工業技術研究報告書

Report of the Industrial Research Institute of NIIGATA Prefecture No.40 2010

No.40　平成 22 年度

新潟県

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 23 年 6 月

目　　次

Ⅰ　研究論文

１．超耐熱合金の高速切削加工・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 3

２．インコネル 718 に対するボールエンドミル加工の
　　切削シミュレーション（第 1 報）・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 8

３．転倒時保護機構に対応したゲレンデ整備車の
　　キャビン製造に係わる安全性と低コスト開発・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 14

Ⅱ　ノート

１．イオン液体を用いた高温超音波キャビテーション
　　ピーニング技術の開発・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 23

２．表面処理皮膜の硬度測定手法の検討・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 26

３．多点薄膜温度センサーユニットの開発・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 29

４．超微細成形技術によるシート型微小針アレイの開発・・・・・・・・・・・・・・ 32

５．スペック染色技術の継承および改良・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 35

６．ICT を活用した遠隔技能伝承アシストシステムに関する研究開発・・・・・・・・ 38

７．二次電池とキャパシタの蓄電デバイス用充電回路の開発・・・・・・・・・・・・ 41

８．データ通信用赤外線 LED の配光測定システムの開発・・・・・・・・・・・・・・ 44

９．熱量測定法と基礎実験・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 46

10．ゴミ取り用トング挟持部の滑り止め機構に関する研究・・・・・・・・・・・・・ 49

11．マイクロウェーブ試料分解装置による試料分解方法の確立（第 2 報）・・・・・・ 52

12．鋸柄の表面処理の摩擦力への影響について・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 55

13．蛍光 X 線定量分析における精確さの調査・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 58

Ⅲ　調査・報告

１．C-FRP 研究会報告・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 65

２．太陽光発電研究会報告・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 68

３．排熱利用研究会報告・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 72

４．EV 技術研究会報告・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 75

５．感性工学研究会報告・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 79

６．多軸高速加工研究会報告・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 83

７．表面技術研究会報告・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 86

８．素形材研究会報告・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 89

９．天然素材活用研究会報告・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 91

10．高信頼制御技術研究会報告・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 94

11．EMC 技術研究会報告・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 97

12．ナノテク機器利用技術講習会報告・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・100

13．上信越公設研ネット環境対応技術分野交流会報告・・・・・・・・・・・・・・・・103

※　平成 22 年度に実施した研究 100 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。

Ⅰ　研究論文

研究論文

超耐熱合金の高速切削加工

相田　収平*　石川　淳**　田村　信*　須藤　貴裕*

High Speed Milling of Heat Resistant Super Alloy

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

抄　録

インコネル 718 をはじめとした超耐熱合金は，高温下における優れた機械的特性から，航空機用ジェットエンジンや産業用ガスタービン部品などの材料に用いられている。しかしこれらの金属材料は，切削加工の観点からは加工硬化を生じやすいなど，金属材料の中でも代表的な難加工材料である。本研究では，超耐熱合金について，小径ボールエンドミルによる高速ミーリングを試みた。その結果，従来の切削速度を大きく上回る 60m/min～100m/min にて工具寿命の延伸効果を確認した。また，本加工技術によりブレード形状の加工を行い，びびりが発生しやすい薄肉加工においても，高能率で良好な加工面が得られたことから，超耐熱合金の新しい高能率切削加工方法として期待できる。

1.　緒　　言

インコネル 718 をはじめとした超耐熱合金は，高温下において，耐食性（耐酸化性，耐硫化性など）に富んでいることやクリープ強度が大きいことから，航空機用ジェットエンジンや産業用ガスタービンのブレード，ディスク，シャフトなど高温かつ高強度が求められる部位の材料として用いられている。

これらの金属材料は，その優れた機械的特性の反面，切削加工の観点からは加工硬化を生じやすいうえ，熱伝導率が鋼の約 1/4 と小さいため切削によって発生する熱が分散しにくいなど，金属材料の中でも代表的な難加工材料である。

今後，航空機産業や電力・エネルギー産業の発展に伴い，超耐熱合金の使用量が増えてくるなかで，効率的で環境に優しい切削加工技術が求められている。

新潟県工業技術総合研究所では，直径 2～10mm 程度の小径ボールエンドミルを高速回転，高速送り条件で使うことにより，これら難加工材料を高能率に切削する高速切削技術について研究を進めている [1) 2)]。今回，この高速切削を超耐熱合金に適用を試みた結果について報告する。

2.　実験概要

実験には図 1 に示す 5 軸立型マシニングセンタ（DMG 製 HSC55 Linear：主軸最高回転速度 28,000min^{-1}）を用いた。被削材は溶体化処理後に時効処理した Ni 基超耐熱合金インコネル 718（42HRC）である。実験には直径 6mm，TiAlN 系コーティングを施した市販の超硬ボールエンドミルを用い，図 2 に示す平面切削を行った。実験条件を表 1 に示す。

条件 1 と 2 は径方向切込量と 1 刃当たりの送り量が異なるが，切削速度が同一であれば，単位時間当たりの除去量がほぼ同じとなる加工条件である。各実験条件において切削速度と工具寿命の関係を評価した。また，条件 1 において切削速度が 100m/min のときの 1 刃当たりの送

*　研究開発センター
**　下越技術支援センター

図 1　5 軸マシニングセンタ

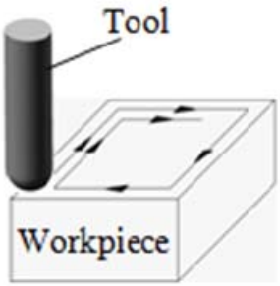


図 2　切削試験方法

り量と工具寿命の関係を評価した。評価は各実験条件において，工具寿命に至るまでの被削材の除去量および切削距離を比較した。なお，工具寿命の判定は工具逃げ面の最大摩耗幅が 0.2mm に達した時点とした。

3.　実験結果

3.1　切削速度の影響

図 3 に各実験条件における切削速度と工具寿命の関係を示す。インコネル 718 のエンドミル加工としては切削速度 20～30m/min が一般的といわれているが [3)]，条件 1 において，切削速度 20m/min では，除去量が 13.2cm^3 で工具寿命に達した。しかし，小径のボールエンドミルを高速回転させる本加工法では，切削速度を増加させるにつれ工具寿命が延長し，切削速度 60m/min で工具寿命が最大となり，除去量は 20m/min の約 4 倍に相当する 55.2cm^3 まで増加している。切削速度が 3 倍となっているため，加工効率も 3 倍となり，加工効率を高くするほど，工具寿命が長くなる結果が得られた。図 4 に切削速度 60m/min における実験終了後の工具写真を示す。工具先端から境界部において，ほぼ一様に摩耗している。

表 1　実験条件

	Condition 1	Condition 2
Cutting speed　(m/min)	20～120	15～130
Axial depth of cut　(mm)	0.3	0.3
Radial depth of cut　(mm)	0.5	0.8
Feed rate　(mm/tooth)	0.15	0.1
Work piece	Inconel 718 (42HRC)	
Tool	Carbide ball-nosed end mill	
	Diameter : 6 mm	
Cutting method	Down cutting	
Lubrication	MQL	
MQL supply	Lubricant quantity : 10ml/h	
	Air pressure : 0.5MPa	
Tool life criterion	Flank wear width = 0.2mm	

切削速度 60m/min を超える範囲では工具寿命が低下しているが，切削速度 120m/min においても 20m/min の約 1.8 倍の工具寿命が得られている。

条件 2 では，切削速度が 15m/min では，除去量が 16.8cm^3 で工具寿命に達した。切削速度が 15～45m/min の範囲では条件 1 と同様に切削速度を増加させるにつれ工具寿命が延長し，切削速度 45m/min で工具寿命が最大となり，除去量は 15m/min の約 3 倍に相当する 50.4cm^3 まで増加している。切削速度 45m/min を超える範囲では工具寿命が低下し，切削速度 100m/min において 15m/min とほぼ同等，130m/min では約 0.6 倍に工具寿命が低下した。

条件 1 と条件 2 を比較すると，切削速度が 45m/min 未満の低速領域では，条件 2 の方が工具寿命に至るまでにより多くの体積を除去できるが，切削速度が 45m/min 以上の高速領域，すなわち加工効率が高い領域では，切削速度が同じであれば条件 1 の方がより多くの体積を除去できる。条件 1 と 2 は切削速度が同じであれ

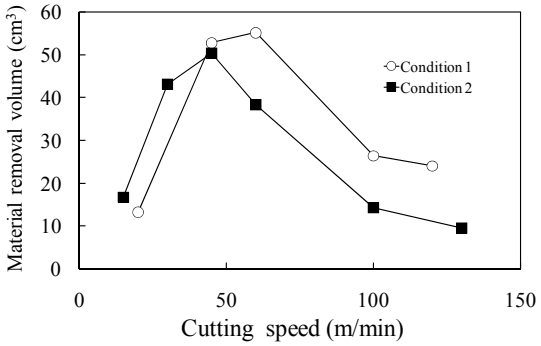


図 3　切削速度と工具寿命

図 4　切削加工後の工具刃部

ば，単位時間当たりの除去量はほぼ同じである。よって，切削速度が 45m/min 以上の高速領域では径方向の切込量を大きくするよりも 1 刃当たりの送り量を大きくとった方が，加工効率は同じであっても，1 本の工具でより多くの体積を除去できる。

3.2　1 刃当たりの送り量の影響

表 1 に掲げた条件 1 をもとに切削速度を 100m/min とし，1 刃当たりの送り量を 0.05～0.18mm/tooth まで変化させたときの工具寿命を図 5 に示す。1 刃当たりの送り量が 0.05mm/tooth において，切削距離が 81m で工具寿命に達した。また，1 刃当たりの送り量が 0.1mm/tooth では，0.05mm/tooth の約 2.4 倍に相当する切削距離 194m まで工具寿命が増加した。さらに 1 刃当たりの送り量を大きくした 0.1mm/tooth を超える範囲では工具寿命が若干

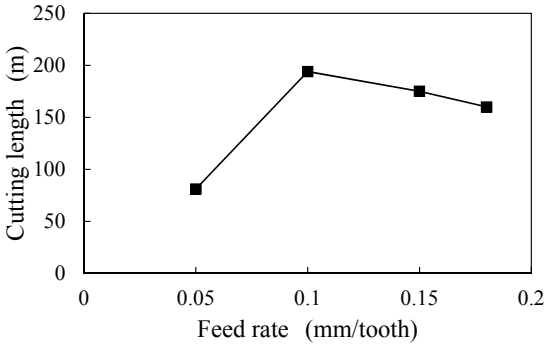


図 5　1 刃当たり送りと工具寿命

低下するが，0.15mm/tooth で切削距離 175m，0.18mm/tooth でも 160m の切削距離であり，極端な工具寿命の低下は見受けられない。この結果より，加工効率向上といった観点からは，チッピングなどを起こさない範囲で可能な限り 1 刃当たりの送り量を大きくすることが望ましいと考えられる。

4.　部品形状への適用

4.1　超耐熱合金製ブレード形状加工の試み

インコネル 718 などの超耐熱合金は，航空機用ジェットエンジンや産業用ガスタービンのディスク，シャフト，ブレードなど高温かつ高強度が求められる部位の材料として用いられている。航空機用ジェットエンジン部品は，高温での性能が求められるのは当然であるが，燃費向上などの目的から軽量化も要求されており，部品は必要最小限の肉厚で設計されている。そのためにブレードなどは翼厚が 1mm 程度と極端に薄肉であるため，切削加工する際にはびびりの抑制が重要な課題となる。びびりが発生すると，加工面の品位が著しく低下するのはもちろんであるが，工具刃先にチッピングを誘発することで工具寿命が著しく低下するなど様々な問題に波及する。

小径ボールエンドミルを用いる本加工法は，加工物に過大な負荷をかけることなく加工できることから，ブレードなどのような薄肉部品の加工に適していると考えられる。そこで，本加

工法を適用するアプリケーションの一つとして，航空機用ジェットエンジンのブレードを想定し，切削を試みた。

加工は 16mm×34mm×60mm のインコネル 718（42HRC）ブロック材からの削り出しで，翼の長さは 40mm，最も肉厚が薄い部分では 0.45mm の厚さとなる。使用した工具は前述同様の直径 6mm の超硬ボールエンドミルである。

加工順序は，まず最初にブレードとディスクの取り付け部であるダブテール（根部）を加工する。その後，ジグによりダブテール部を固定して翼面を加工した。ダブテール部の加工は荒加工，仕上げ加工ともに割り出し加工で行った。翼面の加工は，荒加工を割り出し加工，仕上げ加工を同時 4 軸制御加工で行った。翼面の加工では，荒加工時において翼面の表裏にそれぞれ 1.5mm の仕上げ加工代を残すことで，仕上げ加工時における被削材の剛性を確保するとともに，ブレード先端側から順次仕上げ加工を行うことでびびりを抑制した。その結果，加工後の表面粗さ Ra0.6μm と良好な加工面を得ることができた。図 6 に加工後のブレードを示す。なお，加工には荒加工，仕上げ加工にそれぞれ 1 本ずつ，計 2 本の工具のみを使用しただけであり，約 140 分で加工を完了した。

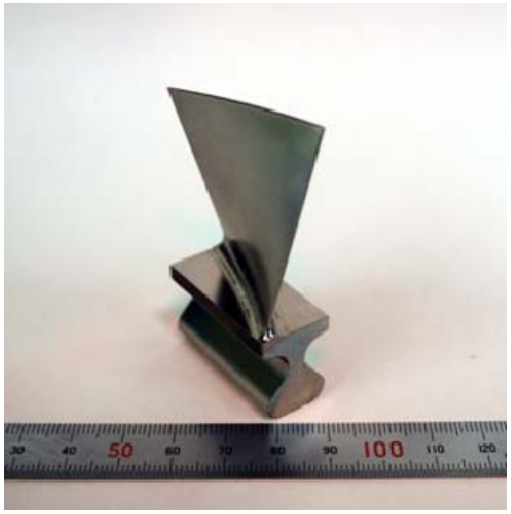


図 6　加工したブレードモデル

4.2　ドライ加工の試み

これまでは，微量の切削液を霧状にして吹き付けるセミドライ加工による切削加工技術について検討してきた。しかし，より環境に配慮した加工として，切削液を全く用いないドライ加工が望まれている。本研究では，超耐熱合金のドライ切削加工の可能性について，前述のブレード形状の加工を通じて検証した。

被削材は前述同様の 16mm×34mm×60mm のブロック材をインコネル 718 と杉を市販の接着剤で張り合わせて用意した。杉などの木材は高速切削が適しているうえ，切削液を用いると膨潤などを起こすためにドライ切削で行う必要がある。したがってインコネル 718 と杉を張り合わせた材料を切削する際も，ドライで切削加工をしなければならない。

加工中の様子を図 7 に示す。図中のノズルは切り屑を除去するためのエアーブロー用である。加工条件は被削材が異なることと切削液を用いないことを除けば，前述のインコネル 718 材ブレードと同様である。加工の結果，荒加工と仕上げ加工をそれぞれ 1 本の工具で完了しており，切削液を全く使用しないドライ加工が可能であることを確認した。

加工したブレードを「超耐熱合金と天然杉のコンポジットのブレード」と題して，切削加工ドリームコンテストに応募した。

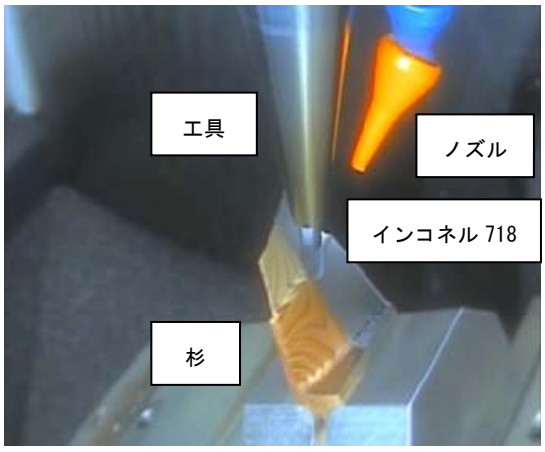


図 7　ドライ加工中の様子

切削加工ドリームコンテストとは，切削加工業界全体の技術・技能の交流と向上を主目的として，工作機械メーカーである(株)森精機製作所が主催するコンテストで，金型部門やアカデミック部門など 5 部門に分かれて審査される。2004 年に第 1 回目のコンテストが開催されて以来，毎年開催されており，第 7 回目の開催となった 2010 年は大阪大学の竹内芳美教授を審査委員長とする 5 名の大学教授により審査された。今回の応募総数は 105 作品であり，応募した作品は JIMTOF2010 にて展示された。審査の結果，インコネルと天然杉という異素材を同じ加工条件で薄板のブレード形状にドライ加工した技術の高さが評価され，アカデミック部門で最高賞である金賞を受賞することができた。図 8 に JIMTOF2010 で展示された様子を示す。

図 8　JIMTOF2010 での受賞展示

5.　結　　言

超耐熱合金インコネル 718 の小径ボールエンドミルによる高速ミーリングを試み，以下の結果を得た。

（1）　条件 1，2 とも，ある切削速度までは切削速度の増加に伴い工具寿命が延長し，加工効率を高くするほど工具寿命が延長する領域が存在する。

（2）1 刃当たりの送り量は 0.1mm/tooth で最も工具寿命が長くなったが，加工効率を考慮すると，チッピングなどを起こさない範囲で可能な限り大きくすることが望ましいと考えられる。

（3）小径のボールエンドミルを用いた高速回転，高速送り加工では，びびりが発生しやすい薄肉加工においても適切な条件を与えることで，高効率で良好な加工面を得る加工が可能である。

（4）超耐熱合金の高速ドライ切削により加工したブレードが，切削加工ドリームコンテストにて最高賞である金賞を受賞した。

参考文献

1）嶽岡悦雄，相田収平，石川淳，須藤貴裕，“小径ボールエンドミルによるチタン合金の高速ミーリング”，2009 年度精密工学会秋季大会シンポジウム資料集，p11-14.

2）　嶽岡悦雄，相田収平，石川淳，須藤貴裕，“小径ボールエンドミルによるチタン合金の高速切削加工”，チタン，Vol.58，No.3，2010，p226-230.

3）例えば，狩野勝吉著，“難削材・新素材の切削加工ハンドブック”，工業調査会，2002，p252.

研究論文

インコネル 718 に対するボールエンドミル加工の切削シミュレーション（第 1 報）

須貝　裕之*

CAE Analysis about Cutting of Inconel718 by Ball-nosed endmill

SUGAI Hiroyuki*

抄　　録

市販の切削シミュレーションソフトウエアを用いて，ボールエンドミルによる Ni 基超耐熱合金インコネル 718 の高速切削加工を解析した。最初にソフトウエアの標準条件で解析を行い，切削シミュレーションの基本的な解析特性について検証した。次に，ボールエンドミルとスクエアエンドミルの切削挙動の違いについて調査した。最後に，従来の実験結果に対する計算結果の比較を行った。その結果，ボールエンドミルがスクエアエンドミルに比べて切削抵抗が緩やかに変化する現象や，切削速度の上昇に伴う切削抵抗の低下現象を再現できることを確認した。

1.　緒　　言

従来より，切削条件や工具形状を検討するため，切削中の工具などが受ける応力や温度を測定する方法が数多く試みられてきた。しかし，切削現象は刃先の微細領域において温度やひずみが極めて短時間で急激に変化する現象であり，これを詳細に測定することは現時点においても容易ではない。

一方，実際の物理現象をコンピュータにより計算する CAE（Computer Aided Engineering）は 1950 年頃の航空機設計のための構造解析を出発点として，その後のコンピュータのめざましい計算能力向上とともに，その解析領域を広げてきた。近年では，切削のような極めて非線形性が強い現象に対しても解析が可能な動的陽解法による CAE ソフトウエアが登場している。

本研究では，市販の切削専用ソフトウエアによりボールエンドミルによる高速切削現象を解析し，切削現象の分析や最適加工条件等の導出に利用可能かを検証している。本報では，ソフトウエアの基本的な解析特性の検証と従来の実験結果に対する解析結果の比較や，ボールエンドミルとスクエアエンドミルの切削特性の違いについて報告する。次報では，現在研究を進めている小径ボールエンドミルについて報告する。

＊ 研究開発センター

2.　解析ソフトウエア

解析にはアメリカ THIRD WAVE SYSTEMS 社が開発した金属切削用有限要素法プログラム AdvantEdge を使用した。これは切削シミュレーション専用のソフトウエアであり，解析対象としては 2 次元，3 次元の旋削，ミーリング，ドリリングなどの様々な現象を計算できる。

図 1 にソフトウエアのメイン画面を示す。

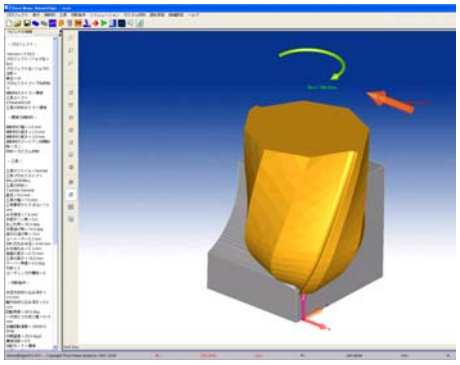
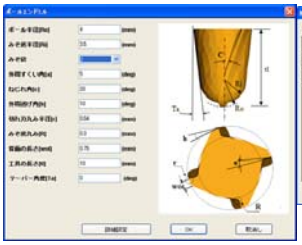
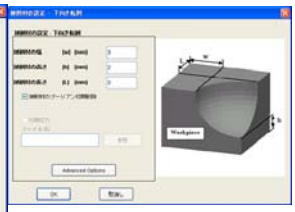


図 1　ソフトウエアのメイン画面

画面左側に切削条件，右側には設定した工具と被削材の形状が表示される。図 2 に工具形状や被削材形状，それらの材料特性と切削条件の設定画面を示す。

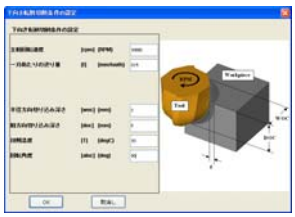


(a) 工具形状



(b) 被削材形状

(c) 材料特性



(d) 切削条件

図 2　解析設定画面

工具や被削材の解析モデル形状や要素分割は，標準的な形状であれば，すくい角や被削材の幅などを入力することで自動的に作成される。このような GUI により，汎用の CAE ソフトウエアと異なり，解析者が解析モデルの要素分割や境界条件の設定を意識することなく計算ができるよう配慮されている。その一方，材料特性に関しては材料名は表示されるものの，それぞれ材料にどのような材料特性が定義されているかは秘密となっており，解析者が直接確認することはできない仕様となっている。

3.　解析結果

3.1　標準条件におけるアルミニウムの切削

最初にソフトウエアの動作検証をかねて，ソフトウエアの標準切削条件でシミュレーションを行った。切削条件を表 1 に示す。ソフトウエアの標準条件ではアルミニウム合金（A6061-T6）を直径 8mm，2 枚刃のボールエンドミルを用いて主軸回転速度 20000 min^{-1} で切削する。

表 1　切削条件（シミュレーション条件）

被削材	アルミニウム合金(A6061-T6) 初期温度 20℃，幅 2mm， 送り方向 3mm，厚さ 3mm
工具	ボールエンドミル 材種 超硬，直径 8 mm, 2 枚刃， すくい角 5°，ねじれ角 20°
主軸回転速度	20000 min^{-1}
1 刃当たりの送り	0.15 mm/tooth
軸方向切込み	5 mm
半径方向切込み	2 mm
切削方式	下向き削り
冷却	乾式切削
工具回転角度	0～720°

なお，今回の計算条件では工具が 720°，すなわち 2 回転するまでの現象を計算する。わずか 2 回転では工具や被削材の温度分布がマクロ的に定常に達するには甚だ不足ではあるが，現状の計算機の計算速度と，このソフトウエアが採用する陽解法による解析手法ではこれを計算するだけでも約 12～24 時間の時間を要する。したがって現状では，3 次元切削の解析を行う場合，切削初期の過渡状態の結果にもとづいて評価せざるを得ない。

図 3 に工具が 720°回転したときの温度分布を示す。2 刃目までの切りくずは切刃により切削された後，被削材に付着するが，3 刃目以降は被削材から離れて空中を飛散する。温度分布の最高値は約 400℃となっている。

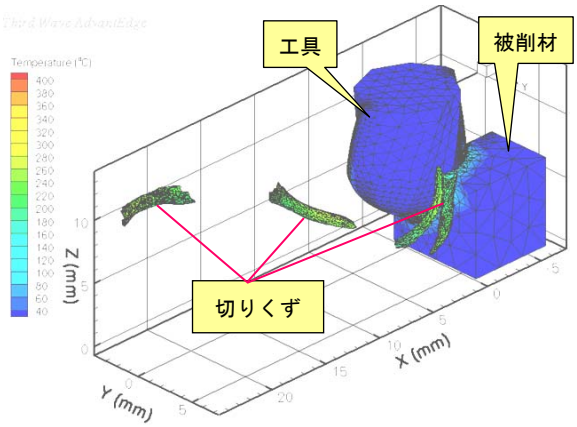


図 3　アルミニウム合金切削時の温度分布

図 4 には計算によって得られる時刻歴データの一例として，切削抵抗と最高温度のグラフを示す。

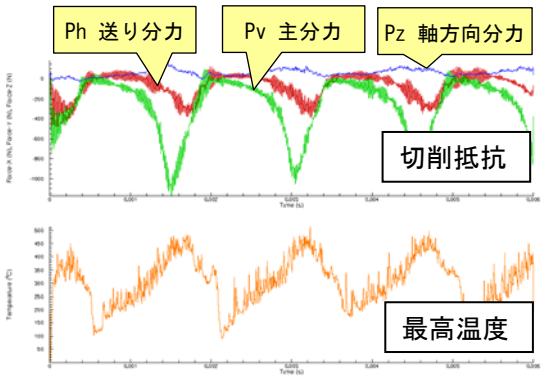


図 4　切削抵抗と最高温度の時刻歴

今回の切削条件は 2 枚刃の工具を 2 回転させているため，切削抵抗，温度ともに 4 回のピークが現れているのがわかる。このほかにも工具，被削材の応力分布や動力の時刻歴データなどを出力することができる。

3.2　標準条件におけるインコネル 718 の切削

次に被削材をインコネル 718 に変更してシミュレーションを行った。ここでは工具形状を含む切削条件は先のアルミニウム合金の切削と同様とし，主軸回転速度を 5000，10000，20000，40000 min^{-1} に変化させて計算を行い，切削速度と切削抵抗の関係を調べた。

図 5 に主軸回転速度 20000 min^{-1} における温度分布を示す。被削材がアルミニウムの場合，温度の上限が 400℃程度であったのに対し，インコネルでは 1200℃と高い温度になっている。

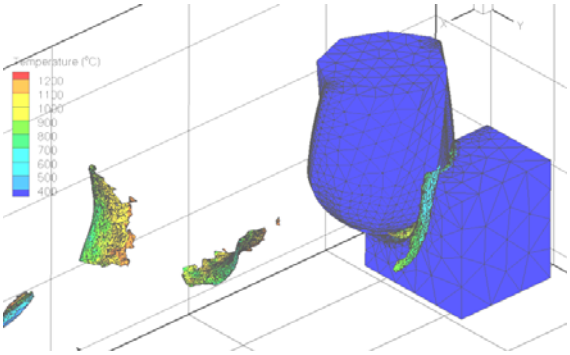


図 5　インコネル 718 切削時の温度分布

図 6 に主軸回転速度と最高温度，切削抵抗の計算結果の時刻歴データを示す。

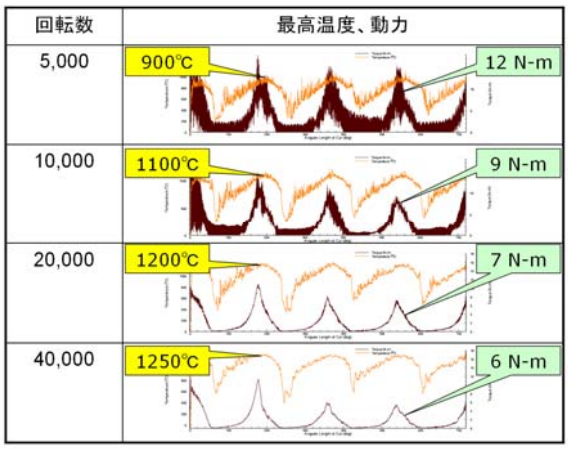


図 6　切削抵抗と最高温度の時刻歴

主軸回転速度の増加に伴って最高温度は 900℃から 1250℃に上昇し，逆に工具を回転させるために必要な動力は 12N･m から 6 N･m に低下している。なお，回転速度が低い条件では動力や温度の波形が小刻みに振動している。これについては調査中であるが，考えられる原因の一つに解析では工具先端部分や被削材の一部のみしかモデル化しておらず，それ以外の部分を剛体として取り扱っている。このため，系の固有振動数が悪影響を及ぼしていることが挙げられる。

図 7 に切削抵抗と主軸回転速度の関係を示す。また図 8 に嶽岡がボールエンドミルとスクエアエンドミルを用いて実験により，主軸回転速度と切削抵抗の関係を調べた結果 [1] を示す。

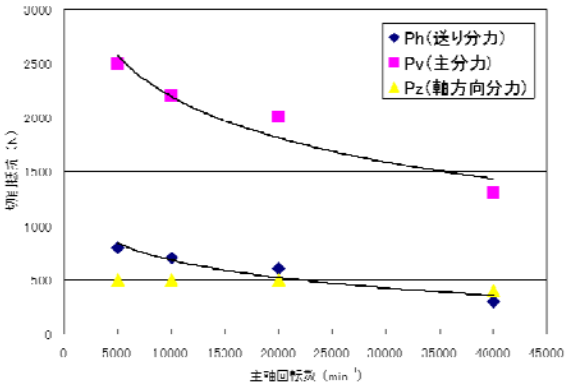


図 7　主軸回転速度と切削抵抗の関係
（シミュレーション）

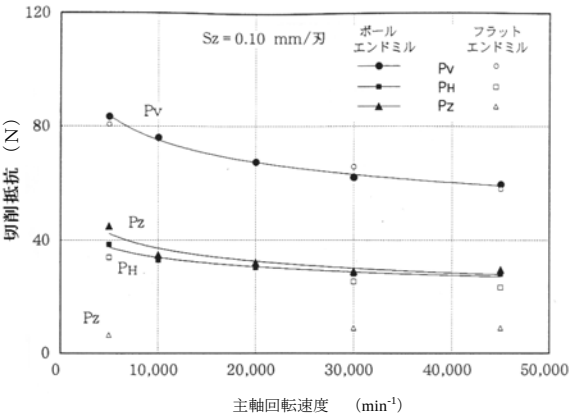


図 8　主軸回転速度と切削抵抗の関係（実験）

図 8 に示すように，ミーリング加工では切削速度の上昇にともなって切削抵抗が減少する領域が存在する。今回のシミュレーションの結果も，切削条件等は異なるものの，これを再現している。

3.3　切削におけるボールエンドミルとスクエアエンドミルの違い

次に，切削時におけるボールエンドミルとスクエアエンドミルの違いを調べた。表 2 に計算した切削条件を，表 3 にそれぞれの工具の仕様を示す。

表 2　切削条件

被削材		インコネル 718
初期温度		20 ℃
主軸回転速度		20000 min^{-1}
1 刃当たりの送り		0.15 mm/tooth
切込み	軸方向	5 mm
	半径方向	2 mm
切削方式		下向き削り
冷却		乾式切削

表 3　工具の仕様

工具	ﾎﾞｰﾙｴﾝﾄﾞﾐﾙ	ｽｸｴｱｴﾝﾄﾞﾐﾙ
直径	8 mm	
刃数	2	
すくい角	5°	
ねじれ角	20°	

同条件で比較するため，工具の仕様は可能な限り同じとした。図 9 にスクエアエンドミルの切削中の温度分布を示す。なお，ボールエンドミルの計算結果は前項と同様のため省略した。

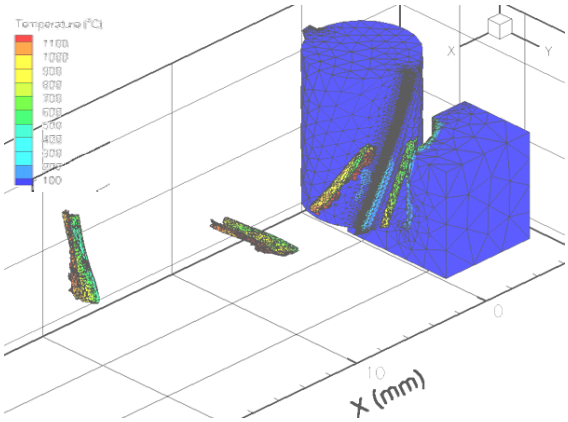


図 9　スクエアエンドミル切削時の温度分布

切りくずの形状はボールエンドミルと比較すると厚みが増しているが，切削中の温度は両者ともほとんど変わらない。

次に，切削中の工具刃先の温度分布について調べた。図 10，図 11 にボールエンドミルとスクエアエンドミルの温度分布を 0.2 ms ごとに示す。ここではシミュレーションの利点を活かし，回転するエンドミルに観察視点を固定した。また，観察の障害となる被削材や切りくずを非表示とし，エンドミルのみを表示した。

図より，ボールエンドミルの高温域は，工具先端の中心から周辺に向かって移動する。一方，スクエアエンドミルは，工具先端の刃先から根元に向かって移動する。図ではわかりにくいが，スクエアエンドミルでは刃先より若干上の部分が最も早く温度が低下する。この原因としては，刃先ではエンドミル底面と側面の 2 面で切削が行われているため，他の部分より発熱が大きいことや，熱伝導する領域が少ないことなどが考えられる。

刃先温度が上昇した後，再度室温付近まで低下するのに要する時間は，ボールエンドミルの 1.4 ms に対して，スクエアエンドミルは 1.0 ms と短い。

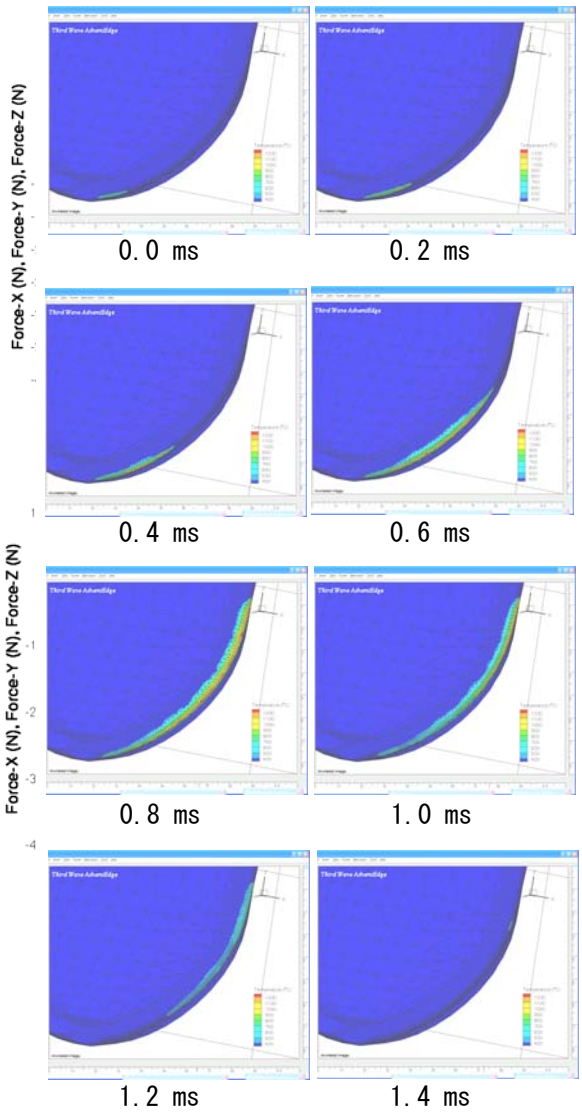


図 10　ボールエンドミル刃先の温度変化

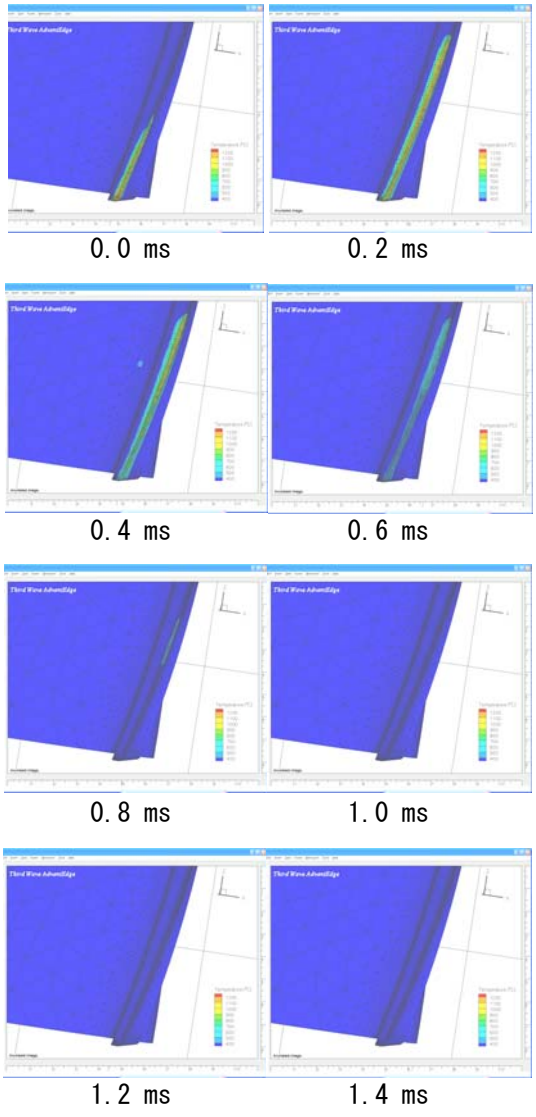
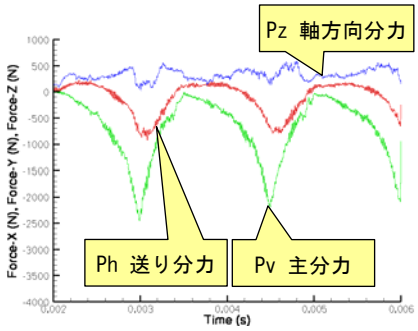
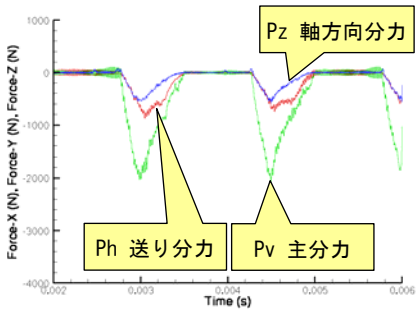


図 11　スクエアエンドミル刃先の温度変化

図 12 にボールエンドミルとスクエアエンドミルの切削抵抗の計算結果を示す。絶対値で見た主分力＞送り分力＞軸方向分力の関係は変わらないものの，ボールエンドミルの切削抵抗が連続的に変化するのに対して，スクエアエンドミルのそれは衝撃的に変化している。また切削

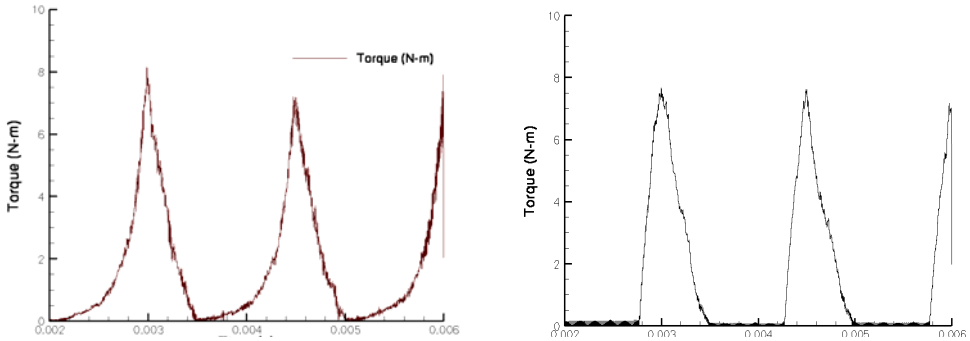


(a) ボールエンドミル



(b) スクエアエンドミル

図 12　切削抵抗の比較



(a) ボールエンドミル　　(b) スクエアエンドミル

図 13　動力の比較

抵抗の値はスクエアエンドミルの方が若干低い。

図 13 にボールエンドミルとスクエアエンドミルの切削中の動力の計算結果を示す。先の切削抵抗と同様に，ボールエンドミルの動力が連続的に変化しているのに対して，スクエアエンドミルでは衝撃的な変化をしている。ただし，動力の最高値はほとんど同じであった。

前述のエンドミル刃先の温度変化と切削抵抗の変化から考えると，ボールエンドミルはスクエアエンドミルに比べて，熱的にも機械的にも負荷の少ない状況で切削が行われていると考えられる。ただし主軸回転速度と切削抵抗の関係で述べたように，解析モデルの剛性は実際よりも高い。したがって切削抵抗や動力の波形は計算結果よりもなだらかに変化すると考えられる。

また，スクエアエンドミルでは切れ刃全体にわたって切削速度や切込み量が一定であるため，切削現象は比較的単純であるのに対し，ボールエンドミルでは，工具先端の中心から周辺に向かって，切削速度や切込み量も連続的に変化するため，切削現象は極めて複雑となる。したがって今後の検討方法としては，切れ刃をいくつかの領域に分け，各領域ごとに温度や応力状態等を評価することなどが考えられる。

以上，本報告では，ソフトウエア標準条件を中心として調べた結果を報告した。次報では，実際に行っているインコネル 718 の切削条件と同じ条件で解析を行い，その結果を報告する。

4.　結　　言

インコネル 718 に対してソフトウエア標準条件を中心に切削加工シミュレーションを行った結果を下記にまとめる。

（1）主軸回転速度を変化させて切削を行った結果，実験と同様に切削速度の上昇に伴って切削抵抗が低下する現象が現れることを確認した。

（2）ボールエンドミルとスクエアエンドミルの切削中の温度分布や切削抵抗の変化を調べた結果，実験結果と同様に，ボールエンドミルはスクエアエンドミルに比べて連続的・穏やかに温度や切削抵抗が変化することを確認した。

参考文献

1）嶽岡悦雄，”高速空気静圧主軸による高硬度材のエンドミル加工に関する研究”，東京大学博士課程学位論文，1998，p75.

