

工業試験場
百周年記念誌



道総研

目次

1 挨拶	1
工業試験場長 橋場 参生	
地方独立行政法人北海道立総合研究機構 理事長 小高 咲	
2 祝辞	3
北海道知事 鈴木 直道	
北海道経済産業局長 池山 成俊	
一般社団法人北海道機械工業会 会長 松本 英二	
一般社団法人北海道IT推進協会 会長 入澤 拓也	
3 沿革	7
4 組織の変遷	9
5 写真で見る工業試験場	15
6 試験研究の歴史・歩み	18
※ 技術分野別の試験研究課題一覧は付属DVDに収録	
(1) 金属技術分野	18
(2) 機械技術分野	40
(3) 電子・情報技術分野	50
(4) 化学技術分野	61
(5) 窯業技術分野	98
(6) 木工芸品・デザイン・人間情報技術分野	111
(7) 資源・エネルギー技術分野	131
(8) 食品加工技術分野	160
(9) 技術分野別研究員一覧	165
(10) 知的財産権一覧	166
7 寄稿	170
(1) 工業技術指導センターへの想い	170
(2) 工業試験場食品部から食品加工研究センターへ	172
(3) 道立工業試験場から独立行政法人化へ	174
8 各種事業実績	176
9 職員の動き	183
10 各部の現況	185
11 編集後記	197

記念誌発刊にあたって



地方独立行政法人北海道立総合研究機構 工業試験場長
橋 場 参 生

私ども工業試験場は、皆様のお陰をもちまして、令和4年に創立100周年という大きな節目の年を迎えることができました。これを記念し、このたび工業試験場のこれまでの歩みを記録した「百周年記念誌」を取りまとめました。一世紀という長きにわたり皆様をご活用頂きました多くの道内企業の皆様をはじめ、多大なご支援ご協力を頂きました業界団体、地域の産業支援機関、大学・研究機関など、多くの関係者の皆様に心より御礼申し上げます。

大正11年、国（農商務省）により設置された工業試験場は、「醸造」と「窯業」の2つの技術分野を担う公設試験研究機関として活動が始まりました。その後、「化学」、「繊維」、「資源調査」、「製糖」、「金属」、「住宅」、「食品」など、その時代のニーズに応じて様々な技術分野へ対応しながら、現在は、「情報システム」、「機械システム」、「人間情報応用」、「応用材料」、「化学プロセス」、「素形材」、「デザイン」の7つの技術分野を中心に、技術の進化や社会情勢の変化に対応した活動を行っています。また、昭和24年には国から北海道への移管、そして、平成22年には地方独立行政法人への移行という運営形態の大きな変化も経験してきました。

このように、時代の潮流とともに変遷してきた工業試験場ですが、北海道における「科学技術と産業技術の振興」、「産業の持続的な発展への貢献」、「豊かな地域社会の実現への貢献」という私たちの使命、そして、その使命のもとで果たすべき「地域に根ざし貢献する研究成果の創出」、「研究成果や技術の地域産業への普及」そして「地域社会への還元」という役割は、設立から100年を経た今も変わってはいません。おそらく、日々の業務の中で、特に熱い議論が交わされる時などに職員から発せられてきた「工試の文化」、「工試の遺伝子」、「工試の魂」などの言葉も、設立当初からの諸先輩方の志が、変わることなく脈々と受け継がれてきた証と言えるのではないかと思います。

工業試験場は現在、農業、水産、森林、産業技術環境、建築の5つの研究本部からなる道総研の一機関として活動しており、同じ産業技術環境研究本部に属する「食品加工研究センター」と「エネルギー・環境・地質研究所」においては、開設時に工業試験場から移管された分野の技術が拡充・深化しています。社会構造や自然環境が大きく変化し、技術の進化が加速する中、両機関とのより一層の連携を図るとともに、道総研の総合力を発揮し、工業試験場は、これからの100年も社会的・経済的価値の創造につながる研究開発を担い、道内産業や地域社会への成果の移転・普及を通じて、活力あふれる北海道の未来づくりに貢献して参ります。皆様におかれましては、工業試験場のこれまで以上のご活用と、引き続きのご支援ご協力を賜りますようお願い申し上げます。

工業試験場創立 100 周年にあたって



地方独立行政法人北海道立総合研究機構 理事長
小 高 咲

工業試験場は、本年 5 月をもちまして、創立 100 年を迎えることができました。この大きな節目を迎えることができましたのは、ひとえに道内企業をはじめ、大学や業界団体、試験研究機関などの関係者の皆様のご支援とご協力の賜物です。この場をお借りし、心より感謝を申し上げます。

さて、私ども北海道立総合研究機構（道総研）は、2010 年 4 月に設立され、農業、水産、森林、産業技術、エネルギー・環境・地質及び建築といった幅広い分野での総合力を強みに、暮らしの向上や産業振興に繋がる多くの研究成果を生み出してまいりました。

なかでも工業試験場は、本道のものづくり産業の振興を支える大きな役割を担っています。組織の歴史は古く、1922 年 5 月に農商務省から認可を受け、「北海道工業試験場」として設立され、本年で創立 100 周年を迎えました。

創立以来、醸造や窯業の研究に始まり、化学工業や機械金属、工芸分野を中心に試験研究を進めてまいりました。現在では、情報通信・エレクトロニクスの技術開発や、新材料の開発と有効利用、生活や仕事の支援に繋がる技術開発といった時代のニーズに応じた研究にも力を入れています。また、道内企業の技術的な課題解決や技術者の養成に向けた支援など、北海道のものづくり産業の発展に貢献するという使命感のもとに、組織一丸となって様々な取組を進めてまいりました。

時代が急速に変化していく中で、工業試験場自らの変革も不可欠であり、最近では、ものづくり産業のみならず、食の分野や農林水産業といった幅広い分野でも、生産性の向上を図る研究に積極的に取り組んでいます。

引き続き、工業試験場としては、北海道の強みである 1 次産業や地域特性を活かしながら、明日の北海道づくりに貢献する様々な研究開発を積極的に進めてまいりたいと考えています。

昨今、新型コロナウイルスやウクライナ情勢による影響などもあって、北海道産業を取り巻く環境が大きく変化しています。道総研としては、こうした変化を的確にとらえ、幅広い分野での総合力を強みに、北海道の発展に貢献してまいりたいと考えています。今後とも、皆様の温かいご支援とご協力を賜りますようお願い申し上げます。

工業試験場創立 100 周年にあたって



北海道知事

鈴木 直道

大正 11 年（1922 年）に創立された北海道工業試験場が、記念すべき 100 周年を迎えられましたことを心よりお祝い申し上げますとともに、これまで試験場の運営と発展にご尽力をいただきました関係の皆様へ深く敬意を表します。

工業試験場は、本道における工業技術の中核的な支援機関として、また、産業技術力向上の牽引役として、道内民間企業や大学、他の研究機関などと緊密に連携し、様々な研究開発や技術支援、技術者の養成などに取り組み、100 年の長きにわたり、本道のものづくり産業の発展に貢献されてきました。

設立当初は窯業等の試験研究を行い、道内で産出される石炭が国内でも最優良品であることや、窯業原料が製陶業に適したものであることを解析し、その後は、積雪寒冷地である北海道に適した住宅に関する研究を行うなど、時代のニーズに的確に対応しながら、本道の特性を活かした産業の振興に大きな役割を果たされてきました。

近年では、水産廃棄物であるホタテ貝殻を活用した滑りにくい路面標示用塗料の開発のほか、慢性的な人手不足に対応するための「カボチャ乱切り装置」や昆布の天日乾操作業時の腰の負担を軽減する「アシストスーツ」の開発などにも取り組まれてきました。また、国産初の「電気式人工咽頭」を産学官連携により開発され、咽頭を失った方々の生活を支える重要な福祉機器として、現在では国内シェア約 7 割を維持するなど、幅広い分野で高い技術開発力を発揮されています。

新型コロナウイルス感染症の流行が社会経済に大きな影響を及ぼし、デジタル化や脱炭素化、国際的なサプライチェーンの再編など社会全体に大きな変革をもたらす動きが見られる中、こうした変化に道内企業が的確に対応し、直面する課題を解決していくためには、長年にわたり多くの研究成果や技術を蓄積してきた工業試験場の役割は、ますます大きくなっていくものと考えております。

道では、経済波及効果が高く、雇用機会の創出・拡大が期待されるものづくり産業の振興は極めて重要であると考えており、自動車関連産業などの集積に向け、企業誘致と道内企業の競争力強化の両面で様々な取組を進めるとともに、本道が優位性を有する食品や農業分野における関連機械製造への参入を促進するなど、各分野への戦略的な展開を図っています。また、新型コロナウイルス感染症により大きな影響を受けている本道経済の再活性化に向けて、ポストコロナを見据えた新たな社会経済情勢の変化への対応力強化や人材の育成・確保などに取り組んでまいります。

結びに、工業試験場が、創立 100 周年を契機として一層ご活躍されることを期待するとともに、関係業界のますますのご発展、並びに橋場場長をはじめ、職員の皆様のご健勝を心から祈念申し上げます、お祝いのことばといたします。

工業試験場創立 100 周年記念誌発刊に寄せて



経済産業省 北海道経済産業局長
池山 成 俊

北海道立総合研究機構工業試験場が創立 100 周年を迎えられることを、心からお慶び申し上げます。

貴試験場は、大正 11 年に醸造及び窯業部門の製造技術の改善向上を図ることを目的として設立され、北海道地域における工業の発展に寄与してこられました。平成 22 年に地方独立行政法人北海道立総合研究機構における産業技術環境研究本部の基幹組織として組織編成されてからも、北海道の工業技術の中核機関として、また、本道の産業技術力向上の牽引役として、大きな役割を果たしてこられました。

これもひとえに、貴試験場において研究開発に携わり、北海道における産業技術の向上に大きく貢献してこられた研究員の皆様や研究開発を支えてこられた職員の皆様のご努力の賜と、深く敬意を表します。

さて、一昨年から世界中で猛威を振るう新型コロナウイルス感染症は、いまだ終息が見通せず、北海道経済の先行きに不透明感をもたらしています。また、北海道では全国を上回るスピードで人口減少や高齢化が進んでおり、医療・福祉・商業など生活に不可欠なサービスの低下や、地域における働き手の不足など、大きな社会課題を抱えています。

こうした課題に立ち向かい、北海道が持続的な発展を遂げていくためには、これまで以上に新たな価値を創出するイノベーションの創出が不可欠となっております。貴試験場はこれまで、「食」、「地域」、「ものづくり」、「エネルギー」といった分野を中心に研究開発や技術支援に取り組み、特に近年は、「食」の分野において、トラクタの自動走行やロボットシステムの導入といった自動化技術の開発に取り組みられています。また、「ものづくり」の分野においては、3D 造形や AI 技術の活用、道産天然資源の活用に向けた研究開発、「エネルギー」の分野においては、省エネルギーやバイオマスなどの研究開発にご尽力されておられます。さらに、道内中小企業等への技術支援をはじめ、技術者の育成、技術情報の発信にも積極的に取り組まれるなど、イノベーション創出に必要な地域連携の中核として、ますます期待が高まっていくものと思われまます。

北海道経済産業局といたしましても、地方からのイノベーション創出、地方が主役となる社会実現に向け、道内中小企業等への研究開発を支援するとともに、産学官連携の推進や知的財産の保護・活用の促進等を通じ、道内経済の発展に寄与する研究開発や事業化に、貴試験場とも連携して取り組んで参りたいと考えております。

最後に、貴試験場が、これまでの 100 年間で培われた経験と実績を基に、先の将来を見据えた研究開発・技術支援等を推進頂き、ますます活躍され、大いに発展されますことを心より祈念いたします。最後になりますが、北海道工業試験場の今後益々のご発展と皆様のご活躍を心よりお祈り申し上げ、お祝いの言葉といたします。

工業試験場創立 100 周年のお祝い



一般社団法人北海道機械工業会会長

松本 英二

このたび、工業試験場が記念すべき創立 100 周年を迎えられましたことを、心からお祝い申し上げます。1922 年(大正 11 年)に設立されて以来、長年にわたって北海道の工業の発展に寄与されてこられました歴代の場長様をはじめ職員の皆様方に、衷心より敬意を表するとともに、お慶びを申し上げます。

工業試験場は、平成 22 年 4 月に新たに設立された地方独立行政法人北海道立総合研究機構の試験研究機関となり、本道の地場産業の高度化や新技術の創出を促進するため、試験研究や技術指導といった技術支援に取り組み、幅広い分野で着実に成果を生み出されています。

現在の道内ものづくり企業は、長引く新型コロナウイルス感染症の影響で厳しい状況にあるものの持ち直しの動きがみられますが、ロシアのウクライナ侵攻等を起因とするエネルギーの供給不足による原材料費の価格上昇など、企業収益の悪化が懸念されております。

私ども北海道機械工業会は、昭和 50 年 5 月 27 日に設立されて以来、道内の機械工業界とその関連産業の発展のために、受注拡大対策や技術力向上対策など様々な事業を展開しております。工業試験場の研究員の皆様には、当会が主催する様々な講習会や研究会の講師をお引受けいただくとともに、会員企業の生産性向上や新製品開発、新分野への進出といった取り組みに対しては、専門家として技術指導や共同研究などで大変お世話になっており、会員一同感謝を申し上げます。

さて、当会は、会報誌「明日を拓く」を発行しており、国や道からの受託事業の取組内容、業種別の部会や各支部の状況、技術情報などの活動内容を紹介しておりますが、設立当時の会報誌を振り返ってみますと、昭和 52 年 9 月に「工業試験場との技術向上対策懇談会」を開催し、工業試験場から場長をはじめ 3 名の方をお招きして、当会の各部会長や企画委員との活発な意見交換が行われた記録が残っており、当会の設立当初から工業試験場の皆様と情報交換をしていた様子が伺われます。その後も、移動工試や講習会、設備利用や技術指導の案内など工業試験場に関する多数の記事が見受けられ、現在も、技術情報コーナーの誌面では、研究員が取り組む研究課題名や主な試験研究内容の紹介記事などを掲載しております。

このように工業試験場は、道内ものづくり産業の発展のため、当会及び会員企業にとってなくてはならない存在であります。今後も工業試験場の益々のご発展並びに職員の皆様のご活躍を祈念致しましてお祝いの言葉とさせていただきます。

工業試験場創立 100 周年にあたって



一般社団法人北海道 I T 推進協会会長

入澤 拓也

北海道工業試験場が設立 100 周年を迎えられたこと、心よりお祝い申し上げます。

北海道工業試験場におかれましては、設立以来、道内企業の課題解決のための共同研究開発、新製品・新技術の開発に関する技術相談・技術指導、研究員派遣、依頼試験・分析、試験設備開放などの技術支援、技術者の養成、技術情報の提供、産学官連携など道内試験・研究機関の要として、北海道の技術振興及び地域経済の発展に寄与されてきました。これまでの皆様の活動に対し、深く敬意を表するとともに感謝を申し上げます。

北海道経済は、一昨年からの新型コロナウイルス感染症の影響により様々な方面で打撃を受け続けており、更に、ロシアのウクライナ侵攻によるエネルギー価格の高騰、エネルギー資源や水産資源確保への懸念など、先行きが見通せない厳しい状況が続いているほか、脱炭素化への対応も求められています。

以前より、道内企業にはデジタルの活用等による生産性の向上が求められておりましたが、このような状況下で、その対応の必要性が急速に増加しております。

このような中、貴試験場におかれましては、IoT 製品開発促進のため、電波暗室、防水試験室、EMI 測定機器などを有する「寒冷地ものづくりラボ」を設置するなど、道内企業のサポートに尽力していただいております。

北海道の IT 産業は、1960 年代に計算センターと呼ばれる情報サービス企業が誕生、1970 年頃にはベンチャー起業の活発化により、アメリカのシリコンバレーになぞらえ「サッポロバレー」と呼ばれる隆盛期を経て、現在では総従業員 2 万人、総売上高約 5,000 億円規模の北海道の主要産業の一つに成長しております。

北海道 IT 推進協会は北海道の IT 産業を牽引する業界団体として、北海道経済の活性化に向けて、ウイズコロナ・アフターコロナ時代に対応した製品・サービスを開発・提供するほか、貴試験場など関係機関と連携し、道内企業の業務プロセス・ビジネスモデルを変革する DX に取り組み、SDGs にも積極的に取り組んでまいりたいと思っております。貴試験場には、いままで以上のご支援・ご協力を賜りたいと思っております。

最後になりますが、北海道工業試験場の今後益々のご発展と皆様のご活躍を心よりお祈り申し上げます。お祝いの言葉といたします。

3 沿 革

①歴代場長

初 代	赤木 救	(大正 12 年 12 月 15 日～昭和 14 年 12 月 26 日)
第 2 代	林 嘉吉	(昭和 14 年 12 月 26 日～昭和 25 年 1 月 10 日)
第 3 代	阿久津國造	(昭和 25 年 11 月 17 日～昭和 29 年 11 月 10 日)
第 4 代	緑川 林造	(昭和 32 年 4 月 15 日～昭和 39 年 5 月 14 日)
第 5 代	長井 弘	(昭和 39 年 5 月 14 日～昭和 52 年 3 月 31 日)
第 6 代	松原 睦哉	(昭和 52 年 8 月 20 日～昭和 58 年 3 月 31 日)
第 7 代	吉町 晃一	(昭和 58 年 4 月 1 日～昭和 63 年 4 月 12 日)
第 8 代	丸山 敏彦	(昭和 63 年 4 月 12 日～平成 7 年 3 月 31 日)
第 9 代	酒井 昌宏	(平成 7 年 4 月 1 日～平成 13 年 3 月 31 日)
第 10 代	安田 公彦	(平成 13 年 4 月 1 日～平成 15 年 3 月 31 日)
第 11 代	綿貫 幸宏	(平成 15 年 6 月 1 日～平成 18 年 3 月 31 日)
第 12 代	尾谷 賢	(平成 18 年 4 月 1 日～平成 23 年 3 月 31 日)
	※ 平成 22 年 4 月 1 日地方独立行政法人化、以降は産業技術研究本部長兼務となる。	
第 13 代	蓑嶋 裕典	(平成 23 年 4 月 1 日～平成 28 年 3 月 31 日)
第 14 代	片山 直樹	(平成 28 年 4 月 1 日～令和 4 年 3 月 31 日)
	※ 令和 2 年 4 月 1 日組織改正、以降は産業技術環境研究本部長兼務となる。	
第 15 代	橋場 参生	(令和 4 年 4 月 1 日～)

②年表(工業試験場の出来事)

西暦	和暦	出来事
1922	大正11	農商務省から認可を受け、北海道工業試験場として設立される
1923	大正12	札幌郡琴似村に研究本館が竣工する。醸造及び窯業に関する試験・研究業務を開始する
1924	大正13	醸造部、窯業部、化学部、試験部、庶務課の4部1課となる
1926	昭和元	内務省へ移管となる
1927	昭和2	機構改正により、発酵工業部、窯業工業部、化学工業部、庶務課の3部1課となる
1929	昭和4	繊維工業部、有用鉱産物調査部を新設し、5部1課となる
1933	昭和8	有用鉱産物調査部を資源調査部に改称する
1934	昭和9	窯業工業部に木工芸試験を加え、工芸部に改称する
1936	昭和11	製糖工業部を新設し、6部1課となる
1937	昭和12	金属工業部を新設し、7部1課となる
1939	昭和14	繊維工業部に皮革試験を加え、繊維皮革工業部に改称する
1940	昭和15	冶金工業部、機械工業部を新設し、9部1課となる
1941	昭和16	機構改正により、化学工業試験部、重工業試験部、住宅改善試験部、資源調査部、庶務課の4部1課となる
1948	昭和23	資源調査部が商工省へ移管され、3部1課となる
1949	昭和24	北海道に移管され、北海道立工業試験場となる

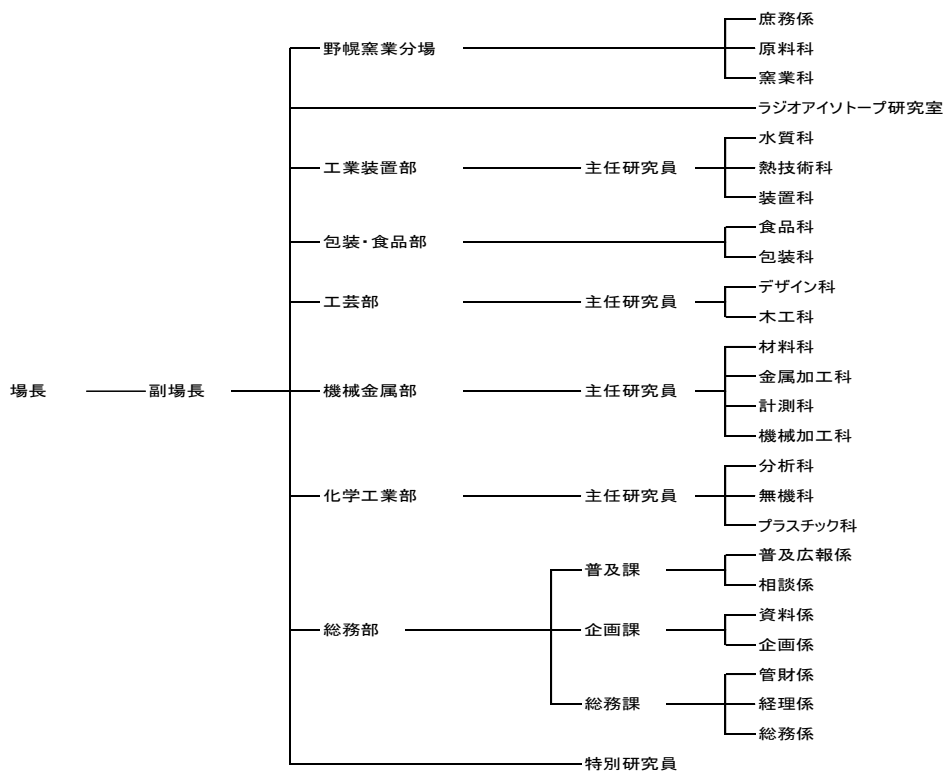
西暦	和暦	出来事
1950	昭和25	機構改正により、総務部、化学工業部、機械金属部、工芸部、食品発酵部、建築部の6部となる
		江別市元野幌に、工芸部窯業分室を開設する
		旧日本人造石油株式会社留萌事業所の研究施設を買収し、留萌支場として燃料工業試験部門を拡充する
1953	昭和28	留萌支場を廃止し、燃料工業部を新設し、7部となる
1955	昭和30	道立寒地建築研究所の設立に伴い、建築部が移管され、6部となる
1958	昭和33	工芸部から窯業分室を分離し、野幌窯業分場とする。機械金属部から分離して新たに選鉱精錬部を開設し、7部1分場となる
1959	昭和34	分析研究室を新設し、7部1室1分場となる
1960	昭和35	総務部に工業技術相談室を設置する
1963	昭和38	工芸部旭川分室を開設し、7部1室1分場1分室となる
1970	昭和45	機構改正により、総務部、化学工業部、機械金属部、工芸部、製品技術部、工業装置部、ラジオアイトープ研究室、野幌窯業分場、旭川分室の6部1室1分場1分室となる
1972	昭和47	工芸部旭川分室を廃止し、6部1室1分場となる
1973	昭和48	製品技術部を、包装・食品部に改称する
1977	昭和52	札幌市北区北19条西11丁目(現在地)に新築移転する
1986	昭和61	機構改正により、総務部、化学技術部(野幌分場を併設)、機械金属部、工芸部、資源エネルギー部、食品部、電子応用部、企画情報室の7部1室となる
1991	平成3	機構改正により企画調整部、化学技術部(野幌分場を併設)、機械金属部、工芸部、資源エネルギー部、食品部、電子応用部、工業技術指導センターの7部1センターとなる
1992	平成4	道立食品加工研究センターの開設に伴い、食品部が移管され、6部1センターとなる
		工芸部を産業デザイン部に改称する
1997	平成9	企画調整部企画課内に北海道知的所有権センターを開所する
2002	平成14	機構改正により、企画調整部、情報システム部、環境エネルギー部、材料技術部、製品技術部、技術支援センターの5部1センターとなる
2003	平成15	北海道知的所有権センターを社団法人北海道発明協会に移管する
2010	平成22	独立行政法人化により、地方独立行政法人北海道立総合研究機構産業技術研究本部工業試験場となり、企画調整部、情報システム部、環境エネルギー部、材料技術部、製品技術部、ものづくり支援センターの5部1センターとなる
2011	平成23	総務部を新設し、6部1センターとなる
2012	平成24	野幌分場を廃止し、工業試験場材料技術部で業務を継続する
2017	平成29	ものづくり支援センターに技術支援部を新設する
2018	平成30	食品ロボット実証ラボ(ロボラボ)を開所する
2019	令和元	寒冷地ものづくりラボ(モノラボ)を新築開所する
2020	令和2	機構改正により産業技術環境研究本部工業試験場となり、産業システム部、材料技術部の2研究部となる。環境エネルギー部はエネルギー・環境・地質研究所開設に伴い、移管される。ものづくり支援センターに開発推進部を新設する

4 組織の変遷

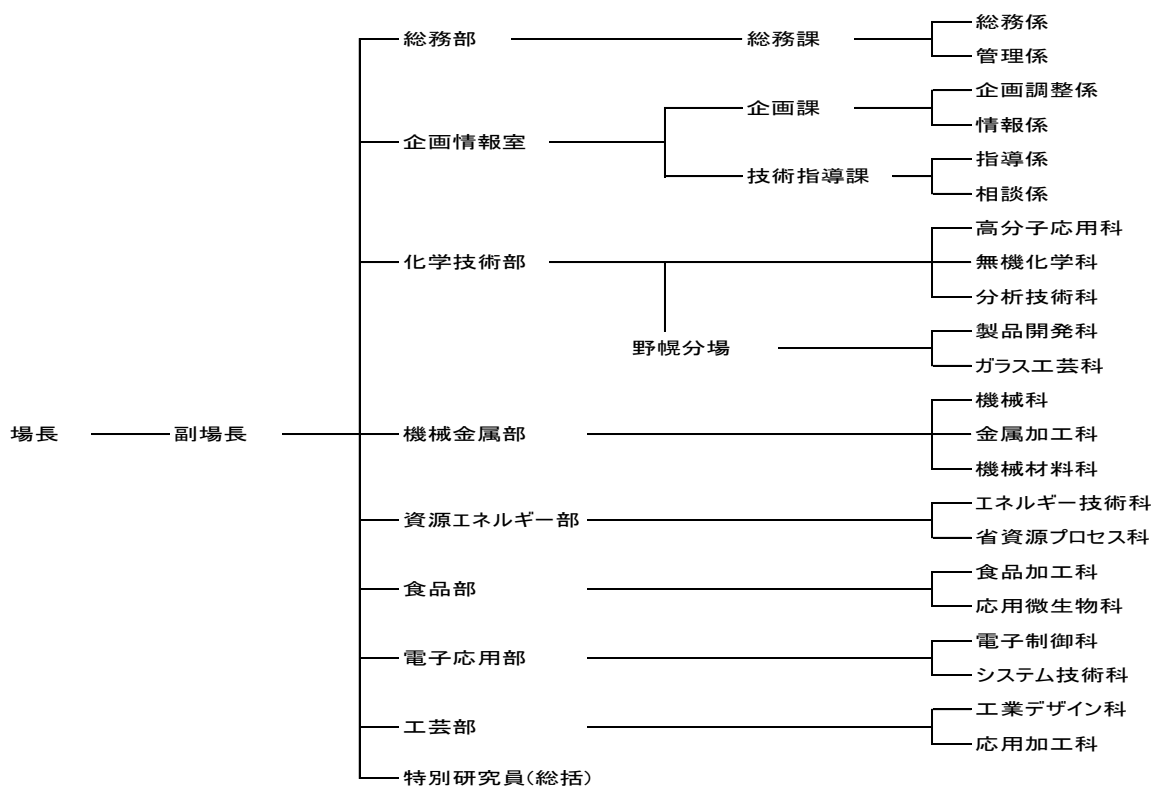
(旧庁舎時代)
大正 11 年

		研 究 部 名 称									
大正11年 1922年	農商務省から認可を受け、北海道工業試験場を設立(国の機関)										
大正12年 1923年	札幌郡琴似村に研究本館を竣工。醸造および窯業に関する試験研究業務を開始										
大正13年 1924年	醸造部	窯業部	化学部	試験部							
昭和2年 1927年	発酵工業部	窯業工業部	化学工業部								
4年 1929年	発酵工業部	窯業工業部	化学工業部	繊維工業部	有用鉱産物調査部						
8年 1933年	発酵工業部	窯業工業部	化学工業部	繊維工業部	資源調査部						
9年 1934年	発酵工業部	工芸部	化学工業部	繊維工業部	資源調査部						
11年 1936年	発酵工業部	工芸部	化学工業部	繊維工業部	資源調査部	製糖工業部					
12年 1937年	発酵工業部	工芸部	化学工業部	繊維工業部	資源調査部	製糖工業部	金属工業部				
14年 1939年	発酵工業部	工芸部	化学工業部	繊維皮革工業部	資源調査部	製糖工業部	金属工業部				
15年 1940年	発酵工業部	工芸部	化学工業部	繊維皮革工業部	資源調査部	製糖工業部	金属工業部	冶金工業部	機械工業部		
16年 1941年	化学工業試験部	重工業試験部	住宅改善試験部	資源調査部							
23年 1948年	化学工業試験部	重工業試験部	住宅改善試験部								
24年 1949年	北海道へ移管 北海道立工業試験場										
25年 1950年	食品発酵部	工芸部&野幌分室	化学工業部	機械金属部	建築部	燃料工業部門 (留萌支場)					
28年 1953年	食品発酵部	工芸部&野幌分室	化学工業部	機械金属部	建築部	燃料工業部					
30年 1955年	食品発酵部	工芸部&野幌分室	化学工業部	機械金属部	燃料工業部						
33年 1958年	食品発酵部	工芸部	化学工業部	機械金属部	燃料工業部	選鉱精錬部	野幌窯業分場				
34年 1959年	食品発酵部	工芸部	化学工業部	機械金属部	燃料工業部	選鉱精錬部	野幌窯業分場	分析研究室			
35年 1960年	食品発酵部	工芸部	化学工業部	機械金属部	燃料工業部	選鉱精錬部	野幌窯業分場	分析研究室	工芸部旭川分室		
45年 1970年	製品技術部	工芸部	化学工業部	機械金属部	工業装置部	ラジオアイソトープ研究室	野幌窯業分場	工芸部旭川分室			
47年 1972年	製品技術部	工芸部	化学工業部	機械金属部	工業装置部	ラジオアイソトープ研究室	野幌窯業分場				
48年 1973年	包装・食品部	工芸部	化学工業部	機械金属部	工業装置部	ラジオアイソトープ研究室	野幌窯業分場				

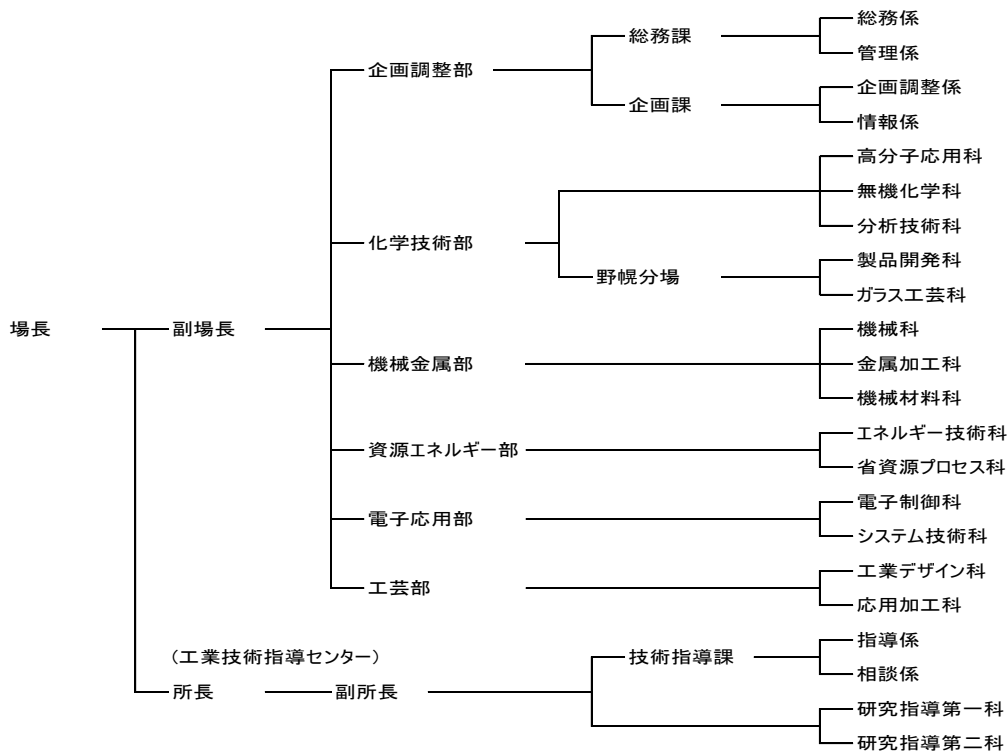
(現庁舎時代)
○昭和 52 年



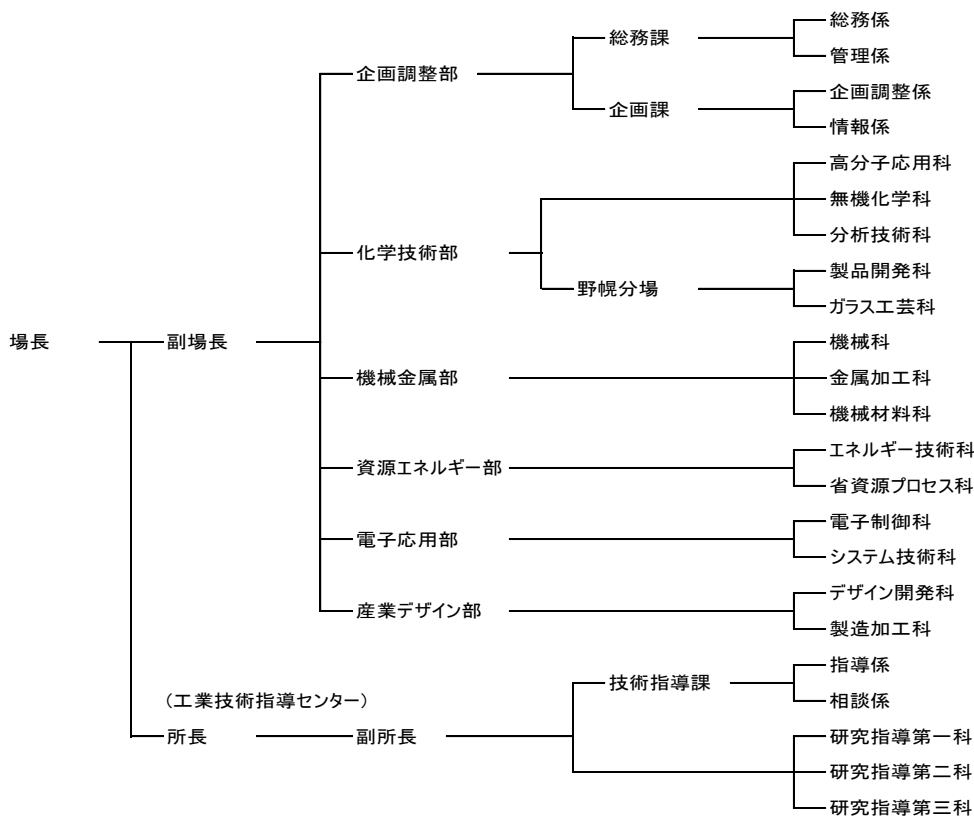
○昭和 61 年



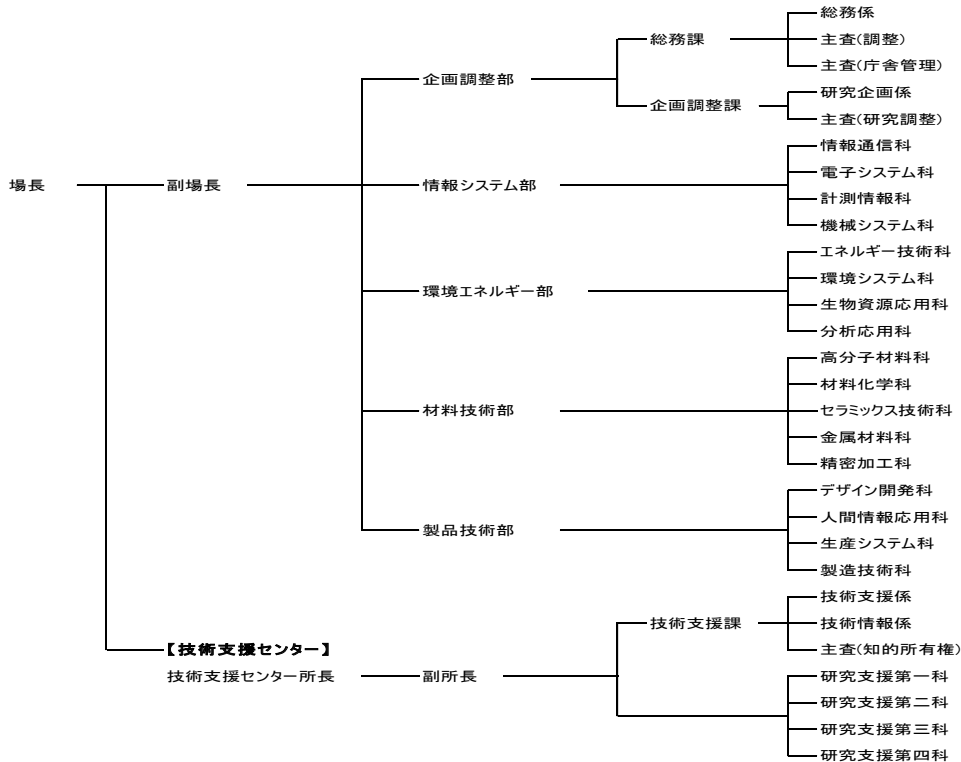
○平成3年



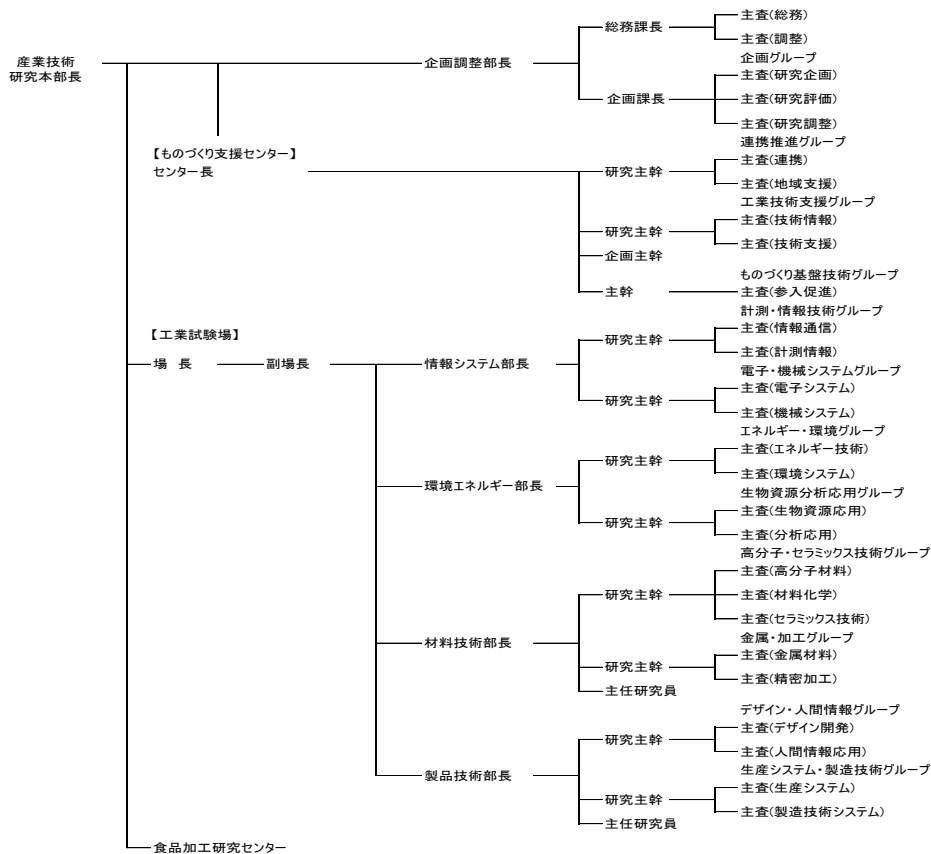
○平成4年



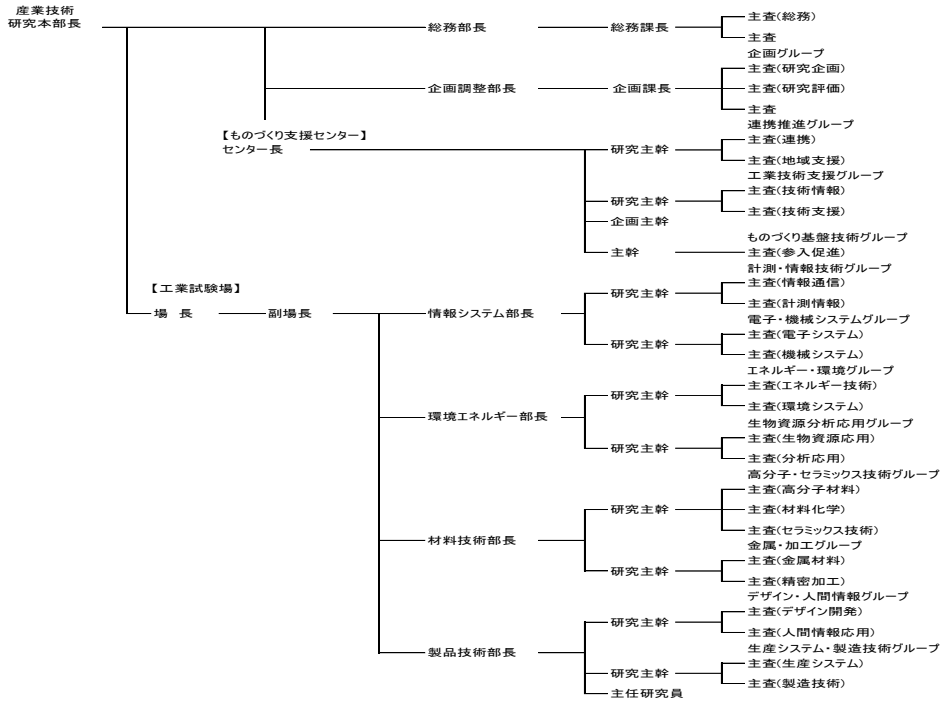
○平成 14 年



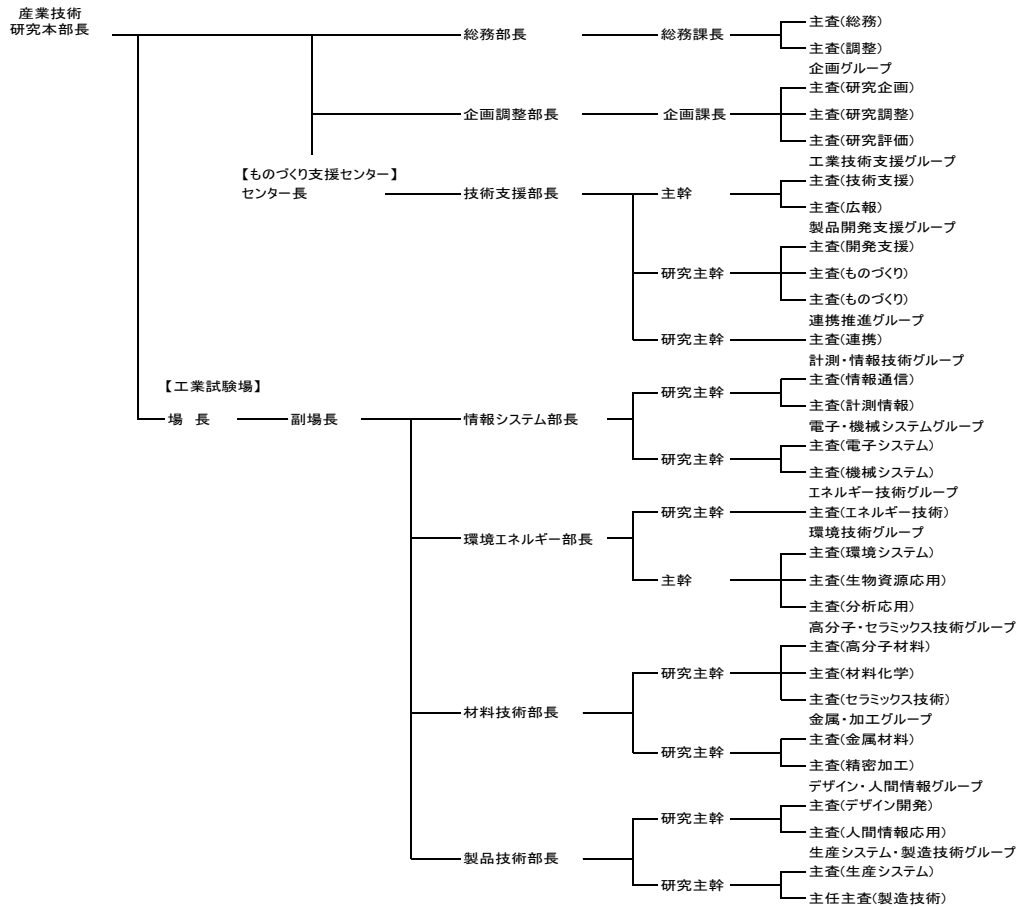
○平成 22 年



○平成 24 年



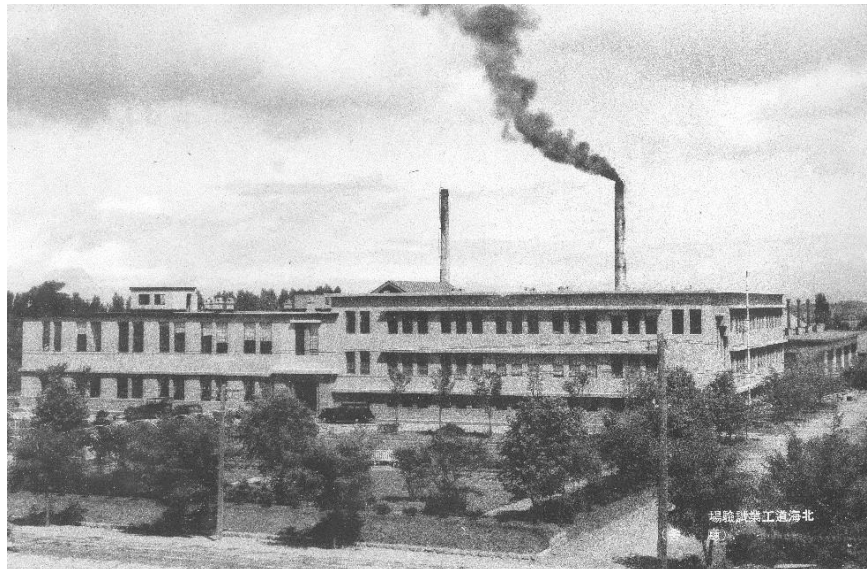
○平成 29 年



5 写真で見る工業試験場

旧庁舎

(大正 11 年～昭和 52 年)



留萌支場
(昭和 25 年～28 年)



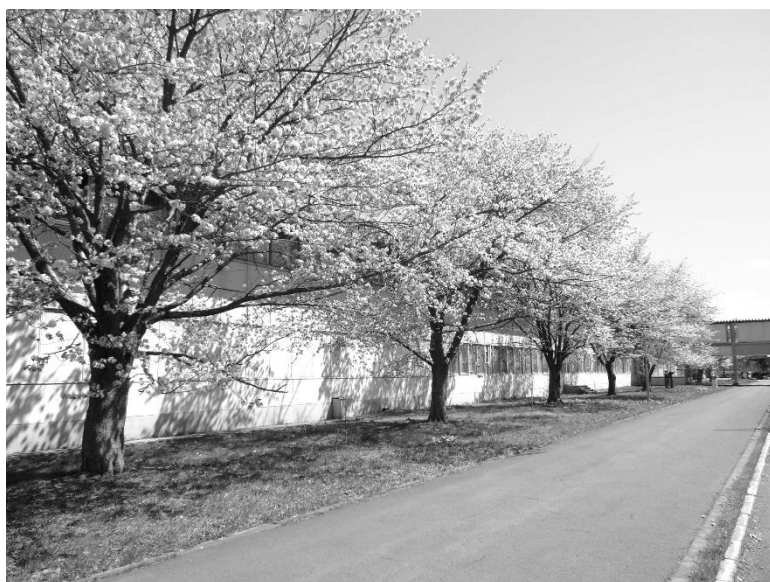
工芸部旭川分室
(昭和 38 年～47 年)



野幌分場
(昭和 25 年～平成 24 年)



現在の工業試験場
(昭和52年～)



工業試験場の桜

寒冷地ものづくりラボ
(令和元年～)



6 試験研究の歴史・歩み

※技術分野別の試験研究課題一覧は付属 DVD に収録

(1) 金属技術分野

◎ 鑄造技術に関する研究

【概要】

鑄造技術は、当場の発足当初から主要部門の一つに位置づけられ、その試験研究の成果は北海道で数多く操業していた鑄造工場への技術指導や技術相談に活かされた。

北海道の鑄物は、時代のニーズを強く反映しながら生産が続けられてきた。鯨釜などの大型の鑄物鍋の製造に始まり、焼き玉エンジン部品などの船舶用鑄物、石炭燃料に対応した鑄物ストーブなどが北海道の鑄物づくりの特色であった。戦後の北海道開発を背景とした公共投資に関連し、消火栓やマンホールに代表される公共用鑄物の需要が高まり、多くの鑄物工場は活況であった。しかし、昭和 50 年代後半以降、北海道開発需要は減少傾向となり、北海道開発庁が廃止された平成 13 年ごろには公共投資関連需要が往時の 3 割以下に減少した。最盛期には 120 社以上あった北海道の鑄物工場も、需要低迷と後継者問題などから激減し、令和 3 年時点では鉄、非鉄を併せて 23 工場が操業するのみとなった。

このような社会や時代背景に対応し、当場は未来を見据えた技術開発を主導し、道内鑄物工場の技術力向上に貢献してきた。

○ 鑄物生産の自動化・省力化 (S62~H1)

年ごとに進行する少子化傾向は、特に若者の製造業離れを加速し、「3K（きつい、汚い、危険）職場」のイメージが強い鑄物工場への人材確保が将来的に困難になるとの危機感を共有していた。その対策の一つとして、少しでも鑄物工場の作業環境を改善し、生産の合理化を進めたいという要望が北海道内の鑄物工場でも盛り上がっていた。国の施策として全国の中小企業の生産の高度化を後押しする補助事業の募集があり、北海道から北海道銑鉄鑄物工業組合に働きかけて、「鑄物工場の高効率生産システムの開発」というテーマでこれに応募し、採択された。

同事業は昭和 62 年度から 3 年間の取り組みで、その初年度は、鑄物工場にパソコンを導入し、鑄物工場の生産管理を合理化しようという課題設定の下で、リレーショナルデータベースシステムとバーコード入力による受注・生産・資材の流れを管理するプログラム開発に取り組んだ。続く翌年、昭和 63 年度は、生産現場からの課題として、球状黒鉛鑄鉄の材質判定システムの開発と鑄造方案設計を支援するプログラムの開発に取り組んだ。

さらに、最終となる平成元年度は、鑄造工場の自動化システムの開発というテーマ設定のもと、自動生型解析装置の開発と、自動塗型システムの開発に取り組んだ。自動生型解析装置は加水混練した生型砂サンプルを投入した後、自動的に主要な生型特性（砂温度、コンパクトビリティ、水分、通気度、抗圧縮強度の 5 項目）を計測し、結果を表示するとともに、装置に内蔵したメモリカードに記録する装置である。一方の自動塗型システムは、塗型の濃度を検出して調整する機能を持つ攪拌槽と、塗型液噴射ノズルを持たせたロボットの組合せで、鑄型ごとに予め登録した経路で塗型させるものであった。

いずれの開発作業も、当場が主導し、成果のとりまとめにも尽力した。また、この事業で開発した自動生型砂解析装置は、試作装置の設計組立てを依頼した道内システム開発メーカーが興味を示し、事業終了後の平成 2 年度から商品化に向けた共同開発を進め、「一握の砂」の商標名で全国販売し 80 台以上の納入実績を記録した。当初は、北海道の中小鑄物工場が生産性や鑄物品質で本州企業に対抗するための装置開発という視点で開発に臨んだが、結果として大手自動車メーカーからの引合いが多く、大企業といえども生型の管理に困っていた実態が明らかになった。

さらに、この装置開発の実績に対して、平成 3 年度には機械振興協会から「中小企業自動化機械開発賞」を受賞し、平成 11 年度には、日本鑄造工学会から「技術賞」を受賞した。

○鑄鉄鑄物材質の高度化（H4～）

一般に“鑄物”といえば、“叩けば割れる”脆い金属という認識があった。これは、鑄鉄組織内に黒鉛を含む鑄鉄特有の金属組織によるもので、鍋や暖房器具に応用すれば、熱伝導性と蓄熱性を備えた優れた材質だが、機械構造用部材に適用するには、強度、延性（靱性）ともに劣る。ところが、戦後間もない昭和23年に国外で鑄鉄組織内の黒鉛を球状化する技術が発表され、その後、鑄鉄に鋼材並みの強度と延性を持たせる技術が開発されたことから、北海道内の鑄物工場でも、昭和50年代以降、球状黒鉛鑄鉄（ダクタイル鑄鉄）が盛んに製造されるようになった。

当场でもいち早く高周波誘導溶解炉を導入し、球状黒鉛鑄鉄の製造に関わる基礎実験に取り組む一方で、大学や企業の製造部門担当者らを集めての研究会活動を主導し、その技術普及に努めた。

その後、さらに球状黒鉛鑄鉄の強靱化技術として、特殊な熱処理を施したオーステンパー球状黒鉛鑄鉄（ADI）が注目を集めた。当场では、平成4年度にオーステンパー球状黒鉛鑄鉄の製法と特性評価に関する研究に取り組み、特に薄肉鑄物に強度を与えて軽量化することを狙った製品に展開した。

また、平成18年度から、溶湯中の酸素濃度を低減することで延性を有する薄肉球状黒鉛鑄鉄品の製作技術にも挑戦し、肉厚3mmのオールフェライト組織の球状黒鉛鑄鉄の製造に成功した。

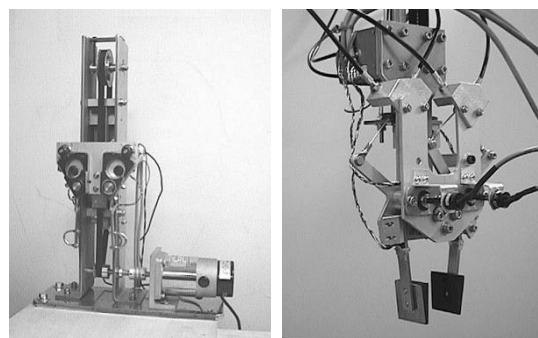
その当時は、鑄造品が製品重量単位で価格設定される慣習がまだ払拭されておらず、様々な技術開発の集積で鑄物製品を軽量化したにも拘わらず、重量が減った分だけ値引きを求められるなど、メーカーとユーザーの間で製造コストに見合う鑄物価格設定の合意ができるまで、もう少し時間を要した。

○鑄造工場の後処理工程の自動化（H9～H11）

鑄造工程の中で最も自動化が望まれるのは、「後処理」と呼ばれる工程である。後処理工程とは、鑄造して鑄型から取り出した鑄物に付着した鑄型砂を取り除いたり、湯口、湯道、堰、押し湯など製品以外の部位を切除したり、鑄型の見切部に発生するバリを取り除いたりする作業である。これらは、鑄物によって加工部位がまちまちで、どうしても人の判断や指示が必要になることから自動化が難しく、特に北海道内の鑄物工場のほとんどは全ての後処理工程を人手による作業に頼っている。

この後処置工程を自動化する方法として、力覚帰還機能を持たせたロボットによる遠隔作業システム

の開発に挑戦した。力覚帰還を伴う遠隔加工を実現するために、バイラテラル制御技術を習得する必要があるとあり、平成6年度の長期研修制度を利用し、当時この技術で先行していた工業技術院機械技術研究所に職員を派遣してバイラテラル制御の基礎を学んだ後、平成9年度から2年間の経常研究でマスタ・スレーブ方式による力覚制御システムの基礎研究に取り組んだ。平成11年までに2本の指と上下動からなる3自由度マスタ・スレーブハンドを製作し、当场に導入されたリアルタイム制御ロボットと組み合わせ、中子をつかんで鑄型の所定位置に収めるという動作を想定した遠隔作業システムの技術開発に展開した。



実験に使用したマスタ（左）とスレーブ（右）

○鑄造法を利用した複合材製造技術（H2～）

鑄造法を利用した複合化技法に“鑄ぐるみ”がある。“鑄ぐるみ”とは、熔融金属の熱エネルギーや流動性を積極的に利用して、他の材料と溶接あるいは結合する鑄造特有の複合化技術である。熔融金属の持つ熱エネルギーで相手材を溶融するほか、再加熱、熱処理に利用することもできる。

平成以降の鑄ぐるみに関連する研究テーマは8テーマに及ぶが、後述する溶射接合、接合・複合化、高温腐食などの項とリンクするため詳細は、各項目で述べる。

○鑄造シミュレーションの活用（H22～）

鑄造欠陥の多くは、鑄型内の溶湯流れや凝固の進み方が不適正だったことに起因するものがほとんどである。しかし、実際の鑄造では、鑄型内の熔融金属の流れも、溶湯が満たされた後の凝固の進展も、外部から観察することができない。これを数値計算で可視化するのが“鑄造シミュレーション”である。

鑄造シミュレーションは、伝熱計算を主とする“凝固解析システム”と、流体力学計算を主とする“湯流れ解析システム”の2つの組み合わせで、注湯から凝固までを可視化・推測することができる。

当场は、平成元年に「SOLDIA」システム（コマツソフト（株）製）を導入し、平成20年度に鑄造中核人材育成事業

に参画した際に「JS-CAST」にバージョンアップした。

その後、平成 22 年度に東北大学で開発され、販売した「ADSTEFAN」(茨城日立情報サービス㈱製)を道費で導入した。こちらは現在も稼働中で、道内鋳物工場や地方公設試からの設備使用ニーズに対応しているほか、鋳造に関する試験研究においても試験鋳型の鋳造方案設計などで有効に活用している。

○3D プリンタによる鋳型製造技術 (H17~R3)

種々の 3D 造型法の中に、耐火度の高い砂を主材とする 3D 造型装置があり、これで鋳型を製作すれば、木型模型を使わずに鋳物づくりが可能となり、1 品のみの試作鋳物や数個の小ロット鋳物の分野では木型を使用しない分、大きなコストメリットが期待できる。当時、砂で 3D 造型鋳型を製作するいくつかの装置は既に海外で販売され、国内大手の鋳物工場でも導入実績があった。しかし、いずれの造型装置も、装置導入コスト、運用コストとも極めて高価で、北海道の数十人規模の鋳物工場では導入できなかった。

平成 17 年度に室蘭工業大学などと実施した「北海道鋳物中核人材育成事業」に参画した際、廉価な砂型造型装置である米国 Z 社製の無機粉末積層造型装置 (ZPrinter310) を当場に導入することができた。事業の中では、3D-CAD システムの扱いを習熟した職員にも協力を依頼して鋳型用 3D データをつくってもらい、この装置で造形した鋳型にアルミ合金溶湯を鋳造して鋳物を得るまでの工程を若手の鋳造技術者に紹介した。

その後、実験を重ねる中で、石膏をベースとした無機粉末造型鋳型に鋳鉄を鋳造すると、石膏の熱分解ガスによるブローホール欠陥が発生したため、石膏に代えてセメント系材料を砂に混ぜて鋳型を造形する技術を開発した。平成 22 年度以降、寸法の再現性やセメント粘結材の保管状況による硬化強度の不安定さなどの問題を解決する技術開発を進め、市販で入手できるセメント系材料をいくつも試したが、技術的な限界を感じていた。そのような折、本州の大手セメントメーカーから 3D プリンタブームに乗ってセメントを使った 3D プリントの可能性を試験したいという趣旨の協力依頼があった。これを機縁に平成 27 年度から同企業との共同開発を進めた結果、鋳鉄鋳物へ適用可能な 3D 造形用粉末の開発に成功し、平成 29 年 4 月から「TCaST®」の商標で試験販売を開始した。同社とはその後も共同研究を継続しており、各種材料による鋳物製作事例を積み重ね、鋳鋼品の製作へ適用拡大を目指して技術開発を進めている。



無機粉末 3D 造形鋳型と鋳造した青銅銘板

○国家プロジェクトへの参画 (H25~29)

経産省は、3D 造形技術の今後の発展を見越し、この分野での他国からの遅れを取り戻すべく、国産の 3D 造形装置を開発する国家事業を立ち上げるようになった。そのはじめにあたり、平成 25 年度に「超精密三次元造形システム技術開発」の課題名で産業技術総合研究所を中心に大学や民間企業などからなる開発体制で、既存の海外製造装置に対して 10 倍の造形速度を実現する造形装置の開発を目指して事業が開始された。当時は、それまでの 3D 造形鋳型製作に関する取組実績が評価され、公設試として兵庫県立工業技術センターとともに当初からこれに参画し、事業の中で特に鋳型の特性評価技術を分担する中で、通気度評価法や鋳型崩壊性の定量評価について独自のアイデアを提案した。

次年度から開発事業は、「技術研究組合次世代 3D 積層造形技術総合開発機構 (略称 ; TRAFAM)」に移管され、金属 3D 造形装置の開発も付加されたが、3D 造形鋳型製造装置の開発は当初のスキームのまま継続され、平成 29 年度までに国産の鋳型造形装置 (SCM800/SCM1800) を完成させた。その後も、学会等で開発成果の発表や技術普及活動を展開した。これらの功績が評価され、日本鋳造工学会から令和元年度に「豊田賞」を受賞した。

この事業のその後の経過として、3D 造形に関する ISO 規格策定の動きの中で、TRAFAM が砂型造形鋳型の特性評価試験法に関する規格を提案することになり、当場が事業の中で提案した通気度試験法も検討項目に盛り込まれたことから、規格策定のジョイントグループ (JG77) のメンバーとして参加している。

○AM 技術との融合 (R02~04)

当場では、平成 17 年度から無機粉末による 3D 造形技術、その後平成 22 年度から金属粉末 3D 造形技術に関する試験研究を並行して進めてきた。両者とも、新たな金属加工法の実用化を目指して試験研究に取り組んだが、それぞれに AM 技法として優位な点と不利な点を持つ。すなわち、無機粉末 3D 造形鋳型を利用した鋳物製作では、生産性の高さと比較的大

きな金属部品を製作できるという優位性を持つが、微細な構造を持たせることはできない。反対に、金属粉末3D造形では微細かつ自由度の高い3次元構造を製作することができるが、造形物の寸法に制限がある。

そこで、これまでの研究実績を踏まえ、両者の優位性を活かした複合造形技術の開発を目指して令和2年度から3年間の計画で大学や民間企業との共同体制を組み、重点研究として取り組んだ。具体的には、微細かつ可能な限り軽量化した構造を金属粉末3D造形で製作し、それを支持する母材構造部分を鋳鉄や合金鋼などで製作して所望の機能をもつ複合製品の製造方法の確立を目指した。この研究で獲得した技法やノウハウは、今後の市場拡大が見込まれる航空宇宙分野の関連製品への応用に期待が寄せられている。

◎溶射技術に関する研究

【概要】

炭鉱閉山や諸外国からの農産物自由化要求などの時代背景のもと、当社における溶射技術に関する研究は昭和56年から始まった。昭和58年には北海道溶射工業会の創立を支援し、道内における溶射工業技術の健全な発展の足掛かりをつくった経緯があり、当社は現在もなお活動を継続している。時期を同じくして次々と新しい溶射装置が開発され、当社にもフレーム溶射装置、プラズマ溶射装置、高速ガスフレーム溶射装置などが導入された。当初は表面処理技術としての溶射の活用に関する研究が主流であったが、昭和60年頃からは当社が開発した溶射接合に関する研究も精力的に行われるようになった。これら一連の研究を通し、新素材利用による製品の高機能、高付加価値化を目指してきた。現在も、不定期ではあるが溶射関連の研究は継続している。

○セラミックス系溶射技術 (S60~H2、H22~H27)

昭和60年頃より、道内においてもプラズマ溶射装置の普及が進み、セラミック溶射皮膜の利用が様々な分野で検討され始めてきた。

当社では、セラミックス溶射皮膜の高品質化を目的とし、封孔処理に関する研究が当初行われた。反応硬化型のアクリル系樹脂を封孔材として採用したところ、セラミック溶射皮膜の品質が向上した。特に、皮膜の耐食性(耐塩水性、耐硫酸性)、耐アブレシブ摩耗性に効果がみられ、道内企業にも活用された。

また、アルミナ、チタニア、コーディエライトなどのセラミック溶射皮膜を遠赤外線放射体として利用するために必要な基礎試験も行われ、それぞれ特徴

を持った優れた遠赤外線放射体であることを明らかにした。またセラミックス溶射皮膜の熱衝撃に対応する技術についても検討がなされ、下地溶射材料などを工夫することで800℃以下の使用において有効な組成傾斜下地皮膜を開発した。遠赤外線の研究では、実際に焼肉プレートを作製し、工場でジンギスカンを焼いて溶射皮膜の有無による食べ比べを行うことで遠赤外線性能を評価した楽しい思い出がある。

平成に入り、高速ガスフレーム溶射装置が導入されてから超硬合金やサーメットの溶射も可能となり、その応用展開について道内企業へ技術支援を行った。

平成22年から6年間、石炭燃焼ボイラの燃焼灰付着抑制方法に関する研究を行い、CrC-25%(50Ni50Cr)などのセラミックス系溶射皮膜に付着抑制効果が期待できることがわかった。

○自溶合金溶射技術(接合を除く)

(S58~62、H16~18、H19~21、H29~R3)

自溶合金溶射は、一般的な溶射とは異なり、溶射被覆後に皮膜の熔融処理を行い皮膜の緻密化と母材との強固な密着性(冶金的な結合)が得られるところに特徴がある。通常は、母材より低融点のニッケル基又はコバルト基の合金を溶射材料として用い、耐食性、耐摩耗性などを付与するために用いられてきた。

昭和58年頃より、農業機械部品や酪農機械への適用が検討され、当時の従来品よりも耐久性に優れた部品を試作した。

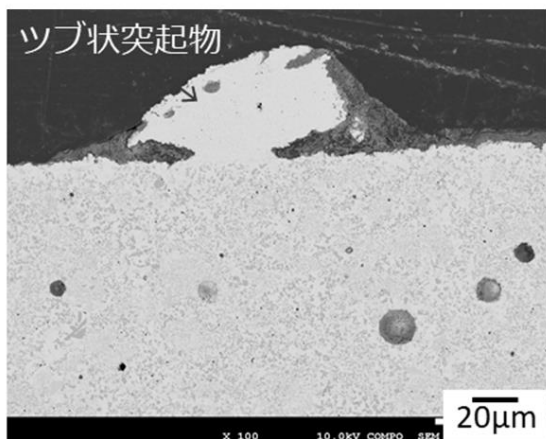
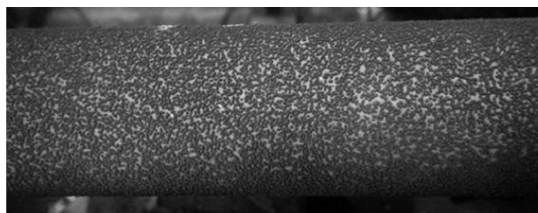
また昭和60年頃より、後述の“溶射接合法”(特許取得)を当社独自で開発し多くの企業や業界から注目を集めた。これに付随し、各種素材に適した接合用自溶合金溶射材料の開発も活発に行われた。

平成16年頃には製紙工場に代表される道内化学プラントでは生産効率の向上などから操業条件が過酷化してきた。これにより自溶合金溶射部品(主に摺動部品)において、腐食による皮膜はく離の問題がしばしば報告されるようになった。この問題に対応するため苛酷な腐食(硫酸)環境で使用してもはく離しない自溶合金溶射材料の開発に着手し満足される成果を得ることができた(特許第4565434号)。

平成19年からは自溶合金をゴミ焼却炉の火格子に活用する試みを行い、鑄造時の熱を利用し複合化することで一定の成果を得た。

平成29年からは5年間に渡り、内部循環型流動床ボイラにおける層内伝熱管の長寿命化を目的に、耐高温エロージョン・コロージョン性に優れた自溶合金溶射材料の開発に着手した。その結果、特許出願2件、(公社)腐食防食学会 技術賞、R3 知事表彰など、

多大な成果を得ることができ、開発合金は平成 3 年現在、「DHECR-TB2」という商標で共同研究企業から販売中である。



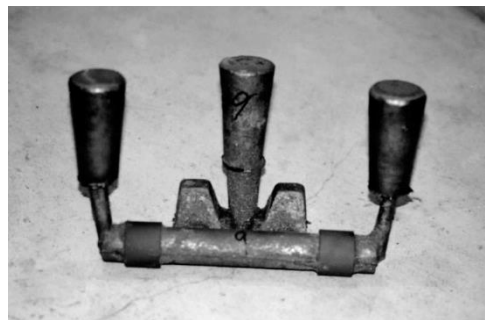
DHECR-TB2 の外観と断面組織

○溶射接合（一部再掲）（S62～H4）

溶射接合法は、接合したい部材と部材との間に自溶合金を主体とした溶射皮膜（ Al-12\%Si 皮膜の場合もあり）を介在させ、皮膜の融点近傍まで加熱して接合する場で独自開発した接合方法である。本法は、接合が困難とされてきた難溶接材料や異種材料の接合が可能であり、溶射可能な形状なら接合面形状に制約を受けず接合が行え、前項（ casting 技術）でも少し触れた鋳ぐるみ接合に応用可能など、多くの優れた特徴がある。

昭和 62 年から約 6 年間に渡り、多くの素材の組み合わせ（軟鋼どうし、ステンレス鋼どうし、鋳鉄（FC, FCD, ADI）／鋼、チタン／鋼、セラミックス／鋼、超硬合金／鋼）に挑戦し、300～400MPa の実用強度を可能にした。また一部の組合せについては、耐食性や接合部の加工性を改善するために粉末メーカーと共同で接合用溶射材料の開発も行い、自動車部品（排気用マニホールド、バランスシャフト）への適用などを試みた。

本接合法の特許取得においては、新歩性への理解を求めため発明者が何度も辛抱強く特許庁に足を運び審査官へ説明に行っていた記憶が残っている。



試作したバランスシャフトの模擬品

○その他の溶射技術（H13～14、H15～16、H23、H27～28）

一般的なフレーム溶射装置を用いた皮膜の評価に関する研究も不定期で行われてきた。平成 4 年から 7 年まで派遣技術指導として帯広市のコンクリート製造企業に出向き、コンクリート製品のデザイン性を高める方法の一つとして、フレーム溶射装置でコンクリート製品表面に金属皮膜を付与する方法を検討した。コンクリート製品表面に施した溶射皮膜は剥離しやすいが、樹脂との複合化より強固な皮膜を形成する方法を考案し特許を取得した（特開平 07-138726）。開発した技術をもとにコンクリート製車止め（ポラード）を製作し、更別村どんぐり公園に設置した。平成 13 年からはボイラ設備用溶射材料のプラストエロージョン特性に関するデータ構築、平成 15 年には橋梁の重防食に関する研究の一環として、北海道溶射工業会の防食委員会と連携協力し道内 4 カ所に各種暴露試験サンプルを設置した。以後、長年に渡り暴露試験サンプルの観察を平成 30 年まで続けた。

平成 23 年及び平成 27～28 年において、道内メンテナンス企業からの要望で溶射補修品（カップリング嵌合部における形状復元溶射品、すべり軸受ライニング溶射補修品）に関わる種々のデータ構築を行った。

◎粉末冶金技術に関する研究

【概要】

平成のはじめ頃、空知地域における素形材タウン構想が囁かれるなか、当场でもそれまで保有していなかった粉末冶金技術を新たに構築する動きが活発化した。当初は道内超硬合金メーカーの協力を得て硬質材料をベースとした研究が主体となった。新しい焼結技術として放電プラズマ焼結法が当時のトレンドとなり、放電プラズマ焼結機を販売するメーカーも道内に現れ、この技術を活用した多くの研究テーマに着手した。平成の後半には金属積層造形という最新技術をいち早く当场で取り入れ、これに係わる研究を精力的に進め、現在に至っている。

○硬質材料焼結技術 (H1~8)

平成元年~3 年にかけて当場における粉末冶金技術の構築を目的に、ホットプレス装置を導入し、超硬合金と鋼との複合化に関する研究を民間企業、大学と共同で行った。複合化の方法として、溶射接合や拡散接合を試みたほか、応力緩和層の焼結と各層との接合を同時に行う焼結接合法を新たに開発した。また複合化する鋼種の選定で、 η 相と呼ばれる脆弱な組織形成を抑制する技術も構築した。これらにより溶接や機械加工が可能な傾斜組成超硬合金を開発した(特許取得 2 件)。



傾斜組成超硬合金を用いた
圧粉体成形用パンチ

平成 3 年からは東北 6 県との広域共同研究により、メカノケミカル法等による複合粉末の製造とその利用技術に関する研究を行った。ハイブリダイゼーションシステムによりニッケル/アルミナ複合粉末を作製し、MIM(宮城県の金属用射出成形機を借用、当場では多目的焼結炉を導入)により耐摩耗性が期待できる複合材料を開発した。なお本テーマでは、スパッタリング装置を用いた銅/チタン複合粉末も作製し、鋼と酸化物系セラミックス(アルミナ)との接合に適用し強度的に満足される結果も得られている。

平成 6 年から 3 年間、超硬合金部材の低コスト化を目的に鉄系超硬合金の開発を行った。添加する炭素量の調整で、 η 相や遊離黒鉛などの欠陥がない良好な硬質材料を開発することができた(特許取得)。

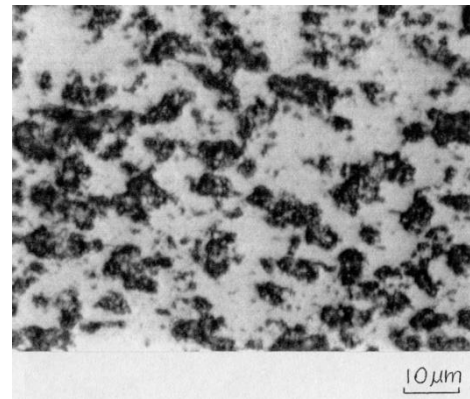
これら一連の研究では、焼結装置の冷却速度の関係で、2 日で 2~3 試料しか作製できず、試料の切断も硬質材料であるがゆえに 1 日 1~2 カットしかできず一苦労であった。1 枚 2 万円の新製品ダイヤモンドブレードが瞬殺で割れてしまい、何度も涙を流した苦い思い出がある。

○放電プラズマ焼結技術 (H9~11、H12~16、H20~28)

平成 9 年頃、放電プラズマ焼結機が世の中に出回り始め、当場でも導入した。放電プラズマ焼結法(SPS 法)は、通常焼結法に比べ昇温が速く、型の工夫でニアネットシェイプが可能など多くの特徴を有している。装置の導入と同時に SPS 法による傾斜組成超硬合金の開発を行い、機械加工や溶接ができる特徴を利用し、蓄熱レンガ製造用金型、掘削用ビット、押出スクリー(H17 北海道知事表彰)など耐摩耗性が要求される部品への適用に精力的に取り組んだ。

平成 12 年から 5 年間は、SPS 法の熱電素子製造への応用にも着手し、一度に複数個の焼結を可能にする技術を構築した。

平成 13 年からは派遣技術指導でダイヤモンド含有超硬合金という究極の材料開発にも着手した。この素材は、赤平の企業が保有する人工ダイヤモンド製造用のドームでダイナマイトの爆風を利用しチタンをコーティングしたダイヤモンドと超硬合金との混合粉末から強固な圧粉体を製作(衝撃圧縮法)した後、放電プラズマ焼結法でダイヤモンドが分解しない程度の高温、短時間で焼結を完了させて作製した。究極の素材だけにダイヤモンドカッターも刃が立たず、評価に極めて苦勞した。超硬合金として、WC-Co 系のものより 100°Cほど焼結温度の低い、上記鉄系超硬合金を利用し、面白い結果が得られてきたところでドームが閉鎖され、完結を迎える前に事業が中止される残念な結末に終わった。



幻のダイヤモンド含有超硬合金

平成 20 年以降は、セラミックス系の素材を対象をシフトし、タングステン低減硬質素材の開発(SiC/Ni)、腐食合成法と SPS 法との融合による透光性材料(スピネル型酸化物(MgAl₂O₄))やスパッタリングターゲット材(透明性酸化物半導体用(IGZO))の開発などに挑戦した。

○金属 AM とその応用技術 (H22～R3)

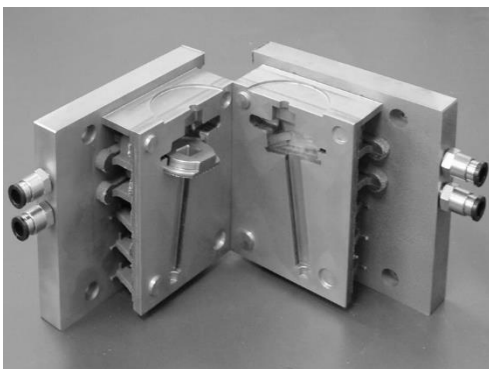
3D プリント技術が世の中に広く展開される中、平成 22 年度に金属粉末を用いて 3D 立体を製作する装置が導入された。この種の装置は極めて高価で、導入した装置も付帯設備を入れて約 6 千万円の導入費用を要した。また、運用コストも高く、装置導入後の研究開発にあたっては、公募型研究への申請も含めて予算確保の面でも苦労が絶えなかった。

当時は、金属粉末積層造形法の適用事例として、水冷管を内蔵した金型への適用が主流であったが、当场では、その初期段階において、敢えて金型とは別の微細な流路を有する熱交換器や多孔質フィルターなどへの応用展開を模索した。

金属粉末積層造形法では、レーザー光の照射条件が造形物の品質に大きく影響する。造形時のレーザー光照射エネルギーを小さくすると、金属粉末の熔融が不完全となり内部に多くの空隙をもった金属素材が得られ、空気や液体が透過するようになる。これを応用して、金型内空気の排出や圧力調整をするベントフィルターとして機能させることができる。この技術は、その後のサポイン事業や企業への技術支援に活かされた。

また、実用性の視点から、内部に水冷管を 3D 配管した金型製作にも取り組み、平成 24 年度から精密製造用ワックス模型の製造、平成 28 年度からはプラスチック射出成形用の金型への応用を想定した試験金型の製作と、水冷による生産性向上効果の検証実験を重ねた。これらの研究により、成形物の近傍に配置した水冷管による冷却で成形時間の短縮が図られるとともに、成形物の物性による適切な冷却条件があることなどの知見を得た。

このほか、格子構造やトポロジー最適化設計手法による 3D 造形特有の形状物の製作とその機械的性質の掌握や内部構造物の防食技術の開発、導入した造形装置の特徴である機械加工を加えた場合の寸法精度の検証、鋼材以外の金属（青銅、スズ）による造形条件の抽出、2 種類以上の粉末材料を混合して積層造形する複合材製造技術の開発など、金属 AM 法の適用範囲の拡大に向けた基礎試験を広範囲に実施し、それらの成果を成果発表会や試験場報告、学会等で発表した。



金属 3D 造形で製作した水冷管内蔵金型

◎接合・複合化技術に関する研究 (※溶射接合を除く)

“接合”は金属製品を製造する上で欠かせない基盤技術であるため古くから研究が行われてきた。昭和 28 年から溶接技術に関する研究は始まり、寒冷地の溶接 (S31～)、薄板の溶接 (S36～)、電子ビーム溶接 (S49～)、溶射接合 (S60～) など多くの溶接に関する研究が行われてきた。平成に入ってから、鑄造技術を活用した鑄ぐるみ、焼結技術を活用した焼結接合や複合材料の開発、レーザー加工技術を応用した溶接、難溶接材料の溶接などを主体に接合技術に関する研究を進めている。

○溶射接合 (再掲) (S62～H4)

溶射接合法は、当场で独自開発した接合方法である。本法に関しては溶射の項で述べたのでここでは詳細を割愛する。

○鑄込み・鑄ぐるみ接合 (一部再掲)

(H2～3、H12～13、H20～H23、R2～)

平成初期は溶射の項で述べた溶射を利用した鑄込み・鑄ぐるみ接合に関する研究が多く、自動車部品などへの応用を目指していた。平成 12～13 年には廃超硬合金の有効利用を目的として、粉碎した廃超硬合金をニハード鑄鉄で鑄ぐるんだ耐摩耗材料の作製を試み、ニハード鑄鉄単体に比べ 4 倍以上の耐摩耗性（土砂摩耗）が期待できる複合材料を開発した。しかし時をほぼ同じくして希少金属であるタングステンやコバルトの資源回収の流れが強くなり、廃超硬合金の価格が高騰したため実用化には至らなかった。



廃超硬合金とニハード鑄鉄との複合材

平成 19 年には、本州大手メーカーとの共同研究として、焼却炉で使用する火格子の高温耐摩耗性を向上させるための技術開発に取り組んだが、詳細は後述の高温腐食の項で述べる。

平成 20～21 年には、既製のセラミックスフィルターを鑄鉄で鑄ぐるんだ耐摩耗材料を道内鑄造メーカーと共同開発し、一定の成果を得ることができた。平

成 22～23 年には、Ni-P めっきしたアルミニウム板とアルミニウム合金との複合化を鑄込み接合にて行い、その際の溶湯熱でめっき皮膜の熱処理まで行う新しいプロセス技術の開発を行った。この技術によりめっき皮膜を 800～1000HV にまで硬化させることが可能となり、満足な成果が得られた。

令和 2 年からは金属積層造形技術を活用し接合部の形状を工夫することで、複雑網目の合金鋳鉄製節（ふるい）や航空宇宙部品を意識した鑄ぐるみ技術にも挑戦中である。

○複合化（一部再掲）（H2～11）

平成 2～11 年において、傾斜組成超硬合金や金属／セラミックス系複合材料の開発に取り組んできた。その取り組みの多くは焼結技術の活用によるもので、既に焼結の項で述べているため詳細は割愛する。

焼結以外の研究としては平成 7～9 年に行われたホウ酸アルミニウムウイスカとアルミニウムとの複合化に関する研究がある。この研究における複合化方法は、ウイスカプリフォームの隙間にアルミニウム溶湯を含浸させる鑄ぐるみに類似の複合化方法であった。結果は、ウイスカがアルミニウム溶湯中のマグネシウムなどと反応するため、熱処理による機械的性質の向上が期待できない複合材料となってしまった。しかしこの現象を応用し、アルミニウムスクラップからの不純物除去といった新たな展開が生まれた。

○溶接（平成後）（H7～22、H23～26、H24～30、R2～3）

金属を冶金的に接合するための基本となる溶接は、レーザ溶接を主体に研究を行ってきた。近年は難溶接材の溶接にも取り組んでいる。

<YAG レーザ溶接>

平成 7 年頃、切断・穴あけ用に CO₂ レーザ加工機が多数（約 70 台）道内には導入されていたが、光ファイバを用いてフレキシブルな伝送が可能で立体的な加工が行える YAG レーザ加工機はほとんど導入されていなかった。そこで当場では YAG レーザ加工機を導入し、溶接や表面改質に活用する試みを行った。レーザー関連技術は次項で記載するため、ここではレーザー溶接についてのみ記述する。

最初の試みとして、YAG レーザによるステンレス鋼薄板（SUS304）の溶接技術に関する研究が行われた。YAG レーザの出力、パルス幅、繰返し数、移動速度、デフォーカス量、Ar 流量、ギャップを各々変化させた実験を行い、良好な溶接部が得られる条件を構築した。併せて、軟 X 線透過装置あるいは超音波顕微鏡

を用いた溶接部の非破壊評価も試み、欠陥サイズの検出限界などの知見を得た。

平成 20 年から 3 年間は、圧力容器製造に適応するレーザ溶接技術に関する研究開発に取り組んだ。レーザ溶接ロボットにビジョンセンサを追加し、継手部のギャップ間隔や目違いに合わせてロボットの溶接姿勢を微調整する制御技術を確立し、これを実装したレーザ溶接システムを開発した。

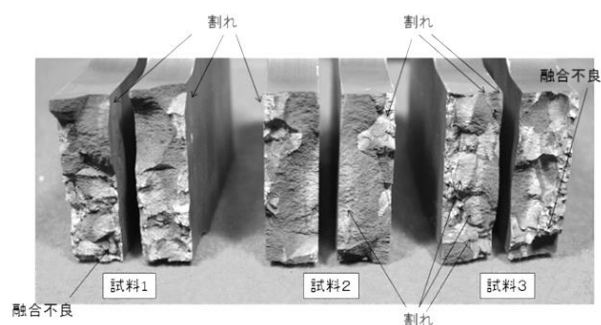
<ファイバーレーザ溶接>

平成 22 年に JST 拠点整備事業により高出力が期待できるファイバーレーザ加工機を新たに導入し、翌年からファイバーレーザ加工機による研究が開始された。

平成 23 年の複雑立体形状の溶接に関する研究では、溶接姿勢と溶融範囲及び溶融部の品質に関する加工データベースの構築を行った。平成 25 年のレーザ溶接用シールドガスノズルの設計評価技術の開発では、光学干渉計を用いたガス流れの観測技術やサーモグラフィによる温度分布の過渡応答計測技術にもとづいた、シールドガスノズルの設計・評価技術を確立した。平成 26 年の溶接部の変形・残留応力に関する研究では、レーザ溶接変形のデータ集を作成した。

<難溶接材の溶接>

難溶接材の代表として鋳鉄があげられる。平成 24～30 年、道内メンテナンス企業からの要望で、鋳鉄の溶接補修技術に関する研究を行った。一連の研究により、鋳物（鋳鉄）溶接のノウハウについて多くの技術蓄積を行うことができた。令和 2 年からは、宇宙航空部品への適用を意識した SiC とステンレス鋼との溶接技術にも挑戦中である。



鋳鉄溶接品の強試験後の破断面

◎レーザ加工技術に関する研究

【概要】

レーザ加工技術の研究は、道内の金属加工業に対し表面処理技術や溶接技術の高度化を支援するため、平成元年頃から調査等の取り組みを始めた。

平成 2 年に、北海道経済産業局を中心に発足した

北海道レーザー加工技術研究会に、北海道大学や道内の公設試験研究機関、レーザー加工技術に強い関心を持つ道内の金属加工メーカーと共に参画し、産学官連携の共同研究を行って、技術蓄積とニーズ調査に努めた。また、これと合わせて平成3年にYAGレーザー加工機を導入し、金属表面の微細加工や表面改質、薄板溶接の技術を確立し、さらには溶接欠陥の非破壊検査や非定常解析などの評価技術を拡充させた。

その後、平成22年にJST拠点整備事業により、YAGレーザーより高出力かつ高精度な加工が可能なファイバーレーザー加工機を新たに導入し、翌年からファイバーレーザーを利用した金属加工技術の研究を開始した。その後は溶接、クラディング加工、熱処理などの研究開発にも取り組み、現在に至っている。

○YAGレーザー加工（一部再掲）（H4～11）

YAGレーザーは、金属材料に対するエネルギー吸収率が高いため、CO₂レーザーと比べ効率の良いレーザー加工が可能である。また、レーザー光を光ファイバで伝送できるため、自由度の高いロボットアームに加工ヘッドを持たせることで複雑な立体形状の部品に対するフレキシブルな加工が可能となる。そこで、道内の金属加工技術を高度化するため、レーザーを用いた金属表面の微細加工技術や、通常の溶接法では困難な薄板のレーザー溶接技術などの研究開発に取り組んだ。

・平成4年からは、道内では普及が進んでいなかったYAGレーザーを用いた先端加工技術を普及させるため、ステンレス鋼、アルミ合金、銅合金の精密切断に関する基礎研究に取り組んだ。切断した試験片の寸法誤差や切断面の粗さ、ドロスの付着量を測定することで、各材料の最適な切断条件を蓄積した。

・平成5年からは、各種金属材料、超硬合金、アルミナ、高分子材料の表面に、レーザーで微細な穴開加工を加える研究に取り組んだ。大気中または静水中に設置した各材料にレーザーのパルス幅や周波数を変えて照射することで、板厚3mmの金属材料や板厚1mmの超硬合金に直径0.5mm以下の微細穴を加工する技術を確立した。

・また、平成5年から北海道大学などと共同で、酸化チタンなどのセラミックス粉末を溶射した材料にYAGレーザーやCO₂レーザーを照射し、耐摩耗性や耐熱性を向上させる研究開発に取り組んだ。試験片に予熱を加えることで表面改質層の割れを防止できることや、酸化チタンに予めニッケルめっきを加えることで表面改質層が均質化される原理を明らかにした。

・平成7年からは、レーザー溶接による薄板溶接の研究

に取り組んだが、前項（接合・複合化技術）で述べているため割愛する。

・平成9年からは、金属表面をレーザーで表面改質した際の欠陥をシミュレーション技術で推定する技術の研究開発に取り組んだ。レーザー照射時の温度分布変化を非定常熱解析でモデル化し、実際の熔融池と類似したモデルを構築する技術を確立した。また、マイクロソルダリングの熱応力解析を行い、解析による最大応力の発生箇所と、実製品を寿命加速試験にかけた際の損傷箇所が一致することを明らかにし、熱加工現象の解析技術を確立した。

・平成20年からは、圧力容器製造に適応するレーザー溶接技術に関する研究開発に取り組んだ。この件についても前項で述べているため割愛する。

○ファイバーレーザー加工（一部再掲）（H21～26、H27～R2）

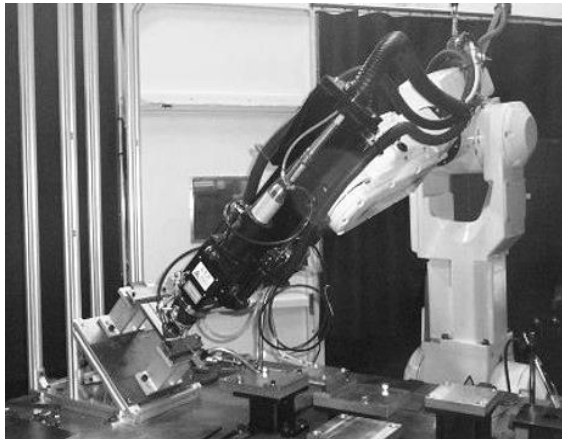
ファイバーレーザーを用いたレーザー溶接は、従来のCO₂レーザーやYAGレーザーと比べレーザー光の集束性が高いため、従来より微細かつ高精度な溶接が可能となり、また最大出力も向上したため厚板のレーザー溶接が可能となる。ファイバーレーザー溶接に関しては前項で述べたので、詳細を割愛する。

レーザー加工では、レーザー光の出力や照射領域のエネルギー量を任意で制御できるため、材料の必要な箇所のみを選択的に加熱することができる。これによって、製品の硬さが必要な部分のみを焼入することや、耐食性が必要な部分のみに高価な高耐食材料の合金層を形成するなど、部分的な表面改質が可能となる。そこで、金型の部分的な強化や部分補修への活用を目標に、ファイバーレーザーによる表面改質技術の研究開発に取り組んだ。

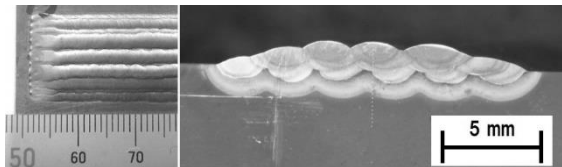
平成27年からは、ワイヤ供給方式のレーザークラディング加工で金型の複雑な凹凸面を溶接補修するため、金型の角度の異なる傾斜面に均質なクラディング層を形成する技術の開発に取り組んだ。これまでは補修箇所ごとの溶込状態や内部欠陥を均質にすることが困難であったが、加工面の傾斜角やレーザーの照射姿勢による溶込形状や欠陥堆積の変化を明らかにすることで、内部欠陥を一定以下の水準に維持する技術を確立した。

平成30年からは、溶接補修したダイカスト用金型の耐久性を向上させるため、レーザー熱処理で溶接補修部の耐久性を高める技術開発に取り組んだ。これまでは溶接補修した金型をそのまま再使用していたため、新作金型の1/10程度のショット数で再びクラックが生じていたが、レーザー熱処理で溶接補修部の

硬さを溶接前の金型母材近傍に改質することでクラックの発生が抑えられ、従来の溶接補修したままの金型と比べショット数を 50%以上増加させる技術を確認した。



ファイバーレーザー加工機



レーザーラッピングビード

○セラミックスの表面改質 (R3~)

セラミックスの中には、表面改質を加えることで強度や導電性などの材料特性が変化するものがある。これによって、セラミックスの硬度や耐熱性が必要な箇所に新たな機能を加えることが可能となる。そこで、セラミックス表面の任意の箇所のみをレーザーで改質し、新たな用途に活用するための研究に取り組んでいる。

