工業技術研究報告書

Report of the Industrial Research Institute of NIIGATA Prefecture No.43 2013

No. 43 平成 25 年度



新潟県工業技術総合研究所

Industrial Research Institute of NIIGATA Prefecture

〒950-0915 新潟県新潟市中央区鐙西 1-11-1 1-11-1 Abumi-nishi, Chuo Ward, Niigata City, Niigata 950-0915, Japan

平成26年5月

目 次

<u>I</u>研究論文

1.	超ワイドレンジ型ハイブリッドコントローラの開発 ・・・・・・・・・・・ 3
2.	CFRP 用高性能ドリルの開発 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 10
3.	マランゴニ流を利用した新しい簡易分離分析手法の開発・・・・・・・・・・・15
4.	質感の測定技術・表現技術の研究(第2報)・・・・・・・・・・・・・・・・・ 19

<u>II ノート</u>

1.	樹脂の特性に影響を及ぼす化学構造の解析技術の確立・・・・・・・・・・・ 29
2.	外観検査のためのロボット動作シミュレータの開発・・・・・・・・・・・ 31
3.	光質の違いがリーフレタスの生育・品質に及ぼす影響・・・・・・・・・・ 35
4.	簡易な非接触粗さ測定法の研究 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 38
5.	植物工場用途を中心とした各種光源測定に関する研究・・・・・・・・・・・42
6.	蛍光X線分析法による液体試料中の金属成分の定量分析について ・・・・・・ 45
7.	铸鉄の組織と蛍光X線分析定量値の検討・・・・・・・・・・・・・・・・・・48
8.	各種獣毛断面データの収集・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 51
9.	ドラム式洗濯とパルセーター式洗濯の比較調査 ・・・・・・・・・・・・・ 55
10.	園芸ハサミの仕様変更にともなう耐久性能評価試験・・・・・・・・・・・58
11.	シンプルな3次元ビューワによるレリーフデータ製作の効率化 ・・・・・・・60
12.	未利用低温排熱利用の発電システムの技術開発(第2報)・・・・・・・・・・62

Ⅲ 調査・報告

1.	次世代パワーエレクトロニクス研究会報告・・・・・・・・・・・・・・・・・ 68
2.	高張力鋼板のプレス成形技術に関する調査研究 ・・・・・・・・・・・・ 72
3.	精密微細加工技術に関する調査研究・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 76
4.	エネルギーハーベスティング技術研究会報告 ・・・・・・・・・・・・・・ 79

5.	CFRP 成形技術研究会報告 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 82
6.	炭化綿利用研究会報告・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 85
7.	航空機産業分野における技術調査 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 88
8.	植物工場研究会報告(第3報)・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・92
9.	ナノテク機器利用講習会・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 98

※ 平成 25 年度に実施した研究 126 テーマのうち、研究成果を公表できるものを報告しています。



超ワイドレンジ型ハイブリッドコントローラの開発

五十嵐 晃* 牧野 斉** 小林 豊* 大野 宏** 山崎 栄一* 渡邉 論*** 小川 靖夫*** 橋本 真樹***

Development of Wide-Range Hybrid Controller

IKARASHI Akira^{*}, MAKINO Hitoshi^{**}, KOBAYASHI Yutaka^{*}, OHNO Hiroshi^{**}, YAMAZAKI Eiichi^{*}, WATANABE Satoshi^{***}, OGAWA Yasuo^{***} and HASHIMOTO Masaki^{***}

抄 録

太陽光,風力,小水力などの複数の再生可能エネルギーにより発電した電力をバッテリーに充電し, 外部へ出力するハイブリッドコントローラにおいて,より多くのユーザーニーズに対応できるように, 入力電圧レンジの拡大を研究の目的として開発を進め,0~400Vまでの入力が可能なコントローラを 開発した。また,ハイブリッドコントローラの性能評価用テストベンチを開発し,電力変換効率計測, EMC計測を行った。さらにマイクロ風力発電機によりフィールド試験を行い製品化を目指した。

1. 緒 言

東日本大震災以降,太陽光や風力など再生可 能エネルギーの有効利用が注目されている。エ フテック(株)ではそれ以前から太陽光発電や 風力発電によるエネルギーを電池に充電するハ イブリッドコントローラを開発し自社の主要製 品としている。太陽光発電はその特性から出力 電圧が短時間に大きく変化することは少ないが, 風力発電機は出力電圧が回転数によって変動し てしまうため, 風況によっては出力電圧が短時 間に大きく変動してしまうことがある。これま では風力発電機のメーカーも少なく、発電機の 出力電圧が小さいモデルが多かったため、入力 電圧レンジは 0~80V 程度で十分であった。し かし大震災以降,風力発電機市場に様々なメー カが参入し,発電機の種類が増加したため,出 力電圧が 200~300V など、80V レンジではま

- ** 下越技術支援センター
- *** エフテック株式会社

かなえないケースが増え商機を逃す結果となっていた。

本研究では、従来からのハイブリッドコント ローラをベースに、入力段に電圧変換回路 (DCDC コンバータ)を付加することで入力電 圧 0~400V までのワイドレンジ化を図ること を目的に開発を行った。

研究開発項目を以下に示す。 ①テストベンチの開発 ②ハイブリッドコントローラの開発 ③性能評価1(電力変換効率計測) ④性能評価2(EMC計測) ⑤フィールド試験

2. テストベンチの開発

2.1 開発コンセプト

風力発電機からの出力は風況によって大きな 影響を受けるため、そこからの出力を取り込む ハイブリッドコントローラの性能試験は、風車 の回転数などを制御しながら行うことが必要で ある。そこで、風況などの条件に応じて風車へ

^{*} 研究開発センター

の制動制御なども行うために、インバータによ り回転制御ができる誘導モータと風力発電機 (3.5kW)をプーリーを介してベルトで接続し たテストベンチを考案した。なお、装置を可搬 型にするためモータの出力は 1.5kW の小型の ものを使用した。

2.2 テストベンチの仕様と外観

開発したテストベンチで可能な試験項目,主 な仕様および外観について,それぞれ表 1,図 1 に示す。モータ回転数の制御はインバータ (図 1 左側のボックス)の操作で行うことが可 能である。

3. ハイブリッドコントローラの開発

3.1 開発コンセプト

ハイブリッドコントローラの電圧入力範囲を 400V まで広げることをコンセプトに開発を行 った。構成は従来の入力段にチョッパ(交流を 直流に変換する回路)および DCDC コンバータ (直流電圧の変換回路)を配置する 2 ユニット

表1 主な仕様と試験可能な項目		
	インバータ 3.7kW	
/⊥+¥	モータ 1.5kW	
1上1家	発電機 3.5k₩	
	減速比 6:1	
	回転特性	
試験可能な		
項目	低速試験	
	高速試験	

図1 テストベンチの外観

とし、ユニットごとの単独使用も可能とした。 具体的には、風力発電機の出力電圧範囲が 80V 以内の場合は従来の入力段に直接入力し、それ 以上の電圧の場合はチョッパへ入力する回路構 成とした。

3.2 図面および外観

開発したハイブリッドコントローラは 2 段構 成であり、上段にチョッパおよび DCDC コンバ ータ、下段にハイブリッドコントローラ本体を 配置している。また、表 2 に開発したコントロ ーラの風力発電系の入力仕様を示す。入力電圧 範囲は当初の目標どおりに 400V までの対応を 達成している。開発したハイブリッドコントロ ーラの外観を図 2 に示す。

図中の上段に入力電圧のワイドレンジ化に対

表2 開発したコントローラの仕様(抜粋)

	仕様
入力電圧(V)	0~400V
入力電流(A)	0~20A
最大入力電力(W)	500



図2 完成したハイブリッドコントローラ外観

応したチョッパが設置されているため,風力発 電機の出力電圧が 80V以上の場合は,この端子 に入力する。一方,80V以内の場合は,図中の 下段にある従来の端子に入力する。この端子は ハイブリッドコントローラ本体へ直接入力され るようになっている。これらにより,入力電圧 レンジも幅広く,交流,直流のいずれの電力も 入力できる仕様となっている。

4. 性能評価1(電力変換効率計測)

ハイブリッドコントローラの基本的な性能で ある電力変換効率の計測を行った。ハイブリッ ドコントローラには入力として太陽光パネルと 風力発電機が考えられるが,ここでは電圧の変 動の激しい風力発電機からの入力における電力 変換効率を計測した。ただし,実際のフィール ドにおける計測では定常的な計測ができないた め製作したテストベンチを用いて計測した。

4.1 計測装置および計測方法

開発したハイブリッドコントローラは自身で も電圧・電流センサを備えており、それらのデ ータを液晶表示部に表示できる。その機能を用 いて入力電力および出力電力の計測を行った。 一方、平成 24 年度のものづくり技術連携活性

化事業において導入した精密電力計
 (YOKOGAWA WT1800)を用いた計測も行った。精密電力計の外観を図3に示す。本機には入力として6エレメント(電圧,電流)が装備されているため、風力発電機の出力を3相3



図3 精密電力計 WT1800 の外観

表3 計測および計算項目

エレメント	計測項目	電力の計算	効率の計算
1	電子負荷への出力電力 (P1)	出力電力(Pout)	
2	鉛電池への出力電力 (P2)	= P1+P2	η (%)
3	風力発電機からの電力 U 相 (P3)	入力電力 (Pin)	= Pout/Pin
4	風力発電機からの電力 V 相 (P4)	= P3+P4	\times 100
5	風力発電機からの電力 W相(P5)	(三相平衡と想定)	

線(3 エレメント)で計測し,負荷として電子 負荷(LD1)と鉛電池(BAT)への出力を単相 2線(2 エレメント)で計測した。計測した項 目は表3のとおりである。

4.2 計測結果

4.2.1 ハイブリッドコントローラによる計測 結果

ハイブリッドコントローラの読み値による電 力変換効率の計測結果グラフを図 4 に示す。風 力発電機の回転数がおよそ 80rpm 付近で 85%の 最大効率になっている。なお,グラフには示し ていないが 40rpm 以下では風力発電機からの入 力がほぼ 0 となっており,電力変換効率を計算 できない状態であった。

4.2.2 精密電力計による計測結果

精密電力計により計測を行った。結果を図 5 に示す。グラフから 85rpm で最大効率 77.4%に 達成している。前節と同様,40rpm 以下では風 力発電機が電力を発生しないため効率を計算で きなかった。また,85rpm 以上はコントローラ が動作を中止し測定できなかった。これはハイ



図4 風力発電機の回転数と電力変換効率の関係(ハイブリッドコントローラによる計測)



図5 WT1800による電力変換効率計測結果

ブリッドコントローラから見た場合,精密電力 計が負荷になってしまったことによると考えら れるが,この原因についてはさらに検証が必要 である。

4.2.3 電力変換効率測定のまとめ

開発したハイブリッドコントローラの性能評 価として電力変換効率の計測を行った。結果と しては、ハイブリッドコントローラ自身での計 測と精密電力計を用いた外部からの計測のいず れにおいても,発電機の回転数に応じて変換効 率が変化することを確認した。具体的には 80rpm 付近でもっとも高い効率を得られた。そ のため、風力発電機を設置する場所の風況に応 じて,その程度の回転数となるように減速機な どを選定することで対応可能と考えられる。ま た,ハイブリッドコントローラ自身と精密電力 計での電力変換効率結果に差異が生じた。その 原因のひとつとして,精密電力計自身が負荷と なってしまっていることが可能性として考えら れるが、いずれにしても両者の整合性をとるた めにはさらなる検証が必要である。その検証が できれば精密電力計を使用することなくハイブ リッドレコーダ単体で電力変換効率の計測が可 能となる。

5. 性能評価 2 (EMC 計測)

5.1 試験項目

一般に EMC 性能評価試験は EMI 試験と EMS 試験で構成される。本研究では開発品の電磁妨 害特性を評価することを目的とするため EMI 試 験として,伝導妨害波および放射電界強度測定 のみを実施した。なお,試験規格として本開発 品が直接該当するものはないが,相当規格とし て CISPR 11 Ed.5.1 Group 1 Class A を採用した。

5.2 測定系

開発品の概要を表 4 に示す。また,測定系の 構成を図 6 に示す。さらに,周辺機器リストを 表 5 に示した。A~E は図 6 中の A~E の各機器 に対応している。なお,実使用時には C と D の 電子負荷を同時に接続可能であるが,D からの ノイズの影響が避けられないため,今回の試験 では C のみに接続して試験を行った。

表4 開発品の概要

名称,種 類	ハイブリッドコントローラ
型名	F0478-12
電源入力 定格	電圧: AC 三相(300Vmax), DC(400Vmax) 消費電力:(約1W)
EUT の 製造段階	試作品 Prototype
使用最高 周波数	20MHz(MPU クロック周波数)
EUT の 仕様	 ・発電機入力電圧範囲: AC300V/DC400V ・発電機入力電流範囲:0~20ADC ・発電機最大入力電力:300W ・太陽電池入力電圧範囲:0~60V ・太陽電池入力電流範囲:0~20A ・LOAD1 最大出力電流:20A ・LOAD2 最大出力電流:10A ・LOAD3 最大出力電流:10A



	表	5	周辺機器リ	ス	ト
--	---	---	-------	---	---

	装置名	型名
Α	CVCF 4kVA	ES2000S
В	CVCF 6kVA	ES6000W
С	電子負荷	F0374/400
D 使用せず		
Е	鉛シールバッテリー	CF12V70DC

5.3 試験施設

試験を行った電波暗室の概要を表6に示す。 また,内部の様子を図7に示す。

表6 雷波暗室(登録)の概要

X •	
設備登録	・VCCI協会登録、・FCC登録
測定距離	3m
電波暗室内 有効寸法	長さ9.4 m × 幅6.3 m × 高さ 5.8 m
ターンテー ブル	直径 1.5 m, 耐荷重 500 kg
アンテナ 昇降範囲	1 m ~ 4 m
対応周波数	18 GHz 以下



図7 電波暗室の内部

5.4 試験結果

5.4.1 伝導妨害波測定

- ①風車を想定した入力ライン(WD IN)が動作している場合で CISPR11の限度値を超過することがわかった。コントローラのスイッチング周波数に起因すると思われる高調波が全帯域(0.15~30MHz)で発生している(図 8-①)。国内のAM ラジオ(0.5265~1.6065MHz)受信機に影響を及ぼす可能性があるが、ラインフィルタを適用することで0.5~30 MHzの高調波が改善されることを確認した(図 8-②)。適切なラインフィルタを選択することで全帯域の高調波を低減できるものと思われる。また同周波数帯でフェライトコアは高調波の低減に効果がなかった。
- ②太陽電池を想定した入力ライン(PV IN)が 動作している場合はコントローラが発生する 伝導妨害波は観測されなかった。



図8 伝導妨害波結果①(上)、②(下)

周波数(MHz)

③バッテリを想定したライン(BAT)および負荷を想定したライン(LOAD1)についても前項同様に伝導妨害波は観測されなかった。

5.4.2 放射電界測定

- ①風車を想定した入力ライン(WD IN)が動作 している場合で CISPR11 の限度値を超過する ことがわかった。コントローラのスイッチン グ周波数に起因すると思われる高調波が 30~ 50MHz 及び 70~80MHz の帯域で発生してい る (図 9-①)。30~50 MHz 帯で発生してい る放射電界はコントローラから直接放射して おり、コントローラを適切な筐体に収納する ことで放射低減が期待できる。70~80 MHz 帯で発生している放射電界はコントローラの 入出力線から放射している。国内の FM ラジ オ (76~90MHz) 受信機に影響を及ぼす可能 性があるが、入出力線にフェライトインダク タを配置することで放射低減を確認した(図 9-②)。また、70~80MHz 帯についてはコン トローラを設置する際に入出力線などの短距 離配線を考慮することでも、放射低減が期待 できる(図 9-③)。
- ②太陽電池を想定した入力ライン(PV IN)が 動作している場合ではコントローラが発生す る放射電界は観測されなかった。

6. フィールド試験

完成した開発品を用いて実際のフィールドに おいて計測試験を行った。

6.1 設置場所

エフテック(株)に以前から設置してあるマ イクロ風力発電機(A-WING風車: 500W/24V 300W/12V)に接続した。風力発電機の外観を 図 10に示す。設置期間は4日間とした。

6.2 計測結果

計測した 4 日間のうち, もっとも出力の取れ た瞬間前後 1 分間の計測結果のグラフを図 11 に示す。最高出力 231.7W を記録していること



③ (下)



図 10 マイクロ風力発電機の外観

がわかる。また、それを含めた 1 時間の計測デ ータを図 12 に示す。発電電力の時間積分が発 電電力量となるが、風力発電の場合、一定出力 の状態が継続することがないため、発電は離散 的であり、電力量としては稼げないことがよく わかる。これが市街地の風況における風力発電 の実態と考えられる。

7. 結 言

- (1) 風力や水力発電の疑似発電機となるインバータ制御のモータを装備したハイブリッドコントローラ用テストベンチを開発した。
- (2) 超ワイドレンジ型ハイブリッドコントロー
 ラを開発し、入力電圧範囲で 0~400V を実
 現した。入力段にチョッパを追加し、直流、

交流を問わない極性フリー化も実現した。 さらに追加したチョッパも含め筐体を一体 化した。

(3) ハイブリッドコントローラの性能として、 電力変換効率および EMC 特性の評価を行った。電力変換効率は発電機の回転数 80rpm 付近で最大 85%を確認した。EMC 特 性は、放射電界強度と伝導妨害波を計測した。

いずれも限度値を越えるノイズを確認した が,対策を取ることで大幅な低減を確認で きた。

(4) 社屋軒先に設置したマイクロ風車からの電力を4日間計測した結果,最大231.7Wの入力を確認した。



図 11 フィールド計測結果(1 分間)



図 12 フィールド計測結果(1 時間)

CFRP 用高性能ドリルの開発

須藤 貴裕* 相田 収平* 渡邉 英人**

Development of High-performance drill for CFRP

SUTOH Takahiro*, AIDA Shuhei* and WATANABE Hidehito**

抄 録

CFRP用の高性能なドリルを開発することを目的とし、ドリルに施すコーティングや形状の検討・ 試作および試作したドリルを用いて加工試験を実施した。その結果、コーティングの違いにより工具 の摩耗状態に大きな差異があることがわかった。また、ドリルの先端角を段階的に変化させ、ドリル 外周面付近の先端角を小さくすることで被削材の剥離を抑制できることを明らかにした。加えて、市 販の他社製ドリルと比較し、同等以上の性能を有することを確認した。

1. 緒 言

ボーイング787などに代表される最新型の航 空機では、炭素繊維複合材(CFRP)などの複 合材の使用割合が増加している。ボーイング 787においては、主翼のほか、胴体など大半の 部分がCFRPなどの複合材となっており、機体 重量の約50%を占める。CFRPの使用割合の増 加に伴い、CFRPを切削加工する量も増加して いる。CFRPの切削加工はおもにドリル加工と トリミング加工であるが、どちらの加工におい ても被削材の剥離(デラミネーション)や工具 の著しい摩耗が課題であり、それらを解決する 工具の開発が求められている。

本研究では、工具摩耗や被削材のデラミネー ションを抑制した高性能なCFRP用ドリルを開 発することを目的とし、ドリルに施すコーティ ングや形状の検討および試作したドリルを用い て加工試験を実施した。加えて市販の他社製ド リルとの性能比較も行った。

- * 研究開発センター
- ** ユニオンツール株式会社

ドリルの検討・試作

2.1 コーティングおよび形状の検討

まず,CFRPのドリル加工に適したコーティ ングを検討した。CFRP加工においては著しい 摩耗が生じるため,加工用ドリルはダイヤモン ドコーティングされることが一般的である。本 研究でも熱CVD法によるダイヤモンドコーテ ィングを対象に,硬さ,靭性,潤滑性を変えた 3種類のコーティングを施したドリルを試作し た。それらの特徴を表1に示す。Nコートは耐 摩耗性を重視し,硬さを大きくした仕様とした。 それに対し,Bコートは耐欠損性を重視し,靱 性を大きくした仕様とした。Aコートは耐摩耗 性および耐欠損性のバランスを重視し,硬さお よび靱性とも中程度の仕様とした。

つぎに、ドリルの形状について検討した。こ

表1 試作したコーティングの特徴

	硬さ	靭性	潤滑性
Nコート	大	小	低
Aコート	中	中	中
Bコート	小	大	盲

れはドリルの先端角と被削材のデラミネーショ ンには密接な関係があるためである。図1にド リル先端角と切削抵抗分力の関係を示す。先端 角が大きい場合、切削抵抗Fのスラスト方向分 力Fzが増加し、回転方向分力Frが低下する。一 方,先端角が小さい場合,スラスト方向分力 Fzが低下し、回転方向分力Frが増加する。デラ ミネーションの発生はスラスト方向分力の大き さが支配的であり、CFRPのドリル加工でデラ ミネーションを抑制するためには、先端角を小 さくすることが望ましい。ところが、ドリルの 先端角を小さくした場合には加工開始から終了 までのストロークが長くなるという問題がある。 図2にドリル先端角の違いによる加工ストロー クの比較を示す。先端角を小さくした場合には, 加工に要するストロークが長くなり、加工能率 の低下を生じる。このことから, 試作したドリ ルでは先端角を段階的に変え,加工能率を確保



図1 ドリル先端角と切削抵抗分力



図2 ドリル先端角と加エストローク



図3 試作したドリルの外観

するとともに、デラミネーションの発生を抑制 する効果を狙った。試作したドリルの外観を図 3に示す。ドリルの直径は3.3mm, 刃数は2枚で ある。

2.2 コーティングの性能比較

試験対象としたダイヤモンドコーティングを 施したドリルを用いて、コーティングの性能評 価を実施した。評価に用いた加工機を表2に示 す。また、加工条件を表3に示す。コーティン グの性能評価は100穴加工後の工具の摩耗状態 により判断した。

図4に3種類のコーティングを施したドリル でそれぞれ100穴加工した後にドリルを電子顕 微鏡観察した写真を示す。図から明らかなよう

表2 試験に使用した加工機

加工機	東芝機械製ASV40		
主軸	空気静圧軸受主軸		
主軸回転速度	$3,000 \sim 30,000 \text{min}^{-1}$		
	BIG大昭和製		
ホルダ	MEGA13N		
	コレットNBC13-4AA		

表3 加工条件

工具突出量	30mm
主軸回転速度	$12,000 min^{-1}$
送り	0.022mm/rev
切削油	ドライ (エアブロー)
被削材	CFRP t5mm

にコーティングの違いにより,工具の摩耗状態 に大きな差異があることがわかる。Nコートで は,外周に近い切れ刃部で摩耗が著しいほか, 先端部でもコーティングの剥離が認められる。 Nコートは硬さが大きいものの,靭性が小さく, 加工による衝撃に耐えられなかったものと考え



(a) Nコートドリル



(b) Aコートドリル



(c) Bコートドリル図 4 100 穴加工後のドリル刃先

られる。Bコートについては、先端部の剥離は ないものの、外周に近い切れ刃部ではNコート と同様に著しい摩耗が生じている。これは、硬 さが小さいことによるものと考えられる。それ に対し、硬さおよび靭性が中程度のAコートで は100穴加工後も良好な状態が保たれている。 このことから、CFRP加工用ドリルのダイヤモ ンドコーティングでは硬さと靭性のバランスが とれた性質が適していると考えられる。

3. 他社製ドリルとの比較

3.1 切削抵抗測定

コーティングの性能比較において良好な結果 を示した A コートドリルと市販の他社製ドリ ルの切削抵抗のスラスト方向分力を測定した。 比較に用いた他社製ドリルを表4に示す。また, スラスト方向分力の測定に用いた装置構成を図 5 に示す。スラスト方向分力の測定には水晶圧 電型工具動力計(Kistler 9257B)を用いた。ド リル加工による力を受けて工具動力計で計測さ

表4 比較した他社製ドリル

メーカー名	N社
工具径	3.3mm
刃数	2枚
先端角	90度
ねじれ角	35度
コーティング	ダイヤモンドコーティング



図5 切削抵抗の測定に用いた装置構成

れたスラスト方向分力はチャージアンプ (Kistler 5019A) を介して電圧信号として PC ベース解析装置(Yokogawa WE7000)に取り 込まれる。また,スラスト方向分力と併せて, 加工により発生する回転方向分力を測定するた め, 主軸モーターの動力も測定した。加工条件 は表3に示したとおりである。図6にそれぞれ のドリルを用いて測定したスラスト方向分力を 示す。横軸は加工開始からの時間,縦軸はスラ スト方向分力を表す。スラスト方向分力の最大 値は他社製ドリルの方が A コートドリルより も若干低めの値を示した。しかし、他社製ドリ ルでは、ドリル先端が被削材の下面に到達する 1 秒付近から直線的にスラスト方向分力が小さ くなるのに対し、A コートドリルでは、ドリル 先端が被削材の下面に到達する1秒付近を境に して急激にスラスト方向分力が小さくなる。こ れは, A コートドリルが先端角を段階的に変化 させた形状となっているため、先端角が大きな





ドリル先端が被削材の下面を通過した後はドリ ル外周面付近の先端角の小さな部分でのみ切削 しており,前述したドリル先端角と切削抵抗分 カの関係に従ってスラスト方向分力が小さくな ったものと考えられる。デラミネーションの発 生要因としてはスラスト方向分力の大きさが支 配的であると考えられることから,Aコートド リルの方がデラミネーション抑制に対して良好 な結果が期待できる。なお,同時に測定した主 軸モーターの動力については明確な違いは確認 できなかった。これは,発生する回転方向分力 に対して,モーターを介しての間接的な測定で あったため,正確な測定結果が得られなかった と考える。

3.2 加工試験と被削材の観察

Aコートドリルと他社製ドリルを用いて加工 試験と被削材の観察を行った。加工条件は表 3 に示したとおりである。まず,図7に500穴加 工後のドリルの電子顕微鏡写真を示す。両工具 とも逃げ面に均一な摩耗は見受けられるものの, 工具寿命には至っておらず,摩耗の程度も同程 度である。このことから,コーティングの性能 については,市販の他社製ドリルと明確な差異 はないものと考えられる。

っぎに、加工した CFRP の状態(表面:ドリ ル入口側)の写真を図8に示す。Aコートドリ ルおよび他社製ドリルとも目立ったデラミネー ションや切り残しなどは見受けられず、良好な 加工が行われている。図9には加工した CFRP の状態(裏面:ドリル出口側)の写真を示す。 Aコートドリルおよび他社製ドリルとも若干の 切り残しが見受けられる。また、他社製ドリル においては、加工初期から若干のデラミネーシ ョンが見受けられる。これは、先ほどのスラス ト方向分力の影響と考えられる。この点から、 デラミネーションの抑制という点では、先端角 を段階的に変化させ、ドリル外周付近の先端角 を小さくした Aコートドリルの方が優れてい ると考えられる。



