

和歌山県工業技術センター

# 創立 100 周年記念誌



WATEC



—「技術立県」にむけて—

和歌山県工業技術センターは、大正5年4月に綿織物およびその染色布の輸出奨励を目的に和歌山県工業試験場として創立し、その後、組織の改編、移転・建替えなどを経ながら、今年4月に大きな節目となる100周年を迎えました。

この間、地場産業に携わる方々と共に歩み、製品の検査や品質面での試験分析などで産業界発展の一翼を担ってまいりました。また、平成元年からは、県内企業における新製品、新技術開発にも貢献するために、名称を和歌山県工業技術センターと改めると共に研究開発・技術開発支援のための機能強化を図ってまいりました。現在では、最新の分析・評価機器を備えた『技術立県』のための産業支援の拠点として、県内中小企業の皆様にご活用頂ける施設になったと自負しているところです。

和歌山県では平成27年6月に「和歌山県まち・ひと・しごと創生総合戦略」を策定しました。この戦略は、全国に先んじて少子高齢化が進む本県の人口について「2060年の県人口を70万人程度とする」ことを掲げた「和歌山県長期人口ビジョン」を達成するため、特に、その最初の5か年における具体的な取組をまとめたものです。この取組では、①安定した雇用を創出する、②和歌山県への新しい「人の流れ」を創造する、③少子化をくい止める、④安全・安心な暮らしを実現する、⑤時代に合った地域をつくるという5つの基本目標を設定し、「しごと」を創る、「ひと」を増やす、「まち」を創るための戦略を活発に進めていく予定です。

これらの施策を推進するうえで、県内中小企業における新規事業の立ち上げや新商品開発などの重要性が増加するものと想定されます。工業技術センターでは、今後5年、10年先に必要とされる「コア技術」の育成を促進するなど、本県中小企業発展のため、今後も支援機能の維持・強化に務めてまいります。

関係業界の皆様におかれましては、今後ともより一層のご支援とご鞭撻を賜りますようよろしくお願い申し上げます。

平成28年12月

和歌山県知事 仁坂 吉伸

－これまでも、これからも－



和歌山県工業技術センターは、平成28年4月で100周年を迎えました。この大きな節目に際し、1世紀の歩みを記録すると共に今後の飛躍を誓った「記念誌」を刊行いたしました。

当センターは大正5年4月に綿織物および染色布の輸出奨励のための工業試験場として創設され、今日まで地域企業の方々と共に歩んでまいりました。平成元年、県内産業のより高度な技術革新に対応するため「工業試験場」を「工業技術センター」と改めました。さらに、県内産業のより一層の発展に寄与すべく研究開発・技術開発の分野を強化するため、研究交流棟、実証棟等を整備し、最新の分析・評価機器も逐次導入してまいりました。また、組織面でも県内産業の変遷に対応して逐次組織改革を行い、現在の姿となっております。

創立100周年の記念の年を迎えるにあたり、「これまでも、これからも」をキャッチフレーズといたしました。このフレーズは、これまで当センターをご支援いただいた皆様方への感謝の気持ちを表すとともに、今後更に当センターへのご支援・ご厚情をお願いし、よりお役に立てるセンターとしたいという思いを込めております。

そこで、この節目の年に「オープンラボ構想」を立ち上げました。オープンラボでは、県内企業の皆様方が抱える問題を共に解決し、新たな技術開発を共に行うために支援機器等を効果的に配置する予定です。今まで以上に県内企業の皆様方に密着した支援ができるセンターを目指します。さらに、当センターからの発信力を高め、外部研究機関との連携も積極的に行い、県内企業への技術の橋渡し機関としての役割も強化することで、より県内産業の活性化に貢献する所存です。今後とも当センターの運営に関し、皆様方のより一層のご支援とご鞭撻を賜りますようお願い申し上げます。

最後に、本記念誌の刊行にあたり、貴重な資料のご提供やご寄稿いただいた皆様方に心から感謝申し上げます。

平成28年12月  
和歌山県工業技術センター  
所長 和坂 貞雄

# リニューアルセレモニー

平成 28 年 5 月 20 日 ( 金 ) 10 : 30 ~ 11 : 00

平成 28 年 5 月 20 日に、和歌山県工業技術センター本館エントランスにおいて、約 90 名の産業界、金融機関等の経営層の方々をお迎えして、リニューアルセレモニーを開催しました。

また、セレモニーの後には、創立 100 周年を機会に開設した「技術展示室」や平成 27 年度に内閣府による地方創生交付金を活用して導入した「最新の分析・評価機器」、また当センターが重点的に取り組んでいる「スマートものづくり」関連設備の見学会を実施しました。

主催者挨拶 (仁坂知事)



記念プレート除幕式  
(和坂所長・仁坂知事)



## テープカット

(左から妙中和歌山県中小企業団体中央会会長、島公益財団法人わかやま産業振興財団理事長、前芝和歌山県議会議員、仁坂和歌山県知事、尾花和歌山市市長、竹田和歌山県経営者協会会長、片山和歌山県商工会議所連合会会長、和坂所長)



# 技術展示室の開設

平成 28 年 5 月 20 日 ( 金 ) オープン

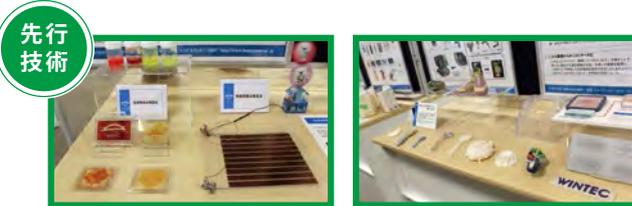
5月20日のリニューアルセレモニーに合わせ、和歌山県工業技術センター内に「技術展示室」を新たに開設しました。

技術展示室では、「課題解決型企業支援コーナー」、「先行的技術開発支援コーナー」、「共同開発事例コーナー」の3つのコーナーを設け、工業技術センターが行ってきた様々な支援及び保有する技術シーズを紹介しています。

## ○ 先行的技術開発支援コーナー

このコーナーでは、「近い将来必要になるであろう技術」を紹介しています。

工業技術センターがすすめる「コア技術」に関連する「3Dデータ活用技術」や「画像処理・センシング技術」、「有機合成技術」、「化学分析・材料評価技術」、「加飾・染色・表面処理技術」、「フードサイエンス」、「テキスタイルサイエンス」、そして「未利用資源活用技術」に関連する機器やポスターを展示しています。

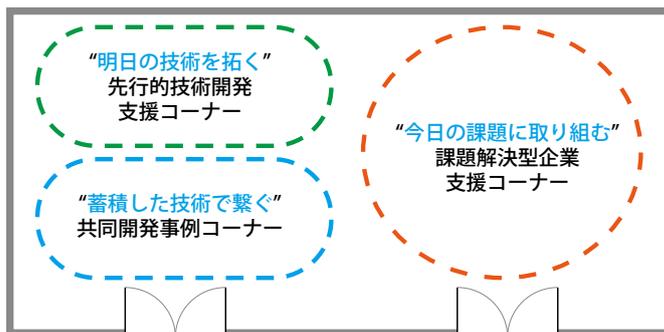


## ○ 課題解決型企業支援コーナー

このコーナーでは、企業の皆様から寄せられた技術相談等に対し、当センターが支援しました事例を紹介しています。

製品中の成分分析や異物検査、製品の評価事例や、それらを可能とする最新導入機器を、製品サンプルやポスター展示により紹介しています。

その他にも、本県化学産業の起源であり、日本の合成染料工業発祥に大きく貢献した本州化学工業株式会社のベンゼン蒸溜塔（経済産業省・近代化産業遺産認定、日本化学会認定化学遺産）の模型も展示しています。



## ○ 共同開発事例コーナー

このコーナーでは、企業の皆様と共同で開発に取り組んだ様々な事例について紹介しています。

技術展示を通じて、当センターのことを知っていただくとともに、技術シーズのマッチングの場として活用しています。

# 技術シーズ発表会 2016

新産業の創出に向けたマッチングイベント

平成 28 年 9 月 7 日 (水) 10:00 ~ 17:00

平成 28 年 9 月 7 日には、和歌山県工業技術センターが保有する技術シーズを皆様に紹介し、新たなものづくりに役立てていただくことを目的として、「技術シーズ発表会 2016 (新産業の創出に向けたマッチングイベント)」を開催しました。

本発表会では、特別講演を含む技術シーズ 33 件についてプレゼンテーションを行うと共に、ポスターセッションの時間を設け、技術についての詳細な情報交換を行いました。

現場技術者の方々を中心に、約 120 名にご参加いただき、皆様と活発な意見交換ができる大変有意義なものとなりました。



プレゼンテーション  
(研究交流棟 6 階テクノホール)



特別講演  
「計算化学を活用した材料開発支援」



ポスターセッション  
(研究交流棟 6 階ロビー)

和歌山県工業技術センター

# 創立 100 周年記念シンポジウム

第 25 回わかやまテクノ・ビジネスフェア

平成 28 年 11 月 18 日 (金) 13:00 ~ 17:00

## 創立 100 周年記念シンポジウム

平成 28 年 11 月 18 日には、創立 100 周年記念事業の締めくくりにして、『和歌山県工業技術センター創立 100 周年記念シンポジウム』（第 25 回わかやまテクノ・ビジネスフェアとの共催）を開催しました。シンポジウムでは、基調講演および「地域産業振興における公設試のあり方」と題したパネルディスカッションを行いました。

### ○ 基調講演

基調講演では、特定国立研究開発法人産業技術総合研究所の理事・イノベーション推進本部長 瀬戸政宏様をお招きし、「産総研が進める地域連携メソッド 4.2」と題した基調講演を頂きました。技術の橋渡し機能、人材育成機能等について、実例を交えてご講演いただきました。



### ○ パネルディスカッション

パネルディスカッションでは、下記の方々をパネリストにお招きし、地域産業振興における公設試の在り方についてご討議いただきました。

討議では、「地域産業の活性化には、既存産業の活性化並びに、新規産業・高付加価値産業の創出が不可欠であり、研究開発型企業への移行促進と継続的イノベーションが鍵となる。そのためには、公設試は地域密着の問題解決能力に加え、外部機関との橋渡し機能や研究開発機能が求められる。」という結論となりました。



### 【話題提供】

- ・ 経済産業省 近畿経済産業局 地域経済部 次長 志賀 英晃 氏

### 【モデレーター】

- ・ 和歌山県工業技術センター 所長 和坂 貞雄

### 【パネリスト】

- ・ 太洋工業株式会社 代表取締役社長 細江 美則 氏
- ・ 国立大学法人 和歌山大学  
副学長・システム工学部長 伊東 千尋 氏
- ・ 特定国立研究開発法人 産業技術総合研究所 関西センター  
所長 長谷川 裕夫 氏
- ・ 地方独立行政法人 大阪市立工業研究所 理事長 中許 昌美 氏
- ・ 公益財団法人 わかやま産業振興財団 テクノ振興部  
部長 関 二郎 氏
- ・ 和歌山県 商工観光労働部 企業政策局 産業技術政策課  
課長 来島 慎一



## 目 次

－「技術立県」にむけて－	和歌山県知事	仁坂吉伸	2
－これまでも、これからも－	和歌山県工業技術センター所長	和坂貞雄	3
創立 100 周年記念事業			4
序文 未来への挑戦			10
第 1 章 和歌山県工業技術センターの近況			13
第 1 節 「スマートものづくり」の推進			14
第 2 節 主な研究開発事例			22
1 排水処理技術開発への挑戦 ～技術開発と事業化～			22
2 次世代太陽電池開発への挑戦 ～有機太陽電池開発の支援～			41
3 果実利用技術開発への挑戦 ～酵素剥皮、機能性成分に関する研究～			46
4 皮革関連技術開発への挑戦 ～染色技術に関する研究～			54
第 3 節 分析・評価技術高度化による地域産業への貢献			60
1 化成品中の微量分析 ～高感度かつ迅速分析を目指して～			60
2 除虫菊使用天然蚊取線香の有効成分（総ピレトリン）定量			66
第 4 節 平成 8 年度以降に取り組んだ主な研究開発			73
第 5 節 開発者からの寄稿 ～フェルラ酸の開発とその展開～			85
第 2 章 沿革			101
工業試験場等施設の変遷／概略年表			102
第 1 節 工業試験場史			103
1 前史			103
2 工業試験場の設立と廃止			105
3 工業試験場の再建			111
4 宇須への移転集約、戦時体制～戦後占領期			115
5 高度経済成長と小倉への移転整備			117
6 「試験場」から「技術センター」へ			120
第 2 節 工業技術センター史			125
1 地域に対する日本の科学技術政策			125
2 日本の科学技術政策における公設試の役割			127
3 和歌山県の産業施策			127
4 工業技術センターの中期計画			128
5 工業技術センターの変遷			130
6 創立 100 周年を迎えて			134
第 3 節 現在に至る関連施設の概要			137
工業試験場／工業技術センター 及び関係機関の所在地一覧			138
1 工業試験場 I（和歌山市本町九丁目）			140
2 工業試験場 II（和歌山市一番丁・七番丁）			144
3 工業試験場 III（和歌山市宇須）			148
4 漆器試験場（海南市船尾）			152
5 工業試験場 IV（和歌山市小倉）			156
6 皮革分場（和歌山市雄松町）			160
7 薬事指導所（和歌山市湊）			162

8	工業技術センター（和歌山市小倉）	164
9	デザインセンター（海南市南赤坂）	170
第3章	資料編	173
1	和歌山市附近案内圖（大正9年）部分拡大	174
2	和歌山市街圖（昭和13年）部分拡大	175
3	一般会計 歳入歳出予算決算累年比較	176
4	県有財産（不動産ノ部）	178
5	職員の推移（1） 明治42年～昭和22年 県職員録から抜粋	181
6	職員の推移（2） 昭和4年～昭和22年 年報等から抜粋	186
7	新聞記事	197
8	規則・規程等	213
9	年表	214
	現在の組織と職員	226
	参考文献	228
	編集後記	231

## 未来への挑戦

～新たな100年へのスタート～

我々、公設試験研究機関の最も重要な役割は、地域の中小企業の技術支援であり、その支援により地域を活性化することです。中小企業に対する技術支援の重要性は、中小企業が日本の産業を支えている限り、たとえ時代が変わったとしても普遍的なものといえます。一方、実際に行う「技術支援の方法」は、常に精緻な議論が必要です。なぜなら、科学技術は日々進歩しており、それに伴って産業形態も変化するため、時代に応じた技術支援が求められるからです。

昨今の科学技術は、成熟期を迎える分野もあり、これらの分野では新たなイノベーションを起こすことが困難になっています。一方で、IT産業やバイオ産業などの新興産業では、多くの「技術のすきま」があり、中小企業の付け入る隙は十分にあると思われれます。また、和歌山県という地域性を考慮すれば、農業や水産業、林業などの一次産業をターゲットとした技術開発により県内で新たな産業を生み出すことが可能と考えられます。

和歌山県工業技術センター（以下「工業技術センター」という。）では、第三期中期計画策定以降、このような「技術のすきま」を狙う企業に対し、ニッチトップ企業に育てるための技術支援に重点を置いてきました。その中で、県内で育てられた既存技術を基盤とし、そこから派生する技術を新たな分野で活用するという用途展開は、全く新しい技術を地域に根付かせるよりも効率的で受け入れられやすいため、今後、重視すべき支援方法と考えられます。県内には、このようなコンセプトで過去にニッチトップに成長した業界があります。高野口地域を中心としたパイル業界です。高野口地域のパイル生地は、自動車や電車のシートなどの生地として30年前には国内で8割以上のシェアを誇っていました。しかし、近年では、安価な海外製品に押され、出荷額は当時の5分の1を下回るまでに減少してしまいました。そこで、新たな取組として行われたのが、新規分野への参入です。現在では、電子情報機器資材をはじめ、排水処理資材などのような産業資材として、これまで全く想定していなかった分野で確固たる地位を築いています。この背景には、パイル生地製造技術という「基盤技術」の存在と「他分野に応用する派生技術」があったからに他なりません。これから先、県内に新たなニッチトップ企業を増やしていくためには、工業技術センター自身が既存技術を見極め、さらに技術の派生的展開を目指すことによって中小企業を先導していくことが必要となります。

本誌を作成した平成28年度は、第三期中期計画の2年目にあたる年です。第三期中期計画では、これまでの課題となっていた「競争的外部資金の獲得数や特許出願及び知財収入の減少」に対し、①コア技術の設定、②分野横断的研究開発の強化、③課題設定時における事前調査の強化などにより、目標値の達成を目指します。そして、これらの三つの課題は、先に記したニッチトップ企業の成長支援に欠かすことのできない要素でもあります。

コア技術とは、10年、20年先の和歌山県の発展を見据えて、今着手すべき技術であり、中長期的な研究テーマの中で戦略的に開発していくものです。そして我々は、このコア技術を、県内の既存技術を基盤に新たな展開を生み出す派生技術として育て上げる必要があります。例えば、現在、実施しているコア技術の一つとして「微生物の利用技術」があります。和歌山県内には、従来から食品分野において、発酵技術が盛んに用いられ、日本食の原点である味噌や醤油、鰯節に加え、なれ寿司やお酒など様々な発酵食品を製造してきた歴史とその技術があります。一方、近年では、世界的なバイオ研究のトレンドとして、食品以外の物質生産に微生物やその代謝物を利用する研究が活発に行われています。さらに、微生物そのものや発酵のプロセスを自在にデザインすることで物

質生産の高効率化と持続可能性を目指す「スマートセルインダストリー」には、循環型社会構築のためのツールとして大きな期待が寄せられています。このため、工業技術センターにおいて、高度な微生物利用技術の構築に取り組むことで、県内の既存技術である発酵技術の派生的展開として新たなバイオ産業の創生につながることを期待できます。

このように、将来性の高い研究課題を選定し、コア技術として設定することは、これからの工業技術センターの取組にとって重要なカギとなってきます。

本誌、第1章でも紹介するように、工業技術センターでは、これまで数多くの研究開発を実施してきました。しかし、テーマや分野が分散し、一つのテーマにかけるエネルギーが必ずしも十分とれない場合もありました。このため、今後は、「選択と集中」によって、戦略的に研究開発を実施していくことが必要と考えられます。

一方、「選択と集中」の裏には必ずある種の犠牲を伴います。限られた人員で行う以上、これまでどおり注力できない部分も少なからず生まれてきます。したがって、県内企業に対するサービスの質を低下させることなく、今まで以上に業務を効率化するための仕組みが必要となります。その一つとして大学や国立研究機関、他府県公設試験研究機関などの連携を強化することが重要となります。「コア技術の選定」は、単なる技術的な研究テーマを設定するだけでなく、それを持続的に実施していくための環境整備も併せて議論する必要があります。

また、「分野横断的研究開発」も、ニッチトップ企業の成長支援に欠かすことのできない要素の一つです。既存技術の用途展開には、他分野を広く見渡す目が必要であり、様々な角度から物事を追求することがイノベーションの創出につながります。工業技術センターの特徴の一つは、幅広い分野の研究員が所属していることであり、ここ数年では、多分野の研究員が連携し、新たな領域を開拓する動きが活発になってきています。今後は、従来の業界対応という視点はもとより、技術を中心として、様々な分野への応用展開を狙う視点が必要になってくると考えられます。そのためにも研究員一人ひとりが異分野連携や境界領域の技術に対して高い意識を持つこと、そして、三つ目の課題に挙げられている「課題設定時における事前調査」を、関係領域だけでなく、さらに周辺領域にまで広げていくことが必要と考えます。

今後の地方の産業は、和歌山県も例外なく、人口の減少、高齢化などにより、その発展と持続がますます厳しくなると予想されます。しかし、これまでの歴史をみると、問題が発生し課題ができれば、そこから新たな技術開発のニーズが生まれてきます。それらの潜在的なニーズを掘り起こし、解決に着手することが今後の和歌山県の産業振興に必要なことであると考えられます。我々、工業技術センターは、このような潜在的ニーズをいち早くとらえ、戦略的な研究開発によって、県内の中小企業を常に先導し、持続可能な産業の構築に貢献していきたいと思えます。



## 第1章

### 和歌山県工業技術センターの近況

本章では、平成元年に「工業技術センター」として機構改革された以降に取り組んできた産業支援、研究開発・技術開発の代表的な事例を「近況」としてまとめた。これらの取組は、実施した一部の事例であるが、未来へとつながる重要な取組であり、本記念誌の冒頭において紹介する。



## 第1節 「スマートものづくり」の推進

### 1 スマートものづくり

3D データを活用したものづくりを「スマートものづくり」と呼び、工業製品などの製品開発に携わる県内企業に対しての支援を行っています(図1)。このスマートものづくりにおける3D データとは、3D CAD<sup>\*1)</sup>、3D CG<sup>\*2)</sup> といったコンピュータソフトで作成し、製品化したい形状をデジタルデータ化したものです。製品形状を3D CADによりデジタルデータ化することで、設計・解析・加工・評価の多くの作業において作業効率を上げることができ、製品開発にかかる期間を短縮し、品質の維持管理、新商品開発などにかかる手間を大幅に軽減することが可能です。これらの技術は、県内の企業でも取り入れています。他府県に比べると導入している企業が少ないのが現状です。和歌山県工業技術センター(以下「工業技術センター」という。)では、少しでもこれらの技術を県内企業に導入していただき、中小企業の技術力向上、県内の経済活性化につながればと考え、取組を行っています。この取組では、主に工業技術センター保有の3D CAD / CAE<sup>\*3)</sup>、3D プリンター<sup>\*4)</sup>の活用、およびこれら機器を活用するためのノウハウの提供、人材育成などを行っています。特に、CAD スクールの開催により、CAD 設備の導入と同時に活用できる人材を育成することに力をいれています。基礎から応用までの幅広い知識の習得と、技術者個々のスキルアップを目的としています。

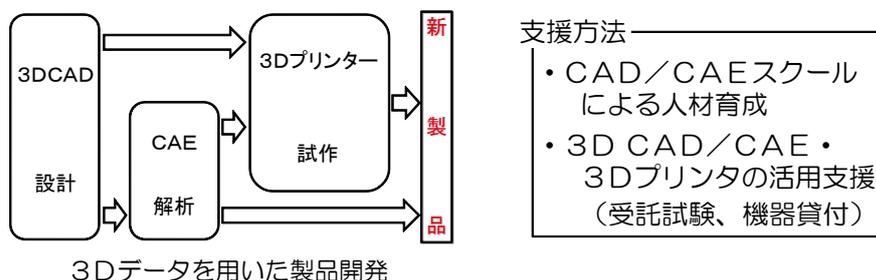


図1. スマートものづくり支援

### 2 3D技術の導入へ ー県内企業とのつながりー

「スマートものづくり」による企業支援の始まりは、20年前に遡ります。世の中にパーソナルコンピュータが普及し、ものづくりのデジタル化が進み始めた頃です。県内の企業では、ものづくりの変化を少しずつ感じ取りデジタル化に向けた対応が検討され始めていました。工業技術センターにおいてもデジタル化に対応する必要性を感じ、平成7年(1995年)度にPCベースのワイヤー

フレームによる 3D CAD および光造形装置<sup>\*5)</sup>を導入しました。これが、工業技術センターにおけるスマートものづくりによる企業支援の始まりとなります。これらの設備は、ものづくりの形態をアナログからデジタルに大きく変えるものです。

3D CAD というツールを使うことで開発から製造まで、ものづくりの過程を飛躍的に変えることができます。しかし、これらツールをものづくり支援に生かすためには、設備を導入すると同時に、3D CAD というツールを扱える人材を育てる必要があります。そのため、設備を導入した当初は技術力の蓄積に重点を置き、工業技術センター職員のスキルアップに努めました。

光造形装置は、最近では 3D プリンターとも言われ、いろいろな分野で注目されている装置ですが、導入した当時は認知度が低く、装置自体も発展の過渡期であり、今ほど種類も多くはありませんでした。ただ、これまでとは違った方法で立体物を精度よく、早く製作できる装置は画期的で、これまで切削加工等で行われていた加工に取って代わるものでもありました。試作品の作製が早く精度良くできることから、製品開発の期間を大幅に短縮することが可能となりました。工業技術センターでは、できるだけ多くの企業の方々に利用して頂けるように、事例やノウハウの蓄積と技術の普及に努めることで、年々利用される企業も増えてまいりました。特に、和歌山県を代表する地場産業の一つである、家庭用品業界の方々に多くご利用頂いています。

この家庭用品業界では、バス、キッチン、トイレ、ランドリー用品等を中心とした樹脂成型品(図 2)による商品を製造しております。これらの樹脂製品は、金型により成型を行うため、一旦金型を製作した後に判明する不具合や仕様変更には金型の変更が伴い、時間や費用の大きな損失となります。そのため、金型製作前の試作モデル作製は必要不可欠なものであり、光造形装置はその有効な装置となりました。この光造形装置を含むデジタルエンジニアリング<sup>\*6)</sup>の必要性は、県内の企業に徐々に浸透してゆき、工業技術センターにおいて最も重要な技術の一つとして位置づけられております。

これら機器や技術は今現在、ものづくりにおける最先端の技術のようにもてはやされ利用されていますが、工業技術センターではいち早く導入し運用を開始していました。



図 2. 家庭用品の例 (樹脂成型品)

### 3 デザイン支援 —デザインセンターを開設—

家庭用品業界などの最終製品の開発を行う企業では、製品のデザイン性は重要な要素となります。そこで和歌山県では、平成 9 年(1997 年)10 月に和歌山県海南市にある和歌山リサーチラボ内に 3D CAD、紙造形装置<sup>\*7)</sup>、3D スキャナ<sup>\*8)</sup>などを導入した「デザインセンター」を開設し、デザイン力開発講座(写真 1)やデザインに関する相談(写真 2)等、企業のデザイン力の向上と商

品開発の活性化を目指した支援を行いました。デザインセンターは後に、工業技術センターに場所を移し平成17年(2005年)度にデザイン開発部、平成18年(2006年)度には工芸・デザイン部となりました。



写真1. デザイン力開発講座



写真2. デザイン相談

#### 4 ものづくり支援事業の実施 —設備の充実とものづくり支援の本格化—

デザインセンターが開設された当時は、ものづくりにおける「試作」が徐々に重要視されてきた時期でもあります。RP<sup>(9)</sup>と呼ばれる3Dプリンターなどを活用したものが全国的に注目され、他の公設試でも装置を導入するところが増えました。全国的に3Dデータの活用が進められ、これらの技術に関連する事業も多く行われました。

工業技術センターにおいても、平成10年(1998年)～平成15年(2003年)度には、中小企業総合事業団(現(独)中小企業基盤整備機構)からものづくり試作開発支援センター整備事業を「デジタルエンジニアリングによる各種部品的高速試作プロジェクト」というテーマで受託しています。産業用CTスキャナ、小物体形状測定装置、3D CAD、光造形装置を新たに導入し、中小企業のものづくり支援の強化を図りました。この事業では、3D CADによるデータ作成と光造形装置による試作を知っていただくための研修やものづくりセミナー(写真3)を実施し、企業の方に3Dデータを活用したものを体験していただきました。工業技術センターで初めて開催したCADスクールでしたが、当時は利用されはじめたところでもあり、とまどう方も多かったように思います。



写真3. ものづくりセミナー

また中小企業では、熟練技術者の高齢化による後継者不足などの課題が問題視されていた頃でもあります。国内外の企業との価格競争が激化し、コスト削減を迫られていました。特にこの時代は、インターネットの活用が普及し始めたときでもあります。IT (Information Technology) と呼ばれ

る情報技術が注目され始め、デジタル化された加工情報をインターネット等で送受信できるようになり、大企業のITを利用した受発注に対し、中小企業での対応の遅れが目立っていました。

平成12年(2000年)～平成15年度には、中小企業総合事業団(現(独)中小企業基盤整備機構)からものづくり情報通信技術融合化支援センター整備事業を「NCマシンを用いた機械金属加工業界等のデジタルエンジニアリング技術力向上のためのCAD/CAM<sup>\*10</sup>研修プロジェクト」というテーマで受託し、企業の方にものづくりとITの融合化の必要性を体験・認識して頂くための研修を行いました。新たに3D CAD/CAMシステムを導入し、CADによるデータ作成とNC加工機による加工を体験する研修を行いました。中小企業の新商品開発意欲を高め、3Dデータを活用したのものづくり技術の向上と大企業とのデジタルデバイトの解消を図り、地場産業のものづくりの活性化を目的としていました。

このように設計、試作、製造、さらに情報化技術ともものづくりの融合を想定した取組を重点的に行ってまいりました。これにより、県内中小企業におけるものづくりに、少なからず寄与できたと考えます。引き続き受託試験、技術相談や研修生受け入れ等、個々に対応することにより、多くの企業の方に3Dデータを活用したのものづくりの必要性と重要性を発信し続けていきます。

## 5 ものづくり支援の安定化とCAEの利用へ

ものづくり支援に関する事業を始めてから10年が経過した頃、県内の中小企業でも3Dデータを活用するところが増え始めました。また、よりデザイン性を考慮した3Dデータへのニーズが増え、3Dデータ作成技術の高度化が課題となりました。付加価値の高い製品を作製するためには、他社にない機能、デザイン性などが求められ、それをCADによりデータ化する必要があります。しかし、従来の3D CADではデザイン性の高い形状をデータ化することが難しく、それを可能にする方法が必要となりました。そこで、CG技術の応用を検討しました。CADとCGは、それぞれ使用される用途、分野は異なりますが、このCG技術を使うことで、従来作成することが困難であったデザイン性の高い形状の3Dデータを作成することが可能となりました。現在では、3Dデータ作成技術の核となる技術になっています。これら技術を使い、商品開発を支援し製品化した事例は数百に上ります。また、これら製品の3Dデータの評価においては、3Dプリンターが使用されています。デザインや機能性などを検証するためには、実体化し、手にとって確認することが有効な手段となります。そのため、3Dプリンターによる評価手段を充実させ、これまで以上に活用して頂ける設備環境を作る必要があると考え、平成21年(2009年)度に光造形装置(図3)を更新、新たにフルカラー3Dプリンター(図4)を導入しました。新しい光造形装置は、従来機より高速、高精度にモデルを作成することができ、フルカラー3Dプリンターは、石膏を材料とした造形機で着色したモデルを作製することができます。



図3. 光造形装置及び造形モデル



図4. フルカラー3Dプリンターと造形モデル

さらに新たな評価手段として、CAE(図5)の導入も検討しました。3Dデータを活用する最大の効果としては、3Dプリンターを使っでの試作の他、コンピュータ上で仮想実験を行えることが

あげられます。通常の製品開発においては、設計→評価→再設計のサイクルが繰り返し実施されますが、実際に試作品を作製してテストや評価を行うには多くの費用と時間が必要となります。しかし、コンピュータ内部でこの評価をシミュレーションすれば、試作品を作製した後のテストや評価に掛かる費用を抑え、時間を短縮することができます。また、設計の初期段階からCAEによる解析を実施することで、製品化してからの不具合を減少させるなど品質の安定化が見込めます。

CAEには、機能・性能を検討するための解析ツールとして、構造解析（強度、剛性、歪みなど）、振動・音響解析、熱伝導解析、電場・磁場解析、流れ解析、衝突・衝撃解析、機構解析などがあり、成形性、加工性検討のための解析ツールとして、樹脂流動解析、鋳造湯流れ解析、板成形シミュレーション、鍛造シミュレーションなどがあります。

またCAEを扱うには、解析法の選択、解析条件の設定、解析結果に対する判断を行う必要があり、ある程度の解析理論の理解が不可欠となります。工業技術センターでは、平成24年（2012年）度にCAEを新たに導入すると共に、それを扱う職員のスキルアップに努めました。

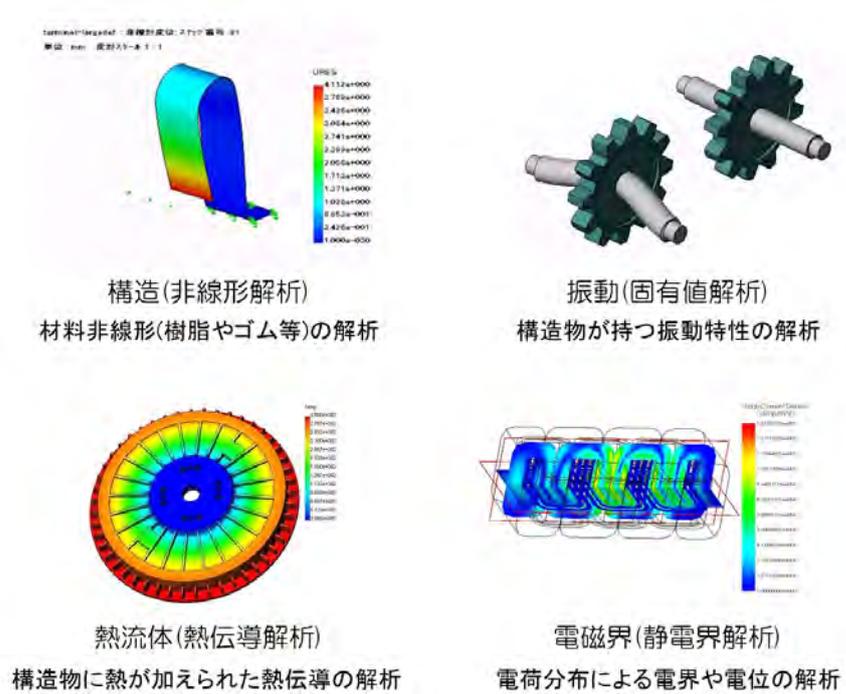


図5. CAE（解析ツール）

## 6 スマートものづくりの取組

CAEによる評価技術を蓄積し県内企業への支援を行ってゆく中、世界的な3Dプリンターブームが起きました。多くの分野において3Dプリンターの利用が大きく取り上げられ、いろいろな材料に対応した多くの装置が開発されました。また、家庭向けの装置も開発され、3Dプリンターは身近なものへと変わりました。

この3Dプリンターブームにより装置の用途も広がり、工業技術センターの関連した設備の活用も注目され、3Dデータを活用したものづくり支援への期待が高まりました。そこで、新たなニーズ、用途に対応できる装置を整備する必要があると考え、最新の3DプリンターとCAEの追加導入を検討し、平成25年（2013年）度補正予算事業「地域オープンイノベーション促進事業」により3D CAD/CAEと最新3Dプリンター(図6)を導入しました。新しい3Dプリンターは、インクジェット方式により物性の違う複数の樹脂を使える特徴があります。試作品の用途も広がり、試作開発の多様化に対応できるようになりました。また、新しいCAEソフトでは、構造、振動、熱流体、電場・

磁場、衝突・衝撃などにおいてより高度な解析を行うことができます。これらの設備やソフトを利用し易いように、設計開発支援室（写真4）を新たに設置しました。さらに平成27年（2015年）度には、産業用X線CT（図7）の更新も行いました。この産業用X線CTは、高出力タイプの装置で鋳物などの内部を壊さずに観察することが出来ます。撮影したデータを3D化することもできるため、3Dスキャナとしてもものづくり支援に活用することができます。



