

**平成 29 年度環境ビジネスの振興方策検討等委託業務
環境への取組をエンジンとした経済成長に向けて
報告書**

平成 30 年 3 月

環境成長エンジン研究会

平成 29 年度環境ビジネスの振興方策検討等委託業務

～環境ビジネスの動向把握・振興方策等の検討～

環境への取組をエンジンとした経済成長に向けて

はじめに

近年、環境ビジネスの市場規模は増加し続けており、2016年には104兆円と過去最大値になるなど、環境ビジネスは我が国の経済成長を牽引する重要な役割を担っている。太陽光発電市場のように急成長した後に安定期に入った市場もあれば、その後を受けてバイオマス発電市場が拡大するなど様々な市場が成長している。一方で、環境ビジネスを展開する企業は、内外の環境政策や経済のグローバル化など、大きく変化する事業環境に対応する必要に迫られている。

このように環境ビジネスの状況が急激に変化する中で、企業側や行政側の双方にとって役立つ情報を提供するため、本研究会では、主に「環境ビジネスの動向や成功要因」、「行政側に求められる振興方策」について検討を行った。

具体的には、①環境ビジネスの最新動向を分析するとともに、②環境ビジネスを展開する企業の事例や成功要因の分析を行い、その結果を踏まえ、③政府・自治体に求められる支援策の在り方について検討を行った。特に本年度は、生物の特徴（構造や機能等）を商品やサービスに応用したビジネスの課題や成功要因等に関する分析に注力した。また、これらの情報を様々な主体が活用できるようにするため、国内への情報発信の在り方についても検討を行った。

なお、検討に際しては、可能な限り個別の企業にヒアリングするなどして、個別事例を参考にしながら成功要因等の分析を行うこととしている。

本検討の成果が、環境ビジネスを展開する企業又はこれから参入しようとする企業や、環境ビジネス支援方策を検討する政府・自治体などに有効に活用され、環境ビジネスの振興につながることを期待する。

Introduction

Recently the market size of the Environmental Business industry is growing, and in 2016 marked a historic peak of 1.04 trillion yen. The business is increasingly becoming a key economic driver for Japan. Some markets become to be stable-growth stage like photovoltaic power market, others enter into fast growth stage like biomass power market. Except them, there are various emerging market in Environmental Businesses. On the other hand, businesses who are expanding their businesses globally, must adapt to the rapidly changing business environment in order to compete in the market. Additionally there are many companies are seeking to expand their business domain to other Environmental Businesses.

This project was undertaken to study this rapidly changing environment, for the benefit of both businesses and government agency. Through this project, “Recent trends in the Environmental Business and success factors” and “Expected government support measures” were focused on.

More specifically, (1) Analysis of recent trends in the industry and (2) Case studies of businesses in the Environmental Business and their success factors to consider (3) Expected Governmental support measures. In this year, project select a focus are on issues and key success factors of companies carrying out business utilizing biological characteristics for their products or services. Also methods of making the research publically accessible was also considered.

During this project, individual companies were interviewed and each success factor, etc were analyzed individually.

The results of this study is envisaged to be used as reference for businesses who are currently considering entry into the Environmental Business, or for governments and local authorities who are considering policies that can support the growth of the Environmental Business.

平成 29 年度「環境成長エンジン研究会」委員名簿（五十音順、敬称略）

大串 卓矢	株式会社スマートエナジー 代表取締役社長
尾崎 寛太郎	環境経済株式会社 代表取締役
尾崎 弘之	神戸大学大学院経営学研究科 教授
下村 政嗣	千歳科学技術大学 理工学部応用化学生物学科 教授
竹ヶ原 啓介	株式会社日本政策投資銀行 環境・CSR 部長
藤田 香	日経 BP 社環境経営フォーラム生物多様性プロデューサー、日経エコロジー編集記者
八木 裕之	横浜国立大学大学院国際社会科学研究院 教授 【座長】
吉村 和就	グローバルウォータ・ジャパン 代表

目次

第1章 業務の目的と概要.....	8
I. 業務の背景と目的.....	8
II. 業務の概要.....	9
1. 調査企業等の選定及びヒアリングの実施.....	9
2. 環境ビジネスの現状に関する分析.....	9
3. 「環境成長エンジン研究会」の設置・運営.....	9
4. 環境ビジネスの振興方策の検討.....	9
5. 成果の発信・発表.....	9
第2章 要旨.....	10
I. 環境ビジネスの現状.....	10
II. 環境ビジネス企業の取組.....	12
1. 生物の特徴を商品やサービスに応用したビジネスの特徴.....	12
2. 成功要因.....	12
3. 振興方策.....	13
III. 成果の発信・発表.....	14
第3章 環境ビジネスの現状.....	15
I. 全体像.....	15
II. 業種別動向.....	17
1. 化学物質不使用製品.....	18
2. 水・土壌.....	19
3. 省エネ.....	21
4. バイオ樹脂・バイオ燃料.....	23
5. 緑化・グリーンインフラ.....	25
第4章 環境ビジネス企業の取組.....	27
I. 調査対象企業.....	27
II. 調査対象企業の一覧.....	28
III. 調査対象企業の取組.....	29
株式会社 LIXIL（東京都）.....	30
日本ペイントマリン株式会社（大阪府）.....	37
シャープ株式会社（大阪府）.....	44
日産自動車株式会社（神奈川県）.....	53
株式会社ドウシシャ（大阪府）.....	61
株式会社チノー（東京都）.....	69
株式会社ライトニックス（兵庫県）.....	76
日鐵住金建材株式会社（東京都）.....	83
積水化学工業株式会社（大阪府）.....	92

株式会社クボタ（大阪府）	100
株式会社大阪生物環境科学研究所（大阪府）	108
株式会社バイオレンジャーズ（東京都）	115
株式会社 フレンドマイクロブ（愛知県）	123
Green Earth Institute 株式会社（東京都）	130
藻バイオテクノロジー株式会社（茨城県）	137
鹿島建設 株式会社（東京都）	144
PLANT DATA 株式会社（愛媛県）	153
株式会社島津製作所（京都府）	162
株式会社たねや（滋賀県）	169
リアルテックファンド（東京都）	176
IV. 生物の特徴を商品やサービスに応用したビジネスの特徴	180
1. 生物の特徴を応用することの効果	180
2. 生物の特徴を応用するための課題	180
V. 成功要因	181
1. 製品開発段階	182
2. 事業化段階	185
VI. 振興方策	188
1. 製品開発段階	189
2. 事業化段階	190
第5章 まとめ	191
第6章 成果の発信・発表	192
I. 更新の考え方	192

第1章 業務の目的と概要

1. 業務の背景と目的

第四次環境基本計画（平成24年4月閣議決定）では、「持続可能な社会の実現」が目標として掲げられており、このためには「環境・経済・社会の統合的向上」が必要とされ、この方針は第五次環境基本計画にも引き継がれる予定である。環境産業（環境ビジネス）は、環境保全とともに、我が国の経済成長にも資するもので、持続可能な社会の実現に重要な役割を果たす主体の一つである。近年では、再生可能エネルギー市場をはじめとして、環境ビジネスの市場規模は成長しており、今後も我が国の経済成長を牽引する有望なビジネス分野として注目されている。

持続可能な社会を実現していくためにも、政府として、環境ビジネスを振興していくことが重要であるが、環境産業は1次産業から3次産業、またそれらを組み合わせることで成り立つ6次産業まで幅広い分野・形態であるため、環境ビジネスの振興方策等の検討のためには、産業全体の動向（マクロ動向）から、個別の産業分野・企業の動向（ミクロ動向）まで、マクロ・ミクロ的な視点で把握していくことが必要である。

本業務は、環境ビジネスをミクロ的視点から捉えることを目的として、国内外の環境産業の市場規模、雇用規模等の情報を踏まえた上で、全国の環境ビジネスを実施する企業の先進的・先導的な事例を把握・分析し、環境ビジネスの現状及び展望の分析等を行うことにより、その成果を国等の環境政策の企画・立案や企業の実務・経営判断に活用できるようにするものである。

II. 業務の概要

1. 調査企業等の選定及びヒアリングの実施

調査対象企業は、「生物の特徴（構造や機能等）を商品やサービスに応用したビジネスを展開する企業」とした。生物の特徴を応用することで、環境汚染物質の排出低減や省エネルギー性能の向上など環境負荷削減効果が期待されており、それら企業がどのようなきっかけで事業機会を認識し、どのようにして事業立上・市場参入に成功したのか、国や自治体に求める支援策は何か、といった点に重点を置き分析を行った。本年度は上記テーマに関係する企業 20 社にヒアリングを実施した。

2. 環境ビジネスの現状に関する分析

環境ビジネスの現状及び全体像を把握・分析するため、2000 年から 2016 年までの環境産業の市場規模の動向について分析を行った。また、環境産業の動向をより詳細に把握するため、業種別の動向についても分析を行った。業種別動向の分析対象業種は、本年度に調査を実施した企業に関連のある業種を対象とした。具体的には、(1)化学物質不使用製品、(2)水・土壌、(3)省エネ、(4)バイオ樹脂・バイオ燃料、(5)緑化・グリーンインフラの 5 業種を分析対象業種とした。

3. 「環境成長エンジン研究会」の設置・運営

調査対象企業の選定や調査内容の分析、取りまとめの方法等について必要な助言と検討を行うために、経営、金融、技術等の学識経験者や企業関係者等で構成される「環境成長エンジン研究会」を設置した。

4. 環境ビジネスの振興方策の検討

調査対象企業のヒアリング及び研究会の議論を踏まえて、国や地方自治体に求められる環境ビジネスの振興方策について検討を行った。具体的には、「研究開発段階」と「事業化段階」の 2 つの段階に分けて振興方策を検討した。

5. 成果の発信・発表

本業務の成果が、政府だけでなく地方自治体や企業等に有効に活用されるよう、①報告書及び報告書の要約版の作成、②「環境経済情報ポータルサイト」の改修等を実施した。

第2章 要旨

1. 環境ビジネスの現状

環境産業の市場規模は、2016年に全体で104兆2,199億円と過去最大を記録し、前年比3.6%の増加となり、2000年(57兆9,259億円)の約1.8倍となった。分野別に見ると、近年成長を牽引してきた「B.地球温暖化対策」分野が伸び悩み、代わりに「C.廃棄物処理・資源有効利用」分野が成長を牽引する形となった。

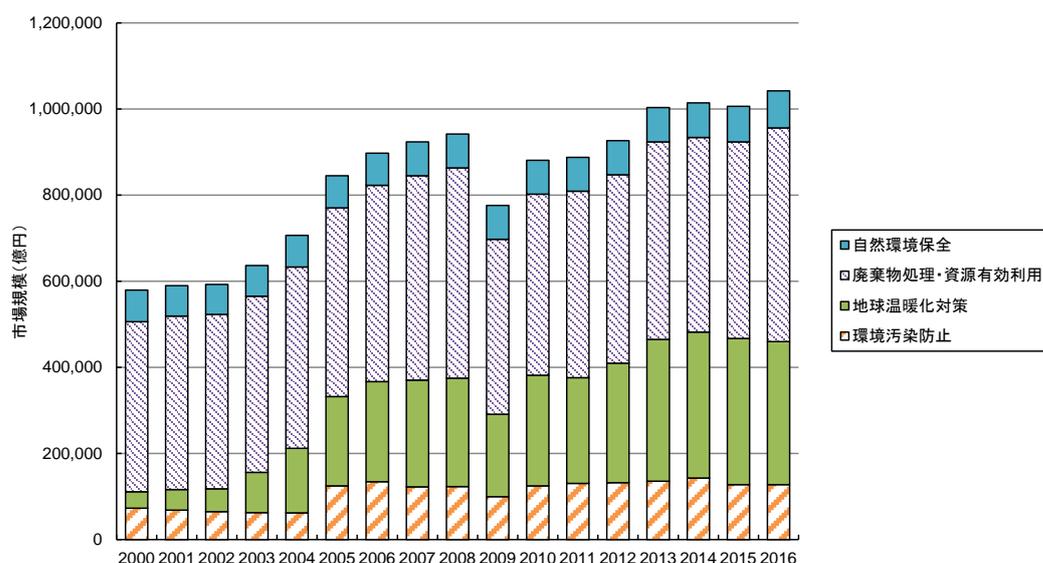


図1 環境産業の市場規模推移

このように環境ビジネス市場全体は拡大傾向にあるが、分野ごとに状況は異なる。

環境汚染防止分野については、近年はほぼ横ばいとなっている。2016年の市場規模は12.7兆円(前年度比0.2%減)であり、2015年と比べると「大気汚染防止用装置・施設」に含まれる「自動車排気ガス浄化触媒」の減少が目立つ。

地球温暖化対策分野については、2012年には、再生可能エネルギーの固定価格買取制度(以下「FIT」という。)が開始され、「再生可能エネルギー利用」分野が急激に成長した。2016年の市場規模は33.3兆円と、前年に比べて2.1%減少した。詳細を見ると、再生可能エネルギー関連では、「再生可能エネルギー発電システム」が15%と大きく減少した一方、「再生可能エネルギー設備管理」は33%と大きく増加した。省エネルギー関連では、昨年度追加した「エコシップ」の増加が目立つほか、今年追加した「炭素繊維素材・製品」も成長分野である。エコカー関連では、「ハイブリッド自動車」が大きく増加した一方、「低燃費・低排出認定車(国内分)」は微増にとどまり、「同(輸出分)」は減少した。

廃棄物処理・資源有効利用分野については、2016年の市場規模は49.6兆円と、前年に比べて8.8%と大きく増加した。詳細を見ると、「建設リフォーム・リペア」の成長(住宅:38%増、非住

宅：29%増)に牽引される形で、「リフォーム・リペア」が23%と大きく増加した。また、「都市ごみ処理装置」の成長に牽引される形で「廃棄物処理・リサイクル設備」も10%と大きく増加した。これは、廃棄物処理施設の更新が増加しているためと考えられる。

自然環境保全分野の市場規模については、2015年から2016年にかけての変化を見ると、日本人及び外国人の旅行需要の増大に伴う「エコツーリズム」の増加が目立つ。「持続可能な農林水産業」は、一貫して増加傾向にある。

II. 環境ビジネス企業の取組

1. 生物の特徴を商品やサービスに応用したビジネスの特徴

1.1 生物の特徴を応用することの効果

製品開発及び事業化の各ステップで、それぞれ①から⑤までの効果が確認された。製品開発の段階では、研究開発期間の短縮といった社内リソースの最適化に寄与する効果や、生物の特徴を取り入れることで従来の工学的なアプローチに直面していた課題の解決につながるとの声が聞かれた。また、事業化の段階では、生物の特徴を応用することを全面的に打ち出すことで、企業イメージの向上や製品の性能に対する消費者の直感的な理解を得やすいとの効果が確認された。更に、経済効果と環境効果の双方が期待され、ESG 投資や SDGs への対応にも貢献することが分かった。

1.2 生物の特徴を応用するための課題

前述の効果が確認された一方で、生物の特徴を応用したビジネスを行う上での固有の課題も確認された。まず、生物に起因した着想を具現化して製品開発につなげるためには、生物学と工学など他分野の知見の融合や、生物や植物の微細な構造を再現するための製造技術の確立などが重要な課題となる。また、次に製品開発が確立された後、事業化を果たす段階では、生物・植物の機能を量産化するための大規模な生産施設の確保が重要となってくる。

2. 成功要因

前述の企業の取組を分析した結果、成長を続ける企業には、幾つかの共通する成功要因が見られた。成功要因を検討するに当たって、新たなアイデアの事業化を果たす際、製品開発と事業化を果たす段階の2つのステップに着目する必要がある。例えば、製品開発段階では、生物・植物のアイデアを具現化して製品開発を進めるためには、生物学と工学など他分野の知見の融合や、生物や植物の微細な構造を再現するための製造技術の確立などが重要な課題となり、それらの課題を克服するために付加価値ベースの事業企画/着想や、生物機能を利用するための専門知見・技術の外部活用が成功要因として想定される。また、製品開発が確立された後、事業化を果たす段階では、生物・植物の機能を量産化するための大規模な生産施設の確保が重要となり、課題を克服する為の成功要因として、外部を活用したリソースのレバレッジなどが考えられる。

このような製品開発、事業化段階での課題の際を踏まえつつ、調査対象企業のベスト・プラクティス（より良い事例）を「成功要因」として抽出・分析を行った。なお、この「成功要因」には、「生物の特徴を応用したビジネス」に限らず適用可能なものもあれば、「生物の特徴を応用したビジネス」固有の環境要因に対応したものも含まれている。具体的な成功要因を以下に記述するが、その具体的な解説については第4章の成功要因に、各社詳細については第4章の調査対象企業の取組に述べる。

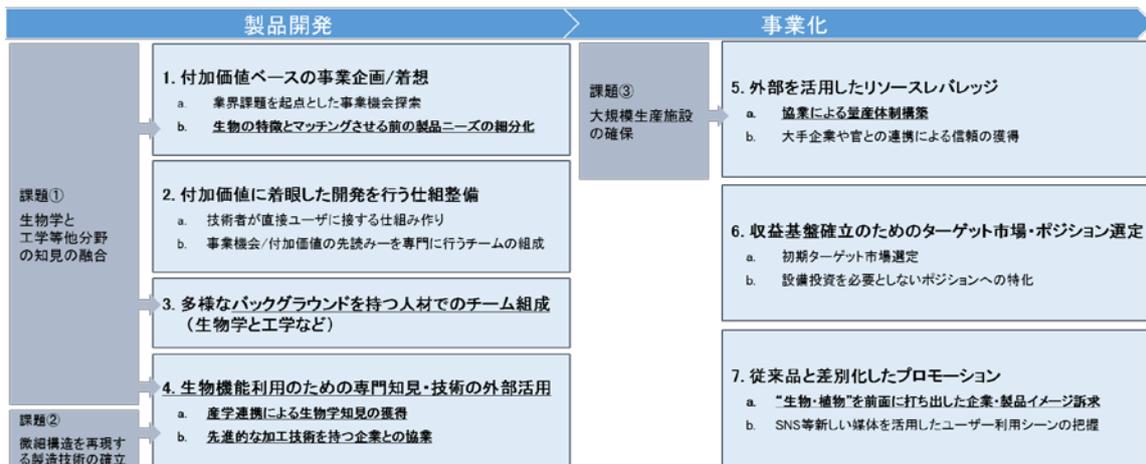


図 2 成功要因概要

※下線は、「生物の特徴を応用したビジネス」において特に重要な①～③の課題に紐づく要因

3. 振興方策

成長を続ける企業は、外部環境の変化や事業拡大に伴い、様々な課題に直面していることが分かった。それらの課題に対して、民間企業自身で工夫して打ち手を実行しているが、政府・自治体にしか実行できない効果的な打ち手、つまりは振興方策が存在している。調査対象企業の取組から把握された成功要因を踏まえ、「製品開発」と「事業化」の2ステップに分けた振興方策が考えられる。まず、製品開発の段階では、生物に関する知見が不足している企業に対して、情報を提供するための基盤の構築等が必要である。また、事業化の段階では、商用段階における補助事業の拡充や、技術の信頼獲得の為の制度の強化等が考えられる。

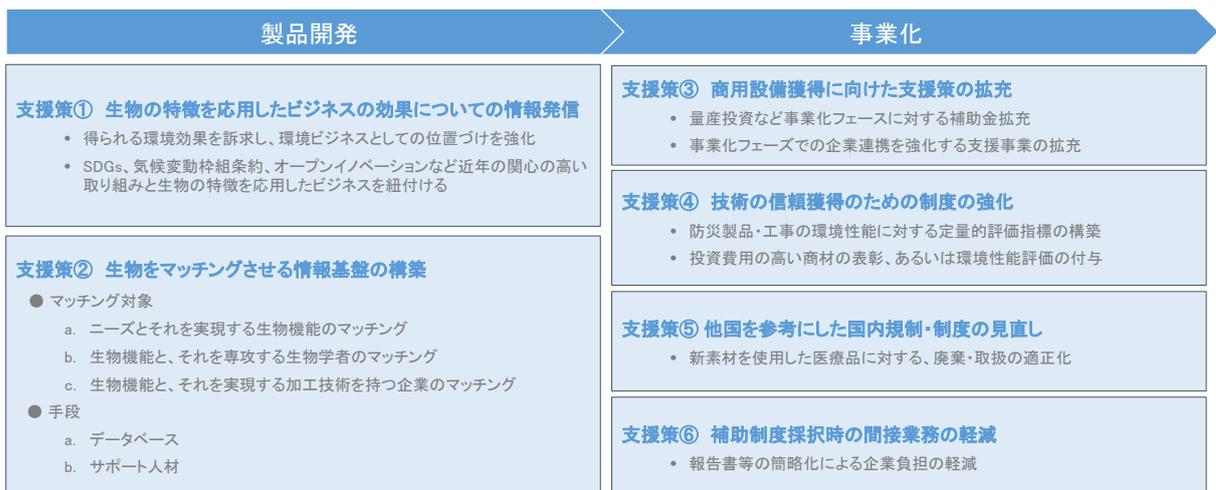


図 3 振興方策概要

III. 成果の発信・発表

国・地方自治体の環境政策の企画・立案や、企業等の実務・経営判断に役立つ情報を提供することを目的として、環境省ウェブサイト「環境ビジネス FRONT RUNNER」というウェブサイトを公開している。同ウェブサイトは、2014 年度以降に調査を実施した企業等約 110 社の取組や分析結果を掲載している。



図 4 WEB サイト「環境ビジネス FRONT RUNNER」

http://www.env.go.jp/policy/keizai_portal/B_industry/index.html

第3章 環境ビジネスの現状

1. 全体像

環境産業の市場規模は、2016年に全体で104兆2,199億円と過去最大を記録し、前年比3.6%の増加となり、2000年(57兆9,259億円)の約1.8倍となった。分野別に見ると、近年成長を牽引してきた「B.地球温暖化対策」分野が伸び悩み、代わりに「C.廃棄物処理・資源有効利用」分野が成長を牽引する形となった。

2000年から2003年にかけて約60兆円で微増の動きにとどまっていたが、2004年以降徐々に増加傾向が強まり、2007年には90兆円台に達した(下図)。ただし、2008年の94.2兆円をピークに、2009年は世界的な金融危機の影響による景気減速から70兆円台後半にまで落ち込んだ。2010年は景気の持ち直しもあり、90兆円近くまで回復し、2013年には100兆円を突破した。この増加については、「B. 地球温暖化対策」分野が寄与している。

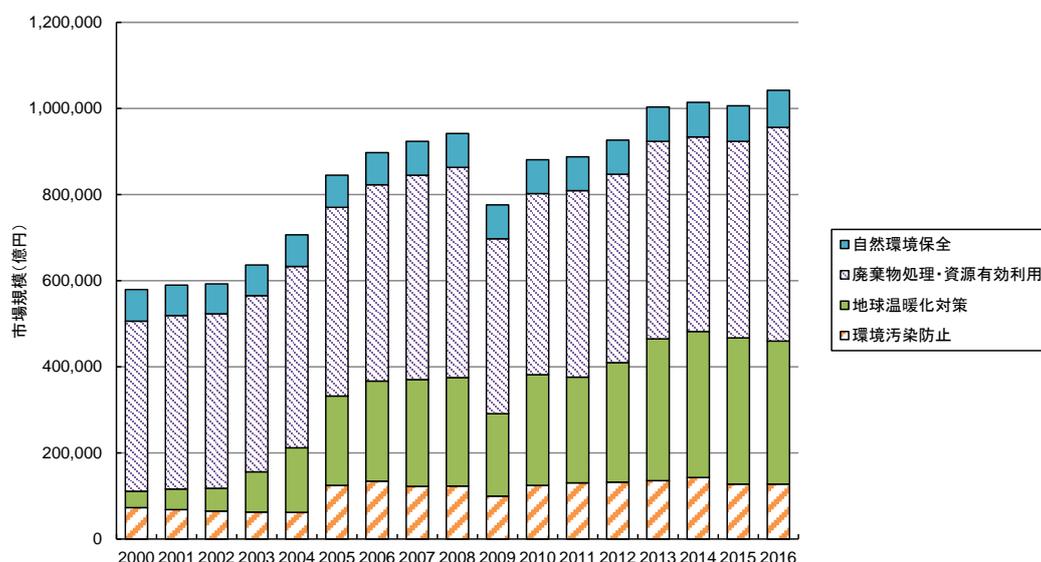


図5 環境産業の市場規模推移

このように環境ビジネス市場全体は拡大傾向にあるが、分野ごとに状況は異なる。

環境汚染防止分野は、大気汚染、水質汚濁、土壌汚染、騒音、振動といった公害対策を目的とした事業を含む。2004年までは減少傾向を示しており、これは、公共事業が減少に転じたことが大きな原因である。一方、2005年に市場規模は急激な増加に転じているが、これは「その他の環境汚染防止製品・装置・施設」に含まれる「サルファーフリーのガソリンと軽油」が2007・2008年の規制導入に先駆けて、2005年1月に石油業界各社から一斉に供給開始されたことによるものである。2009年には全体傾向と同様に、景気悪化の影響を受けて10兆円程度まで落ち込むものの、2010年には大きく回復し、その後も2014年まで増加を続けたが、2015年に「サルファーフリーのガソリンと軽油」の減少に引っ張られる形で減少し、2016年にかけてはほぼ横ばい

となっている。2016年の市場規模は12.7兆円（前年度比0.2%減）であり、2015年と比べると「大気汚染防止用装置・施設」に含まれる「自動車排気ガス浄化触媒」の減少が目立つ。

地球温暖化対策分野は、本来環境以外の主目的を持つ製品・サービスにおいて使用時の環境負荷を軽減させた環境配慮型製品が多く含まれる。例えば、自動車、家電、住宅設備等の耐久消費財や企業における製造装置やオフィスビル等、既に広く普及している製品・サービスに省エネルギー等の環境配慮の要素が加わることで、既存の非環境配慮型の製品に単に代替するばかりでなく、早期の更新需要を生みだし、急速に市場が拡大する傾向がある。2004年頃から増加の勢いが増したのは「自動車の低燃費化」に含まれる「低燃費・低排出認定車」及び「ハイブリッド自動車」の市場規模が急成長したことによる。その後、環境産業全体での市場規模が大きく落ち込んだ2009年に一度落ち込んだものの、2012年には、再生可能エネルギーの固定価格買取制度（以下「FIT」という。）が開始され、「再生可能エネルギー利用」分野（特に、「太陽光発電システム」「太陽光発電システム設置工事」「新エネ売電ビジネス」）が急激に成長した。2016年の市場規模は33.3兆円と、前年に比べて2.1%減少した。詳細を見ると、再生可能エネルギー関連では、「再生可能エネルギー発電システム」が15%と大きく減少した一方、「再生可能エネルギー設備管理」は33%と大きく増加した。省エネルギー関連では、昨年度追加した「エコシップ」の増加が目立つほか、今年追加した「炭素繊維素材・製品」も成長分野である。エコカー関連では、「ハイブリッド自動車」が大きく増加した一方、「低燃費・低排出認定車（国内分）」は微増にとどまり、「同（輸出分）」は減少した。

廃棄物処理・資源有効利用分野は、4つの大分類の中で最も占める割合が大きく、2008年までは緩やかながら増加を続け環境産業の成長を牽引した。2009年に景気減速の影響を受け落ち込んだ後、2013年までは成長、それ以降は減少傾向にあったが、2016年大きく増加に転じた。2016年の市場規模は49.6兆円と、前年に比べて8.8%と大きく増加した。詳細を見ると、「建設リフォーム・リペア」の成長（住宅：38%増、非住宅：29%増）に牽引される形で、「リフォーム・リペア」が23%と大きく増加した。また、「都市ごみ処理装置」の成長に牽引される形で「廃棄物処理・リサイクル設備」も10%と大きく増加した。これは、廃棄物処理施設の更新が増加しているためと考えられる。

自然環境保全分野の市場規模は4大項目の中で最も小さい。これまで変化は小さかったが、2016年の市場規模は8.6兆円と前年に比べて4.0%増加した。2015年から2016年にかけての変化を見ると、日本人及び外国人の旅行需要の増大に伴う「エコツーリズム」の増加が目立つ。「持続可能な農林水産業」は、一貫して増加傾向にある。当初は、農林水産省が認定を行うエコファーマーの所得を計上する「環境保全型農業」が成長を牽引していたが、最近では減少傾向にあり、一方、「持続可能な森林整備・木材製造」が増加する傾向にある。

II. 業種別動向

環境産業の動向をより詳細に把握するために、新たな「イノベーション」が生まれている業種、異業種の企業や伝統的な環境ビジネス企業が、新規事業を立ち上げている例が多い業種など、特定の業種を取り上げ、業種単位の分析を行う。環境産業には多種多様な業種が含まれているが、本検討で対象とする企業が活躍する代表的な業種として、以下のものを取り上げる。なお、業種選定の際は環境産業の4大分類（A 環境汚染防止、B 地球温暖化対策、C 廃棄物処理・資源有効利用、D 自然環境保全）からそれぞれ1~2業種を抽出するよう考慮している。具体的には表1に示した業種を対象とする。

表 1 調査対象産業

環境産業大分類	業種	選定理由
A) 環境汚染防止	化学物質 不使用製品	EU の RoHS 規制が強化されるなど、化学物質に対する規制がますます強化されている。従来は化学物質を使用することで実現してきた機能を、生物の機構を模倣することで、実現する企業が多数登場している。
	水・土壌	薬品など化学物質を利用した水処理・土壌浄化手法は存在するが、生物を利用した手法でこれらを代替することができる。水処理分野などでは微生物の利用は伝統的に行われてきたが、技術開発により高機能の製品・サービスが開発されている。新興国ではインフラ新設、先進国ではインフラ更新ニーズが存在し、膨大な規模の市場を期待できる分野である。
B) 地球温暖化 対策	省エネ	パリ協定の目標達成を見据え、さらなる省エネが推進され、今後の拡大が期待される市場である。生物の特徴を模倣することで、高い省エネ性能等を持つ製品を提供する企業が多数登場している。
C) 廃棄物処理・ 資源有効利用	バイオ樹脂	近年は、SDGs に代表されるような、本業の中でいかに環境負荷を削減するか、という取組が盛んになり、生物・植物由来の樹脂の利用が拡大しつつある。特に、「ビニール袋」などといった低付加価値の用途だけでなく、「自動車用部品」などといった高付加価値の用途においてもバイオ樹脂の採用が増えている。また、再生可能エネルギー市場における太陽光発電の導入が減速し、多様な再生可能エネルギー資源の活用が求められている。海外で普及が進むバイオ燃料について、我が国でも現行の導入目標の設定年度が、平成 29 年度末に期限を迎えることを踏まえ、新たな方針・計画の策定が予定されており、近年注目が集まっている。
D) 自然環境保全	緑化 ・グリーン インフラ	近年、「グリーンインフラ」に注目が集まっている。これは、自然環境を単なる鑑賞物として増加させるのではなく、自然の機能を活用してより高度かつ生活環境としての質の高いインフラ整備を目指す概念である。欧米では 10 年以上前から普及している考え方であるが、我が国においても、国土交通省が各種計画で打ち出すなど、その推進が盛り込まれている。

本年度の調査対象産業として選定した 5 業種について、直近の市場動向、業界構造、将来の見通し等を分析する。なお、各業界における成功するための要素（KFS）については、第 4 章の「成功要因」にてとりまとめる。

1. 化学物質不使用製品

欧州連合（EU）の化学物質規制「RoHS 指令」が改正される。2015 年 6 月に公布された官報に基づき、2019 年 7 月以降、新たに EU RoHS 指令の下で 4 種のパタル酸エステル類(フタレート)が制限される。これまで、鉛、水銀、カドミウム、六価クロム、ポリ臭素化ビフェニル、ポリ臭素化ジフェニルエーテルの 6 物質を規制していたが、フタル酸エステル類の 4 物質（DEHP、BBP、DBP、DIBP）が加わった。これらは、プラスチックの可塑剤として多く用いられており、パソコンやテレビなどの機器内の配線や電源ケーブルやホースなど、多様な製品に含まれている。このため、同規制への対応を求められる企業は極めて多い。また、欧州だけでなく新興国でも化学物質規制は次々と立ち上がってきた。例えば中国でも中国版 RoHS と呼ばれる「電子情報製品汚染制御管理弁法」などが存在する。

こうした動きを踏まえて、各社は、規制物質の混入を回避するための調達ガイドラインを強化、検査体制を強化するなど、対策を推進している。そうした活動の一環として、各社は代替品への切り替えを積極的に推進している。例えば東芝は、過去数年の間に、「製品中に含まれる PVC（塩化ビニル樹脂）と BFR（臭素系難燃剤）の代替化を全 80 製品群において進める」という目標を掲げ、代替品の採用を進めてきた。

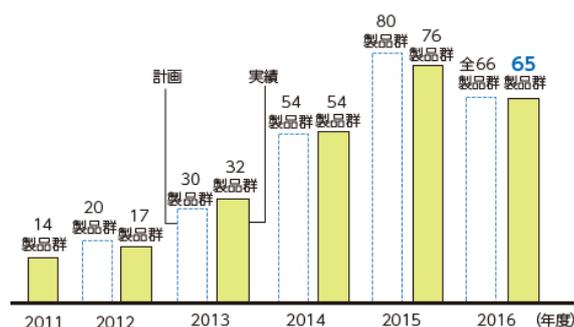


図 6 東芝の PVC/BFR の代替実績 出所) 東芝

こうした背景のもと、化学物質を使用しない製品に対するニーズがますます高まることが見込まれる。その結果、生物を利用して、化学物質を使用しなくても同等あるいはそれ以上の機能を実現する製品にとっての事業機会が生まれることが期待される。

2. 水・土壌

2000年代に入って、水ビジネスに取り組む企業は、中国、東南アジア、中東、中南米などの新興国への進出とその手段としての企業提携・買収を行ってきた。また、近年では、英国、豪州、米国などの先進国においても、安定した収益性や低い事業リスクに価値を見出し、進出・企業買収などを行ってきた。

また、国内においても変化が見られる。長年にわたって各地で検討は行われてきたものの実現が進んでこなかった PPP (Public Private Partnership) の仕組みが、多くの自治体において本格的に検討されるようになった。2017年には、浜松市において上下水道分野で国内初となる「コンセッション」案件の入札が実施され、国際的な水メジャーであるヴェオリアグループや JFE エンジニアリング、オリックス等の企業グループが優先交渉権を得た。今後、多数の案件が実現することが見込まれている。

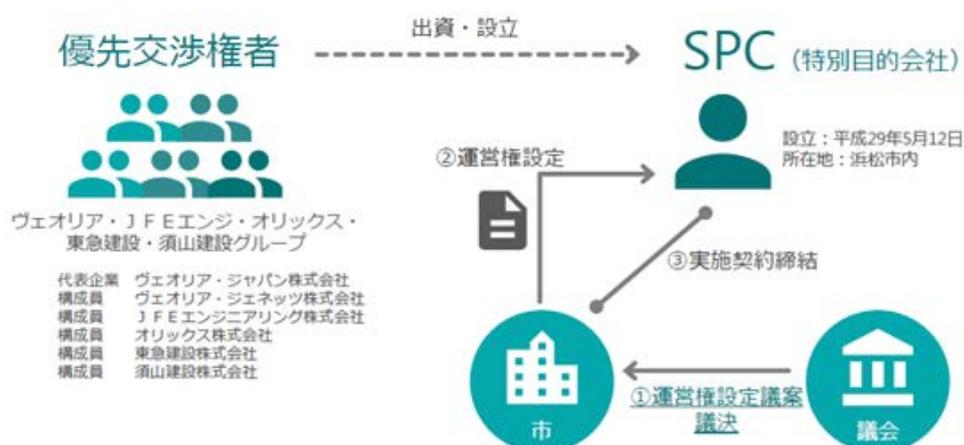


図 7 浜松市下水道コンセッション 出所) 浜松市

また、近年の上下水道などを始めとするインフラ市場において、ICT や AI といった技術の市場拡大が期待されている。これには、Deep Learning などのような技術革新が背景にあるが、PPP 市場の拡大が、これら技術の普及・市場創出を促進させると考えられる。PPP 事業を成功させるために、業務プロセスの革新やマネジメント手法の高度化は必須要件であるが、その手段として、これら技術が期待されているからである。

こうした業界の変化によって求められる付加価値の一つに、上下水道分野における省エネがある。PPP 案件を成功させるためには、ランニングコストの低減が必須である。上下水道における消費電力は、国内の電力消費量の数%を占めると言われるほど大きい。上下水道コスト全体における電力の割合は大きなものではないものの、省エネによるコスト削減とそれに伴う CO2 排出量の削減に対するニーズは大きい。上記の ICT/AI 技術により業務の自動化・制御高度化を行うための素地は構築されている。今後、上下水道プロセスそのものの省エネを実現する製品・サービスに対するニーズが高まると考えられる。

こうした背景のもと、生物を利用して効率的な水処理プロセスを実現し、結果として省エネ・コスト削減を実現する製品に対するニーズが高まることが期待される。

土壌浄化分野については、平成 15 年度に土壌汚染対策法が施行されて以来、土壌汚染判明事例件数は増加し続けており、平成 22 年には改正法が施行された。平成 23 年以降は一時的に横ばいが続いたものの、平成 26 年にはまた増加に転じており、現在でも依然として高い水準にある。平成 28 年には、豊洲市場の移転計画に関連して、新設した施設において一部で基準を超える有害物質が検出され、土壌汚染問題の注目が高まることになった。また、特定有害物質の追加が順次行われており、そうした規制が強化されるごとに、生物・植物や新たな技術を活用した薬品を用いた処理案件が増加することが見込まれる。

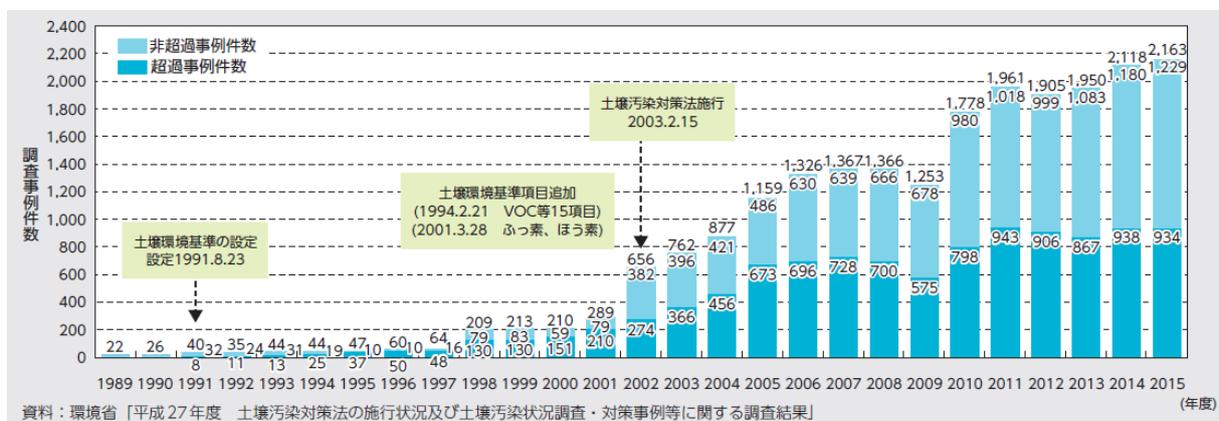


図 8 年度別の土壌汚染判明事例件数 出所) 環境省

3. 省エネ

中央環境審議会地球環境部会長期低炭素ビジョン小委員会は、2017年度末に「長期低炭素ビジョン」をとりまとめた。施策としては、以下の3つが掲げられており、「省エネ」は1つ目の柱として位置づけられている。

