

第2章 統合後の業績 (昭和61年～)

1 金属分野

金属分野に関する研究活動は、企業、業界などの産業ニーズに根差した金属加工を中心とした研究開発が多い傾向にある。その活動は、銅器産業やアルミニウム加工をはじめとした様々な素材加工業が集積している高岡市、射水市、氷見市など県西部に位置し、材料・機械系人材が多数所属している中央研究所が中心となって行われてきた。他分野と同様、統合後、平成10年(1988)頃までは県単独研究の成果や企業との共同研究成果を積み上げたのちに経済産業省(中小企業庁)の技術開発費補助事業を得て、高額設備の導入を図ると共に加速・集中的に研究を行ってきた。一方、平成10年以降は、公設試を対象とした研究補助事業が終了したこともあり、設備の導入を伴う大型研究は減少したものの、経済産業省、文部科学省などの競争的研究資金に応募し、産学官が連携した研究が行われるようになってきた。特に平成18(2006)年度からは経済産業省の中小企業の研究開発・事業化支援を目的とした「戦略的基盤技術高度化支援事業」が始まると金属加工(铸造、溶接、鍛造、めっきなど)に関する事業化をより意識した研究を支援する立場で参画した研究活動が目立ってきている。ここでは、具体的に地場産業への波及効果が期待された比較的規模の大きな研究について紹介する。

(1) 金属・セラミックスの複合による無機多孔体の成形加工技術に関する研究 (昭和63年度中小企業庁技術開発費補助金事業)

1) 研究の内容及び成果

①研究内容

炭素鋼とアルミナの接合体工具による無機多孔体の電解切削加工技術の開発を目指した研究である。接合界面における反応及び内部応力を緩和するためにインサート材の開発も行った。開発したインサート材としては、銅-アルミナ混合焼結材やチタン-ニッケル系合金がある。焼結には熱間等方圧プレス(HIP)を活用した。作製した多孔体接合部材の電解切削加工性能について検討を行った。

②研究成果

HIPによる接合では、炭素鋼とアルミナの接合体の界面でのポイドの発生もなく、母材への元素拡散も確認され、良好な接合継手が得られた。HIPによる接合法は、複雑形状部品の接合にも適用できる可能性が広がった。また、接合体の後加工工程においてセラミックス側を電解切削加工することにより、図1-1に示すように電解時間の制御により、切削面の目つぶれを防ぐことが可能となった。

2) 業界等への技術的貢献と波及効果

これまで粉末材料の焼結目的で利用研究されていたHIPを接合方法として利用し、その適用可能性を見出したことは新技術の中小企業への普及という点で意義のあるものであった。また、電解切削加工技術は、切削原理が単純であるため、加工装置も簡便に製作できることから既存の切削加工機械に低コストで適用できることも示した。

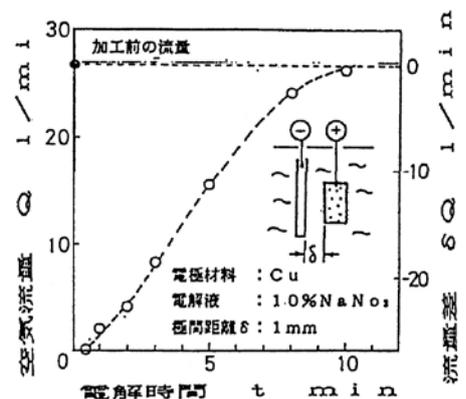


図1-1 電解加工による通気度の変化

(2) チタン及びチタン合金の溶解と鑄造技術の開発 (平成3年度産学官共同研究開発プロジェクト事業)

1) 研究の内容及び成果

①研究内容

チタン及びチタン合金は、高活性かつ高融点材料であるために、精密鑄造法の技術確立が不十分であった。本研究では、チタン溶製用坩堝及びセラミックスシェル中子鑄型製造技術、鑄造品の高品質化対策等について検討した。

②研究成果

チタン合金の溶解技術については、カルシア坩堝を用いた誘導抵抗加熱方式を検討し、安定した溶解が実現でき、その湯回り性も良好であることを示した。鑄造品の品質向上については、鑄造時の炉内圧力を加圧することによりポロシティーの抑制に成功した。また、図1-2に示すようにHIP処理も同様な効果があることを明らかにした。

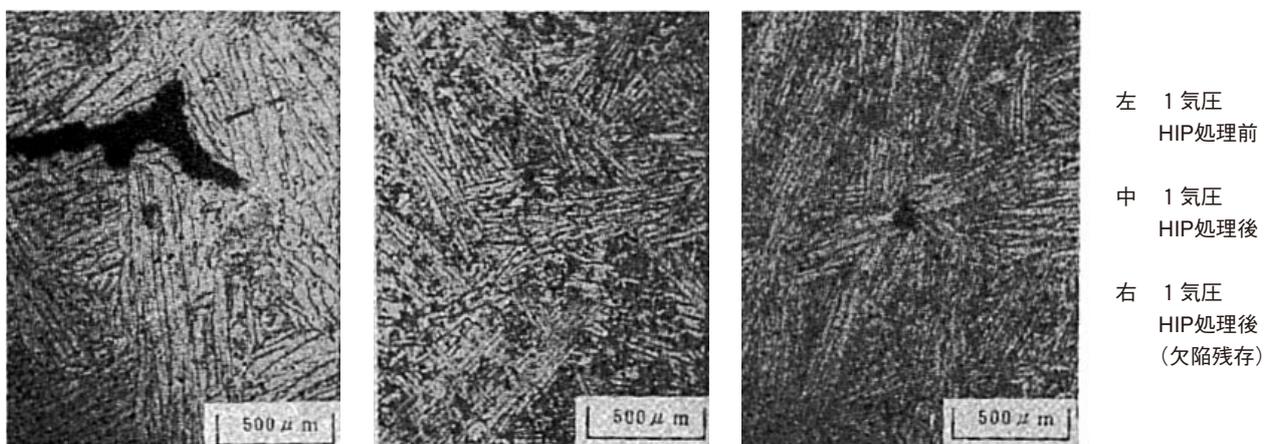


図1-2 HIP処理した鑄造品のマイクロ組織

2) 業界等への技術的貢献と波及効果

チタン合金の高品位溶解・鑄造システムを提案し、鑄造品質を溶解・鑄造時或いは鑄造後においてHIP処理により微小なポロシティーを消失することも可能であることを示した。本技術は、高品質な鑄造品を製造できるため製造コストが増加するという課題があるが、県内鑄造会社などに講習会や技術相談・指導を通して、技術普及に努めた。この研究が起点となり、その後、県内外の企業とゴルフヘッド、養殖用浮の開発など商品化に向けた共同研究を実施するなど波及効果があった。

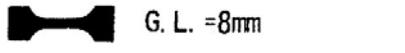
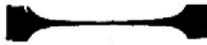
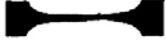
(3) 粉末冶金法によるチタン系粒子強化材料の開発とその諸特性 (平成5年度複合材料新成形技術の研究開発事業)

1) 研究の内容及び成果

①研究内容

本研究は、NEDO（新エネルギー・産業技術総合開発機構）の委託事業「複合材料新成形技術の研究開発事業」の一環で実施されたものである。当センターは、チタン合金の比強度向上及び超塑性発現を目的にチタン系複合材の粉末成形プロセスの開発を行った。実験では、Ti、Cr、Fe粉末とTiC、TiB₂、Cr₃C₂粉末の混合粉末を真空焼結成形し、金属基複合材（MMC）を作製した。また、超塑性発現を調査するためTi₆Al₄V合金粉末とTiC粉末の混合焼結も行った。

得られた試験材は、組織観察試験、常温及び高温引張試験及び3点曲げ試験により評価した。

Dimension of specimens		$\dot{\epsilon}_i$ (S ⁻¹)	e_i (%)
(a)Untested	 G. L. =8mm	----	---
(b)Matrix		4.17×10^{-4}	190
(c)10%TiC		4.17×10^{-4}	820
(d)10%TiC		2.08×10^{-3}	440
(e)10%TiC		1.04×10^{-2}	270
(f)10%TiB		4.17×10^{-4}	310
(g)10%TiB		2.08×10^{-3}	170
(h)10%TiB		1.04×10^{-2}	150

Test Temp. =963K C. H. S=Const. Ar Atmosphere

図1-3 高温引張試験後の試験片の概観

②研究成果

10%TiCを含むMMCで引張強度1531MPa(目標値1400MPa)を達成できた。また、 β 合金中では、真空焼結のまま1245MPaの高強度素材が得られ製造コスト低減の可能性を示した。さらに、Ti合金中にTiCやTiBが分散することにより、ヤング率及びマトリックスの耐熱性の向上に寄与することを示した。図1-3に高温引張試験後の試験片の外観を示す。Ti-Cr系及びTi-Fe系合金をマトリックスに10%TiC含有のMMCでは、熱処理により伸びが200及び820%に達する超塑性発現を確認した。

2) 業界等への技術的貢献と波及効果

高比強度で、複合材料での超塑性加工の適用が可能と考えられる新しいチタン系粒子強化材料の作製技術を確認できたことにより、チタン系複合材料の広範囲な用途展開の可能性を見出した。

(4) 金型鑄造機による銅合金鑄物の技術開発 (平成6、7年度特定集積支援技術開発事業)

1) 研究の内容及び成果

①研究内容

銅合金と主とした鑄造業の集積地である高岡地域において、銅合金鑄物の製造方法を従来の砂型鑄造法から金型鑄造法に転換することにより、作業環境の改善、生産効率及び品質の向上を図るため、溶解保持炉装置の開発、金型試作、鑄造条件の最適化等について検討した。

②研究成果

溶解保持炉については、広範囲な均熱体を確保するため炉体内部にマッフルを設置し、保温性能及び燃焼効率の向上を図ったことにより、使用燃料が削減され省エネ型装置を開発できた。金型は、従来の機械加工による金型製作から製品の付加価値を高めるため、キャビティ部(製品部)を精密鑄造法による金型製作法に変更した。図1-4に湯口及びガス抜き部付の製品全体形状を示す。堰は下型に付け、下型から溶湯が充

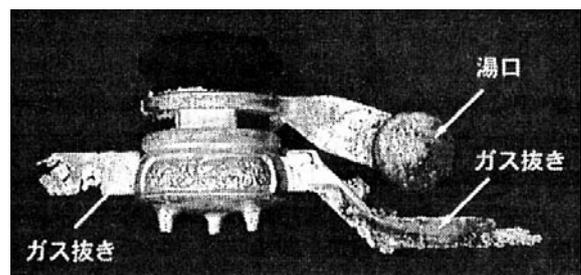


図1-4 金型鑄造品全体形状

填される鑄造方案とし、左右のガス抜きにより、中子からの発生ガスの溶湯への巻き込み防止効果が認められた。

2) 業界等への技術的貢献と波及効果

高岡地域は、製品種類が多い特徴があり、本研究開発により鑄造法による金型製作法を確立したことにより、金型製造コストの低減、短納期化に貢献することができた。また、金型鑄造法に変更することにより、作業環境の大幅な改善にも繋がった。

(5) 高エネルギー密度熱源による接合技術の高度化の研究 (平成7年度技術開発研究費補助事業)

1) 研究の内容及び成果

① 研究内容

金型等における表面の高強度化と耐摩耗性の向上を目的として、高エネルギー密度熱源の一つであるプラズマアーク溶接熱源を利用したプラズマアーク粉体肉盛 (PTA) 法により、金型用アルミニウム合金材料への金属及びセラミックスの複合肉盛による表面改質技術の開発を行った。

② 研究成果

開発したPTA法による表面改質は、プラズマアークによりアルミニウム合金板表面と硬質のAl-Cu合金棒を溶融させると同時にアーク中にTiC粉末を供給して複合化層を形成させるものである。図1-5にAl-50wt%Cu合金棒の場合の複合化層のマイクロ組織を示す。マトリックスはAl-Cu合金の共晶組織であり、硬さはHV280 (母材硬さHV38) に達した。図1-6に複合化層の硬さと比摩耗量の関係を示す。複合化によりマトリックスが強化され、硬さのわずかな増加により比摩耗量は急激に減少し、HV200以上では比摩耗量は一定値に収束する傾向を示した。

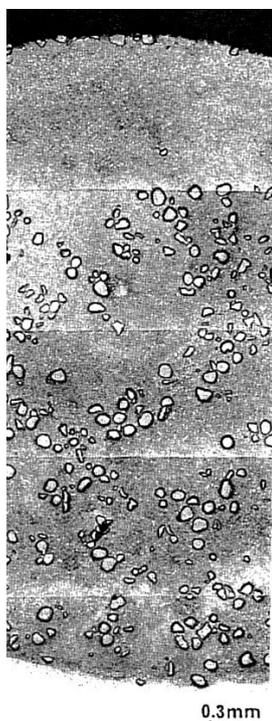


図1-5 Al-Cu-TiC複合化層のマイクロ組織

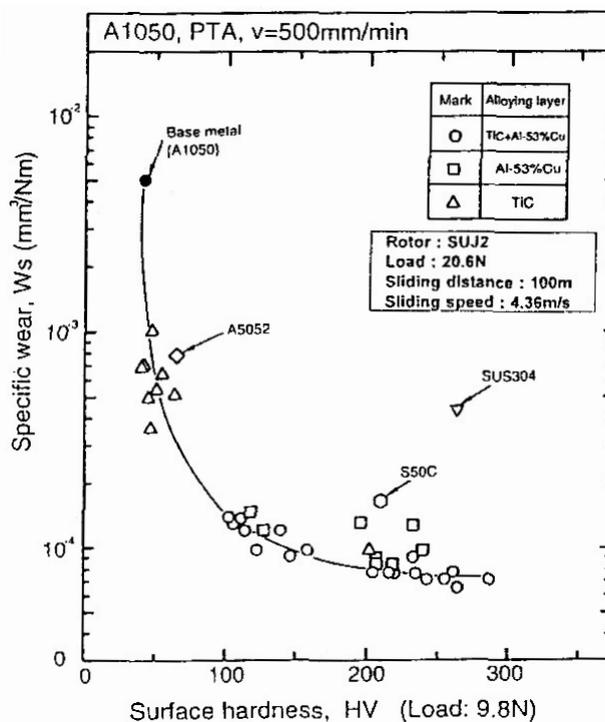


図1-6 複合化層の硬さと比摩耗量の関係

2) 業界等への技術的貢献と波及効果

プラスチック加工業界において、アルミニウム製の成形型の補修用などへの試験運用や鉄系材料を用いてダイカスト金型の内面肉盛などへの適用を図り、従来品に比べて大幅な寿命向上を達成できた。その後、このPTA法による表面改質技術については、平成20(2008)年度(独)科学技術振興機構(JST)の地域ニーズ即応型研究に採択され、県内自動車部品製造会社と共同研究を実施し、技術の普及に努めた。

(6) 粉末冶金法応用によるアルミニウム材料の成形技術の高度化 (平成9～11年度 地域活性化連携事業費補助金 技術開発研究事業)

1) 研究の内容及び成果

①研究内容

一軸圧縮方式の通電焼結法の一種でパルス通電によるジュール加熱方式を採用することにより、昇温速度が大きく、短時間保持で焼結成形を可能にした放電焼結法(通称:SPS(Spark Plasma Sintering)法)を利用して、アルミニウム合金粉末の焼結成形性の検討と複雑形状品のニアネットシェイプ成形技術の開発、アルミニウム合金と炭素鋼の直接接合技術の開発及びプラズマ溶射したアルミニウム合金表面のSPS処理による溶射皮膜の緻密化、機械的性能向上を目的とした表面改質技術の開発を行った。

②研究成果

Al-8%Ni-2Mn-1Cu-1Zr合金粉末の固化成形により、押出材を上回る硬さ(HV200)の焼結体を形成できた。図1-7に示すようにh-BN中子を用いてAl-12%Si合金粉末の中空形状焼結体のニアネットシェイプ成形体を形成できた。得られた中空形状焼結体は、中子を用いず成形した中実体の密度に匹敵する密度 2.65Mgm^3 であった。純アルミニウム粉と炭素鋼(JIS S400)の接合について、アルミニウムの焼結及び炭素鋼との接合が同時に行われ、接合界面に FeAl_3 金属間化合物が生成された接合継手が得られ、継手強度は70MPaとA1060-O材並みの強度であった。溶射皮膜の改質処理については、皮膜密着性が改善され、硬さは2倍以上に向上した。

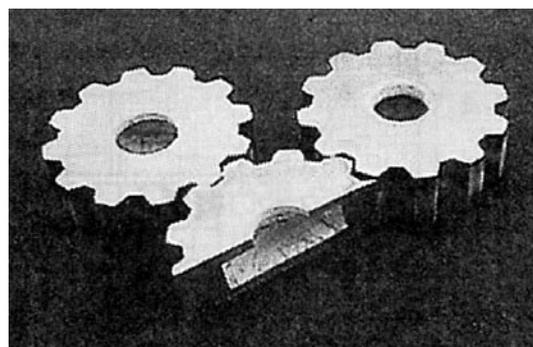


図1-7 Al-12%Si合金製試作中空形状ギア

2) 業界等への技術的貢献と波及効果

本焼結法の利用によりギアなどの複雑形状焼結部品のニアネットシェイプ成形、異種金属の直接接合及び溶射皮膜の改質など多岐に渡る応用展開が可能であることを見出した。これにより、SPS法の特徴を生かした低温焼結技術をはじめ、新しい粉末プロセスの提案及び技術普及を図ることができた。

(7) 放電加工による微細加工技術の研究 (平成11年度 地域活性化連携事業費補助金 技術開発研究事業)

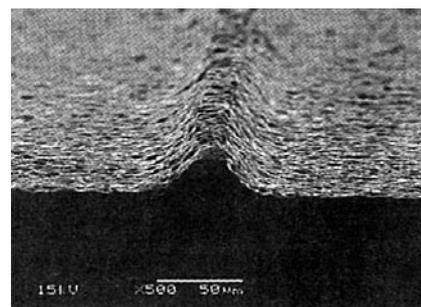
1) 研究の内容及び成果

①研究内容

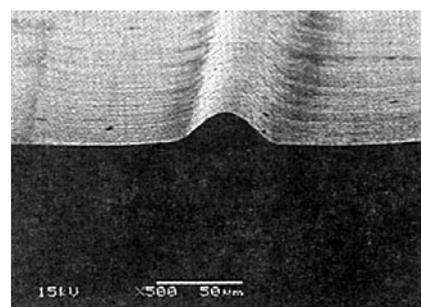
放電加工は、非接触で加工力が小さいため微細加工に適した加工法であるが、金型加工業界では、放電加工後の仕上げ加工として人手による磨き作業が行われており、コスト低減のために省力化が望まれている。本研究では、単純形状電極によるNC微細輪郭加工における各種表面粗さの向上策について検討した。

②研究成果

一般の油中放電加工について、表面粗さ向上効果があるシリコン粉末混入放電加工法と同等の効果を得るため、2つの方法を検討した。第1にトランジスタ制御付きコンデンサ放電回路を用い、放電加工電極の周囲から粉末混入油を噴射しながら放電することにより、粗さ向上の効果が認められ、例えば溝加工において $Ra=0.2\mu\text{m}$ の光沢加工面が得られた。第2に、放電エネルギーを極めて小さくできる微細放電加工機を用いた加工について検討した。穴加工では、真円度の良好な直径 $15\mu\text{m}$ 加工が可能であり、溝加工では、 $Ra=0.08\mu\text{m}$ の粗さを達成できた。しかし、加工速度が遅いため、大面積の加工には不向きであるため、一般の型彫り放電加工機による荒どり加工の後、微細放電加工機で仕上げる方法を検討した結果、図1-8に示すように前加工をすることにより良好な仕上げ面が得られた。微細放電加工における表面粗さ向上策として検討した2つの方法はいずれも良好な表面粗さを実現できた。



(a) 前加工後



(b) 仕上げ加工後

図1-8 微細金型の加工例

2) 業界等への技術的貢献と波及効果

単純形状電極によるNC輪郭加工法を薄板の微細な長穴加工へ応用し、また微細放電加工機による塑性加工用金型加工へ応用した。これにより、NC放電加工機や低エネルギーの微細放電加工機による、新たな加工方法の提案及び技術普及を図ることができた。

(8) 大型アルミニウム合金のレーザ溶接施工技術の開発及び遊歩道橋の製作 (平成15年度 若手研究者育成支援共同研究)

1) 研究の内容及び成果

①研究内容

建築基準法の改定により、アルミニウムが建築構造材料として認定されて住宅用骨材や歩道橋などへの適用が検討され実施例も報告されている。(社)高岡アルミニウム懇話会(高岡市)では、アルミニウム合金のニーズ開拓及び新規事業展開を図るため、当センターと共同で平成14年(2002)「接合技術研究会」を設立し、調査研究を行うと共に、研究会若手技術者と共同で溶接構造によるオールアルミニウム製の遊歩道橋の製作を実施した。研究参加企業は、(株)広上製作所、ショートテクノ(株)、立山アルミニウム工業(株)、三協アルミニウム工業(株)、アイシン軽金属(株)の5社である。

②研究成果

遊歩道橋の部材には、A5052アルミニウム合金圧延材(板厚5.3mm)を用いた。遊歩道橋は、橋床部と側面部(側面パネル、リブ)で構成されている。参加各社の固有技術を基に材料の曲げ加工やNC打ち抜き加工により各部材の形状を制作した。接合には、当センターの3次元炭酸ガスレーザ加工機によるレーザ溶接のほかに、参加会社のミグ溶接及びボルト接合を利用した。図1-9に橋側面パネルとリブ材のレーザ溶接状況を示す。様々な溶接姿勢に対応して、レーザ加工ヘッドを3次的に動作して溶接施工が行われた。図1-10に遊歩道橋を高岡おとぎの森公園(高岡市へ寄贈)に設置した状況を示す。橋の寸法は、長さ3000、幅2400、高さ2700mmであり、周囲の建築物に調和した外観塗装とした。

2) 業界等への技術的貢献と波及効果

「ものづくり」を目的とした企業との共同研究活動を通して、溶接技術の理解・習得及び若手技術者の育成の効果があり、活動終了後も参加各社から技術相談、依頼試験や共同研究などに発展した。

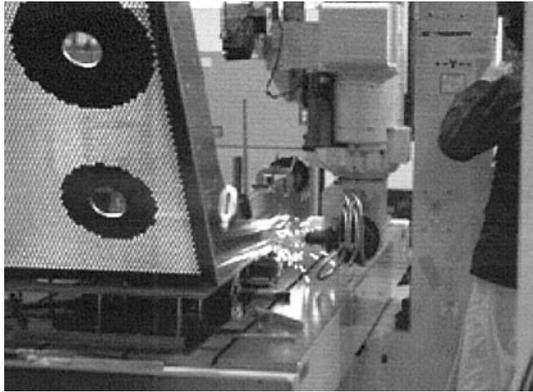


図1-9 レーザ溶接施工の状況



図1-10 製作した遊歩道橋の設置状況

(9) 戦略的基盤技術高度化支援事業（経済産業省 委託事業）

1) 製品の複雑形状化・高精度化・微細化及びハイサイクル生産に対応する金型及び成形技術の開発

(平成18～20年)

自動車用部品の複雑形状化や情報家電部品の精密化、微細化への対応とともに、低コストで環境に配慮した金型の製造及びその利用による成形技術の確立を図るため、スパッタ装置を用いて基本硬質膜に任意の機能材料をナノオーダーで混合することにより、耐摩耗性、摺動性、耐焼付き性、耐溶着性（離型性）など多方面に優れた混合硬質膜の成膜技術を確立した。特に開発膜TiMoNを深穴成形パンチに被覆することで従来比4倍の寿命を達成した。

深穴成形鍛造金型への適用

深穴成形品(S15C, L/D=1.5)の鍛造パンチへ、開発膜;TiMoNを適用した。



冷間鍛造パンチ(φ17.3×126.3mm, HAP40)



成形品(S15C)

従来膜Ti(C,N): 約20,000ショット → 開発膜TiMoN: 94,700ショット
従来Ti(C,N)膜に対して、4倍以上の寿命を示した。

図1-11 TiMoN被覆した鍛造パンチとフィールド評価結果

図1-11に鍛造パンチへの適用事例を示す。自動車用ブレーキシリンダー用の深穴成形金型への適用が図られた。

2) 精密鑄造プロセス高度化のための新たな凝固組織制御技術の開発（平成20～22年）

コバルト合金製人工関節部品の鑄造において、従来の大気溶解プロセスを見直し、ロストワックス法による真空精密鑄造プロセスにおけるるつぼからの汚染低減のための電磁浮遊溶解法及び凝固過程での制御冷却技術の開発による熱処理効果を有する凝固組織制御技術の確立を目的として、電磁浮遊溶解炉や不活性ガスを利用した熱交換方式の制御冷却装置の開発により、高品位溶解の実現及び凝固組織制御技術を確立した。その結果、鑄放し品段階で引張強度、伸び等の要求性能を満たす鑄造条件を見出し、HIPや熱処理などの鑄造後工程を省き、ニアネット鍛造を可能にし、製造コストをそれぞれ鑄造で40%、鍛造で30%低減した。

3) 電子ビーム微細溶融加工による医薬・医薬部品用金型の表面機能化技術の開発（平成21～23年）

薬剤（錠剤）の品質維持のための寸法精度の向上や生産コスト低減のための粉離れ性や耐久性の向上を目的として、電子ビーム微細溶融加工による微小テクスチャ形成技術を開発した。また、医薬用容器製品の透明性を高めるための金型の表面仕上げ精度（光沢度）の向上とともに、樹脂添加物減量化に対応する金型の離型性や耐食性向上を目的とした表面機能化技術の開発を行った。図1-12に電子ビームによる金型表面へのテクスチャ形成により、離型性及び粉離れ効果の例を示す。

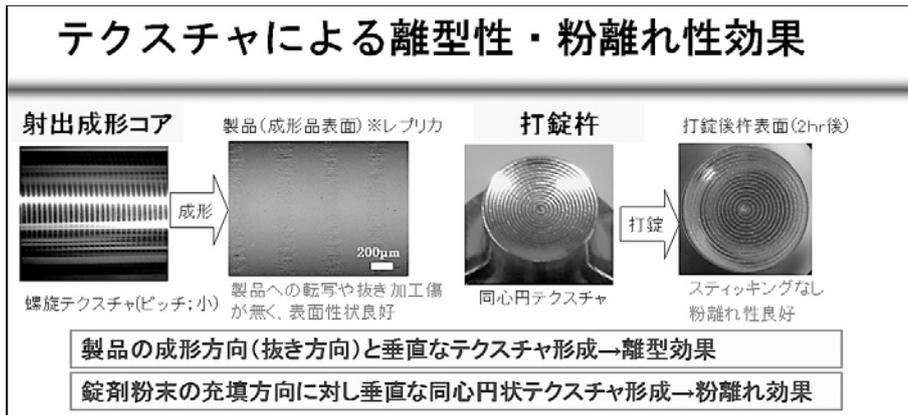


図1-12 電子ビーム微細溶融加工による金型表面でのテクスチャ形成と性能評価

4) 汎用多関節ロボットを用いたレーザー溶接による高精度、高品質かつ低コストなテーラードブランク製造装置の開発（平成21年）

川下産業である自動車業界からは、溶接によるテーラードブランク構造部材の国内外価格競争に対応するため、高寸法精度と低コストで製造できる自動溶接加工装置の開発が強く望まれている。本研究ではファイバレーザと産業用ロボットを一体化し、ビームスポットのツイン化による開先ギャップ裕度の改善及びレーザセンシングによる溶接軌跡補正技術を併用し、高精度、高品質かつ低コストなテーラードブランク製造装置の開発を行った。図1-13に本研究で開発したレーザー溶接システムの概要を示す。本システムにより従来型のレーザー溶接に比べて溶接速度が20%向上した。耐ギャップ裕度は、0.1mmから0.3mmに拡大した。インラインシーム計測によりロボット軌跡精度を±0.02mm以内とすることができた。

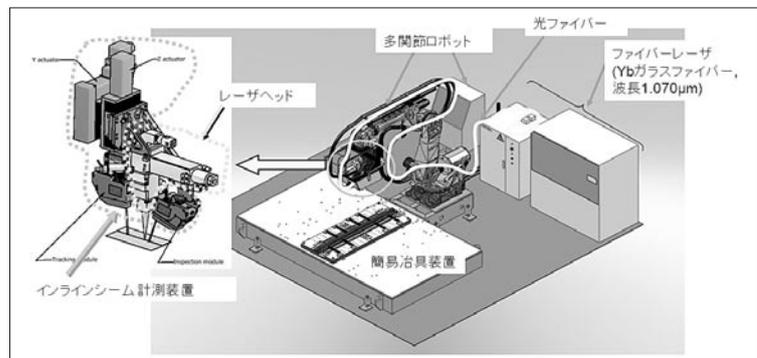


図1-13 開発したレーザー溶接システムの概略

5) 橋梁鋼構造物の施工現場における高力ボルト接合部への長期防錆金属溶射施工技術の開発

(平成22～23年)