図6. 3Dプリンターと造形モデル

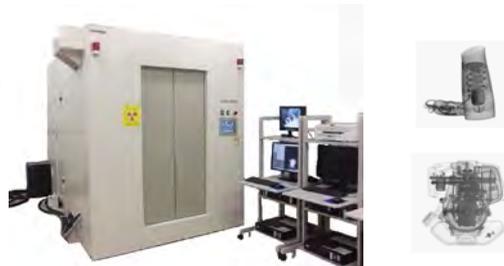


図7. 産業用X線CTと撮影画像

このように、3Dプリンターなどのハード面と3Dデータの作成技術、CAEなどのソフト面等を充実させ、本格的に支援に取り組む体制を作りました。平成27年度には、3Dデータを活用したものづくり支援を強化した体制を新たにスタートさせました。既に3Dデータ等を活用した製品開発を行っている企業も多いと思いますが、まだまだこの技術を有効に活用できていない企業も多くあります。3Dデータを活用したものづくりの必要性を1人でも多くの方に、1社でも多くの企業に理解していただくことを目的として取り組んでいます。この技術を活用することでいかに製品開発の効率が上がるか、付加価値の高い製品が作製できるかを理解していただくためには、機器を実際に利用していただくことが重要です。そこで、セミナーや講演などの開催に加えて、実地体験に重点を置いたCADスクールの開催に取り組みました（写真5）。



写真4. 設計開発支援室



写真5. CADスクール

## 7 スマートものづくり支援における成果

工業技術センターにおける3Dデータを活用したものづくり支援は20年以上の実績があり、その間協力させていただいた製品化事例は多岐にわたります。年間30社以上が工業技術センターを利用し、3Dプリンターによる試作だけでも年間200件以上の依頼を頂いています。そして、そのほとんどが後に製品化されています。製品化された主なものを以下に紹介します。

### 【家庭用品】

台所・バス・トイレ用品、洗濯用品、その他

### 【機械及び電機部品の開発】

装置カバー、部品類

【食品関連】

容器類の開発

【化粧品関係】

容器類の開発

【ホビー、販促グッズ】

ジオラマ、フィギア

【工芸・文化遺産関連】

漆器類、レプリカ

家庭用品業界への支援が大部分を占め、県に対する経済効果も、かなり大きなものと考えます。また、工業技術センターの技術講習等をきっかけとして、自社で3Dデータを活用し、ものづくりを実践されている企業も徐々に増加してきています。

また、このスマートものづくり技術によって取り組んだ研究開発には、

- ・ 「三次元計測と木彫用NCルータによる工芸品（高野・熊野世界遺産）の立体コピーに関する研究開発」  
きのくにコンソーシアム研究開発事業  
（平成16年（2004年）度：公益財団法人わかやま産業振興財団）
- ・ 「安心・安全設計スプレー噴霧機構の開発」  
新連携共同研究事業  
（平成22年（2010年）～平成23年（2011年）度：公益財団法人わかやま産業振興財団）
- ・ 「自動車エンジン用ピストンの生産効率の向上に資するダイカスト鑄造技術の開発」  
戦略的基盤技術高度化支援事業  
（平成22年～平成25年度：中小企業庁）

などがあり、工芸品などを製作する企業への3Dデータによるものづくり技術支援、新商品開発に係る設計・試作支援、産業用X線CTを用いたリバーエンジニアリング技術など幅広い業界への支援を行いました。

## 8 スマートものづくりのこれから

平成27年度のスマートものづくり事業では、CADスクールに数十社からの応募があり、3D CADへの感心の高さが伺えました。県内企業での3Dデータを活用したものづくりはより活発になっていき、ものづくりの活性化が進むと考えられます。

デジタル化が進んだ当初は、アナログデータをデジタル化するだけでよかった時代ですが、生産技術の進歩もあり、付加価値の高い製品を作り上げるには、デザイン性も重要視したモデルの作成が必要となります。それらモデルを3Dデータ化するのは高度な技術を必要とするため、センターのスキルを有効に活用していただけるように努めております。

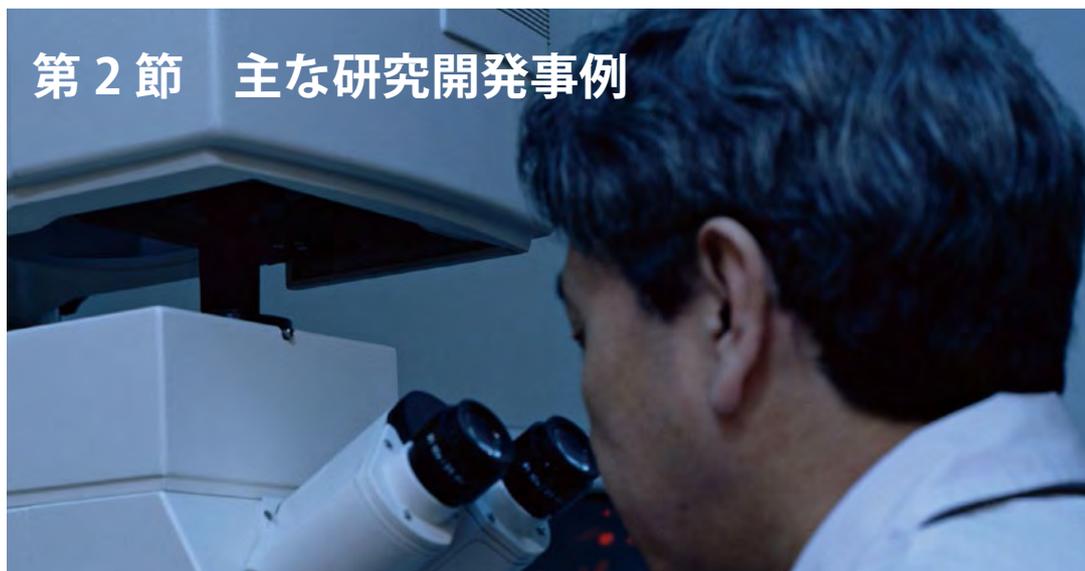
さらに、これからのスマートものづくりの取組では、CAEを使った評価技術が中心となっています。新たな製品開発を行うには非常に有効なツールではありますが、使いこなすまでにはかなりの時間を要するため、なかなか中小企業では導入に踏み切れない部分があります。しかし、これらの技術をうまく活用することができれば、製品開発時の時間やコストに掛かるリスクを低減でき、他に無いオリジナルの製品開発が可能となります。それにより、自社製品の開発も可能になり、県内経済の発展と雇用の促進につながると思われれます。工業技術センターでは、これらの技術を用いた支援を行いながら、県内企業の皆様の技術力アップに貢献できるように努めてまいります。

これからも時代の変化に対応したスキルの向上と新しいシーズを身に付け、より多くの中小企業

の方々に、より高度な支援が行えるように取り組んでまいりたいと思います。

#### 【用語解説】

- \*1) CAD：(Computer Aided Design) コンピュータ技術を活用して製品の設計を行うコンピュータソフト。
- \*2) CG：(Computer Graphics) コンピュータを用いて作成される画像。コンピュータを使って画像を処理生成する技術。
- \*3) CAE：(Computer Aided Engineering) コンピュータ技術を活用して製品の設計、製造などの事前検討の支援を行うコンピュータソフト。
- \*4) 3D プリンター：通常の紙に平面的に印刷するプリンターに対して、3D CAD、3D CG データを元に立体（3次元のオブジェクト）を造形する機器。
- \*5) 光造形装置：光硬化樹脂を紫外線で硬化して積層することによって立体物を作成する装置。
- \*6) デジタルエンジニアリング：工業製品の企画・開発・設計・生産などの一連のものづくり工程において、製品に関する一貫したデータをコンピュータ上で共有かつ有効に利用しながら、ものづくり工程の全体を効率化していくための工学や工学技術。
- \*7) 紙造形装置：紙を積層することによって立体物を作成する装置。
- \*8) 3D スキャナ：対象物の凹凸を感知して3D データとして取り込むための装置。対象物にレーザーを照射したり、センサーをあてたりしながら3次元の座標データ(X,Y,Z)を複数取得する。
- \*9) RP：(Rapid Prototyping)製品開発で用いられる試作手法。高速に試作することを目的とする。
- \*10) CAM：部品を製造する数値制御装置を搭載した(CNC)工作機械を操作するためのNCコードを作成するコンピュータソフト。



## 第2節 主な研究開発事例



### 1 排水処理技術開発への挑戦 ～技術開発と事業化～

#### 1 背景

昭和30年代～40年代（1955年代～1965年代）にかけての高度成長期において、日本の産業が大きく発展する一方で公害問題も大きくなりました。それに対応するため、昭和45年（1970年）には「公害対策基本法」が改正されるなど、公害防止のための法体系が整備され始めました。水質関係においては、同年に「水質汚濁防止法」が誕生し本格的な排水規制がスタートしています。その後、「瀬戸内海環境保全臨時措置法」（昭和49年（1974年）施行）や「瀬戸内海環境保全臨時措置法及び水質汚濁防止法の一部を改正する法律」（昭和54年（1979年）施行）、平成13年（2000年）の「第5次総量規制」を経て、「COD<sup>1)</sup>・窒素・リン」の3項目については濃度規制だけでなく総量規制も課されるなど、瀬戸内海などのような閉鎖系水域に対しての富栄養化対策が強化されてきました。

和歌山県では、環境省が定めた総量削減基本方針に基づき、知事が生活系・産業系・その他系毎に「COD・窒素・リン」の削減目標量およびその方途について「総量削減計画」を定めています。この計画では「紀伊日の岬灯台から徳島県伊島及び前島を経て蒲生田岬に至る直線の北側の海面」を対象地域として指定し、これらの海域に流出する河川流域に位置する15市町村内の「日量50m<sup>3</sup>以上の排水を放出する事業所」に対しては、濃度規制に加えて総量規制を課しています。さらに和歌山市においては、「和歌山市排出水の色等規制条例」（平成3年（1991年）施行）を制定することで排水の着色度も規制するなど、より厳密な排水規制を課しています。

域内に立地する企業は、これらの規制をクリアするために排水対策を行ってきました。しかしながら多くの企業が導入している「微生物を用いた排水処理（活性汚泥法<sup>2)</sup>）」では、発生する余剰汚泥<sup>3)</sup>を産業廃棄物として処分する必要があり、企業の負担が大きくなっているのが実情です。和歌山県工業技術センター（以下「工業技術センター」という。）では、こうした排水規制に対する企業支援のため、排水処理技術の研究開発を行ってきました。今回、その中から捺染加工廃水と梅加工場廃水に対する取り組み事例について紹介します。

#### 2 捺染加工廃水に対する取組

##### 2.1 捺染加工廃水の特徴

和歌山市では明治時代に捺染加工業が発展し、現在も国内有数の生産量を誇る企業が存在しています。高度成長期には、こうした捺染加工事業所周辺の宅地化が進み、工場排水と生活排水により流域の河川水質の悪化が大きな問題となりました。生活排水への対策としては下水道処理が導入される一方、工場排水に対しては基本的に企業努力での対応が求められました。そこで各企業では、多大な費用と労力をかけて活性汚泥法と凝集沈殿法<sup>\*4)</sup>を組み合わせた排水処理設備を導入して、処理を行ってきました。このような企業努力により、和歌山市内を流れる大門川の水質は大幅に改善されてきています（図1）。しかしながら、現在においても環境基準値をクリアするには至っておらず、さらなる水質改善が求められているのが実状です。

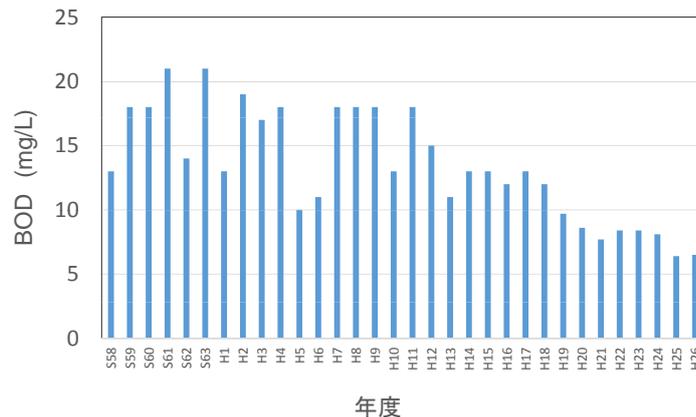


図1. 大門川におけるBOD<sup>\*5)</sup>の経年変化 (環境省による公共用水域水質測定結果より)

捺染加工業において、綿織物に色柄を付与する印捺工程では、増粘多糖類、尿素が多量に使用されており、その大部分が廃水として排出されます。もちろん、染料についても廃水に多く含まれており、工程から排出されている廃水は、「有機物負荷、窒素負荷、色度」共に高いものとなっています。捺染加工業における排水処理では、有機物を処理するための「活性汚泥法」だけでなく着色度を改善するための「凝集沈殿法」も利用されており、これらを併用する処理が一般的です。しかし、これらの方法だけでは窒素除去は困難であり、これが捺染加工廃水の処理における大きな課題となっています。

## 2.2 捺染加工廃水に対する工業技術センターの取組

### 2.2.1 硝化・脱窒法<sup>\*6)</sup>による窒素除去技術の開発初期

廃水から窒素を除去する技術の中で、微生物を用いた排水処理技術として、最も普及している方法が硝化・脱窒処理技術です。この方法は、廃水に含まれるアンモニア態窒素を硝酸態窒素に酸化した後、硝酸態窒素を窒素ガスへと還元する技術で、各種産業廃水に対してだけでなく、下水処理場などの公共用水の処理にも広く利用されている技術です。下水処理場などで普及している最も一般的な処理フローを図2に示します。

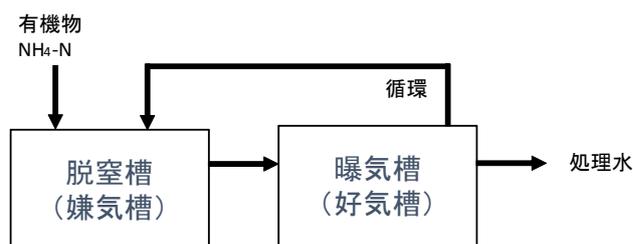


図2. 一般的な硝化・脱窒処理フロー

この処理技術では、アンモニア酸化細菌や亜硝酸酸化細菌（両者を併せて「硝化細菌」と呼ぶ。）の作用によりアンモニア態窒素から亜硝酸態窒素を経て硝酸態窒素にまで酸化させるためのアンモニア酸化槽と脱窒細菌の作用で硝酸態窒素を窒素ガスへと還元するための脱窒槽の二つの槽から成り立っています。硝化細菌は空気を必要とする好気<sup>7)</sup>性の細菌であるため、一般的には、活性汚泥槽において硝酸態窒素にまで変換されます。この硝化細菌は増殖速度が遅いことから、効率良く硝化反応を進めるために、微生物を固定化する方法などが開発されています。一方、脱窒細菌は、空気を必要としない嫌気<sup>8)</sup>性の細菌であるため、アンモニア酸化槽の後段に嫌気槽を配置します。また、脱窒細菌が硝酸態窒素を還元するためには、廃水中に電子供与体として働く有機態炭素が必要となり、メタノールなどの有機物の添加が必要になります。

工業技術センターでは、硝化細菌を固定するためにポリエステル製不織布を微生物付着用の固定化担体<sup>9)</sup>として用いた固定化材を作製し、活性汚泥槽中にこの固定化材を設置する事によって、硝化反応と脱窒反応が一つの担体内で同時に進行するような、一槽型の硝化・脱窒処理システムを開発しました<sup>1-3)</sup>。

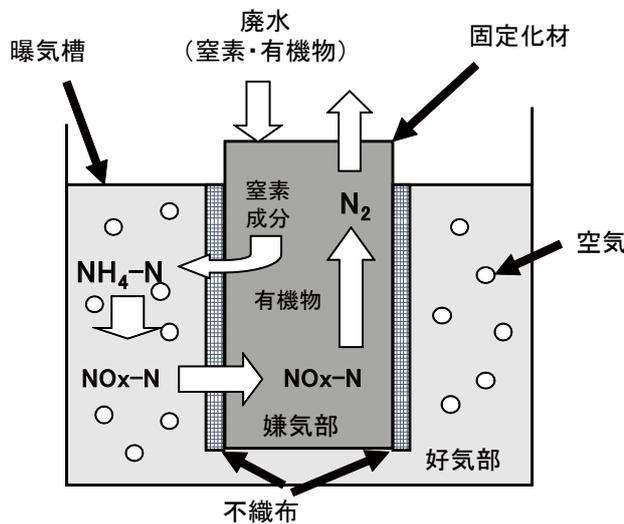


図3. 固定化材を用いた硝化・脱窒処理システムの概念図

この処理システムでは、図3に示す様な物質移動が提唱されています。まず、固定化材は活性汚泥槽中に設置され、固定化材の外部は好気状態が保たれ、好気性の硝化反応が進行します。一方、不織布で分画された固定化材内部は嫌気状態が保たれ、嫌気性の脱窒反応が進行します。さらに、脱窒の際に必要な有機物は、固定化材内部の嫌気部分に有機物を含んだ廃水を投入することによって補給され、メタノールなどの新たな有機物源の添加を不要としたシステムになっています。この技術を捺染加工廃水に適応するために、ビーカースケールによる模擬染色廃水を用いた処理実験を実施したところ、滞留時間1日で、約56%の窒素除去率が得られ、染色排水への適応性があることを確認しました<sup>4)</sup>。

### 2.2.2 捺染加工廃水における実証試験～その1

排水処理に関する技術開発の場合、実際の廃水を用いた処理試験が必要不可欠となります。私たちも、捺染加工廃水における実証試験を行うために、和歌山市内の捺染加工業・A社の排水処理設備に実証プラント（図4）を設置し、実際に捺染染色工程から排出される廃水を用いた排水処理実験を実施しました。実証実験を約2年間実施し、技術的な課題が2つ明白になりました。



図4. 染色工場に設置した実証実験装置（700L スケール）と固定化材

第一の課題は、廃水に含まれる油分の問題です。この油分が、担体として用いた不織布の表面に付着することにより、硝化菌の硝化反応が阻害されることが判りました。この問題を解決するため、前処理にて油分除去を施した廃水を用いて処理試験を行ったところ、平均 38% の窒素除去率が得られました<sup>5-7)</sup>。

第二の課題は、硝化効率の改善と、不織布を介した好気部分と嫌気部分での物質移動を長期間安定的に行うことです。この課題は、窒素除去率を改善するための大きな課題でした。

### 2.2.3 固定化担体としてパイル織物を用いた窒素除去システムの開発

実証試験での課題をクリアするために、私たちは固定化担体の検討を行いました。その際に着目したのが、和歌山県の地場産品であるパイル織物です。パイル織物は橋本市高野口町を中心とした地域で生産されており、インテリア、衣料、寝装、車両用途など幅広い分野で使用されています。近年では、コピー機やレーザープリンタなどの電子写真機器用ブラシにも使用されるなど、工業資材としての利用も進められており、さらなる利用促進に取り組んでいます。パイル織物は基布部分とパイル部分からなる3次元構造を有しており、基布の組織、加工、パイルの繊維種を選択、毛足の長さや密度などを比較的自由に設計することが出来ます。このパイル織物を微生物付着用の固定化担体として利用する取組をスタートさせました。

材質・形状の異なる6種類のパイル織物(図5)をオーヤパイル株式会社(以下「オーヤパイル(株)」という。)から試験用サンプルとして提供していただき、模擬加工廃水による硝化実験を行いました。この時の実験では、材質として、アクリル繊維を用いたパイル織物が微生物の付着性に有利であること、形状として、パイルの毛足(パイル長)が長く、より立体的な構造になっている方が、硝化反応には有効であることがわかりました<sup>8)</sup>。そこで、アクリル繊維を用いた長さが異なる2種類のパイル織物をオーヤパイル(株)より提供を受け、パイルの密度による硝化反応に対する影響を検討しました。密度の異なる実験資材の準備は、提供頂いた高密度のパイル織物に対し、手作業でパイルの一本一本を引き抜き、異なる密度になるように調整しました(図6)。

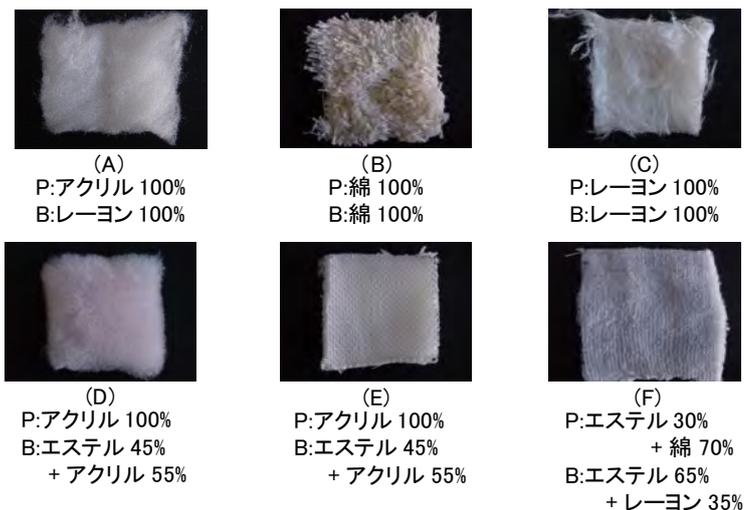


図5. 固定化担体の評価 (その1) (P:パイル生地、B: ベース生地)

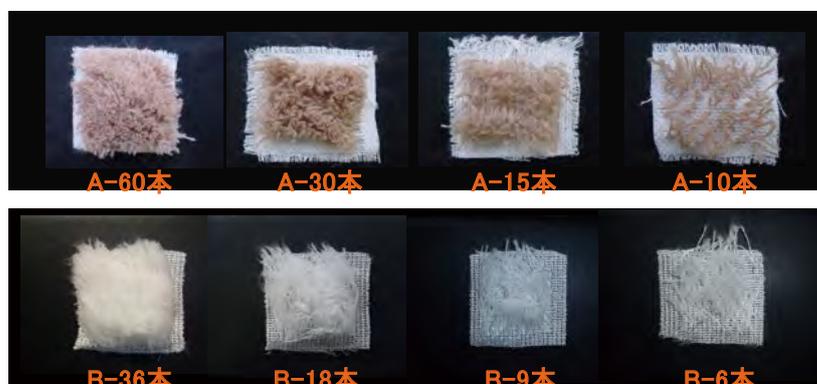


図6. 固定化担体の評価 (その2)  
A: パイル長1cm、B: パイル長2cm  
数値はベース生地1cm<sup>2</sup>あたりのパイル本数 (パイル密度)

このようにして調整した異なる密度の実験用パイル織物を用いて硝化反応実験を行い、パイル長およびパイル密度が硝化反応に及ぼす影響についての評価を行いました。実験結果より、硝化反応に適したパイル織物を選定、図7に示すような固定化材を作製して硝化・脱窒処理実験を行いました。

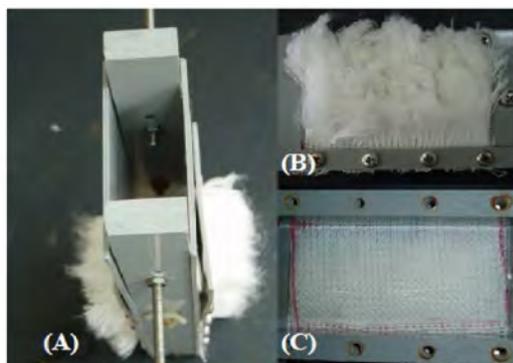


図7. 一槽型硝化・脱窒処理用固定化材  
(A) 固定化材、(B) 外側・好気側、(C) 内側・嫌気側

その結果、不織布を用いた場合と比較して硝化効率は大幅に改善されましたが、脱窒反応を安定して行うことができませんでした。これは、パイル織物の基布上に微生物が付着することで生物膜

が形成され、好気部分と嫌気部分の物質移動を阻害していることが原因であるとわかりました。そこで、パイル織物の基布が格子状になっているサンプルをオーヤパイル(株)に提供していただきました。このパイル織物は、パイル部分の長さが短く、硝化効率としては低くなる可能性がありましたが、好気部分と嫌気部分の物質移動に対する優位性が期待され、図8に示すような固定化材を作製して硝化・脱窒処理実験を行いました。結果、期待通りの硝化・脱窒効果を安定的に得ることができ、窒素除去速度は約 $0.2\text{kg-N/m}^3/\text{day}^{*10)}$  となりました<sup>9-11)</sup>。この現象は、不織布を用いた場合にも確認されており、一槽型の硝化・脱窒処理技術にとって、ブレイクスルーポイントとなりました。

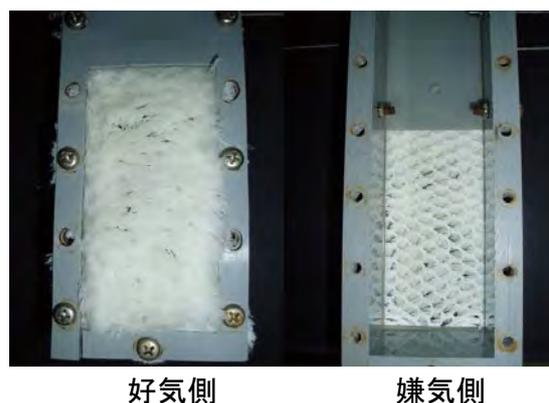


図8. 一槽型硝化・脱窒処理用固定化材改良版

この取組を行っていた時期には、排水処理技術の分野においても、微生物群のDNAを解析することにより、それまではブラックボックスとなっていた排水処理に関する微生物群に関する研究が行われるようになりました。私たちの取組の中でも、一槽型の硝化・脱窒処理に関する微生物群を明らかにするための菌叢解析<sup>\*11)</sup>に取り組みました。この結果から、好気部分に面しているパイル側では、好気性のアンモニア酸化細菌や亜硝酸酸化細菌が多く存在し、嫌気部分に面しているパイル織物の基布側では嫌気性の脱窒菌が存在していることが確認され、改めて好気性の細菌群と嫌気性の細菌群が棲み分けられている状況が明らかになりました。また、この時の菌叢解析において、アナモックス菌の存在が示されました。このことは、固定化担体としてパイル織物を用いた窒素除去システムにアナモックス菌を適応する大きなきっかけとなりました。

#### 2.2.4 アナモックス菌の集積培養

アナモックス菌とは、嫌気性アンモニア酸化反応により窒素を除去することができる細菌群の総称です。この菌群によるアナモックス反応<sup>\*12)</sup>は、オランダのデルフト工科大学が平成7年(1995年)に世界で初めて報告した反応で、アンモニア態窒素と亜硝酸態窒素を出発物質として、ヒドラジンを経由して窒素除去が進行する反応です。これは、従来の硝化・脱窒行程とは全く異なる経路で窒素除去が進行する反応であり、国内では熊本大学の研究チームが初めてアナモックス菌の集積培養に成功しました。このアナモックス菌は、細胞分裂により菌体が二つに分かれるのに必要な時間(世代時間)が約11日間と言われており、この菌の集積培養には、固定化担体の利用が必須でした。当時、熊本大学の研究チームでは菊花状に配した不織布を担体として用いることでアナモックス菌の集積培養に成功し、さらにスケールアップにより、アナモックス菌の大量培養に成功したところでした。アナモックス菌の大量培養の成功によって、アナモックス反応に関する研究開発は飛躍的に進歩していきました。この研究の中で、アナモックス菌は特定の場所に存在する菌ではなく、地下水や海水中にも広く分布している可能性が高いことがわかりました。

私たちの硝化・脱窒処理の実験に関する微生物群のDNA解析の結果、アナモックス菌の存在

の可能性が示されました。実験には、和歌山市にある和歌川終末処理場から採取した活性汚泥を種菌として用いていました。この和歌川終末処理場では、一般家庭から排出される生活排水の他に、化学工場から排出される排水も流入しており、これらの化学工場で使用される地下水由来の微生物が混入している可能性があります。そこで私たちは、和歌川終末処理場の活性汚泥を種菌としたアナモックス菌の集積培養に取り組みました。この時に用いた実験装置を図9に示します。固定化担体には、アナモックス菌の集積培養に実績のあった菊花状不織布<sup>13)</sup>を用いました。その結果、アナモックス菌の集積培養に成功し、和歌川終末処理場由来のアナモックス菌を取得することができました。しかし、アナモックス反応が進行するまでに要した日数は500日を超えており(図10)、またアナモックス反応が進行し始めた後の運転管理も、慎重に行わなければなりませんでした<sup>12)</sup>。



図9. 菊花状不織布を用いたアナモックス菌の集積培養装置

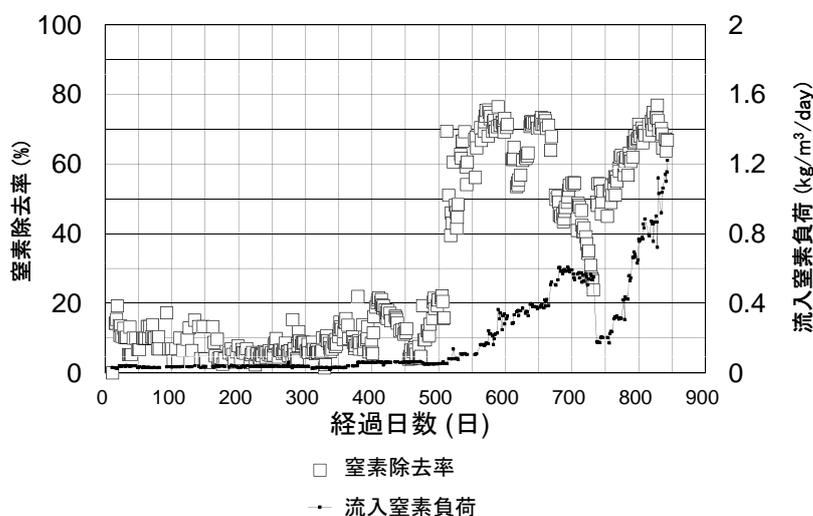


図10. アナモックス菌の集積培養装置における流入窒素負荷と窒素除去率の経日変化

### 2.2.5 部分亜硝酸化処理から一槽型アナモックス処理へ

アナモックス反応は、先に述べたようにアンモニア態窒素と亜硝酸態窒素から窒素除去が進行する反応であるため、流入するアンモニア態窒素の約半分の量を亜硝酸態窒素にまで酸化させるための槽(部分亜硝酸化槽)が必要でした。そこで、上記のアナモックス菌の集積培養と平行して、部分亜硝酸化反応<sup>14)</sup>槽についての処理技術の検討を行いました。図11に、部分亜硝酸化用の装置を示します。この時の固定化担体は、過去の実験において硝化反応に適していたパイル織物を用いました。部分亜硝酸化処理実験についても、長期連続運転を実施していましたが、330日を経過した頃から急激に部分亜硝酸化処理槽内で窒素除去が進行する現象が認められました(図12)<sup>13-15)</sup>。



(パイル織物、材質：アクリル製、パイル長：3cm、オーヤパイル(株)社製：RFV-52294)

図 11. 部分亜硝酸化処理槽と単体に用いたパイル織物

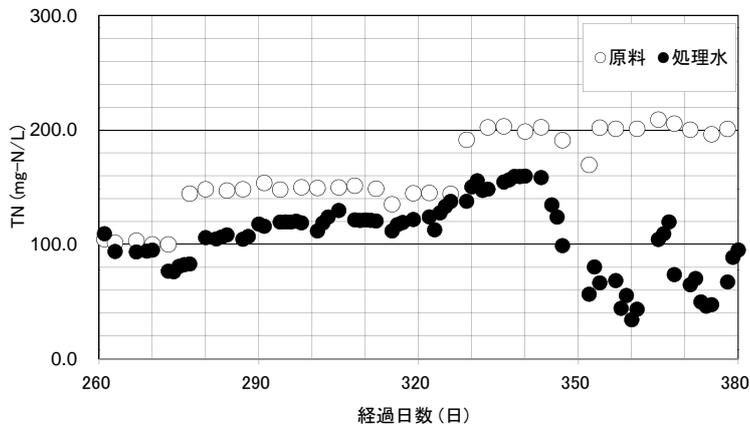


図 12. 部分亜硝酸化処理装置における全窒素の経日変化

先述の熊本大学の研究チームでも、不織布を固定化担体として用いた部分亜硝酸化反応の長期連続運転中に槽内において、窒素除去が進行する事象が発生していました。この時の微生物群を解析したところ、不織布内部に嫌気部分が存在し、そこにアナモックス菌が存在していたことから、一つの槽内で部分亜硝酸化反応とアナモックス反応が進行する SNAP 反応<sup>\*15)</sup>の可能性が示唆されました。私たちが固定化担体として用いたパイル織物にも、表面での好気部分と根本付近での嫌気部分が存在しており、SNAP 反応と同様の反応が進行していることがわかりました。この結果は、菊花状不織布を用いてアナモックス菌の集積培養に成功する約半年前に得ていました。

パイル織物を用いた SNAP 処理が進行し始めた後は、徐々に流入窒素濃度を上げていきました(図 13)。500mg-N/L<sup>\*16)</sup>以下の低濃度の流入窒素濃度での実験では、窒素除去率にばらつきが認められ、濃度が高くなるにつれ、安定した窒素除去率が得られるようになりました。パイル織物を固定化担体として用いた SNAP 処理実験の中で、平均窒素除去速度 3.1kg/m<sup>3</sup>/day を約 3 ヶ月間にわたり安定的に維持することができました。この窒素除去速度は、一槽型のアナモックス処理としては世界最高水準の値であり、私たちが行った硝化・脱窒処理における窒素除去速度の実に 15 倍に達していました。アナモックス処理が非常に高い処理能力を持っていることがわかりました。この SNAP 処理槽では、平成 19 年(2007 年)から平成 25 年(2013 年)にかけて、約 6 年半の期間連続処理実験を行いました。実験期間でのパイル織物の強度低下は認められず、その耐久性の高さも示すことが出来ました。

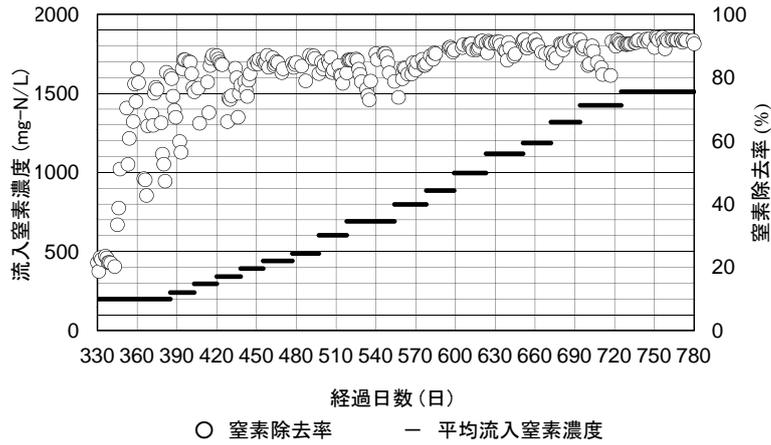


図 13. SNAP 処理における全窒素除去率の経日変化

### 2.2.6 捺染加工廃水における実証試験～その 2

高効率の窒素除去が期待されるアナモックス処理技術を捺染加工廃水へ適応するために、捺染工場からの実廃水を用いた SNAP 処理の実証試験を実施しました。その実証試験設備を図 14 に示します。



図 14. 一槽型アナモックス処理プラント（捺染染色業・A 社に設置）

一般的に、アナモックス処理においては、高濃度の方が安定した処理が可能であると言われていました。実際に、私たちの実験でも 1500mg-N/L の濃度域までは、非常に安定的に SNAP 処理が進行することが確認されていました。そこで、実証試験では、捺染工場の実廃水のうち 500mg-N/L 以上の高濃度のアンモニア態窒素を含む廃水系を対象に試験を実施しました。

約 2 年間の実証試験では、この廃水系に対して SNAP 処理が進行することが確認できましたが、安定した処理が得られませんでした。これは、捺染工場における生産品目の季節変動によって、対象とする廃水の成分が変動したことが原因と考えられました。この結果より、捺染工場での適応を行うためには、100～200mg-N/L のアンモニア態窒素を安定して含有している総合廃水系への適応がより適切であることがわかりました。これまでの研究では、200mg-N/L 以下の低濃度のアンモニア態窒素を含む合成廃水を用いた SNAP 処理試験において、80% 以上の窒素除去率が得られる処理条件を確立しましたが、現在のところ捺染加工廃水への窒素除去技術の実用化には至っていません。