- ① 省エネ
- ② エネルギーの低炭素化
- ③ 利用エネルギーの転換（電化、水素等）

上記の3点を実現するために、分野別に以下のような「目指すべき到達点」が示されている。

- 国民の生活（家庭、自家用車）：炭素排出ほぼゼロ
- 産業・ビジネス：脱炭素投資、低炭素型製品・サービスによる国内外の市場獲得
- エネルギー需給：低炭素電源9割以上
- 地域・都市：コンパクト化、自立分散型エネルギー

省エネに関して、特に多様な取組を求めているのが、1点目の「国民の生活（家庭、自動車）炭素排出ほぼゼロ」である。具体的には「住宅・建築物の省エネ」、「次世代自動車」、「ライドシェア・カーシェア」、「物流の効率化」、「鉄道、船舶、航空の低炭素化」などが期待されている。

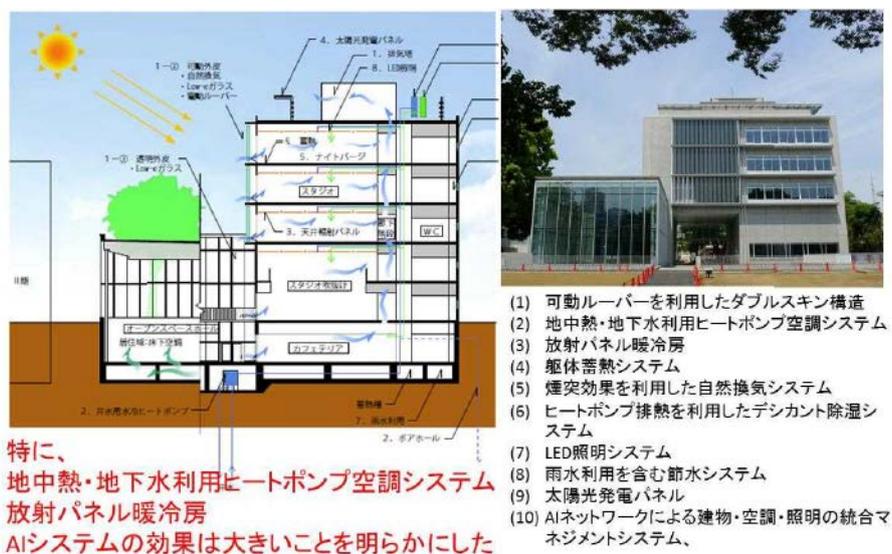


図9 住宅・建築物の省エネ 出所) 中央環境審議会地球環境部会低炭素長期ビジョン小委員会 (第8回) 東京大学教授野城氏御提供資料



図 10 次世代自動車 出所) 中央環境審議会地球環境部会低炭素長期ビジョン小委員会 (第 8 回) 日産自動車株式会社エキスパートリーダー朝日氏御提供資料



図 11 鉄道、船舶、航空の低炭素化 出所) 国土交通省「国土交通分野における今後の地球温暖化対策（緩和策）について」（平成 27 年 3 月）

こうした課題を実現するためには、様々な分野で新しい製品・サービスが必要で、その中で、生物の機能を活用したものが用いられる余地が十分に存在すると考えられる。

4. バイオ樹脂・バイオ燃料

日本プラスチック協会は、「原料がバイオ由来であるか否か」「生分解性を有するか否か」の2つの視点で、「バイオマスプラ」と「グリーンプラ」及び「バイオプラスチック」を定義している。

- グリーンプラ（生分解性プラスチック）
通常のプラスチックと同様に使うことができ、使用後は自然界に存在する微生物のはたらきで、最終的に水と二酸化炭素に分解されるプラスチック
- バイオマスプラ
原料として再生可能な有機資源由来の物質を含み、化学的又は生物学的に合成することにより得られる高分子材料
- バイオプラスチック
グリーンプラ（生分解性プラスチック）＋バイオマスプラ

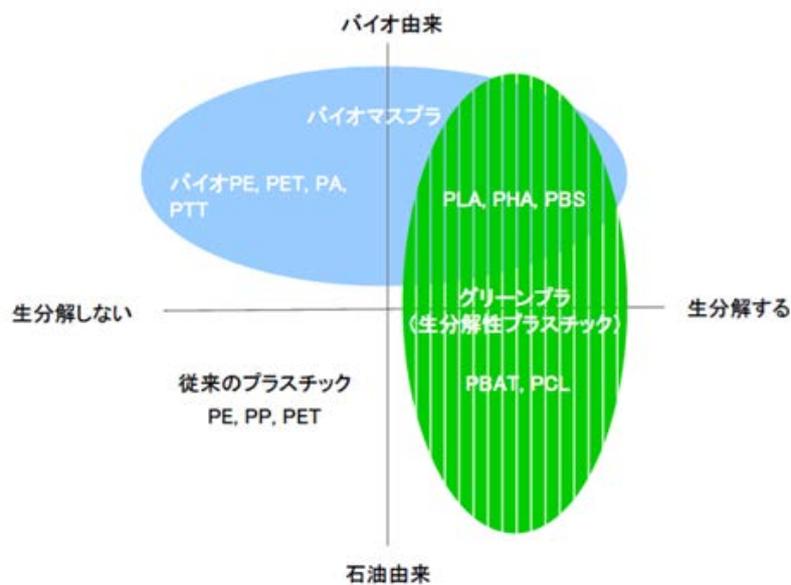


図 12 「バイオ樹脂」の定義 出所) 日本プラスチック協会

近年は、SDGsに代表されるような、本業の中でいかに環境負荷を削減するか、という取組が盛んになり、上記のような各種樹脂の利用が拡大しつつある。特に、従来のような低付加価値の用途だけでなく、高付加価値の用途においてもこうしたバイオ樹脂の採用が増えている。例えば三菱ケミカル株式会社は、再生可能な植物由来原料であるイソソルバイドを使用したバイオエンブレラ DURABIO®を開発・販売している。同製品は、植物由来でかつ生分解性を持つのみならず、表面が硬く、擦り傷が付きにくいという特長もあるため、塗装工程が不要となり、製造時にVOC（揮発性有機化合物）を低減することができる。同製品は、包装材等だけでなく、自動車の大型外装意匠部品にも使用される。

バイオ燃料は、我が国では、「エネルギー供給事業者による非化石エネルギー源の利用及び化石エネルギー原料の有効な利用の促進に関する法律」等に基づき、バイオ燃料の導入目標量が設定され、段階的な導入が進められてきた。平成 26 年 4 月に改訂されたエネルギー基本計画の中でも、「輸入が中心となっているバイオ燃料については、国際的な動向や次世代バイオ燃料の技術開発の動向を踏まえつつ、導入を継続する。」とされている。現行の判断基準における導入目標の設定年度が、平成 29 年度末に期限を迎えることを踏まえ、新たな方針・計画の策定が予定されており、近年注目が集まっている。

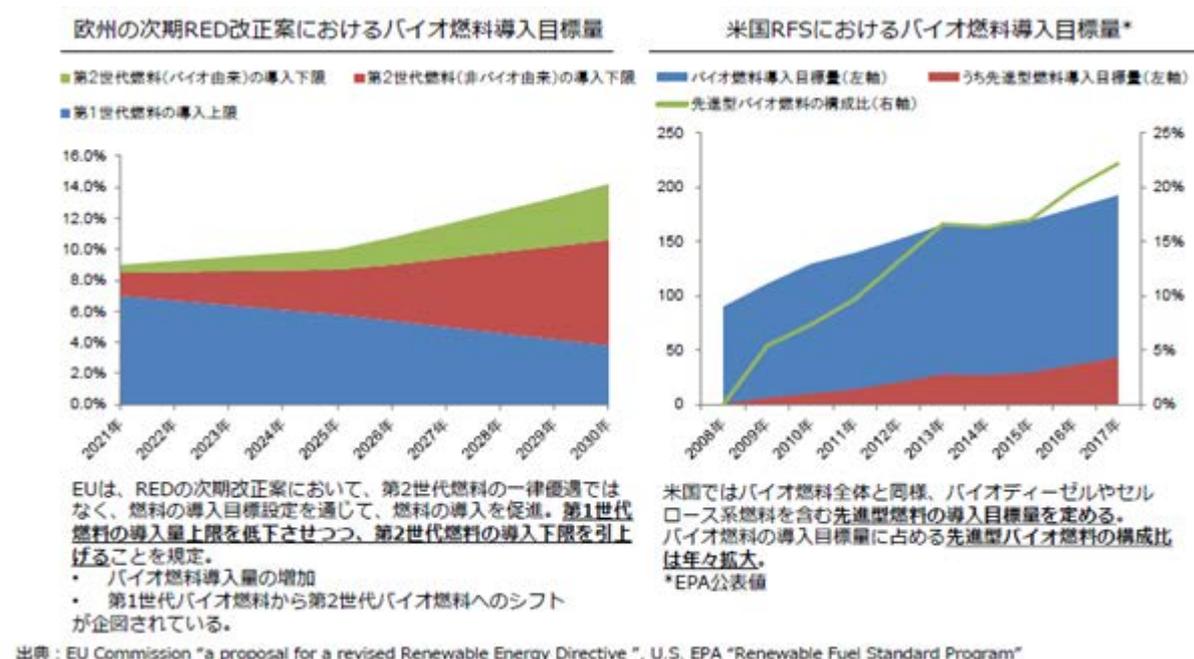


図 13 バイオ燃料導入見通し

5. 緑化・グリーンインフラ

緑化事業には、工場や倉庫などの屋上緑化や壁面緑化、法面・河原・駐車場などの緑化などの分野がある。近年では、「グリーンインフラ」が緑化市場の拡大を後押しするキーワードになる。これは、自然環境を単なる鑑賞物として増加させるのではなく、自然の機能を活用してより高度でかつ生活環境としての質の高いインフラ整備を目指す概念である。欧米では10年以上前から普及している考え方であるが、我が国においても、国土交通省が各種計画で打ち出すなど、その推進が盛り込まれている。例えば以下のような取り組みや計画において「グリーンインフラ」の推進が謳われている。

- 国土交通省『国土利用計画（全国計画）』（2015年）

基本方針の一貫として、『自然環境の活用については、持続可能で魅力ある国土づくりや地域づくりを進めるため、社会資本整備や土地利用において、自然環境の有する多様な機能（生物の生息・生育の場の提供、良好な景観形成、気温上昇の抑制等）を活用したグリーンインフラなどの取組を推進する』としている。

- G7伊勢志摩サミット『質の高いインフラ投資の推進のためのG7伊勢志摩原則』（2016年）

質の高いインフラの方向性として、『生態系に基づいたアプローチやグリーンインフラの更なる推進などとも通じ、気候変動への強靱性、エネルギー安全保障と持続可能性、生物多様性の保全、防災も、考慮に入れられるべきである。』としている。

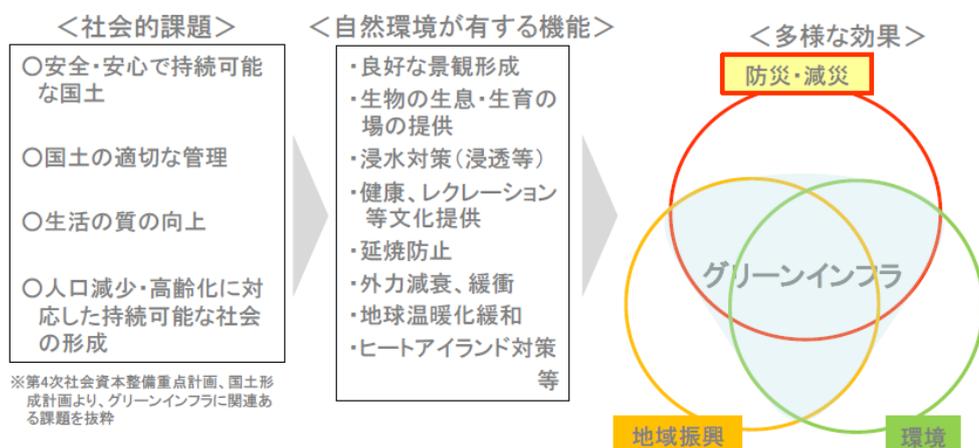


図 14 国土交通省が提示する「グリーンインフラ」のコンセプト 出所) 国土交通省

＜ポートランドの取組＞



高層ビルの屋上緑化
雨水管理だけでなく、屋根を保護する効果なども期待されている。



Green Street
道路沿いの緑地の縁石を一部空けて、緑地内に雨水を流し込む仕組みになっている。

＜ニューヨークの取組＞



屋上緑化面積に応じた固定資産税減税措置が図られている。



補助金事業により、Rain Gardenとして再整備されたQueens Collageの広場



下水道エリア内の私有地を緑化し、雨水管理に貢献することに対して助成金が支払われる

図 15 海外における取組事例 出所) 国土交通省

こうした社会の動向をふまえて、「緑化」はより多様な機能が認知され、中長期的に幅広い用途で市場が拡大することを期待できる。

第4章 環境ビジネス企業の取組

1. 調査対象企業

本年度は、環境負荷の低減や環境保全に向けて、生物の特徴（構造や機能等）を商品やサービスに応用したビジネスを展開している企業等を調査対象としている。

調査対象企業の選定に当たっては、生物の特徴を応用するビジネスを「生物の活用方法」と「目的・用途」の2つの視点で分類し、調査対象企業を選定した。「生物の活用方法」は、生物の構造や機能を商品やサービスに応用・再現する取組と、生物そのものを商品として活用する取組の2つに分けることができ、本年度はそのどちらかに該当する取組を調査対象としている。また、「生物の活用方法」に加えて、「目的・用途」も選定基準としており、下記図に示す「環境汚染防止」、「地球温暖化対策」、「廃棄物処理・資源有効利用」、「自然環境保全」のいずれかの分野に該当する取組を調査対象としている。「目的・用途」のうち、「その他」に分類される環境負荷低減や環境保全に直接関係しない取組については調査対象外としている。

■ : 本調査の対象分類

		生物の活用方法	
		① 生物の構造を模倣する	② 生物の特徴を利用する
目的 用途 (※1)	環境負荷削減4大分類 (A) 環境汚染防止 (B) 地球温暖化対策 (C) 廃棄物処理・資源有効利用 (D) 自然環境保全	✓ LIXIL “外装壁タイル” (化学物質不使用製品)	✓ クボタ “液中膜” (水・土壌)
	その他 ・衣料用 ・食用(※2) など	✓ Speedo “LZR RACER” (衣料用途)	✓ ユーグレナ “ユーグレナ” (食用用途)

図 16 調査対象企業の選定基準

II. 調査対象企業の一覧

「I. 調査対象企業」の選定基準及び研究会における議論を踏まえて、本年度の調査対象企業を下記19社とした。また、生物の特徴を商品やサービスに応用したビジネスの業界動向や将来の見通し、課題、成功要因等について金融機関等の意見も参考にするため、前述の19社に加えて金融機関等1社も調査対象とし、合計20社の企業を調査した。

表2 調査対象企業および選定理由（※企業名は略称）

番号	企業名	生物の活用方法	業種	提供する商品・サービス	参考にした生物の構造・機能	環境効果
1	LIXIL	生物の構造を模倣	(A-1) 化学物質不使用製品	カタツムリの殻をヒントにした防汚外壁タイル	カタツムリの殻の防汚機能	✓ 環境汚染物質の使用量削減
2	日本ペイントマリン	生物の構造を模倣	(A-1) 化学物質不使用製品	マグロの体表の粘膜機構を模倣することで摩擦抵抗を低減した船底防汚塗料	マグロ体表の摩擦低減機能	✓ 環境汚染物質の使用量削減
3	シャープ	生物の構造を模倣	(B) 省エネ	生物模倣技術を取り入れた白物家電	イルカの尾ひれ、トンボの羽の構造など	✓ 省エネルギー性能の向上
4	日産自動車	生物の構造を模倣	(B) 省エネ	魚群の動きを模倣した自動群走行技術	魚群の動きのルール	✓ 省エネルギー性能の向上
5	ドウシヤ	生物の構造を模倣	(B) 省エネ	カモメの羽を模倣することで「心地よい風」を生み出す省エネ扇風機	カモメの羽根構造	✓ 省エネルギー性能の向上
6	テノー	生物の構造を模倣	(B) 省エネ	植物の温度制御アルゴリズムを採用した温度調節計	ザゼンソウの生体温度制御機能	✓ 省エネルギー性能の向上
7	ライトニックス	生物の構造を模倣	(C) バイオ樹脂・燃料	蚊の針を模倣した樹脂製の指先採血用穿刺針	蚊の針の構造	✓ 産業廃棄物の排出量削減 ✓ 生産時のCO2排出量削減
8	日鐵住金建材	生物の構造を模倣	(D) 緑化・グリーンインフラ	樹木の保持力を活用した斜面安定工法	樹根の連鎖れ防止機能	✓ 緑地化 ✓ 施工時のCO2排出量削減
9	積水化学工業	生物の構造を模倣	(D) 緑化・グリーンインフラ	樹木の葉の配置を模倣して木陰の深さを再現した日よけ	樹木の小さな葉の配置構造	✓ 省エネルギー性能の向上
10	クボタ	生物の特徴を利用	(A-2) 水・土壌	微生物を活用して高度な水処理を行う膜分離活性汚泥法	微生物の浄化機能	✓ 環境汚染物質の使用量削減
11	大阪生物環境科学研究所	生物の特徴を利用	(A-2) 水・土壌	オーダーメイドの微生物群による効率的な排水処理	微生物の浄化機能	✓ 環境汚染物質の使用量削減
12	バイオレンジャーズ	生物の特徴を利用	(A-2) 水・土壌	油やVOCに汚染された土壌・地下水の浄化に使用する微生物製剤と分析評価	微生物の浄化機能	✓ 廃棄物の排出量削減
13	フレンドマイクロブ	生物の特徴を利用	(A-2) 水・土壌	微生物分解による低コストな高濃度油脂含有排水処理	微生物の浄化機能	✓ 省エネルギー性能の向上
14	Green Earth Institute	生物の特徴を利用	(C) バイオ樹脂・燃料	非可食バイオマスを用いたバイオ燃料やグリーン化学品	トウモロコシの茎などの非可食原料	✓ 省エネルギー性能の向上
15	藻バイオテクノロジーズ	生物の特徴を利用	(C) バイオ樹脂・燃料	藻類を活用したバイオマス製品・燃料の製造プロセス	藻由来のバイオマスオイル	✓ 省エネルギー性能の向上
16	鹿島建設	生物の特徴を利用	(D) 緑化・グリーンインフラ	動物・植物などの生物多様性を活用したグリーンインフラ	動物・植物の生態系	✓ 省エネルギー性能の向上
17	Plant Data	生物の特徴を利用	(D) 緑化・グリーンインフラ	適切な栽培管理による収量増大を可能とする植物生体情報の計測・分析サービス	植物の生体情報	✓ 産業廃棄物の排出量削減 ✓ 生産時のCO2排出量削減
18	島津製作所	その他	その他	生物模倣技術に使用される評価・分析機器		※
19	たねや	その他	その他	生物多様性を取り入れた企業活動		
20	リアルテックファンド	-	金融機関	リアルテックに特化したベンチャーキャピタル		-

※生物の構造・機能を模倣した最終製品は保有せずに生物模倣・多様性に取り組む企業事例として選定

III. 調査対象企業の取組

個々の企業の事業概要、成功要因、事業ビジョン・展望、政府への要望について、各社へのインタビュー等を通して分析した結果を以下にとりまとめる。

株式会社 LIXIL（東京都）

File 1
化学物質
不使用

カタツムリの殻をヒントにした 防汚外壁タイル



株式会社 LIXIL（以下、同社）は、システムキッチンなどの水周りの設備や、住宅用・ビル用の内装・外装建材などを製造販売する企業である。同社は、カタツムリの殻の構造を模倣して、汚れにくい外壁材を開発した。

ポイント

- 環境性と機能性を有する新たな住宅建材の開発を目指して、自然や生物に着目
- カタツムリの殻の構造を模倣して、防汚機能の優れた外壁タイルを開発
- 今後も生物に学び、生物と向き合った製品開発を目指す

株式会社 LIXIL		
所在地	東京都千代田区霞が関 3-2-5 霞が関ビルディング 36F	
従業員数	14,295 人 (2016/03 期 単体)	
創業年	1923 年	
資本金 (百万円)	34,600	
売上高 (百万円) ※連結ベース	2014 年 3 月	954,806
	2015 年 3 月	908,560
	2016 年 3 月	893,739

① 製品の特徴

カタツムリの殻を参考に開発した防汚効果の高い外装壁タイル

同社は、カタツムリの殻の構造を模倣した親水性の外装壁タイルを製造販売している。親水性の外壁は、表面に水膜を形成し、埃や排気ガス等の汚れの付着を防ぐ機能を持つ。また、汚れが付着した場合でも、空気中の水分や雨水等を利用して汚れを洗い流す機能がある。同社は、この親水性の機能を高める独自の防汚技術「マイクロガード」を開発している。この技術は、外壁の塗り替えやメンテナンスの頻度を減らすという効果がある。また、外壁が清潔に保たれることで、老朽化を契機とする住宅の建て替えも抑制し、住宅の長寿命化にもつながる。

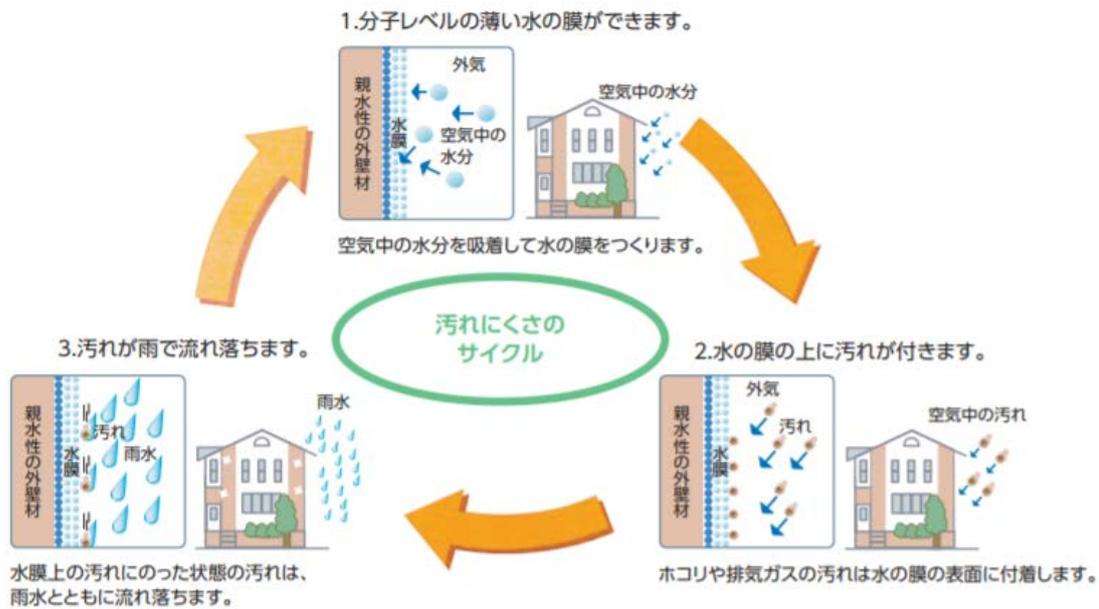


図 17 親水性が実現する汚れにくさのサイクル
 出所) LIXIL

防汚性能測定試験



図 18 ナノ親水タイル及び一般的な有機系塗装の防汚性能測定試験
 出所) LIXIL

② 事業参入の経緯

機能性の向上と環境負荷低減を目指して新たな外壁タイルの開発に着手

2000年頃に社会の環境意識への高まりを受けて、同社は機能性の向上と環境負荷低減の両方を実現する製品の開発に着手した。当時、外壁タイル産業は斜陽産業であり、業界大手の同社（当時：株式会社 INAX）も外壁タイル事業の採算性の改善が喫緊の課題であった。そのような厳しい経営環境の中、事業の立て直しを図るには従来のデザイン性による製品価値の向上だけでなく、機能性の向上が重要であると考えていた。

汚れやすい場所に生息するカタツムリの殻が常に綺麗であることに着目

同社は、「快適な住環境・住宅とは何か」という問いを製品開発の出発点とした。その問いに対する答えとして、「合理的なエネルギー利用を実践している自然や生物の家を参考にしてみてもどうだろうか」という発想に行き着き、カタツムリの殻を外壁タイルに応用することを考えた。

同社の研究部は、湿度が高く汚れの付きやすい環境に生息しているカタツムリの殻が、常に綺麗であることに疑問を持ちカタツムリの殻に汚れを定着させない親水性という機能があることを見つけた。また、カタツムリの殻が増築可能なことや、移動可能なことから、住宅建材に応用できるのではないかと考えた。この発見を契機として、同社研究部はカタツムリの殻の防汚機能の研究を進め、親水性タイルを開発した。

製品開発に当たっては、会社の近所などからカタツムリを採取するところから始めたという。製品開発を主導した井須氏を含め、3人の研究チームのうち、生物専門の研究者はいなかったが、試行錯誤のうへ製品開発を実現した。

カタツムリの殻の溝構造が実現する機能の模倣

カタツムリの殻は、数百ナノメートルから、ミリメートルサイズまでの大きさで、様々な溝が規則的に並んでいる構造になっている。これらの細かな溝に雨どいのように水が溜まるため、殻の表面には水の膜が形成されている。そのため、汚れの主な原因となる油が殻に付着しても、水と反発し、膜の上に浮き、雨で流される。このような原理でカタツムリの殻は防汚機能を実現していたのである。

同社は、シリカ成分を塗布するなどの技術により、カタツムリの殻が生むものより数十倍から数百倍薄い水の膜を形成することに成功し、環境負荷を削減する防汚機能を有した外壁タイルの製品化に至った。

③ 成功・差別化要因

生物の構造を模倣することで機能性の向上と環境負荷低減を実現

同社は、カタツムリの殻の構造を模倣することで、機能性の向上と環境負荷低減という2つの目標を達成した。同社では、新たな機能を獲得する上で、自然や生物からヒントを得ることは珍しくない。親水性外壁タイルの開発においても、カタツムリに着目するまであまり時間がかからなかったという。求める機能を明確にし、自然界でのシーズを探求した結果として、製品開発に成功している。

研究内容に対する上司の先見性と研究予算の確保

社内ではカタツムリを参考にした製品開発に疑問を持つ人もいたが、当時の井須氏の上司であり、ネイチャーテクノロジーの第一人者である石田秀樹氏（元株式会社 INAX 取締役研究開発センター長、東北大学名誉教授）の理解と先見性により、井須氏は自由に研究開発を行うことができた。また、製品開発に必要な予算を事前に獲得していたことも、製品化には重要な要素であったという。加えて、特定の製品開発に限定される製品事業部ではなく、本社直轄の研究部門に井須氏が所属していたことも、自由な発想や研究開発ができたことと関係がある。

生物模倣を販売促進活用に活用

販売直後は、カタツムリの殻を参考にした製品であることを製品カタログ等に打ち出さなかったという。清潔なイメージが求められるタイルの宣伝に、一般的に清潔なイメージが薄いカタツムリを使うことは、相性が悪いのではないかという意見が社内であったからである。しかし、販売促進の一手として、カタツムリを参考にしていることを打ち出したところ、売上増加につながったという。生物の特徴を取り入れた製品であることにより、製品に対する親しみやすさや、消費者の購買意欲の向上へつながり、他社製品との差別化に貢献する。

経済性能の定量化

同社製品は、優れた防汚機能により従来製品で発生していたメンテナンスコストが不要となる。長期的な視点で考えた場合、従来製品と比べて、大幅なランニングコストの削減に繋がり、同社製品を導入している住宅等は見た目が清潔に保たれるだけでなく、経済的なメリットも享受することができる。また、従来の製品と比較した投資回収期間を試算することで、製品性能の定量的な訴求を行っている。

④ 事業ビジョン・展望

生物と向き合った製品開発を目指す

生物の機能を活用した製品開発にとどまらず、今後は生物の持続可能性を活用した製品開発を目指している。同社は抗菌性能を持つ商品を保有しているが、例えば、トイレにおいては除菌性能ではなく抗菌性能を付与して微生物の付着を予防するアプローチを行うことで、人間の免疫力維持に貢献できる。生物と向き合いながら、快適な居住環境を実現する商品開発を目指す。

生活習慣の改善や健康管理・病気予防に役立つ住宅設備の開発

同社は今後の事業展開として、生活習慣の改善や健康管理・病気予防に役立つ住宅設備の開発を考えている。住宅建材メーカーは、これまで抗菌性や断熱性等の機能性の研究開発に多くの時間とお金を投資してきた。一方で、これらの高機能な住環境が人間の生活や健康にどのような影響を与えるのかはあまり研究されてこなかった。住宅設備の機能性を高めることは快適な住まいの形成に役立つ一方、機能性を過度に高めてしまうと人間本来が持っている健康関連の機能が阻害されるなど、負の影響もあるのではないかと、井須氏は考えている。そのため、今後は住宅設備と人間の生活及び健康の関連を分析し、それを製品開発に取り入れていくことを目指している。

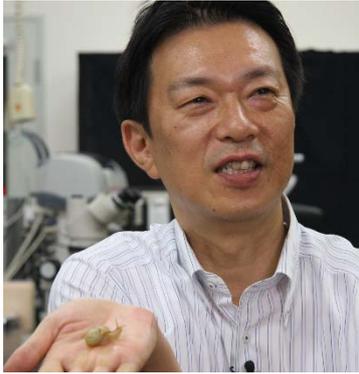
⑤ 政府への要望

行政による初期投資の大きい商材への環境性能評価

住宅の建設時に使用される商材は、消費者の投資額が比較的大きく、またライフサイクルも長い商品が多く、建設後のスイッチングが困難だという。その為、耐震などの防災性や、メンテナンスフリー化による省エネ・環境性能など、消費者にとって経済性以外が購買決定要素となる評価指標の整備を望んでいる。

環境にやさしい住宅建材に対する助成制度の整備

親水性の外壁タイルは、従来製品に対して価格面での競争が難しいという課題がある。これは、従来製品とは違い新たな研究開発費用がかかることや、スケール・メリットを活かせないことが理由である。環境にやさしい社会を作るため、環境に配慮した住宅建材に対する助成制度の整備・拡充を同社は国に期待している。



LIXIL 株式会社
Technology Research 本部
分析・評価室 室長

井須 紀文さん

学生時代は物質工学を専攻し、工学博士を取得。2001年にINAX(現 LIXIL)に入社後、同社の研究開発に携わる。人と地球を考えた住宅設備の研究開発を進めている。

File 2
化学物質
不使用

マグロの皮膚を模倣した 低燃費型船底防汚塗料



日本ペイントマリン株式会社（以下、同社）は、日本ペイントグループ傘下の企業であり、船舶用塗料の製造・販売及び船舶用塗料に関する技術・サービスの提供を行っている。同社は、海洋環境の保全を目指し、1990年に「エコフレックス」という環境配慮型の船底防汚塗料を開発した。「エコフレックス」は、世界で初めて開発された高い毒性を有する有機すずを使用しない船底防汚塗料である。2007年にはマグロの体表の粘膜機構を模倣した低燃費型船底防汚塗料「LF-Sea（エルエフシー）」を開発し、2013年にはその改良型である「A-LF-Sea（エーエルエフシー）」を開発した。

ポイント

- 他社に先駆けて摩擦抵抗低減・燃費削減・CO₂削減に寄与する船底塗料の開発に着手
- マグロの体表を模倣することで摩擦抵抗低減効果のある船底塗料の開発に成功
- 大学や企業との共同研究や補助事業の活用により不足するリソースの補完を達成

日本ペイントマリン株式会社		
所在地	大阪府大阪市北区大淀北 2-1-2	
従業員数	167 人 (2016 年 12 月 単体)	
設立年	1967 年 9 月	
資本金 (百万円)	480	
売上高 (百万円) ※連結ベース	2014 年 3 月	-
	2015 年 3 月	-
	2016 年 3 月	-

① 製品の特徴

マグロの体を覆う粘膜を船底塗料に再現

マグロは海の中を時速 80km で泳ぐことが可能で、魚類の中でも泳ぐ速度が速い魚として知られている。マグロの遊泳速度の速さは、体の表面を覆う粘膜が水との摩擦抵抗を減少させていることによるものである。「LF-Sea」及び「A-LF-Sea」は、このマグロの体表が持つ摩擦抵抗減少機能を模倣して開発された超低摩擦船底防汚塗料である。

同社はマグロの体の表面にある粘膜をハイドロジェルという素材を用いて再現した。ハイドロジェルを含んだ船底防汚塗料は、水との摩擦抵抗を低減する機能を持ち、船舶の燃費向上や CO₂ 排出量の削減に役立つ。同社は、この水との摩擦抵抗を低減する技術を「ウォータートラッピング技術」と呼び、特許を取得している。

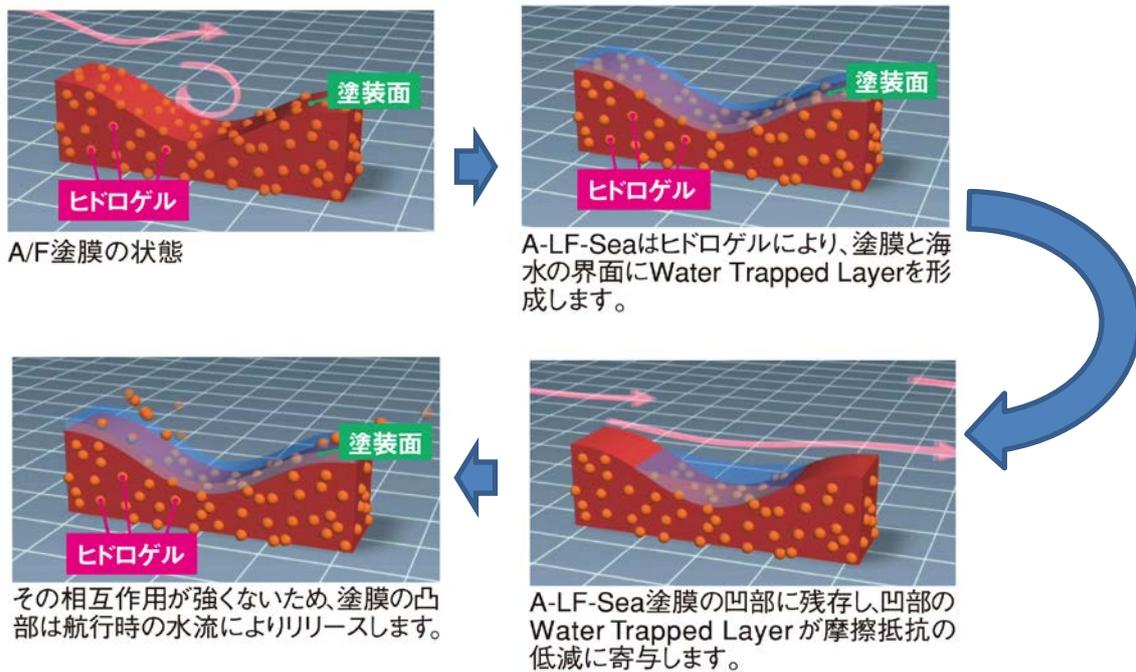


図 19 A-LFSea のメカニズム
出所) 日本ペイントマリン株式会社

摩擦抵抗の低減による大幅な燃費削減と CO2 排出量の削減

従来の船底防汚塗料と「LF-Sea」及び「A-LF-Sea」の違いは、摩擦抵抗の低減により、船舶の燃費改善や CO2 排出量の削減に寄与することである。「LF-Sea」の場合は従来製品比約 4%、「A-LF-Sea」の場合は約 10%の燃費改善が可能である。運航に大量の燃料が使われる海運業にとって、燃費削減は数パーセントの削減であっても経済的効果は大きい。そのため、同製品は販売開始以降、市場から高い評価を受け、2016 年 12 月までに 1,318 件の導入実績がある。

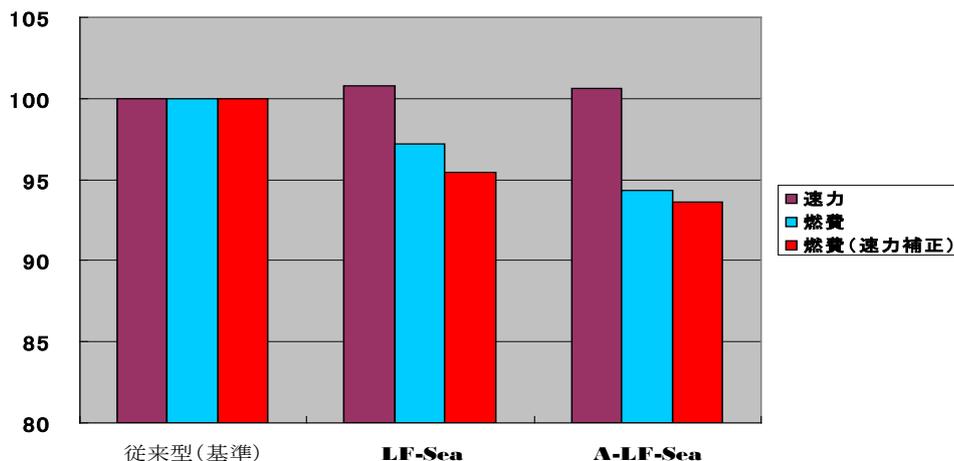


図 20 同社従来製品/LF-Sea/A-LF-Sea の燃費性能比較
出所) 日本ペイントマリン株式会社

② 事業参入の経緯

有機すず系船底塗料の製造規制を受け、環境にやさしい船底塗料の開発を開始

船底塗料に求められる機能は、フジツボなどの海洋生物の付着を防ぐ防汚機能である。1970年代までは、防汚性を確保するために有機すずを船底塗料に使用していた。しかし、1980年代に船底塗料に含まれる有機すずが海洋環境に悪影響を与えていることが分かり、有機すずを含む船底塗料が世界的に環境規制の対象となった。そこで、同社は1990年代に世界で初めて有機すずを含まない船底防汚塗料を開発した。

