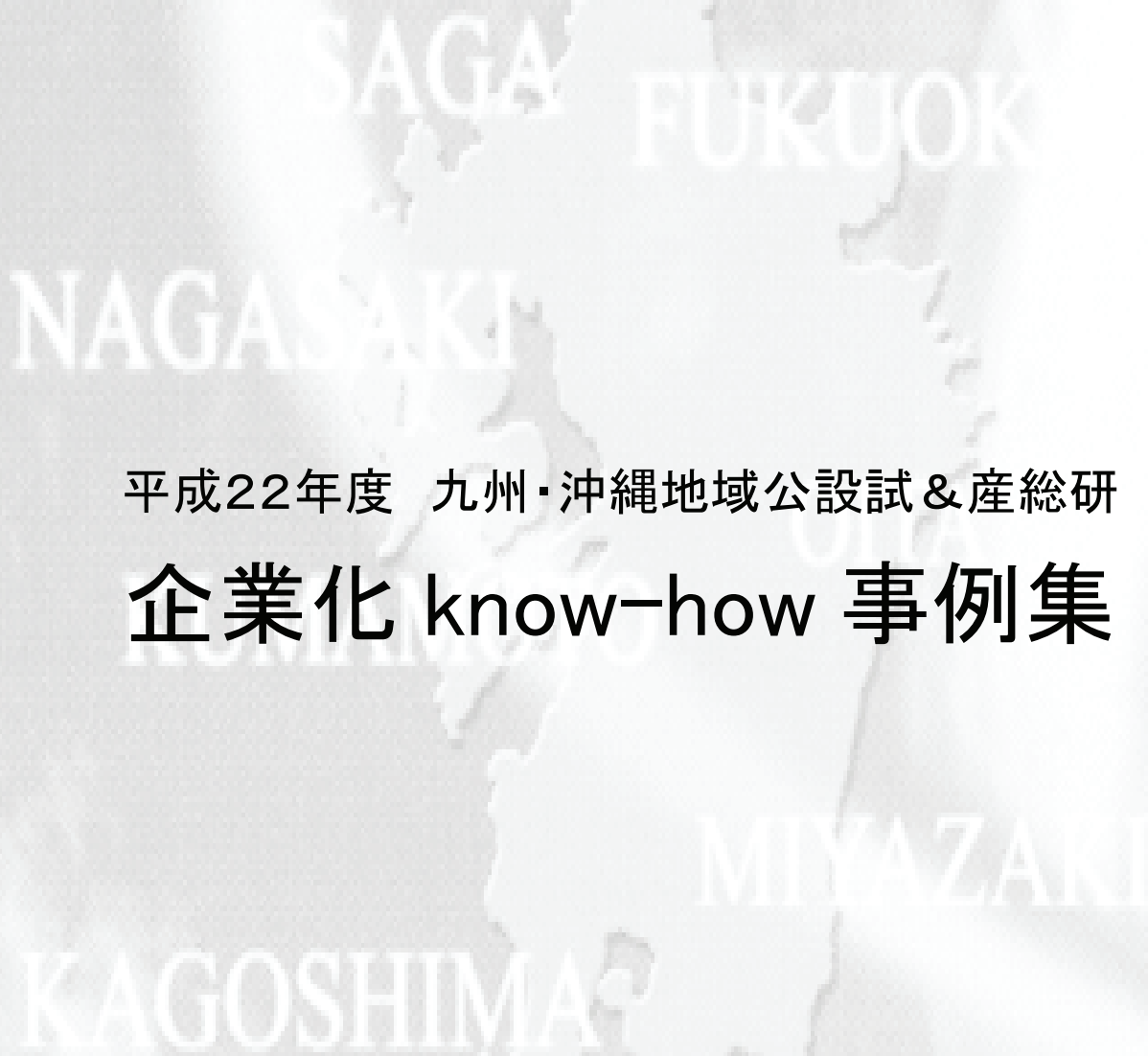


九州・沖縄地域産業技術連携推進会議および産技連九州・沖縄地域部会の合同事業

平成 22 年度 九州・沖縄地域公設試&産総研活用フォーラム（平成 22 年 9 月 30 日）にて発表



平成22年度 九州・沖縄地域公設試&産総研 企業化 know-how 事例集

産業技術総合研究所 九州産学官連携センター
九州経済産業局地域経済部 技術企画課

技術を社会へ
Integration for Innovation



独立行政法人
産業技術総合研究所
九州センター

目次

No.	テーマ名	発表企業	発表研究者	ページ
1	環境に優しい鉄道レール用はんだ材及び接合工法の開発	株式会社昭和テックス 代表取締役会長 吉永 克美	福岡県工業技術センター 機械電子研究所 生産技術課 課長 中村 憲和	5
2	ハウス用加温機の熱交換効率を向上する省エネ製品の開発	株式会社第一総合企画 代表取締役社長 樋渡千春	佐賀県工業技術センター 生産技術部 特別研究員 田中 徹	12
3	多機能性を有する「イカ・タコ産卵床」の商品化に係る改善指導	株式会社哲建設 技術顧問 加藤 英之	熊本県産業技術センター ものづくり室 研究参事 土村 将範	18
4	工業用水浄水汚泥を利用したエコレンガの開発	宮崎高砂工業株式会社 製造部 営業企画係長 長田 孝樹	宮崎県工業技術センター 資源環境部 竹田 智和	24
5	高効率光触媒フィルター及び水処理モジュールの開発	日本ビラー工業株式会社 開発事業部 開発1部開発2G 主査 古田 健也	産業技術総合研究所 生産計測技術研究センター 主任研究員 谷 英治	28
6	非破壊計測技術TFDRSを用いた携帯型糖度計の開発	株式会社メカトロニクス 代表取締役 立石賢二	長崎県工業技術センター 電子情報科 専門研究員 下村 義昭	34
7	農商工連携による梅加工品の開発と商品化事例	株式会社おおよま夢工房 総支配人 緒方 英雄	大分県産業科学技術センター 食品産業担当主幹研究員 廣瀬 正純	38
8	火山噴出物を用いた軽量断熱シラス瓦の開発	有限会社瀬戸口瓦工場 専務取締役 瀬戸口 和徳	鹿児島県工業技術センター 素材開発部 袖山 研一	44
9	軽量でフィティング性に優れた関節装具の開発	株式会社佐喜真義肢 取締役常務 木村 薫	沖縄県工業技術センター 生産技術研究班 泉川 達哉	48



機関名	〒	所在地	TEL	FAX
九州経済産業局地域経済部技術企画課	812-8546	福岡市博多区博多駅東 2-11-1	092-482-5461	092-482-5392
(独)産業技術総合研究所 九州センター	841-0052	鳥栖市宿町 807-1	0942-81-3600	0942-81-4089
福岡県工業技術センター	818-8540	筑紫野市大字上古賀 3-2-1	092-925-7721	092-925-7724
佐賀県工業技術センター	849-0932	佐賀市鍋島町大字八戸溝 114	0952-30-8161	0952-32-6300
佐賀県窯業技術センター	844-0022	西松浦郡有田町黒牟田丙 3037-7	0955-43-2185	0955-41-1003
長崎県工業技術センター	856-0026	大村市池田 2丁目1303番 8号	0957-52-1133	0957-52-1136
長崎県窯業技術センター	859-3726	東彼杵郡波佐見町稗木場郷 605-2	0956-85-3140	0956-85-6872
熊本県産業技術センター	862-0901	熊本市東町 3-11-38	096-368-2101	096-369-1938
大分県産業科学技術センター	870-1117	大分市高江西1丁目4361-10	097-596-7100	097-596-7110
宮崎県工業技術センター	880-0303	宮崎市佐土原町東上那珂 16500-2	0985-74-4311	0985-74-4488
鹿児島県工業技術センター	899-5105	霧島市隼人町小田 1445-1	0995-43-5111	0995-64-2111
沖縄県工業技術センター	904-2234	うるま市宇州崎12番2	098-929-0111	098-929-0115

「企業化 know-how 事例集」発刊の趣旨

本事例集は、産総研が刊行している「Synthesiology - 構成学」に習って発行しようとするものです。

「Synthesiology - 構成学」の目的とするところは、研究開発の成果を社会に生かすために何を行えばよいかについての知見を記載したものを論文とし、これを蓄積することによって、研究開発を社会に生かすための方法論を確立し、その一般原理を明らかにすることです。このこと(趣旨)は本事例集と同じです。

研究者は既存技術の限界を拡大するために日々努力する中から、新しい原理や方法を発見することを最大の使命と考えています。このとき参考にするのは学術論文であり、自身の研究成果は多くの場合、(特許出願などののち)学術論文(口頭発表)として発表されます。そして、研究者としての評価は、主として発表件数により行われます。そのため研究者は自身の開発した技術を企業化しようとする意欲が研究開発ほど強くないでしょう。しかし、公設試の役割のひとつは、新しく開発した技術を社会へ還元する(企業化)ことにあるにもかかわらず、企業化を誰がどのようにして行うかがあいまいなままとなっている現状があります。

本事例集は、実際に企業化された事例を様式化された方法で記述し、あいまいさを多少とも明確にさせて、企業化への道筋が見えるものにしようとするものです。そして研究者、研究管理者、組織の管理者を含む読者が自分たちの研究開発成果を社会に生かすための方法や指針を獲得し、組織のあり方に反映されることを期待するものです。ここに発行のメリットがあると考えています。

本事例集に基づく知の集積により、研究開発の効率化や研究成果の企業化がいくらかでも高まるならば、それは産業技術連携推進会議活動の大いなる成果であると考えます。

編集方針

- (1) シーズ研究の概要
 - (公設試の技術)
 - (大学等の技術)
 - (企業の技術)
- (2) 開発の端緒
 - テーマとの出会い
 - 人との出会い
- (3) 目標の設定
- (4) 社会的価値
- (5) 具体的なシナリオ
- (6) 研究成果
 - 主な成果
 - 企業化に至ったキーポイント
- (7) 到達点
- (8) 開発に携わった研究者の思い
- (9) ディスカッション

巻頭言

九州・沖縄地域の工業系公設試と産総研九州センターは、各研究機関の技術シーズと企業の産業化シーズをうまくマッチングさせる形の共同研究を積極的に実施し、その結果、企業が製品化に結び付ける活動を積極的に展開している。これらの共同研究においては、研究所と企業の出会ってから実際の製品化まで、関係者が様々な努力を積み重ねているが、論文や製品という形にならない、いわゆる「know-how」は、世の中に知られることは極めて少ない。しかし、製品化に至る過程で蓄積されたこれらの「know-how」は、次の共同研究を短期間のうちに成功に導くための有益な情報の塊であり、成功事例紹介という形で積極的に第三者に伝えることが重要である。

産技連九州・沖縄地域部会では、毎年、合同成果発表会として、企業と公設試・産総研との共同研究成果発表会を行っている。平成22年度は、9月30日に北九州市小倉北区にある西日本総合展示場新館において開催された「平成22年度九州・沖縄地域公設試&産総研活用フォーラム」の一環として、9件の成功事例が研究機関および企業双方の研究開発担当者から報告された。いずれの講演においても、両者の出会いから製品化に至るまでの様々な成功要因が熱く語られ、100名を超す聴衆が熱心に聞き入ってくださった。その報告を、平成21年度より事例集として発行しており、今回、第2巻として記録にとどめることができたことは、企業のご理解と発表していただいた研究者・技術者のご協力があったからであり、発表会を企画した事務局として大変喜ばしく感じている。

できるだけ多くの方々に本事例集をお読みいただき、今後の企業化共同研究の成功への手がかりとして頂ければ望外の喜びである。



宇都 浩三

産総研九州センター 所長

1. 環境に優しい鉄道レール用はんだ材及び接合工法の開発

福岡県工業技術センター機械電子研究所 生産技術課 課長 中村 憲和
株式会社昭和テックス 代表取締役会長 吉永 克美

(1) シーズ研究 (又は開発) の概要

鉄道レールは、列車検知用の電流や電車の駆動電流を流すため (図1)、レールに「ボンド端子 (銅製)」をはんだで接合 (図2) し、レール間を電氣的に接続している。従来のはんだ材は強度を高めるため Cd や Pb などの有害物質を用いる場合が多く、環境負荷が大きいことが課題であった。

そこで、株式会社昭和テックスは、福岡県工業技術センター、九州工業大学及び (財) 鉄道総合技術研究所の技術支援を受けて、環境汚染防止や作業者の健康に配慮した有害物質を含まず、従来よりも3倍以上の耐振性を有する鉄道レール用はんだ材及び接合工法 (レールボンド) を開発した。

(公設試の技術) 金属系材料の拡散接合、ろう付技術

(大学等の技術) 多元系合金の熱力学的解析技術、列車振動試験評価技術

(企業の技術) 鉄道関連の信号保全装置の施工技術

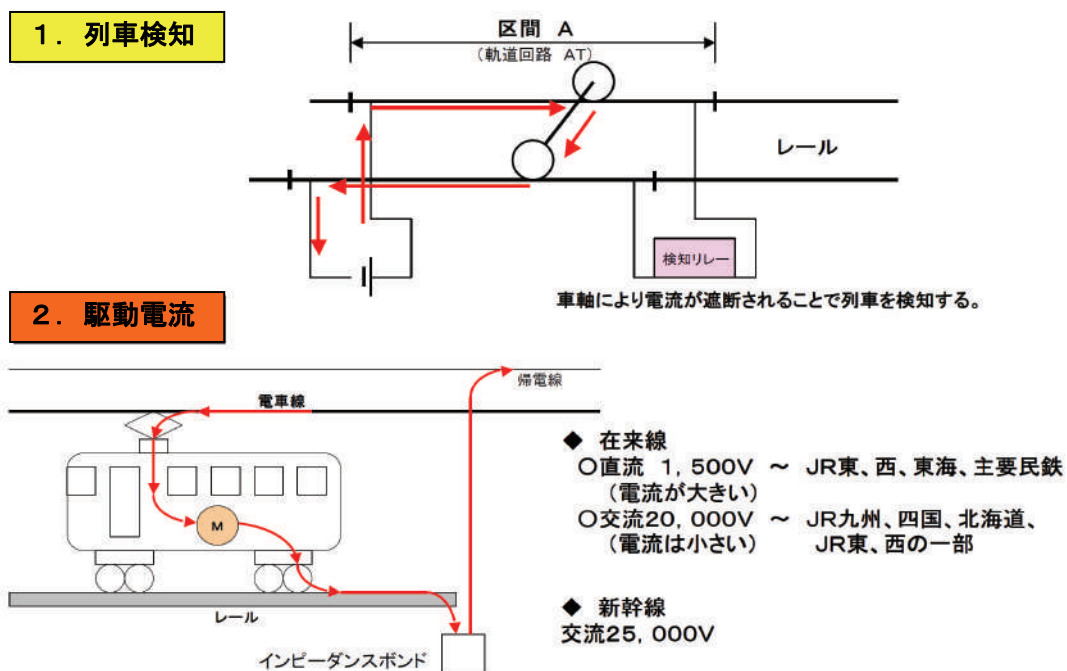


図1 レールに流れる電流の模式図

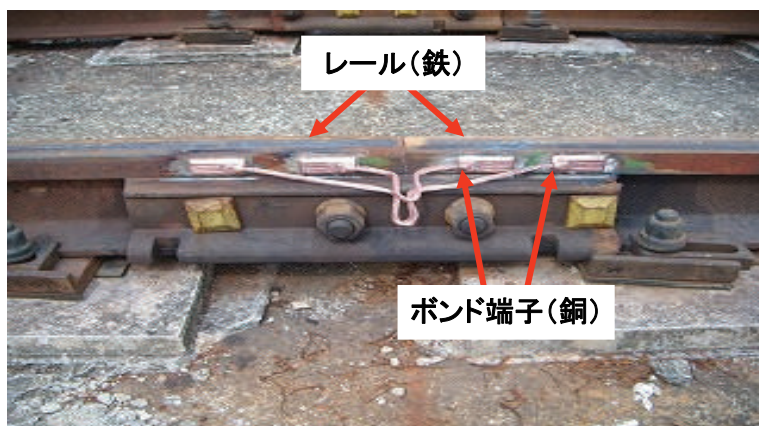


図2 ボンド端子接合状況

(2) 開発の端緒

テーマとの出会い

(株)昭和テックスは、昭和 24 年に鉄道における信号保全装置を扱える特異業者としてスタートし、以来、鉄道事業における工事関係に特化した事業を続けてきた。平成 14 年頃までは、信号保全関係事業の他、ロングレール化のためのレール溶接工事等で比較的安定した経営が続いた。しかし、それ以降は、工事の採算が厳しい状況となったため、全般的な下請け工事から、鉄道の中でも特異な工事や特異製品の製造に経営の軸足を移していくことを検討した。その際、鉄道業界ではレールボンド用のはんだ材に有害物質である Cd が含有していることが長年の懸案であり、この課題を解決するために、平成 17 年から人・環境・レールに優しいはんだ材の開発を始めた。

人との出会い

(株)昭和テックス単独では、新しいはんだ材の開発は困難であり、開発の支援機関を探していた時、「球状黒鉛鋳鉄の接合のための新しいろう材」を開発した特許と出会った。この新しいろう材を開発したのは福岡県工業技術センターであり、平成 18 年から技術支援を受け、本格的な開発を始めた。

(3) 目標の設定

最大の課題は、Cd や Pb を含有せず耐振性に優れ、しかも、レール鋼に熱影響を与えず低温で接合可能なはんだ材の開発であった。そこで、金属系材料の拡散接合やろう付技術を得意とする福岡県工業技術センター機械電子研究所及び金属系材料の多元系合金の熱力学的解析技術を得意とする九州工業大学の協力を得て、状態図計算を用いたはんだ材の設計を行い、数種類のはんだ組成を選定して従来のはんだを凌ぐことを目標とした。具体的な目標は下記の通りである。

○組成に有害物質である Cd 及び Pb を含有しない。

理由：環境汚染防止及び作業者の健康に配慮するため。

○融点（液相線温度）を約 300℃以下とする。

理由：接合時のレール素材への熱影響を極力低減させるため。特に、約 720℃以上に加熱すると靱性値の低い組織（マルテンサイト）となるため、その温度の 1/2 以下とした。

○耐振性に優れていること。

理由：列車の走行において、繰り返しの振動があり、ボンド端子の脱落や、素線切れを防ぐ必要がある。

○簡便な工法であること。

理由：従来工法では、接合のためのはんだ量が多く、はんだの溶融攪拌などの熟練技術を有し、習熟には時間を要する。

(4) 社会的価値

列車が通過するときの振動によりレールボンドのはんだ接合面が剥がれ、ボンド端子が脱落してしまう事象が頻繁に発生していた。また、従来工法では、はんだの接合強度を高めるために Cd が不可欠とされており、環境負荷が大きいものであった。

本研究開発により環境汚染防止や作業者の健康に配慮した、有害物質を含まず従来よりも 3 倍以上の耐振性を有する鉄道レール用はんだ材及び接合工法を開発できたことは社会的に大きな意義を有するものである。

(5) 具体的なシナリオ

平成 17 年 1 月	交流用レールボンド開発に着手、平成 18 年 2 月にプロジェクトチーム（5 名）発足
平成 18 年 4 月～	J R 九州鹿児島本線 3 箇所を始め日豊本線ほか 3 箇所フィールド試験開始
平成 18 年 6 月	福岡県工業技術センター機械電子研究所及び九州工業大学とはんだ材の開発に着手
平成 18 年 9 月	経済産業省 中小企業・ベンチャー挑戦支援事業（実用化研究開発事業）に採択
平成 20 年 2 月	J R 北海道室蘭本線、平成 21 年 6 月函館本線でフィールド試験開始