鋼構造物の長寿命化の最大の課題は防錆性能を高めることであり、LCC低減の観点から金属溶射仕様が求められるが、接合部の防錆技術が確立していない。鋼構造物全体の長寿命化や維持管理の軽減を飛躍的に向上させるために接合部の高力ボルトに金属溶射ができる技術を開発した。図1-14に本研究開発の概要を示す。本研究では、橋梁等の施工現場において溶射施工を可能にさせるために「現場溶射可能な溶融亜鉛めっき技術」及び橋梁などの接合部における狭隘部均一溶射用の「偏心回転型」ガンとコーナー部溶射用の「小型延長ノズル型」ガンの2種類を開発し、現場溶射実験を行なって溶射方法の確実性を評価したものである。

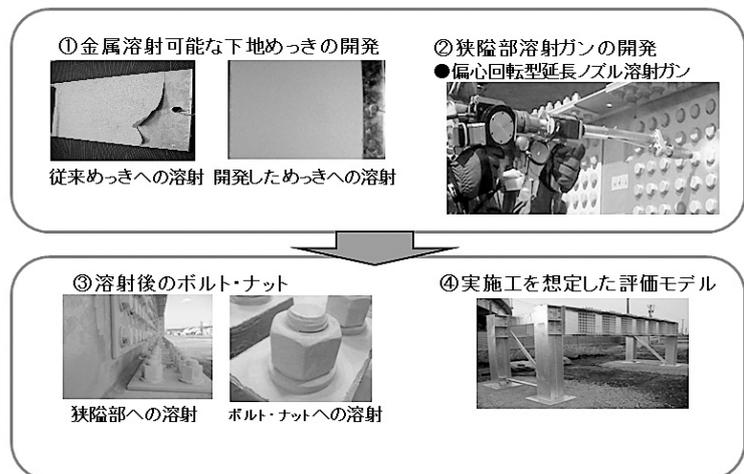


図1-14 開発成果の概略

2 機械・MEMS（微細加工）分野

(1) 多層膜コーティング技術を応用した高機能性製品の開発

気相成長法による薄膜作製技術は、半導体回路素子作製のプロセス技術として多用されてきたが、工具表面への硬質皮膜の形成が可能となり、1970年代後半頃からコーティング工具に適用されるようになってきた。

当センターでは、平成2(1990)から3(1991)年度にかけて、自動化ラインや高付加価値製品への組み込みを目的に、この薄膜技術を活用して、電氣的機能と耐摩耗性に優れたメカトロニクス関連センサなどの開発に、産学官共同で取り組んだ。工業技術センターが実施した中核技術研究開発では、高機能性多層膜(抵抗薄膜、温度薄膜等)コーティング技術の開発や薄膜の評価技術を確立した。また、県内の一般機械・電気機械器具製造業を中心とする関連業界団体が実施した応用化技術研究開発では、中核技術研究開発の支援を受けて、導電体薄膜の抵抗変化を利用して各種メカトロニクス関連センサの開発(切削加工時の工具摩耗量の検出機能を有したインテリジェント工具の開発、流体や回転体等に接触して温度測定可能なダイレクト温度センサの開発、電子回路基板の穴開けプレス加工時にポンチの折損検出可能な工具(ポンチ)の開発)を行った。ここでは、機械加工中の工具損耗、温度、折損等をインプロセス計測するため、工具にセンサ機能を持たせたものを開発した。切削工具のすくい面や逃げ面にいくつかの導電性薄膜パターンを形成しておく、工具摩耗の進行に伴って薄膜の電気抵抗が変化し、これによって工具の状態監視が可能となる。ここでは、こうした工具開発について検討した。以下に、この研究について概説する。

1) 研究の内容及び成果

インテリジェント工具の作製を目的に、超硬合金にTiN、アルミナ、マンガニン、アルミナの4層で構成される多層膜コーティングを行った。作製した薄膜の機械的性能や表面状態分析等、種々の評価方法について検討した。硬度は、軽荷重で圧子を押しこみ、その荷重と押しこみ深さによって評価し、膜の付着強度は、引っかき試験におけるAEレートカウンタによって評価した。

工具に形成される薄膜にセンサ機能を持たせるには、抵抗値を制御した回路パターンの形成が必要である。そこで、センサ用回路パターンとして利用可能な10 μ m幅の櫛型電極をドライエッチングによって作製した。工具への16種類の薄膜材料の(イオンプレーティングによる)成膜状況、膜硬度、切削性能を検討したところ、Ti系薄膜は切削性、電氣的特性ともに良好な結果が得られた。

ダイレクト温度センサは、スパッタによってNi薄膜を作製し、これに真空熱処理した。絶縁保護膜にSiO₂を着膜後、エッチングによって抵抗回路パターンを作製した。図2-1に試作したダイレクト温度センサの外観を示す。

折損検出プレスポンチには、折損検出用抵抗膜としてTiN薄膜をつけ、この上下に絶縁膜としてアルミナ薄膜を形成した。その後、回路パターン形成のためにYAGレーザーによってトリミングを行った。こうして試作したプレス用ポンチを用いて、試験用金型によりテストしたところ、折損検出が可能であった。

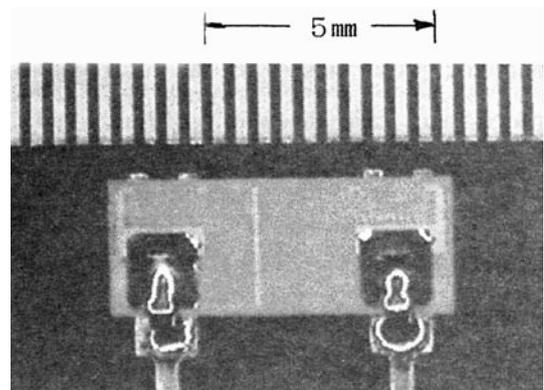


図2-1 試作したダイレクト温度センサ

2) 業界等への技術的貢献と波及効果

本事業は、中小企業庁の地域技術活性化事業(地域技術おこし事業)「多層膜コーティング技術を応用した高機能性製品の開発」において、産学官連携のもと実施された。参加した業界団体の企業は、分担研究テーマに取り組み、薄膜作製技術や評価技術等に関して多くの技術を獲得した。

この事業終了後、翌年の平成4年(1992)11月には成果普及講習会を開催し、関係企業に対して本技術

の啓蒙普及を行った。こうした技術への取組みは、これ以降の薄膜関係（金型の薄膜形成等）の技術指導等につながっている。

(2) 機械加工技術の高度化への取組み

富山県の機械関連製造業には、部品加工や製造を行う中小企業が多く、完成品を製造する企業は少ない状況にある。こうしたものづくりに携わる企業を支援するため、当センターでは機械加工技術に関しても取り組んできた。

テーマとしては、新素材を用いた工具開発、新たな機能を有した工具開発や各種機械加工方法の創出に関するものが見られる。新素材を用いた工具等の開発として、1980年代、日本の研究グループがダイヤモンドの気相合成に成功し脚光をあびたが、この技術をベースに気相合成ダイヤモンド工具の開発に関する「CVDダイヤモンド工具の開発」（平成4～5年度共同研究、平成6年度特定中小企業集積支援技術開発事業）について県内企業と共同で取り組んでいる。さらに、この企業とは「cBNコーティング工具の切削性能」（平成8年度共同研究）において、cBNコーティング工具の開発にも取り組んだ。また、昇華性固体潤滑剤のメラミンシアヌレートを用いたレジンボンド砥石の開発について、県内に事業所をおく企業と共同で取り組んだ「レジノイド系砥石におけるメラミンシアヌレート気孔剤の添加効果に関する研究」（平成4、5、7年度共同研究）がある。

新たな機能を有した工具開発のテーマに、切削工具表面にフェムト秒レーザーを用いて微細なテクスチャを形成し、工具寿命や切りくず処理性の改善等の効果を持たせた機能性工具の開発に関するもの（「機能性表面による摩擦力の低下現象を応用した切削工具の開発」（平成19～20年度科学研究費補助他））がある。

各種加工方法に関するテーマには、レーザー加工、塑性加工、放電加工、研磨加工等の加工方法に関するものや、微細切削加工技術によって機能性素子を開発したものがある。レーザー加工に関するものとしては、昭和61(1986)年度に炭酸ガスレーザー加工機を導入し、木製品にこの加工機を用いて透かし彫り彫刻等の繊細な加飾を施し、木彫工芸品の作製に応用した「炭酸ガスレーザー加工による木製品の開発」（昭和62年度経常研究）や溶接に関するものがある。塑性加工による製品開発の例としては、コイル製作用の巻き線機的设计・製作・評価について県内電気機器メーカーと共同で取り組んだ「コイルの製作方法に関する研究」（平成7年度共同研究）がある。放電加工に関するテーマには、単純形状電極を用いてNC輪郭放電加工による微細形状形成方法等について取り組んだ「放電加工による微細加工技術の研究」（平成10～11年度中小企業庁・地域活性化連携促進事業費補助金技術開発研究事業）がある。また、研磨加工に関するテーマには、(小径穴内部にらせん溝を有した工具を挿入し、これを回転させながら油に砥粒と軟質の添加材(桃の種の微粉末等)を混ぜた研磨液を供給する)小径穴の仕上げ加工方法について検討した「微細加工の研究」（平成12～14年度経常研究）がある。

さらに加工システムの開発事例としては、工具剛性不足でドリル折損や穴位置精度に問題がある小径ドリル加工を、加工中の微小切削力を作業者が感じながらマニュアル操作できる小径穴加工システムを開発した「微細作業用機械支援システムの開発」（平成10～12年度経常研究）がある。この研究で開発したマニュアル機は、その後、パソコンで送り速度を制御する自動機に進展している。

また、微細切削加工による機能性素子開発事例には、三次元らせん溝を微細切削加工によって形成し、マイクロTASチップ用マイクロミキサーの開発を行った「マイクロTASチップの開発」（平成18年度若い研究者を育てる会との共同研究）がある。図2-2に、この研究で試作したマイクロミキサーの外観を示す。

このように機械加工技術に関して様々な取組みを行ってきたが、このうち以下で「CVDダイヤモンド工具の開発」のテーマについて概説する。

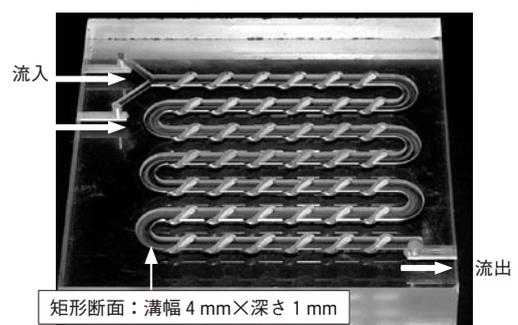


図2-2 マイクロミキサーの外観

1) 研究の内容及び成果

この研究では、図2-3に示す手順によってCVDダイヤモンド工具を作製した。

まず、企業で作製した3個の試料ステージと内容積190Lのダイヤモンド合成装置を用いて、ガス圧とメタン濃度を高精度に制御し、直径50mm、板厚0.5mm（板厚の均一度10%以下）のダイヤモンド板材を気相合成によって作製した。

次に、専用の試料保持治具を作製して、ダイヤモンドホイールを用いた平面研磨加工で直径30mmまで、ダイヤモンド板をRz0.2 μ m以下の表面粗さに仕上げた。このダイヤモンド板を、ビーム送り速度20mm/minで、試料表面から0.5～1.0mmの距離でビーム集光する、いわゆるビーム焦点はずしを行って、0.05mmの溝幅でYAGレーザーによって切断した。

その後、一辺の長さ5mmの三角形に切り出したチップを超硬合金にロウ付けした後、刃先を研磨して工具の刃付けを行った。ダイヤモンドは、材料とのぬれ性が非常に悪いため、種々のロウ剤からTi系活性金属ロウ箔を選んで、約850℃の真空中でロウ付けを行った。図2-4に、試作した工具の外観を示す。

試作した工具の性能については、過共晶Al-Si合金の旋削加工を行い、切削距離に対する工具の逃げ面摩耗量の推移によって評価した。その結果、市販の焼結ダイヤモンド工具に比べて摩耗量が少なく、優れた特性を示した。

この企業では、この研究からCVD装置と工具の実用化を果たしている。

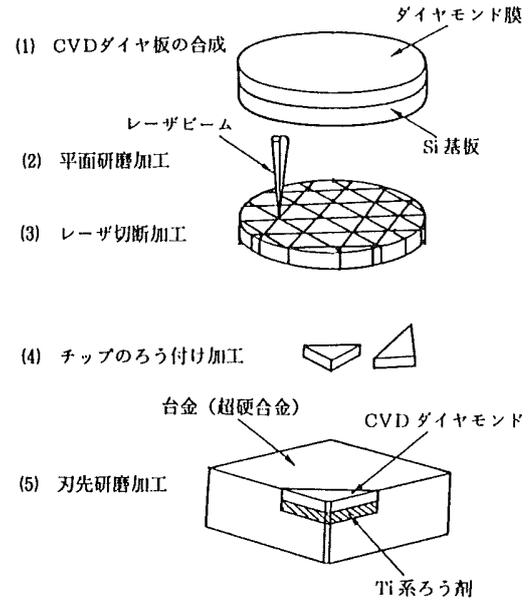


図2-3 ダイヤモンド工具作製手順

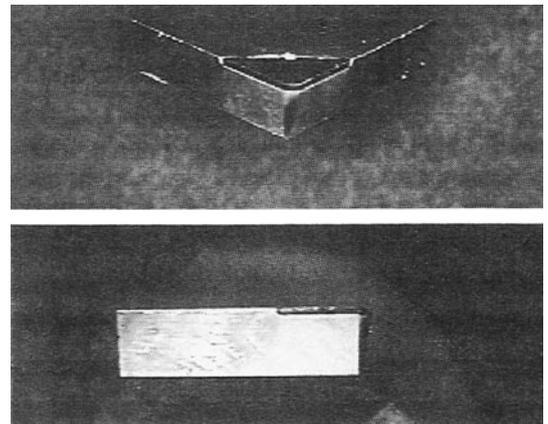


図2-4 試作工具の外観

2) 業界等への技術的貢献と波及効果

さきに紹介したのものには、企業と共同で取り組んだもの、研究成果を企業の技術指導に適用したもの、人材育成事業（若い研究者を育てる会との共同研究等）の一環として取り組んだもの等様々である。共同研究に関わった企業には、研究実施によって当該機械加工に関する技術力向上が図られている。また、研究発表や研究成果に対する技術相談等を通して、当該技術の普及がなされており、こうした活動によっても関係企業の技術高度化に貢献している。

(3) 機械計測技術の応用展開への取組み

機械加工等によって作製された製品には、必ず機械計測による評価が必要となる。当センターにおいても、寸法測定や形状測定等、機械計測技術に関する技術相談や試験依頼が県内企業から多く寄せられ、これに対応している。研究においても、機械計測技術に関する様々なテーマに取り組んでいる。

主なものに、加工状態の監視機器、部品の性能試験機及び検査装置の開発、測定機の精度評価等がある。加工状態監視機器の開発に関するテーマには、工作機械の加工時の状態監視をするため、マシニングセンター等工作機械に組み込み可能な、切削力を測定するトランスデューサの開発に取り組んだ「切削力検出工具ホルダーの開発」（昭和62～63年度共同研究）や帯鋸盤の刃の切れ曲がり現象を切断加工時の鋸刃の挙動を測定し、対策について検討した「帯鋸盤用刃振れ自動検出・制御装置の開発」（平成4～6年度共同研究）がある。

また、機械部品の性能試験機の開発には、マイクロコンピュータを用いたプラスチック歯車用試験機の開発に関する「マイクロコンピュータによるプラスチック歯車用かみあい試験機の試作研究」(昭和61～62年度経常研究)がある。検査装置の開発例には、鏡面仕上げされた金型の仕上げ面粗さを、レーザ光を用いた光散乱法で測定する方法について検討した「仕上面粗さ自動測定装置の開発」(平成2～3年度若い研究者を育てる会との共同研究)、製造後のドリル検査装置の開発に関する「画像処理技術を応用したドリルなど切削工具の形状検査装置の開発研究」(平成4年度共同研究)、ナノメートルレベルの三次元表面形状測定装置の開発について産学官共同で取り組んだ「高速位相シフト法による微細形状検査装置の開発」(平成14～15年度地域新生コンソーシアム研究開発事業)等がある。また、音響、振動に関する研究にも取り組んでおり、機械や構造物の疲労現象を振動解析によって評価する手法について検討した「低サイクル疲れにおける材料の減衰特性」(平成2年度経常研究)や「高サイクル疲れにおける材料の減衰特性」(平成3年度経常研究)等が例としてあげられる。

測定機の精度評価に関するものとしては、三次元測定機の測定の不確かさの評価や簡易検査装置の開発について取り組んだ「三次元座標測定機における測定信頼性向上に関する研究」(平成19、22年度若い研究者を育てる会との共同研究他)がある。

以下に、「画像処理技術を応用したドリルなど切削工具の形状検査装置の開発研究」について概説する。

1) 研究の内容及び成果

従来、ドリル検査は、拡大鏡を用いて目視によって行われていた。この作業を自動化するため、それまで利用されていた検査装置に画像化装置を組み合わせ、数値化された測定データを出力する検査装置を開発した。開発した装置の特徴としては、(a) ドリルの検査項目は9 (ドリル外径、チゼル角度、チゼル偏心量、先端角度、皿角度、二番角度、リップハイト、小径長、溝巾) としたこと、(b) 拡大倍率が変更できる光学画像取り込みのため、2種類の専用交換レンズを製作したこと、(c) 画像処理は、安価なパソコンを用い、これの拡張部に画像ボードを取り付けたこと、(d) 画像処理ソフトは、C言語を用いマンマシンインターフェースに配慮してビジュアルなウィンドウで、順次メニュー選択すれば操作できるようにしたこと等があげられる。図2-5に、開発した装置の外観を示す。

この開発品は、「国際工業見本市」で展示し、一般紹介し市販した。

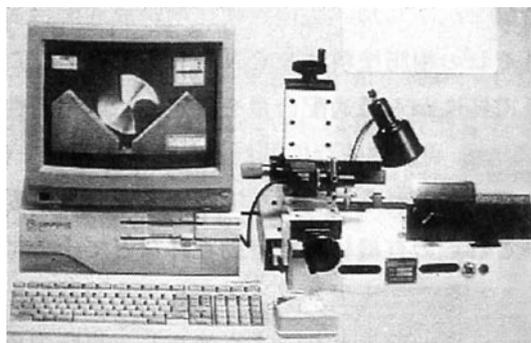


図2-5 開発機の外観

2) 業界等への技術的貢献と波及効果

本項で紹介したものは、企業との共同研究や産学官連携プロジェクト研究等で取り組んだものが多く、そのうち、いくつか製品化に至ったものもある。なかには、販売されたものもあり、関係企業における計測技術の高度化に十分貢献したといえる。また、当センターにおいては、こうした共同研究で得られた知見が、日頃の技術指導等に生かされており、こうした意味でも、関係企業における当該技術の技術支援に大いに貢献していると言える。

(4) 機械要素部品の開発への取り組み

プラスチックは、成形が容易で大量生産が可能のため、各種日用品や工業製品等に応用されている。我が国でプラスチックが本格的に工業化され、その産業が発達してきたのは1950年代頃のことであるが、今では私たちの日常生活とは切り離すことが出来ないものとなっている。このうち、エンジニアリングプラスチックは、強度、剛性、耐熱性に優れ、構造用及び機械部材に用いられている。当センターでは、こうした材料を機械要素部品に応用するための様々な研究を行ってきた。

テーマには、プラスチックの優位性を生かし、これに機能性をもたせた機械部品の開発について取り組

んだものが見られる。例えば、高耐熱・高強度なエンジニアリングプラスチックのポリイミド樹脂に金属粉末等を複合させた材料を成形して、射出成形用簡易金型を試作した「金属粉末・樹脂複合材料による射出成形用簡易金型材料の開発」(昭和62年度若い研究者を育てる会との共同研究)、FRP製バネ材の機械的性質や耐熱性の向上を目的として、エポキシ樹脂等に炭素繊維クロスを複合化した炭素繊維強化樹脂複合材(CFRP)を開発した「樹脂・ファイバー複合材バネに関する研究」(昭和63年度若い研究者を育てる会との共同研究)、ガラス繊維・炭素繊維にエポキシ樹脂を加圧注入して高強度、軽量、耐食性を有するコイルバネを開発した「樹脂・ファイバー複合材に関する研究」(平成元年度若い研究者を育てる会との共同研究)、ポリイミド樹脂複合摺動材の低価格化、耐摩耗性向上等を目的に、各種樹脂に強化材(カーボン繊維等各種繊維他)を複合させたオイルレス摺動材の開発について検討した「オイルレス摺動材の開発」(昭和63～平成2年度経常研究)、自動車用部品(マニュアルトランスミッション用減速機に使用されているシンクロナイザーリング)の開発を目的に各種材料開発について取り組んだ「高摩擦係数材料の開発」(平成12～13年度、16～17年度若い研究者を育てる会との共同研究)等がある。

以下で、「金属粉末・樹脂複合材料による射出成形用簡易金型材料の開発」と「高摩擦係数材料の開発(平成13年度)」を概説する。

1) 研究の内容及び成果

①金属粉末・樹脂複合材料による射出成形用簡易金型材料の開発

金属粉末と樹脂の複合材料で作製するプラスチック射出成形用簡易金型は、モデルから直接型取りでき、短期間で作製できる。しかし、この頃多用されていたものは、エポキシ系樹脂を使用していたため、強度、耐熱性に課題があった。そこで、この研究では、こうした問題を改善するため、ポリイミド系樹脂に各種金属粉末を混ぜた複合材料を開発し、射出成形用簡易金型に適用した。図2-6に示す複合材簡易金型は、粒径 $10\sim 30\mu\text{m}$ の銅合金アトマイズ粉末50vol%、ポリイミド樹脂粉末50vol%をホットプレス法(成形条件：成形圧 4 kg/mm^2 、成形温度 $230\sim 250^\circ\text{C}$ 、保持時間30分、成形時間約2時間)で成形したものである。この金型で、実際にポリアセタールの射出成形を行ったところ、250ショット以上の成形が可能であることを確認している。

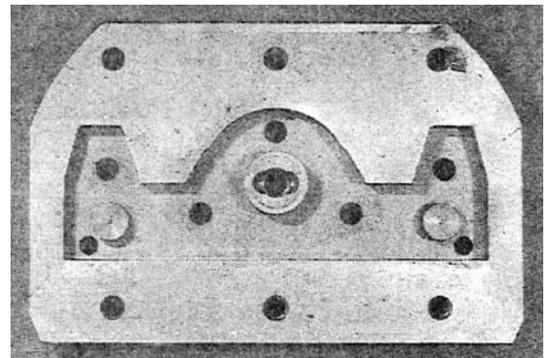


図2-6 試作した簡易金型

②高摩擦係数材料の開発

マニュアルトランスミッション車では、エンジンからの動力を車輪に伝達する際に、減速機でその速度を変化させている。シンクロナイザーリングは、図2-7に示すように、変速する際にエンジンの回転と減速機歯車の回転を同期させるために用いられる自動車用部品である。これには、一般に以下の特性が要求される。すなわち、(a) 相手材料(シャフト材)への攻撃性(焼き付きもなく)が小さく、自らの摩耗も少ないこと、(b) 使用状況下(油中)で亀裂、破断、はく離、劣化、軟化が起きないこと、(c) 摩擦駆動初期から安定した摩擦係数が得られ、同期し易い適度な摩擦係数(油中環境下で $0.13\sim 0.15$)を有すること等が求められる。この研究では、これらの要求を満たす複合材料の開発に取り組んだ。複合材料の開発にあたっては、材料の種類・組成・成形方法・成形条件をいろいろ検討し、摩擦摩耗試験によって評価した。摩擦特性の評価は、複合材料を銅合金製のリング端面に付け、この端面と平板(浸炭焼入れ鋼、研削加工面)との摩擦摩耗試験(リング・オン・ディスク)によって行った。その結果、木炭・ガラスファイバー・フェノール樹脂を加熱圧縮成形(200°C 、 30MPa 、 10min)したものが、摩擦特性とはく離強度に

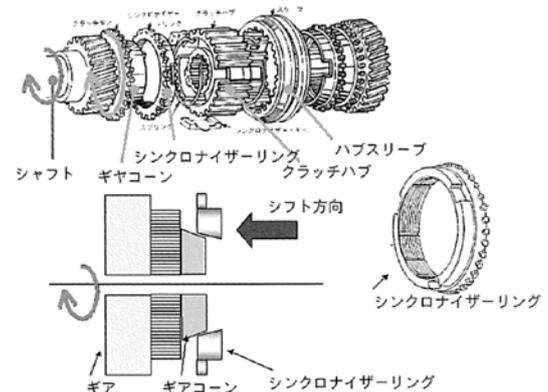


図2-7 シンクロナイザーリング概略図

優れていた。

共同研究を行った企業では、この研究を端緒として更に技術開発に努め、その後の当センターへの技術相談や共同研究等を経て、実用化に結び付けた。

2) 業界等への技術的貢献と波及効果

プラスチックを用いた機械要素部品の開発研究には、人材育成の一環として取り組んだものも多く見られるが、中には共同研究を端緒として市場に出回る製品に発展したものや、研究成果について技術指導を行ったもの等、いろいろある。こうした活動によって、関係企業には当該技術に関する技術力向上や企業活動の支援に役立っており、これによって本県産業の発展に少なからず貢献している。

(5) CAEによるものづくり技術の高度化

1980年代終わり頃、(汎用コンピュータと同じ処理能力の) エンジニアリングワークステーションと呼ばれるコンピュータでCAD (Computer Aided Design) が実行できるようになり、この時期ソリッドモデルの3次元CADが機械設計で利用されるようになってきた。こうした時代背景を受けて、当センターでも平成3(1991)年度に3次元CAD、CAE (Computer Aided Engineering) システムを導入し、こうした技術に取り組みはじめた。最近では、この技術も一般的になってきたが、まだまだこうした技術を導入していない企業も多く、現在も日常の技術相談や共同研究等を通して県のものづくり産業の高度化に貢献している。

この技術によって取り組んだテーマには、県内企業製造の工業製品(乗用車用アルミホイール等)について、種々の負荷条件での構造解析を行い、実モデルの実験結果によって検証を行った「ハイタッチ・ハイファンクションデザインシステムの開発」(平成4～6年度産学官共同研究開発プロジェクト事業)、金属基板に表面実装されたセラミックコンデンサはんだ接合部の実装過程の熱履歴や基板本体の発熱による損傷について、信頼性試験等による再現試験を行い、CAE解析した「電子基板のはんだ接合部における強度評価の研究他」(平成6年度～共同研究、平成7年度特定中小企業集積支援技術開発事業)、冷間鍛造加工における鍛造工程及び金型形状の最適化を目的に、CAEによるシミュレーションを行った「CAEによる製造プロセスシミュレーションの実用化研究他」(平成8～10年度特定中小企業集積支援技術開発事業)、自動車エンジンの動弁機構の最適設計を視野に入れ、その挙動解析をCAEによって実施した「エンジンの動弁機構における構造解析及び強度評価等」(平成11～12年度若い研究者を育てる会との共同研究)、X線CT装置によって製品の形状・寸法測定を行い、これを用いてCAE解析を行った「X線CTを用いた実寸計測に基づくCAE技術」(平成21年度若い研究者を育てる会との共同研究)などがある。

以下では、「CAEによる製造プロセスシミュレーションの実用化研究」について概説する。

1) 研究の内容及び成果

この研究では、冷間鍛造における製品の寸法不良、金型の破損などの問題に対応するため、金型設計にCAE技術を導入した。すなわち、既存のシミュレーションソフト(モデル入力・荷重条件等の入力や解析結果を表示するプリ・ポストプロセッサと解析を行うソルバ)をベースとして種々のモジュールプログラム(接触・摩擦データの自動作成、解析モデルデータの自動作成、モデルの自動有限要素分割、リゾーニング前処理、接触判定アルゴリズムの修正、ソルバの入出力機能の拡張、リゾーニングの機能拡張)を作成・追加して、簡易鍛造成形シミュレーションプログラムの開発を行った。このプログラムは、解析の専門家でない設計技術者でも、金型内の応力分布や材料の流れを解析して、比較的精度の高い解析結果が得られるものとしている。開発した簡易シミュレーションプログラムの評価のため、いくつかの実際

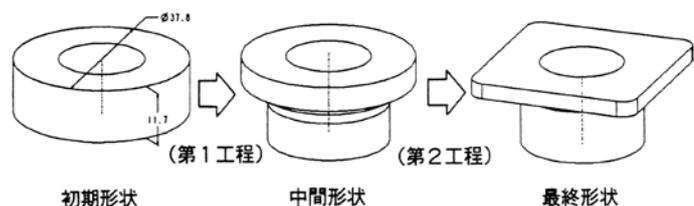


図2-8 シミュレーションの検証に用いた鍛造工程

の鍛造品（自動車部品等）への適用を行った。図2-8に検証対象とした鍛造品（機械部品ホルダ）の鍛造工程を示す。この前工程で、丸棒切断、プレスによる穴の打ち抜き加工、焼きなましが行われており、その後、2工程で成形されている。図2-9に、第1工程の鍛造過程のシミュレーション結果と実際の鍛造品の断面状態を示し、図2-10に、第2工程における鍛造過程のシミュレーション結果を示す。第1工程においては、いずれもシミュレーション結果と実際の鍛造品両者の形状がよく一致しており、ファイバーフローもよく再現されている。第2工程後の製品についても最終形状とシミュレーション結果がよく再現されていることが確認されている。さらに鍛造荷重の変化が、比較的高い精度で再現できることも確認されている。また、モデル作成から解析完了までの作業時間も大幅に削減されている。

