

ISSN 1883-2350

CODEN : SKGKBP

REPORTS
OF THE
INDUSTRIAL RESEARCH INSTITUTE
OF SHIZUOKA PREFECTURE
No.10 November 2017

静岡県工業技術研究所研究報告

第 10 号
平成29年11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 無線・自立型センサモジュールの開発
ー小型風力発電機監視システムへの応用ー
.....竹居 翼、望月紀寿、岩崎清斗 1

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5報）
.....増井裕久、鈴木洋光、青嶋健太、渡邊 通 5
- 2 顕微IRイメージングを用いた樹脂接着不良の原因究明
.....菅野尚子、田中翔悟、渥美博安 7
- 3 回折現象を用いたレンズの照明用途応用に向けた検討
.....志智 亘 9
- 4 レンズ材料の屈折率分散が像の鮮明さに与える影響
.....豊田敏裕 11
- 5 3DデジタイザーとCATソフトウェアによる非接触での平面度評価
.....豊田敏裕 13
- 6 配光測定における室内反射の影響
.....豊田敏裕 15
- 7 白色光干渉測定を用いた表面性状評価事例
.....柳原 亘 17
- 8 機能性を有する戸田香果橘（へだたちばな）ヨーグルトソースの開発
.....松野正幸、浅沼俊倫、渡瀬隆也、山下里恵、池ヶ谷篤、
山家一哲、新井映子、長倉建治、小鍋彰久 19
- 9 新規な食感を持つ乾燥こんにゃく素材の開発
.....三宅健司、倉島康司 21
- 10 食品廃棄物のメタン発酵
ー前処理装置用簡易脱臭機構の検討ー
.....太田良和弘、中島大介、室伏敬太、松村英功、望月光明 23
- 11 食品廃棄物のメタン発酵
ー油脂分解微生物を利用したメタン発酵の評価ー
.....室伏敬太、中島大介、太田良和弘、松村英功、望月光明 25

12	食品廃棄物のメタン発酵 ー湿式メタン発酵のための固形物前処理の最適化ー中島大介、室伏敬太、太田良和弘、松村英功、望月光明	27
13	県産材の弱点「キズがつく」を克服する塗装方法の開発渡邊雅之、赤堀 篤、藤浪健二郎、櫻川智史	29
14	静岡産バラの香り素材の開発山下里恵、石橋佳奈、櫻川智史、佐藤 真、柏木 敏、高田勝己	31

Ⅲ 抄 録

1	各種中空海綿骨螺子の骨固定性における圧縮力の比較検討上條 哲、田中翔悟、真野 毅、熊井 司、田中康仁	33
2	中国茶の含水率と水分活性池田奈実子、渡瀬隆也	34
3	県産針葉樹の利用促進に向けた静岡県の取り組み ー自然の力を利用した“燃えない”、“腐らない”木材の開発ー赤堀 篤	35
4	国産材を使用した木造施設における室内空気質の形成山下里恵、櫻川智史、斎藤幸恵、渡邊 拓、安村 基	36

沼津工業技術支援センター

Ⅰ 報 告

1	発酵食品用乳酸菌スターター選択のための乳酸菌特異的菌叢解析手法の開発 ー発芽ソバ発酵エキス製造用スターターの選択ー高木啓詞、太田俊也、室伏敬太、山口 司	37
2	生体用チタン合金のボールエンドミル加工における工具摩耗に関する研究 ー切削工具と被削材の接触位置が工具摩耗に及ぼす影響ー是永宗祐、本多正計	43

Ⅱ 研究ノート

1	新規発泡性清酒の開発 (第1報) ー貴醸酒仕込みによる試作ー勝山 聡、鈴木雅博、天野祥吾、岩原健二	48
2	水素吸蔵合金アクチュエータの繰り返し動作性能の評価本多正計、是永宗祐	50

富士工業技術支援センター

I 報告

- 1 新聞古紙をトイレットペーパーの原料とするための技術開発 (第2報)
齊藤和明、深沢博之、木野浩成、齊藤将人、白井 圭、山口智久 53

浜松工業技術支援センター

I 報告

- 1 半溶融成形法によるAl-Si-Mg系鋳造合金の耐食性
岩澤 秀、大澤洋文、針幸達也、長澤 正、
 上久保佳則、高橋正詞、山本健介、杉浦泰夫 63

II 研究ノート

- 1 波面計測を用いた透明樹脂溶着の品質評価
中野雅晴、上野貴康 67
- 2 2 μ mレーザーによる透明プラスチックの溶着事例
山下清光、柳沢 靖、松浦泰典 69
- 3 透明プラスチック溶着に用いるレーザー加工条件の検討
上野貴康、中野雅晴 72
- 4 LTE方式携帯電話信号の識別アルゴリズム
杉森正康、山田浩文、増田康利、松田 稔、田内正治、犬塚 博 74
- 5 CFRPの穴加工における当て板の効果
大澤洋文、植松俊明、伊藤芳典、長津義之 77
- 6 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 (第2報)
 ー分析値に及ぼす試料状態の影響ー
植松俊明、田中宏樹、田光伸也 79
- 7 三価クロム化成処理皮膜の分極抵抗測定
田中宏樹、田光伸也、吉岡正行 81
- 8 電鋳によるプラチナパイプの作製
田光伸也、田中宏樹、谷口 諒、仲山昌宏 83

III 抄録

- 1 フェムト秒レーザーを用いた切断とレーザーピーンフォーミングの複合加工
 ー微細部品のための曲げ精度の向上ー
鷺坂芳弘、山下清光、植田浩安 85
- 2 アルミニウム合金の冷間鍛造における環境対応型潤滑剤の性能評価
鷺坂芳弘、石橋 格、中倉敏成、中村 保、早川邦夫 86

3 環境対応2液2層型冷間鍛造用潤滑剤の特徴と処理方法	石橋 格、中村 保、早川邦夫、鷺坂芳弘、和澤伸一	87
4 金属粉末射出成形法による高強度Ti合金の創成	伊藤芳典、三浦秀士	88

分野別目次

バイオ分野

I 報告

- 1 発酵食品用乳酸菌スターター選択のための乳酸菌特異的菌叢解析手法の開発
ー発芽ソバ発酵エキスを製造用スターターの選択ー
.....高木啓詞、太田俊也、室伏敬太、山口 司 37

II 研究ノート

- 1 新規発泡性清酒の開発 (第1報)
ー貴醸酒仕込みによる試作ー
.....勝山 聡、鈴木雅博、天野祥吾、岩原健二 48

食品分野

II 研究ノート

- 1 機能性を有する戸田香果橘 (へだたちばな) ヨーグルトソースの開発
.....松野正幸、浅沼俊倫、渡瀬隆也、山下里恵、池ヶ谷篤、
山家一哲、新井映子、長倉建治、小鍋彰久 19
- 2 新規な食感を持つ乾燥こんにゃく素材の開発
.....三宅健司、倉島康司 21

III 抄録

- 1 中国茶の含有率と水分活性
.....池田奈実子、渡瀬隆也 34

環境分野

II 研究ノート

- 1 食品廃棄物のメタン発酵
ー前処理装置用簡易脱臭機構の検討ー
.....太田良和弘、中島大介、室伏敬太、松村英功、望月光明 23
- 2 食品廃棄物のメタン発酵
ー油脂分解微生物を利用したメタン発酵の評価ー
.....室伏敬太、中島大介、太田良和弘、松村英功、望月光明 25
- 3 食品廃棄物のメタン発酵
ー湿式メタン発酵のための固形物前処理の最適化ー
.....中島大介、室伏敬太、太田良和弘、松村英功、望月光明 27

光分野

Ⅱ 研究ノート

- 1 波面計測を用いた透明樹脂溶着の品質評価
.....中野雅晴、上野貴康 67
- 2 2 μ mレーザーによる透明プラスチックの溶着事例
.....山下清光、柳沢 靖、松浦泰典 69
- 3 透明プラスチック溶着に用いるレーザー加工条件の検討
.....上野貴康、中野雅晴 72

Ⅲ 抄 録

- 1 フェムト秒レーザーを用いた切断とレーザーピーンフォーミングの複合加工
ー微細部品のための曲げ精度の向上ー
.....鷺坂芳弘、山下清光、植田浩安 85
- 2 アルミニウム合金の冷間鍛造における環境対応型潤滑剤の性能評価
.....鷺坂芳弘、石橋 格、中倉敏成、中村 保、早川邦夫 86
- 3 環境対応2液2層型冷間鍛造用潤滑剤の特徴と処理方法
.....石橋 格、中村 保、早川邦夫、鷺坂芳弘、和澤伸一 87

材料分野

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5報)
.....増井裕久、鈴木洋光、青嶋健太、渡邊 通 5
- 2 顕微IRイメージングを用いた樹脂接着不良の原因究明
.....菅野尚子、田中翔悟、渥美博安 7
- 3 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 (第2報)
ー分析値に及ぼす試料状態の影響ー
.....植松俊明、田中宏樹、田光伸也 79
- 4 三価クロム化成処理皮膜の分極抵抗測定
.....田中宏樹、田光伸也、吉岡正行 81
- 5 電鍍によるプラチナパイプの作製
.....田光伸也、田中宏樹、谷口 諒、仲山昌宏 83

Ⅲ 抄 録

- 1 金属粉末射出成形法による高強度Ti合金の創成
.....伊藤芳典、三浦秀士 88

機械電子分野

I 報 告

- 1 無線・自立型センサモジュールの開発
ー小型風力発電機監視システムへの応用ー
.....竹居 翼、望月紀寿、岩崎清斗 1
- 2 生体用チタン合金のボールエンドミル加工における工具摩耗に関する研究
ー切削工具と被削材の接触位置が工具摩耗に及ぼす影響ー
.....是永宗祐、本多正計 43
- 3 半溶融成形法によるAl-Si-Mg系鋳造合金の耐食性
.....岩澤 秀、大澤洋文、針幸達也、長澤 正、
上久保佳則、高橋正詞、山本健介、杉浦泰夫 63

II 研究ノート

- 1 回折現象を用いたレンズの照明用途応用に向けた検討
.....志智 亘 9
- 2 レンズ材料の屈折率分散が像の鮮明さに与える影響
.....豊田敏裕 11
- 3 3DデジタイザーとCATソフトウェアによる非接触での平面度評価
.....豊田敏裕 13
- 4 配光測定における室内反射の影響
.....豊田敏裕 15
- 5 白色光干渉測定を用いた表面性状評価事例
.....柳原 亘 17
- 6 水素吸蔵合金アクチュエータの繰り返し動作性能の評価
.....本多正計、是永宗祐 50
- 7 LTE方式携帯電話信号の識別アルゴリズム
.....杉森正康、山田浩文、増田康利、松田 稔、田内正治、犬塚 博 74
- 8 CFRPの穴加工における当て板の効果
.....大澤洋文、植松俊明、伊藤芳典、長津義之 77

III 抄 録

- 1 各種中空海綿骨螺子の骨固定性における圧縮力の比較検討
.....上條 哲、田中翔悟、真野 毅、熊井 司、田中康仁 33

製紙分野

I 報 告

- 1 新聞古紙をトイレットペーパーの原料とするための技術開発 (第2報)
.....齊藤和明、深沢博之、木野浩成、齊藤将人、白井 圭、山口智久 53

ユニバーサルデザイン・工芸分野

II 研究ノート

- 1 県産材の弱点「キズがつく」を克服する塗装方法の開発
.....渡邊雅之、赤堀 篤、藤浪健二郎、櫻川智史 29
- 2 静岡産バラの香り素材の開発
.....山下里恵、石橋佳奈、櫻川智史、佐藤 真、柏木 敏、高田勝己 31

III 抄 録

- 1 県産針葉樹の利用促進に向けた静岡県の取り組み
ー自然の力を利用した“燃えない”、“腐らない”木材の開発ー
.....赤堀 篤 35
- 2 国産材を使用した木造施設における室内空気質の形成
.....山下里恵、櫻川智史、斎藤幸恵、渡邊 拡、安村 基 36

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

無線・自立型センサモジュールの開発

－ 小型風力発電機監視システムへの応用 －

電子科 竹居 翼* 望月紀寿** 岩崎清斗

Development of Self-Powered Wireless Sensor Module

－ Application to small wind power generator monitoring system －

Tasuku TAKEI, Kazutoshi MOCHIZUKI and Kiyoto IWASAKI

We had taken request from an industrial company in Shizuoka prefecture for the improvement of its own product, the small wind power generator, for the monitoring of operating conditions. Since the monitoring equipment should work independently in outdoor, there remained problems in wiring, power supplying, and maintenance. In order to solve these problems, we have developed a wireless sensor module aiming for maintenance-free with environmental power generation technology and energy saving, making it easier to place sensor nodes by radio communication and miniaturization.

We constructed a data server that collects data obtained by the wireless sensor module, and realized easy visualization by linking it with a mobile terminal such as a smartphone. Demonstration tests were conducted with the cooperation of the company, in which the performance of the monitoring system for small wind power generators and industrial LED lighting fixtures was evaluated.

Keywords : Wireless, Sensor, Network, Energy harvesting

キーワード：無線化、環境発電技術、見える化

1 はじめに

県内企業より、総出力 1 kW程度の小型風力発電機の実稼働状況などを監視したいとの要望があった。しかし、風力発電機は可動部が多いため、既存の有線式センサをそのまま用いることでは電源供給やデータ通信が難しく、実現のためには通信の無線化や独立した電源の用意が必要となる。

そこで、データ収集のために狭い空間でも自由に設置でき、メンテナンスフリーなセンサモジュールを開発することとした。本研究は小型軽量化や無線化により設置場所の自由度向上を図り、環境発電などの活用により独自の電源を保有した自立動作を実現することを目的とする。

2 方法

2.1 無線・自立型センサモジュールの開発

設置場所の自由度が高く、メンテナンスフリーなセン

サノードとするために、小型で無給電動作する無線センサモジュールを試作した。無線通信部には、メーカーよりファームウェア開発環境が公開されており、技適マーク^{*1}を取得済みであるモノワイヤレス株式会社^{*2}のTWE-Liteシリーズを利用した。

2.2 データサーバの構築

開発したセンサモジュールで取得したデータを収集し、ユーザが要求するデータを表示するサーバを構築した。ハードウェアは、安価に入手でき、LinuxベースのOSを搭載可能な小型シングルボードコンピュータRaspberry Pi^{*3}を利用した。アプリケーションの実装はPythonやNode.jsなどのスクリプト言語を利用した。主な仕様を表 1 に示す。

*) 現 沼津工業技術支援センター 機械電子科

**) 現 富士工業技術支援センター 技術支援担当

表1 データサーバの主な仕様

主な機能	ウェブサーバ、データベースサーバ、 報知メール送信、ネットワークルータ
表示	数値リスト、グラフ、データ検索、 異常ログ
通信 I/F	有線 LAN、無線 LAN(Wi-Fi)、Bluetooth TWE-Lite USB タイプ外付け
電源	DC5V、2.5A(max)、microUSB 接続
その他機能	リアルタイムクロック搭載 リモート接続によるメンテナンス対応

2.3 遠隔監視システムの開発

試作した無線センサモジュールと構築したデータサーバを用いて、開発した遠隔監視システムの構成イメージを図1に示す。データサーバは、センサモジュール群による独立したネットワークを構築し、外部のネットワーク環境とは切り離す設計とした。外部との通信は、異常検出時にユーザへ報せるメールの送信のみに限定した。

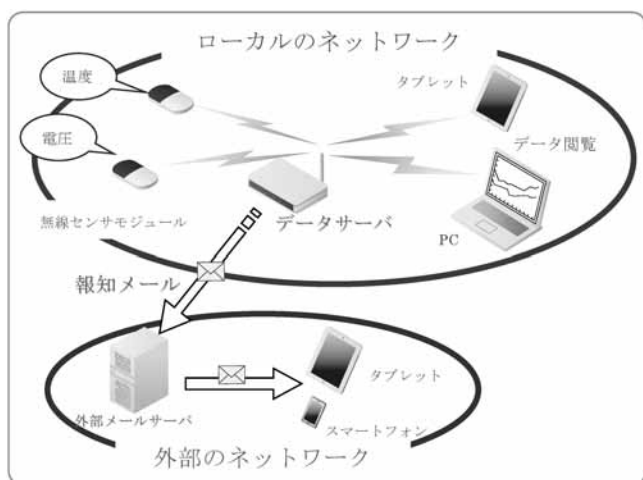


図1 監視システムの構成イメージ

2.4 実証試験

実証試験は、企業から要望があった小型風力発電機と産業用LED照明器具を対象に実施した。前者は、発電機が設置された環境周辺の温湿度や発電機の発電状態を収集して動作を評価した。後者は、工場の天井付近に取付けられたLED照明器具の放熱部および器具周囲の温度変化を収集し、監視システムの動作を確認した。

(1) 小型風力発電機

共同研究企業の協力により、企業の工場屋上に設

置された小型風力発電機を対象とした実証試験を実施した。この風力発電機は、風速 2 m/s以上で発電する仕様である。

ここでは、屋外に設置された小型風力発電機の周辺環境、および屋内に設置された発電コントローラの発電状況などを監視した。対象とした小型風力発電機および発電コントローラで構成する小型風力発電システムを写真1に示す。

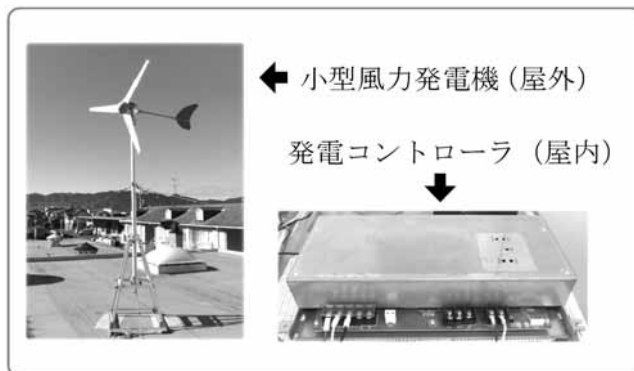


写真1 小型風力発電システム

(2) 産業用LED照明器具

研究協力企業の協力により、工場内天井付近に設置された産業用LED照明器具を対象とした実証試験を実施した。このLED照明器具は工場の天井付近に設置する都合により、設置後は容易に接近できないという課題があった。そこで、省電力動作かつ無線通信により、この課題を解決する。

ここでは、複数あるLED照明器具の周囲温度と放熱部分の温度をまとめて監視した。対象としたLED照明器具および設置している工場天井部分を写真2に示す。



写真2 産業用LED照明器具

3 結果および考察

3.1 無線・自立型センサモジュールの開発

小型風力発電機向けとして、無給電型の環境センサモジュールと外部給電型の電圧計測モジュールを試作した。

試作した無給電型の環境センサモジュールは、発電機の置かれた屋外向けとして試作した。太陽光があたる屋外のため、小型太陽電池を用いた環境発電による無給電動作を実現した。外部給電型センサモジュールは、発電コントローラの置かれた屋内向けとして試作した。屋内では太陽光発電が期待できないが、監視対象に含まれていた蓄電池からの電源供給が可能であったため、外部給電による動作として試作した。試作した無線センサモジュールを写真3に示す。



写真3 小型風力発電システム向け試作

産業用LED照明器具向けとしては、電池型温度センサモジュールを試作した。工場の天井付近という環境発電困難な場所であるため電池動作とし、特定の計測条件に限定して長期間の運用を実現した。試作した無線センサモジュールを写真4に示す。



写真4 LED照明器具向け試作

3.2 データサーバの構築

Wi-Fiなどの無線通信機能を標準で内蔵するRaspberry Pi 3にLinux系OS（Raspbian）を搭載し、各種機能を実装してデータサーバを構築した。データ収集機能はPythonスクリプトで作成し、データ蓄積機能はCSVファイル保存やデータベース保存（MongoDB）とした。データ閲覧機能はNode.jsで作成した。データサーバがローカルのネットワークを構築し、ユーザ側のOSに依存しないように、ウェブブラウザを通して閲覧できるようにした。データサーバの外観を写真5に示す。

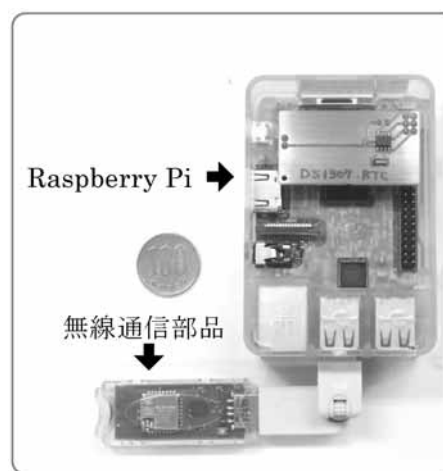


写真5 データサーバ外観

3.3 遠隔監視システムの開発

データサーバをルータとして、センサモジュールのネットワークとデータ閲覧用のネットワークを構築した。収集データに異常を検出したときの報知は、これらネットワークとは別のインターネット接続を利用、あらかじめ設定したメールアドレスへ異常報知メールを送信する処理として実装した。

開発した遠隔監視システムによるデータ閲覧の例を図2に示す。



図2 データ閲覧の例

3.4 実証試験

(1) 小型風力発電システム

実証試験を通して収集、蓄積したデータのうち、ある1週間の平均風速と発電電圧の関係を図3に示す。平均風速2 m/s以下の時間が多く、平均風速2 m/s以上の時間も短いため、この1週間はあまり発電していないことが確認できた。しかし、日によって差はあるものの平均風速2 m/s以上ある時間帯がほぼ毎日あり、今回対象とした風力発電機を設置した場所は、午後3時前後に発電しやすい傾向であることが確認できた。

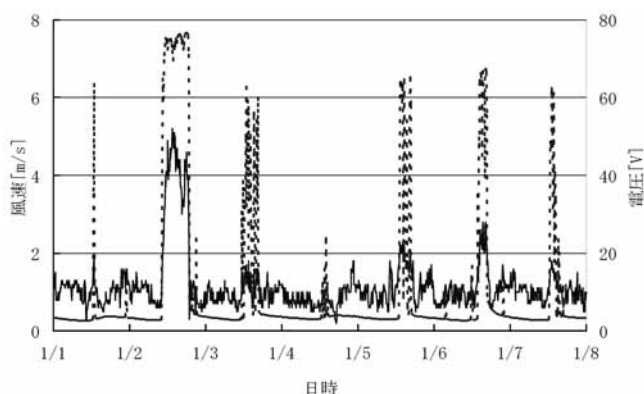


図3 1週間の平均風速と発電電圧の関係
— 平均風速 … 発電電圧

(2) 産業用LED照明器具

実証試験により収集蓄積したデータのうち、ある1週間の温度変化を図4に示す。放熱部分の温度は周囲の温度と比べて10℃程度高い傾向が見られたが、異常報知条件の設定温度（50℃）には満たず、報知のメールも送信されていないことを確認した。

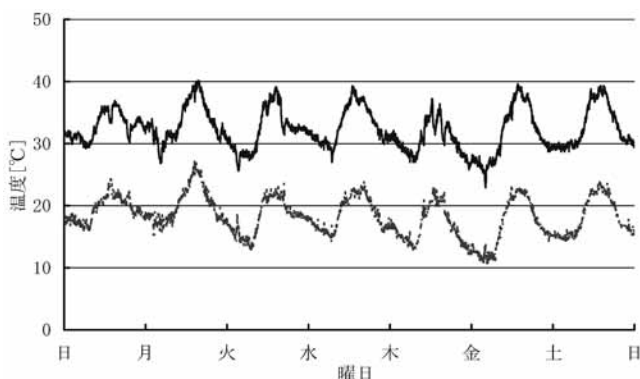


図4 1週間の温度変化
— 放熱部分温度 … 周囲温度

4 まとめ

環境発電技術を用いて無給電で動作する無線センサモジュールのほか、外部給電および電池で省電力動作する無線センサモジュールを試作した。試作したセンサモジュールで取得したデータを収集し、モバイル端末などを用いたデータ閲覧や異常報知の機能を有した監視システムを開発した。

謝辞

本研究を行うにあたり、実証試験の調整など研究に協力をしていただいたアルファ工業株式会社の佐藤様、株式会社マキセンサーサービスの川口様、および工場内での実証試験にご協力頂いた関係企業の皆様に感謝いたします。

* 1 総務省：電波利用ホームページ - 技適マーク、無線機の購入・利用に関すること .
http://www.tele.soumu.go.jp/j/adm/monitoring/summary/qa/giteki_mark/index.htm (2017.3.27アクセス)

* 2 モノワイヤレス株式会社：トップページ .
<https://mono-wireless.com/jp/> (2017.3.27アクセス)

* 3 Raspberry Pi Foundation：トップページ .
<https://www.raspberrypi.org/> (2017.3.27アクセス)

レーザーによる高機能皮膜作製技術の開発（第5報）

金属材料科

増井裕久 鈴木洋光*

テクノコート株式会社

青嶋健太 渡邊 通

Development of Laser Sintering Method for Fabricating the High Functional Coat (5th Report)

Hirohisa MASUI, Hiromitsu SUZUKI, Kenta AOSHIMA and Toru WATANABE

Keywords : Laser Sintering, Powder, Functional Coating

キーワード：レーザー焼結、粉末、機能性皮膜

1 はじめに

金型や機械部品の補修技術であるレーザー肉盛において、我々は原料供給方法をワイヤーから粉末に変え、様々な材料皮膜を作製する技術開発に取り組んできた¹⁾。その結果、作製した皮膜が、アルミ溶湯に対する耐溶損性皮膜として有効であることを確認した¹⁾。

本研究では、高い耐溶損性を示した酸化ジルコニウムとコバルト系合金（ ZrO_2 -STL）皮膜の更なる機能向上を目指し、レーザーのデフォーカス照射が皮膜に与える影響について検討を行ったので報告する。

2 方法

原料粉末（ ZrO_2 -STL）とポリビニルアルコール、水を混合したペーストを金型鋼SKD61に塗布し、レーザー照射により皮膜を作製した。レーザー照射には、TL-150（テクノコート(株)製）を用いた。照射条件は、平均出力40W、パルス幅15msとした。作製したサンプルは、走査型電子顕微鏡（SEM）観察及びエネルギー分散型X線分析装置（EDX）による元素分析を行った。また680±15℃のADC12アルミニウム合金溶湯中に4時間浸漬した際の重量変化から耐溶損性を評価した。

3 結果および考察

(1) デフォーカス照射の皮膜への影響

レーザー皮膜の作製では、基材の熔融が生じて皮膜成分が希釈されるという問題がある。そこでレーザーと照射対象物間距離（以下、デフォーカス値）を変えることで、希釈の抑制を試みた。デフォーカス値は、図1に示したとおり出力40W、パルス幅10msでSKD61に照射した際、照射径が700μmとなる位置を±0とし、

そこからの距離とした。STL皮膜作製におけるCo、Fe濃度とデフォーカス値の関係を図2に示す。デフォーカス値が+2.1～3.0において希釈が抑制され、図3に示したとおり均一なSTLの皮膜を作製することができた。

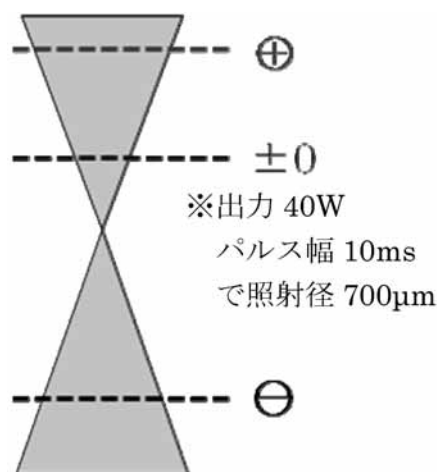


図1 フォーカス値の定義

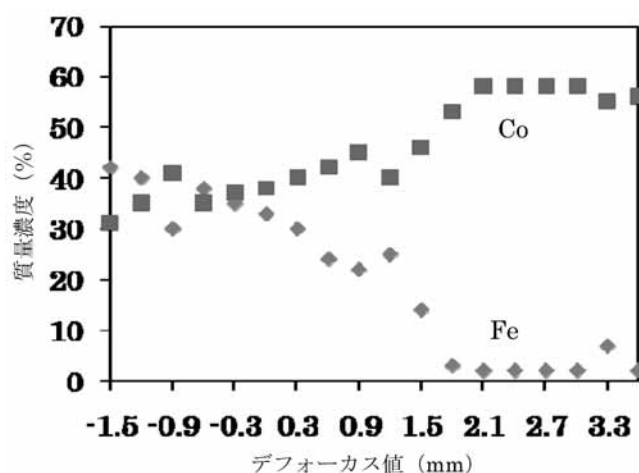


図2 デフォーカス値の違いによる皮膜の組成変化

(平均出力：40W、パルス幅：15ms、周波数：4Hz)

*) 現 経済産業部政策監付

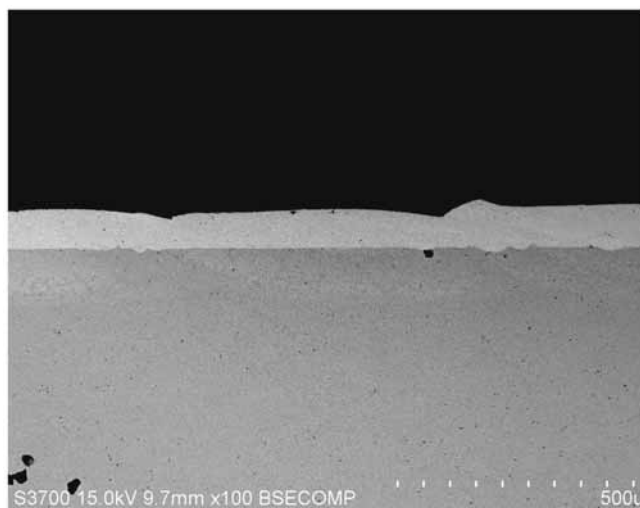


図3 STL皮膜の断面SEM写真

(平均出力：40W、パルス幅：15ms、
周波数：4Hz、デフォーカス値：+3.0mm)

(2) ZrO₂-STL皮膜の耐溶損性の向上

次にZrO₂とSTLの比率を変えて皮膜を作製した時のZrとFeの質量濃度比とデフォーカス値の関係を図4に示す。ZrO₂比率の増加に伴い、Zr/Fe質量濃度比ピークのデフォーカス値が低値となった。SEMおよびEDXの結果からピーク位置よりデフォーカス値が低い照射中心部で希釈が発生し、大きいとエネルギー不足により成膜できないことが確認されたことから、これはZrO₂がSTLに比べ高いエネルギー照射が必要なためと考えられた。ただしピークのデフォーカス値が低い場合、STLの希釈が確認でき、密着性に影響することが予想される¹⁾。これについては熱衝撃試験などにより、今後検

証したい。

図4でZr/Fe質量濃度比の高かった条件でSKD61(丸棒φ8)に成膜した試料について、溶損試験を行った結果を表1に示す。どちらの条件においても、窒化処理を上回る高い耐溶損特性を示した。

表1 ZrO₂-STL皮膜の溶損試験結果

レーザー皮膜	溶損量 (g/cm ²)
ZrO ₂ -STL(2 : 1)	0.006
ZrO ₂ -STL(5 : 1)	0.003
窒化処理	0.018
無処理	0.203

4 まとめ

デフォーカス値を制御することにより、希釈の少ないレーザー皮膜を作製することができた。また作製したZrO₂とSTLの混合粉体による皮膜は、窒化処理を上回る高い溶損特性を示した。

参考文献

- 1) 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4報)．静岡県工業技術研究所報告，第8号，18-19(2016)

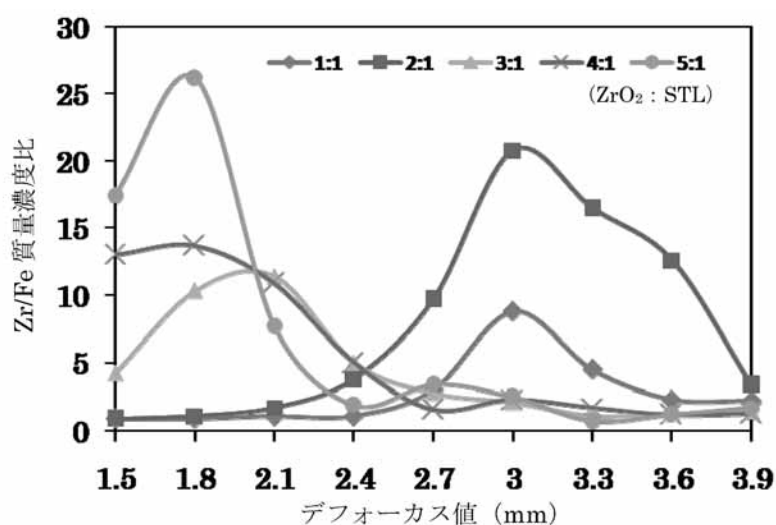


図4 ZrO₂-STL皮膜のデフォーカス値とZr/Fe濃度比の関係

(平均出力：40W、パルス幅：15ms、周波数：4Hz)

顕微IRイメージングを用いた樹脂接着不良の原因究明

化学材料科 菅野尚子 田中翔悟* 渥美博安

Cause unfolding of defective adhesion between resins
by means of infrared microscopic imaging analysis

Naoko KANNO, Shogo TANAKA and Hiroyasu ATSUMI

Keywords : Infrared Microspectroscopic Imaging, Lubricants

キーワード：顕微IRイメージング、滑剤

1 はじめに

2次元の化学的情報を可視化する顕微IRイメージングの中でもATR（Attenuated Total Reflection）イメージングは、反射法や透過法よりも4倍高い約 $3\mu\text{m}$ の空間分解能を有するため、これらの方法では判別が困難な官能基等を分別することができる¹⁾。たとえば積層フィルムや樹脂シート等においては、断面におけるATRイメージング測定を行うことにより、試料内部の化学的情報の違いを視覚的にスクリーニングすることが可能である。本報告では企業から相談を受けた、樹脂の接着不良に関する問題の解決にあたり、ATRイメージングを利用した例について紹介する。

2 方法

2.1 試料

相談のあった企業において、成形品同士を溶剤型接着剤で接着させて使用した場合に、あるロット（製造を行った3台の成形機のうちの1台で成形）に集中して剥離が発生した。そこで、これと同じロットの成形品を不良品とし、比較のため、剥離が発生しなかった成形機で製造した成形品を良品として試験に供した。

2.2 ATRイメージング測定及び解析

不良品及び良品から断面試料を調整し（図1）、ATRイメージング測定（装置PerkinElmer社製Frontier-Spotlight400、スペクトルの分解能 4cm^{-1} 、積算回数4回、ピクセルサイズ $1.56\mu\text{m}$ 、測定領域 $400\mu\text{m}\times 25\mu\text{m}$ ）を行った。結果の解析は特定の官能基の吸収帯を指定するケミイメージ処理により行い、これらの分布を比較した。なお、測定に先立ち解析に用いる吸収帯を選定するため、不良品及び良品の樹脂表面におけるマクロIR（ATR）測定を行った。

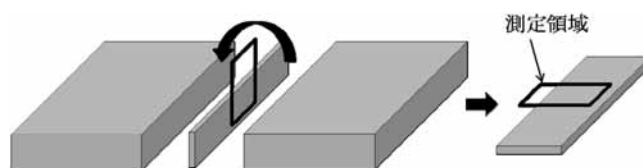


図1 試料の調整

3 結果及び考察

不良品及び良品について、成形品同士を溶剤型接着剤で接着させた場合の接着強度を測定したところ（図2）、不良品は良品の1/4程度の強度しかなく（表1）、試験後の不良品と良品の剥離面は、外観が明らかに異なっていた（図3）。このような状況から、原因の1つとして不良品及び良品の樹脂表面近傍における化学的な構造に何らかの違いがあるのではないかと考えられた。

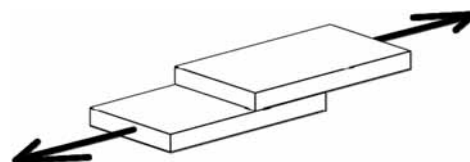


図2 接着強度試験の模式図

表1 不良品及び良品の接着強度

	接着強度 (MPa)	平均接着強度 (MPa)
不良品	0.75	1.23
	1.44	
	1.83	
	1.68	
	0.45	
良品	5.10	4.97
	5.02	
	5.07	
	4.81	
	4.84	

*) 現 新産業集積課

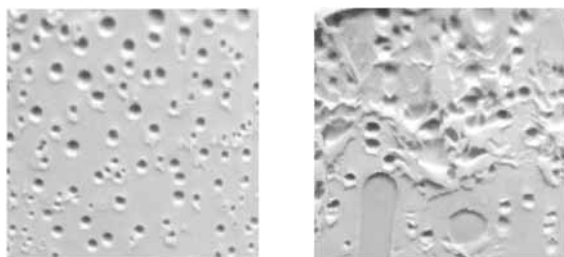


図3 各試料の剥離面（左：不良品、右：良品）

図4に不良品及び良品の樹脂表面におけるATR-IRスペクトルを示した。この中で、成形品由来でなくピーク強度が不良品と良品で異なる2つの吸収帯 1638cm^{-1} （アミドⅠ及びアミドⅡ吸収帯）及び 3302cm^{-1} （N-H逆対称伸縮）に着目し、イメージング解析に用いることにした。なお、測定試料の添加剤を調査した結果、これらの吸収帯は滑剤に由来することがわかった。

図5に、上記2つの吸収帯を指定して解析を行ったATRイメージング画像を示した。図では、黒色が強いほどその吸収帯が多く分布していることを示している。

良品と比較し不良品では、 1638cm^{-1} 及び 3302cm^{-1} の吸収帯を示す分布が樹脂表面に近い領域に偏在しており、滑剤が成形品の表層部に多く存在していることがわかった。

これらの結果を踏まえ、相談企業において滑剤を意図的に樹脂表面に塗布した試料を用いた再現試験を行ったところ、接着剤の剥離が100%再現できたとのことであった。

4 まとめ

以上の結果から、不良品において滑剤が樹脂表面に多く分布しており、このことが原因で接着部の剥離トラブルが発生している可能性が考えられた。現在、相談企業では問題の成形機において滑剤の偏在が生じる成形条件を洗い出し、歩留まりの向上に努めている。

