

ISSN 1883-2350 (Print)

REPORTS
OF THE
INDUSTRIAL RESEARCH INSTITUTE
OF SHIZUOKA PREFECTURE
No.6 FEBRUARY 2014

静岡県工業技術研究所研究報告

第 6 号
平成26年2月

静岡県工業技術研究所
静岡市葵区牧ヶ谷2078番地

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

目 次

静岡県工業技術研究所（静岡）**I 報 告**

1 レーザーによる高機能皮膜作製技術の開発（第1報）	.....	鈴木洋光、菅野尚子、青嶋松寿	1
2 環境調和型めっき技術の開発 一摩耗性付与を目的とした鉄合金めっきの検討一	.....	綿野哲寛、本間信行、古本修一、篠原恵吾	6
3 伝熱シミュレーションに基づく熱変位補正 —高速グリスピンドルを搭載したマシニングセンタでの高精度加工の実現—	.....	長津義之、真野 育、鈴木敬明、片山哲也、川津和司	10
4 イヌリンクリームの物性安定性の評価	.....	渡瀬隆也	14
5 フジ小軍鶏と肉用鶏の理化学特性の比較	.....	渡瀬隆也	17
6 自然の力を利用した木材の耐久性向上技術の開発（第2報）	.....	鈴木光彰、赤堀 篤、佐野禎彦、小谷佐和、松村賢太	22

II 研究ノート

1 ダイダイ果皮精油の抽出法の検討	.....	山下里恵、菊池圭祐、櫻川智史	25
2 県内企業アンケート調査による光関連産業の技術動向と企業ニーズ	.....	真野 育、鈴木敬明、長津義之、船井 孝、豊田敏裕、太田幸宏、志智 亘	27
3 光学部品の高精度形状測定に向けた接触式三次元測定機の測定子径補正手法の検討	.....	船井 孝	29
4 太陽光を照明と発電に利用した自立型エコ照明の開発	.....	鈴木敬明、小野巳吉、外山 勸、池田貴裕、中村共孝、本間 篤	31
5 負荷検知型方式による車椅子の走行補助装置の開発	.....	長澤 正、長谷川和宏、三浦 清、橋本裕司、大城徳彦	33
6 香味向上を目指した新たな茶素材の開発	.....	池ヶ谷 篤、油上 保、渡瀬隆也	35
7 食品の香り評価システムの検討	.....	油上 保、池ヶ谷 篤	37

8 野生シカの利用加工 —シカ肉のドライエイジング肉開発やシカ革和太鼓の開発—	渡瀬隆也、三須智勝、大村吉夫、植村勝博、岩水安博、増田恭子	39
9 廃プラスチックを利用した石膏ボード廃材の低温脱硫処理技術の開発（第2報） —回転炉を使用した脱硫反応条件の検討—	中島大介、結城 茜、酒井 奨、杉山直人、松下和弘	41
10 簡単で使いやすいディジタルオーディオプレイヤーの開発（第1報）	小松 剛、易 強、多々良哲也、薩川芳之、福島博行	43

III 抄 錄

1 CO_2 賦活およびKOH賦活がコーヒー抽出残さ由来活性炭の細孔構造に与える影響	菊池圭祐、山下里恵、櫻川智史	45
2 コーヒー抽出残さ由来活性炭を用いた電気二重層キャパシタ	菊池圭祐、山下里恵、櫻川智史、安江智弘、須藤雅夫	46
3 ヨウ素処理したコーヒー抽出残さの炭素化挙動	山下里恵、菊池圭祐、櫻川智史	47
4 亜臨界水を用いる食品およびプラスチック廃棄物からの高発熱量の複合燃料の生成	岡島いづみ、河瀬信彦、佐古 猛、清水達祥、田村克浩、菅野尚子、川尻 聰	48
5 高耐久性ダイカスト金型のための高度コーティング技術の開発	田中翔悟、高木 誠、真野 育	49
6 真珠干渉色の光学計測手法と主観的品質との関係	豊田敏裕、中内茂樹	50
7 加齢で生じる眼の瞳孔収縮によって生じるもの見えにくさを シミュレーションする模擬ゴーグルの開発	鈴木敬明、船井 孝、岡嶋克典	51
8 行動観察記録ソフトウェアOBSERVANT EYEの開発	易 強、鈴木敬明、櫻川智史、田村久恵、黒須正明	52
9 就寝前の加温カフェインによる連続洗口は健常者の口腔内細菌叢を変化させる	大川勝正	53
10 現在歯を有する要介護高齢者における嚥下機能の低下と口腔衛生状態との関連性	森野智子、大川勝正、萩原芳幸、関 みつ子	54

沼津工業技術支援センター

I 研究ノート

1 微生物を用いた一本鎖型抗体の生産技術の開発（第7報） —抗インフルエンザウイルスscFv遺伝子の単離—	太田俊也、松野正幸、室伏敬太	55
2 微生物を用いた一本鎖型抗体の生産技術の開発（第8報） —抗インフルエンザウイルスscFv抗体の精製と親和性解析—	松野正幸、室伏敬太、太田俊也	57
3 微生物を用いた一本鎖型抗体の生産技術の開発（第9報） —抗インフルエンザ抗体生産酵母のファーメンター培養による抗体大量生産の検討—	室伏敬太、松野正幸、太田俊也	59
4 自然界からの新たな香味を有する清酒醸造用酵母の開発（第1報） —清酒醸造に適した酵母の分離—	勝山 聰、天野祥吾、岩原健二	61
5 水産加工副産物（魚のアラ）を利用した魚醤油の開発 —耐塩性酵母による香味の改善—	岩原健二、天野祥吾、勝山 聰	63
6 人工呼吸器加温加湿器用湿度センサの耐久性評価	飯野 修	65
7 並列・分散型小規模組込み機器開発のためのベンチテスト環境構築の試み	望月建治	67
8 医療用酸素ボンベの警報機能付き残量モニタの開発（第2報） —使いやすい残量モニタを目指して—	本多正計、水口之熙	69

富士工業技術支援センター

I 報 告

1 古紙を原料とした家庭紙製造企業における二酸化炭素排出量の算出	齊藤将人、深沢博之	71
2 デジタル印刷物のリサイクル適性評価法の開発と古紙原料への混入の影響評価	鈴木悠介、深沢博之、齊藤将人	77
3 家庭紙工場における歩留まり低下要因の追求とその影響評価	河部千香、堤 真一、深沢博之	81

II 研究ノート

1 介護福祉施設用見守りセンサシステムの開発（第2報）	中山 洋、杉本芳邦、高木 誠、小林信明、一言貴則、福島利博、鈴木嘉幸	87
2 PVDプロセスにおけるボンバード処理の分析	高木 誠、中山 洋、杉本芳邦、遠藤浩久、田中隆義	89

浜松工業技術支援センター

I 報 告

1 非接触式三次元測定機における測定精度評価法(第2報)	柳原 亘、太田幸宏	91
2 1GHz超の高周波数帯域も測定可能なシールド効果測定法の開発 (第3報)	山田浩文、長谷川 茂、杉森正康	95
3 チタン合金のエンドミル加工における形状精度に関する研究	大澤洋文、是永宗祐、植松俊明、伊藤芳典	98
4 ハイブリッド鋳型を用いた半溶融成形による試作開発	岩澤 秀、菅野尚子、鈴木洋光、上久保佳則、高橋正詞、山本健介、杉浦泰夫	103
5 エンドミル加工におけるチタン合金の切りくず排出性の検討	是永宗祐、植松俊明、伊藤芳典、大澤洋文	109

II 研究ノート

1 $2\mu\text{m}$ ファイバーレーザーによる加工事例	山下清光、岩崎清斗、奈良拓治	114
2 PMMAの引張試験における複屈折と主応力の比較	志智 亘、太田幸宏、長津義之、豊田敏裕、船井 孝 真野 育、鈴木敬明、東村裕司、阿部直毅	116
3 フェムト秒レーザーピーンフォーミングによる純チタン薄板の曲げ加工	鷺坂芳弘、岩崎清斗	118
4 機能分解	針幸達也	120
5 強度試験による材料特性評価技術の確立 ー試験片の作製方法および採取方向の影響ー	植松俊明、伊藤芳典、是永宗祐、大澤洋文	121
6 金属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6報) ー亜鉛めっき3価黒色クロメート処理条件の調査ー	田光伸也	123

III 抄 錄

1 環境対応型冷間鍛造用固体潤滑剤の性能評価	鷺坂芳弘、石橋 格、関澤雅洋、中村 保、住岡 優、河野正宏	125
2 スプライン押出し型摩擦試験法を用いたアルミ冷間鍛造用環境対応型潤滑剤の性能評価	鷺坂芳弘、中村 保、早川邦夫、石橋 格	126
3 アルミ合金冷間鍛造用環境対応型潤滑剤の潤滑性能への素材の機械的特性の影響	鷺坂芳弘、早川邦夫、中村 保、石橋 格	127

4 フェムト秒レーザーピーンフォーミングの板曲げへの応用

.....鷺坂芳弘、太田幸宏、神谷眞好、松田 稔 128

分野別目次

バイオ分野

I 研究ノート

1	自然界からの新たな香味を有する清酒醸造用酵母の開発（第1報） —清酒醸造に適した酵母の分離—	勝山 聰、天野祥吾、岩原健二	61
2	水産加工副産物（魚のアラ）を利用した魚醤油の開発 —耐塩性酵母による香味の改善—	岩原健二、天野祥吾、勝山 聰	63

食品分野

I 報 告

1	イヌリンクリームの物性安定性の評価	渡瀬隆也	14
2	フジ小軍鶏と肉用鶏の理化学特性の比較	渡瀬隆也	17

II 研究ノート

1	香味向上を目指した新たな茶素材の開発	池ヶ谷 篤、油上 保、渡瀬隆也	35
2	食品の香り評価システムの検討	油上 保、池ヶ谷 篤	37
3	野生シカの利用加工 —シカ肉のドライエイジング肉開発やシカ革和太鼓の開発—	渡瀬隆也、三須智勝、大村吉夫、植村勝博、岩水安博、増田恭子	39

環境分野

I 研究ノート

1	廃プラスチックを利用した石膏ボード廃材の低温脱硫処理技術の開発（第2報） —回転炉を使用した脱硫反応条件の検討—	中島大介、結城 茜、酒井 瑞、杉山直人、松下和弘	41
---	---	--------------------------	----

光分野

I 報 告

1	非接触式三次元測定機における測定精度評価法（第2報）	柳原 亘、太田幸宏	91
---	----------------------------	-----------	----

II 研究ノート

1 2 μmファイバーレーザーによる加工事例	.....	山下清光、岩崎清斗、奈良拓治	114
2 フェムト秒レーザーピーンフォーミングによる純チタン薄板の曲げ加工	.....	鷺坂芳弘、岩崎清斗	118

III 抄 錄

1 環境対応型冷間鍛造用固体潤滑剤の性能評価	.....	鷺坂芳弘、石橋 格、関澤雅洋、中村 保、住岡 優、河野正宏	125
2 スプライン押出し型摩擦試験法を用いたアルミ冷間鍛造用環境対応型潤滑剤の性能評価	.....	鷺坂芳弘、中村 保、早川邦夫、石橋 格	126
3 アルミ合金冷間鍛造用環境対応型潤滑剤の潤滑性能への素材の機械的特性の影響	.....	鷺坂芳弘、早川邦夫、中村 保、石橋 格	127
4 フェムト秒レーザーピーンフォーミングの板曲げへの応用	.....	鷺坂芳弘、太田幸宏、神谷眞好、松田 稔	128

材料分野

I 報 告

1 レーザーによる高機能皮膜作製技術の開発 (第1報)	.....	鈴木洋光、菅野尚子、青嶋松寿	1
2 環境調和型めっき技術の開発 一摩耗性付与を目的とした鉄合金めっきの検討一	.....	綿野哲寛、本間信行、古本修一、篠原恵吾	6

II 研究ノート

1 金属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6報) —亜鉛めっき3価黒色クロメート処理条件の調査—	田光伸也	123
---	-------	------	-----

III 抄 錄

1 亜臨界水を用いる食品およびプラスチック廃棄物からの高発熱量の複合燃料の生成	岡島いづみ、河瀬信彦、佐古 猛、清水達祥、田村克浩、菅野尚子、川尻 聰	48
---	-------	-------------------------------------	----

機械電子分野

I 報 告

1 伝熱シミュレーションに基づく熱変位補正 —高速グリススピンドルを搭載したマシニングセンタでの高精度加工の実現—	.....	長津義之、真野 肇、鈴木敬明、片山哲也、川津和司	10
2 1GHz超の高周波数帯域も測定可能なシールド効果測定法の開発 (第3報)	.....	山田浩文、長谷川 茂、杉森正康	95

3 ハイブリッド鋳型を用いた半溶融成形による試作開発	岩澤 秀、菅野尚子、鈴木洋光、上久保佳則、高橋正詞、山本健介、杉浦泰夫	103
----------------------------	-------------------------------------	-----

II 研究ノート

1 太陽光を照明と発電に利用した自立型エコ照明の開発	鈴木敬明、小野巳吉、外山 勸、池田貴裕、中村共孝、本間 篤	31
2 負荷検知型方式による車椅子の走行補助装置の開発	長澤 正、長谷川和宏、三浦 清、橋本裕司、大城徳彦	33
3 人工呼吸器加温加湿器用湿度センサの耐久性評価	飯野 修	65
4 並列・分散型小規模組込み機器開発のためのベンチテスト環境構築の試み	望月建治	67
5 医療用酸素ボンベの警報機能付き残量モニタの開発（第2報） —使いやすい残量モニタを目指して—	本多正計、水口之熙	69
6 介護福祉施設用見守りセンサシステムの開発（第2報）	中山 洋、杉本芳邦、高木 誠、小林信明、一言貴則、福島利博、鈴木嘉幸	87
7 PVDプロセスにおけるボンバード処理の分析	高木 誠、中山 洋、杉本芳邦、遠藤浩久、田中隆義	89
8 機能分解	針幸達也	120

III 抄 錄

1 加齢で生じる眼の瞳孔収縮によって生じるもの見えにくさを シミュレーションする模擬ゴーグルの開発	鈴木敬明、船井 孝、岡嶋克典	51
--	----------------	----

製紙分野

I 報 告

1 古紙を原料とした家庭紙製造企業における二酸化炭素排出量の算出	齊藤将人、深沢博之	71
2 デジタル印刷物のリサイクル適性評価法の開発と古紙原料への混入の影響評価	鈴木悠介、深沢博之、齊藤将人	77
3 家庭紙工場における歩留まり低下要因の追求とその影響評価	河部千香、堤 真一、深沢博之	81

ユニバーサルデザイン・工芸分野

I 報 告

- 1 自然の力を利用した木材の耐久性向上技術の開発 (第2報)
.....鈴木光彰、赤堀 篤、佐野禎彦、小谷佐和、松村賢太 22

II 研究ノート

- 1 簡単で使いやすいディジタルオーディオプレイヤーの開発 (第1報)
.....小松 剛、易 強、多々良哲也、薩川芳之、福島博行 43

III 抄 錄

- 1 行動観察記録ソフトウェアOBSERVANT EYEの開発
.....易 強、鈴木敬明、櫻川智史、田村久恵、黒須正明 52

プロジェクト研究

1. 高齢者の自立を促進する医食工連携による誤嚥性肺炎の総合的予防 (H20~H22)

III 抄 錄

- 1 就寝前の加温カフェインによる連続洗口は健常者の口腔内細菌叢を変化させる
.....大川勝正 53
- 2 現在歯を有する要介護高齢者における嚥下機能の低下と口腔衛生状態との関連性
.....森野智子、大川勝正、萩原芳幸、関 みつ子 54

県新成長戦略研究

1. 高耐久性金型のための高度コーティング技術の開発 (H21~H23)

III 抄 錄

- 1 高耐久性ダイカスト金型のための高度コーティング技術の開発
.....田中翔悟、高木 誠、真野 育 49

2. 微生物を用いた抗体タンパク質の生産技術の開発 (H22~H24)

II 研究ノート

- 1 微生物を用いた一本鎖型抗体の生産技術の開発 (第7報)
—抗インフルエンザウイルスscFv遺伝子の単離—
.....太田俊也、松野正幸、室伏敬太 55
- 2 微生物を用いた一本鎖型抗体の生産技術の開発 (第8報)
—抗インフルエンザウイルスscFv抗体の精製と親和性解析—
.....松野正幸、室伏敬太、太田俊也 57
- 3 微生物を用いた一本鎖型抗体の生産技術の開発 (第9報)
—抗インフルエンザ抗体生産酵母のファーメンター培養による抗体大量生産の検討—
.....室伏敬太、松野正幸、太田俊也 59

3. 飲料残さの資源化による地域ゼロエミッションシステムの開発 (H23~H25)

II 研究ノート

1 ダイダイ果皮精油の抽出法の検討	山下里恵、菊池圭祐、櫻川智史	25
-------------------	-------	----------------	----

III 抄 錄

1 CO_2 賦活およびKOH賦活がコーヒー抽出残さ由来活性炭の細孔構造に与える影響	.....	菊池圭祐、山下里恵、櫻川智史	45
2 コーヒー抽出残さ由来活性炭を用いた電気二重層キャパシタ	.....	菊池圭祐、山下里恵、櫻川智史、安江智弘、須藤雅夫	46
3 ヨウ素処理したコーヒー抽出残さの炭素化挙動	.....	山下里恵、菊池圭祐、櫻川智史	47

4. 次世代自動車の素材加工技術の開発に関する研究 (H23~H25)

I 報 告

1 チタン合金のエンドミル加工における形状精度に関する研究	.....	大澤洋文、是永宗祐、植松俊明、伊藤芳典	98
2 エンドミル加工におけるチタン合金の切りくず排出性の検討	.....	是永宗祐、植松俊明、伊藤芳典、大澤洋文	109

II 研究ノート

1 強度試験による材料特性評価技術の確立 ー試験片の作製方法および採取方向の影響ー	植松俊明、伊藤芳典、是永宗祐、大澤洋文	121
---	-------	---------------------	-----

5. LED用樹脂レンズの開発・評価に関する研究 (H24~H26)

I 研究ノート

1 県内企業アンケート調査による光関連産業の技術動向と企業ニーズ	.....	真野 賀、鈴木敬明、長津義之、船井 孝、豊田敏裕、太田幸宏、志智 亘	27
2 光学部品の高精度形状測定に向けた接触式三次元測定機の測定子径補正手法の検討	.....	船井 孝	29
3 PMMAの引張試験における複屈折と主応力の比較	.....	志智 亘、太田幸宏、長津義之、豊田敏裕、船井 孝 真野 賀、鈴木敬明、東村裕司、阿部直毅	116

II 抄 錄

6 真珠干渉色の光学計測手法と主観的品質との関係	豊田敏裕、中内茂樹	50
--------------------------	-------	-----------	----

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

レーザーによる高機能皮膜作製技術の開発（第1報）

金属材料科
テクノコート株式会社鈴木洋光 菅野尚子*
青嶋松寿Development of Laser Sintering Method for Fabricating High Functionality Coat
(1st Report)

Hiromitsu SUZUKI, Naoko KANNO and Shouji AOSHIMA

Strengthening car materials such as high strength steels and die-cast aluminum alloys is quite important because of high demand for light-weight, fuel-efficient and safe car. Therefore, metallic mold for press and die-cast is required high strength and high resistance to wearing, welding and scoring. In addition repairing techniques on site are required. In our previous study, although cracks occurred, high hardness coat which exceeds 1,000HV was fabricated by using pulse YAG (Yttrium Aluminum Garnet) laser. In this study, economical supply method of powder materials and output waveform control to reduce crack initiation were considered. Pulse fiber laser which is small and maintenance-free was used for fabricating coat. Coating materials were supplied as paste by mixing with solvent. Although the hardness of the fabricated coat was not sufficient, it was expected to be improved by fabricating condition.

Keywords : Laser Sintering Method, Pulse Fiber Laser, High Functionality Coat, Waveform Control

キーワード : レーザー焼結法、パルスファイバーレーザー、高機能皮膜、波形制御

1 はじめに

自動車の燃費改善、安全性などの観点から材料の軽量化、高強度化が進んでいる。そのため、高張力鋼のプレス金型やアルミダイカスト金型などには、高い強度や耐焼付き性、耐かじり性、耐摩耗性などの高い材料特性、機能性が要求され、高機能皮膜の作製技術が必要とされている。また、金型破損の補修が長期化すると生産性の低下につながるため、現場での補修技術も望まれている。

現在行われているワイヤーを使用したレーザーによる肉盛法は、皮膜用材料をワイヤー状に加工する必要があり、高硬度材料の使用や新たに機能性を付与すること、ワイヤーが入らないような穴部への肉盛は困難である。そこで、粉末材料を皮膜用材料として使用することで、ワイヤー状に加工が困難な高硬度材料の利用や新たな機能性の付与、ワイヤーが入らないような穴部などの複雑形状への肉盛が可能となる。これまでの研究¹⁾において、パルスYAG (Yttrium Aluminum Garnet) レーザーを使用して、粉末材料による皮膜の作製、評価を行った。高硬度の皮膜を作製するため、

皮膜用粉末材料には、合金成分としてCo合金であるステライトNo. 6、機能性材料としてWC-12Coを使用し、これら2種類の粉末材料の配合率を変えて混合し、皮膜作製を行った。その結果、WC-12Coの配合率を大きくするほど硬度が高くなり、き裂発生などの欠陥はあるものの、ビックアース硬度で1,000HVを超える高硬度の皮膜を作製することができた。しかし、粉末材料を噴射して直接供給することによる粉末材料のロスやき裂発生についての課題がある。

本研究では、小型でメンテナンス性の良いパルスファイバーレーザーを使用して試料を作製するとともに、より効率的な粉末材料の供給方法及び、き裂低減に向けた波形制御について検討を行った。

2 試験方法

2.1 試料作製

(1) 金型基材と粉末材料

試料作製は、金型表面に耐摩耗性皮膜を作製することを想定して行った。金型基材としてS45C鋼、皮膜の粉末材料に合金成分としてCo合金のステライトNo. 6

*現 環境衛生科学研究所

【報告】

(表1) 及び、機能性材料としてWC-12Coを所定の重量比で混合したものを使用した。

表1 ステライトNo. 6の組成 (wt%)

Cr	W	C	Co
28	4	1	Bal.

(2) レーザーの種類

パルスYAGレーザーは水冷であったのに対し、パルスファイバーレーザーは空冷のため、チラーが不要である。また、冷却水の汚れなどによる不具合が発生しない。さらに、発振方式の違いから運搬等の振動による軸のずれがない。そのため、従来のパルスYAGレーザーと比べて、装置が小型化し、メンテナンス性も向上するため、現場で使用する場合に有利な点が多い。

本研究では、パルスファイバーレーザー(図1)とパルスYAGレーザーを使用して皮膜の作製を行い、比較を行った。皮膜の粉末材料はステライトNo. 6とWC-12Co(パルスファイバーレーザーには単体のWCを使用)を重量比1:1で混合したものを使用した。

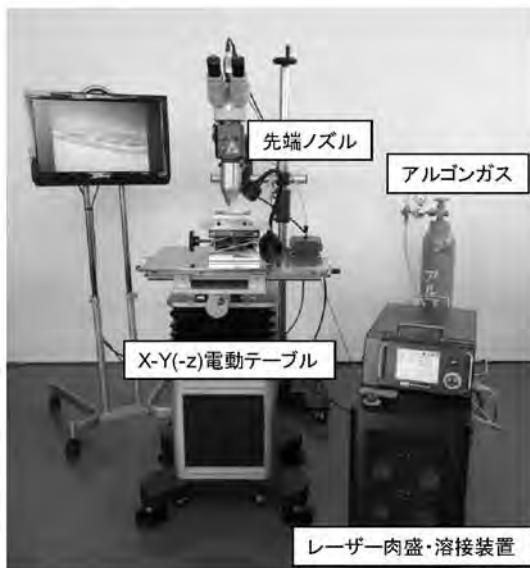


図1 パルスファイバーレーザー肉盛・溶接装置

(3) 粉末材料供給方法

これまで粉末材料は、アルゴンガスを使用して、レーザー照射部に向けてノズルより噴射して直接供給を行ってきた。しかし、パルスレーザーは、間欠的にレーザーが照射されているのに対して、粉末材料はレーザーの休止時間中も供給をされている。また、排出された粉末材料は異物の混入や材料配合率の変化が生じるた

め、回収による再利用は困難である。そのため、粉末材料の90%以上がロスとなる。さらに、現場で実際に使用する場合、粉末材料を噴射する方法では粉末の飛散により、摺動面や電子機器など周辺機器の故障の原因となることが考えられる。

そこで、効率的かつクリーンな粉末材料の供給方法として、溶媒でペーストにする方法について検討を行った。皮膜の粉末材料はステライトNo. 6とWC-12Coを重量比2:1で混合したものを使用し、溶媒には、①エタノール+エチレングリコールと②エチレングリコールのいずれかを使用した。ペーストの供給は、①は液体状に近いため刷毛を使用して、②は固体状に近いためへらを使用して基材表面に塗布する方法で行い、パルスファイバーレーザーで皮膜を作製した。そして、このペースト法により作製した皮膜と従来の粉末材料を直接供給して作製した皮膜との比較を行った。

(4) 波形制御

高硬度の皮膜を作製する際、皮膜に発生するき裂が問題となっている。これは、パルスレーザーの波形が矩形波となっているため、皮膜が焼結されるときに急熱急冷過程となり、皮膜内部に残留応力が発生し、硬度が高いほど割れが発生しやすいためと考えられる。

そこで、波形制御により急熱急冷過程を徐熱徐冷過程とすることで内部残留応力の緩和を図り、き裂発生を低減する検討を行った。粉末材料はステライトNo. 6とWC-12Coを重量比2:1及び4:1で混合したものを使用し、溶媒としてエチレングリコールを使用した。レーザー波形は、図2(a)に示した波形制御を行わない矩形波と図2(b)に示した波形制御により出力を下げていく波形とした。なお、周波数は5Hzとして、それぞれの波形で皮膜を作製し、比較を行った。

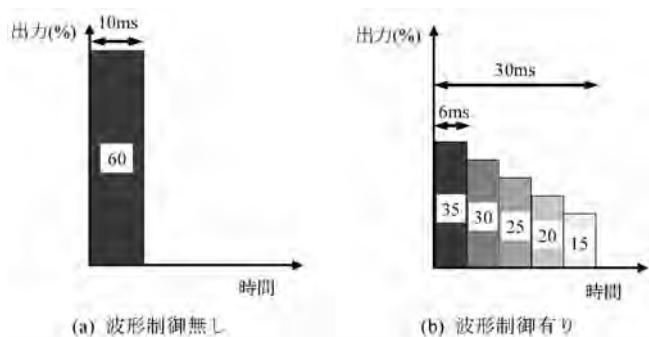


図2 波形制御によるレーザー波形

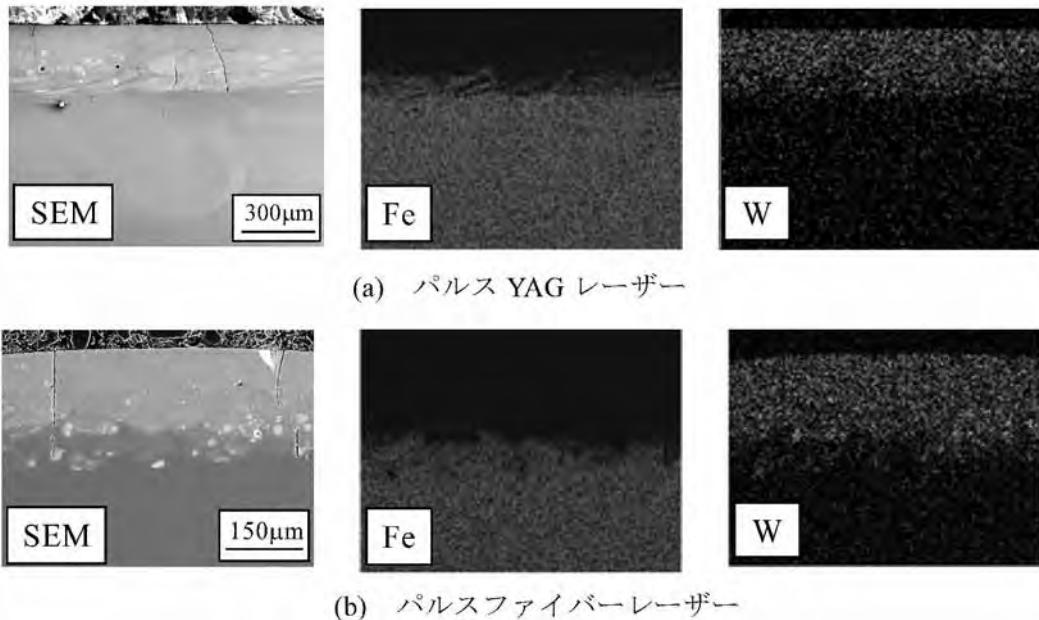


図3 各レーザーによる皮膜断面のSEM像及びマッピング像

2.2 評価方法

(1) 組成分析

作製した試料は中央部で切断し、樹脂に埋め込み、耐水研磨紙およびダイヤモンドペーストを使用して鏡面研磨した後、表面を金でコーティングし、走査型電子顕微鏡 (SEM ; 株日立ハイテクノロジーズ製 S-3700) およびエネルギー分散型X線分析装置 (EDX ; 株堀場製作所製 EMAX ENERGY EX-350) でSEM観察および元素分析を行った。

(2) 断面組織観察

組成分析に用いた試料を再び鏡面研磨した後、基材をナイタール (10%硝酸エタノール) でエッチングし、倒立型金属顕微鏡 (オリンパス光学工業株製 PMG 3) で断面組織観察を行った。

(3) 硬度測定

マイクロビックカース硬度計 (株明石製作所製 MVK-E) を使用して、試験力0.98Nで皮膜断面の硬度を測定した。

3 試験結果・考察

3.1 レーザーの種類

各レーザーにより作製した皮膜の断面のSEM像及びマッピング像を図3に、組成分析の結果を表2に示す。いずれの皮膜も基材成分に由来するFeは4%で、その他はほぼ供給された粉末材料で形成されていた。硬度試験結果を図4に示す。いずれの皮膜もビックカース硬度1,000HVを超える高硬度を示した。このことから、パルスファイバーレーザーを使用しても、従来のパルス

表2 各レーザーによる皮膜の元素分析 (wt%)

	W	Co	Cr	Fe
YAGレーザー	49	31	11	4
ファイバーレーザー	58	23	11	4

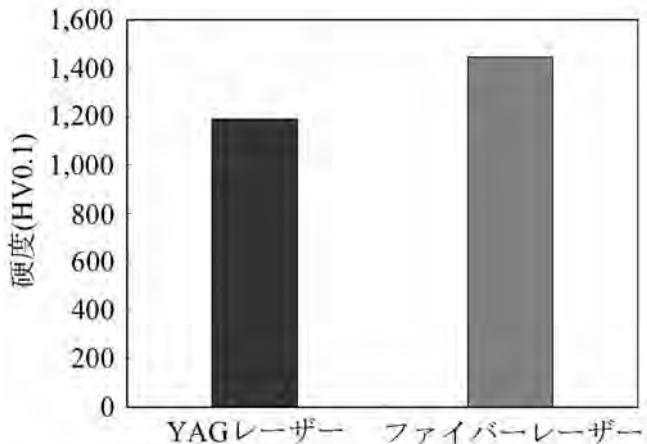


図4 各レーザーによる皮膜の硬度

YAGレーザーと同等の皮膜を作製できることを確認できた。

3.2 粉末材料供給方法

粉末材料の供給方法の違いによる皮膜断面のSEM像及びマッピング像を図5に、組成分析の結果を表3に示す。直接供給により作製した皮膜では、基材成分に由来するFeは5wt%で、その他はほぼ供給された皮膜材料で形成されていた。それに対して、ペースト供給により作製した皮膜では、基材成分に由来するFeは①エタノール+エチレングリコールで70wt%、②エ

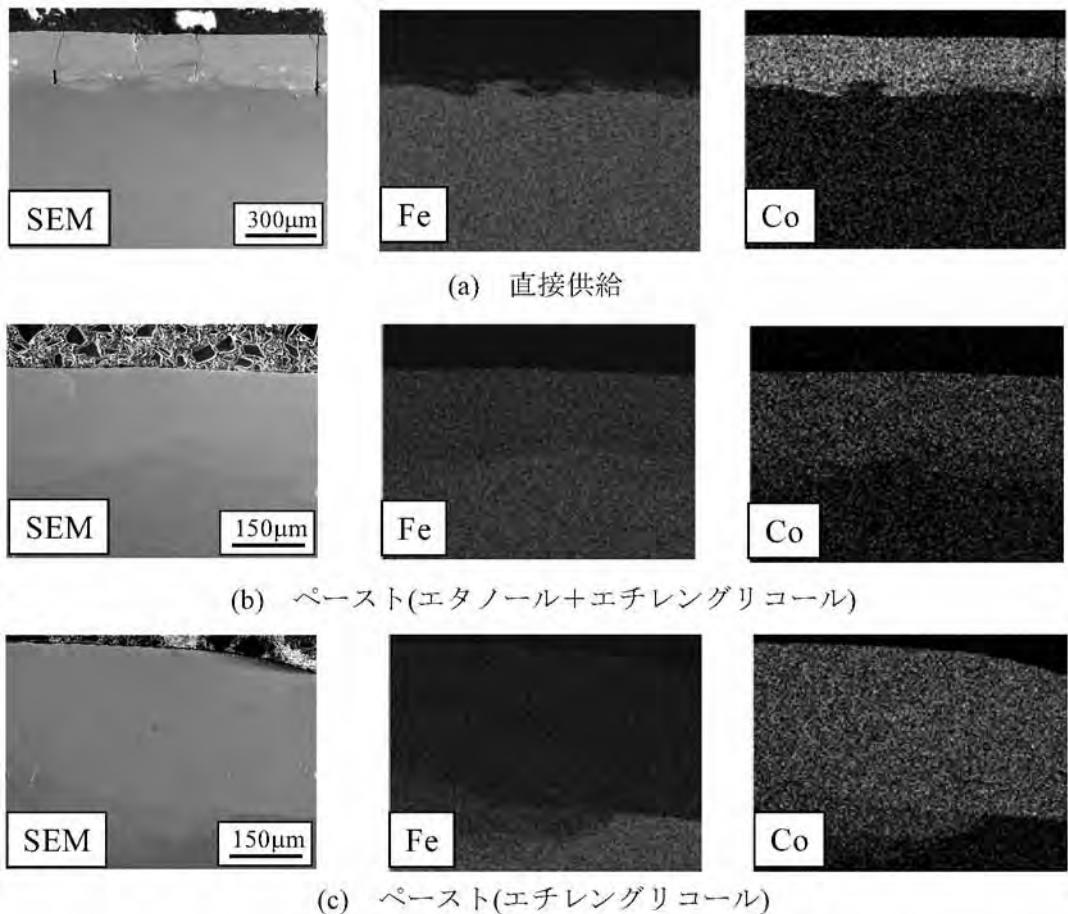


図5 各粉末供給方法による皮膜断面のSEM像及びマッピング像

表3 各粉末供給方法による皮膜の元素分析 (wt%)

	W	Co	Cr	Fe
直接供給	38	37	15	5
エタノール + エチレンギリコール	10	13	5	70
エチレンギリコール	24	39	17	15

チレンギリコールで15wt%と割合が明らかに増加していた。硬度試験結果を図6に示す。直接供給により作製した皮膜では、ビックカース硬度が1,200HV程度であったのに対して、①のペースト供給により作製した皮膜では400HV程度、②のペースト供給により作製した皮膜では700HV程度と明らかに低下していた。これは、溶媒によって粉末材料の密度が低下し、高硬度付与に不充分な量であったこと、皮膜への基材の拡散が多くなったためであると考えられる。そのため、①より溶媒の量が少ない②の場合のほうが硬度は高くなっていたと考えられる。今後、より高い硬度の皮膜を作製するためには、溶媒の種類や量を減少させることについて検討する。

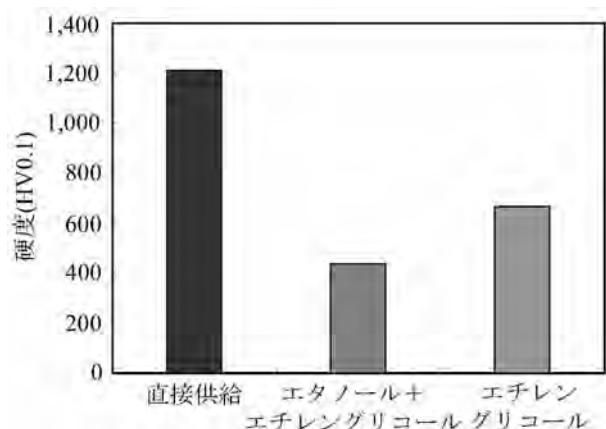


図6 各粉末供給方法による皮膜の硬度

3.3 波形制御

皮膜作製におけるパルスファイバーレーザーの波形制御によるき裂発生の低減効果を調べた断面組織写真を図7に示す。ステライトNo.6とWC-12Coの重量比2:1、4:1のいずれについても波形制御によりき裂数が減少した。硬度試験結果を図8に示す。硬度は波形制御によって低下することはなく、ほぼ同程度となっていた。このことから波形制御によって、皮膜の機能性を損なうことなく、き裂発生を低減させることが期待

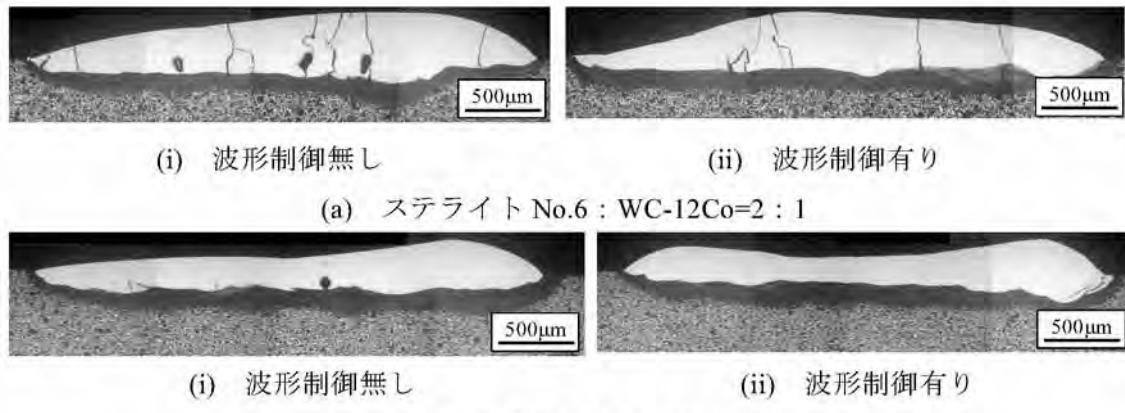


図7 波形制御による効果（断面組織写真）

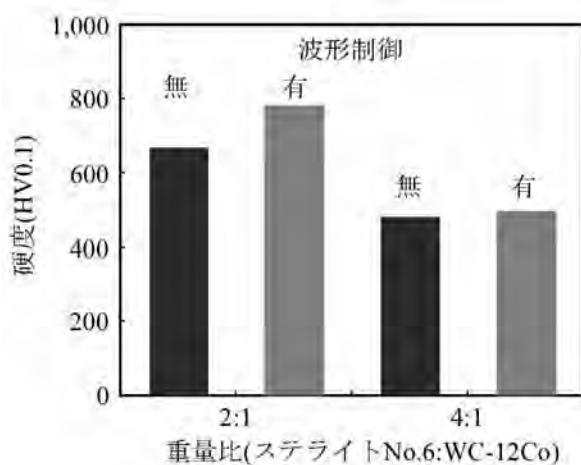


図8 波形制御による効果（硬度試験）

できる。

4 まとめ

パルスファイバーレーザーは、パルスYAGレーザー

と同等の皮膜が作製できることがわかった。また、粉末材料のロスを減らし、周囲への飛散を防止するために粉末材料供給方法を噴射による直接供給する方法から、溶媒でペーストにして塗布する供給方法に変更を行った。しかし、溶媒の影響により、基材の皮膜への拡散が多く、硬度があまり高くならなかった。そのため、定量供給方法とともに溶媒の種類、配合率について、さらに検討を行っていく必要がある。波形制御については、き裂発生の低減に効果があることが期待できるため、今後、条件を詳細に検討したい。

参考文献

- 1) 鈴木洋光 他：レーザーによる高性能皮膜の評価. 静岡県工業技術研究所研究報告, 第5号, 49-50 (2012).

環境調和型めっき技術の開発

— 耐摩耗性付与を目的とした鉄合金めっきの検討 —

金属材料科 綿野哲寛 本間信行
丸長鍍金株式会社 古本修一 篠原恵吾

Development of electroplated coatings as an environmentally benign technology

— Improvement of wear resistance by iron-based plating —

Tetsuhiro WATANO, Nobuyuki HONMA, Shuichi KOMOTO and Keigo SHINOHARA

From environmental and economical viewpoints, development of hard chromium replacement is quite important. Iron-based plating, such as Fe-W or Fe-Cr, have been studied as alternative plating materials. In this research, we evaluated Fe-Mo alloy as a plating materials. As a result, we found that hardness of Fe-Mo alloy plating was considerably improved after post-heat-treatment at 573 K for 2 hours. Although there still remains lots of problem to solve, the result indicated that Fe-Mo alloy has potentials as substitute for hard chromium.

Keywords : Fe-Mo alloy plating, wear resistance, corrosion resistance, environmentally benign technology

キーワード : Fe-Mo合金めっき、耐摩耗性、耐食性、環境負荷低減

1 はじめに

県内のめっき事業者は、自動車・オートバイ・電子機器部品と幅広い分野に対応するため様々な表面処理に取り組んでいる。しかし、ニッケル・クロム等の価格高騰や世界的な環境規制の影響を強く受け、近年、厳しい企業経営に立たされている。

鉄めっきは資源が豊富で環境に優しい表面処理技術として期待されているが、めっき液の浴寿命が他のめっき液に比べ非常に短く、生産性が悪いという課題がある。そのため、鉄めっきの現在の市場規模は小さく、電鋳、肉盛り等の使用に限定されている。

本研究では、耐摩耗性付与を目的としたFe-Mo合金めっきの検討及びめっき浴の安定化を行うことにより新たな表面処理技術の開発を目指す。

2 方法

Fe-Mo合金めっきは、非晶質構造であるため、一般的に熱処理¹⁾することで固溶化し、結晶性を持たせることで物性が大きく変化することが知られている。そこで、熱処理前後の物性についてそれぞれ調査した。

研究方法は、後述の2. 1で作製した全ての試料について硬度測定を行い、その中で、特に高い硬度を示しためっき条件を事前に選定した。

その後、再現性及びばらつきを確認するため、改め

て同じ条件で試料作製を行い、2. 2のめっきの特性評価を行った。なお、各条件での試験サンプル数は3とした。

2.1 Fe-Mo合金めっきの作製

(1) めっきの電解条件

陽極板は、チタン・白金電極を使用した。

直流電源は、(株)山本鍍金試験器製のハルセル／筆めっき用直流電源3A2型を使用し、表1の電解条件とした。

表1 めっきの電解条件

温度 (℃)	pH	電流密度 (A/dm ²)
35	4	0.5
35	4	1.0
35	4	3.0
35	4	5.0
35	4	8.0

(2) めっき浴の検討

FeSO₄·7H₂O、Na₂MoO₄·2H₂O、Na₃C₆H₅O₇·2H₂Oを使い、図1の19通りの配合比でめっき浴を建浴した。

(3) 热処理条件の検討

試料をN₂雰囲気中、一定温度(300°C)で2時間保持後、空冷した。

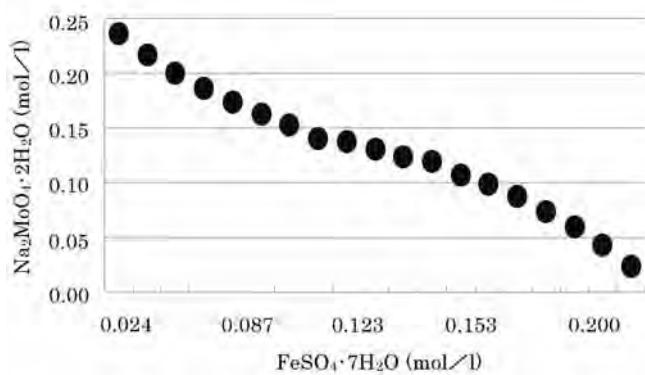


図 1 Fe-Mo合金めっきの浴組成*

* $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ は全て0.26 (mol/l) に固定した。

2.2 めっきの特性評価

(1) マイクロビックカース硬度試験

JIS Z 2244に準じて、株赤石製作所製のマイクロビックカース硬度計AVK型により測定した。

試験荷重は、10gfに設定した。

(2) 耐食性試験

JIS Z 2371に準じて、スガ試験機株製のST-ISO-3型HJ796053により試験した。

(3) ボールオンディスク型摩擦摩耗試験

JIS R 1613に準じて、CSEM社製のTribometerにより試験した。摩耗相手材は、超硬合金球を使用した。

試験条件は、室温大気中における無潤滑、垂直荷重1N、摺動速度6.3m/minに設定した。

(4) X線回折

株リガク製のRINT-2000を使用した。X線出力は、40kV、30mAの1.2kWに設定した。

3 結果

3.1 硬度測定によるめっき条件の選定

熱処理前後において特に高い硬度を示した3種類のめっき浴組成について表2に示す。

表 2 めっき浴組成

めっき浴種類	FeSO ₄ ·7H ₂ O (mol/l)	Na ₂ MoO ₄ ·2H ₂ O (mol/l)	Na ₃ C ₆ H ₅ O ₇ ·2H ₂ O (mol/l)
めっき浴a	0.236	0.024	0.260
めっき浴b	0.217	0.043	0.260
めっき浴c	0.200	0.060	0.260

(1) 热処理前

図2の条件2Aと図4の条件4Aで、特に高い硬度を示した。

(2) 热処理後

図2の条件1B、図3の条件3Bと図4の条件5Bで、特に高い硬度を示した。

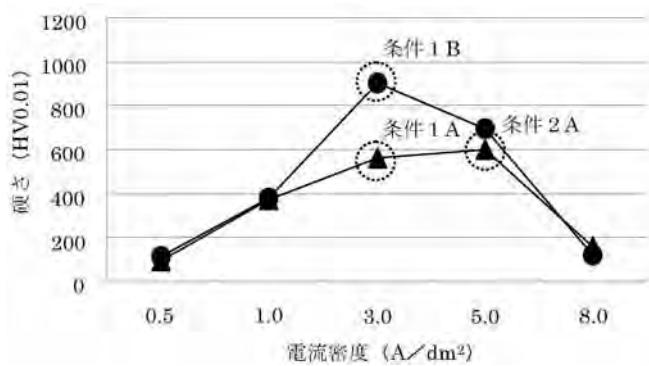


図 2 热処理による硬度変化(めっき浴a)

▲: 热処理前、●: 热処理後

条件1A: 热処理前、めっき浴a、電流密度3.0A/dm²

条件1B: 热処理後、めっき浴a、電流密度3.0A/dm²

条件2A: 热処理前、めっき浴a、電流密度5.0A/dm²

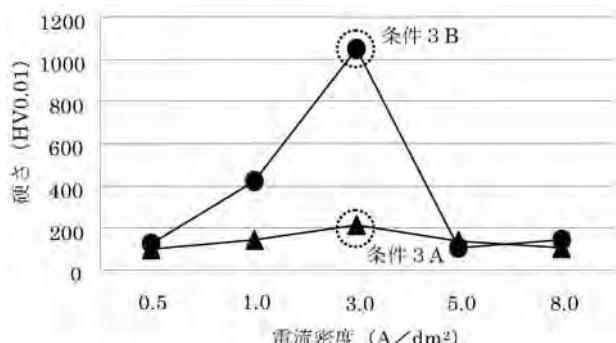


図 3 热処理による硬度変化(めっき浴b)

▲: 热処理前、●: 热処理後

条件3A: 热処理前、めっき浴b、電流密度3.0A/dm²

条件3B: 热処理後、めっき浴b、電流密度3.0A/dm²

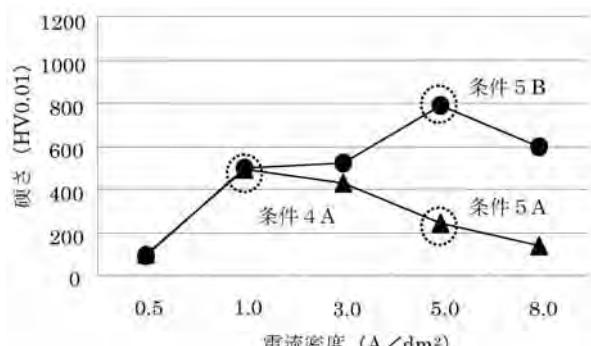


図 4 热処理による硬度変化(めっき浴c)

▲: 热処理前、●: 热処理後

条件4A: 热処理前、めっき浴c、電流密度1.0A/dm²

条件5A: 热処理前、めっき浴c、電流密度5.0A/dm²

条件5B: 热処理後、めっき浴c、電流密度5.0A/dm²

【報告】

3.2 めっき条件の選定

3. 1の硬度測定で最大硬度を示した3条件（条件1A、3B、5B）を3. 3のめっきの特性評価^{2,3)}のためのめっき条件として選定した。

3.3 めっきの特性評価

(1) マイクロビックカース硬度試験

表3にマイクロビックカース硬度試験の結果を示す。

表3 試験結果

めっきの作製条件	マイクロビックカース硬度 (HV0.01)
条件1A	890
条件3B	1003
条件5B	750

(2) 耐食性試験

① 热処理前

全ての試料について2時間以内で赤さびが発生し始め、24時間以内で全面腐食に至った。

② 热処理後

全ての試料について2時間以内で赤さびが発生し始め、24時間以内で全面腐食に至った。

③ 热処理前後の耐食性変化

热処理による耐食性向上が確認された。

例として、図2の条件1A、1B（表2のめっき浴a、電流密度3.0A/dm²）で作製した試料の耐食性試験結果を写真1に示す。

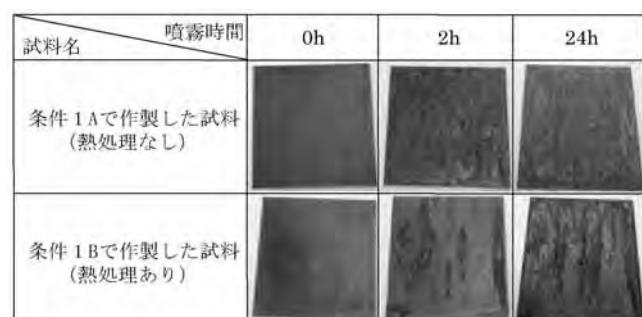


写真1 塩水噴霧試験（熱処理前後）

(3) ボールオンディスク型摩擦摩耗試験

① 热処理前

耐摩耗性は、一般的に摩耗重量、摩耗深さ及び摩擦係数から総合的に評価されるが、摩耗重量及び摩耗深さが測定不可能だったため、摩擦係数のみで評価した。

摩耗重量は垂直荷重を1Nと低荷重に設定したため計測できなかった。

摩耗深さはめっき試料表面の凹凸のために試料と磨耗相手材とでわずかな軸ぶれを起こし、ばらつきが発生したため計測できなかった。

試験結果を表4に示す。

表4 試験結果

めっきの作製条件	摩擦係数
条件1A	0.47
条件3B	0.53
条件5B	0.60

② 热処理後

熱処理前と同様に摩擦係数による評価を試みたが、めっき表面の酸化により凸凹が多く発生したため測定出来なかった。

4 考察

4.1 热処理による硬度変化

図2、3、4のとおり熱処理後の硬度が飛躍的に向上した。しかし、図5のX線回折の結果よりピークがプロードで、まだ固溶化していない状態のため、熱処理条件を変えることで更なる硬度上昇が期待できる。

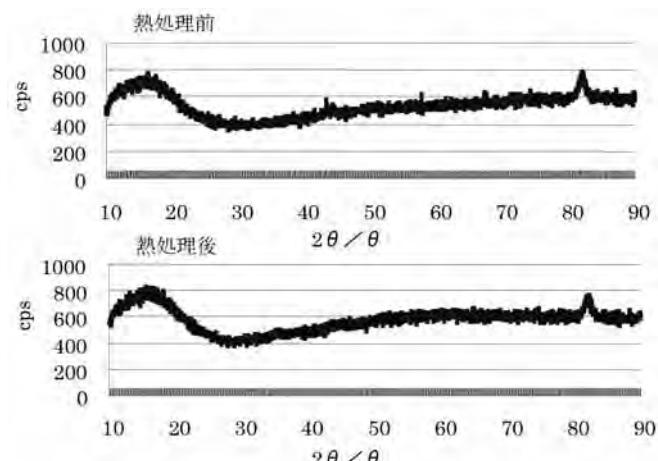


図5 X線回折結果*

（めっきの作製条件：めっき浴a、電流密度5.0A/dm²）
*熱処理前後において結晶構造に特に変化は見られない。また、その他の条件についても同様、熱処理前後の結晶構造に変化は見られない。

4.2 热処理による耐食性変化

耐食性試験では、全ての試料で2時間以内に赤さびが発生し、24時間以内で全面腐食に至った。

耐食性低下について、二つの要因が考えられる。

一つ目の要因として、2. 1(2)で検討しためっき浴中には、pH緩衝剤を全く加えていなかったことが挙

げられる。そのため、水の電気分解に伴うpH変動の影響で Fe^{2+} 、 Fe^{3+} 及びその他の不純物等が多量に存在したため、めっき皮膜中に取り込まれて耐食性が低下したと考えられる。

二つ目の要因として、水の電気分解により発生した水素ガス等が試料表面に吸着しやすい状態であったことが挙げられる。そのために、ピットやピンホール等の不良が発生しやすくなり、耐食性が低下したと考えられる。

一方で、熱処理による耐食性の改善が見られた。これは、熱処理に伴う硬度上昇によりめっき表面に微細なマイクロクラックが発生し、腐食電流が分散したことで耐食性が向上したものと考えられる。

今後は、めっき浴の安定化とマイクロクラックの効果を利用して、硬質クロムめっきの代替を目標に耐食性向上について検討する。

4.3 耐摩耗性評価

熱処理前の試料では、図2の条件1A、図3の条件3A、図4の条件5Aの順に摩擦係数及びMo含有量が増加していた。Mo含有量が少ないほど、めっき表面の荒れが少なくなり、摩擦係数が低くなつたためと推察される。また、今回の実験では熱処理後の耐摩耗性評価を行うことができなかつた。

今後は、試料と摩耗相手材との軸ぶれを大きくさせるめっき表面の凸凹を抑えられると考えられる次の二つの検討を行う。

一つ目として、めっき浴にめっき表面の凸凹を平滑にする作用がある光沢剤と、試料表面にピットやピンホールを発生させる水素ガス発生を防ぐためのピット防止剤

を添加する。

二つ目として、熱処理において、電気炉内を N_2 ガスで十分に充填させ、また、試料を十分冷却させてから取り出す。

5 まとめ

- (1) 非晶質のFe-Mo合金めっきを熱処理することで、硬度が約1,000に向上し、耐摩耗性めっき皮膜への可能性を見出すことが出来た。
- (2) 热処理による耐食性の改善が見られた。今後は、めっき浴を安定化するとともに、マイクロクラックの効果を検証し、耐食性向上について検討する。

謝辞

本研究を遂行するにあたり、ご協力いただいた信州大学工学部物質工学科の新井進教授ならびに丸長鍍金株式会社の関係各位に深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 渡辺敏：基本的熱処理法、「熱処理技術入門」，初版（株大河出版，東京），(社)日本熱処理技術協会／日本金属熱処理工業会 編集，pp.15-34 (2004).
- 2) 真野毅：反応性イオンプレーティングによる積層皮膜の形成とその評価. 表面技術, 45 (7), 700-704 (1994).
- 3) 村木正芳：トライボロジーの意義、「図解トライボロジー摩擦の科学と潤滑技術」，初版（日刊工業新聞社，東京），千野俊猛 他 編集，pp1-10 (2007).

伝熱シミュレーションに基づく熱変位補正

— 高速グリススピンドルを搭載したマシニングセンタでの高精度加工の実現 —

機械科 長津義之* 真野 肇 鈴木敬明
 碇々産業株式会社 片山哲也 川津和司

A Correction Method of the thermal displacement based on heat transfer simulation

— An achievement of high precision machining on a machining center with a high speed grease spindle —

Yoshiyuki NAGATSU, Tsuyoshi MANO, Takaaki SUZUKI, Tetsuya KATAYAMA
 and Kazushi KAWATSU

Heat transfer simulation is an effective method to predict thermal displacements of machine tools. However, methods of calculating simulation parameters (e.g., heating values, coefficients of heat transfer) have not been established. In present study, we estimated these simulation parameters based on measured temperature of several positions of a machine tool and a thermal displacement of the tip of the tool. For a high speed grease spindle of a machining center, thermal distributions were simulated with estimated simulation parameters. The prediction of transient states of the axial displacement of a main spindle in the thermal transient state was applied to correct the thermal displacement during square end milling. The results of evaluation showed the proposed method reduced the machining error caused by the thermal displacement.