研究論文

転倒時保護機構に対応したゲレンデ整備車のキャビン製造に係わる安全性と低コスト開発

須貝　裕之*　片山　聡**　本田　崇*　小林　邦夫***　村上　光徳***

Development of Cabin of Snow Grooming Equipment with Roll Over Protective Stracture by CAE Analysis

SUGAI Hiroyuki*, KATAYAMA Satoshi**, HONDA Takashi*,
KOBAYASHI Kunio***and MURAKAMI Mitsunori***

抄　　録

コンピューターシミュレーションにより，転倒時保護構造（ROPS）に対応したゲレンデ整備用雪上車のキャビンの外付け補強を開発した。汎用有限要素法解析ソフトウエアを用いて，コンピューターで試作キャビンの ROPS 試験と評価を繰り返して，低コストで強度の高い外付け補強形状を検討した。外付け補強形状の完成後，実際に外付け補強キャビンを製作して ROPS 試験を行い，ROPS 規格を満足することを確認した。

1. 緒　　言

クレーンやブルドーザーなどの建設作業車には，横転時に乗員が車に押しつぶされることを防ぐため，キャビンの強度を規定する転倒時保護構造（Roll Over Protective Structure，以下 ROPS と略す）が規格化 [1] されている。スキー場で雪面の整備を行うゲレンデ整備用雪上車については，日本国内では ROPS 規格は適用されていない。しかし，ヨーロッパではすでに適用が進んでおり，日本においても乗員の安全確保の観点より今後適用が予想される。

一方，ROPS 規格では，実車の運転席を大荷重で変形させる試験により強度を評価する。試験の際、運転席は 200mm 前後に大きく変形し，構造材料も弾性域を超えて塑性変形する。このため従来の弾性域の微小変形を前提とした強度計算では対応できず，ROPS キャビン構造の開発は実物の試作と試験を繰り返す方法が主体となる。ゲレンデ整備用雪上車の場合，キャビンの骨材寸法は一辺約 1.6m，重量約 160 kg と大きいため，実物の試作と試験の繰り返しには多大な費用と時間を要する。

そこで本研究では，図 1 に示す(株)大原鉄工所製のゲレンデ整備用雪上車 DF-430（全長 10.09 m，全幅 6.23 m，全高 2.91 m，車両質量 10.10 t）を対象として，コンピューターシミュレーションにより低コスト・高強度な外付け補強キャビンを開発した。

図 1　対象としたゲレンデ整備車

最初に，シミュレーション上で試作キャビンの ROPS 試験と評価を繰り返して，低コストで強度の高い外付け補強形状を検討した。シミュレーション結果をもとに実際にキャビンを製作し，ROPS 試験を行って強度を確認した。

*　研究開発センター
**　中越技術支援センター
*** (株)大原鉄工所

2. ROPS 試験について

ROPS 試験方法について概略を説明する。JIS 規格 A8910 によれば ROPS 試験が想定するのは，走行速度 16km/h 以下で，傾斜角 30°以下の硬い粘土地盤の斜面上を転がって，機械の前後方向軸を中心に 360°転倒する状況である。この状況を模擬するため図 2 に示す手順で ROPS 試験を実施する。

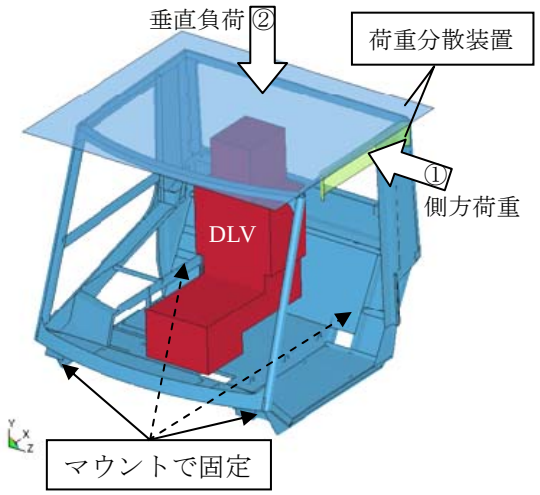


図 2　ROPS 試験方法

試験対象のキャビンを実際に車体に取り付けられる時と同じ位置で地面に固定する。最初に側方から所定の荷重（①側方負荷試験）を加える。次に，上方から所定の荷重を加える（②垂直負荷試験）。なお，試験中に荷重着力点が局部的に試験体に食い込むことを防ぐため、荷重分散装置を用いることもある。試験中に乗員を模したたわみ限界領域 DLV（Deflection Limiting Volume）にキャビンのフレーム等が接触しないことが要求される。

表 1　荷重とエネルギー

機械質量 (M) kg	700<M<4630 kg	4630<M<59500 kg
側方荷重 N	$3.6\times M$	$42000\left(\frac{M}{10000}\right)^{1.20}$
側方エネルギー J	$7800\left(\frac{M}{10000}\right)^{1.25}$	
垂直荷重 N	$11.77\times M$	

表 1 にゲレンデ整備車の ROPS 規格が規定されている BS EN15059[2] の試験荷重を示す。試験荷重は対象とする雪上車の総重量 M をもとに計算される。表中の側方エネルギーについて説明する。図 3 に側方負荷試験時の荷重と荷重着力点のストロークの関係を模式的に示す。図中の実線はストロークに対する荷重の変化である。側方エネルギーは図の斜線の面積に相当し，キャビンを変形させるために必要なエネルギーである。これにより強度だけでなく，衝撃吸収性能も評価する。側方負荷試験では，荷重値だけでなく側方エネルギーも同時に満たす必要がある。

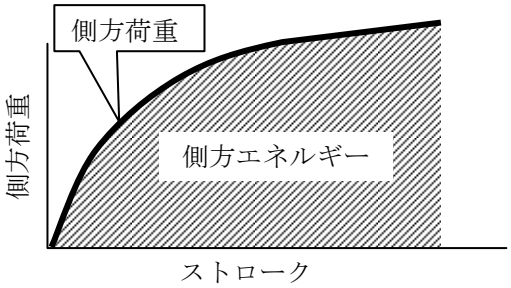


図 3　荷重-ストロークのグラフ

表 2 に今回対象とする DF-430 の装備重量をもとに表 1 の式を用いて計算した荷重とエネルギーの値を示す。

表 2　DF-430 の荷重とエネルギー

機械質量	10,100 kg
側方荷重	42,505 N
側方エネルギー	7,898 J
垂直荷重	118,877 N

3. シミュレーションによる ROPS 構造の開発

3.1 解析ソフトウエア

解析モデルの作成には三次元 CAD ソフトウエア SolidWorks を使用した。また，要素分割には ANSYS WorkBench ver.11 を使用し，解析には汎用動的陽解法有限要素法ソフトウエア LS-DYNA ver.971 を使用した。結果の表示には LS-PrePost を使用した。

3.2　従来型キャビンの ROPS 試験シミュレーション

最初に，従来型キャビンの ROPS 試験シミュレーションを行った。このキャビンは ROPS 規格を考慮に入れて設計されていない。図 4 に解析モデルを示す。

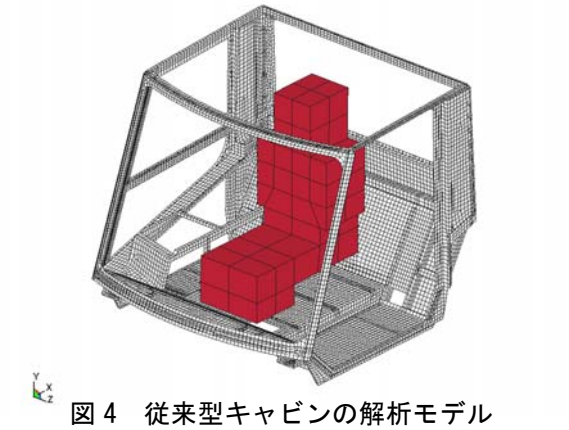


図 4　従来型キャビンの解析モデル

三節点と四節点のシェル要素を用いてモデルを作成した。要素数は 25938，節点数は 25633 である。シェル要素の定式化は Belytchko-Tsay を使用した。なお，DLV に関しては八節点ソリッド要素を用いてモデル化してある。

解析に使用する材料特性を調べるため，キャビンに使用されている材質 SPCC の引張試験を行った。試験形状は JIS Z2201 の 4 号試験片とし，板厚は 3.2t とした。材料試験機は，（株）島津製作所製，万能材料試験機オートグラフ AG-100KNG-M1 を使用した。試験速度は 5 mm/min とし，伸びの測定にはビデオ伸び計 DV200 を使用して，弾性から塑性域にいたる

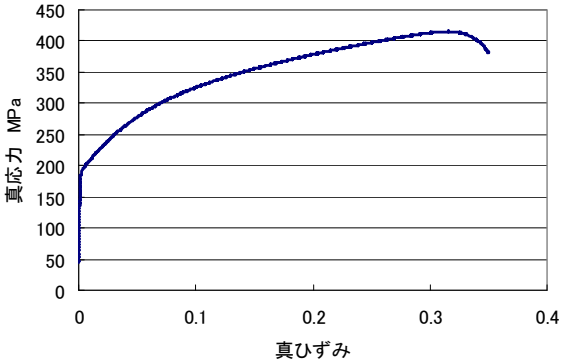


図 5　SPCC の応力—ひずみ曲線

応力－ひずみ特性を調べた。図 5 に試験結果を示す。上記のデータをもとにして ROPS シミュレーションを行った。

図 6 に側方負荷試験時の荷重と着力点ストロークの計算結果を示す。図 7 にフレームが DLV に接触した，着力点ストローク 610 mm におけるキャビンの変形状態と Mises 応力分布を示す。

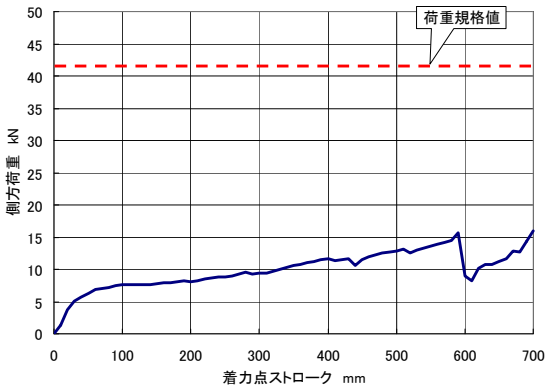


図 6　側方負荷試験計算結果

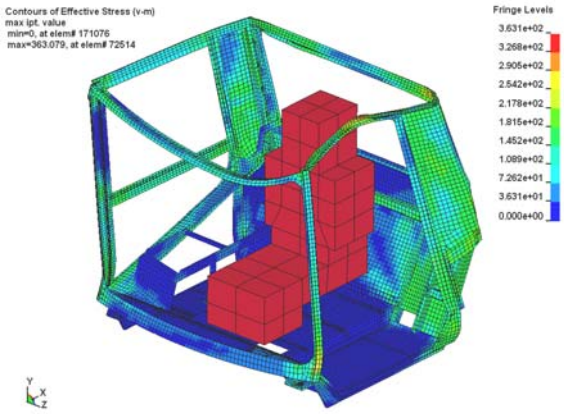


図 7　キャビンの変形状態と応力分布

フレームが DLV に接触するまで変形させても，側方荷重の目標値 42 kN に対して荷重は 15 kN 程度までしか上がらなかった。

3.3　外付け補強キャビンの開発

前章の結果より，従来型キャビンでは ROPS 規格を満足しない可能性が高いことが確認された。そこで，従来型キャビンに取り付けることによって，ROPS 規格を満足する外付け補強を検討した。図 8 に外付け補強の初期案を示す。

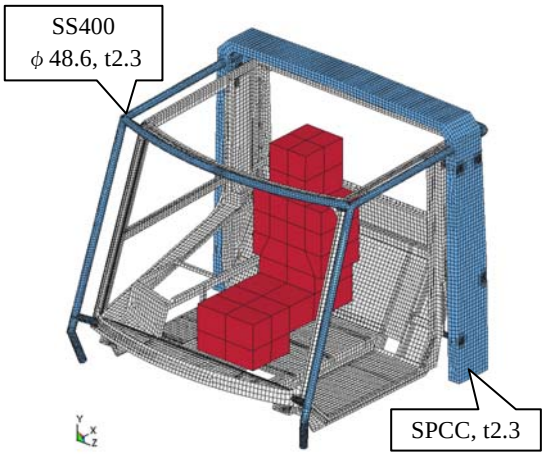


図 8　外付け補強初期案

外付け補強には強度だけでなく，ドアの開閉に支障を来さないことや，運転席からの視界を可能な限り妨げないこと，そして軽量・低コストであることが要求される。そこで，キャビン前半分はパイプによるロールケージとして視界を確保し，後ろ半分は強度を確保するため板材を用いた門型形状として強度を上げた。また，板厚の変更が容易に行えるよう，外付け補強もキャビンと同じくシェル要素でモデル化した。

このようにしてコンピューター上で外付け補強の試作と ROPS 試験のシミュレーションを繰り返すことにより開発を行った。図 9 に外付け補強最終案の形状を示す。

ROPS 試験では，側方負荷試験を満足した場合，引き続き垂直負荷試験を実施する。側方負荷試験終了後にキャビンが大きく傾いた状態に

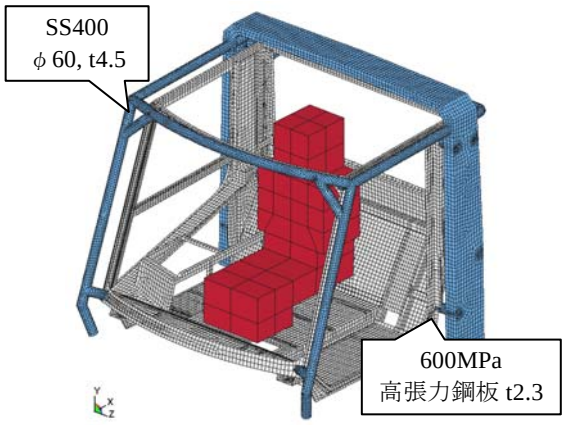


図 9　外付け補強最終案

変形していると，垂直負荷に対して不利な状態となる。そこで，門型補強は弾性域が広く強度の高い 600Mpa 級の高張力鋼板を使用した。

図 10 に側方負荷試験時の荷重とエネルギーに対する着力点ストロークの計算結果を示す。図 11 に着力点ストローク 190 mm におけるキャビンの変形状態と応力分布を示す。

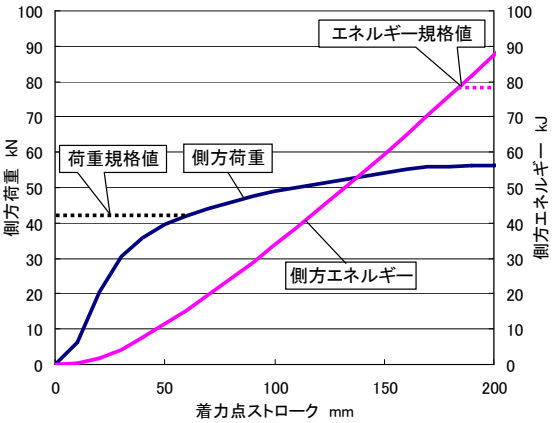


図 10　側方荷重，エネルギーとストローク

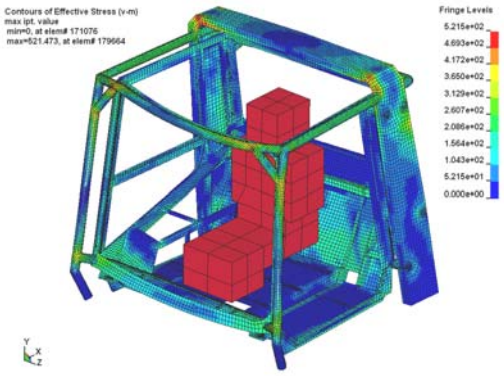


図 11　キャビンの変形状態

計算の結果，ストローク 60 mm で荷重を満足し，190 mm でエネルギーを満足する。また，図には示していないが，引き続き行った垂直負荷試験も着力点ストローク 50 mm で荷重を満足した。

4.　実車の ROPS 試験による強度確認

シミュレーションの結果を確認するため，最終案をもとに実際に外付け補強を作成し ROPS 試験を行った。

4.1　ROPS 試験装置について

ROPS 試験を行うため，ROPS 試験装置を製作した。図 12 に概要を示す。

図 12　ROPS 試験装置

H 鋼によりフレームを構成し，荷重は油圧シリンダーにより負荷する。側方負荷シリンダーの先端は半球，垂直負荷シリンダーはフレームとユニバーサルジョイントで結合することにより，荷重分散装置に回転モーメントが作用しない構造となっている。試験中の荷重値の測定は，油圧シリンダーに取り付けた圧力センサーの値から換算する。また，荷重着力点の変位はワイヤー式変位計（(株)ムトーエンジニアリング製 DES-91-V）により測定する。これらの値は測定用パーソナルコンピューターに所定の間隔で取り込まれ，画面上（図 13）に表示される。

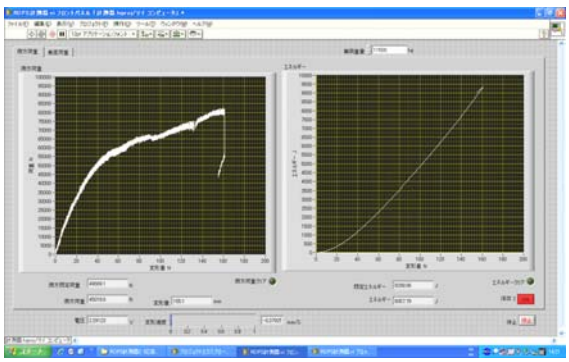


図 13　ROPS 試験結果表示画面

4.2　ROPS 試験結果

実際に，ROPS 試験を行った結果を図 14 にシミュレーションの結果と比較して示す。実線が試験，点線がシミュレーションの値である。試験の結果，側方負荷ストローク 40 mm と 160 mm で，側方荷重，エネルギーそれぞれが ROPS 規格を満足したため試験を終了した。

シミュレーションと試験の結果について比較する。側方負荷荷重について見てみると，試験開始からストローク 40 mm まではほぼ同じ値であるが，それ以降でシミュレーションの方が高い傾向がでている。実験値を基準とした場合の最大誤差は＋20%程度となった。この原因として，門型補強溶接部の強度不足が考えられる。理由としては試験の最中数回に渡って大きな破断音が生じたこと。試験終了後に門型補強溶接部が数カ所破断していたこと。シミュレーションでは溶接部の強度を母材と同等として計算していたことがあげられる。

側方エネルギーについて見てみると，実験値に対するシミュレーションの誤差は－9%と荷重ほどに大きくなく，ストロークではシミュレーションの 146 mm に対して実験では 160 mm と 14 mm の差であった。

側方負荷試験の特性として，最初に側方荷重を満足し，その後エネルギーを満足する。従って今回の ROPS 試験のシミュレーション精度として重要なのは，負荷エネルギーの方であり，今回のシミュレーションの精度－9%は十分実用に耐えるものと考えられる。

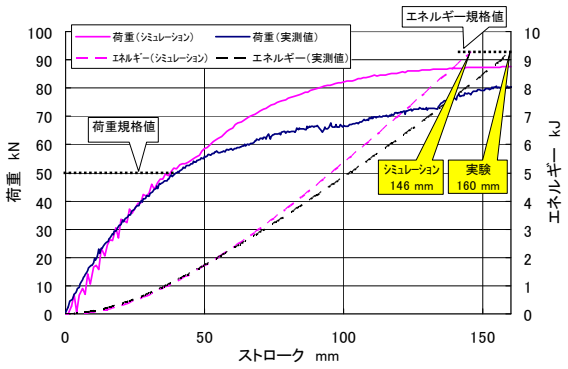


図 14　実験とシミュレーションの結果比較

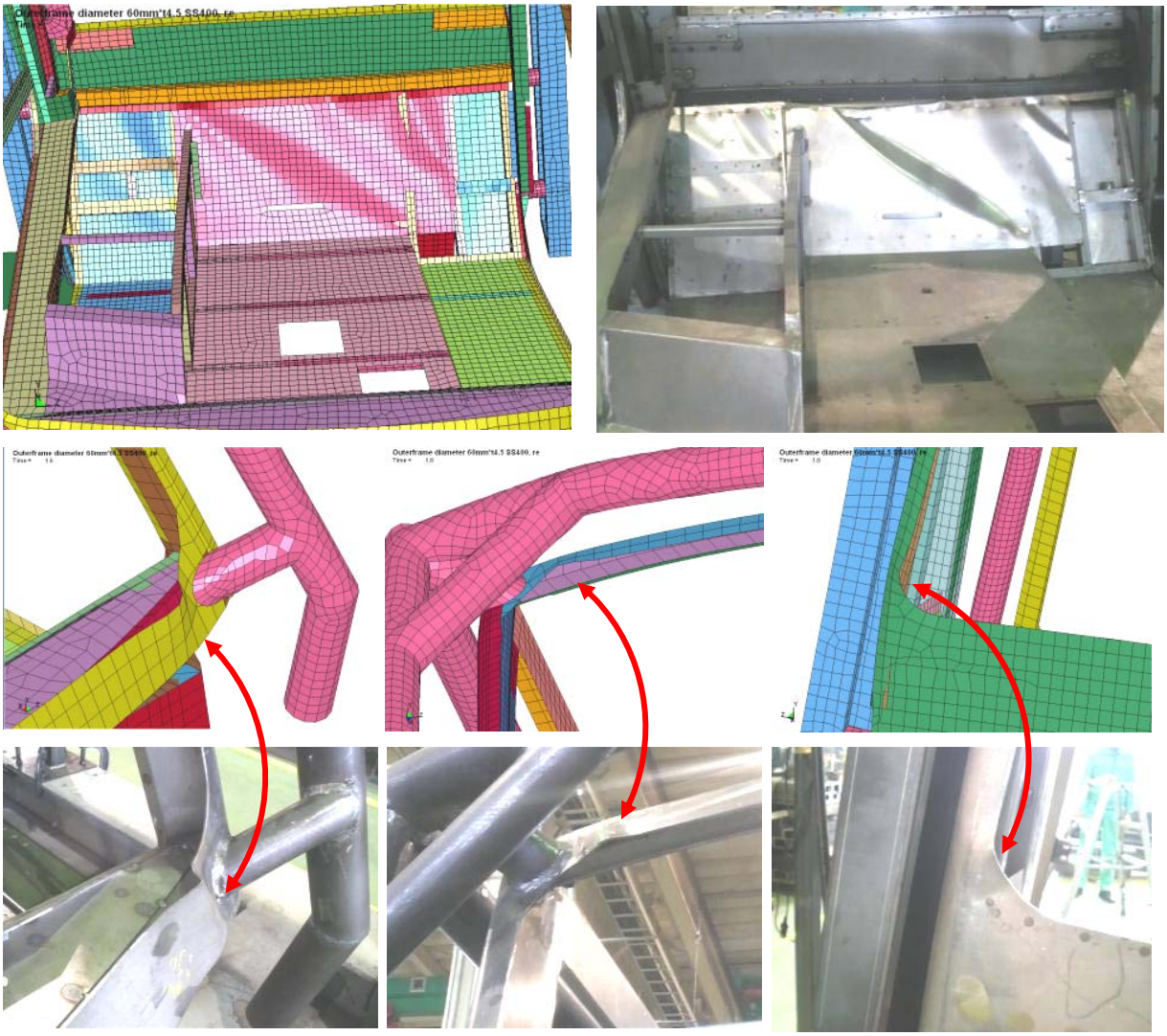


図 15　キャビン変形状態の比較

側方負荷試験終了後のキャビン各部の変形状態をシミュレーションの結果と比較して図 15 に示す。シミュレーションにより予測された各部の変形状態と極めて近い結果になっているのがわかる。

5.　結　　言

本研究で得られた結果を下記にまとめる。

（1）コンピューターシミュレーション上に構築した ROPS 試験装置と試作キャビンにより外付け補強キャビンを開発した。

（2）シミュレーションによって開発したキャビンを実際に製作して ROPS 試験を行った結果，目標の強度であることを確認した。

参考文献

1）JIS A8910　土木機械－転倒時保護構造－試験及び性能要求事項

2）BS EN15059　Snow grooming equipment-Safety requirements，2009，p11.

Ⅱ　ノート

ノート

イオン液体を用いた高温超音波キャビテーション ピーニング技術の開発

中川　昌幸*

Study on Ultrasonic Cavitation Peening Applied in an Ionic Liquid at High Temperature

NAKAGAWA Masayuki*

1. 緒　　言

水中におけるキャビテーション崩壊圧を金属材料表面に作用させることにより，表面の塑性変形を誘起し，圧縮残留応力を付与できることが示されている[1)]。キャビテーションは液中における急激な圧力変動により生じることから，液中超音波により容易にキャビテーションを発生させることができる。壊食試験におけるキャビテーション発生法[2)]としては，高速噴流を用いる方法，超音波による方法が代表的なものである。超音波を用いるメリットは，キャビテーション発生が定常的で制御しやすいこと，高圧ポンプなど大規模な装置が不要で，数百 W 程度の低電力で実現可能であること，液温を一定にする程度の液体循環があれば良いため，キャビテーション発生液体の選択にほとんど制限がないことなどが挙げられる。

イオン液体は常温溶融塩とも呼ばれ，常温で液体状態を呈するある種の有機イオンによる塩である[3)]。また，従来の液体とは異なるいくつかの特性を示すことから第 3 の液体とも呼ばれ，産業利用への期待から多くの研究が行われており，電解質としてのキャパシタへの適用は既に実用化されている。その他にも一般的な特性として，揮発性が低いこと，非常に安定で 300℃程度の耐熱性を持つことが知られている。

本研究では，このイオン液体を用いて高温状態での超音波キャビテーションピーニング（以下 USCP と略す）をオーステナイト系ステンレス鋼 SUS304 表面に適用し，マルテンサイト変態を抑制した表面圧縮残留応力付与を試みた。つまり，オーステナイト系ステンレス鋼の典型的な腐食モードである応力腐食割れ（SCC）対策法としての可能性を検討した。

* 研究開発センター

2. 実験方法

2.1 供試材と前処理

供試材には，オーステナイト系ステンレス鋼 SUS304 を用い，形状は 30mm ×30mm×t5mm 平板とした。供試材表面は入手状態で機械加工面であり表面が一部マルテンサイト化しているため，大気炉で 1050℃で 50min 保持後水冷し，粒界介在物の固溶化処理および内部ひずみ除去を行った。表面状態を均一化するため，SiC 耐水研磨紙で酸化スケール，加工層除去を行った後 5%シュウ酸水溶液中で電解研磨を行い研磨加工層を除去した。

2.2 検討したイオン液体

本報告では，1−アリル−3−メチルイミダゾリウムテトラフルオロボレート（以下 AMIm-BF4 と略す）の結果を示す。

2.3 実験の概略

図 1 に実験の概略図を示す。19.5kHz の磁歪振動子により発生させた超音波を先端径 φ 25mm のステップ型ホーンにより増幅させる。キャビテーション発生液体は底部に供試材を固

定した金属製容器に入れ，ホーン先端を供試材表面に近接させた。供試材表面とホーン振動面との間の液体で満たされた領域がキャビテーション発生領域となる。イオン液体の温度制御には，シリコンオイルのオイルバスにより行った。

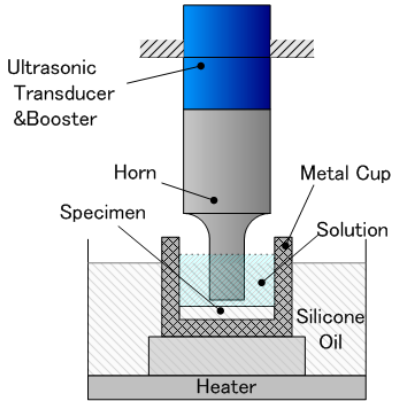


図 1　実験の概略図

表 1　複合サイクル試験の 1 サイクル条件

1	塩水噴霧　40℃　98%RH	20min
2	乾燥　70℃　20%RH	40min
3	高温湿潤　60℃　98%RH	20min

2.4　評価方法

残留応力測定は，γ(220)の V- Kαによる回折ピークの測定により行った。マルテンサイト量の比較には XRD プロファイルのγ(111)とα(110)の面積比を用いた。また，耐食性評価のため複合サイクル試験を行った。比較のため，ピーニングの従来法のひとつであるウエットブラスト(以下 WB と略す)処理表面を同様の前処理後に作成した。表 1 に複合サイクル試験の 1 サイクル条件を示す。ウェットブラストのメディアには 70μm 以下のサイズのジルコニア粒子を用い，2mm/sec で供試材表面を 2 回走査させた。

3.　結果と考察

3.1　表面圧縮残留応力の付与

図 2 に常温の水と 200℃の AMIm-BF4 における超音波キャビテーション照射面の表面残留応力値を示す。処理時間とともに圧縮残留応力値が増加している。常温の水の場合の方が短い処理時間で圧縮残留応力が最大値に達し，その後は残留応力の均一化，深さ方向へのひずみの伝播の影響により，値の変動が見られる。図 3 に USCP 処理面と WB 処理面の表面粗さを示す。WB 処理面粗さに対し，USCP 照射面は粗さの変化が非常に小さいことが確認できる。

3.2　加工誘起マルテンサイト量の変化

オーステナイト系ステンレス鋼において，ピーニング処理を行うことにより圧縮残留応力の付与と当時に加工誘起マルテンサイトを生じ硬化する。しかし，マルテンサイトはオーステナイトよりも耐食性が低いことが知られており，SCC 対策のためのピーニング処理において圧縮残留応力付与と耐食性はトレードオフの関係であると言える。圧縮応力を付与し，かつマル

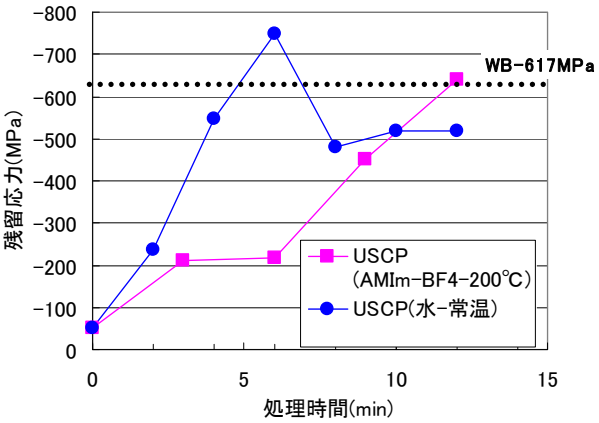


図 2　処理時間による圧縮残留応力の変化

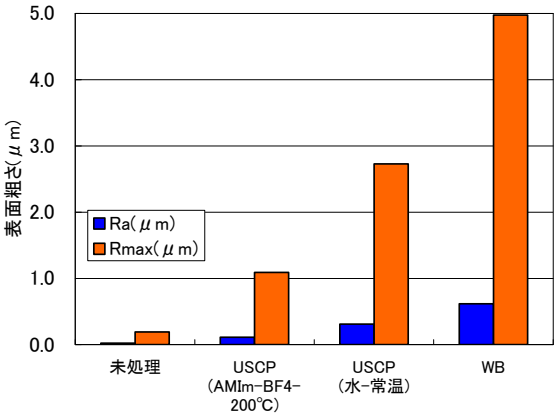


図 3　各ピーニング処理による表面粗さ

テンサイト生成を抑制できれば，より効果的なSCC 対策になると考えられる。図 4 に XRD プロファイルのγ(111)とα(110)の面積比により各ピーニング処理のマルテンサイト変態量を相対的に比較した結果を示す。WB に対し，USCP ではマルテンサイト量は非常に小さく常温の水の場合でも，1/7 以下となった。200℃のAMIm-BF4 の場合はさらにその 1/2 程度のマルテンサイト量であり，マルテンサイト変態の抑制効果が認められた。

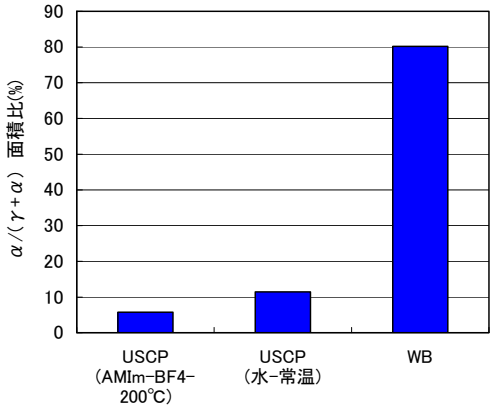


図 4　マルテンサイト量比較

3.3　複合サイクル試験

各ピーニング処理面の実際の耐食性を比較するため表 1 に示したサイクルを合計 342 サイクル行い表面を観察した。観察写真を図 5 に示す。AMIm-BF4，常温水いずれも USCP の場合は WB 表面よりも非常に良好な耐食性を示している。AMIm-BF4，常温水の比較では，若干常温水のほうが腐食領域が小さくなっているが，今回の試験方法では，両者とも腐食の程度が非常に小さく明確な差は見られなかったと考える。

(a) AMIm-BF4 (b)水 -常温　　(c)WB

図 5　複合サイクル試験後の表面観察写真

4.　結　　言

本研究では，200℃に加熱したイオン液体を用い USCP 処理を適用することにより，オーステナイト系ステンレス鋼の圧縮残留応力付与と同時に，従来法である WB 処理以上の耐食性向上を試みた。得られた結果は以下のようにまとめられる。

(1) 200℃に加熱したイオン液体中においても超音波振動により安定してキャビテーションを発生させることができ，圧縮残留応力付与が確認された。

(2) 200℃に加熱したイオン液体中における USCP では，マルテンサイト変態の抑制が認められ，表面の耐食性向上が期待できる。

(3) 複合サイクル試験では，USCP 処理面は WB 処理面に対し非常に良好な耐食性を示した。しかし，イオン液体と常温水による耐食性の優劣は評価できなかった。

(4) 200℃に加熱したイオン液体中における USCP では，圧縮残留応力付与とマルテンサイト変態抑制の効果が認められるため，電気化学的な腐食と引張残留応力が協調的に腐食を促進させる応力腐食割れ（SCC）の防止効果が期待できる。

なお，本研究は，(独)科学技術振興機構の平成 22 年度研究成果最適展開支援プログラム A-STEP「イオン液体を用いた高温超音波キャビテーションピーニング技術の開発」の一環で実施したものである。

参考文献

1) 中川昌幸，渡辺健彦，“ホーンを介した水中超音波照射による金属材料表面への圧縮残留応力の付与”，溶接学会論文集，22，4，2004，p587-594.

2) 加藤洋治編，“新版　キャビテーション－基礎と最新の進歩－”，槇書店，1999，p196-198.

3) 大野弘幸監修，“イオン液体の開発と展望”，シーエムシー出版，2003，p1-3.

