本手法により、油脂を高濃度を含む食品廃棄物のメタン発酵が効率的に進むことが期待される。

参考文献

- 1) 酒井奨 他：中温メタン発酵のための廃食用油の前処理法の開発. 第24回廃棄物資源循環学会研究発表会講演論文集, p.401-402, 北海道 (2013).
- 2) 中島大介 他：メタン発酵の効率化を目的とした廃棄物中の油分の前処理方法の検討. 第10回バイオマス科学会議講演論文集, p.75-76, 茨城 (2015).
- 3) 松村英功 他：コンポスト化過程における油分の分解と油分解菌 *Geobacillus pallidus* L33-1株の単離. 廃棄物資源循環学会論文誌, 22(2), p.141-148 (2011).
- 4) 厚生労働省：第十六改正日本薬局方, p.2029-2031, <http://jpd.b.nihs.go.jp/jp16/YAKKYOKUHOU16.pdf> (2011.3.24公表).
- 5) 国立感染症研究所：国立感染症研究所病原体等安全管理規定別冊1「病原体等のBSL分類等」, http://www0.nih.go.jp/niid/Biosafety/kanrikitei3/Kanrikitei3_1006_1.pdf (2010.6公表).
- 6) Pignede G. et al. : Characterization of an extracellular lipase encoded by *LIP2* in *Yarrowia lipolytica*. *Journal of Bacteriology*, 182(10), p.2802-2810, (2000).

新規な微生物固定化接触材を利用したメタン発酵装置の開発

環境科 岡本哲志 大竹正寿*
三鈴工業株式会社 津田謹郎 原田達也 須和部益通 谷野真史 鈴木正史

Development of the Methane Fermentation Equipment Using New Microbe Fixed Contact Material

Tetsuji OKAMOTO, Masatoshi OTAKE, Kinro TSUDA, Tatsuya HARADA, Masumichi SUWABE,
Masashi YANO and Masashi SUZUKI

Methane fermentation technology which generates methane from organic wastes (biomass), such as food residues and effluent treatment waste sludges, has been expected as component engineering of the electricity-generation-by-biomass system which makes waste reduction and energy recovery compatible. Because the technology becomes recoverable initial investment by carrying out the electricity sales to utilities of the electric power generated from methane under Feed-in Tariff. In this research, utilizing the microbe fixed contact material which was the core technology of the joint research company, we developed the methane fermentation equipment of the pilot scale (1m³) towards the introduction to the customer of the company (research partnership company). We carried out the performance assessment to the real drainage which was discharged in the research partnership company (tofu manufacturer) for about four months. And we checked the designated performance (the amount of biogas generation in the steady state : 704L/day, biogas-generation efficiency : 342mL/g-TS/day, the methane concentration in the biogas : average of 62.5%, the BOD removal ratio : 81%) as the result.

Keywords : Methane fermentation, contact material, waste reduction, energy recovery, electricity generation by biomass.

キーワード : メタン発酵、接触材、廃棄物削減、エネルギー回収、バイオマス発電。

1 はじめに

メタン発酵技術により、食品残渣や排水処理余剰汚泥といった有機性廃棄物（バイオマス）から、メタンガスを生成できる。同技術は、メタンガスから発電した電力を再生可能エネルギーの固定価格買取制度*（メタン発酵ガス（バイオマス由来）：39円（税抜）/kWh、調達期間：20年）で売電することにより初期投資の回収が可能となるため、廃棄物削減とエネルギー回収を両立するシステムの要素技術として期待されている。メタン発酵技術を利用したバイオマス発電システムを図1に示した。図のとおり、食品工場等から発生する食品残渣や濃厚廃液及び排水処理余剰汚泥といった有機性廃棄物を基質（栄養源）として、発酵によりメタンを含むバイオガスが生成される。このバイオガスはメタンガスに精製され、一旦ガスホルダーに貯留された後、ガスエンジン等による発電で電気エネルギーと熱エネルギーが回収される。一方、メタン発酵の消化液は、

排水処理施設で処理され放流される。

一般的なメタン発酵では、グラニュール（粒状）化したメタン菌を用いたUASB（上向流嫌気性スラッジブランケット）法が知られている（図2）。しかし、廃棄物に懸濁物質を多く含む場合、メタン菌のグラニュール化が難しく装置外に菌体が出てトラブルの原因となる。我々はこのに対応するため、微生物固定化接触材（以下、接触材）（写真1）を利用することで、上記トラブルを解決できると考えた。また、グラニュール菌を用いるメタン発酵処理では種菌を外部から購入し馴養利用するが、約10万円/トンと高額である。これに対し、余剰汚泥からメタン菌を集積し接触材を利用する場合、1トンあたり1.5万円以下と試算された。

本研究は、三鈴工業㈱のコア技術であり、活性汚泥処理で導入実績のある接触材を活用し、同社の顧客企業（以下、研究協力企業）への導入に向けたパイロットスケールのメタン発酵装置の開発を目的とした。

*）現 経済産業部商工振興課（公益財団法人静岡県産業振興財団へ派遣）

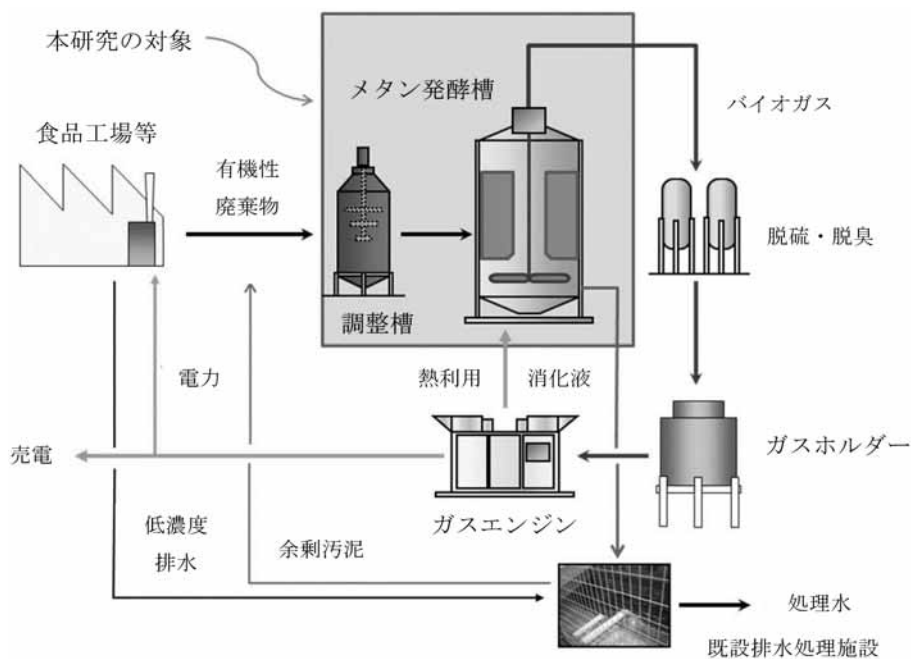
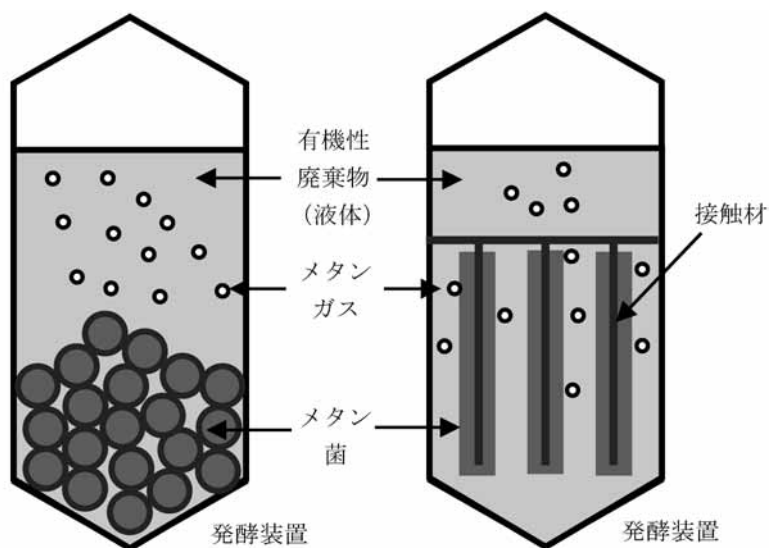


図1 メタン発酵技術を利用したバイオマス発電システム



(1) グラニュール(粒状)化 (2) 接触材による固定化

図2 メタン菌のグラニュール(粒状)化と接触材による固定化



写真1 接触材に固定した微生物

2 方法

2.1 基礎試験

研究協力企業で発生する実排水（以下、実排水）を基質としたメタン発酵の処理条件を確立する目的で、実験室レベル（容量：1L）の基礎試験を行った。試験条件を表1に示した。試験操作では、嫌気性条件下でメタン菌（食品工場の余剰汚泥由来）を入れた容量1Lのフラスコを恒温槽で38℃に保ち、50rpmで撹拌した（写真2）。また、メタン発酵で生成するメタンガスを含むバイオガスは、水上置換でメスシリンダーに回収した。最初に、馴養のため液化汚泥を基質として滞留期間20日でメタン発酵を行い、バイオガスの発生量とpHを測定した。次に、基質を実排水に替え同様にメタン発酵を実施し、バイオガスの発生量とpHを測定した。

2.2 試作機の性能評価

基礎試験の結果を基に、接触材を活用したパイロットスケール（1m³）のメタン発酵装置（写真3）を三鈴工業㈱が試作した。

性能評価としての本運転の前に、試運転として試作機（メタン菌600L（0.6m³））に実排水を400L（0.4m³）投入しバイオガスの発生を確認後、ガスの発生が停止したら実排水を新たに添加する操作を約2ヶ月間繰り返した。

本運転は、実排水を添加し同量の消化液を引き抜く操作を約2ヶ月間行った（表2に運転条件）。なお、一日当たりの実排水の添加量は基礎試験の結果を基に決定した。

表1 試験条件

項目	内容
1) 発酵槽容量	1L
2) 発酵槽水温	38℃
3) 撹拌	50rpm
4) 滞留期間	20日
5) 基質	液化汚泥、研究協力企業の実排水
6) 測定項目	バイオガス発生量 (mL)、pH

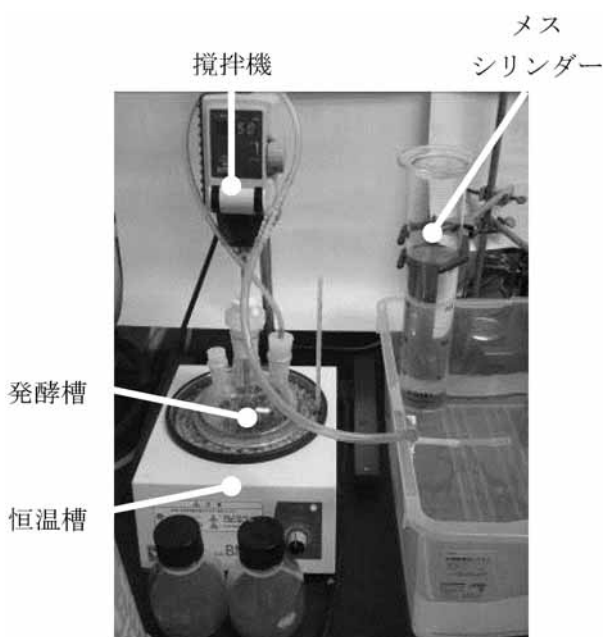


写真2 実験装置



写真3 メタン発酵装置（試作機）

表2 運転条件

項目	内容
1) 発酵槽容量	1m ³ (1,000L)
2) 発酵槽水温	37℃
3) 発酵槽 pH	7.0
4) 攪拌速度	50rpm
5) 攪拌機運転サイクル	10 分間 ON+50 分間 OFF
6) 基質	研究協力企業の実排水
7) 測定項目	バイオガス発生量 (mL)、メタンガス濃度 (%)、 発酵槽水温 (℃)、pH

3 結果および考察

3.1 基礎試験

使用した基質（液化汚泥及び実排水）の組成を表3に示した。各分析項目は、分析方法の欄に記載の方法で測定した。液化汚泥は、三鈴工業(株)の余剰汚

泥減容化装置¹⁾を用いて水熱処理（180℃・0.9MPa）した余剰汚泥である。液化汚泥には、実排水と比べて窒素分、りん分が多く含まれていた。

基礎試験の結果を図3に示した。最初に、液化汚泥を基質としてメタン発酵を28日間行い、バイオガスの

表3 基質の組成

分析項目	液化汚泥	実排水	分析方法
全有機体炭素 (mg/L)	2,680	3,220	TOC 計
COD _{Mn} (mg/L)	3,540	4,480	JIS K0102
BOD (mg/L)	—	4,170	JIS K0102
pH	5.9	3.8	pH メーター
全窒素 (mg/L)	566	51.5	JIS K0102
全りん (mg/L)	39.2	17.4	ICP 発光分光分析
全蒸発残留物 (mg/L)	8,640	8,060	JIS K0102

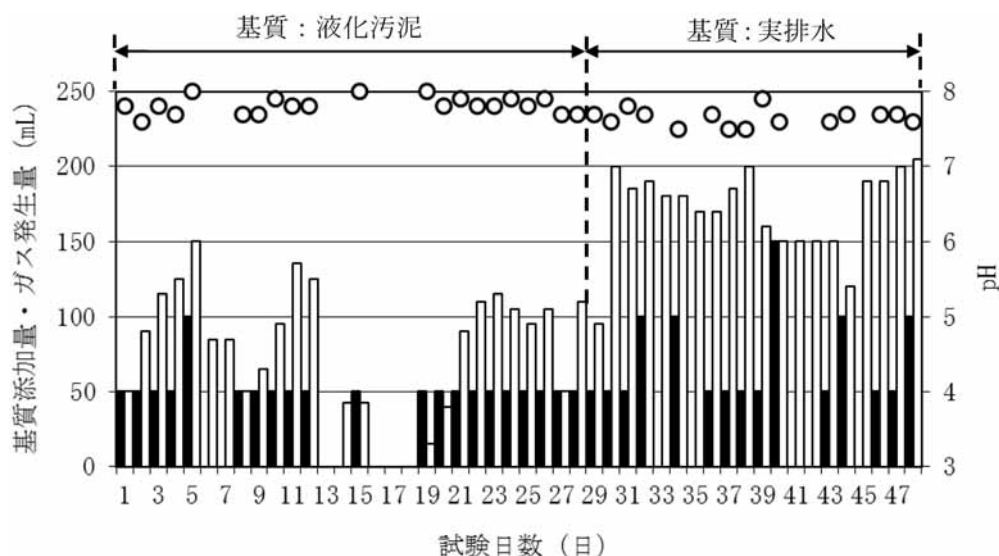


図3 メタン発酵基礎試験
(■基質添加量、□ガス発生量、○pH)

【報告】

発生 (225mL/g-TS/日) を確認した。試験13日目及び16～18日目にバイオガスの発生が止まったが、液化汚泥を新しいロットに替えた結果、再びガスの発生が確認された。次に、基質を実排水に替え液化汚泥と同様にメタン発酵を20日間行った。その結果、液化汚泥の時を上回るバイオガスの発生 (434mL/g-TS/日) を確認した。また、消化液のTOC分析結果から、本処理過程において実排水中の有機物の91%が除去されていることがわかった。今回使用した実排水は、有機物負荷が予定よりも低かった(0.4kg-TS/m³/日)。そこで、有機物負荷を高めてガス発生量を増やすために、試作機による運転では滞留期間を短縮 (7日) することにした。

3.2 試作機の性能評価

本運転によるメタン発酵試験の内、平成27年の5/26～6/15のバイオガス発生量及び発酵槽水温を図4に示した。本図から、平均のバイオガス発生量は488L/日、発酵槽水温は36.9±0.2℃であった。さらに、バイオガスが比較的安定して発生している時期 (5/29～

6/2) を集約すれば、ガス発生量は704L/日に達していることがわかった。また、発酵槽pHは7.0±0.1に維持され、バイオガス中のメタン濃度は平均62.5% (40.6～77.5%) に達した。一方、6/3以降バイオガスの発生量が一時的に低下したのは、6/3にオプション追加のため制御盤電源を約5時間停止したためと考えられた。バイオガス発生量から、このトラブルからの回復には約1週間を要した。

次に、本運転で使用した実排水とメタン発酵処理液である消化液 (写真4) の分析を行った (表4)。各分析項目は、分析方法の欄に記載の方法で測定した。その結果からBOD、全窒素、全りんは、それぞれ、81.0%、49.8%、82.0%であった。メタン発酵におけるBOD除去率は通常80～90%であり、本試験においても同様な結果が得られた。一方、全窒素の除去率は50%程度であり、BODや全りに比べ窒素成分が残存しやすいことがわかった。

また、実排水の全蒸発残留物が14,600mg/Lであったことから、有機物負荷2.06kg-TS/m³/日に相当した。

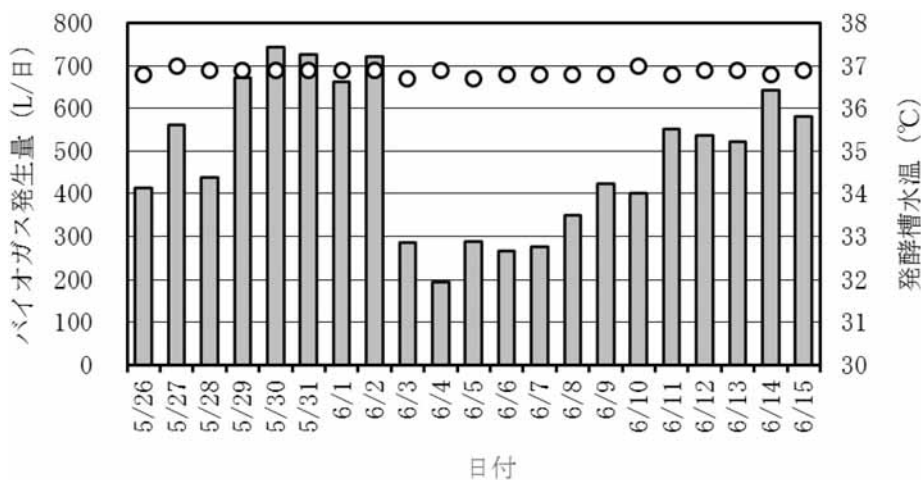


図4 メタン発酵本試験
 (■)バイオガス発生量 (L/日)、○ 発酵槽水温 (°C)



写真4 実排水 (左) と消化液 (右)

表4 実排水と消化液の組成

分析項目	実排水	消化液*	分析方法
BOD (mg/L)	5,380	1,020	JIS K0102
全窒素 (mg/L)	1,190	597	JIS K0102
全りん (mg/L)	132	23.7	ICP 発光分光分析
pH	4.6	7.3	pH メーター
懸濁物質 (mg/L)	8,260	—	文献 ²⁾
全蒸発残留物 (mg/L)	14,600	—	JIS K0102

*試料をろ過 (ろ紙 (No. 5B) 使用) したろ液を分析に供した。

したがって、安定時のバイオガス発生効率は342mL/g-TS/日であり、基礎試験での結果（434mL/g-TS/日）に比べて低かった。その主な原因として、滞留期間の差（基礎試験20日、本試験7日）や、スケールアップに伴う攪拌効率の低下が影響していると考えられた。対策として、操作条件あるいは装置的な改良が考えられた。

約2ヶ月間の本運転で、安定時のバイオガス発生量は704L/日であった。また、バイオガス中のメタン濃度は平均62.5%であったことから、1日当たりのメタンガス生成量は440Lであった。これは4,180kcal（メタンの発熱量:9,500kcal/m³）のエネルギーに相当した。さらに、ガスエンジン発電機によるコージェネレーションを考慮すると、総合効率70%で電気効率と熱効率をそれぞれ30%および40%とすれば、電気エネルギー1,254kcal（1.46kWh）と熱エネルギー1,672kcalが得られることがわかった。

4 まとめ

メタン発酵技術により、食品残渣や排水処理余剰汚泥といった有機性廃棄物（バイオマス）から、メタンガスを生成できる。同技術は、メタンガスから発電した電力を再生可能エネルギー固定価格買取制度で売電することにより初期投資の回収が可能となるため、廃棄物削減とエネルギー回収を両立するバイオマス発電システムの要素技術として期待されている。

本研究では、三鈴工業(株)のコア技術である接触材を活用し、研究協力企業への導入に向けたパイロットスケールのメタン発酵装置の開発を行った。

処理容量1m³（1,000L）のメタン発酵装置を試作し、研究協力企業（豆腐製造業）で発生する実排水に対し、性能評価を約4ヶ月（試運転：約2ヶ月、本運

転：約2ヶ月）実施した。

本運転の結果、所定の性能（安定時のバイオガス発生量：704L/日、バイオガス発生効率：342mL/g-TS/日、バイオガス中のメタンガス濃度：平均62.5%、BOD除去率：81%）を確認した。

上記の結果から、メタンガス発生量は440L/日であり、これは4,180kcalのエネルギーに相当した。さらに、ガスエンジン発電機によるコージェネレーション（総合効率70%（電気30%+熱40%））では、電気エネルギー（1,254kcal）と熱エネルギー（1,672kcal）が得られることがわかった。

謝辞

本研究は、経済産業省の平成25年度補正 中小企業・小規模事業者ものづくり・商業・サービス革新事業として実施した。ここに謝意を表するものである。

*経済産業省 資源エネルギー庁：再生可能エネルギー固定価格買取制度ガイドブック 2015（平成27）年度版．http://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saiene/data/kaitori/2015_fit.pdf（2016.3.25アクセス）

参考文献

- 1) 岡本哲志 他：低温度域水熱処理を利用した余剰汚泥減容化装置の開発．静岡県工業技術研究所研究報告，第8号，12-17（2016）．
- 2) 亀山建一：第2編 一般理化学試験，第3章 活性汚泥試験，第6節 活性汚泥浮遊物質（MLSS），1．遠心分離法，「下水試験方法 上巻」，1997年版（公益社団法人 日本下水道協会，東京），pp.269-270（1997）．

レーザーによる高機能皮膜作製技術の開発 (第3報)

金属材料科 増井裕久 鈴木洋光
 テクノコート株式会社 青嶋松寿 渡邊 通

Development of Laser Sintering Method for Fabricating the High-Functional Coat (3rd Report)

Hirohisa MASUI, Hiromitsu SUZUKI, Shoju AOSHIMA and Toru WATANABE

Keywords : Laser sintering, powder sintering, functional coating.

キーワード : レーザー焼結、粉末焼結法、機能性皮膜。

1 はじめに

ワイヤー状の材料にレーザーを照射・熔融し、堆積させることで金型補修や溶接を行うレーザー肉盛技術がある。ワイヤーから粉末に材料供給方法を変えることで、機能性皮膜の作製が可能と考え、これまで開発を進めてきた¹⁻²⁾。ここでは、材料の持つ性質（濡れ性および混合性）が皮膜作製に与える影響について報告する。

2 方法

皮膜の原料粉末、ポリビニルアルコール溶液を混合し、これを型枠に流し込み、乾燥させてシートを作製した。これを基材（S45C鋼）に貼り付け、そこにパルスレーザーを照射して皮膜を作製した。使用した装置は、スマートレーザーTL-150LD（テクノコート(株)製）である。

作製した試料は、走査型電子顕微鏡（SEM：(株)日立ハイテクノロジーズ製 S-3700）による観察及びエネルギー分散型X線分析装置（EDX：(株)堀場製作所製 EMAX ENERGY EX-350）による元素分析を行った。

3 結果および考察

レーザーにより皮膜材料を熔融させる際、基材も熔融され、両者が混ざることにより皮膜材料濃度の低下による機能低下が懸念される。そこで、基材成分の少ない皮膜を作製できるレーザー照射条件の選択が重要になる。皮膜作製におけるレーザー出力と組成の関係について、コバルト系合金（STL）の例を図1に示す。図の出力300Wのように、皮膜主成分（Co）が基材（Fe）の濃度を上回った条件を最適条件とした。

上記のように決定した最適条件で作製したSTL、チタン合金（Ti-6Al-4V；以下64Tiと記す）、タングステン（W）皮膜の断面写真を図2に示す。図2で確認され

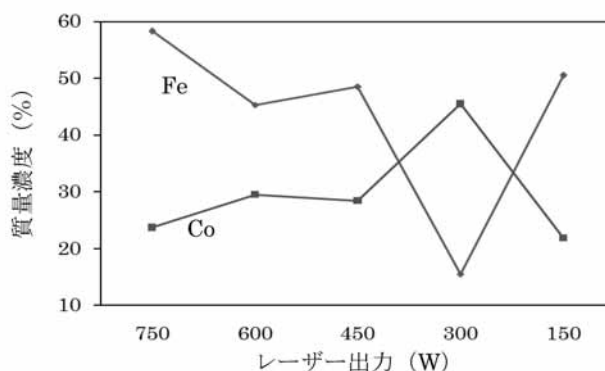


図1 レーザー出力の違いによる皮膜の組成変化 (照射時間：10ms、周波数：4Hz)

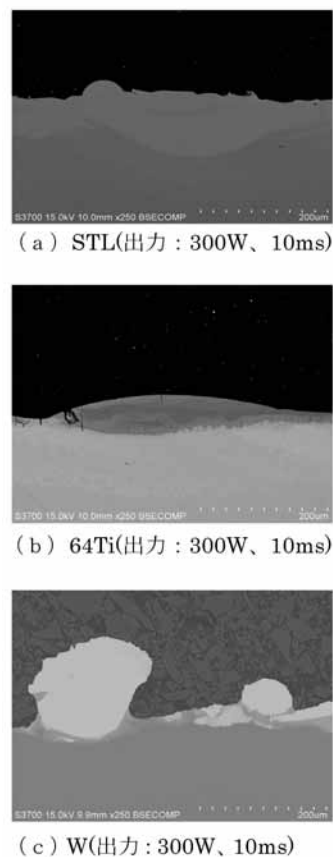


図2 レーザーにより作製した皮膜の断面SEM写真

る成膜状態の違いは、レーザーにより材料が熔融された状態、つまり液体としての性質（基材と皮膜の濡れ性、混合性）が大きく影響すると考えられた。具体的には、濡れ性、混合性が良好なSTLは、非常に均一な皮膜になるのに対し、64Tiは濡れ性は良いが、混合性が悪いため、鉄リッチな傾斜層が64Tiを覆う二層構造の皮膜になり、またWは、濡れ性、混合性ともに悪く、Wが偏析した皮膜になったと考えられた。皮膜作製を試みた材料について、上記の傾向で分類した結果を表に示した。

表で成膜困難とした酸化アルミニウム (Al_2O_3) は、成膜後の分析で皮膜成分がほとんど検出されなかった。(図3(a)) これは、基材との濡れ性、混合性が著しく悪いことが原因と考え、改善策として両者を取り持つ中間層を検討した。中間層にSTLを用い、S45C鋼にSTLを成膜後、 Al_2O_3 を成膜した結果、レーザー出力300W以下では、基材の鉄の少ない良好な皮膜の作製が可能となった。(図3(b))

4 まとめ

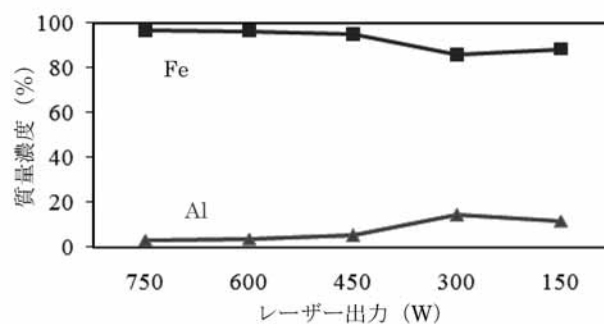
レーザーによる機能性皮膜の作製には、熔融時の基材と皮膜の濡れ性および混合性が大きく影響することがわかった。またこれらの相性の改善には、中間層の活用が有効であった。

参考文献

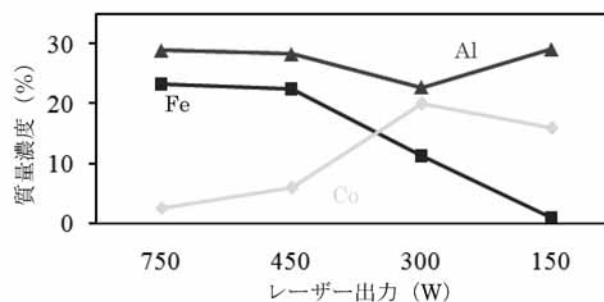
- 1) 鈴木洋光 他：レーザーによる高機能皮膜作製技術の開発（第1報）. 静岡県工業技術研究所研究報告，第6号，1-5（2014）.
- 2) 増井裕久 他：レーザーによる高機能皮膜作製技術の開発（第2報）. 静岡県工業技術研究所研究報告，第7号，11-14（2015）.

表 S45C鋼へのレーザー皮膜作製における材料特性

		混合性	
		○	×
濡れ性	○	STL、Ni、WC-12Co	64Ti、ZrO ₂ 、TiB ₂ 、SiC、BaTiO ₃ 、TiO ₂
	×	—	W、Mo
成膜困難		Al ₂ O ₃ 、BaO	



(a) 中間層なし



(b) 中間層 (STL) あり

図3 アルミナ皮膜作製におけるレーザー出力と皮膜の組成の関係

レーザーによる高機能皮膜作製技術の開発 (第4報)

— アルミダイカスト金型向け耐溶存性皮膜の作製 —

金属材料科 増井裕久 鈴木洋光
 テクノコート株式会社 青嶋松寿 渡邊 通

Development of Laser Sintering Method for Fabricating the High Functional Coat (4th Report)

— Fabrication of protective coating for aluminum die-casting die —

Hirohisa MASUI, Hiromitsu SUZUKI, Shoju AOSHIMA and Toru WATANABE

Keywords : Laser sintering, powder sintering, aluminum die-casting, die.

キーワード : レーザー焼結、粉末焼結法、アルミダイカスト、金型。

1 はじめに

アルミダイカスト法は、金属部品を生産性良く量産できる手法であり、生産性の向上には金型の耐久性が重要な要素の一つである。そのため、アルミ溶湯との化学反応により生じる溶損、焼付きへの対策は重要になる。一方、我々はこれまで粉末材料にレーザーを照射して機能性皮膜を作製する技術について検討を行ってきた¹⁻²⁾。そこで本研究では、アルミダイカスト金型向けの耐溶損性皮膜について検討したので報告する。

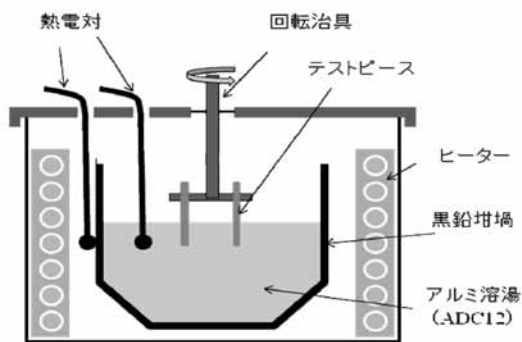
2 方法

原料粉末は、コバルト系合金 (STL)、タングステン (W)、超硬 (WC-12Co)、酸化ジルコニウム (ZrO₂) を用いた。原料粉末とポリビニルアルコール溶液を混合したペーストを作製し、これを代表的な金型鋼であるSKD61 (丸棒φ8) に塗布、乾燥後、パルスレーザーを照射した。この塗布-照射の工程を2回繰り返し、皮膜を作製した。レーザー照射は、スマートレーザー TL-150LD (テクノコート(株)製) を用いた。

作製した皮膜は、エネルギー分散型X線分析装置 (EDX : ㈱堀場製作所製 EMAX ENERGY EX-350) による元素分析、および680 ± 15℃のアルミ合金 (ADC12) 溶湯中で回転させながら4時間浸漬し、減肉量を評価する溶損試験 (図1) を行った。

3 結果および考察

試料作製に用いたレーザー照射条件を表に示す。本条件は、皮膜材料とともに基材が熔融することで生じ



溶湯	アルミ合金 (ADC12)
溶湯温度	680 ± 15℃
浸漬時間	4 時間
回転速度	60rpm (約 8m/分)

図1 溶損試験条件と装置の概念図

表 レーザー照射条件および皮膜組成

サンプル	レーザー出力 (W)	照射時間 (ms)	積層回数 (回)	皮膜組成 (%)
STL	20	10	2	Fe : 17.5 Co : 33.6
W	20	10	2	Fe : 46.3 W : 21.4
WC	20	10	2	Fe : 20.9 W : 37.6
ZrO ₂	50	1.0	2	Fe : 1.6 Zr : 67.0
ZrO ₂ /STL	50	1.0	1	Fe : 2.2 Zr : 64.1
[上段 : ZrO ₂ 下段 : STL]	20	10	1	Co : 1.8

※パルスレーザーの照射周波数は20Hzで共通

※皮膜組成は、皮膜表面の分析で検出された元素全体を100とした時の、基材 Fe、皮膜の主成分の重量濃度を示した。

る皮膜への基材成分の拡散を考慮し、基材の拡散を極力抑えて皮膜作製ができる最適条件を事前に検討した結果から決定した。またZrO₂/STLは、1回目のレーザー照射でSTLを成膜し、2回目にZrO₂を成膜した皮膜である。作製した皮膜について、基材の鉄（Fe）と各皮膜の主成分の組成分析結果を表に示した。

これら皮膜の溶損試験の結果を図2に示す。無処理と比較してWC-12Coが87%、ZrO₂/STLが81%、Wが75%と大きく溶損量を低減することができ、テストピースに形状変化はほとんど見られなかった。（図3）

溶損過程については、各皮膜の溶損試験後の様子から、始めに皮膜の不均一性による鉄濃度が高い部分で鉄-アルミニウムの反応が発生し、その反応が皮膜下部へ伸展、更には皮膜の剥離を発生させることで全体が溶損に至ると推測された。よってZrO₂とZrO₂/STLの溶損特性の違いは、基材と密着の良いSTLを間に入れたことにより皮膜の密着性が改善され、剥離を抑制できたことに起因すると考えられる。この溶損過程の検証については、今後、溶損試験後の皮膜を断面観察するなどしてすすめる。また、溶損量と膜厚との関係についても今後、検討する。

4 まとめ

WC-12Co、ZrO₂/STL、Wは、無処理と比較して大きく溶損量を低減し、アルミ溶湯に対する高い耐溶損性を示した。皮膜の均一化、密着性の向上を図ることで、更なる特性向上が可能と考えられた。

参考文献

- 1) 鈴木洋光 他：レーザーによる高機能皮膜作製技術の開発（第1報）. 静岡県工業技術研究所研究報告，第6号，1-5（2014）.
- 2) 増井裕久 他：レーザーによる高機能皮膜作製技術の開発（第2報）. 静岡県工業技術研究所研究報告，第7号，11-14（2015）.

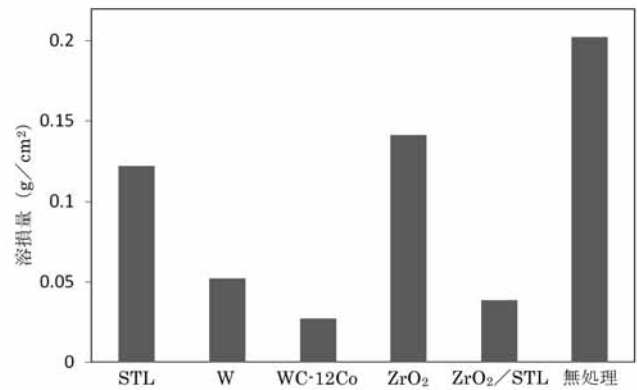


図2 アルミ合金（ADC12）に対する溶損試験結果

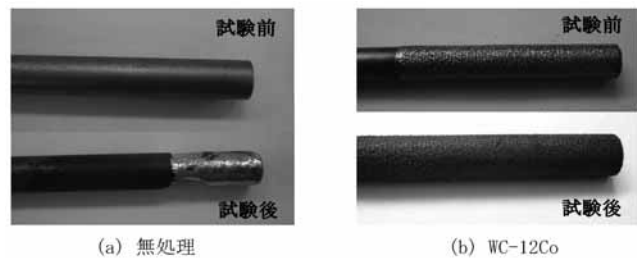


図3 溶損試験前後のテストピースの形状変化

合成ゴムの特性可視化ツールの開発

化学材料科 渥美博安 菅野尚子 田中翔悟 田村克浩

Development of characteristic visualization tool of synthetic rubber

Hiroyasu ATSUMI, Naoko KANNO, Syogo TANAKA and Katsuhiro TAMURA

Keywords : EPDM, self-organizing maps.

キーワード：EPDM、自己組織化マップ。

1 はじめに

合成ゴムの製造現場では、目標とする物性を持つ製品を開発するために、原材料と添加物の配合や加硫工程等の製造条件を試行錯誤で決定し、数多くの試作を重ねる必要がある。また、製造レシピの決定には、職人の経験によるところが多いため、試作回数を減らすためには、蓄積した製造データを誰にでも分かりやすく管理・継承する必要がある。

本研究では、従来、数値のみで表されている合成ゴムの原料の物性や加硫後の合成ゴムの物性データを2次元のマップに分かりやすく可視化するために、自己組織化マップ（以下、SOM）を応用した合成ゴムの特性可視化ツールの試作を行った。

2 方法

2.1 合成ゴムの特性可視化ツールの試作

製造現場では、原材料の配合や加工条件、試作した製品の物性データ等の製造データは、パソコンの表計算ソフトで管理している場合が多い。そこで、Microsoft®Excel®のVBA機能を使い、製造データを入力したシートから、SOMをエクセル上で直接、生成

するツールの作成を行った。

図1に試作したツールの動作例を示した。合成ゴム物性のSOMを表示するとともに、SOM上に配置されたゴムデータをクリックすると、選択された合成ゴムの製造レシピや物性値が右側に表示される。

2.2 エチレンプロピレンゴムの特性の可視化

エチレンプロピレンゴム（以下、EPDM）は耐熱性や電気絶縁性に優れていることから自動車用部品を始め、工業製品に幅広く使用されている。EPDMの原料の特性の可視化については、既報¹⁾で報告した。本報では、試作したツールを活用し、住友化学㈱が製造するEPDM原料の18種類のグレードについて、カタログから抜粋した加硫後の物性値（200%引張応力、引張強度、伸び、硬度、引裂強度、圧縮永久歪）を使って特性の可視化を行った。SOMの格子点上に配置された18個のゴムデータは、隣り合う格子点の類似度の強さを背景色で表現したU-Matrix表示上で、手動により境界線を引いてグループ分けを行った。

3 結果

図2に、18種類の加硫したEPDMを10×10の格子

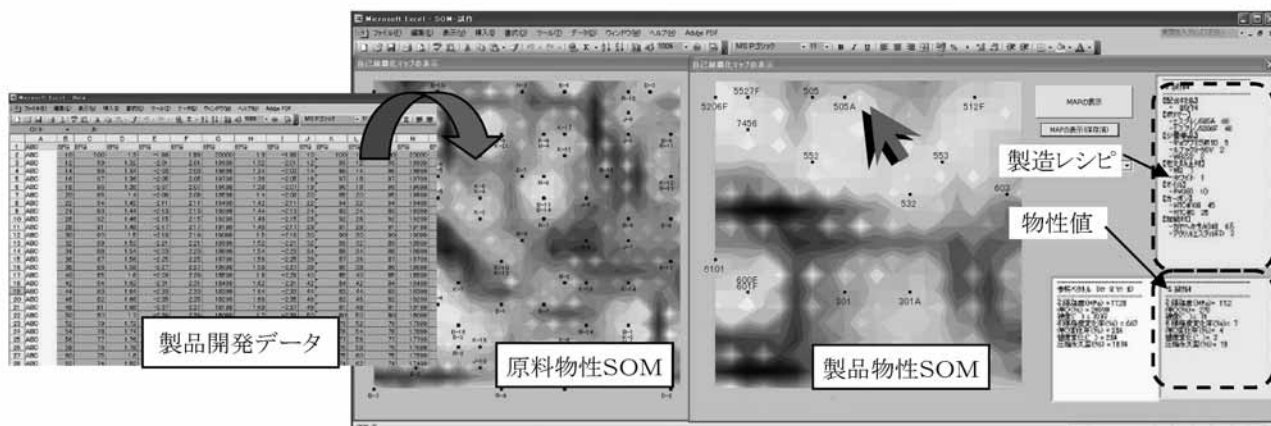


図1 試作したEPDMゴムの物性可視化ツールの動作例

点上に配置したSOMを示す。U-Matrix表示されたSOMの背景色の濃い部分は、格子点間の類似性が低く、グループ分けする際の境界線になる。類似性の高い原料データが集まっているSOMの背景色の薄い領域を選択することにより、aからcでの3つのグループに分類することができた。

図3に、各物性値をSOMの背景に投影して得られる6つの物性マップを示す。表に各物性マップを比較して、グループ毎の特徴の抽出を行った結果を示す。

4 まとめ

SOMを応用してエクセル上に蓄積したゴム製造データを分かりやすく可視化するツールを作成した。今後は、製造現場にて製造ノウハウを蓄積し、製品開発のスピード・アップを支援するツールとして発展させたい。

参考文献

- 1) 稲葉彩乃 他：EPDMゴム原料の特性の可視化、静岡県工業技術研究所研究報告，第8号，18-19 (2016)

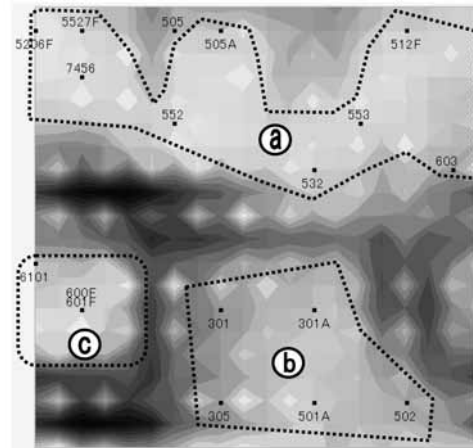


図2 EPDMの物性のSOM (U-Matrix表示)

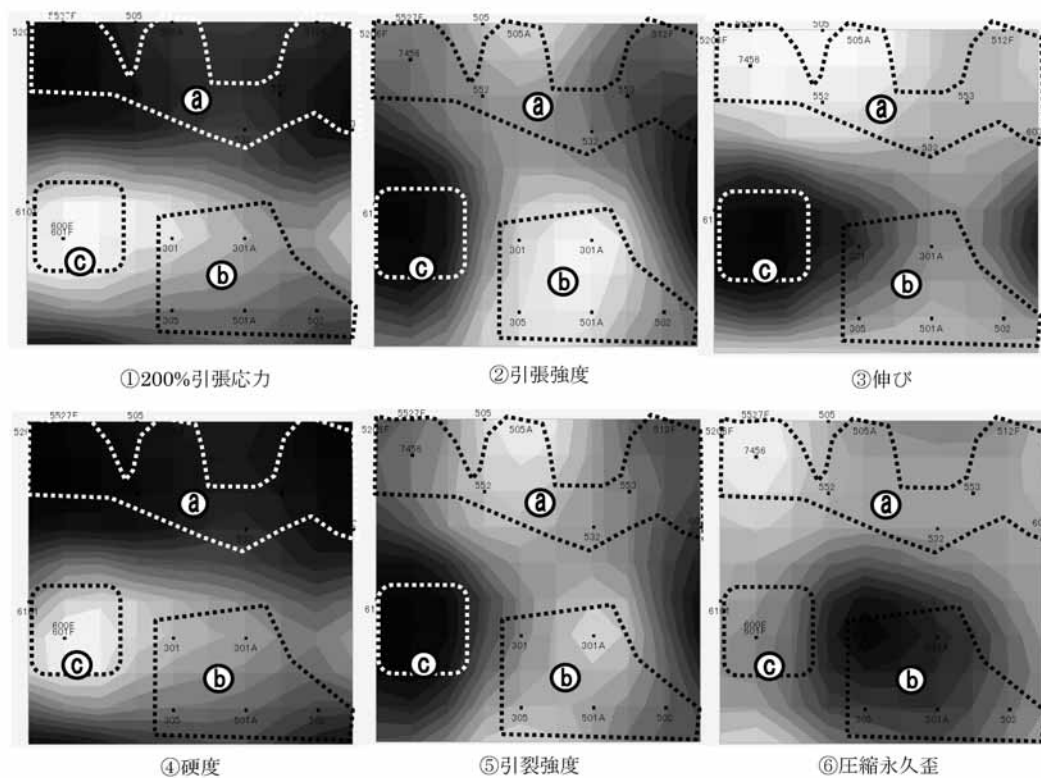


図3 EPDMの物性のSOM (物性表示)

表 各グループの特徴

グループ	200% 引張応力	引張強度	伸び	硬度	引裂強度	圧縮永久歪
a	高		低	高		
b		低				高
c	低	高	高	低	高	

レーザー樹脂溶着加工時の非接触温度測定

化学材料科 渥美博安 田中翔悟
 浜松工業技術支援センター 光科 山下清光 植田浩安

Non-contact temperature measurement in laser plastic weld processing

Hiroyasu ATSUMI ,Syogo TANAKA,Kiyomitsu YAMASHITA and Hiroyasu UETA

Keywords : laser plastic welding, non-contact temperature measurement.