船舶の燃費改善に寄与する船底塗料の開発

2000年代に同社は他社との差別化につながる製品として、塗料製造業界では初となる、摩擦抵抗の削減や船舶の燃費効率の改善に寄与する船底塗料の開発を開始した。当時の業界の常識では、船底塗装を行う目的は防汚機能や防錆機能を付与することであった。そのため、船底塗料に燃費効率の改善という機能（付加価値）を付けるという発想は当時の常識から考えると画期的であったという。

開発当初は、塗装表面を平滑化する（表面をつるつるにする）ことで摩擦抵抗の低減を目指していた。しかし、同社が扱う船舶は東京タワーくらいの大きさがあり、塗装作業員の技量とコストを考えると、船底全体を均一に塗装することは現実的に不可能であった。そこで、同社はざらざらの表面を残しながら摩擦抵抗を低減させる方法を検討する。

高速遊泳を行うマグロに摩擦抵抗低減のヒントを得る

塗装表面の平滑化以外で摩擦抵抗を低減させる方法として、同社は生物の摩擦抵抗低減効果にその答えを求めた。当初は、ペンギンの羽毛に蓄えた空気による摩擦低減効果やハスの葉の撥水性による摩擦低減効果、サメのリブレット表面による摩擦低減効果などを検討したという。様々な生物の機能を検討する中で、最終的には生物模倣技術の専門家等の意見を参考にして、遊泳速度の速いマグロの泳ぐ仕組み及びそれを可能にする体の構造を製品開発に取り入れることを決める。

マグロの遊泳速度の速さは、体の表面を覆う粘膜が水の抵抗を低減させることで生み出されている。製品開発に当たっての一つの課題は、この粘膜の機能を船底塗料に再現することであった。この課題に対して、同社はハイドロジェルという素材を用いてマグロの粘膜と同じ機能の再現に成功し、水の流動抵抗を低減させる「ウォーターラッピング技術」を開発した。

2007年に同社はこの「ウォーターラッピング技術」を用いた低燃費型の船底防汚塗料「LF-Sea」を大阪大学と神戸大学との共同で研究開発した。この製品は、「ウォーターラッピング技術」による摩擦抵抗低減効果により、従来製品と比べて4%の燃費削減とCO₂排出量の削減が可

能である。販売当初は、主に国内運航フェリーに導入され、同製品の高い省エネ性能が証明された。同製品は、2016年12月までに1,318件の導入実績があり、エコプロダクツ大賞推進協議会主催の「第7回エコプロダクツ大賞」において「審査委員長特別賞（奨励賞）」も受賞している。

その後、同社は国土交通省の支援を受けて、「LF-Sea」の発展型製品である「A-LF-Sea」を株式会社三井商船と共同で開発した。「A-LF-Sea」は、従来製品と比べて10%の燃費削減が可能であることや、塗装を簡単に行うことができるという特徴がある。2013年4月から販売を開始し、2016年12月までに784件の導入実績がある。

③ 成功・差別化要因

マグロの体表を模倣することで低燃費性能を実現

同社は、マグロの高速遊泳に着目し、体表を模倣した摩擦抵抗低減効果のあるウォータートラッピング技術を開発することで、当初の課題であった低燃費性能を実現する船底用塗料の開発に成功している。

塗料によって燃費改善を図るという新たな発想

従来、船底塗装に求められる主な機能としては、防汚機能や防錆機能だけであった。そのため、当時の業界の常識から考えると、同社が他社に先駆けて燃費削減効果のある塗料の開発に着手したことは非常に野心的な取り組みであったという。

原油価格の高騰と環境意識の高まり

「LF-Sea」は、原油価格の高騰や環境規制の強化、エコシップの普及が進んだ時期に開発及び販売された。数パーセントの燃費削減で大きな経済的メリットを得ることができる海運業界に対して、同製品の燃費削減効果は他社製品との大きな差別化につながり、市場から高い評価を受けることとなった。

生物学に関する公開情報の活用

同社に塗料開発を担当した基礎研究部内では生物学の専攻者はいなかったが、山盛氏は、マグロが高速遊泳を行うことができる仕組みは生物に関する市販本や公開情報などを活用して調べた結果、マグロが高速遊泳する仕組みは学術的な研究が進んでいることを知る。マグロ体表の粘液状物質が機能していることや、その機能を再現したハイドロジェルは既に入手が可能であることを知り、その後はハイドロジェルの製造者と船底防汚塗料に適した製品開発を行うことで、商品化に成功している。

外部との連携による実証設備の獲得

研究開発に当たっての大きな課題は、摩擦抵抗を測定する実験設備を設計するための流体力学に関する知見とその設備費用の捻出であったという。同社は、「LF-Sea」の開発にあたっては大阪大学、神戸大学と連携することで流体力学に関する知見を獲得し、「A-LF-Sea」の開発の際には、国土交通省の支援事業に参画することで必要となる設備費用を獲得している。このように、同社は外部と連携することで、同社単独では獲得が困難であった実証設備の充足に成功している。

④ 事業ビジョン・展望

低燃費に加えた更なる環境性能の向上

これまで同社は、世界で初めて有機すずを使わない船底塗料を開発し、販売している。その後も、同社は世界で初めて燃費を向上させる塗料を開発するなど、船底防汚塗料に対する環境性能の向上を目指した製品開発を行ってきた。同社は、船底塗料メーカーとして国土交通省の「次世代海洋関連技術開発支援事業」に参画しており、低燃費性に加え、防汚剤を含まない塗料を2017年末に製品化している。今後も、汚染物質排出抑制と燃費製向上という両視点での製品開発を継続していくという。

更なる低価格化の実現

現状、「LF-Sea」、「A-LF-Sea」、「アクアテラス」は、従来品と比べて、価格が高いという課題がある。今後の目標は、製造コスト及び販売価格を下げ、市場に普及させることである。ある程度販売件数が増えれば、スケール・メリットを生かして、さらに製造コスト及び販売価格を下げるという好循環を生み出すことができる。

⑤ 政府への要望

実験・実証設備への補助金制度の拡充

同社によると、実験・実証段階での設備費用の調達が大きな課題であったという。船舶塗料の効果検証には、実際に船舶に塗装し、1年間（あらゆる季節の生物にどのような効果があるかを検証）の実証実験を行うため、多くの開発資金が必要となる。そのため、製品開発段階における資金面の支援を望んでいる。



日本ペイントマリン株式会社
常勤顧問

山盛 直樹 さん

同社の研究開発部でマグロ体表の粘膜を模倣した低燃費型船底塗料の研究・開発を担当。現在は生物模倣による塗料技術を広める活動に取り組む一方、更なる低環境負荷型塗料の開発を目指す。

全てのシャープ製品に ネイチャーテクノロジーを



シャープ株式会社（以下、同社）は、電気機器及び電子部品等の製造・販売を行う企業である。同社は、自然の摂理に学び、人の健康に役立ち、地球環境に貢献するモノづくりのことを「ネイチャーテクノロジー」と称して、その技術を様々な電気製品等に採用している。これまで（2018年1月31日時点）に、25のネイチャーテクノロジーを開発し、それらを28品目の製品に採用している。ネイチャーテクノロジーは、同社製品の省エネや快適性の追求のために用いられ、同社の今後を担う重要な技術の一つとして位置付けられている。

ポイント

- 工学研究者の視点で生物の特徴を捉えることで、ネイチャーテクノロジーを開発
- 開発起点を生物シーズから製品ニーズへ転換することで、効率的な製品開発を実現
- ネイチャーテクノロジーの活用により大幅な製品性能の向上を実現

シャープ株式会社		
所在地	大阪府堺市堺区匠町 1	
従業員数	41,898 人 (2017/03 期 連結) , 13,363 人 (2017/03 期 単体)	
創業年	1912 年 9 月	
資本金 (百万円)	5,000	
売上高 (百万円) ※連結ベース	2015 年 3 月	2,786,256
	2016 年 3 月	2,461,589
	2017 年 3 月	2,050,639

① 製品の特徴

同社は、2008 年に鳥の翼を参考にしたエアコン室外機を開発して以降、様々な製品にネイチャーテクノロジーを採用している。ここでは、同社が開発した 3 つの製品を紹介する。

アホウドリやイヌワシの翼を応用し、エアコン室外ファンの消費電力を 20%削減

従来のエアコン室外機のプロペラファンは、回転時に円周部に大きな空気の渦を形成し、それがファンの回転の妨げとなっていた。そこで同社は、鳥類の翼の形状に解決の糸口を求めた。長距離飛行に適したアホウドリの翼と、乱気流の中でも安定して飛行するイヌワシの翼の形状をファンの円周部に応用し、送風効率の向上と消費電力 20%の削減に成功した。



図 21 従来のプロペラファン（左）と、鳥の翼の形状を応用したプロペラファン（右）
出所）シャープ株式会社

トンボの羽根を応用し、エアコン室内ファンの消費電力を 30%削減

ギンヤンマの羽根の断面は、直線ではなく、鋸の歯のような形状になっている。ギンヤンマは、飛行時にこの羽根の凹部に空気の渦を形成し、前方からの風を後方へ効率的に受け流している。同社は、このギンヤンマに代表するトンボの羽根の断面をエアコン室内機のクロスフローファン（エアコン内で作り出した新しい空気を室内へ循環させるもの）に応用し、エアコン室内ファンの消費電力を 30%削減することに成功した。



図 22 従来のファンの断面（左）と、トンボの羽根の形状を応用したファンの断面（右）
出所）シャープ株式会社

イルカの尾びれや表皮のしわなどを応用し、洗濯機が消費する電力、水量、洗剤量を削減

最大時速 50km で遊泳することができるイルカは、水の抵抗に打ち勝ってその速さを実現するために必要な筋肉量の 1/7 しか保持していない。この高速遊泳は、表皮のしわが水の摩擦抵抗を低減させること、尾びれが効率的に運動することで可能になっている。同社は、イルカの尾びれの形状、表皮のしわ、尾びれを蹴りだすリズムを洗濯機に应用することで、消費電力の削減と洗浄力の強化を同時に実現した。具体的には、従来と同等の洗浄力を得るのに洗濯機パルセーターが消費する電力を 18%、水量を 15%、洗剤量を 50%削減することに成功している。

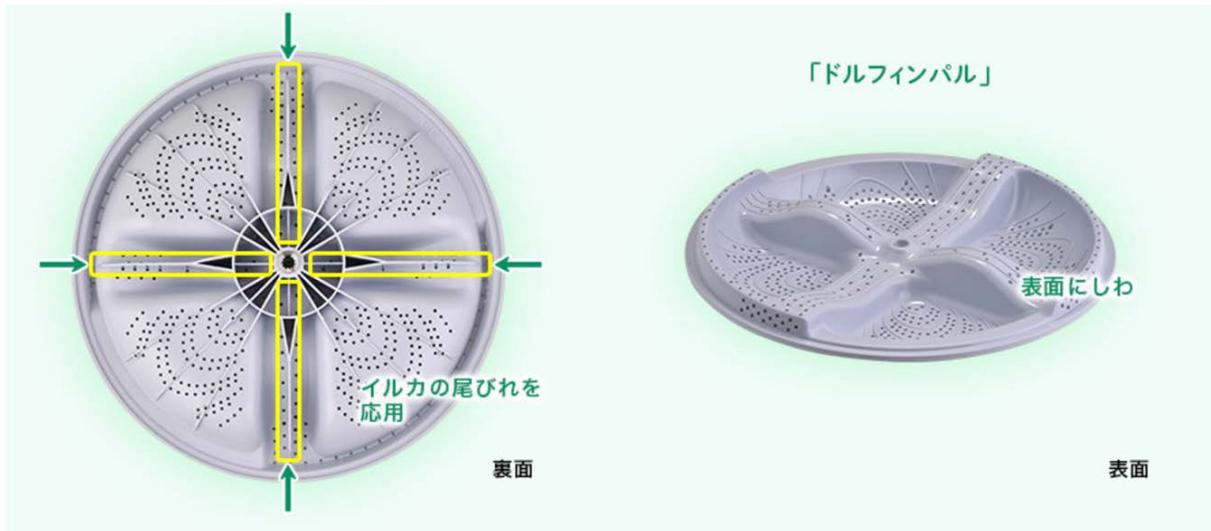


図 23 イルカの特徴を応用したパルセーター 出所) シャープ株式会社

② 事業参入の経緯

工学研究者が生物系学会に参加したことがきっかけ

ネイチャーテクノロジーの開発を主導した大塚氏は、学生時代に研究していた航空工学の知見を活かして、白物家電等のエネルギー効率の改善に取り組んでいた。エアコン室外ファンの送風効率を約 2 倍に引き上げたり、業界を牽引する気流制御技術を完成させたりするなど、入社から数年のうちに製品開発で大きな成果を上げていた。しかし、その後は航空工学の理論を応用できる製品に限られるようになり、研究成果の頭打ちに直面した。

航空工学を用いた製品開発に限界を感じていた大塚氏は、これまでとは異なる製品開発手法を求めて、生物系の学会に参加した。大塚氏によると、当時はアイデア創出よりも自身の気分転換のために参加したとのことだが、このことがネイチャーテクノロジーの研究開発を始めるきっかけとなった。水生生物の学会では、「イルカが少ない筋肉量で効率的に推進力を生み出す要因」に関する研究が発表されており、それをシャープ製品に活用できると思ったという。

また、別の学会では、鳥が飛行機よりも効率的に飛んでいるという話に関心を持ったという。この学会では、大きい機体、早い風速という条件が求められる飛行機においては、航空工学の考え方が当てはまるが、体が小さく、受ける風速が小さい鳥等の生物が置かれる自然条件ではそれが当てはまらないという話がされていた。この話を聞いて、同氏は飛行機に比べて大きさが小さく、小さな風速を用いる電化製品には、航空工学ではなく、生物の機能を利用した方が上手く開発できるのではないかと思いついたという。

ネイチャーテクノロジー推進プロジェクトチームの立ち上げ

生物系学会への参加により新たな製品開発手法のヒントを得た大塚氏は、実際の製品開発に向けてプロジェクトチームの立ち上げを行う。プロジェクトチームの立ち上げに当たっては、人材と予算の確保という二つの課題があった。人材については、前述した水生生物学会の会長の推薦で、当時は学生で海洋船舶工学を専攻していた公文氏（現プロジェクトチームメンバー）がシャープに入社し、プロジェクトメンバーに加わる。予算については、「シャープ・ドリーム・テクノロジー」というシャープの次世代の事業を担う夢のある研究開発に予算を付与する制度に応募し、予算を獲得する。

ネイチャーテクノロジーの活用により大幅な性能改善を実現

予算獲得後、最初に取り組んだ研究がエアコン室外機の送風効率の改善であった。過去3年間の研究で1%の省エネさえ達成できなかったにもかかわらず、アホウドリの翼の形状をプロペラファンに応用することで、エアコン室外ファンの消費電力20%の削減に成功する。当時の業界内の常識では、2~3%の改善が限界と言われていたにも関わらず、20%の消費電力の削減を1回目の試作で実現した。

その次に取り組んだ、イルカの尾びれと表皮のしわを再現した洗濯機の開発においても、1回目の試作で15%の洗浄力の強化を実現した。当初、洗濯機を担当する事業部からは測定ミスではないかと疑われたが、大塚氏自身は学会で聞いたイルカ本来の機能を考えると少なくとも2桁%以上の省エネを予想していたとのことである。

ネイチャーテクノロジー推進プロジェクトチームは、その後も4期連続で予算を獲得し、様々な革新的製品を開発した。そのいずれの製品も、従来の製品開発手法では解決できなかった課題を克服し、大幅な製品性能の向上に貢献する。

③ 成功・差別化要因

研究開発に対する社内の支援体制

同社には革新的技術の研究開発に対して、「シャープ・ドリーム・テクノロジー」と呼ばれる研究開発支援制度がある。当初は、社内でも大塚氏の研究に対して懐疑的な見方をする者も少なくなかった。しかし、この制度を活用し予算を獲得したことで、自由に研究開発を行うことができた。競争率が高いこの制度に、大塚氏の研究テーマが選ばれた理由は、生物の特徴を製品に取り入れるという斬新な発想と、公文氏のような若い社員に夢のある研究をさせたいという大塚氏の想いが認められたからだという。

3つの方法で製品開発期間の短縮と大幅な製品性能の向上を実現

同社は、①生物模倣（バイオミメティクス）そのもの、②製品開発手法の切替え、③バイオインスパイアードデザインという3つの方法で製品開発期間の短縮と大幅な製品性能の向上を実現している。

①生物模倣そのものによって、製品開発期間の短縮と大幅な製品性能の向上が実現していることは、前述のとおりである。開発期間が短縮する理由は、ネイチャーテクノロジーを活用した製品開発の多くが1～2回目の試作で製品化に成功し、従来の製品開発に必要なシミュレーションや試行錯誤（カット&トライ）などが不要になるからだという。また、試作の早い段階で製品化に成功する理由としては、生物の機能やその効果が自然界で既に実証済みであり、自然淘汰の中で合理性や効率性が追求されたからではないかと、大塚氏は考えている。

②製品開発手法の切替えとは、製品開発をシーズ起点からニーズ起点に切り替えたことである。シーズ起点の製品開発を行っていた頃は、生物の特徴を何の製品に応用すればよいか分からず、製品開発がなかなか進まなかった。そこで、消費者及び各事業部から出されるニーズに基づいて製品開発を行ったところ、製品開発が進んだ。

③バイオインスパイアードデザインとは、形状等のデザインを製品開発に取り入れて、その効果を後で検証する製品開発手法である。ネイチャーテクノロジーの機能性及びマーケティングの効果が証明されて以降、社内では各事業部からネイチャーテクノロジー実装に関する多くの引き合いがあった。一方、生物の機能やその効果のメカニズムが学術的に解明されていないという理由で、製品開発が進まないという時期があった。この課題に対して、同社は学会等での研究成果を待たずに、バイオインスパイアードデザインによる製品開発を行い、製品開発を効率化させることに成功した。

同社は、これら3つの方法により製品開発期間の短縮と大幅な製品性能の向上を実現している。実際に同社は、2008年にネイチャーテクノロジーを活用した最初の製品を開発して以降、これまで（2018年1月31日）に28製品にネイチャーテクノロジーを実装し、平均して約3ヶ月に1製品のペースで製品開発に成功している。

製品機能を細分化し、効率的にネイチャーテクノロジーを実装

前述のとおり、同社は生物のシーズ起点から製品のニーズ起点へ開発手法を転換しているが、製品機能を細分化することで、さらに効率的なマッチングを行っている。その例として、ホタテの密閉機能を応用した冷蔵庫の開発経緯を紹介する。一般的に、冷蔵庫の機能にホタテの特徴を活かせることを連想することは難しい。しかし、同社は冷蔵庫に求められる機能を細分化し、その機能の一つである密閉性に着目することで、密閉機能を有する生物としてホタテに着想することができたという。

生物学以外の視点で生物の特徴を捉え、製品開発を行う

ネイチャーテクノロジー推進プロジェクトチームは、航空工学専攻の大塚氏や船舶海洋工学専攻の公文氏をはじめ、生物学以外の専門家で構成されている。大塚氏によると、生物の機能を電化製品等に应用するためには、生物学的な視点よりも、工学的な視点で生物の特徴を捉えることが製品開発に役立つという。

「生物の特徴を活用している」ということが消費者の関心を引きつける

製品性能の向上に向けて電機メーカー各社が激しい競争を繰り広げる中、省エネ効果だけで差別化を図ることは容易ではない。同社はネイチャーテクノロジーを活用することで、他社と比べて高い性能を実現するだけでなく、生物の特徴を活用しているという点で差別化に成功している。実際に大塚氏が家電量販店等で販売活動を行った経験によると、生物の特徴を活用しているという点に注目して、足を止めるお客様が多かったという。

また、社内の合意形成や製品開発の継続判断についても、ネイチャーテクノロジーがマーケティングに役立つことが商品企画部門に認められたことが関係しているという。

④ 今後の展望

既存製品へ複数のネイチャーテクノロジーを実装

同社のほとんどの電化製品には、既にネイチャーテクノロジーが実装されている。今後は、1つの製品の中に複数のネイチャーテクノロジーを実装し、さらなる性能の向上を目指したいと考えている。

この世にまだ存在しない製品をネイチャーテクノロジーによって生み出す

既存製品の改善ではなく、ネイチャーテクノロジーを用いた全く新しい製品の開発を検討している。

⑤ 政府への要望

ネイチャーテクノロジーの認知度向上及び業界活性化への支援

同社は、「ネイチャーテクノロジー」、または、「生物模倣技術」という言葉の普及を国に期待しており、それによって、同社製品の認知度向上と売上向上に繋がりたいと考えている。



シャープ株式会社
健康・環境システム事業本部
スモールアプライアンス事業部
健康美容開発部長

大塚 雅生 さん

大学時代に学んだ航空工学の知見を活かした商品開発に取り組んでいたが、生物学会への参加をきっかけに生物の特徴・機能を取り入れた製品開発に着手。ネイチャーテクノロジーの更なる事業拡大を目指す。

魚群の動きを模倣し、自由度の高い自動群走行技術を開発



日産自動車株式会社（以下、同社）は、自動車の製造、販売及び関連事業を行う企業であり、20の国や地域に生産拠点をもち、160以上の国や地域で商品やサービスを提供している。同社は、「ぶつからないクルマ」の実現に向けた技術開発の一環として、目的地まで効率的に移動ができる魚群の性質に着目し、魚群のルールで集団走行するロボットカー「EPORO」を2009年に開発した。EPOROという名前は、EPisode 0 (Zero) RObot (CO₂ゼロ、事故ゼロに向かうエピソードの意)の頭文字をとったものである。同社は、通信によりお互いの状態を知ること、周囲環境に柔軟に適應できる魚群走行を実現し、高度に情報化されたクルマ同士が、ゆるくつながる“社会システム”を提案している。

ポイント

- 交通渋滞の防止と渋滞緩和に役立つ先進運転支援システムを 20 年以上前から市場に導入
- 魚群の群行動を工学的に応用して、集団の車が安全かつ効率的に走行できる自動走行技術を開発
- 自動運転社会の実現に向けて、国や他の自動車メーカーと協力して、法制度の整備や技術的課題の克服に取り組む

日産自動車株式会社		
所在地	神奈川県横浜市西区高島 1-1-1	
従業員数	137,250 人 (2017/03 期 連結) , 22,209 人 (2017/03 期 単体)	
創業年	1910 年	
資本金 (百万円)	605,814	
売上高 (百万円)	2015 年 3 月	11,375,207
※連結ベース	2016 年 3 月	12,189,519
	2017 年 3 月	11,720,041

① 製品の特徴

魚は障害物を回避しながら密集して泳ぐことができる。これは、最寄りの仲間の位置に応じて、衝突回避、併走、接近という 3 つのルールに従って、動きを変化させている為である。同社は、魚群の 3 つのルールを模倣し、自由に変形可能な群れを形成し、安全で効率の良い走行を行うロボットカー EPORO を開発している。

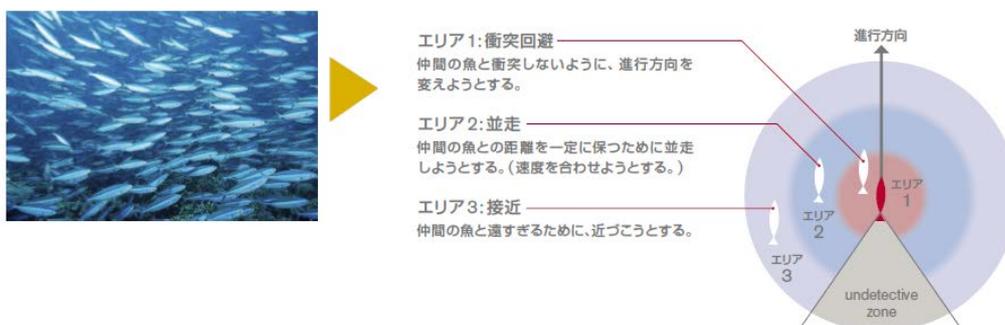


図 24 EPORO が模倣する魚群の 3 つのルール 出所) 日産自動車株式会社

魚が有する2つ感覚を光学センサーによって模倣

魚は、主に「側線感覚」と「視覚」をセンサーとして、周囲の状態を認識している。「側線感覚」は、主に衝突回避のために用いられる感覚器官であり、これにより最も近くにいる魚との距離を把握している。視覚は、主に並走・接近のために用いられている。魚は両目で330°にも達する広い視野を有しており、これにより少し離れた位置にいる魚との距離を把握している。同社は、レーザーを照射し、その反射光が届くまでの時間から障害物までの距離を計測することができる「レーザーレンジファインダー (LRF)」により側線感覚の働きを再現している。また、製品間でのパルス信号の送受信により、その往復時間から距離を算出し、また、挙動情報の交換を行う「UWB通信技術」(UWB通信とは、近距離用の無線通信である Ultra Wide Band 通信の意)により、「視覚」の働きを再現している。

これらの2つの周囲環境認識技術と、魚群走行の3つのルール(衝突回避、並走、接近)を組み合わせて EPORO に実装、魚群のように自由で変形可能な群を形成して走行することを実現している。

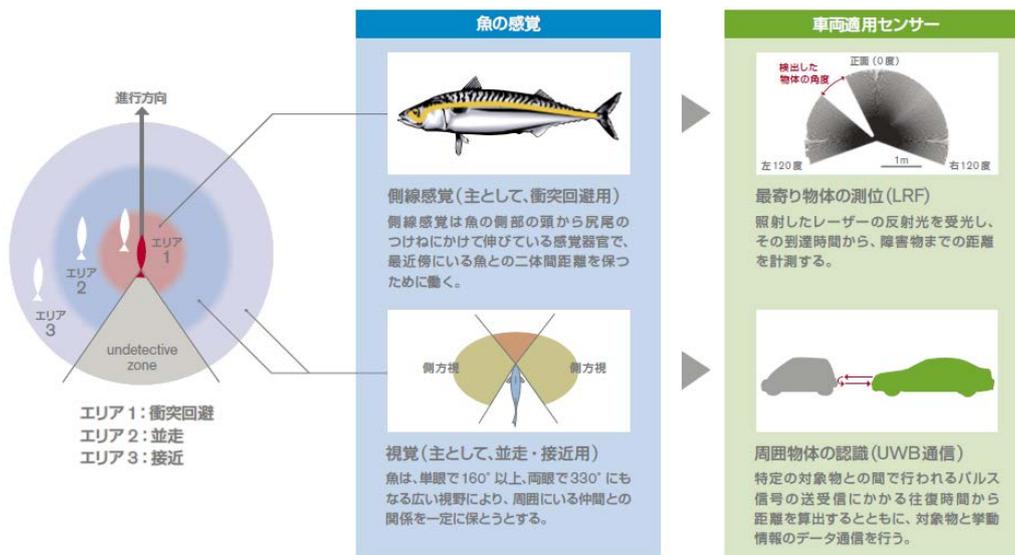


図 25 センサーによる魚の感覚の模倣 出所) 日産自動車株式会社

多様な周辺環境に対応して走行が可能

EPORO は、仲間と情報を交換するだけでなく、前述の2つのセンサーによって周辺の状況を把握することもできるため、曲がり角での走行や、幅員の急激な減少を伴う狭路での走行、障害物を回避しての走行も可能である。この技術が車に実装され、自動運転社会が実現すれば、渋滞の緩和や交通事故の防止、交通網の最適化につながる。

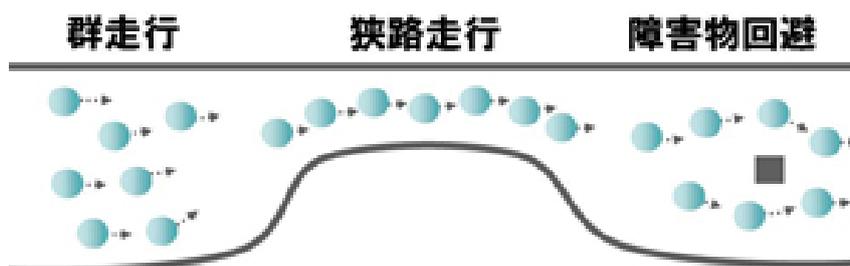


図 26 魚群が回避する際のイメージ 出所) 日産自動車株式会社

② 事業参入の経緯

交通事故、渋滞問題の解決手段として「ぶつからないクルマ」の開発に着手

同社は、「Zero Emission」、「Zero Fatality」というビジョンを掲げ、自動車メーカーの立場から地球温暖化、化石エネルギーの枯渇、交通事故、渋滞の4つの課題解決を目指した取り組みを行って来ている。これらの4つの課題に対し、前者2つは電動化技術によって、後者2つは知能化技術により課題解決の実現を目指していた。

交通事故の防止と渋滞緩和に向け、2006年頃に同社モビリティ・サービス研究所の安藤氏を中心とする研究開発チームが、「ぶつからないクルマ」の研究を開始する。

ハチの複眼センサーを参考に障害物を回避する技術を確立

当時、同社内では「ぶつからないクルマ」を実現する為の手段として、一定距離を保ちながら隊列走行を行う自動運転技術が挙げられていた。しかし、同社は走行の自由度を高めた「ぶつからないクルマ」の開発を目指した。

研究を進めていた安藤氏は、ゆるくつながるために必要となる走行環境を群走行、障害物回避、狭路走行の3パターンに分解し、まずは群走行ではなく単体走行で障害物を回避する技術の開発に着手する。その際、人間よりもはるかに小さな脳しかもっておらず、高度なセンシング技術もないにもかかわらず、巧みに障害物や天敵を避けることができるハチに着目したという。ハチの行動に関する研究は東京大学と共同で行い、ハチの複眼がセンサーの役割を果たして障害物の検出を行っていることを解明する。研究結果をもとに、2008年に同社はハチの複眼と同じ機能を持つLRFを開発し、LRFとハチの回避行動アルゴリズムを実装したロボット「BR23C」の開発に成功する。

魚群を模倣した群走行ロボットを開発

前述のハチの障害物回避機能を模倣した「BR23C」の単体走行から、群走行を可能とする技術開発へ移行する。開発に当たり、ぶつからないかつ効率的な走行を実現するための、最適な自律制御設定を模索する。具体的には、「衝突回避」、「並走」、「接近」のそれぞれの自律制御をどのような状況で、どのように行えば、安全かつ効率的な群走行が実現できるのかという課題があった。魚群が「衝突回避」、「並走」、「接近」という3つのルールに基づき安全かつ効率的な群行動を行っていることに着目した安藤氏は、魚群の動きを模倣したロボットカー「EPORO」の開発を開始する。群ロボットの開発にあたり、魚ではなく鳥も参考にしてきたが、群行動において上下運動の少ない魚の方が、車の走行方法と似ており、車の走行に適用しやすいと考えた。魚は長年の進化・自然淘汰の過程で、最適な群行動を身につけているが、海と道路は環境が異なり、魚にとって最適な群行動をそのまま車に適用しても上手くいかない。車及び人の行動様式を踏まえた群走行の制御設定を行う必要があった。衝突回避と無駄のない群走行は、安全性と効率性がトレードオフの関係にあり、どちらも両立する最適な車の距離感を見つける必要があったが、研究時のトライ&エラーにより、「衝突回避」、「並走」、「接近」に関わる最適な自律制御の設定条件を見つけた。2009年に同社は、魚の視覚を模倣するUWB通信技術と、「BR23C」で開発したLRF技術を組み合わせることで、ぶつからずに自動で群走行、障害物回避、狭路走行を行う「EPORO」の開発に世界で初めて成功した。

③ 成功・差別化要因

業界の将来動向を的確に捉えるための社内体制

同社は、2008年に「ぶつからないクルマ」を目指して「BR23C」や「EPORO」の開発に着手した。同社は、顧客（Customer）、社会（Social）、技術（Technology）の大きく3つの動向を踏まえた研究開発を行っており、また技術担当者のほかに、社会情勢や業界動向を専門に研究する担当者を研究所内に配置することで、市場ニーズに合わせた研究開発を早期に開始することが出来る。

「EPORO」の開発においても、自動車開発の初期の段階で、自動車の自動化及び電動化という動向を予見して、群走行の技術開発に着手している。各分野における将来動向を捉える社内体制が機能したからこそ、昨今急速に普及が進む自動運転技術の基礎となる「EPORO」の早期開発に成功している。また、数ある研究テーマに対して各分野の将来動向と照らし合わせてテーマを絞り込むことで、研究開発リソースの有効活用にもつながっている。

生物学に関する外部・既存知見を有効活用

障害物を検出して衝突回避に役立つ「BR23C」は、ハチの複眼センサーを参考に東京大学先端科学技術研究センター神崎亮平教授との共同研究により開発している。また、周りと協調して合理的な走行を実現する「EPORO」は、魚群の群行動ルールを模倣して開発に成功している。同社では生物学の専攻者は在籍していないが、生物学に関する知見を外部との連携や公開される既存知見を活用することで補完している。自社が得意とする工学分野の開発へ落とし込めたことが、生物の動きの模倣を実現できた成功要因として挙げられる。

研究アイデアをスピーディーに具現化

同社の研究開発組織は Reserch Division（研究）、Advanced Engineering Division（先行開発）、Product Development Division（開発）の3つの部門で構成されており、研究部門からスタートした研究テーマが、技術開発の進捗に伴い、先行開発部門、開発部門へと移行する。同社では、研究部門に試作品製作部署が独立して存在している。試作品を作る人が研究部門にいたことにより、通常は研究の段階で製品や技術を対外的に発表することはないが、試作品を作れたことでEPORO及び魚群走行技術の対外発信を行うことができた。同社の技術力の高さや知名度の向上に繋がっている。

④ 事業ビジョン・展望

自由度の高い群走行技術の社会実装

同社は、近年普及が進む一定距離を保ちながら隊列走行を前提とした自動運転技術の次世代技術として、「EPORO」で確立した自由度のより高い自動群走行技術の社会実装を目標としている。

「EPORO」の技術は、法規制などの観点から未だ実装は実現していないが、自動運転に関わる交通インフラや法制度が整備されることで、今後「EPORO」の技術が普及することを期待している。

⑤ 政府への要望

自動運転社会の実現に向けた交通インフラ、法制度の整備

前述の通り、「EPORO」の自動群走行技術は社会実装されていないが、実装に向けては自動走行に対する交通インフラや法規制の未整備が大きな課題の1つであるという。例えば、「EPORO」に採用されている通信技術が電波法の規制により自動車に実装できないなどが挙げられる。近年、欧米の自動車メーカーが自動運転の技術開発に注力する中で、国の立場から国内の技術開発を後押しすべく官・民が連携した交通インフラ・法整備を望んでいる。



日産自動車株式会社
総合研究所モビリティ・サービス研究
所
シニアリサーチエンジニア

安藤 敏之 さん

1987 年入社。人工知能、画像情報処
理等の研究を経て、ロボットカー
「EPORO」開発に従事。現在は自動運
転車の研究開発に取り組んでいる。

カモメの羽を模倣し、 「心地よい風」を生む扇風機を開発



ドウシシャ株式会社（以下、同社）は、生活関連商品の企画・開発・生産・販売というメーカー機能と、ギフト商品やブランド商品などの卸売りという商社機能を保有する企業である。

同社は、船舶用プロペラのトップメーカーであるナカシマプロペラ株式会社との共同開発により、カモメの羽を模倣したプロペラを採用した「Kamomefan（カモメファン）」という扇風機を2012年に開発し、現在では世界中で人気のブランドにまでなっている。「Kamomefan」は送風効率が良く、同社の従来商品と比較して高い省エネ性能を有している。

ポイント

- 「心地よい風」とは何かを分析して商品開発を開始
 - カモメの羽形状を応用して「心地よい風」・「静音性」・「省エネ」を実現
 - 商品開発における技術的な課題を他社との連携により克服
-

株式会社ドウシシャ		
所在地	東京都港区高輪 2-21-46	
従業員数	1,652 人 (2017/03 期 連結) , 796 人 (2017/03 期 単体)	
創業年	1974 年 10 月	
資本金 (百万円)	4,993	
売上高 (百万円) ※連結ベース	2015 年 3 月	103,647
	2016 年 3 月	110,843
	2017 年 3 月	107,015

① 商品の特徴

カモメの羽の形状を模倣した Kamomefan は、「心地よい風」を商品コンセプトとしており、「風の質」や「静音性」を追求して開発された扇風機である。

量よりも質に拘ったやわらかい風

従来の扇風機が空気を切り刻んで人肌にぶつけるという断続的な風の送り方であったのに対し、Kamomefan はまとまった、面状の風を送ることが可能となっている。Kamomefan は、自然の風に似たやわらかい風を作り出すことで、身体への負荷が少なく、「心地よい風」を実現している。



図 27 Kamomefan
出所) 株式会社ドウシシャ



図 28 「心地よい風」を実現する面状の送風
出所) 株式会社ドウシシャ

騒音を低減することで静音性を実現

Kamomefan は、同社の従来商品と比較して静音性に優れている。従来の扇風機は、羽根やモーターなど構造上の問題により、摩擦音などの騒音が発生していたが、Kamomefan は、羽根形状や風の流れを調整し、静音性の高い構造になっている。

送風効率を高める最適な羽根の枚数や形状を研究し、大幅な省エネを実現

Kamomefan は、同社の従来商品と比べて最大 92% 程度の消費電力の削減が可能で、送風効率が高い。同社は、扇風機に使われる羽根の枚数や角度、厚みなどを研究開発することで、高い送風効率を実現している。Kamomefan を開発する以前は 5 枚羽根を採用していたが、Kamomefan は風量、風の質、静音性、消費電力等のバランスを考えて 7 枚羽根を採用している。

② 事業参入の経緯

デザインと性能を両立した商品の開発

Kamomefan 以前の商品開発では、商品の外観や設計、羽根の形状等をプロダクトデザイナーに外注していた。同社が得意とするデザイン性を重視した商品開発が行われていたが、風の質や静音性という性能を確立する為の技術的なノウハウが当時の同社にはなく、同社の扇風機は機能面において、多くの課題を抱えていた。

船舶用プロペラメーカー「ナカシマプロペラ株式会社」との協業

2011 年、扇風機の開発・販売を担当していた家電事業部の中込氏は、デザイン重視の既存商品の課題を克服するため、新たな扇風機の開発を模索していた。商品開発に当たっては、商品の性能を大きく左右する羽根の設計に詳しい企業を探していた。そのような時に、船舶用プロペラを設計・製造し、世界トップクラスのシェアを有するナカシマプロペラ株式会社（以下、ナカシマプロペラ）を偶然テレビ番組で目にする。その後、扇風機の羽根の設計をナカシマプロペラへ依頼し、扇風機の共同開発を開始することとなる。