ノート

表面処理皮膜の硬度測定手法の検討

三浦　一真*　林　成実*　中川　昌幸*　杉井　伸吾**　小林　泰則***

Investigation on Hardness Measurement Method of Surface Treatment Film

MIURA Kazuma*, HAYASHI Narumi*, NAKAGAWA Masayuki*,
SUGII Shingo** and KOBAYASHI Yasunori***

1. 緒　　言

めっき等の表面処理皮膜の硬さは、汎用手法である圧痕の対角線長さから硬度を求めるマイクロビッカース法で測定されるが、対角線の読み取り精度の問題や圧痕が基材の影響を受けやすいため，硬度が高い場合や膜厚が薄い場合では，測定は難しくなる。

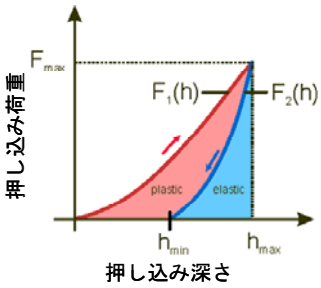
めっき皮膜の硬さ測定を目的とした皮膜硬度計は，得られる硬度の値が装置固有の数値である場合がほとんどで，汎用表記であるビッカース硬さへの変換は難しい。

そこで，我々はめっき等の表面処理皮膜の硬度を測定する新しい方法であるナノインデンテーション法に着目し，皮膜硬度の測定手法について検討した。

2. 測定原理および評価方法

2.1 測定原理 [1)]

ナノインデンテーション法の測定原理を図1に，本研究に使用したナノインデンター（皮膜硬度測定装置：HM500，(株)フィッシャー・インストルメンツ製）の外観を図2に示す。この方法はビッカース圧子で測定面に段階的に連続して荷重を増加・付与し，所定の荷重下での表面からのくぼみ押し込み深さを計測し、硬さを求める方法である。本装置はビッカース圧子を搭載しており，試験荷重を1mN（約0.1mgf）から連続的に荷重を増加することができる。



インデンテーション硬さ H_{IT}

$$H_{IT} = \frac{F_{max}}{A_p}$$

$$A_p = 24.50\,(h_{max} - \varepsilon\,(h_{max} - h_r))^2$$

図１　ナノインデンテーション法の概略

図２　ナノインデンター（HM500）外観

この装置の特徴は，従来使われているビッカース硬さ値への変換ができることである。ナノインデンテーション法では試験力における最大押し込み深さから求めた圧子の表面積で除したマルテンス硬さが求められる。このマルテンス硬さは塑性変形と弾性変形の両方のパラメータを含んでいる。このうち，塑性変形のみの要素を持つ塑性硬さ（インデンテーション硬さ：H_{IT}，以下H_{IT}と略す）は図1に示す式で求められる。

*　研究開発センター
**　下越技術支援センター
***　素材応用技術支援センター

ここでFmaxは最大負荷荷重，Aρは接触投影面積，εは圧子の幾何学形状による補正係数であり，ダイヤモンドビッカース圧子の場合は0.75である。ナノインデンテーション法ではこのインデンテーション硬さH_{IT}はビッカース硬度と相関関係にあることがわかっており，硬さ換算に関するデータベースより，インデンテーション硬さからビッカース硬度への換算を可能としている。

2.2 評価方法

用いたサンプルは炭素鋼に通常のNi無電解めっき（以下Niめっきと略す）とダイヤモンド微粒子を複合させたダイヤモンド複合Ni無電解めっき（以下複合Niめっきと略す）の2種類で約10μmのめっきを施したサンプルを用いた[2)]。硬度測定に用いた装置は前述のナノインデンターで，サンプルを脱脂・洗浄してからステージに固定後，押し込み荷重を50mNに設定して，めっき皮膜の表面からビッカース圧子で押し込み，この荷重に達した後，除荷して塑性硬さを求めてからビッカース硬度に換算した。

表１　皮膜硬度結果一覧

サンプル名	H_{IT}	HV	サンプル名	H_{IT}	HV
Niめっき A	7372	697	複合Ni めっきA	10197	964
Niめっき B	7248	685	複合Ni めっきB	8190	774
Niめっき C	6983	660	複合Niめっき C	16440	1554
Niめっき D	7186	679	複合Niめっき D	13055	1234
Niめっき E	7229	683	複合Ni めっきE	12286	1161
（平均値）	7204	681	（平均値）	11970	1137
	(N/mm^2)			(N/mm^2)	

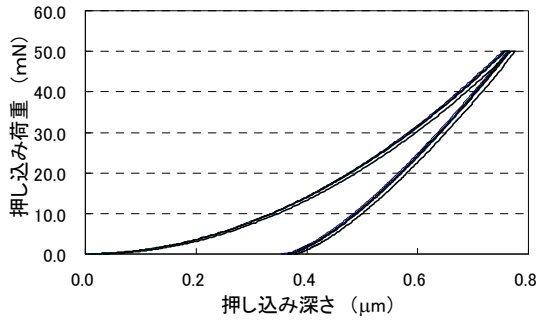


図３　荷重—押し込み深さ曲線（Ni めっき）

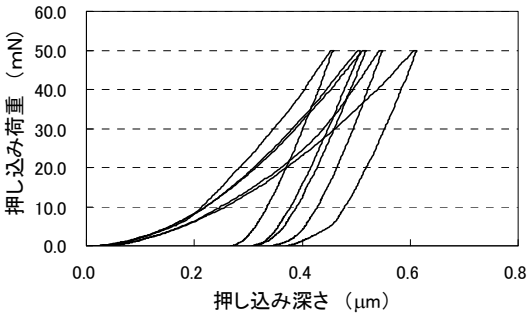


図４　荷重—押し込み深さ曲線
（複合 Ni めっき）

3.　評価結果

ナノインデンテーション法にてめっき硬度を測定した結果一覧を表1に示す。表1の結果を表す荷重—押し込み深さ曲線を図3と図4に示す。

Niめっきの平均硬度を見るとH_{IT}が7200N/mm^2で，ビッカース硬度に換算すると681HVである。硬度のばらつきは平均値±20HV以内であり，図3の荷重－変位曲線がほぼ同じプロファイルを示すことからも分かるようにばらつきは非常に小さい。

一方，複合Niめっきの硬度は前述のNiめっきの硬度より高く，H_{IT}が平均11970N/mm^2，ビッカース換算値で1100HVを越える高い硬度が得られたが，5点測定のばらつきは，およそ1100±400HVと大きくばらついた。図4の荷重－押し込み深さ曲線を見ると押し込み深さにもばらつきが見られる。

荷重50mN時の押し込み深さはNiめっき皮膜で平均0.75μm，複合Niめっき皮膜で平均で0.5μmであり，除荷後の押し込み深さ（塑性深さ）はNiめっきで0.4μm，複合Niめっきで平均0.3μmである。押し込み量が浅いほど硬度は高く，押し込み深さの違いからも硬度の差が明らかに違うことがわかる。

複合Niめっき皮膜で高い硬度が得られた原因は硬いダイヤモンド微粒子が皮膜中に存在しているためと考える。

硬度のばらつく原因については現在調査中で

あるが，皮膜の表面粗さや皮膜中に含まれるダイヤモンド粒子の分布が関係している可能性がある。

本測定に用いたサンプルのめっき厚さは10μmである。これを通常のマイクロビッカース硬度計で表面から測定すると，素地の影響が出る可能性が高い。

ナノインデンテーション法で50mNで測定した場合の押し込み深さはNiめっきで0.8μm未満であり，めっき厚さの1/10以下である。また，図3の荷重－押し込み深さのプロファイルを見ても傾きがかわる等の基材の影響は全く見られなかった。したがって，今回の条件の測定では10μmの膜厚でも十分測定可能であることが示された。これよりも皮膜が薄い場合には押し込み荷重を低くして測定することが可能であり，以前に押し込み荷重を5mNで行った経験もある[3)]。

今後はより薄い皮膜の測定、硬度に及ぼす表面性状の影響、被測定物を加熱しての測定等実用化のための検討を行うとともに，一般表記であるマイクロビッカース法での測定による検証も合わせて行っていく。

4. 結　　言

（1） ナノインデンテーション法にて 10μm の Ni 無電解めっき皮膜の硬度を測定し，平均 680±20HV の値が得られた。

（2） ダイヤモンド微粒子を含んだめっき皮膜の硬度は平均で 1130HV の高い値となったが，ばらつきが見られた。

なお，本研究は平成22年度戦略的基盤技術高度化支援事業の成果の一部であり，経済産業省の委託を受けて実施したものであることを付記する。

参考文献

1）片山繁雄，“めっき皮膜の硬さ評価試験とどの応用”，表面技術，Vol.58，No.4，2007，p206-212.

2）松原　浩，“めっき膜中へのナノダイヤモンドの複合化による新材料作製”，表面科学，Vol.30，No.5，2009，p279-286.

3）三浦一真ほか，“業務用ダイヤモンド刃物の開発”，工業技術研究報告書，No.39，2010，p83-85.

ノート

多点薄膜温度センサーユニットの開発

山田　敏浩[*]　平石　誠[*]　樋口　智[*]　斎藤　博[*]　今泉　祥子[*]　磯部　錦平[*]　菅家　章[**]
室賀　丈夫[***]　宮國　則彦[***]　佐藤　康夫[***]　原　司[***]

Development of Multi-channel Temperature Measurement System using Thin Film Thermal Sensors

YAMADA Toshihiro[*], HIRAISHI Makoto[*], HIGUCHI Satoru[*], SAITO Hiroshi[*] IMAIZUMI Shoko[*],
ISOBE Kouhei[*], KANKE Akira[**], MUROGA Takeo[***], MIYAKUNI Norihiko[***],
SATOU Yasuo[***]and HARA Mamoru[***]

1. 緒　　言

日本工業規格では，製品の幾何仕様および検証に用いる標準温度を 20℃としている。機械部品等の寸法測定では，測定物の温度が 20℃でない場合，温度差による熱膨張を補正することが必要となる。そのため様々な測定機器に温度補正システムが用意されているが，温度センサーを測定ごとに試料に押し当てて設置することが必要であり，作業者の負担が大きく，測定誤差を発生させやすいという問題があった。

これらの問題を解決するため，試料ステージ埋込型多点温度センサーモジュールと寸法補正ユニットからなる，多点薄膜温度センサーユニットを開発した。

多点薄膜温度センサーユニットは，図 1 に示す光学式小径内径測定器に搭載する。光学式小径内径測定器は，光を用いて，任意の高さの内径面を高精度に測定する装置である。構造の概略図を図 2 に示す。

2. 薄膜温度センサー

センサーの作製は，MEMS（Micro Electro Mechanical Systems）で用いられるフォトリソグラフィープロセスにより行った。図 3 にフォトリソグラフィープロセスの概要を示す。

図 1　光学式小径内径測定器(IDM30)

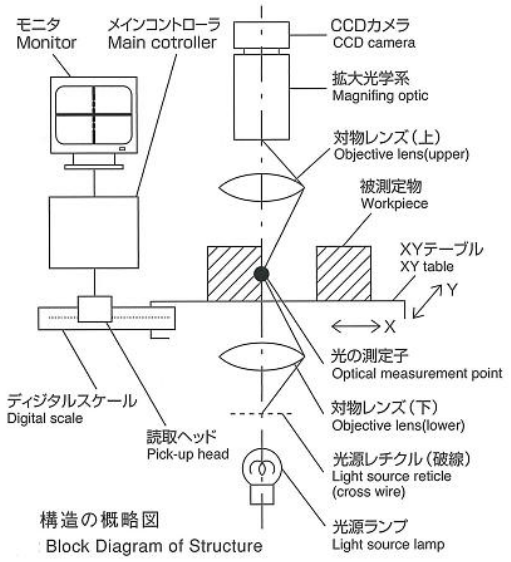


図 2　内径測定器の構造

---

*　　研究開発センター
**　　中越技術支援センター
***　（株）第一測範製作所

センサーは，国際温度目盛 ITS-90，IEC 規格に適応させるため，4 導線式の白金測温抵抗体とした。図 4 に開発した温度センサーを，図 5 にセンサーの膜構造を示す。センサーの基板は熱伝導に優れる窒化アルミニウム（以下 AlN と略す）を用いた。AlN 基板の厚さは 0.4mm，センサーパターンの厚さは数百 nm である。AlN 基板上には，Pt 膜の密着性を向上させるため，コンタクト層として酸化タンタル(Ta_2O_5)を成膜した。はんだ付けを行う部分については，さらに密着性を上げるため，Ti 膜をコンタクト層として追加した。

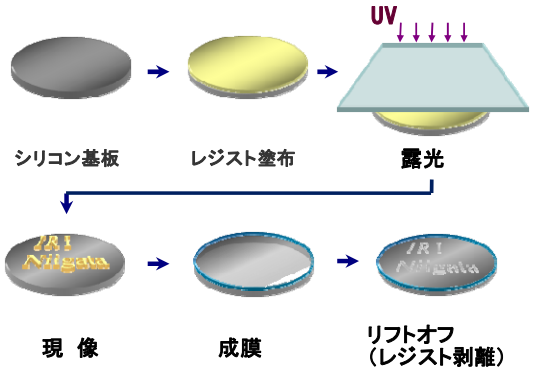


図 3　フォトリソグラフィープロセス

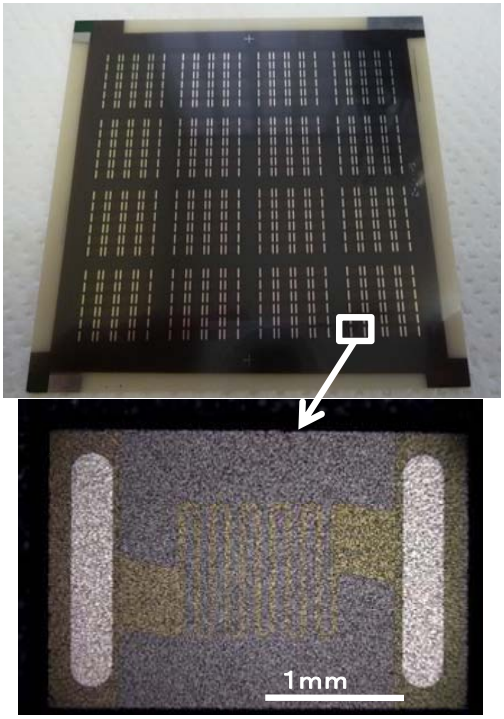


図 4　温度センサーの概観

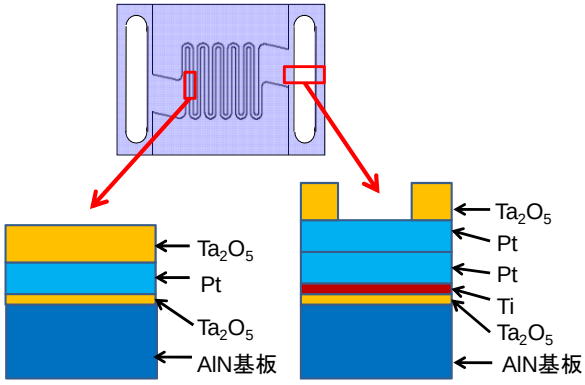


図 5　温度センサーの膜構造

3.　多点薄膜温度センサーユニット

センサーユニットの概要を図 6 に示す。試料ステージ埋込型多点温度センサーモジュールに測定物を設置すると，センサーユニットは，測定物が接触したセンサーを自動で判別し，測定物の温度を計測する。その後，寸法補正システムにより，温度補正を行い，表示装置に補正した寸法を表示する。従来の温度補正用センサーのように，測定物に合わせて設置する必要がないため，温度補正をしない場合と同じ操作で寸法補正を行うことができる。

多点温度センサーユニットは，試料ステージ埋込型多点温度センサーモジュールと寸法補正ユニットから構成されている。図 7 が光学式小径内径測定器の試料ステージに搭載した多点温度センサーモジュール，図 8 がセンサーモジュールを搭載した内径測定器の外観である。

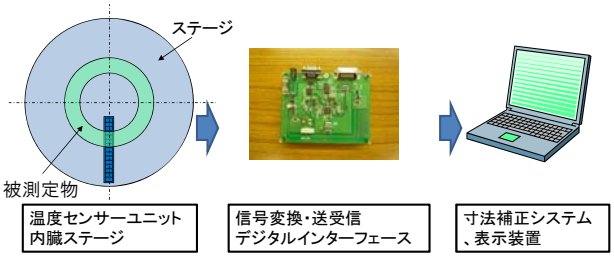


図 6　センサーユニット概要

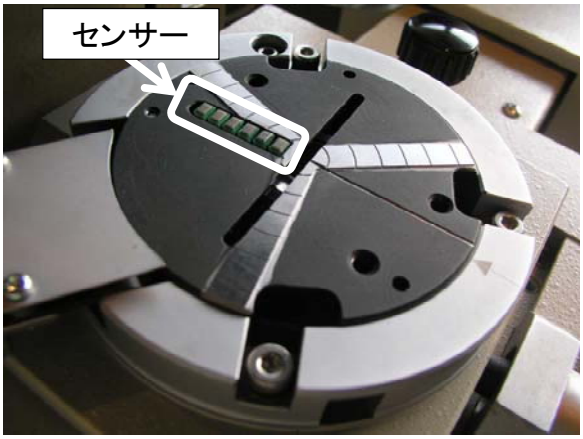


図7　試料ステージに搭載した
多点温度センサーモジュール

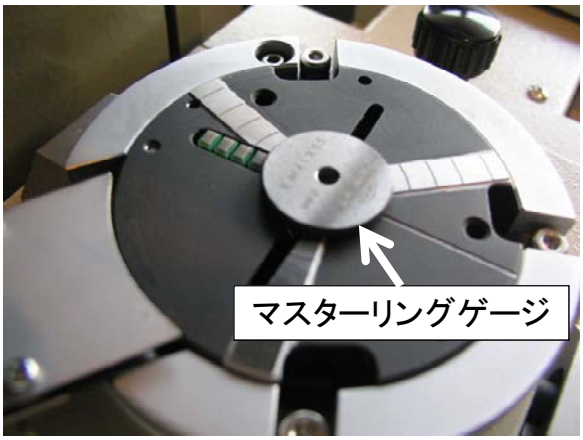


図9　マスターリングゲージを用いた
応答性評価

図8　センサーモジュールを組み込んだ
内径測定器

4.　応答性

試料ステージ埋込型多点温度センサーモジュールを用いて，応答性の評価を行った。ISO標準形状のマスターリングゲージでもっとも小さなサイズである外径22ｍｍ, 厚さ2mmのマスターリングゲージを50℃に加熱しセンサーモジュールに載せた。最終到達温度の95％到達時間は1.9secであった。測定の様子を図9に示す。

5.　結　　言

(1) 試料ステージ埋込型多点温度センサーモジュールと寸法補正ユニットからなる，多点薄膜温度センサーユニットを開発した。ステージに測定物を載せるだけで温度補正を行うことができる。

(2) フォトリソグラフィープロセスを用いて，厚さ 0.4mm の薄膜温度センサーを開発した。

(3) ISO 標準形状のマスターリングゲージを用いた多点薄膜温度センサーユニットの応答性評価で，1.9sec の応答性を得た。

本研究成果について、現在特許出願中である。

ノート

超微細成形技術によるシート型微小針アレイの開発

平石　誠*　樋口　智*　山田　敏浩*　斎藤　博*

Development of Hollow Microneedle Array by using Ultra Fine Injection Molding

HIRAISHI Makoto*, HIGUCHI Satoru*, YAMADA Toshihiro* and SAITO Hiroshi*

1. 緒　言

健康・医療に対する意識が高まる中，治療や検査で多用される注射針を使用した時の痛みや皮膚ダメージ，精神的ストレスの軽減が要望されており，注射針のマイクロ化が期待されている。

本研究は，プラスチック成形技術を高度化した超微細樹脂成形技術を用いて，シート状の微小中空針アレイを開発することを目的とする。微小針の数として 1 シートあたり 10～100 個を想定しており，成形金型の作製には，多数の微細形状を一括して形成できる MEMS プロセスが有利である。

本報では MEMS 加工と超精密切削加工の複合技術によるシリコンマスター型の作製について基礎的な検討を行った結果を述べる。

2. 金型製作プロセス

金型の作製手順を図 1 に示す。

まず，フォトリソグラフィとドライエッチングからなる MEMS プロセスによりシリコンウェーハ上にアレイ状に配列した微小突起を作製する。

各微小突起には薬液が通過する穴が設けられる。薬液の安定した流れを作るためには，穴の直径や内面の粗さを高精度に加工する必要があることから，超精密切削加工機を用いて穴加工を行う。

作製された形状をマスター型として，これにニッケル電鋳を施し形状を転写する。マスター型は剥離または溶解により除去され，電鋳が成形金型となる。

なお，今年度の針形状の目標値は，針高さ 300μm，針の先端径 90μm，針内径 80μm，公差±15%とした。

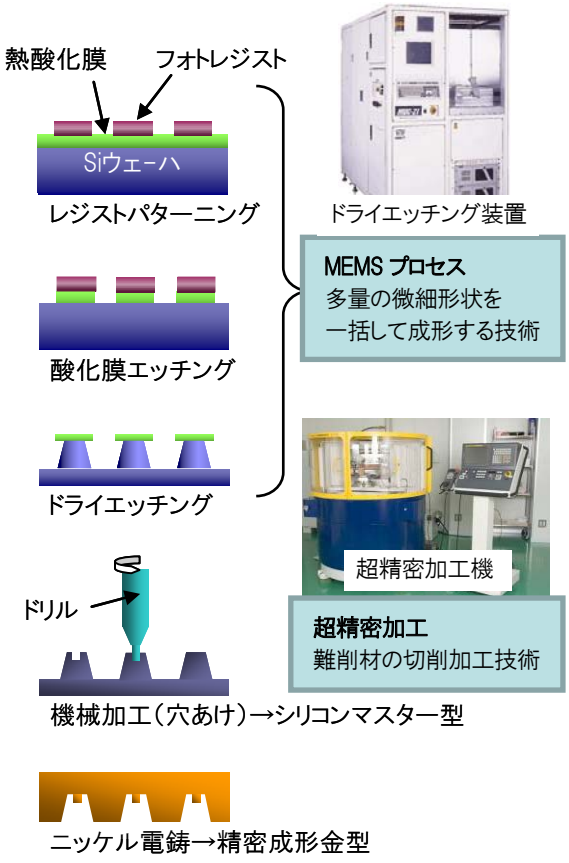
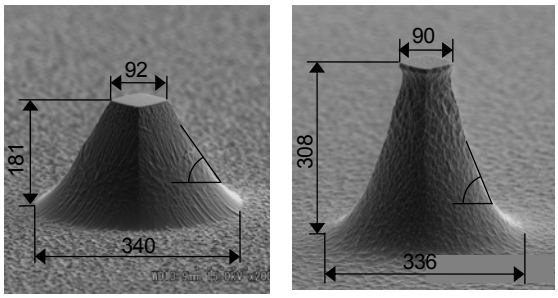


図 1　シート状微小針アレイ用成形金型のプロセスフロー

*　研究開発センター



(a) 酸素流量：多　　(b) 酸素流量：少

図 2　テーパーエッチングにおける
酸素流量の影響（単位：μm）

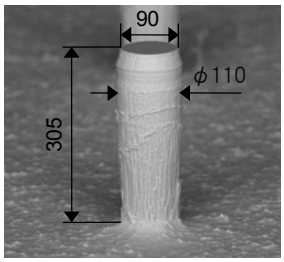


図3　垂直エッチングにて作製した突起
（単位：μm）

3.　ドライエッチングによる微小突起の多数形成

シリコン基板のドライエッチングでは，エッチングレートがシリコンと熱酸化膜とで大きく異なることを利用する。突起を形成する箇所にフォトリソグラフィにより熱酸化膜を配置し，これをエッチングマスク（以下マスクと略す）として，その周囲のみを選択的にエッチングする。

エッチングの断面形状は等方性エッチングと異方性エッチングに大別される。前者では SF_6 ガスを用い，サイドエッチングが積極的に利用される。一方，後者の代表的なものに Bosch プロセスがある。SF_6 ガスによるエッチングと C_4F_8 ガスによる側壁保護を繰り返すことにより垂直壁が形成される。

3.1　テーパーエッチング

本プロセスは，等方性エッチングと同様にサイドエッチングを活用したプロセスであるが，突起の側面がより直線的な傾斜になることを特徴とする。

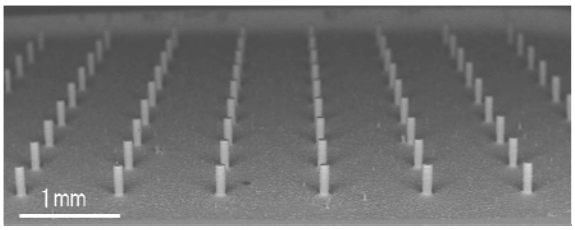


図4　アレイ状突起（1 ㎜ピッチ）

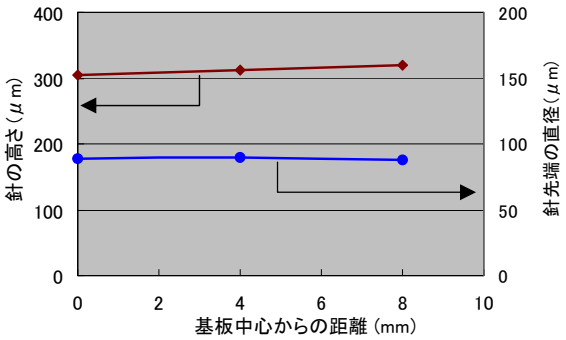


図5　突起の高さおよび直径の分布

φ350μm の円形マスクを用いてテーパーエッチングを行った（図 2）。同図(a)，(b)はエッチングガス中に含まれる酸素量がエッチング形状に及ぼす影響を比較しており，酸素流量が少なくなると勾配が大きくなることがわかる。酸素流量の減少によりサイドエッチングが抑制されたものと考えられる。

突起の底面の大きさ，形状はマスクとほぼ同等となった。一方，上面は四方が角張り，正方形に近くなった。これはエッチングレートが結晶方位により異なることに起因する。このことからエッチングレートが大きい面方位の距離を予め長くしたマスクを用いることにより，真円に近いエッチング形状を加工できることが期待される。なお，突起の傾斜面の粗さが大きい理由としては結晶方位の影響が考えられる。

3.2　垂直エッチング（Bosch プロセス）

図 3 にφ110μm の円形マスクを用いて Bosch プロセスにてエッチングを行った結果を示す。Bosch プロセスに先立ちテーパーエ

ッチングを行うことによって上部のテーパーを形成した。上面から 1/3 程度まではマスク径と同等の直径が維持されているが，それ以下では直径が小さくなり，傾斜面が下向きの逆テーパーになった。成形金型とするためにはむしろ順テーパーである必要があり，本プロセスを適用する際の課題である。

1mm ピッチのアレイ状に配置された円形マスクを用いて同条件でエッチングを行った（図 4)。図 5 に突起の高さ，および突起先端直径の測定結果を示す。突起の高さは基板中心から外周に向かって高くなる傾向を示したが，基板中心から 8mm の領域においては±2.5%の加工精度が得られた。突起の高さ分布はエッチングレートの差に起因し，これはエッチングチャンバー内のプラズマ密度もしくは温度分布の影響によるものと思われる。また，先端直径は位置による差異はほとんどなく，±1.5%以下のばらつきに抑えられた。

4. 超精密加工機による微細穴加工

ドライエッチングで加工された微小針には中空穴が設けられる。成形品で薬液の安定した流れを作るためには，マスター型の製作段階において穴の直径や内面の粗さを高精度に加工する必要がある。しかし，単結晶シリコンなどの結晶性の高い脆性材料の切削加工に関する事例報告は少ない。そこで，単結晶シリコンの加工特性について検討した。

加工条件を表 1 に示す。工具は単結晶ダイヤモンドドリルとした（図 6)。

前述の Bosch プロセスにて作製した突起の上面に穴加工を行った（図 7)。穴のストレート部の長さは 160μm であり，アスペクト比は 2 である。入口エッジ部分に若干の欠けが確認できるものの（丸で囲んだ部分）大きな脆性破壊は生じず，真円度も良好である（図 8)。

課題としては加工時間の短縮やより小径の工具への対応が挙げられ，超音波援用加工の適用について検討中である。

表 1　微小穴加工条件

被削材	単結晶シリコン
工具	単結晶ダイヤモンドドリル（ϕ80μm）
主軸回転数	50,000min^{-1}
送り速度	0.01mm/min
ステップ量	0.0005mm
クーラント	放電加工用油を間欠供給

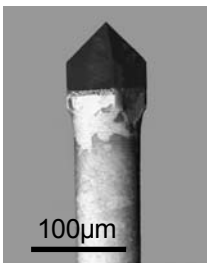


図 6　ダイヤモンドドリル

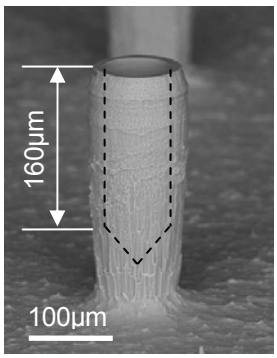


図 7　突起上面への穴加工

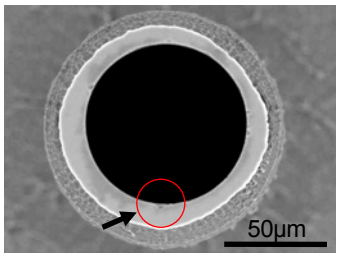


図 8　突起上面への穴加工

5. 結　　言

シート状の微小針アレイの成形金型を開発するため，ドライエッチングと超精密切削加工によるシリコンマスター型の作製について検討を行った。得られた結果は以下のとおり。

(1) シリコンウェーハ上にドライエッチングにより高さ 300μm，先端径 90μm の微小突起を 9×9 のアレイ状に配列し一括作製した。

(2) 微小突起上面に単結晶ダイヤモンド工具による超精密加工を実施し，穴径80μm，アスペクト比2を達成した。

ノート

スペック染色技術の継承および改良

渋谷　恵太*　小林　泰則*

Inheritance and Improvement of Speck Dyeing

SHIBUYA Keita*and KOBAYASHI Yasunori*

1. 緒　　言

スペック染色とは本県繊維産業の特徴的な染色技術の一つであり，染料を粒子（スペック）化して糸を斑点状に染めるというものである。主に先染め織物のたて糸に用いられ，濃色の染料スペックが生み出す濃淡差が織物の色彩表現を味わい深いものにしている。

本研究では複数色のスペックを同時に使用し多色化することで従来のスペック染色とはまた一味違う色彩効果を得ることを目指すとともに，スペックの製法自体を変更することにより芒硝（硫酸ナトリウム）使用量の低減にも取り組んだ。また，この一連の研究作業を経ることにより当センター職員間の繊維染色技術の共有と伝承を図ることも本研究の目的の一つとした。

2. 試験と結果

2.1 製品企画

改良法によるスペック染色を綿糸に対して行い，それを用いて婦人物のニット製品を試作することにした。綿糸の繊度は 40 番双糸とし，製品の詳細なデザインと編成は五泉市のニット業，(株)カワノに委託した。

2.2 精練，漂白

一般に綿糸は染色を行う前に精練漂白が必要であり，それはスペック染色においても例外ではない。スペック染色は糸を綛にした状態で行う操作であり，精練漂白も綛で行うことも可能ではあるが，今回は各種機器の操作習熟も目的

図 1　染色用ソフト捲機

であるので，糸をチーズと呼ばれる，孔が多く開いた中空ボビンに巻いて行うこととした。糸をチーズに巻く装置である染色用ソフト捲機（神津製作所製 SSP 型）と精練漂白に用いたチーズ染色機（(株)日阪製作所製 HT-250/350）の外観を図 1，図 2 に示す。

2.3 綛上げ

精練漂白後の糸はスペック染色を行うために揚返機で綛にした。揚返機の写真を図 3 に示す。

図 2　チーズ染色機

* 素材応用技術支援センター

表１　使用染料

色	染料種別	メーカー	品 番
赤	直接染料	日本化薬(株)	Kayarus Supra Scarlet BNL 200
青	直接染料	日本化薬(株)	Kayarus Supra Blue FGL conc

2.4　染色

2.4.1　染料スペックの作成

通常のスペック染色では濃厚な芒硝溶液を直接染料の染液に添加することで塩析現象を引き起こし，それにより染料のスペックを作成する。本研究では製法を変更し，染料をアルギン酸ナトリウム溶液に溶いたものを希薄な塩化カルシウム溶液上に連続的に滴下してゲル化させることにより染液スペックを形成させた。スペックの作りやすさ，染色後のスペックの美しさは使用する染料によって差が見受けられた。試験の結果，今回は表 1 に示す赤と青の 2 種類の染料を用いてスペックを作成することにした。

図 3　揚返機

図 4　ワインダー

図 5　コーンワインダー

2.4.2　染色

綛糸へのスペックの付着はバットの上で綛糸と染料スペックを手で混ぜ合わせて行い，その後に蒸気で加熱し染料を繊維に移行させた。今回は時間的制約のためこのような手法を採ったが，今後本格的に商品として成立させる上ではより生産性の高い方法に変更する必要がある。

2.5　巻き取り

染色後の綛糸はワインダーによって巻き取った後，コーンワインダーによってコーンに巻き上げた。ワインダーを図 4，コーンワインダーを図 5 に示す。

図 6　成果物（セーター）

2.6　編成

前述のとおり編成工程は(株)カワノにおいて実施した。成果物である婦人物春夏用セーターを図 6 に示す。2 色のスペックが並置混色の効果をもたらし，遠目には薄紫色に見え，かつ近寄ると赤と青の 2 色の粒子が見えるなど，特徴ある視覚効果を持つ製品に仕上がった。

3.　結　　言

(1) スペック作製法の変更により従来品とは異なる特徴的な視覚効果を持つ糸を作製した。またその特長を生かしたセーターを製作した。なお，この糸を用いた製品は少量であるが既に(株)カワノより商品化がなされた。

(2) 今回の一連の作業を通して当センター職員間の繊維染色技術の共有と伝承を図ることができた。

ノート

ICTを活用した遠隔技能伝承アシストシステムに関する研究開発

五十嵐　晃[*]　阿部　淑人[**]　木嶋　祐太[**]　中部　昇[***]　大野　宏[****]　今泉　祥子[*]

Research and Development of Remote System Utilizing ICT for Supporting Instruction of Technical Skills

IKARASHI Akira[*], ABE Yoshito[**], KIJIMA Yuta[**], NAKABE Noboru[***],
OHNO Hiroshi[****]and IMAIZUMI Shoko[*]

1. 緒　　言

本研究では，ICT を活用し，熟練技能者が持つ技能を無線を介してセンシングして可視化し，これを利用して技能を円滑に伝える伝承アシストを開発する。対象は金属製品の研磨作業と作業工具の刃付け作業とする。金属製品の光沢や作業工具の刃先の形状をわかりやすく表示し，熟練技能者しかできない動きや力の入れ方を抽出して可視化する[1) 2)]。さらに得られたデータをネットワーク経由で遠隔地へ伝送することで，遠隔技能伝承アシストシステムを実現する。これにより，技能伝承に要する時間を従来の1/10に短縮することを目指す。以上をもって，熟練技能の次世代への伝承と地場産業のさらなる発展に貢献する[1) 2) 3)]。

本研究は平成 22～23 年度の事業であり，今年度は，各要素技術の確立を目指した。

2. 研究概要

2.1 金属製品を研磨した面の光沢測定に関する研究開発（熟練作業の評価基準も含む）

研究計画では，金属製品の研磨部品について，JIS Z 8741 に準拠した光沢度計による光沢測定法に対して新規に考案した光線空間カメラによる光沢分布特性測定法によって計測時間の短縮化と測定密度の向上を目指した。考案した測定法において，光源色の分光輝度特性およびカメラの輝度特性の計測等の基礎検討により当該手法に高い実現可能性のあることを確認した。

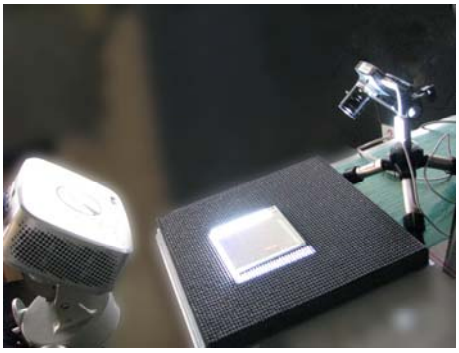


図１　受光投光の光学形態

図 1 に考案した測定法に用いる計測系の光学形態を示す。

2.2 作業工具の刃先の三次元形状測定に関する研究開発（熟練作業の評価基準も含む）

作業工具のニッパの製造工程において，初心者と熟練者が行う刃付け作業の結果が刃先の三次元形状の違いになるため，両者の形状を短時間で測定する装置開発を行い，両者の形状の差から熟練度の評価基準を見出した。なお，測定時間は，当所所有の既存装置と比較して大幅な高速化が可能となった。

図 2 に開発した三次元形状測定装置の外観を示す。これは，XYZ テーブルに二次元レーザ変位センサを取り付け，センサからの形状データを PC に取り込むものである。

*　　研究開発センター
**　　下越技術支援センター
***　県央技術支援センター
****　企画管理室

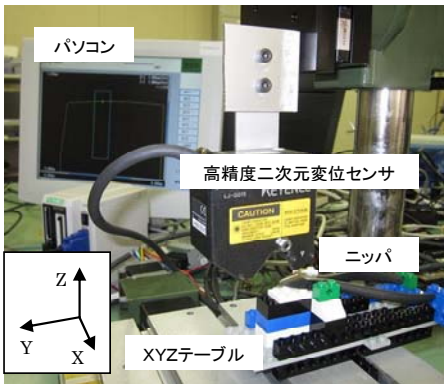


図 2　三次元形状測定システム

2.3　研磨と刃付け作業における人の動きと力のかけ方の測定に関する研究開発－マーカ式モーションキャプチャ（熟練作業の評価基準も含む）

回転するバフを用いた研磨作業において，力のかけ方と研磨する材料（ワーク）の動かし方に注目し，初心者と熟練者の技能の特徴を調べた結果，ワークとバフの位置関係と，その際にかかる力を考慮して，作業中におけるワーク各領域の研磨量を推定できるようにした。熟練者と初心者で結果を比較したところ両者に明確な差異がみられたことから，この研磨領域のモニターが技能伝承の教示情報として有用であることが示唆された。作業計測システムは，図 3 に示すように，ワークの動きを計測するモーションキャプチャ，三軸小型力覚センサを組み込んだ自作のワーク台，およびこれらのデータを入力，表示する PC から構成される。モーションキャプチャで測定したバフに対するワークの位置とそのときの作業荷重をもとに，図 4 に示すように作業中におけるワークの研磨量分布を推定した。

また，この力覚計測時の作業者負荷軽減を目指して筋電センサの利用を検討したが，本来の力覚センサの結果との相関を得ることができなかった。

さらに，作業者の負担軽減の目的で，力覚センサ等の計測データを無線 LAN で伝送する検討を行った。当初の目標は，計測からデータの画面表示まで 1 秒あたり 30 フレームであったが，1 フレームあたりの計測所要時間は 53.1ms となり，画面表示時間も合わせると目標のおよそ 6 倍の時間がかかっていることになる。

2.4　研磨と刃付け作業における人の動きと力のかけ方の測定に関する研究開発－マーカ無しモーションキャプチャ

刃付け作業において身体全体の動きを三次元的に測定するため，刃付け作業と研磨作業において，多視点ビデオカメラによるマーカ無しモーションキャプチャを行った。測定環境の影響もあったが，従来の 4 台に加え，合計 6 台のカメラにより，死角のない同時記録を可能とした。また，得られた映像の先頭フレームで多関節モ

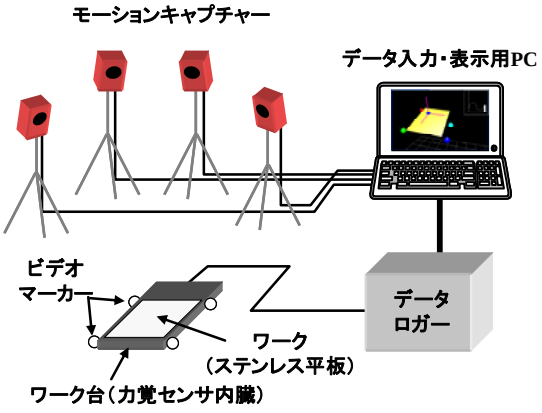


図 3　作業計測システム

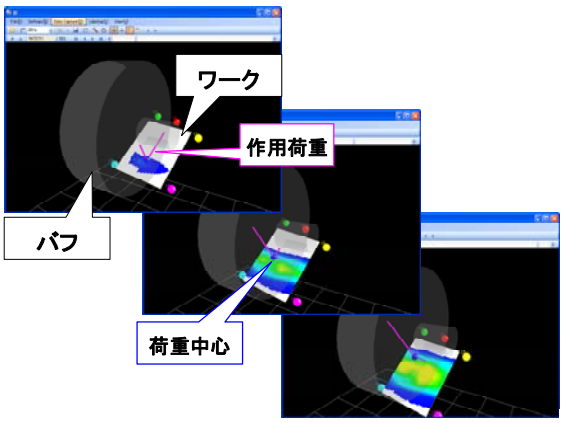


図 4　研磨量分布の算出結果例
（左から開始 7，25，36 秒後）

デルの当てはめを行うことで，その後のフレームでは，フレーム間差分により作業者の動きが計算されるが，累積誤差によるドリフトが発生する。そこで，映像中のいくつかのフレーム画像をキーフレームとし，修正を図ることができた。

2.5　遠隔技能伝承支援システムの開発

本研究では，最終的に，上記各要素技術を取り入れた技能伝承支援システムの構築を目標としている。さらに，遠隔地においても対応可能なシステムを目指している。そこで，今年度は，これらのシステムの構築方法を考えた。上記各項目において計測した結果は，全て，PC 上に表示可能としている。そのため，それらに加え，作業の動画と音声がやり取りできれば，遠隔において作業研修を行うことが可能になると考えている。今年度は，動画と音声の伝送に市販の Web カメラを用いたシステム構築を検討した。

3.　結　　言

（1）金属製品の研磨部品について，新規に考案した光線空間カメラによる光沢分布特性測定法に高い実現可能性があることを確認した。

（2）研磨作業における，ワークへの力加減等の作業の計測結果から推定したワーク各領域の研磨量が，技能伝承の教示情報として有用であることが示唆された。

（3）作業工具のニッパの製造工程において，刃先の 3 次元形状を短時間で測定する装置開発を行い，両者の形状の差から熟練度の評価基準を見出した。

なお，本研究は，平成 22 年度総務省戦略的情報通信研究開発推進制度（SCOPE）の委託を受けて行った。

参考文献

1）五十嵐晃ほか，“新潟の匠の技を継承し発展させるための計測と制御に関する研究調査”，工業技術研究報告書，37，2008，p24-26.