キーワード：レーザー樹脂溶着、非接触、放射温度計。

1 目的

樹脂材料への表面処理、切断、溶着接合等の2次加工に、レーザーを熱源とした加工技術の採用が進んでいる。加工部を最適な温度に制御するためには、加工部の温度情報をリアルタイムにフィードバックすることが重要である。そこで、本研究では、赤外線半導体素子を使用した放射温度計を活用して、レーザー樹脂溶着加工中の溶融部の温度をリアルタイムに測定する手法の検討を行った。

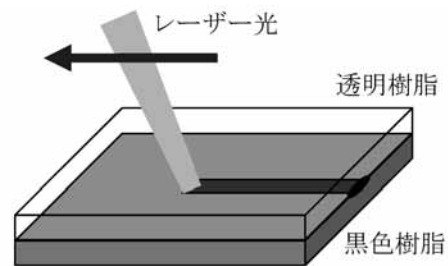
2 方法

図1に示すように、レーザー樹脂溶着法は、透明樹脂と黒色樹脂を重ね合わせ、上側の透明樹脂を透過させたレーザー光で下側の黒色樹脂表面を加熱して熱溶着する手法である。溶融部の温度を測定するためには、図2のように上側の透明樹脂を透過した熱由来の赤外線を検出する必要がある。図3に示すように、厚さ3mm透明樹脂板の透過率は、波長1μm付近から低下し始め、中赤外線領域では、ほぼ透過しなくなる。そこで、温度測定試験では、透明樹脂板を透過する領域に感度を持つ、近赤外線領域の放射温度計を使用した。

試験に使用した機器を表に、実験の概要を図4に、それぞれ示す。試験試料には、厚さ3mmの透明と黒色のアクリル樹脂板を使用した。レーザーを照射中の加工点の温度は、放射温度計とともに樹脂板の界面に挟んだ熱電対を使用して測定した。また、中赤外線の一部は、耐熱ガラスを透過できるため、透明樹脂板の表面温度信号を、中赤外線用放射温度計で同時に計測した。

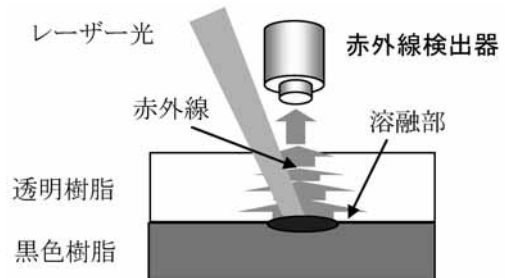
3 結果と考察

レーザー出力5Wで1秒間照射して溶着試験を行っ



〔2枚の樹脂の境界面をレーザーで溶融させて接合する。〕

図1 レーザー樹脂溶着法の原理



〔溶融部から放射される温度由来の赤外線の内、樹脂を透過できる近赤外線を検出する。〕

図2 レーザー樹脂溶着部の温度測定

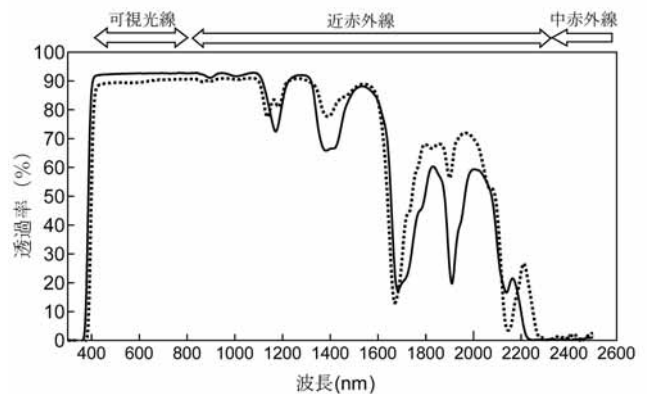


図3 透明樹脂板の透過率

—— 透明アクリル板 (厚さ3mm)
 - - - - 透明ポリカーボネイト板 (厚さ3mm)

た際の測定結果を図5に示す。横軸には時間を、縦軸には温度出力をプロットした。近赤外線用の放射温度計では、熱電対の出力値より低い温度上昇を検出できた。中赤外線用の放射温度計では、温度変化が見られないため、近赤外線用放射温度計の出力は、透明樹脂の表面温度ではなく、樹脂内部からの温度を検出できていることが推定される。図6に実験結果を、横軸に近赤外線用放射温度計の温度出力を縦軸に熱電対の温度出力をプロットした。熱電対の出力を熔融部の温度と仮定すると、放射温度計の出力から樹脂の熔融部の温度を推定できる。

放射温度計を使用して熔融部の温度を推定する場合、上側の透明樹脂の種類や厚さ、放射温度計の検出範囲等の測定条件の影響を受けるが、測定条件を固定して校正をとれば、レーザー樹脂溶着工程の管理等への活用が期待できる。

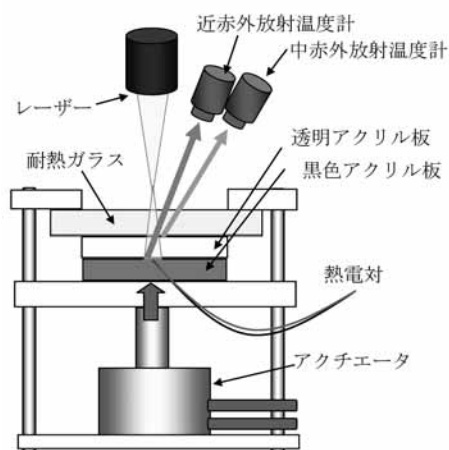


図4 実験の概要図

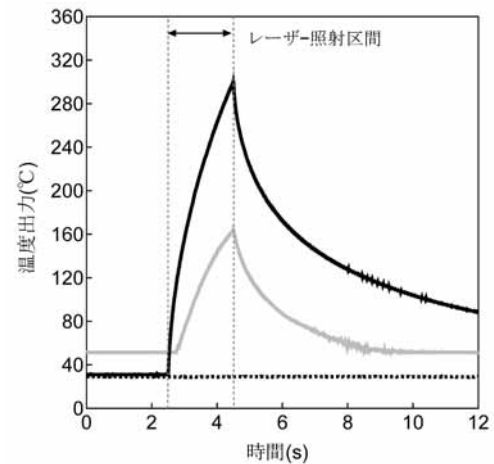


図5 レーザー溶着加工中の温度測定結果

- 熱電対の温度出力
- 近赤外線用放射温度計の温度出力
- 中赤外線用放射温度計の温度出力

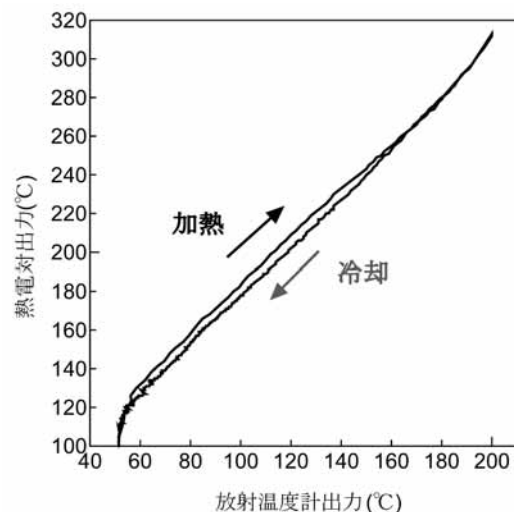


図6 放射温度計出力と熱電対出力の関係

表 試験に使用した機器

機器名	型番	メーカー	仕様
放射温度計 (近赤外線用)	GTL-3ML-C1	オプテックス(株)	測定温度 50~400°C 測定中心波長 2.38 μ m 応答速度 1ms 検出素子 InGaAs
放射温度計 (中赤外線用)	TMHX-CN0500	ジャパンセンサー(株)	測定温度 0~500°C 測定波長 2~6.8 μ m 応答速度 10ms 検出素子 InSb
熱電対	ST-50B	理化工業(株)	測定温度 0~300°C 素線径 50 μ m 応答速度 30ms
レーザー	TOLD-45-CPXF1	イエナオプティクス	波長 808nm 最大出力 45W

プラスチック射出成形品の異物付着対策

化学材料科 田中翔悟 菅野尚子 渥美博安

The method to avoid adhesion of dust on injection molded plastic products

Shogo TANAKA, Naoko Kanno and Hiroyasu Atsumi

Keywords : plastics, injection molding, dust, failure.

キーワード：プラスチック、射出成形、異物、不良対策。

1 はじめに

化学材料科では、プラスチック、ゴム材料を主とした製品に関する地域の企業からの相談に日々対応しており、相談内容の多くを占めるのが異物の付着に起因するトラブルである。異物の付着は、電気、電子機器部品等では動作不良の原因となり、家電、自動車等デザイン性が要求される成形品では外観不良の原因となる。工場の海外移転が進むなかで、国内で製造されるプラスチック射出成形品は精密、高品質化の要求が強くなっており、従来は問題にならなかった微細な異物が問題となることが増えている。本研究では、相談を受けた県内の樹脂成形・組立工場をモデルとして、既存の設備のままで異物の付着による不良を効率的に防ぐ方策を検討した。

2 方法

問題となった不良は、樹脂射出成形品と透明樹脂部品の接合界面に異物が挟まり、外観不良となるものだった(図1)。以下の実験、分析を実施して対策を検討した。

2.1 成形品表面の異物付着性試験

成形品表面への異物の付着性を可視化するため、成形品にアルミナ粉を散布後軽く振り落とし、表面に残ったアルミナ粉の分布を確認した(図2)。

2.2 原料加熱時の発生ガス捕集実験

成形品表面付着物の発生源を特定するため、原料ペレットを成形温度で加熱して、発生したガスをガラス管に捕集して(図3)、射出成形金型付着物、原料ペレットの赤外吸収スペクトルを比較した。

2.3 成形から接合工程中の塵の採取、分析

図4に示した各箇所から採取した塵を観察、分析、分類し、接合の再現試験を行って不良の原因となる異物を特定した。



図1 溶着工程のイメージ



図2 使用器材

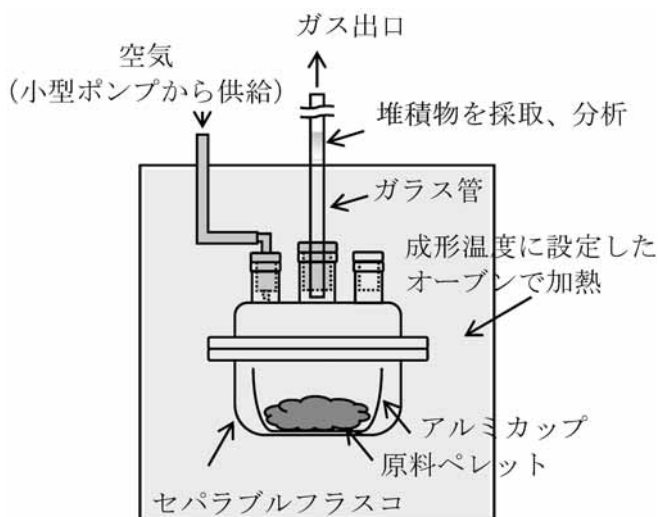


図3 ガス捕集実験装置模式図

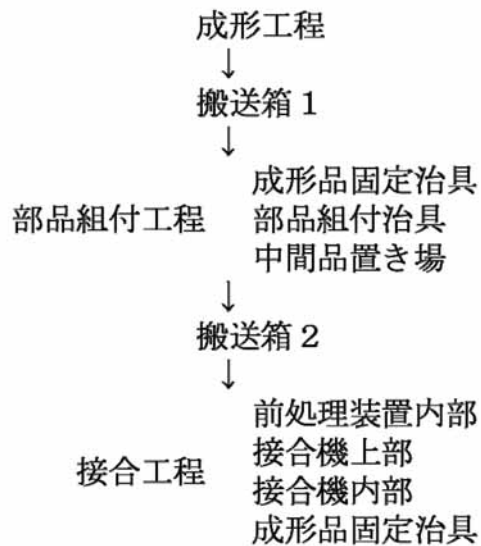


図4 成形品の移動経路

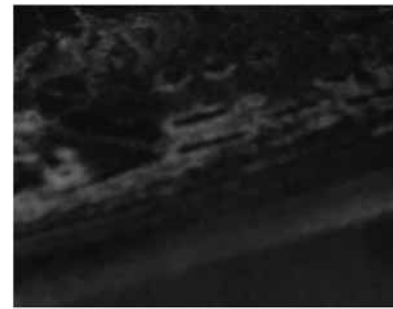


図5 成形品表面の付着状況

3 結果と考察

3.1 成形品表面の異物付着性試験

まだら状にアルミナ粉が付着している様子が観察され（図5）、成形時点で、表面に異物の付着を促す物質が存在することが明らかとなった。

3.2 原料加熱時の発生ガス捕集実験

成形品表面には、射出成形時に熔融樹脂から発生したガスが金型表面で冷却され、液状となったものが付着しており、それが異物の付着を促し、除去を困難にしていることがわかった（図6）。

3.3 成形～接合工程中の塵の採取、分析

各工程から採取した塵の分析及び再現試験の結果、不良の原因となる異物は搬送中に箱内部で付着していることがわかった（図7）。

3.4 外観不良の発生メカニズムと対策

成形、搬送時に異物付着の不良が発生することが分かったことから（図8）、それぞれの原因を除去する対策を実施した結果、異物による外観不良が対策前の10分の1以下に減少し、生産性が大幅に向上した。

4 まとめ

成形から部品の組み付け、接合にいたる工程全体を確認して不良の発生原因を特定し、効率的に対策をとることができた。

協力工場の製造ラインでは異物による外観不良が対策前の10分の1以下に減少し、生産性が大幅に向上した。

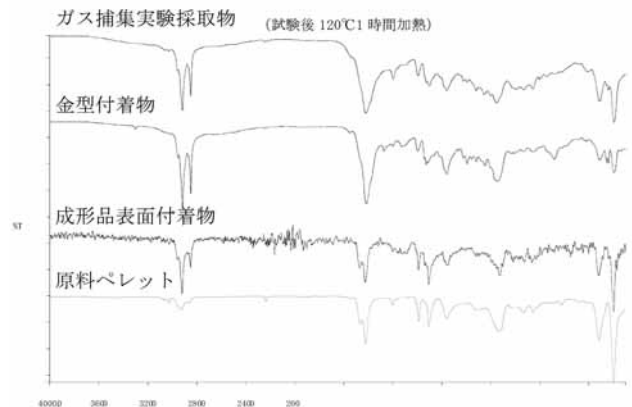


図6 IR測定結果

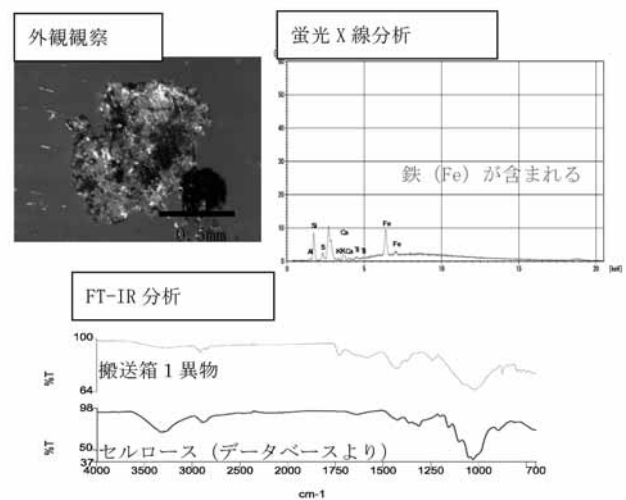


図7 不良を再現した異物の例

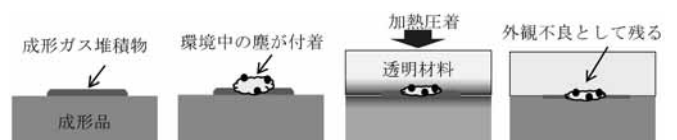


図8 不良発生メカニズム

積分球を用いた全光束測定の影響

機械科 志智 亘 鈴木敬明

Influence of light intensity distribution on total luminous flux measurement in 4π geometry configuration of integrating sphere

Wataru SHICHI and Taka-aki SUZUKI.

Keywords : total luminous flux measurement, integrating sphere, light intensity distribution.

キーワード：全光束測定、積分球、配光分布。

1 はじめに

LEDは次世代照明の光源として近年急速に普及しつつある。LED照明は発光素子や制御回路などの部品を組み合わせることで製品化することができるため、白熱電球等を製造している従来の照明器具メーカー以外にも新規参入しやすい。そのため、LED照明の性能を評価することは品質などを管理する上で非常に重要である。

照明の性能の一つである明るさは全光束で評価される。全光束は積分球を用いた測定と配光測定から求める方法がある¹⁻²⁾。積分球を用いた方法は配光測定に比べて短時間で測定できるが、既知の標準光源との比較測定のため、標準光源と被測定光源の配光分布が異なる場合、測定結果の不確かさの要因となる。そこで、当研究所の積分球を用いた全光束測定システムにおいて、被測定光源と標準光源の配光分布が異なる測定の不確かさについての検討をコンピュータシミュレーションを用いて行った。

2 方法

光学シミュレーションソフトウェア「LUMICEPT」によってシミュレーションを行った。標準光源は全方位に均一な光を発する点光源とし、被測定光源は所定の広がり角を持つ円錐型の配光分布とした(図1)。全光束はどちらも1000 lmに設定した。積分球は当研究所の装置と同様の照明取付具、遮光板(バッフル)を同じ場所に配置した。積分球壁面等の表面は完全拡散面としその拡散反射率は95%とした。シミュレーションでは図1の測定装置がある場所の20mm×20mm角の壁面の照度を求め、標準光源と被測定光源の結果を比較し全光束を求めた¹⁾。なお標準光源と被測定光源の形状は同様とし、自己吸収補正係数は考えていない。

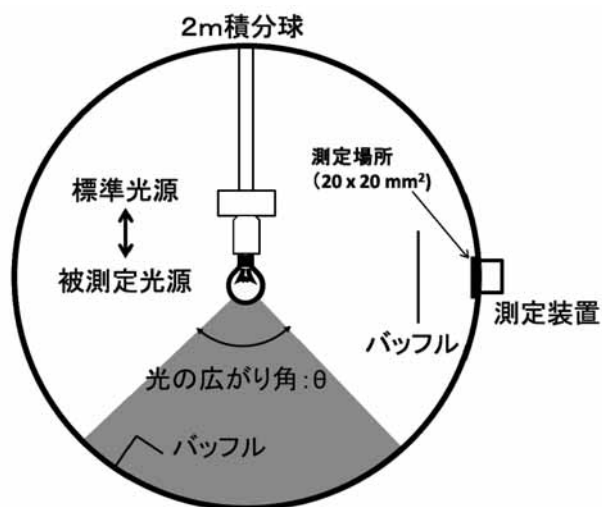


図1 シミュレーションで用いた積分球モデル。

3 結果と考察

図2に被測定光源の広がり角とシミュレーション結果から求めた全光束の関係を示す。棒グラフのエラーバーは同じ条件でシミュレーションを20回行った際の標準偏差である。全光束は広がり角が60°以下になると設定値との差が2%を超えることがわかった。また、広がり

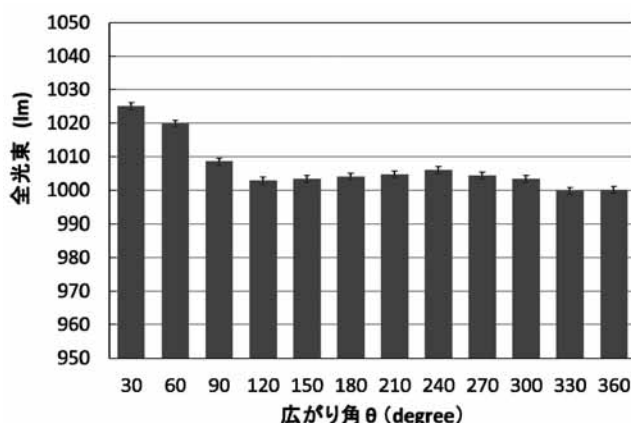


図2 シミュレーション結果から得られた被測定光源の全光束と光の広がり角の関係。

【ノート】

角が 120° から 240° にかけて若干増加する傾向がみられた。これらは本測定装置の積分球における測定装置用遮光板の形状及び配置する場所に起因しているものと考えられる。

4 まとめ

標準光源と光の広がり角が異なる光源に対して、積分球を用いた全光束測定のシミュレーションを行った。その結果、広がり角が小さい領域で全光束が大きくなった。このような光源の全光束測定においては、測定装

置用遮光板の形状や配置の変更もしくは、 2π 条件での測定¹⁾や配光測定²⁾を検討する必要があると考えられる。

参考文献

- 1) JIS C 8152-2:2014. 照明用白色発光ダイオード(LED)の測光方法—第1部：LEDパッケージ
- 2) JIS C 8105-5:2014. 照明器具—第5部：配光測定方法

配光測定による全光束測定における測定角度間隔の影響

機械科 豊田敏裕

Influence of azimuth angular step size on total luminous flux based on measurement of absolute luminous intensity distributions.

Toshihiro TOYOTA

Keywords : Total luminous flux, luminous intensity distributions, goniophotometer.

キーワード：全光束、配光特性、配光測定装置。

1 はじめに

LEDを用いた複雑な形や特徴ある光り方をする次世代照明器具が開発されている。そのため、照明器具の性能を示す配光特性（光の広がり方）や全光束（明るさ）の評価には、これまで以上に注意を払う必要がある。

本研究では、配光測定結果に基づいて全光束を算出する場合の測定角度間隔（測定解像度）の影響について検討した。

2 方法

配光測定の座標系は、図1のように、測光中心を原点とする鉛直角 θ ($0^\circ \leq \theta \leq 180^\circ$)及び水平角 φ ($0^\circ \leq \varphi < 360^\circ$)で定義されている。配光測定は、鉛直角及び水平角を一定の角度間隔¹⁾で分割し、3次元空間への光の広がりを光度として測定する。本研究では、水平角の測定角度間隔が全光束の算出に与える影響について検討した。

水平角の測定角度間隔以外の要因を排除するため、既存の配光測定結果（鉛直角及び水平角の測定角度間隔は共に 1° ）から、特定の水平角の測定結果を抽出することで、異なる水平角の測定角度間隔での配光測定結果とし、全光束を算出¹⁾した。水平角の測定角度間隔は、 1° 、 45° 、 90° とした。なお、鉛直角の測定角度間隔は 1° とした。

3 結果

図2は、鉛直角に対する光度の極座標表示であり、(ア)は、水平角 1° 間隔での配光特性（ 5° 間隔で表示）、(イ)は、(ア)から水平角 0° を起点に 45° 間隔で抜き出した配光特性を表している。各測定結果について全光束を算出した結果、図3に示すように、水平角の測定角度間隔によって全光束が異なることが

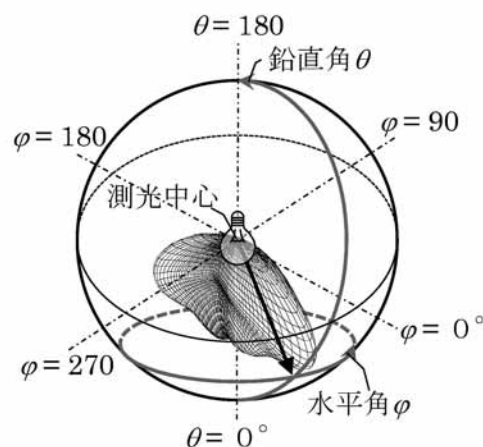
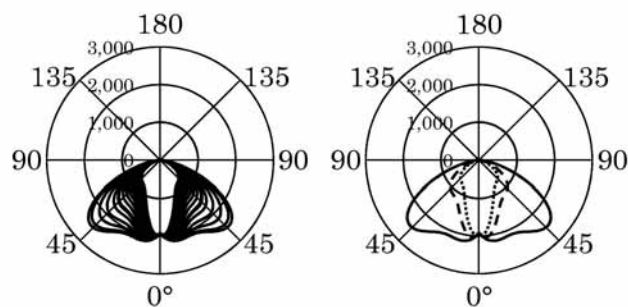


図1 測定座標系

3次元空間を鉛直角 θ と水平角 φ の2つの角度で表す座標系。測光中心（光が発せられる場所）が座標系の原点となる。



(ア) 水平角 1° 間隔 (イ) 水平角 45° 間隔

図2 配光特性図

鉛直角に対する光度の極座標表示。座標の右半分と左半分で測光中心に対して対称となる水平角の配光特性を同時に表している。(ア)は、水平角 1° 間隔での配光特性（ 5° 間隔で表示）、(イ)は、実線が水平角 0° 及び 180° 、破線が水平角 45° 及び 225° 並びに水平角 135° 及び 315° 、点線が水平角 90° 及び 270° の配光特性を表している。

分かった。

4 考察

全光束が水平角の測定角度間隔で異なる原因として、全光束の算出が鉛直角毎の平均光度に基づくことに着目した。鉛直角毎の平均光度を比較したところ、図4(ア)に示すように、水平角の測定角度間隔によって平均光度に違いが見られた。そこで、図4(イ)に示すように、水平角の測定角度間隔によって鉛直角毎の平均光度の差が最も小さい鉛直角 12° 及び差が最も大きい鉛直角 45° の配光特性を比較した。図5に示すように、鉛直角 12° では、比較的ゆるやかな配光特性であったのに対し、鉛直角 45° では複雑な配光特性であった。このことから、複雑な配光特性を持つ鉛直角(図4(イ)の鉛直角 45° の場合に対応)において、妥当な平均光度を得るための十分な測定点数が得られていなかったことが水平角の測定角度間隔による全光束の変化を招いた原因であると考えられる。

5 まとめ

複雑な配光特性に対応した配光測定は、より細かい測定角度間隔とすることが望ましいが、測定時間やデータ量とのトレードオフが問題となる。効率的な配光測定実施には、光学シミュレーション等を活用した最適な測定角度間隔の事前検討や、不等角度間隔での測定方法の開発などが有効な手段となるものと考えられる。

参考文献

- 1) JIS C 8105-5:2014. 照明器具—第5部：配光測定方法.

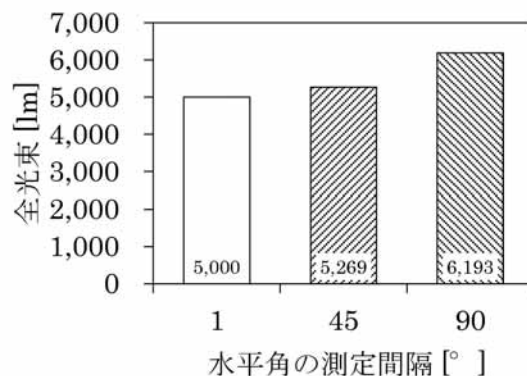


図3 全光束の算出結果

水平角の測定角度間隔によって全光束の算出結果が異なる。

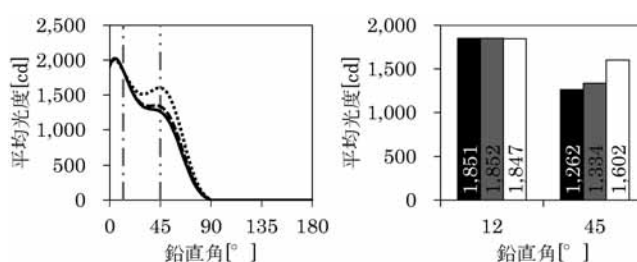


図4 水平角の測定角度間隔と平均光度の関係

(ア)は水平角の測定角度間隔が 1° (実線)、 45° (破線)、 90° (点線)の場合の鉛直角毎の平均光度。一点鎖線が鉛直角 12° 、二点鎖線が鉛直角 45° を示している。(イ)鉛直角 12° 及び 45° における平均光度の比較。グラフの濃淡は水平角の測定角度間隔を表しており、黒は 1° 、灰は 45° 、白は 90° 。測定角度間隔によって平均光度が異なる。

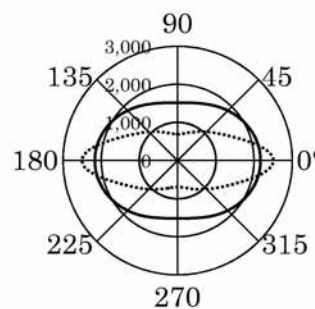


図5 鉛直角度別の配光特性

実線は鉛直角 12° 、点線は鉛直角 45° における水平角方向の光度変化(1° 間隔)。

非接触表面性状測定機の精度評価

機械科 柳原 亘

Evaluation of accuracy of non-contact surface texture instrument

Wataru YANAGIHARA

Keywords : accuracy, non-contact surface texture instrument.

キーワード：非接触表面性状測定機、精度評価。

1 はじめに

粗さを含めた物体の表面性状はこれまで二次元（断面形状）での評価が主流であった。国際規格ISO 25178では、既に三次元（面形状）での表面性状パラメータが規格化されており、今後JISにも採用されると考える。三次元での表面性状評価は、二次元に比べてキズや加工痕の解析が容易であり、表面性状を山谷の特徴に応じ分解することで流体解析などにも応用できることから¹⁾、今後さらに要望が増えていくと考える。本研究が所有する非接触表面性状測定機（テラーホブソン製 タリサーフCCI HD、以後CCIと呼ぶ）（写真1）は、光の干渉をCCD撮像素子で感知し、物体の表面性状を三次元で短時間に測定できる装置である。CCIは非接触式測定機であるが、二次元での評価で主流であった接触式測定機と同様の結果を得られることが望ましい。本研究ではこれら2つの測定機による測定結果の比較を行った。

2 方法

測定サンプルには粗さ標準片（平面研削面、鋳造面）（写真2）を使用した。同測定サンプルを、CCIにより20倍対物レンズを用いて、0.825×0.825mmの範囲を、水平分解能0.415 μ m、最大垂直分解能0.01nmで三次元測定した。測定した三次元データから中央付近における任意の1断面を解析評価ソフト（テラーホブソン製 Talymap）で抜き出して断面曲線とし（図1）、そこから粗さパラメータ（Ra）をカットオフ $\lambda c = 0.25$ mmで算出した。接触式粗さ測定機（テラーホブソン製 タリサーフPGI840、以後PGIと呼ぶ）を写真3に示す。PGIにより、CCIで抽出した1断面と同一と認められる箇所を水平分解能0.125 μ m、最大垂直分解能0.8nmで二次元測定した。CCIと同様に測定データから粗さパラメータ（Ra）を算出した。



写真1 非接触表面性状測定機



写真2 粗さ標準片

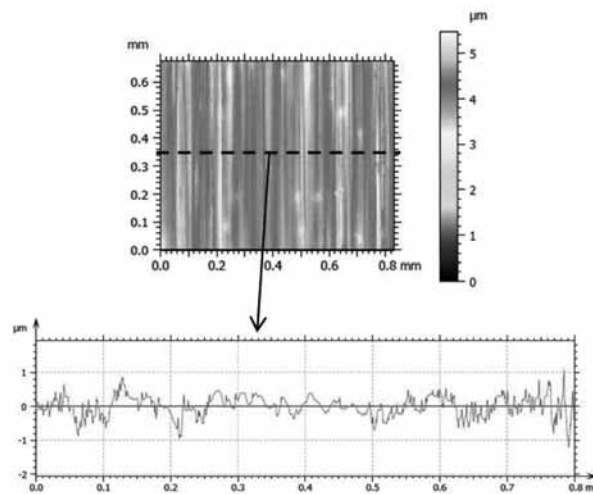


図1 三次元データから断面曲線の抽出

3 結果および考察

断面曲線を図2に、粗さパラメータ (Ra) を表1に示す。比較的規則正しい凹凸を成している平面研削面では、断面形状と粗さパラメータ共に同等の結果が得られている。不規則な凹凸を成している鋳造面では、断面形状の高さ方向で最大約1 μm の差、粗さパラメータ (Ra) で約0.02 μm の差が見られるが、波形の形状はほぼ一致しており、傾き補正や測定姿勢の工夫により測定精度の改善が可能と考える。本測定結果より、CCI (非接触式) は、PGI (接触式) とほぼ同等の結果を得ることが分かった。



写真3 接触式粗さ測定機

4 まとめ

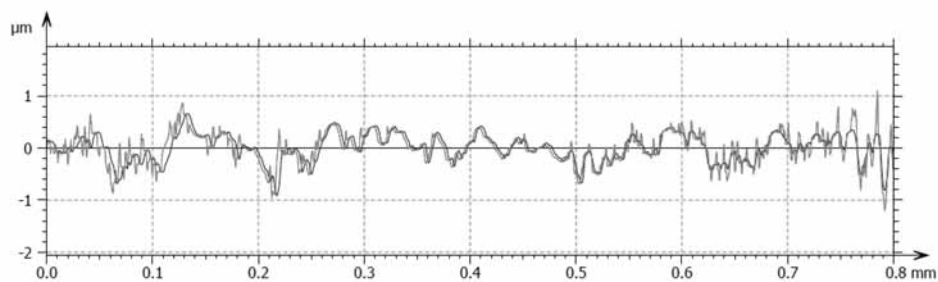
以上の検討から二次元での表面性状評価は、CCIを用いても接触式と同様の精度で行えることが分かった。また、CCIは、接触式と同様の精度で三次元評価が可能であることが推測される。CCIのような光干渉型の測定機は透明体も測定可能であるため、次世代照明の光学レンズも含めた様々な分野の表面性状評価に活用できると考える。

表1 粗さパラメータ (Ra) の測定結果

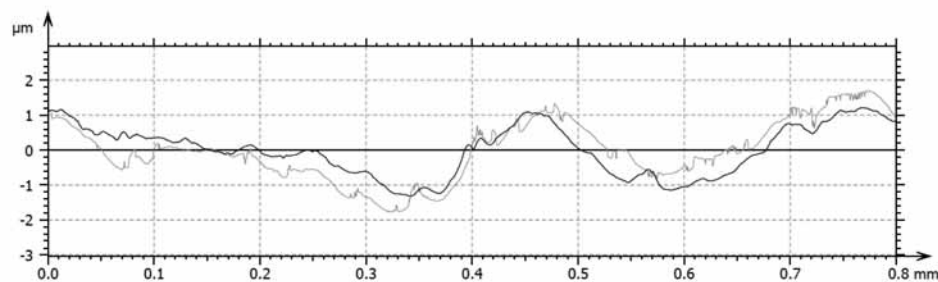
	Ra (μm)	
	平面研削面	鋳造面
接触式 (PGI)	0.186	0.256
非接触式 (CCI)	0.189	0.278

参考文献

- 1) 見野武郎：三次元表面性状規格ISO25178について。長野県工業技術総合センター研究報告, No8, 29-30 (2013).



(a) 平面研削面



(b) 鋳造面

図2 断面曲線の測定結果

————— : 接触式 (PGI)、————— : 非接触式 (CCI)

ナノメートルサイズの極細繊維を応用した吸音材料の開発

電子科 木野直樹
株式会社エフ・ピー・エス 堀 昌司

Development of a sound absorbing material by using very thin fibers of the nanometer size

Naoki KINO and Masashi HORI

Keywords : Sound absorbing material, nanometer, fiber.

キーワード : 吸音材料、ポリプロピレン、残響時間、ナノ、繊維。

1 はじめに

近年、自動車室内の音環境の向上のために、軽量で高い吸音性能を有する内装材の開発が求められている。今回、ポリプロピレンを原料とした極細繊維（直径がナノメートルサイズ）を応用した厚みのある吸音材料を製造する技術開発について、材料の物理音響特性を解明することで企業の物作りを支援したので報告する。

2 方法

開発した吸音材料について、吸音性能（吸音率）に影響する物性値の計測を行い¹⁾、繊維直径と物性値の関係を調べた。吸音率は、音響管を使用して計測すると共に改良したJCAモデル²⁾を使用してシミュレーションも実施した。これらの情報を企業に伝えることで、製造技術開発を支援した。さらに、開発した吸音材料で音環境を改善する実験をした。

3 結果および考察

写真1に開発した吸音材料の電子顕微鏡写真の一部を示す。繊維直径が200～900nmのポリプロピレン極細繊維を含む厚さ10～20mm（写真2）の吸音材料を開発できた。また、図1に示す様に、現行製品と同等な密度（200g/m²）で吸音率（周波数200Hz-5kHzの平均値）が0.25大きい材料を開発できた。さらに、現行製品と同等な吸音率で、50g/m²軽量化した材料も開発できた。

写真3に示す様に、開発した吸音材料を津波対策用シェルターの天井に施工することで、シェルター内の音環境（響き）を改善できた。図2と3に示す様に、中心周波数1kHzのピンクノイズを使って音圧レベルの減衰を計測したところ、残響時間を1.4秒から0.56秒に短縮できた。施工するにあたって、表面をPET不織布

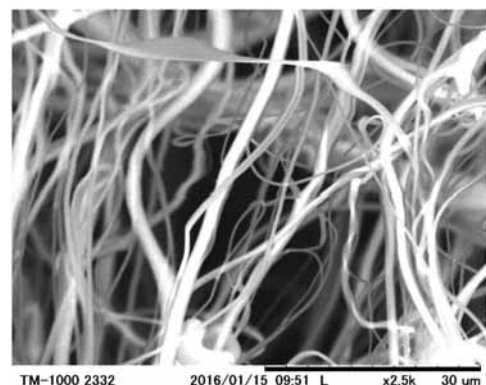


写真1 開発した吸音材料の電子顕微鏡写真（倍率：2.5k）



写真2 音響計測用にカットした開発した吸音材料

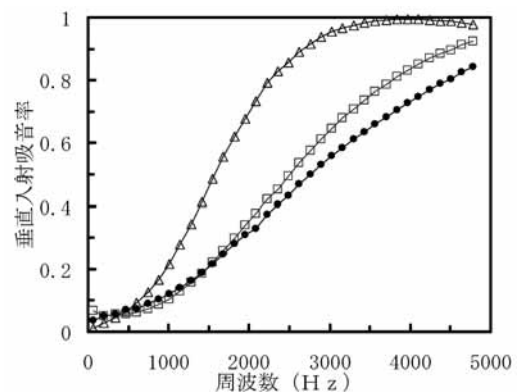


図1 音響管で計測した垂直入射吸音率

△：開発した吸音材料（200g/m²） □：開発した吸音材料（150g/m²） ●：現行製品（200g/m²）

で覆って積層した。図4に示す様に、積層した場合の吸音率について、PET不織布の影響は小さいので、残響時間を短縮した主要因は、開発した吸音材料にあることが分かる。

材料の物理音響特性を調べることで、図5に示す様に吸音率を予測することができた。様々な厚さや密度の材料の吸音率を予測することが可能となり、開発期間の短縮や試作費用を低減することで企業の物作りに寄与できると考える。

4 まとめ

ナノメートルサイズのポリプロピレン極細繊維を応用して、自動車に多用されている現行製品よりも軽量で高い吸音性能の材料を開発できた。今後、自動車や建築物に使われて普及することが期待される。

謝辞

本研究に御協力いただいた、株式会社タジマモーターコーポレーションと湖西フェルト株式会社に感謝致します。

電子顕微鏡撮影について、金属材料科の増井上席研究員と鈴木主任研究員に感謝致します。

参考文献

- 1) 木野直樹 他：繊維材料の音響特性と物理特性. 日本音響学会2015年春季研究発表会講演論文集, p.1067-1068, 東京(2015).
- 2) 木野直樹：JCAモデルの非音響パラメータを決定するための様々な取り組み方. 日本音響学会建築音響研究会資料 AA2015-12, p.1-8, 東京(2015).