この研究は、県内自動車部品メーカーと共同で実施したもので、この企業ではこの後、こうした技術の導入に取組み、設備投資をし、実際のものづくりの工程に取り入れている。

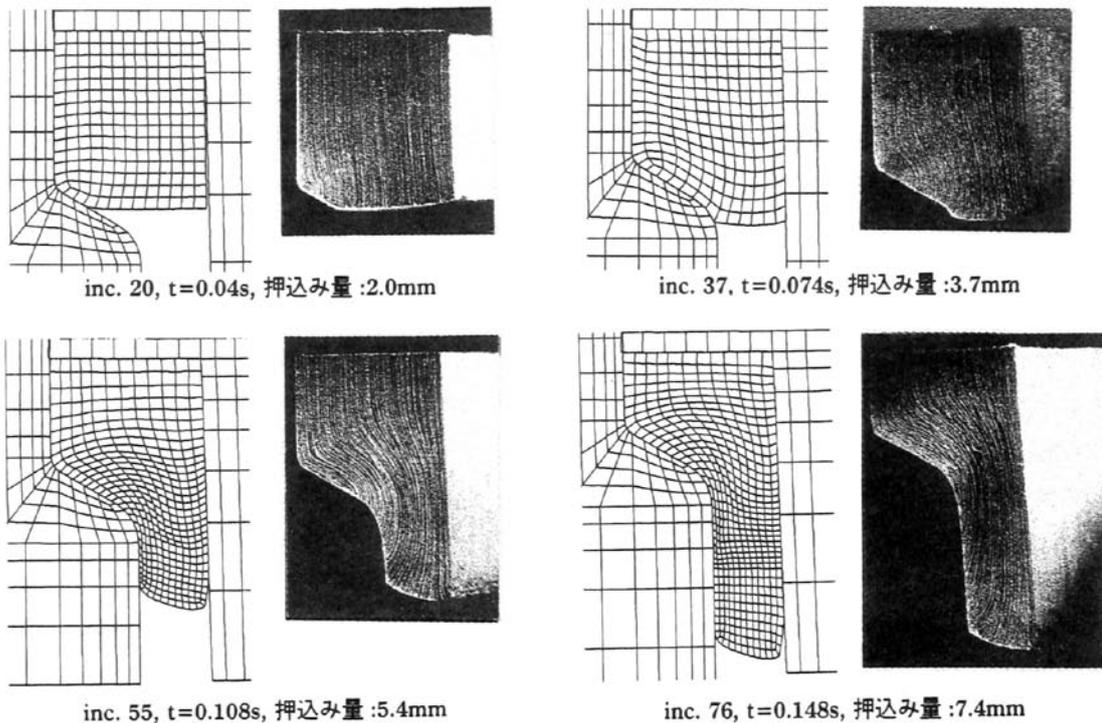


図2-9 第1工程における変形状の比較

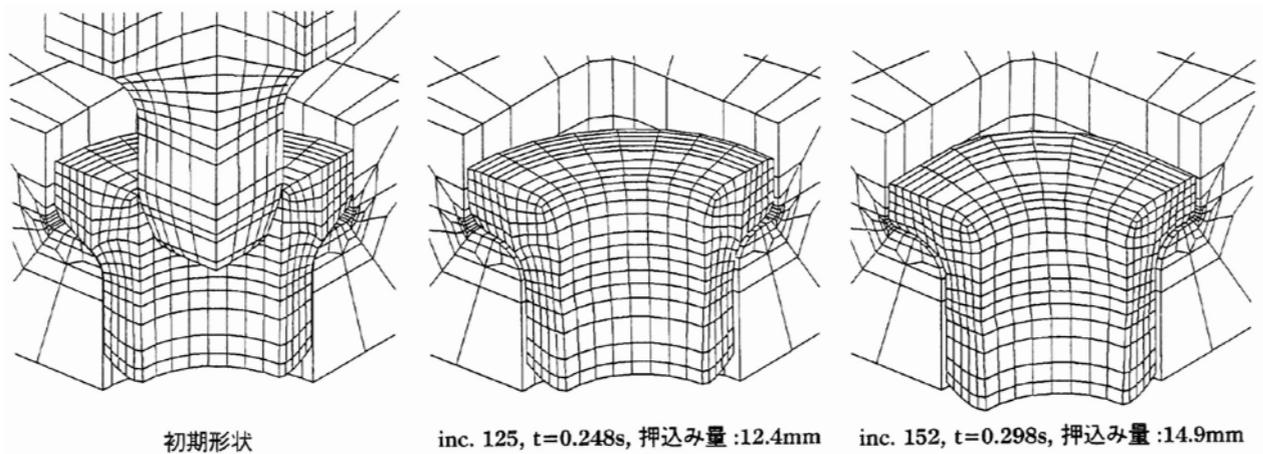


図2-10 第2工程における変形状

2) 業界等への技術的貢献と波及効果

当センターにCAEシステムを導入し、実際の製品を対象に数々の研究に取り組んできました。こうした取り組みは、今でも日常の技術相談や共同研究によって企業の製品開発等に貢献している。現在、製品の構造設計（弾塑性解析）、熱応力解析、衝撃解析、振動解析等のツールを保有しており、企業における、ものづくりに対して技術支援している。今後とも、この技術による企業の製品設計、不良解析等に関する技術支援は必要とされて行くものと思われる。

(6) 自動化、高機能化を目指したシステム開発への取り組み

企業では、各種作業の自動化・省力化のために、様々なシステム開発・導入に取り組んでいる。こうしたシステム開発を行うには、機械技術、電気回路技術、ソフトウェア開発技術等、様々な技術が必要とされる。当センターでもこうした技術の習得に努め、様々なシステム開発に取り組んできた。

異業種へのシステム開発技術の導入例としては、干柿の色による等級選別を、ニューラルネットワークの手法によって行った「ニューラルネットワークを用いた干柿の色による等級選別」（平成2年度食品研究所との共同研究）、従来、人手によっていた繊維機械（たて編機）の編立準備工程（ガイドへの糸通し作業）の自動化に取り組んだ「たて編機ガイドの糸通し装置の試作研究」（平成2～4年度経常研究）、県内山間地に生息する吸血昆虫（イヨシロオビアブ）を炭酸ガス等で誘引し、電撃駆除を行う装置を開発した「吸血昆虫誘引・駆除装置の開発」（平成12年度RSP研究）、富山湾の定置網周辺の魚の状況を知るため、水中で鮮明な360度パノラマ画像を得る装置を開発した「水中360度パノラマ撮影機構の開発」（平成12年度RSP研究）がある。

その他、企業技術者の人材育成事業の一環として、左右の駆動輪に個々のモータを配置して、駆動・制動をジョイスティックで操縦する電気自動車の開発を行った「電気自動車の開発」（平成9～10年度若い研究者を育てる会との共同研究）がある。

以下に「たて編機ガイドの糸通し装置の試作研究」と「吸血昆虫誘引・駆除装置の開発」について概説する。

1) 研究の内容及び成果

① たて編機ガイドの糸通し装置の試作研究

たて編機運転の際の準備作業として、人手によるたて糸の編み機ガイドへの糸とおし作業がある。この研究では、この作業の自動化・省力化を図るための自動機を開発している。この機械は、糸分離装置（糸の検出・分離作業）、糸把持移送装置（糸の把持及び移送・供給作業）、糸引き込み装置（糸の引き込み・処理作業）からなっており、1本の糸の分離から所定のガイドに通すまでの作業を4秒以内で行うことができる。装置は、図2-11に示す構造となっている。図2-12に、糸の分離及び把持移送途中の状態を示す。糸分離装置では、糸の上部から分離用弾性片を所定の角度に傾斜した状態で押しあて、接触させながら微小ステップ移動させると、弦をばちで弾くように1本の糸を分離する。糸把持移送装置では、この糸を空圧グリッパによって把持し、旋回、ひねり動作によって糸引き込み装置のガイド穴に通したかぎ針に移送する。かぎ針は、ガイド片を光センサによって端から1個ずつ検知して、所定角度傾斜した方向からガイド片の穴に通される。糸の引き込みは、移送されたたて糸をかぎ針によって引き込んで行われる。装置は、ステッピングモータによって駆動されており、

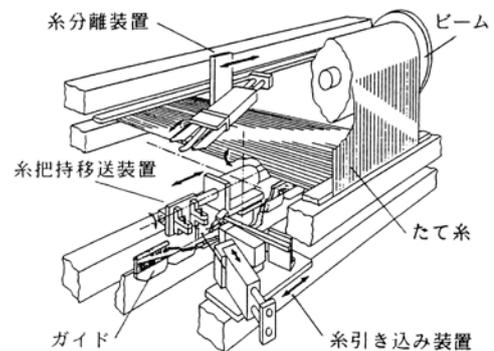


図2-11 糸通し装置概略図

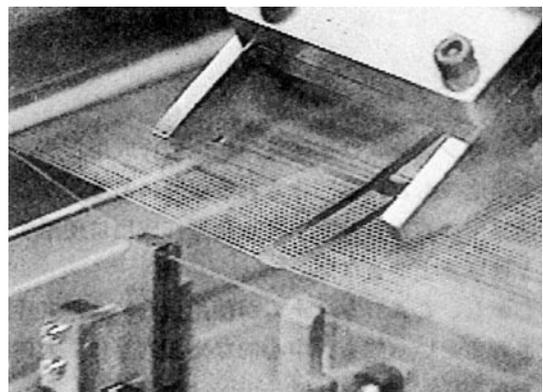


図2-12 糸把持移送部

全体の制御はプログラマブルコントローラによって行われている。最大21インチ幅のビームに対応可能で、1ピートのたて糸通し作業を連続して行える。

②吸血昆虫誘引・駆除装置の開発

県内溪流沿いの山間地に生息する吸血性アブ（俗称オロロ、学術名イヨシロオビアブ）は、図2-13に示す外観で、旧盆前後の1ヶ月間に群れとなり、人や家畜を刺す被害をおこしている。この研究では、このオロロを炭酸ガス等で誘引し、電撃駆除を行う安価な誘引・駆除装置を開発した。オロロには、炭酸ガスと黒色物体を認識し、吸血対象を探知し、足下付近から回り込むように近づく習性がある。装置は、図2-14に示すように、この習性を利用した構造となっている。

この装置は、夏季国体の上市町カヌー競技場で、練習期間中から設置し、オロロ退治に活躍した。また、この装置は県内企業で製品化された。



図2-13 イヨシロオビアブ



図2-14 誘引・駆除装置

2) 業界等への技術的貢献と波及効果

当センターでは、異業種における自動化・省力化のためのシステム開発、異業種試験研究機関と共同で取り組んだ新たなシステムの開発、時代の変遷・技術の進歩を背景とした新たな商品開発の挑戦等に取り組んできた。実用化に

至ったものもあるが、関連業界に対する新たなシステムの提案に終わったものもある。関係企業においては、こうした技術に対する意識の高揚や当該技術に関する技術力向上が図られている。

(7) ロボット開発への取組み

産業用ロボットは、自動車などの生産ラインに溶接や部品の組み付けなどの作業等用として1980年代に本格的普及がはじまった。その後、様々な取組みがなされ、AIBOなどのコミュニケーション用ロボット、また清掃用ロボットや警備ロボット、癒し系のパロ等が実用化されている。

当センターでのロボット開発への取組みは、昭和62(1987)年度に若い研究者を育てる会との共同研究において、企業技術者の育成を目的に「介護ロボット用アームの試作」(昭和62～63年度)の研究から始まった。この研究では、人と共存して生活で役立つ、人間らしいロボットの開発を目的として、ロボットアームを開発している。この会との共同研究においては、その他に、サイズが 10mm^3 以下で自走できる小型自走マシンを開発した「マイクロマシンの研究」(平成4～5年度)、複数カメラの画像を基に、ニューラルネットワークによって自ら判断し、廊下などの曲がり角に沿って移動、障害物検知を行う移動ロボットを開発した「視覚を持つ移動ロボットの開発」(平成6～7年度)、2台が距離を一定に保ちながら、荷物を搬送するロボットの開発に関する「複数のロボットによる協調制御」(平成8～9年度)がある。このうち、「マイクロマシンの研究」で開発したロボットは、精密工学会主催の山登りマイクロメカニズムコンテストに出場し、アイデア賞を受賞(図2-15)している。最近のロボット開発への取組みの例としては、雪上や泥ぬい地で作業するロボット用の全方位移動可能な駆動機構を開発した「雪上作業ロボットの開発」(平成16～18年度富山県元気な雪国づくり事業)・「不整地作業ロボット機構の開発」(平成19～20年度経常研究)がある。

以下に、「介護ロボット用アームの試作」について概説する。

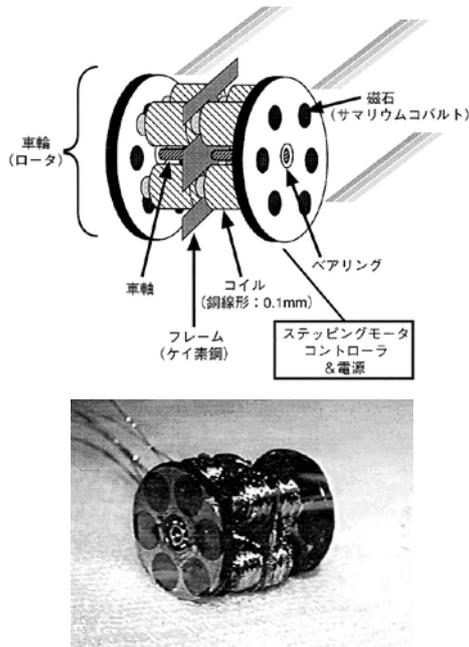


図2-15 試作した小型自走マシンと賞状

1) 研究の内容及び成果

この研究では、人間らしいロボットを目標に、ロボットアームの開発を行っている。図2-16に開発したロボットアームの外観を示す。アームの自由度を6自由度とし、アームを伸ばした状態で2kgのものを持ち上げることができる。手は、エポキシ樹脂とガラス繊維のFRPとし、指を曲げる動作を、形状記憶合金 (NiTi系合金) を通電加熱して制御している。指の伸ばし動作については、超音波モータによって行われている。図2-17に、制御システムのブロック図を示す。メインコントローラにはパソコンを用い、C言語、Z80アセンブラによって同時5軸制御を行っている。このロボットアームで、物をつかみ、所定の位置に移動可能であることを確認している。

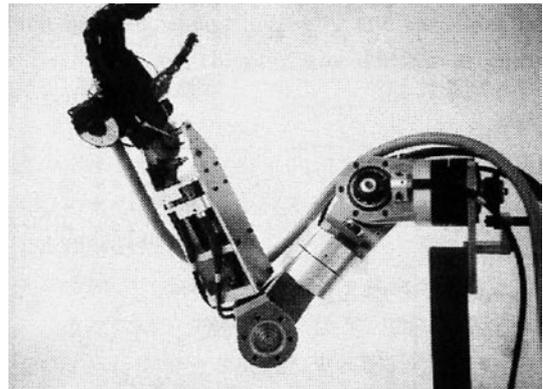


図2-16 ロボットアームの外観

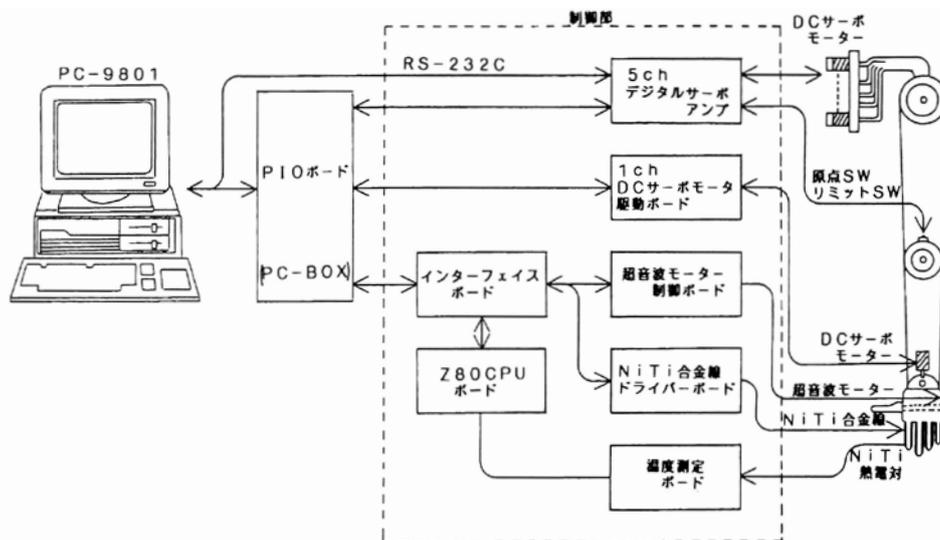


図2-17 制御システムのブロック図

2) 業界等への技術的貢献と波及効果

多くの研究課題は、企業の若手人材育成のための研究テーマ（若い研究者を育てる会との共同研究）として取り組まれてきた。ロボット開発は、機械設計・加工、電子回路設計・製作、コンピュータやソフトウェア開発技術等、多くの技術集積のもとに実現する。このため、ロボット開発によって、参加者（企業内若手技術者）は多くの技術を習得しており、企業内の若手人材育成に大いに貢献してきた。したがって、こうした地道な研究活動によって、企業の技術力向上に少なからず貢献してきたものと思われる。

(8) MEMS技術への取組み

MEMS (Micro Electro Mechanical System) は、半導体微細加工を発展させ、チップ上に回路だけでなくセンサや微細構造体、アクチュエータなどの多様な要素を製作する技術である。1960年代初めに、MEMS技術によるシリコンダイヤフラム圧力センサが開発され、1980年頃から自動車のエンジン制御に用いられ、最近では家電や医療など身の周りで大量に使われている。

当センターでは、平成10(1999)年度にものづくり試作開発支援センター整備事業（中小企業総合事業団（現（独）中小企業基盤整備機構）の委託事業）において、マ

イクロマシニング技術による高精度製品製造技術力向上のためのプロジェクトとして、こうした新しい技術（MEMS技術）に関する設備を整備した。表2-1に現在保有している主な設備を紹介する。当センターのMEMS関連技術の設備は、マスクパターンの作製からパッケージングまでのすべてのプロセスを行える点が特徴であり、試作レベルの製品開発を支援できる。こうした環境のもと、各種センサや細胞チップの開発等に取り組んできた。センサ開発に関するテーマには、小型、高性能な3次元加速度センサの開発を行った「マイクロマシニング技術により作製する3軸加速度センサに関する研究他」（平成14～20年度共同研究）、ロボット用小型、高性能の6軸運動量センサの開発について取り組んだ「ロボット用6軸運動センサに関する研究開発」（平成15～17年度戦略的基盤技術力強化事業）等がある。MEMS技術では、一般にシリコンが用いられるが、シリコン以外の材料の超微細加工技術も必要であるため、新たなプラズマエッチング技術についても取り組んでいる。光集積デバイス用基材のニオブ酸リチウム、石英、PLZTやポリマー等の精密加工を行うため、「光集積デバイス用反応性イオンエッチング装置の開発」（平成14年度即効型地域新生コンソーシアム研究開発事業）、「複合プラズマ装置による μ リアクター製造技術の研究開発」（平成15～16年度地域新生コンソーシアム研究開発事業）において新たな反応性イオンエッチング装置の開発に取り組んだ。

以下に、「ロボット用6軸運動センサに関する研究開発」と「複合プラズマ装置による μ リアクター製造技術の研究開発」について概説する。

1) 研究の内容及び成果

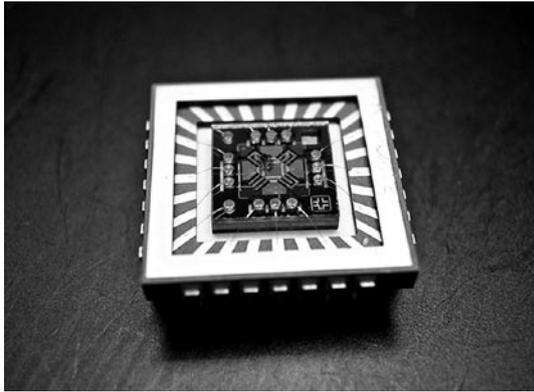
①ロボット用6軸運動センサに関する研究開発

この研究では、ロボット用の小型で高性能な6軸運動量（3軸加速度+3軸角速度）センサの開発について、県内外の企業と共同で取り組んだ。センサは、ガラス/シリコン/ガラスの3層構造となっており、センサの中央部にシリコンで作製された錘が配置され、これをビームが支える構造となっている。慣性力によって錘が動くと、シリコンとガラス上の電極の間の静電容量が変化して、それを電圧に変換して加速度と角速度を検出する。このセンサは人間型ロボットに搭載され、性能評価された。図2-18に、開発したセンサと性能評価を行ったロボットの写真を示す。

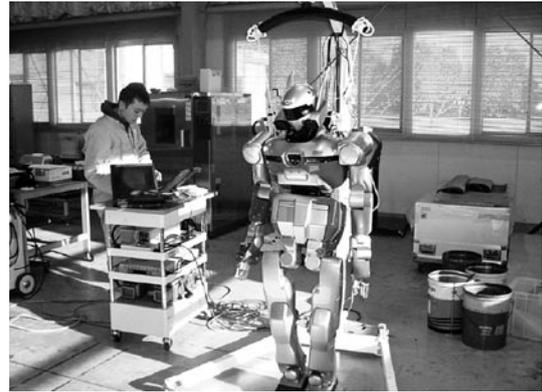
この研究に取り組んだ県外ベンチャー企業は、この後、センサの実用化を果たした。また、この企業は、これを契機に県内に事業所を設立している。

表2-1 主なMEMS関連設備

クリーンルーム	クラス1,000
主な設備	フォトマスク作製装置 レジストコータ 両面マスクアライナ 酸化・拡散炉 深掘り用 ICP ドライエッチング装置 陽極接合装置 ダイサー ワイヤボンダ



(a) 6軸運動センサ



(b) ロボットによる実機テスト

図2-18 ロボットによる実機テスト

②複合プラズマ装置による μ リアクター製造技術の研究開発

この研究では、幅数 μm から数百 μm 程度のマイクロ空間内の現象を利用した、化学反応・物質生産用機器のマイクロリアクターの作製を目標に、ポリマーの微細加工装置の開発について検討した。図2-19に開発したECR (Electron Cyclotron Resonance) 型RIE (Reactive Ion Etching) 装置の原理図を示す。一般的なECR型RIE装置はマイクロ波の導波管が上方に配置されており、電子の共鳴磁場は電磁石によって形成されている。本装置では、永久磁石によって平坦な共鳴磁場を形成し、この磁場と同じ高さの水平方向からマイクロ波を導入している。これにより、従来のものと比較して、小型化、省電力化が図られ、なおかつ低プロセス圧力下で高密度プラズマを達成できた。また装置の構造上、エッチングは勿論のことCVDやスパッタ加工も行うことができる。本装置によって、マイクロリアクター用の流体素子をポリマーに形成した例を紹介する。図2-20に、粒子のフィルタ素子のマイクロピラーアレイの作製例を示す。ピラーのサイズは、 $13.2 \times 13.2 \times 28 \mu\text{m}$ で、ピラーの間隔に対する深さのアスペクト比は10以上であった。

この技術は、共同研究の相手企業において実用化された。

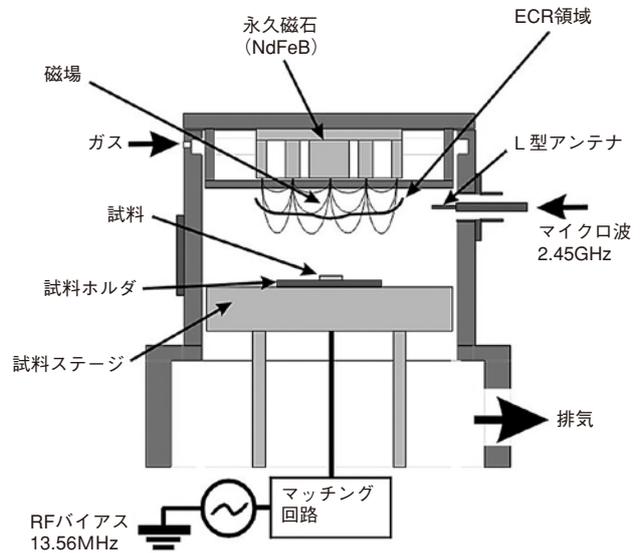
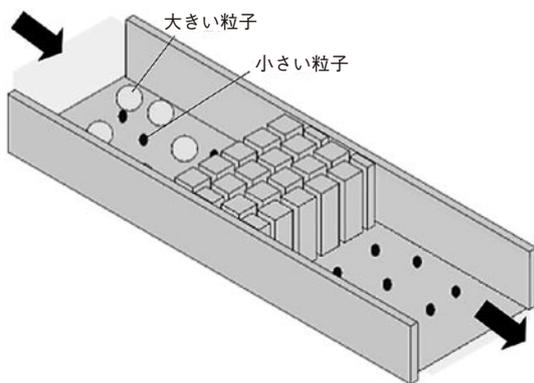
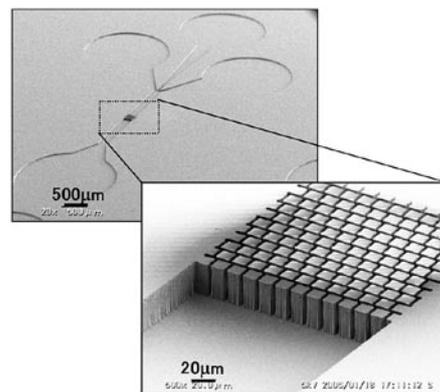


図2-19 ECR-RIEの原理図

この技術は、共同研究の相手企業において実用化された。



(a) ピラーのイメージ



(b) 作製したピラーのSEM写真

図2-20 マイクロピラーアレイ

2) 業界等への技術的貢献と波及効果

MEMS技術などの先端技術を導入し、これを企業に普及することで、企業の新たな事業展開に貢献してきた。当センターでは、MEMS技術によって共同研究や研修生受入れ事業、また競争的外部資金による共同研究等を通じて、電子部品、めっき、自動機等のメーカーに対して、新技術の普及、新技術開発に対する支援を行ってきた。現在も、こうした流れは続いており、これによって本県当該技術の高度化に大いに貢献してきている。

3 電気電子・IT（情報）分野

(1) 電子・電気材料に関する研究開発

電子部品や電子技術の発展には目覚ましいものがある。昭和20(1945)から35(1960)年の真空管の時代は能動素子は真空管であり、抵抗・コンデンサなどの受動部品は大きく、基板はベークライトを用い、配線は銅細線の空中配線であった。昭和30(1955)から55(1980)年のトランジスタ時代では、能動素子は小型・省電力のトランジスタになり、受動部品も小型・省電力化し、実装はプリント基板実装でスルーホール技術が用いられた。1960年以降のIC時代では、驚異的な省電力回路のC-MOS技術が開発され、ICはSSIC、MSI、LSI、ULSIと進歩し、受動部品もIC内臓やアレイ化、チップ化等驚異の小型化が進み、実装も表面実装やチップオンボードへと進化した。このように電子部品は時代と共に急速に小型化や高性能化が進み、これに伴うプリント基板技術や実装技術なども急激な進展を見せている。

富山県工業試験場も公設試験研究機関として県内の電子電気業界を下支えするべく、電子電気材料技術や電子部品及び電子関連機器の信頼性技術を中心に試験研究を実施してきた。

電気電子材料に関する研究開発では、電子基板の配線材や受動部品である抵抗やそれらの保護膜など多くの利用が考えられる絶縁材料、導電性材料、誘電体材料などの開発を中心に行っている。特に電子部品への応用のために、高分子材料であるエポキシ樹脂の多機能化の研究を長年実施しており、平成以前では「エポキシ樹脂の耐熱性の研究」、平成以後では「エポキシ樹脂の高誘電率化に関する研究」や、これとは逆に樹脂に導電性を付与することにより電子関連業界等への応用拡大を意図した「導電性エポキシ樹脂の開発」、「エポキシ樹脂を用いた導電塗料の開発」などの研究開発がある。これらの研究成果は以降のリチウムポリマーバッテリーの実用化などの基礎技術にも結びついている。以下に、主な研究概要について概説する。

1) 研究の内容及び成果

①樹脂結合型磁性材の開発 [共同研究] (昭和62年)