Keywords : Thermal displacement, Heat transfer simulation, Machine tool, Coefficient of heat transfer

キーワード : 热変位、伝熱シミュレーション、工作機械、熱伝達係数

1 はじめに

精密切削加工において、高精度微細化のニーズにより小径工具の利用が増加している。また、さらなる加工効率の向上を目指し、主軸及び送り軸の高速化が進んでおり、モータからの発熱量が増大し、加工装置の熱変形対策が重要になっている。

対策の一つとして、装置各部の温度を計測し、熱変形による工具とワークの相対位置変動を予測し、補正する方法^{1, 2)}がある。この方法は特殊な設備を必要とせず、低コストであるが、事前に装置ごとに繰返し運転させ、温度と熱変位の関係式を装置ごとに求める必要がある。

繰返し試験を効率化するための有限要素法 (FEM) による伝熱解析³⁾は有用な手段であるが、実施には熱伝達係数や発熱量などの直接測定困難で、算出法が確立されていないパラメータを用いる必要がある。

本研究では、高速スピンドルを搭載したマシニングセンタについて、変位量が大きい主軸スピンドルのz軸

(主軸) 方向変位補正を対象とし、シミュレーションパラメータの算出法を検討し、熱変位予測及び熱変位補正を行った。

2 方法

対象装置は碍々産業株製マシニングセンタHC-658 (写真1) とした。



写真1 対象装置

*現 浜松工業技術支援センター

この装置は最高主軸回転数32,000rpmの高速グリススピンドルを搭載している。グリススピンドルはオイルミスト及びオイルエア潤滑のスピンドルと異なり、装置本体やワークにオイルが飛散しないため、温度センサの取り付けが容易である。また、オイルミストのインジェクションがなく、微小な温度変動が少ないという特徴がある。また、x、y、z軸ストロークはそれぞれ、600、500、400mmである。

2.1 装置温度及び熱変位測定

対象装置にT熱電対（測定範囲-200～+350°C）をスピンドル下部、ベッド、コラム等、6箇所に貼付し、表面温度を計測した。図1は、スピンドル下部周辺の計測の様子である。スピンドル下端の-z軸方向の変位を渦電流式変位計（測定範囲1mm、分解能0.4μm）で測定した。スピンドル運転は、測定治具を取り付けた状態で無負荷運転とし、回転数は15,000、20,000、25,000、27,500及び32,000rpmの5段階とした。また運転パターンとしては、回転を開始した後、各段階で2時間回転させ、次の段階に回転数を上げる工程を繰返し、最後に停止させるようにした。



図1 スピンドル下部測定

2.2 パラメータ算出

伝熱シミュレーションを行うためには発熱量及び熱伝達係数に関するパラメータを求めることが必要である。具体的には、発熱量については、主軸スピンドルモータのロータ、ステータ、ベアリング、また、冷却については加工室内、ベッド周辺、コラム周辺及びスピンドル内を通過する冷却油の流路壁の表面熱伝達係数に関するパラメータを求めた。なお、解析ソフトはPTC社のPro/Mechanica WF5.0を用いた。ハードウェアはHP製ワークステーションxw8200 (CPU:Intel Xeon3.6GHz × 2, RAM: 8 GB) である。

パラメータ計算では、対象箇所の温度について、解

析結果と実測の差の二乗和が最小となるようなパラメータを算出した。その際に局所解を避けるため、図2で示すように、各部の発熱量と冷却に関連する熱伝達係数とを別個に計算した。

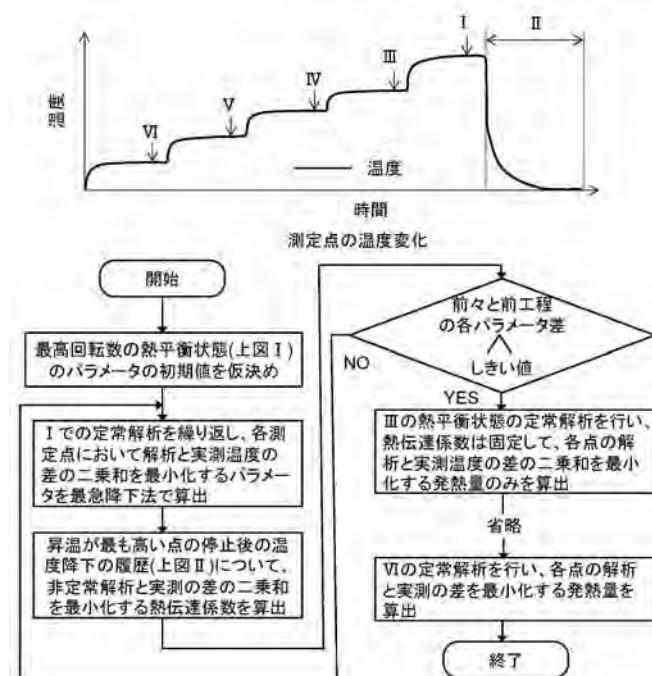


図2 パラメータ算出手順

2.3 補正加工実証試験

得られたパラメータを用い、切削加工の熱補正試験を行った。被削材は65/35黄銅で、図3のような溝加工を行った。使用工具はφ2スクエアエンドミル（日進工具 超硬MSE430）を用い、回転数は32,000rpm一定、クーラントはエアブローとした。最大z方向切り込み量は0.05mmである。

補正是以下のように行った。すなわち、回転後の時間経過とともに下降するスピンドル下端変位を非定常解析で予測し、その変位分をNC指令でオフセットした。加工溝は補正がある場合とない場合とでそれぞれ6本ずつとし、1～6の溝はそれぞれ主軸回転開始後、3分、5分、10分、30分、60分、90分後に仕上げ加工を行ったものである。

また、主軸回転停止後、90分以上経過し、装置が

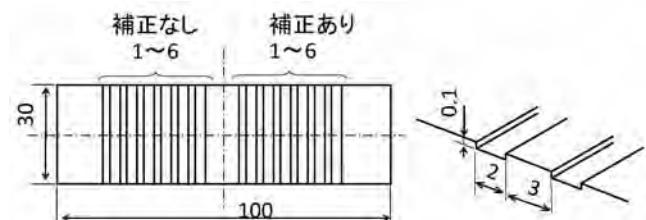


図3 溝加工試験サンプル

十分冷却された後、主軸にタッチプローブ（レニショーンMP-40 繰返し精度 $1.0 \mu\text{m}$ ）を取り付け、溝深さの機上測定を行った。

3 結果

3.1 シミュレーションパラメータ算出

主軸運転時に最も昇温が高い下蓋部の温度及びスピンドル下端の変位の測定結果を図4に示す。

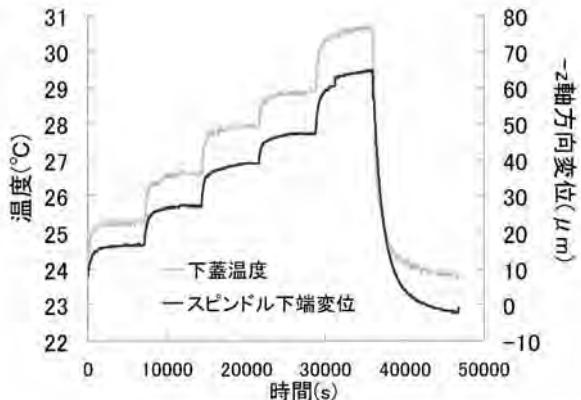


図4 下蓋温度及びスピンドル下端変位測定結果

図5上図は、求めたパラメータを用いて32,000rpmの熱平衡状態の解析を行った結果及び各温度測定点を示す。1つの解析の計算時間は定常解析と非定常解析でそれぞれ15分と60分程度であった。

また、15,000、25,000及び32,000rpmそれぞれの熱平衡状態における各箇所の実測温度とシミュレーション結果との比較を図5下図に示す。環境温度は $24.7 \pm 0.3^\circ\text{C}$ であった。

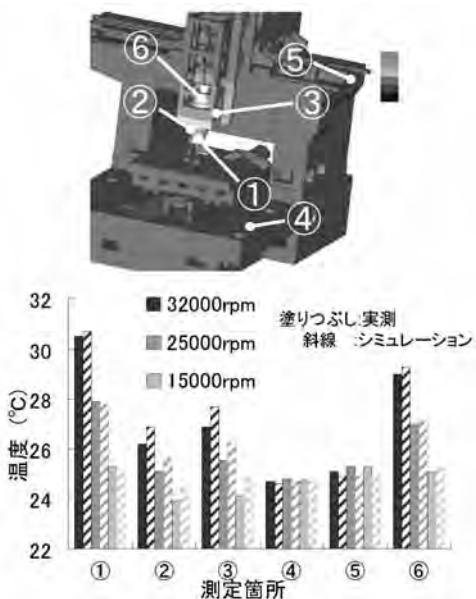


図5 32,000rpm熱平衡状態温度分布及び測定点(上)、各回転数での実測及びシミュレーション結果(下)

さらに下蓋部について、熱伝達係数の算出のための温度降下過程での実測値とシミュレーション結果の比較を図6に示す。

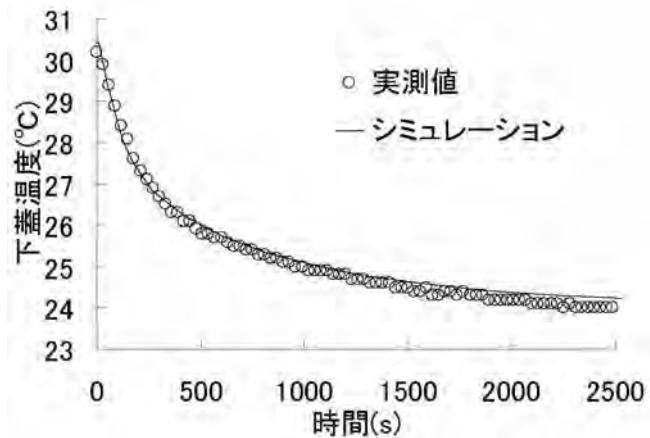


図6 下蓋の温度降下過程の実測及びシミュレーション結果

全ての回転数の熱平衡状態における各箇所温度の実測温度とシミュレーションとの差異は 0.8°C 以下であり、スピンドル下端変位については $3 \mu\text{m}$ 以下となった。

使用したT熱電対は温度許容差が $\pm 0.5^\circ\text{C}$ であることに加え、装置表面と熱電対の空隙等、貼付上の誤差が存在することを考えると、今回の測定系で可能な上限に近い精度でパラメータ算出ができたと考える。

3.2 補正加工実証試験

溝加工実験から求まつた、主軸回転開始後の時間経過に伴う溝深さの変化を図7に示す。

熱変位補正を実施しない場合、時間経過とともに装置の温度が上昇し、スピンドルが伸びるため工具先端が $-z$ 軸方向に変位する。このため、加工された溝深さは最終的には目標に対して $50 \mu\text{m}$ 以上深くなつた。それに対して、補正を行つた場合は、目標に対して $\pm 5 \mu\text{m}$ 以内と加工誤差が減少した。

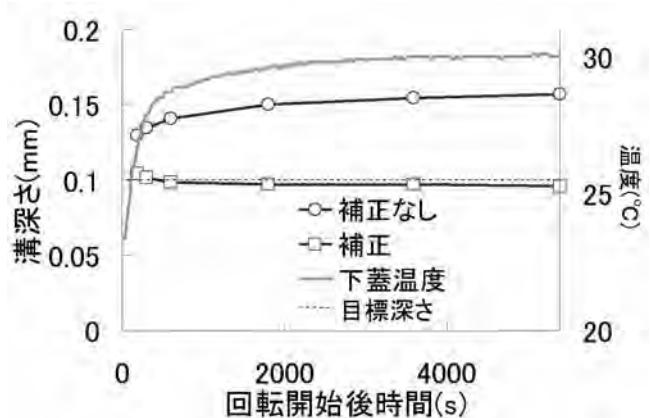


図7 溝加工試験結果

今回のシミュレーションは切り込みを行わない無負荷運転の結果であるが、超精密仕上げにおいては切込み量が微細であり、特に今回のような快削材の場合、切削熱はモータやペアリング発熱と比較すれば微小であるため、要求精度によっては今回のシミュレーション結果がそのまま転用できるケースが多いと考えられる。

4 まとめ

本研究では、主軸に高速グリスピンドルを搭載したマシニングセンタを対象とし、実測値から直接入手困難な伝熱シミュレーションパラメータを算出した。また、得られたパラメータを用いて伝熱シミュレーションを実施し、解析結果を使い溝加工の熱変位補正を行った。その結果、用いた手法が温度及び熱変位予測並びに

熱変位補正に有用なことが明らかになった。

参考文献

- 1) 堀三計 他：基本特性データによる工作機械構造の熱変形量推定日本機械学会論文集（C編）. 64 (621), 1836-1841 (1998).
- 2) 松尾光恭 他：マシニングセンタの温度分布測定による熱変位補正（第1報）－温度－熱変位数学モデルの同定. 精密工学会誌, 57 (3), 550-555 (1991).
- 3) 平澤義光 他：工作機械主軸スピンドルの熱解析. NTN TECHNICAL REVIEW, No.76, 74-79 (2008).

イヌリンクリームの物性安定性の評価

食品科 渡瀬隆也

Physical properties evaluation of inulin cream

Takaya WATASE

The solution of the inulin form the refined crystal when it was cooled. It is looks like cream. The texture of this cream is simirar with lard, so it is used as a fat substitution material of food. However, physical properties of this cream were not steady. Then, to understand the examination and the adjustment temperature influence that physical properties finished being steady of the material, the evaluation by the dynamic viscoelasticity measurement was examined.

The viscoelasticity was reinforced when the polysaccharide thickener of the proper quantity was added to the inulin cream, and when it was excessive, the effect was ruined.

Influence of the preparation temperature, heating in the vicinity of 60-70°C, the inulin solution does not form cream, but heating under 50°C or over 80°C, the inulin solution form weak gel type cream.

Keywords : Inulin, dynamic visco elasticity, polysaccharide thickener

キーワード : イヌリン、増粘多糖類、動的粘弾性

1 はじめに

砂糖に果糖が1～3個つながったものをフラクトオリゴ糖と呼ぶが、フラクトオリゴ糖を含め果糖がさらにつながったものをイヌリンと呼ぶ。イヌリンは水溶性の多糖類で、キクイモやチコリ、タマネギ、ゴボウなどの根菜類に多く存在する。血糖値の上昇を抑制するなどの生理作用が期待されるため、欧米では古くから糖尿病患者用の食事に利用されている¹⁾。イヌリンの水溶液は冷やすと微細結晶が生じ、クリームに似た状態となる。これが脂肪に良く似た食感を与えることから、食品の脂肪代替素材として利用されている。しかしクリームの物性は安定していなかった。そこで、物性が安定できる素材の検討や調整温度の影響を把握するため、動的粘弾性測定による評価を検討した。

2 方法

2.1 イヌリンクリームの調整

イヌリン（フジFF：フジ日本精糖株式会社）40gを蒸留水60gに分散させ、沸騰するまで加熱し溶解させた。密閉容器に移し、30分間30°Cの流水中で冷却後、16時間以上4°Cの冷蔵庫で静置し、クリーム化したものを実験に供試した。物性安定化の素材として、冷水可溶な増粘多糖類4種類を検討した。増粘多糖類を加える場合は、その分蒸留水を減らした。使用した増粘

多糖類を次に示し、配合は表1に示す。

- ・キサンタンガムA (SATIAXANE CX90 : カーギル社)
- ・キサンタンガムB (SATIAXANE CX930QD : カーギル社)
- ・ペクチンA (QS-2011 : ユニガム社)
- ・ペクチンB (UNIPECTINE LM SN325 : カーギル社)

表1 イヌリンクリームへの増粘多糖類の配合

サンプル名	配合
イヌリンのみ	蒸留水 60.0g、フジFF40.0g
キサンタンガム A0.1%	蒸留水 59.9g、フジFF40.0g、CX90 0.1g
キサンタンガム A0.2%	蒸留水 59.8g、フジFF40.0g、CX90 0.2g
キサンタンガム B0.1%	蒸留水 59.9g、フジFF40.0g、CX930QD 0.1g
キサンタンガム B0.2%	蒸留水 59.8g、フジFF40.0g、CX930QD 0.2g
ペクチン A0.7%	蒸留水 59.3g、フジFF40.0g、QS-2011 0.7g
ペクチン A1.4%	蒸留水 58.6g、フジFF40.0g、QS-2011 1.4g
ペクチン B0.7%	蒸留水 59.3g、フジFF40.0g、SN325 0.7g
ペクチン B1.4%	蒸留水 58.6g、フジFF40.0g、SN325 1.4g

2.2 増粘多糖類の影響の評価

動的粘弾性測定装置（アレス粘弾性測定システム：レオメトリック・サイエンティフィック社製）を用いて周波数依存特性を測定した。いずれのサンプルでも同じ条件で測定が可能（測定値がマイナス値となるなどの理論的な異常値が生じない）な条件を検討し、次の測定条件とした。

- ・トランスデューサー 100FRTN1

【報告】

- ・治具 直径25mmパラレルプレート
- ・試料の置き方 気泡が入らないようにパラレルプレートではさみ、はみ出た部分をスパチュラで掻き取り
- ・サンプル厚さ 3～5 mm (厚さ自動読み取り補正)
- ・測定モード 動的周波数依存性測定
- ・歪 0.1%
- ・温度 20.0°C
- ・測定開始周波数0.01Hz (データ解析開始周波数0.1Hz)
- ・測定終了周波数10Hz (データ解析終了周波数 1 Hz)
- ・測定前遅延時間 30秒
- ・測定開始条件 設定温度に到達後に自動開始
- ・歪自動補正による最大自動歪 100%
- ・歪自動補正による最大許容トルク 100g · cm
- ・歪自動補正による最小許容トルク 0.01gcm
- ・歪自動補正による調整率 現在の歪の1000%

2.3 調整温度の影響の評価

イヌリンを水に溶かす際の調製温度の影響を評価するため、次の表2の温度で実験を行った。その他の調製条件および動的粘弾性の測定条件は、2. 2と同じである。

表2 イヌリンクリームの調製温度

サンプル名	加熱終了後に計測した平均温度 (°C)	備考
30°C	31.0	電子レンジ加熱なし
40°C	38.5	電子レンジ 10 秒加熱
50°C	48.4	電子レンジ 20 秒加熱
60°C	58.1	電子レンジ 30 秒加熱
70°C	70.0	電子レンジ 40 秒加熱
80°C	79.5	電子レンジ 50 秒加熱
90°C	90.4	電子レンジ 60 秒加熱 (沸騰)

3 結果および考察

3.1 増粘多糖類の影響の評価

データ解析は0.1Hzから1.0Hzまでの範囲で行った。イヌリンクリームへ増粘多糖類を添加した貯蔵弾性率 (G') と損失弾性率 (G'') への影響を図1～4に示す。

キサンタンガムAは標準的な使用濃度の0.1%の場合でもその倍濃度でも貯蔵弾性率に差が見られなかった。また4つの増粘多糖類を標準的な使用濃度で比較すると最も貯蔵弾性率、損失弾性率への影響が大きかった。

キサンタンガムBは標準的な使用濃度よりも倍濃度のほうが貯蔵弾性率、損失弾性率とも低くなった。過剰な増粘多糖類が存在するとイヌリンクリームの粘弾性を

抑制すると思われた。ペクチンAは標準的な使用量を添加した場合と、倍濃度を使用した場合の差が小さかった。ペクチンBは、標準的な使用濃度では貯蔵弾性率、損失弾性率ともに高めたが、倍濃度を使用したところ添加しない場合と似たような粘弾性挙動を示した。

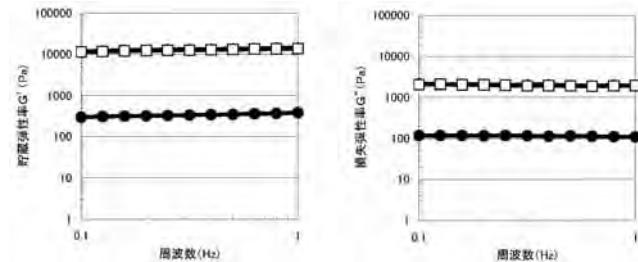


図1 イヌリンクリームへのキサンタンガムAの影響
●イヌリンのみ、△0.1%、□0.2%

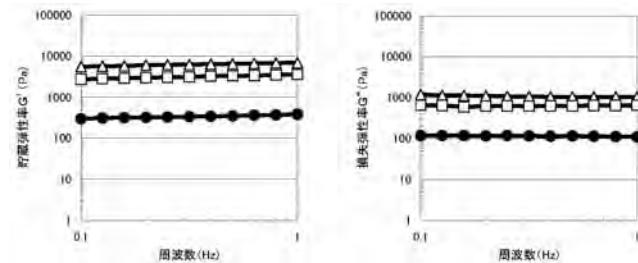


図2 イヌリンクリームへのキサンタンガムBの影響
●イヌリンのみ、△0.1%、□0.2%

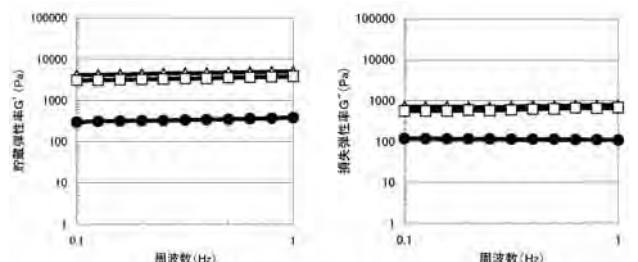


図3 イヌリンクリームへのペクチンの影響
●イヌリンのみ、△0.7%、□1.4%

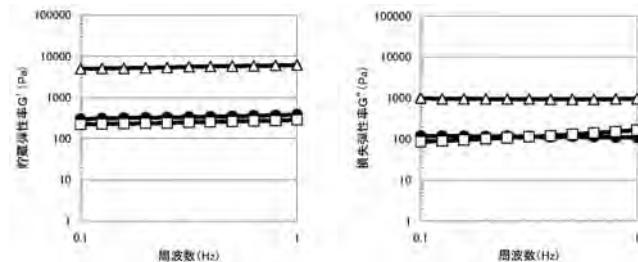


図4 イヌリンクリームへのペクチンBの影響
●イヌリンのみ、△0.7%、□1.4%

以上から、標準的な使用濃度0.1%でもっとも物性への影響が大きかったのはキサンタンガムAだった。また、

【報告】

キサンタンガムB、ペクチンAは倍濃度にしても標準的な使用濃度に対して変化が少なかった。一方、ペクチンBは倍濃度にするとイヌリンクリームの粘弾性への添加の影響が薄れた。

なお、いずれのサンプルもG'がG''を上回っており、典型的なWeak Gel（弱いゲル）と呼ばれる物性を示した。

3.2 調整温度の影響の評価

イヌリンクリーム調製温度の貯蔵弾性率と損失弾性率への影響を図5に、損失正接tan δを図6に示す。

30°C、40°C、50°CまではG'がG''を上回り弱いゲルとしての挙動を示したが、60°C、70°CではG''が上回り液体的な特徴が支配的となっている。80°C、90°Cでは再びG'がG''を上回っており、弱いゲル構造を示していた。

50°C以下と比較して、80°C以上で調製されたイヌリンクリームは貯蔵弾性率、損失弾性率とも低くなっていたが、損失正接では50°C以下と80°C以上とで大きな差はなかったことから、粘弾性のバランスは類似していると思われた。

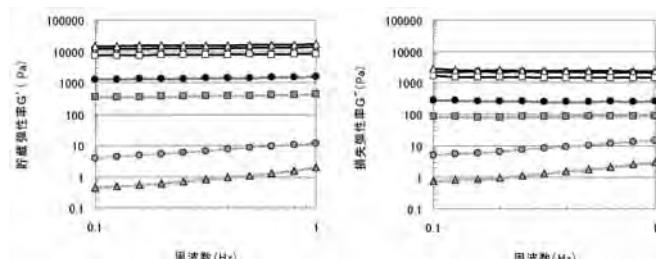


図5 イヌリンクリームの調製温度の粘弾性への影響
○30°C、△40°C、□50°C、●60°C、▲70°C、■80°C、●90°C

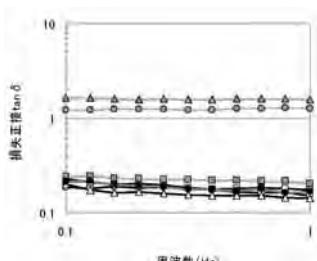


図6 イヌリンクリームの調製温度と損失正接tan δ
○30°C、△40°C、□50°C、●60°C、▲70°C、■80°C、●90°C

周波数1Hzにおけるイヌリンクリームの調製温度と損失正接tan δの関係を図7に示す。調製温度が60°C近くになると、tan δが1以上となり損失弾性率が支配的となった。調製温度が80°C近くまで上がるとき、tan δが再び1以下となり貯蔵弾性率が支配的となっている。

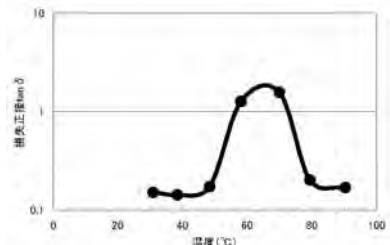


図7 周波数1Hzにおけるイヌリンクリームの調製温度と損失正接tan δ

4 まとめ

イヌリンクリームに適量の増粘多糖類を添加すると粘弾性を増強させるが、過剰な場合は効果が損なわれた。

調製温度の影響では、加熱直後温度が60~70°C付近でゆるいクリームとなり、より高温で調製した際の粘弾性挙動は、低温で調製したクリームと類似していた。

謝辞

この研究は、フジ日本製糖株より受託研究費を受けて行った。

参考文献

- 1) F Brighenti et al. European Journal of Clinical Nutrition 53, 726-733 (1999)

フジ小軍鶏と肉用鶏の理化学特性の比較

食品科 渡瀬隆也

Fujikoshamo, Japanese small gamecock, comparison of physics and chemistry characteristics of meat-type chicken

Takaya WATASE

Fujikoshamo, Japanese small gamecock is a Shizuoka Prefecture promoted gamecock brand. In domestic brand gamecock, that Japan Agricultural Standards (JAS) provide, the native species blood origin is 50% or more, and 80 days or more in breeding etc. Fujikoshamo meat quality is good, and body size is small. The research on the processing property of Fujikoshamo is still little. The influence that the processing method gave the quality was examined.

As a result, the carcass meat and after having cooked heating, Fujikoshamo's anserine and carnosine contents were more than that of the broiler.

When Fujikoshamo was cooked in the low temperature, softness was kept at the same level as the carcass meat. The hue of the low temperature cooking was similar to the roast cooking.

Keywords : Fujikoshamo, broiler, anserine, carnosine, low temperature cooking

キーワード : フジ小軍鶏、ブロイラー、アンセリン、カルノシン、低温調理

1 はじめに

フジ小軍鶏は、日本農林規格 (JAS) が定める地鶏として、在来種血液由来が50%以上、飼育が80日以上などの条件^{*1, 2)}を満たした静岡県育成地鶏銘柄²⁾である。肉質が良く、小型であるという特徴を有する。しかし、この加工特性については報告が少ない。そこで、特徴を生かした調理が品質に与える影響を調べることを目的とした。

2 方法

2.1 原材料及び試料の調製

株青木養鶏場では、フジ小軍鶏を丸ごと調理する方法として、ロースト調理及び低温調理を行っている。同社から提供されたフジ小軍鶏の①生肉、②ロースト調理品^{*1}、③低温調理品^{*2}のむね肉部分を用いて一般成分分析および色彩色差測定を、もも肉部分を用いて破断強度試験を行い、その特徴を調べた。

調理加工法の違いが、肉の品質に及ぼす影響を調べるため、株青木養鶏場で同時期に精肉され冷蔵出荷された④フジ小軍鶏と⑤ブロイラーの生むね肉を用いて、調理後のむね肉の遊離アミノ酸含有量と破断強

度を比較した。

むね肉は、長軸方向と平行に包丁を入れ、およそ1.5cm四方の柱上に切り出し後、1) 未加工 (生肉)、2) 250°C設定のホットプレートで5分間焼く (焼き肉)、3) 沸騰水中で5分間茹でる (茹で肉)、4) 蒸気で5分間蒸す (蒸し肉) の処理を行ってから測定に供した。

※1 : 株青木養鶏場で生丸鶏に専用タレをつけて業務用オーブンでロースト調理、真空パック後、冷凍出荷。

※2 : 生丸鶏と鶏油を真空パックし、低温調理機 (株石川総研製) を用いて58.0°Cの定温水中で3時間加熱調理後、冷凍出荷。

2.2 一般成分分析

(社)日本食品科学工学会の新・食品分析法に従い、水分、たんぱく質、脂質及び灰分を分析した。

2.3 色彩色差測定

色彩色差計 (CR-200 : ミノルタカメラ株製) を用いてL*a*b*値を測定した。

2.4 遊離アミノ酸と関連物質測定

高速液体クロマトグラフ (LC-9Aアミノ酸分析シス

*(一社)日本食鳥協会 : 全国地鶏銘柄鶏ガイド. <http://www.j-chicken.jp/anshin/index.html> (2013.2.28アクセス)

【報告】

ム：(株)島津製作所製)により、ポストカラム誘導体化法にてアミノ酸等36成分を測定した。標準品はアミノ酸混合標準液AN-2型とB型、L-グルタミン(試薬特級)、L-アスパラギン一水和物(試薬特級)を用いた。

分析用試料は、④、⑤をフードプロセッサー(MK-K78-W:松下電器産業株製)でミンチ状に加工し、50ml遠沈管に5gを精秤し、2%スルホサリチル酸を20ml加え、冷却しながら超音波ホモジナイザー(VP-5S:タイテック株製)で1分間処理した。蒸留水で50mlにメスアップ後、3,000rpmで10分間遠心分離を行い、上清800μlを移動相A(AA-MA(Li):株島津製作所製)で2倍に希釈し、0.45μmメンブランフィルターでろ過したものを用いた。

2.5 破断強度測定

クリープメータ(RE33005:株山電製)を用いて突き刺し試験により、応力を測定した。ポリアセタール樹脂製の直径3mm長さ20mmの円柱状の治具(山電No.4)を用い、テーブル速度は5mm/secとした。解凍あるいは調理後の試料にラップを掛けて室内に30~60分放置し、試料温度(20±2)℃で測定した。

一羽丸ごとロースト調理と低温調理の比較では、フジ小軍鶏のもも肉の肉の部分が小さく、骨を外して一定の試料を切り出すことが困難であったことから、骨付きのまま、肉の最厚部付近の骨に当たらない部位で5mm突き刺し応力を測定した。

フジ小軍鶏及びブロイラーの生肉、焼き肉、茹で肉、蒸し肉については、柱状に切り出した試料の厚さ80%までの突き刺し応力を測定した。

2.6 試食アンケート

フジ小軍鶏の成分や物性について、機器の測定と関連した消費者による味成分や歯応え評価情報を得るために、フジ小軍鶏普及推進研究会とともに試食アンケートを実施した。

3 結果および考察

3.1 一般成分

フジ小軍鶏の生肉および調理出荷品について、一般成分を測定した結果を表1に示した。

表1 フジ小軍鶏の調理出荷品の一般成分(%)

	水分	たんぱく質	脂質	灰分
生肉	75.7	21.5	1.5	1.3
ロースト調理	62.4	29.7	5.3	2.7
低温調理	72.7	22.5	3.8	1.0

ロースト調理では生肉や低温調理に比べて水分が10%以上減少しているが、低温調理は生肉より水分が3%低いものの、加熱後でも肉汁などとして水分を多く含んでジューシー感を保っていると思われた。

調理肉はロースト調理、低温調理ともに揮発や肉汁の流出に伴い水分が減少しているうえ、調理する際に食用油や調味料等が使用されている。ロースト調理、低温調理ともにたんぱく質や脂質含有率が増え、生肉と比較してたんぱく質はロースト調理で8.2%、低温調理で1.0%、脂質はロースト調理は3.8%、低温調理は2.3%増加していた。

3.2 色彩色差

フジ小軍鶏の生肉および調理出荷品の色彩色差について、測定結果を表2に示した。

表2 フジ小軍鶏の調理による色彩色差の変化

	明度 L*	色度 a*	色度 b*	彩度 C*	色相角度 H°
生肉	48.55	10.69	5.60	12.07	0.48
ロースト調理	54.17	5.27	20.95	21.60	1.32
低温調理	63.04	8.27	11.82	14.43	0.96

$$\text{彩度 } C^* = (a^* 2 + b^* 2)^{1/2}$$

$$\text{色相角度 } H^* = \tan^{-1}(b^*/a^*)$$

明度L*は生肉、ロースト調理、低温調理の順に大きくなつた。彩度C*は、生肉、低温調理、ロースト調理の順に大きくなり、明度L*と低温調理、ロースト調理の順が入れ替わつてゐた。色相角度H°は、生肉、低温調理、ロースト調理の順に大きくなつた。調味料等が使用されているので調理の特性であるとは一概に言えないが、生肉の色相が赤方向なのに対して、ロースト調理は黄方向の色相で、低温調理は生肉よりもロースト調理に近い色相だった。

3.3 遊離アミノ酸と関連物質測定

生肉と加熱調理後の可食部に含まれる遊離アミノ酸やジペプチドなど関連物質36成分(ホスホセリン、タウリン、ホスホエタノールアミン、アスパラギン酸、ヒドロキシプロリン、スレオニン、セリン、アスパラギン、グルタミン酸、グルタミン、ザルコシン、 α -アミノアジピン酸、プロリン、グリシン、アラニン、シトルリン、 α -アミノ酪酸、バリン、シスチン、メチオニン、イソロイシン、ロイシン、チロシン、フェニルアラニン、 β -アラニン、 β -アミノイソ酪酸、 γ -アミノ酪酸、ヒスチジン、3-メチルヒスチジン、1-メチルヒスチジン、カルノシン、アンセリン、ヒドロキシリジン、オルニチン、リジン、アルギニン)を分析したところ、18~26成分が検出された。表3にアミノ酸関連物質の含有量、図1に遊離アミノ

酸含有量、図2にアンセリン、カルノシン含有量を示した。

表3 遊離アミノ酸と関連物質の含有量

(mg/100g)

	フジ小軍鶏				プロイラー			
	生	焼き	茹で	蒸し	生	焼き	茹で	蒸し
タウリン	16.5	17.9	13.8	14.9	19.4	19.2	18.0	12.3
ホスホエタノールアミン	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.6	0.0	0.0
アスパラギン酸	3.4	3.7	3.5	3.1	10.0	9.9	5.3	2.6
スレオニン	5.1	5.6	4.6	3.3	13.1	13.0	9.4	6.3
セリン	8.6	9.3	7.4	5.6	21.6	21.3	15.2	10.2
アスパラギン	3.8	4.2	3.3	2.3	0.9	0.9	0.8	0.0
グルタミン酸	9.5	10.3	7.3	6.5	17.0	16.9	10.5	7.2
グルタミン	0.0	0.0	0.0	0.0	16.0	15.8	11.8	7.5
α -アミノジペニン酸	1.6	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
プロリン	0.0	0.0	0.0	0.0	7.2	7.1	4.2	2.7
グリシン	5.2	5.6	4.4	3.1	19.2	19.0	14.6	8.4
アラニン	7.9	8.6	7.4	5.2	46.0	45.5	33.0	18.0
バリン	3.1	3.4	2.4	1.1	8.6	8.5	5.5	3.1
シスチン	0.0	0.0	0.0	0.0	24.7	24.5	19.1	12.6
メチオニン	1.9	2.1	0.0	0.0	2.3	2.2	0.0	0.0
イソロイシン	1.8	1.9	1.5	0.9	5.8	5.8	3.7	2.2
ロイシン	4.6	5.0	4.1	3.1	14.0	13.9	9.7	6.3
チロシン	4.5	4.9	3.8	3.1	10.7	10.6	7.9	5.1
フェニルアラニン	3.5	3.8	3.3	2.5	8.3	8.3	6.2	4.1
β -アラニン	2.1	2.3	1.6	0.9	38.3	37.9	26.2	17.5
γ -アミノ酪酸	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0
ヒスチジン	3.1	3.4	3.0	2.4	4.9	4.9	3.4	2.2
カルノシン	312.0	339.5	284.4	194.8	247.3	244.8	212.4	155.6
アンセリン	1103.5	1200.6	987.7	707.8	843.1	834.4	687.7	481.2
リジン	3.2	3.4	2.7	2.3	10.2	10.1	7.4	5.1
アルギニン	48.8	53.1	5.8	0.0	21.2	21.0	12.8	11.5

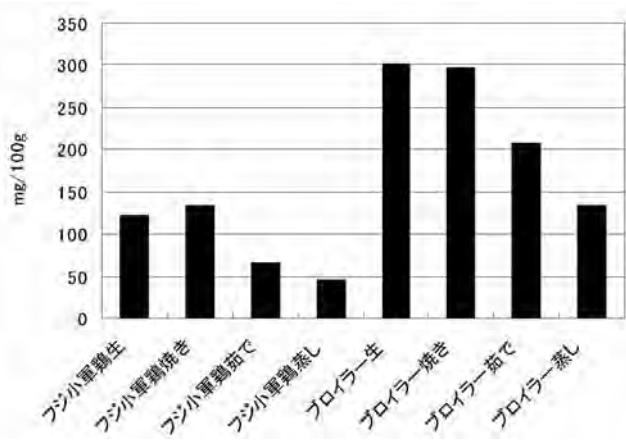


図1 遊離アミノ酸含有量

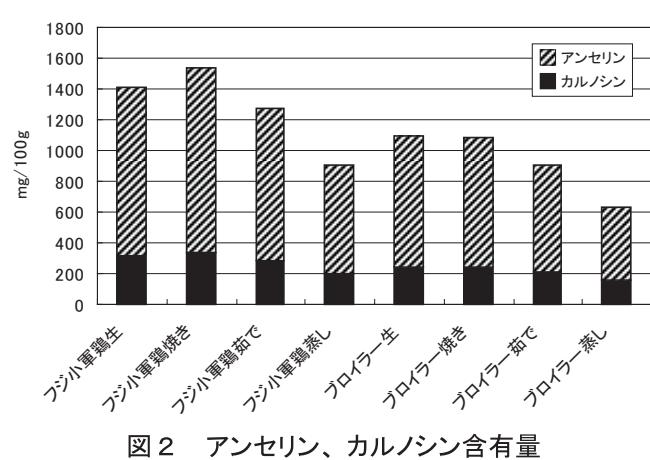


図2 アンセリン、カルノシン含有量

【報告】

生肉中の遊離アミノ酸のグルタミン酸、グリシン、アラニンはブロイラーの方が多く含まれていたが、アンセリン、カルノシンはフジ小軍鶏の方が多く含まれていた。焼いて調理しても、調理前後で遊離アミノ酸とその関連物質含有量に大きな差は見られなかった。若干焼いた場合に含有量が増加しているのは、水分が減少したため相対的に多くなったものと思われた。茹でたものと蒸したものは、いずれも全体的に含有量が低下していた。

丸ごと一羽ロースト調理又は低温調理したもも肉（骨付き）に3mmφの治具を突き刺し試験した結果を図3に示した。

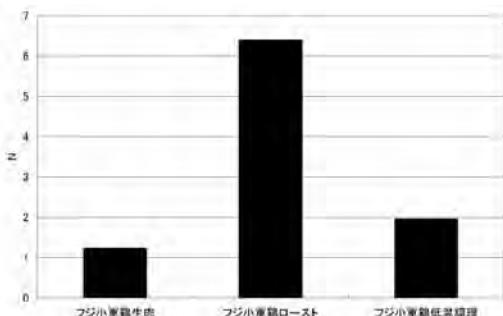


図3 もも肉（骨付き）への5mm突き刺し貫入にかかる力

ロースト調理では、破断強度が生肉の5倍に増加していた。低温調理は生肉の1.6倍程度で、やわらかい歯応えとなっていた。一般成分分析の結果、低温調理では水分量が生肉と同等に多かったが、ロースト調理では大きく減少しており、水分量の低下とも大きく関連していると思われた。

次にフジ小軍鶏とブロイラーとの調理特性の比較をするため、一定の形に切り出したむね肉を用いて調理方法を変えて加熱試験を行った。むね肉柱状試料への80%突き刺し試験の結果を図4に示した。

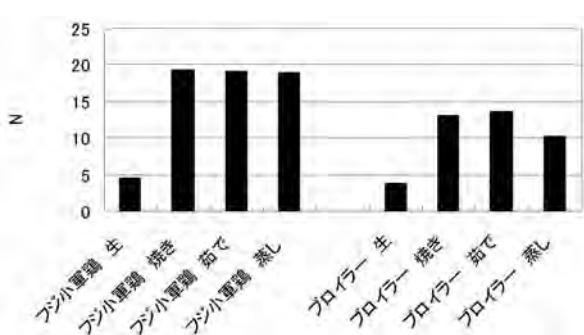


図4 むね肉柱状試料への80%突き刺し貫入にかかる力

フジ小軍鶏の肉は、生でも加熱後でも、いずれもブロイラーよりも貫入に必要な力が大きかった。また、今回比較に用いたブロイラーは、蒸した肉が焼いた肉や茹でた肉に比べて柔らかくなっているのに対し、フジ小軍鶏ではどの加熱方法でもほぼ同等だった。

3.5 試食アンケート

(1) 概要

実施日：平成24年11月14日～16日

場所：東京ビッグサイト（東京都江東区有明）「アグリビジネス創出フェア」

調査内容：別添『フジ小軍鶏』アンケート参照

対象者：一般入場者および出展者

配布数：1,048枚

回答数：1,048枚（回収率100%）

有効回答数：959枚

イ 結果および詳細について

アンケートの回答結果を図5に示す。5項目のすべてでブロイラーよりもフジ小軍鶏がおいしいとの回答が多かった。「色、見た目」と、「匂い」については、「同じ、わからない」との回答が多かった。

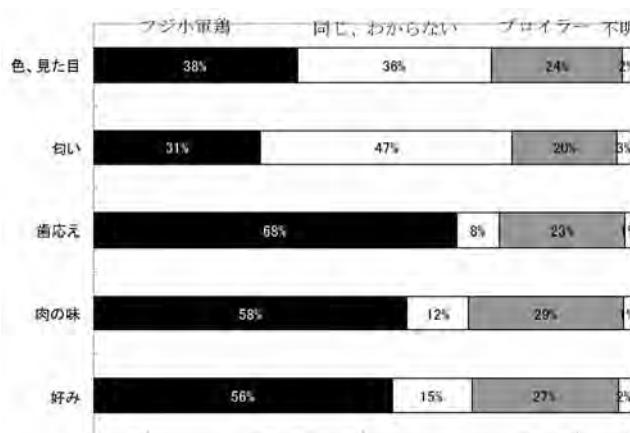


図5 「どちらがおいしいですか」に対する回答

3.6 アンセリン、カルノシン含有量

表4に、各種地鶏、ブロイラーとのアンセリン含有量の比較を示した^{3-5), *.}他の地鶏と同様に、比較したブロイラーよりもアンセリン、カルノシンが多く含まれる傾向がみられた。運動量が豊富で飼育期間が長いなど、地鶏の育成条件が影響したものと思われる^{6, 7), **.}

*四国地域イノベーション創出協議会：食品中の健康機能性成分の分析法マニュアル「鶏肉のアンセリン・カルノシン」. <https://unit.aist.go.jp/shikoku/manual/213T.pdf> (2013.2.28アクセス)

** 棟澤章三 他：鶏肉の旨味成分に関する系統改良手法の検討. (独)家畜改良センター兵庫牧場, <http://www.nlbc.go.jp/hyogo/pdf/kairyou.pdf> (2013.2.18アクセス)

表4 主な地鶏とブロイラー、フジ小軍鶏のむね肉のアンセリン、カルノシン含有量(mg/100g)

	アンセリン含有量	カルノシン含有量
阿波尾鶏	1333 ^④	409 ^④
南部かしわ	807 ^⑤	169 ^⑤
東京しやも	253.5 ^⑥	75.9 ^⑥
山口県産地鶏	1158 ^⑦	260 ^⑦
ブロイラー	587 ^⑧ 195.29 ^⑨ 776 ^⑩ 843.1	142 ^⑧ 71.10 ^⑨ 380 ^⑩ 247.3
フジ小軍鶏	1103.5	312.0

謝辞

この研究は株式会社青木養鶏場の受託研究費を受けて実施した。アンケート調査はフジ小軍鶏普及推進研究会（生産者（株式会社青木養鶏場、東養鶏、堀江養鶏、森山養鶏）や加工機械メーカー（株式会社石川総研）、マーケティング専門家（KY企画梶山）、行政機関（静岡県畜産技術研究所中小家畜研究センター、静岡県経済産業部畜産課、静岡県中部農林事務所、静岡県富士農林事務所））と協力して実施した。これらの研究調査は公益財団法人静岡県産業振興財団のしづおか農商工連携基金事業（株式会社青木養鶏場、株式会社石川総研）を受けて行った。関係各位に深く感謝する。

参考文献

- 1) (社)日本種鶏孵化卵協会編：地鶏及びブロイラー肉の識別・評価法－風味と成分を中心とした識別評価事例一. 社団法人日本種鶏孵化卵協会 (2008).
- 2) 松井繁幸 他：新銘柄地鶏「フジ小軍鶏」の肉質評価, 静岡県畜産技術研究所中小家畜研究センター研究報告, 5, 14-19 (2012).
- 3) 佐藤直人：異なる品種間の鶏肉における遊離アミノ酸、ジペプチド、イノシン酸量. 東北農業研究63, 73-74 (2010).
- 4) 三枝弘育 他：軍鶏交雑鶏とブロイラーの浅胸筋及び大腿筋における遊離アミノ酸含量の差異. 日本畜産学会報58, 707-710 (1987).
- 5) 岡崎 亮 他：黒柏を利用した地どりの肉中のアンセリンとカルノシンの含量. 近畿中国四国農業研究成果情報Vol.2006, 273-274 (2007).
- 6) 松石昌典 他：名古屋コーチン、ブロイラーおよび合鴨肉の食味特性の比較. 日本畜産学会報, 76, 423-430 (2005).
- 7) 沖谷明絃編：肉の科学. 朝倉書店 (1996).

*

** 棚澤章三 他：鶏肉の旨味成分に関する系統改良手法の検討. (独)家畜改良センター兵庫牧場, <http://www.nlbc.go.jp/hyogo/pdf/kairyou.pdf> (2013.2.18)

自然の力を利用した木材の耐久性向上技術の開発（第2報）

工芸科

株式会社片山化学工業研究所

鈴木光彰* 赤堀 篤 佐野禎彦

小谷佐知 松村賢太

Development of high durability wood by nature technology of tree (2nd report)

Mitsuaki SUZUKI, Atsushi AKAHORI, Yoshihiko SANO, Sachi KOTANI and Kenta MATSUMURA

“Penetration of liquid into wood using sap flow” has been developing. The method is “Fresh wet woods without bark are dipping in the liquid with Miracle Laurel® for biological resistance”. The liquid with Miracle Laurel® penetrated into woods by the method. The woods were tested for biological resistance. As a result, Japanese cypress with Miracle Laurel® was able to have a high biological resistance.

Keywords : penetration, biological resistance

キーワード：薬液注入、耐朽性

1 はじめに

平成21年12月に農林水産省は「森林・林業再生プラン」を公表し、さらに平成22年10月に公共建築物等木材利用促進法が施行され、今後、公共建築物を中心とした木材の利用拡大が期待されている。そのためには、木材の弱点である「腐る」などの問題を解決していくなければならない。これらを解決するには、木材保存剤を木材に注入する必要がある。矢田ら^{1,2)}は、「剥皮した生丸太の乾燥時に発生する負圧を利用した薬液注入法」を提唱している。これは従来の減圧・加圧注入法に比べ、設備が不要で、エネルギーを抑えた安価な薬液注入法である³⁾。この「剥皮した生丸太の乾燥時に発生する負圧を利用した薬液注入法」（以下、乾燥負圧法とする）を使用して、木材保存剤を注入した木材を作製した。その木材の木材腐朽菌による防腐性能評価実験を行ったので、結果を報告する。

2 実験方法

防腐性能評価は、JIS K 1571に準じて、耐候操作の後、2種類の木材腐朽菌による抗菌操作を行い、抗菌操作後の質量減少率で評価した。

2.1 木材保存剤および、基材、供試菌

木材保存剤は、株式会社片山化学工業研究所製木材保存剤「ミラクルローレル®555」（以下ML-555）の20倍希釈水溶液（以下ML-555希釈液）を用いた。これは、前報³⁾のポリエチレングリコール溶脱を踏まえ、ML-555

が溶脱しにくいという報告^{4,5)}による。

基材は、清水国産材加工事業協同組合から提供された、直径10cm、高さ1mのスギおよびヒノキの伐採直後の生丸太を用いた。

抗菌操作には、2種類の木材腐朽菌、カワラタケ *Trametes versicolor* (L.:Fr.) Pilat FFPRI1030 および、オオウズラタケ *Fomitopsis palustris* (Berk. et Curt.) Gilbn. & Ryv. FFPRI0507 を用いた。

2.2 薬液注入処理材の調整

提供された生丸太は、その日のうちに研究所に運んだ後、直ちにスクリイバーを用いて樹皮を取り除き、末口を下にML-555希釈液に浸し、室内で約1週間放置した。同様の操作で、イオン交換水を注入したものを調整し、これをブランクとした。なお、この操作で、1本に付き約4Lが注入された。その後、人工乾燥により、含水率が15%程度になるまで乾燥した。乾燥条件は、含水率30%に達するまでを40°C 90%RHとし、含水率30%以下は40°C 30%RHとした。含水率の計測は、木材水分計ターカ（㈱ケット科学研究所製）を用いた。

2.3 木材片の調整

木材片は、2.2の薬液注入処理材およびブランクの末口から600mmまでの辺材部を20mm×20mm×10mmの直方体に25個切り出して用意した。そこから、18個を抜き出し、2種類の抗菌操作用に9個ずつ、2群に分割した。

*現 環境衛生科学研究所

2.4 耐候操作

各群ごと、木材片を60°Cで48時間乾燥した後、約30分、五酸化二リン入りデシケーター中で放冷し、初期質量を計測した。次に、500ml容のビーカーに1群9個を入れ、360mlのイオン交換水を加え、マグネチックスターラを用い、室温にて8時間攪拌し、溶脱させた。続いて、60°Cで16時間乾燥した。溶脱と乾燥を交互に10回繰り返して耐候操作とした。耐候操作後の木材片を試験体とする。

2.5 抗菌操作

試験体を、培養菌に、1培養びんごとに3個ずつ、カワラタケは直接、オオウズラタケは殺菌した約1mmの耐熱性プラスチック網を介して、繊維方向を垂直にして置き、26°C 70%RH以上で12週間放置した。その後、試験体を取り出し、表面の菌糸その他の付着物を十分に取り除き、約24時間風乾した後、60°Cで48時間乾燥し、約30分シリカゲル入りデシケーター中で放冷し、質量を計測し、質量減少率を求めた。

2.6 呈色反応による注入分布の確認

木材保存剤に含有する第四級アンモニウムとプロモフェノールブルーの反応を利用し、薬液注入分布を調べた。酢酸18gに水を加えて100mLとした液を試験体に塗布して約3分間放置した後、プロモフェノールブルー0.2gをアセトンに溶解して100mLとした液を塗布した。これにより、約5分後、浸潤部は青色に呈色した。

3 結果および考察

耐候操作による試験体の質量変化を図1および図2に示す。操作前後の質量に増減がほとんどないことがから、ML-555は、スギ、ヒノキとも、耐候操作で溶脱していないことが示唆された。

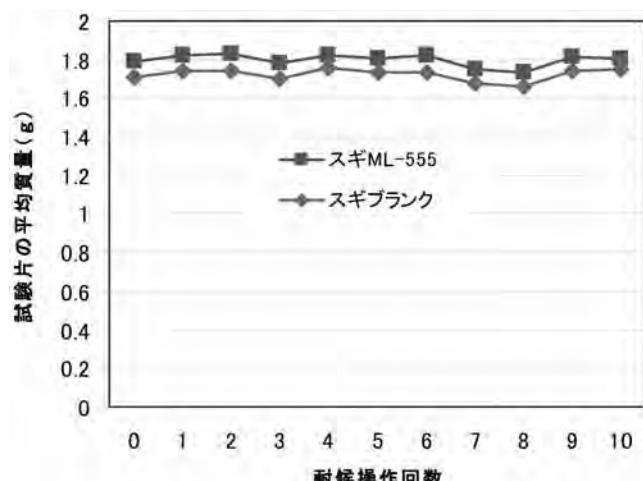


図1 耐候操作による試験体の質量変化（スギ）

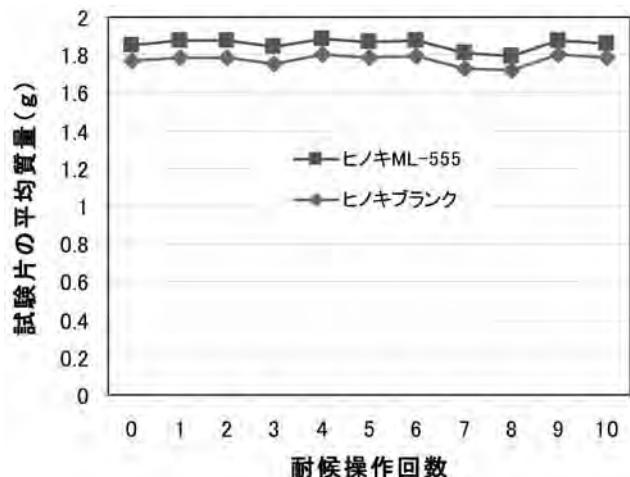


図2 耐候操作による試験体の質量変化（ヒノキ）

抗菌操作による試験体の質量変化を表1に示す。ヒノキは、試験体の質量減少が見られなかった。しかし、スギは、試験体の質量減少率がカワラタケで13%、オオウズラタケで29%となり、薬液処理した効果が十分に出なかった。スギとヒノキのオオウズラタケによる抗菌操作結果を写真で示す（図3、図4）。さらに薬液注入材の呈色反応結果を図5に示す。呈色反応の結果、ヒノキは全体が青に呈色したが、スギはまだらであり、染まらない未浸潤部が観察された。スギは、ヒノキに比べ、仮道管相互の有縁壁孔のメッシュが細かいため、注入時に、分子量が大きい保存剤が辺材に万遍なく行きわたらなかった可能性がある。したがって、スギに対しては、注入方法、分子量の小さい保存剤の採用など、さらなる検討が必要である。

表1 抗菌操作による試験体の質量減少率

	スギ		ヒノキ	
	ブランク	薬液注入材	ブランク	薬液注入材
カワラタケ	20%	13%	14%	0%
オオウズラタケ	52.5%	29.0%	51.9%	0.1%



図3 抗菌操作結果（基材：スギ、供試菌：オオウズラタケ 上段：ブランク、下段：薬液注入材）

【報告】



図4 抗菌操作結果（基材：ヒノキ、供試菌：オオウズラタケ 上段：ブランク、下段：薬液注入材）

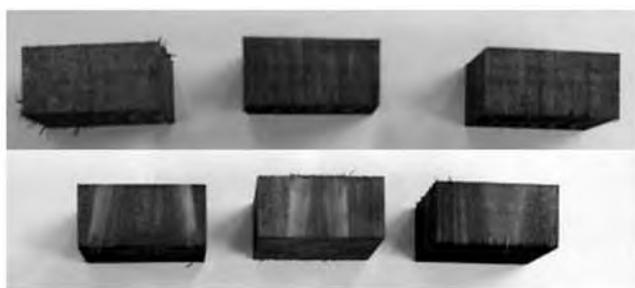


図5 薬液注入材の呈色反応
(上段：ヒノキ、下段：スギ)

4 まとめ

- (1) スギとヒノキの丸太に乾燥負圧法にて、木材保存剤を注入した。辺材から試験体を取り出し、耐朽性試験を行った結果、ヒノキは木材腐朽菌に対し高い耐朽性が認められたがスギは期待する耐朽性が認められなかつた。
- (2) ヒノキよりスギの方が仮道管相互の有縁壁孔のメッシュが細かいため乾燥負圧法で注入する際、分子量

が大きい保存剤が辺材に万遍なく行きわたらなかつた可能性がある。

- (3) スギについては、注入方法、分子量の小さい保存剤の採用などにより、十分な耐久性が得られるよう、改善する必要がある。

謝辞

本研究を行うにあたり、木材試料を提供していただいた清水国産材加工事業協同組合と様々な助言をいただいた横浜国立大学名誉教授矢田茂樹先生に深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 矢田茂樹 他：生木からの水分蒸発を駆動力とする薬液浸透（I）－スギ丸太のナフテン酸銅の浸透－. 第52回日本木材学会大会研究発表論文集, P.411 (2002).
- 2) 矢田茂樹 他：生木からの水分蒸発を駆動力とする薬液浸透（II）－スギ生丸太組織内のナフテン酸銅の浸透経路－. 第53回日本木材学会大会研究論文集, Q220930 (CD-ROM) (2003).
- 3) 鈴木光彰 他：自然の力を利用した木材の耐久性向上技術の開発. 静岡県工業技術研究所研究報告, 第5号, 36-39 (2012).
- 4) 間渕 創 他：古墳等の高湿度作業環境下での使用を想定した木材保存剤のかび抵抗性試験とTVOC測定. 保存科学 No.48, 175-182 (2009).
- 5) 森井順之 他：霧島神宮における塗装劣化要因の解明とその対策の検討. 保存科学 No.51, 249-259 (2012).