### 2.2.7 窒素除去技術に対する現在の取組

これまでの SNAP 処理実験により、さらに低濃度領域である 60mg-N/L 程度のアンモニア態窒

素に対しても滞留時間 2～3 時間で、窒素除去が安定的に進行することを確認しており、その適応濃度範囲は 60～1500mg-N/L に広がっています。現在では、下水処理場から発生する汚泥をメタン発酵した際に発生する消化脱離液<sup>\*17)</sup>（アンモニア態窒素として 1000mg-N/L 程度含有）への適応を目指し排水処理メーカーによる実証試験が行われています。私たちの 4L スケール SNAP 処理実験においても消化脱離液への適応事例があり<sup>16)</sup>、メタン発酵とアナモックス処理を組み合わせた技術が、実用化に向けて有望であると考えています。さらに、100mg-N/L 以下の低濃度の窒素含有排水への適応を目指し、埋め立て地浸出水を対象とした研究開発を進めています。

### 3 梅加工工場廃水に対する取組

#### 3.1 梅加工工場廃水の特徴

梅加工工場から排出される廃液は、2 系統に大別されます。一つは、塩漬け梅の水行程等で発生する洗浄廃水です。含有する有機物濃度は低濃度で、通常は活性汚泥法などの生物処理が行われています。もう一つは、味付けのために用いた調味液の残液で調味廃液と呼ばれるものです（図 15）。



図 15. 味付けのために調味液につけられた梅干し

この調味廃液は、糖アルコールを主成分とした高濃度の有機物を含むと共に、塩分濃度が 7% 程度、pH 2～3 の特徴を有する廃液です。この廃液は比較的少量でありながら、処理に対しては高負荷であることから、通常の活性汚泥法によって処理を行うためには、50～100 倍程度に希釈した上で処理を行う必要があります。また、大きな排水処理設備が必要になります。また、活性汚泥処理により発生する余剰汚泥量も多くなるため、現在では調味廃液自体を産業廃棄物として処理することが一般的となっています。この産業廃棄物として回収された調味廃液はほとんどが海洋投棄されていましたが、平成 19 年 4 月に海洋汚染防止法が改正されたことにより、海洋投棄が全面禁止になり、調味廃液を陸上で経済的かつ安定的に処理する技術開発が望まれました。

環境省が発表する「公共用水域水質測定結果」において、みなべ町にある古川の水質悪化が深刻になる年が頻発していました（図 16）。この古川は南部川の支流で、みなべ町の人口が密集している地域の中心部を流れ、また小規模の梅加工工場が集積している地域も流れている河川です。また、河川の水量が少ないことから、廃水による水質への影響が出やすい河川となっています。

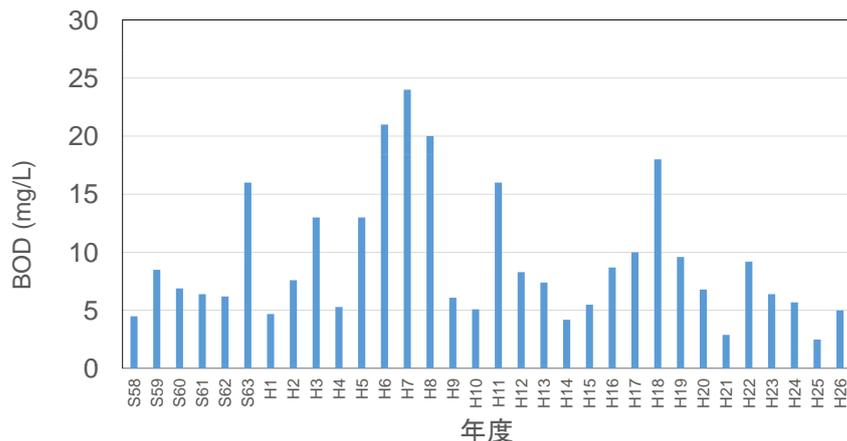


図 16. 古川における BOD の経年変化 (環境省による公共用水域水質測定結果より)

みなべ町においては、下水道の導入や梅加工工場への排水処理設備の導入などの対策を行うことで河川水質の改善に取り組み、その効果が認められるようになっていました。一方で、排水処理設備の設置が義務づけられていない小規模事業者では、設備の導入ができていない場合も多く、小規模事業者でも導入できるような低コストの排水処理設備の開発が求められていました。

### 3.2 梅加工工場廃水に対する工業技術センターでの取組

#### 3.2.1 調味廃液の生物処理技術の開発

調味廃液を産業廃棄物として処理するにはコストがかかり、その費用が大きな企業負担になっていました。そこで、調味廃液を既存の排水処理設備で処理するための技術開発を行いました。私たちの取組では、活性汚泥法において有機物の分解を行う曝気槽<sup>\*18)</sup>に固定化担体を設置します。これは、活性汚泥処理の安定性の向上と処理効率のアップ、さらには余剰汚泥発生量を削減することを目的としています。梅加工工場・B社の協力の下、排水処理設備に実廃水を用いた1m<sup>3</sup>スケールプラントを設置し、排水処理実験を実施しました(図17)。



図 17. 排水処理パイロットプラント (みなべ町・B社)

まず、一般的な生物処理法である活性汚泥法による梅加工工場廃水の処理についての検討を行いました。この結果、調味廃液を含まない洗浄廃水だけの処理を行った場合には、12時間以上の滞留時間を保持出来れば、活性汚泥法による安定した排水処理が可能であることが確認されました。次に、洗浄廃水に調味廃液を混合して活性汚泥法による処理を行いました。洗浄廃水と調味廃液の混合比が100:1程度であれば、滞留時間が2日間の活性汚泥法で処理が可能ですが、50:1の比率では滞留時間が2日間の活性汚泥法では処理が出来ないことがわかりました。これらの実験を行う中で、活性汚泥法による処理を行う前段に設置した、実験に供試する調味廃液と洗浄廃水を混

合し、廃水量を確保するための流量調整槽中において、有機物の分解が進行していることが判りました。この流量調整槽中に浮遊していた微生物の調査を行ったところ、調味廃液を分解できる数種類の酵母が存在していました。その中で、特に UY7 株 (図 18) が増殖速度と調味廃液への資化性で優位性が認められました。

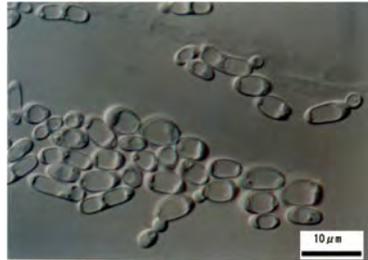


図 18. 調味廃液処理に有効な酵母菌 UY7

この酵母の DNA 解析を行ったところ、*Pichia jadinii* (ピキア・ジャディニー) であることがわかりました。この UY7 株を用いた酵母処理槽と活性汚泥法を組み合わせた調味廃液処理技術を確立するために実廃水を用いたプラント実験を実施しました。この実験では、酵母処理槽に、排水処理への適応事例が多かった菊花状不織布を担体として用いました。活性汚泥法による処理を行うその前段で、調味廃液を洗浄廃水で 10 倍希釈し、この混合液に対して酵母処理を行い、この酵母処理液に洗浄廃水を加えて洗浄廃水と調味廃液の比率が 50:1 となるように調整し、活性汚泥法による処理を行いました。この結果、通常の活性汚泥法だけでは処理が困難であった滞留時間 2 日間で、安定した処理が出来ることを確認しました。この実験では、活性汚泥法における余剰汚泥を減らす実験も同時に行いました。実験では、曝気槽への担体設置により、余剰汚泥の発生量が約 30% 削減できることがわかりました。また、不織布上に付着した汚泥を観察すると、好気性の微生物だけでなく、嫌気性の微生物も多く付着固定していました。通常では好気性の微生物だけで生物処理が行われる活性汚泥法よりも多種多様な微生物種が存在しており、これらの微生物の働きが余剰汚泥の発生量を削減していると考えられました<sup>17-22)</sup>。これらの結果から、梅加工工場から排出される洗浄廃水と調味廃液を酵母処理と活性汚泥法により処理を行うシステムを開発し、WINTEC 方式<sup>\*19)</sup> (図 19) として特許を取得しました。この WINTEC 方式は、平成 19 年の 4 月に、みなべ町にある C 社において、実用化しています (図 20)。

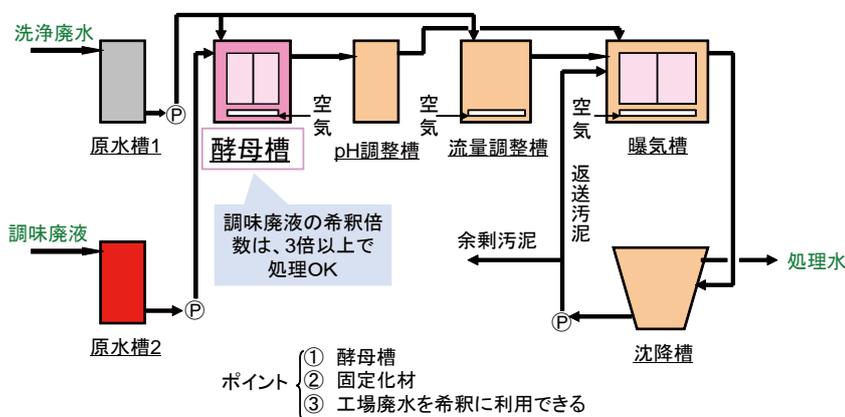


図 19. 酵母処理+活性汚泥処理の WINTEC 方式の概略図

処理量： 調味廃液： 400 L/日  
工場廃水： 15 m<sup>3</sup>/日



酵母槽 (10m<sup>3</sup>)



曝気槽 (80m<sup>3</sup>)

図 20. WINTEC 方式の実用化例 (みなべ町 C 社・2007 年導入)

### 3.2.2 活性汚泥法に適したパイル織物の開発

私たちは、パイル織物が微生物付着用の固定化担体として利用することが可能であり、その性能の高さについても立証していました。そこで、オーヤパイル(株)と共同で、活性汚泥法に適したパイル織物の開発に取り組みました。この開発では、数多くの試作品を作製していただき、ようやく活性汚泥法に適した形状のパイル織物(以下「パイル担体」という。)にたどり着き、プラント実験での汚泥減容化実験を行いました。担体としての性能を比較するため、前述の菊花状不織布による実験、及び当時汚泥減容化が可能になる担体として有名であった株式会社エヌ・イー・ティ製のバイオフィリンジ<sup>20)</sup>を用いた実験も行いました。その結果、汚泥の発生量は、

活性汚泥法(担体無し) > 菊花状不織布 > バイオフィリンジ = パイル担体  
の順になりました。パイル担体を用いた場合の余剰汚泥発生量は、担体を設置しない場合と比較して約 50% 少なくなっていました<sup>23)</sup>。これらの担体を利用した実験の中で、処理槽内にミミズの仲間が発生すると、汚泥の減容化がより進行することがわかってきました。活性汚泥法による生物処理では、図 21 に示すような食物連鎖が成り立っており、最底辺に好気性菌や嫌気性菌などの細菌類が存在し、有機物を分解しています。

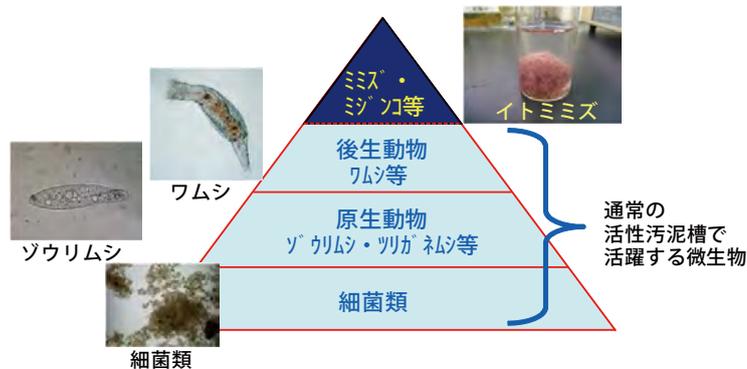


図 21. 活性汚泥法に関する生物の食物連鎖

従来の活性汚泥法においては、後生動物までの微生物群が存在していることが一般的で、最上位者のミミズやミジンコの仲間が出現してくることは希なことでした。私たちが実験に用いたパイル

担体が、ミミズの仲間を保持出来る可能性があることがわかりました。私たちは、パイル担体を用いて汚泥を減容化する技術を ESCAPE 法<sup>\*21)</sup> と命名しました。

### 3.2.3 実用レベルでのESCAPE法の実証試験

プラント実験では、槽の容量が約 1m<sup>3</sup>であったため、パイル担体は 1m 程度の長さでしたが実際の活性汚泥法の曝気槽では、水深が 3～5 mあるのが一般的なので、パイル担体を設置する場合には、2～3 mの長さのパイル担体が必要になります。曝気槽では、微生物への酸素供給を行うために多量の空気を送り込むことから、曝気槽内には非常に激しい水流が生じます。この激しい水流によってパイル担体が曝気槽内で破損することが危惧されました。そこで、みなべ町の梅加工業・B 社の実際の排水処理設備にパイル担体を設置し、汚泥減容化効果と曝気槽内でのパイル担体の機械的強度を確認する実験を行いました。この実験は、エコ和歌山株式会社（以下「エコ和歌山（株）」という。）が提案したわかやま中小企業元気ファンド（公益財団法人わかやま産業振興財団による助成事業）という事業の中で実施しました。実験では、活性汚泥法用に製作した幅 10cm・長さ 320cm のパイル担体約 2000 本を固定枠に取り付けた装置（図 22）を実際の排水処理設備の曝気槽中に設置（図 23）しました。



図 22. パイル単体（短冊状のパイル織物）1 本 :320cm × 10cm、約 2000 本



図 23. みなべ町 B 社の排水処理設備へのパイル単体の設置

約1年半の実験において、パイル担体が液流によって破断することはなく、実用に充分耐える機械的な強度を持っていることが実証されました。また実験期間中、流入廃水の有機態炭素濃度(TOC<sup>\*22</sup>)の値は、180mg/L～1800mg/L(一日の平均値として)と濃度の変動幅が大きいものでしたが、安定した処理が可能であることもわかりました。一方、汚泥管理について、二つの大きな効果が認められました。

第一に、余剰汚泥削減によるコスト削減効果です。図24に実験期間中での余剰汚泥の発生量の変化を廃水1m<sup>3</sup>あたりの量に換算したものを示します。パイル担体を設置する前では、廃水1m<sup>3</sup>あたり約6.46kgの余剰汚泥が発生していましたが、パイル担体設置後、1年目には4.53kgで約30%の削減、2年目には3.24kgで約50%の削減、3年目には1.07kgとなり余剰汚泥削減率は約83%に達しました。図25は、この時のパイル担体へ付着した汚泥の様子です。

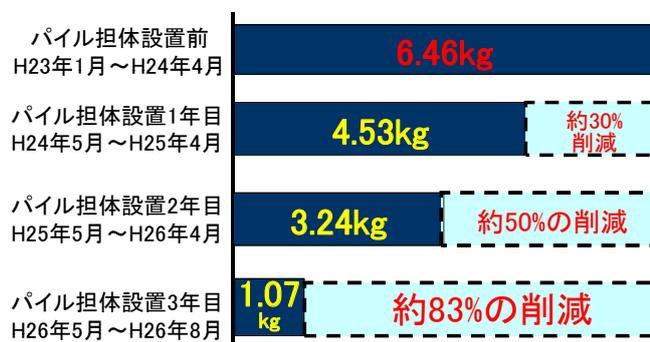


図24. 廃水1m<sup>3</sup>あたりの平均余剰汚泥発生量



図25. パイル単体設置後555日の汚泥付着の様子

表層には、好気性の微生物群が付着しており、その内側に赤いイトミミズの仲間がビッシリと付着している様子が確認できました。このイトミミズが大量に保持されていたことによって、食物連鎖が活性化し、汚泥の減容化が進行したものと推測されます。また、汚泥の排出量が減ったことによって、汚泥の濾過にかかる経費も削減でき、企業にとって大きな利益率改善につながるわかりました<sup>24,25)</sup>。

第二の効果は、沈殿槽の運転管理に要する時間が大幅に短縮されることです。まず、汚泥の発生量が減少したことで、その濾過行程に要していた所要時間が8割以上短縮されました。中小企業では、排水処理の担当者は別の業務と兼務している場合が多く、排水処理に掛かる時間が短縮されることにより、別の業務に費やす時間が増え、結果として人件費の削減につながるようになります。

### 3.2.4 小規模事業者向け排水処理設備への展開

梅加工工場への展開において課題となるのは、小規模事業者でも導入可能な小スケール、低コスト

トの排水処理技術の開発です。私たちは、パイル担体を用いる ESCAPE 法と膜分離法<sup>\*23)</sup> を組み合わせ、これらを既存の FRP 製浄化槽<sup>\*24)</sup> に取り付けられた小規模事業者向けの排水処理ユニットを開発し、工業技術センター、オーヤパイル(株)、エコ和歌山(株)の3者共同出願により特許を取得しました。この技術の特徴は、パイル担体による汚泥削減効果、膜分離法による運転管理の容易さ、さらに市販の FRP 製浄化槽を用いることにより、低インシャルコストおよび低ランニングコストを実現した点です。この小規模事業者型向け排水処理ユニットは、エコ和歌山(株)が製品化し、田辺市にある梅加工業 D 社に実用化一号機(図 26)が導入され、平成 24 年(2012 年)12 月より運用が開始されました。さらに、日本酒製造業や地ビールの製造業の排水処理設備として導入が進んでおり、県内だけでなく県外の企業への展開を目指して取り組んでいます。



図 26. 小規模事業者向け排水処理ユニット実用化第 1 号機

#### 4 今後の展開

これまでの、パイル織物を排水処理用の資材として利用する取組で、アナモックス処理技術や ESCAPE 法といった国内でも屈指の処理性能を有する技術開発に成功しました。今後は、これらの技術を県内企業だけでなく、県外の企業に対しても技術導入を進めていきたいと考えています。このためには、全国展開が可能な排水処理メーカーやエンジニアリング会社との連携が必須となります。また、微生物の種類を変えることで、特定の化学物質の処理への対応が可能になることから、引き続きパイル担体を利用した排水処理の可能性を広げていきたいと考えています。

一方で、廃水や梅調味廃液の様に産業廃棄物として処理されている廃液の中には、酵母などの微生物が資化出来る成分が高濃度で含まれている場合もあります。私たちは、このような廃液を未利用資源として位置づけ、微生物の餌として利用することができないか、といった取組をスタートさせました<sup>26)</sup>。この未利用資源を用いて増殖させた微生物からは有価物(例えば油脂成分等)を代謝産物として得られる可能性があります。微生物を利用し、廃棄物から有価物を得る技術の開発に取り組んでいく予定です。

和歌山県は、醤油・味噌の発祥の地と言われており、生物を利用した産業が非常に盛んでした。今後も排水処理を通じた企業支援を継続していくとともに、未利用資源から有価物を得る発酵技術の開発など、生物を利用した産業を発展させるための技術開発を行っていきたいと考えています。

#### 【用語解説】

\*1) COD: Chemical Oxygen Demand (化学的酸素要求量)の略称で、代表的な水質指標の一つ。数値が大きくなれば、液中に含まれる有機物量も多くなる。

\*2) 活性汚泥法: 生物を利用して好気条件下で廃水中の有機物を分解除去する方法で、最も普及

している方法。

- \*3) 余剰汚泥：活性汚泥法で発生する、必要以上に増えすぎた生物の塊（汚泥）のこと。
- \*4) 凝集沈殿法：凝集剤の働きによって液中の有機物や無機物を粒子化させて沈殿除去する方法。
- \*5) BOD：Biochemical Oxygen Demand（生物学的酸素要求量）の略称で、代表的な水質指標の一つ。数値が大きくなれば、液中に含まれる有機物量も多くなる。
- \*6) 硝化・脱窒法：液中の窒素を除去する最も普及している方法。好気条件下で、アンモニア態窒素を硝酸態窒素にまで酸化（硝化）した後、嫌気条件下で硝酸態窒素を窒素ガスへと還元（脱窒）する反応。
- \*7) 好気：その場に酸素が存在していることを示す。
- \*8) 嫌気：その場に酸素が存在していないことを示す。
- \*9) 固定化担体：微生物を付着・定着させるもの。様々な素材・形状のものが開発されている。これを用いることによって、微生物反応の効率化が期待できる。
- \*10) 単位「kg-N/m<sup>3</sup>/day」：流入窒素負荷と窒素除去速度の単位。共に、1日あたり排水1m<sup>3</sup>あたりの窒素の重量として表記される。
- \*11) 菌叢解析：系内に存在している微生物の種類を特定すること。
- \*12) アナモックス反応：嫌気性アンモニア酸化反応の略称で、液中の窒素成分を窒素ガスとして除去する方法の一つ。従来の硝化・脱窒反応とは異なる反応経路で窒素除去が進行する。アナモックス反応は、アンモニア態窒素と亜硝酸態窒素が出発物質で、ヒドラジンを經由して窒素ガスへと変換される反応。
- \*13) 菊花状不織布：固定化担体として市販されている資材の一つ。排水処理への利用実績も多い。
- \*14) 部分亜硝酸化反応：流入する液中に含まれるアンモニア態窒素の半分量を、亜硝酸態窒素にまで酸化する反応。アナモックス反応の前段に利用される反応。
- \*15) SNAP 反応：Single stage Nitrogen removal using Anammox and Partial nitritation、一つの槽内で、部分亜硝酸化反応とアナモックス反応を行う方法の略称。
- \*16) 単位「mg-N/L」：液中の窒素成分の濃度を示す単位です。アンモニア態窒素等の濃度をNとしての濃度で示す単位。
- \*17) 消化脱離液：メタン発酵によって炭素成分が回収された後の残液。通常、窒素成分やリン成分が多く含まれている。
- \*18) 曝気槽：活性汚泥法において、生物を好気条件に維持して有機物の分解除去を行う槽。活性汚泥槽とも言う。
- \*19) WINTEC 方式：工業技術センターが提案している、「酵母を用いた排水処理」と「活性汚泥による排水処理」を組み合わせることで、高濃度の有機物を含む排水を処理する方式。
- \*20) バイオフィリンジ：固定化担体として市販されている資材の一つ。活性汚泥法用として広く使われている。
- \*21) ESCAPE 法：Excess Sludge reduction system using Carriers based on Acrylic Pile fabrics、パイル担体を固定化担体として利用し、そこにイトミミズを多量に保持させることによって、活性汚泥法で発生する余剰汚泥発生量を削減させる排水処理法のこと。
- \*22) TOC：Total Organic Carbon（全有機態炭素）の略称で、代表的な水質指標の一つ。液中の全ての有機物の炭素量を示すことから、和歌山県工業技術センターでは、液中の有機物を示す指標として利用している。
- \*23) 膜分離法：固形分と液体とを膜を通して分離する方法。排水処理においても広く使われている方法。
- \*24) FRP 製浄化槽：家庭から排出される生活排水を処理する「浄化槽」として利用される、繊維強化プラスチック製の槽。様々な容量の槽が市販されている。

#### 【参考文献】

- 1) 高辻渉, 阪井幸宏, 中岡元信: 和歌山県工業技術センター平成 12 年度研究報告, p.23 (2001)
- 2) 高辻渉, 阪井幸宏, 中岡元信: 和歌山県工業技術センター平成 13 年度研究報告, p.23 (2002)
- 3) Takatsuji W., Nakaoka M., Sakai Y., Furukawa K.: Novel Nitrogen Removal Process Using Attached Activated Sludge, *Japanese. J. Wat. Treat. Biol.*, 38 (4), p.211-218 (2002)
- 4) 山際秀誠, 高辻渉, 阪井幸宏, 中岡元信, 加藤久棋: 汚泥付着固定化材を用いた染色廃水からの窒素除去, 和歌山県工業技術センター平成 14 年度研究報告, p.14-15 (2003)
- 5) 高辻渉, 山際秀誠, 阪井幸宏, 中岡元信: 汚泥付着固定化材による曝気槽中での染色排水の窒素除去システム, *用水と廃水*, 46 (5), p.12-17 (2004)
- 6) 山際秀誠, 高辻渉, 中岡元信, 古川憲治: 汚泥付着固定化材を用いた染色廃水からの窒素除去, *日本水処理生物学会誌*, 41 (1), p.1-7, (2005)
- 7) 山際秀誠, 高辻渉, 花本敏和, 中岡元信, 古川憲治: 捺染工場廃水からの窒素除去, *日本水処理生物学会誌*, 45, p.99-105 (2009)
- 8) 山際秀誠, 高辻渉: 硝化・脱窒に有効な固定化材の開発, 和歌山県工業技術センター平成 15 年度研究報告, p.18-19 (2004)
- 9) 山際秀誠, 元吉治雄, 高辻渉, 花本敏和, 谷口久次: 窒素除去に有効な膜の検討, 和歌山県工業技術センター平成 16 年度研究報告, p.3-4 (2005)
- 10) 山際秀誠, 高辻渉, 花本敏和, 谷口久次: 高効率窒素除去システムの開発と機構解析, 和歌山県工業技術センター平成 18 年度研究報告, p.20 (2007)
- 11) Yamagiwa Y., Takatsuji W., Nakaoka M., Furukawa K.: Nitrogen Removal from Dye-Industry Wastewater using Pile Fabrics as Biomass Carriers, *Japanese. J. Wat. Treat. Biol.*, 46 (2), p.71-79 (2010)
- 12) 山際秀誠, 高辻渉, 花本敏和: 嫌気性アンモニア酸化 (ANAMMOX) 反応を活用した窒素除去技術, 和歌山県工業技術センター平成 20 年度研究報告, p.1-2 (2009)
- 13) 山際秀誠, 高辻渉: 一槽型 ANAMMOX 反応の処理条件に関する研究, 和歌山県工業技術センター平成 23 年度研究報告, p.10-13 (2012)
- 14) Yamagiwa Y., K. Furukawa: Single-stage nitrogen removal using anammox and partial nitrification (SNAP) with acrylic pile fabrics as biomass carriers, *Proceeding of 1st International Anammox Symposium 2011*, p.217-224 (2011)
- 15) 山際秀誠: 固定化担体を活用する新規窒素除去法の開発に関する研究—パイル織物の水処理用資材としての利用—, *日本繊維製品消費科学会*, 52 (1), p.43-47 (2011)
- 16) 川久保祐貴, 古川憲治, 山際秀誠: 都市下水処理場返流水への SNAP プロセスの適用, 第 47 回下水道研究発表会講演集, p.801-803 (2010)
- 17) 高辻渉, 山際秀誠, 花本敏和, 古川憲治: 酵母による高酸度、高塩度、高有機性廃水である梅加工廃水処理, *日本水処理生物学会誌*, 43 (3), p.151-158 (2007)
- 18) 高辻渉, 山際秀誠, 花本敏和, 越打文博, 泰地伸明, 古川憲治: 複合酵母・活性汚泥法による梅加工廃水処理のコンパクト化と余剰汚泥減容化, *用水と廃水*, 50 (6), p.60-68 (2008)
- 19) 高辻渉, 山際秀誠, 花本敏和, 池本重明: 酵母 UY7 のグルコース資化速度の解析, 和歌山県工業技術センター平成 19 年度研究報告, p.4-6 (2008)
- 20) 高辻渉, 山際秀誠, 花本敏和, 池本重明: 酵母槽のコンパクト化と安定化, 和歌山県工業技術センター平成 20 年度研究報告, p.12 (2009)
- 21) Takatsuji W., Yamagiwa Y., Furukawa K.: Characterization of Pile Fabrics Yeast Carriers for Treatment of Wastewater from a Plum Production Facility, *Japanese. J. Wat. Treat. Biol.*, 46 (2),

p.91-97 (2010)

- 22) 高辻渉, 山際秀誠, 古川憲治: 酵母 UY7 株の有機物資化動力学, 日本水処理生物学会誌, 47 (1), p.1-7 (2011)
- 23) 高辻渉, 山際秀誠, 大家健司, 玉田卓, 越内文博, 古川憲治: パイル織物を用いた活性汚泥固定化担体の開発, 和歌山県工業技術センター平成 21 年度研究報告, p.2-3 (2010)
- 24) 山際秀誠, 解野誠司, 高辻渉, 大家健司, 中田祐史: 小規模事業者向け排水処理設備の商品開発, せんい, 66 (1), p.71-75 (2013)
- 25) 玉田卓, 山際秀誠, 高辻渉, 大家健司: パイル織物を活用した排水処理技術の実用化, フードサイエンス, 54 (8), p.28-34 (2015)
- 26) 山際秀誠, 中村允: ガス化発電用バイオ燃料の開発に向けた基礎研究, 和歌山県工業技術センター平成 26 年度研究報告, p.7-8 (2015)

## 2 次世代太陽電池開発への挑戦 ～有機太陽電池開発の支援～

### 1 はじめに

和歌山県工業技術センター（以下「工業技術センター」という。）は、平成20年（2008年）度から平成26年（2014年）度までの7年間、県の中長期施策のもと太陽電池産業に進出している県内企業の事業拡大に向けた支援及びこれから進出を検討している県内企業の技術支援を行うために、太陽電池に関する調査研究、情報発信、工業技術センター内への技術の蓄積、機器の整備、部材開発に取り組みました。その結果、恵和株式会社（以下「恵和（株）」という。）と共同で低価格・高耐久性太陽電池用バックシート<sup>\*1)</sup>を実用化するとともに、株式会社日本化学工業所（以下「(株)日本化学工業所」という。）と共同で色素増感太陽電池<sup>\*2)</sup>用新規増感色素の開発に成功しました。また、県内の大学、高等専門学校、近畿圏内の公設試験研究機関、企業との人脈形成、技術的連携を行いました。これらの成果を得るに至った経緯、工業技術センターの太陽電池支援に関する今後の展開について述べます。

### 2 恵和株式会社との太陽電池用バックシート開発

平成19年（2007年）5月、「地球温暖化対策に関する内閣総理大臣演説」において2050年までに温室効果ガスCO<sub>2</sub>の排出量を半減する「Cool Earth」が発表されるなど、世界的に地球温暖化に対する意識が高まっていました。また、温室効果ガス削減に最も有効な手段として太陽電池が注目され、太陽電池の市場は大きく進展すると予想されていました。一方で、導入が進む結晶シリコン太陽電池<sup>\*3)</sup>は主原料であるポリシリコンの高騰により、薄膜太陽電池<sup>\*4)</sup>への転換、有機太陽電池<sup>\*5)</sup>などの新しい太陽電池の実用化が期待されていました。特に、変換効率の向上が目覚ましく、製造コストが安価で、軽量、フレキシブル性など新しい価値を生み出せる有機太陽電池の実用化が期待され、高効率化に向けた有機材料の開発やフレキシブル性を実現するフィルムの開発が必要とされていました。

平成21年（2009年）度、このような世界情勢の中、工業技術センターでは太陽電池産業に進出している県内企業の事業拡大に向けた支援が可能かどうかについて、調査研究を行いました。調査研究では、県内企業への今後の事業展開に関するヒアリング、工業技術センター内の既存設備や技術を応用した有機薄膜太陽電池の作製技術構築及びその技術を用いた企業支援の可能性を検討しました。その結果、県内のフィルムメーカーである恵和（株）が製造販売する太陽電池用バックシートの開発支援に取り組むこととしました。工業技術センターでは、バックシートのガス透過試験、耐光性試験は可能であるものの、開発したバックシートを用いた有機薄膜太陽電池の性能評価、耐久性試験等の実証には、有機太陽電池をセル<sup>\*6)</sup>化するノウハウが不足するため他の研究機関での技術習得が必要なることが明らかとなりました。また、有機薄膜太陽電池に対するバックシートを用いた封止技術の開発も必要であることがわかりました。

平成21年度、独立行政法人産業技術総合研究所（現：特定国立研究開発法人産業技術総合研究所。以下「産総研」という。）の太陽光発電研究センターへ工業技術センター研究員を派遣し、有機薄膜太陽電池の作製技術を習得するとともに、有機薄膜太陽電池の封止技術の研究を行いました。ここで得た技術を工業技術センターに移転することで、恵和（株）に対する技術支援を可能としました。その成果をもとに、平成21年度から平成23年（2011年）度の3年間、中小企業庁の戦略的基盤技術高度化支援事業（以下「サポイン事業」という。）において恵和（株）と共同で太陽電池用バックシートの開発ならびにバックシートを用いた有機薄膜太陽電池の封止技術の開発に取り組みました。

サポイン事業において工業技術センターは、①恵和(株)が開発するバックシート素材に関するアドバイス、②開発したバックシートの酸素透過度および耐光性評価、③性能実証のためのバックシートを用いた太陽電池のモジュール<sup>7)</sup>化技術の開発、そして④太陽電池モジュールの耐久性評価を行いました。特に、次世代太陽電池として期待されているものの耐久性に課題がある有機薄膜太陽電池の耐久性向上に向け、恵和(株)が開発したバックシートを用いてモジュールを封止する技術の開発に取り組みました。封止条件の最適化と恵和(株)が開発した高ガスバリアバックシートで有機薄膜太陽電池をモジュール化した結果、耐久性試験条件 85℃ -85%RH の高温高湿下において、未封止に対し 300 倍耐久性を改善する有機薄膜太陽電池の開発に成功しました。

サポイン事業におけるこれらの成果により、恵和(株)は低コスト・高耐久性バックシートの開発に成功しました(写真1)。

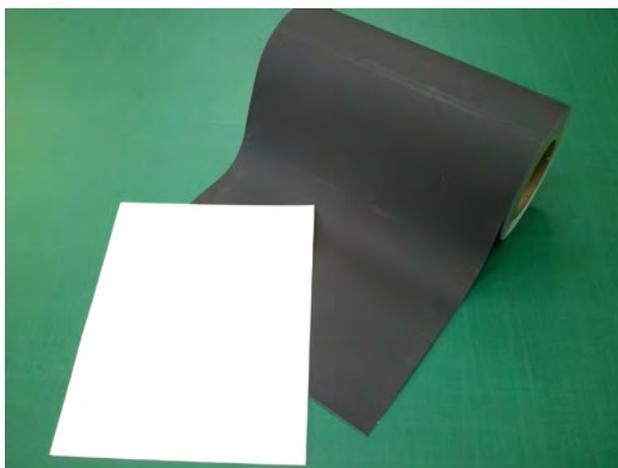


写真1. 太陽電池用バックシート

### 3 第二期中期経計画における電池開発支援について

平成22年(2010年)4月、工業技術センターは「第二期中期経営計画」を策定し、その中で県内における電池関連産業の萌芽育成に向けた取り組みを開始しました。具体的には、県内企業へのニーズ調査を行うと共に、公益財団法人わかやま産業振興財団助成事業である専門技術研究会事業で「太陽電池研究会」を立ち上げ、県内企業との勉強会を実施しました。その結果、化学産業系の企業が多数存在する和歌山県では、県内企業の技術を生かすためには有機太陽電池開発への技術支援を図ることが有効と結論付けました。そして平成23年度から平成26年度まで、有機太陽電池に関する情報発信力強化、大学等の研究機関との連携の強化、色素増感太陽電池に関する工業技術センター内への機器の整備、技術の蓄積、色素増感太陽電池用部材の開発などについて取り組みました。

以下にこれらの取組内容について記載します。

### 4 (株)日本化学工業所との色素増感太陽電池用色素の開発

和歌山県内には大正時代創業の老舗化学メーカーが多数あり、独自の技術により発展してきました。しかし、中国メーカー等の台頭などにより、自社技術の更なる高度化、化成品の高付加価値化が必要な状況となっていました。そのような状況の中、(株)日本化学工業所より、「色素増感太陽電池に対し興味があり、同社が保有する蛍光増白剤等が色素増感太陽電池用増感色素としての機能を有するか、評価してほしい。」との依頼を受けました。