本研究は企業との共同研究であり、当該工場における歯磨きなどのラミネートチューブと口の部分のポリエチレン樹脂とを高周波溶着するときに用いるコアを開発し、工業化に成功したものである。開発した樹脂結合型磁性体はフェライトやパーマロイなどの磁性粉末と特殊な耐熱性樹脂粉末及び金属キレート材を混合し、圧縮加熱成形したものである。従来はラミネートチューブと口の樹脂部は抵抗加熱で溶着していたため、時間と電力がかかっていたがこの発明によって溶着時間は約1/4、1時間当たりの消費電力は約1/2になった。

また、従来の磁性体は切削加工や薄くすることは困難であったが、本品は切削加工が容易で厚みが0.3mm以下にスライスしても機械的強度を保つことが出来るという特徴も合わせ持つ。なお、当該企業と共同で出願した国際特許は科学技術庁の第47回注目発明賞(昭和63年4月)に選定されている。

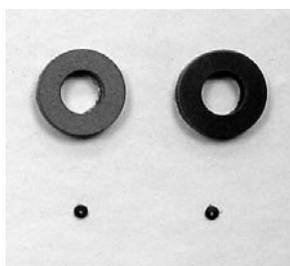


図3-1 開発した樹脂結合型磁性体



図3-2 科学技術庁からの注目発明認定証

②エポキシ樹脂の高誘電率化 [共同研究] (平成3～4年)

一般に、有機材料とりわけ高分子材料は無機材料単独では得られない機能を持つため、無機材料との複合材の研究は多くある。無機材料と比較して高分子材料自体が無機材料と比較して電気的特性が劣るため高分子材料の特性向上が課題となっている。ここではポリマーバッテリーの固体電解質への応用を目指し高誘電率化の研究を行った。その結果、シアノエチル化したエポキシ樹脂に硬化剤としてトリエチレンテトラミンを加えた場合、比誘電率 ϵ_r は27、アミン系硬化剤添加の場合は26などの材料を開発した。

③導電性エポキシ樹脂の開発Ⅲ [共同研究] (平成5～9年)

エポキシ樹脂の高機能化を目指し導電性エポキシ樹脂の開発を行った。ジグリシジルシアノエチル化グリセリン (CN-DG)、ポリエチレングリコール (PEG) 及びトリエチレンテトラミンとの反応生成物系では抵抗率 ρ が $5 \times 10^4 \Omega \cdot \text{cm}$ 前後のゲル状の塗膜になった。また、強固な塗膜を持つエポキシ樹脂を作るため、前述のCN-DGにアクリルニトリルと分子量200のPEGを銅の存在化で反応させたもの (AN-Cu-PEG) と、硬化剤としてテトラエチレンペンタン+トリシアノエチル化ペンタエリスリトールのモノメタクリレートとの反応生成物を混合、硬化させた系ではAN-Cu-PEG配合量が60wt%前後で抵抗率 ρ が $2.9 \times 10^5 \Omega \cdot \text{cm}$ で最も優れた導電性を示した。

④はんだ付け用低温硬化型導電塗料の開発

〔(独)科学技術振興機構「重点地域研究開発推進プログラム」〕 (平成19～20年)

一般に、樹脂製基板を用いた電子回路の印刷配線や導電性接着剤として用いられる樹脂結合型導電塗料ははんだ付けができない。しかし、電子回路の表面実装に伴って、はんだ付け性と細密印刷性に優れた導電塗料の開発要望が高まっている。本研究では、導電性に優れ、はんだ付け性にも優れた樹脂結合型導電塗料の性能向上と量産化について研究した結果、(ア) AgコートNi粉末の導電性、はんだ付け性には、AgコートNi粉末 (平均粒径 $5 \mu\text{m}$) の方が、平均粒径が $2 \mu\text{m}$ 前後のNi微粉末にAgをメッキした場合より、Niの凝集等によりはんだ付け性、密着性、導電性が良い。(イ) バインダー用樹脂については、各種のフェノール樹脂やエポキシ樹脂のうち、金属粉末のバインダーとして使用した場合、はんだ付けができるものはフェノール樹脂の中でもごく一部の種類の樹脂に限られていた。また、導電性、はんだ付け性と銅箔との密着性に優れたエポキシ・フェノール複合化樹脂も開発した。(ウ) 長鎖不飽和脂肪酸、生体有機酸等添加を検討したところ、オイレン酸より長鎖のリノール酸は $1.3 \times 10^{-4} \Omega \cdot \text{cm}$ と優れた導電性を示し、はんだ付けは十分に可能であった。更に、上述のフェノール系樹脂にフタロシアニンを微量添加した場合、Ag-Ni; 70wt%、Ag; 20wt%、Pc; 0.3wt%のものは、体積抵抗率; $6.8 \times 10^{-5} \Omega \cdot \text{cm}$ と優れた導電性を示し、耐湿性評価及び耐熱性評価とも良好であり、実用化を目指している。



図3-3 AgコートNi粉末導電塗料

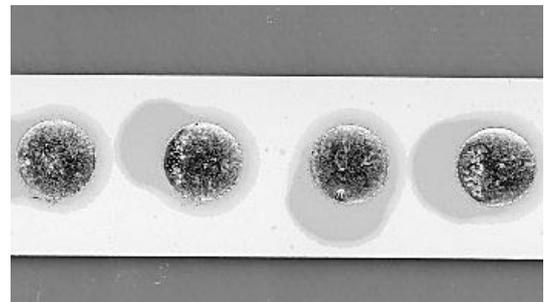


図3-4 はんだ付け性良好な状況写真

2) 業界等への技術的貢献と波及効果

工業技術センターの電子・電気材料に関する研究において特徴的なこととして、エポキシ樹脂等の樹脂を電子部品等へ応用するための研究を継続的に続けてきたことが挙げられる。この分野の研究成果として、少し前の昭和では、電子回路の印刷配線や磁気コアなどの電子部品の実用化、平成ではリチウムポリマーバッテリーなどの電子関連製品として実用化したことが挙げられ、関連企業への支援や本県産業界の発展に多くの貢献をしたものと思われる。

(2) 厚膜系－電子部品・デバイスに関する研究開発

ICが開発された1960年代以降の電子産業の進歩はすさまじく、ここに記載する1990年代以降でも、電子機器の小型化に伴って電子部品や実装基板の小型化が急速に進んできており、これに対応するため電子部品についてはチップ化、複合化が図られ、部品の実装技術では高密度化に関する技術開発が行われていた。チップ化・小型化する手法として、スクリーン印刷法がある。これは、目的の粉末材料と有機溶剤

等を含んだバインダーを混練・ペースト化しガラスエポキシ基板やセラミックス基板などへスクリーン印刷し、乾燥、焼成して厚膜を得る手法である。

工業技術センターでは、試験場時代からこのスクリーン印刷技術を用いて抵抗、コンデンサなどの多くの受動部品や温度センサ、赤外線センサ、ガスセンサなどの様々なセンサ等の研究開発を行ってきた。この厚膜を応用した研究分野では、「誘電体」、「圧電体」としての応用や「酸化物半導体」としての応用などがある。

- A. 一般的な誘電体・圧電体厚膜の研究としては、「強誘電体厚膜の研究」（平成2～3年、15～16年）や「厚膜誘電体材料の研究」（平成8～18年）が行われていて、その応用である電子部品やセンサの開発研究としては、「厚膜サーミスタ開発」（平成元、3、7、18年）、「厚膜コンデンサの開発」（平成8～9年、13～14年）、「厚膜アクチュエータの開発」（平成9、10～13、16年）、「厚膜バリスタの開発」（平成15、16年）、「厚膜赤外線センサの開発」（平成5、10～13年）、「厚膜発電素子の開発」（平成18年）や「マイクロ圧力センサの開発」（平成21年～）などがある。そのほか、近年インクジェット技術を用いた「厚膜作製技術の研究」（平成15～20年）も行われている。なお、平成18年（2006）7月からはEU圏への電気機器製品の輸出にPb、Cd等の有害物を含んだ部品等は輸出できないRoHS規制が適用され、この頃から鉛フリー（非鉛系）電子部品の開発も企業と共に急ピッチで行われた。
- B. 非鉛系誘電体材料の研究として、「非鉛系高性能圧電厚膜の研究」や「非鉛系高誘電率厚膜の研究」（平成17～21年）があり、応用展開である電子部品やセンサの開発研究としては、「非鉛系圧電アクチュエータの開発」（平成17年）、「非鉛系発電デバイスの開発」（平成18、19年）、「非鉛系厚膜圧力センサの開発」（平成20～21年）などがある。
- C. 酸化物半導体をセンサとして用いたガス・においセンサの開発研究もあり、これには真空装置による「薄膜化学センサ開発」（平成4～5年）やスクリーン印刷法による「厚膜においセンサの開発」（平成6～11年）や「厚膜VOCセンサ（平成17～20年）の開発」などがある。

以下に、いくつかの研究概要を記述する。

1) 研究の内容及び成果

①電子部品用感温性材料の開発【共同研究】（平成3年）

表面実装用チップサーミスタが携帯用小型電子機器の分野で必要とされている。厚膜技術は高い生産性とコストパフォーマンスを有して抵抗部品等のチップ部品製造で用いられているが、この頃まだ厚膜サーミスタでは性能及び信頼性で優れたモノがなかった。本研究では化学的に合成した易焼結性のMn-Co-Ni-Cu系サーミスタ粉末とガラス粉末を用いて新しいタイプの厚膜ペーストを開発し、小型のチップサーミスタを作成した。一例として、大きさは $2.0 \times .25 \times 0.65\text{mm}$ のアルミナ基板上的銀パラジウム電極間に橋渡しのシートタイプや銀パラジウム電極にサンドイッチされたタイプがある。ガラスでオーバコートし抵抗値を合わせるためレーザートリミングされる。そして基板端面に二次電極が形成されNiメッキとはんだメッキが施される。サーミスタ定数は4000で、抵抗値は $10\text{k}\Omega \sim 1\text{M}\Omega$ である。なお、最近の研究では、より高感度化、小型化のため $1\mu\text{m}$ 以下の薄膜サーミスタの開発や通常の $-30^\circ\text{C} \sim 400^\circ\text{C}$ 検出範囲ではなく、 $0^\circ\text{C} \sim 1000^\circ\text{C}$ の高温耐熱サーミスタの共同研究を行っている。

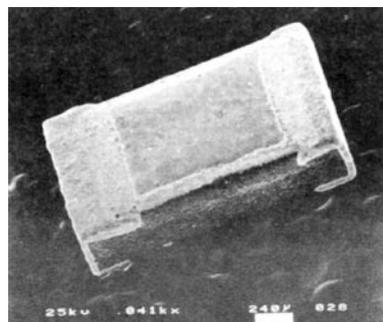


図3-5 チップサーミスタの概観

②厚膜焦電体材料を利用した赤外線センサの開発に関する研究【共同研究】（平成10～13年）

厚膜焦電材料を用いて正確な人体検出等に利用される4素子型の赤外線センサアレイの開発を目指した。最初に低コストでかつ高感度な焦電性材料として、 $\text{PbZrO}_3\text{-PbTiO}_3\text{-Pb}(\text{Zn}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3\text{-Pb}(\text{Mg}_{1/2}\text{W}_{1/2})\text{O}_3$ 系材料を開発した。残留分極は $15\mu\text{C}/\text{cm}^2$ 、抗電界は $40\text{kV}/\text{cm}$ であり、小形状でも優れた特性であることがわかった。FETと抵抗付き基板に実装し、TO缶に納めた。赤外線導入窓はシリコンを用いている。この種のセンサは1Hz付近で最高感度を示し、人体の移動検出に有効であり、焼結体セラミック材料を用

いたものの4倍程度の高感度(20V/mW)が達成された。

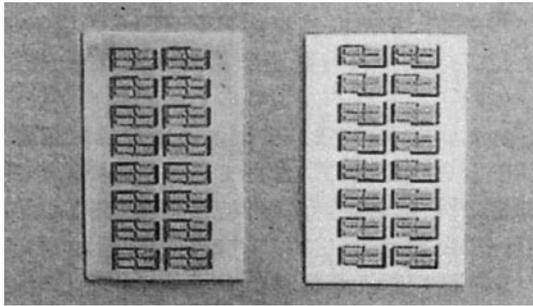


図3-6 素子型赤外線アレイセンサ概観

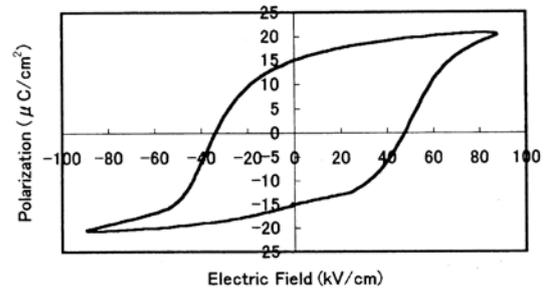


図3-7 赤外線センサのB-Hカーブ

③厚膜チップバリスタの開発に関する研究[共同研究](平成15～16年)

電子機器の小型化・省エネ化に伴い電子回路動作電圧の低下が進み、雷サージや静電気などのノイズから電子回路を保護するために、バリスタなどの保護素子の使用が必要となっている。現在は各種セラミックス焼結体がバリスタとして利用されているが、今後バリスタ素子についてもSMT(表面実装)用の小型チップ部品が必要となる。厚膜チップバリスタは、通常の厚膜チップ抵抗に用いている大きさが2.0×1.25mmのスリット入りで、純度96%のアルミナ基板を用いて作製した。厚膜バリスタ構造としてはサンドイッチ型で、上下電極にAg-Pdを用いた。図3-8は、作製した厚膜チップバリスタの外観写真を示す。図3-9は、得られた厚膜チップバリスタについて測定したI-V特性を示す。バリスタ定数の向上(α 10→19)が実現できた。

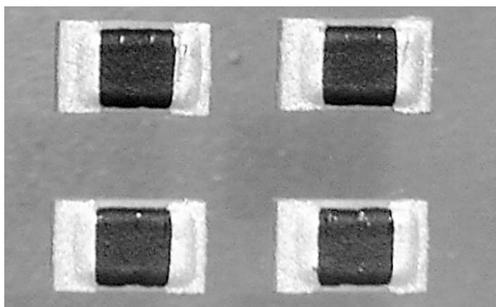


図3-8 厚膜チップバリスタの外観写真

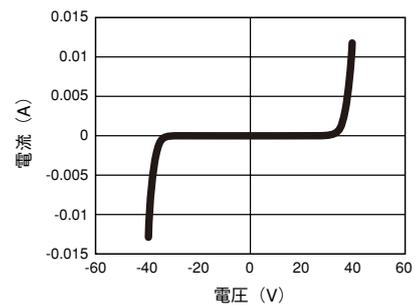


図3-9 厚膜チップバリスタのI-V特性

④厚膜圧電体を用いたマイクロアクチュエータの開発[中小企業技術開発産学官連携促進事業](平成15～16年)

本事業では、電子デバイス作製のためのインクジェットヘッドとして、多品種少量生産に適したシリコン基板とスクリーン印刷による厚膜圧電体を用いた構造のアクチュエータを開発した。

最初に、厚膜圧電体の高機能化を図ったところ、過剰PbO量と焼成温度を最適化することで、焼成温度850℃において、過剰PbO量20wt%で最大値 $Pr=12.2 \mu C/cm^2$ を示した。厚膜圧電アクチュエータの作製は、100-200 $\mu m \times 3 mm$ の厚膜が短冊状に並んだ形状の厚膜パターン形成後、Si基板へのレジスト塗布、露光、RIEプロセスにより強誘電体厚膜の真下にSiのダイアフラム構造を形成した。図3-10は、試料の断面SEM写真を示す。Pt下部電極の上に厚膜圧電体が形成され、さらにその上にAu上部電極が全てスクリーン印刷にて形成されている。厚膜圧電体の真下のシリコンを完全にエッチングしている。30V、4kHzで駆動した際、最大で約0.05 μm の変位を観察した。また、近年、有害なPbを含まないBTZ系厚膜マイクロアクチュエータの開発し、20V、4kHzで駆動時、中心部分で0.065 μm の変位が観測された。

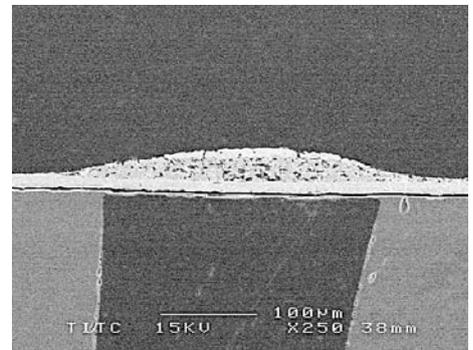


図3-10 開発した厚膜圧電アクチュエータ断面

⑤揮発性有機化合物対策用高感度検出器の開発[NEDO産業技術研究委託事業](平成17～20年)

本研究は、(独)産業技術総合研究所、松下電工(株)、(独)建築研究所、東京大学が「揮発性有機化合物対策用高感度検出器の開発」の課題で(独)NEDO技術開発機構の研究開発プロジェクトとして採択

された事業であり、産業技術総合研究所から再委託先として、総揮発性有機化合物（T-VOC）計測素子の開発の依頼を受けた研究である。このT-VOCセンサは室内のVOCガスの総量を検出し、必要に応じて室内換気を行うことを目指すものであり、この背景にはシックハウス問題から建築基準法が平成15年（2003）より改正され、新築住宅には室内換気設備の設置が義務づけられたことがある。開発したセンサは約20nmのSnO₂粉末をベースに5nm程度のPt、Au、Pdをそれぞれ適量添加した素子である。センサの評価は、厚労省の報告書を参考に17種類のVOCガスを実際に住宅で測定した濃度にあわせて混合した疑似T-VOCガスを用いて行った。その結果、センサの応答性は最終目標の200 μg/m³（トルエン換算では0.05ppm）を十分クリアし、応答速度、直線性もよく、湿度や経時変化等多くの信頼性試験もほぼ満足できることが確認された。

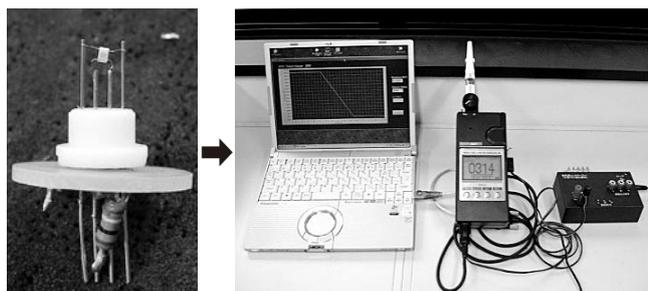


図3-11 開発したT-VOCセンサと試作計測装置

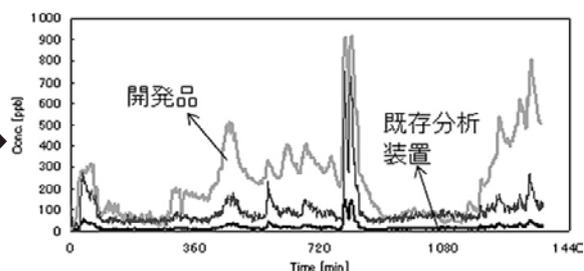


図3-12 実住宅で24時間モニタリング状況

2) 業界等への技術的貢献と波及効果

簡便でかつ量産化も可能なスクリーン印刷法を用いて作製した厚膜の電子部品への応用研究は工業試験場時代から現在までいろいろ行われている。例として、電子部品の抵抗、コンデンサ、バリスタから、サーミスタなどの温度センサ、赤外線センサ、圧力センサ、ガスセンサなどのセンサ類、あるいはここでは触れないが色素増感型太陽電池など様々あり、その多くは企業との共同研究を行い、実用化あるいは特性改善に貢献してきているとともに、新製品開発の端緒ともなっている。

(3) 薄膜系－電子部品・デバイスに関する研究開発

薄膜形成技術は半導体分野の応用をきっかけとして、1950年代以降に抵抗加熱真空蒸着に始まる物理的气相成長法（PVD：真空蒸着、スパッタ、イオンプレーティング、MBE等）が発展してきた。1970年代になると、化学的气相成長法（CVD：MOCVD、RFプラズマCVD、ECRプラズマCVD等）の技術開発が進み、1980年代になると、メッキ法に始まり、最近ではゾルゲル法などの液相成長法（メッキ、陽極酸化、ゾルゲル、塗布法等）が大きく進展、発展している。近年、半導体分野におけるPVD（特にスパッタ法）によるIC配線パターン幅の限界から、メッキ法にシフトしている現状はあるものの、それぞれの成膜方法は用途に応じてそれぞれの分野で活躍・発展している。工業技術センターでも上述の成膜法中、MBE（分子線エピタキシー法）を除いたほとんどの手法で研究を行ってきた。中でもスパッタ法は一般に1970年代頃から現在まで約40年に渡って利用されてきた汎用的成膜手法であり、センターでも多くの研究・開発例がある。以下に成膜手法別に分けて研究例を幾つか挙げる。

- A. スパッタ法：「磁性薄膜の応用に関する研究」（平成2年若研）、「Ni-Fe-Co磁気抵抗膜に関する研究」（平成5年若研）、「薄膜超磁歪素子の研究」（平成6年若研）、「形状記憶合金膜アクチュエータの開発」（平成9年若研）、「スパッタリング法によるポリカーボネート成形物への光触媒膜形成技術並びにその実用化の研究」（平成14年共同研究）、「真空プロセスを用いた光触媒性酸化チタン薄膜作製技術の開発」（平成14年共同研究）、「自己整合技術を用いた有機光高度機能部材の開発」（平成19年地域新生コンソーシアム研究開発事業）、「プラズマ処理による有機薄膜の表面改質と太陽電池（PAn/HP/C₆₀）への応用」（平成20年）など、非常に多い。
- B. 真空蒸着法：「機能性薄膜素子作成技術の研究」（平成2～3年）、「薄膜化学センサの開発研究」（平成4～5年）

- C. イオンビームスパッタ法：「低温コーティングによるガスバリアー薄膜作成技術の開発」（平成14年地域新生コンソーシアム研究開発事業）、「薄膜超低温度特性抵抗器の開発」（平成15～17年若研）、「高帯域透明電極薄膜の開発」（平成13～15年）
- D. ECRプラズマ法：「多孔質柱状酸化チタン薄膜によるエレクトロクロミック素子の実用化研究」（平成20年（独）科学技術振興機構「シーズ発掘試験」）
- E. プラズマCVD法：「プラズマCVD法によるTiC-C多層膜及びTiN膜の作製」（平成元年）
- 以下に、2つの研究概要について記述する。

1) 研究の内容及び成果

①光触媒膜を用いた滑雪板の研究開発〔若研他〕（平成13～18年）ースパッタ法ー

積雪寒冷地において、道路標識板や橋梁アーチ部などの屋外構造物に着雪して成長した雪氷塊の落下により、走行車両に甚大な被害を与えている。富山県土木部管轄内においても毎年数件の事故報告があり、早急な対策が求められている。本研究では光触媒酸化チタンの超親水性と防汚効果を利用して、北陸地域に適した滑雪板の開発を行った結果を記す。

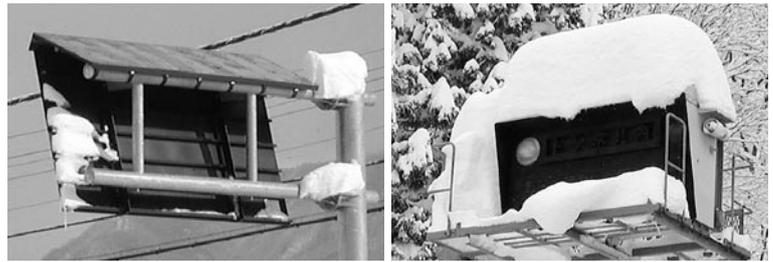


図3-13 試験設置した道路標識板用の滑雪板（2003. 1. 4）
（左：光触媒板、右：既設の塗装板）

滑雪板の基材にはAl板（A1100、陽極酸化処理済）を用いた。超親水性を有する滑雪板は光触媒活性の高いアナターゼ結晶膜を作製できる反応性スパッタ法を用いて行った。比較のため撥水塗料板、及びアルマイト板を準備し、作製した親水板（スパッタ板）と比較した。野外比較実験は平野部（高岡市）、山間部（利賀村）、寒冷地（札幌市）で積雪状況をビデオカメラにてモニタリングしながら行った。その結果、利賀村の12月から2月までの結果であるが、 -3°C 以上の湿り雪場合、スパッタ板の滑雪性能が非常に優れていることがわかった。 -3°C 以下の乾き雪の場合には撥水盤と同じ性能を示した。以上の結果から、北陸の湿雪には滑雪板には親水性表面が良く、酸化チタンの超親水性が有効で、落雪は少量ずつのため安全、光触媒膜を使用すると排ガス、糞などにも強く長期間使える等の結果を得ている。図3-14は実験風景であり光触媒膜効果が表れている。図3-15は、表面粗さと模擬湿り雪を用いた転落角野関係であり、その優位性が示された。



図3-14 大型滑雪板の実験風景
（左から：光触媒A：黒色板、光触媒B：無色板、SUS板）

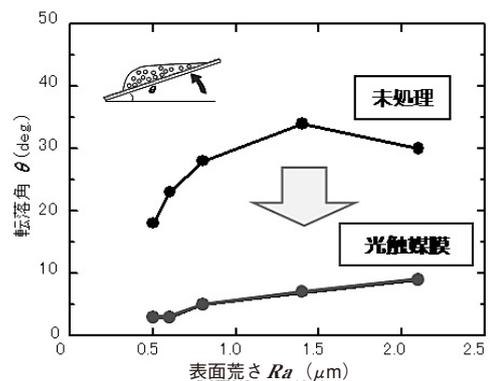


図3-15 表面粗さと模擬湿り雪を用いた転落角

②薄膜超低温度特性抵抗器の開発〔若研〕（平成15～17年）ーイオンビーム法ー

情報通信の発達により電子部品には、より小型・高精度化が求められている。そのため抵抗器にも高い信頼性と精度が求められるようになってきた。しかしながら、薄膜抵抗器においては、材料そのものの特性のほかに、薄膜に加工したときに発生する特性のばらつきが大きく、温度抵抗係数TCR（Temperature

Coefficient Resistance) を30ppm/K以下にすることは、非常に困難であった。

本研究では、その主な要因はNiCr薄膜抵抗体において基板が膜に及ぼす熱歪にあること、膜厚が薄い場合、基板表面粗さの増加によりTCRも増加すること、膜厚の増加により、熱応力(熱歪)が減少してTCRも減少すること、抵抗膜と基板の間に10~30nmでZrO₂バッファ層を設けることによりTCRが減少すること、TCRの負の方向への制御にはSi添加が有効で、濃度に対して直線的に制御できることなどが分かり、これらの技術を組み合わせることで、TCR特性が±10ppm/K以内のNiCr薄膜抵抗体の作製(薄膜低温度特性抵抗器)が可能となった。

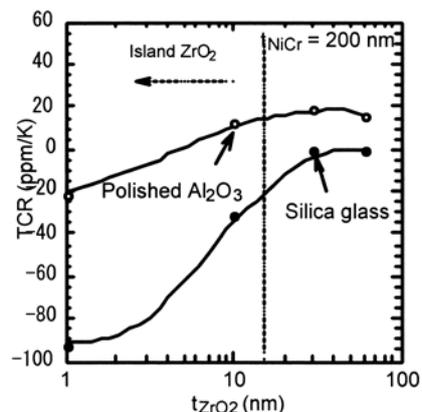


図3-16 ZrO₂バッファ層付NiCr薄膜のTCRのバッファ層厚さ依存性

2) 業界等への技術的貢献と波及効果

真空装置を用いて作製した薄膜などの電子部品等への応用研究は、前述の厚膜と並んでいろいろあるが、抵抗などの受動部品の多くは昭和の時代に開発に携わって実用化のための技術支援に寄与しており、近年では薄膜超低温度特性抵抗器の開発などが挙げられる。平成に入ってからでは磁性薄膜、透明導電膜等もあるが、光触媒膜、有機薄膜太陽電池、表示素子用膜など、真空装置の高性能化もあり、どちらかという、能動素子開発も多くなっている。実用化に至るには困難が多いものの、当該技術に関する意識の高揚、技術力向上に貢献している。

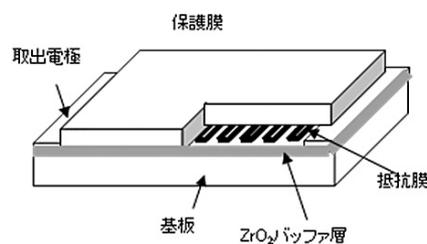


図3-17 バッファ層入り抵抗器図

(4) 薄膜・厚膜以外の電子デバイスに関する研究開発

当センターの電子・電気・IT分野に関する電子デバイスの開発研究では、前述のようにスクリーン印刷などを用いた厚膜技術やスパッタ装置などの真空装置を用いた薄膜技術を応用した研究が全体的には多い。しかし、この薄膜・厚膜技術及び別項に記載されているMEMS技術応用デバイス以外の電子部品・製品に関する開発研究もいろいろあり、以下に主な研究テーマを列挙する。