「心地よい風」とは何か

Kamomefan の開発は、「利用者はどのような風を扇風機に求めているのか」という問いを考えるとところから始まった。同社は、利用者の求める風を「心地よい風」と定義し、具体的に「心地よい風」の調査を行った。調査の結果、人は公園や木陰などの自然界にある比較的弱い風量の風心

地よく感じることに気付き、人が心地よいと感じる風は「量」ではなく「質」であることを発見した。

「心地よい風」を作り出す羽根形状としてカモメの羽根を参考にする

「風の質」や「静音性」など、新しい扇風機に求める要素を明確にした同社は、ナカシマプロペラに依頼して羽根の商品開発を開始する。同社の要望に基づいてナカシマプロペラが設計を行った結果、風量、風の質、静音性、消費電力のバランスが最も優れているのは7枚羽根という結論に辿り着いた。7枚羽根の構造を扇風機に実装する際、ナカシマプロペラはカモメの羽根を参考に商品設計・開発を行ったことから Kamomefan と名づけられた。

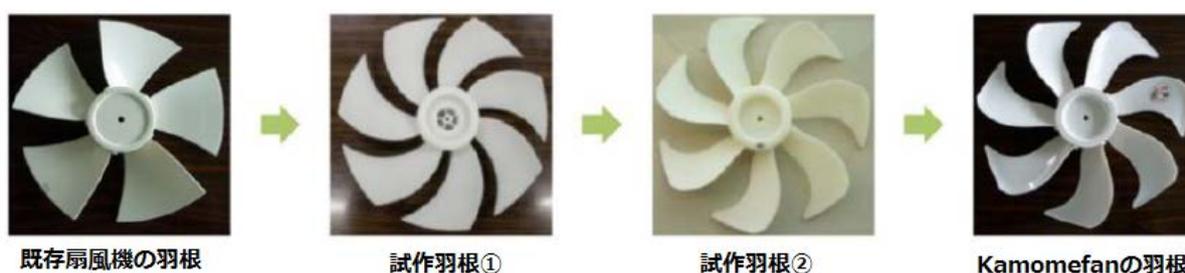


図 29 羽根形状の開発時の変遷
出所) 株式会社ドウシシャ

③ 成功・差別化要因

「心地よい風」とは何かを分析して商品開発を開始

同社は、デザイン性に加え「心地よい風」という新しい商品コンセプトのもと、Kamomefan を開発した。それまでは、とにかく風を出そうと風量や回転数を上げることを重視してきたが、中込氏は晴天の日に屋外の公園に出向いて自身が心地よいと感じる自然風の風速を計測したところ、その風速は既存の扇風機に求められていた風速よりも小さいことに気付いた。この気付きが「心地よい風」を検討する上で役に立ったという。このように、Kamomefan を開発できた要因の一つは、「心地よい風」とは何かということを検討し、それを明確に定義できたことにある。

カモメの羽根を模倣することで技術課題を克服

同社は、前述の「心地よい風」の分析結果を商品化するに当たり、ナカシマプロペラとの協業によりカモメの羽根を模倣することで静音性や省エネ性といった技術課題の克服に成功している。また、後にカモメの羽根の模倣は商品プロモーション時の差別化にも貢献している。

少人数チーム及び迅速な意思決定による商品開発

同社では、少人数のチームで商品の企画からマーケティングまでの業務を担当している。また、商品開発・販売における社内の意思決定は担当者の意向が尊重され、迅速に行われることが多いという。Kamomefan の企画・開発にあたっては、中込氏を中心として数名のプロジェクトメンバーで実施し、企画当初のコンセプトに大きな変更を加えることなく、約 1 年という短期間での商品化を実現している。

多様な企業との連携による商品開発

Kamomefan の商品開発にあたり、同社は商品コンセプトの企画・開発から羽根の設計、生産までを社内で一貫して行うのではなく、既に技術やノウハウを持った企業と連携することで、約 1 年という短期間で商品開発を実現している。同社は、生産工場を持たず、商品毎に最適かつ多様な企業や工場と連携して商品開発を行うことを強みとしている。

SNS を活用したマーケティング

同社は Kamomefan のブランディングの一環として、SNS を最大限に活用したマーケティングを実施している。実際にマーケティングを実施した中込氏は、SNS 上でランダムに投稿される Kamomefan へのコメントを集計し、自社商品の機能やデザイン、価格等に関するユーザーの評価を独自に分析している。分析の結果として、Kamomefan を家電ではなくペットのように擬人化させるという、他社の扇風機では見受けられなかったユーザー評価など、アンケートでは得られない消費者の生の声を抽出することができたという。同社は、この分析結果を踏まえたブランディング・プロモーションを行うことで、Kamomefan の拡販に成功している。また、現在「愛着家電」として、他社にはないコンセプトで世界中にファンを増やしている。

④ 事業ビジョン・展望

技術力を持った企業とのアライアンスビジネスの強化

前述の通り、Kamomefan の商品化は同社とナカシマプロペラとの協業により実現している。今後もコスト削減を目的とした業務委託だけではなく、同社が企画する商品コンセプトを具現化できる高い技術力を持った企業とのアライアンスビジネスを今後も強化していきたいと考えている。

⑤ 政府への要望

企業連携に繋がる仕組みの構築

同社のナカシマプロペラとの協業は偶然目にしたテレビ番組がきっかけとなっているが、企業間または産学連携に向けた環境整備が不十分であると感じている。今後アライアンスビジネスを強化する上で、特に政府による産学を含めた企業のシーズとニーズをマッチングさせる仕組みづくりを望んでいる。



株式会社ドウシシャ
家電事業部
家電商品ディビジョン
アシスタントマネージャー

中込 光輝 さん

Kamomefan の商品企画や開発、プロモーションまで一貫して担当。SNS によるマーケットの分析結果に基づいた「愛着家電」のブランディングにより、同商品の更なる拡販を目指す。

植物の温度制御 アルゴリズムを採用した 温度調節計



株式会社チノー（以下、同社）は、温度に関わる工業用の計測制御装置の製造販売や温度管理に関わるサービスを提供する企業である。

同社は、岩手県などの寒冷地に自生するザゼンソウという植物が持つ発熱システムに注目し、岩手大学との産学連携により、世界で初めてザゼンソウの情報伝達アルゴリズムを模倣した温度調節計の開発に成功している。

ポイント

- 従来の温度制御の課題と社会動向の変化を見据えて、新たな製品開発に着手
- ザゼンソウの温度制御アルゴリズムを模倣した温度制御システム（Z制御）を開発
- 従来の温度制御と比べて、省エネ効果・操作性・汎用性に優れた温度制御を実現

株式会社チノー		
所在地	東京都板橋区熊野町 32-8	
従業員数	999人（2017/03期 連結）	
創業年	1936年8月（設立年）	
資本金（百万円）	4,292	
売上高（百万円） ※連結ベース	2015年3月	19,677
	2016年3月	19,496
	2017年3月	18,570

① 製品の特徴

高精度の温度調節と省エネを実現

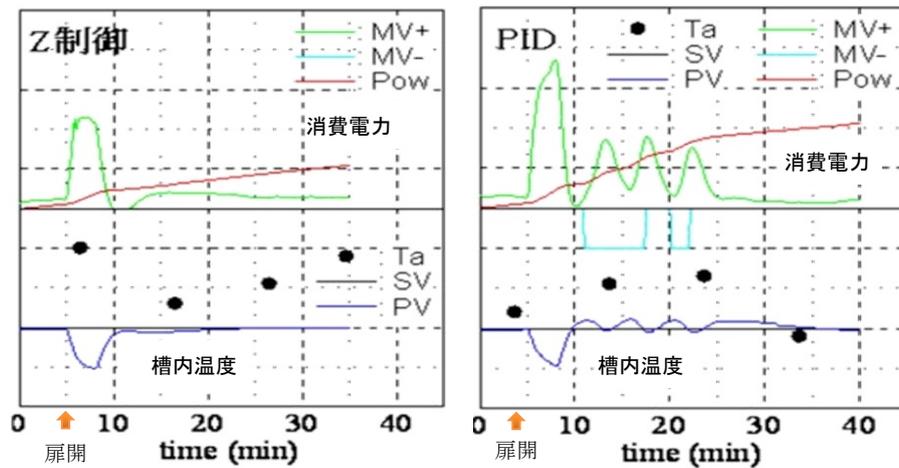
寒冷地に自生するザゼンソウという植物は、植物でありながら自ら発熱し、気温の変化に対して内部の温度をほぼ一定（約20℃）に保つことができる恒温性を有している。ザゼンソウは、この発熱機能を使って周囲の雪を溶かし、早春に花を咲かせる。同社が開発した温度調節計は、ザゼンソウの発熱機構に関する温度制御アルゴリズムを参考に開発された製品である。

従来、PIDと呼ばれる制御では、制御対象によっては目標値に到達するのに時間を要する、また、設定値より高くなる現象（オーバーシュート）などの問題があった。一方、同社のザゼンソウの発熱機構を模倣した温度制御（以下、Z制御）では、到達値を予測しながら最適な操作量を出力するため、目標値までの到達時間を保ちつつオーバーシュートが発生し難い、という特長を持つ。また、急激な温度変化が生じた場合でも、PID制御のような過度な出力による温度制御の乱れが抑えられ、安定した制御を可能としている。また、制御対象の熱的特性に応じた操作量を出力するため、温度の外乱に対する修正速度が早く、PID制御と比較して最大約70%の省エネを実現している。



図 30 ザゼンソウのアルゴリズムを採用した温度調節計
出所) 株式会社チノー

インキュベータ（恒温槽）において、目標値=40℃で運転中にドアを3分間開放した時における外乱復帰応答の比較



項目	Z 制御	PID 制御
設定値 (°C)	40	
外乱印加後整定 (安定) 時間 (s)	953	2090
外乱印加後整定までの消費電力 (kWh/h)	78	265

図 31 従来の温度調節計との省エネ性能の比較
出所) 株式会社チノー

② 事業参入の経緯

既存の温度調節計に対する問題意識が起点

同社は、2008年頃からザゼンソウの温度制御アルゴリズム（Z制御）を採用した温度調節計の開発を開始した。それまでは、PID制御を採用した温度制御を製造販売しており、業界においても温度調節計にPID制御を用いることが常識となっていた。しかし、PID制御では、目標温度に到達してから温度を一定に保つまでの整定時間に長い時間を要し、エネルギー効率が悪いことや、目標温度を超えてしまうオーバーシュートという現象が発生するという課題があった。金属や合金などの熱処理工程においては、温度が設定値を上回ることによって金属組織に影響を及ぼし、材料品質に影響を与えかねない。これらの課題に対して、当時は工場等における熟練した温度制御管理者が制御パラメータを現場で微調整することで対応していた。

しかし、熟練した温度制御管理者の減少や海外メーカーが販売する低価格の温度調節計のシェア拡大に伴い、同社は既存の温度調節計の改良案を模索することとなる。

岩手大学との共同研究により、新たな温度制御方法を開発

同社で温度調節計の研究開発を担当していた石橋政三氏は、当時国内市場に流入していた海外製の低価格製品への対抗策として、従来のPID制御の課題を克服した高性能製品の開発を目指していた。また、当時の社会動向が省エネに向かっていったことから、温度制御の高精度化と製品の省エネ性能の向上の2つを製品開発の目標として掲げる。

同社はPID制御システムの改良による新たな温度調節計の開発を目指していたが、エネルギー効率性や温度制御の精度などにおいて限界を感じていた。そのような時に、2007年に石橋氏が出展した半導体の展示会で、岩手大学産学連携推進センターのコーディネーターを担当していた山崎氏から、同大学農学部の伊藤菊一教授と工学部の長田洋教授が共同研究を行っていたザゼンソウの温度制御アルゴリズムを利用した温度制御装置に関する研究データを紹介された。常温から目標温度に調節する為の電力の出力方法がPID制御と大きく異なる研究データに関心を持ち、後日、石橋氏は岩手大学の研究室を訪れた。石橋氏は、ザゼンソウの温度制御アルゴリズムを取り入れることで従来のPID制御の課題を克服できると考え、翌年の2008年から岩手大学と同社の産学連携による温度調節計の実用化に向けた共同開発を開始する。

共同開発の開始時点では、既に伊藤教授と長田教授により、ザゼンソウの温度制御が工学的なアルゴリズムとして再現されていた。工学的に再現されたアルゴリズムへ同社が改良を加えることで実用化に成功、2010年にザゼンソウの頭文字をとって「Z制御」と名付けたプログラムを採用した温度調節計の発売に至る。Z制御を搭載した温度調節計は、以前より石橋氏が課題としていたオーバーシュートの抑制や省エネ性能の向上、多様な用途に汎用可能な高い再現性を実現している。

③ 成功・差別化要因

業界動向を踏まえた的確な課題設定

開発当時の業界動向として、低価格製品の普及が進む一方、国内産業の発達に伴って高精度製品のニーズが高まりつつあったという。同社は業界動向を把握した上で、制御技術の精緻化と省エネ性能の向上を既存製品の課題とした製品開発を行っており、的確な課題設定が成功に至った要因として挙げられる。高性能かつ省エネ性能を持つ同社製品は、累計の販売台数は約1万台を達成している。

外部リソースと連携した効率的な研究

同社は、前述の通り岩手大学の研究シーズと同社の製品開発ニーズが一致し、産学連携により、製品の実用化を実現している。同社は生物学に関する知見は持っていなかったが、岩手大学農学部伊藤教授が生物学的アプローチからザゼンソウが持つ温度制御のシステムを解明、また岩手大学工学部長田教授が工学的アプローチから温度制御のシステムをアルゴリズムとして開発、数式化までを既に完了しており、その知見を活用することで、2008年の産学連携の開始からわずか2ヶ月ほどで試作品の完成を達成したという（その後認証手続などにより、2010年に販売）。同社の石橋氏によると、生物学の知見を有していない同社単独では、Z制御の研究・開発は不可能であったという。このように、同社は外部の研究機関と連携することで、外部の知見を活用し、短期間での製品開発に成功している。

既存技術に捕らわれない発想の転換

同社が採用しているZ制御は、従来の装置に採用されていたPID制御とは全く異なるアルゴリズムとなっており、当初は、岩手大学より入手したザゼンソウ制御アルゴリズムの数式データを同社が試作した装置に入力しても温度制御が安定しなかったという。安定しない原因を解明する中で、石橋氏は従来のPID制御とザゼンソウ制御による温度制御では、温度管理に対するロジックが異なっていることに気が付いたという。従来の制御では設定値に温度を強制的に収束させる制御（非ルーズ制御）であったのに対し、ザゼンソウ制御では設定値に対して許容範囲を持って制御（ルーズ制御）を行っていた。このザゼンソウ特有のルーズ制御に対し、既存の非ルーズ制御を組み合わせたハイブリッド型に発想を転換することで開発している。このようにルーズ制御を失敗として捉えるのではなく、適材適所でZ制御の強みを活かすという発想へ転換したことが製品開発の成功要因として挙げられる。事実、山崎氏は同社以外の同業他社にも共同研究の相談を持ちかけたが、他社は温度制御にばらつきがあることは問題であるという固定観念を捨てられず、Z制御の持つ省エネ性能や外乱性に強いこと、再現性があるという特徴に気付く、あるいは、それを活かすという発想には至らなかったという。

④ 事業ビジョン・展望

他分野への展開

同社はZ制御を様々な用途・産業に水平展開し、売上げの拡大を目指している。特に、新素材や次世代セラミックス、リサイクルの分野には温度制御の課題が多くあり、展開していきたいと考えている。

省エネルギー性を軸とした事業展開

前述の通り、ザゼンソウの温度制御を模倣したZ制御は従来のPID制御のアルゴリズムとは大きく異なっており、石橋氏はザゼンソウが持つ「有限な体内エネルギーを利用して発熱し、生命を維持する」という機能が新たな制御手法の確立に繋がると考えている。省エネルギーで設定値へ到達する制御手法として、今後は温度以外の制御対象への応用を狙う。

⑤ 政府への要望

「省エネ」に対する定義の転換

同社によると、既存装置にZ制御を組み合わせた場合や、既存装置を改造してZ制御を導入した場合、例えば、装置に省エネのためにZ制御による電力制御機器を外部に付加して、最大消費電力を抑制したとしても、設置時に電力会社に申請した最大消費電力から値が変更することは、電力会社からは省エネとは認められず、反対に法規違反になる恐れがある。結局は、省エネを凶っても省エネとしては認められず、同社の製品開発や販売に影響があるという。現状では、新規導入装置に既に実装された場合のみ、省エネが凶られたと認められることになっている。現在でも、高度経済成長期に導入されたエネルギー効率の悪い設備が多く稼働しているという。政府として省エネを推進していくのであれば、今後は新設よりも既存設備をいかに省エネしていくかという視点が重要であり、「省エネ」の定義を変えていくことが必要と同社は考えている。



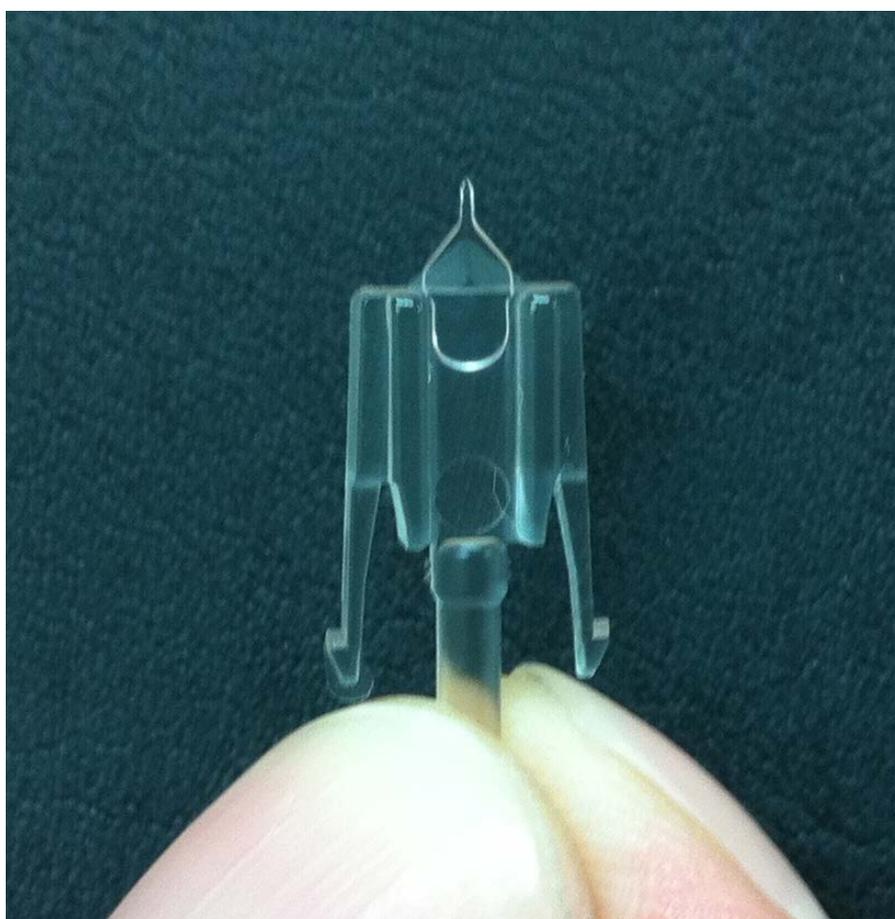
株式会社チノー
参事

石橋 政三さん

温度調節計の研究・開発担当として、Z制御の実用化に携わる。今後はZ制御の更なる改良と、省エネルギー性に基づいた温度以外の制御対象への応用を目指している。

File 7
バイオ樹脂

蚊の針をヒントにした 人と環境に優しい指先採 血用穿刺針



株式会社ライトニックス（以下、同社）は、ピンニックスライト®という指先採血用の穿刺針を製造・販売している。この穿刺針は、蚊の針の構造を注射針に応用した製品である。穿刺針には、植物性樹脂を採用し、金属製針に比べて、人体及び自然環境への負荷が小さいという特徴を持つ。

ポイント

- 医療・医薬品業界における長年の経験と金属製注射針に対する問題意識
- 蚊の針の構造をヒントに世界初の生分解性プラスチック医療デバイスを開発
- 数多くの協力者を巻き込み、超微細精密加工技術と量産体制を確立

株式会社ライトニックス		
所在地	兵庫県西宮市甲東園 2-2-6	
従業員数	7人	
創業年	2002年	
資本金（百万円）	35	
売上高（百万円） ※連結ベース	2014年3月	-
	2015年3月	-
	2016年3月	-

① 製品の特徴

蚊の針の構造に着想を得た、人体・環境への負荷の小さな針の開発

ピンニックスライト®は蚊の針の構造をヒントに開発された世界初の生分解性プラスチック医療デバイスである。植物由来のでんぷんから作られるポリ乳酸という植物性樹脂を原料としており、製造段階での石油使用量が少なく、金属針と比べて大幅に低い温度での焼却が可能という特徴を持つ。そのため、環境への負荷が小さい。また、従来の金属製注射針と比べて、医療事故・二次感染の防止ができること、注射時の傷口・痛みが小さいこと、取扱が簡易であることという特徴も有する。穿刺時に痛みが小さいことは、例えば、1日に複数回の採血が必要な糖尿病患者などにとって特に価値が高い。現在は、指先採血用の穿刺針（3サイズ）を製造・販売している。

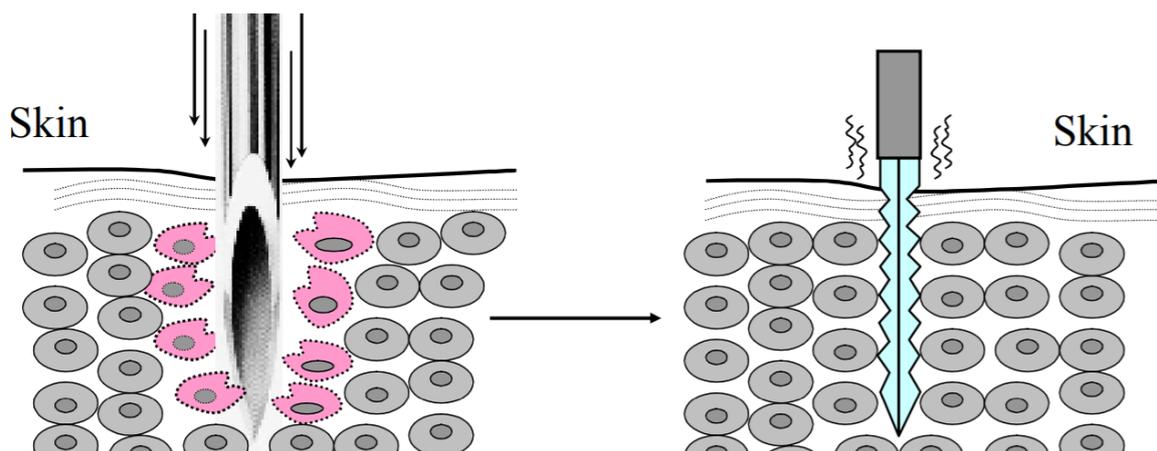


図 32 金属製針（画像左）とピンニクスライト®（画像右）の皮膚侵入時のダメージの比較
出所）株式会社ライトニクス

② 事業参入の経緯

設立経緯

同社は、2002年に福田光男氏が創業した医療機器の開発型ベンチャー企業である。福田氏は同社を起業するまで約30年間に渡り、医療・医薬品業界の業務に従事していた。医療機器と医薬品の業務に携わる中で、金属製注射器の危険性に問題意識を持つようになった。現在普及している金属製針及び注射器では針刺し事故以上に、注射時の圧力に対する反発力によって薬剤が漏れて炎症を起こす危険性などの問題があった。そこで、福田氏は使用時使用後の危険性を低減し、最小限の薬剤だけの投与を可能とする新しい医療デバイスの開発を模索し、体内で吸収分解される生分解性材料からなる医療針と薬剤が一体となった留置型ドラッグデリバリーのデバイス開発を構想した。当初は勤務先での製品化を考えたが、社内では実現が難しいと判断し、独立して製品開発を行うこととした。

蚊の針に着想した経緯

医療針の開発に当たっては、体内で溶けても生体に影響がなく、使用後の廃棄処理も容易な素材として、生分解性の植物由来樹脂を採用した。針の素材選定に当たっては、福田氏が畜産系大学で学んだ「たんぱく質生成」の研究経験が活かされており、開発当初から環境負荷や廃棄処理を意識した製品設計となっている。

蚊の針の構造を模倣したのは、蚊の針は細く、もろい材質からなるのに、痛みをほとんど感じさせず人の皮膚に刺さることの不思議さからなる発想であった。なかでも、偶然目にした蚊に関するテレビ番組が現在の製品化へのヒントとなったという。

製品化までの経緯

蚊の針の構造を模倣することで人の皮膚に刺さるという課題は克服したものの、製品化には、製品設計や金型製作、材料開発、加工技術の再現性の確立、安定的な生産体制の確立、開発資金の調達などの課題を克服する必要があった。特に、針の加工技術については、金属素材は研磨であるのに対し、植物性樹脂では微細で超高精度な射出成型を必要とする。同社では射出成型の独自開発を目指したが、加工技術の専門家であればあるほど断念するに至り、それを実現することはできなかったと振り返る。また、さまざまな工程において未知の技術を確立するため、約 800 社を訪問し、事業に技術協力していただける会社を探した。それら以外にも、同社は、エンジェル投資家・ベンチャーキャピタルからの支援、国の補助金や兵庫県工業技術センターなど公的機関との連携や活用、長岡技術科学大学などのアカデミアとの連携など、外部資源を活用し、構想から約 10 年をかけて製品化を実現した。

事業化までの経緯

製品開発に成功したタイミングで、福田光男氏の息女である萌氏（現代表取締役）が同社に加わる。光男氏一人による運営体制を改め、光男氏は製品開発に注力する一方、萌氏は営業を担当し、販路開拓に取り組んだ。初めは海外販売から開始し、その後国内展開を進めた。国内販売に当たっては、厚生労働省の支援もあり、純国産製品として薬事承認申請などを滞りなく進めることができた。現在は、OEM により安定した国内生産体制を確立し、メイドインジャパン製品として国内外で販売している。

③ 成功・差別化要因

分かりやすい製品コンセプト

同社は、従来の金属製針及び注射器とは、全く違うモノづくりにおいて、「人体と環境に優しい、誰でも使える安全・安心な医療機器」という分かりやすいコンセプトを打ち出しており、それを数多くの協力者と共有できたことが成功要因の一つである。

製品開発への熱意と行動力

植物由来の樹脂製医療デバイスの開発にあたり、福田氏は同社の設立を実行し、約 10 年間かけて一人で製品開発を続けた。また、製品化・量産化を実現するために、約 800 社もの企業を訪問し、声掛けをし、協力者を探した。福田氏の熱意と行動力が多くの協力者を巻き込み、事業化に結びついている。

同社は、協力者の「紹介」を通じて、経営及び技術的な未知の課題を克服した。製品化に必要な

な技術などはネットなどのデータベースを探せば見つかったかもしれないが、それだけでは協力者からの信頼獲得や関係構築が難しく、製品化には至らなかったのではないかと同社は考えている。

加工技術と量産体制の確立

植物性樹脂を原料とした医療デバイスの製造には、微細かつ超精密な加工技術が求められるが、生産のもととなる原材料の特定、金型生産加工、射出成型技術等は全て独自の技術開発により確立している。また、医療機器として市販化するためには、安定した生産体制の確立と供給システムも求められる。前述のとおり、同社は多くの企業と公的機関から協力を得られ、新しいモノづくり技術を確立し、世界初の樹脂製注射器医療デバイスの開発に成功している。

運営体制の見直し

製品開発に成功したタイミングで、福田光男氏の息女である萌氏が同社に入社。光男氏が研究開発に注力する一方、萌氏は主に営業活動を担当した。萌氏の入社により営業力が強化され、販路開拓が進展する。その成果を機に萌氏が代表取締役社長に就任し、新世代の経営基盤を推進している。現在、営業本部、管理本部、開発本部を設け、それぞれに有能な人材を採用し、公器としての会社を目指している。

「蚊の針」を模倣するという斬新な発想とメディア露出

同社は、蚊の針の構造に着想を得た、植物由来の樹脂製針を開発した。その斬新な発想にメディアが注目し、テレビや児童向けの生物図鑑、教科書などで取り上げられるようになり、生物模倣技術の活用としても知名度の向上につながった。また、経済産業省などの各公的な団体においても、「ピンニックスライト」は革新的な製品として注目が集まり、技術評価だけでなく、原材料から廃棄に至るまでのサステナビリティに関する分野で、各種多数の表彰を受賞している。

海外では、自然由来でサステナビリティを可能にするとして、WHO、Engineering for Change (E4C : USA) で取り上げられている経験を持つ。

国・自治体の積極的な活用

協力会社探索時には、製造拠点である西宮市の商工会議所のネットワークを活用した。また、市販化までの期間は国からの委託事業及び兵庫県 COE 事業に採択されたり、その他各補助金を活用するなど、国・自治体を積極的かつ効果的に活用することで事業化に成功している。

④ 今後の展望

「すべての人に使える医療機器」の開発

現在、指先採血用の穿刺針（3サイズ）を製造・販売している。現製品は主に血液を採取するためのデバイスとして上市し、検査領域の医療現場で使用されている。今後は一般家庭で行える検査や予防で使われる医療デバイスを製品化し、最終ゴールは治療域に使える医療機器を目指していく。これまで最も多く使用されてきた金属の針を全て樹脂化させ、安全に誰でもどこでも安心して使える医療デバイスを提供する。

同社は、これらモノづくり開発を通じて、医療費の削減や医療関係者の負担軽減につなげ、医療関係者が不足する地域での本来の医療の普及の実現を目指す。

⑤ 政府への要望

環境負荷削減の視点から廃棄物処理方法の見直し

同社は、「ピンニックスライト」の特徴である廃棄容易性や取扱いの簡易性等を活かして、製品の普及を目指している。しかし、医療業界ではこれまで多く使用されていた金属製針を前提とした廃棄物処理が定められており、植物由来の樹脂製針に対する廃棄・取扱いの定義が明確化されていない。そのため、「ピンニックスライト」は従来の金属製注射針と同様の処理を求められ、優位性を訴求できない場合があるという。環境に優しい医療機器を普及していくためには、医療業界においても、環境に配慮した製品を推奨することや、規制の適正化などが必要であると同社は考えている。



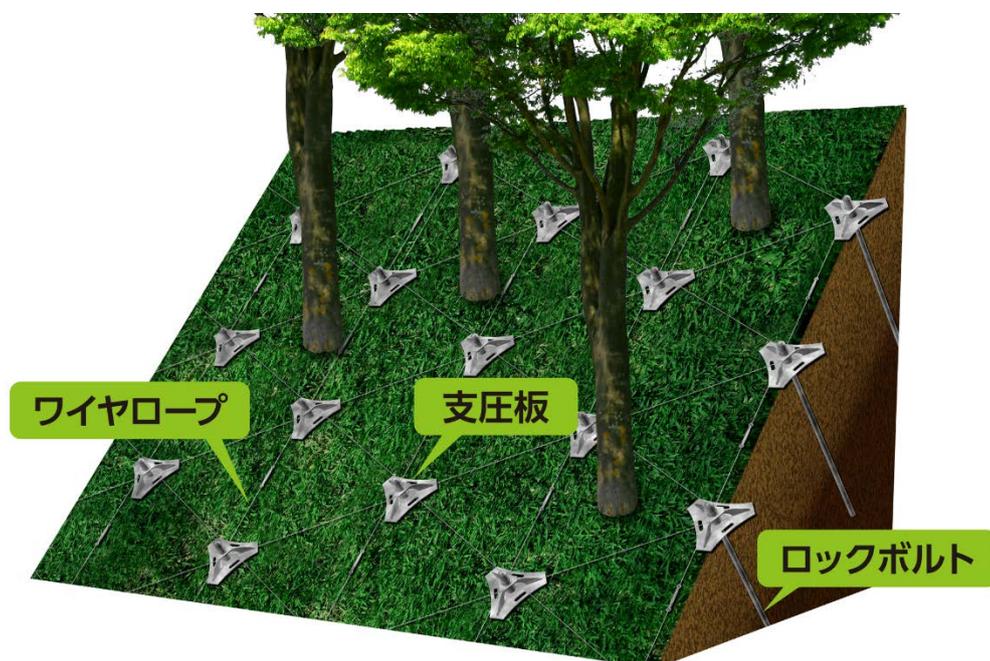
株式会社ライトニックス
代表取締役

福田 萌さん

創業者のご息女である福田さんは大手サービス企業で勤務した後、同社へ入社。マーケティングなどの経験を活かしながら同社の代表取締役を務める。「樹脂加工技術を活かし、革新的な医療」の提供を目指す。

File 8
緑化
・グリーン
インフラ

樹木の根をヒントにした 斜面安定工法



日鐵住金建材株式会社（以下、同社）は、建築、土木分野における鉄鋼製品を製造・販売する建材総合メーカーである。同社は、樹木の根が森林土壌を保持し、がけ崩れを防止していることに着目して、「ノンフレーム工法」という新しい斜面安定工法（防災商品）を開発した。樹木を伐採し、コンクリートで覆い固める従来の工法では、防災機能と引き換えに自然環境が損なわれていた。それに対して、ノンフレーム工法は森林を伐採せずに斜面を安定化できるため、環境・生態系保全や景観維持などの効果を有する。

ノンフレーム工法は、最初に実施した1997年以降、全国的に認知されるようになり、2017年には累計施工実績が160万㎡を超えた。ただし、国内ではがけ崩れ防止対策が間に合っていない地域が多く、新潟中越沖地震や東日本大震災などの大規模地震において高いがけ崩れ防止効果を発揮した同工法の導入が期待される。更に、海外においても、台湾やフィリピンなどのアジアを中心に受注が増加している。

ポイント

- 樹木の根が持つがけ崩れ防止機能を防災商品に応用
 - 環境保全効果など、従来の工法にはない新たな付加価値の創出
 - 外部環境の変化を捉えた商品開発と外部プレーヤーを巻き込んだ普及活動
-

日鐵住金建材株式会社		
所在地	東京都江東区木場 2-17-12 SAビル	
従業員数	963人 (2017/03期 単体)	
設立	1973年	
資本金 (百万円)	5,912	
売上高 (百万円) ※連結ベース	2015年3月	112,458
	2016年3月	106,171
	2017年3月	111,827

① 商品の特徴

優れた環境保全効果と景観維持

ノンフレーム工法は、セメントなどの使用量が少なく、従来工法と比べて、CO₂排出量（1,000㎡あたり施工時）が60%～70%削減される。また、樹木の伐採を伴わないため、保全した樹木や森林土壌によりCO₂の吸収が引き続き行われるだけでなく、施工前と変わらない景観と自然環境・生態系を保つことができる。

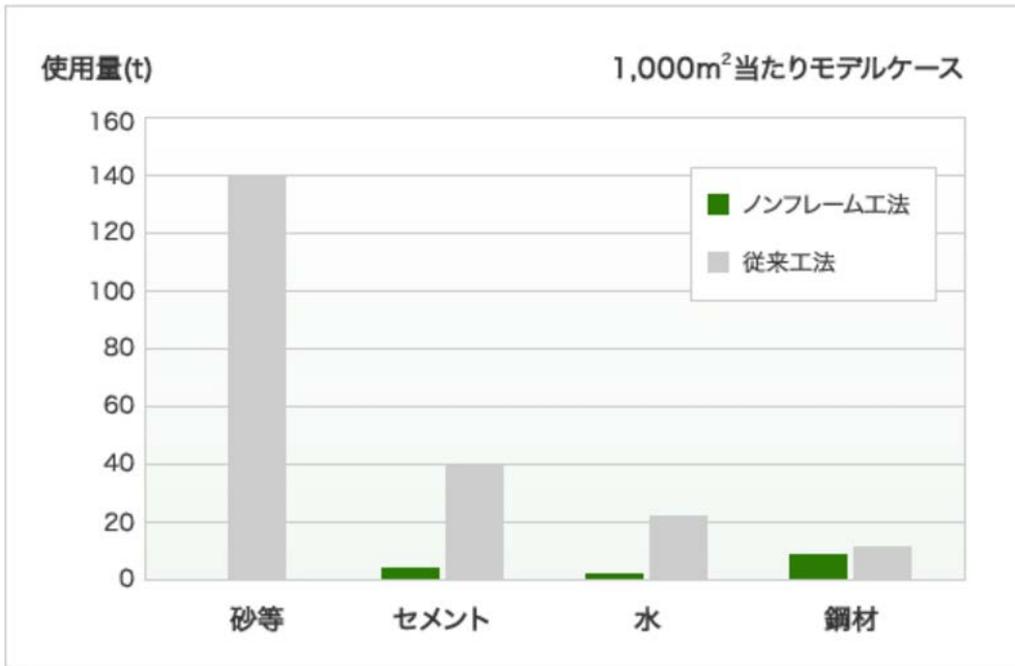


図 33 ノンフレーム工法と従来工法の資源使用量の比較
出所) ノンフレーム工法研究会



図 34 ノンフレーム工法と従来工法の CO₂ 排出量の比較
出所) ノンフレーム工法研究会



図 35 ノンフレーム工法施工斜面と従来技術施工斜面の景観の比較
出所) ノンフレーム工法研究会

厳しい現場条件でも施工可能

ノンフレーム工法は、斜面からの樹木の伐採や土砂の切り取り及びその搬出を伴わないため、重機を必要としない。人力や小型機械での施工が可能であるため、鉄道線路沿いや山間部の送電鉄塔周辺、民家に隣接した斜面など、搬入経路が限られている現場でも施工が可能である。

また、従来工法に必要なコンクリートの圧送設備が不要であることから、小規模な施工ヤード（工事のために必要とされる作業場）で施工が可能である。従来工法では、施工ヤードと施工現場の距離や高低差に制約があったが、ノンフレーム工法を用いることでそれらの課題が解消される。加えて、現況斜面のまま施工できるため、従来工法と比較して、施工時の安全性が高いという特徴もある。

このように、ノンフレーム工法は従来工法と比べて、幅広い施工現場に適用することができ、安全性も高い。

コスト削減と工期短縮に寄与

斜面を改変せず施工するため、樹木伐採や土砂の切り取り及びその搬出などの工程が不要となり、コスト削減と工期短縮が可能である。

メンテナンス

樹木をそのまま残しているため、コンクリートで覆い固める従来工法と比べて、点検がしにくく、構造上、降雨による浸食に対しては、植生工といった他の工法を併用する必要がある。耐用年数は50年程度を想定しているが、最初の施工からまだ20年程度しか経過しておらず、維持管理についてはこれからデータを集めていく予定である。