写真3 開発した吸音材料を天井に施工した津波対策用シェルター（残響時間計測の様子）

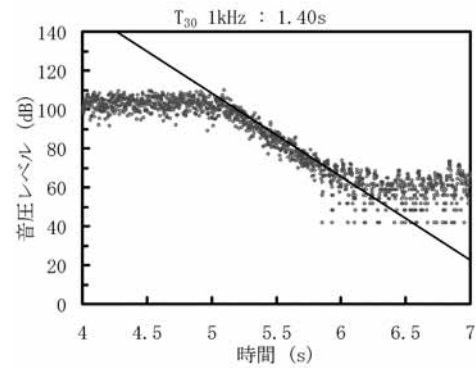


図2 開発した吸音材料を津波対策用シェルターの天井に施工する前の音圧レベルの減衰

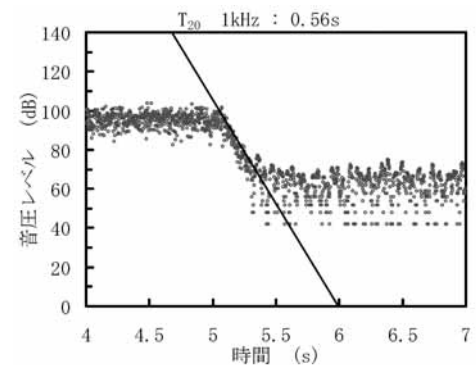


図3 開発した吸音材料を津波対策用シェルターの天井に施工した後の音圧レベルの減衰

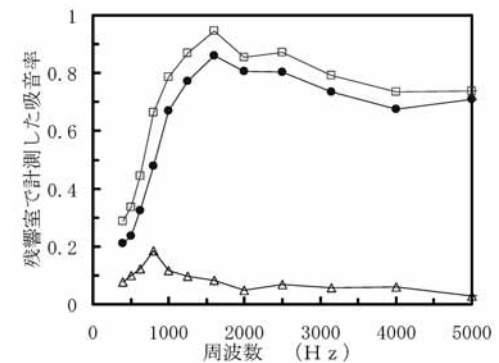


図4 残響室で計測した吸音率

□：開発した吸音材料の表面をPET不織布で覆った積層材料 ●：開発した吸音材料（200g/m²） △：差

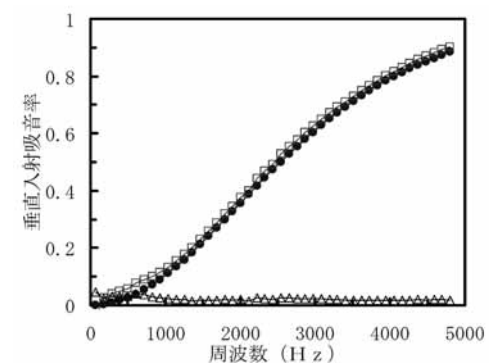


図5 開発した吸音材料（150g/m²）の垂直入射吸音率の予測値と計測値の比較

□：計測値 ●：予測値 △：差

県内味噌・醤油蔵からの酵母の収集と選抜

食品科 袴田雅俊 池ヶ谷篤* 松野正幸 杉山直人**

Isolation and selection of salt-tolerant yeast from miso and unrefined soy sauce in Shizuoka prefecture

Masatoshi HAKAMATA, Atsushi Ikegaya, Masayuki Matsuno, and Naoto Sugiyama

Keywords : Soy sauce, yeast, selection.

キーワード : 醤油、酵母、選抜。

1 はじめに

伝統的な醤油醸造蔵では、蔵内の菌がもろみ中で自発的に増殖・発酵することで醤油が製造される。一方、機械化が進んだ醤油工場では、製造設備を洗浄する重要性が近年改めて認識され、徹底した洗浄と菌株の添加による醤油製造方法へと移行してきている¹⁾。我々も本方式のメリットに鑑み、県内醤油製造企業と共同で、菌株添加による醤油醸造の安定化と香味の向上に取り組み始め、これまでに有用な醤油用乳酸菌を単離・保存し終えたところである²⁾。今年度は更に、香気に大きく影響する醤油用酵母の単離・選抜を行ったので、その結果について報告する。

本研究は静岡県新成長戦略研究「食の都しずおかの微生物を用いた新しい発酵食品ビジネスの創出」の中の一テーマとして行った。

2 方法

県内5社の味噌・醤油蔵から採取した31種類のもろみを試料とし、表1に示す組成のYPD寒天培地に塗抹して、30℃で24~48時間培養した。生育したコロニーを、滅菌した爪楊枝でYPD液体培地（YPD寒天培地から寒天を除いたもの）にとり、30℃で24時間培養後、

終濃度20%のグリセロール液として、使用時まで-80℃で保存した。

保存した菌株はまず、10%NaCl含有YPD液体培地（YPD液体培地のNaClを10%に変更したもの）で培養し、耐塩性を調べた。更に大豆・小麦麹抽出液（麹60g、20%塩水100mLを混合し、50℃で48時間静置後No.2のろ紙ろ過液）で培養し、産膜性の有無を調べた。また、膜を作らなかつた株について、前述の10%NaCl含有YPD液体培地培養液を用いてエタノール生成能を調べた。エタノールはGC-MSを使用し、表2に示す条件で分析した。

表1 酵母単離培地組成

YPD寒天培地組成 (1Lあたり)	
酵母エキス	5 g
ハイポリペプトンN	5 g
グルコース	20 g
KH ₂ PO ₄	1 g
MgSO ₄ ・7H ₂ O	0.5 g
NaCl	50 g
寒天	20 g

表2 エタノール分析条件

使用機器	Agilent GC9870/5975MSD					
	Gerstel MPS2					
カラム	DB-5MS (60m×0.25 i.d., 0.25mm thickness)					
オープン温度	時間 (min)	0	1	5	6.7	10
	温度 (°C)	40	40	80	250	250
サンプル	培養液を遠心分離後、上清をマイクロバイアルに1mL準備					

*) 現 農林技術研究所 **) 現 研究調整監

3 結果および考察

31種類のもろみから、140株を単離した。多様な菌株を得るため、目視観察で形態の異なるコロニーを優先的に選択・採取した（写真1）。これらの菌株の中から醤油醸造に適した耐塩性菌を選抜するため、10% NaCl含有YPD液体培地で培養したところ、112株に良好な増殖が認められた。

醤油醸造では、産膜性酵母がもろみ表面に白く広がって増殖することで醤油の香味を低下させる（写真2）。そこで大豆・小麦麴抽出液を用いて産膜性確認試験を行い、非産膜性株81株を選抜した。更に発酵が旺盛な酵母を得るため、エタノール生成量を指標とし、0.5%以上のエタノール高生成株を15株選抜した。

今後は香气成分を指標として、得られた酵母の中から利用する菌株を決定する予定である。また、既に選

抜した醤油用乳酸菌と合わせて醤油醸造条件を検討し、試作を実施していく予定である。

4 まとめ

県内味噌・醤油蔵から31種類のもろみ試料を採取し、140株の菌株を単離した。その中から醤油醸造に適した酵母候補株として15株を選抜した。

参考文献

- 1) 田上秀男 他：醤油工場におけるアミン低減の検証. 醤油の研究と技術, 41(5), 327-338 (2015)
- 2) 袴田雅俊 他：現場洗浄と乳酸菌添加による醤油中不揮発性アミンの低減. 醤油の研究と技術, 42(1), 61-66 (2016)

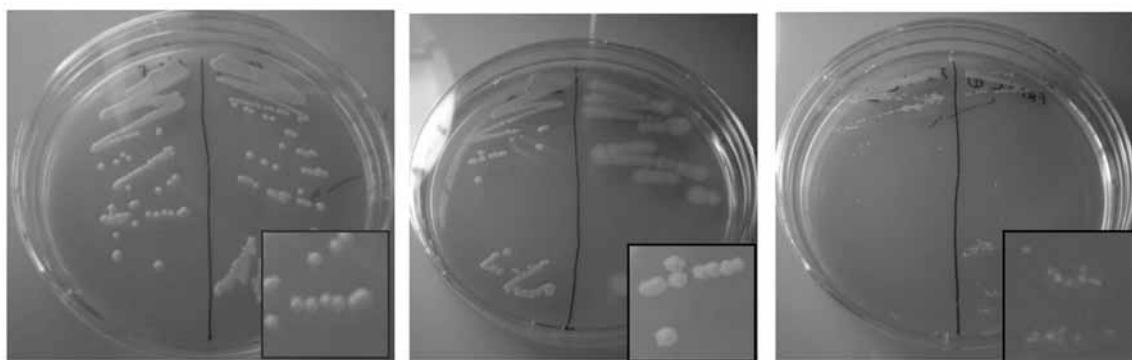


写真1 選抜した菌株のコロニー形態

選抜した140株の中には、つやがある大きなコロニー、光沢がなく広がりのあるコロニー、小さなコロニーなど見た目でも異なる菌株が得られた。



写真2 産膜性酵母の培養結果例

食品廃棄物のメタン発酵

— メタン発酵のための固形有機物前処理方法の開発 —

環境科 中島大介 室伏敬太 太田良和弘
山梨罐詰株式会社 松村英弘 望月光明

Methane fermentation of food waste

— Development of microbial pretreatment method for methane fermentation of solid organic material —

Daisuke NAKASHIMA, Keita MUROFUSHI, Kazuhiro OHTARA, Hidenori MATSUMURA
and Mitsuaki MOCHIZUKI

Keywords : Methane fermentation, food waste.

キーワード：メタン発酵、食品廃棄物。

1 はじめに

メタン発酵は有機性廃棄物を分解するとともにエネルギーを回収する効果を併せ持つことから、生ごみや汚泥等の処理に広く用いられている。

生ごみなどの固形有機物をメタン発酵で処理する場合、原料の微細化・可溶化が最も律速過程となることが知られている¹⁾。そこで本研究は、固形有機物を微生物により微細化・可溶化する前処理（以下、微生物処理）方法の検討を目的とし、固形物の分解率（以下、SS分解率）および可溶化した有機物量（以下、TOC回収量）を測定することで評価を試みた。

2 方法

2.1 供試した固形有機物

生ごみのモデル物質として、食品廃棄物中の代表的な難分解性固形分である繊維質を多く含む市販のラビットフード（ラビットフードチモシー、イースター[®]製、以下RF）を用いた。RFはフードプロセッサで破碎し、2mmメッシュでふるい分けしたものを用いた。

2.2 微生物処理

図1に微生物処理の実験装置図を示す。RF20g-wetと蒸留水180mlを500mlビーカーに充てんし、恒温機内で35℃に制御し、攪拌しつつ通気流量1.0 L/minで30分間隔の間欠的通気を行った。4日間処理し、pH、SS（浮遊物質質量）及びTOC（全有機体炭素）を1日毎に測定した。測定したSS、TOCと処理液の重量から、実験初日からのSSの分解率（SS分解率）と

水層に残ったTOCの絶対量（TOC回収量）を算出した。試験区はRun 1とRun 2の2つで、Run 2は1日1回の頻度で処理液を遠心分離（4000rpm、20min）により固液分離して水相を回収し、固相を新たな蒸留水に懸濁して実験を継続した。

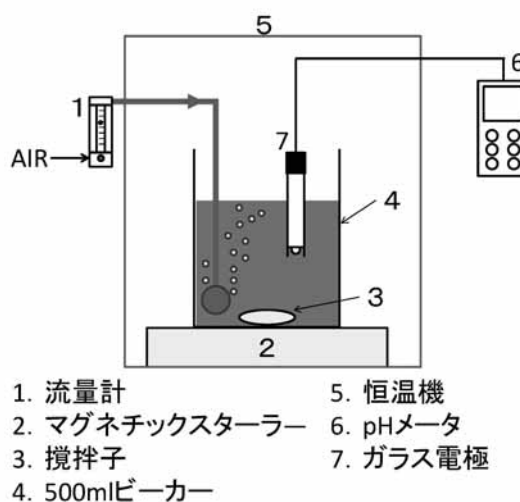


図1 微生物処理のための実験装置図

3 結果および考察

図2にRun 1、2におけるpH、SS分解率およびTOC回収量の経時変化を示した。Run 1では、3日目までpHが4～5の間に低下しており、その都度pH調整を行った。これは、有機物の分解中間体である有機酸が蓄積したためと考えられる。SS分解率は1日目以降からあまり変化無く、TOC回収量が低下した。こ

れは、SS分解の不活性化が発生しており、TOCの過剰な蓄積による生成物阻害が原因と考えられた。TOC回収量の減少は増分より多く蓄積が微生物により分解されたためと推察された。

Run 2では、TOCを1日に1回の頻度で回収しており、TOC回収量を積算して評価した。その結果、SS分解率およびTOC回収量は、1日目以降も増加し続けた。今回、1日1回の頻度で水相を回収したが、固形物分解が促進し、TOC回収量が増加した。

4 まとめ

微生物処理によって固形有機物を可溶化できることを確認した。また、定期的にTOCを回収することで可溶化効率が高まることを確認した。

参考文献

- 1) 野池達也 他：様々なメタン発酵プロセス、「メタン発酵」,(技法堂出版(株), 東京), 佐藤和明 他編集, pp.85-116 (2009)

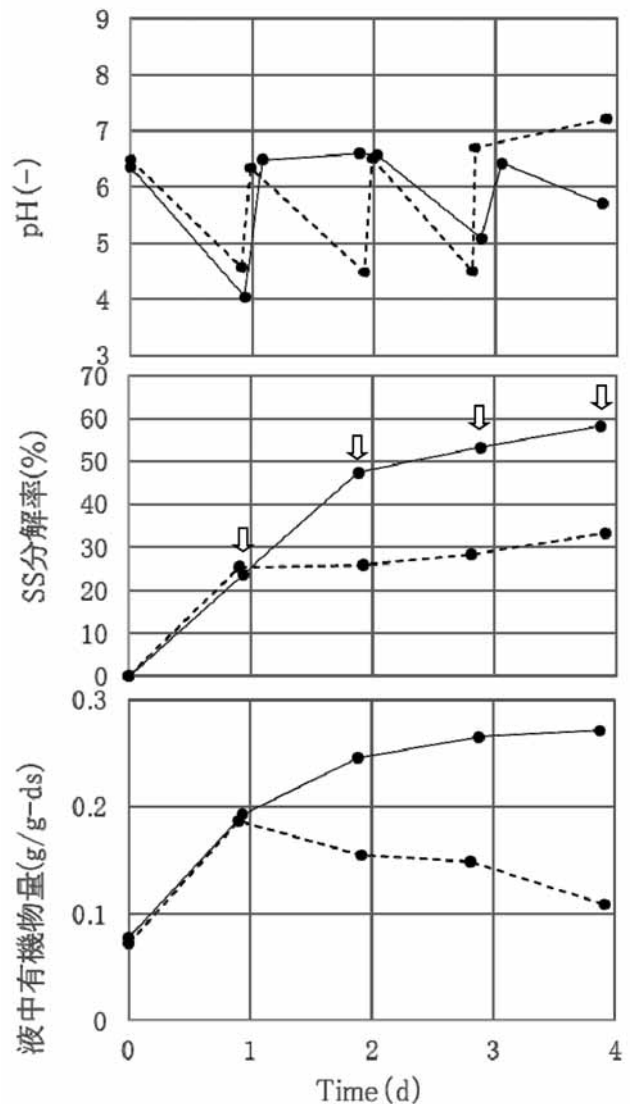


図2 Run 1、2のpH(上)、SS分解率(中)およびTOC回収量(下)の経時変化
矢印は回収時期を示す
---●---Run 1 —●—Run 2

オゾンを利用した化学系小規模排水処理装置の開発 (第2報)

— アルカリ・オゾン処理による有機性色素排水中の有機物の凝集沈殿効果 —

環境科 岡本哲志
株式会社ハマネツ 正宗達樹 酒井浩士 伊藤聖孝

Development of Small-scale Chemical Wastewater Treatment System Using Ozone (2nd report)

— The Coagulating Sedimentation Effect of The Organic Matter
in Organic Pigment Drainage by Ozonization under Alkaline Condition —

Tetsuji OKAMOTO, Tatsuki MASAMUNE, Hiroshi SAKAI and Masataka ITO

Keywords : Ozone, small-scale wastewater treatment, organic pigment, alkaline, coagulating sedimentation.

キーワード : オゾン、小規模排水処理、有機性色素、アルカリ性、凝集沈殿。

1 はじめに

本研究では、高効率なオゾン水製造技術（オゾンガス循環方式）を基に小型で安価な化学排水処理装置を開発することを目的とした。既報¹⁾では、試作した同装置を県内化学メーカーのグループ会社（以下、研究協力企業）で発生する2種類の化学排水（有機性色素排水・水溶性高分子排水）の処理に適用し、排水中の有機性汚濁物質の除去効果及びコスト試算結果について報告した。

本稿では、排水中の有機物をより短時間で除去することを目的として、上記排水のうち有機性色素排水についてアルカリ剤を組み合わせたオゾン処理（アルカリ・オゾン処理）による排水中の有機物の凝集沈殿効果について検討したので報告する。

2 方法

有機性色素排水中の有機物を短時間で凝集沈殿させる方法を検討するため、過去に酪農排水で検討したアルカリ・オゾン処理（アルカリ剤：水酸化カルシウム（ $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ）²⁾）を行った。排水中の有機性汚濁物質の指標として全有機体炭素（TOC）濃度を採用した。

最初に、ワンパス方式で処理条件を検討した。有機性色素排水（TOC濃度：595mg/L）に対し $\text{Ca}(\text{OH})_2$ を20mM～60mM添加し処理時間を30分間に設定した以外は既報¹⁾に従って処理を行った。

次に、ワンパス方式による検討結果に基づき試作装置（オゾンガス循環方式）で検証を行った。排水中の

TOC濃度と $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 濃度を調整し処理時間を1時間に設定した以外は既報¹⁾に従って処理を行った。

3 結果及び考察

最初に、ワンパス方式で処理条件を検討した。その結果、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ の添加濃度を高めるほど、排水中の有機物が凝集し（写真1）、処理水（上清）のTOC濃度も低下することがわかった（図）。

次に、試作装置による検証を行った。その結果、有機性色素排水（2倍希釈、TOC濃度：298mg/L）は、アルカリ・オゾン処理（ $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 濃度：20mM）により有機物を凝集沈殿でき、1時間の処理で排水中の



写真1 有機性色素排水のアルカリ・オゾン処理（ワンパス方式）における排水中の有機物の凝集沈殿
（左から $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 濃度：20,40,60mM）

TOC成分の70%が除去された（写真2）。また、既報¹⁾におけるオゾン単独処理では排水中のTOC成分を70%除去するために6時間を要しており、処理時間を大幅に短縮できることがわかった。

4 まとめ

本研究では、高効率なオゾン水製造技術を基に化学排水を対象とした小規模排水処理装置を開発した。試作した同装置を研究協力企業で発生する有機性色素排水の処理に適用し、排水中の有機性汚濁物質をより短時間で除去することを目的として、アルカリ・オゾン処理による排水中の有機物の凝集沈殿効果について検討した。その結果、処理条件の検討では、水酸化カルシウムを添加するほど排水中の有機物が凝集し処理水のTOC濃度も低下した。また、試作装置による検証では、排水中のTOC成分を70%除去する時間を1時間に短縮できた（オゾン単独処理では6時間）。

参考文献

- 1) 岡本哲志 他：オゾンを利用した化学系小規模排水処理装置の開発。静岡県工業技術研究所研究報告，第7号，19-22（2015）。
- 2) 岡本哲志：オゾンを利用した酪農排水の凝集沈殿処理技術の開発。日本水環境学会年会講演集，第46巻，161（2012）。

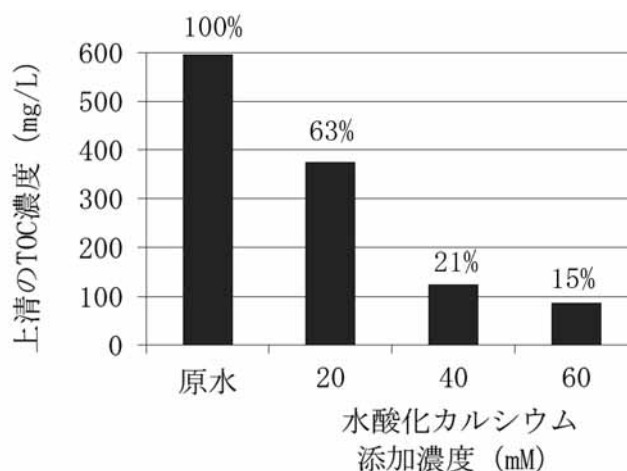


図 有機性色素排水のアルカリ・オゾン処理（ワンパス方式）における上清のTOC濃度（図中の数字は原水と比較した残存率）



写真2 有機性色素排水のアルカリ・オゾン処理（オゾンガス循環方式）における排水中の有機物の凝集沈殿（左：処理前、右：処理後）

トイレ内の転倒検出装置の開発

ユニバーサルデザイン科 小松 剛 易 強 村松重緒 多々良哲也
アツミ電気株式会社 河合宏二 原田正洋 澤谷一幸 酒井英明 加藤 淳

Development of the human fall detection device in the restroom

Takeshi KOMATSU, Tsuyoshi Yi YOTO, Shigeo MURAMATSU, Tetsuya TATARA, Koji KAWAI, Masahiro HARADA, Kazuyuki SAWAYA, Hideaki SAKAI and Jun KATO

Keywords : restroom, fall, detection device, elderly, monitoring.

キーワード：トイレ、転倒、検出装置、高齢者、見守り。

1 はじめに

国内で年間約8千人の人が、転倒・転落で死亡している¹⁾。転倒は予防が第一だが、万一、転倒してしまった場合には早期の発見と治療が重要である。トイレのように閉じられた室内での転倒は、発見までに時間がかかることもあり、特に危険である。

転倒時に連絡するために、緊急用押ボタンがあるが、自分でボタンを押すことができない状態になる場合もあるため、十分な対策とはいえない。そこで、県内の防犯機器メーカーと、トイレ内で異常が起きたことを早期に発見する自動検知システムの開発に取り組んだ。

2 方法

トイレ内の高齢者に異常が発生した場合に警報を発するセンサ部と、別室あるいは別居の家族や介護者へ連絡する通報部の構成とする(図1)。センサ部は、通報部なしの単体でも使用できるものとし、通報部のコントローラは、普段はトイレの入室状態を確認する機器として利用できる仕様とした。

プライバシーに配慮して、カメラを使わないシステムを目指し、熱線センサ2つとマイクロ波センサ1つの計3つを組み合わせる方法にした(図2)。

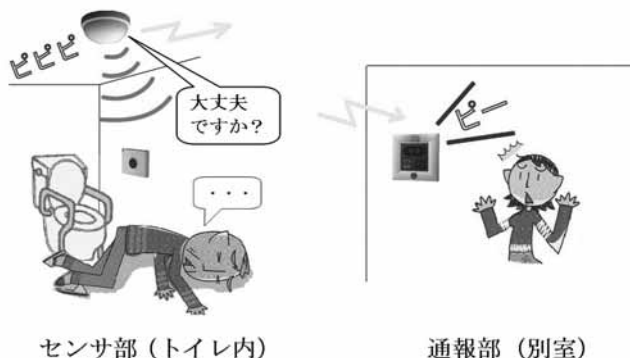


図1 システムの構成 (センサ部と通報部)

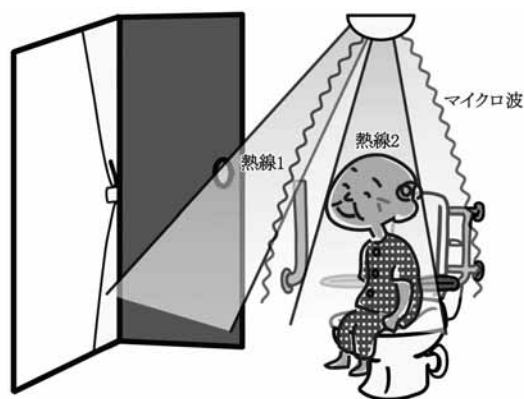


図2 3つのセンサを組み合わせた検出方法

入退室は、人の体温に反応する熱線センサで、入口付近と便座付近の2つの範囲の移動により判断する。開発当初はドアスイッチで判断していたが、ドアの開閉を確実に行わないと誤動作することと、実際の施設のトイレがドアの代わりにカーテンを使うところが多かった(写真1)という2つの理由から熱線式に切り替えた。

異常状態は、熱線とマイクロ波の2つのセンサで判断する。マイクロ波センサは非常に感度が高く、異常検出の信頼性が上がる(写真2)。

仕様に基づいて、システムを試作した(写真3)。



写真1 施設のトイレ

【ノート】



写真2 マイクロ波センサで生体信号を検出している様子（安静にしている人の胸の前では、呼吸や心拍を非接触で測定できる）

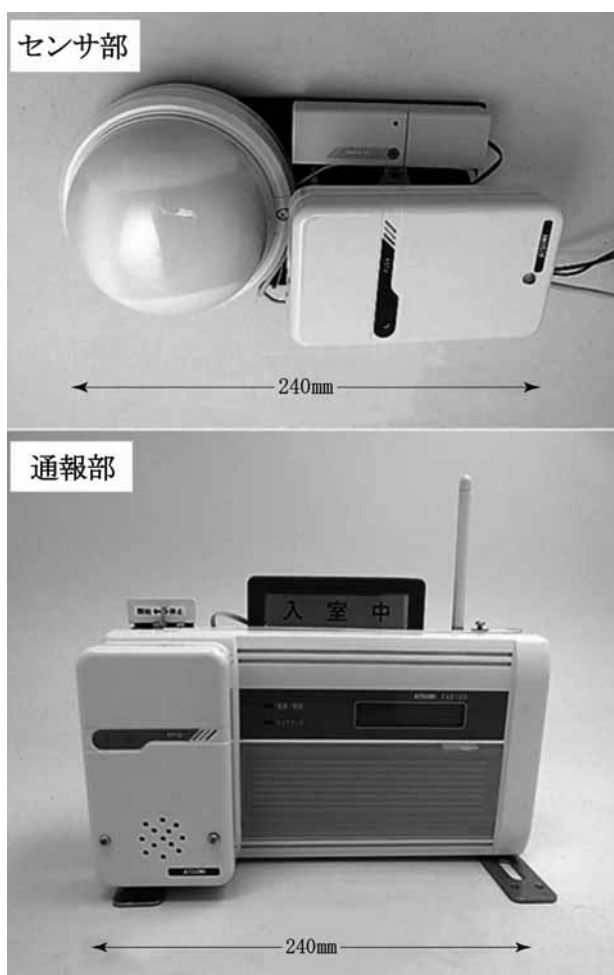


写真3 試作機（センサ部と通報部）

3 結果および考察

トイレ空間を想定した実験室内で、システムが正常に動作することを確認した（写真4）。それぞれのセンサの感度や方向等、設置時に細かい調整が必要となるが、なるべく簡単に設置できる方法を検討する。

現在、県内中部地区の介護施設（グループホーム）に設置して、動作確認を行っている（写真5）。信頼性を向上させるため、施設での評価を踏まえ改良を継続する予定である。

火災警報器と同様に手軽に使える見守り装置が普及すれば、高齢者本人とその家族の安心に役立つ。一般住宅用以外では、「サービス付き高齢者向け住宅」の安否確認にも利用でき、介護施設の差別化にも貢献することが期待できる。どのような状態を異常と判断するか要請に応じて調整できるようにする必要がある。また、入浴用装置等にも発展させ、他システムと連動した拡張性をもたせていきたい。



写真4 動作確認の様子



写真5 グループホームのトイレに設置したセンサ（照明のセンサや火災警報器に干渉しない位置に設置する）

謝辞

本開発を行うにあたり、評価協力をしていただいた甲賀病院の関係者の皆様に深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 厚生労働省：平成26年人口動態統計。（2015.9.3公表）

Self-contained lighting system using LED lighting with dimming control, diffusion skylights, and energy storage of solar power

T. Suzuki, T. Funai, T. Toyota, S. Toyama, M. Ono, T. Ikeda, T. Nakamura and T. Homma

調光機能付きLED照明、光拡散型天窗、太陽光発電と蓄電システムを用いた、電力自立型照明システムの開発

機械科	鈴木敬明
株式会社スカイプランニング	小野巳吉 外山 勸
パイフotonクス株式会社	池田貴裕
株式会社中遠電気	中村共孝
株式会社伊藤建築設計事務所	本間 篤

Proceedings of 28th CIE Session 2015, 1822-1827 (2015)

Keywords : Self-contained lighting system, Skylight, LED lighting, Dimming control, Electric power storage

キーワード : 電力自立型照明、天窗、LED照明、調光システム、蓄電システム

太陽光発電の電力のみで照明電力をまかなう自立型照明システムを開発した。本システムは、新たに開発した「高遮熱性能を持つ光拡散型天窗」、「自動調光可能な直流給電LED照明」、「蓄電・給電システム」を統合した照明システムである。実際に本システムを床

面積500m²の建物に設置した実験において、11kWの太陽光発電と81.2kWhの蓄電システムを準備すれば、太陽光発電が機能しなくても蓄電した電力のみで室内照度を300lx以上に保つ照明システムを約3日間点灯できることが確認された。

Estimating mattress deformation with a person in the supine position using biomechanical simulation

Takashi FUNAI, Taka-aki SUZUKI, Sakiko NAKAMURA, Hideo YOKOTA, Yasumasa HAKAMATA
and Fumiaki MAEJIMA

生体力学シミュレーションを活用した仰臥位におけるマットレス変形量予測

静岡県工業技術研究所 船井 孝 鈴木敬明
理化学研究所 中村佐紀子 横田秀夫
ソフトプレシ工業株式会社 袴田恭正 前嶋文明

Proceedings of the 8th Asian-Pacific Conference on Biomechanics, P264 (2015)

Keywords : mattress, medical and welfare, computational mechanics, digital human, biomechanical simulation

キーワード : マットレス、医療・福祉、計算力学、デジタルヒューマン、生体力学シミュレーション

内部組織の形状情報を含んだ人体モデルを活用した力学的シミュレーション（生体力学シミュレーション）は、医療・福祉機器の個別対応設計に活用できる技術として期待される。本研究では、マットレスの個別対応設計に活用できる技術の確立を目指し、被験者が仰臥位でマットレスに寝た時のマットレス変形量を、実験で計測した値との誤差20%未満で予測できる生体力学シミュレーション手法の検討を行った。

この目標を達成するため、まず被験者が仰臥位で寝た時のマットレス変形量を計測する実験を行った。実験では、MRI（Magnetic Resonance Imaging）で変形状態を可視化できるマットレスを作製し、被験者が仰臥位で寝た状態の断層画像からマットレス変形量を数値化した。次に実施した生体力学シミュレーションでは、被験者がマットレスに寝た状態の再現を試みた。使用したシミュレーションモデルは、被験者の体型を再現した人体モデルと、マットレス形状を再現したマットレスモデルで構成した。人体モデルが有する主要な内部組

織に、Mooney-Rivlinモデルで表現した力学的特性値を適用した。マットレスモデルには、素材の材料試験結果から算出されたOgden-foamモデルの力学的特性値を適用した。各モデルに、体積と重量から算出される密度と重力加速度を定義して生体力学シミュレーションを実施し、得られた結果からマットレス変形量を取得して実験値と比較した。

実験結果とシミュレーションによる予測値を比較した結果、臀部において最大38%の差が生じた。人体の密度は人体の部位に対して必ずしも一様ではないと考えられるが、シミュレーションでは密度を体全体に対して一様として計算を行っており、このことが前述の誤差の原因と考えられる。そこで、人体の重量配分に関する研究報告に基づき、人体モデルの上胴と下胴に異なる重量を定義して再度シミュレーションを実施した。身体の重量配分を適正化することで実験とシミュレーションの差が最大で14%となり、目標を満たす精度でマットレス変形量が予測可能なことを確認した。

観察・生体計測記録に基づく運動評価支援システムのユーザビリティ評価

ユニバーサルデザイン科 易 強 小松 剛 及川貴康*
花園大学 山本清文
千葉大学 下村義弘
Singapore Sports Institute 尾崎宏樹

The evaluation of a motion assessment support system based on a consolidation of observation and biometric measurements

Tsuyoshi Yi YOTO, Kiyofumi YAMAMOTO, Takeshi KOMATSU, Takayasu OIKAWA,
Yoshihiro SHIMOMURA and Hiroki OZAKI

人間中心設計推進機構・機構誌, 第11巻, 第1号, 11-16 (2015)

Keywords : observation, usability test, user interface, biometric measurement, consolidation

キーワード : 観察、ユーザビリティテスト、ユーザインターフェース、生体計測、統合

運動時の生体計測値と指導者の観察メモ記録を統合した運動評価支援システムを試作した。試作システムにより、指導者1名と学習者6名がフィットネスポールエクササイズに取り組む事例で運動評価支援システムを使ったユーザビリティテストを行った結果、メモを入力する部分のインターフェースに記録内容と評価の対応

関係が分かりづらいなどの問題点を発見した。問題を改善することにより、指導者からは記録から指導ポイントを素早く見つけ出すことができ、「非常に良い」との評価を得た。学習者からは、「映像やデータを使った指導は、理解が深まり、分かりやすかった」との評価を得た。

*) 現 企画調整部

木材の接触温冷感

櫻川智史

The Tactile Warmth/Coldness Sensation of Wood

Satoshi SAKURAGAWA

木材工業, 第70巻, 第9号, 376-381 (2015)

Keywords : Wood, Touch, Warmth/Coldness Sensation

キーワード : 木材、触覚、温冷感

住空間の生活の中で、壁や床の内装材、家具、装備品、日用雑貨などに用いられている木材に、人が直接手で触れる機会は大変多い。そのため、これら製品の仕上げ材においては、強度や耐久性などの物理的特性だけでなく、人が触ったときに感じられる接触感などの感覚的特性も極めて重要な選定要素であると考え

られる。中でも、木材は経験的に肌触りの良い温かみのある材料として知られている。触感覚には、温覚、振動覚、圧力覚があるが、本稿では皮膚の温冷覚である接触温冷感を中心に、生理学的知見と、その評価手法である心理物理学や生理心理学に関連した既存文献の成果を合わせて紹介した。

Double Layer Properties and Impedance Characteristics of Uniformly-sized Microporous Carbon from Spent Coffee Grounds

Keisuke Kikuchi, Tomohiro Yasue, Rie Yamashita, Satoshi Sakuragawa, Masao Sudoh, Masayuki Itagaki, Tomitaka Toyama and Suguru Mashimo

マイクロ細孔構造を均一に制御したコーヒーかす活性炭の電気二重層特性とインピーダンス特性

静岡県工業技術研究所	菊池圭祐	山下里恵	櫻川智史
静岡大学大学院工学研究科	安江智広	須藤雅夫	
東京理科大学理工学部工業化学科	板垣昌幸		
株式会社エム・イー・ティー	外山富孝		
JFEテクノリサーチ株式会社	眞下 優		

Transactions of the Materials Research Society of Japan, Vol.40, No.4, 319–324 (2015)

Keywords : EDLC, Coffee grounds, Activated carbon, Steam activation

キーワード : 電気二重層キャパシタ、コーヒー抽出残さ、活性炭、水蒸気賦活

コーヒー抽出残さ (SCG) の原料調製と水蒸気賦活制御により、KOH賦活フェノール樹脂活性炭 (MSP-20) のような均一なマイクロ孔を有するSCG活性炭の開発を試みた。開発したSCG活性炭は高収率で比表面積も高く、均一なマイクロ孔を有し、従来のマイクロ孔・メソ孔混合構造と異なる性能を示した。積層ラミネートセルのEDLC性能は、75F/g以上の高容量を達成し、ばらつ

きも少なく作製することができた。インピーダンス測定から得られたナイキスト線図では、低周波数に現れるブロッキング電極に由来する立ち上がりきれいに垂直となり、電極内の細孔を有効に利用できていることが分かった。SCGは原料の調製と賦活条件の制御により、電気二重層特性およびインピーダンス特性を変化させられることが明らかとなった。

REPORTS
OF THE
INDUSTRIAL RESEARCH INSTITUTE
OF SHIZUOKA PREFECTURE
NUMAZU TECHNICAL SUPPORT CENTER

静岡県工業技術研究所
沼津工業技術支援センター研究報告

静岡県工業技術研究所
沼津工業技術支援センター
沼津市大岡3981番地 1

INDUSTRIAL RESEARCH INSTITUTE OF SHIZUOKA PREFECTURE
NUMAZU TECHNICAL SUPPORT CENTER
3981-1 Ohoka, Numazu city, Shizuoka, 410-0022 Japan

自然界からの新たな香味を有する清酒醸造用酵母の開発（第3報）

— 河津桜から分離した酵母の清酒醸造特性 —

バイオ科 勝山 聡 天野祥吾 岩原健二
 静岡県酒造組合 高嶋一孝

Development of the *sake* yeast which produces new flavors from natural environment (3rd Report)— *Sake* brewing characteristics of yeast isolated from *Kawazu-zakura* —

Satoshi KATSUYAMA, Shogo AMANO, Kazutaka TAKASHIMA and Kenji IWAHARA

In recent years, the *sake* yeasts, which play an important role for *sake* brewing, has been isolated from natural environment like flowers. In previous report, the candidate strains for *sake* yeast have been isolated from shizuoka prefectural natural environment by enrichment culture screening and small-scale *sake* brewing test. In this report, about eleven hundred samples had been screened. As result, five samples were same level of fermentation ability compared with shizuoka prefectural original *sake* yeast HD-1. The forty strains were isolated from five samples and were predicted *Saccharomyces cerevisiae*. However, the fermentation ability of five strains selected randomly from forty strains were lower than HD-1 at early stage of small-scale *sake* brewing. The fermentation ability at early stage is important for making *shubo* (yeast mash). Then, seventy strains from culture of 3rd and 4th selection were applied to further selection and adaptation using *amazake* culture which is similar to a kind of *shubo*, twenty four strains which were reinforced its fermentation ability were isolated. The three strains which were selected from the twenty four strains had same level fermentation ability of HD-1 at early stage of small-scale *sake* brewing. The plant-scale *sake* brewing was tested using a strain derived from cherry blossom (*Kawazu-zakura*). The product showed sweet-sour taste with low alcohol content, that was different from *sake* brewing by conventional shizuoka prefectural *sake* yeast.

Keywords : *sake*, *Saccharomyces cerevisiae*, isolation, *Kawazu-zakura*.