2）五十嵐晃ほか，“匠の技を継承し発展させる技能伝承支援システムの開発”，工業技術研究報告書，38，2009，p62-66.

3）五十嵐晃ほか，“匠の技を継承し発展させる技能伝承支援システムの開発（第 2 報）”，工業技術研究報告書，39，2010，p75-79.

ノート

二次電池とキャパシタの蓄電デバイス用充電回路の開発

阿部　淑人[*]　本多　章作[*]　木嶋　祐太[*]　大野　宏[**]　五十嵐　晃[***]

Development of a Charging and Discharging Circuit Utilizing Storage Batteries and Super Capacitors

ABE Yoshito[*], HONDA Shosaku[*], Kijima Yuta[*], OHNO Hiroshi[**]and IKARASHI Akira[***]

1. 緒　　言

風力発電システムや太陽光発電システムあるいはマイクロ水力発電システムなどの自然エネルギー発電機器の必要性が高まっている[1) 2) 3)]，一方で，自然エネルギー発電機器は発電量が安定せず，充電システムを併用した場合に二次電池の寿命を著しく縮めてしまうという課題を持っているため，ピークカットを行って充電する方式など発電量すべてを蓄電できないという非効率さがある。また，鉛蓄電池やリチウムイオン電池などの二次電池は，内部抵抗が大きいため急な大電流需要に対応できないという欠点がある。

これらの課題を解決するために，充放電の繰り返しによる劣化が少なく，内部抵抗が極めて小さい電気二重層キャパシタ（スーパーキャパシタ）を充放電回路に付与することで，充電ピーク電流をバッファし，瞬時的な大電流放電需要にも耐えるというメリットを与えることができると考えられている。そこで，本研究では電気二重層キャパシタを用いた充電回路を開発しその効果を確認することを目的とした。

2. 周辺技術

2.1 主な充電池[4)]の種類と課題

2.1.1 リチウムイオン電池

リチウムイオン電池は，体積あたりのエネルギー密度が現時点では，250Wh/L～360Wh/L 重量あたりのエネルギー密度が 100Wh/kg～250Wh/kg と高いため，可搬機器用のバッテリーや電気自動車駆動用のバッテリーとして用いられる。メモリー効果が比較的少なく継ぎ足し充電が可能であり，自己放電特性もニッケル水素電池と比べ優れている。充放電を正確に制御しないと発火や爆発の危険がある。単一セルあたりの電圧はおよそ 3.6V～3.7V 程度である。充放電可能サイクル数は，およそ 1000 回程度である。住宅用やビル用などの大容量をまかなうには極めて高価であるという難点がある。

2.1.2 ニッケル水素電池

ニッケル水素電池は，主に乾電池の代わりに利用される二次電池で，大電流の放電特性がリチウムイオン電池に比べて優れているという特徴がある。単一セルあたりの電圧が約 1.2V であるため 1.5V の乾電池の公称電圧を前提とした機器は動作しないことがある。充放電可能サイクル数は 500 回～1500 回程度である。

2.1.3 鉛畜電池

鉛蓄電池は，自動車の電装用などに用いられる二次電池で，負極に鉛，正極に二酸化鉛，電化液に希硫酸を用いている。体積あたりあるいは重量あたりのエネルギー密度が現時点では，60Wh/L～75Wh/L および 30Wh/kg～40Wh/kg と低く，リチウムイオン電池に比べて 4 倍程度の体積・重量を必要とする欠点がある。比較的安価で広く普及していることが一番のメリットと言える。単一セルあたりの電圧は約 2.1V である。充放電可能サイクル数は 500 回～800 回程度で

*　下越技術支援センター
**　企画管理室
***　研究開発センター

ある。常に満充電で使用することが望ましい。

2.1.4　ナトリウム硫黄電池

ナトリウム硫黄（NaS）電池は，負極にナトリウム，正極に硫黄，電解質にβ－アルミナを用いた高温動作型二次電池である。大規模の電力貯蔵用に用いられる。鉛蓄電池の 3 倍程度のエネルギー密度があり,コストも鉛蓄電池の 1/2 程度に削減できる見込みがある。将来的には次世代電気自動車用や系統連系円滑化用，家庭用などへの展開が期待されている。300℃程度の高温状態に維持する必要があるためヒーター用の電力供給を要する。

2.1.5　電気二重層キャパシタ

電気二重層キャパシタは，いわゆるコンデンサーと呼ばれる受動電子部品の一種で，現状でも数千ファラドの超大容量品がある。一般の蓄電池に比べると内部抵抗が非常に小さいため極めて大電流の充放電ができるという特徴があり，10 万サイクル以上の充放電が可能である。発電機側の電圧電流変動を吸収したり，負荷側の突入電流を供給したりという機能を付与できる。充放電の端子電圧特性をプロットした場合に二次電池のようなプラトー領域が無い。体積や面積あたりのエネルギー密度がリチウムイオン電池等よりも低く 2Wh/L～10Wh/L 程度に留まるため主電池としての利用は困難である。

2.2　充放電回路とその周辺回路

充放電回路は，発電機の発生した電力を蓄電池に蓄え,負荷側が必要とする電力を供給する。電力の需要と供給のアンバランスを緩和するバッファとして機能する。

蓄電池は交流を貯めることができないために，発電や負荷が交流であるとしても一旦は直流に変換する必要がある。その為の装置が AC-DC コンバータ（交流から直流への変換）および，DC-DC コンバータ（直流同士の電圧変換），DC-AC インバータ（直流から交流への変換）という変換器である。本研究では，発電も負荷も直流のシステムとしたため，直流電圧を変換する DC-DC コンバータ技術を活用した。

充放電の制御回路は，畜電池の種類によって異なる充放電の条件に合わせて電流や電圧を制御する。過充電や過放電の無いようにしないと蓄電池の寿命を短縮してしまうなどの制約があるが，すでに確立されこなれた充放電方法があり，市販されている装置をここでは利用することとした。太陽光パネルや風力発電機の出力変動が大きいことが二次電池の寿命を短縮してしまうことと、その出力電圧が低い場合に充電ができないことに対応するために電気二重層キャパシタを用いた安定化回路を充電回路の前段に装備することとした。また負荷装置の瞬時大電流要求に耐えられるように電気二重層キャパシタの出力を直接負荷装置に出力するスイッチ回路を装備することとした。

3.　考案システム

図 1 には太陽光パネル(発電機)と鉛蓄電池，電気二重層キャパシタ，負荷装置からなる充放電回路網を示している。接続 1 は鉛蓄電池と電気二重層キャパシタを並列に接続することで余剰の電力を蓄え，過大な負荷に対応することができるようになっている。しかしこの接続では発電機の出力変動による蓄電池の寿命短縮を抑えることができない。そこで接続 2 では鉛蓄電池の充電回路の前段に電気二重層キャパシタ回路を設け，昇圧チョッパ回路を用いて安定化することでその課題を解決した。また負荷装置への電力供給元を鉛蓄電池と電気二重層キャパシタの双方から選択的に接続することができるようにし，過大な電流要求にも堪えられるようにした。充電回路の周辺回路を開発するに当たっては，PIC と呼ばれるマイクロコントローラを使用した。AD コンバータで電圧を計測し，PIO で FET（電界効果トランジスタ）をスイッチすることで電気二重層キャパシタを用いた回路を断続制御した。

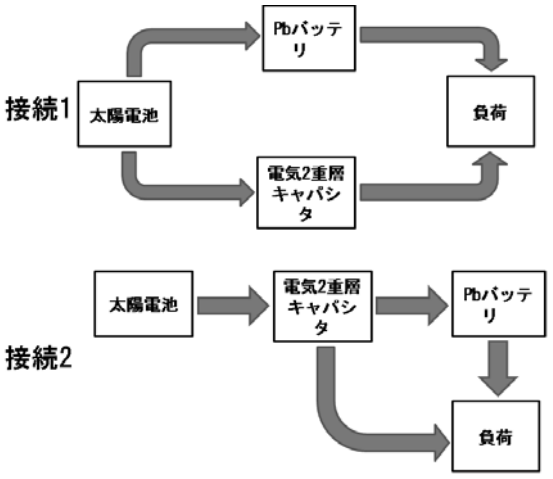


図 1　考案回路構成

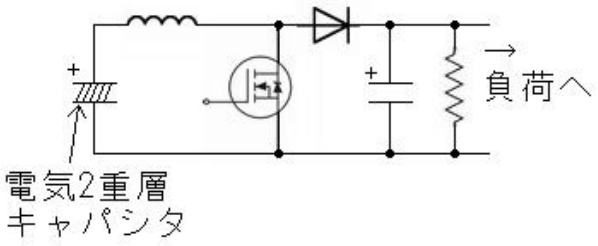


図 2　昇圧チョッパ回路例

図 2 には，昇圧チョッパ回路例を示す。この回路により電気二重層キャパシタの充電量によらずほぼ 12V の出力が得られるようになった。

表 1 に示した条件で接続 2 のシステムの動作検証を行った。その結果を図 3 に示す。

太陽光パネル（PV）の出力電圧（破線）が 5V 程度から 14V 程度まで変動する状態でもキャパシタに蓄電し昇圧することで出力電圧（実線）をほぼ 12V 一定に保つことができた。

表 1　システム検証条件

パラメータ	条件
天候・日照方角	曇り・西陽
接続形態	直並列接続
負荷装置	DC12V LED ランプ
初期状態	無負荷，Pb バッテリーの出力 On，キャパシタ出力 Off
電圧測定部位	PV 出力部，キャパシタ部，負荷部の 3 箇所

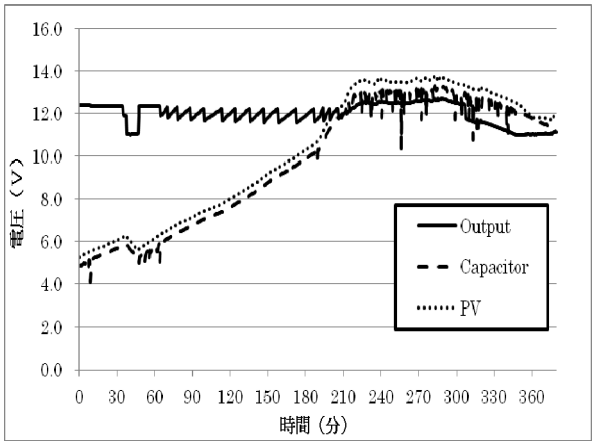


図 3　システム検証結果

4.　結　　言

（1）　自然エネルギー発電機器は出力変動が大きいためそれに対応する充電回路の開発を行った。電気二重層キャパシタを活用しマイクロコントローラを用いたスイッチ回路，昇圧回路によって課題を解決することができた。考案したシステムの効果を検証実験によって確かめることができた。

（2）　今後は，CO_2 排出削減や電力事情の改善などの目的で自然エネルギー発電機器が増加すると考えられるためより複雑なシステム，つまり複数の発電装置と複数の負荷装置 [5] からなるようなシステムへの対応が必要となると考えられる。

参考文献

1）甲斐，藤本，“太陽光・風力発電と系統連系技術”，オーム社，平成 22 年 10 月.
2）仁田ほか，“パワーエレクトロニクスハンドブック”，オーム社，平成 22 年 7 月.
3）八坂ほか，“電気エネルギー工学 - 発電から送配電まで”, 森北出版, 平成 20 年 5 月.
4）辰巳ほか，“電池革新が拓く次世代電源”，エヌティーエス，平成 18 年 2 月.
5）岩谷編，“エコデバイス革命―パワーデバイス・照明用 LED/EL 各社の最新動向”，産業タイムズ 社，平成 22 年 3 月.

ノート

データ通信用赤外線 LED の配光測定システムの開発

木嶋　祐太*　須田　孝義*　石井　啓貴*

A development of directivity measurement system of infrared LED for the IrDA

KIJIMA Yuuta*, SUDA Takayoshi*and ISHII Hirotaka*

1. 緒　　言

赤外線通信は家電のリモコンなどに使用されているが，IrDA（IrDA：Infrared Data Association）規格が整備されたことにより携帯電話，ゲーム機，通信機器など応用範囲が広くなっている。赤外線通信は赤外線 LED からの発光によって行われるが，指向性を持たせることで通信距離を向上させたり，反対に等方性にすることで通信範囲を広げたりする場合があり，目的によって配光特性をコントロールする必要がある。この研究では，配光特性について送信機の設計を支援するために，赤外線 LED の配光測定システムの開発を行った。

2. 配光測定システムの構成

赤外線 LED の配光測定システムは図 1 のようにターンテーブル，赤外線フィルタ，CCD カメラで構成した。ターンテーブル上に送信機を置き，赤外線フィルタを通過した赤外線を CCD カメラで受信することで，送信機からの赤外線輝度を測定する。ターンテーブルを回転させながら測定を行うことで，送信機の配光特性を得ることができる。ここで CCD カメラは，(株)アートレイ製 ARTCAM-130MI-NIR-OP を使用した。

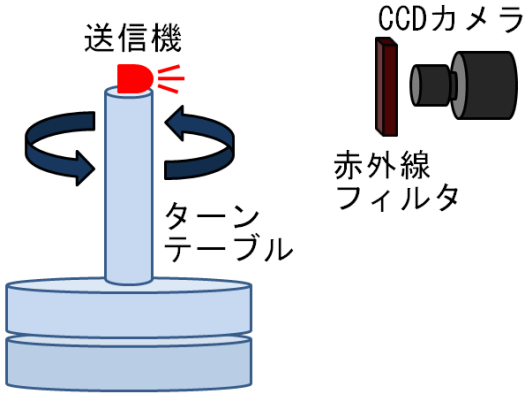


図 1　配光測定システムの構成

配光特性システムに CCD カメラを用いると，光軸調整が不要になるメリットがある。フォトディテクタなどの光学素子を用いた場合，光軸がずれていると測定値が大幅に変わる。配光特性システムは送信機を回転させなければならないので，測定は困難になる。

3. CCDカメラでの測定

図 2 に送信機の輝度と測定値の関係を測定したグラフを示す。輝度と CCD カメラでの測定値は線形になっていることを確認した。

図 3 のような送信機（複数の LED 配列からなるライト）を測定すると図 4 のような画像が得られ，赤外線を検知している CCD 画素は白く表示される。図 4 の画像中央の白い部分が赤外線発光部である。画像中央の四角枠内を赤外線輝度の測定領域として，表 1 に示す条件によるデータが得られるようにした。

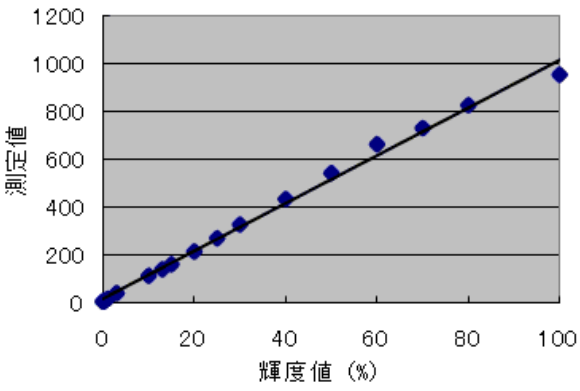


図 2　輝度-測定値グラフ

＊ 下越技術支援センター

4.　配光特性の測定結果

図 5～図 7 に配光特性の測定結果を示す。0°が送信機の正面方向であり，赤外線が正面方向に強く発光していることがわかる。

それぞれの条件による測定を行ったが，結果に多少の違いが見られた。これは送信機が複数の赤外線 LED 配列からなる発光源であることから，配列状態や個々の LED の発光特性の違いに起因すると考えられる。

図 3　被測定送信機

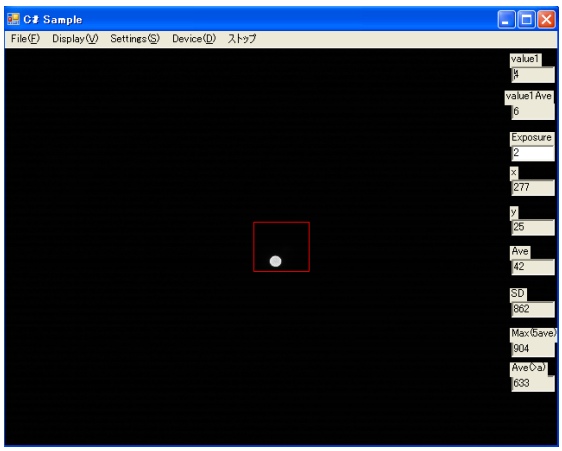


図 4　送信機の赤外線測定画像

表 1　測定条件

条件	測定内容
平均値	測定領域のすべての画素の平均値
最大値	測定領域の画素に 5×5 画素領域の平均値フィルタを適用した画像の最大画素値
条件付き平均値	任意のしきい値以上の画素領域の平均値

5.　結　　言

(1) 赤外線通信機(送信機)の配光特性が測定できる赤外線 LED の配光測定システムを開発した。

(2) 今後は，測定結果が実際の通信特性と整合するように，画像処理など測定法の検討が必要である。

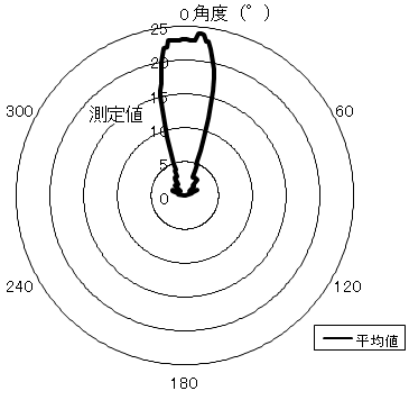


図 5　赤外線の配光特性（平均値）

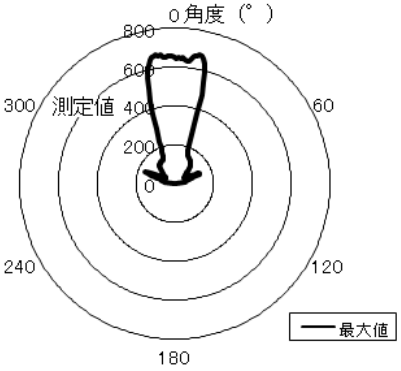


図 6　赤外線の配光特性（最大値）

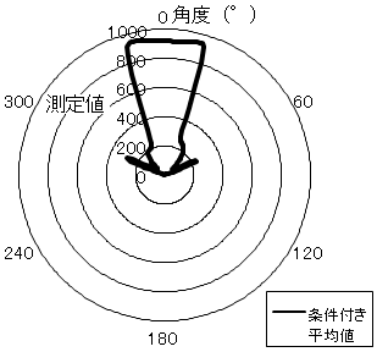


図 7　赤外線の配光特性（条件付き平均値）

ノート

熱量測定法と基礎実験

三村　和弘*

A Measuring Method of Heat Capacity and Basic Experiment

MIMURA Kazuhiro*

1. 緒　　言

平成 21 年度に開催した排熱利用研究会において，食品工場で使われている運行釜からの排熱を有効活用する方法として，スターリング発電機を利用する研究を考案した。そこで，実際に運行釜からの放熱量を知るため，熱量を測定する装置を製作し基礎実験を行った。

2. 熱量測定装置

2.1 装置の概要

製作した熱量測定装置を図 1 に示す。熱流束センサ（Captec 製 HF シリーズ，20mm×20mm）は，片面に黒色耐熱塗料を塗布し，輻射センサ（Captec 製 RF シリーズ，20mm×20mm）と並べ，冷却板として用いたアルミ板（60mm×38mm，厚さ 22mm）上に熱伝導グリスを介して密着させ，六角穴付きボルトで固定した。また，センサの半田部を耐熱テープで保護し，K 熱電対を各センサとアルミ板の間に埋込んだ。さらに，実際の運行釜でも測定を可能とするためステンレス製パイプ（1000mm）をアルミ板に取り付け，可搬性を良くした。

2.2 測定の原理

各センサは，メーカが行った較正により感度が決定されている。熱流束センサの感度は，3.66μV /(W/m^2)であり，1W/m^2 の熱流束に対して，3.66μV が出力される。この熱流束センサのセンシング部は，高精度のサーモパイル（銅－コンスタンタン）で構成され，サーモパイルの各々の接点で，熱エネルギーに差が生じ，出力電圧はセンサ表面を通過する全ての熱流束に比例して出力される。

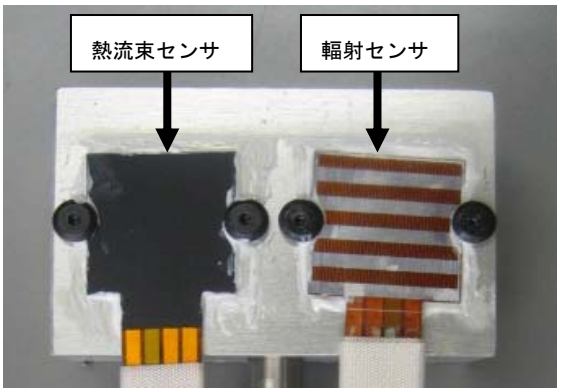


図 1　熱量測定装置

また，輻射センサの感度は，1.91μV /(W/m^2)である。このセンサは，表面の吸熱フィルムに反射板が一定間隔で蒸着されており，吸熱フィルムへ直接入射する輻射熱だけが反応し，温接点・冷接点に熱エネルギー差を発生させて起電力を生じさせている [1)]。

3. 実験方法

熱量測定の実験は，電気ヒータからの熱流束と輻射の値を測定した。図 2 のように電気ヒータ上方へ 60mm，120mm，240mm の距離に熱量測定装置を固定し実験を行った。また，対流の影響を調べるために，送風装置として DC ファンをヒータ上に取り付けた。

また，運行釜の熱量測定は，熱源からの距離が 120mm 以内の放熱を測定するので，この範囲内での輻射と対流の関係を明らかにした。

＊ 下越技術支援センター

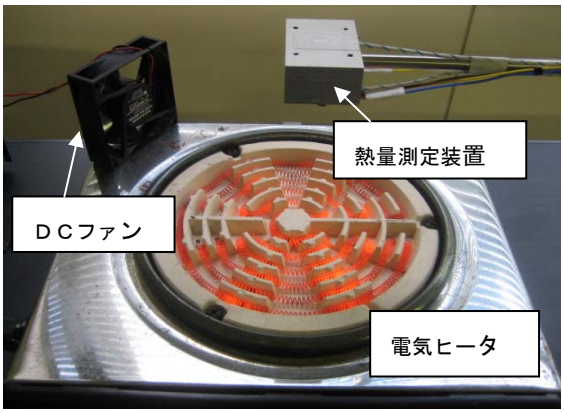


図 2　実験方法

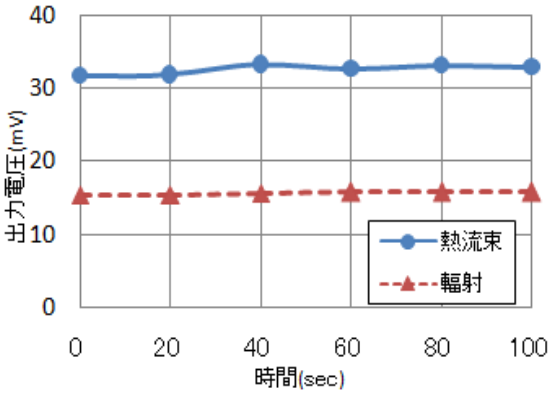


図 4　ヒータ上方 60mm での出力電圧

4　電気ヒータの熱量測定

4.1　ヒータ上方 120mmの熱量測定

電気ヒータの出力を 600W に設定し，ヒータ上方 120mm に熱量測定装置をヒータ面に対して，ほぼ平行に配置し 100 秒間測定を行った。各センサからの出力電圧を図 3 に示す。このとき，開始 80 秒後の出力電圧は，熱流束センサでは，15.2mV であり，センサ感度との関係より 熱流束 q_1 を求めると，

$$q_1=(15.2\times10^3)\div3.66=4.15\times10^3$$

となり，q_1 は 4.15×10^3 W/m^2 である。

また，同時間の輻射センサからの出力電圧は 5.61 mV なので，センサ感度との関係より単位面積当たりの輻射熱 r_1 は

$$r_1=(5.61\times10^3)\div1.91=2.94\times10^3$$

となり，r_1 は 2.94×10^3 W/m^2 である。

さらに，熱流束センサは，全熱流束をセンシングしているので，熱流束と輻射熱の差が対流の熱量になる。したがって，差を求めて対流の単位面積当たりの熱量 c_1 を求めると

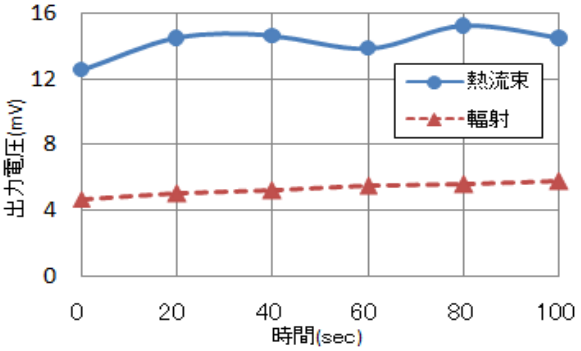


図 3　ヒータ上方 120mm での出力電圧

$$c_1=q_1-r_1=(4.15\times10^3)-(2.94\times10^3)$$
$$=1.21\times10^3$$

となり，c_1 は 1.21×10^3 W/m^2 である。

4.2　ヒータ上方 60mmの熱量測定

電気ヒータと熱量測定装置の距離を短くしてヒータ上方 60mm で同様の熱量測定を行った。各センサからの出力電圧を図 4 に示す。開始 80 秒後の熱流束と輻射の出力電圧はそれぞれ 33.1 mV，15.8 mV なので，熱流束 q_2 と単位面積当たりの輻射熱 r_2 を求めると

$$q_2=(33.1\times10^3)\div3.66=9.04\times10^3$$
$$r_2=(15.8\times10^3)\div1.91=8.27\times10^3$$

となり，対流の単位面積当たりの熱量 c_2 は

$$c_2=(9.04\times10^3)-(8.27\times10^3)=0.77\times10^3$$

と計算されるので，q_2 は 9.04×10^3 W/m^2，r_2 は 8.27×10^3 W/m^2，c_2 は 0.77×10^3 W/m^2 である。

4.3　ヒータ上方 240mmの熱量測定

運行釜の測定において，熱源から 200mm 以上の距離では，設備の構造上，測定が不可能であるが，熱源からの距離を長くしたときの輻射と対流の関係を理解するため，電気ヒータと熱量測定装置の距離を長くし，ヒータ上方 240mm で熱量測定を行った。各センサからの出力電圧を図 5 に示す。開始 80 秒後の熱流束と輻射の出力電圧はそれぞれ 4.19 mV，2.15 mV なので，熱流束 q_3 と単位面積当たりの輻射熱 r_3 は，

$$q_3=(4.19\times10^3)\div3.66=1.14\times10^3$$

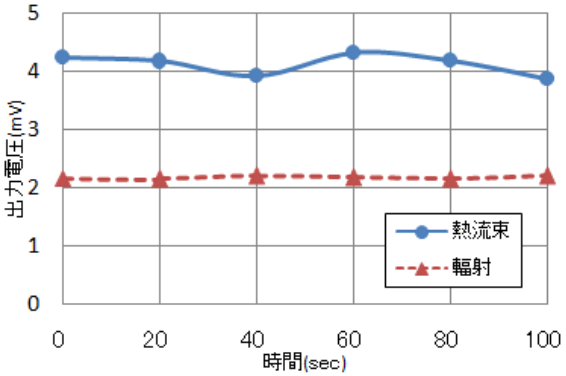


図 5　ヒータ上方 240mm での出力電圧

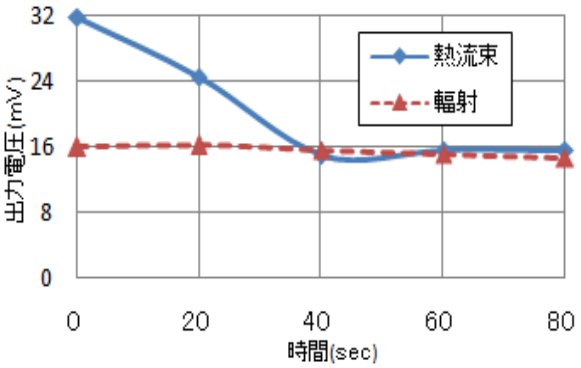


図 6　送風実験結果

r_3=(2.15×10^3)÷1.91=1.13×10^3

となり，q_3 は 1.14×10^3 W/m^2，r_3 は 1.13×10^3 W/m^2 となる。対流の熱量は少なく，大部分が輻射熱である。

4.4　距離の違いによる輻射と対流の割合

距離の違いによる輻射と対流の割合を考えると，120mm の場合は，輻射と対流の熱量比較より，輻射 2.94×10^3 に対して，対流 1.21×10^3 なので，この熱量の割合を簡単な整数比にすると輻射：対流＝7：3 である。同様にして 60mm の場合は，輻射 8.27×10^3 であり，対流 0.77×10^3 なので，輻射：対流＝9：1 になる。したがって，この 2 つの実験では，電気ヒータ表面に近い方が輻射熱の割合が大きく，距離が長くなると，対流の割合が増加することがわかる。しかし，ヒータ上方 240mm に関しては，対流がほとんどない結果であった。実際には，距離が長くなったため，気流等の外乱の影響が大きいと考えられる。

5.　対流の影響を明らかにする実験

対流の影響を明らかにするため，熱量測定装置と電気ヒータ間に送風して乱流を起こし，熱量の変化を確認する実験を行った。電気ヒータを 600W にし，ヒータ上方 60mm の熱量測定で，測定直後に DC ファンを動作させて送風した。この送風実験結果を図 6 に示す。図 6 より，熱流速センサの出力電圧は開始直後から徐々に下がり始め、40 秒後に一定になっている。

一方，輻射センサの出力電圧は，送風時もほぼ一定を保っている。したがって，熱流速センサは対流の影響を大きく受けることが確認できた。また，開始 80 秒後の熱流束 q_4 と単位面積当たりの輻射熱 r_4 を算出すると，q_4 は 4.26×10^3 W/m^2 であり，r_4 は 7.64×10^3 W/m^2 である。ここで，q_4＜r_4 となり輻射の値が熱流束より大きくなるが，これは送風によって，熱流速センサ及び冷却板から熱が奪われたためと思われる。

6.　結　　言

(1) 運行釜の熱量を測定する熱量測定装置を製作した。この装置は，熱流束と輻射熱を測定することが可能であり，工場内にある設備の測定にも使用できる。

(2) 電気ヒータを熱源として，　ヒータから上方へ 120mm と 60mm の位置で輻射熱と対流の熱量の割合を求めた。この範囲では，距離が長くなると，輻射熱に対して対流の熱量の割合が増えることが明らかになった。

(3) 意図的に乱流を作り出して，対流の影響を少なくした送風実験を行った。送風中は熱流束センサの出力電圧は下がったので，対流の熱量も含めた熱流束をセンシングしていることが確認できた。

参考文献

1) (有)テクノオフィス HP（2011 年 3 月 28 日閲覧），http://www.techno-office.com/

ノート

ゴミ取り用トング挟持部の滑り止め機構に関する研究

中部　昇*　宮口　孝司*

Evaluation of Skid Resistance on Grasping End of Tongs

NAKABE Noboru*and MIYAGUCHI Takashi*

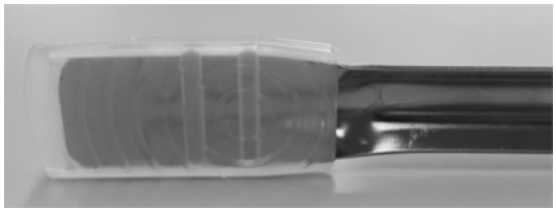
1. 緒　　言

滑り止めのため，挟持部にシリコン製カバーを装着したゴミ取り用トング（以下開発品と略す）の機能について検証を行った。本研究では瓶・缶などを挟持した際の摩擦力と挟持力の比から摩擦係数に相当する値を算出，カバー非装着である従来品との比較を行い，カバーの滑り止め効果を検証した。加えて，実際に被験者にゴミ取り動作を行わせ，その際に要した挟持力を測定することで作業時における身体的負担の低減効果についても検証を行った。

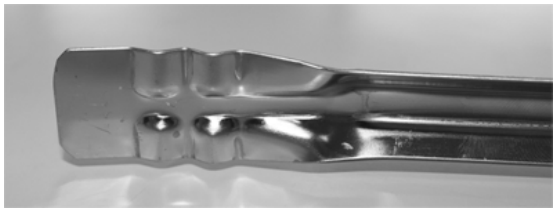
2. 評価対象と挟持力の測定方法

評価対象は開発品に加え，比較のためカバー非装着の状態を従来品として供した。図 1(a)，(b)に開発品，従来品挟持部の外観を示す。

挟持力の測定は，物体を挟持した際のトング本体の曲げ変形をひずみゲージを用いて計測することによって行った。図 2 に示すようにトング本体（全長 600mm）先端から 300mm の位置にひずみゲージを接着した。試験に際し，ロードセルを挟持部に挟み，グリップ部に荷重を加えることによって，図 3 に示す挟持力－ひずみ量の関係を求め，計測したひずみ量を挟持力に変換した。

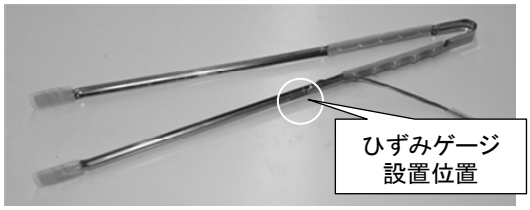


（a）開発品



（b）従来品

図 1　トング挟持部外観



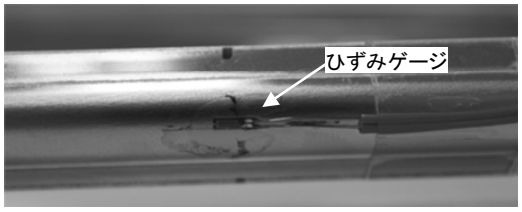


図 2　ひずみゲージの設置

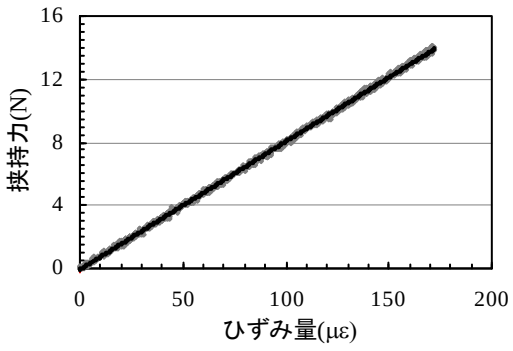


図 3　挟持力とひずみ量の関係

* 県央技術支援センター

3.　挟持部の摩擦係数測定

3.1　試験方法

図 4 に試験装置を示す。試験は瓶などの対象を一定の力で挟んだ状態のトングを万能材料試験機を用いて牽引することによって行った。挟持対象はロードセルを介して万能材料試験機のテーブルに設置することで，トングが牽引されることによって発生する摩擦力を計測できるようにした。また，挟持力はグリップ部をクランプを用い固定することによって発生させることとした。挟持力および摩擦力はデータロガーを介してパーソナルコンピュータに入力した。