対策工法	ノンフレーム工法	吹付法砕工 + 地山補強土工
施工ヤード例		
必要面積	50~100m ²	100~200m ²
施工場所との距離	制限無し [※]	延長100m 高低差45m

※モノレール等の仮設備は必要です。

図 36 ノンフレーム工法施工と従来工法の施工ヤードの条件の比較
出所) ノンフレーム工法研究会

② 商品開発の経緯

「木の景観を残したい」という依頼がきっかけ

鉄筋を打ち込んで自然斜面を安定化させるというノンフレーム工法の原点とも言える発想は、既に同社の中で1985年に存在していた。当時は、斜面をコンクリートで覆う工法が主流であり、樹木を残すという発想が市場で受け入れられてなかったことや、環境に対する意識が現在のようになかったことにより、商品開発には至らなかった。

ノンフレーム工法の原型となる工事に着手したのは、1995年に長崎県から治山事業として自然斜面の安定化を依頼されたことがきっかけである。依頼された現場は、斜面上部に城跡地があるため樹木を切り込めないことや、斜面直下に人家・公共施設が隣接していて重機が搬入できないことなど、従来工法の適用が困難であった。しかし、検討を重ねる中で、長崎県の担当者から「樹木を伐採せず、樹木の斜面安定効果を活用すればよいのではないか」という提案を受け、ノンフレーム工法の開発・導入を始めることとなった。

樹木の根が持つがけ崩れ防止機能を人工的に再現

前述のとおり、同社は斜面の防災工事に樹木のがけ崩れ防止機能・斜面安定効果を活用できることは、定性的・経験的に知っていた。しかし、それを技術的にどのように行うのか、また、定量的にどれくらいの効果があるのかは分かっていなかった。そのため、森林総合研究所や、地すべりや斜面安定化に詳しい専門家に相談し、樹木の根を鉄筋で再現するという新工法の理論確立と効果検証に取り組んだ。商品開発を主導した岩佐氏によると、樹木の根を鉄筋で再現することは難しいものではなく、同社は理論が確立された1996年の1年後の1997年には商品として販売を開始することができたという。その後も同社は、斜面安定効果や環境保全効果を高めるべく、継続的な改良を続けている。

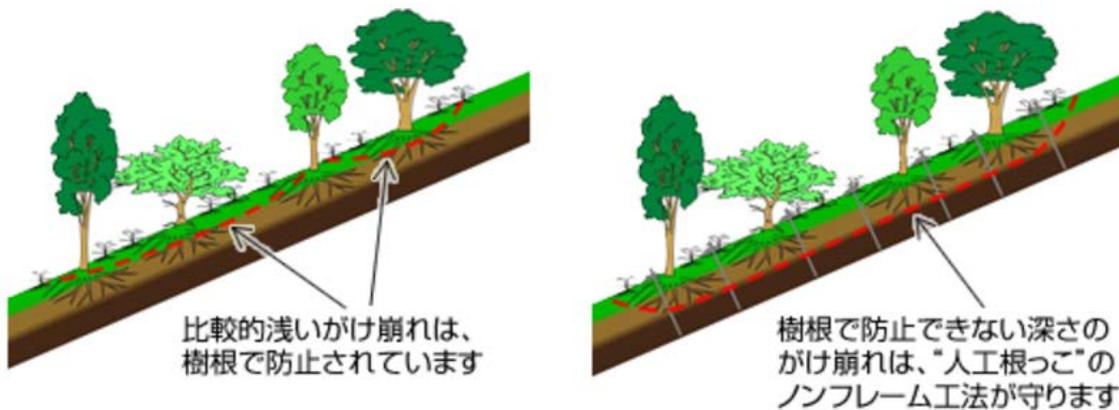


図 37 ノンフレーム工法のイメージ
出所) ノンフレーム工法研究会

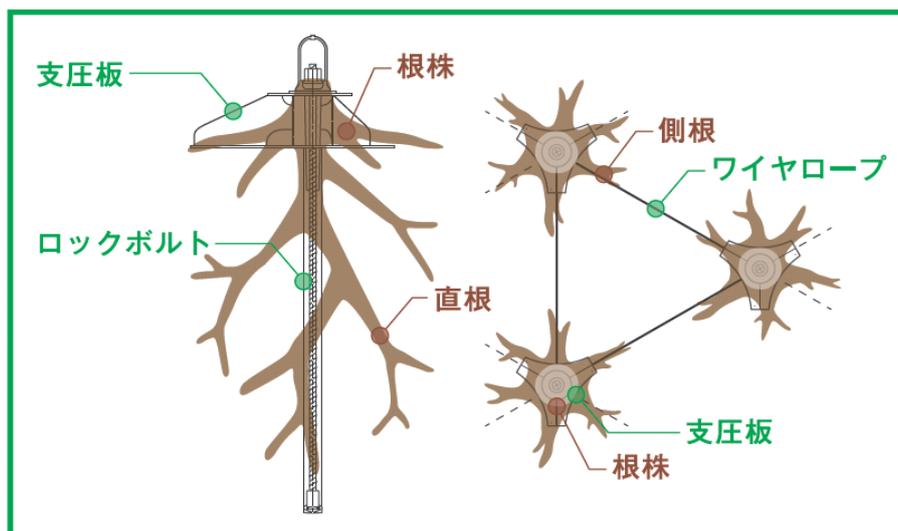


図 38 樹根の人工的再現 (イメージ図)
出所) ノンフレーム工法研究会

③ 成功・差別化要因

環境保全効果など、従来の施工法にはない新たな付加価値の創出

ノンフレーム工法は、防災機能だけでなく、環境・生態系保全や景観維持、幅広い作業現場に適用できることなどの特徴がある。これらは、従来の工法にはない付加価値として、新たな需要の創出に貢献している。

外部環境の変化が商品化を後押し

同社は1985年時点で既にノンフレーム工法の構想を持っていたが、社内で商品開発の合意を得ることはできなかった。しかし、社会・人々の環境意識の高まりや、実際に施主から環境保全や景観維持の要望を受けたこと、樹木の斜面安定効果に関する論文が研究誌に掲載されたことなどにより、社内の合意形成が進み、1995年に商品開発が始めることとなった。

また、斜面をコンクリートで覆い固めるという工法が主流であった時代に、樹木を残すという新しい視点で商品開発に挑戦した同社の先見性も成功要因の一つと考えられる。斜面防災の分野において後発メーカーであるという意識が、新商品開発への意欲を駆り立てたとのことである。

斜面安定効果の実証と施工技術の確立

ノンフレーム工法を開発する上での課題は、鉄筋を活用して樹木以上の斜面安定効果を作り出すことと、その効果を定量的に実証することであった。同社は、これらの課題を大学の研究者に相談することで克服した。

商品普及活動の一環として研究会を立ち上げ

ノンフレーム工法の普及を目的として、のり面専門業者などから構成される研究会を立ち上げた。全国での講演会や学会での発表を実施し、新しい工法に対する関係者の理解と信頼を勝ち取っていった。現在、ノンフレーム工法が国内外で普及するようになったのは、このような地道な営業活動が関係している。

メディア露出等による知名度の向上

ノンフレーム工法の普及が進む中で、各種テレビ番組などで取り上げられるようになり、同商品の知名度が向上した。また、農林水産大臣賞（治山事業100周年記念治山功績者表彰）、国土交通大臣賞（第8回エコプロダクツ大賞エコサービス部門）、経済産業大臣賞（2011年グッドデザインサステナブルデザイン賞）を受賞したことも、社会的な信用度の向上と受注増加につながって

いる。

④ 事業ビジョン・展望

ノンフレーム工法の特徴を活かした新たな需要先の開拓

ノンフレーム工法は、これまで環境保全や景観維持の需要が高い、史跡や観光地、国立公園、神社仏閣、住宅地域での採用が多かった。同社は、これらの需要先以外にも同工法の特徴を活かして、導入実績を増やしたいと考えている。導入先の候補としては、安全性や施工条件の制約が多い道路・鉄道沿線などを検討している。

海外展開の強化

現在、ノンフレーム工法は台湾、ブータンやフィリピンなどの海外においても導入が進んでいる。世界的な環境意識の高まりを受けて、海外市場は今後も需要の拡大が見込まれることから、同社は海外展開の更なる強化を図りたいと考えている。

⑤ 政府への要望

新規技術の性能・効果を実証するためのモデルサイトの提供

新しい事業や商品開発を行うためには、実証実験が必要である。防災分野の商品開発においては、実証実験を行う「場所」の確保が難しく、実績を作りにくいという問題がある。そのため、国にはそのような実証実験を行うことができるモデルサイトの提供をお願いしたいと、同社は考えている。

環境性能に対する定量指標の構築

環境に配慮した防災商品や防災工事を促進するため、自然環境への影響を多面的に評価する指標や基準、制度の整備を同社は国に期待している。同社はノンフレーム工法について、CO2削減量を示すことはできるが、生態系などのそれ以外の環境面の影響は把握できておらず、その点を課題として捉えている。



日鉄住金建材株式会社
防災・鉄構商品部 兼務 商品開発センター 兼務 海外事業企画部
技術担当部長

岩佐 直人 さん

建設部門の技術士資格を保有。ノンフレーム工法の技術開発を牽引し、事業化に成功。今後は海外を含めた新規市場の開拓を目指す。

File 9
緑化
・グリーン
インフラ

樹木の葉の配置構造を
模倣し、木陰のような居
心地を再現した日よけ



積水化学工業株式会社（以下、同社）は、住宅事業を始めパイプ・建材を中心とした環境ライ
フライン製品事業、車両・エレクトロニクス・メディカル・住インフラ市場向け高機能プラスチ
ックス製品事業を手掛ける樹脂加工メーカーである。同社は、京都大学との産学連携により、木
陰の涼しさを人工的に再現したフラクタル日よけ「エアリーシェード」を開発している。同製品
は、水や電気を使用せずに暑さの原因である輻射熱を大幅に抑える事ができるため、都市部の商
業施設、公園、ビルの屋上、住宅に設置することで、ヒートアイランド現象の緩和に役立つ。同
製品は、2011年に公益財団法人日本デザイン復興会が主催する「グッドデザイン賞」を受賞して
いる。

ポイント

- ヒートアイランド対策に有効な都市部の表面温度を下げる方法論を確立
- 京都大学との共同研究で木陰のような居心地を再現した日よけの開発を開始
- グループ会社の強みを結集し、樹木の葉の小さく複雑な配置構造を人工的に再現

積水化学工業株式会社		
所在地	大阪府大阪市北区西天満二丁目4番4号	
従業員数	23,006人(2017/03期 連結)	
創業年	1947年(設立)	
資本金(百万円)	100,002	
売上高(百万円) ※連結ベース	2015年3月	1,112,748
	2016年3月	1,096,317
	2017年3月	1,065,776

① 製品の特徴

熱を持ちにくい配置構造により、木陰の涼しさを人工的に再現

郊外等の森の表面温度は、都市部に比べて低い。これは、日差しを受ける木の葉の面が小さく大気への熱伝達効率が大きいことや、樹木の小さな葉が適当な間隔を空けて配置されて風の通りがよいことなどによるものである。エアリーシェードは、この樹木の葉の配置構造等が持つ「表面温度を下げる」機能を参考に開発された製品である。

従来の日よけは、テントのような面で覆う形状のものが多く、表面温度が上昇しやすいという課題があった。一方、エアリーシェードは、小さな葉っぱの集まりを人工物で立体的に再現しているため、日よけの下は風通しが良く、表面温度の上昇が抑制されるという特徴がある。また、素材そのものも太陽光を透過及び吸収しにくいものが採用されている。これらのことから、同製品は都市部においても木陰のような涼しさを作り出すことを実現している。

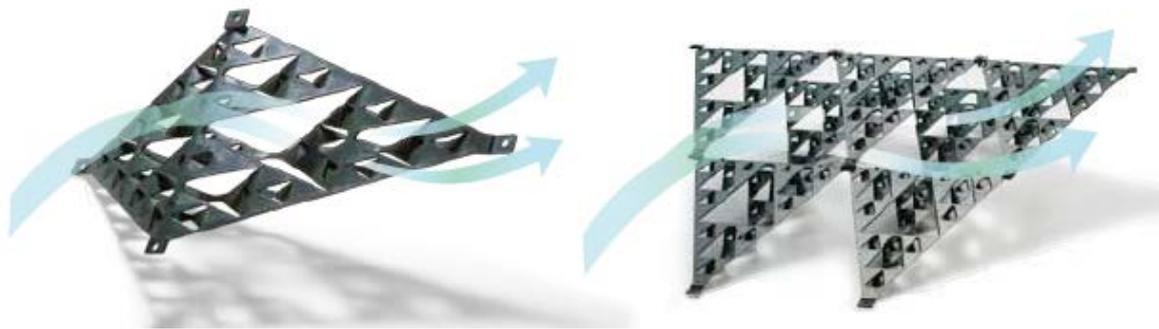


図 39 樹木の葉の配置を再現したフラクタル構造
出所) 積水化学工業株式会社

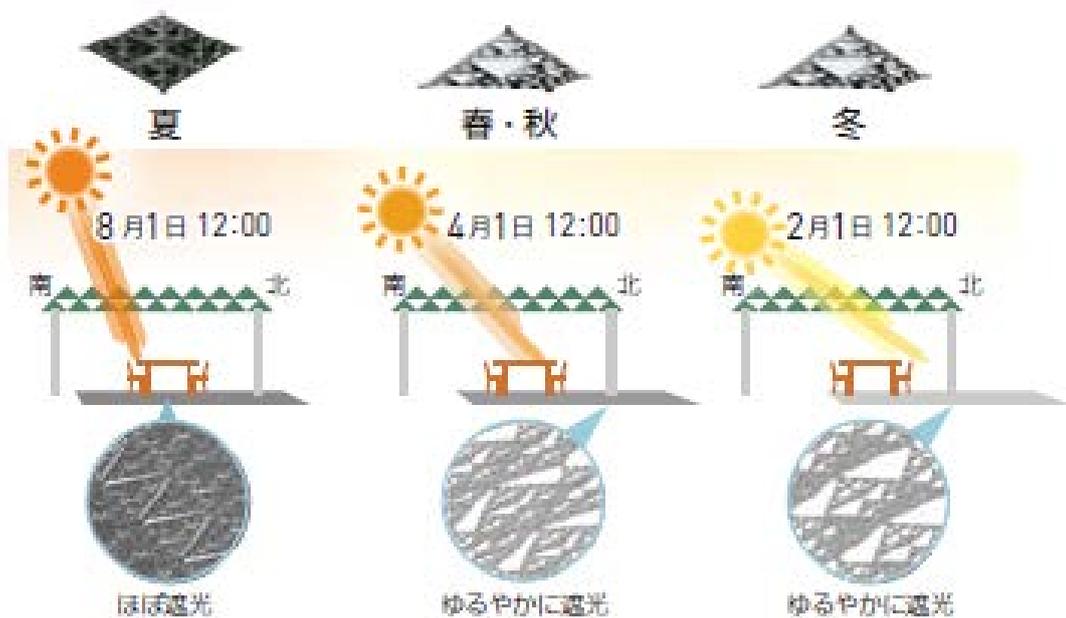


図 40 季節によって変化する日差し透過量
出所) 積水化学工業株式会社

省資源・メンテナンスフリーの製品

エアリーシェードは、設置後のメンテナンスが不要である。また、水などの資源を使うこともないため、環境にやさしい製品である。

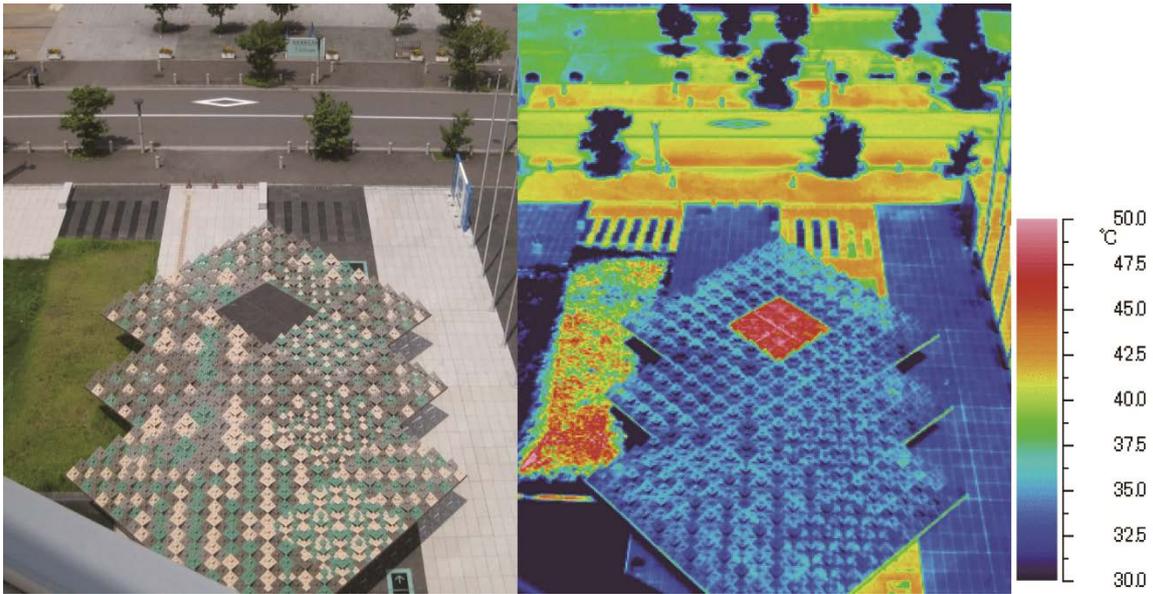


図 41 エアリーシェードによる表面温度の低下
出所) 積水化学工業株式会社

視覚的な涼しさと快適な空間

従来の日差しを透過しない日よけと比較して、エアリーシェードは明るく開放的であり、幾何学模様の影が視覚的な涼しさを演出する。また、風通しもよく心地よい空間で時間を過ごすことが出来る。



図 42 エアリーシェードの施工時例
出所) 積水化学工業株式会社

② 事業参入の経緯

「自然に学ぶ」という製品開発方針

積水化学グループは、製品開発において「自然に学ぶものづくり」という方針を掲げている。同グループは、2004年に自然の機能を応用した基礎技術の開発や製品開発に対して、「自然に学ぶものづくり助成研究プログラム」という助成制度を設けるなど、積極的に「自然に学ぶものづくり」を推進している。エアリーシェードは、そのような取組の一つとして開発された製品である。

エアリーシェードの技術的基盤である研究成果との出会い

エアリーシェードの開発は、2007年に開催された「イノベーション・ジャパン」という展示会に同グループ会社の一つである株式会社積水インテグレートドリサーチが参加したことがきっかけであった。同社は、この展示会で発表されていた京都大学の酒井教授の研究成果に技術的な価値を見出し、2009年に酒井教授の研究成果を利用して共同製品開発を行うこととなった。

ヒートアイランド対策の研究

酒井教授の研究成果は、ヒートアイランド対策に有効な日よけの配置構造を開発したことである。酒井教授はヒートアイランド対策の研究を行う中で、「都会は暑い、田舎は涼しい」という原因が日差しを受ける表面積の大きさの違いにあることを発見した。都市部では建物や道路の表面積が大きいことから表面温度が高い。一方、田舎では日差しを受ける樹木の葉の面積が小さいことから表面温度が低く保たれ、涼しい環境が作り出されている。この発見により、ヒートアイランド対策として重要なのは「気温を下げること」ではなく、都市の「表面温度を下げること」であることに気付き、ヒートアイランド対策として樹木の葉の配置構造を参考にした日よけの研究開発を開始した。

高度な樹脂成形技術により、樹木の葉の小さく複雑な配置構造を人工的に再現

酒井教授の研究成果に価値を見出したのは、積水化学グループだけではなかった。展示会が開催された当時、酒井教授のもとには多数の企業から共同製品開発の提案があったという。その中で、酒井教授が同グループを共同製品開発事業者に選定した理由は、建材分野での製品開発力と樹脂成形技術を高く評価していたからであるという。エアリーシェードの製品開発の一番の課題は、樹木の葉の小さく複雑な配置構造を人工的に再現することであった。同グループは、この課題を各グループ会社（積水化学工業株式会社、積水テクノ成型株式会社、セキスイハイムサプライ株式会社）の強みを結集することで克服し、2011年に製品開発を実現した。

③ 成功・差別化要因

都市部は暑く、田舎は涼しい原因を発見

ヒートアイランド対策の研究を行っていた酒井教授は、都市部が暑く、田舎は涼しく感じられる理由を表面温度の違いであることを発見する。この発見に基づいて、樹木の葉を参考にして、ヒートアイランド対策に有効な日よけの配置構造を開発した。エアリーシェードの製品開発は、酒井教授の研究成果がなければ実現しなかった。

グループ会社の強みを活かした製品開発

樹木の葉の小さく複雑な配置構造を人工的に再現するためには、高い成形技術が求められる。また、ヒートアイランド対策に有効な日よけを開発するためには、人々が暮らす都市部に適した配置構造の研究や、日よけ素材の選定において熱を持ちにくい素材を選定することも必要であった。これらの課題に対して、積水化学グループはグループ各社の強みを結集することで克服し、製品化を実現した。

定量的なデータを用いて製品性能に対する顧客の理解を深める

エアリーシェードの販売を担うセキスイハイムサプライ株式会社は、従来製品との性能の違いを説明するためにサーモグラフィーを活用したり、学術的な研究成果を提示したりしている。これらの取組は、顧客の製品性能に対する理解を深めることに繋がり、販路拡大に貢献しているという。

④ 事業ビジョン・展望

他用途への拡張

同社は今後も、エアリーシェードの「表面温度が上がりにくい」機能を活用した他用途への拡張を勧めたいという。例えば、空調機器の室外機の上に設置することで室外機の表面温度が上がりにくくなり、効率の良い冷房を実施し電力使用量の削減につながるのではと考えている。

⑤ 政策への希望

クールスポット創出支援事業の拡充

東京都では2020年のオリンピック・パラリンピックの開催に向けて、公共の場における「暑熱対応設備の設置に対する補助制度（クールスポット創出支援事業）」を開始している。このような補助制度が広がることで、より多くの暑熱対応設備の拡充が期待できる。また、暑熱対策についての自治体からの具体的な指針の提示が望まれる。



積水テクノ成型
株式会社
代表取締役社長

山下 浩之さん

積水化学工業(株)で環境システム事業に従事した経験を持つ。当社のコア技術である射出成型技術を進化させ、高機能樹脂・環境貢献製品の開発により、社会に貢献する企業を目指す。



セキスイハイムサプライ
株式会社
代表取締役社長

桶谷 省さん

積水化学工業(株)にて住宅事業および全社の環境経営に従事した経験を持つ。エコロジーとエコノミーを両立させ、新たな価値の創造にチャレンジし、全てのステークホルダーに信頼される企業を目指す。

微生物処理と膜ろ過装置を 組み合わせた新たな排水処 理技術を開発



株式会社クボタ（以下、同社）は、農業機械事業、水環境事業等を国内外で展開している企業である。水環境事業については、水道管やポンプなどの製造販売や、水処理施設のエンジニアリング及びメンテナンスなど、水に関する総合的なサービスを提供している。同社は、微生物による浄化と、膜による固液分離を組み合わせた「膜分離活性汚泥法（MBR：Membrane Bio Reactor）」という排水処理技術を1986年から開発、現在では、世界各地で発生する水不足や水質汚染の問題解決に貢献している。

ポイント

- 微生物処理と膜ろ過装置を組み合わせた新たな排水処理技術を開発
- 微生物及び膜ろ過装置の機能を最大限に引き出すことを主眼に置いた研究開発
- 顧客に対する充実した技術サポートを通じた国内外での更なる事業拡大

株式会社クボタ		
所在地	大阪府大阪市浪速区敷津東一丁目2番47号	
従業員数	39,410人（2017年12月31日現在 連結）	
創業年	1890年	
資本金（億円）	841	
売上高（億円） ※連結ベース	2015年12月	12,448（9ヶ月）、16,886（12ヶ月、参考情報）
	2016年12月	15,961
	2017年12月	17,515

① 製品の特徴

同社は、下水や産業排水を処理する膜分離活性汚泥法（MBR）に用いられる膜ろ過装置を製造・販売している。MBR施設の中核は、同社が開発した液中膜®である。MBRは、従来の排水処理法である標準活性汚泥法（従来法）と比較して、3つのメリットがある。

処理水がそのまま再利用可能なほど、高い浄化作用を持つ

1つ目のメリットは、排水中に含まれる濁り成分を除去し、従来法よりも衛生的安全性の高い処理水が得られることである。MBRで用いられる液中膜®は、浄化に利用した微生物と浄化された処理水を分離するためのフィルターである。膜の孔径は平均0.2μmと極めて細かく、排水に含まれる病原菌などを非常に高い精度で分離することが可能であり、大腸菌さえも通さない。そのため、処理水は極めて衛生的であり、そのまま中水（生活排水などを処理して再利用する水で、トイレ用水や散水用水などに用いられる）や工業プロセスで用いる用水として再利用することが可能となる。

設備の省スペース化により導入がしやすくなる

2つ目のメリットは、設置面積が大幅に小さく、設置場所に制限のある施設においても導入できることである。活性汚泥を高濃度で維持しながら運転できるため、ばっ気槽（汚水処理の工程で、活性汚泥とともに空気を吹き込んで、汚濁物質を微生物の働きを利用して分解する施設）を小さくすることができる。また、固液分離を膜ろ過装置で行うため、沈殿槽が不要になり、フロー全体で必要となる設置面積が小さくなる。

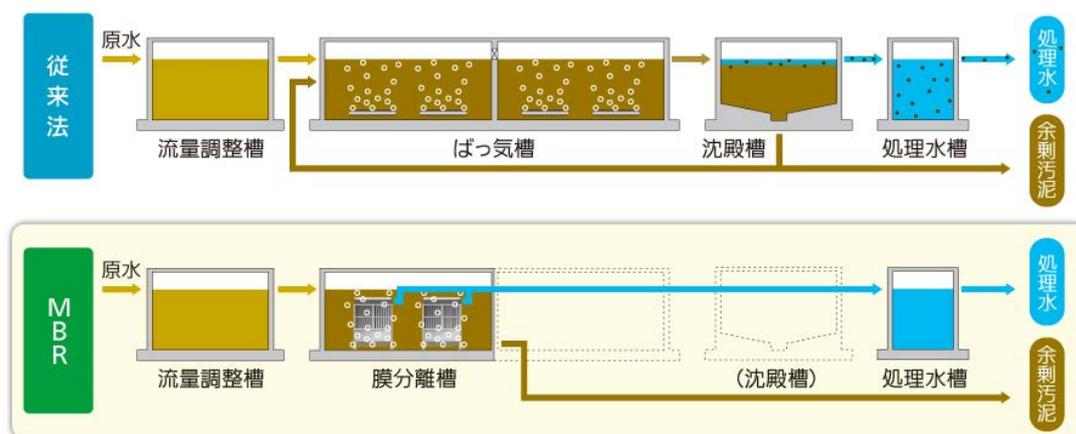


図 43 従来法と MBR のフローと必要な設備の違い 出所) 株式会社クボタ

メンテナンスが容易であり、管理がしやすい

3つ目のメリットは、液中膜®及び処理施設の構造及び処理フローがシンプルであるため、メンテナンスを容易に行えることである。従来の微生物を使った排水処理（標準活性汚泥法）は、処理施設の構造及び処理フローが複雑である上に、沈殿池等のメンテナンスが難しく、原水の水量や水質の変動に対応しにくいという課題があった。一方、MBR は運転状況を遠隔監視できることや、洗浄用の水槽を用意しなくとも薬液洗浄ができることなどから、メンテナンスが簡易にできる設計となっている。また、設備更新の際も、液中膜®の膜カートリッジの中から、問題のある 1 枚を特定し、交換することができるため、作業の無駄が少なくて済む。

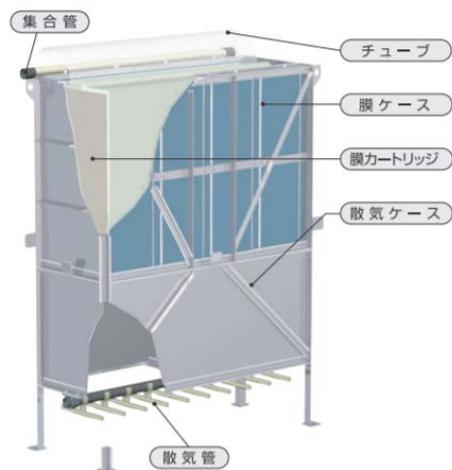


図 44 液面膜®の構造 出所) 株式会社クボタ

② 事業参入の経緯

各種事業で培った高い製造技術により MBR 施設の開発に成功

MBR 施設は、脱窒槽、硝化槽（膜槽）、処理水槽等の各種水槽とスクリーン、ポンプ、液中膜®、ブロワ、攪拌機などの機器で構成されている。これらの処理システムを開発するためには、多様かつ高度な技術が求められる。同社は 1962 年に水処理事業部を新設して以来、公共事業関連の浄水処理、下水処理、し尿処理システムの開発を実施しており、そこで培った総合水処理技術が MBR の開発に活かされている。

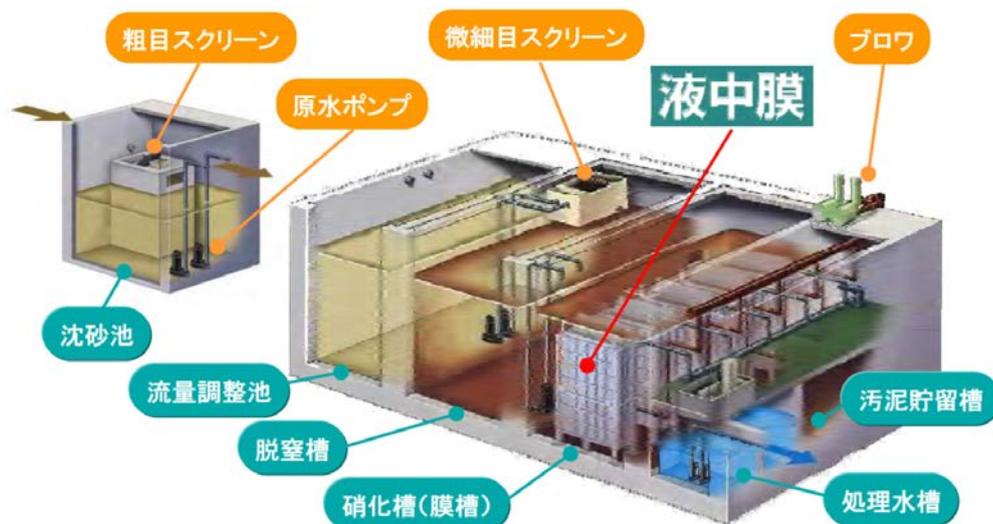


図 45 MBR 施設の全体像 出所) 株式会社クボタ

省エネ化により国内大規模施設での MBR の導入を達成

1986年に膜技術の開発を開始、当時から事業を行っていたし尿処理プラント事業向けの膜ろ過装置として1991年、液中膜®の商品化に至った。日本国内では1993年にし尿処理向けに MBR の第1号機を販売して以降、浄化槽、産業排水、農業集落排水等の分野で実績を積み上げていった。

海外向けの事業拡大の転機となったのは、1998年の英国 Porlock 下水処理場への納入である。当時、欧州では都市排水に関する EU 指令が発令され、厳しい排水基準が設けられていた。その排水基準を満たす排水処理技術として MBR が候補に挙がり、施設のコンパクト性や高度な処理水質が評価されて納入することとなった。これは、同社の MBR についての欧州第1号案件であった。本件がきっかけとなり、欧州各国、更には北米・中東・中国・東南アジア等でも案件を獲得できるようになった。

国内の下水処理市場においては、2005年に国内初の下水 MBR 施設として福崎浄化センターが運転を開始して以来、徐々に導入が進み、2011年には国内最大級の下水処理場が堺市に導入された。

MBRには標準活性汚泥法と比べて、電力消費量が高いという課題があり、省エネ型 MBR システムの開発に向けた取り組みが実施されている。一般的な高度処理型の標準活性汚泥法排水設備の消費電力が0.2~0.3kWh/m³であるのに対して、東芝との共同研究にて同社が開発した省エネ型 MBR システムは0.25kWh/m³以下を目指している。同社では今後は中大規模下水処理場の既設更新や高機能化に MBR が採用されることを目指している。

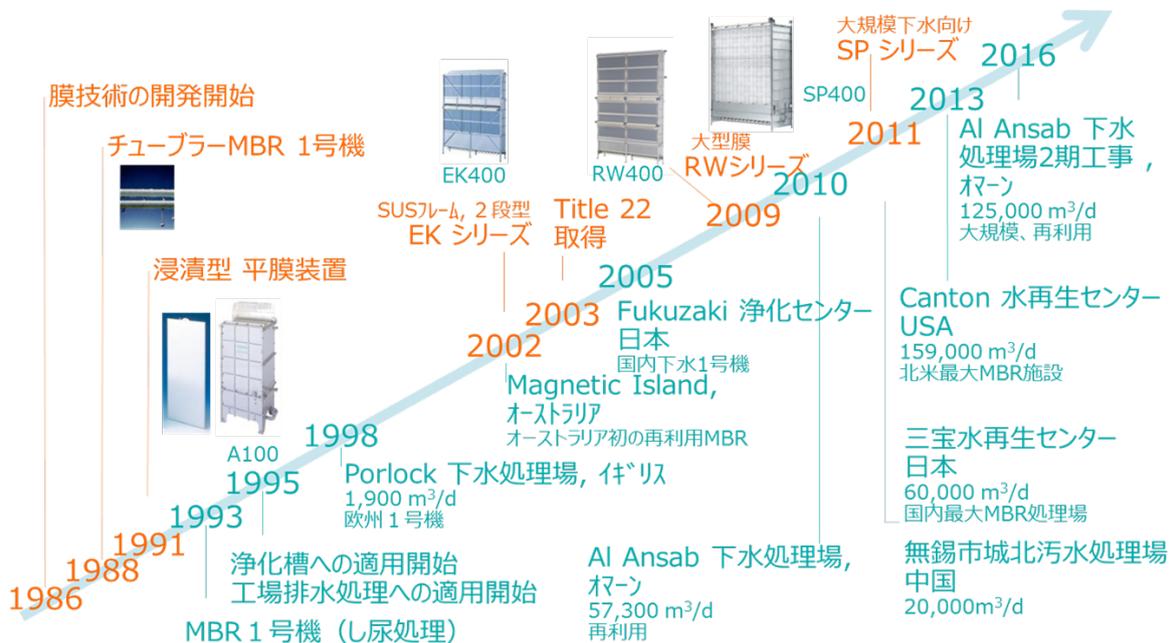


図 46 クボタ MBR 膜の歴史 (出所) 株式会社クボタ

③ 成功・差別化要因

技術開発者による事業開発体制の構築

同社では、1986年よりし尿処理プラント向けの高度処理技術として、膜ろ過技術の開発に取り組み、1993年には、し尿処理向けに1号機を納入した。本格的な事業開発は、し尿処理プラント等を担当する事業部の技術部に所属していた担当者が液中膜を拡販するためのプロジェクトチーム「EM（液中膜）プロジェクト」のリーダーに就任して取り組んだ。同社によると、1986年の技術開発開始以来、1993年の1号機納入実績はあったものの、約10年程度は利益が出ない状態であった。それでも、「EMプロジェクト」において、技術者が直接顧客とコミュニケーションを取り、継続的な商品開発・改良を行う体制を維持することで、国内においては、し尿処理、浄化槽、産業排水、農業集落排水等へのMBR導入、海外では欧州での案件獲得等に繋がった。1998年には「膜事業推進部」を設立、2002年には「ESEKシリーズ」を発売して多数の案件を獲得するなど更なる事業拡大に成功、その後は2009年に「RMRWシリーズ」、2011年に「SPシリーズ」を発売し、現在では5,600以上の施設での導入実績を持つに至っている。

微生物及び膜ろ過装置の機能を最大限に引き出すことを主眼においた研究開発

同社は、MBRに利用する微生物及び膜ろ過装置の最適な運転条件の把握に関する研究開発を行っている。兵庫県尼崎市に研究開発部門を保有し、原水水質、温度、微生物の濃度や膜の状態に応じて、曝気量や膜の薬液洗浄などの様々なパラメータをどのように組み合わせれば微生物及び液中膜が最大限の能力を発揮できるかについて研究している。その際に同社では、排水処理施設の運転条件、膜のメンテナンス方法等の運転ノウハウの蓄積を重視しており、熟練技術者が保有しているMBRを用いた排水処理施設的设计・運転・メンテナンス・運転トラブル対策等の暗黙知を形式知に変換する活動にも取り組んでいる。

ユーザーの悩みに着目した商品開発

従来の水処理膜ユーザーは使用段階での悩みを抱えていた。具体的には「使用環境によっては膜の汚れ・詰まりがひどく、能力が落ちてしまって、数年間の使用で膜交換が必要になり、膜の交換コストが嵩んでしまう」、「エネルギー消費量が多く、電気代が嵩んでしまう」等である。同社は、顧客のこうした悩みを解消するための手段に焦点を当てて商品開発を行った。例えば、排水中に含まれる夾雑物に強く、耐久性に優れた平膜状の膜を開発することで、膜寿命を伸ばすことに取り組み、前述の英国Porlock処理場では10年間の使用で膜交換率が6.4%という実績を残した。また、エネルギー消費の削減に向けては、前述のESEKシリーズの開発では、膜を縦方向にシンプルに2段積層することで膜洗浄に用いるブロワのエネルギー大幅削減を実現した。

充実したサポート体制

同社は、国内下水市場及びアジア地域で液中膜®を用いた環境プラント販売事業を展開する一方で、それ以外の国内産業排水市場や海外の北米、欧州、中東地域等では膜装置販売事業を展開している。

膜装置販売事業を展開している地域においては、エンドユーザー向けに排水処理施設を設計・設置するエンジニアリング会社をパートナーにしている。同社ではこうしたエンジニアリング会社が、同社の液中膜®を用いた MBR 施設を適切に設計・設置できるように、設計支援や技術情報交流、トラブル対応・保証契約提供などのサポートを行っている。

④ 事業ビジョン・展望

未参入国での事業立ち上げ

同社では既に日本、北米、欧州、中東、中国、アジア等地域で液中膜®を用いた事業展開を行っているが、未参入地域での事業立ち上げにも併せて取り組んでいる。

例えば、欧州地域においては EU 加盟の際には、様々な環境基準をクリアする必要があり、その際に基準を満たさない多くの下水処理施設で更新工事が実施される可能性がある。そこで同社は、現地パートナーと共同で MBR の案件形成に取り組んでいる。