(a) Aコートドリル



(b) 他社製ドリル 図 7 500 穴加工後のドリル刃先



図8 加工した被削材の表面(表側)

4. 結 言

CFRP 用の高性能なドリルを開発することを 目的とし、コーティングおよび形状の検討と加 工試験を実施し、以下の結論を得た。

- (1) 3 種類のコーティングを検討・試作し, 比較試験を実施した結果,コーティング の違いにより,工具の摩耗状態に大きな 違いがある。また,CFRP用ドリルのダ イヤモンドコーティングでは,硬さまた は靭性に特化した性質よりも硬さと靭性 のバランスがとれた性質が適している。
- (2)市販の他社製ドリルとの性能比較試験を 実施した結果,加工数 500 穴では工具摩 耗において明確な差異は見受けられず, 工具摩耗は同等であった。このことから, コーティングの性能については他社製ド リルと明確な差異はないと考えられる。 しかし,被削材の剥離については,他社 製ドリルに対して良好な結果が得られた。 これは,ドリル先端角を段階的に変化さ せ,ドリル外周面での先端角を小さくし たことによる効果と考えられる。



図9 加工した被削材の状態(裏面)

マランゴニ流を利用した新しい簡易分離分析手法の開発

岡田 英樹* 永井 直人*

On-Plate Chromatographic Spectroscopy Using Marangoni Convection

OKADA Hideki* and NAGAI Naoto*

抄 録

工業製品におけるトラブルや食品の混入異物の分析のスクリーニングレベルの向上を目指し、マラ ンゴニ流でサンプル溶液を駆動して、分離をアシストする新しい簡易分離技術を開発した。イメージ ングシステム、ケモメトリックスを活用することによって、分離が難しい成分を分けることができた。 また、溶液を展開する基板材料は高価な金ミラーを使用しているが、代替として県内企業の技術で ある電解複合研磨によって鏡面化したアルミニウムやステンレス鋼の利用が可能であることが分かっ た。ただし、金ミラーに比べて取り扱いに注意が必要であった。

1. 緒 言

県内企業からの依頼試験において複雑な混合 物の組成や混入異物の問い合わせは非常に多い。 これらは一見地味であるが、ものづくり企業を 支え、食品の安全・安心などの面で国民生活の 基盤整備の観点から極めて重要である。その中 で、分離分析の果たす役割は大きく、GC や LC など分析感度も高い。しかし、分離分析で は前処理で夾雑物を取り除き、混入物の推測が できているものが分析試料としては適しており、 素性が分からないサンプルの場合、分析が困難 となってくる。このようなサンプルに対しては、 赤外分光分析などで当たりをつける必要がある が、ベテランの分析者でもせいぜい 2、3 種の 成分の存在を判定できる程度で、0.1~1%くら いの混入成分を同定することは難しい。

顕微赤外分光法は感度が高く,スポットにピ コグラム (pg)あれば十分物質の同定が可能な シグナルが得られる。分離・濃縮展開すること ができれば,分光分析を使ってこのような素性 が分からないサンプルのスクリーニングレベル を向上させることができる。

近年, ナノテクノロジーを使って基板上に流

* 下越技術支援センター

路を作成して分離・分析することも試みられ, この分野は大きな進展を見ている。しかしなが ら,基板の作成には大きなコストがかかり,医 療分野などハイエンド向けが大部分である。一 方,工業製品のトラブルや食品混入成分分析に は,あまりコストをかけることはできないが, 継続的に強いニーズが存在している。低コスト で分離・濃縮する手法があれば,このようなニ ーズにも対応することができる。

これまで我々は中小企業や食品メーカが直面 しているトラブル・クレーム・混入異物を効率 的に分析して安価に情報を提供するための簡易 分離分析法を開発してきた^{1,2)}。この評価が多 くの分析機関で行われ,効率的に工業製品分 析・食品異物分析が可能となることが目標であ る。併せて県内企業の保有する電解複合研磨技 術の新しい応用利用分野を拡大することも目指 す。主要な開発課題としては,(1)分離技術 の省力化(イメージングシステムによる赤外分 光分析・ラマン分光分析),(2)数学的(多 変量解析等)および物理的処理による分離性能 向上,(3)電解複合研磨を利用した低コスト 化,以上の3点について検討した。電解複合研 磨の低残渣化,酸化被膜層の極薄化については 新潟県内企業の(株)中野科学と連携して行った。

2. 実験および考察

2.1 実験内容

本簡易分離手法の概略図を図1に示す。シリ コンウェハー (Si) や金蒸着基板 (Au) など の基板上にカバーガラスを斜めに配置し, Line-a からサンプル溶液を導入する。流れと気 化の様子を図2に示す。流れを可視化するため、 粒子を分散させたものを溶液としている。カバ ーガラスと基板の間の隙間に溶液が導入される と毛管現象によって固定されギャップから漏れ ない。各 Line から溶液の溶媒が気化を始め (特に Line- β , δ 上の γ に近い位置から), 導 入された溶液に濃度差や温度差が発生し、マラ ンゴニ流が発生する。発生したマランゴニ流に よって、渦が形成され粒子濃度に差が出始める。 気化によって溶液が減少し, Line-α は徐々に Line-y のほうへ移動していく。その過程で Line- β , δ 上に溶質が吸着される。最終的に完 全に溶媒が気化して,カバーガラスを外すと図 3に示したような Line-α 以外のカバーガラスの 周囲に沿った"しみ"が形成される。この"しみ" を分析すると試料の構成物が分離されているこ とを見出し,この手法の原理の解明,適用など を検討してきた^{1,2)}。

本研究では、先にあげたような本手法の開発 課題に対して、検討を行った。具体的には、赤 外分光分析(FT-IR)やラマン分光分析のイメ ージングシステムを利用し、測定を自動化して 省力化を図る。しかし、このように取得したデ ータは非常に膨大になり、一つ一つのデータを チェックするには測定以上に時間を要する。そ こで、統計的な処理(ケモメトリックス)を活 用し、混合スペクトルの分離など有効なデータ を抽出する方法について検討した。

FT-IR では透過・反射, ラマンでは散乱とい った測定モードとなり, それに合わせた基板の 使用が必要となる。したがって, FT-IR とラマ



図1 システムの構成概略図¹⁾



図2 流れと気化の様子



図3 溶媒の気化後に形成される"しみ"

ンの両方でデータを取得する場合は、反射用の 基板を使用することになる。現状、反射で使用 している基板は Au を使用しているが、非常に 高価なため、本手法では使い捨てを前提にして いることからほかの基板が利用できないか、検 討することとした。新潟県内には、金属表面処 理を得意とする(株)中野科学があり、連携し て Au に替わる材料について検討した。金属材 料としては、安価で手に入りやすい純アルミニ ウム (A1050) とステンレス鋼 (SUS304)を 対象とした。表面処理は,ナノレベルで平滑な 表面を出せる電解複合研磨処理とした。

2.2 実験結果と考察

2.2.1 分離技術の省力化と数学的手法

分離技術の省力化と分離能の向上のため、こ れまで分離が難しいとされていた糖の混合物を 用いて検討を行った。糖としてスクロースとラ クトースを使用し、それぞれ 10mg/100mL とな るように調整した。溶媒は水:エタノールを 2:8 で混合したものを使用した。基板は Si を用い た。Line-β上の線分析を行い、ケモメトリック スにて分離の検討を行った。線分析は長さ 10mm を 0.1mm ピッチで測定をした(およそ 100 点の赤外スペクトル、Line-γ との交点を 0mm とした)。

各点の代表的な赤外スペクトルを図4に示す。 一見するとまったく同じ赤外スペクトルが並ん でいる。このデータをケモメトリックスで主成 分分析 (PCA) した結果とスクロース, ラクト ースの同領域の赤外スペクトルを図5に示す。 PCA を行う前にベースライン補正, データの 規格化を前処理として行っている。また, 解析 領域を 1188~960cm⁻¹ とした。ローディング PC-1 は Y 軸が反転しているもののスクロース のスペクトルとピーク位置がほぼ一致しており, ラクトースについては一致度は低いもののロー ディング PC-3 と一致している。全波数領域で の解析や成分数が増えた場合など検討すべき課 題はあるが, 分離の難しい成分をケモメトリッ クスによって分離できる可能性を示せた。

2.2.2 電解複合研磨を利用した低コスト化

Auの代替材料として A1050, SUS304の電解 複合研磨品を検討した。Au をバックグラウン ドにしたときの電解複合研磨した A1050 と SUS304 の赤外反射スペクトルを図 6 に示す。 どちらの材料も汚染のようなシグナルはほとん ど確認することができず,また酸化被膜に由来 するようなシグナルも確認できなかった。また,











A1050 の反射率(2000cm⁻¹)は 99%程度, SUS304 の反射率は 91%程度であり, A1050 の ほうが Au に近いことが分かった。しかし, A1050 は非常に柔らかく,カバーガラスとわず かに擦れるだけで傷がついてしまうので,取り 扱いに注意が必要であった。SUS304 に関して は,Auと同等の取り扱いが可能であった。

10mg/100mL のグリセリン溶液, クエン酸溶 液,シュウ酸ナトリウム溶液,ドデシルベンゼ ンスルホン酸ナトリウム溶液を作成した。溶媒 は水:エタノールを 2:8 で混合したものを使用 した。基板に Au, A1050, SUS304 を用いてこ の溶液を展開したところ,どの組み合わせにお いても同じような"しみ"を作ることができた。 A1050 とグリセリン溶液の場合,溶媒の揮発が 非常に遅く,わずかな溶質の違いによって基板 との相互作用が変わり揮発速度が変わることが 分かった。この相互作用は分離性能に大きく影 響してくるものと考えられる。

作成した"しみ"を FT-IR にて分析すると, SUS304 とクエン酸の組み合わせでは基板と溶 質で反応が起こってしまい,クエン酸がクエン 酸塩となっていることが確認された。"しみ"の Line-β の上流側では,クエン酸が多いが, Line-γ ではクエン酸塩が多くなっていた(図 7)。A1050 ではこういった現象は見られなか った。サンプル溶液によって基板の材質を選ぶ 場合がある。その他の成分については同等の結



図7 各基板上のクエン酸のスペクトル

果が得られた。

コスト的には、今のところ Au が 2960 円/枚、 A1050 が 1860 円/枚、SUS304 が 1615 円/枚とな り、低コスト化は十分可能であった。混合溶液 についても検討したが、分離性能は同等であっ た。

3. 結 言

- (1) 波数領域や成分数など検討すべき課題はあるもののイメージングシステム,ケモメトリックスを活用することによって,分離が難しい成分を分けることができた。
- (2) Auの代替として県内企業の技術である電解 複合研磨によって鏡面化した A1050 や SUS304の利用が可能であることが分かった。 ただし、Auに比べて取扱いに注意が必要で あった。また、溶質や基板によって相互作 用が変わり、流れや気化の状態が変わるこ とが分かった。分離性能に影響するものと 考えられる。

なお、本研究は(独)科学技術振興機構の平 成 25 年度研究成果最適展開支援プログラム A-STEP「マランゴニ流を利用した新しい簡易分 離分析手法の開発」の一環で実施したものであ る。

参考文献

- 永井直人,笠原勝次,佐藤健,"食品産業支援の化学チップ開発",新潟県工業技術総合研究所工業技術研究報告書, no.37, 2009, pp.3-8.
- 永井直人,笠原勝次,平石誠,"食品産業支援の化学チップ開発",新潟県工業技術総合研究所工業技術研究報告書, no.38, 2010, pp.67-72.

質感の測定技術・表現技術の研究(第2報)

阿部 淑人* 中部 昇**

Development of Texture Analysis and Synthesis Method for Product Appearance Engineering, Part 2

ABE Yoshito* and NAKABE Noboru **

抄 録

質感の高い製品を生産するにあたっての企画から設計・製造の流れを改善するための取り組みとし てデジタルプロトタイピング技術の開発に取り組んだ。コンピュータグラフィクスによって正確に外 観上の質感を表現するための技術課題として形状のモデリングや質感のサンプリング,背景画像の取 得など5つを検証しおおむね所期の目的を満たすことができた。

1. 緒 言

従来から品質項目として意識されてきた精度 や強度,信頼性,機能性などは付加価値の源泉 であるが近年はそれらに併せて可愛い(Cawaii), 格好良い,有名ブランド,使い勝手,質感など の特性も付加価値を高める要素として認識され てきている。大半の工程が手作りによる伝統的 工芸品にかぎらず大量生産される工業製品でも, 質感が品質上重要な位置を占める製品は多い。

しかしながらその企画・設計から製作におい て、実体以外で質感をうまく表現し理解する手 法が確立していないために工程間で誤解が生じ たり、多くの試作を行うために多大な時間と費 用を要するというなどの課題があった。

機構部品・製品の設計・製造において3次元 形状の寸法や強度などの共通尺度や表現方法が 必要なように,質感部品・製品の設計・製造に おいては質感の共通尺度や表現方法が必要であ る。従来は客観的な共通尺度や標準的な表現方 法がないままにそれぞれの主観に頼っていたと 考えられる。その解決のため質感尺度の測定技 術,表現技術,シミュレーション技術,デジタ ルプロトタイピング技術の開発を目指した。

本研究所でこれまでに導入した設備【多角度

- * 下越技術支援センター
- ** 研究開発センター

分光測色計とリアルタイムレンダリングシステム¹⁾(高速で写実的なコンピュータ・グラフィ ックス(CG)システム)】により,質感測定と 質感表示について一部実現のめどが立っていた が,まだ実現しなければならない課題が多いた め2か年計画で研究開発を行った²⁾。

2. 研究内容

本研究ではまず,実物の質感測定と仮想的な 試作品の表示(CG によるデジタルプロトタイ プ)のための技術の確立を目指した。

- CAD データのない手工芸品の形状データ を迅速にモデリングしパーツ化する技術の 開発
- (2) さまざまな表面修飾材料や製品パーツの質 感データを迅速にサンプリングしテクスチ ャマップ化する技術の開発
- (3) デジタルプロトタイプの臨場感を高めるために背景画像を安価に取得する技術の開発
- (4) (1)~(3)のデータを用いて高品位なデジタ ルプロトタイプを表示する技術の開発
- (5) 表面修飾や部品製造の工程における質感品 質の測定と制御を実現する技術の開発
- おもに(1)~(3)を1年目の課題として実施し,
- (4) ~(5)を2年目の課題として実施した。

2.1 形状データのモデリング

大量生産する工業製品の設計製造では3次元 CAD が普及しているために形状データが設計 段階で用意されることが多いが、伝統的工芸品 の製作では実体やイメージスケッチなどがある だけで数値データが存在しないことが多い。そ こで形状データのモデリング手法について3種 類を比較検討する。

まず第1は実体の3面写真図をもとにした3 次元モデリングツールによる方法,第2にはレ ーザースキャナによる方法,そして第3にはス カルプトソフトウェアによる方法である。

2.2 質感データのサンプリング

実体を使わないで外観のデザインレビューを 的確に行うためにはリアリティの高い CG が不 可欠であり,形状データと併せて質感データ(テ クスチャマップ)がないと写実的 CG は生成で きない。そこで本研究では実体のテストピース を撮像した画像をもとにカラーマップ(拡散反 射画像),グロスマップ(鏡面反射画像),ノー マルマップ(法線方向画像)の3テクスチャマ ップを自動生成するシステムを開発することと した。テストピースを撮像し分析することによ って特徴量を抽出しその特徴量をもとに質感デ ータを合成するもので,撮像サブシステムと分 析サブシステム,合成サブシステムが必要であ る。

2.3 背景画像の取得

外観のデザインレビューのために臨場感を高 めるには写実性の高い製品 CG が実背景に溶け 込んでいる必要がある。大規模な映像プロダク ションでは数百万円~数千万円程度のパノラマ カメラ例えば PanoScan®や SceneCam®, iStar® などを用いて周囲の背景画像を取得しているが 今回はより安価で簡便な方法を模索することと し,デジタルカメラ NEX-5N とパノラマ雲台 Panoland による方法と,3 眼式パノラマカメラ GiroCam による方法,2 眼式パノラマカメラ Ricoh Theta による方法を比較検討した。

2.4 高品位な CG の高臨場感表示

形状モデルデータと適切な質感データ(テク スチャマップ)があれば写実性の高い製品 CG が生成できる³⁾。これを実背景に溶け込むよう にする方法と臨場感高く表示する方法について 検討を行なった。レンダリング(CG 生成)に ついては操作性と生成能力の高さを指標として CG ソフトウェアの nStyler, Maxwell Render, KeyShot を比較検討する。また,高臨場感表示 のため通常の液晶ディスプレイ(LCD)などに よる表示に加えて,ヘッドマウントディスプレ イ(HMD) 式と,3D プリンタで出力した単色 素体へのプロジェクションマッピング(PM)式 を検証する。

2.5 製造工程での品質制御

企画・設計での質感シミュレーション技術の 活用にとどまらず製造工程でも安定した質感の 品質制御ができないと不十分である。そのため には制御可能パラメータ(原因項目)と質感の 測定結果の関係を明らかにし,その関係性から 導き出した制御方式を適用する必要がある。

本研究においては、本格的に生産工程での適 用までは先々の検討課題として複数条件で製作 したテストピース類を多角度分光測色計などで 測定することによって原因と結果の関係を把握 するまでを目指す。

3. 研究・検証の成果

3.1 形状モデリング手法の比較検討結果

3 次元モデリングツールとしては,造形分野 で普及している Rhinoceros®を用いて実証を行 った。手順としては実体の3面写真の撮影を行 い,それをツール上の最下位レイヤーに貼付し, 外形を直線や円弧あるいは NURBS 曲線や Bezier 曲線などでトレースした後に立体化する ということを,パーツごとに繰り返して全体を モデリングした。幾何学的な形状や単純な形状 であれば比較的簡単にすみ,パーツごとの分解 も容易であるというメリットがある。また,実 体がなくとも形状イメージが確定していればモ デリングが可能である。図1にビアカップとテ ィーポット,お猪口のモデリング結果の画像を 示す。

3 次元スキャナとしては非接触式のレーザー スキャナや接触式の CNC 測定器あるいはハイ ブリッド式など多様にあるが,本用途では寸法 精度的にそれほど要求が高くないことから簡便 で安価なことを優先して簡易式のレーザースキ ャナ NextEngine® HD Pro を用いて実証を行っ た。NextEngine は投光部と受光部の入った小型 ボックス 3D Scanner HD Proと,回転ステージ MultiDrive, 点群データ編集ソフト ScanStudio HD Pro からなるレーザースキャニングシステ ムである。PC にソフトウェアをインストールし て USB インターフェースで接続し起動すると 自動でステージを回転させながら順次点群デー タを取り込み断片的な点群データを合成して形 状データを生成する。急須程度の小型物であれ ばオートスキャンが可能であるため手軽に形状 モデリングができるというメリットがあるが, 一体構造で表面修飾が複数個となるような製品 の場合にはパーツに分解する編集操作が別途必 要である。また、金属光沢を有するような材料 あるいはガラスのような透明な材料などについ ては取得が困難であるという弱点がある。光沢 材料などの場合には表面に制汗スプレイ(例え ばAG⁺など)などの白色微粉末を噴霧するとス キャン性が向上する。図2と図3にNextEngine によるモデリング途中の様子とモデリング結果 を示す。

スカルプトツールとはコンピュータのタッチ パネルディスプレイなどを用いて仮想的に粘土 細工のように形状を造形する CG ツールで自然 物などの形状モデリングに適している。普及版 のツールとして ZBrush®を用いて検証を行った。 これはスカルプト単体のツールでなく通常の 3 次元モデリングやレンダリングもできる統合 3 次元 CG ツールである。金工や彫刻などの工芸 品の造形に通じるところがあるため新商品の企 画・設計時のモデリングに適していると考えら れる。図4に片口のモデリング結果例を示す。

前述のとおり3種類のモデリング手法につい て比較検討を行ったがそれぞれ一長一短があり 用途によって使い分けることが現実的であるこ とがわかった。単純な幾何学的形状の組合せで 造形できる製品の場合には CAD などの3次元 モデリングツールを用いるのが適している。表 面修飾が複数に分かれることなく単一のテクス チャで表現できる物体であって複雑形状(ただ しできるだけ凹部のない形状)についてはレー ザースキャナを用いるのが適している。また, 企画・設計時に試行錯誤的に造形を行うにはス カルプトツールを用いるのが適している。



図1 Rhinoceros によるモデリング結果



図 2 NextEngine によるモデリング



図3 NextEngine による急須のモデリング結果



図4 ZBrush による片口のモデリング結果

3.2 テクスチャマップの分析合成システム

テクスチャマップを合成するにはテストピー スに表現された模様や凹凸などを正確に分析し 合成のために必要な情報を抽出する必要がある。 抽出されたパラメータをもとに所定のアルゴリ ズムによって拡散色,鏡面反射色,凹凸の各テ クスチャマップを合成する。分析のための撮像 サブシステムの設計を昨年度いったん完了した が,分析が想定以上に困難なことが判明し現在 は再設計中である。合成サブシステムについて は鎚起銅器の無数のパターンを生成できるソフ トウェアと木目金と呼ばれる断層模様を発生で きるソフトウェア,竹塗りや磯草塗,青貝塗な ど 40 種類以上の漆塗りの無数のバリエーショ ンを生成できるソフトウェアを実装した。

鎚起銅器のテクスチャマップは鎚を打つこと をモデル化し2次元の非等方的ガウス波形を連 続的に平板上に叩きこむことを模擬して作成し た。非等方的ガウス波形は

$$D(x, y) = A \exp(-\frac{p^2}{2\sigma_x^2} - \frac{q^2}{2\sigma_y^2})$$
$$\begin{bmatrix} p \\ q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos(\theta) & -\sin(\theta) \\ \sin(\theta) & \cos(\theta) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x - u \\ y - v \end{bmatrix}$$

で表され, A は振幅, (u,v)は中心位置, σ²は各 分散, θ は軸の回転角である。これらのパラメ ータを適切に搖動しながら凹凸(高低)を濃淡 で表現した画像を作成する。図5には非等方的 ガウス波形(上下逆)の例を示す。この濃淡画 像に適切なカラールックアップテーブルを適用 すると拡散色と正反射色のマップを生成できる。 凹凸データとしては高低を濃淡で表したデプス マップと法線方向を3原色で表したノーマルマ ップがある。本研究ではおもにノーマルマップ を生成した。



図5 非等方的ガウス波形の一例



図6 鎚打模様のノーマルマップ



図7 テクスチャマップの一例



図8 人エテクスチャを適用した CG 画像



図9 螺鈿と蒔絵で仕上げたスマホケース

図6には鎚打模様のノーマルマップを拡大し た様子を示す。法線のXYZ各成分をRGB各成 分で表現している。図7には鎚起銅器のために 生成した拡散カラーマップ(左)とノーマルマ ップ(右)の例を示す。図8には図1の形状に 漆塗りと鎚起銅器の人工テクスチャマップを適 用した CG 画像例を示す。また,図9には紗綾 形の地紋に四君子の丸という伝統的和模様 4)を モチーフにした螺鈿と蒔絵の漆塗りの CG を示 す。金箔の光沢や質感はもとより貝殻の薄膜干 渉による発色パターンを写実的に合成すること ができた。

3.3 背景画像の取得方法検証

安価に背景画像(360°×180°)を取得する 方法としてパノラマ雲台にデジタルカメラを装 着して複数枚画像を撮像して合成する方法と3 眼式および2眼式パノラマカメラで自動生成す る方法を比較検討した。結論としては複数枚の 合成方式は高精細な画像が得られる反面撮像に 多くの時間を要し合成ミスによる継ぎ目の顕在 化などの課題が残り、3 眼式はそれに比べると 短時間で撮像できることと3 ショットでハイダ イナミックレンジ (HDR) 撮像が可能なことが 特徴である。2 眼式はさらに簡便な撮像が可能 で装置も小型であるため使い勝手が良い。HDR 画像を得るためには個別に HDR 合成を行う必 要があるが景色によっては背景用として HDR でなくとも利用可能なため簡便さを優先して当 面は2眼式を採用することにした。



図 10 パノラマカメラ (左:GiroCam 右:Theta)



図 11 パノラマ画像例

図 10 にパノラマカメラの外観画像を,図 11 にパノラマ画像例を示す。GiroCam は斜め上を 向いた 3 眼により水平 360°垂直 180°(うち有 効は上部 120°)の 6000 画素×3000 画素のパノ ラマ画像が撮像でき,Theta は水平方向を向い た 2 眼により水平 360°垂直 180°(ほぼ死角な し)の 3584 画素×1742 画素のパノラマ画像が 撮像できる。

3.4 高精細 CG の高臨場感表示結果

図 12 には図 8 と同様の CG を実写背景と合成 した様子を示す。レンダラの比較では品質と操 作性のバランスからおもに KeyShot を選出した。 他方,より一層臨場感を高める方法として 3 次 元 HMD 方式と素体 PM 方式を検証した。

図 13 は Oculus Rift というヴァーチャルリア リティ (VR) 用 HMD に Leap Motion というジ ェスチャー認識デバイスを組合せた表示システ ムである。図の奥側左手に表示用のステレオ画 像があり,これらがそれぞれ手前左手にある 2 つのレンズから見える。また手前右手にある黒 い箱がジェスチャー認識デバイスである。

この表示と操作のために Processing⁵⁾ という ソフトウェア開発環境でソフトウェアを開発し た。HMD にはあらかじめレンダリングされた 周回画像をジェスチャーで操作できるようにし た。

図14には3次元プリンタで出力した竹塗りの 一輪挿しの素体(左)とマッピング後(右)の 様子を示す。3Dプリンタに出力した同一の形状 モデルに竹塗のテクスチャを用いてレンダリン グした CG 画像(図15)を投影したものである。 建造物の壁面などの大きな構造物へ投影する一 般的なプロジェクションマッピングと比べて, 細部の焦点調整や位置調整などで難点があるも のの,素体単体と比較してテクスチャが付加さ れた分素材の表情が向上し3次元プリンタの試 作品に足りない質感を補うことができることが わかった。



図 12 CG と実写背景の合成例



図 13 3 次元 HMD 方式



図 14 プロジェクションマッピング方式



図 15 竹塗の一輪挿しモデル

3.5 質感品質の測定と制御

品質の管理においては測定と制御が不可欠で ある。一般的には原因項目を変化した時の結果 項目を測定し因果関係を明らかにして制御方式 が決定される。前節まで説明を行ったテクスチャ(模様)については自然あるいは人工の揺ら ぎや自己組織化作用に基づくため数値での管理 は困難である。模様のないおおむね一様な部分 についてはDIN6175-2で規定される多角度分光 測色値を尺度として用いることが可能と思われ る。これは分光測色計 BYK-mac によって測定 できる値で,高級乗用車の塗装に使用されるパ ールやメタリックなどエフェクト塗料の定量評 価に使用されている。。

表1に紫金色と呼ばれる表面処理銅板の測色 例を示す。鉛直からみて 45°の角度から投光し 正反射方向からの偏角(Aspecular Angle)ごと に CIELAB 値を測定してある。±15°の値からは 青緑系の正反射色であることがわかる。また 45°の行から拡散反射色は、赤紫がかった濃墨で あることがわかる。

4. 結 言

- (1) 伝統的工芸品を始めとする質感製品のデジ タルプロトタイピング技術を開発した。
- (2) テクスチャマップの分析合成システムの完成と質感品質マネジメントシステムの構築に向けて引き続き研究開発を行う必要がある。

表1 紫金色銅板の多角度分光測色例

Aspecular	L^*	<i>a</i> *	b^*
-15°	75.16	-6.17	-11.94
15°	70.15	-6.64	-11.76
25°	42.57	-3.83	-7.79
45°	20.03	0.43	-1.85
75°	11.73	2.40	0.98
115°	8.34	2.38	1.25

参考文献

- T. Akenine-Moeller and E.Haines, *Real-Time Rendering Second Edition*, A. K. Peters, Ltd, MA, 2002.
- 阿部ほか、"質感の測定技術・表現技術の研究"、工業技術研究報告書、No.42、2013、 pp.68-71.
- M. Phar and G. Humphreys, *Physically Based Rendering Second Edition*, Morgan Kaufmann, MA, 2010.
- 京千代紙と和の紋様セレクション、インプレスジャパン、2009.
- 5) www.processing.org
- G.Kigle-Bockler , "Standardized Color Management System", *BYK User Meeting*, Tokyo International Forum, Feb. 2012.