- A. 温度センサ(高電圧高磁界等悪環境下用)の開発例として、GaAs単結晶をセンサに、光ファイバーを伝送に用いた「光ファイバー伝送路型温度センサの開発」(昭和61年技術開発研究)がある。
- B. 力や圧力・触覚センサ開発例に関しては、圧電性樹脂を用いた「接触圧力分布測定用センサの開発」(平成元年共同研究)や、歪みゲージを利用した「三軸力検出トランスデューサの開発」(平成2年経常研究)、「三次元触覚センサの開発」(平成3年経常研究)があり、「PETフィルム基板を用いた極薄静電容量検出3軸フォースセンサ」(平成21年財電子回路基板技術振興財団研究助成)など研究例は多い。
- C. 光センサ開発例としては、平成3(1991)から7(1995)年度にかけて、動物の血液の赤色色素からFeを除去した、大環状共役π電子系化合物のヘマトポルフィリン(Hpp)を用いた光センサの開発を行った。アセチルアセトネート(M(AA)x)との反応生成物の組み合わせによる「ITO/Hpp-M(AA)x/Cu₂Oの光起電力」や、「ITO/TCNQ-M(AA)x/Cu₂Oの光起電力」、「ITO/フタロシアニン金属錯体/Cu₂Oの光起電力」、「ITO/Pan-HP/C₆₀の光起電力」、「ITO/Hpp-MClx/TiO₂orCu₂Oの光起電力」、また、平成8(1996)から9(1997)年度ではTiを用いた系、「色素/Ti板/NaOH/Ptセル等の光電変換特性」やCdS、深層水、葉緑素を用いた系、「CdS/葉緑素/深層水・X/Ptセル」等の光電変換特性を検討し、新しい光電変換セルの開発を行った。
- D. その他：水分センサ等の開発例として、「園芸用水分計、肥料計及びPH計の開発」(平成12~15年共同研究)、半導体応用素子の開発例として、「多孔質シリコンを用いた発光素子の研究」(平成7~12年若研他)がある。以下に、いくつかの研究概要について記述する。

1) 研究の内容及び成果

①園芸用水分計、肥料計及びPH計の開発〔共同研究〕(平成13～15年)

園芸など趣味の領域で簡単に使える安価で実用的な水分計や肥料計、PH計の企業との共同研究開発を行った。開発ポイントは、部品点数が少なく構造が簡単なこと、安価な部品や部材を採用すること、また低消費電子回路であることとした。また反面、製品である以上目標とする性能や信頼性を有することや優れたデザインで製品として魅力的でありかつ機能的であること等も重要な開発ポイントとした。写真の肥料計(平成15年)は、園芸用の肥料量を検出するセンサ部、センサ部を駆動しセンサから肥料のインピーダンスを測定する電子回路部、そしてそのインピーダンスを表示する液晶表示部からなる。また、樹脂基板を本体として、その基板上にセンサ部及び電子回路部を印刷することで価格、デザイン及び性能の全てを満足するようなものを目指した。図3-18は透明なポリカーボネート基板に、配線や電子部品をスクリーン印刷、ICやボタン電池などは実装して完成した肥料計を、肥料を溶かしたビーカで表示させている写真である。液晶が示すように秤量を水分計と同じく5段階表示させ、表示させている。本肥料計の特徴として、センサの抵抗値を検出してスイッチなしで自動的に電源(液晶表示等)のオン、オフを行う機能を有していることにより、省電力化を図っている。



図3-18 樹脂基板に電子回路を印刷した肥料計

②PETフィルム基板を用いた極薄静電検出3軸フォースセンサ(平成21年財電子回路基板技術振興財団研究助成)

携帯電話に代表されるようなモバイル機器は薄型化に伴い、これらに用いられるセンサなども0.5mm以下の低背パッケージが求められる。本研究では、モバイル機器やゲームコントローラなどに使用されるヒューマンインプットデバイスを、高信頼性かつ安価に実現するフォースセンサを開発した。検出機構はPETフィルム上に形成されたアルミ電極とそれを挟んで対向する導電性シリコンゴムの可動電極間に形成される静電容量変化を検出することによって行っている。シリコンゴムの表面には同心円状の溝が形成されており、それが押しこみ入力によってつぶれることによって固定電極との間に容量変化が起こることを利用している。そのため、電極をXYZ方向各軸に対し配置することにより、3軸の入力検出も可能となっている。これまでの抵抗変化を利用したようなセンサは、微小荷重領域での分解能が低く、荷重に対する

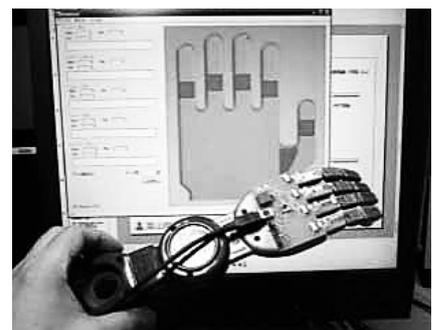
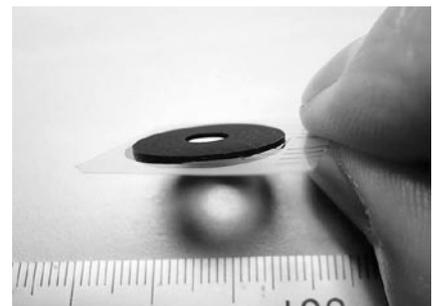
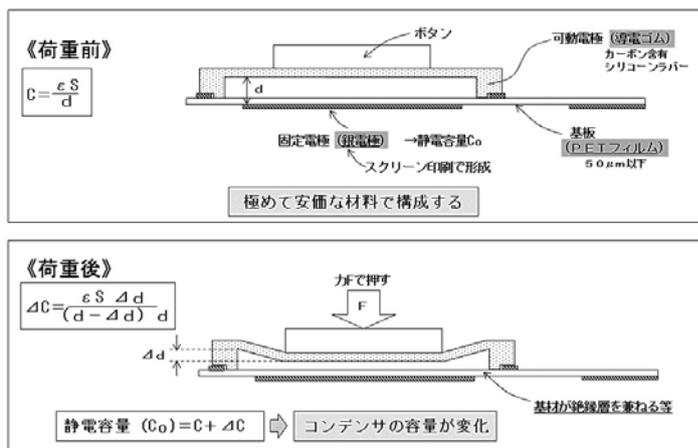


図3-20 開発した3軸フォースセンサ(上)とロボットハンドへの実装例(下)

図3-19 検出原理

信号出力が急峻な特性をもつため、実用に問題があった。静電容量型も同様の問題を抱えるが、本研究では電極形状等を工夫し解決した。通常の形状では、荷重初期は急峻に立ち上がり、高荷重領域で飽和していく傾向になるが電極形状を山形にすることで問題を解決した。

電極薄型モバイル機器のヒューマンインターフェース部に使用可能な超薄・低コストの静電容量検出型入力デバイスを開発した。このセンサは微小把持力をセンシングするロボット用の「触覚センサ」としての応用が期待されている。

2) 業界等への技術的貢献と波及効果

電子デバイスにおいて、薄膜や厚膜を応用した研究以外では、歪みゲージや圧電フィルムを利用したセンサやシステムの開発、単結晶や多孔体を用いたセンサや素子の研究、樹脂フィルムや樹脂基板と薄膜・厚膜技術との組合せ研究、あるいは動物の血液や葉緑素、深層水などのセンサへの応用等様々な部品やセンサへの応用研究がある。これらは挑戦的な研究が多く、講習会や学会発表、あるいは共同研究として技術普及しているテーマも多く、関連企業に対して新部品や新製品、新システム開発のための端緒や指標として貢献しているものと考えられる。

(5) 信頼性技術に関する研究開発

信頼性技術は決して新しいものではなく、昔から人は経験的に利用してきた技術である。この信頼性ということば自体は、アメリカにおいて戦時中に電気・電子機器の故障対策を考える中で生まれ、1950年代に信頼性工学として体系化され、アポロ計画で一時代を築いたことは有名である。その後、宇宙・航空などの輸送機関、化学や原子力などのプラント、医療、エレクトロニクス分野で導入が進んでいる。日本においても企業ではこの頃から様々な観点から信頼性に関する手法を取り入れて製品化している。

工業技術センターにおける電子部品の信頼性に関する研究では、昭和45年(1970)富山分室開設の翌年から始まっている。昭和46年(1971)の「電子部品の耐湿信頼性向上(第1報)」として小型アルミ電解コンデンサの耐湿性に関する研究から始まり、「カーボン抵抗体の耐湿性や銀移行現象(Agマイグレーション)の研究」、「環境試験法の研究」など信頼性に関する研究を行ってきていて、昭和61年(1986)の「熱伝導性電子部品コート材の耐湿性(第51報)」まで継続的に研究している。

昭和60年(1985)以降では、電子機器の小型化、高性能化に伴い、電子デバイスの基板への実装は更に高密度化してきたことにより、更なる種々の問題が出てきた。

まず、第一に電極間や配線間が非常に狭くなったことにより、配線パターン間等で電極金属が電気化学的に移行し、絶縁破壊を起こすいわゆるマイグレーション現象による不良や故障に関する相談が増え、このマイグレーション対策の研究が急務になったことがある。この原因と対策に関する研究として、以下の研究を行ってきた。「UV硬化樹脂の銀マイグレーションの防止効果」(昭和62年)、「絶縁基板上の金属マイグレーションの研究」(平成7～9年)

また、第二に高密度実装、表面実装、多層化等により電子部品や基板そしてはんだ接合部等が熱応力の影響を強く受けるようになってきたことなどがある。そのため平成7年(1995)頃以降より現在まで、はんだ接合部などの強度や信頼性について継続的に多くの研究を行ってきた。主な研究として、経常研究では、「電子デバイスの表面実装における熱応力解析の研究」(平成7～8年)から始まり、「表面実装基板のはんだ接合部における熱応力解析の研究」(平成9～10年)、現在の、「マイクロ接合部の欠陥評価技術の研究」(平成17～20年 最先端研究)までである。また、競争的外部資金を獲得しての研究では、「放射光X線CTを用いたマイクロ接合部における熱疲労寿命の評価技術の開発」(平成18～20年 科研費)、「高密度実装基板の熱疲労損傷に対する放射光X線CTを用いたヘルスマonitoring技術の開発」(平成21～23年 科研費)等がある。また、企業との共同研究では、「セラミックコンデンサの表面実装におけるCAEを利用した信頼性向上の研究」(平成9～11年 若研)に始まり、「はんだ接合部の熱疲労き裂進展評価におけるCAE技術の確立に関する研究」(平成20年 共同研究)など20テーマがある。

以下に、信頼性技術に関する代表的研究例として、各々これまでの研究を要約した「マイグレーション

に関する研究」と「はんだ接合部の信頼性評価技術に関する研究」について概説する。

1) 研究の内容及び成果

①マイグレーションに関する研究 [一般研究] (平成8～9年)

電子部品の小型化に伴う高密度配線が行われるようになると、部品の配線パターン間で電極金属が電気化学的に移行し絶縁不良を起こすようになる。そこで、このようなマイグレーションを起こしにくく、かつ電気信頼性も良好な導電性塗料として銅粉の表面から内部に向かって銀の濃度が低くなるような傾斜構造銀導電塗料を開発した。この研究から得られたマイグレーション防止に関する知見、Agデンドライト(樹脂状模様)の成長過程、電子部品寿命予測について検討した結果を記す。実験に使用した導電塗料は銀の比率が5～100wt%の銀銅塗料及び比較のため市販の銅塗料を用いた。試験試料は紙フェノール基板に電極ギャップ0.5mmの電極をスクリーン印刷し150℃で硬化したもの。環境試験条件は40℃、95% RH、DC100Vを試料電極間に印加した。

図3-21は絶縁抵抗変化を示す。銀濃度が40wt%以下では絶縁劣化時間はほぼ同じ約2時間後であり、銀濃度が少ない場合は絶縁劣化時間は銀濃度に関わらず銅に近い。すなわち、傾斜構造銀銅粉末導電塗料のマイグレーションは銅とほぼ同等となり環境信頼性も高い。

図3-22はマイグレーション試験として、温度25℃の恒温室中のアクリル製透明容器内に過飽和のK₂SO₄溶液(25℃、97% RH)を入れた状態に設置されたDC100Vの印加基板の様子をレーザ顕微鏡で観察したものである。試験開始2分後に負極からデンドライトが発生し時間が経過すると陽極に達する様子である。23分後に急に電流が上昇し絶縁抵抗が失われた。図3-23は時間的に成長するデンドライトの面積と経過時間の関係をプロットしたものである。デンドライトの全面積Sは時間Tに対してほぼ比例して増加する。

$$\log S = Dt \log t \quad (1)$$

* t は定数

また、デンドライトの形状そのものにフラクタル性があり、デンドライトの長さが電極間距離Lになる時間 t は、以下ようになる。

$$\log(t - \beta) = \alpha (D_s / D_t) \log L \quad (2)$$

* α、β は定数、D_s、D_t はフラクタル次元

この式は試験経過時間とデンドライトの面積には依存関係があり、このデンドライトの面積を利用すると時間的なデンドライトの成長状態を定量的に扱え故障時間の予測が可能である。

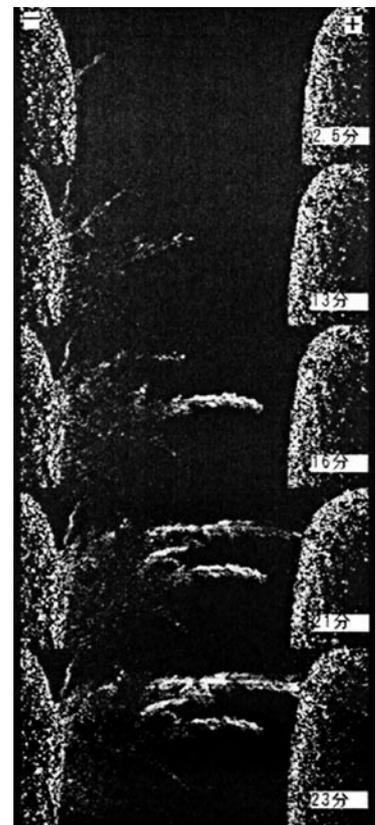


図3-22 デンドライトの成長例

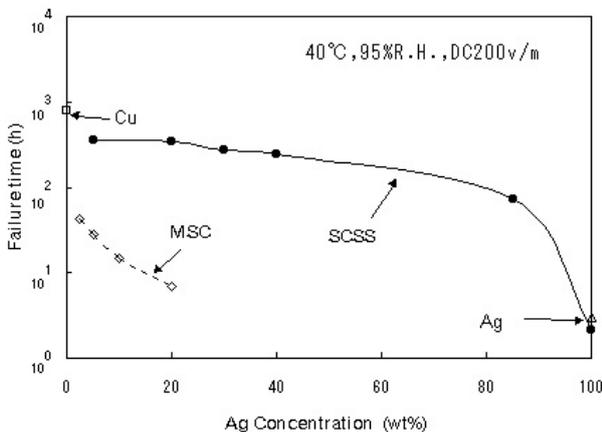


図3-21 銀濃度と絶縁劣化時間の関係

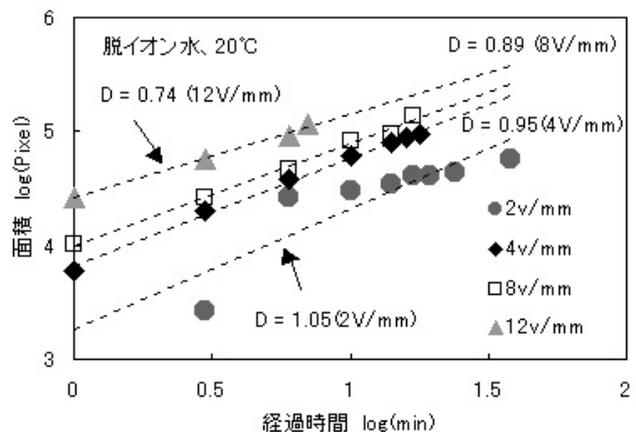


図3-23 デンドライト面積と時間の関係

②はんだ接合部の信頼性評価技術に関する研究 [実用化研究他] (平成11年～)

電子基板の高密度実装化に伴い、図3-24のような電子部品のはんだ接合部における熱疲労損傷が電子基板の信頼性にとって重要な問題となっている。本研究では、はんだ接合部における熱疲労強度の評価を対象とし、はんだ相成長の電子顕微鏡観察に基づく新しい実用的な強度評価法を提案している。これまでの研究成果を順に挙げると、

- I. Sn/Pb共晶のクリープ特性を調べるための簡易、かつ信頼性が高く新規なラップジョイント型引っ張りせん断試験片形状を提案した。
- II. 熱サイクル負荷を受けることによりはんだ相が成長、粗大化することに着目し (図3-25参照)、その成長過程を観察した結果、はんだの平均相寸法 d の4乗 d^4 が時間及びクリープひずみ速度に比例して増加することを見出し、はんだの相成長をモデル化した。相成長パラメータ S を導入し、 $S=d^4 \dots (a)$ によって特徴付けられる。
- III. 相パラメータ S とはんだ接合部の熱疲労亀裂発生寿命 N_i との関係を調べた結果、 S の1サイクル当たりの変化速度を ΔS とすると、図3-26のようなグラフになり、 $\Delta S = CN^{-\alpha} \dots (b)$ の関係によって特徴づけられる。なお、 C 及び α は定数。
- IV. Sn-3.0Ag-0.5などの鉛フリーはんだにも上記式の適用可否を検討するため、熱サイクルと鉛フリーはんだ中の β -Sn相の平均粒径の関係を計測し、上記 (1) (2) 式が成り立つことを実証した。

更に高密度実装技術により発展した、典型的なマイクロ接合部であるフリップチップのはんだボール接合部の寿命評価について検討した。図3-27は今後高分解能を有する非破壊検査技術が必要になってくることから、通常のX線管球を用いた観察ではできないため、(財)高輝度光科学研究センター (Spring8) の放射光光源を用いた1 μ mの空間分解能を持つ高分解能X線マイクロ装置 (SP- μ CT) を利用したはんだボール写真であり熱サイクルとともに各相の凝集、粗大化が急速に進展しているのがわかる。

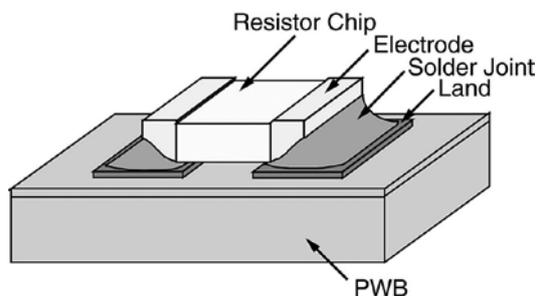


図3-24 表面実装部品例

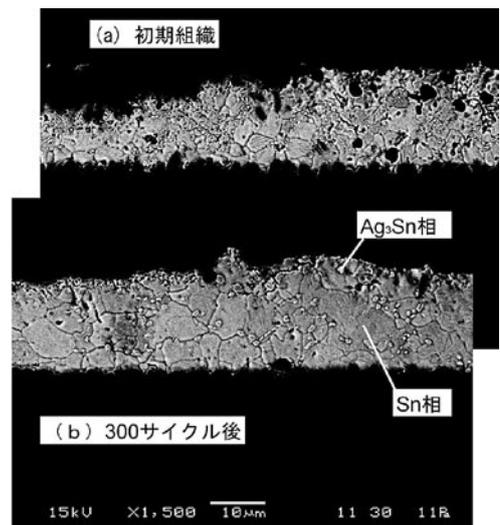


図3-25 はんだ接合部の組織変化の例

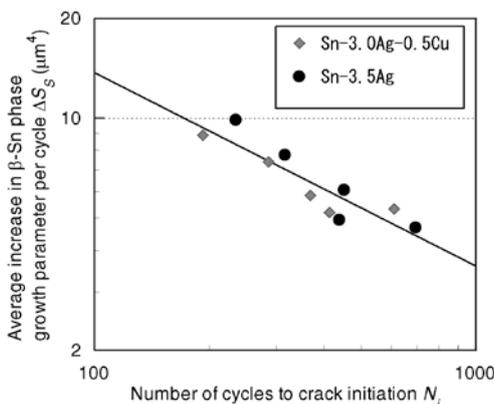


図3-26 き裂発生寿命の評価線

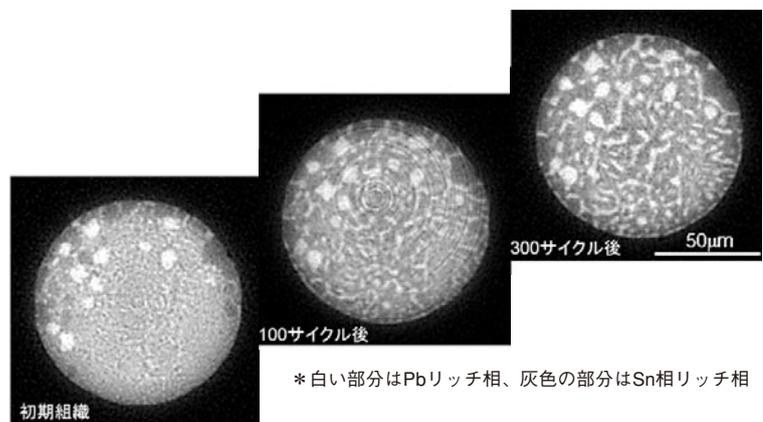


図3-27 フリップチップはんだボール接合部の組織変化例

2) 業界等への技術的貢献と波及効果

信頼性に関する研究は継続的かつ地道な研究が必要であり、またその成果も地味なことが多いものの、製造業にとっては大量の不良品を生む可能性もある重要なテーマである。工業技術センターでも工業試験場の時代から信頼性試験である環境試験や振動試験などに注力しており、状況に応じて技術相談での対応や、企業と一緒に数々の共同研究を行なっている。また、研究成果は学会発表や講演会などでその普及に努めてきており、企業への技術支援を正面或いは側面から行っており、企業の技術力向上・製品の品質向上に大いに貢献しているものと考えられる。

(6) 計測・制御技術及びそのシステムに関する研究開発

製造業においては電子・機械・化学などの業種を問わず、製品を製造後または出荷時には必ず製品検査が行われており、検査工程は非常に重要な工程の1つである。本項での計測技術や制御技術を中心に述べるが、システム化に関する課題や、マシニングセンターなどの使用時に加工しながら計測するインプロセス計測もある。CCDカメラを基本とした画像処理による計測技術を中心とした検査システムの構築に関するものが多い。以下に工業技術センターにてこれまで行ってきた計測と制御に関する研究を列挙してみた。

A. 計測技術に関して：

最初に、工作機械に組み込み計測する装置開発の研究として、①マシニングセンターの切削加工時の加工状態を監視するため、圧電素子を工作機械の送り軸駆動系に組み込んで異常監視するための装置開発研究である「微小切削力検出装置の開発」(昭和61～63年 共同研究他)や、②マシニングセンターなどの工作機械に加工誤差を随時計測しながら加工を進めるインプロセス計測機能を持たせるため、半導体レーザ(LD)と2次元光位置検出素子(PSD)を用いた光応用の高精度タッチセンサの開発研究である「微小変位量の測定に関する研究」(昭和61～平成元年 共同研究)などがある。

また、画像処理技術を用いて製品の不良品検査のための計測技術研究としては、以下のように多くのテーマに取り組んでいる。①プレス加工ライン上で製造されるリテーナのCCDカメラによる寸法計測に関する研究「画像による寸法計測に関する研究」(平成2年 若研)や、②射出成形された円筒形状のプラスチック製品の内面欠陥を検査するために狭いところでも挿入可能なライン型密着イメージセンサを使った「画像による円筒内面検査装置の開発」(平成3年 若研)、また③一般に難しいとされる3次元形状を有する透明プラスチック製品の成型不良品検出・検査のために、CCDカメラとレーザ光源を用いた「透明プラスチック製品の欠陥検査装置の開発」(平成4年 若研)、あるいは、④LDとフォトダイオード(PD)を用いて研磨加工後の鏡面体の表面欠陥を検出する「鏡面体の表面欠陥検出に関する研究」(平成3～5年)などがある。また、形状測定研究として⑤安価で簡易に三次元自由形状を測定するため、LDとPSDを用いた「形状測定装置の開発研究」(平成3年 若研)などがある。その他、超音波を用いた計測システムとして、①トランスデューサとして新規にエポキシ系高分子複合圧電シートを開発し、これをライン状に並べた検査装置の開発研究である「圧電シートを用いた簡易超音波診断装置の開発研究」(平成2～3年 若研)や近年では、②既存の超音波センサを用いての精度向上に関する研究や複数センサの同時活用の研究あるいは超音波センサでの空間温度測定技術研究などがある。

その他、ユニークな課題として、ニューラルネットワークを用いた干し柿の色による等級選別の研究「並列処理技術の研究Ⅰ」(平成2年)や、北陸における太陽電池の発電量の実測と最適な設置条件や太陽電池システムの設計方法などを3年間にわたり検討した「最適ソーラシステムの最適設計法に関する研究」(平成5～7年)などもある。

B. 制御技術に関して：

ロボットのマニピュレータの動作を知識や規則で記述することによって干渉せずマニピュレータを制御する方法について研究した「AI制御の研究」(昭和63～平成元年)や、ロボットへの応用を最終目的に、人間の動作をニューラルネットワークを用いて認識する方法について検討した「並列処

理技術の研究Ⅱ」（平成3年）、実際に4つのLEDとCCDカメラを持ったマスター、スレーブの2台の搬送ロボットを製作しニューラルネット等を用いて群知能ロボットの問題点等について研究した「複数のロボットによる協調制御に関する研究」（平成8～9年）がある。

1) 研究の内容及び成果

①微小切削力検出装置の開発〔共同研究〕（昭和61～平成元年）

NC工作機械などにおいて無人化や複数台を担当するなど自動化システムを推進する場合の大きな問題点として、加工時の診断機能の充実が挙げられ、加工状態の監視を行う異常検知技術の開発と体系化が課題となっている。この研究では、圧電素子を使用したトランスデューサを工作機械の送り軸系に組み込むことにより、加工中に生ずる切削力をX、Y、Z軸方向の力として計測し異常監視する装置を開発した。図3-28、29は試作したトランスデューサと圧電フィルムで発生した電荷を検出・増幅する装置とそのチャージアンプ回路図である。

特にこの研究では、小型ドリルによる切削力を的確に測定するため切削力の測定分解能を最大100kgfを目的に開発したところ、図3-30に示すように1kgfの小さい切削力から1000kgfまでの幅広い範囲で測定・検出できた。なお、圧電素子を使う場合に問題となる基準線からずれるドリフトの問題は、2個の切削力検出器を組み合わせ、其々に生じたドリフトをキャンセルさせる方式で解決した。

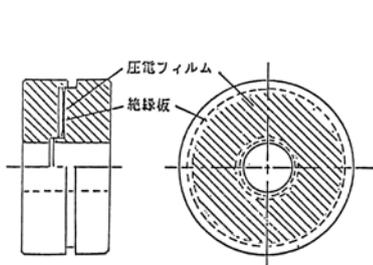


図3-28 トランスデューサの構造



図3-29 試作した検出装置と組み込まれたチャージアンプ回路

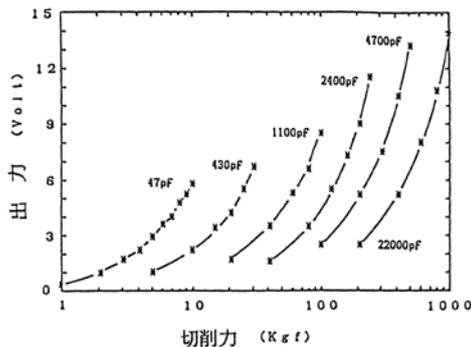


図3-30 切削力と出力の関係

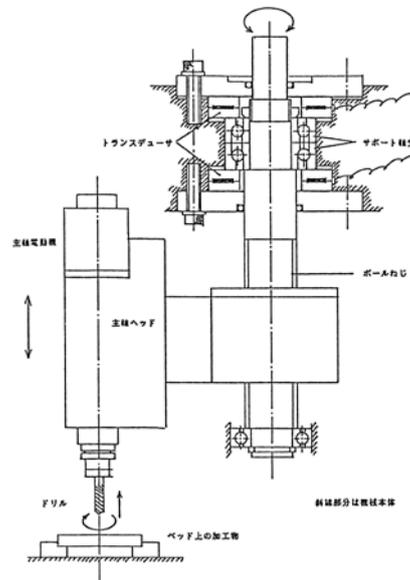


図3-31 小型ドリリングセンターへの検出器取り付け概要

②「透明プラスチック製品の欠陥検査装置の開発」（平成4年 若研）

生産工場では製品の品質向上を図るため種々の外観検査が行われている。特にプラスチック製品の外観検査ではキズの有無や色ムラなど数値では表現しにくい項目が検査対象になり、検査のほとんどが人間の感覚的な判断基準で行われ自動化の妨げになっている。ここでは医薬品の容器である目薬の容器を対象とした。この目薬容器は薬液中の異物等を検査するため、外観上の欠陥がないことが要求される。これらの欠陥は白熱灯照明とTVカメラでもある程度できるが欠陥ごとに照明法を変えねばならずまた外光に弱い