⑤ 政府への要望

下排水の再利用等の推進

MBR で処理した水は、中水や灌漑用水として再利用することができる。水資源に乏しいオマーンなどの中東諸国では、灌漑用水としての再利用が可能である点を評価され、下水処理施設を中心に MBR の採用が進んでいる。一方、比較的水資源に恵まれる日本国内では、省スペースであることなどは評価されているが、再利用可能な水が得られる点については十分評価されておらず、結果として MBR 採用が十分には進んでいないと同社では考えている。同社では日本国内における水不足地域等における下水や産業排水の再利用の更なる推進や大規模下水処理場における高度処理対応がより一層進むことを期待している。



株式会社クボタ
膜システム部 技術グループ長

大井 裕亮 さん

1997年入社、入社2年目より3年間、国内下水向け液中膜®の実証試験を担当。

現在は液中膜®の国内外向け営業秘術及び技術開発を担当。

File 1 1
水・土壌

オーダーメイドの微生物群 による効率的な排水処理



株式会社大阪生物環境科学研究所（以下、同社）は、排水中の汚染物質を分解する微生物を活用し、食品工場、生活排水などの排水処理事業や微生物に関する調査・技術提案を行うコンサルティング事業を行う企業である。同社の汚染浄化は従来の活性汚泥法とは異なり、浄化対象の環境に適応する微生物をオーダーメイドで独自に開発・提供しており、「Bio-RESE（バイオレーゼ）」と呼ばれる。現在は、タイ、韓国などでも事業を展開している。

ポイント

- 微生物を活用し、汚泥を「分解する」浄化技術の開発に成功
- 各排水場の特性に合わせて最適な微生物を 5,000 種類の微生物の中から選定し、高付加価値型サービスを提供
- あらゆる排水場で同社の技術の優位性を訴求することによる認知の拡大

株式会社 大阪生物環境科学研究所		
所在地	大阪府茨木市真砂 3 丁目 4-30	
従業員数	5 人 (2016/03 期)	
創業年	1994 年 5 月	
資本金 (百万円)	15	
売上高 (百万円)	2014 年 3 月	3 8
※連結ベース	2015 年 3 月	4 0
	2016 年 3 月	4 6

① 製品の特徴

オーダーメイドで安全・適切な微生物を提供

同社は 1994 年の設立以来、食品工場での排水処理や魚類養殖場の浄化、生活排水の浄化、高濃度塩分を含んだ排水の処理など、様々な条件・環境で排水処理を行ってきた。同社は多様な微生物を保有しており、それらを柔軟に組み合わせることにより、どのような環境でも高効率な排水処理を行っている。

同社は対象となる排水ごとに 5,000 種類以上の微生物の中から最適な微生物群を提供することができる。これらの微生物は、アジアやヨーロッパ、南極大陸など世界各地の様々な土壌や河川から採取したものである。同社が保有している微生物は、熱に強い特性や塩分に強い特性、油分を分解する特性など、様々な特徴を有している。同社は、この独自のオーダーメイド型微生物による浄化法を「Bio-RESE システム (Bio REmediation for Saving the Earth)」と呼んでいる。

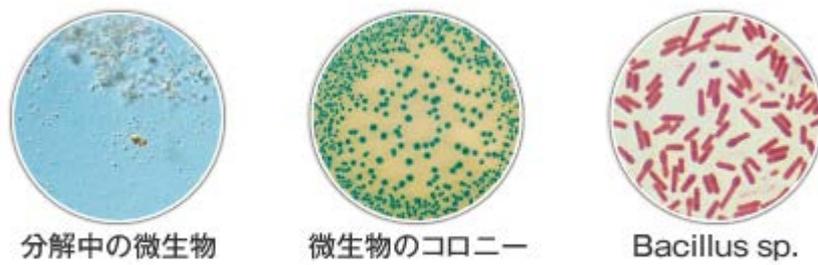


図 47 同社が保有する微生物の一例 出所) 株式会社大阪生物環境科学研究所

汚泥を「分離」ではなく「分解」することで環境負荷を低減

100 年以上に渡り従来の水処理に用いられてきた活性汚泥法と呼ばれる手法は、汚泥を使って排水処理を行う。この方法は汚水に曝気（空気を吹き込む）を行うことで汚水中に存在するバクテリアなどの微生物の集団が有機物との凝集によって余剰汚泥を作り出し、その余剰汚泥を分離することで浄化を行う手法である。同手法では排水処理後に発生する余剰汚泥の一部を廃棄物として処理する必要があった。一方、同社の Bio-RESE と呼ばれるオーダーメイド微生物による浄化法は、微生物を汚水中へ投入することで汚泥を分解する。そのため、活性汚泥法と比較して汚泥排出量が 1/5～1/10 程度に低減され、環境負荷も低減される。

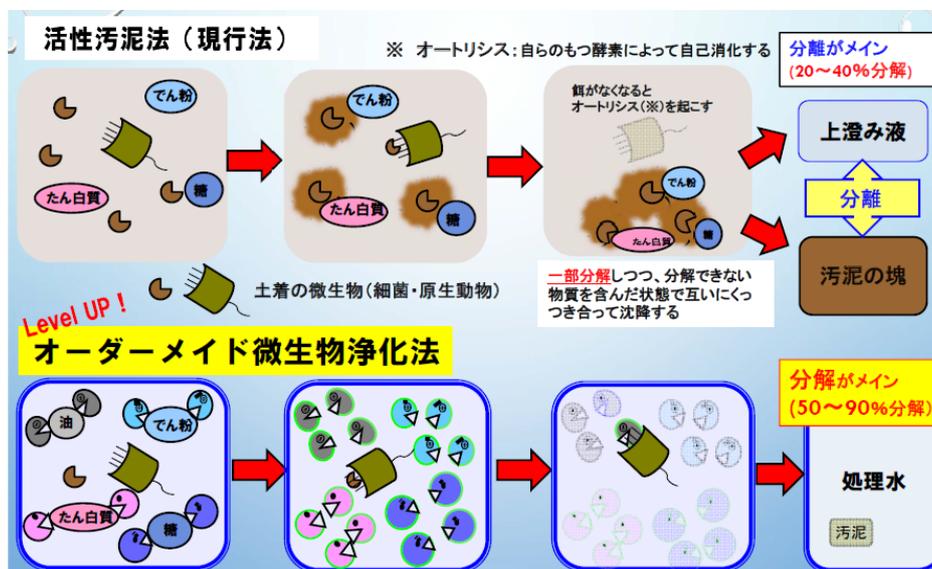


図 48 水処理手法の比較

(上段) 従来の活性汚泥法 / (下段) 同社の Bio-RESE

出所) 株式会社大阪生物環境科学研究所

従来の手法と比較してランニングコストを大幅に削減

活性汚泥法と比較して、浄化効率が約 5～20 倍に高まることや、余剰汚泥の発生量が削減されるため、汚泥の処理・管理費用の削減に繋がる。また、従来手法で使用していた装置・薬品の一部が不要となるため、設備費用・薬品代の削減も可能となる。

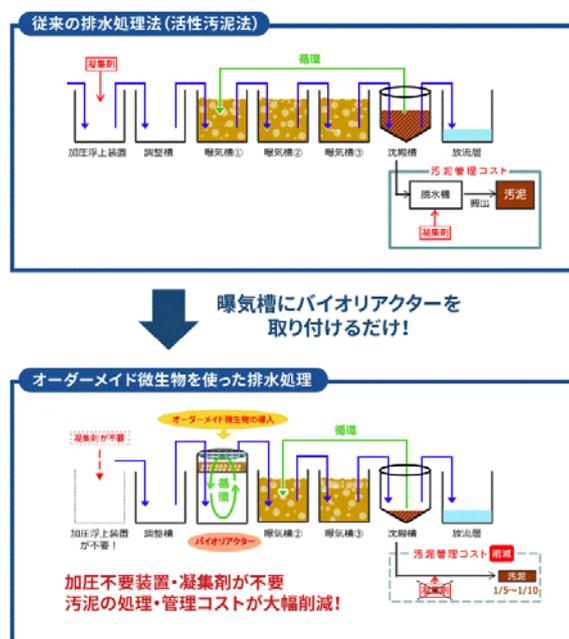


図 49 活性汚泥法と Bio-RESE システムの排水処理フローの比較
出所) 株式会社大阪生物環境科学研究所

② 事業参入の経緯

研究成果の社会実装を目指して創業

同社の創業者である森下日出旗氏は、大阪市立環境科学研究所の研究主幹として約 40 年に渡り微生物研究に従事している。水質浄化した道頓堀川でニジマスの生育を行うなど、水処理の観点から地元大阪の街の環境美化に向けた活動に取り組んできた。

研究所時代の 1991 年に大阪水道局と水道水のカビ臭を除去する事業に取り組んだ際、微生物によって臭いの原因物質を分解除去できることを発見した。その後も研究を続ける中で、処理対象物によって分解力を発揮する微生物の種類が異なることを発見する。排水の特性に合わせて微生物を選定することで、既存の活性汚泥法の課題とされる余剰汚泥の排出を抑制した環境浄化に貢献できることを確信した森下日出旗氏は、研究所を定年退職後、長年に渡る研究成果の実用化を目指して 1994 年に同社を創業することとなる。

自社技術の普及活動を行いながら第一号案件を獲得

設立当初は、既存の活性汚泥法と比較して微生物分解法による水処理は認知度が低く、さらには「微生物＝汚泥の原因」といった誤った認識が排水処理事業者の間で根付いていたという。そこで、森下日出旗氏は大学、短大、好塩微生物研究会、各学会、環境展などで、微生物による環境浄化の優位性を説いて回る。

普及活動と並行して、設立当初は工場排水の浄化について民間企業から委託研究の依頼があり、その水を浄化できる微生物をオーダーメイドで開発、現場に導入する実験を繰り返しながら、水質浄化の実証に成功する。これらの委託研究を通じた実証実験の成功により、同社の微生物処理法は汚水処理の新システムとして、1995年に食品新聞に掲載される。この新聞掲載をきっかけとして、食品加工工場から排水処理に関する相談を受け、微生物分解による水処理事業の第一号案件を獲得することとなった。その後、ご子息の森下新太氏が同社に入社して経営面のサポートを行いながら、国内外での事業拡大を進めている。

③ 成功・差別化要因

学会や講演会での新規技術をPR

会社によると、1994年の設立当時は既存の活性汚泥法と比較して、微生物を活用した浄化技術に対する認知度は極めて低かったという。そのような状況の中、森下日出旗氏は講演会に積極的に参加して、新規技術の技術的な訴求に重点をおいて対外発表を行っていたという。1995年に食品新聞に同社の技術が「汚水処理の新システム」として掲載されたことで、既存技術を代替する革新的技術として業界内で広く認知されるようになり、第一号案件獲得に繋がる。現在、同社技術の優位性は世界的に認知されており、海外企業からの問い合わせも増えている。

高付加価値型のオーダーメイドサービスの提供

同社は5,000以上の微生物の中から処理現場の水質に適した分解微生物を開発・施工することで、他社と比較して浄化率及び浄化効率が高い。長年の研究を活用して高付加価値型サービスを確立したことは、同社の成功要因として挙げられる。

外部リソースを活用した経営資源の集中

同社のサービスは分解微生物の開発・販売及び排水現場管理に関するコンサルティングに特化しており、現場の施工は外部に委託している。森下新太氏によると、過去に事業領域の拡大を検討したこともあったが、設備投資費用を賄うことができなかつた為に断念したという。結果として、経営資源を分解微生物の開発に選択・集中させたことで自社の優位性の強化につながっている。

④ 事業ビジョン・展望

「微生物」のイメージを払拭し、更なる事業拡大を目指す

1994年の創業以来、同社は Bio-RESE の多くの実績を上げているが、森下新太氏によると未だに「微生物＝汚泥の原因」という誤認識が根付いているという。また、従来の活性汚泥法は 100 年以上の実績があり、既存業界への新規参入は障壁が高いという。今後は、微生物の働きを正確に認知してもらい活動を継続すると共に、活性汚泥法の既存事業者とも連携できるビジネスモデルを構築することで、更なる事業拡大を目指している。

⑤ 政府への要望

スピード感を持った環境浄化の実施

同社によると、生活排水による一人一日当たりの負荷量を BOD で表すと 58 g/人・日であるという。また、世界規模では一日あたりに約 22 万トンの汚泥が排出されており、人口増加の速度も考慮すると、現状でも環境浄化が追いつかない状況であり、環境負荷は加速度的に大きくなることが予想される。同社は、国が早急に環境浄化に取り組む必要があると考えている。

信頼・実績作りに向けた補助金事業の拡充

Bio-RESE は、100 年以上の歴史を持つ既存技術の活性汚泥法と比べて実績数が少ない。そのため、地方自治体や民間企業に導入する際も、実績数を理由に逸注となることがあるという。汚泥や CO₂ の排出量低減など、既存手法と比較して環境性能が優れる新技術を正當に評価する仕組みや、補助事業の整備を望んでいる。



株式会社大阪生物環境科学研究所
代表取締役社長

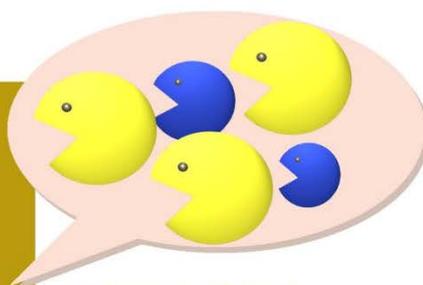
森下 新太 さん

1999 年に同社に入社、入社後は経営面を中心に父である森下日出旗氏をサポート。翌年 2000 年には同社初の海外案件の受注に成功する。今後も Bio-RESE の更なる普及を目指す。

File 12
水・土壌

微生物を活用した低環境 負荷・低コストな汚染浄化 サービスを提供

油分解の
メカニズム



複合微生物製剤
オッペンハイマー・フォーミュラ



株式会社バイオレンジャーズ（以下、同社）は、「バイオレメディエーション」と呼ばれる微生物が持つ分解能力を利用した土壌・地下水の浄化対策事業を展開する。油やVOC（揮発性有機化合物）に汚染された土壌や地下水、工場や飲食店などの排水処理などを対象としている。対象サイトを調査した上で個々の特性に合わせた浄化工法を提案・施工し、その後のモニタリングまで実施する。米国オッペンハイマー・バイオテクノロジー社が開発する微生物（バイオ）製剤を使用したバイオレメディエーションサービスや、浄化対象となる土壌・地下水・排水及び微生物（バイオ）製剤の適合性を確認するための試験（トリータビリティ試験）サービスも提供する。

ポイント

- 日本の土壌汚染対策に対する問題意識から、市場黎明期における汚染浄化事業を立ち上げ
- 県の支援事業により実験的な同社技術の導入に成功
- 補助・支援事業を活用した認知度向上及び信頼獲得により、民間案件の獲得へ進展

株式会社バイオレンジャーズ		
所在地	東京都千代田区岩本町 2-1-17 宮中ビル 7F	
従業員数	3人	
創業年	1998年3月（設立年）	
資本金（百万円）	35	
売上高（百万円） ※連結ベース	2015年2月	-
	2016年2月	-
	2017年2月	-

① 製品の特徴

同社は、米国のオープンハイマー・バイオテクノロジー社が開発・生産する「オープンハイマー・フォーミュラ」と呼ばれる油類分解複合微生物製剤を使用した土壌・地下水浄化を行っている。同社の提供する技術はアジア地域では同社のみが取り扱っており、アジア内においては同社独自の技術として位置づけられる。製剤を汚染された土壌・地下水などに添加・注入し、微生物が持つ分解力を活用することで、油やVOCなどの汚染物質を除去するバイオレメディエーションと呼ばれる手法は、従来の浄化手法である掘削除去や汚染物質の回収・化学分解と比較して、低コストかつpHの大きな変化など生態系に与える影響が少ないという特徴を有している。

廃棄物や二次処理が不要であり、生態系への影響も小さな工法

従来の土壌・地下水汚染の浄化では、浄化に伴って発生する廃棄物や、浄化後の土壌・地下水に対する生態系影響が課題となっていた。同社が提供するバイオレメディエーションサービスは、汚染土壌や地下水を移動させることなく、その場で浄化することが可能であり、廃棄物の排出を伴わない。また、pHも大きく変化させることなく、汚染物質を分解した後の微生物は自然消滅するため、施工現場の生態系への影響も最小限にとどめることができる。

浄化技術	対象物質			環境配慮	コスト	期間
	油	VOC	重金属			
掘削除去	●	●	●	1葉	★★★★★	↓
土壌ガス吸引		●		2葉	★★	↓ ↓ ↓ ↓
地下水揚水	●	●		2葉	★★★	↓ ↓ ↓ ↓ ↓
化学的分解	●	●		3葉	★★★★	↓ ↓
バイオレメディエーション	●	●		4葉	★★	↓ ↓ ↓

図 50 バイオレメディエーションと他手法との比較
出所) 株式会社バイオレンジャーズ

シンプルな施工法により高いコストパフォーマンスを実現

従来工法と比較し、バイオレメディエーションでは汚染された土壌や地下水に微生物（バイオ）製剤や栄養剤を直接投入するため、施工に当たり大規模設備や施工地外への土壌や地下水の搬出が不要となり、低コストでの浄化対策が可能である。

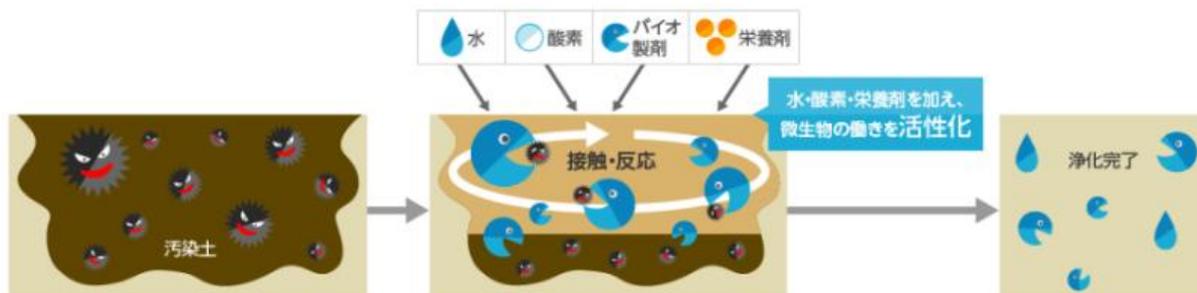


図 51 バイオレメディエーションの必要要素
出所) 株式会社バイオレンジャーズ

施工現場の特性に合わせた確実な浄化が可能

バイオレメディエーションには、栄養剤などを現場に添加することで土着に存在している微生物の働きを活性化させる「バイオスティミュレーション」と、あらかじめ培養した微生物を添加する「バイオオーグメンテーション」の2種類の手法がある。「バイオスティミュレーション」は、土着の微生物と汚染物質の相性により、浄化効果が不安定であった。一方、同社が採用している「バイオオーグメンテーション」は、施工現場の汚染物質を調査・分析した上で、あらかじめ汚染物質を分解することが確認されている浄化効果の高い微生物を添加するため、確実な汚染浄化が可能である。

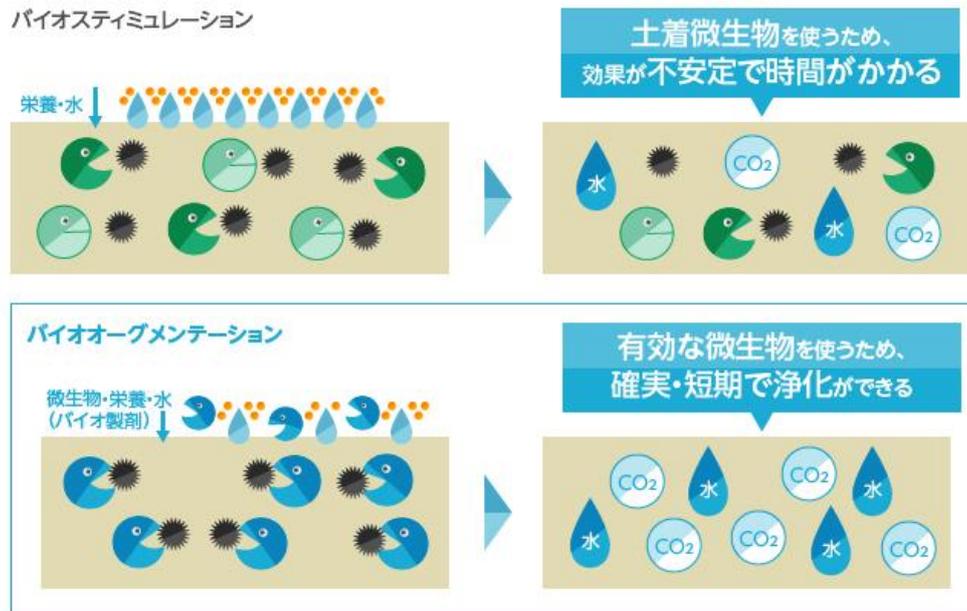


図 52 バイオレメディエーションの手法の比較
出所) 株式会社バイオレンジャーズ

② 事業参入の経緯

海外と比較した際の日本の土壤汚染に対する問題意識がきっかけ

同社の代表取締役である鴻野氏は、経済学部を卒業後に証券会社に入社し、入社後は約 5 年間イギリスに駐在していた。当時、アメリカやヨーロッパでは産業・工業の発展に伴い、油汚染を始めとする土壤汚染問題が顕在化しており、Waste Management 社を始めとする廃棄物処理事業者が株式市場に上場していた。イギリスの現地顧客から日本の土壤・地下水の浄化を行う事業会社の株式についての問い合わせを受けて日本国内のマーケットについて調査を行う。調査の結果、当時は上場されている事業者数が少なく、また事業の認知度も低いことを知る。事業としての可能性を感じた鴻野氏は、海外における既存の汚染浄化事業に関して独学で情報収集を始める。当時、土壤・地下水の浄化対策は世界的に掘削除去・回収による手法が主流となっており、同手法では汚染物質を分解ではなく移動させるため、二次処理が必要になるなどの課題があった。一方、別手法として、移動ではなく分解により浄化するバイオレメディエーション法が存在していたが、世界シェアは 20%程度であり、日本での施工実績はほとんどなかったという。

その後、日本に帰国した鴻野氏は、個人事業を行っていた父の紹介により、バイオレメディエーションに使用する油類分解複合微生物製剤の研究・製造・販売を行う米国のオッペンハイマー・バイオテクノロジー社と出会う。バイオレメディエーションの中でもオッペンハイマー・バイオテクノロジー社が扱う製剤は施工実績が多く、米国環境保護局 (EPA) に微生物製剤として登録さ

れるなどの高い技術力を持っていたことから、鴻野氏は同製剤を活用した土壌・地下水の浄化事業を日本で立ち上げることを決意する。

県の支援事業により実験的な微生物浄化の導入に成功

1994年に鴻野氏の出身地である神戸で有限会社を立ち上げるが、翌年に阪神淡路大震災が発生したため、被災地へのボランティア活動に参加しながら、会社の基盤を東京へ移して継続させる。同社にとって起点となったのは、1997年に島根県沖で発生したタンカー事故に伴う重油流出事故であった。事故の発生時に兵庫県からの支援を受け、同社の浄化技術を実験的に導入することに成功する。その後、省庁など公的機関の研究開発助成へ参画しながら実績を積み、2006年には国土交通省 NETIS（新技術情報システム）に「複合微生物製剤による油類の浄化技術」として登録され、現在では約500件以上の実績を達成している。

③ 成功・差別化要因

土壌汚染浄化業界の市場黎明期における事業立ち上げ

日本における土壌汚染浄化市場の成長は2003年の土壌汚染対策法施行が起点となっているが、同社はそれ以前の1998年に設立されている。鴻野氏は、同社を設立する以前に証券会社に勤務していた頃から、国内外の土壌・地下水の浄化事業について関心を持ち、情報収集を行っていたという。前職では、関連する企業・業界情報を比較的入手しやすい環境にあったことを利用して、新聞や業界紙などを複数読み込んでいた。独学による分析の結果として、日本国内での市場が海外と比較して黎明期であり競合企業が少ないこと、また市場の成長が見込まれることを予見し、黎明期での事業立ち上げに至っている。その結果、2003年に土壌汚染対策法が施行された後の市場成長期には、既に技術と実績の獲得に成功している。

積極的なアプローチによる周囲の巻き込み

鴻野氏は証券会社時代での経験を活かし、黎明市場での業界ネットワークを構築するため、積極的に周囲へアプローチを行い、周囲の関係者・企業を巻き込むことに成功したという。前述のとおり、米国のオープンハイマー・バイオテクノロジー社との提携に至った際も、毎日のように米国へ電話でコンタクトを行っていたという。また、まだ浄化事業が注目されていなかった当時、自身が客先への営業へ出向き、浄化の重要性と、同社の技術力について訴求活動を行っている。このように、周囲へ積極的にアプローチを行い、土壌汚染浄化業界の黎明期において事業基盤を確立できたことが、後の同社の成長につながっている。

補助・支援事業を活用した認知度の向上と信頼の獲得

起業当時、浄化技術は掘削による除去が主流であり、同社が用いる微生物（バイオ）製剤を活用したバイオレメディエーションによる浄化手法は国内での実績が少なく、認知度も低いという課題があった。そこで同社は、兵庫県の支援事業であった島根県沖での重油流出事故対策に実験的に参加したことをきっかけに、その後も各省庁との研究開発プロジェクトに継続的に参加する。その結果、土壌汚染対策法が施行された直後の2006年に、国土交通省 NETIS（新技術情報システム）に「複合微生物製剤による油類の浄化技術」として登録されるに至った。このように、補助・支援事業へ積極的に参加することで、業界における同社技術の認知度向上と信頼獲得に成功し、その後の民間企業向けの案件獲得に繋がっている。

リソースを自社シーズに集中させた経営

同社は微生物（バイオ）製剤の販売や、土壌・地下水の浄化計画の立案から施工後のモニタリングサービスを行うが、現場での施工作业は請け負っていない。現場での施工作业を実施することで、外注に伴う中間コストの削減、また売上の拡大に繋がるが、現場の施工作业に必要となる施設費・人件費など運営費用の確保、現場施工の安全管理リスクなどを考慮して、施工事業への拡大は想定していないという。事業規模の拡大を追求せず、経営資源を自社の強みとなる事業に集中することで、継続的な企業規模の拡大に成功している。

④ 事業ビジョン・展望

汚染浄化業界における中・長期的なバイオレメディエーションのシェア拡大

現在、掘削除去による浄化手法が約85%を占めており、対してバイオレメディエーションは約5%以下となっている。バイオレメディエーションは掘削除去と比較して工期の予測精度が低いいため、現状の東京オリンピックに伴う短期の建設需要では、掘削除去が選定されることが多いという。一方、バイオレメディエーションは掘削除去と比較した環境性能やコストの優位性から、中長期的な需要の増加を見込んでおり、同社技術の今後の更なるシェア拡大を目指している。

⑤ 政府への要望

他国をベンチマークとした土壌対策汚染法の見直し

現在、日本の土壌対策汚染法で規制対象となっている物質は26項目であり、欧米での144項目や、中国・台湾などのアジア諸国と比較しても項目数が少ないという。また、海外で規制対象となっているトルエン、キシレンなど「油」に関する物質が日本では対象となっていない。鴻野氏は、現在の規制対象物質が少ない土壌対策汚染法では国内での浄化に関する技術研究の進展は難しく、また海外事業者との競争力が低下すると危惧している。日本国内の浄化産業の発展に資する、他の先進国をベンチマークとした土壌対策汚染法の見直しを望んでいる。



株式会社バイオレンジャーズ
代表取締役

鴻野 雅一 さん

経済学部を卒業後、証券会社に入社。
5年間のイギリス駐在中に出会った土
壌・地下水浄化ビジネスに関心を持ち、
日本へ帰国後に起業。実績を上げなが
ら、バイオレメディエーションによる
更なるシェア拡大を目指す。

微生物を活用した、新理論による油脂含有排水処理法を開発



株式会社フレンドマイクロブ（以下、同社）は、国立研究開発法人科学技術振興機構（以下、JST）による研究成果最適展開支援プログラム（以下、A-STEP）起業挑戦タイプを活用して設立された、名古屋大学発のベンチャー企業である。同社は、A-STEPによる研究・開発を継続しながら、独自に開発した油脂分解能力を有する微生物製剤を活用した排水処理事業や、バイオコントロールに関する環境・衛生技術及び製品開発を行っている。

ポイント

- 役割の異なる微生物を組み合わせることで、高い油分解性能を持つ微生物製剤の開発に成功
- 大学での研究成果に特化した支援制度を活用することで起業準備資金を獲得
- 現場でデモンストレーションを行うことで、分解性能の再現性を効果的に訴求

株式会社フレンドマイクローブ		
所在地	名古屋市千種区不老町 名古屋大学内インキュベーション施設 203	
役員・従業員数	3人	
創業年	2017年6月（設立年）	
資本金（百万円）	5（2018年3月末時点）	
売上高（百万円）	2015年3月	-
※連結ベース	2016年3月	-
	2017年3月	-

⑥ 製品の特徴

低コストで既存の高濃度油脂含有排水処理施設の代替が可能

高濃度の油脂を含む排水は、そのまま河川などに放流すると深刻な水質汚濁を引き起こすため、水質汚濁防止法などにより規制されている。また、下水への排水に関しても、固まった油が下水管を詰まらせる懸念があるため、同様に規制されている。高濃度の油分を含む排水処理は、油脂濃度を低減させるなどの前処理が必要とされており、従来は加圧浮上分離装置などが用いられていた。しかし、従来法では、分離した油の産廃処理、悪臭や害虫の発生、煩雑な運転管理が必要などの問題点があった。

名古屋大学大学院工学研究科生命分子工学専攻の堀克敏教授（同社取締役兼最高科学責任者、以下CSOという）が独自に開発した高い油脂分解能力を有する微生物製剤を活用した排水処理では、食品工場や油脂工業の排水処理の前処理として従来使用されてきた加圧浮上分離装置を低コストで代替することが可能となっている。微生物が油そのものを分解・消滅させるため、悪臭の軽減や排水処理後の残渣である油分汚泥の発生量を大幅に削減することができる。同社は、この技術を社会実装するために設立された。

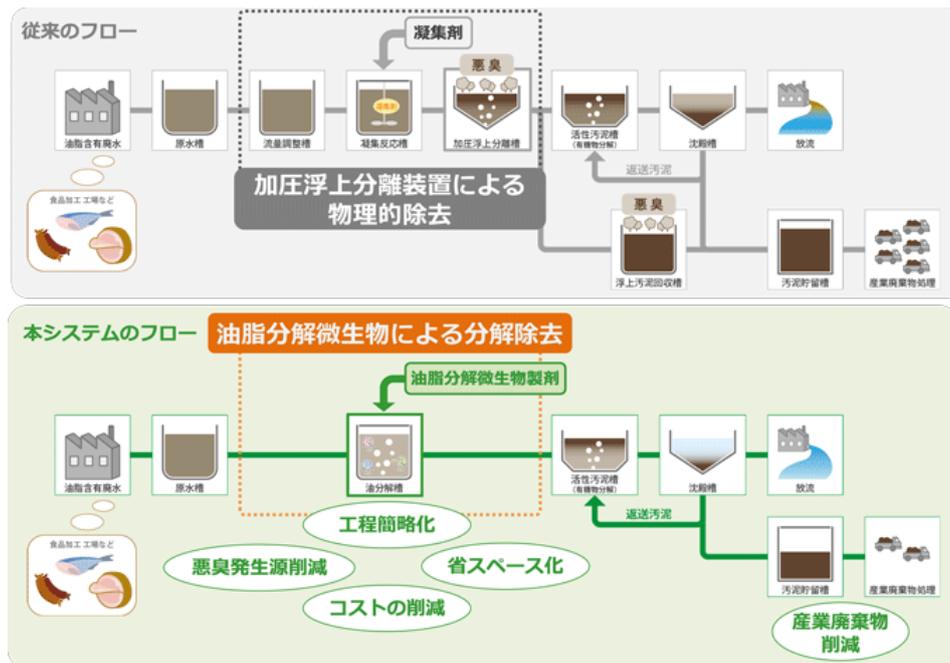


図 53 同社が提供する油高含有排水処理システム
出所) 株式会社フレンドマイクロブ

役割の異なる微生物を組み合わせた高い油分解性能

同社は、互いの能力を補完しあう複数の共生微生物を含む複合微生物製剤を用いており、油脂分解に相乗効果をもたらすのが大きな特徴として挙げられる。その結果、単体の微生物を用いた他社の微生物製剤よりも、同社の微生物製剤は圧倒的に高い油分解性能を有している。

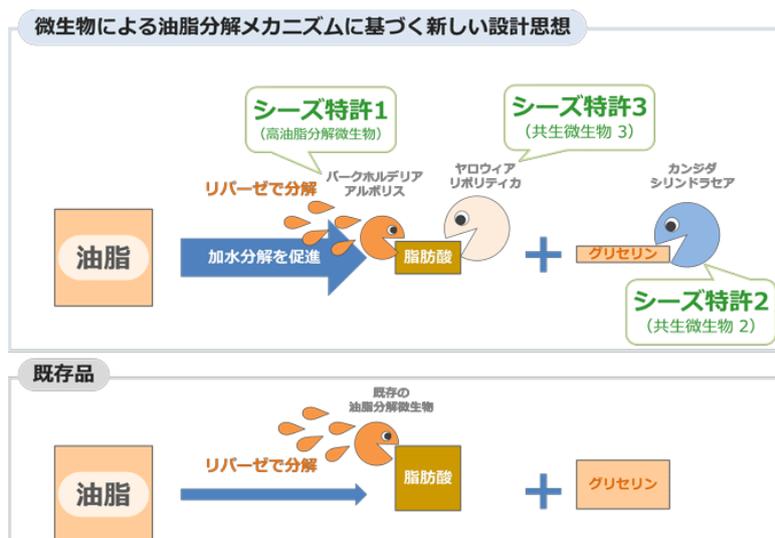
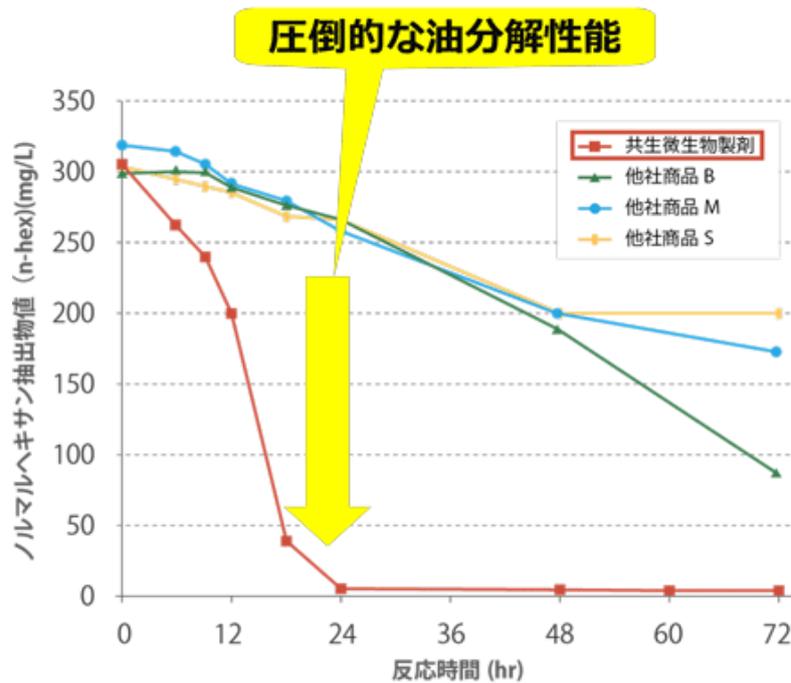


図 54 同社が用いる共生微生物による油脂分解メカニズム
出所) 株式会社フレンドマイクロブ



食品工場の実排水中の油分解試験結果

図 55 同社製品の油分解性能比較
出所) 株式会社フレンドマイクロブ

同社は、根幹となる技術の汎用性を高めることを目的として前述の A-STEP を活用した研究開発により、微生物製剤の適用範囲を広げるための要素技術の開発と複数の工場の実排水を用いた本技術の有効性の実証試験を行い、成果を上げた。

⑦ 事業参入の経緯

長年に渡る研究結果の社会実装を目指し、A-STEP を活用して起業

同社の取締役 CSO である堀氏は、約 10 年前から複数の共生微生物を含んだ複合微生物製剤による油分解の研究を行っていた。堀氏はかねてから、国内での「大企業の研究・開発力の低下」や「大学発ベンチャーの成功事例の少なさ」、また「日本の少子高齢化」に問題意識を持っていたという。このような問題意識に加えて、数十年前に導入された既存装置の老朽化と更新時期の到来に加え、食生活・文化の変化に伴う、食品加工業界における油脂使用量の増大などを背景として、微生物製剤を活用した油脂含有排水処理法に対するニーズが高まってきたことから、大学発ベンチャー企業の先進事例の構築と研究成果の社会実装を目指し、JST の A-STEP 企業挑戦タイプを活用した起業を決意する。その後、堀氏は A-STEP の研究発表がきっかけとなり、当時「バイオものづくり中部」という NPO の運営委員長を務めていた西田克彦氏（現、同社 代表取締役

社長）と出会う。バイオ企業の株式公開の実績やベンチャーキャピタルを立ち上げた経歴など、起業立ち上げ、経営に精通する西田氏は堀氏の研究成果、社会貢献への熱意に強い関心を持ち、堀氏の事業に参画した。西田氏が経営、堀氏が技術研究・開発を担う組織体制で、2017年6月に同社を設立した。

⑧ 成功・差別化要因

長年の研究成果に基づいた優れた技術シーズ

堀氏は、微生物製剤による油脂分解のプロセスを約10年間に渡り研究している。その研究成果である異なる役割の微生物を組み合わせた手法は、他社の単体微生物による分解手法よりも圧倒的に分解能力が高い。

同社の優れた技術シーズの開発は、他社との差別化に繋がる重要な成功要因である。

支援制度を活用した起業資金の確保

同社は起業にあたり、JSTによるA-STEPを活用している。A-STEPは大学などの研究成果の実用化を目指した支援制度である。同制度を活用することで、公的金融機関等を利用せずに起業に必要な研究費や設備投資費用などを効率的に獲得している。

現場でデモンストレーションを行うことで効果的に性能を訴求

同社によると、「微生物による分解」に対し、ユーザーからの分解効果に対する問い合わせが多いという。通常の分解処理業務のプロセスは、まず分解対象のサンプルを研究所に持ち込んでから分解実証を行い、分解結果をデータとして顧客に提示する。しかし、顧客はデータを受領するだけなので、現場での再現性に疑問をもたれることが多いという。そこで、同社は現場で分解実証を行うことができるデモンストレーション機を製作した。現場でデモンストレーションを実施して再現性の担保を提示することで、技術の効果的な訴求に成功している。