II ノート

樹脂の特性に影響を及ぼす化学構造の解析技術の確立

永井 直人* 岡田 英樹* 天城 裕子* 幸田 貴司* 大川原 真*

Study of the Hierarchical Structures in Polymers

NAGAI Naoto*, OKADA Hideki*, AMAKI Yuko*, KODA Takashi* and OKAWARA Makoto*

1. 緒 言

樹脂の力学強度や表面特性は究極的には分子 構造に由来していると考えられる。しかし,樹 脂に対しては,局所的な官能基レベルの構造の ほか,コンフォメーションや結晶性・配向性, モルフォロジーといったやや粗視的な構造も大 きく影響するといわれている。すなわち,樹脂 の階層構造の中でマクロな特性はどの構造と深 く関係しているかを把握することが重要である。

我々は、これまで工業製品のトラブル解析に 利用するという観点から、樹脂の加熱段階での 構造変化をデータベース化して利用してきた。 今後は、構造分析によって力学特性や耐久性な どマクロな特性を予想できるようなデータベー ス化の構築を目指しているが、上述のような階 層構造をとる樹脂に対しては、本アプローチは 非常に挑戦的であり膨大な時間を要するもので あると思われる。さらに、一つの評価項目でそ れぞれの階層構造を俯瞰することは不可能であ る。

そこで、データベース化の第1ステップとし て、種々の樹脂の赤外、ラマン、X 線回折や SEM 観察を行い、マクロな特性との相関を検 討することとした。本稿では、高密度ポリエチ レン(HDPE)および低密度ポリエチレン (LDPE)を評価した結果を示すこととした。

また,それぞれの測定においても種々のモー ドで測定を行っているが,本稿では,一部のデ ータのみを示す。



2. 測定と結果

2.1 測定

試料は HDPE はディアライト PE20/#, LDPE はコウベポリシート EH を用いた。いず れも添加剤なしの無配向のグレードである。こ の2種のサンプルは明らかに外観や硬さにおい て明確な違いがある。これらに対して赤外,X 線回折および SEM 観察を行った。マクロな特 性との関連を意識した場合は,試料に摂動をか けた場合の構造変化を見ることも有効である。 ここでは引っ張り試験を行い破断させた場合に 分子構造がどうなるかについても調べた。

2.2 結果および考察

図1にはX線回折の結果を示した。21°, 24°付近に認められる鋭い回折ピークは結晶に よるもので,20°付近の幅広のピークは非晶に よるものである。これらのピークの全体の積分 強度に対する結晶ピークの積分強度の相対比か ら結晶化度を評価することができる。本サンプ

^{*} 下越技術支援センター



図 2 SEM 像(上:HDPE,下:LDPE)

ルに対する測定結果では HDPE では 60%, LDPE では 35%という結果であった。さらに結 晶ピークが LDPE では HDPE に比べて低角側に シフトしていることから結晶ドメインの分子鎖 間隔が LDPE で大きくなっていることが示唆さ れる。

図 2 には SEM 観察像を示した。HDPE では
 球晶と思われる構造体が認められるが、LDPE
 では HDPE より観察されにくい。

図3にはCH変角振動(1470cm⁻¹付近)およ びwaggingモード(1360cm⁻¹付近)領域の赤外 分光スペクトルを示した。このスペクトルには 試料を引っ張って延伸破断させた場合の延伸方 向に垂直(⊥)な偏光スペクトルと延伸方向に 平行(//)な偏光スペクトルも同時に示した。 未延伸スペクトルにおいてCH変角振動は, HDPEでは明確に2本に分裂しており結晶性が 高いことを伺わせる。さらに1450-1420cm⁻¹付 近のショルダーがLDPEで相対的に強く,より 多くのゴーシュのコンフォメーションが存在す



図3 赤外スペクトル結果

ることが分かる。延伸すると延伸垂直方向では wagging モードに対して相対的に変角振動が強 くなり, 延伸方向では wagging モードの方が相 対的に強くなっている。wagging モードが主鎖 方向の振動であり,変角振動が主鎖と垂直方向 の振動ベクトルを有すると考えると、延伸によ って主鎖方向に分子が配向していることを示し ていると考えられる。また、延伸垂直方向では 延伸によって 1470cm⁻¹付近のトランスコンフ オメーションに比べてゴーシュコンフォメーシ ョンが減少するように見える。これは強い配向 によってトランスが増加することによるものと 考えられる。一方、延伸方向では相対的にゴー シュが増加しているように見える。これより, 延伸によってディスクリネーションなどの欠陥 構造も同時に生成されていると考えられる。 HDPE は延伸しても結晶化ピークは延伸方向に よらず認められている。以上の解析から、ポリ エチレンでは、結晶ドメインはフィラーなどの 複合材的な効果を付与していると考えられる。

3. 結 言

- マクロな特性をミクロな構造と対応させる ためのデータベース化の方法について考察 した。
- (2) ポリエチレンについてミクロな化学構造か からモルフォロジーについて考察した。

外観検査のためのロボット動作シミュレータの開発

大野 宏*

Development of Robot Simurator for Surface Inspection

OHNO Hiroshi*

1. 緒 言

バラ積み状態の鋳鉄品(以下ワークと呼ぶ) の山から1個ずつ認識してつかみあげ,ライン レーザとカメラで外観を検査する装置を,平成 24年度の共同研究事業で開発した¹⁾。この装置 の課題は、ワークを保持するロボットに小型の 6軸多関節型を使用しているため可動範囲が限 られ、ワークの大きさや形状が変わると全体を 検査できなくなる場合があることで,その判断 もある程度ロボットを動かさないとわからない。 また、ワークが変わるとそのロボット動作プロ グラムの作成に時間がかかる。

本研究では、ワークの大きさや形状が変わっ ても、その全体の外観を検査できるか確認する プログラムを開発した。ロボットの可動範囲を 測定し、ワークの大きさと形状を入力すると検 査できるか判別できる。また、判別に使ったロ ボットの位置データを利用し、ロボット動作の シミュレーションが可能となり、どのようにワ ークを動かしたら全体を効率よく検査できるか 確認できる。さらに、このロボットの位置デー タを利用することで、検査用ロボット動作のプ ログラム作成が容易になる。

2. 検査可能か確認するプログラムの概要

2.1 外観検査装置の概要

外観検査装置は、バラ積みされたワークの山 から1個ずつつかみ上げるピッキング部と、カ メラで外観を検査する検査部に別れる。ピッキ

* 下越技術支援センター



図1 検査部の外観



図 2 ロボットの可動範囲

ング部では、距離画像センサでワークの位置を 計測し、三軸直交ロボットで1個ずつ電磁石で 吸着し検査部へ運ぶ。図1に示すとおり、検査 部では多関節型ロボットがワークをつかみ、所 定の位置に移動させる。ワークの外観検査は、 ラインレーザを斜めから照射しカメラでその画 像を取り込み、表面に凹凸がないか検査する。



図3 検査するワーク

2.2 検査可能か確認する手順

図 2 に示すとおり,最初にロボット先端の可 動範囲を測定し,次にラインレーザがワークに 当たる位置を決め,ワーク全体にラインレーザ が当たるように動かした時,ロボットの先端が すべて可動範囲内を移動するか確認する。ここ で,検査時にロボットのY軸座標はゼロのまま 動かさないため,X軸とZ軸の可動範囲を確認 する。

2.3 ロボット動作範囲の測定

今回検査対象となるワークは図3に示すとお り、平坦な端面部分(黒で表示)と円柱状の側 面部分(灰色で表示)がある。端面部分は、図 4(a)のとおりカメラの取付台に対してロボット ハンドを平行にし、ワークを平行移動させなが ら検査する。円柱状の局面部分は、図 4(b)のと おりカメラの取付台に対してロボットハンドを 45 度傾け、ワークを平行移動と回転移動させて 検査する。多関節型ロボットでは、ロボットハ ンドの角度によってその先端位置の動作可能範 囲が変わるので,カメラの取付台に対してロボ ットハンドが平行の場合と45度の場合,2つの 状態でロボットハンドの先端位置の可動範囲を 測定した。その結果を図5に示す。なお、ライ ンレーザがワークに当たる位置は, x=450, z=400である。



(a) 端面部分の検査



(b) 側面部分の検査 図 4 外観検査のロボットハンドの角度



2.4 検査可能かの確認

一例として図 3 に示した円筒状のワークを 検査できるか確認する。端面部分の検査はロ ボットハンドを取り付け台に対し平行にした 状態で、検査箇所を *P*₁, *P*₂, *P*₃, *P*₄ と移動さ せる。これに応じてロボットハンドの先端位 置は *Q*₁, *Q*₂, *Q*₃, *Q*₄ と移動するが, 図 6 に示



図7 ロボット動作の確認(ロボットハンドが45度の場合)


図8 ロボット動作のシミュレーション

すとおりすべての位置が可動範囲内にあり, 端面部分は検査可能となる。また,ロボット ハンドを取り付け台に対して 45 度傾けた状態 で検査する場合も,検査箇所を P₂, P₃, P₄, P₅と移動させると,これに応じてロボットハ ンドの先端位置は Q₂, Q₃, Q₄, Q₅となり図 7 に示すとおりすべて可動範囲内となり,側面 部分は検査できる。ワークの外観検査では, 途中で持ち替えて反対側を検査するが,今回 対象としたワークの形状は左右対称のため, 片側だけ検査可能となれば,全体の検査も可 能となる。

2.5 検査できなかった場合の対応

ロボットの可動範囲が決まっているため,ワ ークが大きくなると,今回使用しているロボッ トでは検査できなくなる。その対策として,① 可動範囲の広い大きなロボットに変える,②ラ インレーザとカメラの台数を増やして検査範囲 を広げる,③ロボットがワークを持ち替える回 数を増やして検査範囲を広げる,がある。①と ②はコストがあがるが検査時間は短くてすみ, ③はコストはかからないが,持ち替えに時間が かかる。

3. ロボット動作のシミュレーション

三菱電機(株)からロボット支援ソフトウェ アが提供されており、シミュレーション機能が ある。開発した検査可能確認プログラムでは、 検査時のロボット先端位置の X YZ 座標を算出 するため、これらの座標データを支援ソフトウ ェアに送り、ロボット動作をパーソナルコンピ ュータに表示させるようにした。図 8 にロボッ ト動作のシミュレーションの様子を示す。

また、今回ロボットを更新したが、従来の制 御コマンドであるムーブマスターコマンド[®]が 使えなくなったため、新しい MELFA BASIC V[®] に変更した。

4. 結 言

- ワーク全体の外観を検査できるか確認する プログラムを開発し、事前に検査できるか 判別できるようになった。
- (2) 外観検査のロボット動作をシミュレーショ ンできるようになった。

参考文献

 小林ほか、"バラ積み鋳鉄品の自動ピッキン グシステムの開発"、工業技術研究報告書、 No.42, 2012, pp.3-8.

<u>ノート</u> 光質の違いがリーフレタスの生育・品質に及ぼす影響

種村 竜太* 内山 雅彦* 三村 和弘** 小林 豊**

Effect of LED light source on growth and quality of leaf lettuce

TANEMURA Ryota*, UCHIYAMA Masahiko*, MIMURA Kazuhiro** and KOBAYASHI Yutaka**

1. 緒 言

近年,世界中で頻発する異常気象により農作 物の安定供給が不安視されていることから,最 適環境条件下で周年計画生産が可能な完全人工 光植物工場の注目が高まっている。現状で栽培 されている品目はリーフレタスなどの葉菜類が 中心となっているが,将来的には栽培品目の多 様化・高付加価値化だけでなく,ワクチン生産 への応用など超高付加価値製品の生産も本格化 すると予測されており,国内市場だけでなく, 中東や中国,ロシア向けを中心に技術の輸出も 本格化すると考えられている。そのため,国策 として導入推進を図っているが,施設・装置の 設置コストや空調・光照射にかかる生産コスト が高いことが課題となっている。

これまで、植物工場用の光源には蛍光灯が主 に使用されてきたが、消費電力が少ないため生 産コストの低減が期待できる LED が新たな光 源として注目されている。しかし、植物栽培用 の LED は高額である。一方で、一般家庭・店 舗への LED 照明の普及により直管型の白色 LED 照明の価格は低下傾向にある。しかし、 白色系 LED と蛍光灯では光質が異なる。赤色 や青色 LED を用いた植物栽培に関する報告は されてきたが^{1~3}、白色 LED における光質の違 いが生育に与える影響は明らかにされていない。 そこで、本研究では、完全人工光リーフレタス 栽培における白色系 LED 光源の光質の違いが 生育に及ぼす影響について検討した。

- * 下越技術支援センター
- ** 研究開発センター

2. 材料および方法

2.1 供試光源

光源には昼白色の Hf 蛍光灯 (パナソニック (株), FHF32EX-N-H) と色温度の異なる 3 種 の直管型白色系 LED (電球色:3000K, 昼白 色:5000K, 昼光色:6500K, いずれもシャー プ新潟電子工業(株))を供試した。図1に各光 源の分光特性を示す。

2.2 栽培方法

試験は室温 20±1℃,相対湿度 70±5%の室 内で行った。品種は、 'フリルアイス' (雪印 種苗)と 'ハンサムグリーン' (横浜植木)を 供試した。8月 16日にウレタンキューブ (2.5 cm×2.5 cm×3.0 cm)に播種し、発芽後は Hf 蛍 光灯により光強度 150 µ mol・m⁻²・s⁻¹、明期 14 時間の光条件で大塚 A 処方 1/4 濃度 (EC 0.7dS/m)の培養液により育苗した。8月 31 日 にプラスチックコンテナ (W39×D54×H90



cm) に 8株ずつ定植し, 湛液式水耕栽培(培養 液量:8L) により試験を行った。定植後の明 期は 16 時間とし,定植面における光強度は 250 μ mol·m⁻²·s⁻¹とした。定植後の培養液は 大塚 A 処方 1/2 濃度(EC1.4dS/m)とし,植物 の吸水による減水分を随時水道水で補充し,2 ~3 日ごとに EC を 1.4dS/m に調整した。定植 後は培養液の循環や更新は行わず,栽培終了ま で通気処理を行った。試験は3反復で行った。

2.3 調査方法

9月26日に収穫し、地上部の生体重・調整 重(黄化した葉などを取り除いた可食部の重 量)・全葉数・生葉数(黄化した葉などを取り 除いた葉数)・草丈の測定を行った。生育調査 終了後は65℃で7日間通風乾燥して80%熱エ タノール抽出を行い、NO3含有量をCataldo法 により測定した。また、培養液の無機成分はイ オンクロマトグラフィーにより測定した。

結果および考察

(フリルアイス)では LED を使用した 3 試 験区で定植 18 日後から葉先に障害(チップバ ーン)が発生しはじめ、収穫時における症状は 6500K では中位葉を中心に発生した軽微な障害 であったが、3000K と 5000K では新葉を中心 とした重度の障害であった(図 2)。一方、

(ハンサムグリーン)では葉に障害は見られな かった。そのため、チップバーンの発生には品 種間差が大きいと考えられた。

LED における地上部重・調整重は両品種と

もに 3000K>5000K>6500K であり, 調整重に ついては'フリルアイス'では蛍光灯と比較し て 3000K や 5000K で同等であったが 6500K は 劣っており、 'ハンサムグリーン' では 5000K と 6500K で同等で 3000K で優っていた (表 1)。草丈は, 6500K で両品種ともに蛍光灯と 比較して短く、 'ハンサムグリーン' では 3000K で蛍光灯と比較して長くなる傾向を示し た(表 1)。葉数は、両品種ともに蛍光灯と比 較して 6500K で多くなる傾向を示した(表 1)。 光質により植物体に与える影響は異なり、赤色 光は光合成を活性化し、青色光は草姿の形成に 働くとされている。 'ハンサムグリーン' にお いて 3000K で最も生育が優れていたことは, 他の光源と比較して赤色比が高かったことに起 因していると考えられる。一方, 'フリルアイ ス'の 3000K ではチップバーンの発生により 葉の伸長が妨げられたために蛍光灯と地上部重 に差が見られなかったと考えられる。

栽培中における培養液の養分濃度は, すべて の光質において N・P・K は低下する傾向を示



図2 'フリルアイス'に発生した障害

品種	光質	地上部重	調整重	草丈	全葉数	生葉数
	,_,,	(g/株)	調整重 草大 全葉数 (g/k) (cm) (k/k) 137.3 a 17.4 a 182 ab 123.4 ab 17.2 a 17.7 ab 108.7 b 16.3 b 19.0 a 130.9 a 17.5 a 17.0 b 136.7 a 18.8 a 19.0 ab 113.9 b 17.3 b 19.2 ab 106.9 b 15.8 c 20.2 a 116.3 b 16.5 bc 18.0 b	(枚/株)	(枚/株)	
	3000K	145.6 a ^z	137.3 a	17.4 a	18.2 ab	13.7 ab
フリルマイマ	5000K	136.0 ab	重 調整重 草丈 全葉数 生葉数 (g/k) (cm) (tk/k) (tk/k) (tk/k) a^{z} 137.3 a 17.4 a 18.2 ab 13.7 ab a^{z} 137.3 a 17.4 a 18.2 ab 13.7 ab a^{z} 137.4 ab 17.2 a 17.7 ab 13.0 bc b 108.7 b 16.3 b 19.0 a 14.3 a a 130.9 a 17.5 a 17.0 b 12.2 c a^{z} 136.7 a 18.8 a 19.0 ab 14.3 ab b 113.9 b 17.3 b 19.2 ab 14.8 ab c 106.9 b 15.8 c 20.2 a 15.8 a b 116.3 b 16.5 bc 18.0 b 13.2 b			
フリルアイス	6500K	115.7 b	108.7 b	16.3 b	19.0 a	14.3 a
	蛍光灯	141.2 a	130.9 a	17.5 a	全葉数 (枚/株) 18.2 ab 17.7 ab 19.0 a 17.0 b 19.0 ab 19.2 ab 20.2 a 18.0 b	12.2 c
	3000K	144.0 a ^z	136.7 a	18.8 a	19.0 ab	14.3 ab
ロイ理 フリルアイス ハンサムグリーン	5000K	123.8 b	113.9 b	17.3 b	19.2 ab	14.8 ab
NJ 9 4 7 9 J	6500K	112.2 c	106.9 b	15.8 c	20.2 a	15.8 a
	蛍光灯	126.7 b	116.3 b	16.5 bc	18.0 b	13.2 b

表1 光質の違いが生育に及ぼす影響

z:各品種において同一アルファベット間は、Tukey法により5%水準で有意差なし



したのに対し、Ca・Mg・S は上昇する傾向を 示し、収穫時における養分バランスは定植時と は大きく異なっていた(図 3)。レタス葉に発 生するチップバーンは Ca 欠乏症状の一つとさ れている⁴⁾。本試験では Ca は収穫時まで培養 液中に十分に含まれていたことから、生長促進 に伴う必要部位への供給不足、あるいは K と の拮抗作用による吸収抑制によりチップバーン が発生したと考えられる。

葉中の NO⁻3 濃度は両品種ともに 3000K で他 の光質と比較して低かった(図 4)。

以上のことから,リーフレタス栽培において 赤色比率の高い 3000K の直管型白色系 LED は 蛍光灯と比較して生長促進効果および品質向上 効果が期待できると考えられる。しかし,障害 葉(チップバーン)の発生が助長されたことか ら, LED 光源に適した環境条件や培養液組成 などについて検討する必要がある。

4. 結 言

- (1) 赤色比率の高い 3000K の白色系 LED は 蛍光灯と比較して生長促進効果および品 質向上効果が期待できる。
- (2) 生長促進に伴い障害葉(チップバーン)の発生が助長されるが、その発生には品 種間差が大きい。
- (3) リーフレタス栽培では、一般的に使用されている培養液組成では、生育が進むにつれて培養液中の Ca・Mg・S が集積する傾向がある。

参考文献

- 福田直也,池田英男,奈良誠, "光質が人工 条件下で栽培したレタスならびにホウレンソ ウの生育に及ぼす影響",農業施設,vol.24, no.2, 1993, pp.77-84.
- 2) 松本拓也,伊藤博通,白居祐希,白石斉聖, 宇野雄一, "光質がレタス生長と野菜中硝酸 イオン濃度に及ぼす影響",植物環境工学, vol.22, no.3, 2010, pp.140-147.
- 斎藤裕太,清水浩,中島洋,宮坂寿郎,大土 居克明, "LED を使用した搔レタス栽培にお ける赤色光をベースとした光質の影響",植 物環境工学,vol.24, no.1, 2012, pp.25-30.
- (社)日本施設園芸協会,日本養液栽培研究 会,養液栽培の全て,誠文堂新光社,2012, pp.168-172.