キーワード：清酒、サッカロマイセス セレビスエ、分離、河津桜。

1 はじめに

近年、清酒業界は厳しい状況が続き、平成24年における全国の清酒製造数量は、平成元年の半分以下である¹⁾。本県においてもその減少量は、全国と比較すると緩やかではあるが、同様の状況となっている²⁾。消費者の嗜好の多様化や若年層の酒離れ等が原因として考えられており、このような状況を打破すべく本県酒造業界から地酒のさらなる差別化及び商品幅の拡大を図りたいとの要望がある。

近年、清酒の香味形成に重要な役割を果たす清酒醸造用酵母（以下、清酒酵母）の開発が地方公設試験等において広く行われ、各地域に咲く花等の自然界試料から清酒酵母の分離が行われている³⁻⁴⁾。これら酵母は、分離源の持つイメージから地域性や話題性のあ

る商品開発に使用され、地酒の差別化とブランド化にも貢献している。本県は、富士山をはじめとする豊かな自然やお茶やみかん等の多くの特産品を有している。そこで本研究では、静岡県地酒の更なる差別化及び商品幅の拡大を図るため、本県の豊かな自然を活用し、本県独自の清酒酵母の開発を目指した。これまでに、県内各地より採取した県特産品の花等の自然界試料から集積培養による酵母選抜及びベンチスケールによる清酒小仕込み試験を行い、いくつかの清酒酵母候補株を得ている⁵⁾。本報では、新たな自然界試料からの酵母選抜試験及び分離株による清酒小仕込み試験、馴化による高発酵性株の取得、河津桜由来の馴化株を用いたプラント規模による清酒製造実証試験を行ったので報告する。

2 方法

2.1 試験試料

分離源として、平成26年度に採取した自然界試料を表1に示す。採取方法等は既報⁶⁾に従った。また、各試料を適量ずつ採取した試験用チューブ1本を1試験区とし、試験に供した試験区数及び各選抜試験を通過した試験区数等を集計した。また、表1に示す試料の他に前報⁵⁾にて未試験の試料も用いた。

表1 自然界試料

試料名	採取場所	試験区数
河津桜	河津町、南伊豆町	400
ツツジ	沼津市	25
タチバナ(花)	沼津市戸田	397
サクラ樹液	沼津市	5
その他	-	125
合計		952

2.2 酵母選抜試験及び分離株の取得

酵母選抜試験は前報⁵⁾と同様に1～4次の4段階の集積培養により行った。4次選抜試験終了後、培地を滅菌水にて適宜希釈し、YPD寒天培地に塗布した。これを30℃にて2日間培養後、検出された単コロニーを取得して分離株とした。

2.3 清酒小仕込み試験

小仕込み試験は前報⁵⁾に従い、総米200gの三段仕込み(初添:12℃、仲添:8℃、留添:6℃)とした。なお、本報では、仕込み容量が少ない初添から踊までの期間において醪の乾燥や過度の品温低下等を防ぐため、仲添以降の本仕込み用容器よりも小容量の容器を枝桶として用いた。

2.4 甘酒様培地による分離株の選抜及び馴化

2.4.1 甘酒様培地の作製

甘酒様培地は、高温糖化酒母⁷⁾を参考とした。乾燥麴(G-50、徳島製麴(株)製)2.25gに汲水10.5ml及び乾燥麴補填水0.5mlを加え、40℃にて約2時間加温した。これにα化米(AA-50、徳島製麴(株)製)4.75g及びα化米補填水1.5mlを加え、55℃にて約24時間糖化した。これに汲水2.1ml及び乳酸65μlを加え、水浴中にて急冷し、甘酒様培地とした。

2.4.2 発酵能による分離株の選抜

分離株をYPD液体培地にて30℃、2日間培養した。この酵母培養液140μlを甘酒様培地に添加し、20℃に

て7日間培養した。経時的に培地の重量を測定し、その重量減少量をアルコール発酵に伴う二酸化炭素の放出量として発酵進度の指標とした。また、二酸化炭素の放出による培地中での気泡の発生を目視により観察した。

2.4.3 選抜株からの馴化株の取得

甘酒様培地において発酵を示した株の甘酒様培地培養液500μlをYPD液体培地10mlに添加し、30℃にて2日間培養した。この培養液140μlを新たな甘酒様培地に添加し、20℃にて7日間培養した。培養中は、2.4.2に示した方法と同様に、培地の重量測定及び観察を行った。培養終了後、培地を滅菌水にて適宜希釈し、YPD寒天培地に塗布した。これを30℃にて2日間培養後、検出された単コロニーを取得して馴化株とした。

2.5 清酒製造実証試験

実証試験は高嶋酒造(株)にて実施した。仕込み配合及び仕込み品温を表2に示す。米は、麴米及び掛米ともに静岡県産酒造好適米の誉富士(精米歩合60%)を使用した。留添後3日目に追水を添加し、26日目に自動醪圧搾機により上槽し製成酒を得た。

製成酒のアルコール度数及び日本酒度、酸度、アミノ酸度は国税庁所定分析法⁸⁾に従い分析した。

表2 清酒製造実証試験における仕込み配合

	酒母	初添	仲添	留添	追水	計
総米(kg)	21	42	84	153		300
麴米(kg)	6	12	18	24		60
掛米(kg)	15	30	66	129		240
汲水(l)	23	40	110	232	10	415

仕込み品温は、初添11.5℃、仲添8℃、留添6℃とした。
最高品温は、12℃とした。

3 結果および考察

3.1 自然界からの清酒醸造用酵母の分離

県内各地より季節の花や県特産品の花等を中心に、約950試験区採取した(表1)。これに前報⁵⁾にて未試験の約150試験区を合わせた約1,100試験区について酵母選抜試験を行った。この結果、41試験区が3次選抜を通過した。3次選抜において発泡性や増殖性が良好であった約30試験区について清酒醪様培地による4次選抜を行い、5試験区(試験区No.4及び2541、2987、3024、3216)が対照として用いた既存の静岡酵母HD-1とほぼ同等、またはそれ以上の発酵

力を示した(図1)。これより、この5試験区の4次選抜培地中には清酒醸造に必要な諸性質を有する酵母が存在すると考えられ、これら培地から1試験区につき8株ずつ合計40株(4(4)-1~8及び2541(4)-1~8、2987(4)-1~8、3024(4)-1~8、3216(4)-1~8)を分離した。分離株はいずれも白色からクリーム色で、平滑かつ湿性の*Saccharomyces cerevisiae*様のコロニー形態であった。

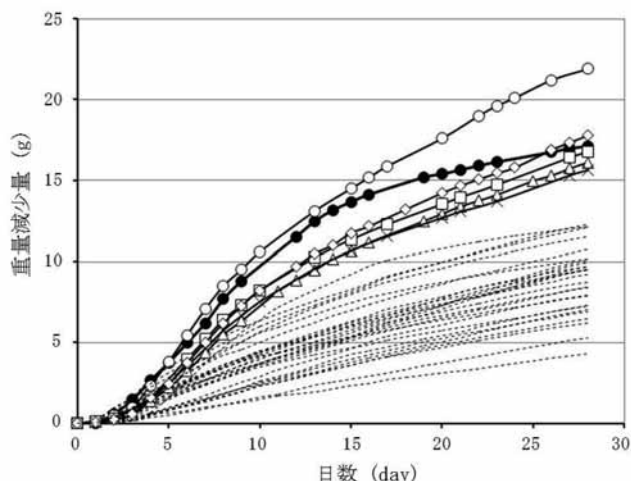


図1 4次選抜試験における培地の重量減少

- : HD-1
- : 発酵が良好な試験区
(○ : No.4, △ : No.2541, ◇ : No.2987, □ : No.3024, × : No.3216)
- … : 発酵が緩慢な試験区

3.2 分離株を用いた清酒小仕込み試験

取得した分離株のうち各試験区由来の任意の5株(4(4)-1及び2541(4)-1、2987(4)-1、3024(4)-1、3216(4)-1)について清酒小仕込み試験を行った。対照としてHD-1及び前報⁵⁾にて取得した分離株で発酵が良好な540(4)-8株を用いた。この結果、5株はいずれも540(4)-8株と同様の発酵経過を示し、最終重量減少量はHD-1と比較しやや少なかった(図2)。製成酒成分についても5株はいずれも540(4)-8株と同等で、アルコール度数が約13%で酸度が約4.0であった(表3)。このことから、今回新たに取得した分離株は、前報⁵⁾にて取得した分離株と同様に、既存の静岡酵母とは異なる、「低アルコールかつ甘酸っぱい」酒質を示す酵母であった。なお、前報⁵⁾と比較し、HD-1の最終重量減少量及びアルコール度数は増加した(図2、表3)。これは枝桶の使用により醪の乾燥及び過度の品温低下等を防ぐことができ、順調に発酵が進んだためと考えられた。

これらの分離株に共通する特徴として、醪初期にお

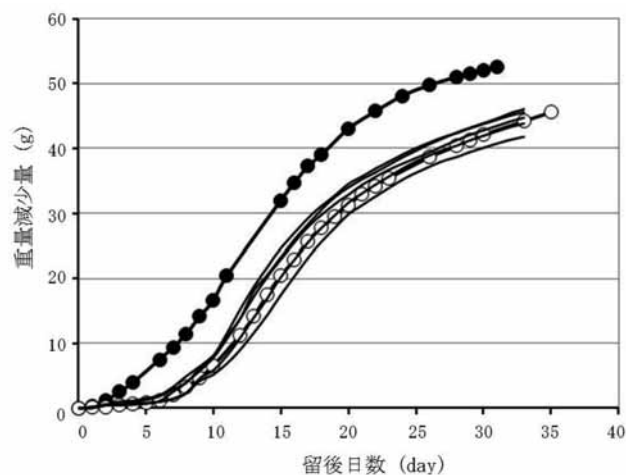


図2 分離株を用いた清酒小仕込み試験における醪の重量減少

- : HD-1, ○ : 540(4)-8
- : 分離株 (4(4)-1、2541(4)-1、2987(4)-1、3024(4)-1、3216(4)-1)

表3 分離株による清酒小仕込み試験の製成酒成分

酵母	アルコール分(%)	日本酒度	酸度
HD-1	15.65	-17	2.1
540(4)-8	13.05	-50	4.0
4(4)-1	12.75	-48	3.8
2541(4)-1	13.50	-46	3.8
2987(4)-1	12.80	-48	4.1
3024(4)-1	13.30	-45	4.2
3216(4)-1	12.20	-50	4.0

ける発酵力がHD-1と比較してやや緩慢であった(図2)。しかし、その後の最も発酵が活発な期間における1日当たりの重量減少量は、HD-1と分離株ではほぼ同等であった(図2)。そこで、この醪初期における発酵力の弱さは醪初期における増殖力に原因があると考え、分離株のうち任意の1株(540(4)-8株)について初添時の酵母添加量を3倍に増量して清酒小仕込み試験を行った。この結果、540(4)-8株(初発3倍量)はHD-1と同等の醪初期の発酵力を示した(図3)。このことから、540(4)-8株の醪初期の発酵力の弱さは、HD-1と比較して醪初期における増殖力が弱く、活発な発酵を示すために必要な酵母数となるまでに期間を要したためと考えられた。また、必要な酵母数に達した後は分離株もHD-1と同等の発酵力を示すことが可能と考えられた。しかし、540(4)-8株(初発3倍量)の最終重量減少量は、通常の初発酵母量で試験した540(4)-8株(初発1倍量)とほぼ同等であった(図3)。また、

【報告】

製成酒成分においても両者はほぼ同じであった(表4)。このことから、HD-1に比べて540(4)-8株のアルコール生成が少なく酸生成が多いのは、醗初期における増殖力の弱さよりも株自体の性質によると考えられた。また、540(4)-8株以外の分離株についても、清酒小仕込み試験において540(4)-8株と同様の発酵経過及び同等の酒質を示すことから、540(4)-8株と同様の性質を有すると推察された。

る清酒酵母を製造工程の初期から速やかに、かつ支配的に拡大培養させ、野生酵母等による汚染を防ぐことが醸造安全性の面からも求められる。そのため、清酒小仕込み試験において醗初期の増殖力が弱かった分離株は、実際の酒母工程においても初期の増殖力が弱く、野生酵母等による汚染を受けやすくなることが懸念された。そこで、数種類ある酒母の中で比較的製造が容易な高温糖化酒母⁷⁾を参考に、乾燥麴で α 化米を糖化させた甘酒様培地を作製した。この培地にて、取得した分離株の一部及びこれらと分離源を同じとし、同様の方法にて3次培養液から取得した分離株の合計70株の発酵能を、HD-1を対照として評価した。この結果、HD-1は培養2日目から順調に培地の重量減少を示した(図4)が、分離株はほとんどが重量減少を示さなかった。しかし、培養6~7日目に3株(540(3)-9、2541(3)-8、2541(4)-10)が極僅かに培地の重量減少またはアルコール発酵に伴う気泡の発生を示した(図4)。酵母は、様々なストレス培地にて培養することによりストレス耐性を獲得することが知られており、この性質を利用した酵母の育種等も行われている¹⁰⁾。甘酒様培地も高糖度及び乳酸酸性等のストレス培地であり、これら3株は培養中に何らかのストレス耐性等の新たな形質を獲得し発酵が強化されたと推察された。

そこで、この3株について甘酒様培地にて再度培養を行った。この結果、3株とも最終的な重量減少量は

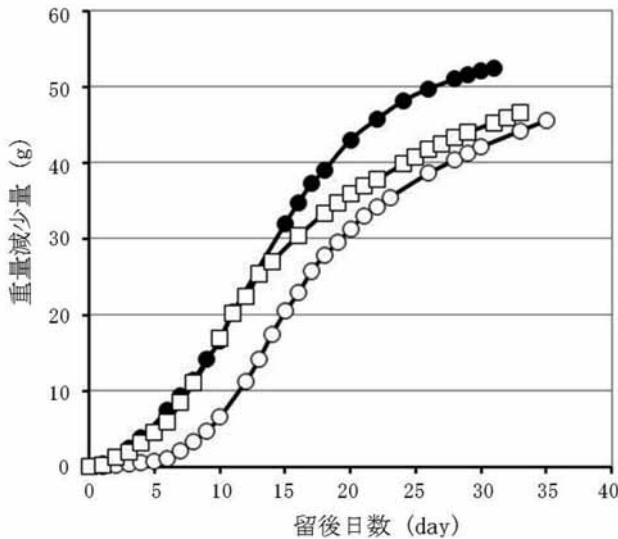


図3 初発酵母量の増量による清酒小仕込み試験の醗の重量減少
● : HD-1、○ : 540(4)-8 (初発1倍量)、
□ : 540(4)-8 (初発3倍量)

表4 初発酵母量の増量による清酒小仕込み試験の製成酒成分

酵母	アルコール分(%)	日本酒度	酸度
HD-1	15.65	-17	2.1
540(4)-8 (初発1倍量)	13.05	-50	4.0
540(4)-8 (初発3倍量)	13.20	-44	4.3

3.3 甘酒様培地による高発酵性株の取得

自然界から取得した分離株は、醗初期における増殖力が弱いことで発酵の立ち上がりに遅延が生じることがわかった。実験室規模による清酒小仕込み試験では仕込み規模が小さいために、多くの場合、YPD液体培地等の人工合成培地等にて前培養した酵母を、直接、初添時に醗へ添加する^{4、9)}。しかし、実際の製造現場においては、1仕込みの規模が大きいため、三段仕込みにより醗を仕込む前に、まず酒母により酵母の拡大培養を行い、これをスターターとして初添時に醗へ添加する⁷⁾。よって、酒母においては、目的とす

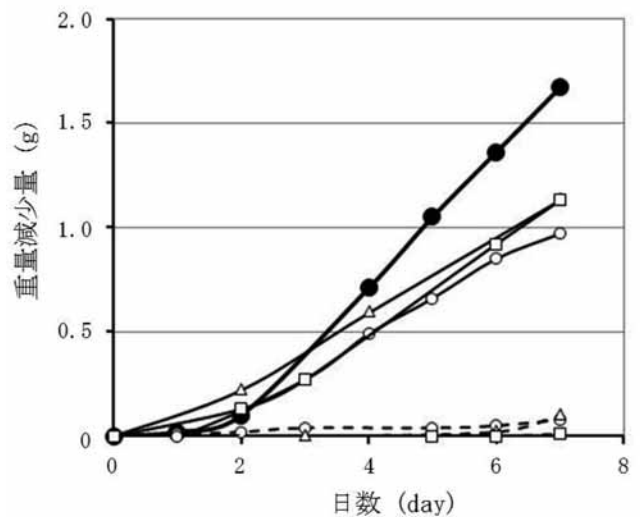


図4 甘酒様培地における重量減少

- : HD-1
- ⋯ : 発酵能評価にて僅かな発酵を示した3株
(○ : 540(3)-9、△ : 2541(3)-8、
□ : 2541(4)-10)
- : 再度培養した3株
(○ : 540(3)-9、△ : 2541(3)-8、
□ : 2541(4)-10)

【報告】

HD-1より少なかったが、培養初期から順調に重量減少を示した（図4）。そこで、この培地から馴化株（540(3)-9S'-1~8、2541(3)-8S'-1~8、2541(4)-10S'-1~8）を分離した。これら馴化株について甘酒様培地における発酵能を評価したところ、いずれも分離前の培養液と同等の発酵を示した（図不掲載）。また、馴化株はYPD寒天培地上にて10回継代した後も同等の発酵を示し、この形質は安定的であることがわかった（図不掲載）。よって、これら馴化株は、実際の製造現場における酒母工程において安定的に健全な酒母製造が可能な株であると考えられた。なお、馴化株が獲得したと考えられるストレス耐性等の形質については、今後詳しく解析していく予定である。

3.4 馴化株による清酒小仕込み試験

甘酒様培地における発酵能が元株と比較して強化した馴化株は、清酒小仕込み試験においても元株と異なる発酵経過及び酒質を示すことが考えられた。そこで、馴化株のうち任意の3株（540(3)-9S'-1及び2541(3)-8S'-1、2541(4)-10S'-3）を用いて清酒小仕込み試験を行った。対照として、HD-1及びそれぞれの馴化株の元株を使用した。この結果、いずれの馴化株も醪初期においてHD-1と同等の発酵を示し、540(3)-9S'-1及び2541(3)-8S'-1は最終重量減少量が元株より増加した（図5）。また、この2株による製成酒は、元株よりアルコール度数が増加し、酸度は低下した（表5）。

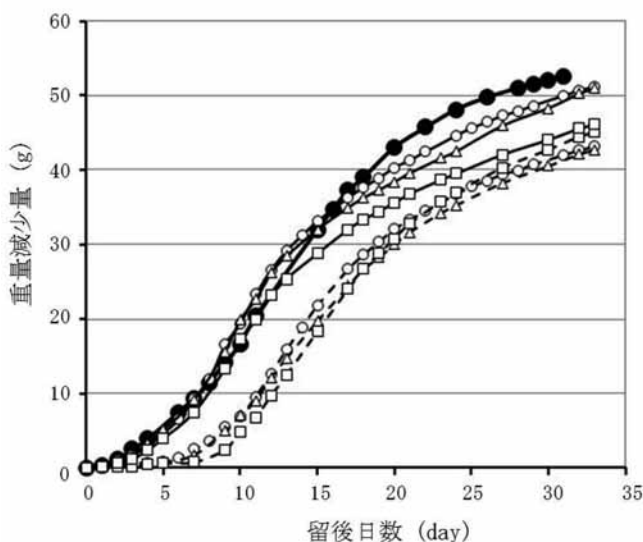


図5 馴化株を用いた清酒小仕込み試験における醪の重量減少

- : HD-1
- … : 元株 (○ : 540(3)-9、△ : 2541(3)-8、□ : 2541(4)-10)
- : 馴化株 (○ : 540(3)-9S'-1、△ : 2541(3)-8S'-1、□ : 2541(4)-10S'-3)

以上より、馴化株は甘酒様培地だけでなく清酒小仕込み試験における醪においても発酵初期または全体の発酵力が強化されていた。よって、馴化株は、実際の製造現場における一連の清酒製造において十分使用可能であると判断された。また、540(3)-9S'-1及び2541(3)-8S'-1は、540-8株による初発酵母量を増量した試験とは異なり、醪の最終重量減少量及び製成酒成分に変化があったことから、醪初期における増殖力の強化だけでなく、アルコール生成能等も強化されたと考えられた。また、アルコール生成能の強化により、アルコールと同じピルビン酸をもとに合成される有機酸¹¹⁾の生成量が減少し、製成酒の酸度の低下に影響したと考えられた。

表5 馴化株による清酒小仕込み試験の製成酒成分

酵母	アルコール分(%)	日本酒度	酸度
HD-1	15.65	-17	2.1
540(3)-9	12.75	-47	4.0
2541(3)-8	12.15	-51	3.4
2541(4)-10	13.20	-43	3.9
540(3)-9S'-1	14.85	-32	3.7
2541(3)-8S'-1	14.70	-36	2.9
2541(4)-10S'-3	13.40	-45	3.6

3.5 清酒製造実証試験

取得した馴化株は、実際の製造現場における清酒製造に使用可能であると判断できたため、プラント規模における清酒製造実証試験を行った。馴化株のうち、540(3)-8S'-1~8は沼津市内より採取したムクゲの花を、2541(3)-8S'-1~8及び2541(4)-10S'-1~8は南伊豆町より採取した河津桜を分離源としている。そこで、発酵が良好で地域性のある河津桜由来の2541(3)-8S'-1株を実証試験株として選定した。得られた製成酒は、アルコール度数が約13%で酸度は約3.0であった（表6）。このことから、実証試験株2541(3)-8S'-1は、プラント規模における清酒製造においても既存の静岡酵母にはない「低アルコールかつ甘酸っぱい」酒質を示すことがわかった。なお、今回の実証試験は一般的な吟醸酒と同様の製造方法にて行ったが、清酒小仕込み試験よりも製成酒のアルコール度数は低かった。この原因として、仕込み配合や品温管理の違い等が考えられたため、今後は、より酵母に適した製造方法について検討していく予定である。

表6 清酒製造実証試験における製成酒成分

酵母	アルコール分(%)	日本酒度	酸度	アミノ酸度
2541(3)-8S' -1	12.85	-41	3.1	2.3

4 まとめ

静岡県の豊かな自然から清酒醸造に適した性質を有する分離株を取得した。これら分離株は、清酒小仕込み試験において、既存の静岡酵母とは異なる特徴的な酒質を示したが、醪初期における発酵力が緩慢であった。醪初期の発酵力の弱さは、製造現場での酒母工程にて野生酵母等による汚染を招くことが懸念されたため、高温糖化酒母を模した甘酒様培地による分離株の選抜及び馴化により、醪初期の発酵力が強化された馴化株を取得した。このうち、発酵が良好で地域性のある河津桜由来の株を用いて清酒製造実証試験を行ったところ、「低アルコールかつ甘酸っぱい」酒質を示した。

謝辞

本研究を行うにあたり、実験方法等について御指導いただきました東京農業大学応用生物科学部醸造科学科 進藤斉准教授に深く感謝いたします。また、試料採取に御協力いただいた河津町役場及び戸田森林組合、静岡県農林技術研究所の関係各位に深く感謝いたします。

参考文献

1) 国税庁課税部酒税課：酒のしおり。(2014.3公表).

- 2) 国税庁：清酒製造業の概況（平成25年度調査分）。(2014.11公表).
- 3) 柏木亨：桜から分離した酵母による清酒の商品化. 日本醸造協会誌, 97, 2-6 (2002).
- 4) 大橋正孝 他：ナラノヤエザクラの花から有用な酵母の分離とそれを使った清酒の開発. 奈良県工業技術センター研究報告, 35, 35-38 (2009).
- 5) 勝山聡 他：自然界からの新たな香味を有する清酒醸造用酵母の開発（第2報）. 静岡県工業技術研究所研究報告, 第7号, 49-53 (2015).
- 6) 勝山聡 他：自然界からの新たな香味を有する清酒醸造用酵母の開発（第1報）. 静岡県工業技術研究所研究報告, 第6号, 61-62 (2014).
- 7) (財)日本醸造協会：酒母, 「増補改訂清酒製造技術」, 増補改訂新版 ((財)日本醸造協会, 東京), 石川雄章 他 編集, pp.167-210 (2009).
- 8) (財)日本醸造協会：清酒、合成清酒, 「第四回改正国税庁所定分析法注解」, 第四回改正版 ((財)日本醸造協会, 東京), 注解編集委員会 編集, pp.7-33 (1993).
- 9) 難波康之祐 他：小仕込試験法の設定. 日本醸造協会雑誌, 73 (4), 295-300 (1978).
- 10) 山岡千鶴 他：高濃度エタノール存在下において清酒酵母の生育を促進する温度ストレス処理条件. 三重県工業研究所研究報告, 38, 74-77 (2014).
- 11) 浅野忠男：清酒酵母の有機酸生成に関する研究. 生物工学会誌, 85 (2), 63-68 (2007).

手術支援ロボットの要素技術の研究開発（第3報）

— 水素吸蔵合金アクチュエータによる力分散システムの開発 —

機械電子科

工業技術研究所電子科

国立研究開発法人産業技術総合研究所

細野美奈子* 鬼久保郁雄** 本多正計

竹居 翼

井野秀一 榎 浩司

Development of base technology for medical robotic device (3rd Report)

— Development of the force distribution system using the actuator incorporating hydrogen absorbing alloys —

Minako HOSONO, Ikuo ONIKUBO, Masakazu HONDA, Tasuku TAKEI, Shuichi INO and Kouji SAKAKI

In order to promote the Pharma Valley Project, we have been working on research for elemental technology which can be applied to robots to be used in the operating room. Based on needs of the medical field, we aimed to develop a system to prevent wounds caused by being pressed hard against medical devices.

In a previous paper, we reported the study of an actuator using hydrogen storage alloys, which is applicable as elemental technology for building the system. Hydrogen storage alloys have an ability to reversibly absorb and release significant amounts of hydrogen gas by being cooled or heated.

In fiscal 2015, we created modules by integrating the actuator and force sensing technology using a MEMS three-axis sensor. A force distribution system consisting of four modules was developed and evaluated. It was confirmed that the pressure and the shear forces could be dispersed by the system.

Keywords : Soft actuator, hydrogen storage alloy, medical robotic device, device for nursing care.

キーワード：ソフトアクチュエータ、水素吸蔵合金、医療・介護用機器。

1 はじめに

ファルマバレープロジェクトを推進するため、手術室・病室のロボット化に応用できる要素技術の研究開発をすべく、平成25年度に県内外医療機関のロボット化に対する要望を調べたところ、手術中の体位固定に起因する「医療関連機器圧迫創傷（身体の同一箇所が長時間圧迫されて発生する創傷）」の発生を予防する技術開発のニーズがあった。そこで、当センターでは医療現場等で利用できる圧迫創傷予防システムへ応用可能な要素技術として、水素吸蔵合金¹⁾（MH合金）を利用したアクチュエータの開発を目指した。

MH合金は冷却・加熱により体積比にして約千倍の水素を吸蔵・放出する金属である。よって、MH合金を密閉空間に封止し温度制御すれば、無音・少量で大きな圧力変化を生み出すことができる。このMH合金の特性を活かし、無騒音・無振動かつ省スペースで

利用可能なMH合金を用いたソフトアクチュエータ（MHアクチュエータ）を開発した。さらに、開発したMHアクチュエータを複数個組み合わせ、力分散を実現するシステムモジュールを開発した。

2 方法

2.1 MHアクチュエータの開発

（1）MH合金の選定

開発するMHアクチュエータを医療関連機器圧迫創傷予防システムに応用するにあたり、想定する使用温度範囲を、使用時の安全性を考慮して10(°C)から40(°C)程度とした。国立研究開発法人産業技術総合研究所の協力を得て、Ti-Zr系とLa-Ni₅系の2種類のMH合金を用いて、組成の違いによる性能比較実験として、上記温度範囲の25°Cにおける圧力-組成等温線を調べた。

*）現 国立研究開発法人産業技術総合研究所 **）現 企画調整部

(2) ベローズのリーク実験

駆動部として用いるソフトベローズの水素ガスに対するリーク試験を行い、アクチュエータ駆動部としての実用化に向けた耐久性能を確認した。

2.2 システムモジュールの試作と実用性の評価

(1) セルモジュールの製作と駆動実験

セルモジュールを医療関連機器圧迫創傷予防システムに応用した場合、ベローズには体位固定した患者からの負荷に対応して最大約20(N)の出力が必要と考えられる。ベローズ出力を目標設定値として、MH合金封入容器の加熱・冷却を行うペルチェ素子への入力電圧を制御するPI制御プログラムを構築した。さらに、平成26年度までに開発したMEMS3軸力センシングシステムをMHアクチュエータに搭載してセルモジュールを開発した。ベローズに加わった負荷をフィードバックし、MH合金を加熱・冷却することでベローズの出力制御を行う駆動実験を行った。

(2) システムモジュールの評価実験

セルモジュールを4個組み合わせたシステムモジュールを構築し、圧力及びせん断力分散制御実験により、身体表面への垂直圧迫及び皮膚のズレを緩和できることに対する実用性を評価した。

3 結果および考察

3.1 MHアクチュエータの開発

(1) MH合金の選定

Ti-Zr系とLa-Ni₅系の2種類のMH合金の性能比較実験として25℃における圧力-組成等温線を調べた。その結果、温度・圧力特性はほとんど差が見られず、どちらも想定使用温度範囲において安定した平衡圧が得られることが分かった(図1)。よって、Ti-Zr系合金よりも合金活性化の安定性が高いLa-Ni₅系合金(写真1)をMHアクチュエータの動力源とすることにした。

(2) ベローズのリーク試験

駆動部とするソフトベローズは、想定約3倍の68(N)の荷重を24時間加え続けても、水素ガスのリークはなかった。

3.2 システムモジュールの試作と実用性の評価

(1) セルモジュールの製作と駆動実験

製作したセルモジュール(写真2)は、約15(℃)~40(℃)の範囲で、目標とする20(N)に出力制御できることを確認した(図2)。市販の圧力分散マットレス等の分散周期が10分程度であることから、開発したMHアクチュエータは医療関連機器圧迫創傷の予防システムに

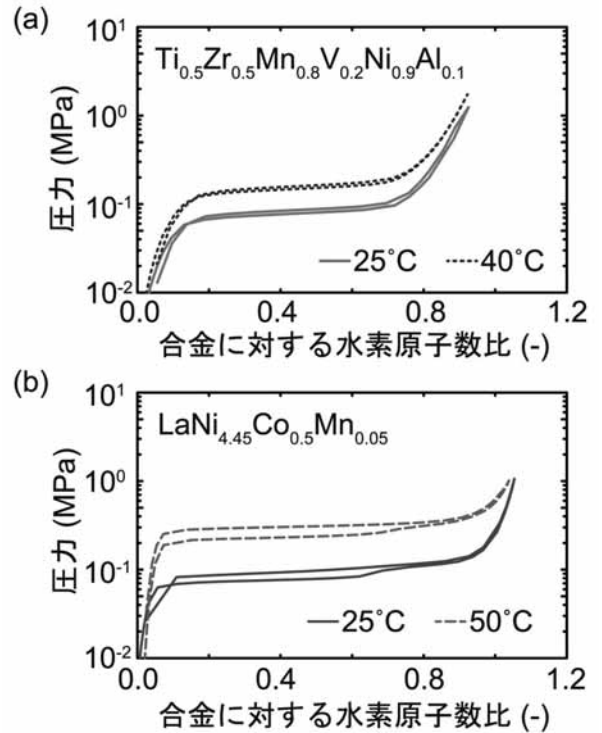


図1 水素吸蔵合金の圧力-組成等温線図 (a)TiZr系合金、(b)LaNi₅系合金

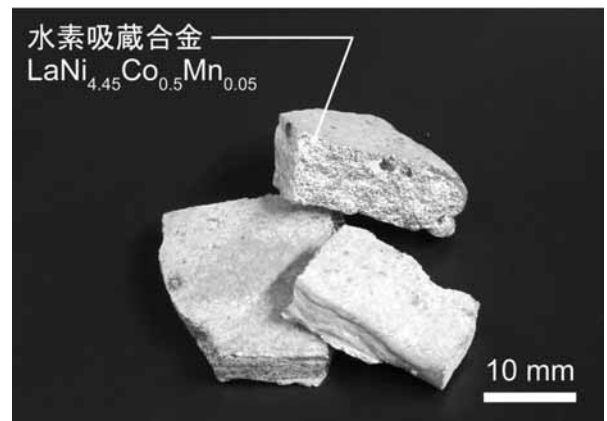


写真1 水素吸蔵合金

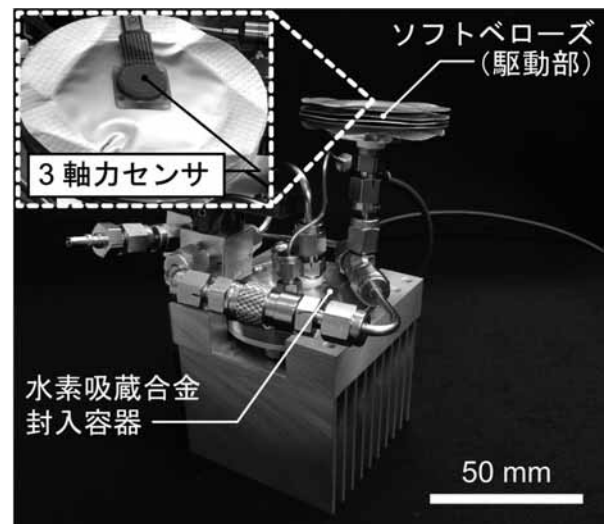


写真2 開発したセルモジュール

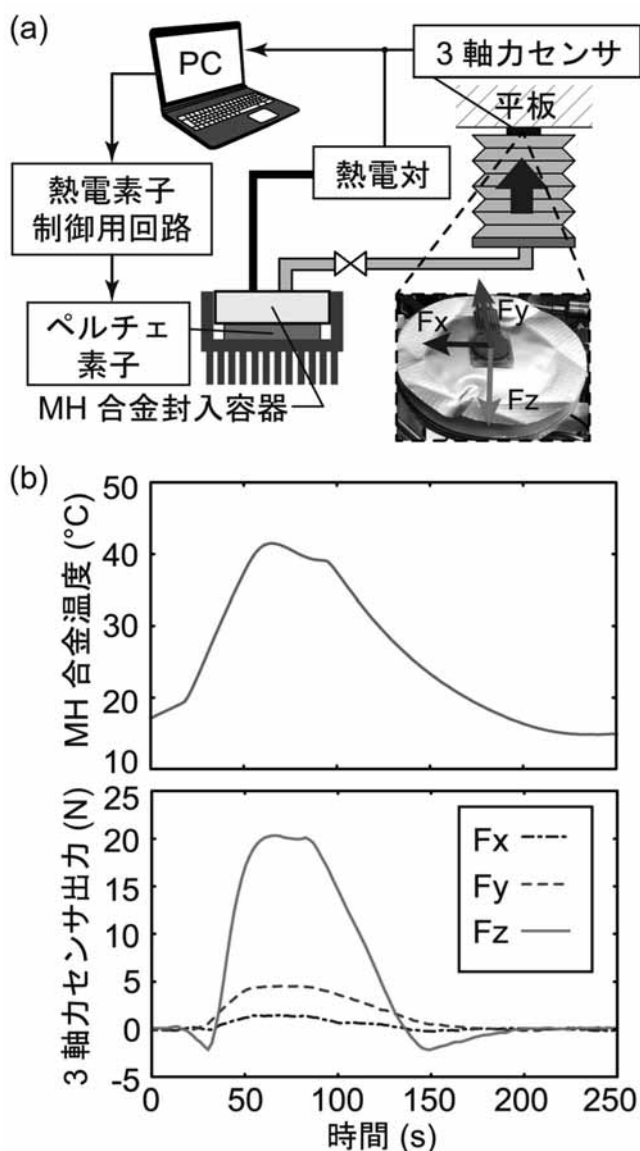


図2 (a)実験セットアップ
(b)ペローズ出力と合金温度の変化

利用する上で必要とする速度を実現可能であることが分かった。

(2) システムモジュールの評価実験

1つのセルモジュールのペローズ表面にかかるせん断力が規定値を超えた時、制御プログラムによってそのセルモジュールのペローズを収縮させると共に別のセルモジュールを伸長することで、圧力を分散させせん断力を減少させることができた(図3)。

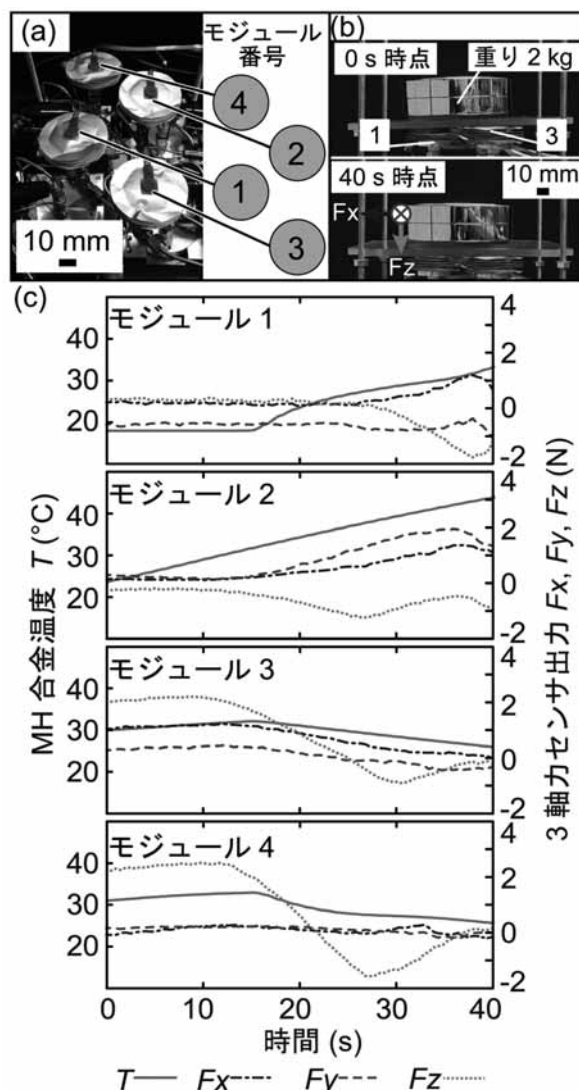


図3 (a)4つのセルモジュールを組み合わせたシステムモジュール。(b)(c)重りの支持制御とその時の合金温度、3軸力センサの出力。0秒時点ではモジュール3および4によって重りを支持していたものを、40秒時点ではモジュール4つで重りを支持することで、各モジュールにかかる力を分散した。

4 まとめ

MH合金を利用した無騒音・無振動で柔らかな出力が可能なMHアクチュエータを試作し、その動作特性を計測した。その結果、構築したセルモジュールは約15(°C)~40(°C)の範囲で目標とする20(N)に出力制御できることを確認し、医療関連機器圧迫創傷予防システムへの応用可能性を示した。この技術は、医療現場のみならず、介護・福祉等への応用展開も期待でき、今後、アクチュエータの動作性能を更に高める研究を進めていく。

参考文献

1) 大角泰章：水素吸蔵合金 - その物性と応用 - , 新版 (株式会社技術協会), pp.14-19 (2008).

酵素サイクリング法に利用するための脱水素酵素生産微生物の探索

バイオ科 飯塚千佳世 高木啓詞 太田俊也

Screening of the dehydrogenase producing microbes which are suitable for enzyme cycling method

Chikayo IIZUKA, Hiroshi TAKAGI and Toshiya OHTA

Keywords : Dehydrogenase, enzyme cycling method, screening.

キーワード：脱水素酵素、酵素サイクリング法、スクリーニング。

1 はじめに

伊藤らが開発した新規な酵素基質を用いた酵素サイクリング法¹⁻²⁾の実用化に向けては、酵素サイクリング反応に使用する脱水素酵素の精製度向上が望まれている。ここでは目的酵素を生産する微生物を自然界から探索した結果を報告する。

2 方法

2.1 試験試料

静岡県内の土壌、静岡県内で生産または流通された国産野菜に付着した土壌、静岡県内に自生または植栽された植物を試料とした。

2.2 試験方法

太田ら³⁾、三浦ら⁴⁾の方法を参考に、田代の無機基本培地に酵母エキス0.01^{w/v}%、グルコース0.1^{w/v}%、乳酸ナトリウム0.01^{v/v}%、コール酸ナトリウムを0.1^{w/v}%となるよう添加した培養液に試料を投入し、28℃で振とう培養した。培養液の一部を寒天培地に塗付し、28℃で静置培養して得たコロニーを単離した。単離した菌株は個々に培養し、4℃、2,000×gで15分間遠心分離後、上清を除去した沈殿物（菌体）につき凍結融解を2回繰り返した。再び遠心分離して得た上清を検

液とし、秋葉⁵⁾らの方法に準じて、酵素活性を測定した。すなわち、酵素基質にコール酸、補酵素に酸化型のニコチンアミドアデニンジヌクレオチド（NAD）を用い、これに活性を有する酵素液を加えると生成する還元型のニコチンアミドアデニンジヌクレオチド（NADH）の増加に伴う340 nmの吸光度上昇の様子を経時的に測定した。

また、選抜した陽性株については、16S rRNA遺伝子解析を実施したうえで属種を推定した。

続いて、分離株の基質利用能を判断するため、アンドロステロンについても基質利用能を確認した。

3 結果および考察

約1,200株について調査し選抜した結果、陽性株は5株に集約された。これらの16S rRNA遺伝子解析を実施したところ、それぞれ *Comamonas* 属、*Pseudomonas* 属、*Paenibacillus* 属、*Microbacterium* 属、*Stenotrophomonas* 属と推定された。

また、基質利用能は、表に示したとおりであった。今後は、これらの産生する酵素の性能評価を行い、遺伝子工学的的手法を取り入れ、サイクリング反応に利用する酵素の最適化を図る。

表 スクリーニング株の基質反応性

スクリーニング株の推定属名	基質への反応性	
	コール酸	アンドロステロン
<i>Comamonas</i> 属	○	○
<i>Pseudomonas</i> 属	○	○
<i>Paenibacillus</i> 属	○	△
<i>Microbacterium</i> 属	○	○
<i>Stenotrophomonas</i> 属	△	△

○：基質反応性が十分である △：基質反応性が他の株と比較して弱い

【ノート】

4 まとめ

自然界からのスクリーニングにより、サイクリング法に利用するための候補となる脱水素酵素生産株を5株獲得した。

今後は、これらの産生する酵素の性能評価を行い、サイクリング法に利用する酵素の最適化を図る。

参考文献

- 1) 伊藤悦朗：タンパク質および核酸の超高感度測定法．特許第5500985号、WO2008117816 A1、(優先日 2007.3.28)
- 2) 伊藤悦朗：タンパク質および核酸の超高感度測

定法.およびキット、並びに新規な酵素基質．特許第5265816号、WO2012128338 A1、(優先日 2011.3.23)

- 3) 太田俊也 他：アルキルフェノールを分解する微生物の探索と環境浄化技術への応用ーノニルフェノールを分解する微生物の単離ー，静岡県沼津工業技術センター研究報告，第8号，9-14 (2000)
- 4) 三浦佳苗 他：3 α -ヒドロキシステロイドデヒドロゲナーゼの製造法およびこれに用いる微生物．特許番号第3251689号 (2001.11.16)
- 5) 秋葉哲典 他：胆汁酸測定用試薬．特願昭60-290098 (1985.12.23)

REPORTS
OF THE
INDUSTRIAL RESEARCH INSTITUTE
OF SHIZUOKA PREFECTURE
FUJI TECHNICAL SUPPORT CENTER

静岡県工業技術研究所
富士工業技術支援センター研究報告

静岡県工業技術研究所
富士工業技術支援センター
富士市大淵2590番地1

INDUSTRIAL RESEARCH INSTITUTE OF SHIZUOKA PREFECTURE
FUJI TECHNICAL SUPPORT CENTER
2590-1 Ohbuchi, Fuji city, Shizuoka, 417-8550 Japan

近赤外分光法を用いた市販紙中の繊維組成評価法の開発

製紙科 齊藤将人 深沢博之

Development of fiber furnish analysis for commercial paper by near infrared spectroscopy

Masato SAITO and Hiroyuki FUKASAWA

We've been examined that Near Infrared Spectroscopy (NIRS) could apply to analyze the contained pulp qualitatively and quantitatively for paper.

In this report, we inspected whether fiber furnish analysis of the paper by NIRS could apply to commercial.

As a result, it was shown that NIRS could analyze the contained pulp qualitatively for the paper sample mixed various pulp, chemicals, etc. Furthermore, quantitative analysis was possible by PLSR (Partial Least Squares Regression) of NIR spectra. The NIR technique is faster than current staining techniques, and does not require special training. If we could have tested a wider variety of samples, and if we could have optimized the analysis condition, it would be possible to estimate more precisely.

Keywords : NIRS, paper, fiber furnish analysis, qualitative and quantitative analysis, multivariate analysis.