⑨ 事業ビジョン・展望

微生物製剤の活用領域・地域を拡大

現在、同社は油脂を含んだ排水処理を微生物製剤の対象領域としているが、今後は環境浄化へ向けた地下水・土壌汚染領域への拡大を目指している。また活用領域の拡大に限らず、知的財産権などの問題を解決した上で、国外へ対象地域を拡大することを目指している。

⑩ 政府への要望

遺伝子組換え微生物の自然環境への放出

現在、遺伝子組換え微生物を自然環境へ放出すること（開放系での利用）は認められていない。同社によると、海外と比較して日本では遺伝子組換えやゲノム編集技術に対する制度の整備が遅れているという。微生物の環境利用技術の活性化へ向け、生物学的封じ込め技術の開発、使用基準、リスク評価、また国際標準に向けた体制構築など、遺伝子組換え微生物やゲノム編集微生物を安全に開放系で利用するための検討と指針作りを国として進める必要性を指摘している。

技術優位性に対する評価制度の確立

同社は微生物製剤が正しく性能が評価され、認識されていくためには公的に評価する制度が必要と考えており、制度の確立を望んでいる。特に技術のシード段階で公的な評価制度があれば、高い技術力を保有するベンチャー企業に対する民間融資の活性化に繋がり、また事業化後の過度な価格競争による市場の縮小を防ぐことができ、新たに構築される微生物の活用分野が広がり、事業開発への再投資が可能になるのではないかと考えている。

起業ノウハウとアドバイザーの派遣

技術シーズが強いベンチャー企業では、起業・経営ノウハウが不足していることが多い。同社は堀氏と西田氏の二人三脚により技術と経営の両面を支えているが、他の企業では起業に関する知見やアドバイザー獲得に課題を感じているのではないかと堀氏は危惧している。国内のベンチャー技術の社会実装へ向けて、ベンチャー企業に対する起業・経営ノウハウの補填や起業アドバイザーの派遣など、資金以外の補助制度の強化が重要だと考えている。



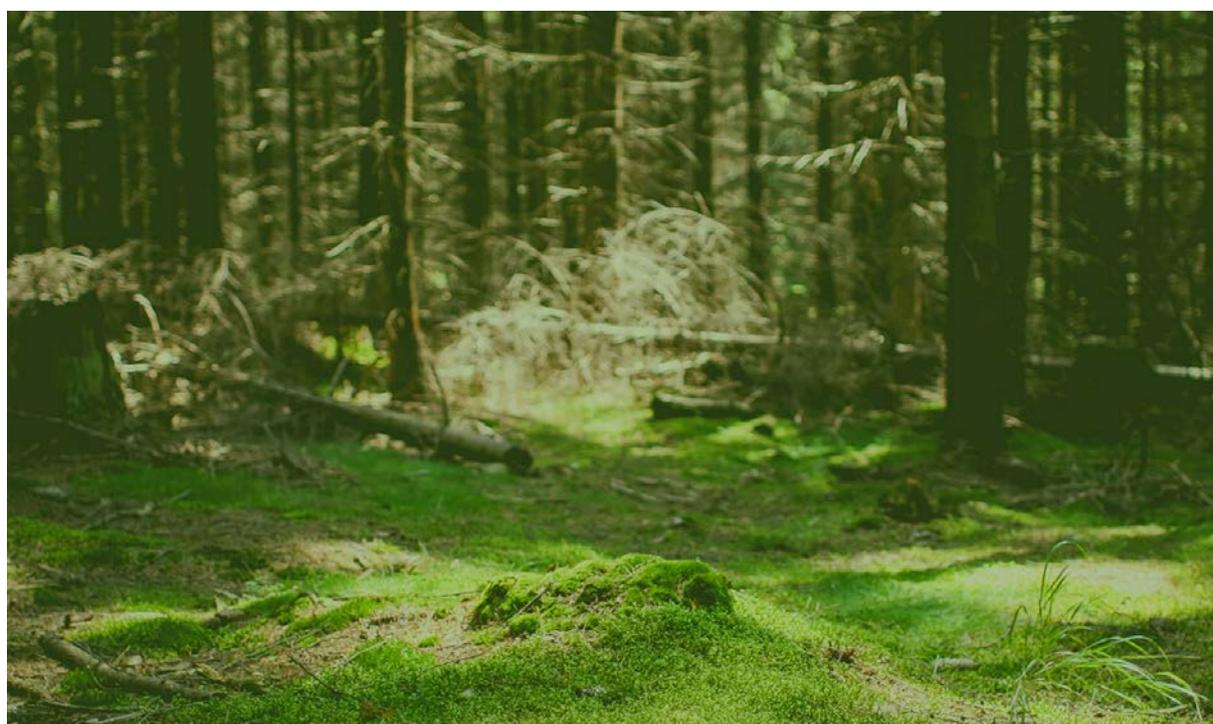
株式会社 フレンドマイグローブ
取締役 CSO

堀 克敏 さん

名古屋大学 教授 工学博士。
約 10 年間に渡る研究から、共生微生物を含む複合微生物製剤の技術を確立し、同社を設立。大学発ベンチャーの先進事例となるべく、更なる事業の拡大を目指す。

File 14
バイオ
樹脂・燃料

非可食バイオマスを用いた 化学製品等の製造



Green Earth Institute 株式会社（以下、同社）は、再生可能資源であり、食糧問題とも競合しないトウモロコシの茎などの非可食バイオマス原料を利用したバイオ燃料・化学品を製造するバイオリファイナリー事業を行っている企業である。現在、同社は国内外の企業と連携し、北米、アジアなどでバイオリファイナリー事業を展開している。

同社が実用化を行っているバイオ燃料・化学品の生産プロセスは、従来の一般的な生産手法と比較して、生産性が高く、低コストという特徴をもつ。



図 56 同社の製品一覧 出所) Green Earth Institute 株式会社

ポイント

- 微生物の増殖速度に依存しない新しいバイオリファイナリー技術の導入
- バイオリファイナリー技術を用いた化学製品等の製造手法の確立
- ライセンスビジネスや他社との共同製品開発を通じた事業範囲の拡大

Green Earth Institute 株式会社		
所在地	東京都文京区本郷 7-3-1 東京大学アントレプレナープラザ	
従業員数	20 人 (2018 年 2 月現在)	
創業年	- (設立年 2011 年 9 月)	
資本金 (百万円)	110 (資本準備金含め 211)	
売上高 (百万円)	2016 年 3 月	5
	2017 年 3 月	10
	2017 年 9 月	5

① 製品の特徴

微生物の増殖速度に依存しないバイオリファイナリー技術の導入

従来、一般のバイオ燃料・化学品の生産プロセスは、微生物を反応槽内で増殖させながらバイオマス原料を発酵させていた。発酵は微生物の増殖速度に依存するため、微生物が増殖するための時間と大きな反応槽が必要であった。この微生物の増殖依存型バイオプロセスと比較し、同社が用いる増殖非依存型バイオプロセス（以下、RITE バイオプロセスという）は、発酵の開始時点から反応槽に高密度の微生物を充填させることで、微生物の増殖速度に依存せずにバイオ燃料・化学品を生産するというものである。

RITE バイオプロセスは、反応槽に生物を高密度で充填しているため、発酵に要する時間が短く、ターゲット製品の生産性が高いといった特徴をもつ。また、微生物の増殖に依存しないプロセスであるため、非可食バイオマスの原料利用による発酵阻害物質が生じた場合でもターゲット製品の生産性が低下しない。さらには、微生物の増殖に必要なエネルギーが抑制されるため、非可食バイオマス原料の変換効率も高く、環境負荷低減にも貢献している。

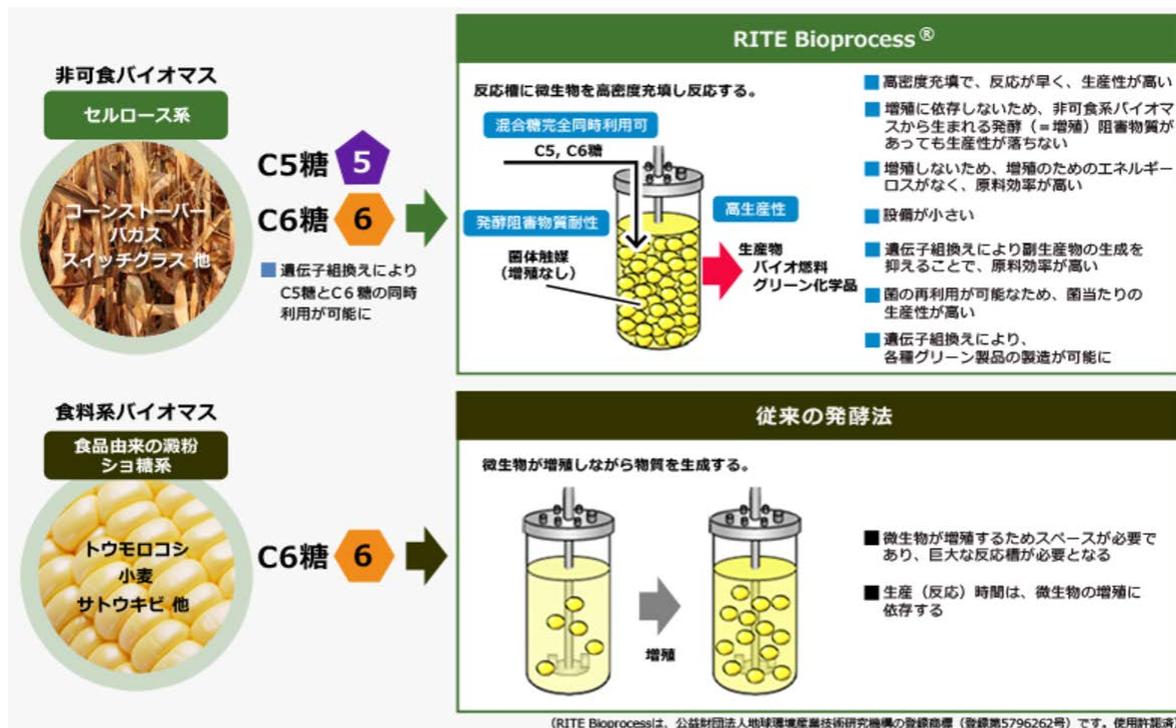


図 57 RITE バイオプロセスと従来の発酵法の特徴 出所) Green Earth Institute 株式会社

② 事業参入の経緯

新しいバイオプロセスの事業化を目指して設立

同社は、公益財団法人地球環境産業技術研究機構（RITE）が開発した RITE バイオプロセスと呼ばれる技術を活用し、非可食バイオマス原料からのバイオ燃料・化学品の事業化を目的として、2011年に日本初の公益財団法人発ベンチャー企業として設立されている。

同社の事業は、2013年には NEDO 研究開発補助金（ベンチャー企業への実用化助成事業）、また、経済産業省の日米等エネルギー環境技術研究・標準化協力事業（日米等エネルギー環境技術研究協力）に採択されるなど、政府からも支援を受けている。

各業界企業との連携によるプロセスの商用化

同社は、RITE バイオプロセスのラボスケール及びベンチスケールの研究設備は保有するが、パイロット・商用スケールで実証実験を行う大規模な設備を保有していない。プロセスの商用化に際しては、実験スケールを段階的に拡大する必要があったため、商用化が可能な設備を保有する企業をパートナーとし、同社から RITE バイオプロセスのライセンスを提供し、双方が連携することで第一号商用案件を獲得している。

その他にも、各業界の大企業と連携をすることで、RITE バイオプロセスの商用化を進めている。例えば、化粧品メーカーである株式会社アルビオンとの共同研究により、ポプラなどの森林資源（非可食バイオマス資源）を原料とした高純度な化粧品用エタノールである「Green Earth Eathanol」を開発、また、航空会社やリサイクルを手掛ける企業である日本環境設計株式会社との連携により、世界初となる古着を原料としたジェット燃料の開発を 2020 年の試験運行を目指して進めている。



図 58 RITE バイオプロセスのスケールアップ 出所) Green Earth Institute 株式会社

③ 成功・差別化要素

外部からの量産リソースの獲得

同社は、生産規模のスケールアップ試験に必要となる大規模な実証設備を保有していない。ベンチスケールより規模の大きい設備は、企業連携により外部からリソースを獲得している。このように、実証設備を外部において確保することで、初期投資費用を抑制することができ、収益性の向上につながっている。

大企業との連携による事業規模拡大

化粧品メーカーである株式会社アルビオンや、航空会社など業界大手企業との連携によって共同研究・実用化を進めている。ベンチャー企業にとって経営リソース制約の観点から困難となる事業規模の拡大に対し、業界大手企業との連携により成功している。また同時に、業界の大企業との連携によりメディアへの露出頻度も向上し、同社への信用・知名度の獲得にも寄与している。

リスク共有型のパートナーリング

同社は商用スケールの設備を保有する企業との提携により、第一号商用案件の獲得に成功しているが、当時実績の少なかった同社がライセンスのみを提供する立場では事業リスクの大部分がパートナー企業に偏ってしまい、提携交渉を進めにくかったという。そこで同社は、ライセンス提供に加えて出資を行い、パートナー企業とリスクを共有することで提携契約を締結、結果として第一号商用案件の獲得に成功した。

ライセンサーポジションとしての高収益型ビジネスモデル

第一号商用案件を達成した今後は、ライセンサー（技術・プロセス供与）の立場からビジネス展開を行っていくという。プロセス開発から最終製品までを一気通貫で行うためには大規模な初期設備投資が必要となるが、ライセンサーのポジションであればプロセス研究に必要な小規模な設備投資に抑える事が可能となる。そこで同社は、研究・開発以降の川下へバリューチェーンを拡大するのではなく、RITE バイオプロセスの技術を強みとして、ライセンサーのポジションからバイオリファイナーの対象分野を拡大させる戦略をとっている。

④ 今後の展望

バイオリファイナリー分野のプラットフォームの構築を目指す

持続可能な社会を実現するため、同社は2021年までにバイオリファイナリー分野で横断的にライセンスを提供するプラットフォームを構築することを目標としている。アミノ酸製品の事業を足掛かりとして、高付加価値製品の菌体開発により製品パイプラインの拡充に努め、ライセンス事業の拡大を通じてプラットフォーム構築を進めていく方針である。

⑤ 政府への要望

生産設備向け助成制度の拡充

同社は資金面の問題により、製品を大量生産するために必要な設備投資を十分に行うことができなかった。同社のようなベンチャー企業には、技術はあるが、資金面の問題で製造・販売段階に行き詰まることが多く、その点の支援を国に期待している。



Green Earth Institute 株式会社
取締役/COO

川嶋 浩司 さん

前職は金融機関でベンチャー投資を担当。金融系のバックグラウンドを活かしながら、バイオリファイナリー事業の拡大を目指す。

File 15
バイオ
樹脂・燃料

藻類の活用により石油 依存からの脱却を目指す



藻バイオテクノロジー株式会社（以下、同社）は、筑波大学 藻類バイオマス・エネルギーシステム開発研究センターの渡邊教授が代表取締役会長を務めており、藻類の生産及び加工並びに培養方法及び加工方法の研究開発を行う企業である。同社は、燃料・化学製品・化粧品などの原料である石油を藻から抽出した油に代替することで、CO₂ 排出量の削減と石油依存からの脱却を目指している。同社は、藻類バイオマス研究において世界トップクラスの地位を持つ筑波大学と連携しながら研究開発・製造を行っている。

現在、同社は機能性食品の原料や健康・美容用品の原料を生産しており、今後はバイオプラスチックや低コストのバイオ燃料の生産を目標としている。

ポイント

- 藻類由来のバイオマス燃料による化石燃料の代替を目標として設立
- 機能的食品等の高付加価値製品の製造販売により事業基盤を確立
- 藻類由来のバイオマス燃料のコスト競争力強化に向けて、国内の藻類産業の規模拡大と技術開発に取り組む

藻バイオテクノロジー株式会社		
所在地	茨城県つくば市千現 2-1-6 B-5	
従業員数	8人（2016年11月現在）	
創業年	-（設立年 2008年8月）	
資本金（百万円）	76	
売上高（百万円）	2015年7月	60
※連結ベース	2015年12月	25
	2016年12月	50

① 製品の特徴

同社は筑波大学が保有・生産する「藻類バイオマスオイル」を活用し、現在は他企業との連携により機能的食品や化粧品などの原料を生産している。

藻類オイルの保湿作用を活用したハンドクリーム

藻類は保湿作用のある油脂を多く含んでいる。同社は、筑波大学と共同で「ボトリオコッカス」という藻の特許を取得しており、多くの藻類は植物系オイルを生産するが、ボトリオコッカスが光合成により生産するボトリオコクセンというオイルは炭化水素に分類される石油系オイルである。このオイルは、ガソリンの代替燃料として利用できるほか、高い保湿性能があることを特徴としている。同社は、株式会社デンソーとの連携によりこの藻から抽出されたボトリオコクセンの保湿効果を明確にして、デンソーのハンドクリームの開発につなげた一方で、同社によるフェイスクリームやボディクリームの開発・販売を計画している。

ボトリオコッカスは、藻類の中でもオイルの生産能力と増殖能力のバランスが良いという特徴がある。2013年時点で、1年間で1ヘクタールあたり10トンのオイルが生産できると試算されて

おり、この 10 倍の生産効率を達成することができれば、燃料用途として石油と同価格での供給が可能となり、実用化が期待されている。



図 59 藻類由来の原料を使った化粧品のイメージ
出所) 藻バイオテクノロジー株式会社

青魚ではなく、藻類から直接 DHA を摂取

DHA (Docosahexaenoic acid) や EPA (Eicosapentaenoic acid) には、血液流動性の向上や脳機能の活性化など、様々な効用がある。我々人間は、これらの栄養素を青魚などから摂取している。しかし、青魚の DHA は、藻類が作る DHA を食物連鎖により蓄積したものであること、昨今は、青魚などの漁獲量や消費量が減少し、養殖魚の生産量と消費量が増えていることから、水産飼料に人為的に DHA を添加しないと養殖魚の DHA 含量は低下し、人々の間で DHA 等の摂取不足が起こっている。そこで、同社は DHA/EPA を藻類から直接高濃度で生産し、錠剤または家畜用の肥料として生産する技術を開発した。この技術を利用して、藻類由来の DHA のサプリメントを開発・販売する計画にある。

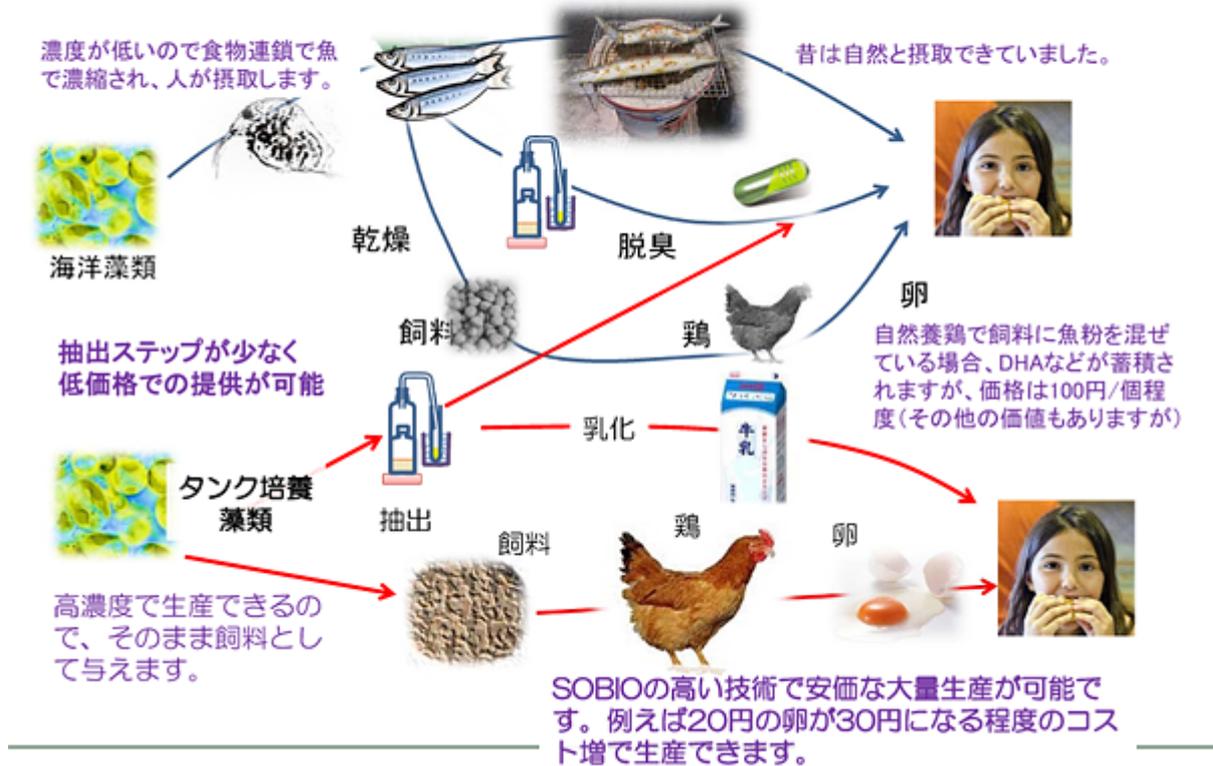


図 60 機能的食品の原料イメージ
出所) 藻バイオテクノロジー株式会社

② 事業参入の経緯

設立経緯

藻バイオテクノロジー株式会社の母体は、当時新日本製鐵株式会社の取締役かつ昭和シェル石油株式会社の顧問であった落合俊雄氏が会長を務める「環境とエネルギーに関する勉強会」であった。同勉強会は2003年に発足し、その後2008年には勉強会のメンバーを中心として、大学や研究所の成果を社会に還元する事業を行うため、新産業を創造する技術移転機関（Technology Licensing Organization：TLO）である株式会社新産業創造研究所を創立した。2008年から2013年までは、筑波大学と連携し、藻類を利用したエネルギー開発などを実施した。2014年には新産業育成期間が終了し、組織体制を株式会社へ移行することとなり、2015年に社名を藻バイオテクノロジー株式会社に変更した。

藻類を起点とした製品開発の経緯

バイオマス燃料等の開発は、第一世代の原料としてトウモロコシ、大豆、サトウキビ、また第二世代として森林資源、農業廃棄物、エネルギー作物が研究されてきた。しかし、いずれの原料も、食糧との競合や森林伐採による環境破壊という問題が残されている。そこで、藻類研究者でもある渡邊氏は、それらの問題を解決するため、藻類由来のバイオマス燃料の研究開発を開始する。

③ 成功・差別化要因

機能性食品等の高付加価値製品の製造販売により事業基盤を確立

渡邊氏は、燃料の代替実現へ向けたより低コストのバイオマスオイルの抽出方法を継続して研究する一方、前述した化粧品やサプリメントといった高付加価値型製品を製造販売する計画にある。その他にも、欧州最大の応用研究機関であるフラウンホーファー研究機構との連携により藻類バイオマスオイルを活用した潤滑油の生産を目指した研究を実施、事業化間近であるという。このように同社は、藻類バイオマスオイルによる石油燃料の代替を長期的な目標としながらも、短期的にコスト競争ではなく、高付加価値を切り口とした事業を先行実施させることで、同社の事業基盤構築に成功している。

民間企業・政府と連携した案件獲得

渡邊氏は藻類産業の創生への寄与、政府の進める低炭素社会の実現への貢献を目的として、2010年に7名の研究者と15の法人によって「藻類産業創成コンソーシアム」を創立し、現在は約70社が参加するコンソーシアムのネットワークを活用して案件を獲得している。前述のハンドクリームの事業化は、コンソーシアムに参加する株式会社デンソーとの連携によって事業化に至っており、また民間企業に限らず、各省庁による補助事業も活用し、研究ノウハウの蓄積と事業運営資金の獲得に成功している。

大学の研究データを最大限に活用

筑波大学藻類バイオマス・エネルギーシステム開発研究センターは、産学連携の橋渡しの役割を担っている。渡邊氏も、藻類の研究テーマの情報収集を同センターの産学連携機能を活用して行うという。このように、同社は産学連携によって大学の研究データを最大限に活用することで、研究及び事業運営の効率化を図っている。

④ 事業ビジョン・展望

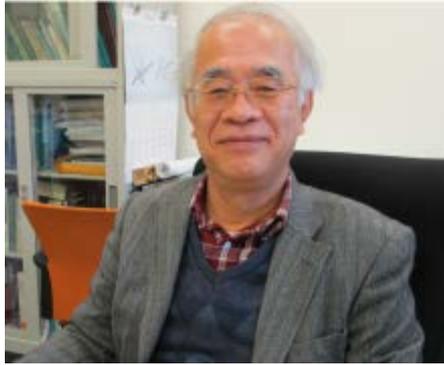
バイオ原油のコスト競争力強化

同社の長期目標である藻類を活用したバイオ燃料の生産による石油依存の脱却に向け、渡邊氏は FIT 適用を見据えたバイオ原油の限界コストを 200 円/l 以下と想定している。前述のコンソーシアムの活性化により国内における藻類産業の規模拡大を図ることでスケールメリットを創出してバイオ原油のコストを低減、また生産効率の高いバイオマスオイルの抽出プロセスの研究・開発を進めていくという。

⑤ 政府への要望

産学連携機能の強化

前述の通り、筑波大学藻類バイオマス・エネルギーシステム開発研究センターは、日本でも数少ない大学からの外部資金などのみで組織を運営する「開発研究センター」制度の第一号であり、新たな産学連携形態である。渡邊氏は同センターのような大学とベンチャー企業が連携し、新規事業の立ち上げに貢献するような仕組みづくりが重要だと感じている。



藻バイオテクノロジー株式会社
代表取締役会長

渡邊 信 さん

筑波大学 藻類バイオマス・エネルギーシステム開発研究センターの教授も務める。同社と筑波大学の産学連携の役割を担いながら、藻類バイオマス燃料による化石燃料代替を目指した研究開発を進める。

File 16
緑化・
グリーン
インフラ

水、緑、生き物を活かした グリーンインフラ基盤の構築



鹿島建設株式会社（以下、同社）は、自然の有する防災や水質浄化などの力を活用し、施設整備や土地利用を進めるグリーンインフラストラクチャーの整備を展開する。同社は、都市部のビル屋上を利用した緑化、生き物による環境負荷の低い緑地管理など、水・緑・生き物の仕組みを活かすことで既設・新設のインフラを多機能化する技術を多数保有しており、都市空間での生態系持続がもたらす快適な街づくりを推進している。

ポイント

- 生物多様性や自然共生などの社会的意識の高まりを捉え、グリーンインフラへの取組みを開始
- インフラ整備に生態系サービスの視点を取り入れビジネスモデルの差別化を狙う
- ゼネラルコントラクターの立場から「街づくり」への貢献を目指す

鹿島建設 株式会社		
所在地	東京都港区元赤坂 1 丁目 3 番 1 号	
従業員数	7,611 人 (2017 年 3 月末) (グループ 18,032 人)	
創業年	1840 年 (設立年 1930 年 3 月)	
資本金 (百万円)	81,400 余	
売上高 (百万円)	2014 年 3 月	1,521,191
※連結ベース	2015 年 3 月	1,693,658
	2016 年 3 月	1,742,700

① 製品の特徴

環境と人間活動への効果の両面を勘案したインフラ整備

同社は、インフラ整備に当たり、ヒートアイランドの抑制、洪水防止、景観改善等のハード整備による環境改善効果にとどまらず、適切な運用技術の整備等のソフト提供により、健康促進、教育環境、レクリエーションといった人間活動への効果もグリーンインフラ普及の目的としている (図 61)。

同社は、快適な都市内気候実現を目指す建物周辺の温熱環境を改善する各種技術や、建物の付加価値を向上する緑化技術などをグリーンインフラ関連技術として保有している。また、建設工事での CO2 排出量低減を目的としたバイオディーゼル燃料や、製造工程で CO2 を吸収する環境配慮型コンクリートなど、様々な環境保全技術の開発も行っている。

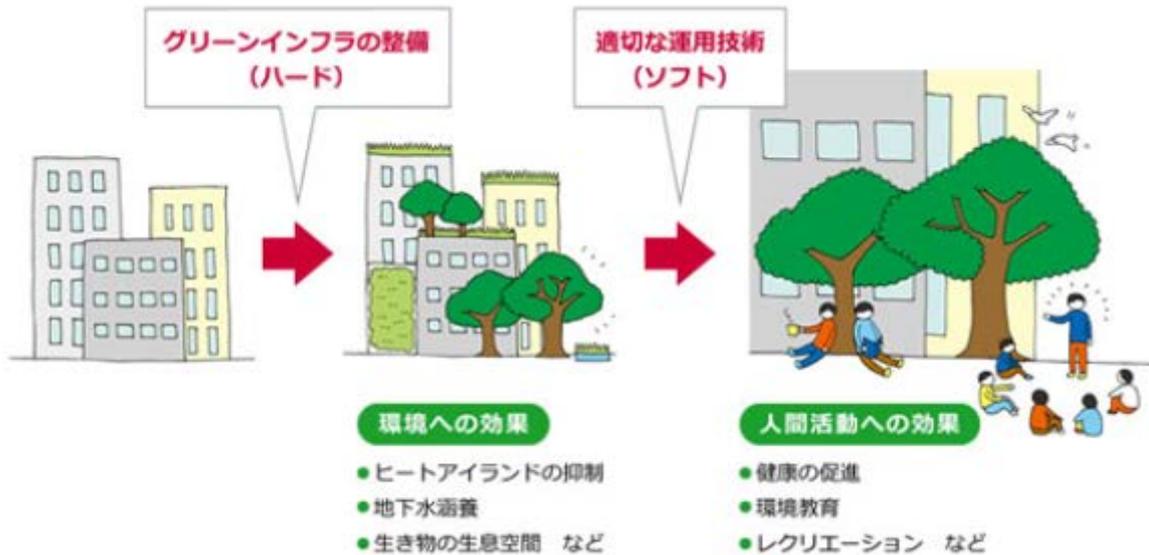


図 61 グリーンインフラのハード/ソフト両面からの整備
出所) 鹿島建設 株式会社

都市部のビル屋上を活用した屋上水田

人口密度の高い都市域での市民の農園へのニーズが高まる一方で、菜園と比較して水田はほとんど整備されていない。そこで、同社は横浜市戸塚区総合庁舎の建設プロジェクトにおいて屋上水田を導入している。屋上水田を導入することで、ビル内部の温熱環境改善、雨水の有効利用を行うとともに、地域の里山的景観を再生し稲作参加者間のコミュニケーションの場としても活用している。屋上での水田整備には通常の緑化とは異なる特殊技術や維持管理ノウハウが必要とされる。例えば、防水層を痛めるリスクがある農業用機械を使用した作業は実施が困難であり、また、稲の刈り株などのごみ処理が課題となる。そこで、同社は NPO 法人雨読晴耕村舎と連携し、機械使用が不要で廃棄物が発生しない不耕起稲作と呼ばれる栽培手法を採用することで、屋上水田の持続可能な維持管理を可能としている。



図 62 屋上水田 出所) 鹿島建設 株式会社

コウモリを活用した飛翔性害虫の生物的防除

コウモリは飛翔性昆虫の捕食者として、生態系の中で重要な役割を担っている。同社は地域に生息するコウモリを調査し、その種類に合わせたバットボックスの形状、効果的な配置位置など、調査検証データに基づくアプローチにより、条件に応じた計画立案・施工を行う。コウモリのねぐらや休息所となるバットボックスを設置してコウモリを誘致することで、蚊やブヨなどの飛翔性害虫の防除を行っている。従来の薬品駆除などと比較して、環境性に優れ、またランニングコストを抑えた維持管理を実現している。



図 63 バットボックス 出所) 鹿島建設 株式会社

生物を利用した緑地管理

同社は2010年より、ヤギ、ヒツジ、ウコッケイなど生物を活用した緑地管理（除草）に取り組んでいる。これは騒音抑制、CO2削減、廃棄物削減を目指した低環境負荷型除草手法である。セイタカアワダチソウなど外来種は年に数回機械除草を行っても駆除が困難であるが、生き物が長期間繰り返し草を食べる手法を導入する事により衰退することも利点の一つとなっている。除草を行う際には緑地の植生がどのように変化していくかを観察し、生き物の種類だけでなく性別や年齢による除草効果の違い、季節変化、行動エリアの制限手法などをデータとして蓄積し、技術の改善に取り組んでいる。メガソーラーの設置場所や法面、屋上緑化など、草刈機による除草が困難な場所への活用が期待される。

都市型洪水のリスクを減らすレインガーデン

レインガーデン（雨水浸透緑地帯）は、降雨時に雨水を一時的に貯留し、時間を掛けて地下へ浸透させる透水型の緑地スペースである。これにより、下水道負荷を軽減するとともに、水質浄化を促進することができる。また、蒸発散による温熱環境の改善など、ヒートアイランド対策としても有効とされている。前述のとおり、レインガーデンのハード面の整備に留まらず環境や都市災害防止などへの関心を高めるための環境教育プログラムも提供し、地域コミュニティ形成に貢献している。



図 64 レインガーデン 出所) 鹿島建設 株式会社

② 事業参入の経緯

グリーンインフラ対応組織

同社において、現在のグリーンインフラを担当するグリーンインフラグループは環境本部に所属している。環境本部は、グリーンインフラの他に、土壌汚染、再生可能エネルギー、水処理を主な対応分野としている。環境本部の発端となる組織は、公害問題へ対応すべく 1970 年に設立された公害防止施設室となっている。

建設事業に伴う環境負荷低減を目的として、生物多様性への取り組みを開始

同社は2000年中頃、外来生物法（特定外来種による国内の生態系等に関わる被害の防止に関する法律）などの法整備が進んだことや、生物多様性条約の締約国会議（CBD-COP 8）における民間参画に関する決議がなされたことなどを背景として、主事業である社会インフラ整備が自然環境に及ぼす影響負荷を最小限にすることを目的とし、「生物多様性」への取り組みを開始する。2005年に業界初となる「鹿島生態系保全行動指針」を策定し、建設業としてどのように生物多様性に関わることができるかを模索しながら、取り組みを本格化させてきた。2008年に実施されたCBD-COP9では、「ビジネスと生物多様性イニシアティブ」に関し、同社は日本の建設業として唯一調印し、その後もゼネラルコントラクターの立場から生物多様性を取り入れたインフラ構築を積極的に展開している。2009年には、駆除が予定されていた在来のニホンミツバチを巣箱に移し、同社の社員寮で飼育するプロジェクトを開始する。当初ミツバチの生態観察から始まったプロジェクトは、周辺の蜜源調査や地域住民への生物多様性をテーマとした環境教育などへと活動を広げる中で、次第に注目が集まり、メディアに取り上げられるようになる。それを目にした顧客から、「建物等に生物多様性の視点を取り入れられないか」という問い合わせが増加し、今までのインフラ整備における自然環境保全への取り組みが自然の恵みを活用する「グリーンインフラ」整備提案へと成長していくこととなる。

③ 成功・差別化要因

グリーンインフラを支える技術として生物の特徴を活用

同社は、生物の特徴を効果的に活用することで、インフラ整備の課題を克服している。例えば、屋上水田にレンゲを用いることや、緑地管理にヤギを活用すること、ブヨの駆除にコウモリを活用することなどの取り組みを実施している。これらの取り組みは、維持管理費用の低減など経済的メリットを生み出しながら生物多様性や環境保全に繋がる技術として、同業他社との差別化及び同社のグリーンインフラ整備提案に活用している。

環境配慮に加え、生物多様性による付加価値を顧客に提供

同社の特徴として挙げられるのが、生物多様性による独自の付加価値を顧客に提供している点である。実際の例として、東京駅前の書店におけるミツバチプロジェクトでは、未利用の屋上空間にミツバチの巣箱と屋上農園を設置している。屋上農園はヒートアイランド現象の緩和にもつながる他、生産した蜂蜜を店頭で地産地消の商品として販売し収益を確保している。加えて、蜜源ウォークと題した野外観察会や海外の屋上緑化の専門家を招いた環境講演会などを実施すると同時に関連書籍の販売を行う事により、書籍の販売促進にも貢献している。本書店は顧客に対し

て、単に書籍を用意するだけでなく、自然環境に関する複合的な体験を提供することができ、PR効果及び集客力の向上に貢献しているという。

投資・運営費用回収を目指したビジネスモデルの提案

生物多様性の視点を取り入れたインフラ設備は、従来設備に比べて設備投資額及びランニングコストが高い場合が多く、投資回収が困難になる場合がある。同社は、投資回収につながるビジネスモデルを顧客に提案することで持続可能なグリーンインフラ普及を行っている。例えば、同社は狛江市と連携し都市農地を活用した街づくりの実証試験を行っている。ここでは、農地で育てたホップ栽培キットを市内の店舗や学校などに配布し緑のカーテンによる都市緑化を推進、その後ホップを収穫し、地ビールとして生産・販売し、その収益の一部を同市の更なる緑化費用として補填している。また、商品を市内限定販売することで付加価値を高め、地域活性化にも貢献しているという。このような、採算性を考慮したビジネスモデルの提案が、同社のグリーンインフラ関連ビジネスに寄与している。

グループ企業との連携を中心とした広範なサービスの提供

グリーンインフラは比較的新しく未成熟なビジネス分野であり、顧客のニーズに十分に対応できる体制整備が課題となっている。同社はグループ企業として、都市計画コンサルタント、施設管理、山林整備などの専門組織を有しており、グループ企業との連携を主軸としつつ、他社との協働も検討することにより、企画から運営段階までワンストップで提供可能となるサービス実施体制の構築を目指している。また新たな事業アイデアはグループ企業との役割分担の中で実証試験を重ねリスクヘッジしながら実用化を図っている。

④ 事業ビジョン・展望

施設単位ではなく地域単位での事業展開

同社はこれまでグリーンインフラ整備の実績を積んでいるが、これまではスポット的な施設単位での案件が多かったという。そこで、今後の展望としては、これまでの実績で培ったノウハウやネットワークを積み上げながら、ゼネラルコントラクターとして地域単位となる街づくりレベルでのグリーンインフラ適用型都市開発への貢献を目指している。また、海外からの問い合わせもあり、特に東南アジアから関心が持たれており、国内にとどまらず、将来的には海外展開も視野にいれているという。

⑤ 政府への要望

公共案件における自然環境保全に関する評価基準

公共案件提案に対して自然環境保全や持続可能な利用に関する評価基準の設定が不十分なところがあり、グリーンインフラ技術とそれが生み出す効用を客観的かつ定量的に評価するとともに、取組に応じたインセンティブを国・自治体から事業者へ付与する仕組みが明確になれば、グリーンインフラが更に普及するのではないかと同社は考えている。