簡易な非接触粗さ測定法の研究

木嶋 祐太* 斎藤 雄治*

Simple Method for Non-contact Surface Roughness Measurement

KIJIMA Yuta* and SAITO Yuji*

1. 緒 言

表面粗さは,測定物の表面性状("つるつ る"や"ざらざら")を表すものである。一般 的に表面粗さは,先端が尖ったダイヤモンド製 の触針(プローブ)で測定物の表面をならうこ とにより,表面の細かい凹凸を計測して求める。 しかし,樹脂のように傷がつきやすい測定物に 対して上記の触針でならうと表面に傷をつけて しまう。このため,非接触による表面粗さ測定 ペの需要が高まっており,非接触式の粗さ測定 機も市販されているが,きわめて高価で普及が 遅れている。

さて、物体表面に光ビームを当てたとき、その反射光は表面粗さが大きいほど広がる。この 反射光の強度分布は理論上、ガウス分布(正規 分布)となることが知られている。このため、 反射光の強度分布をガウス曲線で近似して、そ の曲線の標準偏差で表面粗さを評価する方法が 栗田ら¹¹²⁾により提案されている。

本研究は、上記方法により反射光の広がりか ら表面粗さを非接触で測定するための簡易な測 定システムを試作して実験を行ったものである。

2. 測定システム

2.1 システムの概要

LED 白色光源, 130 万画素の CMOS モノクロ カメラ((株) アートレイ製 ARTCAM-130MI-BW-WOM), コンピュータからなる測定シス テムを試作した。図 1 に試作した測定システム を,図 2 に図 1 の測定部を拡大したものをそれ



図1 試作した測定システム



図2 図1の測定部の拡大

ぞれ示す。図2において、LED 白色光源から試 料に照射された光は試料表面で反射して CMOS モノクロカメラに取り込まれる。ここで、測定 部のx方向とy方向を図2のように定義する。 CMOS モノクロカメラに入射する反射光の強度 の調整は、白色光源の調光ボリュームと、カメ ラのレンズに取り付けた ND フィルタ(1/10, 1/10², 1/10²⁵)によって行う。CMOS モノクロ カメラに取り込まれた反射光はコンピュータに 送られ、コンピュータのモニタに反射光強度分 布が図3のように表示される。また、モニタに は反射光強度分布の実測値のx方向とy方向の 断面曲線およびそれに当てはめたガウス曲線、 さらにガウス曲線の広がりを表す標準偏差 (GCP¹⁾と呼ぶ)も表示される。

^{*} 中越技術支援センター







図4 カメラの特性

2.2 カメラの特性について

測定システムに用いた CMOS カメラについて, 明るさ(輝度値)と画素値を測定した。その結 果,明るさと画素数の間には図 4 に示す比例関 係が得られた。本研究ではこの結果を用いて, 画素数に定数をかけて明るさを求めることとし た。

2.3 ソフトウェア

位置 x と反射光の明るさ f(x)の関係を,最小2 乗法を用いて正規分布関数に近似することで GCP が計算できる。次式の σ が GCP となる。

$$f(x) = rac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp\left(-rac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}
ight)$$

CMOS カメラにより撮影された画像からマウ スクリックにより指定した位置の縦ラインと横 ラインの画素値を得る。それぞれのラインに対 して GCP を計算するソフトウェアを作成した。

3. 実験

3.1 アラサ標準片の測定

接触式の粗さ計((株)ミツトヨ製 CS-5000CNC)および本研究で試作した測定システ ムを用いて,以下の日本金属電鋳(株)の比較 用表面アラサ標準片を測定した。

- ・ペーパー・平面研削:ペーパー0.8S, 平研 0.8S~25S, 形削 6.3~100S(図 2 のように標 準片を置いたとき, x方向に粗さ値が変化)
- ・フライス削:フライス 1.6S~50S,正面フラ イス 1.6S~50S(図 2 のように標準片を置い たとき、y方向に粗さ値が変化)

ここで、これらの標準片を測定システムで測 定すると、反射光が一つになる場合と複数にな る場合があった。このため、本研究では反射光 が一個になった以下の標準片についてのみ GCP を求めた。

- ・標準片①:ペーパー・平面研削(ペーパー
 0.8S, 平研 0.8S~12.5S)
- ・標準片②:フライス削(フライス 1.6S~ 50S)
- ここに, S は JIS B0601 (1970) の最大高さ (Rmax) を表す粗さパラメータである。

3.2 軟らかい材料の測定

接触式の粗さ計では測定困難な市販のコピー 用紙について、測定システムで測定して GCP を 求めてアラサ標準片の測定結果と比較した。

4. 実験結果および考察

4.1 アラサ標準片の測定

図 5 に標準片①の結果を示す。グラフの横軸 は接触式の粗さ計で測定した算術平均粗さ Ra で,縦軸は測定システムで測定した GCP である。 図 5 より, Ra が大きくなるとともに x 方向の GCP は大きくなるが, y 方向の GCP はほとんど 変化しないことがわかる。これは,このアラサ 標準片の粗さ値が変化する方向が x 方向となる ためである。



図5 ①ペーパー・平面研削の測定結果



図6 ②フライス削の測定結果

図 6 に標準片②の結果を示す。グラフの横軸 は接触式の粗さ計で測定した算術平均粗さ Ra で,縦軸は測定システムで測定した GCP である。 図 6 より, Ra が大きくなるとともに y 方向の GCP は大きくなるが, x 方向の GCP はほとんど 変化しないことがわかる。これは,標準片②の 粗さ値が変化する方向が y 方向となるためであ る。ただし,図 5 に示した標準片①の結果に比 べて, Ra に対する GCP の変化はかなり小さい。 ここで,標準片の種類により反射光の数が異 なることや,同程度の粗さ値でも GCP の値が異 なる理由については,標準片の表面状態に違い があることが考えられる。このため,標準片① と②について,接触式の粗さ計で測定した粗さ



図7 反射光が一個になる標準片の粗さ曲線の 一例(標準片①の12.5S)



図8 反射光が広がりにくい標準片の粗さ曲線 の一例(標準片①の25S)



図 9 反射光が複数個になる標準片の粗さ曲線 の一例(標準片②の 25S)

曲線を比較した。

図 7 に標準片①の 12.5S の粗さ曲線を示す。 規則性が見られないランダムな粗さ曲線になっ ていることが図 7 からわかる。標準片①の 0.8S ~12.5S については,図7と同様なランダムな粗 さ曲線を示した。

図 8 に標準片①の 25S の粗さ曲線を示すが, 図 7 に示した 12.5S の粗さ曲線とは異なり,波 形に規則性がみられる。このことから 25S につ いては,光の反射がランダムに起こらなくなっ ていることが考えられる。

図9に標準片②の25Sの粗さ曲線を示す。波 形に規則性が見られることから、この標準片に ついても光の反射がランダムに起こらなくなっ ていることが考えられる。



図10 紙の測定

本研究で測定した粗さ標準片を測定システム で測定した結果,粗さ曲線がランダムとはなら ず規則的な形状になる場合には,反射光が広が りにくかったり複数個になったりすることがわ かった。

4.2 軟らかい材料の測定

図 10 と図 11 に,紙の測定結果を示した。図 11 の結果から,x方向およびy方向ともGCPが 約 109 となっている。ここで,紙の粗さ曲線が 図 7 と同様にランダムになっていると仮定して 図 5 に示したアラサ標準片の結果と比較すると, Raは1.9µm 程度と推定できる。

5. 結 言

(1) 反射光の広がりから非接触で表面粗さを測 定するため、市販の LED 白色光源、CMOS モノクロカメラ、ソフトウェアから構成され



図 11 紙の反射光強度分布

る測定システムを試作した。

(2)本研究で試作したシステムと接触式の粗さ 計によりアラサ標準片を測定して結果を比較 した結果,粗さが大きくなるほど反射光が広 がることを確認した。また,接触式の粗さ計 で測定した粗さ曲線がランダムな波形となる 標準片については,反射光が一つとなり,か つ,粗さとともに反射光が大きく広がること がわかった。

参考文献

- 第田政則,佐藤誠,中野一馬,"レーザによる表面粗さの迅速な測定法",日本機械学会論文集(A 編),vol.56, no.532, 1990, pp.2588-2592.
- 2) 栗田政則,山下洋正,日本機械学会論文集(C編),vol.59,no.560,1993,pp.1086-1090.

植物工場用途を中心とした各種光源測定に関する研究

馬場 大輔* 高橋 靖*

A Study on various source of light measurement mainly on the plant factory use

BABA Daisuke* and TAKAHASHI Yasushi*

1. 緒 言

近年,上越地域では新規事業として植物工場 に取り組む事例が見られ¹⁾,植物の育成に適し た光源について関心が寄せられている。そこで 各種光源を植物育成に使用したときの有効性に ついて,相対分光分布の面から検討することを 目的に,分光放射輝度計による測定を行った。

2. 光源の種類

比較的容易に入手できる表1の市販光源を取 り上げた。

2.1 Hf 蛍光灯(昼白色)

Hf 蛍光灯は省エネルギーの観点からオフィス,店舗の照明などで一般的に普及しつつある 光源であり,人工光型植物工場で最も多用されている²⁾。

2.2 蛍光水銀ランプ,メタルハライドランプ

蛍光水銀ランプ,メタルハライドランプは一般的に工場内照明などで使用されており,植物 育成では高圧ナトリウムランプの光質改善のた め利用されることがある³⁾。

2.3 効率重視形高圧ナトリウムランプ

効率重視形高圧ナトリウムランプは屋外照明 などに使用されており,効率が高くコストパフ オーマンスに優れていることから,植物育成で も補光ランプとして使用されている³⁾。

* 上越技術支援センター

2.4 高演色形高圧ナトリウムランプ

高演色形高圧ナトリウムランプは長波長成分 を強くして効率重視形高圧ナトリウムランプよ りも演色性を改善したもので,植物育成効率も 改善されている⁴⁾。

2.5 冷陰極型蛍光灯

冷陰極型蛍光灯は,LCD のバックライトに使われている光源で,植物育成向けに改良されたいくつかの製品例がある⁵⁾。

2.6 キセノンランプ

キセノンランプは,分光分布が自然昼光に類 似していることから,標準白色光源,映写用光 源などに使用されており,これからの用途例と して植物育成があげられている^の。

光源	形名	定格 電力 (W)
①Hf蛍光灯 (昼白色)	FHF-16 EX-N-H	16
②蛍光水銀ランプ	HF250X	250
③メタルハライドラ ンプ	MF250• L-J/BH	250
④効率重視形高圧 ナトリウムランプ	NH220F,L-N	220
⑤高演色形高圧 ナトリウムランプ	NH250FSD·L	250
⑥冷陰極型蛍光灯	HEFL	120
⑦キセノンランプ	UXL-300D	300

表1 測定した光源

3. 光源の測定と評価

3.1 使用機器

本研究に用いた分光放射輝度計(トプコンテ クノハウス製 SR-2A, 仕様は表 2 参照,以下 「輝度計」という)は、回折格子で分光した光 の強度を波長別に測定し、輝度や色度,色差を 算出する計測器であり,CRT, LCD のバック ライトや LED 照明製品など,おもに面光源の 測定に用いられる機器である。

3.2 測定条件

測定波長範囲,測定波長間隔,測定角は表2 のように設定した。また,表1の②~⑤,⑦の 光源は対物レンズの先端に入射光の1%を透過 させる減光フィルタを装着して測定した。測定 風景の一例を図1に示す。

3.3 評価方法

測定で得られた相対分光分布に次の計算処理 を施し,植物育成に対する有効性を植物栽培好 適指数として数値評価することとした。

今回,相対分光分布を P(λ),光合成有効光子 束計の理想的な光子感度 ^ηを V(λ)としたとき, 植物栽培好適指数 Q を以下の式で表すものとす る。

$$Q = \int_{400}^{700} P(\lambda) V(\lambda) d\lambda$$

表 2	分光放射輝度計の仕様。	と測定条件
~ -		

	仕様	測定条件	
測定波長 範囲(nm)	380~ 780	380~780	
測定波長 間隔(nm)	1,5,10	5	
測定角 (deg)	2,1,0.2, 0.1	0.1	
測定距離	$_{305} \sim$	2~5, 7	約 2000
(mm)	∞	1), 6	約 400
輝度範囲 (cd/m ²)	0.01~ 800000		



図1 輝度計による光源測定の一例

4. 結 果

測定結果を図 2, 図 3 に示す。いずれの光源 も均一な面光源と考えられる測定視野を確保で き,仕様で示されているものとほぼ一致する相 対分光分布が得られた。また,各光源の植物栽 培好適指数 Q は表 3 のようになり,⑦キセノン ランプ,⑤高演色形高圧ナトリウムランプで高 い値を示した。

この結果は、今回取り上げなかった光源でも、 植物育成に使用したときの分光分布との関連性 検討に寄与するものと考えられる。本研究の一 環として地域企業の光計測の理解を深めていた だくことを目的として開催した分光放射輝度計 機器研修会の中で報告した。

5. 結 言

- (1)各種光源の相対分光分布を輝度計で測定し、 仕様とほぼ一致する結果が得られた。また、 各光源の植物栽培好適指数を評価した結果、 キセノンランプ、高演色性高圧ナトリウムラ ンプで高い値を示した。
- (2)分光放射輝度計機器研修会を開催し、地域企業の光測定の理解が深まるよう支援した。

光源	Q
① Hf蛍光灯(昼白色)	5.9
②蛍光水銀ランプ	4.8
③メタルハライドランプ	7.2
④効率重視形高圧ナトリウムランプ	9.0
⑤高演色形高圧ナトリウムランプ	12.3
⑥冷陰極型蛍光灯	7.8
⑦キセノンランプ	26.9

表3 植物育成好適指数Q

参考文献

- 上越タイムス社、"野菜・設備の販路開拓へ、 上越市内 10 社のプロジェクト、植物工場を 公開",上越タイムス、平成 26 年 2 月 14 日 付け、2 面.
- 2) 金田, "植物工場システム概論", http:// innoplex.org/images/9ddbe33b7079bcb320722 11c26024e6e.pdf (参照 2014-03-27).
- 3) 高辻ほか(編集), "植物生産システム実用 事典", フジ・テクノシステム, 1989, pp.317-320.
- 4)河本, "照明ランプの将来展望", 植物工場,2, 1, 1990, pp.15-24.
- 5) 例えば、日本アドバンストアグリ株式会社、



図2 測定光源の相対分光分布(①~③)

"HEFL 照明装置", http://www.adv-agri.co.jp /service/index.html (参照 2014-03-27).

- 6) 吉良、"キセノンショートアークランプ", ライトエッジ、15、1998、p.11.
- 7) 古在, "人工光型植物工場", 日刊工業新聞 社, 2012, pp.103.



図3 測定光源の相対分光分布(④~⑦)

蛍光 X 線分析法による液体試料中の 金属成分の定量分析について

皆川 森夫* 内藤 隆之*

Determination of Metal Components in Liquid Sample with X-ray Fluolescence Spectrometry

MINAGAWA Morio* and NAITO Takayuki*

1. 緒 言

当所での蛍光 X 線分析による定量分析は, 試 料調製が容易であり, 再現性の良い X 線強度が 十分に得られる ϕ 10 mm以上の平面を持つ固体状 の鉄鋼材料に限定している。

そのため、この条件を満たさない鉄鋼試料や 非鉄試料などは、湿式分析やプラズマ発光分光 分析(ICP分析)などにより定量分析している。

また,液体試料の蛍光 X 線分析では,専用の ろ紙を利用し分析しているため,鉄鋼試料や非 鉄試料などは、酸溶解により,液体試料に調製 することにより,この分析法(以下,ろ紙法と 略す)を利用できると考えられる¹⁾。

そこで本研究では、これまで蛍光 X 線分析で、 定量分析の条件を満たさずに対応できていなか った鉄鋼試料に関して、ろ紙法を利用すること で、蛍光 X 線分析による定量分析が可能かどう か検討した。

2. 実験

2.1 点滴用ろ紙

実験に使用した点滴用ろ紙は、図 1 に示す 形状のろ紙で、中心が ϕ 20 mmの点滴領域とな っており、四方に浸出防止剤を塗布した支持部 をもち、そこ以外の部分とは溝で隔てられてい るため、 ϕ 20 mmの点滴領域外に試料溶液が浸 出しないようになっている。

2.2 検量線用試料の調製

オーステナイト系ステンレス鋼を想定して, クロム(Cr)とニッケル(Ni)の検量線を作成する ため,表1に示す組成からなる検量線用溶液を 調製した。

なお各組成の調製は,ホールピペットにより 原子吸光分析用標準液(1000ppm)を分取して行 った。

この溶液をマイクロピペットで,50µl 滴下 し,乾燥機内で50℃にて30分間乾燥させた。 この操作を5回繰り返し,合計250µlの検量線 用溶液をろ紙に滴下した。



図1 点滴用ろ紙

表1 検量線用溶液の組成(単位:ppm)

溶液元素	1	2	3	4	5	6
Cr	0	10	25	50	100	200
Ni	0	5	10	25	50	100
Fe	1000	985	965	925	850	700
合計	1000	1000	1000	1000	1000	1000

* 下越技術支援センター

最後に真空乾燥機内で減圧状態のまま,一晩 放置させて乾燥し,検量線用試料とした。

また、マイクロピペットによる分取量の変動 を確認するため、溶液⑥の分取回数を 1 回 (50µl)と 5 回(250µl)として、その重量をそれ ぞれ 5 回繰り返して測定した。

また,溶液⑥で更に5試料調製して,それぞ れの X 線強度と検量線作成時の X 線強度を比 較した。

2.3 測定試料の調製

供試材は、日本鉄鋼認証標準物質 JSS651-15 (ステンレス鋼 304 種)を使用した。供試材 0.1gを 100ml ビーカー (PYREX 製) に量り採 り、これに王水 20ml を加えて、加熱(200℃)、 溶解したものを 100ml メスフラスコ (PYREX 製)で定容し、試料溶液とし、検量線用試料と 同様の操作でろ紙法用試料を調製した。

2.4 測定装置

測定に使用する蛍光 X 線分析装置は, (株) RIGAKU 製波長分散型蛍光 X 線分析装置 ZSX Primus II を使用した。

また測定は、各試料溶液を2個づつ調製して 行った。

結果及び考察

3.1 検量線作成の検討

表 1 の溶液で調製した検量線用試料の X 線 強度を測定し,作成した Cr と Ni の検量線を それぞれ図 2 および 3 に示す。相関係数は, Cr 0.994, Ni 0.990 であった。

また,溶液⑥の分取回数による5回繰り返し の重量測定結果を表2に示す。変動係数(CV 値)が5.23%(分取1回)と2.74%(分取5回) となり,分取回数が増えると,変動が低く抑え られた。

一方,分取5回のとき,最大値と最小値との
 差が16.48mgとなった。分取される溶液が濃
 厚な場合,この差は測定値のばらつきに影響を



与えることが考えられる。

また,溶液⑥で調製した検量線用試料と比較 用 5 試料の X 線強度を表 3 に示す。試料 No.6 から 10 の X 線強度は,検量線用試料の X 線強 度より大きいことがわかった。

検量線用試料の X 線強度が低かった原因と して,表1の溶液調製に使用したホールピペッ トの分取ロスなどにより,検量線の傾きが本来 よりも小さくなったものと考えられる。

また, 試料 No.6 から 10 の X 線強度につい て, CV 値を求めると, Cr 9.38%, Ni 9.00%と なった。一方, 試料 No.7 を除いた 4 試料 (No.6 および 8 から 10) での CV 値は, Cr 2.36%, Ni 2.38%となり, 表 2 の分取 5 回の CV 値(2.74%)と同程度であることから, 試料 No.7 の値は, 分取ロスによるものと考えられ る。

分取 試料 No	1回	5 回		
1	55.31	235.45		
2	58.99	229.46		
3	62.79	238.75		
4	56.01	231.76		
5	60.14	245.95		
平均	58.65	236.27		
変動係数 CV(%)	5.23	2.74		

表 2 溶液⑥の分取回数による重量測 結果(単位 mg)

表 3	溶液⑥で調製した試料の蛍
	光X線強度(単位・kcps)

		Kopo,
元素 試料 No	Cr	Ni
6	6.70	7.47
7	5.39	5.98
8	6.92	7.54
9	6.48	7.08
10	6.68	7.32
平均	6.43	7.08
変動係数 CV(%)	9.38	9.00
(参考) 検量線用試 料のX線強 度	3.53	3.05

表4 各元素の検量線を使った定量結果(単位:ppm)

濃度 元素	分析值※	計算値
Cr	216	182
Ni	101	81
	V 0 0 T	上上

※n=2の半均値

3.2 測定試料の分析結果

分析結果を表 4 に示す。Cr と Ni の分析値は, どちらも計算値よりも高くなったが,前述した ように作成した検量線の傾きが,本来よりも小 さいことによるものと考えられる。

なお、供試材に含まれる Cr と Ni の濃度は、 それぞれ Cr 18.12%と Ni 8.05%であり、調製し た試料溶液 100ml 中に含まれる Cr と Ni の各元 素濃度は、供試材の秤量値から計算して、それ ぞれ Cr 182ppm と Ni 81ppm であった。

今後,検量線溶液の調製法について,さらに 検討していく予定である。

4. 結 言

- (1) 点滴用ろ紙を使って測定し,作成した液体 試料中の Cr および Ni の検量線の相関係数 は,それぞれ 0.994 および 0.990 であった。
- (2) 試料溶液の分取におけるマイクロピペットの CV 値は、5 回分取したとき、2.74%であった。
- (3) 測定試料中の元素濃度の分析値は,計算に より得られる各元素濃度より 2 割程度高く なった。

参考文献

中井泉, "蛍光 X 線分析の実際", 朝倉書
 店, 2007, p.73

鋳鉄の組織と蛍光 X線分析定量値の検討

毛利 敦雄*

Study of Structure in Cast Iron and X-Ray Fluorescence Quatitative Analysis

MOURI Atsuo*

1. 緒 言

当センターでは蛍光 X 線分析装置による鋳鉄, 鉄鋼の定量分析(検量線法)を行っている。鋳鉄 の蛍光 X 線分析において, 蛍光 X 線強度は組織の 影響を受けるとの報告¹⁾がなされている。本ノー トでは,鋳鉄の組織の違いによるけい素(以下 Si) の蛍光 X 線強度, 定量値の違いについて検討を加 えた。

2. 実験

2.1 試料

使用した試料を表1に示す。これらは依頼試験 として当センターに持ち込まれた試料である。 ④FCD450 チル熱処理は③FCD450 チルを電気マ ッフル炉中,大気下920℃で20時間熱処理¹⁾を行 い,初晶セメンタイトを分解した(初晶セメンタ イト→黒鉛+フェライト)試料である。

なお、②FCD450 正常と③FCD450 チルは別試料 であり、成分組織等は異なる。

2.2 評価

試料の評価は金属顕微鏡観察,走査型電子顕微 鏡分析および成分分析で行った。

2.2.1 金属顕微鏡観察

試料を樹脂で埋め込み,試料研磨機で研磨,エ ッチングを行った後,金属顕微鏡(オリンパス光 学工業(株)BX-60M-53MB)で観察した。

* 中越技術支援センター

2.2.2 走查型電子顕微鏡分析

試料の組織中のそれぞれの相(黒鉛,フェライト,初晶セメンタイト(③FCD450 チル),パーライト中セメンタイト,パーライト中フェライト)について,走査型電子顕微鏡 EDS 分析装置(日本電子(株) JSM-6060A)により点分析を行った。

2.2.3 成分分析

成分分析は蛍光 X 線分析装置(ブルカー・エイ エックスエス(株) S8 TIGER 4kW) 鋳鉄用検量線 (照射径 18mm),炭素硫黄分析装置((株)堀場製 作所 EMIA-920V) で行った。また,Si については 別途湿式分析 ²⁰も行った。

2.3 結果及び考察

2.3.1 金属顕微鏡観察

③FCD450 チル,④FCD450 チル熱処理の組織観 察結果(倍率 500 倍)を図1に示す。③FCD450 チルでは、炭素(以下 C)が球状黒鉛とくさび状 の初晶セメンタイトとして析出する。セメンタイ トは鉄と炭素の金属間化合物(Fe₃C)であり、チ ル組織の鋳鉄は非常に硬い。④FCD450 チル熱処 理では、初晶セメンタイトが黒鉛とフェライトに 分解して球状黒鉛のみが見られる。

表1 試料

試料	組織	備考
①FC250正常	正常組織	片状黒鉛鋳鉄
②FCD450正常	正常組織	球状黒鉛鋳鉄
③FCD450チル	チル組織	球状黒鉛鋳鉄+セメンタイト析出
④FCD450チル熱処理		③FCD450を熱処理、セメンタイト分解

なお①FC250 正常, ②FCD450 正常はそれぞれ 片状黒鉛, 球状黒鉛が析出する正常組織であった。

2.3.2 走查型電子顕微鏡分析

試料各相の点分析定量結果(5回測定平均)を 表2に示す。Siの結果では、フェライト、パーラ イト(パーライト中フェライト、パーライト中セ メンタイト)からはSiは検出されたが黒鉛、初晶 セメンタイトからはSiは検出されなかった。

文献³では, Si の各相に対する固溶度は, フェ ライトに対しては 18.5%, セメンタイトに対して は 0.04%である。今回の結果はこれに見合うもの であった。なお, パーライト中セメンタイトで Si が検出されているが, 照射する電子線が隣接する フェライト相に拡散している可能性がある。また C がほとんど固溶しない(最大 0.02%)フェライ ト相で, C が 4~7%程度検出されている。これは 装置内の汚染と考えられる。



2.3.3 成分分析

炭素硫黄分析装置(C,S), 蛍光 X 線分析装置 (C,S以外), Si 湿式分析(())内)による定量 分析結果を表3に示す。湿式分析は試料中のSiを 二酸化けい素として析出させ,その重量を測定す る分析方法であり,鋳鉄中のSi 測定では基準とさ れている。

分析結果は、①FC250 正常、②FC450 正常、③ FCD450 チルともに鋳鉄の組成に応じた妥当な値 であった。Siの湿式分析と蛍光 X 線定量を比較す ると、正常組織では湿式分析と蛍光 X 線分析結果 はほぼ同じであった。チル組織では、蛍光 X 線分 析は湿式分析(④FCD450 チル熱処理の湿式分析 値との比較)よりも若干低値となった。熱処理に より蛍光 X 線分析値は増加し、④FCD450 チル熱 処理は③FCD450 チルよりも約19%大きくなった。

(Si 定量, SiKα 線強度とも)。これは文献 ¹⁾と同 様, 組織の違いによるものと考えられる。

X線管球から照射される RhKα線の侵入深さ

試料	相	C(%)	0	Si	Fe
	黒鉛	79.6	4.6	0.3	18.5
①FC250正常	パーライト中フェライト	3.7		2.1	94.2
	パーライト中セメンタイト	10.5		2.2	87.2
	黒鉛	88.6	6.6		4.8
②FCD450正	フェライト	7.3		2.5	90.2
常	パーライト中フェライト	6.0		2.0	92.0
	パーライト中セメンタイト	12.3		1.6	86.2
	黒鉛	89.3	8.1		2.6
	初晶セメンタイト	9.7			90.3
(3)FCD450 ナ	フェライト	2.3		2.4	95.2
10	パーライト中フェライト	2.7		2.7	94.6
	パーライト中セメンタイト	4.1		2.5	93.4
	黒鉛	92.4	5.8		1.9
④FCD450 チ	フェライト	4.8		2.4	92.9
ル熱処理	パーライト中フェライト	4.6		2.0	93.3
	パーライト中セメンタイト	9.6		1.8	88.5

表 2 走查型電子顕微鏡分析

表 3 成分分析							
試料	C(%)	Si	Mn	Р	S	Cr	Mg
①FC250正常	3.43	2.09 (2.01)	0.74	0.063	0.060		
②FCD450正常	3.70	2.66 (2.62)	0.26	0.031	0.011	0.04	0.04
③FCD450チル	3.91	2.17	0.16	0.040	0.013		0.02
④FCD450チル 熱処理	3.91	2.59 (2.25)	0.15	0.041	0.013		0.02

媒体	媒体密度 (g/cm3) 照射X線		RhK α : ω 線吸収係数 面積質量 (1/cm)		RhKα侵入深さ (1/100減衰)	
Fe	7.86	RhKα	25.6	201	230 <i>µ</i> m	
С	2.25	RhKα	0.469	1.06	4.6cm	

表 4 RhK α 線侵入深さ

表	5 S	iK	α 線	透调	厚
---	-----	----	-----	----	---

媒体	媒体密度 (g/cm3)	蛍光X線	質量吸収係数 (cm2/g)	90%透過厚 (<i>μ</i> m)
Fe	7.86	SiKα線 (1.74keV)	2324	1.3
С	2.25	SiKα線 (1.74keV)	5256	0.6

表 6 面積比率

	黒鉛+初晶セメンタイト (%)	フェライト+パーライト (%)
③FCD450チル	17.1	82.9
④FCD450チル熱処理	12.8	87.2

(1/100 に減衰する深さ)の計算結果 4を表 4 に, 励起される SiKα線が表面まで出てくる深さ(当初 の強度の 10%まで減衰する深さ)の計算結果 5を 表 5 に示す。

照射した X 線 (RhKα 線) は鋳鉄中に 200µm 程 度侵入するが, 励起される SiKα 線は, フェライト, パーライトからは深さ約 1.3µm, 黒鉛からは深さ 約 0.6µm 程度からしか外に出てこない。

一方,組織中の黒鉛,初晶セメンタイトの大き さは数 µm~10µm 程度である。表面の黒鉛を透過 した RhKa 線は,黒鉛下のフェライトなどに達し SiKa 線を発生させるものの,発生した SiKa 線は 表面に到達できない。これより,鋳鉄から検出さ れる SiKa 線強度は,試料最表面のフェライトなど の含 Si 相の面積とその相の Si 濃度に依存するこ とがわかる。

③FCD450 チルと④FCD450 チル熱処理において, Siを含む相(フェライト+パーライト)とSiを含 まない相(黒鉛+初晶セメンタイト)の,金属顕 微鏡写真より求めた面積比率を表6に示す。

Siを含む相(フェライト+パーライト)の面積 比率は、初晶セメンタイトが消失する分④FCD450 チル熱処理が大きい。一方、熱処理による含 Si 相の Si 量に大きな違いは見られない(表 2)。