参考文献

- 1) 大西晃宏：赤外顕微鏡とIRイメージング．ぶんせき，2，86-87（2013）．

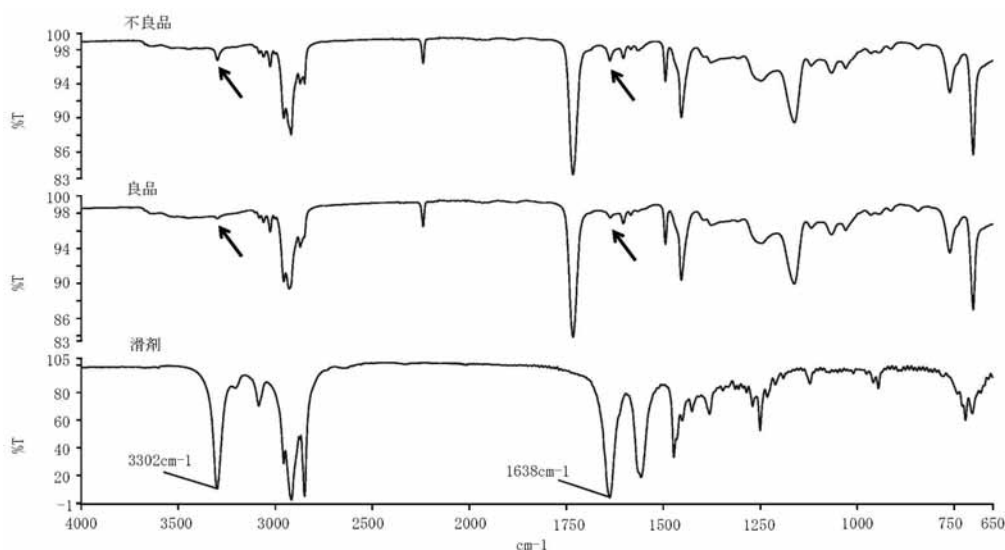


図4 各試料のATR-IRスペクトルの比較

	不良品	良品
断面の可視画像		
1638cm^{-1} のイメージング画像		
3302cm^{-1} のイメージング画像		

図5 不良品及び良品のATRイメージング画像
（右端が樹脂表面、領域 $25\mu\text{m} \times 300\mu\text{m}$ ）

回折現象を用いたレンズの照明用途応用に向けた検討

機械科 志智 亘

Optical performances of a diffractive lens as an optical element for lighting

Wataru SHICHI

Keywords : diffractive lens, lighting optical element, chromatic aberration

キーワード：回折レンズ、照明用光学素子、色収差

1 はじめに

樹脂レンズはガラスレンズに比べて軽量かつ成形性に優れているが、屈折率の波長依存性が一般に大きいいため色収差が大きい。このため照明光学系では白色の投影像の輪郭部分に意図しない色を生じさせ、輪郭をぼかしてしまう。従って設計通りの照明性能を実現するためには色収差を制御する必要がある。色収差を補正したレンズの一つに回折現象を利用した回折レンズがある¹⁾。回折レンズは微小な凹凸形状で構成されており、屈折レンズより薄く軽量である。今回、我々は回折レンズの照明部品応用に向けて、屈折レンズ曲面上に回折光学面が付加されたハイブリッドレンズに着目し、これによる投影像の色収差の評価を行った。

2 方法

高輝度白色LED光源とナイフエッジによって作られた明暗像をレンズから約3.5m遠方に結像させ、投影像のエッジ境界付近の分光強度を測定した(図1)。レンズは非球面ハイブリッドレンズおよび非球面屈折レンズを用いた。どちらのレンズも材料はシクロオレフィンポリマーで焦点距離が50mm、口径が25mmである。

3 結果と考察

図2はハイブリッドレンズによるナイフエッジの投影像である。図中の点線に沿って測定を行った。図3は波長450nm、550nm、650nmの(a)ハイブリッドレンズおよび(b)屈折レンズによる投影像の各測定位置の光強度である。図3(a)、(b)の各波長の光強度は光源の分光特性を反映している。光強度が急激に変化している領域はナイフエッジ境界に対応しているが、(b)では光強度の変化が波長ごとに異なっており、(a)ではそれが小さいことがわかる。これは(a)の方が色収差が小さいことを示している。一方(a)と(b)の明暗部を $(I_B - I_D) / (I_B + I_D)$ で定義されたコントラストで比較すると、(a)は550nmで0.938、(b)は同波長で0.999であった。ここで I_B および I_D はそれぞれ測定位置が0mm～10mmおよび50mm～60mmの光強度の平均値である。コントラストは他の波長も同程度であり、ハイブリッドレンズは屈折レンズより低いことが分かった。これについては高次回折光の影響が考えられるが、詳細は今後の検討課題である。

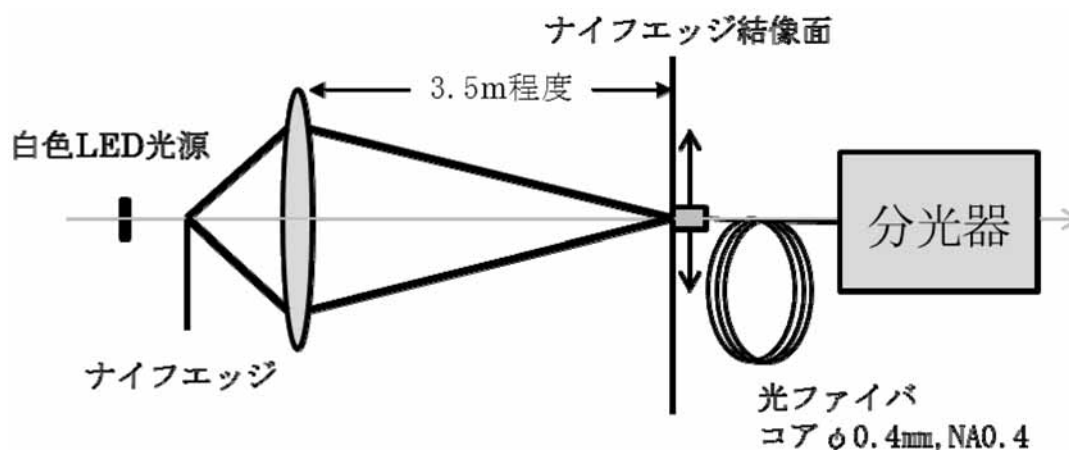


図1 実験光学系の概念図

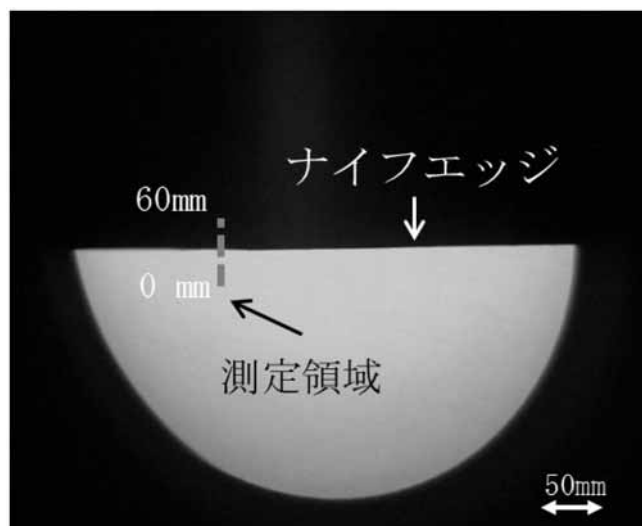


図2 ナイフエッジの投影像

4 まとめ

ハイブリッドレンズを用いたナイフエッジ投影像の色収差の評価を行った。その結果、屈折レンズに比べて色収差が低減されることが確認できた。このことから本レンズを白色照明用光学素子として利用することができると考えられる。ただし屈折レンズよりコントラストが低く、このことはハイブリッドレンズを使用する際に注意すべき課題である。

この取組は静岡大学電子工学研究所の共同研究プロジェクトの支援を受けて行われた。

参考文献

- 1) 小野雄三 他：回折光学の基礎「回折光学素子入門」，増補改訂版（オプトロニクス社，東京），（社）応用物理学会日本光学会光設計研究グループ 監修，pp. 9-23（2006）

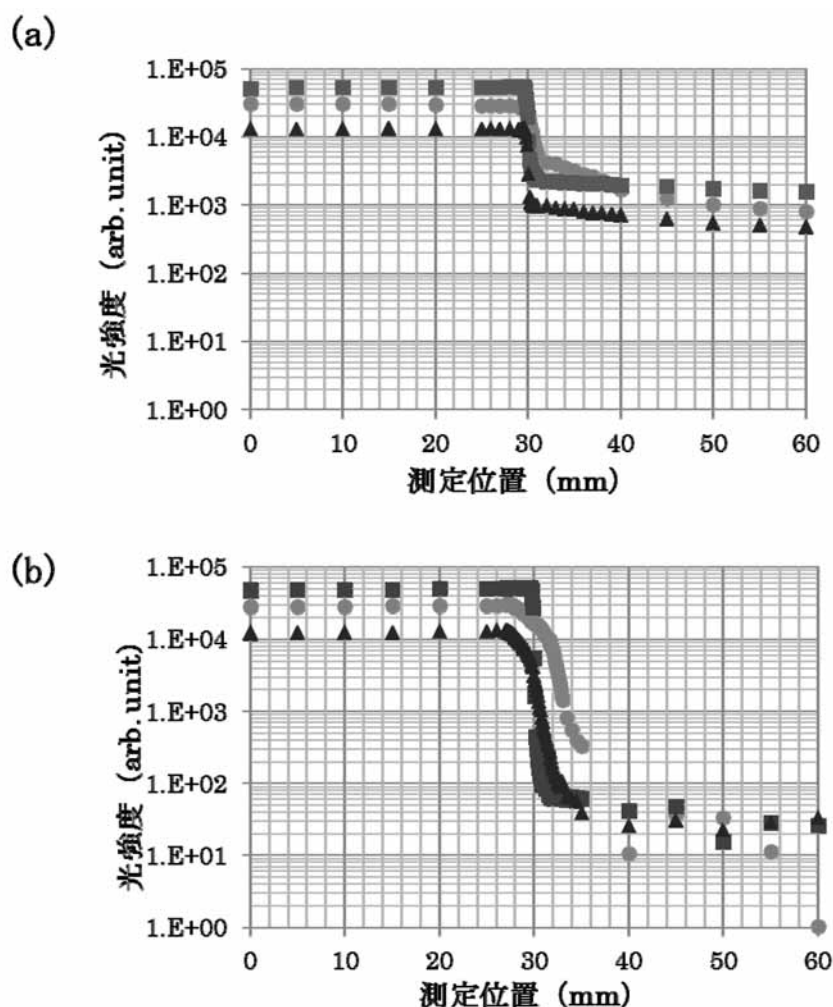


図3 測定位置における波長450nm, 550nm, 650nmの光強度

(a)：ハイブリッドレンズを用いてナイフエッジを投影した際の光強度。

(b)：屈折レンズを用いてナイフエッジを投影した際の光強度。

●：450nm、■：550nm、▲：650nm。

レンズ材料の屈折率分散が像の鮮明さに与える影響

機械科 豊田敏裕

Influence of the refractive index dispersion of lens materials on image sharpness

Toshihiro TOYOTA

Keywords : refractive index, dispersion, LED, image definition, light simulation

キーワード：屈折率、分散、LED、画質、照明シミュレーション

1 はじめに

LEDを用いた発光デバイスは、光に熱線を含まないことから、光学部品の樹脂化が進んでいる。

屈折率はレンズの焦点距離を決める要因の1つであり、屈折率分散と呼ばれる波長依存性がある（図1）。屈折率分散により焦点距離が波長で異なることに起因する色収差は、投影像の画質が低下する原因の1つである。また、樹脂はガラスに比べて屈折率分散が大きく、製品に求められる性能に必要なレンズ材料を選択することが重要であると考えられる。

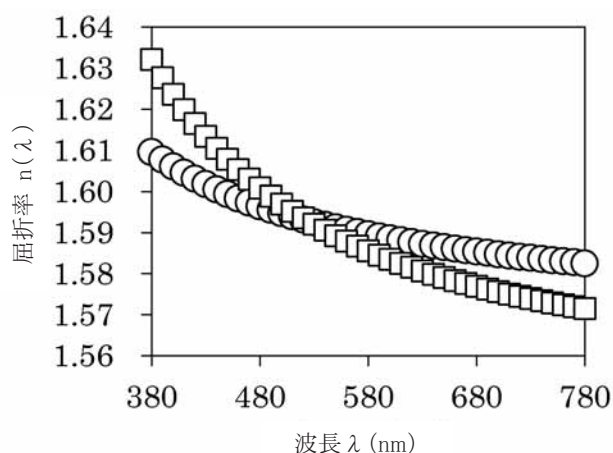


図1 屈折率分散

○：ガラス、□：樹脂

屈折率は波長と反比例の関係にある。また、樹脂はガラスに比べて屈折率分散が大きい。

本研究では、光学シミュレーションによる性能予測が、レンズ材料選択の手がかりとなるか検討した。

2 方法

本研究では、自発光面を1枚のレンズにより拡大投影する結像光学系（図2）を対象とし、投影像に対するレンズ材料（屈折率分散）と投影距離の影響を検

討した。

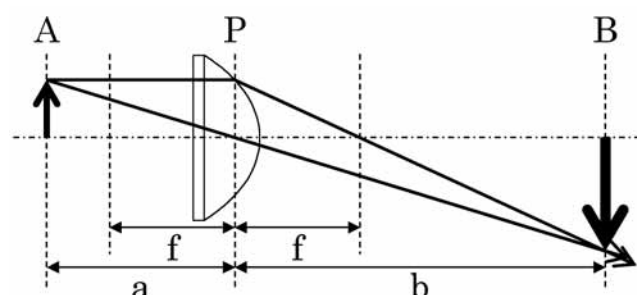


図2 光学配置

レンズの主点Pから発光面Aまでの距離aはレンズの焦点距離fと、レンズの主点Pから投影位置Bまでの距離bからレンズの公式に従い決定した。

レンズ材料は、ガラス及びポリカーボネート（PC）とし、レンズ形状は平凸非球面の同一形状とした。波長587.6nmでのレンズの焦点距離は、ガラス製は18.75mm、PC製は18.89mmであった。投影距離は3種類（500mm、5,000mm、25,000mm）とし、レンズの公式に従い光学配置を決定した。屈折率分散は、可視波長380nm～780nmの範囲で10nm間隔のデータを用いた。発光面は、上下で明暗が明瞭に分かれており、その分光特性は、各波長で強度が等しい白色とした。光学シミュレーションはLumicept ver.9.91 x64（株式会社インテグラ製）により、波長ベースでの光線追跡を実施した。

3 結果

図3は、投影距離500mmにおける投影像の中心付近での明暗変化に対する色度分布を示したものである。さまざまな波長成分を含む発光面の光から、特定の波長成分だけが空間内に広がる色収差の様子を確認できた。また、その色度分布はレンズ材料（屈折率分散）に依存することがわかった。

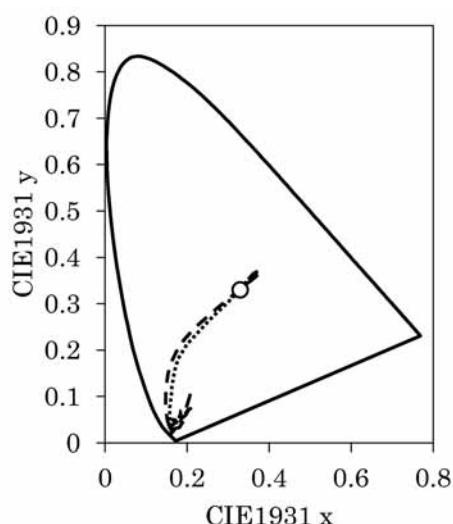


図3 色収差の色度分布

○：発光面、…：ガラス、—：樹脂、
—：単色光の色度変化

色度図上では、色度が実線に近づくほど鮮やかな色であることを意味する。様々な波長成分を含む発光面から、特定の波長成分の光が空間内に分布し、色収差が生じた。また、屈折率分散に依存して、色収差の色度分布も変化した。

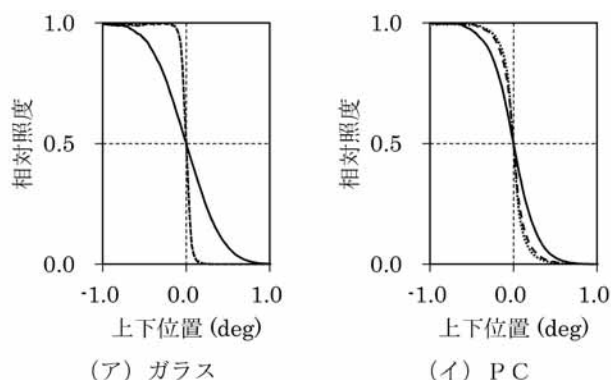


図4 投影像の中心付近での明暗部境界の照度変化

—：500mm、…：5,000mm、—：25,000mm

レンズおよび投影距離ごとに最大照度で正規化した相対照度。レンズ材料によらず、近距離（500mm）の投影では明暗部境界の照度変化が緩やかとなった。また、投影距離が長くなるに従って照度変化が急峻となり、投影距離が5,000mmと25,000mmでは照度の相対的な変化が等しくなった。レンズ材料での違いを比較すると、ガラスのほうがより急峻な明るさ変化を呈していることがわかる。

図4は、図3と同位置での照度変化をレンズ材料ごとに示したものである。投影距離が近い場合、明るさ変化が緩やかで強いボケがみられるが、投影距離が長くなるにつれ、そのボケは弱くなり、ボケの程度が変化しなくなった。また、ガラスはP Cに比べて、急峻な明るさ変化を呈しており、より鮮明な像の投影が可能であることが分かった。

4 考察

屈折率分散による色収差は、投影距離に比例して空間的な広がりが大きくなる一方で、色収差の影響が顕著にみられる明暗部境界での明るさ変化は、投影距離が長くなるにつれ、一定の傾きに収束する傾向がみられた。これらの結果は、求められる性能と照らし合わせることで、レンズ材料選択の指標となる。

5 まとめ

本研究は、光学シミュレーションによる光学性能予測が、適切なレンズ材料選択の手がかりを与えることを示した。

なお、レンズ材料の選択ではカバーできない色収差の解消には、色消しレンズや、光の回折現象を利用した光学系が有効である。

3DデジタイザーとCATソフトウェアによる非接触での平面度評価

機械科 豊田敏裕

Flatness evaluation using 3D digitizer and CAT software

Toshihiro TOYOTA

Keywords : Flatness, geometrical tolerance, 3D digitizer, 3D scanner

キーワード：平面度、幾何公差、三次元デジタイザー、非接触三次元測定

1 はじめに

平面度はスタイラスを評価対象に接触させることにより取得した三次元の座標情報に基づき評価される。スタイラスが評価対象に触れるため、高精度な評価が可能である一方で、非常に低い接触圧力ではあるがスタイラスの接触による侵襲や、測定時の形状変化の懸念もある。

本研究では、非接触三次元形状測定による平面度評価について精度を検証した。

2 方法

ワークは黒アルマイト処理された光学部品のステージ面（32mm×32mmの範囲）とした。

非接触三次元形状測定機COMET5 11Ma（Carl Zeiss Optotechnik GmbH製）により点群データを取得し、CAT（Computer Aided Testing）ソフトウェアsp Gauge 2017.1（株式会社アルモニコス製）を用いて平

面度を評価した。

測定には、平均点間ピッチ0.018mmで点群データを取得可能な80mmレンズの構成を用いた。1ショットで取得した点群データを評価対象とし、測定機とステージ面の位置関係及び測定設定を固定した状態で5ショット分を連続して取得した。

次に、取得した点群データと、ステージの3D CADデータをCATソフトウェアに読み込み、GD&T（Geometric Dimensioning and Tolerancing）機能を用いて平面度を評価した。なお、ステージ面（平面）以外の形状（穴や面取り）の影響を除去するため、点群データから作成した、ステージ上の穴や平面に対応する幾何要素を用いて点群データとCADデータとの位置合わせを行った後、点群データをトリミングした（図1）。

また、従来の方法として、接触式の三次元測定機H 503（株式会社ミツトヨ製）による平面度測定も行った。

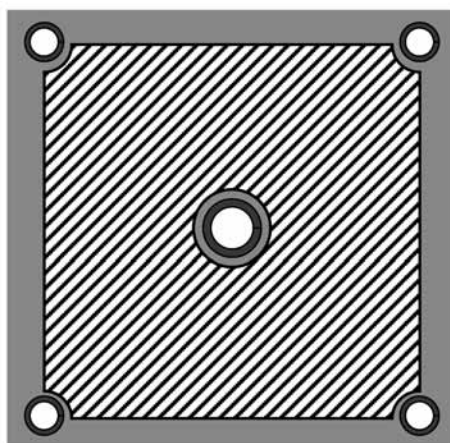


図1 平面度評価の対象範囲

点群データを取得した範囲を拡大したステージ面のCADデータに、平面度評価の範囲（網掛けの範囲）を重ねた図。平面度の評価に影響を与える穴やC面を避けるようにエッジから0.5mm離れた位置でメッシュデータをトリミングした。

3 結果

図2に示す通り、非接触による平面度の評価結果の5回の平均は約0.031mmであり、1000分の1mmの桁（有効数字2桁）でばらついた。また、接触式の三次元測定機による平面度測定結果は、0.0033mmであり、点群データの測定方法の違いで平面度が約1桁異なる結果となった。これは、少なくとも、今回対象としたワークについては、非接触による方法は、0.03mmを下回る平面度評価に適さないということを示している。

4 考察

非接触三次元形状測定では、点群データの元となる画像データに、ワークの色や表面性状（反射光の強

さ）、環境光、イメージセンサーの安定性など、様々な要因によるノイズが重畳する。複数ショットの合成によるノイズ軽減の効果も確認したが、精度の大幅な向上はみられなかった（図3）。

5 まとめ

非接触での平面度の評価は、接触式に比べて測定ノイズの影響を受けやすいが、ワークへの接触による形状変化の影響や侵襲がないという利点もある。

測定方式の違いは、平面度に限らず様々な幾何公差や寸法の評価にも影響を及ぼすと考えられる。非接触による方法は、測定精度を一意に定めることが難しいため、ワークごとに必要とする測定精度の範囲に合致するかを事前に確認することが重要である。

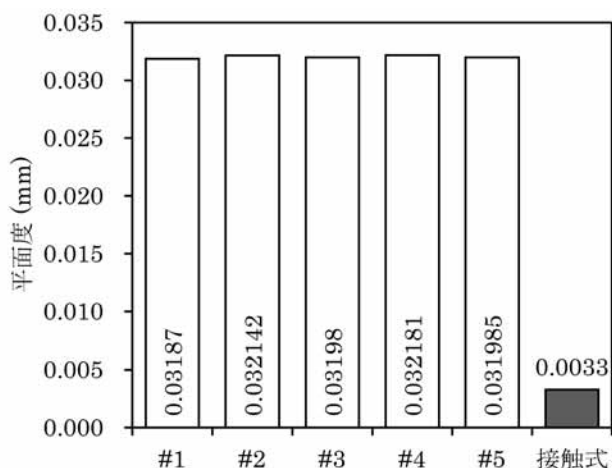


図2 平面度の評価結果

非接触三次元形状測定（5測定分）と接触式三次元形状測定による平面度の評価結果。#に続く番号が付されたものが非接触による平面度評価結果であり、接触式による平面度評価結果と比較すると約10倍程度値が大きい。

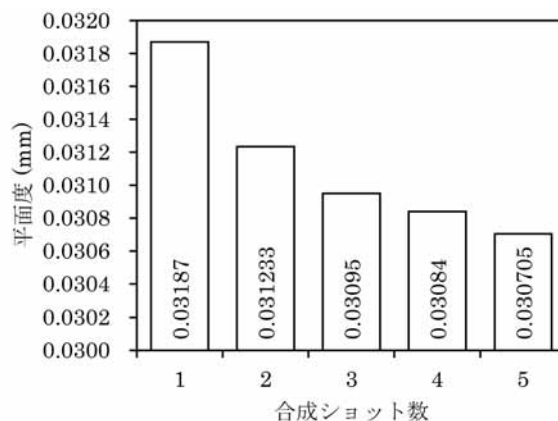


図3 ショット合成した点群データに対する平面度評価結果

複数ショットを合成した点群データに対する平面度評価結果。合成するショット数が増えると、平面度が小さくなる傾向がみられたが、その変化はわずかであった。

配光測定における室内反射の影響

機械科 豊田敏裕

Influence of stray light from interior surface on goniophotometry

Toshihiro TOYOTA

Keywords : stray light, interior surface reflection, goniophotometry, total flux measurement

キーワード：迷光、室内反射、配光測定装置、全光束測定

1 はじめに

測定の信頼性を明らかにするためには、測定値の変動をもたらす要因と程度を「不確かさ¹⁾」として見積もることが重要である。不確かさがわかれば、測定値のばらつきを予測できるため、たとえば、試験機器の違いによる測定値のばらつきが妥当であるかどうかを評価できる。

測光分野では、一般製品を対象とする国際規格²⁾においても、試験結果に対する不確かさの報告が義務付けられている。配光測定（光の広がり）に基づく全光束（明るさ）の測定に関しても、様々な要因による測定の不確かさがある。配光測定装置の構造を図1に示す。配光測定による全光束測定は、平面鏡の位置（鉛直角）と照明器具の回転（水平角）により、照明器具（供試体）の配光特性を測定し、配光特性から全光束値を求める。供試体から平面鏡のみを介して直接受光器に到達する光だけが測定対象であるが、室

内反射（壁・床・天井など）により受光器に到達する迷光も上乘せされる。

本研究では、室内反射による、配光測定に基づく全光束測定に対する不確かさ（以下、不確かさ）を見積もった。

2 方法

通常測定時の全光束値と、平面鏡遮蔽時の全光束値から、不確かさの算出方法¹⁾に基づいて、不確かさ（絶対不確かさ及び相対不確かさ）を見積もった。

供試体は100Wの白熱電球とした。定電圧電源（電源周波数50Hz、電圧100V）で点灯させ、30分間の予備点灯後に測定を実施した。試験機器は、配光測定装置（OptCom社 GMS-1980）を使用し、配光測定の測定角度間隔は、水平角は45°、鉛直角は1°とした。

絶対不確かさは、不確かさの性質（確率分布）を

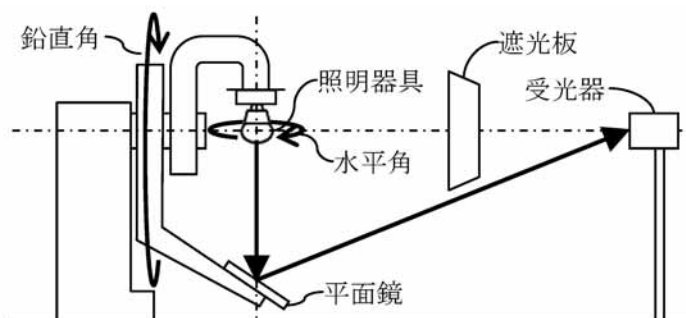


図1 配光測定装置の構造例

日本工業規格JIS C 8105-5:2011附属書Bに記載されている、平面鏡が回転する配光測定装置の構造。測定の座標系は、照明器具を中心とする緯度方向（鉛直角）、緯度方向（水平角）として定義されている。平面鏡の回転（鉛直角に対応）と照明器具の回転（水平角に対応）により、照明器具が放つ光の空間的な広がりが測定できる。

一様分布と仮定し、平面鏡遮蔽時の全光束値を定められた係数 ($\sqrt{3}$) で除することにより見積もられた。また、相対不確かさは、通常測定時の全光束値に対して絶対不確かさが占める割合として見積もられた。

3 結果

表 1 に測定値と不確かさの見積もり結果を示す。通常測定時の全光束値である1,364lmのうち、平面鏡遮蔽時の全光束値である29.45lmが室内反射の影響により上乗せされた光束値であると考えられる。また、絶対不確かさは、17.00lm、相対不確かさは、1.25%となった。これは、今回対象とした、試験機器とその設置環境における、配光測定に基づく全光束測定では室内反射の影響により全光束値が1.25%変動することを示している。

4 考察

本研究は、配光特性が比較的一様の供試体に対する見積もり結果である。より正確に不確かさを見積もるためには、供試体ごとに不確かさを見積もることが望ましいが、作業量の観点からも、事前に典型的な配光特性ごとに不確かさを見積もるなどの工夫が必要である。

5 まとめ

本研究では、室内反射による、配光測定に基づく全光束測定の不確かさを明らかにした。今後、不確かさの要因を洗い出し、不確かさの見積もりと不確かさを抑えるための対策を進めていく予定である。

参考文献

- 1) TS Z 0033:2012. 測定における不確かさの表現のガイド
- 2) CIE S 025/E:2015. Test Method for LED Lamps, LED Luminaires and LED Modules.

表 1 白熱電球の全光束測定結果と不確かさ

通常測定時の全光束値 (lm)	1,364
平面鏡遮光時の全光束値 (lm)	29.45
絶対不確かさ (lm)	17.00
相対不確かさ (%)	1.25

室内反射による全光束測定の不確かさに関する見積もり結果。1,364lmのうち、29.45lmは室内反射により上乗せされた光束値に相当する。不確かさの性質（確率分布）を仮定した係数により絶対不確かさを見積もり、通常測定時の全光束測定値に対する絶対不確かさの割合として相対不確かさを求めた。

白色光干渉測定を用いた表面性状評価事例

機械科 柳原 亘

Examples of evaluation of Surface texture using white light interference measurement

Wataru YANAGIHARA

Keywords : surface texture, white light interference measurement

キーワード：白色光干渉測定、表面性状

1 はじめに

本研究所が所有する白色光干渉計（アメテック㈱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のような光干渉型の測定機は、非常に高精度で透明体も測定可能であり、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。本報ではCCIを用いた2つの表面性状評価事例を紹介する。



写真1 白色光干渉計

2 方法

2.1 回折レンズの形状測定

回折レンズの回折格子形状は光学性能に影響し、その形状を詳細に把握することは光学設計の点からも重要である。光学実験に使われるφ25mmの回折レンズにおいて、レンズ頂点を中心とした約4×4mmの範囲をスティッチングにより測定した。水平分解能は0.415μm、最大垂直分解能は0.01nmである。解析評価ソフト（アメテック㈱製 Talymap）において、測定データからレンズ曲面を6次関数で近似した形状を差し引いた。

2.2 軸スリーブの表面性状測定

回転機械に使われる軸スリーブの外周円筒面は油漏れを防ぐためホーニング加工で精密研磨される。ホーニング加工は旋削加工筋を低減するために行われる。加工修正前後の軸スリーブ外周円筒面の一部を約1.6×1.6mmの範囲で測定した。水平分解能は0.8μm、最大垂直分解能は0.01nmである。上記同様の解析評価ソフトにおいて、フィルタリングにより測定データをホーニング加工筋の方向成分と旋削加工筋の方向成分の表面性状データに分離した。各データから三次元表面粗さを算出した。

3 結果および考察

3.1 回折レンズの形状測定

三次元の回折格子形状データを図1に示す。本データからレンズ中心を通る任意断面を抜き出した（図2）。回折格子のピッチと振幅を詳細に把握することができた。形状を差し引きする際、曲面上のデータを平面展開せず真下に移動させるため、測定データの端側は水平方向に若干のひずみが発生する。回折格子の無いCADデータとの比較であれば、より正確に回折格子形状を評価できると考える。

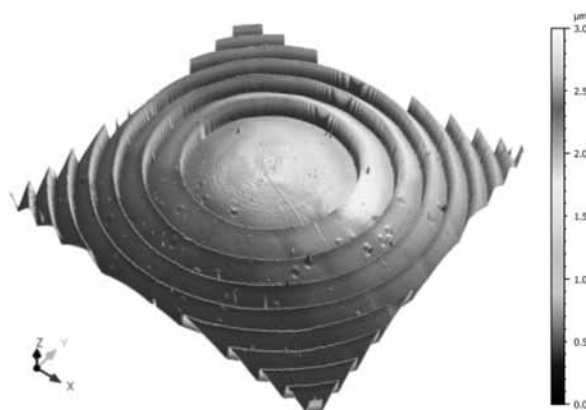


図1 回折格子形状データ

3. 2 軸スリーブの表面性状測定

表面性状と粗さの解析結果を図3に示す。ホーニング加工筋では、Sz（最大高さ）とSp（最大山）が加工修正で半分近い値に低減されている。加工の際に上側に飛び出た山から削られていくためと考える。旋削加工では、若干ではあるが各粗さ数値が低減されている。軸スリーブでは、必要以上の研磨も摩耗につながるため、少しずつ加工修正していく必要がある。今回のように、加工筋方向ごとに表面性状を分けて評価することで、加工方法による修正量を把握できることが

分かった。

4 まとめ

表面性状は、従来の二次元から三次元で測定することで、より詳細に解析できるようになった。本報で紹介したように、今後も様々な表面性状評価に貢献できると考える。また、三次元粗さ評価方法も今後次々に規格化され、三次元表面性状評価の要望が強くなっていく。

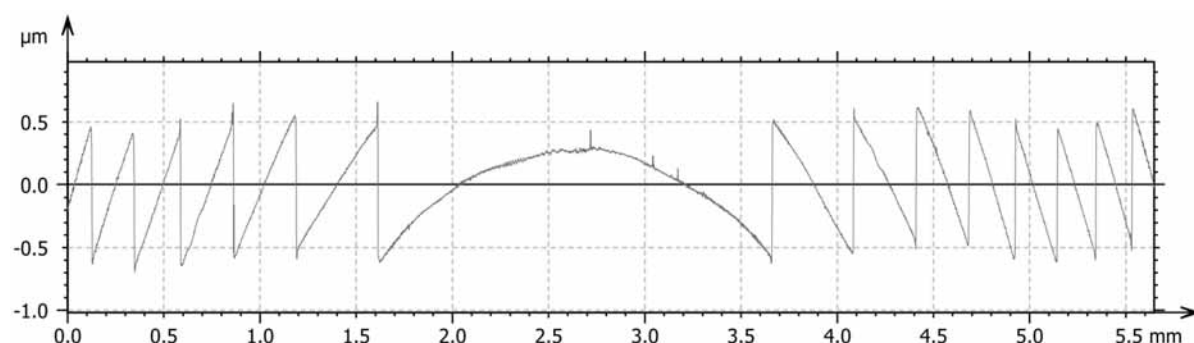


図2 レンズ中心を通る任意断面

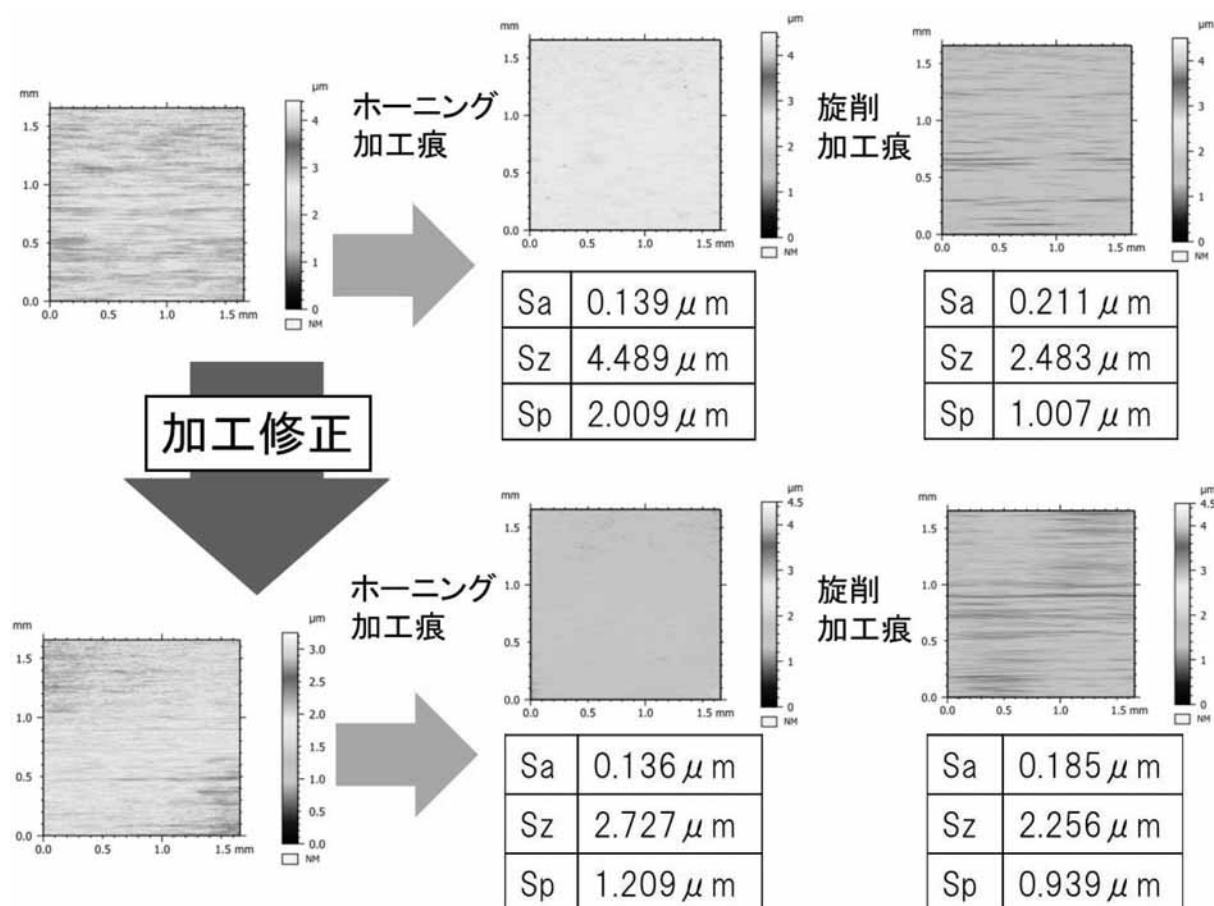


図3 加工修正前後の表面性状

機能性を有する戸田香果橘（へだたちばな）ヨーグルトソースの開発

食品科	松野正幸 浅沼俊倫 渡瀬隆也
工芸科	山下里恵
農林技術研究所	池ヶ谷篤 山家一哲
静岡県立大学	新井映子
戸田森林組合	長倉建治
マコジャパン株式会社	小鍋彰久

Development of functional Heda Tachibana yogurt source

Masayuki MATSUNO, Toshimichi ASANUMA, Takaya WATASE, Rie YAMASHITA,
Atsushi IKEGAYA, Ittetsu YAMAGA, Eiko ARAI, Kenji NAGAKURA and Akihisa KONABE

Keywords : Heda Tachibana, nobiletin, inulin

キーワード：戸田香果橘（へだたちばな）、ノビレチン、イヌリン

1 はじめに

沼津市南部に位置する戸田地区は、ミカンの原種とされる橘（図1）が自生する北限地である。戸田森林組合は、自生地保護や見本園の整備などを行いつつ、特産品化に向けた取り組みを進めている。橘には柑橘類の中でも特に高濃度のノビレチンが含まれている。これはフラボノイドの一種で、がん細胞の転移を抑える作用等の機能性が期待されている¹⁾。そこで、この機能性に着目し、更に食物繊維イヌリンを配合することで腸内環境改善効果も期待できるヨーグルトソースの開発に取り組んだ。本稿では主にノビレチン含有量について報告する。

なお、本研究は静岡市産学交流センター「平成28年度地域課題に係る産学共同研究委託事業」の一環として行った。



図1 戸田香果橘の果実
(直径2～3 cm程度)

2 方法

素材である戸田香果橘及び参考として太田ポンカン

(ノビレチン高含有で知られる柑橘)の果皮及び果汁のノビレチン含有量について、以下の方法で分析した。

果皮（または果肉）をミキサーで粉砕し、（果肉は果汁のみを）遠沈管に0.8g秤量した。これに抽出溶媒（ジメチルスルホキシド-メタノール等量混合液）を5ml添加して超音波槽に60分間かけた後、遠心分離(10℃、7,000rpm、10分間)を行い、上清を回収した。この操作を2回行い、孔径0.2 μmのフィルター(ADVANTEC東洋製、DISMIC 13JP020AN)でろ過し、分析用試料とした。

ACQUITY UPLC (Waters製)を用い、表1の条件でノビレチン含有量を測定した。

表1 ノビレチン分析条件

項目	内容
装置	ACQUITY UPLC (Waters製)
カラム	ACQUITY UPLC BEH C18 1.7 μm, 2.1×100 mm
カラム温度	40℃
移動相	(A液) 0.1%酸含有超純水、(B液) 0.1%酸含有アセトニトリル
移動相流量比	(A液) 65%、(B液) 35%
流速	0.4ml/min

この結果を受けて農林技術研究所が試作した戸田香果橘ヨーグルトソース及び参考として市販の温州ミカンマーマレードについて、先と同様の方法でノビレチン含有量を測定した。分析したサンプルの情報を表2に示す。