令和3年からは、パワー半導体等の高温環境下で使用する電気回路等への適用を想定し、レーザー光の照射でセラミックス表面を改質して、生成される皮膜の分析を行うとともに、使用環境を想定した耐環境性能に関する知見を得て、複合材への応用展開の可能性を探っている。

◎塑性加工（プレス加工）に関する研究

【概要】

道内のプラスチック、プレス加工業の発展を背景として、当场における塑性加工（プレス加工）に関する研究は昭和46年から始まった。当初は金型の地元調達の要望に応えるためプレス加工や金型加工の技術調査を行い道内企業のレベル把握に努めた。その後は、プレス加工に関する基礎的な技術データを収集し金型の設計やプレス加工技術確立を支援した。しかし、専用のプレス機を保有しておらず研究内容が限定さ

れることから塑性加工（プレス加工）に関する技術的な研究は中断した。その間、板金加工における材料取り展開図自動作成ソフトに関する研究を実施し、汎用パソコンのOSの変化に応じたソフトの改修も行った。平成21年に北海道庁の自動車産業参入支援事業の一環でサーボプレス機が導入されたことから技術的な研究を再開した。導入に合わせてプレス加工研究会を設立し、プレス・金型関連企業の勉強の場を設けた。その後はプレス加工技術やプレス金型技術のほか、金型のIoT化にも取り組み現在に至っている。



プレス加工研究会

○板金展開 (H11~13)

道内の板金加工では、少量多品種生産などの理由からほとんどの企業で製品から必要な材料の切り出し図面を作成する板金展開システムの導入は進んでいなかった。しかし道内企業からの要望もあり、当场では加工時間の短縮や加工精度の向上を目的に、定型の形状物を対象とした3次元曲面板金展開加工システムを開発し、生産性の向上に寄与した。

○サーボプレス機の利用技術 (H21~27)

プレス機の加工速度は加工中に変更できないことが一般的であるが、サーボプレス機は工程中の速度や変位を自由に設定することができる。そこで、加工速度や変位の自由度が高いサーボプレス機の特徴を活かした研究開発に取り組んだ。

平成21年からは、複雑形状を低コストで量産できる鋳造技術と高精度な形状を低コストで量産できるプレス加工技術を組み合わせた新しい加工法の確立に取り組んだ。鋳鉄は延性が小さく割れやすいためプレス加工が困難であるが、材質制御により材料の延性を高めるとともにプレス加工中の速度制御により割れにくい加工プロセスを見だし、鋳鉄のプレス加工の基礎技術を確認した。

平成23年からは、専用プレス機が不要な高精度プ

レス加工技術の確立に取り組んだ。被加工材に圧縮応力を与えると延性が増し打抜き加工時の加工面が平滑になることが知られているが、加工中に圧縮応力を与える専用プレス機が一般的であった。そこで、圧縮応力を与える機能を金型に持たせることでプレス専用機を用いることなく平滑な加工面が得られる高精度プレス加工の基礎技術を確立した。



高精度プレス加工品

・平成 25 年からは、国内外で研究が盛んに進められていた CFRTTP（熱可塑性炭素繊維複合材料）のプレス成形技術の確立に取り組んだ。従来は熱硬化性炭素繊維複合材料が航空機や一部高級車、スポーツ用品などに利用されていたが、軽量化による環境負荷低減が求められるようになり、軽くて強い CFRP（炭素繊維複合材料）の適用が検討され、リサイクル性や加工時間で優位性がある CFRTTP の成形技術が求められるようになってきた。そこで、油圧プレスによる成形が一般的だった CFRTTP に代わり、板金加工との兼用が可能で成形条件の細かな制御が可能なサーボプレス機による成形の基礎技術を確立した。

・また、平成 21 年からの研究で確立した鋳鉄のプレス加工技術を活用し、自動車用部品の複合化技術の開発にも取り組んだ。これまでボルト締結していた鋳鉄部品と鉄鋼部品からなる自動車部品の組立てをプレス加工に置換することで、部品点数の削減と加工時間の短縮を図った。鋳鉄部品の塑性加工により鋳鉄部品と鉄鋼部品を締結する技術を確立した。

○ステンレス鋼の低温塑性加工特性 (H23)

オーステナイト系ステンレス鋼板について加工誘起変態を利用した低温成形の可能性を検討することを目的として、薄板の低温引張試験を行い、低温での塑性加工特性（伸び、加工の容硬化指数、塑性ひずみ比）に関する知見を得た。

○プレス金型の IoT 化 (H25~R3)

プレス加工は単位時間あたりの生産数量が非常に多いため、加工不良が発生した際に瞬時に対応しな

ければ大量の不良品を生み出す恐れがある。そこで、加工中の情報を取得し加工状態の把握や加工条件へ反映するため金型の IoT 化に取り組んでいる。

・平成 25 年からは、金型へのセンサ組込技術と得られるデータの活用技術の確立に取り組んだ。金型に組み込むセンサの選定と取得データの前処理や特徴量抽出などの処理方法を検討し、金型に内蔵したセンサから得られるデータを処理することで絞り加工における正常加工と割れの加工状態を認識する手法を確立した。

・平成 28 年からは、IoT 金型で得られるデータの活用技術の高度化に取り組んだ。プレス加工では微小時間で加工が完了するため、加工に伴う変化を捉えるにはデータのサンプリング周波数を大きくする必要があり、取得するデータは膨大な数となる。そこで膨大なデータの処理手法として機械学習を活用し、加工状態認識手法の確立に取り組み、加工状態認識手法を確立した。これまでの処理手法と比較して高い認識率が得られた。

・平成 30 年からは、プレス金型の寿命予測技術確立のため、金型の摩耗量を推定する基礎的検討として、機械学習により加工時のデータから摩耗量と強い相関があるバリ高さを推定する手法を検討した。金型のひずみ、振動、加工荷重など加工時のデータや加工品のバリ高さデータを解析した結果、加工数とデータの間強い相関があることを明らかにした。また、加工データを用いて機械学習によるバリ高さ推定を行った結果、実際のバリ高さと推定値の傾向がほぼ一致し、同手法の有効性が確認された。

・令和元年からは、深絞りプレス加工を対象に精度の高いシミュレーションを実現するため、様々なパラメータ設定したシミュレーション結果と実加工結果の比較を行い多変量解析などによってパラメータの最適な組合せや値の導出方法を確立した。

・令和 2 年からは、プレス加工において非接触で金型の微小ひずみ測定を可能にするため、低解像度の画像から高解像度の画像を得ることができる超解像技術を活用し、画像解析を用いた微小ひずみ測定の基礎技術確立を目指している。

・令和 3 年からは、パンチプレスによる板金加工の高精度化を目的として、金型の IoT 化により加工に伴うデータを取得し、加工中のデータ活用による加工シミュレーションや加工状態の認識により適切な加工条件を与える高品質板金加工システムを開発している。

◎表面処理技術に関する研究

【概要】

表面処理技術は素材の機能性を高めるため、表面に何らかの変化を加える処理だがその範囲は、めっきはもとより、化成処理、蒸着やスパッタリングなどの真空ドライプロセス、電気的・化学的な金属の着色、焼き入れ・浸炭、塗装、溶射、プラズマ処理と多岐にわたる。本項では、焼き入れ・浸炭、塗装、溶射は含まない狭義な表面処理技術とともに洗浄及び光触媒技術を加えた研究の変遷を記述したい。レーザーによる表面改質も別項に譲る。

当場の研究において表面処理が初めて登場するのは、昭和31年度の事業報告に現れる「金属表面処理の研究」と思われる。鋼板の上の各種めっきをクロメート処理したときの耐食性の評価を行っている。昭和38年に「防食技術に関する研究」があるが、内容的にはめっき企業の調査に近い。もちろんめっき操作は基礎的要素技術であるから、それ以前より実験的に実施していたことは想像に難くない。その後間もなく、ハルセル試験でのニッケルめっきの光沢剤などの研究が記録され、昭和48年からの「多孔質クロムめっきに関する研究」は本格的な研究内容と思われる。その後続くように溶融亜鉛めっき・溶融アルミニウムめっきの研究がされている。また、昭和52年からアルミナイゾド鋼にさらに陽極酸化や樹脂塗布を組み合わせる複合的な表面処理の研究がみられる。昭和55年に亜鉛めっき鋼板とアルミニウム基材についてそれぞれクロメート処理と陽極酸化法などにより着色を施す研究を開始している。昭和57年の「イオンプレATINGによる耐食性・耐摩耗性皮膜に関する研究」は当場での真空ドライプロセス研究の先鞭となった。研究の中では、窒化チタン膜を実際に転造ダイス・ダイспанチなどの工具に成膜し、寿命が数倍に延命されることも明らかにしている。昭和60年頃からコンクリートの耐久性向上目的の表面処理の研究が開始されているが、本項では金属への表面処理技術に限定した。これらに関して、昭和61年以降の研究を項目別にその概略をまとめる。

○溶融めっきに関する研究 (H28～)

上記で示した後は、溶融めっきに関連する研究は久しく行われていなかった。その後、平成28年に「道内金属製品製造業支援のための新しい水素脆性測定方法の開発」、平成30年～令和元年に「溶融亜鉛めっき品の環境脆化に関する研究」が行われた。これらはめっきプロセスの開発というより、溶融めっきプロ

セスで生じる材料の破壊につながる水素脆化と液体金属脆化の解決のためのデータ構築である。この結果、水素の含有量と脆化の関係を明らかにし、破断面観察により両脆化を区別するための知見を得ている。さらに令和3年より「密着性に優れる Zn めっき/鋼板界面の組織制御法」が始められ、現在も実施中である。

○電気・無電解めっきと他湿式処理に関する研究

(H2～11、H13～15、H14～20)

<無電解めっき>

・平成2年に「無電解めっき法による材料の高機能化技術」として、その後約10年に及ぶ無電解ニッケルめっきの研究の口火が切られた。この実施に当たり、めっき液のNi濃度・還元剤濃度・pHを自動管理するとともに膜厚モニターを備えた総合的なめっきシステムを構築している。3年間実施し、厚さが600 μ mで熱処理により1000HV以上の硬度の皮膜形成に成功し、その後この成果は民間に技術移転されている。この知見をもとに、さらに炭化物微粒子を共析させる複合無電解ニッケルめっきの研究も実施されている。また、電気めっきも含めて表面処理が難しいとされる無電解ニッケルめっきをアルミニウム基材に適用することが試みられている。

・平成7年より、高密度表面実装の電子部品へはんだ前処理としての「無電解はんだめっきに関する研究」が始まった。鉛-錫系からスタートしたが時代の要請を考慮し、鉛フリーはんだめっきの検討も行い、これはその後の鉛フリーはんだ材料そのものの国際共同研究につながっていった。これについて別項の鉛フリー技術に譲る。

<電気めっき>

電気めっきに直接関連する研究は意外と少ない。最初は昭和52年の「酸性硫酸銅浴による電析銅の性質」と思われる。ただし、これは表面処理というより電鍍により電子部品などに適用することを想定し、各種条件で形成した銅の機械的性質を調べた研究である。平成14年に民間からの受託試験研究として「受動部品内蔵型プリント配線基板に関する研究」を実施した。同プリント配線基板を3次元実装するトータル製造技術開発であったが、高アスペクトのホール内部へのめっき技術開発などでその後の新製品開発にも貢献した。平成18～20年で実施した「微小部品に対応した機能性めっき技術の開発とめっき皮膜の表面性状評価」は、民間企業が主体となった大きなプロジェクトの一部である。これは経産省の補助金

である戦略的基盤技術高度化支援事業を得て、中空の微小電子部品の内部への金めっき技術を開発する研究であった。当時は主にめっき皮膜の評価を担い、同プロジェクトは目的の技術を開発することができた。残念ながら、プロジェクト主体の企業が分社化されたなどの影響で、現時点では実用化されていない。後述する「樹脂基材への金属皮膜形成技術の開発」

(H24~26) では、樹脂めっきのための大気圧プラズマによる環境適合化前処理を見出している。令和3年現在、「現場補修めっき技術の高度化に関する研究」を進めている。

<化成処理>

平成13年から3年間「クロム系化成処理液の代替に関する研究」を実施した。化成処理とは主に金属の表面を化学薬品の水溶液に浸漬し耐食性や塗料の密着性を向上させる処理である。研究は環境負荷の高い6価クロム(クロメート)処理に替わる代替処理プロセスの開発で、結果的に化成処理として総合的に性能が高いのは6価クロムであったが、塗装下地としてはリン酸塩処理が優れていることを見いだした。

なお金属の着色法として亜鉛めっきへのクロメート処理の研究を既に示したが、手法としては同一だが目的が着色である場合、着色法(処理)と呼ばれることが多い。

○真空ドライプロセスに関する研究(H10~13、H24~30)

真空ドライプロセスはイオンプレーティング法から研究が始められた。平成2年にはスパッタリング装置が導入された。これは真空中でアルゴンガスなどのプラズマを発生させ、設置したターゲット材料から近接した基材に金属やセラミックスを成膜する装置である。その後の「メカノケミカル法等による複合粉末の製造とその利用技術」にも本装置は活用されたが、これについては『粉末冶金技術に関する研究』の項に記載されるので、省略する。その後、平成10年から4年間「薄膜プロセスに関する研究」を実施した。透明導電材料のITO膜を代替する、安価なスパッタリング成膜技術に取り組み、酸化亜鉛の膜を中心に耐久性向上を試みた。野心的なテーマであったが、作製された膜の耐久性が課題として残った。『電気めっき』の項で既に触れた「樹脂基材への金属皮膜形成技術の開発」(H24-26)は、めっきプロセスとスパッタリング成膜プロセス開発の2本立てであった。後者では自動車用のエンブレムなどを想定し、金属装飾でありながら電磁波(ミリ波)を透過する皮膜を樹脂基材に形成するプロセス開発を目指し、開発成果

は特許取得(第6671718号)に結びついている。さらに多孔質クロムめっき並の耐食性を旨とした研究として「めっき代替性能を有するスパッタリング成膜プロセスの開発」(H28-30)が行われた。こちらでも特許出願がされており令和4年に審査請求を行う予定となっている。

○光触媒評価・応用技術に関する研究(H10~19)

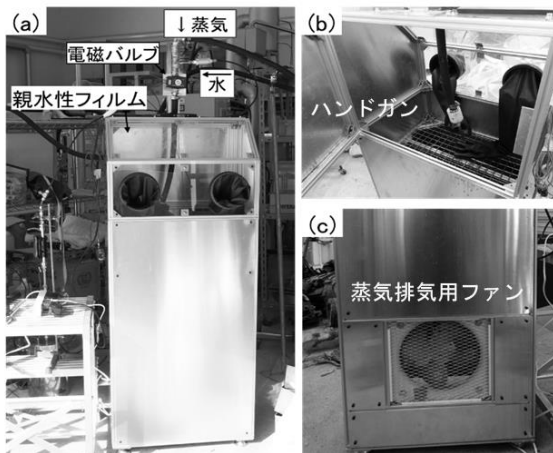
機械金属系としては異色の研究テーマとなる。表面処理にも通常含まれないが、めっきやその他表面処理技術に取組んだ部門で何年間か実施されたので、ここに記載する。

端緒としては平成10~11年に実施した「抗菌・殺菌作用を有する光半導体皮膜の形成及び機能評価技術に関する研究」となる。これは食品加工研究センターと共同で実施した。平成14~15年には「酸化チタン薄膜の防汚機能評価法に関する研究」に移行し、さ菌作用を有する光半導体皮膜の形成及び機能評価技術に関する研究」となる。これは食品加工研究センターと共同で実施した。平成14~15年には「酸化チタン薄膜の防汚機能評価法に関する研究」に移行し、さらに北海道大学触媒化学研究センター及び当時の道立試験研究機関で実施した「光触媒機能評価システムの構築及び活用製品の開発」(H17~19)に発展した。この研究からは、二つの特許が出願されいづれも権利取得に至っている。現在、現場として保有しているのはそのうち一つである(第5315559号)。平成15年からはJIS R1703「ファインセラミックスー光触媒材料のセルフクリーニング性能試験方法」の策定作業にも加わり、これは平成19(2007)年に制定されている。そのための受託研究を平成15、6年と経済産業省から受けた(正確にはファインセラミックス協会からの再委託)。光触媒試験が汚れやすい場所等で暴露試験を行い、観察のための現地への外勤と持ち帰りの各種評価実験・再設置、報告作成さらに2か月ごとの東京での委員会参加と2年の研究期間は忙しかった。このJISはその後改訂されているため、残念ながら現行の作成委員中に「北海道立工業試験場」の名は見られない。

○洗浄技術に関する研究(H21~)

めっきなどの表面処理を実施するには、基材の前洗浄も重要である。そのような要請から、洗浄技術に関する研究に派生し、「プラズマによる高機能表面の創成技術」(H21~23)が最初となる。平成20年度の国の補助金による大気圧プラズマ処理装置の導入も

契機となった。これはプラズマ処理で基材表面の洗浄（清浄化）とともに表面改質を試みた研究である。少し時間を経て同装置を活用し「抗菌性皮膜の形成と除菌・洗浄に関する研究」（H25～27）も行われた。このあと趣を変え、エンジン部品などの強固な汚れを対象とした「ドライアイス洗浄装置による電動機・発電機洗浄作業の最適化」を平成26年に実施し、重点研究「大型産業機械部品のメンテナンスに向けた環境調和型洗浄技術の開発」（H29～R1）に繋がった。一連の研究で、各種汚れに対する洗浄方法・条件の指針が得られ、その後の企業支援にも活用している。また、重点研究では安全性と作業性の高い小型のグローブボックス型二流体洗浄装置も開発した。



開発した二流体洗浄装置

○その他表面処理・評価技術（H14～）

それまで現場では扱ったことがなかったイオン液体による表面処理の研究が平成26年から4年程実施された。イオン液体とは、塩のようにイオンから構成されながら室温付近で液体の物質をいい、例えば酢酸1-エチル3-メチルイミダゾリウムなどが挙げられる。水溶液でも有機溶媒でもない。国内外での研究でも以前から取り上げており、そこでは水溶液でめっきができないアルミニウムやチタンめっきの研究が多かった。それに対し、現場では、イオン液体中でチタンなどの基材への窒化処理を試みた。そのための新しいイオン液体を見いだしたが、残念ながら実用的な厚さの皮膜が得られなかった。

最後に表面の性状・物性評価技術に関する研究を列挙して本項を終えたい。平成14年に実施した「めっき、熱処理に伴う表面近傍物性評価」は、Ni-Re合金めっきの電気めっき・熱処理条件と硬さの関連性を断面解析も交えて調べた研究である。平成12～13年の「電子工業材料の表面及び状態分析技術」は、平成10

年に導入されたX線光電子分光装置を用い、電子部品や非金属も含む各種工業材料の表面の解析技術を蓄積した。この装置はその後も利用され続け、導入から20年以上経った令和3年現在も稼働している。全く新たな装置が導入されると、その利用技術を蓄積するための研究が始められることは少なくない。「機能性微細表面の計測・解析技術に関する研究」（H23～24）もその一つで、この取り組みでは原子間力顕微鏡（AFM）によりガラス、有機樹脂及び金属の微細表面形状の計測技術を習得するだけではなく、液中での生体試料（生きた骨芽細胞！）にまで手を広げた。せっかく装置でできることは何でも試そうということであった。本装置も、もちろん現在でも運用されている。

◎微細精密加工

【概要】

当場における精密加工に関わる事業の歴史は、昭和37年にさかのぼる。本州企業と比較し立ち後れていた本道機械工業の精密加工技術向上を目的に精密測定室及び精密測定器（万能測長器、万能測定顕微鏡及び万能投影機など）を整備した記録が残っている。その後、精密加工の研究としては、金属切削時の材料と粗さの関連、長さなどの精密測定に対する温度の影響などがあった。時は流れ、平成に入ると電子部品をも意識した微細精密加工に関する研究を行うようになった。

◎YAG レーザ微細加工（再掲）（H4～6）

レーザの項で述べたように、平成3年にYAGレーザ加工機を導入し、金属の微細加工技術（精密切断、微細孔あけ、マイクロ溶接）に関する多くの研究を行い、最適加工条件決定のための多くのデータを蓄積した。詳細はレーザの項に譲る。

◎電子基板加工（H11～20）

平成11年から3年間、重点領域特別研究において、電子部品の高密度実装化を目的として、鉛フリーはんだ材料を用いたマイクロソルダリングにおける各種特性評価、熱応力解析等のシミュレーションを利用した実装構造設計及びプリント配線基板の微細加工技術（マイクロビア形成）について研究開発を行った。その結果、Sn-Ag-Cu系鉛フリーはんだにおけるCu添加量がブリッジ欠陥の増加に影響することがわかった。また、ビルドアップ多層プリント配線基板に小型電子部品を搭載した実装構造をモデル化し、鉛フリーはんだを使用した場合の熱応力解析データを

得た。さらに、プリント配線基板におけるビアフィリング（穴埋め）めっき技術について検討し、基礎的な電解条件と添加剤の影響を明らかにするとともに実製品への展開を進めた。

・平成 14 年には、抵抗やコンデンサ等の受動部品を内蔵した 3 次元実装型プリント配線基板の開発を目的とし、印刷・焼成によって銅箔上に形成された受動部品の性状評価、受動部品内蔵型プリント配線基板の電気的特性評価技術及び受動部品の電極形成に用いるビアフィリング（穴埋め）めっきについて検討した。その結果、受動部品内蔵型プリント配線基板の電気的特性評価における校正手法を確立し、各種抵抗を内蔵した回路におけるインピーダンスの周波数特性データを取得した。さらには、高アスペクトビアホールヘフィリングめっきするための添加剤やパルス電解等のめっき条件を把握した。

・平成 15 年から 2 年間、情報通信機器の電気ノイズの低減を目的に、高精細印刷技術を用いて抵抗・コンデンサ等の受動素子を内蔵したプリント配線基板の開発を試みた。この研究では、インクジェット用印刷材料の分散特性や受動素子内蔵型プリント配線基板の断面構造の性状を評価し、受動素子内蔵型プリント配線基板構造の熱応力分布の推定なども行った。分散特性の定量化にあたっては、溶媒中の分散物質の自然沈降に伴う光の透過率を測定するという、苦肉の策も取られた。

平成 18 年から 3 年間、半導体評価装置の微小部品に対応した機能性めっき技術の確立を目指し、機能性めっき表面の親水性及び表面性状の評価を行った。結果として実用可能な微小めっき部材を試作できたが、詳細は表面処理技術の電気めっきの項に述べている。

○コアレスモーター（H19～22）

平成 19 年から 2 年間、重点領域特別研究において、一般的なモータで用いられる巻き線をフォトファブリケーション（回路形成、めっき、エッチングの複合技術）によって得られる銅回路で代替した、省スペース型のフラットモータの製品化を試みた。その結果、モータ回路形成に用いる材料（銅張積層板）の選定、回路形成のためのめっき及びエッチング条件を検討し各種導体厚における形成条件の確立、レーザアシストめっきの基本条件の確立、モータの磁石やヨークの種類、形状、配置等の諸条件と磁気特性との関係把握、モータ回路を多層化するための積層、接着技術の確立、などを経てフラット型ブラシレスモータを試作した。

この成果をもとに平成 21 年には、エンジン発電機

の小型・軽量化に向け、偏平型コアレス発電体の開発を目指した。その結果、プリント基板形成技術による電機子回路の加工プロセスを確立し、永久磁石を用いた磁気回路について 3 次元的な磁束分布の評価等によって適正な磁気回路を構築し、出力 2.8kW の軽量高出力なエンジン発電機用発電体を開発できた。翌年には、軽量化を図るため、鉄心を有しないコアレス構造の発電体の開発に着手し、出力 5kW のエンジン発電機用発電体を開発した。従来品と比較して約 80%の重量低減が可能となった。

これら一連の研究により開発されたコアレスモーターは、特許（第 4933169 号）を取得し、草刈り機などに実用化されている（図参照）。また、一連の功績に対し、（一社）精密工学会北海道支部技術賞（H21）、第 3 回ものづくり日本大賞 優秀賞（H21）、北海道職員表彰（H22）を受賞した。



トヨタ本社での展示会に出展した草刈り機

○ナノインプリント（H20～22、R3～）

ICT（情報通信技術）に用いられる電子機器は高密度化が年々進んでおり、一層の高密度化を実現するため、ナノインプリント法の研究に着手した。

平成 20 年から 3 年間、重点領域特別研究として“ナノインプリント法による高機能微細構造の創製と応用に関する研究”を行い、微細パターンの形成技術について検討した。その結果、3 種類の樹脂（PMMA 等）に対する熱式ナノインプリントプロセスの基本条件（温度、圧力、時間）を把握し、モールド（Ni 電鍍金型等）の洗浄方法、モールドへの離型剤の塗布方法、モールドの寿命予測及び転写された微細パターンの観察・評価方法等、重要な周辺技術について技術蓄積を行った。また、高額な Ni 電鍍金型の代替えとして樹脂型の応用を検討し、その可能性を見いだした。

ナノインプリントに関する研究はその後途絶えていたが、電子機器のさらなる高密度化が進んでいる背景から、令和 3 年度より研究を再開している。

○メタマテリアル (H30～)

電磁メタマテリアルは、微細な構造で電磁波特性を変えるという全く新しい概念の材料であり、自動車及び航空宇宙産業への展開が期待される。そこで自動車レーダ用のミリ波透過性と指向性を制御したエンブレム材料、道内食品業界で潜在的ニーズがある脂肪品質計測装置の低コスト化に有効なテラヘルツ波バンドパスフィルタに取り組み、設計・作製・評価の基礎技術に平成 30 年から着手した。その結果、ミリ波領域で特定波長の透過性が期待できる微細構造をデザインし、フォトレジスト法及びインクジェット印刷＋無電解めっき法でこれを作製し、ミリ波の透過性評価を行ったところ、通常の物質では実現が困難と考えられる特性（特定の周波数付近を透過、あるいは吸収や透過が急激に変化）を発現できた。FDTD 法による電磁界シミュレーションを行い、その理論計算値と上記の実測値を比較した結果、両者は非常によく一致した。これにより理論計算からミリ波透過性を設計できる可能性が見いだされた。開発した電磁波フィルタについては特許出願を行った（特願 2021-152401）。

◎腐食防食技術に関する研究

【概要】

金属を利用していれば、腐食することに当然誰もが気づき、金属の研究は必ず腐食と防食を意識するだろう。その対策の一つが表面処理技術ということになる。ここで取り上げるのは、材料そのものからの防食の研究と、腐食のメカニズムや材料ごとの耐腐食性の研究を振り返りたい。

昭和 38 年に行われた「防食技術に関する研究」は、めっきからのアプローチで「表面技術に関する研究」に譲る。冒頭に記したような腐食の研究（調査）は、昭和 50 年の「軟鋼性ヒューム管可焼継手の異常腐食の調査」からと見られる。昭和 55 年の「温水暖房設備素材の防食に関する試験」は実験室で諸条件を変えた材料の腐食条件を探った。この後、こうした水溶液が関わる湿式腐食は間欠的に取り上げられた。水がほとんど関わらない高温腐食の研究は、後述のように平成 6 年に初めて手がけられたと思われる。記録によれば、戦前の昭和 12 年に金属工業部が新たに創設され、鑄造や冶金の研究の開始とともに付随的に腐食について研究された可能性があるが、現在となっては定かではない。

○腐食・防食（常温）（S62～63、H16～19）

昭和 62 年に「上水道配管部材の防食設計の改善と耐腐食埋設システムの開発」と「金属の防食法に関する試験」の二つの研究があった。前者は配管の腐食を防止するための PTFE 複合めっきも含むめっき法の研究だった。後者は、ある工場で発生していた鋼材のさびを防止するため、気化性防錆剤を適用し功を奏している。昭和 63 年の「気液分離膜を利用した赤水防止等に関する研究」は、企業との共同研究で製品開発に結びついているが、平成 3 年現在その企業を見つけることはできなかった。同年の事業報告にみられる「交流インピーダンス法によるベントナイト共存系での炭素鋼の腐食測定」は、職員が科学技術庁金属材料研究所（当時）での研修テーマである。高レベルの核廃棄物の深地層処分を想定し、保存容器の候補である炭素鋼の腐食を交流インピーダンス法で検出するという目的で、時世を反映したテーマだった。

この後、腐食・防食をテーマとする研究は「橋梁への重防食溶射技術に関する調査研究」（H15～16）を待つことになる。これは、道内鋼橋の現況調査及び溶射を含む各種防食施工した試験片を作製・暴露し、道内複数箇所での腐食挙動を調査するという内容だった。予算がそれほど多くない一般試験研究であったため、北海道溶射工業会と会員企業に多くの協力を得た。平成 16～18 年度に実施した「腐食環境向け自溶合金溶射皮膜の開発とその形成技術に関する研究」は硫酸腐食の対応であるが「溶射技術に関する研究」に記載されている。平成 18～19 年で行われた「北海道内温泉水に対する金属材料の腐食特性と防食技術に関する研究」は、題目どおり道内 4 カ所の温泉地に金属試験片を暴露し 2 年間の経過観察を行った。登別の大湯沼では国立公園内の温泉が自噴する場所へも試験片を設置した（図参照）ため、環境省、林野庁さらに文部科学省に詳細を説明して許諾を得るなど、研究開始までに予算や技術とは別の苦労もあった。



登別大湯沼へ設置した暴露試験片

（かごの長辺: 65cm）

それぞれの泉質は pH が中性付近とともに 2.6 の酸性の場所があり、また塩化物イオンも 21~12,300 (mg/L) と広い幅を持っており、複数の金属種の様々な泉質での腐食挙動のデータを取得できた。遠くは道東の白滝村（現在は遠軽町に併合）も暴露場所となったため、宿泊を伴う作業もあり自分自身も温泉水に浸かった者もいたようだ。

○高温腐食（一部再掲）（H6~H22、H26~R2）

高温腐食に関する研究は平成 6 年から始まった。当初は高温腐食の実態調査から開始され、都市ごみの燃料化やプラスチック系産業廃棄物の焼却にあたって大きな問題となりつつあることを知った。

・平成 11 年からごみ焼却炉用高温耐食材料に関する研究が本格化し、ごみ焼却炉実機における腐食挙動を実験室的に再現する評価方法を確立し、耐熱鋳鋼 SCH2 をベースにニオブやモリブデンなどを添加した耐食性の高い合金を開発した（特許出願 3 件 特許第 3870291 号「耐食性耐熱鋳鋼」、特許第 4742314 号「耐熱鋳鋼、焼却炉及び焼却炉の火格子」、特許第 4888888 号「火格子」）。開発合金により実製品（火格子）を試作し実機試験を行うと、従来品に比べて優れた高温耐食性を示すことが確認できた。

・平成 19 年からは溶射皮膜との複合化によるごみ焼却炉用火格子の開発に着手し、最終的にはフルサイズ火格子の試作を行った。開発合金と溶射皮膜との複合化により極めて高い高温耐食性が付与されたことから、ごみ焼却炉実機の一部に実用化されている。

・火格子の開発は、現状の都市ごみ焼却炉（ストーカー炉）の損傷調査から始めた。ストーカー炉は国内ごみ焼却炉で最も多く用いられている形式の一つであり、損傷調査は札幌市を始め苫小牧市や遠くは松山市（愛媛県）まで出向いて実施した。1000℃を超える焼却を中止して 3 日ほど経過して炉が冷えた状態で内部に入るのだが、まだ 60℃を超える温度である。ゴーグル、手袋、長靴に加えて頭からすっぽりと覆う耐塵服を着るとまさにサウナ状態でかなり過酷な状況での調査になった。調査終了後に耐塵服を脱いだときの開放感は未だに忘れられない。

・平成 26 年から令和 2 年までの 7 年間、超臨界 CO₂ 雰囲気における金属材料の高温腐食挙動に関する研究を行い、Ni 基及び Co 基合金における酸化の進行する速さを示す酸化速度定数 K_p を算出した。

・平成 29~令和 3 年にかけては、流動床ボイラ内の伝熱管保護を目的とした耐高温エロージョン・コロージョン溶射材料の開発を行い、従来品よりも優れ

た溶射材料を開発した（溶射の項参照）。ほぼ同時期（H29~H30）、近年の高温機器の稼働温度の上昇に伴い耐熱合金を高温環境下から保護する保護性アルミナスケールの更なる耐酸化性向上が重要となったことから、高温酸化により形成する保護性アルミナスケールの組織制御に関する研究も行われた。この研究により、Fe-Cr-Al 合金へのジルコニウム (Zr) 添加の効果（スケール成長速度など）を明確にすることができた。令和に入り、溶融めっき現場での鋼製治具の損傷（溶損）を防止する取組みも行われた。簡便かつ低コストな施工法として、アルミニウムを含有する鋳鉄溶湯に浸漬して鋼材表面に Fe-Al 合金皮膜を形成する方法を提案し、溶損促進試験により有効性が確認された。



ごみ焼却炉損傷調査の様子

◎鉛フリー化に関する研究

【概要】

世界的に環境問題が取り上げられるようになり、鉛害による環境汚染が問題視されるようになった。欧州連合（EU）各国では、廃電気・廃電子機器による環境汚染への懸念から、「RoHS 指令」という電気・電子機器における特定有害物質の使用制限に関する法律を平成 15 年（2003 年）に告示し、平成 18 年 7 月 1 日から施行した。この動きに合わせるように世界的に鉛規制が進み、ELV 指令（廃自動車指令、H15. 7 月、欧州）、水辺での鉛製散弾の使用禁止（アメリカ）、釣り用オモリの鉛使用禁止（H15. 12 月、デンマーク）、漁業における鉛製品の使用禁止（H16. 12 月、デンマーク）など鉛の使用に対し規制が設けられるようになった。国内でも鉛弾によるエゾシカの捕獲禁止（H12. 11 月、北海道告示第 537 号）、WHO（世界保健機構）の飲料水水質ガイドラインに合わせ水道水の鉛基準が 0.05mg/L から 0.01mg/L に改正（H15. 4 月、厚生労働省）、CODEX（食品の国際規格）においても魚介類中の鉛の基準値を制定（H20）など数々の鉛規制の動きが高まってきた。これらの状況を踏まえ、当场でも鉛フリーに関する研究を平成 11 年頃より積極的に取り組んだ。

○鉛フリーはんだ関係 (H11~21)

平成 11 年から約 10 年間、大学、電子部品メーカーなどと共同で、鉛フリーはんだ関連の一連の研究を行った。当初は、電子部品の高密度実装化を目的とした微小部はんだ付け（マイクロソルダリング）における、各種特性評価、熱応力解析等のシミュレーションを利用した実装構造設計及びレーザー光を用いたプリント配線板の微細加工技術（マイクロビア形成）について研究開発を行った。

・平成 12 年からは IMS 国際共同研究に参画し、現場では鉛フリーはんだ浴の組成変動がはんだ付け性に及ぼす影響（はんだぬれ性の変化、はんだ接合欠陥の増減）について調査、検討し、鉛フリーはんだ浴の管理基準について指針を作成した。また、鉛フリーはんだの各種特性を評価するための標準試験方法を規定し JIS 化原案を作成する動きがあり、現場では、溶融温度範囲の測定に関する標準化案を作成した。

・平成 17 年以降は、Sn-Ag-Cu 系鉛フリーはんだを主体にはんだ浴槽の素材であるステンレス鋼の侵食が大きな問題となり、適正な第 4、第 5 元素の添加量について検討した。またこの侵食を防止するため、表面処理（窒化など）したはんだ浴槽が使用されるようになり、表面処理皮膜の健全性（欠陥の有無）や各種耐久性の評価手法について検討し、評価方法の国際標準化を目指した。

これら一連の研究に対し、平成 15 年度マイクロ接合優秀研究賞（H16、溶接学会）及び平成 16 年度 IMS 成果賞（H16、製造科学技術センター）を受賞した。

○鉛フリー製品 (H16~25)

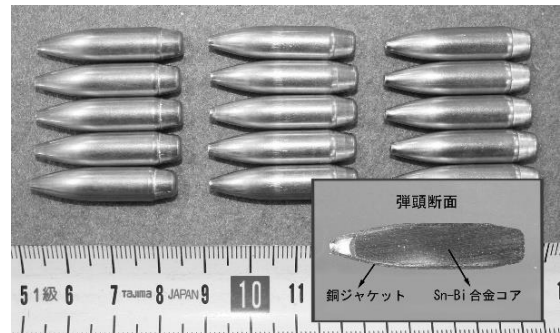
平成 16 年より約 10 年間に渡り、はんだ材料以外の鉛を使用している製品を鉛フリー化する動きも高まった。約 10 年間で手掛けた鉛フリー製品は、レジャー用及び漁業用の小型釣り用品、銃弾、アクセサリなどである。これら鉛フリー化を実現するために、スズを主体とした各種低融点合金（Sn-Bi 系、Sn-Sb 系、Sn-Ag 系、Sn-Zn 系）の機械的性質及び铸造性、めっき性、成形性などのデータ構築を徹底的に推進した。また平成 22 年には理事長奨励事業によりラバーキャストマシンを導入し、光造形技術と融合し複雑形状製品への対応も行えるようになった。

・Sn-Bi 系合金は高比重、引けの生じづらい铸造性、成形性を利用し小型釣り用オモリ（商品名：スカリーミニ ※（社）日本釣用品工業会における環境保全認定の第一号）や銃弾（商品名：LFB-SUMIT、特願 2006-107254）に、Sn-Sb 系合金は高靱性を利用し肉薄部を

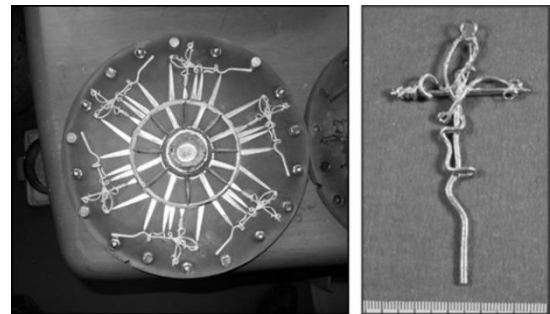
有する小型釣り用オモリ（商品名：ミニワンダー、手長エビ天秤など）や複雑形状のアクセサリ（商品名：IVY クロスなど）に、Sn-Ag 系合金は欠陥の生じないめっき性を利用し漁業用釣針の表面被覆材に（延縄漁業用釣針、特許第 5799311 号）、Sn-Zn 系合金は中比重と高靱性を利用し釣り用擬似餌（メタルジグ）に（商品名：ZAMS リリック、特願 2014-109865）、スズ単体としては優れた延性を利用し噛み潰しオモリ（商品名：ゴムコートガン玉）に、各々活用し多くの製品化を実現した。

また、平成 21 年にはこれら一連の鉛フリー製品の開発に対し道職員表彰も受賞した。

・鉛フリー延縄漁業用釣針の開発においては、開発品の釣獲性能を評価するため真冬の荒波の日本海に繰り出したが、スケソウどころか魚が一匹も釣れずに帰港となるハプニングがあった。後の釣獲性能試験で、開発針の性能に問題はないことが確かめられたが…。道南、乙部町まで出張で行き、がっかりして帰札したのを思い出す。



鉛フリーライフル弾頭



ラバーキャスト法により作製した IVY クロス



開発した鉛フリー延縄漁業用釣針と釣獲性能試験後の写真

◎金属材料に関する評価・利用技術

【概要】

鉄鋼材料や非鉄材料などの金属素材の研究は、ものづくりを行う上で最も基本となる技術課題であり、古くから研究が行われてきた。当場では昭和22年より鋼の熱処理や農機具の摩耗に関する研究が行われ、昭和25年の機械金属部の創設を機に高周波焼き入れ(S29)、ガス浸炭(S37)、調質(S43)など鋼の熱処理に関する研究が行われてきた。また鋼そのものに関する研究も多く、マンガン鋼(S29)、ばね鋼(S48)、アルミナイズド鋼(S52)、高速度鋼(S61)に関する研究も行われた。その他鋼に関しては、放電加工(S47)、破損原因調査(S54)、残留応力(S55)などに関する研究も行われ、平成以降も単発的に鉄鋼材料に関する研究が続けられている。

鉄鋼材料以外については、昭和30年頃チタン関連の研究が盛んだったが、その後はしばらく間が空いて、昭和58年よりニューセラミックスに関する研究、平成元年より超硬合金、平成7年よりアルミニウム、平成25年よりバルク材としての亜鉛合金に関する研究などへと推移してきた。

また昭和56年7月に、札幌市及び周辺都市の金属製品製造業に携わる技術者と当場の研究者とが相互に交流することを通して、日常取り扱っている材料について幅広く勉強し、企業の生産性及び品質の向上と技術の高度化を目指し「金属材料勉強会」(平成16年に「材料技術勉強会」へ名称変更)を発足した。この活動は現在も続いている。



材料技術勉強会

○近年の鉄鋼材料関連研究(一部再掲)(H12~R2)

鉄鋼材料は成熟した分野であるが、分析・評価装置の進歩もあり、現在もなお単発的に研究テーマが立ち上げられている。他項で記述した研究の多くも鉄鋼材料関連であるが、ここでは他項で取り上げられなかった研究を主体に紹介する。

<熱処理>

平成21年から3年間、ダイス鋼(SKD11)における変寸のばらつきを低減する熱処理技術に関する研究が行われ、変寸要因の一つと考えられる残留オーステナイト量をX線回折法で評価し、最適なサブゼロ処理温度を見いだすことができた。平成28年には、回転子蒸し焼き作業後の健全性評価に関する研究を行い、ワニス除去のために回転子を370℃前後で蒸し焼きしても、シャフトの寸法変化、シャフト及びケイ素鋼板の組織や硬さに変化を生じないことを明らかにした。これにより、電動機の整備に蒸し焼きを適用することの有効性を確認できた。平成30年からは、レーザーの項で述べた自動車部品用金型の長寿命化技術の開発も行っている。

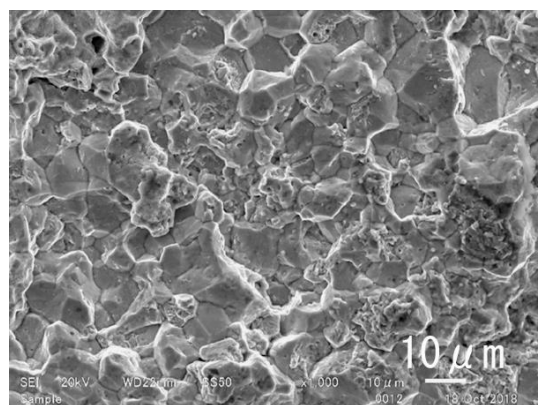
<物性評価>

平成12年から3年間、疲労き裂の定量評価と破壊強度に関する研究を行い、S45Cの疲労限、き裂進展速度、破壊靱性値を測定し、破壊に対する寿命の推定が可能となった。

<環境脆化>

平成28年~令和2年まで、水素脆性に関する研究を行った。一連の研究を通し、固体中含有ガス量測定装置(グラビマス)を用いた新しい水素脆性測定方法の提案や、軟鋼における含有水素量と破壊強度及び破面性状との関係把握などを行った。また、水素脆性と形態が類似で判別が困難な液体金属脆化についても再現実験を行い、水素脆性破面との判断基準を明確にすることができた。

他の環境脆化(応力腐食割れなど)についても、引き続き研究を継続中である。



粒界破面(水素脆性)

○非鉄材料(一部再掲)(H7~27)

平成以降の非鉄材料に関する研究は、平成7年から開始され、青銅の分析に関する研究、及びホウ酸アルミニウムウイスカとアルミニウムとの複合化に関

する研究から始まった。後者についての詳細は既に述べている（複合化の項）ため割愛するが、この研究から“アルミニウムのリサイクル”と言った新たな展開が生まれた。その他、アルミニウムや亜鉛鋳物製品の高度化に関する研究も行われてきた。

<青銅の分析>

平成7～8年、青銅（BC6種）の成分分析において、湿式化学分析法に比べ迅速で簡便な蛍光 X 線分析法の適用を試みた。検量線の作成や鋳型の影響を考慮することで、生産現場での組成管理に蛍光 X 線分析法が活用可能であることがわかった。

<アルミニウムリサイクル>

平成16～27年、NEDOや北海道経産局の補助金や重点研究などにより、アルミニウムスクラップ溶湯からの合金元素除去技術に関する研究を行い、使用済み乾電池亜鉛滓が優れた Mg 吸着性能を有していることや、効率的な Mg 低減プロセス（インジェクションフラックス法）に関する知見を得た。この脱 Mg 材は市販の脱 Mg 材より3倍の Mg 低減性能が認められ、これをもとに、アルミニウム合金中マグネシウム濃度調整用フラックスを試作、後に製品化した。これら一連のアルミニウムリサイクルに関する研究によって3つの特許を取得し（特許第5034103号、特許第5223177号、特許第5572887号）、平成30年には理事長表彰も受賞している。



開発したマグネシウム濃度調整用フラックス

<アルミ鋳物製品の高度化>

平成24～25年、自動車部品用アルミニウム鋳物製品の品質化を目指し、重点研究を行った。X 線 CT による内部欠陥の抽出と欠陥部分の含有ガス分析（グラビマス使用）を行うことで「欠陥原因分布図」を作成し、共同研究企業での工程改善の一助となった。またこの研究では、鋳造シミュレーションと X 線 CT による内部欠陥抽出部との相関性、及び欠陥抽出部の強度についても調査を行った。

平成26～28年には、アルミニウムの精密鋳造技術に関する研究を行い、溶湯鍛造技術について研究し

た。その結果、適切な型温度、溶湯温度、加圧力、加圧保持時間などの溶湯鍛造条件を検討し、底板厚さ2.5mm、壁厚さ1.2mmの薄肉成型を実現した。

平成27～28年には、従来、鍛造ブロックからの削り出しにより作製されているアルミ製真空装置部品の鋳造での製造を試みた。鋳造品内部の大きさの違う各種欠陥を X 線 CT や電子顕微鏡（SEM）により観察し、その形成メカニズムの考察にもとづく鋳造方案の改善を提案した結果、内部欠陥の大幅な低減に寄与することができた。

<亜鉛合金の高性能化>

亜鉛合金に関しては平成25年より鉛フリー釣り用品（メタルジグ）を意識して開発に着手したが、高靱性な亜鉛合金が開発できたことから、工業製品（窓のヒンジなどの亜鉛ダイカスト製品）への応用を視野に平成26年から研究を開始した。当初、国民の安全・安心な生活に寄与する亜鉛製品の開発を目指したが、開発合金は、靱性では従来品より優るものの、応力腐食割れの原因となる耐食性で優位性が示せなかったため、2年で研究を打ち切った。

◎その他の材料（一部再掲）（H1～27）

鉄鋼、非鉄以外の素材としては平成元年頃より研究を開始した超硬合金が上げられる。また平成後期から放電プラズマ焼結法によるセラミックス材料の研究も行われたが、これらの研究の大部分は焼結の項で既に記述したので、そちらを参照して欲しい。

ここまでに記述されなかった研究として、平成15～16年に行われた超微粒超硬合金のワイヤ放電加工特性に関する研究がある。加工面近傍に生じる亀裂の形態を調査し、超微粒超硬合金の最適加工条件を検討した。平成20年には、スズーニッケル系及びスズー銅系の金属間化合物の機械的性質（弾性率、硬さ）をナノインデンテーション法を用いて測定する試みも行われた。

◎ 非破壊検査に関する研究

【概要】

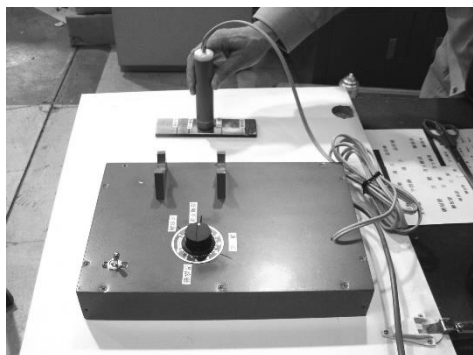
非破壊検査は、機械部品や構造物の表面あるいは内部に生じた欠陥を、対象物を破壊することなく検出する技術である。ものづくりを行う上で極めて重要な技術であり、当場では昭和24年頃より研究が開始された記録が残っている。昭和35年頃には、現在もお検査の主流となっている磁粉探傷、浸透探傷、X 線検査、超音波探傷の研究が開始されており現在に受け継がれている。

○非破壊検査全般 (S59～61、S62～H4、H10～20、H24～25)

昭和 60 年前後には、超音波を活用した研究が主に行われ、鋳鉄の超音波探傷試験やセラミック材料の超音波による強度評価に関する研究が行われた。平成元年前後になりパソコンの普及とともに、有限要素法の活用による非破壊検査結果の破壊力学的評価方法に関する研究や、エキスパートシステムの開発などに力を入れるようになった。

平成 10 年から平成 20 年にかけては、磁気探傷に関する研究が多く行われ、磁粉材料の研究や亀裂深さの評価、小口径鋼管の熱疲労割れ検出などに取り組んだ。

平成 14～15 年には自溶合金溶射皮膜の磁性が溶融温度の違いで変化することを偶然発見した。この現象を利用した溶射皮膜の溶融状態検査装置を試作し、特許申請も行った。



試作した溶射皮膜検査装置

平成 24～25 年にはサーモグラフィーの性能が向上してきたことから、温度分布を活用した非破壊検査技術についても研究が行われた。

○X線検査 (X線CTなど) (一部再掲)

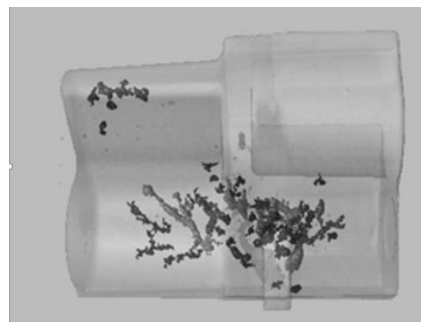
(H8～9、H22～29)

平成 8 年頃、PL 法施行に伴い工業製品の安全衛生に関する要求はますます厳しくなり、特に食品加工業界においては海外からの原料の輸入における受入検査の体制が大きな問題となっていた。この問題を解決するため、軟 X 線を用いた低コストな異物検出装置の開発に着手した。冷凍コロッケを対象とし、蛍光板の種類や測定条件 (X 線管電圧、コンベア速度など) を検討し、針金、アルミニウム、ガラス、石などの異物に対し十分現場での適用が可能な試作機を開発した。試作機は、その後、缶詰や冷凍食品など幅広く道内食品加工業界に活用された。

平成 22 年頃から、デジタル家電部品や自動車部品を対象にマイクロフォーカス X 線 CT システム等を用

いて三次元形状評価から CAD データ生成を経て現物融合型 CAE 解析を行い、実際の金型設計や製造プロセスに反映させる動きが高まってきた。当场でも X 線 CT 装置を導入し、X 線 CT の測定精度の検証や測定データからの三次元 CAD データモデルの生成などの技術を構築し、上記課題に対応できる体制を整えた。この研究に対して、(一社)精密工学会北海道支部 2012 年度学術講演会技術賞を受賞した。

平成 24 年から 25 年に重点研究として X 線 CT 装置を用いてアルミニウム鋳物製品の高品質化を行った。これは X 線 CT で検出したアルミニウムダイカスト製品内部の空隙に含まれるガス種を高感度質量分析装置 (グラビマス) で同定することにより空隙の発生原因を特定する方法である。この方法をもとにダイカスト製品メーカーで工程改善を行った結果、製品不良率が劇的に改善された。得られた研究結果は産総研研究支援事業 (H25～26) に採択され、産総研北海道センターを始めとする 1 国研、6 公設試、2 企業のグループによりさらに検討を行い、「北海道方式」と命名されたアルミニウムダイカスト製品内部品質評価方法を確立した。



X 線 CT で検出したアルミニウム鋳物内部の欠陥 (着色部分)

平成 22 年から平成 25 年までの一連の研究に対し、平成 26 年理事長表彰 (マイクロフォーカス X 線 CT システムを用いた現物融合型 CAD/CAE 解析技術の開発) を受賞した。

X 線 CT 利用技術に関しては、これらの他に文化財 (漆工品) の調査 (H24～H26)、積雪寒冷地におけるコンクリート劣化の分析評価 (H27～H29) などに活用し多くの技術蓄積を行ってきた。当场の X 線 CT 装置は、現在もなお医療系、土木 (コンクリート) 系、地質系などの調査に幅広く活用されている。

◎メンテナンス関連支援に関する研究(再掲) (H23~R3)

【概要】

メンテナンス業界は、地域の安全・安心な生活を支えるうえで重要な役割を担っている。メンテナンスに係わる技術分野は、非破壊検査、溶射、溶接、表面処理(めっきなど)、熱処理、洗浄、破損解析、腐食解析などと幅広く、素形材関連技術の多くが関わっている。当场では、非破壊検査及び腐食・破損解析については古くから研究や技術支援に取り組んできたが、それ以外の部分について平成23年にメンテナンス企業から技術支援の要望があり、メンテナンス業界への技術支援をより意識するようになった。

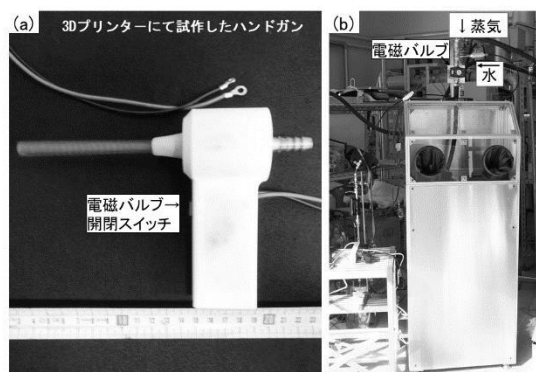
平成23年以降のメンテナンス支援関連の実績を列挙すると、溶射補修部の性能評価(H23~H28)、鋳物溶接補修法の実用性評価(H24~H30)、ドライアイス洗浄(H26)、回転子蒸し焼き作業後の健全性評価(H28)、環境脆化(水素脆性、液体金属脆化)に関する研究(H28-R2)、大型産業機械部品の環境調和型洗浄技術の開発(重点領域特別研究)(H29~R1)、電動機補修用ワシの耐久性評価(H29)、現場補修めっき技術の高度化(R2~R3)など、多くの研究テーマに取り組んできた。これら研究テーマのほとんどは、他の技術分野の項で記載したので、詳細な説明は割愛するが、平成29年から重点研究で取り組んだ大型産業機械部品の洗浄技術における苦労話を少しだけ記述しておく。大型産業機械部品の重油汚れは長年洗浄作業に苦労してきた分野だけあって、とにかく汚い作業の連続であった。まず重油汚れ試料の確保が困難で、メンテナンス企業数社の協力により何とか確保できた。次に汚れた大型エンジンブロックを切り刻んで洗浄用の試料を作製したが、当時の設備では手に負えず、大型部材に対応した切断機を保有する民間企業及び北海道立工業技術センターの力を借りて、何とか試料を作製できた。実際の洗浄実験に入ると、とにかく実験室が汚れまくり、少し気を抜くと作業服も重油汚れが飛散し、洗濯機でも洗えない(洗濯槽を汚すため)状況で、重油汚れのすごさを痛感させられた。また、冬場の実験では寒い中、全身びしょ濡れになるなど苦労の連続であったが、最終的には洗浄指針の作成にまでこぎ着けることができた。これらで構築した洗浄技術は、今後も食品機械やめっきの前処理技術などに応用展開していく予定である。



ドライアイス洗浄実験風景



超高压洗浄風景



開発したグローブボックス型蒸気二流体洗浄装置

(2) 機械技術分野

◎工場内生産設備の自動化に関する研究

【概要】

昭和 50～60 年当時の道内機械製造業においては、道外の機械・電機メーカーから量産部品を受注生産する中小企業が増加しつつあり、生産設備を自動化するなどして生産性の向上を図る必要があった。このことを受け、昭和 52～57 年度には、ワーク（部品）搬送ロボットの開発や、各種センサ類や空圧機器等を活用して旋盤を別用途の自動化機械へ改造する研究開発等が行われた。また、昭和 56～58 年度には Z80 マイコンを活用したミニチュアベアリング加工用 NC 装置が開発され、昭和 58～60 年度にはエレクトロニクス技術を活用した空圧搬送ロボットや、5 自由度の油空圧スカラロボットなどが開発された。

○空圧機器による生産設備の自動化（S52～57）

道内機械製造業では、NC 工作機械を用いた自動加工は行われていたが、ワーク（部品）を工作機械へ供給する搬送工程の自動化は進んでいなかった。そこで、空圧機器を用いて工作機械へ部品を供給するロボットや、バラ積みされたワークを分離・整列する回転治具を試作し性能評価試験を行った。

また、企業からの依頼を受け、①センサや空圧機器を用いた既設旋盤のプレス加工部品用バリ取り自動機械への改造や、②既設卓上旋盤と XY テーブル等の組合せによる転がり軸受け用自動旋削装置の製作等を実施し、これらは依頼先企業の工場内で活用された。

○マイコンによる簡易 NC 装置の試作（S56～58）

道内機械製造業ではマイコン応用機械の開発・利用が活発化しつつあり、必要最低限な機能のみを有する低価格な NC 装置（簡易 NC 装置）を開発して欲しいとの要望が複数の企業から当场へ寄せられていた。そこで、Z80 マイコン制御による同時 2 軸位置決め制御機構（XY テーブル）を有したミニチュアベアリング加工用 NC 装置を開発し、企業への普及活動を行った。

○生産工程の自動化に関する研究（S58～60）

道内では本州の自動車・電機メーカー等から精密機械部品を受注生産する中小企業が増加し、生産設備の LCA 化（Low Cost Automation）が急務であった。このことを受け、生産設備の自動化の一環として以下を実施し、道内企業への普及を図った。

①自動車用プレス部品を金型へ自動供給する簡易ロボットを試作し、ワークの真空吸着搬送に関する基礎試験を実施した。②多目的用途に拡張するためエレクトロニクス技術を活用し、任意位置停止機能、物体検知機能を有した空圧搬送ロボットを開発した。③5 自由度の油空圧スカラロボットを開発した。

ロボット等を活用した生産設備の自動化に関する研究開発・技術支援は、現在も続けられている。

◎機械設計、CAD・CAM・CAE シミュレーション活用技術に関する研究

【概要】

機械装置を設計・開発する際、試作機（実物）を製作する前にパソコン上でその強度や挙動（動き）を確認することができれば試作機の製作回数が減るなど、開発効率が飛躍的に向上する。

昭和 52 年度から平成 2 年度は、パソコンで機械装置の強度計算や振動・音響などの動的設計計算を行う簡易的な CAD/CAE システムを独自に開発し、平成 4 年度から平成 11 年度は市販の CAD/CAE ソフトウェアの有効活用に関する研究が行われた。平成 21 年度から平成 26 年度は制御系を含めた機械装置のシミュレーション設計システムや、水産加工機械の効率的な開発を目的とした、魚の挙動シミュレーション手法の開発が行われた。また、平成 23 年度から 4 年間は高精度 5 軸加工に向けた CAD/CAM 利用技術やリバーエンジニアリングに関する研究が行われた。さらに、平成 23 年度から平成 26 年度は斜張橋ケーブル点検用昇降機構や寒地型伸縮式車両侵入阻止柵（ヘラクレス）など、CAD/CAM シミュレーション解析を活用して開発された機械装置類が実用化された。

○パソコンを活用した機械装置自動設計システムと 振動・音響対策 CAE システムの開発 (S52~H2)

・機械装置を設計するためには構成部品の強度・寿命計算を行う必要があり、当時はそれらを手計算で行っていた。そこで、機械設計者の労力の軽減、設計時間の短縮、計算ミス防止を目的に、これらの専門的な計算をパソコンで自動的に行う歯車減速装置の自動設計システムを開発し、道内機械金属製造企業への普及を図った。

・機械装置の振動・音響対策を施すためには、装置の構成部品の質量や弾性を考慮した動的設計計算を行う必要がある。そこで、これらを簡便に計算・処理することができるパソコンレベルの汎用 CAE システムを開発し、①戸建住宅の防音診断システムの構築、②除雪機械運転室内の静音化、③農業機械の低振動化、④制振型スキーの動特性評価等へ適用した。住宅の防音診断では音漏れ部分や構造上の問題が把握可能となり、的確な改善対策を施すことができた。除雪機械運転室では大幅な静音化が実現できた。

○機械装置の設計・開発シミュレーション技術の開発 ～その 1～ (H4~11)

機械装置製作に先立ち、その強度や挙動をパソコン上で確認することができる構造解析や機構シミュレーション・ソフトウェアの有効活用を図るため、様々な機械部品類や異方性複合材料で構成された圧力容器、さらに倒立振り子などについてシミュレーション解析を行い、実機による実験結果と比較・検証することでシミュレーション解析の精度向上を図った。本研究で蓄積したノウハウは、主として構造解析に関する技術相談に活用されている。

○機械装置の設計・開発シミュレーション技術の開発 ～その 2～ (H21~26)

・機械装置の機構（メカ）と制御系（ソフトウェア）を同時に設計し、パソコン上でその挙動が確認可能な HILS シミュレータシステムを開発し、垂直多関節ロボットなどのメカトロニクス機器類の開発効率向上に有用であることを確認した。本システムはフリーソフトで構成されており、安価にシステム構築可能である。

・実際の鮭の摩擦係数や弾性等を測定し、これらを用いた振動搬送シミュレーション手法を開発するなど、水産加工機械を効率的に開発することを目的とした水産物の 3D モデル化手法と動的挙動シミュレーション手法を確立した。柔軟・不定形状の水産物を扱う機械の開発は、経験と勘に頼るところが大きいが、

本手法を活用することで定量的な評価に基づいた効率的な機械開発が可能となった。

○3D-CAD/CAM 利用技術、リバースエンジニアリング 技術に関する研究 (H23~26)

高精度 5 軸加工を効率的に行うための 3 次元 CAD/CAM 利用技術を蓄積するため、工具と切削材料との相対的な角度と加工精度の関係など、高精度加工に関するデータベースを構築した。また、ここで得られた知見をもとに、図面のない機械装置の形状測定データから CAD データを作成し、再度設計・加工する「リバースエンジニアリング」に必要となる 3 次元 CAD/CAM データを、安定した品質で迅速に作成する設計・加工支援ツールを開発した。これらの成果は 3D-CAD/CAM、3D スキャン、5 軸加工等に関する技術相談等に活用され、現在も普及活動に努めている。



リバースエンジニアリング設計・加工支援ツール

○CAD/CAE 技術の実機への適用事例 (H23~30)

・斜張橋ケーブル点検用昇降機構の開発

3D-CAD/CAE を活用して斜張橋のケーブルの形状や物理的特性を考慮したシミュレーションを実施し、ケーブルの昇降に最適な機構を検討した。実機を製作し、実際の斜張橋での試験を通して、確実に安定した動作が可能な昇降機構を実現した（特許取得）。開発した昇降機構は、平成 25 年に実施された阪神高速道路フレッシュアップ工事での点検作業に活用された。



斜張橋ケーブル点検用昇降機構

・電線走行機構の開発

3D-CADによるモデル化と機構解析シミュレーション解析を行うことで、送電線を安定走行する小型で軽量の自走型点検装置を開発した。本装置は実際の送電線検査業務に活用され、人力作業（宙乗り）の労力や落下事故の低減に大きく貢献した。

・寒地型伸縮式車両侵入阻止柵の開発

CAEによる構造解析や衝突シミュレーションを活用し、車両を用いたテロなどから一般市民の安全を確保する、設置性が良く十分な車両侵入阻止機能を有した積雪寒冷地型の車両阻止柵を開発した。YOSAKOIソーラン祭り等で活用されている。

・駐車場での「車両誤発進対策安全車止め」の開発

3D-CADによるモデル化と機構シミュレーションを活用し、車両の誤発進による家屋や店舗などへの突入を防ぐ積雪寒冷地域用の「車止め」を開発した。基礎となるコンクリートブロックを埋める必要がなく、柵をアスファルト上に設置するだけで車両の侵入を阻止可能である。

◎振動解析・抑制技術に関する研究

【概要】

振動の解析・低減に関する研究は、昭和53～57年度に取り組みられた低振動チェーンソーの開発が始まりであり、昭和59～60年度には、牧草刈取機の振動低減に関する研究が行われた。さらに時を経て平成16～22年度、農業散布機の長尺作業アームの振動低減・姿勢安定化に関する技術開発が行われた。

○低振動チェーンソーの開発試験（S53～57）

チェーンソーの長時間使用は振動病を併発させる危険性があるため、労働衛生上大きな問題となっていた。このことを受け、ダイナミクスアナリシス解析を用いてチェーンソーハンドル部の振動低減対策の検討を行った。解析結果をもとにハンドルフレームの構造を変更し、適切なバネ定数の防振ゴムと組み合わせ、製作した改良機を用いて振動測定を行った結果、振動が大幅に低減されていることを確認した。

○ダイナミクスアナリシスによる農業機械の防振構造の検討（S59～60）

大きな振動が発生する牧草刈取機（モア）の振動低減を目的とし、ダイナミックアナリシス解析による振動状態分析と、加振実験によるモーダル解析を行うことで、振動を効果的に低減させるための構造変更指針を得た。構造変更に伴う振動伝達特性の変化

をFEMモード解析等のシミュレーション計算で確認し、さらに実証試験結果からの検討も加えることで、牧草刈取機の最適防振構造の改善指針をまとめた。

◎高速走行時における農業散布機作業アームの振動低減・姿勢安定化技術の開発（H16～22）

大規模農場経営においては、農作業機械を高速に走行させることで生産性の向上が期待できる。しかし、特に農業散布機は作業アームが長く、高速走行させるとアームが激しく振動することが課題である。そこで、アクティブ制振制御や動的機構シミュレーション技術を活用して高速走行時におけるアームの振動を低減し、姿勢を水平保持する技術を開発した。試作機を製作し実証走行試験を行った結果、従来の作業速度の2倍の速度でも作業アームの姿勢が保持され、振動が大幅に低減されることを確認した。

本成果は、十勝地区の市町村長が集う市町村行政懇談会や北海道新工法・新技術展示商談会、また、学会においては日本機械学会MoViC2011、農業機械学会や、ドイツで開催されたLandtechnik-AgEng国際学会などを通して広く普及した。

◎農業機械の開発などに関する研究

【概要】

農業機械の開発は、昭和61～平成元年度に開発された搾乳ロボットの開発が始まりである。搾乳ロボットは、牛の乳頭位置をセンサで検出し、多関節ロボットでティートカップを乳頭へ自動装着する機能を有し、当時としては画期的なロボットであった。平成17～21年度には、高所に着果する果実などを脚立を用いずに収穫する人力駆動の携帯型軽量マニピュレータや、農業散布作業等を目的とした円筒型UAVであるダクトドファン型飛行体が開発された。また、平成24～26年度にはじゃがいもの種芋の高速播種を可能とした全粒種芋対応型ポテトプランタが開発され、平成28～30年度にはカボチャ収穫時における果実の視認性を向上させるカボチャ茎葉処理機が開発された。さらに、平成28～令和元年度には過去の水稲の生育・気象データから精度良く水稲の収量を予測する欠測対応T法解析ツールが開発された。

○搾乳ロボットの開発に関する研究（S61～H1）

搾乳作業の工程の中で唯一自動化されていなかった牛の乳頭へのティートカップ装着作業の自動化を目的に、超音波センサと反射式光学センサで乳頭を検出した後、ティートカップをロボットで装着する

搾乳ロボットの試作機を開発した。ストール内に固定した疑似乳頭へのティートカップ装着試験を実施した結果、疑似乳頭への繰り返し位置決め精度が±3mm以内となり、実用上問題のない装着精度を有していることを確認した。安全面から実際の牛に対する搾乳試験は見送られたが、搾乳ロボットの開発は世界的に見て初めての試みであり、本研究を通して実用化へ向けた大きな指針を得ることができた。

○高所果実収穫作業に向けた携帯型マニピュレータの開発 (H17~18)

りんごや梨などの高所に着果する果実や果菜類を、脚立を用いずに収穫を可能とする人力駆動の携帯型軽量マニピュレータ (1.5kg) を開発した。収穫に必要なとなる 3 自由度の動作を無電力のワイヤ駆動で実現するユニークな機構を有しており、高さ 3.5m の果実を傷つけることなく収穫可能である。特に、上肢への負担が大幅に軽減されるように設計されているため高所果実の収穫作業を長時間継続できることや、脚立を必要としないことから転倒事故が発生しないことなどが大きな利点である。



高所果実収穫用携帯型マニピュレータ

○ダクトドファン型飛翔体の開発と航空防除への応用 (H17~21)

農薬散布作業等への応用を目的に、円筒形のダクトで覆われた 2 枚のプロペラで飛翔するダクトドファン型飛翔体の開発を試みた。ドローンの普及に先駆けて実施したユニークな機構の大型 UAV の試作開発であり、苦勞して試作と実験を繰り返しながら開発を進めた。また、開発を進める中で農薬散布の適正に関する試験なども実施した。

○高速播種を可能とした車速連動型ポテトプランタの開発 (H24~26)

車速センサを搭載し、車速が変化してもじゃがいもの種芋を高速に、かつ一定間隔で播種する全粒種芋対応型ポテトプランタを開発した。現行作業速度の 2 倍の時速 7km で種芋播種試験を実施したところ、欧米機種と同等の精度で播種できることを確認した。種芋整列機構について特許出願するとともに、本成果は自動制御連合会 (SICE)、農業環境工学関連 5 学会等の学会や、北海道経産局主催の一次産業支援ロボット開発・導入セミナー等の各種講演会で広く普及した。また、平成 28 年度に開催された北海道スマート農業フェアにデモ機を展示し、実演の様子は「どさんこワイド (STV)」で放映された。

○カボチャ茎葉処理機の開発 (H28~30)

現在、カボチャは手作業で収穫しているが、果実が生い茂った茎葉に覆われているため探索に時間を要することが課題となっている。そこで、カボチャ収穫時における果実の視認性向上を目的とし、新たな構造のカボチャ茎葉処理機を開発した。実証試験を行った結果、確実に茎葉が切断処理できることを確認した。また、将来のカボチャ収穫機の開発に向け、カボチャ表面にできた打痕と長期保存時における腐れの関係性を調査した結果、有益な知見を得ることができた。

○欠測対応 T 法による水稻収量予測手法の開発 (H28~R1)

スマート農業を推進するにあたり、過去の水稲の生育データや気象データから収量を予測する技術開発が求められている。しかし、過去のデータは欠測 (データの欠落) が多く、従来の予測手法では欠測処理に相当な時間を費やしていることが課題であった。そこで、品質工学を活用した欠測処理不要の欠測対応 T 法解析ツールを開発し、水稻 5 品種の地域別・気象別の収量を予測した結果、良好な結果を得ることができた。本成果は品質工学会や品質評価技術研修等を通して広く普及しており、農研機構と共同で、てん菜のデータ分析へ活用されている。今後は農業試験場の協力のもと、他の作物へ広く展開していく予定である。

◎食品加工・検査機械の自動化に関する研究

【概要】

食品加工現場における人手不足を受け、平成3年度から今日に至るまで様々な食品加工機械の開発に取り組んできた。

平成3年には、じゃがいもの自動芽取り装置、人参の茎葉カット装置の開発に着手し、平成18年にはカボチャ、じゃがいも等の根菜類の自動皮剥き機を開発した。さらに、平成26年からは多関節ロボットを活用した食品の加工や把持（ソフトハンドリング）技術の開発を進めている。また、平成30年からは目視では確認することができない野菜の内部欠陥を検出するための技術開発に着手した。

○じゃがいも芽取り装置、人参茎葉カット装置の開発（H3～5）

・じゃがいも加工工場において、芽や傷みなどの不用部除去作業に多くの人員を投入していることを受け、光学センサで不用部を検出し、回転刃を用いて自動的に除去する「じゃがいも芽取り装置」の開発に取り組んだ。処理速度等に課題が残ったが、本装置開発に対するニーズは高く、研究終了後も開発した装置に対して数多くの問い合わせが寄せられた。

・当時の収穫機で収穫された人参は茎葉部が数十mm程度残っており、加工工場では多くの人手を使って茎葉部の仕上げカットを行っていた。そこで、茎葉部が一定方向となるように人参を整列・位置決めし、自動的に茎葉部を切断する「人参茎葉カット装置」を開発した。本装置は科学技術長官賞を受賞した。

○根菜類皮剥き機の開発（H18～24）

カボチャなどの根菜類は大きさや形状が不均一であり、自動的に皮を剥くことは困難であった。そこで、回転する根菜類の外皮凹凸に切削刃を倣わせながら押し付けることで効率的に皮を剥く装置を開発した。

また当時、じゃがいも等を対象とした水洗い式の回転式小型根菜類皮剥き機が市販化されていたが、切削された皮が短時間で詰まることが課題であった。そこで、皮が詰まらない構造の根菜類皮剥き機の開発に着手した。皮剥き機を開発するための実験は、削った皮が大量に飛散し、実験そのものよりも清掃に多くの時間を要する過酷なものであったが、苦勞しながら開発を継続した結果、皮が詰まることなく長時間運転可能な皮剥き機の開発に成功した。



根菜類皮剥き機

○ロボットによる食品加工・ハンドリング技術に関する研究（H26～）

・平成3～5年度に開発したじゃがいも芽取り装置は、処理速度に大きな課題が残った。そこで、高速画像処理技術や高速ロボット駆動技術を活用し、ステレオカメラでじゃがいもの芽や傷みなどの不用部の3次元位置を検出し、ロボット先端に設置した回転刃で高速除去するじゃがいも芽取り装置を開発した。じゃがいも1個を2～3秒で処理可能であり、装置1台で5～7人の省人化が可能である。これまで、じゃがいもの自動芽取り装置の実用化事例はなく、国際食品工業展（FOOMA）に出展した結果、自動芽取り作業の実演の様子がBS-TBS Biz Streetで放映されるなど大きな反響を得た。

・道内の食品加工現場は多品種少量生産が主であり、コンベア上を流れてくる大きさ・形状の異なる様々な食品の不良品選別や、梱包作業に多くの人手を費やしていることが課題となっている。このことを受け、AIやRGB-Dカメラを使ってバラ積みされた食品を個別に認識・把持し、不良品の選別や梱包作業を行うロボットシステムを開発中である。



ロボットによるじゃがいも芽取り装置

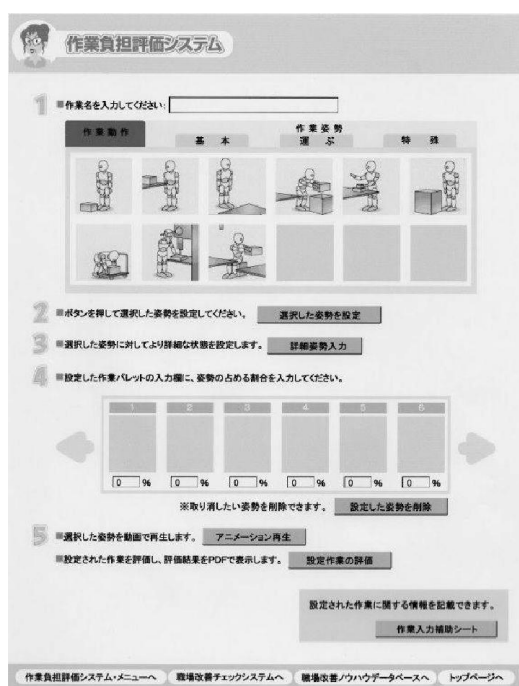
○野菜の内部欠陥検出技術の開発 (H30～)

人参の抽苔（木質化）選別など、食品加工現場では目視で確認できない野菜の内部欠陥の選別・除去作業に多くの人手を費やしている。そこで、近赤外光などによる検出手法を用いて野菜の内部欠陥を精度良く検出し、自動的に選別・除去するシステムを開発中である。抽苔化した人参は入手が難しく、若手職員が自ら工試敷地内で抽苔化人参を栽培するなど苦労しながら研究開発を進めている。

◎工程・品質管理に関する研究

【概要】

道内中小製造業における作業工程の省力化・軽労化を効率的に進めるため、平成9年度より作業者の作業負担を客観的に評価するシステムの開発を進めた。さらに平成15年度からは、道内では普及していなかった品質工学を広く普及させるための研究開発にも取り組んだ。



作業負担評価システム

○作業負担評価システムの開発 (H9～14)

道内中小製造業では、どの工程を省力化・軽労化すれば最も生産性が向上するかを判断することが難しかった。そこで、これまで感覚的にしか捉えることができなかった作業時の負担を客観的に評価する定量評価システムを開発した。本システムは生産現場改善に関する派遣指導や技術指導において、改善効果の定量評価ツールとして広く活用された。

○本道製造業への品質工学の導入に関する研究 (H15～16)

品質改善やコスト低減に有効な品質工学の手法を調査・分析して「タグチメソッド導入ハンドブック」として体系化し、企業へ普及した。具体例として、「紙コプターの設計」、「ブラスト洗浄機の開発」などに適用した。本研究は、道内ではあまり普及していなかった品質工学を広めるきっかけとなった研究であり、研究終了後から現在に至るまで数多くの研究会や研修を開催し、道総研内でも利用者が増えている。

◎水産関連自動化・省力化技術に関する研究

【概要】

水産関連機械の開発は、平成3～5年度に噴火湾の垂下養殖ホタテの貝殻に付着してホタテの生育不良を発生させる雑生物を効率的に除去する装置を開発したのが始まりである。平成18～20年度、タラの内臓などの未利用資源を活用したエビの蛸集餌料の製造技術が開発され、平成20～23年度には船上での確にサケを脱血処理する装置が開発された。平成22～26年度には、ホッケの皮と血合い肉を同時に除去する自動化機械が開発され、平成28～30年度には防疫強化を目的としたサケ・サクラマス洗卵システムが開発された。また、平成27年度からはUAV（ドローン）による空撮画像解析に関する研究が始められ、現在に至っている。



北海道職員知事表彰 祝賀会 平成5年11月29日 札幌サンプラザ

ホタテガイ付着生物除去装置 H5 知事表彰祝賀会

○ホタテガイ養殖における付着生物除去装置の開発 (H3~5)

噴火湾のホタテ貝垂下式養殖において、貝に大量に付着する雑生物を幼生の段階で、高水圧噴射ノズルを用いて船上で除去する船縁設置タイプのコンパクトな除去装置を開発し、製品化した。垂下網の巻き上げ、洗浄、投入の連続作業が可能となり、大幅な省力化が実現できたほか、除去した雑生物を船内に回収するため海水汚染防止に大きく貢献した。本装置の開発は高く評価され、平成5年度の知事表彰を受賞した。

○スケトウダラの内蔵などの未低利用水産資源を原料としたエビ用蛸集餌料の開発 (H18~20)

ホッコクアカエビ用の餌料として未低利用水産資源であるスケトウダラの内臓などの活用を検討し、蛸集効果を有する生分解性の原料をカプセル状、ゲル状に成形する餌料成型技術を開発した。さらに、蛸集性を喪失しない殺菌技術や常温貯蔵技術を開発した。本研究成果は「えびかご漁業用の人工蛸集餌料及びその製造方法」として特許出願したほか、余市郡漁業協同組合へ技術移転し、道内外の漁協などで試験操業が実施された。

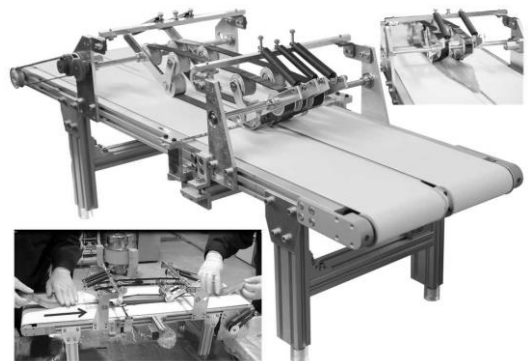
○サケの船上脱血装置の開発 (H20~23)

高品質なサケの供給を目的として、定置網漁船上で脱血処理を行う装置を開発した。船上試験の結果、電気麻痺でサケの暴れが防止されて的確に脱血処理が可能であること、また、実用上問題のない処理時間

で脱血処理ができることを確認した。本研究は、秋サケの高付加価値化を支援する研究であり、脱血というあらたな鮮度維持方法が地元に着した。

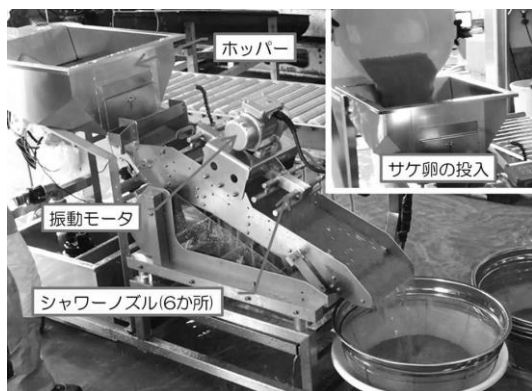
○ホッケの皮及び血合い肉除去装置の開発 (H22~26)

ホッケ加工品を流通させるため、魚臭集中部位である皮と血合い肉を、同時かつ効率的に除去する装置を開発した。装置普及のため、フィッシュブロックの製造に導入し、耐久性などの実用面での課題を整理するとともにホッケ以外の魚種への応用を検討した。本装置で加工したホッケのフライは独特の臭みがなく、特に若年層・子供たちからは「食べやすい」と高評価を得た。



ホッケ皮・血合い肉除去装置

○サケ・サクラマス¹の防疫強化のための大規模洗卵システムの開発 (H28~30)

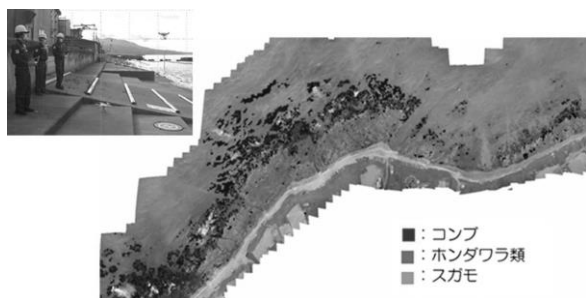


サケ・マス卵洗浄システム

防疫強化や受精率向上による生産性増大を目的に、受精前のサケ・マス卵を大量かつ効率的に処理する洗浄システムを開発した。大規模施設向けと中・小規模施設向けの2種類を製作し、秋から冬にかけて道内各地の孵化場に赴き、寒さに耐えながら調査や実証試験を行った結果、良好な洗浄試験結果を得ることができた。本研究は道総研、大学、企業、普及団体が一体となって取り組んだ研究であり、その成果は関連漁業団体などから高く評価された。

○マルチローター型 UAV の利活用技術に関する研究 (H27~)

水産業分野における海藻・海草類の分布把握や底質の可視化、さらに農業分野における生産性向上や育種の効率化などを目的に、UAV（ドローン）による空撮・撮像技術と撮像された可視画像・近赤外画像・熱画像などの解析技術に関わる研究に取り組んでいる。特に水産業分野での空撮・調査は広範囲に及んでおり、海上における空撮技術やノウハウが多く蓄積されている。



UAV 空撮の様子と画像解析例

○農業機械の自律走行・遠隔制御等に関する研究【概要】

農業機械の自律走行に関する研究開発は、平成6~平成8年度に取り組んだ長芋ハーベスタの開発に端を発する。その後、平成10~16年度はGPSを活用した畑作用農作業車両の自律走行システムが開発され、平成29~令和元年度には、牧草の刈取りや踏圧作業の自動化を目的とした自律走行システムが開発された。さらに令和2年度からは、いちごハウス栽培における不要葉除去などの日常管理作業を代行する遠隔操作ロボットの開発が始まった。

○長芋ハーベスタの開発 (平成6~8)

帯広畜産大学により、長芋を太くかつ鉛直下方へ真っ直ぐに成長させる円柱床栽培手法が考案されたことを受け、この手法で栽培された長芋を自動的に収穫する長芋ハーベスタの開発を試みた。共同研究企業から提供された大型の自走式ポテトハーベスタを改造し、畝に沿って自律走行する機能や、長芋から一定の距離に設置したポールを検出する機能、さらに油圧駆動のXYテーブルを用いて掘取り刃を長芋栽培位置へ自動的に位置決めする機能などを追加した。全ての長芋近傍にポールを設置することは現実的ではないなどの理由から実用化には至らなかったが、当场としては初めての自律走行に関する取組であり、本研究で培われた要素技術はその後の研究テーマに活用された。

○GPS を活用した農用車両自律走行システムの開発 (H10~16)

道内の農業就業人口の減少を受け、農作業の効率化を目的とした畑作用農作業車両の自律走行システムを開発した。高価な高精度 RTK-GPS を使用したシステムでは±5cmの走行精度を実現した。また、安価だが測定誤差が大きいDGPS等の低コストセンサ類を使用したシステムでは、それらの出力信号をカルマンフィルタで信号処理した後に自律走行用制御信号として使用することで、±1mの走行誤差を実現した。これらの研究成果は、日本機械学会 ROBMEC'03 や農業機械学会等での発表、上富良野町で開催された「世界のトラクタ展」における一般客向けの自律走行デモンストラレーション、さらに新聞報道（北海道新聞1面）などを通して広く普及した。

○牧草刈取り及びサイレーズ踏圧作業に向けた酪農用自律走行システムの開発 (H29~R1)

牧草の刈取りや、バンカーサイロ内での牧草(サイレーズ)踏圧作業などの酪農用自給飼料調製現場における深刻な作業機運転オペレータ不足を受け、自律走行しながらこれらの作業を行う酪農用自律走行システムを開発した。170馬力の大型トラクタを自律走行用に改造し、牧草刈取り時にはモア(刈取り作業機)を搭載、牧草踏圧時にはパッカー(踏圧専用の5トンの円柱)を搭載してこれらの作業を行った。作業機を搭載した大型トラクタの走行試験を札幌で実施することができなかったため、足繁く別海町に赴き、システム開発を行った。本研究成果は、別海町で2回開催した自律走行による刈取り・踏圧公開デモンストラーションや、農水省北海道農政事務所主催のセミナーでの講演、さらに酪農関係者向け総合誌「養牛の友」への投稿などを通して広く普及した。



牧草踏圧自律走行公開デモの様子

○農作物のハウス栽培管理作業に向けた遠隔操作ロボットの開発 (R2~)

農作物のハウス栽培(いちご)における不要な葉やわき芽、ランナー除去などの日常的な管理作業を行う遠隔操作ロボットの開発に着手した。作業台車がハウス床面に設置した走行ラインテープに沿って自律走行し、台車に搭載した多関節マニピュレータを人間が遠隔操作することで不要葉やランナーなどの除去を可能とする。遠隔操作での作業中に取得した除去対象物の学習データを反映したAIを搭載することで、将来的には人間が操作することなく自律的に除去対象物の位置を認識して除去する管理作業ロボットの開発を目指している。本研究の取組は北海道新聞の他、NHK「ほっとニュース北海道」で紹介されるなど、大きな注目を浴びている。



ハウス栽培管理作業用遠隔操作ロボット

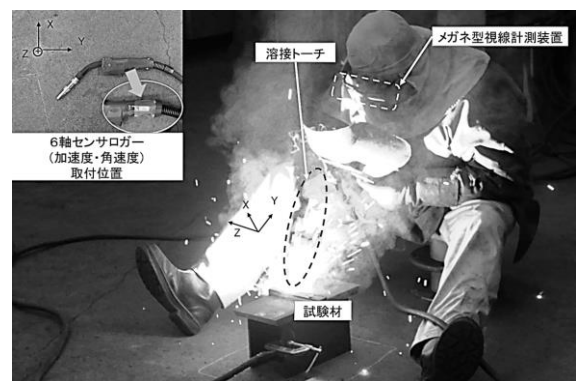
◎技能伝承に関する研究

【概要】

高齢化が進む中、各種製造業における熟練作業者の技能伝承は喫緊の課題であり、平成27年度から29年度に、溶接作業における熟練作業者の技能伝承に関する研究が行われた。引き続き令和2年度より、xR機器を活用した技能伝承用学習ツールを開発中である。

○溶接作業の熟練技能定量化と学習支援ツール作成に関する研究 (H27~29)

溶接作業の技能伝承を目的に、視線計測等による熟練作業の定量化を行った後、熟練者の動きや学習者の熟練度合い等を表示する携帯端末用の作業標準ガイドを作成した。さらに、熟練作業者の映像データやコメント表示機能、学習度表示機能を有した学習支援ツールを作成し普及を図った。本成果は日刊工業新聞社「工場管理」に掲載され、日本溶接協会から問い合わせを受けた。現在、関西の企業において学習システムが構築され、活用されている。



溶接作業の熟練技能学習支援ツール

○技能伝承を目的とした視線データ活用型拡張現実 技術に関する研究 (R2～R3)

道内企業の各種加工作業や製品検査作業における熟練ノウハウの効率的な技能伝承を目的とし、非熟練者が熟練者の作業を効率的に学習可能な、熟練作業者の視線データと拡張現実ゴーグルなどのxR機器を活用した学習コンテンツを開発した。コロナ禍で協力企業の変更もあったが、林業及び医療系学校の協力を得て、完成にこぎつけた。

(3) 電子・情報技術分野

はじめに

昭和 61 年 4 月の組織改編による電子応用部の誕生は、産業へのコンピュータ利用の広がりを反映したものである。それまで機械金属部や工業装置部において行われてきた計測や自動化に関する研究業務が、電子制御科とシステム技術科の 2 つの科として、研究員とともに異動することとなった。

さらに、平成 10 年には、情報系を強化すべく、情報通信科を新設し、平成 14 年に機械システム科と統合して情報システム部として再編され、令和 2 年の組織改編まで活動することになる。

ここでは、その中の電子・情報系の研究開発について、主な取組みの歴史を紹介する。

◎画像計測技術への取組み

【概要】

昭和 61 年当時、パソコンを利用した画像処理の最大の課題は、処理能力とメモリ容量の限界であった。カメラ画像を取り込むにはビデオキャプチャーのための専用のハードウェアとメモリの追加をしなければならず、しかも処理自体は当時のパソコンの処理能力を完全に超えており、1 枚の画像処理を行うために数秒から数十秒を要した。高速化には専用の画像処理デバイスの導入が不可欠であるなど、実用化のためにはさらに超えなければならないハードルがあった。

一方、画像計測分野は様々な応用展開が期待され、共同研究や産学官など、外部資金での研究開発が活発に行われた。それらの成果は、直接製品となったものは少ないものの、その後の企業支援や製品開発へとつながっており、さらに現在の AI を含めた様々な画像処理応用技術へと発展している。

○食品を対象とした等級選別への応用 (S61~)

北海道で、特に画像計測に期待されていた分野としては、形や色、大きさが一定しない農水産物を対象とした等級選別への応用であった。

当场では、農産物冷凍食品を対象とした等級選別

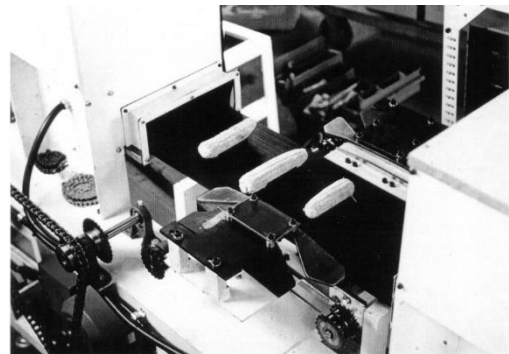
【パーソナルコンピュータの普及】

今でこそ、パソコンはオフィスから製造ラインまであらゆる業務で不可欠なものとなっているが、昭和 61 年当時は、本体だけでなく、周辺機器やインターフェースなどの拡張ボード、さらにプログラム開発のためのソフトウェア環境の導入など、手間とコストのかかる機器だった。昭和 57 年に発売された NEC PC9801 は、昭和 56 年に発表された MS-DOS とともに、ビジネスの現場で活用されるようになり、徐々に生産現場での自動化や計測に利用されるようになった。このような利用拡大に伴い、当场においてもパソコンが導入され始め、自動化や計測への応用研究が始まった。

への適用として、冷凍軸付きコーンの結実部の長さを画像により計測する手法の検討を産学官の共同研究として実施した（「センシング技術の食品加工への応用」S61~H1）。この研究では、冷凍軸付コーン画像テクスチャの周期的な特徴から判定する計測手法を提案し、特許を取得するなど、大きな成果を得た研究となった。

システム開発においては、CCD カメラで撮影した 256 × 256 画素のモノクロ画像処理であるが、当時、パソコンでの処理では 1 本あたり 10 秒ほど要することから、専用の演算処理ボードを利用することで毎秒 2~4 本の処理速度を実現し、実用化の提案を行うに至った。

これ以降も、食品を対象とした画像計測の研究開発は重点的な課題となっており、継続して取組みが行われた。



軸付きコーンの高速画像処理選別

○高速画像処理装置の開発と応用 (H2～)

前述のとおり、平成初期のパソコンの処理能力では、実用的なシステムを構築することが難しかったため、産学官での共同研究（「食品加工における等級選別・乾燥工程の自動化」H3～4）では、専用の画像処理 LSI（イーゼルシャープ(株)）を採用し、道内企業と共同で独自の高速画像処理装置の開発を行った。

当時最先端であった専用のデバイスを利用することで、画素あたり 40nsec の高速な処理を可能とし、512×512 画素のモノクロ画像を 12 画面分保持できるメモリを搭載した。当時としては画期的な装置開発であった。研究開発では、食品の計測へ応用し、等級選別システムとして試作、実証試験を行った。

画像計測システムとして構築するには、専用デバイス用の処理プログラムの作成やカメラ、照明などの周辺環境の構築が必要なため、一般の製造業では導入までには至らなかったものの、その後の画像計測の試験検討において、実用レベルの高速処理が可能なシステムとして活用された。