等問題が多い。ここではHe-Neレーザを照射し、欠陥による拡散反射光を捉える方法を検討した。図3-32、33は検査対象サンプルと検査装置の概要である。検査は、ライン幅0.1mmのラインレーザを照射し、カメラを照射方向から角度をつけた位置に置くと、TV画面上の画像でレーザ照射ラインからずれた位置に欠陥が見えることを利用した（LLD法と命名）。その結果、0.1mm以上の欠陥検出が可能であった。表3-1は検査結果比較であり、表より86%が人間と同じ判定をした。なお、LLD法で不良としたものは浅い傷や窪みがあり不良と判断されてもよいものであった。逆に不良と判断できなかったものは拡散反射光が弱く欠陥が識別できなかったものである。

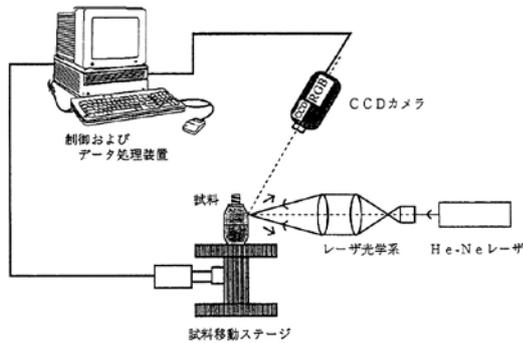


図3-32 検査装置概要



図3-33 検査サンプル

表3-1 検査結果の比較

		LLD	
		良品	不良
人間	良品	27	3
	不良	4	16

③ソーラシステムの最適設計法に関する研究【広域共同研究】（平成5～7年）

この頃、世界的なエネルギー危機や地球環境悪化を背景に、資源的に無尽蔵でクリーンな太陽光発電システムの実用化が急速に進められており、県内企業が太陽電池応用システムを実用化するための基礎及び応用研究を（社）経営者協会加盟の7企業13名と3年間共同研究を行った。

第1ステップとして、電子負荷を用い太陽電池の基礎特性であるI-V、P-V特性が測定できる「太陽電池評価システム（装置）の開発」を行い、種々の基礎特性を収集した。

第2ステップとして独立型太陽電システムの設計や応用技術を身につける研究として、アルミ製支柱で、DC12V、20Wの蛍光灯、50Wの太陽電池、200AHの鉛電池を用い、1日5時間、不日照日10日間でも作動する「太陽電池応用駐車場用夜間照明システムの開発」を行い、中央研究所駐車場に設置してデータ収集を行った。3年目の第3ステップとして、北陸における実際の太陽電池発電状況の把握と角度・方位等設置条件による冬季を含んだ通年の実測データを収集することを目的に、やや大がかりになったが「太陽電池特性自動計測システム」を開発し、中央研究所3階屋上に設置してデータ収集・解析を行った。最後に、これらのデータやシステム設計ノウハウ集の製本と設計用パソコン用プログラムを開発し、参加企業に配布した。



図3-34 太陽電池照明システム

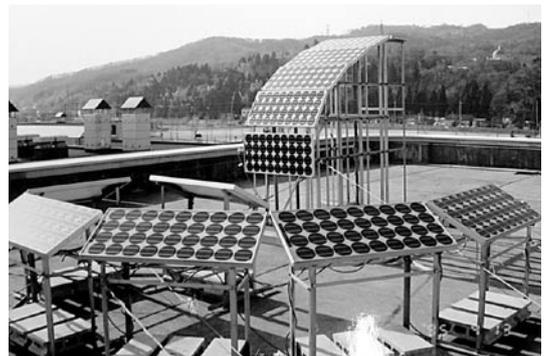


図3-35 太陽電池特性自動計測システムのパネル設置状況



図3-36 ソーラシステムに関する実用設計指針（I・II部）

2) 業界等への技術的貢献と波及効果

業種を問わず製造業においては製造工程の自動化や無人化が、また製品の製造後では検査工程の自動化・簡略化がコスト削減や品質上重要なカギを握る。この計測・制御の分野の多くの研究は企業との共同研究であり、実用化の端緒となった研究や、その後取得した技術で応用システムを企業化した研究もあり、企業の発展や技術力向上に大いに役立っている。また、若い研究者を育てる会との共同研究も多く、人材育成と共に技術普及のための研究成果の発表や論文報告なども行っていて貢献度は大きいものと考えられる。

(7) 通信・ネットワーク技術に関する研究開発

通信やネットワーク技術に関係した代表的な研究として、健康福祉分野に属するためここでは触れないが「高齢者安否確認システムの開発」（平成8年～現在）に関連する多くの継続的な研究と、当電気・電子・IT分野に属する「山岳遭難者探索支援システムの開発」（平成11年～現在：若研との共同研究、RSP事業、産学官連携研究等）関連の多くの研究がある。北アルプス等の山岳地帯が多い富山県警察本部では、冬山登山用に500円硬貨大の小型発信器（電波ビーコン）を貸与し、遭難時にビーコンからの電波を頼りに捜索する山岳遭難者探索支援システム（通称ヤマタン）を考案し昭和63年(1988)から運用している。当時は世界的にも例を見ないシステムであったが、周波数が53MHzの微弱電波を利用しており、波長が約6mと長いため電波の到来方向が分かりにくいなど幾つかの課題もあった。これを430MHz帯の電波を使う方式にするのをはじめ、幾かの課題を克服したシステムを提案、実用化を目指している研究である。

そのほかには「電磁波によるエネルギー伝送技術」（平成3～5年）、「平面アンテナの放射向上に関する研究」（平成19～20年）、近年では「金属対応型ICタグアンテナの開発」（平成19～20年）などがある。

1) 研究の内容及び成果

①電波利用によるヘリコプター搭載山岳遭難システムの開発 [共同研究] (平成11～15年)

図3-37は山岳遭難者探索支援システムの概念図である。この研究は、遭難者が雪の中に埋まった場合、どこに埋まっているかわからないため、ヘリコプターや地上から遭難者からの発信電波を捕らえて、早期発見に役立つシステムであり、このシステムの性能向上について研究した。すなわち、到来波の位相差によって発信源の位置を推定する手法や、雪に対する電波の減衰実験結果から最適周波数を導くなど様々な研究成果をもとに、新型の山岳遭難者探索システムを提案した。近年、電波局により利用しやすい周波数の再配分があるなど法規面での進展があり、実用化が期待される。

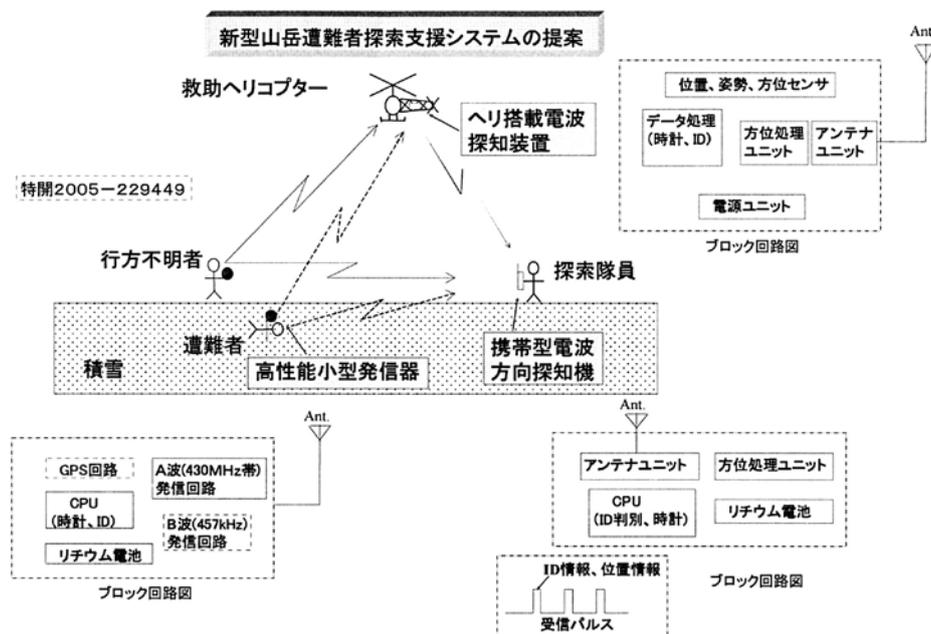


図3-37 山岳遭難者探索支援システムの概念図

2) 業界等への技術的貢献と波及効果

通信やネットワーク等に関するテーマはそれ程多くは無く、ここでは触れないが前述のように「高齢者安否確認システムの開発」が製品化をしており、電子・電気関連テーマとしても大きい。その次が、電波を用いた「山岳遭難システムの開発」であり、企業・大学・警察と共に共同研究を行っていて、開発システムの実用化を目指しているものであり、企業への製品化や技術力向上に貢献している。なお、電波暗室棟の設立が、このような電波や通信に関する研究を後押しすることを期待するものである。

4 繊維分野

(1) 産学官共同研究開発プロジェクト推進事業…昭和61～63年度

暖感性・冷感性繊維製品の開発研究

昭和61(1986)から63(1988)年度まで、県内繊維関連企業8社と、名古屋工業大学、富山県工業技術センター繊維研究所の産学官連携のもと、繊維産業の今後の健全な発展を図るため、繊維製品の高付加価値化に必要な将来技術の研究開発を目的に、産学官共同研究プロジェクト「高機能化繊維製品開発プロジェクト研究会」が組織された。

本開発研究は、本県繊維産業の主要製品であるトリコット編地を主要素材として、その構成繊維、編地構造、仕上加工等により、機能性の向上を図り、暖感性・冷感性の衣料製品の開発を目的として、当該研究会のメンバーが研究分担して行ったものである。

たて編メリヤス企業では、高含気、高通気などの機能性トリコット編地の設計試作、捺染加工企業では、ラミネート・化学改質などにより、保温、吸水性能の向上について検討を行った。また、アパレルメーカーでは、試作生地縫製を行い、ゆとり量と保温性との関連性について検討を行った。

名古屋工業大学では、編地構造と水分移動の関係についての基礎研究を行い、富山県工業技術センター繊維研究所では、衣料素材や試作した衣服の評価と総括を行った。

繊維関連企業：(株)今井機業場、小矢部繊維工業(株)、川田ニット(株)、山口ニット(株)、富山県染工(株)、(株)日本プリント工場、マルニ染工(株)、(株)トヤマゴールドウイン

1) 研究の内容及び成果

人体の皮膚表面を快適域に保持するために必要な衣料、すなわち、寒い状況では暖感性を有し、暑い状況では冷感性を有する衣料の性能を、素材、構造、着装状態から追求し、環境の変化に対して適応力の高い衣服を設計・試作することを目標とした。ここでいう暖感性衣料とは、外気温度5℃、風速10m/s以下の環境条件を想定し、この環境において軽量でかつ動作性に優れて、なおかつ快適な衣服内気候を有する冬服衣料を指す。冷感性衣料は気温30℃以上、湿度70%以上を想定したときに同じく軽量で快適な衣服内気候を有する夏服をいう。本研究では、暖感性衣服としてウインドブレーカ、トレーナ、コート、冷感性衣服としてスリッパ、ワンピースを試作した。試作に当たり、衣服の基本的熱性能を表すクロー値と重ね着の関係について調べた。

また、環境因子としての風と衣服の着装状態が暖感性、冷感性に及ぼす影響を検討した。次に、市販されている各種の服地素材を収集し、厚さ、重さ、保温性等の基本物性値を計測し、暖感性衣服、冷感性衣服作成のための目標値を求めた。その目標値をクリアーするための編地の設計方針を得るために編組織と諸物性の関係を検討した。また、コーティング、ラミネートによる保温性の改善も試みた。

以上の結果、スリッパ5点、ワンピース1点、ウインドブレーカ1点、トレーナ3点、コート1点の計11点の衣服を試作し、サーマルマネキンを用い、熱特性の差について検討を行った。

2) 業界等への技術的貢献と波及効果

県内繊維関連企業、大学、富山県が連携して推進した産学官プロジェクトであるとともに、世界の趨勢として技術先進国から途上国への技術移転がすすみ、産業の空洞化や貿易摩擦が表面化している中、技術革新に取り組み、高付加価値製品へ転換することが必須となっており、今後のものづくりの方向性を示す研究プロジェクトとして重要である。

人が感ずる温冷感を評価するに当たり、測定装置による客観的な評価を行った研究である。着用試験につながる材料評価として必要な研究であり、評価技術レベルの向上、さらにその後の生体計測評価に至る足がかりとなった。

(2) 加速的技術開発支援事業…昭和62～平成3年度

加速的技術開発支援事業は、昭和62(1987)から平成3年(1991)までの5年間にわたり、中小企業事業団(現在は廃止)から(社)富山県繊維協会への委託事業として実施された。この委託事業は、特定地域の中小企業の事業転換及び新分野開拓を促進するもので、新商品開発、新分野進出等をめざした研究開発を行うものである。

研究開発は、(社)富山県繊維協会の傘下企業が実施する転換技術開発と公設試験機関が実施する共通基盤的技術開発の2本立てとなっていた。

さらに、本事業をサポートする事業として富山県単独予算で開放試験室の整備、技術開発等も実施された。

1) 研究の内容及び成果

急激な円高に対応するため、これまでの衣料用製品から新分野である産業資材製品への開拓を行うため、転換技術開発では、次の研究開発に取り組んだ。

精密印刷用スクリーン素材の開発、OA機器(プリンター)用長寿命リボンの開発、ファッション性附加素材(丸型テープヤーン)の開発、発熱編物の開発、経糸張力制御による柄出し技術の開発、ハイブリッドテント地の開発、ニット編地の積層化による木工用新素材の開発、クリーンルーム用化学ぞうきん縫製装置の開発、加圧スチーム槽による高延伸、柔軟、透明テグスの開発、梯子構造を有する防護ネットの開発、自動車用雪道脱出マットの開発、長靴乾燥用高吸水性シートの開発、壁面取付用多目的収納ネットの開発、食肉加工用ケーシングの開発、超伸縮性ウェットスーツ材の開発、校内シューズ用高弾性素材の開発など16テーマ、16社が関連した技術開発を実施した。

また、共通基盤的技術開発では、当繊維研究所が中心に次の研究開発に取り組んだ。

多目的膜構造物の製品化基礎研究並びに多目的膜構造材の機能付加と評価技術研究(昭和62年)

衝撃吸収シートの研究開発(昭和63年)

たて編地による衝撃吸収材の製品化開発(昭和63年)

軸受け並びに離型マット基布の製品化研究(平成元年)

溶融押出し・コーティング連続紡糸による複合新素材の開発研究(平成元年)

高性能吸音材の開発研究(平成2年)

雨天作業用衣服素材の開発(平成2年)

高性能制振材の開発(平成3年)

伸縮性基布を用いたRTM法によるFRPの開発研究(平成3年)

2) 業界等への技術的貢献と波及効果

これまで産地企業で行われていた衣料用の製品と異なり、資材用の製品は、素材の物性が異なる、例えば高強度素材を用いることとなるが、高強度糸は伸びが小さいため従来の巻取り方法では張力の管理が難しい。また生産するロットが大きい。供給される素材は大型ボビンにまかれている。1反あたりの長さがこれまでの50メートル巻きから100メートル巻き以上となるため、従来の装置に改造が必要になるなど、生産管理方法、品質管理方法、製品評価方法がこれまでとは全く異なる。

転換技術開発では、それぞれの企業が有する技術を用いて、独自の資材をめざすとともに、共通基盤的技術開発では、産地の状況から転換しやすい分野の製品開発を繊維研究所で手掛け、各種の問題点への対応について検討を行った。

繊維研究所の開放試験室の整備では、超促進耐候試験機、織度測定器、走査型電子顕微鏡、溶融薄膜製造試験装置、二軸引張試験機、熱迅速測定装置、通気度試験機など製品の評価を行うための評価装置の導入も積極的に行った。

繊維研究所職員と企業の開発担当者が協力して、新分野(産業資材)における事業の研究計画を作成し実施した研究開発であり、現在の信頼関係を構築する礎となった。

(3) 重要地域技術開発事業…昭和59～63年度

工業技術院では、昭和57(1982)年度に地域技術の進展をはかるために「重要地域技術研究開発制度」を設け、各地域の国立試験研究機関を中心とした産学官連携によるプロジェクトを発足させた。

本事業は、近畿地域の繊維産業ウエイトの高さや新しい機能を有する繊維の研究開発の推進という地域ニーズの状況から、合織衣料の快適性の評価技術の確立を目的に、合織産地の地域(北陸、近畿)の企業・公設試験研究機関が共同研究を実施することとなったものである。研究期間は昭和59(1984)から63(1988)年度で総事業費約5億円の事業であった。大阪工業技術試験所がとりまとめ機関となり重要地域技術共同研究開発連絡会議を組織して、事業を実施した。参加機関は、大阪工業技術試験所を筆頭に、公設試験研究機関13機関、企業25社の計39機関のプロジェクトであり、地域で取り込まれる大型プロジェクトの先駆けとなったものである。

1) 研究の内容及び成果

研究テーマ：「快適性の評価特性にもとづく高度多機能合成繊維の加工技術の研究開発」

快適な衣料の開発を図るため、着衣模擬装置を開発し、この装置を用いて計測する合成繊維素材の熱、水分移動複合特性等と人間感覚による快適性との相関性を確立し、その評価特性に基づき、合成繊維を高度多機能化するのに有効な加工要素技術の開発を行った。

この中で富山県工業技術センター繊維研究所は、「合織衣料の快適性評価技術開発」として次のテーマについて分担した。

①たて編メリヤス衣料に関する風合評価技術の研究

衣料は個性化、高級化と同時に風合い、快適性など、人間の感覚に訴える性能が重要視されてきている。そこで、快適なたて編メリヤス衣料の開発を目標に、編地規格と風合い及び着用性との関係について検討し、感覚に頼っていた快適性に関する評価の定量化を図った。

②たて編メリヤス衣料の後加工法による多機能加工技術研究

合成繊維素材の吸水性、帯電防止性、防汚性等の機能を改善する次の加工法について研究を行った。

- ・ポリエステル繊維の化学改質研究
- ・樹脂加工による多機能加工技術研究
- ・グラフト重合による多機能加工技術研究
- ・仕上げ加工剤によるポリエステル衣料の親水化加工技術の研究

2) 業界等への技術的貢献と波及効果

本研究の実施にあたり、風合いの計測が重要なポイントとなった。繊維工業試験場では昭和53(1978)年度にカトーテック社製の「繊維製品計測システム装置」を導入し、布地風合いの向上による繊維製品の高級化、高品質化に取り組んできた。風合いは視覚的なものと触覚的なものとが複合した官能量であるため、つかみどころがなく、極めて不確定な要素で、

①時間、場所、雰囲気並びに測定者等により差が起り再現性が悪い。

②布地の構成(素材、織度または番手、フィラメント数、より数、組織、密度等)要因によって変化するが、これらと風合いとの関係に関する技術資料がない。

③これまでの引張試験機などは、繊維材料の強度など機能性の評価を行うものであり、その数値は風合いなどの微妙な変化を示すものではない。

などの課題がある。「繊維製品計測システム装置」を用い、風合いを計数化する科学的技法により、これらの課題について検討を行ってきた。これまでに、産地で織られているジョーゼット織物などの婦人服地用素材について、風合い計測・解析を行い、製品の高級化、高品質化につなげてきたところである。

今回は、産地において、最も生産が盛んなトリコット製品について検討を行ったものであり、製品性能の数値による品質管理、製品評価の確立に大きく貢献できたものと考えられる。

(4) 内需転換推進事業…昭和63～平成元年

急激な円高の影響で、これまでの輸出依存型生産体制から内需型生産体制への転換を促進するため、新規の素材加工法、高機能素材の開発、品種転換などの研究開発を行った。

1) 研究の内容及び成果

① スパンライク複合素材による高次製品の生産技術研究

インターレース加工は走行糸に流体噴流を吹き付けることにより、糸に収束性を付与する加工法である。当初は、撚糸や糊付けに代わる加工法とされたが、現在では物性とか糸径の異なる複数の糸を用い、混織、交絡などによるスパンライク複合素材加工法として注目されている。

既設の1ヒーター方式の仮撚機の仮撚中の芯糸に対し、他の糸をオーバーフィードして巻きつけるダブルフィード機構と、仮撚りした糸を空気噴流内で交絡させるエアジェットノズル及び噴射空気を供給する圧縮空気供給部を新たに加設し、連続したフィラメント糸をスパンライクな外観を持った糸に加工する。出来上がった複合素材は伸縮性、かさ高性を有するファンシーな糸となり、製織試験を行い紬調の意匠効果の大きな織物が得られた。

② 複合織物の染色仕上加工技術の研究

従来の合織100%織物よりポリエステル/セルロース混紡織物の染色加工への品種転換を目的に研究を行った。

- ・パッドスチーム精錬漂白での綿布白度： H_2O_2 30～40cc/l、NaOH 3 g/l、サンモールCS 3 g/l、ネオレートPLC7000 6 g/lをパッドし、100℃・30分蒸熱すると、捺染晒に必要な82～84%の白度が得られた。
- ・たて系サイジング用シリコン油剤が染色性に及ぼす影響：シリコン油剤をパッドした試料の染色性が低く、大きな色差となって現れた。特に120℃で乾燥した試料の色差が大きかった。しかし、精錬を充分行うことにより色差はなくなった。

③ 高吸水性糸による高次加工織物生産技術研究

高機能性で特徴のある織物開発を目標に、高吸水性糸による伸縮性織物の開発を行った。

- ・加撚、解撚糸の作成：アルカリ減量加工（減量率7%）した高吸水性ポリエステル紡績糸30Sを2本引きそろえ、S撚り、撚数1520T/M、1770T/Mの2種類の糸を作成した。この糸をセット温度85℃、40分間、真空セット機で熱処理を行い、さらにそれぞれの糸にZ撚り、撚数570T/M、650T/Mで解撚し、4種類の加撚、解撚糸を作成した。
- ・織物試作：たて糸に吸水アクリル糸2/48、よこ糸に加撚、解撚糸を用いて、織物を試作し伸長率、伸長回復率を測定したところ、5%程度の伸長率の織物を得ることができた。

④ 繊維製品の超吸水加工技術の開発研究

ポリアクリル酸系高吸水ポリマーは、水と接触すると100～1000倍にも吸水膨潤してハイドロゲルを形成する。これらは通常粉末・顆粒・コロイド状の形態で紙おむつ等様々な用途に使用されている。この高水分吸水ポリマーを繊維状にすることにより、糸・ウェット・不織布・織布等多様な形態に加工でき、幅広い用途に展開を期待できるが、まだ開発段階である。そこで、吸水性が高く、むれ感やべとつき感のない快適性に優れた高機能性衣料用素材の開発を目標に超吸水性繊維の素材特性を検討した。その結果、最大吸水量は自重の100倍であること、最大吸湿率は100%であり、高湿度で吸湿し、低湿度で放湿する呼吸性があること、160℃以下で取り扱えば吸水及び吸湿特性には問題がないことなどが分かった。

2) 業界等への技術的貢献と波及効果

多くの開発方向が産業資材へと向いている中、従来技術を見直し、改めて衣料開発を行おうとするもので、衣料用の新規の素材開発を行い、国内向けの衣料製品への展開を図ろうとした。

(5) 編地と高分子材料の複合による土木資材の開発研究…平成2年度（技術開発研究）

近年、道路、河川、農業等の土木工事において、織物、不織布等繊維シート類と、土や岩の土質材料とを併用し、土地の安定・強化、排水等に効果をあげている。これらの繊維シート類は、ジオテキスタイルと呼ばれ、高機能性、取扱の容易さ、低廉さから、今後さらに需要が拡大していくであろう。ジオテキスタイルには、その用途に応じて強さ、透水性、耐圧縮性等の性質が要求されるが、現在、多用されている織物、不織布は、強度、透水性、耐久性、生産性において改善すべき点も多い。

そこで、柔軟性、高強度性を有するたて編メリヤスと、易加工性、高機能性である樹脂との複合化方法の検討を行い、遮水性、透水性能を持つ複合化土木資材の研究開発を行った。

1) 研究の内容及び成果

①遮水性を持つ複合化土木資材について

遮水性、透水性能を持つ土木資材に適した材料特性、編地構造、編成方法、編地物性について検討した。その結果、編地強度を出すため、編地構造はよこ糸挿入トリコットとした。挿入よこ糸は、ポリエステル糸1000d、たて糸にはアラミド糸200dを用いた。また塩化ビニルフィルムをウレタン系の樹脂を介してラミネート加工を行い、遮水シートを得た。

②透水性能を持つ複合化土木資材について

透水性を得るため、空隙の多い多層構造編地とし、糸はポリエステル150dを用い、表面、裏面のつなぎ糸の弾性効果により、かさ高性を保持させた。

③機能性向上について

試作資材の諸性能（強度、耐光性、耐酸・アルカリ性、透水性、耐圧縮性等）について評価、検討を行った。

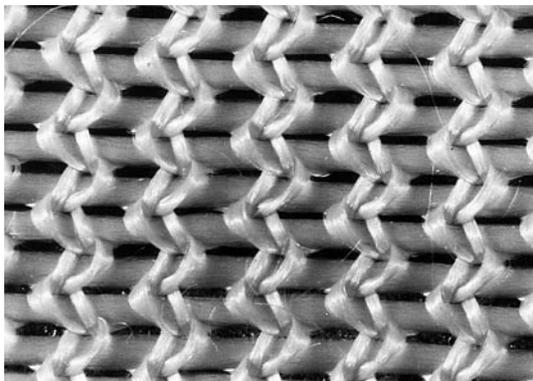


図4-1 よこ糸挿入トリコット地表面

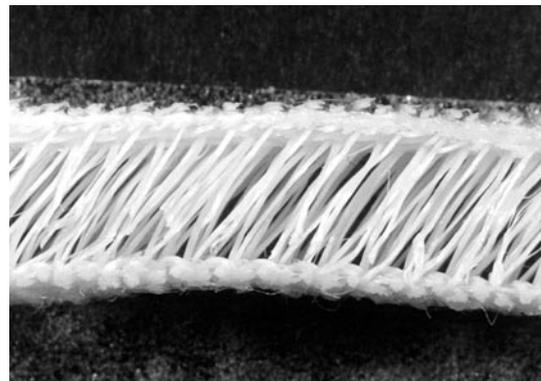


図4-2 透水性能を有する加工基布例

2) 業界等への技術的貢献と波及効果

昭和62年(1987)からの加速的技術開発からこれまでの技術を利用して衣料材料から資材面への取り組みが盛んに行われるようになったが、ジオテキスタイル（土木資材）への転換について検討を行ったものである。ジオテキスタイル分野は、野外で使用される材料であり、工事の内容によっては多くの消費を見込む事が出来る。しかしながら、安全性への配慮も十分に検討する必要がある。

たて編地は、よこ糸挿入、たて糸挿入など高強度糸を編地に挿入することが可能でありジオテキスタイルに求められる強度を満たすことができると考えられる。またラッセル編地は、多層構造編地に特徴があり、つなぎ糸の強度などの検討により多くの分野に活用できる可能性がある。

さらに樹脂の選定、複合化の方法を考慮することによりもっと用途が広がるものと考えられる。

(6) 高弾性織物の製造技術の開発…平成6年（特定中小企業集積支援技術開発）

本研究は、比較的広幅の高弾性織物の開発を目標に、ポリウレタン糸のベアヤーン（裸糸）を、糸管パッケージから直接レピア織機に供給して製織しようとするものである。伸縮性の大きな糸の張力を制御し、一定の長さをレピア織機に供給するよこ糸供給装置、伸縮性の大きな糸をよこ糸にすると、製織後、急速に幅が狭くなる生地を均一に巻き取るための織布巻取り装置、給糸状態をモニターする給糸状態計測装置等の開発を行った。

1) 研究の内容及び成果

①よこ糸供給装置の開発

レピア織機のよこ入れ運動に同期させながら、ポリウレタンのベアヤーンを、任意の長さで糸管パッケージから解舒できるよこ糸供給装置の開発を行った。

織機のクランク角度及びドビー機に同期させて、所定の糸量を1ピックごとに解舒しながら一定伸度で織機へ供給する機構とした。糸供給ローラに圧接した糸パッケージをクランク角検出器からの信号に応じて、任意の解舒曲線により回転させることによって糸の供給を行った。

さらに、このままでは糸がパッケージに張り付く懸念があるため、前方にフィードローラを用意することにより、1ピックごとのよこ入れに必要な長さを、一定伸度で織機給糸口まで供給することが可能となった。

②給糸状態計測装置の開発

糸に過度な張力を与えず、かつ、パッケージからの良好な解舒を行うため、1ピックごとの織機への給糸・よこ入れ状態をモニタリングし、製織条件の設定を可能とする装置の開発を行った。よこ糸供給装置から供給されるポリウレタン糸の張力挙動を、レピア変位量、給糸ローラ・フィードローラ速度と重ねて、織機クランク角とともに測定を行った。これにより、均一なよこ糸供給条件（糸供給速度曲線、給糸開始・終了タイミング）の選定と監視が可能となった。