表2 サンプル情報

試料番号	試料名	備考
①	H28年度産戸田香果橘（未熟）	H28年10月に収穫
②	H27年度産戸田香果橘（完熟）	H27年12月に収穫
③	H28年度産戸田香果橘（完熟）	H28年12月に収穫
④	H28年度産太田ボンカン（未熟）	H28年10月に収穫
⑤	H28年度産太田ボンカン（完熟）	市販品（H29年1月に購入）
⑥	戸田香果橘ヨーグルトソース	農林技術研究所が試作
⑦	温州ミカンマーメイド	市販品

3 結果および考察

各サンプルについてn=3で測定を実施し、定量結果は図2、3の通りであった。なお、図2、3のサンプル番号は、表2のサンプル番号と一致する。

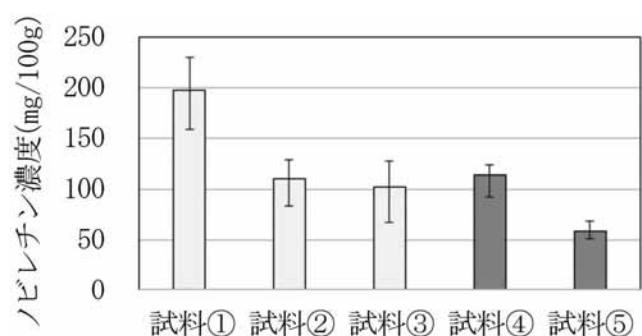


図2 柑橘果皮のノビレチン濃度
(試料内容は表2参照)

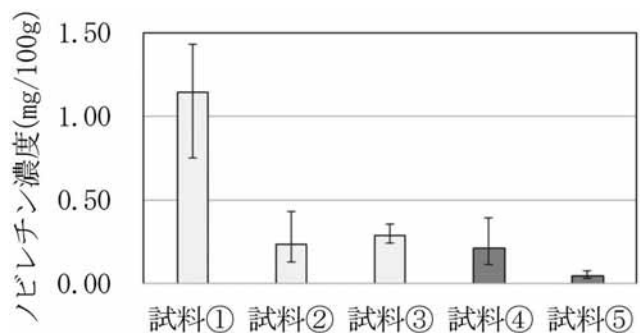


図3 柑橘果汁のノビレチン濃度
(試料内容は表2参照)

果実について、ノビレチンはボンカンより橘に多く含まれていた。また、果皮に果汁の100倍以上の高濃度でノビレチンが含まれていた。さらに、1年程度-20℃で冷凍保存していた平成27年度産橘と28年度産橘のノ

ビレチン含有量は、果皮果汁共に同程度であり、1年間保存可能であることが示唆された。これらの結果から、果皮をできるだけ多く含みつつもその苦さで風味を壊さないヨーグルトソースの果皮配合量を見出すため、農林技術研究所が図4の方法でソースを試作し、最適な配合量を決定した。試作された戸田香果橘ヨーグルトソースのノビレチン含有量は図5の通りであり、加工による欠損はほとんどないことが確認された。

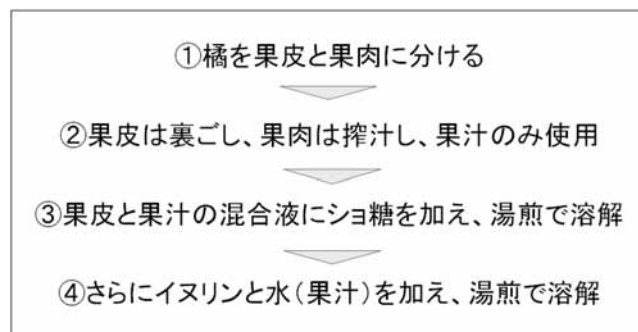


図4 戸田香果橘ヨーグルトソース作製方法の概要

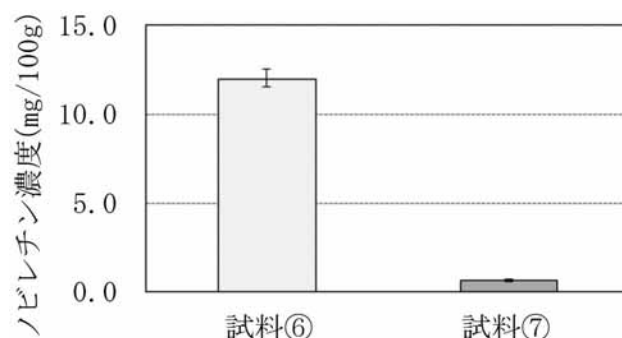


図5 柑橘加工品のノビレチン濃度
(試料内容は表2参照)

4 まとめ

戸田香果橘を1年程度-20℃で冷凍保存した場合、ノビレチン含有量はほとんど減少せず、風味も保たれていた。また、開発したヨーグルトソース作製法では、香果橘中のノビレチン欠損がほとんどなかった。

参考文献

- 1) 伊藤三郎：ノビレチン，「果実の機能と科学」，初版（榊朝倉書店，東京），伊藤三郎 編集，p.134（2011）。

新規な食感を持つ乾燥こんにゃく素材の開発

食品科 三宅健司
株式会社倉島食品 倉島康司

Development of dried konjac with a novel texture

Kenji MIYAKE and Yasushi KURASHIMA

Keywords : dried Konjac, texture

キーワード：乾燥こんにゃく、食感

1 はじめに

こんにゃくは日本の伝統食品のひとつであり、食物繊維が豊富なことから低カロリーで肥満予防、糖尿病予防、便秘改善などの効果を持ったヘルシー食材の代表でもある¹⁾。しかし、「食の欧米化」などを要因として若年層の和食離れが進み、こんにゃくの国内消費量は年々減少する傾向にある。こうした中で、こんにゃくの良さを活かしながら、用途・消費拡大を図るため、洋食にも合い、主菜の代わりにもなる、今までにない食感を持った乾燥こんにゃく素材の検討を行ったので報告する。

2 方法

2.1こんにゃくの配合・製造条件検討

一般的なこんにゃくの製造条件に基づき、精粉量（濃度）、副原料（でんぷん類）、凝固剤の種類（水酸化カルシウム、炭酸水素ナトリウム）を変えて乾燥こんにゃく用のこんにゃくの試作を行った。

2.2 乾燥工程の検討

一般的に市販されているこんにゃくをそのまま乾燥させると乾燥時に収縮による変形が生じ、硬くなってしまうことから、今回、茨城県で伝統的に生産されている「凍みこんにゃく」の製法を参考に、 -30°C で一晩凍結を行い、その後融解させてから乾燥を行った。

2.3 試作品の評価

試作した乾燥こんにゃくを30分間水に浸漬させた後、重量を測定し吸水率を求めた。また、調理性の検証のため市販の調味液に浸漬させ 170°C の油で唐揚げの試作を試みた。

3 結果および考察

水に対する精粉の配合比率2%～4%の範囲では、一般的なこんにゃくとして製造可能であることが確認さ

れた（表1）。精粉量が4%を超える配合（5%）では、水分量が少なすぎるため精粉がすべて溶解せず糊状とならなかった。このことから、製造上4%が適当であると示唆された。凝固剤は炭酸水素ナトリウムを用いた場合、凝固性が悪く成型時に形が崩れてしまったため、水酸化カルシウムを用いて試作を行った。乾燥工程では、あらかじめ凍結処理を行うことにより解凍時に離水し、収縮を抑えて乾燥させることができた。今回開発した製法の利点は、特殊な機械や装置を必要とせず、一般的なこんにゃく製造機械、冷凍機、乾燥機のみで短期間で衛生的な製造が可能である。また、試作した乾燥こんにゃく（写真1）の吸水性は市販の類似品と比較して同等の吸水性が確認された（表2）。このことから、調理の際の味の染み込みが良く、試作した唐揚げは中心部まで調味液が浸透していた。さらに、食感はチキンナゲットに近く、肉様の食感が得られた（写真2）。今後は実際の大量生産に合わせた製法の調整やコスト計算等を行い、商品化を目指す。

表1こんにゃく精粉と水の配合比率検討

条件（配合比率）	2%	3%	4%	5%
精粉量（g）	2	3	4	5
水（g）	100	100	100	100
凝固剤（g）	0.2	0.2	0.2	0.2
溶解性	○	○	○	×



写真1 試作した乾燥こんにゃく
（左：試作品 右：断面拡大）

表2 吸水性の比較 (30分間浸漬)

	試作品	市販品
吸水前重量(g) (A)	1.82	1.84
吸水後重量(g) (B)	20.85	16.01
吸水率 (%) (B-A) / A × 100	10.5	7.7



写真2 乾燥こんにゃくを用いた調理例

4 まとめ

本研究により、こんにゃく精粉から新規食感を持った乾燥こんにゃく素材を特別な装置等を用いることなく製品化可能であることが示された。

謝辞

本研究は(株)倉島食品が公益財団法人静岡県産業振興財団の平成28年度食品等開発助成を受け、その一部を当所に委託したものです。

参考文献

- 1) 沖増 哲：コンニャクマンナンの栄養学的効果，「こんにゃくの科学」，初版（株）溪水社，広島），沖増哲編著，pp.250-296（1984）

食品廃棄物のメタン発酵

— 前処理装置用簡易脱臭機構の検討 —

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

Methane fermentation of food waste

— The effect of deodorization system for pretreated device of methane fermentation —

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

Keywords : Methane fermentation, deodorization

キーワード：メタン発酵、脱臭

1 はじめに

環境調和に優れた食品廃棄物の処理方法としてメタン発酵が注目されているが、油や固形分を多く含む難分解性原料の処理と装置の小型化が課題である。そこで、我々は油や固形分を多く含む難分解性原料でも高効率にメタン発酵が可能な前処理技術を採用した、小型・安価なプラントの開発に取り組んでいる。開発中の前処理技術は、食品廃棄物の種類によっては悪臭が発生するため、許容濃度以下に脱臭処理する必要がある。開発した前処理装置には、固形原料を希釈液と混合粉碎する機構があり、この希釈液貯留タンクを湿式洗浄方式の脱臭機構に併用する簡易脱臭処理の可能性を検討したので報告する。

2 方法

実験に用いた前処理装置の概要を図1に示す。希釈液貯留タンクに通気口を2カ所（イン-アウト用）設け、前処理排ガスをタンク底部でばっ気するよう配管した。排ガス原臭気は前処理装置上部、処理臭気は上記タンクのアウト側で、2回／日（午前・午後各1回）採取した。

希釈液として利用を想定しているメタン発酵消化液（食品工場のメタン発酵設備から入手）、井水及び両者の3：7混合液（消化液の希釈液）それぞれについて、上記タンクに約60L封入し、排ガスを湿式洗浄した。なおセンサーXP-329ⅢR（新コスモス電機㈱製）により原臭気と処理臭気を計測し、次式の脱臭効率で評価した。

脱臭効率[%] = (原臭指示値 - 処理臭指示値) / 原臭指示値 * 100

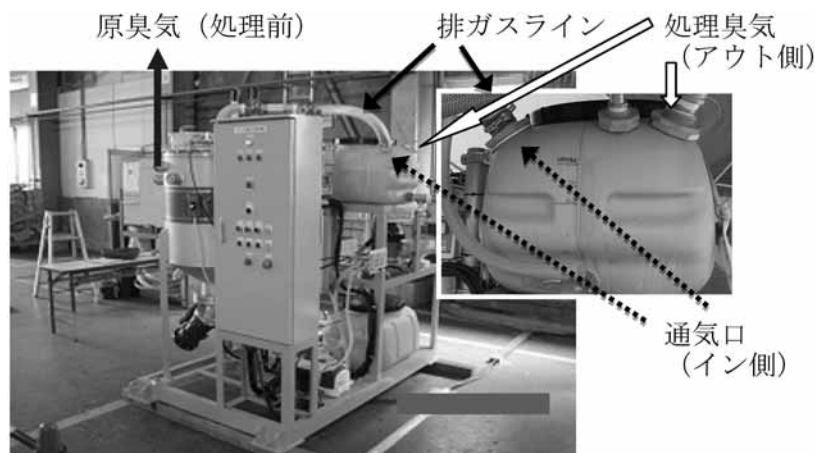


図1 前処理装置概要

3 結果および考察

脱臭試験の結果を図2に示す。前処理装置から発生する悪臭（原臭気）は臭気センサー値で最大914、平均660であった。

消化液、水、混合液の脱臭効率平均（％）はそれぞれ、57.4、14.5、61.6で、脱臭効率が最も優れていたのは混合液、ついで消化液であるが、両者がほぼ同程度の効果があったのに対し、水の効果は大きく下回った。

県内で最も悪臭規制値が厳しい静岡市の1号基準（臭気指数10）から、前処理装置のガス排出口高さ3m、排出口直径60cm未満の条件で2号基準を逆算する¹⁾と排出口基準値は臭気指数で21となる。臭気指数21は、前処理装置の原臭気のおい質では、センサー値620に相当するため、仮に最大臭気センサー値を

920とした場合、規制値を満足するには33％ $[100-(620/920*100)]$ 以上の脱臭効率が必要であり、洗浄液に消化液または混合液を採用する必要があることがわかった。

4 まとめ

今回検討した湿式洗浄方式の簡易脱臭機構は、洗浄液に消化液（または3：7以上の消化液の希釈液）を採用すれば悪臭規制値を満足する効果が期待できることがわかった。

参考文献

- 1) 環境省：よくわかる臭気指数規制 2号基準 (2005)

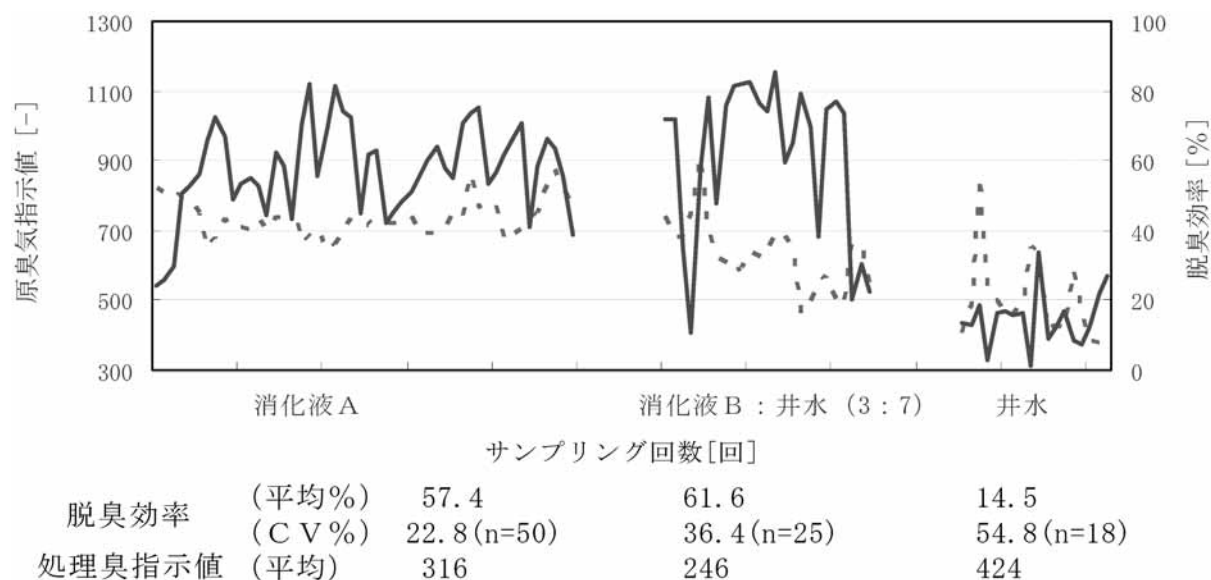


図2 脱臭試験結果

--- 原臭気レベル — 脱臭効率

食品廃棄物のメタン発酵

— 油脂分解微生物を利用したメタン発酵の評価 —

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

— Efficiency of methane fermentation of waste oil pretreated by oil-degrading microorganism —

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

Keywords : Methane fermentation, oil-degrading microorganism

キーワード：メタン発酵、油脂分解微生物

1 はじめに

メタン発酵は食品廃棄物の処理に有効な手法であるが、油脂はメタン発酵の阻害作用が強いため、油脂を高濃度に含む食品廃棄物をそのままメタン発酵で処理することは困難である¹⁾。そこで、我々は油脂の前処理方法の開発に取り組んでいる。これまでに、排水汚泥から分離した油脂分解微生物Strain-01によって、油脂が可溶化されることを報告した²⁾。本研究では、Strain-01を用いて調製した油脂前処理液をメタン発酵連続試験に供して発酵効率や投入限界負荷を評価した。

2 方法

油脂前処理液の調製は次のとおり行った。500mL三角フラスコに、牛脂7.5mL、LB培地60mL、1Mリン酸緩衝液（pH 7.0）6.0mL、食品工場の排水処理場で採取した活性汚泥120mL、Strain-01培養液3.0mLを加えて、滅菌水で全量が300mLとなるように調製した。6 mL/minで通気を行いながら、30℃で4日間振とうした。

メタン発酵連続試験は次のとおり行った。1Lジャケット付フラスコに、食品工場のメタン発酵プラントより採取したグラニュール汚泥を入れ、窒素ガスで置換してメタン発酵槽を構築した（写真）。発酵槽を35℃に保ち、廃シロップや牛脂前処理液で調製した基質液を水理学的滞留日数が10日となる速度で供給し、同量の発酵液上澄みを排液として回収した。週に1度ガスバッグに捕集されたバイオガスを回収し、ガス流量計を用いてガス発生量を、ガスクロマトグラフを用いて成分組成を分析した。また、全有機体炭素（TOC）計を用い

て、基質液と排液のTOCを分析し、ガス発生効率や有機物分解率を算出した。



写真 メタン発酵連続試験装置

3 結果および考察

牛脂前処理液のメタン発酵連続試験結果を図に示す。試験開始から182日目までは廃シロップと牛脂前処理液を混合して投入したが、牛脂前処理液の負荷が150mg-TOC/dを超えてからガス発生効率が著しく減少した。231日目以降は牛脂前処理液のみで調製した基質液を投入したところ、110mg-TOC/d程度の負荷では発酵は安定しており、廃シロップと同程度のガス発生効率が確認された。しかし、150mg-TOC/dを超えた後にガスの発生が完全に停止した。排液のpHは常

に中性付近で安定していたことから酸敗の可能性は低く、蓄積した脂質中間代謝物が微生物へ影響を与えたと考えられる。

4 まとめ

メタン発酵槽 1 L に対して、110mg-TOC/d 程度の投入負荷であれば、油脂前処理液を一般的な食品廃棄物と同程度の効率でメタン発酵処理できることが確認された。

参考文献

- 1) 野池達也 他：「メタン発酵」，初版（技報堂出版(株)，東京），佐藤和明 他 編集，pp.40-41 (2009)．
- 2) 室伏敬太 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11回バイオマス科学会議講演論文集，pp.147-148，新潟 (2016)．

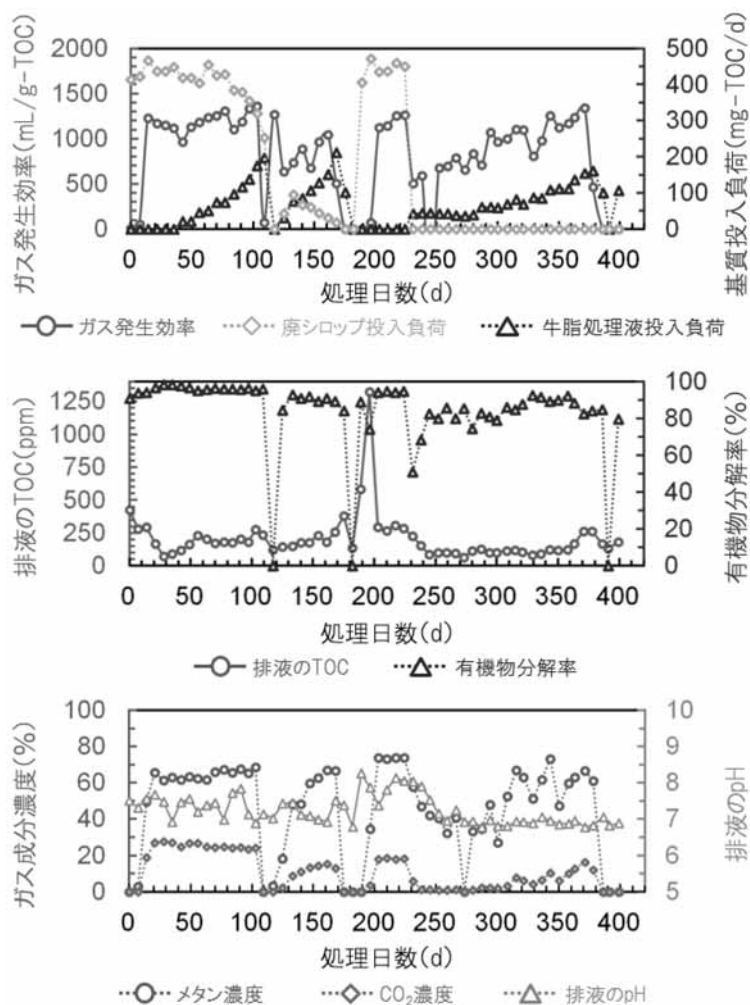


図 牛脂処理液のメタン発酵連続試験結果

食品廃棄物のメタン発酵

— 湿式メタン発酵のための固形物前処理の最適化 —

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

Methane fermentation of food waste

— Optimization of 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

本研究では、メタン発酵を行う上で分解に長い時間を要する固形分を、あらかじめ微生物を利用して分解させる前処理法方法を検討している。これまでに、土着する微生物により固形有機物が可溶化されることを確認した。今回は、この前処理方法における最適なpH、通気条件の検討を行った。

2 方法

食品廃棄物のモデルとして市販のラビットフード（以下RF）をフードプロセッサで破碎したものをを用いた。

RF20gを蒸留水180mLに懸濁させ、通気しつつ恒温槽内で35℃に保温した。1日に1度、遠心分離することで処理液を回収し、残った固形物に蒸留水180mLを加えて処理を継続した。

最適なpHを検討するため、処理中のpHをそれぞれ4, 5, 6, 7に制御した。通気は間欠通気（30分間通気後、30分停止）を継続し、通気量はラビットフード1gあたりに50mL/min/g-RFとした。

また、最適な通気条件を検討するため、通気量をそれぞれ50, 10, 5, 1, 0 mL/min/g-RFとして実験を行った。pHは水相を回収した後でpH 6～6.5に調整した。

処理は4日間継続し、4日後のSS（浮遊性固形物）の減少率から可溶化率、4日目までに回収された処理液中のTOC（全有機態炭素）の絶対量を有機物回収量として評価した。

3 結果

図1にpH条件毎の可溶化率とRFあたりの有機物回収量を示す。可溶化率・有機物回収量共にpH 5～

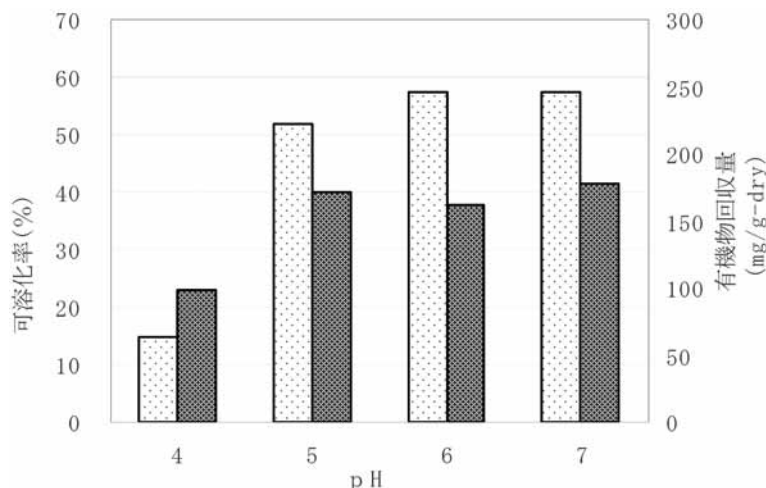


図1 pH毎の可溶化率・有機物回収量

□ 可溶化率 ■ 有機物回収量

7の間で大きな違いはないが、pH 4になると著しく低下した。

図2に通気量毎の可溶化率とRFあたりの有機物回収量を示す。可溶化率は通気量を抑えるにつれて低下した。一方で有機物回収量は上昇し、5 mL/min/g-RFの時に最大となった。

4 考察

pH 4で可溶化率と有機物回収量が低下したのは、分解をになう微生物がpH 4以下では不活性化するためと考えられる。pH調整にかかる薬品コストを考慮すると、最適なpHはpH 5～6付近であると判断できる。

通気量を減らすことで可溶化率が低下したのは、処理液内の酸素が不十分であり、微生物による固形物の分解が抑制されたためと考えられる。一方で水相に蓄積された有機物の分解も抑制されるため、有機物回収

量は増加する。メタン発酵の原料となる処理液中の有機物はできるだけ多く回収し、固形物はできるだけ分解する必要があるため、通気量は可溶化率・有機物回収量ともに高い水準が保たれる5 mL/min/g-RFが妥当だと判断できる。

5 まとめ

食品廃棄物を湿式メタン発酵にて処理するため、微生物による前処理を検討した。pH、通気条件について検討した結果、pH 5～6、5 mL/min/g-RFが妥当だと判断された。

引用文献

中島大介 他：湿式メタン発酵のための微生物前処理における諸条件の検討．第12回 バイオマス科学会議 発表論文集，151－152，東京（2017）．

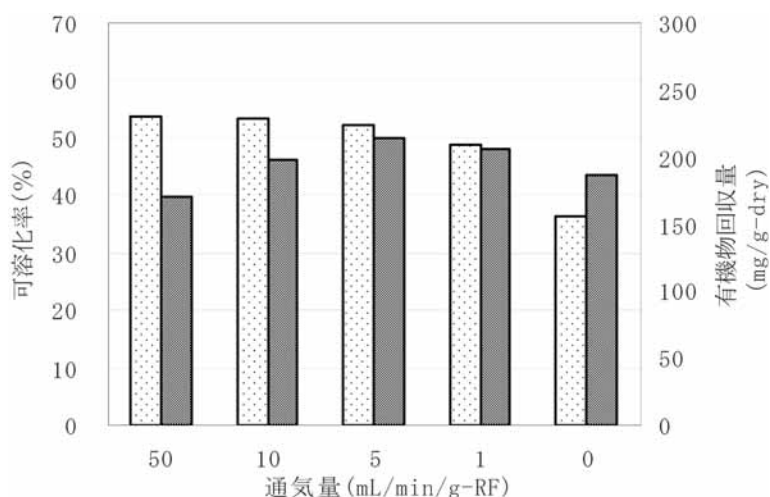


図2 通気量毎の可溶化率・有機物回収量

□ 可溶化率 ■ 有機物回収量

県産材の弱点「キズがつく」を克服する塗装方法の開発

工芸科 渡邊雅之 赤堀 篤* 藤浪健二郎 櫻川智史**

Development of Scratch-resistance Coating Method for Coniferous Wood

Masayuki WATANABE, Atsushi AKAHORI, Kenjiro FUJINAMI and Satoshi SAKURAGAWA

Keywords : Scratch-resistance, Coniferous Wood

キーワード：耐引っかき性、針葉樹材

1 はじめに

針葉樹材の「キズがつく」という弱点を克服するためには、化粧板張り、圧密化や化学処理などの方法が知られている。しかし、これらの手法では、大幅なコストの上昇が避けられない上に、針葉樹材の軽さや風合いを犠牲にすることとなる。そこで、既存の設備で対応できる塗装方法の改良で、コストの上昇を抑えながら表面硬度を向上させる手法を検討した。また、家具の購入者の好みや様々な用途に対応するため、着色塗装工程の改良も検討した。さらに、見出した塗装方法を、花台、ちゃぶ台、椅子等に適用し、試作品を製作した。

2 方法

2.1 塗膜物性試験

スギ表面圧密処理材セダーハードGH-3（発売元 ㈱カクホン社）を長さ150mmに切断し、表1の塗装方法で塗装した。塗装した手板に、日本工業規格を参考にして、光沢度、耐水性、耐汚染性（クレヨン、マーカーペン）、鉛筆硬度の試験を実施した。光沢度の測定には、ハンディ光沢計 IG-331（㈱堀場製作所製）

を用いた。鉛筆硬度試験には、鉛筆引掻き試験機（㈱井元製作所製）と日本塗料検査協会検定済の鉛筆を用いた。

2.2 着色塗装工程の改良

2.1により選定した針葉樹向け高硬度塗料（ポリウレックス エコ HHシーラー：和信化学工業㈱製）を用いてヒノキ等に着色塗装する場合、色ムラが発生しやすい木地への直接の着色ではなく、中塗り塗料に着色剤を添加する改良法（図）を試行し、仕上がり具合を確認した。

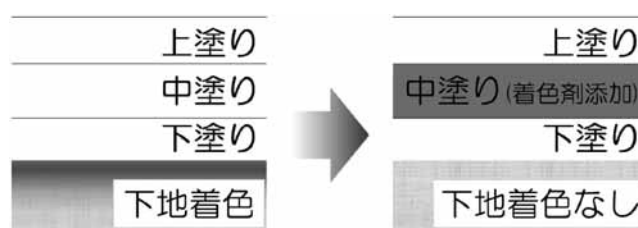


図 着色塗装工程の改良

(左：従来法 右：改良法)

2.3 家具への塗装

Jパネル（県産針葉樹材CLT、24mm厚、丸天星工業㈱製）を用い、丸テーブル、ちゃぶ台等を製作し、開発した高硬度塗装法で塗装した。また、県内家具メーカー製品の付加価値向上を目的に、「Den Chair Dinning」（木工の傳 製）や「ヒノキベンチ」（㈱パブリック製）を高硬度塗装法により塗装した。

3 結果および考察

3.1 塗膜物性試験

試験結果を表2に示す。オイル塗装や非造膜型のオープンポアタイプのウレタン塗装では耐水性と耐汚染性で支障が生じた。高硬度タイプではないウレタン塗

表1 塗料の区分と塗装方法

No.	塗料区分	塗装方法
1	なし	（無塗装）
2	オイル	オイルA仕上げ
3		オイルB仕上げ
4	ウレタン	非造膜型オープンポアウレタン
5		ウッドシーラー＋7分艶消し
6	高硬度塗料（ウレタン）	高硬度塗料1回塗り
7		〃 ＋7分艶消し
8		〃 ＋全艶消し
9		高硬度塗料2回塗り
10		〃 ＋7分艶消し
11		〃 ＋全艶消し
12		高硬度塗料3回塗り
13		〃 ＋7分艶消し

*) 現 研究開発課 **) 現 研究調整監

装 (No. 5) では、耐水性と耐汚染性には問題がなかったが、鉛筆硬度はHB～Fであった。下塗りに高硬度塗料を用いた場合、下塗り回数に関係なく下塗りのみで3H、上塗り塗装後でも鉛筆硬度Hと十分な耐引っかかり硬度が得られた。光沢度は7分艶消し塗料の上塗りで28～36、全艶消し塗料の上塗りで7～8となり、塗膜感やプラスチック感もなく、良好な仕上がりとなった。

表 2 塗膜物性試験結果

No.	光沢度	耐水性	耐汚染性 (クレヨン)	耐汚染性 (マキシングペン)	鉛筆硬度
1	13	×	×	×	<6B
2	15	×	○～×	×	<6B
3	12	×	×	×	B～HB
4	14	◎	×	×	B
5	35	◎	◎	◎	HB～F
6	42	◎	◎	◎	3H
7	30	◎	◎	◎	H
8	7	◎	◎	◎	H
9	53	◎	◎	◎	3H
10	28	◎	◎	◎	H
11	8	◎	◎	◎	H
12	59	◎	◎	◎	3H
13	36	◎	◎	◎	H

※耐水性の評価

◎：損傷なし

×：損傷あり、本地への浸透あり

※耐汚染性の評価

◎：痕跡なし

○：ごくわずかに痕跡が残る

×：汚れが残る



写真1 高硬度塗装法により塗装したちゃぶ台



写真2 Den Chair Diningと丸テーブル（着色仕上げ）

3.2 着色塗装工程の改良

中塗りの高硬度塗料に着色剤を適量添加し塗装した結果、色ムラなく良好な仕上がりとなった。

3.3 試作家具等への塗装

高硬度塗料を用いた塗装を行った製品を写真1～3に示す。一部製品については、さまざまなニーズに対応できるよう、着色塗装も行った。これらは、シズオカKAGUメッセ、しずおかグッドデザインフォーラム等に出展し好評を得た。

4 まとめ

針葉樹向け高硬度塗料による塗装により、針葉樹材の傷つきやすさを克服することができた。今後は、県産材の需要拡大に向け家具メーカー等への普及を図っていく。



写真3 ヒノキベンチ（クリアー仕上げ）

静岡産バラの香り素材の開発

工芸科

株式会社コーヨー化成

一般社団法人 静岡バラ振興会

山下里恵 石橋佳奈 櫻川智史*

佐藤 真 柏木 敏

高田勝己

Materialization of aroma extracted from various roses produced in Shizuoka City

Rie YAMASHITA, Kana ISHIBASHI, Makoto SATO, Satoshi KASHIWAGI and Katsumi TAKADA

キーワード：バラの香り、減圧水蒸気蒸留、ローズ水、3,5-Dimethoxytoluene (DMT)

1 はじめに

農産品の香りは、独特の風合いを醸し出し、品質を左右する要素といえる。最近では、この香りを採取して香粧品や食品などに活用したいとの要望が多い。

本報では、静岡産の「バラの香り」の特徴を活かしたもののづくり事例として、バラの花の香り解析、香りの採取（抽出）、および香りの特徴について報告する。

2 方法

2.1 バラの花の香り解析

早朝に採取した開花バラを、23℃に空調した試験室の明るい窓辺にて、水を張ったガラス製チャンバー内に生け、翌朝まで（約20時間）清浄空気を30ml/min 通気して、バラの花の香りをチャンバー内に発散させた（写真1）。この香り成分を、固相マイクロ抽出（SPME）法にて濃縮捕集し、ガスクロマトグラフ質量分析法（GC/MS）により分離・検出し、各成分の定性および構成割合の解析を行った。表1に、香りの測定条件を示す。

2.2 バラの花の香りの抽出および香り解析

静岡市内のバラ農園で生産している数品種のバラから花弁1kgを取り、55Lの水を張った減圧水蒸気蒸留装置（榎本村製作所製；30L型）を用いて、蒸気量10kg/h、蒸留温度35～40℃、蒸留時間1時間で、バラの芳香蒸留水（以下、ローズ水）を10L採取した。

このローズ水の香り成分について、花の採取時期や蒸留時間による濃度変動を、SPME-GC/MS法により分析・評価した。

3 結果および考察

3.1 静岡産バラの花の香り

静岡産バラの花の香りの測定および解析例を、図1



写真1 香り測定用チャンバー内のバラの様子

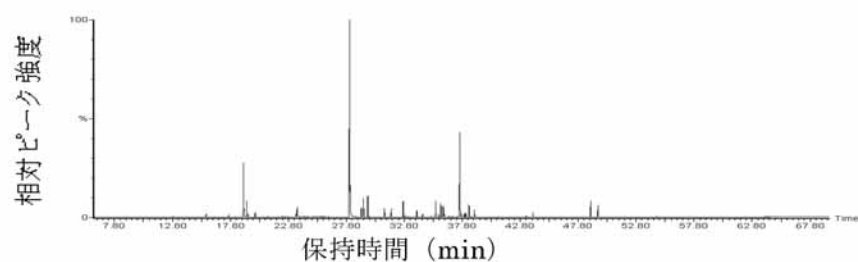
表1 香り成分の測定条件

捕集：SPME (SUPELCO 社製)
捕集剤 100 μm PDMS (Polydimethyl siloxane)
分析：GC/MS (PerkinElmer 社製)
カラム HP-5ms, 0.25 μm, L 60 m, id 0.25 mmφ
温度 40℃ (4 min)・4℃/min・280℃ (6 min)
解析：NIST ライブラリ (標準 C ₆ -C ₂₅ n-アルカン)

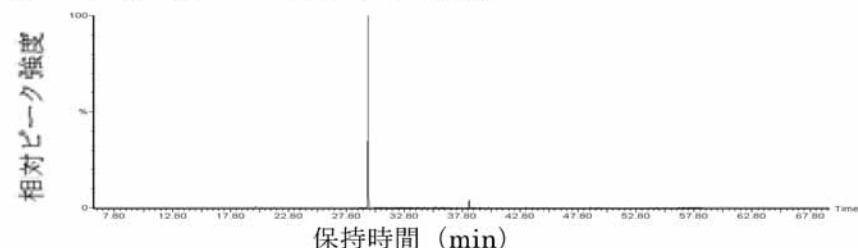
に示す。図1-Iの『ルージュ・ロワイヤル』（以下、RR種）は、官能的にも芳香性の強いバラ品種で、Citronellolをはじめ一般にバラらしいとされるダマスク系の多様な香り成分と、Phenethyl acetate などのフルーティーな香りを呈する酢酸エステル類を豊富に含んでいた。図1-IIの『パレオ』の香りでは、ティー系の香りの特徴である3,5-Dimethoxytoluene (DMT) が主成分であった。RR種においても、DMTは主な香り成分として検出された。この香りは、一般にティー・ローズ・エレメントと呼ばれ、鎮静効果や抗ストレス効果、更には美肌効果も期待されている¹⁾。市内で栽培されるバラ品種の多くがハイブリッド・ティー・ローズの系統であり、DMT産生遺伝子を持っていることから、様々な静岡産バラを原料として、DMTを含有するローズ水が採取できると期待された。

*) 現 研究調整監

I ルージュ・ロワイヤル (芳香性品種)



II パレオ (ティー系の香り品種)



保持時間 (min)	成分名	面積率 (%)
18.9	3Z-Hexenyl acetate	8.0
19.2	Hexenyl acetate	2.3
23.6	Phenylethyl alcohol	1.8
28.1	8-Citronellol	34.9
29.1	Geraniol	1.5
29.3	Phenylethyl acetate	2.9
29.7	3,5-Dimethoxytoluene	3.1
32.7	Citronellyl acetate	2.5
35.5	Caryophyllene	2.7
36.0	Dihydro-8-ionone	2.2
37.6	Germacrene D	14.1
48.9	9-Nonadecene	2.7
49.5	Nonadecane	1.9

保持時間 (min)	成分名	面積率 (%)
29.7	3,5-Dimethoxytoluene	93.8

図1 静岡産バラの花の香りの測定および解析例

3.2 ローズ水の香り成分

採取したローズ水から発散する香りをSPME法にて測定したところ、上述した有用なバラの香り成分であるDMTが主に含まれていることが確認された (図2)。

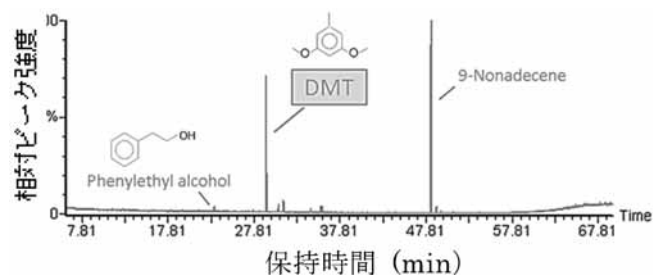


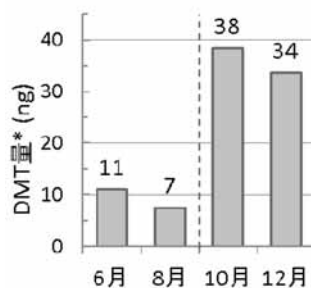
図2 ローズ水の香り成分の測定および解析例

6月～12月に採取したローズ水の香りにおけるDMT量の測定結果を図3-Iに示す。DMT量は夏季に少なく秋～冬季に掛けて増加し安定する傾向にあった。

一方、蒸留時間毎に分取してDMT量を測定したところ、蒸留初期にDMT量が高濃度で、時間経過に伴って減少した (図3-II)。

このことから、ローズ水の香り成分の季節変動に対して、蒸留時間を調節することによって、採取するローズ水のDMT含有量の安定化が可能であると考えられる。

I バラの採取時季



II 蒸留経過時間

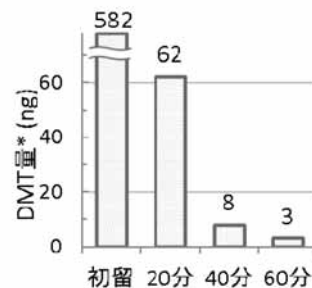


図3 ローズ水から発散するDMT量の変化
(* : ローズ水10mlに対するSPME捕集量)

4 まとめ

静岡産バラから有用な香り成分「DMT」を安定して含有する香り素材「ローズ水」を開発した。今後は、その特徴を活かしたアロマ化粧品等を提案していく。

謝辞

本報告の一部は、静岡市産学交流センターの平成28年度地域課題に係る産学共同研究委託事業 (代表: 一般社団法人静岡バラ振興会) にて実施した。

参考文献

蓬田勝之 他: 現代バラとその香り. におい・かおり環境誌, 41 (3), 164-174 (2010).