この間にはんだ材を完成し、ボンド端子と素線のカシメ方法及び端子形状の開発、工具の開発、研磨砥石の開発を行い、製品化を図った。また、耐振性を評価するため、(財)鉄道総合技術研究所の協力で列車振動加速試験機を導入し、評価を行うことで、耐振性の良いはんだ組成を決定すると共にボンド端子の形状や素線の太さやカシメなど工夫しながら開発を進めた。また、実際のレールへの施工で、作業者の技量差により仕上がりの善し悪しが生じており、作業者の技量差によらず均一に仕上がる施工方法を目指し、工具等の開発も併せて進めた。

- 平成 20 年 10 月 直流用レールボンド開発に着手
- 平成 21 年 11 月 JR九州で交流用レールボンドが採用
- 平成 22 年 6 月 「ボンド並びにボンドの接合方法」で国際特許を取得
- 平成 22 年 8 月～ JR西日本、東急電鉄、名古屋鉄道等で直流用レールボンドのフィールド試験開始

(6) 研究成果

主な成果

① 状態図計算を用いたはんだ組成の設計

状態図計算には、多元系状態図計算ソフトウェア Pandat (Compu Therm LLC 社) を使用した。今回は、Pb フリーハンダの主要成分である Sn をベースに、融点を低下させる Zn 及び Ag、通電性及び熱伝導性の優れる Cu を含有元素として選定した。三元合金として Sn-Cu-Zn 系、Sn-Ag-Zn 系 Sn-Ag-Cu 系の 3 つの系で設計を行った。図 3 に、計算結果の一例として、Sn-Ag-Zn 系の Sn リッチ側の計算結果の 3 元合金液相面図を示す。図中に合わせて緑線で等温線 (°C) を示している。また、表 1 に包晶点 (U)、共晶点 (E) の化学組成及び液相線温度と固相線温度を示す。いずれも液相線温度は目標値の 300°C 以下を満足している。

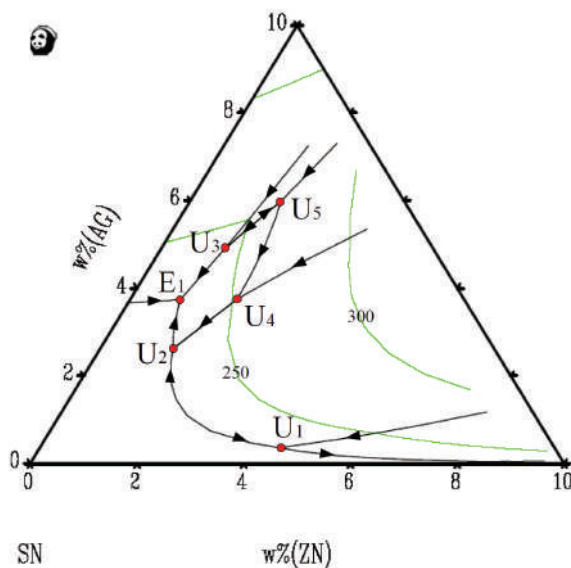


図 3 Sn-Ag-Zn 系 3 元合金液相面図

表 1 包晶点、共晶点の化学組成及び液相線温度と固相線温度

	Sn (wt%)	Ag (wt%)	Zn (wt%)	液相線温度 (°C)	固相線温度 (°C)
★ U ₁	95.2	0.4	4.4	210	193
★ U ₂	96	2.6	1.4	218	216
★ U ₃	93.8	5	1.2	241	216
★ U ₄	94.3	3.7	2	253	216
★ U ₅	92.4	5.9	1.7	266	216
★ E ₁	95.4	3.7	0.9	216	216

② 振動試験

振動試験の加振機は、空気圧を動力源とする建設工事用ブレイカーであり、0.45~0.75MPaの圧縮空気を供給するエンジンコンプレッサーによって駆動し、上下方向に19~27m/S²、左右方向に12.5~18m/S²の振動加速度を与える。加振機による加振周期は約 5×10^{-2} 秒である。

図4に振動試験材のボンド端子の取付位置を示す。また、図5に前記組成の内、2つの包晶組成(U₂、U₄)と共晶組織(E₁)を選定し、その振動試験結果を示す。いずれの取付位置における耐振性も共晶組成のはんだ材が最も優れており、従来材と比較して、3倍以上であることが分かった。

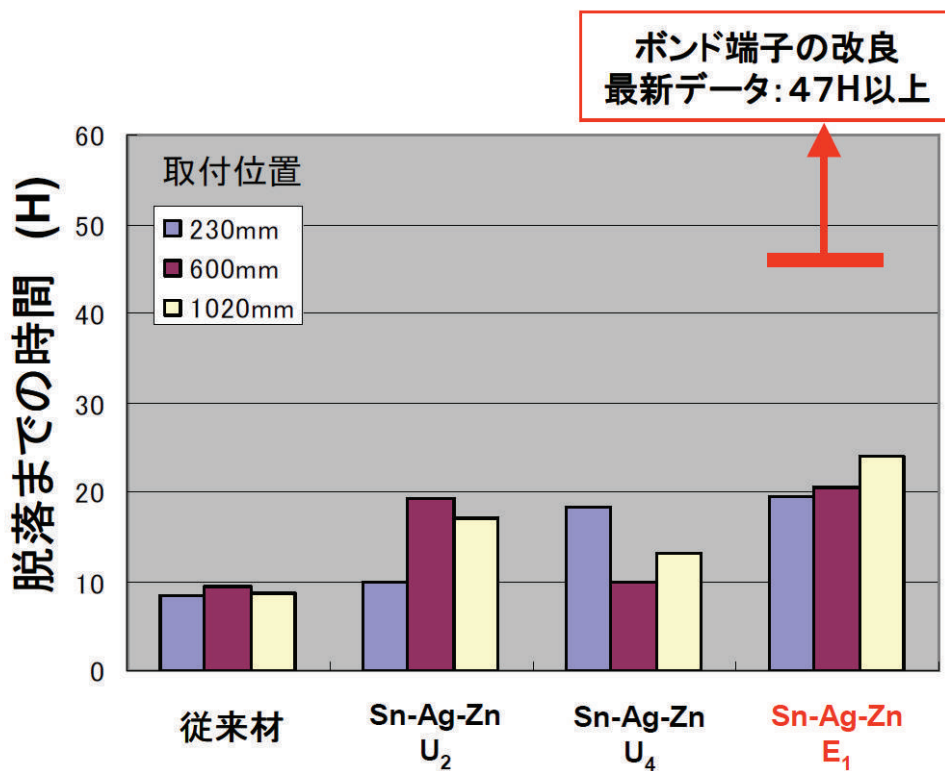
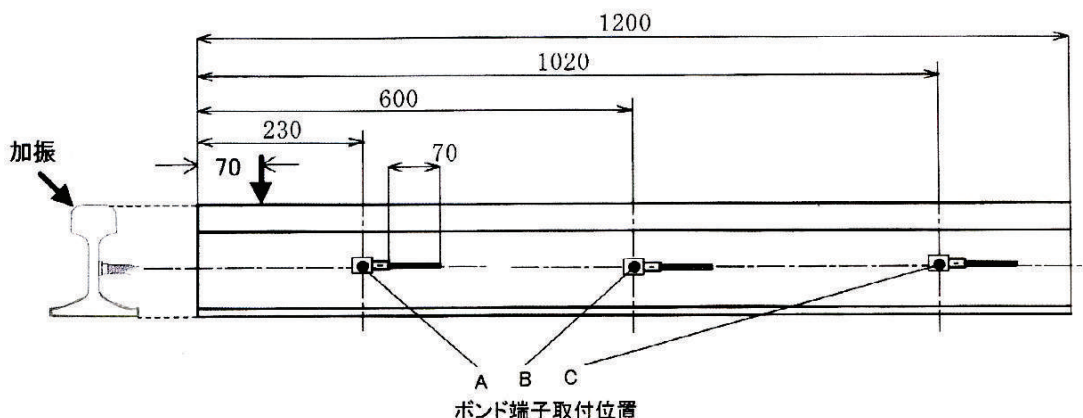


図5 振動試験結果

③ 新工法の開発

最適はんだ材組成は、共晶組成で液相線温度と固相線温度が同じであり、一般的には、使用しづらいものであるが、その特性を十分活かした新工法を開発した。図6に開発した新工法の模式図を示す。また、図7に開発したボンド端子及び工具を示す。これにより、使用はんだ量も非常に少なく、作業者の技量差を問わず高精度の接合が可能となった。

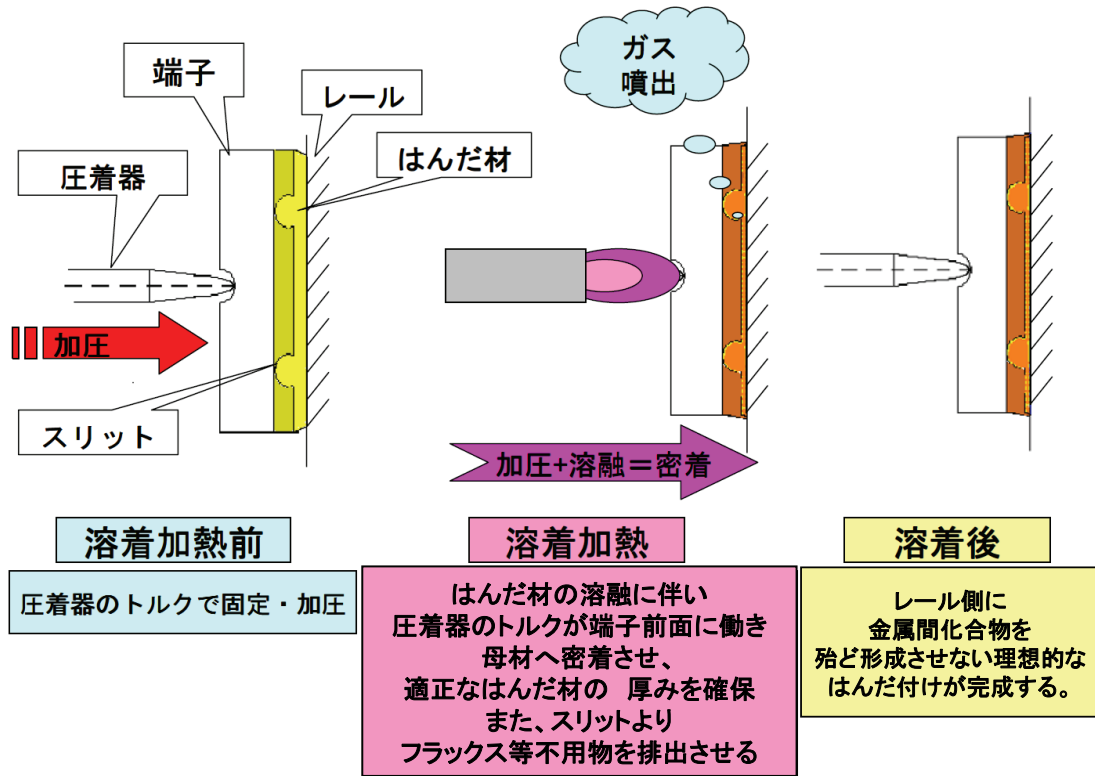


図6 開発した新工法の模式図

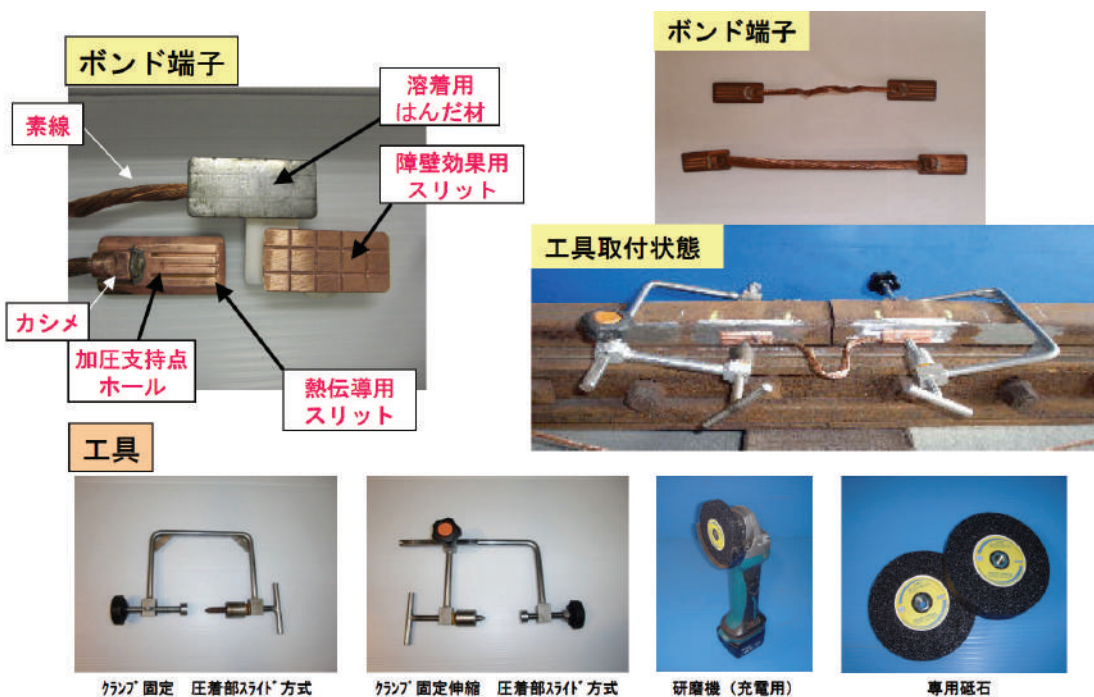


図7 開発したボンド端子及び工具

企業化に至ったキーポイント

はんだ材の開発では、福岡県工業技術センター機械電子研究所及び九州工業大学、評価方法及び工法の開発では、(財)鉄道総合技術研究所、また、財政面では経済産業省の支援・協力で、「人・物・金」を十分生かした「産・学・官」の研究開発体制が構築できたことが、製品化につながった。

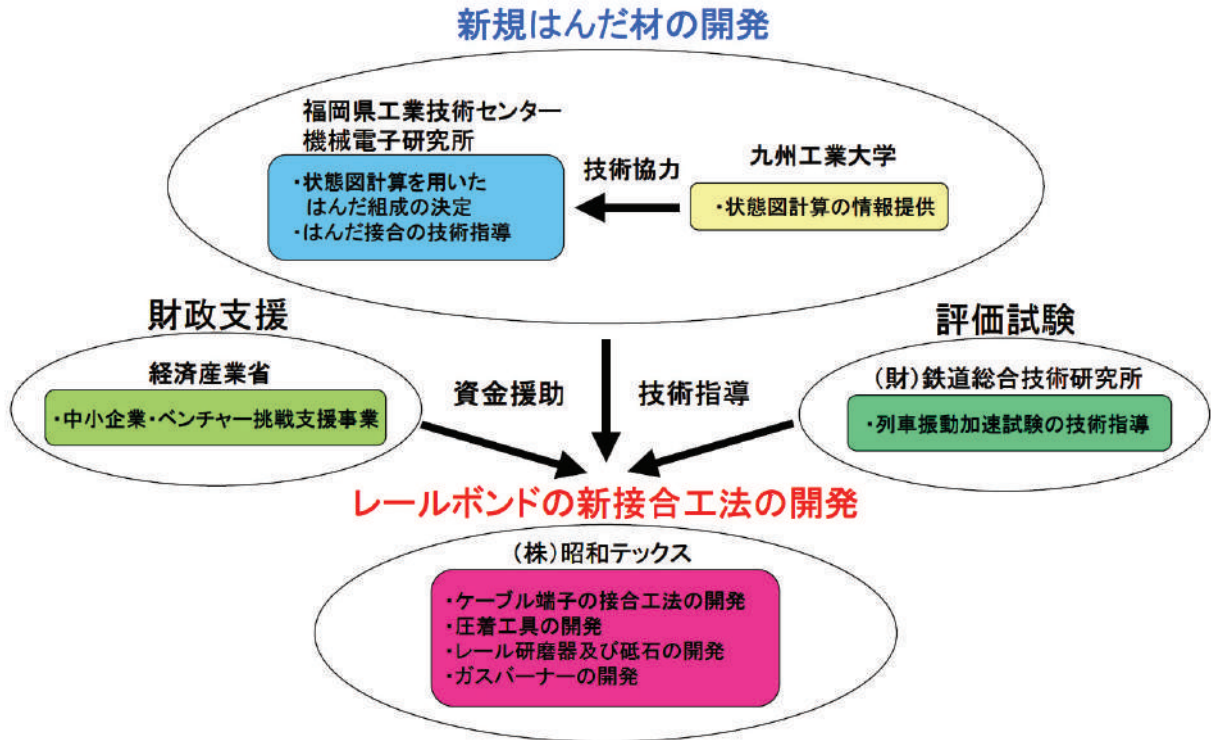


図8 研究開発体制

(7) 到達点

「人・環境・レールに優しい」接合工法を完成することができた。

- ① はんだ材に有害物質であるCdやPbを含有しない。(Sn-Ag-Zn三元共晶合金)
- ② 従来よりも3倍以上の耐振性（素線切れ、脱落が減少）を有する。
- ③ 熱影響を嫌うレール鋼を直接加熱しない。(はんだ材の融点が216°Cで加熱箇所は端子のみ)
- ④ 作業者の技量差を問わず高精度の接合が可能（専用圧着工具による工法）である。

今回の開発で(財)りそな中小企業振興財団、日刊工業新聞社主催の第22回中小企業優秀新技術・新製品賞の「優良賞」及び「環境貢献特別賞」を受賞した。

交流用レールボンドは、JR九州で正式採用となり、今後はJR北海道及びJR四国へと展開を図る。また、直流用レールボンドは、JR各社及び民間鉄道でのフィールド試験を経て本採用を目指していく。CdやPbを含有せず（環境汚染防止や作業者の健康に配慮）、耐振性を向上（ランニングコストの低減）した製品が開発できたことにより、関係者の環境意識の進化が図られる事を望んでいる。

(8) 開発に携わった研究者の思い

福岡県工業技術センター機械電子研究所 生産技術課 課長 中村 憲和

研究所に入所以来21年間、「溶接・接合」に関する研究開発や県内中小企業の技術支援を行ってきました。今回の開発は、企業のニーズと公設試及び大学のシーズがうまくマッチングした事例の一つです。鉄道業界の中で、新しい技術の製品化にはかなりのハードルがありました。しかし、産学官の密な連携と吉永会長の熱意で、開発に成功し、JR九州に採用され、更に、全国展開が進んでおり、

大変喜ばしいことです。

株式会社昭和テックス 代表取締役会長 吉永 克美

創業以来 60 年間、鉄道信号・溶接工事の一次、二次下請を生業としてきましたが、そこからメーカーを目指して出発し、常に「人と環境とレールに優しい！」という理念を追求して 6 年経過しました。この結果、現在は鉄道分野から広くエコソリューション分野を目指す会社になれたことが最大の喜びです。同時に、中小零細企業に対し、産学官連携の取り組みをもっと機能的に活用されることを願っています。

(9) ディスカッション

Q: 「産・学・官」の研究開発体制が構築できたことが成功のポイントとされているが、プロジェクトのリーダーシップはどのように発揮されたのでしょうか？連携の下地のようなものはあったのでしょうか？

A: この開発の中心は、(株)昭和テックスの吉永会長であり、鉄道業界で長年、懸念されていた課題を何としても解決したいという熱意が成功に導いたものであります。技術相談を受けた福岡県工業技術センターは、他の研究開発においても九州工業大学との共同研究を行っており、産学官の研究開発体制は容易に構築できました。また、吉永会長が積極的に活動し、財政面では経済産業省の「中小企業・ベンチャー挑戦支援事業」に採択され、その後、実証試験においても、(財)鉄道総合技術研究所からの支援を受けることができ、強固な産学官の研究開発体制が整いました。