そこで平成23年度より「色素増感太陽電池のセル化技術の構築」や「評価機器の整備」、さらに「色素の開発」に取り組むこととなりました。その際、最初に課題となったことは、色素増感太陽電池

のセル化技術でした。まず文献調査を行った結果、工業技術センターが保有していた有機薄膜太陽電池の作製技術や部材が転用できないことがわかりました。そこで調査で得られた情報をもとに、色素増感太陽電池用を作製するための部材を新たに購入し、太陽電池のセルを作製できる体制を構築しました（写真 2）。



写真 2. 試作した色素増感太陽電池セル

新たな部材をもとに色素増感太陽電池を作成したところ、その変換効率<sup>\*8)</sup>は標準色素として設定した MK-2<sup>\*9)</sup> で 3.8% に留まり、本来同色素で得られる変換効率 6% には遠く及ばない結果となりました。すなわち工業技術センターのセル化技術の向上が課題とわかったため、産総研と「色素増感太陽電池用の色素開発」のテーマで共同研究を行い、産総研にて色素増感太陽電池のセル化技術やセル動作原理の知見、さらには色素増感太陽電池特有の評価手法の技術を習得しました。その結果、工業技術センターに産総研と同レベルの色素増感太陽電池セル化技術を導入することができ、独自に色素増感太陽電池関連の部材開発が可能な体制を整えることができました。このような体制のもと、(株)日本化学工業所からサンプル提供を受けたピラゾリン<sup>\*10)</sup>色素について評価を行った結果、色素番号 SCS-2C01 のピラゾリン色素が分光感度<sup>\*11)</sup> 70% 以上を示し、色素増感太陽電池としての変換効率が 2.2% であることが判りました。ピラゾリン色素について改めて調査を行った結果、①関連色素の特許を(株)日本化学工業所が多数取得していること、②これまで色素増感太陽電池用増感色素としてほとんど研究されていないこと、③合成が比較的容易であり色素増感太陽電池の課題であるコスト低減が望めることなどが明らかとなりました。そこで、開発する色素の目標を変換効率 8% と設定し、平成 24 年（2012 年）より(株)日本化学工業所と共同で色素の開発を開始しました。

新しいピラゾリン色素開発の課題は、分光感度特性の向上、光吸収波長の長波長化、逆電子移動の抑制でした。これらの課題に対し、産総研の協力を仰ぎながら、分子軌道計算によるシミュレーション技術、合成の技術を駆使して最適な分子構造を検討し、新しい色素の合成を進めました。

こうした取組の結果、平成 24 年度内に変換効率を 4.7% にまで向上させることに成功しました。その成果をもとに(株)日本化学工業所と共同で特許を出願し、平成 25 年（2013 年）5 月に特許第 5515188 号「新規なピラゾリン化合物及びそれを用いた光電変換素子」を取得しています。

平成 25 年度、更に変換効率の向上に取り組んだ結果、工業技術センターの標準的な素子化技術において変換効率は 5.9% にまで達し、標準色素である MK-2 色素や N719<sup>\*12)</sup>色素と同等の性能を得るに至りました。

そこで、この成果をもとに、色素増感太陽電池モジュールメーカー数社に対し、開発した色素の

サンプル提供を開始しました。その結果、「モジュールメーカーが標準とする色素」に比べても高い性能が得られる事実が明らかとなり、ピラゾリン色素をベースとした新規な色素増感太陽電池用色素の開発に成功しました（写真3）。

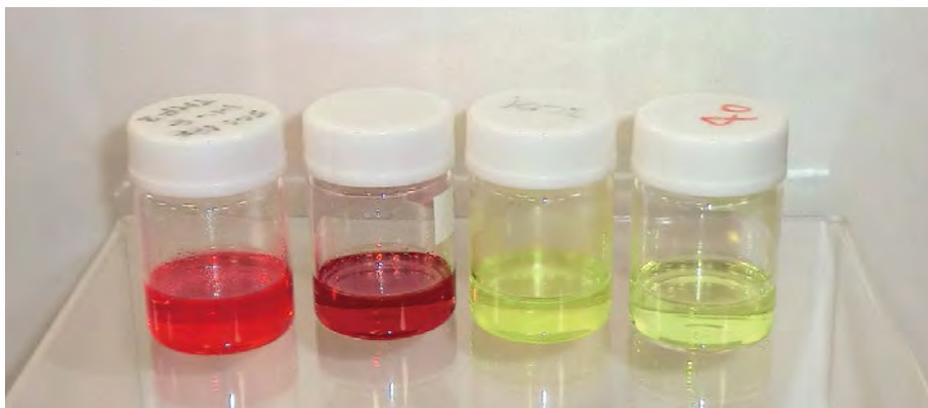


写真3. 開発したピラゾリン色素

#### 5 工業技術センターでの太陽電池関連評価機器の整備

太陽電池開発支援のために、平成20年度から機器の整備、技術の構築を実施しました。以下に主な支援可能な内容を列挙します。

- ・有機薄膜太陽電池用ポリマー、モノマー開発支援
- ・有機半導体の高純度化（昇華精製）
- ・色素開発（分子起動計算による分子設計、合成技術支援、材料評価）
- ・太陽電池フィルムの開発（水蒸気・酸素透過試験、耐光性試験、各種物性試験）
- ・有機薄膜太陽電池のセル化（蒸着法、スピコート法、窒素中の封止）
- ・色素増感太陽電池のセル化（スクリーン印刷法）
- ・太陽電池特性評価（変換効率測定、分光感度評価、電流電圧特性）
- ・電解液の電気化学測定装置（インピーダンスアナライザ、電気化学評価）
- ・表面観察（レーザー顕微鏡、走査型電子顕微鏡、原子間力顕微鏡）

#### 6 太陽電池に関する情報発信、評価連携体制の強化

第二期中期経営計画のもと、国立大学法人和歌山大学と共同で平成23年度わかやま産業振興財団助成事業の専門技術研究会「有機太陽電池研究会」を立ち上げ、平成25年度までの3年間、有機系太陽電池に関する最新の研究成果について、第一線で研究を進める大学、企業の研究者を招き、県内の企業・大学・高等専門学校の方々とディスカッションにより、新しいビジネスチャンス、新しい研究テーマの検討を行いました。この「有機太陽電池研究会」を通じ、和歌山工業高等専門学校とは色素増感太陽電池用電解液として四級ホスホニウム塩を評価するなど学官連携も進めました。

また、産業技術連携推進会議ナノテク分科会、PE評価連携、色素顔料WG等に参加することにより、有機材料評価の近畿圏内のネットワークを構築しました。

#### 7 太陽電池支援のこれからの展望

太陽電池は、「再生可能エネルギーの固定価格買取制度」の導入により国内では急激に需要が増加しましたが、中国企業の台頭や買い取り価格の見直しなどにより、太陽電池産業を取り巻く環境は劇的に変化しています。今後、太陽電池産業はモジュールの低コスト化のみではなく、これまでに導入されていなかった空間への導入に向けた研究開発が活発に行われると予想されます。現在、

有機太陽電池は、結晶シリコン太陽電池にはない、意匠性、低照度下での発電能力、軽量といった特徴を生かし、BIPV<sup>\*13)</sup> やIoT<sup>\*14)</sup> 用独立電源として注目されています。工業技術センターは、県内企業と共同で開発したピラゾリン色素の市場投入にむけ、今後もモジュールメーカーへのサンプル提供を進めてゆきます。

一方、太陽電池セルの開発については、有機太陽電池のセル化技術を活用できるペロブスカイト太陽電池<sup>\*15)</sup> の研究が活発に進められています。また、普及が進む結晶シリコン系太陽電池は、如何にして長期間使うか、如何に安全に使うか、使用済み太陽電池をどのように処理するかが議論されています。そして、これらの課題に対し、県内企業が進出できる可能性を検討し、県内の企業発展に貢献できるよう努めます。

#### 【用語解説】

- \*1) バックシート：太陽電池モジュールの保護、寿命の確保および性能を維持するために太陽電池モジュールの背面側（受光面の反対側）に施される封止材。
- \*2) 色素増感太陽電池：色素（増感色素）が光（太陽光など）を受けた場合に起こる光励起による電子移動を利用して発電を行う太陽電池。
- \*3) 結晶シリコン太陽電池：現在一番多く普及している太陽電池の種類。半導体のpn接合が持つ光起電力効果を利用して発電を行う太陽電池。
- \*4) 薄膜太陽電池：太陽電池を形成する材料（シリコンや化合物など）を薄い膜として形成した太陽電池。結晶シリコン太陽電池と比べて製造コストが低く、フレキシブル性がある。
- \*5) 有機太陽電池：光起電力効果を起こす半導体を有機化合物を材料にして構成した太陽電池。軽量で柔軟性がある。
- \*6) セル：太陽電池の基本単位で、太陽電池素子そのものをセルと呼ぶ。
- \*7) モジュール：セルを複数枚接続して、屋外で利用できるよう樹脂や強化ガラス、バックシートなどで保護し、パッケージ化したもの。モジュールは、太陽電池パネルとも呼ばれる。
- \*8) （発電）変換効率：太陽電池に照射された光のエネルギーのうち、どれだけを電気エネルギーに変換したかを割合（数値）にて示したもの。例えば、晴天時には地上において1kW/m<sup>2</sup>（太陽の日射強度の標準値）のエネルギーがあるので、変換効率が10%の太陽電池であれば、1m<sup>2</sup>あたりの発電能力が100Wとなる。
- \*9) MK-2：国立研究開発法人産業技術総合研究所が開発した、色素増感太陽電池用の有機色素。希少金属を含まず、高効率、高耐久性を持つ。
- \*10) ピラゾリン：ピラゾリン骨格を有する有機化合物。蛍光色素や光増感剤などに工業化されている。骨格の官能基により、青色から赤色までの発色を実現できる。
- \*11) 分光感度：光を検出する能力が、光の波長に対してどの様になるかを示したもの。
- \*12) N719：レアメタルであるルテニウムを中心金属にもつ有機化合物。スイス、ローザンヌ工科大学のグレッツェル等が開発した。色素増感太陽電池でセル変換効率11%を実現している。
- \*13) BIPV：(Building Integrated Photovoltaics) 建材一体型太陽光発電。建材（瓦や外壁材）として太陽電池モジュールを利用すること。
- \*14) IoT：(Internet of Things) 様々なものにインターネットに接続できる通信機能を持たせること。
- \*15) ペロブスカイト太陽電池：色素増感太陽電池の一種で、色素の代わりにペロブスカイトという構造をもった材料を使用して発電を行う太陽電池。

### 3 果実利用技術開発への挑戦 ～酵素剥皮、機能性成分に関する研究～

#### 1 はじめに

和歌山県は温暖な気候に恵まれ、果樹の栽培が盛んです。なかでも、梅、温州みかん、柿、はっさくは全国一の生産量を誇ります。大消費地である京阪神に隣接する地の利を活かし、これまで本県産果樹の多くは、生果として流通されてきました。しかし、近年の生果消費量の減少、交通インフラの整備やコールドチェーン<sup>\*1)</sup>などの高度な流通技術の発達により、他産地品との品質や価格の競争は避けて通れない状況にあります。

和歌山県工業技術センター(以下「工業技術センター」という。)では、このような状況を踏まえて、本県産果樹の高付加価値化を図り新規需要を開拓するため、新たな加工技術の開発や果樹に含まれる機能性成分の評価・解析に注力してきました。ここで取りあげる「微生物酵素を利用したカキ果実の剥皮技術」と「梅ポリフェノール<sup>\*2)</sup>の抽出と評価」に関する研究は、いずれも県内企業や大学等と共同で取り組み、成果を挙げた事例です。

#### 2 微生物酵素を利用したカキ果実の剥皮技術

##### 2.1 研究開発の経緯

多くの青果物は、加工の第一段階として皮を剥く必要があります。従来、青果物の剥皮は、刃物や研削機具、蒸気、薬品処理等により行われ、大量の青果物を剥皮するための汎用的なシステムは確立されていませんでした。

伊都地方などの県内のカキ産地では、多様なカキ加工品を創出するため、あるいは干し柿やあんぽ柿などの既存加工品の生産性を上げるために、カキ果実を大量かつ省力的に剥皮する技術の開発が求められていました。

カキ果実の酵素による剥皮技術は、これらの産地から寄せられた要請に応じて取り組み、開発したものです。

##### 2.2 カキの果皮組織と酵素剥皮の原理

カキの果皮組織は、外果皮と中果皮からなり、それぞれ各種細胞により構成されています(図1)。果皮組織の細胞間隙にはペクチン質<sup>\*3)</sup>が存在し、細胞同士を結着することで安定な組織が形成されています。

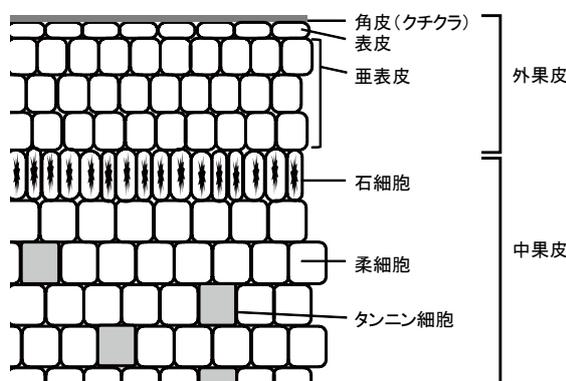


図1. カキの果皮組織

酵素による剥皮技術は、細胞間隙のペクチン質を微生物由来のペクチン質分解酵素の活用により限定的に分解し、細胞同士の結着をはずすことで、外果皮の組織を崩壊させるものです(図2)。

一般的な刃物等による剥皮と比較して、省力的であるだけでなく、果肉にほとんど傷を付けることなく果皮を取り除くことが可能です（図3）。

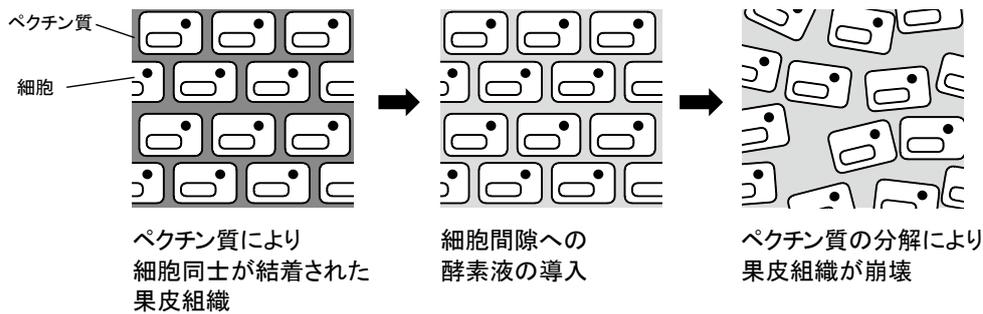


図2. ペクチン質分解酵素による果皮組織の崩壊



図3. 酵素剥皮前後のカキ果実

## 2.3 酵素剥皮技術の開発 — 酵素剥皮の2つの障壁

### 2.3.1 物理的障壁

酵素処理により効率良く剥皮するためには、果皮組織に十分な量の酵素液を均一に浸透させる必要があります。これには、最外皮であるクチクラが第一の障壁となることが考えられました。

クチクラは、頑丈な脂質性の皮膜であり、酵素液の浸入を物理的に妨害します。果皮組織の内部へ酵素液を浸透させるためには、酵素処理前に何らかの方法（前処理）によりクチクラに損傷を与え、酵素液の浸入経路を確保する必要があります。我々はこの前処理として、物理的な擦過処理<sup>4)</sup>と、クチクラに亀裂を生じる程度の短時間の熱処理を検討し、ひらたねしがき平核無柿を対象にその効果を検証しました。実験の結果、熱処理した果実は均一かつ容易に剥皮でき、熱処理が有用な前処理であることがわかりました。一方、擦過処理した果実では、酵素液の浸入経路が確保されたにもかかわらず、ほとんど剥皮できませんでした。

熱処理と擦過処理で異なる結果が得られたことから、酵素剥皮の障壁は、クチクラによる物理的な障壁だけではなく、熱処理において解決されるその他の要因があることが示唆されました。

### 2.3.2 生化学的障壁

酵素剥皮の第二の障壁は、熱感受性の高い酵素の阻害因子であると考えられました。この阻害因子を同定し阻害活性を制御することができれば、剥皮プロセスを効率化できることから、近畿大学と共同でこの因子の同定と特性評価を試みました。その結果、カキ果実から抽出したタンパク質であるPGIP<sup>5)</sup>が、ペクチン質分解酵素の活性を強く阻害することを確認し、また、この阻害活性は80℃以上の加熱により完全に消失することを明らかにしました。

これらの結果を踏まえて、剥皮に最適な前処理および酵素処理条件を設定し、カキ果実の酵素剥

皮技術として特許出願に至りました<sup>1)</sup>。

## 2.4 酵素剥皮技術の改良

平核無柿での検討の後、その他の品種についても同様の剥皮試験を行ったところ、前処理である熱処理の効果は品種により異なることがわかりました。平核無柿では、熱処理により果皮全体に亀裂が生じましたが、他の品種では果皮の一部に亀裂を生じるものや、ほとんど亀裂を生じないものが確認され、これらの品種では剥皮が困難であることがわかりました。

さらに検討を重ねた結果、熱処理前に剣山等により物理的にクチクラに傷を付ける工程（貫通処理工程）を加えることで、熱処理の効率が大幅に向上することを見出し、これにより多品種に適用できる汎用性の高い技術になりました<sup>2)</sup>（図4）。

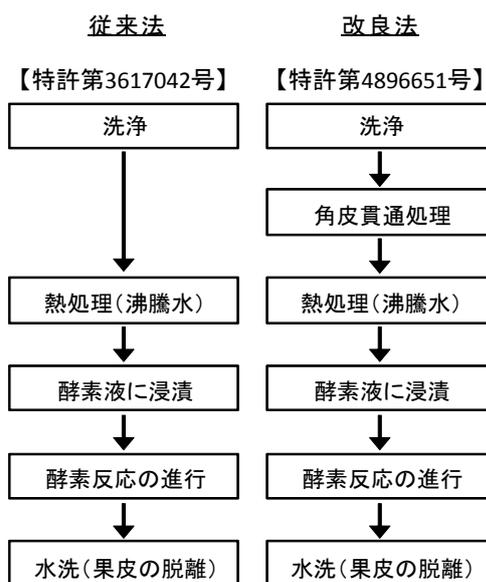


図4. 酵素剥皮技術の改良

## 2.5 酵素剥皮技術の展望

本技術を広報した後、全国のカキ産地より実用化に対する強い要望が寄せられました。木本産業株式会社と共同で試作した剥皮装置は、使用できる果実の形状や熟度に制限があり、いくつかの課題は残るものの、実用化を検討できる一定の成果が得られました。

また、酵素剥皮技術に対する要望はカキ果実に限らず、さまざまな青果物に技術の応用を期待する声が聞かれました。カキ果実と同様に、多くの植物の果皮は、複数の細胞とこれを結着するペクチン質で構成される共通の構造であることから、本技術は、原理的には他の青果物にも応用できるものです。

最近では、国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 果樹研究所より、カンキツやビワ等、他の果実の酵素剥皮技術や、界面活性剤を利用した全工程溶液処理によるカキ果実の酵素剥皮技術も報告されています<sup>3)</sup>。酵素剥皮技術は、技術の高度化や適用範囲の拡大とともに、今後、ますますの普及が期待されています。

## 3 梅ポリフェノールの抽出と評価

### 3.1 研究開発の経緯

和歌山県のウメ生産量は、全国の収穫量の6割（約7万トン）を占めます。これは、和歌山県の農業産出額の2割にあたり、極めて重要な地域資源といえます。また、ウメは加工しなければ食べられない果実であり、梅干しや梅酒、梅ジュースなど、ウメを原料とする多様な加工業も、本

県の一産業です。

ウメは、古くから体に良い食材として認識されています。しかし、その機能性についての詳細な解析はほとんど行われていませんでした。工業技術センターでは、ウメの機能性評価のひとつとして、ポリフェノールに着目し、これを活かした付加価値の高い加工品開発の足掛かりとなるよう、ウメ由来ポリフェノールの単離精製<sup>\*6)</sup>技術の開発や構成成分の分析評価に取り組んできました。

### 3.2 ウメ果実のポリフェノールと抗酸化活性

一般に、ポリフェノールは、分子内に複数のフェノール性水酸基を持つ植物成分の総称であり、抗酸化作用等の機能が報告されています。

ウメの可食部である果肉の分析の結果、100 gあたり約 100 mg の高濃度のポリフェノールが含まれており、抗酸化活性の指標である ORAC 値<sup>\*7)</sup> は、他の果実や野菜の中でも上位にあることがわかりました (図 5)。

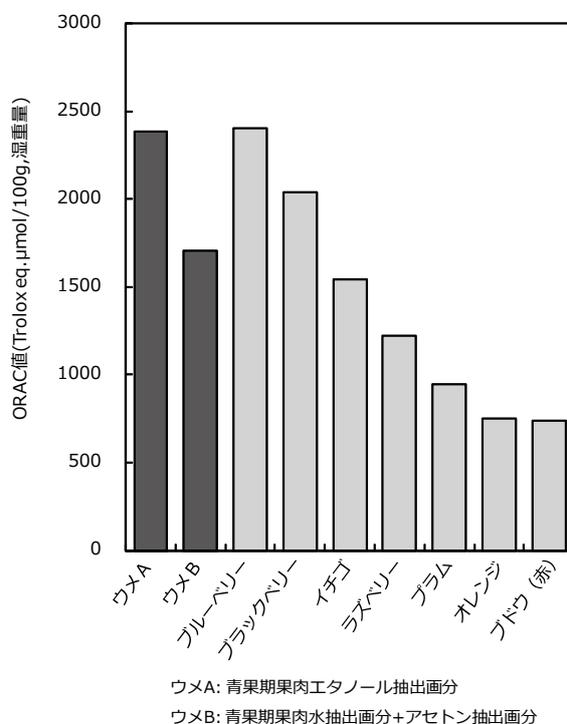


図 5. ウメと他の果実の抗酸化活性

### 3.3 ポリフェノール抽出原料としての梅酢

ウメに多く含まれるポリフェノールを単離し活用するために、梅干し製造の副産物である梅酢を抽出原料として用いることを検討しました。

梅酢は、ウメ果実に食塩を添加した後の数週間に滲出する液体であり、和歌山県では年間 1.6 ~ 2.0 万トンもの大量の梅酢が発生します。塩分が高く強い酸味を呈するため二次利用は容易ではなく、廃棄には高額の費用を要することから、長年、梅酢の新たな用途開発が切望されていました。

近畿大学と共同で梅酢に含まれるポリフェノール量を測定した結果、果実に含まれるポリフェノール量の約 2 割が梅酢に移行していることがわかりました (図 6)。この結果から、梅酢は有望な抽出原料であると考えられ、また、果実を用いる場合より低コストかつ簡便な精製工程での抽出・製造が期待できることから、これを原料とするポリフェノール製造技術の開発に取り組むこととしました。

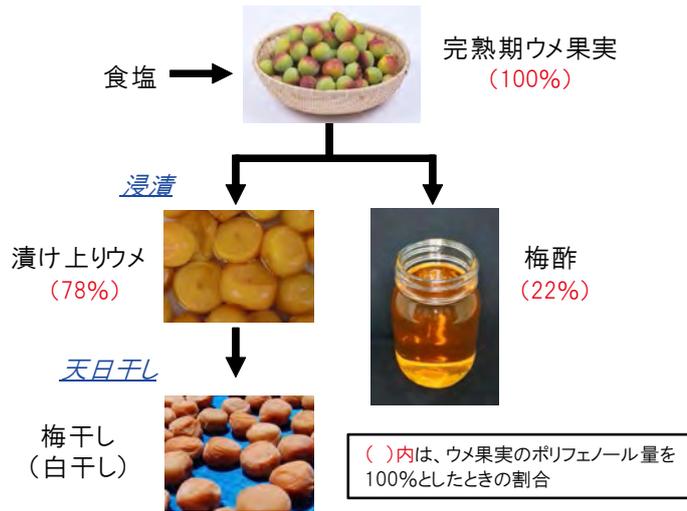


図6. 梅干し製造工程におけるポリフェノールの移行

### 3.4 梅酢ポリフェノールの製造

梅酢からポリフェノールを製造するには、実験室での検討により、合成吸着樹脂を使用することで効率的に単離精製できることがわかりました。この樹脂を用いてバッチ法<sup>8)</sup>で精製したポリフェノールについて、5年間にわたり成分組成を解析したところ、年次変動は僅かであり、ほぼ同一組成の精製物を安定して得られることがわかりました。

これをスケールアップし、工業的な製造法として確立するために、同じ合成吸着樹脂を用いてカラム法<sup>9)</sup>により抽出する方法を検討しました。この方法では、梅酢を樹脂カラムに吸着させた後、水洗により塩や酸を除去し、含水エタノールでポリフェノール画分を溶出後、濃縮、乾燥工程を経て粗ポリフェノール（梅酢ポリフェノール原体）が得られます<sup>4)</sup>。ラボスケールで導いた各工程の最適条件に基づき、プラント実証化試験を行った結果、梅酢1トンあたり約1kgの梅酢ポリフェノール原体が得られました（図7、図8）。実験室で精製したポリフェノールと、成分組成およびHPLC<sup>10)</sup>による分析の結果に大きな違いは見られず、カラム法への変更やスケールアップに伴う品質の変化は少ないと考えられました。

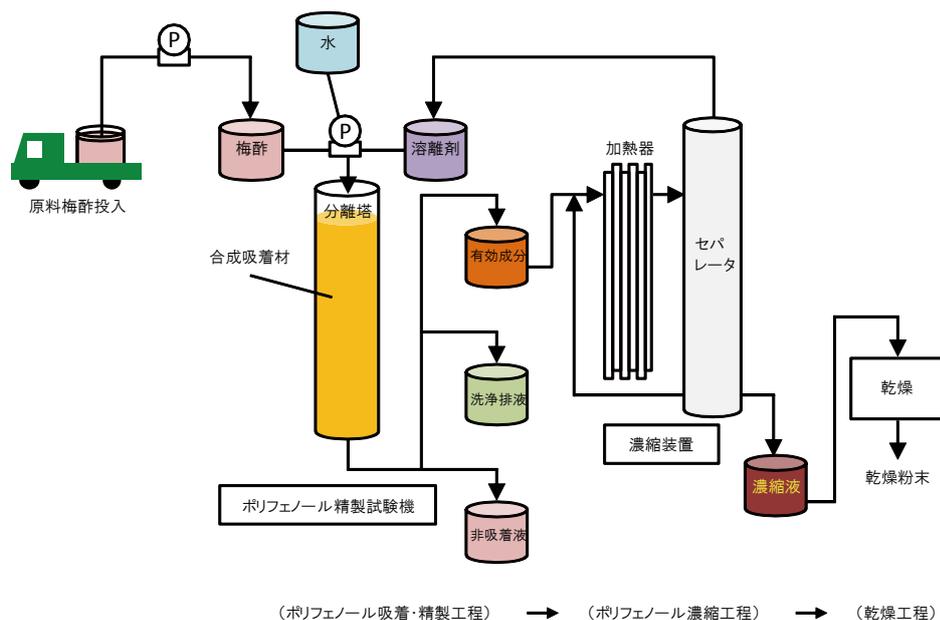


図7. プラント実証化試験の概念図



図8. 上段：原料梅酢（左）とカラム処理後の梅酢（右）  
下段：梅酢ポリフェノール原体

### 3.5 梅酢ポリフェノールの構成成分

ポリフェノールの生理機能性は、一般に、構成成分の量および組成に依存します。梅酢ポリフェノールの生理機能性を検討するために、その構成成分をウメ果肉由来のポリフェノールと比較し、詳細に検証を行いました。LC-MS<sup>11)</sup> 分析により網羅的に解析した結果、梅酢ポリフェノールの構成成分はウメ果肉に含まれるポリフェノールと同様、主にヒドロキシ桂皮酸誘導体で構成されることがわかりました。さらに、個々のポリフェノール成分の構造解析を行った結果、クロロゲン酸とその異性体、トリヒドロキシアセトフェノン配糖体、プルノース類等が同定され、多くの成分はウメ果肉由来ポリフェノールと共通に含まれていることを確認しました（図9）。

この結果から、梅酢ポリフェノール原体に含まれるポリフェノールは、ウメ果肉由来のポリフェノールと類似した成分組成であり、これと同等の機能性を有すると考えられます。

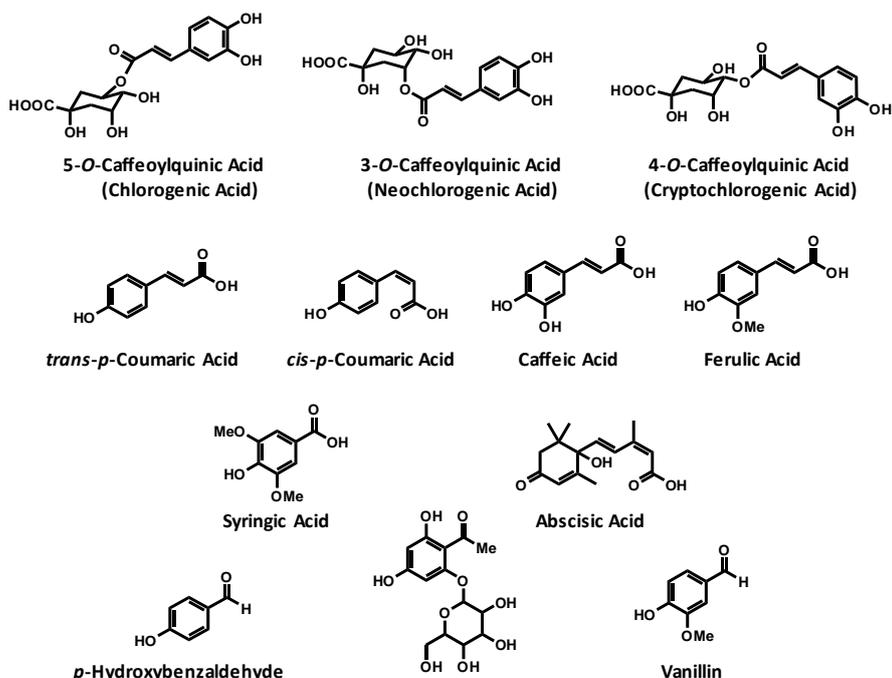


図9. 構造が確認された梅酢ポリフェノール成分

### 3.6 梅酢ポリフェノール原体の規格・安定性

梅酢ポリフェノールの規格設定にあたり、プラント実証化試験で製造したポリフェノール原体について、ポリフェノール、全糖、水分、灰分、有機酸の各分量を測定しました。原体中にはポリフェノールが約10%含まれ、その他のうち65%は、グルコース、アラビノース、キシロース、ガラクトース、ラムノース等の糖類であることが確認されました。また、梅酢ポリフェノール原体の熱安定性を評価したところ、酸性条件下では熱処理にも安定であることが明らかになりました。

### 3.7 梅酢ポリフェノールの生理機能性と加工素材としての展望

平成21年(2009年)～23年(2011年)度の地域イノベーション戦略支援プログラム都市エリア型事業では、近畿大学を中心に、梅酢ポリフェノールの生理機能性に関する研究が行われ、動物実験により血圧上昇抑制作用、抗疲労作用、抗肥満作用等の生理作用が確認されました。梅酢ポリフェノールに関する取組は、平成24年(2012年)～28年(2016年)度の地域イノベーション戦略支援プログラム事業に引き継がれ、梅酢ポリフェノール供給体制の構築とともに、ウイルス増殖抑制作用などの新たな機能性も報告されています。これらの生理機能性に関するエビデンスは、梅酢ポリフェノールを用いる加工品の付加価値となると同時に、ウメの健康食材としての立場を確立する根拠であると考えられます。

地域イノベーション戦略支援プログラム事業では、梅酢ポリフェノールを使用したパン、蒲鉾、菓子等の加工食品、飲料、サプリメント、ペットフード等の複数の商品が試作されており、一部の商品は既に実用化段階にあります。

梅酢ポリフェノールに関する一連の研究成果が、近い将来、本県の一大産業として発展することを期待し、工業技術センターもその一助となるよう分析評価や加工に関する技術支援を続けていきます。

## 4 おわりに

和歌山県では、ウメやカキ、カンキツをはじめとする県産果樹を生果で流通するとともに、これを地元の加工業者が加工、販売することによって地域に根付いた食品産業が構築されてきました。県産果樹を活用した食品に対するニーズは根強いものの、近年は、外国産果樹等の安価な原料素材の流入により他産地品との競争は激化しており、これらと県産果樹を差別化するための取組が必要です。

工業技術センターでは、県内食品産業の振興のため、県産果樹の高付加価値化を図る技術支援を行ってきました。これまでに、果樹の特性を科学的に評価するための分析技術や高度な解析技術を活用し、加工技術や機能性に関する様々な知見を蓄積してきました。今後もこのような科学的な視点(分析・解析)を基盤に、食品を科学的に捉える「フードサイエンス」の観点を重視し、食品産業の発展に貢献できる新たな加工技術の開発を行います。また、工業技術センターには、材料分野や機械分野に関する技術も多数保有しており、これらの技術を融合することで食品産業に関わる新たな技術開発を行っていきたいと考えています。

#### 【用語解説】

- \*1) コールドチェーン：生鮮食品などを、産地から一貫して低温・冷蔵・冷凍状態で輸送し、鮮度を保持したまま消費地へ届ける物流方式のこと。低温流通体系とも呼ぶ。
- \*2) 梅ポリフェノール：梅由来のポリフェノール。
- \*3) ペクチン質：植物の細胞壁や細胞間隙に多く含まれる多糖類。精製したペクチンは、食品添加物としてジャムやゼリーのゲル化剤として使用される。

- \*4) 擦過処理：ここでは、カキ果皮をかする（こする）ことで傷を付ける処理のこと。
- \*5) PGIP：PGIP は Polygalacturonase-inhibiting protein の略。ペクチン質（ポリガラクトuron酸）分解酵素の活性を阻害する作用を持つタンパク質。
- \*6) 単離精製：特定の成分を取り出し、純度の高い状態とすること。
- \*7) ORAC 値：ORAC は Oxygen Radical Absorbance Capacity の頭文字をとったもの。ORAC 値は、活性酸素吸収能力を数値化したもので抗酸化活性の指標。
- \*8) バッチ法：ここでは、樹脂と溶液試料を同一容器に投入し、試料中の一部の成分を樹脂に吸着させることにより特定の成分を分離する方法。カラム法に対して、非連続的な方法。
- \*9) カラム法：ここでは、樹脂を充填したカラムに溶液試料を通液し、試料中に含まれる各成分の樹脂への吸着度合いの違いを利用して分離する方法。
- \*10) HPLC：高速液体クロマトグラフ
- \*11) LC-MS：高速液体クロマトグラフ質量分析計

#### 【参考文献】

- 1) カキ果実の剥皮方法、剥皮果実、および包装剥皮果実（特許第 3617042 号）
- 2) カキ果実の剥皮方法及び剥皮カキ果実（特許第 4896651 号）
- 3) カキ果実の剥皮方法及び剥皮カキ果実（特許第 5916116 号）
- 4) ポリフェノール抽出物の製造方法、骨粗鬆症予防剤、糖質消化酵素阻害剤、これらを用いた機能性組成物、およびこの機能性組成物を含む、食品組成物、特定保健用食品組成物、医薬部外品組成物、医薬組成物（特許第 5282932 号）