Comparison of Compressive Forces Caused by Various Cannulated Cancellous Screws used in Arthroscopic Ankle Arthrodesis

Satoshi KAMIJO, Shogo TANAKA, Tsuyoshi MANO, Tsukasa KUMAI and Yasuhito TANAKA

各種中空海綿骨螺子の骨固定性における圧縮力の比較検討

藤森病院

上條 哲

静岡県工業技術研究所

田中翔悟* 真野 毅

奈良県立医科大学

熊井 司 田中康仁

Journal of Orthopaedic Surgery and Research, Vol.12, No.1, 1-9 (2017)

Keywords : Ankle arthrodesis, Cannulated cancellous screw, Compressive force, Talocrural joint,
Miniature pressure sensor

キーワード：足関節固定術、中空海綿骨螺子、圧縮力、距腿関節、小型圧力センサ

足関節鏡手術（鏡視下足関節固定術）での骨癒合の状態は、初期の螺子固定時の適正なAlignmentと圧着力に依存する。本研究では、模擬骨と小型圧力センサを用いて各種螺子の特性を調査し、屍体の距腿関節を用いた場合との比較を行った。

3種類の中空海綿骨螺子について、小型圧力センサを用いた測定機で模擬骨における螺子の挿入時の圧力と回転角を測定した。この結果、圧力変化と回転

角のプロファイルが螺子によって異なり、各種螺子の特徴を推定することが示された。

さらに、屍体の距腿関節に圧力センサを挿入して測定を行った結果、模擬骨と同様な圧力変化と回転角のプロファイル結果を得ることができた。以上の検討により、実際の関節固定術で使用される各種螺子の特徴を推定できることが示唆された。

*) 現 新産業集積課

中国茶の含水率と水分活性

農研機構果樹茶業研究部門 池田奈実子
食品科 渡瀬隆也

Moisture Contents and Water Activities in Chinese Tea

Namiko IKEDA and Takaya WATASE

茶業研究報告, 第122号, 9-14 (2016)

Keywords : *Camellia sinensis*, Chinese tea, moisture content, water activity

キーワード : 中国茶、含水率、水分活性

日本茶の茶種が多様化した場合の適正な含水率の知見を得るために、中国茶の含水率と水分活性を測定した。また、中国及び台湾産の紅茶と他の産地の紅茶の含水率及び水分活性の比較を行った。中国茶の茶種間で含水率に差が認められた。白茶、黒茶の含水率は青茶、緑茶、紅茶より高かった。中国産の紅茶の含水率の平均値は8.73%で、ネパール、インド、日本産の紅茶の含水率より高かった。青茶は含水率のばら

つきが大きかった。緑茶、青茶、紅茶、黒茶においては茶の含水率と水分活性の間に正の相関関係が認められ、含水率が高いほど、水分活性が高い傾向が認められた。黒茶は青茶、白茶、紅茶に比べて同程度の含水率の場合は水分活性が低い傾向が認められた。ほとんどの中国茶の水分活性は0.6前後より低く、含水率が12%程度までは微生物は繁殖できないと考えられた。

県産針葉樹の利用促進に向けた静岡県の取り組み

— 自然の力を利用した“燃えない”、“腐らない”木材の開発 —

静岡県工業技術研究所 赤堀 篤*

Study for the coniferous use promotion in Shizuoka

Injecting Agents into Lumber by the Sap Flow Method for Flame Retardancy and dipping for ant wood-proof.

Atsushi Akahori

木材保存, Vol.43, No.2, 106—110 (2017).

Keywords : Cedar・Hinoki, Boric acid, Phosphoric acid, Incombustible・Flame retardant, Antiseptic・Anti-termite, Sap flow, Dipping, Diffusion penetration

キーワード：スギ・ヒノキ、ホウ酸、リン酸、不燃・難燃、防腐・防蟻、乾燥負圧、浸せき、拡散浸透

全国的に人工林資源の利用が求められている中、静岡県は、全国平均より10年早く成熟し、すでに85%以上が活用可能な林齢となっている。そこで、静岡県農林技術研究所 森林・林業研究センターと静岡県工業技術研究所が平成26年度から平成28年度に木材改良加工技術の開発に取り組んだ。乾燥負圧注入法による不燃・難燃木材の開発では、末口径90～130mm、長さ1mの材で、夏季10～11日、冬季14～15日で注入量200kg/m³、上端まで達し、ホウ酸系はクルクミン法、

リン酸系は加熱法による呈色で、辺材に分布することを確認した。また、コーンカロリーメータによる加熱試験で、建築基準法の準不燃基準を満たすことを確認した。浸せき法による防腐・防蟻剤の開発では、浸せき後の内部への薬剤の拡散浸透の様子をクルクミン法による呈色と画像解析で確認し、定量により、呈色部の面積と濃度15mg/g以上の部分の面積が一致することを見出した。

*) 現 研究開発課

国産材を使用した木造施設における室内空気質の形成

静岡県工業技術研究所

山下里恵 櫻川智史

東京大学大学院農学生命科学研究科

斎藤幸恵

静岡大学大学院総合科学技術研究科

渡邊 拓 安村 基

Formation of quality indoor air in wooden buildings with domestic wood

Rie YAMASHITA, Satoshi SAKURAGAWA, Yukie SAITO, Hiromu WATANABE,
and Motoi YASUMURA

日本木材学会誌, 第63巻, 第2号, 86-97 (2017)

Keywords : Indoor air quality, Wooden building, Domestic wood, Woody aroma, Terpene

キーワード : 室内空気質、木造建築物、国産材、木の香り、テルペン

国産材を構造材や内装材に用いた木造の特別養護老人ホームにて、居住環境中の空気質とその経時変化について、実態分析を行った。アクティブ法で測定した居住環境中の空気質は主に「木の香り」の効用が期待されるテルペン類によって形成されていた。内装を構成する各木材からの放散成分を放散試験セル法で測定し、室内空気質形成への寄与を検討したところ、空気質の主要成分の α -Pinene は柱・筋交いのヒ

ノキ材に、約10~40%を占めるセスキテルペン類 (α -Murolene, Calamenene, δ -Cadinene等) は床や野地裏等のスギ材に、主として由来することが示された。竣工から約1年後では、テルペン類の総気中濃度は減少したものの、木質様の香気を形成する一部のセスキテルペン類 (Calamenene等) は増加し、主にテルペン類で構成された空気質が保たれていることが観測された。

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

発酵食品用乳酸菌スターター選択のための乳酸菌特異的菌叢解析手法の開発

— 発芽ソバ発酵エキスメーカー製造用スターターの選択 —

バイオ科	高木啓詞 太田俊也
静岡県工業技術研究所	室伏敬太
Across Bio 株式会社	山口 司

Lactic Acid Bacteria Specific Flora Analysis for Starter Culture Selection

— Starter Culture Selection for Fermentation of Soba Sprout Extract —

Hiroshi TAKAGI, Toshiya OHTA, Keita MUROFUSHI, Osamu YAMAGUCHI

Denaturing gradient gel electrophoresis (DGGE) profiles of PCR amplified V3 region of 16S rRNA genes were used to microbial flora analysis. In this paper, we have developed lactic acid bacteria (LAB) specific flora analysis method based on typical PCR-DGGE protocol of total bacteria flora analysis. LAB 16S rRNA specific PCR primer pair was designed and used to amplify LAB derived 16S rRNA gene from fermented soba sprout extract as 1st PCR. After that, V3 region of 16S rRNA gene was amplified with GC-clamp using standard DGGE primer pair for total bacteria as 2nd PCR. LAB derived DGGE bands were selected and condensed with 1st PCR process which enabled to detect minor LAB such as *Leuconostoc citreum* in the fermented soba sprout extract. In addition, the electrophoretic mobility of those LAB derived DGGE bands were not affected by 1st PCR process. The results showed that our method is quite effective to analyze LAB flora in fermented food to identify important species and to develop LAB starter culture for fermentation.

Keywords : PCR-DGGE, fermentation, lactic acid bacteria, flora analysis

キーワード : PCR-DGGE、発酵、乳酸菌、菌叢解析

1 はじめに

日本では、6次産業化の推進に伴い、野菜類を乳酸菌によって発酵させた食品が注目されている。その製造には、大きく分けて2つの方法がある。野菜類に付着している乳酸菌を利用した自然発酵と、スターター乳酸菌を添加する種菌添加発酵である。自然発酵による製造は安定生産が困難であり、スターター乳酸菌添加による安定化が求められている。スターター乳酸菌の添加は発酵制御に有望であり、発酵を安定化する技術として広く利用されている¹⁾。

発酵食品の製造に関与する乳酸菌については多くの報告があり²⁾、乳酸菌の挙動が発酵食品の風味や品質に大きな影響を与えることが知られている³⁾。このことから、品質の安定化にはスターター乳酸菌の選択は重要であり、自然発酵から種菌添加発酵に代えて製造する場合、従来の製造法による発酵過程での乳酸菌をはじめとした微生物叢の挙動を把握し、発酵の安

定化に寄与する乳酸菌を調査する必要がある。

調査方法としては、多数の分離株の培養結果から解析を行う培養法⁴⁾が一般的に行われているが、作業が繁雑となることが多く、菌叢解析を頻繁に行う場合の手法としては不向きと考えられる。一方、2000年以降、培養非依存的な変性剤濃度勾配ゲル電気泳動(DGGE)法やT-RFLP法が菌叢解析に利用され⁵⁾、最近では次世代シーケンサーによる報告も増えつつある。中でも、DGGE法は16S rRNA遺伝子のPCR産物を分離する手法であり、解析コストが安く、菌叢の全体的な把握とともに個々の菌種を決定することができるため、広く利用されている。しかし、一般細菌全般を対象とした解析は数多く報告されており、使用するプライマーや電気泳動条件は標準化されつつある⁶⁾が、DGGEによる解析では相対的な菌数が電気泳動後のゲル中のバンドの濃さとして現れるため、菌数が少ない非優先株はバンドとして検出できず、解析できないとい

う問題点がある。乳酸菌発酵食品中には、乳酸菌以外にも様々な微生物が存在するため、PCR-DGGE法で乳酸菌を高感度に解析するためには、乳酸菌選択的解析を行う必要がある⁷⁾。

そこで本研究では、発芽ソバ発酵エキスを製造用スターター乳酸菌選択のための乳酸菌選択的菌叢解析手法の構築を目的とした。DGGEの泳動条件検討が不要な乳酸菌選択的菌叢解析を実施するため、全細菌を対象とした遺伝子解析と同領域で、乳酸菌のみの遺伝子を選択的に増幅する2段階PCR法の開発を行った。また、開発した手法の有効性を評価するために、発芽ソバ発酵エキスの製造過程における菌叢を一般細菌解析手法と比較した。

2 方法

2.1 試料

試料には、(株)不二工芸製作所(静岡県富士宮市)より提供された発芽ソバ発酵エキスをを用いた。発酵エキスを発芽させたソバの種を自然発酵させたものであり⁸⁾、発酵初期から発酵終了まで経時的に採取し、供試まで-20℃の冷凍庫で保存した。

2.2 乳酸菌の分離

発酵1日目から5日目までの発酵エキスを生理食塩水で適宜希釈した後、0.5%炭酸カルシウムと1.5%寒天(Agar : Bacto)を含むMRS培地(Lactobacilli MRS Broth : Difco Laboratories)に塗布し、30℃で培養を行い、ハローを形成したコロニーを乳酸菌として分離した。

2.3 乳酸菌および発酵エキスからのDNA抽出

(1) 分離した乳酸菌からのゲノムDNA抽出

分離した乳酸菌は4 mlのMRS培地で30℃、24時間培養し、培養液を白金耳で1.5%寒天を含むMRS培地に塗布し30℃で培養した。単一コロニーを釣菌し、100 μ lの50 mM NaOH水溶液に懸濁させ、95℃、10分間アルカリ熱抽出した。放冷後、20 μ lの0.5M Tris-HCl (pH 7.0)を加え、4℃、20,000×g、1分間遠心し、上清を回収し、DNA粗抽出液とした。

(2) 発酵エキスからのゲノムDNA抽出

解凍した発酵エキスを脱脂綿ろ過し、得られたろ液1.8mlを2 mlポリプロピレンチューブに入れ、4℃、20,000×g、2分間遠心し、菌体を含むペレットを回収した。ペレットを液体窒素で凍結させ、手動式ミルSK-100G ((株) トッケン製)を用い、1分間の凍結粉碎を1分間のインターバルを挟み3回繰り返した。粉碎したペレットに100 μ lの10mM Tris-HCl、1 mM EDTA、pH8.0 (TE)を加え、4℃、20,000×g、1分間遠心し、上清を回収し、DNA粗抽出液とした。

(3) ゲノムDNAの精製

分離した乳酸菌または発酵エキスのDNA粗抽出液80 μ lにフェノール/クロロホルムを等量加えて混和後に、4℃、20,000×g、5分間遠心して上清を80 μ l回収した。これに1/10量の3 M酢酸ナトリウムと2.5倍量のエタノールを加えて、4℃、20,000×gで30分間遠心した。沈殿を100 μ lの70%エタノールで洗浄し、4℃、20,000×g、5分間遠心した後、遠心エバポレーターで乾燥し、80 μ lのTEに溶解し、ゲノムDNAサンプルとした。

表1 本研究で使用したPCRプライマー

プライマー	塩基配列 (5'→3')	用途
27f	AGAGTTTGATCCTGGCTCAG	16SrRNA遺伝子解析
1492r	GGTTACCTTGTTACGACTT	16SrRNA遺伝子解析
Ec338f	ACTCCTACGGGAGGCAGCAG	一般細菌解析
EUB2	GGACTACCAGGGTATCTAATCCTG	一般細菌解析
LactS6	ACTCCTACGGGAGGCAGCAGTAGGGAATCTTC	乳酸菌選択的解析
LactR9	ACGTGTGTAGCCCAGGTCATAAG	乳酸菌選択的解析
Ec338fGC	CGCCCGGGGCGCGCCCGGGCGGGGCGGGG GCACGGGGGGACTCCTACGGGAGGCAGCAG	DGGE
Ec517r	GTATTACCGCGGCTGCTGGC	DGGE

【報告】

2.4 分離した乳酸菌の16SrRNA遺伝子の増幅

分離した乳酸菌のDNA サンプルからのPCR増幅は、KOD-Plus-Neo（東洋紡（株）製）を用い、マニュアルに従って行った。PCR 反応には2720 Thermal Cycler（Applied Biosystems社製）を用い、変性を98℃で10秒、アニーリングを50℃で30秒、伸長を68℃で60秒の条件で実施した。乳酸菌の16S rRNA 遺伝子（約1500bp）の増幅には27Fおよび1492Rのプライマーセット（表1）を用い、PCR反応を30サイクル行った。

2.5 DNA塩基配列の解析

2.4で増幅したPCR反応液はエタノール沈殿による精製後、シーケンス反応をPCR反応に用いたプライマーセットの一方とともに、BigDye Terminator v3.1 Cycle Sequencing Kit（Applied Biosystems社製）を用いて行い、BigDye XTerminator（Applied Biosystems社製）により精製後、DNAシーケンサーABI310（Applied Biosystems社製）を用いて塩基配列を解析した。相同性検索ウェブサイト^{*1}において、シーケンス解析により得られた塩基配列情報を用いたBLASTN検索を行った。

2.6 乳酸菌選択プライマーの設計

乳酸菌選択プライマーを設計するため、DDBJのClustalW^{*2}を用いて、分離した乳酸菌の16S rRNA遺伝子で保存されている配列を検索した。全細菌の基準株を対象としたProbe Match^{*3}によって、保存配列のうち乳酸菌のみに一致する配列の検索を行った。

2.7 DGGE解析

(1) 全細菌由来の16SrRNA遺伝子のV3-V4領域の増幅

発酵エキスのDNA サンプルから、全細菌由来の16S rRNA遺伝子のV3-V4領域（約500bp）を増幅するために、Ec338fおよびEUB2をプライマーに用い、前述に従ってPCR 反応を行った。PCR反応は、変性を98℃で10秒、アニーリングを58℃で30秒、伸長を68℃で30秒の条件で30サイクル行った。

(2) 乳酸菌由来の16SrRNA遺伝子のV3-V7領域の選択的増幅

発酵エキスのDNA サンプルから、乳酸菌由来の16S rRNA 遺伝子のV3-V7領域（約900bp）を選択的に増

幅するために、Lact-S6およびLact-R9の乳酸菌選択プライマーを用い、前述に従ってPCR反応を行った。PCR反応は、変性を98℃で10秒、アニーリング、伸長を68℃で30秒の条件で30サイクル実施した。

(3) DGGE解析

DGGEに用いる16SrRNA遺伝子のV3領域（約200bp）の増幅には、GCクランプを付したEc338f-GCおよびEc517rをプライマーに用い、それぞれのプライマーの最終濃度が0.6 μ Mになるように反応液を調製した。2.4および2.7の(1)、(2)で増幅したPCR反応液をエタノール沈殿で精製したものを鋳型として、前述に準じてPCR 反応を行った。PCR反応は、変性を98℃で10秒、アニーリングを62℃で30秒、伸長を68℃で30秒の条件で35サイクル実施した。増幅したPCR反応液はエタノール沈殿による精製後、DGGEのサンプルとした。

電気泳動にはDCodeシステム（BIO-RAD社製）を使用し、泳動ゲルは変性剤（100%：尿素 7 M、ホルムアミド40%（v/v））の濃度勾配が30%～60%になるように調節した8%ポリアクリルアミドゲルをマニュアル通りに調製した。DGGEは1×TAE中で、60℃、150Vの条件で4時間行った。泳動後のゲルをSYBR Green I（タカラバイオ（株）製）で染色し、DNAバンドを検出した。

(4) DGGEで分離したDNAバンドの解析

泳動後のゲルからDNAバンドを切り出し、切り出したゲルを100 μ lのTEで洗浄した後、1 mm×1 mm程度の断片をPCR反応液に直接加え、鋳型とした。切り出したDNAバンド由来の16S rRNA 遺伝子（約200bp）の増幅には、Ec338fおよびEc517rをプライマーに用い、前述に従ってPCR 反応を行った。PCR反応は、変性を98℃で10秒、アニーリングを62℃で30秒、伸長を68℃で30秒の条件で30サイクル実施した。増幅したPCR反応液は2.5と同様に塩基配列解析を行った。

3 結果

3.1 乳酸菌の分離と属種の推定

発芽ソバ発酵エキスから乳酸菌を合計125株分離し、コロニーの色、形状観察および顕微鏡観察の結果から特徴の異なる6株を選択し、それぞれの16S rRNA遺

*1) 米国国立衛生研究所医学図書館生物工学情報センター（NCBI）：Basic Local Alignment Search Tool.

<http://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi> (2013.10.30アクセス)

*2) DDBJ：ClustalW. <http://clustalw.ddbj.nig.ac.jp/> (2013.12.2アクセス)

*3) Ribosomal Database Project：Probe Match. <http://rdp.cme.msu.edu/probematch/search.jsp> (2013.12.2アクセス)

伝子の塩基配列を調べた。塩基配列を解析したところ、表2の6種の乳酸菌と推定された。また、分離した乳酸菌の16S rRNA遺伝子のV3領域をPCR増幅したDNAのDGGE結果を図1に示す。レーン1とレーン3のバンドの移動度は近接していたが、同時に泳動した際に区別可能であったため、これらの乳酸菌は16S rRNA遺伝子のV3領域を対象としたDGGE解析で分離可能であることが確認された。

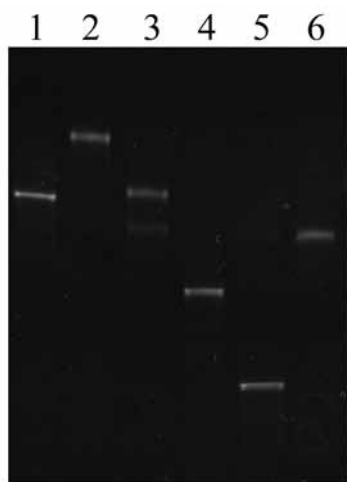


図1 単離乳酸菌のDGGE結果

レーン1, S4-4(*Leuconostoc pseudomesenteroides*);
2, A1(*Lactobacillus plantarum*); 3, C1(*Enterococcus casseliflavus*); 4, C2(*Pediococcus pentosaceus*);
5, E2(*Lactococcus lactis*); 6, E3(*Lactobacillus brevis*)
カッコ内は推定された属種

3.2 乳酸菌選択プライマーの構築

発芽ソバ発酵エキスをから分離した乳酸菌6種の16S rRNA遺伝子の塩基配列データから、塩基配列が保存されている領域を探索し（データ未掲載）、表1のプライマーLact-S6およびLact-R9を設計した。Lact-S6およびLact-R9は*Lactobacillales*の基準株のうち81%と配列

が完全一致し、97%と1塩基違いで一致した。*Lactobacillales*を除く全細菌の基準株については完全一致する基準株は8.5%だけであり、1塩基違いでも11%しか一致しないことが確認された。

3.3 DGGEによる発酵エキスの菌叢解析

発芽ソバ発酵エキスの発酵過程における菌叢の変化について、全細菌を対象とした解析と乳酸菌のみを対象とした解析で評価した。2つの異なる増幅法（2.7(1)、(2)、(3)）により調製したPCR反応物をDGGEで解析した結果を図2に示す。PCR-DGGE法による一般細菌解析では、乳酸菌のバンドの他に、*Pseudomonas*属や*Leucobacter*属、腸内細菌科（*Enterobacteriaceae*）の細菌が確認された。これらの乳酸菌以外の細菌は、発酵が進むにつれてバンド強度が弱くなっていくことがわかる。一方、乳酸菌については、発酵が進むにつれてバンド強度が強くなっていることから、発酵によって乳酸菌の菌叢に占める割合は増加することが確認された。また、検出されたバンドの多くは、全細菌を対象とした解析でも確認されていたが、*Leu. citreum*は乳酸菌選択的菌叢解析でなければ検出できなかった。しかし、今回発芽ソバ発酵エキスをから分離した乳酸菌のうち*Lb. brevis*と*E. casseliflavus*は乳酸菌選択的菌叢解析でも検出されなかった。

4 考察

今回発芽ソバ発酵エキスをから分離した6種の乳酸菌のうち4種の乳酸菌がPCR-DGGE法で検出されたが、*Lb. brevis*と*E. casseliflavus*は検出されなかった。この2種の乳酸菌は発酵エキスを中で菌叢に占める割合が少ないため、検出できなかったと考えられる。培養法によって分離できたのは、これらの乳酸菌が生育しやすい条件であり、コロニー形状の違いから分離しやす

表2 発芽ソバ発酵エキスをから乳酸菌選択培地により分離された菌種
（相同性検索ウェブサイト^{*1}での16SrRNA遺伝子塩基配列の照合結果

菌株名	候補菌種	Accession No.	相同性 (%)
S4-4	<i>Leuconostoc pseudomesenteroides</i>	KF879157	100
A1	<i>Lactobacillus plantarum</i>	KF192886	99
C1	<i>Enterococcus casseliflavus</i>	AB681222	100
C2	<i>Pediococcus pentosaceus</i>	NR_075052	100
E2	<i>Lactococcus lactis</i>	JX119011	99
E3	<i>Lactobacillus brevis</i>	FJ532366	99

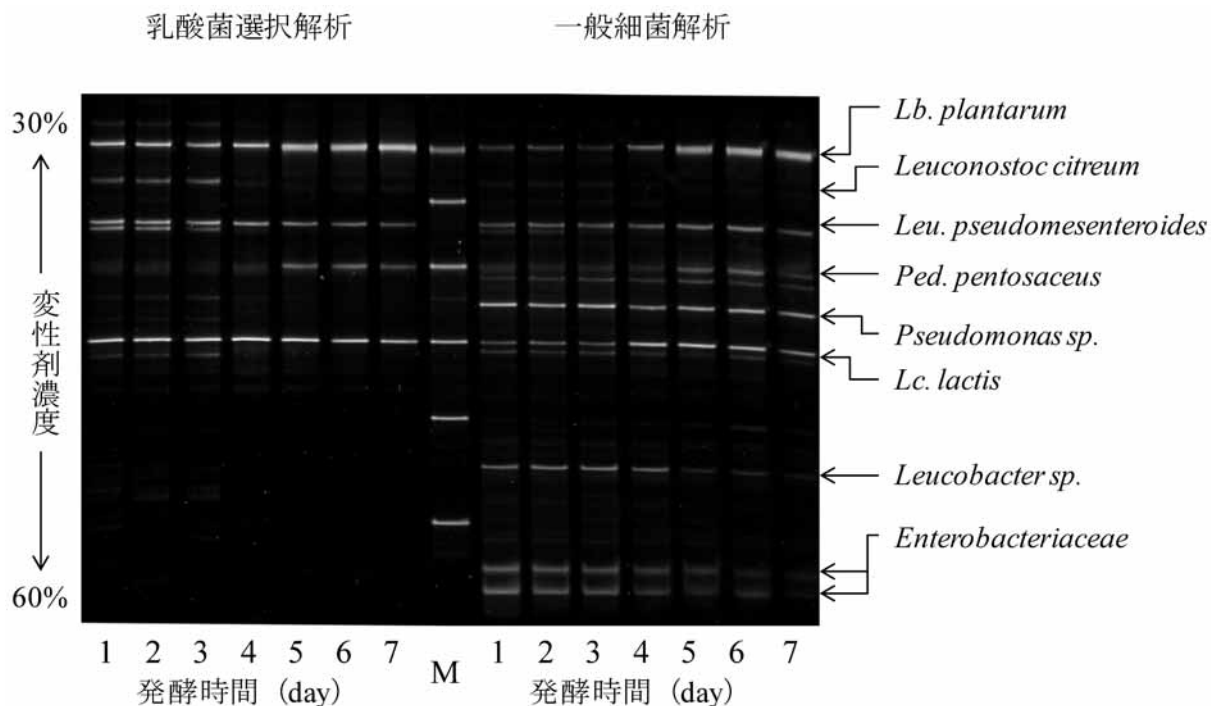


図2 発酵エキス製造過程におけるDGGE結果

製造過程の発酵エキスサンプルからDNAを抽出し、抽出したDNAを全細菌を対象とした解析（右側）と乳酸菌を対象とした解析（左側）で評価した。レーンMは乳酸菌由来の遺伝子を含むオリジナルDGGE用マーカーである。

かったためと考えられる。

一般的な漬物において、発酵初期に野菜由来の硝酸還元菌（*Pseudomonas*属）が増加することが知られており²⁾、今回の発酵エキスにおいても同様の菌叢変化が確認された。これらの細菌は乳酸菌によって生産される乳酸によって、増加が抑制されていくものと考えられる。

乳酸菌選択的菌叢解析では、乳酸菌のバンドのみが検出された。つまり、本研究で設計した乳酸菌選択プライマーが乳酸菌選択的菌叢解析に有効であることが確認された。また、今回開発した解析手法によって、一般細菌解析では検出できない*Leu. citreum*が検出されたことから、菌叢に占める割合が少ない乳酸菌についても検出できることが示唆された。この方法は、一般細菌解析と同じ泳動条件で解析できるため、泳動条件の検討を省略することができ、効率的に解析を行うことが可能となる。

*Leu. citreum*が培養法によって分離できなかった原因としては、培養温度の影響が考えられる。一般的に*Leu. citreum*は低温で増殖しやすい乳酸菌として知られており⁵⁾、今回の培養温度では他の乳酸菌と比べて生育が遅くなり、分離できなかったのだと考えられる。

発酵食品が目的の品質になった際のDGGEによる菌

叢解析結果の挙動に準じることで発酵の再現性および、品質の安定化に寄与する乳酸菌を分離できるものと考えられる。

5 まとめ

発芽ソバ発酵エキスを対象とした乳酸菌の分離とDGGEによる菌叢解析を行った。まず、発酵エキスからMRS寒天培地を用いて6種の乳酸菌を分離した。菌叢解析は全細菌を対象としたものと乳酸菌のみを対象としたものの2種類を行い、乳酸菌選択的菌叢解析については解析を効率化するために2段階PCR法を新規に開発し、その有効性を評価した。菌叢解析の結果から、発酵エキス製造過程での乳酸菌を中心とした微生物叢の挙動を明らかにした。また、乳酸菌選択的菌叢解析において、新規手法により、泳動条件検討の省略や解析結果を視覚的に比較できることを確認した。菌叢解析から得られた微生物挙動に準じてスターター乳酸菌を分離し、実際の発酵食品製造の際にこれを応用することで、発酵を安定化することが期待される。

謝辞

本研究を行うに当たり、試料を御提供いただいた株式会社不二工芸製作所に感謝いたします。

参考文献

- 1) 石川健一 他：低食塩漬物用の乳酸菌スターターカルチャーの開発．日本食品科学工学会誌，46，311-318 (1999)．
- 2) 中川弘 他：漬物の乳酸菌叢に関する検討．日本食品微生物学会誌，18，61-66 (2001)．
- 3) 宮尾茂雄：醗酵漬物における微生物制御．日本食品科学工学会誌，44，1-9 (1997)．
- 4) 宮尾茂雄 他：醗酵漬物中の各種乳酸菌群の選択計数．日本食品工学学会誌，35，610-617 (1988)．
- 5) 李宗勲：韓国キムチにおける乳酸菌研究の進展 - キムチ醗酵に関与する乳酸菌相の解析を中心に - ．Milk Science, 58, 153-159 (2009)．
- 6) Sevcn A. et al. : Use of PCR-DGGE based molecular methods to assessment of microbial diversity during anaerobic treatment of antibiotic combinations. Bioresour. Technol., 192, 735-740 (2015)．
- 7) Lopez I et al. :Design and evaluation of PCR primers for analysis of bacterial populations in wine by denaturing gradient gel electrophoresis, Appl. Environ. Microbiol., 69, 6801-6807 (2003)．
- 8) 茅原紘 他：そば芽抽出エキスを含有する食品．特開2005-304355 (2005.11.4)．

生体用チタン合金のボールエンドミル加工における工具摩耗に関する研究

— 切削工具と被削材の接触位置が工具摩耗に及ぼす影響 —

機械電子科 是永宗祐 本多正計

Tool wear characteristics in ball end milling of Ti-6Al-4V ELI alloy

— Relationship between tool-workpiece contact region and tool wear —

Sosuke KORENAGA and Masakazu HONDA

Titanium alloys are applied in implants for surgery due to their high specific strength and corrosion resistance. However, these alloys are well known as poor machinability materials, severe tool wear tend to occur in end milling of these alloys. Severe tool wear may result in increased machining cost and unacceptable surface roughness of a workpiece.

In addition, implants for surgery have various inclined or curved surfaces. In milling of these surfaces using ball end mills, contact region between the cutting tool edge and the workpiece surface are changed with tilting angle of workpiece surface. Therefore, it is probable that change of tool-workpiece contact region influence on wear characteristics of ball end mill.

In this study, ball end milling was carried out using Ti-6Al-4V ELI alloy which were tilted various angle in order to investigate the relationship between tool-workpiece contact region and tool wear. When tilting angle of workpiece was 0 degree (center of cutting tool was contacted with workpiece), cutting force was extremely high in comparison with other tilting angle, and it led to severe tool wear. In milling with 5-axis machining center, it is important to avoid contact between center of cutting tool and workpiece for better productivity. In case of 3-axis machining center, tool-workpiece contact region is not controlled, it is necessary to find out cutting condition to reduce tool wear when center of cutting tool is contacted with workpiece.

Keywords : Ti-6Al-4V alloy, ball end milling, tool wear, tool-workpiece contact region

キーワード：チタン合金、ボールエンドミル加工、工具摩耗、工具と被削材の接触位置

1 はじめに

チタン合金は高比強度で耐食性が高く、生体アレルギーを起こしにくい等の優れた特性を有しており、整形外科用インプラント等の医療部品に多く用いられている。しかし、チタン合金は加工が難しい材料として知られており、切削加工においては切削工具の摩耗が進行しやすく、加工コストが増大することが問題となっている^{1, 2)}。このような背景から、チタン合金の平面切削加工においては工具摩耗が進行しにくい最適な切削条件を明らかにするための研究が多くなされている³⁻⁸⁾。

しかしインプラントは、実際の関節や骨格のように自由曲面を有した複雑な形状であるため、3次元曲面を作り出す自由曲面切削によって加工される。自由曲面切削では、切削工具（図1に示す球状の底刃が付与されたボールエンドミル）が3次的に動きながら切削

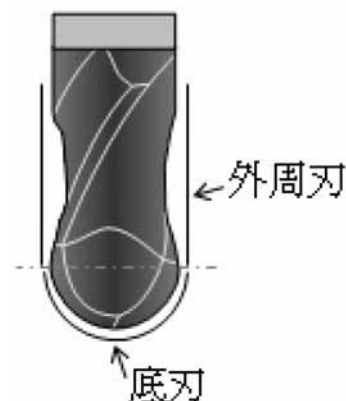


図1 ボールエンドミルの概略

が行われる。このため、切削工具の動きが複雑で、平面切削には見られない特有の現象が生じ、これまでの平面切削に関する研究だけでは自由曲面切削における最適な切削条件を見出すことは難しい。自由曲面切削に特有の現象として、加工経路（切削工具の動き方）によって被削材と接触する刃の位置が変化することが挙げられる。例えば、図2に示すような自由曲面の切削を行う場合、図2aの加工経路では被削材の上面を加工するため、被削材の傾斜がほとんどなく底刃による切削が行われる。これに対し、図2bの加工経路では被削材の傾斜が大きいため、外周刃による切削が行われる。高価な5軸制御の工作機械では、切削工具または被削材を傾けることで、被削材と刃の接触位置を任意に制御できるものの、安価な3軸制御の工作機械では、被削材と刃の接触位置を任意に制御することができず、切削工具の摩耗現象に強く影響を及ぼす可能性が高い。

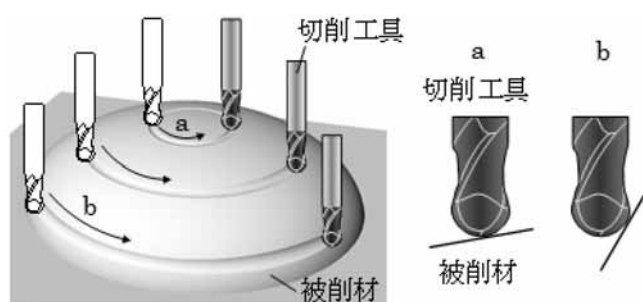


図2 自由曲面切削加工の概略

したがって、自由曲面切削加工において工具摩耗が進行しにくい最適な加工を行うためには、接触位置によって変化する工具の摩耗状態をあらかじめ詳細に把握しておく必要がある。そこで本研究では、チタン合金の自由曲面切削加工において、被削材と切削工具の接触位置が切削工具の摩耗に及ぼす影響について検討する。

2 方法

2.1 実験用テストピースの設計

本研究では、実際のインプラントで行われる自由曲面切削加工を、傾斜角が異なる被削材を用いて被削材と切削工具の接触位置を変化させることで再現した。被削材の傾斜角は、被削材と切削工具の接触状態が下記の3種類となるように選択した。

・傾斜角 0° ：切削工具の回転中心（底刃）が被削材と接触（図3a）

・傾斜角 30° ：切削工具の回転中心から遠い底刃が被削材と接触（図3b）

・傾斜角 60° ：切削工具の回転中心から遠い底刃と外周刃が共に被削材と接触（図3c）

なお、被削材には医療部品等で一般的に用いられているTi-6Al-4V ELI合金（以下、チタン合金）を用いた。

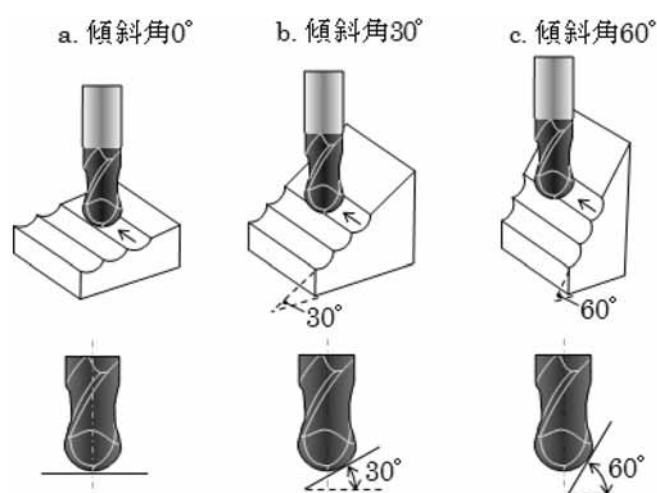


図3 本研究の加工形状

2.2 切削加工実験

実験装置の概略を図4に示す。工作機械には3軸制御の立形マシニングセンタ V33（㈱牧野フライス製作所）を用いた。切削工具には、直径6mm、2枚刃で(Al, Ti)Nコーティングが施された超硬合金製のボールエンドミル MS2SBR0300S06（三菱マテリアル㈱）を用いた。傾斜角が 0° 、 30° 、 60° の3種類の被削材を表1に示す切削条件で加工した。加工中の切削工具に作用する力（切削力）は切削動力計 9129AA（日本キスラー㈱）で測定し、図4に示すx、y、z方向の合力の最大値で評価した。切削加工面については、デジタルマイクロスコープ VHX-900（㈱キーエンス）による観察および、表面粗さ・輪郭測定機 SV-C624（㈱ミツトヨ）による表面粗さ測定で評価した。なお、表面粗さの測定方向は図4に示す工具の送り方向と同方向とした。

【報告】

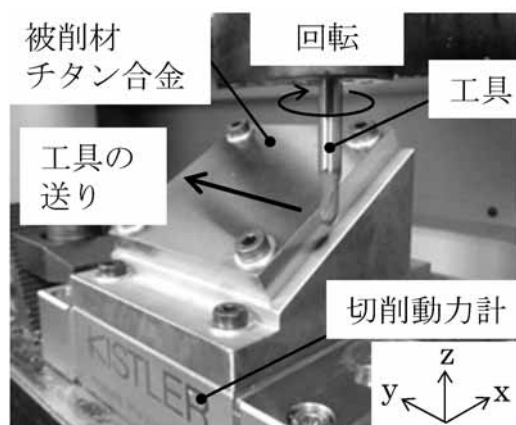


図4 実験装置概略

表1 切削加工条件

被削材の傾斜角	0°、30°、60°
主軸の回転数	4,000rpm
一刃あたりの送り	0.04mm/tooth
深さ方向切込み	0.5mm
ピックフィード	0.5mm
切削雰囲気	エアブロー
切削距離	800mm (80mm×10path)