○並列分散処理による画像処理 (H5～)

製造ラインなど、コストをかけても処理の高速化が必要な応用事例がある一方、できるだけコストをかけずに実用的なシステムを構築したいというニーズもあり、いくつかの方法が検討された。その一つが、複数のデバイスによる並列演算が可能なトランスピュータである。画像処理手法は、並列処理やパイプライン処理に向いており、トランスピュータとの親和性が高く、画像処理の高速化が可能である。

実施した研究（「並列分散画像処理システムによる形状認識・理解に関する研究」H5～7）では、乾燥ホッケをターゲットとした水産加工品画像識別システムとして、形状計測処理への適用評価を行った。

○文字認識への応用 (H1～)

文字認識は、現在では AI による認識が一般的となっているが、当時先駆的な画像処理手法による文字認識への取り組みが、企業との共同研究により行われた（「画像認識・理解に関する研究」H1～3）。

取り組みとしては視覚代行機能を持つ読書機の開発を目指したもので、FAX で送られた手書き伝票の英数字を読み上げるシステムを構築した。

処理方法としては、方向パターン・マッチング法と言われる手書き英数字認識技術をベースに、新たに「準正規化法」を提案することで認識率が向上し、共同研究企業において活用された。

○運動計測システムへの応用 (H2～)

動画像を対象とした応用展開についても取り組みを進めた（「動画像処理を用いた運動計測システムに関する研究」H2～4 など）。スポーツ教育のための支援装置として、ゴルフを対象にフォームの計測に利用しようとする試みである。

画像中の身体部位の推定や時系列画像での対応関係の検出、さらに3次元での計測など、難易度の高い処理技術に取り組んでおり、その後の動画像処理技術の展開につながった。

○屋内自律走行ロボットへの応用 (H6～)

パソコンの処理性能が向上することで、全国の公設試で画像計測の研究開発が進められるようになり、平成6年には、東北・北海道の複数の公設試が、画像処理技術の様々な応用展開を目指して、広域での共同研究を実施した（「知的画像処理を用いた視覚システムの開発」H6～8）。北海道は、路面状況の検知技術（後述）、屋内自律走行ロボットへの搭載、農産物のハンドリング向け視覚システムなど、先進的な分野への取り組みを行った。

特に屋内自律走行ロボットの開発では、ロボット本体のほかに、自由度の高い方向制御機能を備えた独自のカメラシステムを開発し、周囲の画像から自己位置を検知するなど新たな取り組みを行った。成果をまとめた試験場報告は、大学等の研究論文で引用されるなど、ユニークな研究として評価された。

○凍結路面検知への応用 (H7～)

画像を用いた検出処理のメリットは、点ではなく、面での評価が可能などである。北海道では冬季の路面凍結が事故につながる事例が多く、ロードヒーティング等の対策が採られている道路も多い。このような路面で効率よくヒーターを制御するために路面全体の状況を評価したいというニーズをもとに企業との共同研究を行った（「画像処理を用いた路面状況自動検知装置の研究開発」H7～8 など）。

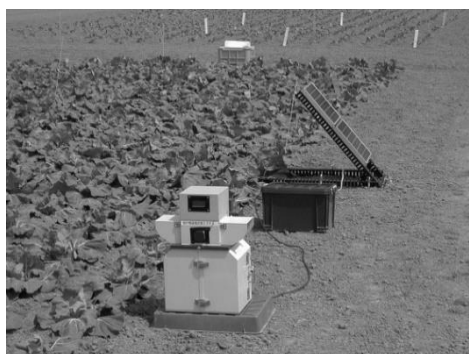
この研究では、可視光カメラによる画像と近赤外光を画像で捉えることができるカメラを使用し、乾燥路面と水、氷、雪などを近赤外光の吸収の違いによって検出するなど、凍結路面検知の新たな方法を提案するものである。可視光以外の画像を用いた取り組みとしては先駆的といえるもので、試験的に導入されるなど実用化への検討が続けられたが、冬季屋外での厳しい設置環境やコストなどが課題として残された。路面凍結の検知は事故防止の観点からニーズは高く、赤外線やマイクロ波などを用いた車載用の製品化も検討された。

○農業分野への応用（H13～）

一次産業においては、前述した農水産物の選別のほかにも様々な要望がある。形や色、大きさなどが一定でないため、難易度の高い開発となるものの、ほかに適切な計測手法が見当たらないことから、画像処理に期待し、取り組む事例が多い。

農業支援の分野では、畑においてキャベツなどの害虫であるコナガの発生状況をモニタリングする装置開発を中央農業試験場と共同で行った（「農産物害虫遠隔計数システムの開発」H13～14）。この装置は、コナガを誘引する合成フェロモンと粘着シートを装備してフェロモントラップを構成し、一定時間ごとに粘着シートに捕捉したコナガを計数するシステムであるが、コナガ以外の昆虫やゴミなども張り付き誤計数となる。このため、粘着シートの画像を取得、装置内で画像処理を実行して、コナガを識別し、その計数結果を出力する仕組みとしたものである。

画像処理を行うにはパソコンもしくは専用処理装置が不可欠であった時代に、画像センサとFPGA、マイコンによる組込み型の画像処理装置を開発し、さらに携帯電話網で一定時間ごとに計測結果を通知するシステムを実現した。また、電源を確保しにくい屋外圃場での設置を可能とするため、太陽電池と蓄電池で動作する自立型計測システムとするなど、現在でも課題の多いIoT機器の開発として、新しい取り組みであった。



害虫遠隔計数システム

○農作業機械自動化への展開（H18～）

組込み型の画像処理技術は、農業機械向け車速センサとして応用した（「車速計測のための組込向け小型画像センサの開発」H18～19、「画像を用いた農作業機械向け車速計測センサの実用化」H21）。

トラクタや農業用作業車では、車軸の回転数から車速を算出しているが、圃場の状態によっては、タイヤの滑りが発生し、正確な速度を算出することができない。このため、播種作業では適正な種の間隔を保

持できず、農薬散布などでは適正な量の散布ができないという問題が生じる。この研究開発では、トラクタに装着したイメージセンサからの画像により、地面との相対的な移動量を算出し、安定して車速を計測する小型画像センサを開発した。

これらの研究成果は、その後もステレオビジョンセンサなど、屋外作業ロボットにおける対象物の認識や環境認識向けの画像センサへと応用展開し、実用化を目指した取組みを進めている（「高精度ステレオビジョンセンサの開発と屋外作業機への応用」H22～23、「果樹園向け除草作業支援ロボットの研究開発」H23～25、「移動型作業機械向け進入接近検知センサの研究開発」H26～27など）。

○林産業分野への応用（H20～）

北海道では、成長が早く、気候風土に適した樹木としてカラマツなどの針葉樹が明治時代から植林されてきた。しかし、カラマツ材は節が多く、乾燥工程でねじれるなど課題があり、建築材としての利用用途が限られていた。このため、当场と林産試験場は、道産カラマツ材の付加価値の向上を図るために、画像処理を応用した取組みを行った。

合板製造では、乾燥工程において節が脱落しやすいことから、節を画像で検出してあらかじめ接着剤を噴霧するシステム開発に取り組んだ（「針葉樹合板の節脱落防止自動処理装置の開発」H20～21）。また、大径材のカラマツ製材工程において、特性を考慮した木取りの方法を木口断面の画像に提示するシステムの検討にも取り組んだ（「カラマツ大径材による建築用材生産技術の検討」H21～23）。

林産試験場と共同で進めたこれらの研究開発は、装置の試作により、実機での効果の確認を行っており、木材の特徴を含めた計測技術として展開を図った事例となっている。

○水産業分野への応用（H26～）

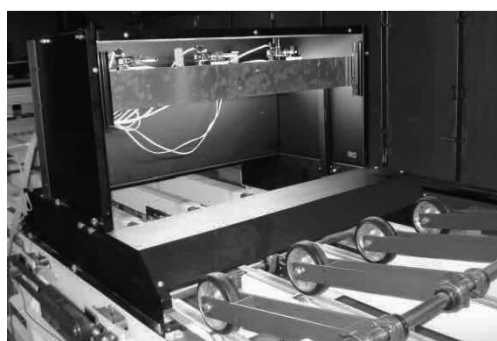
水産業への応用では、海産物の等級選別など、撮像環境の整った画像計測への取組みは既に行われていたが、海中などの特殊な環境下での画像計測の本格的な取組みは、全国的にも事例が少なかった。

道総研では、地まきホタテガイ養殖における資源量調査において、時間とコストを大幅に削減するための取組みとして、平成24年頃から水産試験場が道内の大学とともに、海底のビデオ画像を対象にホタテガイの自動計数の研究を進めていた。ホタテガイの資源量調査は、ダイバーなどによるピンポイント

での撮影画像を用いて推定する方法と、実際に試験操作をして一定エリアでの漁獲量から推定する方法があるが、非常にコストと時間のかかる調査であった。また、台風などの気象によっては、数日で海底のホタテガイの状況が大きく変わってしまうなど、把握の難しい調査である。

当時は、道内企業とともに、実用化を目指したシステム構築と処理の高速化を図り、資源量推定ツールとして実用化するための研究開発に取り組んだ（H26～28 ホタテガイ高精度資源量推定技術の実用化試験）。平成31年には、海底撮影のための装置と合わせて、共同研究企業で画像処理システムを実用化し、商用運用を開始している。

この研究開発では、AI技術の1つであるディープラーニングを用いた海底状態の判別により、ホタテ検出の計測パラメータ設定を行っており、AI技術の実用事例にもなっている。



節脱落防止のための画像検出処理

◎AI（人工知能）関連技術への取り組み

【概要】

自動機械、特に計算機（コンピュータ）が発明されて以来、人が行っている知的な行動を模倣して自動化・機械化することを目指し、様々な取り組みが進められてきた。近年の計算機能力の向上を背景に高度なアルゴリズムが提案されたことから、飛躍的な進展を遂げ、現在、AI技術として、様々な場面で活用が期待されている。

当場においても、その時代の最新技術をもとにした研究開発に取り組む、企業との共同研究や技術支援への応用展開を図ってきている。

○エキスパートシステム（S61～）

80年代のAI技術の代表的な取り組みとして、エキスパートシステムが挙げられる。これは、特定の専門分野の知識をルール化し、事象の推論や判断を行うコンピュータシステムであり、会計や医療分野を中心にAIシステムとして初めて成功した事例と捉えられている。

当場においても取り組みが行われており（「エキスパートシステム開発ツールに関する研究」S61）、道立衛生研究所との共同研究では、医療向け自動診断への応用が試みられた（「先天性代謝異常、甲状腺機能低下症診断のためのエキスパートシステムの開発」S62～H1）。当時は、パソコンの上位コンピュータとして普及していたワークステーション（WS）を用いてシステム開発することで、実用レベルの処理環境を実現していたが、知識の取得や定式化が難しいこともあり、多くの分野への展開には至らなかった。

○ファジィ制御技術（H1～）

80年代後半には、新たな情報処理技術として、人が持つ感性や表現などの曖昧さをもとに意思決定を行うファジィ理論が盛んに研究、応用された。

当場におけるファジィ理論の取り組みとして、当初から制御システムへの応用を主として研究を進め、農産物の乾燥システム等へ応用展開した（「ファジィ制御システムの実用技術に関する研究」H1、「ファジィ制御方式による農産物多機能乾燥システム」H2、「高速ファジィチップを用いた認識制御技術に関する研究」H5～6など）。

当時、様々な制御機器や家電製品にも使われていたファジィ理論は、現在では、ディープラーニングなどのAIブームの中、大きく取りあげられないものの、制御技術としては一般に広く使われる技術である。

○遺伝的アルゴリズム（GA）（H16～）

90年代には、ほかにも、生物進化から着想を得た確率的探索手法である遺伝的アルゴリズム（GA）が研究されている。当時の人工生命の研究とも合わせて、大学等では様々な研究が活発に行われていた。

当場においては、基本的な研究（「ソフトウェア製品への進化論的計算法の応用に関する研究」H16～18）をもとに、企業と共同で看護師勤務表作成プログラムの開発を行い、実用化している。看護師勤務表の作成は、3交代で勤務する看護師の複雑な組合せ問題を解くもので、非常に時間のかかる業務として、効果的な作成支援ツールが期待されていた。また、応用研究として、市街地等におけるトラックの最適な配送経路を支援する研究開発を進めた（「車両軌跡の解析による高効率配送支援システムの開発」H19）。

GAは、現在においても有効なアルゴリズムの1つであり、他のAI技術と合わせて、実用システムへ適用する研究開発が続けられている。

○ニューロコンピュータ (S63~)

ニューロコンピュータは人の神経細胞を模したニューロンをネットワーク状に結合し情報処理を行うもので、概念自体は古くからあったものの、注目されて大きく研究が進んだのは80年代後半から90年代に入ってからである。多様な構造や学習法が提案されてきたが、三層ネットワーク構造の学習法であるバックプロパゲーション(BP)法が提案され非線形問題に適用できることが示されたことから研究が盛んに行われるようになった。

当场においても基礎的な研究(「ニューロコンピュータに関する研究」S63~H1)をスタートし、その後、手書き文字認識に取り組んだ(「ニューロコンピュータの利用技術に関する研究」H2~3)。

また、BP法以外に、自己組織化マップ(SOM)に取り組み、趣向品等のクラスタリングを行うシステムへ応用展開した(「ニューラルネットワークによる感性情報の計測・評価技術」H8~10)。SOMは、様々な分野で分類等に利用出来るため、現在でも製品化検討などのツールとして活用されている。

BP法による学習を行うニューロコンピュータの技術は、その後、ディープラーニング(深層学習)として発展し、様々な分野に応用展開されるAI技術となっている。

○ビッグデータへの対応とAI技術の展開 (H28~)

インターネットの利用普及に伴い、膨大なデータが容易に取得できるようになったことから、大容量、多様性のあるデータを活用したビッグデータ解析が行われるようになった。その主要な解析技術として、ディープラーニング(深層学習)に代表される機械学習によるAI技術が提案され、様々な分野で成果を挙げ、利用が拡大している。

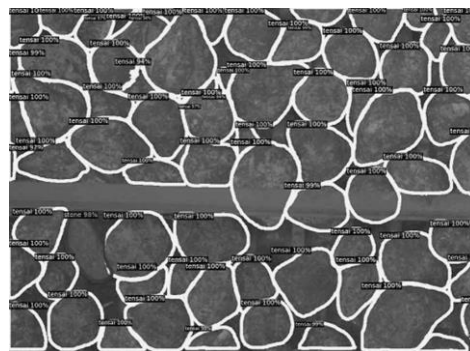
当场においても、営農における様々なデータを収集・蓄積し、ビッグデータとして解析するため、データ規模に応じたスケーラブルなクラウド型システムを構築し、AI技術の適用を検討した(「一次産業におけるビッグデータの取得技術と利活用解析技術に関する研究」H28~30など)。

AI技術では、ディープラーニングを用いた画像認識を中心に技術蓄積を進めてきており(「機械学習を用いた一般物体・空間・現象の認識に関する研究」H29~30など)、その後、屋外での野生動物等の検出技術(「姿勢推定技術を利用した侵入動物検出技術の開発」H30~R1、「牧草被害低減と利活用率向上に向けたエゾシカ捕獲技術の確立」H30~R2など)、農産物

の評価(「てん菜受入査定業務の自動化のための基礎的検討」R1など)、水産物の評価(「トキシラズの日利き判別を見える化する試み」R1)、さらに林業での資源調査(「UAVを活用した低コスト森林調査方法の研究」H30~R2)など、様々な企業支援、共同研究へ展開してきている。

また、画像認識以外の分野においてもAIによる解析や自動化の研究を進めており、ロボットの自動化に向けた応用展開などの取組みを進めている(「AIによる自律化を目指したハウス栽培管理作業向けフィールドロボットの開発」R2~4)。

現在のAI技術は、様々な分野でこれまでにない大きな成果を出している一方で、学習の方法や結果の精度など、まだ多くの課題を抱えている。特に北海道では、一次産業、二次産業での人手不足から、この分野で人に代わるAIが期待されており、今後も新たな技術要素を取り込んで、実用化に向けた研究開発を進める必要がある。



AIによるてん菜の受入査定

◎光応用計測への取組み

【概要】

光応用計測への取組みは、組織改編により電子応用部が設立後、平成元年に関連備品を導入したことで本格的にスタートした。光ファイバによる通信が当たり前になり、比較的安価な半導体レーザを利用した計測機器が製造ラインなどで利用されるようになったことから、光の特性を利用した様々な計測への応用を進め、実用化しようというものであった。

他機関での取組みが少ない分野であったことから、導入機器や研究開発により獲得、蓄積された知見は、企業向けの研修や技術支援、共同研究等で活用された。また、この分野は、画像計測技術やAIなど他分野と融合した取組みへと発展しており、一次産品や食品の品質検査、異物検査など、ニーズの高い実用研究へとつながっている。

○農産物計測への応用 (H8～)

光応用計測は、当初、精密計測などへの応用も期待され、レーザー光による干渉を利用した計測などの取組みも行われた。その後、ニーズの高い一次産業向けの計測として、収穫したジャガイモに混入する異物判別の実用化に向けた研究開発が進められた。

ジャガイモの収穫機であるポテトハーベスタは、地中に埋まっている一定サイズの塊をすべてジャガイモとして掘り起こし、収穫する方法を採っている。しかし、実際にはその中に、石や土塊がかなりの割合で紛れ込んでおり、そのため収穫機には不要な石や土塊を取り除くための作業員の同乗が不可欠である。当時、このような作業の自動化をすべく、農業機械メーカーと共同で、赤外光の透過量によりジャガイモと土石の判別を行う技術に取り組んだ(「搭載型高精度馬鈴薯選別システムの開発」H8～9)。

道内の電気機械メーカーの協力を受け、提供されたセンサを利用するなどした結果、実用化に近いレベルの判別精度に至っている。しかし、過酷な農業機械での耐久性や対象物の整列機構、さらに機器のコストなどが課題として残された。現在でもジャガイモの収穫では土石混入の問題があり、人手不足の観点からも、実用化が求められている分野である。

○可視光無線通信 (H19～)

光を使った無線通信技術は、當場でも取組みがあったものの、実用的な技術へ発展させることができていなかった(「遠隔制御のための光情報伝送技術に関する研究」H5～6)。その後、平成15年に慶応大学を中心とした「可視光通信コンソーシアム」が設立されると、照明のLED化の動きなども並行し、室内での高速通信手段として期待される技術となった。

道内の企業がこの動きに関わっていたことから、共同研究としての取組み(「可視光通信アプリケーションのユーザー向け開発環境の構築と評価」H19～20)が行われ、通信の高速化方式の提案や小型送受信機、アプリケーション開発などが進められた。

可視光無線通信は、Wi-Fiなどの電波を使った無線通信の急速な低価格化、高速化により、当初目論んでいた普及には至らなかったものの、電波利用の適さない用途などへの活用が可能な技術となっている。

○近赤外分光分析技術 (H15～)

光の波長に対する特徴的な吸収や放射によって物

質を特定する方法は、古くから化学物質の分析などに利用されている。近赤外光の波長領域においては、含まれる物質の分子構造などによって波長ごとの吸収が異なっており、これを利用した食品検査等への応用が盛んに研究されている。

当场では、食品に含まれる水分量や糖度などの計測への取組みが平成13年頃からスタートしている。特にニーズの高い果実の糖度計測では、既に計測器が市販され、農協などでの選果に利用されていたが、このような測定機器は、計測条件を整えるため、サイズが大きくなりがちだった。このため、小型でハンディな計測器の開発を目指し、糖度の計測ではトマトを対象に(「果実用非破壊糖度計測装置の開発」H15)、水分計測では乾燥ホタテ貝柱を対象に取り組んでおり(「道産ホタテガイの高付加価値化のための品質評価システム及び品質保持技術の開発」H16～18)、製造現場で簡便に利用できる小型計測器の開発を進めた。さらに、生・冷凍ホタテの貝柱計測への適用では、おいしさの指標とされるグリコーゲン含有量計測の可能性を確認し、近赤外分光法を応用した新たな計測機器開発の可能性を示した。



携帯型近赤外水分センサの開発

○分光イメージング技術 (H19～)

近赤外分光分析技術は、その後、画像計測技術と融合して、分光イメージング技術へと発展している。

分光分析では、一般に点もしくは全体の平均値としての計測となるため、部分的な欠陥など、偏りのある対象物に対して正確な計測・評価は困難であった。平成19年度頃から、複数の波長における光の強度分布を画像として捉え、画素ごとの吸収スペクトルにより分析する手法の研究を行った(「マルチスペクトル画像を用いた食品品質計測技術の開発」H19～20、「近赤外分光イメージングによる食品の品質及び安全性の同時モニタリング技術開発」H20～21など)。これらの研究は、食品の品質に関わる成分のモニタリングや非金属破片、毛髪などの異物を同時に検出

可能とする技術開発である。特に食の安全性が求められる今日では、食品の安全性を非破壊、リアルタイムで評価する技術として期待されている。

この取組みは、AI などの新たな手法を導入しながら、引き続き道内企業などと実用化へ向けた研究開発を進めている（「食品製造工程の自動化技術の開発」R1～3）。

◎音声・音響処理技術への取組み

【概要】

音声処理等に関する技術は、機器の振動や騒音分析からスタートした。平成元年度には、研究職員を増員し、本格的な音声処理に取り組んでおり、アクティブノイズコントロールや電気人工喉頭など、応用範囲の広い技術として、取組みが進められてきた。

○騒音計測・防止技術（S62～）

電子応用部開設直後の昭和62年度から取り組まれたものは、作業空間内での音響診断システム（「防音診断システム」S62～63）で、当時のパソコンをはじめとする関連機器の性能向上により、騒音源の探査などを実現しようとしたものであった。除雪機のオペレータールームへの適用では、騒音源を突き止め対処することで、大幅な静音化を実現している。

また、アクティブノイズコントロールは、組込み向けコンピュータが高速化し、DSP（デジタル・シグナル・プロセッサ）など信号処理に利用できる機器が市販されるようになってきたことから、騒音の低減に利用する研究が進み、現場でも取組みが始まった（「高速デジタル信号処理を用いたアクティブ・サウンド・コントロール技術」H5～7）。

高速なデジタル信号処理により、対象となる音波を計測して位相を反転し、音波の空間伝搬に合わせてスピーカーを駆動させることにより、対象となる音波を打ち消すというものである。マイクやスピーカーなどの特性や処理の精度の問題もあり、完全に打ち消すことは難しいものの、空調など比較的低音域の騒音に効果的であったことから、工場などでの実用を目指して研究が進められた。

○電気人工喉頭の開発

電気人工喉頭は、喉頭ガンなどにより、発声機能に障がいを受けた人が、音源機能の代替えとして利用する機器である。担当研究職員が大学院時代からの研究を現場に持ち込んで、さらに研究開発を進め、10年を経てからの実用化となっている。

福祉機器の多くは欧米の製品で、国産品が非常に

少ない中、道内企業の新たな参入により製品化となった。製品化へ向けた研究開発では、機能だけでなく、デザイン面など、当場の複数の部署による長期に渡る支援が行われ、実用化へとつながった。製品化された電気人工喉頭は、その後も音質やゆらぎなど、改良が加えられて（「リモコン操作によるハンズフリー型人工喉頭の製品化」H22、「高音質型電気式人工喉頭の開発」H26～27など）、現在3世代目の製品が展開されており、当場のシーズからスタートした代表的な製品化支援事例といえる。



電気人工喉頭の開発

また、開発した電気人工喉頭でも利用されている1/f ゆらぎの技術は、LED照明をロウソクの炎などの明かりに近い自然なゆらぎを付加させるものとしても利用されており（「人間親和型 ICT システム開発のためのインタラクティブインターフェース技術に関する研究」H21～23）、道内企業により製品化された照明機器はホテルなどで利用されている。

○音声生成システムの開発（H21～）

喉頭機能の障がいだけでなく、様々な理由で発話が困難な人々を支援するため、リアルタイムで音声を生成する機器の開発にも取り組んだ（「人間親和型 ICT システム開発のためのインタラクティブインターフェース技術に関する研究」H21～23）。

このような支援機器としては、事前登録のメッセージを再生するものやキーボードから入力した文章を音声合成して読み上げるものがあるが、内容が限定され、リアルタイムでのコミュニケーションに制約が生じるなどの課題があった。現場では、スマートフォンやタブレットなどで動作するアプリケーションとして、指で画面をなぞることでリアルタイムに音声を生成可能とする技術の開発を行った。この技術は道内企業で商品化され、一般ユーザーも利用可能なアプリケーションとして、提供されている。

◎組み込み技術への取組み

【概要】

一般に、システム等の装置内に組み込まれて、特定の情報処理を担う機器開発の技術を組み込み技術と呼んでいる。特に明確な規定はないものの、通常、消費電力や占有スペース、リアルタイム性などいくつかの制約を受けることから、マイコン等を活用して用途に特化したシステム開発を行う技術分野である。

札幌では、90年代「サッポロバレー」とも言われるIT企業の集積が起こっており、早くからマイコンを応用した組み込みシステムへの取組みや国産OSともいわれたTRONプロジェクトの取組みが始まっており、さらにその後、複数の大学、道内企業が参画した研究プロジェクト（「札幌ITカロッツェリアの創成」H14～18）の実施により、組み込み技術だけでなく、様々な製品開発への展開につながっている。当時は、このような道内企業の動きに連携して、技術開発に取り組んできた。

○マイコン活用による制御システム構築

初期の取組みの1つとして挙げられるのは、牛舎内の飼料配送システムである（「スタンション式牛舎内における自動飼料配送システムの研究」S61）。人手のかかる一次産業において、比較的自動化が進みつつあったのが畜産関係で、同時期には、搾乳の自動化システムなどへの取組みも行った（「搾乳ロボットの開発に関する研究」S61～H1）。

開発した自動飼料配送システムは、係留された乳牛へ、個体別に必要な量の飼料を配送するもので、開発に必要なライブラリやモジュールなどが容易に手に入らなかった当時、ほぼゼロからのプログラム開発となっている。複数台のマイコンをコントローラとして使用し、マイコン間で通信してシステム全体の制御を行うなど、当時としては比較的大掛かりなシステム開発である。当時、マイコンを用いたシステムは特殊な用途に限られており、特に一次産業向けとしては、先進的といえる取組みであった。

当場では、比較的早い時期から企業と連携して、マイコンを活用したシステム開発の取組みを進めてきており、計測処理や制御などで次第に高度な処理が必要になるなか、企業からの相談に応じた多数の技術支援を行ってきている。

○組み込みシステム開発技術（μITRONの活用）

携帯電話が、AndroidやiOSを搭載したスマートフォンへ移行する前、日本の携帯電話に搭載されてい

【やまトロン】

国産OSの開発と普及を進めるため、昭和59年、東大の坂村教授がTRONプロジェクトを発足している。当場では、平成10年頃から、マイコンの組み込みシステムにリアルタイムOSを導入すべく、同プロジェクトで開発されたμITRONをベースに取組みが始まった。移植と言っても、プログラムのコードをほとんど見直す作業となっており、当時開発されたOSは、研究の代表者名（工試OBの山本寧氏）から「やまトロン」とも呼ばれ、親しまれた。この研究開発がベースとなって、後にミドルウェアなどへの取組みが進み、現在の様々な機器開発へとつながっている。平成15年には名古屋大学の高田先生がITRON普及のためにToppersプロジェクトを設立しており、当場は特別会員として支援活動を行っている。

るOS（基本ソフトウェア）といえ、ほとんどがμITRONという時期があった。μITRONは、東大の坂村教授が開発した「TRON」を小型組み込み機器向けリアルタイムOS仕様としたもので、当時、日本の組み込みシステムで、最も使われたリアルタイムOSである。

当場では早い時期から組み込み向けOSに取り組んでおり、その後設立されたToppersプロジェクトでは、同様に取組みを進めていた他県の公設試とともに参加して、企業への導入支援を推進してきた。当場の取組みとしては、様々な仕様で製品化されていたマイコン向けにμITRONを移植するほか、機能を拡充するためのミドルウェアの開発を進めた（「組込システム・オープンプラットフォームの構築とその実用化開発」H14～15）。

12年に入ると「ユビキタス社会」という言葉も使われだし、ネットワーク接続に対応した組み込み機器開発が課題となった。ネットワーク接続に必要なTCP/IPプロトコルスタックが苫小牧高専の阿部教授により開発されていたこともあり、当場では共同で暗号化等のセキュリティ機能を付加するなどの開発に取り組んだ（「組込システム向けネットワーク接続ソフトウェア群の開発」H17～18）。この取組みは、その後、IPv6対応へ展開するなど、μITRONをサポートする継続した取組みとして進めた（「ユビキタスサービスプラットフォームに対応した組み込みシステム用TCP/IPプロトコルスタックとサポートシステムの研究開発」H22～23）。

○FPGA を用いたリアルタイム処理技術

画像など情報量の多いデータを扱うシステムやロボットなど制御応答に高速性を求める分野では、マイコンなどの組込み向けデバイスでは処理能力が不足するケースがある。近年のFPGAデバイスの低価格化、大容量化で、このようなケースに必要な機能をFPGA上に実装した組込みシステムが可能となった。

当场では、前述した画像計測へのFPGA利用のほか、暗号化処理に一部FPGAを利用して高速化を図る取組みが行われた（「ソフトウェア／ハードウェア協調処理による暗号通信処理システムの開発」H19～20）。FPGA上に実装したプロセッサコアとAES暗号化処理の組合せの検討を行ったもので、プログラムでの処理（ソフトウェア）とFPGA上の回路での処理（ハードウェア）のバランスを、要求される処理速度や回路規模、消費電力などによって柔軟に変更できる可能性を示したものである。今後のシステム開発の方向性を示すものとして、成果は国際会議で発表した。

○農業機械向け通信国際規格 ISOBUS 対応 (H24～)

ヨーロッパにおいて定められた通信の国際規格ISOBUSは、メーカーを問わず、トラクタと農業機械を接続して制御可能としたものである。車載系のネットワークとして広く普及しているCANをベースにしており、規格に対応した機器を通信ケーブルで接続するだけで、操作端末から様々な作業機のコントロールが可能となる。

道内の農業作業機メーカーでは、国外のトラクタや作業機との接続や、ヨーロッパへの作業機の輸出のための対応が迫られており、当场は農作業機メーカーと共同して、接続のための機器開発の支援を行った（「農業機械におけるシンプル化と情報化・高度化を両立する通信制御共通化技術の開発」H23～25、「高度通信制御技術を活用した次世代型ポテトプランタの開発」H24～26）。

ISOBUSへの対応では、とち財団を中心とした取組みも行われており、当场もアドバイザーとして参加し、継続した支援を行っている。

○高信頼ソフトウェア開発技術 (H18～)

現在の一般的な自動車には、ECU（電子制御ユニット）と呼ばれるコントローラが30個以上搭載され、様々な機器制御を担っている。このようなシステムでは、1つのユニットのちょっとした不具合が人命を失う大きな事故につながる可能性があり、プログラム開発には高い信頼性が求められる。

当场では、このような信頼性の高いプログラム開発に向けた取組みとして、機能安全に関する国際規格に対応した開発手法について、産総研や企業などと共同プロジェクトに取り組んでいる（「機能安全対応自動車制御プラットフォームの開発」H18～21）。実際に自動車制御用オペレーティングシステムやミドルウェアの開発を行ってノウハウの蓄積を進め、さらにヨーロッパの認証機関からも意見をもらうことで、国内でも高いレベルの開発技術を有することとなった。

その後、「形式手法」と呼ばれる、数学を基盤とした開発手法を組込みソフトウェア開発へ導入する取組み（「形式的仕様記述を用いた高信頼ソフトウェア開発プロセスの研究とツール開発」H22～24、「フォーマルモデルを活用した組込機器セキュリティテスト支援ツールの開発」H27～28）を進めており、蓄積した技術やノウハウは、企業との共同研究や普及活動を通して、道内IT企業におけるソフトウェアの品質の向上につながっている。

○コンピュータグラフィックス (CG) 技術 (S62～)

現在では、実写映像と見間違うCG（コンピュータグラフィックス）が当たり前となっているが、電子応用部設立当時、コンピュータはやっと実用的な解像度で表示できるレベルであった。いわゆるフルカラー表示をユーザーが一般に利用できるようになったのは、90年代半ば、マイクロソフトがWindows95を発表した頃からである。当時、512×512画素程度のコンピュータで描かれた様々な図形や文様は、CG展と称して、有料で展示会が催されることもあった。特にレイトレーシングなど精細なCGの生成技術は、コンピュータの処理能力の非力さもあり、大きな研究領域であった。

当场では、当時、ワークステーションを導入して、この領域に取り組んでいた。研究領域としては、CGの生成手法について、ほとんどオリジナルでのプログラム開発を行っており、全国的にも進んだ取組みであった（「3次元コンピュータグラフィックスの動画処理に関する研究」H1など）。

CGの生成に関する取組みは、その後、森林の成長シミュレーションや橋梁の景観シミュレーションなど、実務的な領域まで展開しており、単なるグラフィックの美しさだけでなく、樹木の生育過程や設計データを反映した技術的なCG生成の取組み（「森林アメニティ創出のための画像処理システムに関する研究」H2～3など）として、高く評価されていた。

この分野は、その後、コンピュータの処理性能が向上し、利用が拡大する中で多数の市販ソフトウェアやツ

ールが提供されるに至り、技術的な取組みとしては途絶えているものの、道内企業との共同研究に発展するなど、業界からも注目された先進的な取組みであった。

○降雪センサの開発 (H1～)

昭和62年、当時、冬季の自動車に常用されていたスパイクタイヤが規制されてスタッドレスタイヤが主流になったことに伴い、道路の凍結対策のためロードヒーティングが急速に整備された。また、家庭においても除雪の労力が不要となるということでロードヒーティングの導入が盛んに行われた。

路面の雪や氷を完全に溶かすため必要以上の加熱を行い、余分なコストがかかっていた。このため、降雪の状況により高精度な制御を行うことでロードヒーティングの維持費（運用コスト）の低減を目的として、降雪を検知する精度の高いセンサ開発を企業と共同で進めた（「ロードヒーティング用降雪センサの開発」H1）。

検出技術としては、気温と露出した電極のインピーダンスの変化から降雪を判断し検出結果を出力するものである。当時の同様のセンサ製品に比較して、価格、サイズ、精度の点で高い優位性があったことから、企業の主要な製品として販売された。

降雪センサは、その後も改良が加えられ、継続して販売されており、さらに開発した技術をベースに、気温や風速、風向など複数の気象データを計測するセンサなどへ応用展開されている。



降雪センサの開発

○電力関連技術への取組み (H24～)

アナログ回路設計技術による企業支援事例として、太陽光発電などにより生成した電力や蓄電池からの電力を交流に戻さずに利用する、直流合成による電力利用への取組みがある（「自然エネルギーの直流電力合成の効率改善に関する研究」H24～25、「自然エネルギー直流電力合成システムの開発」H25～26）。

現在の多くのシステムでは、直流で生成された電力を交流に変換して、消費もしくは売電している。さらに、家電製品の多くは、内部で直流に変換して利用

している。このような交流と直流の変換を繰り返すことは、電力の損失につながっており、これをなくすことで電力の有効な活用を図ろうとする取組みである。現実には直流で利用するには機器の電源部分を直流対応にするなど、多くの課題があるものの、新しい取組みとして注目を集めている。

○色計測処理技術 (H14～)

色の計測は、工業製品だけでなく、一次製品の等級選別などでも必要とされる。工業製品向けの測色計などは市販されているが、水産物などを対象として利用できるものはなく、照明や表面の状態などに影響されるため、目視による判断ではばらつきが生じやすい。特に、鮭は、身色などで等級選別されるが、外観からわかりにくく、選別場所や選別者により発生するばらつきが問題となっていた。

そのため当场では、水産試験場や漁協と共同して、新たに鮭の身色を計測する専用の計測器の開発に取り組んだ（「北海道産鮭の品質等級判別システムの開発」H17～18、「アキサケ身色計測装置の製品化技術の開発」H22など）。計測は、光プローブを鮭の一部に差し込んで、鮭を解体せずに身色等の計測を可能としたもので、分光測色計を使用することで、高い判別精度を実現した。コスト等の問題で、製品化まで至らなかったものの、色の計測や処理に関して、技術やノウハウの蓄積となっている。

色の計測、処理技術は、その後、写真の褪色復元技術へとつながっている。デジタルカメラなどの普及に従い、写真や印刷物などの紙媒体から取り込む需要が減少し、高精度なスキャナ製品がなくなりつつある。このため、紙媒体で残されたもののデジタル化や保存が課題となった。さらに、古くなって色褪せた写真等は取り込んだあと、色の復元のニーズが多くあった。

このような状況に対応するため、当场では企業と共同で、北大において開発された色の復元方法をベースに褪色復元の手法に取り組んだ（「褪色カラー写真復元システム改善のための技術開発」H27～28、「褪色カラー写真の色復元システムの高度化に係る研究開発」H28）。さらに、カラー写真等の取り込みを高精度に行うための撮像系を構築し、褪色復元サービスの商用化を実現した。

この技術は、テレビメディアでも取り上げられ、大きな話題となった。また、美術品などを対象としたデジタル化や描かれた当時の色彩を復元する技術としても応用展開されている（「褪色カラー写真の美術品適用可能性に関する研究開発」H29～30）。

○電磁波応用技術への取組み (H11～)

電磁波に関する取組みは、平成10年度の小型電波暗室導入に前後して始まっている。EMCの電磁波環境への対策は小型電波暗室と対応する計測器の導入が必要であった。その後、令和元年には、3m法の電波暗室やシールドルームなどを備えた施設「モノラボ」を開設しており、設備面での拡充が図られた。これらの設備は、企業による利用が主目的であるが、共同研究、共同開発の基盤施設となっており、試験研究設備としても活用されている。

電磁波を利用したセンシングでは、物質の電磁波吸収波長の差を利用する。路面凍結検知に関する研究（「車載型路面凍結検知技術の開発」H22～23）では、自動車に搭載してリアルタイムに路面状況を検出するための取組みで、二つの周波数帯における吸収率の違いを用いることで、水や氷、雪、乾燥状態の判別可能性が得られた。車載には装置の小型化など課題が多く、実用化には至っていないが、得られた知見はその後の電磁波応用技術に活かされている。

また、テラヘルツ波など光と電波の中間の波長を用いた物質のセンシングへの取組み（「超高周波領域センシング技術に関する基礎的研究」H20～21、「テラヘルツ波を用いた魚油脂の酸化度計測技術の開発」H24～25など）では、油脂成分における分子構造が酸化によって変化し、それがテラヘルツ波の吸収量の変化として捉えられることを明らかにした。この結果は、テラヘルツによるセンシングの可能性を示すものとして国際会議で報告した。

また、近年では、光や電磁波のフィルタリング技術として、波長スケールで構成した周期構造により透過特性などをコントロールできる「メタマテリアル」の作成技術などにも取り組んでおり、電磁波応用技術の対象範囲を広げる取組みとなっている。

おわりに

これらの取組みは、電子・情報系における試験研究の歴史の一部である。企業への技術支援としては有効な取組みでも研究課題としては実施されなかったもの、企業支援には至らなかったもののその後の研究に影響を与えたもの、さらに苦勞して取り組んだものの期待した成果が得られなかったものなど、多数の取組みが背景にあり、現在に至っている。

電子・情報系、いわゆるIT分野は、今後ますます適用範囲が拡大し、ものづくり、システム化における基盤技術として重要度が増すものと考えられる。特にAI技術など、急激な発展を見せている分野もあり、将来の北海道の一次産業やものづくりを支える技術として、必要な技術を見定めながら、今後も継続的な研究開発、技術支援を進めていく。

(4) 化学技術分野

◎高分子材料の性能向上・機能性付与技術に関する研究

【概要】

プラスチックなどの高分子材料は、軽量で錆びないなどの特性を有していることから様々な分野で使われている。またこの材料は各種の充填材や添加剤を加えることで単一素材で不足する性能を補うことや新たな性能を付与することが可能な材料であり、その研究事例をここで紹介する。

○耐摩耗性農機具部材の開発研究 (S53)

農業耕起用機械（プラウ）の表面にプラスチック板を取り付け、土砂付着防止と金属刃の摩耗損傷防止を目的として使用しているが、摩耗が著しいため耐摩耗性の良好なプラスチックが要求されている。このため、ポリエチレン樹脂 3 種に、各種無機充填材を添加したプラスチック板を成形し、磨耗輪や研磨材による摩耗試験を実施した。充填材にアルミナや炭化ケイ素・炭化ホウ素を 20～30 重量%添加すると、摩耗量が最小で良好となることを明らかにした。

○シラスバルーン／ポリエチレン複合体の力学的及び熱的性質 (S54)

国内の未利用資源である火山灰を原料とした微小中空体のシラスバルーン (SB) が、軽量かつ断熱性に富む点に着目して、ポリエチレン樹脂との複合体とした場合の性能について検討を行った。その結果、この複合体の機械特性は SB 配合率の増加とともに低下する、また熱伝導率は SB 配合率が大きく、成形圧が低いほど小さくなることを明らかにした。

○無機物充填プラスチックのざらつき摩耗に関する研究 (S54～57)

プラスチックの耐摩耗性向上を目的に、超高分子量ポリエチレン (HMPE) に粒度や充填率を変えてアルミナを添加した時の摩耗特性や機械特性について検討を行った。また、プラスチック中でのアルミナの分散状態を変えるため、混合方法や表面処理剤による界面接着力向上の検討も行った。さらには、充填材を含まない市販の汎用プラスチックやエンジニアリン

グプラスチックのテーバー摩耗試験の基礎的データ蓄積を行った。

○青函トンネル漏水防止樋材の海水浸漬試験 (S56)

青函トンネルに設置される漏水防止樋の被覆材に使用する材料選定のため、合成ゴムやポリ塩化ビニル・ポリエチレンなどの材料について、海水浸漬やトンネル内暴露した際の物性を比較評価した。各種材料の引張試験、引裂試験、硬さ試験、圧縮永久ひずみ試験、加熱老化試験、接着剥離試験の経時変化を明らかにし、樋設計の際の一資料となった。

○気液分離膜を利用した高密度養殖に関する研究 (H1～2)

気液分離膜のチューブを組み込んだ装置では、水に含まれるガスを分離することや、水中にガスを溶解することもできる。このデガッサー特性を利用し、魚介類の飼育や輸送時の水に必要な酸素の補給や、排泄物中のアンモニア・炭酸ガスの除去により、飼育水の長期間無交換の可能性について、民間企業と共同で検討を行った。その結果、飼育水中への酸素の補給が暴露法よりも速いことを明らかにした。また水中のアンモニアや炭酸ガスの除去については、アルカリ水製造装置を併用することで低減できることを明らかにした。

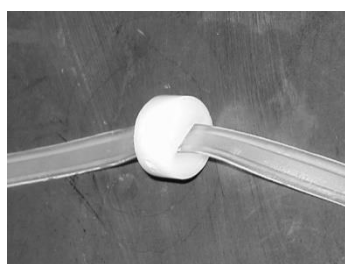
○合成樹脂発泡体の寒冷地トンネル用断熱材への応用 (H2～3)

北海道では地域幹線道路の整備を進めているが、寒冷地であるため従来工法による道路建設・整備では、凍害によるトンネルの変状、コンクリートの劣化などの問題があり、それらの防止が要求されている。本研究はトンネルにおける凍害を防止するために合成樹脂製発泡体を断熱材として使用する際の性能評価や施工上の問題点などを把握する目的で、企業 2 社と検討を行った。トンネル内で断熱材が受ける挙動を検討して、断熱材の見掛け密度（発泡倍率）と圧縮強さや熱伝導率等各種物性とに相関があり、密度測定によりこれら物性がある程度推定できることを明

らかにした。また国道 38 号の新野花南トンネルで断熱材の施工試験を実施した。

○形状記憶高分子ゲルを用いた人工医療弁の開発 (H9~10)

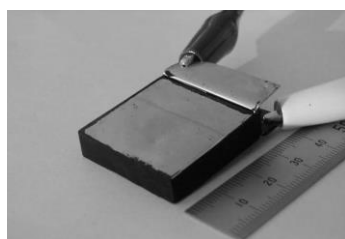
北海道大学で開発された形状記憶機能を有する感温性高分子ゲルを用いて、人工医療弁として実用化するための技術開発を大学・企業とともに行った。その結果、形状記憶高分子のベンチスケールでの大量合成技術を確立した。また人工弁の動作特性を確保するため形状記憶高分子に微粒子フィラーを分散する技術を確立した。さらに発熱体とチューブを組み込んだ形状記憶高分子の人工弁を作製し、電気エネルギーによって人工弁を作動させるデバイスの動作評価を行った。



チューブを組み込んだ形状記憶高分子

○機能性高分子ゲルの応用化に関する研究 (H11~13)

前述研究の形状記憶高分子ゲルは、形状記憶性及び温度感応性、pH 応答性などの特性を持つことから、本材料の応用利用を目指した検討を行った。導電性フィラーにカーボンブラックを用いて形状記憶高分子ゲル自体に導電性を付与し、自己発熱により動作させるため、カーボンブラックの種類、添加量や架橋技術を見直し複合化した形状記憶高分子ゲル発熱体を試作し、機械特性や発熱時の特性を明らかにした。

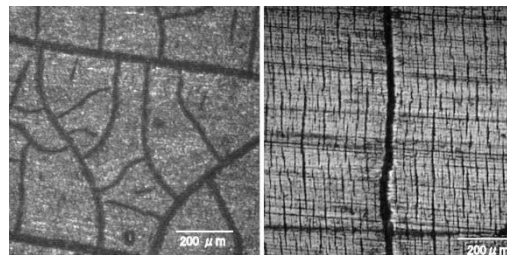


形状記憶高分子ゲル発熱体

○高分子材料の劣化予測に関する研究 (H16~17)

高分子材料は大気中の酸素・水分・熱・紫外線などの環境要因によって劣化し、その劣化状況を素早く予測することが製品設計の課題となってきた。そこで、短時間、低コストで高分子材料の耐久性を評価し劣化状況を推測する手法について、検討を行った。汎

用プラスチックについて屋外暴露試験と促進暴露試験を行い劣化の状況を観察し、暴露状況から 4~5 年後の劣化を予測することが可能であることがわかった。また屋外と促進暴露の関係について検証し、両者の関係を明らかにした。



屋外暴露 2 年後の樹脂表面
(左:ABS 樹脂、右:PP 樹脂)

○低環境負荷型難燃性高分子系複合材料の開発 (H22~24)

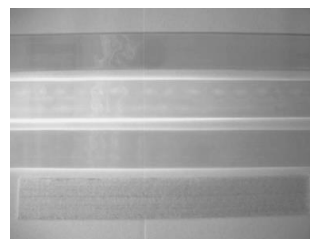
複合材料の建材への展開を図るため、プラスチックに難燃効果を付与する材料として、酸化物、高結晶水含有化合物、Intumescent 系難燃剤、低融点ガラス、ゼオライトを選定し、プラスチックに複合化した際の各種特性を明らかにした。また木製ブラインドの防火化の検討を行い、(財)日本防火協会の防火製品の認定を取得した。



熱可塑性プラスチック/ゼオライト複合材の
発泡炭化層の形成

○機能性フィラーのプラスチック中への分散化技術に関する研究 (H25~27)

高付加価値化が求められているプラスチック製品の開発に向け、高機能性フィラーを各種プラスチック材料中に均一に分散させる溶融混練技術について検討を行った。その結果、ポリカーボネート樹脂へ蛍光希土類錯体を複合化させる成形加工条件を確立した。また天然黒鉛由来のグラフェン様カーボン材料を熱可塑性樹脂に複合化する検討を行い、成形加工条件と導電率特性との関係などを明らかにした。



蛍光希土類錯体を複合化した樹脂成形体

○繊維複合化無機ポリマーに関する研究 (R3~4)

無機ポリマーは、形成反応、生成物の種類及び硬化体の得られる条件などについてはまだ不明な部分が多い。そこで原材料の配合条件や養生条件などが硬化体の物性に及ぼす影響を明らかにすることを目的に、繊維状フィラー、軽量フィラー等の複合化によりジオポリマー硬化体の改質検討を開始した。

◎高分子材料の成形加工技術に関する研究

【概要】

プラスチックなどの高分子材料は、その使用用途によって、様々な成形加工技術が時代とともに開発・実用化されている。ここでは主に新たな成形加工技術の実用化を目指した研究事例を紹介する。

○コンクリート製酪農建造物の防食ライニング技術の研究 (S53~56)

コンクリート製酪農建造物（サイロ、し尿槽）の需要が当時急速に増大していたことから、酸、アルカリに対し耐食性が良好で安価なライニング材料の開発と施工技術の確立を目的に、民間企業と検討を行った。ライニング材料には、廃プラスチックも利用し、コンクリートブロックへの浸透性及施工性を考慮した樹脂液粘度特性や長期使用の面から耐摩耗性及耐薬品性等性能評価を行い、樹脂やゴムをブレンドしたライニング用樹脂を確立した。この樹脂を実体のサイロへの施工試験を行い、2年間の経過観察で、実用性能において十分使用できることを明らかにした。またこのライニング材料は、し尿槽にも利用できることを明らかにした。

○プラスチック粉体流動浸漬法による鉄鋼材料の防食に関する研究 (S57~59)

鉄鋼材料の防食技術として、加熱した鉄鋼材料を粉体状のプラスチック中に浸漬することで鉄鋼表面の樹脂層を形成させる表面処理方法がある。これに使用するプラスチック粉体の耐候性及耐寒耐久性などの向上と、鉄鋼材料の防食性能向上を目的として検討を行った。樹脂には塩化ビニル樹脂を使用し、可塑剤や安定剤等を配合した材料の流動浸漬条件と成形性の把握、得られた試料の促進耐候性試験や耐寒性評価を行い、その傾向を明らかにした。その結果諸要求性能を満たす仕様を見いだした。

○プラスチックの射出成形用溶射金型の製作 (S62~H2)

プラスチックの種類や用途拡大による多様化で多品種少中量生産が主流となってきている。このためこれに使用する金型にはより短期間で低コストでの製作が望まれている。プラスチック射出成形用金型を、金属溶射法を利用して製作する技術の確立を目的に検討を行った。裏打ち材には強度や熱伝導率等を考慮し、ガラス繊維やグラファイトを複合化した樹脂を使用し、溶射材料としてスズ系や亜鉛系の合金を用い、金型を試作した。試作金型でのプラスチック成形試験を行い、また成形性及耐久性等各種評価を行い技術の知見を蓄積した。さらに溶射膜の耐久性向上のため膜表面のめっき加工や成形機の型締め圧に耐えられる構造などの技術を確立した。

○反応射出成形(RIM)加工技術に関する研究 (H3~4)

RIMは、大型プラスチック製品や複合材料製品を液状樹脂からわずか1~2工程で成形できる省エネルギー型の成形技術として注目されているが、道内で導入している企業は少ない。このため、その成形技術について、平成3年度は工業技術院大阪工業技術試験所でエポキシ樹脂に各種強化繊維を充填したSRIM(Structural RIM)の成形実習・物性評価を行い、技術を習得した。平成4年度は簡易なRM/RTM用の樹脂吐出装置として、既存の硬質ウレタン発泡機を用いた試験を行い、樹脂の吐出圧力と吐出量の関係や2液の混合状態などに関する知見を得た。

○ディスプレイシート用コーティング材の性能評価試験 (H15)

屋外で使用されるインクジェットプリンター出力物（看板、垂れ幕など）は、耐候性を向上させるためにラミネートやコーティング剤の塗布を行っている。本研究ではインクジェットプリンターで塗布したコーティング剤の耐候性評価を民間企業の依頼で行った。水性及び油性インクで印刷された基材の上にコーティング剤を塗布して、屋外及び促進耐候試験を行い、試験前後の色彩変化で性能評価をした結果、従来使用していたラミネートフィルムよりも変色が少ないことを明らかにした。また印刷されたインクが水性よりも油性の方が変色が少ないことがわかった。

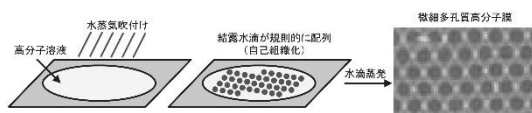
○細胞デバイス用微細孔径ハニカム膜の単一工程

製造技術の開発 (H16~17)

結露現象と溶媒キャスト法を組み合わせた単一工程によって、細胞チップや組織工学用細胞培養シートなどに用いる微細孔径ハニカム膜の製造装置を開発することを目的に、北海道大学や複数の民間企業と共同で検討を行った。この中で当場は工業的にハニカム膜を製造する際に迅速に品質を評価できる品質検定技術について検討した。作製したハニカム膜の機械的強度を明らかにするとともに、膜の残留溶媒の分析方法及び膜の細孔の直径や面積などを画像解析により品質検定する技術を確立した。

○自己組織化による微細多孔質高分子膜の製造技術に関する研究 (H17~18)

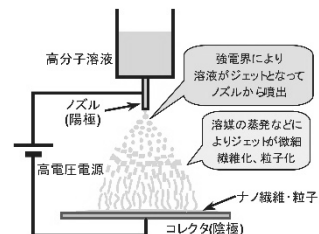
自発的に微細な均一形状の孔が規則的に配列する自己組織化による高分子膜は、単一工程で製造できることから様々な分野に応用の可能性がある。この高分子膜を製造する新しい微細加工技術を開発することを目的に、北海道大学・民間企業と検討を行った。ポリ乳酸やポリスチレン系高分子素材を用いて微細多孔質膜の作製条件を見だし、作製した膜の構造や引張強度などの特性を明らかにした。また当該膜の応用として表面プラズモン共鳴センサについて検討し、従来構造のものより感度の高いセンサを開発した。この研究で得られた表面プラズモン共鳴センサの構造及び製造方法について特許を出願した。



自己組織化微細多孔質高分子膜の作製（概略）

○エレクトロスプレー法によるナノマテリアル製造技術に関する研究 (H18~19)

ナノ繊維の製造に用いられるエレクトロ・スプレー・ディポジション法(ESD)により高分子材料のナノマテリアルを創製する技術の確立を目的に、北海道大学、物質・材料研究機構と検討を行った。材料にポリビニルアルコールやキトサン・アルギン酸・ゼラチン・ポリ乳酸樹脂などを用いたナノ繊維の最適な製造条件を明らかにした。また生体材料、フィルタ素材、電子部品等への応用を目指し、製品形状をシートのほか、小径チューブの自動製造機構を設計・試作し、その製造可能性を見いだした。



エレクトロスプレー法概念図

○デジタルチューナー用携帯アンテナの小型化を実現するためのプラスチック成形加工技術の開発 (H18~20)

地上波デジタル放送の開始に伴い、携帯可能な小型・軽量・薄型アンテナの開発が急務である。本研究ではアンテナ部品全てをプラスチックで一体成形を可能とする携帯用小型アンテナの射出成形技術の確立を目指し、民間企業2社、山形大学とともに検討を行った。ガスアシスト成形、炭酸ガス成形及び特殊インサート成形による技術確立のため、射出成形CAEによる流動解析や、樹脂の比熱や機械的特性評価を行うとともに、各種成形条件の検討を行った。その結果、受信基板とアンテナの一体化と折畳み機構を導入し、小型・軽量化、複合化成形に基づく後工程の削減と部品点数の削減、さらにはプラスチックの特色である外観性を生かしたデザイン設計を実現することができた。

○回転成形同時発泡技術の開発 (H19~21)

プラスチック成形法の一つである回転成形法によるポリエチレン表皮/ポリエチレン発泡体一体同時成形技術を確立し、断熱性、軽量化、緩衝機能に優れ、かつリサイクル性にも優れたプラスチック複合体による高機能性保冷容器の開発を、民間企業と行った。表皮材や発泡体の熱特性把握、最適な成形条件を確立し、回転成形同時発泡による小型断熱容器の試作を行った。また400Lや1,000Lの大型保冷容器の製造条件も確立した。成形体の断熱性能、強度特性などの機能性に優れていることを明らかにした。さらに金型構造の適正化検討で、金型の簡易化・軽量化の知見を得た。



開発した保冷容器とその断面構造

○微細多孔質高分子膜によるバイオセンサーの開発 (H19)

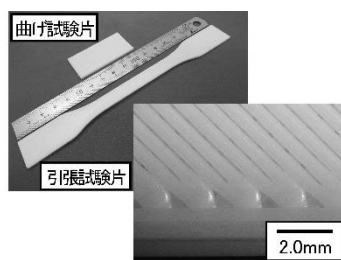
自己組織化法を用いてバイオセンサーの一つである表面プラズモン共鳴センサーチップの生体関連基質の固定化に用いる新規の機能性膜の開発を実施した。センサーチップの金薄膜上に自己組織化法による微細多孔質高分子膜を作製する手法や材質について検討した。また高分子膜の表面処理方法を検討した。その結果、作製した高分子膜は従来のセンサーチップに比べて、高感度であることを見いだした。

○高感度マルチチャンネル携帯型 SPR バイオセンサの開発 (H21~22)

農畜産業における農薬や残留抗生物質を対象とする新たな迅速検査技術として、高感度マルチチャンネル型 SPR (表面プラズモン共鳴) 測定装置に用いるバイオセンサや、自己組織化による微細多孔質高分子膜を応用した分子認識能力に優れた安価で高感度なセンサーチップの開発を企業・室蘭工業大学と共同で行った。溶媒キャスト法による自己組織化高分子微細多孔質膜の作製と表面構造の制御技術を見いだした。またラインレーザーと多層化プリズムを組み合わせた新たな光学系のマルチチャンネル型 SPR 測定装置を開発できた。

○熱溶解積層型 3D プリンタの成形技術の検討 (H27)

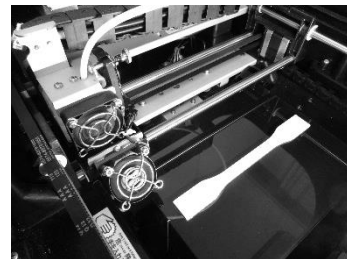
今後 3D プリンタで製作したプラスチック成形体は機械部品や筐体などでの使用が想定されることから、種々の製作条件で造形した成形体の機械的強度や寸法精度、表面の性状などの諸特性評価と、これら特性向上の検討を行った。ABS 樹脂・ポリ乳酸樹脂製の熱溶解型 3D プリンタで造形した成形体は、ポリ乳酸樹脂製の方が曲げ・引張の強さや弾性率が高いことが明らかになった。各種熱溶解型 3D プリンタで製作した ABS 樹脂製造形物の機械特性は、装置の違いや材料グレード、積層厚などの製作条件などによって得られる機械特性が大きく異なることを明らかにした。



3D プリンタ造形物

○熱溶解 3D プリンタ造形物の機械性能向上に関する研究 (H29~30)

熱溶解 3D プリンタは、熱可塑性プラスチック材料を使い、金型なしで迅速に造形物を製作することが可能で、デザイン開発や治具製作などで急速に活用され始めている。この造形物の機械特性は一般的なプラスチック成形体に比べ劣ることから、プリンタ用材料にガラス繊維などを複合化し、機械特性を向上させる技術の検討を行った。押出成形機を使い、ガラス繊維を複合化した ABS 樹脂やポリ乳酸樹脂の 3D プリンタ用フィラメントを製作することが可能となった。またこれらガラス繊維複合化フィラメントで成形体を造形することや、造形物の樹脂充填率を高めることで、曲げ・引張特性が向上することを明らかにした。



熱溶解 3D プリンタと強度試験用造形物

○機能性プラスチックフィルムの設計・成形加工技術の開発 (H31~R2)

食関連産業で用いる包装材料の高機能化を目的として、各種のプラスチックフィルムの成形加工技術を確立するとともに、機械的特性、ガス透過性、水蒸気透過性などを把握し、成形加工条件からの設計技術について検討を行った。また、青果物の呼吸抑制や包装材内の結露防止に有効な鮮度保持用包装材の設計試作や、青果物の鮮度保持性能試験を行い、調湿材との併用により、包装材内の調湿効果による青果物の長期鮮度保持効果が確認された。



青果物 (メロン) の長期鮮度保持性能試験

◎繊維強化複合材料の特性向上・成形加工技術

【概要】

繊維強化プラスチック (FRP) はプラスチックとガラス繊維や炭素繊維などの繊維複合化した材料であり、軽量で強度が高く、錆や腐食が発生しないなどの特性を有する。ここでは、繊維強化プラスチック系複合材料の特性向上や成形加工技術に関する研究事例を紹介する。

○道内FRP漁船外板(ブルワークダミー)の材料試験(S54)

船舶安全法の政令改正により、船長 12m 以上の FRP 船は、建造前材料試験と船体切り出し材料試験を海運局立合いのもとで実施することになっている。昭和 54 年より現場でもその一部を依頼試験の形で数多く実施している。FRP 漁船にはガラス基材にチョップドストランドマットとロービングクロスが併用されており、その基材構成と各種特性の関係を調査した。



建造中の FRP 漁船

○FRP の基材構成と材料物性に関する研究 (S55~61)

FRP の材料物性は、基材構成、樹脂の種類、成形温度など多くの要因に影響される。昭和 55、56 年度は、不飽和ポリエステル樹脂系で積層構成の異なる試験板について、基礎的特性や曲げ・引張特性を検討し、基材構成や積層角度が機械特性に及ぼす傾向を明らかにした。昭和 57 年度は熱伝導特性や衝撃特性に関し、計算モデルとの比較検討を行った。

昭和 58 年度は近年強化材として開発されたカーボン繊維、アラミド繊維による FRP (CFRP、AFRP) について、不飽和ポリエステル樹脂をマトリックスとし、ガラス繊維による FRP との引張特性の比較検討を行った。昭和 59 年度は上記繊維の一方方向強化 FRP について衝撃特性比較検討を行った。また、北海道の家庭では灯油使用量が多いことから、危険物の灯油を FRP 製地下埋設タンクで貯蔵することを目指した実用化検討を、北海道 FRP 工業会、道生活環境部等と協力して実施した。性能面では一般家庭で年間使用する容量程度の FRP 製地下埋設灯油タンクは基本的には実用可能と判断された。

昭和 60 年度はガラス繊維、炭素繊維、アラミド繊維の FRP の曲げ特性や、これら繊維をハイブリッドした FRP の性能評価を行い、ハイブリッドによる物性改善が認められた。またエポキシ樹脂/カーボン繊維の CFRP についてアコースティック・エミッション法などによる破壊挙動に関する検討技術を通産省工技院機械技術研究所で習得した。

昭和 61 年度は今後さらに用途展開が期待される地下埋設灯油タンクなどを考慮して、耐薬品性の検討を行った。マトリックスには不飽和ポリエステル樹脂やビニルエステル樹脂を使用し、灯油や酸・アルカリ溶液の耐久性を明らかにした。



FRP 製地下埋設灯油タンク

○寒冷地用大型 FRP 合併浄化槽の製造及び性能試験 (S58)

新しい構造基準を満たし、寒冷地用の安全性の高い、高性能な大型 FRP 合併浄化槽について、企業と共同で検討を行った。処理人員 51 人以上の大型で実物大での耐力試験や性能試験としてマンションに設置し BOD などの水質試験などを行い、十分な性能を示すことを確認した。開発した FRP 合併浄化槽は建設省告示の構造基準に適合することが(財)日本建築センターより評定された。



FRP 製大型合併浄化槽

○FRP の 2 次接着に関する研究 (S60~S62)

成形加工性に優れる FRP は、曲面部を有する大型構造物を一体で製造することが特徴である。今後用途の多様化などにより接合部を有する成形体は増加するものと思われることから、2 次接着工法の最適化について検討を行った。昭和 60 年には FRP 同士の各種樹脂系接着剤の接着作業性や引張せん断強さについて明らかにした。昭和 61 年度は FRP とアルミやウ

レタンフォームなどの非 FRP の接着性について、その作業性や接着力、耐候性などを比較評価した。昭和 62 年度は FRP 大型構造物の修理などに用いられる継手接合法のスカーフ継手について検討し、十分な接合強度が得られる仕様を明らかにした。

○複合材料による新製品開発に関する研究

(S62~H2)

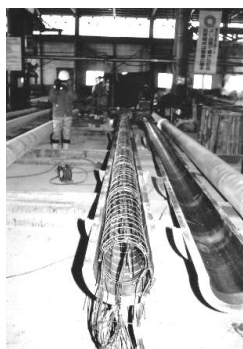
炭素繊維やアラミド繊維などの新素材を活用し、各種成形法により成形した FRP の材料性能評価と材料特性を活かした新製品を開発目標に、大学・民間企業と検討を行った。超高弾性率炭素繊維を用いたハイブリッド FRP による取水堰スライドゲートや FRP 筋を用いたプレストレスト・コンクリートポール(PC ポール)の試作物性試験などを行い、十分な性能を有することを確認した。



FRP 取水堰スライドゲート施工試験

○FRP 筋を用いたコンクリート製品の開発研究 (H2)

前述の研究で得た知見をもとに、ガラス繊維の FRP ロッドと炭素繊維の FRP ロッドを用いて、PC ポールを試作し、静的曲げ試験による破壊挙動や長期的な変形挙動について、大学・電力会社・民間企業と共同で検討した(松前町の海岸に試験設置)。FRP ロッドを用いた PC ポール断面の耐力計算は、従来の鋼材による PC 部材の計算方法が準用できることを確認した。

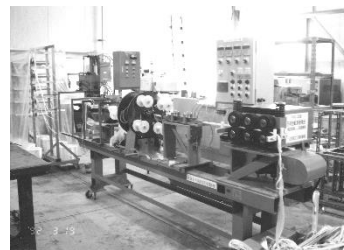


FRP 筋コンクリートポール(電柱)

○FRP の引抜成形技術に関する研究 (H3~4)

FRP の引抜成形技術の道内への普及と、引抜成形品の道産化及び道内 FRP の用途分野の拡大を目的として、当場に引抜成形機を導入し基礎的な引抜成形技術

の検討を行った。平成 3 年度は不飽和ポリエステル樹脂による成形方法を確立した。平成 4 年度はエポキシ樹脂による成形方法と 2 次加工技術を確立した。



FRP 引抜成形機

○樹脂ブレンドによる複合材料用マトリックス樹脂の改質に関する研究 (H4~6)

FRP やポリマーコンクリートなどのプラスチック系複合材料では、マトリックス樹脂が成形加工性に重要な影響を与える。そこで、これらのマトリックス樹脂に使用される不飽和ポリエステル樹脂について、多官能性モノマーであるグリセロールメタクリレートなどのブレンドによる改質の検討を行った。その結果 FRP については、引張強度やアルミ・鉄との接着強さが向上することが明らかになった。またポリマーコンクリートについては、低温下での樹脂硬化性の改質や低温下での曲げ強さ向上、他材料との接着性向上が確認された。このことで、寒冷地における冬期間の使用にも十分適応可能なマトリックス樹脂に改質できることが明らかになった。

○FRP の機械成形技術に関する研究 (H5~7)

各種マトリックス樹脂による引抜成形材料の機械的特性と成形性について検討し、最適な成形条件を明らかにした。また、道内における FRP の機械成形技術の普及とその成形法を応用した新製品開発などに寄与するため、当場に 150 トン SMC プレス成形機を導入し、各種 SMC 材料の最適な成形条件を明らかにした。



SMC プレス成形機

○FRP の難燃化技術に関する研究 (H8~10)

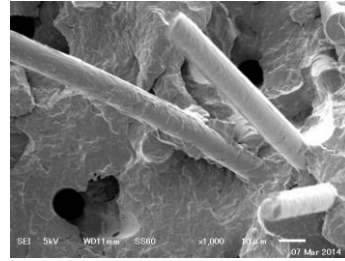
不飽和ポリエステル樹脂による FRP は、可燃性であるため、建築部材などへの用途展開を図るためには難燃化する必要がある。そこで準不燃材料の判定基準を満たすフェノール樹脂(PF)が FRP 用途に開発されてきたが、樹脂の硬化性が遅い、成形品外観が悪いなど十分な技術確立がなされていない。そこで成形時の樹脂や硬化剤、無機充填材の配合処方を調整し、成形加工性や各種物性に与える影響を明らかにした。また低温で成形した成形材をポストキュアすることで内部欠陥が少なく機械的強度に優れる成形材が得られることを明らかにした。

○FEM による異方性複合材料構造体の強度評価に関する研究 (H8~10)

高品位な FRP 製品の開拓を行うには、その特長をより効果的に引き出せる異方性複合材料を積極的に利用するための効率的な材料設計技術の確立が必要である。異方性複合材料の構造は複雑であるため、FEM(有限要素法)などのコンピュータシミュレーションによる構造解析を用いた強度評価が必要となるためその技術確立を目的に、北海道工業大学・東北大学・企業と検討を行った。フィラメントワインディング材や一方向材の FRP について、有限要素法などでの平板と円筒容器胴部における積層理論の検証を行い、異方性複合材料構造体の強度評価を可能とした。

○FRTP の成形・加工と評価技術に関する研究 (H25~27)

現在自動車部材として多用されているガラス繊維強化ポリプロピレン、ポリアミド樹脂を対象に、繊維強化熱可塑性プラスチック(FRTP)活用に必要な成形加工技術、リサイクル性を考慮した材料設計技術、評価技術の蓄積を目的として、検討を行った。市販樹脂成形材料とガラス繊維(チョップドストランド)を複合化する際に、繊維と樹脂のぬれ性・接着性を改質することで、FRTP の機械特性が向上することを明らかにした。また FRTP を 100%リサイクルした場合には物性が大きく低下するが、新品とリサイクル材の混合比率を調整することで大きな物性低下を抑えられることを明らかにした。



ガラス繊維強化ポリアミド樹脂の電子顕微鏡写真
(棒形状の部分が、ガラス繊維)

○炭素繊維強化熱可塑性材料の義肢装具への応用に関わる機械的特性検証に関する研究 (H27~28)

義肢や装具は軽量であるほど装着者の負担を軽くすることができる。本研究では装具に使用されているアルミニウム合金製の部材に代わり、炭素繊維強化熱可塑性プラスチック(CFRTP)の活用を目指し、北海道科学大学とその必要物性の確認と機械的特性の検証を行った。その結果、マトリックスに熱可塑性樹脂を使用する CFRTP は熱硬化性プラスチックを使用する CFRP に比べ異方性が高いことや、繊維方向を考慮し積層成形することで現行のアルミニウム合金と同等の物性が得られること、常温(23℃)及び低温(-30℃)下での物性がほとんど変わらないことを明らかにした。



熱可塑性炭素繊維複合材料の引張試験

○装具への CFRTP 導入のための成形方法及び成形装置の開発 (R2)

曲げ加工時の強度低下が生じにくく加工が容易な装具支柱用の炭素繊維強化熱可塑性プラスチック(CFRTP)の開発、現状の装具製作施設にある製作機器を利用し導入コストを抑え大がかりな設備を必要としない CFRTP の成形方法及び CFRTP 成形機器の開発を目的に、北海道科学大学・民間企業 2 社と検討を行った。CFRTP の強度低下の原因となる加熱加工時に生じる層間剥離などの内部欠陥を少なくする基材構

成、成形方法について検証した。また現状の装具製作施設で保有の熱可塑性プラスチック軟化用電気オーブンなどを利用し、CFRTP を曲げ加工できる簡易な成形機器を製作した。

◎高分子材料・複合材料のリサイクル技術に関する研究

【概要】

プラスチック・ゴムなどの高分子材料や、ガラス繊維などで強化したプラスチック系複合材料は、使用後廃棄物として大量に排出され、それらの有効利用が社会的に求められている。ここでは、これらのマテリアルリサイクル(材料としての再利用)や、ケミカルリサイクル(熱分解油化)等に関する研究事例を紹介する。

○漁網廃ナイロンの再利用に関する試験(S55~57)

道内では漁具として使用された漁網が年間数千トン廃棄され、収集された一部がペレット化して本州方面へ出荷されているが廃棄されるものも多い。そこで魚網の道内での有効利用を図ることを目的とした再利用技術の検討を行った。農業耕起用機械(プラウ)の表面に使用する材料として、機械特性や摩耗特性、屋外暴露の評価、成形板を耕運機に取り付けて実用試験を行った。また廃ナイロン漁網を短繊維に裁断し、セメントやレジンモルタルに複合化することでの補強効果を検討した。補強性は、静的負荷の場合は高密度ポリエチレン(HDPE)短繊維補強に比べ劣るが、比較的小さな負荷を受ける耐衝撃性の場合では、廃ナイロン短繊維がHDPE短繊維に比べ良好な結果が得られた。

○廃プラスチック熱分解油化の高収率化に関する研究(H12~13)

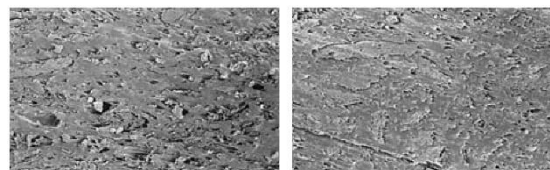
道内で農業資材に使用されるマルチフィルムやラップフィルム・肥料袋などの有効利用技術として、廃プラスチックの熱分解油化の効率化について企業と共同研究を行った。ポリエチレンを熱分解したときに生成するワックス分を低減し、燃料油として利用可能な液状の油にするため、安価な触媒として天然ゼオライトや、分解促進剤としてポリスチレンを添加することで、分解生成油の軽質化やガス分の生成が抑制され、油分の収率が向上することを明らかにした。



廃プラスチックと熱分解生成油

○農業用廃プラスチックの有効利用に関する研究(H13~15)

農業用プラスチックであるマルチフィルム・サイレージフィルム・肥料袋の有効利用に向けて、これらをもう一度成形用の材料として再生するための加工技術(マテリアルリサイクル)に関する基礎的な検討を行った。これら回収された廃プラスチックの性状や基本物性を評価するとともに、農業用プラスチックを木粉と複合化した合成木質材料として再利用する方法を検討した。その結果、合成木質材料に使用する樹脂の主成分を肥料袋又はフレコン袋とし、サイレージラップフィルムを適宜混合して用いることで、機械特性や木ねじによる接合等の二次加工性が向上することを明らかにした。

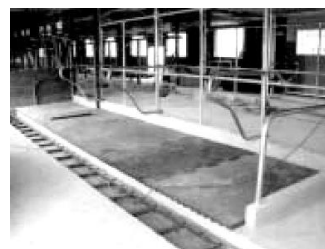


(a) 重袋/ラップ=10/0 (b) 重袋/ラップ=7.5/2.5

廃プラスチックと木粉を使用した合成木質材料の断面(木粉50重量%充填)

○農ビを配合したゴムチップマットの耐久性評価(H15)

農業用ビニールハウスなどで使用されたポリ塩化ビニルを再生利用した塩ビチップと、廃タイヤチップからなる牛床用マット(農ビマット)について、耐久性向上を目的に民間企業と検討を行った。農ビマットの繰返し圧縮荷重試験での耐久性評価や、使用環境を考慮した薬品浸漬時の特性評価を行うとともに、性能低下を抑える改良仕様を考案した。



牛舎に敷かれたマット

○廃タイヤのマテリアルリサイクル拡大に向けた 粉末原料量産化技術の開発 (H17)

廃タイヤをゴム原料としてリサイクルするための微粉化技術や得られるゴム粉末の性状評価、また事業化に向けた装置の大型化によるゴム粉末原料量産化技術の開発を目的に、民間企業 2 社と検討を行った。新規な廃タイヤゴムの粉碎技術を開発し、得られたゴム粉末はゴム原料としてリサイクルするのに適した特性であることを明らかにした。実験室規模からのスケールアップによる生産効率低下などの各種課題を解明し、ゴム粉末原料量産化装置のパイロットプラントを構築した。

○FRP 廃材の再利用・処理に関する調査研究 (H8~9)

国内における FRP 廃棄物の発生量は年々増加の傾向にあることから、FRP 廃棄物の処理・リサイクルに関する技術動向の調査や、道内の成形工場に適したリサイクル技術の方向性検討の調査研究を行った。

破砕機として回転式剪断破砕機を使用し、各種組成の FRP の粉碎を試みた。その結果、FRP はその組成（ガラス繊維、フィラー等）や強化材の形態により粉碎物の形状が大きく異なることがわかった。またハンドレイアップ法・プレス成形法・引抜成形法の製法の異なる FRP 材料についての粉碎試験を行い、得られる粉碎物の特性を評価し明らかにした。



ハンドレイアップ法 FRP の粉碎物形状

○熱硬化性樹脂複合材料の再利用技術 (H11~12)

FRP は、その優れた特徴からあらゆる産業分野において工業製品や部材として発展してきたが、発泡スチロールなど熱可塑性樹脂のような熱溶融ができず、強化繊維や充填材等が複合化されているため比較的リサイクルがしにくい材料である。そこで熱硬化性樹脂複合材料の廃棄物の再資源化を目的に、FRP 廃棄物を粉碎し、充填材などに利用するマテリアルリサイクル技術について検討を行った。SMC 成形法の FRP について、粉碎物特性とこれを熱硬化性樹脂で固めた成形体の成形技術や機械的特性について評価検

討し、FRP の補強材や土木製品として利用可能であることを明らかにした。またレジンコンクリートの充填材としての利用を試み、各種砕成物とマトリックス樹脂や他充填材との配合条件の最適化や適切な成形条件を確立することで、強度特性などが優れた成形品が得られ、有効利用できることを明らかにした。



FRP 廃棄物再利用製品
(レジンコンクリート製マンホール蓋)

○FRP 廃棄物を再利用した船艇・船舶用材料の開発 (H16)

FRP 船の製造工程で排出される FRP 廃棄物を再利用することを目的に、FRP 廃棄物を粉碎し軽量骨材と混合して、これに熱硬化性樹脂を加え加熱圧縮成形した複合材料について、船艇・船舶用特殊合板（FRP サンドイッチ構造用心材）の代替材料としての適合性について、民間企業からの受託研究を行った。複合材料の軽量化のための軽量骨材を選定、FRP 粉碎物を利用した複合材料の成形条件、機械的特性などを把握、複合材料を心材とした FRP サンドイッチ構造板の機械的特性の評価を行うことで、実用化を図るための検討事項や問題点を明らかにした。

◎木質複合材料に関する研究

【概要】

道内で産出される木材や建築廃材・間伐材などの未利用資源の木質材料と、プラスチックや無機材料などとの複合化による性能を向上させた製品開発や、木材チップを使った新たな成形技術開発に取り組んだ研究開発事例を、ここで紹介する。

○木質・プラスチック複合材料による新製品の開発 (S60~61)

木質・プラスチック複合材料は、塩化ビニル樹脂に木粉を充填させた材料である。この材料からなる板状成形板は加熱プレスで加飾模様を施し、付加価値を高めドアや流し台扉などの家具・建具部材として利用されている。その製造工程で使用する加飾プレス型の耐熱性や耐久性向上を目的に、民間企業と検討を行った。型表面に吹き付ける低融点合金の選

定と、裏打ち樹脂についての樹脂や充填材の選定、及びこれらを使った最適な作製条件を確立した。また作製した型には冷却水循環機能を持たせ、生産性向上や型の長寿命化が可能になることを明らかにした。

○木質ブラインド用複合材の開発 (H16)

木質ブラインドに使用する薄型の羽根の開発を目的に、表面に厚さ 0.5mm 以下の超極薄単板、心材に和紙等を用いたサンドイッチ構造について基材構成を検討し、ブラインドとして使用可能な処方を見いだした。また製造条件の検討や、使用環境での耐久性・製品安定性について調査を行い、実用化に向けた問題点を明らかにした。

○超極薄木単板／プラスチックのサンドイッチ材を利用したパーチカルブラインド開発 (H21)

極薄木単板を使ったパーチカルブラインドの開発を目的に、民間企業と検討を行った。超極薄木単板とプラスチック板のホットメルト樹脂による接着方法について検討し、最適な接着剤の塗布量を明らかにした。また、反り曲がりの発生を防止するスラット形状を明らかにした。さらに、各樹種で製作した試作板で、紫外線照射の促進耐候性試験を行い、使用時を想定した経時の色彩を比較評価した。

○木質・無機質複合建材の開発 (H17～19)

建築廃材、間伐材等の未利用木質資源を有効に活用し、これら木質素材に無機質粉粒体を複合化した新たな建築材料を開発することを目的に、企業と検討を行った。木質素材や無機粉体の粒度や改質効果、複合化に使用する樹脂がコア層の特性に与える影響などを検討し、適切な各材料選定や成形加工方法を見いだした。得られた成形体の釘保持力、吸水膨張、曲げ強度なども評価し、耐凍結融解性に優れた複合建材を開発した。

○寒冷地向け複合建材の開発 (H20～21)

木質素材に無機質粉粒体を複合化した新たな建築材料としての木質／無機質複合建材について、耐凍結融解性能や耐燃焼性を向上させる製造条件の開発を目的に、企業と検討を行った。耐凍結融解性能を向上させる配合条件や添加剤の要因を明らかにし、パイロットプラントにおける最適な製造条件を見いだした。また耐凍結融解性を向上させたこの複合建材について、耐燃焼性が準不燃化をクリアする配合条件を見いだした。



木質／無機質複合建材による胴縁の施工の様子

○木質・無機質複合材料の原料開発 (H23)

フレック状に破砕した廃摩擦材をフェノール樹脂で熱圧成形して建築材料とする技術開発を目的に、民間企業と検討を行った。廃摩擦材の原料特性を評価し、これを用いた有機無機複合材の最適成形条件や試作した複合材の物性を明らかにした。また実成形プラントでの製造試験を行い、実用化に向けた課題を明らかにした。

○高耐久性木質プラスチック複合材料の開発 (H23～24)

木粉と熱可塑性プラスチックからなる木材・プラスチック複合材(WPC)は、木材の風合いとプラスチックの高い成形加工性からデッキ材などのエクステリア製品を中心に需要が拡大している。このWPCは、屋外での長期耐久性が求められていることから、本検討を行った。使用する木質材料に改質処理などを行い、押出成形によるWPCを作製し、機械的特性などを明らかにした。また寒冷地における耐久性評価として、WPCの凍結融解試験を行い、凍結融解による劣化の進行状況の評価し、この性能を高める方向性を明らかにした。

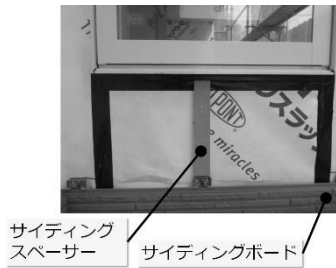
○廃摩擦材を再利用した耐水性建材用成形体の開発 (H25)

ペーパー摩擦材は、パルプ繊維に充填材などの成分を配合し、熱硬化性樹脂を含浸してシート状に成形したものであり、クラッチなどに使用されている。この製造過程では、ペーパー摩擦材の打ち抜き屑(廃摩擦材)が発生する。摩擦材の優れた特性を活かす方法でマテリアルリサイクルを試み、耐水性建材用ボードを開発することを目的に、検討を行った。原材料の配合組成、熱圧成形条件を確立し、ボード用複合建材を開発した。この建材は高い寸法安定性と耐凍結融解性を示し、また高い釘保持力、木材には無い防霉・防蟻性を有することを明らかにし、胴縁としての試験施工を行った。

○摩擦材を利用した耐水性建材用成形体の開発 (H26)

自動車部品として使われている摩擦材（クラッチ部使用）を主原料とし、そこに含まれている繊維質や無機物といった素材を熱硬化性樹脂で一体化した、新しい複合建材の開発を、企業と共同で行った。

原材料組成や成形条件を確立し製作したボード用複合建材は、寸法安定性、耐水性など木材の欠点を補う性能を有する建材であることを見いだした。この研究結果は後に特許登録された。また、この技術を活用し、住宅外壁用サイディングスパーサーとして、製品化された。



住宅外壁用サイディングスパーサー

○木質材料の3次元形成技術の検討 (H26)

無垢木材を原料に、木材由来の強度性能を反映させつつプラスチックのような3次元加工を可能とする成形技術の確立を目指し、林産試験場と共同で検討を行った。木材の特徴をできるだけ保持したまま成形性を向上させるため、薬剤による木材チップの改質処理を行うことで、繊維形状を保持したまま熱流動性を付与できる条件を見いだした。また、得られた成形物の基礎物性を明らかにした。

◎生分解性プラスチックの利用技術に関する研究

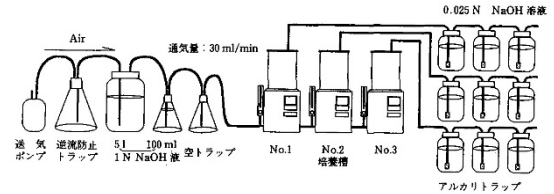
【概要】

プラスチック等の合成高分子材料とその製品は、軽量で錆びず安価で大量生産が容易なことなどから様々な用途で使用されているが、1980年代後半頃から環境やプラスチックゴミ処理問題等に対する社会の関心が高まるなか、微生物等によって水と二酸化炭素に分解される生分解性プラスチックが、世に出始めた。この材料の利活用技術の研究事例を、ここで紹介する。

○天然高分子素材による生分解性プラスチックに関する研究 (H7~8)

微生物等によって分解される生分解性プラスチックは、環境やゴミ処理問題等に対する人々の関心が高まるなか、その対策の一つとして注目されてきている。しかし生分解性プラスチックは開発段階にあるものも多く、価格も高い等の問題がある。そこで生

分解性があり環境負荷も小さいと考えられる天然高分子素材を用いてプラスチックの開発を目的に検討を行った。デンプンを用いた生分解性容器に、はつ水性の高い合成樹脂系のコーティング剤を使用し、耐水性を向上させる仕様を見いだした。この容器の強度や土中埋設時の生分解性・食品用容器としての衛生性などを明らかにした。また、市販されている各種生分解性プラスチックを入手し一部については射出成形時の加工性評価を行った。さらに工業技術院大阪工業技術研究所での技術研修を行い、生分解性プラスチックの合成と生分解性評価法等を学んだ。



ポリマーの活性汚泥による分解試験装置フロー

○生分解性育苗ポットを活用した機械による植栽技術の確立 - 生分解性プラスチックを用いた育苗ポットの開発 - (H8~10)

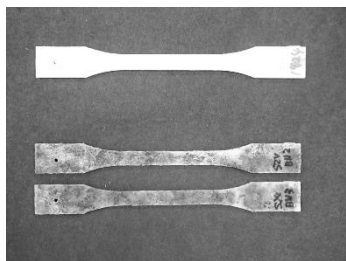
林業での植栽に関する機械化に向けて、苗木を育苗ポットに入れたまま機械で土壌に埋め込む機構を実現するため、ポットが土中で分解する必要がある。そのため育苗ポットを土中埋設後、微生物により分解可能な生分解性プラスチック材料を利用する技術に関し、道立林業試験場・林産試験場とともに検討を行った。市販の生分解性プラスチック単体やデンプンなどを充填した材料の試験片を屋内外で土中埋設し、生分解性の評価を行った。また苗木の生育状態や機械植栽方法を考慮した育苗ポットの形状検討と、これを成形加工する金型の試作・成形加工試験を行った。その結果、植栽後分解が進む育苗ポットに生分解性プラスチックを使い作製することが可能であり、この素材や形状が機械植栽時にかかる荷重にも十分に耐えることを明らかにした。



生分解性プラスチックを使った育苗ポットの屋外土中埋設試験

○生分解性プラスチックの分解性制御に関する研究 (H12～14)

生分解性プラスチックについて、用途・使用環境に応じた物性や成形性を確保しながら、生分解性を制御する技術の開発を目的に検討を行った。生分解性プラスチックにセルロース、デンプン、炭酸カルシウム等を含有率を変えて充填した材料を作製し、屋内外の土中埋設試験を行い、重量変化やプラスチックの分子量測定等の生分解性試験を行った結果、有機系充填材が特に分解を促進する効果があることを明らかにした。



生分解性プラスチック土中埋設試験
(上：試験前、下：24ヶ月埋設後)

○生分解性素材を用いた海洋投下型センサーの開発 (H17～18)

海洋資源、海洋環境の調査に用い、使用後は速やかに生分解されて海底汚染の原因にならない海洋投下型センサー(投下式鉛直水温計)の開発を企業と共同で行った。ケーブル銅線の被覆材に生分解性素材を混合した新たな生分解性プラスチック素材を開発し、ケーブルの伝送試験では実用的な通信が可能であることを確認した。またリール部も生分解性を有するものを設計・製作し、新しい海洋投下型センサーを開発した。本センサーに関わる特許を共同出願した。

○ホタテ貝殻を利用した抗菌性等を付与した生分解性フィルムの開発 (H19)

ホタテ貝殻の特徴を活かした新しい機能を付加した生分解性プラスチックフィルムの利用を目指し、民間企業とともに貝殻粉末を配合したフィルムのインフレーション成形での試作と顕微鏡等による貝殻粉末の充填状況観察や、機械的特性等の性能評価を行った。

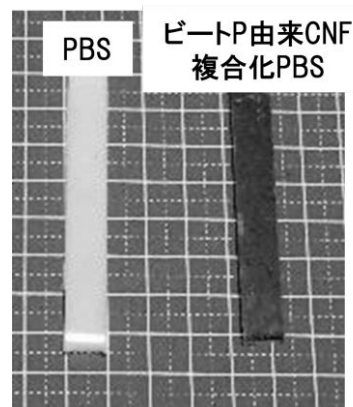
○白樺外樹皮から新規高機能性物質「ベチュリン」の製造開発 (H21～22)

道内に広く自生する白樺の外皮から有機成分のベチュリンを抽出精製し、化粧品原料、抗菌剤、バイオマス由来ポリマーとしての活用を見いだすことを目的に、室蘭工業大学・道立林産試験場・民間企業と

もに検討を行った。当場ではベチュリンにより合成されたポリマーの熔融特性、強度特性等の性能評価を行い、バイオマスポリマーにポリ乳酸樹脂の割れにくさの改質剤としての機能を持たせることができた。またベチュリンポリマーをエレクトロスピンニング法により繊維化することが可能であることを見だし、繊維としての応用展開が図れることがわかった。

○畑を循環する新規生分解性樹脂複合材料の開発 (R2)

生分解性を有するセルロースナノファイバー(CNF)はポスト炭素繊維として注目される新素材であり、生分解性樹脂の強化材料として活用できる可能性がある。畑内で使用可能な強度や剛性を必要とする農業資材への展開を目指して、高強度、高剛性な土壌生分解性材料の開発を行った。疎水変性したビートパルプと土壌生分解性樹脂のポリブチレンサクシネートをパルプ直接混練法で解織・複合化することにより、剛性と耐衝撃性の面でポリ乳酸と同等の材料特性を持つビートパルプ由来セルロースナノファイバー複合材料を作製できることを明らかにした。



3 点曲げ用試験片
(右) 農産廃棄物由来 CNF 複合材料
(左) ポリブチレンサクシネート

◎ポリマーコンクリートに関する研究

【概要】

ポリマーコンクリートは、コンクリートで使用するマトリックスのセメントに代えて、ポリマー(樹脂)を使用するタイプのコンクリートであり、機械的性質等の物性を高めることが可能な材料である。ここでは、積雪寒冷地である北海道での施工や使用を想定した材料に関する研究事例について紹介する。

◎セラミックポリマー複合材の実用化試験 (S53)

セラミック・ポリマー複合材の実用的性能を把握することを目的に、民間企業とともに検討を行った。

高強度を要する車道用舗装材・ロードヒーティング材・素焼セラミックブロックの塀材として試験施工を行い、数年経過後もきわめて良好な状態を保ち、ポリマーとの複合化は従来のせり器質窯業製品の用途を拡大するうえで有力な手段となり得ることを明らかにした。またポリマーの重合度が良好な重合状態となる、ロードヒーティング材・素焼セラミックブロックへのポリマー複合化方法を明らかにした。

○ポリマーコンクリートにおけるモノマー系の常温硬化性と骨材の粒度構成 (S54)

ポリマーコンクリートの製造に用いるビニルタイプモノマー系(組成液)の常温硬化性及び骨材の粒度構成について検討した。モノマーの種類・配合組成を変えたときの硬化性や、これに骨材を配合したポリマーコンクリートでの硬化反応挙動を明らかにした。また骨材の粒度やその構成が、ポリマーコンクリートの圧縮強度に与える影響を明らかにした。

○多孔質材料の複合化工 (S54~55)

窯業製品にみられる白華現象や凍害は、製品を利用する上で見過ごすことのできない問題である。いずれも材料内部に水が浸透することにより生ずる現象である。材料の吸水や透水性を減少させることで、このようなトラブルを防止する方法の開発を目的に、検討を行った。その結果、重合性のモノマーを表層部に含浸・加熱重合することで、水の進入する孔隙をポリマーで塞ぐ方法が効果的であることを明らかにした。また常温硬化型の低粘性樹脂液で焼成体の表面を処理することで、凍害を抑制する効果が見られることを明らかにした。

○ビニルモノマー混合樹脂液によるポリマーコンクリート (S55)

ポリマーコンクリート(PC)とは、有機ポリマーと無機骨材成分からなる複合材料であり、ポリマーが接着性のマトリクスとして働き、その機械的性質等の諸物性を高める役割を果している。ポリマーと骨材との界面接着性が、その物性に大きく影響するため、樹脂の選定は重要である。このため、骨材との接着性に優れた低粘度かつ常温硬化型の新たな樹脂の開発を目的に、検討を行った。グリセロールメタクリレート(GM)やトリメチロールプロパントリメタクリレート(TMPTMA)の官能性モノマーを混合したビニルモノマー混合樹脂液は、常温下で硬化し、得られたPCは高強度を示すことを明らかにした。

○官能性樹脂液の開発と土木材料への利用に関する研究 (S57)