ダイダイ果皮精油の抽出法の検討

バイオマス循環プロジェクトスタッフ 山下里恵 菊池圭祐 櫻川智史

Study on extraction of essential oil from Daidai (*Citrus aurantium L.*) peel.

Rie YAMASHITA, Keisuke KIKUCHI and Satoshi SAKURAGAWA

Keywords : Biomass, Daidai (*Citrus aurantium L.*), Essential oil,

キーワード : バイオマス、ダイダイ、精油

1 はじめに

ダイダイは、静岡県の東部・伊豆地域特産の香酸カンキツである¹⁾。県下では、正月のお飾り用の他、年間約200～250tのダイダイ果実が集荷・搾汁加工され、強い酸味と芳香を持つ本格ぽんずの原料になっている。一方、搾汁後の残さは集荷原料の8割に上り、その殆どが産業廃棄物として処分されている。この残さのおよそ3割を占める果皮部には、カンキツの香り成分（精油）が蓄積している。そこで、これを採取して化成品素材として活用するため、香気成分組成を指標とした抽出法の検討を行った。

2 実験方法

2.1 材料と抽出条件

ダイダイ精油の原料には、ぽんず生産ラインの搾汁前および搾汁後のダイダイ果実を用いた。精油を蓄積する油胞のある外果皮部を切削採取し、各3kgをミキサーにて水中破碎したものを実験に供した。

精油の抽出には、減圧水蒸気蒸留装置（本村製作所、30型）を用いた。試料および水を蒸留釜に投入して40Lとし、蒸留温度50°Cおよび60°Cにて、90分間の減圧水蒸気蒸留を行った。

2.2 精油の評価

精油の収率および香りの官能評価により各抽出条件を比較した。精油の収率は、投入果皮の重量に対する採取精油の重量の比として算出した。

ダイダイ素精油（ぽんず生産時に得られ、様々な夾雜成分を含有する強い素材感のある香りを持つ精油）を評価の比較対象とした。

2.3 香気成分組成の比較

各抽出条件の精油について、香気貢献度の高い成分²⁾のうちオクタナール、リナロールおよび酢酸リナリル指標とし、対δ-リモネン（ダイダイ精油の主成分）比をGC/MS分析でのピーク面積値から算出して比較した。ここでも、ダイダイ素精油を比較対象として評価した。

3 結果および考察

3.1 精油の評価

表1に各精油の評価結果を示す。精油の収率は、搾汁後の果皮からの抽出に比べて搾汁前のものが高かった。高温での抽出ほど収率も上がるが、得られた精油は黄変し異臭を伴う傾向にあった。搾汁前果皮の50°C減圧蒸留では、素材感を有する芳香精油を1.4%の収率で得ることができた。

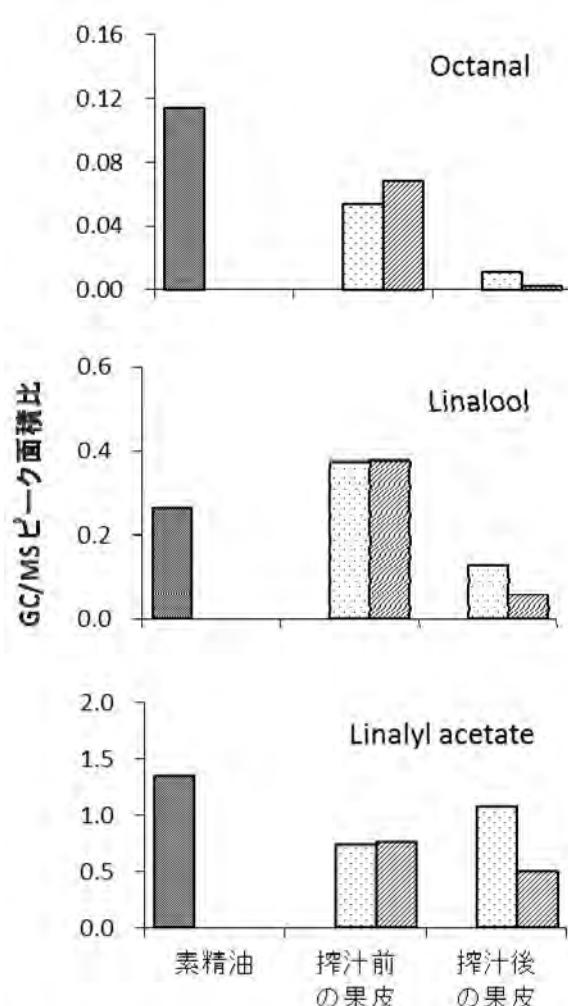
3.2 香気成分組成の比較

図1に、各精油における、指標とした香気成分の対δ-リモネン比を示した。搾汁前の果皮の減圧蒸留による精油では、搾汁後のものに比べて指標とした香気成分の対δ-リモネン比が高かった。また、搾汁後の果皮では、蒸留温度が高いほど香気成分の比率が著しく減少した。このことから、蒸留過程において香気成分の損失が起こることが示唆された。

表1 ダイダイ果皮の減圧水蒸気蒸留精油の収率・色相及び芳香性

素精油	搾汁前の果皮		搾汁後の果皮	
	50°C	60°C	50°C	60°C
収率 (%)	1.4	1.6	0.4	0.5
色相	褐色	無色	淡黄色	淡黄色
芳香性	○	○	× (異臭)	○

【ノート】

図1 ダイダイ香気成分の δ -リモネン比

- 素精油 (対照)
- 50°C減圧蒸留による精油
- ▨ 60°C減圧蒸留による精油

5 まとめ

搾汁前のダイダイ外果皮を水中破碎し、50°Cの減圧水蒸気蒸留にて抽出することで、良好な芳香性および収率のダイダイ果皮精油を得ることができた。

参考文献

- 1) 農林水産省：平成22年産特産果樹生産動態調査 (2012.11.5公表)
- 2) Song HS et al. : Quantitative determination and characteristic flavour of daidai (*Citrus aurantium* L. var. *cyathifera* Y. Tanaka) peel oil. *Flavour Fragr. J.* 15, 323-328 (2000).

県内企業アンケート調査による光関連産業の技術動向と企業ニーズ

機械科 真野 肇 鈴木敬明 長津義之* 船井 孝 豊田敏裕
浜松工業技術支援センター 太田幸宏 志智 亘**

A Questionnaire survey on technology trends and needs of optics-related industries in Shizuoka prefecture

Tsuyoshi MANO, Takaaki SUZUKI, Yoshiyuki NAGATSU, Takashi FUNAI, Toshihiro TOYOTA, Yukihiko OHTA and Wataru SHICHI

Keywords : Questionnaire Survey, Optics-related Industries, Lighting Efficiency, Precision Measurement, Optical Property

キーワード : アンケート調査、光関連技術、照明性能、精密測定、光学特性

1 はじめに

LED照明をはじめとする「光関連技術」は、今後の成長が見込まれる分野であり、当研究所でも平成24年度から新成長戦略研究としてLED用樹脂レンズの開発・評価に関する研究を開始した。さらに、この分野の企業からの技術相談も、昨年度比で3倍以上に増加している。

このような中で、企業に対して市場を見据えた光関連技術や製品開発への活用を促すとともに、当研究所での研究推進、技術支援のさらなる充実化を目的として、アンケートにより県内企業の技術動向とニーズを調

査した。なお、本調査は、静岡県経済産業部新産業集積課との共同により実施した。

2 方法

アンケート調査は、静岡県会社要覧2012¹⁾に収録されている県内企業の中から、1,568社を選んでアンケート用紙を送付し、そのうち376社（回答率24%）から回答を得た。調査方法の概要を図1に示す。

また、光関連技術に対する取組みについて特徴的な回答企業について個別訪問し、技術開発の現状、必要な技術などを調査した。

光関連技術に関するアンケート調査

郵送先：県内企業 1568社

（製造業全般、建設業、サービス業など）

調査した技術

照明性能

光束、配光、演色、グレア評価など

光学特性

レンズ、フィルタ等の評価など

精密測定

形状計測、表面粗さ計測など

製造プロセス（金型、表面処理）

金型材料、薄膜・表面処理など

アンケート回答企業：376社（回答率：24%）

特徴的な回答企業については、個別訪問調査も実施

図1 調査方法の概要

*現 浜松工業技術支援センター

**現 機械科

表1 アンケート調査で把握した企業ニーズの概要

光技術分野	主な対象製品	必要とする技術の例
照明性能	屋内・屋外照明、自動車照明	照度・配光分布測定、全光束測定、演色性測定、グレア評価、光学シミュレーション
精密測定	金型、レンズ製品、拡散材	三次元の自由曲面評価、真円度測定、粗さ測定、CADデータとの照合
光学特性	レンズ、ミラー、フィルター	分光透過率、分光反射率、複屈折性、波面、光線追跡シミュレーション
製造プロセス	金型、工具・刃物類、精密機器	金型材料: 耐摩耗性、離型性、耐衝撃性 表面処理: 耐摩耗・低摩擦性、表面硬度、膜の密着性、非粘着性

3 結果および考察

本調査では、主な光関連技術として、「照明性能」、「精密測定」、「光学特性」、「製造プロセス（金型、表面処理）」の4分野を取り上げた。アンケート回答企業のうち、半数以上（延べ203社）が光関連技術に関心がある、もしくは取組みを強化したいと回答し、光関連技術への関心の高さが伺えた。

4つの技術分野における企業ニーズの概要を表1に示す。各技術分野ともに、対象製品や必要な技術は広範囲に渡っている。さらに、各技術分野は相互に関連性があることも明らかとなり²⁾、光関連技術の活用においては、横断的な技術力の向上が望まれると推察される。

個別訪問調査では、必要な技術について複数の回答が得られた。一例として、光源単体ではなく製品としての性能評価、レンズ製品形状と光学特性の関連性の把握、金型の精度検査、金型の離型性改善といったニーズが得られた。

なお、本調査結果については、平成25年3月に「光関連技術の動向に関する調査報告書」²⁾を作成し、県内企業への情報提供を行っている。詳細な調査結果については、同報告書を参照して頂きたい。

4 まとめ

本調査により、光関連技術に関する業種は、光源である電子デバイスの分野に限らず、樹脂成型や金型設計、表面処理の分野など、すそ野が広いことが明らかとなった。また、企業が必要とする光関連技術や開発の方向性も把握できた。

県内企業の競争力の向上のためには、より付加価値の高い製品の迅速な開発、高い品質の維持管理が求められていると考えられる。

謝辞

アンケート調査及び訪問調査にご協力を頂いた県内企業の皆様に感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 静岡経済研究所編：静岡県会社要覧2012（2012.1公表）
- 2) 静岡県工業技術研究所、静岡県経済産業部新産業集積課：光関連技術の動向に関する調査報告書（2013.3.14公表）

光学部品の高精度形状測定に向けた接触式三次元測定機の測定子径補正手法の検討

機械科 船井 孝

A study of stylus correction for High-precision measurement of optical part by Coordinate Measuring Machine.

Takashi FUNAI

Keywords : Free-form Surface, CMM, Optical part

キーワード：自由曲面、三次元測定機、光学部品

1 はじめに

光学部品は、製品開発および製造過程において信頼性の高い形状評価を行う必要がある。自由曲面で構成される光学部品の形状は三次元CADで示されるため、形状評価は測定結果と三次元CADデータの比較となる。接触式三次元測定機の取得値は測定子の中心座標であるため、測定結果と三次元CADデータを比較する際には、取得値を測定子半径分補正する必要がある。本研究では、測定子径補正手法を3種類提案し、手法ごとの形状評価誤差を求めて測定子径補正手法を評価した。評価結果から、最も高精度に形状評価を行うことができる手法を、接触式三次元測定機で自由曲面を評価する際に有効な補正手法として選定した。

2 方法

測定子径補正手法を評価するため、既知の半径を有する金属球の測定結果と、検定値に基づいて作成された三次元CADモデルを、3種類の測定子径補正手法を用いて比較し、補正手法ごとの形状評価誤差を求めた。

測定対象とする金属球は、UKAS（英国認証機関認定審議会）で検定を受けた金属球（検定値：R 12.4897mm、不確かさ±0.4 μ m）とし、φ 1 mmのルビー球を測定子としたミツトヨ製三次元測定機H503

（空間精度±0.8+2L/1,000 μ m、Lは2点間の距離（mm））で図1に示す範囲を測定速度1 mm/sec.、基準変位0.5mmで測定した。補正手法は、①「取得値から作成したポリゴンデータから補正方向を算出し、測定子半径分補正」、②「取得値からCADデータへの垂線方向へ測定子半径分補正」、および③「CADデータを測定子の半径分だけ外側にオフセット」の3種類とした（図2）。各補正手法を三次元測定機の取得値に適用し、得られた補正值（③の場合は取得値）と、検定値に基づいて作成したCADデータ（③の場合は補正したCADデータ）の差の最大値を補正手法の形状評価精度とした。

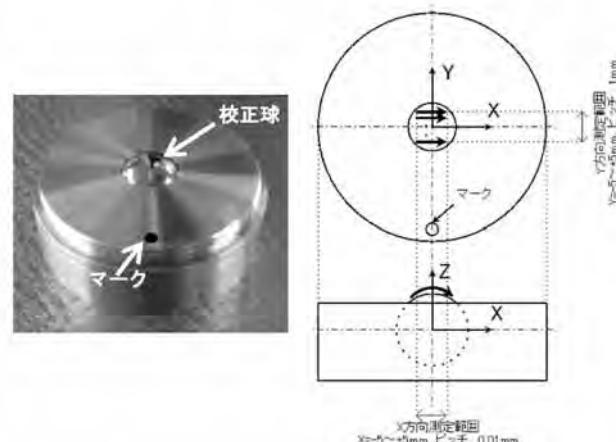


図1 金属球の測定範囲

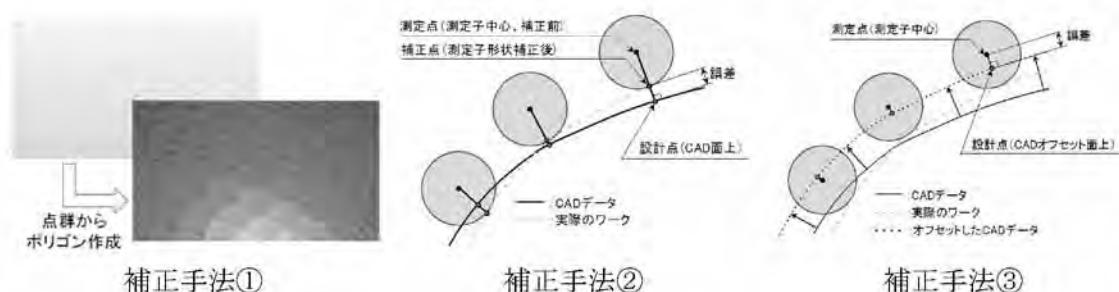


図2 測定子径の補正手法

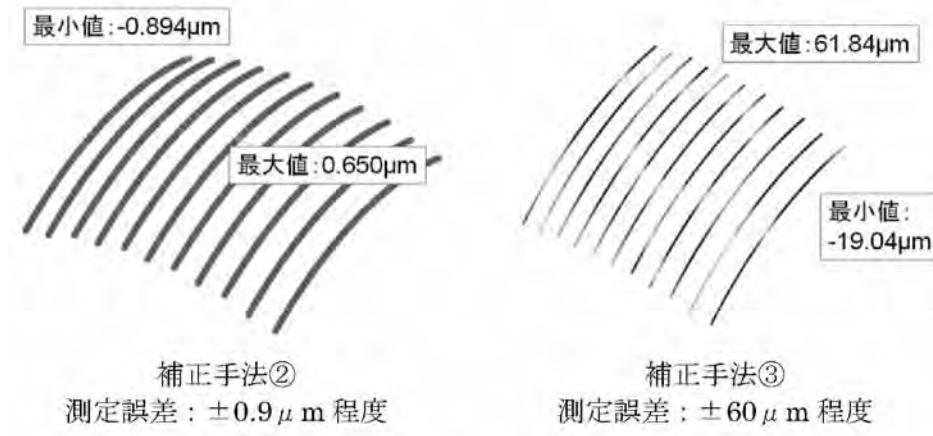


図3 各補正手法の測定誤差

3 結果および考察

補正手法ごとの形状評価精度を図3に示す。①の手法は、各測定値の補正方向を定めることができず、測定子径補正を実施することができなかつた。これは、図1におけるX、Y方向の測定間隔が大きく異なり、作成されるポリゴンのアスペクト比が大きくなってしまったことが原因と考えられる。②の手法は、CADデータに対して $\pm 0.9 \mu m$ 程度と金属球の形状を高精度に評価することができた。③の手法は $\pm 60 \mu m$ 程度と非常に大きく、目標とする精度を満たさないことがわかつた。以上のことから、接触式三次元測定機の測定結果を三次元CA

Dデータと比較するのに適した測定子径補正手法は、②の手法であることがわかつた。

4 まとめ

本研究では、接触式三次元測定機の測定結果と三次元CADデータの比較に適した測定子径補正手法を選定した。ミツトヨ製三次元測定機H503と、選定した測定子径補正手法より、 $\pm 0.9 \mu m$ 程度の誤差で金属球の形状を評価できることを確認した。この手法を光学部品に適用することで、高精度な形状評価が可能になると考へる。

太陽光を照明と発電に利用した自立型エコ照明の開発

機械科

株式会社スカイプランニング

パイフォトニクス株式会社

株式会社中遠電気

株式会社伊藤建築設計事務所

鈴木敬明

小野巳吉 外山 勸

池田貴裕

中村共孝

本間 篤

Lighting system isolated from grid power using solar power and day lighting

Taka-aki SUZUKI, Miyoshi ONO, Tsutomu TOYAMA, Takahiro IKEDA, Tomotaka NAKAMURA
and Atsushi HONMA

Keywords : Skylight, LED, Dimming Control, electricity storage systems, DC power feed

キーワード：天窓、LED、調光、蓄電、直流給電

1 はじめに

体育館や公民館、工場、倉庫等の大面積建屋での利用を想定し、企業や公共施設等での省エネ、ピーク電力カットを促進するとともに、災害停電時の照明光の確保を目的として、天窓による昼光照明、自動調光機能付LED照明、蓄電・給電システムを開発し、それらを組み合わせて太陽光発電で発電した電力を利用することで、系統電力からの電力供給なしで動作する自立型照明システムを開発した。床面積500m²、屋根高8m、稼働時間7時から22時、年間日数250日、必要照度300lxの工場を想定し、以下のシステムを設計・開発した。

昼間は「光拡散型天窓」を主照明とし、曇天時、雨天時や夜間は「自動調光可能なLED照明」を利用して、倉庫や体育館等に必要な300lx以上の照度を維持する。照明電力は「蓄電・給電システム」で蓄えた太陽光発電で発電した電力のみを利用する電力自立

型システムである。

2 システム構成

2.1 天窓昼光照明

作業面照度（床面850mm）300lx以上を年間平均して1日に7時間以上確保するよう、屋根に約30m²（屋根面積の約6%）の光拡散型天窓を設置した。

2.2 昼光の明るさによる自動調光可能なLED照明

天窓直下の梁上で計測した照度値から天窓の配光データを元に作業面照度をリアルタイムで予測し、作業面照度が常に300lx以上となるよう調光することとし、開発したLED照明（消費電力120W、全光束約12,000lm）を18台配置した。18台を使用した際の最大消費電力は2.16kWであった。今後実施する実証試験では年間平均して1日約8時間の点灯が想定される（消費電力量約17.3kWh/日）。

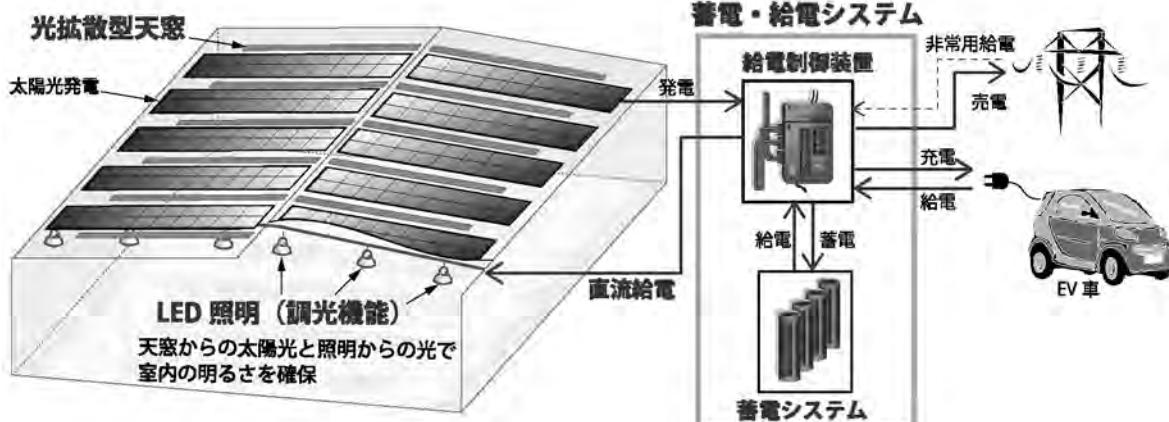


図1 開発したシステムの概要

2.3 蓄電・給電システム

屋根上に設置した10kWの太陽電池パネル (80m^2) が発電した電力を容量81.2kWhのリチウムイオン蓄電池に蓄電するシステムを開発した。LED照明へは直流48Vで給電し、最大電流容量は75Aとした。また、システム不具合や電力不足時のバックアップが可能となるよう系統電力を使用する機能も付加した。

2.4 電力量の収支予測

満充電 (81.2kWh) された蓄電システムからの電力のみで、LED照明の約4日間の点灯が可能である。また、太陽光発電 (10kW) の年間の発電電力量を約10,000kWhと仮定すると、LED照明で使用する年間電力量 (4,325kWh) との差である約5,700kWhが余剰電力として売電や照明以外の電力に使用可能と試算され

る。

3 まとめ

天窓による昼光照明、自動調光機能付LED照明、蓄電・給電システムを開発し、それらを組み合わせて太陽光発電で発電した電力を利用することで、系統電力なしで動作する自立型照明システムを設計・開発した。今回開発したシステムは実際の工場（静岡県浜松市：床面積500m 2 ）に設置して、現在実証試験を行っている。

謝辞

本研究は公益財団法人静岡県産業振興財団の新エネルギー活用研究開発事業費助成を受けた。

負荷検知型方式による車椅子の走行補助装置の開発

電子科

長澤 正 長谷川和宏 三浦 清*

橋本エンジニアリング株式会社

橋本裕司 大城徳彦

Development of a device to assist the operation of wheelchair

Tadashi NAGASAWA, Kazuhiro HASEGAWA, Kiyoshi MIURA, Yuji HASHIMOTO, Norihiko OHSHIRO

Keywords : Wheelchair, Assist, Strain gauge

キーワード：車椅子、アシスト、歪みゲージ

1 はじめに

超高齢社会を迎えており、単身老人や障害者が自立して行動でき、介護者の負担低減に寄与できる車椅子について研究開発を行った。本研究では、搭乗者にとって負担が大きい場合にのみ、電動モータを使用して駆動力を補助する車椅子とした。

2 方法

市販の車椅子に対し、改造部分を極力少なくする形で、アシストする機構を附加することとした。

本研究では、次の4点について検討した。車椅子を運転しようとする力の大きさと方向を検出するセンサの選定とセンサの信号に対して増幅及びフィルタリングを行う回路の製作。モータの回転速度を制御するための回路の設計。遠隔制御を行うための回路の製作。市販の車椅子に簡単に着脱を可能とする部品の開発。

3 結果

3.1 力の検出回路

ハンドリムに加わる力は、歪みゲージ（株共和電業製）を車輪との接続部分に貼付して、ブリッジ法により検出した。信号の処理は、アンプユニット（株ユニバース製U500）を使用し、雑音除去のため100Hzのローパスフィルタを設定した。

センサは4個使用し、バランス調整のためにポテンショメータを挿入した。また、この調整を自動化するために、マイコンを使った制御装置も製作した。

3.2 モータ制御回路

補助車輪を駆動するために直流モータ（DC24V、120W）を使用し、PWM方式により速度制御を行った。パルス幅の設定には、三角波と制御入力をコンパレー

タで比較する方法を用いた。三角波はカレントミラー回路による定電流でのコンデンサの充放電により発生させた。停止している場合でも回路雑音により多少のセンサ出力が発生するため、センサ出力が一定電圧より小さい場合にはモータ制御信号が出力されないようにすることや、一定以上のスピードとならないように制限することも必要であり、この2つの条件を満たすような、設定回路を挿入した。更に発進時に急激な速度変化がないようにするために、制御回路に入力する信号は抵抗とコンデンサによる遅延回路を通し、モータ速度を滑らかに変化させた。

3.3 遠隔制御回路

左右の車輪にXBee無線モジュールを設置し、携帯端末のWiFi機能を利用して遠隔制御回路も取り付けた。

3.4 着脱ユニット

アシスト用の補助車輪を固定する位置を検討した結果、後方の転倒防止用具の取付部分に着目し、連結金具のみを各車椅子に対応し、モータ駆動装置部分は共通化できるようにした。



図1 車椅子の後方の転倒防止用具の取付部分

*現 富士工業技術支援センター

【ノート】

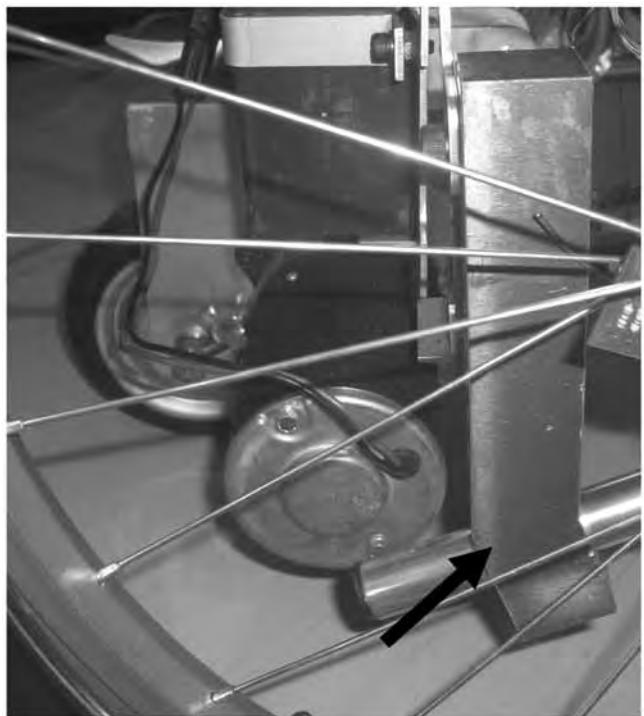


図2 連結金具

4 まとめ

力のセンシング方法からモータ駆動装置までの一連のアシスト機構を作成した。この機構は、施設に複数台の車椅子を保有している場合、必要な時のみ取り付けて使用することが可能であり、コスト面での節約につながる。

今後、遠隔監視機構を利用しての利用状況のデータを収集することにより、アシスト量の自動調整や後方への安定したアシスト方法を検討する予定である。

香味向上を目指した新たな茶素材の開発

食品科 池ヶ谷 篤 油上 保 渡瀬隆也

Development of new tea material of excellent flavor

Atsushi IKEGAYA, Tamotsu YUGAMI and Takaya WATASE

キーワード：茶、香気成分、GC-MS

1 はじめに

チャ (*Camellia sinensis*) は収穫後に異なる製造方法を用いることで、それぞれ不発酵茶（緑茶等）、半発酵茶（ウーロン茶等）、全発酵茶（紅茶等）等に加工される。国内では主に緑茶が製造されているが、リーフ茶の需要減等により、新たな需要の開拓として、これまでにない味・香りを持った商品の開発が望まれている。

茶の発酵は茶葉自身が持つ酵素によって行われるが、本研究では緑茶として製造し、製造過程で加熱により酵素活性を失活させた茶に対して、茶生葉から抽出した酵素を添加し、改めて発酵処理を行うことで、これまでにない香気をもった茶新素材を開発した。

2 方法

秋冬番茶は一般的に香りが少なく、独特の番茶臭と呼ばれる風味があるが、価格も安く、カフェインが少なく、カテキン類が多いといった利点があるため、これを原料として香味を向上させた茶素材の開発を行った。

秋冬番茶に茶生葉から抽出した酵素液を加え、混合・粉碎・発酵の処理を行うことで、香味を向上させた茶素材を製造した。

また、作製した茶素材及び対照の緑茶、紅茶をいずれも乾物換算で 2 g を 200 ml の沸騰水で 2 分間抽出し、FEDHS (Full Evaporation Dynamic Headspace Sampling) 法を用いて、抽出液の香気成分を GC-MS で分析した。なお、香気成分の分析および解析については服部氏と落合氏の方法¹⁾²⁾を参考とした。

3 結果および考察

酵素液の抽出法及び最適な反応条件等を調査し、製造法を確立するとともに、原材料茶葉の酵素源としての貯蔵法を確立し、貯蔵コストの抑制と、大規模での生産を可能にした。茶新素材の製造法の概略を図 2 に示す。



図 1 分析装置 (GC-MS)

Agilent GC9870/5975MSD
Gerstel MPS2
分析条件 オープン温度 40–250 (5°C/min)
カラム DB-WAX (0.25 μm × 60m)

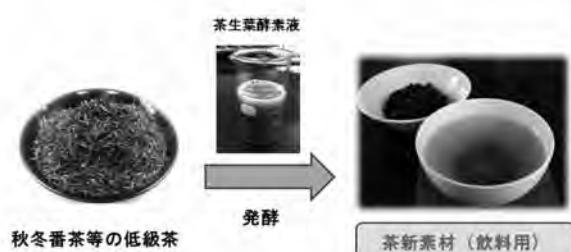


図 2 茶新素材の製造方法

また、製造した茶新素材の香気成分を分析した結果、茶生葉から抽出した酵素液を加え、発酵処理を行うことで、秋冬番茶の香気は大幅に向上し、特にフローラルな印象を持つ香気が増加した。代表的な香気成分で大きく変化が見られた成分は青葉アルコール（グリーンでさわやかな香り）、リナロール（ラベンダー様の香り）、サリチル酸メチル（冷涼感のある香り）、ベンジルアルコール（杏仁様の香り）、フェニルエチルアルコール（バラ様の香り）等である。これらはいずれも紅茶に多く含まれている成分であり、およそ紅茶の 4 分の 1

【ノート】

程度含まれていた。第3図に茶新素材の香気分析結果を示す。

また、緑茶、紅茶のいずれにも含まれず、茶新素材のみで検出された成分も見受けられたが、におい嗅ぎによる結果から、いずれも香気に大きな影響を及ぼす成分ではないと考えられた。

今回開発した茶新素材は、もともと持っている緑茶の香気を保持しているため、緑茶に4分の1程度の紅茶の香気が付与された、緑茶と紅茶の香りを併せ持ったものであることがわかった。

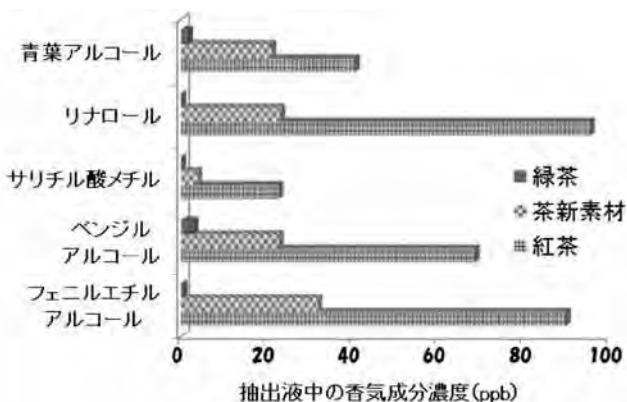


図3 茶新素材の代表的な香気成分の変化

4 まとめ

茶生葉から抽出した酵素を利用することで、風味が劣る秋冬番茶に紅茶様のフローラルな香りを付与することができ、香味を改善することができた。

完成した茶新素材は緑茶に紅茶の香りが4分の1程度付与されたものであった。

謝辞

本研究は、独立行政法人科学技術振興機構の地域結集型研究開発プログラム「静岡発 世界を結ぶ新世代茶飲料と素材の開発」の一環として行った。

参考文献

- 1) Hattori S : Study of New Approach for Evaluation of Japanese Green Tea Using OASIS Method, Memoirs of the Faculty of Agriculture, Hokkaido University, 28 (1), 17-26 (2006).
- 2) 落合伸夫 : 香気分析における省溶媒試料前処理・導入技術と二次元ガスクロマトグラフィー質量分析. ぶんせき, 445, 11-20 (2012).

食品の香り評価システムの検討

食品科 油上 保 池ヶ谷 篤

Examination of odor evaluation system for food

Tamotsu YUGAMI and Atsushi IKEGAYA

キーワード：半導体においセンサ、香気評価、食品、香り、匂い

1 はじめに

食品の美味しさは、味や食感ばかりでなく“匂い”（香り、臭い）も重要な役割を担っている。

良い匂いである“香り”は、消費者の嗜好を満足させる効果を持ち、食品の付加価値を高める要素のひとつとなる。悪い匂い“悪臭”であればクレーム対象となり商品イメージの低下につながることもある。このようなことから食品の開発や品質管理において“匂い”的評価は重要である。食品の匂い評価として官能検査が広く行われているが、人の感覚に影響を受け客観性や絶対性に乏しいという問題点がある。そのため匂いを数値データにより客観的に評価できる方法が望まれている。そこで匂いを客観的に評価できるセンサシステム開発の基礎データとするために、だし粉サンプルの香りを、試作した半導体においセンサ計測システム（香気計測システム）とGC/MS（ガスクロマトグラフ質量分析計）を用いて評価を行った。

2 方法

2.1 試料

表1に示す鰹節だしパック2品の外袋開封直後と外袋開封後半年間室温保管後の計4種類のだし粉試料を用いた。

表1 試料

試料A	鰹節、いわしエキス、焼きあご、うるめいわし 昆布、酵母エキス、海塩ほか
試料B	鰹節、むろあじ節、煮干し（いわし）、さば 椎茸、昆布 ※アラを含む

2.2 香気計測システム

だし粉末5.0gを20mLバイアル瓶に入れイオン交換水5.0mLを加水後、香気安定のため60分間30°Cで保温し、発生した香気を50mL/minで5分間8chのセンサ（表2）に供給して計測した。

表2 使用したセンサ

ch	型番	メーカー	主な対象ガス
ch1	TGS821	フィガロ技研（株）	水素・高濃度の一酸化炭素
ch2	TGS826	フィガロ技研（株）	アンモニア・トリメチルアミン
ch3	TGS2600	フィガロ技研（株）	水素・アルコール・ブタン・一酸化炭素
ch4	TGS2620	フィガロ技研（株）	アルコール・有機溶剤・一酸化炭素
ch5	TGS2603	フィガロ技研（株）	アルコール・アルデヒド類・酢酸
ch6	TGS2610	フィガロ技研（株）	プロパン・ブタン・メタン・水素
ch7	TGS816	フィガロ技研（株）	水素・メタン・プロパン・ブタン
ch8	TGS825	フィガロ技研（株）	硫化水素

2.3 GC/MS分析

だし粉末1.0gを20mLバイアル瓶に入れイオン交換水1.0mLを加水し、そのヘッドスペースガスを表3に示す条件でダイナミックヘッドスペース法により吸着させ、GC/MS分析を行った。Mass Profiler Professionalにて主成分分析やVolcano Plot等の統計処理データ解析を行い、香気成分同定をNISTライブラリーを用いて行った。

表3 ダイナミックヘッドスペース法条件

Trapping	Temp.	30°C
	Flow	50mL/min, 10min
	Volume	500mL
Dry Purge	Temp.	30°C
	Flow	50mL/min, 5min
	Volume	250mL

3 結果と考察

3.1 官能評価

試料A、B間の違いは容易に識別できたが、保管前後の違いはいずれの試料もごく僅かであった。

3.2 香気計測システム

センサ応答から抽出した特徴量を主成分分析した結果（図1）、銘柄や保管前後について、それぞれの匂いの質の違いによる分離ができた。

3.3 GC/MS分析

検出された多くの香気成分からライブラリー検索で約

【ノート】

50数種類を同定した。また、有意な差がある成分（図2）を確認した。1-Penten-3-ol、1-Octen-3-ol、Hexanal等が両方に共通して存在する香氣であった。また、試料Bの1-Penten-3-olは外袋開封後の時間経過に伴い増加した。同成分は酸化臭として知られており、同成分がだし粉劣化の指標となると考えられる。

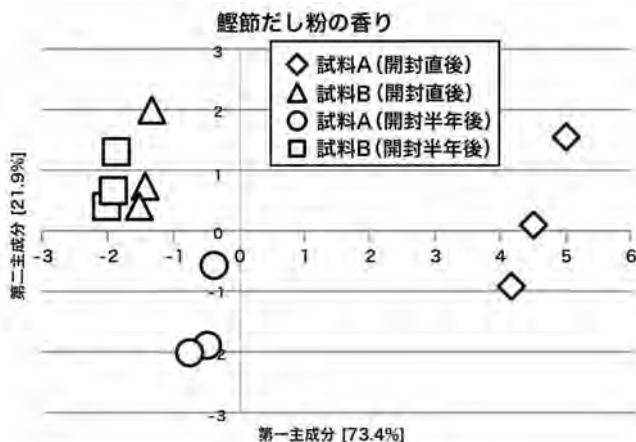


図1 センサ応答PCA結果

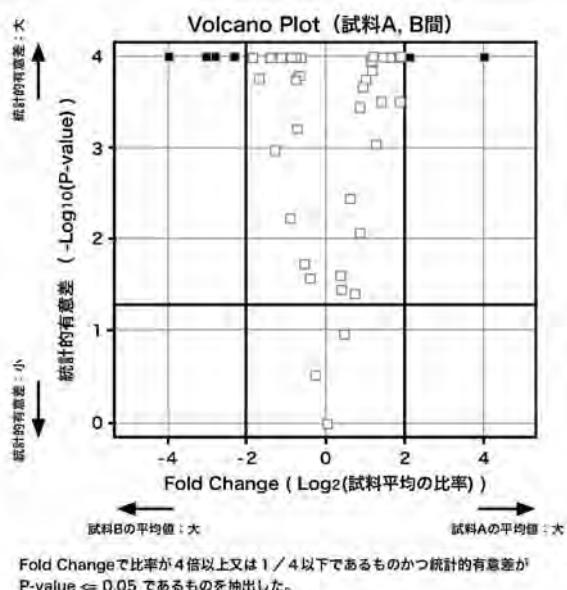


図2 開封直後の試料A、B間での統計的有意差検定結果

4 まとめ

香気計測システムで2品間や保管前後の分離ができたが、試料Bについては保管前後の分離度が良くなかった。GC/MS解析結果を元に1-Penten-3-ol等の応答が良いセンサを選択し、システム改良を行う予定である。

謝辞

センサデータの解析手法等についてご指導いただいた大阪工業大学大松繁教授に感謝いたします。

野生シカの利用加工

— シカ肉のドライエイジング肉開発やシカ革和太鼓の開発 —

食品科	渡瀬隆也
伊豆市役所	三須智勝
静岡県中小企業団体中央会東部事務所	大村吉夫*
有限会社アウターネットワーク	植村勝博
和風料理花月	岩水安博
株式会社増田屋本店	増田恭子

Development of products using wild deer material

— Development of dry aging deer meat and Japanese drum with deer leather —

Takaya WATASE, Tomokatsu MISU, Yoshio OMURA, Katsuhiro UEMURA, Yasuhiro IWAMI and Kyoko MASUDA

キーワード：シカ、ドライエイジング、皮、革、和太鼓

1 はじめに

伊豆半島や富士山麓では、それぞれ約2万頭の野生シカが生息しており、害獣として捕獲されている。食肉利用は捕獲数の10%程度で、大半が埋設処理されている。平成23年に開設した伊豆市食肉加工センター「イズシカ問屋」では、年間約800頭の精肉処理をしている。野生シカの平均体重は約50kgあり、これから約10kgの精肉が得られ、歩留まりは約20%である。資源として活用の幅を広げるため、シカ加工肉の開発やシカ皮革の利用に取り組んだ。

2 方法

2.1 加工肉の開発と分析

①塩麹漬け、②ドライエイジング ロース、③ドライエイジング もも肉、④醤油味焼き枯らし、⑤塩麹焼き枯らしの5サンプルについて、遊離アミノ酸などの測定を行った。①は、市販の塩麹に生肉を漬け込んで1日冷蔵したもの、②③は生肉を1ヶ月間0℃の冷蔵庫内で風乾させたもの、④⑤は生肉に調味した後、焼き枯らし（和風ジャーキー）して製造したものを用いた。それぞれの外観を写真1に示した。



写真1 野生シカ肉加工品

写真左上から塩麹漬け、ドライエイジングロース、ドライエイジングもも肉、右下から醤油味焼き枯らし、塩麹焼き枯らし

*現 静岡県中小企業団体中央会静岡事務所

【ノート】

2.2 シカ革の和太鼓の開発

イズシカ問屋で引き剥いたシカ生皮を塩水に漬け込み、冷蔵保管後、有限会社松井（東京）で酸やアルカリによるなめし処理を行った。引き伸ばして乾燥後、再び水に漬け込み、軟化したものを太鼓の大きさに切り取った。紐あるいはワイヤーを通す穴を開け、太鼓用の胴に紐で張りながら取り付けた。足踏みで引き伸ばし（写真2）さらに張りを増した後、一晩自然乾燥させた。太鼓に用いた胴は、御殿場市産の富士檜製の学習机廃材による組み木で製造した。



写真2 シカ革を引き伸ばしながら太鼓の胴へ張る作業

3 結果および考察

図1、2に遊離アミノ酸の分析結果を示す。生肉に比べ、ドライエイジングは必須アミノ酸も非必須アミノ酸も増加していた。低温で長期熟成によりタンパク質の一部が分解され遊離アミノ酸が増えたと思われる。その他の加工品については生肉の遊離アミノ酸のバランスと異なることから、調味料の影響が大きいと思われた。

写真3に完成した和太鼓を示す。国内では豚、牛、羊、山羊、爬虫類の5種類しか工業的ななめし加工生産はなく、本格的ななめし処理を経た国産シカ革による和太鼓製造ははじめてと思われる。

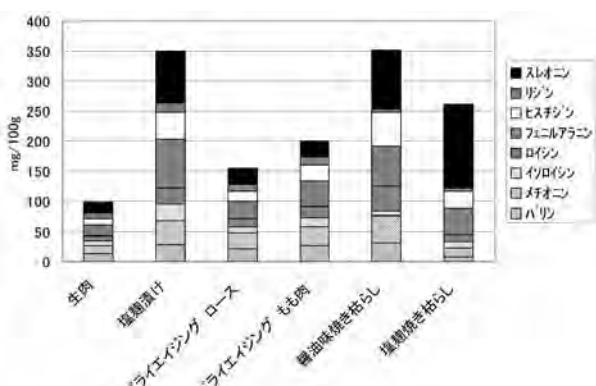


図1 シカ肉及び加工品に含まれる必須アミノ酸の含有量

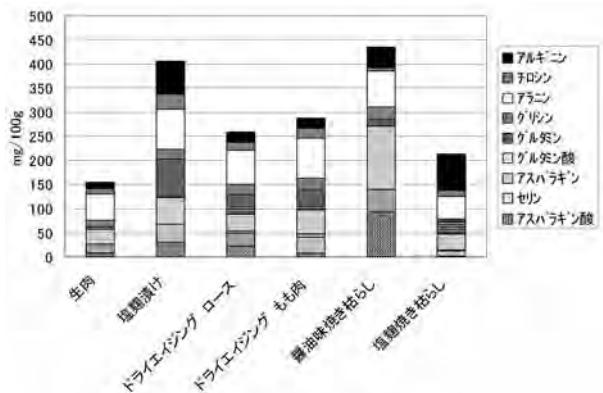


図2 シカ肉及び加工品に含まれる非必須アミノ酸の含有量



写真3 完成したシカ革の和太鼓（中央）
地元中小企業のグループ（右から（有）アウターネットワーク 植村勝博、和風料理花月 岩水安博、株式会社増田屋本店 増田恭子）と静岡県中小企業団体中央会東部事務所 大村吉夫（写真左）、静岡県工業技術研究所 渡瀬隆也（写真左から2番目）

4 まとめ

害獣捕獲された野生シカの活用の幅を広げる目的で、加工肉の開発と皮の利用加工に取り組んだ。ドライエイジングによりシカ肉に含まれる遊離アミノ酸の増加が確認された。また全国ではじめてと思われる国産シカ革の和太鼓を開発した。

謝辞

シカ皮のなめし処理について、東京都立皮革技術センター吉村圭司センター長より助言を頂きました。厚く感謝いたします。

廃プラスチックを利用した石膏ボード廃材の低温脱硫処理技術の開発（第2報）

— 回転炉を使用した脱硫反応条件の検討 —

環境科 中島大介 結城 茜 酒井 祥 杉山直人*
 三和建商株式会社 松下和弘

Development of desulfurization technology of waste plaster board using waste plastics under low-temperature condition (2nd Report)

— Examination of desulfurization conditions by using rotary kiln —

Daisuke NAKASHIMA, Akane YUKI, Susumu SAKAI, Naoto SUGIYAMA and Kazuhiro MATSUSHITA

キーワード：石膏ボード廃材、廃プラスチック、リサイクル、脱硫処理、CaO

1 はじめに

家屋等の解体で廃棄される石膏ボード廃材は全国で年間約120万t発生しているが**、その再利用率は数%で、ほとんどは埋め立て処分されている***。

そこで本研究では、1,000°C以下で石膏中の硫黄分を廃プラスチックを利用して除去（脱硫）し、有用資材であるCaOにリサイクルする技術の開発を目指す。

これまでに、マッフル炉を使用した脱硫反応試験により、反応温度1,000°C以下にて、石膏中の硫黄を90%以上取り除く条件を確認した¹⁾。そこで今回は、反応効率の向上と実機を視野に入れた反応を確認するため、回転炉を使った脱硫試験を行った。

2 方法

予め回転炉内にCaSO₄（焼石膏CaSO₄・1/2H₂O試薬（和光純薬工業株）を1,050°Cで2時間加熱し調整）設置し、回転させながら所定の温度（1,000°C）まで加熱した。粒状の低密度ポリエチレン試薬（和光純薬工業株）を投入口から0.3g/minで投入しながら、約1.75時間保持した。

CaSO₄と投入するポリエチレンの量を段階的に増やし、生成物の組成に及ぼす影響について検討した。生成物の組成はX線回折にて分析した。

3 結果および考察

図1に反応生成物のX線回折の結果を示す。ポリエチレンの量を増やすことで、CaSO₄の存在を表すピークが小さくなっている。このことから、投入するポリエチレンの量を増やすことで、回転炉でCaSO₄を完全に反応させることができることがわかる。図2に回折強度の各成分別の比較を示す。マッフル炉での反応生成物の主成分がCaOであったのに対し、回転炉ではどの混合比でもCaSを多く含んでいることがわかる¹⁾。CaSO₄を優先的にCaSに反応させる要因として高濃度の一酸化炭素ガスが知られており、燃焼によって炉内

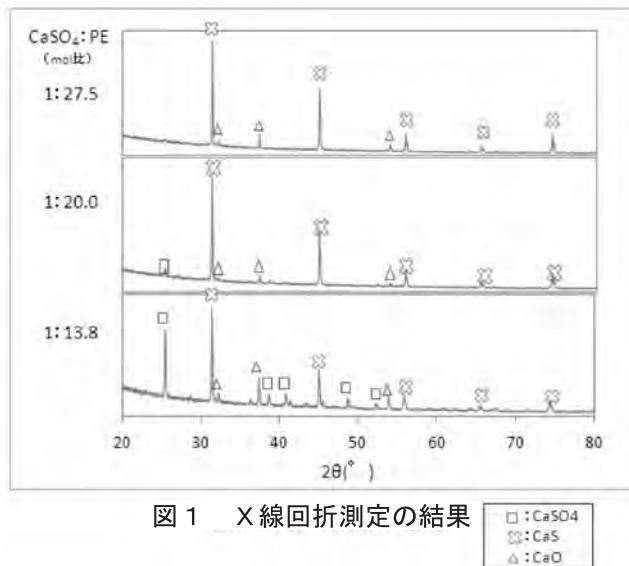


図1 X線回折測定の結果

*現 食品科

**(社)石膏ボード工業会：廃石膏ボード排出量の推計. http://www.gypsumboard-a.or.jp/haishutsuryou_suikei.shtml (2013.3.5アクセス)

***(社)石膏ボード工業会：石膏ボードの対応策について. <http://www.gypsumboard-a.or.jp/countermeasure.pdf> (2013.3.5アクセス)

【ノート】

の酸素が消費され、一酸化炭素ガス濃度が高まったことが生成物の組成に影響したと考えられる。

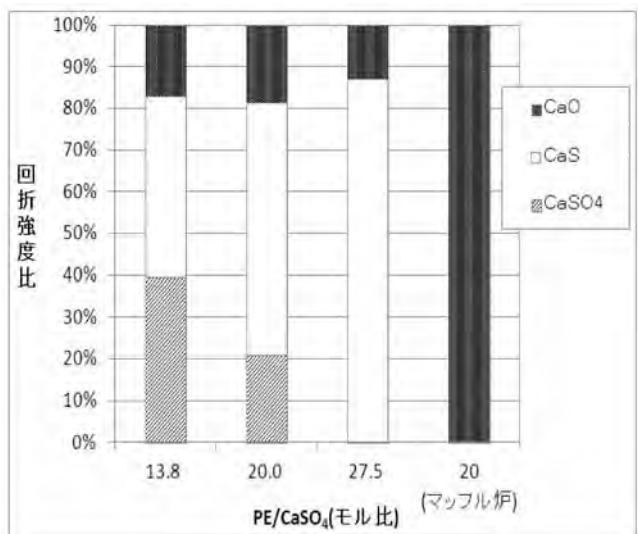


図2 生成物の組成変化

4 まとめ

低成本で石膏ボード廃材を脱硫できる技術の開発を目指し、回転炉での検討を行った。回転炉で得られた生成物はCaSが主成分であり、CaOを主成分とする生成物は得られなかった。これは、炉内の一酸化炭素ガスの違いが生成物の組成に影響していると考えられた。

参考文献

- 1) 結城茜 他：廃プラスチックを利用した石膏ボード廃材の低温脱硫処理技術の開発. 静岡県工業技術研究所研究報告, 第5号, 71-72 (2012).