③織布巻き取り装置の開発

製織後、ポリウレタン糸の収縮力により、急激に巾が狭くなる布帛を徐々に収縮させ、耳まくれやしわ等を生じずに巻き取る治具の開発を行った。

所定の長さに伸ばされた状態でよこ入れされた糸は、製織後急速に収縮しようとするのでテンプルとテンションローラを仕掛け織物巾に適する位置に付加することにより、耳まくれなどが発生しない均一な巻取りが可能になった。

④製品評価

開発した高弾性織物は、よこ方向の伸び率、伸長回復率、耐久性等の物理的性能において、当初の目標（よこ方向の伸び率50%以上、50%伸長時の伸長回復率85%以上、10%伸長時の伸長回復率98%以上、伸長回復繰り返し回数5000回以上）をほぼ達成することができた。出来上がった生地をアパレルメーカーに持ち込み、大きな伸縮性が要求されるテニス用のショートパンツを試作した。

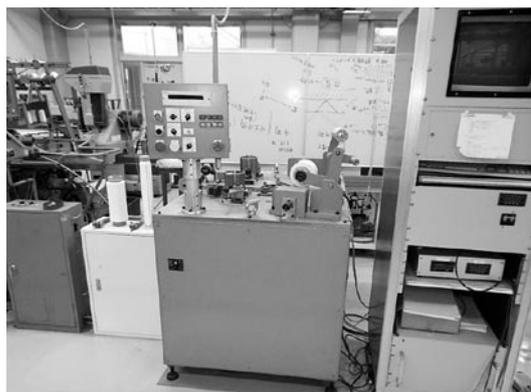


図4-3 よこ糸供給装置（左側）

2) 業界等への技術的貢献と波及効果

よこ糸に高弾性糸を織り込む場合、張力が不安定だと織物巾の中で伸縮性のアンバランスが生じる。本研究により均一な伸び率の織物を織る事ができる。所定の方向に張力を与えることができる材料は、着用した場合、筋に付加をかけることができ、筋力トレーニング用のウェア開発も可能になるものと考えられる。

(7) 基布地柄対応NCキルティング加工技術の開発…平成6～7年 (特定中小企業集積支援技術開発)

製品の高付加価値化に取り組んでいる県内繊維産業を支援するために、基布地柄対応NCキルティング加工技術(予めプリントされたキルティング基布に対し、その図柄をセンシング技術により読み取りながらステッチングを施す技術)の開発研究を平成6(1994)から7(1995)年度の2年間にわたり実施した。平成6年度には、X-Y機構部の製作、センシング技術の開発及び画像処理技術の開発を行い、平成7年度はステッチ機構の設計、製作、ステッチ機構周辺技術の開発を中心に行い、さらに開発装置(システム)全体の実証試験を通して、各種機構部の修正及び調整、画像処理プログラムの改良等を実施した。

1) 研究の内容及び成果

①平成6年度 基布上の柄をセンシングし、取り込んだ画像情報をコンピュータにより画像処理して基布地柄のエッジ(境界線)を検出し、そのエッジに沿ってセンシング部をXY動作するように制御する技術を確立した。光源及び照明方法の検討、画像入力法の検討、ノイズ対策の検討、エッジ検出の検討、終了位置検出の検討などを行った。

②平成7年度 昨年度の結果をもとにステッチ機構等について検討を行った。

・カラー画像入力の検討(画像処理技術の開発)

昨年の画像処理はモノクロカメラからの情報が対象であったが、色柄の場合は十分に対応できなかった。柄の色に確実に対応するためカラーカメラ及び色分離器等を用いたシステムを検討し所望の色のみを抽出して画像処理する方法を採用した。

・偏光フィルターの検討(画像処理技術の開発)

昨年の画像処理において、基布の織り目が光ることによる誤動作が発生した。対策として、表面反射光を取り込まないように、照明レンズ、カメラレンズに偏光フィルターを取り付けた。

・同期制御技術及び基布固定法の検討(ステッチ機構の開発)

ステッチ機構の開発に当たっては、ステッチ機構の主軸の回転情報(タイミングチャートからの信号)と同期をとりながら、画像処理及びX-Yテーブルの制御を行った。また、基布の凹凸の変動を抑え精度の良い画像を取り込むために、1ステッチごとに基布を一定圧で押さえる「画像押さえ」機能を付加した。

・ステッチ幅一定制御技術の検討(ステッチ機構周辺技術の開発)

当ステッチ機構は、全方向一定のステッチ幅(条件設定時に入力)で縫うように制御されている。これは、ステッチ幅を半径とするステッチ円の円周上の画像を対象として処理しているため、全方向にわたりステッチ幅が一定となる。すなわち、画像処理では針の位置を中心としてステッチ円の円周上の画像情報をチェックし、階調が変化する部分を基布柄との境界として検出した。

以上、X-Y機構部、センシング部、画像処理部、ステッチ機構部からなる基布地柄対応NCキルティング加工装置を開発した。

図4-4はスキーウェアの背部の柄に本研究で開発した装置で加工した例である。鶏冠部の柄が浮き立って見える。



図4-4 スキーウェア

2) 業界等への技術的貢献と波及効果

これまでの平面的な絵柄ではなく、デザイン画像が立体的に表現することができ、全く新規の高付加価値製品の提案である。ミシンの1針1針ごとに次の進む方向を制御するというコンピュータ処理技術の高度化、高速化により可能になった開発であり、コンピュータ技術の活用事例として業界に提案できた。

(8) 快適性衣服に関する研究…平成3～7年

快適性衣服についての研究は、昭和61(1986)から63(1988)年度まで取り組んだ「暖感性・冷感性繊維製品の開発研究」に始まる。この研究ではサーマルマネキンを用いた保温性の評価が主体となった。平成2(1990)年度からの快適性衣服の開発研究では、熱迅速測定装置(カトーテック製、サーモラボII)を用いた保温性の評価を通して、衣服内の温度、湿度の計測が行われるようになった。この背景には小型の温度、湿度センサーが開発され、センターへの導入が大きなきっかけとなっている。いずれにしても今後の研究を見据えた装置の導入があればこそその研究開発といえる。

衣服内の温度、湿度の評価は、衣服内気候を想定したシミュレーションによって行った。快適性衣服の研究は衣服材料の評価として熱迅速測定装置を用いる方法、製品サンプルを作成し、サーマルマネキンに着用させて評価する方法、さらに人体に対する影響を評価する着用試験へと続くのだが、ここでは、熱迅速測定装置を用いる方法を中心に紹介する。

1) 研究の内容及び成果

人体は、環境の変化に対し快適な状態に保つため、発汗等の生理作用、重ね着、着替え等により調整を行っているが、人体が最も不快に感ずる要因は汗によるベトツキ感によるものであり、発汗した汗をいかに早く空气中に放散し、快適な状態にするかが、快適性衣服の設計にあたり、重要なポイントである。

① 快適性衣服の開発研究(平成2年度)

ここでは一定水分を布に与え、乾燥するまでの布と模擬皮膚(サーモラボIIの熱板)との空間の温湿度変化の測定を行い、布地の種別による熱水分移動特性について検討した。試料には、たて編メリヤス3種(組織: ハーフ、サテン、バックハーフ: ポリエステル系75d)を用いた。布地により、乾燥状態から多湿状態に至るまでの温度・湿度の変化に違いがあることがわかった。

② 機能性衣服の開発研究(平成4年度)

夏期冷房時で、屋内外の出入りによる環境変化による不快感を解消するため、衣服のシステム化(重ね着)について検討した。サーモラボIIの熱板上に3層の空間を作り、熱板からの空間を順に內衣、中衣、外衣で仕切った。それぞれの空間の温度・湿度の変化を測定した。內衣に水分を与え、発汗状態を模擬した。試料は、內衣に綿の織物又は編物、中衣にワイシャツ地、外衣には毛100%又は毛・ポリエステル混紡のスーツ地を用いた。內衣の水分移動の特性によりシステム全体の水分移動状態が変わることが分かった。

③ 快適性衣服素材の開発研究(平成6年度)

衣服内気候に影響を及ぼす因子として、衣服材料特性(通気性、透湿性、吸水性等)が考えられる。ここでは夏用メンズウェア(スーツ地)用の素材開発を行い、衣服内気候と通気性について検討した。たて糸にポリエステル加工糸、よこ糸に梳毛糸を用い、よこ糸密度を変えた試料を作成し、サーモラボIIの熱板上に装着した3層の空間の外衣に取り付け、熱水分移動特性を評価した。衣服内湿度の低下には通気性が影響することが確認できた。

④ 快適性衣服に関する研究(平成7年度)

これまでは內衣に水分を与えて発汗状態としていたが、熱板上に水分を与え、不感蒸泄を想定した評価方法について検討を行った。今回の測定方法は、試料の透湿性に関する評価方法として有効であることが確認できた

2) 業界等への技術的貢献と波及効果

人体と衣服によって構成される微空間の気候を衣服内気候と呼び、快適に感じている場合の衣服内気候は、温度 32 ± 1 ℃、湿度 $50 \pm 10\%$ RH、気流 25 ± 15 cm/secといわれている。この数値を目標に、研究を進めてきた。一連の研究で計測ノウハウの蓄積ができ、冬山ウェア開発の共同研究や、企業からの相談に対応することにより、当研究所、企業の更なる評価技術の基礎ができた。

(9) 高機能型商品（健康衣服）開発と支援研究…平成15～17年

高齢化社会を迎え、健康維持と福祉対策は不可欠となっている。また、近年、車社会による運動不足、デスクワーク等における肩こりや腰痛など、不調を訴える人も増えており、年齢層に関係なく健康に対する関心が高まっている。このような現状に対し、運動による健康維持が取り入れられているが、その中で水中歩行トレーニングの効用のひとつとして水圧が身体の圧痛点を適度に刺激し、自律神経のバランスを調整することが知られている。

ここでは、衣服を着用することにより、圧痛点（つぼ）を刺激して自律神経のバランス調整を促進し、自己が持つ身体（内臓器官）活動能力を最大限に引き出し、健康維持を図るとともに心身ともにリラックスできる圧痛点刺激型の高齢者用健康衣服の開発を目的に研究を行った。

1) 研究の内容及び成果

①圧痛点への刺激方法について：肩こりに関連する圧痛点（肩井：けんせい）に刺激を与える方法について検討を行った。一般的に使われているサスペンダーの肩部に刺激用のゴルフ用のボールマーカーを取り付けて刺激する方法、伸びないベルトをサスペンダーのようにして使用する方法などを検討した。いずれも、肩井から「ずれる」問題点があり、刺激を継続的に与えるのは難しいことが分かった。そこで、ツーウェイのスパンディックス編地を用いハイネックタイプのシャツの開発を行った。このシャツの肩井部分にボールマーカーを装着し圧力検出を行った。

②着用試験について：日常動作（荷物を上下に移動する動作）を行った時の生体情報の計測、肩井を手押し圧迫による刺激をした時の生体情報の計測を行った。生体情報として、心拍数、皮膚表面血流量、連続血圧、圧迫力（肩井部の圧力）等を計測した。その結果、手押し圧迫した時、血流量の低下がみられ、除圧するとゆっくり回復することが確認できた。また、血圧では運動による血圧の上昇、安静による降下が確認できた。また、最高血圧と最低血圧の差を脈圧という

が、肩井を手押し圧迫すると圧迫直後、脈圧が大きくなり、除圧すると徐々にもとに戻る傾向が見られた。心拍数の変化では、手押し圧迫の場合、心拍数の減少がみられた。

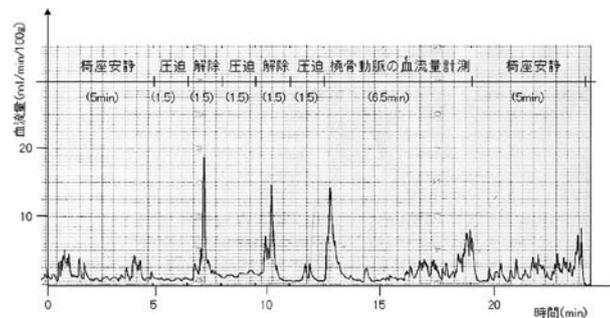


図4-5 圧迫と血流量の関係



図4-6 試作シャツ

2) 業界等への技術的貢献と波及効果

平成9年(1997)に生活工学研究所となつてから、「冬山環境における快適なウェアリングのためのアンダーウェアに関する研究」、「高機能スポーツウェアの開発研究」、「室内環境における衣服構造と生理現象に関する研究」、「伸縮性素材によるパワーアップスポーツウェアの開発研究」、「ラジエーター構造を有する布帛によるスポーツウェアの開発研究」など多くの研究を行ってきた。

これらにより、衣服の開発において、衣服内の温度湿度の計測や皮膚表面温度、心拍数、血圧、脳波、筋電位などの生体に対する影響の評価方法について多くのノウハウを積み上げてきた。

消費者が求めるニーズにこたえられる商品開発への取組の基礎を築くことができたものと考えられる。平成12年(2000)からは、富山県国際健康プラザ国際伝統医学センターの協力を得て、生体情報の計測技術の向上を図る事ができた。また企業との共同研究の実施を通して、お互いに生体計測技術の向上を目指してきた。

(10) インクジェット式ダイイング装置によるプリントに関する研究…平成18～22年

繊維製品は、高機能化や高品質化を狙い、様々な素材を組み合わせている。本研究では、短納期小ロット化やデザイン自由度の拡大、クイックレスポンス性の要求に対し、最も対応性の高いデジタル技術に応用したインクジェット式のダイイング装置を利用し、利点としての無版、無水染を生かしつつ、製品染めへの応用を図るものである。

混織製品・伸縮性素材・極細糸織物などへのプリントに関する研究、前処理剤の開発、インテリアグッズの開発などを行った。この中から混織製品・伸縮性素材へのプリントに関する研究について紹介する

1) 研究の内容及び成果

①インクジェット式ダイイング装置による混織製品のプリントに関する研究

T/C混製品への同時染色を行った。装置は(株)ミマキエンジニアリングのGP-1800を導入した。本装置は分散染料及び反応染料の2種類の染料を同時に印捺できるものである。

はじめに操作性や仕上がりに関して各種の評価実験を行うためテストパターンの作成を行い、ヘッド高さによる印捺柄の鮮明性、重ね布枚数の印捺柄への影響、染料の違いによる色相への影響など基礎条件について検討を行った。T/C混へのプリントは基本的に、前処理、プリント、蒸しの三工程で行い、濃色性、鮮鋭性、高堅牢度性を目標とした。

前処理工程は図案の鮮鋭性に大きく影響する。前処理剤は高価であり、選定や使用量などコスト面、取扱い面において更なる検討が必要である。プリント方法では、パス数(単位印捺幅を印捺するのに必要なプリント回数)を多くすると濃色効果がある。T/C混製品の場合、2種類のインクを用いるが、同時に使うのではなく、同じ柄を2度に分けてプリントした方が鮮鋭性は良かった。蒸し工程では、乾熱プレス・蒸熱の2段階で発色させた方が鮮鋭性、濃色性とも良好であった。

②インクジェット式ダイイング装置による伸縮性素材へのプリントに関する研究

本装置は、多様なインクの使用ができ、そのために様々な素材へのプリントも可能である。

今回は特徴的な素材として伸縮性のあるシリコン樹脂を選び、プリントを試みた。無理に外力をかけ伸縮させると、固着したプリント面に割れを生じ、剥がれやすい状態となった。これを防止するために、シリコン積層面を二重にし、その中にプリント面を挟み込む形式にした。その結果、伸長したとき割れは生ずるが復元もするものとなった。さらに、プリントのインクに伸縮タイプのUV硬化インクを使用し、シリコン樹脂の伸縮に対応できるプリントを行うことができた。

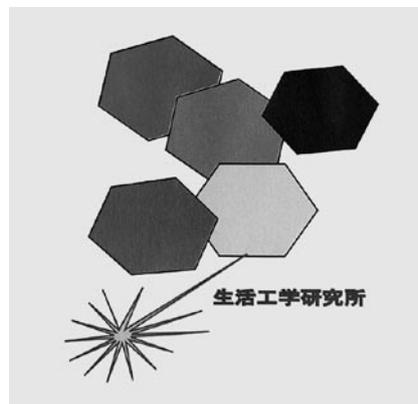


図4-7 テストパターン

2) 業界等への技術的貢献と波及効果

今回使用したインクジェット式ダイイング装置は、パソコンのプリンターと同様の感覚で使用することができる。布帛に関わらず、樹脂製品、紙など平面であればデザイン画を手軽にプリントすることができる。共同研究によりインテリアグッズの開発も行ったが、製品展開の要素が大きいこと、1枚のみのデザイン画のプリントも行えるので、より個性的な製品の開発に展開することが可能である。試作品の製品化に当たり仕上がりの見栄えは重要な要素であり、今後とも多くの利用が期待される。

(11) 中部イノベーション創出事業…平成22年

高付加価値繊維製品開発のための品質・機能性評価手法の確立

多様化する消費者ニーズに対応するため、繊維関連企業では、消費者の感性や着用時の快適性など消費者の立場に立った評価が要求されている。北陸の繊維産業でも、最終製品を見据えた製品を開発するための適切な評価方法の検討に苦慮している。

そこで、当センターに設置されている人工気象室やサーマルマネキン等の繊維製品の機能性を評価する装置を用いて、素材の組み合わせ・布帛構造、糸むらと機能性発現との関連を明らかにし、繊維製品の機能性を評価する手法について検討を行うとともに、マニュアルを作成した。

1) 研究の内容及び成果

①素材・布帛物性の評価

繊維製品の機能性評価方法として、布・素材物性評価、サーマルマネキンによる評価、被験者による着用試験評価の3段階が考えられる。機能性には、保温性、通気性、吸水性など物性面の機能、風合いや肌触りなど感性面の機能さらに吸汗・速乾性など着用快適性に関するものなど多岐にわたっている。いずれの機能も繊維素材（原材料の素材）の種別、素材の組み合わせ方、素材構造や布帛構造（ニット、織物等）などに大きく左右される。

富山県内企業で使用されている素材を中心に素材物性評価（糸強伸度、見掛織度、糸むら等）を行った。一部の素材についてはニット生地を作成し、布物性評価（保温性、通気性）を行った

②サーマルマネキンによる衣服の温熱特性の評価

サーマルマネキンに①で評価したニット生地を用いて実験着（インナーウェア）を作成し、その実験着を着用させ、発汗時を想定したシミュレーション試験を行った。通常サーマルマネキンは、防寒着など衣服製品の保温性評価等に使われる。ここでは、部分的（腰部）に発汗状態にできるようにして実験を行った。

③着用試験による温熱快適性の評価（発汗時を考慮したインナーウェアの開発研究として実施）

被験者6名に実験着（インナーウェア）を着用してもらい、運動時の生体情報の計測を行い、機能性の評価を行った。着用実験はサーマルマネキンの評価より、実際的な評価を行えるが、被験者の個人差によるデータのばらつきや、同一個人でも体調やその他の条件で、測定にばらつきが生じやすい。しかし、衣服製品の肌触りや着用快適感等の主観的な評価情報も同時に得る事ができる。また、熱移動、水分移動（汗や湿度）等の衣服内気候の客観的な評価、人体への影響（心拍数、血圧の変化等）を含めて得ることができ、衣服製品の温熱機能評価は重要である。

2種の環境（25℃、50% RH）→（30℃、60% RH）→（25℃、50% RH）内で歩行運動をする実験を行い、その時の衣服内温度・湿度の変化を測定するとともに、血圧や心拍数等を測定し、実験着（インナーウェア）の温熱機能性の評価を行った。

2) 業界等への技術的貢献と波及効果

本研究は、石川県工業試験場と共同で行ったものである。すなわち石川県工業試験場に設置された糸むら評価装置を用いて、富山・石川産地が直面する課題の解決に向けて研究を行うものであった。糸むら評価装置は、紡績糸、フィラメント糸の糸むらを評価する装置で糸むらによる品質の低下による問題解決に寄与できるものである。今回、当センターが評価した糸は紡績糸とフィラメント糸の複合糸で、わざわざ糸むらをつくったもので糸むらの程度と快適性や着用感の評価にも活用できるものと考えられる。

平成23年(2011)4月に開設した富山県ものづくり研究開発センターには、発汗サーマルマネキンが設置された。全身に約120か所に発汗口があり、人体を模擬できる構造となっており、より客観的なデータを得る事ができ、衣服製品の評価に役立つものと考えられる。

(12) 高密度・高伸縮性を併せ持つニット技術とナノテク融合による複合高機能繊維用品の開発…平成23年（戦略的基盤技術高度化支援事業：通称「サポイン事業」）

スポーツ・アウトドア向けの衣料、あるいは屋外作業での作業衣において「蒸れない」「動きやすい」等の快適機能を装備した衣料が求められているが、激しい運動あるいは厳しい環境時において、十分とはいえない。そこで、本研究では、ニット技術とナノテク融合により、機能性を向上させた複合高機能繊維製品の開発を行う。さらに、機能を阻害しない張り合わせ技術と縫製技術の確立により、通気・透湿・防水・伸縮性という一見矛盾する性能を兼ね備えた、高感性・高機能性ウェアの開発を行う。

1) 研究の内容及び成果

- ①高密度かつ伸縮性のあるテキスタイル開発：高密度かつ伸縮性のあるテキスタイルを開発するため、従来の高密度とされるサンプルの組織、糸使い、物性等の分析を行い、さらに高密度を実現する編地設計書を作成した。ニット技術は、ハイゲージトリコット機を使用することにし、それに合わせた原糸の選択及び整経作業を行った。以上により従来のハイゲージニットに比べ10～30%以上の高密度かつ同程度の伸縮性を有するニットを開発することができた。
- ②ナノファイバーによる不織布の開発：エレクトロスピンニング装置を用い、これまでにない高い透湿性と防水性を併せ持ち、かつ伸縮性の高いナノファイバー不織布の開発を行った。伸縮性を確保するため、樹脂はポリウレタンを使用し、紡糸は実用的な幅（600mm以上）と長さ（20m以上）を確保するため、マルチノズル方式のエレクトロスピンニング装置を用いた。目標とする性能を達成するため、樹脂の調合条件、エレクトロスピンニング装置の設定条件、環境温湿度条件等を振りながら試作実験を行った。その結果、従来の透湿防水材料と比べ、高い透湿性と防水性を兼ね備えたナノファイバー不織布を開発することができた。
- ③生地とナノファイバー不織布の貼り合わせ：前述のハイゲージニット及びナノファイバー不織布を、極力その性能を損なうことなく、かつ剥離強度の高い貼り合わせを行う技術について検討した。透湿防水性、伸縮性等の性能の低下を防ぐため、接着面積を減らし、かつ、それによる剥離強度の低下を防ぐため、各種接着条件（接着剤の種類、配置方法、貼り合わせ温度等）を変更しながら実験を行い、最適接着条件について検討した。その結果、透湿性の性能低下が低く、かつ十分な実用剥離強度を有する貼り合わせ技術を開発することができた。
- ④貼り合わせ生地の縫製：前項で開発したニットとナノファイバー不織布の貼り合わせ生地の性能（透湿性、防水性、伸縮性等）を極力損なわず、かつ十分な縫製強度を有する縫製技術について検討した。手法としては、従来の縫製技術に加え超音波融着や熱融着などによる無縫製技術を組み合わせる方法をとった。各種条件を振りながら試験を行った結果、ほぼ目標とする性能を達成することができた。また、無縫製技術を活用することによって縫い糸による縫い目部分の凹凸が解消され、さらに着用快適性をたかめることができた。

2) 業界等への技術的貢献と波及効果

本サポイン事業は、共同研究企業の連携のもと、商品展開までを見据えた事業であり、今後ウェアサンプルを作成し、最終製品としての性能向上を図っていく。

平成21年(2009)より3年間、北陸3県繊維産業クラスター事業が実施された。この事業は、北陸3県の繊維関連企業、公設試験研究機関、行政機関、大学等がそれぞれのノウハウを持ち寄り、人材育成、販路開拓、研究開発の3本柱を分担して実施するものである。

富山県は、研究開発を担当し、富山県新世紀産業機構の助成金の採択や他の外部団体助成金・補助金事業の採択を受けて実施してきた。富山県内の企業が核となって、平成22年(2010)に北陸SC会を結成し、自ら研究開発実施主体となり、研究開発を推進している。これからの繊維産業の発展には、企業連携が重要とされ、今後の成果が期待される。

5 プラスチック分野

(1) 地域システム技術開発事業

(プラスチックの成形シミュレーションシステムの開発：昭和60～平成元年度)

センター化が間近な昭和60年(1985)頃、県内プラスチック業界では射出成形時に金型内での樹脂の流動や冷却状況を予測する成形シミュレーションに大いに関心が高まっていた。当時のプラスチック成形は、製品設計、材料選択、数回に及ぶ金型修正、成形条件の設定等が経験者のノウハウに支えられており、製品化には長期間を要していた。このため、富山県プラスチック工業会では会員企業へのシミュレーション技術の普及を目的に、技術研究組合を組織して「プラスチック成形シミュレーションシステム開発研究」への取り組みを開始した。

この取り組みは、産学官共同研究として国の地域システム技術開発事業(昭和60～平成元年度)に採択された。本事業では、成形材料、金型、成形条件等に関する情報をデータベース化すると共に、経験者のノウハウを知識ベースとして蓄え、人工知能(AI)を導入して、既存のCADと対話しながら設計を効率的に行うエキスパートシステム等先端技術の開発を目標とした。工業技術センターではその中の要素技術研究開発事業を担当して、エキスパートシステムやシミュレーション技法の開発を行うとともに成形品の品質向上に関する実験的研究を行い、システムの構築をサポートした。

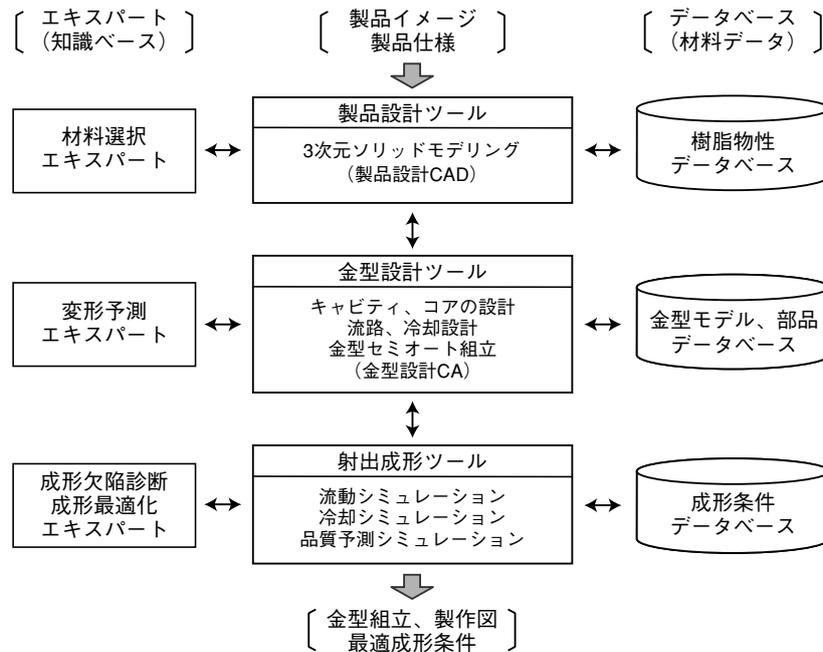


図5-1 プラスチック成形シミュレーションシステム (IMAST) 構成図

1) 研究の内容及び成果

①エキスパートシステムの開発研究

成形欠陥診断エキスパートシステムの開発を目的に、エキスパートシステム構築技法に関する研究(昭和60年度)の後、エキスパートシェルプロトモデルの開発(昭和61年度)と成形欠陥診断知識データベースの構築(昭和62年度)を行い、成形欠陥診断エキスパートシステムの開発(昭和63～平成元年度)へとつなげた。

②シミュレーション技法の研究

成形品品質予測シミュレーション技法の開発を目的に、非定常熱伝導シミュレーション(昭和60年度)、樹脂配向シミュレーション(昭和61年度)、熱変形シミュレーション(昭和62～63年度)の研究を行い成形品品質予測シミュレーション技法(平成元年度)としてまとめた。

③プラスチック成形品の品質性能の向上

エンジニアリングプラスチックを主体に材料物性や成形条件が内部組織、成形品欠陥及び成形品物性に及ぼす影響を実験的に研究した。無機フィラーとの複合化による熱特性（昭和60年度）、流動特性と内部微細構造（昭和61年度）、成形加工における分子量特性（昭和62年度）、成形加工における結晶化（昭和63年度）の研究を行い、成形品の品質向上研究（平成元年度）として成形条件等と欠陥との因果関係を明確にした。