企業情報

社名 : 株式会社昭和テックス 創業 : 61 年 (昭和 24 年 4 月創業)
資本金 : 68,500 千円 従業員数 : 35 名
所在地 : 福岡県古賀市薬王寺 1743 番 4 代表者 : 吉永 隆
TEL : 092-946-9100
主力商品
・ 鉄道信号工事 ・ レールメッキ工事
・ レールボンド製造販売 ・ エコソリューション事業 (環境商材の開発、販売、施工)

2. ハウス用加温機の熱交換効率を向上する省エネ製品の開発

佐賀県工業技術センター 生産技術部 特別研究員 田中 徹
株式会社第一総合企画 代表取締役社長 樋渡千春

(1) シーズ研究(又は開発)の概要

近年、ハウスなどの施設園芸栽培の加温に使用されるA重油の価格が平成14年の2倍となり高騰しており、A重油などの燃料を燃焼させる加温機を利用して施設園芸栽培を行っている農家の経営は圧迫されている。

そこで、既設加温機の熱交換効率を上げることが燃料費削減の一つの方法と考え製品化研究に着手し、加温機へ設置し熱交換効率を向上させる放熱フィンの商品化した。このフィンを用いることにより、ハウス内の加温に使用される燃料の消費量を約30%削減することができた。

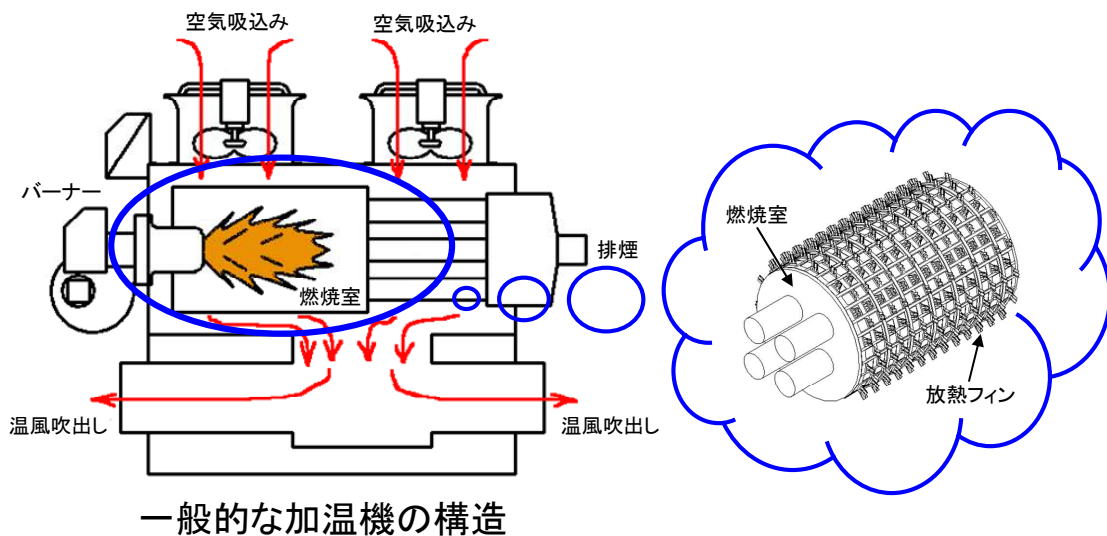


図1 加温機に設置する放熱フィンの概要図

(2) 開発の端緒

県内の施設園芸農家の方から「燃料の価格が上がって、栽培に使用する燃料費が今までの2倍以上になり大変厳しい。省エネできる方法が何かないか頭を抱えている。できれば、既存の設備で使える低価格で設置が簡単なものがいい。」との要望を聞き、株式会社第一総合企画(以下、企業という)が「何とか農家の問題を解決したい。」と研究開発を開始した。

テーマとの出会い

施設園芸栽培農家の経営を平成20年度佐賀県園芸課の資料により調査すると、きゅうり栽培の場合30%程度、ハウスみかん栽培の場合70%程度が燃料費であり、経営費の多くの部分をハウス加温の燃料費で占めていることがわかった。

また、研究開発を行う企業は空調関連の業務を行っており、その経験から空調機に放熱フィンが利用されているという点に着目し、既設の加温機の燃焼室に放熱フィンを設置し熱交換効率を上げることで、燃料費を削減できれば農家経営の維持安定につながると考えた。

人との出会い

企業は、当初、帯鋼に板を溶接しただけの放熱フィンを試作したが、製作工程が煩雑であり低価格への要望に対応できず試行錯誤の日々が続いた。そこで、公設試の佐賀県工業技術センタ

一に相談し、放熱フィンの商品化を目指して共同で開発することになった。さらに、佐賀県上場営農センターの試験圃場で、放熱フィンの効果を検証するための現場実証試験を実施できることになり、図2に示す体制で研究開発を行った。

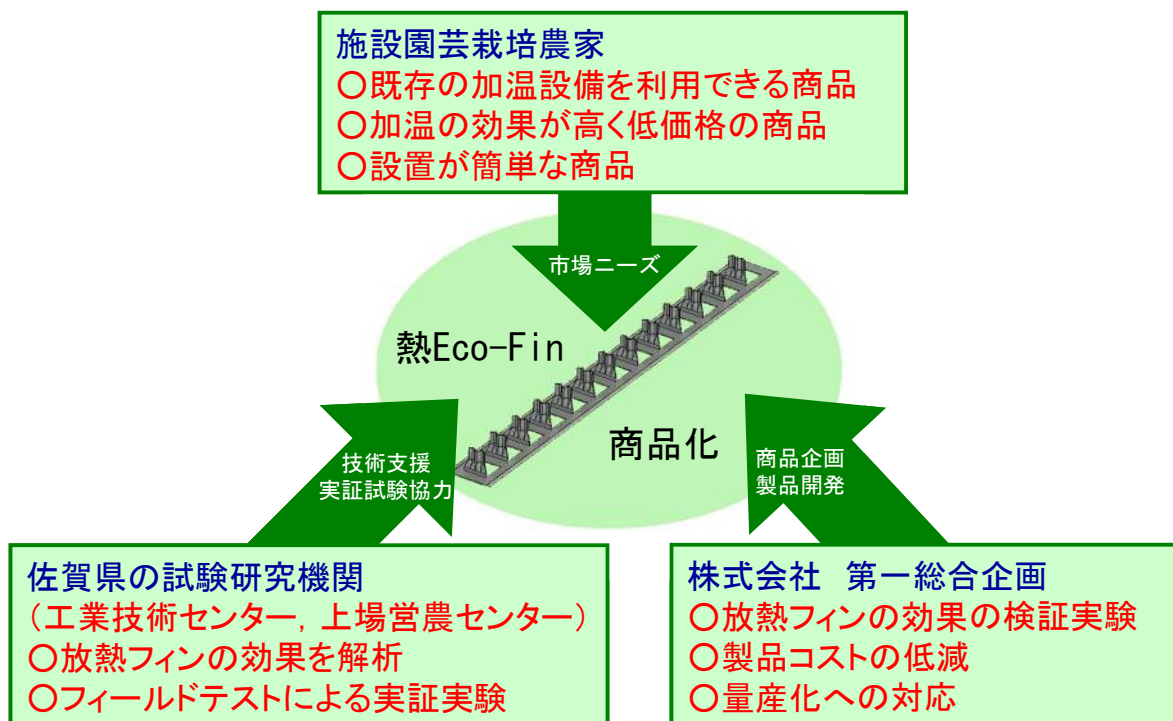
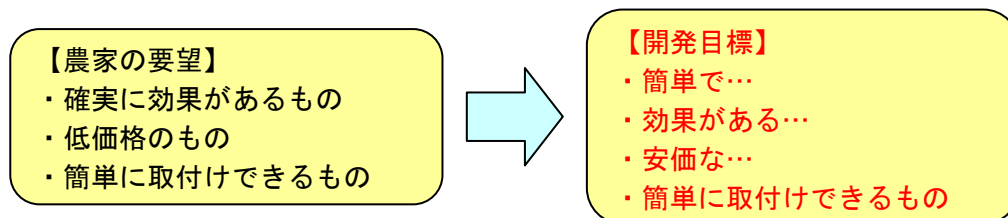


図2 研究開発体制

(3) 目標の設定

これまでも施設園芸ハウスでは、二重被覆構造やハウス内の循環扇などの省エネ対策が実施されており、ハウス内の保温や温度の均一化に効果があるものの、加温に使用される燃料の削減の対策はなされていないことがわかった。そこで、加温機の燃焼室へ設置する放熱フィンについて、フィンの形状・材質・製作方法などを検討し、熱交換効率を向上させるための最適なフィンの形状と材質を決定することを目標とした。また、農家経営費を圧迫しないよう、極めて低い投資コストで導入できる製品の開発を目指した。



(4) 社会的価値

既存の加温設備に設置できる放熱フィンを開発することで、ハウスの加温に使用される燃料費を低減でき、施設園芸農家の経営に貢献することで1年を通して野菜や果物の安定供給につながると考えている。また、燃料費を削減できることは、燃焼によって排出される二酸化炭素の排出量を低減し環

境負荷を小さくすると考えている。

(5) 具体的なシナリオ

実際の研究では、予備実験から、フィンの形状や材質が効率に関与することがわかったため、さまざまな金属を用いて試作品を製作し、図3に示す自作装置による風洞実験や、図4に示すコンピュータ熱流体解析技術を活用した解析モデルによる数値シミュレーションを実施するなどして、フィンの形状や材質の違いによって放熱フィンを通過する空気の温度上昇の特徴を把握し、熱交換効率を向上させるための最適なフィンの形状と材質を決定した。

また、図5に示すように風洞実験と数値シミュレーションの結果から、放熱フィンの厚さについては、厚くなるにしたがって放熱効果が高くなり、放熱フィンの材質についてはアルミニウムの放熱効果が高いことが明らかになった。この放熱フィンを既設加温機に取り付けて現場ハウスで加温試験を行った結果、加温機の温風吹き出し口から出力される温風の温度が3℃～5℃上昇する結果となった。

なお、放熱フィンの取り付け方法については、特許出願（特願 2008-179284）し、独自性の確保を目指している。さらに、意匠については、内燃機関用放熱板という名称で2件（登録第 1336971 号、意願 2009-7727）、登録および出願し、また商品名の「熱 ECO-FIN」を商標登録（登録第 5151807 号）している。本研究開発による商品化から販売までの経緯を図6に示す。

(6) 研究成果

実際に施設園芸栽培農家において、ハウス用加温機に開発した放熱フィンを取り付けて加温実験を行ったところ、放熱フィンを設置した場合は、放熱フィンを設置していない場合と比較して、その年の栽培期間を通してA重油の消費量が約 30%削減できる結果が得られた。現場実証試験の結果を図7に示す。

主な成果

熱流体解析による数値シミュレーションなどの技術支援を受けて商品名「熱 ECO-FIN」を商品化することができた。また、実際にハウスで加温試験を行い燃料消費量の削減効果に有効であることが確認できた。

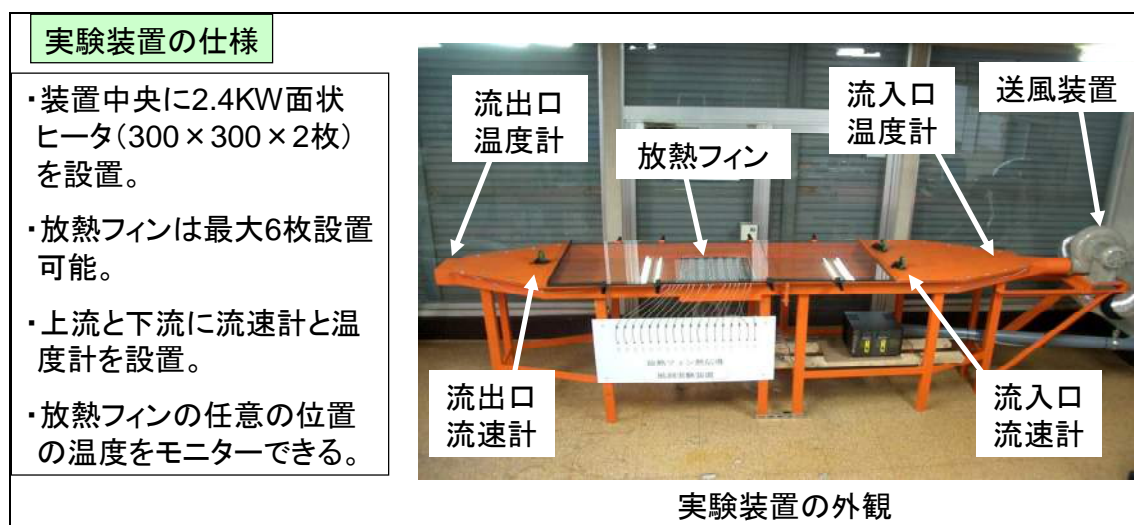


図3 風洞実験装置

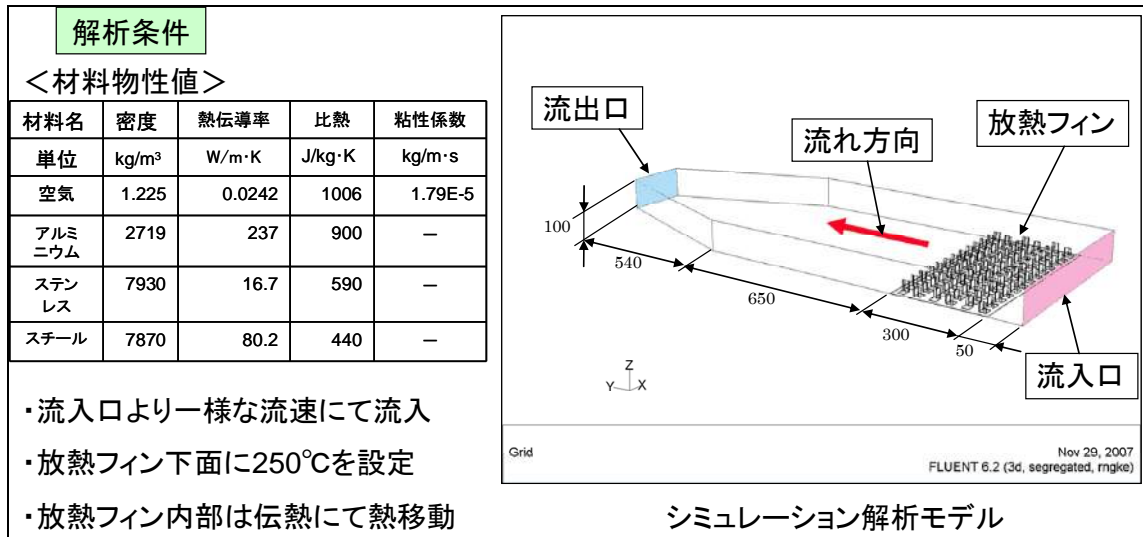


図4 数値シミュレーションの解析条件と解析モデル

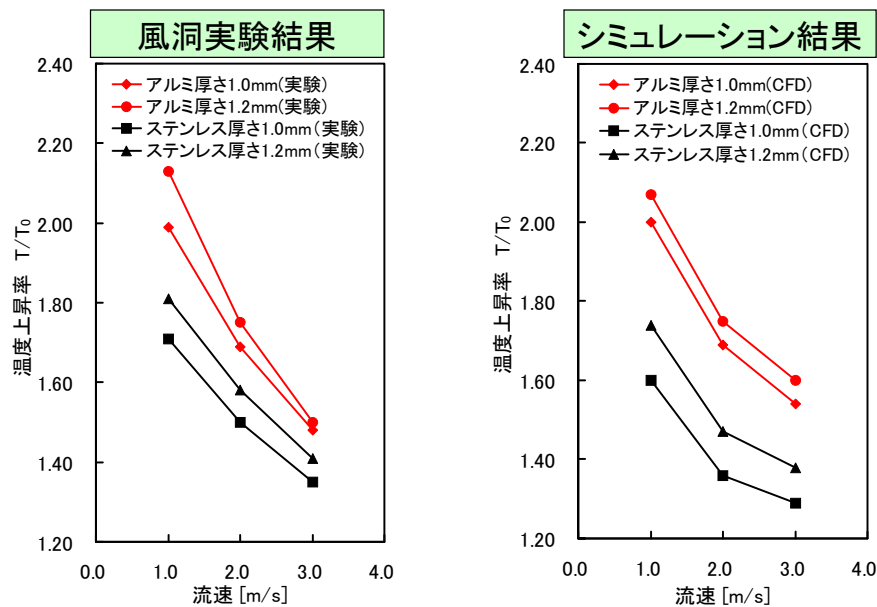


図5 風洞実験とシミュレーション解析の結果

- 2002年(H14): 施設園芸農家の方から相談を受け、加温機に着目し放熱フィンの開発に着手する。
- 2007年(H19): 佐賀県の「たくましい佐賀企業づくり支援事業」の補助を受け、佐賀県工業技術センターと共同研究開発を始める。
- 2008年(H20): 「熱 ECO-FIN」を商品化。
 佐賀県知的所有権センターの支援を受け、商標登録(登録第5151807号)を行う。
 佐賀県上場営農センターにて現場実証試験を行い、燃料削減効果が認められ販売を開始。
 佐賀県の原油等価格高騰対策補助事業の対象製品となる。
- 2009年(H20): 佐賀県知的所有権センターの支援を受け、放熱フィンの取付け方法に関する特許(特願2008-179284)を出願する。
- 2010年(H22): 農林水産省施設園芸用省エネルギー設備商品として認定を受ける。

図6 研究開発・商品化の経緯

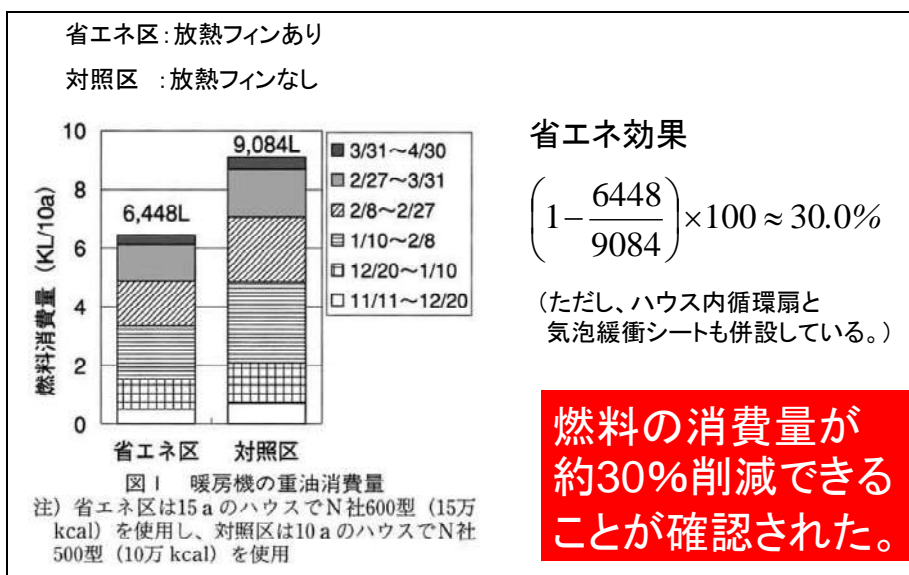


図7 現場実証試験の結果

企業化に至ったキーポイント

今回の研究開発が商品化に成功するポイントは大きく次の3つがあげられる。

1. 施設園芸栽培農家の方からの「低価格で設置が簡単な既存の設備で使えるものがない。」と言ったニーズに、妥協することなく最後まで要望に対応した開発を行ったこと。
2. さまざまな金属を用いて試作品を製作し、自作装置による風洞実験や佐賀県工業技術センターでコンピュータ熱流体解析技術を活用した数値シミュレーションを実施するなどして、フィンの形状や材質の違いによって放熱フィンを通る空気の温度上昇の特徴を把握し、熱交換効率を向上させるための最適なフィンの形状と材質を決定することができたこと。
3. 佐賀県の農業系試験研究機関の協力を得て現場実証試験を行い、燃料の削減効果が確認できたこと。