アクリル系官能性樹脂液を使用するポリマーコンクリートは、作業性や低温硬化性等に優れた特長を有することから、土木材料への応用が期待される。そこで実用に供しやすい必要成分を予め配合した二液タイプ樹脂液の開発を行った。グリセロールメタクリレート・スチレンを主成分とする主材と、硬化剤の2液について、保存性や硬化特性、また硬化物の機械的特性や耐薬品性の良好な配合液を見いだした。

またコンクリート用接着剤として、アクリル系官能性樹脂液の良硬化性を活用した接着剤の検討も行い、従来のエポキシ系接着剤に比べ、接着強度の発現が速く、低温での接着が良く、湿潤面の接着性も良好な接着剤仕様を見いだした。

○低温硬化性ポリマーコンクリートの開発と土木材料への利用に関する研究 (S58~60)

本道の寒冷期においても使用可能な低温硬化性に優れ耐久性のあるポリマーコンクリート(PC)の開発を目的に、北海道工業大学・企業とともに検討を行った。その結果、主成分のグリセロールメタクリレートやスチレンに、低収縮剤や粘度調整剤を加えた樹脂液が、低温硬化性に優れることを見いだした。またこれを結合材として骨材を加え作製したPCの機械特性や耐摩耗性・耐薬品性が良好であることを明らかにした。このPCを道路舗装材などに試験施工し、経時の耐摩耗性等も良好であることを実証した。さらに、このPCについて耐候性や疲労強度試験を行い、その耐久特性を明らかにした。

○着雪氷防止・路面凍結防止技術に関する研究 【概要】

北海道などの積雪寒冷地では、雪や氷が一般生活や産業活動において、様々な被害や障害をもたらすことから、着雪氷防止・路面凍結防止の対策が各方面から望まれている。ここではその研究開発事例を紹介する。

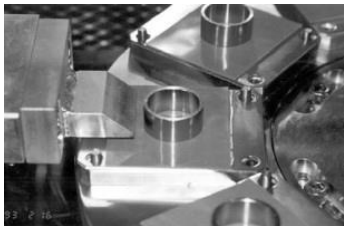
○着氷防止技術に関する調査研究 (H元)

北海道など北国では一般生活や産業活動における積雪寒冷地特有の問題点は多く、着雪・着氷は身近な問題であるがそれらの対策などについての研究はまだ少ない。そこでこれらの諸問題とその防止技術の研究開発動向について調査を行った。着雪・着氷害は、輸送機械器具・道路交通標識、除雪機や橋梁、トンネル、海洋構造物、建築構造物などのコンクリート製品

等は多方面に亘っていることがわかった。また鉄道分野で雪氷固着防止ポリマーコーティングシステムの研究開発や、飛行場のアンテナ類・冷凍コンテナなどのコーティング開発が塗料メーカーで進められていることがわかった。

○高分子材料による着氷防止技術 (H2~3)

北海道のような積雪寒冷地特有の問題として、流雪溝の着雪・着氷や、橋・鉄塔などからの落氷事故などがあり、これらに対する対策が望まれている。しかし、どのような材料が雪や氷との付着力が小さいかなどの基本的なデータは少なく、また評価方法の研究例も少ない。そこで、雪や氷と付着力が小さいプラスチック・塗料などの高分子系材料を用いて、着雪・着氷の防止を目的に、評価方法の確立と、その防止技術の検討を行った。評価用に製作した装置を使い、材料表面に凍着した氷の付着力(着氷力)試験を温度や負荷速度などの試験条件及び、高分子材料、金属、無機材料など各材料の着氷特性を検討し、着氷力を数値的に明らかにした。また材料表面の水の接触角から算出した固体表面エネルギーと着氷力の相関性が高いことを明らかにした。

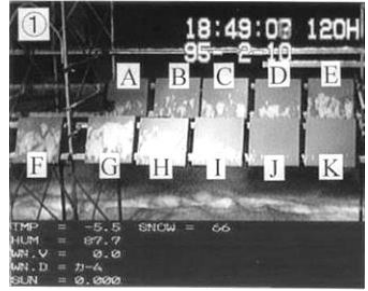


水の付着力(着氷力)試験

○着雪氷防止材料の開発とその応用技術に関する研究 (H4~6)

鉄塔などからの落雪事故、船舶・車両・航空機・道路標識の着雪氷による事故や障害など、時には人命に関わることもあり、着雪氷防止対策が各方面から望まれている。着雪氷防止機能を持つ素材を開発し各種分野に応用展開することを目的に、着雪・着氷のメカニズムの解明、着雪氷防止材料の開発と評価、フィールドによる実験など着雪氷防止についての検討を、北海道大学・電力会社・民間企業・日本気象協会北海道支部とともに行った。どのような材料が雪や氷との付着力が大きいか、どのような因子が付着力を小さくするかなどについて明らかにし、またベース樹脂塗料に、はっ水剤を添加した防止材料を試作評価した結果、非常に優れた着雪防止効果が認められた。また屋外実験では、降雪センサ、CCDカメラ、

ビデオテープレコーダなどを用いた自動観測システムを構築し、着雪の状況や気温、降雪強度などの気象条件との関係を明らかにした。



各種塗料の屋外実験(雪の付着や滑り性を評価)

○着雪氷防止塗料の応用開発 (H7)

前項共同研究で得られた成果を各種分野に応用することを目的として、検討を行った。前項研究で開発した材料と新たに調製した材料で2年間の屋外暴露試験を行い、その耐久性が良好であることを明らかにした。また道路標識に試験施工し、既設品に比べ良好な着雪防止効果が確認されたが、粉塵や泥により効果が一時的に軽減する場合があることもわかった。



道路標識での試験施工評価

○難着雪氷高分子素材の利用技術に関する研究 (H9~11)

当场でこれまで開発した、はっ水性が高く安価で取り扱いの容易な塗料について、特許を取得し、その実用化に関する検討を行った。

開発材料などの滑雪性の実験を、科学技術庁防災科学研究所新庄雪氷防災研究支所の人工降雪装置を使い明らかにした。その結果を踏まえ、屋外のモデル道路標識などの評価を行いさらに滑雪性の良好な材料を見いだした。



人工降雪装置での塗料の着氷試験

○**滑雪塗装の開発とその評価に関する研究 (H12~14)**

積雪寒冷地特有の落雪事故防止に寄与することを目的に、滑雪性の良好な塗料の開発検討を企業と行った。親水性素材を主体にフッ素系、シリコン系の各種の滑材を添加した滑雪性の良好な複合塗料の試作を行い、屋内での人工雪での特性評価試験や、屋外での自然降雪による評価試験を実施し、実構造物での着雪防止性や滑雪性等を示す良好な仕様を見いだした。

○**滑雪塗装の性能評価に関する試験 (H15)**

上記民間共同研究で開発した滑性塗料について、最終的な製品化を目指し、さらなる性能及び耐久性の向上を目的に、民間企業からの受託研究を行った。(独) 防災科学技術研究所において屋内の人工雪や、当場で冬期間の自然暴露による雪の付着性や滑雪性を評価し、滑雪機能と着雪防止機能がバランス良く発揮されるシリカとフッ素の添加量を明らかにした。



開発した滑雪塗料「スノーグライド」

○**難着氷雪塗工膜の評価技術の開発 (H16)**

撥水性塗料の難着氷雪性評価観察のために使用する、冬期間の屋外における自然降雪での雪の付着や滑落などの暴露試験の状況を遠隔監視するシステムを確立するため、民間企業からの受託研究を行った。その結果、暴露試験の状況観察には web カメラを用いネットワークで 24 時間、リアルタイムで観察可能な遠隔監視するシステムを確立した。またこのシステムを使い、冬期間の自然降雪による暴露試験を行い、塗料の特性を明らかにした。

○**可視光光触媒を利用した信号灯器の着雪防止評価試験 (H16)**

冬期間の着雪や積雪防止に効果のある光触媒や塗料を応用した信号灯器の性能評価を目的に民間企業からの受託研究を行った。可視光応答型二酸化チタン光触媒を塗布した仕様や、撥水系及び親水系塗料を塗布した仕様の着雪防止対策信号灯器や、着雪防止対策のフード形状についての評価を行いその性能を明らかにした。

○**凍結防止剤による路面凍結抑制システムの開発**

—**コート法**— (H6~7)

寒冷地における凍結防止対策として、凍結防止剤をアスファルト舗装内に組み込み路面の凍結を防止する工法が検討されているが、凍結防止剤の溶出のコントロールが難しいなどの問題がある。そこで凍結防止剤をポリマーモルタル中に配合し、それを路面にコーティングすることで凍結抑制する技術の検討を行った。凍結防止剤の表面処理による改質や凍結防止剤とポリマーモルタルとを配合した試料による水中や屋外試験を行い、その特性を明らかにした。



凍結防止剤とポリマーモルタルとを配合した試料による市道での屋外試験

○**低エネルギー型複合舗装システムによる路面凍結対策技術の開発 (H15~16)**

冬期間の安全な路面確保を目的に、ヒーティングや凍結防止剤の代替としてブロックと廃タイヤゴムチップの弾性体複合舗装により、車の自重で雪氷を破砕、パネルで断熱・透水及び自然エネルギーで排水することを特徴とする低エネルギーで実施可能な路面凍結防止技術について、北海道大学・民間企業 4 社と検討を行った。



路盤モデルの氷の剥離性評価試験

路盤モデルによる氷の剥離性評価として、種々のブロック形状と硬さの異なるゴムチップパネルを組み合わせた路盤モデルについて氷のは剥離性を明らかにした。また屋外試験として試験施工路面にビデオカメラを設置し路面状況を観察し、その変化を明らかにした。

◎バイオマス活用材料・技術に関する研究

【概要】

バイオマスとは、エネルギーや物質に再生可能な、動植物などから生まれた資源であり、農林水産物、稲わら、もみがら、食品廃棄物、家畜排せつ物、木くずなどがある。ここではこのバイオマスを材料として利活用する研究事例について紹介する。

◎高圧ロールプレス法によるもみ殻を原料とする飼料製造技術の開発 (S62)

我が国の主要農産物である米の生産加工時に、副産物として発生するもみ殻は、年間発生量の300万トンのうち約30%が廃棄され、大部分が焼却されている。一方、畜産物については、牛肉などの需要増加が見込まれ、生産コスト低減等から粗飼料を含む配合飼料への要望が強い。このため企業ではもみ殻の飼料への利用を検討しているが、この時の問題に容積の低減があるため、企業と検討を行った。ロールプレスを使いスクリュを改善することで、粉砕工程や結合剤なしに水の添加でプリケット化が可能であることを見いだした。もみ殻プリケットの消化性もやや良好になり、配合飼料の10～15%の給与が可能で、また取扱いも容易になることから、配合飼料との混合給与など省力化ができることを明らかにした。

◎道産多糖類による機能材料の創製に関する研究 (H16～17)

セルロース、デンプン、キチン・キトサン、アルギン酸などの天然多糖類を材料ベースに用い、これらを複合化することにより多糖類の特徴を活かした機能性材料の創製を目指した基礎検討を行った。セルロースやキチン・キトサンの溶解性溶媒を検討し、アミン類/チオシアン酸塩類が良好な溶解特性を示すことがわかった。エアギャップ紡糸法によりセルロース繊維を形成することが可能なことがわかった。セルロースドープ及びキトサンドープを混合することで、セルロースとキトサンが複合化した繊維を紡糸することが可能なことがわかった。



エアギャップ紡糸法で形成したセルロース繊維

◎環境対応型高分子系複合材料の開発と応用に関する研究 (H17～19)

材料の製造時に環境負荷の少ない各種の道産天然素材や、廃棄後の環境負荷の少ない生分解性プラスチックなどのさらなる活用を目指し、これらを利用した複合材料の複合化方法、成形加工性について検討を行った。その結果、窓用ブラインドに適した超極薄単板と和紙を積層した複合材料の構成仕様を見いだし、製品化につながった。また笹の 리그ニン・セルロース成分や亜麻を用いた複合材料の特性を明らかにした。さらにホタテ貝殻を利用した路面標示用塗料の検討を行い、横断歩道の耐滑走性を改善する仕様を見いだした。



ホタテ貝殻を利用した路面標示用塗料の横断歩道施工試験

◎バイオマスプラスチックの耐久性改良に関する研究 (H20～22)

バイオマスプラスチックは、石油由来の汎用性プラスチックに比べ、耐候性や耐熱性が劣り、現状では使用用途が限られているため、これらの特性向上を目指し検討を行った。



ポリ乳酸樹脂などの屋外暴露試験

ポリ乳酸樹脂の耐候性を汎用プラスチックとの屋外暴露試験で比較を行い、その強度劣化や色調変化の挙動を明らかにした。耐候性改良の手法として、着色剤を添加することで、その向上が図れることを明らかにした。またポリ乳酸樹脂にホタテ貝殻粉末や酸化チタンを添加することにより、結晶化を促進させ、耐熱性を向上させる効果があることを明らかにした。

○天然物を用いたプラスチック発泡コンパウンド

技術の開発 (H20～21)

天然物由来の素材と生分解性プラスチックを主原料として、環境にやさしく安価な生分解性発泡素材作製のためのコンパウンド技術と、それを用いた製品開発を目的に、検討を行った。天然物由来素材と脂肪族ポリエステル系生分解性プラスチックを主原料に用い、各種添加剤の物性・成形性の評価、試験機や実機での成形条件の検討を行った結果、既存製品に比べ天然物由来素材を増量しコストを抑えつつ、物性は同等以上の成形体を得るための処方及び成形条件を確立した。



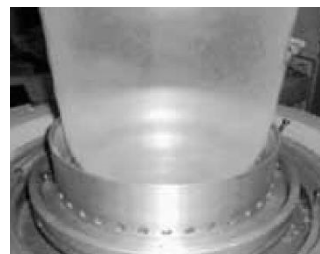
天然物由来素材と生分解性プラスチックを使った
生分解性発泡素材 (開発品)

○ホタテガイ由来タンパク質類の利用に関する研究 (H20～21)

道内で大量に生産されるホタテガイは、貝柱以外の部分の多くが産業廃棄物となっているため、貝殻の有効利用を図ることを目指し検討を行った。その結果、ホタテガイ中の成分を機器分析し、タンパク質などの成分について新たな知見を得た。またホタテガイ由来廃棄物の用途探索を行い、塗料等へ有効利用できる可能性を見いだした。

○広域流通に用いるバイオマスプラスチック包装資材の開発 (H21)

道内産の農水産物や加工食品の需要拡大のためには広域かつ長期間に渡る輸送が必要なため、鮮度保持性や低温特性の優れた包装資材が要求される。そこで長距離輸送、低温輸送に優れた包装用フィルムの開発を目指し、北海道大学・企業と検討を行った。ホタテ貝殻を充填したマスターバッチを作製し、それをバイオマスプラスチックに混合してインフレーション成形により厚さ $30\mu\text{m}$ のフィルムの成形を行った。またこのフィルムの性能評価を行い、ホタテ貝殻の粒径、混合比による機械特性や水蒸気透過性の差異を明らかにした。



ホタテ貝殻充填バイオマスプラスチックの
インフレーション成形

○ゼロエミッションを目指す天然物を用いたバイオマスプラスチックの開発 (H22)

安価で機能性に優れた家電用プラスチック成形品の開発を目的に、共同研究者が製造・上市している生分解性プラスチックあるいは他のプラスチック、又は再生プラスチックをベースに天然物系素材をブレンドすることでゼロエミッションを可能とし、環境負荷の少ないバイオマスプラスチック素材及びそれに伴うコンパウンド等の加工技術の開発を、企業と実施した。天然物とプラスチックの種類と配合比を選定し、射出成形や押出成形技術の検討により、企業ニーズに適合した天然物含有プラスチックコンパウンドを試作し、家電製品等の部品や部材への適用を可能であることを見いだした。

○バイオプラスチックのマテリアルリサイクルに関する研究 (H24～25)

バイオプラスチックのうち縮合系高分子のものは、熔融成形時の高温・高剪断力以外にも、加水分解による分子鎖切断で物性低下を避けることはできない。バイオプラスチックのリサイクル時に問題となる上記問題を解決することを目的に、本検討を行った。ポリ乳酸やポリブチレンサクシネートのリサイクル時に、架橋剤を適切に添加することで熔融粘度を保持可能なことを見いだした。またポリブチレンサクシネートにおいては通常、リサイクルによる物性低下が起こるが、架橋剤を添加することで強度などを保つことが可能であることを明らかにした。

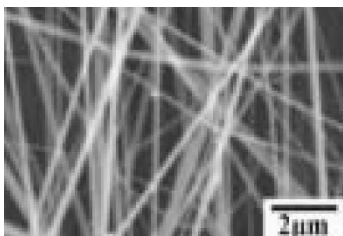
○バイオマスナノファイバーの製造・利活用技術 【概要】

動植物などから生まれた生物資源 (バイオマス) は再生可能な資源であり、セルロースなど古くから紙や繊維・フィルムほか産業資材の材料などに広く使用されている。近年、バイオマスのセルロースやキトサンなどをナノサイズまで微細化した繊維 (ナノファイバー) に加工し利用することで、様々な特性向上や性能を付与する材料として注目されている。ここではこれらの研究事例について紹介する。

○キトサン・ナノ繊維を用いた神経再生促進型

マトリックスの開発 (H17~18)

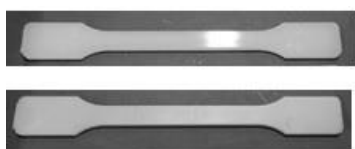
キトサンを原料に、神経欠損再生用マトリックスを中心とした再生医療全般に展開できる新規足場材料を開発することを目的に、北海道大学・東京医科大学などと共同で検討を行った。当场では、エレクトロスピンニング (ES) 法でキトサン・ナノ繊維を製造可能な自動製造装置を製作し、製造条件を確立した。また作製したナノ繊維成形体の繊維径配向度などの形態や、引張強度などの物性評価手法を確立するとともに、その特性を明らかにした。



ES 法で作製したキトサン・ナノ繊維

○セルロースナノファイバー強化樹脂の成形加工技術に関する研究 (H28~29)

樹脂材料の新たな強化繊維として注目されているセルロースナノファイバー (CNF) に関する成形加工技術等の技術蓄積を目的に、検討を行った。国内研修で習得した CNF 強化樹脂に関する成形加工等の知見をもとに、当场設備を使用した CNF 強化樹脂の加工や成形方法の最適化を行い、当场設備を使用し CNF 強化樹脂を製造する技術を確立した。また得られた CNF 強化樹脂の強度やガス透過性等の特性評価を行い、CNF の添加性能を明らかにした。



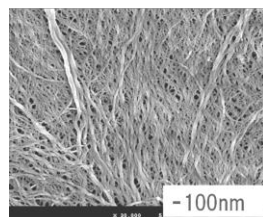
CNF 強化ポリエチレン (CNF-PE) のダンベル型試験片

○バイオマスファイバーの解繊及び特性評価に関する研究 (H30~R2)

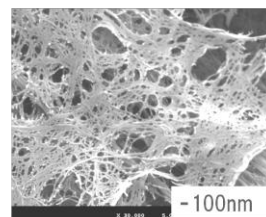
バイオマス由来のセルロースやキチンをナノサイズに解繊したバイオマスナノファイバーはポスト炭素繊維として大変注目されている新素材である。道内に量・種類ともに豊富にあるバイオマスファイバー資源の高次利用を目指し、検討を行った。道産のポテト・ビート・トドマツ・カニ殻からバイオマスファイバーを湿式ナノ解繊する、精製・解繊処理条件を見いだした。それらナノファイバーで調製した懸濁液

の粘度特性や、吸引濾過等で作製したシートの機械的特性を明らかにした。またこれらのパルプを二軸混練機を用いナイロン樹脂中で乾式解繊を行い、樹脂複合材を作製可能なことを明らかにした。さらに得られた樹脂複合材の補強特性を明らかにした。

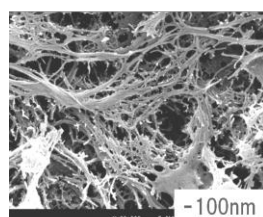
トドマツチップ



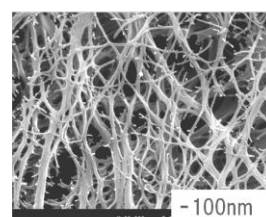
ビートパルプ



ポテトパルプ



ズワイガニ殻



バイオマスナノファイバーの電子顕微鏡画像

○環境に優しいBNFシート積層複合材料の開発 (R3~5)

近年実用化が進むセルロース系バイオマスナノファイバー (BNF) 強化樹脂は繊維が個々に独立して樹脂中に分散した状態であるが、繊維同士が連続した構造を持つ BNF 複合材料の作製により従来の連続繊維強化樹脂に匹敵するようなバイオマス由来の軽量かつ高強度の複合材料が期待される。そこで連続構造を形成する BNF シートとバイオマス樹脂の最適な積層複合化方法の探索を目的に、検討を開始した。

◎石灰質未利用資源の利用技術に関する研究

【概要】

北海道は、古くから農業・水産業の生産量が多く、それらの加工時に排出される副産物の利活用も重要な課題である。ここでは、道内水産業の主要産品で国内生産量の多くを占めるホタテガイの貝殻や、農産物のでん菜から製糖する際に発生する石灰汚泥 (ライムケーキ) の新たな有効利用技術の研究開発について紹介する。

○ホタテ貝殻のスリッパ防止材としての応用 (H5~7)

ホタテガイの道内生産量は約 37 万トン (1995 年度) であり、その半分の約 19 万トンが貝殻である。ホタテ貝殻は、土壌改良材、鶏の餌などに一部が使用されている程度であることからこの有効利用を図るため、路面のスリッパ防止材としての可能性につい

て検討した。貝殻を粉碎・粒度調整したスリップ防止材について、室内試験では当场で製作した測定機などで常温や低温下での摩擦抵抗やすべり抵抗を市販スリップ防止砂と比較し、良好な結果が得られた。実用試験は北海道自動車短期大学などとともに、士別市の自動車試験コースや虻田町一般道路での圧雪路や氷盤路・ツルツル圧雪路などで自動車の制動性能を評価し、市販散布砂と同等以上の結果が得られた。

○ホタテ貝殻未利用資源の有効利用に関する研究 (H14~16)

ホタテ貝殻の再資源化を目的に、重点領域特別研究で道立食品加工研究センター、大学、北海道開発土木研究所、民間企業とともに実施した。ホタテ貝殻や種々の粒度に調整した貝殻粉末についての各種用途展開に向けた特性の把握、ホタテ貝殻由来軽質炭酸カルシウムのパイロットプラントを試作し形状制御技術の検討を行った。またカット野菜などの抗菌・鮮度維持の活用に向けた新たな用途開発や、天然色素を吸着した無機顔料を調製し食品資材への利用検討を行った。複合材への利用技術では、汎用プラスチックや生分解性プラスチックと複合化することで機械的物性を向上させることが確認された。路面標示用塗料の体質顔料としての検討を行い、フィールド試験を行った。アスファルト用充填材への利用検討では、佐呂間町の農道や生田原町の国道での試験施工と経過観察を行い、路面凹凸量など比較工区と同等以上の供用性能を示した。



ホタテ貝殻粉末を利用したアスファルト舗装材

○ホタテ貝殻を利用したブラスト処理の性能評価及びブラスト装置の改良 (H16~17)

ホタテ貝殻の新たな用途として、ブラスト材（研削材）への利用について検討した。ホタテ貝殻粉碎粉のブラスト材と砂等の従来材の研削特性の比較把握や、ブラスト装置について、ノズル径や長さなど各要因分析を行い、ホタテ貝殻粉碎粉用に噴射装置を試作した。同装置の適正稼働条件の検討を行い、素地の熔融亜鉛めっき層を摩耗させることなく、塗装膜のみを剥離、除去することが可能であることを明らかにした。

○ホタテ貝殻による合成樹脂のチクソトロピー改良技術の開発 (H18)

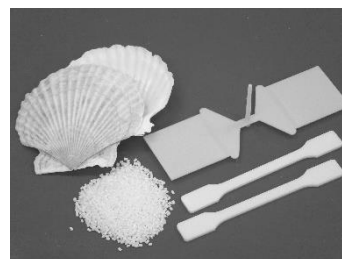
合成樹脂の粘度・チクソトロピーの改質を目的に、路面標示用塗料製品へのホタテ貝殻粉碎物の添加による特性変化を調査し、塗装システムへの適用及び道路への施工性の検討を行った。

○ホタテ貝殻を利用した抗菌性等を付与した生分解性フィルムの開発 (H19)

ホタテ貝殻の特徴を活かした新しい機能を付加した生分解性プラスチックフィルムの利用を目指し、民間企業とともに貝殻粉末を配合したフィルムのインフレーション成形での試作と顕微鏡等による貝殻粉末の充填状況観察や、機械的特性等の性能評価を行った。

○ホタテ貝殻の有効利用に関する研究 (H23)

ホタテ貝殻粉末をプラスチックと複合化した材料の利用可能性把握を目的に、ポリプロピレン (PP) 樹脂貝殻複合材の調製技術・射出成形による加工と、複合材の機械的・熱的特性の評価を行った。貝殻粉複合材は、石灰石由来重質炭酸カルシウムと複合化した。



ホタテ貝殻粉末複合 PP 樹脂材料と成形体

○製糖廃棄物(ライムケーキ)を用いた農畜産用低強度コンクリートの開発 (H11~13)

てん菜を原料とした製糖工程から年間約 30 万トンの廃棄物が発生し、その大部分がライムケーキである。従来は埋め立て処分されていたが、処理経費の増大や最終処分場確保等の問題があり、その有効利用技術の開発が急務となっている。一方、農産物の自由化に伴う生産性向上のため、耕地の集約化や酪農規模の拡大が進められ、畑地での収穫物のストックポイントの舗装化や、牧場での牛舎パドックの舗装化が図られ、従来品より低コストの舗装材料・工法が求められている。このことからライムケーキを原料として、農畜産用に適した舗装材料を開発することを目的に、日本ビート糖業協会や民間企業と検討を行った。道内 4 製糖工場から入手したライムケーキの組成・粒度などを分析し、試験施工を想定して地域別に選定した安価な副資材やセメント固化材との配合

試験を行った。この結果を踏まえ十勝管内 3 箇所
試験施工し、強度や通年耐久性能等の評価を行い、良
好な配合仕様を確立した。また強度ばらつき等を解
消する施工工法も確立し、基本的な技術を確立した。
得られた技術は特許登録となり、その後企業での実
用化により、利用された。

○ライムケーキを用いた農畜産用舗装技術の開発 (H14~16)

上記研究で得られた技術を活用し、ライムケーキ
を利用して安価で固さを抑制するなど農業用途に適
した舗装材料と舗装技術の実用化に向けた技術確立
を目的に、重点領域特別研究として、道立畜産試験場、
大学、民間企業、日本ビート糖業協会と検討を行っ
た。H14 年には低コストで移動可能なライムケーキ舗
装材混合プラントを試作、畜産試験場や根釧地区の酪
農家でパドック等の 7 箇所の試験施工を行い概ね良
い評価が得られた。H15 年には混合プラントの製造速
度アップと作業性向上を図った試作機を製作し、根
釧地区の酪農家 33 戸のパドック等の試験施工を行い、
概ね良好な結果を得た。H16 年には本格的な混合プラ
ントの建設を検討するとともに、開発した舗装材が
コンクリートに比べ低コストで、滑りにくさ、畜牛の
脚への衝撃緩和、断熱性、遮水性など、酪農施設用の
舗装材として優れた性質を持つことを明らかにした。
事業化に必要な技術課題は概ね解決したため、企業
で事業化されるに至り、R3 年現在においても事業継
続中である。



ライムケーキを利用した農畜産用舗装材

○ライムケーキを用いた路盤材の開発(H17)

ライムケーキの大量利用が期待される用途として、
道路の下層部分に使われる路盤材への利用検討を、
企業とともに行った。ライムケーキを主体に土砂や
セメント等を配合した路盤材について、室内実験で
凍上抑制効果を確認し、この結果を踏まえ、フィール
ド試験を標津町内で行い、冬期の凍上性などの検討
評価を行った。

◎コンクリート・セメントの活用技術に関する研究

【概要】

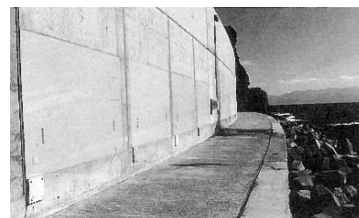
ここではセメントコンクリートの強度改善や、塩
害・アルカリ骨材反応を抑制する耐久性向上に関す
る研究、また道内未利用資源の原料への活用や、コン
クリート材料などを使った磯焼けのない豊かな藻場
を造成する研究開発について紹介する。

○繊維強化セメントコンクリートに関する研究(S57~60)

繊維強化セメントコンクリートは、セメントコン
クリートの欠点を改善するために、繊維を混入し、じん
性を付与することを目的として開発された材料で
ある。この材料の物性は、繊維やモルタルの性質や成
形方法により大きく左右されることから、ガラス織
維強化セメントモルタルに関して、それらの影響に
関する検討を行った。①強化用繊維のチョップドス
trandなどの形態や、プリミックス法をはじめと
する各成形方法と物性の関係、②耐アルカリ性ガラ
ス繊維を使用したときの長期耐久性などの評価と長
寿命化の方策、ポリエチレン繊維や鋼繊維強化ポリ
マーモルタルのじん性改質効果を明らかにした。

○表面処理コンクリート構造物の耐久性向上に 関する研究 (S60~63)

コンクリート構造物が塩害やアルカリ骨材反応など
により、比較的短期間で劣化する事例が数多く見受け
られ、特に道内日本海沿岸部は劣化が激しい地域であ
り、早急な対策が望まれている。このためコンクリート
の耐久性向上を目的に、コンクリート表面の改質処理
に関する検討を行った。耐食性を付与する表面処理材
料として、浸透性防水剤・防食用塗料・ライニングレ
ジンコンクリートなどについて遮塩性・耐候性・附着性
などの防食性能試験及び海岸実構造物への施工試験で
材料特性と施工性を評価しその傾向を明らかにした。



塗料等の海岸実構造物での暴露試験

○アルカリ骨材反応に関する調査研究 (S63~H 元)

アルカリ骨材反応によるコンクリート構造物の被
害が、全国的に多数認められるようになったことか
ら、道内の骨材資源の実態把握を目的に、本検討を行
った。道内の安山岩や玄武岩など 32 種類の砕石試料

で JIS の化学法やモルタルバー法による測定で、有害・潜在的有害・無害を判定し明らかにした。また反応性を有する砕石の特性把握を行い、火山ガラスに富み、石英以外のシリカ鉱物を含む岩石であることを明らかにした。さらにアルカリ骨材反応で大きく膨張を示す砕石について、セメントの一部を高炉セメントやフライアッシュで置換することで、膨張を抑制できることを明らかにした。

○コンクリート鉄筋の電気防食に関する研究(H元)

海岸部などの塩分の多い環境のコンクリート構造物などの鉄筋は長期的には、腐食の発生、進行さらには構造物自体の強度低下を招くことになる。国内での防食対策としてはエポキシ樹脂塗装やコンクリート表面被覆工法による補修が実用化されているが、電気防食の実用化に関する検討は遅れている。このため防食診断技術の一環として、本検討を行った。鉄筋の腐食状況の非破壊診断の一つである電位測定法を塩化ナトリウム添加供試体に対して行い、塩分の有無による自然電位変化を明らかにした。

○コンクリート構造物におけるアルカリ骨材反応抑制技術(H2~4)

アルカリ骨材反応によるコンクリートの劣化事例が数多く報告されており、コンクリート構造物の耐久性を向上させ、骨材資源を広く利用して安定確保することが、強く求められている。このためアルカリ骨材反応のメカニズムの解明や反応性の低い骨材の特性を明らかにし砕石場開発の基礎資料を得ることを目的に、地下資源調査所とともに検討を行った。道央・道南地区で採取した岩石試料を対象に、アルカリシリカ反応性や岩石・鉱物学的性状を明らかにし、この反応性と岩石学的特性の関係やアルカリ骨材反応の抑制方法を確立する上で重要な知見を得た。またアルカリシリカ反応に起因するコンクリートの膨張を抑制する材料として、ゼオライトが効果を示し、このコンクリート供試体での性能確認でも良好であることを明らかにした。

○藻場造成材料に関する調査研究(H4~6)

道内の桧山・後志地区に磯焼けが特に発生し、沿岸漁業のウニやアワビの生産が低いまま推移しておりその対策が強く望まれている。本研究は高分子材料をはじめ各種有機・無機材料を組み合わせ、磯焼けのない豊かな藻場を造成する材料の開発を目指し、各所の水産技術普及指導所とともに検討を行った。コンクリート板の表面に天然石・ホタテ貝殻・スラグ・FRP 製ネット・透水ブロックなど 15 種

類を塗布や貼付し、江差町・瀬棚町・三石町で海中浸漬し定期的に付着状況を観察したところ、コンブ・アオサなど藻類の着生が確認された。

○火山灰を使用した長寿命コンクリートの開発(H23~25)

道内に広く分布する未利用資源である火山灰のコンクリート用混和材としての利用可能性に関して、北方建築総合研究所、地質研究所などと共同で検討を行った。化学組成及び鉱物組成評価を行った結果、火山灰中にはセメントの水和の際に生成される水酸化カルシウムと反応に必要なケイ酸質非晶質相が多く存在していることを確認し、その反応性を明らかにした。火山灰を利用したコンクリートの耐久性や信頼性の評価を行い、通常のコンクリートと変わらない性能を持つことを明らかにした。またこのコンクリートは、物質透過抵抗性が優れていることから、構造物の長寿命化が図れる可能性があることを確認した。さらに、このコンクリート製品製造技術は、道内製品工場へ展開が可能となった。



火山灰を用いたコンクリート試作品

◎無機系の未利用資源・廃棄物の利用技術

【概要】

各種の産業活動で下水汚泥、石炭火力発電所から発生するフライアッシュ、鋳物ダスト、道路掘削残土、製鋼スラグ、廃乾電池亜鉛滓などの廃棄物が排出される。ここでは、これら無機系の未利用資源や廃棄物、道産鉱物資源であるパーライト、火山れき、シラスバルーン、白土などを原材料として有効利用する研究開発について紹介する。

○下水汚泥を主原料とする炭素系吸着剤の製造(S55)

公共下水道の急速な整備普及に伴って、下水終末処理場から発生する下水汚泥量は年々増加の傾向にあり、今後発生量に見合う埋立地確保が一層困難になることが予想され、この減量化や再資源化の技術開発が強く望まれている。そこで、新たな方法として、下水汚泥を薬品賦活法で活性炭化し、これを廃水浄化剤として利用することを目的に、検討した。乾燥汚泥に塩化亜鉛を適量加え、非通気性雰囲気中で加熱

乾留して炭化と賦活を同時に行うことで、得られる焼成炭のヨウ素吸着性能は市販活性炭の約 1/3 程度の性能を持つことを明らかにした。

○下水汚泥の有効利用 (S60)

下水汚泥の有効利用を目的に、本検討を行った。札幌市の下水処理場より排出される焼却灰について化学的組成を明らかにするとともに、焼却灰単味の焼成体を基材とするポリマー複合タイルの製造条件について検討した。試作した実物大のタイルは、生産性についてはさらなる検討が必要であるものの、札幌市手稲汚泥焼却センターの舗道用タイルとしての施工試験で、一年経過後において実用上の強度・性能を有していることを明らかにした。



手稲汚泥焼却センターでの舗道用タイル施工試験

○フライアッシュの性状 (S56)

石炭火力発電所から発生するフライアッシュ（微粉炭燃焼ボイラー廃ガス中の煤塵を除去するために集塵機によって捕集した飛灰）の性状試験を実施した。奈井江・滝川・江別の発電所から採取した試料（細粒灰、粗粒灰）について、主要成分や微量成分、粒度分布・pH、水溶性等の測定を行い、道外のフライアッシュに比べ二酸化ケイ素が多く酸化カルシウムが少ないなど、その性状を明らかにした。

○道産鉱物資源の有効利用に関する研究(S63~H 4)

道産鉱物資源の有効利用及び道内企業へのその技術の導入を目的として、高効率赤外線放射体を主体とする機能性無機材料の開発を行った。安価な低熱膨張性の高効率赤外線放射体への応用のため、遷移金属酸化物と Cordierite との複合体を作製し、その赤外線分光放射輝度や赤外線分光放射率を評価し、焼成条件や添加する遷移金属酸化物により、これら特性が大きく異なることを明らかにした。またこの複合体粉末をフィラーとする塗料などのコーティング材料へも応用可能なことを明らかにした。さらに、これまで道内企業と共同開発したフライアッシュを主原料にガラス繊維・フェノール樹脂で複合化した不燃外壁材を、OA 用フロアパネルへ利用展開するた

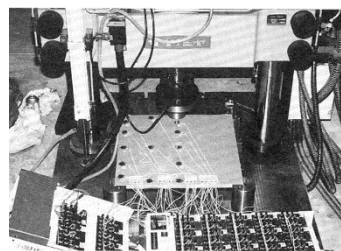
め材料設計の主要要因抽出を行い、その研究の方向性を明らかにした。

○乾式成形法による OA フロア用床材の開発研究 (H2)

GFPC(フライアッシュ/軽石系複合建材)は、元来外壁材用途に開発された材料であるが、近年 OA フロア用床材として高い評価を受けており、また建材以外にも用途展開を図ることが期待できる。この材料系の原材料特性や材料構造を最適化することにより、さらに OA フロア用床材等として合理的な材料設計を可能にすることや、生産ラインの自動計測システムの開発、切削加工性の解析によって製品の信頼性や生産性の向上を目的に、民間企業 2 社と検討を行った。耐久性能を明らかにし、また剛性化を目指し、曲げ剛性シミュレーションや強度試験を行い、現状の製品よりコストを増加させずに高剛性なパネルの設計が可能となった。レーザ式変位センサによる板厚測定システムを開発し自動化を可能とした。またこの切削試験機を製作し、材料の切削性や工具寿命などを明らかにした。さらにリビングテーブル等の試作を通して、素材特性にあった表面処理法と仕上げの技術を確立した。以上のことから、GFPC の用途として OA フロアや壁材以外に装飾用インテリア用品などの付加価値が高い製品への展開が可能になった。

○ORCS 技術による不燃性複合建材の開発 (H5~6)

前項の研究で開発したフライアッシュと軽石を主体とする床材用複合建材は、少量の粉末樹脂のバインダーと、強化材のガラス繊維を用いた複合材料である。他の OA フロアと比べ軽く、現場に合わせて切断加工が可能である。本検討は RCS(レジン・コーテッド・サンド) 技術を応用し、強度を落とすことなく樹脂量を低減し、不燃性及びコストの面でさらに完成度を高めることを目標として、企業とともに行った。作製した RCS やフライアッシュ/粉末樹脂を用いたサンドイッチ構造材料について、OA フロアの荷重を受けたときの変形挙動や吸湿時の寸法変化挙動を明らかにし、最適な材料仕様で製作した RCS 系が、実用上の有意性があることを確認した。

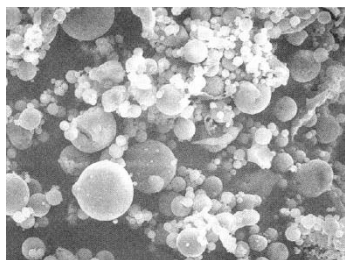


複合材料の荷重を受けたときの変形挙動評価

○フライアッシュを用いた建設用合板代替材料の開発 (H7~9)

わが国の建設用木材は多くを輸入に頼っており、コンクリートの型枠用合板は使用量が多く、ほとんどを南洋材に依存している。最近、地球環境の保全の観点から、国や建設業協会などでは型枠用合板の使用量を極力抑えるよう指導を強めており、南洋材に替わる型枠材料の開発が急務となっている。「再生資源利用促進法」による指定副産物である火力発電所の微粉石炭灰（フライアッシュ）を用いて、非木質系の合板代替材料を開発することを目的に検討を行った。

発電所で使用する石炭は、比較的短期間に世界各地の石炭を切り替えて使用するため、北電厚真発電所で発生した各種フライアッシュの提供を受け、その化学組成・強熱減量・比重などを測定し炭種によって性状に大きな違いのあることを明らかにした。また成形方法を検討し、適切な粒度調整を行ったフライアッシュを使い軽量骨材を作製する発泡条件を明らかにした。さらにこの発泡フライアッシュとガラス繊維の複合材で成形板を作製・評価を行い、合板に比べ強度は劣るが剛性に優れ、吸水に対する安定性が顕著であることを明らかにした。



フライアッシュの電子顕微鏡写真

○乾式成形複合材におけるガラス繊維強化機構 (H7~8)

国内のエネルギーにおける石炭の割合は年々高まっており、排出される石炭灰のうちフライアッシュをどう再利用するかが大きな問題となっている。発電所では、産地の違う何種類もの外国炭を短い期間で切り替えて使っているため、フライアッシュの性状も大きく変動するという問題点がある。本検討はこれまでに開発したフライアッシュを主原料にガラス繊維を強化材として、乾式で成形した複合建材へ外国炭のフライアッシュを利用することを目指し、企業と検討を行った。北海道電力から提供を受けた外国炭のフライアッシュの粉体特性やその成形体の強度を測定し、フライアッシュの種類やフライアッシュ結合剤として使用する樹脂量に関係なく、発泡倍率と曲げ強度の関係式を見だし、任意の設計強度に必要な樹脂量を知ることが可能となった。

○廃棄物を用いた発泡材料に関する研究 (H8~10)

北海道内では産業廃棄物としてフライアッシュや鋳物ダスト・パルプスラッジが大量に排出されており、これらの有効利用に関わる社会的要求は高まると予想される。上記廃棄物は単独では発泡しないが、特定の割合に調整し焼成すると、軽量かつ高強度の発泡セラミックスが得られることが見いだされている。そこで発泡セラミックスの用途や必要物性を満足する製造条件を明らかにすることを目的に、検討を行った。各種廃棄物を配合し流動層焼成で作製した発泡セラミックスの比重や強度を測定し、中でも粒子の圧壊強度が40kg以上の高強度であることを明らかにした。また市販されている発泡セラミックスについて調査し近年急増している水耕栽培支持材料、及び内外装材充填材などが有望であることを確認した。発泡セラミックスを大量製造するための焼成条件や原料配合を検討・大量試作を行い、これを用いた水耕栽培試験ではアルファルファなどで発芽率や生長が大幅に向上していることが確認された。以上の研究成果について特許を出願した。



廃棄物を用いた発泡セラミックスの試作品

○フライアッシュの機能性向上に関する研究 (H9~10)

本検討では、フライアッシュを主原料とした複合建材の高性能化、高機能化を目指し、企業と共同で検討を行った。成形体物性に与える粗骨材の影響を調べ、当场で開発中の発泡セラミックスを複合板のコア材に使用することで、辺集中荷重や衝撃、剥離などに対する抵抗性の増加が期待できることを明らかにした。またフライアッシュを水酸化ナトリウムで化学的に処理して作製した多孔体は、吸放湿性がゼオライトや珪藻土よりも大きくなることを見いだした。これを建材に使用することを想定した強度を得るための検討を行い、実用的に使用可能な強度の組成を見いだした。

○無機系廃棄物の有効利用に関する研究 (H11~13)

道内で年間数万トン排出される無機系廃棄物であるフライアッシュ、道路掘削残土などの有効な再利用を目指し、検討を行った。外熱式の流動層での焼成

方法によるフライアッシュ等を用いた発泡セラミックスの検討を行い、良好な製造技術を見いだした。道路掘削残土を焼成し、数 mm の球状骨材を試作し、スリップ防止材としての性能把握を行った。また生産性に優れるロータリーキルンによる連続焼成法について検討し、その量産技術を明らかにした。さらに鑄物廃砂を主原料にした発泡体の配合組成や焼成条件を見いだした。

○常圧アルカリ処理によるアルミノ珪酸塩成形体の開発 (H11~12)

近年、住宅の高気密・高断熱化によって生じるとされるシックハウス症候群や、結露・かび被害の増大に対処するニーズが高まっている。当時は企業との共同研究で、水酸化ナトリウムを添加したフライアッシュ粉体を熱プレスで熱圧縮する方法で、木材の数倍の呼吸性を持つ新たな無機材料を製造できる可能性があることを見いだした。本検討は、その成果に基づき、経済性も含めて優れた吸放湿性材料を開発することを目的に、企業と共同で実施した。フライアッシュ以外にも利用可能な原料を探索し、道産のパーライト、火山れき、シラスバルーン、白土でフライアッシュ同等の吸放出特性を示すことを明らかにした。またこれらの吸放出メカニズムが化学吸着である可能性を見いだした。このうちパーライトを成形したものが、雛人形収納や下駄箱用の調湿材として平成12年2月に商品化された。

○石炭灰の土木資材化技術 (H17~18)

大量に発生する石炭灰に少量のセメントを加えて安価な土木資材として有効利用することを目指し、企業と共同で検討を行った。石炭灰の粉碎処理や混和剤添加によりフレッシュモルタルの流動性が向上し、セメント配合の割には高強度の硬化体が得られることを明らかにした。セメントを少量添加して石炭灰を硬化させることにより、フッ素・ホウ素等を固定化することが可能であることがわかった。石炭灰の風力分級処理を行い、石炭灰中の中空粒子を粗粒分として分離回収できることがわかった。

○黒硬、製鋼スラグ、石炭灰の混合による地盤改良試験 (H21)

環境・安全面に課題がある選炭ズリ埋立場を対象に、黒硬・製鋼スラグ・石炭灰から成る混合土の化学成分などを明らかにするため、企業や釧路根室圏産業技術振興センターと共同で検討を行った。上記各

成分や混合土壌の有害物質含有量を測定した結果、いずれの試料も環境基準値を下回る値を示した。有害物質溶出試験においては、黒硬及び石炭灰試料並びに石炭灰を配合した混合土で、環境基準値を上回る有害物質の溶出が認められた。

○火山灰ガラス長繊維を原料とする断熱性建材の開発研究 (S57~59)

昭和54~56年に行った研究「未利用資源による寒冷地用断熱建材の開発研究」成果を活用し、次の時代に要求されるであろう断熱性を含む多機能性を持った建材の開発を目指し、検討を行った。道内4カ所の火山灰から作製したガラス長繊維をセル状構造に複合化した建材を試作し、断熱性・強度・剛性・不燃性・軽量性などの性能評価し、これらを同時に有することを明らかにした。さらに近年深刻な問題になりつつある騒音問題に対応するため、この材料をベースとした遮音性の付与を検討した結果、垂直入射透過損失測定装置を改良し2,000Hzまで測定可能な音響透過損失測定装置を見いだした。

○道路掘削残土の有効利用に関する研究 (H5~6)

道路建設工事に伴って発生する残土は、建設副産物として増加の一途を辿っている。札幌市ではリサイクルプラントで砂や碎石を回収後に発生する粒径100 μ m以下の脱水ケーキの利用が求められている。一方江別地区の粘土窯業界では宅地化が進み新たな原料土の開発が困難で、この安定的確保が重要な課題となっている。このため脱水ケーキの基礎的特性とセラミックス特性を把握し、セラミックス原料としてより高度な用途開発を進めることを目指し、調査研究を企業とともに行った。脱水ケーキ化学成分や含水率を明らかにするとともに、これをレンガなどの粘土窯業原料として使用する際の水分・焼成温度管理・押出成形特性・焼成時の収縮特性など、使用する際の注意点を明らかにした。

○鑄物廃砂の利用に関する調査研究[レンガへの利用] (H6)

鑄物工場で型に使用された砂(廃砂)は産業廃棄物に指定されており、札幌圏内だけで年間数百トンが排出される。一方江別地区の粘土窯業界では宅地化が進むなか、新たな原料土の確保が困難となり、その解決が重要な課題となっている。この鑄物廃砂をレンガ用原料として再利用可能か調査研究を行った。鑄物工場に対して、廃砂の発生状況を調査するとと

もに、廃砂の化学成分や強熱減量などの物性を明らかにした。ベントナイト系廃砂は磁力選鉱処理を施すことで、レンガ原料の山砂の代替品として使用が可能なことを明らかにした。

○新規プロセスによる産業廃棄物の高品質原料化

前処理及び高度加工技術の開発 (H14)

旋回噴流現象を利用した高速攪拌技術は、複雑な混合物や化合物を含む廃棄物を対象としたリサイクル技術の新しいプロセスとして応用が期待されている。この技術を利用して廃乾電池・蛍光管等水銀含有廃棄物の分離精製技術を確立し、高次リサイクル技術の事業化を目指し、北海道大学や道立食品加工研究センター・企業とともに検討を行った。水銀回収後のアルカリ乾電池滓(マンガン亜鉛化合物)をフェライト原料としてリサイクルできるよう、焼成によるカリウム等の不純物除去を可能とする焼成条件を明らかにした。またアルカリ乾電池滓から亜鉛を分離・回収する方法として窒素雰囲気焼成することにより亜鉛を揮散・捕集することで、高濃度で回収可能なことがわかった。

○ファインセラミックスに関する研究

【概要】

セラミックスには、陶磁器、ガラス、セメント、レンガなどがあり、セラミックスのうち組成や組織、形状、製造工程を精密に制御し、電磁気特性や熱的特性・光学特性などの機能や特性を持たせたものはファインセラミックスと呼ばれている。当场では1980~1990年代にこれらに関する研究を行っており、その事例をここで紹介する。

○ニューセラミック材料に関する研究 -いくつかのセラミックコーティングの性状試験- (S58)

耐熱性や塗膜硬度などが要求される分野で中心となるコーティング法は、無機質コーティングである。なかでも水溶性無機ポリマーがバインダーの無機塗料は、比較的低温で加熱硬化し、容易に高耐熱性・高硬度の塗膜を形成する長所があり、従来から用いられているシリコン系塗料やほうろうの欠点を補うものとして期待されている。本検討では市販無機塗料を一般構造用圧延鋼材に被覆し、組成分析や各種性能評価試験を行った。耐水性・耐薬品性・耐熱性熱衝撃サイクル試験などを行い、塗料の重ね塗りや、多孔質膜を形成するアルミナ溶射皮膜への上塗り剤としての使用でも、良好な結果を示すことを明らかにした。

○ファイン無機材料に関する研究 (S59)

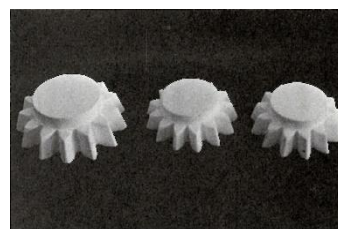
下記3項目について検討を行った。

- ① 比較的ソーダ分の多いアルミナ粉末を用いた泥しょう鑄込成形による焼結体に関する検討を行い、材料組成や鑄込み特性、焼成条件を明らかにし、焼結体の試作を行った。
- ② 酸化物系セラミックスのパナジウムに対する耐侵食性に関し、高温反応試験やオイルコークス燃焼環境下での耐久性試験を行い、その性能を明らかにした。
- ③ 無機質コーティング剤の応用試験として、耐熱・耐食・耐薬品性を有する市販無機塗料を鋼板に塗布し、耐薬品性評価を行った。また道産資源のオリビンサンド(主成分: MgO, SiO₂)を使った無機質コーティング剤の開発可能性評価を実施した。

○酸化物系ファインセラミックスの製造及び

利用技術に関する研究 (S60~62)

アルミナを主体とする低コストファインセラミックスの開発を目的に、市販アルミナ粉末を泥しょう鑄込成形法で成形特性や焼結特性を評価し、ファインセラミックス用として充分使用可能な原料を見いだした。また熱衝撃性、遠赤外線放射性に優れたコーディエライトセラミックスは、暖房器具・電気器具などへの応用が期待されており、道産資源を活用した同セラミックスの製造を目指し、検討を行った。原料に類似町産オリビンサンドや白老町産カオリンを用い泥鑄込み成形の組成や攪拌混合などの条件を適度に制御することで、コーディエライト焼成体が得られることを明らかにした。さらに、この焼結体の強度や熱サイクル特性、赤外線分光放射輝度などの特性を明らかにした。



泥しょう鑄込成形体(左)と焼成体(中)・焼結体(右)

○ニューセラミックプレーティングによる機能性皮膜の開発 (S61~62)

ニューセラミックプレーティング法は、真空中で各種の金属系皮膜や窒化物・炭化物などのセラミックス皮膜を形成する技術で、機能性材料の薄膜化・低コスト化により、センサやアモルファスシリコンなどへの利用拡大が期待できる。このため、高周波励起型イオンプレーティング(RFIP)装置を用いた機能性皮膜の形成について検討を行った。アルゴンガスパ

ラズマ中で比較的容易にアモルファスシリコン膜を形成できることを明らかにした。また RFIP と高周波マグネトロンスパッタリング装置で形成した窒化ケイ素膜の性能を比較し、両者が近似していることを明らかにした。

○エンジニアリングセラミックスの製造と機械部品への利用に関する研究 (S61~63)

北海道大学・北海道工業大学・企業4社とともに、検討を行った。

・「高アルミナ質耐久性タイルの開発」

構造用セラミックスの中でも高アルミナ質耐久性部材などは大量の使用が想定されるが、原料費などの製造コスト低減が望まれている。そこで低価格の粗粒原料の使用や焼結助剤添加による最適焼結温度の低下を可能とする技術を見いだした。またこの製造法によるタイル状アルミナ部材を使ったベルトクリーナー、ローラークリーナーなどの耐摩耗部品への適用可能性を見いだした。

・「アルミナ製耐食バルブの開発」

高強度易焼結性アルミナ (LS23) を用いてバルブ部品の製造を試みたが、通水テストで弁体やハンドル接続にクラックが発生したことから、金属/セラミックスの複合弁体の作製を試みた結果、通水試験や凍結テスト、1年近い浸水試験後も異常は認められず良好であることを明らかにした。

○圧電素子のセンサデバイスへの応用に関する基礎的研究 (H4~6)

AT カット水晶振動子は、質量負荷効果を用いた溶液系センサとして鍍金膜厚計などが実用化されているが比較的高価で、他分野ではより高感度な素子が要望されている。このため通信工業用に量産されているが安価な AT カット振動子を用いて、ng オーダーの質量負荷検出型センサとして使用する際に問題となる粘性溶液中での電気的特性変化のうち等価直列抵抗と溶液粘性の関係を検討した。AT 板に対する2次元弾性体近似やミンドリン平板近似などの解析を行い、厚みすべり基本波の周波数は、板厚依存性が軸方向によって著しい異方性が認められた。

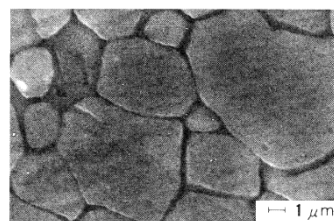
◎バイオセラミックス(バイオアパタイト)に関する研究【概要】

畜産加工処理過程で廃出される牛骨の有効利用を目的とした調査研究に端を発し、生体親和性を有するバイオセラミックスのアパタイト材料に関する研究を平

成元年から開始した。その後、時代とともに医療用材料への利用を中心に、食品加工や微生物用担体・化粧品・環境修復材料などへの利用に関する研究開発に取り組んだ。以下、その事例を紹介する。

○牛骨を原料としたアパタイトセラミックス製品の開発 (H2~4)

牛骨アパタイトは微量な多種イオンを含有する水酸アパタイト固溶体であり、道内畜産物の加工処理過程で多量に廃出されている。地場資源の高度有効利用とアパタイトセラミックスの用途開発を目的として本検討を行った。牛の大腿骨からアパタイトセラミックスを調製することで、合成アパタイトに比べ緻密で導電性が高い牛骨アパタイト焼結体を作製可能であることを明らかにした。また牛骨アパタイトと粘土鉱物を配合して適正な焼成等を行うことで良好なポーレンチャイナ素地を作製可能であることを見いだした。さらには液体クロマト分離カラム用充填剤への利用検討として、牛骨を原料としたアパタイト/シリカ複合体を作製し、その水溶性酸性蛋白質の吸着特性を評価し、優れた吸着特性があることを明らかにした。



牛骨アパタイトセラミックス

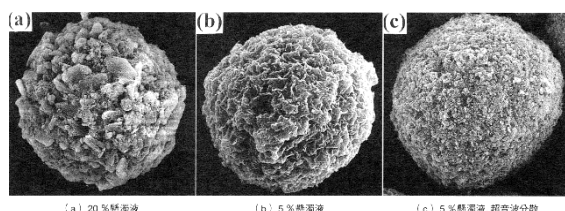
○多孔質アパタイトのバイオサポート材料への利用技術 (H4~5)

アパタイト (HAp) は生体適合性に優れた医療用材料のひとつであり、これ以外にも HAp が微生物の吸着やタンパク質などの吸脱着を制御できる特性が注目されている。そこで、多孔質 HAp の農業微生物用担体としての可能性検討を行った。根粒菌や大腸菌などの微生物について HAp に対する吸着性を評価し、HAp 表面に各種の官能基を導入することで、微生物の吸着や活性を制御できることを明らかにした。

○高性能分離カラム用充填材料の開発と食品加工分野への応用に関する研究 (H5~7)

水酸アパタイト (HAp) は、蛋白質、核酸及びウイルスとの親和性を有することから、食品化学、生化学及び臨床医療の機器分析分離カラム用の充填剤とし

て広範囲に利用されているが、その HAp クロマトグラフィは、寿命が短いといわれている。本検討では、蛋白質の吸着能と選択性、粒子強度及び耐酸性に優れた高機能性カラム用充填材料の開発を行い、食品加工分野での未利用成分の分離・精製等への応用を目指し、検討を行った。HAp と酸化物セラミックスのシリカからなる湿式合成法による複合ゾルを調製し、スプレードライヤー法による造粒・乾燥をすることで、カラム充填剤に必要な粒度分布を有する球状粒子の設計が可能であることを明らかにした。



HAp/シリカ湿式合成法による複合ゾルの表面組織

○微生物固定化用複合セラミックスの機能開発と応用に関する研究 (H8~10)

バイオテクノロジー産業の振興は、次世代の北海道工業にとって重要であり、その課題の一つに高機能性バイオリクター用固定化生体触媒の開発が挙げられる。バイオリクター等の農工業分野への応用を目指し、本検討を行った。バイオ担体材料表面の微生物活性向上を図るため、市販ゼオライト等へアパタイト膜の調製が可能であり、特に珪藻土担体では、結晶子径や細孔構造の設計に対して、極めて有効な複合セラミックスが得られことを明らかにした。またアパタイト-シボラックス複合セラミックスを装着した微生物固定化反応器(バイオリクター)を試作し、玉葱汁から酢酸を合成する連続製造試験を行い、アパタイト処理によりクエン酸収量の増加や香味に富んだ食酢製品が得られることを見いだした。

さらに牛骨由来アパタイト粒子の表面機能設計に関し、調製時の乾燥条件や熱処理温度を選定することで、各種蛋白質の吸着分離能を制御し、安定性に優れた高分解能液体クロマト用カラム材料の設計が可能であることを明らかにした。

○土壌微生物を利用した環境保全・修復機能性材料の開発と応用技術に関する研究 (H13~14)

道産資源の牛骨由来アパタイトと共同研究企業の鋳物廃砂を原料とした微生物利用複合セラミックスの製造と、これを組み入れた環境浄化システムの開

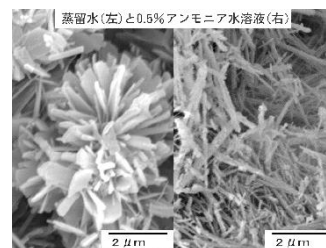
発を目的に、企業と共同で検討を行った。溶解析出・熱処理法により土壌微生物の向上に有効な材料の構造と性質を設計し、作製した鋳物廃砂-アパタイト系複合材料を用いた土壌微生物の活性・植物育成試験で、微生物資材としての有効性を明らかにした。また上記複合材料のアンモニアガス吸着特性や硝化特性を評価し、環境浄化材への有効性を明らかにした。

○骨粗鬆症、関節炎治療薬の探索に用いる蛍光標識骨基質の開発 (H15)

近年、医薬品開発工程におけるコスト削減、時間短縮の必要性から、培養細胞を用いて化合物の有効性や毒性を短時間で大量に評価する「細胞ダイレクトアッセイ」の開発が強く期待されている。本研究では、骨粗鬆症、関節炎治療薬の探索に適用し、破骨細胞の反応性を直接計測可能な細胞ダイレクトアッセイ用骨基質の開発を目的に、企業と検討を行った。牛骨由来アパタイト-豚由来コラーゲン複合体を作製し成膜条件を検討した結果、より均質な細胞培養用複合体膜が作製できることを見いだした。蛍光標識アパタイト-コラーゲン複合体膜上で破骨細胞を培養することで、この細胞による活発な破骨現象が起きることを明らかにした。

○水熱合成法を利用した生体機能性セラミックスの作製と応用技術に関する研究 (H16~17)

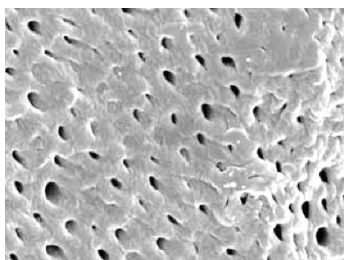
生体親和性に優れたリン酸カルシウムは結晶面ごとにタンパク質などの吸着に選択性がある。そこで結晶の配向性制御に優れた水熱合成法による最適設計条件を明らかにするとともに、その物理的・化学的性質を従来法のセラミックスと比較評価することを目的に、検討を行った。 α -リン酸三カルシウム(α -TCP)を原料として気相反応法と液中浸漬法での水熱合成を行い、作製条件の違いによる水酸アパタイト(HAp)の相や結晶の状態を明らかにした。水熱合成法で α -TCP粉末を温和な条件で反応させることで、六方晶系のa面に配向した針状結晶を有するHAp単一相粉末を作製可能なことなどを明らかにした。



水熱合成粉末の電子顕微鏡写真

○歯のバイオリサイクル医療システムの開発 (H17)

天然歯の土台である歯槽骨や人工歯根の支持骨を再生するために、自己の不要な歯の粉碎顆粒粉を利用し生体に埋入する方法として、ヒト抜去歯を粉碎・加工する装置を開発し、歯のエナメル質、象牙質及び歯髄細胞を安全にリサイクル、リユースする医療システムの構築を目的に、北海道医療大学・民間企業2社とともに検討を行った。ジルコニア製部品を装着した粉碎・洗浄装置を試作し、冷却高速粉碎法により、生体埋入材料として有効な粒度のヒト抜去歯粉碎顆粒粉が得られることを見いだした。ヒト抜去歯顆粒粉の脱灰や、溶解析出アパタイトとの複合化を行い、吸収性・骨誘導性制御材料の作製方法を見いだした。上記の粉碎方法や開発材料の製作方法について、特許を共同出願した。



ヒト抜去歯由来脱灰粉

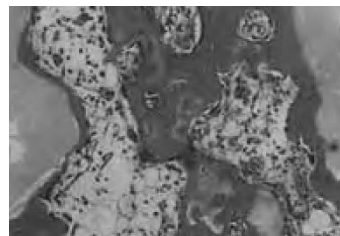
○歯槽骨及び象牙質再生のための歯髄細胞組込型バイオマテリアルの創成 (H18~19)

高齢化社会の到来に伴い、歯周病患者が急増し、安全・簡便な治療法の普及が熱望されている。歯槽骨等の再生医療では、歯髄細胞の活用は再生速度を速め、治療効果の向上が期待される。本検討は、自己の不要な抜去歯を再利用した自家移植生体材料を開発し、骨形成の加速治療法と骨再生ビジネスモデルの作成を目指し、北海道医療大学・民間企業2社とともに実施した。抜去歯から調製した象牙質顆粒(DDM)に水酸アパタイト(HAp)結晶を析出させた顆粒を作製、歯髄との複合顆粒にしてマウス試験を行い、その効果が観察された。また自己由来材料の活用治療として、北海道医療大や歯科医院で臨床試験が実施された。抜去歯活用医療システムに関して、特許を共同出願した。

○生体機能性材料の開発と再生医療及び先進医用工学の応用に関する研究 (H19~20)

高齢化社会の到来や交通事故の多発に伴う骨再建や再生医療では、人工臓器や医用デバイスの開発が期待されている。道内バイオ産業の振興と道産資源の有効活用を目指し、生体材料、細胞培養キット及び

医用生体骨処理装置の開発を、北海道医療大学などの3大学及び企業3社ともに行った。骨成長因子担持の傾斜機能アパタイト(fg-HAp)が、徐放性や骨誘導能の面で優位であることをマウス試験で明らかにした。チタン多孔体とリン酸カルシウム結晶を複合化したインテリジェント骨折治療材料を開発し、特許を共同出願した。また生体骨処理装置で動物骨の粉碎脱灰顆粒を作製し、生物検定から有効性を明らかにした。



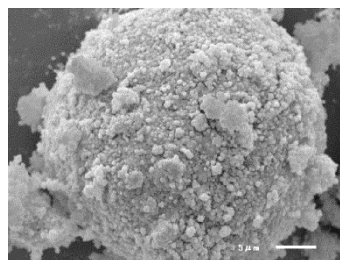
傾斜機能アパタイト多孔体の埋入4週間後の組織

○ヒト歯髄の神経・硬組織関連因子の解析と組織工学 (H20~22)

抜去歯から歯髄細胞と象牙質をリユースし、先端医療に活用する高度基盤技術の確立を目指し、北海道医療大学とともに検討を行った。ヒト抜去歯から歯髄細胞の回収法を確立し、神経細胞や幹細胞数などの計測を可能とした。抜去歯由来部分溶解析出アパタイトと歯髄組織の複合体を作製し、マウス埋入試験を行い、優れた組織適合性と生体親和性などを立証することができた。また北海道医療大学等において、倫理委員会と患者の承認下で脱灰象牙質顆粒の移植の臨床研究を実施、支援し、すべての手術に成功を収めた。

○組織誘導再生法を応用した難治性脊椎感染症に対する新しい治療法の開発 (H21~23)

脊椎感染症、骨融解を制御し、感染巣周囲の生物学的環境を整える抗生物質や破骨細胞不活性化薬剤、椎体周辺で骨新生を促進させ、椎体破壊を阻止する骨形成因子の徐放性バイオセラミックスの開発と治療法の開発を目的に、北海道大学と検討を行った。



セファゾリン/アミノ酸/水酸アパタイト球状顆粒

市販アパタイト製品の表面にナノサイズの結晶を再析出させ、マイクロ細孔と微小亀裂を生成した改質を行い、この材料がウサギ埋入試験で、優れた体液浸透と生体吸収が認められた。部分溶解析出リン酸カルシウム多孔体のラット埋入試験では、少量の骨形成蛋白質で徐放性制御の骨誘導が可能なことがわかった。またアミノ酸、電解質、糖質を吸着した輸液/水酸アパタイト顆粒を調製した。またこの顆粒について、抗生物質のセファゾリン吸着量や徐放性能の特性を明らかにした。

○ヒト天然歯を用いたバイオリサイクル医療の革新と海外ビジネス戦略 (H22)

骨再生医療の革新と普及を目的として、抜去歯を活用し臨床治療する医用技術を検証、普及する方法の検討を行った。これまでに開発した歯用冷却粉碎装置について、医療従事者の使用状況を調査し、改良型装置を設計・試作、商品化した。また抜去歯を粉碎・酸処理した脱灰象牙質マトリックス顆粒の表面改質法や、歯髄の迅速分取・細胞培養法を確立した。さらに韓国の企業の協力を得て、粉碎装置を用いた臨床治療・教育をアジアで実施した。



抜去歯用冷却高速粉碎装置

○生体模倣環境培養によるストレス負荷細胞の親和性動態と骨形成能 (H23~24)

骨系・歯髄細胞に機械的ストレスを与え、分子生物学的な検証、歯や骨形成の制御機構因子を同定、細胞機能で標的分子の作用機序を考察し、健康歯・骨形成誘導システムの臨床応用を目指し、北海道大学と検討を行った。エレクトロスピンニング法により、チタン基材上へ鮭由来アパタイト/コラーゲン(HA-C)スラリーをエレクトロスピンニングコーティングした生体模倣材料の作製技術を確立した。歯根膜細胞の生体模倣環境培養では、磁石と重りを使用したストレス培養法を確立し、平滑筋 α -アクチン、骨芽細胞など

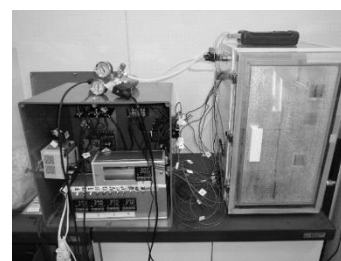
の変化が観察され、歯矯正治療(牽引と圧迫)の歯根膜細胞の関与を検証できた。

○骨微小損傷部の再生に関するシグナル伝達機構の解明 (H25~27)

動物骨や骨細胞に機械的損傷を与え、組織形態学的観察や酵素免疫組織化学的評価から骨細胞様細胞のシグナル伝達機構を明らかにすることを目的に、北海道医療大学と検討を行った。細胞損傷刺激としてディスク状ウシ緻密骨やヒト象牙質基材を入れたヒト歯根膜細胞の培養で、線維性結合組織が観察されるなどの細胞形態の相違が観察された。また各種培養基材(骨・象牙質、高分子)や骨成長因子を用いた細胞培養によりヒト歯根膜細胞に刺激を与え、細胞形態・増殖能を変化させ、接着性に優れた線維性結合組織が得られることを明らかにした。

○多機能型細胞培養装置を用いた細胞培養技術の開発と再生医療への応用 (H26~27)

超高齢社会に役立つ細胞培養技術の開発と再生医療への応用を目指し、多機能型細胞培養が可能で安価な小型細胞培養装置の開発検討を民間企業と行った。鮭由来アパタイトとコラーゲン複合体や豚由来コラーゲンスラリーを、チタンやアパタイト等に被膜した細胞培養用複合基材を作製、それを活用した各種細胞の最適培養条件を確立した。



多機能型細胞培養装置

◎機器分析技術の研究

【概要】

金属材料や無機材料・食品等の原料や製品をはじめ、各種の産業廃棄物などの主成分の純度や微量成分の含有率を精度良く迅速に測定するための各種の分析機器が、時代とともに開発されている。この機器を使った各種の材料を精度良く分析を行うための研究事例について、以下、その事例を紹介する。

○機器分析に関する研究(S54~55)

写真定着廃液中には銀が含まれており、北海道では年間 13~15 トンの銀が廃液から回収されている。廃液中の銀の定量法の確立を目的として本検討を行った。廃液中の銀をチオ硫酸ナトリウムで硫化銀として沈殿回収するため、酸の添加や煮沸・ろ過方法などを検討し分離操作を行うことで、再現性良く原子吸光度法で定量が可能であることを明らかにした。

○原子吸光分析法による鉛合金中のすずの定量(S55)

鉛合金は、軸受合金に用いる鉛基ホワイトメタル鋳塊や印刷用活字・硬鉛鋳物などに使われ、主としてアンチモン・スズ・鉛からなる三元合金であり、その含有量により各種分類される。その分析には JIS 法があり精度良く定量されるが、ルーチンな分析業務では迅速性・簡便性の面で実用的ではない。そこで分析能率向上を目的に、本検討を行った。その結果、原子吸光分析法の特長を生かし、直接噴霧の定量法について処理法、分析線、共存元素の干渉などを検討し、JIS 法と比べ、迅速かつ精度良く定量できることが明らかになった。

○原子吸光分析法における市販無機酸中の金属不純物の影響(S55)

分析機器の精度向上に伴い、含有率 $1\mu\text{g/g}$ (1ppm)以下の微量成分を対象とする試料を取り扱う分析法が多くなってきた。微量成分分析において正確な分析値を得るために、分析操作に起因するコンタミネーションが極めて重要な問題であることから、その実体を把握するため、分析操作で使用する市販無機酸類試薬中に含まれる金属イオンの管理を原子吸光法により実施した。カドミウム・クロムなどの 5 公害元素と、ルーチン分析における不純物の管理分析で問題となるカルシウム・鉄など 3 元素に限定し定量的に検討した。その結果、カルシウムや銅などはメーカーの表示以上に含有され、マグネシウムの異常値が認められるものが確認された。

○蛍光 X 線分析法による石灰岩の定量分析(S54)

道内では渡島・石狩地方など 11 社を超える鉱山で石灰石が多く産出し、この科学的品位は純度によって決まるため、関連事業所から石灰岩の分析が数多く要求されている。石灰岩の分析は通常 JIS 法で行っているが、精度向上と迅速性の観点から蛍光 X 線による定量法を検討した。試料の粉碎条件や成形圧と X 線強度の関係、マトリックスの影響などを検討

し分析手順を定め、JIS 法と比較検討したところ、再現性良く極めて満足すべき結果が得られることを明らかにした。

○蛍光 X 線分析法によるケイ酸塩鉱物の定量分析(S55)

未利用資源や産業廃棄物の各種都市汚泥、石炭灰、フライアッシュなどの利用研究を行う際に、これらの化学分析は原料資源の利用評価判定の基礎データとして重要な役割を果たしている。ケイ酸塩鉱物の分析は高度な熟練を必要とし、かつ分析操作に長時間を要する欠点があり、分析の簡易化・迅速化の観点から本検討を行った。標準試料の作製、試料の成形法、測定条件、マトリックスの影響などについて検討し、天然ゼオライト岩での従来分析法と比較分析を行い、満足すべき結果が得られた。また分析所要時間を大幅に短縮可能であることを明らかにした。

○蛍光 X 線分析法による固体試料中の塩素の定量(S57)

固体試料中の塩素の分析法にはアルカリ溶解法などがあり、この方法は水に不溶性の塩化物が混在する試料についても最も信頼性が高い。しかし試料の前処理に長時間を要するなどの欠点があるため、分析法の簡素化・迅速化の観点から本検討を行った。蛍光 X 線分析装置を用い、実試料としてチャー、スケール、サイクロン灰の塩素の定量を検討し、従来法と比較した結果、充分分析に適用可能であることを明らかにした。また分析所要時間を大幅に短縮可能であることを確認した。

○飼肥料・食品の無機成分管理分析

①食品中の無機塩や無機成分の分析(S58~61)

道内醸造食品工業における品質管理の一環として、食品の衛生面、品質評価に関与する製品中の無機成分を分析化学的な観点から把握しておくため、味噌・醤油を試料とした原子吸光法による金属の迅速定量の方法を検討した。試料の乾燥・灰化処理や、干渉金属の分離技術を確立し、微量領域でも分析精度が高い測定が可能となった。またイオンクロマトグラフィー法による塩化物イオン・リン酸イオンなどの定量技術として陰イオンの分離回収技術を検討し、良好な分析精度での測定方法を確立した。

②蛍光 X 線分析法による乾牧草中の無機成分の定量分析(S58)

酪農家で生産される乾牧草など、家畜飼料中に含

まれるカルシウム (Ca)、マグネシウム (Mg)、リン (P) などのミネラルの分析法は、電気炉で灰化後、酸分解し試料溶液をつくり、原子吸光分析法や吸光光度法などで測定しているが、最近、農作物や飼料の分析業務の迅速性が関連業界から求められている。このため乾牧草中の Ca、Mg、P など 5 元素の分析の迅速化を目的に本検討を行った。分析測定試料の成型法や粉碎方法を確立し、蛍光 X 線分析による測定精度が良好で、迅速に分析実施が可能であることを明らかにした。

○イオンクロマトグラフィーによる骨材中の塩化物及び硫酸塩の測定 (S59)

コンクリート用骨材として使用されている海砂の塩化物 (NaCl) が、コンクリートの鉄筋腐食に関与し、その耐久性を損なうことから社会的にも大きな問題となっており、現場においても海砂の塩化物の分析依頼が増加している。しかしその含有量は微量で、土木学会などで採用しているモール法での測定は困難である。ppm や ppb レベルの微量な陰イオンや陽イオンを同時分析することが可能で、迅速な分析方法として注目されているイオンクロマトグラフィーでの海砂の塩化物及び硫酸塩の測定に応用する検討を行った。その結果 0.00001% の微量領域においても高い分析精度で測定が可能であることを明らかにした。塩化物を 0.06% 程度含んだ試料の測定では、モール法の測定値とよく一致することを確認した。

○無機系新素材の管理分析 [ICP 発光分析] (S62~63)

機能性無機材料の開発や製造において、原料中の微量金属がその性能に影響を及ぼすために、その管理分析が重要な課題になっている。そのため新しい分析手法である ICP 発光分析法を使った管理分析の検討を行った。アルミナやジルコニアを試料とした分析では前処理方法や測定条件を検討し、微量金属に対し迅速に精度良く分析可能であることを明らかにした。またレアメタルのニオブを試料とした測定では、マスク剤を使った前処理技術や測定条件を検討し、検出金属によってはニオブの分光干渉が発生することも明らかにした。

○水素化物生成-ICP 発光分析法による有害物質の迅速・好感度分析法 (H4~5)

産業廃棄物中の有害物質として、セレン、アンチモン、テルルなどが新たに規制されつつある。現在までこれらの元素は、煩雑な操作が必要で迅速性に欠け

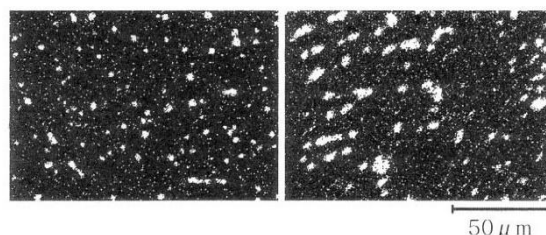
る吸光光度法により定量されてきたが、これらを水素化物として還元気化させ、原子吸光光度法に適用させて感度を向上させる測定方法が検討されてきた。本研究では、上記元素と近年環境・排出基準が厳しくなったヒ素も加えて、水素化物生成を ICP 発光分光法に適用した迅速・高感度分析について検討した。各元素の最適水素化物生成及び測定条件を検討し、水素化物生成法が可能な各元素のうち鉛とテルルを除き、最適な測定条件と水素化物の生成条件を明らかにした。

○非鉄合金の蛍光 X 線による迅速定量分析 (H7~8)

蛍光 X 線分析法は、湿式化学分析法に比べ迅速で操作が簡便であることから、金属材料や製品の生産現場での組成分析に適した方法である。道内には水道バルブなどの青銅鋳物を生産するメーカーがあり、そこでの生産管理に活用を図るために、銅・亜鉛・スズ・鉛からなる青銅合金の蛍光 X 線分析法を検討した。dj 法を用いた検量線の作成や共存元素の補正について検討し、青銅鋳物の生産現場で鋳造した実試料での蛍光 X 線分析を行った結果、型に使用する砂型の影響も加味することで良好な分析精度で定量可能であることを明らかにした。

Pb : 4.8%

Pb : 7.7%



異なる鉛濃度の鋳造品の特性 X 線像 (PbM α 1)

○電子工業材料の表面及び状態分析技術に関する研究 (H12~13)

現在、表面及び状態分析技術は工業材料の評価や不良解析に必須となっている。現場に寄せられる相談でも解決のために、この技術を要するものが増えている。X 線光電子分光分析装置 (XPS) などの測定で得られる情報を機能材料の性能評価に役立てることや、電子部品の不良解析技術の蓄積を図ることを目的に検討を行った。試料として、プリント基板上の金メッキ部分の変色、配線基板エポキシ樹脂のレーザ加工時の変化、光学素子上の極めて薄い汚れ、多層膜などを使用した。XPS で多層構造試料について深さ方向分析を行い、その分解能を最適化する手法を確立した。また表面汚染した試料を測定し、汚染物質の付着量とスペクトルとの関係を明らかにした。

◎表面処理技術

【概要】

様々な分野で使われている金属材料の腐食性や摩耗性などの耐久性向上や、アルミニウムや亜鉛を着色し高付加価値化を目指す表面改質技術、また、めっき工業廃棄物の処理技術等の研究事例をここで紹介する。

○溶融アルミニウムめっきの研究 (S53)

溶融アルミニウムめっき鋼(アルミナイズド鋼)は、各種の腐食環境によく耐えることから、各方面で注目され広く用いられつつある。今後、急増が見込まれる海岸地帯などでの使用に当たって必要とされる耐食性(耐海水性)を明らかにすることを目的に、検討を行った。Si 添加量を変えたアルミナイズド鋼や溶融亜鉛めっき鋼を作製し、塩水噴霧試験と人工海水浸漬試験を行い、Si 添加量や経時の腐食重量変化・外観変化の傾向を明らかにした。

○電鍍材の複合強化 (S53)

電鍍材中に微細繊維を分散させ引張強度などを強化する複合材の製作方法として、炭素繊維をめっき法で電析銅に複合化する技術の利点と欠点を明確にすることを目的に、検討を行った。複合材の焼鈍温度と引張強度の関係を明らかにした。

○めっき工業廃棄物処理研究 —めっきスラッジの無害化と利用— (S53~54)

めっきスラッジの無害化と利用を目指し、セメントによる有害金属の固型化や、下水汚泥を還元焼成した炭化物を廃液処理剤として吸着剤に利用した無害化技術について、検討を行った。クロムを吸着させた吸着剤を所定温度で焼成した後にセメント固化する 2 段階処理を行う方法で、環境庁埋立基準に適合できることを明らかにした。また上記炭化物の 6 価クロムの吸着性能を明らかにし、活性炭との配合使用が有効であることを見いだした。

○太陽熱吸収素材に関する研究

黒色被膜に関する研究 (S54)

昭和 48 年の石油危機以来、太陽熱の有効利用の研究開発が活発に行われ、北海道においては非常に関心の深い問題である。ソーラーハウスのシステムに関し、太陽熱吸収部(集熱器)の選択吸収膜(通常黒色)の被覆方法について検討を行った。耐食・軽量・加工性が良好なアルミニウムに、電気めっき法、化成処理法、陽極酸化法で黒色皮膜を形成し密着性や色

調等の評価を行った結果、陽極酸化法で最も良好な黒色被膜が得られることを明らかにした。

○アルミニウムの耐水試験 (S54)

太陽熱の有効利用を図るためアルミニウムに黒色皮膜を付け熱媒体として水を使用するときに、アルミニウムの耐水性が問題となる。そこでアルミニウムのペーマイト処理による耐水性効果の検討を行った。アルミニウムの溶解を適度に制御する濃度のトリエタノールアミン水溶液で生成したペーマイト皮膜のアルミニウムは、無処理品に比べかなりの耐食性が向上できることを明らかにした。

○金属の着色に関する研究 —亜鉛の着色— (S55~57)

近年、鉄鋼の被覆防錆処理の需要がますます増大しており、亜鉛めっきはなかでも最も一般的で、構造用大型部材には多く適用されるようになり、今後の発展が期待されている。このため鉄鋼に対する亜鉛被覆の高付加価値化や耐食性向上を目的として、本検討を行った。クロメート液による浸漬着色を試み、適切な着色条件を明らかにした。またこの着色被膜について、屋外暴露試験や水道水浸漬を行い、経時による状態変化を明らかにした。また着色被膜を有機塗膜で保護し、褪色を抑える効果を明らかにした。

○金属の着色に関する研究 —アルミニウム及びアルミニウム合金の着色に関する研究— (S55~57)

最近、着色処理したアルミニウム材料は、建材や装飾品等での使用が増えている。アルミニウムの着色法のうち陽極酸化—交流電解着色法(カラーアルマイト)は得られる色の多様さなどから、最も将来性が期待されている。この方法はアルミ建材メーカーが各々独自の技術を開発し、その詳細はほとんど公表されていないことから、カラーアルマイト作製時の処理条件を明らかにすることを目的に、検討を行った。リン酸と硫酸ニッケル+ホウ酸を浴に使用した着色で、浴組成や電圧・浴温等の違いでニッケル析出量に変化し、着色に影響を及ぼすことを明らかにした。

○温水暖房設備素材の防食に関する試験 (S55)

温水暖房装置の配管やラジエータなどに利用されている、銅及び亜鉛被覆鋼の腐食性を明らかにすることを目的に、検討を行った。銅については、水中の pH・炭酸イオン・アンモニアイオンの濃度と溶出の関係を明らかにした。また亜鉛被覆鋼については、水中

で鋼板と亜鉛板を接触させ、それぞれの電位を測定し、鋼の電位と腐食進行領域の関係を明らかにした。

○イオンプレーティングによる耐食性・耐摩耗性

被膜に関する研究(S57)

イオンプレーティング法は、低い温度で極めて密着性の良い超硬質の化合物皮膜が得られるため、その研究開発や用途開拓が進められており、なかでも窒化チタン膜は硬度と優れた耐摩耗性などから、治工具や金型などへの適用が図られている。本検討では、同法の皮膜形成条件と皮膜の性質の関係について検討を行った。窒素ガス圧力によって、色調が黄金色や赤味・青味に変化することを明らかにした。また高速度鋼製の板ダイスや、ダイス鋼製のプレス金型上に窒化チタン膜をコーティングし実用試験を実施した結果、従来品に比べ2.5~3倍の寿命の延長が認められた。

○表面処理技術に関する研究

—IP法によるTiN被膜の諸特性—

—RFIPによる窒化ケイ素被膜の作製と諸特性について— (S58~60)

イオンプレーティング(IP)法による化合物コーティングは、材料表面に耐摩耗性などの機能性薄膜を形成できる技術として注目されている。高周波(RF)IP法により形成したTiN(窒化チタン)皮膜等の諸特性を明らかにすることを目的に、検討を行った。TiN皮膜形成時の加速電圧・蒸発速度・窒素ガス圧力などの条件と、得られる強度・硬度・色彩・摩耗特性などの関係を明らかにした。また炭化チタン(TiC)や窒化ケイ素(Si₃N₄)皮膜の最適なコーティング条件やその摩耗特性を明らかにした。実製品への応用としてSKHやSKD材にコーティングしたものの寿命の延長が認められた。耐熱性を有する窒化ケイ素皮膜についても、コーティング条件と皮膜の諸性質の関係を明らかにした。

○上水道配管部材の防食設計の改善と耐腐食埋設システムの開発(S62)

水道の配管部材には、鉄管・黄銅・ステンレス鋼・溶融めっき鋼管など多数の材料が使われ、異種材料の接触による腐食や部材設計による隙間腐食などから、エロージョン・コロージョンによる故障など、多様な損傷例が見受けられている。そこで、配管部材に必要な基本的な性能を検討するとともに、耐食性と耐摩耗性を必要とする高負荷の交番応力が作用する部分へのニッケル系複合めっき(分散めっき)の利用を検討した。自己潤滑性や非粘着性に優れた高分子

フッ素化合物 PTFE (ポリテトラフルオロエチレン) 微粉末を用いた複合めっき皮膜は、硬度が通常に比べ硬くなることを明らかにした。

○金属の防食法に関する試験—気化性防錆剤を利用する試験(S62)

気化性防錆剤は、金属が水中にある時や大気中の湿度が高い状態において防錆能力を持続するため、広い分野で利用されてきている。ある工場で発生した鉄製品の著しい腐食の原因とその対策を目的に、気化性防錆剤の利用について検討した。当該鉄製品等の腐食原因を明らかにし、鉄製品の製作工程で中和・洗浄を行い、油分を除去後、気化性防錆剤を梱包内に添加することで、鉄製品のさびはほとんど発生せず、解決するに至った。

◎道産天然資源の一次産業への応用

【概要】

北海道では多様な天然無機資源が大量に産出されることから、それらの基本性状の調査と、特徴を活用した製品化に取り組んでいる。ここでは、十勝ゼオライト、札幌軟石、稚内層珪質頁岩が持つ微細な穴(細孔)に由来する特徴を活用し、北海道の基幹産業である一次産業が抱える課題の解決に貢献することを目指した研究事例について紹介する。

○ふ化促進物質吸着に優れたトマト栽培用培地の開発(H22~24)

ジャガイモシストセンチュウふ化促進物質の吸着・徐放効果が高く、トマト栽培にも最適な培地を開発するため、ゼオライト及び他の吸着特性に優れた天然無機多孔質原料の選定、原料配合、成形及び焼成試験を行い、最適培地の試作と多孔特性評価を行った。複合する天然資源として、道産珪質頁岩を選定し、配合比、粒度、焼成温度、加水量、形状、大きさを変化させて培地を実験室及び量産規模で試作し、その強度及び多孔特性を評価するとともに、実験室及び圃場規模でのふ化促進効果を検証した。多孔特性とふ化促進効果の相関によりふ化率の向上に寄与する因子を明らかにし、材料設計に反映させた。



ふ化促進物質吸着に優れたトマト栽培用培地

○有機・無機複合による低コスト・高度徐放性制御材料の開発 (H24~25)

徐放性担体の開発の一環として、低コストで、より高度な徐放性制御材料のニーズへの対応を目的に、有機（汎用プラスチック・バイオプラスチック・生分解性材料）・無機（ゼオライト・珪質頁岩などの道産天然資源）材料と、混練機による複合化技術の選定を行うとともに、高速液体クロマトグラフによる徐放性の評価方法を確立した。非加熱のディップコート法・一軸成形法により、ポリビニルアルコール・澱粉と道産天然ゼオライト・珪質頁岩との複合体を試作し、それらの多孔特性の評価と高速液体クロマトグラフによる評価を行い、試作した複合体から農業で有用な成分が時限的に放出される可能性を示した。

○MA 包装資材等の活用による移出青果物の低コスト・高鮮度移主体系化実証 (H27~31)

新たな食市場を創成し、北海道食産業の振興に寄与するため、MA 包装資材等の活用による移出青果物の低コスト・高鮮度移主体系化実証に関して、MA 包装資材を活用したメロンの鮮度保持技術を検討した。MA 包装資材による青果物の呼吸抑制、電解水を用いた洗浄・殺菌、調湿材による湿度制御の農工融合技術により抑制作型メロンの長期貯蔵（8 週間）が可能な品質保持条件を決定した。また、メロン船便輸出実証試験を行い、MA 包装内の結露防止に調湿材の添加が有効であることを明らかにした。



メロン貯蔵試験に施用した調湿材（つる部分）

○高湿度域調湿材料の開発 (H28~29)

湿度を 90% 程度に保つ材料（高湿度域調湿材料）の開発を目的として、凝灰岩に種々の粒径、濃度のシリカゾルを含浸・析出させ、微細構造観察や多孔特性、調湿機能を評価した。直径 10~50nm の所定の細孔を持つ合成シリカゲル、A/B 型シリカゲル、合成ゼオライト、稚内層珪質頁岩、珪藻土、活性炭の細孔特性と水蒸気吸着等温線（調湿機能）を調べ、細孔径と水蒸気吸着等温線が「立ち上がる」相対圧の関係（ケルビン式との相関）を検討し、高湿度域調湿材料が持つ

べき細孔径を推定した。凝灰岩に種々のシリカゾルを含浸・析出させることで細孔径が異なる複合多孔体を作製できた。

○熱湿気同時移動解析を活用した調湿材の開発と使用条件の最適化 (H30~31)

シミュレーションにより空間内の温湿度変化を予測する手法を確立し、この手法を用いて、メロンの鮮度保持に適した調湿材の開発とその使用条件の最適化に適用し、予測手法の有効性を検証した。住環境向けに開発されたプログラムに対し、メロンの蒸散量を計算するための処理（線形駆動力モデル）を追加することで、メロンの包装資材内部の湿度を予測できるプログラムを開発した。種々のシミュレーションの結果から、高湿度域で吸湿する活性炭から作製した調湿材を箱の中心部に 1 個置くことで、メロン周辺を適湿（約 90%）に保てることを予測した。実際に同様の条件で実験を行ったところ、湿度は 92% であり、シミュレーションの結果と概ね一致した。調湿材の材質と使用条件を効率よく最適化することができ、本手法の有効性が確認された。

○日本海海域における漁港静穏域二枚貝養殖技術の開発と事業展開の最適化に関する研究 (H29~31)

日本海海域における漁港静穏域を利用した新たな養殖事業を創生するため、養殖に適した漁港内環境の解明とともに漁港静穏域における二枚貝養殖技術を開発し、漁業者にとって魅力ある養殖事業化プランを提案した。当场では、二枚貝養殖技術の開発において、垂下養殖の効率化（育成用基質の探索）及び軽労力化技術（養殖機材のリフトアップ装置）の開発を担当した。育成用基質として札幌軟石を用いて実証試験を行った結果、アサリの生残・育成やメンテナンスの容易さ、さらに軽く感じると実証試験担当者から評価を得たことから、実用化可能と判断するに至った。



札幌軟石を利用したアサリの育成用基質

○道産メロンの冬季供給を可能とする長期貯蔵出荷体系の確立(H29～31)

MA 包装資材内を高湿度に制御可能な高湿度域調湿材を選定するため、各種調湿材の調湿機能を水蒸気吸着等温線法及びMA 包装環境下における調湿機能評価法により評価し、天然調湿材(稚内層珪質頁岩)と高湿度域の調湿に優れたシリカゲルを選定した。2種調湿材を用いてメロン長期貯蔵試験(66日)を実施した。その結果、調湿材を設置したMA 包装資材内の相対湿度はいずれも高湿度制御が可能であり、蒸散抑制に有効であることを確認した。

◎吸着分解技術とシステム化に関する研究

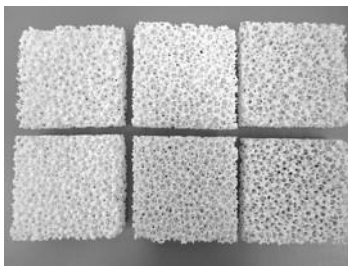
【概要】

環境汚染ガスは、悪臭、化学物質、浮遊菌など多様であり、健康被害や大気汚染の原因となる。近年、有機溶媒などを用いる塗装工場は排ガス処理が必要であり、安価でメンテナンス良好な処理法が求められている。また、病院・介護施設における体臭や排泄物臭などの臭気ガスに対して、臭気対策技術の開発が強く求められている。このように多種多様なガスの吸着分解のニーズに対応するため、光触媒(酸化チタン)による吸着分解処理技術とその装置化を検討した。