挟持対象は図 5 に示すガラス瓶，スチール缶，アルミ缶，ペットボトルの 4 種類とした。なお，容器のガラス瓶，ペットボトルのラベルは予め除去した。試験は各条件において 5 回ずつ行った。摩擦の大きさは牽引開始から最初に摩擦力がピークを示した時点での摩擦力，挟持力を抽出し，前者を後者で除した値を摩擦係数相当値として定量化した。この数値が高いほど摩擦が大きい，すなわち滑りにくい特性であることを表す。

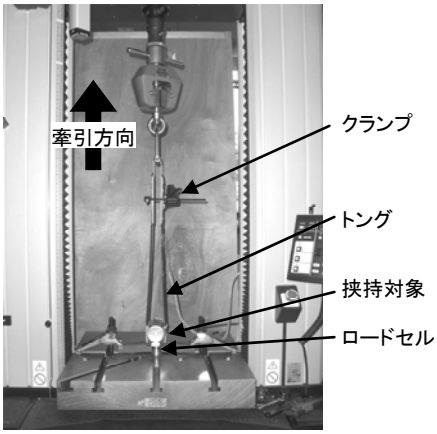


図 4　摩擦係数測定装置

図 5　挟持対象
（左からガラス瓶，スチール缶，
アルミ缶，ペットボトル）

3.2　試験結果

各挟持対象における摩擦係数相当値について，開発品・従来品で比較を行った結果を図 6 に示す。ここで，エラーバーは標準偏差を表す。いずれの対象においても開発品の摩擦係数相当値は従来品の 2 倍以上の値を示しており，シリコン製カバーの滑り止め効果が確認できた。

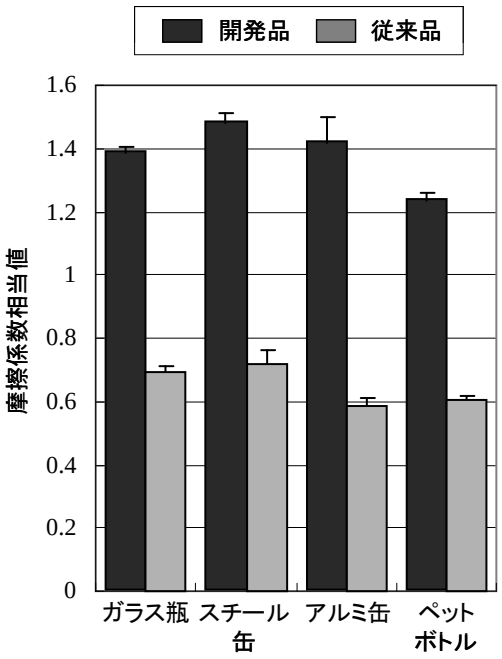


図 6　摩擦係数相当値の比較

4.　ゴミ取り作業時の挟持力測定

4.1　試験方法

試験には成人男性 3 名を被験者として用いた。被験者にはゴミ取り動作としてひずみゲージを貼り付けたトングを使用して，図 7 に示すように挟持対象を持ち上げて 30cm 脇に移動するように指示し，そのときの挟持力をデータロガーを介してパーソナルコンピュータに入力した。動作は各条件で 10 回行い，持ち上げた際に要

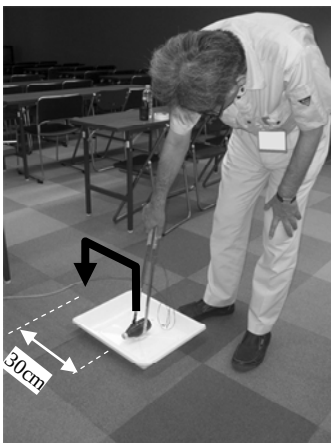


図 7　実験風景

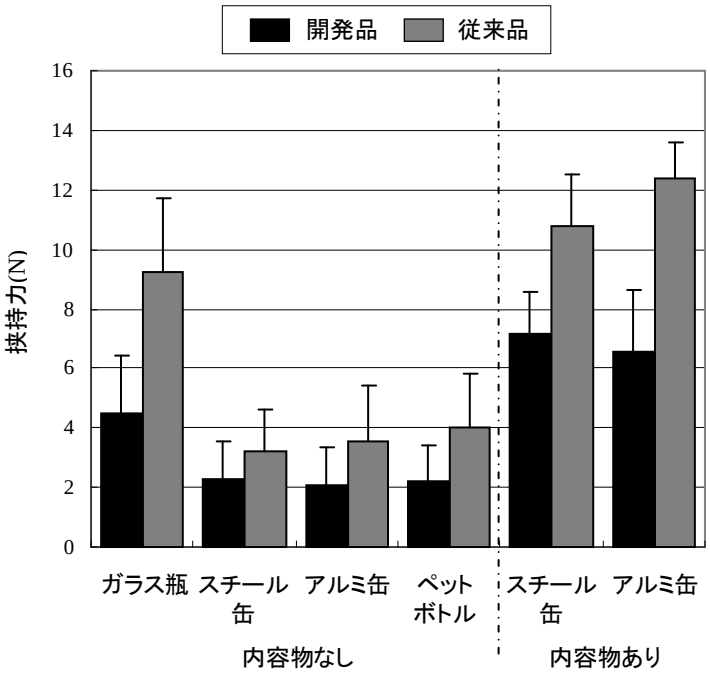


図 8　ゴミ取り動作における挟持力の比較

した挟持力の最大値を測定値として求めた。最大値が小さいほどより少ない力で対象を持ち上げることができることを表す。

挟持対象は図 5 に示した 4 種類の容器とし，それぞれ内容物が入っている状態と入っていない状態の両方で測定を行った。

4.2　試験結果

各挟持対象について開発品・従来品での挟持力最大値の比較結果を図 8 に示す。結果は 3 名の被験者による結果の平均である。なお，対象のうち，内容物が入った状態でのガラス瓶，ペットボトルについては開発品では挟持できたものの，従来品では困難であったことから試験から除外した。

全ての条件において開発品使用における挟持力は従来品に比べ減少しており，開発品がより少ない負担で作業できることが確認できた。挟持力の減少割合は各条件で異なり，最大はガラス瓶の 51%であった。一方，スチール缶については内容物の入っている状態・空の状態とも 30%程度の減少率であった。これは缶の形状的特性，すなわち，直径が他に比べて小さいことから従来品挟持部の形状とよく適合したことによるものと考えられる。

5.　結　　言

滑り止めのため，挟持部にシリコン製カバーを装着したゴミ取り用トングの機能について検証を行い，以下の結論を得た。

（1）カバーを装着した開発品挟持部の摩擦係数相当値は従来品の 2 倍以上に達し，カバーの滑り止め効果を確認できた。

（2）被験者にゴミ取り動作を行わせ，その際に要した挟持力を比較した結果，開発品使用時の挟持力は従来品に比べ最大 51%の減少がみられ，開発品がより少ない身体的負担で作業できることが確認できた。

ノート

マイクロウェーブ試料分解装置による試料分解方法の確立（第２報）

内藤　隆之*　渡邉　亮*

Approach for the resinous decomposition with a microwave digestion system Ⅱ

NAITO Takayuki* and WATANABE Ryo*

1. 緒　　言

マイクロウェーブ試料分解装置（以下 MW と略す）はプラズマ発光分析（以下 ICP と略す）や原子吸光分析等の前処理装置として試料を分解，溶解することに利用されている。MW の特徴は密閉された耐圧容器（PTFE 製）にマイクロ波を照射して，容器内の水溶液（酸を含む）を短時間で昇温・昇圧できることである。そのため操作中は外部からの不純物混入や容器内からの試料散逸を防止できる。

また，マイクロ波照射による急激な昇圧への対策は内蓋を破損させて内圧を下げ，同時に排出されたガス（酸を含む）は接続されたチューブで排気装置へ導くため万全である。一方，急激な昇温への対策は冷却機能を持たないため，使用できる酸を制限している。例えば過塩素酸は加熱によって発現した酸化力で有機物を分解できるが，分解が始まると反応と昇温が急激に進む危険性がある。このため容器が破損して，酸を含む内容物が装置内へ漏洩する可能性が高く，MW の操作において過塩素酸は使用不可である。

昨年度は各種樹脂材料（PE，PP，EVA，アクリル，PS，AS および ABS）の分解方法について，硝酸と硫酸を使用して検討を行った[1)]。

今年度は PS，AS および ABS の MW 分解操作における硫酸の代替として過塩素酸の利用方法を検討した。過塩素酸は上述のとおり MW への使用ができないため，硝酸による MW 分解操作後の二次操作となるビーカ分解操作で使用した。また，その他の樹脂について，硝酸で並行操作を行った。

以上の樹脂分解操作において，鉛（以下 Pb と略す），カドミウム（以下 Cd と略す）で回収率を求めたので報告する。

2. 実施方法

2.1 装置

MWおよび分解容器の主な仕様は既報[1)]による。また，PbおよびCdの測定はICP装置（iCUP6300DUO，サーモフィッシャーサイエンティフィック（株）製）を使用した。

2.2 供試材

PE，PP，EVA，アクリル，PS，AS，ABSおよびポリカーボネート樹脂（以下PCと略す）とした。

2.3 試薬

本試験の分解試薬は65%硝酸，60%過塩素酸（特級，和光純薬工業（株）製）を使用した。

また，PbおよびCdの測定は1000mg/l金属標準試薬（関東化学（株）製）を使用した。

2.4 MWの操作方法

PE，PP，EVA，アクリルおよびPCの分解操作では硝酸のみを使用した。一方，PS，ASおよびABSの分解操作では硝酸を用いてMWを操作した後，容器内容物を300ml トールビーカ（PYREX製）に移し

* 下越技術支援センター

入れ，過塩素酸を追加してホットプレート上で加熱分解した。

上記のとおり分解した各試料はそれぞれ100mlメスフラスコ（PYREX製）へ移し入れ，純水で希釈定容した。

2.4.1 PE，PP，EVAおよびアクリルの分解操作

試料の採取量は最大500mgとした。MWの運転プログラムを表1に示す。操作①は硝酸10mlを使用して行った。操作中に発生したガスによる昇圧で分解容器の内蓋が破損し，同時に内容物が散逸してしまうことを回避するために，操作①が完了した分解容器を放冷後，開栓して内部のガスを排出した。再び密栓して次の操作②を行った。

2.4.2 PCの分解操作

試料の採取量は500mgとした。MWの運転プログラムを表2に示す。操作③は硝酸15mlを使用して行った。上述のとおり操作③が完了した分解容器を水冷後，開栓して内部のガスを排出した。再び密栓して次の操作④を行った。操作④が完了後，開栓と密栓の後に操作④を繰り返した。2度目の操作④が完了後，開栓と密栓の後に操作⑤を行った。

2.4.3 PS，ASおよびABSの分解操作

試料の採取量は500mgとした。MWの運転プログラムを表1に示す。操作①は硝酸15mlを使用して行った。上述のとおり操作①が完了した分解容器を水冷後，開栓して内部のガスを排出した。再び密栓して次の操作②を行った。

操作②が完了した分解容器を水冷後，開栓して容器内容物を300mlトールビーカ（PYREX製）に移し入れて時計皿で覆い，主液として保存した。内容物を移し終えた分解容器へ硝酸10mlを加えて，再び密栓して操作②を繰り返し行った。

操作②が完了した分解容器を水冷後，開栓して容器内容物を保存してある主液に合わせた。少量の純水で分解容器の内壁を洗い主液に加えた。主液と洗液の入ったトールビーカに過塩素酸10mlを加えて，再び時計皿で覆い，加熱して過塩素酸白煙処理を行い，分解を完了した。

また，比較試験は300mlトールビーカに樹脂を採取し，硝酸と過塩素酸を加えて過塩素酸白煙処理を行った。

表1 PE，PP，EVA，アクリル，PS，ASおよびABSの分解プログラム

操作①	1	2	3	4
設定温度(℃)	170	170	100	100
昇温時間(min)	10	1	1	1
保持時間(min)	5	14	14	0
操作②	1	2	3	4
設定温度(℃)	170	200	225	225
昇温時間(min)	5	5	5	1
保持時間(min)	5	15	15	9

表2 PCの分解プログラム

操作③	1	2	3	4
設定温度(℃)	170	180	180	180
昇温時間(min)	5	5	1	1
保持時間(min)	5	13	0	0
操作④	1	2	3	4
設定温度(℃)	180	190	190	190
昇温時間(min)	5	5	1	1
保持時間(min)	3	12	0	0
操作⑤	1	2	3	4
設定温度(℃)	190	225	225	225
昇温時間(min)	5	5	1	1
保持時間(min)	3	12	0	0

3. 結果および考察

3.1 PE，PP，EVAおよびアクリルの分解操作ならびにPbの回収率

樹脂毎に4個の試料を並行操作させた結果を表3に示す。PPを除いた樹脂は250mgまで分解でき，分解後の水溶液は全て無色透明だった。しかし，並行操作で分解できた量は全ての樹脂で単独操作[1)]より少なかった。MWの分解操作では液温の制御が重要である。並行操作において，全ての分解容器を温度制御できれば，単独操作と同じ結果が得られると考えられる。実際の並行操作では各分解容器の温度表示にばらつき（最大20℃程度）があって，プログラムどおりの温度制御は不十分であった。

また，並行操作におけるPbの回収率を表4に示す。全ての樹脂で回収率は100%付近となり，操作中に

表3　MWによる分解結果

採取量(mg) / 樹種	100	250	500
PE	ー	○	×
PP	○	△	×
EVA	ー	○	×
アクリル	ー	○	△
PC	ー	ー	○
PS*	ー	ー	○
AS*	ー	ー	○
ABS*	ー	ー	○

【備考】
○：分解できた　　△：未分解の容器あり
×：分解できない
＊：MWとビーカによる分解操作

おける試料の散逸や汚染は問題ないことを確認した。

3.2　PCの分解操作ならびにPbおよびCdの回収率

2個の試料を並行操作させた結果を表3に示す。PCは500mgを分解でき，分解後の水溶液は淡黄色透明だった。また，分解容器の液温が180～190℃の間で急激な分解（昇圧）が起こり，使用上限の40bar付近で操作する過程があった。このとき内蓋の破損が起こりやすいので，短時間での操作と開栓でのガス放出とを繰り返すことが重要だった。なお，PCは分子構造の中にベンゼン環を含んでいるが，同様にベンゼン環を含むPS，ASおよびABSとは硝酸によるMW操作の結果[1]が異なった。今回，ベンゼン環の有無と硝酸によるMW操作の可否とは関連しないことがわかった。

また，PbとCdの回収率を表4に示す。回収率は100%付近となり，試料の散逸や汚染について問題ないことを確認した。

3.3　PS，ASおよびABSの分解操作ならびにPbおよびCdの回収率

2個の試料を並行操作させた結果を表3に示す。全ての樹脂は500mgを分解でき，分解後の水溶液は無色透明だった。また，MW操作で分解できない残さは，赤外分光分析により*p*-ニトロ安息香酸であることがわかった。この*p*-ニトロ安息香酸は加温した硝酸に溶解するのみで，MW操作における使用上限付近の225℃では分解できなかった。現状は過塩素酸の使用（硫酸の代替）が不可避である。

表4　PbとCdの回収率

回収率(%) / 樹種	MW（+ビーカ）		ビーカ	
	Pb	Cd	Pb	Cd
PE	101.6	ー	ー	ー
PP	97.8	ー	ー	ー
EVA	99.9	ー	ー	ー
アクリル	98.6	ー	ー	ー
PC	99.7	95.4	ー	ー
PS*	101.2	101.3	106.6	102.5
AS*	99.4	99.7	106.1	103.5
ABS*	105.1	102.3	104.7	101.4

【備考】
＊:MWとビーカによる分解操作

また，PbとCdの回収率を表4に示す。回収率は100%付近となり，試料の散逸や汚染について問題ないことを確認した。

4.　結　　言

マイクロウェーブ試料分解装置による各種樹脂材料の分解では，材料中の金属成分を問題なく回収できた。また，各種樹脂の分解について以下の知見が得られた。

(1) 硝酸による並行操作で以下の量を分解できた。
- PP：100mg
- PE，EVA，アクリル：250mg
- PC：500mg

(2) PS，ASおよびABSは硝酸と過塩素酸による並行操作で500mgを分解できた。

参考文献

1) 内藤隆之，“マイクロウェーブ試料分解による試料分解方法の確立”，工業技術研究報告書，No.39，2010，p86-88.

ノート

鋸柄の表面処理の摩擦力への影響について

中部　昇*　宮口　孝司*

Influence of Surface Material on Frictional Force

NAKABE Noboru*and MIYAGUCHI Takashi*

1.　緒　　言

換刃式鋸の柄には，すべり止めとして天然の蔦が使用されているが，年々入手が困難になっている。そのため，天然素材に代ってプラスチック素材の使用が検討されているが，摩擦力の低下が懸念されている。試験に用いた替刃式鋸の外観を図 1 に示す。

そこで，天然素材とプラスチック素材との摩擦力を定量化することによって両者の差を検討し，商品開発に活用する。

本研究では，鋸を挽く力を鋸の柄を把持する力で除して，摩擦係数に相当する値とし，これらを各種条件で比較した。

図 1　替刃式鋸の外観

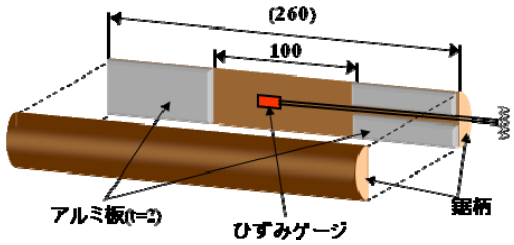
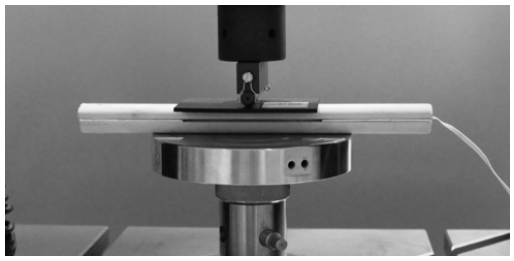


図 2　把持力測定用柄の構造

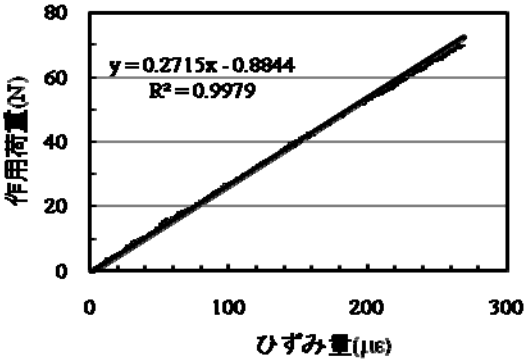
2.　実験内容および結果

2.1　把持力の測定方法

図 2 に実験に用いた把持力測定用柄の構造を示す。把持力の測定は，握ったときの柄の変形をひずみゲージによって計測することによって行った。既存の換刃式鋸の木製柄を鋸の面で 2 つに等分割し，分割した柄の一方の切断面の中央にひずみゲージを接着した。次に，中央部に可撓性を与えるため，切断面の両端に厚さ 2mm のアルミニウム板を接着した後，分割したもう一枚の柄を接着した。実験に際し，図 3(a)に示すように，万能材料試験機により柄のひずみゲージ接着部付近に撓み荷重を加え，図 3(b)に示す作用荷重－ひずみ量の関係を求めることにより，計測したひずみ量を把持力に変換した。



（a）柄への荷重付加方法



（b）ひずみ量と作用荷重の関係

図 3　把持力への変換

* 県央技術支援センター

2.2　試験品

図 4 に示すように，把持力測定用柄に，現行品（天然），天然と断面形状を似せて作った樹脂製の帯（樹脂）および樹脂の表面を粗したもの（粗樹脂）の 3 種類の素材を巻き，摩擦抵抗の測定に供した。

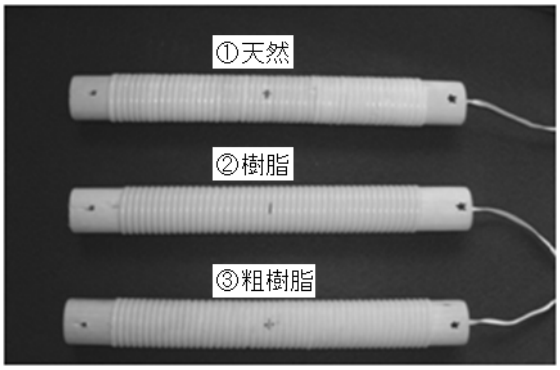


図 4　把持力測定用柄

2.3　摩擦抵抗の測定方法

図 5 に実験風景を示す。帯を巻いた測定用柄をワイヤを介してフレームに固定し，これを被験者が把持して牽引することで鋸挽きの動作を再現した。ひずみ量の測定値が柄を握る位置に影響を受けることから，被験者には常に柄の同一位置を把持して牽引動作を行わせ，手が滑ったと感じた段階で動作を終了するよう指示した。鋸を挽く力，すなわちワイヤに作用した牽引力はフレームに取り付けたロードセルによって測定した。ロードセルの出力および柄のひずみ量はデータロガーを介して，サンプリング周波数 100Hz でパーソナルコンピュータに入力した。図 6 に測定例を示す。

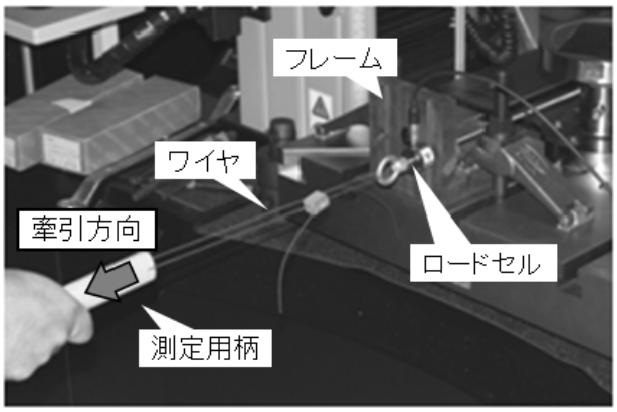


図 5　実験風景

摩擦の大きさは摩擦係数に相当する値を以下の式で定量化した。

「摩擦係数相当」＝「牽引力」／「把持力」

この数値が高いほど摩擦が大きいことを示している。

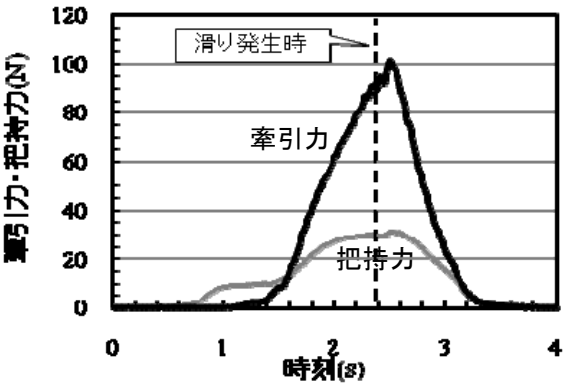


図 6　測定例

実験には成人男性 5 名を被験者として用いた。測定は前述した 3 種類の鋸柄について，(A)素手，(B)軍手着用時，および(C)滑止め軍手着用時の 3 条件を考慮し，計 9 条件で行った。図 7 に実験に使用した軍手および滑止め軍手を示す。

図 7　実験に使用した軍手および滑止め軍手

2.4　実験結果および考察

図 8 に把持手段毎の摩擦係数相当の比較を示す。棒グラフの値は，5 人が 4 回繰り返した値の平均値であり，エラーバーは，95%信頼区間である。各水準を t 分布で検定した結果，滑り

止め軍手を使用した場合，天然と粗樹脂が，両側確率 5%の危険率で有意差無であったが，天然と樹脂，樹脂と粗樹脂の間には有意な差があった。一方，他の把持手段，すなわち素手，軍手着用時，および把持手段混合の場合，同条件で検定した結果，各素材間に有意な差が認められた。

これらの結果から，把持手段毎に各素材の摩擦の大きさを比較すると，

素手の場合:

天然＞粗樹脂＞樹脂

軍手着用の場合:

粗樹脂＞天然＞樹脂,

滑止め軍手着用の場合:

天然≒粗樹脂＞樹脂

把持手段を混合した場合:

天然＞粗樹脂＞樹脂

の順になる。素手と滑止め軍手については，被験者間のばらつきが大きい。素手の場合，各被験者の皮膚の水分量，硬さ，等の影響を受けやすいためと考えられる。また，滑止め軍手に関しては，摩擦が非常に大きく，握る際の力加減が他の把持手段と異なり，力分布に差異が生じることで，把持力の測定が不安定になるためと考えられる。これらの理由から，被験者を拡大すると順序が変わる可能性がある。

軍手に関しては，被験者間のばらつきが最も少なく被験者が拡大しても傾向は変わらないと考えられる。これは，軍手と柄との摩擦が被験者の皮膚の影響を受けないうえ，摩擦が小さいため，被験者が力加減することなく掌全体で柄を均等に把持するためと考えられる。

把持手段を考慮せず平均したものでは，上述の摩擦順位となったが，現実には把持手段による差異が大きいうえ，限られた把持手段を平均しているため，結果は参考である。

本実験の範囲内では，①素手による摩擦では天然の摩擦が最も大きくなる，②軍手では粗樹脂＞天然＞樹脂の順になる，③樹脂は天然に比べて摩擦が小さい，④粗樹脂は樹脂に比べて摩擦が大きい，と言える。滑止め軍手に関しては，摩擦が全般的に大きく，鋸挽きに適した把持方法であると言える。

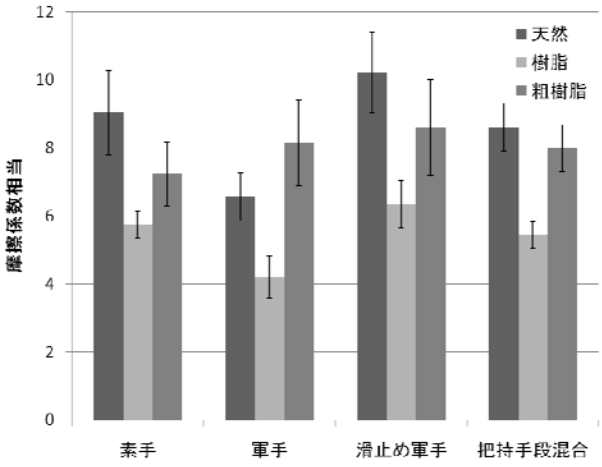


図 8　把持手段毎の摩擦係数相当の比較

3.　結　　言

鋸柄の滑止めとしての各素材（天然，樹脂，粗樹脂）を素手，軍手，滑止め軍手で把持した場合の摩擦係数相当を計測し，本実験の範囲内で以下の結論を得た。

(1)　替え刃式鋸の柄に対する把持力測定システムを確立し，鋸を挽く力と同時測定することによって，鋸柄の摩擦係数相当を定量化することができた。

(2)　摩擦力を被験者 5 人で 4 回ずつ測定し，検定することで，①素手による摩擦では，天然の摩擦力が最も大きくなる，②軍手では粗樹脂＞天然＞樹脂の順になる，③樹脂は天然に比べて摩擦力が小さい，④粗樹脂は樹脂に比べて摩擦力が大きい，ことがわかった。

(3)　滑止め軍手に関しては，測定データのばらつきが大きいため，天然と粗樹脂との差異を明らかにするためには，把持力分布等の検討による計測方法の改良が必要であるが，全般的に摩擦力は大きい。

ノート

蛍光 X 線定量分析における精確さの調査

佐藤　健*　毛利　敦雄*

Research on Accuracy of X-Ray Fluorescence Quantitative Analysis

SATOU Takeshi* and MOURI Atsuo*

1. 緒　　言

平成 21～22 年度の実用研究「金属材料の元素分析における精度調査」の中で，当センターの鉄鋼の定量分析における精確さの評価を実施した。定量値の精確さは，精度（測定値のばらつき）および真度（真値あるいは認証値と測定値との一致の程度）が JIS の規定を満足する必要がある[1)]。

当センターの定量分析は，蛍光 X 線分析，炭素硫黄分析やプラズマ発光分光分析などで実施している。各種分析方法について，調査を行った結果，当センターの定量分析の精確さは，概ね要求水準を満足していることを確認した。

本ノートでは，蛍光 X 線分析についての調査結果を報告する。

2. 使用装置および装置性能基準

波長分散型蛍光 X 線分析装置 Magix PRO（フィリップス製）を使用した。

JIS に定める装置性能基準では，各成分の濃度に対し，連続して 10 回測定した時の標準偏差をプロットして，標準偏差が規定値以下となるように条件設定すると定めている[1)]。

測定には，低合金鋼 152-10 とステンレス鋼 655-11（(社)日本鉄鋼協会製機器分析用鉄鋼標準試料）を使用した。

図 1 に測定結果を示す。いずれも直線で示した規定値以下に収まっており，装置性能および測定条件は妥当である。

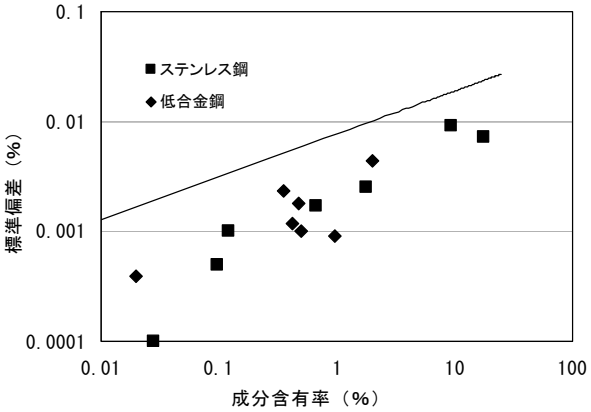


図 1　並行分析精度

表 1　繰り返し測定精度（低合金鋼）

元素	平均（μ）	標準偏差（σ）	CV（σ/μ）	測定値区間推定（95%）	小数点以下有効数字桁	有効数字桁数
Si	0.419	0.0038	0.0090	0.419±0.003	3	3
Mn	0.426	0.0013	0.0031	0.426±0.001	4	4
P	0.0358	0.0009	0.0255	0.0358±0.0007	4	3
Ni	2.021	0.0051	0.0025	2.021±0.004	3	4
Cr	0.498	0.0010	0.0020	0.498±0.001	4	4
Mo	0.964	0.0059	0.0062	0.964±0.005	3	3
Cu	0.513	0.0062	0.0122	0.513±0.005	3	3

表 2　繰り返し測定精度（ステンレス鋼）

元素	平均（μ）	標準偏差（σ）	CV（σ/μ）	測定値区間推定（95%）	小数点以下有効数字桁	有効数字桁数
Si	0.632	0.0043	0.0068	0.632±0.003	3	3
Mn	1.770	0.0029	0.0016	1.770±0.002	3	4
P	0.0293	0.0001	0.0047	0.0293±0.0001	5	3
Ni	9.387	0.0089	0.0010	9.387±0.007	3	4
Cr	17.355	0.0417	0.0024	17.355±0.031	2	4
Mo	0.067	0.0020	0.0303	0.067±0.002	4	3
Cu	0.152	0.0035	0.0231	0.152±0.003	3	3

3. 測定値の精度

前項と同じ試料を使用して繰り返し精度の検討を行った。繰り返し精度とは，測定者，測定装置，測定日時の一つまたは二つが異なる場合の測定精度である[3)]。

試料を 10 回測定し，標準偏差（σ），変動係数（CV），測定値の区間推定（95%），有効数

* 中越技術支援センター

字の小数点以下桁と有効数字桁数を求めた。

有効数字は田口の方法で算出した[4]。田口の方法では，σ/3 を計算し，その桁数までを有効数字として求める。

結果を表 1，2 に示す。有効数字は 3 桁または 4 桁，有効数字小数点以下桁は，ステンレス鋼の Cr が 2 桁，その他が 3 から 5 桁であった。

当センターの依頼試験における元素濃度は，P と S で小数点以下 3 桁，その他の元素で小数点以下 2 桁の表示としているが，この結果は，測定精度上妥当であることを示している。

表 3　対標準物質許容差と測定結果

元素	認証値（%）	対標準物質許容差	測定値と標準値の差の絶対値
Si	0.42	0.063	0.04
Mn	1.70	0.156	0.03
P	0.035	0.013	0.002
Ni	10.11	0.493	0.09
Cr	18.47	0.729	0.20
Mo	0.16	0.034	0.01

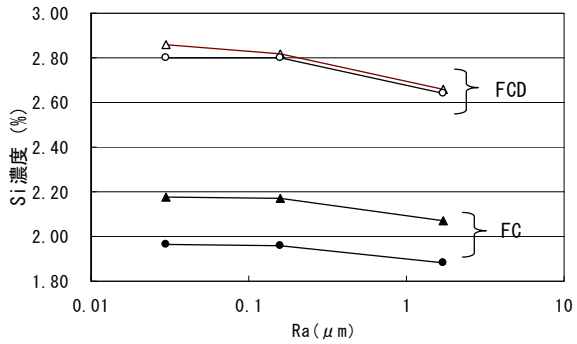


図 2　面粗さの Si 濃度への影響

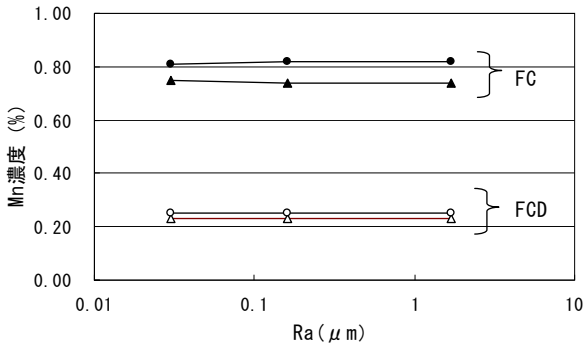


図 3　面粗さの Mn 濃度への影響

4.　測定値の真度

JIS によれば，認証標準物質を分析試料と並行分析し，得られた認証標準物質の分析結果と認証値との差の絶対値が，その分析方法の対標準物質許容差以下であれば，同時に分析して得られた分析値の真度は満足できるとされており，対標準物質許容差は，各分析方法で規定されている[1) 2)]。

ステンレス鋼について並行分析をした例を示す。認証物質として 651-11（(社)日本鉄鋼協会製機器分析用鉄鋼標準試料）を用いた場合の対標準物質許容差と，並行分析で得られた測定値との差の絶対値を表 3 に示す。各元素の値は対標準物質許容差以下であり，分析値の真度を満足している。

したがって，装置性能基準，精度および真度の各項目で要求水準を満たしており，分析の信頼性は確保できている。

5.　測定値に対する測定面の粗さの影響

蛍光 X 線分析は分析深さが数 10μm 程度までの表面分析であるため，測定面の状態は誤差要因の一つとなる[5)]。

そこで，鋳鉄の Si と Mn について，測定面の粗さが測定値に及ぼす影響を調べた。ねずみ鋳鉄（FC）とダクタイル鋳鉄（FCD）の各 2 試料について，測定面をアルミナスラリー（粒径 1μm），研磨紙（研磨剤#180SiC），ベルト研磨（コランダム#120）で研磨した。各研磨方法による面粗さ Ra の平均値は，それぞれ 0.03，0.16，1.7μm であった。

測定結果を図 2，3 に示す。Mn では，粗さの影響はほとんど見られなかったが，Si では粗さが大きいと測定値が低下した。

したがって，試験においては研磨方法を定めておき，粗さの変動を抑制することが，精確さを満足するために必要である。

なお，当センターでは上記のベルト研磨を指定の方法としている。

6. 結　　言

（1）蛍光 X 線定量分析の 精度と真度の調査結果から，測定の精確さは要求水準を満たしている。

（2）測定面の粗さは測定値に影響するため，研磨方法を指定し，粗さの変動を抑制する必要がある。

参考文献

1）JIS G1201　鉄及び鋼－蛍光 X 線分析方法

2）JIS G1256　鉄及び鋼－分析方法通則

3）藤森利美，“分析技術者のための統計的方法”，丸善，1986，p12.

4） 同上，p36-37.

5） 中井泉（編集），“蛍光 X 線分析の実際”，朝倉書店，2005，p63.