これらより、面積比率の違いが優先的に表れて、 熱処理品の SiK α 線強度, Si 定量値が大きくなっ たものと考えられる。

3. 結 言

鋳鉄のチル組織,正常組織の各相について走査 型電子顕微鏡分析と蛍光 X 線分析,湿式分析を行 い次の結論を得た。

- (1) 鋳鉄中の Si はフェライト,パーライトに分布 し,黒鉛,初晶セメンタイトには分布しない。
- (2) 同一成分のチル組織品,熱処理品について蛍 光 X 線分析を行ったところ,熱処理品がチル 組織品よりも SiKα 線強度,Si 定量値(検量 線法)とも大きくなる。これはSiを含む相の 面積比率が大きくなるためと考えられる。

参考文献

- 1) 村松, 小谷, 五藤, 成田, "鉄と鋼", 58, 1972, pp.2049-2059.
- JIS G1212,鉄及び鋼ーけい素定量方法,付属
 書1,二酸化けい素重量法(1)
- (3) 矢島悦次郎ほか, "第2版若い技術者のための 機械・金属材料", 丸善, p.181.
- "蛍光 X 線分析の手引き",理学電機工業(株), p.146.
- 5) ブルカーエイエックスエス社, S8TIGER 吸収 係数計算ソフト

各種獣毛断面データの収集

渡邊 亮* 明歩谷 英樹*

The Collection of Photographs of Longitudinal Section of Animal Hair

WATANABE Ryo* and MYOUBUDANI Hideki*

1. 緒 言

食品業界や精密加工業さらには繊維加工業に おける製品不良原因の一つとして、繊維状異物 の混入が報告されている。例えば、動物の毛が 製品に混入した時の場合を考えると、混入した ものが動物の毛だとわかり、さらに動物の種類 を特定できれば製造・流通の工程での異物混入 経路について見当がつく場合がある。その場合 には、工程改善を行い異物の混入をなくすこと ができる。

動物系の繊維状異物を鑑別するためには, DNA 判定やタンパク質の質量分析の手法があ るが,コストや迅速性などの点において課題と なっている。一方,より迅速かつ明確に判別す ることができる電子顕微鏡による毛の形態観察 といった手法があるが,毛の側面部にある毛小 皮は製品の混入前,または混入後の環境により, 形状の特徴が失われていることがある。そこで, 外部環境の影響を受けにくく,動物ごとの変化 が大きい毛髄質に着目した。

毛髄質の観察方法はおもに 2 つの方法がある。 1 つ目は生物顕微鏡などを用いて,透過光で毛 髄質を観察する方法である。ただし,簡便にで きるが,観察倍率が低いことと,透過光で見る ためにどうしても毛小皮や毛皮質の影響で鮮明 な毛髄質が観察するできないことが欠点である。 もう 1 つの方法が刃物で毛を縦方向に切断して 断面を出して,電子顕微鏡で観察する方法であ る¹⁻³⁾。縦方向に切断して,断面を電子顕微鏡観 察すると,先ほどの生物顕微鏡の透過光で見た 場合の欠点がなくなるため,高い倍率で鮮明に 毛髄質を観察することができる。なお,横方向 で切断して観察する場合は,1度の切断で出す ことが可能な毛髄質の断面が狭いことが欠点と なる。

そこで,我々は今後の異物混入事案を念頭に, まず地場の企業が良く製造に用いている獣毛に ついての断面データの収集を行うこととした。

2. 実験

2.1 獣毛の入手

上市されている各種獣毛素材(ラム,カシミ ヤ,キャメル,アルパカ,アンゴラ)の糸につ いて第一ニットマーケティング(株)より入手 した。また,チンチラの毛を毛皮のコートから 入手した。

2.2 獣毛の縦断面出しの方法

以下①~④に獣毛の縦断面出しの方法を示す。 この方法は、大阪府立産業技術総合研究所皮 革試験所の奥村 章氏の助言を基に独自の工夫 を加えた方法である。

 ・透明で薄い(数 mm)樹脂板上に獣毛を固定するため,固定液(クリアコートを薄め液で 1:1に希釈したもの)を均一に塗る。

②:樹脂板上に獣毛をのせ、獣毛が縮まらないように粘着テープで毛の両端を固定する(図1
 (a))。獣毛が縮れていない場合、粘着テープで固定する必要はない。

③:室温で固定液が固まったら、粘着テープで固定されている毛を切り、50℃で1時間程度静

* 素材応用技術支援センター



⁽a) 獣毛の縦断面出し工程の途中概略 (b) ミクロトーム用替刃で獣毛縦断面を出す様子 図1 獣毛の縦断面調製方法

置して、固定液を完全に固化させる。その後、 室温まで徐冷する。

④:実体顕微鏡で観察を行いながら、同時にミクロトーム用替刃を手で持ち(補助具としてフェザートリミングナイフハンドルを使用),操作して獣毛の縦断面を出す(図1(b))。

2.3 獣毛の観察結果

日本電子(株)製 走査電子顕微鏡 JSM-5600 を用いて獣毛(ラム,カシミヤ,キャメル, アルパカ,アンゴラ,チンチラ)の側面,縦断 面の拡大観察を行い,その画像データを収集し た。獣毛の種類ごとに図2から図7に示す。

3. 考察

獣毛ごとに毛小皮や毛髄質に特徴があること がわかる。特に毛髄質は大きい違いが見られる。 だが、図2(b)のラムや図3(b)のカシミヤ のように毛髄質に特徴的な構造が見つけ難い場 合がある。このような場合に、例えば玉ねぎの 薄皮の細胞を実体顕微鏡で観察する時に酢酸カ ーミン溶液で染色することで観察しやすくする ように、染色を行い調製してから獣毛断面を電 子顕微鏡で観察したほうがよいと思われる。電 子顕微鏡の特性から金属系染料で獣毛を染色す ることで、よりはっきりとした画像をとること が可能とされている。また、今回の研究で収集 できなかった獣毛についても収集を続け、繊維





(a) 側面

(b) 縦断面

図2 ラム



(a)側面

(b)縦断面





(a) 側面

(b)縦断面

図4 キャメル



(a)側面

(b)縦断面

図5 アルパカ



(a) 側面

(b) 縦断面





(a)側面

(b) 縦断面

図7 チンチラ

状異物混入が発生した際の迅速な鑑定に資する 必要がある。

4. 結 言

- (1) 獣毛(ラム,カシミヤ,キャメル,アルパカ,アンゴラチンチラ)の側面および縦断面の画像を収集し,獣毛ごとの特徴を確認した。
- (2) より詳しく獣毛の特徴を調べるため、前処 理として金属染料を使い獣毛に染色を試み ることと今回収集できなかった獣毛につい ても収集を続けることで、データベースが よりよいものとなると思う。

謝 辞

本研究にあたり,第一ニットマーケティング (株)には獣毛のご提供,大阪府立産業技術総 合研究所皮革試験場には獣毛の縦断面の出し方 のご指導を賜りました。厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 野村裕子, "動物毛の形態観察", 北海道大 学農学部技術部研究・技術報告, 1995, pp.3-11.
- 2)奥村章, "動物毛の SEM 観察の新しい手法", Technical Sheet, no.05016, 2005
- 3)奥村章, "毛皮素材判定のための毛の顕微 鏡写真集", Technical Sheet, no.08001, 2008

ドラム式洗濯とパルセーター式洗濯の比較調査

明歩谷 英樹*

Comparison of drum type wash and palsator type wash

MYOUBUDANI Hideki*

1. 緒 言

近年,日本の家庭における洗濯方法がこれまで国内で主流であったパルセーター式のほか, 欧州で主流のドラム式も選べるようになってきた。これを受けて,JIS 規格においても洗濯による寸法変化率の試験方法などにドラム式洗濯 を採用するよう見直しが始まっている¹⁾。

今回はドラム式洗濯機(図1参照)とパルセ ーター式の洗濯機を用いて,各種繊維素材に対 する洗濯試験を実施し,その洗濯方式による布 への影響を比較調査することで,洗濯方式の特 徴を把握する。さらには,県内繊維産地におけ る繊維製品の洗濯までを考えたものづくり支援 に役立てる。

2. 洗濯試験と布への影響

2.1 洗濯試験機と試験方法

ドラム式とパルセーター式の洗濯機を用いて, 比較試験を行うことで,被洗濯物の寸法変化や 表面の毛羽乱れなど,洗濯方式による影響を調 査した。ドラム式洗濯機は,横置きの大きなド ラムで被洗濯物を持ち上げ,落下させることで たたき洗いを特徴とする洗い方であるのに対し, パルセーター式洗濯機は,多くの水を使った水 流によって汚れを落とすことを特徴としている。

洗濯方法は,JIS L0217.1995 付表 1 記号別 の試験方法-洗い方(水洗い)103 法(遠心式 脱水装置付きの家庭用洗濯機)に準拠して行 った。

* 素材応用技術支援センター



図1 ドラム式洗濯機

【試験機】

ドラム式洗濯機: BD-V9600(HITACHI製) パルセーター式洗濯機:

NW-42F2(HITACHI製)

【試料:被洗濯物】

JIS 添付白布(綿,ポリエステル,毛,絹 :ほつれを防ぐために四方をロックミシンで縫 ったものを試料とした),タオル,Tシャツ, 負荷布(綿)

【洗濯条件】

液温:40℃,浴比 1:30,洗剤:部屋干しト ップ(ライオン(株)製)

5分洗濯→脱水→2分すすぎ洗い→脱水→2分 すすぎ洗い→脱水を1回の洗濯とした。

【乾燥方法】

乾燥は,各測定時の前のみ行い,それ以外 は連続で洗濯を行った。JIS 添付白布は「平干 し」,Tシャツとタオルは「吊り干し」とし, 温度 20℃,湿度 63%RH の条件下で 10 時間以 上保持した。



図2 ウールの寸法変化率

その後,洗濯による被洗濯物への影響を把 握するため下記 2.2洗濯による寸法変化率測定, 2.3 電子顕微鏡による布表面の観察, 2.4 洗浄 力の比較を行った。

2.2 洗濯による寸法変化率測定

ドラム式とパルセーター式の両方を用いて, 最大10回の洗濯試験を実施した。そのときの寸 法変化率は,JIS L1909^{:2010}繊維製品の寸法変 化測定方法に準拠して測定した。

測定は、1回目の後、3回目、5回目、10回目 について行った。

ここでは,変化の大きかったウールの寸法 変化率の結果を図2に示す。両方式とも洗濯5 回まではたて糸方向の収縮は少ないが、その 後5%と大きく収縮することがわかった。一方, よこ方向は3回目の洗濯で5%収縮する。また、 各被洗濯物に対する寸法変化率の結果(10回 洗濯)を表1に示す。タオルは長さ方向をよ こ方向とし、Tシャツは身頃方向をたて方向と した。織物、ニットさらにはタオルの各洗濯 方式による寸法変化率をまとめることができ た。パルセーター式の洗濯によって、脱水後 には衣類同士が絡まってしまうのに対し、ド ラム式は、それぞれ分かれて脱水され、絡ま りがなく仕上がっている。しかし、洗濯後の 寸法変化率には、洗濯方式による差は特にみ られなかった。

表1 各素材の寸法変化率(洗濯10回)

		たて方向	よこ方向
公白	パルセーター式	-5.9	-5.4
が市	ドラム式	-5.1	-6.0
DET	パルセーター式	-0.4	-0.1
PEI	ドラム式	-0.3	-0.3
Ŧ	パルセーター式	-5.2	-5.6
七	ドラム式	-5.1	-6.0
火 旦	パルセーター式	-5.2	-0.5
が月	ドラム式	-6.0	-0.5
カナル	パルセーター式	-0.8	-4.5
	ドラム式	-1.1	-4.9
Tシャツ	パルセーター式	-4.7	-13.4
	ドラム式	-3.7	-15.6

単位(%)

2.3 電子顕微鏡による布表面の観察

各洗濯方法による繊維表面へのダメージの 状況について、日本電子(株)製走査電子顕 微鏡JSM-5600を用いて拡大観察した。

絹は、一般的に湿潤時の摩擦によって、繊維の分繊(フィブリル)が多数発生することが知られている²⁾。ここでは、10回洗濯後の 絹の表面状態について取り上げる。図3に洗 濯前の表面拡大写真を、図4にはパルセータ 一式の洗濯後の写真を、図5にはドラム式の 洗濯後の写真を示す。絹に関しては、パルセ ーター式による洗濯後の方が、ドラム式に比 べ表面が荒れていることがわかる。その他の 繊維については、10回の洗濯を行っても洗濯 方式による差は見られなかった。



図3 洗濯前の表面状態(絹)



図4 パルセーター式洗濯後の表面状態(絹)

2.4 洗浄力の比較

JIS 添付白布(綿)に醤油,ソース,マヨネ ーズ,汚れ試験用人工汚染土(高松油脂(株) 製)を付着させ、1回の洗濯によるその汚れ落 ちを洗濯方式の違いについて比較した。汚染 布の洗濯前の状態を図 6 に示す。各洗濯方式 による汚れ落ちの評価を行うため、洗濯後の 汚れ部分について JIS L0805 に規定する汚染 用グレースケールにて色差を比較判定した。 各洗濯方法による汚れ落ちの結果を表 2 に示 す。水溶性の汚れ(醤油,ソース)について は、両方の洗濯方式ともきれいに汚れを落と しているが、油性の汚れ(マヨネーズ)と微 細粒状物質が繊維の奥へ進入した不溶性汚れ である人工汚染土については、両方ともある 程度残った。今回の実験の結果から、ドラム 式とパルセーター式の洗濯方式による汚れ落 ちの差は見られなかった。



図6 汚染布



図5 ドラム式洗濯後の表面状態(絹)

3. 結 言

- (1) ドラム式洗濯とパルセーター式洗濯の両方 式により洗濯試験を行い,各繊維素材の寸 法変化率,表面状態,洗浄力の特性を把握 した。
- (2) 今回の試験では、洗濯方式による差はほとんどなかったが、絹の添付白布においてドラム式洗濯の方がフィブリル発生が押さえられていることがわかった。

参考文献

- 経済産業省 産業技術環境局 環境生活標 準化推進室, "繊維製品の洗濯絵表示 JIS 改正の検討について-JIS L0217 の ISO 3758との整合化-", 2013.
- 2)皆川基, "絹の科学", 1981, pp. 46-47.

	パルセーター式	ドラム式
マヨネーズ	4-5 級	4-5 級
醤油	5 級	5 級
ソース	5 級	5 級
人工汚染土	3-4 級	3-4 級

表 2 洗浄力試験結果

園芸ハサミの仕様変更にともなう耐久性能評価試験

柳 和彦*

The durability performance evaluation test with specification change of horticulture scissors

YANAGI Kazuhiko*

1. 緒 言

園芸ハサミで生花や枝を切る場合,一般的な 剪定鋏や花鋏が「せん断」によるのに対し, (株)カバサワ製の園芸用ハサミ『スマートシ ザー』(図 1)は両刃の刃物と台座(受け部) による「切断」で切り離す。(図 2)

より確実な「切断」効果を実現させるために は刃先と受け部とを隙間なく接触させる必要が あるが,現行仕様の受け部は硬質樹脂(ガラス 繊維入り PP 材)であり,隙間を生じやすい。

隙間軽減を目的として受け部の材質を軟質樹 脂に変更することを検討しているが,耐久性能 が懸念される。

そこで,耐久試験による軟質樹脂製刃受け部 の変形挙動を観察した。

2. 耐久性能評価試験

2.1 試験の概要

一定荷重による繰り返し開閉試験を行い,軟 質樹脂製刃受け部の断面形状の変化を観察した。

2.2 予備試験

園芸ハサミで材料を切断する際に要する力を 測定し,得られた力を刃受け部に対する繰り返 し開閉試験に適用した。

園芸ハサミの一方の掴み部をバイスに固定し, 材料試験機の定盤上に静置する。切断対象材料 を刃の間に支持し,もう一方の掴み部端部から 一定速度で圧縮し,対象材料が切断される際に 要する試験力を測定した。(図 3)

* 中越技術支援センター

切断対象材料にはシラカシ乾燥材(直径約 8 ~9mm)を用い,試験速度は 20mm/min とした。 結果,切断に要した最大試験力は約 130N で あった。



図1 園芸ハサミ『スマートシザー』





図3 予備試験の様子

2.3 繰り返し開閉試験

園芸ハサミに予備試験で得られた試験力によ る繰り返し開閉操作を加え,軟質樹脂製刃受け 部の断面形状の変形挙動を観察した(図4)。

また,軟質樹脂には,ゴム硬度の異なる複数 種類を供した。

2.3.1 繰り返し開閉条件

試験機器:家具強度試験機 試験力:約130N 試験速度:回/2~3秒(1,000回/40分) 総試験回数:10,000回

2.3.2 評価方法

試験操作 1,000 回完了時ごとに受け部の断面 形状を形状粗さ測定機でならい,形状変化を観 察した。(図 5)



図4 繰り返し開閉試験の様子



図5 断面形状測定箇所



3. 結果

例として,ゴム硬度[大]試験品とゴム硬度[小] 試験品の試験回数 10,000 回時の測定箇所 1 の断 面形状を示す(図 6)。

ゴム硬度[小]試験品に比べゴム硬度[大]試験品 の変形の度合いは小さいことがわかる。

4. 結 言

園芸ハサミの軟質樹脂製刃受け部に対し一 定荷重による繰り返し開閉試験を行い,断面形 状の変化を測定した。

結果,樹脂の硬度と断面形状の変形の度合い には相関があることが確認できた。

シンプルな3次元ビューワによる レリーフデータ製作の効率化

木嶋 祐太*

Efficient design for a metal relief with a simple 3d viewer

KIJIMA Yuuta*

1. 緒 言

(有)毛利製作所(長岡市)では,切削加工 により金属板上に人物像や図柄を描いたレリー フ(図1)を受託製造するサービスを行ってい る。レリーフの価値はそこに描かれている図柄 にあり,どういった図柄を作成するかがレリー フ製作の重要なポイントとなっている。

レリーフは金属板上の凹凸でその図柄を表現 するので,最終的な加工は3次元データによっ て加工が行われる。一方,そこに表現される図 柄の製作は2次元+ αのデータ(写真データの ようなもの)を取り扱うほうが,3次元データ を取り扱うよりも簡単である。

毛利製作所ではレリーフの図柄データを作成 する際に市販の写真加工ソフトを利用している。 写真加工ソフトでは最終的なレリーフの3次元 形状はわからないので,形状を確認するための 無駄な手間と時間がかかっている。そこで,シ ンプルな3次元ビューワーを適用し,その工程 の効率化を図った。

2. レリーフ作成工程

- レリーフは以下の工程で作成される。 ①写真データを市販の写真加工ソフトにて 2.5 次元データへ加工する(図 2)
- ②2.5 次元データを市販の CAM ソフトで読み込 み加工データを作成する。

③NC工作機で金属板を加工する。



図1 金属板レリーフ



図2 2.5 次元データへの変換

2.1 2.5 次元データ

ビットマップデータは画像のデータであり, 2 次元の座標値と画素データにより画像を表す。 このビットマップデータの画素値を高さのデー タとみなしたデータが 2.5 次元データである。 このデータは非常に簡単にレリーフの形状デー タへ変換することができる。

2.2 市販の写真加エソフトでの加工

図2の左側が写真データ,右側が2.5次元デ ータである。図2のように2.5次元データを見 ても最終的なレリーフの形状はわからない。そ れでも作業者は明るいところは高い,暗いとこ

^{*} 中越技術支援センター

ろは低い,というように仕上がりを想像しなが ら,2.5 次元データを作成していく。写真加工 ソフトが持つ強力な描画機能は非常に有用であ り、レリーフ図柄作成にこの方法を採用してい る理由の一つになっている。

作業者が 3 次元形状を確認したい場合は, CAM ソフトで作成したデータを読み込めば良 い。しかし, CAM ソフトは加工データを作成 するためのソフトなので, 3 次元データを表示 する用途には使い勝手が良くない。1 回データ を表示するために 1 分 30 秒の時間がかかって いる。

3. シンプルな3次元ビューワ

2.5 次元データを作成する工程に,特別な作 業をすることなく3次元データが表示できる3 次元ビューワを適用した。

3 次元ビューワは、図 3 に示すように市販の 写真加工ソフトで作成したデータを PC に保存 すると、自動でデータを読み込み 3 次元でデー タを表示する。視点を変えたりなどの操作が必 要なければ、写真加工ソフトでの画像保存の操 作のみでレリーフ形状を確認できる。

3.1 高速化

データは縦横 1000 画素以上になるので, す べてのデータの再描画処理は多少時間がかかっ た。図4のように画像を分割して, 更新された 領域のみ3次元データを再構成する方法を採用 した。

4. 3次元ビューワ適用結果

3 次元ビューワを適用したところ,データを 3 次元表示する時間が 3 秒以下になった。



図3 3次元ビューワ







したとする

変更かのった頑찍 だけ3次元データを 更新する。

図4 画像の分割

1回のレリーフ設計では複数回の確認が入る ので、トータルとしてレリーフの設計工程が 40%短縮した。また、作業時間が減っただけで なく、レリーフの品質向上にも寄与した。3次 元で頻繁に確認できるようになったため、様々 な表現が試せるようになったからである。

5. 結 言

- (1) シンプルな3次元ビューワ適用でレリー フの形状確認にかかる時間が、1分30秒 から3秒以下になった。
- (2) 表示時間を短縮することによって、3次 元での形状確認が容易となった。その結
 果、レリーフの品質向上に大きく寄与した。

未利用低温排熱利用の発電システムの技術開発

(第2報)

三村 和弘* 須貝 裕之** 阿部 淑人*** 山崎 栄一*

Development of Power Generation System using Untapped Low Temperature Heat Source II

MIMURA Kazuhiro*, SUGAI Hiroyuki**, ABE Yoshito*** and YAMAZAKI Eiichi*

1. 緒 言

近年,未利用エネルギーを利用した多くの技 術開発が行われているが,低温排熱利用につい ては開発が限定的であり,特に 200℃以下の熱 エネルギーを電気エネルギーに変換することは 実用化が困難である。また,県内でも排熱の有 効利用を考えている企業は米菓業や鋳物業をは じめとして多く存在する。そこで,本研究は県 内企業,新潟大学,県農業総合研究所食品研究 センター,そして工業技術総合研究所が共同研 究体を形成し開発を行った。ここでは,工業技 術総合研究所が担当したスターリングエンジン の発電実験とコンピューターシミュレーション を利用した技術開発について報告する。

2. 発電システム

開発する発電システムは「集熱装置」,「熱 輸送装置」, [スターリングエンジン」そして 「制御装置」の4つの要素から構成される¹⁾。 このシステムは,工場から排出される熱を集熱 装置で回収し,作動流体の相変化を利用したサ ーモサイフォンで熱輸送を行い,スターリング エンジンに熱供給し電力を発生させる。その後, 発生した電力を制御装置で安定した電力に変換 する。

* 研究開発センター

- ** 中越技術支援センター
- *** 下越技術支援センター

3. スターリングエンジンの開発

開発するスターリングエンジンは、高温部と 低温部の温度差を利用するもので、エンジン内 部のヘリウムガスを作動気体として膨張収縮を 繰り返させ、ピストンを高速で動作させて電力 を発生させる。ここでは、熱交換器の効率を向 上させることが発電性能に大きく関与するため、 発電実験と熱交換部のコンピューターシミュレ ーションによる解析を行った。

3.1 発電実験方法

スターリングエンジンの加熱に関しては,加 熱部に安定した熱エネルギーを供給し再現性の ある実験を行うため,高温に加熱したシリコー ンオイルを循環させる装置を図1のように開発 した。この装置は,シリコーンオイルを油タン ク内で高温に熱し,高温用ポンプによりスター リングエンジンに熱供給を行うものである。



図1 スターリングエンジン加熱装置



図2 スターリングエンジン

また,エンジン出入り口に温度センサ(K熱電 対)を取り付けて,シリコーンオイルの出入 りの温度差と流量により投入熱量を算出した。 冷却に関しては,冷却部に約 10℃の冷水を常 時流した。

3.2 発電量と発電効率

発電実験では、起動中のスターリングエンジ ンのヘリウムガス圧力を調整し、パワーピスト ンとディスプレーサーピストンの位相差を適正 化することによって得られる最大の発生電力を 調べた。その結果、ヘリウムガス圧が 1.4MPa のときに、発生電力は最大の 45W を出力し、 このときのシリコーンオイルの出入りの温度差 が 1.8K であり、流量が 400g/s だったので、シ リコーンオイルの比熱を 1.5J/(K・g)とすると、 投入熱量は、400×1.5×1.8 =1080W となった。 したがって、投入熱量に対する発電効率を求め ると約 4%になる。実験に使用したスターリン グエンジンを図 2 に示す。

3.3 コンピューターシミュレーションによる 集熱・熱輸送装置の開発支援

ここでは,熱流体コンピューターシミュレー ションによるスターリングエンジンの開発支援 の概要を説明する。



3.3.1 熱交換器の特性解析

スターリングエンジンを動作させるためには, エンジン内部の作動気体を外部から間接的に加 熱・冷却させる必要がある。そこで、パイプ内 部を流れる作動気体を外部からの熱源により加 熱する熱交換器の性能評価をコンピューターシ ミュレーションにより行った事例を示す。 図 3 に計算した熱交換器の例を示す。(a)は単 純な円筒管、(b)は管内に銅フィンを挿入し、 伝熱面積を大きくした場合である。伝熱面積を 大きくすると、移動する熱エネルギー量が多く なり熱交換の効率がよくなる。したがって、単 位時間に単位面積に流れるエネルギー量である 熱流束が大きくなる。計算結果を図4に示す。 単純円筒管の平均熱流束 0.024 W/mm² に対し て、フィンを挿入することにより、倍以上の熱 流束が得られることが予想される。ただし、フ ィン挿入により作動気体の流れに対して抵抗も 増加することが予想される。このようにして, 銅のフィン形状や板厚・材質を変えて計算を行 い、スターリングエンジンに適した熱交換器を



(a) サーモサイフォン全体の温度分布



(b) 加熱・冷却部の蒸発・凝縮量の時間変化図5 サーモサイフォンの解析結果

検討し,実際の装置製作に反映させた。

3.3.2 サーモサイフォンの解析

排熱源から回収された熱は、サーモサイフォ ンによりスターリングエンジン加熱部に移送さ れる。サーモサイフォンは、ヒートパイプと同 様に真空容器内に水を封入し、加熱部における 蒸発と冷却部における凝縮により、同形状の銅 の棒に比べて数 100 倍の熱伝導率を実現する装 置である。 本研究では、サーモサイフォン加熱・冷却部の 形状が性能に与える影響をコンピューターシミ ュレーションにより計算し、装置製作に役立て た。図 5 に解析結果の一例を示す。(a)にはサ ーモサイフォン全体の温度分布を示す。排熱は 集熱板を加熱し、これにより蒸発部の水が気化 する。気化した水はスターリングエンジン加熱 部で熱交換により凝縮して液体となり、蒸発部 に戻る。(b)には蒸発部とエンジン加熱部の単 位時間あたりの結露量の時間変化を示す。正の 結露量はスターリングエンジン加熱部における 凝縮を意味し、負の結露量は蒸発部における蒸 発を意味する。この値に質量あたりの気化熱を かけた値が熱輸送量となる。

4. 結 言

- (1) 安定した熱供給を行う加熱装置を開発し, 最大発生電力を 45W 出力した。
- (2) 熱流体解析ソフトウエアにより、スターリングエンジンに適した熱交換器を検討し、 実際の装置製作に反映させた。
- (3) 熱流体解析ソフトウエアによりコンピュー ター上でサーモサイフォンを再現し,内部 状況の分析や熱輸送能力の評価をおこない, 開発に役立てた。

参考文献

 須貝裕之,本田崇,阿部淑人,坂井朋之, "未利用低温排熱利用の発電システムの技 術開発" 工業技術総合研究所報告書, no.41,2011, pp.49-51.