(7) 到達点

ハウス内を加温する加温機の燃焼室の周囲に放熱フィンを設置し、加温機の熱交換効率の向上により燃料の消費量を削減するとともに、燃焼による二酸化炭素の排出量を低減して環境負荷を小さくする商品である。

この放熱フィンは、既存の加温機に設置するだけで燃焼室の伝熱表面積を30%大きくすることができ、これまでより多くの熱エネルギーを空気へ伝えることができる。平成20年から商品名「熱ECO-FIN」として販売し、年間500から1,000台程度を受注しており、販売実績は1,600台余り(平成22年3月末現在)となっている。また、開発した放熱フィンは平成22年度農林水産省施設園芸用省エネルギー設備商品として認定を受けたところであり、今後この認定を通して、全国に商品「熱ECO-FIN」の情報がいきわたることとなったため、更なる販売の拡大を見込んでいる。

(8) 開発に携わった研究者の思い

佐賀県工業技術センター 特別研究員 田中 徹

初めて農業の分野へ携わることの不安が大きかったのですが、放熱フィンの開発に参加し、これまで私が行ってきた数値シミュレーションで、放熱フィンの効果を見せることができ、農家の方に「わかりやすい」といわれたことが非常に嬉しく思いました。

株式会社第一総合企画 代表取締役社長 樋渡 千春

私たちが開発した商品によって燃料が節約され、農家の生産コストを安定させることが農作物の安定供給につながり、非常に喜ばしいと思っています。さらに、燃焼によるCO2の削減により地球環境にやさしい商品になるよう、今後も改良していきたいと考えています。

(9) ディスカッション

Q：熱交換効率を教えてください。更なる改良点としてどのようなことが考えられますか？また、フィン以外に省エネに結びつくものとしてどのような課題が考えられますか？

A：既存の加温機のもともとの熱交換効率が不明であるため、定量的な熱交換効率は算出できませんが、燃料の消費量が20%から30%削減していることから、熱交換効率も同程度向上していると考えています。更なる改良点としては、現在の放熱フィンの効果を維持したままで、耐久性を向上するための表面処理を施した放熱フィンを検討しています。

企業情報

社名：	株式会社 第一総合企画	創業：昭和57年
資本金：	10,000千円	従業員数：8人
所在地：	佐賀県武雄市武雄町昭和21-1	
代表者：	樋渡 千春	
TEL：	0954-22-2900	
主力商品	業務用空調機・エアコン/設計・施行・メンテナンス GHP(ガスヒートポンプ)空調機の保守管理業務 エンジンオイル交換機「省省楽生」の製造販売 温風暖房機省エネ対策商品「熱エコフィン」の製造販売 施設園芸ハウス用省エネルギー機器の開発	

3. 多機能性を有する「イカ・タコ産卵床」の商品化に係る改善指導

熊本県産業技術センター ものづくり室 研究参事 土村 将範
株式会社哲建設 技術顧問 加藤 英之

(1) シーズ研究(又は開発)の概要

近年地球温暖化や河川からの廃水処理などの問題から、県内の沿岸地域においてアカモクやひじきなどの海藻類が集団で生息する藻場の減少に伴い、海洋生物の産卵・育成場所の減少による漁獲高の減少が深刻化している。これらの問題を解決するための新商品開発にあたって、熊本県産業技術センターの最新の3D-CADやCAE解析システムなどを有効に活用することにより、海草が付着しやすい製品形状や形状変更に伴う改善・改良効果を事前に予測し、最適な製品開発を短期間に行うことができた。その結果、藻場の回復だけでなく魚礁で産卵・生育するイカやタコなどの魚介類の増加による漁獲量増加も期待できる新製品が完成し、沿岸地域全体の生態系に対する海洋環境改善を図ることが可能となった。

(公設試の技術) 3D-CAD、CAM解析システム技術

(大学等の技術) 漁業協同組合の実験に対する理解と協力

(企業の技術) 木毛配合コンクリートの製造技術

(2) 開発の端緒

テーマとの出会い

人吉市に本社を置く株式会社哲建設は、本来建設業として道路建設や各種建設事業へ展開していたが、近年の公共工事の減少に伴い建設関連事業のみでの将来性の問題や、近隣の林業の衰退に伴う地元山林の荒廃の現状をみるにつけ、新しい事業分野への展開を模索していた。このとき、不知火海の漁獲量の減少や赤潮の発生状況が社会問題となっており、なんとか地元の山林や山の再生と不知火海など海の再生を一体的に実現可能な製品開発ができないかについても継続的に検討していた。

人との出会い

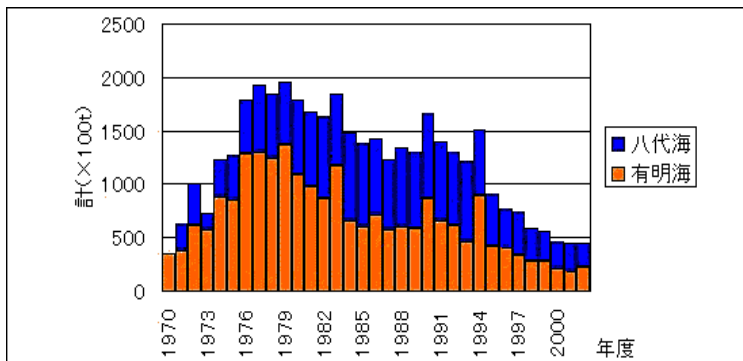
株式会社哲建設では継続的に木毛セメント板を活用した魚礁製品の開発のためのフィールドテストや研究開発を10年以上の長期間にわたり実施してきたが、最終的な製品完成には至ってなかった。そこで、熊本県産業技術センターにおける解析シミュレーション技術と各種検査機器を利用して、設計開発期間の短縮と最適形状・強度予測のための本格的な製品開発に着手した。

(3) 目標の設定

アカモクやひじきなどの海藻類が集団で生息する藻場の減少に伴い、海洋生物の産卵・育成場所の減少による漁獲高の減少が深刻化している。これらの問題を解決するための新商品開発においては、製品の機能性や効果を判断しようとしても、海草の育成状況やイカ・タコの産卵時期は年に1回なので、製品改良や新規開発サイクルがどうしても長期間となってしまいうという問題がある。そこで、熊本県産業技術センターの最新の3D-CADやCAE解析システムなどを有効に活用することにより、海草が付着しやすい製品形状やイカ・タコの産卵を促す形状検討や変更に伴う改善・改良効果を事前に予測する課題に取り組み、最適な効果が期待できる製品の開発手法の確立を目標とした。

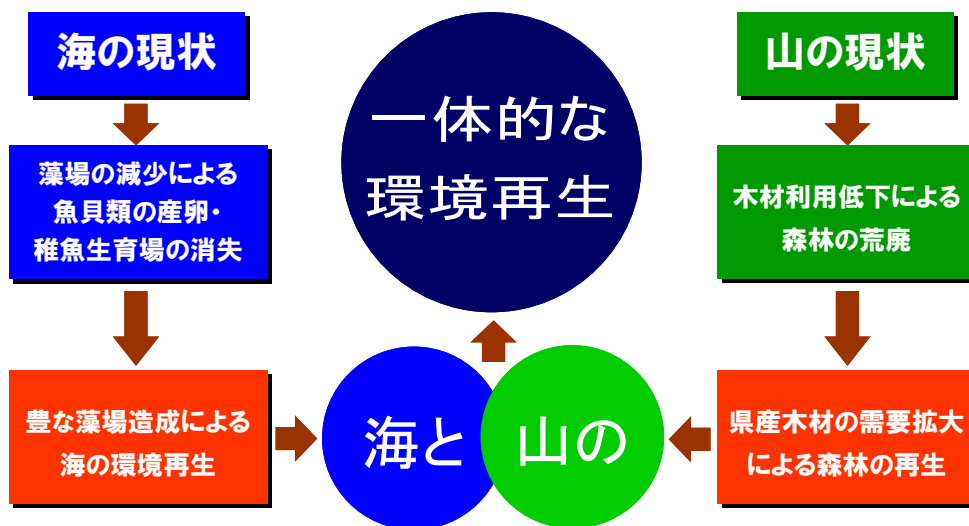
(4) 社会的価値

海における「藻場の減少」、山における「森林の荒廃」は深刻な問題となっている。地球環境保全の観点からも、あとまわしにできない早急な対策・対応が必要となっている。今回開発した製品を普及させることによって、これらの課題解決と同時に、熊本県をはじめ地域の産業の振興等にも寄与できるよう、企業活動を通して「持続可能な資源循環型社会づくり」を目指し、製品の更なる開発と改善に努めていく予定である。



(a) 近年の八代海及び不知火海の漁獲量の減少

(b) 間伐後放置された木材の現状



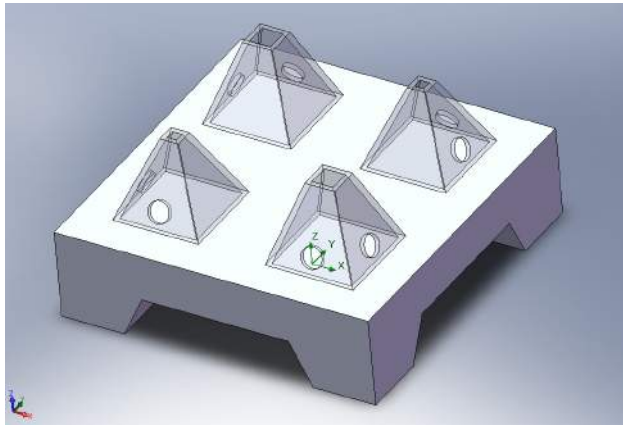
(c) 海と山の現状を改善するための製品開発の方向性

図1 多機能性を有する「イカ・タコ産卵床」製品開発のコンセプト

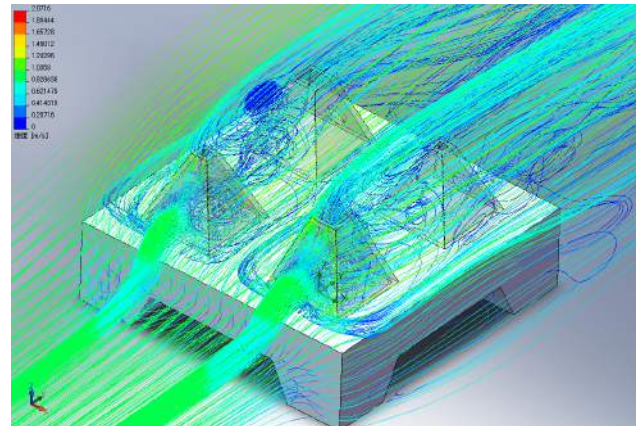
(5) 具体的なシナリオ

今回の新商品開発においては、設計・製造は株式会社哲建設が担当し、CAD/CAM/CAE を利用した三次元 CAD データ作成、流体解析およびオートグラフを利用した強度試験を熊本県産業技術セン

ターにおいて実施した。また、実際の実証試験に関しては水俣市漁業共同組合の協力を得て、八代海の水俣湾および湯の見海域で行った。



(a) 三次元 CAD による製品設計



(b) CAE 流体解析による製品性能予測



(c) 実際の実験用試作品の制作



(d) オートグラフでの製品強度試験



(e) フィールドテスト結果(その1)



(f) フィールドテスト結果(その2)

図2 「イカ・タコ産卵床」製品開発の課程と実証実験結果

(6) 研究成果

今回の製品開発では、最適な製品形状及び形状変更に伴う改善・改良効果をシミュレーションで事前に予測することができた。これにより、通常は改良 1 回の実証に 1 年以上も必要となる開発期間が、デジタルデータ作成により複数案を同時並行的にシミュレーションで検証することで、結果として藻場の保全効果の比較的高いと予測される製品開発が短期間で実現できた。

また、公共工事に利用される建築材としての耐久性を検査するため、オートグラフを利用した材料強度試験による製品材質と形状改良を検証することができ、強度的にも優れ長期間の海中内での設置に耐える商品の実証を行い、公共事業で開発製品の採用実現や、また熊本県認定商品として県外にも販売促進のための重要な基礎データを収集できた。

主な成果

熊本県工業連合会主催の「第 13 回熊本県工業大賞環境奨励賞」受賞(2010.5)

企業化に至ったキーポイント

・最新の機器やシミュレーションによる性能事前評価と藻場の保全効果の比較的高いと予測される製品開発が短期間で実現できた。

・熊本県八代地域振興局による「水俣地区漁港・漁場機能強化対策事業第 1 号工事」として新規開発製品が 23 基採用され設置(水俣市沖)された。



図 3 開発した最終製品の熊本県の公共工事での利用状況

(7) 到達点

【二酸化炭素の固定】

- ・当製品に使用する木毛は、持続可能な森林（スギ人工植林地）から伐採されるものであり、木材そのものが大気中の二酸化炭素を固定しており、いわゆる化石原料・燃料を使って造られた素材とは異なり、またその利用にあたって二酸化炭素の増大に影響することがほとんどありません。
- ・当製品を沈設し海藻が繁茂することで、海藻が育つ過程においても海水中の二酸化炭素吸着も行うことができます。

【海的环境再生】

本製品を海中に設置し海藻が繁茂することで、海水の浄化、海藻の繁茂による日陰効果で水温の上昇抑制、「海のゆりかご」となる藻場をつくることでイカ・タコのほか魚貝類の産卵・保護・稚魚育成を促し、自然豊かな海を再生します。

【山的环境再生】

本製品が普及することで、深刻な問題である森林の荒廃（無間伐山林、間伐材の放置など）に歯止めをかけ、森林の適正管理を図り、健康な森林へ再生します。



図4 開発した製品の漁藻礁及びイカ・タコの産卵礁としての機能検証結果

今後の展開として、

- 他地域での実証実験の実施とより正確な製品性能評価データの収集
- 熊本県の指定するグリーン購入対象商品への認定
- 設置海域および対象生物・海草に応じた製品バリエーションの拡大
- 九州各地および全国の漁業協同組合、地方自治体等に対する商品紹介と営業活動の実施などを考えています。

(8) 開発に携わった研究者の思い

熊本県産業技術センターものづくり室 研究参事 土村 将範

これまでの CAD/CAM/CAE 技術などの支援実績の対象企業は、自動車や IC 製造など精密機械関連の製造業が主体であったが、今回の様な異業種分野での上記技術の有効活用実績により、他の業種でも広く利活用できると思われる。

株式会社哲建設 技術顧問 加藤 英之

熊本県産業技術センターの支援がなければ今回の新商品開発は不可能であったと思われる。森林資源の有効活用と併せて、地域海洋環境の改善に寄与できたことは、地元企業による地域社会貢献として大きな意味合いがあった。

(9) ディスカッション

Q: 河川の汚濁が藻場の減少をもたらし海域を砂漠化したと考察されています。当製品（産卵床）の設置により藻場が回復したのはなぜでしょうか？河川の汚濁レベルが変化したのでしょうか？

A: 今回の開発製品内容については、砂地や自然の岩以上に海草が付着し生育しやすいとの実証結果が出ている木毛セメント板を表面に利用した藻魚礁における設計形状の最適化となります。つまり、藻の定着しにくい表面がコンクリート製品や、海中で短期間しか利用できない木材のみの魚礁材料の機能を海草の定着性と設置製品の耐久性の双方を大幅に改善したものととなります。加えて、木毛セメント板を利用して製作した四角錐の部分を、イカ・タコが産卵又は生息しやすい製品形状(穴の位置や四角錐の角度などの形状最適化)を CAE シミュレーションにより事前に検証しています。その結果、小魚などが住み着く魚礁としての機能とともに海草や藻が木毛板表面に根を下ろして繁茂する藻礁としての機能、加えてイカ・タコなどの生物が内部空間を利用して産卵するなど住み着くことのできる、多機能性を有するハイブリッド型の藻魚礁を完成させることができました。

企業情報

社名：株式会社哲建設 創業：昭和 23 年
資本金：50,000 千円 従業員数：32 人
所在地：〒868-0024 熊本県人吉市鶴田町 31 番地の 6
代表者：代表取締役社長 桐明 幸次郎
TEL：0966-22-2720（代）

主力商品

- ・ 土木工事
- ・ 舗装工事
- ・ 管工事
- ・ 建築工事など

4. 工業用水浄水汚泥を利用したエコレンガの開発

宮崎県工業技術センター 資源環境部 竹田 智和
宮崎高砂工業株式会社 製造部 営業企画係長 長田 孝樹

(1) シーズ研究 (又は開発) の概要

これまで工業用水浄水場で発生する汚泥 (工業用水浄水汚泥) は産業廃棄物として埋め立て処分されていた。この汚泥のレンガの原料としての利用可能性を探るため、汚泥を利用したレンガの製造条件の検討を行った。その結果、宮崎高砂工業株式会社において従来品と同等以上の性能を有するエコレンガ「国産環境型レンガ」の商品化に成功した。

(公設試の技術) 窯業製品の製造および評価技術

(企業の技術) レンガの製造技術

(2) 開発の端緒

テーマとの出会い

宮崎県企業局北部管理事務所では耳川の水を取水し、浄化した水を工業用水として日向臨海工業地区に供給している。河川水を浄化する際に汚泥が発生するが、これまでは産業廃棄物として埋め立て処分を行ってきた。この汚泥を有効利用し、産業廃棄物の排出量を抑制できないかということが本研究のきっかけとなっている。工業用水浄水汚泥を図1に示す。



図1 工業用水浄水汚泥の発生状況
(宮崎県企業局北部管理事務所)

人との出会い

これまでも工業技術センターでは宮崎高砂工業株式会社に協力を得てさまざまな研究を行っていた経緯があり、本研究を取り組むに当たり同社から協力をいただくことができた。今まで工業技術センターが取り組んできた企業支援等により企業と親密な連携を築いてきたことが研究成果につながったと考えている。

(3) 目標の設定

工業用水浄水汚泥を利用したレンガの製造条件 (混合割合、焼成温度) を確立し商品化することを目標とした。具体的な目標は次のとおりである。

- 1 工業用水浄水汚泥の原料としての評価を行う。
- 2 工業用水浄水汚泥を用いて試験体を作製し、その評価を行う。
- 3 宮崎高砂工業株式会社の実機を用いて製造技術の開発を行い、商品化をめざす。

(4) 社会的価値

工業用水浄水汚泥はこれまで産業廃棄物として埋め立て処分されており、処分費用が必要であった。本研究でレンガの製造条件を確立し製品開発できれば産業廃棄物の排出量を抑えることができ、処理費用も削減することができる。また、廃棄物を活用することにより環境に配慮した製品を製造することにもなる。また、県内には工業用水浄水汚泥以外にも発生する汚泥（浄水場汚泥等）があり、これらについても本研究で確立する技術を応用できる可能性がある。県内から発生する廃棄物が有価物に生まれ変わり、県内で利用される「地産地消」のサイクルが可能であり、社会的価値は高いと考える。

(5) 具体的なシナリオ

工業技術センターにおいて、宮崎高砂工業株式会社でレンガの原料に利用している山之口粘土と、工業用水浄水汚泥を用いて原料の評価を行うとともに、乾式プレスによる小型試験体の作製・評価を行い、混合比・焼成温度の大まかな検討を行った。次に、乾式プレスの結果を参考にして押出成形による中型試験体の作製・評価を行うことにより製造条件の検討を行った。宮崎高砂工業株式会社では、工業技術センターでの試験結果を基に実機での試作を行い、製品化に向けた製造条件の決定を行った。