2.3 工具摩耗の評価

切削工具の摩耗評価は、図5に示すように切削工具の底刃および外周刃の逃げ面における最大摩耗幅をデジタルマイクロスコープ VHX-900 (キーエンス) で測定することで行い、被削材と切削工具の接触位置が切削工具の摩耗特性に及ぼす影響について調査した。

3 結果および考察

チタン合金を加工した後の工具摩耗幅を図6に示す。工具摩耗幅は、傾斜角0°、30°、60°でそれぞれ

70 μm 、20 μm 、20 μm となり、傾斜角0°では傾斜角30°、60°と比較して工具摩耗が著しく大きくなった。

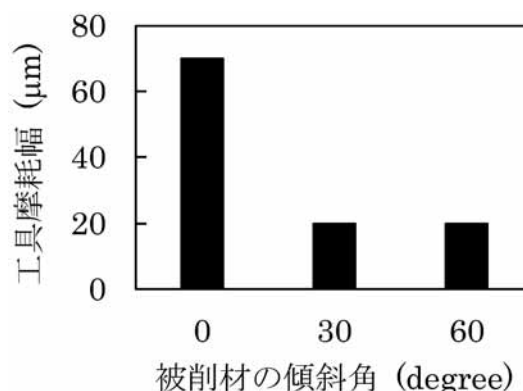


図6 工具摩耗幅

つぎに、加工面の算術平均粗さRaを図7に示す。加工面の算術平均粗さRaは、傾斜角0°、30°、60°でそれぞれ0.28 μm 、0.19 μm 、0.20 μm となった。算術平均粗さRaが大きい傾斜角0°の加工面には、図8に示すような円弧状のむしれが観察され、加工面品位が悪化した。傾斜角30°、60°ではむしれは確認されず、良好な加工面となった。

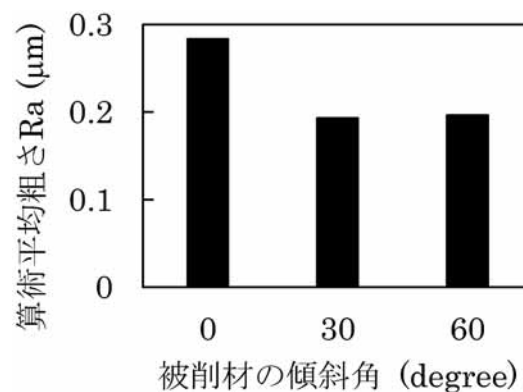


図7 加工面の粗さ

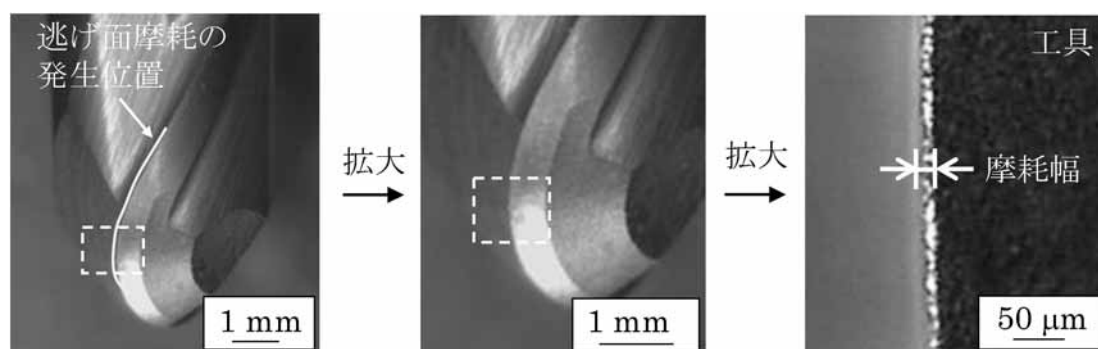


図5 工具摩耗幅の測定

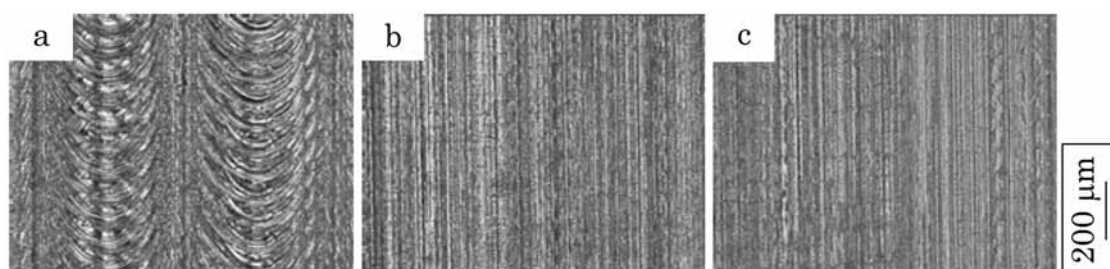


図8 加工面の観察結果

被削材の傾斜角 a : 0° 、b : 30° 、c : 60° 。

つづいて、加工中の切削力を測定した結果を図9に示す。切削力は傾斜角 0° 、 30° 、 60° でそれぞれ61N、38N、25Nとなった。ここで、傾斜角 0° では工具の回転中心が被削材と接触しており、工具の回転中心では周速（切削速度）はゼロとなる。被削材の傾斜角が大きくなると工具と被削材の接触位置は、工具の回転中心から離れて周速（切削速度）は速くなる。一般的には切削速度の上昇に伴って切削力は減少する傾向があり、チタン合金の切削においても、工作機械に旋盤を用いた単純な基礎実験系では、これと同様の傾向が見られることが既に報告されている⁹⁾。旋盤加工に比べて、ボールエンドミルを用いた自由曲面切削加工は、工具と被削材の接触位置によって周速（切削速度）が変化する複雑な加工方法であるものの、切削速度と切削力の関係は旋盤加工の基礎実験と同様の傾向を示し、周速（切削速度）の増加に伴って切削力は減少することがわかった。

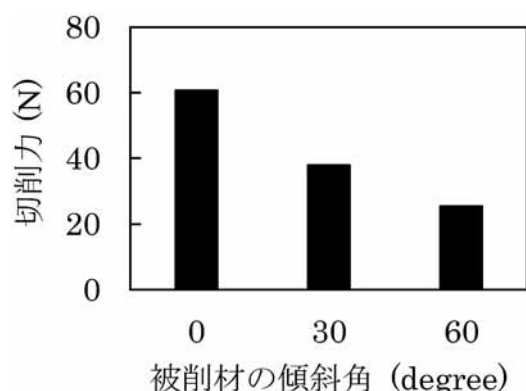


図9 切削力

以上より、切削工具の回転中心が被削材に接触する傾斜角 0° では、切削力が大きくなったことで、工具刃先にかかる負荷が増大し、工具摩耗の進行につながったと考えられる。さらに、工具摩耗が進行し、刃先が損傷している状態で加工を行ったため、傾斜角 0° では加工面にむしれが発生し、表面粗さが増大し

たとえられる。このことから、切削工具と被削材の接触位置を任意に制御できる5軸制御の工作機械では、工具回転中心の接触を避けて加工することで工具摩耗の低減が期待できる。しかし、3軸制御の工作機械では、切削工具と被削材の接触位置を任意に制御できないため、切削工具の回転中心が被削材に接触するときの工具摩耗を低減する手法を検討する必要がある。

4 まとめ

チタン合金の自由曲面切削加工における工具摩耗の低減を目的とし、本研究では被削材と切削工具の接触位置が工具摩耗に及ぼす影響について検討した。その結果、被削材の傾斜角が小さく、切削工具の回転中心が被削材に接触する場合に工具摩耗が著しく大きくなることがわかった。このことから、切削工具と被削材の接触位置を任意に制御できる5軸制御の工作機械では、工具回転中心の接触を避けて加工することで工具摩耗の低減が期待できる。しかし、3軸制御の工作機械では、切削工具と被削材の接触位置を任意に制御できないため、切削工具の回転中心が被削材に接触するときの工具摩耗を低減する手法を検討する必要がある。

参考文献

- 1) 江村聡 他：元素戦略，「チタンの基礎・加工と最新応用技術」，初版（㈱シーエムシー出版，東京），新家光雄 監修，pp.1-6 (2009)。
- 2) 本西英 他：機械加工，「チタンの加工技術」，初版（㈱日刊工業新聞社，東京），(社)日本チタン協会 編集，pp.19-26 (1992)。
- 3) 是永宗祐 他：切削抵抗解析によるチタン合金のエンドミル加工における条件選定手法の提案，2014年度精密工学会秋季学術講演会講演論文集，p.225-226，鳥取 (2014)。
- 4) 是永宗祐 他：切削抵抗解析によるチタン合金

【報告】

- のエンドミル加工における条件選定手法の提案（第2報）．2015年度精密工学会春季学術講演会講演論文集, p.1023-1024, 東京（2015）．
- 5）関谷克彦 他：Ti-6Al-4V合金の高速エンドミル加工．精密工学会誌, 70(3), 438-442（2004）．
- 6）臼杵年 他：コーテッド超硬工具によるチタン合金の高速ドライエンドミル加工．精密工学会誌, 71(4), 491-495（2005）．
- 7）臼杵年 他：ハイス工具によるチタン合金の高速ドライエンドミル加工．砥粒加工学会誌, 49(9), 496-501（2005）．
- 8）臼杵年 他：難削材料の雰囲気制御エンドミル加工．精密工学会誌, 71(9), 1120-1124（2005）．
- 9）山崎隆夫 他：Ti-6Al-4V合金の冷風切削．軽金属, 53(10), 416-420（2003）．

新規発泡性清酒の開発 (第1報)

— 貴醸酒仕込みによる試作 —

バイオ科 勝山 聡 鈴木雅博 天野祥吾* 岩原健二

Development of new sparkling sake (1st Report)

— Prototype of sparkling sake by manufacturing method for KIJOSHU —

Satoshi KATSUYAMA, Masahiro SUZUKI, Shogo AMANO and Kenji IWAHARA

Keywords : sparkling sake, KIJOSHU

キーワード：発泡性清酒、貴醸酒

1 はじめに

近年、清酒離れが進む女性や若年層において、発泡性清酒に高い飲用意向があることが意識調査によって明らかになり¹⁾、本県酒造業界からも発泡性清酒の開発に関する要望が寄せられている。そこで、本研究では、従来品とは異なるタイプの低アルコールかつ爽やかな酸味と濃厚な甘味を有し、吟醸香豊かな発泡性清酒の開発を目的とした。本報では、原料に清酒を用いることで濃厚芳醇ながら口当たりは軽快となることが知られている²⁾、いわゆる貴醸酒仕込みによる試作を行ったので報告する。

2 方法

2.1 小仕込み試験 (1次発酵)

仕込み配合は既報³⁾を参考に、総米200gの三段仕込みにて留添時の汲水を市販清酒 (高嶋酒造(株)製造、アルコール分：約10%) で代替した。また、汲水に清酒を用いない通常仕込みを対照とした。麴米には乾燥麴1-60を、掛米には α 化米AA-60 (ともに徳島製麴(株)製) を使用した。経時的に醪のアルコール分を測定し、約12%となった時点で粗漉しにより滓を約2%含む状態に上槽した。製成酒の成分は、既報³⁾に従い測定した。

2.2 瓶内2次発酵

製成酒 (滓約2%含有) を瓶詰めし、20℃にて最大14日間静置した。期間中、瓶には瓶内圧力計 (有塚本鉱吉商店製) を装着し、経時的に瓶内圧力を測定した。

3 結果および考察

従来品とは異なるタイプの発泡性清酒とするため、貴醸酒仕込みによる1次発酵に瓶内2次発酵工程を加えた試作を行った。なお、酵母には、吟醸香生成が良好な静岡酵母New-5を用い、1次発酵における原料清酒には甘味と酸味が特徴的な河津桜酵母KA2541による清酒を用いた。1次発酵において、試作醪のアルコール分は初発から高く、生成推移は対照と比較して緩慢であった (図1)。また、製成酒は、佐藤ら²⁾のとおり対照と比較して日本酒度が低く、酸度及びアミノ酸度が高い、濃厚芳醇な酒質となった (表1)。2次発酵における試作の瓶内圧力推移は、対照と比較

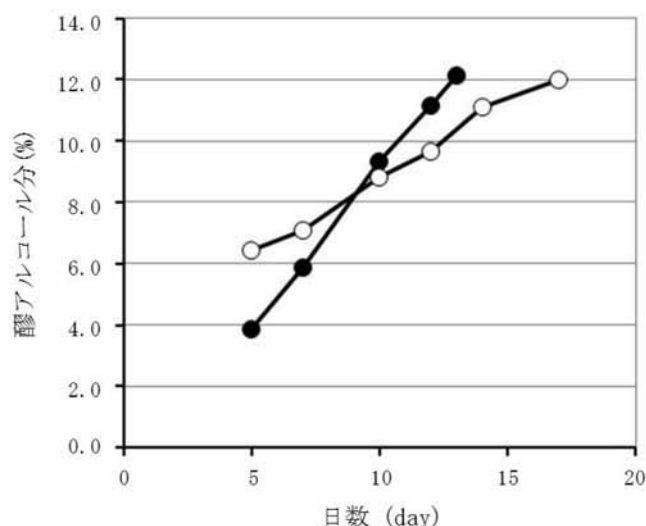


図1 1次発酵における醪アルコール分の推移

● : 対照 (通常仕込み)
○ : 試作 (貴醸酒仕込み)

*) 現 中部健康福祉センター

【ノート】

して緩慢で、変化が見られなくなった10日目（0.056 MPa）で終了とした（図2）。以上の結果から、貴醸

酒仕込みにより濃厚芳醇な発泡性清酒が試作できたが、発泡性は不十分であり、1次及び2次発酵条件の更なる検討が今後必要である。

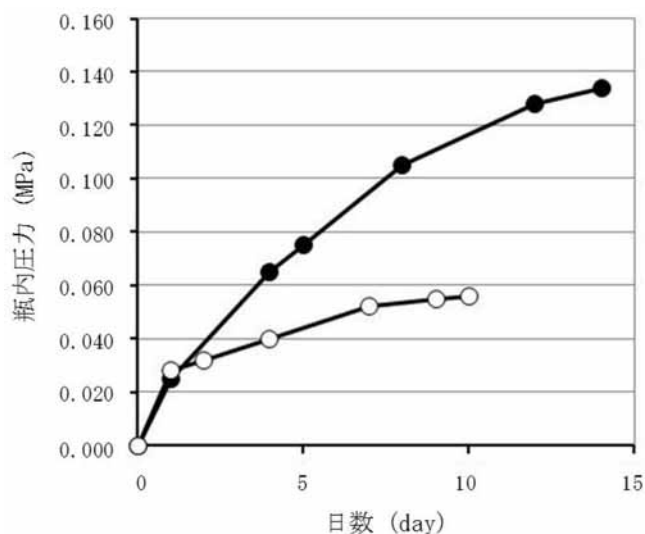


図2 2次発酵における瓶内圧力の推移

●：対照（通常仕込み）
○：試作（貴醸酒仕込み）

4 まとめ

原料に清酒を用いる貴醸酒仕込みにて静岡酵母による新規発泡性清酒の試作を行った。試作は、目標とする濃厚芳醇な酒質となったが、発泡性は不十分であった。

参考文献

- 1) 宝酒造株式会社広報課：日本酒に関する意識調査2013. (2013.9.19公表).
- 2) 佐藤信 他：清酒を原料とした新しいタイプの清酒（いわゆる貴醸酒）について. 日本醸造協会誌, 71 (6), 469-475 (1976).
- 3) 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).

表1 製成酒の成分

	アルコール分(%)	日本酒度	酸度	アミノ酸度
対照	12.20	-38	1.1	0.9
試作	12.00	-79	2.0	1.6

水素吸蔵合金アクチュエータの繰り返し動作性能の評価

機械電子科 本多正計 是永宗祐

Evaluation of repetitive operation of metal hydride actuator

Masakazu HONDA and Sosuke KORENAGA

Keywords : medical device related pressure ulcer, metal hydride actuator, repetitive operation, durability, PID controller

キーワード：医療関連機器圧迫創傷、水素吸蔵合金アクチュエータ、繰り返し動作、耐久性、PID制御

1 はじめに

近年、医療現場において医療関連機器圧迫創傷(MDRPU)を予防する技術開発ニーズが高まっている。当センターではこれまでに、医療現場で利用できるMDRPU予防システムを提案し、そのための要素技術として水素吸蔵合金を利用したアクチュエータ(MHA: Metal Hydride Actuator)を開発した。また、開発したMHAを複数個組み合わせて力分散を実現するシステムモジュールを開発し、駆動実験をとおして身体表面への垂直圧迫等を緩和できることを確認した¹⁾。しかし、MHAを要素技術として活用していくためには、その基本性能を評価し、問題点を十分把握しておく必要がある。そこで本研究では、基本性能の中でも特に重要となる耐久性能(繰り返し動作性能)について評価し、開発したMHAの問題点を明らかにする。

2 方法

2.1 評価試験用MHA

繰り返し性能の評価には、前報で開発したMHA(図1)を使用した¹⁾。アクチュエータ内のMH合金(1g)は試験前に活性化を行い、約155mlの水素を吸蔵させた。また、ソフトベローズ(以下ベローズ)は汚染除去作業(水素注入と真空引きを交互に行いベローズ内の汚れを除去する作業)を10回繰り返した後に合金封入容器と接続した。その後MHAを20℃の環境下で一定時間放置し、ベローズが完全に収縮するようにアクチュエータ内の余分な水素を排出した。

2.2 耐久性評価試験

MHAをプッシュプルゲージ(AIKOH: MODEL-RX-20、以下PPゲージ)が取り付けられた評価試験装置に固定し(図2)、図3に示すパターンを繰り返し出力させた。力制御にはPID制御を使い、伸長時のベロー

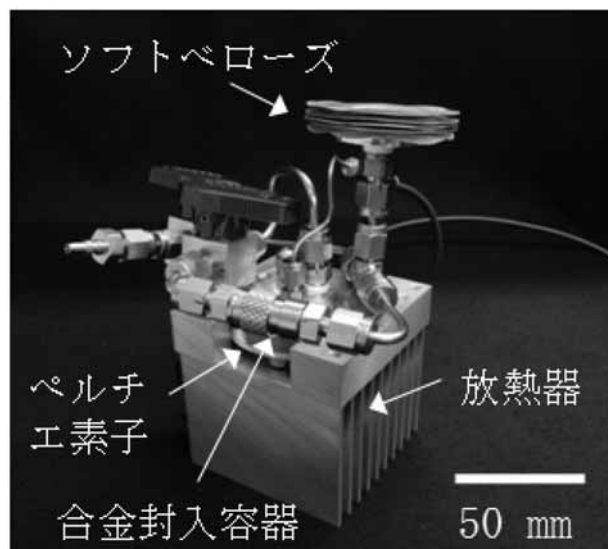


図1 水素吸蔵合金アクチュエータ (MHA)

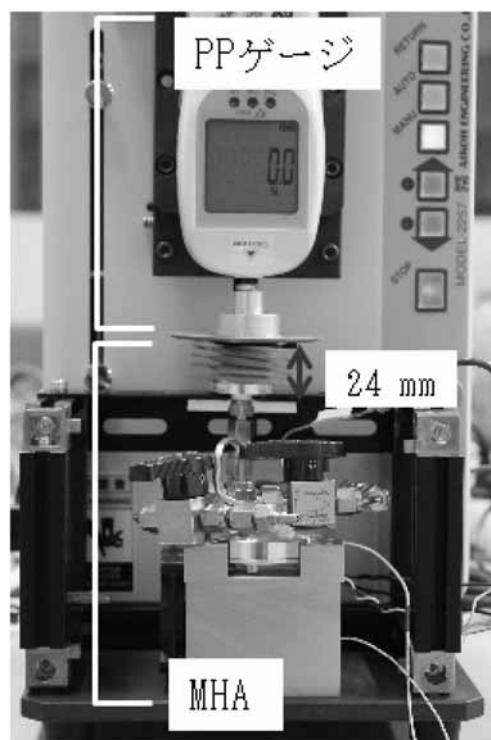


図2 繰り返し性能評価試験装置

ズ長が24mmとなる位置にセットされたPPゲージの出力(力)をフィードバック信号とした。制御パラメータは試験前に調整し、試験中に持続振動が発生した場合はその時点でパラメータを調整し直した。

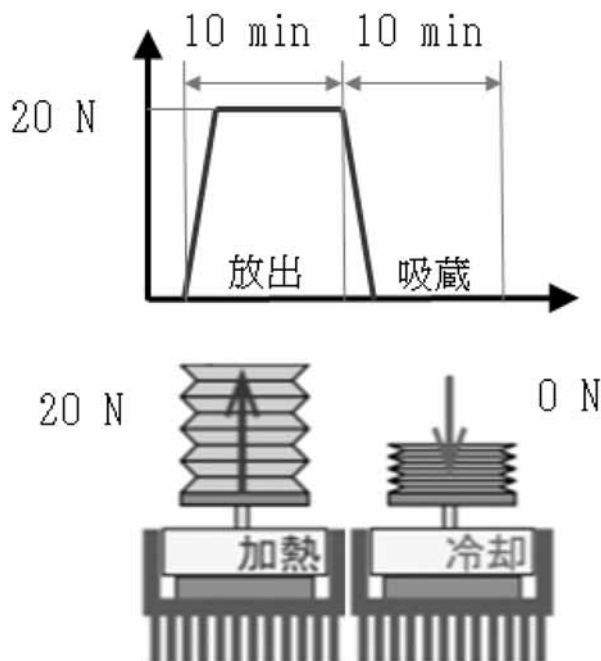


図3 試験に用いた出力パターン

3 結果及び考察

繰り返し動作時の出力特性を図4に示す。試験に供したMHAは、目標値を既定時間保持する正常動作を53回まで繰り返したが、その後急激に動作が不安定となった。

今回試験を行ったMHAでは、力出力時に、ベローズ周りから常時150ppm程度の水素リークが観測されていた。よって、水素リークによるMHA内の水素量減少(合金に吸蔵される水素量の減少)が、このような少ない繰り返し回数で不安定動作を引き起こした原因であると考えられる。

4 まとめ

開発したMHAではベローズ底部のワッシャ接合部からの水素リークにより、正常動作を50回程度しか行えなかった。そこで今後の予定として、接合部の改良を早急に行い繰り返し動作性能の向上を目指す。

参考文献

- 1) 細野美奈子 他：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 - 静岡県工業技術研究所研究報告, 第9号, 53-55, (2017)

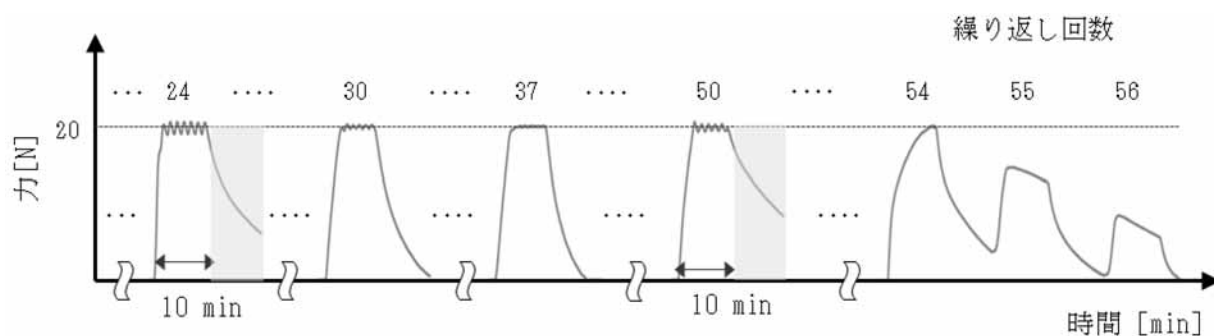


図4 繰り返し動作時の出力特性

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

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2報）

製紙科 齊藤和明* 深沢博之* 木野浩成* 齊藤将人* 白井 圭* 山口智久*

Study on the use of recovered newspapers into toilet paper (2nd Report)

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

Paper factories in Shizuoka Prefecture produce over half of the recycled paper toilet paper produced in Japan. The problem of toilet paper manufactured by recovered paper is the stable securing of waste papers. The reason for this is that the price of high quality waste paper is unstable for various factors, i.e., increasing export volumes, economic insecurity, waste paper shortage due to a decrease in waste paper emissions, and so on. If recovered newspaper can be used as a part of materials for toilet paper, it can be expected that the cost and quality of products can be stably secured, because recovered newspaper has more distribution volume than high quality waste paper, and its price is stable. However, there is concern that product quality will be deteriorated such as faded color of toilet paper during long-term preservation and decline of softness, because recovered newspaper contains lignin and a lot of fine fibers.

In this study, representative prescriptions were given to restore reduced quality. As a result, it turned out that prescriptions used in paper mills sometimes become difficult to decomposit the toilet paper into water. It was found that bleaching by hydrogen peroxide is most effective for recovering the degraded quality by mixing recovered newspaper. By bleaching hydrogen peroxide, it was suggested that even if 10 weight % of recovered newspaper was mixed with waste paper for toilet paper, the quality equivalent to that of toilet paper could be recovered.

Keywords : Toilet paper, recovered newspapers, lignin, faded color, fine fiber

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

静岡県はトイレトペーパーの全生産量の50%にも及ぶ一大生産地であり、その生産量の9割程度は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は、比較的、品質の高い印刷用紙（模造・色上）などの上質古紙であるが、古紙輸出や景気により価格が不安定で、模造・色上などの上質古紙は2020年には53万トン不足すると予想される³⁾。新聞古紙は模造・色上に比べて流通量が2倍と多く⁴⁾、価格も安定しているため、トイレトペーパーの原料として利用できれば原料の安定確保に寄与できる。しかし、新聞古紙にはリグニンが多く含まれ、微細な繊維が多いため、トイレトペーパーの長期保存時の変

色や、やわらかさの低下など製品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薬品処方による品質回復方法について手すき紙を調整して検討したので報告する。

2 方法

2.1 手すき紙の調製*1方法

手すき紙の調製方法を簡単に図1に示す。

新聞古紙として、協力製紙会社から提供を受けた新聞古紙脱墨パルプシート（製品・水分50%(w/w)）を、相対湿度50%及び温度23℃の空气中で48時間以上静置して乾燥させたパルプシートを用いた。

*) 現 製紙・CNF科

*1) 本報では、一般的には手すき紙の「作製」というところ、JIS P 8222:2015 パルプ—試験用手すき紙の調製方法—の表現に合わせて、手すき紙の「調製」と表現する。

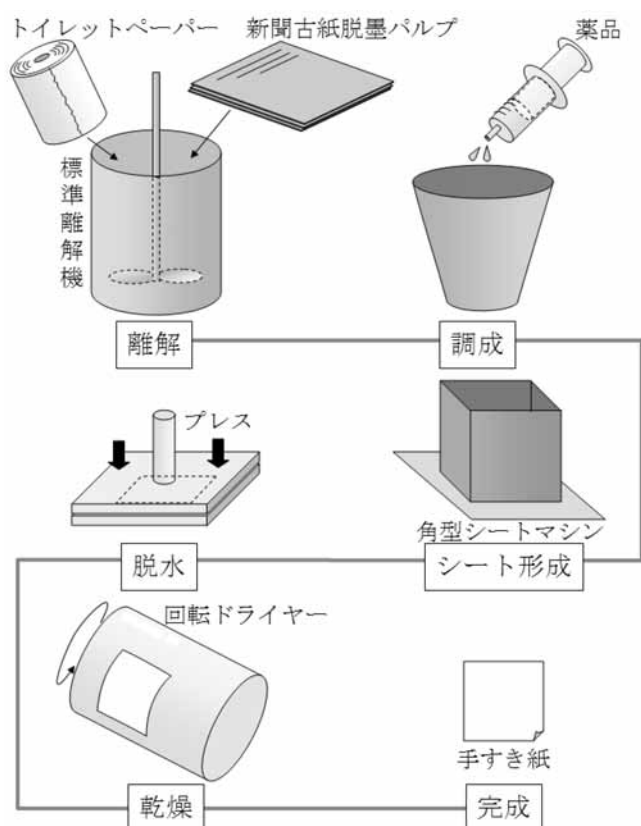


図1 手すき紙の調製方法

手すき紙の原料として、協力製紙会社から提供を受けた製品のトイレットペーパーを用いた。

JIS P 8220-1:2012付属書Aに規定された標準離解機に、30℃の温水を1,500mL入れた後、原料60gを容器に投入し1分間温水に浸漬してから、20分間離解した。離解物は2.2に示す処方を実施し、シート形成用の原質*2（濃度約0.3%）とした。

原質を、坪量18g/m²以上となるように、JIS P 8222:2015パルプ—試験用手すき紙の調製方法—標準手すき機による方法に準じてシートを形成した。ただし、金網は目開き106μm（150mesh）、手すき機は角型シートマシン（熊谷理機工業㈱製）を用いた。

シートは回転型乾燥機（熊谷理機工業㈱製）を用いて約90℃で4分間乾燥させて、手すき紙を調製した。

2.2 離解物の処方

(1)pH調製

離解物を水で濃度約0.3%に希釈した。本報内では原料がトイレットペーパー100%の試料は「TP100」、新聞古紙100%は「NP100」、トイレットペーパー80%（w/w）と新聞古紙20%（w/w）の試料は「TP80NP20」

のように表す。

原質のpHとほぐれやすさの関係を調べるため、希釈後の原質に対して、硫酸アルミニウム水溶液を添加してpHを5～8の範囲で段階的に調製した。pHを調製した手すき紙は、2.3(2)ほぐれやすさのみ評価した。

(2)柔軟剤添加

離解物を水で濃度約0.3%に希釈し、星光PMC㈱から提供を受けた家庭紙用の柔軟剤（風合向上剤）を、標準処方（対パルプ0.3%添加、定着剤使用）にて調成した。

本報内では風合向上剤FS8006（柔軟剤1）、GT8022（柔軟剤2）の添加を、「+柔1、+柔2」と表す。

(3)紫外線抑制剤添加

離解物を水で濃度約0.3%に希釈し、製紙薬品会社から提供を受けた紫外線抑制剤を表1のとおり添加した。

本報内では紫外線散乱剤、紫外線吸収剤の添加を「+散、+吸」と表す。

表1 紫外線抑制剤の添加条件

紫外線散乱剤	種類	酸化チタン（ルチル型）
	一次粒子径	0.25μm
	添加量	対パルプ10%（w/w）
	歩留まり	22.7%*
	前処理	水に濃度20%（w/w）になるように入れ、ロータリー式攪拌アジターRH04特型（㈱島崎エンジニアリング製）で10分攪拌
紫外線吸収剤	種類	ベンゾフェノン系
	添加量	メーカー標準処方量
	前処理	水に溶かしてマグネチックスターラーSR-500d（アドバンテック東洋㈱製）で攪拌

※ JIS P 8251:2003 紙、板紙及びパルプ—灰分試験方法—525℃燃焼法による灰分から求めた

(4)漂白

離解物を目開き106μmの篩^{ふるい}を用いて650gに脱水した。脱水した試料を、標準的な漂白条件⁵⁾を参考に、漂白剤として次亜塩素酸ナトリウムおよび過酸化水素を用いて、表2のとおり漂白した。

*2）本報では、一般的には手すき紙の「原料」というところ、JIS P 8222:2015 パルプ—試験用手すき紙の調製方法—の表現に合わせ、手すき紙の「原質」と表現する。

表2 漂白条件

	過酸化水素 H ₂ O ₂	次亜塩素酸ナトリウム NaClO
添加率 (% (w/w))	2	2
pH	—※	10~11
パルプ濃度	9.2	5
温度 (°C)	70	40
時間 (h)	1	2

※ ケイ酸ナトリウム4% (w/w)、水酸化ナトリウム2% (w/w)を添加して調成

漂白した試料を標準離解機に入れ、全量2,000mLになるように水を加え、1分間離解した。離解物を目開き106 μ mの篩を用いて650gに脱水・洗浄した。脱水・洗浄した試料を標準離解機に入れ水を1,350mL加えて1分間離解した。離解物を水で濃度約0.3%に希釈した。

本報内では過酸化水素漂白、次亜塩素酸ナトリウム漂白を「+H₂O₂、+NaClO」と表す。

2.3 評価方法

(1)原質に対する評価試験

JIS P 8121-2 パルプ—ろ水度試験方法—第2部：カナダ標準ろ水度法に準じてろ水度を、ファイバークオリティーアナライザーHiRes” FQA” (OpTest Equipment Inc., Canada社製) にて長さ加重の繊維長分布を測定した。

(2)手すき紙に対する評価試験

ア 2.3(1)と同様の長さ加重の繊維長分布

手すき紙を手動離解器で離解した試料について測定した。

イ JIS P 4501:1993 トイレtpペーパーの坪量、比破裂強さ、ほぐれやすさ

ほぐれやすさは、手すき紙調製後数日以内及び1ヶ月以上経過した手すき紙について評価した。

ウ JAPAN TAPPI 紙パルプ試験方法No.34 柔らかさ試験結果は、柔らかさを坪量で除した相対的柔らかさとして評価した。

エ 表面粗さ、摩擦係数、摩擦係数の変動

自動化表面試験機KES-FB4-AUTO-A (カトーテック株式会社)を用いて、試験片サイズ125×250mm、テンションウェイト100g、静荷重50g、試料移動速度1mm/sの条件で、表裏各5回計10回測定の平均値を試験結果とした。

オ JIS P 8148:2001 紙、板紙及びパルプ—ISO白色度(拡散青色光反射率)の測定方法のISO白色度、JIS P 8150:2004 紙及び板紙—色(C/2°)の測定

方法—拡散照明法のCIELAB座標

カ 変色試験前後での上述オと同じISO白色度とCIELAB座標

変色試験は、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 (スガ試験機株式会社)を用いて、照射強度320W/m²、ブラックパネル温度63°C、相対湿度50%の設定で、照射エネルギー100MJ/m²以上となるように耐光性試験にかけて手すき紙を変色させた。変色試験の試験片サイズは62.5×125mmとして、変色した部分について測定した。

比較のため、市販の紫外線カットフィルムで覆った状態で変色試験にかけた。紫外線カットフィルムは、波長300nmの紫外線を約97.5%カットするものを用い、本報内では「+遮」と表す。

2.4 最適処方による手すき紙調製と評価

2.3の評価結果から最適と考えられる処方について、トイレtpペーパーと新聞古紙を混合した原料に適用し、2.1および2.2に準じて手すき紙を調製して、2.3と同様に評価した。

3 結果および考察

3.1 原質に対する評価試験結果

原質のろ水度試験結果を図2に示す。新聞古紙に対して、紫外線散乱剤添加、過酸化水素漂白および次亜塩素酸ナトリウム漂白いずれの場合もろ水度は高くなった。

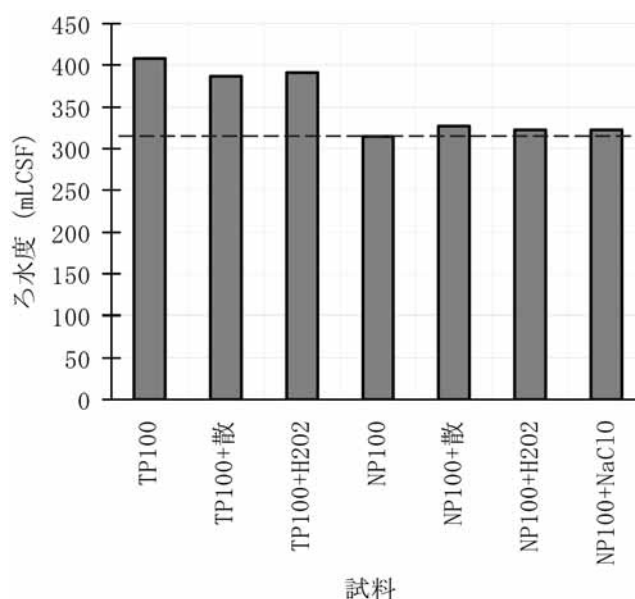


図2 原質のろ水度

原質の長さ加重平均繊維長および長さ加重繊維長分布を図3および図4に示す。新聞古紙の方が、トイレットペーパーよりも微細繊維の割合は多いが、長繊維を一定量含んでおり、平均繊維長は長くなることが分かった。新聞古紙の過酸化水素漂白および次亜塩素酸ナトリウム漂白のいずれの場合も、平均繊維長がわずかに短くなった。

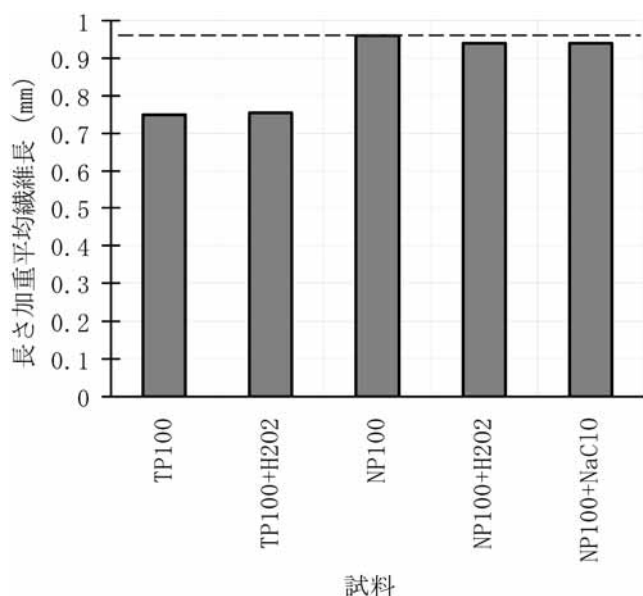


図3 原質の長さ加重平均繊維長

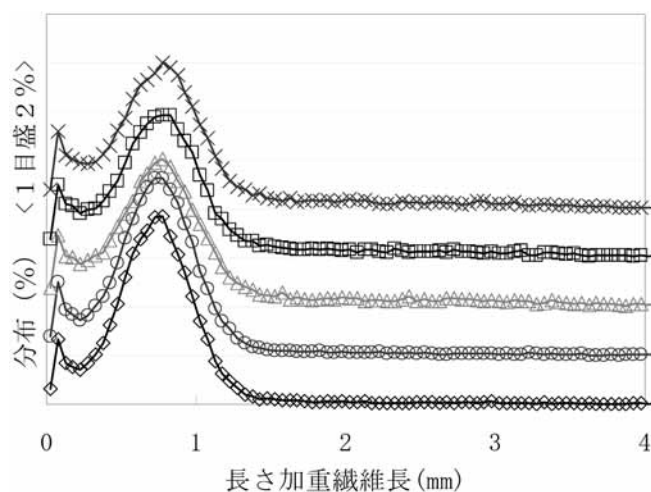


図4 原質の長さ加重平均繊維長分布

- ◇ : TP100、
- △ : NP100、
- × : NP100+NaClO、
- : TP100+H2O2、
- : NP100+H2O2、

3.2 手すき紙に対する評価試験結果

手すき紙の長さ加重平均繊維長および長さ加重繊維長分布を図5および図6に示す。原質の場合と同様に、新聞古紙の方が、トイレットペーパーよりも微細繊維の割合は多いが、長繊維を一定量含んでおり、平均繊維長は長くなることが分かった。平均繊維長は、