○環境汚染ガスを無害化するための、先進的な

光触媒分解処理システムの開発(H24～26)

光触媒処理システムの環境汚染ガス処理能力の高性能化を目的として、光触媒のコート技術や新たな触媒材料の開発、基材(触媒担体)の多孔質化、及び装置の試作に取り組み、分解能力が高く、安価で省エネルギーな光触媒処理システムの開発を行った。当場は光触媒を担持する基材(触媒担体)の多孔質化技術を検討した。多孔材料のアルミナ基材への均一コート及び密着強度の向上を実現するため、多孔材料(珪質頁岩と天然アパタイト)の低濃度複合スラリーを作製し、複数含浸法で基材表面に多孔材料を複合化(多層コート)した。光触媒(十面体酸化チタン)担持多孔質化基材のトルエン光触媒分解試験では、高湿度でも触媒性能の低下がなく、トルエンを完全分解することを明らかにした。



試作した光触媒フィルタ



光触媒装置の外観

○臭気吸着分解処理技術の開発(H26～27)

高齢者施設や病院等の快適環境の創出のため、体臭や排泄物に由来する臭気ガスを迅速に吸着した後、分解により除去する吸着分解技術を確立し、臭気に関する課題を解決することを目的として実施した。各種吸着材のガス吸着特性をテドラバック法で行い、臭気ガス(アンモニア、硫化水素)に有効な吸着材を選定した。吸着材とシリカゾルの混合スラリーを調製後、含浸法により吸着材コート基材を作製し、小型試作装置による上記臭気ガスの吸着試験により、各種基材の吸着性能を比較、評価した。表面処理棒状ガラス基材に、酸化チタンやアパタイトをコートした光触媒材料を作製し、流通式ガス吸着分解装置による臭気ガス(プロピオンアルデヒド)の分解反応試験から、棒状酸化チタンコート触媒は、プロピオンアルデヒドを短時間で完全分解できることを明らかにした。

◎非焼成硬化技術に関する研究

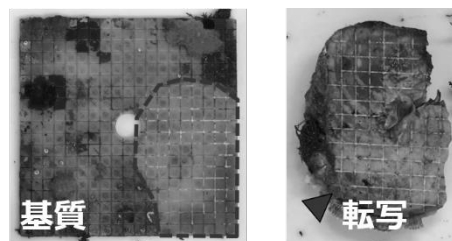
【概要】

調湿タイルの調湿機能はタイルを焼成する際、細孔の消失によって低下するが、非焼成硬化技術を用いて調湿タイルを作製することで機能の低下を防ぐことが可能となった。非焼成硬化技術は、原料が有する機能を損なうことなく機能性材料の製造が可能であり、焼成設備や燃料が不用、CO₂を排出しない等多様なニーズに対応可能な技術である。現在、本技術をコア技術として、強度を制御することで発現する新たな機能性材料の開発を継続している。

○非焼成多孔体硬化技術の確立と調湿建材の製品化に関する研究(H26～27)

焼成せずに多孔質な天然無機資源(稚内層珪質頁岩や仁木ゼオライトなど)を硬化させる技術を確立し、それらを道内のセラミックス製造企業へ技術移転することで、調湿建材や鮮度保持材などの製品化を図った。天然無機資源に硬化材を混合することで得られたペレット状硬化体の微細構造観察を行い、

硬化メカニズムを推察した。硬化材や、その配合比などを変えて種々の試料を作製し、圧壊強度や多孔特性、調湿機能などを評価することで、作製条件が諸特性に与える影響を把握した。それらから得られた知見を合わせることで、乾燥収縮率、硬化材の添加量、調湿機能、3点曲げ強度において概ね目標を達成したタイル形状の試作品の作製に成功した。



基質の模様が転写されたカキ（右）



非焼成硬化技術を利用した調湿建材の製品化

○非焼成硬化技術による崩壊性材料の開発（R2～3）

一次産業においてニーズがある、使用初期あるいは使用時には強固だが、用途に応じた崩壊挙動を示す材料を「非焼成硬化技術」を用いて作製するための知見を蓄積するとともに、試作品（徐放性肥料、畜舎用衛生壁材）の作製と評価を行った。徐放性肥料としてペレット状硬化体を作製し、使用初期の強度が一般的な肥料より十分に高強度であり、水中で徐々に崩壊する挙動を有することを確認した。畜舎用衛生壁材としてスラリーを作製し、噴霧器で壁面に容易に塗布可能であり、塗布後は従来品より高い付着強度を示すことを確認した。また、崩壊挙動（剥離性）には改善が必要であることがわかった。

○養殖カキへの標識の付与を可能にする基質の開発（R2）

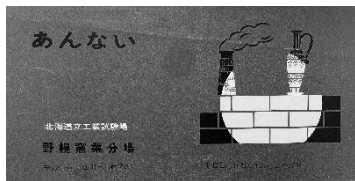
カキの原盤養殖において、原盤に標識となる凹凸の模様がある基質を用いることで、稚貝が成長する過程で貝殻に標識を転写させようという試みがある。本研究では「非焼成硬化技術」を応用して、標識の付与を可能にする基質を開発した。原料に硫酸カルシウム、シリカゾル、アルミナゾルを用いて種々の硬化条件（温度、時間、雰囲気）で硬化体を作製し、外観（割れと反り）、強度（圧壊強度と3点曲げ強度）、耐水性（水道水又はろ過海水を用いて、静水又は流水に1～12週間浸漬した後の厚さ、重量、3点曲げ強度の変化）を評価し、目的とする基質を作製するための条件を決定した。一般的なタイルの製造方法の一つであるプレス成形と、漁業者が簡便に製造できる成形方法を検討した。

(5) 窯業技術分野

◎陶磁器の製造技術

【概要】

昭和26年、当時の江別町と窯業業界による誘致活動の結果、野幌に当時工芸部窯業分室が発足、昭和33年に工芸部から独立し、窯業部門は、野幌窯業分場として本格的な活動を開始した。北海道の窯業発展を目的として、陶磁器の製造技術に関する研究開発を実施してきた。レンガ・タイル等の製造技術や観光土産品向けの陶磁器製造技術にも注力するとともに、陶芸家を目指す研修生を受け入れ、人材育成にも貢献してきた。



当時の分場パンフレット

○陶磁器の試作研究

ープロパンガス燃焼による炉内雰囲気と釉性状ー (S53～54)

工芸用陶磁器の焼成には、主に電気炉、灯油炉及びガス炉などが用いられているが、当時はプロパンガス炉の普及が進んでおり、業界からもその焼成技術的な問題に対する解決策が要望されていた。プロパンなどによるガス焼成は還元炎になりやすいことから、小型のプロパンガス試験炉(0.04m³)でプロパンガス焼成透明釉の還元炎焼成条件の検討を行った。その結果、還元炎焼成になりやすい条件は時間より温度の影響が大きく、釉の初融温度の手前から還元炎雰囲気にすることが効果的であった。



ガス炉 (0.5m³)

業界で主に使用しているガス炉(0.5m³)での試験では、小型ガス炉と異なり、炉内の温度分布が50℃と大きいため、還元期の温度幅を大きく設定し、時間をかける必要があることを明らかにした。

○道産窯業原料による成形技術(S55)

壮瞥町蟠溪、江差町田沢地区の陶石に可塑材として製紙用コーティング剤に利用されている白老粘土(カオリン質粘土)を加えて白色素地を開発し、鑄込成形技術により、飲食器及びノベルティを試作した。その結果、泥しょう性状、鑄込成形能及び焼成性状などを総合的に判断し、泥しょうとして最適調合を決定した。以上の結果に基づいて飲食器及びノベルティの試作を行い(1220℃焼成)、白色陶器素地として活用可能であることを明らかにした。

○陶磁器の試作研究

ー野幌、神楽粘土及び夕張角田、幌内焼研の配合素地についてー(S55)

道内の代表的な陶磁器工業用粘土は野幌粘土と神楽粘土である。しかし、これらの粘土に非可塑性原料としてシャモットなどを添加して、陶磁器に利用する際、改善すべき問題点が指摘されていた。野幌粘土は、耐火度が低く、1200℃以上の焼成でぶくを生じたり、発泡膨張する。また、神楽粘土は施釉するとさめわれを発生しやすいなどの欠点がある。これらを改善するため、非可塑性材として石炭産業廃棄物である炭鉍焼研を検討した。その結果、非可塑性材として特に夕張角田焼研が優れており、その配合、粒度構成の適正な設定により、粘土素地の欠点を改善する方法が示唆された。

○陶磁器の試作研究

ーせつ器素地の調製と試作ー(S57～59)

野幌粘土に野幌山砂を配合した締め焼き用素地について検討した。酸化焼成では焼き締めは十分であるが、色調面での改良が必要であった。還元焼成では備前調となり、締め焼き用素地の有用な知見が得られた。

火山灰（雨粉及び有珠火山灰）を主原料としてせつ器用釉薬の開発試験を行い、花びん、食器等に施釉し、その実用性を検討した。鉄釉系では酸化鉄添加量の変化で多様な鉄釉が得られた。火山灰を利用した釉薬はいくつかの窯元で実用化されている。

○松山地区産良質原料による飲食器類の製造研究 (S57～59)

松山地区の陶石及び粘土原料は品質が優れ、量的にも恵まれている。これら原料の配合によって従来の道産品にはない新しい陶器素地を開発し、さらにろくろ成形及び鑄込み成形による地方色を生かした飲食器類の製造技術の確立を目的とした。いずれも成形品は電気炉で素焼き後、釉薬は田沢陶石主体の透明釉と数種類の色釉を用い、本焼きは酸化焼成した。その結果、長石質陶器として、色調、物性ともに良好であり、飲食器などに活用できる見通しが得られた。

○工芸用陶磁器用素地と釉薬に関する研究 (S63～H2)

本研究は、道内各地に分布する無機資源を対象として、その産状及び基礎性状を把握し、それらを利用した素地と釉薬の開発を検討した。剣淵粘土と円山陶石の配合素地による鑄込み成形試験では、成形性の良い泥漿となり、コーヒーポット、コーヒーカップ、ソーサー、ミルクポット等を試作し良好な結果が得られた。剣淵粘土（町有地）と幌満鉱山のカンラン岩、市販シャモット、市販アルミナ等の耐熱食器用配合素地による鑄込み成形で試作した耐熱皿は JIS S 2400 の直火用熱衝撃試験をクリアした。



鑄込み成形による試作品

○原料配合計算システムの開発 (H5～6)

セラミックスや釉薬、ガラスの性質はかなりの部分が化学組成によって支配される。このため、これらの材料の原料配合基準を化学組成に置くことは一般的であるが、複雑な組成からなる天然資源を組み合

わせて、希望する化学組成配合を求めることは非常に困難である。本研究では、配合計算をパソコンによって容易にするためのプログラムを開発した。その結果、目的とする機能と操作性においてはほぼ満足できるものとなり、セラミックス、釉薬、ガラスなどの開発や技術指導に役立てることができた。



釉薬テストピース

◎窯業資源開発と原料化

【概要】

レンガ・タイル等の主原料である粘土は限りある天然無機資源であることから、良質な粘土の枯渇化に伴い、新たな粘土資源の開発が必要である。特に、北海道は本州と比べて広大な面積を有し、未利用資源も豊富に賦存しているため、新たな資源開発は極めて有望であり、ニーズに対応した新しい材料開発を進めることが重要であった。

○未利用陶石の原料化研究—蟠溪陶石—田沢石— 神楽粘土系素地の焼成性状と鑄込み成形性 (S53)

蟠溪陶石-田沢石系、ならびに可塑材として神楽粘土を加えた系について焼成性状を把握し、これらの素地による排出鑄込み成形について検討した。

陶石-田沢石-神楽粘土系素地の最適配合では緻密な精せつ器素地となり、焼成色は粘度中の鉄分の影響でうすいベージュとなった。鑄込み成形試験では陶石-田沢石系の鑄込み成形性は優れていた。以上から、道内原料のみで十分実用性のある精せつ器素地が得られ、量産可能な鑄込み成形条件を決定した。

○未利用資源による寒冷地用断熱性建材の開発研究 (S54～56)

道産火山灰（有珠、幕別、美瑛、白老）を原料としたガラス繊維製造試験を行い、これを素材とした断熱性複合建材の試作試験を実施した。いずれの火山灰もガラス繊維製造条件の最適化により、紡糸が可能であった。断熱性複合建材は火山ガラスの長繊維から製造され、グラスウールのような従来の断熱材に比べて、断熱性と強度・剛性・不燃性・軽量性など

の機能を同時に付与可能であり、セル状複合構造により、蓄熱性・遮音性などの機能も期待される。

○北海道のせつ器粘土鉱床開発と有効利用に関する研究 (S56～58)

野幌丘陵、岩見沢地区、江部乙及び神楽岡とその周辺（近文台、雨紛、江丹別、沼田、恵比島、美葉牛）を対象として調査研究を実施した。地形学的、粘土鉱物学的研究は工業技術院地質所北海道支所が、窯業的性状に関する研究は現場が分担した。野幌丘陵のせつ器粘土は、比較的粒度が粗く、粘土分 20～40%のものが多かった。地形的に低い北側方向ほど粒度は細くなる。耐火度と化学組成及び鉱物組成の関連では、 $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ （モル比）が大きいほど耐火度が低くなる傾向を示し、耐火度が高いものは加水ハロイサイトあるいはカオリナイト群とモンモリロナイトの混合層鉱物の含有が多かった。耐火度が低いものにはモンモリロナイト、イライト、クロライトの含有が多い。1050℃焼成で焼結がかなり進行し、閉気孔及び水の侵入しにくい空隙が増える傾向を示し、耐寒性に優れた粘土原料として有望と推察される。岩見沢地区の粘土は野幌粘土に比べ、粒度組成は全体的に細かく、成形性に優れていた。耐火度は低く、粘土鉱物との関連ではカオリナイトが少なく、モンモリロナイト、イライトが多いほど、耐火度は低い傾向を示した。江部乙及び神楽岡の粘土は、粒度が細かく、成形性に極めて優れ、耐火度も高かった。本研究の実施により、せつ器粘土の窯業的試験法及び評価法についてマニュアル化することができた。

○膨張頁岩による新素材の開発 (S60)

膨張頁岩は、高温で発泡膨張する性質があり、人工軽量骨材原料として利用されている。本道でも、幌内層などの膨張頁岩を人工軽量骨材に利用する研究が行われ、企業化されたこともあるが、現在は全く利用されていない。そこで、膨張頁岩の発泡膨張する性質と融着する性質を利用して、耐火性、耐久性等に優れた新しい材料開発を検討した。膨張頁岩を利用して、各種建築、設備材料の製造が可能であり、目的用途に応じた材料開発には、粒度、充填方法、添加剤、焼成方法等の条件を把握することが重要である。幌内層膨張頁岩は 1200℃焼成により発泡膨張するが、その良否はガス発生物質（有機物と硫化物）とその量に依存し、化学分析値の全炭素量及び全硫黄量が多いほど良好な膨張性を示す。タイルの試作では、従来の粘土質タイルなどの製造工程と根本的に異なり、成形

と乾燥工程が省力できるメリットが明らかになった。

○十勝地区せつ器粘土の有効利用に関する研究開発 (S60)

上士幌町萩ヶ岡地区粘土鉱床の調査及び窯業的利用試験の実施とかつて製紙用フィラーとして利用された勢多カオリン水簸沈殿物について検討した。この地区の粘土は粗粒分が多く、粘土鉱物はカオリンを主体として雲母やモンモリロナイトを含有するが、石英、長石、クリストバライトも多く含有する。耐火度は比較的高く、焼成温度 1250℃までの焼成が可能である。以上から、萩ヶ岡地区の粘土は窯業原料として利用できる性状を示すが、賦存状態の変動が激しく、資源的に不安定、粗粒分が多く、工業原料としての利用は困難であった。勢多カオリンは各種陶磁器原料として有望であった。

○道産資源の有効利用 —江差陶石と勢多カオリンによる陶磁器の試作— (S61)

本道の窯業界はせつ器質粘土を主原料として種々のものを生産しているが、原料面からの製造品目に制約を受け、新原料の開発を要望している。近年、発見された江差円山陶石はこれまで磁器質タイルの試作試験において良好な結果が得られていることから、この陶石を主原料として工芸用陶磁器の試作試験を実施した。円山陶石は鉄やチタン含有量が低く、天草陶石特等品に匹敵するが、可塑性が低いことが難点であった。陶石に可塑材として勢多カオリンと市販蛙目粘土を使用し、ろくろ成形用はい土と鑄込み成形用泥漿を作製し、成形・焼成試験を行った結果、前者は 1300℃焼成で磁器質となり、後者は 1270℃で完全に磁器化したことから、江差円山陶石は陶磁器原料として大いに期待できる。

○道産資源の有効利用—乙部町鳴海粘土による陶磁器の試作— (S62)

本道には窯業原料になりうる未利用資源が豊富に賦存しているが、本州の先進地で行っているはい土精製、提供体制が遅れており、本道のやきもの業界は大半が本州のはい土を購入しているのが実態である。一方、道内の各市町村では地域産業振興の施策を掲げ、これら資源の有効活用に大きな期待を抱いている。本研究は乙部町の要望により、同町鳴海地区の町道掘削により露出した粘土の海産物加工品、ワインなどの陶磁器製容器への利用を目的として、その性状及び試作条件について検討した。鳴海粘土は石英、長

石などからなり、耐火度は高い。やきもの原料としては可塑性が乏しく、成形性に欠けるため、可塑性原料の添加が必要である。鑄込み成形用泥漿及びロクロ成形用はい土調査試験から、原土をボールミルで粉碎後、可塑性剤と融剤の配合、1250℃焼成で民芸調のやきものの製造が可能であった。

◎江別西野幌地域未利用粘土鉱物資源の利用化研究 (H10～12)

江別はレンガ、タイル、セラミックブロックなど粘土窯業製品の道内における主要生産地であるが、原料の枯渇が深刻となり、長期的展望に立った原料確保が急務である。本調査研究は江別市及び関連業界の要請を受けて実施した。調査対象地域は野幌森林公園の東側隣接地帯及び南側隣接地帯で、合計面積約440ha、5区分について粘土鉱物の分布と性状について調査研究を実施した。3地区については、焼成色が赤レンガ色にならない、焼成色のばらつきがある、採掘が困難等で問題があったが、2地区については、粘土の賦存状況が安定し、性状も良好でレンガ等の原料候補地として有望であった。

◎火山灰・火山ガラスの有効利用

【概要】

北海道には多くの活火山があり、広範囲に火山灰質土が分布している。無尽蔵に賦存する多様な火山灰の工業的利用に関して、体系的、総合的研究はあまり実施されていなかった。最近では、有珠山噴火に伴う火山灰の堆積物に関して、その有効活用を目的として泡ガラス等の研究開発が実施された。

◎火山灰の利用開発試験 (S53～55)

道内広範囲に分布する火山灰は、化学組成から三つのグループに大別され、各々の特性を生かした陶磁器釉薬へ利用するための試験、研究方法を確立し実際の釉薬調合により、その普及指導をしてきた。

一方、有珠火山灰と屑ガラスの混合粉碎物に発泡剤としてカーボン等を添加、成形、焼成により、独立気泡で構成される泡ガラスを試作した。これは、軽量、断熱性、不燃性、耐水、耐薬品及び耐久性に優れた素材で、保温・保冷材、高層建材、パイプインシュレーション等に利用可能であり、切断、穿孔、釘打ち、貼付けなどが容易なため、広範囲の用途が期待される。

◎火山灰を利用した低火度釉について (S56)

レンガなど建築用粘土製品は室内でも使用される

が、装飾と汚れの付着防止のため、各種色釉薬の開発が望まれている。そこで火山灰(旭川市上雨粉)を主原料とした低火度の各種釉薬について検討した。火山灰に石灰の配合あるいは一部をBaOとZnOで置換することで良好な基礎釉が得られた。火山灰を低火度釉に利用可能であり、フリットを加えることでより低火度にできるが、貫入の発生が多くなる。基礎釉に各種顔料、着色剤、乳濁剤及びそれらの組合せで多種多様な色釉薬が調合可能であった。

◎火山ガラス長繊維を原料とする断熱性建材の開発研究 (S57～59)

道産火山灰を主原料としたガラス繊維の製造試験と耐アルカリ性について検討した。道内6地区の火山灰を試料としてガラス繊維紡糸試験を実施し、いずれの火山灰も長時間紡糸可能であり、多機能建材製造試験への素材提供の見通しが得られた。火山ガラス長繊維製造に関するコストダウンと道産無機資源の有効利用の観点から、融剤のソーダ灰と石灰に対し、東山ドロマイトを検討した結果、連続1時間以上の紡糸が可能であり、融剤全量を置換しても、十分、利用可能であった。耐アルカリ性ガラス繊維に関して、Zr₂O₃添加で耐アルカリ性は向上するが紡糸性は低下することが明らかになった。

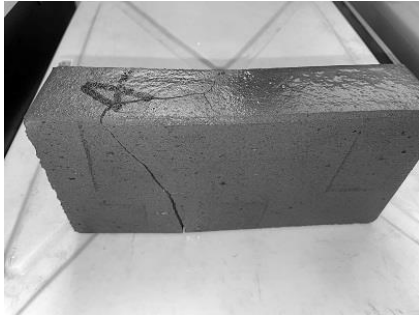
◎窯業製品の耐凍害性評価技術

【概要】

積雪寒冷地である北海道において、凍害に強いレンガやタイルの開発は必要不可欠である。JISの評価試験で合格した製品を北海道で施工すると凍害が多く発生していたことから、北海道の気象に適合した耐凍害性評価技術の確立と凍害に強いレンガ・タイルの開発が急務となっていた。製品の暴露試験等のデータから、北海道の気象条件に適合した当场独自の耐凍害性評価技術(凍結融解試験)を確立した。その評価法により、野幌粘土を原料としたレンガは耐凍害性に強いことを確認している。現在でも、当場の凍結融解試験は本州からも依頼試験の申込や問い合わせが多く、全国的に認知された評価技術となっている。当場の凍結融解試験(300サイクル)をクリアしたレンガ・タイル等を実際に施工した事例では、これまで、一度も凍害は発生していない。



凍結融解試験機の外観（令和3年現在）



凍害による亀裂が発生したレンガ

○未利用陶石を利用したタイルと耐寒性(S54)

蟠溪陶石と田沢陶石を主原料とした半乾式プレス成形による外装タイルの試作を行い、製品としての品質及び耐寒性について検討した。

試作品の耐寒性については、 $-30^{\circ}\text{C}\sim+20^{\circ}\text{C}$ の凍結融解繰り返し試験を60回行った段階で異常は認められず、耐寒性は良好であることを確認した。

○粘土焼成体の耐寒性(S55)

建築用粘土製品の耐寒性について、耐寒性を判定する試験方法及び耐寒性と諸物性の関連などの研究は多くあるが、凍害現象のメカニズムが把握されていないため、統一的な理論は確立されていない。凍害現象のメカニズムと耐寒性を判定する試験法の知見を得る目的で本山木節粘土-大和長石-天草陶石系素地の耐寒性について、特に冷凍間における膨張収縮挙動の面から検討した。

多孔質粘土焼成体は、乾燥状態では温度低下とともにほぼ直線的に収縮するが、気孔に水が含まれると水の凍結膨張に伴って膨張し、融解すると収縮し、その大きさは吸水量に著しく影響される。凍害は、凍結融解繰り返しに伴う膨張収縮の繰り返しによって劣化し、き裂又は剥離に至る現象である。膨張収縮が吸水量によって著しく異なることは、凍結融解繰り返し法において吸水法と融解法をどのようにするかが重要であり、自然暴露と最も対応すると考えられる毛細管吸水法、温水シャワー方式による融解法が

有効であると考えられる。冷凍膨張は -10°C までにはほぼ最大に達することから、凍結温度は $-15\sim 20^{\circ}\text{C}$ であり、また、凍結するまでの間に試料表面が乾燥しない程度の冷却速度が必要である。繰り返し回数については、暴露試験と対応させて検討する必要がある。

○せつ器質タイルの耐寒性の向上と判定法(S57)

耐寒性は凍害に対する抵抗性であり、凍害とは多孔質タイルに吸水された水の凍結によって損傷する現象である。本道の建物に施工されている外装タイルの凍害実態調査、タイル及び粘土瓦の暴露試験、気象と屋根瓦温度、冷凍間におけるタイルの膨張収縮挙動、依頼試験によるデータの集積と解析などによって凍害のメカニズムを解明するとともに、耐寒性を判定する迅速かつ正確な凍結融解試験法について、検討を行った。

実態調査の結果、施工後年数を経ているものほど凍害を受けており、破損の程度も大きい。軒、ひさし、窓まわりなど水はけが悪く、水と接している個所に多く発生している。これはタイルの吸水量、凍結融解回数が凍害発生の極めて大きな要因であることを示している。気象と屋根瓦の温度測定から、1冬期間の凍結融解回数は100回以上になることが予想される。

耐寒性を判定する凍結融解試験の諸条件を検討し、迅速かつ正確な試験法の確立に一定の見通しを得た。凍害によるタイルの損傷状態は、タイル素地によって異なっており、タイル素地の緻密性、空隙の大きさと構造が最大の要因と考えられるが、耐寒性はあらゆる物性と相互関連する性質であり、ある物性値のみから評価することは危険である。耐寒性にそれぞれの物性がどのように関連しているかを今後具体的に明らかにする必要がある。

○道内産原料による耐寒性タイル製造法の開発(S58-59)

これまで蓄積してきた研究成果及び耐寒性を判定する凍結融解試験法を基礎に、野幌丘陵せつ器粘土6種類、旭川神楽岡せつ器粘土1種類、合わせて7種類のせつ器粘土を用いてせつ器質タイルを試作し、その諸物性と耐寒性との関連について検討した。

耐寒性の判定は、当場の凍結融解試験法で行ったが、試料の一部は暴露試験に供した。

粒度が細かく、低耐火度の粘土は、当然ながら、低温で焼け締まり、低温焼成によって耐寒性を有するタイルが得られる。焼成温度が低く、吸水率の大きいタイルは、施釉の方が凍害に対する抵抗性が小さく、こ

れまでの結果と良く一致する。それは、タイル素地の細孔分布と構造に起因する。原料粘土別では、焼成温度によって見掛比重があまり小さくならないものは、凍害に対する抵抗性が小さい傾向を示した。

◎レンガ・タイルの製造技術

【概要】

新規原料を用いて、レンガ・タイルの製造を実施する場合、その原料特性を把握し、製造条件の最適化が必要不可欠である。ここでは、沼田地区で産出する粘土原料を用いたレンガや江差円山陶石を主原料としてタイルの最適製造条件の検討を行った研究事例を紹介する。

○普通レンガの配合素地について (S59)

沼田地区において、普通レンガ生産の機運がありレンガ用配合素地の試験を行った。使用粘土は沼田粘土と江部乙粘土で、耐火度はそれぞれ SK15、SK14 であり、旭川の神楽粘土に匹敵する。しかし、レンガ成形用に粘性が大きいため、脱粘材の添加が必要であることから、脱粘材として妹背牛町川砂と深川市採石粉を検討した。粘土と脱粘材の配合試験、押出成形試験、焼成試験から、普通レンガ製造に最適な配合組成を決定した。

○新開発原料による高品質タイルの製造試験 (S60)

道産資源の活用と道内窯業界に新たな製品分野を開拓することを目的として、良質原料の開発と利用に関する一連の調査、研究を実施してきたが、近年、桧山地方に陶磁器の原料となりうる幾つかの良質な資源が確認された。特に江差産円山陶石は鉄量が少なく、着色成分として嫌われる鉄、チタンの含有量も少なく、白色陶磁器の原料として期待される。そこでこれまで道内で需要がありながら生産されていない磁器質タイルを円山陶石を主原料として試作した。

円山陶石 100wt%によるタイルでは、成形時のハンドリングに少々難があるが、JIS 規格に合致し、色調も優れた磁器質タイルが得られた。

◎蓄熱セラミックスの開発

【概要】

放射蓄熱暖房器の開発等を目的として、日高地方のカンラン岩や製鉄用鉄鉱石を原料とする蓄熱セラミックスの素材開発と評価、放射蓄熱暖房器の試作・特性試験等を行い、製品化を実現した。

○蓄熱セラミックスの開発と利用化研究 (S61~63)

深夜電力等の安価な電力を用いる電気蓄熱暖房器は安全性、衛生性、経済性に優れている。本研究は本道の日高地方に豊富に埋蔵するカンラン岩を原料とする蓄熱セラミックスの開発、及び道内資源を原料とする断熱セラミックスの開発を行い、蓄熱暖房器等への利用化及び放射蓄熱暖房器の開発等を目的として実施した。蓄熱セラミックスの素材開発、実用大蓄熱セラミックス（蓄熱レンガ）の製造試験、市販蓄熱暖房器の特性測定、放射蓄熱暖房器の試作・特性試験等を行い、これらの試験結果を基に蓄熱レンガ生産についての企業化を進めた。



開発した蓄熱レンガ



蓄熱レンガを使用した電気蓄熱暖房機

○酸化鉄系蓄熱セラミックスの開発 (H9)

道内ではこれまで、昭和 61~63 年度の研究で開発した日高産カンラン岩を原料とするフォルステライト系蓄熱セラミックスが生産されており、電気蓄熱暖房器用蓄熱材として需要が伸びつつある。しかし、この蓄熱体は体積比熱容量がやや小さいため、暖房機の容積が大きくなる欠点がある。近年、暖房機の競争激化による、暖房機の小型化と低価格化が要求され、それに伴って蓄熱セラミックスの体積比熱容量の向上、熱伝導率の向上、及び蓄熱体製造コストの低下等が強く求められている。これらのニーズに対応するため、製鉄用原料としての鉄鉱石、及び製鉄工程で発生するスケールに着目し、これらを原料とするセラミックスの開発を検討した。南米産磁鉄鉱を原料とした蓄熱体は当初の目標をかなり上回る特性が

得られ、製造コストは従来品と比較して、原料が安価であり、焼成温度を下げるができる反面、多量の原料が必要であり、分級・粉砕工程を加える必要もあることから、大幅なコストダウンを行うには連続炉焼成等の検討が必要であることが明らかになった。

◎ガラス工芸品の製造技術

【概要】

昭和 61 年の機構改革の際、北海道のガラス工芸の発展を目的に、当場野幌分場にガラス工芸科が新設された。ガラス工芸品の製造技術に関する研究開発を実施するとともに、道産火山灰のガラスへの利用や道内ガラス工芸家への技術支援、ガラス工芸家を目指す研修生の受け入れ等を実施しており、小樽を中心に広がりを見せてきたガラス工芸産業の発展にも寄与してきた。

○道産ガラス原料利用適正化試験 (S62～63)

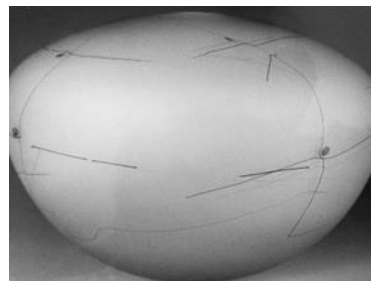
本試験は、ガラス工芸品製造業を本道の伝統産業として育成振興を図ることを目的とし、道産原料を活用した付加価値の高い美術工芸品、土産品などについて検討を行った。LPG ガラス溶融炉などの基本的な製造設備の導入を行うとともに幕別火山灰を主体とした一般的なソーダ石灰系のガラスバッチ組成の原料を用いて、吹きガラス及びパート・ド・ヴェール技法で試作し、その有効性を明らかにした。



吹きガラスによるガラスの試作

○道産原料を利用した工芸ガラスの試作研究 (H1～3)

道産原料として火山灰が変質した美瑛白土あるいは幕別火山灰を利用した各種バッチを配合し、宙吹き成形法やパート・ド・ヴェール法による工芸ガラスの試作試験を行った。いずれの成形法でも、火山灰の特徴（色調）を生かした試作品の作製が可能であることを明らかにした。



吹きガラスによるガラス試作品

○道産クリストバライトを利用した着色ガラスに関する研究 (H4～6)

本道の天北地方に多量に産する珪藻土はクリストバライト (SiO_2) が主成分であり、天然調湿材として製品化されている。この珪藻土の高度利用として、工芸用着色ガラス等への応用を検討した。ガラス原料としての利用では、通常のガラス原料の補助原料として使用可能であった。パート・ド・ヴェール原料としての利用では、珪藻土が含有する鉄イオンが発色し、色ガラスとして有効であった。型材としての利用では、珪藻土とガラスの接触面が 900°C 以下では融着しないことから、パート・ド・ヴェールやスランピングガラス用型材として利用可能であることが示唆された。

○新しいガラス原料製造法の開発 (H7～9)

近年、道内では、ガラス工芸品を製造販売するガラス工房が多数、設立され、その活動も盛んになってきている。しかしながら、そこで使用される原料は、ほとんど粉体状であり、有毒な物質も含まれているため、作業においては、マスクなどの着用により、作業者の安全性を配慮しているが、十分とはいえない。また、原料の飛散によるガラス溶融窯内の浸食などの影響も大きい。また、欧米などを中心に、クリスタルガラスへの鉛の使用が法的に禁止される方向にあり、鉛代替原料組成の開発が急務となっていた。そこで非鉛クリスタル原料組成物の開発と原料の粒状化を検討した。非鉛クリスタル組成については、鉛の高屈折率、高分散の性質を維持するためには酸化チタンによる代替が可能であることがわかった。また、現場で配合、使用しているガラス原料を用い、転動造粒により粒状化でき、原料の飛散防止、作業性の向上を実現した。

○パート・ド・ヴェールによる工芸品のデザイン開発 (H10～12)

パート・ド・ヴェールは、ガラス粉を型に詰めて、電気炉で焼成して製品を作る技法で、熟練した技術が必要とせず、設備費や維持費が安価であるという利点

を有している。したがって、比較的、容易に普及が可能であり、吹きガラス、ステンドグラスを中心に伸張してきた本道ガラス工芸産業に、新たな需要創出などの可能性をもたらすことが期待できる。しかしながら、この技法では、使用する型の寿命が短いということが問題となる。既存の型材である耐火石膏の問題点を把握するため、市販耐火石膏の成分分析、熱分析、及びガラスとの離型性の検討を行った。また、離型性試験のまとめと新たな型材の検討をするための配合試験を行った。従来、パート・ド・ヴェールで一般的とされていた焼成温度850℃以下に対し、離型性に有効な温度は860℃以上であることが明らかになった。

○ガラス溶着に関する研究(H10~12)

透明ガラスと色ガラスなど、異種のガラスを溶着させると割れる場合があり、製品の多様化の障害となっている。また、リサイクルガラスを再利用する際、性質の異なるガラスを混ぜて一体化すると、徐冷後、割れの発生や大きな歪が残る問題がある。以上の問題を解決するため、工芸用、及び廃ガラスに関して、成分分析、熱膨張曲線の測定、フュージング(溶着)テストにより、異種のガラスを溶着させた場合に割れる現象とガラスの組成、熱膨張挙動の相関が得られた。この成果を活用し、平成11年度の派遣指導「蛍光管ガラスリサイクルタイルの制作」で制作されたタイルは平成12年にオープンした札幌市リサイクルプラザに採用された。

○鑄込み成形法によるガラス製品の開発(H17~18)

道内で行われているガラスの鑄込み成形法(サンドキャスト法)は、複雑な形状の製造が難しく、さらに類似的なテクスチャーになるという問題点を抱えている。本研究では、従来の技法に金属の鑄込み成形技術を組み合わせることによって、今まで困難だった形状及び新たなテクスチャーのガラス工芸品の製造技術開発を行った。従来のガラス鑄込み成形法(サンドキャスト法)の型材(珪砂)による湯流れ試験を行い、成形条件(温度等)の基礎データを作成した。他素材(鉄、カーボン)も検討したが、総合的に珪砂が優れていた。珪砂又は珪藻土とカーボンの配合により、珪砂とは異なる鑄肌(テクスチャー)が可能であることがわかった。

◎調湿材の開発と評価

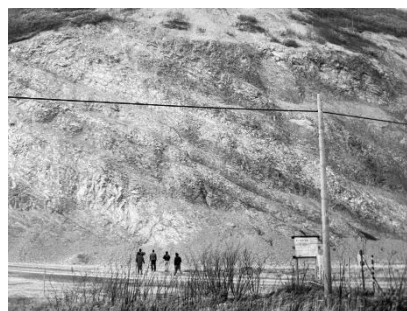
【概要】

当場で調湿材の研究を開始した当初は、「調湿材」という言葉が世間に知られていない状況であり、当時、機能性セラミックスの研究開発では国内トップ

クラスであった国立名古屋工業技術研究所(現産総研中部センター)も調湿材の研究に着手しておらず、当場の調湿材に関する研究は国内における調湿材の研究の先駆けであった。特に道産天然無機資源である「稚内層珪質頁岩」に調湿機能を見出したのは当場が世界初である。その後の成果に関しては、企業と共同特許出願、調湿建材や調湿原料の製造・販売に関する企業化があり、珪藻土を利用した調湿製品のブームを作った。

○本道珪藻土の高度利用と資源評価に関する研究(H4~6)

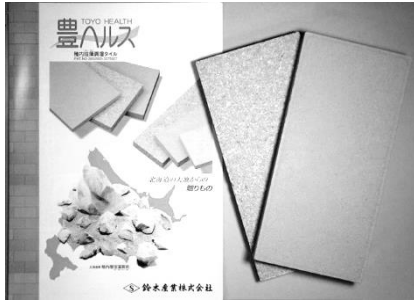
道北地域には、稚内層・声問層と呼ばれる海成の地層があり、珪藻土資源を形成している。稚内層は声問層より結晶化が進んで硬質化し、珪質頁岩と呼ばれている。この稚内層は熱的、化学的に安定なSiO₂鉱物から構成され、極めて特徴のある細孔構造を有しているため、調湿機能などの様々な機能を有し、工業原料として有望である。稚内層珪質頁岩の調湿機能をH₂O吸着等温線、吸放湿変化で評価したところ、蒸気圧0.5以上から急激にH₂O吸着量が大きくなる極めて特徴のある吸着等温線を示し、調湿機能は一般的な建築材料よりはるかに優れていることがわかった。調湿機能のほとんどない粘土や石膏に稚内層珪質頁岩を配合することで、その機能が発現するため、焼成、不焼成問わず、多様な調湿材料の開発が可能となった。稚内層珪質頁岩を利用した調湿機能タイルを試作し、一般住宅の内装材として施工し、その室内環境を測定したところ、タイルを施工した部屋の湿度は外気に影響されず、約60%に維持されており、稚内層珪質頁岩を利用したタイルは極めて調湿機能に優れていることが明らかになった。



稚内層珪質頁岩の大露頭



稚内層珪質頁岩



稚内層珪質頁岩を利用した調湿タイル

○調湿材と発泡アルミニウム材の複合技術の開発(H7)

軽量性、吸音性に優れた発泡アルミニウム板に調湿機能を付加させ、多機能性の発泡アルミニウム材として用途を拡大するために、調湿材と発泡アルミニウム材との複合技術の開発を検討した。発泡アルミニウム材と調湿材を複合させるためのバインダーとして石膏を用い、金型の底に発泡アルミニウム板を置き、その上から調湿材配合石膏スラリーを流し込み硬化後、離型し、複合体を作製・特性評価を行った。石膏をバインダーとして用いることにより、稚内層珪質頁岩を利用した調湿材と発泡アルミニウム材を複合化可能であった。吸放湿機能（発泡アルミニウム側からのみ吸放湿させた場合）は1wt%以下と小さいため、機能向上には調湿石膏部と発泡アルミニウム材両面からの検討が必要であることが明らかになった。

○調湿材の開発に関する研究(H9)

住宅の高気密・高断熱化は、熱的環境の向上と省エネ化を促進させたが、その一方で結露、カビ、さらにシックハウス症候群と呼ばれる室内空気汚染など新たな住環境問題を引き起こしている。これらは不十分な換気、調湿性のない内装材の多用、新材やそれを施工する際に使用する接着剤などに含まれる揮発性有害物質に起因することから、安全で調湿効果のある建材が求められている。調湿効果に優れた塗り壁材の開発を目的として、種々の樹脂系バインダーを使用せず、道産天然無機資源を主原料とした塗り壁材の作製

と代表的な市販塗り壁材の吸放湿機能との比較検討を行った。作製した塗り壁材の吸放湿機能は市販品の5～12倍と大きく、乾燥収縮率は市販品よりもやや大きい、下地処理した合板に塗り付けた場合、乾燥亀裂や剥離は発生しないことが明らかになった。

○健康建材の開発による住環境改善に関する研究(H10)

最近の住宅建築では、温熱環境の改善と省エネ化を目標とした高気密・高断熱化が重要視されている。その一方で計画換気の不十分さから、結露、カビやダニの発生とともに、新材、接着剤、家具等からの揮発性有機化合物による室内化学物質が、シックハウス症候群などの深刻な住環境汚染問題を引き起こしている。現在、これらに対処した調湿及びガス吸着機能を有する多種多様な内装建材が市販されている。しかしながら、これら機能の的確な評価、特にガス吸着特性の評価はほとんど行われていない。本研究では、吸着機能セラミックスの作製と応用技術の開発を目的として、調湿機能及びガス吸着特性の評価方法を調査検討し、道産天然資源の諸特性を相対的に考察した。調湿機能特性は温度一定で水蒸気量を変化させたときの吸湿率、ガス吸着特性はデシケータ中で、高濃度ホルムアルデヒド、トルエン及びキシレンの吸脱着量の測定から道産天然資源の機能表面を相対的に評価できることが明らかになった。

○高機能調湿材の製造開発(H21)

住宅内での健康問題などから、快適な住空間の創出が求められているなかで、自律的調湿機能を持つ素材を用いた内装用調湿建材が数多く上市されている。本研究では非焼成タイプの調湿材を量産化する上での問題点を検討し、効率のよい製造技術開発と商品化を進めた。新規設備の導入と工場拡張に伴う製造工程の見直しを行い、企業活動の現状や課題をワークシートを用いて整理し、商品開発の方向性を明らかにした。また、新型光触媒の機能性と塗布法も検討した。

○道内資源の使用量拡大を目指した建材開発と利用法に関する研究(H21～23)

建築資材の道産資源使用量を拡大させ、住宅における道産品の割合を高めることを目的として、道内資源を活用した建材開発と利用法の提案を行った。道産珪質頁岩を利用した調湿機能タイルの量産製造技術の確立を目的として、押出成形条件の最適化(コ

ロイダルシリカの種類の検討)を行い、成形性の向上(歩留りの向上)を実現した。調湿機能タイルと可視光型光触媒の複合化技術を確立した。作製した光触媒機能複合調湿タイルは基材表面に光触媒を固着しても調湿機能の阻害がなく、ホルムアルデヒドガス吸着分解能を有することがわかった。

◎廃ガラスのリサイクル技術

【概要】

平成4年に道内企業より蛍光管ガラスの有効利用の相談を受け廃ガラスリサイクル研究に取り組むこととなった。その後、対象をブラウン管、ガラスびん、自動車ガラス、太陽光パネルなどに拡大し、道内の大学、企業と連携して大型外部資金も得ながら研究を継続している。産技連ガラス材料技術分科会でも共通テーマとしてガラスリサイクルに取り組んでおり、当場はその中心的役割を担ってきた。

○廃ガラスを利用したセラミックス製品の開発 (H8~10)

無機系廃棄物のひとつであるガラスは、びん原料やガラス繊維原料として再利用できるものを除いて、全国で毎年100万トンを超える量が埋め立て処分されている。道内においても、主にびんガラスに由来する廃ガラスが年間約5万トン以上発生すると推定されているが、特に有色カレット(くずガラス)についてはほとんど利用されず、廃棄されている。本研究では、廃ガラスを窯業資源と位置付け、その特性を生かした新しいセラミックス製品の開発を目的として、ワラストナイト系結晶化ガラス、人工軽量骨材、廃蛍光管ガラスからモザイクタイル、びんガラスから工芸品等を試作した。モザイクタイル作製技術に関しては企業から技術指導依頼があり、この指導によって制作されたガラスモザイクタイルは千歳市内の小中学校に採用となり、体育館の壁面レリーフとして平成9年に施工された。



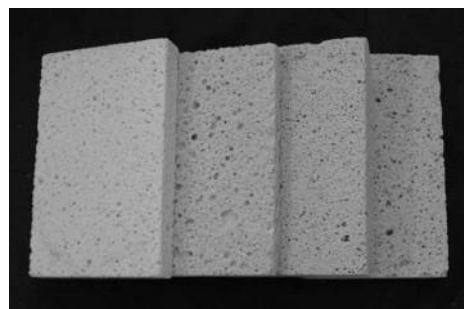
廃蛍光管ガラスを利用したモザイクタイル等の試作品



廃びんから作製した試作品

○軽量体成形技術を用いた低温焼結セラミックスの開発 (H11~14)

道内では、年間数万トンの使用済みガラスが再利用されずに、埋め立てなどの廃棄処理をされている。平成9年4月に容器包装リサイクル法が施行されたことによって、廃ガラスの回収と再利用が促進されつつあるが、まだ、確固とした用途が見出されていない。廃ガラス(カレット)は、その主成分が窯業原料として重要なシリカ(SiO_2)であり、また、一度ガラス化しているため、通常より、数百℃も低い温度で熔融するという利点がある。本研究では、上記の点に着目し、カレットに炭酸塩などを加えることによって、従来品よりも200~300℃低い温度で焼成する軽量材料や着色などの装飾性、吸音性、調湿性を付与することによって、新しいタイプの内装用建材を開発した。



廃ガラスを利用した軽量吸音機能性建材

○廃家電製品からのガラスの有効利用に関する研究 (H12~13)

廃棄されるテレビ、パソコン、コピー機、蛍光ランプなどの電気製品にはブラウン管、レンズ、鏡など各種ガラスが含まれており、適正な処理と有効利用が求められている。これらのガラスについて成分分析、熱分析、表面分析、熔融試験などの手法を用い評価を行い、有効利用について検討した。ブラウン管ガラスカレットについて、示差熱分析、熔融試験などにより

評価を行った。有効利用の検討として、吹きガラス法による試作試験、パネル粉末を粘土に混合したものの焼成試験を行い、特性を把握した。廃コピー機から発生するガラスについて、蛍光X線による成分分析、オージェ電子分光法による表面分析などにより評価を行った。コンタクトガラス、鏡については板ガラスとほぼ同じ組成だが、光学レンズは組成の種類が多く、しかも有害元素を含むものもあるため、利用が難しいことが明らかになった。

○廃ガラスリサイクル技術の開発(H14~16)

全国的に大量に発生する廃ガラスの再利用、再資源化は、緊急を要する課題である。本研究では、廃ガラス(びんガラス、ブラウン管ガラス等)を主原料とすることによって、原料コストの削減や生産コストの低減を図るとともに、廃ガラスの特性を活かした工芸品やセラミックス製品の開発を行う。ガラス工芸用溶解炉で廃ガラスの熔融試験を行った。小型るつぼによる熔融試験の結果をもとに、温度・時間の設定、添加剤の選定及び物理的攪拌等、泡切れの効果的な条件を検討した結果、気孔率1%以下のガラスを製造することができた。ブラウン管ガラスのファンネル部から、還元熔融することで、含有鉛の95%以上を分離する技術を確認した。

◎吸着材の開発と評価

【概要】

近年、室内環境汚染が深刻な社会問題となり、調湿特性や化学物質、臭気等の吸着特性を有する機能性材料や農業分野で使用される肥料徐放材、水処理材等、天然多孔質無機資源を活用した機能性セラミックスのニーズは増加しており、これらに対応可能な吸着材の研究開発を実施している。

○吸着機能材料の評価と応用技術に関する研究(H12~14)

室内環境汚染対策として、多種多様な吸着材が開発されているが、ガスに対する吸着評価法は確立されていない。本研究では、吸着等温線法やデシケータ法により、ガス吸脱着特性を把握し、材料開発や材料評価に応用できる最適な吸着評価技術の確立と調湿吸着機能材料の室内環境浄化材などへの応用技術を検討した。吸着等温線法により、典型的な吸着材のトルエン吸脱着特性を把握した結果、珪藻土やゼオライトは吸着量が大きく、吸着材として有効であることが示唆された。2次吸着等温線より、珪藻土のトル

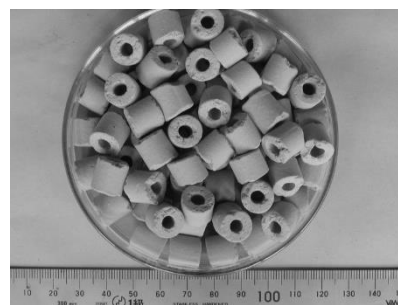
エン吸着は物理吸着で、平衡条件に依存し容易に脱着するため、環境浄化材への応用には、触媒や微生物分解機能の付与が必要である。吸着等温線法は低濃度領域及び2次吸着等温線の解析から、目的とする材料開発の指針が容易に得られ、吸着材の開発には有効な評価手段であることが認められた。

○徐放性制御多孔質セラミックスの開発(H19~20)

徐放性材料は医薬品を筆頭に、農薬、肥料等幅広い分野で利用されている。しかし、それらの大半は有機系材料に基づいたものであり、耐水性等を要する屋外での用途には適していない。本研究では、道産多孔質無機資源を用いて、気孔制御などの材料設計を行うことにより、目的用途に適合する徐放性を付与した材料を開発した。徐放性材料に天然ゼオライトをはじめとする道産多孔質無機資源等を、徐放成分に農業用発根促進物質を用いたときの徐放性能を吸光光度計及び高速液体クロマトグラフで評価した。実用化を視野に入れた試作品を作製し、協力機関と実地試験を行った。

○とちちゼオライトを利用した水処理浄化材の開発(H19)

近年、工事排水処理、生活及び産業排水に起因する河川等の水質汚染が問題となり、安価で効率的な水処理浄化技術の開発が急務である。本研究では、とちちゼオライトの水処理分野への応用を目的として、とちちゼオライトを主原料とした凝集剤及び水処理担体の試作と評価を行い、用途に適合した水処理浄化材の開発を行った。とちちゼオライトを用いた水処理担体として、押出成形法によりセラミックスを試作し、適当な造孔剤の選定により、市販品と同等強度の中空円筒状多孔体が得られた。中空円筒状多孔体を用いた長期間の窒素含有排水処理試験では、市販品に比べ、優れた窒素吸着除去能と耐久性が認められ、水処理浄化材としての有効性が示唆された。凝集剤、水処理担体の市場及び特許調査を行い、実用化に向けた用途開発を模索した。



とちちゼオライトを利用した水処理浄化材

○層状粘土鉱物の層間利用技術の開発 (H21～22)

農業や食品加工分野で増加している無機多孔質材料の用途に対応するため、層状粘土鉱物の層間制御技術を利用したマイクロメソポア多孔体の作製条件を検討し、徐放性、吸着性材料への応用を図った。試薬粘土及び道産粘土鉱物資源に対し、層間挿入物質（ポリ塩化アルミニウム、ポリビニルアルコール、脂肪酸塩）を用いた層間架橋粘土の合成条件を検討し、マイクロメソポア多孔体の最適作製条件を見出した。作製した多孔体の水蒸気吸脱着特性、有機物吸着徐放性評価を行い、調湿及び農業分野における吸着材への応用が可能であることを明らかにした。

◎無機系廃棄物の利活用

【概要】

廃棄物の再利用は処分経費の削減や省資源・省エネ対策になり、廃棄物の減量化による環境保全を促進する。ここでは、無機系廃棄物をセラミックス原料として利用する検討をセメントスラッジ、下水汚泥焼却灰、廃乾電池亜鉛滓、石炭灰について実施した研究事例を紹介する。

○セメントスラッジ利用化研究 (S53～54)

セメントコンクリート二次製品の製造工程から多量に排出される水和セメントスラッジをケイ酸カルシウム系の建築素材や酸性土壌矯正用の石灰質肥料として再利用する方法について検討した。流し込み成形により作製したスラッジ仮焼物と珪砂の配合物の硬化体はかさ比重、吸水率、圧縮強さ等の物性は建築材料として十分利用できることがわかった。スラッジは遊離のカルシウムを含んでおり、即効性の酸度矯正用肥料として利用可能であった。また、スラッジをアルカリ刺激剤として利用するスラッジ—高炉水砕スラッグ混合系セメントでは強度の発現が良好であった。

○下水汚泥の高度利用技術の開発 (H1～3)

焼却灰を窯業原料として利用する試みは、レンガ、タイル、陶管、軽量骨材など数多くあるが、透水性の材料や製品に利用する例は少ない。本研究では札幌市手稲焼却センターから排出される焼却灰を利用し、窯業系透水ブロックの試作を行った。焼却灰と配合する主原料として幌内層膨張頁岩を選定し、配合試験から窯業的性状を把握し、ペレットを用いた透水ブロックの製造条件を決定した。用いた焼却灰は薬注処理物で、一般に窯業の利用が困難とされているものであったが、焼成によってペレット同志が強く融着し、透水性に優れたブロックが試作でき、札幌市

下水道資源公社内に試験施工した。



下水汚泥焼却灰を利用した透水ブロック施工試験

○廃乾電池亜鉛滓を有効活用した機能性複合セラミックスの開発と応用 (H15～17)

産業廃棄物の有効活用と機能性開発の観点から、廃乾電池の亜鉛滓焙焼（IZC）粉末を作製し、その微細構造と水質浄化性、色調性、ガス捕集性、センサー特性等の関係を明らかにし、環境浄化（水処理）材料、土木・建築材料、環境保全（排ガス捕集フィルタ）材料、及び電子セラミックス材料等の開発を検討した。



廃乾電池亜鉛滓を利用した水処理浄化材

IZC レンガの試作試験では、配合組成と焼結特性を検討した結果、赤レンガと同等の吸水率、曲げ強度、及び耐凍害性を有し、焼成温度と雰囲気を選定により、色調の多様性も可能であった。押出成形法やタタラ成形法により、造孔剤と焼結助剤を検討し、水処理材や排ガス捕集材に有効な気孔率と細孔径を有する異種形状サイズの IZC 多孔体を試作した。IZC 粉末、造孔剤（小麦ふすま）及び焼成助剤（廃棄活性炭）等を配合調整、押出成形、乾燥、焼成により、水処理用中空円筒状多孔体を試作した。その水処理性能は市販品と比較して、BOD 除去・硝化活性は高い傾向を示した。IZC と遷移金属酸化物の複合化により、IZC 緻密体の低抵抗化を実現し、IZC サーミスタ内臓融雪マット等を試作し、室内外の性能評価試験を行った。



廃乾電池亜鉛滓を利用したレンガ施工試験

○石炭灰を用いた耐火物製造技術の効率化に関する研究 (H20)

セメント原材料や土木建築分野等に有効利用されている石炭灰を用いて耐火物を安価かつ効率的に製造する技術開発を行った。不純物の除去法について、薬品添加法、酸処理法等により検討した。耐火物粉末を試作し、実用化のための基礎試験を実施した。石炭灰を利用して合成した耐火物にアルミナセメントを配合し、キャスト成形体を作製した。成形体の曲げ強度は市販品と同等であり、熱伝導率は約 1/2 と良好な結果が得られた。

(6) 木工芸品・デザイン・人間情報技術分野

■木工芸品に関する試験研究

ここでは昭和初期に始まり現在まで続く、工芸・デザイン系の試験研究の歴史・歩みの中から、前半の60年弱に渡って展開された木工芸品に関する試験研究とその周辺について簡単に振り返ってみる。

□昭和初期～第二次世界大戦開戦まで

当場の事業計画書に初めて木工芸品の記載が現れるのは、窯業分野に遅れること四年の昭和10年。その目的に「家具製作に関する技術的研究を行い、本道木材工業の指導啓蒙に資せんとす。」とある。これ以降、木工関連の試験研究は時代の影響を受けながら、平成初期まで60年近く続くことになる。

この当時の木材の主用途は家具であるが、他にスキー材、鉛筆材、マッチ軸木などもあり、特にスキー材については本道特有のテーマとして後年、試験研究の取組みが盛んになる。

本格的な研究は翌昭和11年から始まっており、試験研究項目として「小木工芸品、薄板貼付家具、塗装法、木材乾燥法」が挙げられている。その背景として「本道独特の材料の活用」「貴重材料の集約的利用（効率的活用）」「単なる装飾に止まらない、実用的機能」といった課題が挙げられており、これらは今日の木工業界にも通じるものと言えるだろう。

第二次世界大戦開戦直前の昭和12年、機構改正によって窯業と木工の2つの分野がまとめられ、「工藝部」となっている。その後、工藝部は繊維・皮革分野も統合し、戦後の昭和20～30年代には当场で最も多くの職員を抱える部となる。



□開戦から終戦まで (S14～20)

第二次世界大戦が始まった昭和14年、日本は国家総動員法による軍需生産優先政策を実施していたが、当時工藝部ではまだ「輸出工芸品」「薄板貼付家具」などの試験研究を継続することができていた。しかし、昭和15年には金属素材の不足が深刻化してきて

おり、家具・工芸品と並んで「木材による金属代用品」として、バケツや牛乳桶といった日用品を家具製造技術の曲げ木などを用いて試作している。

昭和16年、日本が戦争に突入した後も、外貨獲得の手段として考えられていたのか、「輸出向け小木工品の製作法」は試験研究が続けられていたものの、この頃には道内木工業を軍需生産工場として転換すべく「軍需用木工品の制作」が喫緊の課題となっていたようである。戦局が急速に悪化していたと思われる昭和17年、北部指令軍から軍用馬具の試作を依頼され、成形合板技術を活用した馬具が軽量・堅牢と好評価を得ている。この後、軍需用木工品として「ドラム缶、機械部品36種類、燃料タンク、練習用航空機の主翼、グライダー」など、様々な試作に取り組んだようであるが、これら代用品試作の行方については記録が無い。敗戦直前の昭和19年においても、事業計画書には「本道は豊富なブナ・ナラ材、カゼイン・フルフルールなどの合成樹脂原料の生産など、恵まれた木製航空機部品の製造環境にあり、道内木工業者への指導を目標に試験試作を進める。」と記録されているが、終戦を挟んで昭和22年まで記録が途絶えるのである。

□終戦から進駐軍撤退まで (S21～27)

終戦から2年後の昭和22年、内地の木材工業都市の戦災復興が進まないなか、北海道家具建具共同組合に在籍する69工場が、占領軍家庭用の家具14種類約2万個を大量受注することとなった。工藝部はその製作指導にあたり、「検査合格水準を満たす、内地にも全く遜色無い製品を完納」している。昭和24年にはさらに1万3千個の受注があり、戦後間もない家具建具業界は進駐軍の特需品対応で支えられるとともに、技術力を高めることができた。

また、昭和10年から取り組んでいた米国向け輸出木工芸品の試作開発も早々に再開しており、昭和23年には成形合板、曲木合板を用いたノックダウン式小椅子の見本3種をアメリカに送付している。この後、国内の住環境が落ち着き、家具市場が再興してくる昭和30年頃までは輸出向家具の試作開発に重点が置かれる。

この時期は観光土産品も外国人（主に進駐軍家族向けと思われる）を対象としており、ハネ材、未利用材を活用したアクセサリ、皿、ペーパーナイフ、タバコ用具などの試作を行っている。土産品は郷土色が豊かなものが好まれ、モチーフにはアイヌ模様とクマが多用された。

進駐軍が撤退する昭和27年頃を境に、道内各都市の木工業者の技術力向上のニーズが高まってきており、以降工芸部はこれに対応した技術開発、試作開発を先導することによって業界が活性化していく。

□戦後復興期から高度成長期へ

昭和28年、戦前に行われていた試作工芸品展示会が久しぶりに札幌、北見の2会場で開催される（木製品68種、窯業製品50種、羊毛製品50種、皮革製品7種を出品）。これは一般来場者との交流もあり、大変有意義なものであったようである。このイベン



第1回試作工芸品展示会（S28年）

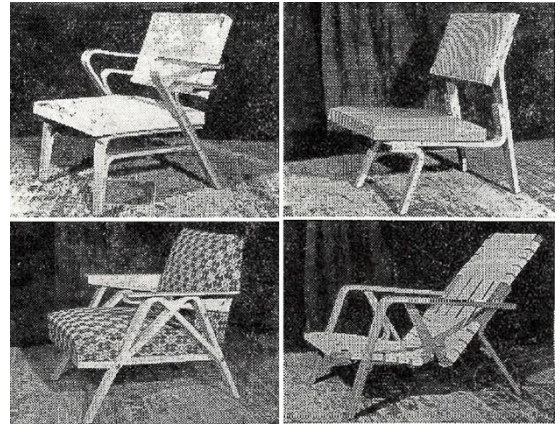
トの再開からも伺えるとおおり、戦後復興期を経た工芸部の支援対象は国内流通向け木工品が主流となる。

たとえばこの時期の家具は、アパートや小住宅向けの机、卓子（ワゴン）、棚などが婦人用、学生用、サラリーマン用などターゲット別にデザイン提案されており、日本の新しい住空間や暮らしを意識したものとなっている。

この時代の家具業界の重要な生産技術は成形合板であるが、工芸部では戦前からの輸出家具を目的とした取組みを通じて、成形合板技術を蓄積していた。これを発展させ、昭和29年に工芸部が開発したL型プレス（可変式加圧装置/実用新案）は、板材を自由な角度に曲げることでL型部材を簡単に製造できる、生産効率向上とコストダウンに大きく寄与する技術であった。さらに注目すべきことは、L型プレス部品は視覚的に新しいデザインを実現したことであり、当時の椅子試作品を見ると、この技術を活かした様々なデザイン提案が試みられていたことが分かる。

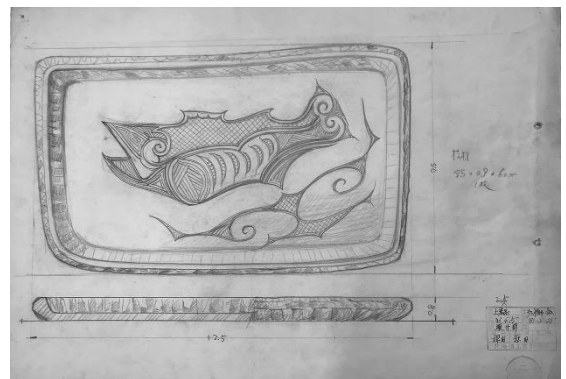
L型プレス機は、その後も技術改良が進められ、昭和32年には「L型成形合板可変式加圧装置の本格活用」として検証を行っており、実用段階に達している。

高度経済成長期になると、木製品の需要は年々増え、デザイン・品質・価格ともに本州先進地の製品にも劣らぬほどになっていた道産木製品は、道外市場への移出における有望分野になった。



L型部材を活用した椅子の試作（S30年）

家具業界が活性化していくなか、来道客が増加しているにも関わらず、道内土産品製造業は道外製造品に押され低調であった。そこで、工芸部では昭和30年頃からそれまでの外国人向けから大衆向観光土産品に切り替えて、アイヌ模様やクマをモチーフとした盆、器、箸、ナイフなどの工芸品試作を毎年多数提案するようになる。現在これら試作品の一部は、北海道博物館（札幌市）に收藏されており、貴重な資料となっている。工芸品は長くデザインによる差別化が重視されていたが、生産効率に課題があったことは間違いない。昭和30年代後半になると、非円形旋盤切削器やルータマシンを用いた機械加工品に、手彫りによるハンドクラフトを組み合わせる方法が試みられた。



サケ模様盆図案（S31年）

□昭和後期～平成初期

昭和後期から平成初期の木工関係の試験研究は、①デザイン設計技術、②道産材料活用技術、③製造・生産技術、④機能・性能評価技術、⑤製品化・事業化の5つ、上流から下流までバランス良く展開している。

工芸部は昭和初期の発足当時より長らく木製品のデザイン及び試作開発提案によって道内企業の新製品開発を先導してきた。昭和後期からは、この役割は維持しつつ、さらに木工業界の技術レベルを高めるため、高度化する家具製品の品質要求に対する強度・耐久性分析、NC加工機の制御技術の探求、さらに家具製造ラインのコンピュータ利用による自動化など、新たな試験研究に取り組んでいる。

そして昭和の末、工芸部が中心となって林産試験場、寒地建築研究所との共同研究で取り組んだ木製公園遊具の製品化・事業化は、工芸部の木工関連研究の集大成的成果となった。

この後、平成に入ると工芸部のメンバーの世代交代が進み、デザイン開発技術や人間工学などの専門分野が増えるにつれ、木工関連から幅広く工業製品全般を対象とした体制にシフトしていく。

◎デザイン設計技術

○小住宅の家具のデザインと試作研究 (S41)

住宅の合理的な間取りとしてダイニングキッチンが普及しているが、ここではさらに台所で調理した食事を居間へ運んで食事を摂るシーンを設定した。これを実現するために、台所、食堂、居間という3つの空間を合理的に接近させ、同一の空間に収めるための機能の検討を行った。その結果、「リビングダイニングセット」と「休息椅子セット」の2つの家具セットについて10点の家具のデザイン試作を行った。

「リビングダイニングセット」は全道木工展、北日本中小企業振興展、「休息椅子セット」は、全国試験場展に出展した。

○家具の性能分析とデザイン開発試験 (S52～60)

生活空間の変化に伴い、家具に求められる機能・性能やデザインも変化していく。このことを踏まえ、現行家具製品の調査分析及び試作を行った。ダイニングキッチン用の収納家具については、従来からの食器棚がリビングに置かれるキャビネットのデザインに近づき、機能的相違が見られなくなっていることがわかった。また、キッチン収納物が多様化しており、今後は食品庫、食器棚、テーブル組込み棚な

ど機能を分離することが有効であるとの仮説からこれらの試作開発を行った。

椅子の機能性評価については、椅子の背もたれ面及び座面にかかる体圧分布の分析や、着座感についての官能テストを行い、その結果から椅子のデザイン開発に有効な基礎資料をまとめた。椅子の着座姿勢が身体各部の感覚に与える影響が大きいことから、特に作業性を重視する椅子については、写真分析による動的評価が有効である。

これらの結果を家具業界に向けた今後の家具デザインの動向予測や、デザイン試作提案及び設計標準試料の作成などに活用した。

◎道産材料活用技術

○道産未利用材の活用による家具類の製品開発 (S61～63)

近年、木製品業界において良質材の不足が深刻な課題となってきており、本道においても未利用材の有効利用が強く望まれている。そこで、道内業界の活性化と道産未利用材の利用技術の向上を目的として、道産未利用広葉樹の高度活用による家具類の試作試験を実施した。

具体的には、①北海道をイメージさせる材(ポプラ、シラカバ、アカシアなど)、②一村一品的な地域特産材(リンゴ、ナシ、クリなど)③北海道の特産的な材(アズキナシ、ドロノキ、ハン、アサダなど)という、3つの視点で未利用広葉樹材を選定した。

ポプラ材は一般の家具用材に比べ、接着性能に不明な点が多く、他の広葉樹材より柔らかく、塗料の吸い込みが多い欠点もある。そこで材質、接着性能、着色及び促進耐候試験を行ったところ、圧縮せん断試験ではポプラ材の接着性能に問題は無く、またプレポリマーと高硬度塗料の組合せにより、一般家具材と同程度の着色利用ができることがわかった。この結果を踏まえ、材のソフト感を活かした曲線、曲面主体のフロアテーブルとローチェストの試作試験を実施した。

また、異樹種による集成化を試みるため、シラカバとアズキナシを取り上げた。シラカバを主材、アズキナシをアクセントとして集成材を作ると、加工によってアズキナシの青海波のパターンが現れ、クラフト感のあるデザインが可能となる。これを活かし、個性的なダイニングセットやパーティーの試作試験を実施した。

◎道産単板積層材の家具への利用技術 (S56~62)

道産材を用いた木製家具の評価は高いが、近年原材料の確保が難しくなっており、新しい代替材として小径木の利活用を目的とした単板積層材が注目されている。単板積層材は構造材の利用を目的として開発されたが、家具業界ではこれを机の天板やフラッシュ構造の心材として利用し始めている。

そこで、本研究ではまず広葉樹の単板積層材の強度性能試験、接合試験を行い、木製椅子の耐圧部材への利用について考察した。

この結果、単板積層材は荷重方向により強度性能に大きな違いが発生し、接着面と平行方向(板目面負荷)は直交方向(柃目面負荷)よりかなり強度低下することがわかった。

続いて、家具建具業界で非常に注目されているカラマツ LVL の家具類への利用についても検討を行った。カラマツ LVL は長尺材、厚物材の製造が容易であることがメリットだが、加工の際、欠けが非常に多く発生し、仕上げ段階での生産コスト増加や、さらに加工後の変形も予測される。これらのことを踏まえ、業界への波及効果が高い公共用家具(ベンチ、テーブル類)を取り上げ、試作を行った。

その結果、変形防止と美観向上の点で、平板状のシンプルなフォルムとすること、加工では NC ルータの利用、塗装時は割れ部分の剥離防止のため、低粘度のウッドシーラの塗布が有効であることがわかった。

◎FRP 材料の遊具部品への応用試験 (H2~3)

屋外設置のコンビネーション遊具において、木材主材の構成部品のみでは、形状及び機能の点で限界がある。このため FRP 材料の高強度と成形性の良さを応用した遊具構成部品の試作開発を目的として本研究を実施した。

具体的には小屋根部品の実用性を把握するため試作試験を行い、札幌市内の公園(南区真駒内ときわプレーイング公園)に設置した。その結果、軽量な部品は設置作業性が良好であり、風雪等による問題が発生しないことを確認できた。

◎製造・生産技術

◎NC 加工機を活用した木製品開発 (S54~58)

木製品に対する需要の動向は、高級化、多様化の傾向が著しく、これに対応する業界も NC の導入により、木製品の品質向上と省力化を指向している。しかし、この機械を操作する上で、適正な切削条件について

の基礎的データは乏しく、経験に頼っているのが現状である。そこで、本研究では切削材長による刃物寿命と切削面粗さの関係について考察した。この結果、刃物の摩耗の絶対量は、にげ面、すくい面を比較するとすくい面の方が大きく、切削材長が増すほど大きくなることがわかった。

◎NC ルータによる高次加工システムの開発 (H1)

本道木製品製造業では NC ルータの導入により高付加価値製品を生産したいという強い意欲が高まってきており、本道の特産品となるべきスポーツ用品(アイスホッケーのスティック、スキーなど)や金型・木型製造業等の異業種分野への進出を検討している。

本研究では、これらに対応できる NC ルータを利用した新しい加工技術を開発することを目的に、木材、木質材料、プラスチック、FRP を組み合わせた複合材料等と、各種工業材料を扱える加工システムを開発した。

具体的には、NC ルータ加工のための各種材料の切削データ、及び木質材料の繊維傾斜角と輪郭形状から、最適な切削速度及び加工手順を推論し、NC プログラム化できるシステムを開発し、アイスホッケーのスティック試作を試みた。

現在、当場の NC ルータは 3 軸から 5 軸になり、3DCAD と連携することでより複雑な形状を高精度に加工できるようになっている。加工対象として家具類は無くなったが、スポーツ用品、生活関連用品、屋外モニュメントの試作など多種多様な加工に対応している。

◎家具製造ライン自動化のためのコンピュータ利用技術 (H5)

製造現場におけるコンピュータの有効利用を目的として表計算ソフトを使用した NC 自動プログラミングの構築を行った。本システムは同時 3 軸から 5 軸までの制御プログラムを自動で生成するためのもので、工具経路生成機能をマクロで実装した。また、フリーソフトウェアである JWCAD での設計図面作成及びデータ転送など、コンピュータを使用した製造技術の自動化に向けた提案を行った。これらを講習会、研修事業などで活用し、技術普及に努めた。

◎機能・性能評価技術

◎いす類の機能評価に関する研究 (S55)

いすの機能評価を行う方法として、着座時の体圧分布のパターンや、疲労などへの影響からの推定が考えられる。ここでは、着座姿勢の体圧分布パターン

の基準作成に有効な 3 次元ダミーの利用について検討を行った。

その結果、人体と 3 次元ダミーによる同条件でのいすの体圧分布は、共に座骨結節部で最大圧力が見られ、薬品転写法で求めた分布図の目視比較はほぼ同様なパターンであった。さらにダミーの有効性を確認するために、座面角と背もたれ角の変化に対する圧力を測定したところ、ダミーは人体に比べて着座姿勢の影響が少なく、耐圧パターンの数量化が容易であることから、いすの機能性評価基準の作成に有効であることがわかった。

このような人間工学的アプローチは、平成以降に展開する福祉機器開発やユニバーサルデザインなどのコア技術として引き継がれていった。

◎木工用塗料による塗膜の付着性試験 (S57)

塗料がその性能を十分発揮するには、塗膜が被塗物とより強く付着することが重要である。塗料と木材の付着性を検討する研究は多いが、実際の木工塗装では木材に素地着色、目止め剤、パテ付けを行う事が多い。そこで着色剤、目止め剤、パテが木工用塗料の付着性にどのような影響を与えているか試験を行った。

その結果、着色剤のうち染料系は無処理材と同程度の高い付着力であったが、油性系、PG 系、薬品系で極端な付着力の低下を示すなど、全体的に下地処理は塗膜の付着力を低下させる傾向がわかった。

◎スキー用塗料の耐久性試験 (S62～63)

既存のスキー用塗料は、素地との密着性、塗膜の傷つきやすさ、雪の付着等に問題がある。そこで、ふっ素樹脂、アクリルシリコン樹脂、家具用ポリウレタン樹脂などの塗料の各種物性の測定、耐久性試験（乾湿冷熱繰り返し試験、促進耐候試験、屋外暴露試験）、実用試験（試乗）を行い、スキー用塗料の適性を評価した。

その結果、ふっ素樹脂は促進試験で色差、光沢度の低下が小さく、塗膜割れが見られず、長期の耐候性が優れていた。実用試験では、ふっ素、アクリルシリコン樹脂はスキー表面に付着した雪を取り除く効果が認められた。

◎製品化・事業化

◎新しい北国型公園施設（遊具、設備）の開発 (S60～62)

「人間的環境の形成」という道政の重点施策に基づいて、快適な生活環境作りが進められている。1 年の半分近くが冬季である北海道においては、その生活環境作りにあたって、冬を楽しむ意識の育成とそれに適した施設、環境作りが不可欠である。このため

冬も使える児童公園を目標に、夏、冬を通して子供達の遊び場として魅力ある公園とするために、公園遊具、設備の開発を林産試験場、寒地建築研究所の 3 機関による共同研究で進めてきた。

本研究は昭和 60 年度から 62 年度までの 3 年計画で進められ、その間道内各地の児童公園の実態調査、各種木製遊具の設計試作、試作品を児童公園に設置して実際の使われ方の調査、加工技術、塗装技術、保守管理技術等の検討を行った。最終年度は木製遊具の開発に関する技術マニュアルを取りまとめた。

試作遊具は小樽市入船公園での設置試験で、機能性、安全性に加え、風雪・寒冷に対する構造強度、塗装の耐候性、保守管理などで良好な結果を得た。

さらに多雪地の青森県から技術指導に対する強い要望があったことから、青森市青い森公園に新たな機能部品を組み合わせた、タイヤブランコ、ネット登り、吊り橋、みはり塔、風見鶏で構成された遊具試作を設置した。

昭和 62 年 6 月に一般開放し、その利用度は高く非常に人気があったが、昭和 63 年 3 月末までの 2 度の保守点検では、塗膜の剥がれが発生した程度でトラブルは起きていない。

◎ユニット式コンビネーション遊具の開発 (S63～H1)

北国型公園施設の開発をテーマに、道立研究機関による共同研究が昭和 60 年度より 3 年計画で実施されたが、この研究で当场が試作開発したユニットコンビネーション遊具について、各方面から利用、設置の問合せが多くあり、試作品の商品化を図る必要性を強く感じた。このため当场で試作開発した遊具を基本タイプとして、さらに遊びの付加機能部品の開発や市場性を考慮した生産性の検討などについて、民間企業（稲荷体育用品(株)）と共同研究を実施し、より商品性の高い大型遊具の開発を行うこととした。

その結果、システム遊具として工業生産性とデザイン展開の自由度を高め、また寒冷地の低温条件への対応から鋼製部を排するため、FRP パイプやロープを活用することとした。新たな付加機能部品として、平均台、ロープ構造の吊橋ネットトンネル、FRP 利用のジャングルジムと雲梯、連絡橋、オープン式迷路、パターン切抜き壁面パネルなどを開発し、4 タイプの展開型遊具を試作した。これらの遊具を道内 4 箇所へ設置し実用試験を行った。



ユニット式コンビネーション遊具

■デザインに関する試験研究

当场においてデザインは工芸部発足当時から常に重要なテーマだった。工芸部時代の諸先輩の残した数百枚の家具や木工芸品のデザインスケッチを見ると、実に多様なデザイン提案が行われており、製造技術と共にデザイン開発技術でも業界を牽引していたことが伝わってくる。そのような木工芸品の時代が約60年間続いた後、昭和末期から平成初期にかけて、当场のデザイン支援対象は大きく変化する。平成4年、工芸部を産業デザイン部に名称変更し、この頃から木工芸品の対応が少なくなっていく一方、様々な工業製品～レジャー製品、公共製品、福祉関連製品、車両類、さらに食品類のパッケージデザインなどへ支援対象が拡大していった。

平成14年の機構改正で、産業デザイン部は機械金属部のメンバーと共に製品技術部に改編され、デザインを冠した部は無くなってしまった。そして令和2年、デザイン系部署はものづくり支援センターに新設された開発推進部に移行し、現在に至っている（デザイン系研究職員5名）。

木工芸品以外が主流となって久しいが、しかしどのような対象であっても使い手の目線からは目的を果たせる機能・性能、そして安全性や使いやすさが求められる点は共通している。また、企業が目線ではつくりやすさや製造コストはもちろん、顧客と企業との関係づくり～ブランドという視点も重要になってきた。このようにデザイン開発に期待される役割は製品開発の初期段階から事業化に至る非常に幅広いものとなっており、当场は様々な企業の課題や要望にデザイン開発技術で対応してきた。

さて、そのデザイン開発技術とはどのようなものか？デザイナーという専門職、クリエイター～製品の形や色を創出する技術を持った人々といったイメ

ージが社会一般の認識ではないかと思う。もちろんこれは重要なデザイン開発技術だが、社内デザイナーが殆ど不在という道内企業に対して、企画担当者や技術者にこういった技術をゼロから移転することは困難である。公設試が取り組むべき産業支援という視点でより重要なことは、道内企業に企業活動におけるデザインの有効性を理解してもらい、自社に合った形でデザインを取り入れ、経営資源としてしっかり活用できるデザインマネジメント人材を増やしていくことであろう。このような考えのもと、「道内企業のためのデザインマネジメント研究」が試験研究の柱となっている。

代表例を挙げると、重点研究「中小製造業における戦略的デザイン活用支援ツールの開発（平成19年～21年）」は、経営層を対象としたデザインの啓蒙から、現場へのデザイン導入・活用を支援するツール群を開発するなど、デザイン研究らしい実践的な内容となっている。この後、「失敗を防ぐ商品開発プロセス」、「食のブランド構築」、「新製品開発のための企画立案」、などをテーマとした研究を展開しており、開発したツールや蓄積したノウハウは企業支援のベースとなっている。

もう一つの試験研究の柱は「デジタルツール活用デザイン研究」である。平成以降、デザイン開発においてもコンピュータの利活用が大きく進んだ。デザイン案を視覚化・実体化する手段として、昔はペンの手描きや粘土の手加工などアナログだったが、現在はデザインスケッチから外観設計、さらに製品試作もデジタルツール無しでは考えられなくなっている。この流れの中で、当场は他の公設試に先駆けて、光造形システム（平成9年）や非接触3次元測定システム（平成12年）を導入しており、試験研究で蓄積したノウハウを企業の設備利用などで役立ててきた。現在ではこれらは全国どこでも当たり前となったが、まだ黎明期の高額機器の導入は先見の明があったといえるだろう。

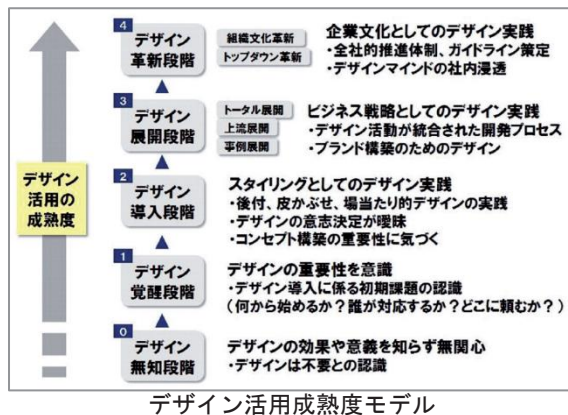
昨今では、デジタルツール活用デザイン研究としてインターネットを活用したユーザーサーチ手法や、3DCG、クロスリアリティ(xR)の利活用など新しい領域にも展開している。

以降、デザイン関連の試験研究を①デザインマネジメント研究、②デジタルツール活用デザイン研究の2つのカテゴリで紹介する。

◎デザインマネジメント研究

○中小製造業における戦略的デザイン活用支援ツールの開発 (H19~21)

中小製造業においてデザインの戦略的な活用が極めて重要なテーマとなっている。しかし、地域のものづくり産業におけるデザイン活用の意識は、製品の色や形といった見た目を整える美顔術であり、個々の製品に対して後付け的な対応に留まっており、戦略的活用には至っていない。そこで、こういった課題に応える取組みとして、中小製造業の戦略的デザイン活用促進や高付加価値製品の創出・ブランド確立を目的に、デザイン活用成熟度モデルを提案するとともに、効果的なデザイン導入・活用を支援するデザインマネジメント支援ツールを開発した。



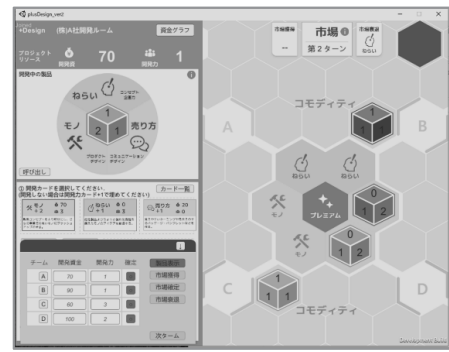
デザイン活用成熟度モデル

支援ツール①デザイン活用と経営との係わりを体感的かつ全体観を持って理解させる「デザインマネジメントゲーム」を試作開発し、セミナーなどで試行した。支援ツール②ワークシート形式のデザインマネジメント支援ツールを開発。演習形式のセミナーや技術支援の中で試行し、ブラッシュアップを図った。

デザインマネジメントゲームは、その後も改良が行われ続けながら、これまで企業や大学などを対象に延べ数百人にゲーム会を実施してきており、好評を得ている。令和3年にはコロナ禍により対面でのゲーム会が実施できなくなっているが、オンライン版を開発して引き続き運用している。



デザインマネジメントゲームの試行 (H9)



オンライン版デザインマネジメントゲーム (R3)

○失敗事例から商品開発プロセスを学べるツールの開発 (H27)

商品開発経験が少ない中小企業における新商品開発の失敗率の低減を図るため、商品開発においてよく見られる失敗事例から失敗の原因を整理し、商品開発初心者が実際の開発の前に商品開発プロセスを学ぶことを支援するツールを開発した。

- ①商品開発における典型的な失敗事例から失敗原因を抽出し、因果関係をダイアグラムにすることにより商品開発の失敗原因構造を整理した。
- ②商品開発の典型的な失敗パターンにおける失敗の原因構造について学ぶことができるツールを開発した。本ツールは商品開発の失敗原因分析にも応用可能である。

失敗学は事故や失敗が発生した原因を解明し、これを未然に防ぐための方策を追求する学問である。この考え方を商品開発に当てはめ、ゲームツールを開発したユニークな試みであった。

○道内食産業ブランド構築のためのデザインメソッド研究 (H22~24)

道内食関連事業者のブランドづくりに対する関心は高いが、具体的に何をしたら良いかわからず事業活動として計画しにくい、という課題が聞かれる。また、ブランドづくりに取り組む事業体それぞれに有効な活動内容は異なるが、そのための考え方やプロセスは確立していない。

そこで、北海道の地域性を踏まえた食ブランドづくりの初期段階の実践的な手法を導出する。これを事業者が参照し、活動を効果的に進められるように冊子に取りまとめる。

- ①ブランド分析研究・評価手法、ブランドコンセプト構築手法、コミュニケーションデザイン活動チェックリストを取りまとめた。
- ②道内でブランドづくりを推進するプロジェクトに参画しながら、ケーススタディとして上記手法を試

行し、その有効性を確認した。

③北海道の地域性を踏まえた食ブランドづくりについて情報提供冊子を取りまとめた。

②では、民間企業、農協（十勝）、地域（釧路）の3つのプロジェクトに参加し、地域のブランドコンセプトに基づいた新商品の開発などに繋げることができた。



プロジェクトで開発した商品（釧路地域）

○新製品開発における企画立案を支援するツールの開発 (H29～R1)

顧客からの要望に応じて部品・製品を製造し納品する受注型の製造業企業が、競争環境の変化等を見越して自社独自製品の開発に挑戦するケースが増えている。しかし、新製品開発における企画立案の技術を実践可能な形で確立できている企業や外部支援者は少なく、直感に頼った方法で企画づくりが進められた結果、売れるモノにならない、あるいは開発が頓挫してしまうといったことが後を絶たない。

そこで、新製品開発に臨むリーダー人材の企画立案力強化を目指し、新製品開発のプロセスや良い企画づくりのポイントなどの基礎的知識を学ぶことができる WEB コンテンツ及び、企画案の評価内容・問題点確認・強化のためのアイデア創出などに活用できるツールを開発した。

①企業における新製品企画づくりのケーススタディを通じて、前年度試作した企画づくりのプロセスや具体的なノウハウなどを整理し直した。

②上記のプロセスに沿った企画づくりを支援するツール（WEB、ワークシート）を試作した。

本研究は、我々のこれまでの製品開発支援の悲喜交々を背景とした、企画・コンセプト研究の集大成であった。開発したツールは、セミナー形式の「商品企画実践講座」や、日頃の技術指導など様々な現場で活用し、企業等から好評を得ている。



企画づくりを支援するツール（WEB）

○戦略研究Ⅱ（食） 素材・加工・流通技術の融合による新たな食の市場創成 (H27～31)

民間企業及び消費者ニーズを反映した食品開発アイデアを起点とし、道総研技術シーズを融合した連携共同体による多角的な商品開発を進め、技術を軸にした新しい食産業モデルを提示するとともに、製品基本価値の向上とその流通量の拡大戦略により、新たな食市場を創成する。

デザインチームは食シーズ普及拡大のための戦略支援として、研究企画立案や研究成果の事業化を支援するデータベースのラフプロトタイプを開発した。また、研究成果広報用ブックレット「たべ LABO Vol. 2」の発行、オープンフォーラム「たべ LABO マルシェ」の企画・実施、食関連研究企画立案及び事業化支援のための「食シーズ開発～事業化ガイド」開発などを通じて、研究戦略の強化・実行を図った。



戦略研究広報誌「たべ LABO」

道総研が独立行政法人化した平成 22 年、当時の丹保理事長の号令の下、＜食、住まい、森林＞の 3 つのテーマで 5 年間の大型研究（戦略研究Ⅰ）がスタートした。研究本部間の連携による総合力の醸成がねらいとしてあったが、農水の一次産業メンバーと二次産業である我々の考え方の違いから、（主に飲み会にて）随分議論した記憶がある。そんな時期を経て、

戦略研究Ⅱではデザインチームの役割も理解が進み、研究推進という形で貢献することで、存在感を示せたのではないかと考えている。

◎デジタルツール活用デザイン研究

○デジタルデータを活用したデザイン開発技術に関する研究 (H7～9)

製品開発能力の中で、特にデザイン開発技術の充実は市場競争力のある製品創出において不可欠な要素となっている。一方、あらゆる分野でコンピュータが日常的に活躍しておりデザインツールとしての利用価値も大きく広がりつつある。

本研究は、デザイン開発過程にコンピュータを導入した新たなデザインプロセスを基盤とするCAID(Computer Aided Industrial Design)システムを構築し、地場製造業におけるデザイン設計の効率化、簡便化による高付加価値製品の創出促進を図ることを目的として実施した。

CAIDシステムを構築する観点として、デザインプロセスの進行に伴い生産される情報(文字、図表、スケッチ、図面、模型など)をその目的に応じて、コンピュータ上でデジタル化し利用することが挙げられる。そこで、現場における過去のデザイン開発支援事例の分析からデジタル化した情報を活用した実用的なデザインプロセスを抽出・整理し、これを実現するCAIDシステムのハード(PC、プリンタ、3次元測定機など)及びソフト(2D、3D-CG、CAD、レンダリング、オーサリングなど)を構成した。これらを用いた一連のデジタルデザインプロセスの適用試験を通じて、CAIDシステムの基盤となる有効なデザインプロセスを構築することができた。

○光造形によるプロトタイプモデルの作製手法 (H10～11)

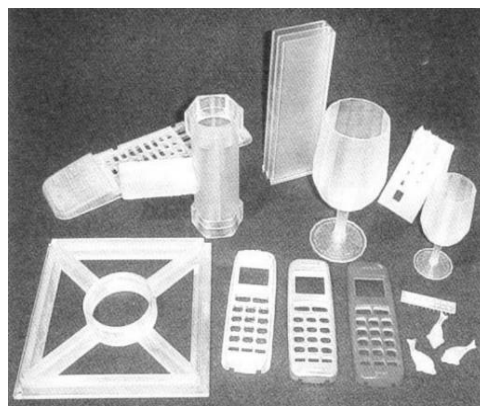
光造形法は、3次元CADで生成された設計データを等高線上にスライスデータ化し、レーザにより紫外線を光硬化性樹脂に照射して加工するもので、従来の切削加工方法と大きく異なっている。この方法のメリットは、切削加工では難しかった複雑な形状でも簡単に造形が可能であることや、短時間で経済的なモデルの作製が可能になったことにある。しかし、この方法で作られたモデルには、ピッチ送りの段差が残ることや造形条件(ソリッド、中空等)によって造形時間に差があり、造形物の使用目的にあった造形条件の設定が必要なことである。

そこで、本研究ではプロトタイプモデルの効率的

な作製手法を目的に、これらの問題の解決を試みた。

その結果、ピッチ送りの段差を目立たなくするには、45または90度造形法の面精度が高く、サンドブラスト加工や塗装による段差処理に効果的なことがわかった。また、同一形状でソリッドと中空構造の造形時間を比較すると、中空構造の方が短く、樹脂消費量も少なく済む一方、外観形状を維持できるモデルの肉厚やセルの追加、樹脂を抜く穴の構造の工夫するなどが必要であることがわかった。また、曲面の面精度を上げるには、円弧精度(角数)を上げれば良いが、必要以上の精度設定にするとデータサイズが膨大になってしまうため、肉眼で十分ななめらかさが得られる面精度(円弧画数100前後)を把握した。

当時は平成9年、全国公設試に先駆けて光造形システムを導入した。上述の基礎的研究から始まって、「光造形を利用した低コスト型製造技術の開発(平成13年～14年)」や「異樹脂造形を可能とするマルチ光造形システムの研究(平成20年～21年)」など、高度な内容に展開してゆく。現場が蓄積した光造形のノウハウを求める企業は多く、主に設備使用で企業の製品開発に大きな貢献を果たした。



試作した光造形モデル

○樹脂系 3D プリンタ造形品の平滑化処理に関する研究 (H29～30)

表面の粗い造形品から高品質な製品モデルを製作するため、素材や表面粗さの異なる複数の樹脂系 3D プリンタの造形品を対象に、平滑化処理方法を体系化した。表面が粗い数種の樹脂材料の 3D プリンタ造形品について、各々の表面の特性に合った方法で適切に表面を平滑にする方法を検討し、マニュアル化した。また、UV 樹脂や切削加工を取り入れた平滑化の効率化手法について検討し、これらの手法の利点、

欠点等の知見を得た。さらに、実製品を想定して製作した造形品に処理を施すことで得られた知見を検証した。



切削加工による平滑化の効率化

○インターネットイメージ分析ツールの開発 (H28)

当事者が保有する自己組織化マップ (SOM) ツールを、共同研究企業 ((株)TP パック) のインターネット調査システム上に実装し、ウェブアンケートで商品パッケージの感性評価が行えるイメージ分析ツールを開発する。

①共同研究企業へのヒアリング調査によりインターネットイメージ分析ツールの要求事項を抽出し、これを踏まえて SOM ツールが出力したデータを読み込み、ウェブブラウザ上でビジュアルマップを表示・編集できるウェブアプリケーションを開発した。

②共同研究企業が実施するパッケージデザイン開発実務において、インターネットイメージ分析ツールを試行し、パッケージデザインのイメージ分析作業や、プレゼンテーション資料作成の効率化に有効であることを確認した。

この当時はユーザの主観評価データを用いた感性評価であったが、現在ではリアルタイム性や信頼性にメリットがある、脳波、心拍、眼球運動などの生体情報を活用したデザイン評価技術の確立に向けて研究を展開している。