本研究では、企業局北部管理事務所、宮崎高砂工業株式会社、工業技術センターがお互いに協力し合い、三者一体となり開発に取り組んだ。

(6) 研究成果

主な成果

凝集沈殿剤（ポリ塩化アルミニウム）の影響による Al 含有量の差や有機物量の差などがあるが、工業用水浄水汚泥は粘土の代替原料として利用可能であることが分かった。工業用水浄水汚泥と山之口粘土の混合割合を変え作製した小型試験体の試験結果を図 2 に示す。焼成温度 1000℃以上では工業用水浄水汚泥の混合割合が大きくなると収縮率・曲げ強度が大きくなり、吸水率は同じ焼成温度では混合

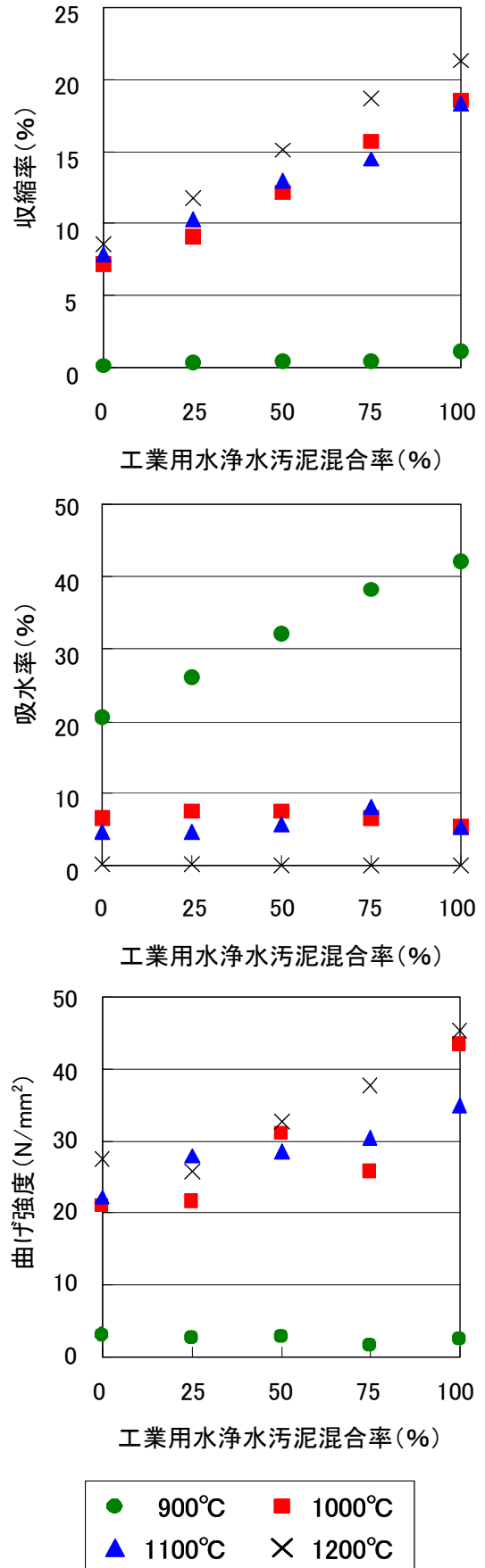


図 2 小型試験体の試験結果

割合に関係なく一定であることを確認した。また、焼成温度 900℃では十分に焼結されていなかった。小型試験体の試験結果を参考に押出成形により作製した中型試験体（図3）の評価を行った結果、工業用水浄水汚泥の混合割合が 20%、焼成温度が 1050℃の場合に最適な条件であることがわかった。中型試験体の結果をもとに、宮崎高砂工業株式会社の実機を用いて試作を行い、従来製品と同等以上の性能を有するレンガを製造することができた。

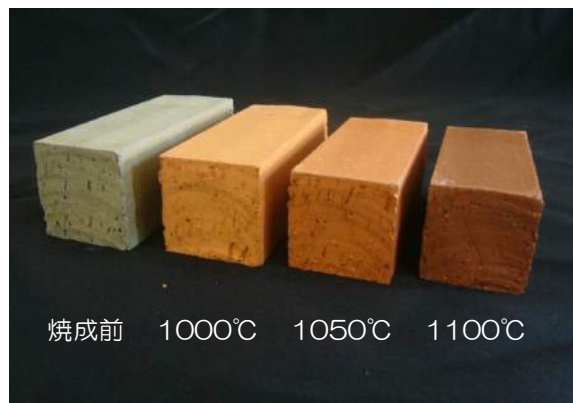


図3 中型試験体の写真

企業化に至ったキーポイント

宮崎県工業技術センターにおいて行ったレンガ製造における工業用水浄水汚泥の混合・焼成条件の検討結果を、宮崎高砂工業株式会社が長年培ってきたレンガ・瓦の製造・焼成技術により実機で具現化できたことが製品化につながったと考えられる。また、企業局北部管理事務所が敷地内にレンガを敷設したことによる PR（図4）や、国土交通省の NETIS（新技術情報提供システム）に「国産環境型レンガ」の名称で登録され、公共工事でも積極的に活用してもらえるように PR を行ったことも商品化につながったと考えている。

（7）到達点

これまで埋め立て処分されていた工業用水浄水汚泥の有効利用によりエコレンガを開発することができた（図5）。工業用水浄水汚泥を原料に利用することにより強度が増し、従来のレンガと同等以上の強度を有している。また、工業用水浄水汚泥をレンガの原料に用いることにより産業廃棄物の排出抑制と有効利用を図ることができた。現在、国や都道府県、市町村の地方公共団体や民間企業などで公園整備等に採用されている。



図4 エコレンガの敷設状況
（宮崎県企業局北部管理事務所）



図5 開発したエコレンガ

(8) 開発に携わった研究者の思い

宮崎県工業技術センター 技師 竹田 智和

研究開発の内容が製品に結びつき、商品化されるということは、この上ない喜びであります。関係者の皆様のご協力が無ければこのような成果は生まれなかったと思います。厚く御礼申し上げます。今後も、産業廃棄物を活用した窯業製品の開発等に取り組んでいきたいと思っております。

宮崎高砂工業株式会社 営業企画係長 長田 孝樹

実用化したレンガは国土交通省 NETIS に登録されグリーン購入対象商品となっております。現在、年間100万個のエコレンガを製造し、公共施設等で利用されており、エコレンガを活用した油津堀川運河整備事業はグッドデザイン賞を受賞しました。さらに、これから環境景観材生産工場として研鑽に努めてまいります。

関係各位に心から御礼申し上げます。

(9) ディスカッション

Q: 実験室規模のデータを実機で具現化できたことがポイントとされていますが、ラボ機と実機の最も大きな違いは何ですか？

A: レンガ製造に使用する原料の量、押出成形機、炉など規模の違いが最も大きかったです。ラボ機での検討結果を実機製造の条件に用いましたが、単純に条件を合わせればいいというものではなく、宮崎高砂工業株式会社の知識や経験を生かすことによってはじめて製造が可能となりました。

企業情報

社名：宮崎高砂工業株式会社 創業：昭和45年

資本金：5千万円 従業者数：33人

所在地：宮崎県都城市山之口町山之口 3388-1

代表者：代表取締役 仙臺 洋

TEL：0986-57-2172

主力商品

- ・粘土瓦・S型・1W・赤瓦・製造販売・施工
- ・国産環境型レンガ製造・エクステリア関係製造販売
- ・窯業プラント等のメンテナンス
- ・一般建設各種工事
- ・配合土の生産販売

5. 高効率光触媒フィルター及び水処理モジュールの開発

産業技術総合研究所 生産計測技術研究センター主任研究員 谷 英治
日本ピラー工業株式会社 開発事業部開発1部開発2Gr 主査 古田 健也

(1) シーズ研究(又は開発)の概要

軽量・高強度・高効率空気浄化用光触媒フィルター及び高浄化水処理モジュールの開発に成功。

(公設試の技術) スポンジを利用した軽量多孔質 Si/SiC フィルターの製造技術
(企業の技術) SiC 焼結体の製造技術、フッ素樹脂成形技術

(2) 開発の端緒

日本ピラー工業株式会社は「流体の漏れを止める技術」を基本技術として、お客様に独創的で高品質な製品を提供する事で、省資源と安全でクリーンな地球環境づくりに貢献する事を企業活動の一つとしています。

テーマとの出会い

環境浄化に寄与する光触媒フィルター開発は当社に適合したテーマと思い、光触媒フィルターの基本技術を有する産業技術総合研究所九州センターと「技術開示契約」を締結し開発をスタートした。

人との出会い

日本ピラー工業(株)はシール材料として SiC を利用してきた経験があり、更なる同材料の用途開発を模索する中で、産業技術総合研究所の特許「炭化ケイ素系耐熱性超軽量多孔質構造材及びその製造方法」と出会い、同社の従来用途とはまったく異なる市場への適用を目指した開発を始めた。

(3) 目標の設定

従来の光触媒フィルターの課題は、光照射下で如何に効率よく触媒と接触させる構造の担体を得ることができるかであった。スポンジ構造の担体は構造としては理想的であるが、強度および担持光触媒の保持力に課題があると考えた。すなわち、強度を保つためには、骨格を太くせざるを得ず、結果として非常に重いフィルターとなり、また担持光触媒の保持力が弱く、すぐに剥離することが懸念されていた。

そこで、

- ① 細くて強度の高い骨格をもつフィルターの開発
 - ② 担持光触媒がフィルターから剥離しない高い保持力の開発
- を目指すこととなった。

(4) 社会的価値

近年悪臭防止法や水質汚濁防止法の強化といった環境保全や、SARS に代表されるような殺菌滅菌を目指した環境改善が求められている。いずれも従来から活性炭を代表とする吸着法や、プラズマ処理、さらには化学的物質の除去法などが提案されてきたが、有機物を完全に分解することはできず、また、脱着材に見られるような寿命の問題から、より完全な形での浄化方法が求められていた。

光触媒は、酸化チタンの紫外光による高い酸化力と還元力での有機物質の分解であり、今まで以上の分解除去性能が期待されている。しかしながら従来の光触媒担体は、硬くて脆い性質があり、また触媒保持力が弱いことから、一般に利用されるまでには至っていなかった。

本研究開発により、高強度かつ繊細なフィルターに強固に光触媒を担持させることに成功し、今後様々な用途での適用が期待される。

(5) 具体的なシナリオ

平成16年6月／産業技術総合研究所発明の「光触媒フィルター技術に関する」技術開示契約締結。
平成17年3月／光触媒フィルター製作及び水処理に関する基礎研究開始。
平成18年3月／産業技術総合研究所と「光触媒を用いた浄化装置に関する研究」開始。
平成21年3月／空気浄化実機用光触媒フィルター製作用実験設備導入。フィールドテスト成功。
平成22年3月／産業技術総合研究所発明の光触媒フィルター関係の特許実施許諾契約を締結。
平成23年3月／空気浄化実機用光触媒フィルター生産設備導入予定、販売開始予定。

(6) 研究成果

主な成果

①フィルター強度の改善

共同研究当初の初期品フィルターは、図1のように圧縮強度が小さく、ハンドリング時にフィルター骨格が壊れてしまう恐れが高かった。

そこで、初期品のフィルターに様々な改良を加えることにより、骨格を太くせずに7倍の圧縮強度を持たせることができた。これにより、実用性に耐える高強度フィルターの開発に成功すると同時に、図2のように光触媒フィルターの大型化も達成できた。

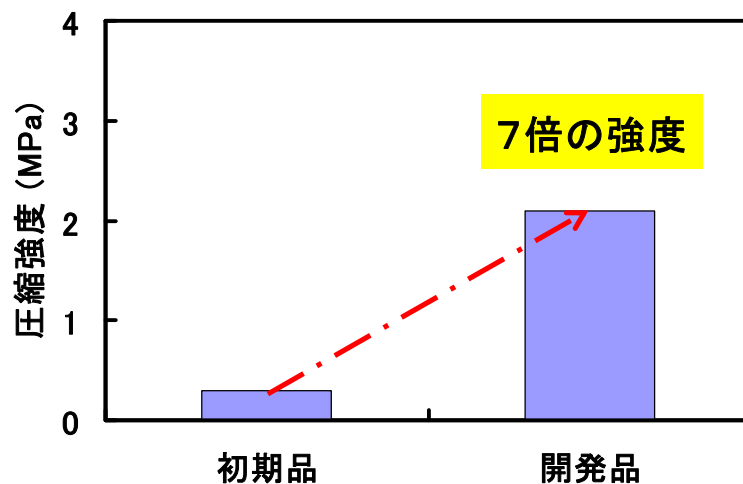


図1 初期品と開発品の圧縮強度比較

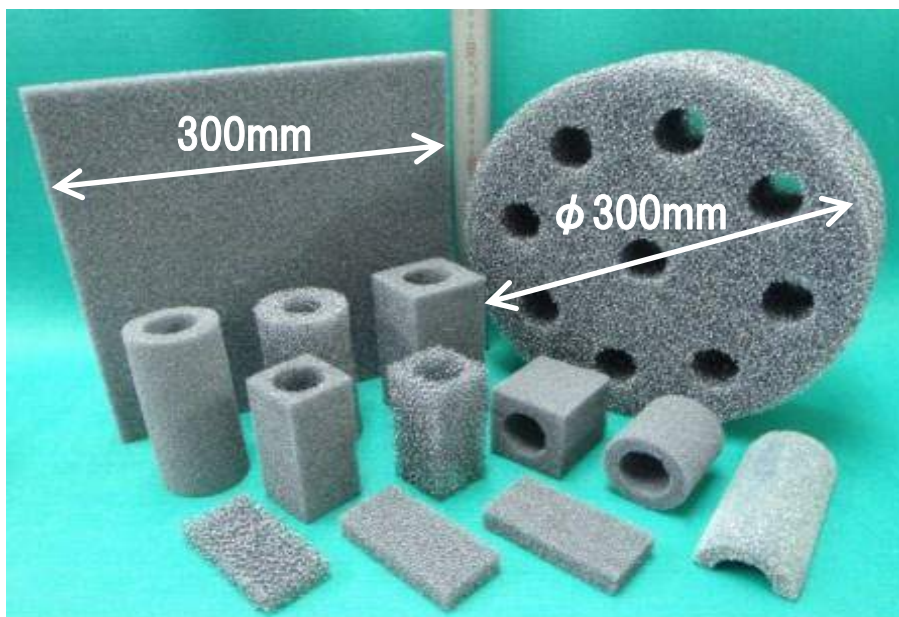


図2 各種形状の光触媒フィルター

②TiO₂ 担持技術開発(フィルター前処理効果)

次に、高強度フィルターに光触媒を強固に担持する技術開発を行った。この保持力を評価する方法として、超音波振動を利用した試験方法を開発し、保持力を強化する特殊前処理を技術開発した。

その結果を図 3 に示す。フィルター前処理が無いものは、TiO₂ 膜が剥離している部分が多く存在するが、今回我々が開発した前処理を施すと、TiO₂ が剥離せずきれいに付着していることがわかる。

ここまで強固に TiO₂ を付着させる担持技術を確立させたことで、実用的な光触媒フィルターが完成した。

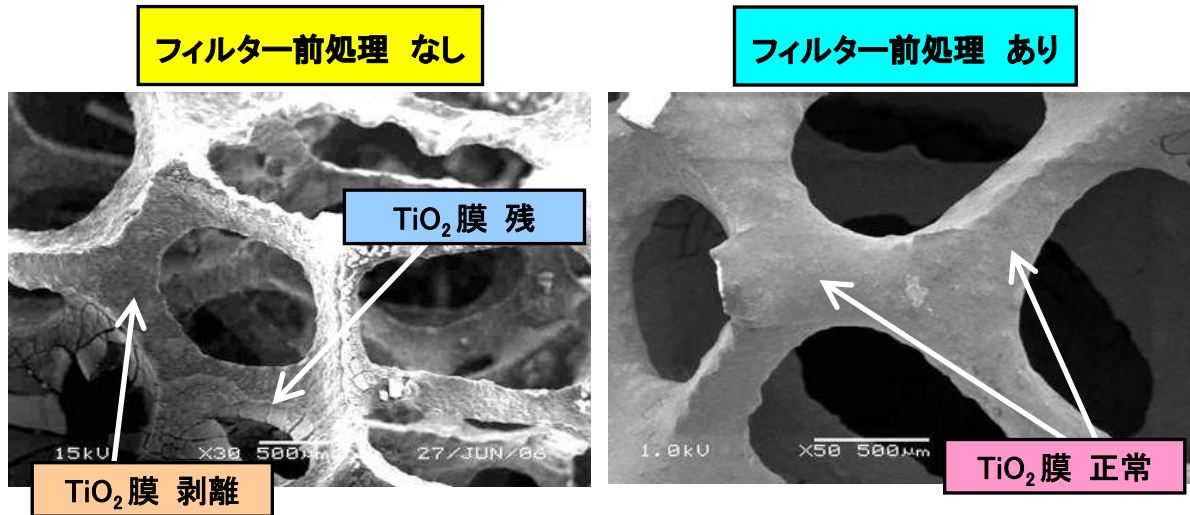


図 3 フィルター前処理の有無による TiO₂ 担持状態比較
(剥離試験後のフィルター表面 SEM 写真)

③光触媒フィルターの主な物性値

今回開発した光触媒フィルターの主要な物性値を表 1 に示す。かさ密度が小さく、空孔率が大いにかかわらず、軽量かつハンドリング性に問題のない高強度を有している。また、既存の光触媒フィルターに比べ、圧力損失が非常に小さいことも特徴である。

表 1 光触媒フィルターの主要な物性値

主成分	Si/SiC
かさ密度	~ 0.12 g/cm ³
空孔率	~ 96 %
圧縮強度	2 ~ 3 MPa
圧力損失	26 Pa (1.4 m/s)

④光触媒フィルターの実証化

空気浄化機器メーカーにて、今回開発した高強度光触媒フィルターの実証評価を頂いた。結果として、浄化性能はもちろん、フィルターの特徴である軽量・高強度についてもハンドリング性から高評価をいただき、光触媒の保持力もその優れた耐久性により実証された。
今後は、さらなるコスト削減や量産体制の確立が顧客満足之急務となっている。

⑤高浄化水処理モジュールの開発

今回開発した高強度光触媒フィルターの水処理適用の可能性も検討した。図 4 に今回実験に供した光触媒モジュールの外観を示す。このモジュールは弊社で製造しているふっ素樹脂の PFA チューブを用いており、図 5 のように PFA チューブの中に円柱状の光触媒フィルターを挿入し、チューブ内に汚染流体を通しながら、チューブ外側から紫外線を照射する構成になっている。PFA は一般的な樹脂に比べ、紫外線をよく通す性質を持ち、またガラスのように割れることも無く、紫外線の劣化にも強く、さらには汚れが付きにくいメリットがある。

このような PFA チューブと光触媒フィルターを組み合わせたモジュールはコンパクトながら循環水量は最大 200L/min を可能とする。図 6 に光触媒モジュールの断面図を示す。紫外線ランプ 16 本、光触媒フィルター入り PFA チューブ 20 本が図のように配置されており、光触媒にまんべんなく紫外線が照射されるように設計されている。このモジュールを図 7 の水処理浄化実験フローのように配置し、原水 100L の浄化対象流体を循環させ、浄化性能評価を行った。