キーワード : 近赤外分光法、紙、繊維組成試験、定性・定量分析、多変量解析。

1 はじめに

静岡県内には古紙を原料として使用している製紙会社が多く、製造現場では、様々な古紙が搬入される。製品の強度・風合いなど一定の品質を維持するためには投入する原料の種類を管理する必要がある。しかしながら、実際には、古紙の銘柄を参考に技術者の経験や勘により判別し、混合して原料に用いているのが現状であり、客観的に古紙を評価する方法が必要とされている。一方、相当な熟練と経験を要するJIS P 8120の繊維組成試験法が行える技術者が当センターも含め全国的にも大変少ない状況であり、より簡便な繊維組成試験の方法が求められている。

そこで、誰でも簡便に客観的に古紙を評価する方法として、当センターでは平成25年度から近赤外分光法(Near Infrared Spectroscopy; NIRS)を用いた機器による方法を検討してきた。これまでバージンパルプを用いて作製した紙や模擬的にリサイクルを行った紙について検討を行い、広葉樹漂白クラフトパルプ(LBKP)、針葉樹漂白クラフトパルプ(NBKP)、ケミサーモメカニカルパルプ(CTMP)、麻パルプ、バガスパルプ、広葉樹漂白サルファイトパルプ(LBSP)、コットンリントールパルプ、マーセル化パルプについて、NIRSにより定性・定量分析が可能であることが分かり、NIRSによる繊維

鑑別へ適用可能であることを示した¹⁾。

一方、製紙薬品や填料、古紙パルプや未漂白パルプ(UKP)、塗工層などNIRSへの阻害要因となりうるものが含まれる市販の紙への適用については未検討であった。

今回、これまでの検討で得られた機器による繊維鑑別法が、市販の紙に適用可能かを検証したので、その結果について報告する。

2 方法

2.1 試料

製紙薬品や填料、塗工層、古紙、機械パルプ(MP)、未漂白パルプを含む紙を収集し、測定の妥当性の確認用として当センターで作製した4種を加えて、21種を試料とした。表1に試料の概要を示す。

2.2 染色法による繊維組成試験

JIS P 8120「紙、板紙及びパルプ—繊維組成試験方法」に従い、C染色法により定量分析を行った。なお、重み係数はJIS P 8120附属書3表1を参考に、NBKPは0.9、LBKPは0.45、針葉樹未漂白クラフトパルプ(NUKP)は1.0、広葉樹未漂白クラフトパルプ(LUKP)は0.45、MPは1.3、LBSPは0.9とした。

表1 試料の概要

種類	種類細目	坪量(g/m ²)
上質紙		64
PPC用紙A	高白色度	65
PPC用紙B	高白色度	64
PPC用紙C	低白色度R70	70
PPC用紙D	低白色度R100	64
コーヒーフィルターA	晒	53
コーヒーフィルターB	未晒	53
コーヒーフィルターC	晒/未晒混合	53
新聞原紙		43
更紙		49
段ボール原紙A	中芯原紙	180
段ボール原紙B	ライナー	250
クラフト紙	包装紙	39
塗工紙A	A2コート	102
塗工紙B	A3コート	71
塗工紙C	B2コート	65
塗工紙D	微塗工セミ上質紙	68
センター作製試料A	LBKP/NBKP=8/2	60
センター作製試料B	LBKP/NBKP=6/4	60
センター作製試料C	LBKP/NBKP=4/6	60
センター作製試料D	LBKP/NBKP=2/8	60

2.3 近赤外スペクトル測定

約20℃、相対湿度約50%の環境下で24時間以上放置した試料に対し、近赤外分光器matrix-F (Bruker社製)を用いて、室温で反射法により積算回数32回、分解能8 cm⁻¹の条件で波数領域10,000-4,000cm⁻¹の近赤外スペクトル (NIRスペクトル) を測定した。なお、測定は1 cm角に裁断した試料を5枚重ねて5回ずつ測定した。

2.4 近赤外スペクトル解析

スペクトル測定結果の解析には、多変量解析ソフト The Unscrambler® X ver.10.3 (CAMO社製) を使用した。得られたスペクトルの二次微分処理を行った後、7,500-4,000cm⁻¹の範囲で主成分分析 (Principal Component Analysis; PCA)、部分空間法 (Soft Independent Modeling of Class Analogy; SIMCA) による分類予測及び部分最小二乗回帰分析 (Partial Least Squares Regression analysis; PLSR) を行った。また、得られた検量線の評価は、検量線のR²決定係数、妥当性確認用試料の予測誤差の標準偏差を表すRMSEV (Root Mean Square Error of Validation)、及び評価試料の標準偏差と未知試料の標準誤差の比を表すRPD法 (Ratio of the standard error of Performance to the standard Deviation) を用いて行った。なお、RPD法では、RPD値が2.3以下だと精度が低く、2.4~3.0であれば実用的な精度を持ち、3.1~4.9の場合は精度が高く問題のない推定ができ、5.0以上であれば精度が非常に高いと判断される²⁾。

3 結果及び考察

3.1 染色法による繊維組成試験

JIS P 8120に従い、全試料の繊維組成試験を行った結果を表2に示す。LBKPとNBKPだけでなく、UKPやMP、SPを含め、様々なパルプが含まれた試料であることが分かる。

表2 染色法による繊維組成試験結果

種類	各種別繊維の割合(%)					
	LBKP	NBKP	LUKP	NUKP	MP	LBSP
上質紙	89	11	0	0	0	0
PPC用紙A	100	痕跡あり	0	0	痕跡あり	0
PPC用紙B	100	痕跡あり	0	0	0	0
PPC用紙C	54	22	0	0	24	0
PPC用紙D	56	24	0	0	20	0
コーヒーフィルターA	0	100	0	痕跡あり	0	0
コーヒーフィルターB	0	0	0	100	0	0
コーヒーフィルターC	0	9	0	91	0	0
新聞原紙	47	20	0	0	33	0
更紙	33	29	0	0	38	0
段ボール原紙A	0	24	27	40	3	6
段ボール原紙B	0	痕跡あり	痕跡あり	100	0	0
クラフト紙	3	2	13	82	0	0
塗工紙A	100	痕跡あり	0	0	0	0
塗工紙B	69	31	0	0	0	0
塗工紙C	35	32	0	0	33	0
塗工紙D	49	31	0	0	20	0
センター作製試料A	79	21	0	0	0	0
センター作製試料B	64	36	0	0	0	0
センター作製試料C	37	63	0	0	0	0
センター作製試料D	23	77	0	0	0	0

3.2 定性分析

PCAにより全試料の繊維鑑別を行った。第1主成分(PC1)対第2主成分(PC2)の主成分スコアプロットを図1に示す。塗工紙とそれ以外の紙がはっきりと分離されている。このことから、NIRスペクトルのPCAにより様々な紙に対して塗工紙であるかどうかの定性分析が可能であることが分かる。NIRSの吸収ピークの帰属はできなかったが、塗工層の成分であるバインダー(SBラテックス、澱粉など)による吸収が寄与しているのではないかと考えた。今回の結果では明確な傾向は出なかったが、同じ原紙で塗工量の違うサンプルを調製したり、各種塗工紙サンプルを集めたりすることや、反射法だけでなく透過法も用いるなど、さらに検討すれば塗工量の判別ができる可能性もあると考えられる。

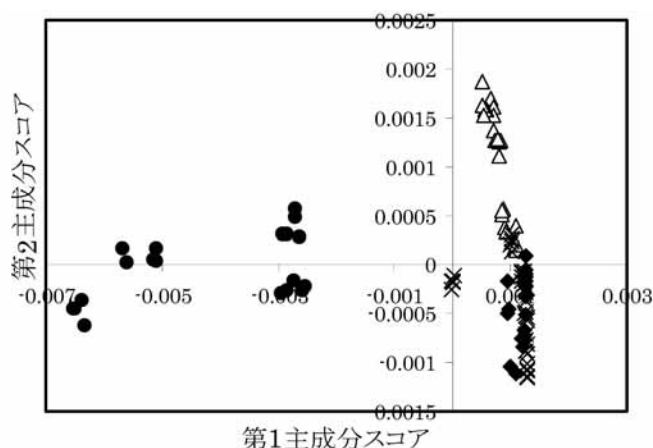


図1 NIRスペクトルのPCAから得られた全ての紙試料の主成分スコアプロット

●：塗工紙、△：MPが含まれる紙、
◆：UKPが含まれる紙、×：その他の紙。

次に、塗工紙を除いた残りの試料についてのPC1対PC2の主成分スコアプロットを図2に示す。その結果、MPを含む紙のグループ、UKPを含む紙のグループのある程度の判別ができた。しかし、それぞれ重なりがあり、十分な判別ができない。そこで、MPを含む紙の有無を判別するため、SIMCAによる分類予測を行い、MPを含む紙とそれ以外のグループに分けた。これにより、MPの有無の判別が90%の信頼区間で分類可能であることが分かった。特に家庭紙業界では、原料古紙中のMPの有無の判別ができることは重要である。さらに、SIMCAによる分類予測を行い、UKPを含む紙とそれ以外のグループに分けた。これにより、UKPの有無の判別が95%の信頼区間で分類可能であることが分かった。

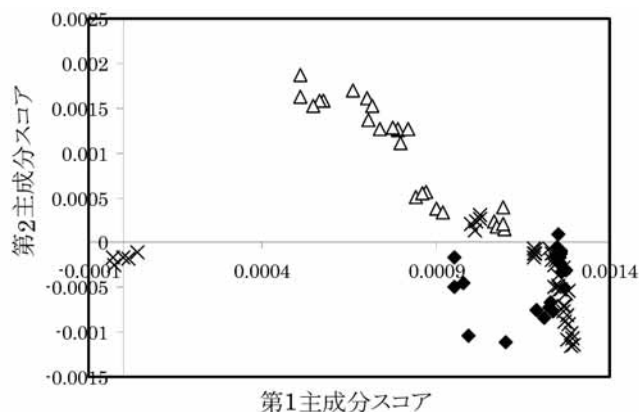


図2 NIRスペクトルのPCAから得られた塗工紙を除いた紙試料のスコアプロット

△：MPが含まれる紙、◆：UKPが含まれる紙、
×：その他の紙。

3.3 定量分析 (LBKPとNBKPの配合率)

塗工紙であるかどうか、MPの有無、UKPの有無が判別できることがわかったので、塗工紙、MPを含む紙、UKPを含む紙を除いた試料のNIRスペクトルを用いてPLSRを行った。LBKPの配合率の予測結果を図3に示す。また、PLSRにより得られたLBKPとNBKPにおける検量線のR²決定係数とRMSEV及びRPD値を表3に示す。

LBKP及びNBKPにおけるR²決定係数は0.9938と高く、RMSEVは3.404であり、求めたLBKPの検量線のRPD値

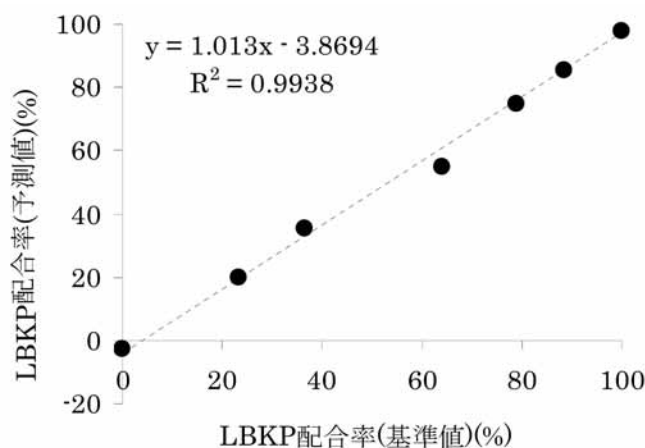


図3 LBKP配合率(基準値)に対するNIRスペクトルのPLSRから得られたLBKP配合率(予測値) (定性分析により塗工紙とMP、UKPが含まれる紙を除いた試料に対して分析を行った。)

表3 PLSRにより得られたLBKPとNBKPにおける検量線のR²決定係数とRMSEV及びRPD値

	R ² 決定係数	RMSEV	RPD
LBKP	0.9938	3.40	12.39
NBKP			5.19

は12.39、NBKPの検量線のRPD値は5.19であり、NIRSによって非常に高い精度でLBKPとNBKPの配合率を予測可能であることが分かった。

3.4 全試料による定量分析 (全てのパルプの配合率)

定性分析でLBKPとNBKP以外のパルプの入った紙を判別することにより、高い推定精度でLBKPとNBKPの配合率が予測可能であることが分かったが、様々なパルプを含んだ紙が混在する状況であっても定量分析を行える方がより望ましい。

そこで、塗工紙も含めた全試料のNIRスペクトル測定結果を用いて、PLSRを行い、配合率の予測を試みた。

その結果の一例として、LBKPの配合率の予測結果を図4に示す。また、PLSRにより得られた各パルプにおける検量線のR²決定係数とRMSEV及びRPD値を表4に示す。

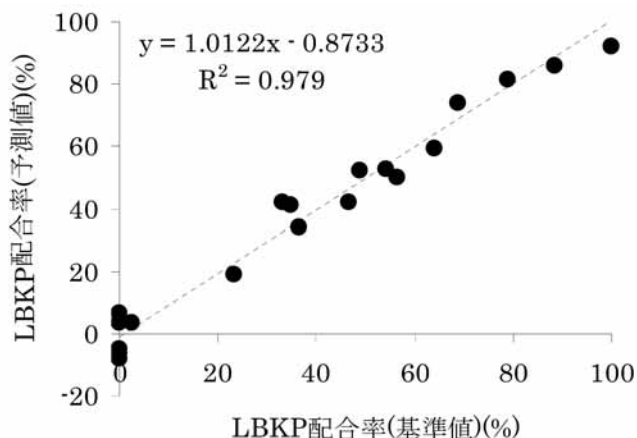


図4 LBKP配合率(基準値)に対するNIRスペクトルのPLSRから得られたLBKP配合率(予測値) (全試料に対して分析を行った。)

表4 全試料を用いたPLSRにより得られた各パルプにおける検量線のR²決定係数とRMSEV及びRPD値

	R ² 決定係数	RMSEV	RPD
LBKP	0.9790	5.84	6.72
NBKP	0.9024	9.91	2.80
LUKP	0.6941	4.48	1.85
NUKP	0.9605	10.30	5.26
MP	0.9507	5.06	4.16
LBSP	0.8657	0.87	2.78

R²決定係数はLUKPとLBSP以外は0.90以上と高く、RMSEVは0.87～10.30と幅があるものの、検量線のRPD値はLBKPで6.72、NBKPで2.80、LUKPで1.85、NUKPで5.26、LBSPで2.78、MPで2.80であり、LUKP

以外は実用レベルで十分な推定精度を持ち、NIRSによって各パルプの配合率を推定できることが分かった。なお、LUKPとLBSPは配合されている試料が少なく予測に十分な検体数を確保できなかったため、精度が落ちていると考えている。

このように、NIRスペクトル測定の阻害要因となりうると思われる製紙薬品や填料、古紙パルプやUKP、顔料を含んだ様々な市販紙を試料として用いても、それぞれを分別することなく、NIRSによるパルプ配合率の予測が可能であった。

また、NIRSによる定性・定量分析は従来から行われている染色法と比較して、測定時間を大幅に短縮でき、経験を積まなくても簡便に測定ができる。今後、最適化による精度向上と、検体数増加による信頼性向上も期待できることから、NIRSによる新たな繊維組成試験の適用可能性を示すことができた。

4 まとめ

本研究では、近赤外分光法を用いた機器による繊維鑑別法が市販の紙など実際に流通する紙に適用可能かを検証した。

- (1) NIRSによる繊維鑑別は市販紙に対して適用可能であった。
- (2) 様々なパルプが含まれる新聞原紙や、古紙が含まれる紙、塗工紙であっても適用でき、製紙薬品や填料、塗工層、リサイクルの影響を受けずに、繊維鑑別が可能であることが分かった。
- (3) 塗工紙やMP、UKPが含まれる紙が存在する場合は、まずそれらは定性分析で判別することにより除外し、続いて、残った紙のパルプ配合率を定量分析することで、非常に高い精度でLBKPとNBKPの配合率が予測できた。
- (4) 様々なパルプが混在する状況で定性分析をかけずに直接定量分析を行った場合でも、実用的な精度でパルプ配合率を定量可能であり、繊維鑑別が可能であることが分かった。
- (5) これらの結果から、今回検討したNIRSが新たな繊維鑑別試験法として適用できる可能性があることを示すことができた。

謝辞

本研究を進めるにあたり、近赤外分光分析及び多変量解析に関して御指導いただきました国立大学法人名古屋大学大学院生命農学研究科土川覚教授、稲垣哲

也助教に深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 河部千香 他：紙に含まれる木材パルプの複合的評価手法の開発（第1報）．静岡県工業技術研究所研究報告，第7号，65-71（2015）.
- 2) Williams P.C. : Implementation of near-infrared technology, In “Near-Infrared Technology in the Agricultural and Food Industries”, 2nd ed. (American Association of Cereal Chemist Press), eds. Williams P.C. et al., pp.145-169 (2001).

無拘束見守りセンサシステムの開発 (第1報)

— 呼吸・脈拍計測センサシートの開発 —

機械電子科	岡田慶雄*	白井 圭**	中山 洋
研究調整監	三浦 清		
株式会社メディカルプロジェクト	小林信明	一言貴則	
株式会社富士セラミックス	福島利博	水口隼也	

Development of an Unrestrained Monitoring System (1st Report)

— Development of the Sensor Sheet for Measuring Respiration rate and Pulse rate —

Yoshio OKADA, Hiroshi NAKAYAMA, Kei SHIRAI, Kiyoshi MIURA, Nobuaki KOBAYASHI,
Takanori HITOKOTO, Toshihiro FUKUSHIMA and Junya MIZUGUCHI

We developed a sheet type sensor unit for measure subject's body movements associated with respirations and pulse waves on the bed without restraint in need of care. This sensor unit was composed an Ultrasensitive Air Pressure Sensor FKS-111(Fuji Ceramics Co.), soft plastic fixed air bag. This is used to set under the mattress. The body movement data associated with respirations and pulse waves are amped, filtered and converted to digital data by AD converter. These data are filtered, processed waveform and calculated respiration rates and pulse rates. This paper is described the development of sensor unit and analysis result of measured body movement associated with a respiration and pulse wave using this sensor on the bed at special elderly nursing home.

Keywords : respiration, pulse, unrestraint, monitoring.

キーワード：呼吸数、脈拍数、無拘束、見守り。

1 はじめに

2025年には団塊の世代約700万人が75歳以上の後期高齢者となる。また、そのときの65歳以上の高齢者人口は3,700万人と見込まれ¹⁾、日本はこれまでに経験のない超高齢化社会を迎えることになる。このような中、病気や老衰によって要介護となり、施設や自宅において介助者の助けを必要とする人が増加している。介護現場においては、こうした要介護者のQOL（生活の質）を向上させ、ゆとりのある生活を送れるよう取り組んでいる。しかし、介助者の慢性的な不足から、要介護者に常時付き添って健康状態や異変等を観察・チェックすることは難しい状況である。それゆえ、現場においては、要介護者および介助者の相互の負担軽減のため、身体拘束やカメラによる常時監視ではなく、行動や状態の異変を察知した際に介助者に報知する安価で簡易な「見守り」システムが望まれている。そこで我々は、利用者の健康状態の異変を察知するために、利

用者に負荷をかけない、拘束しない（Unrestraint）、意識させない（Non-sight）で「見守り」を行うセンサシステムを開発した。ここでは、健康状態の異変の「見守り」について呼吸数と脈拍数に着目し、これらの計測のためのセンサの開発と信号処理手法を検討し、特別養護老人ホームの協力の下、要介護者を被験者とした実証実験による検証を行った結果について報告する。

2 方法

2.1 呼吸および脈波計測用センサシートの概要

ベッドに寝ている人の呼吸・心拍を、利用者に負荷をかけない、拘束しない、意識させない状況で計測するために、センサの有無を意識させない薄いシート状で、利用者に接触させないようにマットレスの下に設置して、これらの微少な動きを圧力変化として計測するセンサを開発した。センサ構造はソフト樹脂素材の密閉

*) 現 技術支援担当 **) 現 製紙科

【報告】

型エアバッグとし（写真1）、呼吸・心拍によって生じるエアバッグ内部の微小な圧力変化を高感度で計測するための超高感度空圧センサ Model FKS-111（㈱富士セラミック製）を設置した。センサ出力信号はオペアンプで増幅・周波数フィルタリングした後、デジタル信号処理して呼吸数及び脈拍数を算出した。



写真1 呼吸・脈拍に起因する身体の動きを計測するためのセンサシート

2.2 信号処理手法

センサ出力信号はA/Dコンバータを用いて100 Hzでサンプリングし、呼吸・脈拍・その他の体動を周波数領域でフィルタリング分離・成形した後、それぞれ得られた波形から1分毎の拍数を算出した（図1）。

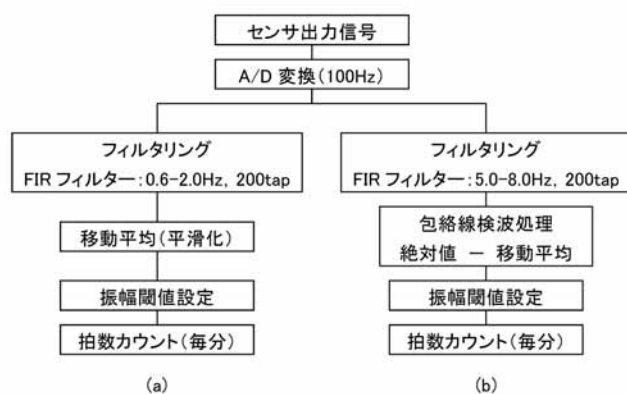


図1 センサ信号処理手法
(a)呼吸信号処理、(b)脈拍信号処理

(1) 呼吸波形処理

対象となる高齢者の正常呼吸数範囲は12～25拍/分²⁾であるため、カットオフ周波数0.1Hz および0.6Hzのバンドパスフィルタ（FIRフィルタ、タップ数：200）を用いてセンサ出力信号から呼吸信号を分離した。その後、移動平均にて平滑化し、閾値処理にて1分毎の呼吸数を算出した。

(2) 脈波波形処理

対象となる高齢者の正常脈拍数範囲は50～100拍/分³⁾であるが、この帯域は呼吸波形成分の高調波が重

畳し影響を非常に受けやすいため、脈波由来の大きいパワーを持つ高調波成分を用いた。すなわち、カットオフ周波数5.0Hzおよび8.0Hzのバンドパスフィルタ（FIRフィルタ、タップ数200）で抽出した後、絶対値化・移動平均で包絡線を求め、閾値処理にて1分毎の脈拍数を算出した。

2.3 実証実験

開発したセンサシートと信号処理手法の妥当性を検証するために、介護施設に入居する要介護者を対象とした被験者実験を行った。本実験は特別養護老人ホームみぎわ園の協力により行われた。

被験者の使用しているベッドのマットレスの下にセンサシートを設置し、A/Dコンバータ AIO-160802AY-USB（㈱コンテック製）を用いてセンサ信号をベッドの下に設置したWindowsパソコンに取り込み、3日間計測・解析した。センサシートの位置は予備実験で検討し、呼吸と脈拍の両方を最も検出しやすい胸部とした（写真2）。また最終日にパルスオキシメータ LUKLA 2800m（ユビックス㈱製）を用いて約10分間の指尖脈波の脈拍数の同時計測を行い、比較検証の際のリファレンスデータとした。なお、本実証実験は静岡県工業技術研究所研究倫理委員会の許可（工技企第163号-5）を得ており、実験前に特別養護老人ホームみぎわ園の看護師から被験者もしくは被験者の家族に対して、書面および口頭にてインフォームド・コンセントを含む所定の手続きを行い、実験計画に沿って行われた。



写真2 特別養護老人ホームでの検証実験状況
被験者のマットレス下、胸部付近にセンサシートを設置（図中■部）

3 結果および考察

要介護者を対象として、3日間連続して在床中の被験者の呼吸数と脈拍数を計測・解析した結果を示す(図1)。このことから、ベッド上の利用者の呼吸数と脈拍数を無拘束で安定して測定・解析できることが分かる(但し離床時を除く)。また、リファレンスデータとしてパルスオキシメータを用いて同時測定した指尖脈波の脈拍数と比較してもほぼ一致した結果が得られた(図2)。呼吸数の実計測については、呼吸計測センサの取り付けが必要となり、被験者への負担が生じることから、本検証実験では行わなかったが、予備実験の結果(未掲載)では、腹部に巻いた呼吸バンドの信号をリファレンスデータとして解析した結果とおおよそ一致したことから、センサシートおよびこれを用いた呼吸数・脈拍数の計測・解析の信号処理結果の妥当性が示された。

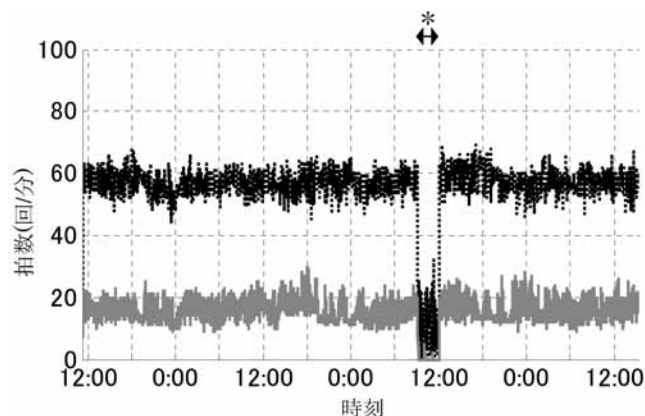


図2 呼吸数および脈拍数の計測・解析結果(3日間の呼吸数・脈拍数の推移)
但し、図中*区間のみ被験者離床
----- 脈拍数、—— 呼吸数

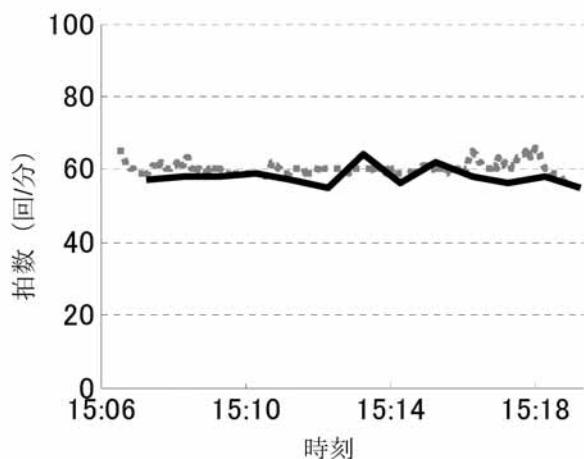


図3 脈拍数の解析結果とリファレンスとの比較
----- リファレンス(指尖脈波)
—— センサでの計測・解析結果

4 まとめ

マットレスの下に設置したセンサシートについて、被験者が介護士もしくは看護師を通じて違和感を訴えたことは無く、負荷をかけない、拘束しない、意識させないで、おおよその呼吸数・脈拍数を用いた健康状態の異変の「見守り」を行うことが可能である。

謝辞

本研究開発において、実証実験にご協力いただいた特別養護老人ホームみぎわ園の利用者様、関係者の皆様に深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 武藤正樹：2025年へのロードマップ，第2版(医学通信社，東京)，pp.2-11(2014)。
- 2) 長利公児 他：呼吸，「みるみる身につくバイタルサイン」，初版(照林社)，聖マリアンナ医科大学病院看護部 編集，pp.2-34(2014)
- 3) 村瀬由佳 他：脈拍，「みるみる身につくバイタルサイン」，初版(照林社)，聖マリアンナ医科大学病院看護部 編集，pp.35-55(2014)

無拘束見守りセンサシステムの開発（第2報）

— マットレス下離床センサの開発 —

機械電子科	白井 圭*	中山 洋	岡田慶雄**
研究調整監	三浦 清		
株式会社メディカルプロジェクト	小林信明	一言貴則	
株式会社富士セラミックス	福島利博	水口隼也	

Development of an Unrestrained Monitoring System (2nd Report)

— Development of bed-leaving sensor installable under bed mattress —

Kei SHIRAI, Hiroshi NAKAYAMA, Yoshio OKADA, Kiyoshi MIURA, Nobuaki KOBAYASHI,
Takanori HITOKOTO, Toshihiro FUKUSHIMA and Junya MIZUGUCHI

The population aging rate of Shizuoka prefecture is 26.8%. In the future, the caring environment will grow worse and worse by rising this population aging rate. In this kind of situation, Japanese government pro-pounded the integrated community care system. But the care system for monitoring the elderly isn't established. We developed monitoring sensor system for the elderly. This paper report our developed bed-leaving sensor.

Many of existing bed-leaving sensors are used for falling and wondering prevention. But some of the elderly in need of care notice and avoid these sensor. They don't easily notice our reporting bed-leaving sensor by installing this sensor under bed mattress. This sensor consists of a tape switch, resin plates and support materials. This sensor has high sensitivity and durability by using hard materials and soft one as support materials.

We conducted field demonstration test with this sensor at nursing home for the elderly. And we confirmed this sensor is available to thin elderly person and dementia one. This sensor was commercialized by a collaborative research company.

Keywords : Monitoring system, elderly people in need of care, bed-leave.

キーワード：見守りシステム、要介護者、離床。

1 はじめに

日本は世界一の少子高齢化社会であり、静岡県の高齢化率も26.8%（H27.4現在）と高い水準である¹⁾。また、要介護・要支援認定者数は約16.3万人（H27.9現在）である²⁾。今後もさらに総人口に占める高齢者や重度の要介護者の割合が増加し、介護現場では人手不足がさらに深刻化することにより、要介護者の安心・安全に係わる懸念や介護者の精神的・身体的負担の増大が予測される。このような状況の中、国は介護保険法を改正し、重度の要介護状態になっても住み慣れた地域で自分らしい暮らしを人生の最後まで続けられるよう、住まい・医療・介護・生活支援が一体的に受けられる地域包括ケアシステムを提唱した。この中

で要介護者への見守りの必要性がうたわれているが、ケア体制が確立していないのが現状である。そこで、本研究では、在宅介護現場のニーズを基に、無拘束かつ要介護者に意識させることなく、ベッド上での要介護者の状態（呼吸や脈拍による動き、離床/在床等）が検知できる見守りセンサシステムを開発することにした。本報告では、要介護者の離床を検知する新規離床センサの開発について報告する。

2 方法

2.1 介護現場での福祉機器のニーズ調査

介護現場での福祉機器に対するニーズや既存機器の問題点等について、特別養護老人ホーム等の介護

*) 現 製紙科 **) 現 技術支援担当

施設の介護関係者に聞き取り調査を行った。

2.2 離床センサの構造の検討

マットレスの下で利用できる離床センサの構造として、テープ接触センサ、樹脂板および支持材を用いて試作を行った。離床センサの高感度化を図るため、支持材の材質を検討することにした。そこで、支持材の材質を変えた3種類の離床センサを試作し、それぞれの試作センサに対し、検知圧力を測定した。検知圧力の測定には半径8cmの木片を圧子（面積S）として使用したデジタルフォースゲージDS2-200N（㈱イマダ社製）を用いた。図1のようにフォースゲージを離床センサの中央部に押し当て、離床センサの検知した際のフォースゲージの力F（N）を測定した。この測定結果を基に離床センサの検知圧力P（Pa）を算出した。検知圧力を算出した計算式は以下の通りである。

$$P = F/S$$

P：検知圧力(Pa)

F：検知時のフォースゲージの力(N)

S：圧子の面積(m²)

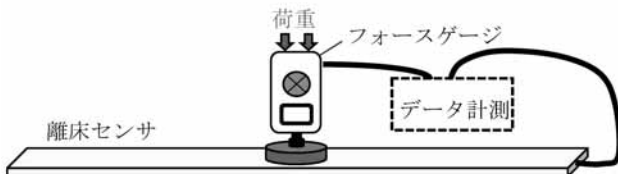


図1 離床センサの検知圧力の測定方法

2.3 介護施設での実証試験

開発した離床センサを用いて、特別養護老人ホームみぎわ園にて実証試験を実施した。本試験では写真1に示す離床センサとコントロール装置を使用した。コントロール装置はナースコールに接続することで、被験者が離床した際にナースコールで介護職員へ報知する設定とした。また、被験者のプライバシー等の関係からカメラによる動画撮影が難しかったため、介護職員の方に誤検知の有無等を図2に示す用紙に記入していただき、離床センサの評価を行った。なお、本試験は無拘束見守りセンサシステムの開発（第3報）と合わせて静岡県工業技術研究所研究倫理審査委員会の承認（承認番号：工技企第163号-5）を得て、被験者のご家族の承諾のもと試験を実施した。

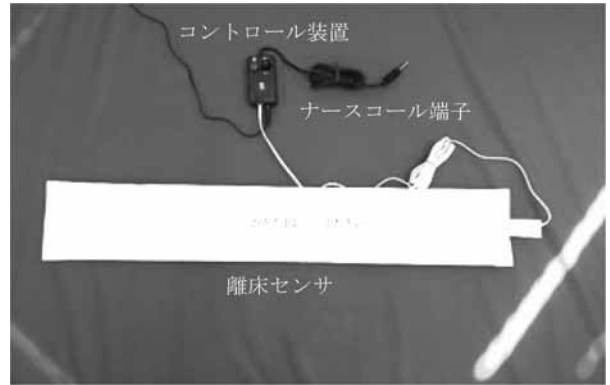


写真1 実証試験で用いた開発した離床センサ（1本使用時）

被験者のマットレスの下に離床センサを設置し、ナースコール端子を接続することで被験者の離床時にナースコールが報知するように設定。

離床センサ実証試験
-ナースコール時の状態について-

試験期間：平成27年 月 日 [] ~

	日付	時間	コールの有無	離床[在床]時の状態について	誤検知の有無
例	4/23	13:00	<input checked="" type="checkbox"/> あり <input type="checkbox"/> なし	離け付け時： <input checked="" type="checkbox"/> 離床 <input type="checkbox"/> 在床 状態： ベッドから起き上がり徘徊	<input type="checkbox"/> あり <input checked="" type="checkbox"/> なし
例	4/23	14:00	<input checked="" type="checkbox"/> あり <input type="checkbox"/> なし	離け付け時： <input type="checkbox"/> 離床 <input checked="" type="checkbox"/> 在床 状態： ベッド上で寝ていた	<input checked="" type="checkbox"/> あり <input type="checkbox"/> なし
①	/		<input type="checkbox"/> あり <input type="checkbox"/> なし	離け付け時： <input type="checkbox"/> 離床 <input type="checkbox"/> 在床 状態：	<input type="checkbox"/> あり <input type="checkbox"/> なし
②	/		<input type="checkbox"/> あり <input type="checkbox"/> なし	離け付け時： <input type="checkbox"/> 離床 <input type="checkbox"/> 在床 状態：	<input type="checkbox"/> あり <input type="checkbox"/> なし
③	/		<input type="checkbox"/> あり <input type="checkbox"/> なし	離け付け時： <input type="checkbox"/> 離床 <input type="checkbox"/> 在床 状態：	<input type="checkbox"/> あり <input type="checkbox"/> なし

図2 介護施設での実証試験結果の記入用紙（介護職員記入用）

3 結果と考察

3.1 介護現場での福祉機器のニーズ調査結果

介護関係者43名に対し、聞き取り調査を行った結果、①要介護者に気付かれにくいセンサが欲しい、②設置や取り扱いが容易なセンサが欲しい、③価格の安いセンサが欲しいとの意見を頂いた。特に、既存の離床センサでは要介護者がセンサに気付いて、避けてしまうことが問題となっているとのことだった。

以上の調査から介護現場では、価格が安く、設置が簡単で要介護者に気付かれにくい福祉機器への要望が高いことが分かった。そこで、マットレスの下に設置することで、要介護者に気付かれにくく、設置も簡単な離床センサを開発することにした。

3.2 離床センサの構造の検討結果

テープ接触センサ、樹脂板および支持材を用いて、図3に示すような離床センサを試作した。

【報告】



図3 検討した離床センサ構造

■：テープ接触センサ、▨：樹脂板、▧：支持材

離床センサの支持材の材質について、試作1では硬質素材のみ、試作2では軟質素材のみ、試作3では硬質および軟質素材を組み合わせたものを用い、3つの試作の検知圧力をそれぞれ調査した。その結果を表1に示す。試作1では検知圧力が483kPaと感度が低いことが分かった。試作2では検知圧力が222kPaと高感度であった。しかし、軟質素材に連続的に荷重を掛けると復元力がなくなり、へたりやすく、耐久性に難点があることが分かった。試作3では検知圧力が211kPaと高感度であり、また、硬質素材を用いたことから、耐久性も期待できる離床センサとなった。以上の結果から開発する離床センサの支持材には硬質素材と軟質素材の2種類の硬さと異なる素材を使用することにした。

また、支持材の厚みや樹脂板の素材・厚みについても同様の方法で調査した結果、最終的に検知圧力を128kPaまで高感度化することに成功し、マットレスの下に設置しても高感度に検知可能な離床センサを開発した。

3.3 介護施設での実証試験結果

3.2で開発した離床センサを用い、特別養護老人ホームみぎわ園での実証試験を実施した。被験者は認知

症等で徘徊や転倒の危険性のある被験者Aおよび被験者Bである。

(1)被験者A

まず、離床センサを1本使用して実証試験を行った（写真2）。その結果、記入用紙から誤検知が2回発生し、誤検知の際の状態として、①報知がなかったが離床していた、②ベッド上で動いていたということ分かった（表2）。この誤検知について聞き取り調査を行った結果、①の誤検知は職員の誤操作、②は認知症である被験者Aがベッド上で動くことによりセンサの上にならないことが原因であることが分かった。そこで、①については、介護職員への操作の周知を行い、②については、検知範囲拡大のため、離床センサを2本使用することにした。



写真2 被験者Aでの実証試験状況

特別養護老人ホームみぎわ園において、マットレスの下に離床センサを設置して離床センサの評価を行った。

表1 各試作の検知圧力および問題点

	試作1	試作2	試作3
支持材の材質	硬質素材	軟質素材	硬質および軟質素材 (2種類使用)
検知圧力 (kPa)	483	222	211
問題点	感度が低い	耐久性が低い	—

表2 介護施設での実証試験結果

被験者	試験期間	使用本数	検知		誤検知	
			回数	駆け付け時の状態	回数	駆け付け時の状態
A	1週間	1本	6回	離床しようとしていた 端座していた 等	2回	離床時に報知なし ベッド上で動いていた
	2週間	2本	16回	離床しようとしていた 端座していた 等	0回	—
B	3週間	2本	28回	布団の横に座っていた 布団から出ている 等	0回	—

そこで、同じ被験者に対し、離床センサを2本使用して実証試験を行った。その結果、表2に示すように、誤検知を無くすことができた。以上の結果から認知症等の動きの多い要介護者には離床センサを2本使用することが有効であることが分かった。

(2)被験者B

今回、開発した離床センサはベッド上の荷重により、人の有無を検知するセンサであることから、体重の軽い被験者では検知しない可能性が考えられた。そこで、体重が35kgと非常に軽い被験者Bで実証試験を行うことにした。

被験者Bも認知症で動きの多い方であるため、離床センサを2本使用して実証試験を行った（写真3）。その結果、表2に示すように、誤検知なく離床判別検知できることが分かった。以上の結果から体重の非常に軽い人でも誤検知無く利用可能であることが分かった。



写真3 被験者Bでの実証試験状況

特別養護老人ホームみぎわ園において、マットレスの下に離床センサを設置して離床センサの評価を行った。転落予防のため、ベッド不使用。

以上、介護施設での実証試験から開発した離床センサは要介護者でも誤検知無く、利用可能であることが確認された。そこで、共同研究企業である(株)メディカルプロジェクトより開発した離床センサを「マットレス下離床センサー」として製品化した（写真4）。



写真4 製品化したマットレス下離床センサーのカタログ

4 まとめ

- (1) 介護現場でのニーズ調査から、安価で、設置が容易で要介護者に気付かれにくい離床センサへ高い要望があることが分かった。
- (2) 開発した離床センサはテープ接触センサ、樹脂板および硬さと異なる2種類の支持材を用いることで、マットレスの下でも高感度に離床/在床検知できる離床センサを開発した。
- (3) 介護施設での実証試験により、体重の非常に軽い要介護者でも利用可能であり、また、認知症等で動きの多い要介護者では、離床センサを2本使用することで、誤検知無く離床検知可能であることが分かった。
- (4) 開発した離床センサは共同研究企業である(株)メディカルプロジェクトより製品化した。

謝辞

本研究開発において、実証試験にご協力いただいた特別養護老人ホームみぎわ園の利用者様および関係者の皆様、またニーズ調査にご協力いただいた介護施設等の関係者の皆様に深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 静岡県：平成27年度高齢者福祉行政の基礎調査結果. (2015.6.2公表)
- 2) 厚生労働省：介護保険事業状況報告（暫定）平成27年9月分. (2015.12.22公表)

無拘束見守りセンサシステムの開発（第3報）

— 要介護者の状態を見守るシステムの開発 —

機械電子科	中山 洋	岡田慶雄*	白井 圭**
研究調整監	三浦 清		
株式会社メディカルプロジェクト	小林信明	一言貴則	
株式会社富士セラミックス	福島利博	水口隼也	

Development of an Unrestrained Monitoring System (3rd Report)

— Development of a new system for monitoring elderly people in need of care —

Hiroshi NAKAYAMA, Yoshio OKADA, Kei SHIRAI, Kiyoshi MIURA,
Nobuaki KOBAYASHI, Takanori HITOKOTO, Toshihiro FUKUSHIMA and Junya MIZUGUCHI

This paper proposes an unrestrained monitoring system for detecting vital signs and behaviors of elderly people in need of care. Monitoring system was developed using the air cell sensor-sheet and the bed-leaving sensor placed under mattress. The system was able to detect respiration and pulse and staying/leaving on bed without physical restraint. The monitoring system was used in elderly housing with supportive services. It was shown that the monitoring system was able to detect respiration and pulse and staying/leaving on bed of elderly people requiring care. Therefore, helper was able to grasp condition of people requiring care without physical restraint.

Keywords : monitoring system, elderly people in need of care, respiration, pulse.