## 4 皮革関連技術開発への挑戦 ～染色技術に関する研究～

### 1 和歌山県の皮革産業

和歌山県は皮革業において、東京、兵庫とともに日本の製革業の三大生産地に数えられています。その歴史は、紀州徳川家の武具の製造を担った江戸慶長年間にさかのぼります。明治時代には外国人技師を招き多くの技術を習得し、おもに軍靴製造に供される革製造として近代化に成功しました。また、昭和24年（1949年）には和歌山県の皮革産業のより一層の振興と発展を目指し「和歌山県製革事業協同組合」が設立されました。現在では、牛床革<sup>\*1)</sup>の加工技術をはじめ、各種皮革素材の加工技術を有する企業が集積しています。

和歌山県の皮革は、牛床革の加工技術で培ったエナメル仕上げの革など、独特の顔を有する革素材として高い評価を得ています。写真1には和歌山県の皮革製品の例として東京レザーフェアでの展示の様子を示しました。

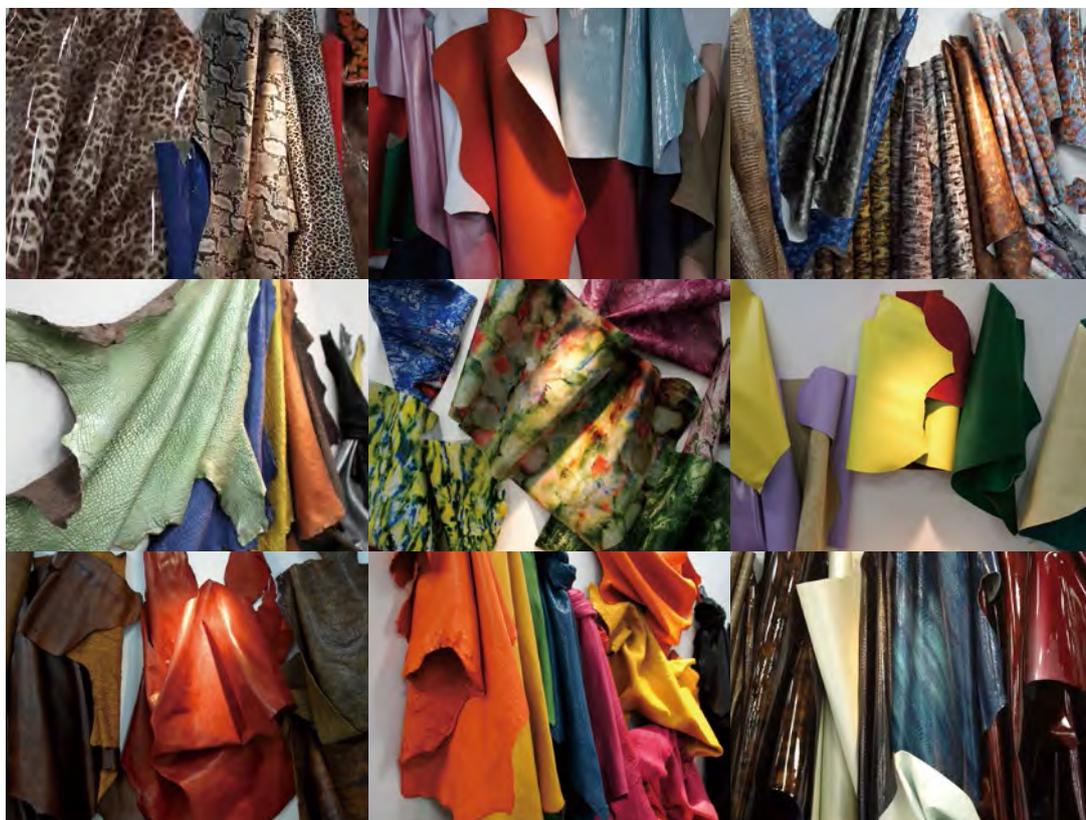


写真1. 第95回東京レザーフェアでの和歌山県製革事業協同組合企業の展示品

### 2 和歌山県工業技術センターの取組

#### 2.1 白革

ファッション素材としての需要が多い白革は、従来、風合いや「白」としての色調の良さあるいは廉価であることなどの点からホルマリン<sup>なめ</sup>鞣し<sup>\*2)</sup>の素材が最も優れたものとされてきました。しかし、ホルマリン鞣製革については、人体や環境に悪影響を及ぼす可能性が高いホルムアルデヒド<sup>\*3)</sup>の遊離現象があることが知られています。そのため、関連する製品等の規制も強化され、市場や用途が厳しく制限されており、近年その傾向はより顕著になってきています。

こうした背景の下、ホルマリン鞣剤を用いることなく、その代替となる白革製造技術を開発する

ことで、社会的な要請に応えるとともに、県内の関係企業における高品質な白革の製造ならびにその活用を支援することを目的として、平成 17 年（2005 年）度～平成 19 年（2007 年）度に「非ホルマリン鞣剤による白革製造技術」という開発事業を実施しました。以下は、事業での取組についての概要です。

### 2.1.1 鞣剤の選抜、処方設計

合成鞣剤、金属鞣剤の併用や組み合わせの工夫により、ホルマリン鞣しの代替となる鞣製革技術を開発することを試みました。本研究では、優れた製品素材としての白革製造プロセスの確保を第 1 の目標として、次の 3 段階の検討を行いました。

- ①「皮粉」を用いた検討 基本的な鞣剤性能の把握
- ②「皮片」を用いた検討 実際の革素材を用いて可能性の高いプロセスの選抜
- ③「半裁皮（実用サイズ）」による実用性の確認、実証試験による再現性の確認

こうした検討を重ねた結果、次の 3 種類の薬剤による鞣製法を前鞣しとして行い、再鞣剤としては合成タンニンを用いることが有効であることが確認できました。

- a. ジルコニウム鞣剤
- b. 合成タンニン鞣剤
- c. グルタルアルデヒド鞣剤

目標としたホルマリン鞣との比較において、基本となる遊離ホルムアルデヒドの発生をはじめ、グルタルアルデヒドの白色度の低さを除けば、十分に代替可能な性能であることが確認できました。

### 2.1.2 白革の性能評価

本検討において代替の可能性が確認されたプロセスを用いて実用サイズで作成された 3 種と対照となるホルマリン鞣製革による白革に対して、基本的な物性面から二次加工（製品化）の可能性について評価しました。革製品として最も厳しい物理特性が要求される「くつ用革」の JIS 規格に準拠した試験を実施しましたが、合成タンニン鞣の強度が若干劣る以外、全ての項目で満足する結果を得ました。これら白革の物性は、ホルマリン鞣革の強度を概ね上回るものとなりました。また、カバンや衣料用途に関しても、合成タンニン鞣白革を含めて適用することが可能であると判断できました。

### 2.1.3 環境対応革 —— 「日本エコレザー基準適合性」の確認

「日本エコレザー基準値」への適合性を確認するために、重金属（鉛、カドミウム、水銀、ニッケル、コバルト）の分析を行いました。その結果、3 種類の鞣製革はいずれも有害元素の溶出基準値が最も厳しい 24 ヶ月乳幼児の基準値以下でした。また、官能的な「におい」などの基準についても満足しており、同プロセスで作成した鞣製革については、申請すれば「エコレザー」の認定を確保できることが確認できました。

### 2.1.4 染色基材としての特徴

白革の染色方法のひとつとして、3 種類の白革を使用してインクジェットによる色柄の付与を試みました。各鞣革とも素上げの状態ではインキが革によく馴染んでおり印捺面の状況は良好でした。ただし、グルタルアルデヒド鞣革の下地色調は白色でなく、黄色がかっているため下地色の影響については考慮が必要であることが確認できました。

また、浸染の基材としても、グルタルアルデヒド鞣し革を除き、淡色の表現に優れることも確認できました。

### 2.1.5 白革を用いた製品の試作

白革本来の持ち味を活かした製品による評価を行うために、白色度並びに柔らかさにおいて優れたジルコニウム鞣製革（一部合成タンニン革も併用）で靴、バック、ベルトの製品を試作しました。これらの試作品は、一般的な革製品の企画・設計・製作工程に準じて作成されており、基本的にそのまま製品としても生産することが可能なものとしました。

試作品は、白革製品や製品素材としての色調、風合いなどのアピール（パネル作成）と市場の反応を調査することを目的として、複数の展示会に参考出展しました。白革製品は、使用による汚れを危惧する声も多少聞かれましたが、白としての色調や手触りなどが好ましいとの評価を得ることができました。

以下は、参考出展した展示会名で、写真2は出展した試作品の一部です。

- 和歌山レザーフェスティバル 平成19年11月24～25日  
平成20年（2008年）11月22～23日
- 東京レザーフェア 平成20年1月24～25日
- Japan Creation 2008 平成19年12月4～5日
- 中国国際皮革展示会（All China Leather Exhibition）  
平成20年9月3～5日



写真2. 白革を用いた試作製品

## 2.2 草木染料<sup>74)</sup> 染色革

皮革材料においては、省クロム鞣革や非ホルマリン系鞣革など、環境対応革製造技術が関心を集めています。市場革に対しては、ヨーロッパでは、1990年代の半ばよりエコレザーが普及、発展しています。日本でも平成18年（2006年）に「日本エコレザー基準」が制定され、運用されています。日本エコレザー基準においては、染料に関する基準項目として、発がん性があると言われる一部の染料を使用しない、および発がん性芳香族アミンを検出しないことなどが制定されています。

近年では、工業用草木染料が開発されています。利用が簡便で、抽出残渣などの廃棄物が染色工程で発生しない液体状態で供給されており、比較的大規模な工業染色においても利用が可能になってきています。この工業用草木染料は、持続可能な循環型植物資源利用技術の一つとして、繊維製品のものづくりにも活用されています。

皮革材料およびその製品において、草木染料の活用は、持続可能な循環型植物資源の利用及び合成染料の不使用により、健康と地球環境意識の高いライフスタイルを持つ消費者層に対し大きな訴

求効果を持っていると考えられます。

皮革製品製造における草木染料の利用は、極一部の小規模な工芸染色によって用いられているだけであり、各種草木染料の染色性、色再現性、染色堅ろう性については、工業染色として利用可能な体系的技術が確立されていませんでした。皮革材料での天然染料に関する染色現象や染色機構を明らかにすれば、工業用草木染料としての利点を訴求効果として活用できると考えました。

平成22年(2010年)度～平成23年(2011年)度を実施した「草木染料を活用したファッションレザーの開発」では、工業用草木染料を用いる皮革製造技術の開発について取り組みました。この開発では、皮革に対する染色性の体系化、さらには消費流通において要求される色再現性および染色堅ろう性の確保、日本エコレザー基準への適合を目標として設定しました。また、実証規模での染色革の試作を行うとともに、それらの色合い、風合いや素材を活かした展示会等に出品可能な試作品の製作を行うことも併せて目標としました。

草木染料には、洛東化成工業株式会社のR Kカラーより、表1に挙げた4種類(以下天然染料名を用います。)を選択しました。これらの色の選択では、色の表現域を広く取るために色素の化学構造を考慮しました。これらの色素は、既知の発がん性染料および分解により特定芳香族アミン<sup>\*5)</sup>を生じるアゾ色素<sup>\*6)</sup>には該当していません。

表1. 実験に使用した工業用草木染料

製品名	天然染料名	含有する主な色素類
1LO-HPG	ログウッド	ヘマテイン
3ZA-HPG	ザクロ	ザクロ系タンニン(エラグ酸)
4EN-HPG	エンジュ	フラボノイド(クエルセチン)
7LA-200L	ラックダイ	アントラキノン系(ラッカイン酸)

クロム鞣鹿革クラスト革を用いたビーカースケールでの染色試験により、各染料によって有意な着色が確認できました。クロム鞣革においては、鞣しに用いたクロムが染着座席として機能していることが考えられました。

クロム鞣鹿革と同様の染色試験をタンニン鞣馬革クラスト革において行いました。染料濃度、染料種によらず有意な着色は確認できませんでした。そこで、媒染剤<sup>\*7)</sup>の使用を検討しました。媒染剤の選択においては、日本エコレザー基準で溶出重金属として分析項目のある金属元素を避けて選択しました。図1には、媒染により特徴的な呈色を示した染色革の写真を示します。

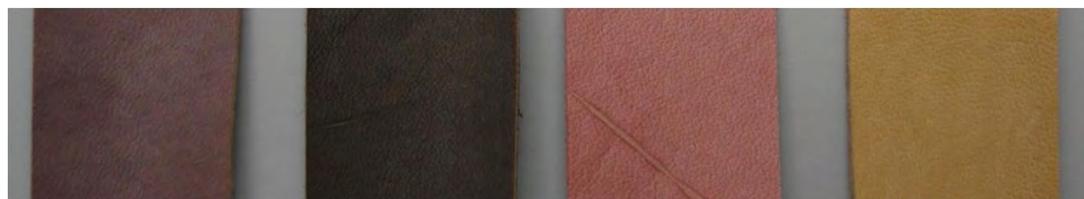


図1. 特徴的な色合いを呈すタンニン鞣馬革染色革  
写真左より、(紫色 ログウッドA1媒染)、(黒色 ログウッドFe媒染)、  
(赤色 ラックダイA1媒染)、(黄色 ザクロTi媒染)

媒染剤を用いたタンニン鞣馬革の染色においては、染色革の柔軟性の向上が課題となりました。加脂剤を染色浴に同時添加すると着色性が低下すること、染色後に加脂を行うことで、着色性の低下は抑えることが出来ることが確認できました。

以上の検討結果を基に、共同研究企業において各種実証染色を行った結果を図2、図3、図4、写真3に示します。



図2. タンニン鞣馬革の半裁革を用いた実証スケール染色革  
写真左から (紫色 ログウットA l 媒染)、(黄色 ザクロT i 媒染)、  
(黒色 ログウットF e 媒染)、(赤色 ラックダイA l 媒染)



図3. クロム鞣鹿革の一枚革を用いた実証スケール染色革 (ラックダイ)



図4. スプレー法によって草木染料で着色したクロム鞣牛床革の半裁革  
写真左より、ラックダイ、ログウッド、ザクロ



写真3. ラックダイで染色したクロム鞣鹿革を用いたバッグおよび草木染色した馬革を用いた試作製品

タンニン鞣馬革及びクロム鞣鹿革の実証染色革を用いた製品の試作を行いました。製作に当たっては、商業利用可能なスタイルに留意しました。本試作製品は、県内企業の皮革製品の需要開拓に活用するため平成23年より和歌山レザーフェスティバル、東京レザーフェアなどの展示会に出展しました。

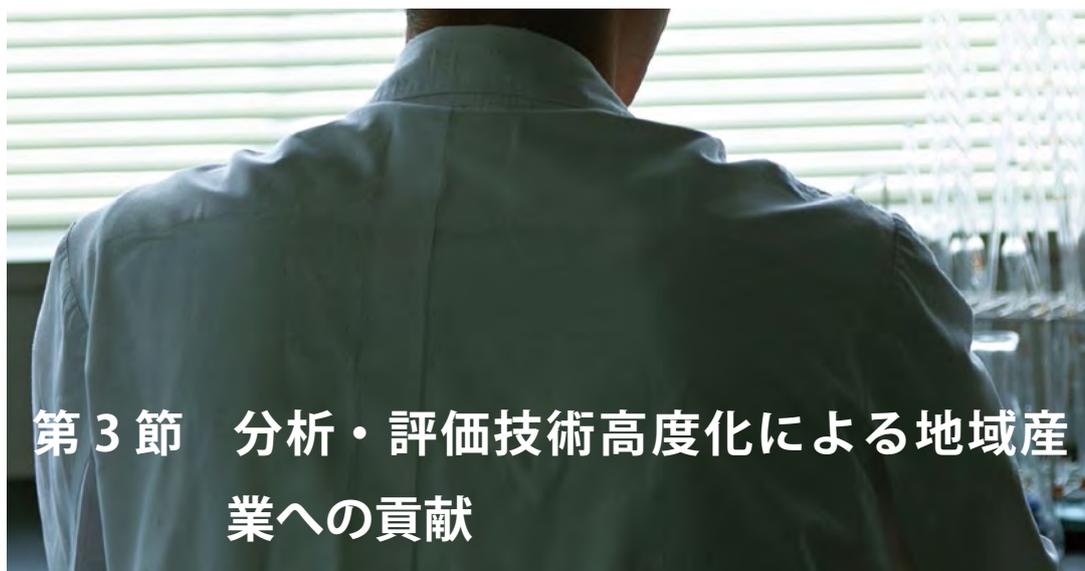
### 3 将来への展望

工業技術センターで創出される技術シーズの中より、新規な皮革材料を開発・製造するための新技術として展開できるものを抽出し、その実用化の可能性について検証を加えていきます。現在、「漆の質感を有したまま柔軟性を持つ漆膜の開発」や「米ぬかから得られるバイオベース顔料の皮革加飾材料への適用」等についての検討を開始しています。

また、オープンラボのひとつである、レザー&テキスタイルラボにおいては、加飾技術、染色技術、表面改質技術に関する設備・機器の集約および整備を行っています。上記工業技術センターシーズや企業様の新規アイデアなどの実証、実用化に対して本ラボを活用することにより、高度化・多様化する意匠要求へ対応し、新規な製品開発がなされることを目指しています。

#### 【用語解説】

- \*1) 床革：皮革の表面側である銀面層とその下層部分に層状に分割したときの下層部分を床革と呼ぶ。
- \*2) ホルマリン鞣し：ホルマリンを用いる鞣しで、極めて白度の高い革を得ることが出来る。
- \*3) ホルムアルデヒド：最も簡単な構造を持つアルデヒドで非常に高い反応性を有する37%以上の水溶液をホルマリンと呼ぶ。
- \*4) 草木染料：いわゆる「草木染」に用いられる主に草木から抽出される天然染料のこと。
- \*5) 特定芳香族アミン：アゾ化合物のアゾ基が還元分解されて生成される芳香族アミンの内、「有害物質を含有する家庭用品の規制に関する法律」などによって規制、検出対象とされているものを示す。
- \*6) アゾ色素：アゾ基を有する色素を示す。
- \*7) 媒染剤：染料と結合して水に溶けない化合物を形成することで繊維に染料を固着させる役割を果たす物質。天然染料での染色では金属塩が用いられることが一般的。



### 1 化成品中の微量分析 ～高感度かつ迅速分析を目指して～

#### 1 研究開発の経緯

県内の化学企業群は和歌山市宇須地区付近に集中しており、独自の合成技術を活用した化成品開発によって国際的にもその地位を確立しています。このような現在の発展は、染料の輸入が途絶えた第一次世界大戦時（大正3年（1914年）～大正7年（1918年））、染色業を営んでいた由良浅次郎氏がベンゾールから染料の原料となるアニリンを国内で初めて合成したことが起源になっています。さらに、大正3年に由良精工合資会社（現：本州化学工業株式会社）によってアニリン合成の工業化を図るためのベンゼン精製装置が建設され、日本における合成染料の基礎が築かれました。この後、和歌山市に多数の化学企業が生まれ、地場産業として発展しました。このベンゼン精製装置は、平成21年（2009年）に、経済産業省により近代化産業遺産群の1つとして認定され、先人のベンチャー・スピリットが花開き多岐に発展した化学工業の歩みを物語っています。このようにして生まれた県内の化学系企業は、現在では、芳香族有機化合物を主とする染料・顔料・医薬および農薬の中間体、電子材料などの製品部材の原料等を生産しています。

特に最近の10年間では、高機能性付与および高純度化された高分子材料や電子材料の開発に重点が置かれ、飛行機、自動車、電車、家電など、我々の暮らしに役立つ製品の部材として活用されています。一方、このような中間体の製造は、品質管理が極めて重要であり、高品質を立証するための成分評価試験が課題となってきました。そこで和歌山県工業技術センター（以下「工業技術センター」という。）では、最先端の分析機器を整備するとともに、分析を行うための前処理法を高度化することで、化成品に含まれる金属成分の微量分析技術を開発してきました。本項では、これらの微量金属分析のうち、不純物として含有する微量金属の分析事例を中心に紹介します。

#### 2 高感度かつ迅速な微量分析を目指して

県内の化学系企業では、自社製品を先述の高付加価値製品（高機能性付与および高純度化された化成品）へと位置づけるため、化成品および原料の品質管理に尽力しています。化成品の純度測定は各企業が実施していますが、不純物等の分析については企業だけでは対応できないケースもあり、このような場合に技術支援するのが工業技術センターの重要な役割の一つとなっています。工業技術センターで実施してきた化成品中の微量不純物分析については、海外の法律や規制などを背景と

した「規制対応」と、製造時に混入した金属や残留触媒金属などの分析を目的とした「製造時の異物対応」の二つのケースに大別されます。

## 2.1 規制対応

県内化学系企業が製造している化成品にはプラスチックの原料や添加物用途の製品も多く、こうした製品に対しては取引の段階で「有害金属が含有していないことの証明」が求められるようになっていきます。事の発端は、平成 13 年（2001 年）10 月に起こった、いわゆる「ソニーショック」事件だといわれています。「ソニーショック」事件とは、ソニー・コンピュータエンタテインメント（SCE）製玩具の一部からオランダの基準を上回るカドミウム（Cd）が検出され、EU 向け製品の出荷がストップした事件をいいます。これを受け、ソニーはサプライチェーンを見直すと共に、取引先に対して厳しい資材調達基準を設けました。さらに、平成 15 年（2003 年）公布・平成 18 年（2006 年）施行の RoHS 指令<sup>\*1)</sup> では、6 種の特有害物質（水銀（Hg）、カドミウム、鉛（Pb）、六価クロム（Cr(VI)）、ポリ臭素化ビフェニル（PBB）、ポリ臭素化ジフェニルエーテル（PBDE））に対して基準値を設け、それを超えて含有する電子・電気機器は EU 内で上市できなくなりました。そのため、各メーカーは資材調達基準を設けて、取引先に対し「有害金属が基準以内であることの証明」を要求したため、県内企業もこうした要求に従うことになります。

このような世界的な情勢により、平成 13 年には工業技術センターに対して鉛（Pb）とカドミウム（Cd）の分析依頼が増加し、元素別定量分析件数では 1、2 位を占めるほどになりました（図 1）。工業技術センターでは、それまでも上記 6 種を含む有害金属類（ヒ素（As）、クロム（Cr）、水銀（Hg）など）の分析を行ってきており、分析手法に関するノウハウを有していました。そのため、このような急な規制に対する県内企業の要望に、迅速に対応することができたと自負しております。なお、それを支えた技術の一つが、試料の「溶液化技術」です。県内で製造される化成品のほとんどは固体であるため、分析機器で直接測定することはできません。そこで、酸で加熱分解するなどして炭素や窒素分がなくなるまで溶液化（図 2）する必要がありますが、我々にはその溶液化に関するノウハウの蓄積がありました。

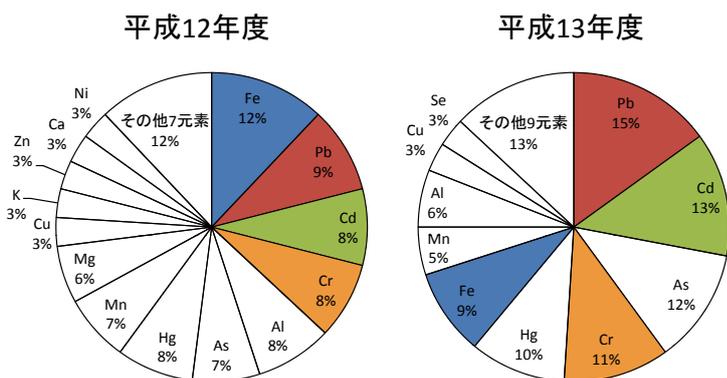


図 1. 定量分析した金属の割合  
(平成 13 年度には有害金属の依頼が増えている)



図 2. 化成品の酸分解の様子

この溶液化技術は、工業技術センターの先輩方から受け継いできた技術であり、今日では有害金属に限らず、後述する鉄などの様々な金属に対する微量分析技術の基礎となっています。このように化成品中の微量金属分析に欠かすことのできない溶液化技術は、他府県の公設試ではほとんど実施されていません。これは、他府県には当県のような有機化学を主体とする企業群が少ないためではないかと考えられます。すなわち、本技術は当県の産業形態を反映して産まれてきた技術といえます。

さらに工業技術センターでは、これらの有害金属分析の高感度分析技術の開発にも取り組んできました。ここでは一例として、鉛 (Pb) を対象とした高感度分析技術の開発について紹介します。一般的に鉛を測定する場合、フレーム原子吸光装置および誘導結合プラズマ発光分光分析装置<sup>\*2)</sup> (以下「ICP-AES」という。)を用いることで、約 0.1ppm までの濃度を測定することができます。我々は、水素化物発生法<sup>\*3)</sup>を利用して原子吸光分析<sup>\*4)</sup>を行うことにより、一桁低い 0.01ppm の濃度を迅速に分析可能であることを見いだしました。この手法を利用した時の検量線は、図3に示すとおり、0.01～0.1ppm の範囲で良好な直線となっていることがわかります。通常この手法は主にヒ素やセレン<sup>\*5)</sup>の分析に適用され、これらの元素が混入していると鉛などの元素を正確に分析することは困難です。しかしながら、分析の対象となった県内産化成品には鉛以外の不純物がほとんど含有されていないため、本法を適応することができました。

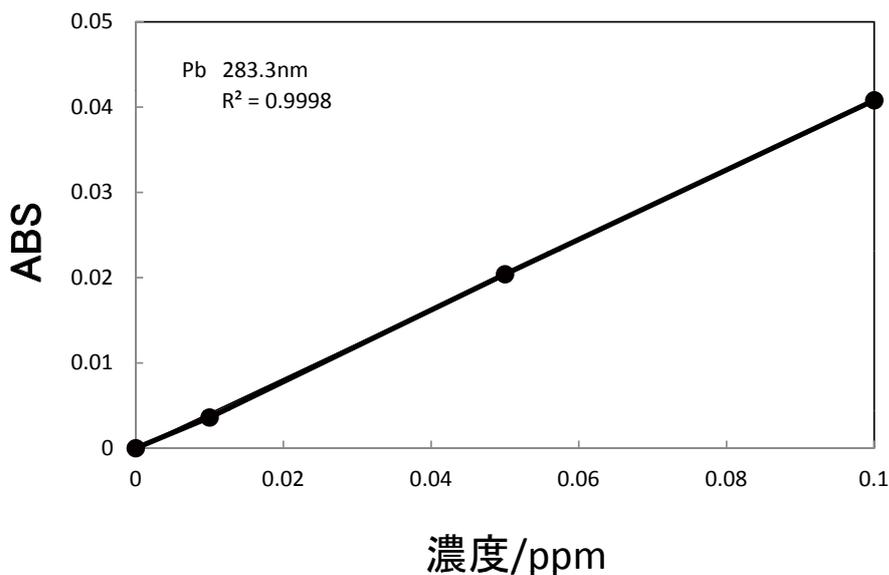


図3. 水素化物発生 - 原子吸光分析法の検量線

また、近年海外の規制に影響を受けて依頼の増えてきた分析の中には、塩素や臭素などのハロゲン系元素の分析もあります。電気電子業界の日本電子回路工業会 (JPCA) や国際電気標準会議 (IEC)、そして米国電子回路協会 (IPC) では、グリーン調達<sup>\*6)</sup>の「ハロゲンフリー」の定義を「塩素および臭素それぞれ 0.09 wt% (900 ppm) 以下かつ、その総量が 0.15 wt% (1500 ppm) 以下のもの」としています。こうしたハロゲンフリー製品をつくるための原材料に対しては、製品基準値の 1/10 から 1/100 以下の値を規格値として設定し、取引しているところが多いようです。これを受けて、工業技術センターの平成 25 年 (2013 年) 度の元素別定量件数を見ると、それまでは依頼の少なかった臭素 (Br) や塩素 (Cl) などのハロゲン元素の分析が増えてきているのが見て取れます (図4)。年度により多少の変動はあるものの、ここ数年は同じような傾向を示しており、世間の「ハロゲンフリー」製品への関心の高さが反映されている良い例だと思われます。なお、平成 13 年度に急激に増加した有害金属類に対する分析依頼は、年々減る傾向にあります。これは、民間の分析会社がこれらの分析に対し、ルーチン分析として対応可能な体制を整えてきたためだと考えられます。

平成25年度

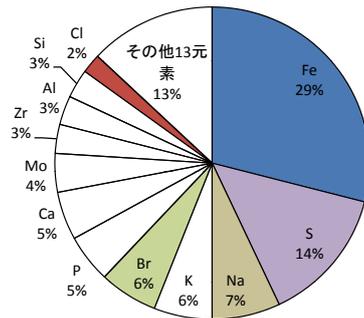


図4. 平成25年度に定量分析した不純物微量金属の割合

2.2 製造時の異物対応

化成品の製造過程では、「合成時に使用した触媒に含まれる金属」や「反応容器由来の金属・コーティング剤」、また「洗浄剤に含まれる物質」などが異物となって混入する場合があります。これら異物の混入は企業イメージや製品の信頼性低下につながるため、出荷前の確実な検査は欠かせません。中でも電子材料向けの原料に対しては、鉄やナトリウムなどの「どこにでも存在し、かつ極めて混入しやすい元素」の混入も厳しく制限され始めています。これらの元素は、分析操作時にも混入する恐れがあるため、高度なテクニックとノウハウが求められる分析の1つです。近年では、こうした元素に対しても低い定量下限値が求められるようになってきているため、工業技術センターにおいても、こうした問題に対応すべく取組を行ってきています。

前述したように、固体化成品中の微量金属を定量するためには、原子吸光分析装置やICP-AES等の分析機器で測定できるように「溶体化」する必要があります。装置にも検出下限がありますので、溶液中の分析対象元素の濃度が薄すぎれば分析はできません。そこで、「元々混入の少ない元素」を定量しようとするれば、多くの試料を使って「対象元素の濃度を濃く」する必要があります。しかしながら、試料量が多くなると必然的に「溶体化（試料の分解）にかかる時間」が長くなるため、多くの分析依頼に対応することが出来なくなります。すなわち、「いかに少ない試料量で、高感度に分析できる手法を開発するか」が、我々が取り組むべき課題でした。

表1に示した技術は、このような背景のもとに取り組んできた研究例であり、県や国の事業を活用して実施してきました。

表1. 取り組んだ分析技術

年代	開発技術と概要
平成15年(2003年)～19年(2007年)度	「原子スペクトル分析による微量元素の定量における気相試料導入法の開発」により、銅、亜鉛及び銀の高感度かつ迅速分析法を確立
平成19年(2007年)～21年(2009年)度	「電子材料の高精度評価法に関する研究」により、電子材料中の測定元素0.1 ppm以下の分析法を確立
平成22年(2010年)度	「インクジェットプリンター用インク中のクロム(VI)の定量」により、1000 ppm以上の三価クロムを含有する主成分が異なる産業用インクジェットプリンター用インク中の六価クロムおよび三価クロムを簡便かつ迅速に分離する方法を開発
平成26年(2014年)度	「マイクロウェーブ加圧酸分解-ICP質量分析法によるプラスチック中臭素の分析」により、全臭素の迅速定量法を開発

このような溶体化技術の開発により、ルーチン分析としての依頼に対応する際の試料量は明確に

減少してきました。例えば、依頼の多い「鉄 (Fe)」についての例を図5に示します。平成15年までは、試料10gを使用して「1.0 ppm」を定量下限としてきました。そこから種々検討を行うことで、現在では従来の1/10の試料量しか使用しないにもかかわらず、その定量下限は半分の「0.5 ppm」まで下げることが成功しています。これにより、分析が困難な鉄のルーチン分析においても、迅速かつ高感度な分析を提供できるようになりました。

なお平成26年(2014年)には、「カートリッジキレートを用いた鉄の分離濃縮方法」について検討しています。その結果、この手法を使えば、試料をアセトンに溶解させるだけで「0.1 ppm」の鉄が定量可能であることを見いだしました。まだルーチン分析化までは至っていませんが、この分解操作を必要としない鉄の濃縮技術は、企業が行う品質管理の役に立てる技術と考えております。

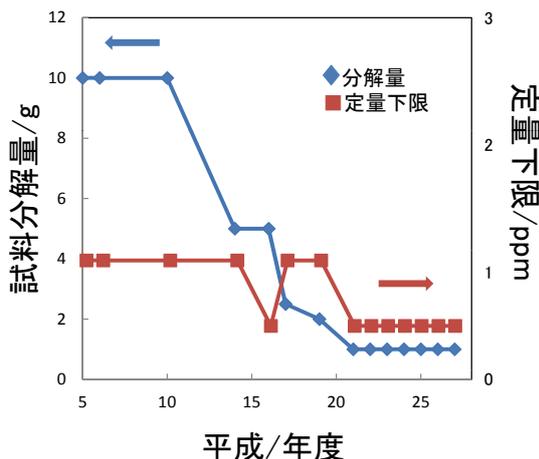


図5. 化成品試料の分解量と鉄の定量下限

### 3 今後の展望

県内企業が製造する機能性材料や化成品は、海外で使用する製品の原料として、今後ますます販路を拡大していくと思われます。そうした中、海外における輸出入に係る規制も年々厳しくなっており、その対応も考慮していかなくてはなりません。例えば、平成23年(2011年)7月21日にEUより改正発効されたRoHS指令により、これまで対象外であったカテゴリー11「その他の電気電子機器(ケーブル、アクセサリなど)」が加わり、カテゴリー8、9「医療機器、監視/制御機器、産業用監視/制御機器」も段階的に適用されることになりました。さらに、平成31年(2019年)7月よりフタル酸エステル類4種(フタル酸ビス(2-エチルヘキシル)(DEHP)、フタル酸ブチルベンジル(BBP)、フタル酸ジブチル(DBP)、フタル酸ジイソブチル(DIBP))が規制対象物質となります。また、ナフタレンなどの多環芳香族炭化水素(PAH)18種やベンジジン等の特定芳香族アミンを生成するアゾ染料24種を含む日用品についても、国際的に規制される方向になっています。

この世界的な潮流の中では、取り引き時に提示すべき分析項目が増加する可能性が大きく、中小企業にとっては全てに対応するのは困難な場合もあるかもしれません。工業技術センターでは、そうした分析にも対応すべく、各種機器分析装置を順次整備してきています。主要な化学系分析機器としては、原子吸光分析装置、ICP-AES、誘導結合プラズマ質量分析装置<sup>\*7)</sup>(ICP-MS)、燃焼-イオンクロマトグラフ分析装置<sup>\*8)</sup>、蛍光X線分析装置<sup>\*9)</sup>(波長分散型とエネルギー分散型)、フーリエ変換型赤外分光分析装置<sup>\*10)</sup>(FT-IR)、ガスクロマトグラフ<sup>\*11)</sup>質量分析装置(GC-MS)、液体クロマトグラフ<sup>\*12)</sup>質量分析装置(LC-MS)、核磁気共鳴装置(NMR)、熱分析装置<sup>\*13)</sup>(DSCおよびTG-DTA)、走査型電子顕微鏡<sup>\*14)</sup>(SEMとFE-SEM)などを取り揃えています。

これからも、工業技術センターが保有している分析機器をフル活用し、より厳しい規制や多種多

様な品質管理体制を求める企業を支援いたします。さらに、研究成果で示したような前処理技術の開発については、今後も引き続き実施し、県内企業の技術支援に活用していきたいと考えています。