インターネットイメージ分析ツール

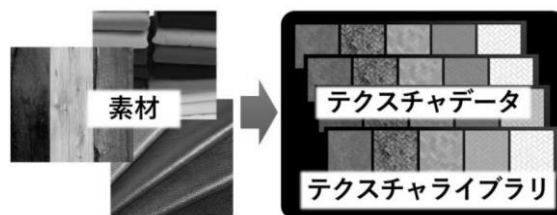
○AR (拡張現実) 用家具モデルのテクスチャライブラリ構築と普及 (R1)

道内家具メーカーでは、スマートフォン等に原寸大の3Dモデルを表示できるAR(Augmented Reality : 拡張現実)技術の導入を検討しているが、モデル表面に付与するテクスチャ (質感) データの作成方法に課題を抱えている。

そこで、旭川の家具メーカーの協力のもと、AR用家具3Dモデルのためのテクスチャデータ、及びこれらをまとめたライブラリ作成ノウハウを蓄積し、「AR/VR活用研究会」などで実施した各種講習会で得られた知見の普及を行った。

XR (VR、AR、MR) 関連技術は発展途上であり、大容量データ利用環境、仮想空間を体験するデバイス、コンテンツ開発技術などの高度化で、道内でもその活用効果が高まっていくと期待される。

当事者では、この動きをキャッチアップしながらXR関連技術研究に取り組み、「XR研究会」の活動を通じて啓蒙、技術普及活動を行っている。



素材からのテクスチャライブラリの構築

■人間情報関連の試験研究

人間情報という言葉は一般的には聞き馴染みがないかもしれないが、当場の試験研究の中での人間情報とは、“人間”が生活するなかで生じる姿勢や動作、生理現象、バイタルサイン、脳波など、計測や測定ができる“情報”と捉えている。これらの計測（人を測る）と評価（数値化や可視化）をもって道内のものづくり企業や一次産業の支援に取り組んできた。当場における、この分野の歩みを略筆する。

手元にある資料で、この分野のルーツを遡ると、昭和後期に家具の性能分析のため、木製椅子の機能性を評価したところに見ることができる。内製した人体下腿部の樹脂モデルに多数の圧力センサを仕込み、体圧分布を計測した。体圧分布を計測し荷重を分散することで、体重を支える機能と、尻（座骨結節部）が痛くなく、また安定するような座面を実現した。



体圧分布計測用の下腿部樹脂モデル

このようにモノや道具を機能させようとしたとき、それらは使う人の体の諸性質に適合し、調和している必要がある。こうした考え方は現在、人間工学や人間中心設計における、ユーザ志向の評価に基づく設計のプロセスとして、製品づくりに携わる者には広く知られるところとなっているが、40年以上も前の往時に数値による評価に取り組んでいたことに、遠く思いを馳せるところである。

何を計測するかは計測対象によって異なり、体圧分布のような接触問題から、身体に負担のかかる姿勢や把持力、心理的ストレスなど様々である。そのため、これまでに動作解析システム、筋負担計測器、消費エネルギー計測機、脳波計など機器の拡充を図ってきた。

こうした計測器を用いて、製品との適合性を評価するには、ユーザの体格や姿勢、障がいの有無など、身体特性を考慮する必要がある。そこで、人体のCGモデルにより動作可能範囲や姿勢をシミュレーションするシステムや動作解析システムを利用し、福祉機器や道具の開発を行った。

既存の計測器では直接取得できない、例えば身体内部の筋活動の把握や、体の使い方に相関する特徴量の抽出、またストレスやリラックス状態などの心的状態の推定など、データの解析によって見出される有用な情報も多い。そのための信号処理技術の開発も行ってきた。

人間情報は製品開発に生かされるだけではない。人間の計測データには、その人の健康状態や活動レベル、QOL（生活の質）に関する情報が反映されているものもある。センサでこれらの情報を取得し、従業員の体調管理や高齢者の健康状態を見守る技術の開発へもつながっている。

人の生活をよりよくするという意味では、人が辛いと感じる作業を、機械やロボットへ置き換えていく期待がある一方で、人力による作業や手さばきに頼らざるを得ない場面への対応も重要である。こうした作業に対し、身体負担を軽減し人ができることを楽にする負担軽減技術の開発に取り組み、除雪用スコップや一次産業作業用スーツを開発した。

人間情報として扱うデータの性質には、同じ動物である畜産動物にも共通する部分があると考えられる。そのため、牛の生体情報を用いた健康管理（疾病予防）の研究にも着手している。

以上、当分野を概観したが、具体的な試験研究を次の5つのカテゴリで紹介したい。

- ①高齢者・障がい者への対応
- ②人間情報計測技術の開発
- ③人の安全・健康に貢献する製品開発
- ④作業負担の軽減技術への展開
- ⑤畜産動物の健康管理

◎高齢者・障がい者への対応

【概要】

高齢者、障がい者が普通（ノーマル）に生活できるための支援や環境整備を目指す理念に、デンマーク発祥の「ノーマライゼーション」がある。この理念の普及と高齢化を背景に、平成5年の「福祉用具法」が施行され、全国的に障がい者や高齢者にも使いやすい福祉用具の研究開発が進んだ。時を同じくして、平成6年には、日本は高齢社会に入る。

一方、それまでの製品設計においては、機能の実現が重要視されており、ユーザの体格や姿勢の取り方からくる、製品への身体適合性の検討、いわゆる人間中心設計は十分に行われていない場合が多かった。

そこで、当场ではコンピュータ上に製品と、それが使われる環境、さらにコンピュータマネキン（人体の3Dモデル）を配置し、マネキンが製品を操作している状況をシミュレーションするシステムを導入した。はじめに、工作機械を操作するシーンを題材に本システムのメリットを確認し、福祉機器開発への活用を図っていった。

平成13年、国ではものづくりを支える地域の中小企業と公設試が共同で技術開発力を向上する事業を立ち上げ、これに1道5県が参画し連携する形で人間工学をベースとした福祉機器開発が進められた。北海道は積雪寒冷地という地域性を特色としたテーマで参画した。

現在、高齢化への対応として、平成12年にスタートした介護保険制度により、高齢者が地域で支えを受けながらも自立した生活を送ることを支援する「地域包括ケアシステム」が推進されている。平成19年には日本は超高齢社会へ突入した。こうした背景を受け、高齢者の身体機能の評価や、介護事業サービスにおける業務負担の軽減に向けた研究開発が進められた。

〇アンドロイドシミュレーションによる製品評価技術（H7～12）

製品の市場競争力強化のためには、人間との適合性を十分に評価する必要がある。そこで、製品開発の後工程における試行錯誤の無駄を極力排除するため、開発の上流であるデザイン・設計プロセスに、製品適合性を評価するための精度の高いシミュレーションを導入するとともに、これを用いた評価手法を開発した。

農作業を想定して、機器の3次元データと標準的な女子作業モデルを用いてシミュレーションを行った。また、実機上で作業をする際の動作等のデータ収集を行った。次に、身体計測データを参照して様々な作業モデルを作成し、実作業時の動作データに基づいたシミュレーションを繰り返した。それをもとに、製品の改良とその結果の検証を行った。

結果として模擬作業による身体負荷は実機で測定した筋電位と比較検証し定性的な一致を確認した。本研究による評価手法を用いて製品の差別化・高付加価値化を目指す企業への支援を行った。

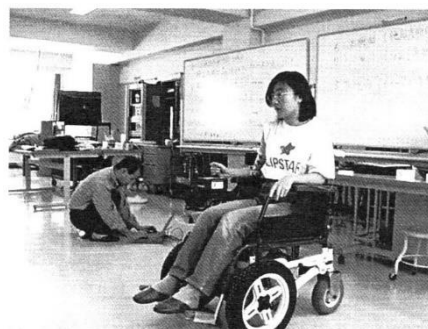


体型の違いによる作業姿勢の分析

〇北国型福祉社会における住生活環境整備に関する研究（H8～12）

寒地住宅都市研究所、心身障害者総合相談所、林産試験場といった公設試等の連携による共同研究として、北国型福祉における積雪、寒冷、広域性等の地域的課題を取り上げ、当场は、高齢者や障がい者の積雪寒冷下における除雪や外出のための移動手手段、過疎化や核家族化に伴う高齢者・障がい者介護などの課題解決に取り組んだ。

その結果、ヒューマンインターフェース評価技術として、機器開発の設計現場で容易に扱えるコンピュータマネキンを利用した評価システムの実用化が進んだ。また、電動車椅子の操作性の評価をもとに新しいタイプのジョイスティックを開発し実用化を進めた。北国型福祉住宅用高出力ロードヒーティングパネルの開発では、融雪シミュレーションを行い商品化に向けた改良を加えた。在宅ケアモニタリングシステムは、健康状態のモニタリングや外部との情報交換を可能とする基本システムの開発を行い、さらにインターネットを使った情報データベースの構築と無線通信による生体情報収集システムを進めた。冬型電動車椅子の開発では、試作したゴムクローラ方式の電動輪車椅子について雪道の走破性や防寒法を検討した。



機能を向上したジョイスティックによる車椅子操作

○身体機能解析技術を用いた福祉関連製品の開発 (H13~14)

この研究は、国の立ち上げによる1道5県が参画した事業「身体適合性評価に基づく高齢者対応製品開発技術に関する研究」のなかで取り組まれた。身体機能解析にもとづいたアンドロイドシミュレーションの活用によって、製品の定量的な評価や改善の飛躍的な効率化を可能にする設計支援技術を構築し、当該技術を活用して、機能低下した高齢者・障害者の心身特性に配慮した安全で使いやすい福祉関連製品を開発した。

補助動力ユニットの開発では、ハンドル位置や操作力の検討において、関節負荷の推定と既存人間工学データによる許容範囲から生体適合性評価を行うことができた。また、雪道での良好な走破性と操作性を確認した。

調理台の開発では、アンドロイドシミュレーションにより調理姿勢と手の到達域等の検討を行い、被験者実験結果(身体位置データの取り込み、筋電位、把持力、床反力計測等、各種生体情報計測)との定性的一致を確認すると共に、ユーザ主観評価においても良好な結果が得られた。



車椅子雪上補助動力と操作シミュレーション



調理台のプロトタイプ

○ユニバーサルファッション対応型留具の開発 (H18~)

衣類用留具はボタンや面ファスナーが主流だが、加齢や障がいにより指先巧緻性や筋力の低下、また動作に痛みを伴う場合には非常に使いにくい。毎日の生活のなかで何度も繰り返される留具の着脱ができなくなると、それらを介助者に頼まざるを得ず自立を阻害する。このため、身体機能が低下しても使いやすい留具を開発した。

介護現場在籍メンバー等の協力を得ながら想定ユーザの身体機能調査を行った。この結果を受けて、磁力で固定するボタンを軸として、機能確認プロトタイプを数種類試作し改良を重ね、物性試験及びシミュレーションなどにより基本性能を確認した。試作留具をズボンに付けて行った着脱動作解析では、従来品と比較し優位性が確認された。併せてフィールドテストを行い、留めやすさ外しやすさ共に良好な結果が得られた。なお、本留具は2004年度のグッドデザイン賞(高齢者・ハンディキャプト関連商品)を受賞した。



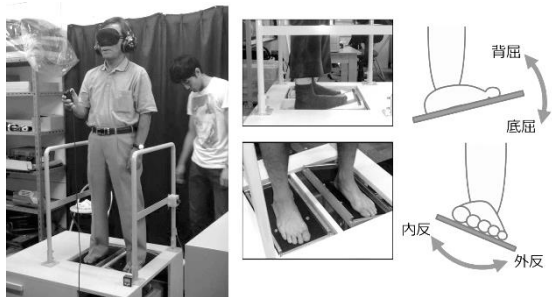
Gボタン

○高齢者・障がい者用新型体性感覚刺激付き立位バランス検査・訓練装置 (H24~25)

高齢者が転倒して大腿骨等を骨折すると、筋力などの衰えによってそのまま要介護状態に陥る可能性が高まる。転倒の主要因は、加齢に伴う筋力やバランス感覚の低下であることから、足腰の筋力を鍛えるパワーリハビリがよく行われてきた。この研究では、バランス能力改善による転倒危険回避をねらい、これまでにない感覚刺激呈示機能付き立位バランス検査・訓練装置を開発した。

この装置で人間の立位バランス能力を評価する足関節固有感覚(足関節の角度や運動を検知する感覚)の検査を可能にした。実際に被験者実験を行った結果スポーツを日常的にする若年者に対して、高齢者や一般若年者の足関節固有感覚の低下を検出できた

ため、バランス能力向上技術の開発に生かされている。



立位バランス検査装置

○高齢者・障がい者の自立支援のための複合現実感(MR)技術を用いた多感覚フィードバック型遠隔ヘルストレーニング・リハビリテーションシステムの研究開発 (H24~26)

この研究は、高齢者や外来患者及び障がい者の在宅での健康維持及びリハビリテーションの支援が狙いである。特に、過疎地域においては、患者のリハビリテーションを行うにも拠点となる施設が近隣にないため、訪問や通所によるリハビリそのものが困難となる。そこで、自宅にいながら通院・訪問サービスと同質のヘルストレーニング・リハビリテーションを受けられる遠隔ヘルストレーニング・リハビリシステムの研究・開発を行った。成果として、インターネット上で身体関節の座標や角度などをリアルタイム転送可能なリハビリシステムを構築した。また、通院患者・在宅患者によるシステム運用試験を行い、リハビリ・データ回収・評価が正しく行われることを確認した。

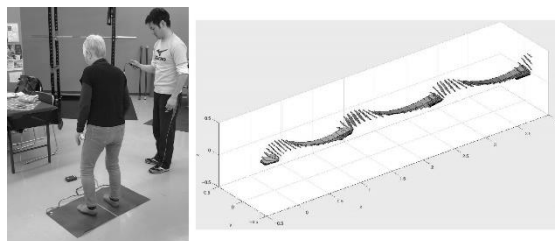


病院-在宅患者間での実地試験

○高齢者向けサービスを支援する運動計測技術の開発 (H28~29)

介護サービスや介護予防教室などでは、高齢者の身体機能の維持、向上のために、運動や体操、体力測定が行われている。このなかで、体力測定は身体機能の数値的評価と測定や記録に伴うスタッフの負担が大きい。そこで、スタッフの負担軽減を目的として、各種センサによる動作の自動計測、解析技術の開発及びセンサを組み込んだ計測ツールの試作を行った。

はじめに、体力測定における項目の多くが3つの物理量(回数、時間、距離)の計測からなることに着目したセンサの選定と、信号処理技術、さらにスマートフォンを利用した計測ツールの試作を行った。次に、スタッフが動作の特徴を直観的に把握できる情報を取得可能にするため、モーションセンサの信号から位置情報を推定する際に用いるカルマンフィルタ処理や座標変換、誤差の累積を低減する信号処理技術を開発した。以上より、人手による従来方法に比べ、スタッフの負担軽減と計測精度の向上が図られた。



ステップ運動評価装置(左)と歩容の解析(右)

◎人間情報計測技術の開発

【概要】

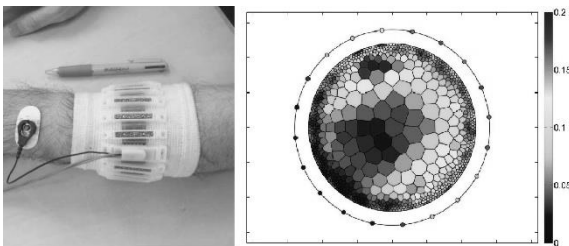
人にはそれぞれ体格や内部構造、動作に違いがあり、人間情報を計測するとこれらのバラツキが平均値や代表値に重畳して観測される。他の計測機器同様、人を計測する機器もノイズの低減や精度の向上、無線化など高機能化されてきた。しかし、上で述べたバラツキは避けられない。被験者に同じ動作課題をお願いしても毎回違う計測結果になることはよくあることである。外から直接見ることのできない、体内や心理状態であればなお一層のことである。モノであれば、分解したり、切断したり、時には過酷な条件に晒したりできるが、人ではそうはいかない。身体内部の状態は、計測データからの推定に頼らざるを得ない。

ここでは、こうしたバラツキを持つ人間情報を対象に、様々な推定技術や計測技術の開発に取り組んだ事例を紹介する。

○個別筋活動電位非侵襲同時計測技術の開発 (H23～)

前腕筋の麻痺は、日常生活動作(ADL)の低下をきたし、就労制限など経済・社会的損失に直結する。麻痺筋の診断には、針電極の刺入による筋活動電位計測が用いられるが、侵襲的で技術的にも高いレベルが要求される。本研究では、非侵襲で簡便な表面電極を用いた筋活動詳細計測技術を開発した。まず、前腕用多点表面筋電計(筋電バンド)を開発した。20列40チャンネルのバイポーラ電極により、サンプリングレート1kHz で前腕の表面筋電分布を高精度に計測可能とした。さらに、前腕筋活動を計算するため電気伝導モデルを開発した。前腕内部を細分化したモデルを構築し、詳細な筋活動分布を計算可能とした。

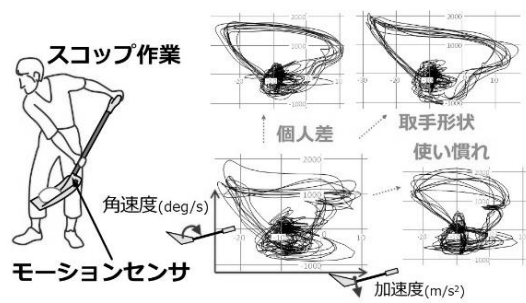
これら二つを組み込んだ前腕筋活動分布計測システム(EMG-CT)を開発した。以上の最適化計算手法により、表面筋電位分布から内部筋活動を高速安定に計算表示可能とした。



開発した筋電バンドと前腕筋活動の計算結果

○人間動作の特徴解析技術の開発 (H24～25)

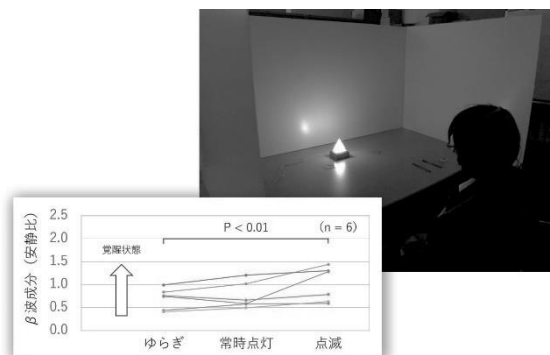
製品の使いやすさ評価を目的に、様々な生体情報、生理情報、運動情報から動作の質に関連した特徴量を抽出し、作業負担や作業成績、使いやすさとの関係を明らかにするとともに、特徴量を複合化した評価技術を開発した。2つのセンサ信号成分の相関を可視化(リサージュ図形化)することで、習熟に伴う動作変化や作業器具の使いやすさを定量的に捉えられることを確認した。また、製品の取り回し運動は3次元空間内の一定の平面上や軸周りに生じることが多いことから、この平面や軸に沿ってセンサレイアウトすることによって、動作特徴抽出に適した信号が得られることを確認した。また、センサ信号をワイヤレス送信し、携帯端末上で動作のパターンをリアルタイムに可視化できるシステムを試作した。



動作の特徴を示すリサージュ図形

○心的状態推定のための生体情報計測技術の開発 (H30～R1)

製品やサービスの心的効果を客観的・定量的に評価することを目的に、心理学で用いられている実験手法を調査し、心的状態に伴って変化する生体情報の計測技術、さらにその情報から心的状態を推定するための解析技術を開発した。はじめに心理生理学に関する技術調査を行い、心的状態推定に応用可能な生体情報計測手法及び心理学実験手法の知見を得た。この知見を踏まえ、生体情報からストレスやリラックス感などを推定するため、心拍変動及び脳波の基礎律動に関する生体情報解析技術と精神作業課題を組み合わせた心的状態推定手法を開発した。開発した手法を、点灯パターンの異なる照明(ゆらぎ・常時点灯・点滅)が与える心的効果の評価に適用し、脳波のβ波成分や心拍変動などからの心的状態推定結果と被験者の主観評価を比較することで、本手法の有効性を確認した。



照明の点灯パターンとβ波成分

◎人の安全・健康に貢献する製品開発

【概要】

人を測ることで、生活に役立つ機器の開発に生かす一方で、人を計測したデータには、個々人の健康、体調、さらに生活習慣による影響などが反映されている。これらのデータを継続的に取得すれば、加齢やトレーニングによる身体の長期的変化や、突発的な異常の検出ができると考えられる。このことを利用し、屋外活動する従業員の体調管理や一人暮らしの高齢者の健康状態を見守る技術の開発に展開した。

この分野の特徴として、正確な情報を取得することに加えて、行動や生活を妨げることなく人間情報を取得する点も重要となる。ノイズ要因を排除できる特別に用意した実験環境ではなく、業務環境や日常生活に調和した計測の仕組みづくりが求められる。

○入浴者の状態判別技術の開発 (H25~26)

入浴中の溺死事故の防止に向けて、呼吸や心臓の鼓動を各種センサでモニターし、異常が検出された場合、報知機や自動排水栓などへ作動信号を出力し安全を確保する技術を開発した。入浴中の呼吸や鼓動を計測できる浴槽組み込み型高感度センサユニットと、センサ構造や配置の最適化により、入浴姿勢の影響を受けない安定したセンサ出力を得ることができた。また、呼吸や鼓動の周期性を利用した異常判定方法と、判定精度を向上する信号処理の検討により、無呼吸の検出と報知器や自動排水栓の作動を確認した。



浴槽入浴者の見守りシステム

○健康維持管理のためのワイヤレス小型呼吸流量センサの開発 (H27)

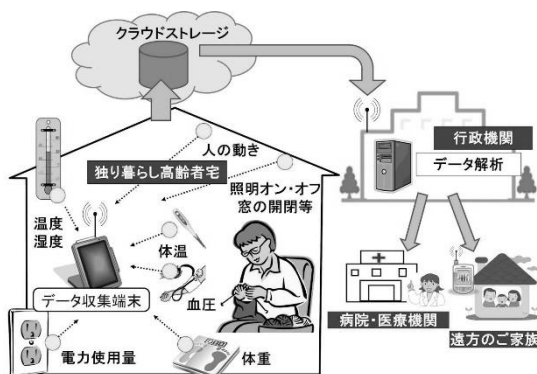
呼吸器を健全に保つことは健康的な日常生活を営むにあたり極めて重要である。呼吸器疾患患者や高齢者の健康向上には、呼吸リハビリ・トレーニングが有効とされ、換気効率の向上や運動時の呼吸困難

の軽減が期待できる。この運動指標として呼吸の深さ・速度などをリアルタイム測定できれば、情報をフィードバックしながら効果的な呼吸トレーニングの提供が可能となる。本研究では、簡易な装着で計測が可能なワイヤレス小型呼吸流量センサを開発した。その特徴は、鼻と口で独立に呼吸流量を計測でき、Bluetooth Low Energy を用いてスマートフォン等で呼吸状態をリアルタイムに表示できる。このシステムを用いて健常者 15 名による測定被験を行い、呼吸流量が良好に計測されることを確認した。

○ICT を活用した高齢者見守り・健康支援システムの開発 (戦略研究：農村集落における生活環境の創出と産業振興に向けた対策手法の構築) (H27~31)

この課題は人口減少・高齢化が進む農村集落で、地域の安定的な維持・発展を図るための手法を開発する戦略研究内の一小課題として取り組んだ。

ICT を活用して人口減少地域に暮らす高齢者が安全・安心かつ健康的な生活を送り、地域の自治体等の独居高齢者見守り等を支援することが目的である。本システムを某町の独居高齢者宅に設置し運用試験を実施した結果、各種センサからのデータの解析により、安否確認や生活パターンの把握等を行えることを確認できた。現在、本戦略研究は第 2 期に引き継がれ、令和 2 年度から実用化を目指した取組みが進められている。



見守りシステムのイメージ

○ドライバーの生体情報検出のための計測・解析技術の開発 (R1)

安全で快適な運転サービスの構築を目的に、ドライバーの生体情報が注目を浴びている。特に呼吸や脈拍に関する生体情報は、ドライバーが運転可能な状態かどうかを判断するための材料として有効と考えられている。しかし、ドライバーの呼吸や脈拍を検出する既存のシステムは、十分な精度が得られない、

運転の妨げになる、過大なコストが生じる等の理由で実用化に至っていない。

本研究では、空圧センサとエアチューブで構成された安価な空圧計測システムをシートベルトやシート等に組み込むことで、運転を妨げずにドライバーの呼吸・脈拍情報を検出するための技術開発に取り組んだ。路上試験を行い、呼吸センサ及び心電センサの波形と比較することで、停車中の空圧波形には呼吸・脈拍情報、走行中の空圧波形には呼吸情報が含まれていることを確認した。さらに、空圧波形にフィルタリングやピーク検出等の処理を適用することで、停車中の呼吸数・脈拍数、走行中の呼吸数を検出可能なアルゴリズムを開発した。



シートベルトに組み込んだ
空圧計測システム

空圧計測システムの一例

◎作業負担の軽減技術への展開

【概要】

一次産業における農林水産物の栽培や収穫、日常生活における冬期の雪かきなどの人手作業では、しゃがみや深い前屈など、不良な姿勢が伴うことも多い。こうした、いわゆるつらい作業は機械化や自動化が進む一方で、人の手から替えられない状況も多い。そのため、作業者は身体の負担に悩まされることになる。

ここでは、作業負担の評価技術、並びに身体の使い方や姿勢が楽になる道具や筋負担を軽減するように作用する装着型ツール（アシストスーツ等）の開発事例を紹介する。

身体負担の軽減により人ができることを楽にするという考え方は、人を代替する自動化（機械化、ロボット化）や、人の身体機能を強化する増力化（パワーアシスト）とは異なる視点で現場の悩みに応える技術や製品の開発につながっている。

この技術分野に取り組む際には、その作業に馴れ、精通した方々による被験者実験が必要となる。特に農水産業においては季節性の作業がある中に、実験スケジュールを組み込んで頂くなど、現場の作業員及び普及指導員の方々のご協力に感謝するところである。

◎運動負担予測技術の開発と製品への応用 (H15~16)

生活や勤労の場では身体負担の大きな作業が数多く存在する。その作業自体が不可避なものであるならば、負担をゼロにすることはできなくとも、負担を緩和や分散する方法を考える必要がある。そのためには、身体が受ける負担を定量的に評価し、提案する負荷軽減方法が、安全で理にかなっていることを評価する必要がある。この研究では、身体の負担部位や強度を予測する技術を開発し、これをベースに身体への過負荷を防止し、さらに健康的な運動へ誘導する製品開発に応用することを狙った。対象としたのは雪国の生活者にとって関心の高いスコップ除雪作業とした。

検討には、運動強度と酸素摂取量、心拍及び自覚的運動強度指数などの指標を用いた。さらに3次元動作解析システムを用い、体の回旋や屈曲運動などのトルクを算出し、これらと筋電位の実測データを比較検討した。

その結果から、スコップ作業動作では身体がアンバランスな荷重に晒され、またそれに対抗することで、特定の関節や筋への過大な負荷がかかることが把握できた。さらに作業継続による疲労を筋電図から把握できた。このように身体負担を予測する方法を確立した。



ユニバーサルデザインスコップとベルト装着スーツ

この知見をもとに開発したのがユニバーサルデザインスコップである。本スコップは、柄を大きくS字に曲げることで、前屈姿勢を持ち上げ、側屈とひねり

を解消し、姿勢の左右バランスを整えている。また、オーバーオールにゴムベルトを取り付け、筋負担を着衣に分担させることを着想し、試作したベルト装着スーツにより、筋活動が減少することを確認した。

○農作業軽労化支援技術の開発 (H18~21)

前屈姿勢や重量物運搬など重筋作業が残る農作業について、身体負担の軽減方法の検討を行い、筋力を補助するアシストスーツを試作開発した。

キャベツの収穫作業における疲労度調査や筋電位計測等を行い、収穫時等に腰部の負担が大きいことや足下の不安定な畑でバランスを維持するため下肢の負担が大きいこと等、負担部位を特定した。中敷き等の利用による定性的効果を確認するとともに、前屈姿勢の多い作業において腰部の負担を軽減するためのアシスト方式を複数検討し、身体背部に配置した FRP の弾性を利用するアシストスーツを試作開発した。試作スーツ着用時の生体情報計測及びアンケート調査から、腰部の負担が軽減することを確認した。

○コンブ作業省力化スーツの開発 (H22~24)

コンブ漁業は作業工程の多くが人力で行われており、中でも天日乾燥作業は多くの人手を要する重労働である。そこで、天日乾燥作業の軽労化を目的としたコンブ作業省力化スーツを開発した。

ナガコンブとリシリコンブを対象に作業負担調査を行い、何れのコンブも作業中に前屈姿勢が頻出し、腰部等への負担が大きいことを確認した。一方で、コンブ形状の違いによる作業動作の違いに対応するため、より動きやすいスーツ構成が必要であることがわかった。これらの結果を踏まえ、前屈姿勢における腰部の負担軽減と、歩行時等の動きやすさを両立するアシストスーツを開発した（特許取得）。開発したスーツの生体情報計測試験及びモニター調査により、腰背部の筋活動の減少、負担感の減少を確認した。



コンブ作業省力化スーツ

○荷物運搬作業における上肢負荷軽減技術の開発 (H25~26)

農業等の一次産業で多く見られる人手による荷物運搬作業は負担が大きく、軽労化が望まれている。そこで、荷物の安定性や生体情報の計測により作業の特徴と負担要因を分析し、上肢等にかかる負担の軽減技術を開発した。

農業、林業分野の荷物取扱作業を対象とした調査により代表的動作を抽出し、生体情報計測試験により作業負担の特徴を明らかにした。この結果をもとに手首の背屈を補助する簡易サポータを試作し、模擬作業による評価試験を行った結果、より自然な肢位での作業が可能になり、手首の背屈に関わる手根伸筋群の負担が軽減することを確認した。



試作開発したアシストツール3種

○農作業負担の特性把握に向けた動作別の作業負担評価方法に関する研究 (H26)

農作業に共通する動作に着目した作業負担評価手法を導出し、本手法の適用により、各作業の負担特性を整理した。

カボチャ収穫作業、ブロッコリー収穫作業等、6作物8作業を対象にフィールド調査（ビデオの記録、生体情報計測、主観的負担度調査）を実施し、動作と負担に関する情報を記録した。作業姿勢・動作の出現頻度や取扱重量等の作業特徴と部位別負担度との関係の分析により、歩行頻度の下肢負担度への影響や取扱重量の上肢負担度への影響等を確認し、作業による負担特性の違いを明らかにした。

○農村集落における生活環境の創出と産業振興に向けた対策手法の構築 (H27~30)

この課題は戦略研究として実施され、人口減少・高齢化が進む農村集落を主な対象として、暮らしと産業の好循環による地域の安定的な維持・発展を図る

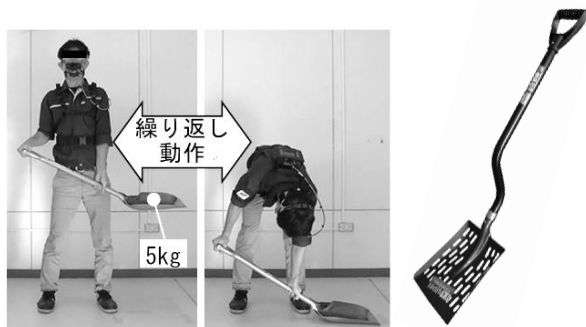
ための手法を開発することが目的である。当分野は
その中で小課題「農業における省力・軽労化技術の開
発」に取り組んだ。

下川町をモデル地域として、主要 6 作物（アスパ
ラ、青ネギ、フルーツトマト、加工用トマト、キヌサ
ヤ、菌床シイタケ）の収穫作業を対象に、作業負担調
査を行い、姿勢・動作の共通点にもとづいて、新たな
アシストツールの開発が必要と考えられる作業課題
を抽出した。作業課題として抽出した正座作業、しゃ
がみ作業、しゃがみ歩き作業、把持作業への対応とし
て、①体重を支える装着型ツール、②足腰の負荷を
軽減する下肢サポータ、③手関節の負荷を軽減する
前腕サポータの 3 種のアシストツールを試作開発し、
生体情報計測試験とモニター試験により負担軽減効
果を確認した。

○人手による復興作業の負担軽減に資する作業用具 の提案（H30～R1）

豪雨災害等における復興作業では、住宅街等に流
れ込んだ大量の土砂を人海戦術で除去しなければなら
ず、多大な労力を必要とする。本研究では、土砂除
去作業の負担軽減を目的に試作したショベルについ
て、模擬作業における呼吸代謝計測試験を実施し、従
来型ショベルとの比較評価を行った。

土砂を想定した 5kg の砂袋をスコップのさじ部に
乗せ、すくい上げを繰り返す動作において、試作ショ
ベルを使用した場合に作業強度の指標となる酸素摂
取量が約 13%減少することを確認した。



呼吸代謝計測試験と製品化されたショベル

○作業現場の安全管理に向けた姿勢・動作簡易分析 手法の開発（R1～2）

日本は少子高齢化社会が進行しており、高齢労働
者の活躍が一層重要とされている。しかし、一般に
加齢には心身機能の低下を伴うことから、高齢労働

者の雇用においては労災リスクの増加も懸念されて
いる。そのため、労災防止への対策の一つとして、ひ
ねり、前かがみ、中腰等の不自然な作業姿勢を取らせ
ないよう推奨されている。従って、作業中の姿勢を把
握し、問題があれば見直すことで、労災リスク低減や
身体負担軽減につながると期待できる。現在、人の姿
勢や動作などの計測には、モーションキャプチャや
スナプリーディング法と呼ばれる方法などがある
ものの、特殊な計測環境や測定の手間を要するため、
現場への適用には課題がある。

そこで、本研究では労働現場での活用を目指し、少
数の慣性センサや一般的なビデオカメラを使用し、
計測や分析の手間をかけずに、簡易に姿勢や動作の
時間及び回数を自動的計測する手法を開発した。計
測対象とした姿勢は、立位、膝屈曲、前屈、膝屈曲・
前屈の 4 つとした。

研究の結果、腰の屈曲角度や膝の屈伸による鉛直
変位を身体背部に装着した一つの慣性センサで取得
する信号処理技術と、一般に市販されているビデオ
カメラで撮影した動画像の機械学習により、骨格の
位置を推定する技術を開発し、上述の 4 つの作業姿
勢の発生を計測可能にした。

◎畜産動物の健康管理

【概要】

人間情報を持ち場としつつ、その立場から畜産動
物との共通点を探してみると、一つの動作でも複雑
に関わり合う筋骨格系と、生体内部を一定に保とう
とする仕組み（臓器、神経系）などが挙げられる。こ
れらが人の情報と同様に個体ごとのばらつきや、ゆ
らぎなどの性質をもつならば、畜産動物の衛生や生
育に人間情報の知見が応用展開できるのではないかと
期待できる。ただし、体毛で覆われ、奔放に動く動
物は、人を対象とした研究と違った苦勞も多い。

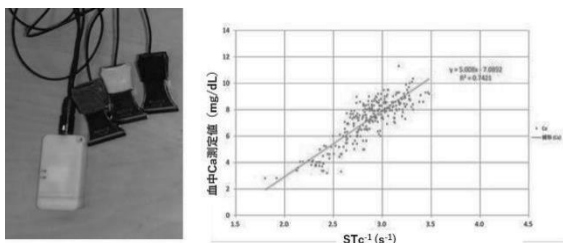
ここでは、牛の心電図解析から健康管理に取り組
んだ例を紹介する。

着手当時、同じく道立試であった畜産試験場に生
産者が抱える悩みを伺いに訪問したことに始まる。
その中で、分娩後の乳牛に多発する疾病があり、この
ことによる酪農家のコスト負担が大きいことを知ら
される。担当職員は、疾病の一要因である血中カルシ
ウム濃度の診断に、心電図から読み取られる情報が
有効であることを、長年のデータの蓄積から把握し
ており、その活用方法を探していた。

○無線式携帯型心電計を利用した乳牛の血中カルシウム濃度解析システムの開発 (H25～26)

北海道の乳牛は、毎年 50 万頭中 4 万頭が起立不能を発症し、うち一割が廃用となる。このような被害を防ぐためには、発症原因の一つである低カルシウム (Ca) 血症の素早い診断が求められている。

本研究では、心電図を取得し、その波形から現地で迅速に血中 Ca 濃度を計測できる携帯無線型の血中 Ca 濃度解析システムを開発した。はじめに延べ約 900 の血液データと心電図サンプル及び産次 (出産回数) データから、高精度に血中カルシウム濃度を推定可能な回帰推定式を開発した (特許取得)。この推定式をタブレット PC に組み込み、新たに開発した Bluetooth による防水小型無線式心電計を組み合わせ、血中カルシウム濃度解析システムを構築した。開発した心電計を共同研究機関に提供し、実証実験を行った結果、良好な血中 Ca 濃度推定精度を得た。



心電計及び心電図の特徴量と血中 Ca 濃度の関係

(7) 資源・エネルギー技術分野

◎冷暖房システム及び評価手法などに関する研究

【概要】

積雪寒冷地である北海道は、石油に依存する割合が高い上、エネルギー消費量が多く、特に暖房エネルギーの消費量は全国平均のおよそ3倍となっている。

そこで、このような状況の改善を目的として、北海道の住宅に適した省エネルギーな冷暖房システムに関する様々な研究・開発に取り組んだ。

○温水暖房用床暖房パネルの研究 (S61~H5)

暖房環境や経済性に優れ、バリアフリー型の暖房設備である床暖房に着目し、温水床暖房パネルの研究・開発を行った。

・床暖房の床材に、ゴムチップと木チップを素材とする弾力性成型体を使用した。ゴムチップに廃タイヤを使用することで、クッション性や放熱性能に優れ、遮音性を有する上に、環境にも配慮した、従来にないゴムチップ床暖房パネルを開発し、製品化に繋がった。この製品は、平成元年の空知しんきん産業技術賞をはじめとして、多くの賞を受賞した。

この製品の異色な応用先として、自動車内の暖房としての可能性について検討した。まず、1BOX 車に床暖房パネルを試験施工して、走行試験を繰り返し、その有効性を確認した。次に、より快適な居住空間が求められるキャンピングカーに試験施工して、真冬の三笠市桂沢湖畔に駐車し、最低気温が -14°C となる中で一晩車内で過ごして、従来の温風ファンヒーターのみより快適な暖房環境が得られることを、身をもって体感した。



桂沢湖畔に駐車中のキャンピングカー

○床暖房におけるコールドドラフト防止技術の研究 (S61~H5)

前述のように優れた面を持つ床暖房だが、窓面で発生するコールドドラフトによる足下の不快感などが懸念され、パネルラジエータなどと併用して採用されるケースが多く見受けられた。

そこで、床暖房のみで快適な室内環境を実現することを目的とした研究を行い、床暖房時における窓面からのコールドドラフトの発生条件などの検証結果をもとに、ファンを用いた強制対流式床埋設放熱器を提案した。試験住宅における実証試験により、期待されるコールドドラフト防止効果が認められた。

○温水暖房用パネルラジエータ、及び暖房能力評価に関する研究 (H3~30)

温水暖房の放熱器として、代表的な存在であるパネルラジエータに着目し、新規市場の開拓に向けた研究、暖房能力評価手法に関する研究、及び維持管理に関する研究を行った。

・新規市場の開拓に向けた研究では、現行のパネルラジエータ市場に欠けていた、和室空間に適したデザイン性の高いパネルラジエータの開発を行い、メーカーに提案した。

・暖房能力評価手法に関する研究では、当场で実施していた暖房能力評価手法の精度を確認することを目的に、北海道立寒地建築研究所（現在の道総研北方建築総合研究所）の環境試験室を使用した放熱量測定値と当场の輻射暖房試験室による測定値とのクロスチェックにより、欧州 EN 規格及び JIS 規格などとの整合性や測定誤差などを明らかにした。さらに、放熱能力の推定手法を提案し、パネルラジエータを販売している企業の支援を行った。

・また、北海道においても冷房の需要が増加傾向であることから、当场の依頼試験項目に「除湿型放射冷暖房パネルの冷房試験」を開設することを目的に、当场の設備を用いた試験方法の基準案を作成した。その約 6 年後には、より詳細な放射ラジエータの放熱能力評価手法の整理を行った。その結果、従来は暖房のみであった試験項目「温水パネルの放熱量試験」に

において、冷房も実施することが可能となった。

・パネルラジエータの維持管理に関する研究では、鉄製パネルラジエータを含む温水暖房システムの欠点となっている腐食の問題に着目した。温水暖房システムの防食に対する設計・施工と維持管理の実態を具体的に捉えることを目的として、大型施設、戸建て住宅の施工業者、大型施設の管理者にアンケート調査を実施した。その結果、水張り時はエアの排除が行われているものの、保守管理の必要性を感じているという印象は低く、システム内に酸素が侵入する可能性が示唆された。さらには、腐食反応の主役的役割を果たしている系内溶存酸素の侵入源とその挙動を把握し、腐食対策方法を整理して、技術支援等に活用している。

○温水暖房用プラスチック製ラジエータの研究 (H12~28)

パネルラジエータなど放射冷暖房システムの全国展開を図る中で、本州以南の地域ではエアコンが主流で、放射冷暖房システムはコストが高く、鉄製放射冷暖房パネルは腐食や結露の懸念があることなどから普及が難しいことが明らかになった。

そこで、軽量で耐食性に優れ低コストなプラスチックパイプを用いた温水暖房システム用プラスチック製ラジエータを開発し、製品化に繋げた。この製品は、国内 12 カ所に導入され、平成 31 年にグッドデザイン賞を受賞した。



プラスチック製ラジエータ

その後、空気熱交換器を付与した換気システムと組み合わせて、冷房時には換気システムにより予冷することでラジエータ表面の結露を低減し、暖房時には換気システムから空気を垂直に吹き出すことで室内温度のムラを低減する換気-放射ラジエータ複合型の放射冷暖房システムを開発した。この成果は、(一社)日本放射暖冷房協会の設立に寄与することとなり、現在は同協会の働きかけにより、国土交通省の省エネ計算プログラムに放射冷房システムを加えるよう活動を行っている。

そのほか、天井や床下埋設型のプラスチック製放射パネルについても研究を行い、それらの設置条件や有効性などを確認した。

○温水暖房用壁面放射暖房及び天井放射暖房の研究 (S62~H17)

エアコンが冷暖房システムの主流である地域では、室内景観の良さや利用可能な空間確保を優先しがちなため、放射冷暖房システムは居住空間内に放射パネルなどを置くことに抵抗があることがわかった。そこで、ヒートパイプを利用した温水式壁面放射暖房や、空気・放射併用天井吹出し冷暖房パネル方式に関する研究も行った。

・ヒートパイプを利用した温水式壁面放射暖房の研究では、壁表面温度分布の均一化を図る上で、温水によるヒートパイプの 2 箇所加熱方式が有効であることなど、多くの知見を得た。

・空気・放射併用天井吹出し冷暖房パネル方式の研究では、被験者実験など不均一な放射環境における温熱環境の評価と、表面結露防止性能の検討を行うことで、放射を利用したパーソナル冷暖房や大温度差空調への適用性を明らかにし、天井放射パネルの設計手法を確立した。

○空調技術を応用した研究 (H25~R3)

室内環境の冷暖房空調技術を応用し、寒冷地向け電気自動車 (EV) 用冷暖房技術の開発、道産コンブ乾燥システムの開発、換気予熱用熱交換器の開発、及び道産マイワシ高鮮度保持技術の開発を行った。

・寒冷地向け EV 用冷暖房技術の開発では、エンジンの排熱が見込めない EV 車内の冷暖房として、車内の断熱を強化するとともに、非常用として EV に搭載したガスエンジン駆動型小型発電機の冷却廃熱を回収するヒートポンプを試作し、実際に EV に搭載して暖房効果を確認した。

・道産コンブ乾燥システムの開発においては、乾燥工程に重油ボイラ式温風発生器を使用しているため、乾燥後の品質のバラツキや燃料費の負担などの問題があった。そこで、産業用ヒートポンプ除湿機により乾燥後の排熱を熱源として利用する乾燥システムを提案し、実証試験により 1 次エネルギーの大幅な削減に寄与できることを確認した。しかし、インシヤルコストが高額となることから、漁協を中心とした協業化を前提として、人手が必要で重労働である天日干しも不要とする自動式乾燥システムを提案した。

・換気予熱用熱交換器の開発においては、熱搬送設

備の搬送動力が課題となっていた。そこで、暖房・給湯の熱利用に換気予熱も組み込んだエネルギーのカスケード利用を提案し、それに向けた換気予熱用熱交換装置を開発した。この装置を令和3年度に竣工した北海道立北の森づくり専門学院新校舎へ試験導入し、データ取得により効果を検証している。

・道産マイワシ高鮮度保持技術の開発については、マイワシは漁獲量が減少しているサンマの代替資源として期待されるが、高鮮度で道外大消費地に届けるにあたり、鮮度低下が速いことなどが課題となっていた。そこで、有効な冷却方法の技術開発を目的として、ミール加工用ではない100g以上の大きな食用マイワシを漁獲している中小型船を対象に、船ごとに異なっている船倉での冷却方法の現状を把握するため、船倉内の温度分布とマイワシの鮮度との関係解明を進めている。

◎消融雪システムに関する研究

【概要】

スパイクタイヤによる粉塵が社会問題となり、平成3年に「スパイクタイヤ粉じんの発生防止に関する法律」が施行された。北海道においても、アスファルト露出路面でのスパイクタイヤの使用が禁止となり、冬季の路面管理において新たな安全対策が必要となった。

また、都市部の住宅密集地においては、雪捨て場の確保が難しく、加えて核家族化と高齢化の進行に伴い、除雪労力の軽減や安全な歩行通路の確保が強く望まれていた。

これらのことから、省エネルギー性や経済性の向上を目的とした、消融雪システムに関する様々な研究・開発に取り組んだ。

○一般家庭及び駐車場向けロードヒーティングシステムの研究 (H2~27)

玄関先や駐車場などを対象とする一般家庭向けのロードヒーティングは、電気ヒータや温水循環パイプを現場で敷設し、コンクリートやアスファルトで仕上げる埋設式本格融雪システムと、工場で製造された融雪パネルを路面に敷き詰めるパネル式簡易融雪システムの2種類に大別され、それぞれについて、応答性、ランニングコスト、施工費、及び耐久性の向上を目的とした、様々な研究を行った。

・埋設式本格融雪システムについては、ランニングコストの低減を目的とした、ロードヒーティング用路盤構造体などの熱特性に関する研究、北国型福祉住宅用融雪システムの研究、及び省エネルギー型石油ロード

ヒーティングシステムに関する研究を行った。

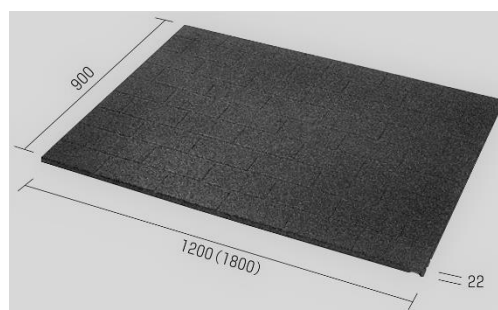
①ロードヒーティング用路盤構造体などの熱特性に関する研究では、電気式及び温水式のロードヒーティングにおけるランニングコストの低減について検討した。その結果、電気式では2分割制御方式とすることにより、従来方式と比べて消費電力が2/3及び基本料金が1/2~1/3となるため、電力コストは最大で半分となり、温水式では伝熱平板や断熱シートを用いることにより、ランニングコストを従来方式より21%低減できることを明らかにした。

②北国型福祉住宅用融雪システムの研究では、玄関前の置き雪処理用高出力ロードヒーティングパネルの提案を行い、フィールド試験により融雪速度は約122kg/m²・h、融雪効率率は約90%と、極めて高出力かつ高性能であることを確認した。

③省エネルギー型石油ロードヒーティングシステムの研究では、路面を複数の系統に分割するローテーション型システムを提案し、実証実験により予熱運転無しでも残雪時間の短い路面状況が得られることを確認した。

・パネル式簡易融雪システムについては、前述の「温水暖房用床暖房パネルの研究」において開発したゴムチップ温水パネルを屋外の融雪に応用した、簡易施工型ロードヒーティング用ゴムチップ融雪パネルの研究、冬期間以外は太陽熱コレクタとして活用して給湯の予熱を行う融雪路盤パネルやシステム、及び換気排熱を利用した融雪システムの研究を行った。

①ロードヒーティング用ゴムチップ融雪パネルの研究では、このパネルはゴムの弾力性と摩擦抵抗のため歩行性と安全性に優れるほか、ゴムチップの粒度や嵩密度を適度を選ぶことで透水性も確保できることがわかった。さらに、経済性にも優れていることが確認され、製品化された。



ゴムチップ融雪パネル (図中寸法は mm)

②太陽熱コレクタを兼ねた融雪路盤パネルの研究では、最適な路盤パネルの構造、システム構成、運用条件、及び省エネ効果などを明らかにした。

・一方、平成 15 年度の改正建築基準法に基づくシックハウス対策において、住宅の機械換気設備が原則的に義務付けられるようになった。そこで、機械換気設備の中でも熱交換換気を行わない第三種セントラル換気システムに着目し、屋外に 24 時間放出されている換気排熱を、通気性がある多孔質ブロックから吹き出させて積雪を防止するロードヒーティングシステムを開発し、製品化に繋がった。この製品は、平成 25 年北海道新技術新製品開発賞ものづくり部門優秀賞をはじめ、多くの賞を受賞した。また、その成果として、道内では当場の玄関前駐車エリアをはじめ複数箇所、道外では令和 3 年に NEXCO 中日本管内の積雪地域である松ノ木峠パーキングエリアの歩道に試験導入された。



換気排熱を利用した融雪システム

◎公道向けロードヒーティングシステムの研究 (H4~8)

平成 4 年当時は公道のロードヒーティング熱源として 90%以上を占めた電気式は、温水式と比べてイニシャルコストは安価だが、高価な電力を使用するためランニングコストが高いことが問題であった。

そこで、単位熱量当たりの単価が電気の 1/2~1/3 であるガスに着目し、空気熱源式ガスエンジンヒートポンプやパルス燃焼式ガスボイラの利用に関する研究を行った。その結果、空気熱源式ガスエンジンヒートポンプは、冬季の気温が比較的高い道央や道南での利用に限定されるが、パルス燃焼式ガスボイラは全道での利用が可能で、熱効率は灯油ボイラよりも 5~7%高いことなどがわかった。

一方、ヒーティング路盤についても、アスファルトやセメントでは表面温度の立ち上がりが遅いため、予熱運転が必要となり、ランニングコストが高くなるなどの問題点を有しており、ロードヒーティングの普及の妨げになっていた。そこで、鋼板を利用した温水式ロードヒーティング路盤として、鋼板の表面に多孔質樹脂コンクリートを施工した方式について研究を行った。その結果、従来のアスファルト路盤に比べランニングコストが 20%程度低減することがわかった。

そのほか、温水式ロードヒーティングで使用される不凍液についても、従来のエチレングリコールは毒性を有していることから、環境汚染の少ない酢酸カリウムを主成分とする不凍液に関する研究を行い、実用性などについて明らかにした。

◎熱によらない公道向け消融雪システムの研究 (H7~14)

本格的なスタッドレス時代を迎えることで「ツルツル路面」と呼ばれる非常に滑りやすい凍結路面が多発するようになり、その対策として凍結防止剤の利用についても改めて見直された。

消費される凍結防止剤及び設備費用を必要最低限とする新しい定置型路面凍結防止方式を検討した。液状凍結防止剤を多孔質舗装材に蓄えて、ポンプを使用せずに濃度拡散により路面に供給する方式や、ノズルや多孔質路盤材を舗装に埋設してポンプを用いて舗装面に液状凍結防止剤を供給する方式について研究を行った。その結果、設置の条件、必要となる凍結防止剤量、及び効果の持続期間などが明らかになった。

また、全くランニングコストがかからないツルツル路面対策法として、ゴムなどの弾性体を用いた凍結路面防止パネルの開発を行い、製品化に繋がった。この製品は、当別町をはじめ道内 6 カ所の道道や国立公園の駐車場に導入された。



弾性体を用いた凍結路面防止パネル

◎再生可能エネルギー・未利用エネルギー利用システムに関する研究

【概要】

北海道は、再生可能エネルギーの供給可能量が 47 都道府県中で 1 位^{※1} だが、地域的エネルギー自給率は 34 位^{※2} と、全国的に見ても再生可能エネルギーの利用が遅れている。このことから、冬季の熱需要が大きいなどの特性を踏まえた、高度な省エネルギーと再生可能エネルギーの利用が求められている。

そこで、北海道に適した未利用エネルギーの利用システムに関する様々な研究・開発に取り組んだ。

※) 千葉大学倉阪研究室・認定NPO法人環境エネルギー政策研究所:永続地帯2020年度版報告書, pp.13-14, (2021)

○ヒートポンプを用いたシステムの研究 (S61~R3)

そのままでは利用することが難しい低品位な未利用熱エネルギーを利用可能とするために、従来から用いられているヒートポンプに着目し、エネルギー効率、イニシャルコスト、及びランニングコストを改善することを目的に、ヒートポンプ本体、採熱手法及び運用手法の研究を行った。

・ヒートポンプ本体の研究では、園芸ハウスの加温用として、温泉水を熱源とするディーゼルエンジン駆動ヒートポンプについて、一次エネルギー基準効率率は1.6であり、大きな省エネルギー効果があることを確認した。また、20~40℃の熱源から効率よく熱回収することを目的に、コンプレッサを2個有する2段カスケード方式ヒートポンプについて、単段式と比べて約17%の電力削減になることを確認した。さらに、高断熱住宅では暖房用エネルギー消費量の約50%を占める換気負荷に着目し、地中熱と換気排熱を熱源とするハイブリッドヒートポンプについて、旭川市内の実験住宅における実証試験を行い、COPが3.5であるなど目標に近い省エネ効果を確認した。一方、気温が低い北海道において空気熱源ヒートポンプを使用する際に問題となる効率低下の対策として、ブースタ付空気熱源ヒートポンプについて、ブースタなしと比べてCOPが10%向上することが明らかになった。

・採熱手法の研究では、ヒートポンプの熱源として地中熱を用いる際の高額な掘削費用の低減を目的として、掘削工事を要する垂直埋設管方式の低コスト化、掘削工事を要しない垂直埋設管方式、及び水平採熱管方式について行った。

①掘削工事を要する垂直埋設管方式の低コスト化については、直膨型採熱管方式の研究を行い、音更町内における実証試験により、COPは3~4と経済性や実用性が充分高いことが明らかになった。また、材質や管径などを変えた6種類の地中採熱管方式の比較研究では、工試敷地内における採熱試験により、最も採熱量当たりのコストに優れている方式等を明らかにした。さらには、垂直埋設した樹脂管内に地下水を導入し、Uチューブで熱交換するヒートクラスター方式の研究を行い、比較的温度の高い地下水を有する当別町における実証試験により、地下水汲み上げ量

と採熱量の関係や経済性などについてデータの取得を行っている。

②掘削工事を要しない垂直埋設管方式については、電気工事業者の多くが有する建柱車で回転貫入を可能とするため外側にスパイラルフィンを設けた二重管式地中熱交換器の研究を行った。工試敷地内における試験では一般的なUチューブ方式よりも採熱効率が約27%高く、長沼町の農業用ビニールハウスにおける実証試験では従来のボイラと比較して一次エネルギー削減効果が約12%であることがわかった。③水平採熱管方式については、深さ2m程の地中に水平埋設した樹脂製通気管に外気を通すことで予熱して換気暖房に利用するシステムの研究を行い、冬季も換気が必要なイチゴ栽培ハウスにおける実証試験で、熱回収外調機を用いたシステムの採熱量やエネルギー効率などを明らかにした。また、樹脂製柵状採熱管を水平埋設したシステムの研究では、樹脂製柵状採熱管を深さ2m程の地中に3面埋設し、ヒートポンプ式暖房の熱源に利用するシステムを、当別町の実験住宅や釧路市の釧路工技センター敷地内に試験施工し、実用化に向けたデータを得た。



樹脂製柵状採熱管

・運用手法の研究では、地中熱を対象に数種類の垂直埋設管や水平埋設管を熱源とした暖・冷房や融雪の機能を備えたヒートポンプシステムを工試敷地内に試験施工し、循環水量や循環水温度などの各種条件がCOPに与える影響、及びヒートポンプを使用せず地中熱の循環のみによる暖冷房や融雪の可能性などを明らかにした。

また、冷却負荷と加熱負荷の両方が同時に存在する稀有な現場である酪農牛舎を対象に、牛乳冷却熱を熱源としたヒートポンプ給湯システムの開発を行い、製品化に繋がった。このシステムは道内9カ所

に導入され、平成 24 年度の北国の省エネ・新エネ大賞の受賞をはじめとして、多くの賞を受賞することとなった。その後、代替フロン廃止を見越して、自然冷媒ヒートポンプを用いたシステムの開発を行い、このシステムについても令和 2 年度農業電化推進コンクール大賞を受賞することとなった。

○ヒートポンプによらない未利用熱システムの研究 (S63~R3)

ヒートポンプによらない未利用熱の利用システムとして、熱交換により直接熱利用するシステム、一般的なヒートポンプとは異なる方式で未利用熱を加温するシステム（ボイラを除く）、未利用熱から電気を作るシステム、及び未利用熱を有効に利用するための新しいエネルギーシステムの研究を行った。

・熱交換により直接利用するシステムについては、北海道に特有の寒冷外気を溶液の凍結に利用し、対象とする様々な溶質を濃縮する凍結濃縮の研究を行い、分離能力、装置製作の技術的問題点、及び市場性などに関する知見を得た。また、樹脂製のソーラーコレクターと大型蓄熱槽を用いた熱核方式による低コストソーラーシステムの研究や、冬期間も一定温度を保つ地中の熱をヒートパイプで汲み上げて、地上部にある水道メータの凍結を防止するシステムの研究を行い、それぞれ高い実用性を確認した。さらには、レーザーによる金属焼結装置を用いた小型高機能な熱交換器の研究により、圧力損失低減と熱交換効率向上を兼ね備えた構造や製法の検討を行った。一方、腐食性を有する場面が多く、一般的な金属製プレート式熱交換器では交換などの維持費が高む温泉水または温泉排水の熱利用を目的とした、樹脂製柵状熱交換器の開発を行い、製品化に繋がった。この製品とこれを用いたシステムは 9 カ所の温泉・温浴施設に導入され、平成 29 年度の省エネ大賞中小企業庁長官賞をはじめとして、多くの賞を受賞し、職員表彰も受賞することとなった

・一般的なヒートポンプとは異なる方式で未利用熱を加温するシステムとして、ノンフロン型の次世代冷凍技術である磁気熱量効果を利用した磁気ヒートポンプの研究を行い、実用化に向けた知見を得た。

・未利用熱から電気を作るシステムとして、高温の排熱と北海道の寒冷外気との温度差に着目し、スターリングエンジンや熱電変換素子を用いて電気を得るシステムに関する研究を行い、帯広市の産業廃棄物焼却施設における実証試験により、それぞれ最適な設計手法や発電効率など実用化に向けた知見を得た。

・未利用熱の有効利用に向けた新しいエネルギーシステムとして、自己熱再生理論に基づくエネルギーシステムの研究を行い、理論上は大幅な省エネルギーが期待できることを確認した。

○熱以外のエネルギー利用システムの研究 (H21~R3)

熱以外のエネルギー利用システムとし、太陽光、風力、音エネルギー、木質バイオマス、及び可燃性温泉付随ガスの効率的な利用を目的とした研究を行った。

・太陽光の利用では、設置費用や屋根への負担の低減を目的とした、無落雪住宅向けフェンス型太陽光発電システムの研究を行い、実用化に向けたデータを得た。また、架台の高さが充分に取れない無落雪住宅の屋根において、積雪による発電効率低下を食い止める無落雪住宅向け太陽光発電架台の開発を行い、製品化に繋がった。



無落雪住宅向け太陽光発電架台

・風力の利用では、風況の予測やシミュレーション手法の研究を行い、風力発電の導入拡大に向けた知見を得た。

・音エネルギーの利用では、熱音響効果を利用した熱音響デバイスの研究を行い、実用化に向けた知見を得た。

・木質バイオマスの利用では、木質バイオマスボイラを導入した当別町の小・中学校などを対象に、チップ燃料の保管方法や乾燥方法など、地域特性に応じた木質バイオマスの有効利用技術の開発を行っている。

・可燃性温泉付随ガスの利用では、足寄町における可燃性温泉付随ガスの実態調査をはじめとした、ガスや温泉水の有効利用技術やガス発電機の安定運用などの研究を行い、実用化に向けた知見を得た。

◎エネルギーネットワークに関する研究

【概要】

平成 30 年に道総研における研究開発の基本構想が策定され、「道総研がこれまで培ってきた関連する基盤的技術や知見を活用して、多様な再生可能エネルギーの利活用、エネルギー利用の効率化及び循環資

源の利用などに関する研究開発に重点的に取り組む」ことが明記された。

そこで、エネルギーの供給と需要のタイミングや量が合致しない太陽光、太陽熱、風力、地下水熱、バイオガス発電及び各種排熱などの効率的な利用を目的として、エネルギー源とエネルギー需要を繋ぐ上で必要となる蓄電システム、蓄熱システム、及び制御手法に関する研究を行った。

○蓄電システムの研究 (H16～R3)

太陽光、風力、及びバイオガス発電などで得られる電力の効率的な利用を目的とした蓄電システムについては、蓄電池や燃料電池を用いたシステムの研究、及びシステムの低コスト化を目的とした車載用 2 次利用蓄電池を利用したシステムの研究を行った。

・蓄電池を備えたシステムの研究では、太陽光発電パネルで得た電気を蓄電池に貯め、いつでもどこでも給電可能な携帯型無線通信システムの開発を行い、製品化に繋がった。

・燃料電池を用いたシステムの研究では、太陽光発電や風力発電で得た電気により水電解した水素を水素吸蔵合金で蓄えるパッシブ型水素貯蔵システムや、寒冷地用燃料電池システムを備えた自立電源システムの開発を行い、寒冷地での実用性、耐久性、及び効率などを確認した。



携帯型無線通信システム

・車載用 2 次利用蓄電池を利用したシステムの研究では、ハイブリッド自動車から出る使用済みニッケル水素蓄電池の 2 次利用を目的として、蓄電池の劣化診断手法や出力制御手法を開発し、特許の取得に向けた検討を行っている。

○蓄熱システムの研究 (H20～R3)

太陽熱、冷熱、及び各種排熱などから得られる熱の効率的な利用を目的とした蓄熱システムについては、エネルギー供給システムやエネルギー需要システムと連携して使用する様々なシステムの研究を行った。

太陽熱を集熱パネルに蓄熱し、必要時に暖房に利用する太陽熱温風暖房パネルを開発し、製品化に繋がった。また、潜熱蓄熱材と断熱容器を組み合わせた定温小口輸送究容器を開発し、製品化に繋がった。

さらには、100～200℃の温度帯の工場排熱を対象に、熱媒体と潜熱蓄熱材を直接接触させて熱交換する直接接触式潜熱蓄熱システムの研究に取り組み、実用化に向けたデータの取得を行っている。

一方、工場排熱や太陽熱利用などの未利用熱や低密度エネルギーの有効利用に向けた、金属粉末積層造形法による蓄熱再生部の熱交換構造体の研究を行い、実用化に向けたデータを得た。



定温小口輸送究容器

○エネルギーネットワークの制御手法に関する研究 (H30～R3)

再生可能エネルギーを利用したエネルギーネットワークの構築に向けて、シミュレーションを活用した運転制御に関する研究を行っている。

温泉熱の利用では、温泉熱回収システム、蓄熱槽、ボイラ、及び貯湯槽などで暖房と給湯を行う、実存する熱エネルギーネットワークを対象に、熱需給シミュレーションプログラムを作成した。その結果、実データと精度良く一致したことから、構築したシミュレーション手法が設計、最適な制御手法の提案、及び導入効果の試算に利用可能であることを確認した。

家畜ふん尿バイオガスの利用では、バイオガス発電プラントで常時発生する熱と電気を、地域内のエネルギー需要に供給するエネルギーネットワークの構築に向けた研究に取り組んだ。興部町のバイオガス発電プラントを事例に、発生する熱と電気の供給先を地域内の公共施設または酪農家とした場合についてエネルギー需給シミュレーションを行い、実現可能性や採算性に関するデータを得た。



バイオガス発電プラント（興部町）

一方、上記のような複雑な制御方法を、現場のエネルギーネットワークなどに実装する手法に関する研究も行っている。SimulinkなどのシミュレーションPCツールで作成した制御ロジックを、エネルギーネットワークの現場で利用されるPLC（プログラマブルロジックコントローラ）へ簡便に実装する技術を得し、熱と電気の試験装置における最適制御を行う研究を実施中である。

◎固体燃料の製造・改質・精製に関する研究

【概要】

昭和48年の第1次オイルショック、昭和53～55年の第2次オイルショックを経験し、エネルギーの安定供給は、国の最重要課題として認識された。国の施策として①石油の安定的な確保（石油需給適正化法（S48））、②石油を大切に効率的に使う（省エネ法（S54））、③エネルギー源の多様化を進め、石油依存率を下げる（代エネ法（S55））などが打ち出された。近年では地球温暖化防止対策のため、その主因とされる温室効果ガスの排出量低減に関する「2050年カーボンニュートラル」が発表された（R2年）が、エネルギー対策に関する基本的な考え方（省エネ、多様化）は、現在も受け継がれている。

北海道には石油依存率を低下できるバイオマス資源や石炭が豊富に存在しており、これらの利用を図るため、昭和55年以降、主に石炭と木質バイオマスの複合燃料について、近年では、流木や農産残滓などの未利用バイオマスの燃料化などについての研究開発に取り組んでいる。

◎石炭・木質複合固形燃料（S55～H2）

エネルギーの多様化を図るため、石油以外のエネルギー源として石炭とバイオマスの混合成型燃料バイオブリケットの開発を開始した。バイオブリケットは、石炭にバイオマスを混合し高圧成型する。硫黄分を多く含む石炭の場合は消石灰を脱硫剤として添

加する。特徴としては①バインダーが不要で、通常のハンドリングに耐える強度が得られる、②酸素を含有しているバイオマスを混合しているため、石炭単体と比較して着火性が良好で、ばい煙が少ない、③消石灰添加により硫黄を高濃度で含有する低品位炭を利用できる、などの特徴がある。

①バイオブリケットの成型試験

タブレット成型試験では、温度 200℃、圧力 29～49MPa、木質粉 15～25wt%の条件で成型可能であることがわかった（S55）。また、ロールプレス成型による連続成型では、ロール回転数 6～8rpm、圧力 170kg/cm²、スクリーフィーダー回転数 50～70rpm が最適で、温度は 50℃でも成型可能、さらに石炭、木粉粒径（2.5mm 以下）による差がないことを確認した（S57）。成型性に劣る天北炭に砂川炭を混合することで成型性が改善されたが、樹脂（廃プラ）の混合は、成型性、強度を阻害するため、添加量は 10%以下が望ましいことを明らかにした（S58）。



バイオブリケット

②燃焼機開発・燃焼試験等

石炭・木質複合固形燃料の着火温度は石炭単体成型体よりも 50～100℃低下し、着火性の向上、ばい煙濃度の減少が認められ、燃焼過程での形状保持などハンドリング性が向上した（S55）。脱硫剤としては消石灰が優れており、添加量が 5～20wt.%で、燃焼性硫黄の 70～90%を燃焼灰として除去できた（S63）。

③海外支援等

オイルショック後の家庭用灯油の価格は 70～80 円/L で家計を大きく圧迫したため、バイオブリケットの価格を灯油の 5～7 割程度に設定し、小平町に年産 6,000t のバイオブリケット生産工場を建設した（S60年）。しかし、工場のフル稼働直前に原油価格が大幅に下落し（30 円台/L）、バイオブリケットの道内マーケットを確保できなかった。

一方、パキスタン、インドネシア、タイ、中国、ネパール、ハンガリーなどをはじめ十数カ国の発展途上国から、大気汚染防止と森林資源の維持を目的とした自国の低品位炭と農業廃棄物等を原料としたバイオ

ブリケット製造・利用に関する技術支援依頼があった。そこで、JICA、環境省、文部科学省などの各事業を通じて、FS、研修生の受入れなどの技術支援を行った。これらの支援国の中には現在、ブリケット成型燃料が商業利用されている国もあり、我々のブリケット成型技術、燃焼技術が少なからず活かされていると考えている。特に、ネパールでは現場で開発した燃焼器（調理用コンロ）がスタンダードモデルとして利用されており、現在も引き続き、技術交流を行っている。



開発した燃焼器のデモ（ネパール）

○低品位炭利用可能性調査（S57～59）

石炭生産の選炭廃水処理工程から回収される選炭スラッジなどの未利用資源の活用を図るため、選炭スラッジの回収状況、性状、利用状況調査のほか、ズリ山の実態調査、性状分析、利用技術開発動向調査を行った。

選炭スラッジの発生量は50～60万t/年で大半は野外投棄されていた。選炭スラッジは発熱量2,000～3,000kcal/kg、粘土質土砂を含み、湿分は脱水後25～30%であり、燃料として利用するためには、脱灰、混炭、乾燥など品質向上対策が必要であった。

太平洋炭選炭スラッジの水力分級では、0.15mmオーバーの留分に高品位炭が存在し、灰分20%の微粉石炭が回収可能であることがわかった。選炭スラッジのサイクロンを用いた脱灰試験の結果、原炭灰分を42%→29%に減少させることができた。

ズリの発生量は出炭量と同等で、そのうち15～20%は発熱量4,000 kcal/kg程度の石炭として利用可能であり、空知管内では実際に石炭を回収している炭鉱が数カ所あった。

○廃タイヤの処理及び利用の検討（H3）

道内で廃棄されるタイヤの量は年間約400万本であり、有効利用されるのは再生タイヤとして15%、燃料用として60%であり、残り25%は霜害対策に利用または廃棄されている。この廃タイヤの再生利用を図るため、マテリアル及びサーマルリサイクルの検討を行った。

その結果、タイヤチップの高圧成型では良質な成

型品が得られず、ガス化燃料としての利用が望ましいことがわかった。

○木質ペレット品質管理マニュアルの開発（H22）

道内で製造されている木質ペレットの利用拡大を狙いとした、ペレット生産に係る簡便な品質管理マニュアルを作成するため、木質ペレット17種について着火性・燃焼性、排ガス組成などを調べた。

その結果、いずれのペレットも燃焼速度は24～30g/minで、燃焼排ガス組成上問題が生じるペレット燃料はなかった。成果は他機関の実験データと併せて木質ペレット管理マニュアル原案に反映された。

○農産残渣の燃料利用の検討（H20～R1）

農産残渣の燃料利用を図るため、麦わら、稲わらなど20種類程度の農産残渣の性状（工業分析、発熱量）測定と、試験製造されたペレットを用いた基礎燃焼試験を行った。その結果、ほとんどの燃料でクリンカが発生し、実利用のためにはクリンカに対応できる燃焼機器が必要であることがわかった（H20）。

また、長いもネット、小豆殻などの農産残渣の燃料利用を目的として、残渣の収集から製造までの各工程の検討を行い、燃料利用のための処理フローを整理した。長いもネットは、巻き取り後、圃場で十分に茎葉を腐熟させることで、圃場での保管時間を従来の処理方法と比較して大幅に短くできることを見いだした（3→1年）。小豆殻については、収集時に混入する土砂を分離するために振動篩の工程を入れることが有効であることを見いだした（H24-R1）。これらの知見をもとに、長いもネットと小豆殻を混合した成型燃料利用のための前処理方法を確立した。

○流木の燃料化技術の開発（H30～R1）

簡便で安価な海岸流木の燃料化及び利用プロセス開発を念頭に置き、塩分を含む流木の燃焼特性を実験的に明らかにした。

十勝川河口域における海岸流木の発生・処理状況について、自治体及び処理業者から聞き取り調査を行った。また、木質に含まれる塩分の定量手法を確立した上で十勝川河口域の海岸から流木を採取し、塩分の分布を把握した。

採取した流木と同等の塩分を含浸させた木質を模擬試料として用いて燃焼試験を行うことで、高温下では塩分が揮発し周囲環境に飛散することを確認した。また、燃焼生成物の分析を行うことで海岸流木の燃焼が周囲環境に及ぼす影響を明らかにした。

流木の発生から利用までの工程について検討し、収集から燃料製造までのフローを作成した。また、数十m³の流木で、前処理、1次・2次破碎、篩い分け等を行い、篩い分け後のチップの性状、歩留まりなどを調べた結果、篩下の成分が土砂などの混入により灰分が多くなることを把握した。

◎木チップの送風乾燥に関する評価試験 (R1)

冬期の学校内の空気をそのまま、または重油ボイラで加温して燃料室に吹き出し、チップに送風して乾燥する手法について、実機の燃料室を1/6スケールで模擬し、木チップの乾燥速度を定量的に評価できる送風乾燥装置より、木チップ乾燥試験を行った。

その結果、木チップの乾燥速度は送風温度に依存するが、エネルギーの有効利用の観点では、加温しない方が良いことがわかった。また、河川支障木と林地間伐材で乾燥速度などに大きな違いは認められなかった。

◎液体及び気体燃料の製造・改質・精製に関する研究

【概要】

オイルショック後の国の施策として、石油に頼らないエネルギー源の多様化が挙げられた。当時は石炭の利用もその一つの選択肢だったが、一度ハンドリングの容易な石油を経験すると、石炭の利用には石油並みの利便性が求められた。そのため、石炭を液体燃料並みに扱えるよう、石炭のコロイド化の研究が行われた。また近年では、地球温暖化防止対策に貢献するため、バイオマスから原料や燃料を製造する技術開発として、バイオガスから合成樹脂の原料となるホルムアルデヒドへの転換や、動植物性油脂からのバイオディーゼル燃料製造、セルロース系バイオマスからのバイオエタノール製造に関する研究を行った。

◎石炭のコロイド化技術 (S54~59)

石炭粒子を界面活性剤によって油中に安定的に分散させ、取扱いの容易な液体燃料 (COM: Coal-Oil-Mixture) に変換する技術開発を石炭対策本部の委託研究として行った。

砂川、夕張炭などの粘結炭は、軽質重油により安定したエマルジョン型COMができ、褐炭系の天北炭は、特定条件下できわめて良好な安定性が得られた。

COM燃料は給油系統での取り扱いが容易で重油と遜色ない燃焼状態を示した。しかし、COMの灰による熱交換器の伝熱阻害があることから石炭の脱灰処理が必要であることがわかった。

また、オイルアグロレーション法 (界面活性剤と油分を加え、親水性の高い灰分の多い微粉石炭を沈降

させて分離) を用いた天北炭の脱灰処理での灰除去率は、重質油より軽質油の方が良く、脱灰率、灰分離効率はそれぞれ、70~80%、50~60%を得た。

◎ガスハイドレートによるメタン利用技術 (H13~15)

バイオガスは約60%のメタンガスと約40%の二酸化炭素を主成分とし、腐食性ガスである硫化水素をわずかに含んでいる。バイオガスの利用には、メタンガス以外の成分を除去することが望まれている。

そこで、バイオガス組成の模擬ガスを用いてバイオガスハイドレートの生成条件及びハイドレート中の組成等について検討した。その結果、硫化水素、二酸化炭素が優先的にハイドレート中に取り込まれ、ガス層でのメタン濃縮が確認され、ガス分離技術として応用可能であることがわかった。また、ガス貯蔵密度は、圧縮による貯蔵に比べ低圧 (1MPa以下) 条件で臭化テトラブチルアンモニウム (TBAB) の場合は2倍、テトラヒドロフラン (THF) の場合は4倍となった。

◎廃棄物系バイオマスのエネルギー変換 (H15~16)

乳牛ふん尿嫌気発酵処理時の余剰バイオガスを有効利用するためにバイオガス (メタンガス) をホルムアルデヒドやメタノールなどの含酸素化合物に変換する検討を①シリカ担持リン酸セリウム及びピロリン酸スズ触媒を用いた方法と②微生物のメタン資化機能を利用する方法によって行った。

固体触媒を用いた方法では、生成物はホルムアルデヒドが大部分であり、メタノールはほとんど得られなかった。リン酸セリウムを用いた最良の条件でメタン転換率約6%、ホルムアルデヒド選択率約50%を得た。

微生物のメタン資化機能を利用する方法では、道内で採取した試料から好熱性あるいは高温耐性メタン資化細菌を探索及び培養し、メタン資化能を検討した。その結果、メタン-水-菌体間の接触面積確保が重要であり、メタンから二酸化炭素への転換速度は、担体容積基準で31.1g-C/d/m³であった。

◎動植物性油脂からのバイオディーゼル燃料製造技術 (H16~22)

動植物性油脂をメタノールでエステル交換した脂肪酸メチルエステルは軽油に近い性状であり、軽油代替燃料 (バイオディーゼル燃料) として用いることができる可能性がある。しかし、軽油に比べて低温流動性が悪く、北海道のような寒冷地では通年での利用が難しい。また、動物性油脂も常温で固体であるた

め、バイオディーゼル燃料化は難しい。

これらの課題解決のため、廃食用油を原料としたバイオディーゼル燃料の低温流動性の改善と、動物性油脂のバイオディーゼル燃料化を目指し、製造工程や添加剤などについて検討した。さらに、品質向上のための超臨界 CO₂を用いた遊離脂肪酸低減方法、固体触媒を用いて製造したバイオディーゼル燃料及び副産物の評価なども実施した。



バイオディーゼル燃料製造装置

その結果、バイオディーゼル燃料の製造については、廃食用油の酸価・水分が燃料の品質に大きな影響を及ぼし、製造工程では反応を十分に進行させるために 2 段階で行うのが有効であることを明らかにした。また、原料が廃食用油である場合は重合物なども存在するため、反応だけでは JIS 規格を満たせず、その対策として蒸留が有効であることがわかった。

低温流動性については、原料の油種が大きなパラメータで、動物性油脂などの飽和脂肪酸が多い油脂の場合は、低温流動性を改善する添加剤だけでは北海道における冬季使用は難しく、軽油などの混合が必要であることを示した。また、ウィンタリングなどの低温晶析で析出しやすい成分を除去する手法も有効であることも示した。これらの研究成果を技術移転することにより、北海道のバイオディーゼル燃料製造業界の成長に少なからず寄与できた。

○バイオマスからの化学原料製造プロセス (H22~24)

触媒を用いて、未利用バイオマスを有用な化学物質へ変換するプロセスの構築に向けた前処理、反応条件等の検討を行った。その結果、すすき、麦わらなどの草本系バイオマスにアルカリ浸漬処理を施し、その後、爆砕処理を行うことで、高収率でキシリトールを製造する条件を見いだした。

○セルロースからのバイオエタノール製造 (H18~25)

カーボンニュートラルでクリーンな燃料であるバイオエタノールについて、木本類、草本類などリグノ

セルロース系を原料としたエタノール生産技術に関する研究を行った。

・平成 19~21 年に実施した環境省事業では、原野や耕作放棄地などで栽培された資源用トウモロコシを原料とし、子実及び茎葉部を利用した大規模バイオエタノール製造拠点を形成することを目的とした。

セルロースを分解する前処理方法としてアルカリ (NaOH) + 爆砕処理方法について検討した結果、最適条件でのグルコース収率は 90%以上であった。

また、発酵温度 35℃、セルラーゼ濃度 5FPU/g、発酵時間 168h、固形分濃度 20%で最終エタノール濃度 4%以上となる同時糖化発酵技術を確立した。

・平成 22~25 年の農研本部主管の戦略研究では、トウモロコシ茎葉の最適前処理条件下における糖化試験の結果、グルコース収率は草本系では種類に関係なく 90%以上となった。一方、木本系は同条件下でグルコース収率は 10%以下に留まった。しかし、その後のカラマツを対象とした研究でオートクレープを用いたアルカリ蒸解処理によってグルコース収率が 80%となる処理条件 (NaOH 濃度 30% (対基質)、180℃、2h) を見いだした。

・平成 23~25 年に実施した環境省事業では、十勝地方などで大量に発生するビートトップ (てん菜の葉部、以下 BT) から抗肥満性物質などの有用成分を抽出した残渣を原料とした、高効率で安価なバイオエタノール製造技術体系を確立することを目指した。

BT から抽出された BT 油は、抗肥満性などの機能性が認められた。これらは BT 油中のカロテノイド (主にネオキササンチン) の作用によることが明らかになった (北大)。

進化学的手法により 42℃でも活性のある高温ストレス耐性酵母を選抜した。この酵母を用いた、BT 油 5.2t/y、バイオエタノール 1 万 5 千 kL/y 生産する FS では、BT 油生産によりエタノール単価を 30 円/L 軽減できることがわかった。



爆砕装置

◎ 燃焼技術、燃焼装置及びボイラ開発などに関する研究

【概要】

燃焼技術・燃焼装置開発は、昭和までは石炭、コークス燃焼に係るものが多かったが、平成になると廃タイヤなど廃棄物も対象となった。また、ごみ焼却炉からのダイオキシン類の発生が問題となり、平成9年に厚生省（当時）が「ごみ処理に係るダイオキシン類発生防止等ガイドライン」を各都道府県に通達したことを受け、ごみ焼却炉からのダイオキシン発生抑制に係る燃焼技術開発にシフトした。近年では、再エネ活用促進のため、農業残渣などのバイオマスの収集・輸送供給、燃料製造、燃焼技術開発、熱利用技術など、バイオマス利用の一貫した研究を行っている。

○ 固体燃料の燃焼性能評価（S60～62）

英国製固体燃料ストーブの性能基準、試験方法の調査をもとに、貯炭式ストーブの燃焼性能についての基準、評価方法について検討した。自然通気型のバイオコール専焼ストーブについて、検討した燃焼性能評価方法による燃焼試験を実施した結果、良好な熱効率（70%）を確認した。

○ コークスストーブの機能性向上（H1～2）

コークスストーブは着火や燃焼調節がしづらい、灰が多いなどの難点があるため、それらを改善し、インテリア性を追及した機能的なコークスストーブを開発した。着火性については、圧力噴霧式バーナを用いたところ約15分で確実に着火、火床形成された。モニタ試験では、着火操作性、安定燃焼性にすぐれ、デザイン性も好評であった。

○ パルス燃焼装置の開発（H5～9）

パルス燃焼は、高負荷燃焼、高熱効率、低NO_xなどの利点がある。ガス焚きパルス燃焼ボイラの窒素酸化物排出濃度は、灯油ボイラに比べて1/6以下、熱効率はパルス燃焼ボイラの方が5～7%高いことがわかった。また、灯油焚きパルス燃焼装置は、灯油の気化方法を燃焼当初はヒータで、燃焼安定後は燃焼廃熱利用連続気化燃焼方式で行うことにより安定した連続燃焼状態が得られた。

○ 廃タイヤの燃焼技術（H6）

スパイクタイヤの使用禁止に伴い、廃タイヤの乾留式工場暖房用ストーブの開発を行った。このストーブは、一次燃焼室上部でのコークス等の燃焼熱に

より下部の廃タイヤを乾留し、乾留ガスを二次燃焼室で燃焼させるため、バックファイヤが起こりづらい特徴がある。工場暖房に使用したところ33%の燃料費が節約できた。

この成果をもとに施設園芸ハウス暖房用の廃油・廃タイヤストーブを民間企業と開発した。



廃油・廃タイヤ燃焼ストーブ

○ 石炭の脱硫（乾式選炭）（H7～17）

酸性雨の発生抑制を目的とし、発展途上国でも導入可能な乾式脱硫選炭技術として静電気、電磁誘導及び超音波セパレータの適用可能性について検討した。その結果、ドラム式選炭試験（静電気）では、精炭の回収率60%、灰分7%、燃焼性硫黄1.7%及び発熱量8,200kcal/kgで、1時間当たりの処理量は約6kgが見込まれた。

また、帯電量が粒子の表面積に比例することや、石炭の粒径、比重、水分値、粒子の電気特性などから、選炭の数値シミュレーションが行えるようになった。

○ 流動層の応用化技術（H7～9）

流動層技術を用いて高含水有機系廃棄物（ホタテのウロ等）を焼却処理するための燃焼炉の設計、燃焼技術蓄積を図った。その結果、燃焼試験では、乾燥ウロ燃焼中、800℃前後において流動不良を起こした。その要因として、ウロ中に含まれるNaClが溶解しバインダーとして働いたなどが主因と考えられた。

○ 廃棄物の高度燃焼処理技術（H9～12）

一般都市ごみ、産業廃棄物等の焼却炉から排出されるダイオキシン濃度排出抑制について検討した。

固定床2段階半ガス化式焼却炉を用いた試験の結果、産業廃棄物の焼却では、ダイオキシン排出量は規制値（1.0ng/Nm³）を大幅に下回った。また、一般廃棄物の焼却では、ダイオキシン濃度は0.064ng/Nm³となり、バグフィルタを使用せずに規制値（0.1ng/Nm³）をクリアできた。

RDF（ごみ由来固形燃料）の燃焼特性、貝殻等による脱塩特性、脱硫特性について、燃焼分析システムを用いて模擬試料（寸法 100×100×5mm）の燃焼試験を行った。その結果、貝殻の塩素固定率は石灰石と比べて同等かやや劣る程度、硫黄固定率は同等かそれ以上であることがわかった。

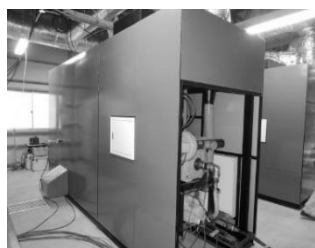
○石炭複合バイオマス燃料の燃焼特性（H20）

微粉炭燃焼ボイラから発生する二酸化炭素の削減を図るため、バイオマス混焼率の増加（現状の1%程度から5%以上に向上）を目指した。バイオマス混焼時のNOxの排出量について小型燃焼器による燃焼試験を行った。その結果、バイオマス混焼率20%において安定した燃焼状態を確認し、二酸化炭素排出量を20%削減できた。また、全NOxの発生量は、バイオマス混焼率5%では石炭燃焼時よりも10～20%低減し、バイオマス混焼率20%では5～10%低減することができた。

○農作物残渣等燃焼ボイラの開発（H21～R1）

農作物残渣等未利用資源活用拡大のため、小豆殻や長いも茎葉、トマトなどの農作物残渣を利用可能なボイラの開発、保養施設における温水供給・暖房利用について検討した。その結果、高灰分、低発熱量バイオマス燃料でもクリンカ障害がなく、ダイオキシン等の有害ガスの発生が少ない高効率バイオマスボイラを開発した。

研究成果は道内企業に技術移転し、出力6万kWの小型高灰分対応型燃焼機の開発に至った。



高灰分対応型ボイラ（芽室、新嵐山荘）

○戦略研究エネルギー（Ⅰ：H26～30、Ⅱ：R1～5）

Ⅰ期：再エネ等の有効活用により、地域の振興とエネルギー自給率向上を目指した。富良野市におけるごみ分別強化によるRDF中の塩素量低減の取組みにより、市内温浴施設のボイラで塩化水素等を著しく低減できた。その後、RDFの地域分散型利用のため、現在（R4時点）、公募型事業を活用して、小規模の燃焼システムの開発に取り組んでいる。

一方、バイオマスガス化炉の開発では、木質及び稲

わらペレットを原料としてガス化試験を行い、ガスエンジンに利用可能な発熱量4MJ/m³以上のガスを生成することができた。また、タール分除去にリモナイト及びNi系触媒が有効であることを見いだした。

Ⅱ期：特性の異なる複数の地域を対象に、再エネ利用や省エネ化に関する技術開発を行っている。当場は、公共施設整備を通じた木質バイオマスや地中熱の利用拡大等によるエネルギー地産地消技術開発、及び温泉付随ガス等の未利用資源の複合的なエネルギー利用モデルの構築について、現在奮闘中である。

◎粉体技術を活用した製品の高機能化・高品質化

【概要】

北海道の粉粒体を扱う業種は、食品工業、窯業・土石、飼肥料、化学工業等、多岐に渡り、粉体製造プロセスの高度化は、道内の無機資源や農産物を中心とした有機資源の高度利用・再利用を進める上で重要な課題となっている。

当場では、粉体製造プロセスの要素技術である、粉碎、分級、造粒、さらには微粒子レベルでの粒子設計に関する基礎研究や、これら技術を活用した事業化・実用化研究に取り組んできた。

○乾式粒子設計技術（H3～20）

①高速気流中衝撃法による形状制御（H3～8）

粒子形状が粉体の力学的特性にどのように影響するのかは、評価すべき形状の特徴が多様で、粒子レベルでの形状調整が困難なため研究途上にあつた。新たな導入技術である高速気流中衝撃法（ハイブリダイゼーションシステム）により粒子レベルでの球状化処理が可能となったことから、各種形状を定量的に評価するフーリエ楕円近似法を活用し、粒子形状と粉体物性の関係の解明に取り組んだ。ステンレス粉体を対象に、段階的な粒子形状調整を行い、流動性、粉体層の付着力、成形体の強度等を評価した結果、粒子形状は静的な物性で顕著な効果を示すことが明らかになった。

これらの研究成果より、「粉の形による機能の発現」という視点が生まれ、ダイヤモンド砥粒の研磨性能向上に関する応用研究に繋がった。

②複合化メカニズムと粉体物性の関係（H3～20）

複合化処理に関して、ミクロンオーダーの母粒子に、サブミクロンオーダーの子粒子を固定化、成膜化する技術開発に取り組んだ。特に、母粒子をポリエチレン、子粒子を単分散シリカとした系では、被覆速度等のメカニズムを明らかにした。段階的な被覆率（0～100%）の複合粒子を調製し、粉体物性に及ぼす効果を検討し

た結果、表面被覆による改質効果は、形状効果と同様に、静的な物性で顕著であることが明らかになった。

○湿式粒子設計技術 (H8~20)

①スプレードライイング法による粒子設計 (H8~13)

スプレードライヤーは、ミクロな球状粒子の製造を目的とした噴霧乾燥造粒装置であり、食品、セラミックス、金属等の最終製品・中間原料など様々な分野にて利用されていた。当時、調製される粒子の物性を制御・設計する粉体技術の開発が望まれていた。

当場では、単分散シリカ系のスラリーを原料とし、固形物の一次粒子径、濃度、pH、また微粒化時の液滴径などを操作条件とし、調製される顆粒の表面構造、内部充填特性（中空、充実）について解析を行い、その関連性を明らかにした。この技術的知見は、道内の健康食品、無機材料を扱う企業へ広く普及した。

②流動層による被覆技術の開発 (H17~20)

粉粒体の表面に機能性を付与するため、転動流動層被覆造粒装置を用い、被覆メカニズム、被覆状態の制御に関する研究開発を実施した。実用化に向けて、農業資材である種子への多層被覆、及び磁気冷凍装置に利用する表面被覆型磁性粉末の開発に取り組んだ。被覆種子は、種苗メーカーの評価において、良好な発芽状況が示され、また表面被覆型磁性粉末は磁気作業物質として作動が確認された。

これらの基礎研究は、北海道大学の篠原教授と共同で実施され、東京理科大学（長万部）の小石教授、東京農業大学（網走）の林教授から多くの助言をいただいで取り組んだ。また、北海道粉体技術研究会、技術講習会、派遣指導などの技術支援を通じて、粉体を扱う道内企業へ研究成果の普及を図った。

○粉体処理技術を活用した応用研究 (H7~26)

①ダイヤモンド砥粒形状と研磨特性 (H7~11)

ハードディスク等の精密研磨加工に用いられる人工多結晶ダイヤモンド砥粒の性能向上を目的に、研磨特性に及ぼす「粒子径」及び「粒形」の効果について、実際の製造工程、品質管理に準拠し、試作、実験、評価を行った。その結果、研磨速度は粒子径の二乗に、研磨における表面粗さは粒子径の一乗に比例するというメカニズムを確認した。さらに、研磨速度には、粒子径のみならず、マクロな粒子形状も大きく影響することを明らかにした。当該研究の知見である粉体処理技術の適用により、同一粒子径で、研磨速度が約30%向上し、研磨表面の粗さも良好な砥粒の製造が可能となった。

②ペーパースラッジの再資源化 (H10~14)

再生紙工場から大量に発生するペーパースラッジのリサイクル技術の確立を目的に、粒状炭化物の製造技術、物性評価及び用途開発について検討した。

製造技術に関しては、造粒法、炭化技術などの最適化に取り組み、プラントが設置された。

また、農業資材としての利活用に向け、土壌改良材、融雪促進材に関する試験を実施し、融雪促進材は、農業試験場にて指導参考としての評価がされた。



融雪促進材試験（倶知安）

③湿式媒体粉碎機による食品素材の加工 (H17~24)

医薬・食品分野において、従来の素材をナノオーダーまで微細化することにより、消化吸収率促進などの機能性が発現する効果が明らかとなり、その応用研究が期待されていた。水産試験場との共同研究で、水産物の微細化処理技術による加工特性の改善、未利用資源の有効利用に取り組んだ。当場は、処理プロセス、粒子径の評価を担当し、ホタテ貝全体を対象とした試験では、貝殻は200nm、外套膜は1 μ m、また食用部の貝柱も μ mオーダーまで微細化が可能で、食材として良好なゲル特性を示した。さらに、この成果をもとに、食用としての利用の少ない魚種をすり身化する加工技術の開発にも取り組んだ。

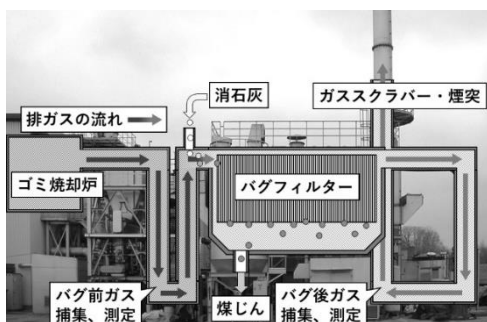
④下水污泥焼却灰の固化・再資源化技術 (H14~15)