キーワード：見守りシステム、要介護者、呼吸、脈拍、離床、在床。

1 はじめに

日本は世界一の超高齢社会であり、静岡県の高齢化率も26.8%（H27.4現在）と高い水準である¹⁾。また、要介護・要支援認定者数は約16.3万人（H27.9現在）である²⁾。今後もさらに総人口に占める高齢者や重度の要介護者の割合が急速に増加することは避けて通れない現実であり、介護現場では人手不足がさらに深刻化し、要介護者の安心・安全性に係わる懸念、介護者の精神的・肉体的負担が増大する。このような状況の中、国は介護保険法を改正して、2025年を目途に、重度な要介護状態になっても住み慣れた地域で自分らしい暮らしを人生の最後まで続けられるよう、住まい・介護・医療・生活支援が一体的に受けられる地域包括ケアシステムの構築を打ち出した。この重要な視点のひとつに「見守り」等の機能が含まれているが、要介護者のケア体制づくりができていないのが現状である。

そこで本研究では、無拘束かつ意識させることなく、ベッド上での要介護者の状態を判別検知できる見守りシステムの開発を行い、実証試験を行ったので報告する。

2 方法

2.1 見守りシステムの試作

開発した呼吸・脈拍センサシート³⁾と離床センサ⁴⁾を用いて、小型コントロール装置及びホストコンピュータ装置等から成る新たな見守りシステムを試作した。

2.2 介護現場における実証試験

試作した見守りシステムを用いて、サービス付き高齢者向け住宅「ゆかりの郷」にて、要介護者による実証試験を行った。2名の被験者について述べる。被験者Aは要介護度2で、ポリエステル系マットレス（プレグラーマットレス、パラマウントベッド(株)製）を使用している入居者である。被験者Bは要介護度5の終末介

*) 現 技術支援担当 **) 現 製紙科

【報告】

護（ターミナルケア）の方で、体圧分散性の高いエアーマットレス（エアマスタービッグセルインフィニティ、㈱ケーブ製）を使用している入居者である。なお、研究計画・手順については静岡県工業技術研究所研究倫理審査委員会の承認を得た（承認番号：工技企第163号-5）。被験者及び代諾者にはインフォームド・コンセントを行い、同意を得て実施した。

3 結果および考察

マットレス下に設置できる呼吸・脈拍センサシートと離床センサを用いて、ベッドサイドに設置できる小型コントロール装置及び離れた場所でも一括表示・管理できるホストコンピュータ装置から成る新たな見守りシステムを試作した（図1）。呼吸・脈拍センサシートと離床センサから得られる出力信号を基にして、小型コントロール装置にて、フィルタリングや移動平均等の波形処理や判別処理により制御・表示・報知が可能となった。またコントロール装置から無線LANにより送信されたデータをホストコンピュータ装置にて、フィルタリングや移動平均等の波形処理や判別処理することにより、離れた場所でも一括表示・管理することが可能となった。これらにより、無拘束かつ意識させることなく、呼吸数（回/分）と脈拍数（回/分）の計測、呼吸波形と脈拍波形の表示、呼吸数と脈拍数の範囲設定及び時間

設定、離床/在床/連続離床/連続在床等の状態検知、活動量、体動検知、状態の異変時等の報知（ナースコール、電話、無線LAN等）、各種データ記録やレポート機能等を有する見守りシステムを実現することができた。そして、要介護者の呼吸や脈拍等の体調変化の早期発見や離床や長時間の離床異変（トイレ時の異変、徘徊など）や長時間の在床異変（トイレに行っていないなど）や睡眠の状態等を確認できるようになり、常に傍についていなくても状態に応じた見守りが可能となる。

試作した見守りシステムを用いて、サービス付き高齢者向け住宅にて実証試験を行った。被験者Aの要介護者の部屋のマットレスの下に呼吸・脈拍センサシート1枚（胸部）と離床センサ2枚（腹部と臀部）を設置し、ベッドサイドにコントロール装置を設置した。また約15m離れた介護ステーションに無線通信可能なホストコンピュータ装置を設置した。被験者Aの利用状況を図2に示す。介護ステーションに設置したホストコンピュータ装置上にて、概略画面では呼吸の回数（回/分）や脈拍の回数（回/分）、離床/在床状態が一目で分かり、詳細画面では呼吸や脈拍の波形や回数（回/分）、また離床/在床状態等の時系列データが表示できることが確認された。図3に概略画面と詳細画面の表示例を示す。また見守りシステムによって



図1 見守りシステム

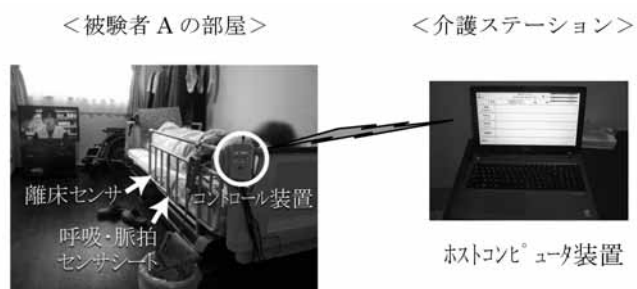
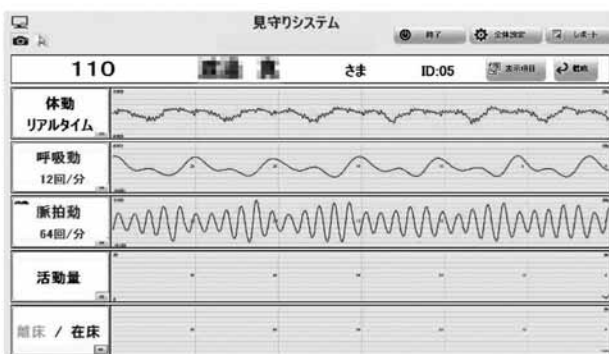


図2 被験者Aの見守りシステム利用状況



<概略画面>



<詳細画面>

図3 ホストコンピュータ装置の表示画面例

【報告】

得られた某日夜から早朝にかけての被験者Aの呼吸数、脈拍数及び離床／在床状態の時系列変動データを図4に示す。離床／在床の時系列データから、2時3分～7分、4時9分～13分に離床してトイレ等に行っていることが分かった。また呼吸数や脈拍数の時系列データから呼吸数や脈拍数の状態を把握できることが分かった。呼吸数の時系列データから5時9分に呼吸数の低下が見られたことから、その時のセンサ波形を図5に示す。センサ波形から、約40秒間無呼吸状態であったことが判明した。これらのことから、被験者Aの生活リズムや呼吸や脈拍の状態を把握できることが分かった。

次に被験者Bの要介護者の部屋のマットレスの下に呼吸・脈拍センサシート1枚（胸部）を設置し、ベッドサイドにコントロール装置を、約20m離れた介護ステーションにホストコンピュータ装置を設置した。被験者Bの利用状況を図6に示す。被験者Aの使用時と同様に、介護ステーションに設置したホストコンピュータ装置上にて、要介護者の呼吸や脈拍の波形や回数（回

／分）を把握できることが分かった。また某日の夜に得られた被験者Bの呼吸数と脈拍数の時系列変動データを図7に示す。呼吸数と脈拍数ともに21時から22時6分までは安定した値を示していたが、22時6分以降、呼吸数の低下が見られた。この時のセンサ波形を図8に示す。センサ波形から、22時6分以降、呼吸数が低下していき、無呼吸状態になり、そして努力呼吸と思われる状態に至り、呼吸や脈拍が無くなっていく状態が分かった。介護者も被験者Bの状態の異変に早く気付くことができた。このように体圧分散性の高いエアーマットレスを使用した場合でも、要介護者の呼吸や脈拍の状態を把握できることが分かった。

これらのことや呼吸・脈拍センサシートと離床センサの報告³⁻⁴⁾から、無拘束かつ意識させることなく、要介護者の呼吸数、脈拍数、離床、在床等の状態を、離れた介護ステーション等で確認でき、要介護者の状態や体調変化の早期発見や生活リズム等を把握できることが分かった。

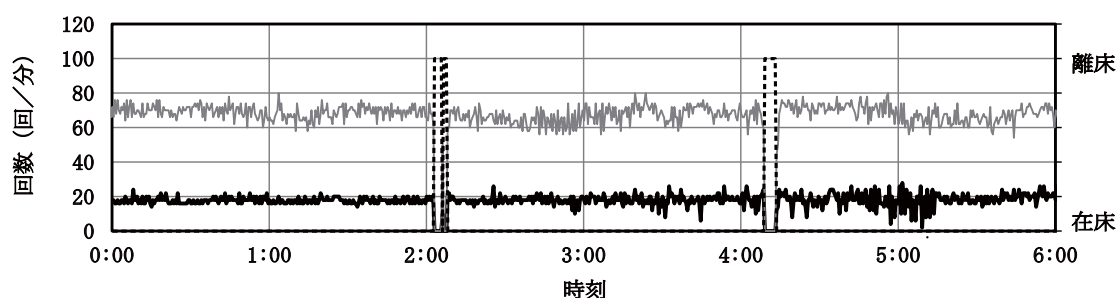


図4 被験者Aの呼吸数、脈拍数及び離床／在床状態の時系列変動データ
—— 呼吸数 —— 脈拍数 - - - - 離床／在床

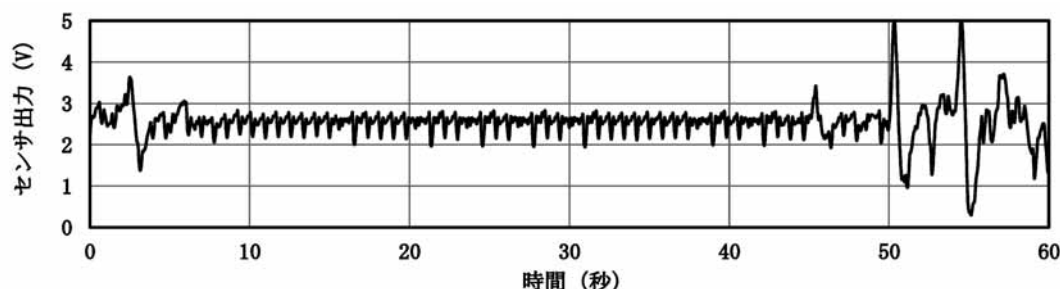


図5 被験者Aのセンサ波形 (5:08:30～5:09:30)

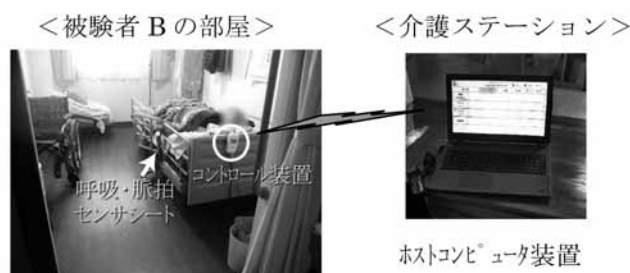


図6 被験者Bの見守りシステム利用状況

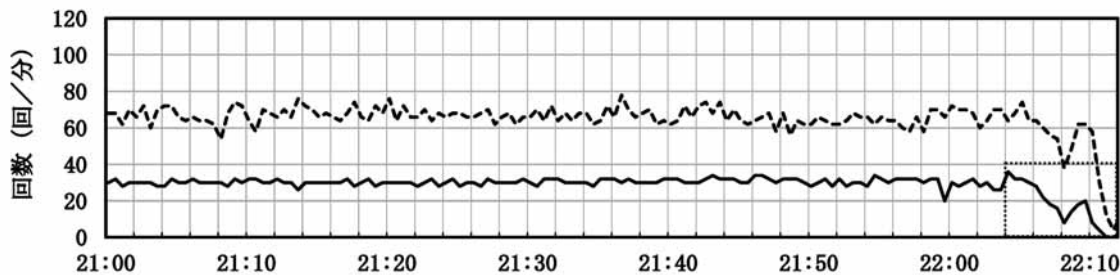


図7 被験者Bの呼吸数と脈拍数の時系列変動データ
 — 呼吸数 - - - - 脈拍数

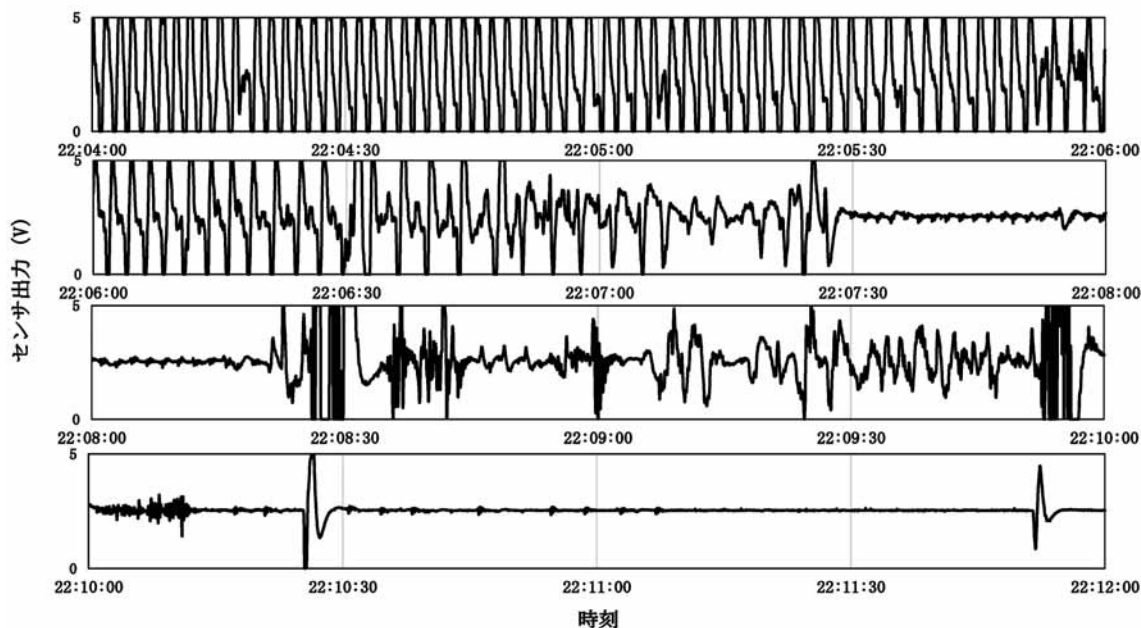


図8 被験者Bのセンサ波形 (22:04~22:12)

4 まとめ

マットレス下に設置できる呼吸・脈拍センサシートと離床センサを用いて、ベッドサイドに設置できる小型コントロール装置及び離れた場所でも一括表示・管理できるホストコンピュータ装置から成る新たな見守りシステムを開発した。開発した見守りシステムは、介護現場の実証試験の結果から、無拘束かつ意識させることなく、要介護者の呼吸や脈拍等の体調変化の早期発見や離床／在床状態等が把握できるようになり、常に介護者が傍についていなくても状態に応じた見守りが可能であることが分かった。また、体圧分散性の高いエアーマットレスを使用している場合でも、見守りシステムを利用できることが分かった。

これらのことから、開発した見守りシステムにより、要介護者の生活リズムや状態変動を把握することができるため、要介護者の状態把握業務が効率化され、介護者の精神的・肉体的負担を大幅に軽減できるとともに、要介護者の安心・安全に貢献できる。

謝辞

本研究において、実証試験に御協力いただいたサービス付き高齢者向け住宅「ゆかりの郷」の利用者様及び関係者の皆様に深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 静岡県：平成27年度高齢者福祉行政の基礎調査結果。(2015.6.2公表)
- 2) 厚生労働省：介護保険事業状況報告(暫定)平成27年9月分。(2015.12.22公表)
- 3) 岡田慶雄 他：無拘束見守りセンサシステムの開発。静岡県工業技術研究所研究報告，第9号，64-66 (2017)。
- 4) 白井圭 他：無拘束見守りセンサシステムの開発。静岡県工業技術研究所研究報告，第9号，67-70 (2017)。

新聞古紙をトイレトペーパーの原料とするための技術開発（第1報）

製紙科 齊藤和明 山口智久 齊藤将人 深沢博之 木野浩成

Study on the use of recovered newspapers into toilet paper (1st Report)

Kazuaki SAITOH, Tomohisa YAMAGUCHI, Masato SAITO, Hiroyuki FUKASAWA and Hironari KINO

キーワード：トイレトペーパー、新聞古紙、リグニン、変色、微細繊維。

1 はじめに

静岡県トイレトペーパー工場の生産量は、国内生産の50%にも及び、生産の約9割が再生紙トイレトペーパーという特徴がある¹⁻²⁾。再生紙トイレトペーパーの原料となる上質古紙は、古紙輸出や景気により価格が不安定で、原料不足になる³⁾と予想される。新聞古紙は流通量が多く⁴⁾、価格も安定しているため、原料の安定確保が期待できる反面、リグニンが多く含まれ、微細繊維が多いため、変色や柔らかさ低下などトイレトペーパーの品質低下が懸念される。本報では、トイレトペーパーの原料に新聞古紙を利用した時の影響を調べたので報告する。

2 方法

手すき紙の調製は表1のとおり。

表1 手すき紙の調製条件と方法

新聞古紙	試料	読売新聞、日本経済新聞を3：1の割合で混合 ^{※1}
	古紙処理	ドライトナー印刷物のリサイクル適性評価標準試験法（上質紙の場合） ⁶⁾ に準じ、pH調整を省略
トイレトペーパー原料	抄紙機直前の原料（協力製紙会社から提供）	
混合割合		0、5、10、15、100% (w/w) の5水準 ^{※2}
抄紙（手すき）	シートの形成	JIS P 8222に準じ、角型シートマシン（熊谷理機工業㈱製）にて、目開き106 μ m（150mesh）の金網を使用 目標坪量は18g/m ²
	乾燥	回転型乾燥機（熊谷理機工業㈱製）にて、約90℃で4分間

※1 販売部数⁵⁾の比率

※2 本報内では混合割合0% (w/w)をTP100、5% (w/w)をTP95NP5、10% (w/w)をTP90NP10、15% (w/w)をTP85NP15、100% (w/w)をNP100と表す

作製した手すき紙、及び手すき前の抄紙原料に対して、表2の試験項目につき各試験方法に準じて測定した。

表2 試験項目と試験方法

試験対象	試験項目	試験方法
抄紙原料	ろ水度	JIS P 8121-2
	繊維長分布	JIS P 8226
手すき紙	坪量	JIS P 8124
	破裂強さ	JIS P 4501
	ほぐれやすさ	JIS P 4501
	柔らかさ	JAPAN TAPPI No. 34
	ISO白色度	JIS P 8148
	CIELAB座標（色）	JIS P 8150
	繊維長分布 ^{※3}	JIS P 8226

※3 手動離解器で離解した試料に対して測定

作製した手すき紙に対して、表3のとおり変色試験を行った。

任意の市販再生紙トイレトペーパー11種についても、手すき紙と同様に変色試験を実施した。

表3 変色試験方法

試験機	紫外線キセノンロングライフ フェードメーターFAL-25AX-HC・B・EC （スガ試験機㈱製）	
設定条件	照射強度	約358W/m ²
	ブラックパネル温度	63℃
	相対湿度	50%
照射エネルギー	120MJ/m ² 以上	
試験片サイズ	約62.5mm×125mm	
評価	変色の前後で、ISO白色度、CIELAB座標をJIS法に準じて測定し、結果を比較	

3 結果および考察

手すき紙と原料に対する坪量、ろ水度、平均繊維長を表4に示す。

原料および手すき紙の繊維長分布を図1、2に示す。いずれも新聞古紙が多い方が微細繊維は多いが、長繊維も一定量含まれており、平均繊維長は長くなることが分かった。

表4 手すき紙と原料の坪量、ろ水度、平均繊維長

試料	手すき紙			原料	
	坪量 (g/m ²)		長さ加重 平均繊維 長 (mm)	ろ水度 (mLCSF)	長さ加重 平均繊維 長 (mm)
	平均値	標準 偏差			
TP100	18.4	0.790	0.782	391	0.735
TP95NP5	18.1	0.280	0.796		0.741
TP90NP10	19.4	0.158	0.808		0.758
TP85NP15	18.2	0.225	0.821		0.775
NP100	18.5	0.359	0.991	367	0.956

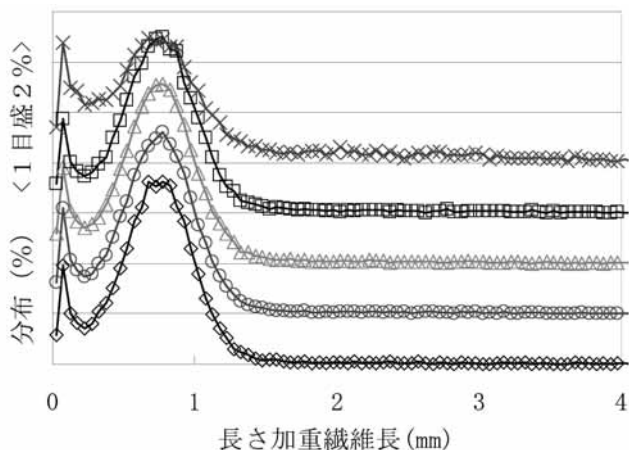


図1 原料の長さ加重繊維長分布

◇ : TP100、○ : TP95NP5、△ : TP90NP10、
□ : TP85NP15、* : NP100。

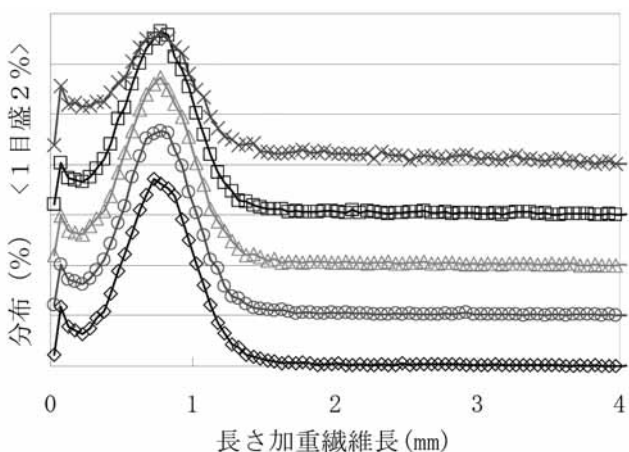


図2 手すき紙の長さ加重繊維長分布

◇ : TP100、○ : TP95NP5、△ : TP90NP10、
□ : TP85NP15、* : NP100。

手すき紙の破裂強さを図3、ほぐれやすさを図4、
柔らかさを図5、ISO白色度を図6、CIELAB座標を
図7にそれぞれ示す。

破裂強さと柔らかさは、坪量の影響を排除して比較
するため、坪量で除した比破裂強さと相対的柔らかさを
図8、9に示す。

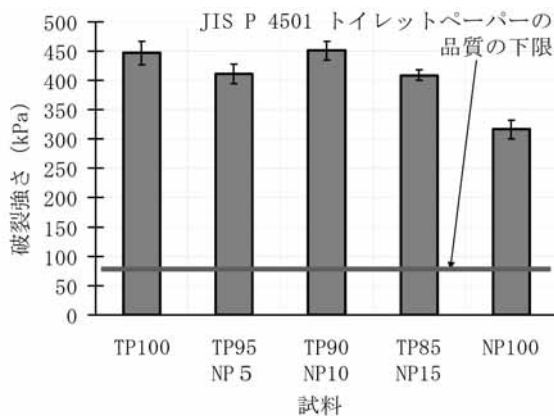


図3 手すき紙の破裂強さ
(平均値±標準偏差、n=20)

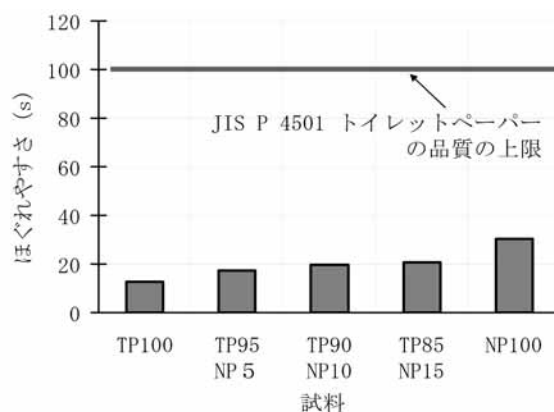


図4 手すき紙のほぐれやすさ

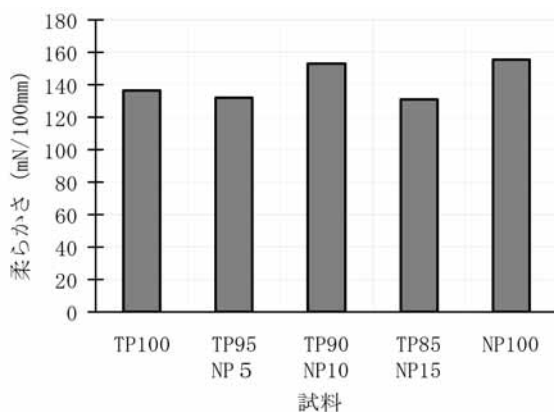


図5 手すき紙の柔らかさ

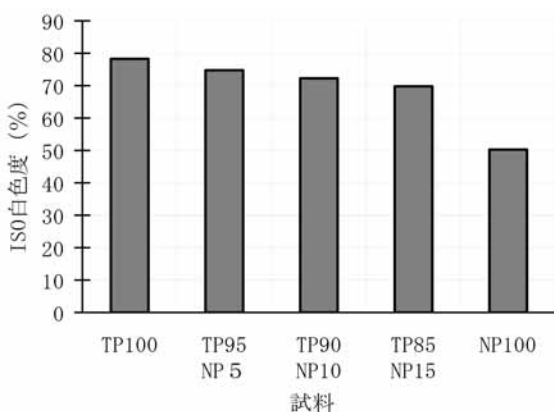


図6 手すき紙のISO白色度

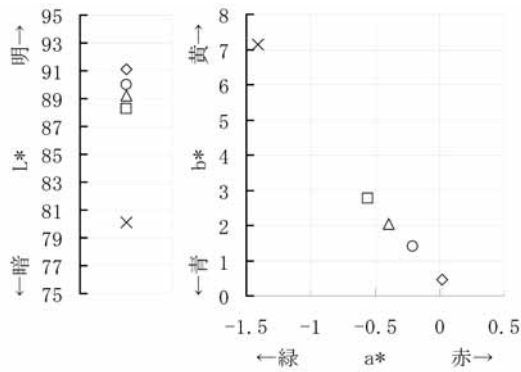


図7 手すき紙のCIELAB座標

◇ : TP100、○ : TP95NP5、△ : TP90NP10、
□ : TP85NP15、× : NP100。

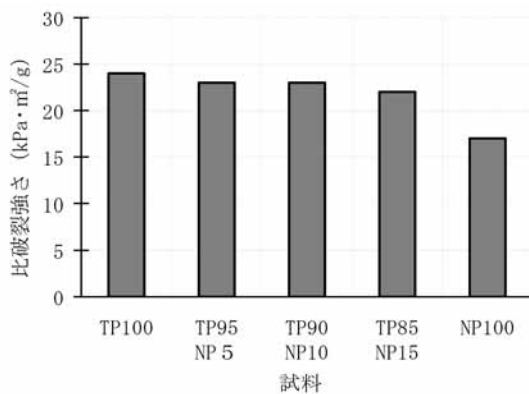


図8 手すき紙の比破裂強さ

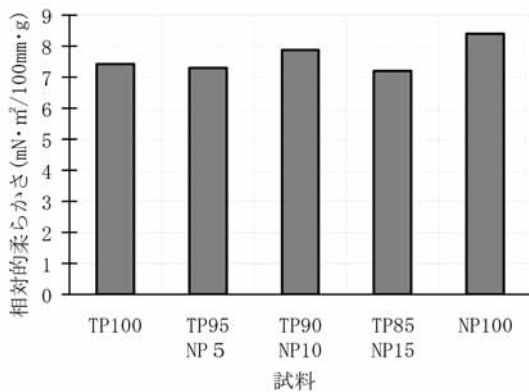


図9 手すき紙の相対的柔らかさ

任意の市販再生紙トイレットペーパーに対する変色試験結果を図10に示す。図10内の網線部であれば、市販品相当と言える。

手すき紙の変色試験結果を図11、12に示す。図11中の網線部は、図10の網線部と等しい。

図4、8、9から、新聞古紙をトイレットペーパー原料に混ぜても製品品質を損なうような影響は認められなかった。

図11から、実際のトイレットペーパー原料に新聞古紙を5%程度混ぜても商品価値を損なうほどの影響は無いことが分かった。

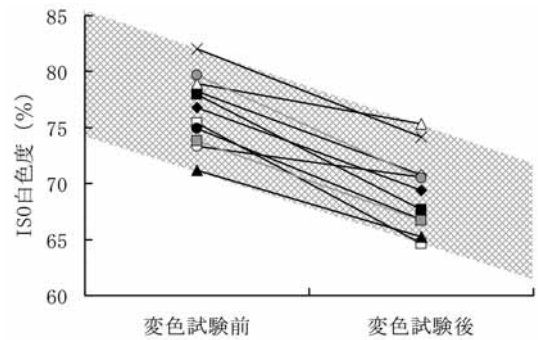


図10 市販の再生紙トイレットペーパーの変色試験結果

○ : 市販品①、□ : 市販品②、◇ : 市販品③、
△ : 市販品④、× : 市販品⑤、● : 市販品⑥、
■ : 市販品⑦、◆ : 市販品⑧、▲ : 市販品⑨、
● : 市販品⑩、■ : 市販品⑪。

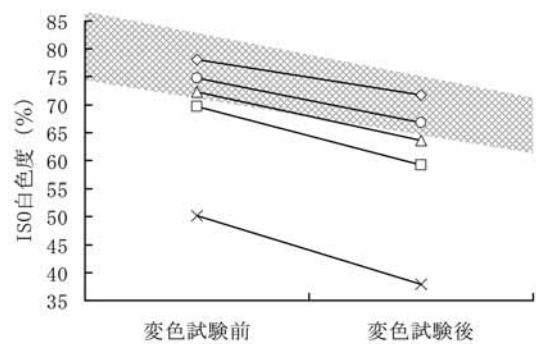


図11 手すき紙の変色試験結果 (ISO白濁度)

◇ : TP100、○ : TP95NP5、△ : TP90NP10、
□ : TP85NP15、× : NP100。

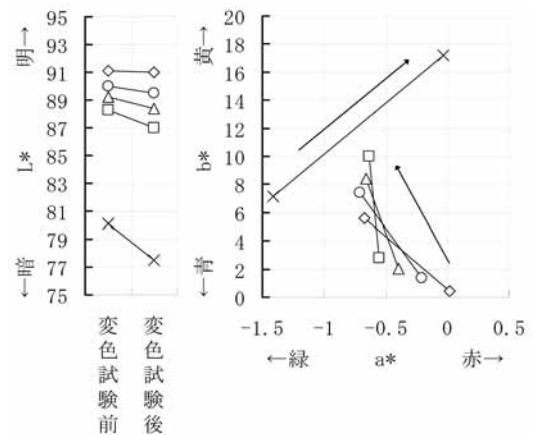


図12 手すき紙の変色試験結果 (CIELAB座標)

◇ : TP100、○ : TP95NP5、△ : TP90NP10、
□ : TP85NP15、× : NP100。

4 まとめ

トイレットペーパーの原料に新聞古紙を混入させたときの品質への影響を調べた結果、新聞古紙を5%混ぜても大きな問題は無いことが示唆された。

謝辞

本研究を進めるにあたり御意見をお聞かせいただいた静岡県紙パ技術研究フォーラムの会員の皆様に感謝いたします。また、製紙原料を御提供いただいた製紙会社の皆様に深く感謝いたします。

参考文献

- 1) (株)日刊紙業通信社：平成27年版静岡の紙・パルプ。(平成27年11月13日発行)
- 2) 富士市：富士市の工業。(平成27年6月公表)
- 3) 経済産業省：古紙利用率向上の可能性に関する調査報告書。(平成27年3月公表)
- 4) (公財)古紙再生促進センター：古紙ハンドブック2015。(平成27年5月公表)
- 5) (一社)日本ABC協会：新聞発行社レポート半期「2014年7月～12月平均」(平成27年公表)
- 6) (一社)日本印刷産業連合会：デジタル印刷物のリサイクル適性に関する調査報告書。(平成26年3月公表)

高度コーティング膜への特性付与技術の開発

— 新型プラズマ照射装置の開発 —

機械電子科 高木 誠 長谷川茂
三弘株式会社 高木宏明

Developments of characterizing surface process for advanced coating technologies.

— Developments of new-type plasma processing systems. —

Makoto TAKAGI, Shigeru HASEGAWA and Hiroaki TAKAGI

Keywords : Plasma, surface process.

キーワード：プラズマ、表面処理。

1 はじめに

平成21～23年度に新成長戦略研究「高耐久性金型のための高度コーティング技術の開発」を行ない、金型の高硬度膜表面をプラズマ照射等で化学的活性を上げてフッ素アルキルシラン等を結合、高耐久性離型性表面を得た¹⁾。この非粘着性処理技術は金型以外にも応用を進めており、異種接合や塗装密着度改善などの需要が見込まれている。

表面の化学的活性を高くする本技術は、処理工程上プラズマ照射が必須となっているが、さらなる普及を進めるためには従来より簡便なプラズマ発生システムの開発が望まれている。そこで、簡便なシステムでプラズマ照射が可能な新型プラズマ照射装置の開発を行い、作動条件とプラズマ処理の効果を検証した。

2 方法

開発の基礎となったのはワイエス電子工業(株)の双極子プラズマ発振器の技術である。双極子プラズマ発振器は全固体素子の発振器でインピーダンス整合回路を持たず自己整合でプラズマ励起する。容器内壁を接地して容器内電極間で発振するため、ノイズが小さく電波法規制対象外となる。この作動原理より双極子プラズマ発振器と称している(図1)。

発生したイオンはバイアス電場で誘引して対象物に照射する²⁾。双極子プラズマ発振器を基にプラズマ照射装置を開発し、作動条件と活性化状態を研究することとした。

装置製作は共同研究企業が担当した。

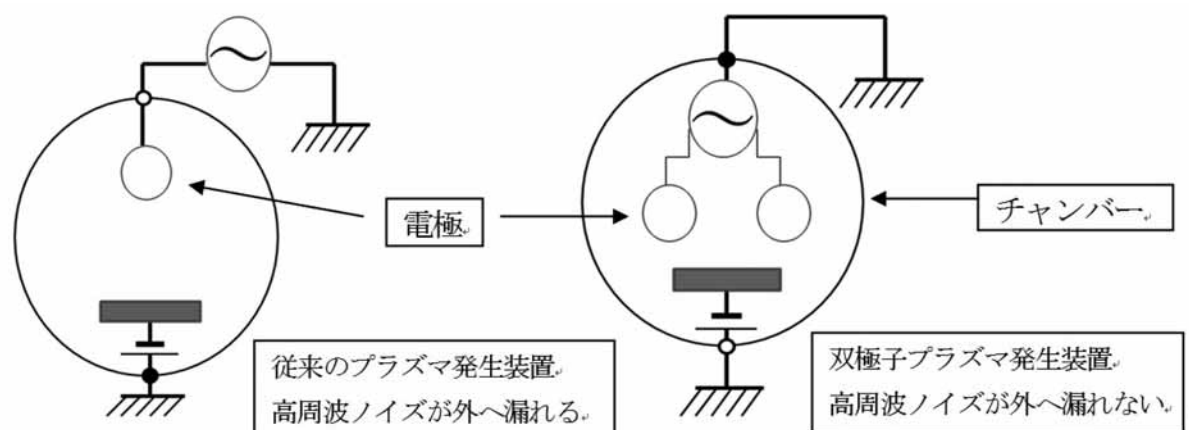


図1 高周波プラズマ発生装置

左：従来のプラズマ発生装置 右：双極子プラズマ発生装置

3 結果・考察

はじめに、実験機の動作条件について調べた。高周波電極間電圧70V以下では発振せず、280V以上では電流制限値を超えるため、作動範囲は70V～280Vとした。真空度依存性の測定では、10Pa以下では放電せず、50Pa以上では不均一な放電が生じやすくなることから、放電が安定する10Pa～50Paを作動真空度とした。また、プラズマを対象物に照射するため、バイアス電圧－イオン電流条件を測定した(図2)。

次にプラズマ照射による対象物の接着強度の改善効果を検討した。当所で所有する接触角計近傍にプラズマ装置が配置できなかったため代替手段で効果を検証した。ポリプロピレン (PP) 板に酸素プラズマ照射し、シアノアクリレート (CA) 系接着剤で接着した。その接着強度を測定してプラズマ照射効果を確認したPP板の接着面積は400mm²、プラズマ照射条件は、酸素圧力10Pa、高周波電圧100V、バイアス電圧300Vである。結果は図3のとおりである。何れの処理時間でも接着強度は増加しており表面活性効果を確認した。

CA系接着剤は接着表面の水分と反応するが、PPは親水基がない為に接着力が小さい。プラズマ照射で水酸基が導入されたことにより接着強度が増加したものと考察される。

4 まとめ

双極子プラズマ照射装置を開発し、動作条件を求めた。装置は従来のプラズマ発生装置よりも低い真空度(中真空)で動作し、窒素や酸素など各種のガスでプラズマ励起が可能である。そしてプラズマ照射による表面親水基導入効果を確認した。今後の実用化を検討している。

謝辞

ワイエス電子工業株式会社の杉田良雄様と、ビヨンズ株式会社の遠藤浩久様のご協力に感謝いたします。

参考文献

- 1) 高木誠 他：高耐久性金型のための高度コーティング技術の開発 ―プラスチック金型へのコーティング技術, 静岡県工業技術研究所研究報告, 第5号, 105-108 (2012).
- 2) 阿部治 他：2MHz自励発振器によるプラズマ処理技術に関する研究 (第1報), 山梨県工業技術センター研究報告, (24), 110-112 (2010).

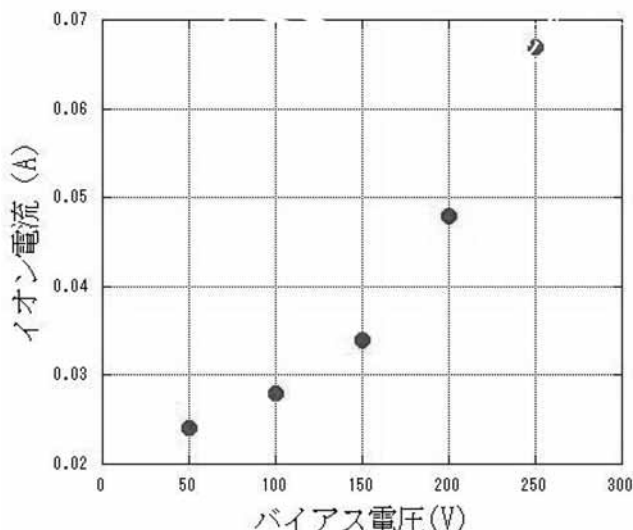


図2 イオン電流のバイアス電圧依存性
圧力15Pa 高周波出力180W

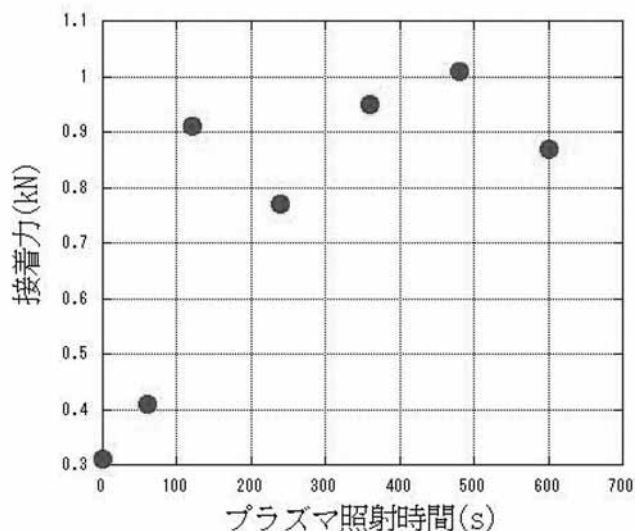


図3 プラズマ照射によるPP板の接着力変化
真空度10Pa 高周波出力50W バイアス電圧300V

REPORTS
OF THE
INDUSTRIAL RESEARCH INSTITUTE
OF SHIZUOKA PREFECTURE
HAMAMATSU TECHNICAL SUPPORT CENTER

静岡県工業技術研究所
浜松工業技術支援センター研究報告

静岡県工業技術研究所
浜松工業技術支援センター
浜松市北区新都田1丁目3番3号

INDUSTRIAL RESEARCH INSTITUTE OF SHIZUOKA PREFECTURE
HAMAMATSU TECHNICAL SUPPORT CENTER

1-3-3 Shin-miyakoda, Kita-ku, Hamamatsu city, Shizuoka, 431-2103 Japan

電波識別装置の識別性能評価

電子科

アールエフネットワーク株式会社

静岡大学大学院総合科学技術研究科工学専攻電気電子工学コース

杉森正康 山田浩文 増田康利 松田 稔

田内正治

犬塚 博

Test of Identifying Performance of Modulation Method for Radio Frequency

Masayasu SUGIMORI, Hirofumi YAMADA, Yasutoshi MASUDA, Minoru MATSUDA, Masaharu TANAI
and Hiroshi INUZUKA

The radio communication wave identification equipment which we are developing is an equipment to identify the type of various radio communication waves (under testing signals) which fly around in the space on real-time. This time, to evaluate the developed equipment, we establish the reproducible method to evaluate it and bring in a new indicator to quantify the identification performance. Furthermore, we use the judgement condition which becomes clearly through applying non-linear spectrum analysis to under testing signals by simulation as a part of identification algorithm of the equipment, and we evaluate it according to above evaluation method. As a result, we confirm that the equipment has high identification performance.

Keywords : Radio communication wave identification, Identification performance, Non-linear spectrum analysis, Identification algorithm.