Ⅲ　調査・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では，①ものづくり技術連携活性化事業，②新エネルギー産業形成事業，③市場開拓技術構築事業にもとづく研究会を，平成 22 年度 11 テーマ実施しました。構成は，有望産業・成長産業に参入するにはという視点からの研究会（新分野チャレンジ分野），地域技術あるいは技術分野ごとの企業集約を図る研究会（地域基盤技術ブレークスルー分野）からなります。

前者は，対象有望産業・成長産業の様子や市場動向を調査，セミナーや講演会開催によるホットな情報提供を行いました。一方，後者では技術セミナーを中心に，対象技術分野の基礎から先進的な技術，工業技術総合研究所が開発した技術あるいは強みのひとつである評価技術について紹介しました。

開催したセミナーは，年間延べ 50 回に達し，約 2,100 名の参加者があり，紙面やマスコミでは得られない情報を知ることができたなど，総じて好評を得ました。また，いくつかの研究会からは，企業間連携からなる研究開発テーマの提案，あるいはつぎにつながる課題が提案されるなど，ステップアップした研究会活動になりました。ここにまとめて報告いたします。

平成 22 年度　工業技術総合研究所　研究会

(1) 新分野チャレンジ分野

- C-FRP 研究会　（ものづくり技術連携活性化事業）
- 太陽光発電研究会　（新エネルギー産業形成事業）
- 排熱利用研究会　（　〃　）
- EV 技術研究会　（ものづくり技術連携活性化事業，新エネルギー産業形成事業）
- 感性工学研究会　（ものづくり技術連携活性化事業）

(2) 地域技術ブレークスルー分野

- 多軸高速加工研究会　（市場開拓技術構築事業）
- 表面技術研究会　（ものづくり技術連携活性化事業）
- 熱処理研究会　（ものづくり技術連携活性化事業）
- 天然素材研究会　（ものづくり技術連携活性化事業）
- 高信頼制御技術研究会　（ものづくり技術連携活性化事業）
- EMC 技術研究会　（ものづくり技術連携活性化事業）

C-FRP 研究会報告

古畑　雅弘[*]　小海　茂美[*]　佐藤　清治[*]　畔上　正美[*]　五十嵐　宏[*]
渋谷　恵太[*]　小林　泰則[*]　吉田　正樹[**]　高橋　靖[**]　橋詰　史則[**]

Report of Market and Technology Trends of Carbon Fiber Reinforced Plastics

FURUHATA Masahiro[*], KOKAI Shigemi[*], SATOU Seiji[*], AZEGMI[*], Masami[*], IKARASHI Hiroshi[*]
SHIBUYA Keita[*], KOBAYASHI Yasunori[*], YOSHIDA Masaki[**],
TAKAHASHI Yasushi[**]And HASHIZUME Fuminori[**]

1.　緒　　言

炭素繊維複合材料（以下 CFRP と略す）はその優れた特性から次世代の産業資材として航空宇宙，土木建築，スポーツ・レジャー分野等様々な分野で利用されており，近年では自動車量産車への展開も注目されている。しかし製品化には素材から中間基材，成形，機械加工技術と様々なプロセスを必要とし，多くの課題を抱えている。

本調査研究では，昨年度に引き続き CFRP の研究開発や事業化の推進を目的として，市場調査，技術的課題等について調査を行い，県内企業へ情報提供を行なうとともに，参入の可能性について検討した。また中間基材の製造技術に関する予備試験を行った。

2.　調査研究

2.1　技術セミナーの開催

CFRP に関する知識の習得を目的に，市場動向や用途等の全般的な内容の技術セミナーを 3 回，繊維，成形および機械加工の技術分野別勉強会を各 1 回開催し，延べ 173 名から参加いただいた。その内容を表1に，セミナーの様子を図1に示す。県内 CFRP 関連企業によるプレゼンテーションでは，これを機に連携体を構築するなど企業間の交流も始まってきている。

図１　技術セミナーの様子

2.2　CFRP の技術動向および課題

炭素繊維は，金融危機以降減産に追い込まれていたが，需要が急速に回復してきており，近年では中国やトルコ，特に中国では国家プロジェクトとして重点的に取り組みを始めるなど急速に追い上げてきている。コストメリットを考慮した場合，これら新興国には太刀打ちできないことから，真似のできない高い信頼性や安全性，また高品質の CFRP を製造可能とする技術が望まれている。国内では，既に技術を保有している先進企業で，航空宇宙関連や風力発電，圧力容器分野への展開，また今後期待されている自動車量産車への適用に向けて技術開発等が盛んに行われている。一方，未だ取り組みのない企業では，CFRP の急速な拡大に危機感を抱いている企業も少なくない状況である。CFRP を取り巻く課題について以下に示す。

*　素材応用技術支援センター
**　下越技術支援センター

表１　開催したセミナー

(1) 情報の収集

CFRP の商品化には異業種による連携が必要不可欠であるが，業界がクローズド体制で情報の開示がなかなか進まない。このため新規参入時には多大な労力と時間が必要となっている。

(2) CFRP の用途開発

用途開発については，欧米に比べて著しく遅れているといわれている。開発に当たっては，ニーズを意識し，先行事例の後追いではなく，CFRP の特徴を活かした新たな用途や技術開発による優位性を持った用途開発が重要である。

(3) 量産可能な成形技術の開発

「オートクレーブ法」は，最も汎用的な方法であるが [1)]，成形に長時間を要すため量産化に対応が難しい。今後期待されている自動車や汎用分野への展開を考慮すると，さらなる成形工程の短縮化が必要となっている。具体的には，①熱可塑性樹脂の開発，②中間基材の開発，③樹脂含浸技術などが挙げられる。

(4) 接合・機械加工技術の高度化

CFRP と異素材との接合には，リベット接合が一般的となっている。しかし CFRP の切断・穴あけ加工は，デラミネーション（層間剥離）の発生や工具の摩耗による加工面の品質が低下するなど，加工が難しく，より精度の高い加工技術が求められている。

(5) リサイクル技術

熱硬化性樹脂は，分離が困難でリサイクルが難しいことから，これまで埋め立て処理がほとんどであった。しかし地球環境問題や LCA への対応，また CFRP の利用拡大のためには，リサイクル技術の確立が不可欠となっている。

2.3　県内企業の動向および課題

需要の拡大とともに，県内においても CFRP に関心を持つ企業や技術的課題について取り組みを始める企業が現れてきている。県央地域では，生産性の高い成形技術や CFRP を用いた商品開発への関心が高いが，CFRP の基礎知識も十分でなく，情報の入手も難しいことから参入時の高い障壁となっている。また同様の研究開発事例も多く，技術の差別化，優位性を明確にしていく必要がある。

県内では，全般的に CFRP の認知度が低く，用途開発が進まない状況であるが，研究会会員企業には比較的市場に近い企業も参加しており，こうした企業と交流を密にして開発を進めて行くことが必要であると考えている。

3.　予備研究

企業よりニーズのあった①新規中間基材の作製方法，②炭素繊維の水質浄化材への適用の検討，③県内企業が開発した炭素繊維 4 軸織物の特性評価および用途調査を行った。ここでは，4 軸織物について示す。

4 軸織物については，既に岡山県の企業が実用化しスポーツ用途，建築分野等で活用されている

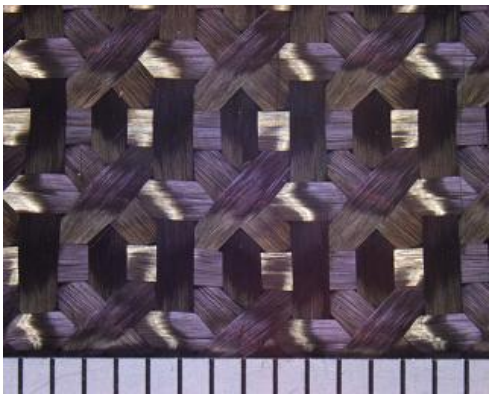


図 2　4 軸織物(炭素繊維 3K)

表 2　4 軸織物物性試験結果

[redacted]

が[2]，昨秋，県内企業が量産化に成功し[3]，これについて物性試験等を行ったので紹介する。図 2 に顕微鏡観察結果, 表 2 に物性試験結果を挙げた。密度が高く，厚み，目付も大きいが，目が非常にきれいで意匠性が高いと思われた。4 軸織物の最大の特徴である引裂強度も高い値を示し，形態安定性に優れていることが分かった。今後，これを中間基材に用いて成形試験や強度試験を行っていく予定である。

4. 結　　言

(1) CFRP の需要は急速に回復してきているが，県内では全般的に CFRP の認知度が低く，用途開発も進まない状況にある。研究会参加企業を中心に交流を図り，ニーズを探索していくことが必要である。

(2) 県央地域の企業を中心に，成形技術や商品開発に取り組む企業が現れてきている。しかし，CFRP の基礎知識や情報の入手が難しく，開発の障壁となっていることから，技術的な情報提供を行っていく必要がある。

(3) 来年度は，県内企業のニーズである中間基材の開発や熱可塑性樹脂による成形技術について可能性を探る予定である。

参考文献

1) 前田　豊, “炭素繊維の最先端技術”, シーエムシー出版, 2007, p267-271.

2) 小河原　敏嗣, “四軸織物の特性”, 繊維学会誌, 2009, vol65, p1467-149.

3) 日本経済新聞社, “高強度繊維の新型織機”, 日経産業新聞, 2011 年 1 月 14 日付け .

太陽光発電研究会報告

須貝　裕之[*]　本田　崇[*]　坂井　朋之[**]　大野　宏[**]　明歩谷　英樹[**]
諸橋　春夫[***]　石井　啓貴[***]

Report of Market and Technology Trends of Photovoltaic Power Generation

SUGAI Hiroyuki[*], HONDA Takashi[*], SAKAI Tomoyuki[**], OHNO Hiroshi[**], MYOBUDANI Hideki[**], MOROHASHI Haruo[***]and ISHII Hirotaka[***]

1.　緒　　言

CO_2 の排出削減するため，再生可能エネルギー導入が積極的に進められている。中でも太陽光発電は，国の補助金制度が復活し，平成 22 年度から発電余剰分の固定価格買取（フィード・イン・タリフ＝FIT）制度が始まり，急速に需要が増えている。

このような背景の中，新潟県は平成 21 年度から新エネルギー産業群形成事業として太陽光発電研究会を開催し，太陽光発電に関する講演や職員による情報提供を行い，県内企業の太陽光発電市場への参入および企業間連携推進を支援した。また，県内企業の取り組みや先進企業の状況を調査し，県が取り組むべき課題について検討した。

今年度は，いくつかの課題の中から，太陽光発電の雪国での施工とパネルの取り付け金具を中心に実施することとし，施工業者と金具メーカーを中心に会員を募集し，研究会を開催したので報告する。

2.　太陽光発電の概要

家庭用太陽光発電の一般的な構成を図 1 に示す。太陽電池では直流電流が発生するため，パワーコンディショナーで交流に変換し，分電盤を通して各部屋のコンセントに送られる。家庭で使えきれない電力は，余剰電力として電力会社が買い取る。

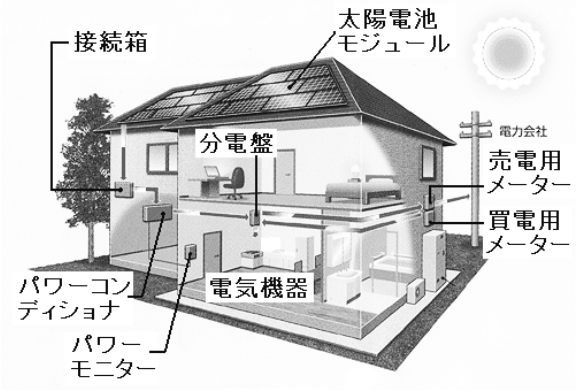


図 1　家庭用太陽光発電の構成
（NPO 法人住環境保全センターホームページ
http://www.shooters-1.org/）

3.　活動概要

3.1　研究会の開催

昨年度の調査で明らかになったいくつかの課題の中から，今年度は「太陽光発電の雪国での施工とパネルの取り付け金具」を中心に研究会を開催した。県内企業（取り付け金具メーカーと施工業）や自治体関係者を対象に会員を募集し，第 1 回と第 2 回の研究会会員限定で実施した。また第 3 回目では主に講演会を行い，会員限定とせず広く参加者を募集した。

・第 1 回　平成 22 年 8 月 24 日
「太陽光発電の雪国での施工とパネルの取り付け金具について」
ソーラーフロンティア(株)　玉木　茂氏

*　研究開発センター
**　企画管理室
***　下越技術支援センター

4 月に昭和シェルソーラーからソーラーフロンティアに社名を変更し，CIS 太陽電池の量産を開始している。風や雪に対する構造的な対策について講演していただいた。太陽光パネルの取り付け金具については，社内できっちりした規格があるわけではなく，その都度評価をして採用している。保守管理については，4 年に 1 回の検査を義務化しているが，料金が別にかかるため，受けないユーザーもいる。毎日の発電量を記録しており，長期間の発電量と日射量から故障かどうかを判断している。パネル故障の場合は，パネルを特定して不良パネルのみを交換している。

講演会の後，ソーラーフロンティア(株)と参加企業と個別の意見交換会を開催した。

・第 2 回　平成 22 年 10 月 22 日
新潟県雪国型メガソーラー見学会
昭和シェル石油(株)新潟石油製品輸入基地　鈴木清孝氏，防災・エネルギー研修センター　荒井昭一氏

新潟県が設置した雪国型メガソーラーの見学会を行った。太陽電池設置角度を 20°と 30°の二種類設置しているが，9 月から 10 月の間では 30°の方の発電効率が良いなど詳細な説明があった。参加者からは，「鋼管杭工法での施工における杭の深さは。」，「CIS 型と Si 多結晶型とではどんな差があるのか。」などの質問があった。

・第 3 回　平成 23 年 2 月 25 日
「太陽光発電（PV）の安全性工学入門」
(有)吉富電気　吉富政宣氏

太陽光発電の設計施工にける安全性工学について講演いただいた。講演は 2 部編成で，前半は太陽光発電システム関連の事故を未然に防止するための設計施工や維持管理の重要性について，後半は新潟のような雪国地域における太陽光発電の課題について述べられた。研究会の様子を図 2 に示す。

図 2　第 3 回太陽光発電研究会

3.2　県内企業の現状調査

太陽光パネルの取り付け金具メーカーや施工メーカーを訪問し，現状や課題，今後の取組等を調査した。

県内には屋根の雪止め金具を製造している企業が多く，太陽光パネルの取り付け金具や架台も製造している。一般家庭用の取り付け金具はパネルメーカーの保証範囲に含まれるため，メーカーの厳しい検査を受けなければならず障壁が高い。そのため，産業用の太陽光発電の取り付け金具を製造販売している企業が多い。屋根に穴を開けて太陽光パネルの取り付ける場合は，雨漏りの危険性もあるため，穴を開けずに取り付ける金具を製造している企業もある。

施工に関しては，10 年以上前から取り組んでいる企業もあれば，ここ数年参入した企業もある。設置後の検査は難しく，長期間の発電量を見て，著しく発電量が少ない場合は全パネルを交換している。不具合のあるパネルを特定できれば，交換に要するコストを削減できるが，製造メーカーも施工業者も新規の製造や販売施工に手一杯で，保守管理には手が回らないようである。

3.3　県の大規模太陽光発電

県内の公設の大きな太陽光発電システムとしては，下越発電管理所（30kW），朱鷺メッセ（20kW），南魚沼地域振興局（3.7kW），新潟県庁（50kW），雪国型メガソーラー発電所

（1,000kw）がある。雪国型メガソーラー発電所では，太陽電池設置角度を 20°と 30°の二種類設置して，発電量を比較している。また，現在企業局で建設中の新潟東部太陽光発電所（1,000 kw）は，降雪時の落雪と，春から秋にかけての日射量の多い時期の発電量の向上を目指し，冬季は 40 度，夏季は 20 度と傾斜角を 2 段階に変更できる可動式架台を採用している。この他に，9kW の太陽追尾式パネルも設置する。

4. 課題とその対応

4.1 太陽光パネルの高角度での設置

太陽光パネルを高角度で設置するほど，パネル自体の発電効率は低下するものの，パネル上の雪が堆積せずにすべて滑り落ちるため，結果的に冬期間の発電量増加を期待できる。しかし現行の JIS 規格は 15～45°までの角度に対してしか風荷重の計算方法が規定されていないため，高角度で設置した場合の風荷重計算方法について検討し，現行の規格の策定と管理をとりまとめている(社)日本電機工業会（JEMA）におもむき調査を行った。

太陽光発電システムの標準化体制はきわめて組織的に進められており，国内各電力会社や大手電機メーカー，大学などが参加している。したがって，JIS 規格化への働きかけを進めるためには，風洞とシミュレーションの精度検証を行うなどの実績作りと，日本電子機械工業会との関係維持が必要不可欠である。標準化を実現するためには大手企業とも連携してかなり長期的なスタンスで様々な研究を行い実績を作りながら話を進めてゆく必要がある。

4.2 高耐食性パネル取り付け金具の試作

太陽光発電研究会の活動において，「従来 10 年保証と言われている太陽光パネルも今後の普及に伴い，それ以上の長期にわたる使用例が出現し，メーカーとしても 10 年を超える保証をする必要が出てくるのではないか」との意見があった。一方，実際に太陽光パネル用取り付け金具を製造している参加企業では，「現状の金具の防錆処理（溶融亜鉛メッキ）が 10 年以上の長期にわたってその性能を維持できるとは断言できない」との意見が聞かれた。従って今後，取り付け金具にも従来を超える耐久性が求められる可能性がある。

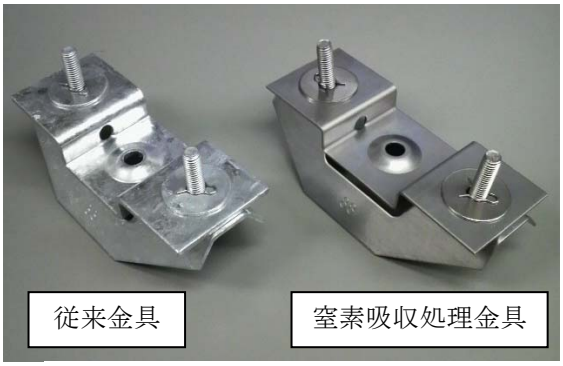


図 3　完成した高耐食性取り付け金具

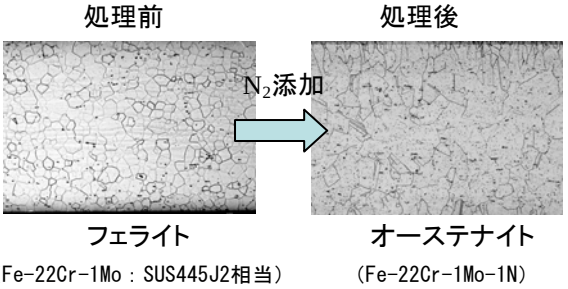


図 4　処理前後の金属組織

このような検討内容をもとに，当研究所が取り組んでいるステンレス鋼の窒素吸収処理（ニッケルフリーステンレス）による高耐食性の付与技術を適用した取り付け金具を試作した。

窒素吸収処理を施した材料は硬度が高くなるためプレス成形性が低下する。そこで開発では，材料をプレス成形した後に窒素吸収処理を行った。金具のプレス加工を(株)サカタ製作所に，窒素吸収処理を(株)中津山熱処理にお願いした。

完成した金具を図 3 に示す。従来品の表面処理は溶融亜鉛メッキであり，長期間の暴露で表面の質感が低下する。これに対して，開発品はステンレス鋼の美麗な外観がほぼそのまま残っており，耐食性も極めて高いことから長期にわたってこの外観を維持し続けることが予想される。

試作した金具の断面の金属組織を確認した結果を図 4 に示す。処理前のフェライト相が窒素の添加によりオーステナイト相に変化しており，高耐食性ステンレス化していることを確認した。

試作した金具の強度をコンピューターシミュレーションにより計算した。素材の強度が従来品より高くなるため，金具自体の強度も従来品より 30%向上することを確認した。

完成した高耐食性太陽光パネル取り付け金具は，2011 年 3 月 2～4 日にかけて東京国際展示場で開催された第 1 回エコハウス&エコビルディング EXPO（PV-EXPO2011 と同時開催）に新潟県と県内企業の取り組みとして出展した。

4.3 今後の課題

太陽光発電システムはメインテナンスフリーと言われているためユーザーの保守点検に関する意識は低く，最近，故障や不具合発見能力が低いことによる弊害が報告されている。また，低い確率ではあるが実際に故障は発生しており，保守点検のニーズが高まっている [1)]。今後は，保守点検ビジネスが拡大すると予想されるが，この分野に参入するためには，太陽光発電システムの電気的な特性を理解する必要がある。

一方，不具合の原因は，製品そのものの不具合や施工ミスによる不具合の他に，設計ミスや無設計も多い。今後，太陽光発電システムの導入を希望する家庭が益々増えると予想され，構造設計，電気安全設計，法令等を熟知したシステム設計者の育成が重要となる。きちんと設計された太陽光発電システムは故障や不具合も少なくなる。

故障事例を知ることは，その後の設計に活かすことで，故障しにくいシステムにつながるが，いろいろな理由から日本では事項報告が出てこない。そんななか，PVRessQ!（PV-Reliable, Safe and Sustainable Quality!）という活動や，施工業で故障事例を多く知っている技術者もおり，故障事例を知り，設計，施工，保守管理に役立てることが大切である。

5. 結　　言

（1）大手パネルメーカーと県内の取り付け金具メーカーと個別相談会を開催した。パネルメーカー社内には金具の規格がなく，その都度検査を実施して採用するかどうか決めており，また，県内メーカーはライバル関係にあり，共同で金具の仕様を決めて開発するまでには至らなかった。

（2）オープン形式で開催した第 3 回目の太陽光発電の維持管理に重要性に関する講演会は 100 名以上の参加があり，太陽光発電に関する関心の高さを改めて感じた。

（3）金具メーカーの協力を得て，防食性と強度の高い取り付け金具を開発し，展示会に出展した。

（4）太陽光発電を設置数が増えるとともに，設計者と保守管理のニーズが高まっており，法令に詳しく，電気回路と構造設計に強い技術者の育成が重要である。

参考文献

1）加藤 和彦，“太陽光発電システムの不具合事例ファイル―PVRessQ!からの現地調査報告”．

調査・報告

排熱利用研究会報告

三村　和弘*　野中　敏*　阿部　淑人*　本多　章作*　高橋　靖*　菅野　明宏*

Report of Market and Technology Trends of Exhaust Heat Utilization

MIMURA Kazuhiro*, NONAKA Satoshi*, ABE Yoshito*, HONDA Shosaku*,
TAKAHASHI Yasushi*and KANNO Akihiro*

1. 緒　　言

近年，各国で温室ガス排出削減目標を定め，地球温暖化防止に取り組んでいるが，工場から排出される熱の多くは再利用されていない。

そこで，本研究会では，昨年度より工場排熱を再利用するエネルギーシステムの開発を目指して活動を行ってきた。今年度は，昨年度の活動報告をふまえ，工場排熱の中でも再利用されていない低温排熱に注目し，勉強会と調査研究を中心とした活動を行った。また，会員同士によるディスカッションを行い，最終的に来年度につながる研究テーマを提案し，当県産業界にとって新たな産業群形成の端緒を開いた。

2. 研究会の体制

2.1 会員について

会員募集は，当研究所ホームページで研究会への参加を募るとともに，昨年度の会員及び関連企業に参加を呼びかけた。その結果，計 43 名（22 社，1 大学，3 団体）が会員となった。

また，参加企業は，鋳物関連，食品関連，電機関連，車両関連，設備関連等の多岐の業種にわたるとともに県外の企業も参加した。

2.2 運営体制

実施にあたっては，下越技術支援センターが主体となり，新潟県農業総合研究所食品研究センター，(財)にいがた産業創造機構とも連携しながら研究会活動を運営した。

＊　下越技術支援センター

3. 研究会活動

3.1 排熱利用に関する勉強会

有識者を招き低温排熱利用の講演や情報提供を計 6 回行い，県内で熱の有効利用を行っている施設見学も実施した。以下に演題と講師及び見学施設先等を記す。また，排熱利用研究会風景を図 1，排熱利用施設見学風景を図 2 に示す。

第 1 回　平成 22 年 7 月 9 日
「低温排熱利用の開発動向」
　東京農工大学大学院　秋澤　淳氏
「ヒートポンプ技術と排熱利用の現状」
　日立アプライアンス(株)　山根幸雄氏

第 2 回　平成 22 年 7 月 28 日
「低温排熱利用の現状と利用事例」
　津山工業高等専門学校　稲葉英男氏
「吸収式冷却技術と排熱利用」
　三菱電機(株)　畑山　朗氏

第 3 回　平成 22 年 10 月 8 日
「亀田清掃センター見学」

図 1　排熱利用勉強会風景

図 2　排熱利用施設見学風景

図 3　植物工場セミナー風景

「南国フルーツ園見学」
第 4 回　平成 22 年 11 月 12 日
「潜熱蓄熱材と低温排熱のオフライン熱輸送技術」
　工業技術総合研究所　菅野明宏
「工場における低温熱の利用状況調査（食品加工業，染色工業，クリーニング業）」
　工業技術総合研究所　本多章作
「排熱利用可能性調査」
　工業技術総合研究所　三村和弘
「農業分野における排熱利用の可能性について」
　工業技術総合研究所　高橋　靖
「検討テーマの提案」
　工業技術総合研究所　野中　敏
「HEMS/BEMS（ﾎｰﾑ/ﾋﾞﾙ･ｴﾈﾙｷﾞｰ･ﾏﾈｰｼﾞﾒﾝﾄ･ｼｽﾃﾑ）の動向」
　工業技術総合研究所　阿部淑人
第 5 回　平成 22 年 12 月 7 日
「人工光植物工場の現状と将来性」
　植物工場研究会　古在豊樹氏
第 6 回　平成 22 年 12 月 10 日
「潜熱蓄熱技術を用いた排熱の活用方法」
　三機工業（株）　岩井良博氏

3.2　植物工場に関するセミナー

情報収集をする中で，排熱を植物工場に利用できる可能性が見出されたので，上記の第 5 回勉強会を植物工場関連のセミナーとしたほか個別に植物工場セミナーを開催した。以下に 2 回目の演題と講師を記し，このセミナー風景を図 3 を記す。

植物工場セミナー：平成 23 年 3 月 2 日
- 「植物工場は究極の地産地消」
  エスペックミック（株）　中村謙治氏
- 「寒冷地対応太陽光・人工光（補光）併用型植物工場」
  青森県産業技術センター　今井照規氏

4.　最新技術調査等

NPO 法人植物工場勉強会主催のセミナーや各種の技術セミナーを聴講する他に，企業に訪問，展示会等に参加して技術調査を行った。以下に主な調査項目を記す。

①植物工場関係
- 給液管理・液肥の量管理
- ヒートポンプ空調
- 卓上型植物工場
- 街中植物工場
- 培地・ロックウール
- LED 光源

②熱輸送，その他
- 潜熱蓄熱材による熱輸送
- スターリングエンジン
- エコキュート
- スーパー銭湯

5. 今年度の提案テーマ

5.1 植物工場への利用

セミナーの実施や技術調査の結果，工場排熱を植物工場に供給するだけではシステムとして課題が多く，排熱を有効に活用することに関しては，エネルギーの授受だけでなく，栽培する作目や栽培方法等を詳しく調査する必要があることが明らかになった。

5.2 熱輸送システムへの適用

排熱をオフラインで輸送し有効活用する方法は，昨年度も検討したが提案に到らなかった。今年度は，排熱の供給元と需要先の候補を明確にし，関係者に働きかけ「熱輸送システム」の会議を催した。ここでは，熱のネットワークシステム構築の可能性を協議し連携を確認した。

6. スターリング発電システムの開発

昨年度，研究会のディスカッションで検討され，提案テーマとなった食品工場の運行釜からの排熱を電気エネルギーに変換するテーマは，今年度，(財)にいがた産業創造機構の市場開拓技術構築事業に採択され，3 年間にわたり研究開発を行うことになった。テーマ名は「未利用低温排熱利用の発電システムの技術開発」であり，研究会の会員を中心にして関連企業，新潟大学，農総研等が共同研究体を形成し，研究を開始した。

7. 結　　言

(1) 本研究会は平成 21～22 年度の 2 年間にわたり活動した。初年度の終了時に提案したスターリングエンジンを活用した発電システムの開発は，競争的研究補助事業に採択され，産学官が連携して 3 年後の実用化に向けて研究に着手した。

(2) 今年度，提案した排熱を利用した植物工場に関するテーマに関しては，関連セミナーを 2 回開催し，会員以外からも多くの参加があり好評を得た。また，来年度から夢プロジェクトの調査テーマとして「植物工場研究会」を発足し，さらなる調査研究を継続することになった。

(3) 熱輸送に関する提案テーマは，新潟市産業政策課を中心に，「熱輸送システム研究会」を発足させ，排熱を有効利用するためのネットワーク作りを始めた。

(4) 「排熱利用研究会」としての活動は，今年度で終了し，来年度から「植物工場研究会」の開催と熱輸送に関するネットワーク作りに関与していく。

(5) 研究活動及び研究テーマについては，業界新聞でも開発状況が紹介された [1) 2) 3) 4)]。

参考文献

1) 新潟日報社，“低温排熱発電へ助成”，新潟日報，2010 年 12 月 8 日付け.

2) 越後ジャーナル社，“吉田発グリーンニューディールなるか？”， 越後ジャーナル，2010 年 12 月 9 日付け.

3) 新潟日報社，“人工光植物工場輸出産業に育て”， 新潟日報，2010 年 12 月 10 日付け .

4) 新潟日報社，“工場の廃熱よそで活用”，新潟日報，2010 年 12 月 16 日付け.

調査・報告

EV 技術研究会報告

五十嵐　晃[*]　阿部　淑人[**]　須貝　裕之[*]　中川　昌幸[*]　菅野　明宏[**]　今泉　祥子[*]　木嶋　祐太[**]

Report of Market and Technology Trends of Electric Vehicles

IKARASHI Akira[*], ABE Yoshito[**], SUGAI Hiroyuki[*], NAKAGAWA Masayuki[*],
KANNO Akihiro[**], IMAIZUMI Shoko[*]and KIJIMA Yuta[**]

1. 緒　　言

本報告は，県内の製造業が，EV（電気自動車）関連市場への参入を考えた場合に，どちらの方向を向き，何をすればよいか？のヒントを与えることを目的として活動を行った EV 技術研究会についての活動報告である。

EV 技術研究会では，まず，EV 関連技術の動向，EV 関連業界の動向を把握するために，それらに詳しい講師を招へいし，技術セミナーを合計 4 回開催した。その際，講演会への参加企業に対するアンケートにより，EV に対する意識調査を行った。また，同じく EV 関連の技術，市場動向を把握するために，EV に関連する各種セミナー，展示会に参加し，調査を行った。さらに，県内企業における EV 関連業界への対応，EV 関連開発の状況を把握するために，県内企業の調査を行った。

以上の調査，活動結果を総合し，EV に関連して，今後県内企業および当研究所が進むべき方向を検討した。

2. EV関連技術セミナー

県内製造業が今後 EV 関連産業へ参入するにあたり必要とされる，EV 関連技術の動向，関連産業構造の状況等の情報提供を目的として，EV 関連技術セミナーを 4 回開催した。中でも，今年度は，蓄電デバイスに着目し，リチウムイオン電池およびキャパシタについてのセミナーをそれぞれ 1 回ずつ開催した。セミナーの様子

図 1　開催セミナーの様子

を図 1 に示す。合計 4 回のセミナー参加人数は，延べ 189 名にのぼった。アンケート結果からは，講演内容が参考になったとの回答が 93%を越えた。また，EV や蓄電デバイスに関する開発課題の有無について聞いたところ，図 2 に示すように，約 26%の企業が課題を持っており，一方，EV 関連課題を手掛ける可能性がない企業，団体は，約 34%となっていた。

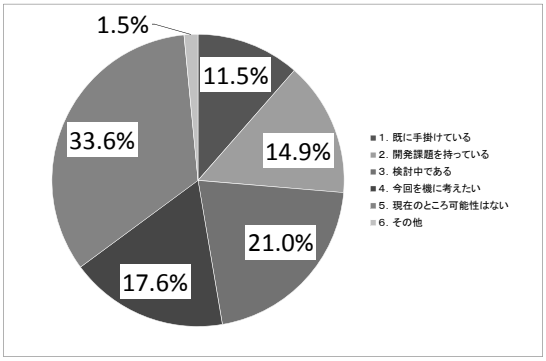


図 2　アンケート結果

*　研究開発センター
**　下越技術支援センター

3. 調査活動

3.1 最新技術動向，市場動向

EV 関連技術動向および市場動向の把握を目的として，合計 32 箇所のセミナー，展示会に参加し，最新状況の調査を行った。これらの調査から，今後自動車が EV に置き換わっていくという方向は間違っていないことはわかったが，その普及速度を読み切れないために，早めに手を打とうとする企業と，まだいいと様子見の企業とが存在している。いずれにしろ，関連情報は常にチェックしておくべきであると考えられる。

3.2 県内企業状況調査

県内の EV 関連技術動向の把握を目的として，最新状況の調査を行った。全体で 13 カ所へ調査に行った。内訳は製造業が 11 箇所で，団体が 2 箇所であった。すでに EV 関連として，蓄電デバイスについて，デバイス自体を手掛けている企業や，製造工程に進出を図る企業もあった。一方，蓄電デバイスの利用や電動化への取組は，これからという状況であった。

4. 課題とその対応

4.1 EV関連市場参入時の課題と対応

県内製造業が EV 関連市場へ参入する際に課題となる項目を以下に示す。①EV 全般に関連する情報が不足している。②EV 製作等経験が不足している。③EV の各要素技術情報が不足している。④自社技術とのすり合わせができない。である。

このうち，①は，EV の開発，製造における情報不足ということであるが，書籍や雑誌情報をもとに Web 検索を行い，ある程度の知識を得た段階で，関連展示会セミナー等への参加も有効である。

②は，知識だけでなく，EV 開発や製作のノウハウを得る場面が少ないということである。これは，比較的簡易にできるコンバージョン（改造）EV の製作の経験が有効である。費用等のリスクは，企業グループ形成等でカバーすることも可能である。

③は，EV の要素技術の電気的仕様が特殊であるため，関連情報が不足していることによるが，モータや電池に関しては，書籍の発刊や科学系雑誌で特集が組まれるようになり，情報ソースも増加している。

④は，従来の自社技術と，EV 関連技術との接点を見出す必要があるということである。EV で要求される技術に対して，いかにして，自社の蓄積技術を適用していくかを常に意識していくということである。[1)]

4.2 技術的課題と対応

県内企業が EV 関連産業への参入を考えた場合，以下の形態が考えられる。①EV 関連の部品供給，②EV 自体の開発，③自社製品の電動化，④EV 関連市場への参入，の 4 つである。このそれぞれにおける技術的課題と対応について述べる。

①EV は航続距離延伸のため，軽量化が必要である。筐体部品では，樹脂化に伴い，CFRP（Carbon Fiber Reinforced Plastic：炭素繊維強化プラスチック）の採用が想定されるが，この材料は，ノウハウが重要な分野である。これらの情報を得るうえで，当研究所の C-FRP 研究会との協調も有効である。

②EV 開発では，各要素技術を高効率で動作させるために，制御技術が重要になる。工技総研でも制御技術への取組を開始しており，県内企業でもモータ制御や，電力変換制御を手掛けている企業はあるため，EV 参入意欲のある企業とのリンケージも有効であると考えている。

③電動化にあたり，モータや電池の仕様を十分吟味し，それらの仕様に見合った要素部品の入手が必要であり，それらの高効率制御技術も重要である

④EV 関連市場への参入にあたっては，まずは市場の種類の情報を得ることと，そこから先の市場を自分で想像することも有効である。例

えば，県央地区の金属加工産地と EV のアフターマーケットとのマッチングが考えられる。

4.3　地域の取り組みとしての課題と対応

EV は従来のエンジン自動車と製造方法に違いがあるため，用途や大きさを絞り込むことで EV 製造は中小企業でも可能と考えられる。地域ニーズに徹した仕様であれば，特徴および市場規模としても地域の中小企業が参入する価値がある。一方，現在大手自動車メーカに部品供給している企業も，地域ニーズに応じた EV 開発への参入が一つの手法としてある一方で，低価格路線で新興国需要に対応する方法もある。

5.　当研究所の取り組み

以上に述べた事項を踏まえ，当研究所として取り組むべき方向を考える。EV 関連市場への参入という課題を，EV 等移動体そのものへの参入と，EV 関連産業への参入という 2 面から考えた場合，下記に示すように，2 つの方向が考えられる。1 つは EV そのものおよびその周辺技術分野への参入支援であるが，県内企業が従来から手掛けている技術分野でないため，技術習得や人材育成という意味でも，ある程度長期的視点に立つ必要があると考えられる。もう 1 つは，EV 関連産業ということで，例えば，省エネグッズや関連作業工具等への参入支援が考えられる。こちらは，基本的な技術が，県央地区に蓄積されているという点で，比較的短期間で成果が見出せる分野と考えている。

6.　当研究所に導入された電気自動車

EV 普及に対する新潟県の率先的取組として，平成 23 年 1 月に当研究所に電気自動車が導入された。ここでは，EV 研究会という観点から，この公用車導入について述べる。図 3 に公用車外観を示す。また，図 4 にメータに表示される航続可能距離と実走行距離の関係を示す。このグラフの傾きより，実際の運用においては，航続可能距離の 50～60%を目途に航続距離を考え

図 3　公用車の外観

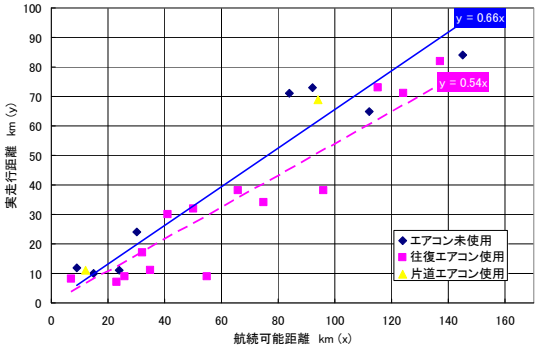


図 4　航続可能距離と実走行距離の関係

ることが現実的である。よって，満充電では，エアコン使用で 90km 程度の走行が可能である。このように航続距離に課題が残るが，運転方法により，航続距離を伸ばすことが可能である。

7.　結　　言

(1) EV 研究会としては，EV 全般の技術情報および蓄電デバイスやモータ等構成要素に関する基本的な技術情報の提供については，今年度までで，その役割を終えたと考えている。そのため，今後は，各企業が個別に EV 市場へ参入する際に必要となる個別の技術情報や，実際に EV が普及した際に必要となる，関連グッズ市場の情報の提供を考えていく必要がある。それらのためには，参入意欲のある個別企業の具体的ニーズ調査がさらに必要であると考えている。

（2）県内企業が EV 関連市場へ参入していくには，まず，EV に関する情報を積極的に取得することが重要である。電動化，軽量化，低価格化，安全性等，大きな流れはあるが，ものづくりを行うにあたっての細かな情報は，自分の手で探す必要があり，また，それらの情報から，今後の方向については，自分で考え，判断していくことが重要である。自社技術にさらに磨きを掛けながら，自分の手で得た EV 関連の情報との比較をして，どのように参入していけるのかについて，常に自分の頭で判断していくことが重要であると考えられる。

参考文献

1）肌附安明，“「クルマ依存」からの脱却”，日経 BP 社，2011 ，p83.