簡単で使いやすいデジタルオーディオプレイヤーの開発（第1報）

ユニバーサルデザイン科 小松 剛 易 強 多々良哲也
株式会社ニッケイ工業 薩川芳之 福島博行

Development of the easy-to-use digital audio player (1st report)

Takeshi KOMATSU, Tsuyoshi Yi YOTO, Tetsuya TATARA, Yoshiyuki SATSUKAWA
and Hiroyuki FUKUSHIMA

キーワード：デジタルオーディオプレイヤー、音楽、高齢者

1 はじめに

2012年、音楽好きが多い「団塊の世代」が、年齢的に高齢者（65歳以上）の仲間入りをした。しかし、外に音楽を持ち歩いて聴いている高齢者を見かけることは少ない。そこで、音楽が好きな中高年の方を対象に、デジタルオーディオプレイヤーについての感想を調査した。

2 方法

2011年秋、県内カルチャーセンターの音楽関係のスクールに通う受講生162名を対象に、オーディオプレイヤーに関するアンケート調査を行った。また、2012年、現状のオーディオプレイヤーと録音機器の数機種について、操作性と性能の調査を行った。

3 結果

アンケート調査の主な結果は、図1～5のとおりである。ラジカセを使い、CD（Compact Disc）やカセットテープを聴いている人が多かった。デジタルオーディオプレイヤーに関しては、使っている人も使っていない人からも好印象であり、興味を持たれていることがわかった。

4 考察

2012年も、デジタルオーディオプレイヤーの新機種が続々と発売され、ますます高機能化が進んできた。若者に人気の機種は、タッチパネル操作が主流で、初心者には難しい。プレイヤー内部のメモリに曲を保存する方式であり、パソコンを使用することが前提である。

一方で、パソコンを使用せずにMP3（MPEG Audio Layer-3）形式で録音する方法が二つある。一つは、プレイヤー本体の機能で、アナログの音を直接録音す

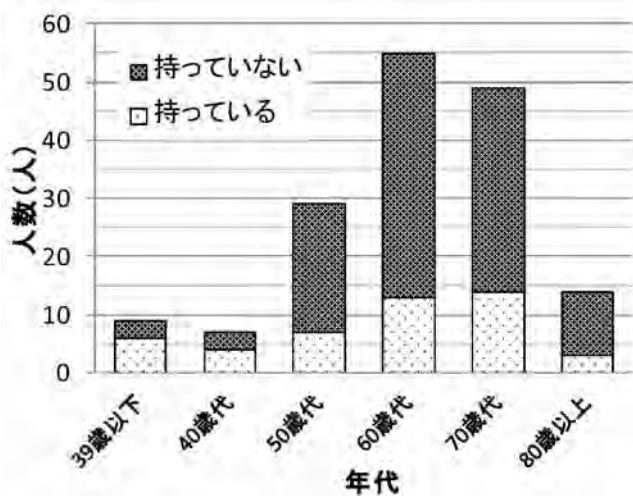


図1 年代とデジタルオーディオプレイヤーの所有状況
50歳以上の人には約1/4が所有していた。
50歳以下で持っていない人は携帯電話で音楽を聴いていた。

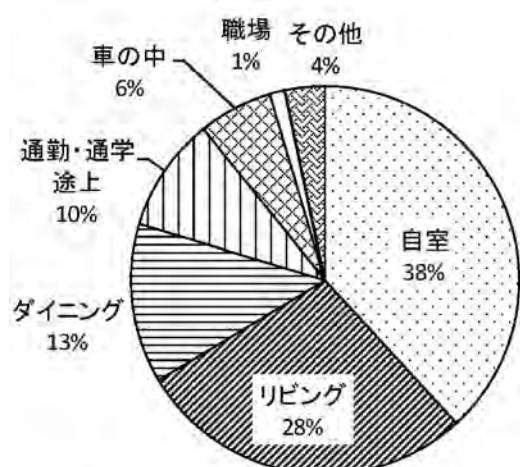


図2 音楽を聴く場所
家の中が大半で、外ではあまり聴かない。

【ノート】

る方法であるが、データの取り込みには再生時間と同じ時間がかかる。もう一つは、CDの曲をSD (Secure Digital) カードに保存できるエンコーダ (SD付きCDラジオ等) を使用する方法であり、録音が短時間でできるものがある。但し、いずれの方法も、曲名の登録・編集はパソコンがないと難しい。

そこで、デジタルオーディオプレイヤーを、カセットテーププレイヤーに近い使い方にする方法を考えた。大容量のメモリの中でフォルダ毎に曲を管理するようなことはせず、安価になっているSDカードをカセット代わりに差し替える方法とすれば、近いイメージのものができる。この方法により、曲はエンコーダから自分で録音することが可能となり、他の人に曲を入れてもらうとしても、そのためにプレイヤー本体を他の人に預けなくてもよい。プレイヤーで曲名を表示しなくて良いと割り切れば、パソコンを使わずに録音・再生までできるフローを提案できる。簡単なプレイヤーの開発目標として、以下の仕様を決定した。

- ①スイッチは、クリック感があるボタンにする
- ②音楽データは汎用性の高いMP3形式にする
- ③SDカードで、音楽を差し替える
- ④動作中であることが分かる
- ⑤曲番号を表示する

5まとめ

オーディオプレイヤーに機能ではなく使いやすさを望んでいる人達は多数いる。今まで多くの人が使用してきたカセットテーププレイヤーと同等に簡単で分かりやすいデジタルオーディオプレイヤーを目指して開発を行う。

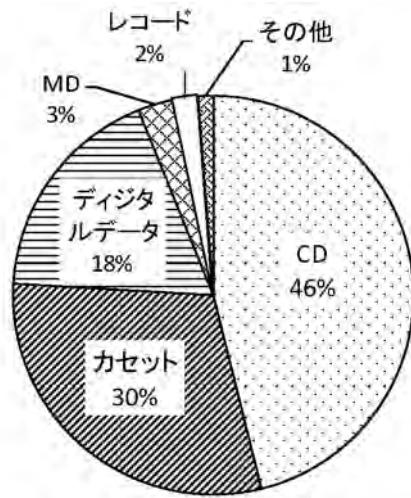


図3 使っている音楽のメディア
CDやカセットテープを使う人が大半だった。

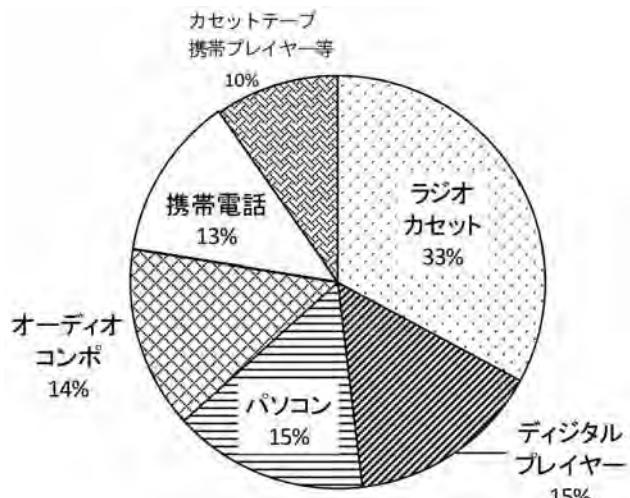


図4 普段使っている機器 (複数回答有: 総数293)
ラジカセを使う人が最も多い。

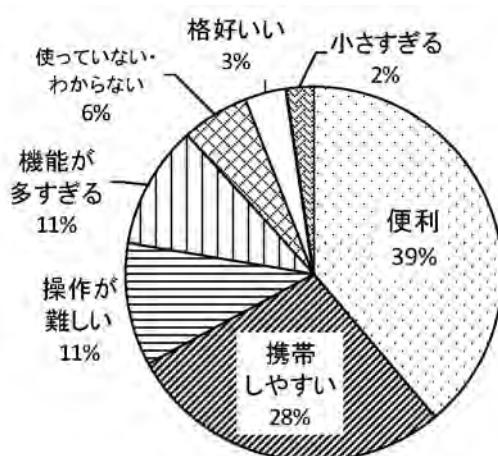


図5 デジタルオーディオプレイヤーの印象
概ね好印象であり、簡単な製品への希望が多かった。

Effects of Activation with CO₂/KOH on the Pore Structures of Coffee Grounds-derived Carbon

Keisuke Kikuchi, Rie Yamashita and Satoshi Sakuragawa

CO₂賦活およびKOH賦活がコーヒー抽出残さ由来活性炭の細孔構造に与える影響

静岡県工業技術研究所 菊池圭祐 山下里恵 櫻川智史

【Transactions of the Materials Research Society of Japan, Vol.37, No.4, 557–562 (2012)】

Keywords : Coffee grounds, Carbon, Activation, KOH, CO₂

キーワード：コーヒー抽出残さ、炭素、賦活、水酸化カリウム、炭酸ガス

コーヒー抽出残さをCO₂賦活およびKOH賦活により炭素化し、各種賦活条件が細孔構造に与える影響を検討した。CO₂賦活は850°Cで752 m²/g、KOH賦活は4.5 Mで2549 m²/gを示した。またCO₂賦活は0.8、1、3.1 nmの細孔が形成され、処理温度の上昇とともに細孔は拡大し、メソ孔を多く含むようになった。

KOH賦活は0.7および1～1.1 nmの細孔が形成され、KOH濃度が高くなるにつれ細孔は僅かに拡大した。コーヒー抽出残さに対するKOH賦活の比表面積増大作用とCO₂賦活の細孔拡大作用が確認された。

Electric Double Layer Capacitor Using Spent Coffee Grounds-Derived Activated Carbon Electrode

Keisuke Kikuchi, Tomohiro Yasue, Rie Yamashita, Satoshi Sakuragawa and Masao Sudoh

コーヒー抽出残さ由来活性炭を用いた電気二重層キャパシタ

静岡県工業技術研究所

菊池圭祐 山下里恵 櫻川智史

静岡大学工学部物質工学科

安江智弘 須藤雅夫

【BIOCOMP 2012 11th Pacific Rim Bio-Based Composites Symposium Proceedings, 251–260 (2012)】

Keywords : Coffee grounds, Carbon, Activation, KOH, CO₂

キーワード : コーヒー抽出残さ、炭素、賦活、電気二重層キャパシタ、

コーヒー抽出残さ (SCG) は世界中で大量に廃棄されている。コーヒー抽出残さは、炭素分を多く含んでいることや (55wt%)、元々多孔質構造であるため、我々はこのSCGを有用資源とみなし、炭素化することで有効活用する研究を行っている。これまでの研究でSCGをKOH賦活やCO₂賦活することで比表面積が大幅に上昇し、また賦活法の違いで形成される細孔サイズも異なることが分かっている。電気二重層キャパシタ (EDLC) は、その性能を決定づける上で、電極材に使用される活性炭が2,000～2,300 m²/gの高い比表面積と直径 2～5 nmの細孔サイズを有することが重要であるとされている。したがって、我々は、これら賦活法を利用し、比表面積の向上や細孔径制御をすることでEDLCへ応用可能な活性炭を焼成できるという考えに至った。

今回は、KOH賦活やCO₂賦活によって焼成したコーヒー抽出残さ由来活性炭を用いてEDLCを作製し、EDLC研究用としてよく使用されるフェノール樹脂由来活性炭 (MSP-20、関西熱化学) との性能比較を行った。電極の組成比は、活性炭 : カーボンブラック : PTFE = 8 : 1 : 1 とし、電解液は、1 MのTEMABF₄/PCを使用した。評価は定電流充放電試験を行い、各電流密度でのキャパシタンスを求めた。KOH賦活により焼成したSCG由来活性炭を用いたEDLCは、低電流密度での容量はMSP-20に劣るものの、高電流密度では高い容量を示し、電流密度に対する容量保持率に優れることができた。

Carbonization behavior of iodinated spent coffee grounds

Rie YAMASHITA, Yukie SAITO, Keisuke KIKUCHI and Satoshi SAKURAGAWA

ヨウ素処理したコーヒー抽出残さの炭素化挙動

バイオマス循環プロジェクトスタッフ

山下里恵 菊池圭祐 櫻川智史

東京大学大学院農学生命科学研究科

斎藤幸恵

Proceedings of 11th Pacific Rim Bio-Based Composites Symposium, 246–250 (2012)

Keywords : Spent coffee grounds, Iodine treatment, Carbonization

キーワード：コーヒー抽出残さ、ヨウ素処理、炭素化

ヨウ素処理は、木材の炭化において炭素収率を向上することが知られている。この効果は、木材が含む液相炭素化成分の不融化に起因すると考えられている。フェノール性化合物の含有量が高いコーヒー抽出残渣(SCG)においても、同様の効果が期待できないかと考えた。そこで本報では、SCGにヨウ素を添加し、熱分解挙動及び生成する炭化物の構造観察をおこなった。熱重量(TG)測定の結果、無処理SCGでは、300°Cをピークに熱分解が進行するのに対して、120°Cヨウ素処理SCGでは、およそ200°Cで重量減少のピークを有し、これはSCGに付加したヨウ素によるCH₃やHI

へのガス化に起因すると考えられる。ヨウ素処理SCGのN₂下、1000°C炭化物の炭化収率は36.7%であり、無処理SCGのそれが15.2%であるのに比較して、著しく増大した。SEM観察によれば、無処理SCGを出発物質とした場合には個々の細胞が観察されるのに対し、ヨウ素処理SCGを出発物質とした場合には細胞内腔が何らかによって充填されていた。細胞内充填は、炭化処理前のヨウ素化SCGにおいてすでに見られることから、未処理ならば揮発して失われるはずの成分が、120°Cヨウ素処理により安定化されて留まり、炭化収率を高めたと考えられる。

亜臨界水を用いる食品およびプラスチック廃棄物からの高発熱量の複合燃料の生成

静岡大学工学部物質工学科
藤村通商株式会社
静岡県工業技術研究所
株式会社竹中工務店技術研究所

岡島いづみ 河瀬信彦 佐古 猛
清水達祥
田村克浩 菅野尚子*
川尻 聰

Production of Composite Fuel with High Heating Value from Waste Mixture of Food and Plastic Using Subcritical Water

Idzumi OKAJIMA, Nobuhiko KAWASE, Tatsuyoshi SHIMIZU, Katsuhiro TAMURA, Naoko KANNO,
Satoshi KAWAJIRI and Takeshi SAKO

Journal of the Japan Institute of Energy, 91, 998-1006 (2012)

Keywords : Composite fuel, Waste food, Waste plastic, Subcritical water

キーワード : 複合燃料、食品廃棄物、プラスチック廃棄物、亜臨界水

亜臨界水を用いて食品廃棄物、廃プラスチック、プラスチック分散材から石炭並みの発熱量を持ち、燃焼時に有害な排ガスを排出しない複合燃料を高収率かつ省エネルギーで生成する技術を開発した。代表的な例として、10kgの廃キャベツ（食品廃棄物）、2kgのポリスチレン、5kgのおがくず（プラスチック分散材）を200°C、1.6MPaの亜臨界水中で30分間、強く攪拌しながら亜臨界水処理すると、28.3MJ/kgの高い発熱量を持つ複合燃料が生成した。またこのとき、物質収支から計算した炭素の固定化率は93%と高い値が得られた。更にこの燃料は通常のバイオマス燃料の1/3の時間で乾燥できたので、バイオマス燃料の製造の中で最もエネルギーを多く消費する乾燥工程の大幅な省エネルギーが可能になった。複合燃料の製造における亜臨界水

の役割は、溶融したプラスチック粒子間の融着を抑制して安定化させること、処理対象物中の有害な塩素や硫黄原子を除去すること、乾燥速度を加速化し、乾燥に必要なエネルギーを大幅に低減し、エネルギー収支比を高めることである。複合燃料の単位重量当りの発熱量について、構成成分の発熱量と生成量の加成性に基づいて計算した結果は実測値と平均誤差6.0%で良好に一致した。

次に複合燃料をペレットにしてペレットストーブで燃焼したところ、着火性が良く、長時間の安定燃焼が可能であった。このときの排ガス中のばいじん、窒素酸化物、硫黄酸化物、塩化水素、ダイオキシン類の濃度は全て小型のボイラーや焼却場の排出基準を十分下回り、安全でクリーンな燃料であることが実証された。

*現 環境衛生科学研究所

Development of Advanced Coating Techniques for Highly-durable Casting Dies

S Tanaka, M Takagi and T Mano

高耐久性ダイカスト金型のための高度コーティング技術の開発

化学材料科

田中翔悟

富士工業技術支援センター機械電子科

高木 誠

機械科

真野 肇

Journal of Physics: Conference Series, Vol.417, conference 1, 012032, 1-5 (2013)

Keywords : mold, erosion, PVD, multilayer

キーワード：金型、溶損、PVD、多層膜

高温の溶融金属を高圧下で注入されるダイカスト金型の劣化は、型の補修、交換や製品の不良率の上昇の原因となり、生産性を低下させる。そこで、本研究ではアルミダイカスト金型の耐久性を向上させるために、微細構造を制御したPVDコーティング技術を開発した。

イオンプレーティング法を用いて窒化クロム (CrN) または窒化チタンアルミニウム (TiAlN) によって構成される多層コーティングを作成し、透過型電子顕微鏡を用いて膜の構造を観察した。ピン形状の金型鋼試験片にコーティングを施し、アルミニウム合金溶湯中に一定時間浸漬する試験を行った結果、多層コーティング

の試験片の重量損失は、比較用の単層コーティングに比べて減少した。実用試験として、自動車部品アルミダイカスト製造に使用するコアピンに多層コーティングを施し、数千ショットの製造を行う間のメンテナンス (コアピン表面に付着したアルミ合金の除去) 作業の回数を、従来処理 (市販の塩浴拡散処理) 品と比較した。その結果、多層コーティングされたコアピンのメンテナンス作業の回数は従来処理品に比べて大幅に少ないことが分かった。多層コーティングによって金型部材の耐久性が向上したと考えられる。

Optical Measurement of Interference Color of Pearls and Its Relation to Subjective Quality

Toshihiro TOYOTA and Shigeki NAKAUCHI

真珠干渉色の光学計測手法と主観的品質との関係

機械科 豊田敏裕
豊橋技術科学大学 中内茂樹

Optical Review, 第20巻, 第1号, 50-58 (2013)

Keywords : pearl, interference color, optical measurement, subjective quality

キーワード : 真珠、干渉色、光学計測、主観的品質

真珠は、熟練した専門家の目視によりその品質が評価されている。なかでも、“干渉色”は真珠品質を決定づける重要な要因の一つである。真珠の干渉色は、薄膜の積層構造を有する真珠層での光学干渉に由来するものである。こうした干渉色の品質は専門家の目視により評価されており、客観的な評価手法の確立が求められている。そこで、本研究では、真珠からの透過光に対する光学的特徴と主観的品質との関係を調査し、真珠干渉色の計測手法を提案した。

計測手法の検討にあたっては、真珠を透過する光の分光学的特徴と専門家の目視評価の結果を対応付けることで、干渉色の品質を“数値化すること”、“わかりやすく可視化すること”に主眼を置いた。

光学計測では、専門家により分類された真珠群に加え、真珠層を有さない模造真珠およびジルコニア製のボールベアリングを計測サンプルとし、比較的広帯域の単色光がサンプル内を伝搬する状態を数値化したものと専門家の主観評価結果が高い相関を示す波長を選択し、その波長における光の伝播状態に基づき、干渉色の数値化および可視化を実施した。

また、前述とは異なる専門家が品質評価を実施した新規の真珠サンプル群を用いて、提案手法の一般性も確認した。現在、提案手法に基づいた真珠品質計測装置の開発も進められている。こうした計測手法は色ムラや薄膜の層厚ムラなどの検査にも応用出来る可能性があると考えられる。

Optical Simulation of Reduced Retinal Illuminance Caused by Senile Miosis

Taka-aki SUZUKI, Katsunori OKAJIMA and Takashi FUNAI

加齢で生じる眼の瞳孔収縮によって生じるもの見えにくさをシミュレーションする
模擬ゴーグルの開発機械科 鈴木敬明 船井 孝
横浜国立大学 岡嶋克典

Optical Review, 第19巻, 第3号, 174-181 (2012)

elderly vision, senile miosis, retinal illuminance, optical simulation, electrochromic device

キーワード：高齢者視覚、老人性縮瞳、網膜照度、光学的模擬、エレクトロクロミックデバイス

高齢者の瞳孔は、若年者と比較して小さいことが知られている（老人性縮瞳と呼ばれる）。老人性縮瞳は、高齢者の網膜に到達する光量（網膜照度）を低下させ、高齢者の視覚機能を低下させると考えられている。そこで本研究では、幅広い環境照度レベルにおける老人性縮瞳の特性を明らかにし、様々に変化する照明環境下での老人性縮瞳による高齢者の網膜照度の低下を模擬する手法について検討した。実験において様々な環境照度下で若年者と高齢者の瞳孔面積を測定し、

環境照度に対する老人性縮瞳の特性を明らかにするとともに、若年者の網膜照度を高齢者の網膜照度と等価にする老人性縮瞳模擬フィルタの透過率を導出した。さらに、電気的に透過率を変化させることができる光学能動素子を用いた老人性縮瞳模擬フィルタを作成した。最後に、老人性縮瞳模擬フィルタと、高齢者水晶体の黄変する擬似フィルタを組み合わせた高齢者視覚模擬ゴーグルを提案した。

行動観察記録ソフトウェアOBSERVANT EYEの開発

— ユーザビリティテストにおける有用性の検証 —

静岡県工業技術研究所 易 強 鈴木敬明 櫻川智史 田村久惠*
放送大学 黒須正明

Development of OBSERVANT EYE: A behavior observation recording software

— Verification of the usefulness in usability testing —

Tsuyoshi Yi YOTO, Taka-aki SUZUKI, Satoshi SAKURAGAWA, Hisae TAMURA and Masaaki KUROSU

人間生活工学第14巻, 第1号, 43-52 (2013)

Keywords : usability, usability testing, behavior observation, movie, highlight-video

キーワード：ユーザビリティ、ユーザビリティテスト、行動観察記録、動画、ハイライトビデオ

ユーザビリティテストの観察記録を効率よく行うために、観察記録に対する要求事項を調査で明らかにし、その要求に沿った記録方法を提案した。方法として、ソフトウェアを使用してPC画面上で自由に配置できるアイコンに観察記録に必要な文字を割り当て、観察者がそのアイコンをクリックすると、割り当てた文字が観察記録として時刻と共に直ちにPCに記録できるようにした。また、観察記録内容がユーザビリティテストの映像と連携でき

るようになった。この提案を実装した行動観察記録ソフトウェアOBSERVANT EYEを開発し、検証実験を行った。従来の手書きの方法に比べ、評価対象の問題点の数が1.6倍多く抽出され、ハイライトビデオの作成時間も半分になり、動画を活用した観察記録時間が約1/3に短縮できた。結果、ユーザビリティテストの種類を問わず、提案した手法を用いることで、効率よく観察記録できることが確認された。

*現 退職

就寝前の加温カフェインによる連続洗口は健常者の口腔内細菌叢を変化させる

静岡県工業技術研究所 大川勝正

Hot Caffeine Solution-Containing Mouthwashes nightly change Human Oral Microbiota in Healthy Subjects

Katumasa OOKAWA

口腔衛生学会誌第62巻第4号, 357-364 (2012)

Keywords : Caffeine, Temperature, Oral microbiota, Oral bacteria, Aspiration pneumonia

キーワード：カフェイン、温度、口腔細菌叢、誤嚥性肺炎

カフェインは、コーヒー、紅茶、緑茶および烏龍茶などの飲料に含まれる良く知られた成分のひとつである。それらの飲料は加温して飲まれることが多い。我々のこれまでの *in vitro*での試験において、そのような加温されたカフェイン液 (HC) が、短時間で、口腔常在細菌種と比較して多くの誤嚥性肺炎起因菌種の生存率を低下させ、口腔細菌叢を改善する可能性が示された。そこで、HCが実際に口腔細菌叢に影響を及ぼすかどうかを調べるため、健常者を被験者 (n= 9) として単群のブライド化されない27日間の介入試験を実施し

た。この結果、好気性連鎖球菌は、好気性細菌の中で高い割合を示し、介入による変化が見られなかった。嫌気性細菌では、介入により嫌気性連鎖球菌の割合が上昇し、*Prevotella*属の割合が減少傾向を示し、歯周病菌等嫌気性のグラム陰性菌の割合が減少した可能性が示唆された。これらの結果から、HCによる洗口は、常在菌の割合を留め、歯周病菌等の割合を減少させることにより、健康な健常者の細菌叢を改善したものと推察された。

現在歯を有する要介護高齢者における嚥下機能の低下と口腔衛生状態との関連性

静岡県立大学短期大学部 森野智子
静岡県工業技術研究所 大川勝正
日本大学歯学部 萩原芳幸 関 みつ子

Relationships between Reduction of Swallowing Function and Status of Oral Hygiene in Toothed Elderly People who Need Nursing Care

Tomoko MORINO, Katumasa OOKAWA, Yoshiyuki HAGIWARA and Mitsuko SEKI

口腔衛生学会誌第62巻第5号, 478-483 (2012)

Keywords : Elderly people, Professional oral health care, Aspiration pneumonia, Swallowing function

キーワード : 高齢者、専門的口腔ケア、誤嚥性肺炎、嚥下機能

現在歯を有する要介護高齢者が増加していることから、嚥下機能と口腔衛生状態の2つの観点から有歯齶高齢者の状況を把握するために調査を行った。特別養護老人ホームの有歯齶要介護高齢者を被験者として、嚥下機能を含む口腔機能・状況と口腔衛生状態（ケア必要度指数（DPI）、細菌数、連鎖球菌、*Fusobacterium*属および*Prevotella*属の各菌数、日和見感染菌の検出状況）を調べた。得られた結果は、改訂水飲みテストの成績から嚥下機能良好群、嚥下機能低下群の2群に分け、両群間を比較するとともに、各群内における調査項目間の相関を求めた。2群間の

比較では、嚥下機能低下群の細菌数、*Fusobacterium*属および*Prevotella*属の菌数が嚥下機能良好群に比べ有意に高い値を示し、現在歯を有する高齢者の口腔ケアのプランニングを行う際には、被験者の嚥下機能の状況を配慮する必要があることが示唆された。嚥下機能良好群内では、DPIと細菌数および連鎖球菌数とが強い相関を示した。また、嚥下機能低下群では、DPIが細菌数および歯数と強い相関を示し、歯を多く有する嚥下機能の低下した高齢者では、誤嚥性肺炎予防のために専門的な口腔ケアが重要だと考えられた。

REPORTS
OF THE
INDUSTRIAL RESEARCH INSTITUTE
OF SHIZUOKA PREFECTURE, NUMAZU

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
3981-1 Ooka, Numazu city, Shizuoka, 410-0022 Japan

微生物を用いた一本鎖型抗体の生産技術の開発（第7報）

— 抗インフルエンザウイルスscFv遺伝子の単離 —

微生物抗体開発プロジェクトスタッフ 太田俊也* 松野正幸** 室伏敬太*

Efficient single-chain antibody production using microorganisms (7th report)

— Isolation of anti-influenza virus scFv genes —

Toshiya OHTA, Masayuki MATSUNO and Keita MUROFUSHI

キーワード：ファージディスプレイ、インフルエンザウイルス、抗体

1 緒言

我々は、A型インフルエンザウイルス(FluA)の核タンパク質(NP)に対する抗体およびその遺伝子を獲得するために、迅速な抗体調整が可能なファージディスプレイ法を実施した。今回は、前報¹⁾のバイオパンニング手法により濃縮されたファージ群より、標的とする抗体遺伝子を単離したので報告する。

なお、本報告で作製する抗体は、重鎖可変領域と軽鎖可変領域をリンカー配列で結合した一本鎖可変部抗体(scFv: single chain antibody)である。

2 方法

5回のバイオパンニングにより抗体を提示するファージが濃縮された溶液を用い、A. R. Popeらの方法²⁾に準じて抗体遺伝子を単離した。具体的には、抗体提示ファージ遺伝子をファージミドベクターとして保持する大腸菌のシングルコロニーを拾い、培養後、M13ヘルパーファージを加える方法により抗体提示ファージを含む培養上清を作製した。この上清100 μlを1次抗体として、NPを固相化した96穴のマイクロプレートに添加し、1時間抗原抗体反応をさせた後にリン酸緩衝液生理食塩水(PBS)で洗浄した。2次抗体は、ペルオキシダーゼ標識された抗M13ファージ抗体を用い、1時間の抗原抗体反応を施した後PBSで洗浄した。その後、発色基質の2,2'-azino-bis(3-ethylbenzthiazoline-6-sulfonic acid) diammonium salt substrate(ABTS)を含むクエン酸緩衝液を100 μl加え、37°Cで20分間保温して、405 nmの吸光度を測定した。一方、同様に誘導発現したscFvを一次抗体として、抗原を直接吸着したプレ

トを用いて固相酵素免疫検定法(ELISA)試験を実施した。この際の2次抗体は、ペルオキシダーゼを標識した抗cMyc抗体を用いた。

3 結果

5回のバイオパンニングにより濃縮されたファージ群より約1,000クローンを任意に選び出し、ファージELISA試験を実施したところ、図1の実施例の通り吸光度の高い陽性クローンが得られた。陽性クローンの抗体遺伝子のDNA配列分析(配列データは示さず)を実施し、同一配列を排除したところ、最終的に13クローンが選抜された。選抜クローンよりscFvを調製して、これを1次抗体としたELISA試験を実施したところすべて陽性反応を示した。このELISA試験において、抗体濃度を2.5 ng/wellとした結果を図2に示す。scFv産生株のクローンNo. 1(scFv-FAN 1)の発色が最も良く、タンパク量単位量当たりの活性が高かったので、scFv-FAN 1を最も優秀な抗体として選抜した。

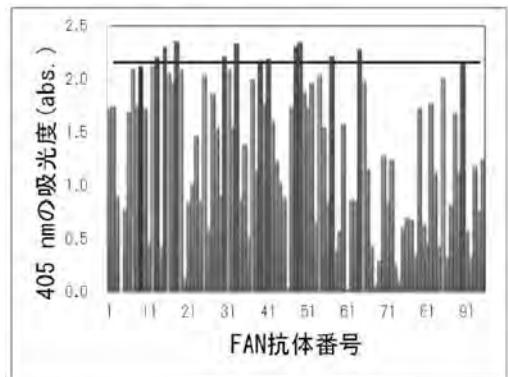


図1 ファージELISAによるスクリーニングの一例

*現 バイオ科 **現 新産業集積課

【ノート】

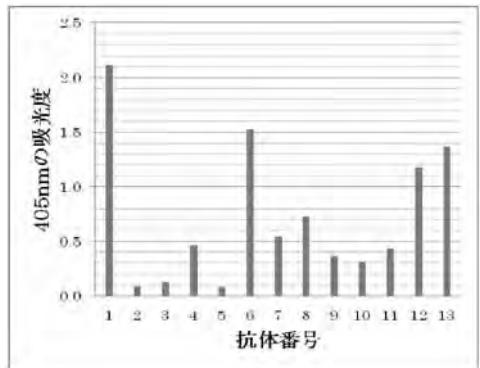


図2 scFvを用いたELISA試験

4 考察

フージ提示法により、目的とするNPと親和性のある抗体生産クローニングを単離することができた。しかし、DNA配列が重複するクローニングが多いという問題もあった。より効率良く高性能抗体を獲得するためには、バイオパンニングの条件・回数の検討などによるスクリーニング方法の改善が必要であると思われた。

5 まとめ

フージ提示法により、抗A型インフルエンザウイルスの核タンパク質に対するscFv遺伝子を単離した。

謝辞

本研究は平成22～24年度静岡県新成長戦略研究として実施しました。

参考文献

- 1) 太田俊也 他：微生物を用いた一本鎖抗体の生産技術の開発（第6報）。静岡県工業技術研究所研究報告、第5号、100-101（2012）。
- 2) Pope, A.R. et al. : Antibody Engineering, In “a Practical Approach (1st ed.)”, IRL Press, pp.1-40 (1996).

微生物を用いた一本鎖型抗体の生産技術の開発（第8報）

— 抗インフルエンザウイルスscFv抗体の精製と親和性解析 —

微生物抗体プロジェクトスタッフ 松野正幸* 室伏敬太** 太田俊也**

Efficient Single-chain antibody production using Microorganisms (8th report)

— Purification of anti-Flu single-chain antibody and analysis of its affinity for influenza virus nucleoprotein —

Masayuki MATSUNO, Keita MUROFUSHI and Toshiya OHTA

キーワード：インフルエンザウイルス、scFv抗体、ELISA、解離定数

1 はじめに

本研究の第7報¹⁾において選抜された、抗A型インフルエンザ抗体 scFv-FAN 1を、大腸菌を宿主として生産・精製した。この精製抗体について固相酵素免疫検定法（ELISA）試験を実施し、抗原親和性を検討したので、その結果を報告する。

2 方法

2.1 大腸菌による抗体タンパク質の作製

scFv-FAN 1 遺伝子、cMyc-tag、His-tag遺伝子を組み込んだファージミドpCANTABを発現用大腸菌HB 2151に導入した。続いて 1 Lスケールで培養してIPTG（イソプロピル-β-チオガラクトシド）添加による発現誘導を行った。遠心分離により回収した菌体から、浸透圧ショックで抗体を含むペリプラズム画分を抽出した後、ニッケルカラムを用いたアフィニティクロマトグラフィーで目標の抗体を精製した。Micro BCA Protein Assay Kit（サーモサイエンティフィック）を用いてタンパク質定量試験を行い、scFv-FAN 1の生産性を算出した。

2.2 ELISA試験による抗体タンパク質の親和性評価

第6報のポリファージELISAと同様の手法²⁾で、精製したscFv-FAN 1のA型インフルエンザ核タンパク質（FAN）抗原に対する親和性を評価した。一次抗体にはscFv-FAN 1溶液のリン酸緩衝液生理食塩水（PBS）希釈系（ウェル当たりの抗体量：0.3 ng～3.0 μg）、二次抗体にはHRP標識Anti-cMyc antibody（インビタロジエン）を用いた。

2.3 ELISAによる抗体タンパク質の解離定数導出

抗体が抗原と結合する際の親和性を表す指標の一

つとして、抗体の解離定数（Kd）がある。文献³⁾を参考とした以下の手法により、scFv-FAN 1のKdを導出した。濃度0.5, 1.0, 2.0, 4.0 μMのFAN抗原溶液に濃度0.2 μMのscFv-FANを各々等量混合して1時間反応させた。これらの抗原抗体混合溶液を一次抗体溶液とし、2.2と同様にELISAを行った。得られた結果から文献³⁾に従って解離乗数算出用のグラフを作成し、近似曲線の傾きからKdを導出した。

3 結果

大腸菌を宿主として作製したscFv-FAN 1は、SDS-PAGEで单一のバンドまで精製した（図1）。また、定量試験の結果、scFv-FAN 1の生産性は、1.3 mg/Lであった。また、抗原固相化プレートを用いたELISA試験においてscFv-FAN 1の濃度依存的に発色強度が変化したことから、抗体として機能していることが確認された（図2）。さらに、図3の近似直線の傾きから導出したscFv-FAN 1のKdは、53 nMであった。

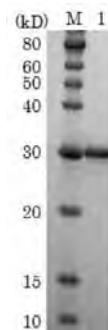


図1 精製したscFv-FAN1溶液の電気泳動評価
(M：分子量マーカー、1：scFv-FAN 1)

*現 新産業集積課 **現 バイオ科

【ノート】

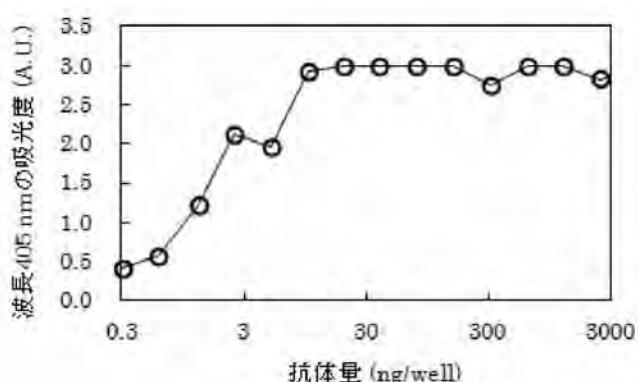


図2 scFv-FAN1希釈系のELISA結果

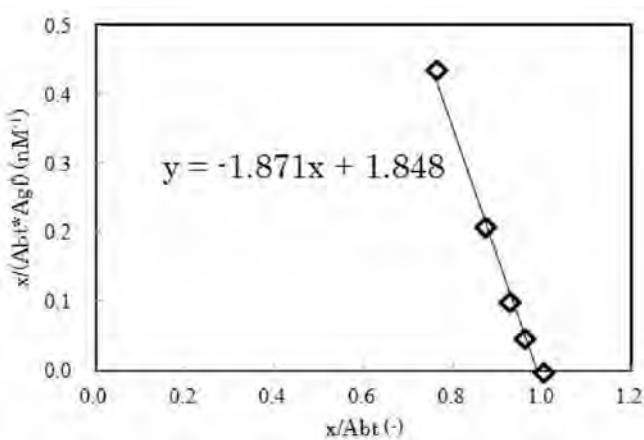


図3 ELISAによるscFv-FAN1の解離定数導出用グラフ

4 考察

一般的なモノクローナル抗体の解離定数は、1~100 nM程度であることが知られている。今回対象としたscFv-FAN1のKdはこの範囲に含まれるため、一般的なモノクローナル抗体と同程度の抗原親和性を持つことが示された。

5 まとめ

作製した抗A型インフルエンザ一本鎖抗体が、一般的なモノクローナル抗体と同等の抗原親和性を持つことが確認された。

参考文献

- 1) 太田俊也 他：微生物を用いた一本鎖抗体の生産技術の開発（第7報）。静岡県工業技術研究所研究報告、第6号、55-56 (2013)。
- 2) 太田俊也 他：微生物を用いた一本鎖抗体の生産技術の開発（第6報）。静岡県工業技術研究所研究報告、第5号、100-101 (2012)。
- 3) 岡村和夫：抗体の抗原親和力の測定法、結合力の定量、「ELISA」を用いる方法、「抗体科学入門」、初版（株）工学社、東京）、第二I/O編集部 編集、pp.62-64 (2006)。

微生物を用いた一本鎖型抗体の生産技術の開発（第9報）

— 抗インフルエンザ抗体生産酵母のファーメンター培養による抗体大量生産の検討 —

微生物抗体開発プロジェクトスタッフ
Across Bio株式会社

室伏敬太* 松野正幸** 太田俊也*
山口 司

Efficient single-chain antibody production using microorganisms (9th report)

— Production of anti-Flu single-chain antibody by fed-batch fermentation in *Pichia Pastoris* —

Keita MUROFUSHI, Masayuki MATSUNO, Toshiya OHTA and Osamu YAMAGUCHI

キーワード：*Pichia Pastoris*、ジャーファーメンター、抗体生産

1 はじめに

先の本研究第7報において選抜された、抗A型インフルエンザ抗体scFv-FAN 1を対象として、ジャーファーメンターを用いた酵母培養による大量生産を実施したので、その結果について報告する。

2 方法

2.1 scFv-FAN 1 生産酵母の作製

平成22年度に実施した研究と同様の手法¹⁾でscFv-FAN 1遺伝子を酵母*Pichia Pastoris* X-33株へ導入して、抗体分泌生産酵母X33-FAN 1を作製した。

2.2 ジャーファーメンター培養

培養操作は既報の文献²⁾を参考として、以下の通りに実施した。

エイブル株式会社製の5L容積ジャーファーメンター（BMS型培養装置、写真1）に、合成培地2.5Lを無菌的に調製した。X33-FAN 1の前培養液125mlを植菌して、グリセロール供給による流加培養を行った。培養液中の酵母密度が定常期に達した段階でメタノール供給に切り替えて、scFv-FAN 1の分泌生産を誘導した。

培養開始後より培養液を定期的に採取して、培養上清中のタンパク質を電気泳動（SDS-PAGE）で評価した。

2.3 scFv-FAN 1 の精製および抗体生産性評価

採取した培養液100mlから遠心分離後の上清を回収して、平成22年度の研究で確立した手法¹⁾でscFv-FAN 1を精製した。タンパク質定量試験を行い単位培養液量当たりの抗体生産性を算出した。



写真1 研究で使用したジャーファーメンター

3 結果

培養条件の検討を重ねた結果、培養開始から30時間経過時に培養液1L当たりのX33-FAN 1の湿重量は300g/L以上に達した（図1グラフ実線）。グリセロール供給を止めてメタノール供給を開始したところ、培養経過と共に培養液中の抗体の分泌が進行していることが確認された（図2）。培養開始から78時間経過時には抗体生産性は208mg/Lに達したが、その後は僅かな上昇にとどまった（図1グラフ点線）。78時間経過以後の培養上清中には抗体の分解物と予想される低分子タンパク質が増加していることから（図2）、酵母由来のプロテアーゼによる抗体の分解が示唆された。

*現 バイオ科 **現 新産業集積課

【ノート】

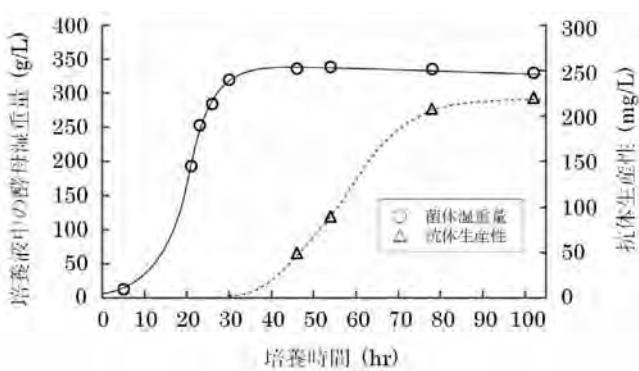


図1 ジャーファーメンターを用いたX33-FAN 1の培養経過

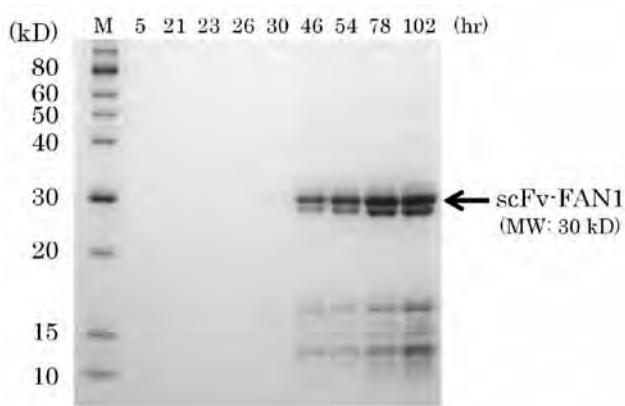


図2 経時に採取した培養液遠心上清の電気泳動結果 (M: 分子量マーカー)

4 考察

大腸菌又は酵母を宿主として用いた場合のscFv-FAN 1 生産性を表1にまとめた。ジャーファーメンター

を用いることで、フラスコ培養（菌体湿重量：約50g/L）よりも高密度での酵母培養と、抗体生産誘導に適したメタノール濃度維持が可能となり、抗体生産性は飛躍的に向上した。今後はプロテアーゼ活性を抑制する培養条件（pHの変更、プロテアーゼ阻害剤の添加等）の検討を行い、抗体生産性の更なる向上を試みる計画である。

表1 微生物宿主及び培養法に対するscFv-FAN 1 生産性の比較

大腸菌培養 (フラスコ)	酵母培養	
	フラスコ	ジャーファーメンター
scFv-FAN1 生産性	1.3 mg/L	22.6 mg/L
		208 mg/L

5 まとめ

微生物宿主として酵母を選択して、ジャーファーメンターを用いた高密度培養を行うことによって、抗A型インフルエンザ一本鎖型抗体の大量生産が可能であることが示された。

参考文献

- 1) 室伏敬太 他：微生物を用いた一本鎖型抗体の生産技術の開発（第3報）。静岡県工業技術研究所研究報告、第4号、117-118 (2011)。
- 2) Wenhui Zhang et al.: Rational Design and Optimization of Fed-Batch and Continuous Fermentations, In “*Pichia Protocols*”, 2nd ed. (Humana Press Inc.), ed. James M. Cregg, pp.43-63 (2007)。

自然界からの新たな香味を有する清酒醸造用酵母の開発（第1報）

— 清酒醸造に適した酵母の分離 —

バイオ科 勝山 聰 天野祥吾 岩原健二

Development of the sake yeast which produces new flavors from natural environment (1st report)

— Isolation of yeast suitable for sake brewing —

Satoshi KATSUYAMA, Shogo AMANO and Kenji IWAHARA

Keywords : sake, *Saccharomyces cerevisiae*, Isolationキーワード：清酒、*Saccharomyces cerevisiae*、分離

1 はじめに

近年、清酒製成数量は年々減少¹⁾し、清酒業界は厳しい状況にある。このような状況から、本県酒造業界より地酒のさらなる差別化により販売活性化を図りたいとの要望がある。地酒の差別化については、近年、その土地の花等から清酒醸造に適した酵母を分離し、それを用いた地域性および話題性のある商品開発が行われている²⁾。そこで本研究では、富士山をはじめとする本県の豊かな自然およびお茶等の特産品から本県独自の清酒醸造用酵母を開発することを目的に、まずはこれら自然界試料から酵母選抜を行ったので報告する。

2 方法

2.1 試験試料

分離源として用いた自然界試料を表1に示す。花および果実は、試験用チューブによる直接採取、土壤

表1 自然界試料

試料名	採取場所	試料点数
お茶(花)	島田市、菊川市	300
みかん(花)	東伊豆町	165
メロン(花)	磐田市	62
いちご(花)	磐田市	34
わさび(花)	伊豆市	20
ツツジ	沼津市	13
キンモクセイ	沼津市	105
その他(花、果実、土壤他)	—	267
		計) 966

試料は、生理食塩水で懸濁させ、その上清を試験に用いた。

2.2 酵母選抜試験

各次選抜試験の培地組成等の試験条件を表2に示す。所定期間に内に発泡及び菌体の沈殿、産膜形成が確認されたものを選抜通過とし、培養液の一部を次選抜の培地に添加した。

表2 選抜試験条件

	培地*	温度(°C)	期間(day)
1次	2% グルコース	30	7
2次	10% グルコース 0.4% 乳酸	30	4
3次	10% グルコース 0.4% 乳酸 5% エタノール	15	14

*) 各次共通成分として、1% 酵母エキス、2% ポリペプトン、0.01% クロラムフェニコール、0.2% プロピオノ酸ナトリウムを含む。

2.3 選抜試料の性状分析

3次選抜通過試料について、3次培養液中の酵母の細胞形態を顕微鏡にて観察した。また、3次培養液を栄養培地YPDに塗布し、30°C、2日間培養後に検出されるコロニーの性状及びそれにより得た分離株を胞子形成培地SPOにて25°C、5日間培養し、その胞子形成能を確認した。

【ノート】

3 結果および考察

試料約970点について、まず酵母の有無を確認するため温和な条件にて1次選抜試験を行った結果、約380点で酵母の増殖が確認された。多種多様な酵母の中でも清酒醸造用酵母には、高糖度や高アルコール濃度等の特殊な清酒醸造環境下において生育可能な諸性質を有することが求められる。そこで次に、これらのうち「高糖度耐性」「乳酸酸性耐性」「初期増殖能」について2次選抜を、さらに「高アルコール濃度耐性」「低温耐性」について3次選抜を行った結果、75点が選抜された。選抜試料の多くは花由来であり、これらについて性状分析を行ったところ、8点において清酒酵母である*S. cerevisiae*と同様の性状を示す酵母の存在が確認された（写真1）。よって、これらは清酒醸造に利用可能な*S. cerevisiae*の可能性が高いと考えられる。

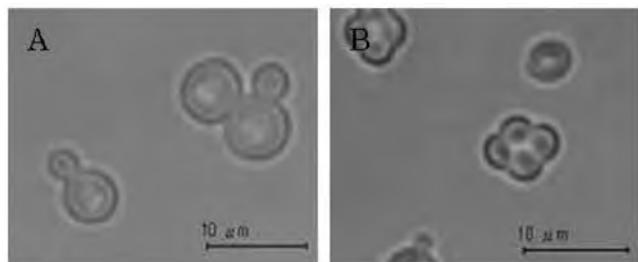


写真1 選抜試料の性状 (A: 栄養細胞、B: 胞子)

3次選抜を通過した試料について、その3次培養液中の酵母の細胞形態 (A) 及び胞子形成 (B) を確認したところ、一部の試料について *S. cerevisiae* 様の酵母の存在が確認された。スケールバー: 10 μ m。

4 まとめ

県内から採取した自然界試料約970点について3段階の清酒醸造用酵母の選抜試験を行った結果、8点において醸造適性のある*S. cerevisiae*様の酵母が確認された。

謝辞

本研究を行うにあたり、実験方法等にご指導いただいた東京農業大学 進藤 齊淮教授、試料採取にご協力いただいた株式会社トモグリーンケミカル 平口祥邦氏、静岡県農林技術研究所各科に感謝いたします。

参考文献

- 1)国税庁課税部酒税課: 酒のしおり (平成23年3月公表).
- 2)大橋正孝 他: ナラノヤエザクラの花から有用な酵母の分離とそれを使った清酒の開発. 奈良県工業技術センター研究報告, 35, 35-38 (2009).

水産加工副産物（魚のアラ）を利用した魚醤油の開発

— 耐塩性酵母による香味の改善 —

バイオ科 岩原健二 天野祥吾 勝山 聰

Development of fish sauce using the fish processing by-products

— Improvement of flavor by salt-tolerant yeast fermentation —

Kenji IWAHARA, Shogo AMANO and Satoshi KATSUYAMA

Keywords : fish sauce, salt-tolerant yeast, fermentation

キーワード：魚醤油、耐塩性酵母、発酵

1 はじめに

水産加工副産物の有効利用を目指して焼津水産高校と静岡理工科大学は、かつおのアラ、食塩、米麹からコク・旨味の強い魚醤油を開発したが、魚由来の生臭さなどの不快な香味を取除きたいとの要望があった。これは、酵母による発酵で改善可能と考えられた。そこで、改善効果の強い菌株を選抜し、ベンチスケールでの試験を行った。

2 方法

2.1 使用菌株

味噌醤油の醸造場から分離した耐塩性酵母30株を用いた¹⁾。

2.2 魚醤油もろみ

カツオ魚肉、内臓、塩、米麹を50℃で18時間処理し30℃に冷却後使用した。

2.3 酵母選抜

食塩を10%含むYPD培地で耐塩性酵母を30℃で培養し、発酵状況から予備選抜し、魚醤油もろみ200mLに 1×10^6 cell/mLになるように添加し、30℃で30日間発酵後、遠心分離し上清を瓶詰殺菌後、官能評価等により選抜した。

2.4 ベンチスケール発酵

魚醤油もろみ40Lに酵母を 1×10^6 cell/mLになるように添加し30℃で30日以上発酵後、濾過圧搾、加熱殺菌し瓶詰後、官能評価を行った。

2.5 魚醤油の分析・評価

官能評価は、おいしさ、旨味、甘味、塩味、酸味、苦味、魚臭、生臭、油臭について点数の合計が高いものを高評価とした。おいしさ、旨味、甘味は強いほ

ど、他は弱いほど高得点とした。アミノ酸は高速液体クロマトグラフィーで分析した。

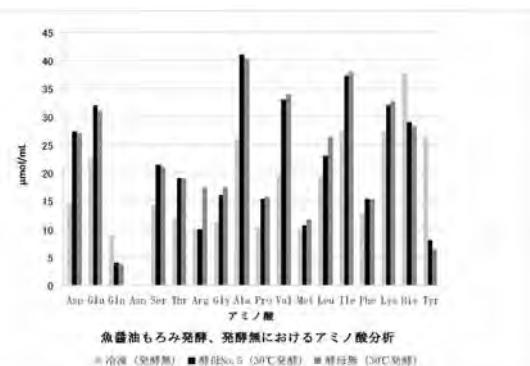
3 結果および考察

3.1 酵母株の選抜およびベンチスケール試験

予備選抜した16菌株を魚醤油もろみ200mLで発酵させて効果の優れた7菌株を得た。最も優れたNo. 5株をベンチスケールで試験し、200mLスケールと同様の香味改善効果が得られた。

3.2 発酵後のアミノ酸、香味の変化

酵母選抜試験のアミノ酸変化を図1に示す。発酵無に比較して30℃発酵有では酵母の有無に関係なく旨味のGlu、Asp、甘味のGly、Ala、Thr、Pro、Serが増加しが、苦味のTyrおよびHisは顕著に減少した。これら魚および米麹のプロテアーゼ類によるアミノ酸の生成がコク・旨味に寄与したと考えられた。魚臭や生臭は、酵母無では残ったが、添加有では改善された。これは、酵母発酵による不快臭原因物質の分解、有機酸、アルコールやエステル類の生成による香味の付与やマスキング効果と考えられた。



【ノート】

4 まとめ

魚由来の不快臭の減少効果の高い耐塩性酵母株を得た。香味改善は、酵母が生産する有機酸、アルコール類、エステル類による香味の付与、マスキング効果と考えられた。

謝辞

本研究を進めるにあたり、ご助言頂きました東京農業大学醸造科学科 進藤齊准教授に感謝いたします。

発酵タンクをご提供頂いた焼津水産高等学校、アミノ酸分析を実施頂いた株式会社鈴与総合研究所、仕込み方法等をご助言頂いた静岡理工科大学、株式会社マルヨシに感謝致します。

参考文献

- 1) 大石一男 他: 微生物を利用した新規調味料の開発. 静岡県沼津工業技術センター研究報告, 8号, 5-8 (2000).

人工呼吸器加温加湿器用湿度センサの耐久性評価

機械電子科 飯野 修

Durability evaluation of the humidity sensor for heated humidifier used with a ventilator

Shuu IINO

キーワード：人工呼吸器、加温加湿器、湿度センサ、加速劣化試験

1 はじめに

人工呼吸器から送出される空気の温度は体温より低く、また、水分がほとんど含まれていない。従って、吸気を加温加湿する必要があり、人工呼吸器と患者との間に加温加湿器を設置している（図1）。患者接続口で湿度を測定しているセンサは、時々結露が起こる環境で使用されている。そこで、人工呼吸器加温加湿器用湿度センサの耐久性を評価した。

加温加湿器のアウトレットでは、空気は温度37°C、湿度100%になっている。吸気チューブのホースヒーターによって空気をさらに加温し、患者接続口での温度を40°Cとすると湿度は85%になる。ホースヒーターではその周辺を通過する空気のみを加温しているため、加温不足の時には患者接続口において湿度が下がらず、温度が37°C以下となった時には温湿度センサが結露する。

2.2 加速劣化試験

実際の使用においては結露と脱湿を繰り返しているため、加速劣化試験としてセンサにとって最も厳しい条件となるように水への浸漬と脱湿を繰り返し行い、応答特性を測定した。具体的には下記の操作と測定を繰り返し行った。

- (1) 温度20°Cの部屋において水に24時間浸漬。
- (2) 温度40°C、湿度60%の恒温恒湿槽に温湿度センサを入れ、湿度及び温度の時間変化を測定。

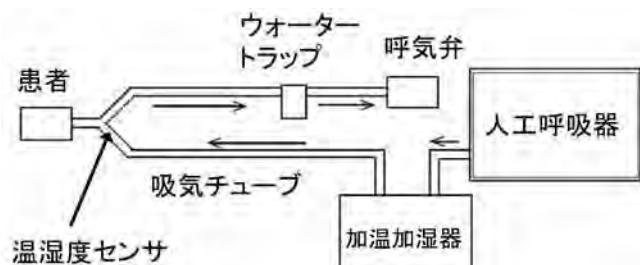


図1 人工呼吸器の構成

2 試験方法

2.1 評価した湿度センサ

評価には人工呼吸器加温加湿器で使用している市販の温湿度センサを用いた。湿度測定部の構造を図2に示す。湿度センサが劣化する要因は、水の付着により感湿膜が溶出することである。

3 結果および考察

累積浸漬時間168時間、336時間、504時間の湿度測定値をそれぞれ図3から図5に示す。また、累積浸漬時間504時間の温度測定値を図6に示す。

感湿膜が溶出した場合、湿度は低く表示される。しかし、累積504時間水に浸漬した後でも最終的に湿度60%を示しており、感湿膜溶出に対する耐久性は優れていた。

また、湿度センサの性能評価項目として応答性がある。感湿膜への水分の吸着、脱着の速さに相当する。感湿部が結露した場合、水滴が乾燥するまで湿度100%を示し、その時間は水の蒸発速度に依存する。本試験においては、最初に付着している水滴量は正確に制御できないため、表示湿度が100%から下がり始めるまでの時間は一定していない。なお、この間の湿度は一旦上昇し、その後、湿球温度とほぼ等しい一定

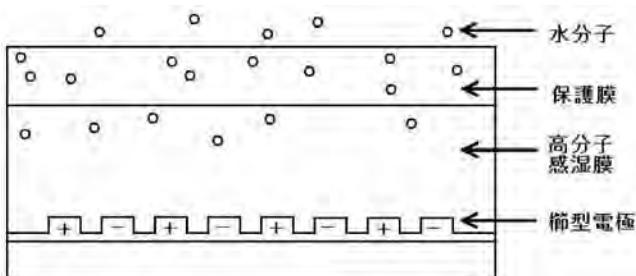


図2 温湿度センサ湿度測定部の構造

【ノート】

温度を示す。槽内は温度40°C、湿度60%であるため湿球温度は32.6°Cであり、図6からも確認できる。感温湿部表面が乾き始めると表示温度は上がり、表示湿度は下がり始める。そして水滴が無くなると、槽内と同じ温度、湿度を示す。図5においては、湿度が65%から60%の間に一旦下がり、さらに湿度60%に達するまでに時間を要している。温度は既に40°Cを示しているため、水への長時間浸漬による感湿膜の劣化により水分の脱湿に時間を要しているものと考えられる。

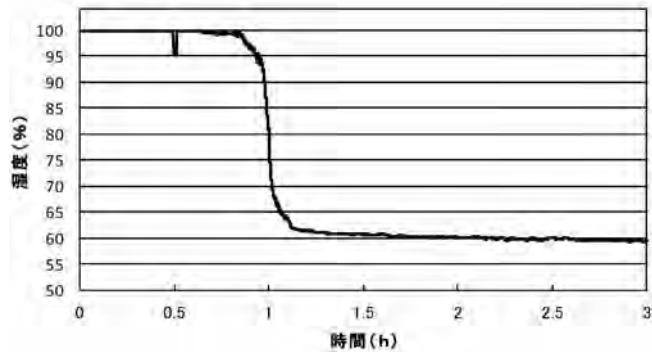


図3 累積浸漬時間168時間の湿度測定値

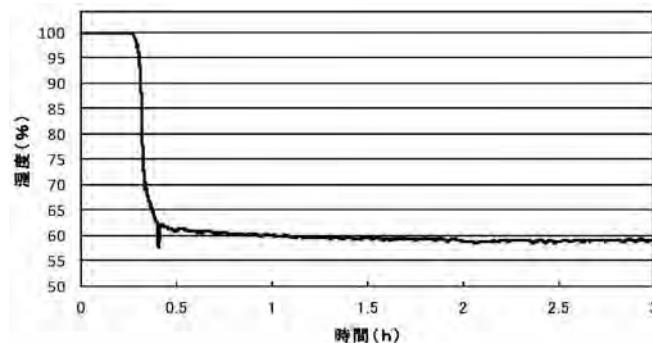


図4 累積浸漬時間336時間の湿度測定値

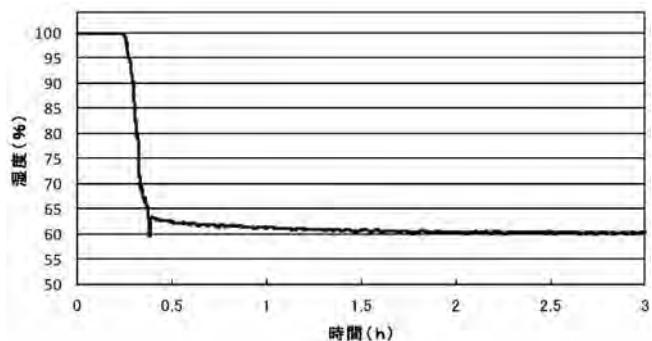


図5 累積浸漬時間504時間の湿度測定値

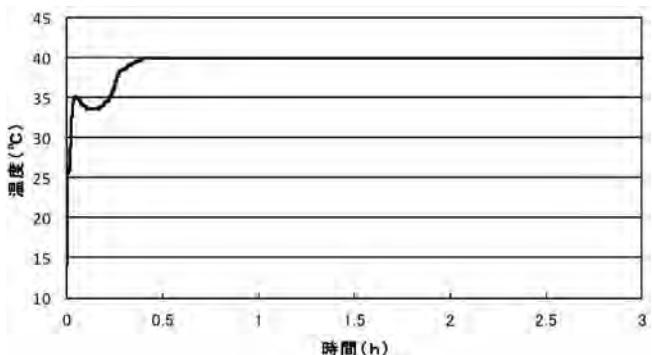


図6 累積浸漬時間504時間の温度測定値

4 まとめ

人工呼吸器加温加湿器用湿度センサの加速劣化試験として水への浸漬と脱湿を繰り返し行い、応答特性の測定により耐久性を評価した。累積504時間水に浸漬した後でも湿度は正しく表示され、感湿膜溶出に対する耐久性は優れていた。一方、脱湿時の応答性には劣化が見られた。

並列・分散型小規模組込み機器開発のためのベンチテスト環境構築の試み

機械電子科 望月建治*

Implementation of the bench test environment for the development of parallel and distributed small-scale embedded system

Kenji MOCHIZUKI

キーワード：並列計算、分散処理、小規模組込み機器開発

1 はじめに

複数のマイクロ・コントローラ (μ C) を搭載する機器の開発において、全体の処理能力や μ C毎の機能分担等を検討するアーキテクチャ設計は、設計者のスキルに大きく依存する。特に複数の μ Cが密接に協調動作するシステムの場合、設計者の負担は大きい。処理すべきタスクの負荷に対する処理能力の余裕はシステムのコスト増大要因であり、むやみに大きくするわけにはいかない。一方で、余裕が無さ過ぎれば機能不全に至る可能性がある。また、処理すべきタスクの機能分割の適切さも重要である。分割が適切でないとプログラム開発が困難なだけでなく、後の機能追加や製品バリエーション拡充といったマーケティング上の選択肢も制限されることになる。

このように困難なアーキテクチャ設計を支援するため、図 1 に示す機能分割状況の分析ツールを構想した。あくまで対象は小規模組込み機器開発であることから、

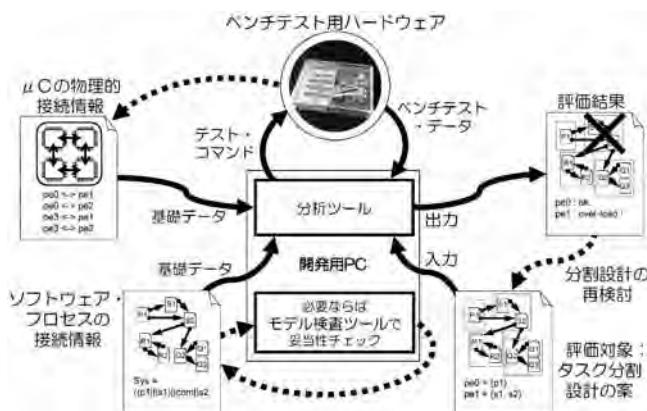


図 1 機能分割状況の分析ツール

アプリケーション・プログラム実装前のアーキテクチャ設計時に、主にタスク分割の問題点を発見するためのツール。実線矢印が使用時の主要なデータの流れ。破線矢印は、必要に応じて繰り返すべきパラメータ調整・変更作業でのデータの流れを表す。

使用する μ Cは組込み用OSの搭載が性能的に困難なクラスのものを想定している。今回、このツールの基盤となるベンチテスト環境の実装を試みたので報告する。

2 方法

ソフトウェア構造をほとんど変更すること無く、容易に μ C数を増減可能な並列・分散処理系を実現可能な図 2 の計算モデル¹⁾を基盤として、ベンチテスト環境の設計と実装を行った。

ベンチテスト用ハードウェアは、開発すべき組込み機器のひな形でもある並列・分散処理系で、 μ C毎に動作モニタと μ C間通信のためのファームウェアを搭載し、開発用PCからのコマンドにより動作状態を収集する仕組みとした。

3 結果および考察

今回 μ CとしてMicrochip Technology Inc. PIC16F84Aを用いたが、非常に計算機資源の制約が厳しかったため、1つをアプリケーション用、もう1つを通信用

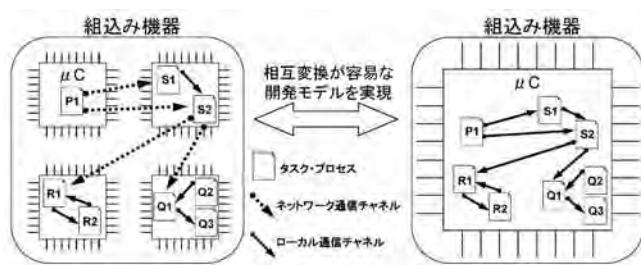


図 2 μ C数の増減が容易な並列・分散系の計算モデル
タスク・プロセス P_n, Q_n, R_n, S_n (n は数字) で同じ英字のものは、機能の関連が強いことを示している。

タスク・プロセスを結合する通信チャネルが実線で表す同一 μ C内のローカル通信チャネルか、点線で表す異なる μ C間のネットワーク通信チャネルかは本質的な差ではなく相互に置き換える可能なので、増減した μ Cへのタスク・プロセスの再割り当ては容易である。

*現 技術支援担当

【ノート】

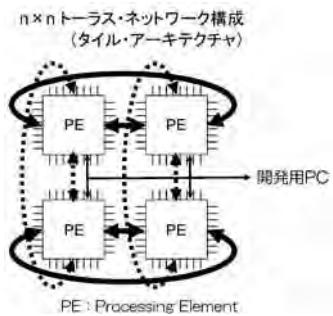


図3 ベンチテスト用ハードウェアのネットワーク構成
 $n=2$ の2次元トーラス。今回の試作では、使用 μ Cの性能上の問題から2つの μ Cを1つのPEとして構成した。
 太い実線と破線の矢印は隣接PE間通信を、細い実線矢印は全PE間を結ぶバス通信を表現している。

として、2個1組でプロセッシング・エレメント(PE)を構成した。基本は図3のようなPE数 2×2 の2次元トーラス構成で、隣接PE間はpoint-to-point結合、全PE間はシリアル・バス結合である。

動作確認のため、4ビット・バイナリ・カウンタを8

ユニット束ねて32ビット・バイナリ・カウンタを構成し、全 μ C間通信と動作モニタが正常に機能することを確認した。

今回使用したクラスの μ Cでは通信処理部分の負荷が大きく、この部分の実装によりシステム全体として大きな性能差が発生することが予想される。

4 まとめ

アーキテクチャ設計支援ツールの基盤となるベンチテスト環境を実装し、動作確認を行った。そのデータから機能分割状況を評価するツールの開発が今後の課題である。

参考文献

- 1) C. A. R. Hoare : Communication, In "Communicating Sequential Processes", electronic version (<http://www.usingcsp.com/>), pp.113-151 (2004).