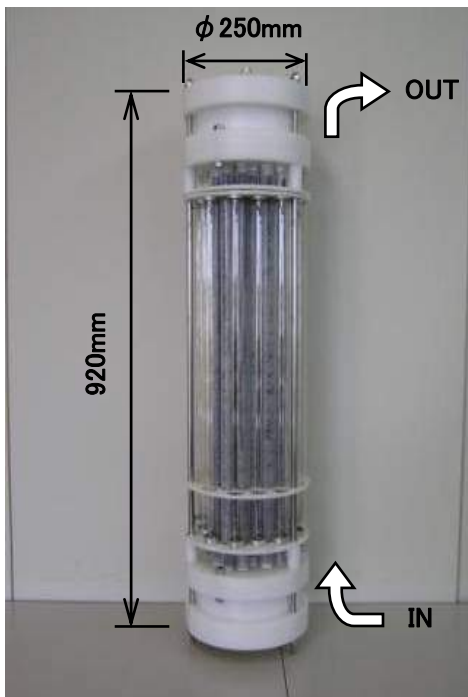


図 4 光触媒水処理モジュール
(最大流量：200L/min)



図 5 光触媒フィルターと PFA チューブ

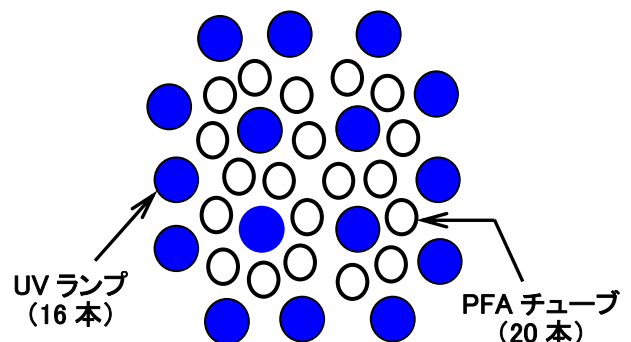


図 6 光触媒水処理モジュール断面図

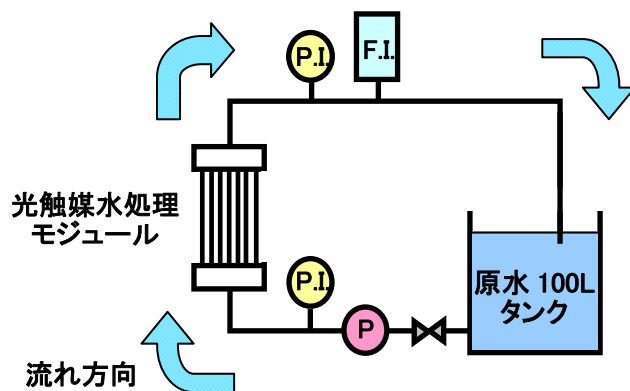


図7 水処理浄化フロー

青色染料の一種であるメチレンブルー染色水(MB)7.5ppm 原水の脱色性能の実験結果を図8に示す。初期の原水は濃い青色であるが、モジュールを循環させることでMBが徐々に薄くなり、透過率が向上し、2.5時間で90%透過となり透明に脱色されたことがわかる。

この結果から、PFAチューブと光触媒フィルターを組み合わせた光触媒モジュールは水処理に適していることがわかった。現在は染色水以外の各種水処理実験を行い、さらなる高効率化と実用化を目指している。

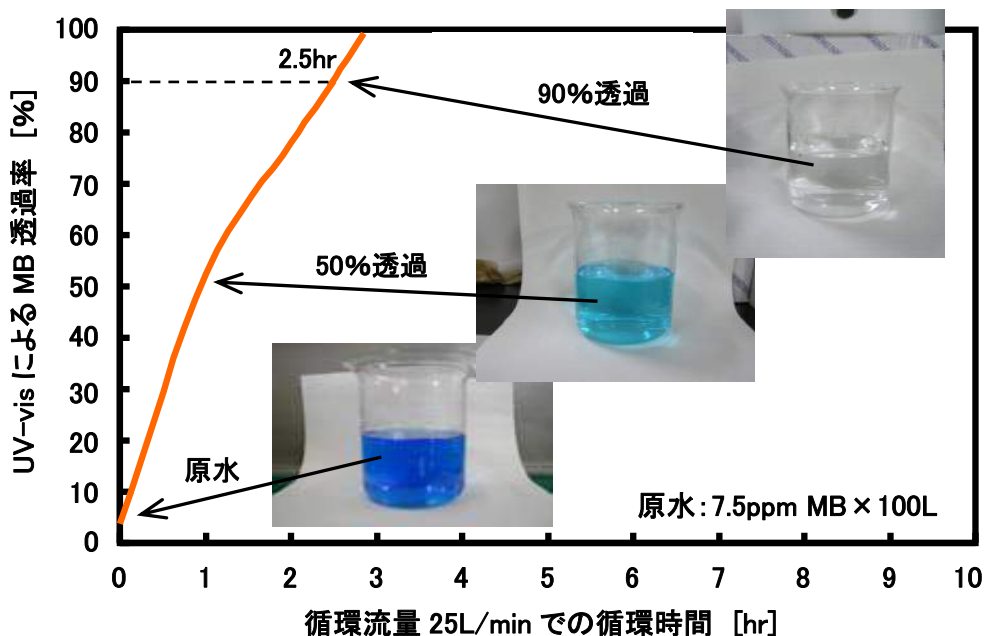


図8 光触媒水処理モジュールによるメチレンブルー水溶液脱色性能

企業化に至ったキーポイント

企業側の保有する SiC 焼結体製造技術があり、その技術と産業技術総合研究所が有する Si/SiC 三次元多孔質光触媒セラミックスフィルター技術との融合・合体が製品化につながった。

(7) 到達点

産業技術総合研究所所有の Si/SiC 三次元多孔質光触媒セラミックスフィルターの基本技術をもとに、フィルターの高強度化や大型化を図るとともに酸化チタンの担持法を工夫する事で軽量・高強度・高効率空気浄化用光触媒フィルターを開発した。

また、当社技術の一つであるフッ素樹脂技術と光触媒技術を融合する事で、独自の光触媒水処理モジュールを開発した。

今後、更に拡がると思われる環境浄化市場において、要求されるであろう光触媒フィルターの量的拡大及びコストダウンの技術開発と光触媒浄化性能向上技術開発により更に、空気浄化用途、水処理用途へと事業拡大を目指していく。また、光触媒は殺菌剤を用いずに菌を分解除去できるので、最近問題となっている、空気感染性の SARS、鳥インフルエンザ、口蹄疫等の感染予防に使用されれば、需要は拡がる。

(8) 開発に携わった研究者の思い

産業技術総合研究所九州センター 主任研究員 谷 英治

研究機関での研究開発は小型のサンプルで十分であったが、実用化となると、大型化、コスト計算等をユーザーから質問されるので、困りました。

日本ピラー工業株式会社 開発事業部主査 古田 健也

機械部品メーカーとして異色の開発アイテムであり、開発成果出口である「お客様」探しに苦労しました。

(9) ディスカッション

Q: 高空隙率の SiC 多孔体を実用的な光触媒担体用として用いる場合、光を通す必要性から大型部材の場合でも厚みを大きくできないと考えられます。したがって、この多孔体の強度をある一定値以上にすることが不可欠でしょう。空隙率を維持しつつ強度を上げるにはどのような工夫があったのでしょうか？

A: Si/SiC フィルターを光触媒担体として使用するに当たり、気をつけなければならないことは、光（紫外線）の到達深度です。なぜなら、浄化性能アップ目的で担体厚みを大きくすると、担体内部にまで光が届かないため、望み通りの光触媒の効果が得られないことがあるからです。

さて、フィルター強度を上げる工夫ですが、ノウハウが含まれるため、詳細はお答えできませんが、長年にわたり培われた SiC 材料技術を駆使して、実験により試行錯誤を繰り返すことで、細い骨格を維持しつつ、高強度を実現する最適な材料構成にたどり着きました。光触媒担体としてはうってつけのフィルターであると自負しています。

このフィルターは耐熱性にも優れていることから、耐熱性を生かした光触媒の用途も考えられます。多くの企業様からのお問い合わせをお待ちしています。

企業情報

社名：日本ピラー工業株式会社 創業：大正13年（1924年）

資本金：49億66百万円 従業員数：522人

所在地：大阪市淀川区野中南2丁目11番48号

代表者：取締役社長 岩波 清久

TEL：06-6305-1781 (URL) <http://www.pillar.co.jp>

主力商品

- ・流体制御機器の製造販売
- ・（メカニカルシール製品）
- ・（グランドパッキン・ガスケット製品）
- ・（ピラフロン製品）

6. 非破壊計測技術 TFDRS を用いた携帯型糖度計の開発

長崎県工業技術センター 電子情報科専門研究員 下村 義昭
株式会社メカトロニクス 代表取締役 立石 賢二

(1) シーズ研究 (又は開発) の概要

これまでの果実の非破壊糖度計はハロゲンランプと分光器を用いた分光方式で、装置構成が複雑となり大型で高価、しかも果実の品種や収穫時期に応じた検量線の更新が必要で、その手間と費用がかかる等の課題があった。本開発では、光散乱による光路長変化の影響を受けない新方式の非破壊計測技術 TFDRS (Three-Fiber-based Diffuse Reflectance Spectroscopy) を開発し、本計測技術を応用することで①果実の品種や収穫時期の違いによる検量線の更新作業が不要、②光源の発光ダイオード化による従来コスト比 1/10 以下で掌サイズ等の特徴を有する携帯型糖度計の商品化を行った。

(公設試の技術) 光計測技術, 非破壊計測技術 TFDRS の発明者

(企業の技術) 電子機器の設計・開発, メカトロニクス技術

(2) 開発の端緒

テーマとの出会い

株式会社メカトロニクスは、現社長 (立石賢二) がオイルショック後の昭和 58 年に、マイクロコンピュータを産業機器へ利用する目的で設立。その名のとおり、当時は自動制御・計測、省力化機器をマイコン制御することが主な業務であったが、その後は FAX 用電子回路基板の検査装置等を手がけるようになり、機械の制御よりもむしろ計測へ、大きいものよりも小型の機器へシフトしていった。

また、研究には市販以外に特注の機器を必要とすることも多く、そのような人々にとって同社は気軽に相談できる存在として重宝されている。長崎県工業技術センターで開発された非破壊糖度計測技術についても、同社は研究段階から実験装置等の製作等で協力しており、製品化に一番近い位置にいた。独自商品の開発という同社の希望と合致したこともあり、長崎県から特許使用の許諾を得て、携帯型糖度計の製品化に取り組んだ。

人との出会い

当初の顧客は主に製造業の生産現場であった。開発する機器はそのほとんどが特注品、いわゆる一品料理である。同じものを作ることは稀で、常に新しい技術開発の連続である。その結果、幅広い分野での技術と開発力が蓄積されていった。また、新しい技術へ躊躇無く挑戦する姿勢は研究者に好感を持たれ、大学・公設試・企業等の研究者からの研究用に用いる特注機器に関する相談事が多くなっていった。そのような人々にとって同社は気軽

に相談できる存在として重宝されている。

(3) 目標の設定

携帯型糖度計の商品開発では一般の生産農家が購入可能な価格とすること、次に小型・軽量化と簡便さを目標とした。

(4) 社会的価値

開発では生産農家が購入できるように低価格化と小型・簡便さを最優先した。一方で、実用的な精度も確保しなければならず、何度もその試作・改良を繰り返し商品化に至った。農業分野における実績も情報も無い後発でのスタートであったが、発売から1年間で販売の累計台数も65台を数え、ようやくその市民権を得てきた状況である。

(5) 具体的なシナリオ

平成18年：地域新生コンソーシアム研究開発事業に採択。

平成19年：光源のLED化に成功。

携帯型糖度計の試作1号機完成（重量700g）。

平成20年：携帯型糖度計の商品モデル完成。

重量200gの世界最軽量を実現。

平成21年：携帯型糖度計（N-1）を発売開始。

平成22年：測定品種を5品種に増やす。

測定品種：リンゴ、マンゴー、桃、梨、柿。

(6) 研究成果

主な成果

図1は新方式の非破壊計測技術（TFDRS）をベースに商品化に成功した携帯型糖度計を示す。本装置では、光源に近赤外領域の発光ダイオードを使用し、重量200g（電池重量含む）と世界最軽量を実現している。また、TFDRSを用いることで、これまでの品種毎や収穫時期に応じた検量線の更新作業が不要となった他、太陽光などの影響を補正する外乱光補正技術を搭載することで屋外での使用が可能となった。



図1 商品化した携帯型糖度計。光源に発光ダイオードを使用し、重量200g（電池重量含む）と世界最軽量を実現した。

企業化に至ったキーポイント

小型・軽量化は生産農家にとっては重要な要素となる。TFDRS 方式は光源の発光ダイオード化が可能、これにより寸法、重量、価格、簡便さにおいては圧倒的な優位性を持つ商品となった。実際に生産農家からは小型・軽量に加え、現実的な価格設定により圧倒的な支持を得ている。

(7) 到達点

携帯型糖度計の開発では、光源に近赤外領域の発光ダイオードを使用し、重量 200g（電池重量含む）と非破壊糖度計としては世界最軽量を実現した。また、非破壊計測技術 TFDRS を用いることで、これまでの品種毎や収穫時期に応じた検量線の更新作業が不要となった。他、太陽光などの影響を無くすロックイン増幅回路を採用することで、屋外での使用が可能となった。また、その測定可能な品種をリンゴ、マンゴー、桃、梨、柿の 5 品種まで拡げている。

また、今回の開発で株式会社メカトロニクスは規模が小さくても社会的課題に対応して新規分野を開拓している企業として、経済産業省中小企業庁の「2009 年元気なモノ作り中小企業 300 社」に選定された。

今後、携帯型糖度計については、適応品種拡大に向けた改良と更なる量産化に向けた出荷試験の自動化に向けた取り組みを行っていく。また、TFDRS は光散乱体の非破壊計測において光路長変化による影響を受けない大きな利点を有しており、現在、他の食品の品質計測から生体医療診断へと非破壊計測技術 TFDRS の応用展開を図っている。

(8) 開発に携わった研究者の思い

長崎県工業技術センター専門研究員 下村義昭

TFDRS 法の生みの苦しみもありましたが、株式会社メカトロニクス様には実際に商品として育てて頂いたことに感謝しています。携帯型糖度計の商品化によって、研究の「結果」がようやく「成果」になったと言えます。

株式会社メカトロニクス代表取締役 立石賢二

開発当初は「お付き合い、ご協力」の感がありましたが、この技術が使い物になるという確信を得てからは、文字通り社運を賭けてのプロジェクトになっています。

(9) ディスカッション

Q：TFDRS 法による非破壊検査法のメリット、デメリットを教えてください。従来の果汁液滴を用いた糖度計と精度、価格、簡便さ、保守性を比較したとき、決定的に優位となる点は何でしょうか？

A：光源として発光ダイオードや半導体レーザーを用いることができる。これにより非破壊糖度計の低価格化、小型化が可能となる。一方、商品化した携帯型糖度計では光源に LED を用いており、その光量の低さから測定対象が限られる問題もある。従来の破壊式に比べた場合の優位性は、やはり非破壊測定により全数検査が可能となること。

企業情報

社名：株式会社メカトロニクス

創業：昭和 58 年

資本金：3,200 万円

従業員数：5 人

所在地：長崎県佐世保市瀬戸越 4-4-26

代表者：立石賢二

TEL：0956-40-7802

主力商品

・産業用電子回路基板の設計・製造

・研究用計測機器の設計・試作

・防爆用電子回路の設計

・非破壊糖度計

7. 農商工連携による梅加工品の開発と商品化事例

大分県産業科学技術センター 食品産業担当 主幹研究員 廣瀬 正純
株式会社おおやま夢工房 総支配人 緒方 英雄

(1) 概要

大分県では日田市大山町を中心に梅の生産が行われており、加工品の製造も盛んであるが、ほとんどが梅干し、梅酒関連製品でバリエーションが少なく新たな高付加価値商品の開発が求められていた。

そこで、株式会社おおやま夢工房をコア企業とした農商工連携グループによって、大分県日田市大山町特産の梅を活用した「高級梅ジュース」と「高級梅ソース」の開発を行った。

- (公設試の技術) 加工適性評価と食品加工技術、パッケージデザイン
- (大学等の技術) マーケティング
- (企業の技術) 商品企画、果実加工品製造技術

(2) 開発の端緒

テーマとの出会い

株式会社おおやま夢工房では、従来から梅リキュールを製造、販売してきたが、ノンアルコール梅飲料開発の要望が強く、現状の商品に匹敵する高級感のある梅ジュースの開発が緊急の課題になっていた。

人との出会い

株式会社おおやま夢工房においては、平成20年度に地域活性化を図る目的で、「里山産業開発事業」を立ち上げ、梅の新たな用途開発への取り組みを始めていた。この中で構成された検討委員会において、様々な業種の専門家を委員として委嘱し開発を進めたが、そのメンバーが核となって今回の梅加工品開発に取り組むことができた。

(3) 目標の設定

- ① これまでにないタイプの高級感のあるウメ果汁飲料の開発
- ② 販売ターゲットの設定とそれにふさわしい商品形態の設定

(4) 社会的価値

- ① 梅の新たな用途開発による梅生産者の所得増大
- ② 後継者の確保と雇用機会の増大
- ③ 地域ブランドによる地域再生、地域活性化

(5) 具体的なシナリオ

株式会社おおやま夢工房が経済産業省の平成21年度農商工連携対策支援事業の認可を受け、特産の南高梅を使った「樹上完熟梅飲料」の開発に着手した。実際の開発にあたっては、従来の「一村一品運動」に見られる自立開発型でなく、地域の優れた素材を優れた加工技術、デザイン、マーケティングと連携、協働させ、高付加価値型商品を開発すると共に、販売システムを確立する手法をとった。

具体的には、株式会社おおやま夢工房を開発母体とし、技術面やデザインでは大分県産

業科学技術センター、マーケティングでは中村学園流通科学研究所、素材を大山梅出荷組合との協働で開発を行った。さらに開発の核として「梅新製品開発戦略委員会」を6回開催し、現場での調査・分析・試作を繰り返しながら二つの梅商品の完成を見ることが出来た。

(6) 研究成果

主な成果

① ウメ果汁の香気増強技術の開発

すりおろしタイプのフードプロセッサー（写真1）にかけることにより、種子を果肉から分離することができた（写真2）。種子には果肉が少し付着しており、ピューレには果皮が混入していた。ピューレを利用する際には裏ごし等の処理が必要と考えられた。

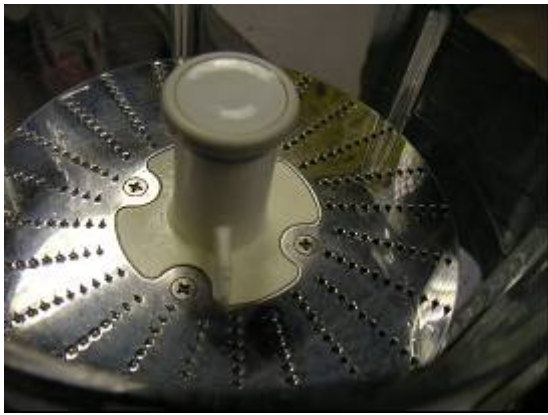


写真1 すりおろしタイプフードプロセッサー



写真2 すりおろしタイプフードプロセッサーで分離した種子とピューレ

パルパーフィニッシャー（写真3）にかけることによっても、種子を果肉から分離することができた（写真4）。種子に果肉の付着は無く、ピューレはなめらかで光沢があり、果皮の混入が見られなかった。ピューレ利用の際は裏ごし処理の必要がなかった。