調査・報告

感性工学研究会報告

阿部　淑人[*]　畔上　正美[**]　五十嵐　晃[***]　中部　昇[****]　本多　章作[*]　橋詰　史則[*]　今泉　祥子[***]

Report of Market and Technology Trends of Kansei Engineered Products

ABE Yoshito[*], AZEGAMI Masami[**], IKARASHI Akira[***], NAKABE Noboru[****], HONDA Shosaku[*], HASHIZUME Fuminori[*] and IMAIZUMI Shoko[***]

1. 緒　　言

本研究会では製品の付加価値向上に関して，(i)機能性や信頼性あるいは価格などの産業価値以外の感性的価値をどのようにして向上すればよいか，(ii)目標とする感性価値を実現するためにどう設計し，(iii)どう製造すればよいか，という問題を設定し，調査の 2 年目として，技術啓蒙と現状調査および開発課題の発掘を行った。

性能・信頼性・価格による差別化が困難となってきた現在では意匠性，質感などの感性価値の向上が製品付加価値向上につながるひとつの突破口であると考えられる。しかし，デザイナーやユーザーが好ましいとする意匠や質感を提示することができたとしても，製造業者がそれを製品や部品として実体化することができなければ付加価値向上には繋がらない。従って，製造業者にとっては優れた意匠や質感をいかに製品や部品として作り上げるかが課題である。優れた意匠や質感の製品を迅速かつ的確に作り上げられる企業が他社に対して優位性を持てると考えている。

県内企業調査として，感性価値向上について現在の県内製造業での課題や取組みを探った。また技術啓蒙活動として，カラーマネージメントおよび官能検査・外観検査，質感シミュレーションに関する 3 回の技術講演会を実施し，延べ 85 名が参加した。

調査および事例研究の結果，意匠や質感などの感性価値を製品や部品に付与するために，製造業が取り組む価値のある技術として，開発工程における試作品削減につながる質感シミュレーション技術および質感計測技術があげられることが分かった。製造工程における品質向上につながる質感計測技術，質感制御技術と合わせて，本研究会では今後本格的に課題解決に取り組むこととしたい。最終製品メーカーの少ない新潟県産業の実態に鑑み，部品メーカー，加工メーカーへの対応策についても検討し，質感計測技術をもとにして品質管理や販売促進などに適用可能である見通しが得られた。来年度以降，小規模な事例研究から開始し，継続的に開発規模を拡大したいと考えている。

以降の章では，動向調査の結果と関連技術の概要について述べた後，全体をまとめる。

2. 調査結果

2.1 県内企業の動向・意向

県内企業へ赴いての意見聴取や技術講演会開催後のアンケートなどを行って取り組みや課題を調査した結果をまとめると次のことが明らかとなった。

(1) 最終製品メーカーなどでの最終出荷物の製品設計段階では，ユーザーやデザイナーが要求する外観・質感・高級感をどのような

*　下越技術支援センター
**　素材応用技術支援センター
***　研究開発センター
****　県央技術支援センター

材料や加工方法で実現するかという問題に対してコスト，納期など多くの制約がある。設計試作品やモックアップをできる限り排除してデジタルモックアップ（実物の試作品を制作せず画面上で行う試作）で確認ができれば多くのメリットがある。(i) 質感や光沢感などをどう定量評価するのかという点が未解決であることと，(ii) デジタルモックアップに必要十分な表現能力を現状の表示ソフトウェアがまだ持ち合わせていない場合があることや実用的な処理速度が得られない場合があること，などが技術的な課題である。

(2) 材料メーカーや表面処理メーカーでは，最終製品メーカーからのニーズを社有の技術・設備などのシーズでどの様に対応できるかという問題に対してコスト，納期など多くの制約がある。最終製品メーカーのデジタルモックアップ化に並行して，保有素材や保有処理技術の質感データをハンドリングできればマーケティング面でも品質管理面でも効果的である。質感や光沢感などをどう定量評価するかという点で技術開発が必要である。

(3) 質感製品の製造段階では，現状目視による抜き取り検査に頼っている例が多く，自動検査および全数検査を適用したいと多くは考えているが，十分なコストの投入が不可能だったり，主観性能の品質検査・品質管理に対する情報が不十分だったりする場合も多い。また，質感の計測自体が確立されているとは言いがたい。

(4) 質感の計測については，変角色彩計などの光沢感をともなう色彩の計測装置や，2 次元面色彩計測装置，画像鮮明度計測装置などが有効であると考えられる。製品表面のアピアランス性能評価のためには前記計測装置を当研究所で導入し課題解決の糸口をつかむ必要がある。

2.2　感性価値に関する国内の動向

経済産業省が平成 19 年にまとめた「感性価値創造イニシアティブ」[1] でも，性能，信頼性，価格に加えた第四の価値軸として「感性」を挙げている。ここでは感性を，理性や知性とは別に，感覚的にモノやサービスの好き嫌いを判断し，価値を見出し，内面的な充足感を得ようとすること，と解釈しており，以下の 3 要素が関連して構成しているとする。

(i)個性・センス　自己表現やコミュニケーションツールとして，他社との差別化，共有化を図ること。

(ii)五感・感覚　人の五感で感じる，心地よさ，分かり易さ。

(iii)コンテンツ・芸術・匠の技　文化を育むもの。知的好奇心を満たそうとすること。

以上の感性の定義を踏まえ，今までの単なるモノの充実を図る“ものづくり”が，心の充実に繋がる“もの語り”として，機能，信頼性，価格を超える「プラスα」の価値として生活者の感性に訴え，感動や共感を得ることにより顕在化する価値を「感性価値」と位置付ける。感性は多様で様々な定義があるが，感性価値は一つの経済価値として定義可能であると考えられる。感性価値を実現できれば，高機能，信頼性，低価格といった要素を超えた「プラスαの価値」を生活者に提供することになり，それに見合う対価を得て，同時に，ものやサービスに対する生活者の愛着や固定的な購買層を獲得することが出来る。

感性価値の経済価値としての規模を推計した調査資料[2] によると，(i)感性価値の潜在市場規模　(ii)現在の市場規模に占める感性価値の割合　の 2 通りで市場規模を推計したとある。対象とする製品・サービスを大きく 9 分野に分け，インタビュー調査，インターネットでの質問紙調査で調査した結果，(i)の推計では，現在の 9 分野での市場規模 53 兆 2,998 億円に対し，1.23 倍の市場拡大率で 65 兆 6,576 億円となり，12 兆 3,578 億円分増加する可能性があると考え

られるとある。また(ii)の推計は，製品・サービスの総合価値を，感性価値とその他の要素（非感性価値）に分けると，感性価値は総合価値のうち 42%を占め，この割合に現在の市場規模を乗じた 29 兆 6,837 億円が，現在の感性価値の市場規模であるとしている。

感性工学研究会の目指すところは，作り手である県内企業が，自分たちのつくるモノにいかにこだわりやスピリットを盛り込み，そしてそのモノを通して，使い手である生活者にいかに感動や共感を持って選び，使ってもらうかという，「プラス α の価値の実現，拡大」の支援を行うという点であるといえる。

今の時代は「モノの充実：ものづくり」から「ココロの充実：もの語り」を志向するべきであり，「もの」を介して作り手の感性（こだわりやスピリット）と使い手の感性（こだわりや興味）が共感し合うことにより生まれる感性価値の実現を目指すことを提案していきたい。

2.3　質感シミュレーションの技術の概要

企画段階に決定した造形や質感を設計段階で試作品として表現し，製造段階で量産品として生産するに当たっては各段階での指標が統一されている必要がある。その上で，デジタルモックアップ化が可能であれば，時間・資源・費用などの多くを削減することができる。

まず，製品開発のワークフローを考えると，工程間のコミュニケーション（意思伝達）に多くの課題があることが分かる。そのため迅速で正確な情報の共有手段として従来は設計図や仕様書の他にモックアップなどの試作品を用意することで齟齬の無いように務めていた。しかしながら嗜好が多様化する現在では極めて多数の試作品が必要となり負荷がかかるため CG 技術（コンピュータグラフィクス）や後述の AR 技術を活用することで，コンピュータディスプレイ内で仕上がりを確認することで効率化を図ろうという目論見がある。これをデザインビジュアライゼーションや質感シミュレーションと呼んでいる。

従来のレンダリングツール（3D 描画表示ソフトウェア）が，3D の CG や CAD ソフトで対象物の形状や質感，背景，照明や視点等の設定を行った後，静止画として最終高品質画像を一定の時間をかけて作成するものである一方で，「リアルタイムレンダリングツール」は形状作成等の段階からほぼ写真画質の質感を即時に表現できるものである。CPU（Central Processing Unit）や GPU（Graphics Processing Unit）の性能の向上に伴い膨大な量のデータを高速に処理できるようになってきたため実現した。これを活用する利点は(i)デザインの段階から質感や色彩を同時に検討できること，(ii)決定時のプレゼンで自由な視点からの観察や色展開を即時に確認できること，(iii)使用時の動作や点灯状態等を自由に行え，意思決定が迅速になること，である。また配色や動作確認が画面上でできるため，(iv)モックアップの作成が省けること，(v)製品カタログに掲載する画像も実物を撮影することなく作成できること，というメリットもある。最終高精細画像は静止画で時間をかけて作成するが，構成やアングル等は即時に確認できるわけである。自動車業界や家電業界などの大手企業では導入が進んでいる。

AR は，Augmented Reality の略で，拡張現実，強化現実と訳される。現実の環境（の一部）に付加情報としてバーチャルな物体を電子情報として合成提示することを特徴とする。この AR 技術を前段のリアルタイムレンダリングと併用すると，例えば開発中の製品が実際の使用場面に置かれた際の状況が質感や立体感を伴い，あたかも現実のように確認できるようになる。

3.　結　　言

感性工学研究会では初年度，特に色彩に関する計測方法およびデザイン方法に関する技術啓蒙を行い，企業課題の把握を行った。今年度は，質感を主体とした感性価値を対象課題として活動を行って来た。また，カラーマネージメント，

外観検査・品質管理，質感表現などに関する技術啓蒙を行った。本調査により，県内企業が抱える問題およびその解決を支援する立場の当研究所が抱える問題が幾つか明らかとなった。それらの課題と併せ，課題解決のために本研究会が今後どう活動してゆくか等について，以下に記す。

(1) 設計課題としては，外観要求をどう実現しその性能を評価するかという未解決問題についての支援としてリアルタイムレンダリング技術の普及啓蒙をおこなって実績を積み，一層の前進を目指して資金獲得しての課題解決に取り組む必要がある。またリアルタイムレンダリングの基礎データとしてのマテリアル質感データの取得技術を獲得するために計測機器の充実を図る必要がある。この質感データ取得技術は製造工程での品質マネジメントにおいても中核となる技術である。

(2) 製造課題としては，光沢感や質感など計測制御をどうするかという課題についての支援として現在総務省 SCOPE 事業で実施中の遠隔技能伝承支援技術のうちの光沢計測技術を完成，発展させて実用化をはかる必要がある。品質マネジメントでは質感の計測技術と同様に所定の質感を与える工程制御技術が重要であり，各製造企業がこれまでに蓄積した製造管理技術情報との融合が必要である。次のステップとしてはケーススタディとして企業と共同での質感情報と製造情報の統合を検討する。

(3) 来年度は，最終製品メーカーにおけるアピアランス実現に関するリアルタイムレンダリング技術の効果について実績を積み，より高い次元の課題解決に向けて，資金獲得にも取り組みたい。部品メーカー・表面処理メーカー・加工メーカーへの対応として，当該技術を活用できるようなマテリアルデータ生成技術（＝質感データ取得評価技術）の開発についても取り組みたい。当面は，これまでに習得したリアルタイムレンダリング技術を数社の開発工程改善に適用して質感データ取得に関する事例研究を行いながら次のステップを目指してゆく。

(4) 来年度にはまた，質感情報の取得と表現に関する事例研究を行う他，質感・光沢・色彩の計測技術等，CG，AR 等の画像表現技術等，品質機能展開（QFD）・TRIZ などの製品開発手法等についての技術調査や技術啓蒙を行う予定である。

参考文献

1）経済産業省，“感性価値創造イニシアティブ―第四の価値軸の提案―”，平成 19 年 5 月.

2）みずほ総合研究所，“感性価値の市場規模推計に関する調査研究”，平成 21 年 11 月.

調査・報告

多軸高速加工研究会報告

相田　収平*　石川　淳**　田村　信*　須藤　貴裕*　木嶋　祐太**

Activity Report of Collegium for High Speed and Multiaxis Milling Technology

AIDA Shuhei*，ISHIKAWA Atsushi**，TAMURA Makoto*，SUTOH Takahiro*and KIJIMA Yuta**

1. 緒　　言

県内の機械加工技術力は全国的にも高く，特に自動車産業向けの金型や部品加工の分野で優れた切削加工技術を有する企業が多い。しかし国内の自動車産業は海外生産の拡大や中国，インドといった新興国メーカーの台頭などによって今後の拡大が見込めない。このような状況の中で県内の金型業界，機械加工関連業界では，今後新たな伸びが期待できる分野への進出を模索しており，航空機産業やエネルギー関連産業に注目している。

これらの産業では高い信頼性・安全性・耐久性が求められる。この分野で使用される部品は信頼性を高めるために，素材からの機械加工による削り出しであること，さらに極力接合部を少なくする設計思想から複雑な形状が多い。このため，従来の 3 軸制御工作機械による加工では対応が困難となり，多軸制御の加工を必要とする。また使用される金属材料は，高耐食・耐熱性，高強度を達成するためにチタン合金や超耐熱合金などの難加工材料が多く使用されていることも特徴である。

当研究所では平成 21 年 1 月より，(財)にいがた産業創造機構の市場開拓技術構築事業「チタン合金等の革新的加工技術開発」を受託し，従来の切削加工技術に対して競争力を持つ固有技術を開発し，航空機・エネルギー関連産業をはじめとした新しい市場への参入を促進する手段となり得る研究開発を行っている。

*　研究開発センター
**　下越技術支援センター

多軸高速加工研究会は，上記の研究開発事業の一部として，県内の機械加工に関わる技術者を対象に，多軸加工や高速加工技術に関する知識や技術向上を目的としている。

初年度である昨年度は「5 軸加工入門」をメインテーマとして 5 軸加工に関する基礎知識や最新技術の習得を目的に定例研究会やワークショップを開催しており [1)]，今年度は 2 年目として，より充実した研究会を目指した。

表 1　多軸高速加工定例研究会

回	開催日	テーマ	参加人数
1	5/19（木）	多軸高速加工の実際 「実際の加工現場から見た5軸加工活用のポイント」 「高速ミーリングの実際」	77
2	6/1（火）	航空機産業における多軸高速加工 「最新の航空機エンジンとそれに求められる加工技術」	88
3	8/9（月）	海外における多軸加工事情 「欧州における多軸加工事情」 「アジアにおける最新切削加工技術事情」	43
4	9/16（木）	自動車産業における多軸高速加工 「英国航空ショーにみる欧米の航空機産業 ～技術と市場～」 「自動車生産における多軸高速加工」	49
5	10/14（木）	エネルギー産業におけるものづくり 「我が国エネルギー産業の現状と将来展望」 「日立製作所の電力事業における生産技術と今後の展開」	63
6	12/16（水）	最新事情・複合加工と切削工具 「難削材加工の最新事情」 「複合加工機の解説と最新加工提案」	60
7	2/10（木）	技術確立のヒント 「切削工具はこう使う」 「5軸の世界に飛び込んだ現状と今後」	46
8	2/22（火）	特別講演会 薄膜と加工 「～最近の切削加工とマイクロ塑性加工の研究から～」	38

2.　研究会活動

2.1　定例研究会

定例研究会は，工作機械および加工技術関連の有識者，ならびに当研究所職員が講師をつとめるセミナーである。

研究会開催の周知については，昨年度からの継続会員に電子メール等で案内するとともに，当研究所や(財)にいがた産業創造機構のホームページ等を利用して開催案内と会員への登録（会費無料）案内を掲載するなど，広く県内企業への周知につとめた。平成 23 年 3 月現在の会員数は 71 社，111 名となっている。

今年度は「5 軸加工活用」をメインテーマとして，5 軸加工に関する技術やそれを活用する市場動向など，最新技術や最新情報の習得を目的に，平成 22 年 5 月～平成 23 年 2 月にかけて 8 回の研究会（昨年度から通算 17 回）を開催した。各定例研究会の内容等を表 1，および図 1 ～3 に示す。昨年度と同様，各回とも熱心な会員の参加があり，今年度の参加人数は延べ 464 名となった。

2.2　大手企業による県内企業指導

「多軸高速加工研究会」は本県産業が進むべき産業分野や技術分野に関して技術情報の収集や技術講演会の開催，技術開発指針の策定とその具体化などを通じて，県内企業の新分野参入を促進することを目的としている。とりわけ航空機やエネルギー関連産業は，世界的にも市場の拡大が期待される有望な分野である。そこで，これらの事業分野において屈指の技術力と豊富な関連情報を有する企業の中で専門知識を持つ幹部社員から技術顧問に就任してもらい，技術講演や技術指導をいただくとともに，県内企業の技術力や企業情報も知っていただく目的で指導をお願いした。

本年度は，下記の 2 名の方が技術顧問に就任し，企業訪問と技術指導をいただいた。

1)　(株)ＩＨＩ　航空宇宙事業本部　技監
　高度専門技術者　落合　宏行　氏

2)　(株)日立製作所　電力システム社
　日立事業所 タービン製造部　事業所長付
（GT 設備増強プロジェクト推進センタ長）
　渡辺　忍　氏

図 1　講師の講演（第 3 回）

図 2　講演後の講師への質問（第 5 回）

図 3　加工サンプルの展示と講演（第 7 回）

(株)ＩＨＩは，航空機関連事業ではエンジンに特化しており，そのシェアは国内トップであるとともに，世界第 7 位のエンジンメーカーである。民間航空機エンジンではベストセラーである V2500 をはじめ新世代の高バイパス比ターボファンエンジンである GE90 や GEnx などにも参画している。落合氏は航空宇宙事業本部の技監として社内の生産技術全般に関わる他，新潟原動機(株)などのグループ企業の生産技術にも関与している。

また(株)日立製作所は，日本を代表する総合電機メーカーであり，とりわけ発電事業では，火力，水力，ガスタービンなど幅広く手掛けている。渡辺氏はタービン関係の生産技術，特にガスタービンの加工技術と生産設備に関するプロジェクトの責任者を務めている。

2名の技術顧問の方には，それぞれ6月と10月に前述の定例研究会で講演をいただいた。また，企業訪問・技術指導において，落合技術顧問からは特に(株)ＩＨＩがトヨタ生産方式を学んで導入・推進しており，5S 活動や U 字ライン工程などで実績を上げている IPS（IHI Production System）活動についての解説を含めて，生産管理の視点から指導をいただいた。訪問した企業の中には，技術顧問らが感心するほど IPS 活動と同等レベルの生産管理がなされているうえ，高い加工技術力も併せて持ち合わせている県内企業の存在も知っていただくなど，大手企業が持つ技術を習得すること，および県内企業の技術力 PR といった両面において大きな収穫があった。

3. 結　　言

（1）平成 22 年度の多軸高速加工定例研究会では，「5 軸加工活用」をメインテーマとして，5 軸加工に関する技術やそれを活用する市場動向など，最新技術や最新情報の習得を目的として研究会を運営し，8 回の定例研究会を行った。登録会員は 71 社，111 名，毎回多くの会員が参加し，今年度の参加人数は延べ 464 名となった。

（2）今後の市場拡大が期待できる有望分野である航空機やエネルギー関連産業企業の幹部社員を技術顧問として迎え，技術講演をいただくとともに県内企業の技術力向上を目的として指導をお願いした。その結果，大手企業が持つ技術の習得と県内企業の技術力 PR といった両面で大きな収穫があった。

参考文献

1）相田収平ほか，“多軸高速加工研究会報告”，工業技術研究報告書，No.39，2010，p138-140.

調査・報告

表面技術研究会報告

林　成実[*]　三浦　一真[*]　中川　昌幸[*]　永井　直人[**]　笠原　勝次[**]　天城　裕子[**]　岡田　英樹[**]

Activity Report of Collegium for Surface Treatment Technology

HAYASHI Narumi[*], MIURA Kazuma[*], NAKAGAWA Masayuki[*], NAGAI Naoto[**],
KASAHARA Katsuji[**], AMAKI Yuko[**]and OKADA Hideki[**]

1. 緒　　言

めっき，化成処理，研磨，洗浄，熱処理，塗装など様々な表面処理企業はもとより，金属，プラスチック，セラミック，天然素材製品から自動車や工作機械，電子デバイスなど，ありとあらゆる工業製品が表面処理工程を経て最終製品化されており，表面技術は「ものづくり」に関連する基盤技術となっている[1)]。

基盤技術である表面技術では，ニーズの多様化，環境問題，安全性など「ものづくり」を行う上で品質管理は必要不可欠である。産業グローバル化に伴う海外製品との性能・価格競争も激化しており，いかに品質の高い製品を安定して製造していくかが鍵となっている。

本研究会では，表面技術における市場や企業のニーズにマッチした「ものづくり」および「高品質化」を目的としている。活動内容は，セミナー開催，技術動向調査，県内外企業調査，研究テーマ提案である。セミナーについては，今年度は「工業技術総合研究所シーズおよび最新表面技術」をメインテーマとして，当研究所における表面技術に関するシーズ提供および最新表面技術動向提供を目的とし，当研究所シーズと企業ニーズとのマッチングおよび新たな研究テーマ案件調査を実施した。

2. 活動概要

2.1 セミナー活動

図１　セミナーの様子

県内の表面技術関連企業，分析依頼関連企業等に関わる技術者を対象として，当研究所における表面技術に関するシーズ提供および最新表面技術動向提供を目的とし，表面技術セミナーを以下のとおり 2 回開催した。参加人数は延べ 85 名にのぼり，講演内容の関心が高く好評であった（図 1）。

第 1 回　平成 22 年 7 月 9 日
［研究事例発表］
「窒素含有ニッケルフリーステンレス鋼の実用化研究」
工業技術総合研究所　三浦一真
高 Cr 系フェライト系ステンレス鋼を熱処理により窒素を吸収（固溶）させると，フェライト組織から SUS304 や 316 と同じオーステナイト組織に変化する。窒素吸収処理技術の概略・特徴を説明するとともに処理材の表面分析や耐食性について評価した結果を述べた。

*　　研究開発センター
**　　下越技術支援センター

「超音波キャビテーションを利用した表面への圧縮残留応力付与技術の開発」
工業技術総合研究所　中川昌幸
液中超音波振動で誘起されるキャビテーション気泡による表面ピーニング方法を紹介した。軽合金材料硬質皮膜まで様々な材料表面に適用できるピーニング法である。

［講演］
「ナノ粒子の複合めっきのしくみ」
長岡技術科学大学　松原　浩氏
最近ナノ粒子が徐々に一般的になってきている。複合めっきは金属薄膜作製法としては唯一とも言える金属−微粒子複合材料の作製手法だが，これまでのミクロンサイズの粒子の複合めっきとナノ粒子の複合めっきはどこが違うのか。将来のめっき技術にとって重要になると期待されるナノ粒子の複合めっきについて解説した。

第 2 回　平成 23 年 1 月 26 日
［研究事例発表］
「マグネシウム合金の表面処理技術および耐食性評価」
工業技術総合研究所　三浦一真
マグネシウム合金への表面処理技術について概略・特徴を説明するとともに処理材の表面分析や耐食性について評価した結果を述べた。

［講演］
「走査電子顕微鏡の利用法・実例報告」
日本電子(株)　蒲谷　彰氏
電子顕微鏡は，数 10 万倍での観察と元素分析ができ，研究開発から品質管理・故障解析で広く使われている。原理，微細構造観察について応用例を元に解説した。最新の断面試料作製法も紹介した。

2.2　市場動向調査

表面技術関連の展示会視察や最新の技術・研究セミナー，会議等に参加し情報収集を行った。また今年度の研究案件および来年度の競争的資金獲得に向けた各種学会や大学への調査も実施した。表面技術分野においては金属等の表面改質技術や評価技術に関連した研究や製品が注目されていた。特にナノテクノロジーを用いた材料や製品，分析機器に関した展示品やセミナーが多く，ナノパーティクル，ナノ表面技術，ナノインプリントによる超微細加工など，ナノオーダーの表面処理・表面技術・表面解析評価技術が製品の性能に大きく寄与していることが再認識された。また金属や無機・有機材料および製品の表面改質による機能性付与が重要視されていた。

2.3　県内企業調査

県内企業調査では，企業の現状及び課題におけるニーズならびに当研究所のシーズや技術への関心等を調査した。県内企業においては市場の動きと同様に材料や製品の表面改質による機能性付与のニーズが高かった。セミナー参加企業への調査を実施し，研究テーマ提案に繋がる情報を得た。

2.4　当研究所での取組み

研究会構築の課題と対応としては，表面技術分野は「ものづくり」の基盤技術であり，企業毎に独自のノウハウがある。そのため研究会として多企業共通の案件を提示することは難しいが，技術支援における分析評価技術という位置づけであれば研究会を構築することは可能と思われる。しかし，その中から研究テーマを提案することは難しいと考える。そこで研究テーマについては，今後も研究会の活動を通じて，個々の企業ニーズとマッチングした案件について対応していきたい。

研究テーマ提案については，昨年度研究テーマ提案した案件が 1 件，平成 22 年度競争的資金を獲得した。また学会論文が 1 件掲載された他，表面技術関連の特許を 1 件出願した。競争的資金等獲得する上では，論文発表や特許出願の実績は非常に重要視されるため今後も当研究所シーズを中心に実績を上げていく必要がある。

来年度の研究テーマ案件については，窒素含有ステンレスや超音波キャビテーションなど 5 件提案する。

3. 結　言

(1) 表面技術研究会では，表面技術における市場や企業のニーズにマッチした「ものづくり」および「高品質化」を目的として研究会を運営した。セミナーでは，今年度は「工業技術総合研究所シーズおよび最新表面技術」をメインテーマとして，当研究所における表面技術に関するシーズ提供および最新表面技術動向提供を目的とし，当研究所シーズと企業ニーズとのマッチングおよび新たな研究テーマ案件調査を実施した。セミナーは，2 回開催し，延べ参加人数は 85 名にのぼり，講演内容への関心が高く，好評であった。

(2) 市場調査では，表面技術分野において金属等各種材料および製品の表面改質による機能性付与が重要視されていた。また極表面・界面における分析評価技術に関連した研究情報や製品が注目されていた。特にナノオーダーの表面処理・表面技術・表面解析評価技術が製品の性能に大きく寄与していることが認識された。

(3) 県内企業調査では，市場の動きと同様に材料や製品の表面改質による機能性付与のニーズが高かった。

(4) 研究会構築の課題と対応としては，表面技術分野は「ものづくり」の基盤技術であり，企業毎に独自のノウハウがある。そのため研究会として多企業共通の案件を提示することは難しいが，技術支援における分析評価技術という位置づけであれば研究会を構築することは可能と思われる。しかし，その中から研究テーマを提案することは難しいと考える。そこで研究テーマについては，今後も研究会の活動を通じて，個々の企業ニーズとマッチングした案件について対応していきたい。

(5) 研究テーマ提案については，昨年度提案した案件が 1 件，競争的資金を獲得した。また学会論文が 1 件掲載された他，表面技術関連の特許を 1 件出願した。競争的資金等獲得する上では，論文発表や特許出願が重要視されるため，今後も当研究所シーズを中心に実績を上げていく必要がある。来年度は研究テーマを 5 件提案する。

(6) 表面技術研究会は企業ニーズとマッチングした研究テーマ案件を提案可能であることから，来年度においても引き続き研究会を継続する予定である。内容としては，「表面技術による機能性付与」をメインテーマとして運営していく予定である。

参考文献

1) 栗原泰弘，“表面処理技術の発展を期待して”，表面技術，61 巻，2 号，2010，p112-115.

素形材研究会報告

伊関　陽一郎[*]　宮口　孝司[*]　皆川　要[*]　矢内　悦郎[*]　土田　知宏[*]
佐藤　亨[*]　中部　昇[*]　三浦　一真[**]　桂澤　豊[***]　堀　祐爾[*]

Report of Collegium for Materials Process Technology

ISEKI Yoichiro[*], MIYAGUCHI Takashi[*], MINAGAWA Kaname[*], YANAI Etsurou[*],
TUCHIDA Tomohiro[*], SATO Toru[*], NAKABE Noboru[*], MIURA Kazuma[**],
KATSURAZAWA Yutaka[***]and HORI Yuuji[*]

1. 緒　　言

鍛造は，金属を成形すると同時に組織を緻密均一化する加工法であり，自動車や建設機械，産業機械から身の回りにある刃物まで多くの工業製品に適用されており，ものづくりに欠かせない基盤技術の一つとなっている。

古くから利用され基本的には成熟した技術ではあるものの，生産のグローバル化が進展する中でユーザーから鍛造業への品質・コスト に対する要求はますます厳しくなっている。こうした状況に対応していくために，技術や技能の向上に対する積極的な取り組みが必要とされている。

当県は県央地域を中心として鍛造加工を行う企業が多く，鍛造業の全国組織である(社)日本鍛造協会には県内 28 社が加盟しており，これは大阪府（29 社）に次ぐ規模で愛知県（26 社）よりも多い。この 3 府県で協会加盟社の半数を占めており，当県は全国でも有数の鍛造加工集積地といえる。

また，平成 21 年の工業統計では県内の鍛工品の出荷額は約 260 億円であり，出荷額 30 億円以上の製造品の上位に位置している。

このように鍛造は当県の製造業において重要な位置を占めているといえる。

今年度は軸足をこの鍛造技術に置き，昨年度までの熱処理研究会を素形材研究会に改めて，鍛造技術をキーワードとしたセミナーや技術支援，情報収集などの事業を行った。

2. 活動概要

2.1 技術セミナー

今年度はセミナー参加者へのアンケート結果を元にテーマを設定し，3 回のセミナーを開催した。加えて昨年度までのフォローとして熱処理に関するセミナーを 1 回開催した。

毎回 50 名程，延べ 200 名強の参加者があり，いずれの回も概ね好評であり，各回のアンケートで研究会やセミナーに関する意向調査等を行った。（図 1）

図 1　セミナー風景
（電卓をたたいての力学演習）

*　県央技術支援センター
**　研究開発センター
***　企画管理室

●鍛造技術セミナー

第1回　平成22年8月3日
「鍛造技術の現状と動向」
名古屋大学大学院　石川孝司氏

第2回　平成22年11月29日
「鍛造の力学の基礎と演習」
名古屋大学大学院　石川孝司氏

第3回　平成23年1月21日
「鍛造におけるシミュレーションの活用」
(株)ヤマナカゴーキン　金　秀英氏

●熱処理技術セミナー　平成22年12月16日
「失敗しない熱処理」
東部金属熱処理工業組合　鈴木健司氏

2.2　専門家による現地技術相談

鍛造技術の専門家と共に企業へ出向き，現場で技術的な課題について議論した。

今年度は3社を訪問，各社の課題に対しアドバイスを受けた。各社とも鍛造の欠陥発生の原因とその対策や品質管理の考え方などについて，様々な事例を経験している外部専門家からの意見をもらい大変参考になったようである。

2.3　県内外企業調査

鍛造業の国内最大の集積地であり，当県と似た製品構成を持つ近畿圏を中心に企業訪問し，経営上の技術戦略，海外との関わり状況などについて情報収集を行った。

他社の追随を許さないような大型製品への対応や徹底した合理化によって競争力を維持したり，顧客への積極的な提案のための開発推進などで生き残り策を模索する姿が窺えた。

また，セミナーでのアンケートや企業訪問によって，県内企業の抱える課題や模索している方向性などの情報収集を行った。

3.　課題とその対応，当研究所の取り組み

これらの活動を通して得られた意見・情報をもとに，地域の鍛造技術における課題とそれに対する今後の当研究所での取り組みについて検討した。

(1) 知識習得の機会設定

最新技術情報の収集や若手従業者育成の要望は強く，セミナーなど地元で気軽に参加できる勉強の場が求められている。

そのため，中央や地域の関連団体との連携による方法も含め，セミナー等各種情報・知識習得の機会の設定に務めることが必要。

(2) さらなる技術支援

将来を見据え耐熱合金やマグネシウムなど鉄系以外の材料の鍛造技術の開発あるいは医療，航空機といった新たな分野への展開を模索する動きが見られる。

これらに対し，共同研究や受託研究（ミニ共同研究）あるいは日常の相談業務等により，企業ニーズに即した技術開発・支援を行っていくことが求められる。

また，素形材技術の方向性を検討する上で参考となるような情報を収集し，セミナーや相談を通じて企業に提供していくことも必要。

4.　結　　言

昨年度に引き続き，参加者が共通の課題で議論しあうような集まりの組織化を最終的な目的として，次のような事業を行った。

(1) 鍛造技術および熱処理技術についてセミナーを計4回開催。毎回50名程，延べ200名強の参加者があり，内容的にも良好な評価を得た。

(2) 企業の現場で外部専門家から直にアドバイスを受ける技術相談を実施。各企業が抱える問題点について，個々具体的な議論を行った。

(3) 県内外の企業を訪問調査し，技術的課題や動向・方針などに関する情報を収集し，地域の鍛造技術の方向性等を考える上での参考とした。

(4) これらを踏まえ，当研究所としての取り組みを検討した。

天然素材活用研究会報告

浦井　和彦[*]　長谷川　雅人[*]　宮口　弘明[*]　小林　豊[*]　林　成実[**]　栁　和彦[***]　橋詰　史則[***]
皆川　要[****]　内山　雅彦[*****]

Activity Report of Collegium for Use of Natural Materials

URAI Kazuhiko[*], HASEGAWA Masato[*], MIYAGUCHI Hiroaki[*], KOBAYASHI Yutaka[*],
HAYASHI Narumi[**], YANAGI Kazuhiko[***], HASHIZUME Fuminori[***],
MINAGAWA Kaname[****]and UCHIYAMA Masahiko[*****]

1. 緒　　言

新潟県の木製家具工業は，かつて，婚礼家具などの箱物家具を中心とした全国有数の家具産地を形成していたが，海外製品との競合や生活様式の変化に伴う置き家具離れなどの理由から，厳しい状況に追い込まれている。

しかしながら，本県には，加茂の桐タンスや村上の堆朱，白根の仏壇に代表されるように，固有の伝統技術を有し，国内で高いシェア占めながら産地を形成している業種もある。また，他社には真似のできない高度な技術を有し，広くマスコミで紹介される企業もある。

このような状況の中で，産学官によるものづくり技術の連携を活性化させることで，企業の研究開発における企画力の強化を図り，付加価値の高い「売れるものづくり体質」への転換を進めることを目的とした「ものづくり技術連携活性化事業」の一環として，県内企業の特徴あるものづくり基盤技術をテーマとして，技術情報や市場情報の調査・収集活動，実験・実習・研究による技術の深耕，研究会による情報の交換，セミナーや講演会の開催など，産学官の交流の機会を設け技術連携の活性化を図ることを目的とした天然素材活用研究会の活動を昨年度より開始し，本年，2年目を迎えた。

本研究会は，天然素材である木材または木質系材料を利活用した本県木製品製造業を対象に，地域技術ブレークスルー分野の研究会として，セミナー，勉強会を中心に実施し，企業ニーズ把握，技術分野ごとの企業集約を図り，最終的に研究会の構築を目指し活動した。

*　　上越技術支援センター
**　　研究開発センター
***　下越技術支援センター
****　県央技術支援センター
*****　中越技術支援センター

2. 活動概要

本研究会活動として，3 回の天然素材活用研究会セミナーの開催と若手技術者の育成と研究会の構築を目指した 5 回の勉強会を開催した。また，最新技術動向を探るために，メンバーによる研究機関への訪問，企業への訪問や学会，展示会への参加などの調査を行った。

2.1　天然素材活用研究会セミナー

工業材料としての木材利用を図るための技術的な話題や最新技術の動向について，国内トップクラスの専門家を講師として招き，県内の支援センター3 カ所を会場に開催した。

セミナーには，県内外の企業から延べ 68 社 93 名の参加をいただき，好評を得た（図 1）。

第 1 回　平成 22 年 9 月 9 日
「植物で自動車を創る（バイオナノファイバーの拓く未来）」
京都大学生存圏研究所　矢野浩之氏

第 2 回　平成 22 年 10 月 18 日
「新潟県の杉について（越後杉の特性）」
新潟県森林研究所　小柳正彦氏

「木材の抽出成分の利用と現状」
秋田県立大学木材高度加工研究所　谷田貝光克氏
第 3 回　平成 22 年 11 月 11 日
「木材・木質材料の腐朽と虫害」
「木材・木質材料の保存と耐久性」
(株)ザイエンス　白石徹治氏

図 1　セミナー風景

2.2　勉強会

若手技術者の育成と若手技術者からなる研究会の構築を目的に，平成 22 年 11 月 15 日から 12 月 16 日の間，毎週木曜日の午後，5 回の勉強会を開催した。参加者は 5 社 5 名（表 1）。

勉強会では，海青社が出版している図書「木材科学講座 1，2，3」を参考図書として，木材の組織，物理に関する学科講義を行いながら，上越技術支援センターが保有する試験機器を用い，JIS Z 2101:2009 にもとづく木材の試験を実際に行った。この中で，受講者に最も強く関心を持たれた実験は，真空ポンプを用いた減圧法による木材へのアルコール注入実験である。

表 1　勉強会カリキュラム（〇講義、＊実験）

開催日	講義内容	講師・所属
11/18	〇木材利用概論	内山雅彦・中越技術支援センター
11/25	〇木材の構造と組織 ＊電子顕微鏡による木材組織観察	浦井和彦・上越技術支援センター
12/ 2	〇木材の物理的性質 ＊含水率測定	
12/ 9	〇木材の強度的性質 ＊曲げ強度試験	
12/16	〇木材の規格と改良木材 ＊アルコール注入実験	

2.3　調査活動

メンバーによる天然素材の利活用に関する最新技術動向の調査と企業訪問による企業ニーズ調査を行った。

2.3.1　最新技術動向調査

本研究会がターゲットとしている木材・木質材料の利活用に関する業界動向，技術動向，製品トレンド情報を把握するために，各業界団体が主催する学会や講習会，展示会へ参加した（表 2）。

表 2　最新技術動向調査先

調査日	展示会名称・調査先
6/2	インテリアライフスタイル展
9/29- 10/1	第 4 回　木質科学分科会
10/12	森林総合研究所オープンラボ
11/26	IFFT　ライフスタイルリビング展
12/10	エコプロダクツ 2010
12/15	(独)森林総合研究所
2/15	周面支持力丸太技術講習会
3/10	2011 建築・建材展
3/18- 20	第 61 回　日本木材学会

2.3.2　企業ニーズ調査

昨年度の研究会活動で課題となっていた「天然素材の利活用に関する研究会の構築」に向けた，県内企業の技術ニーズを把握するために，メンバーによる企業訪問調査を実施した。また，セミナー開催時に企業との意見交換を行い，情報収集に努めた。

調査では，研究会の構築に向けた仕掛けとして，「当研究所が保有する木質系材料の製造技術」の話や「これら材料を利用した製品開発」の話を話題として提供し，企業の反応を伺った。また，工業材料としての木材利用を図る上で，話題となっている「バイオマスナノファイバー」や「木質ペレット」など，最新情報を提供した。

2.4　総研が保有する木質系材料の製造技術

当研究所が保有する木質系材料の主な製造技

術として，圧縮木材の製造技術，これに関するノウハウと木材への薬剤注入による改質木材の製造技術がある。

これらの技術の中でも，無垢の木材にアクリル樹脂を注入し，木材の耐久性や硬さ，品質をを向上させた WPC（木材プラスチック複合材：wood-polymer composite）製造技術が，(有)貫木産業に技術移転され，同社が製造した WPC が，バンクーバー冬季オリンピックの全日本リュージュチームのリュージュ材料として使われ話題となり， 魚沼市が同社の技術を新潟県技術賞に推薦し， 同社が平成 22 年度新潟県技術賞を受賞した。

2.5 創造的研究推進費事業への提案

ニーズ調査結果に基づく研究として， 平成 22 年度創造的研究推進費事業へ，WPC の量産化の可能性を探るための研究「木材の新たな利用分野を開拓するためのプレス加工技術の開発」を提案し，採択された。

2.6 研究会構築の可能性

昨年度，技術セミナーや企業訪問を通し，研究会の構築の可能性について，聞き取り調査を行った結果，30%の方が，「興味がある。」と答えたのに対して，今年度の第 1 回セミナー時のアンケート調査では，これを上回る 74%の方が，「興味がある。」と答えた。

この結果を受け，研究会構築を目的とした勉強会を立ち上げ実施したところ，受講者の方から，来年度以降の継続開催を強く要望されたことから，研究会構築の可能性は非常に高いことがわかった。