キーワード：電波識別、識別性能、非線形スペクトル解析、識別アルゴリズム。

1 はじめに

近年のパソコン、スマートフォン、タブレット端末等の普及に伴い、日常空間には様々な電波が飛び交っている。特にISMバンドと呼ばれる2.4GHz帯は、無線LANやBluetooth等の通信に用いられる電波が混在するため、それらが干渉して互いの通信を妨害し合うことが多い。このような通信障害が発生した場合、原因究明のためには、空間中に飛び交う電波の通信方式を把握できることが望ましいが、容易ではない。

我々が共同で開発中の「電波識別装置」(写真1)は、空間を飛び交う様々な電波(被試験信号)を受信し、独自のアルゴリズムに従って解析、演算し、その電波を使用している通信方式をリアルタイムで識別する。識別結果の表示例を図1に示す。

この中で、浜松工業技術支援センターは、開発した電波識別装置の識別性能の評価を行った。そのためには、電波識別装置に何らかの被試験信号を入力し、出力される識別結果が正しいか否かを調べる必要がある。被試験信号を簡便に得る手段としては、実際に無線通信機器が発する電波を用いる方法がある。しかし、無線LANのように、仕様上は複数の通信方式が定義され、実際の通信ではどの方式が使われるかが不明な

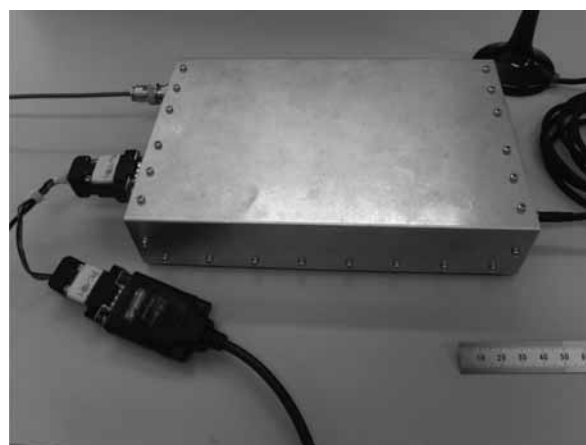


写真1 電波識別装置（試作機）の外観

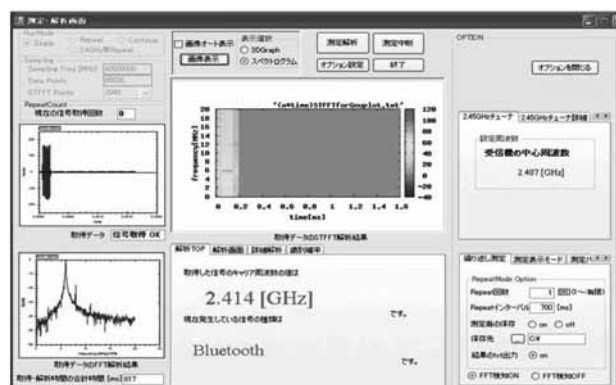


図1 電波識別装置識別結果表示例

システムでは、次の3つの問題が生じる。

- ア 被試験信号の通信方式が不明のため、識別結果の正誤の判断ができない。
- イ 仕様で定義されている全ての通信方式についての試験ができない。
- ウ 評価する度に被試験信号の通信方式が変わってしまう可能性があり、再現性の高い評価ができない。

今回、上記の課題に対処するため、任意の通信方式の被試験信号を生成し、電波識別装置を評価する独自の方法を確立した。同時に、それぞれの通信方式における被試験信号の特徴を明らかにし、判定条件として識別アルゴリズムに組み込むことで電波識別装置の識別性能の向上を図った。さらに、識別性能を定量的に評価するための性能指標を導入し、電波識別装置の識別性能の評価を行った。

2 方法

2.1 評価方法の確立

(1) 被試験信号の発生

本研究における電波識別装置の識別対象として、様々な通信方式が共存する2.4GHz帯の電波の中で、特に利用者数の多い、無線LAN、Bluetooth、ZigBeeを選定する。無線LANは、伝送レートや変調方式の違いにより、さらに様々な通信方式に細分化される。これら方式の異なる様々な通信方式の被試験信号を漏れなく評価するために、被試験信号発生源として、パーソナルコンピュータ (PC) と信号発生器を利用する方法を開発した¹⁾。これにより、方式の異なる様々な被試験信号を容易に生成できる。また、信号発生器と電波識別装置の間を同軸ケーブルで接続するので、外乱の影響を排除した環境での識別性能の評価を可能とした。

(図2)

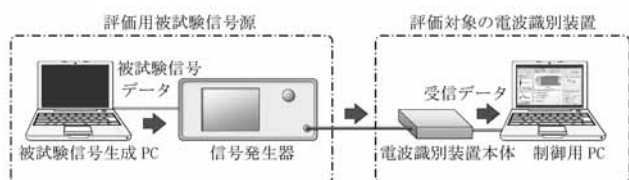


図2 評価環境の構成図

PC上に用意する被試験信号データについては、後述する識別アルゴリズムの検討の際に生成する被試験信号のシミュレーションデータを流用する。詳しくは、「2.2 (2)」項および「3.1 (1)」項で述べる。

(2) 識別性能指標の定義

我々は、電波識別装置の性能を表す指標として、表1に示す3つの値を用いた²⁾。

正答率と正解率は、評価対象の通信方式毎に得られる性能であり、正答率と正解率の両方が高い値であれば、評価対象の通信方式が明確に識別できると判断できる。一方、それらのいずれかあるいは両方が低い値の場合は、識別アルゴリズムの判定条件に曖昧さがあり、さらにそれらのどちらが低いかによって、識別アルゴリズムの判定傾向を推測することができる。

識別率は、電波識別装置の総合的な性能を表す特性値であり、この値が高いほど識別装置としての信頼性は高いと判断できる。

表1 電波識別装置の識別性能を示す性能指標

性能指標	定義
正答率	既知の信号を入力して、正しく判定する確率 = (対象信号を入力して正しく答えた回数) / (対象信号の試験回数)
正解率	評価対象の信号名として判定されたとき、それが正解である確率 = (分母のうち、それが正解であった回数) / (対象信号と判定された回数)
識別率	未知の信号に対して、正しく判定する確率 = (正しく判定された回数) / (全体の試験回数)

2.2 識別アルゴリズムの検討

(1) 識別アルゴリズム

電波識別装置が識別処理を行う際、装置内部では、入力された被試験信号に対して様々な識別演算を施し、その演算結果から抽出される特徴量により、被試験信号の通信方式を判定する。この識別演算および特徴量による判定の方法を、我々は「識別アルゴリズム」と呼ぶ。

評価方法を確立するにあたり、事前に被試験信号の特性を明らかにしておく必要がある。表計算ソフトを利用したシミュレーションを行い、各通信方式の仕様に基づいた被試験信号を生成する。同時に、これらの被試験信号に識別演算を施すことで抽出される特徴量を検証し、識別アルゴリズムに組み込む判定条件を検討する。

(2) 被試験信号の生成

各通信方式の仕様は、IEEE802シリーズに規定されている。仕様書に則った例として、無線LAN信号について述べる。無線LANの標準規格には、IEEE802.11b、IEEE802.11g、IEEE802.11a、IEEE802.11n等の多くの種類があるが、これらは概ね、従来の規格に対して上位互換性を保ちつつ、新しい変調方式や通信周波数帯を追加する形で制定されている。これらの各方式を、変調方式およびデータ伝送レート等に注目して分類した結果を表2に示す。通信方式毎にシミュレーション

表2 無線LANにおける通信方式詳細

通信方式	伝送レート	変調方式		一次変調	符号化率	二次変調	チップレート / シンボルレート	識別結果表示
		ヘッダ部	データ部					
DSSS	1Mbps	DSSS	DSSS	BPSK	-	バーカーコード拡散	11Mcps	802.11b
	2Mbps			QPSK				DSSS
CCK	5.5Mbps	DSSS	CCK	QPSK	-	4種相補符号変調 64種相補符号変調	11Mcps	802.11b
	11Mbps							CCK
OFDM	6Mbps	OFDM	OFDM	BPSK	1/2	4.0 μsごとに 52サブキャリア分を 逆フーリエ変換	250ksps (GI部除く)	802.11g OFDM
	9Mbps			3/4				
	12Mbps			1/2				
	18Mbps			3/4				
	24Mbps			1/2				
	36Mbps			3/4				
OFDM	48Mbps	OFDM	OFDM	16QAM	1/2	4.0 μsごとに 52サブキャリア分を 逆フーリエ変換	250ksps (GI部除く)	802.11g OFDM
	54Mbps			3/4				
DSSS-OFDM (オプション)	6Mbps	DSSS	OFDM	BPSK	1/2	4.0 μsごとに 52サブキャリア分を 逆フーリエ変換	x52 SC 帯域幅: 13MHz	802.11g DSSS-OFDM
	9Mbps			3/4				
	12Mbps			1/2				
	18Mbps			3/4				
	24Mbps			1/2				
	36Mbps			3/4				
DSSS-OFDM (オプション)	48Mbps	DSSS	OFDM	16QAM	1/2	4.0 μsごとに 52サブキャリア分を 逆フーリエ変換	x52 SC 帯域幅: 13MHz	802.11g DSSS-OFDM
	54Mbps			3/4				

系を構築し、擬似的に被試験信号を生成する。

(3) 識別演算の検証

被試験信号の識別を行なうための一般的な演算として、被試験信号の中心周波数検出、周波数帯域幅検出等が知られている。本研究では、これらに加え、非線形スペクトル解析を実施する。具体的には、入力された被試験信号に非線形演算を施した上で高速フーリエ変換 (FFT) を行い、周波数スペクトルを解析する。非線形演算を行うことで、通常のスペクトル解析では検出できない、変調方式の違い等を判別できる可能性がある。しかし、演算の非線形性のために、入力信号に対する応答を理論的に解析しにくいという欠点がある。そこで、2.2 (2)の「被試験信号の生成」で擬似的に生成した被試験信号に対して、シミュレーション上で非線形スペクトル解析演算を行い、各信号に対する応答を数値的に求める。さらに、得られた結果から、各被試験信号を識別するための特徴量を抽出し、電波識別装置の識別アルゴリズムで利用する。

3 結果および考察

3.1 シミュレーション結果と考察

(1) 被試験信号生成

表2に示した通り、無線LANには特徴の異なる様々な通信方式が併用されている。そこで、通信方式毎に個別のシミュレーション系を構築し、被試験信号を生成した。

直接拡散 (DSSS) 方式の信号生成ブロック図を図3に示す。DSSS方式では、一次変調での変調方式の違いにより、伝送レートが1Mbpsか2Mbpsのいずれか

になる。今回は、1Mbpsと2Mbpsの両方の信号生成を行った。

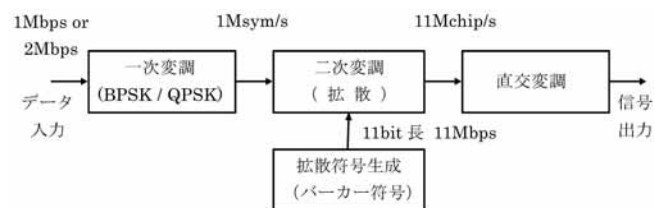


図3 直接拡散 (DSSS) 方式信号生成ブロック図

相補符号変調(CCK)方式の信号生成ブロック図を図4に示す。DSSS方式では二次変調用の拡散コードが固定値 (バーカー符号) であるのに対し、CCK方式では、拡散コードとして可変値の相補符号 (コンプリメンタリコード) を使用する。伝送データによって拡散コードを変えることにより、伝送レート的高速化を図っている。拡散コードとして用いる相補符号の種類により、伝送レートが5.5Mbpsか11Mbpsのいずれかとなる。今回は、5.5Mbpsと11Mbpsの両方の信号生成を行った。

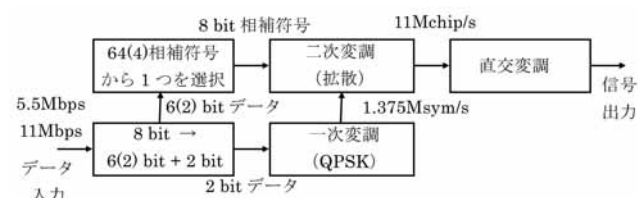


図4 相補符号変調 (CCK) 方式信号生成ブロック図
() 内の数字は5.5Mbpsの場合

直交周波数分割多重 (OFDM) 方式の信号生成ブロック図を図5に示す。OFDM方式では、伝送データを複素周波数軸上にマッピングした後、逆フーリエ変

換を用いて時系列信号列に変換し、GI（ギャップインターバル）部を付加した後、出力する。データをマッピングする際の変調方式および符号化率の違いにより、6 Mbpsから54Mbpsまで、8種類の伝送レートが定義されている。

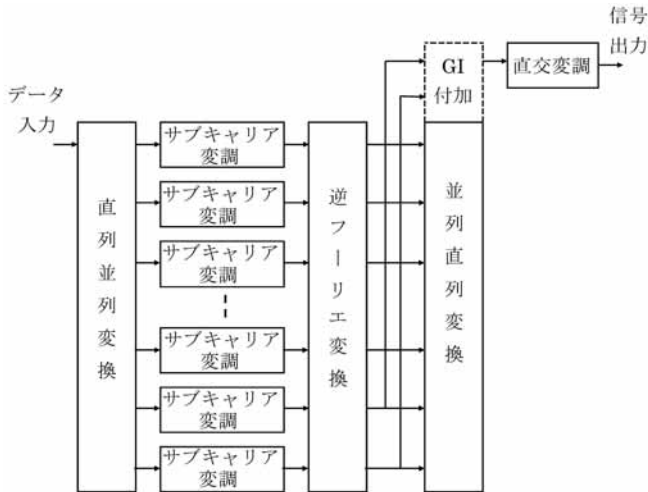


図5 直交周波数分割多重（OFDM）方式信号生成ブロック図

無線LANでは、これらの通信方式の他に、オプション規格としてDSSS-OFDM方式が定義されているが、上記のDSSS方式とOFDM方式の組み合わせであるため、シミュレーション対象からは除外した。

シミュレーションは、パソコン上で汎用の表計算ソフトを用いて実行した。

(2) 従来の手法による解析結果（時系列および周波数スペクトル解析）

DSSS方式、CCK方式、OFDM方式の時系列信号波形の例を、それぞれ図6～図8に、周波数スペクトル波形をそれぞれ図9～図11に示す。各通信方式において、伝送レートの違いによる波形の相違は極めて小さいため、通信方式毎に各1種類の波形のみを提示した。これらを比較すると、DSSS方式とCCK方式では、時系列波形および周波数スペクトル波形にはほとんど差がない。OFDM方式は、他の2方式に比べてやや異なる波形となるものの、これらの波形からは、通信方式を識別できるだけの明確な特徴は得られない。

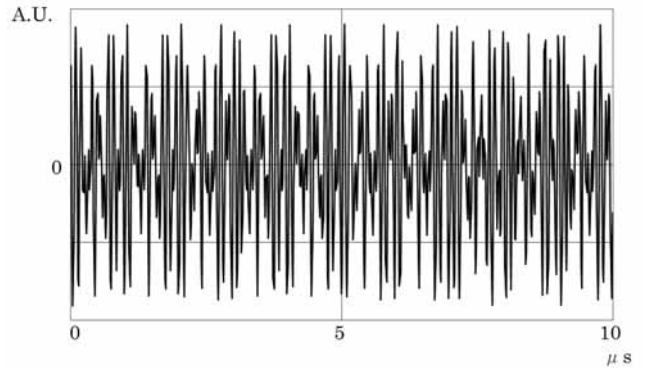


図6 DSSS方式時系列信号波形
(2 Mbps $f_s=55\text{MHz}$ $f_c=10\text{MHz}$)

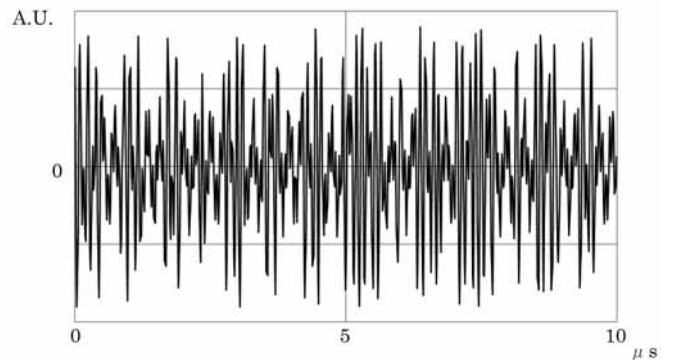


図7 CCK方式時系列信号波形
(5.5Mbps $f_s=55\text{MHz}$ $f_c=10\text{MHz}$)

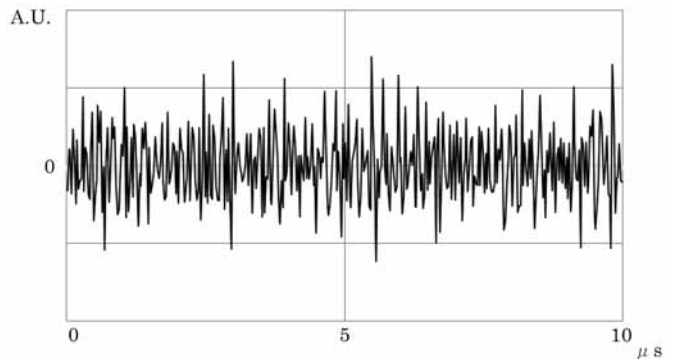


図8 OFDM方式時系列信号波形
(54Mbps $f_s=40\text{MHz}$ $f_c=3.5\text{MHz}$)

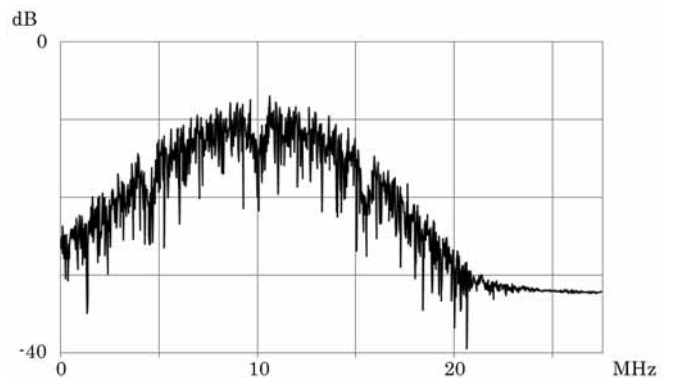


図9 DSSS方式周波数スペクトル波形
(2 Mbps $f_s=55\text{MHz}$ $f_c=10\text{MHz}$)

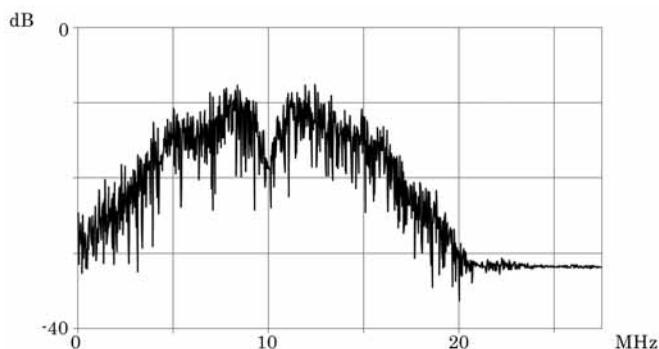


図10 CCK方式周波数スペクトル波形
(5.5Mbps fs=55MHz fc=10MHz)

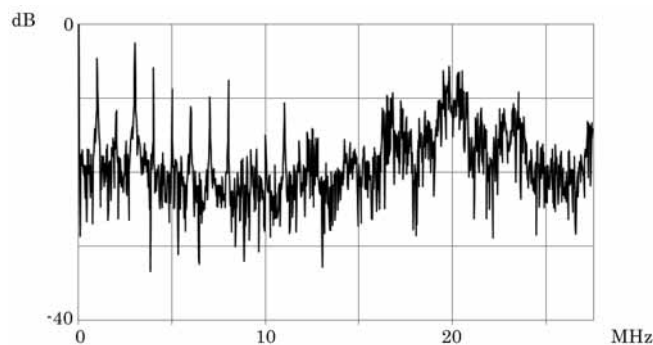


図13 DSSS方式非線形スペクトル波形
(2 Mbps fs=55MHz fc=10MHz)

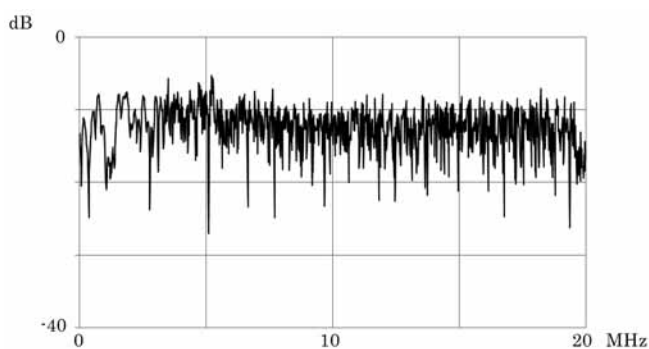


図11 OFDM方式周波数スペクトル波形
(54Mbps fs=40MHz fc=3.5MHz)

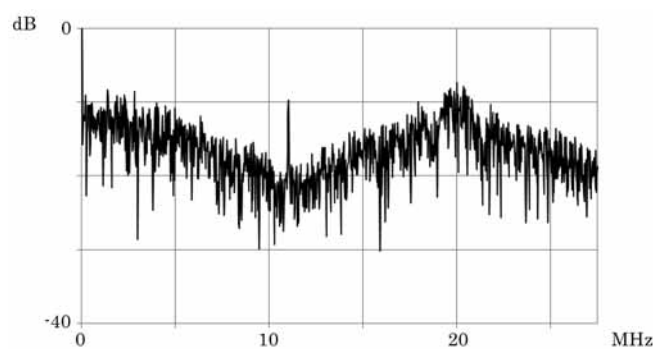


図14 CCK方式非線形スペクトル波形
(11Mbps fs=55MHz fc=10MHz)

(3) 開発した手法による解析結果（非線形スペクトル解析）

DSSS方式（1 Mbps）、DSSS方式（2 Mbps）、CCK方式（11Mbps）、CCK方式（5.5Mbps）、OFDM方式の非線形スペクトル波形を、それぞれ図12～図16に示す。これらの波形からは、通信方式毎に特徴の異なる、パルス状のスペクトルピーク波形が観測される。これらの波形の特徴を抽出して判定すると、通常の周波数スペクトル解析では区別がつかなかった通信方式の違いを明確に区別することが可能である。

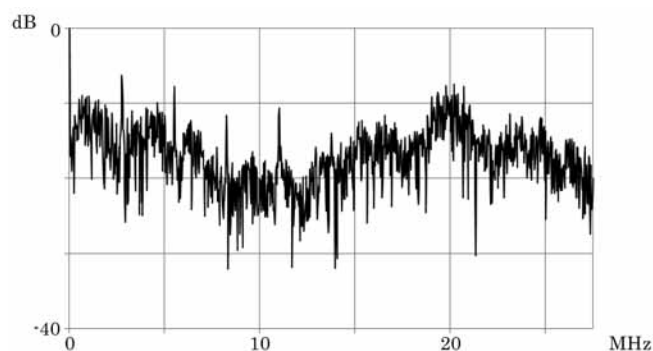


図15 CCK方式非線形スペクトル波形
(5.5Mbps fs=55MHz fc=10MHz)

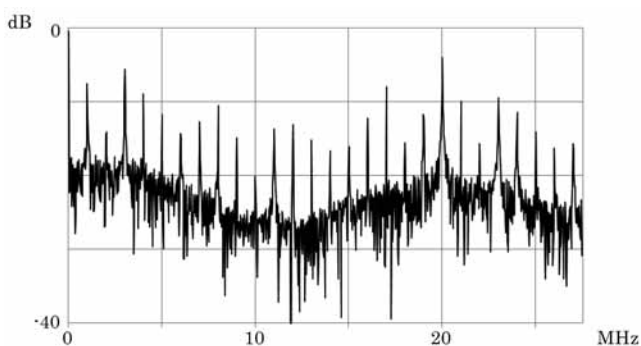


図12 DSSS方式非線形スペクトル波形
(1 Mbps fs=55MHz fc=10MHz)

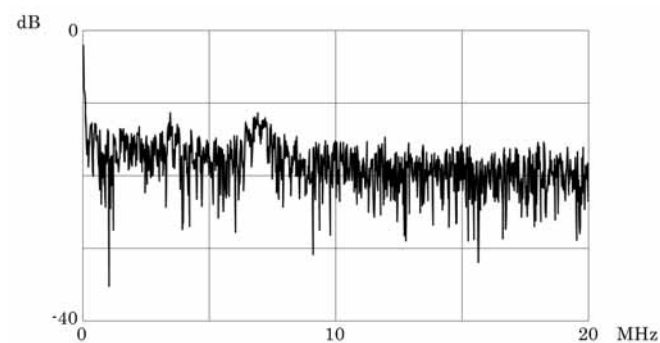


図16 OFDM方式非線形スペクトル波形
(54Mbps fs=40MHz fc=3.5MHz)

3.2 識別性能評価結果と考察

3.1のシミュレーションにより明らかにした、「各通信方式における非線形スペクトル波形の特徴を抽出して判定する処理」を電波識別装置の識別アルゴリズムに組み込み、識別性能の評価を行った。但し、各通信方式における伝送レートの識別は行っていない。結果を表3に示す。いずれの信号種別においても、正答率、正解率、識別率とも95%以上という極めて高い識別性能が得られた。一部、「DSSS-OFDM」信号を入力した時に「OFDM」信号と誤判定するケースが散見されたが、これは、被試験信号の途中からデータを取り込んだために前半のDSSS部分を検出できなかったためと考えられる。被試験信号を途中から取り込んだ場合の処理を改善することで対処可能である。

今回、全体の識別率の他に、被試験信号の種別毎に正答率と正解率を明らかにしたことにより、今後、電波識別装置本体や識別アルゴリズム等が変更になった場合の識別性能の違いを、詳細かつ定量的に把握することができるようになった。

4 まとめ

- ・電波識別装置の識別性能を、高い再現性で評価する独自の評価方法を確立し、その有効性を示した。
- ・シミュレーションにより、被試験信号の生成、識別演算の検証を行うことで、識別アルゴリズムを検討する方法を示した。
- ・検討した識別アルゴリズムを実際の電波識別装置に組み込み、確立した評価方法によって識別性能を評価した。また、新たに導入した性能指標によって識別性能を定量的に表わすことができた。

今後、電波識別装置の実用化に向けて、本研究結果を活用する。

参考文献

- 1) 杉森正康 他：電波識別技術の実用化開発（第2報），静岡県工業技術研究所研究報告，第8号，79-82（2016）。
- 2) 杉森正康 他：電波識別技術の実用化開発（第1報），静岡県工業技術研究所研究報告，第7号，114-115（2015）。

表3 識別性能評価結果（判定結果が正しい箇所を網がけで表示）

		識別結果							正	誤	正答率
		無線LAN				Bluetooth FHSS	ZigBee DSSS	その他			
		802.11b DSSS	802.11b CCK	802.11g OFDM	802.11g DSSS+OFDM						
入力信号	無線LAN 802.11b DSSS	58						2	58	2	96.7%
	無線LAN 802.11b CCK		60						60	0	100.0%
	無線LAN 802.11g OFDM			240					240	0	100.0%
	無線LAN 802.11g DSSS+OFDM			9.5	228.5			2	228.5	11.5	95.2%
	Bluetooth FHSS					57		3	57	3	95.0%
	ZigBee DSSS						30		30	0	100.0%
正		58	60	240	228.5	57	30	0	673.5		
誤		0	0	9.5	0	0	0	7		16.5	
正解率		100.0%	100.0%	96.2%	100.0%	100.0%	100.0%	-		識別率:	97.6%

透明プラスチックのレーザー溶着

— レーザー照射位置の影響 —

光科 山下清光

Laser welding of transparent plastics

— Effect of location on transparent plastics with laser —

Kiyomitsu YAMASHITA

Keywords : plastics, 2 μ m, laser.キーワード：プラスチック、2 μ m、レーザー。

1 はじめに

医療用部品には透明プラスチックが広く利用されている。こうした透明材料の接合には接着、振動溶着等による方法が用いられているが接着剤の残留、製造工程で粉塵の洗浄が必要等の課題がある。そこで、我々は医療用透明プラスチック部品の加工への応用を目指してレーザーによるクリーンな溶着法の開発を行っている。従来のレーザーで溶着を行うためには光吸収剤等をプラスチックに皮膜する必要がある。そこで、光吸収剤なしのクリーンな溶着を実現するため、透明プラスチックに適度に吸収¹⁾のある波長2 μ mのレーザーによる溶着を提案している。レーザーを集光レンズを通してプラスチックに照射するためプラスチックの位置により溶着強度に影響があると予想される。今回は、その影響について調べた。

2 方法

図1のように平板のプラスチックの重ね溶着ができる実験装置を構築した。密着性を上げるため、プラスチック板に荷重をかけた状態でレーザーを照射できるようにエアシリンダーを使用した。

レーザーはプラスチックに適度に吸収¹⁾のある2 μ mレーザー (TLR-120、IPG社製、写真1) を使用した。中心波長は1.94 μ mである。溶着に使用したレーザーパワーは100W、走査速度は自動ステージの最大の走査速度25mm/sで行った。集光レンズは焦点距離20mmの平凸レンズを使用した。

レーザー溶着する試料に、透明度が高く、医療器具素材にも使用される透明のポリカーボネート (20mm \times 50mm、板厚3mm) を選んだ。

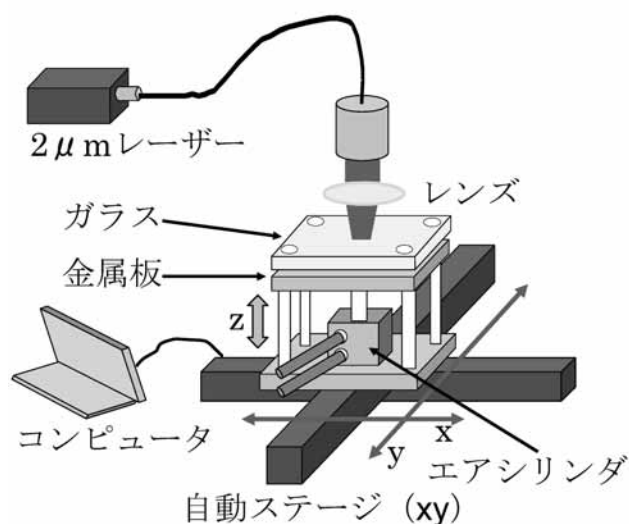


図1 溶着実験系

写真1 2 μ mレーザー

レーザーと集光レンズの位置を固定し、重ねた2枚の透明ポリカーボネート板の上面の位置を座標zとする。図2のようにレーザーの焦点が重ねたポリカーボネート

板の上面にあるときを上面の位置 $z=0$ とした。 z を変えて、レーザー溶着試料を作製し、図3のように引張強度試験機に設置し、それぞれの引張強度を測定した。

3 結果

重ねたポリカーボネート板の設置高さを変えて溶着したポリカーボネート溶着試料の引張強度試験の結果を図4に示す。 $z=3.5\text{mm}$ のとき最大強度を得た。 $z=2\text{mm}$ 、 6mm での溶着試料は引張強度試験機への設置時に外れ、値としての結果は得られなかった。

4 まとめ

板厚 3mm のポリカーボネート板の場合、1枚の板厚 $+0.5\text{mm}$ の位置に重ねたポリカーボネート板の上面を持ってきたときに最大の引張強度を得られることがわかった。

今回は、焦点距離 20mm の平凸レンズでプラスチック材に板厚 3mm のポリカーボネートを用いて実験を行った。それぞれ異なるものを使用した場合、得られる結果が異なる可能性があるため、今後、条件を変えて実験を行っていく。それとともに、この結果を使用し、応用製品への加工に利用していきたい。

参考文献

- 1) 山下清光：透明プラスチックの光吸収率の測定。
静岡県工業技術研究所研究報告，第8号，73-74 (2016)。

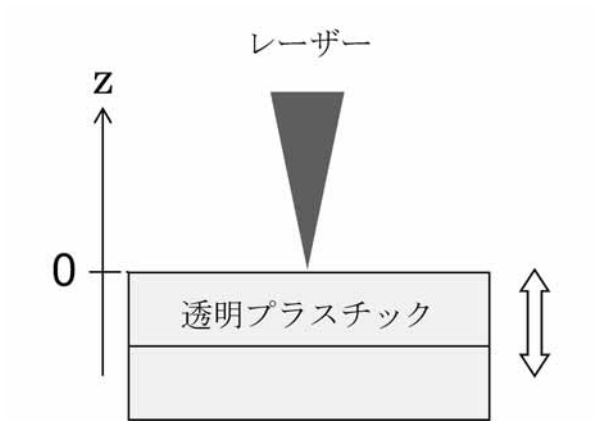


図2 透明プラスチックと座標との位置関係 ($z=0$ のとき)

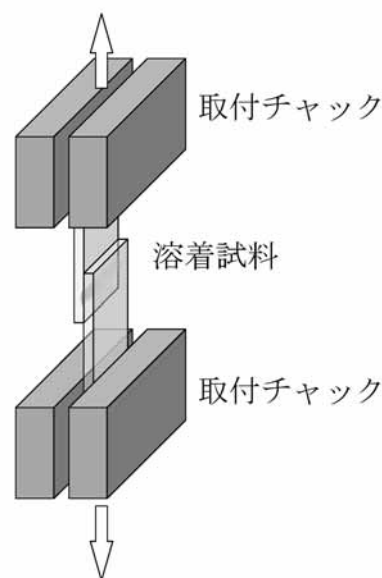


図3 引張強度試験

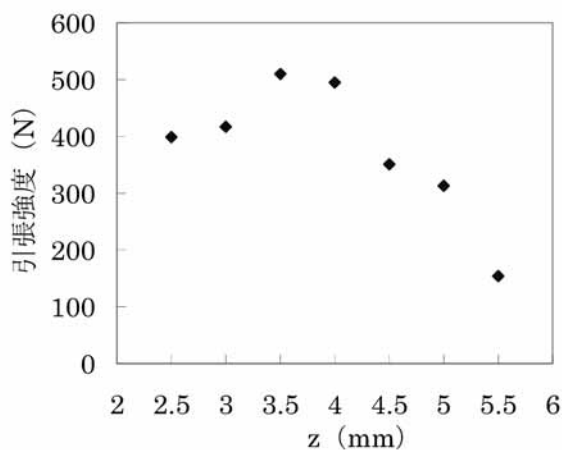


図4 レーザー照射位置に対する引張強度

シャックハルトマンセンサを用いたスティッチング波面計測の精度評価

光科 中野雅晴

Evaluating precision of stitched wavefront measurement using a Shack-Hartmann sensor

Masaharu NAKANO

Keywords : Wavefront measurement, stitching, refractive index distribution, transparent plastics.

キーワード : 波面計測、スティッチング、屈折率分布、透明プラスチック。

1 はじめに

これまでに、我々は大型樹脂レンズ内部の屈折率分布の乱れを可視化するシステムを開発してきた¹⁾。本システムでは、測定対象を透過した光の波面の乱れをシャックハルトマンセンサ（以下、波面センサ）で検出する。さらに、測定領域を分割計測して後から繋ぎ合わせるスティッチング計測を用いている。これにより、高い空間分解能で、大きな位相の乱れを測定することができる。しかし、スティッチング計測により測定精度が悪化することが課題であった。本報告では、悪化要因を明らかにして、システムの測定精度と再現性を改善させた結果について報告する。

2 方法

図1に示すように、スティッチング計測では、測定対象を繰り返し移動して測定する。測定精度が低下する要因の一つは、本手法により測定時間が長くなることで測定中に温度変化が生じることにある。温度が変化すると、波面センサ内部でマイクロレンズアレイが撮像素子に対して位置ずれる（図2）。これは、測定基

準が変わることに相当するため、測定精度が悪化する。位置ずれが起こった場合、波面センサではチルト波面が入射したときと同様な測定値が得られる。そこで、チルト波面を測定波面から演算により取り除くことで温度変化が測定精度に及ぼす影響を抑えた。チルト波面は、測定波面をZernike多項式に展開して抽出した。分割数が増加すると測定時間が長くなることから、スティッチングの分割数と測定精度との関係性を評価した。

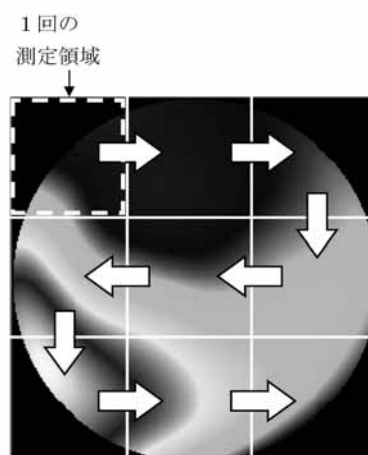


図1 スティッチング計測の概略図

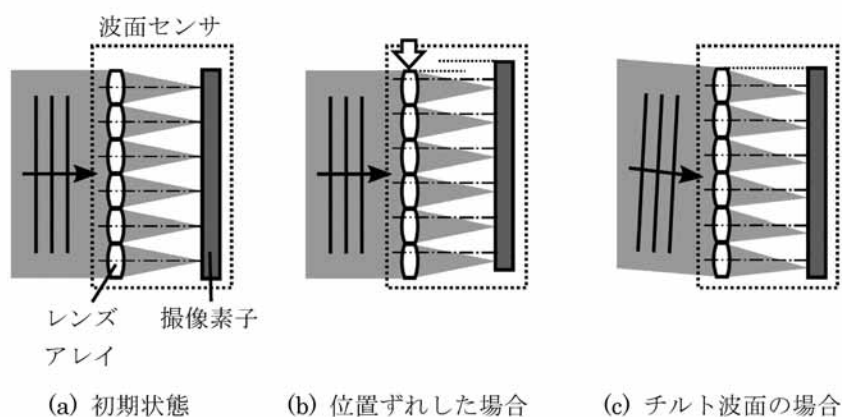


図2 温度変化により発生した位置ずれの影響

初期状態 (a) から波面が変化していなくても、波面センサで検出される信号は (b) と (c) で同じであるため、チルト波面として検出されてしまう。

3 結果および考察

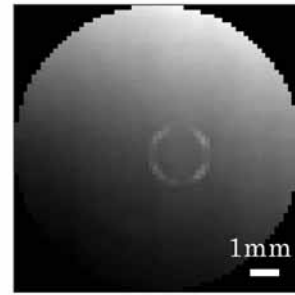
図3に、固定した測定領域を、ステッチングの分割数を変えて繰り返し測定したときの、分割数と測定精度及び再現性との関係を示す。分割数が増加すると測定精度と再現性が低下している。これに対して、温度変化の影響として現れるチルト波面を除去すると、分割数に関係なく測定精度5nmを実現し、再現性も改善されることを確認した。これは、厚さが3mm以上あれば、想定するレンズ評価で必要とされる 10^{-4} の屈折率精度で測定できることに相当する。ステッチングを行わずに一括測定した結果との差分が4nm生じているが、測定対象を移動する機構の位置決め誤差が要因の一つである。また、この測定では、同じ空間分解能で評価したため、ステッチング計測の利点が得られなかった。しかし、大面積の測定対象を測定する場合、一括測定では空間分解能が低下し測定精度が悪化するため、ステッチング計測のほうが有利であると考えられる。

4 まとめ

ステッチング計測により悪化した測定精度を、測定波面からチルト波面を除去することで改善した。本システムは大型の樹脂レンズ以外にも、樹脂パネルなどの屈折率分布に大きな乱れが生じやすい透明体製品の試作評価に利用することができる。

参考文献

- 1) 中野雅晴 他：シャックハルトマン波面センサを用いた透明体の均質性評価. 静岡県工業技術研究所報告, 第8号, 57-62 (2016).



測定波面

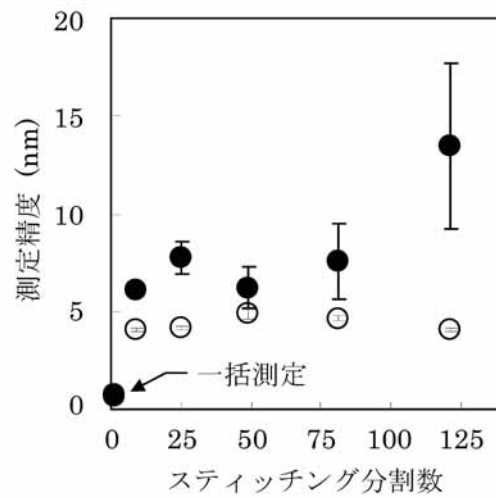


図3 ステッチング計測の測定精度

●：処理なし、○：チルト波面除去。ステッチングを行わずに一括測定した波面とステッチング波面との差分(標準偏差)を、各分割数において5回測定して、平均値を測定精度とした。波面全体を測定するために用いたマイクロレンズの数は、一括測定とステッチング測定で同じにした。測定対象として、炭酸ガスレーザーで円形模様を表面に加工した厚さ3mmの亚克力平板を用いた。

高熱伝導率アルミ合金ヒートシンクを用いた評価

機械科 岩澤 秀 大澤洋文 針幸達也 長澤 正
 材料科 長津義之
 株式会社浅沼技研 上久保佳則 高橋正詞 山本健介 杉浦泰夫

Evaluation using heat sink with high thermal conductivity aluminum alloy

Shigeru IWASAWA, Hirofumi OOSAWA, Tatsuya HARIKOH, Tadashi NAGASAWA,
 Yoshiyuki NAGATSU, Yoshinori KAMIKUBO, Masashi TAKAHASHI, Kensuke YAMAMOTO
 and Yasuo SUGIURA

Keywords : Heat sink, thermal conductivity, aluminum alloy, thixocasting.
 キーワード : ヒートシンク、熱伝導率、アルミニウム合金、チクソキャスト。

1 はじめに

ヒートシンクは、温度上昇を防ぐ手段として広く適用されている。高い形状自由度を特徴とするアルミダイカストは、この製造によく利用されるが、鑄造欠陥や合金組成の制限により、熱伝導率に限界がある。

これまで我々は、高熱伝導率を有する半熔融成形素材を開発した。平成27年度は、簡易な放熱性評価装置の製作とともに、半熔融成形したヒートシンク形状鑄物の放熱性を評価した。

2 実験方法

2.1 放熱性評価装置

図1に放熱性評価装置外観を示す。熱源ブロックに挿入したヒータを加熱することで、ダミーブロックを介してヒートシンクが加熱される。ダミーブロック内部にはシーズK熱電対を設置している。冷却は、装置上部に設置したファンにより行う。熱源部及びヒートシンクは、アクリル板で覆い、下部に吸気孔を設置した。

2.2 ヒートシンク形状及び熱伝導率

図2にヒートシンク形状と熱伝導率を示す。半熔融

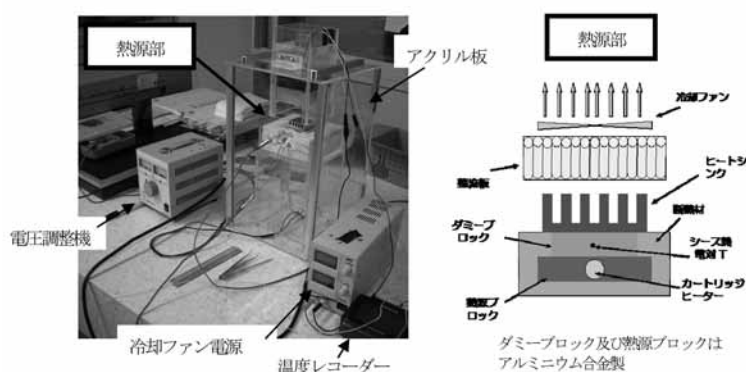
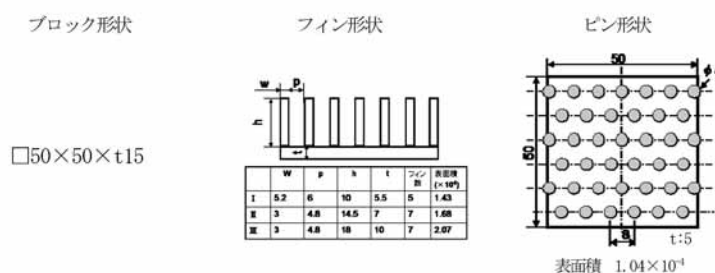


図1 放熱性評価外観及び熱源部概略図



長さ及び面積の単位は、それぞれmm及びmm²

熱伝導率は、チクソ (Al-4%Si-0.5%Mg) : 198W・m⁻¹・K⁻¹ ADC12 (Al-12%Si-2.5%Cu-0.3%Mg) : 125W・m⁻¹・K⁻¹

図2 ヒートシンク形状

材（以下チクソと称す）と比較材としてADC12を用意した。

2.3 評価方法

(1)定常熱流評価

冷却ファンを稼働し、熱源ブロックに50V及び100Vの電源を供給した時の平衡温度上昇を熱抵抗として評価する。

(2)非定常熱流評価

ダミーブロックの熱電対温度を180°C一定とした後、冷却を開始し、時間経過に伴う温度低下を評価する。

3 結果及び考察

(1)定常熱流評価

図3にブロック状ヒートシンクを用いた時の熱抵抗と熱伝導率の関係を示す。比較のために様々な熱伝導率をもつブロックの結果も載せた。熱伝導率が高い程熱抵抗は小さくなっているが、熱伝導率による優位性は、あまり見られなかった。図4は、ヒートシンクの表面積と熱抵抗の関係を示す。チクソ及びADC12合金ともにファン風速が速く、表面積増加により熱抵抗は低下する。つまり、ヒートシンク表面積が大きい程、ダミーブロックからの放熱が促進されることを示す。熱伝導率の高いチクソの方が若干低い熱抵抗を示すが、顕著な差は認められない。

(2)非定常熱流評価

空冷の経過時間に伴う温度低下の割合を次式を用い、k値として図5に示した。

$$(F2-F0) = (F1-F0)e^{-kt}$$

ここで、F0は、室温(°C)、F1は、ダミーブロックの初期温度(°C)、F2は、t秒後のダミーブロック温度(°C)とした。

チクソ及びADC12とも、風速が速く、表面積が大きくなるにつれてk値は大きく、ダミーブロックの放熱が促進される。チクソとADC12を比較すると、熱伝導率の高いチクソの方が、風速2.8m/sで、若干高いk値を示すが、(1)と同様、放熱性に関して顕著な違いは、見られなかった。

4 まとめ

放熱性評価装置を作製し、評価を行った。放熱性は、ヒートシンク表面積及び風速の影響を強く受ける。チクソ成形した高熱伝導率ヒートシンクは、ADC12より若干放熱性が良かった。ヒートシンク形状を見直し、熱伝導率と放熱性の関係を明確にする必要がある。

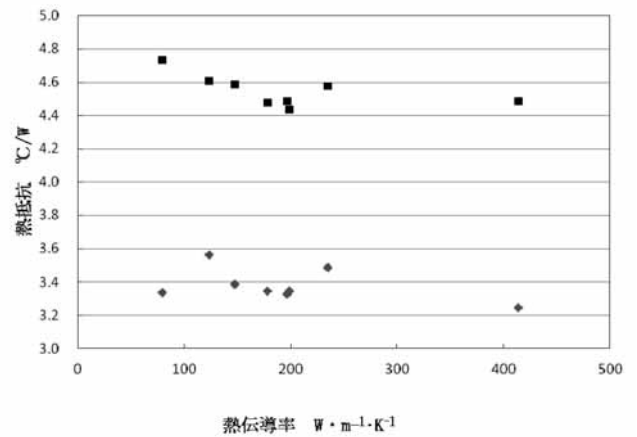


図3 熱抵抗と熱伝導率の関係

■風速1.3m/s ◆風速2.8m/s。

温度/出力[°C/W]は、(100V時の熱電対温度-50V時の熱電対温度)/(100V時の電力-50V時の電力) で求められる熱抵抗[温度(°C)/負荷出力(W)]。

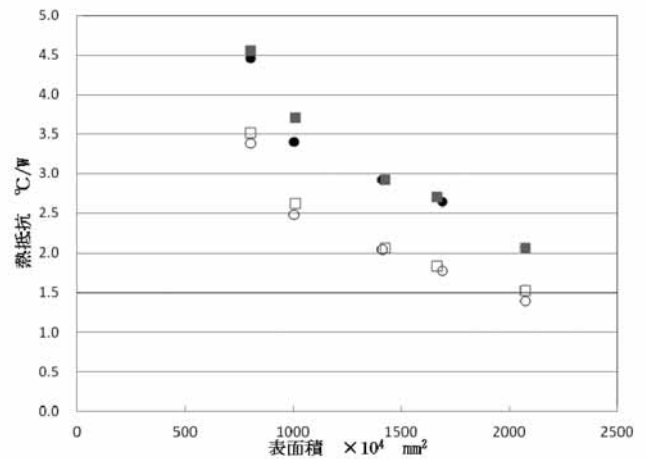


図4 熱抵抗と表面積の関係

○THIXO 風速2.8m/s ●THIXO 風速1.3m/s
□ADC12 風速2.8m/s ■ADC12 風速1.3m/s

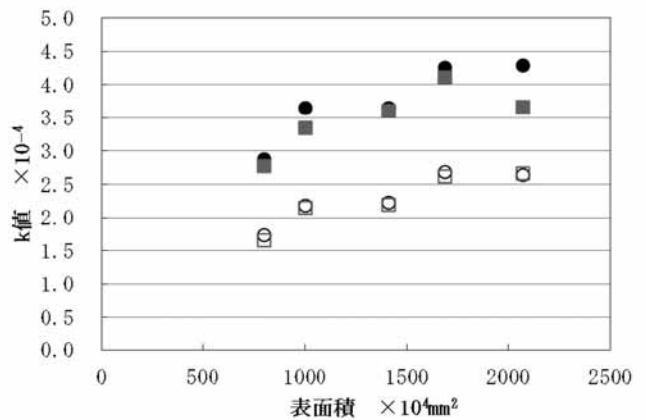


図5 k値と表面積の関係

○THIXO 風速2.8m/s ●THIXO 風速1.3m/s
□ADC12 風速2.8m/s ■ADC12 風速1.3m/s

CFRPの穴加工における工具形状の影響

機械科 大澤洋文

材料科 是永宗祐* 植松俊明 伊藤芳典 長津義之

Effects of tool shape on machinability for CFRP drilling

Hirofumi OOSAWA, Sosuke KORENAGA, Toshiaki UEMATSU, Yoshinori ITOH
and Yoshiyuki NAGATSU

Keywords : CFRP, drilling, tool shape.