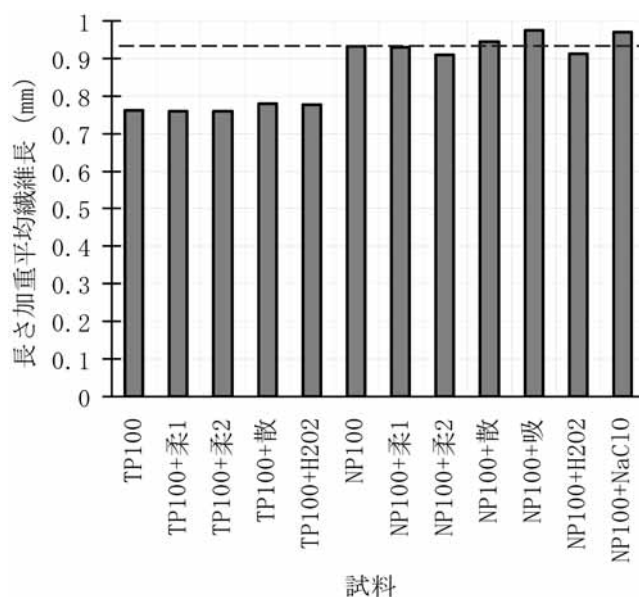


図5 手すき紙の長さ加重平均繊維長

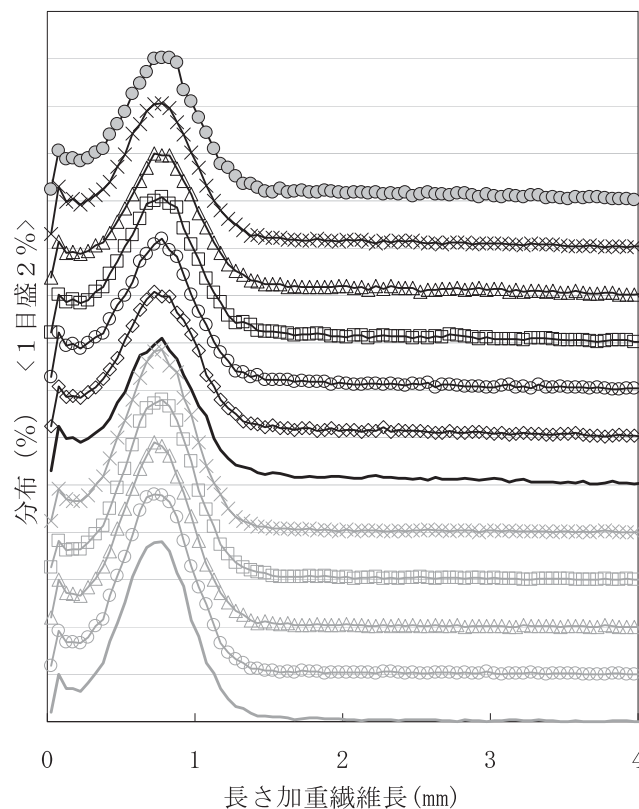


図6 手すき紙の長さ加重平均繊維長分布

- : TP100、
- △ : TP100+柔2、
- × : TP100+H2O2、
- ◇ : NP100+柔1、
- : NP100+散、
- × : NP100+H2O2、
- : TP100+柔1、
- : TP100+散、
- : NP100+柔2、
- △ : NP100+吸、
- : NP100+NaClO、

柔軟剤1添加及び過酸化水素漂白の場合わずかに短くなり、紫外線散乱剤添加、紫外線吸収剤添加および次亜塩素酸ナトリウム漂白の場合わずかに長くなったが、顕著な変化は見られなかった。

【報告】

手すき紙の坪量、比破裂強さ、ほぐれやすさ、相対的柔らかさ、表面粗さ、摩擦係数および摩擦係数の変動を図7～14に示す。

図7より、調製した手すき紙はクレープ（しわ加工）がかかっていない以外は、トイレトペーパーとほぼ同じである。

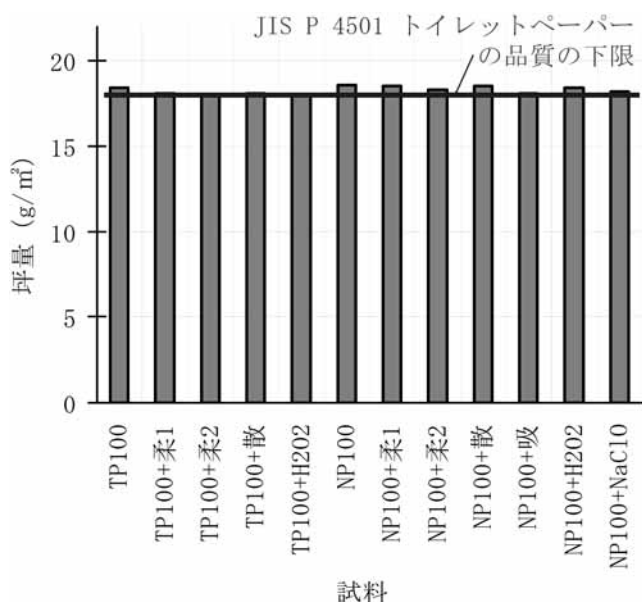


図7 手すき紙の坪量

図8より、柔軟剤1添加、柔軟剤2添加、紫外線散乱剤添加、紫外線吸収剤添加および次亜塩素酸ナトリウム漂白の場合、比破裂強さが小さくなった。添加薬剤の影響で、繊維間結合が阻害され紙力が弱まったものと考えられる。

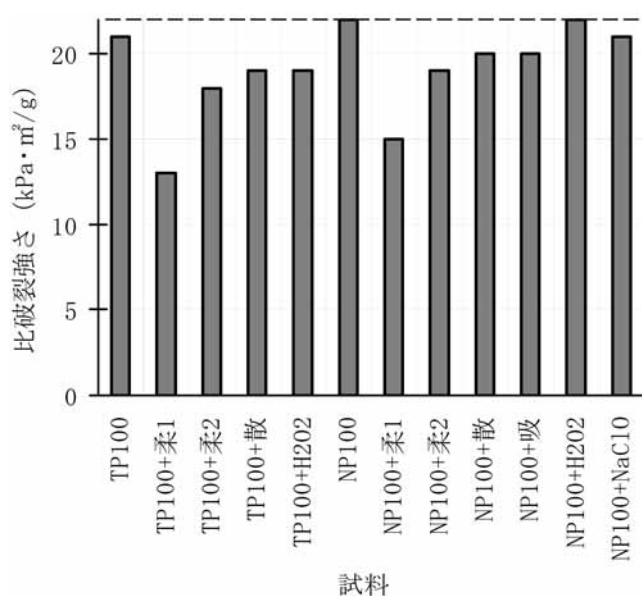


図8 手すき紙の比破裂強さ

図9より、いずれの場合も、調製後数日より1ヶ月後の方がほぐれにくくなるのが分かった。また、柔軟剤1添加、柔軟剤2添加および次亜塩素酸ナトリウム漂白の場合は顕著にほぐれにくくなるのが分かった。紫外線散乱剤添加および紫外線吸収剤添加の場合も、ほぐれにくくなり、紙力の低下を示す比破裂強さの試験結果とは異なる結果となった。パルプの繊維間結合に代わり湿紙強度を上げるような結合が形成されていると推測するが、今後の検討課題とする。なお、トイレトペーパー原料に対しても同様の結果となった。規格の範囲内ではあるが、柔軟剤を添加するとほぐれにくくなるのが明らかとなった。

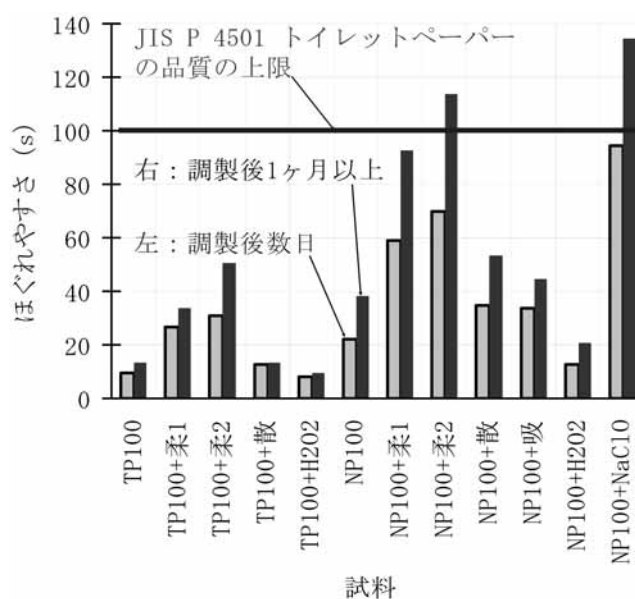


図9 手すき紙のほぐれやすさ

図10より、新聞古紙およびトイレトペーパーいずれの場合も、原質のpHが低くなると、調製した手すき紙はほぐれにくくなるのが分かった。

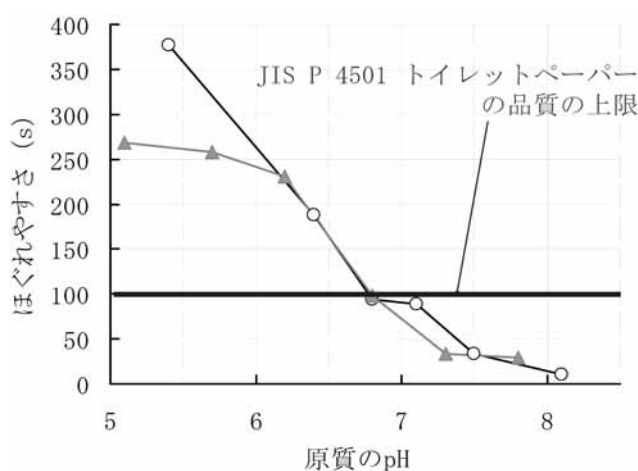


図10 手すき紙のほぐれやすさ

○ : TP100、▲ : NP100。

図11より、柔軟剤 1 添加、紫外線吸収剤添加、過酸化水素漂白および次亜塩素酸ナトリウム漂白の場合、相対的柔らかさが大きくなった。トイレットペーパーに対しては、柔軟剤 1 添加、柔軟剤 2 添加、紫外線散乱剤添加および過酸化水素漂白のいずれの場合も相対的柔らかさは小さくなった。

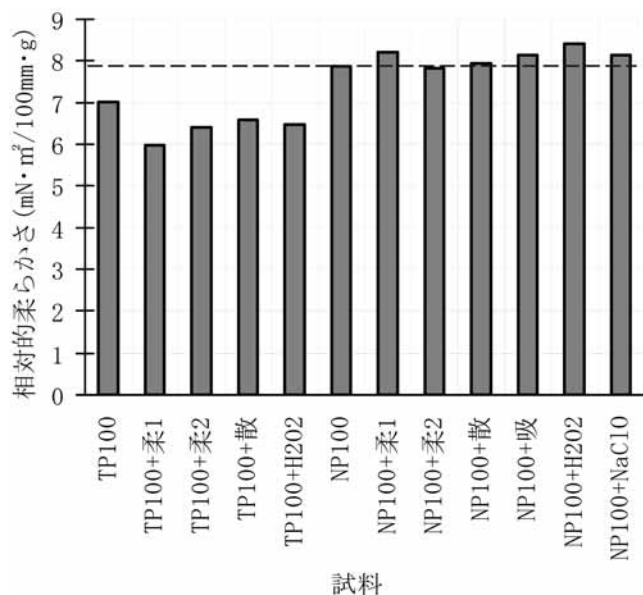


図11 手すき紙の相対的柔らかさ

図12より、柔軟剤 1 添加、柔軟剤 2 添加、紫外線吸収剤添加、過酸化水素漂白および次亜塩素酸ナトリウム漂白の場合、表面粗さは小さくなった。

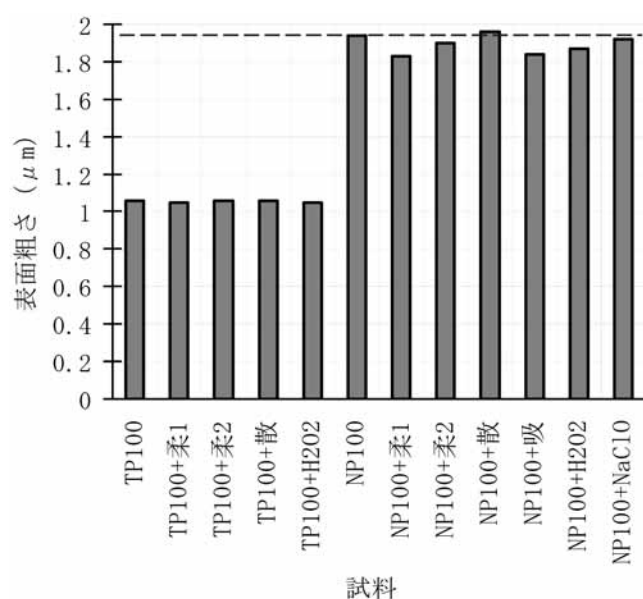


図12 手すき紙の表面粗さ

白の場合は手触りが良く（摩擦係数小＝滑りやすい、摩擦係数の変動小＝滑らか）なった。特にトイレットペーパーに対しては柔軟剤 1 添加および柔軟剤 2 添加はいずれも顕著に手触りが良くなった。

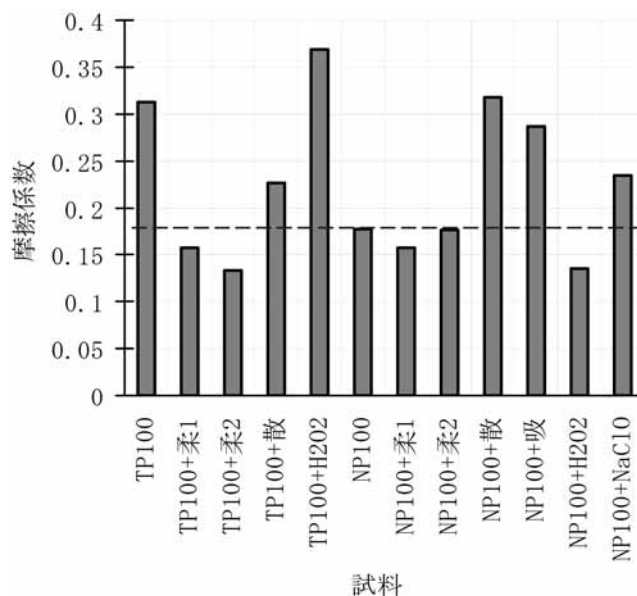


図13 手すき紙の摩擦係数

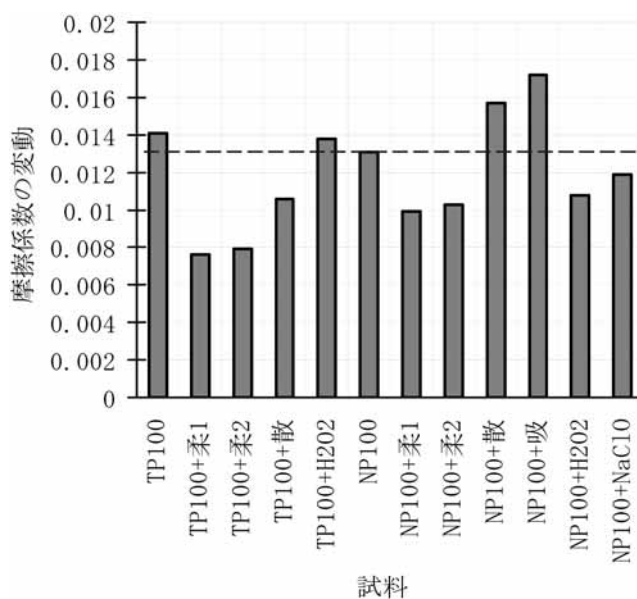


図14 手すき紙の摩擦係数の変動

手すき紙のISO白色度を図15、CIELAB座標を図16に示す。柔軟剤 1 添加および柔軟剤 2 添加の場合、色味に大きな変化は無くISO白色度が低下した。紫外線散乱剤添加および過酸化水素漂白の場合は、ISO白色度は向上し、色も白くなった。次亜塩素酸ナトリウム漂白の場合、リグニンの変色が進み、ISO白色度はわずかに低下し、黄変した。

図13、図14より柔軟剤 1 添加および過酸化水素漂

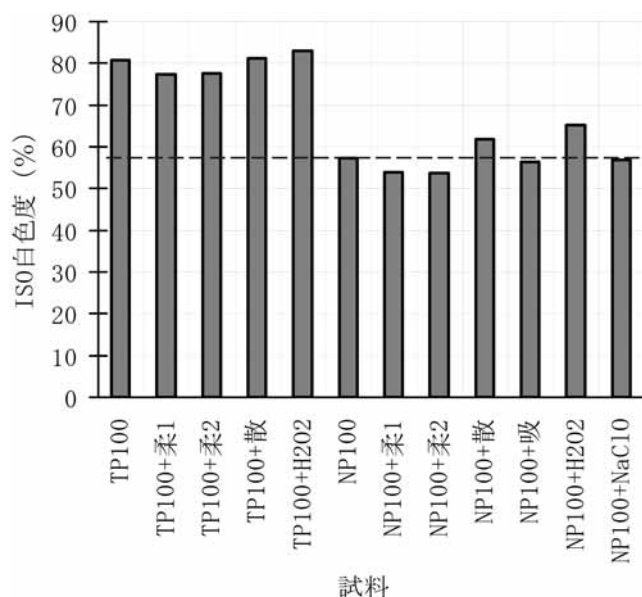


図15 手すき紙のISO白色度

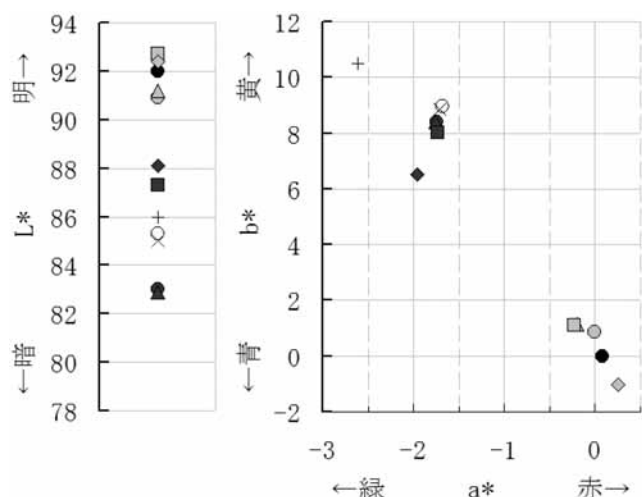


図16 手すき紙のCIELAB座標

- : TP100、
- ▲ : TP100+柔2、
- ◆ : TP100+H2O2、
- : NP100+柔1、
- : NP100+散、
- ◆ : NP100+H2O2、
- : TP100+柔1、
- : TP100+散、
- : NP100、
- ▲ : NP100+柔2、
- × : NP100+吸、
- +

手すき紙の変色試験結果を図17、図18に示す。紫外線散乱剤添加の場合、変色度合いが小さく、紫外線抑制の効果が見られた。過酸化水素漂白の場合、明るく白いものの、変色試験後は未処理（NP100）の場合とほぼ同じISO白色度・色味まで変色した。紫外線カットフィルムで被覆すると、紫外線による変色を抑制できた。図19に変色試験を進めたときのISO白色度の変化を示す。紫外線カットフィルムで被覆したものは緩やかに変色が進行するが、紫外線カットフィルムで被覆していないものはいずれも一気に変色が進んでい

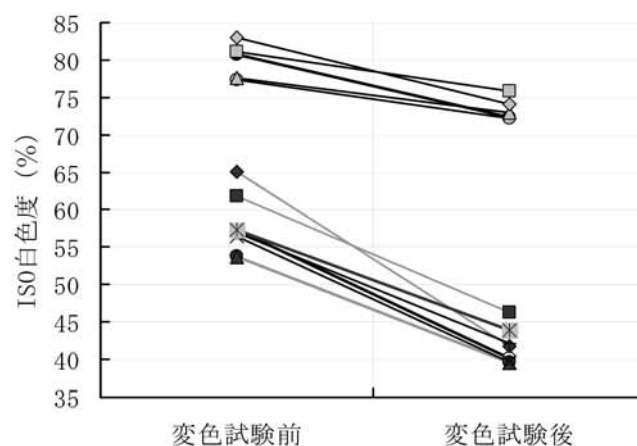


図17 手すき紙の変色試験結果 (ISO白色濃度)

- : TP100、
- ▲ : TP100+柔2、
- ◆ : TP100+H2O2、
- : NP100+柔1、
- : NP100+散、
- ◆ : NP100+H2O2、
- × : NP100+吸、
- +
- : TP100+柔1、
- : TP100+散、
- : NP100、
- ▲ : NP100+柔2、
- × : NP100+吸、
- +

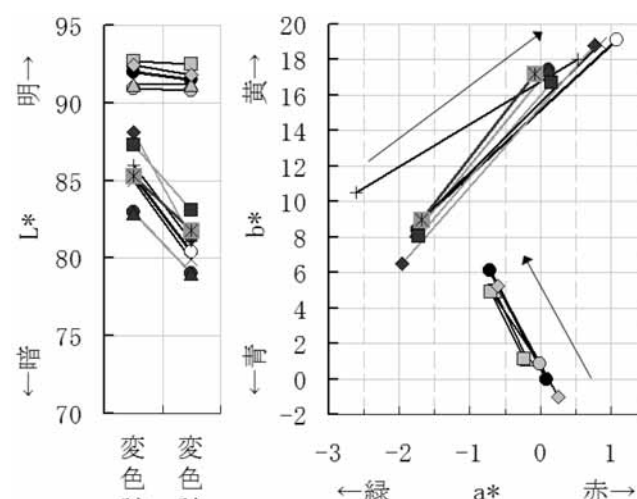


図18 手すき紙の変色試験結果 (CIELAB座標)

- : TP100、
- ▲ : TP100+柔2、
- ◆ : TP100+H2O2、
- : NP100+柔1、
- : NP100+散、
- ◆ : NP100+H2O2、
- × : NP100+吸、
- +
- : TP100+柔1、
- : TP100+散、
- : NP100、
- ▲ : NP100+柔2、
- × : NP100+吸、
- +

る。短期間でも通常のトイレトペーパーが目視レベルで変色することを示唆するものだが、外装を紫外線カットフィルムや半透明にすることで、効果的に変色を抑えることができると考えられる。

これらの結果を表3にまとめる。

表3より、新聞古紙をトイレトペーパーの原料に利

用するための最適な処方は過酸化水素漂白であると提案する。

柔軟剤は品質回復する項目もあるが、ほぐれにくくなる可能性があり、積極的に提案するものではない。

また、紫外線散乱剤は、品質改善効果も認められるが、高価であるため、費用対効果の面から積極的に提案するものではない。

古紙原料の漂白に次亜塩素酸ナトリウムで漂白する製紙工場については、意図せぬ新聞古紙の混入に注

意を促すものである。

3.3 最適処方による手すき紙の評価

3.2の結果から、新聞古紙とトイレトペーパーを混合した原料を、過酸化水素漂白して調製した手すき紙の評価結果を図20に示す。図20において、各評価項目はレーダーチャートの外側ほど品質が良く、中心に近いほど品質が悪い。トイレトペーパーの比破裂強さは、低い方が柔らかさを感じることから、低い方を好まれることが多いため、値の低い方を外側とした。

図20より、新聞古紙をトイレトペーパーの原料に混ぜる場合、過酸化水素漂白すれば10%(w/w) (TP90NP10+H2O2) でもトイレトペーパー (TP100) と同等の品質まで回復できた。

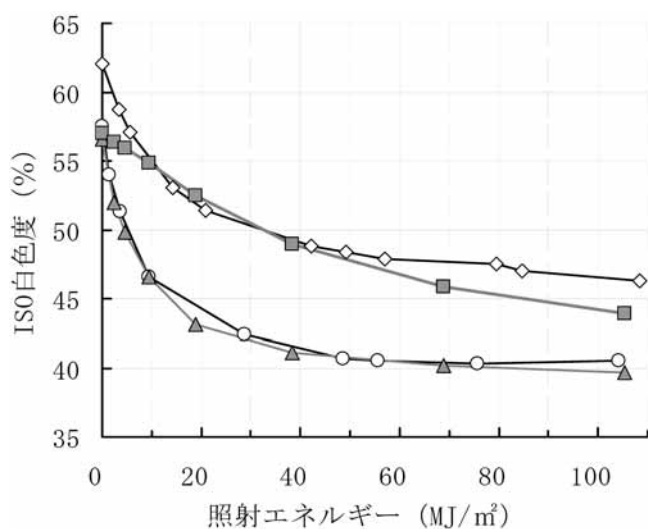


図19 手すき紙の変色試験結果

○ : NP100、◇ : NP100+散、
▲ : NP100+吸、■ : NP100+遮。

表3 新聞古紙を原料とした手すき紙に対する各処方の効果

処方 評価項目※1	柔軟剤添加	紫外線散乱剤添加	紫外線吸収剤添加	過酸化水素漂白	次亜塩素酸ナトリウム漂白
繊維長	▼	△	△	▼	△
比破裂強さ	○	△	△	—	△
ほぐれやすさ	×	▼	▼	○	×
相対的柔らかさ	▼	—	▼	▼	▼
表面粗さ	△	—	△	△	△
摩擦係数	△	×	×	△	×
摩擦係数の変動	○	×	×	○	△
ISO白色度	×	○	▼	○	▼
色※2	—	—	—	○	▼
紫外線による変色	—	△	—	—	—

※1 評価項目の品質が向上した処方には「○」、やや向上した処方には「△」、やや低下した処方には「▼」、低下した処方には「×」

※2 白くなることを良とし、白から外れる（黄変等）を悪とした

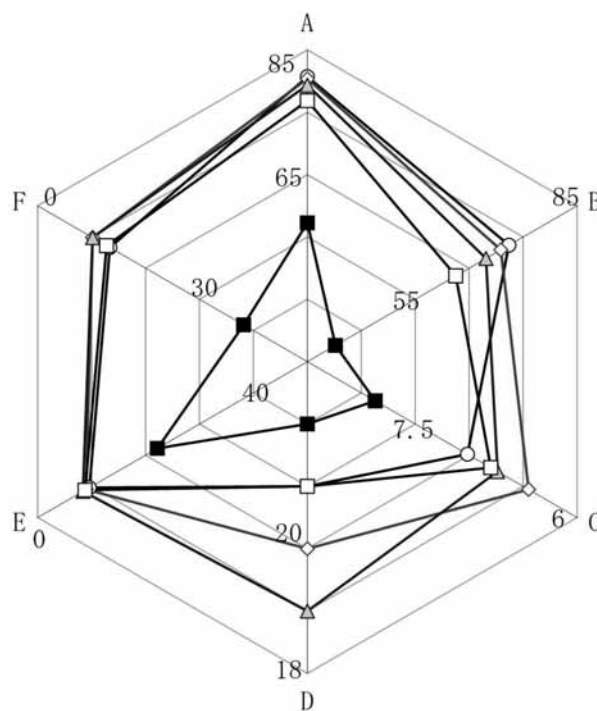


図20 最適処方した手すき紙の品質の比較

評価項目A : ISO白色度 (%)

評価項目B : 変色試験後のISO白色度 (%)

評価項目C : 相対的柔らかさ (mN・m²/100mm・g)

評価項目D : 比破裂強さ (kPa・m²/g)

評価項目E : ほぐれやすさ (s)

評価項目F : 調製1ヶ月後のほぐれやすさ (s)

○ : TP100、

◇ : TP95NP5+H2O2、

▲ : TP90NP10+H2O2、

□ : TP80NP20+H2O2、

■ : NP100。

4 まとめ

トイレトペーパーに新聞古紙を混入することで低下した品質を回復するために代表的な処方を施した。その結果、新聞古紙の品質回復処方としては、過酸化

水素による漂白が最も効果が高いことが分かった。他に、製紙会社で利用されている処方でもほぐれにくくなることがあることが分かった。

過酸化水素漂白することで、10%(w/w)の新聞古紙を混ぜても、トイレトペーパーと同等の品質まで回復できる可能性が示唆された。

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、添加薬品を御提供いただいた星光PMC株式会社の皆様、製紙薬品会社の皆様に深く感謝いたします。

参考文献

- 1) ㈱日刊紙業通信社：平成27年版静岡の紙・パルプ．(2015.11.13発行)
- 2) 富士市：富士市の工業．(2016.6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．(2015.3公表)
- 4) (公財)古紙再生促進センター：古紙ハンドブック 2015．(2015.5公表)
- 5) 磯野陽一郎 他：古紙処理技術，「紙パルプ製造技術シリーズ④古紙パルプ」，初版（紙パルプ技術協会，東京），紙パルプ技術協会 紙パルプ製造技術シリーズ「古紙パルプ」編集委員会 編集監修，pp.116-134（2005）．

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

半溶融成形法によるAl-Si-Mg系鋳造合金の耐食性

機械科 岩澤 秀 大澤洋文* 針幸達也 長澤 正
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

Corrosion resistance of Al-Si-Mg casting alloys produced by semi-solid forming process

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

Semi-solid process shows great promise for several applications including the automotive and aerospace industries mainly because of their high mechanical properties and excellent interior integrity of their castings. Copper(Cu) is an effective alloying element commonly added to aluminum alloys in order to enhance their strength and hardness at the expense of ductility and corrosion resistance. In this study, we investigated the corrosion resistance for Al-7mass%Si-0.5mass%Mg and Al-7mass%Si-0.5mass%Mg-2.0mass%Cu alloys produced by semi-solid process using salt spraying test. The results indicated that the addition of Cu lowered the corrosion resistance due to the increasing in Cu-containing phases in the semi-solid formed specimens. Semi-solid formed Al-7mass%Si-0.5mass%Mg-2.0mass%Cu alloys, however, displayed superior corrosion resistance compared to ADC12 die-cast alloys with the same Cu content.

Keywords : Semi-solid process, aluminum casting alloy, corrosion resistance

キーワード：半溶融成形法 鋳造用アルミニウム合金 耐食性

1 はじめに

次世代自動車の今後の普及を確実にするために、構成部材の軽量化・ダウンサイジング化は自動車関連製造メーカーの大きな関心事である。半溶融成形法は、アルミニウム合金鋳物の高強度化、軽量化及び高機能化を兼ね備えた鋳物製造技術であり、その発展に大きな期待が掛けられている。ところでアルミニウム合金鋳物は、熱処理により、強度・延性特性が向上する。しかしながら、高温の熱処理は、工程の煩雑化、燃料費の高騰、歪欠陥をはじめ、多くのコスト増の要因となっており、熱処理を無くしたアルミニウム合金及び製造技術の開発が求められている。Cu（銅）は、アルミニウム合金の母相を強化するために、鋳放しのままで放置しても、鋳物合金の強度特性を高めることができると考えられる¹⁾。しかしながら、Cuは、アルミニウム合金の耐食性を劣化させる恐れがある¹⁾。そこで本研究では、Cu添加した半溶融成形材の耐食性を評価することとした。

2 実験方法

供試材は、(株)浅沼技研より提供された半溶融成形したAl-7mass%Si-0.5mass%Mg 357（以下mass%は、%）合金（以下357合金）および鋳物の強度を高めるためにCuを2%添加したAl-7%Si-0.5%Mg-2%Cu合金（以下2%Cu合金）ならびに比較材としてダイカスト成形したAl-12%Si-0.2%Mg-1.7%Cu-0.7%Fe-0.15%Mn ADC12合金（以下ADC12合金）とした。塩水噴霧試験は、「塩水噴霧試験機 ST-ISO-2型 スガ試験機(株)製」を用いて、塩水濃度5%、雰囲気温度35℃一定とし、JIS Z 2371に準拠するように努めた。

塩水噴霧試験用のテストピースは、片面だけが、腐食試験雰囲気に曝されるように一方をマスキングした。腐食時間は、1日（24h）、2日（48h）、4日（96h）、7日（168h）、12日（288h）および25日（600h）とした。各時間腐食試験を行った後、蒸留水を用いてテストピースを水洗し、乾燥させた。腐食生成物がテストピース表面に付着し、それが取り除きにくい場合、タワシを用いて軽く削り落とした。水洗後、2 mol硝酸水溶液を用いて約2分間、超音波洗浄した。その後、エタノー

*) 現 研究開発課



写真1 塩水噴霧試験の概略

ルによる超音波洗浄を行い、乾燥させた。写真1に塩水噴霧試験の概略を示す。ミクロ組織観察は、#1000まで耐水ペーパーで研摩後、バフ布にてコロイダルシリカ研摩剤を用いて最終研摩した。腐食液は、0.5%フッ酸水溶液を用いた。また、Cu添加による金属間化合物相を同定するために357合金および1.5%Cuを含んだAl-7%Si-0.5%Mg-1.5%Cu合金（以下1.5%Cu合金）についてX線回折「X線回折装置 RAD-2C 理学電機(株)製」を行った。

腐食試験後のテストピースの重量を測定し、試験前の重量との差から以下の式を用いて評価した。

(腐食減量)[mg]=(試験前の重量) - (試験後の重量)
また、腐食試験後の表面をデジタルマイクロスコープ「デジタルマイクロスコープVHX-1000 (株)キーエンス製」により観察した。

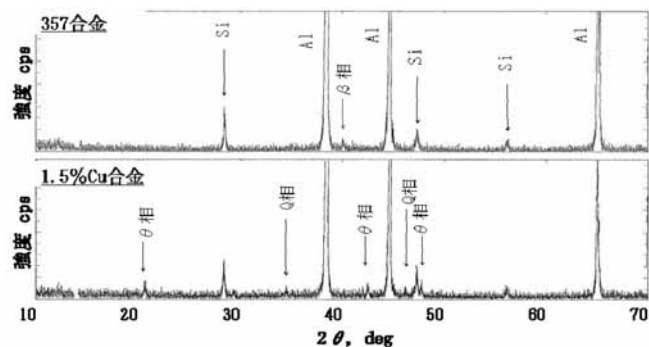


図2 X線回折結果

3 結果及び考察

図1に半溶融成形した357合金、2.0%Cu合金およびダイカストしたADC12合金のas-cast（鑄放しまま）材のミクロ組織を示す。半溶融成形材では、いずれも粒状の初晶とそれらを取り囲むようにAl-Si共晶領域とから構成される（図1（a）および図1（b））。2%Cu合金では、高倍写真（図1（e））で見られるように共晶領域には、淡い灰色で観察される共晶Si相とは別の金属間化合物も確認できた。この金属間化合物相は、Cu添加により共晶凝固したAl-Cu系またはAl-Si-Mg-Cu系の金属間化合物相と考えられる。一方、ダイカスト材では、液相状態から凝固した未発達初晶αデンドライト相と共晶組織から構成される。共晶Si相は、針状に晶出しており、それらの大きさは、半溶融成形材と比べて粗大であった。図2には、357合金および1.5%Cu合金のX線回折結果を示す。357合金では、主要な組織構成相であるAlおよびSi相のピークに加え、MgとSiの化合物相であるβ-Mg₂Si相²⁾のピークがわずかに

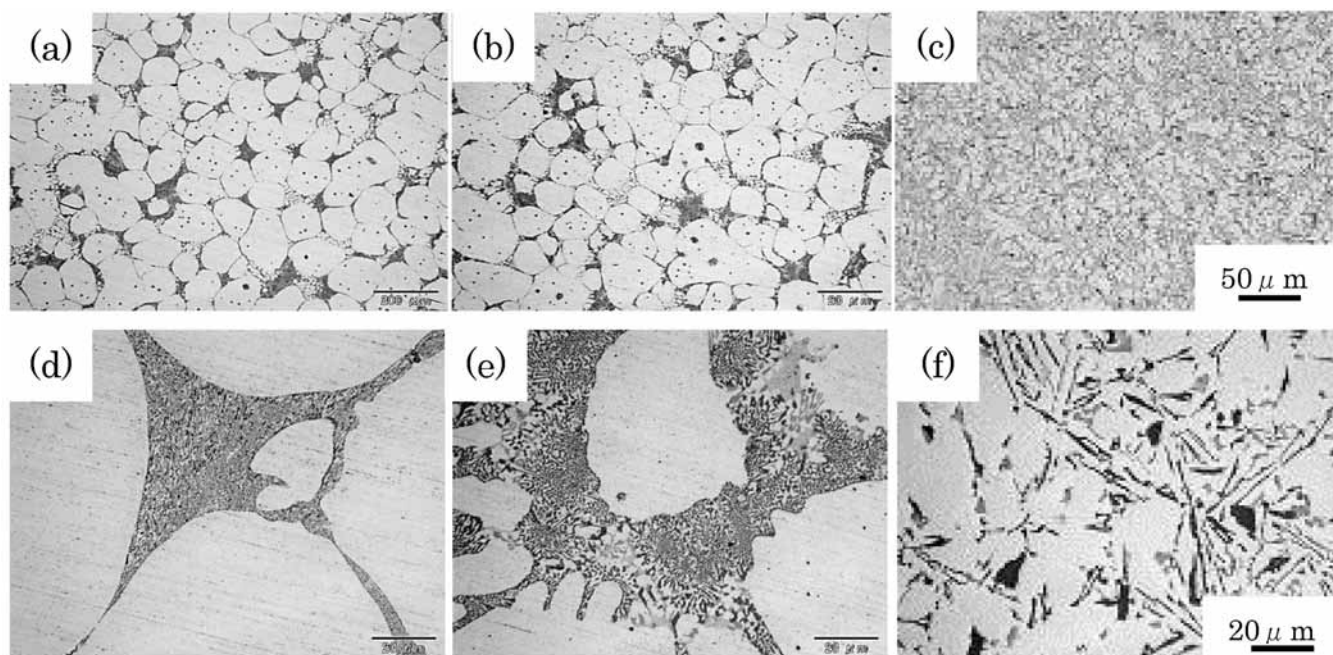


図1 鑄放しまま材のミクロ組織
(a)(d)357合金、(b)(e)2.0%Cu合金、(c)(f)ADC12合金

【報告】

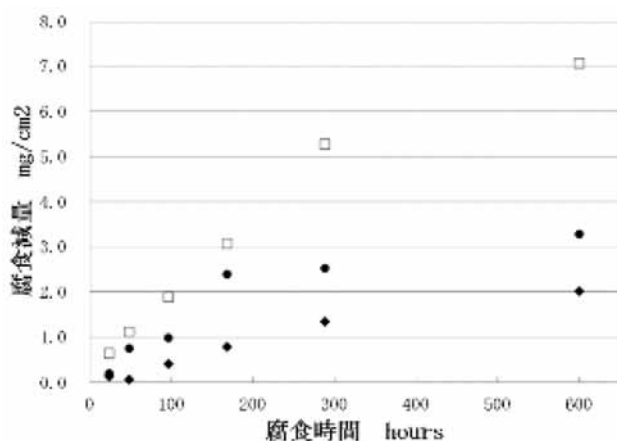


図3 腐食減量

◆357合金、●2.0%Cu合金、□ADC12合金

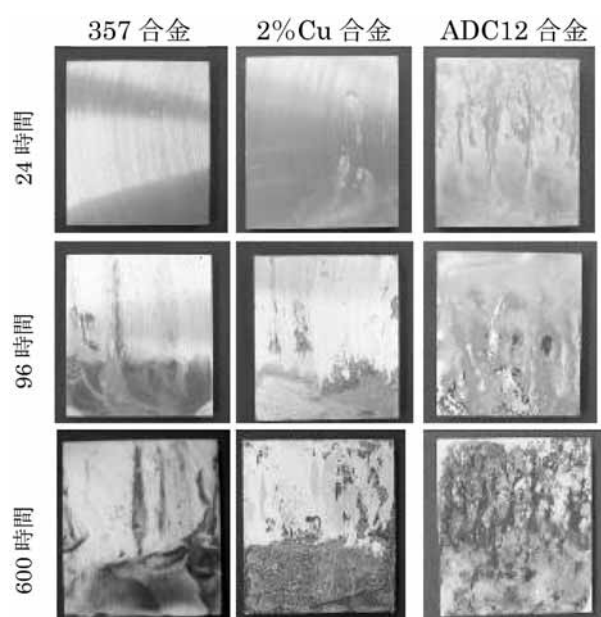


写真2 塩水噴霧試験後の試料

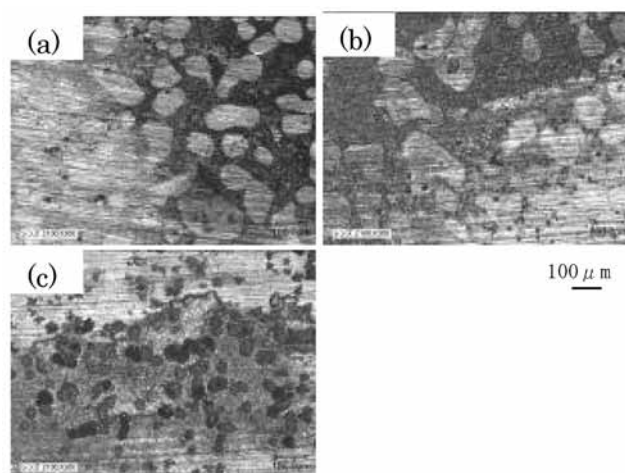
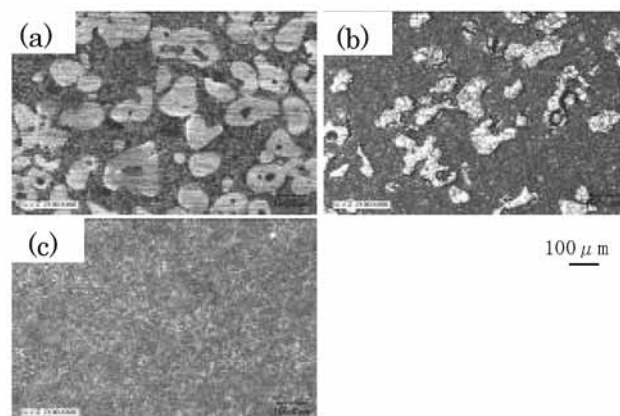
確認できた。これに対してCuを1.5%添加した1.5%Cu合金では、 β 相のピークが見られなくなり、AlとSiの他に θ - Al_2Cu 相とQ相（例えば3）、 $\text{Al}_5\text{Mg}_8\text{Cu}_2\text{Si}_6$ と考えられるピークが確認された。Cu添加によりCuリッチな金属間化合物相が共晶凝固により晶出することが示され、図1の組織写真中の淡灰色の化合物相は、これらに対応するものと考えられる。