医療用酸素ボンベの警報機能付き残量モニタの開発（第2報）

— 使いやすい残量モニタを目指して —

機械電子科 本多正計 水口之熙

Development of remaining amount monitoring device of oxygen tank (2nd Report)

— Toward an easy-to-use device —

Masakazu HONDA and Yukihiro MIZUGUCHI

キーワード：酸素残量未確認事故、ユーザビリティ、操作性能、警報機能付き残量モニタ

1 はじめに

現在我々は、医療用酸素ボンベ（以下ボンベ）の残量未確認事故を未然に防ぐために、警報機能付き残量モニタ（以下、「モニタ」という）の開発を進めている。これまでに、ボンベ内圧力と流量値（ボンベに取り付けられたレギュレータから取得可能）を看護師が事前に入力することで、酸素残量をモニタリング可能なユーザ入力型モニタの試作機を開発した¹⁾。しかしこのモニタは看護師に煩雑な入力作業を強いるため、操作ミス等による誤入力を防ぐために、ユーザビリティの確保が必要となっている。

そこで本研究では、操作性の優れたモニタを実現するために、前年度開発した試作機を基に入力インターフェースの異なる実用レベルのモニタを新たに2種類開発し、操作性能評価実験をとおしてユーザビリティの高いデザイン要件を検討したので報告する。

2 方法

2.1 モックアップモニタの開発

前年度開発した試作機を基に、①筐体デザイン、②入・出力インターフェース、③制御アルゴリズムを再検討し、圧力と流量値設定用入力インターフェースの異なる2種類のモックアップモニタ（Type A、Type B）を開発した。

2.2 操作性能評価

30～50歳台の女性看護師5名（実験協力者）に、表1に示す4種類のタスク（番号1～4）をそれぞれのモックアップモニタで行ってもらった。この時の操作状況をビデオに撮影し、このビデオから各作業タスク実行時の操作時間と操作ミス回数を計測することで操作

性能を評価した。尚、実験協力者には事前に実験内容について十分な説明を行い協力の同意を得た。また、ビデオ撮影前に4種類のタスクについて練習を2回行ってもらった。

表1 作業タスク

番号	タスク名	タスク内容
1	初期設定操作	モニタの電源を入れ、圧力値 11[MPa]、流量値 4[ℓ/min]をセットしてタイマーを作動させる
2	設定変更操作	タイマー動作中に、圧力値 5.2[MPa]、流量値 12[ℓ/min]に設定変更して、タイマーを再作動させる
3	アラーム停止操作	アラームを止めて、圧力値 8[MPa]、流量値 5[ℓ/min]に設定変更して、タイマーを再作動させる
4	終了操作	タイマー動作中のモニタ電源を切る

3 結果および考察

3.1 モックアップモニタ

入力インターフェースにロータリーエンコーダ（RE）を採用したType Aおよび押しボタンスイッチ（SW）を採用したType Bのモックアップモニタを図1に示す。



図1 モックアップモニタ
(上：REタイプ、下：SWタイプ)

3.2 操作性能評価

各タスク実行時の両モニタの平均操作時間と操作ミス回数を図2に示す。『圧力設定(変更)』、『流量設定(変更)』操作に関しては、Type Bに比べType Aの操作時間が短く操作性能に優れていることが分かった。また、操作ミスが『モード変更』や『アラーム停止』操作時に集中しており、現状の操作方法(長押しによる変更・停止)については再検討が必要であることが分かった。

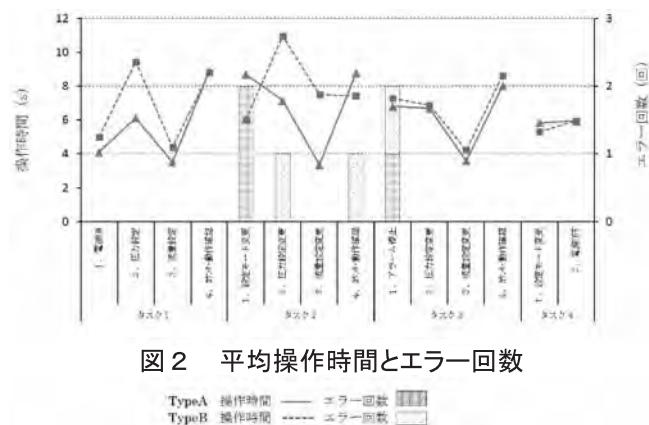


図2 平均操作時間とエラー回数

4 まとめ

入力インターフェースの異なる実用レベルのモニタを2種類開発し、最終利用者である看護師に協力してもらい、両モニタの操作性能を評価した。今後は、今回得られた結果を製品化に向けたモニタ開発にフィードバックさせ、より操作性の優れたモニタの実現を目指す。

謝辞

本研究は、公益財団法人静岡県産業振興財団医療機器等開発可能性調査の助成を受けて行ったものであり、関係各位に感謝の意を表わす。

参考文献

- 1) 本多正計：医療用酸素ポンベの警報機能付き残量モニタの開発. 静岡県工業技術研究所研究報告, 第5号, 91-95 (2012).

REPORTS
OF THE
INDUSTRIAL RESEARCH INSTITUTE
OF SHIZUOKA PREFECTURE, FUJI

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
静岡県富士市大渕2590番地1

INDUSTRIAL RESEARCH INSTITUTE OF SHIZUOKA PREFECTURE, FUJI
2590-1 Obuchi, Fuji city, Shizuoka, 417-8550 Japan

古紙を原料とした家庭紙製造企業における二酸化炭素排出量の算出

製紙科 齊藤将人 深沢博之

Calculation of carbon dioxide emissions in the manufactories of toilet paper made from recovered paper

Masato SAITO and Hiroyuki FUKASAWA

Since most of the toilet paper manufactories in Fuji city is a small business, it is difficult to calculate the amount of life cycle carbon dioxide emissions associated with complex calculations. In this study, we have examined the following procedure: First, I had to collect elementary data for calculating the amount of carbon dioxide emissions in the toilet paper manufactories that has used recovered paper as a raw material. Next, I considered the proposal of how to calculate the amount of carbon dioxide emissions can be calculated easily. Our aim was to help to reduce energy consumption and costs by each toilet paper manufactories to understand the each company's the amount of carbon dioxide emissions.

As a result, we were able to calculate the amount of carbon dioxide emissions in the whole life cycle, that is to the disposal and recycling stage from the raw material procurement stage of toilet paper made from recovered paper. And we proposed a simple model for calculating the amount of carbon dioxide emissions can also be applied to small toilet paper manufactories.

We expect that the toilet paper manufactories to take advantage of this model as a tool to clarify the point of energy efficiency and reduction of production, including environmental aspects, by "visualize" the amount of carbon dioxide emissions at each stage.

Keywords : carbon dioxide emissions, carbon foot print, recycled paper, toilet paper

キーワード：二酸化炭素排出量、古紙、トイレットペーパー

1 はじめに

平成20年7月に閣議決定された「低炭素社会づくり行動計画」¹⁾を受けて、様々な商品及びサービスのライフサイクル全体で排出される温室効果ガス（GHG）の量を二酸化炭素（CO₂）量相当として表示するカーボンフットプリント（CFP）制度は、経済産業省の指針のもと、試行的な導入実験が平成21年から23年に行われ、24年度から民間移行され、社団法人産業環境管理協会が本格運用している。紙製品については日本製紙連合会がCFP制度とは別に、平成23年3月に「紙・板紙のライフサイクルにおけるCO₂排出量」として16製品についてCO₂排出量を算出した結果を公表した²⁾が、家庭紙は含まれていなかった。製品のCFP算出・認定のためには商品種別算定基準（product category rule : PCR）が必要である。PCRは、CFP制度におけるCO₂排出量を算出するための基礎的データや考え方が記載された手順書のようなものであり、紙・板紙についてはPCR原案（PPR-025）³⁾が日本製紙連合会から

申請されたものの、現状としては認定されていない。経済産業省の指針では、日常的に購入の機会が多い非耐久消費財からCFP制度を導入すべきとされており、トイレットペーパーなどの家庭紙こそ先行的に導入すべき製品と考えられるが、静岡県内で家庭紙を生産する多くの中小企業では、複雑な計算を伴うCO₂排出量の算出は自社だけで行うことは困難である。

そこで、本研究では、古紙を原料としたトイレットペーパー製造におけるCO₂排出量を簡便に算出できる計算方法を提案することで、各家庭紙製造企業においてCO₂排出量を把握し、省エネ、コストダウンに役立てることを目的として検討を行った。

2 方法

2.1 ライフサイクル段階の検討

本研究におけるCFPの算定範囲は、①原材料調達段階、②生産段階、③流通・販売段階、④使用・維持管理段階、⑤廃棄・リサイクル段階の5段階とした。

【報告】

PCR原案PPR-025（以下、「PCR原案」という）の考え方方に従い、以下のように1次データを収集した。

- ①原材料調達段階：古紙の回収や古紙ヤードおよび輸送に係るプロセスと、薬品の製造と輸送に係るプロセス、資材の製造と輸送に係るプロセスについて算定した。
- ②生産段階：抄紙工程と加工・包装工程に係るエネルギー使用量と、生産における廃棄物（ペーパースラッジ：PS）の輸送と処理に係るプロセスを算定した。
- ③流通・販売段階：製品の輸送に係るプロセス、店舗販売に係るプロセス、販売店で廃棄される梱包材の輸送と処理に係るプロセスを算定した。なお、店舗販売に係るプロセスはPCR原案附属書Mの店舗販売に記載のある条件を用いた。
- ④使用・維持管理段階：「最終消費財に関しては、使用・維持管理に関わるプロセスはあるが、紙・板紙が消費するエネルギーなどのユーティリティは無いと考えられるので、GHG排出量はゼロとみなす」というPCR原案4.4の考え方から、本研究でもこの段階のCO₂排出量を考慮しない。
- ⑤廃棄・リサイクル段階：使用後の廃棄物の輸送と処理に係るプロセスを算定した。

2.2 インベントリーデータの収集

1次データは、家庭紙工場の聞き取り調査により得た。2次データはCFPプログラムにおける基本データベース⁴⁾および利用可能データライブラリ⁵⁾から得られたCO₂排出量原単位を用いた。また、PS処理に係るデータは安藤の報告⁶⁾における数値を用いた。

2.3 機能単位と算定方法

トイレットペーパーは1巻の長さが異なるものや、シングル巻き・ダブル巻きなど製品の状態が種々存在するので、トイレットペーパー1kgを機能単位とした。

CO₂排出量の算定方法は式1のように、段階(i:プロセス)ごとに積み上げ法により算出した。

$$\text{機能単位あたりのCO}_2\text{排出量} = \sum (\text{活動量}i \times \text{原単位}i) \quad \dots \text{式1}$$

2.4 検討の流れ

最初に、製紙会社1社について詳細なデータの収集を行い、工場全体のCO₂排出量および製品1kgあたりのCO₂排出量を算出した。

次に、CO₂排出量に大きく影響すると考えた項目に限定したデータを収集してCO₂排出量を算出し、その結果と詳細なデータを収集した場合との比較を行った。

これらから、家庭紙工場におけるCO₂排出量の簡易算出モデルを確立した。

県内8工場について、簡易算出モデルを適用してCO₂排出量を算出した。それを基に、製造工程のどの項目がCO₂排出量に大きな影響を与えているかを調べ、CO₂排出量の削減策を提案した。

3 結果

3.1 製紙会社のCO₂排出量の例

富士市内の中規模の再生紙トイレットペーパー製造工場にて聞き取り調査を行った。

具体的には、工場稼働日数、トイレットペーパーの年間生産量、年間電力使用量、年間ガス使用量、年間古紙使用量、年間地下水使用量、年間工業用水使用量、製品シングル・ダブル比率、包装形態（1パックあたりのロール数と1箱あたりのケース数）、主要製品の坪量・巻長さ・紙幅、製品出荷先、薬品の種類と年間使用量、資材の種類と年間使用量、PS年間発生量・水分・排出先、古紙処理工程と抄紙工程の概略である。

なお、生産段階で使用する地下水については電動ポンプで揚水しているが、その使用電力量は工場の使用電力に合算されている。本研究では、地下水使用に伴うその他の環境負荷については考慮していない。また、工場における排水処理後の排水は製紙工場向に設置されている共同排水路から海洋放流されている。本研究では、共同排水路の建設および維持管理に関する環境負荷については考慮していない。

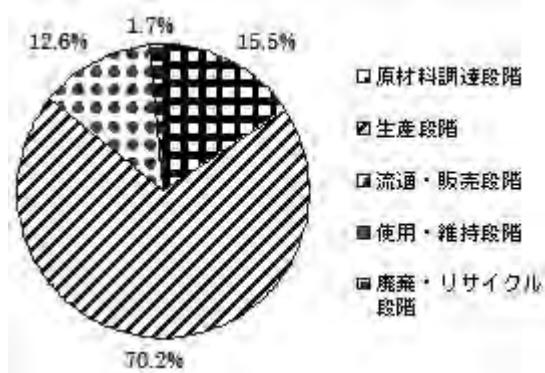
これらの数値を基に、各段階におけるCO₂排出量を算出し、工場全体のCO₂排出量を算出した結果をその割合とともに表1に示す。また、主要製品1kgあたりのCO₂排出量を表2に示し、各段階の排出割合を図1に示す。

表1 工場全体CO₂排出量の算出結果

	工場からの1日あたりのCO ₂ 排出量総量	排出量の割合
原材料調達段階	11,352.2 kg-CO ₂	15.1%
生産段階	53,795.5 kg-CO ₂	71.5%
流通・販売段階	8,891.8 kg-CO ₂	11.8%
使用・維持管理段階	0.0 kg-CO ₂	0.0%
廃棄・リサイクル段階	1,185.7 kg-CO ₂	1.6%
合計	75.2 t-CO ₂	100.0%

表2 主要製品 1kgあたりのCO₂排出量

製品1kgあたりのCO ₂ 排出量総量	
原材料調達段階	207.1 g·CO ₂ / kg·製品
生産段階	940.1 g·CO ₂ / kg·製品
流通・販売段階	168.7 g·CO ₂ / kg·製品
使用・維持段階	0.0 g·CO ₂ / kg·製品
廃棄・リサイクル段階	22.5 g·CO ₂ / kg·製品
合計	1,338.4 g·CO ₂ / kg·製品

図1 各段階におけるCO₂排出量の割合

この結果、製品 1 kgあたり1.3kg程度のCO₂排出量があった。また、生産段階におけるCO₂排出量が全体の7割を占めており、その内訳は使用エネルギーが64%（都市ガス41%、電力23%）であった。他に、ダンボールの原料調達（製造）と、店舗販売によるCO₂排出量が比較的多かった。

3.2 詳細データによる算出結果と限定データの算出結果の比較

詳細なデータを収集するには中小企業としては人員や時間の確保が困難で負担が大きい。CFPの中に「カットオフ」という考え方があり、「各段階のCO₂排出量の重量比で累計5%以下は算定除外とすることも可能」としている。そこで、詳細なデータを収集して算出した結果の中から1%以下の寄与の低いデータを除き、限定したデータで算出した結果と比較し、問題点を確認した。データを除いたのは薬品と資材の輸送に関するCO₂排出量、ドライヤー剝離剤などの抄紙工程の薬品やのりなどの加工資材、排水処理剤などの薬品と資材の製造に関するCO₂排出量である。

データを限定した場合の算出結果を表3に示す。

詳細なデータを用いて算出した結果（表2）と比較

表3 主要製品 1kgあたりのCO₂排出量
(データを限定した場合)

製品1kgあたりのCO ₂ 排出量総量	
原材料調達段階	189.4 g·CO ₂ / kg·製品
生産段階	939.8 g·CO ₂ / kg·製品
流通・販売段階	168.7 g·CO ₂ / kg·製品
使用・維持段階	0.0 g·CO ₂ / kg·製品
廃棄・リサイクル段階	22.5 g·CO ₂ / kg·製品
合計	1,320.3 g·CO ₂ / kg·製品

すると、2%以下の差しかなかった。これにより、今回調査した工場ではデータを限定しても問題ないことが確認された。さらに多くの工場で確認する必要があるが、トイレットペーパー製造において、カットした項目が工場ごとに極端に異なるとは考えにくく、他の工場でも同様な手法で問題ないと考えた。

そこで、必要データを精査し、作成した「データ収集シート」を表4に示す。表計算ソフトで作成しており、

表4 データ収集シート

CO ₂ 排出量算出のためのデータ収集シート			
工場名			
□使用エネルギー			
主な古紙使用工場			
年間の工場の稼働日数	日		
年間電力量消費量	kWh		
年間ガス使用量	m ³	※ガス種類	
年間工業用水使用量	m ³		
年間重油使用量	L		
□製品※トイレットペーパー以外の製品がある場合は、生産量は全体とトイレットペーパーのみの合計			
年間生産量 (ケース数でも可)	t	販売先がいれば、その量 t	
主製品 ※例)紙の切削装置が主生産機		主製品の生産量 t/m ²	主製品の枚数 mm
主要製品の1枚あたりの 販売店での販賣の枚数	枚		
出荷先の割合 市内 県内 県外	%		
□原料※トイレットペーパー以外の製品がある場合は、生産量は全体とトイレットペーパーのみの合計			
年間古紙使用量	t		
年間古紙リサイクル量	t		
年間過酸化水素使用量	t		
年間次亜塩素酸ナトリウム使用量	t		
年間粘合剤使用量 (木版か重さなど出しやすい物質)	t	※木版重さの場合は、1枚あたりの長さと重さが必要 mm/t g/t g/t	
年間ボリ袋使用量 (紙か紙袋など出しやすい物質)	t	※紙袋重さの場合は、1枚あたりの長さと重さが必要 g/t g/t	
年間ダンボール使用量 (紙か紙袋など出しやすい物質)	t	※紙袋重さの場合は、1枚あたりの長さと重さが必要 g/t m ² /t	
□廃棄物※トイレットペーパー以外の製品がある場合は、生産量は全体とトイレットペーパーのみの合計			
年間PS生産量	t		
PS水分	%		
PS排出量	t		

【報告】

ファイルのシートの空欄に数値を打ち込むことでCO₂排出量が算出されるようになっている。これにより、古紙を原料とした家庭紙製造における中小企業にも適用できるCO₂排出量の簡易算出モデルが確立できた。

3.3 県内8工場について算出結果

確立した簡易算出モデルを用いて、富士市内の8工場から提供されたデータを基に、製品1kgあたりのCO₂排出量を算出した。その結果を図2に示す。また、各段階におけるCO₂排出量を表5に示す。

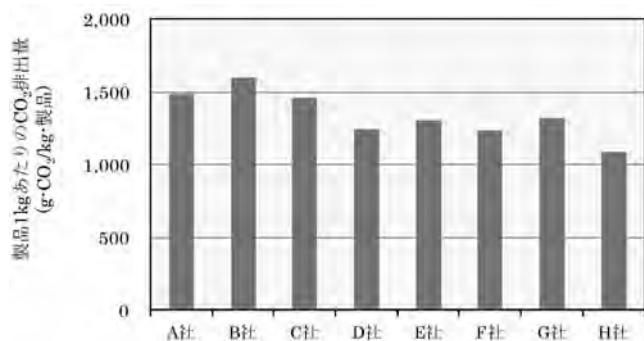


図2 8工場における製品1kgあたりのCO₂排出量

表5 各段階におけるCO₂排出量

段階	A社	B社	C社	D社	E社	F社	G社	H社
粗材 (kg) にCO ₂ 排出量 (g·CO ₂ /kg·製品)	1,483.6	1,360.6	1,301.5	1,240.7	1,166.6	1,228.1	1,321.5	1,086.0
粗材分離装置	135.4	232.7	259.9	170.8	177.7	220.1	302.4	344.0
生産装置	1,167.8	1,117.2	946.2	926.9	981.8	788.0	914.8	775.7
販売・販路開拓	220.2	218.3	215.3	204.4	210.7	209.7	206.7	168.6
荷物・輸送用	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
販売・店舗販売	21.2	20.9	21.8	21.5	26.8	27.6	22.5	6.7

製品1kgあたりのCO₂排出量は1.1~1.6kgであった。生産段階におけるCO₂排出量の割合が61.9~74.6%を占めており、さらに、CO₂排出量の使用エネルギーによる割合は60.8~73.8%となっていた。使用エネルギーによるCO₂排出量以外で排出量の多いプロセスとしては以下の4つが挙げられた。薬品の製造に関するプロセスが0.3~4.9%、資材の製造に関するプロセスが5.7~12.9%、完成品の輸送に関するプロセスが5.2~7.6%、店舗販売に関するプロセスが7.3~9.6%であった。

次に、各工場の生産量とCO₂排出量の関係を図3に示す。生産量が多いほど、CO₂排出量が増加するという傾向があつた。

また、地球釜やパルパーといった離解装置の種類の違いやフローテーションの有無など、古紙処理工程の違いによるCO₂排出量の傾向の把握を目指したが、今回の算出結果のみでは判断できなかつた。

さらに、製造歩留まりとCO₂排出量の関係についても検討した。歩留まりが高い方がより微細纖維の回収を

行い、古紙処理工程でエネルギーを使用していると考えたが、各社で原料が異なり、原料に起因する影響もあつたため、傾向は掴めなかつた。

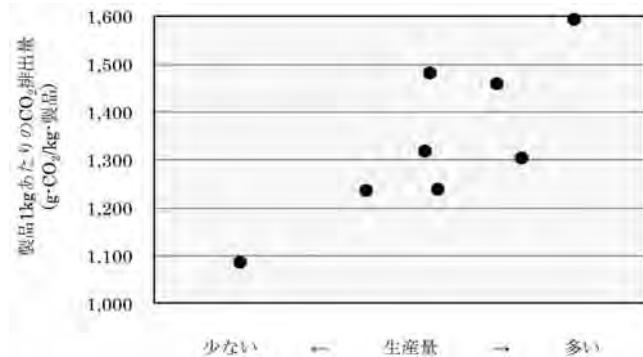


図3 生産量と製品1kgあたりのCO₂排出量

4 考察

4.1 生産量とCO₂排出量の関係

工場の規模が大きいほど省エネが進み、結果的にCO₂排出量が少ないと予想したが、今回、調査した工場の規模の範囲では生産規模に関係なく、むしろ生産量の少ない工場の方がCO₂排出量が少なかつた。この理由としては、用いられる原料古紙や古紙処理ラインの充実度の違いおよび目指す製品品質との関連によるものと考えた。生産量の少ない会社では、原料となる古紙が比較的少なくなるため、まとまった量の程度の良い古紙を入手することが可能である。しかし、生産量が多くなると、良質な古紙を大量に集めることが難しくなるため、良質な古紙だけでなく、低質な古紙も使う必要があり、そのために古紙処理工程を充実させる必要がある。対して、程度の良い古紙だけで生産する場合にはシンプルな古紙処理工程で済む。結果的に、古紙処理工程が充実し、良質な古紙から低質な古紙原料に対応したある程度規模の大きい工場の方がCO₂排出量が多くなると考えた。

ただし、大手製紙会社などもっと大きな生産規模では、古紙処理装置や抄紙機の省エネの効果が出て来る可能性もある。

4.2 CO₂排出量の削減策

生産段階におけるCO₂排出量が全体の7割程度を占め、そのほとんどが使用エネルギーによるCO₂排出量である。そのため、工程の省エネを進めることができ直接CO₂排出量の削減につながる。

他に、CO₂排出量の割合の多いプロセスは、薬品の製造、資材の製造、完成品の輸送、販売である。

【報告】

薬品については使用量が少なければCO₂排出量も少なくなるが、過酸化水素と次亜塩素酸ナトリウムでは原単位が8倍程度異なることから、漂白剤の使用を過酸化水素にすることでCO₂排出量は削減できる。ただし、製品の品質も考えて検討する必要がある。

資材については紙管の有無で大きく変わる。また、最近、梱包材はダンボールだけでなく、クラフト袋の使用も増えているが、クラフト袋の方がCO₂排出量は少くなる。これらは製品形態による点や小売業者のニーズの問題もあるが、削減できるポイントである。

また、必要以上の高白色度など過剰な品質の製品づくりはCO₂排出量の増加につながるため、環境の側面も品質として考えた製品づくりのためには消費者が求める品質の把握だけでなく、消費者意識の啓蒙も必要となると考えられる。

低質な古紙から品質の高いトイレットペーパーを製造するには古紙処理工程を充実化し、エネルギーを掛けて生産する必要がある。そのため、トイレットペーパーはリサイクルできない最終製品であるとはいえ、あまり低質な古紙を用いて生産することはCO₂排出量の面から考えても必ずしも環境に良いとは言えない。したがって、どの品質の古紙をどの紙製品の原料とすべきなのか、ある程度以上品質の低いものやリサイクルしにくい古紙は紙製品以外への有効利用が適切ではないか、など古紙利用の最適化をさらに進めていくための指標の一つとして、CFPを活用できる可能性もある。

4.3 CO₂算出における問題点

CO₂排出量を算出する上で、最も重要なPCRが紙・板紙の分野では認定されていない。PCRは業界で統一したルールを定めるのが最も望ましいとされているが、業界団体でなくとも1事業者が申請することも可能であり、そういった考え方方が今後必要となるかもしれない。

CFP制度を使っていく上の問題点としては、2つ挙げられる。1つは原単位が随時変化していくものであるという点である。確認は四半期に一度となっており、ある時期に算出した結果が数ヶ月後には数値が変わっていることもありうる。また、エネルギーについては5年間の平均値を用いることになっており、現状は平成16年から20年の値の平均値を用いている。したがって、原子力発電所の停止による火力発電の割合増加の影響は加味されておらず、今後、電力の原単位は非常に大きくなると考えられる。

もう1つは販売段階の中の販売に関するプロセスの考え方が定まっていない点が挙げられる。今回、PCR

原案に従い、店舗販売に関わるライフサイクルCO₂排出量はPCR原案附属書Mに記載の大野の報告における数値⁷⁾を用いて算出したが、販売価格でCO₂排出量が変わるのは実感にそぐわない点や、会社としての製品CO₂排出量の削減努力と無関係である点、販売する段階で個々の商品1個に対して二酸化炭素がどれだけ出ているかを計算するのは非常に困難である点から、現状では、流通段階のみの算出となっている。

しかし、これでは製品のライフサイクル全体のCO₂排出量を示すというCFPの根本から外れてしまっている。そのため、早期のルール作りが必要であると考える。

5 まとめ

古紙を原料とした家庭紙製造における中小企業にも適用できる、トイレットペーパーの原材料段階から廃棄・リサイクル段階までのライフサイクル全体におけるCO₂排出量の簡易算出モデルの提案ができた。

富士市内の8工場における製品1kgあたりのCO₂排出量を算出した結果、製品1kgあたり1.1~1.6kgであった。生産段階におけるCO₂排出量が全体の7割程度を占め、そのほとんどが使用エネルギーによるCO₂排出量であった。CO₂排出量の削減策としては工程内の省エネが最も大きく効いてくる。より詳細に検討するためには、各装置それぞれのエネルギー使用量を把握することで解析が可能である。他に、薬品や資材の使用量の削減や種類の検討などが削減策として挙げられる。

過剰な品質の製品づくりはCO₂排出量の増加につながるため、環境の側面も品質として考えた製品づくりが今後より重要なになってくると思われる。

さらに、製紙業界全体として、どの品質の古紙をどの紙製品の原料とすべきなのか、ある一定レベル以下の品質のものやリサイクルしにくい古紙は紙製品以外への有効利用が適切ではないか、など古紙利用の最適化をさらに進めていくための指標の一つとして、CFPを活用できる可能性がある。

各段階における二酸化炭素排出量を「見える化」することで、環境の側面も含めた製造の効率化や省エネのポイントが明確になるツールとして活用することが期待できる。

謝辞

本研究を行うにあたり、調査にご協力頂きました県内家庭紙企業の皆様に深く感謝いたします。また、CO₂

【報告】

排出量の算出方法の検討にあたり、適切な助言などご指導を頂いた千葉科学大学安藤生大准教授に感謝いたします。

参考文献

- 1) 環境省：低炭素社会づくり行動計画（2008.7.29公表）
- 2) 日本製紙連合会：紙・板紙のライフサイクルにおけるCO₂排出量（2011.3.18公表）
- 3) CFP制度試行事務局：カーボンフットプリント制度商品種別算定基準（PCR）原案PPR-025「紙・板紙」（2009.7.22公表）

- 4) 社団法人産業環境管理協会：カーボンフットプリントコミュニケーションプログラム基本データベースver.1.01（2012.7.11公表）
- 5) 社団法人産業環境管理協会：カーボンフットプリントコミュニケーションプログラム利用可能データライブラリーver.1.03（2012.10.18公表）
- 6) 安藤生大：製紙スラッジの炭化によるCO₂固定及び削減量の見積もり. 紙パ技協誌, 64 (8), 52-66 (2010) .
- 7) 大野郁宏：流通業のカーボンフットプリント. 日本LCA学会 食品研究講演会講演集, p.74, 東京 (2008) .

デジタル印刷物のリサイクル適性評価法の開発と古紙原料への混入の影響評価

製紙科 鈴木悠介 深沢博之 齊藤将人*

Development of Evaluation method for recycling suitability of digital printed paper and research for the effect of digital printed paper into recovered paper

Yusuke SUZUKI, Hiroyuki FUKASAWA and Masato SAITO

The digital printings, which include toner and inkjet printing, in printing market have increased in recent years. With this, (or Then,) digital printed paper has increased share of recovered paper. There are fears that increasing the amount of digital printed paper would cause troubles to recycling process in paper mill. For example, there are growth of effluent load, increase of dirt and low brightness for recycled paper. They are considered that digital printing is hard to deink. In this report, we discuss evaluation (or assessment) method of deinking of dry toner printing and inkjet printing.

Keywords : digital printing, recycle, deinking, dry toner, inkjet

キーワード：デジタル印刷、リサイクル、脱インキ、ドライトナー、インクジェット印刷

1 はじめに

近年、オンデマンド印刷のニーズが高まり、商業印刷においてトナー印刷やインクジェット印刷といったデジタル印刷が増えている。その結果、リサイクルされる古紙原料の中にもデジタル印刷物が増加し、デジタル印刷物由来の古紙処理時のトラブルが幾つか懸念されている。一例として、再生紙におけるチリなどの夾雑物の増加や白色度低下などの品質の低下やインキが水に溶け込むことによるCODの上昇や排水の着色汚れに対する対策が必要となることが挙げられる。これらはデジタル印刷物の中に通常の古紙処理では脱インキ性が低いものや、従来のインキとは挙動が異なるものが存在するためと考えられている。静岡県内の製紙会社では、古紙を原料として大量に使用する製紙会社が多いため、今後、さらにデジタル印刷物の生産量が増大すると、デジタル印刷物が古紙原料に混入することによる影響を受ける可能性が高い。

デジタル印刷が、日本より普及している欧州ではこれらの問題が以前から懸念されており、デジタル印刷物のリサイクル適性を評価し、古紙処理時のトラブルを避けるためのINGEDE試験法が確立されている。しかし、INGEDE試験法は国内の古紙処理工程とは大きく異なっており、国内でそのまま適用することはできない。

そこで、本研究は、デジタル印刷物のリサイクル適

性評価法としてデジタル印刷物の脱インキ試験法の確立とデジタル印刷物が古紙原料に混入した場合の影響を検討し、製紙業界に成果を還元することを目的とする。

平成24年度は主に、デジタル印刷物のうち、商業印刷として広く普及しているドライトナー印刷物について脱インキ試験法の確立を検討し、次に行う予定のインクジェット印刷物については脱インキ試験法の確立のための予備試験を行った。

2 実験方法

2.1 試験サンプル

印刷の色による差が生じないようにするために、実使用に近い形としてフルカラー印刷のサンプルを用いることとした。5種類のドライトナーと1種類の比較用油性オフセットインキを用いて、A4判の上質紙とコート紙のそれぞれに一般社団法人日本産業機械工業会「枚葉印刷用ジャパンカラー2007」を印刷したものを30×30±5mmに裁断し、試験サンプルとした。

それらを用いて上質紙とコート紙による差、ドライトナーの種類による脱インキ性の差を検討した。また、試験結果の再現性を確認するため、上質紙とコート紙のそれぞれについて1種類の試験サンプルについて繰り返し3回試験した。なお、トナー印刷物のうち、リキッドト

*現 新産業集積課

【報告】

ナ一印刷物は事前調査などから、脱インキ性がドライタナ一印刷物と大きく挙動が異なるため、本研究では検討の対象外とした。

インクジェット印刷物では4種類の試験サンプルを用意し、顔料インキによる上質紙とコート紙、染料インキと顔料インキ、染料インキの種類による脱インキ性の差を検討した。

「枚葉印刷用ジャパンカラー2007」の印刷パターンを図1に、今回試験を行ったドライタナ一印刷物の試験サンプルを表1に、インクジェット印刷物の試験サンプルを表2に示す。

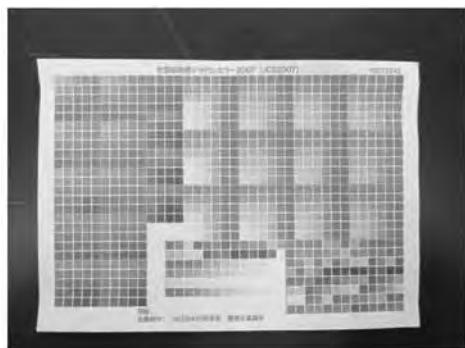


図1 試験サンプルの印刷パターン

表1 ドライタナ一印刷物サンプル

サンプル番号	印刷用紙	印刷機
1	上質紙	A
2		B
3		C
4		D
5		E
6		オフセット
7		A
8		B
9	コート紙	C
10		D
11		E
12		オフセット
13		A
14		B
15		C
16		オフセット

表2 インクジェット印刷物の試験サンプル

サンプル番号	印刷用紙	インキ
IJ1	上質紙	水性染料A
IJ2		水性染料B
IJ3		水性顔料
IJ4		水性顔料

2.2 ドライタナ一印刷物の脱インキ試験法の検討

脱インキ試験法を検討するにあたり、海外の状況を調べた。日本と比較し、デジタル印刷が普及している欧州では2008年にINGEDEによる各種印刷物の脱インキ性試験法、評価法が確立されている。INGEDE試験法は、離解→熟成→分散（オプション）→脱墨（フローテーション）→抄紙→評価の手順で行われる¹⁾。しかし、INGEDE試験法は国内の古紙処理工程と比較して離解時に使われる薬品が異なること、洗浄工程を行わないこと、離解機、フローテーターが日本で使われる方式ではないこと、日本と欧州とでは用水原単位が異なること等、大きく異なっているため、国内の脱インキ試験法としては適用できないことがわかった。そのため、国内の古紙処理工程に適応した試験法を検討することとした。そこで、（公財）古紙再生促進センターより既に規格化されている「リサイクル対応型UVインキ標準試験法²⁾」を参考に以下のア)～キ)の手順を検討した。検討した試験法を図2に示す。



図2 ドライタナ一印刷物の脱インキ試験フローチャート

ア)JIS P8220に規定される標準離解機に、温度30±2℃の水1.5Lと3.75%の水酸化ナトリウム水溶液7mL（コート紙の場合10mL）、1.5%に希釈し

【報告】

た脱墨剤（花王株製DI-7027）7mL（コート紙の場合10mL）を入れ、試験サンプルを上質紙の場合58g、コート紙の場合81gを加え、20分間離解した。

イ) ア) の試料を150meshの篩を用いて625±5g（コート紙の場合650g）に脱水した。

ウ) イ) の試料に水1,350mL（コート紙の場合1,325mL）を加え、1分間離解した。その後、試料に30±2℃の温水を加え、パルプ濃度約1%となるように5.4kg（コート紙の場合7.5kg）に希釈した。

エ) ウ) の試料を4.3kg分取し、J-TAPPI No.39に規定されるフローテーターで10分間フローテーションを行った。条件はスクリュー回転数1,500rpm前後、空気量4±0.2L/minとし、定期的にフロスを掻き取った。

オ) フローテーション後の試料を回収し、水を加え、8kgまで希釈した。その後、硫酸アルミニウムを加え、pH5.0～5.6に調整した。

カ) オ) で得られた試料をJIS P8222で規定される標準丸型手抄き機（ $\phi 160 \mu m$ ）で150meshの黄銅製金網を用いて湿紙を作製し、これをろ紙で挟み、410±10kPaの圧力で5分間プレスして脱水した後、回転式ドラム乾燥機を用いて、表面温度90±5℃に調整し4分間乾燥させた。

この時、乾燥後の再生紙の坪量が60±3gとなる様に試料量を調整し、再生紙を10枚以上抄いた。

キ) 得られた再生紙についてJIS P8148に規定される方法で白色度及びJIS P8150に規定される方法で色度（L*、a*、b*）を測定した。また、ダートカウンター（野村商事株製 SpecScan2000）を用いて0.05mm²以上の夾雜物総面積及び0.3mm²以上の粗大夾雜物の個数を測定した。夾雜物の測定は5枚の紙に対して各3回ずつ計15回の測定をした。

2.3 インクジェット印刷物の脱インキ予備試験

インクジェット印刷物では、纖維の着色による白色度の低下が懸念される。そのため、前述したドライターパー印刷物の脱インキ試験法の手順の脱墨工程の前であるイ)、ウ) の間に漂白工程、洗浄工程を追加した。漂白工程は、イ) で絞った試料をビニール袋に移し、試料重量に対し水酸化ナトリウムを2%、ケイ酸ナトリウムを4%、過酸化水素を2%の割合で添加した後、素早く揉んで70℃の温浴中で1時間保持した。その後、洗浄工程は、常温の水を1,500mL加え、標準離解機

で1分間離解した。その後、再び150meshの篩を用いて625±5g（コート紙の場合650g）に濃縮し、ウ) の希釈工程以降を行った。行った試験法を図3に示す。

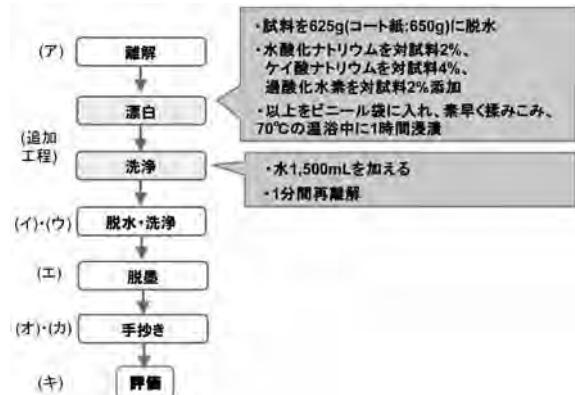


図3 インクジェット印刷物の脱インキ予備試験フローチャート

3 結果及び考察

3.1 ドライターパー印刷物の脱インキ試験

ドライターパー印刷物の脱インキ試験結果を表3に示す。また、試験により再生した紙の一例を図4に示す。

表3 ドライターパー印刷物と比較用オフセット印刷物脱インキ試験結果

サンプル番号	白色度(%)	色 度			夾雜物		
		L*	a*	b*	面積(個/1シート)	面積(mm ² /m ²)	
上質紙	1	78.85	92.1	-0.200	0.88	0.1	97.0
	2	73.95	89.4	-0.135	1.00	0.0	8.37
	3	78.85	92.0	-0.355	1.88	0.0	87.9
	4	79.40	92.3	-0.350	1.74	0.2	55.2
	5	79.45	92.4	-0.350	1.84	0.2	59.6
	6	80.85	93.1	-0.255	1.89	0.0	17.1
	7	80.35	92.8	-0.265	1.90	0.0	8.82
	8(オフセット)	61.30	82.8	-0.595	0.55	4.3	1465
コート紙	9	86.20	93.6	0.758	-1.08	0.2	818
	10	84.05	92.9	0.830	-0.975	0.0	1680
	11	85.95	93.3	0.790	-1.61	0.2	666
	12	85.85	93.4	0.840	-1.31	0.2	524
	13	85.80	93.4	0.855	-1.26	0.0	768
	14	85.15	93.3	0.885	-0.865	0.1	1028
	15	85.05	93.2	0.880	-1.00	0.4	1096
	16(オフセット)	84.45	93.1	0.740	-0.735	0.0	21.0

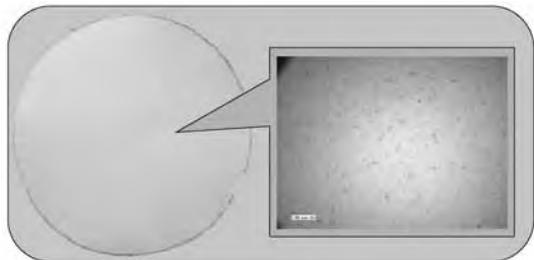


図4 ドライターパー印刷物(上質紙)の再生紙の一例

ドライターパー印刷物では白色度は高い値を示すが、再生紙中に夾雜物が残ってしまうことがわかった。これは、ドライターパー印刷物では、離解によりインキ片が細かくならず、大きなまま残ったインキ片がフローテーションでは浮遊しないため、夾雜物として残っているためと

考えられる。

今回検討した試験法による結果によりドライターの種類毎に再生紙の白色度や夾雜物の大きさ、個数が異なっているので、再生紙の白色度と夾雜物面積を比較することでドライター印刷の脱インキ性を評価できることがわかった。

なお、ドライター印刷物では上質紙よりもコート紙において夾雜物面積が大きい傾向があった。これは従来までのオフセット印刷物には見られない傾向であり、今後、原因を調べる必要がある。

同一サンプル（表3のサンプル番号3～5及び11～13）を3回繰り返し試験した結果、白色度、夾雜物面積や再生紙の外観に大きなバラつきは無く、結果の再現性が確認できた。しかし、0.3mm²以上の粗大夾雜物の測定については、1試験における15回の測定中に1個だけ測定される場合があった。大多数の夾雜物は、0.3mm²以下に分布しており、0.3mm²以上の粗大夾雜物は限りなく少ない。これらの結果を踏まえて、ドライター印刷物のリサイクル適性の有無の判断については今後の検討が必要である。

3.2 インクジェット印刷物の脱インキ予備試験

インクジェット印刷物の脱インキ試験結果を表4に示す。インクジェット印刷物では夾雜物は非常に少なく、粗大夾雜物は全くなかったが、白色度が低くなることがわかった。インキの種類による違いを検討した結果、染料インキの種類によって白色度が大きく異なることがわかった。また、染料インキと顔料インキを比較すると、顔料インキよりも染料インキの方が再生紙にインキの色が残り、白色度が低い傾向にあった。顔料インキにおいてコート紙と上質紙の差を検討した結果、オフセット印刷物やドライター印刷物の場合と同様に、コート紙の方が白色度が高かった。また、インクジェット印刷物では、洗浄時のろ液にインキが溶けこみ、着色が目立つたため、排水処理工程への影響評価を検討する必要があることが確認できた。

表4 インクジェット印刷物脱インキ試験結果

サンプル番号	白色度(%)	色 度			夾雜物	
		L*	a*	b*	最大(個/1シート)	面積(mm ² /m ²)
IJ1	48.20	83.7	-11.2	15.6	0.0	8.00
IJ2	64.40	84.0	-4.18	-0.130	0.0	2.00
IJ3	70.45	86.6	-0.462	-0.962	0.0	26.0
IJ4	79.20	91.3	0.00	0.0625	0.0	10.0

4 まとめ

本研究ではデジタル印刷物のリサイクル適性評価としてデジタル印刷物の脱インキ試験法の開発を行い、デジタル印刷物の古紙原料への混入が再生紙や古紙処理工程に与える影響を評価することを目的としている。

本研究ではドライター印刷物の脱インキ試験法の検討、インクジェット印刷物の脱インキ試験法確立のための予備試験を行い、以下のことがわかった。

- (1) ドライター印刷物について脱インキ試験手順を離解→洗浄→脱墨（フローテーション）→抄紙の手順とすることで、国内の古紙処理工程に対応した脱インキ試験法を確立することができた。
- (2) ドライター印刷物では離解により細かくなったインキ片を除去するためにはフローテーションが有効である。しかし、細かくならなかった大きなインキ片はフローテーションで浮遊しないため除去することができない。また、ドライター印刷物では、コート紙において夾雜物面積が大きくなる傾向があった。
- (3) インクジェット印刷物では洗浄工程においてろ液の着色が見られた。また、再生紙の白色度が低く、この傾向は染料インキの方が顕著に見られた。

今後、インクジェット印刷物の脱インキ試験法を確立し、今回確立したドライター印刷物の脱インキ試験法と合わせてデジタル印刷物の古紙原料への混入の影響を評価していく予定である。

謝辞

本研究は、公益財団法人古紙再生促進センターと一般社団法人日本印刷産業連合会の「リサイクル対応型紙製商品開発促進対策調査事業」と協力して行ったものであり、関係各位に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) (公財)古紙再生促進センター 他:リサイクル対応型印刷物製作のための印刷資材調査及び普及促進に関する調査報告書 (2011.3公表)
- 2) (社)日本印刷産業連合会 他:リサイクル対応型UVインキ標準試験法及びデジタル印刷物のリサイクル適性に関する調査報告書 (2012.3公表)

家庭紙工場における歩留まり低下要因の追求とその影響評価

製紙科 河部千香 堤 真一 深沢博之

The research of the factors for the decline of the yield rates in sanitary paper manufactories and the degree of the factors' effects on the yield rates

Chika KAWABE, Shinichi TSUTSUMI and Hiroyuki FUKASAWA

In many sanitary paper manufactories in Fuji city, people say the yield rates recently have been going down because of increasing in shredded waste paper within recycled paper. In this report, we tried to ascertain their speculation; that is, whether the decline of the yield rates is due to the use of shredders or not. In the first part of the deinking process we disintegrated many kinds of waste paper by using a pulper. Following that, we performed the flotation deinking and the wash deinking, and prepared laboratory sheets. In addition, we measured the yield, fiber length and the residue on ignition and counted fines that are defined as a fraction of fiber having 0-0.2 mm length. As a result of our research, we came to the conclusion that by increasing shredded paper, the fines in the paper increased and the yield went down. Furthermore, if the paper is coated, the yield tends to go down as compared with non-coated, regardless of the thickness of the coated layer.