Ⅲ 調查·報告

工業技術総合研究所 研究会活動報告

工業技術総合研究所は,新産業や新技術を調査し研究開発のテーマを設定す ることを目的として各種の研究会を開催している。また,研究会参加企業との コンソーシアムを形成し,研究開発の体制作りを行うことも重要な目的として いる。

研究会活動は,主として「ものづくり技術連携活性化事業」によって実施されている。目標とする市場の動向や技術動向を調査し,会員企業への情報提供 を行うとともに,県内企業による研究開発の可能性を模索する。

平成25年度は、下記の6テーマについて研究会を設立した。研究会の主催するセミナーには、講師として各界の専門家を招待し最先端の状況について説明を受けた。

- 1. 次世代パワーエレクトロニクス技術
- 2. 高張力鋼板のプレス成形技術
- 3. 精密微細加工技術
- 4. エネルギーハーベスティング技術
- 5. CFRP を使った製品製造技術
- 6. 綿の炭化及び微細化による機能性材料の開発

また,将来性が見込まれる産業分野への参入促進を目的として,「航空機産業 参入推進事業」および「未利用エネルギー活用植物工場実証事業」が,平成24 年度に開始され,25年度も継続されている。

航空機産業参入推進事業では,航空機部品製造のための新技術を世界に先駆 けて開発し,それを紹介・移転することを目的として研究会を開催するととも に技術調査のためパリ国際航空ショーに職員を派遣した。

また,未利用エネルギー活用植物工場実証事業では,研究会の開催に加え, キャビネット型植物工場の試運転を行う等,県内企業が有する要素技術を結集 し,市場が拡大している植物工場関連産業への参入を促進するための活動を行 った。

上記の活動を、ここにまとめて報告する。

次世代パワーエレクトロニクス研究会報告

五十嵐 晃* 小林 豊* 馬場 大輔** 木嶋 祐太***

Report of Next Genaration Power Electronics Technology

IKARASHI Akira*, KOBAYASHI Yutaka*, BABA Daisuke** and KIJIMA Yuuta***

1. 緒 言

様々なエネルギーの有効活用,特に電力の有 効活用が急務となり,最近では太陽光や風力発 電など再生可能エネルギーで発電した電力をい かに効率良く使用できる電力に変換するかが重 要となっている。電力利用効率向上の手段とし て,パワー半導体による電力変換・制御は,す でに多くの場面で行われており,これまでパワ ー半導体が適用されてこなかった機器への展開 や新たな応用分野が急激に広がることによって, 今後もパワー半導体が利用される場面が大幅に 増加するものと思われる。

その中で、電力損失がシリコンの 1/100 以下、 数 kV の高耐圧性などパワー半導体として極め て優れた性能を有した材料である炭化ケイ素 (SiC) や窒化ガリウム(GaN)の実用化が期 待されている。インバータなどの電力変換装置 の適用範囲が鉄道や次世代自動車などの産業を はじめとして極めて広いことから社会全体への 波及効果が大きく、様々な産業において成長の 鍵になるものと思われる。

そこで本報告では,新しい材料によるパワー 半導体について,その技術動向,市場動向およ び県内企業の取り組みについて示しながら,一 方でそのパワー半導体を実際に扱ってみた事例 や応用製品の試作例を示すことでパワー半導体 メーカおよびパワー半導体を利用するユーザの 両面から課題抽出を行った。

* 研究開発センター

- ** 上越技術支援センター
- *** 中越技術支援センター

2. 関連技術セミナー

県内製造業が今後電力変換機器などの関連産 業へ参入するにあたり必要とされる電力変換関 連技術の動向,関連産業構造の状況などの情報 提供を目的として,電力変換関連技術セミナー を合計3回開催した。セミナー参加人数は延べ 49名であった。セミナー内容は主にSiCの研究 開発状況およびパワーエレクトロニクスに関連 したベンチャー企業紹介などの情報提供を行っ た。また,セミナー参加者に次世代パワーエレ クトロニクスの取り組みについてアンケートを 行ったところ7割程度が検討中であり県内企業 の関心の高さを示す結果となった。図1にアン ケート結果を示す。

3. 調査活動

3.1 技術動向

パワー半導体を取り巻く技術開発の方向は, 省エネルギー,機器の小型化,電力変換効率の 高効率化である。パワー半導体を用いることで 技術的な課題をクリアすることが期待されるこ とから,今後はその製造コストを下げることが



図1 アンケート結果

ポイントとなる。特に SiC については 2014 年 中に 6インチウェハの量産が開始され, コスト 低減が進み,本格的普及にいたると思われる。 一方, GaN は技術的な課題が克服されつつあ り今後本格普及が進むと考えられている。

3.2 市場動向

矢野経済研究所によれば,SiC や GaN など を使った次世代パワー半導体の世界市場は, 2015 年以降から本格的に採用が拡大していく との予測を立てている。次世代パワー半導体全 体世界市場は,2012 年から 2020 年まで年平均 57.2%で成長し,2020 年の市場規模は約 30 億 ドルとなる見込みである。従来品を合わせたパ ワー半導体全体の市場規模が 300 億ドルと予測 されていることから,市場全体の約 10%を次 世代パワー半導体で占めることとなる。¹⁾

4. 次世代デバイス単体の評価実験

次世代パワー半導体を自社製品に組み込むに は、まずそのデバイス単体の性能を把握してお く必要がある。そこで本研究会では、実際にデ バイス単体の性能評価を行った。なお、評価に あたってはあらかじめ電子回路シミュレータに よるシミュレーションを行い、両者の比較を行 うことによりデバイスの動作のさらに深い把握 に努めた。結果として、表 1 に示すようにシミ ュレーションと実測により SiC_FET のオフ時 間が Si_IGBT よりも短く、オン抵抗が Si_FET よりも一桁程度小さいことを確認した。

5. パワーエレクトロニクス応用技術(電動 カート)の取り組み

本研究会の取り組みの一つとしてパワーエレ クトロニクス分野の代表的な応用技術の一つで

	(左:計算値、				測値)		
	SiC_FET	Si_IGBT	Si_FET		SIC_FET	Si_IGBT	Si_FET
オン時間 (nsec)	30	37	11	オン時間 (nsec)	52	44	30
オフ時間 (nsec)	537	3211	414	オフ時間 (nsec)	140	172	80
オン抵抗 (Ω)	0.08	0.68	0.83	オン抵抗 (Ω)	0.09	0.88	0.61

表1 評価実験結果



図2 作製した電動カートの外観

ある電動カート(ここでは走る,曲がる,止ま るの基本性能をできる限り簡単な方法で実現し た小型の電気自動車のことを示す)を作製した。 今後このインバータに使用されている半導体を SiC などの半導体に変更して,航続距離などの 指標を計測する予定である。図2に作製した電 動カートの外観を示す。

県内企業のパワエレ産業構築に向けての活動

県内の電子回路設計を担う企業は、受託開発 の仕事をしている企業がほとんどであり、①仕 事の内容が依頼先に依存している、②十分な技 術開発費が確保できない、などの理由からパワ ーエレクトロニクスのように付加価値の高い仕 事を行うことができない。県内ユーザは県外製 品を購入し、電子回路設計の企業は県外の仕事 を受託しているというケースが多いのはそのよ うなビジネス形態が理由と考えられる。

現在,次世代デバイスが普及し始めており時 代の転換点にきている。また,新潟には長岡技 術科学大学というパワーエレクトロニクスに強 い大学がある。この時代の流れと新潟の強みを 活かしながら新潟県内の関連企業がより付加価 値の高い仕事にチャレンジできる可能性がある。

このような背景から,次世代デバイスに関わ る仕事を中軸として県内企業が連携して取り組 むプロジェクト構築をめざし活動した。結果と してこのプロジェクトは始動しなかったが,従 来考えられるモータ駆動などのほか,例えば
非接触給電の分野ではより高い駆動周波数や 出力の増加が求められており,今後も企業・ 大学連携による高付加価値化の取り組みを推 進していく必要があると考える。

7. 技術的課題とその対応方法

7.1 技術的課題と対応

次世代パワー半導体の課題は大きく 2 つの 分けて考えられる。一つはパワー半導体を使 ってインバータなどの電力変換機器を製作す る際のユーザとしての技術的課題。もう一つ はデバイスを製造するメーカとしての技術的 課題である。

7.2 ユーザとしての課題と対応

デバイスを有効に活用していくには,デバ イスの特性を熟知しておく必要がある。また そのデバイスの特性を活かすには,デバイス そのものの性能を十分引き出すように周辺回 路を設計することが重要である。それには電 子回路の設計理論や回路の制御理論を熟知し ておく必要がある。新しい技術については大 学の研究や関連学会の文献から得るのが効率 的と思われる。

7.3 メーカとしての課題と対応

県内企業には次世代パワー半導体を製造す るにあたり,材料供給,デバイス製造などに 関わる企業も存在することが今回の調査で明 らかになった。そこでこれらの企業の課題を 考える。デバイスメーカとは最終製品を考え た場合工程の上流にあたる。課題はユーザー ニーズの情報不足である。そこで川下工程の ユーザーニーズを十分把握できるような体制 で材料開発に取り組むことが重要と考えられ る。それらはデバイスを製造するメーカに共 通する課題と解決策と考えられる。

8. 今後の取り組み

全体としては有益な情報提供を行いながら,

個別開発ニーズを汲み上げて,研究テーマ提 案へ結びつける必要があると考える。一方で, 複数の企業にわたって共通の課題となる件に ついて,大学や研究機関が中心となり汎用的 な内容について研究開発を行い,その成果は 各利用企業で各市場ニーズに応じて改良を行 って自社製品として市場へ投入するというス キームを考えている。すでに(独)産業技術 総合研究所を舞台として,つくばイノベーシ ョンアリーナ(TIA)で行っている内容と近い もので,県内大学や当所と県内企業が連携す ることで付加価値の高い製品の開発につなが るものと考えている。

9. 結 言

- (1) 次世代パワーエレクトロニクス技術は次 世代パワー半導体と言われる SiC や GaN というワイドギャップ半導体を材料とす るパワー半導体を活用した機器開発技術 を指している。
- (2) SiC や GaN デバイスはそれぞれの課題を 克服しつつあり、2014 年度から量産を 開始する予定となっている。動作周波数 や扱う電力量などを指標として、SiC や GaN とそれぞれ棲み分けを行っていくこ とで普及が図られる。
- (3) SiC や GaN デバイスの 2020 年の市場規 模は約 30 億ドルとなる見込みである。 その際の従来品を合わせたパワー半導体 全体の市場規模が 300 億ドルと予測され ているため、市場全体の約 10%を次世代 パワー半導体で占めることとなる。
- (4) 中小企業が次世代パワーエレクトロニク ス関連市場への参入を図るためには、その開発品の要求仕様をはっきりさせたう えで、それに必要な適切な特性を持った デバイスを選定し開発を行うことが重要 である。

- (5)新規パワー半導体等を使用する場合,特 に電力変換関連機器の開発にあたっては 電力量の計測やノイズ試験等で,逐次評 価対策検討する必要がある。また,それ らの場合には弊所や大学等を有効に活用 いただけると考える。
- (6)電力変換技術の動向は、高効率、小型化、 高周波化に向かっているため、非接触給 電などの電力と高周波の複合技術に注目

し,それらの活用をいち早く手掛けるこ とが有望である。

(7)当所でも引き続きパワエレ関連の調査研究,先導研究を行い,当所の保有技術のひとつとしたいと考えている。

参考文献

 1) 矢野経済研究所ホームページ: http://www.yano.co.jp/press/press.php/001095

高張力鋼板のプレス成形技術に関する調査研究

白川 正登* 相田 収平* 片山 聡* 本田 崇*

Report of Market and Technology Trends of Press Forming for High Tensile Strength Steel Sheets

SHIRAKAWA Masato*, AIDA Shuhei*, KATAYAMA Satoshi* and HONDA Takashi*

1. 緒 言

近年,環境問題を背景に,自動車の燃費向上 が求められ,車体骨格部品などを中心に自動車 の軽量化が進められている。その一方で,衝突 安全性の確保を図るため,車体骨格への補強部 品の追加などにより車体重量は増加傾向にある。 これらの課題を解決するため,鋼板の高強度化 が進められ,高張力鋼板(ハイテン)の使用量 が増加するとともに,引張強さ 980MPa 以上の 冷間プレス用ハイテンや 1470MPa 級のホットス タンプ材など超高張力鋼板(超ハイテン)の適 用も多くなっている。

ハイテン成形時の代表的な課題として,成形 性の低下,スプリングバックなどに起因する形 状不良,金型寿命の低下などがあげられるが, 高強度な材料ほど顕著に現れ,その対策が重要 である。

そこで、本調査研究では、「高張力鋼板成形 技術研究会」を立ち上げ、ハイテンのプレス成 形技術に関する講演会の開催,超ハイテンを中 心としたハイテンに関する市場動向,技術動向, 成形のための技術課題およびその対策について の調査を行った。また,成形性向上のための確 認試験を行ったので,その結果を報告する。

2. 活動概要

2.1 講演会開催

ハイテンおよびその成形技術に関連する講演 会を3回開催し,延べ114名の参加を得た。図 1に第1回講演会の様子を示す。各回の概要は

* 研究開発センター

以下のとおり。

・第1回講演会(平成25年7月12日)
 講演1:「自動車におけるハイテン材適用の現状と将来展望」(ホンダエンジニアリング(株)
 車体研究開発部 土屋 卓 氏)

ハイテン適用の現状や将来の方向性について, テーラードブランク製法やホットスタンプ型内 トリム製法などの新技術の適用事例を含めて, 解説があった。また,超ハイテンに関しては, 冷間プレス用材料として 1180MPa級まで採用さ れているが,課題は成形性と成形荷重。いかに 荷重を低く抑えながら成形できるかといった工 程設計,金型設計が重要である。1500MPa級以 上の超ハイテンとしてホットスタンプが注目さ れているが,設備費とサイクルタイムが長いこ とからコスト高が課題である。

講演 2:「高耐久性ハイテン材成形金型(金型 用鋼と表面処理技術)」(日本高周波鋼業(株) 商品開発部 菓子 貴晴 氏)

ハイテン成形用金型のコーティング皮膜損傷 事例と損傷要因について解説の後,自社で開発



図1 第1回講演会の様子

した耐久性の高い金型用鋼と表面処理技術について、その特長と適用事例の紹介がなされた。 金型材料(ダイス鋼)表面の粗大炭化物がコー ティング皮膜損傷の要因になっているとの解析 結果から、開発鋼種では、成分調整により粗大 炭化物をなくし、表面処理性や靭性を向上させ ている。コーティングなしでは、耐摩耗性の面 で従来のダイス鋼に劣るが、開発したコーティ ング皮膜と組み合わせることで、980MPa 級超 ハイテンのしごき加工を伴うプレス成形におい て、寿命向上の効果が確認された。

・第2回講演会(平成25年11月20日)
 講演1:「自動車用先進ハイテンの現状および
 成形上の課題と対策」(JFE スチール(株) ス
 チール研究所薄板研究部 瀬戸 一洋 氏)

鋼の強化機構と材料設計の考え方などの解説 の後,外板パネル,車体骨格,足回りなどの部 品ごとに最適化された各種自動車用ハイテンの 特徴の紹介があった。一言にハイテンといって も,採用される部品によって求められる材料特 性がさまざまであり,強度のみではなく伸びや 穴拡げ率,n値(加工硬化指数),r値(ランク フォード値)などの材料特性値を考慮した選定 が必要である。例えば,伸びフランジ成形性の 良さの指標である穴拡げ率は,伸びと両立させ ることが非常に困難な特性であり,適用する部 品によってどちらの特性が必要なのかを選定す る必要がある。

講演 2:「CAE を活用した高張力鋼板のプレス 成形技術の開発」(トヨタ自動車(株) プレス 生技部 石田 健二郎 氏)

ハイテン化によるプレス成形上の課題として は、寸法精度不良が最大の課題である。CAE を 使った応力コントロール、応力キャンセルの解 析手法として、従来の応力分析手法に比べ、モ ーメント分析手法の方が人への依存度も解析回 数も少ない。また、超ハイテンでは、スプリン グバックが大きいのみではなく、材料特性値の バラツキも大きくなることから、材料特性値に 依存しない工法の検討が重要である。各種プレ ス部品のスプリングバックやねじれ対策として, CAE を活用して開発した成形技術が紹介された。 ・第3回講演会(平成26年3月19日)

講演 1:「高張力鋼板のプレス成形における課 題と県内企業の取り組み」(新潟県工業技術総 合研究所 研究開発センター 白川 正登)

「高張力鋼板成形技術研究会」の活動報告と して、ハイテンのプレス成形技術に関する市場 動向、技術動向、県内企業の取り組み状況など を報告した。また、スプリングバック対策や伸 びフランジ性改善のための対策について、学会 などで報告されている事例を紹介した^{1)~7)}。

講演 2:「金型に適用されるコーティング皮膜 の現状と今後の開発の方向性」(JFE 精密(株) 技術部 和田 雷太 氏)

ハイテン成形金型へのコーティングに関する 取り組みを含め、金型に適用されるコーティン グ皮膜の種類や特徴、開発事例と開発の方向性 に関する解説があった。ハイテンに限らず、皮 膜の基本特性試験の結果を向上させるだけでは、 実使用の要求に応えられない。実使用での要求 に応えるためには、用途に合わせた被膜の設計、 かつ実使用条件での試験結果のフィードバック が不可欠である。

2.2 市場や県内企業の動き

図 2 に,2004 年における自動車用鋼板の強 度別採用比率と 2014 年の予測値を示す⁸⁾。こ の予測値は,現状とよく一致しているといわれ ており,実際にハイテン採用比率は,車体骨格



の5割前後からそれ以上を占めるようになって きている。また,その種類も,引張強さ 440MPa 級から 590MPa 級へと主流が変わって きている。将来的にはより一層,採用が進むと ともに,その強度レベルもあがると予測されて いる。現在,すでにピラーやメンバなどの部材 を中心に 980MPa 級超ハイテンの採用が多くみ られ,冷間プレス成形用の 1180MPa 級超ハイ テンの量産車への適用も報告されている。県内 企業においても,980MPa 級超ハイテンの成形 事例,成形用金型の製作事例の他,1180MPa 級への取り組み事例なども見られる。

材料を高温(950℃程度)に加熱して軟化し た状態で成形・焼入れするホットスタンプが, 欧米を中心に自動車メーカに採用されており, 近年では日本のメーカでも導入がみられる。引 張強さ 1500MPa を超える強度が得られるとと もに、良好な成形性が得られる非常に有効な加 工法である。反面、加工のサイクルタイムを長 く要すること、設備導入に多額の投資が必要に なるとともに、広い設備面積を占有し、エネル ギー消費量が大きいことなどが課題となってい る。県内企業を調査したところ,前記のような 課題から,現状では検討していないとの意見が 多かったが、今後必要性に迫られる可能性が有 るといった認識の企業もある。市場動向、技術 動向を注視していく必要がある。最近では、引 張強さ 1800MPa 級の鋼板も開発され,バンパ ービームへの適用事例も報告されている %。

2.3 成形における技術課題と対策

県内企業が抱える技術的な課題は,一般的に ハイテンの成形技術課題としてとらえられてい る課題と同様であり,大別して,成形性が悪い といった課題と耐摩耗,耐型かじりなどの金型 寿命の課題である。

成形性の面からは、スプリングバックによる 成形精度・形状精度不良、穴広げ加工、伸びフ ランジ成形時の割れが最も重要な技術課題とな っている。他に、縮みフランジ成形側のしわや 厳しい曲げ加工の割れなどがあげられる。

成形不良対策のために、学会などで新しい成 形技術が報告されている^{例えば 1)~7)}が、設計段階 からの考慮が必要なものが多く、中小企業独自 での採用・実施は困難なものも多い。県内のハ イテン成形用金型メーカ、プレス部品メーカで は、金型形状修正の繰り返し、多工程化、リス トライク工程の追加などにより対応しているの が実状である。

金型寿命からは、耐摩耗(耐損傷),耐焼き 付き(製品かじり)が大きな課題である。最適 な金型材料の選定やコーティングにより金型寿 命の向上を図りたいところであるが、被加工材 の材料強度が高いために、成形時にしわや噛み こみなどが発生した場合には、一度に金型損傷 に至ってしまう。成形に用いる金型にどういっ た機能を持たせたいのか、その対策として有効 なコーティングはあるのかなど、コーティング メーカとユーザが一緒になって取り組むことが 必要と考える。

2.4 成形性向上のための確認試験

県内企業が抱える技術課題の一つとして超ハ イテンの伸びフランジ(穴広げ)成形時の材料 の割れがある。鋼板の強度の増加とともに限界 穴広げ率は低下し,特に高強度な鋼板の成形に おいて、伸びフランジ割れが問題となる。この 穴広げ性を改善するためには、抜きクリアラン スの最適化や抜き断面の平滑処理が有効である といった報告がある ^{の,7)}。また,それぞれの鋼 板において限界穴広げ率が最大になる抜きクリ アランスが存在することが報告されている。報 告では、引張強さ 980MPa 級超ハイテンでは、 板厚に対して 20%の抜きクリアランス比が最適 であると報告されているが、一般的な抜きクリ アランス比としては 10%前後の値が用いられる ことが多く、穴広げ性向上の観点からは、必ず しも最適ではない条件で抜き加工が行われてい る可能性がある。

そこで,抜きクリアランス比が穴広げ性の改

善に及ぼす効果を確認するため、抜きクリアラ ンス比を変えた穴広げ試験を実施した。供試材 は、980MPa 級超ハイテン(板厚 1.8mm)を用 い、試験方法は、JIS Z 2256「金属材料の穴広 げ試験方法」に準じて行った。抜きクリアラン ス比は、5、10、15、20、25%の5条件とした。 また、抜き方向と穴広げ方向を変えることによ り、穴広げ性の改善を図るといった県内企業調 査結果があることから,抜きクリアランス比 20%の条件で、穴広げ方向を変えて試験を行っ た。試験結果を図3に示す。抜きクリアランス 比 20%の場合において、最も良い穴広げ性が得 られることが確認できた。その一方で、穴広げ 方向を抜き方向と逆にした場合については、穴 広げ性の改善は見られるものの、最適な抜きク リアランス比の選定の方が効果が大きいものと 考えられる。

3. 結 言

- ハイテン及びその成形技術に関連する講演 会を3回開催し,延べ114名の参加を得た。
- (2) 県内企業においても超ハイテンの成形及び そのための金型の製造が行われており、多 くの技術課題を抱えていることがわかった。 個々の技術課題について、技術情報の提供、 課題解決策の検討を行っていきたい。
- (3) 成形性向上のための確認試験により穴広げ 性向上のための抜きクリアランス比に最適 な条件があることが確認できた。抜きクリ アランスの最適化により成形性向上が期待 できる。

参考文献

- 山本倫明, "ハイテン材実用化のための寸 法精度対策技術",神戸製鋼技報, Vol.57, No.2, 2007, pp.37-41.
- 小川隆行,吉田総仁,"高張力鋼板のU曲 ばスプリングバックの抑制に及ぼす決め押 しの効果",塑性と加工, Vol.53, No.612, 2012, pp.69-73.



図3 穴抜きクリアランス比と穴広げ率の関係

- 山野隆行,岩谷二郎, "2回曲げによる角 度変化不良対策技術の検討",第 53回塑 性加工連合講演会講演論文集,2002, pp.249-250.
- 4) 岩谷二郎,山野隆行,"オーバーラン誘発 パンチによる壁反り不良対策技術の検討", 第 54 回塑性加工連合講演会講演論文集, 2003, pp.17-18.
- 5) 森下勇樹,門格史,弓場憲生,岩谷稔,安 部重毅,"多段アクションを利用した部品 成形技術の開発(第1報)(可動ポンチを 用いたハット曲げにおける高張力鋼板の形 状凍結性)"広島県立総合技術研所西部工 業技術センター研究報告,No.51,2008, pp.30-33.
- 6) 安部洋平,森謙一郎,鈴井哲生, "超高張 力鋼板の穴広げ性に及ぼす穴抜き加工され た切り口面性状の影響",塑性と加工, Vol.50, No.580, 2009, pp.414-418.
- (7) 安部洋平,池田豊,森謙一郎,"超高張力 鋼板の破断面平滑加工による穴広げ性の向 上",塑性と加工, Vol.52, No.603, 2011, pp.485-489.
- 8) 杉山隆司,"高強度鋼板の車体への適用の 変遷",塑性と加工, Vol.46, No.534, 2005, pp.552-555.
- 四田和夫,西畑敏伸,菊地祐久,鈴木貴之, 中山伸之,"TS1800MPa 級ホットスタン プ用鋼板の開発",まてりあ, Vol. 52, No. 2, 2013, pp.68-70.