#### 【用語解説】

- \*1) RoHS 指令：(Restriction of the use of certain hazardous substances in electric and electrical equipment) 電気・電子機器に含まれる特定有害物質の使用制限に関する指令。
- \*2) 誘導結合プラズマ発光分光分析装置：Inductively coupled plasma atomic emission spectrometer。試料溶液を噴霧してプラズマ中に導入し、励起された金属元素が基底状態になる時に放出される光を分光して、波長から元素の定性および定量を行う装置。
- \*3) 水素化物発生法：ヒ素やセレンなどの元素を酸性溶液中で水素化ホウ素ナトリウムと反応させて還元し、気体状の水素化物を生成させる方法。
- \*4) 原子吸光分析：試料溶液をフレームおよび加熱炉などで測定金属元素を原子化させて元素固有の波長の光を透過させると、基底状態の原子が光を吸収して励起される。その光の吸光度から元素濃度を測定する方法。
- \*5) セレン：元素番号 34 番の元素：Se。種々の法規で基準値が定められている。
- \*6) グリーン調達：環境への影響が少ない製品を優先的に取引すること。
- \*7) 誘導結合プラズマ質量分析装置：Inductively coupled plasma mass spectrometer。試料溶液を噴霧してプラズマ中に導入し、元素をイオン化させ、質量分析計を用いて、元素の定性および定量を行う装置。
- \*8) 燃焼イオンクロマトグラフ：試料をボート上で完全燃焼させて、気化した元素等は吸収液に捕集する。捕集液でイオンとして存在する塩化物および臭化物イオン等を測定する装置。
- \*9) 蛍光 X 線分析装置：試料に X 線を照射することにより、蛍光 X 線を発生させる。この X 線は元素固有のエネルギーを持っているので、そのエネルギーから元素を測定する装置。
- \*10) フーリエ変換型赤外分光分析装置：Fourier transform infrared spectrometer。試料に赤外光を照射し、分子の振動及び回転に対応するエネルギーの吸収を測定する装置。有機化合物の同定に使用される。
- \*11) ガスクロマトグラフ：Gas Chromatography。気体の移動相を固相のカラムを通過させ、サンプルを固定相及び移動相との相互作用の差を利用して高性能に分離する装置。
- \*12) 液体クロマトグラフ：Liquid Chromatograph。液体の移動相を固相のカラムを通過させ、サンプルを固定相及び移動相との相互作用の差を利用して高性能に分離する装置。
- \*13) 熱分析装置：示差走査熱量計 (Differential scanning calorimeter) 熱的に安定な標準物質と試料を一定速度で加熱した時の両者の温度差の変化を測定する装置。発熱および吸熱の変化を知ることができる。示差熱 - 熱重量同時測定 (Thermogravimetry- differential thermal analyzer)。試料の脱水、酸化、熱分解などの重量変化、耐熱性の評価の分析できる。
- \*14) 走査型電子顕微鏡：光源に熱電子銃を装備した Scanning electron microscope と電界放出電子銃を装備した field emission- Scanning electron microscope。電子線を試料に当て、放出される 2 次電子を検出し、得られた像を元に表面を分析する装置。

## 2 除虫菊使用天然蚊取線香の有効成分（総ピレトリン）定量

### 1 はじめに

和歌山県は蚊取線香の発祥の地であり、全国生産額に占める和歌山県生産額の割合は、その発明から120年を経過した平成22年（2010年）度においても50%以上を占めていました。その後、日本大手メーカーによる海外生産品の影響を受け、輸入品を含めたシェアは平成26年（2014年）度に35%に下降しましたが（図1）、国内生産に限定すれば今なお高いシェアを占めています。

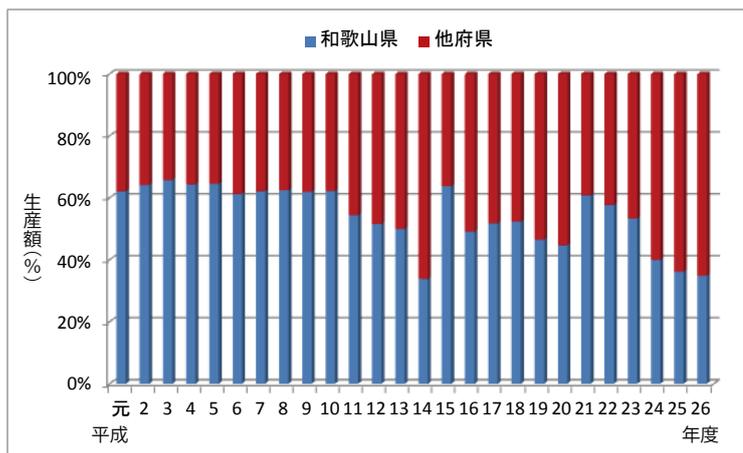


図1. 蚊取線香の全国生産額に占める本県の割合

### 2 除虫菊と蚊取線香の歴史

蚊取線香は、合成化合物による殺虫成分が開発されるまで、除虫菊（シロバナムシヨケギク）を原料として作られていました。除虫菊の原産国は地中海・中央アジアといわれ、旧ユーゴスラビアのダルマチア地方で発見され、古くから殺虫効果があることが知られていました。現在も、ケニアをはじめ世界各地で殺虫剤の原料として栽培されています。除虫菊の殺虫成分であるピレトリンは花の子房に多く含まれており、人、犬、猫などの温血動物には毒性が低い一方、冷血動物（昆虫類）には強力で速効性の殺虫力があり、かつ抵抗力がつきにくく分解しやすいという特徴があります。

日本での除虫菊の栽培は、明治20年（1887年）に入手したダルマチア地方の種子を、和歌山県有田地方で商業的栽培に成功したことから始まったとされています。その後、農家の裏作として和歌山県内はもちろん岡山県、広島県、北海道、四国、東海地方など、日本の各地で栽培が奨励されました。有田市には、有名な作詞家である野口雨情が作った箕島小唄「誰を待つやら楚都浜並木、風に吹かれて夕風に、わたしゃ箕島除虫菊育ち、虫のつきそな筈はない」や中学校の校歌の歌詞に「…名にし負う虫よけ菊は我が誇る勤労の精華…」があり、除虫菊の栽培が盛んであった当時の様子がうかがえます。また、有田市箕島の国道480号沿いの空き地では、平成14年（2002年）から毎年4月中旬～5月初旬、「除虫菊保存会」が植え付けした除虫菊の白い花を見ることができます（写真1）。



写真1. 国道480号沿いの空き地に咲く除虫菊

除虫菊は当初、乾燥した除虫菊花頭部の粉末に木の葉や木の粉を混ぜ、火鉢や香炉で燻べて「蚊遣り」として使用されていました。その後、明治23年(1890年)には長さ30cm位で燃焼時間約1時間の棒状蚊取線香が開発され、さらに明治30年(1897年)には長時間(7~8時間)燃焼型で輸送に便利な渦巻型蚊取線香が開発されました。以後、除虫菊は乾花、粉末、蚊取線香、ノミ・ダニ殺虫、農業用・園芸用殺虫剤原料として、国内外への販売が順調に伸びていきました。しかし、第二次世界大戦が激化した昭和20年(1945年)頃には、食糧増産のため除虫菊畑は姿を消していきました。昭和26年(1951年)頃に、合成ピレスロイド(ピレトリン類似化合物)が開発されると、除虫菊を使用した天然蚊取線香は姿を消し、合成ピレスロイドを使用した蚊取線香へと変わっていきました。

その後約50年が経過した現在、天然志向・健康志向のブームにより、除虫菊使用のいわゆる天然蚊取線香が見直され、再び製造販売されるようになっていきます。

### 3 県内企業とのかかわり

蚊取線香は医薬部外品であり、その製造は「医薬品、医療機器等の品質、有効性及び安全性の確保等に関する法律<sup>\*1)</sup>(以下「医薬品医療機器等法」という。)」の規制を受けることとなり、医薬品医療機器等法にもとづき県知事の医薬部外品製造業許可、医薬部外品製造販売業許可及び製品ごとに厚生労働大臣の医薬部外品製造販売承認が必要となります。製造販売承認申請には、製品の原材料、製造方法や規格及び試験方法等の設定が必要となり、承認後製造販売する際には、製品が承認書の規格に適合していることを試験により確認した後、出荷が可能となります。

和歌山県では、昭和37年(1962年)の和歌山県薬事指導所(以下「薬事指導所」という。)発足以来、和歌山県工業技術センター(以下、「工業技術センター」という。)薬事開発部(平成14年4月~平成22年3月)、工業技術センター薬事産業部(平成22年4月~現在)において、県内の医薬品や医薬部外品等、医薬品医療機器等法に関連する製造販売業者を対象に製造販売承認申請や規格試験に係る技術指導や支援を行ってきました。

除虫菊を使用した天然蚊取線香の製造承認におけるピレトリンの定量は、「第七改正日本薬局方<sup>\*2)</sup>(昭和36年(1961年)~昭和46年(1971年))」及び「殺虫剤指針<sup>\*3)</sup>1990」に準じる方法(従来法:以下「酸法」という。)により行う必要がありました。しかし、この定量法は除虫菊を使用した天然蚊取線香が復活してきた平成12年(2000年)頃には、製造業者のほとんどの品質管理者はもちろん薬事指導所の研究員も経験のない分析方法となっていました。幸い当時の薬事指導所長が経験者であったため、アドバイスを受けながら分析方法を習得し、希望する製造業者の品質管理者に分析技術の指導を行うことができました。

### 4 研究開発への取組

#### 4.1 研究開発のきっかけ

その後も、除虫菊を使用した天然蚊取線香の復活とともに、ピレトリンの定量試験の依頼は増えていきました。酸法は、煩雑な手分析による方法であり、分析には2日間を要します。また、有機溶媒の使用量が多いことから分析者の健康面への負担も大きく、分析方法の改良が課題となっていました。一方、原料である除虫菊についても、国内では広島県の因島での観光用栽培のほかは北海道・愛知県での試験栽培のみで、主にケニア・タンザニア・中国等からの輸入に頼っていました。そのため、質・量ともに安定した除虫菊の供給も課題となっていました。

そこで、県内産除虫菊を使用した「和歌山ブランドの天然除虫菊使用蚊取線香」の製造販売を推進するために、簡便な分析方法を確立することを目的とする「除虫菊の有効成分(ピレトリン)の含有量調査及び分析方法の改良」(平成14年7月~平成16年(2004年)6月)の研究を行い、ガスクロマトグラフィーを使った簡便な定量法(以下「GC法」という。)の確立について検討しま

した。

#### 4.2 ピレトリンの含有量調査

ピレトリンの含有量について、有田産（有田市除虫菊保存会栽培）、愛知県産2種、北海道産2種、タンザニア産2種及び中国産3種を調査した結果、第七改正日本薬局方の規格「総ピレトリンとして0.8%以上」に対し、有田産は、1.49%と含有量の高い除虫菊であることが分かりました。本格的な栽培が進めば「和歌山ブランドの天然除虫菊使用蚊取線香」の製造につながるなど、地域の活性化が期待できる結果となりました。

原料である除虫菊の安定供給に関しては、和歌山県植物公園緑花センター、和歌山県立有田中央高等学校及び国立衛生試験所和歌山薬用植物栽培試験場（平成24年（2012年）3月閉鎖）の協力を得て試験栽培を行いました。その結果、和歌山県立有田中央高等学校での試験栽培において、生育状況も良く比較的ピレトリン含有量の高い除虫菊が収穫できました（写真2）。



写真2. 除虫菊の栽培（和歌山県立有田中央高等学校）

#### 4.3 ピレトリン定量法の改良

蚊取線香の原料である除虫菊粉末および、除虫菊を使用した天然蚊取線香製品中のピレトリンの定量について、GC法での検討を行いました。

除虫菊成分であるピレトリンは、菊酸とアルコールのエステル結合でR<sub>1</sub>がメチル基のものがIタイプ、メトキシカルボニル基のものがIIタイプで、R<sub>2</sub>の置換基の違いでピレトリン、シネリン、ジャスモリンとなり、合計6種類の化合物が混在しています（図2）。

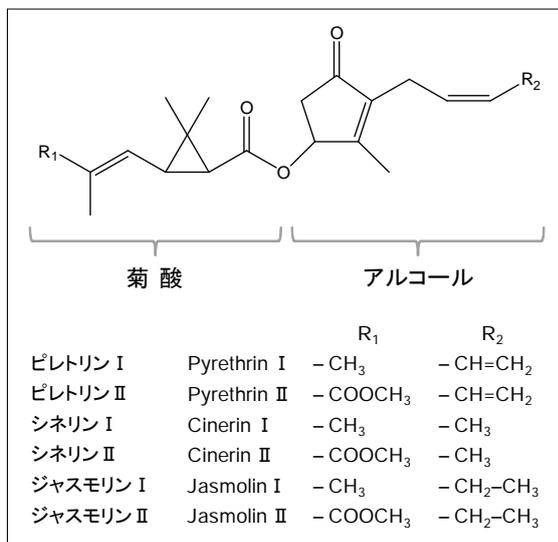


図2. ピレトリンの構造式

酸法（図3）は、粉末にした試料をヘキサンによりソックスレー抽出<sup>\*4</sup>した後、ジエチルエーテル（以下「エーテル」という。）による抽出、加水分解、水蒸気蒸留によるピレトリンⅠとⅡの分離、トルエンによる抽出及び中和滴定などの操作により、ピレトリンⅠ及びⅡを定量する方法です。

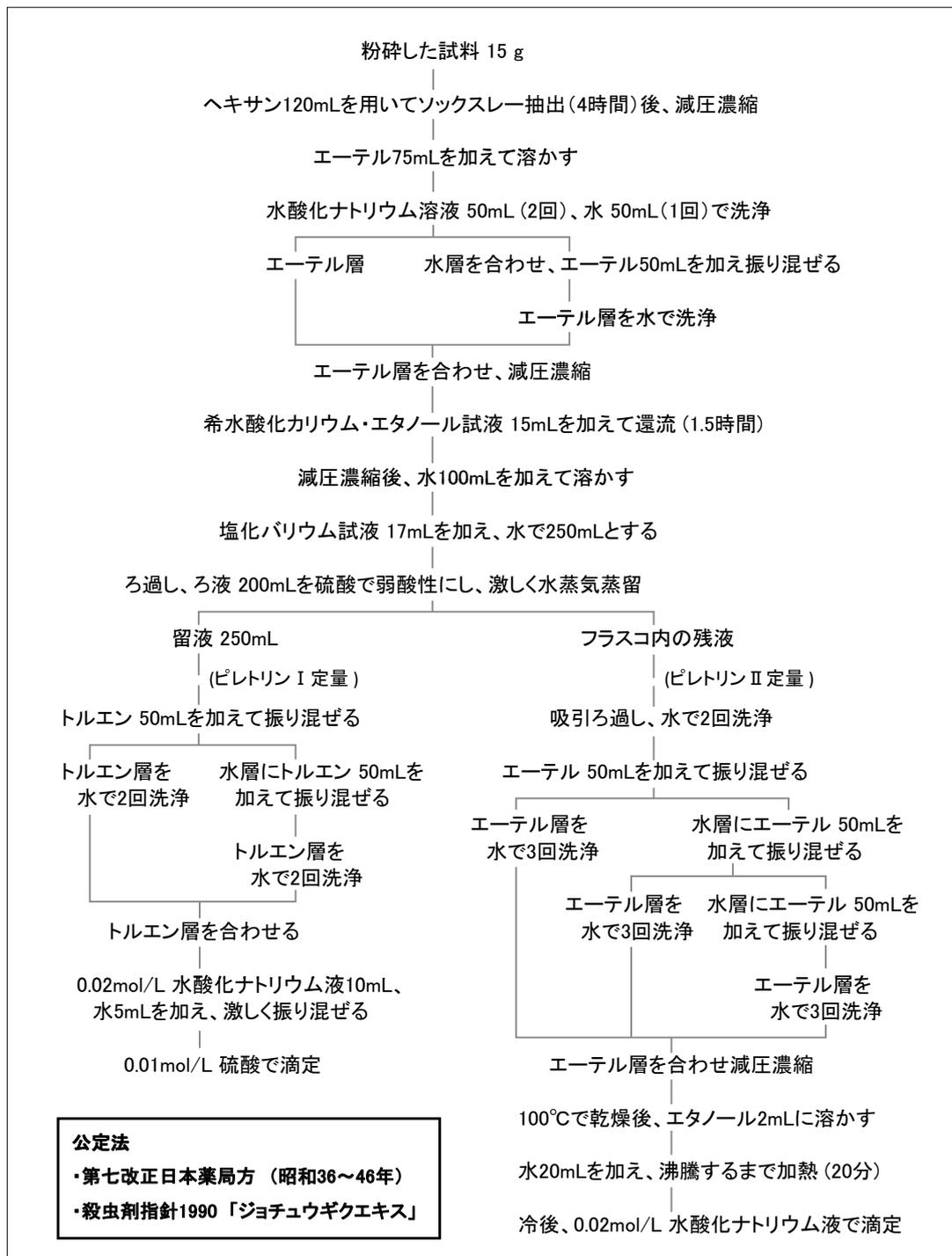


図3. 酸法

GC法（図4）では、酸法と同様に操作したソックスレー抽出液について、シリカゲルカラムによる単離精製を検討したところ、簡便な方法で6種のピレトリン化合物に対する妨害物質の除去が可能であることがわかりました。なお、GC法の標準品は、市販の残留農薬試験用の試薬を殺虫剤指針のジョチュウギクエキスの方法（酸法）で定量して値付けしたのを用いました。また、定量はピレトリン、シネリン、ジャスモリンの3種のⅠ及びⅡのピーク面積和をそれぞれピレトリンⅠ及びⅡとして絶対検量線法で行いました。

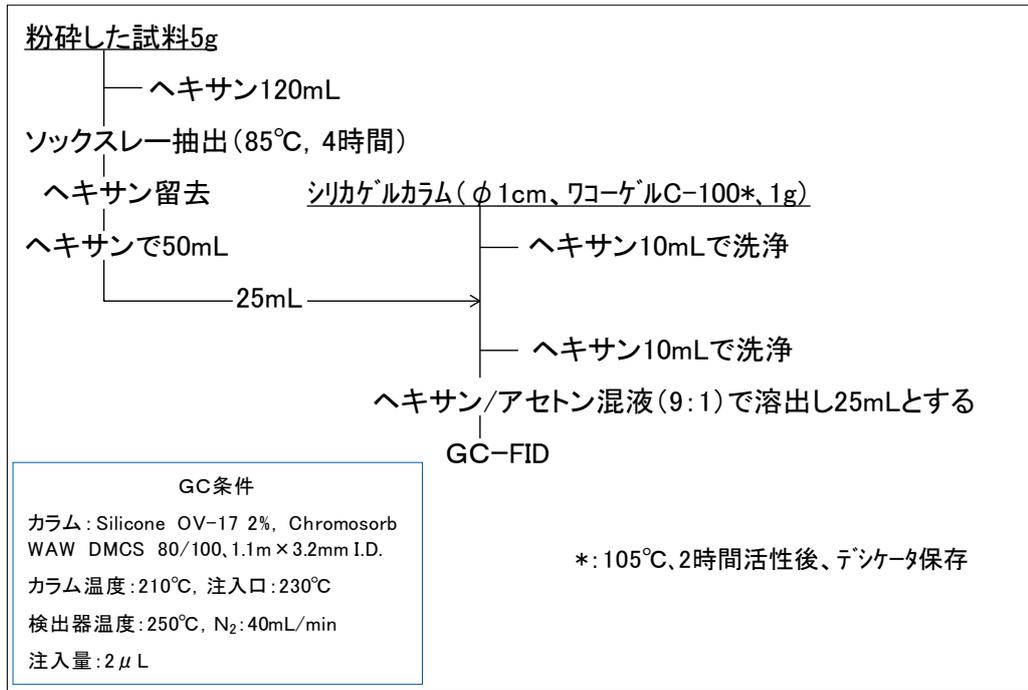


図4. GC法

検量線については、ピレトリンⅠは150～900 μg/mL、ピレトリンⅡは130～800 μg/mLの範囲でそれぞれ相関係数  $r = 0.999$ 、 $r = 1.000$  と良好な直線性が得られました (図5)。また、GC法による天然蚊取線香試作品へのピレトリン添加回収試験 (添加量0.3%) を行ったところ、回収率は、 $97.5 \pm 1.4\%$  と良好な結果でした。なお、同時に行った酸法による回収率は、 $89.7 \pm 1.9\%$  でした。

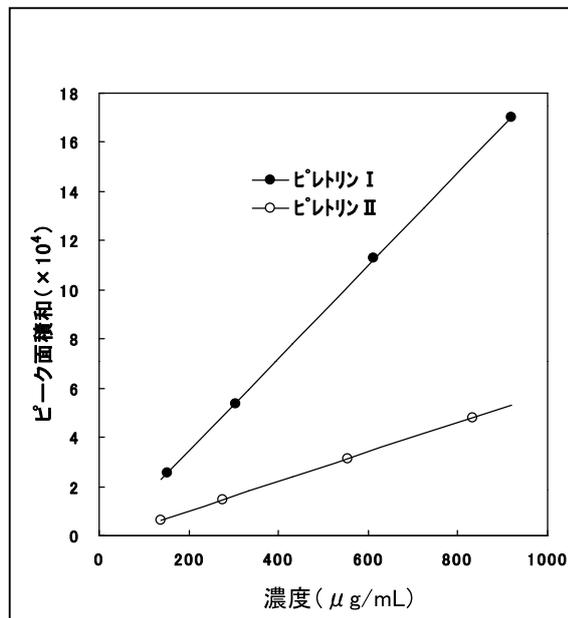


図5. ピレトリン検量線

酸法及びGC法による天然蚊取線香試作品の定量結果より、GC法は酸法に比べて若干低い値を示す傾向がありますが、品質管理上問題ない値と考えられます (表1)。

表 1. 天然蚊取線香試作品の定量結果 単位 [%]

検体	回数	ピレトリン I		ピレトリン II		総ピレトリン	
		酸法	GC法	酸法	GC法	酸法	GC法
ロット1	1回目	0.15	0.15	0.16	0.14	0.31	0.29
	2回目	0.16	0.15	0.16	0.15	0.32	0.30
	3回目	0.16	0.15	0.17	0.15	0.33	0.30
ロット2	1回目	0.16	0.15	0.16	0.15	0.32	0.30
	2回目	0.16	0.15	0.15	0.15	0.31	0.30
	3回目	0.17	0.16	0.14	0.15	0.31	0.31
ロット3	1回目	0.16	0.15	0.15	0.15	0.31	0.30
	2回目	0.16	0.15	0.16	0.16	0.32	0.31
	3回目	0.17	0.14	0.15	0.14	0.32	0.28

表 2. ソックスレー抽出後の溶媒使用量と使用時間（6検体処理）

方法	使用溶媒	使用量(mL)	使用時間
酸法	エーテル	1,770	9時間30分 (2名)
	トルエン	760	
GC法	ヘキサン	375	2時間 (1名)
	アセトン	15	

この「GC法」の確立により、酸法で2日かかっていた定量作業が1日で可能になり、分析者の負担を大幅に軽減することができました。また、酸法ではエーテルやトルエンを大量に使用していましたが、GC法では比較的取り扱い易いヘキサンやアセトンを用い、その使用量も酸法の約 1/6 程度ですみました。GC法は分析者の作業上の負担を軽減するだけでなく、環境や健康面にも優れた方法となりました（表2）。

#### 4.4 県内企業への支援

医薬品等の規格試験は、その製品の製造承認申請書に記載されている方法で行う必要があります。そのため、過去に承認を取得している製品については、酸法による方法で行わなければなりません。そこで、本研究の成果をもとに県内企業への技術移転を行うとともに、医薬部外品製造承認申請書の規格試験に本 GC 法を採用した除虫菊使用蚊取線香の医薬部外品製造承認取得の支援を行い、平成 16 年 2 月に厚生労働大臣の製造承認を取得することができました。新しく承認を取得した製品の規格試験は、本 GC 法ですので、企業の品質管理者の負担を大幅に軽減することができました。

#### 5 おわりに

蚊取線香は、120 年以上も日本脳炎、マラリアなどの蚊が媒介する伝染病からわたしたちを守ってきてくれました。最近では、平成 26 年 8 月のデング熱国内感染の際に、蚊取線香の重要性が再認識されました。現在では、蚊取線香以外にも電気蚊取としてマット式、液体式、ファン式など種々の製品がありますが、その中で、蚊取線香はマッチ 1 本でどこでも手軽に使える便利さを有し、睡眠時間に相当する 7～8 時間にわたり有効成分を空中に放出し、燃え尽きるまで一定の殺虫効果

を保持するという特徴があります。蚊取線香の燃焼部分は700～800℃で、有効成分は、先端の燃焼部分から6～8mm手前の約250℃前後の所から他の揮散成分と共にエアゾールとなって空気中に放出されます。煙は、有効成分のキャリアーとして薬剤の拡散力を高める働きをするため、広い空間でも効力を発揮します。キャンプ、バーベキュー、ガーデニングや畑仕事などの屋外作業において最も効果を発揮する製品であると考えられます。また、最近の消費者ニーズの多様化により、蚊取線香も長時間用、ミニサイズ、煙の少ないタイプ、太巻きタイプ、ローズなどの香り付きタイプなど様々な商品が販売されています。根強い天然志向を満たす除虫菊使用蚊取線香とともに、今後もロングセラー製品として愛用され続けることでしょう。

#### 【用語解説】

- \*1) 医薬品、医療機器等の品質、有効性及び安全性の確保等に関する法律：医薬品、医薬部外品、化粧品、医療機器及び再生医療等製品の品質、有効性及び安全性の確保並びにこれらの使用による保健衛生上の危害の発生及び拡大の防止のために必要な規制を行う等により、保健衛生の向上を図ることを目的とする法律。  
昭和35年（1960年）設定当初の名称は「薬事法」であったが、平成26年11月25日の薬事法等の一部を改正する法律の施行により現在の名称に改められた。
- \*2) 日本薬局方：医薬品の性状及び品質の適正を図るため定められた医薬品の規格基準書。構成は通則、生薬総則、製剤総則、一般試験法及び医薬品各条からなり、収載医薬品については我が国で繁用されている医薬品が中心となっている。
- \*3) 殺虫剤指針：医薬品及び医薬部外品の殺虫剤の性状及び品質の適正を図るために作られた。殺虫剤の有効成分及び繁用の殺虫剤製剤の規格を定めたもの。
- \*4) ソックスレー抽出：ソックスレー抽出器を使用し、固体状の物質から溶媒を使って目的成分を溶解、抽出する方法。比較的少量の溶媒で効率よく抽出できる。

## 第4節 平成8年度以降に取り組んだ主な研究開発



【平成8年度】

予算区分	事業名	課題名
国補	機械金属集積活性化支援事業	染色整理機械等に用いられる耐久性に優れたロールと輪との接合部の研究
	広域共同研究事業	高分子系産業廃物の高度利用技術に関する研究 分担課題：熱硬化性樹脂系産業廃棄物の高度利用技術に関する研究
	新地域技術おこし事業成果普及事業	CG技術を利用した表面質感設計によるハイタッチ表面加工技術開発
	新地域技術おこし事業起業化技術指導事業	CG技術を利用した表面質感設計によるハイタッチ表面加工技術開発
	ニット集積活性化支援事業	糸の自動供給システムの開発
		ニット生地風の風合い評価
ニット生地へのインクジェットプリント		
反転印刷及び現場管理情報印刷システムの開発		
未利用資源活用事業	新しい木材処理技術を用いた木質系材料の開発 分担課題：新規木質処理剤の開発および熱処理による木質機能性材料の開発	
県単	環境技術研究開発事業	排水の脱窒技術の開発
	産学官共同研究事業	イノシトールの誘導体及びトリテルペンアルコールの有効利利用に関する研究
		梅加工製品の微生物制御に関する研究
		環境適合材料の開発
		局所癌患部の組織内加温治療システムの研究開発
		パソコンを使用したビデオカンファレンスシステムに関する研究
		プリント基板検査装置における位置決め技術に関する研究
		ペーパーハニカムパネルの機能性付与に関する研究
	マグロエキス調味料の開発に関する研究	
	地域産業活性化支援事業	捺染用スクリーン開口面積の計量
エーテル生成におけるタコ型カリックスアレーンの触媒能		

【平成9年度】

予算区分	事業名	課題名
国補	機械金属集積活性化支援事業	染色整理機械等に用いられる耐久性に優れたロールと軸の接合部の研究
	漆器集積活性化支援事業	紀州漆器業界の新分野開拓研究及び高品質化研究
	中小企業創造基盤技術研究事業	ニューロ・ファジィ技術を統合化した工業用画像処理装置の開発
	ニット集積活性化支援事業	ニット生地の高付加価値化研究
		ニット生地風の風合い評価研究
	未利用資源活用事業	新しい木材処理技術を用いた木質系材料の開発 分担課題：新規木質処理剤の開発および熱処理による木質機能性材料の開発
メカトロ技術研究開発事業	機械システムの異常診断および工具破損・寿命予測システムの開発	
県単	環境バイオ技術開発研究事業	排水の脱窒技術の開発
	産学官共同研究事業	局部癌患部の組織内加温治療システムの開発に関する研究
		新規ボタン用熱硬化性樹脂の開発
	マグロエキス調味料の開発に関する研究	

【平成10年度】

予算区分	事業名	課題名
国補	科学技術振興調整費 地域先導研究	こめぬかを原料とする環境に適合した有機工業化学に関する基礎研究
	機械金属集積活性化支援事業	染色整理機械等に用いられる耐久性に優れたロールと軸の接合部の研究
	漆器集積活性化支援事業	紀州漆器業界の新分野開拓研究及び高品質化研究
	食品応用技術開発研究事業	構造糖鎖化合物の生理的機能とその応用技術の開発

国補	中小企業創造基盤技術研究事業	ニューロ・ファジィ技術を統合化した工業用画像処理装置の開発
	メカトロ技術研究開発事業	機械システムの異常診断および工具破損・寿命予測システムの開発
	ものづくり試作開発支援センター整備事業	大気圧放電加工処理を用いた繊維業界の加工技術開発プロジェクト デジタルエンジニアリングによる各種部品の高速試作開発プロジェクト
県単	環境技術対策事業	染色工場排水からの窒素・りん除去技術の開発及び超節水前処理の開発
	産学官共同研究事業	アゾイック染料用発色助剤のマイクロカプセル化に関する研究
		汎用性難分解性ポリマーへの生分解性付与に関する研究

【平成 11 年度】

予算区分	事業名	課題名
国補	科学技術振興調整費 地域先導研究	こめぬかを原料とする環境に適合した有機工業化学に関する基礎研究
	食品応用技術開発研究事業	構造糖鎖化合物の生理的機能とその応用技術の開発
	地域コンソーシアム研究開発事業	高精度実時間形状・変形・ひずみ計測法の研究開発
	ものづくり試作開発支援センター整備事業	大気圧放電加工処理を用いた繊維業界の加工技術開発プロジェクト デジタルエンジニアリングによる各種部品の高速試作開発プロジェクト
県単	環境技術対策事業	染色工場排水からの窒素除去技術の開発
	産学官共同研究事業	アゾイック染料用発色助剤のマイクロカプセル化に関する研究
		コロナ放電処理による繊維改質に関する研究
		汎用性難分解性ポリマーへの生分解性付与に関する研究
	光切断法によるコンベヤー移動粉体の体積計測に関する研究	

【平成 12 年度】

予算区分	事業名	課題名
国補	21 世紀型繊維加工技術開発事業	大気圧放電処理を用いた環境調和型繊維加工技術の開発
	科学技術振興調整費 地域先導研究	こめぬかを原料とする環境に適合した有機工業化学に関する基礎研究
	高分子廃棄物再資源化事業	高分子系廃棄物の分解反応による有効利用技術の開発
	ものづくり試作開発支援センター整備事業	大気圧放電処理を用いた繊維業界の加工技術開発プロジェクト デジタルエンジニアリングによる各種部品の高速試作開発プロジェクト
	ものづくり情報通信技術融合化支援センター整備事業	NC マシンを用いた機械金属工業界等のデジタルエンジニアリング技術向上のための CAD/CAM 研修プロジェクト
県単	環境技術対策事業	染色工場排水からの効率的な窒素除去技術の開発
	産学官共同研究事業	環境低負荷型漆器素地の開発に関する研究
		酵素含浸法による新しい梅加工技術の開発に関する研究
	風景画像を模写する組子衝立における組子系列の自動生成に関する研究	

【平成 13 年度】

予算区分	事業名	課題名
国補	21 世紀型繊維加工技術開発事業	大気圧放電処理を用いた環境調和型繊維加工技術の開発
	高分子廃棄物再資源化事業	高分子系廃棄物の複合化による高機能化リサイクル技術の開発－高分子系廃棄物の分解反応による有効利用技術の開発－
	ものづくり試作開発支援センター整備事業	大気圧放電処理を用いた繊維業界の加工技術開発プロジェクト デジタルエンジニアリングによる各種部品の高速試作開発プロジェクト
	ものづくり情報通信技術融合化支援センター整備事業	NC マシンを用いた機械金属加工工業界等のデジタルエンジニアリング技術力向上のための CAD/CAM 研修プロジェクト
県単	環境技術対策事業	染色工場排水からの効率的な窒素除去技術の開発
	産学官共同研究	酵素含浸法による新しいウメ加工技術の開発に関する研究 風景画像を模写する組子衝立における組子系列の自動生成に関する研究

県単	産学官共同研究	不飽和ポリエステル樹脂の硬化および物性に関する研究
	新領域産業育成事業	界面構造の制御による新素材開発
	地場産業リサイクル推進事業	県内で発生する繊維クズのリサイクル技術の開発
	デザイン高度化推進モデル事業	HDT を活用した商品開発支援

【平成14年度】

予算区分	事業名	課題名
国補	21世紀型繊維加工技術開発事業	大気圧放電処理を用いた環境調和型繊維加工技術の開発
	高分子廃棄物再資源化事業	高分子系廃棄物の複合化による高機能化リサイクル技術の開発 －高分子系廃棄物の分解反応による有効利用技術の開発－
	地域新生コンソーシアム研究開発事業	FRP 廃棄物の経済的なケミカルリサイクル技術の開発
		UASB と高温可溶化の組合せシステムでの低エネルギー排水処理
	廃棄物処理等科学研究費補助金	リサイクルにより劣化した古紙パルプ繊維のナノ粒子化による新規資源循環システム構築に関する研究
	ものづくり試作開発支援センター整備事業	大気圧放電処理を用いた繊維業界の加工技術開発プロジェクト
		デジタルエンジニアリングによる各種部品の高速試作開発プロジェクト
ものづくり情報通信技術融合化支援センター整備事業	NC マシンを用いた機械金属加工業界等のデジタルエンジニアリング技術力向上のためのCAD/CAM 研修プロジェクト	
県単	環境保全活動支援事業	産業廃棄物の発生を抑えた排水処理の実証化
	産学官共同研究	非接触タイプ表面粗さ計測システムの開発に関する研究
		不飽和ポリエステル樹脂の硬化及び物性に関する研究
	デザイン高度化推進モデル事業	漆器技術アイテムによる商品開発
人間工学によるユーザビリティ評価とデザイン提案		