写真3 パルパーフィニッシャー



写真4 パルパーフィニッシャーで分離した種子とピューレ

種子を割り、仁の部分を取り出すために開発した装置を写真5に示した。投入口より投入された種子が回転する金属製のローラーの間隙に落ち込み破壊される仕組みになっ

ている。この装置で処理することにより、種子の外皮と仁の部分を分離することができた（写真6）。



写真5 種子を割る装置



写真6 種子割り装置で分離した種子外皮と仁

種子をそのまま（写真7-a）、種子を割って（写真7-b）、及び仁を粉砕して（写真7-c）エタノールに浸漬することによりベンズアルデヒドの抽出を行った。

仁の粉砕処理が最も抽出が早く5日後にはベンズアルデヒドの抽出が終了していた。次いで種子割り処理が早く、種子をそのまま浸漬したものが一番抽出が遅かった。

しかし、2ヶ月後には種子割り処理と種子をそのまま浸漬したものとの差がなくなったこと、及び仁の粉砕処理はベンズアルデヒド含量が減少することから、特に処理することなくエタノール抽出することによりベンズアルデヒドをエタノール抽出できると考えられた（図1）。



写真7-a 種子そのまま



写真7-b 種子割り処理



写真7-c 仁粉砕処理

写真7 ウメ種子ベンズアルデヒドのエタノール抽出状況

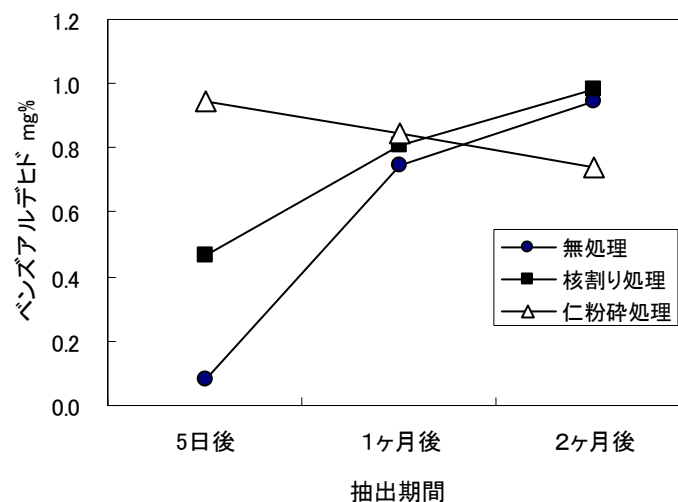


図1 エタノールによる種子からのベンズアルデヒド抽出

②成熟果実の香味付与技術の開発

成熟果実の果肉からピューレを製造する際の前処理としてブランチング処理することによりピューレの外観は、色が明るく鮮やかになり光沢も増した（表1、2）。また、口触りがなめらかで、粘りが良好で香りも青臭さがなくなり、よりフルーティーになった（表1）。

また、ブランチング処理は、ピューレのBrix、pH、酸度には大きな影響を及ぼさなかった（表2）。

表1. ブランチング処理の有無と完熟ウメピューレの品質

処理区	外観		なめらかさ	粘度	香り
	色	光沢			
ブランチング有り	鮮やかで明るい	◎	◎	良好	フルーティー
ブランチング無し	少し暗い	○	○	やや少ない	やや青臭い

表2. ブランチング処理の有無と完熟ウメピューレの分析値

処理区	色調			Brix	pH	滴定酸%
	L	a	b			
ブランチング有り	51.8	20.0	69.1	6.2	2.6	4.1
ブランチング無し	46.1	17.6	59.8	5.9	2.5	4.0

完熟果実ピューレを飲料に添加した時の沈殿防止のため、ピューレのパルプ分の微細化処理として、フィニッシャー処理、吸い込み式ホモジナイザー処理、高圧ホモジナイザー処理を検討したところ、フィニッシャー処理、吸い込み式ホモジナイザー処理ではパルプの粒径をかなり小さくすることはできたが、沈殿を防止することはできず、吸い込み式ホモジナイザー処理では空気を巻き込んで一部のパルプが上部に浮き上がった。高圧ホモジナイザー処理は2MPaの圧力で処理することにより沈殿を完全に防止することができた（表3、写真8）。

表3. 完熟ウメドリンクのパルプ微細化処理と沈殿率、パルプ粒径

	無処理	フィニッシャー処理	吸込式ホモジナイザー	高圧ホモジナイザー
沈殿率(%)	59.1	57.1	23.8	0
パルプ粒径	226	99	88	68

さらに、パルプ沈殿防止のためペクチン添加による飲料の粘度増加効果を検討したところ、ペクチン1.5%の添加で沈殿がかなり防止でき、2.0%の添加では沈殿は生じなかった（表4、写真9）。しかし、ペクチン1.5%の添加でもわずかに、2.0%の添加では完全に飲料がゲル化した（表4）。

表4. 完熟ウメドリンクへのペクチンの添加と沈殿率、ゲル化状況

	無処理	ペクチン1.5%	ペクチン2.0%
沈殿率(%)	59.1	8.3	0
ゲル化状況	—	±	+



写真8 パルプ微細化処理と沈殿の状況



写真9 ペクチンの添加と沈殿の状況

企業化に至ったキーポイント

連携先の中村学園流通研究所の支援等もあって、市場調査等により梅飲料における消費者ニーズをよりの確につかむことができ、そのイメージを研究開発スタッフで膨らますことができた。具体的には梅果汁の香り増強技術や成熟果実の香味付与技術の開発、あるいはブレンド技術の開発等でグレードの高い「梅ジュース」「梅のフルーツソース」が開発したことで、極めて付加価値の高い商品となった。

特に、当初は梅ジュースのみの開発であったが、試作段階でフルーツソースの製造も可能なことが分かり、同様の作業工程から二つの商品を開発することも出来た。

(7) 到達点

■おおやま樹上完熟 梅ジュース

とろみをつけた完熟南高梅のジュース。完熟梅特有の桃やリンゴやマンゴーの味など巡り巡って梅味に変わる美味しく楽しい飲み物。クエン酸を主体とした体に大切な有機酸を芳醇な香りで包んだ本格的高級ジュース。ホテル等のウェルカムドリンクとしての需用が期待されている。

■おおやま樹上完熟 梅ソース

完熟南高梅果肉65%、甘さ控えめのフルーツソース。そのままやヨーグルト、アイスクリームのトッピングに適している。また、酸味は肉料理に合い、フランス料理を初めデザートなどの菓子類にも応用が可能。試飲・試食段階で神戸・大阪の有名フランス料理店やホテルのシェフ等に大好評。



内容量 180g 瓶詰め
 原材料 大山産南高梅 砂糖
 予定価格 800円



内容量 180g 瓶詰め
 原材料 大山産南高梅 砂糖
 予定価格 800円

今後の展開あるいは波及効果として、

- ① 梅飲料にかかる市場や消費者ニーズを把握した事による、次期商品開発の可能性が増した。
- ② 試作段階でのジュース、ソースに、フランス料理の大家からお墨付きをもらったことで、ホテル、料理店等の商談が可能になった。
- ③ ハイエンドな消費者層をねらった販路開拓が可能になったことで、梅農家に対する価格保証が今以上にやれる確信が持てた。
- ④ 業務提携先との間での良好な関係がより強固になった。
- ⑤ 食品メーカーとしての知名度アップにつながった。
などが挙げられる。

(8) 開発に携わった研究者の思い

大分県産業科学技術センター 食品産業担当 主幹研究員 廣瀬正純

高級ウメジュースの開発に技術開発担当として携わった。

開発当初はハードルが高い製品開発に企業の技術者ともども正直戸惑ったが、戦略委員会の活動が活発で、商品コンセプトが早期に明確化し、試作品に対する評価も的確で短期間で最終製品を開発することができた。今回の戦略委員会のように様々な分野が連携する事の重要性を改めて認識した。

株式会社おおやま夢工房 総支配人 緒方英雄

「戦略委員会」のメンバーに消費者運動に関係する人を選んだが、かなり重要な意見を拝聴した。商品開発で「農商工連携」が重要視されているが、このメンバーに消費者を入れ込む、つまり、「農商消工連携」といったスタイルで、生産、加工、販売、購買といった単なる対策ではなく、「日本の豊かさ」つまり、食や資源や環境、そして文化をも巻き込んだ豊かさ追求運動として、より教育的な対策を心がける必要を感じた。

(9) ディスカッション

Q: ある製品の開発において消費者の意見を聞くということは通常の開発においても行われていることだと思います。しかし、この商品開発では、より積極的に、あるいは、より低姿勢に意見を取り入れられたように感じます。このような態度を起こさせた要因はどこにあったのでしょうか？リーダーシップでしょうか？優れた消費者の意見があったのでしょうか？

A: 今回の開発にあたっては、最終目標が今までにない高級ジュースということであったため、逆に従来のジュースに対して消費者がどのような考え、イメージを持っているのかを明確にする必要がありました。また、開発委員会の中に女性を中心としたモニターを多数抱えている委員がおり、アンケート調査がより容易に可能であったことも要因の一つでした。

企業情報

社名：株式会社 おおやま夢工房 創業：平成10年4月（事業開始 平成14年11月）
資本金：1億8千万円 従業者数：68名（嘱託2名 出向2名 パート34名）
所在地：大分県日田市大山町西大山4587番地
代表者：代表取締役 三 笥 善 八 郎、 TEL：0973-52-3000
主力商品 ・ 梅酒等梅商品・レストラン・宿泊施設・温泉館等経営

8. 火山噴出物を用いた軽量断熱シラス瓦の開発

鹿児島県工業技術センター 素材開発部 研究専門員 袖山 研一
有限会社瀬戸口瓦工場 専務取締役 瀬戸口 和徳

(1) シーズ研究(又は開発)の概要

南九州のシラス台地を形成するシラスの工業資源化を目的として、シラスを用いたセメント二次製品の研究に着手し、試作と物性評価を行いました。その結果、加圧脱水成形法を用いることによって、軽量性と断熱性に優れたシラス瓦の共同開発に成功し、実用化に至りました。

(公設試の技術) 無機質原料の評価技術, 加圧脱水成形技術

(企業の技術) セメント瓦の製造技術

(2) 開発の端緒

テーマとの出会い

近年の住宅産業では、軽量・断熱・低コスト・健康・環境・リサイクル性が大きなニーズとなっています。シラスを細骨材として使うことにより、原料コストが削減でき、軽量化も可能になります。これにより、運搬・労力・施工負担などが軽減され、トータルのコストダウンが可能となります。また、自然素材であるためリサイクルや処分時の環境への負担を最小限に抑えることができ、人にも環境にもやさしい商品となります。このようなシラスのコンクリート用細骨材としての特性に着目して、鹿児島県工業技術センターと共同でシラス瓦の開発に着手しました。

人との出会い

平成元年に有限会社瀬戸口瓦工場で、骨材にシラスを用いたシラス瓦の製造を行い、曝露試験を開始しました。その後、平成13年に鹿児島県工業技術センターの袖山研究員が有限会社瀬戸口瓦工場を訪問した際に、12年間屋外曝露したシラス瓦を確認し、性能試験を行いました。その結果、普通セメント瓦より21%も軽く、強度・耐久性も優れていることからシラス瓦の実用化を推進し、共同研究を開始しました。

(3) 目標の設定

シラスは南九州に広く賦存する火山噴出物で、多孔質の軽石や2mm以下の火山灰などからなるほとんど未利用の資源です。これをコンクリート用細骨材として利用する技術の開発を目標としました。

シラス瓦の開発において、細骨材の100%をシラスで置換した生コンクリートを使用した場合、層間剥離の発生や成形性に問題が発生してしまいます。したがって、このままでは実用化が困難であるため、これらの問題の原因の追究と解決を目標に研究を行いました。

(4) 社会的価値

シラスは、コンクリート用細骨材としては、細かい粒度(150 μ m以下が20~40%)、高い吸水率(自然状態での吸水率25%)、低比重(真比重2.3~2.5)、粒子の形が悪い(角張った形状が多い)という点で不適とされ、従来の流し込みコンクリートでは実用化が困難で、ほとんど利用されていませんでした。このシラスを細骨材として活用する道を開いたことは、地場産業にとって非常に意義あることだと考えています。

(5) 具体的なシナリオ

シラス瓦の製造は、概略次の工程により行います（図1）。

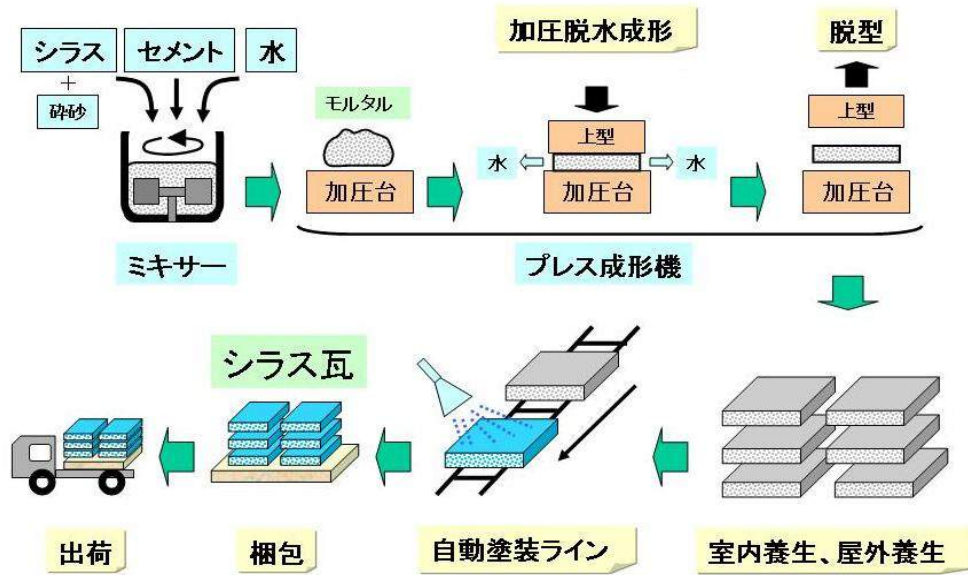


図1 シラス瓦の製造工程

シラス 40～60%，セメント 25～30%，水 10～16%，流動化剤 0.2～0.5% からなるモルタルを 60～110kgf/cm² の圧力で加圧脱水成形し、空隙の原因となる余分な水分を除去し、シラスとセメントを圧密して強固に結合させました。また、補強のためにモルタル調合時に 0.1～1μm の非晶質シリカや石英を配合し、層間剥離など成形性の問題を改善するために必要に応じて、0.5～3mm の硬質岩を配合することによって、強度と耐久性の向上を図りました。

(6) 研究成果

主な成果

平成 13 年から鹿児島県工業技術センターの技術協力の元で、シラス瓦の研究開発を行い、平成 18 年 4 月に特許登録されました。この特許を契機として、シラスの軽量性を活かした大判化に取り組み、試行錯誤の結果、従来の和瓦の約 2 倍の面積を有するシラス大判瓦の開発に成功しました。

企業化に至ったキーポイント

シラスのコンクリート用細骨材としての欠点を克服する加圧脱水成形法（図2参照）を確立すると共に、原料配合や塗装および施工技術の工夫を行うことで、課題を解決し実用化に至りました。

シラス大判瓦は実用化されているものの中では九州最大の大きさであり、シラス大判瓦特有の施工コストの軽減が実用化における一つの特徴です。

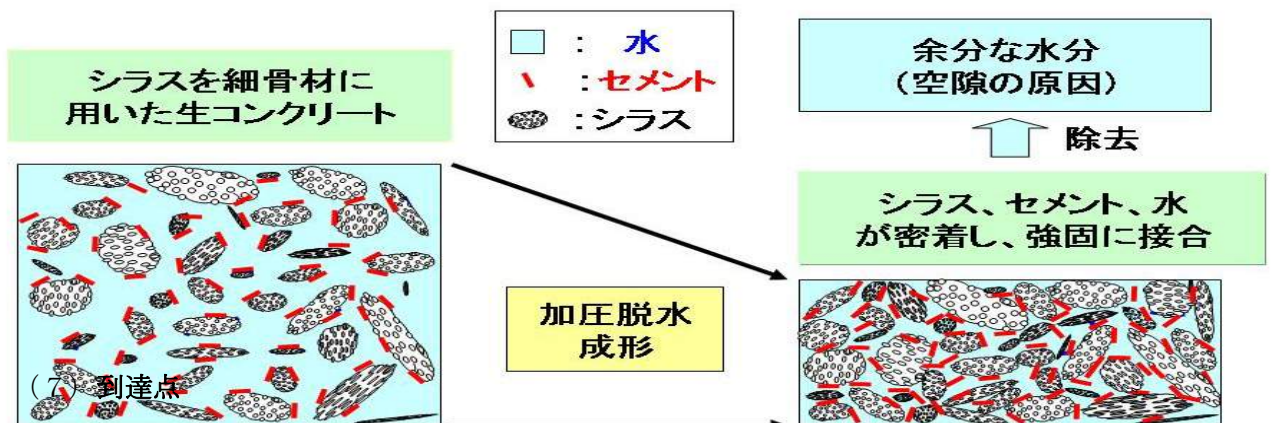


図2 加圧脱水成形法

シラス瓦（写真1）は、普通セメント瓦よりも20%程軽いため施工しやすく、作業や建物への負担も少なくてすみます。また、熱伝導率が普通セメント瓦の約1/2であることから、蓄熱しにくく断熱性を発揮するので省エネ効果も期待できます。既に施工後9年以上経過した物件もあり、2万3300m²（平成13年6月～平成22年9月出荷分）の施工実績があります。

シラス和瓦は、鹿児島市の県営住宅新築屋根工事で全35棟（約15万枚）の施工実績があり、普通セメント和瓦が施工された場合と比較すると、屋根全体で約75.7トンの軽量化が達成されたこととなります。自然素材の軽量瓦として注目され、県外では愛知県のグループホーム（2500㎡）で使用されました。

シラス洋瓦は、一般住宅のリフォーム屋根工事などで使用され、陶器瓦からシラス瓦へのリフォームでは、34%（5.5トン）の屋根重量軽減を達成しました。また、耐水性に優れた構造のため、超低勾配（一寸勾配=5.4°）屋根でも施工可能です。

シラス大判瓦は、立体構造により通気性を向上させてあり、結露を発生しにくく、軽量化と共に家屋への負担軽減が期待できます。また、シラス大判瓦独自の新しい施工方法により、普通セメント和瓦と比較すると施工時間を約30%短縮することができ、軽量化による輸送コストなども軽減できることで高い評価を頂いています。

耐風耐震対策として、シラス和瓦はすべての瓦が連鎖的に結合される機能（スクラム新構造）を、シラス洋瓦・シラス大判瓦は、2枚の瓦を1本のビスで同時に固定する国土交通省認定のスルーホール工法を採用しており、耐風耐震性に優れています。



写真1 左から HITTO-BAN（シラス和瓦）、ユーロベスト（シラス洋瓦）、石娘S-24（シラス大判瓦）

環境問題として、シラス瓦は製造時に焼成工程を必要としないため、CO₂ 排出抑制に貢献でき、自然素材であるためリサイクルや処分時において環境への負担を最小限に抑えることが出来ます。これまで環境に優しく健康的な屋根材として、個人・住宅メーカーなど鹿児島県内外の方から多くの採用を頂いてきました（写真2）。



写真2 シラス大判瓦の施工例

(8) 開発に携わった研究者の思い

鹿児島県工業技術センター 素材開発部 研究専門員 袖山 研一

シラスの利用研究は、産学官で半世紀以上前から行われ、先輩からシラス開発の夢を引き継ぎ、研究を行ってきました。10年以上やっても思うように成果が出せず、新技術を模索していた頃、瀬戸口和徳氏に出会いました。驚いたことに、以前にシラス瓦を製造・施工されており、その優れた性能を目の当たりにして、プレスセメント瓦の実用性を確信しました。そこで、瀬戸口氏と共に「加圧脱水成形技術」を用いたシラス瓦の製品化に邁進し、実用化の突破口を拓くことができ、シラス開発の一步を踏み出すことが出来ました。地域に根ざした「ものづくり」の神髄を教えていただいた瀬戸口氏には深く感謝しております。