精密微細加工技術に関する調査研究

佐藤 健* 樋口 智* 宮口 孝司* 伊関 陽一郎* 天城 裕子** 斎藤 博**

Report of Market and Technology Trends of Precise Microfabrication

SATO Takeshi^{*}, HIGUCHI Satoru^{*}, MIYAGUCHI Takashi^{*}, ISEKI Yoichiro^{*}, AMAKI Yuko^{**} and SAITO Hiroshi^{**}

1. 緒 言

医療・バイオテクノロジーやエレクトロニクス 機器などの高付加価値産業分野においては,製品 の小型・軽量化や高機能化・高精度化により,精 密な微細形状を付与した加工品・成形品が要求さ れている。これに伴い,部品加工を行う企業に対 してもより高度な加工技術が要求されるようにな ってきている。そこで本調査研究では,「微細加工 研究会」を立ち上げ,精密微細加工技術について, セミナーによる情報提供,技術動向と企業におけ る技術課題の調査,加工実験による技術蓄積を行 い,県内企業の高付加価値分野への参入を促すと ともに,共同研究や公募型研究事業への研究課題 の提案をすることを目的に活動した。

2. 活動概要

2.1 技術セミナーの開催

最新の切削加工技術をテーマとしたセミナーを 2回開催し,延べ65名(そのうち企業の参加は30 社43名)の参加を得た。図1に第2回講演会の様 子を示す。各回の詳細は以下のとおり。

・第1回講演会(平成25年10月25日) 講演1:超音波楕円振動切削による難削材料の超 精密・微細加工(名古屋大学大学院工学研究科機 械理工学専攻教授 社本 英二氏)

マイクロレンズアレイや液晶用導光板などの精 密プラスチック部品用金型に使用される難削性高 硬度材料に対しては,従来の超精密ダイヤモンド

* 研究開発センター

** 下越技術支援センター

切削の適用が困難であったが,講師らの開発した 超音波楕円振動切削法では,著しい切削性能の向 上が見いだされた。

講演 2:ナノ多結晶ダイヤモンド工具による超精 密切削加工の可能性((株)アライドマテリアルダ イヤ営業統括部主幹 小畠 一志氏)

被削材の多様化・難削化に伴い,従来の単結晶 ダイヤモンド工具などでは対応が難しい事例が増 えてきている。そのような中で,当社の開発した ナノ多結晶ダイヤモンド(以下 NPD)工具は,従 来のダイヤモンド工具を超える硬度と耐摩耗性を 有している。

・第2回講演会(平成26年1月24日)

講演1:「微細加工研究会」活動報告(工業技術総 合研究所レーザー・ナノテク研究室 佐藤 健)

NPD 工具による超硬材へのマイクロレンズア レイ加工,鉄系材料への高アスペクト比微小テー パ穴加工,厚膜レジストを使用した高アスペクト 比形状の電鋳マスター形成など,当研究会で実施 した加工実験について報告した。



図1 第2回講演会の様子

講演 2: 微細工具による超精密加工技術~微細切 削加工現象から超精密加工金型製作まで~(滋賀 県立大学工学部教授 中川 平三郎氏)

医療・光学・自動車の分野では微細・超精密加 工の重要性が話題になっている。実際に取り組む 場合に使用される微細工具,工作機械とともに微 細加工特有の加工現象を理解することが重要であ り,講演で微細切削現象とそれを応用した超精密 金型の開発事例について解説した。

2.2 市場や県内企業の動き

医療機器市場は、日本だけではなく世界的に見 ても成長市場であり、景況に左右されない着実な 成長が見込まれている。この市場は、高い利益率 と少量多品種が特徴とされており、個々の機器の 市場規模が小さいので、中小企業の参入に適した 一面を持っている。市場全体のシェアにおいては、 まだ輸入品の占める割合が高く、高い技術力によ っては参入余地のある有望な市場と考えられる¹⁾。

この分野には多くの県内企業が関わっており, いくつかの開発事例があった。製品には生体適合 材料が使われることが多く,微細加工技術に加え チタン合金などの難加工材の切削加工技術や生分 解性樹脂の精密成形技術なども差別化を図るうえ で重要と考えられる。

バイオテクノロジー分野では、これに関わる県 内企業はまだ少ない状況であった。この分野で微 細加工技術が適用される代表的な製品は、マイク ロ流体デバイスである。これは、µTAS (Micro Total Analysis System)やLab on a Chipとも呼ばれ、チ ップ上に微小流路や反応室、混合室を形成し、一 つのチップ上で血液などの液体を極微量で分析す るデバイスであり、高精度の微細加工技術が要求 される。チップ上の構成によってさまざまな分析 に利用でき、DNAや血液検査などの医療検査のみ ならず、植物工場における培養液、大規模営農に おける土壌分析などの農業分野、その他食品、環 境など広範な分野で応用が期待されるため、当研 究会にて継続調査を実施する予定である。

電子機器など既存産業分野においても、種々の

開発ニーズがあった。これらの調査結果をもとに 今後の研究テーマを検討する。

3. 加工実験

この研究会活動は、公募型研究事業などへの研 究テーマの提案を目的の一つにしており、そのベ ースとなる技術を蓄積するため、いくつかの加工 実験を実施した。以下に二つの事例を紹介する。

3.1 NPD 工具による加工実験

微細加工が求められる分野においては,加工精 度に加え,大平面化への対応も必要となっており, 工具の耐久性が求められている。

そこで、耐久性に優れるとされ、セミナーでも 取り上げた NPD 工具 ²⁾について、従来の単結晶ダ イヤモンド(以下 SCD)工具やバインダレス cBN (以下 cBN)工具と比較した加工試験を行った。

図2のマイクロレンズアレイ型をモデルとし, R0.5mmの1枚刀ボールエンドミルで表1に示す 条件で実験した。摩耗量は,マイクロレンズ10



<u>100 μm</u> (a) NPD (b) SCD (c) cBN 図4 工具の状態

個ごとに無酸素銅製のダミー材を加工し、その形 状変化を非接触三次元測定装置(三鷹光器(株) NH-3SP)で測定して算出した。

摩耗量の変化を図3に,200個加工後の各工具 の状態を図4に示す。NPD工具は,SCD工具や cBN工具に比べ摩耗量が非常に少ないことがわかった。

また, cBN 工具はレンズ個数 10 個で大きく摩耗 したが, SCD 工具は 10 個程度であれば摩耗の進 行は少なかった。

3.2 微小テーパ穴の直彫加工試験

電鋳金型は微細形状の成形金型に適するが,材料のニッケルは硬度 200HV 程度で耐久性に課題がある。硬度 400~600HV を有する焼入鋼の使用が望まれるが,切削抵抗が高く折損や工具のたわみによる加工の困難さがある。

そこで、難形状の加工における課題を把握する ため、高アスペクト比の微小テーパ穴をモデルと した切削加工実験を県内企業数社に委託した。以 下にそのうちの1社の事例を示す。

NAK55(HRC37)を被削材として,図5に示す形状を加工した。表2に加工工程の概略,図6に仕上げ工具を示す。評価は加工した穴にシリコン樹脂を充填し形状を転写して行い,その結果を図7に示す。

粗さ,形状とも概ね仕様どおりに加工できてい たが,中央部に工具切替えに由来する約 4μm の加 工段差が生じており,仕上げ工程に改善の余地が あった。

4. 結 言

- (1)最新の切削加工技術に関するテーマを中心に
 講演会を計2回開催し、企業から延べ30社
 43人の参加を得た。
- (2) 精密微細加工の技術動向,県内企業の技術課 題を調査した。これをもとに今後の研究テー マを検討する。
- (3) 微細加工の要素技術について実験を行い,講 演会において県内企業への情報提供を行った。



表 2	加工工程	
ドリル φ0.0	08mm	

D

2	ボールエンドミル R0.075mm (等高線加工)	
3	ボールエンドミル R0.05mm (等高線加工)	
4	仕上げ工具 ¢0.08mm-5.72° (ステップ送り)	



図6 仕上げ工具



図7 転写形状

参考文献

- 独立行政法人中小企業基盤整備機構, "医療分野に進出した中小サプライヤーに関する調査", 中小機構調査研究報告書, 4, 6, 2012, pp.9-12.
- 2) 住谷均, "合成ダイヤモンドの新展開「高硬度 ナノ多結晶ダイヤモンド」", SEIテクニカルレ ビュー, 180, 2012, pp.12-19.

エネルギーハーベスティング技術研究会報告

大野 宏* 阿部 淑人* 長谷川 直樹* 平石 誠** 石井 啓貴***

Report of Market and Technology Trend of Energy Harvesting Technology

OHNO Hiroshi*, ABE Yoshito*, HASEGAWA Naoki*, HIRAISHI Makoto** and ISHII Hirotaka***

1. 緒 言

エネルギーハーベスティング技術は別名「環 境発電」とも呼ばれ,周りの環境(光,熱,振 動,電波など)から未利用エネルギーを収穫 (ハーベスト)して電力に変換する技術である。 発電量は µW~W レベルだが,電池や配線の代 替えとして国内外で研究開発や製品開発が進め られている。このような状況の中,平成24年 度にエネルギーハーベスティング技術の研究会 を開設し,県外の研究機関や企業開発状況,県 内企業の動向やニーズなど要素技術や市場状況 を調査し,県内企業における技術開発の可能性 と,県が取り組むべき課題について検討した。

平成 25 年度は,県内企業の参入可能性があ る,コンシューマー製品,センサネットワーク, 未利用熱の活用を中心に情報収集や県内企業と の情報交換を進め,取り組むべき課題について, より具体的に検討した。

2. 活動概要

2.1 研究会の開催

エネルギーハーベスティング技術では取り出 せる電力は小さいが,熱からは多くの電力を取 り出せる可能性がある。そこで,今年度は未利 用熱を活用する技術で将来性の高い熱音響機関 について,県内企業を対象に,セミナー形式の 研究会を2回実施した。研究会の様子を図1に

- * 下越技術支援センター
- ** 中越技術支援センター
- *** 企画管理室



図1 研究会の様子

示す。

・第1回(平成25年8月30日)

≪講演1≫

「高効率な熱音響機関の開発」

東海大学工学部 講師 長谷川 真也 氏 細いパイプの束(蓄熱器)の両端に温度差を 与えると音波が発生する。逆に蓄熱器に音波を あてると温度差が発生する。この現象を利用し, 未利用熱を電気に変換したり,冷熱として利用 したりするものが熱音響機関である。

ピストンのような可動部品がないので保守が 容易,構造が簡単なので低コストという特徴が ある。一方,可動部品がないので現象をとらえ にくかったが,管内音波の圧力や流速の計測技 術の進展と熱音響現象の解明が進み,高効率な 熱音響機関の研究開発が行われている。

東海大学の研究室は数値計算で熱音響機関の 性能を予測し,高効率な熱音響機関を開発した。 音波を発生し増幅する蓄熱器を3個直列に接続 し、高温端の温度が 150℃で冷凍温度-40℃を、 300℃で-106℃を達成した。

熱音響機関の実用化の課題は、①工場の未利 用熱をどのようにして熱音響機関まで損失なく 持ってくるか、②パイプの径と厚みを低コスト でどのようにして小さくするか、③音波を電気 に変換するリニア発電機の開発などである。5 年後には実用化したい。

≪講演 2≫

「熱音響機関の作り方」

工業技術総合研究所 専門研究員 大野 宏 ①レイケ管,②試験管を使った音波発生装置, ③スピーカを使った温度差発生装置の作り方を 説明した。①レイケ管は,アクリルパイプに金 属製の蓄熱器を入れ,片方をバーナで暖めると, 管の長さの 1/2 波長の音が鳴る。②音波発生装 置は,試験管にスチールウールの蓄熱器を入れ, 片方をアルコールランプで暖め,もう片方を濡 れたティッシュで冷やすと音が鳴る。③温度差 発生装置は,アクリルパイプの中のスチールウ ール製蓄熱器にスピーカからの音を当てると, その両端に温度差が発生する。30W のスピーカ 出力で 46℃の温度差が発生した。

・第2回(平成25年11月26日)

「高効率な熱音響機関の設計方法」

東海大学工学部 講師 長谷川 真也 氏

高効率な熱音響機関を設計するためには,数 値計算で性能を予測することができる。熱音響 機関には定在波型と進行波型があり,進行波型 の方が高効率になる。また,熱音響機関が外部 と熱交換するためには,蓄熱器の穴径の大きさ が重要で,穴径が大きすぎると熱交換ができず 音波は発生しない。

出力は,音圧,流速,両者の位相で決まる。 これらは数式で表すことができ,どうやって大 きくするかが設計では重要になる。また,熱の 流れも数式で表せるが,これは小さい方が良い。 圧力の測定には高感度の圧力センサを使用して いる。流速も2点の圧力から計算で求められる が,レーザードップラー流速計でも直接測定可 能である。

2.2 開発事例

道路,橋,トンネルなどの公共インフラの老 朽化が進み,これらの監視にエネルギーハーベ スティング技術を利用した取り組みが多い。セ ンサ設置箇所への電力供給や電池の取り換えが 困難なため,エネルギーハーベスティングで電 源を確保することは非常に有効である。鉄道総 合技術研究所は,振動発電を利用することでバ ッテリを必要としない鉄道橋のモニタリングシ ステムを開発した。システムに必要な電力は, 列車通過時に発生する橋梁部材の振動を利用し た圧電素子の発電から供給し,センサが検知し たデータを無線で走行中の列車に送信する。疲 労き裂のセンシングは列車通過時のみしかでき ないので,列車通過時以外や夜間を含めた定期 的なセンシングを目指し改良中である。

電力使用量を下げるための「見える化」装置 として、(株) Lean Energy は一般家庭,及び 小規模の事務所や店舗向けに節電モニターを販 売している。これは、分電盤に CT センサを設 置して電力を測定し, 無線で手元のモニターに 送信して表示させる。1 箇所の電力しか測れな いため、分電盤の主幹に設置して使用するが、 一般家庭での利用には十分であり、価格も安い。 送信機の電力は電池でまかなわれているが、定 期的な交換が必要で、その都度モニター側との 認識設定が必要で手間がかかる。そのため、CT センサで電力線の漏れ磁束から電力を取り出せ れば, 電池交換が不要となる。東京コスモス電 機(株)は、電力線の漏れ磁束から電力を取り 出す磁場発電センサも製品化している。CT を 電力ケーブルに挟むことで温度、湿度に加え交 流電源の1周期分の波形を測定でき,無線で親 機に送信できる。

少しずつではあるが,エネルギーハーベステ ィング技術で取り出せる電力量は増加し,利用 範囲も広がっている。

2.3 県内企業の動き

ペレットストーブを製造している企業が,熱 電発電素子を組み合わせたストーブを開発して いる。ペレットストーブの熱を電気に変換し, 送風ファンや安全センサの電源に使うという試 みであるが,熱電変換素子は変換効率が低く値 段も高いという課題がある。

その他いくつかの県内企業も,エネルギーハ ーベスティング技術の活用した製品開発に取り 組んだが,発電量がアプリケーションの必要と する電力量まで足りなかったため,製品化まで 至っていない。また,依然として工場の未利用 熱からのエネルギー回収について興味を持って いる企業が多い。

2.4 工業技術総合研究所の取り組み

未利用熱回収の有効手段として熱音響機関の 活用を検討するため、音波から温度差を発生さ せる装置と、温度差から音波を発生させる装置 を試作した。

図 2 に製作した温度差発生装置を示す。内径 32mm,長さ 330mmのアクリルパイプの上端から 1/4 の場所にスチールウール製蓄熱器を設置 し、下端からスピーカで音を鳴らすと、スチー ルウールの両端に温度差が発生する。スピーカ 出力を 35W にすると温度差は 47℃まで上昇し た。パイプの長さの 1/4 波長となる周波数の音 波をあてると温度差は大きくなる。

図 3 に製作した音波を発生させる装置を示す。 蓄熱器の両端に熱交換器を設置し,一方を電熱 線で加熱し,もう一方を水冷して温度差を与え ると,約 150℃の温度差で音波が発生した。パ イプの内径は 40mm,長さ 480mmで,蓄熱器に は直径 0.6mmのハニカムセラミックス(日本ガ イシ㈱製)を使用した。

熱音響機関は未利用熱を有効に活用できる技 術であり,実用化に必要な技術を有する県内企 業を訪問し,コンソーシアムの形成を目指した。



図 2 温度差発生装置



図3 音波発生装置

3. 結 言

- (1) エネルギーハーベスティング技術を活用した製品開発に関し、取り出せる電力が少ないため用途が限られるが、鉄橋の監視などの開発が進められている。電力量が大きくなれば、さらに用途は広がる。
- (2) 県内企業においては、ペレットストーブに 熱電発電を利用した開発事例が見受けられ た。発電量やコストなどの課題があり、今 後は製品化に向けて支援をする。
- (3) 熱音響機関は構造が簡単なため寿命が長く低コストという特徴がある。実用化に向けて県内企業を訪問しコンソーシアム形成を目指した。

CFRP 成形技術研究会報告

土田 知宏* 坂井 修* 天城 和哉* 吉田 正樹** 古畑 雅弘***

Report of Market and Technology Trends of Carbon Fiber Reinforced Plastics Molding

TSUCHIDA tomohiro*, SAKAI osamu*, AMAKI kazuya*, YOSHIDA masaki** and FURUHATA masahiro ***

1. 緒 言

炭素繊維複合材料(carbon-fiber-reinforced plastic 以下, CFRP)は,軽くて強い特徴を持つことから, 様々な用途で活用が始まっている。航空・宇宙分 野で多く使われている熱硬化性樹脂を用いた成形 方法は,生産性が低く,オートクレーブを必要と するなど初期投資が大きな負担となっている。こ のため近年は,生産性,リサイクル性に優れ,初 期投資の負担が少ない熱可塑性樹脂を用いた CFRPが注目され,自動車などへの採用も始まっ ている。

県内においても、市場の拡大が見込まれている 携帯情報機器、介護用品、県内で生産している生 活関連用品など身近な製品への適用に向けて取り 組みが始まっている。また、CFRP を使った製品 開発に取り組みたいという要望が増えており、当 所では、企業と連携して熱可塑性 CFRP の成形技 術や用途探索について調査研究を行った。

2. 活動概要

2.1 技術セミナーと実習の開催

協同組合三条工業会と共催で,セミナー,実習, 視察はいずれも好評で,特に実習,視察では初め て炭素繊維や CFRP に触れる方も多く,CFRP の 特性や加工の難しさなどを把握することができ非 常に有効なセミナーであった。第1回は成形技術, 第2回は加工技術について開催し,技術の紹介と 活用に向けた講演をしていただいた(図1)。

- * 県央技術支援センター
- ** 下越技術支援センター
- *** 企画管理室



図1 セミナーの様子

・第1回:成形技術セミナー

開催日時:平成25年9月6日(金)

- 【演題】熱可塑性 CFRP の特性と用途
 【講師】東レ 株式会社 樹脂技術部 樹脂開発 第1室長 唐澤 啓夫 氏
- ②【演題】CFRPの塑性加工【講師】金沢大学 理工研究域 機械工学系

米山 猛 教授

- ・第2回:加工技術セミナー
- 開催日時: 平成 25 年 10 月 28 日(月)
- ①【演題】ウォータージェットによる微細加工 【講師】株式会社スギノマシン WJ 事業部
 - 技術部 WJ 設計課 寺 信行 氏
- ②【演題】CFRPのドリル切削について【講師】名古屋大学大学院 工学研究科

梅原 徳次 教授



図2 プレス実習の様子

CFRP は高価であるため,条件を変えた試作は 難しいのが現状である。そこで,CFRP シートと CFRP ペレットを購入し,実際に成形し実物を手 にしていただき,成形に関する知見を得るために 図2の様なプレス加工,射出成形の実習を開催し, 図3の引張試験片を試作した。

- ・CFRP シートのプレス加工実習
 開催日時:平成25年12月11日(水)
 場所:下越技術支援センター
- ・CFRPペレットの射出成形実習
 開催日時:平成26年1月21日(火)
 場所:(株)川崎合成樹脂

2.2 市場·技術動向調査

CFRP に関連した展示会や他機関主催のセミナーに参加し,情報収集や用途探索調査を行った。

炭素繊維製造は国内の3大メーカーで,生産量 では全世界の過半数を占めている。それら企業が 立地している北陸・東海・近畿・首都圏が有数の CFRP 生産・加工集積地といえる¹⁾。

比重は鉄の 1/4, 比強度(重量比強度)は鉄の 10 倍と,「軽くて強い」素材で,その特徴をいか して,ゴルフシャフトなどのスポーツ用品や,ロ ール,ロボットハンドなどの産業機械部品,民間 航空機の主翼や胴体などの一次構造材,プロペラ シャフトなどの自動車部品,断熱材,ガスケット などの工業部材等々幅広い分野で使用されている。 炭素繊維の需要は,2012 年4 万トン弱,2015 年 約7 万トン,2020 年 14 万トン強と予測され,



図3 射出成形試作品(炭素繊維強化ナイロン)

2020 年には、2012 年比で 3.5 倍に急成長をする ことが見込まれている。用途別では、産業用途、 特に風力発電などの大型産業用途及び自動車関連 用途が伸びると見られている²⁾。

また, CFRP 成形技術については, ①炭素繊維 のコストダウン, 性能向上, ②耐熱性や不燃性な ど機能性樹脂の開発, ③低コスト中間基材の開発, ④生産性の高い成形技術の開発, ⑤CFRP の評価 技術, データベース化などが課題としてあげられ る。特に今後は, 自動車用途へ適用していくため には成形サイクルの短縮化が求められており, こ の一つの方法として, 熱可塑性樹脂を活用したプ レス成形技術が注目されているが, ①材料コスト の削減, ②精度の高い成形技術の確立, ③成形サ イクルの短縮化, などに課題がある。

2.3 県内企業調査

県内企業を訪問し、CFRP に関する情報提供や 課題などの調査を行った。県内では、先行企業と してスポーツ関連や電子部品メーカーがあるが、 従来の GFRP (ガラス繊維複合材料)メーカーが CFRP に参入している事例も多い。こうした企業 は成形技術に関するノウハウを有しており、比較 的容易に参入が可能となっている。新たな動向と しては、県央地域を中心にプレス機や射出成形機 を用いた熱可塑性樹脂の成形技術の開発を行う企 業が現れてきている。こうした企業は CFRP の需 要拡大を見越して技術の確立を目指している企業 が多く、用途が曖昧な状態で技術開発に取り組ん でおり、用途開発が大きな課題となっている。

また、成形技術に関する情報も入手困難なこと

から,試行錯誤しながらノウハウを蓄積している 状況にあるが,展示会で PR し市場参入を目指す 企業も現れている。

3. 工業技術総合研究所の取組み

CFRP 研究会を立ち上げてから 6 年を経過する が、県央地域を中心に低コストプリプレグの開発 やプレス成形、射出成形技術に取組む企業が現れ てきている。しかし CFRP の歴史が浅く、材料の 入手方法が分からない企業や技術的な情報が入手 できず試行錯誤を繰り返しながら行うなど、参入 には多くの労力とコストを費やしている状況であ る。

こうした中で当所としては,従来から行っている 情報提供を行う一方で,より一歩踏み込んで成形 技術について取り組み,得られた知見を広く情報 提供した。

プレス成形技術としては、製品の要求強度や耐 熱温度により繊維の品種・方向性・マトリックス 選定が重要であることが確認できた。熱可塑性樹 脂をマトリックスとしているので温度管理や成形 性の向上のため金型クリアランスの調整が重要で あることが認識できた。

射出成形技術としては、ガラス繊維に比べて流 動性が悪いことが分かった。また、配向性があり、 特に長繊維はその傾向が強いことが分かった。金 型の工夫や成形条件の管理が重要なことも認識で きた。

なお,次年度の研究テーマとして「熱可塑性樹 脂プリプレグの開発(仮)」を提案することを検討 している。

また,今後は案件ごとに既存の事業を活用し, 支援していく予定である。

4. 結 言

- (1) CFRP シートのプレス加工を勉強し、実験を行った。材料が高価なこと、成形品をキレイに仕上るには、型の工夫や後加工が重要であることが分った。
- (2) CFRP ペレットの新しい材料を知ることができた。材料が高価なことや流動性が悪いこと、配向性があることが分った。
- (3) 県内企業ニーズを調査した結果,様子見が大部分であった。開発を行っている企業では自社単独で推進している企業が多く,技術的情報などが入手できず,開発が思うように進まないことが分った。

参考文献

- 1) 炭素繊維協会 第26回複合材料セミナー資料
- 2) "平成24 年度 中小企業支援調査-炭素繊維複 合材料の加工技術に関する実態調査-調査報 告書",株式会社三菱化学テクノリサーチ

炭化綿利用研究会報告

明歩谷 英樹* 渡邊 亮* 笠原 勝次** 岡田 英樹**

Report of Market and Technology Trends of Activated Carbon of Cotton

MYOUBUDANI Hideki*, WATANABE Ryou*, KASAHARA Katsuji** and OKADA Hideki**

1. 緒 言

綿繊維を炭化させた「炭化綿」(図1に炭化 した綿繊維の拡大写真を示す)は石炭由来の活 性炭に比べ,その比表面積が数倍を示すことか ら,吸着性能が高く大変注目されてきている。

本調査研究では、繊維産地としてもなじみの 深い綿繊維を炭化させた「炭化綿」の吸着メカ ニズムなどについて調査研究し、その用途とな る市場調査や技術的課題について先進企業調査 や実験を行うことで、新潟県独自の技術開発の 可能性を探索することを目的とした。

2. 活動概要

2.1 研究会の開催

「炭化綿」について,製造技術およびその市 場動向などの情報収集を行った結果報告と,先 進的な取り組みをしている公設試験研究機関お よび活性炭の大手メーカーを招いて,県内企業 へ情報提供するセミナーを2回開催した(表 1 参照)。その中で,参加者とのディスカッショ ンを行いニーズや疑問点,参加企業が抱える課 題などを聞き取った。

県内企業において既に活性炭など炭化材料を 製造している企業をはじめ、興味のある方々に 現地訪問調査を行い、炭化綿に関する情報提供 や課題などの調査を行った。ある熱処理企業か らは、綿の炭化実験に協力いただき、プラスチ ック成形企業からは樹脂への炭化綿の練り込み 実験など、共同実験を行うことができた。

- * 素材応用技術支援センター
- ** 下越技術支援センター



図1 炭化綿

2.2 市場や県内企業の動き

炭化綿を含めた繊維状活性炭を取り扱う企業 としては、クラレケミカル(株)や東洋紡(株) などの繊維系の一部企業が生産しているがその 生産量は少ないものとなっている。第2回セミ ナーの講師として情報提供いただいたフタムラ 化学(株)によると、活性炭の需要予測値は図 2のとおりとなっており¹⁾、そのうち繊維状活 性炭は日本国内のみで数値が出てくるだけで、 業界団体が集計して提示する正式なものはなく、