図3は、塩水噴霧試験後の腐食減量を示す。いずれの合金とも、腐食時間の経過に伴い腐食減量は増加する。半溶融成形材では、357合金が最も低い腐食減量を示し、Cu量が2%添加されると腐食減量の増加が見られた。ほぼ同じCu量を含む2%Cu合金とADC12の腐食減量を比較すると、2%Cu合金の方が腐食減量は半分以下であった。以上のことから、本試験で用いた半溶融成形材は、ダイカスト材に比べて、良

好な耐食性を示すと考えられた。

写真2に塩水噴霧試験後の試料表面を示す。いずれも腐食時間が長くなるにつれて腐食（変色）面積が増加している。半溶融成形材では、腐食時間24時間では、Cu添加の有無にあまり腐食面積の差が見られなかったが、腐食時間の延長に伴い、Cu添加の影響が顕著になってきた。ADC12ダイカスト合金は、腐食時間48時間で、すでに全面に腐食痕跡が観察され、腐食時間の延長により、腐食が著しくなる。全ての腐食時間において半溶融成形材の腐食面積は小さく、上記の腐食減量結果と一致している。

図4および図5には、腐食時間48時間後ならびに288時間後の試験片表面のデジタルマイクロスコップ写真を示す。357合金では、初晶 α -Al相のまわりに存在していた共晶（ α +Si）領域から腐食が始まっており、腐食時間288時間で見られるように初晶 α -Al相を残して、周りの共晶領域が主に腐食されている。2.0%Cu合金では、共晶部や α -Al相のセル境界に黒く見える

図4 腐食時間48時間後の試料表面
(a)357合金、(b)2.0%Cu合金、(c)ADC12合金図5 腐食時間288時間後の試料表面
(a)357合金、(b)2.0%Cu合金、(c)ADC12合金

丸状の孔が存在し、それらは、腐食時間が延長されると、直径が大きくなり、また連結して孔の面積を増加させていった。腐食時間288時間の写真では、腐食された共晶領域中の初晶 α -Al相も浸食されるように腐食が進行していることが観察された。

これに対して、ADC12合金では、腐食している部分に多数の孔が認められ、腐食時間の経過とともに、それらが大きく、また連結してゆき、腐食時間288時間で見られるように全面が腐食されるようになる。

ADC12合金の腐食の進行は、半溶融成形材と同様に共晶領域及び α -Al相セル境界から発生すると思われるが、半溶融成形材とは異なり、初晶 α -Alが微細であることから、共晶領域の腐食の進行にともない α -Al相が脱落し、全面的に一樣に腐食していく様相を呈するものと思われる。

ダイカスト材であるADC12合金では、半溶融成形材である2.0%Cu合金と比較すると、Cu量は少ないものの腐食の進行は速い。これは、ダイカストでは、Si含有量が多く、したがって耐食性に劣る共晶領域が多くなることに加えて、耐食性を著しく劣化させるFeを不可逆的に含むためと考えられる。

以上、腐食試験結果から半溶融成形材は、既存のダイカスト材に比べて、良好な耐食性を示すことが明らかとなった。

4 まとめ

半溶融成形したAl-7%Si-0.5%Mg (357) 合金および母相の強化のために2.0%Cuを添加したAl-7%Si-0.5%Mg-2.0%Cu (2%Cu) 合金ならびにダイカストにより製造したADC12合金の耐食性試験を行った。

①半溶融成形材では、Cu量の増加に伴い腐食減量は増加するが、2%Cu合金は、同程度のCu量を含むADC12合金に比べて腐食減量は小さい。このことは、同程度のCuを含む場合、ダイカスト法に比べて半溶融成形法の方が、耐食性の良い鋳物をつくることができることを示している。

②半溶融成形材の腐食は、共晶領域における孔発生、連結により進行し、初晶 α -Al相は、腐食を遅延させる。共晶領域の腐食がある程度進行したあと、初晶 α -Al相の腐食が進行する。

参考文献

- 1) 「アルミニウム技術便覧」, 第1版 (カロス出版, 東京), 軽金属協会 編集, pp.117-134 (1985).
- 2) 才川清二他: 金型鋳造したAl-10%Si-Mg系鋳物の時効硬化特性に及ぼす離型温度の影響. スマートプロセス学会誌, 4 (2), 115-121 (2015).
- 3) 例えば S.K.Chaudhury ら: Effects of Heat Treatment on Microstructure and Mechanical properties of Al-Si-Cu-Mg alloy using a Fluidized bed Reactor. AFS Transactions, 71 (2), 117-130 (2005).

波面計測を用いた透明樹脂溶着の品質評価

光科 中野雅晴 上野貴康*

Quality evaluation of transparent plastic welding using wavefront measurement

Masaharu NAKANO and Takayasu UENO

Keywords : Wavefront measurement, refractive index distribution, plastic welding, transparent plastics

キーワード：波面計測、屈折率分布、樹脂溶着、透明樹脂

1 はじめに

樹脂部品の界面をレーザーにより熔融して接合するレーザー樹脂溶着では、溶着強度、隙間や異物の有無といった溶着状態を非接触で評価する方法が求められている。これまでに、溶着中の温度を測定することで溶着状態を評価する方法が提案されている¹⁾。温度計測では、物体が放出する赤外線強度から温度を換算する放射温度計が使われる。分光透過率が異なる樹脂間の溶着では、一方の樹脂では吸収し、他方の樹脂では透過する波長の赤外線を選択して測定することで、溶着界面での温度を推定できる²⁾。しかし、透過率の波長分布が同様な樹脂間での溶着の場合、このような波長帯を選択することができないことから、直接界面の温度を測定することが困難である。そこで、本研究ではレーザー溶着時に発生した樹脂内部の屈折率変化を測定することにより溶着状態を評価する方法について検討した。

2 方法

溶着部では、樹脂が熔融して凝固する過程における冷却速度の違いや、界面に存在する隙間や異物により屈折率分布が変化する。また、溶着強度は溶着時に発生した熱量と相関があるため、同様に熱量と相関のある屈折率変化量から強度を推定することができる。そこで、図1に示すように、溶着部を光が透過した時に、屈折率分布の乱れによって生じる波面変化を測定することで、溶着状態を評価した。波面計測にはシャックハルトマン波面センサを用いた³⁾。評価には、2枚の透明アクリル平板間に、光吸収剤を塗布してレーザーで重ね合わせ溶着した試料を用いた⁴⁾。

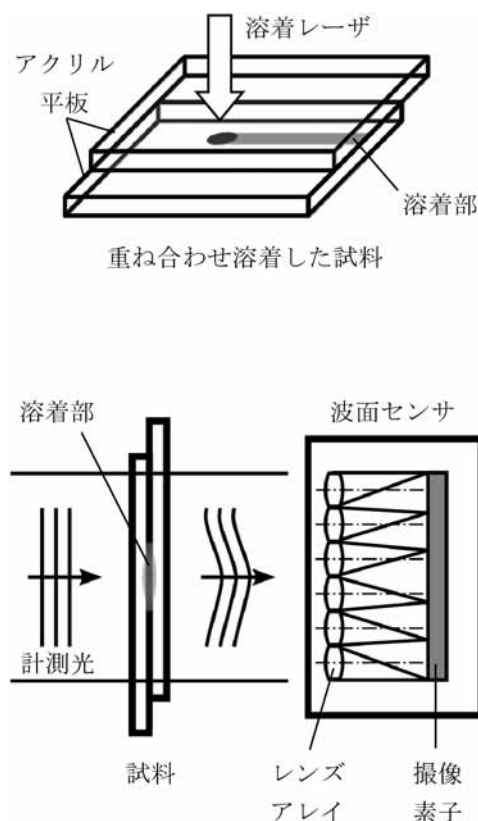


図1 波面計測による溶着状態の品質評価方法の概要
計測光には波長444nmの半導体レーザーを用いた。波面センサでは、計測光の波面をレンズアレイで領域分割して、各領域における波面の勾配を検出した。試料の透過光波面は、測定した勾配から演算により再構成した。

3 結果および考察

図2に、溶着部の透過光波面を測定して、溶着状態の均質性を評価した結果を示す。図2(a)の溶着条件のほうが、一様に溶着できていることを確認できる。溶着むらの発生は、光吸収剤塗布の均質性、レーザーの光強度や走査速度といった溶着条件に起因すると考える。

次に、溶着強度と、屈折率分布の乱れによって発

*) 現 電子科

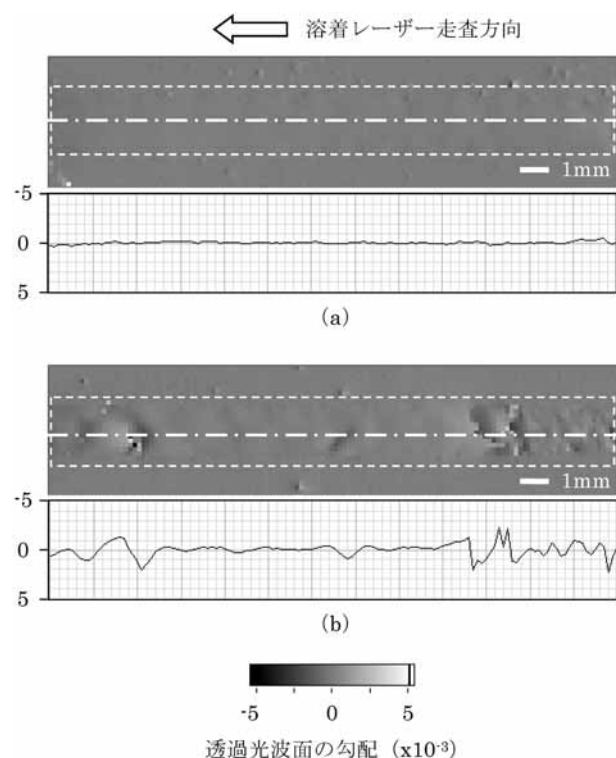


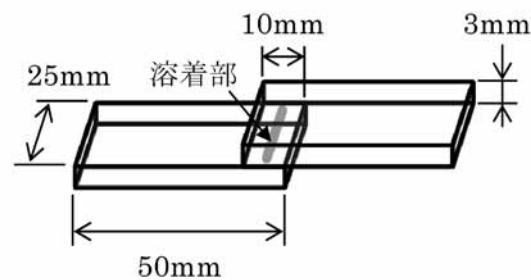
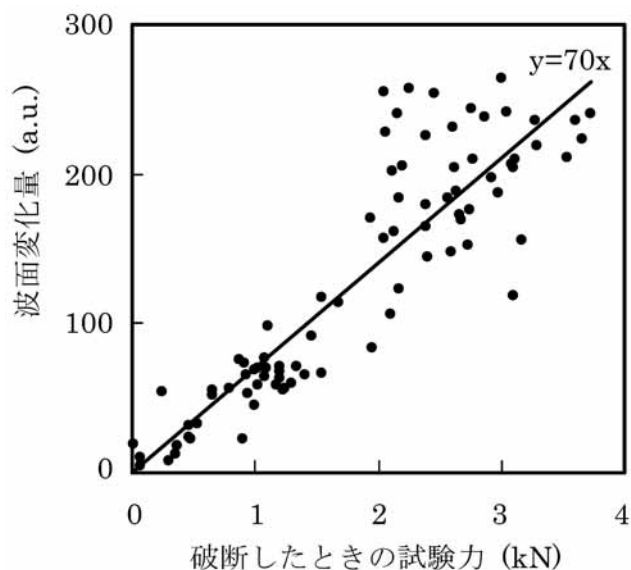
図2 溶着部の均質性評価

レンズアレイで分割した領域（1領域0.15mm角）ごとに、溶着レーザーの走査方向に対する透過光波面の勾配を測定することにより、均質性を評価した。点線で囲まれた領域が、溶着レーザーを走査して線状に溶着した部分（面積39mm²）である。下図は、一点鎖線部における断面プロファイルである。溶着レーザーの光強度と走査速度は、それぞれ（a）19W、5mm/sec、（b）11W、3mm/secである。

生じた波面変化量との相関について評価した。図3に示すように、引張試験にて測定した破断時の試験力⁴⁾と、波面変化量（溶着部における波面変化量の総和）には、相関係数0.89と高い相関があることを確認した。試験力が高い領域（図3右上）では、ばらつきが大きくなっている。これは、この領域に溶着時に加えた熱エネルギーが大きすぎて強度が低下した試料も含まれているためである。屈折率変化量を測定する波面計測では、溶着強度が同じでも溶着エネルギーの違いが測定結果に現れている。

4 まとめ

溶着部の屈折率分布を測定することにより、溶着状態の均質性や溶着強度を非接触で評価できることを確認した。このような測定は、試作時における溶着条件の最適化に利用することができる。また、本報告では溶着後の後工程において評価を行ったが、高速な波面センサを用いることでインラインでのリアルタイム評価も可能となる。



引張試験に用いた試料の外観図

図3 波面計測による溶着強度の推定

透明アクリル平板を重ねて、幅1mm又は2mmの溶着レーザーを平板の短手方向に走査して溶着した試料を用いた。また、溶着レーザーの光強度および走査速度を変えることで、溶着強度の異なる試料を作製した。

参考文献

- 1) 松本聡：プラスチックのレーザー溶着におけるインプロセスモニタリング，「高出力レーザーによる加工技術とインプロセスモニタリング・加工状態の評価」，第1版（㈱技術情報協会，東京），高薄一弘 発行，pp.323-338（2004）。
- 2) 渥美博安 他：レーザー樹脂溶着加工時の非接触温度測定．静岡県工業技術研究所報告，第9号，22-23（2017）。
- 3) 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）。
- 4) 上野貴康 他：透明プラスチック溶着に用いるレーザー加工条件の検討．静岡県工業技術研究所報告，第10号，72-73（2017）。

2 μ mレーザーによる透明プラスチックの溶着事例

光科

山下清光

鈴木電機工業株式会社

柳沢 靖 松浦泰典

Case studies of 2 μ m wavelength laser welding for transparent plastic products

Kiyomitsu YAMASHITA, Yasushi YANAGISAWA and Yasunori MATSUURA

Keywords : Transparent plastic, 2 μ m wavelength laserキーワード：透明プラスチック、2 μ mレーザー

1 はじめに

医療用器具の部品にはこれまで金属やガラスが多く使用されてきた。近年、コスト削減、ハンドリングの容易さ、軽量化を目的にプラスチックへの移行が進んでいる。医療器具は薬液等の内容物の視認性を求められるため透明プラスチックが使われることが多い。

プラスチックの加工において、接合は重要な二次加工の一つである。いくつか接合方法があるが、それぞれ一長一短がある。医療器具に用いる場合、接着剤は封入する薬剤との化学反応を起こす危険性がある。そのため直接溶着が望ましい。直接溶着方法の一つに超音波・振動溶着があるが粉塵等が発生し易く洗浄の後工程が必要な場合がある。レーザー溶着は、直接溶着方法の一つであるが粉塵等も発生し難く洗浄工程を不要にできる可能性がある。これらの理由からレーザー溶着に着目し、これまでに透明プラスチック光吸収特性を測定¹⁾し、波長2 μ m帯のレーザーが適していること、またこれを用いることで平板同士、円筒同士で透明プラスチックを直接溶着できること²⁾を実証してきた。図1には、透明プラスチックのレーザー波長に対する吸収状況を比較したものを示す。波長1 μ m帯のレーザーで溶着する場合、前処理が必要である。炭酸ガスレーザーは吸収が強すぎるため、溶着に用いるには

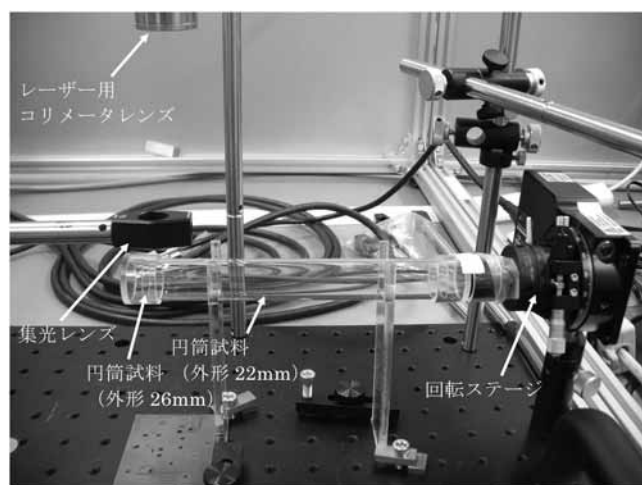


写真1 円筒形状溶着実験系

光路及び製品形状の工夫が必要である。本稿ではこれまでに実製品を想定した三種類の透明プラスチック製品を2 μ mレーザーで溶着した事例を紹介する。

2 方法

溶着には中心波長1.94 μ mのレーザー²⁾を使用した。

2.1 円筒容器

人工透析用フィルタ等の円筒容器を想定し、円筒同士を溶着する実験系を写真1のように構築し、工業用ポリカーボネートで試作品を作製した。照射部プラスチックの肉厚は2 mmである。

2.2 食品容器

健康増進法制定により医療現場で使われる食品がある。これらの食品容器のフタの溶着を想定し、市販のポリプロピレン製の容器にフィルムを重ねて溶着した。照射部プラスチックの肉厚はフィルムが0.1mm容器が0.6mmである。ポリプロピレンは透明プラスチックではないが、H26年度の光吸収特性測定の結果¹⁾から波長1.94 μ mの吸収がアクリルと同程度であることがわかったため試験片に採用した。

波長 1 μ m 前後 YAG レーザー 半導体レーザー	波長 2 μ m	波長 10.6 μ m 炭酸ガスレーザー
溶着：適	溶着：適	溶着：不適 切断：適

図1 他の波長の加工比較

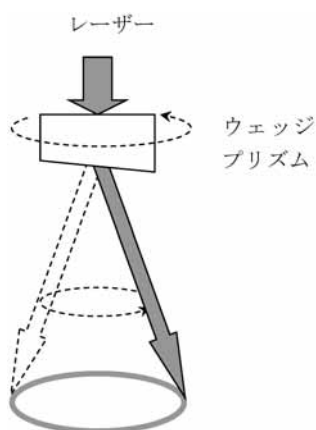


図2 ウェッジプリズム透過後のビーム形状

光学系にウェッジプリズムを使用した。回転中のウェッジプリズムに通したレーザーは図2のように円状に走査される。

2.3 樹脂シート

薬液バッグ等を想定し、その樹脂シートとして市販品のクリアファイルを溶着した。シートの厚みは0.2mmである。

2.4 水を入れた振動試験

円筒容器と食品容器について内部に水を入れ、手で100回振って水漏れの有無の観察をした。

3 結果および考察

3.1 円筒容器

写真2に作製した試作品を示す。円筒周辺の溶着は、制御性から回転速度を $12.5^{\circ}/s$ とし、レンズ筐体下面から円筒試料の境界までの距離が9mmになる位置でレーザー出力を変え溶着したところ、15Wで溶着部の外観が最適であった。水を入れた試作品は、100回の振動で水漏れは観察されなかった。



写真2 円筒容器

3.2 食品容器

写真3に作製した試作品を示す。レーザーの劣化低減のためレーザー出力を最大より低い105Wとし、照射時間を変え、レーザーが容器口径と合う位置で溶着したところ照射時間約25秒で溶着部の外観が最適であった。水を入れて溶着したものは、100回の振動で水漏れは観察されなかった。

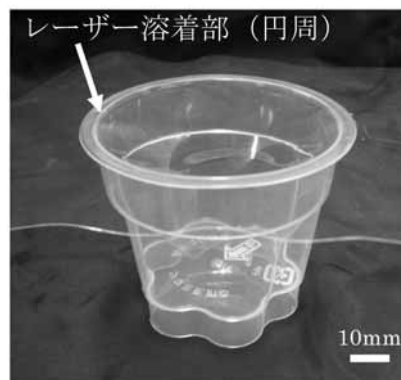


写真3 食品容器

3.3 樹脂シート

写真4に作製した試作品を示す。作業環境の制限から走査速度3mm/sとし、溶着幅が約1mmになる位置でレーザー出力を変え溶着した結果、15Wで溶着部の外観が最適であった。強度は尖頭物に対して従来品に比べ弱く、照射条件、溶着形状の再検討が必要と考える。

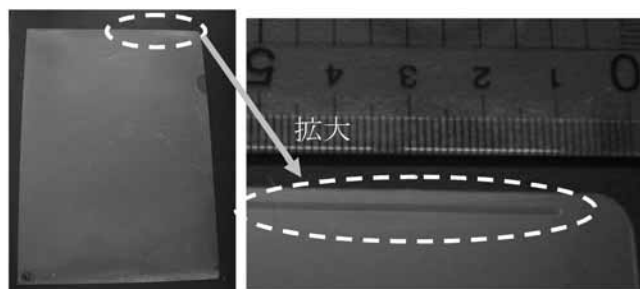


写真4 樹脂シート（クリアファイル）

4 まとめ

医療用途を想定した $2\mu m$ レーザーによる透明プラスチック製品の溶着を行った。ウェッジプリズム等を利用した円筒容器用の実験系を構築し、円筒容器、食品容器の溶着を実現することができた。今後は、 $2\mu m$ レーザーによる透明プラスチックの溶着技術について展示会を通じて提案を行い、企業からの要望に応じたレーザー溶着装置の開発を共同で行い、本技術の普及を図る。

【ノート】

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)．
- 2) 山下清光：透明プラスチックのレーザー溶着．静
岡県工業技術研究所研究報告，第 9 号，87-88
(2017)．

透明プラスチック溶着に用いるレーザー加工条件の検討

光科 上野貴康* 中野雅晴

Laser weld processing condition of transparent plastics

Takayasu UENO, Masaharu NAKANO

Keywords : Plastics, $2\mu\text{m}$, laser

キーワード : プラスチック、 $2\mu\text{m}$ 、レーザー

1 はじめに

同一の透明プラスチック同士を溶着する方法として、プラスチック間に光吸収剤を塗布しプラスチックを透過する波長のレーザーで溶着する方法が利用されている。当センターでは医療用透明プラスチック部品の加工法としてレーザーによる溶着法の開発を行っており、光吸収剤を使用しないクリーンな溶着法として、プラスチックに適度に吸収のある波長 $2\mu\text{m}$ のレーザーによる溶着手法を提案している^{1,2)}。そこで、従来の光吸収剤を用いた手法（吸収剤加工）及び波長 $2\mu\text{m}$ のレーザーを用いた手法（ $2\mu\text{m}$ 加工）により透明プラスチックの溶着を行い、各々の加工条件が溶着強度へ及ぼす影響について調べた。

2 方法

レーザー加工実験系の模式図を図1に示す。透明プラスチックは、PMMA（ $25\text{mm} \times 50\text{mm}$ 、板厚 3mm ）を使用した。エアシリンダーにより荷重をかけることで2枚のプラスチックを密着させた。レーザー光源として、吸収剤加工にはJENOPTIC社製の半導体レーザー

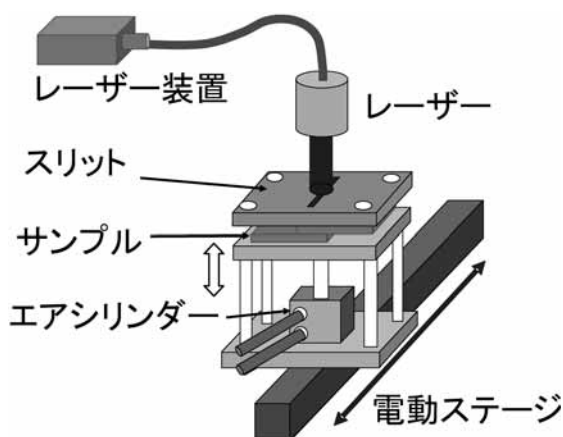


図1 溶着実験系

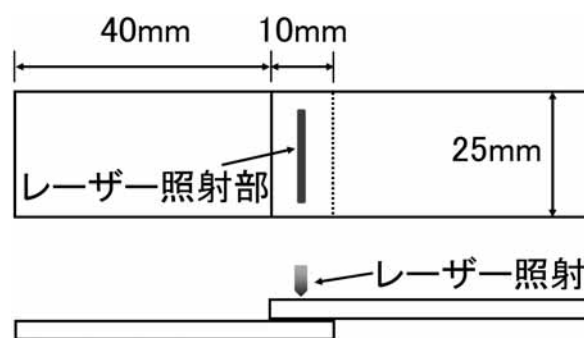


図2 加工サンプルの模式図

JOLD-32-CPBL-1L（波長 $0.8\mu\text{m}$ ）を用い、日本化薬社製の吸収剤KAYASORB IR-820を試料に塗布した。 $2\mu\text{m}$ 加工には、IPG社製ファイバーレーザーTLR-120（波長 $1.94\mu\text{m}$ ）を使用した。各々のレーザーは平行光であり、集光せずに $2\text{mm} \times 22\text{mm}$ のスリットを通し、電動ステージにより走査速度 3mm/s で試料へ照射した。加工した試料の模式図を図2に示す。

溶着したサンプルは株式会社島津製作所製のオートグラフAG-50kNISにて引張試験を実施した。室温にて引張速度を 3mm/min で一定にし、接合部にかかる最大荷重を測定した。

3 結果及び考察

吸収剤加工サンプル及び $2\mu\text{m}$ 加工サンプルの引張強度試験の結果を図3、図4に示す。溶着できたレーザーパワーは、吸収剤加工で 2.1W 以上、 $2\mu\text{m}$ 加工で 17.8W 以上であった。また、 $2\mu\text{m}$ 加工では 25W 以上の時、溶着部に気泡が発生していた。どちらの加工においても、レーザーパワーの増加にともない引張強度も増加していたが、吸収剤加工の方が引張強度の結果でばらつきが大きかった。これは光吸収剤の塗布が均一にできていなかったためだと考えられる。

*) 現 電子科

【ノート】

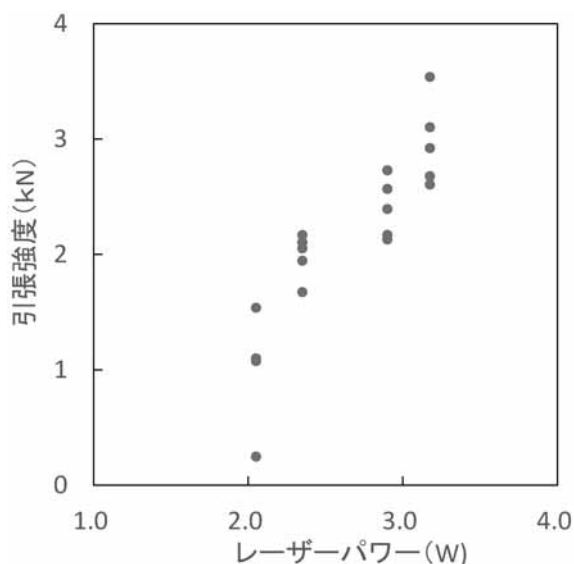


図3 吸収剤加工サンプルの引張強度試験結果

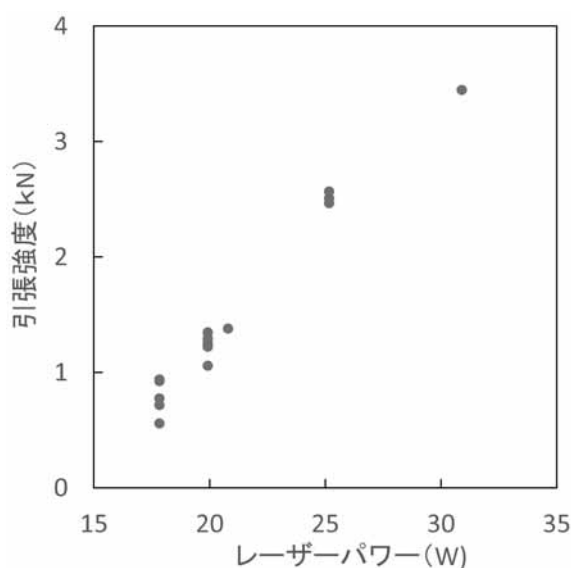


図4 2 μ m加工サンプルの引張強度試験結果

吸収剤加工と同程度の引張強度を得るためには、2 μ m加工では10倍程度のレーザーパワーが必要であった。吸収剤加工では、光吸収剤が塗布してある界面のみを溶融するだけでいいのに対し、2 μ m加工ではレーザーが照射される表面から界面まで溶融する必要があったためであると考えられる。

4 まとめ

吸収剤を用いたレーザー加工及び波長 2 μ mのレーザーを用いた加工により板厚 3 mmの PMMAを溶着する加工条件について調べた。今回の実験環境において、気泡を伴わずに溶着できるレーザーパワーが分かり、加工条件と引張強度との関係が確認できた。

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) ．
- 2) 山下清光：透明プラスチックのレーザー溶着．静岡県工業技術研究所研究報告，第9号，87-88 (2017) ．

LTE方式携帯電話信号の識別アルゴリズム

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

Identifying Algorithm for LTE Mobile Phone Signal

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

Keywords : Radio communication wave identification, Detection system of mobile phone call, LTE,
Complex autocorrelation, CP area

キーワード：電波識別、携帯電話通話検知装置、LTE、複素自己相関、CP領域

1 はじめに

我々は、振込め詐欺被害削減を目的として、銀行等のATM周辺での利用を想定した「携帯電話通話検知装置」を開発している。本装置は、様々な電波信号やノイズの中から携帯電話信号のみを識別するため、高度な信号処理演算が必要となる。ここでは、これまでに開発・蓄積してきた電波識別技術¹⁾を応用し、LTE(Long Term Evolution)方式携帯電話信号を識別するアルゴリズムについて述べる。

2 方法

LTE携帯電話では通信データを無線信号に載せる

ためにOFDMおよびSC-FDMA変調方式が使われる。これらの方式の信号は、LTE携帯電話特有のパラメータに従って一定間隔毎に同じデータを繰り返すCP(Cyclic Prefix)領域を持つ(図1)。そのためパラメータに則ったCP領域の存在を検出することでLTE携帯電話信号であることが識別できる。このような同じデータが一定間隔で繰り返す現象を検出するためには、一般に自己相関演算が用いられる。しかし、携帯電話等の無線通信では、通信データが同じでも変調前の無線信号の位相の違いにより変調後の信号波形は同じにはならず、一般的な自己相関演算では上記の検出はできない(図2)。

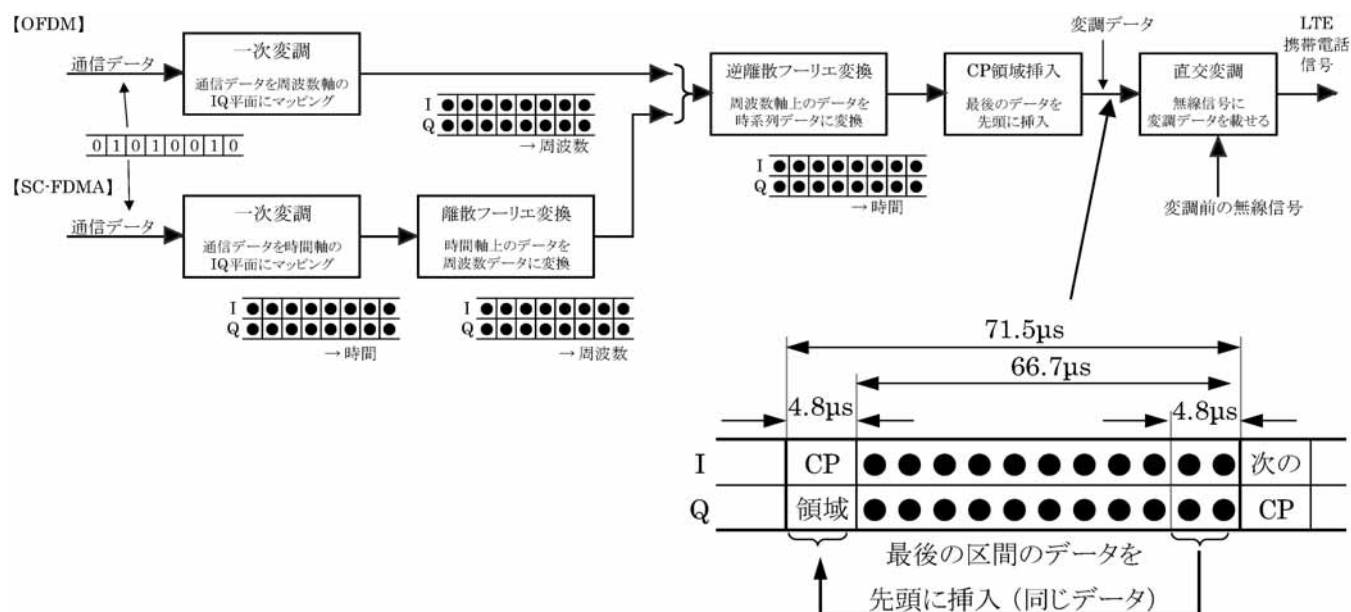


図1 LTE携帯電話におけるOFDM変調とSC-FDMA変調およびCP領域

*) 現 退職

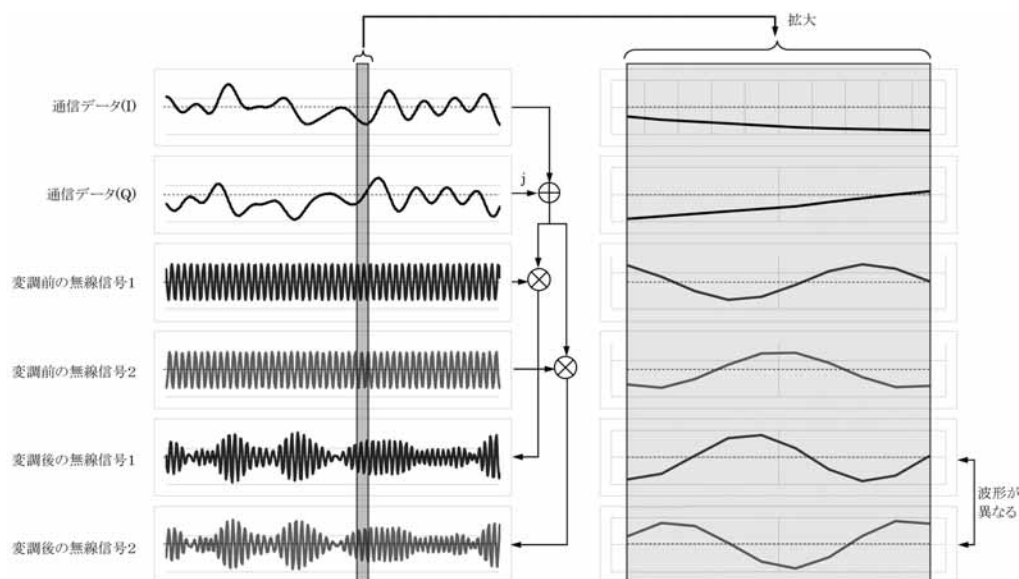


図2 無線信号の位相差による変調後の信号波形の変動
同じ通信データであっても、無線信号の位相差により変調後の信号波形が異なる。

一方、変調後の無線信号は図3のような位相平面上の波形として表現でき、IQ直交座標上の複素数とみなすことができる。そこで、無線信号を複素数として扱うことで位相の違いの影響を受けない自己相関演算を試みた。

3 結果および考察

自己相関演算式を図4に示す。一般的な実数による自己相関演算式が①で、複素数に拡張したものが②である。但し今回目的とするCP領域検出のためには、LTE携帯電話特有のパラメータに従って、 $n=0\sim 143$ 、 $j=2048$ ($f_s=30.72\text{MHz}$ の時)の固定値とし、 x の開始位置を変数とする演算を行う必要がある。修正した演算式③を用い、シミュレーション上でLTE携帯電話信号に複素自己相関演算を施した結果を図5に示す。一般的な自己相関演算では演算結果に特徴は見られないが、複素自己相関演算結果には $71.5\mu\text{s}$ 毎にピーク値が見られ、CP領域を検出できていることがわかる。

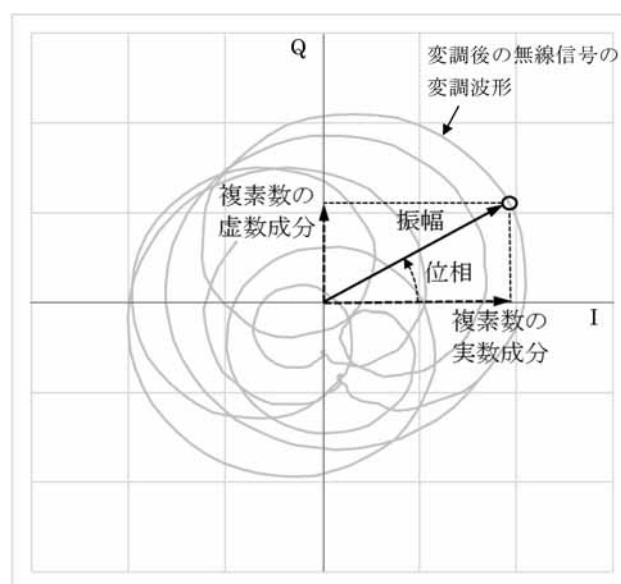


図3 無線信号の位相平面における変調波形
振幅と位相に変調がかかった無線信号は直交座標上で複素数とみなすことができ実数成分と虚数成分に分解して複素演算を施すことができる。