Keywords : Yield, waste paper, shredder, ash, fines

キーワード：歩留まり、古紙、シュレッダー、灰分、微細纖維

1 はじめに

原料に古紙を使用している多くの県内の家庭紙工場では、近年、歩留まり低下の問題を抱えている。その要因となる古紙として、まず、オフィス等で裁断処理されたシュレッダー古紙が挙げられる。ミリカットのシュレッダー装置が広く普及していることからわかるように、シュレッダー処理における裁断の形状が細小化する傾向があり、これにより、古紙中の微細纖維が増加し、歩留まりが低下したものと考えられる。しかし、一方で、シュレッダー古紙は歩留まりに影響を与えないという意見の工場もある。また、シュレッダー古紙以外の要因として、近年増加傾向にある微塗工紙¹⁾が挙げられる。非塗工紙と比べて、微塗工紙を始めとした塗工紙は、塗工層の分だけ灰分が多く含まれている。

そこで本研究では、シュレッダー古紙が歩留まり低下の要因であるかを確認した。また、市場に流通している古紙で、塗工紙を含むシュレッダー古紙など、様々なグレードの古紙についても、古紙に含まれる微細纖維の量や灰分の量、その他の要因と考えられる項目と歩留まりがどういった関係を示すのかを調べた。これにより、歩留まりに影響を与える、シュレッダー古紙以外の要因があるのかどうかについて明らかにすることとした。

2 実験方法

2.1 古紙処理手法の検討

まず、本研究で用いる古紙処理手法を確立するため、一般的な古紙処理工程を実験的に再現し、それぞれの工程が歩留まりに与える影響を調べた。

検討した項目は、離解、フローテーション、洗浄、ニーディング、フラットスクリーンによる除塵、添加薬品、抄紙の7つであるが、ここでは歩留まりに影響を与えた条件として、離解、フローテーション、洗浄、抄紙の4つの工程について述べる。

試料は、市販の上質系古紙パルプ（長さ加重平均纖維長0.54mm。以下、「古紙パルプ」という）、市販の広葉樹漂白クラフトパルプ（長さ加重平均纖維長0.92mm。以下、「LBKP」という）、オフセット印刷にて墨ベタ印刷を施した市販の上質紙（日本製紙㈱製しらおい上質、印刷濃度1.8。以下、「黒色試料」）を使用した。

歩留まり（%）は、原料の質量に対する再生紙の質量（いずれも調湿後）の割合を示す。平均纖維長（mm）、ファイン比（%）は、1万本の纖維について、それぞれ、算術平均纖維長、0.07～0.20mmの長さを持つ纖維をファインとして、その割合を3回ずつ測定した。灰分はJIS P 8251、白色度はJIS P 8148により行つ

【報告】

た。きょう雜物面積 (mm²) は野村商事株製Spec*Scan 2000を用いて、測定条件を解像度600dpi、しきい値70 %、最小判定面積 0.05mm²とし、試料1枚につき3回ずつ、5枚の試料について測定した。

(1) 離解

古紙パルプを用いて行った。JIS P 8220規定の標準離解機に、所定の温度の水と0.5M水酸化ナトリウム水溶液を合計2Lになるように投入した。試料を所定のパルプ濃度になるように加えて所定の時間離解した。得られた試料の平均纖維長、ファイン比を測定した。

- ・温度；8.5、30.0、60.5°C
- ・水酸化ナトリウム濃度；0、0.5、1、3 % (対パルプ)
- ・パルプ濃度；1、2、3、4 %
- ・時間；10、20、30、60分間

(2) フローテーション

古紙パルプおよび黒色試料を用いて行った。標準離解機に、30°Cの水と0.5M水酸化ナトリウム水溶液30mL (1.4% (対パルプ))、1g/L脱墨剤（花王株製DI-7027）を、合計2Lになるように投入し、試料（古紙パルプ：黒色試料=7：3）を所定のパルプ濃度になるように加えて20分間離解した。これを所定の温度になるように調整しながら4.3kgに希釀し、所定の時間フローテーションを行った。0.5%に希釀した後、27%硫酸アルミニウム水溶液を用いてpHを5.0～5.6になるように調整した。得られた試料を少量採取して、平均纖維長、ファイン比を測定した。その後、目開き106 μmのワイヤーを用いて、絶乾目標坪量60g/m²で湿紙を作製した。得られた湿紙に、プレスにより410kPaで5分間圧力をかけ、回転ドライヤーで、110°Cで2分間乾燥し、灰分、白色度、きょう雜物の測定をした。

- ・脱墨剤濃度；0.1、0.2、0.5% (対パルプ)
- ・パルプ濃度；0.5、1、2 %
- ・温度；9、30、57°C
- ・時間；3、5、10、30分間

(3) 洗浄

古紙パルプ、黒色試料を用いて行った。標準離解機に、30°Cの水と0.5M水酸化ナトリウム水溶液10mL (1 % (対パルプ)) を、合計2Lになるように投入し、試料を絶乾20g (古紙パルプ：黒色試料=7：3) になるように加えて20分間離解した。篩（綾織り、目開き300 μm）を用いて200.0±1.5gになるように濃縮し、その後2Lに希釀し、標準離解機で1分間離解した。この濃縮・希釀・離解を1回の洗浄とし、洗浄を所定の回数行った。試料を少量採取して、平均纖維長、

ファイン比を測定した。残りの試料を4等分し、それぞれ、アドバンテック東洋株製ガラスろ紙GS-25を用いて吸引ろ過し、プレスにより約600kPaで5分間圧力をかけた後、110°Cの回転ドライヤーで2分間乾燥した。得られた試料の歩留まり、白色度、きょう雜物、灰分を測定した。

- ・回数；1、2、3、4回

(4) 抄紙

古紙パルプを用いて行った。標準離解機に、30°Cの水と0.5M水酸化ナトリウム水溶液30mL (1 % (対パルプ)) を、合計2Lになるように投入し、絶乾60gの試料を加えて20分間離解した。その後、所定の絶乾目標坪量になるように、所定のワイヤーを用いて湿紙を作製した。得られた湿紙に、プレスにより410kPaで5分間圧力をかけ、回転ドライヤーで、110°Cで2分間乾燥した。得られた試料の歩留まり、灰分、平均纖維長、ファイン比を測定した。

- ・絶乾目標坪量；30、60、90、120g/m²
- ・ワイヤー；目開き180、106 μm

2.2 歩留まり測定

市販の国産PPC用紙（長さ加重平均纖維長0.90mm）を、縦および横について、それぞれ、幅10、5、3、2、1 mmに裁断し、模擬的なシュレッダー古紙（以下、モデルシュレッダー古紙）を作製した。試料は、国産PPC用紙、モデルシュレッダー古紙、市場で流通しているシュレッダー古紙（A～Fの計6種類（表1）。以下、流通シュレッダー古紙）、流通している様々なグレードの古紙（上ケント、模造、色上。以下、流通古紙）を用いた。試験は、上記の計20種類の試料を原料として、3.1で決定した古紙処理手法により古紙処理を行い、得られた再生紙の歩留まり、灰分、平均纖維長、ファイン比を測定した。

表1 流通シュレッダー古紙（A～F）の形状とサイズ

サンプル番号	形状	幅(mm)	
		長	短
A	ストレート	105.2	4.8
B	クロス	16.2	2.4
C	ストレート	659.0	3.1
D	ストレート	296.8	3.2
E	クロス	26.4	4.5
F	クロス	31.6	2.5

【報告】

3 結果および考察

3.1 古紙処理手法の検討

(1) 離解

離解は、他の3つの工程と比較して、歩留まりに大きくは影響を与えたなかった。

①温度による変化

開始時の水の温度が低い時、平均纖維長、ファイン比共にばらつきが大きく、離解が完全に行われていないと考えられるが、30.0°C、60.5°Cではばらつきが小さくなつた。

②パルプ濃度による変化

パルプ濃度を変化させて離解した試料の平均纖維長を測定すると、濃度が2%の時に纖維長が最も短くなつた。

③時間・水酸化ナトリウム濃度による変化

離解時間や離解の際に添加する水酸化ナトリウム濃度を変化させても、平均纖維長やファイン比はほぼ変化しなかつた。

①～③を考慮し、離解は、水温30.0°C、水酸化ナトリウム濃度1%（対パルプ）、パルプ濃度2%で、30分間行うこととした。

(2) フローテーション

フローテーションについて、検討した4条件を変化させると、歩留まりは変化したが、特に、脱墨剤濃度を変化させた際、歩留まりが大きく影響を受けた。

①脱墨剤濃度による変化

脱墨剤の濃度が高いほど、平均纖維長が長くなり、灰分が減少し、歩留まりが低下することが分かつた。一方で、白色度、きよう雑物の改善は小さかつた。そのため、脱墨剤0.5%は過剰であると考えた。

②パルプ濃度による変化

フローテーションにより取り除かれたフロス量の測定結果から、濃度が1%の時に最もフロスが取り除きやすく、同じく1%の時の白色度が最も高くなつた。

③開始温度による変化

フローテーション開始時の水温が高いほど、フロス量が減少するにもかかわらず、ファイン比は減少し、白色度は大きく上昇した。これは、温度が高いほど、微細な纖維とインキがより選択的に除去され、効率が良いことを示している。

④時間による変化

平均纖維長はフローテーション時間が5分以上ではほぼ変化が無くなり、灰分は10分以上でほぼ変化が無くなつた。

①～④を考慮し、フローテーションは水温30°C、脱墨剤濃度0.2%（対パルプ）、パルプ濃度1%（対パルプ）で、10分間行うこととした。

(3) 洗浄

洗浄は歩留まりに大きく影響を与え、洗浄回数が増えるほど、灰分、ファイン比が直線的に低下し、平均纖維長が直線的に長くなつた。今回は3回の洗浄を行うこととした。

(4) 抄紙

抄紙について、坪量やワイヤーを変化させると、歩留まりは影響を受けたが、特に、坪量を変化させた際、大きく影響を受けた。今回、目開き106μmのワイヤーで、坪量60±3g/m²の抄紙を行うこととした。

(5) まとめ

以上の結果をもとに、図1のフローにより、古紙処理を行うこととした。なお、測定は歩留まり、灰分、ファイン比、平均纖維長について行った。

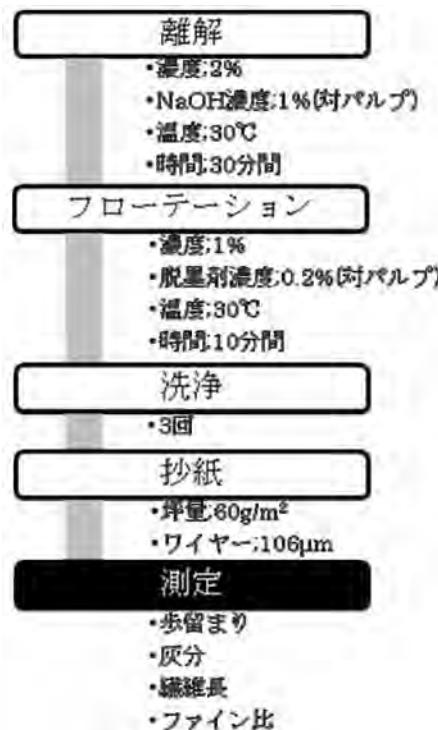


図1 確立した古紙処理工程フローチャート

3.2 歩留まり測定

(1) モデルシュレッダー古紙

①歩留まり

モデルシュレッダー古紙の歩留まりを測定した結果を図2に示す。この結果、裁断方向（縦・横）による差はほとんどなく、どちらも、裁断幅が細くなるにつれて、歩留まりは低下した。特に裁断幅が3mm以下の

時、その低下は顕著であった。

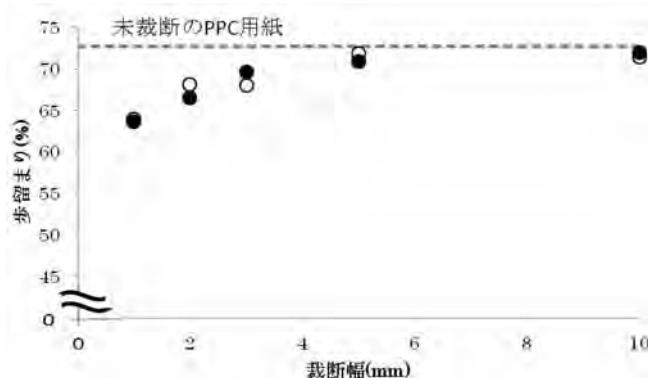


図2 モデルシュレッダー古紙の裁断幅に対する歩留まりの変化
○；縦方向の裁断、●；横方向の裁断。

②灰分

再生紙の灰分を測定した結果、裁断幅を変化させても、灰分は変化しなかった。裁断幅を細くすることで、灰分が抜けやすくなることはない。

③平均纖維長・ファイン比

原料および再生紙の平均纖維長とファイン比を測定した。ファイン比の測定結果を図3に示す。原料のファイン比は裁断幅を細くするほど増加し、特に3mm以下の時、顕著な増加を示した。再生紙のファイン比は、古紙処理によりファインが取り除かれたため、原料のファイン比と比較すると、小さくなつた。再生紙のファイン比は裁断幅によらず、ほぼ一定であった。これは、図1に示した手法により、取り除くことのできる微細纖維のほとんどが抜けたからだと考えられる。

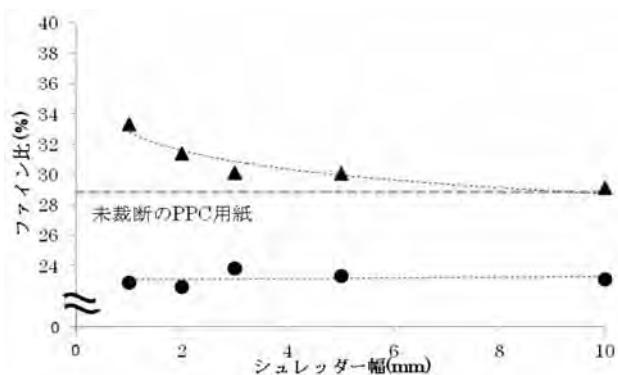


図3 モデルシュレッダー古紙(横)のシュレッダー幅に対する古紙処理前後のファイン比の変化
▲；古紙処理前、●；古紙処理後。

④まとめ

PPC用紙の裁断によりファインが増加し、古紙処理

によりファインが取り除かれたため、歩留まりが低下した。その低下は、裁断幅が特に3mm以下の時に顕著であった。

(2) 流通古紙

①歩留まり

流通古紙の歩留まりを図4に示す。この結果、上ケントや色上は、PPC用紙や模造よりも歩留まりが低くなつた。それぞれの試料表面を観察すると、今回試料として用いた上ケントや色上は塗工紙で、PPC用紙や模造は非塗工紙であった。このことから、非塗工紙と比較して、塗工紙の歩留まりが低い傾向が認められた。

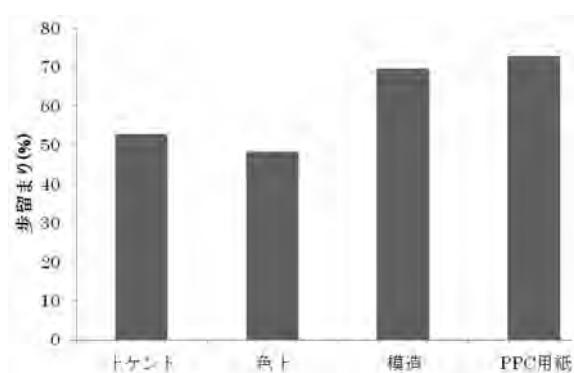


図4 流通古紙の歩留まり

②灰分

流通古紙について、原料と再生紙の灰分を測定した。上ケントや色上の灰分は約34%であり、PPC用紙や模造は約5～6%であった。非塗工紙と比較して、塗工紙の灰分が極端に多いことが示された。

③ファイン比

流通古紙について、原料と再生紙のファイン比を測定した。古紙処理前後のファイン比の差 (= (原料中のファイン比 (%)) - (再生紙中のファイン比 (%))) は、上ケント、色上、模造、PPC用紙、それぞれ、14、17、7、5%であり、非塗工紙と比較して、塗工紙のファインが取り除きやすいと言える。

3.3 歩留まり測定における考察

歩留まりへ影響を与える因子として、灰分とファインの2つが考えられる。そこで、全サンプルについて、灰分減少量（原料全体を100%）とファイン比の差と、歩留まりを比較した。

(1) ファイン比

古紙処理前後のファイン比の差と歩留まりの関係を図5に示す。この結果から、ファイン比の差と歩留まりが比例関係になった。

【報告】

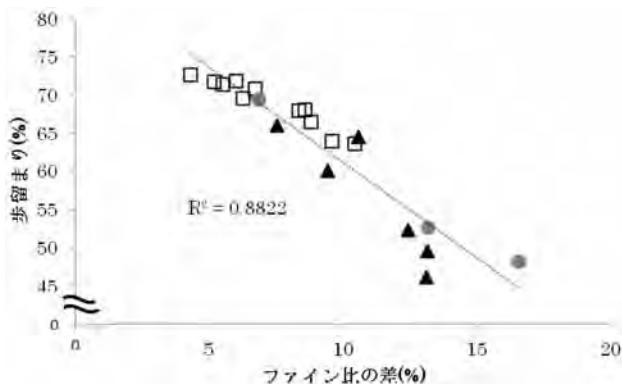


図5 原料と再生紙のファイン比の差と歩留まりの関係
□；モデルシュレッダー古紙、▲；流通シュレッダー古紙、●；流通古紙。

のことから、ファインの抜けやすさが歩留まりに大きく影響を与えることが分かった。そこでファインの抜けやすい原料について考えることとし、原料中のファイン比を比較した。その結果を図6に示す。この時、全てのサンプルは2つのグループに分けられ、それぞれ、直線関係を示した。この直線はそれぞれ、原料中のファイン比が高い程、歩留まりが低いことを示している。この2つのグループを、図6のように、IとIIのグループに分類した場合、ファイン比が同等であっても、Iのグループの方がIIのグループよりも歩留まりが低い。2つのグループのそれぞれの試料の状態を観察した。古紙であるため、一概には言えないが、Iのグループには塗工紙やカラー印刷された用紙が多く含まれており、IIのグループは、全体的に非塗工紙であり、印刷済みのものが少なく、印刷がされていてもモノクロ印刷のみであった。このことから、Iのグループは塗工紙や微塗工紙を含むグループで、IIのグループは非塗工紙のみのグループに分類することができる。さらなる

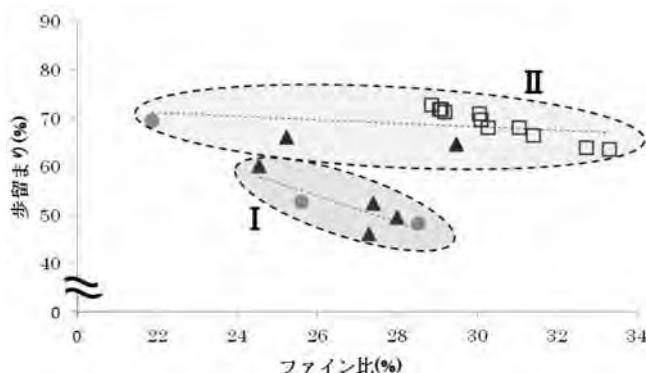


図6 原料中のファイン比と歩留まりの関係
□；モデルシュレッダー古紙、▲；流通シュレッダー古紙、●；流通古紙。

研究が必要ではあるが、Iのグループが1つの直線で表せることから、塗工量や灰分の量ではなく、塗工の有無が歩留まりに大きな影響を与えることが示唆された。それぞれのグループに属する試料の一部の表面電子顕微鏡写真を写真1（流通シュレッダー古紙B）、写真2（流通シュレッダー古紙C）に示す。Iに分類された流通シュレッダー古紙Bの纖維表面が別の層に覆われているのに対して、IIに分類された流通シュレッダー古紙Cの纖維表面はむき出しであることが確認できる。

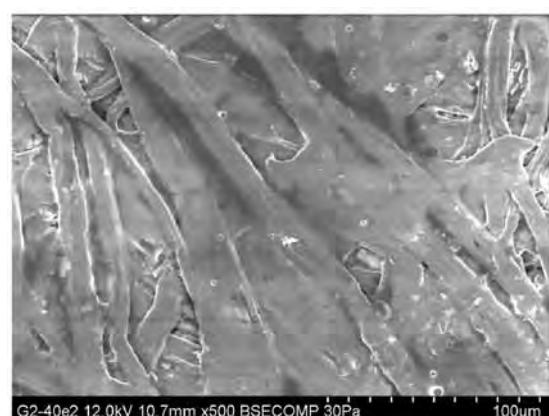


写真1 I グループに属する流通シュレッダー古紙Bの一部の表面電子顕微鏡画像

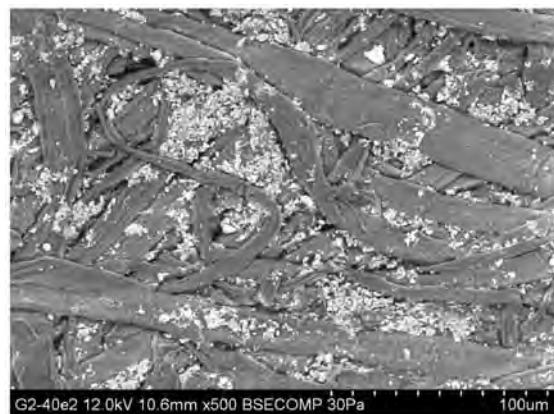


写真2 II グループに属する流通シュレッダー古紙Cの一部の表面電子顕微鏡画像

塗工量や含まれる灰分の量ではなく、塗工の有無が歩留まりに大きく影響を与える理由として、以下のことと考えられた。塗工層が含まれていると、離解時に塗工層と纖維層が脱離する。3.1(2)③で述べたとおり、フローテーションの際の水温が高いと微細纖維等が選択的に除去されることがわかっているが、スラリーの温度上昇やpH上昇などにより、フローテーション工程で、

選択的に微細纖維が系外に排出されてしまったのだと推定される。

(2) 灰分

灰分減少量と歩留まりについて、相関が見られなかつた。そこで、流通シュレッダー古紙と流通古紙について、原料を100%とした時の歩留まり、系外へ排出された、灰分、ファイン、その他の重量比を、歩留まりが低かった試料から順に、図7に示す。その他に分類された成分は、主にフローテーションのフロスと共に系外に排出された、ファイン以外の纖維であると考えられる。この結果、系外に排出された灰分とファインの重量比を比較すると、明らかに灰分の方が大きな割合を占めている。しかし、灰分減少量と歩留まりは相関がない。図7によると、灰分が多い試料は、その他の割合が少ないのが分かる。古紙を利用した実験であるため一概には言えないが、(1)で述べたとおり、温度上昇やpH上昇により、フローテーション工程で、ファインや灰分が選択的に抜け、その他の成分への影響が少なかつたのだと推定される。

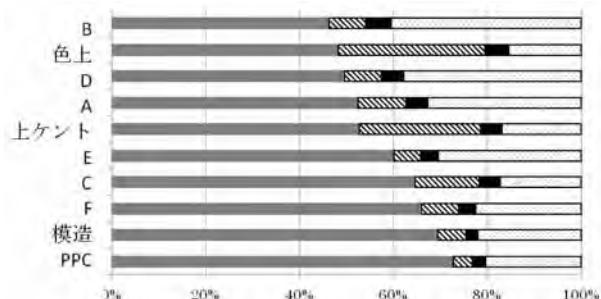


図7 流通シュレッダー古紙と流通古紙の原料を100%とした時の歩留まりと系外に排出した灰分・ファイン比・その他の割合

灰色；歩留まり、斜線；灰分、黒；ファイン比、ドット；その他。

3.4 シュレッダー古紙の強度測定

モデルシュレッダー古紙について、シュレッダー処理による裁断幅と古紙処理後に作製した再生紙の比引張強さの関係(図8)について調べた。この結果、裁断幅が大きくなるに従って強くなり、3mm以上ではほぼ変化が無くなった。つまり、シュレッダー古紙の裁断幅が3mm以上であれば、強度低下しないということが分かった。

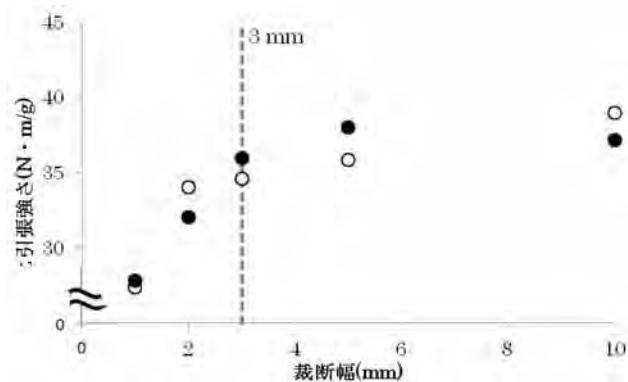


図8 モデルシュレッダー古紙の裁断幅と比引張強さの関係
○；縦方向の裁断、●；横方向の裁断。

4 まとめ

県内の家庭紙工場の多くから、シュレッダー古紙の増加により歩留まりが低下する傾向があるという意見を多く聞いたが、実際に、シュレッダー古紙が増加すると、ファインが増加し、歩留まりが低下することが実験室レベルで確認できた。特に裁断幅が3mmよりも細くなると、歩留まり低下が顕著となった。しかし、実際ににはシュレッダー古紙であるかどうかに関わらず、古紙に含まれる0.2mm以下の微細纖維の割合が歩留まりに影響を与えることが分かった。また、今後さらなる検討が必要ではあるが、塗工層の厚みではなく、塗工層の有無が歩留まり低下に大きく影響を与えるものと考えられる。今後、微細纖維の増加を防ぐために、纖維を切断せずに、引き抜くことで文書を細かくするパーティクルカットなどのシュレッダーや、裁断幅3mm以上でも識字できないシュレッダーの開発・普及や溶解処理による文書抹消の推進が重要であると考えられる。

謝辞

本研究を行うにあたり、試料収集にご協力いただいた松岡紙業株式会社 佐藤 常明氏、齊藤 靖夫氏に深く感謝申し上げます。

洗浄工程における助言および試料提供にご協力いただいた栄工機株式会社 帆足 俊亮氏に深く感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 経済産業省大臣官房調査統計グループ：平成23年紙・印刷・プラスチック・ゴム製品統計年報(2012. 6公表)

介護福祉施設用見守りセンサシステムの開発（第2報）

機械電子科
株式会社メディカルプロジェクト
株式会社富士セラミックス

中山 洋 杉本芳邦* 高木 誠
小林信明 一言貴則
福島利博 鈴木嘉幸

Development of sensor device for detecting a slight movement of human body on bed for intensive care home (2nd Report)

Hiroshi NAKAYAMA, Yoshikuni SUGIMOTO, Makoto TAKAGI, Nobuaki KOBAYASHI,
Takanori HITOKOTO, Toshihiro FUKUSHIMA and Yoshiyuki SUZUKI

キーワード：見守りセンサシステム、センサシート、介護福祉施設

1 はじめに

少子高齢化が急速に進む中、介護福祉施設ではターミナルケア（終末介護）や要介護度の高い入所者が急増しており、入所者の安心・安全性の低下の懸念、介護職員の精神的・肉体的負担が増大している。我々は平成23年度までに、非拘束・非接触状態でベッド上での人の微小な体の動きを検知できる見守りシステムの試作等を行った¹⁾。本年度は、介護福祉施設における見守りシステムの長期使用試験やシートの耐荷重試験等を行ったので報告する。

2 方法

2.1 介護福祉施設における長期使用試験

非拘束・非接触で使用できる見守りセンサシステム（センサシート、コントロールボックス、ナースコール端子）について、特別養護老人ホーム「みぎわ園」（ユニットケア、富士市）において長期使用試験（平成24年4月～11月）を行った。なお使用にあたり、施設や利用者のご家族の承諾を得て行った。

2.2 センサシートの耐荷重試験

試作したセンサシートに、荷重応力（608N）を連續負荷して耐荷重試験を行った。実際にはシートに要介護者の体重の一部とマットレス及び掛け布団の重さによる負荷がかかるが、試験ではそれ以上の荷重を負荷した。

3 結果および考察

特別養護老人ホーム「みぎわ園」において、要介護度5の入所者（7名）に対して、施設現場でよく使

用されるエアーマットレス、体圧分散マットレス、普通マットレスの下にセンサシートを設置して使用試験を行った。使用試験状況の一例を図1に示す。マットレスの下にセンサシートを設置するため、要介護者は使用していることを全く意識することなく、無拘束で利用することができた。またベッド上の要介護者の微小な動きを検知するシステムの最適化を行った結果、いずれのマットレスにおいても、昼夜を問わず、誤報知すること無く、動作することが可能となり、要介護者の動きを検知しなかつた場合にはナースコール報知し、いち早く異変を知らせることが可能となった。



図1 特別養護老人ホームにおける使用試験

センサシートの耐荷重試験について、試験前及び12ヵ月間連續荷重試験後に得られたセンサ出力を、それぞれ図2、図3に示す。12ヵ月間連續荷重試験後の

*現 技術支援担当

【ノート】

センサシートでも、呼吸している状態では 5 Vp-p (peak to peak) の出力が、無呼吸状態では 2 Vp-p の出力が得られ、微小な体の動きを検知できることがわかった。

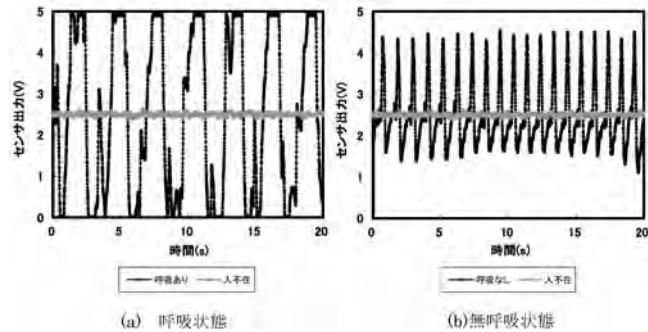


図2 耐荷重試験前のセンサ出力
(体圧分散マットレス、仰向け状態)

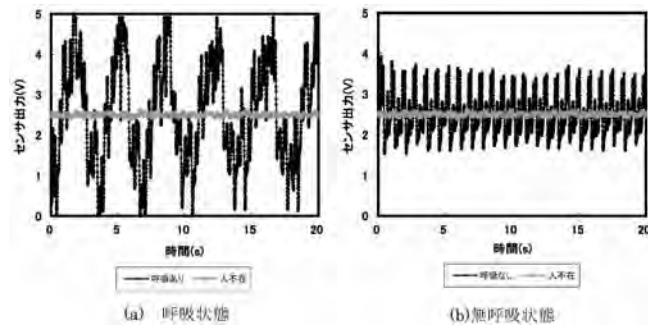


図3 12ヶ月間連続荷重試験後のセンサ出力
(体圧分散マットレス、仰向け状態)

4 まとめ

介護福祉施設における長期使用試験及びシステムの改良により、昼夜を問わず、要介護者の微小な体の動きを検知し、誤報知すること無く、動作できる見守りセンサシステムを開発した。

センサシートの耐荷重試験結果から、12ヶ月間連続荷重試験後のセンサシートでも、呼吸状態及び無呼吸状態において微小な体の動きを検知できることがわかった。

これらのことから、介護福祉施設現場で利用できる信頼性の高い見守りセンサシステムを開発することに成功した。

謝辞

本研究開発にあたり、介護施設現場の使用試験にご協力頂きました特別養護老人ホームみぎわ園の皆様に深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 中山 洋 他：介護福祉施設における見守りセンサシートシステムの開発. 静岡県工業技術研究所研究報告, 第5号, 135-140 (2012).

PVDプロセスにおけるボンバード処理の分析

機械電子科
ビヨンズ株式会社

高木 誠 中山 洋 杉本芳邦*
遠藤浩久 田中隆義

Research of ion bombs effects in PVD process

Makoto TAKAGI, Hiroshi NAKAYAMA, Yoshikuni SUGIMOTO,
Hiroyisa ENDO and Takayoshi TANAKA

Keywords : Ion-bombered, PVD (Physical Vapor Deposition), coating, Smoothness

キーワード：イオンボンバード、 PVD、 平滑性、コーティング

1 はじめに

平成21年から三年間、新成長戦略研究「高耐久金型のための高度コーティング技術の開発」¹⁾を進めてきた。そこで新たな課題も見えてきた。その一つがPVD(物理気相蒸着)コーティング膜の平滑性である。アルミダイカスト用の耐熱・耐食コーティングと樹脂成型用の非粘着コーティングを目標として研究をおこなってきたが、ダイカスト用は膜のピンホール、非粘着は表面凹凸が、性能や寿命に影響することが判って来た^{1), 2)}。このため、平滑性向上に取り組んでいる。

2 方法

2.1 ボンバード処理

ボンバード処理はPVD前に被成膜対象に高電圧のイオン照射する清浄処理で、膜の密着度向上に効果的である。アルゴン等のガスボンバードと、金属イオンによるメタルボンバードがある。ガスボンバードは効果が小さいが面荒れが少なく、メタルボンバードは効果が大きいが面荒れも大きいと云われるが³⁾、ボンバード後すぐに成膜するので、ボンバード単体の効果は不明確である。ボンバード後に被成膜物の平滑性を確認した。

2.2 TiボンバードとCrボンバード

メタルボンバードは緩衝層成膜を兼ねる必需工程のため、メタルボンバードについて検証した。候補はチタン(Ti)とクロム(Cr)である。

Tiボンバードは、真空度1Pa、電圧800Vで1min照射を9回。Crボンバードは真空度1Pa、電圧400Vで1min照射を9回の条件である。サンプルは刃物鋼SUS440Cの鏡面材である。

3 結果及び考察

TiとCrをボンバード後、PVDコーティングせずにサンプルの表面を走査型電子顕微鏡で観察した。結果がそれぞれ写真1、2である。

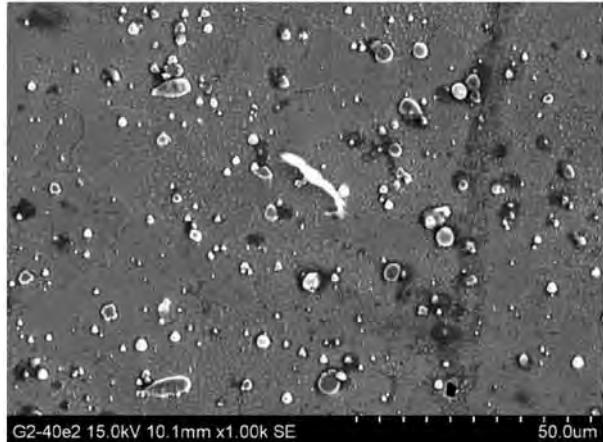


写真1 Tiボンバード処理後基材表面

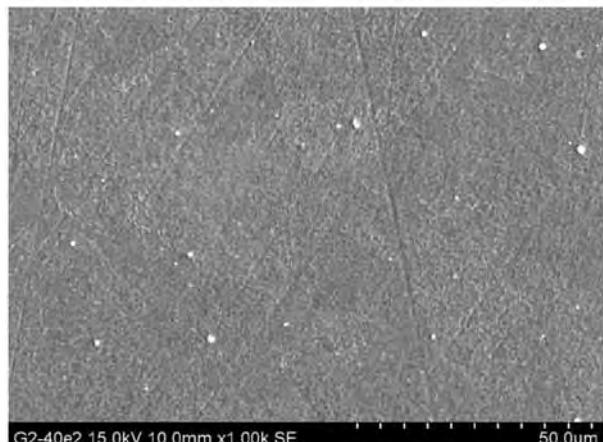


写真2 Crボンバード処理後基材表面

*現 技術支援担当

【ノート】

Tiボンバード後の表面には $1 \mu\text{m}$ 以下の微小な起伏と多くの微粒子付着がある。このような微粒子は PVD 膜の欠陥になると考えられている⁴⁾。微小起伏は膜密着性を向上させるので、Tiボンバードは密着性と膜欠陥を共に増大させる。

一方、Crボンバードでは、同じく微小起伏はあるが微粒子数は Tiボンバードより少ない。Crボンバードでは微粒子による膜欠陥は少ないと考えられる。よって、TiよりCrの方がボンバードに適していると考えられる。違いは Ti と Cr の揮発性の差が原因の 1 つと思われる。Ti の融点は 1,933K、沸点は 3,540K で、Cr の融点は 2,133K、沸点は 2,944K である。Cr は融けにくく揮発しやすい。液相領域の狭い Cr の方が液滴になりにくいと考えられる。

4 まとめ

PVD プロセスで Ti より Cr ボンバードの方が平滑性が優れる事が判った。今後、PVD 膜のボンバード条件最適化を検討する予定である。

参考文献

- 1) 田中翔悟 他 : ダイカスト金型に応用する高耐久コーティング技術の開発. 静岡県工業技術研究所研究報告, 第 3 号, 73-78 (2010).
- 2) 高木 誠 他 : 高耐久性金型のための高度コーティング技術の開発. 静岡県工業技術研究所研究報告, 第 5 号, 105-108 (2012).
- 3) 島 順彦 他 : 被覆硬質合金の製造方法. 特開平 11-140623 (1999.5.25).
- 4) 金原 繁 : 薄膜の作成法, 「薄膜工学」, 第一版 (丸善株, 東京), 白木靖寛 他 編著, pp. 74 (2003).

REPORTS
OF THE
INDUSTRIAL RESEARCH INSTITUTE
OF SHIZUOKA PREFECTURE, HAMAMATSU

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

非接触式三次元測定機における測定精度評価法（第2報）

光科 柳原 亘 太田幸宏

Evaluation of measurement accuracy for CMM with non-contacting probing systems (2nd Report)

Wataru YANAGIHARA and Yukihiro OHTA

In contour measurements using a CMM (Coordinate Measuring Machine) with a non-contacting probing system, we examined the influences of surface roughnesses and colors on the preciseness. The standard deviations, which derived from the height values measured repeatedly for roughness-known pieces (roughness parameter Ra: from 0.4 μm to 9.8 μm), indicated that the standard deviations are 2.5 μm or less and roughness scarcely varied the preciseness. As well, the standard deviations of those for color samples (their colors were white, black, gray, red, green and blue), are 4 μm or less other than black, suggesting their surface colors did not affect the preciseness except for the black color.

Furthermore, in order to evaluate the accuracy for CMM with the non-contacting probing system based on JIS B 7441, we designed and manufactured a material standard.

Keywords : CMM with non-contacting probing systems, color, roughness, standard deviation, material standard

キーワード：非接触式三次元測定機、色、粗さ、標準偏差、標準器

1 はじめに

三次元測定機（以下CMM）は被測定物の寸法や形状を測定する装置であり、生産現場に広く普及している。CMMには接触式とレーザーやカメラ等を用いた非接触式がある。一般的に、接触式の測定精度は数 μm 程度、非接触式は数十 μm 程度であり、測定精度では非接触式は接触式に比べて劣るが、短時間で膨大な測定点数を得ることができ、被測定物全体の立体形状を測定することに適している。また、非接触式は複雑な形状も測定することができ、更に変形しやすい柔らかな物も測定できることから、近年利用が増えていく。

測定の信頼性を向上させるためには、測定機の測定精度を把握することが重要である。一般的に、測定精度は測定機の仕様書に記載されているが、測定対象（測定面の粗さ、色等）、測定方法（測定速度、測定順序等）、測定環境（温度、外乱光等）等の誤差要因によって測定精度は異なり、これらの誤差要因ごとに測定精度を把握することが必要である。

非接触式には接触式に比べて多種多様な誤差要因があり、その中でも、白色光源やレーザーを用いることから測定面の粗さと色の測定に対する影響が大きいと考えられる。

本研究では、非接触式CMMのひとつであるレーザー式CMMにおいて、測定面の粗さと色の違いによって測定精度にどの程度の差が出るかを検査したので報告する。

また、非接触式CMMにおける精度検査法はJIS B 7441に規定されているが、検査に使用する標準器の規定が明確でなく、市販もされていない。今回、JIS B 7441に準拠した標準器も製作したので併せて報告する。

2 方法

2.1 測定装置

測定に使用したCMM本体（株ミツトヨ製 Crysta-Apex C776）と非接触式センサ（パルスティック工業株製 TDS-1622H）の仕様を表1に、外観を写真1に示す。非接触式センサは、被測定物に照射されたレーザースポットをセンサ内部のCCDセンサに結像させ、その結像位置によって被測定物までの距離を測る構造となっている¹⁾。データ解析にはGeomagic社製の「Geomagic Qualify 2012」を使用した。なお、測定は全て20±1°Cの恒温室で行った。

表1 測定装置の仕様

CMM本体	製造元・型式	(株)ミツトヨ製 Crysta-Apex C776
	20°Cにおける測定精度	(4.5+4.5L/1000)μm L:測定距離(mm)
非接触式センサ	測定範囲	X:705mm Y:705mm Z:605mm
	製造元・型式	パレスティック工業(株)製 TDS-1622H
	使用レーザー	赤色半導体レーザー(波長:690nm)
	測定精度	球直徑測定誤差: 20μm (2σ)
測定Z幅		60mm

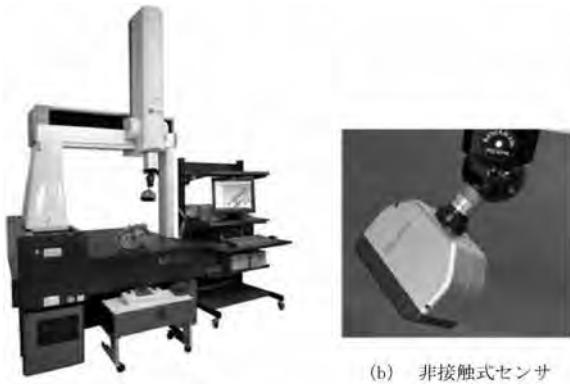


写真1 測定装置

2.2 測定方法

カラーサンプルと粗さ標準片を平らな金属板に固定し、測定機上にセットした（写真2）。各々の仕様を表2、表3に示す。非接触式センサで測定対象を一方向にスキャン測定し、それを10回繰り返した。また、センサの角度も変化させた。測定面に対してセンサを垂直に向けた時を0°とし、そこから30°、45°傾けた。

測定データを上記の解析ソフトで処理し、測定精度を算出した。

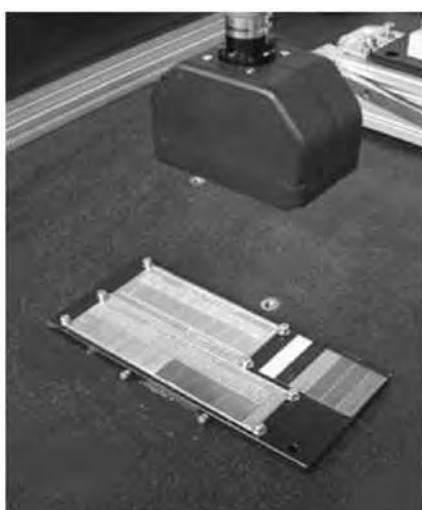


写真2 測定風景

表2 カラーサンプルの仕様

色値		
色	マンセル値	
白	N	9.5
黒	N	1
灰	N	4.5
赤	9R	5.5/14
緑	2.5G	6.5/10
青	10B	4.0/14

表3 粗さ標準片の仕様

正面フライス	水準番号	①	②	③	④	⑤	⑥		
	Ra(μm)	0.4	0.9	1.7	3.5	6.8	13.5		
フライス	Rz(μm)	2.2	3.5	6.6	13.5	26.9	54.0		
	水準番号	①	②	③	④	⑤	⑥		
放電加工	Ra(μm)	0.4	0.8	1.1	3.2	6.2	9.6		
	Rz(μm)	1.7	3.3	5.2	13.0	25.6	39.2		
	水準番号	①	②	③	④	⑤	⑥		
	Ra(μm)	0.5	1.3	1.4	2.2	3.3	2.6	5.6	9.8
	Rz(μm)	4.8	8.3	10.0	19.1	22.3	23.3	37.3	59.3

3 結果および考察

3.1 色を誤差要因とした精度評価

今回は解析ソフトで作成した測定面の中心位置のZ座標（高さ方向の位置関係を示すもの）において、繰返し測定による標準偏差（ばらつき）を測定精度の指標とした。各色ごとに標準偏差を算出した結果を図1に示す。

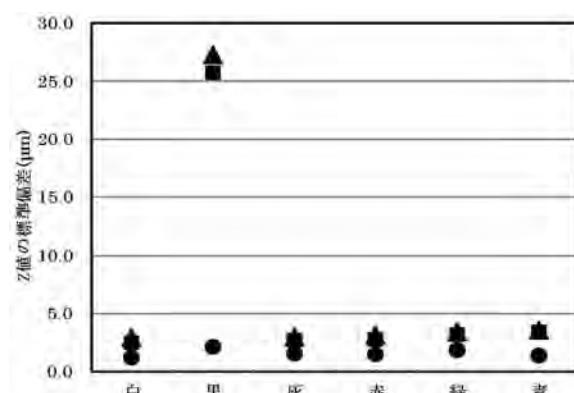


図1 各色の標準偏差 (n=10)
●: センサ角度0°、■: センサ角度30°、▲: センサ角度45°

非接触式センサの測定精度 (20 μm) を考慮すると、白、灰色、赤、緑、青については 4 μm 以下の標準偏差であることから、測定精度に影響しないことが分かった。黒については、標準偏差が大きくなつた。また、

センサ角度を大きくすると標準偏差は大きくなつた。

測定時における各色の反射光量の測定結果を図2に示す。当該測定機は赤色レーザーを使用しているため、測定面が同じ赤色の場合は反射光量が強い。白や黒、灰色のような色みの無いものはどの波長の光も一様に反射し、明るさに応じた反射光量が表れている。緑、青は反射光量は弱いが、標準偏差は他の色とはほとんど変わらない。当該測定機には反射光量が同じになるようにレーザーパワーを自動制御する機能が付いているため、反射光量が弱くても測定点数に大きな差は生じないと考えられる。一方、黒については、反射光量が極端に弱いため十分な測定点数が得られず、測定精度が下がつたと考えられる。

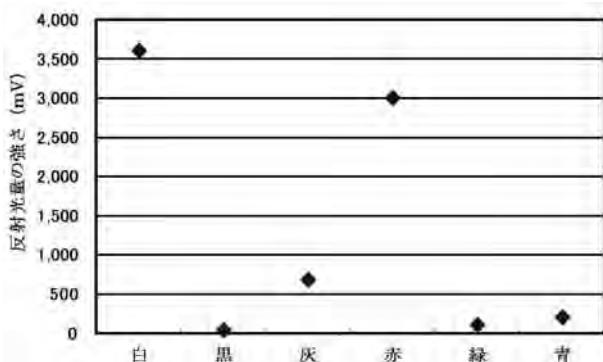


図2 各色の反射光の大きさ

3.2 粗さを誤差要因とした精度評価

上記と同様に各粗さごとに標準偏差を算出した。加工方法ごとの結果を図3、図4、図5に示す。全ての測定結果が $2.5 \mu\text{m}$ 以下となり、粗さの違いによって測定精度に違いがないことが分かつた。

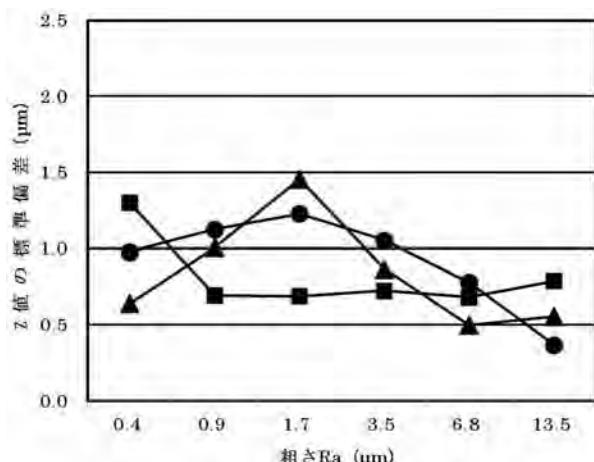


図3 正面フライス加工面の標準偏差

●：センサ角度0°、■：センサ角度30°、▲：センサ角度45°

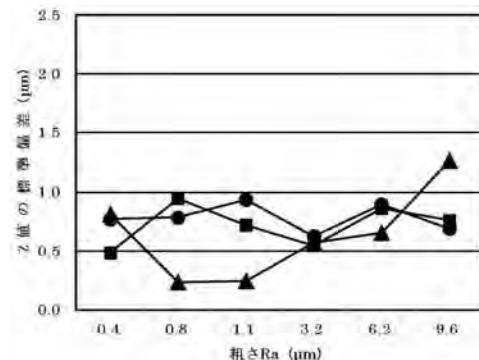


図4 フライス加工面の標準偏差
●：センサ角度0°、■：センサ角度30°、▲：センサ角度45°

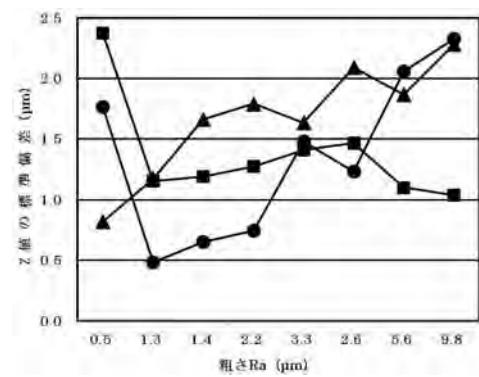


図5 放電加工面の標準偏差
●：センサ角度0°、■：センサ角度30°、▲：センサ角度45°

図5の放電加工面の結果において、粗さが小さい時に標準偏差が大きくなる傾向が見られた。これは粗さが小さいと反射率（ツヤ）が大きくなることが影響しているためと考えられる。また、写真3のように加工方法によって表面にできる加工痕は異なり、フライス加工面は規則正しい痕であるが、放電加工面は不規則な凹凸を成しているため、相対的に反射光の拡散が大きいと考えられる。よって、同じ大きさの粗さでも加工方

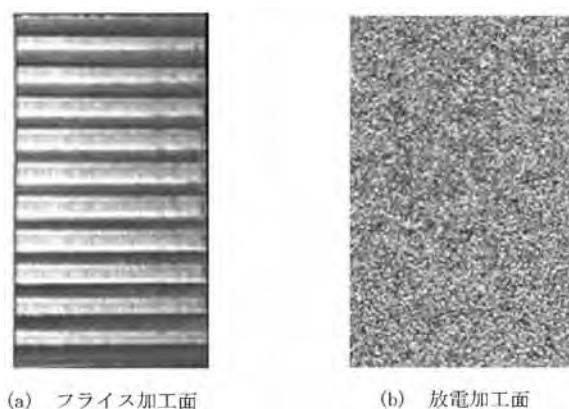


写真3 加工方法による加工痕の違い

法によって測定精度が異なる可能性がある。

3.3 標準器

非接触式CMMにおけるJIS B 7441に準拠した精度評価用標準器を製作したので、併せて報告する。写真4は本研究の第1報²⁾で紹介した標準器である。既存の部材から組み立てたものであり、寸法と球間距離を測定することができる。これを用いてJIS B 7441に準拠した精度評価を実施したが、剛性や組み付け精度に難点があり、測定距離の水準数も不十分であった。

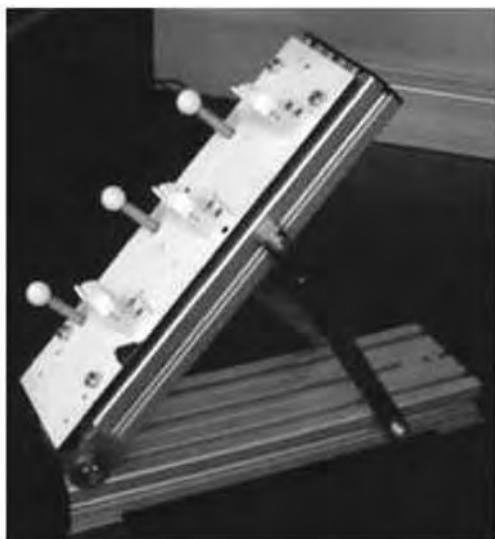


写真4 従来の標準器

写真5は、この結果を受けて製作した新たな標準器である。この標準器は一つの部材から切削加工により形成したため、剛性や測定面の幾何精度が向上した。また、前報の標準器（写真4）に比べ水準数が増加し、球も立体的に配置することにより空間精度の評価が容易になった。表面は電着により白く塗装した。今後非接触式と接触式について精度評価を実施していく。

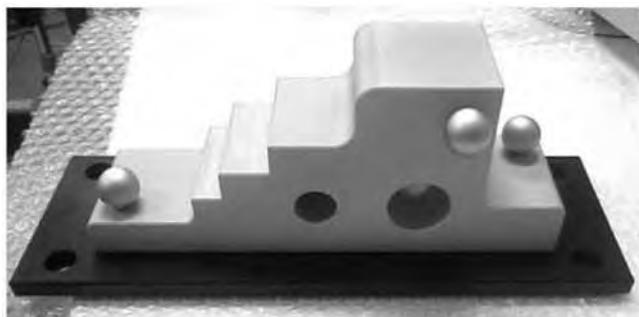


写真5 新たに製作した標準器

4 まとめ

本研究で得られた結果を以下に示す。

- (1) 色を誤差要因とした精度評価において、白、灰色、赤、緑、青は標準偏差（n=10）が $4 \mu\text{m}$ 以下となり、測定精度に大きく影響しないことが分かった。黒色は測定面からの受光量が十分に得られず、測定精度が下がった。
- (2) 粗さを誤差要因とした精度評価において、Ra0.4 ~ $9.8 \mu\text{m}$ の範囲内で標準偏差が $2.5 \mu\text{m}$ 以下となり、粗さの大きさは測定精度に影響しないことが分かった。
- (3) JIS B 7441に準拠した精度評価ができる標準器を製作した。

今後は、上記標準器を用いて精度評価を実施する。また、測定面のツヤの有無による精度評価も検討中である。

謝辞

本研究にあたり、測定機の使用や標準器の製作等、様々なご支援をいただいたパルスティック工業株式会社及び独立行政法人産業技術総合研究所の皆様に深く感謝します。

参考文献

- 1) 鈴木 敏：ポイント光走査方式、「最新 光三次元計測」、初版（株）朝倉書店、東京）、吉澤 徹全編著、pp.13 (2010).
- 2) 柳原 亘 他：非接触式三次元測定機における測定精度評価法（第1報）. 静岡県工業技術研究所研究報告、第5号、155-159 (2012).

1 GHz超の高周波数帯域も測定可能なシールド効果測定法の開発（第3報）

電子科 山田浩文 長谷川 茂 杉森正康

Development of shielding effectiveness measurement corresponding to high frequency band exceeding 1GHz (3rd report)

Hirofumi YAMADA, Shigeru HASEGAWA and Masayasu SUGIMORI

We constructed an electromagnetic shielding effectiveness measurement system corresponding to high frequency over 1GHz using corner-reflector antennas. The dynamic range of this system was estimated 60-30 dB in the frequency range from 0.8 to 6.0 GHz. We measured several kinds of shielding materials by this system. We found that the shielding effectiveness of a conductive silicone rubber sheet showed 10-20dB by this system, and could not be able to measure the difference of those of copper plate and metal meshes 10 and 30.

We should improve an electromagnetic shield of the measurement chamber to measure materials with high shielding effectiveness.

Keywords : Electromagnetic shielding effectiveness, corner-reflector antenna, high frequency over 1GHz

キーワード : シールド、アンテナ、高周波数

1 はじめに

近年、家庭やオフィス等の身近なところで電波の利用が増大し、電子機器からの漏洩電波による無線通信・放送への混信や無線機器からの電波による健康や医療機器等への影響の発生が懸念されている。携帯電話、無線LAN、ETC等の無線情報通信機器の多くは、1 GHz以上の高周波数帯域で電波を利用している。このため、この帯域の電磁波を抑えるシールド材の需要も増大する傾向にある。しかし、これらの材料を高周波数帯域で評価するシールド効果測定装置が少ないのが現状である。

そこで我々は1 GHz以上の高周波数帯域での簡易評価に使用可能な卓上型シールド効果測定システムを開発することを目的として研究を行っている¹⁻³⁾。

本報では、測定用アンテナの特性向上およびシールド効果測定システムの構築、数種のシールド材料の測定結果について報告する。

2 方法

2.1 測定用アンテナの製作

前報²⁾の変形ボウタイアンテナを基に形状等を微調整したものを数種製作した。また、同軸ケーブルを特性の良いものに変更するとともに、アンテナ給電部へのはんだ付けの工夫などを行った。そして、アンテナ入力端子の電圧定在波比 (VSWR) をネットワークア

ナライザ (Agilent社 8752C) を用いて測定した。

試作したボウタイアンテナのうちVSWR特性が最も広帯域のものを用いてコーナーアンテナを製作した。レフレクタはアルミケースを1/2にカットしたもので、開き角90°である。その指向特性を前報²⁾と同様の方法で1、3、5 GHzについて測定した。

2.2 測定システムの製作とシールド効果測定

写真1に製作した測定用チャンバーを示す。段ボール箱の内側にアルミ箔を貼り、その表面に電波吸収体 (Emerson & Cuming microwave products社製 ECCOSORB AN-77) を接着した。また、仕切り板には、発泡スチロール板に同様にアルミ箔を貼り、それを段ボール箱にアルミテープで接着した。そして製作したコーナーアンテナ2つを45°対向して配置した。アンテナ間に試料取付けの開口部を設けた。開口部の大きさは13×13cmである。



写真1 測定用チャンバー

写真2は製作したシールド効果自動測定システムである。装置の構成は信号発生器（以下、「SG」という）（Agilent製E4438C）、スペクトルアナライザ（以下、「SA」という）（HP製8593E）およびノートパソコン（以下、「PC」という）（DELL製XPS13）を用いた。各々の機器をGPIB接続し、PC上で自作プログラムを製作した。シールド効果の測定は、SGで発生させた設定周波数の信号（出力1mW）を送信アンテナから照射し、測定チャンバー内で伝搬した後の電波を受信アンテナで受け、SAで取得した。シールド効果は、材料がある場合と無い場合の受信強度の比から求めた²⁾。これら一連の作業は自作プログラムにより自動化されており、材料をチャンバーに取り付けてプログラムを動作させるだけで、シールド効果の計算まで行えるようになっている。

製作したシールド効果測定システムを用い、銅板（厚さ0.5mm）、金属メッシュおよび導電性シリコンゴムシート（厚さ1mm、体積抵抗率5Ωcm）を測定した。金属メッシュは素材がSUS304で、網密度が1インチあたり10と30個の2種類である。



写真2 測定システム

3 結果

3.1 測定用アンテナの製作

図1に、試作したアンテナの中で最も広帯域な特性を示した変形ボウタイアンテナ（図中の写真参照）のVSWR特性を示す。周波数が約0.7～6.0GHz以上にわたってVSWRが2以下となっており、広帯域で実用可能なものとなっていることがわかる。図2は、図1のアンテナを放射器としたコーナーアンテナの指向特性を測定した結果である。半値幅が45～90°程度を有する特性であった。

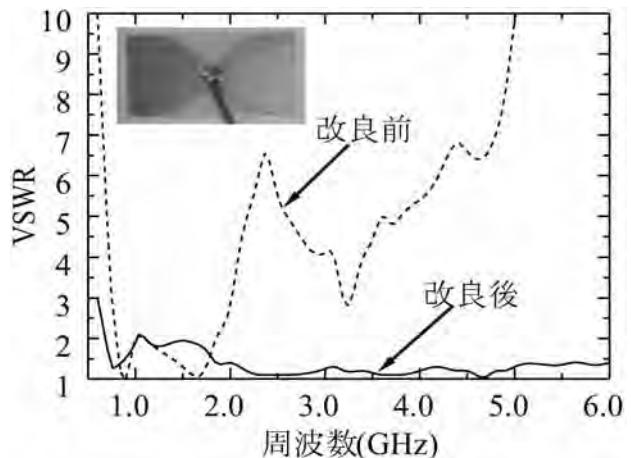


図1 本提案測定法で開発したボウタイアンテナの特性（改良前後）

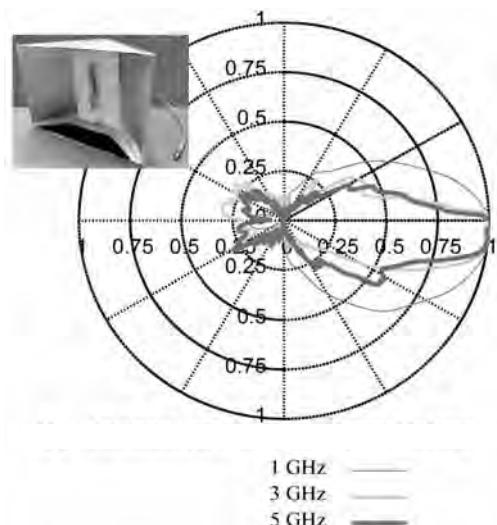


図2 本提案測定法で開発したコーナーアンテナの指向特性

3.2 測定システムの製作とシールド効果測定

製作した測定システムのダイナミックレンジを測定した。ダイナミックレンジは、材料をチャンバーに取り付けない状態において、SGの出力がある場合（1mW）と無い場合の受信強度の比から求めた。この値は、この装置で測定できるシールド効果の最大値を表す値である。結果を図3に示す。2GHz帯域で概ね60dBを示し、周波数が高くなると30dB程度になった。また、特定の周波数でダイナミックレンジが急激に小さくなる現象が見られた。この原因として、チャンバー内の構造が影響しているものと考えられる。図中の破線は、試料取付け開口部の面積を1/2にしたときの結果である。開口部の面積が変わることにより、ダイナミックレンジが急激に小さくなる周波数が変化した。この結果から、この現象が開口部付近等における電磁波の反射に起因

していると予想される。

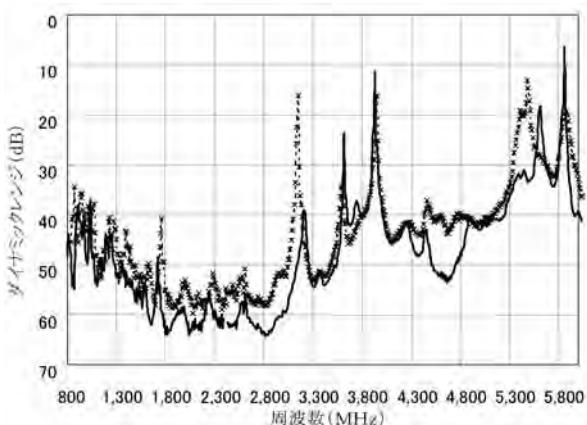


図3 本提案測定法のダイナミックレンジ

— 試料右側口部:長さ13×6.5cm
- - - 試料右側口部:長さ13×1.3cm

図4は、シールド材料の測定結果である。導電性シリコンゴムシートのシールド効果は、10～20dB程度の値を示した。一方、銅板および金属メッシュ10、30はほぼ同じ傾向を示し20～40dB程度の値を示した。シールド効果が比較的高い銅板および金属メッシュ10、30との違いについては、うまく測定できていないと考えられる。これは、測定用チャンバーの電波密閉度が不足し、試料以外の部分からの電波が漏れてきているためと考えられる。銅板や、金属メッシュなど、シールド性能のよい材料を測定するには、測定用チャンバーの遮蔽特性を改良する必要がある。

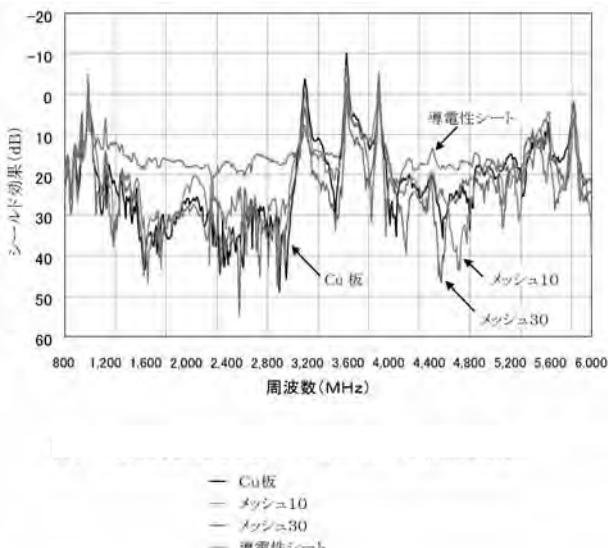


図4 本提案測定法による各種シールド材料のシールド効果測定結果

4 まとめ

コーナーアンテナを用いたシールド効果測定システムを構築し、数種のシールド材料に対して測定を行った。周波数範囲は0.8～6.0GHz、ダイナミックレンジは60～30dB程度の値を示したが、特定の周波数で低下が見られた。導電性シリコンゴムシートのシールド効果の測定結果は10～20dBの値を示した。シールド効果の比較的高い銅板および金属メッシュでは、その違いを測定することができなかった。シールド性能のよい材料を測定するには、測定用チャンバーの遮蔽特性を改良する必要がある。

参考文献

- 1) 田中孝彦 他: ユビキタスネット社会における電磁波の可視化とシールドの研究 (第4報). 静岡工業技術研究所研究報告, 第1号, 94-98 (2008).
- 2) 長谷川茂 他: 1GHz超の高周波数帯域も測定可能なシールド効果測定法の開発 (第1報). 静岡工業技術研究所研究報告, 第5号, 172-173 (2012).
- 3) 山田浩文 他: 1GHz超の高周波数帯域も測定可能なシールド効果測定法の開発 (第2報). 静岡工業技術研究所研究報告, 第5号, 174-175 (2012).