キーワード：CFRP、工具形状、穴加工。

1 はじめに

炭素繊維強化樹脂（以下、CFRP）は、軽量かつ高強度の優れた材料特性を有するため、航空機産業をはじめ様々な分野での利用が拡大している。特に自動車産業では、車体の軽量化が燃費の向上につながることから、各種車体部品への適用が検討されている。CFRPで部品を作製するには、トリミング加工や穴加工が必要となるが、それらを切削加工で行う場合、工具寿命が短くなることや繊維の切り残し、層間剥離等による加工品質の低下が課題となっている。

本研究では、CFRPに対して種々の工具を用いて穴加工を行い、工具形状と加工品質の関係を調査した。

抗の最大値で評価した。また、加工品質の評価は、加工した穴の出口側で繊維が切断されずに残るアンカットファイバーの発生状況の観察と図3に示す加工影響幅の測定で行った。

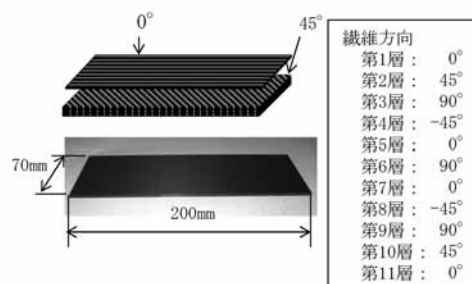


図1 被削材

2 方法

被削材は、図1に示すように積層した板厚2mmの疑似等方性CFRP板（マトリクス：エポキシ）を用いた。

実験装置の概要を図2に示す。加工機は立形マシニングセンタEV-450T（エンシュウ㈱製）を用い、表1に示す条件で、形状の異なる5種類の工具を用いて穴加工を行った。加工中の切削挙動は、スラスト抵

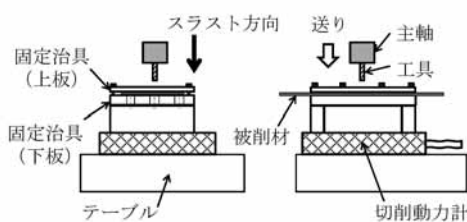


図2 加工試験方法（左：側面、右：正面）

表1 切削条件

	工具A	工具B	工具C	工具D	工具E	下穴加工
工具形状						
	ツイストドリル	トリプルアングルドリル	ボールエンドミル	電着ルーター	スクエアエンドミル	ツイストドリル
工具径 (mm)	φ6	φ6.375	φ6	φ6	φ6	φ4
切削速度 (m/min)	60					
送り (mm/rev)	0.05	0.05	0.05	0.01	0.05	0.05
加工機	立形マシニングセンタEV-450T（エンシュウ㈱）					
雰囲気	ドライ					
下穴加工	なし	なし	なし	あり	なし	-

* 現 沼津工業技術支援センター機械電子科

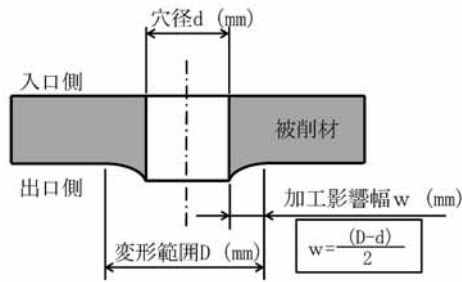


図3 加工影響幅

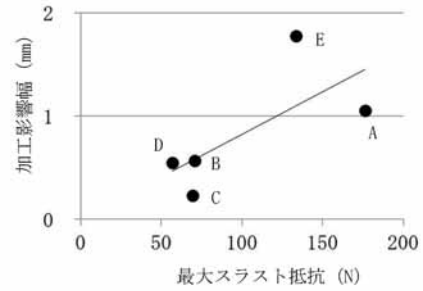


図6 最大スラスト抵抗と加工影響幅

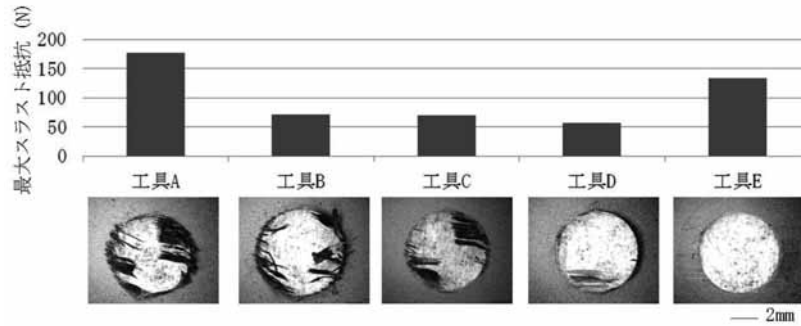
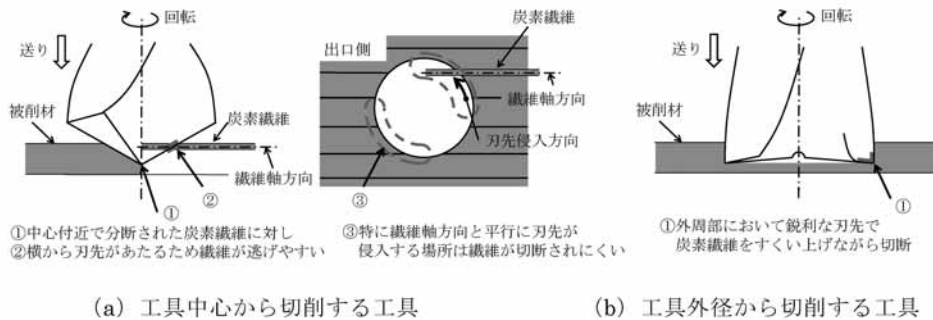


図4 最大スラスト抵抗と加工穴外観



(a) 工具中心から切削する工具

(b) 工具外径から切削する工具

図5 加工モデル

3 結果および考察

工具ごとの最大スラスト抵抗と加工穴の状態を図4に示す。最大スラスト抵抗は、工具Aが約175Nと最も大きく、次いで工具Eが約135N、工具B、C、Dは55～70Nとほぼ同等だった。アンカットファイバーは、工具A、B、Cでは広い範囲で発生したものの、工具Dと工具Eでは大幅に抑制でき、アンカットファイバーの発生と、スラスト抵抗の大きさには関係は見られなかった(図4下図)。工具A、B、Cは、図5(a)に示すように工具の中心から穴を広げるように加工することで、刃先が炭素繊維の軸方向に平行に侵入するため、繊維が逃げてしまい切れずに残りやすい状態となったと考えられる。一方、工具Dは表面に電着されたダイヤモンド粒で炭素繊維を粉砕し、工具Eは図5(b)に示すように鋭利な刃先で穴の外周の炭素繊維を切断しながら加工するため、アンカットファイバーの発生を抑制できたと考えられる。

次に、最大スラスト抵抗と加工影響幅の関係を図6に示す。加工影響幅は、最大スラスト抵抗の増加とともに大きくなる傾向が見られた。これは、被削材の積層層間の接合力に対してスラスト抵抗が上回ると、層間剥離がおり、被削材の変形が大きくなるためであると考えられる。アンカットファイバーの発生がなかった工具Eでは加工した穴の加工影響幅が1.8mmと大きかった。そこで工具Eの加工前に、下穴加工を追加したところ、最大スラスト抵抗は約50N、加工影響幅は0.3mmと低減された。

4 まとめ

CFRPに対して、数種類の工具で穴加工を行い、加工した穴の品質を評価した。工具の形状を変えることでアンカットファイバーの発生を抑制でき、スラスト抵抗を小さくすることで層間剥離を低減できることが分かった。

金コバルトめっき皮膜の硬さ測定方法の検討

材料科 田中宏樹 田光伸也

The hardness evaluation of Au-Co alloy plating.

Hiroki TANAKA and Shinya TAKO

Keywords : Plating, hardness.

キーワード : めっき、硬さ。

1 はじめに

マイクロビッカース硬さ試験 (JIS Z 2244) において、測定には圧子の押し込み深さの10倍以上のめっき皮膜の厚さが必要であると規定されている。しかし、実製品では、数 μm 程度のめっき皮膜も多く、JISによる規定以下の薄いめっき皮膜でも硬さが評価出来ることが望まれている。そこで本研究では、種々の膜厚における金コバルトめっき皮膜の硬さ測定方法を検討した。

2 方法

2.1 試験片の作製

ハルセル試験用磨真鍮板 (株山本鍍金試験器製) に金コバルトめっきを施し、試験片を作製した。めっき条件および膜厚を表1に示す。No. 7、No. 8は表面の凹凸が激しく圧痕形状が不安定であったため、ダイヤモンド研磨剤で鏡面研磨を行った。

2.2 硬さ試験

微小硬度試験機 (FM-ARS9008:株フューチャアテック製) を用い、皮膜表面からビッカース硬さを測定した。

基材およびNo. 6について、試験力9.807mN、29.42mN、49.03mN、98.07mN、245.2mNで硬さを測定した。他の試験片については、29.42mNで測定した。各測定条件および試験片における測定回数は5回とした。

3 結果および考察

膜厚が11.3 μm であるNo.6における試験力に対する硬さおよび膜厚と圧子の押し込み深さの比 (押し込み深さ比) の関係を図1に示す。ビッカース硬さは、9.807mNのとき最も低く、29.42mNで最高値を示したのち、試験力の増加とともに低下する傾向を示した。また、押し込み深さ比は、試験力の増加とともに低下し、98.07mN以上で8倍以下となり、JISによる規定を下回った。膜厚が薄い試料の硬さ測定には押し込み深さの浅い、小さい試験力ほど有利と思われるが、試験力9.807mNにおける測定値は、他の試験力とのずれが大きく、測定装置による誤差が大きいと考えられるため、安定して硬さを評価できる試験力として29.42mNを選択した。

次に、試験力29.42mNにおける膜厚と硬さの関係を

表1 めっき時間、めっき後処理および膜厚測定値

試料 No.	めっき時間	めっき後処理	膜厚測定方法*	膜厚測定値 (μm)
1	30 秒	なし	蛍光 X 線式試験方法	0.1
2	120 秒	なし	蛍光 X 線式試験方法	0.5
3	240 秒	なし	蛍光 X 線式試験方法	1.1
4	480 秒	なし	蛍光 X 線式試験方法	2.2
5	1200 秒	なし	顕微鏡断面試験方法	5.5
6	2400 秒	なし	顕微鏡断面試験方法	11.3
7	3600 秒	表面を研磨	顕微鏡断面試験方法	(13.5)
8	4800 秒	表面を研磨	顕微鏡断面試験方法	(18.4)

*試験方法はJIS H 8501を参考にした。

図2に示す。ビッカース硬さは膜厚の増加とともに上昇し、膜厚5.5 μm 以上では180~190HV程度、押し込み深さ比7倍以上であり、比較的安定した値が得られた。膜厚が5.5 μm 未満では、押し込み深さ比が小さいことから、基材からの影響を大きく受け、硬さが低下したと考えられる。

以上より、試験力9.807mNでは、装置および測定者による測定誤差が大きい。押し込み深さ比が小さい場合、基材が影響すると思われる。

4 まとめ

金コバルトめっき皮膜について硬さ試験を行い、以下の知見を得た。

- ・ JISによる規定以下の膜厚であっても、押し込み深さ比がビッカース硬さで7倍以上あれば、安定した測定値を得ることが出来る。
- ・ 試験力9.807mNでは装置および測定者による測定誤差が大きい。

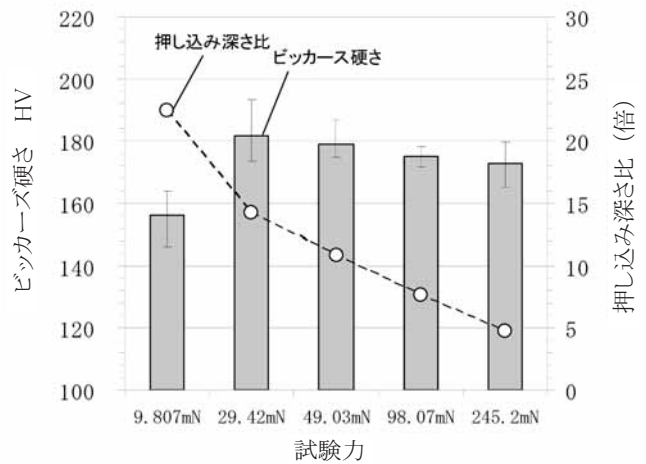


図1 試験荷重による硬さ試験

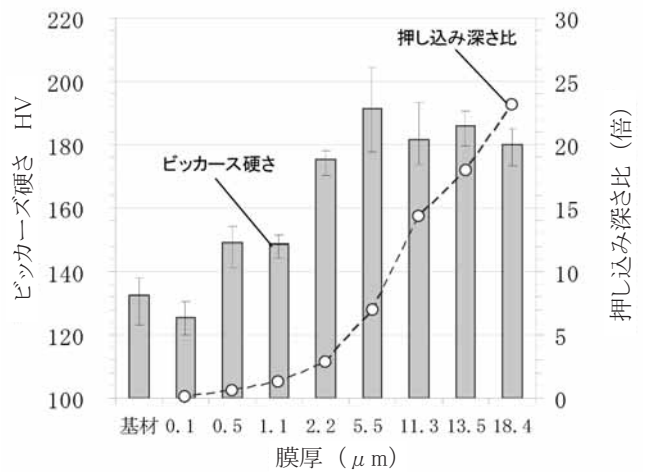


図2 膜厚による硬さ試験

電鍍による金合金パイプの作製

材料科 田光伸也

Fabrication of gold alloy pipe by electroforming process

Shinya TAKO

Keywords : Electroforming, plating, medical devices.

キーワード：電鍍、めっき、医療部品。

1 はじめに

カテーテルの微細化に伴い、先端部に取り付けるパイプ形状の貴金属部品にも小型化が求められているが、必要とされる大きさは従来の製造方法における限界付近に達している。微細な製品を作製する方法の一つにめっき技術を応用した「電鍍」があるが、貴金属の電鍍用厚付けめっき液は存在しないため、現状では電鍍による微小サイズの貴金属パイプは実現されていない。本研究では、貴金属の中では比較的高い硬度が得られる金合金めっきについて、めっき条件を検証し電鍍パイプの作製を試みた。

2 方法

2.1 パイプの作製

めっき条件において、制御可能な因子とその水準を抽出した(表1)。各因子が内部応力に及ぼす影響をコンジョイント分析により調査し、内部応力の低いめっき条件を検討した。得られためっき条件により電鍍を行い金合金パイプを作製した。めっき液は市販の金合金めっき液を基に新たに調製した。

表1 制御因子と水準の目安

制御可能な因子	水準1	水準2	水準3
処理温度	低	中	高
攪拌速度	遅	中	速
電流密度	低	中	高

2.2 コンジョイント分析

金合金めっきについて、めっき条件が内部応力に与える影響を、規格化された尺度(SN比)を用いて因子間で単純比較するため「コンジョイント分析」を用いた¹⁾。評価指標には皮膜の内部応力を用いた。

2.3 皮膜の内部応力測定

陽極に銅のひずみゲージ精密応力計試験片(株山

本鍍金試験器製)、陰極に白金めっきチタン板を用い、ひずみゲージ式精密応力計 B-72-SG(株山本鍍金試験器製)により内部応力を測定した。任意の条件#1~9(表2)により、2μm程度の膜厚が得られるまでめっきを行った。

表2 電解条件

条件	処理温度	攪拌速度	電流密度
#1	低	遅	低
#2	中	中	中
#3	高	速	高
#4	低	中	高
#5	中	速	低
#6	高	遅	中
#7	低	速	中
#8	中	遅	高
#9	高	中	低

3 結果および考察

条件#1~9により得られためっき皮膜の内部応力に対し、5点満点で1~5点の得点を与えた。この得点について回帰分析を行い、内部応力に対する各因子の影響度を求めた(図1)。

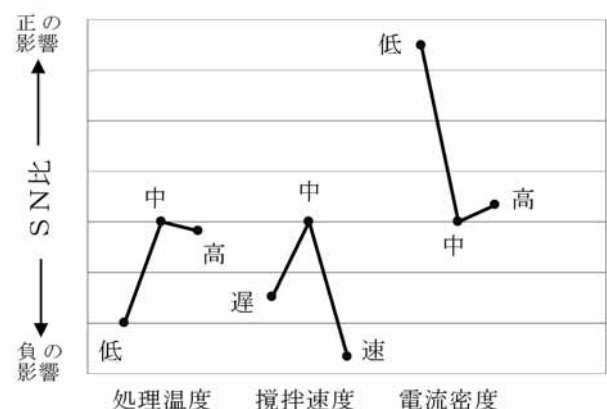


図1 影響度グラフ

図1において、SN比が高い値を示す因子ほど内部応力を低減させる効果が高いことを示しており、処理温度を中～高温とすることおよび低い電流密度でめっきを行うことが皮膜の内部応力の低減に効果的であることが分かる。一方、攪拌速度が内部応力に与える影響については一義的に定義できない結果となった。これは、めっきにより発生した水素ガスの吸着および放出、攪拌により発生しためっき液の対流が直接陰極に作用する可能性など、複数の要因が複雑に関係しているためと考えられる。

得られた条件により電鍍を行い、厚さ50～200 μm 、長さ1～200mmの微細な金合金パイプを作製することができた。(図2、3)。

4 まとめ

電鍍により金合金パイプを作製するため、コンジョイント分析を利用し、内部応力が低減されるめっき条件を検討した。この結果をもとに電鍍を行い、金合金パイプを作製することができた。

参考文献

- 1) 吉岡正行 他：金属材料・樹脂材料における不具合シミュレーションとデータ解析に関する研究（第4報）. 静岡県工業技術研究所研究報告，第5号，178-179 (2012).

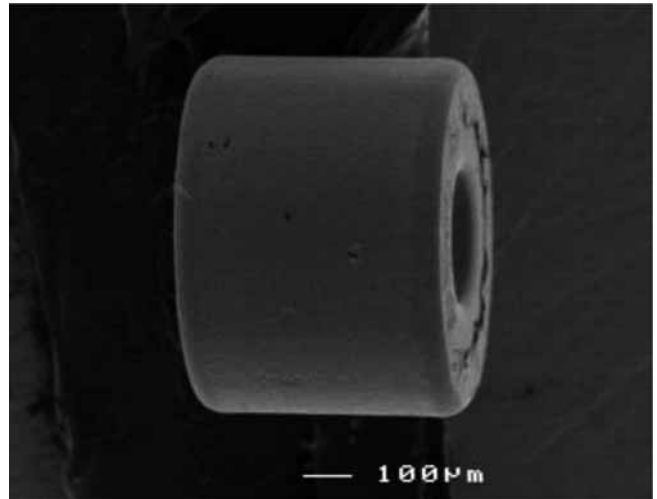


図2 従来サイズの金合金パイプ
(内径200 μm 、外形600 μm)

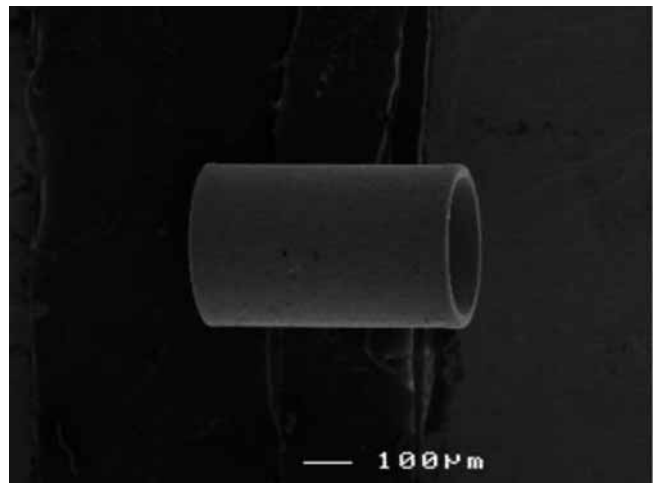


図3 新規サイズの金合金パイプ
(内径250 μm 、外形350 μm)

ファンダメンタルパラメータ法による蛍光X線分析の信頼性評価

材料科 植松俊明 是永宗祐* 田中宏樹 田光伸也

Reliability in analytical values of X-ray fluorescence analysis by means of fundamental parameter method

Toshiaki UEMATSU, Sosuke KORENAGA, Hiroki TANAKA and Shinya TAKO

Keywords : X-ray fluorescence analysis, fundamental parameter method, reliability.

キーワード : 蛍光X線分析、FP法、精確さ。

1 はじめに

蛍光X線分析法は試料にX線を照射したときに放出される元素固有の蛍光X線を測定することで軽元素から重元素まで多くの元素が分析可能であり、材料の不具合解析や製品開発における有効な分析手法である。また、試料の組成や質量吸収係数などの物理定数から求められた理論X線強度と、測定して得られた蛍光X線強度から理論的に分析結果を得るファンダメンタルパラメータ法（以下、FP法）を用いることで標準試料を使用せずに各元素の含有率の推定値を簡便かつ迅速に測定できる。ただし、分析結果の精確さは経年劣化などによる分析装置の安定性、分析条件、試料調製方法などの様々な要因に影響を受けることが知られているため、分析結果を有効に活用するためには、測定者は分析結果の信頼性を把握しておく必要がある。

そこで、本研究では波長分散型蛍光X線分析装置を用いて、蛍光X線分析法のFP法による繰り返し測定を行い、分析値（各元素の含有率の推定値）の繰り返し精度の検証を行った。

2 方法

試料は構成元素の種類と含有率が既知であるアルミニウム合金を用い、各測定の前に試料の測定面を粒径1μmのダイヤモンド研磨剤で研磨し、エタノール中で超音波洗浄した。測定は表1に示す蛍光X線分析装置および分析条件で行い、種々の測定間隔で65回繰り返した。繰り返し精度は、各元素について分析値の平均値、標準偏差、変動係数で評価した。

また、試料の既知の含有率を参照値、測定して得られた含有率を分析値とした。

表1 使用機器および分析条件

使用機器	波長分散型蛍光X線分析装置 3270E1 (縞リガク) 平成3年導入
管球	Rh
管電圧	50kV
管電流	50mA
照射径	20mm

3 結果および考察

65回繰り返し測定を行ったときのマグネシウム（Mg）および鉄（Fe）の分析値の変化を図1、各元素の分析値の平均値、標準偏差、変動係数を表2に示す。Mgの分析値は測定間隔や装置の休止期間が長かった場合に大幅に変動する傾向が見られ、全期間における平均値が4.88%で参照値と比較して0.8%程度低くなり、標準偏差は0.92で大きかった。ここで、図1中で

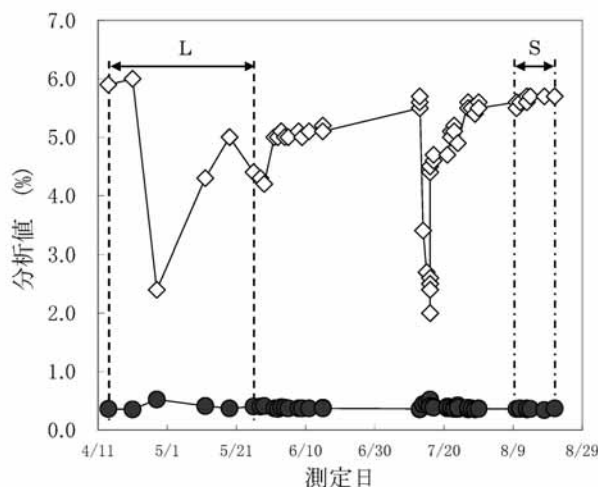


図1 繰り返し測定結果

測定期間：平成27年4月14日～8月21日

◇：Mg、●：Fe

*）現 沼津工業技術支援センター機械電子科

表2 測定結果

元素	参照値 (%)	分析値 (全期間)			分析値 (期間L:低頻度)			分析値 (期間S:高頻度)		
		平均値 μ (%)	標準偏差 σ	変動係数 σ/μ	平均値 μ_L (%)	標準偏差 σ_L	変動係数 σ_L/μ_L	平均値 μ_S (%)	標準偏差 σ_S	変動係数 σ_S/μ_S
Mg	5.67	4.88	0.92	0.19	4.67	1.32	0.28	5.67	0.05	0.01
Si	0.05	0.10	0.01	0.14	0.10	0.01	0.11	0.11	0.02	0.13
Ti	0.05	0.06	0.011	0.18	0.06	0.007	0.11	0.06	0.013	0.22
Mn	0.24	0.24	0.03	0.11	0.25	0.03	0.14	0.23	0.01	0.02
Fe	0.43	0.39	0.04	0.11	0.40	0.06	0.16	0.36	0.01	0.03
Ni	0.02	0.03	0.008	0.29	0.03	0.007	0.24	0.02	0.005	0.22
Cu	0.08	0.08	0.008	0.11	0.08	0.008	0.11	0.07	0.003	0.04
Zn	0.03	0.03	0.009	0.30	0.04	0.007	0.20	0.02	0.006	0.26
Sn	0.02	0.02	0.015	0.61	0.04	0.023	0.60	0.02	0.001	0.05

測定間隔が1回/週である期間：L、測定間隔が1日～数日の期間：Sで各6回の分析値を抽出するとMgの平均値、標準偏差、変動係数は期間：Lで4.67%、1.32、0.28、期間：Sで5.67%、0.05、0.01となり、期間：Sでは参照値との差、ばらつきともに小さかった。Feなどの含有率の低い元素は分析値が低いため、測定間隔による分析値への影響は小さいものの、Mgと同様の傾向を示している元素が多く、分析装置の安定性が分析値に大きく影響を与えていることが示唆された。

4 まとめ

蛍光X線分析のFP法でアルミニウム合金を測定し、繰り返し精度の検証を行った結果、分析値の繰り返し精度には分析装置の安定性が大きく影響していることが示唆され、分析値の信頼性を確保するためには含有率が既知である試料を用いて定期的に測定を実施し、分析装置の状態を把握することが重要であることがわかった。

熱流体数値解析による放熱器性能評価

材料科 長津義之
機械科 岩澤 秀

Application of Thermal Fluid Analysis to Evaluation of Heat Radiators

Yoshiyuki NAGATSU and Shigeru IWASAWA

Keywords : CAE, thermal fluid analysis, radiator, heat sink, thermal contact resistance.

キーワード : CAE、熱流体解析、放熱器、ヒートシンク、界面熱抵抗。

1 はじめに

電子機器のモジュールの高出力、集積化により、熱対策の重要性がますます高まっている。機器開発において温度上昇予測に多く用いられてきた熱回路網法や計算機による熱伝導数値解析は、筐体や放熱板形状等に合わせて熱伝導や熱伝達を再現するモデル作成に専門技術を要する。

一方、熱流体数値解析は、それらも含めて算出可能であるが、部品間に生じる界面熱抵抗等の測定が困難なパラメータ設定という課題は残る。

本センターは空冷ヒートシンクの形状および材質の最適化の相談を県内企業より受け、導入した設計者用熱流体解析システムによる支援を計画している。ここでは、その前段階として、試作ヒートシンクの実測値と解析値を比較した結果を報告する。

2 方法

2.1 ヒートシンク放熱性簡易測定システム

図1(a)にシステムの概要を示す。断熱材は建材用ハードボード（熱伝導率 $0.07\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ）を用いた。発熱体は、カートリッジヒーター（ 75W 、WATLOW J2A80）を入れた熱源ブロック及びその上のダミーブロックとした。なお、両者は熱伝導率 $150\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ のアルミ合金である。

冷却ファンはSanAce80（109R0824）を用いた。測定対象のブロック及び4種類の試作ヒートシンクの材質は全てADC12（熱伝導率 $124\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ）で、形状は図1(b)である。界面に伝熱グリース（AS-05）を塗布し、シースK熱電対（SCHS1-0）を各ブロックに挿入し、温度を計測した。

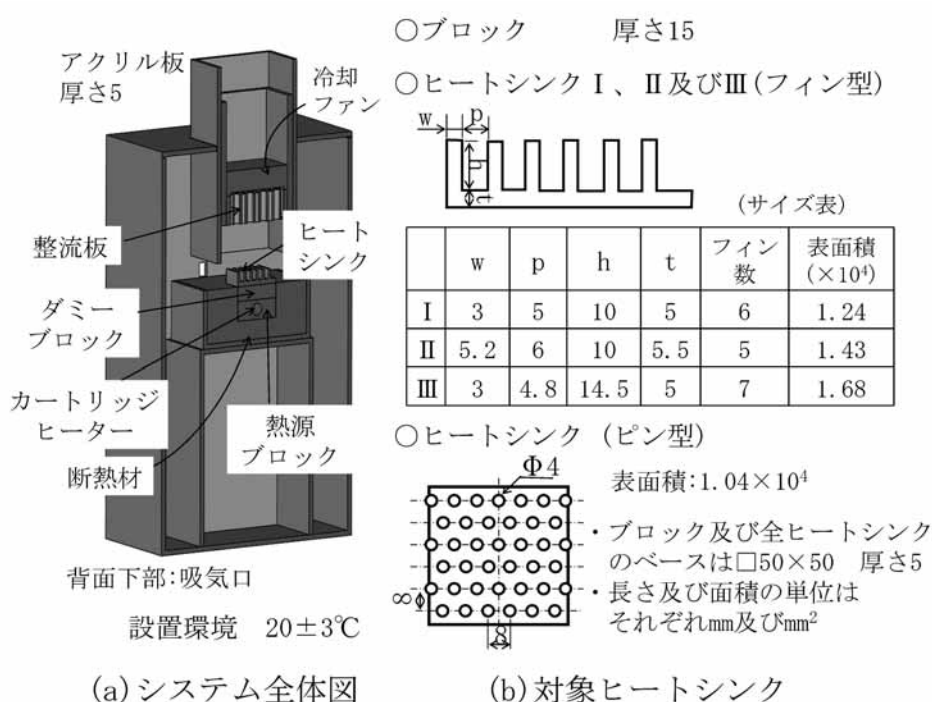


図1 ヒートシンク放熱性簡易測定システム

【ノート】

2.2 界面熱抵抗の推定法

測定システムにダミーブロックと同一材質の2個のブロックを載せ、側面を断熱材で囲い、一定熱量を与えて界面熱抵抗を測定した(図2)。各ブロック底面はヒートシンクと同じ切削及び研磨加工法である。

2.3 ヒートシンク放熱特性解析

解析ソフトウェアはSolidWorks® Flow Simulation 2013を用いた。ハードウェアはDELL® Precision T7610 (CPU:Xeon E5-2650V2×2、RAM:64GB)である。

3 結果及び考察

界面熱抵抗の計測結果を図3に示す。界面熱抵抗の最大値は、ダミーブロック-ブロックA間の 7.38×10^{-5} ($K \cdot m^2/W$)であった。

また、図4は各ヒートシンクの32W発熱の熱平衡状態の解析結果である。実測との温度上昇の差は10%以下となった。特に、ピン型ヒートシンクが表面積に対して高い冷却性能を持つ結果から、流れが再現できていると推測される。なお、ヒートシンクIの最大界面熱抵抗値での解析結果より、今回の対象ではその影響は微小と推測されるため、その他の解析では界面熱抵抗を無しとした。

4 まとめ

ヒートシンクの放熱性評価試験を行い、熱流体解析と比較を行った。その結果、今回用いた手法がヒートシンク形状による冷却性能の差異の予測に有用であることが示された。

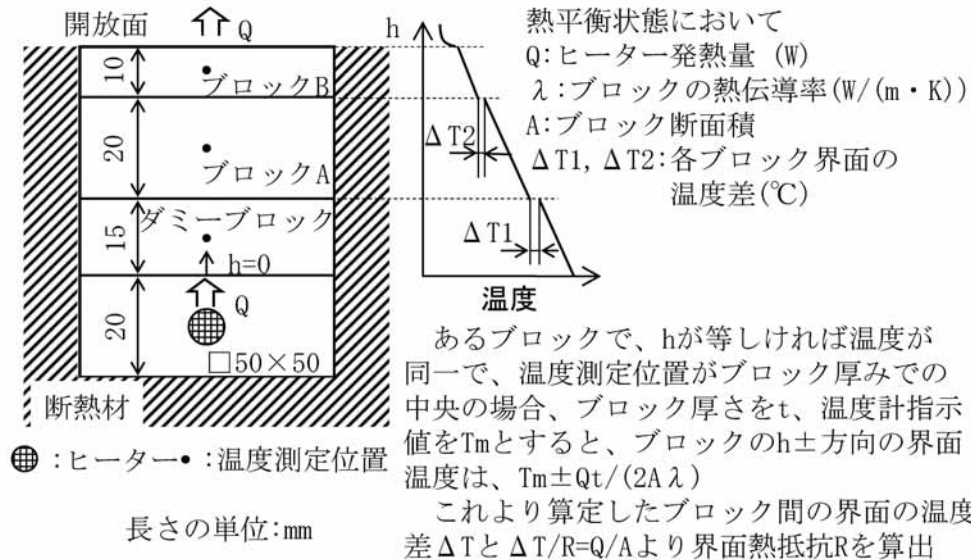


図2 界面熱抵抗測定

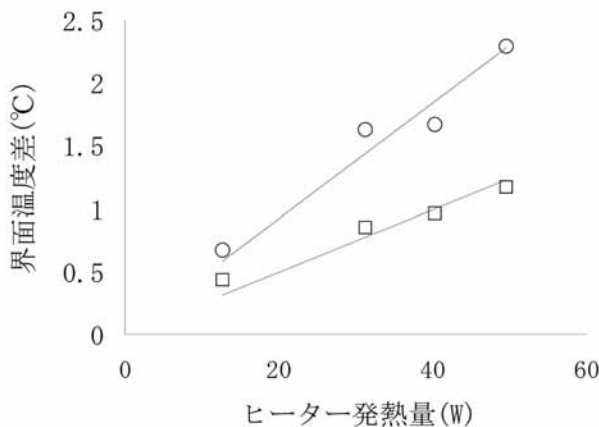


図3 界面熱抵抗測定結果

○:ダミーブロック-ブロックA界面の温度差、
 □:ブロックA-ブロックB界面の温度差。

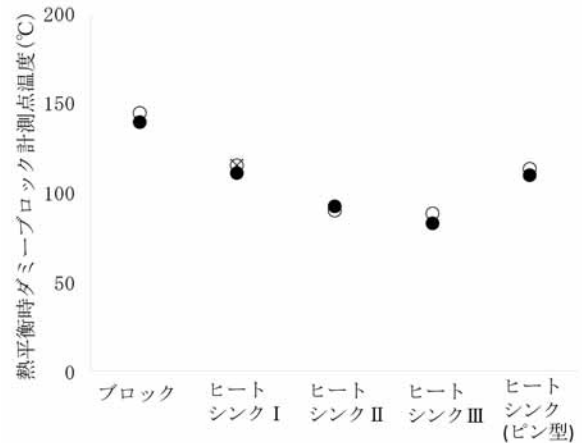


図4 ヒートシンク放熱性試験解析結果

●:実測値、○:解析値、×:解析値(界面熱抵抗を考慮)。

Micro parts processing using laser cutting and ultra-short-pulse laser peen forming

Yoshihiro Sagisaka, Kiyomitsu Yamashita, Wataru Yanagihara and Hiroyasu Ueta

レーザー切断と超短パルスレーザーピーンフォーミングを用いた微細部品加工

浜松工業技術支援センター 鷺坂芳弘 山下清光 柳原 亘* 植田浩安

Journal of Materials Processing Technology, Vol. 219, 230-236 (2015)

Keywords : Bending, Laser peen forming, Laser cutting, Micro parts, Ultra-short-pulse laser

キーワード : 曲げ, レーザーピーンフォーミング, レーザー切断, 微細部品, 超短パルスレーザー

本論文は塑性加工国際会議 (ICTP2014) にて発表した講演論文の増補版が実行委員会からの推薦により Journal of Materials Processing Technology誌に再掲載されたものである。

レーザーピーンフォーミングはレーザー誘起衝撃波を利用した板材成形法である。超短パルスレーザーによるレーザーピーンフォーミングは非熱的なダイレス成形法であり、微細部品の成形に適している。本稿ではピコ秒レーザーとフェムト秒レーザーを用いたレーザーピーンフォーミングを純チタン薄板の曲げ加工に適用した。

照射雰囲気とパルス幅による曲げ特性を比較したところ、フェムト秒レーザーを空気中で照射するのが最も曲げ効率がよく、微細部品加工に適していることが判明した。

一方、フェムト秒レーザーはレーザー切断にも使用することができる。そこでフェムト秒レーザーを用いて、薄板を複雑な形状に切断した後、曲げ加工を行うという複合加工を試みた。この切断と曲げの複合加工による試作の結果、様々な複雑形状を持つ微細部品が成形できることを示した。

*) 現 静岡県工業技術研究所 機械科

マイクロ金型の表面テクスチャリングとそのドライ摩擦・摩耗挙動のその場観察

首都大学東京大学院システムデザイン研究科 掛川 泰 清水徹英 楊 明
浜松工業技術支援センター 鷺坂芳弘

Surface Texturing on Micro-Die and In-situ Observation of Its Dry Friction and Wear Behavior

Tai KAKEGAWA, Tetsuhide SHIMIZU, Yoshihiro SAGISAKA and Ming YANG

塑性と加工, Vol. 56, No. 657, 891-896 (2015)

Keywords : Micro forming, Dry friction, Diamond-like carbon, Surface texturing, In-situ observation

キーワード : マイクロフォーミング、ドライ摩擦、ダイヤモンドライクカーボン、表面テクスチャリング、その場観察

マイクロスケールの領域においては潤滑剤の効果が低下する。そのため、微細塑性加工の高性能化を企図した場合にはその加工における潤滑の問題は極めて重要な課題となってくる。

本論文ではマイクロ金型表面の潤滑性能を向上させるための手段として、摩耗粉の排出効果を期待し、金型表面に表面テクスチャを形成する方法を採用した。このマイクロテクスチャは、金型表面の一部をメタルマスクにて被覆した状態でダイヤモンドライクカーボン(DLC)被膜を形成することで作製される。

テクスチャ化されたDLC被膜の基礎的な潤滑特性を

把握するため、ボールオンディスク試験を実施した。さらに、実際の微細塑性加工における表面テクスチャの有用性を検証するため、マイクロ曲げ加工中の摩擦・摩耗挙動をその場観察するためのシステムを開発した。テクスチャ化されたDLC被膜はテクスチャ化されていないDLC被膜に比べて低い摩擦を示した。さらに表面テクスチャが微細塑性加工中の摩耗粉の排出効果を促進していることが証明された。

浜松工業技術支援センターはフェムト秒レーザーを使用してメタルマスクの製作を担当した。

なお、本稿はJ-Stageにて公開されている。

静岡県の繊維産業

繊維高分子材料科 鈴木一之

The Textile Industry of Shizuoka

Kazuyuki SUZUKI

繊維製品消費科学会誌, 第56巻, 第10号, 786-791 (2015)

Keywords : Textile

キーワード : 繊維

静岡県西部地区は、江戸時代中期以降、愛知県や大阪と並ぶ三大綿織物産地で藍も栽培していたことから木綿織物製造が定着した。

明治時代以降に織布工場の組織化と国内の販路が拡大して「遠州織物」の名は全国で親しまれるようになった。以降、動力織機の発明による生産効率の向上と輸出の増加、工程の分業化が進み、小幅織機から広幅力織機へ転換して工業化が一気に加速して綿織物の一大産地が形成された。しかし、昭和60年(1985年)のプラザ合意による円高の進展で輸出の減少と安価な輸入品が国内需要を奪っていったため、業

界の縮小傾向が続いている。

現在も県西部地区を中心に小幅・広幅織物をはじめ別珍・コール天、からみ織等様々な繊維製品が作られている。

浜松工業技術支援センターも、従来からの先染織物の新商品開発に対する要望があることから、新柄のシミュレーションや試織による開発支援を行っている。

コール天の新製品開発については、旧来の縞柄とは異なる立体的な織り柄を配置したコール天組織の設計や試織などの支援を行っている。

静岡県工業技術研究所研究報告 第9号

平成29年2月(2017年)

編集・発行 静岡県工業技術研究所
企画調整部・編集委員会

〒421-1298 静岡県静岡市葵区牧ヶ谷2078番地

電話 (054) 278-3028

FAX (054) 278-3066