表1 研究会活動

	内容
第1回	「炭化繊維を用いた廃水処理技
セミナー	術」
(H25.9.27)	あいち産業科学技術総合センター
	製品開発室長 山本 周一 氏
第2回	「繊維状活性炭とその応用」
セミナー	フタムラ化学(株) 機能活性炭
(H26.3.12)	営業部長 堀田 靖則 氏



図2 活性炭の市場規模

海外での生産も非常に少ない。しかし,一部企 業では,機能性を付与した繊維状活性炭の研究 や用途開発を活発に行っているところもある。

「炭化綿」に関して県内企業を調査したが, これまでに製造や開発に取り組んだ企業に関す る情報は,得ることができなかった。

ここでは、炭化物に関する製造を行っている 企業や繊維企業が持つ課題や要望について、調 査した結果をまとめる。

【紡績関連業】

製造工程で発生する風綿などの廃材は,相当 量発生し,現在はコストをかけて処分している。 これを炭化綿に加工することで付加価値のある ものに転換できれば,エコの観点からも有益と 考える。

【染色整理業】

現在,廃水処理のために活性汚泥のほか,微 生物をプラスチックの担体に保持したものを用 いている。この担体の代替品として炭化綿がコ スト,性能ともに良ければ採用したい。

墨染めや炭の消臭加工はこれまでも経験して きたが,流行り廃れがありあまり定着しない。 この定着のためには,より高機能な機能性が必 要と考えている。

【金属熱処理業】

炭化綿の持つ吸着性能や各種付加価値の性能 次第では,加工も可能である。

【その他】

海水の真水化や放射性物質の吸着などの水ビ ジネスに発展できれば経済効果は大きい。



図3 賦活化微細孔のモデル

電気二重層キャパシタの電極など新規用途の 開拓とそれに向けた技術の確立によって,新規 参入の十分に大きな価値を見出すことが出来る。

3. 工業技術総合研究所の取り組み

綿繊維の炭化実験を行い,小規模ながら「炭 化綿」を作成し,機能性の評価を行った。この 項ではその結果を報告する。

3.1 炭化装置の試作と炭化実験

繊維状活性炭を作成するときには、単に不活 性ガス下で炭を作成するだけでは、高い吸着性 能が出てこない。ポイントとなるのが、賦活化 処理と呼ばれる炭化物の内部にナノレベルの微 細孔(ミクロ孔ともいう。図3参照)を多数発 生させ、物理吸着が促進される処理にある。こ の処理により、炭化物の表面にカルボニル基な どの官能基が導入され、化学吸着を促進させる 機能性も付与される。この賦活化処理を制御で きることが重要である²⁻⁴⁾。

賦活化処理の効果を調べるため、簡易型の加 工装置を試作し、下記の条件を設定し炭化処理 を行った。

試料:JIS 添付白布(綿)

加工条件:電気炉を用いて,ステンレス筒内 で賦活化処理(水蒸気賦活)を行った。

窒素ガス中で室温から 600℃まで1時間かけ て昇温後,600℃で 5mlの水を注入し1時間保 持した。賦活化処理のないものは水を注入せず そのまま1時間保持した。その後,電源を切り





徐冷にて室温まで冷やした。その工程を図4に 示す。

本炭化処理実験の結果,筒状に成形された賦 活化処理実施後の炭化綿を作成することができ た(図5参照)。この際,製造時に生成するタ ール状物を早急に排出する必要があることが分 かった。

3.2 炭化綿とその性能

作成した炭化綿の性能を評価するために,電 子顕微鏡による拡大観察をはじめ,赤外分光分 析による構造解析さらには吸着性能評価,熱伝 導率測定などを行った。今回は,紙面の都合上, 吸着実験について報告する。

今回試作した炭化綿について、メチレンブル 一吸着法による吸着量を測定した結果、ヤシガ ラ活性炭よりも劣る結果(ヤシガラ活性炭: 3.6mg/g,試作炭化綿:2.5mg/g)が出た。これ は、賦活化処理を今回は 600℃という条件で実 施したため、ミクロ孔の生成が不十分だったも のと考えられる。今後は、より高温での賦活化 処理を実施し、吸着性能の良い加工条件の把握 に努めたい。

4. 結 言

(1) 「炭化綿利用研究会」を立ち上げ,2回セミナーを開催した。多くの企業から参加い



図5 試作した炭化綿

ただき,綿を炭化した「炭化綿」の基本性 能や加工方法をはじめ,その用途について 情報交換を行い,企業間の新たな連携も出 てきている。

- (2)「炭化綿」を含めた繊維状活性炭の市場は、 活性炭全体と比較して国内、海外ともに非 常に小さい。活性炭を製造する大手メーカ ーにとっては、繊維状活性炭は現在のところ、魅力が少ない市場とされている。しか し、電気二重層キャパシタなどの新規用途 も注目されはじめるなど、これからでも独 自技術、新規用途を確立できれば、十分参 入価値は大きい。
- (3) 実際に「炭化綿」を加工試作したところ, 賦活化処理の重要性や製造時に排出される タールの存在などわからなかった課題を明 確にすることができた。

参考文献

- 1) 堀田靖則, "繊維状活性炭とその応用", 2014.3.12 講演資料
- 2) Harry Marsh, Francisco Rodriguez-Reinoso, "活性炭ハンドブック", 2011, pp.239-314.
- 3) 真田雄三, 鈴木基之, 藤元薫, "新版活性 炭", 1992, pp.66-67.
- 4) 石崎信男, "活性炭読本 第 2 版", 1996, pp.110-131.

航空機産業分野における技術調査

相田 収平* 石川 淳** 須藤 貴裕*

Report of Technology Trends for aircraft industries

AIDA Shuhei*, ISHIKAWA Atsushi** and SUTOH Takahiro*

1. 緒 言

日本国内の航空機産業の生産額は,2008年 の時点で約1兆3千億円であり,新興国の経済 成長に伴い,航空機需要が伸長するため, 2020年には現在の約3倍の市場となることが 予測されている¹⁾。このような成長産業へ県内 企業の進出を促す目的で,県は,平成24年度 より航空機産業参入推進事業を立ち上げ,研究 会や共同研究を通して,県内企業に対する情報 提供や研究開発の支援を実施している。

本報では、同事業の中で航空機産業の技術動 向を調査する目的で、パリ国際航空ショー 2013 において情報収集を行った調査結果につ いて報告する。

2. パリ国際航空ショーにおける技術調査

2.1 パリ国際航空ショーの概要

パリ国際航空ショーはフランスパリ近郊の Le Bourget 飛行場で開催される世界的エアショ ーで,英国で開催のファンボロー・エアショー と交互に2年に1度開催され、50回目となる 今回は2013年6月17~23日(17日~20日: ビジネスデー,21日~23日:パブリックデー) に開催された。図1に会場の概要を示すが,展 示スペースの総面積は324,000m²と東京ビッグ サイトの東西両展示スペース合計の約4倍と広 大なスペースである。出展数は44か国から 2,215社・団体が出展しており,地元のフラン スが最も多く1,024社・団体と半数近くを占め ており,次いで航空機産業の盛んなアメリカの

** 上越技術支援センター





図1 パリ国際航空ショーの様子²⁾

353 社・団体となっている。なお、日本からは 今回 31 社・団体が展示に参加した。入場者数 はビジネスデー4 日間で約 14 万人、パブリッ クデーの 3 日間を加えると 31 万人の規模であ った。

2.2 航空機関連の技術動向

航空機産業は最新の材料や高度な加工技術を いち早く適用し,摺り合わせる高付加価値産業 であり,自動車産業などへの波及効果が大きい ことから航空機関連の技術動向は重要である。 ここでは,特に関心を集めた技術について報告 する。

^{*} 研究開発センター

2.2.1 CFRP 関連技術

CFRP は航空機の軽量化による燃費効率向上 に大きく寄与することから,機体の構造部材を 中心に適用が図られ, B787 では約 50%に採用 されていることは有名である。近年ではさらに, エンジンの大型部品への適用検討が進んでいる。 図 2 はフランスの SAFRAN 社が展示していた CFRP 製の低圧コンプレッサーケースであり、 2019 年頃の供給を目指して開発中であるが、 注目すべきはその製造方法である。CFRP 製部 材の成形方法として,現在の航空機産業の主流 となっているのは、プリプレグというあらかじ め繊維に樹脂を含浸させたシート状のものを積 層して成形し、オートクレーブで硬化するとい う方法であるが、この方法は工程が多く、自動 化が困難であるといった問題がある。これに対 して SAFRAN 社では, RTM (Resin Transfer Molding)による成形を試みている。RTM では、 カーボンファイバーの織物を金型にセットし, 金型に樹脂を注入して硬化させる方法である。 プリプレグとオートクレーブを使う方法に比べ 自動化がしやすく生産性が向上する方法であり, 実用化されると CFRP 部材の適用部位の拡大が 期待できる。



図2 CFRP 製コンプレッサーケース

 2.2.2 CMC (Ceramic Matrix Composites) CMC (Ceramic Matrix Composites)は将来の航 空機エンジン用耐熱材料として最も期待されて いる材料の一つで,現状の Ni 基耐熱合金より も軽量で耐熱性に優れる材料である。Ni 基耐 熱合金と比べ約 30%の軽量化が可能といわれ ている。CMC の構造を CFRP に置き換えると 基材(樹脂の部分)がセラミックス,繊維(カ ーボンファイバーの部分)がセラミックス製繊 維で構成されている材料である。全てがセラミ ックスから構成されていることから,1200℃ 以上の耐熱性を有し,比重は Ni 基耐熱合金の 約 1/4 と軽量である。

図3には、CFM International 社で開発が進め られている最新型航空機エンジン LEAP 用の CMC 製低圧タービンブレード(図3右写真) を示す。また、航空ショー会場の配布物にはア メリカの GE 社が次期大型民間旅客機 B777X 向けのエンジン GE9X の高圧タービンに CMC を採用すると報じられており、ノースカロライ ナ州に新たに CMC の工場を建設し、部品の少 量生産を開始する予定としている。CMC 製部 材が実用化されれば、CFRP と同様に、CMC の適用範囲が急速に拡大するものと思われ、今 後の動向が注目される素材である。

ところで、この CMC に使われるセラミック ス繊維は日本カーボン(株)と宇部興産(株)の 日本の2企業がほぼ製造を独占している。この うち日本カーボン(株)は GE 社および SAFRAN 社との合弁会社、NGS アドバンスト ファイバー(株)を設立しており、GE 社や SAFRAN 社の CMC 部品には日本カーボン(株) 製の繊維が使われているものと思われる。



図 3 CMC 製タービンブレード

2.2.3 3D プリティング技術

新材料に続いて,航空機産業分野でも注目さ れている加工技術である 3D プリンティングに ついて紹介する。この技術の PR は今回の航空 ショーから散見されるようになった。航空機産 業分野に特徴的なことは,耐熱合金やチタン合 金など,いわゆる難加工材料について,3D プ リンティングによる積層造形を試みている点で ある。

図4に今回のショーで展示されていた3Dプ リンティングによる試作部品を示す。耐熱合金 製の燃焼チャンバーや高圧コンプレッサガイド ベーン,およびTiAl(チタンアルミ金属間化 合物)製タービンブレードなどエンジン関連部 品への適用の試みが多い。展示によると,従来 技術である鋳造成形と比較して,よりニアネッ トシェイプに造形できるため,約 30%の材料 を削減できると説明されていた。これらの部品 に使用される耐熱材料は高価であることから,

30%の材料削減は大きなメリットがある。解決 すべき課題としては、金属の粉をレーザーで溶 かしながら積層するために表面性状が劣り、他 の部品との締結面などは、造形後の機械加工が 必要であるが、今後の技術動向が注目される。



燃焼チャンバー

TiAl 製ブレード

図 4 3D プリンティングによる部品

2.2.4 補修技術

これまでは,新しくモノを作る技術について 述べてきたが,航空機や航空機エンジンは購入 価格が高いだけでなく,運用コストや



図5 ファンブレードの補修技術

MRO (Maintenance, Repair and Overhaul) コスト も高価なことから,補修関連技術も重要である。

図 5 には、日本の(株) IHI のブースで展示さ れていた航空機エンジン用ファンブレードの補 修技術を示す。エンジンの回転中に鳥などを吸 い込んでしまう、いわゆるバードストライクな どによってファンブレードが曲がってしまった りする損傷は避けられない。このような場合、 新品のブレードへの交換は高価なことから、損 傷した部位を切り取り、電子ビーム溶接で補修 材料を溶接した後、切削加工で形状を仕上げる という補修技術を展示していた。

また,ドイツの MTU 社では高圧タービンの 補修技術を展示していた。解説によると,新品 価格の約 1/8 程度で補修が可能としており,安 価なことからエアラインからのニーズは多いよ うである。いずれも,エンジンメーカーの認定 を受け,安全性を確認した正規の補修技術であ り,そのためには多くの試験データと時間が費 やされており,この分野への参入は容易なこと ではない。

2.3 中国・韓国の技術動向

新興国における航空機産業は,もともと国家 の安全保障との結びつきが強く,国の支援のも とで発展してきたが,近年の工業化の進展と航 空機需用の高まりを背景として,存在感を示し 始めている。今回は,近隣国である韓国と中国 の展示企業について紹介する。

図 6 には、韓国の KOREA LOST-WAX 社の ブースと展示サンプルを示す。この企業は一昨 年の第 49 回のパリ航空ショーにも単独ブース で出展していたが、今回は前回に比べてブース の面積も拡大しており、存在感を増しているよ うに感じた。また、展示物は航空機エンジン用 のタービンブレードの精密鋳造品であり、アメ リカの大手航空機エンジンメーカー向けである と説明されていた。韓国では、2004 年から朝 鮮半島南部に航空機産業の集積を図り、生産高 ベースで世界第7位を目指して産業の育成に取 り組んでおり、その動向が注目される。

図7には、中国二重という会社のブースを示 すが、800MN という世界最大級の鍛造プレス 機を誇示するとともに、航空機エンジン用ディ スク、降着装置用部品などの鍛造部品を展示し ていた。





図6 韓国企業のブースと展示品



図7 中国企業のブースと展示品

日本でも岡山県倉敷市にある日本エアロフォ ージ(株)において 500MN の鍛造プレス機を設 備し,2013 年から操業を行っており,今後, アジア地域でも航空機用大型鍛造部品の生産が 活発になっていくものと考えられる。

3. 結 言

パリ航空ショーにおいて,航空機産業に関 連する最新の技術動向を調査した。材料関係 では,CFRP部材の新しい成形技術として,生 産性向上を狙った RTM が紹介されていた。ま た航空機エンジン用軽量耐熱材料として, CMC の適用が欧米のエンジンメーカー各社で 進んでいる。さらに,3D プリンティング技術 の開発も盛んであり,特に耐熱合金やチタン 合金など,いわゆる難加工材料について,積 層造形が試みられている。

参考文献

- 相田,三浦,石川,須藤,"航空宇宙分野調 査報告",工業技術研究報告書,No.41,2011, pp.83-85.
- Paris Air Showホームページ http://www.siae.fr/EN/THE-SHOW/Library.htm 2014年3月17日閲覧

植物工場研究会報告(第3報)

内山 雅彦* 種村 竜太* 三村 和弘** 小林 豊** 高橋 靖***

Report of Market and Technology Trends for Plant Factory III

UCHIYAMA Masahiko*, TANEMURA Ryota*, MIMURA Kazuhiro**, KOBAYASHI Yutaka** and TAKAHASHI Yasushi***

1. 緒 言

今年で3年目を迎える植物工場研究会では, 参加各社の得意技術を活かした製品や技術開発 に結びつけることを目標に取り組んだ。研究会 のスタイルは,年度当初は少数会員に絞った分 科会をいくつか立ち上げ,有望分野への参入を 強化することを考えていたが,平成24年度ま で行っていた全員で聴講するセミナースタイル の要望が高く,本年度も同様の研究会方式を継 続することとした。

研究会の構成は、参加者のレベルに差があり 業種も広範囲なため、研究会の構成をテーマ1 ~3 に分け、多くの参加者が有益な情報を得ら れるように心がけた。テーマ1の目的は「研究 テーマ構築」であり、国などの支援の方向性や 企業ビジネスの有望分野などを中心に外部講師 によるセミナーを行った。テーマ2は「会員間 のリンケージ加速」を目的として、県内企業の 得意技術をプレゼンテーションしてもらうこと で、新潟県オリジナルの植物工場技術や製品開 発に取り組んでもらうことを考えた。テーマ3 は「植物工場の新技術」で、職員が調査した有 望技術の公表や、大学・民間企業等の新技術の 紹介により、新たな事業創造を探っていただく ように計画した。

このほかに,植物工場事業の基本となる「培 養液管理実習会」を行い,事業参入者や研究技 術者の養成支援を行った。

- * 下越技術支援センター
- ** 研究開発センター
- *** 上越技術支援センター

- 研究会の体制
- 2.1 会員について



(b) 平成 25 年度会員構成 図1 研究会参加者の業種

図1に平成23年度と25年度の植物工場研究 会参加者の業種割合を示した。参加業種はほと んど変わらないが、建設業や商社・サービス業 の割合が増えてきており、ビジネス参入を見す えた参加者の割合が増えてきている。また、第 3回までの研究会は、平均して約80名の参加 者があり、工業技術総合研究所が主催する研究 会の中でも注目度が高く,植物工場への関心が 高いとともに,これからの新産業としての期待 の大きさがうかがえるものとなった。

2.2 運営体制

下越,上越技術支援センターと研究開発セン ターが主体となり研究会を運営した。また,本 年度は,新潟県農業総合研究所でも施設園芸生 産高度化研究会を立ち上げたことから,積極的 な連携と情報の共有化を心がけた。

3. 研究会活動

3.1 セミナー

本年度は計3回の研究会で延べ241人が参加 した。また、培養液管理実習会では25名が参 加し実習を行った。植物工場研究会の様子を図 2に、培養液管理実習会の様子を図3に示す。



図2 植物工場研究会の様子



図3 培養液管理実習会の様子

【植物工場研究会】

第1回:平成25年6月26日 「植物工場を巡る最近の状況」 株式会社 三菱総合研究所 主任研究員 伊藤 保氏 「佐渡海洋深層水の利用について」 株式会社 本間組 工場長 本間 晴幸氏 「新規開発する肥料について」 株式会社 エコロジープロジェクト新潟 代表取締役 玉木 慎一氏 「施設園芸高度化のための問題提起」 新潟大学大学院自然科学系(農学部) 助教 大橋 慎太郎氏

第2回: 平成 25年9月27日

「国内外における植物工場の最新動向とビジネ
 スチャンス」
 NPO 法人イノプレックス

代表理事 藤本 真狩氏

「サンアローが考える植物工場事業への取組」 サンアロー(株)新潟工場

グループリーダー 山田 峰也氏 「ユキマツリにおける植物工場の取組につい

て」

ユキマツリ合同会社雪国食文化研究所

代表社員 井口 智裕氏

「甘草植物工場栽培の可能性」

上越技術支援センター

専門研究員 高橋 靖

「先進地視察報告ほか」 研究開発センター 専門研究員 三村 和弘

第3回:平成25年12月11日
 「次世代施設園芸の推進について」
 農林水産省生産局農産部園芸作物課
 花き産業・施設園芸振興室
 課長補佐
 土佐
 竜一氏

「植物工場における鉄製資材の適材適所につ いて」

新日鐵住金 (株) 新潟支店

主查 藤澤 幸央氏

「植物用 LED 光源の紹介」

シャープ新潟電子工業(株)

主任 中川 雅哉氏

「太陽光利用型での葉菜類大規模水耕栽培」 農業生産法人(有)グリーンズプラント巻 代表取締役社長 若林 馨氏

【培養液管理実習会】

「培養液の管理・調整方法等について」 下越技術支援センター

主任研究員 種村 竜太

4. 研究開発活動と外部協力

4.1 研究開発活動

参加企業の技術レベルが向上する中で,本年 度はあえてコンソーシアムにこだわらず個々の 企業の技術力アップのための新製品・新技術開 発を支援した。経済産業省からは、平成24年 度補正予算による「ものづくり中小企業・小規 模事業者試作開発等支援補助金」が公示された ので,早い段階から情報提供した結果,研究会 参加者の中から4件の研究課題が採択され事業 を実施することになった。また、植物工場研究 会では製造業者の参加者が多く、農業者の細か なニーズの把握を要望する声が多かったが、新 潟県農業総合研究所で立ち上げた施設園芸生産 高度化研究会では逆に製造業のシーズが分から ないということで、お互いにシーズとニーズを 取りこむ目的で,両研究会の連携を密接に行う こととした。本年度の成果としては、参加メン バーが連携した大学等とのコンソーシアム形成 による研究提案に発展した。次年度以降この動 きがさらに活発化し,新たな事業創造に発展す るものとして期待しているところである。

4.2 その他の研究

工業技術総合研究所では研究会企業等々の連 携により本年度は以下の研究を実施した。

- ・ 共同研究(研究開発センター)
- 「コンテナ型植物工場における生産性向上に関 する研究」

共同研究企業 菱機工業株式会社 新潟支店 ・創造的研究(下越技術支援センター)

- 「イチゴ「越後姫」工場の開発〜完全人工光植 物工場で最高品質の「越後姫」を一年中消費 者へ!」
- ・実用研究(下越技術支援センター)
- 「完全人工光植物工場における環境制御技術の 開発」

5. 結 言

- (1) 平成 25 年度は計 3 回の植物工場研究会を 実施し延べ 241人が参加し,新産業として 植物工場への期待の高さがうかがえた。平 成 23 年度に比べて建設業や商社・サービ ス業の割合が増えてきており,技術や製品 開発を目的としてではなく,事業参入を見 据えた参加者の割合が増えてきているのも 特徴的だった。
- (2) 研究会メンバーから経済産業省の平成 24 年度補正予算による「ものづくり中小企 業・小規模事業者試作開発等支援補助 金」に 4 件採択され新製品・新技術開発 に取り組んだ。
- (3) 新潟県農業総合研究所の立ち上げた「施設園芸生産高度化研究会」との連携を深め、大学等とのコンソーシアム形成による研究提案に発展させた。

ナノテク機器利用講習会

樋口 智* 佐藤 健* 伊関 陽一郎* 宮口 孝司*

Practice on Device Production with Nanotechnology Equipments

HIGUCHI Satoru*, SATO Takeshi*, ISEKI Yoichiro* and MIYAGUCHI Takashi*

1. 緒 言

昨今の電子機器や光通信,医療機器などの小型化に伴い,微細形状を付与した高機能部品や 超精密加工部品が幅広く使われるようになり, これらに対応しうる微細加工技術が重要となり つつある。現に,国の重点支援技術領域にナノ テクノロジーが指定されている。しかしながら, 本県の主要な製造業である一般機械,精密機械 など既存企業の微細加工技術への取組みは,先 端産業であるがゆえの技術習得や導入の難しさ

(機器が高額)のため、さほど進んでいないの が現状である。そこで既存産業への微細加工技 術の導入および普及を促すことを目的として、 NICOナノテク研究センター機器を利用した講 習会を実施した。

なお,本講習会は NPO 法人 長岡産業活性化 協会 (NAZE)の平成 25 年度産業基盤形成支 援事業の一部である。

講習会の概要

微細加工技術の中でもMEMS製品の加工技術 および超精密加工技術,評価技術を対象として 利用講習会を実施した。実習テーマは次の2.1 及び2.2の2 つとした。なお実習終了後にはア ンケート調査も実施した。

2.1 MEMS 装置を使用したガスセンサーの試 作・評価講習会

* 研究開発センター



図4 ガスセンサー試作実習フロー

実施日時:平成25年6月27日,28日
 平成25年11月6日,7日
 実施会場:レーザー・ナノテク研究室
 NICOナノテク研究センター
 参加者数:7名

MEMS 加工技術は、半導体リソグラフィー 技術などを用いて、シリコンなどの表面に微細 な形状を形成する技術である。本技術講習会で は、作成したテキストを使用し MEMS 加工の 基礎に関する講義の後、半導体式ガスセンサー (図 1)を、スパッタ成膜装置(図 2)やドラ イエッチング装置(図 3)を使用して試作する とともに評価技術について実習した。また、実 習フローを図 4 に、実習時の様子を図 5 に示す。



【座 学】





【スパッタリング】 【評 価】 図5 ガスセンサー試作実習時の様子

- 2.2 超精密ナノ加工機を使用した精密レンズ 金型の試作・評価講習会
 - 実施日時:平成25年11月13日,14日 もしくは15日 実施会場:レーザー・ナノテク研究室
 - NICO ナノテク研究センター

参加者数:4名

超精密加工は、デジタルカメラや光学メモリ のレンズ、液晶導光板などの光学部品やバイオ チップの加工などで不可欠というべき加工技術 となっている。本講習会では、作成したテキス トに基づいた超精密加工の基礎に関する講義の 後、精密レンズ金型(図6)を超精密ナノ加工 機(図7)で試作し、非接触三次元測定機(図 8)による評価技術について実習した。実習フ ローを図9に、実習時の様子を図10に示す。

加工機はファナック(株)の超精密ナノ加工 機 ROBONANO α-0iAを使用した。当該加工機 の直線軸(X,Y,Z)分解能は1nm,回転軸(B,C) 分解能は1/100,000度である。測定機は三鷹光 器(株)の非接触三次元測定装置 NH-3SPを使 用した。当該測定機のオートフォーカス機構部 の分解能は1nmである。





図6 精密レンズ金型概要



図7 超精密ナノ加工機 図8 非接触 三次元測定機



図9 レンズ金型試作実習フロー



【位置調整】







【加 工】【測定・評価】図 10 レンズ金型試作実習時の様子

- 5. 結 言
- (1)実習後のアンケート調査の結果では、実際に機械に触れることができてよかった、 最先端の技術を体験することができて有 意義であったなど肯定的な意見があった 一方で、開催回数や開催地を増やして欲 しいなどの要望も寄せられた。
- (2) MEMS 加工や超精密加工という比較的新しい技術分野について受講者の知識や認識に差異があるため、すべてに対応することは難しい面もあるが、今回参加いただいた企業のフォローアップや、今後同様の講習会を開催していく中で県内企業のニーズを把握し、講習内容の改善に努めたい。

Т	業技術研究報告書	
	10.40 10.20千反	
平成26年5月 発行		
編集発行人	新 潟 県 工 業 技 術 総 合 研 究 所	
所 在 地	〒950-0915 新潟市中央区鐙西1丁目11番1号	
	TEL 025-247-1301	
印 刷 所	株式会社 双 葉 印 刷 TEL 025-273-7373	