チタン合金のエンドミル加工における形状精度に関する研究

機械科 大澤洋文

材料科 是永宗祐 植松俊明 伊藤芳典

The effect of cutting force on accuracy of shape for Titanium alloy

Hirofumi OOSAWA, Sosuke KORENAGA, Toshiaki UEMATSU and Yoshinori ITOH

Titanium and its alloys are very useful industrial materials because of their superior properties of lightweight, high strength and corrosion resistance, etc. However, the other mechanical and chemical properties, such as low elastic modulus, high chemical activity at high temperature and low thermal conductivity, bring difficulty in precision machining.

In this study, in the end mill cutting of Ti-6Al-4V, the effect of cutting condition on the accuracy of shape profile of the cut piece was investigated.

The main points of results are as follows:

The deviation from the tolerance of straightness of finished surface increases with increasing tool wear and weld of chips on the tool.

The degree of inclination of the cut side was affected by direction of the cutting force.

The waviness of finished surface increased with decreasing cutting speed or increasing cutting feed, because of increasing feed cutting force.

Keywords : Ti-6Al-4V alloy, End milling, accuracy of shape, Cutting force

キーワード : Ti-6Al-4V合金、エンドミル加工、形状精度、切削抵抗

1 はじめに

チタンおよびチタン合金は、軽量、高強度、高耐食性、高生体適合性などの優れた特性を有することから輸送機器、航空宇宙、医療など幅広い分野で利用されている¹⁾。

一方、これらの材料は鉄鋼材料と比較して弾性率が低い、高温で化学的活性が高い、熱伝導率が低いなどの切削加工で支障となる特性も有することから、切削加工では高精度な加工が難しく、さらに工具寿命が短くなるという難点がある。加工精度や工具寿命は、被削材に加わる負荷（切削抵抗）や、使用する加工機の剛性、クーラントの種類や量などに大きく影響されるとされ、一般的にはチタンの切削加工には、大量のクーラントを供給できて、本体強度が高剛性の加工機を使用することが推奨されている²⁾。しかし近年、切削加工では自然環境への配慮、作業環境の改善や加工コストの低減などの要求から、クーラントを使用しないドライ加工や微量のクーラントを使用した極微量潤滑(MQL) 加工のニーズが高まっている。

現状では、クーラントの有無によらず、被削材に作

用する切削抵抗が被削材の寸法や形状精度に及ぼす影響について詳細に報告されている例はほとんどない。そこで、本研究ではチタン合金に対して種々の切削条件でエンドミルによるドライ加工を行い、切削条件が切削抵抗や形状精度に及ぼす影響について検討した。

2 方法

2.1 被削材

被削材は、代表的なチタン合金であるTi-6Al-4V合金（以下、Ti-6Al-4V）を用いた。形状は図1に示す段付き形状として、幅方向をX軸、長手方向をY軸、

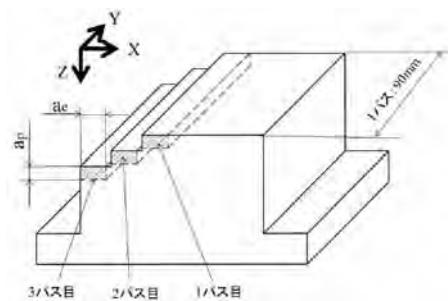


図1 被削材

高さ方向をZ軸とした。また、工業用材料として多く使用されている機械構造用炭素鋼S50C（以下、S50C）とステンレス鋼SUS304（以下、SUS304）を比較材として用いた。

2.2 実験装置

実験装置の概要を図2に示す。加工はCNCフライス盤（大隈豊和機械株式会社製2V-NC）を用い、エアブロー加工とした。エアーノズルは加工中の工具刃先に2方向から圧縮空気が供給されるように調整した。加工機のテーブル上には多成分切削動力計（日本キスラー株式会社type9129AA）をクランプで固定し、その上に被削材をボルトで取り付けた。切削加工はダウンカットとなるように、被削材の-Y軸方向にテーブルを送り、1切削条件に対して切削距離90mm×3パスの加工を行った。また、高速度カメラ（株）フォトロン製FASTCAM SA4）で、加工中の工具の挙動を観察した。

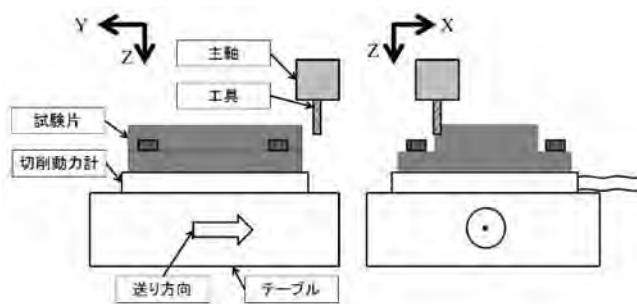


図2 加工試験モデル図（左：正面図、右：側面図）

2.3 切削条件

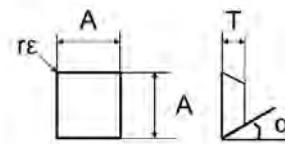
切削速度：113m/min、送り：0.08mm/tooth、 a_e ：5mm、 a_p ：2.5mm、工具突出し量：40mm、工具径：18mmを基本条件とし、表1のように各条件を変化させた。

表1 切削条件

切削条件	基本条件
1	基本条件
2	切削速度：59mm/min
3	送り：0.125mm/t
4	a_e ：2mm
5	a_e ：8mm
6	a_e ：1mm
7	a_e ：4mm
8	工具突出し量50mm
9	工具径：50mm
10	被削材：S50C
11	被削材：SUS304

工具はスローアウェイチップ式のエンドミルを用いた。チップは切削条件9（工具径50mm）では図3（a）、

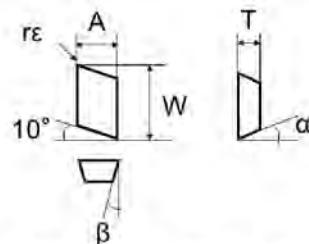
それ以外の条件（工具径18mm）では図3（b）に示す形状のものを用いた。



A (mm)	T (mm)	r_e (mm)	α (°)
9.525	3.97	0.8	20

刃数 (枚)	工具径 (mm)	シャンク径 (mm)	すくい角	
			A.R.(MAX) (°)	R.R. (°)
3	50	32	+12	-9

(a) 工具径50mm用チップ



A (mm)	T (mm)	W (mm)	r_e (mm)	α (°)	β (°)
6.7	3.80	11.0	0.4	18	13

刃数 (枚)	工具径 (mm)	シャンク径 (mm)	すくい角	
			A.R.(MAX) (°)	R.R. (°)
2	18	16	+19	-13

(b) 工具径18mm用チップ

図3 使用工具

また、チップは、被削材の種類によって刃先への被削材の溶着が少なくなるようにコーティングの有無を選択し、Ti-6Al-4Vではコーティングなしの超硬合金製チップを、S50CおよびSUS304は超硬合金に窒化チタンアルミニ+窒化チタン（TiAlN+TiN）コーティングしたチップを用いた。

2.4 評価

切削抵抗は、多成分切削動力計で3パス目の最大切削抵抗を測定値とした。

また、加工中の工具挙動は、高速度カメラ（10,000fps）で観察し、工具の摩耗具合は、試験後デジタルマイクロスコープ（キーエンス製VHK-1000）を用いて観察した。

形状精度は、切削送り方向に対して垂直方向（X方向）には輪郭測定機による形状測定を行い、切削送り

【報告】

方向に対して平行方向 (Y方向) には触針式表面粗さ測定機でうねりを測定した。

形状測定は、図4のように被削材を輪郭測定器 (ミツトヨ製CV-4100/H8) の載物台に斜めに設置し、測定スタイラスで加工面上をなぞり、座標位置を $2 \mu\text{m}$ ピッチで取得した。得られたデータ (座標位置) から壁面と底面の最小二乗直線を算出し、図5のように壁面の真直度および倒れ角、底面の真直度および傾き角を計算した。倒れ角および傾き角は、取付平面と十分平行である被削材上面を基準として座標系を設定し、角度を計算した。以上の測定を、3パス目の加工面の加工開始側から25mm、45mm、65mmの3か所で行い、それぞれ平均を計算した。

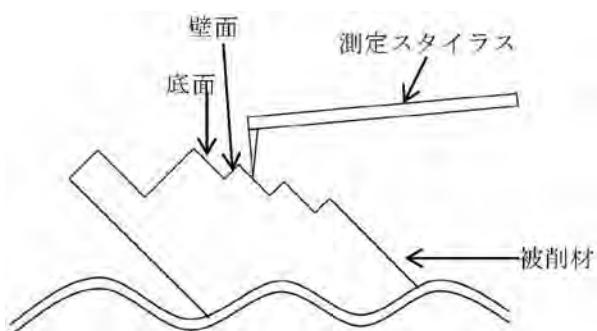


図4 形状測定

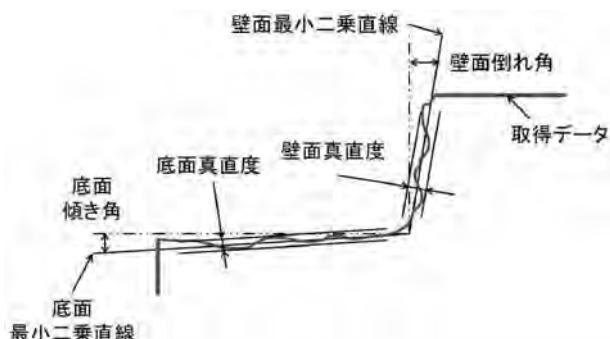


図5 形状測定断面

うねり測定は、触針式表面粗さ測定器 (テイラーホブソン製フォームタリサーフS4C) を用いて3パス目の加工底面について行った。測定はJIS B 0601³⁾に準じ、フィルターをGAUSSIAN、カットオフ値を0.8mm、評価長さを8mmとし、最小二乗法によって求めた平均線に対して最大うねり高さWy (μm) を計算した。

3 結果および考察

切削条件に対する壁面真直度の変化を図6に示す。壁面真直度は、送り、工具径方向および軸方向の切込み、工具突出しが大きくなると悪化し、切削速度を速く、工具径を大きくすることで向上した。また、Ti-6Al-4Vの壁面真直度はS50Cと、SUS304よりもそれぞれ2倍ないし1.5倍程度悪かった。

次に各切削条件における切削抵抗を図7に示す。Ti-6Al-4Vにおいて工具径方向および軸方向の切込みを小さくするとすべての軸方向の抵抗が減少し (条件4、6)、送りと工具の径方向の切込みを大きくした場合にはそれぞれX軸方向とY軸方向の抵抗が増加した (条件3、5)。また、Ti-6Al-4Vの切削抵抗をS50CおよびSUS304と比較した場合には、X軸方向の抵抗がわずかに小さく、Y軸、Z軸方向の抵抗が大きくなる傾向があった (条件1、10、11)。

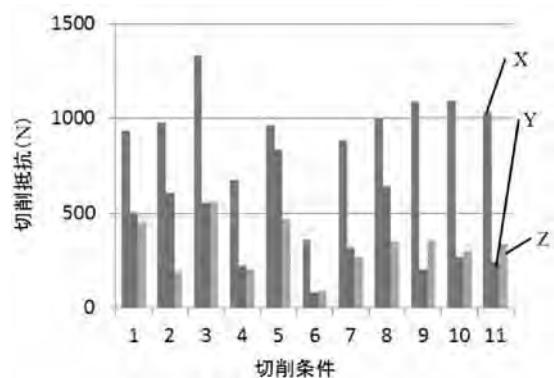


図7 切削条件ごとの切削抵抗

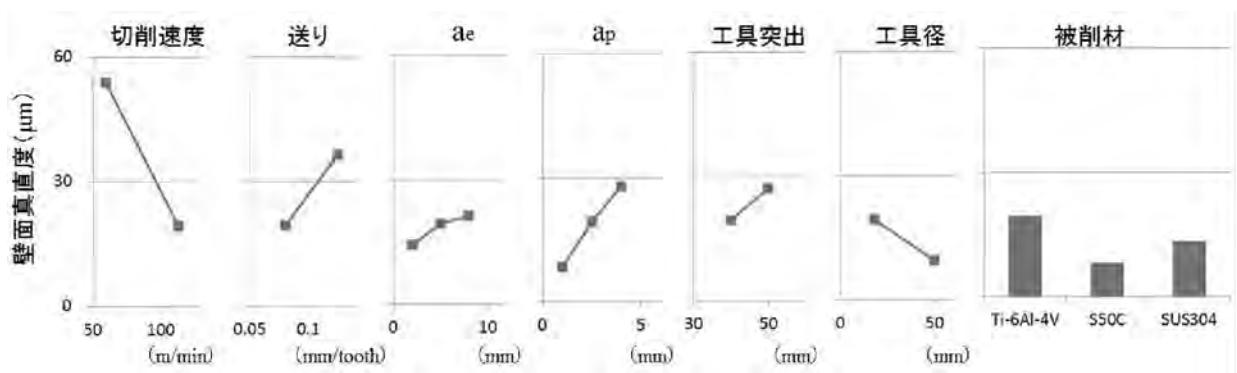


図6 壁面真直度と切削条件の関係

また、Ti-6Al-4Vにおいて切削速度、送り、切込みを変化させた場合の壁面真直度に及ぼす切削抵抗の影響を図8に示す。壁面真直度はX軸方向の切削抵抗が大きいほど悪くなる傾向が見られた。さらに、Ti-6Al-4Vを加工した後の工具刃先を観察すると、切削抵抗の大きな切削条件では、工具刃先に切くずが溶着し、工具摩耗が進行していた。以上のことから、Ti-6Al-4Vの壁面真直度の低下は、切削抵抗が増加することによって工具刃先温度が上昇し、切くずの溶着や工具摩耗を促進させたことによる工具刃先の鈍化が原因であると考えられる。また、S50CおよびSUS304では、Ti-6Al-4Vと比較してX軸方向の切削抵抗が僅かに大きいが（図7条件1、10、11）、切くずの著しい溶着や工具摩耗がなかったため、Ti-6Al-4Vよりも壁面真直度が良好であったと考えられる。

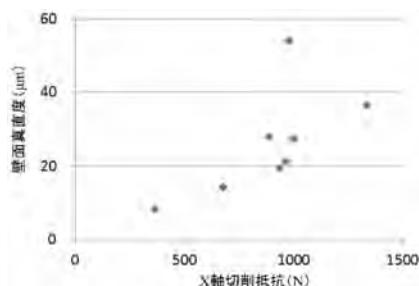


図8 壁面真直度とX軸切削抵抗の関係

次に切削条件に対する壁面倒れ角の変化を図9に示す。壁面倒れは、工具径方向の切込みや工具突出し量の影響を強く受け、最大1.5°程度発生していた。壁面倒れは切削抵抗が工具の曲げ変形を誘発することが原因であると考えられる。切削条件の1から8について、切削抵抗の方向がXY平面上でX軸となす角と壁面倒れの関係を図10に示す。壁面倒れは、切削抵抗の方向がX軸となす角が大きくなるとともに小さくなる。これは、切削抵抗の方向がY軸方向に近づくことで、工具の曲げられる方向がX軸方向（壁面方向）からY軸方向（加工送り方向）へと移行するためであると推察される。

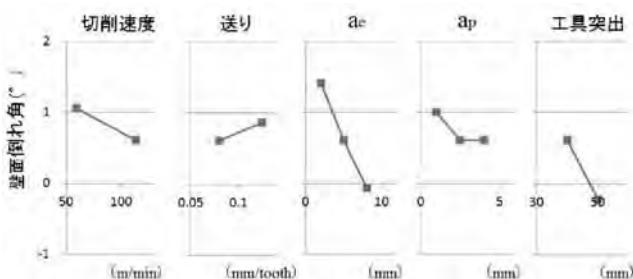


図9 壁面倒れと切削条件の関係

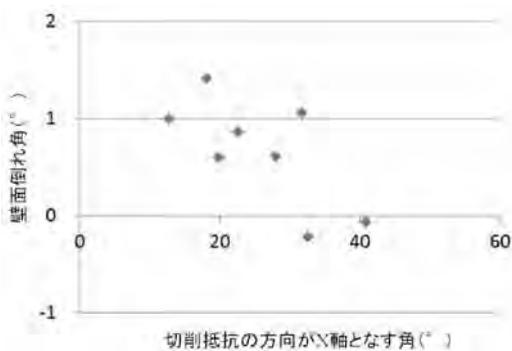


図10 壁面倒れと切削抵抗の方向との関係

底面形状については、真直度が最大で12 μm、傾き角は最大0.17°で、いずれの切削条件も良好な結果であった。ただし、図11に示すように底面端部には数μmから数十μmの突起が形成された。同一の切削速度、送り、切込みのときの突起の高さは、Ti-6Al-4Vで30 μm程度、S50Cで20 μm程度、SUS304で20 μm程度と被削材の種類によって異なる。また、他の条件ではZ軸の切削抵抗が大きいものほど突起が高く形成された。加工中の工具および被削材の挙動をハイスピードカメラで観察した結果、工具が被削材に切込むとき、被削材はZ軸方向に微小に動いていた。

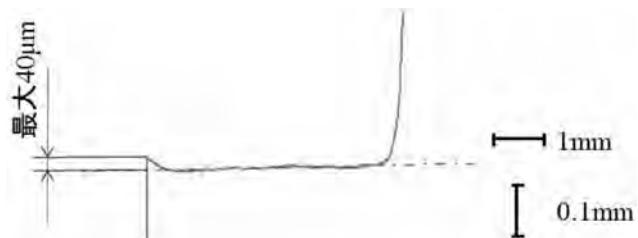


図11 断面形状

これらのことから、この突起は加工中に被削材が工具のくい面によって持ち上げられることや、発生した力で被削材や切削動力計が変形することにより、設定した切込みよりも深く切削されることで形成されたと考えられる。

次に切削条件に対する底面うねりの変化を図12に示す。Ti-6Al-4Vのうねりは約2 μmでS50CやSUS304の4倍程度の大きな値を示した。他の切削条件では、送りと工具径方向の切込みが大きく、工具突出が長くなると、うねりが大きくなる傾向にあった。これらはいずれもY軸方向の切削抵抗が大きくなる条件であることから、加工送り方向に力が加わり、被削材や加工機が弾性変形することで底面のうねりが増大したと考えられる。

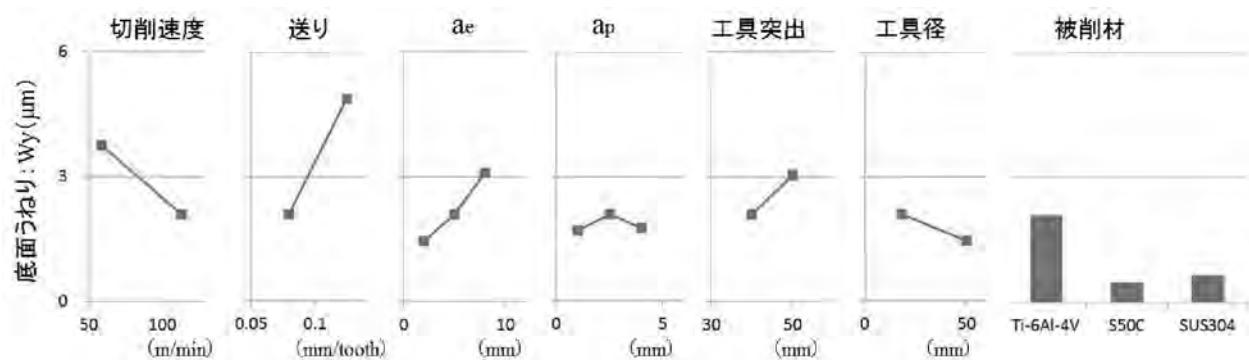


図12 底面うねりと切削条件の関係

4まとめ

- Ti-6Al-4Vに対して、エンドミル加工を行い、加工面の形状精度を評価して以下の結果を得た。
- (1) 被削材の壁面真直度は、切くずが工具に溶着することや工具摩耗が進行することで悪化する。
 - (2) 壁面倒れは工具方向と加工送り方向の切削抵抗の合力の向きによって影響を受ける。
 - (3) 被削材底面端部には微小な突起が形成される。
 - (4) チタン合金は鉄鋼材料と比較して加工面のうねりが大きくなる。

参考文献

- 1) 新家光雄 他: 応用, 「チタンの基礎・加工と最新応用技術」, 第1版 (株)シーエムシー出版, 東京), 新家光雄監修, pp.144-341 (2009).
- 2) 狩野勝吉: チタンとチタン合金, 「難削材・新素材の切削加工ハンドブック」, 第1版 (森出版株, 東京), pp.287-322 (2011).
- 3) 塚田忠夫 他: 用語及び定義、輪郭曲線 (断面曲線, 粗さ曲線, うねり曲線) パラメータ, 「製品の幾何特性仕様 (GPS) - 表面性状: 輪郭曲線方式 - 用語、定義及び表面性状パラメータJIS B0601」, 第1版 (財)日本規格協会, 東京), 坂倉省吾 編, 日本工業標準調査会審議, pp.2-16 (2001).

ハイブリッド鋳型を用いた半溶融成形による試作開発

機械科

岩澤 秀

静岡県工業技術研究所 金属材料科

菅野尚子* 鈴木洋光

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

Trial manufacture development by Semi-Solid forming process using a hybrid mold

Shigeru IWASAWA, Naoko KANNO, Hiromitsu SUZUKI, Yoshinori KAMIKUBO,
Masashi TAKAHASHI, Kensuke YAMAMOTO and Yasuo SUGIURA

Semi-Solid forming process has many advantages such as superior casting characteristics with excellent mechanical properties, high internal quality and high reliability of casting parts. It is expected to be suitable for the manufacturing process to meet the needs of weight reduction and high functionality for automotive applications. In this study, we produced some trial products by Semi-Solid forming process using a "hybrid mold" which consist of die mold and sand core, and evaluated casting quality of them. Trial products of 357aluminum alloys were characterized as ones having excellent internal quality and good mechanical properties. From the results of this study, we think that Semi-Solid forming process using "hybrid mold" has reached almost practical use level.

Keywords : Semi-Solid forming process, Aluminum alloy, microstructure, mechanical property, trial manufacture

キーワード：半溶融成形、アルミニウム合金、金属組織、機械的性質、試作品

1 はじめに

地球温暖化、化石燃料の枯渇化など地球環境保全問題が大きくクローズアップされる中、自動車をはじめとした輸送機器産業においてはエンジンの高性能化、構成部材の軽量化が加速的に要求されている。それに伴い、アルミニウム合金鋳物業界においても鋳物製品の高性能化、軽量化、高品質化などの要求に対応すべく鋳造技術の改良・開発が積極的に行われている。完全な溶湯を鋳型に流し込んで固化させる従来の鋳造法とは異なり、半溶融成形法は、図1に示すよう

に固相と液相が共存した半溶融温度領域まで加熱した円柱状の半溶融成形素材（ビレット）を金型に挿入して、加圧成形するプロセスである。従来の鋳造法と比較して、本製法の主要な特長は¹⁾、

- (1) 熱処理ができることから、高強度・高延性化などの特性向上が可能となる。
 - (2) 低い液相率のために凝固収縮率が少なく、凝固収縮欠陥を減少できる。
 - (3) 液相が少なく、低い金型温度で加圧成形するため、冷却速度が速まり、組織が微細化される。また内部欠陥を低減できることから健全な品質が得られる。
 - (4) 低い成形素材温度及び低い成形圧力で成形するため金型への熱負荷が小さく、金型寿命が延長される。
 - (5) ネットシェイプ化が可能である。
- などが挙げられる。

我々の研究グループでは、平成18年～20年度経済産業省戦略的基盤技術高度化支援事業の委託を受け、「凝固制御技術を活用した新しいチクソキャスティング

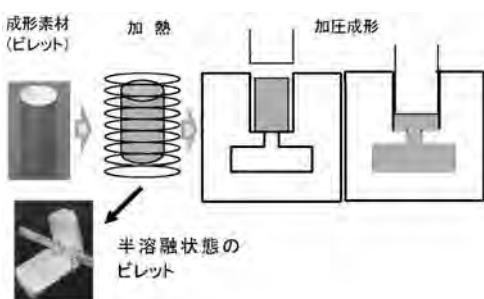


図1 半溶融成形法の概略

*現 環境衛生科学研究所

【報告】

(半溶融成形) 装置の開発²⁾をテーマとして、中小企業及び大学との共同開発を実施した。この開発事業では、半溶融成形素材の簡易的な製造技術開発、その成形素材を用いた半溶融成形技術開発及び試作品の詳細な評価を行い、これまで電磁攪拌や機械攪拌などの外部攪拌を付加させた半溶融成形素材に依存しない半溶融成形法を構築した。すなわち、高コストの鋳造素材からの脱却、本製法の低コスト化を可能とさせた。

一方、固液共存温度の半溶融金属に圧力を付加させながら金型に充填させて成形する半溶融成形法では、従来のダイカスト法に比べて成形圧力が低いことが、実験的に実証されてきた^{2,3)}。このことは、半溶融成形法の低圧成形の特長を活かして、普通の重力鋳造に使用されるような砂型又は砂中子を用いた成形の可能性が期待できる。すなわち、重力鋳造の高い形状自由度とダイカストの高生産性を両立させた新しい圧力鋳造技術としての可能性を秘めている。しかし、これまで砂型を鋳型の一部として、半溶融成形した例は見当たらない。本研究では、普通の砂(中子)型と金型を組合せた“ハイブリッド鋳型”を用いた半溶融成形技術について基礎的な研究から実製品形状の試作技術開発を行ったので、その内容の一部について概説する。

2 方法

2.1 ハイブリッド鋳型を用いた半溶融成形鋳物の金属組織と特性⁴⁾

半溶融成形法では、速い冷却速度ゆえに結晶微細化が達成され、機械的性質の向上がもたらされる。しかしながら、ハイブリッド鋳型のような一部に砂型を用いた場合、砂型部分に接した部位の冷却速度が遅くなり、粗大な結晶組織の出現による特性の劣化が懸念される。そこで、図2に示す5mm、10mm、15mm及び25mmの異なる板厚を有する段付形状鋳型の片側に砂型を配したハイブリッド試験鋳型を用いて半溶融成形して得られた鋳物の外観性状及び鋳物内部の金属組織を調べた。使用したビレットの材質は、357 (Al-7 mass%Si-0.6 mass%Mg) アルミニウム合金(以下357合金と略す)とした。砂型は、図3に示す砂型造型装置にて、アルミナ系の人工砂(粒度#75)を用いてコールドボックス法により製作した。砂型造型装置は、砂と硬化剤を混練・調整するミキサー、調整された砂を砂枠に入れて砂(中子)型に造型するコアシュータ、

砂(中子)型を硬化させるガスボックスからなる。造形した砂型には、塗型無し、アルコール性塗型、水溶性塗型を施し、電気炉にて加熱・乾燥させた。それぞれの砂型を図4に示す。砂型は、120トン油圧成形プレスに設置した金型の一部に組み込まれる(図5)。半溶融成形では、80kW高周波誘導加熱装置を用いて、580°Cまで加熱したビレットをハイブリッド鋳型に挿入し、成形圧力30MPa、成形速度300mm/s、鋳型温度約150°Cとして加圧成形した。図6には、半溶融成形に使用した高周波誘導加熱装置及び油圧成形プレスを示す。組織観察では、各肉厚部から試験片を切り出し、耐水ペーパーによる研磨とオイルベースの1μmダイヤモンド粒子によるバフ研磨後、二酸化シリコン懸濁液にて最終研磨した。腐食は、0.1%HF水溶液を用いた。T6処理は、535°Cで4h保持後水冷し、180°C×2hの人工時効処理とした。引張試験では、各肉厚部から機械加工により採取した板状試験片を用いて、クロスヘッドスピード1mm/minで行った。

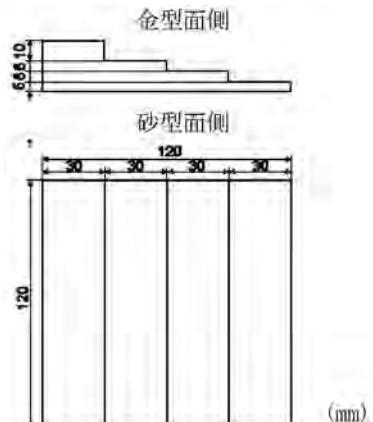


図2 段付鋳物の形状

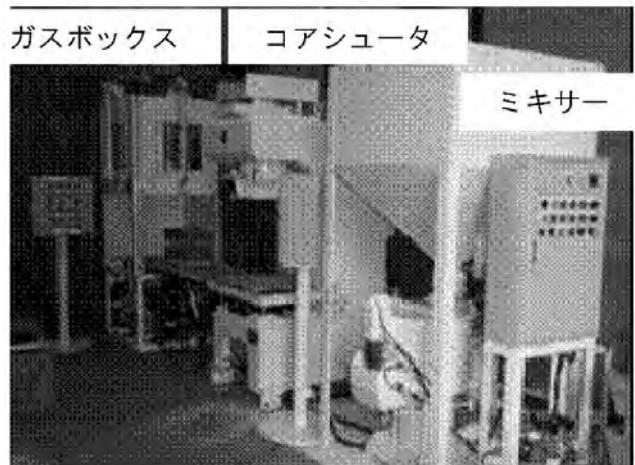


図3 砂型造型装置

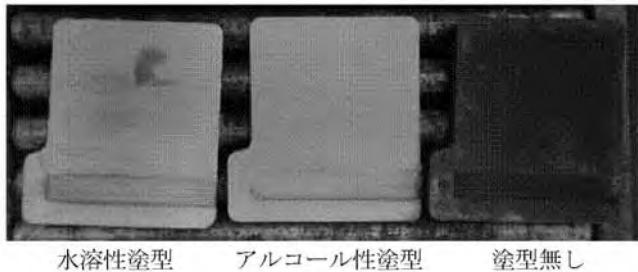


図4 砂型

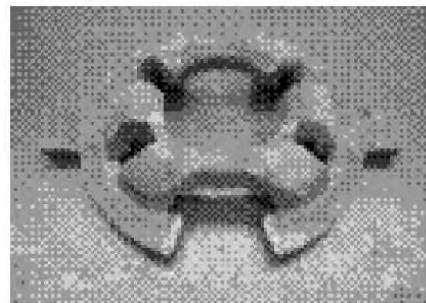


図7 砂中子例



図5 金型に組み込んだ砂型

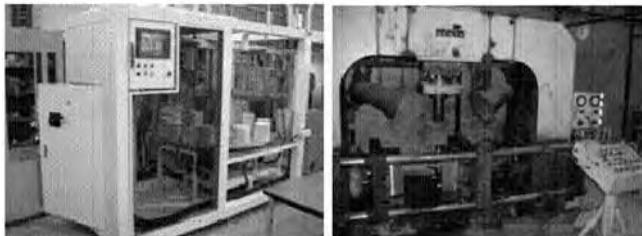


図6 高周波誘導加熱装置（左）と油圧成形プレス（右）

2.2 試作

試作品は、実製品形状に見立てたカバー形状鉄物と薄肉の羽根部分を有する羽根形状鉄物とした。それぞれの砂中子は、砂型造型装置により製作した。カバー形状鉄物に使用する砂中子の例を図7に示す。試作には、砂中子の造型方法を検討するために、砂種類と塗型方法を変えた種々の砂中子を用いた。試作の半溶融成形は、357合金ビレットを用いて2.1と同様に80kW高周波誘導加熱装置にて所定の半溶融温度まで加熱した後、直ちに油圧成形プレスに搬送し、成形した。油圧成形プレスは、試作品の方案上、金型開閉を縦方向に改造した。成形条件は、カバー形状鉄物では、成形圧力26MPa、成形速度350mm/s、金型温度200°C、砂中子温度150°Cとし、羽根形状鉄物では、成形圧力23MPa、成形速度150mm/s、金型温度200°C、砂中子温度150°Cとした。

3 結果及び考察

3.1 ハイブリッド鉄型を用いた半溶融成形鉄物の金属組織と特性⁴⁾

半溶融成形では、加圧により鉄型面の粗さが鉄物表面に転写されるために、鉄物外観の品質には鉄型面の性状が重要となる。段付鉄物の金型面側及び砂型面側の外観写真を図8に示す。砂型を使用せず、全て金型の鉄型に成形した鉄物表面（図8（d））は、最も滑らかであり、砂型に塗型を施した鉄物（図8（a）及び（c））では、若干の凸凹はあるものの、普通の重力鉄造材と比べても遜色のない鉄肌であった。図8（b）の塗型無しでは、砂型面が反映されており、ザラザラとした鉄肌を示した。図9には、水溶性塗型を施した砂型を使用して成形した鉄物の金属組織を示す。図9（A）において、いずれも粒状の初晶 α 相と共晶相とから構成されており、 α 相は、均一に分散していることがわかる。初晶 α 相は、成形時に固相部分であるために、その大きさは、冷却速度の影響を受けないため各部位において変わらない。図9（B）に示すように、共晶部分において、各板厚中央部では、板厚が厚いほど共晶Si相は、若干ではあるが粗大に晶出している（図9（B）（a），（c），（f）及び（i））。板厚10mm、15mm及び25mm部位における金型面、砂型面並びに板厚中央部の共晶組織では、金型面近傍の共晶Si相が、最も微細となり、中央部に比べて砂型近傍の方が粗大に晶出しており、砂型近傍の冷却速度が最も遅いものと推測された。しかし、一般の普通鉄造材に比べて、微細な共晶組織であると言える。図10には、T6材の金属組織を示す。いずれも溶体化処理により、共晶Si相は、丸みを帯びるようになるものの、各部分ともその大きさの違いは、顕著ではない。すなわち、T6処理により、共晶Si相の大きさは平均化された。

一般に本系合金は、T6処理が施されることで強度特性が向上する。図11にT6材の引張試験結果を示

す。板厚10mm～25mmの板厚中央部では、引張強さ及び0.2%耐力はあまり変わらないが、板厚が薄いほど、伸びは向上した。板厚15mm部における金型面近傍、板厚中央及び砂型面近傍では、引張強さ及び0.2%耐力は、それぞれの部位でほとんど違いは認められないが、伸びは、金型面近傍、板厚中央、砂型面近傍の順に小さくなつた。板厚25mm、部において、板厚中央部に比べて砂型面近傍ではいずれの値も小さくなつた。各部の特性値において、伸びの差が最も顕著に表れており、鋳放しのまま材の共晶Si相の大きさと関係があるよう推測された。しかしながら、最も特性値が低かった板厚25mmの砂型面においても普通の鋳造品と同等以上と考えられ、砂型を用いた半溶融成形品の強度特性は、実用レベルにあると言える。

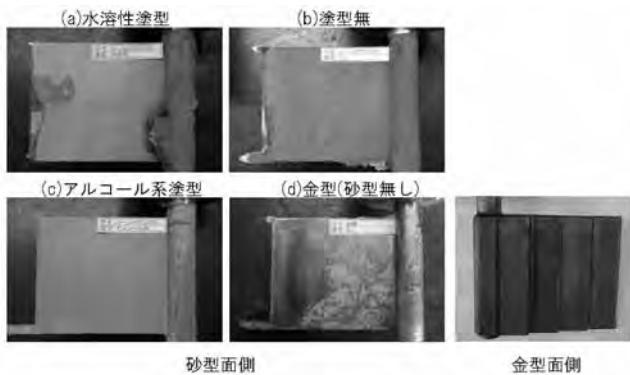


図8 段付鋳物の外観写真

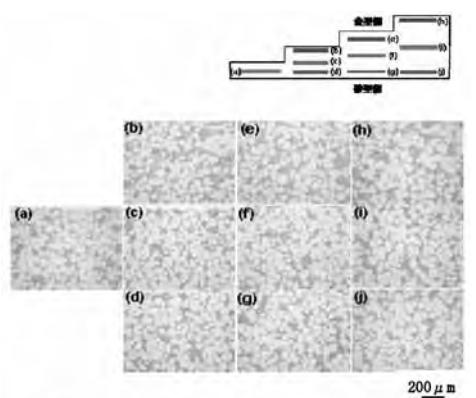


図9 (A) 鋳放しのまま材の金属組織 (低倍)

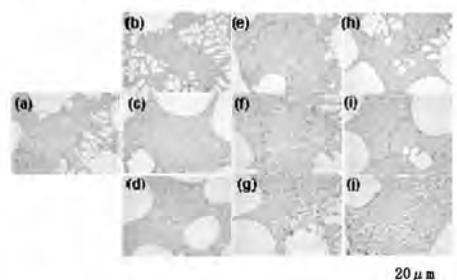


図9 (B) 鋳放しのまま材の金属組織 (高倍)

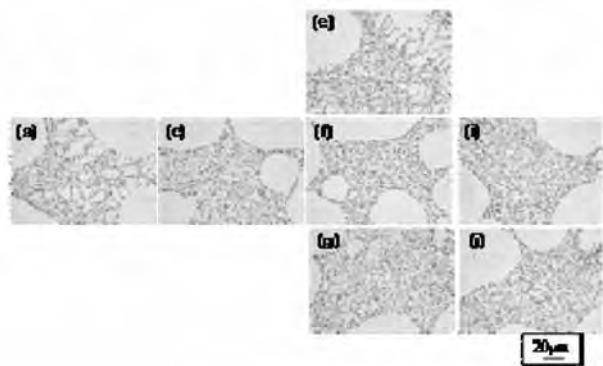


図10 T6材の金属組織

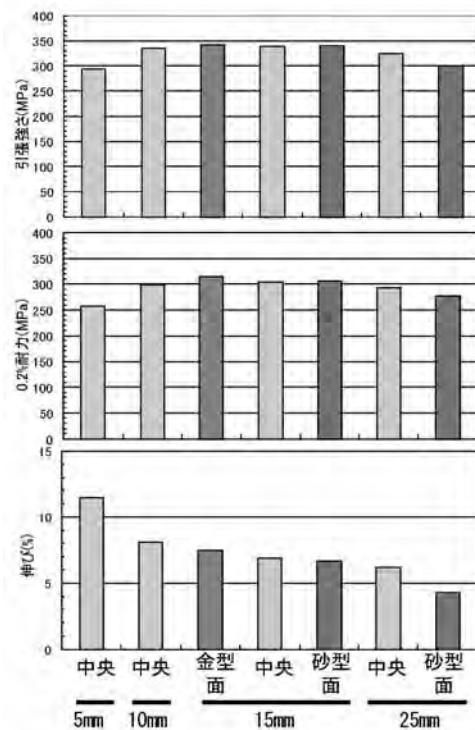


図11 T6材の引張試験結果

3.2 試作した半溶融成形鋳物

図12には、357合金を用いて成形したカバー形状鋳物の成形直後並びに中子砂除去後の試作品外観の一例を示す⁵⁾。砂は、400°C程度に加熱することで、容易に除去される。砂中子を使用することで、図中に示す中空部分を形成することができた。試作品の外観には、欠陥は認められず、健全な外部品質であった。図13に砂中子の砂材質及び粒度、塗型方法を変えて半溶融成形した357合金鋳物の外観を示す。アルミナ系中子砂及び三河珪砂とも鋳肌の平滑さにはほとんどは変わらないよう見える。塗型無しでは、いずれも鋳肌は凸凹しているが、塗型を塗布することで、鋳肌面は滑らかになる。これは、塗型により中子面が滑らかになる(図8参照)のと、成形時の崩壊が抑えられる

ためと考えられる。塗型の塗布回数には、あまり影響されなかった。粒度#125のアルミナ系人工砂を用いて成形した試作品断面のマクロ組織及び金属組織を図14に示す。マクロ組織写真から、凝固収縮による引け、液相と固相が分離した偏析などは観察されず、健全な内部品質であった。鋳物各部の金属組織において、粒状の初晶 α 相と共晶組織からなる典型的な半溶融鋳物の組織を示しており、部位による違いはほとんど認められない。共晶組織に注目しても、共晶Si相は、金型面及び砂中子面においても同等に微細であり、鋳型材質の影響はほとんど受けていないものと判断された。

図15に薄肉部分を有する357合金の羽根形状鋳物を用いて、鋳物外観性状に及ぼす塗型の影響を試験した結果⁵⁾を示す。塗型無しでは、珪砂及びアルミナ系砂中子ともに鋳肌表面は凸凹となり、鋳物表面として不適である。塗型を塗布することで鋳肌は改良され、とくにアルミナ系人工砂を用いた場合では良好であった。図16に鋳肌性状に及ぼす塗型粘度の影響を示す。大きい数字ほど、高い粘性を示す。この結果によると、塗型粘度が25Beと低い場合、成形時に半溶融金属が砂中子の粒子間に差し込み、バリが発生したり、砂中子の一部が崩壊し、鋳肌表面が凸凹になった。塗型粘度が45Beの場合、塗型がキャビティに垂れて湯廻り不良になるなど不適であった。塗型粘度を適正化することで、湯廻り不足や差し込みなどの欠陥は無くなり、鋳肌性状は向上することがわかった。

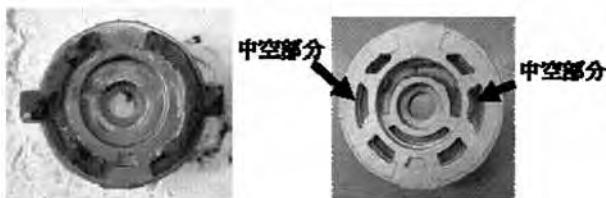


図12 成形直後(左)と砂中子除去後(右)の試作品外観

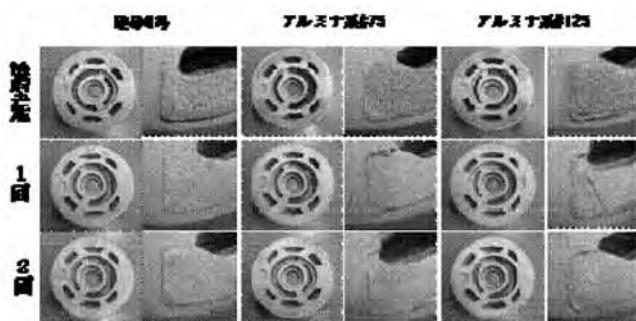


図13 試作品の鋳肌外観

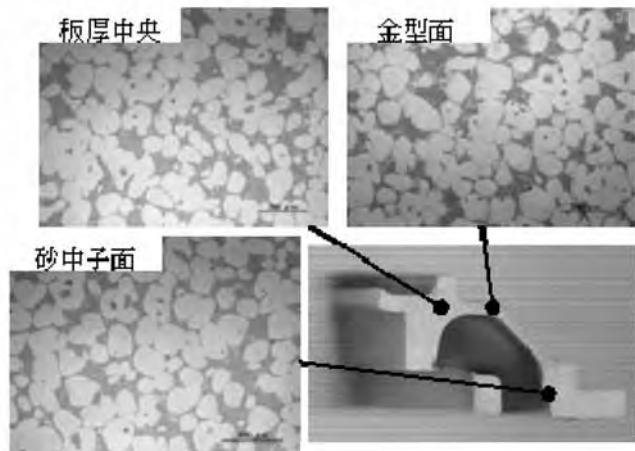


図14 試作品の断面のマクロと金属組織

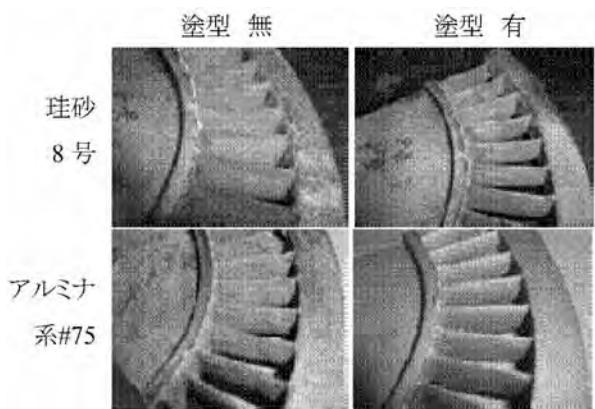


図15 塗型の有無と外観

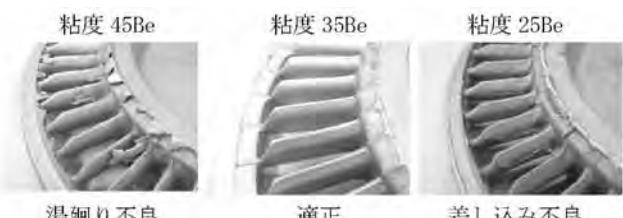


図16 塗型の粘性と外観

4 まとめ

鋳型の一部に砂(中子)型を組込んだハイブリッド鋳型を用いて半溶融成形した試作品を評価した。砂(中子)型を用いても、引け、偏析などの鋳造欠陥、結晶組織の粗大化や機械的性質の劣化はほとんど無い。鋳肌は、砂(中子)型の性状、すなわち砂種類、粒度、塗型の種類、粘性に大きく影響されることがわかった。砂中子の造型条件の最適化に努め、内部及び外部品質ともに実用レベルの試作品を造ることができた。

本研究は、平成22～24年度戦略的基盤技術高度化支援事業において、研究テーマ「半溶融成形法を活

【報告】

用した革新的鋳物創生法の開発」の一環として、(株)浅沼技研、東京工業大学、豊田工业大学との共同研究により行われた。

参考文献

- 1) 鎌土重晴 他: 軽合金の半凝固・半溶融加工. 軽金属学会誌, 50(8), 682-688 (2000).
- 2) 関東経済産業局: 平成20年度戦略的基盤技術高度化支援事業「凝固制御技術を活用した新チクソキャスティング装置の開発」研究開発成果等報告書 (2009.3公表)

- 3) 岩澤 秀: 凝固制御技術を活用したチクソキャスティング法の開発. 日本鋳造工学会東海支部技術講習会テキスト, pp.20-24, 静岡 (2011).
- 4) 手塚裕康 他: ハイブリッド鋳型に加圧鋳造したAl-7%Si-0.5%Mg合金の半溶融凝固組織. 第160回日本鋳造工学会全国講演大会概要集, pp.110, 名古屋 (2012).
- 5) 岩澤 秀: ハイブリッド鋳型を用いた半溶融成形による試作開発. 日本鋳造工学会東海支部技術講習会テキスト, pp.34-37, 静岡 (2013).

エンドミル加工におけるチタン合金の切りくず排出性の検討

材料科 是永宗祐 植松俊明 伊藤芳典
機械科 大澤洋文

Chipping properties of Ti-6Al-4V alloy during end milling

Sosuke KORENAGA, Hirofumi OOSAWA, Toshiaki UEMATSU and Yoshinori ITOH

Titanium and its alloys are applied in various industrial applications due to their high specific strength and corrosion resistance. On the other hand, these alloys are well known as poor machinability materials compared with carbon steel. These alloys have high chemical activity, then adhesion occurs between chips and tool material during end milling. Chipping properties of Ti-6Al-4V alloy during end milling were investigated in this study. Ti-6Al-4V alloy was easy to adhere on the tool material comparing with carbon steel. When Ti-6Al-4V alloy was machined with coated cemented carbide tools, the type of chip formation was classified into continuous in spite of intermittent cutting. Non-coated cemented carbide tools offered better chipping properties compared with coated tools; the chips were broken into short segments because of decreasing the affinity of Ti-6Al-4V for tool material and appropriate shape of chip breaker.