下水污泥焼却灰の有効利用を目的に、4種類の造粒プロセスにより、飛散性の高いパウダー状焼却灰を固化し、重金属の溶出抑制、及び埋め戻し材としての物性について評価した。砒素溶出量を環境基準以下に抑制するには、セメント添加率を3%以上にすることが有効であり、また土質試験の結果、埋め戻し材として十分な物性を有することが明らかになった。

⑤高性能排煙処理剤の開発 (H20~26)

国内産糖の約80%を占める甜菜糖の製造が道内3社8工場で行われているが、その精製工程において、炭酸カルシウム汚泥（以下、ライムケーキ）が大量に発生する。当時、畑地の酸度調整材としての利用が主体であったが、大量処理を見据えた新規な用途開発が期待されていた。そこで、ごみ焼却場等の燃焼排ガ

スに含まれる酸性成分を吸収除去する排煙処理剤（消石灰）の開発に着手した。基礎研究では、各工場から排出されるライムケーキの原料特性の把握、排煙処理剤製造プロセスにおける焼成・消化技術、排煙処理剤による酸性ガス除去性能評価技術を確立した。その後、製糖工場内にパイロットプラントを設置し、製造プロセスの最適化に取り組んだ。産業廃棄物及び一般ごみ焼却施設の実証化試験では、開発した排煙処理剤は既存の特号消石灰と比較し、高い酸性ガス成分の除去性能が認められた。



産業廃棄物焼却施設での性能試験

◎各種単位操作による製造プロセスの最適化の研究

【概要】

北海道では、豊かな自然や豊富な天然資源を利用した農畜水産業が盛んである。一方、こうした産業に携わる企業からは、一次製品の付加価値向上に加え、加工残渣や未低利用資源を活用した製品の開発が求められている。当場ではこれらニーズに応えるため、乾燥、抽出、吸着、濃縮といった各種単位操作技術を活用し、北海道の特色を生かした製品の製造プロセス開発に取り組んでいる。

○ハーブ・生薬の調製、加工技術 (H1~5)

地場産業の活性化をめざす一村一品運動の中で、ハーブ、生薬類の生産及び高度利用が普及拡大しつつあった。本研究課題は、試料の調製、加工に関して当場が、成分分析を道立衛生研究所（以下、衛研）が担当する共同研究であった。

①ハーブの乾燥法に関する研究 (H1~3)

本課題は、衛研が管理する薬草園のアオジソ、ハッカ等を試料とし、精油成分 (Perillaldehyde, menthol) を指標とした最適乾燥法の研究である。熱風、放射、マイクロ波及び凍結乾燥による乾燥特性として、乾燥速度、収縮率、色調などを総合的に評価した。

アオジソ、ハッカ共に各乾燥法により、成分減少量が異なる事が分かり、乾燥速度と精油成分量を踏ま

えた、乾燥法の併用なども提案された。

②川芎乾燥工場の調査及びシステムの改善 (H1~3)

川芎（センキュウ）は国内生産の多くを北海道で生産し、その調製加工、ブランチング（湯通し）、乾燥工程は重要なプロセスであった。本研究では、訓子府町の薬草乾燥工場新設に際し、旧工場の実態調査を行い、設計指針を提案し、さらに新工場の稼働状況を調査した。その結果、旧工場と比較し、原料前処理工程では洗浄性、乾燥工程では飛躍的に効率が向上し、良好な乾燥製品に仕上がることがわかった。

③老年性疾患に用いられる漢方剤構成生薬の品質改善 (H4~5)

北海当帰（ホッカイトウキ）は北見、十勝地方等で年間約 400 トン生産され、川芎と並んで道内で生産される代表的な生薬の一つとなっていた。しかし、調製加工では、成分変質の面から機械乾燥化が難しく人手に頼った作業が行われていた。

そこで、現状の生産工程の稼働分析、収穫後の堆積試験、各種乾燥法による含有成分に関して評価を行った。その結果、乾燥温度と水分率の管理により生薬成分は安定を保ち、一週間程度の保存が可能となり、機械乾燥化の適用可能性が得られた。

○農産物の品質向上に向けた乾燥技術 (H2~6)

- ・平成 2 年度から、馬鈴薯でん粉の顆粒化製造プロセス（造粒技術、乾燥技術）の最適化と品質評価に関する技術支援を実施した。取り扱い性に優れた製品の開発に成功し、道内企業から製造販売されている。

- ・平成 3~4 年度には、原料の風味・成分を残したじゃがいも全粒粉の製造を目的に、マイクロ波減圧乾燥法による基礎試験、さらには自動乾燥システムの開発に取り組んだ。連続式自動乾燥システムによる農産加工施設での実証化試験では、原料の特色を損なわない全粒粉の製造が確認された。

- ・また平成 6 年度には、輸入野菜との競争力を有する玉ねぎの貯蔵キュアリング施設の新設に向け、貯蔵条件と品質の関連性を評価した。温度、湿度などの条件と、玉ねぎ表面の付着水の乾燥、外皮の剥離性、鬼皮の色調などとの関連性を整理し、基礎データを委託先へ提示した。

○北海道の水産資源に由来する機能性素材の開発 (H11~22)

水産加工場から排出される非可食部の大半は付加価値の低いミールや飼料として利用されているに過ぎない。水産物の非可食部にはコンドロイチン硫酸（以下、CS）、コラーゲン、ヒアルロン酸といった機

能性を持った高付加価値物質が含まれており、それらの分離回収技術の開発が望まれていた。

その中でCSは、動物生体のみが持つ多糖鎖で、細胞質分裂や創傷治癒などの様々な生命現象に関与する重要な役割を果たしている。CSは認知度の高さから、機能性食品市場においても20億円以上もの規模を誇っており、年々拡大し続けている。

そこで、当場では道内水産加工業と連携し、①サケ鼻軟骨、及び②カスベ軟骨を原料としたCSを食品素材や化粧品原料などとして製品化するための製造プロセス開発を行った。

①サケ鼻軟骨由来「コンドロイチン硫酸」製品

サケは本道において水産業界や食品加工業界の核心的存在となっている。これまでサケの加工場から排出されるサケ頭部は、そのほとんどがフィッシュミール化等の低利用にとどまっていた。一方、サケ頭部の中の氷頭（鼻軟骨）にはCSが高濃度に含まれている。そこで、(株)藤井水産（根室市）、水産試験場及び北海道大学と共同で、サケ頭部からの鼻軟骨分離手法や、鼻軟骨からCSを分離し、脱脂工程を経て粉末化する製造プロセスの研究開発を行った。得られた成果により、共同研究企業がサケ鼻軟骨由来コンドロイチン硫酸を機能性食品や化粧品原料として製品化した。



サケ鼻軟骨由来 CS 製品「氷頭の精」

②カスベ軟骨由来「コンドロイチン硫酸」製品

北海道の特産魚であり道民には「カスベ」と呼ばれている「エイ」は、北海道が全国水揚げ量の50%を占めており、ヒレの部分が煮付けなどにして食されている。残り半分以上の非可食部は廃棄されているが、その廃棄部に含まれている軟骨には、有用な糖鎖やタンパク質が含有されており、カスベの漁獲が多い稚内市では、地域資源に指定されている。

そこで、稚内市に本社がある丸共水産(株)及び水産試験場と共同で、カスベ軟骨からCSを分離精製し、健康補助食品等として製品化するための製造プロセスを構築し、共同研究企業が製品化した。

上記のほか、CSの研究で得られた抽出、分離精製、濃縮、乾燥などの単位操作を利用し、各種水産系未低利用資源（魚頭部、フィッシュソリュブル、ヒトデ等）から機能性素材（コラーゲン、ヒアルロン酸等）の開発に取り組んだ。



カスベ軟骨由来 CS 製品「コンドロイチン」

○ワイン製造残渣を原料とする機能性粉末の製造プロセス開発（H29～R2）

北海道の気候がワイン用ブドウの生産に適していることや、国税庁地理的表示保護制度のぶどう酒部門において「北海道」が指定されるといった社会背景から、道内のワイン製造業は平成5年時の8社から令和3年には53社に急増した。一方で、ワイン製造の過程で「ブドウ圧搾残渣」が副産される。この残渣には、ポリフェノールをはじめ様々な生理活性物質が含まれているが、それらを活用し高付加価値素材として使用されている量は世界的にも僅かであり、多くは廃棄処理されている。

そこで当場は、北海道ワイン(株)と共同して残渣の有効利用を検討し、残渣を構成成分である種子と果皮に高精度且つ簡便な手法で分離する新技術を組み込んだ、残渣の粉末加工プロセスを開発した。

種子と果皮では含有される成分が異なるため、それぞれが異なる生理活性を有する。これまで産業的に利用できる効率的な分離技術は報告されていなかったが、この技術により、それぞれの特性を生かした製品展開ができるようになった。

大学等の協力により残渣の持つ新しい機能が示され、その由来となる物質も同定することができた。これらの結果をもとに、北海道ワイン(株)が化粧品や機能性食品の原料として製品化を進めている。

◎高温・高圧流体を利用した製造プロセスの研究

【概要】

持続可能な循環型社会の構築を目指し、環境へのリスクを最小にすると同時に経済的なプロセスを実現する「グリーンエンジニアリング」の開発が進めら

れている。

「高温高压水マイクロ化学プロセス (HPHT-MP)」は、枯渇しない資源であり安全な物質である水を超臨界・亜臨界水と呼ばれる高温・高压状態にすることで機能化し、1cm³以下の微小な空間を反応場に用いることで既存の方法では得られない高効率反応を生み出す、次世代の環境調和型プロセスとして実用化が期待されている。

この最先端技術を北海道に普及させるため、①北海道の天然資源を原料に用い、北海道の特色を見いだせる製品を製造する、②高度な有機合成ではなく、シンプルな化学反応を誘発させる、③他の手法では不可能で、HPHT-MP でしかできないプロセスを開発するといった点に特化して研究開発を進めた。

○北海道水産資源に由来する多糖類「アルギン酸」の低分子化反応プロセス (H14~22)

アルギン酸は、昆布やワカメといった北海道に広く分布する褐藻類含有の多糖類であり、増粘剤やゲル化剤などとして、食品や医薬品等の様々な分野で利用されている。その構造は L-グルロン酸(G)と D-マンヌロン酸(M)の2種類の単位糖がランダムに直鎖で結合しており、粘性、溶解性や金属イオンとの相互作用力といった物性は、分子量及びMとGの比率(M/G)により決定される。

天然物から抽出されたアルギン酸を産業的に取り扱う際には低分子化が必要であるが、製品の目的に応じた物性を持つアルギン酸を調製するには、分子量及びM/Gを制御しながら低分子化することが望ましい。しかし、現在のところ工業的に利用できる満足な方法は開発されていない。選択的低分子化方法として酵素分解法が盛んに研究されているが、コストが見合わないため、工業化には至っていない。

そこで、アルギン酸を製品として生産・販売している共成製薬株式会社(現カイゲンファーマ株式会社)と共同で、HPHT-MPによるアルギン酸低分子化反応の検討を行った。その結果、酵素や触媒を使用せずに水だけで、しかも反応時間0.1秒以下という高速で、低分子化反応を促進させるプロセスを開発することができた。さらに、反応条件により、M/Gを変化させながら低分子化させることが可能になった。

このプロセスで製造される低分子アルギン酸の機能を調べた結果、食後の急激な血糖値の上昇を抑制する「 α -グルコシダーゼ阻害」の活性が原料高分子より向上することがわかった。これらの成果について、企業と特許出願した(特開2009-215408)。

○道産天然エキス「ホタテ煮汁」を原料とする香味調味料の製造 (H18~23)

ホタテガイは北海道における主要な水産物・水産加工品であり、なかでも「ホタテ乾貝柱」は特に高付加価値品として広く認知されている。

ホタテ乾貝柱は一ヶ月以上の加工期間を経て、貝柱に「乾物香味」を付与することによって製造される。この乾物香味が食の高級感・嗜好性を高める効果があるため、乾貝柱から抽出したエキスを用いて乾物香味を料理に付与すると、その価値が高まることになる。このような理由から、ホタテ乾貝柱の多くは、高級中華料理用の食材として香港や台湾などへ輸出されている。この乾貝柱の製造工程で多量に排出される副産物が「ホタテ煮汁」である。

ホタテ煮汁は、貝柱から溶出したグリコーゲンなどの糖類やアミノ酸など、旨み成分が濃縮された有用な天然エキスである。しかしながら、道内で加工・利用されている量は僅かで、ほとんどが本州企業に極めて安い値段で食材原料として供給されているに過ぎない。そのため道内ホタテ産業では、ホタテ煮汁の付加価値を向上させる加工利用技術の開発が望まれていた。そこで当時は、水産試験場、丸共水産株式会社(稚内市)、株式会社しんや(北見市)、及び北興化工機株式会社(札幌市)と共同で、ホタテ煮汁を原料に、HPHT-MPを用いた高付加価値食材の製造方法の開発に取り組んだ。

ホタテ乾貝柱の乾物香味が還元糖とアミノ化合物によるメイラード反応に由来するため、HPHT-MPにより酵素、触媒、有機溶媒等を用いずに、水のみでホタテ煮汁にメイラード反応を促進させる方法をラボレベルで探索した。その結果、1秒以下の極めて短い時間で、良好な「乾物香味」を煮汁に発現させることができた。これに加え、煮汁に含まれるグリコーゲンやペプチドといった高分子の低分子化反応も同時に促進・制御し、煮汁の「透明化」を可能にした。このことにより、HPHT-MP処理後の煮汁を、スープなどの食材に使用しても濁らせることが無くなり、高級料理にも使用できるようになった。

この成果を実生産レベルまでスケールアップし、ホタテ煮汁を原料とする新規の高付加価値調味料の製品化に成功した(特許第4941996号)。

現状では高付加価値加工品である「ホタテ乾貝柱」の抽出エキスのみが「乾物香味」を食材に付与することが可能であるため、その利用が主として高級中華料理に限られている。本研究で開発した調味料は、乾貝柱抽出エキスに比べ安価で容易に「乾物香味」を付

与えるため、広い範囲の料理に適用できる。



香味調味料「干帆立貝柱香油」

○機能性素材「コンドロイチン硫酸オリゴ糖」の製造技術開発 (H18~28)

コンドロイチン硫酸(CS)は、動物のみが持つ機能性多糖類であり、細胞増殖や創傷治癒に関与するなど、生体内で重要な役割を果たしている。そのため、角膜保護や関節痛治療といった注射液、経口医薬品としてだけでなく、機能性食品市場においても大きな市場を占める素材となっている。

CSは分子量が数万以上の高分子多糖類で、N-アセチルガラクトサミンとグルクロン酸という2種類の糖が規則正しく交互に並んだ直鎖を成しているが、それぞれの糖が多様な硫酸化修飾を受けているため、その構造は複雑である。

CSの機能は、硫酸化された特定のオリゴ糖単位(4~12糖程度)のユニットが、生理活性を持つタンパク質と相互作用することによって発揮される。そのため、CSオリゴ糖の機能に関する研究が盛んに進められており、高分子と異なる機能や、高分子よりも少量摂取で同等の機能を発揮することが報告され、新しい医薬品として注目されている。

一方で、CSオリゴ糖を得る方法として、一般的な加水分解では低分子化を選択的に進行させるのは難しく、高収率でオリゴ糖を得ることができない。そのため、CSの低分子化には酵素が用いられているが、酵素が高価であり、反応時間が長く生産性は低い。また、化学的な合成法も報告されているが、その製造コストは高い。このように既存法では課題があるため、CSオリゴ糖の製品化は試薬に限られており、医薬品等として産業化するには、低コスト・高効率生産を可能にする新規低分子化法の開発が必要であった。

当時は既に、北海道の特産魚である「カスベ」を原料に用いた高分子コンドロイチン硫酸の製品化に、丸共水産株式会社と共同で成功していた。この2機関と、CS研究において世界最先端の実績が有った北海道大学プロテオグリカンシグナリング医療応用研

究室とがタッグを組み、HPHT-MPを用いたCSオリゴ糖の製造法開発を行った。その結果、酵素を使わずに水だけで、しかも酵素反応の数千倍の速度に当たる10秒以下の極めて短い時間でCSオリゴ糖を作るプロセスを開発し、世界初のCSオリゴ糖大量製造工場を設立するに至った(特許第6146733号)。

本技術は数々の賞を受賞し、CSオリゴ糖は食品素材だけでなく、糖鎖研究用の標準試薬として販売されるまでになった。また、複数の大手医薬メーカーが、医薬品開発のために使用している。



CSオリゴ糖機能性食品「ナノ型コンドロイチン」

◎家畜(乳牛)ふん尿の処理・利活用技術の研究【概要】

酪農畜産業では、経営規模の拡大により低コスト化して国際競争力の増強を図っており、一農家あたりの家畜飼養頭数が増加、集中化する傾向にあった。必然的に家畜ふん尿量が増大し、その処理が困難となり、悪臭や地下水、河川、湖沼の汚染等の問題が全道的に深刻化していた。一方で家畜ふん尿は有機物を多く含む肥料成分も含有することから有機質肥料として利用、また、その有機物をエネルギー資源として利用することが可能であり、道内においても種々の処理方法が試験的に行われていた。しかし、当時は有機物濃度が非常に高いふん尿の処理に関する知見は少なく、過剰あるいは不十分な設備で運転している施設もあった。道農政部では「家畜ふん尿農地還元技術の確立」を目的に処理技術の調査を行っており、当场へは道内施設における処理状況の調査と処理条件や必要な処理装置の検討が委託された。その後、当部において10年以上続き、ほとんどの部員が関わった大きな事業の始まりであった。

○家畜ふん尿利活用技術調査 (H7~13)

農政部の委託を受け、ばっ気処理に関する基礎調査及びメタン発酵処理の際に発生するメタンガスの有効利用に関する基礎調査を行った。

①ばっ気処理に関する基礎調査

ばっ気処理は、ふん尿を固形分と液分に分けた液分に空気を送風し、臭気や BOD 成分と呼ばれる有機物や窒素分を微生物により低減させようとするものである。道内において数カ所に試験的に設置されているが、その施設を調査したところ、処理槽が屋外に設置され冬期間の低温による処理能力の低下が懸念された。また、ばっ気装置や処理槽の大きさなどが様々で、適正な処理条件も不明であった。そこで、ばっ気量やふん尿投入量などの諸因子に対する液性状の経時変化を調査する基礎試験を行った。試験はスキジャンプの合宿所で有名な道北朝日町（現士別市）の協力企業敷地内に 16 個の槽を設置し、近隣の牧場から収集したふん尿を用いて行った。昼はばっ気により揮散したアンモニアでくしゃみをし、夜は合宿所でジャンプ選手と風呂に入る日々を送りながら試験を続けた。その結果、有機物高濃度のふん尿液分でも低温下において処理が可能であること、ばっ気量や希釈、接触材利用など酸素が溶け込みやすい条件で処理性が良好となることを確認した。



ばっ気処理試験装置

次に、酪農家に設置された処理施設において、ばっ気装置の種類や運転条件、必要な付帯設備を調査した。施設は牛乳やチーズで有名な道東別海町にある S 牧場で、その施設設備を改良しながら試験を行った。別海町へは近隣の中標津空港を利用して通ったが、春と秋は飛行機から降りるとふん尿臭が漂い、早く処理条件を明らかにせねばと花咲ガニやホッカイシマエビを食べながら試験を続けた。その結果、各ばっ気装置の特性を把握するとともに、槽容量に対する適正なふん尿投入量とばっ気量、さらにばっ気時間を明らかにした。また、発泡によるばっ気槽からの液流出を防ぐ消泡装置や、貯留槽、沈殿槽などの付帯設備の設計方法を提案した。これらは農政部において「家畜ふん尿活用施設 設計の手引き」として発行され、液状コンポスト化施設の設計に利用された。



家畜ふん尿活用施設 設計の手引き

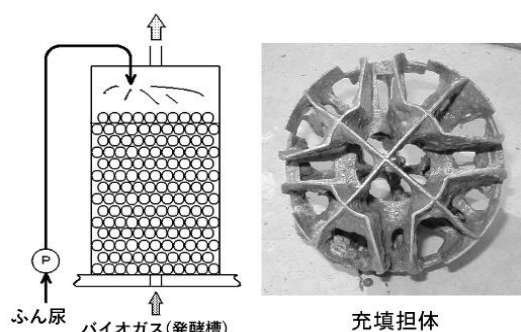
②メタン発酵処理による発生ガスの利用

メタン発酵処理は、ばっ気処理と逆に空気（酸素）を遮断し、30-50℃で発酵槽を加温することで、有機物を微生物によりメタンに変換させて低減させようとするものである。現在ではエネルギー利用を主目的としたバイオガスプラントが道内に数十件設置されているが、当時はふん尿処理を主目的とした施設が数カ所あるのみであった。ある施設では発酵槽の加温を灯油ボイラにより行っており、変換生成したメタンを含むバイオガスは大気に放出されていた。そこで、メタンガスの有効利用を目的としたバイオガスの生成量、成分、処理液の性状調査を行い、利用設備の検討を行った。同施設は「北の国から」で有名な富良野市麓郷に近く、ロケ地にもなった H 牧場で、昼は小野田そばに通い、作業着長靴姿のため観光客に道を尋ねられる毎日で、現在は廃止された上川振興局麓郷詰所を拠点として調査を続けた。その結果、バイオガス発生量、メタン濃度ともに一般的な値であり、冬期間においても施設で消費する灯油の代替燃料として十分であることを確認した。



メタン発酵処理施設

一方で、硫化水素濃度が 10,000ppm を超える場合があり、ガスボイラ等の利用機器が腐食する可能性が懸念された。通常、脱硫には酸化鉄などを使用するが、コストが年間百数十万円と見積もられ、低コストな手法の確立が必要となった。まず、利用機器を廉価な市販の 6A ガス給湯器とし、あえて脱硫はせずに、腐食したら消耗品を交換する方法を検討した。維持管理の手間を考慮し一年程度の運転を目算したが、2カ月足らずで配管が腐食し運転停止した。そこで、低コストな脱硫方法を検討することとなり、生物脱硫に着目した。硫化水素を硫黄酸化細菌と呼ばれる微生物により硫黄として除去する方法である。増殖・固定化した微生物に硫化水素を含むバイオガスを効率的に接触させること、生成した硫黄の付着による装置の閉塞を防止することを目標とし、五郎の石の家や丸太小屋を横目に検討した。その結果、発酵槽上部に設置した脱硫塔の内部に担体を充填し、その上部から発酵液を散布することで、目標を満足する脱硫システムを開発できた。後段に他の生物脱硫方法と組み合わせて硫化水素濃度を 1ppm 以下まで低減し、ガスボイラで長期利用が可能となった。この脱硫方法は、後述する事業を通じて空気の混入量、発酵液の散布条件などを整理し、民間企業と共同で特許を取得した。



開発した生物脱硫システム

○ふん尿の適正処理と有効利用に向けて (H8~)

上記のほか、ばっ気処理施設(浦幌町、広尾町)、メタン発酵処理施設(網走市、西興部村)について処理状況を調査し、運転管理方法や脱硫方法を提案してきた。また、成果をもとに以下の事業に展開してきた。

①乳牛ふん尿のばっ気処理技術の確立

- ・大規模牧場における高濃度・高粘度のスラリー状ふん尿のばっ気処理条件解明を根釧農業試験場と共同で行った。

②バイオガスエネルギー利用における硫化水素対策技術の研究

- ・メタン発酵処理で発生するバイオガスを有効利用

する上で硫黄酸化細菌を利用した低コストでメンテナンスフリーな一般家畜農家及び中小加工場向けのバイオガスの脱硫方法を確立した。

○おわりに

家畜ふん尿の対策に農政部が取り組みを進め、当部もその一端を担えたことは幸いである。農政部の担当者は個性的な方も多く、現地試験で共に合宿し、3K(きつい、臭い、汚い)の中で仕事を進めたのは、当部メンバーにとって良い思い出となっている。

◎水処理の高度化の研究

【概要】

当場における水処理の取組みは、北海道の豊かな自然を公害、環境汚染から守る研究である。

昭和の時代には、洞爺湖水質調査を代表とする環境影響調査や食品加工場等の排水処理に関わる研究が行われてきた。また、北海道特有の課題として寒冷地向け排水処理装置の開発が行われてきた。

その後も、生物学的処理及び物理化学的処理を用いた水処理システムについて、コストを低減する新たな技術開発や、強化される傾向にある規制・基準をクリアする技術開発に取り組んでいる。

○洞爺湖水質調査 (S42~H3)

当場では昭和 40 年頃から水質汚濁防止対策として河川、湖沼等での水質調査を実施してきた。特に、酸性鉱山廃水に起因する洞爺湖の水質調査は長期間続けられた。一時期 pH5 付近まで低下した洞爺湖水の水質も、周辺各鉱山の閉山と坑水中和処理等の環境保全対策の実施により、酸性化の影響が無くなってきていることが確認され、調査は平成 3 年に終了した。

○循環式水洗トイレの開発 (H6~14)

北海道には下水道が敷設されていない山間部や海岸部にも多くの観光地、パーキングエリアなどがあるが、このような場所では通常の水洗トイレは設置できない。また、たとえ浄化槽を整備し汚水を浄化したとしても周囲が国立公園であったり、水道水源に近い場所などでは放流は困難である。なかには水洗用の水源さえ確保できない場所もあるなど、水洗式公衆トイレを整備したくても不可能な状況であった。こうした背景から、汚物を洗浄した汚水を浄化したのち、再び洗浄に使う循環式水洗トイレの開発が求められていた。

そこで、当場で蓄積してきた膜分離や微生物と活

性炭の組合せに関する技術・知識と、共同研究企業のトイレに関する経験・技術蓄積とを融合、発展させ、循環式水洗トイレの開発を行った。本開発では、浄化処理システムとして、①処理時間短縮のため、微生物による汚水浄化の過程に最新の中空糸分離膜を導入する技術、②着色成分の除去に、活性炭吸着単独ではなく微生物による分解との相乗効果(生物活性炭)を利用する技術について研究し、システムの小型化と活性炭の連続使用(長期間交換不要)に成功した。本開発を活用したトイレは、道内ではパーキングエリアや公園を中心に30カ所以上設置され、臭いも色もない水を循環し、周辺環境保全とさわやかなトイレ環境の提供を両立させた。

(平成13年度北海道職員表彰受賞)



循環式水洗トイレ

○微生物担体利用技術の開発(一部再掲)(H3~19)

北海道の寒冷な気候は微生物処理には不利な条件であり、微生物の活性を十分に得られないことがある。そこで、微生物の濃度保持や活性保持のため微生物担体を利用した研究を進めてきた。

ゴルフ場の環境保全対策技術に関する研究では、道立6試験研究機関による連携プロジェクトとして、当場はゴルフ場から流出する農薬の除去システムの開発に取り組んだ。数種類の農薬について微生物担体や生物活性炭を用いた除去試験を行った結果、生物活性炭が特に低水温下において有効であった。

廃乾電池亜鉛滓を有効活用した機能性複合セラミックスの開発では、用途の一つとして微生物担体への適用可能性を検討した。中空円筒状の多孔質セラミックスを作製し、同形状の市販微生物担体と比較した結果、BOD除去・硝化活性において優位性を確認した。

ヒトデの有効利用の研究では、北海道で駆除されるヒトデを酵素等で分解して得られるヒトデ殻(骨片)について、炭酸カルシウムを主成分とする多孔質体であることに着目し、ペレット状に成形して微生物担体に適用した。観賞魚飼育における水質浄化試

験により、魚毒性の高いアンモニア性窒素を硝酸性窒素へ変換する硝化機能と、硝化に伴うpH低下を抑制する中和機能について評価した。その結果、市販担体と同等以上の機能を有することがわかった。

とからゼオライトを利用した水処理材の開発では、粉末からの成形加工方法を検討し、中空円筒状の材を作製した。ゼオライトの特徴である陽イオン交換能を利用しアンモニウムイオンの連続処理試験を実施し、十分な物理的強度とアンモニウムイオン除去性能を確認した。

○排水からの窒素除去に関する研究(H17~25)

排水中に含まれる窒素成分は、閉鎖性水域の富栄養化や地下水の硝酸性窒素汚染の原因となるため、適性に除去する必要がある。一般的な窒素除去方法は微生物による硝化・脱窒法であるが、硝化工程では処理に時間がかかること、脱窒工程ではメタノールなどの有機物源が必要なことが課題となっている。

そこで、硝化工程における処理速度の向上を目的に、硝化細菌を微生物担体に固定化する効果について評価試験を行った結果、低温時においても処理速度が低下しづらいことがわかった。また、脱窒工程においては、脱窒細菌に代わる方法として、有機物源を必要としない硫酸化脱窒細菌について検討した。その結果、硫黄と炭酸カルシウムを主成分とする担体を用いると、十分な処理速度が得られることを確認した。一方で、長期間の処理を行った際に、ペレット状に成形した担体が徐々に崩壊して目詰まりを起こす課題も見つかった。これを解決するため、不織布を基材としてシート状の担体を製造する方法や、この担体を用いた効率的な処理技術の開発を行っている。

また、生物学的処理は温度や負荷変動が大きい条件では対応が難しいため、物理化学的処理技術として、農地から流出する硝酸性窒素を吸着資材により低減する手法の開発にも取り組んだ。実験用水路での試験では、資材を流出水と効率よく接触するように設置することにより、一定の効果を確認した。しかし、広大な面積を有する農地への適用には課題が残った。

○水処理技術の高度化(H4~R4)

前述した研究のほかにも、水処理技術の高度化や低コスト化を目指した種々の水処理プロセスについて取り組んだ。

オゾン利用技術では、水産物の鮮度保持手法を検討し、ホタテむき身に対してオゾン海水で洗浄することで、3日後において細菌数の増加を有意に抑制

できた。また、マダラ白子に対してオゾンマイクロバブル水による殺菌効果を確認した。

金属触媒等の利用技術では、地下水を用水として利用する場合に問題となった色度(フミン酸)除去や、プールの塩素臭の原因であるクロラミン除去について、マンガン酸化物等を利用した吸着分解について検討し、それぞれの適正な処理条件を明らかにした。

排水の生物処理では、分解に関わる微生物が重要であり、様々な機能を謳った微生物製剤が多数市販されている。これらの中から数種類の製剤を選定して基礎的な機能評価試験を実施した結果、製剤の種類や濃度、対象物質の違いなどにより、分解特性が大きく異なることがわかった。さらに、低温条件においては馴化により常温とあまり変わらない処理性能が得られた。また、汚水処理施設の機能立上げに使用する微生物資材(シーディング剤)の評価では、資材から溶出する成分による汚泥発生量の減量効果が示唆された。

上水の浄化処理における凝集技術については、既存の凝集剤では冬季低温時に処理能力が低下するなどの課題があった。そこで、共同研究企業の開発したアルミニウム-シリケート系高分子凝集剤について、既存凝集剤との比較試験を実施した結果、開発した凝集剤は低水温でも凝集性能に優れ、寒冷地に適していることがわかったほか、色度除去効果も高かった。

また、最近では電気分解法について、鉄電極から溶出させた鉄イオンを利用した凝集処理や、不溶性電極を用いた酸化処理に取り組み、実用化に向けた研究を実施している。

◎有機性廃液・廃棄物の処理・再資源化の研究

【概要】

北海道では、一般家庭から出る生ゴミや下水汚泥に加え、一次産業に由来する水産加工残渣や農畜産廃棄物など、高濃度の有機物を含んだ廃液・廃棄物が発生している。これらの廃液・廃棄物については、可能な限り再資源化を図るとともに、できないものは適正に処理する必要がある。そこで、有価成分の抽出、エネルギー源への変換、効率的な分解処理に関する技術開発に取り組んでいる。

○膜分離技術等を用いた道内食品製造・加工廃液の有効利用(S61~H3)

食品製造・加工時に発生する廃液について、浄化して再利用する方法や、有効成分を回収する方法の開発に取り組んだ。

塩数の子の加工工程で排出される高塩分廃液について、汚濁成分を除去して再度加工用塩水として利用するプロセスを開発した。限外ろ過膜を用いることで、再利用に問題ないレベルまで濁度成分や有機物を除去できた。また、膜の透過流速低下を抑制するには、泡沫分離法による前処理が有効であることを見いだした。

乾ホタテ貝柱製造工程の副産物である煮汁から、低塩分で風味豊かな調味料原料を製造するプロセスを開発した。まず限外ろ過膜で微細な濁質や高分子物質を除去し、次にルーズ逆浸透膜で味液成分を濃縮する方法により、淡褐色で透明な低塩分エキスが精製できた。また、官能試験においても一定の評価が得られた。

ビート糖製造廃液であるクロマト分離液から、有価成分であるペタインやオリゴ糖類を回収するプロセスの構築を目指した。ペタインは、樹脂分離→濃縮→結晶化→脱水→乾燥→ふるい分離の工程により純度97%で回収可能となり、飼料添加物用として製品化された。また、オリゴ糖類は、樹脂分離→濃縮操作により、機能性食品成分といわれているラフィノース、ケストースなどを含有する糖液として回収することができた。

◎有機性廃液・廃棄物の高温好気処理(H7~19)

高温好気法は、微生物担体(木質チップ等)に有機性廃棄物を混合攪拌し、空気(酸素)を供給することで、有機物を二酸化炭素と水にほぼ完全分解し、その分解熱で水分を蒸発させる処理方法である。

この処理方法を適用したニシン加工残渣処理の実プラントでは、短期的には良好な処理が可能であったが、徐々に未分解の油分が蓄積する傾向が見られ、担体温度や水分などを最適に保つ運転制御が必要と考えられた。また、高濃度のアンモニアが発生したが、水洗式の脱臭機で大幅に低減できた。なお、油分の蓄積については、その後の研究において、前段に加水分解・液状化処理を組み合わせることで改善が認められた。

このほか、廃乳の処理に高温好気法の適用を試みた。凝集剤で固液分離して得られた固形分について高温好気処理試験を行った結果、継続的な処理が可能であることを確認した。また、液分については担体型好気性処理でBOD成分を低減できた。



ニシン加工残滓処理プラント

○有機性廃棄物のメタン発酵処理 (H14~28)

メタン発酵は、有機性廃棄物等を酸素のない条件下で嫌気性細菌によりメタンと炭酸ガスに分解する処理方法で、メタンはエネルギーとして利用できるため注目されている。そこで、農畜産廃棄物、食品加工残渣、都市生ゴミを対象に、適正な処理条件等を検討した(このうち、乳牛ふん尿については「家畜(乳牛)ふん尿の処理・利活用技術の研究」に記載)。

原料の組成や有機物負荷量がメタンガス発生量に与える影響等を調べるため、各種条件下におけるメタン発酵試験を実施した。その結果、蛋白質、脂質、炭水化物の成分組成の違いによる発酵特性を把握するとともに、適正な負荷量などを明らかにした。また、繊維質が多く、難分解性の原料は、前処理として可溶化が有効であることを見いだした。さらに、発酵後の消化液について、放流する場合の浄化処理方法として担体散水型好気性処理の適用可能性を確認した。

このほか、産業技術総合研究所からの委託事業において、食品系生ゴミや家畜ふん尿等の有機性廃棄物の再資源化及びエネルギー回収に関する技術情報を収集し、データベースを作成した。このデータベースは、委託元のホームページに公開された。

○有機性廃液・廃棄物の肥料利用 (H23~28)

リンは肥料の三要素の一つであるが、原料のリン鉱石は日本では産出されず、全量を輸入に頼っている。一方で下水汚泥にはリンが高濃度で含まれていることから、下水汚泥焼却灰を原料とした回収技術の開発に取り組んだ。酸またはアルカリ液により抽出したリンからリン酸カルシウムを生成する方法や、酸化カルシウム及び酸化マグネシウムを添加して還元溶融によりスラグ化する方法について、回収プロセスの適正条件を明らかにした。しかし、実用化に向けてはコストの高さが課題として残った。

また、メタン発酵消化液の液肥利用を促進するた

め、高額な機器や煩雑な操作などを必要とせず簡単に肥料成分(窒素、リン、カリウム)を把握する手法を検討した。その結果、比色法などの簡易迅速分析でも実用可能な精度で測定できることを確認した。

○LCA手法による環境負荷の総合評価 (H11~12)

ライフサイクルアセスメント(以下 LCA)は製品等の原料調達から廃棄・リサイクルに至るライフサイクルにおける環境負荷物質を定量的に算出して環境への影響を評価する手法である。廃棄物の再資源化においても排出から再資源化、使用において環境に与える影響を評価することが重要である。そこで、資源環境技術総合研究所(現産総研)において LCA 手法を習得し、モデルケースとして乳牛ふん尿を処理して肥料とする場合について、環境負荷を定量し、化学肥料と比較した。その結果、発生するメタンガスを全量利用することで、化学肥料よりも炭酸ガスの排出量が少なくできることを明らかにした。

◎ホタテウロ(イカゴロ)の有効利用技術の研究

【概要】

ホタテガイの漁獲量は昭和40年代までは年間1万トン以下であった。それが、養殖の成功と全道への波及により漁獲量が飛躍的に増加し、平成7年以降は年間40万トン前後で推移しており、令和2年は約42万トン、漁獲額は約500億円と、今や北海道を代表する水産物である。一方、ホタテガイの水産加工において中腸腺(以下、ホタテウロ)など貝柱以外の内臓物が加工残渣として発生する。その量はホタテガイ生産量の10%程度であるが、ホタテガイの生産量の急激な増加により、ホタテウロの発生量も大きく増加した。ホタテウロはタンパク質が豊富なため、未利用バイオマス資源としての利用が期待されるが、有害重金属のカドミウムを高濃度(数10~200ppm)に蓄積しているため有効利用の足かせとなり、当時は不法投棄問題も発生するなど、ホタテウロの処理方法に各自治体や水産加工業者は苦慮していた。

当場をはじめとする道総研(当時は道立試験研究機関)ではこれらの問題に対し、ホタテウロのほか、イカゴロなどに含まれるカドミウムを電解法により除去し、飼料や肥料などとして有効利用する、世界に例のない技術開発に取り組んでいる。

○ホタテウロの飼料・肥料としての有効利用 (H3~10)

平成3~7年度に当場のほか、中央水試、函館水試、中央農試、滝川畜試、衛生研究所が参画した、複数の

道立試験研究機関がプロジェクト方式で実施する初めての研究制度により、一連のホタテウロ・イカゴロの有効利用に関する取組みがスタートした。主な成果として、ホタテウロ中のカドミウムやヒ素の存在形態、噴火湾やおホーツク海域で漁獲されるホタテガイの内臓に含まれる重金属濃度の季節変動やホタテウロの脱カドミウム技術及び貝殻のスリップ防止剤への利用、脱カドミウム処理ホタテウロの肥料、飼料としての有効性を明らかにした。また、ホタテウロを希硫酸溶液などの酸溶液に浸漬してカドミウムを浸出し、さらに電解法によりカドミウムを除去する酸浸漬－電解法は、以後の研究開発における大きな基盤技術となった。

その後、中小企業庁の補助を受け、北海道地域産学官共同研究事業として、当場のほか、花・野菜技術センター、滝川畜試、中央水試、食加研、及び大学、機械製造企業などが参画し、ホタテウロを飼料や肥料として有効利用する技術開発を行った。100kg スケールのパイロットプラントを構築し、実用プラントに向けたホタテウロの脱カドミウム処理技術、脱カドミウム処理したホタテウロのミール化技術、排水処理技術などの成果が得られた。また、工場でのカドミウム除去工程管理のため、イオン電極を用いた安価な簡易迅速分析法を開発した。そして、平成 11 年度にこれらの技術を採用した実用プラントが建設されるに至った。



ウロ 100kg 処理規模パイロットプラント



森町 未利用資源リサイクル施設

○イカゴロの有効利用 (H11～20)

近年は漁獲量が非常に減少しているが、北海道では道南地方を中心にイカが年間10万トン以上漁獲され、珍味や塩辛などにも加工されている。加工時に発生するイカの肝臓を主とした内臓物(以下、イカゴロ)は年間1万トン近く発生し、ホタテウロと同様にカドミウムを含有しているため、地元の飼料工場にてエビの餌に加工され海外に輸出されていた。しかし、カドミウムを除去できれば国内で活用できると考え、イカゴロからのカドミウム除去技術の検討を行った。基礎検討の後、重点研究及び外部資金によりイカゴロの養魚用飼料への利用技術開発に関する共同研究を当场、釧路水試、栽培漁業総合センターで実施した。電解法による脱カドミウム処理方法を開発し、クロソイ稚魚を対象とした飼育試験では、脱カドミウム処理イカゴロは魚粉の50%まで置換可能で、摂餌促進効果や成長促進効果を有することが判明した。さらに、自己消化によるエキス化処理と電解処理を組み合わせる方法を考案し、その後のホタテウロを原料とした摂餌促進物質製造技術のきっかけとなった。

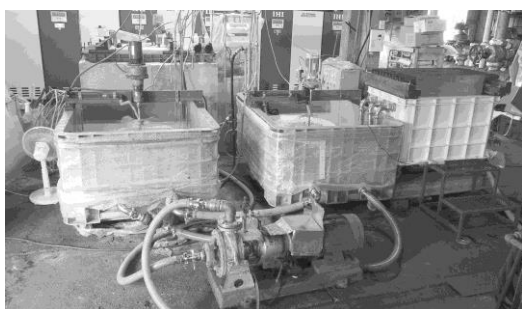
○ホタテウロの魚類摂餌促進物質としての有効利用 (H22～R5)

平成 18 年あたりから養魚用飼料原料の魚粉価格が上昇し始め、現在では当時の2倍以上の価格となっており、日本の養殖業界では養殖コストの低減が緊急な課題となっている。全国と比較し水産資源が豊富で、低水温で養殖に適した湾などが少ない北海道では魚類養殖生産量が年々減少する一方であったが、近年、サケやイカなど主要魚種の漁獲量が大きく低下したことを受け、新たな取組みとして各地でサクラマスなどの養殖生産が本格化している。しかし、養殖生産の大半のコストを飼料代が占める。飼料代の削減のために魚粉の代わりに安価な大豆かす等の植物性タンパク質を多量に配合した飼料は摂餌性が低下するため、オキアミエキスなどの摂餌促進物質の添加が提案されているが、摂餌促進物質は非常に高価である。

そこで、イカゴロの有効利用の研究で見出した、自己消化によりタンパク質を分解し、魚の摂餌促進物質である遊離アミノ酸を豊富に含んだエキスを生成する方法をホタテウロにも適用したところ、同様なエキスが生成可能であった。この技術を用い、本道のホタテガイ漁業の持続的な発展を支援するとともに日本の養殖業界のニーズに合致した魚類摂餌促進物質(以下、ウロエキス)の製造技術の開発と実用化に向けた取り組みを北海道環境生活部が主管する循環税事業

にて開始した。この研究において、ウロエキスがマツカワ、クロソイ、マダイ、ハマチ、サクラマスなどの摂餌性や成長を促進することが判明した。さらに、協力機関の飼料メーカーにより、クロマグロ仔稚魚の生存性も向上することが確認された。その後、飼料メーカーが開発したまぐろ類仔稚魚用配合飼料の原料にウロエキスが採用され、特許取得や飼料販売などの実用成果も得られ始めている。

現在、魚粉を北海道の食品製造で排出される残渣で代替し、ウロエキスを配合して低コストで摂餌・成長の良いサケ科魚種向け飼料の開発を目的とした研究をさけます内水試、鉋路水試、栽培水試、エネ環地研の共同研究として実施中であり、将来、北海道の養魚用飼料として広く採用されるよう、鋭意研究を進めているところである。



ウロエキス製造試験装置（ウロ 1.4t 処理規模）

◎重金属等の有害元素対策の研究

【概要】

当場では、環境保全の観点から、分析法等の中で使用されている各種化学分離などの手法を応用して、有害物質の分離除去、不溶化・安定化など数多くの環境保全研究開発に取り組んできた。

○六価クロム土壌汚染対策（S47～H11）

北海道生活環境部に昭和 47 年に設置された「栗山地区クロム汚染対策協議会」からの依頼で、町内に廃棄されたクロム・鉛残滓の物理化学的調査、六価クロムの還元に関する取組みを開始した。研究開始当初、埋め立てられたクロム・鉛残滓の上部に硫酸第一鉄による還元層を作り、覆土またはアスファルトにより被覆することで六価クロムの浸出を抑制する技術を見いだした。その後、現地試験の開始（S48）、鉛残滓が埋め立てられた小学校グラウンドにおける施工方法の提案と工事の実施（S49）、鉛残滓を含む土地に築造物がある場合の処理法の検討及び現地試験（S50）、鉛残滓が埋め立てられた道路の実態調査及び施工方法

の提案と工事の実施（S54～55）を進めた。また、工事箇所の追跡調査及び劣化部補修時の工法の提案（S55～H11）なども継続的に実施した。本課題は、実用化を進める一方、適正還元資材量や反応時間など無害化に関する基礎的な試験研究も並行しながら、27 年間の長期に渡り取り組んだ。

○廃棄物を対象としたバクテリア・リーチング処理（H4～5）

鉱石中に含まれる金属の湿式製錬方法であるバクテリア・リーチング法を、廃棄物からの重金属除去に応用した。バクテリアに硫酸化細菌及び鉄酸化細菌を用いることにより、下水汚泥及び水産系廃棄物中の銅等を 70～90%溶出させることができた。

○廃棄物焼却灰、スラグ等の有害物質固定化技術、再資源化技術（一部再掲）（H9～22）

有害物質を含有し、溶出の懸念もある廃棄物である下水汚泥、都市ゴミ、石炭焼却灰、スラグ等の有効利用を図ることは、埋立地の延命、資源循環、環境保全のため非常に重要であることから、当場では数多くの技術開発を進めてきた。

・平成 9～12 年には、ホタテウロ焼却灰にチオ硫酸ナトリウムを添加して生成硫化物の粒度を大きくすることでカドミウム溶出量を低減する方法を開発した。この技術は「廃棄物など汚染物質に含まれる重金属元素の不溶化処理方法」（登録番号 762965）として平成 17 年特許取得した。

・平成 14～21 年には、セメント原料の一部に一般廃棄物焼却灰を用いる試験製造に取り組んだ。また、下水汚泥焼却灰を埋め戻し材に利用するため、セメント混合による適切な造粒方法及びその処理コストを把握するとともに、ひ素の溶出抑制を確認した。

・平成 18～19 年には、林産試験場等と共同で、木質系バイオマス焼却灰を肥料として森林に還元する研究を実施した。具体的には、焼却灰の発生実態調査と成分分析、有害金属の溶出抑制法開発、灰のペレット化を実施し、さらに灰の苗木への施肥効果を明らかにした。排出される焼却灰はクロム、鉛等の濃度が高い場合があるため、鉛を含む要因を推察し、六価クロムについては溶出を抑制する技術も開発した。

・平成 17 年には石炭灰のセメント固化による有害成分溶出抑制技術に取り組む、石炭灰の粉碎処理や混和剤の添加により、セメント配合でも高強度の硬化体が得られ、ふっ素、ほう素等の固定化も確認された。

・さらに、平成 21～22 年には石炭灰の別の利用法とし

て、環境・安全面に課題がある選炭ズリ埋め立て地を安定化させるため、黒硬・製鋼スラグと混合施工による土質安定化を目指し、それを模した長期の盛土試験及びカラム試験により周辺環境への影響を推定した。

・平成 17～19 年には、一般廃棄物溶融スラグを、コンクリート用細骨材などの建設資材へ活用する技術開発に取り組んだ。一部のスラグには鉛が含有していたが、溶出試験では基準値以下であり、溶融によって溶出が抑制されることが確認できた。この結果をもとに、溶融スラグを細骨材としたコンクリート製品を開発し、安全性を評価した。共同研究機関の全国コンクリート製品協会道支部に所属する製造事業者の製品が、平成 19 年北海道リサイクル製品に認定された。

また、スラグに鉛が含有する要因を、廃棄物を種類毎に分別して分析することにより推定した。この手法は、以降の他の廃棄物を対象とした研究においても、有害成分の由来推定に役立てられている。



溶融スラグを用いたコンクリート製品

○廃石膏を利用した複合汚染対応型不溶化剤の開発 (H19～20)

廃石膏のリサイクルを進める観点から、石膏がもつ多くの有害元素を不溶化できる性質を利用して、安価な土壌用不溶化剤とするための検討を企業と共同で行った。各種有害元素の不溶化性能の把握及びそのメカニズムの考察とともに、硫酸塩の還元による硫化水素の発生条件の把握、長期的な安定性などの安全性評価も行った。その結果、環境負荷の少ない廃棄物原料の汚染土壌不溶化剤を開発し、共同研究先企業により製品化された。



製品化された不溶化材

○防腐剤 (CCA) 処理木材の自動判別方法及び有効利用 (H20～22)

CCA 処理木材について、レーザー誘起ブレイクダウン分光法 (LIBS 法) による判別法、硫酸浸出法を用いた糖化による原料化、有害金属の除去など、リサイクルシステムを構築する研究を進めた。当場では、市販のレーザーと分光器を組み合わせることで LIBS 装置を試作し、クロム及び銅を測定することで、汚れた木材でも CCA 処理の有無を正確に判別する技術を開発した。また、CCA 成分を除去するとともに、ヘミセルロースをほぼ全量フルフラールとその誘導体として回収できる希硫酸蒸着処理条件を決定した。

○各種廃棄物からのひ素等の分離除去 または溶出抑制技術の開発 (H4～R1)

北海道では、その地質的特徴から天然由来のひ素等を含有する排水、汚泥や土壌が多量に発生しており、それに対応するため、ひ素などの分析方法や分離除去または溶出抑制技術に関する基礎的な多くの研究を実施してきた。

平成 4～5 年には、ICP 発光分光分析法に水素化物発生法を組み合わせると、環境上重要なひ素、セレン等の元素は水質環境基準レベルの分析が十分可能となるまで高感度化できることから、各種操作条件を検討して、元素毎の最適な分析条件を見いだした。

平成 5～6 年での還元焙焼法による基礎検討結果をもとに、平成 16～18 年には、温泉由来ひ素高濃度含有下水汚泥からの乾式除去技術に取り組んだ。その結果、汚泥に硫黄、塩化ビニルを加え溶融することで、ひ素は 99%以上除去され、土壌含有量環境基準近くまで低減できた。

平成 23～30 年には、冬季の保守が不要であるなど北海道において利点が多いパッシブトリートメントによる土壌環境修復に関する基礎検討を行った。まず、六価クロム含有模擬排水を用いた鉄粉カラム処理試験により、処理資材と処理負荷量の関係を明らかにした。次に、ひ素含有排水を対象に鉄系吸着材による試験を行った結果、ひ素吸着能は鉄の表面化学状態に依存し、水酸化鉄化により吸着率が向上することがわかった。これをもとに、水酸化鉄を担持した資材を試作し、通水性や処理負荷量を明らかにした。また、吸着後のひ素の化学形態についても確認した。さらに、ひ素やセレンでは価数等によって吸着処理挙動が大きく違うことから、化学形態別定量法について HPLC-ICP 質量分析法における分析条件を検討し、環境基準レベルでの定量が可能であることを確認した。

平成 30～令和元年には、ひ素を含有する休廃止鉱山廃水の処理に多量の炭酸カルシウムが使用されていることから、コスト低減を目指して、廃棄物であるライムケーキや貝殻の適用を試みた。その結果、処理コスト等、実用化に向けた課題を明らかにした。

◎各種有価金属の分離回収技術の研究

【概要】

金属資源は、日本ではその多くを輸入に頼っており、資源ナショナリズムの影響を受けやすく、安定確保のためにも回収技術が望まれている。一方、当時は、道内中小企業からの工業材料や製品等の依頼分析業務を長年実施してきており、金属等の回収に必要な沈殿生成や抽出などの化学操作に関する数多くの技術を蓄積している。そこで、これら化学操作技術を応用し、資源のリサイクルを目的として、各種有価金属の分離回収技術の開発に取り組んできた。

○レアメタル資源開発と分析法（S54～H25）

当場では、上記の目的からレアメタル等の未利用資源回収に関する基礎技術開発とともに、確立されていない関連分析法の研究も行ってきた。その取り組みをいくつか紹介する。

・道内のレアメタル資源の現状を知るため、未利用の資源に関する調査及び回収に関する基礎検討に取り組んだ。道内鉱山の鉱石中のレアメタル含有状況を調査して取りまとめるとともに、廃棄物である石炭灰等に含まれるレアメタルについても調べた。その中で、石炭灰中のガリウムの溶媒抽出による回収技術及びオイルコークス焼却灰からの酸化ニッケル回収（純度 95%）プロセスを開発した。

・超伝導体に用いられるレアメタルであるニオブの精製と分析評価技術について、道内大学及び企業と共同で研究を行った。その結果、熔融塩電解と電子ビーム溶解の併用により、高純度化が可能となった。分析評価法としては、精製後の高純度ニオブを酸分解後、陰イオン交換樹脂により主成分を分離し、ICP 発光分光分析法と電気加熱原子吸光法を併用することで、99.99%の高純度ニオブの分析法を確立した。

・液晶パネルからのインジウム分離回収及びハードディスクからのレアアース分離回収について、沈殿分離による基礎リサイクルフローを構築した。

・自動車用を含めた各種廃棄リチウムイオン電池の回収を目的として調査を行い、その素材、形態等についての基礎的な知見を得た。

○廃電子機器からのレアメタル・貴金属の湿式回収技術（H18～27）

北海道では、廃電子基板に含まれる貴金属を回収する場合、道外にしかない精錬所への運搬コストが嵩むため、濃縮減容化技術が望まれている。そこで、廃電子基板から貴金属を湿式回収し減容化する技術開発に取り組んだ。

道内で排出されるホタテガイ中腸腺は特定の金属を生体濃縮することに着目し、これを用いた金属吸着剤を試作した。各種金属の吸着特性を調べた結果、強酸性下において、金、パラジウム等を選択的に、かつ高回収率で吸着できることを見いだした。特に金の吸着に関して詳細な知見を得たので、これを用いた廃電子基板からの金回収工程を検討した。その結果、廃電子基板の破碎→焙焼→酸浸出→吸着分離→固液分離→焼却により、含有する金を 80%回収し重量 1/1,000 に減量濃縮できる工程を開発した。



電子基板浸出液の吸着処理と得られた粗貴金属

○廃蛍光管からのレアアースの回収及び蛍光体の再合成（H4～21）

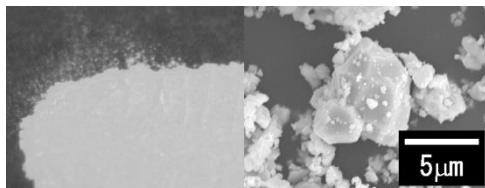
市販の 3 波長型蛍光管には、レアアースを含む蛍光体が使用されている。一方、廃蛍光管は含まれる水銀を回収するため、道内企業を含む全国数カ所の処理拠点に集約されている。そこで、廃蛍光管からレアアースを回収するプロセスの開発と、回収レアアースを用いた蛍光体合成の開発に取り組んだ。

回収プロセスの開発においては、まず、レアアースの相互干渉を補正して分析評価する技術を確立したのち、蛍光管の部品の質量比、元素組成、化学形態の分析を行い、回収に必要な各種特性を明らかにした。次に、回収技術として、レアアースの酸抽出、シュウ酸を用いた沈殿分離、キレート樹脂や向流多段抽出によるレアアースの相互分離、各湿式プロセスにおける旋回噴流について検討した。また、これらの前段で必要な、廃蛍光管から回収された混合蛍光体粉よりレアアース含有蛍光体を物理分離する方法として、比重分離、浮遊選別、風力選別についても取り組んだ。これらの分離技術を組み合わせることにより、廃蛍光管から回収された混合蛍光体粉からレアアースを

種類別に回収するプロセスを構築した。

さらに、回収したレアアースから再度蛍光体を合成する検討を行った。蛍光特性を低下させる不純物元素を低減し、粒度や焼成雰囲気などの最適条件を得ることで、市販品と同等の蛍光特性を有する蛍光体の合成プロセスを確立した。また、実用化に向けてスケールアップ時の課題の抽出やコスト試算もを行い、廃蛍光管からレアアースを回収して再び蛍光体を合成するプロセスを確立した。

また、蛍光管の解体時に発生するガラスカレットの高度な利用法として、タイルなどの建材やアクセサリについて検討・試作を行い、蛍光管のガラスカレットと蛍光体の両者から資源を回収し製品化するシステムを構築した。



合成したレアアース赤色蛍光体の発光と SEM 像

○ごみ溶融飛灰の性状評価と有価重金属回収 (H20~21)

一般ごみを溶融スラグ化するときに発生する溶融飛灰(煤じん)には、亜鉛、鉛などの有価重金属が含まれている。そこで、溶融飛灰から可溶性塩類を分離し、重金属含有率を高め、減容化して回収する処理システムの開発に取り組んだ。

重金属の化合物形態を明らかにするため、道内のごみ溶融固化施設 9カ所から採取した溶融飛灰について、蛍光 X 線、X 線回折による基礎的分析のほか、熱分析、電子顕微鏡観察、X 線光電子分光分析による測定・分析を行った。その結果、重金属濃度は、灰溶融/直接ガス化溶融という炉の方式によって大きく異なるほか、含有重金属の存在形態や飛灰粒子の粒径、形状にも差があることが確認された。そのうち、代表的な飛灰について水洗及び化学処理による金属回収処理に関する検討を行い、灰溶融方式の飛灰では水洗による NaCl、KCl 等の溶出により、有価重金属を顕著に濃縮できることを確認した。

○鉛ガラスを媒介とした、廃棄物からの各種金属の回収方法 (H24~26)

乾式試金法は、金鉱石等を酸化鉛と還元溶融して、生成する金属鉛に鉱石中の貴金属を溶け込ませて分離する分析法である。これを模して、鉛を含有するブラウン管ガラスにより、プリント基板廃棄物の有価金属を鉛とともに回収する手法の開発に取り組んだ。

ブラウン管ガラスの成分のうち組成を限定した模擬ガラスを試作して還元溶融試験を行い、鉛ガラスから金属鉛を分離回収できる条件を把握した。次に、プリント基板からの金属回収試験を行い、銅、ニッケルなどの有価金属の回収技術を確立した。また、有効利用の観点から、本試験で得られたガラス、金属、揮発物などについて詳しい性状を把握し、処理後のガラスの鉛溶出量に関する課題を明らかにした。

○無機廃棄物の溶融によるスラグと金属の分離及び残渣スラグの安定化 (H27~30)

家電廃棄物等に含まれる有価金属、レアメタルなどの溶融による乾式法金属回収における最適溶融処理条件を得るため、溶融試験と酸化還元における自由エネルギー変化の理論計算の検討を行い、溶融時の化学反応の予測を可能にした。さらに、還元溶融や塩化揮発による金属回収、廃ブラウン管ガラスを用いた溶融金属回収についても検討し、同様の予測が可能となった。

また、溶融後の残渣スラグには微量の鉛が残っており、有効活用の妨げとなっているが、融剤を従来のナトリウム系からカルシウム系に代えることにより、鉛溶出を低減できることを見いだした。さらに、融剤の一部に安価なカルシウム含有廃棄物であるライムケーキや貝殻が利用可能なこともわかった。この貝殻を適用した残渣スラグと鉄鋼スラグを焼結させて作製したタイルは、鉛溶出量が土壌環境基準以下であることが確認された。

◎共同分析研究会の活動 (S54~)

【概要】

現在、北海道には濃度関係の環境分析を行う環境計量証明事業所が約 50 事業所ある。本研究会は、これらの事業所の分析技術の向上及び技術交流を目的に昭和 54 年に発足し、当初より一般財団法人北海道環境科学技術センターと共催で、平成 29 年からは道総研環境科学研究センターも加わって実施している。その実務としては、年 1 回、共通試料を参加事業所に配布して共同分析を実施、集計結果を解析し、分析上の課題の共有を図るものである。当時は、分析結果の統計解析だけでなく、試料の選定・調製、分析技術の検討、事業所からの質問への回答も担当している。

○発足の経緯と運営方法

発足のきっかけは、公害が大きな社会問題になっていた約 45 年前、工試で実施した「道内公害分析企

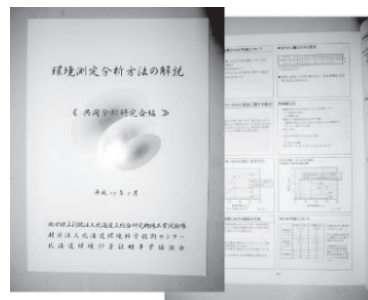
業の実態調査」であった。その中の要望には、事業所単独では実施しづらい精度管理のためのクロスチェックを挙げている事業所が多かったことから、本研究会を立ち上げた。発足当初は、当時普及間もなかった原子吸光法の化学干渉などの整理と対策などを中心に議論していたが、現在では、前処理上の問題点や、公定規格等内の複数の分析法からどれを選ぶべきかといったことが議論の中心となってきている。

本共同分析には営利企業が参加することから、参加事業所は道総研の担当者のみがわかる番号で表示するなど、会議で分析での失敗や疑問点をそのまま本音で議論できるよう進めてきた。

共通試料としては排水等の水試料のほか各種固体試料も対象としており、指定分析方法も含有量、溶出試験など多岐にわたっている。また、環境関連法令の改正や機器の進歩などを考慮しながら試料や分析項目を選定するなど、社会から求められている環境分析技術の高度化に寄り添った研究会を目指してきた。それに伴って、各事業所でも ICP 質量分析装置など新たな分析装置の導入が進んできている。

○技術資料小冊子の作成

本研究会では、共同分析の際に各参加事業所から寄せられた質問等に回答しているが、分析前処理の詳細な温度条件など、毎年類似の質問が寄せられており、多くの分析者が同様の疑問をもっていることがわかってきた。これは、分析装置そのものは高性能化が進む一方で、基礎的な分析技術の継承が教育機関と企業のいずれにおいても困難になっているためと考えられる。こうしたノウハウは、分析結果への影響が非常に大きいにも関わらず、各種論文や成書等にも記述が少なかったことから、必要に応じて我々が実際に実験を行い回答してきた。これらの知見がかなり貯まってきたことから、平成 23 年に、過去約 15 年の各種検討結果と回答を項目毎に整理して、技術資料小冊子「環境測定分析方法の解説」に取りまとめた。この冊子は道内の環境計量証明事業所に配布され実務担当者において技術資料として活用されているが、発行後 10 年以上経過したことから、現在、近年の環境関連法令の改正、分析技術の進歩を反映した改訂版を作成中である。



技術資料小冊子

○活動の意義と将来

本研究会は、すでに当場の歴史 100 年のうち 43 年と半分近い長期間継続され、延べ参加事業所は 1500 事業所を超えている。最近でも対象事業所の 7 割程度の参加があることから、依然として業界からの需要は高い。当场が担当してきた業務は新設の研究所へと移ったが、道内の環境計量証明事業所にとって、このような場を維持することは、分析技術力の維持向上のため、将来にわたり不可欠であると考えられる。

(8) 食品加工技術分野

はじめに

食品部の昭和53年から平成3年度までの14年間の試験研究の取り組みについて、「事業のあらまし」から抜粋し、技術分野ごとに整理した。

この期間は琴似庁舎からの移動に係わる機構改正、そして平成3年度の食品加工研究センター設立（平成4年2月15日）に対応している。

この期間の取り組みは、大きく分類すると、1. 包装・流通に関する研究、2. 道産原料を活用した醸造技術、3. 醗酵食品の品質向上、4. 新規食品素材の開発と副生物の高度利用、5. 食品の品質・保存性向上技術、6. 微生物、酵素によるバイオマスの高度利用などで、主要な研究課題と成果を記載した。

◎包装と流通に関する研究（S53～S59）

【概要】

昭和53～59年まで、農産物と加工食品の包装と流通に関して、(1)冷凍食品の包装に関する研究、(2)故紙再生材による輸送包装、(3)段ボール容器の適正化などの課題に取り組んだ。

冷凍食品の包装に関しては、包材の強度特性、貯蔵条件と食品成分変化の関連性について考察を行った。輸送用段ボールに関しては、故紙再生材を活用したコストダウンの取り組み、流通容器としての耐久性評価を実施し、使用条件の方針を示した。

○冷凍食品の包装に関する研究（S53～58）

冷凍食品の包装形態は、当時主として各種フィルムを使用したフレキシブルタイプであり、ナイロン、ポリエステルなどのラミネートフィルムが多く、これら包装用フィルムの諸特性を知り、包装適正化を進める目的で当該研究は実施された。

- ・研究期間前半では、低温下におけるフィルム強度を中心とした諸特性の評価、食品成分変化の大きな油脂、ビタミンCなどを指標として包材と食品成分変化との関係について試験を行った。また、農産冷凍食品の一つとして冷凍カボチャの包装適正化資料を得るため、さらに製造条件の改善に向けた試験を行った。
- ・研究期間後半では、油揚げした冷凍食品中の油脂

の変質と包材物性との関連性、調理冷凍食品の1つであるハンバーグの低温における脂質変化と包装との関係について試験を行った。

- ・これら試験では、ブランチング、揚油、揚種、包装、貯蔵温度・期間などの因子を変化させ、酸価、過酸化値、カルボニル値を測定し、その関連性を評価した。

○故紙再生材による輸送包装（S53～56）

農産物の輸送用段ボール容器について、その問題点の把握と適正使用を図ることを目的として試験を続けてきた。特に省資源及び包装経費の節減の見地から、従来タマネギ輸送用として用いられてきた段ボールの原紙構成に対して、一部に故紙再生紙であるジュートライナーを使用した容器を用いて各種材料試験、実輸送試験、振動試験、圧縮試験を実施し、クラフトからジュートへの移行の可能性を明らかにした。

- ・研究期間前半では、タマネギを充填した実輸送試験に取り組み、容器内湿度、1,000kmを走行後の容器の強度低下率などを評価した。
- ・研究期間後半では、馬鈴薯輸送用段ボール容器を対象とし、1,000kmを実輸送した場合の振動疲労度を想定する振動試験条件を考察した。

○段ボール容器の適正化（S55～59）

農産物の低温流通用段ボール容器を対象に、予冷条件や流通条件が容器の強度に影響を及ぼす問題について試験し、内容物や流通に適した原紙構成の段ボール容器について検討した。なお、内容物にセルリー、大根を用いて通風予冷及び真空予冷を実施し、段ボール容器の水分変化と圧縮残存強度について原紙構成の異なる容器を対象として評価した。

- ・適切な段ボール選択において、セルリーの通風予冷では、内容物の重量10kgのものを10段積載しても十分な安全率が見込まれ、遠距離輸送用として適当と考察した。
- ・大根に関しては、圧縮残存強度を考慮し近距離・遠距離輸送用の採用基準を考察した。

◎道産原料を活用した醸造技術 (S57~H3)

【概要】

昭和 57 年から 3 カ年、米の政府買入価格の品質格差導入に端を発した、「道産米の酒造適正に関する試験」と酒米研究会への情報発信に取り組んだ。昭和 62 年から 4 カ年、北海道特産資源の有効利用と付加価値向上を目的とした「スピリッツ製造用ビート汁液の高度処理技術の開発」、平成 2~3 年は「小果樹類を活用したブランデーの開発」、昭和 60 年~平成元年は「バイオリクターによるワイン醸造」など道産原料を活用した醸造技術の開発に取り組んだ。

○道産米の酒造適正に関する試験 (S57~59)

本課題の取組みに関する序文を抜粋する。

「道産米は原料米としての使用度は低いですが、昭和 54 年に政府買入価格に品質格差導入され、その大半が 5 類に格付けされたため、昭和 57 年酒造年度は、酒造用政府米として 16 万トンのうち 5 千トンが、5 類特別自主流通米として扱われることになった。」

この様な背景のもと、作付けの多い品種を産地別に収集し、昭和 57~59 年までの 3 カ年、その加工適正を試験した。

・本課題は北海道醸造技術研究会原料米部会の取組みとして位置づけられ、本道で生産された原料米及び酒造に用いられる原料米、東北産一般米等を対照とし、これを酒米研究会で制定した「酒造用原料米統一分析法」によって分析し、全国酒米研究会のデータとして国税庁鑑定企画室に送付するとともに、道内メーカーに情報提供した。

・当課題は日本清酒(株)、北の誉酒造(株)、札幌国税局鑑定官室との共同事業であった。

食品加工研究センターでは、平成令和を通じて国税庁鑑定官室からの依頼に基づき、道産日本酒の鑑定と企業支援に取り組んでいる。

○スピリッツ製造用ビート汁液の高度処理技術 (S62~H2)

ビートを原料とし、北海道特産資源の有効利用と付加価値の高い新製品の開発を目的に取り組んだ。

・4 カ年の取組みでは、白ワインタイプの製造技術の基礎検討、赤タイプの試験醸造などに取り組んだ。

・研究開発に並行して、ビート酒開発研究会を発足し、課題、方向性の協議、情報交換等を行い、企業化可能性調査(F/S)を実施、製品の早期開発について検討を行った。

○小果樹類ブランデーの開発 (H2~3)

我が国ではフルーツブランデーは殆ど生産されておらず、果実酒についてはリンゴ、梅等を原料とするものがあるがブランデーは極限られている。消費者の多様化及び高品質指向が進んできた状況の中、新製品の開発が急務であり、スモモを原料とした醸造技術確立を目的として共同研究を始めた。

・香川県で収穫されたスモモを原料とし、発酵・醸造試験を実施した。蒸留後の初留、中間留、後留の官能試験により、中間留はバランスのとれたニュートラルなスピリッツ、後留にはスモモ特有のアロマが感じられ、ブレンドの工夫により差別化された特徴のあるブランデーを造ることができるかと考察された。

○バイオリクターによるワイン醸造 (S60~H 元)

発酵・醸造食品の製造に新技術を導入し、従来の製造方法を改変して製造工程の合理化を図ることを目的としてバイオリクター技術の採用による新たな試みが行われた。昭和 60 年度は、白ワイン試験に向け、酵母の固定化操作の検討、バイオリクター装置を利用したアルコール発酵試験が行われ、その後、赤ワインの試験、固定化乳酸菌によるマロラクティック発酵についての検討が行われた。

・「バイオリクターによる白ワインの醸造」

酵母の固定化法は、アルギン酸カルシウムゲル法を用い、酵母は増殖能及びアルコール発酵能を重視し、*S. cerevisiae* AHU3051、*S. carlsbergensis* AHU3181、日本醸造協会ブドウ酒用 1 号を使用した。また、ブドウは中央農業試験場より提供を受けた、欧州系の白ワイン用ミューラー・トルガを使用した。試験した若ワインは各種分析値について市販のワインとの差は殆ど無く、官能試験においては、試験品の数点は市販と同等との評価を得たものもあった。

・「バイオリクターによる赤ワインの醸造」

赤ワインに関しては、中央農業試験場より提供を受けた、赤ワイン用品種ツバイゲルト・レーベを使用した。パネラーによる赤ワインの啗酒結果は、市販ワインとの比較では若干評価が低かったため、次年度は赤ワインの品質向上を目的に、マロラクティック発酵に取り組んだ。発酵管理は非常に困難であるが、固定化乳酸菌を生体触媒とした回分式試験とバイオリクターによる連続発酵試験にて、良好な結果が得られた。

昭和 60 年には 6 箇所だったワイナリーは、令和 3 年には 41 箇所となり、道産ワインの振興に向けて地理的表示制度 (GI) が開始されている。

食品部から現在の食品加工研究センターにおけるワイン研究の取り組みは、道産ワインの品質向上に寄与したものと考える。また、現在も多数の野生酵母を保有しており、優良株の選抜に取り組んでいる。

◎醱酵食品の品質向上 (S58~59)

【概要】

清酒、味噌、醤油、食酢などは我が国に古くから伝わる発酵食品であり微生物あるいは酵素の働きを上手に利用している工業である。これら伝統的食品工業においても、近年、製品の多様化と近代化に伴い、種々の新しい問題が提起されてきている。新製品開発、省エネルギー、製造工程の自動制御、さらにはニューバイオテクノロジーの導入など、醸造工業の近代化は、ますます重要な課題を抱えている。本課題では、品質向上に向けた現場改善、低塩仕込み味噌の試醸に関する検討を実施した。

○醱酵食品の品質向上に関する研究 (S58~59)

・味噌製造工程における異物除去について製造工程中の各プロセスから試料を採取し、分析調査を実施し、異物混入の発生箇所の確認と防止対策について検討した。その結果、各工場とも設備改善、品質管理の徹底など著しい改善効果が示された。このことは、全国味噌鑑評会において、北海道から出品された製品中に、異物混入が皆無であったことも評価された。

・食品の低塩化が進む中、味噌などの様に、長期間の発酵、熟成を伴う醸造では良好な発酵を行わせるには高濃度の食塩(約12%)を必要とし、単に食塩濃度の減少だけでは腐敗につながる。本試験醸造では、仕込配合の窒素濃度を高める方法で実施し、食塩濃度7%程度までは、順調な発酵経過を示し、官能試験でも良好な結果を得ている。

現在の食品加工研究センターでは、

・味噌に関しては、平成、令和を通じて全国味噌鑑評会への出品に向けた審査など業界支援に取り組んでいる。

・醤油に関しても、香りなど醤油の高品質化などで企業支援を行い、また、道内で魚醤油を製造する多数の企業に支援を行い、ネットワークを構築している。

◎新規食品素材の開発と副生物の高度利用技術 (S53~H3)

【概要】

昭和53年から6カ年取り組んだ「新食品素材の開発と副産物の高度利用(グリーンクロップ)」は、

牧草等の汁液中のたんぱく質を人間の食料に供する技術開発と廃棄物の有効利用といった資源の有効利用を見据えた総合的な取り組みであった。

昭和63年から2カ年取り組んだ「ハスカップ中の生理活性物質の解明と機能性食品への応用」では生理活性作用として過酸化脂質の生成阻害活性を測定評価した。また、「寒冷地植物の貯蔵多糖類からの機能性オリゴ糖の製造に関する研究」ではイヌロオリゴ糖の加工適正、「キチン・キトサンの高度利用に関する研究」では、食品産業における用途開発の検討が行われた。

○新規食品素材の開発と副生物の高度利用

(グリーンクロップ) (S53~58)

省資源、省エネルギー、未利用資源開発の観点から、牧草と甜菜の葉柄部分を対象に、特に汁液中の溶解成分として含量の高い緑葉たんぱく質(Leaf Protein Concentrates, LPC)に注目し、その抽出、回収により、従来より栄養価の高い飼料生産、さらには、人間の食料としての利用を目的に試験を実施した。

・甜菜LPCの収量、たんぱく質含有率、白度などはイネ科の牧草から得られたLPCに比べて、優れており、甜菜LPCが食品のたんぱく質資源として有望であることが明らかとなった。

○ハスカップ中の生理活性物質の解明と機能性食品への応用 (S63~H元)

ハスカップの加工は、北海道特産品として各地で熱心に取り組まれるようになり、その栽培面積・生産量も急激に伸びているが、価格が高く、他の果実との差別化が困難なことなどから、生産増に需要が追いつかないのが現状である。一方、ハスカップは「不老長寿の妙薬」などと言われており、健康に良い何らかの効果が期待されるため、その詳細な研究が望まれていた。

・本研究では、機能性食品素材としての価値向上を目的に、生理活性作用としては、過酸化脂質の生成阻害活性を測定評価した。

○寒冷地植物の貯蔵多糖類からの機能性オリゴ糖の製造に関する研究 (S63~H2)

イヌリンは、主にチコリ、キクイモなどキク科植物の塊茎中に多量に含まれる貯蔵多糖類である。最近イヌリンの部分加水分解物であるイヌロオリゴ糖が難消化性食物繊維様の効果を有することが判明し、注目されている。この見地からイヌリンからイヌロオリゴ糖を調製し、これを機能性食品素材として高度利用

する技術を開発することが要求されている。

・本研究では、イヌロオリゴ糖の食品加工特性とキクイモイヌリンの高度生産・総合利用技術の開発に取り組んだ。

○キチン・キトサンの高度利用に関する研究 (H元~3)

キチン・キトサンは、その賦存量がセルロース系資源とほぼ等量存在するとされる、有望なバイオマスである。わが国においても年間約 600 トン生産されているが、その大部分は排水の凝集剤などの低次利用に留まっている。本道にも年間 100 トン程生産しているメーカーがあり、新たな用途開発の要望が寄せられていた。

・本研究では、酵素の固定化担体、キトサンのたんぱく質等の凝集性能を利用したワインの澄清剤、澱下げ剤としての利用、キトサンのオリゴ糖の静菌性を調査し、その食品保存料としての可能性を検討した。

◎食品の品質・保存性向上技術 (S59~H3)

【概要】

農産加工食品の品質向上に向け、馬鈴薯でん粉の特性評価、レトルト製品の保存性向上技術、シイタケや特産品の乾燥技術、フレンチフライポテトのブランチング技術、冷凍技術に関する基礎的検討に取り組んだ。

○馬鈴薯でん粉の高度利用技術の開発 (S60~H3)

・馬鈴薯でん粉の用途拡大を図るために、生でん粉分解酵素による効率的な分解条件及び高度利用について検討を行った。その結果、酵素分解の進行にともない、未分解でん粉中には大粒子が減少し小粒子が多くなり平均粒径も低下した。また、リン酸含有量の減少、ピスコグラフによる粘度低下などを確認した。

・冷凍食品の調理後のテクスチャは、でん粉含量や固形分含量と強い相関があり、含量の高いものが良い品質になると言われている。一方、凍結、加熱などの製造工程によっては組織や細胞にダメージを与え調理後のテクスチャの低下を招く恐れがある。この改善に向け、酵素反応を利用し馬鈴薯組織の強化を図り、テクスチャの低下防止の可能性を検討した。

○農産加工技術に関する研究 (S62~63)

馬鈴薯の加工技術における新たな加熱源として、遠赤外線を取り上げ、マイクロ波、スチーム等との併用の有用性を検討するため試験を実施した。本研究による取組みで、クッキング速度に関しては、マイクロ波と遠赤外線の併用効果が認められた。

○特産加工食品の品質向上 (フレンチフライ) (S56~59)

北海道産一次産品の高次加工が叫ばれ、道産農産物を加工利用する冷凍食品製造業は、全国比でも70%の生産量を誇る。本研究では、馬鈴薯を原料とするフレンチフライ製造における加熱前処理技術「ブランチング」と凍結技術に関して取り組んだ。

・冷凍フレンチフライの品質 (S56~59)

急速凍結法と緩慢凍結法で氷結晶の形状により、品質の差異が存在するか、凍結温度を-80、-20℃とし、凍結解凍後のテクスチャとドリップを比較検討した。その結果、生ピースにおいて急速凍結法では硬さの低下率とドリップ量がそれぞれ少なかった。

・特産加工食品の品質保持技術 (S58~59)

酵素失活などを目的にウォーター、スチームブランチングの適用を行い、栄養価、風味などの損失を防ぎ、エネルギーコスト軽減化に関する基礎試験に取り組んだ。なお、酵素活性、ビタミンC、硬度測定を行い、適正条件を評価した。スチームでは、ショ糖等の糖の損失が極めて少ないことが明らかになった。

○食品の乾燥技術に関する研究 (S63~H元)

遠赤外線放射乾燥による、乾燥キノコの品質向上と、乾燥コストの大幅軽減を目的に減圧下と常圧下の通風を伴う操作条件にて検討を行った。シイタケの遠赤外線乾燥は、従来の熱風乾燥と比較し、香り、色調では遜色なく、傘の表面のシワは少なく、減圧中では特にシワは少ないものになった。また、熱風乾燥に比べて乾燥時間の短縮が認められた。

本研究は北海道きのこ農業協同組合より試料提供等のご協力をいただいた。

○道産植物資源の食品素材化と加工利用に関する研究 (S61~62)

本道特有の山菜ともいえるギョウジャニンニクの高次加工利用に対する関心が高まり、その成分に薬理作用のあることが判明し、注目を集めている。

北大農学部との共同研究は、栽培と加工の両面から実施され、香気成分や辛味成分を活かした香辛料や調味料さらに高次加工原料としての利用を考え、乾燥は凍結乾燥と熱風乾燥を行い、乾燥粉末化の条件を検討した。

○北海道産食品(一村一品)の品質の向上など市場競争力の強化に関する研究 (S60~61)

道の重点施策の一つとして一村一品運動が推進

されていたが、この運動で生れた特産品の中で多数を占める食品の品質を知り、その向上を図ることを目的として、衛生研究所、工業試験場、水産試験場の3機関で共同研究を実施した。道内各市町村から提出された製品について官能、品質及び包装などの評価を行い、改善を要する製品に関して、工試が担当して試験を実施した。また、道内の小果実類等を活用したジャムの試作に関する研究にも取り組んだ。

○加工食品の保存性向上に関する研究（S59～61）

各種加工食品について保存料の無添加や低塩化などの傾向があり、その保存性が改めて問題となっている。乾燥食品の一例である「いり米ぬか」、中間的水分の食品である「生ラーメン」、多水分食品の軸付き「スイートコーン」のレトルト製品について保存性向上に向けた、脱酸素剤、水分活性、ブランピング処理、保存温度などに関する検討を実施した。

◎微生物、酵素によるバイオマスの高度利用（S53～62）

【概要】

「農産廃棄物の高度利用」に関して、でん粉工場から排出されるでん粉粕の処理技術とでん粉排水のメタン発酵の基礎的検討が行われた。「パルプの微生物処理」ではセルラーゼ生産性の高い糸状菌株を分離し評価した。「微生物及び酵素による農業水産バイオマスの高度利用に関する研究」ではビート茎葉汁液、でん粉排水を対象としメタン回収利用に関する試験を実施した。

○農産廃棄物の高度利用（S53～54）

天日に依存している牧草の乾燥をあらかじめ脱汁して火力乾燥出来れば、栄養価の損失を防止し、資源の有効利用を図れる効果は大きい。汁液中のたんぱく質を人間の食料に供する技術確立のほか、脱たんぱく汁液、脱汁パルプの微生物培養、有用微量成分の回収及び農産廃棄物の高度利用による省資源、省エネルギー対策といった総合的な研究を目的に実施した。当該研究は、前述グリーンクロープに関する研究の一環で農産廃棄物の高度利用に関する試験を中心に行った。

- ・でん粉工場共通の問題として高度の処理が望まれているでん粉粕を対象に、微生物処理することによって高品質のたんぱく質に変換させることについて検討し、でん粉粕の成分分析、粕処理の実態調査、微生物処理の素材としての粕の特性、有用微生物の検索を行った。

- ・道内主要農産廃棄物の一つであるでん粉排水と牧

草汁液の2種類について、メタン発酵の基礎試験を実施した。連続発酵試験では、原料基質の違いにより有機物負荷量、ガス発生量にかなりの相違がみられ、メタン発酵としての基質の適性に差があることがわかった。

○パルプの微生物処理（S54～58）

セルロースは再生産可能な資源であるため、エネルギー資源、食・飼料資源として近年多大の関心を集めている。この資源を有効に利用するために、高温性のセルラーゼ生産菌の検索を行い、セルラーゼ生産性の高い糸状菌 SN16 株を分離した。またこの菌のセルラーゼ生産条件の検討を行った。

- ・人工ルーメン装置による緑葉パルプの高蛋白飼料化試験を実施し、ルーメン発酵のメルクマールである酢酸、プロピオン酸、酪酸の有機酸発酵及び繊維素分解は良好であることを認め、また発酵管理も可能であった。
- ・SN16 株のセルラーゼ生産条件と酵素の至適反応条件、無機窒素源、有機体窒素源について検討を行った。
- ・Mold SN16 株は、北海道大学農芸化学科応用菌学講座の佐々木博博士により、*Sporotichum thermophile* と同定された。

○微生物及び酵素による農業水産バイオマスの高度利用に関する研究（S60～62）

- ・道内の未利用バイオマス、農産廃棄物を対象としてメタン回収利用に関する試験を実施した。対象とした農産廃棄物は、ビート茎葉汁液、でん粉排水の2種類とし、プラスチック媒体を充填した固定床式リアクターにより、長期間の連続発酵を行い、負荷量とガス組成、排水の性状等について試験評価した。連続発酵において、ビート茎葉汁液ではメタンガス濃度 60%前後、でん粉排水では 65%以上で処理可能であった。

- ・また、ビート糖、でん粉の製造は季節操業のため、これら廃棄物を対象としてメタン発酵を行う場合、休止期間を設定するか、排出時期の異なる他の廃棄物と組み合わせ、通年操作する方法が考えられる。そこで休止期間における汚泥の活性低下、原料切換えによる汚泥の馴養条件など、メタン発酵を再開する場合の問題点などについて検討した。

休止汚泥のバッチテストにより、1週間前後の馴養期間を置く事により高負荷条件で再開可能であった。また、原水をでん粉排水からビート茎葉汁液に切り換えるなどの考察も行った。

(9) 技術分野別研究員一覽

金属技術分野

相山英明 (H21)、赤沼正信 (H22)、阿部芳彦 (H15)
飯塚正弘 (H02)、飯野 潔、五十嵐正 (H10)
板橋孝至、片山直樹 (R03)、上館広太郎 (S57)
鴨田秀一 (H21)、川島 功 (S54)、北村慶治 (S57)
齋藤隆之、酒井昌宏 (H12)、坂村喬史
佐々木正治 (S55)、白銀幹夫 (H01)、高橋英徳
田中大之 (R01)、戸羽篤也 (R02)、中嶋快雄
名雪東彦 (H14)、花村重幸 (S63)、牧野 功 (H16)
宮腰康樹、米田鈴枝 (R03)

機械技術分野

飯田憲一 (R02)、井川 久、泉 巖
伊藤壮生、伊藤国次郎 (S56)、今岡広一
植竹亮太、浦池隆文、神生直敏
川崎佑太、川島圭太、北村欣也 (H13)
小林政義 (H20)、櫻庭洋平、鈴木慎一
鈴木逸人、鈴木耕裕 (H30)、多田達実 (H30)
玉置 坦 (S57) 鶴谷知洋、長尾信一 (H20)
中西洋介、畑沢賢一、前田大輔
松村信良 (H08)、三戸正道、宮島沙織
森田 穰 (H06)

電子・情報技術分野

新井造成、飯島俊匡、大崎恵一 (H21)
大村 功 (R03)、岡崎伸哉、奥田 篤
長内 研 (H18)、吉川 毅 (H30)、日下 聖、
近藤正一、澤山一博 (H23)、全 慶樹
高野好平 (H16)、高橋裕之 (R02)、堤 大祐
波 通隆 (H25)、橋場参生、林 峻輔
藤澤怜央、堀 武司、本間稔規
三田村智行、宮崎俊之、山本 寧 (H19)

化学技術分野

赤澤敏之 (H30)、稲野浩行、井上 博 (S53)
内田典昭 (H18)、大市貴志、桶屋光雄 (S61)
小野富三 (S61)、勝世敬一 (H21)、加藤金二 (S54)
可児 浩、川端 昇 (S63)、菊池一朗 (S55)
甲野裕之 (H08)、後町光夫 (H19)、近藤永樹
金野克美 (H22)、作田庸一 (H19)、執行達弘
瀬野修一郎、高野明富 (H16)、高橋 徹 (H29)
田辺雄三 (H03)、田畑恒夫 (S58)、長野信泰 (H23)
野口達夫 (H03)、平野 徹 (H11)、藤島勝美 (H06)
藤原達郎 (H05) 干場敬史 (H14)、細川真明、
堀川弘善 (R03)、丸山敏彦 (H08)、森 武士
八十島幸雄 (H04)、山岸 暢 (R01)、吉田昌充
吉田光則 (H29)

窯業技術分野(～H03)

遠藤三男 (S62)、菊池博男 (S62)、工藤和彦 (H24)
佐藤勝信 (H03)、皿井博美 (H14)、高田忠彦 (H09)
中里一英 (H05)、野村隆文、萩原洋一 (S55)
橋本祐二 (H29)、宮島雅俊 (S63)、吉田憲司 (H23)
米原真司 (H04)

木工芸品・デザイン・人間情報技術分野

岩越睦郎 (H26)、印南小冬、江田四郎 (H01)
及川雅稔 (R03)、大久保京子、鎌田英博 (H24)
桑野晃希、高坂敬弘 (H07)、近藤哲也 (S61)
斉藤平吉 (S54)、坂本隆三 (S52)、菅又淳悦 (H07)
高木友史、田栗 匡 (H05)、田中清松 (S53)
中島康博、中村勝男 (H21)、日高青志
松藤 茂 (H07)、万城目聡、百井武雄 (S52)
安河内義明 (H20)、安田星季、安田公彦 (H14)
吉成 哲 (H28)、綿貫幸宏 (H17)

資源・エネルギー技術分野

赤間 晃 (H02)、明本靖広、浅野孝幸 (H20)
飯田貞一 (S54)、石山栄三 (H07)、内山智幸
浦 晴雄、榎本康彦 (H03)、岡 喜秋 (H20)
小川雄太、尾谷 賢 (H22)、柏瀬浩司、
鎌田樹志、上出光志 (H29)、北口敏弘
佐々木雄真、佐々木定之 (H05)、佐藤正大 (H26)、
白土博康、竹道 覚 (H02)、種村藤吉 (S61)
手塚正博 (H20)、富樫憲一、富田恵一
富田和彦 (H24)、林田 淳、平野繁樹 (R01)
平間政文 (H26)、藤澤拓己、保科秀夫
本田重司 (H08)、松嶋景一郎、松原陸哉 (S57)
三上正樹 (H02)、三津橋浩行、蓑島裕典 (H27)
森本茂樹 (H07)、山越幸康、山崎邦雄 (H13)
吉川琢也 (H27)、吉田誠一郎、若杉郷臣

食品加工技術分野(～H03)

赤井 隆 (S52)、阿波 毅 (S59)、五十嵐栄 (S52)
岩崎達也 (H09)、宇野豊子 (H08)、奥村幸広
釜屋昭夫 (S63)、熊林義晃 (H30)、小塩高泰 (S54)、
佐々木茂文、清水條資 (H15)、下林義昭 (H13)
進藤 洋 (S59) 高橋正男 (S58)、田中常雄 (H22)
田村吉史、寺井悌三 (H03)、富永一哉 (H04)
中川良二、橋渡 携、本堂正明 (H21)
八十川大輔、山内順一 (H02)、山田康郎 (H03)
吉川修司、吉町晃一 (S63)、渡辺 治

※50 音順、(〇〇) は転退職年次

(10) 知的財産権一覽

特許権

発明の名称	登録番号
ポリマーモルタルによるプレキャスト平板布設工法	1416226
メタン濃縮法	1463910
溶融亜鉛めっき物のりん酸塩皮膜形成方法	1494139
自溶合金溶射皮膜を用いた金属の接合方法	1603515
鋼線補強ポリマーコンクリート	1639576
溶射皮膜を用いた金属とセラミックスの接合方法	1775077
フライアッシュ複合板用組成物	1872406
成型型からの転写によるセラミックスの粗面化法	1893361
自溶合金溶射被覆複合構造軸の製造方法	1933210
セラミック溶射材料	1954457
融雪・集熱路盤構造、その施工方法およびこれに使用する路盤構造パネル	2011237
成型燃料の製造法	2045296
溶射接合を利用した内面被覆管の製造方法	2048124
にんじん等の長物野菜整列装置	2071863
融雪剤を道路表面に供給する方法および装置	2073030
電気人工喉頭	2123888
路面融雪装置	2500847
溶融スラグのための粒状断熱材	2509547
高耐久性、高精度溶射金型の製造方法	2521600
FRP製コイルパネの製造方法	2524315
耳吊り養殖の付着生物除去装置	2563228
レンガ色識別方法	2571195
掘削用ビットの製造方法	2576944
撮像対象物の背景上の付着液体による雑音反射除去法	2596505
農・水産廃棄物を含めた生ごみ等処理装置とこの農・水産廃棄物を含めた生ごみ等処理装置の操作方法	2611933
着雪氷防止塗料組成物	2614825
床暖房用パネルおよびその製造方法	2619681
金属基体上に被覆された金または白金族金属を剥離回収する方法及びその剥離回収装置	2630702
床構造	2651986
稚内層珪藻土を利用した調湿機能材料の製造法	2652593
生物体に含まれる重金属を除去する方法及びその装置	2667986
自動引き戸装置	2673113
生分解性を有する成形品用原料の製法と生分解性を有する成形品の製法	2741476
熱酸処理アルミナの製造法とこの熱酸処理アルミナを利用した白色陶磁器の製造法	2754347
低炭素鋼を組み合わせた高強度超硬合金複合材料およびその製造方法	2760926
履物などの摩擦係数測定装置	2775408
廃液の凍結処理方法	2780957
根菜類検出装置	2782331
改良された木製ドラムスティックおよびその製造方法	2799779
乾式選炭方法及びその装置	2880932
成形装置	2891940
掘削用ビット及びその製造方法	2896749
生分解性を有するでん粉系プラスチック成形品の製造方法	2935103
溶射被覆方法	2952461
セラミックス発泡体の製造方法	2958754
調湿セラミックス建材	2964393
フライアッシュ樹脂板	2983907
じゃがいもを原料とする生分解性成形品の製造方法	2992680