2.7 研究会構築の課題

若手技術者が興味を示す技術分野は，個々により異なる。また，企業の技術ニーズも，個々の企業により異なることから， 研究会構築を目指した仕掛けとして，若手技術者を対象とした勉強会を立ち上げた。

この勉強会で，複数の受講者が関心を示した技術が「木材改質」である。木材改質は， 木材が持つ欠点を改良するために，木材中にプラスチック樹脂や薬剤を注入する技術である。

研究会のメンバーが，関心を示す技術をテーマとした勉強会を，いかに研究会へ発展させるのかが，研究会発足の課題である。

3. 結　　言

(1) 平成 22 年度の天然素材活用研究会活動として，延べ 3 回の天然素材活用研究会セミナーを開催し，県内外の企業から延べ 68 社 93 名の参加をいただき，好評を得た。

(2) 第 1 回セミナーには，木製品製造業の他，金属加工業，プラスチック加工メーカー，金型メーカー，製紙製造メーカー，食品メーカーと多岐にわたる製造業の方が集まり，「低炭素社会実現」に向けた新材料ナノファイバーへの関心の高さがわかった。

(3) 若手技術者の育成と若手技術者による企業間の交流を促し，当研究所が保有する技術を用いた製品の開発に資する研究会の構築を目的とした勉強会を開催し，上越・糸魚川・魚沼地域の企業 5 社から 5 名の方が参加した。

(4) 企業訪問による調査活動から，企業ニーズに基づく研究開発案件として，研究テーマ名「木材の新たな利用分野を開拓するためのプレス加工技術の開発」で，平成 22 年度創造的研究推進費事業に提案し採択された。

(5) 来年度の研究会活動として，研究会の構築を考えた勉強会・セミナーを開催しながら，今年度，創造的研究推進費事業に採択された「木材の新たな利用分野を開拓するためのプレス加工技術の開発」などのように，積極的に，研究開発テーマの提案・発掘を行いたい。

高信頼制御技術研究会報告

長谷川　直樹*　菅家　章*　斎藤　博**　小林　豊***

Report of Market and Technology Trends of Reliable Electronic Control

HASEGAWA Naoki*, KANKE Akira*, SAITO Hiroshi**and KOBAYASHI Yutaka***

1. 緒　　言

医療・福祉・自動車・産業機械など，多くの産業分野における製品には，年々進む高機能化への対応と共に，高い信頼性が要求される。半導体技術の進展で，大規模集積回路，センサなどの電子部品が小型化，低価格化する一方で，その機能は複雑化し，使いこなすには高度で幅の広い知識が必要となっている。また，製品の高機能，高信頼を実現するため，組み込まれるソフトウェアは年々大規模化する傾向にある。大規模化が原因で，システムの停止など，社会生活に与える影響が大きい事故の発生がみられ，限られた期間でいかに信頼性の高いソフトウェアを開発するかが大きな課題になっている。製品の高信頼化を実現し，質の高い製品開発を行うには，組み込まれる電子制御技術および開発手法の高度化が不可欠である。

制御技術を必要とする産業は，携帯端末，家電，自動車，医療福祉機器，産業用機械，作業工具など多岐にわたる。自社生産設備，制御盤開発，電子回路設計，ソフトウェア受託開発で関連業務に従事する県内の企業も多い。この中には，組織的な開発体制を持つ企業もあるが，比較的小規模で，開発者個人に依存する体制を取っている企業が多くみられる。

産業の空洞化が進む中，雇用維持のためには高度な製品開発設計能力を発揮する体制作りが不可欠である。そこで，社会における寄与度の大きい制御技術に着目し，高信頼というキーワードの下で，県内企業が今後何をすべきかを調査・議論するため，今年度本研究会を立ち上げた。

研究会では，県内関連企業を対象に最新動向を提供するセミナーを開催すると共に，各社の現状とニーズや市場動向を調査した。また，技術者意見交換会を開催し，制御技術の現状と改善の方向性について議論した。今後，課題解決手法を共有するため，技術者間の人的交流ネットワークを構築し，企業間連携の基礎を固める。

2. セミナーの開催

制御技術の最新動向を学ぶことで，参加者が高信頼制御の必要性を再認識し，開発体制強化ができるよう，4回のセミナーを開催した。

表1に各回のセミナーの概要を示す。内容は，主にソフトウェア開発の高信頼化に念頭を置き，信頼性・安全性の考え方からコントローラ，設計手法などの周辺技術を含めた一連の流れとした。参加者からセミナーの感想や研究会に対する要望を調査した。

研究会活動に対する要望のアンケート結果を表2に示す。プログラマブルコントローラ（以下 PLC と略す）やマイコンのプログラミング，組込み OS，組込みソフトウェアに関する議論を希望している意見が多かった。また，技術者間の交流の場が欲しい，研究会セミナーを継続して欲しいとの意見が多かった。

*　中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

表 1　セミナーの概要

回	開催日	演題および講師	参加者
1	7/22	『信頼性とは～機能安全の考え方～』 長岡技術科学大学　平尾裕司氏 (1) 機能安全の基本概念 (2) 機能安全におけるソフトウェアの役割と評価	37名
2	9/7	『制御用コントローラ最前線』 (1) 安全シーケンサの機能と使い方 三菱電機（株）　神余浩夫氏 (2) 最新マイコンと開発環境 （株）ルネサスソリューションズ　鹿取祐二氏 (3) PLCとマイコンの使い分け事例 （株）ジェイシーエム　八幡秀雄氏	43名
3	10/15	『組込みOSとソフトウェアの信頼性』 (1) 高信頼・安全リアルタイムOSの動向とマルチプロセッサ対応リアルタイムOSの検証技術 名古屋大学　本田晋也氏 (2) 安全や信頼が求められる組込みソフトの設計指針 組込みソフトウェア管理者・技術者育成研究会 酒井由夫氏	34名
4	11/17	『最新制御設計手法による信頼性確保』 (1) 制御設計シミュレーションの実例 日本ナショナルインスツルメンツ（株）　酒巻功氏 (2) モデルベースデザインと制御設計での実例 The Mathworks GK　三田宇洋氏 (3) 日本精機のモデルベース開発への取り組み 日本精機（株）　廣井竜一氏、三輪俊成氏	36名

表 2　研究会に対する要望

要望事項		人数	母数
相談、議論の場が欲しい		33	124
内容	PLC、マイコン(プログラミングを含む)について	11	
	組込みOS、組込みソフトウェア開発の信頼性について	9	
	機能安全について	3	
	制御設計シミュレーションについて	2	
	他の特定の話題について	8	
技術者間の交流の場が欲しい		17	124
研究会(セミナー)を継続して欲しい		23	30

3.　調査活動

3.1　最新技術動向，市場動向

制御関連技術の最新技術動向や具体的開発手法の情報収集を目的に，合計 9 箇所の展示会，技術セミナーなどに参加した。製品開発初期におけるシミュレーション技術の活用が注目され，信頼性の事前検証と開発期間短縮に向けた取り組みがみられる。同技術はソフトウェアの開発設計にも適用され，中でも自動車業界では，制御システムを数式モデルで表すモデルベース開発が主流になりつつあることがわかった。

3.2　県内企業調査

県内の制御技術の現状と課題の把握を目的として，合計 17 社を調査した。企業によって対象業種，開発規模・環境・体制などの要因が異なるため，課題とニーズは様々であるが，ソフトウェアの開発規模が増大する一方，短納期開発に対応しなければならず，その上で信頼性向上の具体的手法を検討していることが，各社共通の課題であった。

4.　技術者意見交換会の開催

アンケート結果や企業訪問のヒアリング情報を踏まえ，各社の制御技術に関する課題と今後の改善の方向性を議論する内容の技術者意見交換会を開催した（図 1）。概要は以下のとおり。

・期日　平成 22 年 12 月 15 日（水）
・参加者　10 社 17 名
・内容
(1) 高信頼制御技術研究会活動報告
工業技術総合研究所　長谷川直樹
(2) 事例報告『ソフトウェアの部品化による生産性と品質の向上』
新潟通信機(株)　佐藤直行氏
(3) 参加者自己紹介（担当業務，参加理由など）
(4) 意見交換
PLC プログラミングの現状と今後
組込みソフトウェア設計開発の現状と今後
今後の研究会活動について
・結果

対象業種により開発手法は異なるが，ソフトウェアの管理技術・設計技術，国際規格対応などについて，具体的な事例，対応方法の情報獲得が共通のニーズであることがわかった。また，

図 1　意見交換会の様子

これらのテーマについて，今後もセミナーや勉強会を継続して欲しいとの要望があった。

5. 課題とその対応

調査の結果，以下の課題が明らかとなった。

（1）機能安全への対応

機能安全規格 IEC 61508 は，ISO 9000 シリーズ，ISO 14000 シリーズと同様に，各種産業分野で横断的に適用可能な制御システムの安全に関する国際規格である。この規格をもとに個別分野の規格が制定され，欧州を中心に運用されている。まだ適用業界と地域は限られているが，今後，客先から規格準拠を求められれば，メーカは膨大な説明資料を提出しなければならない可能性がある。県内では，自動車関連業界の一部で運用に着手している段階であるが，関連企業では，具体的な進め方について予備知識を習得しておく必要がある。

（2）ソフトウェアの管理・運用

製品に組み込まれるソフトウェアは年々大規模化する傾向にある。これまでのソフトウェア資産に，新機種開発に伴う機能を繰り返し上乗せした結果，大規模化したという経緯もある。従来，PLC や小規模なマイコンのソフトウェア開発は，一人の担当者へ委ねられることが多かった。大規模化しても，依然として属人的な管理・運用が行われている企業がみられる。このような開発体制では，生産効率はもちろん，ソフトウェアの信頼性に対しても問題があると多くの企業が認識している。大規模化したソフトウェアの信頼性を確保するには，ソフトウェア工学的な構成管理，資産管理が必須である。

プログラムの構造化と資産化や，類似機種対応ソフトウェアのバージョン管理などについて，具体的な手法やツールを用いた運用ノウハウの情報取得が必要である。

（3）シミュレーション技術活用による信頼性事前検証・開発期間短縮

自動車業界では，モデルベース開発が主流になりつつあり，県内でも取り組み始めている企業がある。同技術の導入効果について多くの報告事例があり，組織的な開発体制の確保とツールの導入・維持管理費用負担が課題として報告されている。また，制御対象が複雑な場合，正確な制御モデルの構築が難しく，使いこなすには，技術者のモデリング能力と制御理論の知識習得が不可欠である。

上記の課題は，いずれも中小企業にとってハードルの高い技術であるが，今後様々な業界で標準手法として普及が進む可能性がある。高信頼制御の実現のためには，最新技術の動向に留意するばかりでなく，基本知識を習得しておく必要がある。また，個別企業ごとに様々な課題が存在するため，企業には技術力向上に向けた自助努力が必要であるが，課題解決策の共有ができれば業界全体のレベルアップにつながる。

（4）当研究所の対応

当研究所としては，今後もセミナーやテーマを絞った勉強会を継続し，会員企業と議論を進める中で，開発プロセスの改善・高度化，成功事例のノウハウ吸収など上記課題について問題解決を図り，高信頼制御の実現支援を行っていく。この活動を通じ，共通のニーズを持つ技術者間の人的交流ネットワークを構築し，将来の企業間連携を推進していきたい。また，当研究所職員は，それぞれの専門分野を活かしながら関連技術の習得に努め，個別企業のニーズに即した支援を行う体制を整備していく必要がある。

6. 結　　言

（1）高信頼制御に関するセミナーを開催した。延べ 150 人の参加があり，関連知識習得に意欲的な参加者が多く，好評であった。

（2）技術者意見交換会を開催した。技術者間交流ネットワークの足がかりがつかめた。

（3）研究会活動を通じ，県内企業の現状とニーズを調査し，今後の課題を明らかにした。

EMC 技術研究会報告

須田　孝義*　阿部　淑人*　本多　章作*　橋詰　史則*　石井　啓貴*　木嶋　祐太*

Report of Collegium for Electromagnetic Compatibility Technology

SUDA Takayoshi*，ABE Yoshito*，HONDA Shousaku*，HASHIZUME Fuminori*，
ISHII Hirotaka*and KIJIMA Yuuta*

1.　緒　　言

これからの情報技術社会ではあらゆる電気電子製品が無線通信機能を持つと考えられ，「安心，安全」な電磁環境の確保が重要な課題になる。今やあらゆる環境に存在する電磁波が原因で電気電子製品に電磁波障害が発生すれば，場合によっては消費者が損害を被る可能性がある。従って，製品開発において電磁波ノイズ（EMI）の抑制および電磁波ノイズによる製品の誤動作（EMS, Immunity）を防止するためのEMC 技術は，ますます重要度を増している。

これまで当研究所では，企業が製品開発する上で発生する様々な EMC 問題の解決を支援してきたが，さらなる支援体制充実のために平成21～22 年度に電波暗室新設をはじめとしたEMC 試験設備を拡充した。

そこで設備拡充の周知と併せて，EMC の基礎技術を啓蒙し普及させる目的で「EMC 技術研究会」を立ち上げ，技術セミナーと技術講習会開催，技術調査などの活動を展開した。

2.　事業内容

2.1　目的

（1）EMC 基礎技術の啓蒙普及

技術セミナー開催により，EMC 基礎技術である国内外の EMC 規制動向と，規制適合確認に係わる試験技術の啓蒙普及を行う。

（2）EMC 試験設備の利用促進

試験技術講習会により，当研究所の EMC 試験設備を周知し試験技術を普及させ，利用を促進する。

（3）EMC 技術課題の抽出

技術セミナーや試験技術講習会を通じて，企業が抱える EMC 技術課題を抽出する。

2.2　研究会体制

研究会は広範囲な EMC 技術を扱うものであり，短期間では成果を上げることが難しいため継続的に活動する会員制として参加者を募集したところ，31 社から 75 名の申込みがあった。会員企業の業種は電気電子製造業と機械装置製造業，地域は中越下越地区を中心に上越からも参加者があった。

3.　研究会活動

全 4 回の研究会において EMC 技術セミナーおよび試験技術講習会を開催した。

表 1　研究会開催概要

回	開催日 参加者	内　容
1	10 月 26,28 日 67 名	EMC 技術セミナー･その 1 電波暗室新設と EMC 設備概説 Immunity 試験技術講習会･その 1
2	11 月 29,30 日 57 名	EMC 技術セミナー･その 2 EMC 関連設備機器の校正 Immunity 試験技術講習会･その 2
3	12 月 21,22 日 68 名	EMC 技術セミナー･その 3 EMI 測定技術講習会
4	3 月 8 日 51 名	EMC／高周波測定技術見学 新設電波暗室の説明 新設電波暗室の見学

* 下越技術支援センター

図 1　技術セミナーの様子

図 2　新設電波暗室見学の様子

研究会開催概要を表 1 に示す。研究会の技術セミナーおよび試験技術講習会の講師は当研究所の職員が担当した。図 1 に技術セミナー会場の様子を，図 2 に新設電波暗室の見学の様子を示す。

研究会後のアンケート調査によると，開催日時，所要時間，難易度や量について，ほとんどの会員から適切であると評価された。また，継続開催を望む声が複数あった。

4.　調査活動

会員へ最新の EMC 技術動向を展開するために技術展，公設試の状況およびシンポジウムについて調査した概要を示す。

（1）EMC 規制動向

国際的規制 IEC/CISPR（国際無線障害特別委員会）では適用周波数の拡張，規制範囲やレベルの厳格化が進んでいる。また世界主要国においては市場検査による規制監視を強化する方向で規制整備が進んでいる。

（2）EMC 試験技術動向

周波数範囲拡張，試験適用範囲拡大，新しい製品群規格の整備に伴い試験技術も変更されている。

（3）シミュレーション技術

EMC 技術を考慮した製品設計のために，電磁界現象を解析するシミュレータがいくつか開発されている。以前に比べて機能は向上しているものの，まだ現段階では複雑な電磁界現象の実用的な解析に供するには難しいと考える。

（4）試験設備業界の対応

前述した規制や試験技術動向に合わせて各社から周波数範囲や適用範囲拡大に対応する試験機器が市販されており，最新規格に基づく試験実施が可能なレベルにある。

（5）当研究所の現状

最新の規格動向に対応すべく備品整備を行い，平成 21 年度にパワーアンプシステムとイミュニティ試験システム（静電気，ファーストトランジェントバースト，雷サージ）の更新および平成 22 年度には電波暗室を設置している。

5.　EMC 技術課題

研究会活動を通して抽出した EMC 技術課題を整理する。

5.1　企業が抱える EMC 技術課題

（1）開発製品毎の EMC 問題

開発製品毎に個別の EMC 問題が発生しており，原因の推定から具体的な対策までの総合的 EMC 技術力不足のために問題解決に苦慮している様子がうかがえる。

EMC 技術は複雑な高周波分野においても特に多くの要素が絡む事象を扱うものであり，理論的な対策手法が確立できない分野である。研究会で実施したアンケート調査では対策事例紹介についての希望が多く寄せられているが，対策事例は個々の製品のみに対応するものであり，結果的に他製品の開発に効果的に応用できることは少ない。

（2）法規制や規格への対応

製品に適用すべき規格（技術基準）は世界各国でほぼ IEC/CISPR の勧告に整合しているが，法規制の適用手続きは仕向け先によって異なり，自己認証を基本とする日本，北米，オセアニアや EU に対して，製品型式認証を必要とする中国や韓国などがある。同一製品を複数仕向けにする場合には煩雑な手続きが必要になり負担になる。法規制や規格は頻繁に変更されることが多く，輸出入を手掛ける県内企業は情報不足から対応に苦慮する場合がある。

（3）試験技術

技術基準に基づく製品の EMC 試験は項目が多岐にわたり必要な試験設備も複数あることから，一連の EMC 試験技術を習得するには相当な労力を要する。製品開発を手掛ける企業にとっては，本来の開発業務を圧迫することにもなる。企業が当研究所の EMC 試験機器を用い製品試験を実施する際には，試験技術を指導するが時間的な制約から不十分な場合もある。

5.2 EMC 技術研究会への要望

（1）技術セミナー開催

本研究会で開催した，法規制や規格対応ならびに試験技術をテーマとした基礎技術セミナー継続開催の要望が強い。また，対策技術や対策事例を紹介するセミナー，さらにはより高度な試験技術をテーマとした応用編のセミナー開催の希望もある。

（2）試験技術指導

本研究会で EMC 技術セミナーと併せて試験技術講習会を実施したが，限られた時間で広い技術範囲を対象にしたものであったため，理解度が低いという意見が寄せられた。継続した講習会開催の要望が複数寄せられた。

6. 当研究所の対応

前述の課題に対して，当研究所の対応を検討した。

（1）EMC 技術課題に対して

5.1 項で挙げられた課題である，開発製品毎の EMC 問題，法規制や規格への対応および試験技術について，個々の課題は企業毎の個別製品の事象がほとんどであり，本研究会の会員企業の共通事項として採り上げるべき研究開発要素には乏しい。

しかしながら，企業が製品開発を推進する上で EMC 技術課題は避けられない問題であることから，当研究所においては個々の案件に対し要望のレベルに応じて，技術相談，ミニ共同研究，依頼試験や機器貸付の技術支援制度を活用し，課題解決に協力すべきである。

（2）本研究会への要望に対して

研究会活動における技術セミナーや試験技術講習会に対する評価が高く，規格や法規制適合方法から試験技術までの総合的理解が深まったとの声が多数である。今後も開催してほしいとの要望が複数あることから，セミナーや講習会を継続すべきである。

7. 結　　言

（1）本研究会活動で所期の目標である「EMC 基礎技術の普及啓蒙」と「当研究所の EMC 試験設備の利用促進」については会員の反応が良好であり，概ね達成できた。もうひとつの目標である「EMC 技術に係る技術課題の抽出」について，研究会を通して大筋が明らかになった。当研究所においては技術支援業務を適宜活用することで，企業の課題解決に協力する。

（2）技術セミナーや試験技術講習会の開催に対する要望が強いことから，来年度以降は技術支援業務の一環として，技術セミナー（基礎編および応用編）や試験技術講習会の継続を検討する。

調査・報告

ナノテク機器利用技術講習会報告

斉藤　博*　山田　敏浩*　平石　誠*　樋口　智*

Practice on Device Production with Nanotechnology Equipments

SAITO Hiroshi*, YAMADA Toshihiro*, HIRAISHI Makoto* and HIGUCHI Satoru*

1. 緒　　言

電子機器，光通信，医療機器の小型化に伴い，微細形状を付与した高機能部品や超精密加工部品の利用拡大が進んでいる。これらに対応しうる技術に，ナノテクノロジー（物質をナノメートル[1nm=10^{-9}m]領域で自在に制御する技術）があり，国の重点支援技術領域に指定されるなど製品の高付加価値化を実現する技術として期待されている。しかしながら，本県の主要な製造業である一般機械，精密機械等既存企業の取組みは，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，進んでいないのが現状である。そこで，既存産業へのナノテクノロジー技術の導入，普及を図るため，NICOナノテク研究センター機器を利用した技術講習会を実施した。

なお，本技術講習会は(財)にいがた産業創造機構(NICO)の平成 22 年度産業基盤形成支援事業の一部である。

2. 講習会の概要

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技術講習会を実施した。実習テーマとして次の2 つを設けた。

a）超精密加工機を使用した精密レンズ金型(図1)の試作・評価（以下超精密研修と略す）

b）MEMS 装置を使用した荷重センサー等のセンサー部品(図2)の試作・評価（以下MEMS 研修と略す）

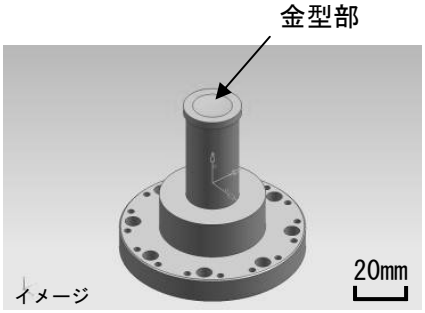


図 1　精密レンズ金型

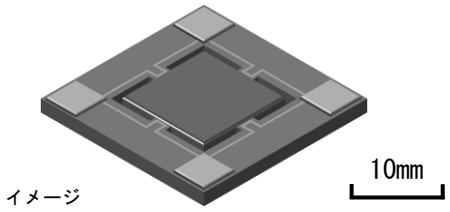


図 2　荷重センサー

2.1　超精密研修

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等で不可欠というべき技術となっている。本講習会では，作成したテキストおよび副読本[1)] に基づき超精密加工に関する講義を行い，その後，超精密加工機を使用した精密レンズ金型の試作および加工品の非接触三次元測定機による評価技術について実習した。図3に超精密加工機，図4に非接触三次元測定機の外観を示す。

超精密加工機はファナック（株）のROBONANO α-0iAを使用した。静圧空気軸受けを搭載する5軸加工機で，直線軸（X,Y,Z）

* 研究開発センター

の分解能は1nm，回転軸（B,C）の分解能は1/100,000度である。

非接触三次元測定機は三鷹光器(株)のNH-3SPを使用した。オートフォーカス機構（分解能1nm）を搭載した非接触三次元測定機である。

2.2 MEMS研修

MEMS 加工技術は，電子線等を用いて数十nm～数μm サイズのパターンを描画・現像し，エッチング，成膜，レジスト除去を繰り返し，シリコンなどの表面に極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てMEMS加工に関する講演（「MEMS加工技術の基礎知識」新潟大学工学部　安部 隆 氏）の後，荷重センサーを題材としてスパッター成膜装置やドライエッチング装置を使用して試作・評価技術について実習した。図5にスパッター成膜装置，図6にドライエッチング装置の外観を示す。

図 3　超精密ナノ加工機

図 4　非接触
三次元測定機

図 5　スパッター
成膜装置

図 6　ドライ
エッチング装置

3.　講習会の実施方法

3.1　実施概要

講習会の概要を以下に示す。

《超精密研修》

実施日時：

平成 22 年 9 月 14 日，15 日もしくは 16 日

実施会場：NICO ナノテク研究センター

参加者数：8 名（募集定員）

《MEMS 研修》

実施日時：

平成 21 年 10 月 5 日，6 日もしくは 7 日

実施会場：NICO ナノテク研究センター

参加者数：6 名（募集定員）

3.2　タイムテーブル

各研修のタイムテーブルを図 7，図 8 に示す。

＜1 日目＞

10:00　～講義～
　　超精密加工の基礎
12:00
13:00　～実習～
　　・シャトルユニット説明
　　・ユニット交換作業
17:00　・旋削ユニット説明

＜2 日目＞

10:00　～実習～
　　・旋削ユニット調整
　　・工具取り付け
12:00
13:00　～実習～
　　・平面加工
　　・精密レンズ金型加工
17:00　・測定・評価

図 7　超精密研修

＜1 日目＞

10:00 ～講演～
「MEMS 加工技術の基礎知識」
新潟大学工学部　安部 隆 氏
12:00
13:00 ～実習～
・レジスト塗布
・露光，現像，電極スパッター
17:00 ・リフトオフ

＜2 日目＞

10:00 ～実習～
・レジスト塗布
・露光，現像，電極スパッター
12:00 ・酸化膜除去
13:00 ～実習～
・SiO_2成膜，ドライエッチング
・ダイシング
17:00 ・測定・評価

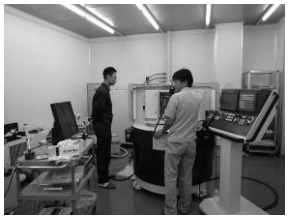
図 8　MEMS 研修

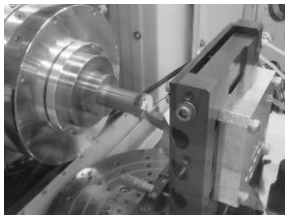
4.　研修風景

研修風景を以下に示す。

【座　学】

【ユニット調整】


【加　工】


【加工時の様子】

＜超精密研修時の様子＞

【座　学】

【アライメント・露光】

【パターンの確認】

【ドライエッチング】

＜MEMS 研修時の様子＞

5.　結　　言

(1) 講習会終了後，受講者を対象にアンケート調査を行った。
概略としては，流れや工程が分かりやすく，ナノテクノロジーを身近に感じることができた等，肯定的な意見があった一方で，研修日数や研修回数を増やして欲しい，もっと PR するべきなどの指摘・要望も寄せられた。

(2) 超精密加工や MEMS 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対応が難しい面もあるが，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，講習内容の改善を進めていきたい。

参考文献

1) 竹内芳美，“超精密マイクロ切削加工”，日刊工業新聞社，2008.

調査・報告

上信越公設研ネット環境対応技術分野交流会報告

明歩谷　英樹*　大野　宏*

Report of Technology Exchange Meeting on Environmental Issues of Jo-Shin-Etsu Prefectures

MYOBUDANI Hideki* and OHNO Hiroshi*

1. 緒　　言

上信越公設研ネットは，上信越地域（群馬県，長野県，新潟県）の公設試験研究機関（以下公設研と略す）の県域を越えた相互協力および公設研と(独)産業技術総合研究所（以下産総研と略す）などの一層の連携を強化しながら，各々の技術力向上および支援内容の充実・強化を図り，上信越地域中小企業の技術力強化などに貢献することによって，地域経済の活性化に質することを目的としている。上信越公設研ネットの構成概念図を図 1 に示す。この上信越公設研ネットには機関長や企画担当者などのクラス別交流会と分野交流会の組織を置き活動を行っている。

今年度は，分野別交流会として「環境対応技術分野交流会」，「CAE 技術交流会」の 2 つの交流会を実施した。本報では，「環境対応技術分野交流会」の活動内容について報告する。

2. 環境対応技術分野交流会の概要

上信越県域の中小製造業に対して，地域の産業集積の特長を生かして「環境に配慮したものづくり」に関する技術の支援をするため，各県の公設研と連携を図りながら調査研究を実施するものである。各県毎の取り組み状況を示すと以下のようになる。

群馬県： 環境技術研究会を組織している。環境関連技術としては，触媒技術などの化学的な技術を中心に取り組んでいる。具体的には，バイオマス由来グリセリンから燃料ガス製造や新

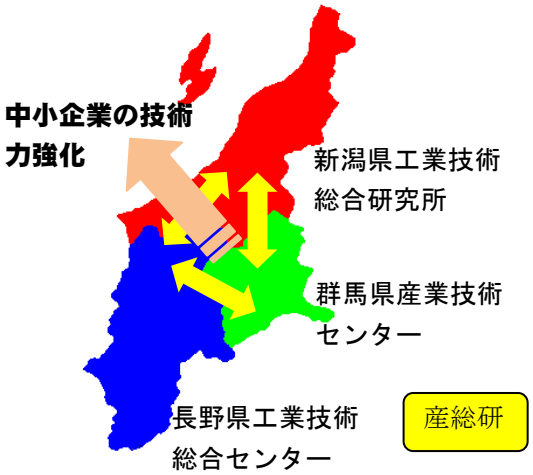


図 1　上信越公設研ネットの構成

冷媒を含む冷媒の評価方法開発など。

長野県：環境関連技術の総合窓口として「環境に配慮したものづくり」を実践するために低環境負荷型生産技術への支援，環境調和型製品開発の支援を行っている。主に，MFCA（Material Flow Cost Accounting：マテリアルフローコスト会計）手法導入企業の支援やその支援に対する成果発表会を実施している。ここで，MFCA とは，企業の生産工程において投入した資源（原材料・設備・エネルギー・人員配備など）が最終的にどのようになったかを数値化“見える化”する手法をいい，経営管理の面からも注目されている手法である。

新潟県：新エネルギーに関する 3 研究会（排熱利用研究会，太陽光発電研究会，電気自動車研究会）を組織し，環境負荷低減技術に関する調査研究を実施している。

産総研：①人工・環境・エネルギー・資源の四

* 企画管理室

つの制約に挑戦する「グリーン・イノベーション」，②豊かな健康生活のための「ライフ・イノベーション」，③科学技術立国と国際競争力を支える「先端的技術開発の推進」，④イノベーションと安全・安心を支える「知的基盤の整備」のための研究を推進している。

3. 活動概要

3.1 運営会議

上信越公設研ネットでは，群馬県・長野県・新潟県の公設試と産総研の 4 つの機関の意志疎通を図るため，今年度は 9 回の運営会議を開催した。各県に集まっての会議の他，4 つの機関が共通で保有しているテレビ会議システムを活用した運営会議により，各県の環境対応技術の現状・動向について情報交換しながら，環境対応技術分野別交流会（以下交流会と略す）を計画・実施した。

・第 1 回　平成 22 年 6 月 16 日
（新潟県工業技術総合研究所主催）
・第 2 回　平成 22 年 7 月 14 日
（テレビ会議システム中継）
・第 3 回　平成 22 年 7 月 27 日
（群馬県産業技術センター主催）
・第 4 回　平成 22 年 9 月 15 日
（テレビ会議システム中継）
・第 5 回　平成 22 年 11 月 8 日
（テレビ会議システム中継）
・第 6 回　平成 22 年 11 月 18 日
（テレビ会議システム中継）
・第 7 回　平成 22 年 12 月 20 日
（新潟県工業技術総合研究所主催，テレビ会議システム中継）
・第 8 回　平成 23 年 1 月 20 日
（テレビ会議システム中継）
・第 9 回　平成 23 年 3 月 4 日
（長野県工業技術総合センター主催）

3.2 交流会

上記運営会議を受けて，各県において環境技術に関する講演会開催や企業への支援事例報告会を実施するなどの交流会を計 5 回行った。

・第 1 回　平成 22 年 7 月 27 日（群馬県産業技術センター）
「トータルパーフォーマンス分析（TPA）のすすめ」
産総研　三島　望氏
「長野県工業技術総合センターの環境対応技術に関する企業支援の状況について」
　長野県工業技術総合センター　北沢俊二氏
「排熱利用研究会の活動について」
　新潟県工業技術総合研究所　三村和弘氏
・第 2 回　平成 22 年 11 月 18 日（長野県工業技術総合センター）
「製品の環境価値指標の開発と産業界における有効性」
　産総研　増井慶次郎氏
・第 3 回　平成 22 年 12 月 20 日（新潟県工業技術総合研究所）
「長野県の環境対応技術に関する企業支援の取り組みについて」
　長野県工業技術総合センター　北沢俊二氏
「環境経営の推進，新たな取り組みと世界への発信～次の 10 年に向けた取り組みを目指して～」
　社団法人産業環境管理協会　横山　宏氏
・第 4 回　平成 23 年 1 月 20 日（長野県工業技術総合センター）
「ISO 環境マネジメント関連規格の最新動向」
　東京都市大学　伊坪徳宏氏
・第 5 回　平成 23 年 3 月 4 日（長野県工業技術総合センター）
『環境対応技術成果発表会』
「エネルギー・環境施策について」
関東経済産業局　岡　昌彦氏
「環境対応型ものづくり収益向上普及事業の概要」
長野県工業技術総合センター

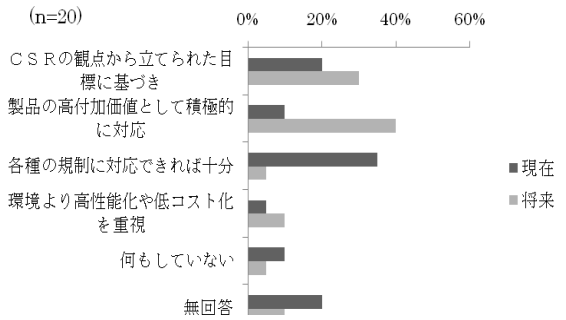


図 2　環境関連アンケート結果
（交流会参加者 n=20）

「中小企業の MFCA と改善事例発表」
長野県内の企業 5 社より発表

以上各県で環境対応技術に関する講演会などを実施したが，その反応は各県それぞれ異なっており，長野県は環境技術部を持ち専門的に活動するなど先行している。長野県企業は工業技術総合センターと共同で MFCA 導入に取り組み，自社内で使用した装置毎の電力量を個別に測定することで，生産ラインに係るマテリアルフローコストを詳細に測定し，生産工程におけるロスを“見える化”している。

それに対し，本県や群馬県はこれから取り組みを始める企業が多い。本県でも，県内企業を対象に環境経営交流会を 1 度開催し，その参加者アンケート（回答率 74.1%）を行ったところ，現在は特に環境対応の事業は実施していないが今後 5 年間の間には積極的に取り組みたいという前向きな企業が多いことがわかった（図 2）。当県での講演会の様子を図 3 に示す。

4.　県内企業の現状について

4.1　アンケート調査

当研究所では，毎年当所を利用している企業約 1,000 社に対し，CS（顧客満足）アンケート調査を行っている。今年度は，そのアンケートを利用し，環境経営に関する設問をもうけ県内企業の動向を聞いた（回答率 48.6%）。

図 4 にアンケート結果を示す。社内での環境への取り組み状況についてたずねた（複数回

図 3　環境対応技術交流会

答）ところ，「製品や技術の高付加価値化として取り組んでいる」が 39.6%と最も多く，次いで，「CSR（企業の社会的責任）の観点から社内で決定した目標に基づき取り組んでいる」が 26.0%となっている。県内企業でも，少なからず環境についての取り組みが進んでいることがわかる。

4.2　企業訪問調査

アンケート調査や交流会での企業からの聞き取り結果から，環境技術に関する取り組み状況は，今後積極的に取り組んでいくという意見が多い。そこで，実際に取り組んでいる企業はどのように進めているのかを企業訪問し調査した。

（化学製品製造業）

環境負荷物質規制である EU の REACH 規制

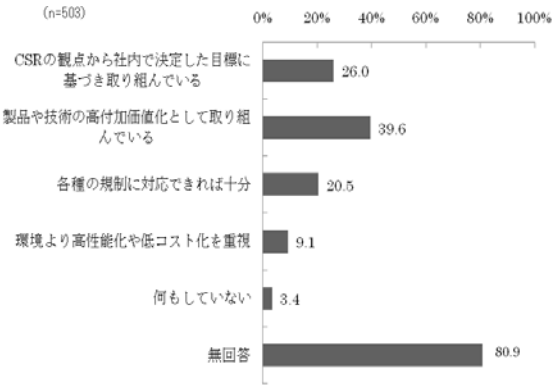


図 4　アンケート調査結果
（CS アンケート　n=503）

（ Registration Evaluation Authorization and Restriction of Chemicals ） や RoHS 指令（Restriction of Hazardous Substances）は社内の限られた人員の中で対応している。EICC（Electronics Industry Code of Conduct：電子業界行動規範）や顧客先からの基準に対しても改善している。輸出に関する規制が多く，規制物質の追加変更などの情報収集に苦労している。MFCA はやっておらず，実施するには新たな人員確保が必要。

（機械装置製造業）

ISO 14001 を 2004 年に取得したが，紙・ゴミ・電気の使用量削減は限界に来ている。今後は自社製品での対応を考えて行く時期になってきている。例えば，自社製品の燃費改善や環境対応製品の効率向上などの取り組みを検討している。MFCA はやっていないが興味はある。

（金属加工業）

ISO 14001 を取得しているが，MFCA までは未整備でこれから検討する。自社加工機の旧来設備からロスの少ない新設備への置き換えも試算したが，メリットが見いだせていない。環境負荷物質のデータ提供義務化を納品先からいわれており，製品加工費における分析費用の割合は大きい。

以上のように，ISO14001 の取得は進んでいるようだが，MFCA の取り組みはこれからである企業が多い。また，取引先からの環境対応についての照会なども多数来るようになってきており，環境技術に関する情報を欲する企業も少なくない。

4.3 今後の課題

地球温暖化防止や CO_2 排出削減は世界的な問題となり，省エネ・省資源・省時間・低廃棄物，そして製品やサービス品質の向上なども含めた前向きな環境対応で，企業経営におけるコストダウン，リスクの低減，経営の効率化を実現する「環境経営」システムを導入する企業が増えている [1)]。さらには，日本がはじめて規格提案をしている国際規格 ISO14051 には，MFCA による環境管理会計も含まれ，注目されている。このように国内外で動き始めている環境技術について，実際に県内中小企業がどのように携わっていくべきかを当研究所としても現状を調査し，その対処法などを情報提供して行く必要性を感じている。平成 23 年度は，講演会を開催することで，情報発信すると共に，長野県が実施している MFCA 導入による効果の紹介などを実施して行く予定である。

5. 結　　言

（1） 上信越公設研ネットワークにおいて「環境対応技術交流会」に参加し，各県の現状を調査しつつ情報交換を行い，交流会を 5 回開催した。

（2） 環境対応技術に関する講演会を実施し、27 名の参加があった。質疑応答の中では真剣な情報交換がなされ，関心の高さを伺うことができた。

（3） 環境経営に関する企業の取り組みについてアンケートを実施した結果，現在は客先からの要望に対して環境負荷物質の調査をしている程度であるが，今後はより積極的に環境対応を考えたいという前向きな企業が多いことがわかった。

参考文献

1）鈴木和男，“環境経営システム構築のすすめと手順”，中経出版.