一般的な自己相関演算式	$R_{xx}(j) = \sum_n x_n \cdot x_{n-j}$	(x :実数) ... ①
複素自己相関演算式	$R_{xx}(j) = \sum_n x_n \cdot \overline{x_{n-j}}$	(x :複素数) ... ②
LTE携帯電話のパラメータを適用して 修正した複素自己相関演算式	$R_{xx}(k) = \sum_{n=0}^{143} x_{k+n} \cdot \overline{x_{k+n-2048}}$	(x :複素数) ... ③

図4 自己相関演算式

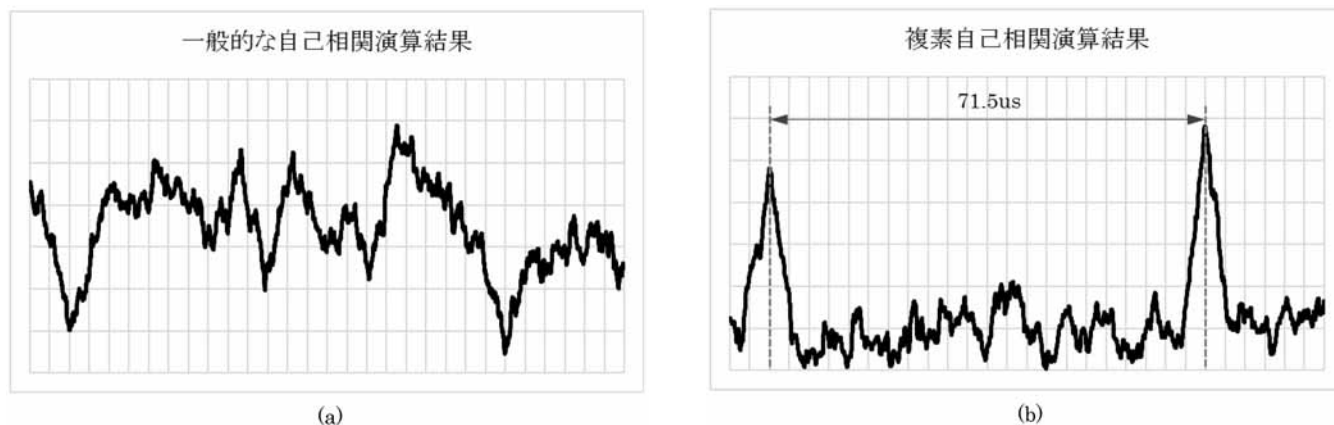


図5 自己相関演算結果

(a)は一般的な実数による自己相関演算、(b)は複素数による自己相関演算の結果を示す。71.5 μ s毎に現れるCP領域を一般的な自己相関演算では検出できないが、複素自己相関演算では検出できていることがわかる。

4 まとめ

LTE携帯電話信号を検知するための識別アルゴリズムとして、複素自己相関演算によりCP領域を検出する方法を提案した。また、シミュレーションにより、通常の自己相関演算ではCP領域を検出できない場合でも、複素自己相関演算では検出できることを示した。

今後は識別演算の最適化や判定閾値の調整等により更なる識別性能向上を図る。

参考文献

- 1) 杉森正康 他：電波識別装置の識別性能評価，静岡県工業技術研究所研究報告，第9号，81-86 (2017)。

CFRPの穴加工における当て板の効果

機械科 大澤洋文*
材料科 植松俊明 伊藤芳典 長津義之**

Effect of back up board on machinability for CFRP drilling

Hirofumi OOSAWA, Toshiaki UEMATSU, Yoshinori ITOH and Yoshiyuki NAGATSU

Keywords : CFRP, drilling, buck up board

キーワード：CFRP、当て板、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。筆者らはこれまでに、CFRPの穴加工では、工具形状が加工品質に影響を与え、ツイストドリルなどの中心から切削する工具では、炭素繊維が切断されずに残るアンカットファイバーが発生しやすいことを報告¹⁾した。

本研究では、ツイストドリルによるCFRPの穴加工において、当て板の有無が加工品質に与える影響を調査した。

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。

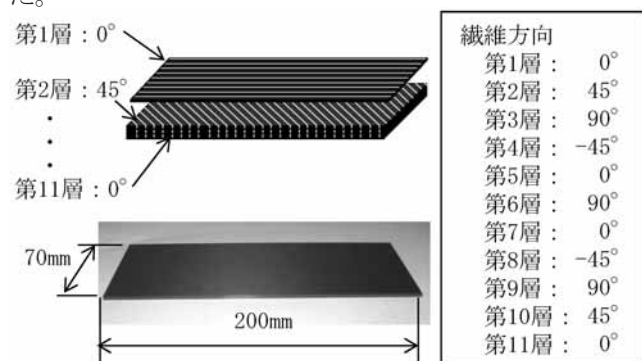


図1 被削材

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（エンシェウ㈱製）を用い、表1に示す条件で穴加工を行った。当て板ありの条件では、板厚1mmのアルミ合金を被削材の加工出口側にあてて同時切削した。加工中の切削挙動は、スラスト抵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におけるアンカットファイバー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。

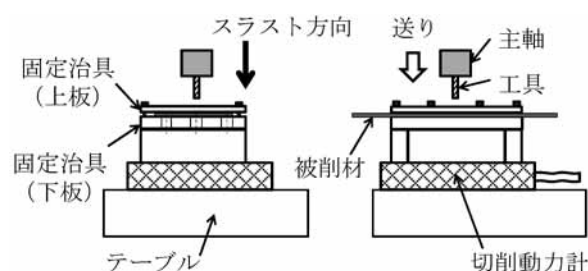


図2 加工試験方法（左：側面、右：正面）

表1 切削条件

工具	ツイストドリル (微結晶ダイヤモンドコーティング)
工具径(mm)	φ6
切削速度(m/min)	30, 60, 120
送り量(mm/rev)	0.025, 0.05, 0.1
加工機	立形マシニングセンタ EV-450T(エンシェウ㈱)
雰囲気	ドライ
当て板	なし, アルミ合金A5052(板厚1mm)

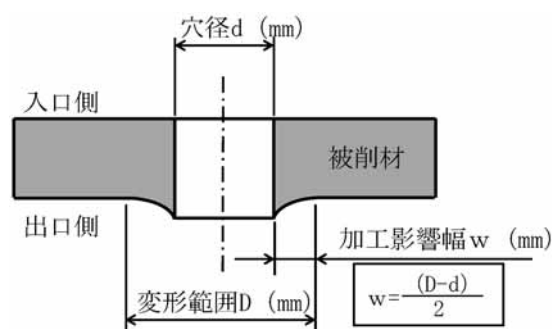


図3 加工影響幅

*) 現 研究開発課 **) 現 機械科

3 結果および考察

当て板なしの条件で加工した穴の状態を図4、当て板ありの条件で加工した穴の状態を図5に示す。切削速度、送り量の変化に関わらず、アンカットファイバーは当て板なしの加工では発生し、当て板ありの加工では発生しなかった。

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。当て板なしの条件では、送り量を大きくすることでスラスト抵抗が増大するため(図7)、加工影響幅は最大2.0mmと悪化したが、当て板ありの条件ではスラスト抵抗によらず加工影響幅は0.3mm程度に抑制された。

以上のことから、当て板なしの場合には、加工出口において炭素繊維が送り方向に逃げることで切断されずに残り、さらにドリルの進行とともに加工出口側に引っ張られることで、マトリクスには積層間の接合力以上の力がかかったために層間剥離が発生したが、当て板を挟むことで炭素繊維の下向き方向への動きが拘束され、良好な加工面が得られたと考えられる。

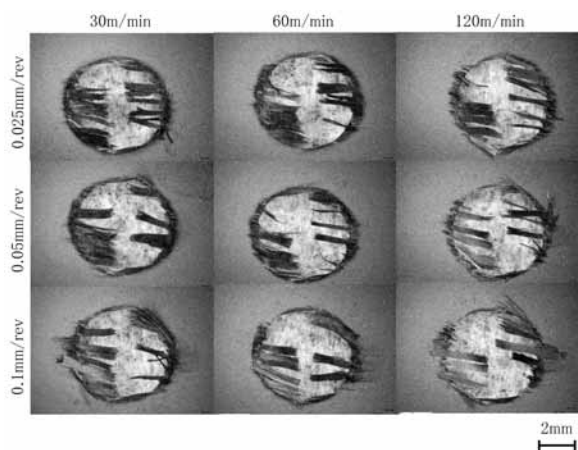


図4 加工穴外観 (当て板なし)

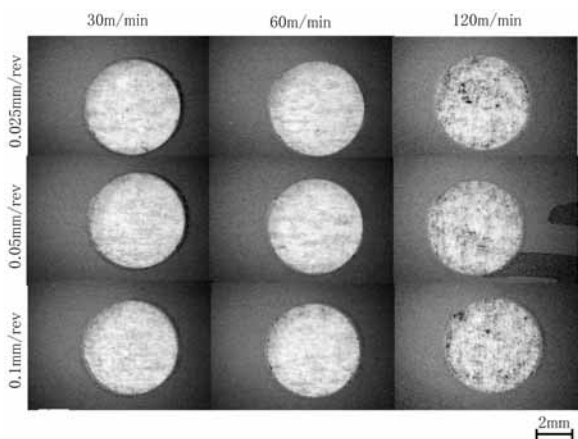


図5 加工穴外観 (当て板あり)

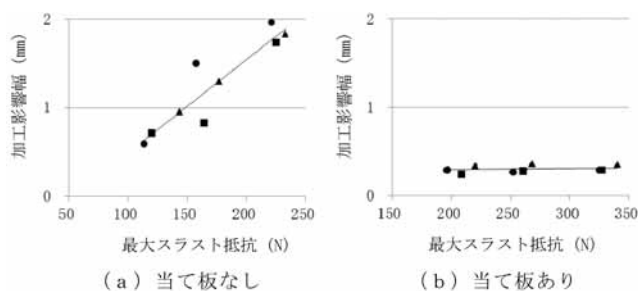


図6 最大スラスト抵抗と加工影響幅の関係

▲: 30m/min ■: 60m/min ●: 120m/min

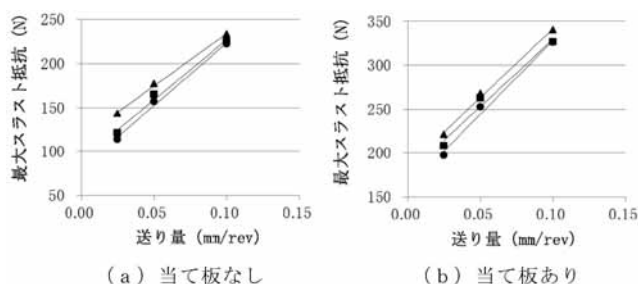


図7 送り量と加工影響幅と最大スラスト抵抗の関係

▲: 30m/min ■: 60m/min ●: 120m/min

4 まとめ

ツイストドリルによるCFRPの穴加工において、当て板ありと当て板なしの条件で加工試験を行い、加工した穴の品質を評価した。当て板ありの条件では、アンカットファイバーの発生および層間剥離が抑制され加工品質を向上することができた。

参考文献

- 1) 大澤洋文 他: CFRPの穴加工における工具形状の影響. 静岡県工業技術研究所報告, 第9号, 93-94 (2017).

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（第2報）

— 分析値に及ぼす試料状態の影響 —

材料科 植松俊明 田中宏樹* 田光伸也

Reliability in analytical values of X-ray fluorescence analysis
by means of fundamental parameter method (2nd Report)— Effect of sample condition on analytical values in steel
with microanalysis of energy dispersive X-ray spectroscopy —

Toshiaki UEMATSU, 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

エネルギー分散型蛍光X線分析装置では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迅速に求めることができる。また、分析領域を小さくすることができるため、製造工程中に発生する異物や付着物などの解析に用いられている。ただし、得られる分析結果の精確さは分析装置の経年劣化、分析条件、試料状態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、測定者が分析結果の信頼性を把握しておく必要がある。

そこで、本研究ではエネルギー分散型蛍光X線分析装置を用いて、X線の照射径と試料状態の変化がFP法で算出した分析値に及ぼす影響を調査した。

2. 方法

試料はクロムモリブデン鋼を用い、図1に示す円板、ドリル加工で生成した切りくず、切りくずを蒸留水で腐食させた腐食物の3種類とした。切りくずと、黒色部（以下、黒色物）と褐色部（以下、褐色物）に分離し

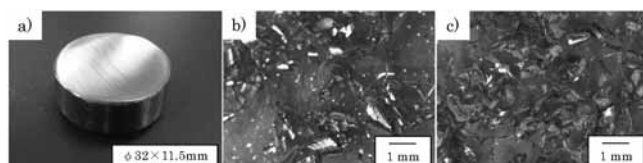


図1 試料外観

a) 円板、b) 切りくず、c) 腐食生成物

表1 使用機器及び分析条件

エネルギー分散型蛍光X線分析装置	
使用機器	SAE5120A (株式会社アイナテクノロジー)
導入年	平成19年
管球	Rh
管電圧	50kV
雰囲気	真空
照射径	0.1mm、1.0mm、2.5mm

た腐食物はそれぞれスチロールケース上に採取し、測定に供した。測定は表1に示す蛍光X線分析装置及び分析条件で行った。

3 結果および考察

X線の照射径（分析領域）を0.1mmとし、各試料をFP法で測定した結果を図2に示す。円板では主な合

外観	分析領域	
	円板	切りくず
状態 分析値	Fe:96.9%, Cr:1.22%, Mo:0.18% 他	Fe:97.0%, Cr:1.23%, Mo:0.08% 他
外観		
	腐食物（黒色物）	腐食物（褐色物）
状態 分析値	Fe:96.0%, Cr:0%（検出不可）, Mo:0.02% 他	Fe:96.6%, Cr:0.31%, Mo:0.01% 他

図2 試料の状態による分析値の変化

*) 現 静岡県工業技術研究所 金属材料科

金元素であるクロム (Cr) の分析値が1.22%、モリブデン (Mo) が0.18%であったが、切りくずではMoの分析値が0.08%、黒色物、褐色物ではCr、Moの分析値が大幅に低下した。

次に円板と切りくずの照射径によるCrの分析値の変化を図3、Cr-K α のX線強度 (信号量) を図4に示す。円板では照射径によらず分析値は1.2%程度であった。一方、切りくずでは照射径が0.1mmで1.2%程度、2.5mmでは0.8%程度となり、照射径が大きくなることで分析値は変動した。円板のCr-K α のX線強度は照射径が大きくなることで28.0 cpsから82.5 cpsに増加するが、切りくずでは26.1 cpsから0.9 cpsに低下した。

この要因としては次の点が挙げられる。(1)照射径の拡大とともに信号量は増加するが、信号量が過剰になると照射するX線のエネルギーを低下させ、信号量を制限すること、(2)切りくずでは照射径に対して試料が小さいために、試料以外の部分からも信号が発生し、全体の信号量に対する試料の信号の割合が小さくなることである。

また、腐食物の試料サイズは照射径よりも大きかったことから、元素の選択腐食などが分析値に影響を及ぼすと考えられる。

4 まとめ

エネルギー分散型蛍光X線分析におけるFP法の分析値に及ぼすX線の照射径と試料状態を調査した。切りくずなどの微小な試料を測定する場合には照射径は試料サイズと同等以下が望ましいが、分析値は分析条件以外に腐食などによる試料状態によって大きく変動することから、異物や付着物の解析を行う場合には注意が必要となる。

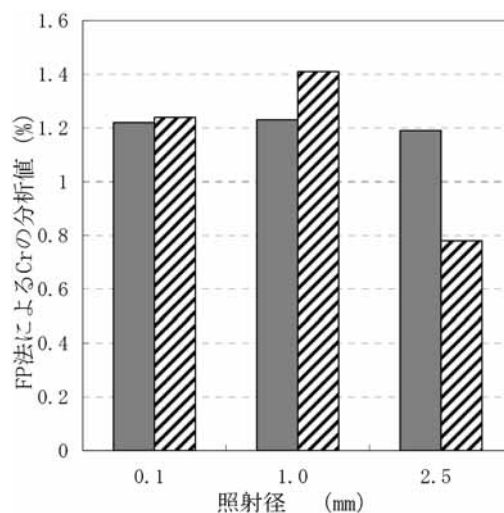


図3 照射径による分析値の変化

■ 円板、▨ 切りくず

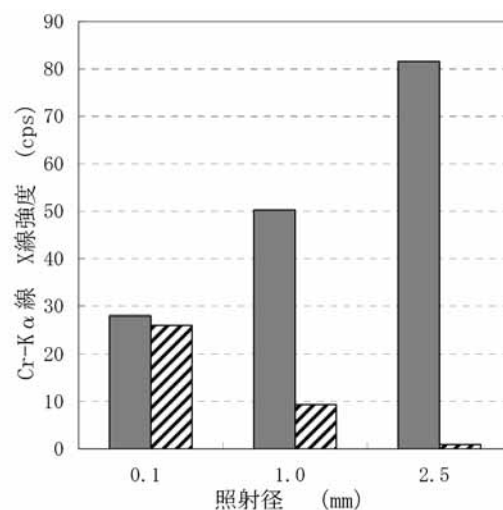


図4 照射径によるX線強度 (Cr-K α) の変化

■ 円板、▨ 切りくず

三価クロム化成処理皮膜の分極抵抗測定

材料科 田中宏樹* 田光伸也 吉岡正行

Polarization resistance evaluation of trivalent chromium conversion coating

Hiroki TANAKA, Shinya TAKO and Masayuki YOSHIOKA

Keywords : polarization resistance, corrosion resistance, trivalent chromium conversion coating

キーワード：分極抵抗、耐食性、三価クロム化成処理

1 はじめに

亜鉛めっきの三価クロム化成処理皮膜（化成皮膜）の耐食性を評価する方法として、主に塩水噴霧試験、複合サイクル試験、屋外暴露試験が行われるが、時間がかかる、測定者の主観が判定結果に影響するなどの問題点がある。その他の評価方法として、電気化学的計測によるインピーダンス測定が一般的に用いられるが、こちらもデータの解析が難しく熟練を要するなどの問題点がある。

一方、分極抵抗測定は測定時間が短く、解析が容易であるなどの利点があり、簡易的な腐食評価方法として期待できる。ここで、分極抵抗は腐食速度と反比例の関係にあり、値が大きいほど腐食しにくいと考えられる¹⁾。

本研究では、三価クロム化成処理（化成処理）液のpHが化成皮膜の耐食性に強く影響を及ぼす²⁾ことから、異なるpHで成膜した亜鉛めっきの化成皮膜について塩水噴霧試験および分極抵抗測定を行い、耐食性評価における分極抵抗測定の有効性を検討した。

2 方法

2.1 試料の作製

亜鉛めっきを施したSPCC板及び三価クロム化成処理液トライバレント300（株JCU製）を用いて異なる条件で化成処理を行い試料を作製した。作製条件を表1に示す。化成処理液のpHはHNO₃水溶液とNaOH水溶液により調整した。

表1 試料作製条件

条件				
処理液pH	1	2	3	未処理

2.2 塩水噴霧試験

JIS Z 2371（塩水噴霧試験方法）に従って試験を行なった。試験面積は30mm×50mmとし、試験時間は72時間とした。試験終了後に画像処理ソフトを用いて腐食生成物の占める割合（Area ratio：A値）を求めた。

2.3 分極抵抗測定

測定面積はφ6mmとし、試験液は5wt%NaCl水溶液を用いた。試料を試験液に5分間浸漬した際の自然電位をEとし、E+10mVからE-10mVまで0.2mV/秒の速度で電位を下げて分極させた。電位に対する電流値をプロットし、原点における接線の傾きを分極抵抗として求めた。

3 結果および考察

3.1 塩水噴霧試験

試験後の外観およびA値を図1に示す。pH2.0およ

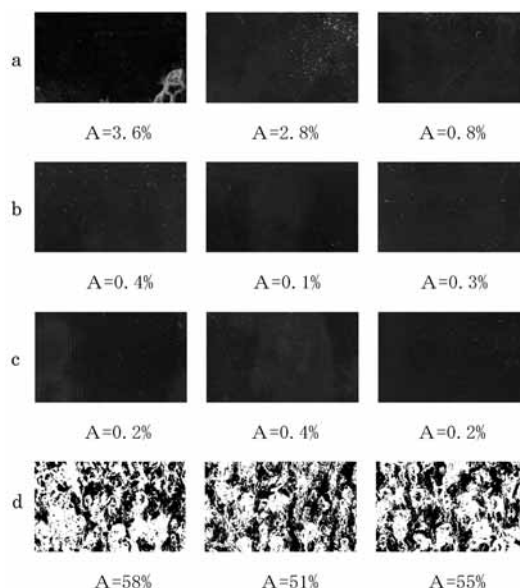


図1 塩水噴霧試験結果（n=3）

a:pH 1、b：pH 2、c:pH 3、d:未処理。

A:腐食生成物の占める割合。

*) 現 静岡県工業技術研究所 金属材料科

び3.0の試料ではいずれもA値が1%以下、pH1.0の試料のうち2点は1%以上、未処理試料はいずれも50%以上であり、各処理条件による耐食性に差が認められた。

3.2 分極抵抗測定

分極測定の結果を図2に、分極抵抗の測定値を表2に分極抵抗とA値の関係を図3に示す。pH2.0および3.0では分極抵抗が3～4kΩ程度、pH1.0では1～2kΩ程度、未処理試料は0.3～0.5kΩ程度であった。分極抵抗が高いほど、A値が小さくなる傾向が見られ、本測定による耐食性についての評価結果は、塩水噴霧試験で得られた傾向と一致した。

4 まとめ

亜鉛めっきの化成皮膜の耐食性評価における分極抵抗測定の有効性を検討した。分極抵抗測定による評価結果は塩水噴霧試験と同様の傾向が見られた。

参考文献

- 1) 須田新 他：クロメート皮膜の自己補修作用による亜鉛めっき鋼材の防食挙動とその機構。Zairyo-to-Kankyo, VOL 46, 95 (1997)。
- 2) 花田洋一郎 他：6価クロム廃止をねらいとした3価クロメートへの代替技術開発・研究。KOMATSU TECHNICAL REPORT, VOL 55, 162 (2009)。

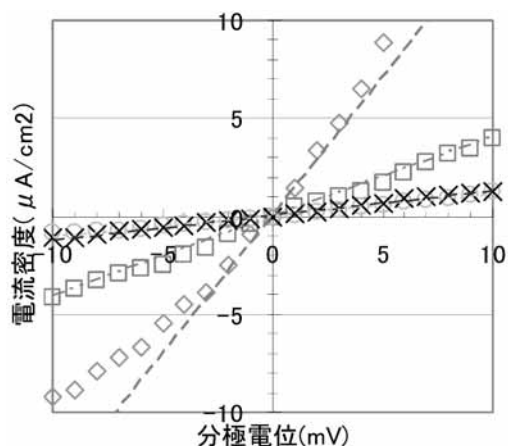


図2 分極測定

- ◇ 未処理
- pH 1
- pH 2
- × pH 3

表2 分極抵抗 (kΩ)

	1 回目	2 回目	3 回目	平均
pH 1	2.4	1.1	1.9	1.8
pH 2	4.5	4.0	3.0	3.8
pH 3	2.7	4.5	3.3	3.5
未処理	0.37	0.32	0.46	0.38

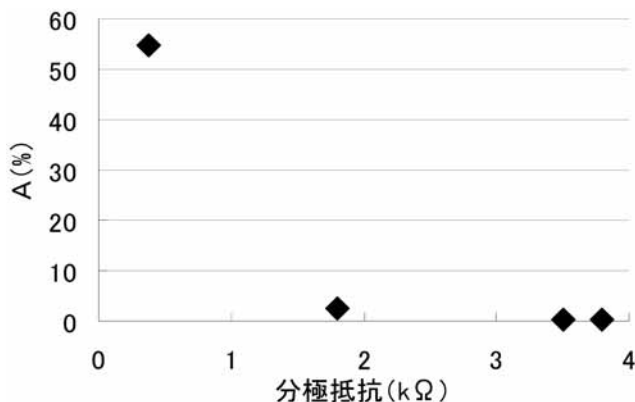


図3 分極抵抗に対するA値

電鑄によるプラチナパイプの作製

材料科 田光伸也 田中宏樹*
 仲山貴金属鍍金株式会社 谷口 諒 仲山昌宏

Fabrication of platinum pipe by electroforming process

Shinya TAKO, Hiroki TANAKA, Satoru YAGUCHI and Masahiro NAKAYAMA

Keywords : platinum, electroforming, electroplating, micropipe

キーワード：プラチナ、電鑄、めっき、マイクロパイプ

1 はじめに

医療現場におけるカテーテル微細化の要求に伴い、先端部に取り付けるパイプ形状のプラチナ部品（不透過マーカー）にも小型化が求められている。従来の方法では、必要とされる大きさに加工できないことが課題となっている。不透過マーカーを作製する方法の一つにめっき技術を応用した「電鑄」が考えられる。しかし、小型化可能なプラチナのめっき条件は確立されておらず、小型化は実現できていない¹⁾。

本研究では、小型不透過マーカーを作製するためのめっき条件を検討することとした。

2 方法

2.1 めっき条件の選択

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）。これに基づき任意の条件（表2）

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1	低	中	高
攪拌速度2	低	中	高
電流密度	低	中	高

表2 電解条件

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

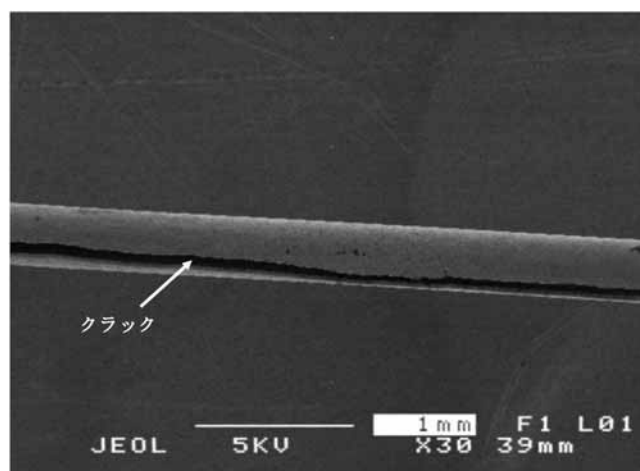


図1 プラチナパイプに発生した内部応力によるクラック

により、2 μ m程度の膜厚が得られるまでめっき試料を作製した。なお、めっき液は市販のプラチナめっき液を基に新たに調製した。

2.2 めっき皮膜の内部応力測定

一般的なめっき条件では、めっき皮膜の内部応力によりクラックが発生しパイプを作製することが出来ない（図1）。このため、不透過マーカーの小型化において、めっき皮膜の内部応力は重要な指標となる。そこで、前記条件におけるめっき試料の内部応力を測定した。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、高温のめっき液に対応したひずみゲージ式精密応力計 B-72-SG（株山本鍍金試験器製）により測定した。

2.3 めっき条件の検討

めっきにおける制御可能な各因子が皮膜の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コンジョイント分析²⁾を行い、めっき条件を検討した。

*) 現 静岡県工業技術研究所 金属材料科

3 結果および考察

各条件により得られた皮膜の内部応力に対し、5点満点で得点を与えた。この得点について回帰分析して、内部応力に対する各因子の影響度を求めた(図2)。

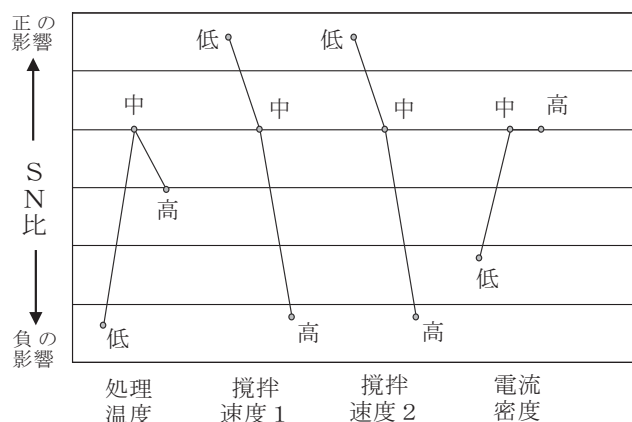


図2 内部応力に対する各因子の影響度

図1において、SN比が高い値を示す因子ほど皮膜の内部応力を低減させる効果が高いことを示している。今回のめっき条件では、処理温度を中程度とすること、低速で攪拌すること、中～高い電流密度で行うことが内部応力の低減に効果的であった。攪拌は異なる方法を組み合わせて検討したが、どちらも内部応力を低減させる効果は低かった。電鍍を行う上で液の攪拌は必須であるため、試料付近で流速を発生させないような攪拌方法が有効であると考えられる。

得られた条件により電鍍を行い、内径26～315 μm 、長さ0.02～250mmの不透過マーカー試作品が得られた。(図3、4)。

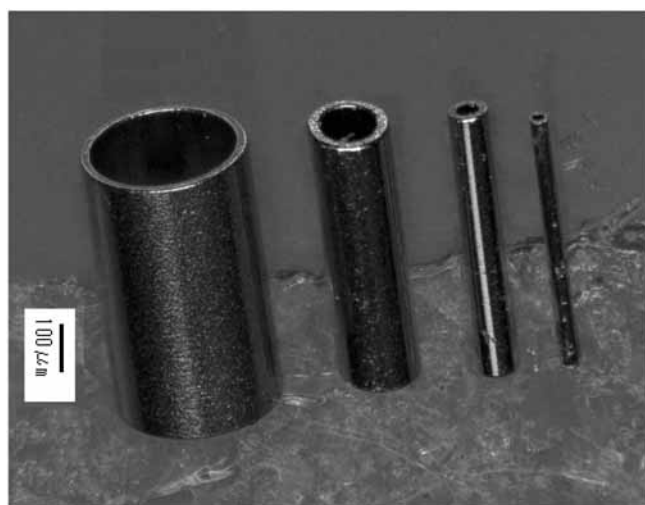


図3 各種サイズのパラチナパイプ
(内径26 μm ～315 μm)

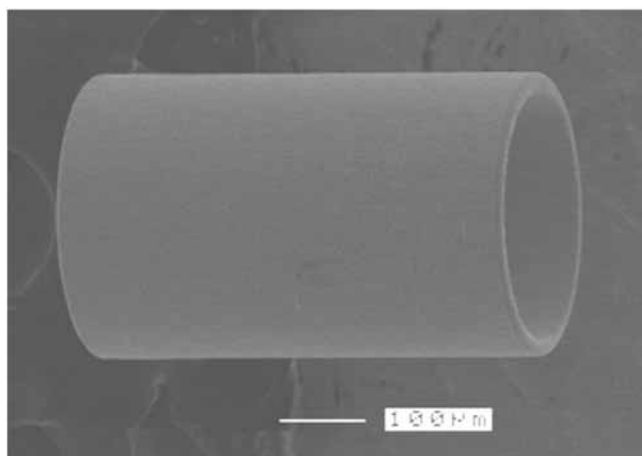


図4 従来の不透過マーカー相当サイズのパラチナパイプ
(内径250 μm 、外形300 μm 、長さ0.46mm)

4 まとめ

電鍍により小型不透過マーカーを作製するため、コンジョイント分析を利用し、皮膜の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、小型不透過マーカーを試作することができた。

参考文献

- 1) 田光伸也：電鍍による金合金パイプの作製．静岡県工業技術研究所研究報告，第9号，97-98 (2017)．
- 2) 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)．

Combined Process of Cutting and Laser Peen Forming with Femtosecond Laser

— Improvement of Bending Accuracy for Micro Parts —

Yoshihiro Sagisaka, Kiyomitsu Yamashita and Hiroyasu Ueta

フェムト秒レーザーを用いた切断とレーザーピーンフォーミングの複合加工

— 微細部品のための曲げ精度の向上 —

浜松工業技術支援センター 鷺坂芳弘 山下清光 植田浩安

Proceedings of the 16th International Conference on Precision Engineering, P31-8101 (2016)

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

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接触、ダイレスな逐次成形法であり、薄板微細部品の曲げ加工に適している。本稿ではフェムト秒レーザーによる切断とレーザーピーンフォーミングの複合加工を提案し、微細部品の成形にあたり製品精度に悪影響を与える事象の影響度およびその対策を検討した。

金属箔を微細かつ複雑な形状にレーザー切断した後、曲げ加工を行った。箔を細長いカンチレバー状に切断したところ、切断中に箔に反りが発生した。この反りは曲げ加工の際にレーザーのデフォーカスを狂わせ、

スポット径を不安定にさせる。曲げ加工はレーザーのフルエンスに大きく影響されるため、反りの発生は曲げ加工の精度に極めて有害である。そこで切断時のパルスエネルギーとカンチレバーの幅が反りに与える影響を調査した。本来、迅速に微細部品を製作するには、パルスエネルギーを高く、カンチレバーの幅は小さくする方が望ましいが、これらはいずれも反りを大きくする方向に作用した。そこで幅の小さいカンチレバーでの反りを抑制するために、切断形状を改良し、その効果を確認した。そのほかにもいくつかの典型的な形状の試作を行い、複雑形状を精密に成形するための知見が得られた。

アルミニウム合金の冷間鍛造における環境対応型潤滑剤の性能評価

浜松工業技術支援センター	鷺坂芳弘
アイルブ株式会社	石橋 格
住鋁潤滑剤株式会社	中倉敏成
静岡大学工学部	中村 保 早川邦夫

Evaluation of Environmentally Friendly Lubricant for Aluminum Alloy Cold Forging

Yoshihiro SAGISAKA, Itaru ISHIBASHI, Toshinari NAKAKURA,
Tamotsu NAKAMURA and Kunio HAYAKAWA

塑性と加工, Vol. 57, No. 664, 473-478 (2016)

Keywords : Tribology, Cold forging, Aluminum alloy, Environmentally friendly lubricant, Friction test

キーワード : トライボロジー、冷間鍛造、アルミニウム合金、環境対応型潤滑剤、摩擦試験

アルミニウムの冷間鍛造においては長い間フッ化アルミニウム化成皮膜が潤滑剤として用いられてきた。しかし、フッ化アルミニウム皮膜には、皮膜処理過程でフッ素を含む廃棄物が発生するため、環境負荷が高く、廃棄物の処分費用の高さゆえに皮膜処理コストが高いなどの欠点があった。特に廃棄物の処理施設が整っていない海外においては使用自体が認められないという深刻な問題がある。そこで代替品として環境対応型の2液2層型乾燥皮膜潤滑剤が開発された。この潤滑剤で形成される皮膜は下地膜と上塗り膜から構成され、下地膜は耐焼付き性、上塗り膜が潤滑性と離型性を担当するという化成皮膜と類似の皮膜構造を有している。

本稿では変形抵抗の異なる3種類のアルミニウム合

金にこの潤滑剤を適用し、スプライン押出しを模擬した摩擦試験法にて、季節、変形抵抗、表面前処理、下地膜厚による潤滑膜の性能の変化を検証した。潤滑皮膜の性能は、高温多湿な梅雨時には良好であったが、低温乾燥した冬季には低下した。変形抵抗の高い素材に適用した場合、下地膜の厚さを厚くし、適切な表面前処理を実施することで性能が向上した。逆に変形抵抗の低い素材に適用した場合は、下地膜の厚さと表面前処理は潤滑性能にほとんど寄与しないことが分かった。これらの知見はこの潤滑剤の適用、最適化を行う上で重要な指針となる。

なお、本稿はJ-Stageにて公開されている。

環境対応 2 液 2 層型冷間鍛造用潤滑剤の特徴と処理方法

アイルブ株式会社

静岡大学工学部

浜松工業技術支援センター

株式会社ワザワ

石橋 格

中村 保 早川邦夫

鷺坂芳弘

和澤伸一

Double-layer-type Environmentally-friendly Cold Forging Lubricant

— Characteristics and Practical Operation of Treatment System —

Itaru ISHIBASHI, Tamotsu NAKAMURA Kunio HAYAKAWA,

Yoshihiro SAGISAKA and Shinichi WAZAWA

塑性と加工, Vol. 58, No. 672, 18-22 (2017)

Keywords : Tribology, Cold forging, Environmentally friendly lubricant, Friction test

キーワード : トライボロジー、冷間鍛造、環境対応型潤滑剤、摩擦試験

冷間鍛造用の潤滑剤には長年にわたって化成皮膜が用いられてきた。化成皮膜は性能こそ高いものの、皮膜処理工程が多く、管理が煩雑で、廃液やスラッジなどの廃棄物を大量に発生させてしまうため、環境負荷と廃棄コストが問題視されている。工程が少なく、管理も簡便で廃棄物も低減できる環境対応型の 1 液型潤滑剤が既に開発されているが、その性能はまだ化成皮膜に比べて不十分であった。そこで化成皮膜からの代替を促進すべく、環境対応型で化成皮膜と同様の皮膜構造を持つ 2 液 2 層型潤滑剤を開発、製品化した。本稿では本潤滑剤のコンセプト、特徴、基礎的な性能評価結果、実生産における皮膜処理方法と適用事例

について解説した。

本潤滑剤は下地膜と上塗り膜の成分や膜厚を個別に制御することができるため、様々な鍛造条件に対して皮膜の最適化を行いやすいという長所がある。また従来の 1 液型は湿度に弱いいため、皮膜処理後は吸湿する前にすぐに打鍛する必要があり、皮膜のバッチ処理は困難であった。しかし本潤滑剤は上塗り膜に吸湿しにくい成分を用いたことで、耐湿性が向上し、バッチ処理での実用化も達成している。その他、適用事例では素材の形状や処理量などに応じた各種皮膜処理装置が考案され、実用に供されていることを紹介した。

なお、本稿は J-Stage にて公開されている。

Fabrication of High Strength Ti Alloy Compacts by Metal Injection Molding

Yoshinori ITOH and Hideshi MIURA

金属粉末射出成形法による高強度Ti合金の創成

浜松工業技術支援センター

伊藤芳典

九州大学大学院工学研究院機械工学部門

三浦秀士*

J. Jpn. Soc. Powder Metallurgy Vol.63, No.7 438-444 (2016)

Keywords : Metal injection molding, Ti alloy, mixed powder, strengthening, mechanical property

キーワード : 金属粉末射出成形法、Ti合金、混合粉末、高強度化、機械的特性

金属粉末射出成形法 (MIM) は、3次元複雑形状の小型精密金属部品をニアネットシェイプで作製、量産できることから、機械加工性に劣るTiおよびTi合金の有効な加工法として注目されている。一方、TiおよびTi合金は比強度が高く、耐食性や生体適合性などにも優れた特性を示すことから、輸送用機器や医療用部品などに利用されているが、MIMにより作製されたTi合金を高強度化することにより、MIM Ti合金焼結体のさらなる応用拡大が期待できる。

Ti-6Al-4V合金は、機械的特性に優れ、強度と延性のバランスが取れた万能型合金として、チタン合金の中でも最も広く用いられている。筆者らはTi合金系

射出成形材のさらなる特性向上に向けて、本合金系について原料粉末や第3元素添加の影響などに関して研究を行っている。

本研究では、さらなる高強度を有するTi合金を得ることを目的とし、Ti-6Al-4V合金のVをより安価で資源としても豊富なMo、FeおよびCrへの置換を試みた。結果的に Ti-6Al-12.5Mo合金で1100MPaを越える強度と、7%の伸びを有する高強度Ti合金を創成することができた。

* 本論文はアジア粉末冶金国際会議 (APMA2015) において発表した内容を特集号に投稿したものである。

*) 現 九州大学鉄鋼リサーチセンター

静岡県工業技術研究所研究報告 第10号

平成29年11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