発明の名称	登録番号
移動ロボットの環境地図作成方法	2992883
生分解性成形品などの製造に好適な加工でん粉を主原料とする生地 of 保存方法	3012969
路版と、その施工法	3034505
鶏卵の検査方法	3047168
光触媒活性酸化チタン粉末の製造方法	3052236
ビット及びその製造方法	3055094
鉄-炭素を結合材としたWC-Fe系合金とその製造方法	3066571
有機性廃棄物分解処理装置	3074473
鋳物と異種合金の接合法	3161857
セラミック溶射皮膜の封孔処理法	3165926
湿度度合い判定方法、湿度測定方法ならびに湿度測定装置	3297735
再生型おむつ	3312203
路面水分検知方法および路面水分検知装置	3314923
魚介類内臓からの重金属の分離除去方法および重金属の回収方法	3323392
鶏卵の内部欠陥検査方法	3381187
トイレ用汚水浄化循環方法及びその装置	3438172
フロンの分解処理システム	3576753
コンクリート代替材	3629502
固定化色素、及びその製造方法	3716283
生体組織由来吸収性リン酸カルシウム傾斜機能複合材料とその作製方法	3718723
路面上の水と氷と雪の検知方法および路面上の水と氷と雪の検知装置	3733434
廃棄物など汚染物質に含まれる重金属元素の不溶化処理方法	3762965
プレス成形用複合金型材およびその製造方法、並びに該複合金型材からなるプレス成型用金型	3764807
粉末消火薬剤廃棄物の親水化処理方法及びその方法により得られた粉末消火薬剤砕成物並びにその砕成物を用いた水性消火薬剤組成物及び造粒消火薬剤組成物	3772181
海洋漂砂調査用試験砂	3793794
害虫計数装置	3796526
電動車いす等移動機器の制御信号入力方法及びその装置	3796531
1 耐食性耐熱鋳鋼	3870291
空調装置	3912541
車椅子装着型無限軌道動力装置	3918094
水中投下型センサシステム	3936386
対象物の動作追跡方法	3944841
排ガス補修用セラミックスとその製造方法	4078408
防滑材収納箱	4080368
バイオガス中硫化水素除去装置	4149290
廃乾電池焙焼残渣粉末を用いた多孔性複合セラミックス及びその製造方法	4197329
海中投下センサと、これを用いた海洋通信システム	4221510
作業用ロボットおよび教示点位置・姿勢データ測定法	4264778
自溶合金溶射皮膜の評価方法	4280848
屋根積雪検出方法及び検出装置	4280857
海中通信システム	4316650
コメットアッセイ解析方法およびコメットアッセイ画像解析装置およびコメットアッセイ解析装置	4355832
水棲動物計数処理装置	4411576
2 チョーク	4565074
剥離しない自溶合金溶射部品	4565434
3 メロディロード及びメロディロードの設計プログラム	4708354
カーボンエアロゲル粉末の製造方法	4728142
4 耐熱鋳鋼、焼却炉及び焼却炉の火格子	4742314
自然エネルギーを有効活用する発電システム	4775790
5 風速計	4830086

発明の名称	登録番号
S i C含有シートの製造方法	4862116
6 火格子	4888888
ナノファイバー不織布チューブの製造方法	4925052
コイル部品およびその製造方法	4933169
7 電気式人工喉頭	4940408
ホタテ乾貝柱の香味を有する調味料の製造方法	4941996
高度先進医療に応用できる抜去歯粉碎品、抜去歯由来の脱灰粉体とアパタイトとの複合体を調整する方法および粉碎機	4953276
バイオセンサーチップ	4967104
神経再生チューブ及びその製造方法	4982887
車載型遠隔点検装置	5002756
8 アルミニウム回収用ペレット又は粒状材料、同ペレット又は粒状材料の製造方法及びアルミニウムの回収方法	5034103
合焦検出装置、合焦検出方法および合焦検出プログラム	5050282
廃石膏ボード由来の白線用粉体、白線用粉体の製造方法	5066769
9 調湿内装材の製造方法	5070529
アシル化トコフェロールの製造法	5077908
糖類のアシル化合物の製造法	5077911
融雪路盤ユニット及び融雪路盤システム	5124788
移乗補助装置	5142693
排煙処理方法及び排煙処理剤の製造方法	5164051
10 アルミニウム回収用材料、同材料の製造方法及びアルミニウムの回収方法	5223177
11 音声生成装置およびその制御プログラム	5224552
車体組み付けミッション簡易性能試験評価装置	5245121
12 生体情報取得装置	5263878
光触媒機能性樹脂基材とその製造方法	5303774
13 光触媒機能を有する機能性建材の製造方法	5315559
※ 空気吹出型路面融雪システム	5334266
※ 空気熱交換システム及び空気熱交換器	5369260
5-ヒドロキシメチル-2-フルフリルアルデヒドの製造法とその装置	5369349
バテライト型球状炭酸カルシウム及びその製造方法	5387809
筋活動量計測装置	5387837
結晶ろ過の方法および装置	5422794
14 筋力補助具	5505625
5-ヒドロキシメチル-2-フルフラールの製造法	5549898
15 アルミニウム合金用マグネシウム濃度調整剤及びそれを用いたマグネシウム濃	5572887
16 溶湯を用いた表面被覆方法および表面被覆金属	5608907
結晶ろ過の方法	5613895
※ スラグを触媒とした脂肪酸メチルエステルの生成方法	5736569
17 草刈り機	5747314
活魚固定装置及び活締め装置	5782595
18 釣針の製造方法	5799311
19 シストセンチュウ孵化促進物質吸着材を用いたシストセンチュウ孵化促進物質保持体の製造方法、及びシストセンチュウ防除方法	5884118
20 前屈作業補助用具	5887671
光触媒担持体、その製法及び光触媒担持体を用いた有機物分解方法	5892614
酸性ガス分離用吸収液ならびにガス分離精製方法およびその装置	5900869
※ 冷暖房換気システム	5913151
ケーブル検査装置	5955101
筋活動量計測装置	6106822

発明の名称	登録番号
21 コンドロイチン硫酸オリゴ糖を製造する方法	6146733
22 照明装置、制御方法およびプログラム	6156836
※ 熱交換器及び熱交換システム	6226832
建築用成形体	6429142
23 分光イメージングセンサシステム	6535843
24 播種機	6590499
25 樹脂基材上へ金属皮膜形成したミリ波透過性樹脂部材の製造方法およびミリ波透過性樹脂部材	6671718
26 昆布採取器具の回転補助装置	6703692
27 立体形状表現装置	6782892
28 農産物の不用部除去装置	6806962
着雪氷防止塗料組成物及びこれを用いた着雪氷防止部材（米国特許権）	US6835322B2
29 付加製造装置用セメント組成物、鋳型の製造方法、および意匠造形物の製造方法	6967343

29 件/R4.4.1現在_工試保有特許

※R2年度：エネルギー・環境・地質研究所へ管理移管

実用新案権

考案の名称	登録番号
水噴射採貝機	1934038
ストーブ	1988940
牧草圧縮梱包装置	2043760
ステンレス鋼管を鋳ぐるんだ複合鋳鉄管	2077627
芝管理機のエアレーション用タイン	3040842
排水路ヒーター制御用センサ	3069009
屋根用融雪ヒーター駆動制御装置	3069905
ホタテ貝殻入り溶融型道路標示材収容袋詰袋	3100949
研掃用プラスト装置	3115408
ジギスカン用調理器	3130915
南瓜の自動乱切り機	3140411
にんじんの抽苔検出機能を有する裁断装置	3140585
温熱健康器具	3155399

意匠権

意匠に係る物品	登録番号
パネルヒータ	890586
パネルヒータ	900977
パネルヒータ	900978
温水暖房機	994290
温風暖房機	1014447
園芸療法用レイズベット（林産試験場が主体）	1198401
屋外用移動式花壇（林産試験場が主体）	1198402
防滑材収納箱（本意匠）	1207613
防滑材収納箱（関連意匠）	1208029
ジギスカン鍋	1314720
卓上ジギスカン電気調理器（本意匠）	1318133
卓上ジギスカン電気調理器（関連意匠）	1318367
防滑材収納箱	1341662
1 気象計測用マルチセンサー	1394584
2 衣服用止め具	1410094
3 ショベル（本意匠）	1709091
4 ショベル（部分意匠）	1709092

7 寄 稿

工業技術指導センターへの想い

丸山 敏彦(平成 8 年度退職)

1922 年に醸造と窯業技術部門でスタートした工試は、1948 年と 1955 年には資源調査部門は「地下資」、建築部門は「寒地研」として分離、独立、そして 1992 年には食品部は「食加研」として独立しました。そのように時代の求める工業技術分野に合わせて種々の変遷を経てきた工試に、内部組織として工業技術指導センターが発足したのは、工試の大きな節目となる設立 70 周年を翌年に迎える 1991 年でした。

当時、わが国では多極分散の国土形成を目指して、全国 26 か所でテクノポリスを指定、本道では南は函館テクノポリス・室蘭、東は釧路・十勝、北はオホーツク・旭川地域と、それぞれの地域と道央テクノポリス地域とを結ぶハイテク拠点のネットワーク化を進めていました。それは情報・バイオ・新素材関連ハイテク技術による地域の活性化を図ることでした。また、新しい産業構造転換へと向けて、企業誘致を積極的に進め、工場立地も平成元年、2 年合わせて、500 件以上(都道府県別第 1 位)を数え、地場工業と進出企業の有機的結びつけが必要な時でもありました。

平成元年からは、道は産業経済の地域格差が大きい本道の重要な技術政策として、「工業技術力のワンランクアップ」を推進し、その中で、工試が中核的機関として実践する工業技術指導センターの整備計画を進めました。それは、技術支援センター機能を有した工試と翌年に食品部門の独立、拡充した食加研と共に工業系公設試として技術行政を担うことも意味しました。また、それは、道の工業系公設試にかける期待感と、当時、横路知事が産業経済に大きなインパクトを与えたとして、上川農試の「きらら 397」開発を高く評価されたことも重なりました。

そのような背景から、研究員 15 名の増員で、しか

も広域的に研究員を長期に派遣、地域企業の技術開発等を支援する工技指導センターが計画されました。その設立には、広い工業技術分野における研究員の短期間公募による採用、及び新しい仕組みによるセンター運営に少なからずの心配もありました。

その懸念は、道は研究員採用を 2 期に分け、全国広く東京・大阪事務所等の協力を得て、U ターン技術者等の優秀な人材確保と共に、工試内研究部との一体化したセンター運営へのコンセンサスによって払拭されました。そして全国工業系公設試に先駆けてのセンター活動は、1 期目の研究員 7 名、兼務 5 名の 12 名体制で平成 3 年 11 月に開始、次いで 2 期目の研究員 8 名増員した 20 名の最終体制による活動開始は平成 5 年 10 月でした。

本センター活動では、その開始から 2 年間の研究員派遣による技術支援は 100 件近くを数え、それまでの道央地域企業に集中した技術支援から、広域的に企業等技術支援の展開によって、センター設立の趣旨に沿う活動ができました。当時、道は週休二日制への移行に伴い、現業職員等の大幅な増員が求められていた中で、1 期目の体制による成果が、2 期目の新たに 8 名増員した体制へ移行するうえで、大きく評価されたことを覚えています。

その意味で、各研究部門と一体化したセンター活動の立ち上げ・実行、そして軌道に乗せるまでにご尽力され、工試 100 周年を近くにして、それを迎えられずに亡くなりました初代センター長の森田 穰氏、及び 2 代センター長の松村信良氏に心から敬意を表します。

そのようにセンター活動で強化した技術支援による成果等は、「技術指導成果事例集(平成 4 年 3 月発刊)」で紹介してきましたが、その成果の一つ、センター研究員の技術支援で「降雪センサー(商品名:

スノーハンター)を開発した企業にワンランクアップ推進発表会に出席された横路知事から、直接、工業技術ワンランクアップ大賞を手渡されました。それはワンランクアップ推進の象徴的な大賞でした。

本センター活動には中小企業庁・技術課が独自の活動として注目し、その監修『技術の助っ人「コーセツシ」』で紹介すると共に、北海道式センター活動、及び長崎式企業等研究会活動をモデルとして、地域産業の技術支援事業を創設しました。また、センター活動と関連した動きとして、設計開発支援した「キャンピングカー」購入への道銀による低利融資制度、及び小樽市では地場企業への工試研究員派遣補助金制度も新設されました。

海外からの動きでは、当時、米国の産業経済が大きく停滞している中で、その回復に軍事技術を民間に移行し、地域産業を振興するうえで注目したのが、世界にはなく、わが国特有の工業系公設試でした。日本の産業経済を中小企業が支え、その技術支援機関が公設試だとして、中企庁・技術課を通して、ウエストペンシルバニア大・チャピラ准教授が全国的な調査に入りました。それは公設試への買いかぶりと思いながらも、工試の技術支援活動状況を説明後に、ワンランクアップ大賞の(株)北海パネさんを訪問しました。

その調査報告書では、日本の公設試は総じて先端技術拠点ではなく、地域のコーナーストーン的存在と、その締めくくりは極めて印象的でした。その後

に米国のいくつかの州に中小企業技術開発センター(SBTDC)が開設されました。それと同時期に、北米自由貿易協定(NAFTA)の締結国メキシコから、食品加工技術分野の公設試モデル化に関する現地調査を受けて食加研の下林さんと私が JICA から派遣されました。本調査結果をもとに、メキシコ政府・食品産業部門担当者の来道を受け、地域の技術支援に関する情報交換等で食加研との交流を深めました。次いで、メキシコには同目的の調査で、セラミック技術分野の工試・高田さんと道(経済調査室)・金子さんが、JICA から現地に派遣されました。

そのように公設試が国内外で注目された中での当センターの設立でしたが、その運営が軌道に速やかに乗った頃に札幌通産局の実施した地場工業の動向調査で、最近、「元気印の企業」が増え、それに寄与したのは工試等とその名を挙げて報道されました。それを受けて、道立試験研究機関の地場産業振興への寄与、期待について道新・社説に取り上げられました。

経済と技術の係りがかってない程に深まる中で、工試 70 周年の前年に歴史的な大きな布石として設立された当センターは、優秀な人材の確保と共に工試一体化したセンター活動・運営によって地域・企業等の技術支援に尽力しました。そして、ここにそのセンター機能を引き継ぐ工試が大きな節目となる設立 100 周年を迎えたことに心から嬉しく思います。

工業試験場食品部から食品加工研究センターへ

食品加工研究センター副所長 川上 誠

食品工業の振興、支援の強化

北海道の食品工業は、豊富な地域資源を背景に発展してきており、地域経済の大きな役割を果たす産業である。昭和 60 年代当時において、本道食品工業出荷額は 2 兆円を超え、北海道の製造業全体の約 4 割を占め、従事者として約 8 万 8,000 人の雇用を担っていた。この傾向は今日に至るまで大きくは変わっていない。

一方、北海道の食品工業を担う食品製造企業の多くは中小規模であるため、新たな製造技術を取り入れる場合や新製品の開発を進める際などに、情報収集、導入する施設や設備、加工方法、加工技術などで専門家の助言や支援を必要とすることも多く、道内の食品製造企業を支援する機関として「工業試験場食品部」の役割も大きなものであったと考えられる。

このような背景の中、北海道の重要な産業である食品工業の一層の発展を図ることを目的として、食品加工に特化した新たな専門の研究機関の設立が構想され、昭和 62 年 8 月、「食品加工研究所（仮称）の基本構想検討委員会」が発足、その必要性等が議論され、同年 12 月、当時の横路孝弘知事に「基本構想」が提案された。翌、昭和 63 年、研究施設の建設に向けた具体的な検討を行うため、「食品加工研究所（仮称）建設基本構想検討委員会」が発足、昭和 63 年 6 月には、「建設基本構想」が策定された。その後、昭和 63 年 12 月、江別市文京台地区を建設の候補地とし、平成元年 3 月「北海道立食品加工研究センター（仮称）建設基本計画」が策定された。さらに、道庁（当時、商工労働観光部）内に設けられた準備室にて、事務的な業務が進められるとともに、工業試験場食品部の研究職員も食品加工研究センター設立に向けた具体的な業務に勤しむこととなった。

食品加工研究センター設立

平成 4 年 2 月 15 日、北海道立食品加工研究センターは新たな研究機関として開設を迎える。開設したセンターは企画調整部の他、加工食品部（農産食品科、畜産食品科、水産食品科）、発酵食品部（調味食品科、発酵食品科）、応用技術部（食品工学科、生物工学科）の研究部 3 部 7 科、研究職員 23 名で発足、平成 4 年度末までに研究職員 28 名に増員し、研究活動をスタートした。工業試験場食品部の研究職員をベースとして、農業試験場、水産試験場の研究職員と畜産分野、バイオテクノロジー分野、プロセス工学分野には民間等から転職した技術者を加え、幅広い食品加工技術に対応するための体制が整えられ、当該研究機関が構想された昭和 60 年当時の工業試験場食品部の研究職員数（11 名）の約 3 倍にあたる研究職員が配置された。



開所式

食品加工研究センターの取組み

現在、食品加工研究センターでは、発酵・醸造技術の開発、農水畜産物の利活用技術開発、食品の保存技術の開発を研究開発の柱として取り組んでいる。ここでは、現在の代表的な取組みを紹介する。

発酵・醸造技術の開発における代表的な取組みとして、「北海道独自ワイン用酵母」の選抜とこれを活用した醸造技術の開発があげられる。北海道は醸造用ぶどうの栽培面積が全国1位で、国内有数のワイン産地となっており、道内のワイナリーの数は新規参入者の増加により、ここ10年で約3倍に増加している。道内のワイナリーからは商品価値の向上、ブランド力強化につながる北海道で分離した「北海道独自ワイン酵母」の開発が要望されている。食品加工研究センターでは、これまでに白ワイン醸造用として香りなどに優れたオリジナルの酵母を取得し、ワイナリーでの実規模試験に取り組むなどワイナリーに活用してもらうよう普及に努めている。これに加えて現在、赤ワイン醸造に適した酵母を選抜し、道産赤ワインの特長を活かしたワイン醸造技術の開発を進めている。

農水畜産物の利活用技術の開発における取組みとして、「道産ブリ加工技術の開発」があげられる。北海道のブリ漁獲量は2000年代から増加しはじめ、2020年には15,500トンに達している。しかし、元々

道内ではブリ加工・消費の馴染みが薄く、加工企業において脂が少ない道産ブリの特性に応じた加工に十分対応できない状況にあった。食品加工研究センターでは、原料魚を加熱処理して品質の安定した中間素材を加工する技術開発、中間素材から荒節、油漬け、フレークなどの各種製品展開する技術開発に取り組んだ。現在、道内水産加工業者へ技術移転を行い、製品化に向けた支援を進めている。

食品の保存技術の開発における取組みは、「ロングライフチルド食品（LLC）」の開発があげられる。近年、消費者が食品に求めるニーズとして簡便性、美味しさ、保存性の高い食品が注目されるようになってきている。レトルト食品など保存性の高い食品では、強い加熱処理が施され、食品に大きなダメージを与え、食材が本来有する美味しさを損なう。食品加工研究センターでは、味と香り、食感などの食味やおいしさに優れ、冷蔵で長期間の賞味期限を有するLLCの開発に取り組んでいる。保存性の向上とおいしさを両立するカレーやシチューなどのLLC食品の加工技術を開発することで、道内企業のLLC事業への参入を推進していく。



現在の食品加工研究センター

道立工業試験場から独立行政法人化へ

尾谷 賢（平成 22 年度退職）

道立の最も古い試験場は、1876 年（明治 9 年）に真駒内に設立された畜産試験場である。次いで、水産試験場、農業試験場と続き、1922 年（大正 11 年）、当時の琴似村に工業試験場が設立された。当時の地方行政は現在と異なり、北海道は国直轄で農商務省による設置であった。戦後の 1949 年（昭和 24 年）、現在の地方自治体制である北海道庁の設置に伴い、道に移管され、道立工業試験場となる。2004 年（平成 16 年）、地方独立行政法人法が制定され、北海道は、2009 年の札幌医科大学に次いで、2010 年に、22 の道立試験場を北海道立総合研究機構として法人化し、工業試験場は、「北海道工業試験場」、「北海道立工業試験場」、そして「地方独立行政法人 北海道立総合研究機構 産業技術研究本部 工業試験場」と 3 度その名称を変え、創立 100 年を迎えた。1949 年の道への移管は地方行政制度の変更に伴うものであるが、2010 年の変更は、従来の地方行政に置かれた機関から、法人格を持った機関へと移行するもので、社長が知事の道立試から、法人の理事長に移管される運営上の大転換となった。私は移行前後に場長の立場にあり、当時の様子を私観ではあるが記しておきます。

1991 年、日本はバブルが崩壊し、それまでの「戦後奇跡の復興」とまで言われた日本経済は大転換を余儀なくされた。国の運営においても、1997 年、行政改革会議において、政策の企画立案と実施機能を分離し、実施機能についての自立性・効率的な運営の徹底を図るため「独立行政法人」創設の提言が成され、中央省庁改革の一環として 2001 年に法案化し、それまでの国立研究所等 57 機関が法人化（以下に独法化）された。引き続き 2004 年には国立大学が国立大学法人として独法化されている。改革の本質は、肥大化した行政機関の縮小・再編にあり、英国のサッチャー首相が行ったエージェンシー化をモデルに、「独立行政法人」としたものである。国は同様に財政難に苦しむ地方自治体においても独法

化が可能なように、2001 年に総務省に「地方独立行政法人制度導入に関する研究会」を発足させ、2003 年、現行の「地方独立行政法人法」を制定した。この研究会には、法律の成立とともに独法化に移行する「東京都」「山口県」がメンバーに加わっており、いずれも都県の工業試験場（工業技術センター）が独法化された。

一方、横路道政以降、道財政は悪化の一途をたどり、夕張市に次ぐ財政再建団体が実しやかに語られる状況であった（私の場長時代、職員削減のため研究員の採用は一切認められなかった）。このような状況下、道は、2003 年に「新たな行財政システム改革の実施方針」を策定（地独法の制定と同年）し、翌年から医大および研究機関を各々所管する総務部と総合企画部において具体的な検討が始まった。道庁は最悪な財政環境にあり、職員的大幅削減が必至で、札幌大と研究機関（職員数約 2500 名）の独法化ありきの組織改革でもあり、現場での検討では道は研究機関長会議、労働組合は全道庁の研究評議会を中心に独法化の是非が議論された。

工試は労使共に当初から「独法化、絶対反対」の立場ではなく、①道内企業にとってのメリット・デメリット、②職員の非公務員化（身分移行への不安）、これらが具体的にどのようになるのかが主に検討された。道の事情からも、「最低、産業系（工試、食加研）だけでも独法化」との覚悟は場長として持っていたと思います。一方、圧倒的な数を擁する一次産業系は当初大反対であったが、終盤農試が独法化に傾き、急速に 22 機関一本化への方向に動き始め、最終的に道立試 26 機関中、自然科学系では衛研を除く 22 機関が移行となった。

独法化には職員の身分移行（非公務員）への不安が大きく、公務員型での独法化なるものも国より提示された（独法化の趣旨とは矛盾するのだが、山口県や岩手県はこちらを選択）。北海道は非公務員型の独法化であり、我々は初めて失業保険手当を給料から差し引かれることを経験する。

法人移行に際し、職員は、「法人に移行」するか「道職員のままで法人に出向（最長5年、これは従来からある人事規定）」のいずれかを選択、工試は全員が法人への移行となったが、他機関では道職員として道総研に籍を置く者もいた。これは5年以内に退職される年齢の職員に対しての対策であったが、若い年齢の職員にも選択する者があり、5年後以降は行政職として道に戻ることもあった。現在、道総研は第3期の13年目を迎えている。

独法化は、国あるいは地方自治体の財政悪化に伴う組織再編（スリム化）を目途とした取り組みであったが、今日の気象変動による制限社会（地球規模）、人口の減少（日本社会）、加えて新型コロナによるパ

ンデミックを経験するに至り、戦後の高度成長期を見てきた我々には、これまでとは全く違った社会構築が必至の時であることを示唆しているように思われます。そのような時代にも呼応できる公設試は、動機は前述の通りであったが、戦後細分化させてきた道立の試験機関を一つにまとめることにより、直接対応する産業分野にだけ目を向けるのではなく、将来の北海道のあるべき姿を共有しながら、個々の専門分野から果たすべき役割を常にレビューできる700名を超える研究員を擁する道総研となった今の姿にその大きな可能性を感じている。

50年後、北海道の今の形が、「日本の公設試の姿」になっている事を期待し、独法化移行への概要とします。

参考資料

- ・地方独立行政法人制度に関する指針 北海道庁（2004.2）
- ・道立試験研究機関の改革及び知法則率行政法人制度導入に関する指針 北海道（2008.2）

（現、工試0B会 幹事長）

国及び北海道の「独立行政法人化への流れ」

「国」

- 平成9年12月 「行政改革会議最終報告」において独立行政法人制度の導入を提言
- 平成10年6月 中央省庁等改革基本法（平成10年法律第103号）成立。独立行政法人制度の創設が盛り込まれる
- 平成11年4月 「中央省庁等改革の推進に関する方針」（平成11年4月27日中央省庁等改革推進本部決定）において、独立行政法人制度の骨格及び89の事務・事業の独立行政法人化の方針を決定
- 平成11年7月 独立行政法人通則法（平成11年法律第103号）成立。独立行政法人の運営の基本、その他制度の基本となる共通の事項を定める
- 平成12年12月 「行政改革大綱」（平成12年12月1日閣議決定）において平成13年4月の独立行政法人移行及び今後の独立行政法人移行の方針を明示
- 平成13年4月 57 国立の独立行政法人が発足**

「道」

- 平成12年3月 「北海道科学技術振興指針」（道）
- 平成15年7月 「地方独立行政法人法成立」（国）
- 平成15年8月 「北海道における実効ある産学官連携のあり方について」（北海道科学技術審議会（以後 道科審））
- 平成16年2月 「地方独立行政法人制度に関する指針」（道）
- 平成17年3月 「今後の道立試験研究機関のあり方検討結果報告書」（道）
「本道の科学技術振興のための戦略的推進体制のあり方について」（道科審）
- 平成18年2月 「新たな行財政改革の取組」（道）
- 平成19年4月 「道立試験研究機関における地方独立行政法人制度活用に関する検討結果について」（道）
- 平成19年5月 「科学技術振興に関する総合的な推進方策について」（道科審）
- 平成19年11月 「道立試験研究機関の改革及び地方独立行政法人制度導入に関する方針案」（道）
- 平成20年2月 「道立試験研究機関の改革及び地方独立行政法人制度導入に関する方針」（道）
- 平成21年4月 「地方独立行政法人北海道立総合研究機構定款」（道）
- 平成22年4月 「地方独立行政法人 北海道立総合研究機構」設立**

8 各種事業の実績

依頼試験分析・設備使用

中小企業等の製品開発等を支援するため、その依頼による試験、分析、測定等の業務を行っています。平成24年度からは多様な依頼に対応するために、当場の設備や技術で試験が可能なものについては、オーダーメイドで柔軟に対応しています。

また、中小企業等が自ら行う製品の評価試験、強度・物性試験、測定、観察及び分析等のために工業試験場内の試験設備機器を開放しています。

依頼試験分析、設備使用 年度別実績（件）

年度	H28	H29	H30	R元	R2	R3
依頼試験分析	1,460	1,319	868	1,155	1,145	701
設備使用	865	902	799	728	580	703

工業試験場が開場した大正12年度の事業報告に「本場ハ設備完成迄ハ分析試験鑑定等ノ依頼ニ応ゼザル規定ナリト雖モ設備ト場務ノ許ス限度ニ於テ之ニ応ジタリ【以下略】」との記載があり、事業者や行政の要望に

できる限り答えようとしていたことがうかがえます。

その後、大正14年度には試験部が設置され、依頼による分析、試験、鑑定が本格的に始まりました。また、昭和2年度からは設備使用も開始されています。

開場当時の分析・試験・鑑定、設備使用 年度別実績（件）

年度	T12	T13	T14	S元	S2	S3
分析・試験・鑑定	35	44	88	109	156	336
設備使用	—	—	—	—	2	1

大正12年度の分析・試験・鑑定の内訳（件）

分析		試験		鑑定	
鉱泉	2	土管耐圧力試験	1	岩石	3
井水	2	粘土類	14	鉱物	2
甘藷切干	1	珪砂	3	岩石埋蔵量に関し	1
酒精	3	セメント類	2	合計	6
醤油	1	合計	20		
合計	9				

技術開発派遣指導

平成2年度の知事道政執行方針の中で北海道の長期的な発展を図るための重要施策の一つとして「産業の技術力のワンランクアップ」が提唱され、工業分野では「工業技術力のワンランクアップ推進方針」が策定されました。

この推進方針を受け、技術面での支援を担う工業試験

場においても一層の機能強化に取り組み、その一環として平成3年度工業試験場内に工業技術指導センター（現ものづくり支援センター）を開設しました。

当センターでは平成3年度に7名、平成4年度に8名の研究職員を新規採用し、兼務職員を含む20名の体制で技術開発派遣指導事業を開始しました。

技術開発派遣指導事業は事業開始当初から道内の中小企業のみなさまにご利用いただき、平成3年度から令和3年度までの実績は実施件数 758 件、派遣

日数 17,908 日に上り、その多くが実用化・製品化に至っております。

<技術開発派遣指導事業の概要>

対 象 者：道内において製造業又はソフトウェア業を主たる事業として営んでいる中小企業者、中小企業団体及び地域の中核的な試験研究機関
対象となる技術開発：技術開発等に継続的・計画的な取組が必要な技術課題で、技術指導の日数が20日を超えるもの
対象となる技術分野：化学応用、電子応用、産業機械、金属加工、生産技術
指導期間及び手数料：原則3か月以内で、技術指導を行う日1日につき16,000円

講演会・セミナー等の開催

(1) ものづくり産業発展力強化事業

平成22年4月の独法化に合わせて産業技術研究本部に「ものづくり支援センター」を設置したことに伴い、それまで道庁が主体となり実施していた地域における生産管理技術の強化や地場企業の品質管理技術の強化の支援に関する事業、自動車関連技術の高度化の支援に関する事業が同センターに業務移管されました。

それ以降、同センターでは、加工組立型産業を支える基盤技術企業等の振興を図ることを目的に、発注側企業が求める品質(Q)・コスト(C)・納期(D)への対応力強化を図るため、トヨタ自動車北海道株式会社の協力を得て、生産現場カイゼンの実践ゼミの開催やアイシン北海道株式会社など自動車関連企業の協力を得て、品質管理セミナーや現場実践ゼミなどを開催してきました。

また、今後の成長が期待できる次世代自動車産業や本道の主要産業である食品加工や農業向けの産業用ロボット等への重点的な取組として、高品質・低コスト、高付加価値製品製造を目的に、国や道の補助事業等を活用して、プレス加工、鍛造、3D設計・加工、アルミニウム加工など地場企業の競争力強化につながる実践的な研修も実施してきました。

平成29年度からは、道内ものづくり企業の製品開発技術の高度化を図るため、製品開発に必要な企画力の高度化を支援するための研修事業等も展開しています。

■生産管理技術強化支援

道内ものづくり企業のコスト改善や納期短縮等に必要となる生産管理技術のレベルアップを図るため、平成24年度に道からの委託を受け開発した「生産管理自己診断システム」と、作成したテキスト(解説書)を活用し、企業自らがカイゼンを実践できる中核人材を育成するための研修等を開催しています。

また、外部有識者等による現地個別指導等を実施しています。(別表1のとおり)

- ・生産管理自己診断システムの普及促進
- ・中核人材育成研修の開催
- ・原価管理・コスト改善カイゼン意識の普及・促進を図るための研修等の開催
- ・研修等に参加した企業に対するフォローアップの実施



■品質管理技術強化支援

発注側企業から求められる品質を維持した安定的・効率的な生産に必要な地場企業等の品質管理技術の向上を図るため、研修やセミナー等を開催しています。（別表2のとおり）

- ・演習や発表等を含めた品質管理応用研修会の開催
- ・研修等に参加した企業に対するフォローアップの実施



■製品開発支援

製品やサービスの高付加価値化、ものづくり技術力の向上等の課題解決に向け、平成29年度から、優れた企画立案や効率的な商品企画をマネジメントできる人材の育成を図るための研修を開催しました。

令和3年度からは、デザインを経営資源や競争力として活用できるデザインマネジメント能力の向上を目指し、様々なデザインコンセプトやデザインプロセスにおける具体的なデザイン業務のあり方について学ぶ研修等を開催しています。（別表3のとおり）

- ・商品企画力実践講座の開催
- ・デザイン開発力向上講座の開催



(2) 道受託事業(ものづくり人材技術力強化事業)

平成24年度以降、北海道からの委託を受け、道内ものづくり産業の技術の高度化を図るため、基盤技術分野や先端技術等の習得を目的とした各種研修事業に取り組みました。

令和元年度から令和3年度までの3年間は、地域活性化雇用創造プロジェクト事業(地プロ)の一環として、北海道からの委託を受け、IoT技術や生産管理、品質管理など先端技術等に習熟した人材を育成し、道内ものづくり産業における新たな付加価値製品開発や生産性・技術力の向上並びにQCD対応力を強化することで、自動車関連分野や航空機産業、食関連機械分野への参入促進を支援し、ものづくり企業における良質で安定的な正社員雇用の創出及び確保につながるためのセミナーや実践型研修会を開催しました。（別表4のとおり）

■先端IoT技術活用促進事業

道内企業に対し、IoT技術を活用することで、ものづくり産業における新たな付加価値製品の開発や生産性の向上を図るため、当场に蓄積された知識・技術やロボットセンター(ロボラボ)などの施設設備等を活用し、ロボット導入・運用技術、設計技術など、第4次産業革命の中で普及が進む新技術に対応できるIoT技術に習熟した人材を育成するための実践的なセミナー・研修会を開催しました。



■生産管理・品質管理等強化事業

道内企業に対し、企業内において、自発的にカイゼン活動を実践できる中核人材の育成ならびに現場改善の実施によるコスト削減や生産性向上など、企業体質の強化を図ることを目的とした生産管理や品質管理の強化に向けたセミナー・研修会を開催しました。

(別表 1) 生産管理技術強化支援 (H29~R3)

年度	講演会、セミナー等の名称	開催日	開催場所	参加者	担当部
H29	中核人材育成研修 (全2回)	H29.11~12	工業試験場	9名	支援センター
	原価管理・コスト改善ゼミナール (全3回)	H29.9~11	工業試験場	24名	支援センター
H30	中核人材育成研修 (全3回)	H30.10~11	工業試験場	33名	支援センター
	原価管理・コスト改善ゼミナール (全3回)	H30.10~11	工業試験場	26名	支援センター
R 1	中核人材育成研修 (全3回)	R1.9~11	工業試験場	35名	支援センター
R 2	中核人材育成研修 (全3回)	R2.10~11	工業試験場	30名	支援センター
R 3	中核人材育成研修 (全3回)	R3.10~11	工業試験場	34名	支援センター

注) 直近の5年間

(別表 2) 品質管理技術強化支援 (H29~R3)

年度	講演会、セミナー等の名称	開催日	開催場所	参加者	担当部
H29	品質評価技術研修 (全3回)	H29.9~11	工業試験場	35名	製品技術部ほか
H30	品質評価技術研修 (全3回)	H30.9~10	工業試験場	31名	支援センター
R 1	IoTを活用したモノづくり技術・技能継承セミナー	R1.10.10	札幌市内	10名	製品技術部ほか

注) 直近の5年間

(別表 3) 製品開発支援 (H29~R3)

年度	講演会、セミナー等の名称	開催日	開催場所	参加者	担当部
H29	商品企画力実践講座 (全9回)	H29.5~12	工業試験場	12名	製品技術部ほか
	商品企画実践講座キックオフセミナー	H30.2.22	工業試験場	22名	製品技術部ほか
H30	商品企画力実践講座 (全5回)	H30.5~H31.1	工業試験場	11名	製品技術部ほか
R 1	商品企画力実践講座 (全5回)	R1.7~R2.3	工業試験場	11名	製品技術部ほか
R 3	デザイン開発力向上講座 (全4回)	R3.7~R4.2	工業試験場	36名	開発推進部

注) 直近の5年間

(別表 4) 道受託事業 (R1~R3)

年度	講演会、セミナー等の名称	開催日	開催場所	参加者	担当部
R 1	3D CAD/CAE 活用セミナー	R2.2.20	工業試験場	7名	製品技術部ほか
	3D プリンター活用セミナー	R1.9.27	工業試験場	21名	支援センター
	生産性向上ロボット導入・活用セミナー	R1.11.19	工業試験場	15名	製品技術部ほか
	食ロボ S1er 育成研修 (全4回)	R2.1~2	工業試験場	26名	製品技術部ほか
	足利流 5S カイゼンセミナー	R1.10.31	工業試験場	26名	支援センター
	足利流 5S 現地視察会	R2.1.27~28	栃木県足利市	7名	支援センター
	原価管理・コスト改善ゼミナール (全3回)	R1.10~11	工業試験場	12名	支援センター
	自動車関連部品技術勉強会	R2.2.13	道総研プラザ	12名	支援センター
	品質評価技術研修 (全3回)	R1.9~12	工業試験場	18名	製品技術部ほか

R 2	デザイン CAD Fusion360 オンラインセミナー	R2. 10. 5～6	工業試験場	72 名	開発推進部
	IoT×3D CAD/CAE 連携活用セミナー	R3. 1. 27	工業試験場	23 名	材料技術部ほか
	AI プログラミング実践研修	R2. 8. 28	工業試験場	19 名	産業システム部ほか
	AI 導入事例紹介セミナー	R2. 9. 30	工業試験場	13 名	産業システム部ほか
	3D プリンター活用研修	R2. 11. 10	工業試験場	19 名	産業システム部ほか
	生産性向上ロボット導入・活用セミナー	R3. 2. 1	工業試験場	85 名	産業システム部ほか
	食ロボ S1er 育成研修 (全 3 回)	R2. 11～R3. 1	工業試験場	45 名	産業システム部ほか
	トヨタ生産方式 (TPS) カイゼンセミナー (全 2 回)	R3. 12. 10～11	工業試験場	12 名	開発推進部
	原価管理・コスト改善ゼミナール (全 2 回)	R2. 10. 7, 14	工業試験場	15 名	開発推進部
	自動車関連部品技術勉強会	R2. 10. 29	工業試験場	33 名	開発推進部
	品質評価技術研修 (全 2 回)	R2. 9. 8～12. 6	工業試験場	26 名	開発推進部
R 3	AI 技術活用促進オンラインセミナー (全 2 回)	R3. 12. 1, 8	工業試験場	79 名	産業システム部ほか
	FMEA・CAE 活用セミナー	R3. 12. 3	工業試験場	19 名	材料技術部ほか
	電磁波応用技術セミナー (全 2 回)	R3. 12. ～R4. 1	工業試験場	49 名	産業システム部ほか
	3D プリンター活用研修	R3. 9. 29	工業試験場	41 名	産業システム部ほか
	食ロボ S1er 育成研修 (全 4 回)	R3. 10～R4. 1	工業試験場	65 名	産業システム部ほか
	生産性向上ロボット導入・活用セミナー	R4. 1. 31	工業試験場	50 名	産業システム部ほか
	品質評価技術研修 (全 5 回)	R3. 9～12	工業試験場	431 名	産業システム部ほか
	原価管理・コスト改善オンラインセミナー	R3. 12. 16	工業試験場	21 名	開発推進部
	自動車関連部品技術勉強会	R3. 9. 2	工業試験場	56 名	開発推進部
	自動運転に関するオンライン技術セミナー	R4. 1. 17	工業試験場	33 名	開発推進部
	トヨタ生産方式・段取り改善オンラインセミナー	R3. 12. 23	工業試験場	32 名	開発推進部

注) 地域活性化雇用創造プロジェクト事業 (R1～R3)

産学連携・地域連携の推進

大学及び研究機関等との情報交換・交流を行うとともに、産学官連携プロジェクトの立案、調整、研究推進に取り組んでいるほか、経営支援機関等と連携して企業などの事業化・実用化を支援しています。

(1) 産学官共同研究拠点の設置

産学官が連携して大学等の研究成果の事業化を図るために、北大リサーチ&ビジネスパーク内にある工業試験場に、実験室レベルの研究成果を実際の生産規模に近いレベルに引き上げる実証研究を行う「北海道産学官共同研究拠点(WINGほっかいどう)」を平成22年度に設置し、それ以降、道内企業の製品化・事業化を支援しています。

[拠点の活動内容]

- ・産学官共同による実証研究の推進
- ・人材の育成
- ・地域の産学官による拠点の活用体制の構築等
- ・研究設備の活用促進

(2) 道内4高専との連携協定

道内の4都市にある独立行政法人国立高等専門学校機構工業高等専門学校(函館、苫小牧、旭川、釧路)と工業試験場は、これまでの相互の協力関係を一層発展させ、より組織的に連携・協力を推し進めることで、北海道の産業技術力の強化及び新事業・新産業の創出に寄与することを目的として、平成23年1月29日(土)に連携協定を締結しました。

(別表5のとおり)

[主な連携項目]

- ・研究交流に関すること
- ・人材交流に関すること
- ・研究施設の相互利用に関すること
- ・その他双方が必要と認めるもの

同日、札幌サンプラザホテルで行われた会見には、工業試験場の尾谷場長及び、函館工業高等専門学校

の切明副校長、苫小牧工業高等専門学校の秋山校長、釧路工業高等専門学校の岸浪校長、旭川工業高等専門学校の高橋校長が出席しました。



本協定にもとづき、毎年、研究交流会の開催や工業試験場成果発表会における道内4高専の研究成果の発表・展示等の取組を積極的に進めています。

(3) 地域連携の推進

道内ものづくり企業等における新たな技術開発や新製品開発を促進するため、地域の産業技術支援機関との新たな連携や取組について意見交換等を行っています。

■北のものづくりネットワークを活用した地域連携

道内企業等における新たな技術開発や新製品開発を促進することを目的として、平成17年1月に工業試験場と地域の産業技術支援機関との連携・交流を図る北のものづくりネットワーク会議を設置し、毎年会議を開催し、各地域の支援機関が進めている技術支援事例に関して意見交換等を行っています。

[構成機関]

- ・(公財)函館地域産業振興財団
- ・(一財)旭川産業創造プラザ
- ・旭川市工業技術センター
- ・旭川市工芸センター

- ・(一社)北見工業技術センター運営協会
- ・(公財)オホーツク地域振興機構
- ・(公財)室蘭テクノセンター
- ・苫小牧市テクノセンター
- ・(公財)道央産業振興財団
- ・(公財)とちか財団
- ・(公財)釧路根室圏産業技術振興センター
- ・工業試験場
- ・エネルギー・環境・地質研究所
- ・食品加工研究センター



■北海道「北のものづくり」連携支援計画

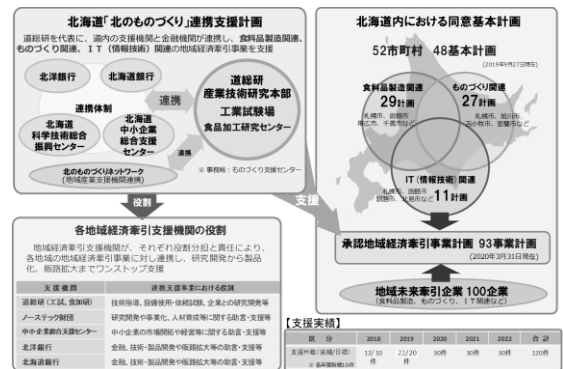
道総研では、地域未来投資促進法に基づき、北海道「北のものづくり」連携支援計画を策定し、平成30年3月29日に国の承認を受けました。

本計画では、道内の産業支援機関と金融機関からなる地域経済牽引支援機関（5機関）が連携し、道内の事業者が策定した地域経済牽引事業計画について、研究開発から製品化、販路拡大までワンストップ支援することとしています。

支援対象とする事業分野は、道総研（産業技術環境研究本部）が強みを持っている①食料品製造関連、②ものづくり関連、③IT（情報技術）関連を3分野です。

〔地域経済牽引支援機関〕

- ・道総研（産業技術環境研究本部）
- ・(公財)北海道科学技術総合振興センター
- ・(公財)北海道中小企業総合支援センター
- ・(株)北洋銀行
- ・(株)北海道銀行



(別表5) 研究分野別連携協定締結状況

締結日	締結機関	道総研	締結方法	連携事項
H23. 1. 29	独立行政法人国立高等専門学校機構 函館工業高等専門学校	工業試験場 エネルギー・環境・地質 研究所	2者協定	1. 研究交流 2. 人材交流 3. 研究施設の相互立用 4. その他双方が認める必要な事項
H23. 1. 29	独立行政法人国立高等専門学校機構 苫小牧工業高等専門学校	工業試験場 エネルギー・環境・地質 研究所	2者協定	1. 研究交流 2. 人材交流 3. 研究施設の相互立用 4. その他双方が認める必要な事項
H23. 1. 29	独立行政法人国立高等専門学校機構 釧路工業高等専門学校	工業試験場 エネルギー・環境・地質 研究所	2者協定	1. 研究交流 2. 人材交流 3. 研究施設の相互立用 4. その他双方が認める必要な事項
H23. 1. 29	独立行政法人国立高等専門学校機構 旭川工業高等専門学校	工業試験場 エネルギー・環境・地質 研究所	2者協定	1. 研究交流 2. 人材交流 3. 研究施設の相互立用 4. その他双方が認める必要な事項

9 職員の動き

		役職名				
S52年～ S60年	北海道立工業試験場長	野幌工業分場長	ラジオアイソトープ研究室長	特別研究員		総務部長
	松原 陸哉(S52～S57)	宮島 雅俊(S52～S57)	丸山 敏彦(S52～S55)	飯田 貞一(S52)	小塩 高泰(S52～S54)	畑中 秀男(S52～S53)
	吉町 晃一(S58～S60)	菊池 博男(S58～S60)	平野 徹(S56～S60)	近藤 哲也(S52～S59)	加藤 金二(S54)	菊地 浩(S53～S54)
				丸山 敏彦(S56)	寺井 悌三(S56)	上田 実(S55～S56)
1977年～ 1985年				田畑 恒夫(S57～S58)	吉町 晃一(S57)	酒井 忠男(S57～S58)
				宮島 雅俊(S58～S59)		広瀬 輝夫(S59～S60)
S61年～ H2年	工業試験場長	副場長	企画情報室長	特別研究員		総務部長
	吉町 晃一(S61～S62)	早川 俊一(S61～S62)	榎本 泰彦(S61～H2)	菊池 博男(S61～S62)	近藤 哲也(S61～S62)	早川 俊一(S61～S62)
	丸山 敏彦(S63～H2)	八島 英治郎(S63～H1)		宮島 雅俊(S61～S62)	種村 藤吉(S62)	八島 英治郎(S63～H1)
1986年～ 1990年		江口 正元(H2)				今村 俊勝(H2)
H3年	工業試験場長	副場長	企画情報室長		総務部長	
	丸山 敏彦	江口 正元	森田 稔		坂本 繁登	
1991年	工業試験場長	副場長	【工業技術指導センター】所長		【工業技術指導センター】副所長	企画調整部長
	丸山 敏彦	江口 正元	森田 稔		坂本 繁登	坂本 繁登
H4年～ 14年	場長	副場長	【工業技術指導センター】所長		【工業技術指導センター】副所長	企画調整部長
	丸山 敏彦(H4～H6)	江口 正元(H4)	森田 稔(H4)		中野 行雄(H4～H6)	中野 行雄(H4～H6)
	酒井 昌宏(H7～H12)	天池 智裕(H5～H6)	松村 信良(H5～H8)		太田 光尚(H7～H8)	太田 光尚(H7～H8)
	安田 公彦(H13)	畠山 隆行(H7～H8)	安田 公彦(H9～H12)		竹本 一夫(H9～H10)	竹本 一夫(H9～H10)
1992年～ 2002年		鳥井 真司(H9～H10)	綿貫 幸宏(H13)		藤井 由(H11～H12)	藤井 由(H11～H12)
		大野 雅基(H13)			川村 順一(H13)	川村 順一(H13)
H14年～ H21年	場長	副場長	【技術支援センター】所長		【技術支援センター】副所長	企画調整部長
	安田公彦(H14)	綿貫 幸宏(H14)	尾谷 賢(H14～H17)		川村 順一(H14)	川村 順一(H14)
	綿貫 幸宏(H15～H17)	角井 由美子(H15)	鶴田 秀一(H18～H21)		塩原 卓二(H15～H16)	鈴木 裕敏(H15～H18)
	尾谷 賢(H18～H21)	沼田 隆志(H16)			末武 益三(H17～H18)	寺嶋 克仁(H19～H20)
2002年～ 2009年		田村 憲司(H17～H18)			安田 昭男(H19～H20)	大澤 政昭(H21)
		佐々木 寿幸(H19～H20)			本田 和弘(H21)	
H22年～ H23年	産業技術研究本部長・場長	副場長	【ものづくり支援センター】センター長			企画調整部長
	尾谷 賢(H22)	棟方 裕昌(H22～H23)	澤山 一博(H22～H23)			養嶋 裕典(H22)
	養嶋 裕典(H23)					富田 和彦(H23)
H24年～ H28年	産業技術研究本部長・場長	副場長	【ものづくり支援センター】センター長		総務部長	企画調整部長
	養嶋 裕典(H24～H27)	中村 順一(H24～H25)	波 通隆(H24～H25)		香川 敏也(H24)	富田 和彦(H24)
	片山 直樹(H28)	嶋崎 卓夫(H26～H27)	片山 直樹(H26～H27)		松田 弘(H25～H27)	片山 直樹(H25)
		佐藤 靖史(H28)	吉田 光則(H28)		高橋 政彦(H28)	鈴木 耕裕(H26～H27)
2012年～ 2016年						及川 雅稔(H28)
H29年～ R元年	産業技術研究本部長・場長	副場長	【ものづくり支援センター】センター長	技術支援部長	総務部長	企画調整部長
	片山 直樹(H29～R1)	鳴海 拓史(H29)	吉田 光則(H29)	三島 斉(H29)	山本 厚志(H29～H31)	及川 雅稔(H29)
		星 昌浩(H30～H31)	飯田 憲一(H30～R1)	高橋 浩(H30～R1)	川村 朱美(R1)	吉川 毅(H30)
2017年～ 2019年		藤村 弘之(R1)				橋場 参生(H31～R1)
R2年～ 2020年～	産業技術環境研究本部長・場長	副場長	【ものづくり支援センター】センター長	技術支援部長	総務部長	企画調整部長
	片山 直樹(R2～R3)	藤村 弘之(R2～R3)	内山 智幸(R2～R3)	横山 諭(R2～R3)	川村 朱美(R2～R3)	橋場 参生(R2～R3)
R4年～ 2022年～	産業技術環境研究本部長・場長	副場長	【ものづくり支援センター】センター長	技術支援部長	総務部長	企画調整部長
	橋場 参生(R4～)	北村 英士(R4～)	内山 智幸(R4～)	松浦 隆彰(R4～)	鶴崎 早佳英(R4～)	高橋 英徳(R4～)

		役職名				
S52年～ S60年		工芸部長	機械金属部長	化学工業部長	工業装置部長	包装・食品部長
		菅又 淳悦(S52～S60)	花村 重幸(S52～S60)	加藤 金二(S52～S53)	種村 藤吉(S52～S60)	吉町 晃一(S52～S56)
				田畑 恒夫(S54～S56)		寺井 偉三(S57～S60)
1977年～ 1985年				丸山 敏彦(S57～S60)		
S61年～ H2年	電子応用部長	工芸部長	機械金属部長	化学技術部長	資源エネルギー部長	食品部長
1986年～ 1990年	花村 重幸(S61～S63)	菅又 淳悦(S61～H1)	飯塚 正弘(S61～H2)	丸山 敏彦(S61～S62)	種村 藤吉(S61)	寺井 偉三(S61～H1)
	森田 稔(H1～H2)	安田 公彦(H2)		野口 達夫(S63～H1)	三上 正樹(S62～S63)	山田 康郎(H2)
				平野 徹(H2)	森本 茂樹(H1～H2)	
H3年	電子応用部長	工芸部長	機械金属部長	化学技術部長	資源エネルギー部長	食品部長
1991年	松村 信良	安田 公彦	酒井 昌宏	平野 徹	森本 茂樹	山田 康郎
	電子応用部長	工芸部長	機械金属部長	化学技術部長	資源エネルギー部長	食品部長
	松村 信良	安田 公彦	酒井 昌宏	平野 徹	森本 茂樹	山田 康郎
H4年～ 14年	電子応用部長	産業デザイン部長	機械金属部長	化学技術部長	資源エネルギー部長	(食品加工研究センター設立)
1992年～ 2002年	松村 信良(H4～H6)	安田 公彦(H4～H8)	酒井 昌宏(H4～H6)	平野 徹(H4～H7)	森本 茂樹(H4～H7)	
	長尾 信一(H7～H13)	綿貫 幸宏(H9～H12)	牧野 功(H7～H12)	後町 光夫(H8～H13)	尾谷 賢(H8～H13)	
		牧野 功(H13)	輪田 秀一(H13)			
H14年～ H21年	情報システム部長	製品技術部長	材料技術部長	環境エネルギー部長		
2002年～ 2009年	長尾 信一(H14～H19)	牧野 功(H14～H16)	輪田 秀一(H14～H15)	後町 光夫(H14～H15)		
	澤山 一博(H20～H21)	安河内 義明(H17～H20)	後町 光夫(H16～H17)	作田 庸一(H16～H19)		
		鎌田 英博(H21)	勝世 敬一(H18～H20)	菱嶋 裕典(H20～H21)		
H22年～ H23年	情報システム部長	製品技術部長	材料技術部長	環境エネルギー部長		
2010年～ 2011年	波 通隆(H22～H23)	鎌田 英博(H22～H23)	赤沼 正信(H22)	長野 伸泰(H22～H23)		
			吉田 光則(H23)			
H24年～ H28年	情報システム部長	製品技術部長	材料技術部長	環境エネルギー部長		
2012年～ 2016年	鈴木 耕裕(H24～H25)	鎌田 英博(H24)	吉田 光則(H24～H27)	高橋 徹(H24～H27)		
	吉川 毅(H26～H28)	及川 雅稔(H25～H26)	高橋 徹(H28)	赤澤 敏之(H28)		
		飯田 憲一(H27～H28)				
H29年～ R元年	情報システム部長	製品技術部長	材料技術部長	環境エネルギー部長		
2017年～ 2019年	吉川 毅(H29)	飯田 憲一(H29)	高橋 徹(H29)	赤澤 敏之(H29)		
	高橋 裕之(H30～R1)	田中 大之(H30～R1)	赤澤 敏之(H30)	三津橋 浩行(H30)		
			三津橋 浩行(H31～R1)	北口 敏弘(H31～R1)		
R2年～ 2020年～	産業システム部長	開発推進部長	材料技術部長			
	畑沢 賢一(R2～R3)	大村 功(R2～R3)	高橋 英徳(R2～R3)			
R4年～ 2022年～	産業システム部長	開発推進部長	材料技術部長			
	畑沢 賢一(R4～)	奥田 篤(R4～)	野村 隆文(R4～)			

10 各部の現況

総務部

総務課

総務部総務課は、庶務、財務を所管しており、人事、給与、財務・経理、調達、施設管理等に関する業務をはじめ、内部管理全般の様々な業務を担当しています。

現在の組織体制は、総務部長兼総務課長、総務主査、調整主査、担当係員3名、契約職員1名で、計7名の体制で業務を行っています。

人事、給与につきましては、研究開発や技術支援といった工業試験場の主たる機能を担う研究職員の新規採用、職員への給与支払、任期付き職員の採用（雇用・更新）、人事評価、職員研修等を行っており、適正な人事管理、労務管理に努め、一人一人が輝く働きやすい職場づくりに取り組んでいます。

工業試験場の経営基盤である財務・経理につきましては、北海道からの運営費交付金、依頼試験手数料等の自己収入、外部資金など競争的資金や共同研究・受託研究等の受託研究等収入及び寄付金収入、科学技術研究費助成金その他補助金による収入の管理を

する一方で、機器や研究物品、事務用品等に係る調達・入札、契約を行っており、予算執行方針にもとづく適切な予算管理を心がけています。

また、建物・設備等をより良い環境に維持するための施設管理も重要な業務です。現在使用している庁舎は昭和52年に供用開始されたものですので、老朽化は否めません。経年劣化に対応する修繕・改修工事を計画的に実施できるよう、法人本部と連携しながら検討を進めています。

日常のメンテナンスとしては、設備管理、樹木植栽管理、清掃管理、排水処理管理、廃棄物処理管理等を行い、建物・設備等が良好な状態に保たれるよう努めています。

そのほかの業務としましては、工業試験場にお越しになるお客様の受付、職員の勤怠管理や文書管理、安全衛生管理等を行っています。

工業試験場の100年の節目を迎え、この先の100年にも貢献することができるよう、総務部としましても、引き続き円滑な業務遂行に努めてまいります。



企画調整部

企画課

企画調整部は、研究開発の企画及び総合調整を担う部署です。平成22年の独法化以前は、工業試験場の業務のみを所管していましたが、独法化後は産業技術研究本部の企画調整部となり、工業試験場だけでなく食品加工研究センター（食加研）との連絡・調整や、研究本部としての取りまとめなどが新たな業務として加わりました。さらに、令和2年度には、エネルギー・環境・地質研究所（エネ環地研）が新設され、産業技術環境研究本部となったことから、以降、法人本部と3つの試験研究機関を結ぶ窓口として活動を続けています。なお、食加研とエネ環地研には、各々の企画調整業務を行う研究推進室が設置されていますが、工業試験場には同様の部署がないため、研究職員5名、道からの派遣職員2名という限られた人員で、研究本部と工業試験場の両方の企画調整業務をこなしています。本稿では、研究部との関わりが深い「試験研究課題の検討・評価」と「試験研究機器の整備・修繕・維持」に関する事務作業について詳しく説明しながら、企画調整部の膨大な業務の一端をご紹介します。

まず、「試験研究課題の検討・評価」に係る業務について、新規の研究課題（経常研究）が決定されるまでの過程を例に説明します。道総研で新たな研究を実施しようとする場合は、まず、その目的や研究計画、成果・活用先などを記した「研究課題調書（新規課題）」を作成する必要があります。この調書をもとに、場内の事前検討を経た上で、外部有識者を交えた「工業試験場研究課題検討会」を実施し、そこでの議論を反映させて調書を完成させます。次に、完成した調書をもとに「工業試験場評価案検討会議」を実施し、「緊急性・必要性」、「計画の適切性」、「成果の活用可能性」の3つの観点から内容を評価し、A（高い）、B（標準）、C（低い）の評価案を作成します。この評価案は、さらに続く「産業技術環境研究本部評価会議」においてその妥当性が検討され、課題の実施を左右する最終的な評価の決定に至ります。企画調整部では、研究部と連携した調書の作成に始まり、課題検討会や評価会議の準備・運営、外部有識者との連絡調整、評価案・

評価結果の取りまとめと法人本部への報告等々、この一連の過程を円滑に進めるために努力しています。なお、ここで紹介した過程は年度前半に実施される新規課題の検討・評価についてのもので、年度後半には、今度は継続課題・終了課題について、ほぼ同様の流れに沿った検討・評価を再び実施する必要があります。以上の例示は、研究本部において採択が決定される経常研究に関するものですが、より予算規模の大きい重点研究の採否に関しては、道総研が委嘱した研究評価委員による評価を踏まえて理事長が決定することから、法人本部との間で、提案課題に関する質疑応答、調書の修正、研究評価委員へのプレゼン資料の作成、ヒアリング対応等の細やかな対応が、さらに必要となります。この他、公募型研究や一般共同研究等、年度途中から始まる外部資金による研究課題については、随時、臨時の課題検討会を実施し、評価を行う必要があります。

続いて、研究業務を支えるもうひとつの重要な業務である試験研究機器の整備について紹介します。試験研究を実施する上で必要な機器の整備は、法人本部からの研究用備品整備費を活用して行われます。この研究用備品整備費は、研究本部で機器を選定できる通常枠（10万円以上の機器）と、法人本部が採否を決定する競争枠（300万円以上の機器）に分かれており、高額な機器の整備には、競争枠での採択が不可欠です。しかし、その名の通り、競争枠は各研究本部から出された要望に対して、法人本部がヒアリングを行い、最終的に理事長によって決定されるため、食加研・エネ環地研分を含めた要望機器の選定作業や、研究部と連携した説明資料の作成、ヒアリングへの対応等を進め、採択を目指す必要があります。また、工業試験場では、公益財団法人JKAが実施する「競輪とオートレースの補助事業」に応募することで、道内中小企業への技術支援に必要な高額機械設備を導入するための予算獲得にも努力しており、申請書の作成や、採択された場合の機器導入、導入後の効果検証等の事務手続きも、毎年度の欠かせない業務となっています。この他、日々の研究業務に支障が生じないように、限られた予算をやり繰りして、試験研究機

器の修繕やメンテナンスに対応することも重要な業務のひとつです。

今回ご紹介した業務の他にも、研究課題等のニーズの把握に関すること、研究職員の研修(海外・国内)に関すること、試験研究に係る予算要求・執行・決算に関すること、外部資金研究課題を実施するために必要な契約・実績報告等に関すること、勤務発明や知財権出願に関すること、研究成果等の対外発表の承認に関すること、年度計画の自己点検・評価に関すること等々、企画調整部では、実に多くの事務処理が日々行われています。令和3年度からは新たに、研究

情報の収集と研究部への提供、研究課題の立案や推進に関連する各種統計資料等のデータ整理も業務に加わっており、これらについては副場長の指揮監督の下で、専任の研究職員が取り組んでいるところです。

工業試験場、そして、産業技術環境研究本部が、道内産業の振興、そして、道民生活の向上に貢献し、夢のある北海道づくりに資する研究成果を生み出し続けることができるように、企画調整部は、これからも一丸となって複雑かつ困難な業務に対応してまいります。



ものづくり支援センター

技術支援部

工業技術支援グループ

技術支援部は工業技術支援グループの1グループで構成しており、大きく分けて、①工業技術の相談・指導及び普及、②技術情報の提供、③技術広報の3つの業務を担当しています。

1点目の工業技術の相談・指導及び普及業務につきましては、主に道内ものづくり企業からの技術的な課題の解決に向けた相談や、農林水産業や食品製造業における生産性向上、安全で快適な地域生活に向けた工業技術の応用に関する相談などに対応しており、企業からの電話や電子メールによる相談窓口業務、企業の技術者への技術支援や、研究員の企業への派遣に関する調整及び企業からの依頼により分析・検査等を行う依頼試験や設備を企業等に開放する設備使用に関する受付から実施までの手続き業務を行い、研究員が主体となって行う技術普及業務の円滑な実施に向けた環境整備に取り組んでいます。

2点目の技術情報の提供につきましては、工業試験場において実施している研究の成果を、道内企業で積極的に活用してもらうため、「技術移転フォーラム工業試験場成果発表会」を年1回、札幌市内で開催しており、研究成果のプレゼンテーションやポスターセッションに加え、企業と連携して開発した装置等の実物の展示を行っています。

この発表会には、道内の企業や行政機関など、延べ約600人前後のみなさまにご参加をいただいています。

また、札幌市以外の地域におきましては、各地域の企業等が抱える課題の内容により設定したテーマに関する研究や技術支援の成果を紹介する「移動工業試験場」を、地域の支援機関と連携し開催しています。

このほか、「工業試験場報告」、「技術支援成果事例集」といった技術情報誌を、各年1回発行しており、「工業試験場報告」は、主に工業試験場において実施した道総研の重点研究、経常研究などの研究成果を、「成果事例集」は、主に企業等と連携し研究・開発を行った成果や企業等への技術支援の成果を紹介しています。

3点目の技術広報については、研究や技術支援の成果を含めた工業試験場の活動を、「北海道ビジネスEXPO」や「ものづくりテクノフェア」などの展示会への出展や「サイエンスパーク」といったイベントへ参加し紹介するほか、工業試験場のホームページや、約4,000者に向けて月1回発行するメールマガジンなどにより発信しています。

このように、工業技術支援グループでは、企業のみならずの最初の出会いの場として、工業技術に関する幅広い窓口業務や情報発信業務などを行っています。



開発推進部

開発推進部は、令和2年4月の組織改正によって、ものづくり支援センターに新しく設置された部門です。令和4年4月現在、研究職員7名と行政職員2名からなるものづくりデザイングループと、研究職員2名の連携推進グループから構成されています。

担う機能としては、ものづくりデザインに関する研究開発・製品化支援、道内企業技術者の育成のための研修事業、道内の大学や支援機関との連携推進の3つであり、ものづくり支援センターの一翼を担うことから、出口戦略のサポートに重点を置いた活動が求められています。

連携推進グループ

令和2年3月まで技術支援部に所属していた連携推進グループは組織改正で開発推進部に所属することとなりました。業務としては、産学官連携、地域連携の推進、地域の産業技術支援機関との連携を担っており、そのための大学及び研究機関等との情報交換・交流や産学官連携プロジェクトの調整など、外部機関との窓口として活動を行っています。

「北のものづくりネットワーク」(H17 設置) 事業では、道内企業等における新たな技術開発や新製品開発を促進することを目的として、産業技術環境研究本部と地域の産業技術支援機関との連携・交流を図るための事業を推進しています。地域未来投資促進法に基づいた連携支援計画では、北海道科学技術総合振興センターや北洋銀行、北海道中小企業総合支援センターなどと連携した企業支援を進めています。

さらに、近年の北海道大学を中心とした起業支援への取り組みやフードロス削減コンソーシアムへの参加などでは、法人本部と連携した取組みを進めています。

ものづくりデザイングループ

令和2年3月まで工業試験場製品技術部デザイン・人間情報グループに配置されていたデザイン開発系の研究職員と、ものづくり支援センター技術支援部に配置されていた製品開発支援グループが統合されて、現在のものづくりデザイングループとなりました。

た。ものづくりデザインに関する道内企業技術者の育成のための研修事業、研究開発・製品化支援を担っています。

研修事業は、平成22年より取り組んでいる「ものづくり産業発展力強化事業」と令和元年度から道の受託事業として取り組んでいる「ものづくり人材技術力強化事業」の2つを実施しており、当場の研究職員や外部の専門家を講師として招いて、道内企業向けに多様なプログラムを実施しています。

前者は本道ものづくり産業の発展力強化に向け、生産管理・品質評価技術の強化、商品企画力の強化に関するセミナーを実施しています。後者は先端技術を活用できる人材の育成により道内ものづくり産業の高度化を推進するために、IoT 技術、AI 活用、ロボット技術など、さらにカイゼン等の生産管理技術、原価管理・コスト改善、自動車関連技術など、今日的な技術テーマからベーシックな内容まで各種セミナーを実施しています。



自動車関連部品技術勉強会

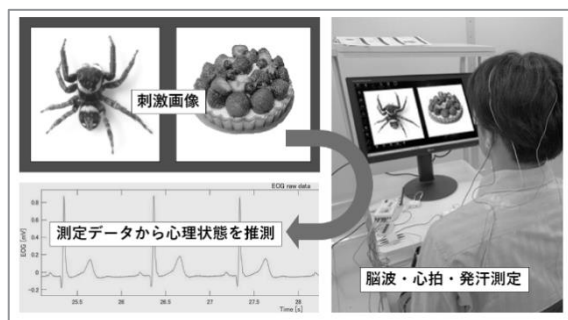
令和2年度以降は、新型コロナウイルス感染症への対応として、オンラインによる開催が中心となっていますが、時にはオンラインと同時に会場での聴講参加も併用する複雑なハイブリッド形式での開催も求められました。また、魅力的なセミナープログラムづくりのために、各分野における著名な専門家に講演をお願いするなどの取り組みを進めました。その結果、オンライン開催のメリットも加わり、遠隔地や道外を含む多くの企業や関係機関から多数の参加があり、令和3年度に研修事業の一連の取り組みに

対して本部長賞を受賞するなど高い評価を得ています。

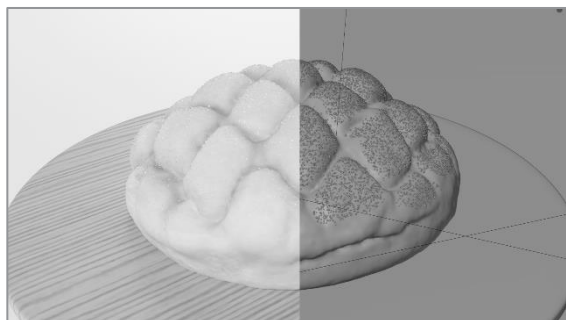
研究開発・製品化支援では、道内企業の製品企画・デザイン開発力強化のための試験研究と技術支援に取り組んでいます。この分野は、製品の機能・性能だけでなく、外観イメージや使いやすさ、それらによって得られる満足感など、人の感性を考慮した魅力的で競争力の高いものづくりのための技術として期待されており、道内企業の競争力向上のためには重要かつ不可欠な技術です。

研究課題の設定に当たっては、大きなテーマとして「人間中心設計」を掲げています。人間中心設計はあらゆるものづくり企業に有効な、ユーザ視点の製品開発に関する基本的な考え方とプロセスであり、我々の研究開発は、この人間中心設計を道内企業に普及・展開するための手法・ツールの開発やケーススタディの実践を目的としています。

現在取り組んでいる研究課題は「ユーザ中心設計のための試作活用技術に関する研究（R2～3）」の他、AR/VR技術・3DCG技術活用に関するデザイン開発技術として「技能伝承ARに関する研究（R2～3）」及び「自然物を含んだリアルタイムレンダリング技術に関する研究（R3）」、さらに人の感性を計る高度なデザイン評価技術として「生体情報に基づく好意推定手法の開発（R3～4）」です。



好意推定手法による被験者実験



3D ビジュアライゼーション技術の蓄積

令和4年度からは、デジタルファブリケーションに欠かせない3Dビジュアライゼーション技術として、フォトグラメトリ技術などを活用した3DCG制作の効率化や、アフターコロナを見据えた非接触ユーザーインターフェースの活用技術などにも取り組んでいます。

企業への技術支援では、デザイン開発技術をベースとした製品開発支援を行っています。その対象は、アクセサリ、化粧品、レジャー用具、IoT機器、児童遊具、農業機械、さらにソフトウェアまで多岐に渡っています。

あらゆる企業の製品開発に参画し、上流のコンセプト開発から下流の製品販売まで広く貢献できるのがデザイン開発技術のユニークな点でもあり、実際に企業支援では製品企画やコンセプトに対するアドバイスから、具体的なアイディアやデザインの提案、これらに付随するデザイン試作やユーザ評価など、企業の要望や状況に応じて支援しています。



液体急速冷凍機のデザイン開発支援
(上加冷機工業株式会社)

デザイン開発技術はこれから先も、製品を使う人の視点や人の感性を大事にすることに変わりはありませんが、一方でイノベーション創出の牽引役としてデザインへの期待が高まっていること、他の技術分野と同様にデジタルデータ・ツールの活用が高度化してきていることなどから、取り組むべき研究範囲は広がっていくと考えます。また、道内ものづくり企業へのデザイン導入、製品開発支援はもちろん、道総研の他の技術部門や各種機関との連携にも力を入れながら成果を挙げていきたいと考えています。

工業試験場

産業システム部

産業システム部は、新たな価値創出や複雑化・多様化する課題への取組みを加速するため、令和2年度の組織機構改正により誕生しました。部員は、旧情報システム部と旧製品技術部の一部のメンバーにより構成され、その後採用された職員を含め総勢27名、平均年齢44歳の大所帯となりました。

情報システムグループ、機械システムグループ、人間情報応用グループの3つのグループから構成され、ICT、機械設計・制御、ロボット、人間情報の計測・評価技術、作業支援・軽労化技術等を基に「システム系ものづくり」に関する試験研究と技術支援を行っています。

我々が支援を行う、ものづくり産業を取り巻く環境は、めまぐるしく変化し、少子化や高齢化に起因する労働力不足、データとデジタル技術を活用した労働生産性の向上、新製品開発の効率化、生産管理技術（QCD対応力）の向上に加えて、SDGs、カーボンニュートラルなど多くの課題を抱えており、これらの課題を解決すべく研究開発を進めています。ここ数年は特に、情報産業、製造業をはじめ農林水産業などの一次産業、食料品製造業や福祉機器製造業など、道内の広範囲な産業分野に注力しています。

以下に各グループの研究内容や成果について紹介します。

情報システムグループ

ICTを用いたデジタル化・ネットワーク化に関する技術開発、複雑・不定形状物の計測や高精度な計測を可能とする技術開発、IoT技術により収集されたビッグデータとAIを活用して新たな価値を創出する技術開発、電磁波の特性を活用したセンシングやデータ通信などの技術開発を行っています。

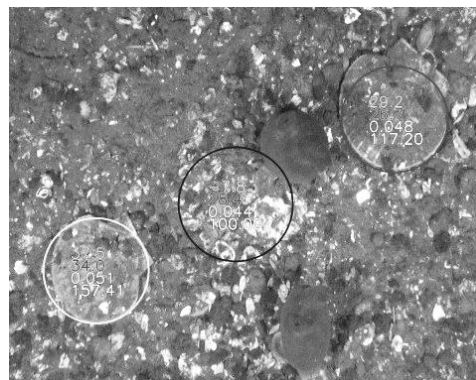
最近では、不定形状物である農産物を対象に、画像や分光技術を用いた原材料の自動品質検査手法を開発して、現状の目視検査と同程度の精度で不良を検出したり、既存設備に後付けして、温度や生産個数などの生産管理情報をモニタリングする装置を開発して情報の自動取得を実現し、食品加工工場の受入検査

及び管理の省力化・省人化を実現する研究を行っています。

また、海洋上に設置する定置網などの漁具の設置状況をSAR（合成開口レーダー）衛星によるリモートセンシングで計測・可視化できるようにするため、衛星のレーダー電波を効率的に反射するフロートを開発する研究も行っています。

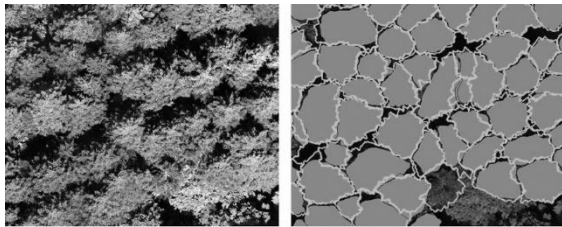
さらに、企業、自治体、組織の業務効率化を目的に、AIを活用して事務文書、メールなどの様々な文書データを処理することにより、会話のような文章で要約や検索などが可能となる、日本語の自然言語処理技術の研究を行っています。

最近の研究成果としては、オホーツク海から根室海峡海域の地まきホタテガイ漁業で、生産量の拡大やホタテガイの品質向上のために漁場状況を把握する資源量調査において、海底画像撮影装置で得られた海底画像から底質（海底を構成する物質）及びホタテガイを自動認識する技術を開発し、低コストで高精度に漁場状況を把握する海底可視化システムを実用化し、ホタテガイ資源量予測サービスの事業化に結びつけました。



ホタテガイの検出結果

また、森林の伐採や管理を行う際、どれだけ木があるかを把握するため、木以外の植物が生い茂り傾斜もある森林に入り、木の高さや太さ、幹の体積を1本1本人手で計測している資源量調査において、ドローンなどで撮影した森林の空撮画像を解析することで、木の高さや直径を高精度で推定する技術を開発しました。



入力オルソ画像

機械学習による推定樹冠
—— 人手で作成した樹冠

AIによる森林画像の解析結果

今後は、判断や行動決定などの知的作業をAIを用いて代替する自律処理技術や5Gなどの次世代通信技術を活用した研究開発を予定しています。

機械システムグループ

機構解析・設計技術やAI・ICT技術を活用した各種作業の自動化、軽労化に関する技術開発、メカトロニクス・ロボティクス技術や画像処理技術を活用した新たな食品検査・加工技術、機械装置の開発効率を向上させるシミュレーションなどの技術開発を行っています。

最近では、いちごのハウス栽培における日常的な管理作業（不要な葉やつるの除去など）が可能な遠隔操作ロボットを開発し、作業を行いながら各種センサ情報を収集して、将来的にAIを搭載することで自律作業が可能なフィールドロボットの実現を目指す研究を行っています。

また、食品製造業で最も多くの人手を要しているハンドリング作業の自動化を目指して、食品を個別に識別し、目標位置を検出して適切にハンドを制御させ、多様な食品の把持を可能とする技術の実用化を目指す研究を行っています。

さらに、畑作農業において、作物と作物の間（株間）の除草については、全ての作物に対応できるような汎用的な機械は開発されていないことから、カメラ画像やセンサ情報をAIや深層学習技術を用いてリアルタイムに作物と雑草を識別する技術を開発して、株間の雑草のみを選択的に除草する機構を開発する研究を行っています。

最近の研究成果としては、畜産における自給飼料（サイレージ）の収穫・調整作業の省力化・自動化のため、有人作業と自動運転作業の最適な組合せによるトラクタ作業体系とトラクタの自動運転システムを開発し、牧草の刈取り及びサイレージ踏圧作業工程に必要な作業時間が従来作業と比較して28%削減されました。

また、テロや暴徒などによる自動車を使った無差別攻撃等の被害の増加をうけ、イベント会場に簡単

に設置可能であり、高速な車両の侵入を防ぐことができる機材が警備業界から求められていることから、構造検討や強度計算、衝突シミュレーションを行い、侵入防止柵を設計・試作して衝突試験を行い、十分な制止能力を確認して「ヘラクレス」の商品名で製品化しました。



自動運転トラクターの実験風景



開発したヘラクレス

今後は、道内企業に多い多品種少量生産に対応した整列・梱包作業、検査・選別作業等の自動化技術や農作業機等の自動運転・自動追尾システムの開発に展開可能な車両の相対位置・姿勢の認識技術の研究開発を予定しています。

人間情報応用グループ

高齢者の生活を支えるためのIoT技術を活用した見守り健康管理の支援技術、高齢者の生活支援製品・サービスの開発、作業負担軽減用具の利用による作業負担度などの効果を適切に評価する手法、熟練者の技術やノウハウを形式化して効率的に継承する方法などの技術開発を行っています。

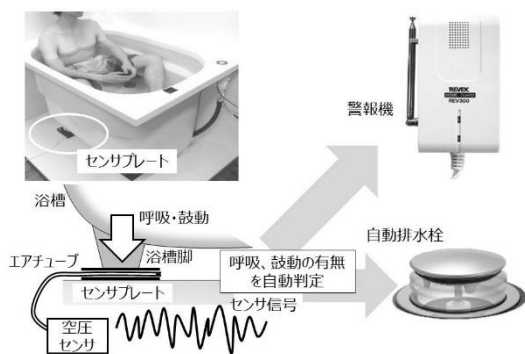
最近では、積雪寒冷な環境である道内の高齢化・過疎化地域に生活する高齢者が安全・安心で健康的な生活を送れるようにするため、また、地域自治体等の介護福祉サービスや見守り活動を支援するため、ICTを活用した見守り・健康支援システムの実用化に取り組み、地域の安定的な維持・発展に寄与する研究を行っています。

また、熟練作業者の視線データの分析結果とxRの活用により、加工作業や製品検査作業における熟練

作業を、非熟練者が効率的に学習できる学習コンテンツを作成して、企業の効率的な技術・技能伝承を目指す研究を行っています。

さらに、生活空間に組み込んだセンサでバイタルサインを計測する技術を調査・検討し、試作したシステムの計測結果から、ノイズの影響を受けにくいシステム構成やノイズを含むセンサ出力から目的の情報を検出・推定するためのシステムを開発し、これを生活の各場面へ適用して、システムの有効性を検証する研究を行っています。

最近の研究成果としては、安全・快適な生活環境の実現に向け、浴槽に取り付けたセンサで入浴者の呼吸や体動など生体活動を常時モニタリングし、呼吸や心拍の停止等の異常時に報知機や自動排水栓のほか安全装置を起動する信号処理アルゴリズムを開発し、入浴者の溺死事故を予防する装置を開発して、「バスセーフ」の商品名で製品化しました。



バスセーフのシステム構成

また、近年異常気象による災害が各地で頻発しており、豪雨災害等の復興作業には、人手による土砂の搬出が欠かせないが、用具重量や作業時の前屈姿勢等による作業負担が問題となっていたことから、従来製品と比べて13%作業負担が減少するショベルを開発し、「Z型ショベルパンチャー角」の商品名で製品化しました。



災害復興作業用ショベル

今後は、心拍、血圧等の物理的な身体情報だけでなく、疲労、ストレスなどの心的な情報を含めた人間情報評価技術や人と機械の協調作業・協調安全に向けた人間情報活用技術の研究開発を予定しています。



材料技術部

はじめに

100年という長い歴史を重ねて今日まで至ることができたのは、先輩の皆様のご尽力・ご指導ご鞭撻の賜と存じます。この場を借りて厚く御礼申し上げます。

工業試験場はその前身が1922年に発足し、昭和25年の機構改革により機械金属部、化学工業部、窯業分室(江別市)となり、材料関連部署の原形ができました。その後の長い期間にさらに変遷を続け、平成14年に機械金属部、化学技術部を統合して、名称が新たに材料技術部となり、さらに令和2年の組織改正により材料技術部、製品技術部及び環境エネルギー部のそれぞれで材料関連技術を担っていた部署を統合して、名称を材料技術部そのまま新体制となりました。このように、材料技術部は工業試験場における材料関連技術の伝統的な流れを受け継いで現在に至っています。

以下に材料技術部3研究グループの現況について説明します。なお、各グループ名称に付したキャッチコピーは令和2年に若手を中心に作成したもので、各グループの考えや在り方をわかりやすく一言にしたものです。

応用材料グループ

～樹脂を究める、樹脂で稼ぐ～

軽量で加工性に優れ安価なプラスチック材料は、包装・容器、電気、機械部品等あらゆる用途で使用されており、各種性能の向上や薄肉軽量化、省エネルギーなどの面から更なる性能向上が求められています。

炭素繊維を使用する複合材料は、軽量で金属並みの機械的性質を得ることが可能であり、航空機や自動車などで多用されています。中でも炭素繊維強化熱可塑性プラスチック(CFRTP)は、短時間で低コスト成形が可能な材料として今後も市場が拡大する傾向にあります。その他の複合材料の強化材として、再生可能原料であるバイオマス由来のセルロースやキチンをナノサイズに解繊したバイオマスナノファイバー(BNF)はポスト炭素繊維として大変注目されている新素材です。

一方、食関連産業振興において、「安心・新鮮・美

味しい」道産食材の提供が求められています。現有するプラスチック材料に関する知見をもとに、食品の賞味期限延長や移輸出時の青果等の鮮度維持などに繋がる包装資材を開発する必要があります。

これらの背景から、応用材料グループは次の研究開発に重点的に取り組んでいます。

1. プラスチック材料の高機能化に関する研究開発

本道の食関連産業の振興のため、包装資材等の副資材の道産化を進める必要があり、道内プラスチック成形加工企業における包装材料の新たな基盤技術の確立が必要です。また、石油資源の枯渇、廃棄物の大量発生、海洋汚染問題などから、バイオマス資源の利活用や、地球環境を考慮した環境負荷低減のものづくりや循環型社会の構築が必要となってきています。

そこで、今後必要な研究は以下を挙げています。

- ・ナノセルロースを用いた高強度環境循環型高分子材料の開発
- ・機能性包材によるメロンの鮮度保持技術
- ・自動車廃プラスチック材の再利用技術と特性評価
- ・解繊処理した植物由来資源の解繊状態の評価
- ・ジオポリマーをバインダーとする多孔質パネルの開発

2. 材料の複合化技術の開発

熱可塑性プラスチックと強化材として炭素繊維を複合したCFRTPは、短時間で低コストな成形が可能な材料で採用が伸びています。一方、建築材料分野では火災安全性の面から難燃・不燃の材料が求められており、無機ポリマーの利用が注目されています。これらの複合材料について、今後必要な研究は以下を挙げています。

- ・BNFの製造技術確立及び機械特性や粘度特性評価
- ・環境に優しいバイオマスファイバーシート積層複合材料の開発
- ・CFRTPの性能評価及びこれを用いた装具の製造方法に関する研究
- ・廃プラスチックのマテリアルリサイクル技術に関する研究

- ・無機ポリマー及び繊維複合化無機ポリマー利用技術に関する研究

化学プロセスグループ

～ぷろフェッショナル センシティブ すマート～

北海道は、製造業の割合が低い産業構造にあり、経済の自立に向けては競争力の強化が必要となっています。地域の経済力を強めるためには、北海道に賦存する多様かつ豊富な天然無機資源や基幹産業である一次産業（農林水産業）及び食品工業における豊富な天然有機資源を有効活用したものづくり産業の強化が求められています。また、持続可能な社会の構築が喫緊の課題になっていることから、環境・安全・健康へのリスクを最小にするとともに経済的なプロセスを実現する研究開発が急務となっています。

これらの背景から、化学プロセスグループは次の研究開発に重点的に取り組んでいます。

1. 無機資源の有効利用・高機能化技術の開発

北海道では、粘土、珪藻土、ゼオライト、凝灰岩など、多様な無機材料原料が大量に産出され、これらの多くは多孔質であるため、肥料、農薬などの吸着材原料として有望です。近年、農業分野（鮮度保持）、住環境分野（光触媒分解）、水産分野（養殖）、化学工業（炭素化物）からの研究開発、技術支援の要望が増えています。これらの背景を踏まえ、今後必要な研究開発は以下のとおりです。

- ・従来の焼成工程を必要としない製造技術の開発
- ・鮮度の良い農作物の流通を可能とする鮮度保持技術の開発
- ・「非焼成硬化技術」及び「ジオポリマー」のシーズ育成とニーズ対応
- ・コンピュータシミュレーションなど各種解析の導入によるノウハウの定量化や効率的な材料設計
- ・非焼成硬化技術による新しいセラミックス製造技術（例えば、崩壊性材料）
- ・「吸着速度」に着目した研究開発、技術支援
- ・炭素化物に着目した研究開発、技術支援

2. 粉体処理技術を用いた製品開発

粉体の物性改質技術は、医薬、化粧品のような高度な機能が要求されるファインケミカル分野で多用されているが、今後、農業分野への展開も期待されています。これらの課題解決には、粒子の大きさや形状、表面といった一次物性、流動性などの二次物性を制御する粒子設計技術の開発が必要である。これらの

課題解決を踏まえ、今後に必要な研究開発は以下のとおりです。

- ・北海道天然資源の高度利用を目的としたマイクロ化学プロセスの開発。
- ・北海道が先端技術「マイクロ化学プロセス」の研究拠点となる体制の構築
- ・道内未利用資源を原料とする医薬品原料・食品や化粧品などの新規製造プロセス開発
- ・環境負荷を低減した新規製造プロセス開発
- ・道内の中小企業でも利用可能なコンパクト高効率プロセス開発
- ・新規化学反応による製造プロセス開発

素形材技術グループ

～金属がらみの駆け込み寺～

素形材の主となる金属材料は、構造材としての役割（強さや耐久性）に加えて、近年は地球環境、特にカーボンニュートラルやエネルギーといった社会的問題の解決に資する機能材料としての役割が求められています。最近注目されている輸送機械及び航空宇宙関連部品では、部品の軽量化や一体成形化のニーズがあり、軽量材料（軽金属）の利用技術、特性・特質の異なる材料の複合化技術（マルチマテリアル）などに取り組む必要があります。一方、北海道の基幹産業である食関連産業においても金属材料に関するニーズは多く、特に農作業機械や酪農業の施設のメンテナンス需要が増加しており、これには溶射、溶接、洗浄等の様々な技術を組み合わせて対応しています。

これらの背景から、素形材技術グループは次の研究開発に重点的に取り組んでいます。

1. 金属材料及び加工技術の開発

金属材料を取り扱う道内企業に対して技術支援していくためには、金属組織観察、破損解析、分析技術及び加工技術のポテンシャルを向上させる必要があります。溶接・熱処理に関しては、近年の少子化の影響から溶接及び熱処理技術を維持・継承することが困難となり、自動化に繋がる技術開発の必要に迫られています。鋳鍛造・プレス加工においては、高効率かつ高品位な金型の製作及び保守技術の開発に取り組む必要があります。表面処理は新しい機能性の付与・環境負荷の低減・効率化部品の長寿命化やエネルギーロスの低減から、摩耗や摩擦（トライボロジー）を減少させる新しい表面処理技術も重要性が増えています。

これらの背景を踏まえ、今後必要な研究開発は以

下のとおりです。

- ・ステンレス鋼の応力腐食割れ評価と改善方法の研究
- ・水素関連技術（水素の生成・貯蔵・運搬・利用）に適用できる材料に関する研究開発
- ・DX（デジタル変革）に寄与する微細加工技術や洗浄技術など高度な製造プロセスの研究開発

2. 3Dものづくり技術の高度化に関する研究開発

当場では、2010年度に金属3D積層造形装置を全国公設試の中でも先駆けて導入し造形ノウハウの蓄積を図ってきた。現在は複合AM技法に関する製造技術開発に取り組んでいる。これらの背景を踏まえ、今後必要な研究開発は以下のとおりです。

- ・小型ロケットエンジン用部品の3D積層造形技術
- ・生体骨構造模倣による金属多孔質構造体の開発

3. 検査・メンテナンス技術の開発

道民の暮らしや仕事を支える産業機器のメンテナンス関連は、従来の検査技術に加えて非破壊検査が必須技術となっています。これらの背景を踏まえ、今後必要な研究開発は以下のとおりです。

- ・地域社会インフラを支える金属製品関連技術の高度化に関する研究
- ・一次産品などの洗浄技術の研究開発
- ・食品製造機械の洗浄技術の省力化と環境負荷の軽減

おわりに

以上に材料技術部の現況について述べさせていただきました。

材料技術には華々しさはありませんが、産業技術の基盤を支える不可欠なものであり、100周年事業キャッチコピー「進化する技術、変わらない使命。」が表しているように時代のニーズに応じて進化する必要があります。

材料技術部は、これからも北海道のものづくり産業の基盤力を強化するための研究開発及び技術支援に取り組み、その成果をもとに地域やものづくり企業をサポートし、喫緊のニーズが高い持続可能な社会の構築、特にカーボンニュートラルを主とする環境負荷低減に材料利活用の観点から貢献したいと思っております。



100周年記念誌の発刊に添えて

片山直樹

この度、工業試験場 100 周年記念誌が無事に発刊されましたこと、歴史の一部を共有した一人として大変うれしく思います。100 年という長い歳月における膨大な資料やそれぞれの想いをこの一冊にまとめあげていただきました。編纂に関わった方々の多大なご尽力に心より感謝申し上げます。

本記念誌は工業試験場が 1922 年に誕生してから、今日に至るまでの試験研究業務やそこで生み出された成果などを振り返りながら、100 年の歩みを記したものであります。一方で、この記念誌は北海道の産業史として読み取ることができます。窯業や醸造といった身近な暮らしを支える産業からはじまり、製糖や製紙等の化学産業、栄華を誇った石炭産業、生産性の向上を図る機械・装置産業、そして、

直近の情報通信産業など、北海道産業の変遷がそのときどきの組織体制や研究分野とともに克明に綴られております。その道の中には、多くの先達と企業の方々との技術開発を通じた切磋琢磨が刻まれており、北海道産業の創成に向けた熱い想いを感じ取ることができます。

工業試験場はここから 101 年目の歩みをはじめることになります。この 100 年が語っているように、様々な環境変化を敏感に捉えながら、常に変革を導く存在であり続けてもらいたいと思います。そして、企業の方々との研鑽や喜びを重ねながら、北海道の未来創造に向け、新たな歴史を紡いでいくことを期待いたします。

編集後記

内山智幸

工業試験場 100 周年を記念し、本誌を発刊することを決めてから 1 年、編集方針や掲載内容を検討し、3 編で構成された記念誌が完成しました。今回の編集では、設立から現在までの系譜と業務実績を記録として残すことを目標とし、現職員が関与した期間を中心に、窯業、工芸に関しては設立初期の内容も記載しています。

本編には、沿革と試験研究の歴史・歩みなどの記録、OB 寄稿集は工試の文化や風土を築いた活動、成果事例集は道内企業との協働による製品化と技術支援の成果といった構成になっています。なお、設立時からの試験研究課題一覧、歴史的写真・資料などは電子ファイルとして記録しました。

編集作業を進める中、先人達は、時代のニーズに対応した研究開発と課題解決に向けた技術支援に取り組み、本道産業の振興発展に尽力してきたことを再認識したところです。これから先も「変わらぬ使命」として、受け継いでまいります。

編集委員一同、全力をもって編集にあたりましたが取組期間が短く、また 30 周年記念誌以降の発刊はなく、詳細なところまで正確に記録できているのかと不安な面もあります。記念誌を手にしていただいた皆様には、何卒ご寛容のほどお願い申し上げます。

最後に本誌の編集に際してご理解とご協力を賜りました関係各位、さらに御寄稿頂きました関連団体や企業などの各位に深く感謝申し上げます。

【編集委員】川村 朱美、倉本智恵子、奥田 篤、大村 功、万城目 聡、高橋 浩、佐々木雄真、山野井善正、長内 研、浦 晴雄、鈴木 雅美、中西 洋介、宮島 沙織、高橋 裕之、吉田 昌充、野村 隆文、宮腰 康樹、執行 達弘、鶴谷 知洋、戸羽 篤也、三津橋浩行、保科 秀夫、北口 敏弘

工業試験場創立100周年記念誌

令和4年6月 発行

発行者 地方独立行政法人 北海道立総合研究機構
産業技術環境研究本部 工業試験場
ものづくり支援センター

〒060-0819 札幌市北区北19条西11丁目
TEL : 011-747-2321(代) FAX : 011-726-4057
<https://www.hro.or.jp/list/industrial/research/iri/index.html>

印刷所 誠和印刷 株式会社