【平成15年度】

予算区分	事業名	課題名
国補	新規産業創造事業	不飽和ポリエステル樹脂を主成分とするFRPのFRP等へのリサイクル技術の確立
	地域新生コンソーシアム研究開発事業	FRP 廃棄物の経済的なケミカルリサイクル技術の開発
	特定中小企業集積活性化促進事業費補助金	環境や人体への影響に配慮した素材の活用によるからだに優しい家具・建具製造のための活性化支援
	都市エリア産学官連携促進事業（一般型）	電子材料用新規モノマー（オリゴマー）の創製と物性評価
		配向性蛍光、リン光色素含有高分子EL材料の開発
		配向性分子材料によるセンサー用機能性薄膜の創製
	廃棄物処理等科学研究費補助金	リサイクルにより劣化した古紙パルプ繊維のナノ粒子化による新規資源環境システム構築に関する研究
ものづくり情報通信技術融合化支援センター整備事業	NC マシンを用いた機械金属加工業界等のデジタルエンジニアリング技術力向上のためのCAD/CAM 研修プロジェクト	
県単	きのくにコンソーシアム研究開発事業	酵素法によるイノシトール脂肪酸エステルの合成と食品乳化剤としての利用に関する研究開発
		再生樹脂を用いた飛灰重金属の固定化及びレジンコンクリート路面材の開発
		青果物の安全性評価方法の確立とそれを付与したトレーサビリティシステムの構築
		太陽光採光装置
	戦略的研究開発プラン	柑橘類果実を素材とする機能性食品の開発研究
		紀州革の製造技術
		産地いきいき健康エンドウ生産技術（空気菜の対策技術）
		廃木材のL-乳酸分解物を用いた人と環境にやさしい木材用接着剤、防腐防虫剤の開発事業

【平成 16 年度】

予算区分	事業名	課題名
国補	新規産業創造事業	不飽和ポリエステル樹脂を主成分とするFRPのFRP等へのリサイクル技術の確立
	地域新生コンソーシアム研究開発事業	FRP 廃棄物の経済的なケミカルリサイクル技術の開発
	特定中小企業集積活性化促進事業費補助金	環境や人体への影響に配慮した素材の活用によるからだに優しい家具・建具製造のための活性化支援
	都市エリア産学官連携促進事業（一般型）	電子材料用新規モノマー（オリゴマー）の創製と物性評価
		配向性蛍光、リン光色素含有高分子 EL 材料の開発 配向性分子材料によるセンサー用機能性薄膜の創製
廃棄物処理等科学研究費補助金	リサイクルにより劣化した古紙パルプ繊維のナノ粒子化による新規資源環境システム構築に関する研究	
県単	きのくにコンソーシアム研究開発事業	三次元計測と木彫用 NC ルータによる工芸品(高野・熊野世界遺産)の立体コピーに関する研究開発調査
		ニューマテリアルファーマー設計技術の開発
		ポリ乳酸を原料とする肉厚で透明な射出成形品の開発
	戦略的研究開発プラン	梅加工副産物利用による熊野牛高品質牛肉生産技術の確立
		紀州革の製造技術
		高価値農産物の安定生産を可能にする環境調和型農業用マルチフィルムの開発
		廃木材の L-乳酸分解物を用いた人と環境にやさしい木材用接着剤、防腐防虫剤の開発事業
		微生物酵素を利用する次世代型梅加工技術の開発
		<ゆめ酵母>を用いたわかやまブランド清酒の開発
	和歌山技術クラスター推進事業	余剰汚泥発生を抑えたコンパクトな排水処理システムの開発
		DNA を模倣した分子鋳型システムの開発
		マイクロ波エネルギーを利用する高効率化学反応の開発
		マイクロ波加熱を中心とした生物系未利用資源の食品素材化 有機半導体(硫黄を含む共役ポリマー有機半導体)の研究開発

【平成 17 年度】

予算区分	事業名	課題名
国補	科学研究費補助金	高出力 CT スキャナによる柔軟物の内部変形の計測
	新生わかやま共同研究支援事業	自然発症肥満糖尿病ラット（代謝症候群モデル）にみられるアディポサイトカイン変化、酸化ストレス亢進、糖尿病合併症に対する米糠抽出成分の効果
	地域食料産業等再生・研究開発等支援事業	米糠の完全可食化を目指した機能性食品素材の製造技術の開発
	地域新生コンソーシアム研究開発事業	FRP 廃棄物の経済的なケミカルリサイクル技術の開発
	地域中小企業支援型研究開発事業	超高感度水晶振動子センサーの開発
都市エリア産学官連携促進事業（一般型）	電子材料用新規モノマー（オリゴマー）の創製と物性評価	
	配向性蛍光、リン光色素含有高分子 EL 材料の開発 配向性分子材料によるセンサー用機能性薄膜の創製	
県単	きのくにコンソーシアム研究開発事業	結晶性を制御した耐衝撃性ポリ乳酸の開発およびその成形加工品の実用化
		新宮産天台烏薬を配合とする「健胃清涼剤」誕生の研究
		繊維製品を機能化する第三世代型エアゾール製品の開発
	戦略的研究開発プラン	崩壊性中子を用いた複雑形状アルミダイカスト製造技術の開発
		CT スキャンによる 3D デジタルモデルの産業応用に関する研究 梅加工副産物利用による熊野牛高品質牛肉生産技術の確立

県単	戦略的研究開発プラン	ウメの保健機能増進技術の開発
		エンドウ空気莢の選別装置の開発
		高価値農産物の安定生産を可能にする環境調和型農業用マルチフィルムの開発
		酵素を用いた青果物剥皮技術の開発
		省力型牛ふん固形化堆肥実用化技術の開発
		廃木材の L-乳酸分解物を用いた人と環境にやさしい木材用接着剤, 防腐防虫剤の開発事業
		微生物酵素を利用する次世代型梅加工技術の開発
		非ホルマリン鞣剤による白革製造技術
		<ゆめ酵母>を用いたわかやまブランド清酒の開発
		余剰汚泥発生を抑えたコンパクトな排水処理システムの開発

【平成18年度】

予算区分	事業名	課題名
国補	科学研究費補助金	X線計測装置を用いた粘弾性物体の内部変形計測試験
	地域食料産業等再生・研究開発等支援事業	米糠の完全可食化を目指した機能性食品素材の製造技術の開発
	地域新規産業創造技術開発費補助事業	過熱水蒸気と酵素法の融合による青果物剥皮システムの開発
	地域新生コンソーシアム研究開発事業	改質ポリ乳酸の創製及びそれらの射出成形・加工技術の開発
		高アスペクト比10 $\mu$ m線幅電子回路基板作製技術の開発
		再生樹脂を用いた飛灰重金属の固定化及び路面材等の開発
	中小企業・ベンチャー挑戦支援事業のうち事業化支援事業	加圧熱水処理を用いた米糠成分高度利用による廃棄物低減化技術の事業化
都市エリア産学官連携促進事業 (FS)	新規有機EL材料の探索と機能解明 超音波を利用する芳香族ジアミン誘導体の製造に関する調査および研究	
県単	戦略的研究開発プラン	CTスキャンによる3Dデジタルモデルの産業応用に関する研究
		梅加工副産物利用による熊野牛高品質牛肉生産技術の確立
		うめの保健機能増進技術の開発
		かんきつ類用デジタル印刷インキの開発
		高価値農産物の安定生産を可能にする環境調和型農業用マルチフィルムの開発
		酵素を用いた青果物剥皮技術の開発
		米糠を原料とする機能性素材の開発に関する研究
		省力型牛ふん固形化堆肥実用化技術の開発
		徐福が発見した「天台烏薬」を使用した「和歌山県オリジナルブランド医薬品」の開発
		非ホルマリン鞣剤による白革製造技術
		有機エレクトロニクスデバイスの開発
		<ゆめ酵母>を用いたわかやまブランド清酒の開発
	余剰汚泥発生を抑えたコンパクトな排水処理システムの開発研究	
	わかやま版新連携共同研究事業	梅加工工程より排出される梅種の資源化と新規食品素材の開発
		カンキツ系未利用農産資源からの高機能性食品素材の開発
スプレー製剤技術によるオンデマンド型保湿対策に関する研究及びその技術活用		

【平成19年度】

予算区分	事業名	課題名
国補	JST シーズ発掘試験事業	金属プラズマを利用した大面積イオン源の実用化

国補	科学研究費補助金	X線計測装置を用いた内部変形計測試験
	環境対応革開発実用化事業	エコレザーの摩擦堅ろう度評価における試料の濃淡区分
	戦略的基盤技術高度化支援事業	絞りプレス加工における洗浄レス化技術およびその実用化技術の開発
		完全充填・電動制御スリーブ式ダイカスト装置およびダイカスト法の開発
	地域新規産業創造技術開発費補助金事業	過熱水蒸気と酵素法の融合による青果物の剥皮システムの開発
	地域新生コンソーシアム研究開発事業	高アスペクト比10 $\mu$ m線幅電子回路基板作製技術の開発
		改質ポリ乳酸の創製及びそれらの射出成形・加工技術の開発
都市エリア産学官連携促進事業（発展型）	カリックスアレーンを用いる超高感度センサー材料の開発	
	機能性食品素材の開発	
	高純度青色発光有機EL材料の開発	
	バイオベース機能性モノマーの開発	
県単	戦略的研究開発プラン	CTスキャンによる3Dデジタルモデルの産業応用に関する研究
		かんきつ類用デジタル印刷インキの開発
		酵素を用いた青果物剥皮技術の開発
		米糠を原料とする機能性素材の開発に関する研究
		徐福が発見した「天台烏薬」を使用した「和歌山県オリジナルブランド医薬品」の開発
		電子材料の高精度評価法に関する研究
		非ホルマリン鞣剤による白革製造技術
		フェルラ酸を有効成分とする健康食品の開発に関する研究
	有機エレクトロニクスデバイスの開発	
	わかやま版新連携共同研究事業	梅果実の健康機能性を活かした新規飲料素材の開発
		高野ロパイル織物を活用した災害対応マルチマットの開発
		無拘束加速度計測による下肢協調性評価システムに関する研究

【平成20年度】

予算区分	事業名	課題名
国補	科学研究費補助金	X線計測装置を用いた柔軟指の内部変形計測試験
	環境対応革開発実用化事業	ホルムアルデヒド移染に関する検討
	(財)近畿地方発明センター研究開発助成金	カプトムシディフェンシン由来の抗菌ペプチドを固定化した耐MRSA用抗菌加工繊維の開発
	産学共同シーズイノベーション化事業（顕在化ステージ）	MEMS技術を応用した静電気非接触可視化システムの開発
	戦略的基盤技術高度化支援事業	絞りプレス加工における洗浄レス化技術およびその実用化技術の開発
		完全充填・電動制御スリーブ式ダイカスト装置およびダイカスト法の開発
	地域イノベーション創出総合支援事業（シーズ発掘試験（発掘型））	微細線幅導体回路印刷方法によるITOフィルム代替材料の開発
	地域イノベーション創出総合支援事業（地域ニーズ即応型）	安全性評価のための物理試験
	地域イノベーション創出総合支援事業（科学技術による地域活性化戦略に関する調査研究）	地域の自治体かが強化する複数の産業分野の分析及び調査
	都市エリア産学官連携促進事業（発展型）	カリックスアレーンを用いる超高感度センサー材料の開発
機能性食品素材の開発		
高純度青色発光有機EL材料の開発		
バイオベース機能性モノマーの開発		
県単	新食品産業創出支援事業	ウメの香り成分に関する研究
		新式柿酢(クエン酸発酵させた柿酢(風酸味飲料)醸造技術の開発
		単細胞化した青果物細胞の粉末化技術の開発

県単	新連携共同研究事業	高齢者に安全で効果的な健康増進指導システムの実用化
		挿し木苗の生産効率を向上させる発根誘導装置の開発
		耐摩耗性樹脂ロールの開発
		飲みやすく機能性に優れた新規梅飲料の開発
		パイル織物を用いた微生物固定化担体の開発
		和歌山の香りを活用した、天然虫よけ剤の開発
	戦略的研究開発プラン	かんきつ類用デジタル印刷インキの開発
		県内産パイル織物を用いた災害時・緊急時対策用マットの開発
		電子材料の高精度評価法に関する研究
		フェルラ酸を有効成分とする健康食品の開発に関する研究
		有機エレクトロニクスデバイスの開発

【平成21年度】

予算区分	事業名	課題名
国補	近畿地域イノベーション創出共同体形成事業/研究開発環境支援事業	微量機能成分・化学材料の高度分析評価技術の強化
	産学共同シーズイノベーション化事業(顕在化ステージ)	MEMS 技術を応用した静電気非接触可視化システムの開発
	食品産業グリーンプロジェクト技術実証モデル事業	ライスワックスの新規精製方法の実証と新規用途の開発
	新事業活動促進支援補助金(事業化・市場化支援事業)	砥石業界初のナイロン系セミ弾性砥石「kenken 砥石」の製造販売事業
	戦略的基盤技術高度化支援事業	完全充填・電動制御スリーブ式ダイカスト装置およびダイカスト法の開発
		絞りプレス加工における洗浄レス化技術およびその実用化技術の開発
		薄膜系太陽電池モジュールの長寿命化を可能とする高水蒸気バリア性・高耐久性バックシート用素材及びバックシート多層成形技術の開発
	地域イノベーション創出総合支援事業(シーズ発掘試験(発掘型))	画像解析手法を用いたマーセル化綿の迅速・簡便な品質管理技術の開発
		異なる計測法による形状データ間の3次元位置合わせ高精度化技術の開発
	地域イノベーション創出総合支援事業(地域資源活用型)	微高压炭酸ガス処理技術を用いた南高梅の梅干加工技術の研究開発
	地域イノベーション創出総合支援事業(地域ニーズ即応型)	梅加工副産物から得られる機能性素材の開発
		捺染工場から排出される VOC の削減技術
		粉碎ガラスリサイクルシステムの開発
	中小企業等製品評価事業	耐摩耗性と耐久性に優れた DLC コーティング農薬散布ノズル
	低炭素社会に向けた技術発掘・社会システム実証モデル事業	バイオマス活用に向けた高発熱量ブリケット製造技術開発と低コスト木チップ化実証試験
	都市エリア産学官連携促進事業(発展型)	カリックスアレーンを用いる超高感度センサー材料の開発
		機能性食品素材の開発
		高純度青色発光有機 EL 材料の開発
	都市エリア産学官連携促進事業(一般型)	バイオベース機能性モノマーの開発
一次加工果実のための新規安全性獲得・管理技術の開発		
クエン酸発酵による新しい果実飲料の開発		
健康増進作用を有する機能性成分の解析とその原体調整法の開発		
香気成分・色素成分の活用技術開発		
皮革産業振興対策事業費補助金 環境対応革開発実用化事業	次世代型青果物剥皮技術の開発	
県単	新連携共同研究事業	漆と陶の組み合わせによる新商品創出のためのデザイン技術研究
		外気導入型低コスト細霧システムの開発
		高機能で環境にやさしい木質系研磨砥石の開発と実用化

県単	新連携共同研究事業	土砂災害予防のための画像計測と定在波レーダによる屋外設置型地震変位計測実験装置の開発
		パイル織物を用いた活性汚泥固定化担体の開発
		プリンテッドエレクトロニクス用樹脂の開発
	戦略的研究開発プラン	新しい医療材料構築のための機能性ペプチド固定化技術の開発
		カーボンコーティングによる農薬散布ノズルの改良
		県特産果実を用いた新式果実酢醸造技術の開発
		県内産パイル織物を用いた災害時・緊急時対策用マットの開発
		ナノ領域材料マーケット支援のための高精度評価法の開発
フェルラ酸を用いる糖尿病予防及びその合併症予防素材の開発に関する研究		

【平成22年度】

予算区分	事業名	課題名
国補	イノベーション創出基礎的研究推進事業発展型研究(一般枠)	昆虫抗微生物タンパク質改変ペプチドを利用した抗菌性素材の開発
	戦略的基盤技術高度化支援事業	MEMS 技術を応用した静電気非接触可視化システムの実用化
		自動車エンジン用ピストンの生産効率の向上に資するダイカスト鋳造技術の開発
		薄膜系太陽電池モジュールの長寿命化を可能とする高水蒸気バリア性・高耐久性バックシート用素材及びバックシート多層成形技術の開発
		プリンテッド・エレクトロニクス用受容層の開発
	地域イノベーションクラスタープログラム(都市エリア型)	一次加工果実のための新規安全性獲得・管理技術の開発
		クエン酸発酵による新しい果実飲料の開発
		健康増進作用を有する機能性成分の解析とその原体調整法の開発
		香気成分・色素成分の活用技術開発
	地域イノベーション創出総合支援事業(地域資源活用型)	次世代型青果物剥皮技術の開発
	農林水産省技術会議委託プロジェクト研究	微高圧炭酸ガス処理技術を用いた南高梅の梅干加工技術の研究開発
	県単	新連携共同研究事業
カーボンニュートラルを目指した有機EL 素材の開発		
電子写真機器用静電植毛ブラシの製造に用いる従来に無い繊維長を有したパイル繊維の加工技術の開発		
戦略的研究開発プラン		ANAMOX 反応を用いた低コスト窒素除去技術の実証試験
		新しい医療材料構築のための機能性ペプチド固定化技術の開発
		カーボンコーティングによる農薬散布ノズルの改良
		草木染料を活用したファッションレザーの開発
		県特産果実を用いた新式果実酢醸造技術の開発
県内産パイル織物を用いた災害時・緊急時対策用マットの開発		

【平成23年度】

予算区分	事業名	課題名
国補	イノベーション創出基礎的研究推進事業発展型研究(一般枠)	昆虫抗微生物タンパク質改変ペプチドを利用した抗菌性素材の開発「改変ペプチドの加工剤化と抗菌性素材プロトタイプの実証試験」
	研究成果最適展開支援プログラム【FS】(探索タイプ)	電荷輸送と光吸収性分子を有する有機薄膜太陽電池用非共役系高分子の創製
		酸化劣化防止剤を添加した木質炭素化合物含有導電性塗料の開発
	戦略的基盤技術高度化支援事業	FRP 樹脂成形金型用 DLC 膜とその大型化技術の開発
MEMS 技術を応用した静電気非接触可視化システムの実用化		

国補	戦略的基盤技術高度化支援事業	自動車エンジン用ピストンの生産効率の向上に資するダイカスト鑄造技術の開発
		薄膜系太陽電池モジュールの長寿命化を可能とする高水蒸気バリア性・高耐久性バックシート用素材及びバックシート多層成形技術の開発
		複合樹脂の含浸による新しい木材のプラスチック化技術の開発
	地域イノベーション戦略支援プログラム (都市エリア型)	一次加工果実のための新規安全性獲得・管理技術の開発
		クエン酸発酵による新しい果実飲料の開発
		健康増進作用を有する機能性成分の解析とその原体調整法の開発
		香氣成分・色素成分の活用技術開発
	地域イノベーション創出総合支援事業 (地域資源活用型)	次世代型青果物剥皮技術の開発
		100%国産米原料による製菓用シロップ・粉体の開発
	農林水産省技術会議 委託プロジェクト研究	プリンテッド・エレクトロニクス用受容層の開発
農作業の軽労化に向けた農業自動化・アシストシステムの開発 農業用アシストスーツの開発「安全性評価に関する研究」		
県単	戦略的研究開発プラン事業	ANAMMOX 反応を用いた低コスト窒素除去技術の実証試験
		県特産果実を用いた新式果実酢醸造技術の開発
		草木染料を活用したファッションレザーの開発
	新連携共同研究事業	新規紫外線吸収ポリマー微粒子の製造技術開発
		バイオベース有機EL 素材の開発
		木質炭素化粉末を添加した混和着色強化剤による導電性コンクリート床材の開発

【平成24年度】

予算区分	事業名	課題名
国補	新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業	ウメ新品種「露茜」の需要拡大を目指した色素・機能性等の解明
	イノベーション創出基礎的研究推進事業発展型研究 (一般枠)	昆虫抗微生物タンパク質改変ペクチドを利用した抗菌性素材の開発「改変ペクチドの加工剤化と抗菌性素材プロトタイプの実証」
	研究成果最適展開支援プログラム【FS】 (探索タイプ)	三本ロール漆の酵素/熱二段階硬化による食器洗浄機対応型塗膜の開発
		試料分解処理を必要としない化成品中の金属分解法の開発
		パルスアーク放電によるイオン液体中金属ナノ粒子の開発
	戦略的基盤技術高度化支援事業	FRP 樹脂成形金型用 DLC 膜とその大型化技術の開発
		MEMS 技術を応用した静電気非接触可視化システムの実用化
		自動車エンジン用ピストンの生産効率の向上に資するダイカスト鑄造技術の開発
		自動車用複雑形状部品の製造技術を高度化する圧造複合プレス技術の開発
		低温・短時間硬化プリンテッド・エレクトロニクス用受容層材料の開発
農林水産省技術会議 委託プロジェクト研究	複合樹脂の含浸による新しい木材のプラスチック化技術の開発	
	農作業の軽労化に向けた農業自動化・アシストシステムの開発 農業用アシストスーツの開発「安全性評価に関する研究」	
県単	新連携共同研究事業	梅内在ペクチンを活かした新規梅加工品の開発
		クエン酸発酵による柿果実飲料の大量生産プロセスの開発
	戦略的研究開発プラン事業	高品質炭団のための木質炭化物加工技術の開発
		ANAMMOX 反応を用いた低コスト窒素除去技術の実証試験

【平成25年度】

予算区分	事業名	課題名
国補	一般財団法人内藤泰春科学技術振興財団調査・研究開発助成事業	レアメタルフリーの汎用色素を用いた色素増感型太陽電池の高効率化

国補	研究成果最適展開支援プログラム【FS】 (探索タイプ)	三本ロール漆の酵素/熱二段階硬化による食器洗浄機対応型塗膜の開発
		試料分解処理を必要としない化成品中の金属分解法の開発
		バイオベース有機顔料の開発
		パルスアーク放電によるイオン液体中金属ナノ粒子の開発
	戦略的基盤技術高度化支援事業	FRP樹脂成形金型用DLC膜とその大型化技術の開発
		自動車用複雑形状部品の製造技術を高度化する圧造複合プレス技術の開発
		低温・短時間硬化プリンテッド・エレクトロニクス用受容層材料の開発
複合樹脂の含浸による新しい木材のプラスチック化技術の開発		
農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業(実用技術開発ステージ)	高機能性ウメ品種「露茜」の需要拡大を目指した安定生産技術並びに加工技術の開発	
農林水産省技術会議 委託プロジェクト研究	農作業の軽労化に向けた農業自動化・アシストシステムの開発 農業用アシストスーツの開発 「安全性評価に関する研究」	
県単	未来企業育成事業	高機能化粧基剤フィトステロールエステルの製造管理条件・安全性および使用処方の開発
		高機能性繊維A-FIBER を活用した床ずれ防止用具の開発
		抗菌ペプチドを利用した繊維等加工剤の開発
		八升豆に含まれるL-DOPA を有効利用する加工技術の開発
		非対称性シリコン・マイクロミラーの開発
	農林水産業競争力アップ技術開発事業	和歌山県オリジナル品種の緊急育成(機能性を強化した「ジャバラ」交雑品種の育成)

【平成26年度】

予算区分	事業名	課題名
国補	戦略的基盤技術高度化支援事業	低温・短時間硬化プリンテッド・エレクトロニクス用受容層材料の開発
		自動車用複雑形状部品の製造技術を高度化する圧造複合プレス技術の開発
		メタボローム分析の高精度・ハイスループット化に資する試料自動前処理・注入技術及び装置の開発
	農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業(実用技術開発ステージ)	「露茜」の商品化に向けた加工技術開発及び高付加価値化に向けた生理機能特性の解明
農林水産省技術会議 委託プロジェクト研究	農作業の軽労化に向けた農業自動化・アシストシステムの開発 農業用アシストスーツの開発 「安全性評価に関する研究」	
県単	未来企業育成事業	樹熟極みあんぼ柿の製造
		新再織生地の開発
		動的解析を用いた非対称シリコン・マイクロミラーの高励振効率化に関する研究
	農林水産業競争力アップ技術開発事業	ウメ新品種「橙高」の色・機能性を活かした生産加工技術開発 和歌山県オリジナル品種の緊急育成(機能性を強化した「ジャバラ」交雑品種の育成)

【平成27年度】

予算区分	事業名	課題名
国補	一般財団法人内藤泰春科学技術振興財団調査・研究開発助成事業	気相重合導電性高分子のパターニング技術の開発
	公益財団法人廃棄物・3R 研究財団 廃棄物・海域水環境保全に係る調査研究費助成制度	一槽式SADシステムによる海面埋立管理型処分場浸出水の高効率・低コストの窒素低減技術の提案
	産総研地域連携戦略予算プロジェクト(産総研からの委託)	3Dスキャナと3Dプリンタの連携によるクローズドループエンジニアリングの実証
	戦略的基盤技術高度化支援事業	36G シンカーベロア編成技術による極細高密度パイルトナーシール材の開発

国補	戦略的基盤技術高度化支援事業	メタボローム分析の高精度・ハイスループット化に資する試料自動前処理・注入技術及び装置の開発
	農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業(実用技術開発ステージ)	「露茜」の商品化に向けた加工技術開発及び高付加価値化に向けた生理機能特性の解明
県単	未来企業育成事業	ホルムアルデヒド分解微生物によるホルムアルデヒド含有排水の処理方法の確立
	農林水産業競争力アップ技術開発事業	ウメ新品種「橙高」の色・機能性を活かした生産加工技術開発 県オリジナル品種「きゅうき」の越年出荷技術の確立

【平成28年度】

予算区分	事業名	課題名
国補	革新的技術開発・緊急展開事業(うち地域戦略プロジェクト)	特長ある品種のラインナップによるウメ需要拡大と生産者の所得向上
	公益財団法人廃棄物・3R研究財団 廃棄物・海域水環境保全に係る調査研究費助成制度	一槽式SADシステムによる海面埋立管理型処分場浸出水の高効率・低コストの窒素低減技術の提案(その2)
	戦略的基盤技術高度化支援事業	36Gシンカーベロア編成技術による極細高密度パイルトナーシール材の開発 メタボローム分析の高精度・ハイスループット化に資する試料自動前処理・注入技術及び装置の開発
	皮革産業振興対策事業費補助金 環境対応革開発実用化事業	環境に配慮した製革技術及びジャパンレザー開発の検討
県単	農林水産業競争力アップ技術開発事業	ウメ新品種「橙高」の色・機能性を活かした生産加工技術開発
		紀州材構造用床パネルの開発
		機能性成分を含有する良食味なカンキツ新品種の育成
		県オリジナル品種「きゅうき」の越年出荷技術の確立



## 1 はじめに

定年退職して7年半経った10月のある日、和歌山県工業技術センター（以下「工業技術センター」という。）から100周年記念誌に載せる原稿を依頼された。フェルラ酸に関するものである。フェルラ酸を開発して既に四半世紀を経過しているので一抹の不安を覚えながらもその依頼を受諾した。

これから四半世紀も遡って過去の事を思い出しながら書くことになる。そのため、この仕事は私にとっては自分の人生を振り返ることのできるものとなろう。したがって、フェルラ酸以外の人間関係や周辺事情にも言及することになろう。それゆえ、この私の文章を読んでもくださる人、特に若い人の参考になることを期待しながら書き進める。

フェルラ酸の開発事業は、その事業に取り組む前から種々の伏線あるいはある種の誘導があったことを是非とも理解して頂きたい。そして、この事業が成功し、完成するためには数多くの人の努力があったことを見出してほしい。

## 2 研究開発に取り組む事となった経緯およびその経過

### 2.1 出会い

平成元年（1989年）、私は企画情報部（現、企画総務部）に配属された。その年は、「和歌山県工業試験場」から「和歌山県工業技術センター」と名称が変更された年であり、通商産業省キャリアの横山勝雄氏が所長として赴任された年でもある。私は、工業技術センターの今後のあり方や制度について毎日のように所長と議論した。また、一種の秘書的な役割も担い、異業種交流会（各種の企業の経営者の集まりの会、30数社が参加）のお世話役をしていた。その年には合計10回の交流会を開催し、企業経営者の皆さんに日本各地から招いた講師の話を聞いてもらった。横山所長には、毎回出席して頂いた。講演会の後は、交流会を行うのが常であった。この交流会のメンバーの中に築野食品工業株式会社（以下「築野食品工業（株）」という。）の副社長築野卓夫氏（当時は専務取締役）がおられた。10回も交流会を催すうちに私と築野副社長とはすっかり親しくなった。また、この交流会は私にとっては和歌山県内のいろいろな企業を知るきっかけになった。思い返せば、非常にいい経験をしたと思っている。

もう一つの大事な出会いがあった。小西化学工業株式会社（以下「小西化学工業（株）」という。）の重役（当時）の尾形栄治氏との出会いだ。尾形氏は毎年正月を迎えると私に会いに来てくださり、いろいろな為になる話をしてくださるのであった。その中で重要な話があるので次に会話形式で記載する。

尾形：うちの会社の社員の研究が成功してプラント（工場）を造ることになったのです。そして、その社員が大変よろこんでいるのですよ。谷口さんもプラントを造って見たらその喜びが分かるよ。

谷口：尾形さん、それは無理ですよ。私は公務員ですよ。

尾形：谷口さん、そんなこと言っていてはダメだと思う。公務員でもプラントを造ることができるのだ。

私は、この尾形氏の言葉をしっかりと心に留めた。実に貴重な話をしてくれたものだ。

## 2.2 精密化学チーム

平成元年も秋を過ぎようとしていた頃、横山所長から「谷口さん、研究に戻ってくれないか」と要請された。私は喜んでその要請を受けた。平成2年度（1990年）には機構改革を行って「精密化学チーム」を作ってくれた。私はそのリーダーであり、一緒に仕事をしてくれるようになった職員は野村英作氏（現：和歌山工業高等専門学校教授）で、2人のチームであった。私は嬉しかった。私の心がけたことは次の5つである。

- ①何か企業に役立つことをする。
- ②後輩を育てる。
- ③企業の人材を育てる。
- ④研究費は自分で稼ぐ。
- ⑤ことばとしての「容易＝easy、やさしい」を重視する。

まず、野村英作氏に博士の学位を取らせたいと思い、手掛けていたカリックスアレーン類に関する研究テーマを引き継いでもらった。彼はよく頑張り、10報以上の論文を書いた。大阪府立大学工学部の大辻吉男教授に主査をお願いして博士（工学）の学位を頂けた。論文博士である。このような人材育成は、工業技術センターが始まって以来初の出来事であった。また、県内の化学企業から研究生を受け入れた。そのために企業を回ってその経営者に訴えた。その当時は和歌山県内のほとんどの化学企業は大阪市立工業研究所（現：地方独立行政法人 大阪市立工業研究所。以下「市工研」という。）と親交があり、工業技術センターにはあまり来られなかったのである。情けなく、且つ残念に思っていた。なんとかして、県内の企業が工業技術センターに来てくれるようにしなければならない。市工研に追いつきたい思いでいっぱいであった。

私は、研究者であるとともに一種の商売人であったかもしれない。企業から研究生を受け入れると同時に、その企業から研究費を入れてもらえるように努力した。

## 2.3 フェルラ酸開発のきっかけ

精密化学チームが発足して間もない4月のある日、築野食品工業（株）の築野卓夫氏が相談にやってきた。自社の副産物である米糠ピッチ<sup>\*)</sup>をなんとか処理してくれないかという相談であった。その米糠ピッチで20年以上も困っているという。その時、私は築野卓夫氏に「社長に会わせてください。先ず、社長と話をさせてください。」という趣旨の話をした。

幾日か過ぎた後、私と野村氏の2人で築野政次社長（後の会長、現在は故人）に会いに行った。社長は、快く迎えてくれた。後で知ったことであるが、和歌山県の公安委委員長を経験された方である。社長から戦争（第二次世界大戦）の時の話などをいろいろ聞いた後、問題の米糠ピッチの話になった。話のあと、私は「社長、絶対やります。そのかわり、私にとことんついて来てくださ

い。」と明言した。築野食品工業(株)から工業技術センターへの帰路、私は野村氏に「えらい事言ってしまった。」とつぶやいた。よくもまあ、あの社長に向かってきっぱりと言えたものだ。これで責任は重大になった。

#### 2.4 いよいよフェルラ酸の開発

私は、専門である有機化学の知識と技術を総動員して取り組んだ。

まず、米糠ピッチの分析に取りかかった。薄層クロマトグラフィー (TLC)<sup>\*2)</sup> の手法と NMR スペクトル<sup>\*3)</sup> を用いて分析を行った。すると米糠ピッチの中に  $\gamma$  - オリザノール (図 1) が存在することが分かった。そこで、シリカゲルカラムクロマトグラフィー<sup>\*4)</sup> を行って  $\gamma$  - オリザノールを取り出すことに成功した。

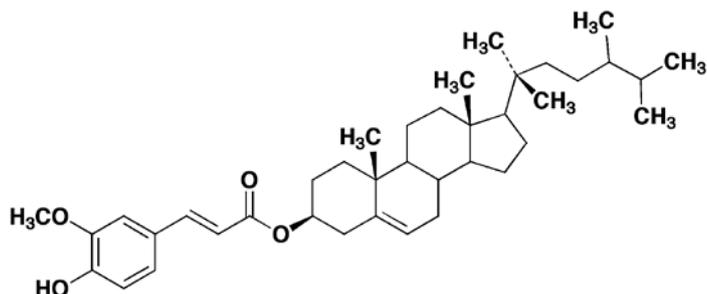


図 1.  $\gamma$  - オリザノール

$\gamma$  - オリザノールは、土屋知太郎によって昭和 29 年 (1954 年) に米ぬか油から発見されたポリフェノール<sup>\*5)</sup> の一種である。古くから、更年期障害の症状の緩和、不安、緊張、抑うつや高脂血症への効果、効能により医薬品として使用されてきた。また、酸化防止剤として食品添加物にも認可されている。最近では、抗炎症作用、抗アレルギー作用、皮膚の乾燥や肌荒れを防ぐ作用、筋肉疲労防止作用などが報告されており、化粧品やサプリメントなどに幅広く利用されている。

私は大いに喜んだ。あの米糠ピッチから多くの効能がある  $\gamma$  - オリザノールを取り出すことが出来たのだ。これで成果が得られたと一時は思った。しかし、シリカゲルカラムクロマトグラフィーを用いて取り出した  $\gamma$  - オリザノールは、1kg 取り出すのに薬品代だけでも 100 万円必要であった。これでは商売にはならない。このような高価なものを誰が買うであろう。

商売にするためには「やさしい」方法が大事である。 $\gamma$  - オリザノールはエステル<sup>\*6)</sup> の形をしている。フェルラ酸とトリテルペンアルコールの縮合物である。これなら加水分解<sup>\*7)</sup> できると考えた。簡単に考えていた。ところが簡単にはいかなかったのである。毎日毎日、種々の条件で米糠ピッチの加水分解を試みた。今から考えるとよくアイデアが毎日出てきたものだ。毎日毎日、失敗の連続だった。しかし、諦めなかった。築野社長との約束があったからだ。もう一つ、横山所長からも何か成果をあげてくれることを期待されていたのである。

$\gamma$  - オリザノールそのものを加水分解することも試みた。どのような条件を試しても分解はしなかった。 $\gamma$  - オリザノールの分子模型を組み立てるとトリテルペンアルコールの部分非常に大きいことが分かった。これでは水分子 ( $H_2O$ ) が近づけない。トリテルペンアルコール部によって水分子は弾かれてしまう。これが原因で加水分解しないと考えた。

この時点までは米糠ピッチのことを産業廃棄物と呼んでいた。毎日、「廃棄物」という言葉を使っていると自分の心が暗くなっていくのが分かった。それで、何とかよい方法はないかと考え、私は米糠ピッチを「未利用資源 (未来に利用できる資源)」と呼ぶことにした。この未利用資源という言葉は私の心を温かくしてくれた。

それ以来、100 通り以上の条件で加水分解を試みた。それでも失敗の連続であった。ある日、午前中に会議があったため、実験は午後一番に始めた。夜の 8 時ぐらいになった時、反応を終え、