Keywords : End milling, Ti-6Al-4V alloy, chipping property

キーワード：エンドミル加工、チタン合金、切りくず排出性

1 はじめに

チタンおよびチタン合金は、高強度、高耐熱性、高耐食性、高生体適合性などの優れた特性を有しており、航空機や化学、医療など多くの分野で利用拡大が期待されている。一方で、この材料の低弾性率、低熱伝導性、高親和性などの特性は、各種加工においてトラブルを引き起こす要因となり、難加工材とされている。切削加工では、これらの特性が切削時の振動、工具刃先温度の上昇、工具への切りくず溶着を招き、工具の磨耗や加工精度の低下につながる¹⁾。特に切りくずの溶着は、切れ刃の溶着剥離チッピングを助長するだけでなく、エンドミル加工のような断続切削であっても切りくずが連続し、切りくずの噛み込みや工具欠損などの様々な問題の原因となる²⁾。

これらの改善のためには、工具と切りくずの親和性を低減させて溶着を減らす手法や、物理的な作用で切りくずを工具から分離する手法が有効である。そのため、既往の研究では切削油剤の使用³⁾、適切な工具^{4,5)}や切削条件⁶⁾の検討が行われてきた。近年は低環境負荷の観点から切削油剤の使用量を極力抑えたMQL切削⁷⁾や、切削油剤を使用しない雰囲気制御切削⁸⁾の検討が進められており、これまでに切りくずの溶着や工具磨耗を低減できたとの報告もある。しかし、これらの方

法では新規に設備を導入する必要があるため、適切な工具および切削条件を検討する手法を採用した方がコストを抑えたまでの改善が期待できる。また、これらの研究における溶着性評価は、切削後の切りくずや工具を観察したり、被削材に作用する切削抵抗を測定することで行っているが³⁻⁸⁾、これに加え、高速度カメラを用いて切削中の切りくず排出状況を確認することでより詳細な検討ができる。

本研究では、エンドミル加工におけるチタン合金と構造用炭素鋼の切りくず排出性の比較および種々の工具がチタン合金の切りくず排出性に及ぼす影響について検討した。

2 方法

被削材には、代表的なチタン合金であるTi-6Al-4V合金（以下、チタン合金）と、比較対象として構造用炭素鋼S50C（以下、炭素鋼）を用いた。被削材の形状は、切削距離による切削抵抗および切りくず排出状況の変化を把握するため、図1に示すような段付形状とした。しかし、本研究で設定した切削条件では切削距離による差異が見られなかったため、本報告では3path目（切削距離195mm付近）の結果を示す。実験装置の概略を図2に示す。加工機はCNCフライス盤

【報告】

(大隈豊和機械(株)製 2V-NC) を用い、被削材は加工機テーブル上に設置した多成分動力計(日本キスラー(株)製 type9129AA)にボルトで固定した。エアーノズルは、加工中の工具刃先に2方向から圧縮空気が供給されるように調整し、高速度カメラ(株)フォトロン製 FASTCAM-SA 4)は加工機正面に設置した。

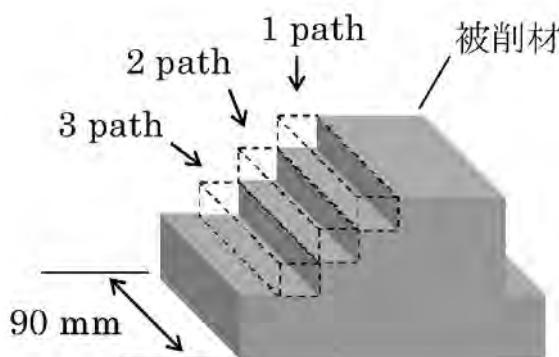


図1 被削材形状および加工位置

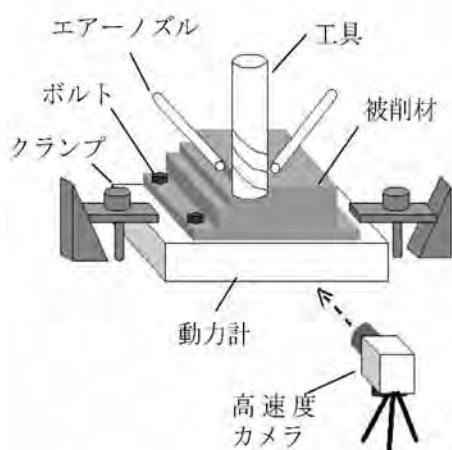


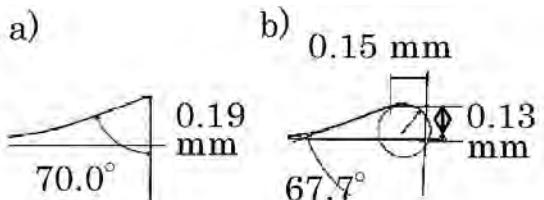
図2 実験装置概略

表1にエンドミル加工条件を示す。まず、チタン合金と炭素鋼の切りくず排出性の比較では、2枚刃で工具径が18mmのスローアウェイエンドミルを用い、切込み(工具径方向5mm、工具軸方向2.5mm)、送り(0.08mm/tooth)、切削方向(ダウンカット)、雰囲気(エアブロー)、切削距離(270mm)は両材料で共通とし、切削速度、工具のチップ種類およびコーティングはそれぞれの材料に適した工具メーカー推奨値を採用した。つぎに、チタン合金の切りくず排出性に及ぼす工具種類の影響の検討では、工具のチップ種類は超硬にPVDコーティングを施したもの(以下、コーティングあり)と施していないもの(以下、コーティングなし)の2種類を用いた。これらの工具刃先の形状を図3に

示す。切削条件は短い切削距離でも工具間の差異が現れるように切削速度を工具メーカー推奨値よりも速い113m/minとし、他の条件は上記のまとした。

表1 エンドミル加工条件

切削速度	チタン合金 59 or 113 m/min 炭素鋼 113 m/min
切込み	工具径方向 5 mm 工具軸方向 2.5 mm
送り	0.08 mm/tooth
切削方向	ダウンカット
切削雰囲気	エアブロー
切削距離	270 mm (90 mm × 3 path)

図3 使用した工具刃先の形状
a) コーティングなし, b) コーティングあり

切りくず排出性の評価は、多成分動力計による被削材に作用する切削抵抗の測定と、高速度カメラによる切りくず排出状況の観察で行った。切削抵抗および高速度カメラ画像は切削距離195mmの位置からの約3秒間について同時にデータを取得した。また、加工後の工具の形状およびすくい面への被削材の溶着状況は、走査電子顕微鏡および電子線マイクロアナライザを用いて評価した。切りくず形状は、デジタルカメラとデジタルマイクロスコープを用いて観察した。

3 結果および考察

3.1 炭素鋼とチタン合金の切りくず排出性の比較

炭素鋼とチタン合金の切りくず形状を図4に示す。炭素鋼では、エンドミル加工で一般的に見られる分断された切りくずとなった。しかし、チタン合金ではエンドミル加工が断続切削にもかかわらず連續した切りくずとなった。ここで、切りくず排出状況を高速度カメラで観察した結果を図5に示す。炭素鋼では、工具刃先が被削材から抜け出すと同時に切りくずが工具から排出されていた。一方チタン合金では、切りくずが工具に溶着し、次の切削の過程で切りくずが工具から排出され

【報告】

る場合と、工具から排出されないまま切削を数回繰り返して連続した切りくずを生成する場合があった。

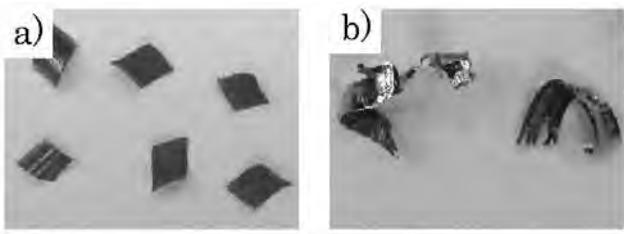


図4 切りくず形状
a) 炭素鋼, b) チタン合金

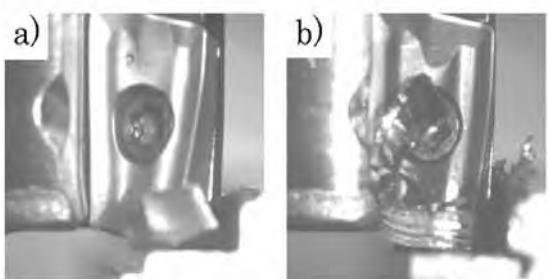


図5 高速度カメラで観察した切りくずの排出状況
a) 炭素鋼, b) チタン合金

切削後の工具すくい面の走査電子顕微鏡像を図6に示す。炭素鋼では工具すくい面への切りくず溶着はなく、工具磨耗もほとんど進行しなかった。一方、チタン合金では工具欠損が見られた。また、工具すくい面に溶着物が残存しており、刃先での溶着が大きかった。

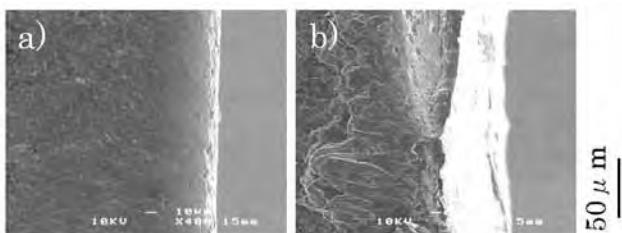


図6 切削後の工具すくい面の走査電子顕微鏡像
a) 炭素鋼, b) チタン合金

以上より、チタン合金では、鉄鋼材料と比較して工具への切りくず溶着が大きかったため、断続切削にもかかわらず切りくずが連続し、工具刃先が溶着物で覆われて刃先の鈍化や欠損が生じたと考えられる。一方、チタン合金における工具径方向の最大切削抵抗は約1,010Nで、鉄鋼材料の約1,060Nと比較してわずかに小さかった。通常、切削抵抗が小さい場合は工具刃

先温度が上昇しにくく⁹⁾、溶着を低減できると考えられるが、チタン合金の溶着には工具との親和性など切削抵抗以外に影響を及ぼす因子が存在すると示唆される。

3.2 チタン合金の切りくず排出性に及ぼす工具種類の影響

チタン合金を2種類の工具で加工したときの切りくず排出状況を高速度カメラで観察した結果を図7に示す。いずれの工具でも切りくずが溶着したが、コーティングありでは、溶着した切りくずが工具から排出されないまま数回切削を繰り返すことで連続した切りくずを生成した。コーティングなしでは、切りくずが工具に溶着したまま次の切削を行い、新しい切りくずが生成される過程で工具から排出された。切りくずの形状を観察した結果を図8に示す。コーティングありでは、切りくずがほとんどカールせずに排出されるが、コーティングなしでは、チップブレーカーが有効に作用して切削中に切りくずが強制的に曲げられ、カールした切りくずが生成された。

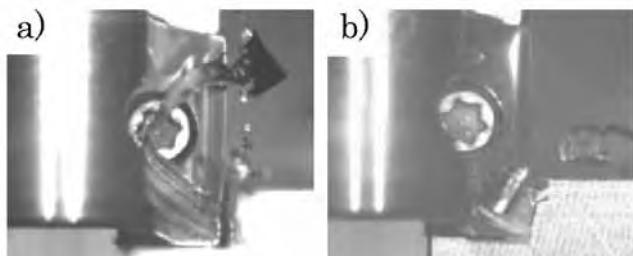


図7 高速度カメラで観察した切りくずの排出状況
a) コーティングあり, b) コーティングなし

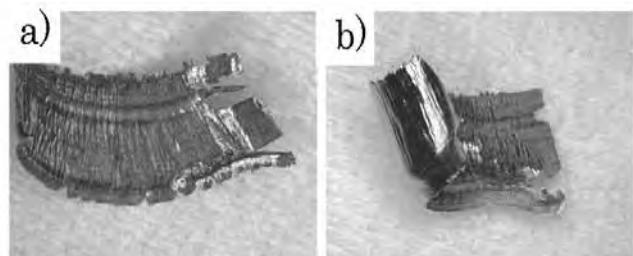


図8 切りくず形状
a) コーティングあり, b) コーティングなし

つぎに、切削後の工具すくい面を観察した結果を図9に示す。図中の黒線は、切削前の工具の輪郭を示している。コーティングありでは工具刃先の欠損が生じ、切削の前後で工具の輪郭形状が変化した。特に図9a)中の領域AおよびBで欠損が大きく、最大欠損幅は50 μm 程度であった。コーティングなしでは、工具刃先が溶着物で覆われており刃先の鈍化が見られたが、工具

【報告】

の輪郭形状が変化するほど大きな欠損は生じなかつた。

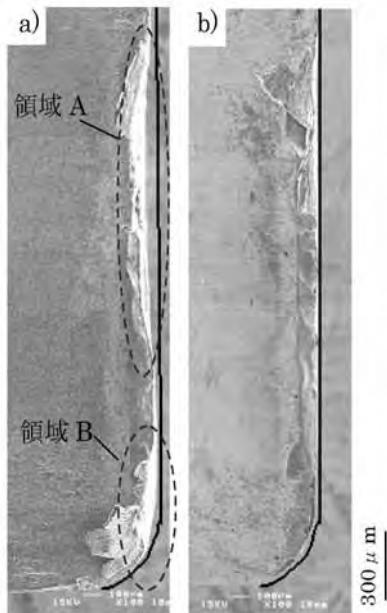


図9 切削後の工具すくい面の走査電子顕微鏡像
a) コーティングあり, b) コーティングなし

ここで、工具へのチタン合金の溶着状況を調べるために、工具すくい面を反射電子像で観察した結果を図10に示す。反射電子像では原子量が大きい元素は白色、小さい元素は黒色で示される。本報告で用いた工具の母材は超硬で、コーティング層にはチタン、アルミニウム、窒素が含まれている。したがって、工具にチタン合金が溶着している領域はコーティングありでは白色、コーティングなしでは黒色で観察されることから、チタン合金の溶着はコーティングなしの方が少ないことがわかる。このとき、工具径方向の最大切削抵抗はコーティングなしで約870Nであり、コーティングありの約1,120Nと比較して小さかつた。

以上より、コーティングあり及びなしの2種類の工具でチタン合金を切削したとき、切りくず排出性はコーティングなしの方が良好であり、工具欠損も小さかつた。これは、コーティングなしでチップブレーカーが効果的に作用したこと、工具への切りくずの溶着が少ないことが要因であると示唆される。また、図3に示したようにコーティングなしでは工具刃先が鋭利であるが、コーティングありでは工具刃先から約0.15mmの領域で形状が平らである。切削条件の送りは0.08mm/toothであるから、コーティングありでは工具刃先が平らな部分で切削しており、これによって切削抵抗がコーティングなしと比較して大きくなつたと考えられる。切削抵抗が大きくなると

刃先温度が上昇して反応性が高くなり、切りくずの溶着が助長されたと考えられる。

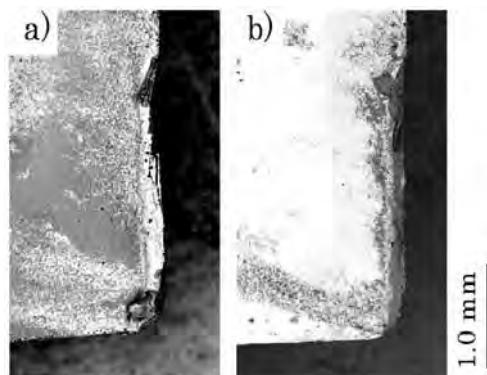


図10 切削後の工具すくい面の反射電子像
a) コーティングあり, b) コーティングなし

4 まとめ

本研究では、エンドミル加工におけるチタン合金と炭素鋼の切りくず排出性の比較、および工具種類がチタン合金の切りくず排出性に及ぼす影響について検討した。工具へのチタン合金の溶着性は炭素鋼に比べて大きく、切りくずが工具に溶着したまま切削を繰り返すことで連續した切りくずが生成した。さらに、チタン合金では工具刃先が溶着物で覆われて鈍化し、工具寿命の低下を引き起こしたと推察された。つぎに、2種類の工具でチタン合金を加工したところ、工具種類によって切りくず排出性が異なつた。コーティングなしでは、コーティングありと比較して工具への切りくず溶着や切削抵抗が小さく、チップブレーカーが効果的に作用したため、切りくずが連續せずに排出された。さらに、コーティングなしの工具刃先は溶着物で覆われて鈍化したもの、コーティングありと比較して欠損は小さかつた。

参考文献

- 1) 松本啓 他：チタンの切削加工技術、「チタンの基礎・加工と最新応用技術」、初版（株シーエムシー出版、東京）、新家光雄 監修、pp.83-97 (2009).
- 2) 狩野勝吉：エンドミル切削の上手な進め方、「難削材の上手な削り方 チタン合金」、初版（株日刊工業新聞社、東京）、pp.114-146 (2012).
- 3) 狩野勝吉：チタンとチタン合金、「難削材・新素材の切削加工ハンドブック」、初版（森北出版株、東京）、pp.287-322 (2011).
- 4) 竹山秀彦 他：チタンの被削性に関する研究. 精

【報告】

- 密機械, 28 (6), 331-337 (1962).
- 5) 山田保之 他: (Al, Ti) Nコーティド超硬エンドミルによる難削材の加工. 日本機械学会論文集, 64 (624), 3197-3201 (1998).
- 6) 臼杵年 他: コーティ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. 精密加工学会誌, 71 (4), 491-495 (2005).
- 7) 岡田将人 他: 低熱伝導性難削材のエンドミル加工におけるMQLの工具温度への影響. 日本機械学会論文集 (C編), 78 (792), 374-384 (2012).
- 8) 臼杵年 他: 難削材料の雰囲気制御エンドミル加工. 精密加工学会誌, 71 (9), 1120-1124 (2005).
- 9) 中山一雄: 切削抵抗, 「切削加工論」, 初版 (株)コロナ社, 東京), pp.94-138 (1978).

2 μ mファイバーレーザーによる加工事例

光科
株式会社インテック

山下清光 岩崎清斗*
奈良拓治

Laser welding of transparent plastics by 2 μ m Fiber Laser

Kiyomitsu YAMASHITA, Kiyoto IWASAKI and Takuji NARA

キーワード： 2 μ m、ファイバーレーザー、プラスチック、溶着

1 はじめに

従来の波長 1 μ m近辺のファイバーレーザー、YAG レーザーや波長0.8~1 μ mの半導体レーザーは透明プラスチックに対して、ほとんど吸収がない。そのため、これらのレーザーで透明のプラスチックを溶着するには、光吸収剤や前処理の工程が必要となる。また、波長 10.6 μ mの炭酸ガスレーザーは、多くのプラスチックに対して非常によく吸収される。しかし、吸収率が高すぎるため溶着に用いるのは難しい。一方、波長 2 μ m帯の電磁波は透明プラスチックに適度な吸収があるため、今までにない新しいレーザー加工ができる可能性がある。今回は 2 μ mファイバーレーザーを用いて透明プラスチックの溶着を行ったので、その加工事例について報告する。

2 方法

2.1 試料

試料は20×50×2 mm³の透明のアクリル板を用いた。この試料の板厚 2 mmの光吸収率を自記分光光度計で測定した結果を図 1 に記す。波長1,950nmの光吸収率は約40%であった。

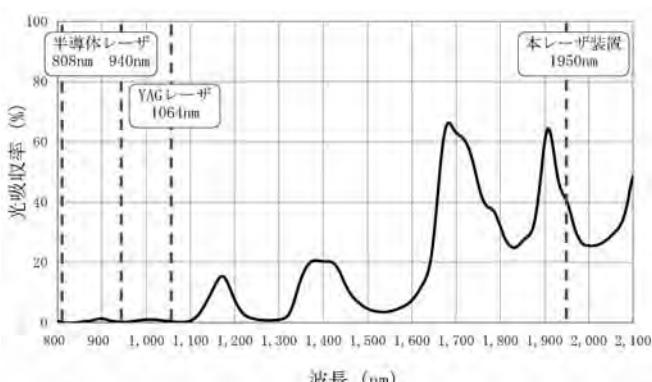


図 1 アクリルの光吸収率

2.2 レーザー

レーザーは、AdValue Photons Inc. 製の 2 MICRON FIBER LASER (Model:AP-Tm-SM-10) を使用した。中心波長1,950nm、最大出力10Wである。

2.3 実験系

図 2 に示すように実験系を構築し、集光レンズ (f=25.4mm) を用い、試料界面に焦点位置を合わせ、走査速度 1 mm/sで溶着実験を行った。スライドガラスは、試料を均一に加圧し、試料間の密着性を上げ、かつ、上側試料表面を冷却するために使用した。

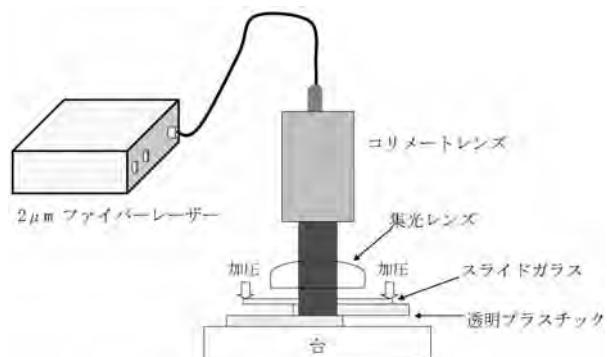


図 2 実験系

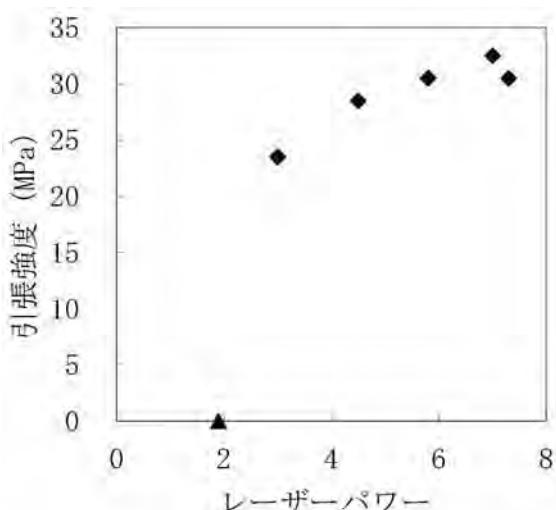
3 結果および考察

レーザーで溶着した試料を写真 1 に示す。溶着試料のせん断強度を引張強度試験機により測定した。溶着領域を20×1 mm²とした場合の結果を図 3 に示す。アクリル母材の引張強度は、49~78MPa¹⁾である。今回得た最大強度は約33MPaで母材強度には達していないが用途により、実用可能な強度と考えられる。また、最大強度が得られた 7 W以上での溶着試料には、溶着部に気泡の発生が見られた。これは、過度な加熱によりプラスチックが気化したまま冷却固化したためと考えられる。

*現 沼津技術専門校



写真1 溶着試料

図3 溶着試料の引張強度
◆溶着 ▲溶着せず

4 まとめ

今回、 $2\text{ }\mu\text{m}$ ファイバーレーザーで透明アクリルのプラスチックを溶着できることを示した。さらに、有色透明アクリル、透明ポリカーボネート、透明ポリエチレンテレフタレートの同種溶着、異種溶着もできることを確認した。

今回の結果から、波長 $2\text{ }\mu\text{m}$ 帯のレーザーであれば、透明プラスチックを直接溶着できることがわかった。この方法は、前処理工程が必要なく、簡易な方法で、かつ、光吸収剤等の溶着部材以外の材料を使用しないため、リサイクル性にも優れ、環境に優しい方法であり、多種多様の溶着が可能な方法と考えられる。

参考文献

- 1) 金子誠司：各種プラスチックの特性表、「初步から学ぶプラスチック接合技術」、初版（株）工業調査会、東京）、pp.169（2005）。

PMMAの引張試験における複屈折と主応力の比較

光科 志智 亘* 太田幸宏

静岡県工業技術研究所 長津義之** 豊田敏裕 船井 孝 真野 毅 鈴木敬明
南部化成株式会社 東村裕司 阿部直毅

Comparison of birefringence distribution and principal stresses produced in tensile testing of Polymethylmethacrylate (PMMA)

Wataru SHICHI, Yukihiko OHTA, Yoshiyuki NAGATSU, Toshihiro TOYOTA, Takashi FUNAI,
Tsuyoshi MANO, Takaaki SUZUKI, Hiroshi HIGASHIMURA and Naoki ABE

キーワード：光弾性実験、複屈折分布、ロゼット解析、引張試験

1 はじめに

我々は樹脂材料の内部状態を可視化する技術開発の一環として光弾性実験に着目しており、これまでに近赤外線や液晶ディスプレーを用いた光弾性実験系などを構築した¹⁾。本研究では、複屈折の進相軸と遅相軸を区別し、複屈折量も解析することができる実験系を構築した。また、実験データの解析結果を評価するために、アクリル (PMMA) ダンベル試験片を用いた引張試験を行い、同時にいったゲージ素子を用いたロゼット解析²⁾の結果と比較した。

2 方法

図1に光弾性実験の模式図を示す。この実験により取得した画像を解析³⁾することにより、位相差量 (0° ~ 180°) とその軸方位 (0° ~ 180°) を求めた。ここで複屈折量は位相差量を透過距離で除することで求めることができ、位相差の軸方位は複屈折の軸方位に対応している。以降の解析では試験片の厚さを一定とみなし、複屈折量は位相差量として角度の単位で議論する。

3 結果および考察

3.1 光弾性実験解析結果

図2はPMMAダンベル試験片を万能試験機で500Nの引張荷重を加えた際の実験データを解析した画像である。図から引張荷重により試験片内部に発生した引張応力を反映した明暗として複屈折分布が確認できる。また、遅相軸方位 (図中の棒線) は引張応力の方位と直交している。

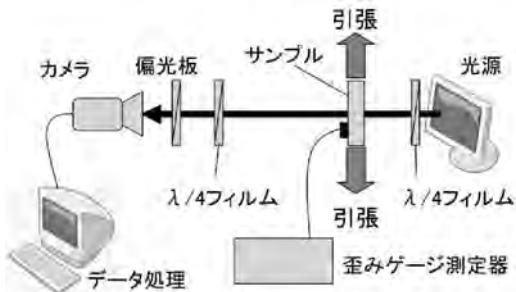


図1 PMMAダンベル試験片における引張試験の実験概念図。

液晶ディスプレーを光源に利用し $\lambda/4$ フィルムで円偏光にした光をサンプルに入射させる。サンプルを透過した光は複屈折によりその偏光状態が変化する。サンプル後方の $\lambda/4$ フィルムと偏光板を操作し CCD カメラとパソコンを用いて取得した画像から、偏光状態の変化を解析し、位相差分布を求めた。また、サンプルには 3 軸 (直交する軸とそれらの軸から 45° 傾けた軸) のロゼットゲージ (共和電業製 KFG-1-120-D17-11) が接着されている。ゲージ素子がひずむことにより得られる電気信号はひずみゲージ測定器に送られ、その地点のひずみ量が得られる。この量から主応力を求めるロゼット解析を行った。



図2 PMMAダンベル試験片 (JIS K7139 A2) を矢印方向に引張荷重500N印加時における光弾性実験から求めた解析画像。

試験片中の明暗と棒線はそれぞれ、位相差量 (複屈折量) と遅相軸方位に対応。図中の黒丸、黒三角はひずみゲージ測定を行った地点。A (白抜き四角) とB (白抜き菱形) 地点は図3においてひずみゲージ測定と比較した場所。

*現 静岡県工業技術研究所

**現 浜松工業技術支援センター

3.2 光弾性実験解析結果の評価

光弾性実験で得た解析結果を評価するため、試験片にゲージ素子を接着し（図2黒丸と黒三角印）ロゼット解析³⁾により求めた応力値と比較した。

図3（a）は図2で示された各地点の主応力差と引張荷重の関係を示したものである。図より二つの解析結果は試験片中央部、肩部ともに良く致していることがわかる。また、図3（b）は主応力軸方位を引張り方向と垂直な軸を基準とした角度で示したものである。

二つの測定から得られた解析結果を比較すると引張荷重が0Nで若干異なっている。しかし、それ以外では概ね両者は近い値となっている。これは光弾性実験の解析において主応力差が小さい領域で軸方位の精度が良くないことが原因と考えられる。

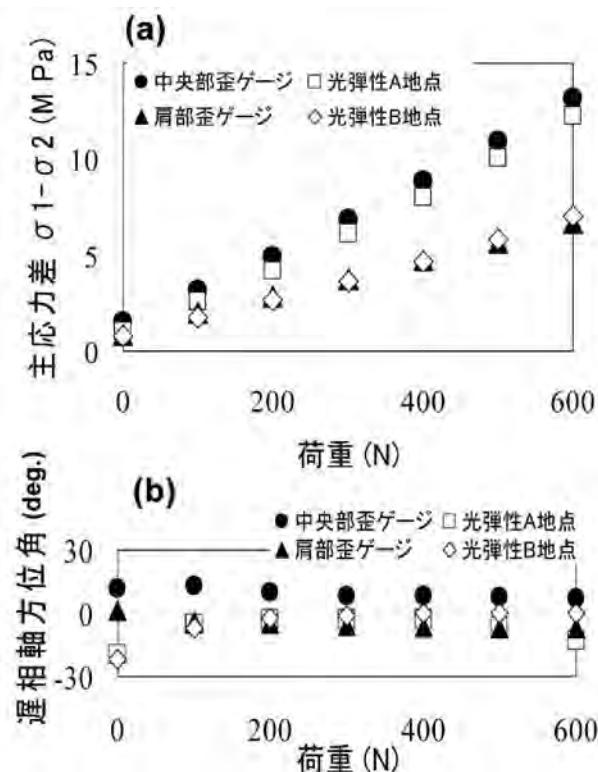


図3 光弾性実験データの解析とひずみゲージ測定によるロゼット解析から求めた（a）主応力差と（b）遅相軸方位の比較した図。

（a）および（b）の黒丸、黒三角、白抜きの四角と白抜きの菱印はそれぞれ図2の同じ印で示した地点における主応力差および遅相軸方位。各印は黒色がひずみゲージ測定、白抜きが光弾性実験から得られた解析結果。

4 まとめ

複屈折量とその軸方位を解析することができる光弾性実験系を構築した。またこの実験で得られた解析結果を評価するために、ダンベル試験片の引張試験を行い、同時にひずみゲージを用いたロゼット解析の結果と比較した。構築した光弾性実験とその解析手法は、樹脂内部状態の評価において有用な情報を提供できるものと考えられる。

参考文献

- 1) 志智 亘 他：偏光・干渉を用いた画像による非破壊検査技術の開発. 静岡県工業技術研究所研究報告, 第5号, 149-154 (2012).
- 2) 高橋 賢 他：第12章 ロゼットゲージによる応力解析, 「ひずみゲージによるひずみ測定入門—歴史から測定までー」, 改定新版 (大成社, 東京), pp.135-140, (2009).
- 3) 多田邦夫 他：第1章 電磁波論, 「ヤリーヴ 光エレクトロニクス 基礎編」, 原書第5版 (丸善株, 東京), pp.17-30, (2002).

フェムト秒レーザーピーンフォーミングによる純チタン薄板の曲げ加工

光科 鷺坂芳弘 岩崎清斗*

Bending of pure titanium thin sheet by femtosecond laser peen forming

Yoshihiro SAGISAKA and Kiyoto IWASAKI

キーワード： 板曲げ、フェムト秒レーザー、レーザーピーンフォーミング

1 はじめに

フェムト秒レーザーは超短パルスレーザーの一種で、被加工物に熱を与えない非熱加工が可能である。集光したフェムト秒レーザーを薄板表面に走査させると、照射面を凸とする曲げ変形が生じる。この現象を利用した板成形法がレーザーピーンフォーミングであり、著者らはこれを薄板の曲げ加工に応用した¹⁾。本法は非接触なダイレス曲げであり、多品種少量生産に適している。既存のレーザーフォーミング²⁾とは逆方向の曲げが得られ、熱影響もないうえに、材料の熱伝導率やレーザーの反射率に影響されることもない。さらに加工原理上スプリングバックは発生しないので、バネ材薄板の曲げにも有効である。

しかし、このような有益な加工特性にも関わらず、本法には、まだ適切な適用対象が存在しない。一方、本法の加工特性は微細部品の成形に有利である。そこで、医療、バイオ機器向けの微細部品への適用を目的として、医療用機器に多用される純チタン薄板を用いて、本法での微細部品製造の可能性を検証した。

2 方法

実験装置は既報¹⁾に同じである。図1に実験方法の概略を示す。クランパーにて試験片を片持ち支持にて固定し、A部内の斜線部に集光したレーザー光を図1(a)のように走査させた。図中dはスポット径である。照射領域およびその長さwは目的とする形状に応じて任意に設定した。照射条件と走査ピッチp₁、p₂を変えることで曲率半径の小さい曲げを試みた。さらに試験片をレーザー切断した後に曲げを行い、微細な曲げ加工を試みた。供試材料はJIS 1種純チタンの薄板で板厚tは0.05mmである。

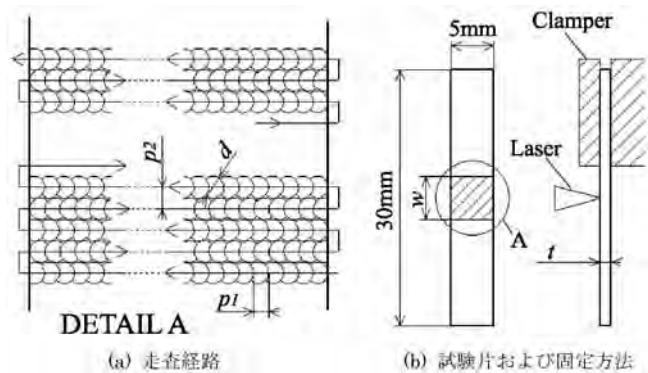


図1 実験方法概略

3 結果および考察

図2にレーザー1パルスあたりのエネルギーEに対する曲げ角θの変化を示す。最も硬いSUS304はθが最小である。一方、純チタンはリン青銅と同等の硬さだが、θは最大で曲げやすい材料であった。

写真1に走査ピッチp₂を10μmまで小さくした加工例を示す。曲率半径は約0.6mmでミクロンオーダーの加工が可能であることが分かる。

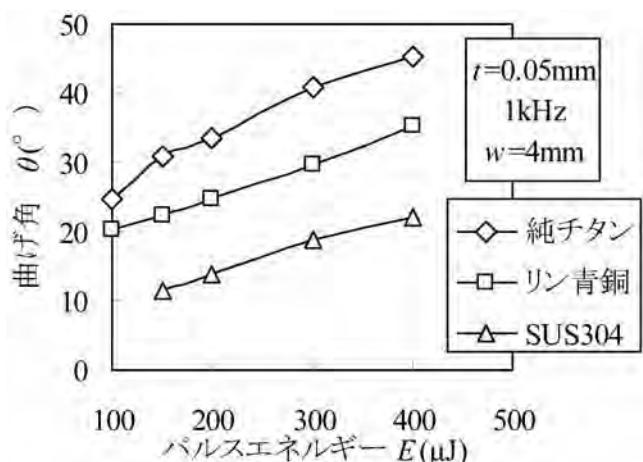


図2 パルスエネルギーと材質による曲げ角の変化

*現 沼津技術専門校

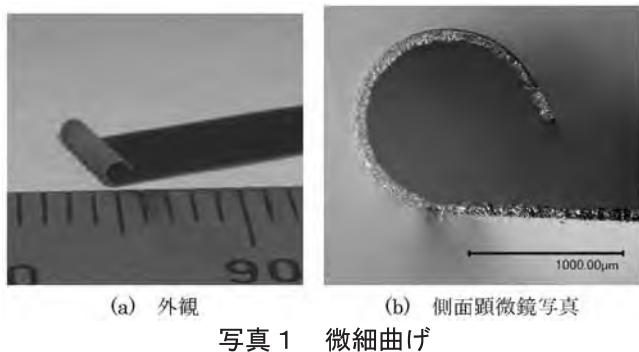


写真1 微細曲げ

写真2および写真3は、試験片を櫛形にレーザー切断した後、曲げ加工を行った例である。櫛歯1本の幅は0.5mmである。全長数ミリの部品は十分成形可能といえる。今後、更なる微細化のために曲率半径をさらに小さくする照射方法を開発する必要がある。

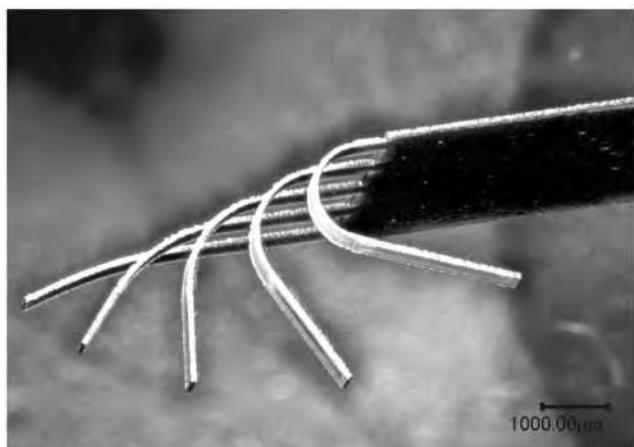


写真2 レーザー切断との複合化

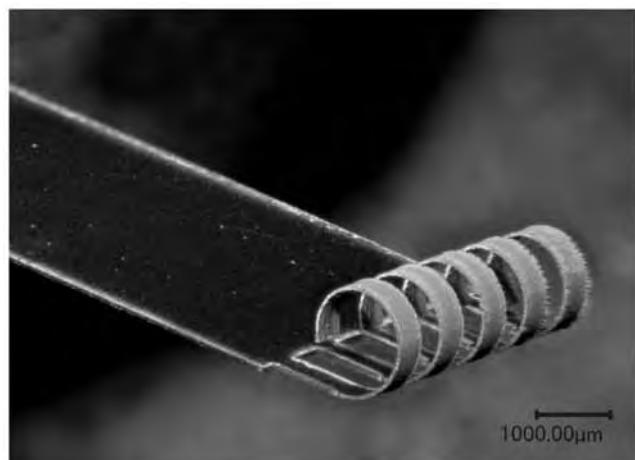


写真3 レーザー切断との複合化

4 まとめ

フェムト秒レーザーピーンフォーミングを用いて純チタン薄板の微細部品の成形を試み、その可能性が示された。

謝辞

本研究は独立行政法人科学技術振興機構平成24年度A-STEP FSステージ探索タイプの助成を受けて行われたものである。関係各位に深く感謝します。

参考文献

- 1) 鷺坂芳弘 他 : フェムト秒レーザーを用いたレーザーピーンフォーミングによる薄板の曲げ加工. 塑性と加工, 50 (584), 868-872 (2009).
- 2) 大津雅亮 他 : 板材のレーザーフォーミング. 塑性と加工, 42 (489), 1031-1034 (2001).

機能分解

機械科 針幸達也

Functional decomposition

Tatsuya HARIKOU

Keywords : Quality, Function, Functional decomposition

キーワード：品質、機能、機能分解

1 はじめに

対象の機能を評価することは非常に重要である。機能とは物質、エネルギー、情報の変換や流れである。システムによってこの変換が行われ、その結果として品質が現れる。システムの評価には一般的には表面粗さ、引っ張り強度など品質の評価が行われているが、これでは根本的な改善にはつながらない。なぜなら品質特性は加工や作業、操作の結果なので、それらを改善しない限り真の改善にはなり得ない。つまり品質を改善したい場合、品質特性を評価するのではなく加工や作業、操作などの個々の機能を評価し、最適化する必要がある。

我々が対象としている物はものさしや天秤など単純なシステムから自動車、工作機械などの複雑なシステムまで実にさまざまである。ものさしなど単純なシステムの機能を評価する場合は簡単であるが、自動車など複雑なシステムの機能を評価することは非常に困難である。複雑なシステムは多数のサブシステムから構成されており、サブシステムを構成するサブサブシステムも多数存在する。複雑なシステムを対象とする場合、それが持つ機能を分解し、分解された個々の機能で評価する必要がある。

そこで機能を評価するための第一歩である機能分解を体験してもらうために筆者がファシリテーターとなり、機能分解のワークショップを行った。参加者は地元企業7社から7人。機能分解する対象は家庭用掃除機とした。

2 機能分解能の方法

機能を考える際に重要なのはそれが何のためにあるものかを考えることである。家庭用掃除機はもちろん掃除道具なので掃除をするものだが、これでは具体的な物質やエネルギー、情報の流れが表現されていない。物質の流れに注目して家庭用掃除機を見てみると、そ

の根本的な機能は『ゴミを移動させる』ことである。掃除とは部屋に散らばっているゴミを余すことなく確実にゴミ箱に移す行為である。掃除機の機能はと聞かれ、「ゴミを吸い取る」「ゴミを集める」と答えた参加者がほとんどであったが、ゴミを集めるだけでは掃除機内にゴミは溜まってしまい掃除機としての性能を落としてしまうこととなる。吸って機内に溜まったゴミは確実にゴミ箱に排出する必要がある。このように対象をよく観察し、対象が行っていることをもれなく表現する必要がある。

ワークショップによって出来上がった機能系統を図1に示す。



図1 家庭用掃除機の機能分解

3 まとめ

機能分解はシステムを理解するための強力なツールであると考えられる。例えば家庭用掃除機の吸い込み力が弱かったとする。その時闇雲にモーターを強力なものに変えるなどの変更を行ってしまいがちであるが、機能分解を行い掃除機のごみを集める機能がどのような機能から成り立っているかを理解していれば、モーター以外に機能不全に陥っているところをすばやく発見できる。それはモーター変更よりはるかにコストのかからない改善がもしかれない。

強度試験による材料特性評価技術の確立

— 試験片の作製方法および採取方向の影響 —

材料科 植松俊明 伊藤芳典 是永宗祐
機械科 大澤洋文

The establishment of techniques for evaluation of tensile properties

— The effect of milling axis and fabrication condition of specimen —

Toshiaki UEMATSU, Yoshinori ITOH, Sosuke KORENAGA and Hirofumi OOSAWA

キーワード：引張試験、材料特性値、評価技術

1 はじめに

近年、自動車用の軽量化素材として、高張力鋼板（以下、「ハイテン」という）、アルミニウム、チタンなどが注目されている。しかし、ハイテンやチタンは普通鋼板と比較してプレス成形性が劣り、しわや割れなどが発生しやすいため、難加工材とされている。これらの問題解決のためにシミュレーションを用いた金型設計などが行なわれている。シミュレーションでは材料特性値が成形性予測の基となっているため、引張強さ、伸び、ランクフォード値（以下、「r値」という）などを正確に求めることが重要である。この実現には試験方法を最適化することや、チタンのように切削加工が困難な材料では他の加工方法で試験片を作製した場合の影響について把握する必要がある。

本研究では引張試験における試験片の作製方法および採取方向が材料特性値に及ぼす影響を調査した。

2 方法

試験片の材質は純チタンと鋼板を用いた。試験片形状はJIS Z2201 13B号とし、純チタンは切削加工、ワイヤーカット、レーザー加工の3種類で加工した。鋼板は圧延方向に対して 0° 、 45° 、 90° から試験片を採取した。

r値は試験前と試験片に一定量のひずみを付与した状態で試験片の3箇所の板幅を測定して算出した。その他の特性値は精密万能材料試験機（株島津製作所 AG-50 k N-IS）が算出したものを採用し、それぞれ試験片3本の平均値として求めた。

3 結果および考察

純チタン試験片の作製方法による引張強さ及び伸び

への影響を図1に示す。引張強さはいずれの方法でも420MPa程度で差異は見られなかった。一方、伸びは切削加工とワイヤーカットが35%程度と同等であるのに対して、レーザー加工では数%低下した。試験片の断面形状と加工面表面を図2に示す。断面形状からレーザー加工では加工面と圧延面のなす角が直角ではなく、板厚方向に板幅の変化が見られた。表面観察からワイヤーカットでは加工面にポーラス層が存在したため、表面の欠落や測定位置による寸法のばらつきが懸念される。

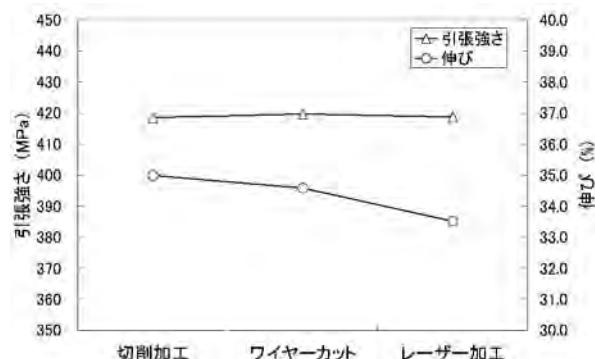


図1 作製方法による特性値への影響

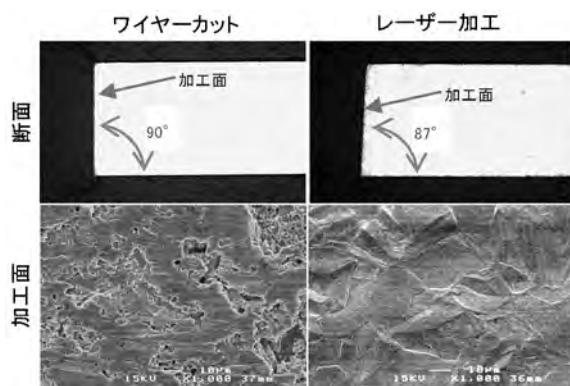


図2 試験片断面および加工面の状態

【ノート】

次に鋼板試験片の板幅の測定位置によるr値の変化を図3、鋼板試験片の長手方向の板厚の変化を図4に示す。図4の横軸の数値は基準点からの距離を示している。圧延方向に対して0°、45°から採取した試験片のr値は測定位置によらず同程度となるが、90°では試験片中央とその前後において0.1ポイントの差異が見られた。これは90°では試験片中央が最も薄くなっていることで、最大荷重以下のひずみ量であっても局部収縮が起きたことが原因として考えられる。

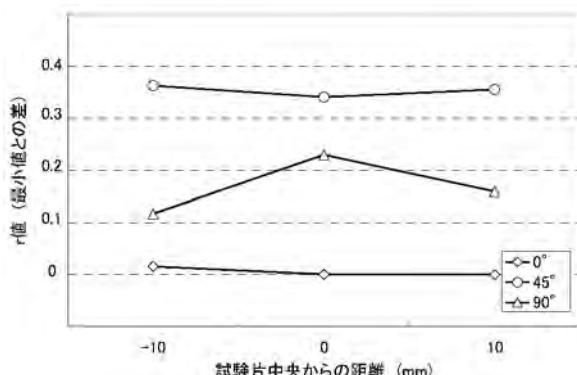


図3 板幅の測定位置によるr値の変化

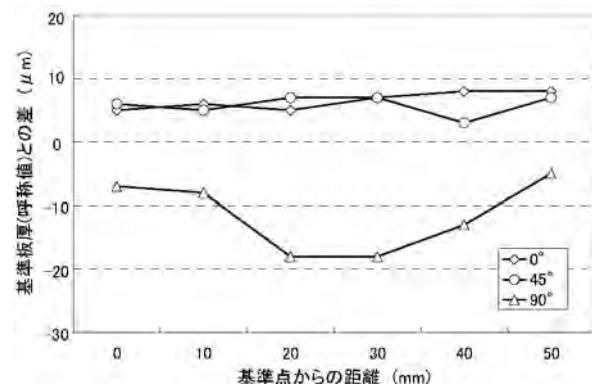


図4 試験片の長手方向の板厚変化

4 まとめ

試験片作製方法および採取方向が材料特性値に及ぼす影響を検討した結果、以下のことを得た。

- (1) レーザー加工やワイヤーカットで試験片を作製した場合、加工面形状や表面状態が材料特性値に影響を及ぼす。
- (2) r値測定では板厚の変化などによる局部収縮の影響が極力小さくなるようにひずみ量を設定する必要がある。

金属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6報）

—亜鉛めっき3価黒色クロメート処理条件の調査—

材料科 田光伸也

Simulation and data analysis of the failure of metals and plastics (6th Report)

—Study on process conditions for conversion coatings of black trivalent chromium on zinc electroplating—

Shinya TAKO

キーワード：亜鉛めっき、化成処理、クロメート

1 はじめに

めっき・表面処理製品にとって「色合い・光沢」は重要な品質のひとつである。静岡県西部地域で盛んに加工されている「亜鉛めっき3価黒色クロメート」は、めっき製品の中でも色むらが目立ち易いため、特に外観状態が重視されている。亜鉛めっき3価黒色クロメートの外観は処理条件に依存しているが、製造現場では経験的・感覚的に処理条件を制御しているケースが多く、色合い・光沢を得るために必要なパラメータが客観的に整理されていることは希である。

本研究では、めっきの色合い・光沢に関する不具合が起きた際の解決の足がかりとなるデータを収集するため、亜鉛めっき3価黒色クロメート処理条件と色合い・光沢の関係を、簡便に各要因間の影響度を調べられるよう品質工学に基づくパラメータ設定（タグチメソッド）と確率統計の技法であるデータマイニング手法を融合・発展させたデータ解析手法であるコンジョイント分析によって調査した。

2 方法

2.1 試料

穴加工を施したハルセル陰極板・鉄（株）山本鍍金試験器製 B-60-P01）に、ジンケート浴による亜鉛めっき（膜厚8 μm）及び3価黒色クロメート処理を行った。めっき及びクロメート処理はめっき事業者により連続式ラインで加工した。

2.2 コンジョイント分析

コンジョイント分析では、S/N比という規格化された尺度を用いて因子間で単純比較することができる¹⁾。直交表L9を利用し、選定した因子とその水準を表1に示す。

表1 クロメート処理条件における因子と水準

因子	水準		
	1	2	3
A：処理時間	10sec	45sec	180sec
B：処理温度	15°C	30°C	45°C
C：pH	1.3	1.8	2.3
D：乾燥温度	60°C	80°C	120°C

2.3 評価

外観評価で色合い・光沢が最も良好だった組み合わせを5点、最も好ましくないものを1点として結果を点数化した。試料を4つのエリアに分け、表と裏それぞれのエリアについて評価した。3種の評価基準「黒さ」「均一性」「総合評価」について評価を行った。評価基準とその内容を表2に示す。

表2 評価基準とその内容

評価基準	内容
黒さ	エリアの中で最も大面積を占める部分の色がより黒い場合を高得点とする
均一性	エリアの中に色ムラが少ない場合を高得点とする
総合評価	めっき事業者により作製された見本に対し、色・均一性等を比較し、めっきとして優れている場合を高得点とする

3 結果および考察

直交表に従い処理条件を変えて作製した試料1～9～2の外観を図1に示す。各評価基準に従って判定し、それぞれの結果について回帰分析を行い、図2～図4に示す「影響度グラフ」を得た。各図中

【ノート】

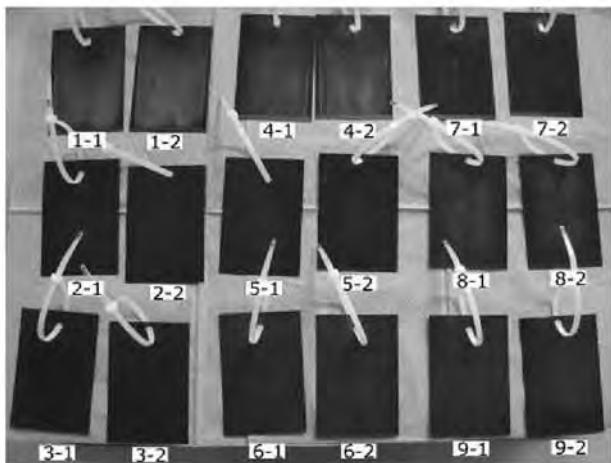


図1 試験片の外観

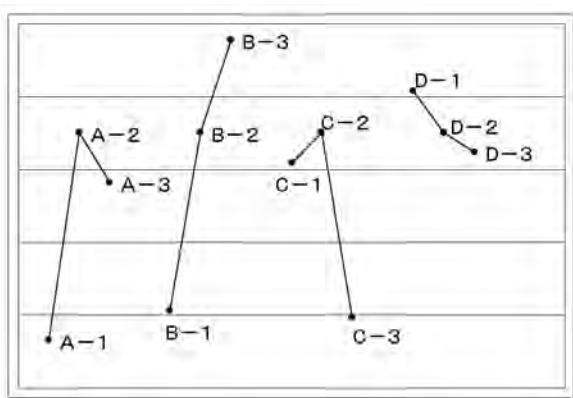


図2 影響度グラフ（評価基準：黒さ）

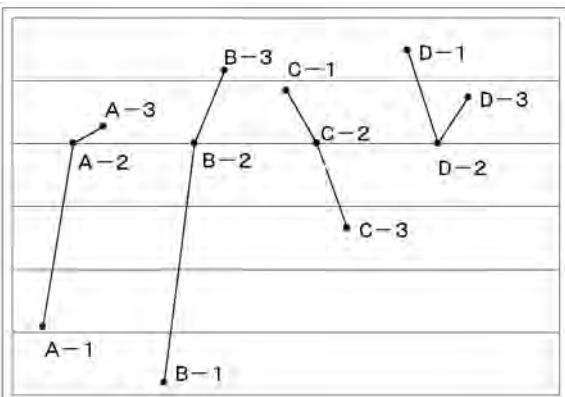


図3 影響度グラフ（評価基準：均一性）

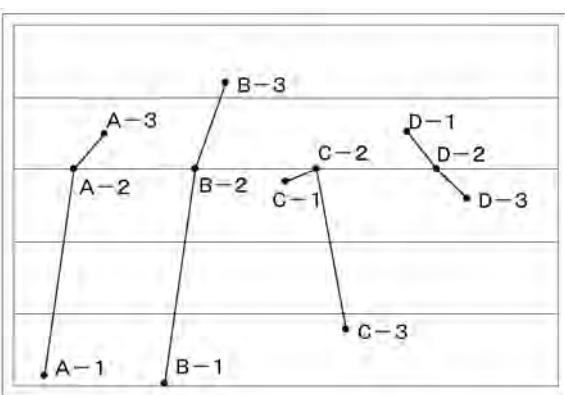


図4 影響度グラフ（評価基準：総合評価）

のデータラベルA-1～D-3は表1の因子A～D、水準1～3に対応している。これらのグラフでは、それぞれの因子においてy軸の正方向に位置する水準ほど評価基準に対し良好な影響を与えることを示している。

これらによると、処理温度が高い方がいずれの評価基準においても好影響を与えること、乾燥温度などの水準を選んでも他の因子に比べ影響が小さいことが分かった。一般にpHの影響は最も大きいと言われているが、今回の評価基準では処理時間、処理温度と同等かそれより小さい影響しか持たないという結果となった。

4 まとめ

3価黒色クロメートの処理条件が製品の外観に及ぼす影響を調べることができた。結果を活用することで、外観上の不具合が発生した場合、処理条件の適正化に要する時間の短縮が期待できる。また、黒さや均一性のどちらかをさらに重視する処理条件の設定など、不具合発生を予防するためのデータとしての活用も期待できる。ただし、耐食性について考慮する必要がある場合、処理温度やpHにおいて外観を考慮した処理条件とは影響度に逆転が見られるため注意が必要である。

参考文献

- 1) 広瀬健一 他：タグチメソッド 静特性、「Excelでできるタグチメソッド解析法入門」、初版（株同友館、東京）、pp.93-183（2005）。

Evaluation of Environmentally Friendly Lubricants for Cold Forging

Yoshihiro Sagisaka, Itaru Ishibashi, Tamotsu Nakamura, Masahiro Sekizawa, Yuh Sumioka
and Masahiro Kawano

環境対応型冷間鍛造用固体潤滑剤の性能評価

浜松工業技術支援センター
住鉱潤滑剤株式会社
静岡大学
ゼノー・テック株式会社

鷺坂芳弘
石橋 格 関澤雅洋
中村 保 住岡 優*
河野正宏

Journal of Materials Processing Technology, Vol. 212, Issue 9, 1869-1874 (2012)

本論文は“塑性と加工”2011年9月号(Vol.52, No.608)に掲載された邦文論文の英文再掲である。

鋼材の冷間鍛造の潤滑には化成皮膜処理が多用されているが、処理工程で大量のスラッジや廃液が発生するため、環境への配慮から、化成皮膜に代わる環境対応型の乾燥皮膜潤滑剤が開発、評価されてきた。これらの潤滑剤は薬剤を塗布した後、乾燥させるだけで表面に潤滑皮膜を形成できるため廃棄物の削減と処理工程の簡素化が可能であり、環境面とコスト面において有利である。しかし、化成皮膜に比べて潤滑膜の密着性や強度が劣るため、焼付きが生じやすく、これまでその適用は比較的加工度の低い鍛造のみに限られてきた。

本研究では、素材への密着性に優れる下地皮膜と、素材とダイス間の摩擦低減性に優れる上塗り皮膜から

構成される2液2層型乾燥皮膜潤滑剤を提案した。冷間鍛造には様々な形式があるが、表面積拡大比の大小等による摩擦条件の厳しさから、据込み形式、軸押し出し形式、パンチ穿孔形式に分類される。本論文では、据込み形式としてリング圧縮摩擦試験、軸押し出し形式として前方軸-後方直缶押し出し型摩擦試験、パンチ穿孔形式として前方テーパ缶-後方直缶押し出し型摩擦試験を用いて潤滑性能の評価を行った。

2液2層型乾燥皮膜潤滑剤は摩擦試験において従来の1液型よりも優れた潤滑性を発揮した。さらに、表面処理の採用と膜厚の調整によりリン酸塩化成皮膜と同等の性能を示した。また、実機による連続冷間鍛造での性能評価もを行い、リン酸塩化成皮膜と同程度の性能が確認され、安定した生産を行うことができた。

なお、本論文の邦文はJ-STAGEにて公開済である。

*現 トヨタ車体株式会社

Evaluation of Environmentally Friendly Lubricant for Aluminum Cold Forging Using Friction Test Based on Spline Extrusion

Yoshihiro Sagisaka, Tamotsu Nakamura, Kunio Hayakawa and Itaru Ishibashi

スpline押出し型摩擦試験法を用いたアルミ冷間鍛造用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

静岡大学

中村 保 早川邦夫

住鉱潤滑剤株式会社

石橋 格

Journal of Manufacturing Processes, Vol. 15, 96-101 (2013)

Proceedings of 40th North American Manufacturing Research Conference /
5th International Conference of Tribology in Materials and Processing, NAMRC40-7709, (2012)

本論文は国際会議NAMRC40/ICTMP5にて発表した講演論文が実行委員会からの推薦によりJournal of Manufacturing Processes誌に再掲載されたものである。

軽量化の要求からアルミ合金製の冷間鍛造部品の採用が増えている。アルミ合金では大きな表面積拡大を伴うような冷間鍛造が行われることが多いため、潤滑剤にも表面積拡大に耐えられるものが要求される。従来はフッ化アルミ皮膜がその役割を担ってきたが、コスト面と環境面で問題があり、近年の環境意識の高まりから環境対応型の潤滑剤への代替が要求されていた。そこで、2液2層型の環境対応型潤滑剤をアルミ合金に適用して、その潤滑性能を評価した。

評価方法としてスpline押出しを模擬した摩擦試験法を考案した。本試験法ではスpline形状とスpline成形の導入部形状を変えることで表面積拡大を制御

できるため、複数の表面積拡大下での潤滑性能を定量的に評価することが可能である。よって、表面積拡大の大きいアルミ鍛造での潤滑剤の評価に適した試験法といえる。

アルミ合金A6061のT6材を用いて、2液2層型潤滑剤をフッ化アルミ皮膜と比較評価した。耐焼付き性については表面積拡大との相関が見られたが、摩擦は導入部の形状に依存しており、表面積拡大が大きても必ずしも高摩擦とはならなかった。2液2層型の潤滑性能はフッ化アルミと同等以上であった。さらに様々な表面処理を施した後に、潤滑処理を施して潤滑性能を比較したところ、ステンレスグリットを用いてウェットプラスト処理をした試験片が非常に良い成績を示した。ウェットプラストによって粗く緻密な凹凸を与えたことで摩擦が低下したと考えられる。

Influence of Mechanical Property of Workpiece on Performance of Environmentally-Friendly Lubricant for Aluminum Alloy Cold Forging

Yoshihiro Sagisaka, Kunio Hayakawa, Tamotsu Nakamura and Itaru Ishibashi

アルミ合金冷間鍛造用環境対応型潤滑剤の潤滑性能への素材の機械的特性の影響

浜松工業技術支援センター 鷺坂芳弘

静岡大学 早川邦夫 中村 保

住鉱潤滑剤株式会社 石橋 格

Proceedings of 45th International Cold Forging Group Plenary Meeting, 124-129 (2012)

アルミ合金の冷間鍛造における低コスト化と環境負荷低減のため、環境対応型潤滑剤への切り替えが模索されている。著者らはT 6 处理したアルミ合金に2液2層型環境対応型潤滑剤を適用し、従来の潤滑剤であるフッ化アルミ皮膜からの代替に十分な性能があることを示した。しかし、冷間鍛造は焼鈍をした材料を対象とすることが多い。そこでアルミ合金焼鈍材について2液2層型潤滑剤とフッ化アルミ皮膜の性能を比較するとともに、鍛造素材の機械的特性が潤滑特性に与える影響を検証した。

評価方法としてスプライン押出しを模擬した摩擦試験法を採用した。試験片にはアルミ合金A6061のT 6 处理材と焼鈍材を用いた。ウェットblast処理した試験

片と旋削したままの試験片に潤滑皮膜処理をして、耐焼付き性と潤滑性を比較評価した。

T 6 材では、2液2層型潤滑剤がフッ化アルミ皮膜と同等以上の性能を示していたが、焼鈍材ではフッ化アルミ皮膜の方が摩擦が低く、耐焼付き性も優勢であった。潤滑剤には得意とする摩擦条件があるものと考えられる。

一方、焼鈍材はT 6 材よりも焼付きが生じにくく、より大きな表面積拡大まで鍛造が可能であった。また、T 6 材ではウェットblast処理が摩擦低減に極めて効果的であったが、焼鈍材ではほとんど効果が見られなかつた。これらの特性は、焼鈍材では面圧が低いため、潤滑皮膜切れが生じにくくことによると考えられる。

Application of Femtosecond Laser Peen Forming to Sheet Metal Bending

Yoshihiro Sagisaka, Masayoshi Kamiya, Minoru Matsuda and Yukihiro Ohta

フェムト秒レーザーピーンフォーミングの板曲げへの応用

浜松工業技術支援センター

鷺坂芳弘 太田幸宏

富士工業技術支援センター

神谷眞好

公益財団法人静岡産業振興財団

松田 稔

Journal of Laser Micro/Nanoengineering, Vol. 7, No.2, 158-163 (2012)

フェムト秒レーザーはそのパルス幅（1パルスの光の照射時間）がフェムト秒 (10^{-15} s) 単位と極めて短いパルスレーザーである。このような超短パルスレーザーには照射部に衝撃波を誘起できるという特性がある。この衝撃波は、条件によっては、照射された金属を塑性変形させることができるとある。レーザーピーンフォーミングはこの塑性変形を利用して板を成形する加工法である。著者らはフェムト秒レーザーを用いたレーザーピーンフォーミングにて微細部品の製造を行うことを目的として、本法を薄板の曲げ加工に応用した。

まず、純アルミの薄板について基礎的な変形特性を調査し、本法で得られる曲げ変形がフルエンス（単位面積あたりに照射したパルスエネルギーの密度）、および照射したパルスの密度に依存していることが分かった。そこで、これらを変化させてリン青銅とSUS304の薄板を

様々な形状に成形してみた。本法では成形原理上スプリングバックをほぼ無視することができる。そのため、既存のプレス成形などではスプリングバックによって実現することが困難な形状も成形することが可能であり、本法が非常に高い成形性と自由度を持っていることを示すことができた。これらの特性は多品種少量生産を実現するのに有益なものである。

しかしながら、本法の変形特性はレーザーの特性に非常に敏感であり、フェムト秒レーザーが不安定であることから、再現性に難があることが判明した。今後、レーザー光をいかに安定させるかが課題となる。

なお、本論文の掲載誌はレーザ加工学会のWEB雑誌であり、本論文はレーザ加工学会のホームページにて公開されている。

静岡県工業技術研究所研究報告 第6号

平成26年2月（2014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 静岡市葵区牧ヶ谷2078番地
電話（054）278-3028
FAX（054）278-3066