有限会社瀬戸口瓦工場 専務取締役 瀬戸口 和徳

普通シラスをふるうことから始め、流動性の改善や層間剥離の問題を解決し、ようやくシラス瓦は完成しました。シラス瓦の研究開発を通して、「ものづくり」の面白さ、難しさ、そして大切さを改めて教わりました。自然からの大切な贈り物であるシラスを有効的に活用することにより、シラスの山は宝の山になると期待しています。「鹿児島にはシラスがあるからいいですね」と他県の方から言われ、改めてシラスとの出会いに感謝しています。

(9) ディスカッション

Q：本製品ではシラスのうち細骨材に適したものだけを選別されているように思います。ふるい分けを行うと細骨材として不適な微粒子が生成するのではないのでしょうか？この微粒子の活用法としてどのようなことが考えられますか？

A：シラス瓦の製造には瓦の厚みの関係で5mm以下の普通シラスを使用しています。網ふるいでふるい分けを行った際に生成される細骨材として不適な微粒子については、粉砕することなく自然のまままで利用できないか、今後の課題となっています。

Q：シラス瓦の今後の展開として、どのような事を考えていますか？

A：住宅産業が低迷し、鹿児島県で50社ほど存在していたセメント瓦工場が、現在では15社あまりに減少し、地場産業は危機的状況にあります。そのような中、これまで商品化が困難であった普通シラスの工業製品化の成功が、県内事業者に見直す契機となってきました。今後、地場のセメント瓦工場と協力し、シラス瓦を鹿児島県産品として展開することで地域活性化に貢献し、地場企業が発展することを期待しています。

現在、健康被害などで問題となっている石綿（アスベスト）を含有する屋根材を使用している建物は、全国で約500万棟もあると予測されています。この屋根材を何も処理をしないまま解体すると、石綿が飛散し大変危険です。また、このような建物はリフォーム時に、構造的にあまり荷重をかけることができないという問題があります。私たちは、安全な解体方法であるシールドサクショ工法（厚生労働省通達済工法）を行う関連会社と協力し、安全な解体を行い、建物にあまり負担をかけない軽量で断熱性に優れたシラス瓦の展開に取り組んでいます。

企業情報

社名：	有限会社瀬戸口瓦工場	創業：	昭和28年
資本金：	300万円	従業員数：	3人
所在地：	鹿児島県薩摩郡さつま町柏原3100番地		

9. 軽量でフィット性に優れた関節装具の開発

沖縄県工業技術センター 生産技術研究班 泉川 達哉
株式会社佐喜眞義肢 取締役常務 木村 薫

(1) 開発の概要

株式会社佐喜眞義肢の「CB ブレース」は膝の中央部に補強用部材を設けた単純な構造の関節装具であるが、その装着感や支持力が従来型装具に比較し優れているものである。本研究開発では、CB ブレースの構造的な特徴とカーボン繊維強化樹脂(CFRP)の性質を活かし、軽量且つ、患者毎の形状調整(フィットング作業)が要らない関節装具の開発に取り組んだ。また CFRP 製 CB ブレースの量産化について課題であったアームの成形効率の改善および耐久性の確保についても技術開発を行い量産化へ結び付けた。

(公設試の技術) CFRP のプレス成形技術、強度解析技術

(企業の技術) CB ブレースに関する基本特許、義肢・関節装具の製造技術

関節装具には患者の症状に応じて様々なタイプが開発されているが、本研究で対象としたのは図1に示す変形性膝関節症(O脚)へ適用するものである。変形性関節症用のCB ブレースは図3に示すように3点支持により膝変形を効果的に矯正することが可能である。



図1 変形性膝関節症



図2 CB ブレースによる矯正後

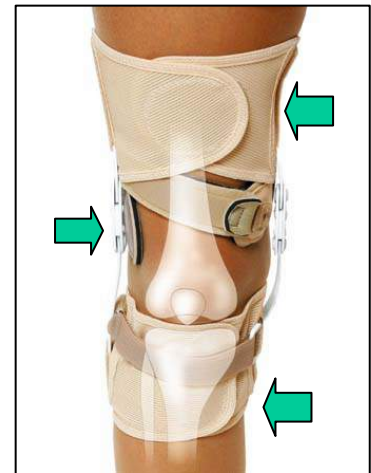


図3 3点支持による矯正

(2) 開発の端緒

テーマとの出会い

従来、株式会社佐喜眞義肢のCB ブレースはアルミニウム製のアームを採用していた。アルミ製アームには、患者の脚の形状に応じて細かく形状変更が可能であるというメリットがあるが、腐食しやすいことや弾性変形の領域が狭く使用時に容易に塑性変形してしまうという課題もあった(塑性変形すると矯正力が変化してしまう)。また患者からの軽量化の要求に応じて板厚を薄くしてきたが、これ以上の薄肉化は剛性低下の懸念があり困難となっていた。株式会社佐喜眞義肢は、これらの課題を解決するため沖縄県工業技術センターを訪れCFRPの活用に関する技術支援を受けた。

株式会社佐喜眞義肢と沖縄県工業技術センターは、関節装具の部材としてCFRPを活用するための試行錯誤的な取り組みを続ける中で、CFRPの優れた弾性変形性に着目した。CFRPは、その成形条件によって様々な弾力特性を実現することが可能であり、数十mm以上変形しても破断せず、荷重を取り除くと元の形状に戻るような性質を持たせることができる。また成形条件を工夫したCFRPの場合、変位量が大きくなっても荷重(=矯正力に相当する)の変化率を小さくすることも分かってきた。

CFRPを用いたアームは、耐食性に優れ、使用時に塑性変形することが無く（矯正力の変化が無く）、弾性変形時に生じる矯正力をほぼ一定に保つことができる可能性があることから、CFRPのアームへの適用に関する本格的な研究開発に取り組むことにした。

（3）目標の設定

① アーム形状の標準化

CBブレースは他社の関節装具に比べ、1つの形状で幅広い症状の患者へ適用することができるという構造上の利点がある。またCFRP製のアームは、成形条件を工夫することで変位量の大小に関わらず矯正力をほぼ一定に保つことが可能であると考えられる。CBブレースとCFRP製アームのこのような特徴をうまく活用することで、現在、患者毎に異なっているアーム形状を3種類程度にまとめることを目標とした。アーム形状を標準化することができれば、現在、患者毎に行われているアーム形状のフィッティング作業を省くことが可能となり生産性は大きく向上する。

② アームに関する成形効率の改善

プリプレグ材を用いた一般的なアームの成形方法を図4に示す。プリプレグシートはメーカーからロール状で支給される。そのシートを所定の形状で切り出し、プレス金型を用いてアーム形状に打ち抜く、打ち抜いたシートを数十枚積層し、ホットプレス内で加熱圧縮成形、その後、更に加熱炉内で熱を加えることで完全に硬化させる。このような成形方法では、時間がかかるばかりでなく、積層枚数の間違いや積層時の型ズレなどから成形不良も発生しやすい。ここでは、ロールから材料を切り出し、材料を積層するまでの工程を1ステップでできるようなカット用金型の開発を目標とした。

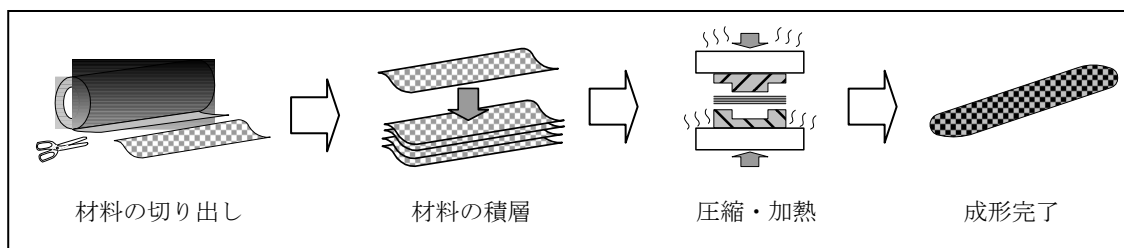


図4 アームの成形方法

③ アームの耐久性に関する検討

本研究開発では、CBブレースのアームをCFRPによるプレス成形、本体部分をガラス繊維入りプラスチックによる射出成形によって製作した。アームと本体は、アームに設けた貫通穴を本体側に成形した軸に通すことで組み立てられるが、アームと軸の材質が異なることから、その接触面における長期的な摩耗特性を把握する必要がある。また装着時の関節装具には曲げ荷重が繰り返し作用することから、アームの疲労試験も行う必要がある。ここでは、摩耗試験と疲労試験を行うための装置の開発と評価方法の確立を目標とした。

（4）社会的価値

変形性膝関節症に悩む患者は現在、全国で1,000万人以上もいるとされ、その多くが高齢者であると言われている。数年後には5人に1人が65歳以上という超高齢化社会を迎える我が国において、優れた関節装具に対するニーズは益々大きくなることが予想される。

変形性膝関節症の症状は、装具を長時間装着することで改善される。したがって関節装具には、その矯正力もさることながら、軽さも求められる。特に高齢者が使用する場合には「寝たきり」になることを防ぐため、装具を身に付けた状態で日常生活を普段通り送ることができるような軽さと装着感の良さが必要である。

(5) 具体的なシナリオ

平成 17 年度 沖縄産学官連携スタートアップ事業「関節装具の高剛性化に関する研究」

CFRPのプレス成形に関する基本的な研究を行った。

平成 18 年度 沖縄産学官共同研究推進事業「超軽量カーボン製関節装具の開発」

CBブレースの構造的に優れた特徴を機構解析により明らかにした。またCFRP製CBブレースの試作を行った。

平成 20～21 年度 NEDO福祉用具実用化推進事業「軽量でフィッティング性に優れた関節装具の開発」

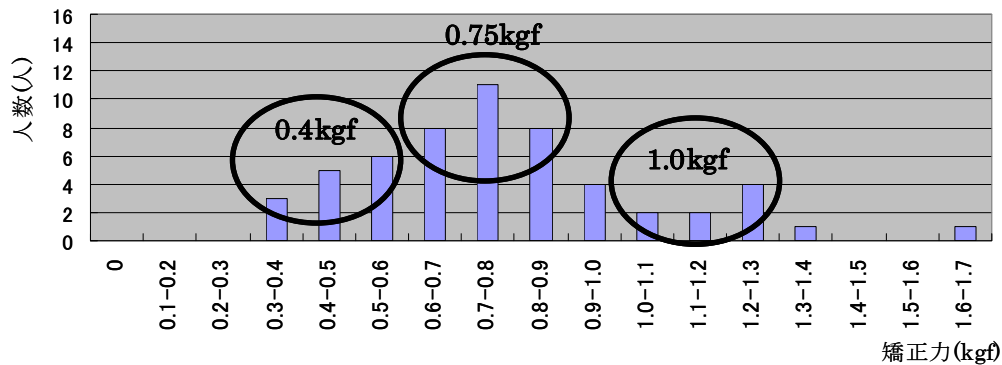
量産化を踏まえたアーム形状の標準化、プレス成形に関する生産性向上の取り組み、アームの耐久性確保についての研究開発を行った。

平成 22 年以降 株式会社佐喜眞義肢においてCFRP製CBブレースの加工、縫製、組立てを予定(部品の一部は外注加工)

(6) 研究成果

① アーム形状の標準化

実際に患者に処方されたアルミ製CBブレースに関して矯正力を測定した。55人分の矯正力データに基づきアームに必要な矯正力を定めた。



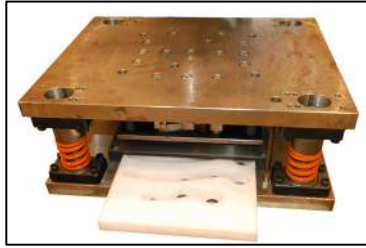
矯正力の分布(大腿内側アーム)

①大腿内側アーム 3種類 (矯正力:0.4kgf、0.75kgf、1kgf)
②下腿内側アーム 3種類 (矯正力:0.4kgf、0.75kgf、1kgf)
③大腿外側アーム 2種類 (矯正力:0.2kgf、0.5kgf)
④下腿外側アーム 2種類 (矯正力:0.2kg、0.5kgf)

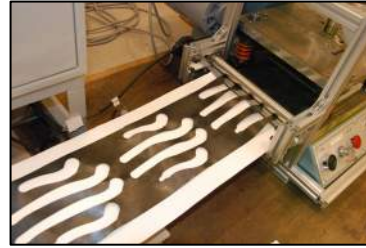
各アームの矯正力

② アームに関する成形効率の改善

アーム成形の課題であった材料の打ち抜きと積層工程を一度に行う金型を開発した。その結果、打ち抜き速度は55枚/分、積層スピードは2.75セット/分となった。



打ち抜き金型



連続加工の様子



シート取り出しカセット



積層されたシート

③ アームの耐久性に関する検討

関節装具の耐久性試験に関しては、規格等によって特に定められたものがないことから、本研究において独自に試験機を製作し評価を行った。試験機の製作にあたっては、装具の使用状況ができるだけ再現したものになるよう気を付けた。ここでは、評価基準として関節装具の耐用年数を5年とした。耐摩耗試験後の矯正力が試験前の約50%まで低下したため、アームと本体間に挟んでいるPOM製ワッシャの厚みを大きくした。疲労試験では特に問題は見られなかった。

④ フィットिंग性の評価

狭義の解釈では、組み立て時間などで示される「患者毎に異なる最適なアーム形状を如何に効率よく定めることができるか」ということがフィッティング性の唯一の指標になるといえるが、ここでは、それ以外にも装着感に大きな影響を与える「関節装具の重量」を評価項目として付け加えた。

(1) 総組み立て時間

アルミ製CBブレースとCFRP製CBブレースの総組み立て時間を比較し下表に示す。総組み立て時間とは、部品の単純な組み立て時間に加え、患者毎に行っているアーム形状の調整時間や布サポーターの装着時間を合計した時間である。CFRP製CBブレースの場合、部品組み立ての殆どが嵌め合わせによって出来ることや、アーム形状の調整が不要となることから総組み立て時間を約1/3に短縮することができた。

作業名	アルミ製CBブレース	カーボン製CBブレース
本体組み立て	77	79 (4つの作業合計)
アーム取り付け	185	
CBバー穴開け、固定	100	
アーム調整	70	
金具取り付け	74	74
吸着盤取り付け	128	0
丸かしめ	30	0
サポーター、懸垂取り付け	100	100
合計	764秒 (12分44秒)	253 (4分13秒)

(2) 重量

CBバーについては、患者の膝のサイズに応じて形状を調整する必要のあることから、CFRP製CBブレースにおいてもアルミ製の部品を用いている。部品毎に重量を比較してみると、やはりCFRPとしたアームの重量低減率が最も大きく約27%となっている。本体の重量低減率は約8%である。これについては、本体の剛性に若干余裕のあることからガラス繊維の配合率を現在の50%から少なくすることで更に軽量化することができる。

CBバーを含むトータルの重量では約15%の低減となった。これは代表的な他社製関節装具が約500gもあることを考えると、圧倒的な軽さであるといえる。

部品名	アルミ製(g)	カーボン製(g)	低減率(%)	
CBバー (共通部品)	20.22	20.22	—	
アーム	外上	10.036	6.948	30.0
	外下	14.828	10.896	26.5
	内上	9.997	6.976	30.2
	内下	15.897	12.225	23.0
	合計	50.758	37.045	27.0
本体	22.548	20.761	7.9	
合計 (サポーター類省く)	116.074	98.787	14.9	

企業化に至ったキーポイント

1. 基礎研究によって以下の項目が確認されていた
 - ・CBブレースが他の構造を有する装具に比して装具機能において優れる
 - ・矯正力測定及び機構解析によりCBブレースの優位性が確認されていた
2. 変形性膝関節症患者を対象に必要な矯正力を計測しその分布を把握して、装具アームの形状を3標準に絞り込むことが出来た
3. 耐久試験の結果、装具に要求される約3年相当以上の性能保証を確認できた
4. 株式会社佐喜眞義肢がアルミ製の装具で既に販売ルートを確認していたことと、展示会等を通じて事前にマーケットの評価を取入れて来た事

(7) 到達点

CFRP製変形性膝関節症用装具

装具アームの素材に炭素繊維強化プラスチック(CFRP)を採用しアルミ合金性の欠点である汗による腐食破損及び塑性変形による矯正力低下の問題を解決した。軽量化に関しては素材が変わって形状が大きくなり当初目標に届かなかったが、他社比で二分の一の約200gの軽量化を実現した。カラーはCFRPの黒に合わせて全体を黒一色として仕上げた。製品としては標準サイズ1種類(左右)に絞って商品化したが、今後3標準サイズを揃えて患者さんのニーズに応えていく予定である。

今回の製品化は、変形性膝関節症用に限定して開発を進めたが、



開発した量産技術は反張膝用、スポーツ障害用、肘障害用、長下肢装具などにも容易に応用展開できる技術であり、今後はこれらの装具のCFRP化に向けて技術開発を続けていく予定である。

(8) 開発に携わった研究者の思い

沖縄県工業技術センター 主任研究員 泉川 達哉

従来、義肢装具士の方が患者さんの反応を基に経験と勘で決定していた装具の形状を標準化することが難しかった。今回は1形状のみの設計で終わったが、量産に向け、他形状に関する設計支援も引き続き行っていきたい。

株式会社佐喜眞義肢 取締役常務 木村 薫

弊社の様な小企業としては、新素材CFRPを採用して、有限要素法により装具形状を解析・設計し商品化する技術開発は、人材面と資金面において独自開発が難しい。今回の開発は、公的資金の援助と沖縄県工業技術センターの共同体制なしには不可能であったと感謝している。

(9) ディスカッション

Q: アルミ製からCFRPへ材料の転換を図られています。CFRPは試作品について素晴らしい特性を発揮しているようです。しかし、アルミは長く使用されてきたという信頼性があります。本器具のように人体がそれを頼りにしているような場合、信頼性をどのように考えたらいいのでしょうか？ CFRPの場合、繊維が樹脂から剥離すると突然強度がなくなるものようです。

A: 関節装具の矯正力は最大でも約1kgfであるため、設計時に想定していた以上のアーム変形が生じることは殆ど無く、使用中に炭素繊維が樹脂から突然剥離する可能性も低いと考えている。またCFRPはアルミに比べて腐食しにくく、塑性変形しにくいいため、アームの矯正力が突然失われる可能性はCFRPの方がむしろ低いと考えている。しかしながら、使用者の安全性をより確実なものにするため、アームの耐久性評価試験は継続的に行っていく。また本格的な販売の前に、症状が比較的軽い一部の患者さんに対して試験的に使ってもらい安全性を確認することも必要だと考えている。

企業情報

社名： 株式会社佐喜眞義肢 創業： 1980年

資本金： 7,000万円 従業者数： 15人

所在地： 沖縄県宜野湾市愛知462-1

代表者： 代表取締役社長 佐喜眞 保

TEL： 098-892-1701

主力商品 膝関節症用装具（OA用、反張用、スポーツ用、長下肢装具、肘用）
義足
体幹装具

平成 22 年 12 月 24 日 印刷・発行

編集・発行

産業技術総合研究所 九州産学官連携センター

電話 0942-81-3604

ホームページ

<http://unit.aist.go.jp/kyushu/ci/collabo/knowhow/index.html>

九州経済産業局 地域経済部 技術企画課

電話 092-482-5461

ホームページ

http://www.kyushu.meti.go.jp/aboutmeti/mis/gi_kikaku/default.htm

本誌掲載記事の無断転載を禁じます