後は冷却するのみとなり、反応装置をそのままにして帰宅した。翌日、一番に三口フラスコを見るとその中は真っ黒な油が上層に、クリアな黄色の水溶液が下層に溜まっていた。きれいに2層に分離していたのである。下層のクリアな黄色の水溶液を分液ロートで分離した。分離した水溶液は、アルカリ性を示した。そこで、その黄色溶液に希硫酸を少しずつ加えていった。そうすると真っ白な固体（粉末）が析出してきた。米糠廃油を加水分解していたので沢山の成分からなる混合物だと初めは思っていたが薄層クロマトグラフィーによる分析の結果はたったの1成分のみであった。これは奇跡だと思った。エタノール水で再結晶すると無色透明な針状結晶が得られた。融点は172℃。NMR スペクトル、IR スペクトル<sup>8)</sup> による測定により、その1成分がフェルラ酸であることが判明した。米糠ピッチから10%の重量でフェルラ酸（図2）を製造することに成功した。この時、すでに平成2年の12月になっていた。同じ実験を3回繰り返して行い、間違いなくフェルラ酸が製造できることを確認した。世界で初めて、フェルラ酸の大量製造ができることを実験室的に確かめたのであった。

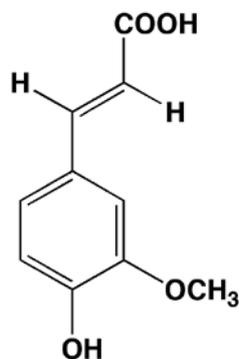


図2. フェルラ酸

平成2年の12月中ごろ、米糠ピッチからフェルラ酸ができたことを報告するために築野食品工業（株）を訪問した。築野食品工業（株）では企画開発室の研究員の人達以外にも数人の人達が私の話を聞いてくれた。その中に、目をキラキラ輝かせて話を聞いてくれている女性がいた。私は話をしながらも、その女性の真剣な眼差しに心を打たれていた。その人は、現社長の築野富美氏（当時、副社長）であった。

早速、特許出願の準備に取り掛かった。平成3年（1991年）の2月には築野食品工業（株）が利用している東京の鈴江内外国特許事務所で出願手続きを行った。特許出願日は平成3年3月13日であった。その後、世界十数カ国に外国出願を行った。

平成3年10月の初めに和歌山県庁で「フェルラ酸の開発」に関するプレス発表を行った。大手各紙に大きく取り上げられた。また、NHKは工業技術センターの実験室で料理番組を作るような要領で実験の様子を取材し、築野政次社長（当時）にもインタビューを行った。私は、その取材に2日間もつきあうこととなった。その後、スタッフは1週間ほどあちこちと回って取材を行い、10月中旬に約5分間のニュース番組として放映された。この時は近畿版のニュースであったが、後に全国で放送され、問い合わせが殺到した。

ここで、改めてフェルラ酸に初めて出会ったときの私の感動を記しておきたい。白色の粉末がフェルラ酸であると分かったとき、私は何とも言いようのない不思議な興奮に満たされていた。まるで大変美しい恋人に出会ったような気分であった。お米はそのほとんどの成分は炭水化物である。それなのににお米の中に、芳香環の入った化合物があるなど考えてもいなかった。しかも、二重結合とカルボン酸<sup>9)</sup>まで入っているではないか。自然は何という計らいをするのだろうか。わたしはフェルラ酸の化学構造式に大いに魅せられた。

## 2.5 フェルラ酸の製造—工業化

築野食品工業(株)は、平成4年(1992年)にはフェルラ酸製造工場を建設した。もちろん当時の社長である築野政次氏が号令をかけたのである。副社長の築野卓夫氏は、化学工学を専攻していたためプラント設計は彼が行った。月産5tのフェルラ酸製造設備が完成した。ここに至るまでには法律的に解決しなければならない問題が幾つもあった。まず、フェルラ酸は、わが国では新規物質であったため当時の通商産業省と厚生労働省に新規化学物質の届け出を行った。また、フェルラ酸の安全性に関する検査を所定の検査機関で行った。その他、労働者の健康を守るための法律もクリアしなければならなかった。これらは全て築野食品工業(株)が行った。

当時の築野政次社長が私との約束を果たしてくれたものであり、フェルラ酸製造工場ができたことは私にとっても非常に嬉しい出来事であった。以前に小西化学工業(株)の尾形氏に教わった言葉を思い出した。尾形氏の言われた通りであった。

## 2.6 フェルラ酸の性質及び利用方法

フェルラ酸が工業的に製造できるようになったものの、その性質及び利用方法については不明な点が多く、売るための研究をしなければならないと考えた。平成3年(1991年)の秋ごろ、慶応義塾大学理工学部の小川誠一郎教授にお会いする機会があった。先生は私に素晴らしい言葉を与えてくださった。「谷口さんはフェルラ酸を産んだ。これからそれを育てなければいかんよ!」と。そこで、私は平成4年からフェルラ酸の利用方法について研究に取り組んだ。初めは和歌山県の予算と築野食品工業(株)からの受託研究費で研究を行った。研究員は私と野村英作氏、そして築野食品工業(株)から派遣された研究員の3名であった。この研究でフェルラ酸はポリフェノールの一環で抗酸化作用があること、人体や植物に有害な紫外線を吸収する性質のあることが判明し、数々のデータが集まった。

平成8年(1996年)には細田朝夫氏(現:工業技術センター企画総務部長)が工業技術センターに入所し、わたしの研究室に配属された。丁度そのころ野村英作氏はアメリカのリーハイ大学に博士研究員として留学していた。そのため精密化学チームは依然として2人であった。細田氏の専門は高分子の分野だったが、彼に有機化学分野の専門家になってもらいたいと考え、有機化学の教科書を先ず勉強してもらった。彼は短期間で有機化学の基礎をマスターした。

### 2.6.1 地域先導研究

平成9年(1997年)4月には野村英作氏がアメリカから帰ってきた。これで精密化学チームの研究員は3名になった。ここからが本当の勝負である。研究を進めるために大きな研究予算を獲得しようと考え、ある大手の自動車会社が公募している懸賞資金の獲得に動こうとしていた。平成9年の秋ごろのことである。丁度そのころ、県庁の小堀基二氏(後に部長職になる)が工業技術センターに来られ、科学技術庁の研究予算に申請することを勧めてくれた。当時の仮谷志良知事の命令で和歌山県としては初めて科学技術庁の予算獲得を目指すものであった。

科学技術庁の科学技術振興調整費・地域先導研究は、全国で毎年3件しか採択されない競争的研究資金である。過去に採択された案件を調べると、その研究代表者(「地域中核オーガナイザー」という。)は国立の旧帝大クラスの教授や国立研究機関の研究者ばかりであった。地方の公設研究機関から研究提案書を申請することは異例中の異例な事であったが挑戦することにした。

そこで、研究申請書の作成には準備に充分時間を掛け、ある作戦を練った。これまでの採択案件は、同一学部や同一学会に所属する研究者達のグループで作成されたものであった。例えば、医学部のみ、工学部のみ、農学部のみ、研究者のグループである。私は、米糠から生産されるフェルラ酸が如何に重要な物質であるかを社会に認識してもらうために、

- ① フェルラ酸の性質を詳細に調べるチーム

- ② フェルラ酸を用いて生理活性物質などの有用物質を合成するチーム
- ③ フェルラ酸および得られたフェルラ酸誘導体の生理活性および医学方面への利用展開を行うチーム

等を編成した。したがって、工学部系の研究者、農学部系の研究者、医学部系の研究者を集め、参加した研究機関は14機関にも及んだ。研究者は総勢55名、外部結集研究者14名のチームとなった。このような医農工連系チーム構成は、全国でも初めてのものであった（後に、当時の大蔵省からこのチーム編成が大いに称賛された。）。十分に時間を掛けて計画した書類を作成し、申請した。その結果、全国で8件が書類審査を通過し、その中にわれわれの提案書も含まれていた。

その8件のテーマについてのヒアリングが科学技術庁で行われることになった。上位3位以内の評価が得られれば合格である。平成10年（1998年）2月20日に私は当時の所長であった田端英世氏、企画総務部長であった上川二三雄氏（後に所長になる。）に付添われて科学技術庁で行われたヒアリングに出席した。審査委員長は東大元総長の森 亘先生（後に文化勲章を受章された。）で、約15名の審査委員がおられた。私はオーバーヘッドプロジェクター（当時はこれがプレゼンの最先端の機器。）を用いて説明した。説明が終わるや否や審査委員長の森先生が腕を高く上げて、「これは素晴らしい。」と大きな声で言ってくくださった。同年3月5日に合格内定の通知が工業技術センターに届いた。平成10年度から平成12年（2000年）度までの3カ年間の研究で、1年間1億円、合計3億円の研究費をいただけることになった。研究テーマ名は、「こめぬかを原料とする環境に適合した有機化学工業に関する基礎研究」である。詳しい研究成果は省略するが3カ年間で出版した論文は79報、口頭発表・ポスター発表は150件、出願特許は27件にも及んだ。大きな成果を得たと思っている。

この研究には、科学技術振興事業団（現：科学技術振興機構（JST））から3名のポスドクを派遣していただいた。中村浩蔵氏（現：信州大学大学院准教授）、柏田 歩氏（現：日本大学大学院准教授）、三宅靖仁氏（現：工業技術センター主任研究員）の優秀な博士たちである。また、当時の工業技術センター副所長の藤田氏が事務補助員を探して来てくれた。東 美和子氏（現：木内美和子氏）である。彼女は各研究機関の先生方への連絡などを行ってくれた。この4名の人達はそれぞれの立場でよく働いてくれた。

また、この研究により細田氏に博士の学位を取らせたいと考えた。彼に大阪府立大学大学院工学研究科に社会人ドクターとして入学してもらった。彼はよく頑張って論文を11報書いた。平成14年（2002年）3月に彼は見事に博士（工学）の学位を取得した。

平成13年（2001年）度の終わりに近いころ、研究評価が行われることになった。当時、財団法人和歌山テクノ振興財団（現：公益財団法人わかやま産業振興財団）に工業技術センターから派遣されていた北口 功氏を伴って、文部科学省（当時、科学技術庁は文部省に組み込まれた。）に出かけた。約1時間の説明と質疑応答1時間の長丁場であった。その評価結果を次に示す（文部科学省のホームページから転載）。

評価結果（文部科学省・科学技術・学術政策局、科学技術振興調整費室）

テーマ名：「こめぬかを原料とする環境に適合した有機化学工業に関する基礎研究」

（研究期間：平成10年度～12年度）

地域中核オーガナイザー：谷口久次（和歌山県工業技術センター化学技術部部长）

（1）研究課題の概要

米は我が国において年間1,200万トン生産されており、玄米を精米すると10%の米糠が生じる。米糠から米サラダ油が製造されているが、この際に、米糠ピッチが排出される。和歌山県では、

米糠ピッチからポリフェノール系化合物であるフェルラ酸を効率的に製造する技術を確認している。フェルラ酸は、抗酸化性、紫外線吸収の機能を有している。

本研究においては、米糠から米サラダ油を製造する際に、廃棄物として生じる米糠ピッチから各種の有用成分の抽出を試みるとともに、すでに製造法を確立したフェルラ酸を原料とした有機工業化学の確立を目指すことを目標として実施された。また、フェルラ酸の誘導体に関する研究を行うとともにその同族フェノール類の生化学的、化学的、物理的特性に関する研究も実施された。

## (2) 総評

米糠から米サラダ油を製造する際に排出される米糠ピッチから製造されるフェルラ酸を原料にして、各種有用物質を合成し、合成した物質の機能や性質を特徴付ける等の研究が行われたものであり、今後のフェルラ酸及び他のポリフェノール類の利用を進めて行く上で注目すべき研究が行われた。特にフェルラ酸等を原料として、発がん予防物質、抗酸化物質、紫外線吸収物質等の有用物質の合成及びその評価研究を行い、有用な成果がみられた。研究目標の達成度、目標設定の適切さ、研究成果、地域等への波及効果などの評価項目において高く評価され、総合的に非常に優れた研究であった。なお、現時点ではフェルラ酸を出発物質としての各種合成物質における作用メカニズムの解明までには至っていないので、引き続き研究を継続し、研究成果の事業化等へ展開が期待される。

## (3) 評価結果

### 1 フェルラ酸及びその同族フェノール類を基礎原料とする有機工業化学に関する研究

米糠ピッチから得られるフェルラ酸および他のポリフェノール類を原料として、発がん予防、抗酸化、紫外線吸収、発芽調整および抗菌などに効果が見込まれる物質の合成が行われた。特に発がん予防物質の開発においては、フェルラ酸から大腸発がん予防物質として効果が期待される ethyl 3-(4'geranyloxy-3'-methoxyphenyl)-2-propenoate (以下「EGMP」という。)の合成に成功したことは評価できる。紫外線吸収物質の開発においては、紫外線吸収領域、熱的安定性及び抗酸化性において、優れた効果が期待されるフェルラ酸エステルが合成されたことは評価される。

### 2 フェルラ酸及び同族フェノール類を原料として得られた各種生理活性物質の生理活性及びその利用展開に関する研究

第1のサブテーマで合成した新規化合物約150種について、主に発がん予防、抗酸化の評価研究が行われた。大腸発がん予防の研究においては、動物実験等によりEGMPは大腸発がんを抑制する知見が得られた。抗酸化の評価結果においては、第1サブテーマから提供された化合物の中に強力な抗酸化作用を示す知見が、また、フェルラ酸自身に血糖値下降作用および血糖値上昇抑制作用を示す知見が得られた。農業分野においての評価研究では、イネの穂発芽抑制効果およびタマネギの萌芽作用抑制効果が存在する知見が得られた。

今後は、フェルラ酸化合物の作用メカニズムの解明の研究を進め、実用化等への展開が期待される。

### 3 こめサラダ油製造時に排出される「こめぬかピッチ」を原料とした生分解性プラスチックの生成に関する研究

こめぬかピッチを原料として、生分解性プラスチックに関する研究が行われた。特にこめぬかピッチを原料として得られたポリウレタン発泡体の生成に成功し、この発泡体の生分解性の知見が得られた。今後の研究が期待される。

## 2.6.2 フェルラ酸の各種の利用研究

### ① 大腸発がん予防剤の開発

地域先導研究グループの中の近畿大学生物理工学部の小清水弘一教授たちが夏みかんの

皮からオーラプテンという発がん予防物質を発見した。その化学構造式を模倣して、ethyl 3-(4'geranyloxy-3'-methoxyphenyl)-2-propenoate（以下「EGMP」という。）の合成に成功した。この生理活性に関する研究は国立がんセンター研究所の津田洋幸部長のもとで行われ、マウスとラットを用いた研究で大腸発がん予防効果があることが判明した。

この成果について、工業技術センターでプレス発表を行ったところNHK、民報の各テレビ局、新聞社等の記者が多数集まり、大きなニュースとして取り上げられた（図3、図4）。

#### ② 血糖降下作用の発見

地域先導研究グループの和歌山大学の森下比出子教授たちによるマウスを用いた研究で、フェルラ酸に血糖降下作用のあることが見いだされた。私たちは、多くのフェルラ酸誘導体を合成し、フェルラ酸以上の血糖降下作用のある物質を見出すことに成功した。

#### ③ フェルラ酸が糖尿病腎症を抑制

最近の血液透析導入患者の多くは、糖尿病患者でもある。フェルラ酸が糖尿病患者の腎臓を守ることを期待して、和歌山県立医科大学の南條輝志男教授のグループ、及び築野食品工業（株）と一緒に共同研究を行った。その結果、ラットを用いた研究で「フェルラ酸が糖尿病腎症を抑制」することが分かった。そのプレス記事を図5に示す。

#### ④ 工業材料への応用

フェルラ酸は桂皮酸誘導体<sup>\*10</sup>の構造を持つことから、紫外線吸収作用が存在することが判明した。この事実を基にして各種の工業材料を製造することに成功した（詳細は省く）。

平成15年（2003年）にそれまでの研究成果をまとめた総説を有機合成化学協会誌に投稿し、採択された。詳しくは 谷口久次、野村英作、細田朝夫；「総説 米糠から生産されるフェルラ酸の有用物質への展開」有機合成協会誌、Vol. 61 No.4、2003、310-321. を参照されたい。

### 2.6.3 アルツハイマー型認知症に対するフェルラ酸の効果

中村重信・広島大学名誉教授らは、アルツハイマー型認知症患者143名に対してフェルラ酸の臨床試験を行った。その結果、アルツハイマー病患者の認知機能は通常時間の経過とともに低下し続けるが、軽度の場合、試験終了時（9ヶ月間）まで症状の改善が続き、中程度患者も6ヶ月後まで改善が続いた。

現在、フェルラ酸を用いてアルツハイマー型認知症の予防のために多くのサプリメントが開発され、商品化されている。

### 2.6.4 香料への利用

フェルラ酸は、香料バニリン製造の原料として使用されている。バイオテクノロジーの技術を用いてフェルラ酸がバニリンに変換される。この技術はヨーロッパにおいて開発された。

### 2.6.5 研究成果

フェルラ酸を用いて多くの研究を行った。詳細は省くが、SciFinderで検索すると、フェルラ酸関連のみでわれわれが発表した論文数は58報、特許出願は17件、国際特許は15件、招待講演は平成22年（2010年）現在109件（国際会議7件を含む）である。

## 3 受賞（フェルラ酸関係のみの受章）

- (1) 平成6年（1994年）10月 近畿通商産業局長表彰
- (2) 平成9年3月 和歌山ロータリークラブ60周年記念奨励賞

# 米ぬか成分が大腸がん抑制

和歌山県工業技術センターは、米ぬかに含まれるフェルラ酸を原料に開発した「EGMP」が大腸がんの予防に大きな効果があることが分かったと発表した。国立がんセンター研究所のシステムを使った実験で、鶏がんの抑制効果が確認された。フェルラ酸は従来、石炭を分解・精製して取り出していたが、米ぬかから抽出すれば費用は約半分にできるという。両センターは「ほかに実用性が高い」と期待している。広島市で20日からは開かれる日本癌学会で発表する。

フェルラ酸は有機化合物の一種で、がん予防的作用があるといわれている。県工業技術センターが1998年、米ぬかの有効利用でフェルラ酸の抽出技術を開発。昨年から科学技術庁と共同で研究を進め、EGMPを「抽出」した。がんセンター研究所がEGMPの効果を実験した。

がんは、正常な細胞が変質して発生する。実験では、大腸がんを誘発する「予発がん物質」をマウスに投与。その後、EGMPを投与したマウスと、その後のEGMPを投与したマウスとを比較した。その結果、EGMPを投与したマウスは、EGMPを投与しないマウスに比べて、通常の細胞が変質して発生する細胞の発生数が、普通のマウスを投与したマウスの半分以下であった。がんセンター研究所の津田洋幸・化学療法部長は「副作用などの研究を進めなければならぬが、食糧に含まれる自然物質としての有効性を高く評価している。EGMPの抽出技術が効果をもたらすのかは不明だが、将来的には他のがんにも効果が期待できる」と話している。

【後援】和歌山県工業技術センター

図3. 毎日新聞の記事(1999年9月15日朝刊)

9月15日 水曜日  
1999年(平成11年)第16026号

# 和歌山新報

THE WAKAYAMA SHIMPŌ



県工業技術センター 所長を中心とした米ぬか研究会。竹中 浩一(左)が司会を務める。右から、谷口 谷口、津田、岡の各氏(41日、県工業技術センターで)

## 大腸発がん予防物質を開発

県工業技術センター米ぬかを原料に  
中心の研究グループ

ノールの研究グループは、米ぬかから抽出したフェルラ酸を原料とした大腸発がん予防物質を開発した。これまでに、動物実験で、大腸がんの発生率を約半分に抑えることが確認された。米ぬかから抽出したフェルラ酸は、大腸がんの発生率を約半分に抑えることが確認された。米ぬかから抽出したフェルラ酸は、大腸がんの発生率を約半分に抑えることが確認された。

フェルラ酸は有機化合物の一種で、がん予防的作用があるといわれている。県工業技術センターが1998年、米ぬかの有効利用でフェルラ酸の抽出技術を開発。昨年から科学技術庁と共同で研究を進め、EGMPを「抽出」した。がんセンター研究所がEGMPの効果を実験した。

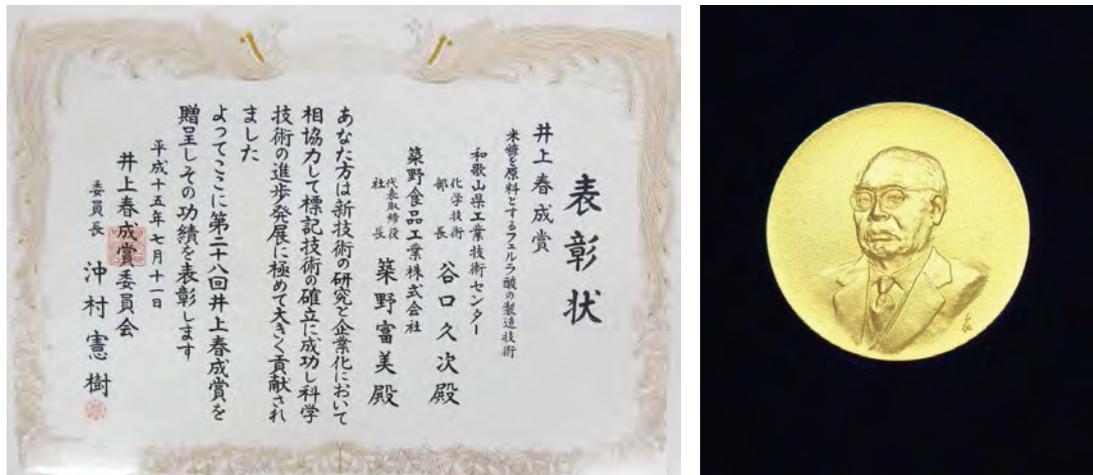
がんは、正常な細胞が変質して発生する。実験では、大腸がんを誘発する「予発がん物質」をマウスに投与。その後、EGMPを投与したマウスと、その後のEGMPを投与したマウスとを比較した。その結果、EGMPを投与したマウスは、EGMPを投与しないマウスに比べて、通常の細胞が変質して発生する細胞の発生数が、普通のマウスを投与したマウスの半分以下であった。がんセンター研究所の津田洋幸・化学療法部長は「副作用などの研究を進めなければならぬが、食糧に含まれる自然物質としての有効性を高く評価している。EGMPの抽出技術が効果をもたらすのかは不明だが、将来的には他のがんにも効果が期待できる」と話している。

図4. 和歌山新報の記事(1999年9月15日朝刊)



図5. 和歌山新報の記事 (2008年1月17日朝刊)

- (3) 平成 15 年 7 月 井上春成賞受賞  
(科学技术振興機構・井上春成賞委員会)  
受賞名：米糠を原料とするフェルラ酸の製造方法  
これまでの本受賞は大学教授と大企業の受賞であったが、地方公設研究機関の研究員と中小企業の組み合わせで受賞することは初めての出来事であった。  
(図6) (写真1) (図7)
- (4) 平成 22 年 4 月 23 日 飯島藤十郎食品技術賞 (平成 21 年度分)  
受賞名：米糠副産物からのフェルラ酸の製造技術の開発
- (5) 平成 24 年 (2012 年) 11 月 1 日 有機合成化学協会関西支部賞  
受賞名：米糠から生産されるフェルラ酸の有用物質への展開



賞状 表彰状 井上春成賞 和歌山県工業技術センター 化学技術 部長 谷口久次 殿 築野食品工業株式会社 代表取締役 築野富美 殿 あなた方は新技術の研究を企業化において相協力して標記技術の確立に成功し科学技術の進歩発展に極めて大きく貢献されました。よってここに第二十八回井上春成賞を贈呈しその功績を表彰します。 平成十五年七月十一日 井上春成賞委員会 委員長 沖村憲樹

図6. 受賞者記念写真、賞状およびメダル



写真1. 井上春成賞贈呈式写真 (前列左から3番目が著者、右隣 築野富美社長)

2003年(平成15年)7月11日(金)

毎日新聞

独創的な科学技術開発に贈られる

# 井上春成賞を県内初受賞

「県工技センターの谷口部長と「築野食品工業」



受賞の喜びを語る谷口久次さん(右)と築野富美さん

産業界の独創的な科学技術開発に贈られる今年度の井上春成賞(科学技術振興事業団主催)に、県工業技術センター工学技術部長の谷口久次さん(55)と食用油脂メーカー「築野食品工業」(本社・かつらぎ町新田)が選ばれた。県内では初めてのこの賞、地方自治体の研究機関からの受賞は珍しく、谷口さんは「有名な大手企業を肩を並べての受賞で、大変誇りに思います。県内企業の発展に役立てていきたい」と話している。贈呈式は11日、東京都内で開かれる。【山田泰正】

## 米ぬかを原料にフェルラ酸

## 製造コスト大幅削減

さまざまな用途

井上春成賞は旧工業技術者(個人)を顕彰するため76年に創設。研究開発を商業的に成功させたケースが対象で、これまで12件が受賞した。研究者(個人)と企業(法人)の組み合わせで表彰される。

かからずサラダ油などを製造しており、工程の最後に出る廃油「米ぬかピッチ」の処理に頭を痛めていた。80年ごろからセン

マは、米ぬかを原料とするフェルラ酸の製造技術。フェルラ酸は抗酸化作用を持つ化学物質「ポリフェノール」の一種で、人体に発がん性を抑制する効果を持つ。香りの酸化防止剤、農薬用の種子発芽抑制剤などさまざまな用途がある。微生物や病害虫に対する防制作用もあり、抗がん剤としての利用の研究も進んでいる。

築野食品工業は、米ぬ

ターと再利用の実験を重ね、アルコールを加えてフェルラ酸を抽出する技術を開発。それまで主流だった石油から合成して製造する方法だと、製造コストが1トンあたり二十数万円かかったのを、1万円程度まで下げることが可能になった。

同社は年間約60トン程度のフェルラ酸を製造、国内外の大手香料メーカーや食品メーカーなどに出荷している。築野食品工業は、天然素材から作ったフェルラ酸は評価も高く、資源を再利用する循環型社会の実現にもつながる。今後は発がん予防物質を用いた機能性食品の開発にも取り組むみたいと話している。

図7. 毎日新聞記事、平成15年7月11日朝刊

#### 4 これからの展望

平成27年(2015年)11月4日のNHKの番組「ためしてがってん」において、コーヒーを一日に3～4杯飲むと動脈効果が予防でき、その結果心臓病になる率が減少する、という内容が放送された。その原因はコーヒーの中に含まれるフェルラ酸が血液のマクロファージ<sup>\*11)</sup>に働いてコレステロールを除去するためである。このようなことが分かったのはごく最近のことである。他にも、フェルラ酸には高血圧改善効果が認められている。また、筋肉疲労予防効果、うつ病改善効果等も報告されている。さらに、木材に薬剤を注入するときのキャリアになる。玉ねぎの発芽抑制作用もある。これらの結果が商売に結びつくことを期待する。

われわれの研究では、フェルラ酸は強力な抗酸化作用と紫外線吸収作用を有することが分かった。米糠から得られるフェルラ酸は天然物である。それゆえ、この性質を利用した化粧品や各種健康サプリメントの開発が今後より一層進むであろう。また、フェルラ酸は桂皮酸誘導体であることから種々の工業材料としてもその用途開発が行われるだろう。

私たちの研究によって、天然物の米糠から化学物質「フェルラ酸」が純品として得られることが分かった。フェルラ酸の製造は、農産物から芳香環が入った化合物を純品で且つ、トン単位で製造することができるようになった世界で初めての例である。これは、非常に重大なことを今後の世界に示唆している。すなわち、今の地球環境を考慮すると、化学工業においては、従来のように石油・石炭のような化石資源(地下資源)を原料とするのではなく、再生可能な地上資源を使用する時期に来ている。特に、炭素資源に関しては空気中の二酸化炭素を使用するのが好ましい。しかし、空気中の二酸化炭素の量は0.036%程度で、人類はこのような微量の二酸化炭素を利用するための技術は未だに手にしていない。したがって、このように希薄な二酸化炭素を利用するためには葉緑素を媒介とする光合成によって得られる農産物などの植物を資源とするしかない。これらの植物を地上資源という。われわれは後世の人類のために、未来の美しい地球のために地下資源を使用するのではなく地上資源を利用することを考え、そのための研究を行うべきである。

#### 5 おわりに

私たちが行ってきたフェルラ酸の開発とその性質等に関する研究成果は上述したように研究論文と特許に示されている。Googleで「フェルラ酸」を検索すると今や50数万件がヒットする。このようにフェルラ酸は日本のみならず世界的な物質になったのは私たちの貢献もあるが、それだけではない。私がフェルラ酸の開発に成功した当時は日本国内の法律ではフェルラ酸は新規物質であり、フェルラ酸がどういう性質を持っているかは不明であった。しかし、当時の社長築野政次氏は大きな決断をくださったのである。フェルラ酸が売れるか売れないかわからない時に「フェルラ酸製造工場」の建設を命じた。先見の明があったのである。その工場建設は、副社長築野卓夫氏の卓越した知識によって行われた。そして何よりもフェルラ酸が商品になったのは、現社長築野富美氏(当時副社長)の貢献が大きい。彼女は得意な英語力を用いて世界中に、特に欧米に営業活動を行った。彼女の意気込みは「絶対に売る」という強い信念をもったものであった。また、フェルラ酸は新規物質であったために、化審法<sup>\*12)</sup>による新規化学物質の届け出(通商産業省、厚生省)、食品添加物としての認可申請(厚生省)、化粧品原料として使用できるための許可申請(厚生労働省)などは全て築野食品工業(株)が単独で行った。通常は、大企業が行っていることである。築野食品工業(株)は和歌山県では大きな企業であるが、全国的にみると中堅企業というところであろう。私はこのような企業が大企業に負けないでよく各種の法律、規制をクリアしたものだと思わずにはおれない。

以上のことが相まって新規物質「フェルラ酸」が商品になったのである。また、研究者と企業家の絶妙な組み合わせがあったから成功したと私は思っている。

## 謝 辞

この文章全体を読んで頂くとフェルラ酸に関する研究を行う前から、そして、その最中にもタイミングよく素晴らしい人々に出会い、貴重な言葉、あるいは各種の働きを頂いていることがわかるであろう。私はこれら全ての人、事に感謝します。

フェルラ酸を用いる各種の研究には、工業技術センターだけでも多くの人のお世話になった。中でも特に、野村英作氏と細田朝夫氏の二人の働きが大きかった。この二人との出会いがあったからこそフェルラ酸の研究を大きく進めることができた。この二人には心からお礼を申し上げます。

最後に、私はフェルラ酸との出会いに、そしてそのきっかけを与えてくださいました築野食品工業(株)に心から感謝申し上げます。また、フェルラ酸の研究に従事して頂いた研究者は非常に多い。これらの方々に厚くお礼申し上げる次第である。

以下にその氏名(敬称略)と当時の所属機関等を記載する。

### 和歌山県工業技術センター

野村英作 博士(工学)、細田朝夫 博士(工学)、森 一 博士(理学)  
三宅靖仁 博士(工学)、中内道世、池本重明 博士(理学)、  
山西妃早子、尾崎嘉彦 博士(農学)、内田昌宏、山口和三 博士(学術)

### 和歌山工業高等専門学校

高木浩一教授 博士(工学)、米光 裕 博士(工学)

### 築野食品工業株式会社

築野卓夫副社長 修士(農学)、南 晴靖、加藤浩司、山東樹行、林 千恵子  
丸田祐子

### 通産省工業技術院大阪工業技術研究所

清水 洋 博士(工学)、杉野卓司 博士(工学)、物部浩達 博士(工学)

### 通産省工業技術院産業技術融合領域研究所

平谷和久 工学博士、名川吉信 博士(工学)、高橋利和 博士(工学)  
北条博彦 博士(工学)

### 大阪府立大学

水野一彦教授 博士(工学)、杉本 晃 博士(工学)、松村 昇 博士(工学)  
前多 肇 博士(工学)

### 和歌山大学

森下比出子教授 博士(医学)、関西鍼灸短期大学 大西基代 博士(薬学)

### 和歌山県立医科大学

南條輝志男教授 博士(医学)、佐々木秀行 博士(医学)  
岩橋秀夫教授 博士(理学)、福島和明 博士(理学)

### 大阪市立大学生活化学部

中谷延二教授 博士(工学)、菊崎泰枝 博士(学術)

### 科学技術振興機構(JST)

柏田 歩 博士(工学) 現在:日本大学 准教授  
中村浩蔵 博士(工学) 現在:信州大学 准教授

### 国立がんセンター研究所

津田洋幸 博士(医学)、鳥山弘靖 博士(医学)、高須賀信夫 博士(医学)、  
飯郷正明 博士(医学)、上原宣昭 博士(医学)

### 京都大学大学院農学研究科

小清水弘一（名誉教授） 博士（農学）、大東 肇（教授） 博士（農学）

村上 明 博士（農学）

和歌山県農林水産総合技術センター農業試験場

藤岡唯志 博士（農学）、神藤 宏、西岡晋作、辻 佳子

以上。

#### 【用語解説】

- \*1) 米糠ピッチ：米糠から米油を製造する際に排出される高粘性の油状成分。
- \*2) 薄層クロマトグラフィー：(Thin-Layer Chromatography (TLC))。表面にシリカゲルなどの分離剤が薄く塗布された、ガラス等でできたプレート。化学反応の進行具合を確認したり、混合物を分離したりすることができる。
- \*3) NMR スペクトル：NMR (Nuclear Magnetic Resonance の略) 測定により得られる情報。NMR 測定装置を利用することで、分子を磁場中に入れて核スピンの共鳴現象を観測し、物質の構造を原子レベルで解明することができる。
- \*4) シリカゲルカラムクロマトグラフィー：有機化合物の精製法のひとつ。筒状容器に詰めた「シリカゲル」などの分離剤中を通過させることにより、目的化合物を分離精製することができる。
- \*5) ポリフェノール (polyphenol)：たくさん (ポリ) のフェノールという意味であり、分子内に複数のヒドロキシル基を有するフェノール誘導体の総称。植物中の色素や苦味の成分として知られ、その数は 5,000 種以上に及ぶ。
- \*6) エステル：有機酸または無機酸とアルコールとの脱水縮合（水分子の脱離を伴い酸成分とアルコール成分が結合）により生成する化合物の総称。
- \*7) 加水分解：水が反応し分解生成物が得られる反応のこと。有機化合物、例えばカルボン酸エステルの加水分解では、元のカルボン酸とアルコールが生成する。
- \*8) IR スペクトル：赤外分光法 (infrared spectroscopy (IR)) により得られる情報。物質に赤外線を照射することで得られるスペクトルから、対象物の構造を推測することができる。
- \*9) カルボン酸：少なくとも一つのカルボキシ基 ( $-COOH$ ) を有する有機化合物。
- \*10) 桂皮酸誘導体：植物界に広く存在する芳香族不飽和カルボン酸に分類される有機化合物。シナモンの香りで代表されるように、芳香を持つ化合物が多い。
- \*11) マクロファージ：白血球の 1 種。生体内をアメーバ様運動する食細胞で、死んだ細胞やその破片、体内に生じた変性物質や侵入した細菌などの異物を捕食して消化する。
- \*12) 化審法：「化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律」の略称。人の健康を損なうおそれ又は動植物の生息・生育に支障を及ぼすおそれがある化学物質による環境の汚染を防止することを目的とする法律。

INTEC

A photograph of a modern building facade. The word "INTEC" is prominently displayed in large, illuminated, three-dimensional letters on the upper left side of the building. The building's exterior is composed of a grid of perforated panels, with horizontal bands of lighter-colored material. To the right, a glass-enclosed section of the building is visible, featuring a series of windows. A tall, thin antenna or flagpole extends from the roofline against a clear blue sky. The overall scene is captured from a low angle, looking up at the building.