2) 業界等への技術的貢献と波及効果

この研究では、富山県内のプラスチック成形企業、金型企業及びシステムハウスで組織された技術研究組合が、既存技術や要素技術の導入及び独自の技術開発により一連のエキスパートシステムを構築完成させた。当初は、会員企業がワークステーションを設置して各企業で自由に使えるシステムの開発が目標であった。しかし、ハードの能力やソフトのライセンス等の制約によりオープンなシステムにはならず、会員企業が技術研究組合へ出向き解析するシステムではあったが、大いに活用され製品設計に生かされた。

また、システム開発の効果は、プラスチック業界やシステムハウスにおける直接的なもののほか、CAD、エキスパートの手法など他の業界が関連する技術分野にも応用が可能であり、県内企業に対する幅広い波及効果があった。

(2) プラスチックの再生・処理高度化技術開発研究（平成4～13年度）

当時、環境保全意識の高まりと相俟って産業廃棄物が社会問題となっており、富山県プラスチック工業会と工業技術センターが連携して平成4年(1992)4月に「富山県プラスチック再生・処理高度化技術開発研究会」を設置し、調査研究を進めることとした。本会の目的は資源の有効利用と地球環境保全の観点から、県内廃棄プラスチックの再生利用・再資源化の高度技術開発と事業化を図ることであった。

富山県工業技術センター、富山県プラスチック工業会、富山大学、再生・再資源化事業者からなる委員会とワーキンググループを組織して調査・研究を行った。当初計画では2カ年ということであったが、「容器包装リサイクル法」の制定（平成7年）など、プラスチック産業を取り巻きリサイクルの波は待たなしの状況にあり、県内外に対するアンケート調査並びに再生利用研究を平成7(1995)年度まで行った。県内のプラスチック廃棄物の実態並びに問題点がほぼ解明できたことから、平成8(1996)年度からは新たに、生分解性プラスチックの生分解性、成形性の評価並びに利用促進を図るための試作に関する共同研究を実施し、平成13(2001)年度まで研究会が続くこととなった。

研究会の運営に当たっては、事業企画委員会と研究企画委員会を設置し、調査・報告WG、事業化モデル検討WGと再生利用研究WG、再資源化研究WG、分解性プラスチック研究WGを組織して活動を行った。事業化モデル検討WGは企業が中心となり、その他のWGは工業技術センターが中心となって研究開発を進めた。

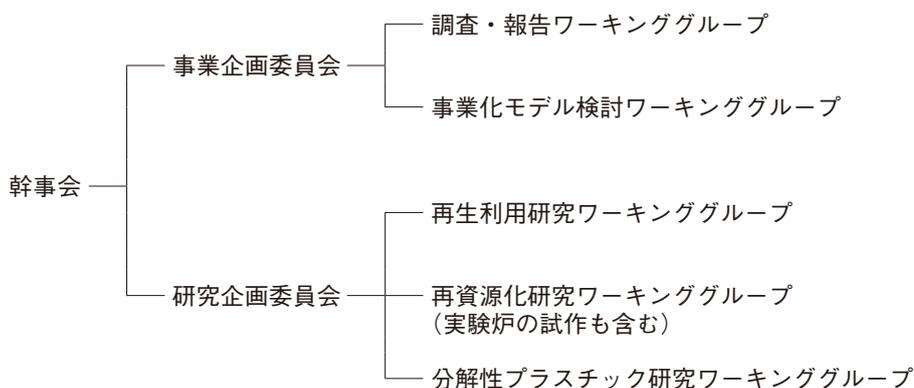


図5-2 研究会運営組織図

1) 研究の内容及び成果

①富山県プラスチック再生・処理高度化技術開発研究会

研究会活動を推進するにあたり、事業企画委員会では各種アンケート調査を実施し事業化の可能性を検討した。研究企画委員会ではプラスチック廃棄物の再生利用に関する共同研究を実施した。

平成4(1992)から5(1993)年度は主に「プラスチック取扱量と廃プラ処理状況」、「プラスチック再生利用状況」について県内関連企業にアンケート調査するとともに、「プラスチック廃棄物の熱分解処理技術」、「分解性プラスチックの成形性、分解性の評価研究」について共同研究を行った。

平成6(1994)から7(1995)年度においては「プラスチック廃棄物の固形・減容化処理と焼却発電の現状並びに将来計画」に関しアンケート調査するとともに、「プラスチック廃棄物の複合再生利用技術研究」、「プラスチック廃棄物の分解残渣の再利用技術」について共同研究を行った。

②生分解性プラスチックの複合化と応用

平成8(1996)年度からは、生分解性機能を持った新しい樹脂材料が出てきたことから、その生分解性プラスチックの可能性を検討する目的で、「ゴルフティ」、「ゴルフマーカー」、「植木ポット」や「播種シート」の試作を行い成形性や分解性の共同研究を行った。研究の内容については後述の(4)生分解性プラスチックに関する研究の②生分解性プラスチックの応用技術研究に記す。

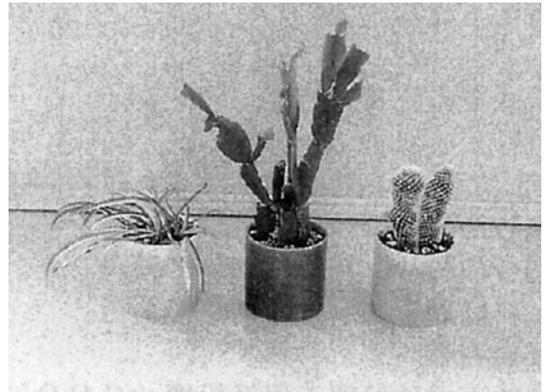


図5-3 植木ポット

2) 業界等への技術的貢献と波及効果

「富山県プラスチック再生・処理高度化技術開発研究会」の活動は、県内プラスチック企業が廃棄プラスチック問題に対し、避けることなく、いち早く、大学や行政の協力を仰ぎながら廃棄物再生処理業者をも巻き込み取り組んだものである。

その間、国では平成12年(2000)を循環型社会元年と位置づけ、基本となる「循環型社会形成推進基本法」を制定(平成12年)するとともに、「建設リサイクル法」や「食品リサイクル法」の制定(平成12年)、「廃棄物処理法」(平成12年)、「資源リサイクル法」(平成13年)や「家電リサイクル法」(平成15年)の改正など、循環型社会の構築に関する基本的枠組みと廃棄物リサイクル関係法の整備が図られた時期であった。このような時代背景のもと県内プラスチック業界が事業化までも目指して取り組んだ姿勢は高く評価できる。結果として事業化には至らなかったもののリサイクル意識を会員企業に産み付け、個々企業がリサイクル活動に取り組むきっかけとなり社会的にも大きな波及効果があった。

(3) ナイロン反応射出成形(RIM)に関する研究(平成6～8年度)

プラスチック成形法では射出成形法や押出成形法が主流を占めているが、平成5年(1993)頃に反応射出成形法(RIM)が注目を浴びていた。RIMは、液状原料モノマーを金型に注入し直ちに金型内で重合硬化反応を行って、モノマーから直接プラスチック成形品を得る成形法である。従来の成形法に比べ高温を必要としない省エネタイプであり、しかも高圧を必要としないため比較的小型で安価な装置で大型成形品が成形でき、金型製作費も安いなどの特長を持っている。当時は原料樹脂としてジシクロペンタジエンが実用化されているだけで、他の原料システムでの実用化が進んでいなかった。そこで、新しい原料を用いるナイロンRIMについて、その成形性と物性を研究し、新しい複合材の開発を目的とした。

1) 研究の内容及び成果

①反応射出成形による複合材の開発（技術開発研究事業：平成6～7年度）

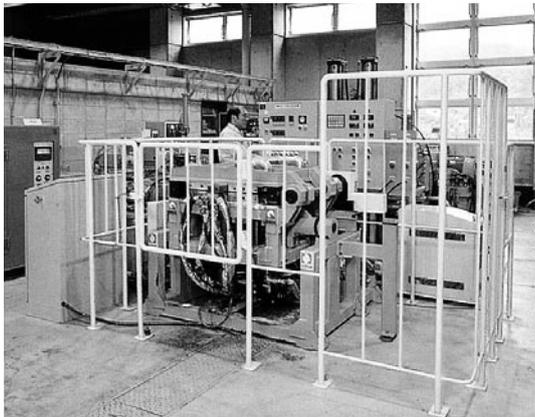


図5-4 RIM成形機

平成6(1994)年度は、ナイロンRIMの成形性に及ぼす原料モノマーの配合割合や金型温度の影響を調べ、最適成形条件を求めるとともに成形上の留意点・問題点を明らかにした。平成7(1995)年度は、成形品の機械的物性の向上を図るため、原料モノマー内に粉粒体状の強化剤や充てん剤を加えて成形する手法(R-RIM)とマットやクロス等の長繊維状強化材を金型内にプリセットしてから成形する手法(S-RIM)について検討した。その結果、R-RIMではカーボンミルドファイバーで若干の補強効果が認められたが、それほどの効果はなかった。一方、S-RIMでは繊維に施されている表面処理剤が重合反応を阻害するために注意する必要があるが、良好なFRP成形品が得られた。

②ナイロンRIMのリサイクルに関する研究（平成8年度）

技術開発研究の補完研究として、平成8(1996)年度にナイロンRIM成形品の再生利用技術について研究した。ナイロンRIMが唯一の熱可塑性RIM樹脂であることから、RIM成形品を粉砕したのち射出成形して成形品を得る、再生利用の可能性について検討した。その結果、ナイロンRIM粉砕材料は、熔融粘度が高く温度による粘度変化も大きいので、再生時の成形温度を高くする必要があることがわかった。再生による物性低下は少なく、繰り返し再生も可能であった。

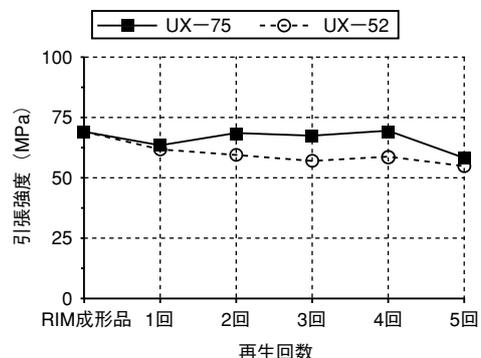


図5-5 繰り返し再生回数と引張強度

2) 業界等への技術的貢献と波及効果

この研究は、新しい成形法であるRIMを県内の企業に普及することを目的に、国の技術開発研究費補助事業の採択をうけ実施した。当時すでに県内企業では、ジシクロペンタジエンやウレタンのRIMを導入し始めた企業が3社あり、浄化槽タンク、トラックフードやフィールローダーなど大型成形品に適用されようとしていた。本研究の成果は、RIMの新しい可能性を示し、成形法における今後の新しい展開を期待させるものであった。

(4) 生分解性プラスチックに関する研究（平成5～16年度）

プラスチックの腐りにくいといった特徴があだとなり、プラスチック廃棄物による環境汚染が重大な社会問題となっていた。そこで、環境に放出された時そこに生息する微生物の働きにより分解または崩壊して無害な物質、最終的には二酸化炭素と水になる生分解性プラスチックが開発され、市販されるようになった。生分解性樹脂については、石油系、植物系、合成系など多くのものが提案されたが、平成7(1995)年度以降、再生可能資源である植物資源を原料とする生分解性プラスチックに対する関心が高まってきた。そして、最終的にポリ乳酸樹脂が初めて実用性能を備えた植物系プラスチックとして有望であることが認識され、平成14年(2002)に乳酸からの一貫生産になる本格的な商業生産設備が建設されることになる。

当初、いろいろな生分解性樹脂が出てきていたが、必ずしもその特徴が把握されていたわけではなかった。そのような背景から、工業技術センターにおいて取り組まれた、微生物分解性、物性評価、成形加工性さらには応用試作研究について以下に示す。

1) 研究の内容及び成果

①生分解性プラスチックの微生物分解性について(平成5～9年度)

生分解性樹脂としてバイオポール(微生物産生脂肪族ポリエステル)、マタービー(でんぷんとPVAのポリマーアロイ)、エコスター(でんぷんとPEのブレンド)、ビオノーレ(合成脂肪族ポリエステル)が当時市販されていた。それら材料の微生物分解性についていろいろな観点から研究を行った。

平成5(1993)から7(1995)年度は県内各地の土壌から分解菌をスクリーニングして、バイオポール分解菌5株を見つけ出した。そのうち2株はArthrobacter sp.で3株はPseudomonas alcaligenesであった。さらにその分解酵素を分離し、分解酵素の最適PHとPH安定性や最適温度と温度安定性などを測定した。

平成6(1994)から7(1995)年度には、実際の材料の使用条件を考え種々の環境下でのフィールド試験を実施した。従来、フィルムでの分解性試験が中心であったが、実際使用されるプラスチック製品を考えると比較的肉厚な成形品の分解性を評価することが必要であると思われたことから、射出成形した成形品を試料とした。県内各地の土中や水中に各試料を設置し、年間を通した中長期にわたる分解性試験を行った。重量測定、引張試験及び表面・断面の顕微鏡観察の結果、材料による違いが認められ、バイオポールの分解性が最も高いことがわかった。

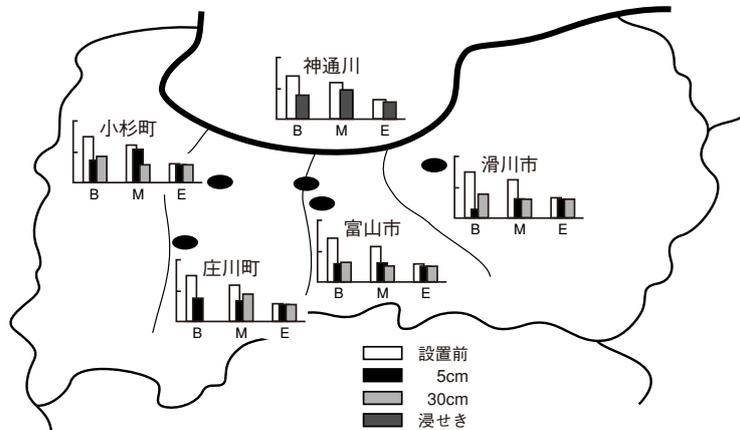


図5-6 設置場所別に見た引張最大荷重の変化(170日)
B:バイオポール、M:マタービー、E:エコスタープラス
縦軸は引張荷重(フルスケール100kgf)を示す

平成7年(1995)に、統一された評価方法として「プラスチックー活性汚泥による好氣的生分解度試験方法」がJIS化されたことから、市販の生分解性プラスチックの生分解性を調べた。その結果、生分解性はバイオポール>エコスター>マタービー>ビオノーレの順であった。バイオポールが最も生分解性が高いことはそれまでの研究結果と一致するが、他はフィールドテストの結果とは必ずしも一致しなかった。おかれた環境による加水分解や嫌気性菌の影響があると考えられた。

平成8(1996)から9(1997)年度は生分解性プラスチックの分解を、管理された微生物環境である活性汚泥処理施設で評価し、活性汚泥で廃棄生分解性プラスチックを処理する可能性を検討した。実験結果から活性汚泥中で分解が進むものと進まないものがあり、処理する材料を選択する必要があることがわかった。

②生分解性プラスチックの応用技術研究(平成9～16年度)

生分解性プラスチックは移植用苗ポット、マルチフィルム、釣り糸、漁網などの農林水産業用資材としての用途開発が行われていたが、十分な市場性を持っていなかった。そこで、商品化を進める方法として、他の材料との複合化により機能性を付加する方法などさまざまな応用研究を行った。

平成9(1997)から10(1998)年度は化成肥料、麦飯石(天然岩石)、貝化石(炭酸カルシウム主成分土壌)を複合

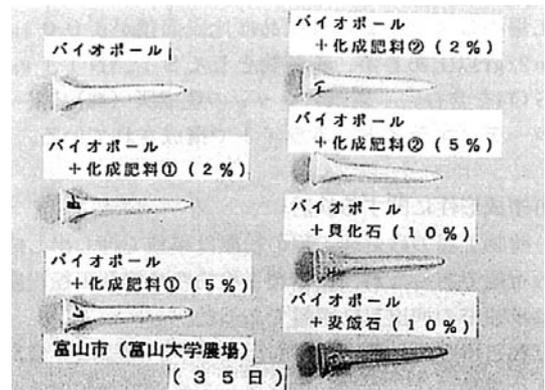


図5-7 ゴルフティーの35日埋設後の状態

化材料として、ゴルフティー・マーカー、植木ポットを試作し、分解性試験を行った。成形時に発泡や着色する場合が多いため、複合化材料の選択や割合に注意する必要があることや、分解速度は化成肥料を配合した場合に早くなることがわかった。

平成11(1999)から12(2000)年度には雑草抑制シート及び播種シートの試作を行った。雑草抑制シートでは既存のポリエチレン製雑草抑制シート用金型を用いて成形したが、成形条件範囲が狭く安定した成形が難しかった。生分解性樹脂用に金型設計する必要があることがわかった。水溶性紙を組み合わせた播種シートでは、プランターに敷いて草の種の発芽状態を観察したところ、10日後、シートを破り発芽・成長しているものもあるが、シートが分解している様子はなかった。場所によってはシートで発芽が阻害されているところもあったことから、より分解速度の速い生分解性シートを用いる必要があると思われた。

平成13(2001)から16(2004)年度には、前年度までの播種シートの研究成果をもとにフロンティア研究推進事業として、富山県農業技術センターと畦畔管理に関する共同研究を行った。グラウンドカバープランツと生分解性プラスチックシートを組み合わせ、水田畦畔を被覆することで防草及び緑化が図られる環境負荷低減型シートの開発を行い、畦畔管理による作業労力の軽減を目指した。種子と土壌を密着させる新たな方法を考案し、2ヶ月後にセンチピードグラスの植被率を30.6%にすることができた。

2) 業界等への技術的貢献と波及効果

これらの研究は生分解性樹脂に関して、利用する上での問題点等を明らかにするとともに、実際に試作研究を行い、県内のプラスチック成形企業での利用の可能性を探るものであった。十分実用に耐え得るものや機能が発揮されずうまくいかなかったものなどいろいろあったが、これらの研究成果が、その後生分解性樹脂の主流となるポリ乳酸樹脂に関する研究開発に引き継がれていった。

(5) ポリ乳酸樹脂に関する研究（平成16～19年度）

工業技術センターでは前述のとおり、生分解性樹脂について全国的に注目されはじめた平成5年(1993)頃からいろいろな材料について生分解性の評価や応用研究を行ってきた。その間、世界的にも生分解性樹脂に関する革新的な材料開発が進められていた。はじめは生体内分解吸収性材料としてしか認識されていなかったポリ乳酸樹脂が、室温環境下における耐加水分解性を向上させる技術開発が進み、耐熱性、耐衝撃性、長期耐久性に優れた材料が開発されるようになった。そして最終的には、ポリ乳酸樹脂が石油系プラスチックを代替できる唯一の生分解性樹脂として注目されていた。

そのような背景の下、工業技術センターにおいてもポリ乳酸樹脂の実用化を図るうえで問題となる技術的課題を明らかにするとともに、ポリ乳酸樹脂の成形加工性や性能・機能の向上技術に関する研究開発が進められていった。

1) 研究の内容及び成果

①有機材料複合化グリーンプラスチックの開発

環境適合型工業材料としてポリ乳酸樹脂が注目されていたが、使用した製品は射出成形品やフィルムを用いた包装資材や農業用フィルムに限られていた。

工業技術センターではそれまで試みられていない大型製品製造に適した真空成形について、成形技術の最適化(平成16～17年度)や環境調和特性を損なわない複合化手法の研究(平成18～19年度)を行った。ポリ乳酸の成形では他材料に比べ低い温度で軟化が急激に起きることや、耐熱性や強度を向上させるためには結晶性を高める成形条件が有効であることがわかった。

バイオマスプラスチックの普及と地域のバイオマス材料

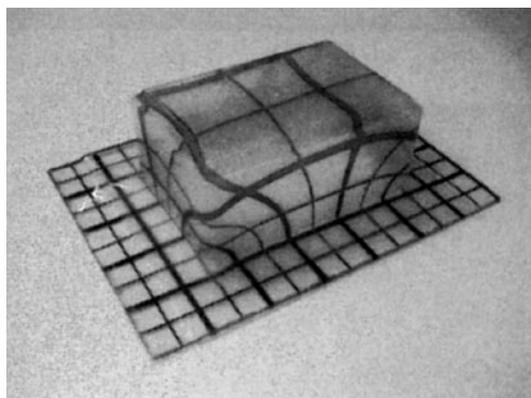


図5-8 深絞り試験型試作品

を活用するため、複合化については県内で生産される木粉及び建材製造事業所から排出されるMDF（中質繊維板）を充てん剤として使用した。ポリ乳酸とバイオマス材料を複合した成形品の吸水性、耐候性、耐久性について検討したところ、バイオマス材料の分散性向上や精製が必要と考えられた。

②ポリ乳酸繊維強化プラスチックの開発

ポリ乳酸樹脂の真空成形の研究成果をもとに、平成17(2005)から18(2006)年度に（独）科学技術振興機構研究成果活用プラザ石川FS委託研究により、積層手法によるポリ乳酸繊維／ポリ乳酸複合化真空成形品の開発研究を実施した。



図5-9 試作バスタブ

環境低負荷型FRP製ユニットバスの開発を目標に、ポリ乳酸真空成形バスタブにポリ乳酸布を積層してバックグするポリ乳酸系グリーンプラスチックFRP製品の実用性を検討した。ポリ乳酸布を、ポリ乳酸水溶性エマルジョンを使用して積層した場合には、乾燥・固化工程が必要であるものの、比較的変形や剥離が少なく積層することができた。また、竹繊維やバガスなど天然繊維も積層が可能であり、バスタブとしての品質をほぼ満たすことができた。

2) 業界等への技術的貢献と波及効果

生分解性プラスチックの中でも、品質、性能、機能面で既存の石油系プラスチックにはほぼ対抗できるのは、現在のところポリ乳酸樹脂が唯一と思われる。上記研究では、富山県内のプラスチック成形企業がポリ乳酸樹脂の実用化を図るうえで必要な技術的課題を明らかにし、その普及を図るのが目的であった。例として真空成形技術による大型成形品の研究開発を行い、生分解性樹脂の可能性を示した。現在、業界全体には広がっていないものの各企業が持つ得意技術をもとに生分解性樹脂の応用が検討されている。

また、生分解性樹脂研究の波及効果として、一連の生分解性樹脂「グリーンプラ」の研究を進める中、植物系プラスチックであるバイオ由来プラスチック「バイオマスプラ」にたどり着いた。再生可能資源であるバイオマス原料はこれまで穀物由来のでんぷんであったが、今後は非食料のセルロース由来のグルコースへのブレイクダウンが重要な技術要素になると思われる。現在、地球規模での資源・環境問題がクローズアップされている中、バイオマスを原料とするバイオエタノールと共通するところがある。その取り組みについては、8 環境・エネルギー分野で記述されている。

(6) プラスチックの物性評価・分析技術

工業技術センターでは、プラスチック成形品の品質向上を目指した物性評価や分析技術に関する多くの研究開発がこれまで行われてきている。以下に主なものを示す。

1) 研究の内容及び成果

①プラスチックの劣化に関する研究

プラスチックは熱や紫外線等により分子鎖が切れるなどにより、材料物性が低下する。熱による劣化挙動を解析するため、ポリカーボネートフィルムの加熱処理による分子構造の変化やポリエチレンフィルムの熱劣化と分子量分布の関係に関する研究が昭和61(1986)から62(1987)年度にかけて行われた。平成3(1991)年度には屋外で使用するFRP成形品の耐候性や電気特性の向上を図るために、紫外線吸収剤とチタン酸バリウム添加の効果を検討した。平成17(2005)年度にはアルミニウム建材に多用される樹脂部品を対象として、屋外暴露試験や促進耐候性試験を行い、樹脂の環境劣化について分子構造の変化に着目した評価研究が行われた。また、高分子複合材料の劣化特性を評価する新しい手法としてレーザラマン分

光法による評価技術の研究が平成8(1996)年度に行われている。

②樹脂の高次構造と物性について

熱可塑性樹脂の成形品中の結晶構造と物性の関係を調べる研究を行っている。平成2(1990)から8(1996)年度にはポリアセタールの射出成形条件と高次構造、物性の関係を明らかにした。射出成形品表面部分では結晶化度が低く、内部では高くなった。FT-IR法を用い結晶状態と結晶化度、強度に相関が認められることを明らかにした。また、高次構造が流動距離とともに変化することを光学顕微鏡により観察した。保圧がかかる部位で摩擦特性が良くなることを明らかにし、サンドイッチ成形法により摩擦特性に優れたポリアセタール複合成形品を作製した。平成18(2006)年度には、ABS樹脂の成形条件とモルフォロジーと力学的物性に関する研究において、射出成形時の保圧の影響によりブタジエン粒子の形状と分散状態に相違が生じることを明らかにした。

2) 業界等への技術的貢献と波及効果

富山県内のプラスチック成形企業からは、製品の品質管理や不良対策のために、材料の物性評価に関する技術相談や試験依頼が多く寄せられている。適宜適切な指導を行っているところであるが、上述のような評価技術や分析技術の蓄積が基礎となり、県内プラスチック成形企業における成形品の品質向上に役立っていると考えている。

(7) プラスチックの材料技術及び成形技術による高機能化

工業技術センターでは、プラスチック成形品の品質向上・高機能化を図るための材料技術や成形技術に関する多くの研究開発を行ってきた。以下に主なものを示す。

1) 研究の内容及び成果

①ゴム系複合材料の開発

昭和63(1988)年度の加速的技術開発支援事業で衝撃吸収性シートの開発研究を行った。ポリノルボルネン(PNR)をベースエラストマーにアロマティック系伸展油、カーボンブラック、加硫剤、フィラー(酸化亜鉛)を適量添加し、170℃のプレス成形で損失係数 $\tan \delta$ が2.4の高衝撃吸収シートを開発した。PNRが高価なことから、各種エラストマーとのブレンドによりコスト低減を図ったところ、天然ゴム系の場合40%の添加までダンピング性能の低下を認めず、大幅なコスト低減が可能となった。平成3(1991)年度には加速的技術開発支援事業でPNRをマトリックスに繊維系や粉末系のフィラーなどの添加材種類の効果と加工法を検討し、従来製品に優る高性能防振材・遮音材を開発した。また、表面処理した金属鉛粉を添加しシート状に成形加工して、X線や放射線の遮蔽性能に優れた防護素材の開発も行われている。

②液晶ポリマーに関する研究

高強度・高剛性・耐薬品性に優れる液晶ポリマーに関する研究が平成2(1990)から7(1995)年度にかけて行われた。平成2(1990)から4(1992)年度にはポリプロピレンに液晶ポリマーをブレンドし弾性率と衝撃強度を向上させる成形法に関する研究が行われ、平成5(1993)から7(1995)年度にかけて、液晶ポリマー強化プロピレンの疲労損傷過程の解析や力学特性に及ぼす相溶化剤の影響について県立大学と共同研究を行った。また液晶ポリマー繊維に関しては、平成3(1991)年度に熔融紡糸法によってフィラメント化する成形法の研究が行われ、平成6(1994)年度にはその液晶ポリマー繊維を強化材とする複合材料の加熱プレス成形に関する研究が行われた。

③高分子アクチュエータの開発

高分子鎖が架橋し三次元網目構造を形成している高分子ゲルの、大きな体積変化を利用した種々のアクチュエータの開発研究を行った。平成5(1993)から6(1994)年度にはPVA-PAMPSゲルを用いたPH駆動型アクチュエータやポリアクリル酸-PAAMゲルを用いた温度駆動型アクチュエータの可能性を検討した。平成7(1995)から8(1996)年度には高吸水性樹脂を用いた無動力型小型ポンプを試作し、吐出性能を評価した。平成9(1997)から10(1998)年度にはポリアニリン/ポリピロール-PAAMゲルを用いて低

電圧で駆動するソフトな高分子アクチュエータの開発を行った。

④ポリオレフィンの高性能化

平成14(2002)から17(2005)年度にかけ結晶高次構造制御によるポリプロピレン(PP)の透明性改良研究を行った。PPと相溶性のあるスチレン系熱可塑性エラストマーを添加したPP系コンパウンドを開発し、透明性、耐熱性が高いシール容器を開発した。平成21(2009)年度には、ポリエチレン樹脂のガスシール特性改善のための板状層間化合物を低温合成しその混練方法を検討した。

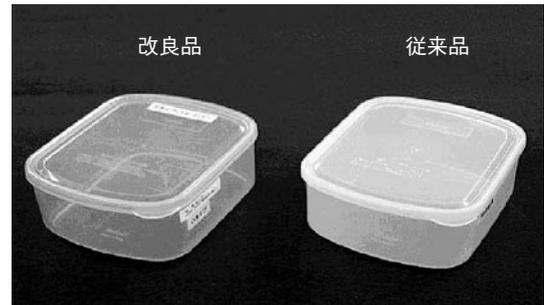


図5-10 PP容器の透明性改良

2) 業界等への技術的貢献と波及効果

プラスチックの材料技術や成形技術に関する研究には、このほかにも様々な技術分野に関する研究が行われている。これらの技術シーズを基にさらなる共同研究により富山県内のプラスチック成形企業における製品開発につながることを期待している。