鹿島建設 株式会社
環境本部グリーンインフラグループ長

山田順之

設計部門において、インフラ整備に伴う環境保全計画策定や緑地の設計などに従事、2014年に本グループ発足後は、持続可能なグリーンインフラの普及に挑戦している。

File 17
緑化・
グリーン
インフラ

植物の声に耳を澄ませ、農業の生産性を飛躍させる



PLANT DATA 株式会社（以下、同社）は愛媛大学発のベンチャー企業であり、植物の生体情報の計測と、計測データ活用に関するコンサルティングや、太陽光植物工場などの生産性向上へ向けたキーテクノロジーを提供する。同社の強みとして、植物が行う光合成能力を計測し、植物の環境応答への異常を検知するなど、汎用性の高い植物生体計測サービスを提供することが挙げられる。また、植物生理生態学に基づいたデータ解析・利活用のための社会実装も推進している。また、ニーズに応じた植物生体計測手法やアルゴリズムの新規開発や実装、附帯する研究の受託も行う。

ポイント

- 経験と勘に依存した農業を、データ駆動型に再構築することを目指して同社を設立
- 植物の生体情報を計測し、それを栽培管理に活かすという世界で唯一のビジネスを構築
- 日本とオランダを皮切りに、国内外への事業展開を目指す

PLANT DATA 株式会社	
所在地	愛媛県松山市榑味3丁目5番7号
従業員数	15人
創業年	2014年9月（設立年）
資本金（百万円）	4.8

① 製品の特徴

植物の生産性向上には、光合成と光合成産物の分配状況を見える化し、適切に管理することが重要となる。そこで同社では、光合成や蒸散のリアルタイム計測、クロロフィル蛍光計測による光合成機能の評価、植物の生育バランスのインフォグラフィック化など、生育状態を見える化し管理する技術を実用化している。また、同社が行う植物生体計測はクロロフィル（葉緑素）を持つ植物に適用が可能で、現在は果菜類・果樹・葉菜類・藻類などへの適用を進めている。

植物の環境応答を把握することで環境制御戦略を適切に更新する

植物が吸収した光エネルギーのうち光合成に用いられなかった余剰エネルギーが赤色のクロロフィル蛍光として植物から発せられたものを画像計測し、植物の環境応答を定量評価する技術を開発し、日本・米国・オランダで特許を取得している。このクロロフィル蛍光計測は、植物工場での自動計測システムとして井関農機株式会社と特許をライセンスすることで、世界初の植物診断専用農機として市販されている。

植物の環境応答を可視化し、日次で生育状態を把握することで、病虫害はじめ外的環境に対する人間には不可視の環境ストレスを検知することができ、環境制御戦略の適切な更新につながる。

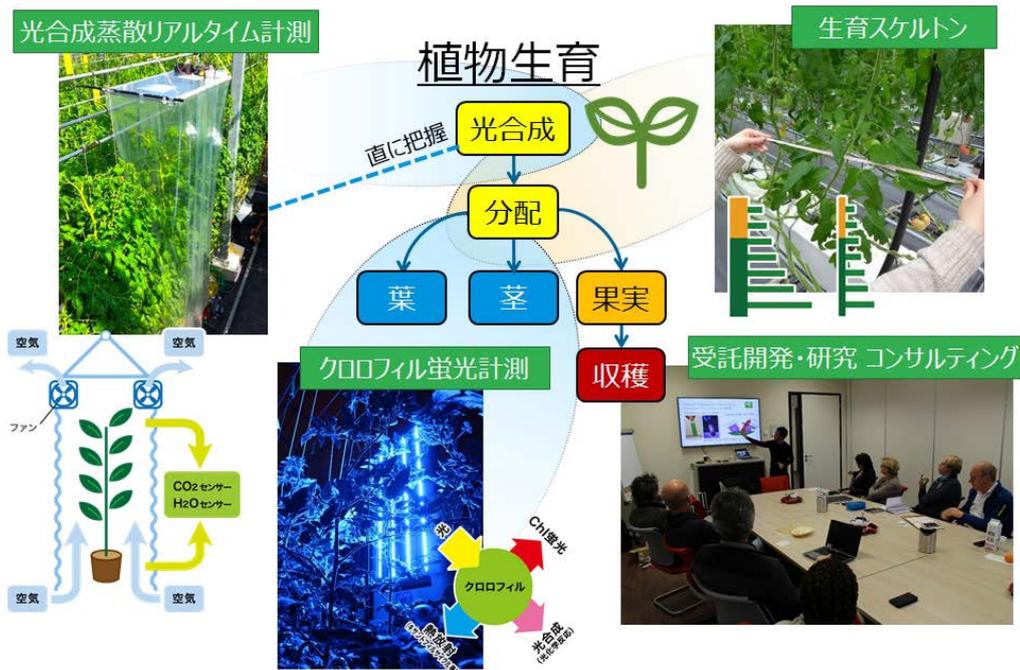


図 65 同社が提供する植物生体計測サービス
出所) PLANT DATA 株式会社

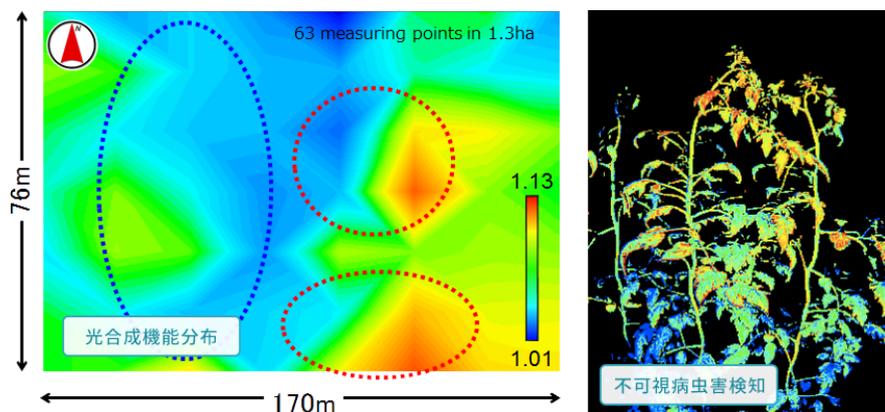


図 66 クロロフィル蛍光計測で実施可能なサービス (一部抜粋)
出所) PLANT DATA 株式会社

光合成の可視化により収穫時期を予測

同社が提供する光合成蒸散リアルタイム計測では、植物の光合成と蒸散速度をリアルタイムで実測することができる。同計測により、昼間の植物生育環境制御の主目的である光合成の最大化の検証の他、前述のクロロフィル蛍光計測などと併用することで、葉・茎・果実など主要器官への光合成産物の分配状況の把握につなげ、効率的な環境制御や収穫時期の予測へ応用する取組を進めている。

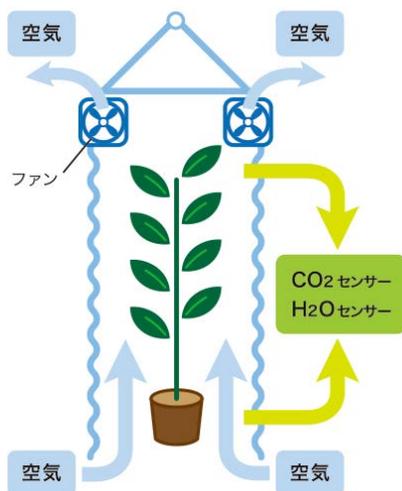


図 67 光合成蒸散リアルタイム計測のイメージ図
出所) PLANT DATA 株式会社

生育スケルトン、簡易的な計測による生育状態の「直観的」把握

同社の生育スケルトンは、週 1 回計測されるテープメジャーによる計測データから、生産者が植物の生育バランスを管理できるサービスである。生産者が記録用紙を撮影した画像を同社へ送付もしくは Web インターフェイスからアップロードする、送付されたデータを基に同社が生育レポートを作成する。また、同時に植物の状態をインフォグラフィック化する。これにより、従来の直感的な生育状態の把握ではなく、定量化・可視化したアウトプットにより直観的に把握することができる他、目指す生育バランスを目標設定することができ、傘下の生産者を管理したい JA などに活用されている。同サービスは複数の品目に対応しており、また、同社が運営するウェブページは、他の生産者とデータ共有が可能であるなど、生産者同士が情報・意見交換を行うプラットフォームの役割も果たしている。



左：テープメジャーによる測定 右：インフォグラフィックのイメージ

図 68 生育スケルトン

出所) PLANT DATA 株式会社

② 事業参入の経緯

農業生産体系への課題認識が起点

学生時代に農学部在籍していた同社の代表取締役である北川氏は、農業の生産工程の属人性の高さと不安定性に課題意識を持っていた。農業生産と工業生産を比較した場合、工業生産の場合は製造工程の見える化と管理により、目標値に対してある程度の生産性を担保することができる。一方、農業の場合は生育に必要な光、二酸化炭素、水など外部要因や、生産者による労務の質のばらつきが大きく、工業生産と比較して生産性が低い。農業先進国であるオランダでは農業の生産性が高いと言われるが、オランダでさえ現場での植物の生育状態の見極めは目視による観察と主観による判断に委ねられ科学的根拠がない。日本の農業の生産性はオランダと比較してさらに低く、経営管理に対する農家の意識も低いという。

これらの状況に対して北川氏は、持続的な農業生産体系を確立するため、人の感覚に頼った農業を見直し、生産性を向上させる方策を模索した。

愛媛大学発ベンチャー企業として設立

学生時代に農機の自動制御や気候変動対応などの研究に従事していた北川氏は、卒業後にコンサルティングファームや Web メディア、サービス企業で ICT システム構築や運用に携わる。その過程で、事象のデータ化を通じたデータ駆動型の栽培管理に着目する。北川氏の大学農学部同期である高山弘太郎氏は、教授を務める愛媛大学農学部で 1970 年代から提唱されているスピーキング・プラント・アプローチ (SPA:Speaking Plant Approach) と呼ばれる植物生体情報を活用する基礎概念に沿った研究を行っていた。SPA とは、各種センサーを用いて植物の生体情報を計測して、植物の生育状態などを診断し、その結果に基づいて栽培環境を制御する考え方である。高山氏は、2014 年に PLANT DATA 株式会社を立ち上げ、SPA を活用することで農家の収益性を向上させるアプローチを試みていた。その後、富士通株式会社と農業における植物生体情報の活用で 2015 年に業務提携。また、農業先進国のオランダに現地法人を設立。データを活用した栽培管理に着目していた北川氏は、愛媛大学発ベンチャーである同社に 2015 年に参画する。

以降、オランダ ワーゲニンゲン大学との協業により現地農家の栽培設備で植物生体計測を開始するなど、国内外での事業化に着手。また、果菜類生産の合理化を図って単位収量あたりの労務費を 10% 以上削減することを目標とする農林水産省の「人工知能未来農業創造プロジェクト」に 5 年計画で取り組むなど、民間企業に留まらず産官学連携にも取り組んでいる。

③ 成功・差別化要因

現場への適用性と植物生理生態学を重視し先行者優位を志向

北川氏は、人の感覚に頼った農業や生産性の低さに課題を感じていた。当時、大手自動車メーカーが農業の自動化へ事業投資を行うなど、他業界から農業へ参入が急増し、北川氏は将来、農業に対する大企業の経営リソースの流入や、工程の見える化の必須要素として ICT 化を予見していたという。愛媛大学の高山教授は、農業先進国のオランダでも植物生体計測が行われていなかったが、農業の生産性底上げに必要不可欠となる植物生体計測の重要性に着目し、市場黎明期に事業を立ち上げている。その結果、植物のストレス状態を定量評価する技術を確立し、日本・米国・オランダで特許を取得した。これにより、農業 ICT 化へ向けた同社技術の囲い込みに成功し、同業他社との差別化につながっている。

民間企業・政府との連携により企業認知度を獲得

同社は、植物生体情報活用による農業の高度化に向けた富士通株式会社との協業を始め、その他多くの民間企業や農林水産省などパブリックセクターと連携して事業展開を行っている。市場黎明期ではいかに自社の技術シーズを確立し、認知度を向上させることが重要となる。民間企業や官及び学術との産官学連携により、同社の認知度の獲得につながっている。

学術及び民間への提言や情報発信による市場活性化と認知向上

同社のテクニカルアドバイザーを務める愛媛大学の高山教授は、学術の国会とも言われる日本学術会議で、超大規模な栽培設備実現に資する技術開発を提言し、我が国で進めるべき大型研究計画の 1 つとして採用されるなど、学術予算の在り様の合理化や認知向上に繋げている。並行し一般の聴衆向けのシンポジウム開催などを通じ、リテラシー向上や市場の活性化を図っている。

農業 ICT 化に強みを持った社内体制

同社は、コア技術となる植物生体計測をはじめ、農業関連企業の運営、IT などのシステム開発、計測したデータ解析など、農業 ICT 化を進める上で必要となる領域に強みを持った人材で構成されていることも特徴として挙げられる。北川氏によると、特に植物生体計測とその活用は専門的な知見に裏付けられる要素が多く、農学に関する予備知識が重要であるという。実際に同社のメンバーは農学部出身の人材が多く、また農学部の学生をインターンとして同社へ迎え入れている。同社の技術シーズである植物生体計測やデータ解析やソフトウェア開発に強みを持った社内体制を構築することが、同社の競争力強化へつながっている。

ハードの外製化により経営資源をソフト開発に集中

クロロフィル蛍光計測に関する特許を農業機械メーカーの井関農機株式会社へライセンスし、ハードウェアを外製するなど、設備投資が必要となるハードを外製化し、同社のソフトウェア開発へ経営資源を集中させたことが、早期に事業を軌道に乗せることができた要因として挙げられる。

④ 事業ビジョン・展望

日本とオランダを皮切りに、国内外へ進出

同社は、農業先進国オランダに現地法人を設立し、商業ベースで植物栽培を行う大規模施設園芸事業者の圃場で、植物生体計測実証を開始している。施設園芸で日本を先行するオランダ、北米、韓国などへの展開を見据えるだけでなく、日本国内で大手農機メーカーや飲料メーカーとの協業により進めるワイン用ブドウのセンシングなど、露地圃場への展開を始め、あらゆる植物栽培の基盤技術としてグローバルでの社会実装を志向している。

機能性成分やバイオ医療品、人工環境や宇宙への事業展開、育種や苗の評価系構築まで

機能性表示食品など植物に含まれる機能性成分が注目されるが、これらの機能性成分は植物の生育環境を快適にするよりも、外的環境へのストレスに抵抗するために生成されるものも多い。また、ワクチンを生成する稲やタバコなど、有用物の植物体内での生物学的生成など、二次代謝物の生成効率の好適化などの工程の見える化は重要な市場と見込んでいる。

巨額の資金が流入し注目される米国のプレんティなど人工環境下での植物栽培や、月や火星などへ向かうための宇宙での植物栽培など、物質循環上、閉鎖的で高い生産性や異常の早期検知が要求される環境も増えている。ゲノム編集など育種におけるブレイクスルー技術の実用化も進んでいるが、この工程でも経験と勘に委ねられる過程は多く、事業性が高いと考えられる苗の評価系構築と同様に優先度高い進出領域と捉えている。

⑤ 政府への要望

社会実装に関する事後評価と附帯的な補助制度

北川氏によると、国の補助を活用した場合、事業としてどの程度の売上や経済活動に繋がったのか、などプロジェクト終了後の社会実装に関する評価や構築されたソリューションをさらに社会実装するための附帯的な補助制度などの構築を望んでいる。



PLANT DATA 株式会社
代表取締役 CEO

北川 寛人 さん

農学部出身。学生時代は農機自動制御や気候変動対応、卒業後はコンサルティングファームでICTシステム導入に携わる。その後の起業を経て、2015年に同社へ参画。植物生体情報を軸としたグローバルでの食糧生産のプラットフォームビジネスを目指す。

生物模倣技術を支える 分析評価技術



株式会社島津製作所（以下、同社）は、分析計測機器、医用機器、航空・産業機器等の製造開発を通じて、環境、医薬、医療、半導体・電機、モビリティ、食品、エネルギー、素材などの様々な科学産業の発展に貢献している企業である。同社は2014年以降、分析・計測技術を活かす新たな分野として、生物模倣技術に関わる事業に取り組んでいる。具体的には、生物模倣技術の研究開発及びそれらの性能・安全性評価等を行い、生物模倣技術の研究者やその実用化を目指す企業等を支援している。

ポイント

- 分析計測機器の新たな活用先として生物模倣技術の分野に参入
 - 生物模倣技術に関する幅広い情報の蓄積とそれらの分析・計測手法の開発
 - 研究者と生物模倣技術の実用化を目指す企業をつなぐプラットフォームの役割を果たす
-

株式会社島津製作所		
所在地	京都府京都市中京区西ノ京桑原町 1 番地	
従業員数	11,528 人 (2017/03 期 連結) 3,202 人 (2017/03 期 単体)	
創業年	1875 年	
資本金 (百万円)	26,600	
売上高 (百万円) ※連結ベース	2015 年 3 月	314,702
	2016 年 3 月	342,236
	2017 年 3 月	342,479

① 事業概要

生物模倣技術の研究開発及び実用化を支える評価・解析手法を開発・提供

生物模倣技術の研究開発及びそれを用いた製品開発には、原料評価、製品評価、品質管理等の各ステージで種々の試験を実施する必要がある。同社は、材質評価、観察/解析評価、物理特性評価、機械的性能評価などの領域において、豊富な製品群と評価・解析手法を提供することで、企業等が取り組む生物模倣分野における研究開発の進展を後押ししている。



図 69 生物模倣技術を用いた研究開発と実用化に関わる分析計測機器の例
出所)「島津環境レポート 2016」(株島津製作所)

② 事業参入の経緯

新研究分野の開拓を目指し、高分子学会へ参加

新素材分野のマーケティングを担当していた安居氏は、新たな産業分野での顧客開拓を目指していた。その中で、2014年より新分野への開拓深耕を目的とし、特に新素材研究に関する知見を求めて公益社団法人高分子学会へ聴講参加した際、数ある講演セッションの中でも複合領域における様々な研究者が参加していた生物模倣技術「バイオミメティクス」の活況なセッションに着目したことが本分野参入の起点となる。それ以来、同社は文部科学省新学術領域研究「生物多様性を規範とする革新的材料技術」の研究グループによる支援の基、最新の研究テーマに関する素材と知見の提供を受けつつ、分析計測機器による評価・解析手法の開発を進めることとなった。さらに2015年には高分子学会に法人賛助会員としての参画が認められ、これにより新素材研究での幅広い分析評価に関するニーズ調査を行えることが期待された。

事業化に向け、生物模倣分野におけるニーズを抽出

当時、生物模倣分野に関する知見者が社内には在籍しておらず、同分野の代表的な研究者である千歳科学技術大学下村政嗣教授や高分子学会の有識者を訪問することで業界知見を獲得していった。その後、生物模倣分野の研究委員 17 名を招いて、生物模倣分野における評価・分析機器に関する具体的なユーザーニーズを抽出する。これが起点となり、文科省による新科学領域における補助金制度を活用しながら、既存の分析・評価機器を応用することで、新たな分野への市場参入を果たす。

③ 成功・差別化要因

生物模倣技術の専門家を招いた研究会の開催と積極的な情報発信

前述のとおり、同社が新規事業として生物模倣技術の分野に参入したのは、文部科学省の新学術領域研究「生物多様性を規範とする革新的材料研究」の研究会委員を招待して、研究会を開催したことがきっかけである。その際、生物模倣技術と同社の分析計測機器の親和性・可能性について、委員の方々から期待が持てる評価をいただいたことが、同社の生物模倣技術分野への参入を後押しした。

また、同社は新素材領域やバイオミメティクス領域に関わる研究者を対象に同社製品・研究の講演会を実施するなど、生物模倣技術の専門家と多くの接点を持ち、新規事業の立ち上げに向けて積極的な活動を行っていた。

分析・計測分野における高い技術力

同社は、約 140 年という長い歴史の中で、幅広い産業分野に適合する分析計測機器の開発を行い、高い技術力を獲得してきた。その過程で生まれた機器や技術は、生物模倣技術を評価・分析する上でも活かされた。生物模倣技術という新しい分野で既存製品を活用できたことは、事業立上げ時に発生する新たな設備投資等を抑えることができたというメリットがあったという。

幅広い研究者とのつながりから得られた多様な生物模倣技術

同社は、定期的に学会等に参加し、幅広い研究者とのつながりを有している。そのつながりから、同社には生物模倣技術に関する数多くの情報が蓄積されている。これらの情報は、今後、同社が生物模倣技術の分野で事業展開を図っていく上で大きな強みとなる。

本業を通じて環境問題を解決することを社外に効果的にアピール

同社は、生物模倣技術に関する論文集の発行や、対外的な報告書等で生物模倣技術の高度化が事業活動を通じた生物多様性の保全と持続的な利用につながることを紹介するなど、本業を通じて環境問題の解決に取り組んでいることを社外に広く発信している。

④ 事業ビジョン・展望

評価指標のデファクト・スタンダード化を目指す

ドイツやフランスと比較して日本では生物模倣技術に関する業界が発展途上にあり、定量的な評価指標も確立されていない。そのような状況の中、同社は生物模倣技術業界の発展と先行者利益の獲得を目指して、定量指標のデファクト・スタンダード化を図りたいと考えている。

継続的な業界活性化

生物模倣技術に関する論文集の発行に加え、勉強会や講演会を開催し、「生物模倣技術（バイオミメティクス）」の認知度向上と業界の活性化を目指している。

研究者と実用化を目指す企業をつなぐプラットフォームの役割

前述のとおり、同社は研究者との幅広いつながりと、数多くの生物模倣技術を分析・評価する技術を持っている。今後は、これらの情報資源を必要とする企業と研究者をつなぐ役割を果たし、業界の活性化と同社製品の売上拡大を実現したいと考えている。

⑤ 政府への要望

環境負荷削減効果を評価する指標の整備

生物模倣技術の活用が環境負荷の削減に役立つことは分かっているが、現状ではそれらの効果を定量的に評価・分析する指標が確立されていない。そこで、従来法との比較など、環境負荷削減効果を行政の立場から定量的に評価する指標が整備されれば、生物模倣技術の分野に参入する企業が増えるのではないかと同社は考えている。

「生物模倣技術（バイオミメティクス）」という言葉の認知度の向上

同社は、「生物模倣技術（バイオミメティクス）」という言葉の認知度が低いことを課題と感じており、国に認知度向上につながる取り組みを行ってもらいたいと考えている。生物模倣技術の活用は環境問題を解決する有効な手段であり、市場規模も今後拡大する可能性もあることから、国の成長戦略の一つとして検討してほしいと考えている。



株式会社島津製作所
分析計測事業部
グローバルマーケティング部
課長

安居 嘉秀 さん (左)

分析計測機器の新規市場開拓を目的として、生物模倣分野への参入を社内へ提案。同分野での研究会の開催や論文集の発行などにより、国内における更なる業界活性化を目指す。

株式会社島津製作所
地球環境管理室
主査

岡野 雅通 さん (右)

化学物質管理、廃棄物管理を主業務としつつ、生物多様性を切り口とした特色ある取り組みを模索する中で、生物模倣分野への本業での貢献に注目。社内での企画と社外報告で企業価値の向上を図る。

持続可能なまちづくりの実現を目指した地域に密着した企業活動の実践



株式会社たねや（以下、同社）は、和菓子の製造販売を行う企業である。創業 145 年を迎える同社は、たねやグループとして国連が提唱した”SDGs”宣言を掲げ、創業地である滋賀県近江八幡市を含め自社の商品となる原材料の栽培や農業を通じて学びの場を提供するなど、地域に密着し、未来に向けた持続可能なまちづくりの実現を目指した企業活動を進めている。また、2015 年には近江八幡市に屋根一面が芝に覆われた同グループのフラッグシップ店「ラ コリーナ近江八幡 メインショップ」をオープンし、自然を利用するのではなく、〈自然に学ぶ〉をコンセプトにお菓子づくりはもちろんのこと、幅広い地域活動に取り組んでいる。

ポイント

- 生物多様性・生態系との調和を見直し、地元根付いた取り組みを積極的に進めながらお菓子作りにも反映させている
- 国連が提唱している SDGs 宣言を基に地域活性化に向けた数多くの連携活動などにより、企業のあるべき姿を模索・実践
- 近江商人の心得を継承した経営理念とスピード感を重視した経営判断

株式会社たねや		
所在地	滋賀県近江八幡市北之庄町 6 1 5 - 1	
従業員数	1,027 人 (2017/4/1 付) 正社員	
創業年	1872 年	
資本金 (百万円)	90	
売上高 (百万円) ※連結ベース	2015 年 3 月	-
	2016 年 3 月	-
	2017 年 3 月	-

① 同社の特徴

自然を見直すお菓子作り

同社は、たねやグループのフラッグシップ店として「ラ コリーナ近江八幡 メインショップ」を 2015 年にオープンした。敷地内には、同社の本社社屋や販売施設以外に、創業地である近江八幡の原風景を再現するために森づくりをはじめ田んぼや棚田を配置し、「自然に学ぶ」お菓子作りを目指している。また、同社には農藝（農業部門）があり、実際にラ コリーナの敷地内で無農薬・有機栽培を実施し、収穫物の一部は同社が製造するお菓子の原材料としても使用されている。

持続可能なまちづくりを目指したSDGs 活動

同社を含むたねやグループは、一菓子舗の立場から“SDGs”宣言を率先して受け容れ、実践し、持続可能なまちづくりに向け、菓子舗の枠組みを越えた活動を実施している。同時に地元近江八幡の活性化を目指し、前述のラ コリーナでは敷地内の田んぼや自然を活用した学びの場をも提供している。また、京都大学と森里海連環学教育ユニットが連携した産学連携活動にも取り組んでいる。この連携を通じて、周辺地域の森里海を対象とした共同研究や、教育プログラムの開催、講演会・ワークショップなどを開催し、地域社会や環境に貢献している。

2017年には、持続可能な社会の実現について考える場として開催されたシンポジウム「サステナブル滋賀×SDGs」にたねやグループ CEO 山本昌仁氏が登壇するなど、SDGs 普及活動に積極的に取り組んでいる。



図 70 たねやグループの旗艦店「ラ コリーナ近江八幡」
出所) 株式会社たねや



たねやグループ“SDGs”宣言

図 71 たねやグループによる”SDGs”宣言
出所) 株式会社たねや

循環社会の実現に向けたバイオマス資源の活用

同社は、持続可能な社会の実現に向けた活動の一環として、菓子作りの事業活動から出される廃棄物をバイオマスとして活用し、地域循環させる活動を行っている。生産加工時に発生する食品残渣は飼料や土づくりの堆肥として使用している。また、同社の飲食部門などで回収された廃食油を業者に引き渡し、植物性ディーゼル燃料 BDF として精製し、再資源化を行っている。同時に、リサイクルとして石鹼や洗剤などにも活用している。



図 72 (左) 加工ロス部分の飼料化装置
(右) バイオ燃料 BDF で走る保冷車
出所) 株式会社たねや

② 活動開始の経緯

経営理念が起点となりお菓子舗の枠組みを超えた活動へ発展

同社の生物多様性・生態系を見直したお菓子作りや SDGs 活動の起点は、同社の先代である本徳次氏が 1984 年に日本橋三越に県外一号店を出店する際、創業の地を離れても商人としての心得を継承できるよう取り纏めた 3 つの経営理念であった。経営理念は①「天平道（てんびんどう）」＝商道は人道である、②「黄熟行（あきない）」＝手塩に掛けること、③「商魂（しょうこん）」＝今日如何にお客様によるこんで頂けたかの心、であり、この 3 つの経営理念が原材料や原材料を生育する農家の方々との信頼関係やものづくりへの姿勢が重要だという考えにつながったという。実際に山本昌仁氏が海外の原材料農家を訪問した際に、農薬が散布された素材を目の当たりにしたことで原材料の自社栽培を決意し、20 年ほど前から自社農園を開設している。このような同社独自の理念に基づき、2015 年には前述のラ コリーナをオープン、生物多様性・生態系を見直したお菓子作りの具現化を進めている。

原材料の産地を大事にする同社の考えなど、農業や地域環境の将来を見据えた経済活動が SDGs の考え方と合致したことから、同社は 2017 年にグループとしての“SDGs 宣言”を発表し、同年にはラ コリーナで滋賀県と連携した検討会を開催するに至っている。

③ 成功・差別化要因

6 次産業化により信頼とブランドイメージを獲得

原材料や産地を重要とする理念に基づき、同社は可能な限り原材料の自社栽培を行っている。同社の方針は商品に対する顧客の信頼獲得や他社との差別化やブランドイメージの構築に大きく貢献している。また、原材料栽培を開始した背景は、サプライチェーンの改革ではなくお菓子の品質への拘りからであるが、製造・販売から前段階の調達機能へ事業範囲を拡大させることで目の届く生産活動にもつなげている。

地域活性化により観光需要を創出

同社は、創業時より地元根付いた経営を継続して行っている。具体的な取り組みとして、お菓子の県内製造、地域住民向け農業学習体験、地元農家と提携した有機栽培、京都大学との農業研究に関する産学連携、地元祭事の開催、また滋賀県と連携した SDGs 活動など、多くの地元関係者と連携することで近江八幡の活性化に取り組んでいる。これらの活動が一助となり、県内の観光客数は 2016 年に過去最多を記録し、中でもラ コリーナは県内で最多の観光客数を記録

した。長年に渡って地域活性化に取り組んだ結果、県外からの観光客需要の創出に成功している。

スピード感を重視した経営判断

同社はスピード感を重視した企業活動の実施判断を行っており、また新規活動に向けたイベント案を社内で検討する場合、社内ではアイデアを提案しやすい環境にあるという。山本昌仁氏を始めとするスピードと質に拘る社内方針が、アイデア出しなどの活性化にもつながり、それらが数多くの製品開発や新規事業の成功に結びついている。

④ 事業ビジョン・展望

「農」を活用した地域の活性化

同社はお菓子の原材料を調達するために地元農家と連携した有機栽培を実施しているが、今後は原材料用途に限らず、地元で農を中心とする温もりある事業展開を志し、地元農業における雇用を創出するなど、「農」を起点とした更なる地域活性化を目指している。

⑤ 政府への要望

補助事業における間接業務の簡略化

同社は補助事業の活用を検討する際、必要書類が多いことや、同様の書類を省庁別に提出する必要があることなど、間接業務の多さから補助の活用を断念することがあるという。書類の簡略化や、省庁間での書類の共有化により企業側負担の軽減することで、人的リソースが制限されやすい新興企業など幅広い事業者が補助事業が使われやすくなると考えている。



株式会社たねや
代表取締役社長

山本昌仁 さん

1969年近江八幡市生まれ。18歳より10年間和菓子づくりの修行を重ね1990年同社入社。2002年専務取締役就任の後、2011年代表取締役社長就任。2013年よりたねやグループCEOとしてグループ全体の統括をする。

リアルテックファンド（東京都）

File 20
金融機関

革新的テクノロジーを開発 するベンチャー企業の支援 に特化した投資ファンド



REAL TECH FUND™

リアルテックファンド（以下、同社）は、株式会社 ユーグレナインベストメント、SMBC 日興証券 株式会社、株式会社 リバネスが 3 社で設立した「合同会社 ユーグレナ SMBC 日興リバネスキャピタル」が管理運営するベンチャーキャピタルファンドである。同社は、日本を代表する民間企業が組合員として参加する 1 号ファンドを 2015 年 3 月に組成して以来、参加企業の強みを生かし、ベンチャー企業に対する「ヒト、モノ、カネ」の総合的な育成支援を行っている。多様な業界のファンドの出資者と、地球と人類の課題解決に資する革新的テクノロジーを研究開発するベンチャー企業（以下、「リアルテックベンチャー」という）との連携が多く生まれている。2017 年 3 月には、ベンチャー支援の効果をより高めることを期待して、1 号ファンドには参画していない産業・業界の民間企業を新たな出資者として迎え入れ、2 号ファンドを組成した。

同社は経済産業省より「ベンチャー投資推進税制」に準拠したファンドとして認定を受けているほか、NEDO からは「研究開発型ベンチャー支援事業（STS 事業）」の認定ベンチャーキャピタルとしての認定も受けている。これらの認定により、出資者にはファンドを通じて出資した金額の 80% を上限に損金算入を行うことができるというメリットや、投資先企業が NEDO の研究開発費（最大 7000 万円）を助成金として獲得できるメリットがある。

同社の投資対象は「リアルテック」と呼ばれる分野に特化している。具体的には、ロボティクス、エレクトロニクス、バイオ/アグリ、環境・エネルギー、新素材、航空宇宙、医薬・医療機器、Ai、IoT の分野を投資対象としている。

① 同社の取り組み

早期段階に比重を置いた支援を実施

同社の代表である永田氏は、自身が取締役を務める株式会社ユーグレナ（藻の一種であるミドリムシ（学名：ユーグレナ）を主に活用し食品や化粧品の販売、バイオ燃料の研究等を行っているバイオテクノロジー企業）での起業から上場に至る経験に基づいた投資育成を実施している。リアルテックベンチャーにとって最もリスクマネーが必要となるのは研究を実際のプロダクトとして開発する早期の段階で資金援助を行うことが重要であると考えており、早期の段階で投資と各種の育成を行うことで、優れた技術の社会実装を目的としたファンド運営を行う。また、同社の共同会社である株式会社 リバネスの保有する全国約 220 の大学・研究機関とのネットワークを活用したリアルテックベンチャーの研究支援や、SMBC 日興証券株式会社の IPO 実績を活用した社会実装後の支援まで一貫して実施できる体制を整えている。

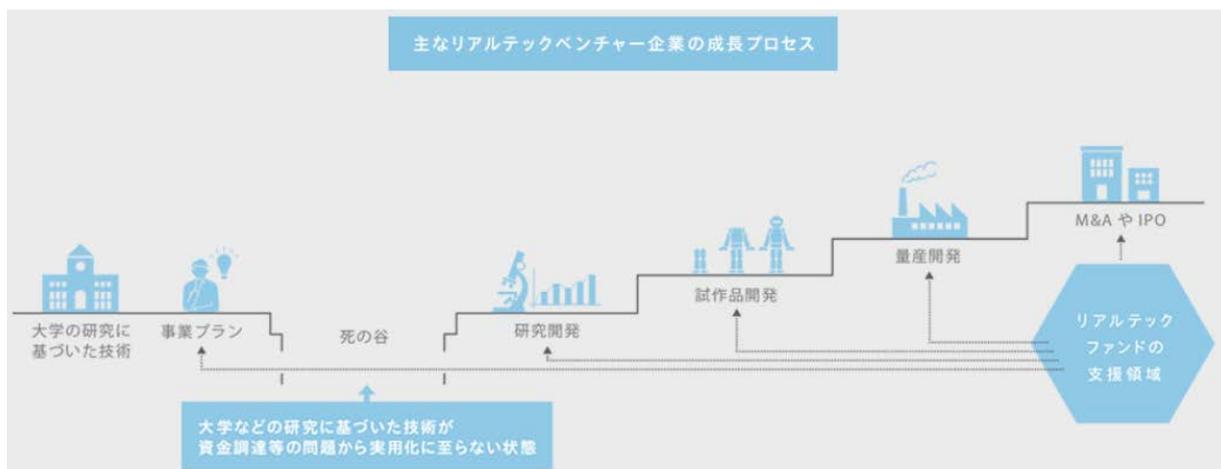


図 73 早期段階に比重を置いた支援
出所) 株式会社 リアルテックファンド

様々な業界の大企業がファンドの組合員として参加・出資

ファンドの組合員は、原則として1業種1社に限定しており、ベンチャー企業は多様な業界の企業から支援を受けることが可能となっている。組合員には、資金面の支援だけでなく、人材面や設備面における支援も求められており、それによって組合員とベンチャー企業のシナジーの創出が期待されている。

表1 リアルテックファンドへの出資参加企業とその役割
出所) リアルテックファンド

参加企業	役割
ユーグレナ	バイオ、アグリ領域における共同研究、事業化支援
SMB C日興証券	上場準備体制構築、大企業連携・紹介支援
リバネス	シード・アーリーのベンチャー企業を対象とした育成プログラムの提供
日本たばこ産業	ヘルスケア分野等の研究・ベンチャー企業の支援
電通	ベンチャー企業のブランディング、プロモーションの支援
清水建設	ものづくりや都市インフラ領域における共同研究、ノウハウ支援
第一生命保険	研究開発型ベンチャー企業への金融面での支援
ソフトバンク	ICT 分野におけるベンチャー企業との連携による事業化の支援
吉野家HD	飲食業への展開や農業、畜産技術に関するノウハウ支援
三井住友銀行	研究開発型ベンチャー企業への金融面での支援
CQベンチャーズ	ヘルスケア・スキンケア・アグリ等の領域にて事業連携
三井不動産	研究開発拠点、オフィス等のファシリティ支援
協和発酵キリン	医薬品やヘルスケア領域における共同研究、ノウハウ支援
日本ユニシス	通信・ネットワークやIoT領域に関する研究・ノウハウ支援
藍澤証券	研究開発型ベンチャーの発掘や大企業の連携支援
東京センチュリー	研究開発型ベンチャー企業への金融面での支援
ANAホールディングス	航空運送や関連事業領域に関する研究・ノウハウ支援
THK	ものづくり分野におけるベンチャー企業との共同研究、事業化の支援
東日本旅客鉄道	鉄道輸送や関連事業領域に関する研究・ノウハウ支援
JCU	表面処理薬品・技術等に関する共同研究、事業化の支援
三菱電機	研究開発型ベンチャー企業の発掘と共同研究、事業化の支援
ロート製薬	医薬品やヘルスケア領域における共同研究、ノウハウ支援
鐘通	研究開発型ベンチャー企業の製品販売などを通じた支援
東洋アルミニウム	素材開発等の共同研究、事業化の支援
東洋紡	高機能素材やヘルスケア分野での共同研究、事業化の支援
アズワン	研究開発に関するインフラ（ヒト、モノ、サービス及び販路）の支援
新明和工業	ものづくり分野におけるベンチャー企業との共同研究、事業化の支援
三菱商事	ヘルスケア分野等におけるベンチャー企業との連携による事業化の支援
三井化学	化学や素材による技術革新を核とする協業・協働・支援
いすゞ自動車	ものづくり分野におけるベンチャー企業との共同研究、事業化の支援

② 企業の成功要因

リアルテックファンドの運用を行っている合同会社 ユーグレナ SMBC 日興リバネスキャピタルを構成する3社（ユーグレナインベストメント、SMBC 日興証券、リバネス）は、株式会社ユーグレナの起業から研究開発、商品企画、製品販売、各種提携、株式公開に至るまで、実際にそれをサポートしてきた当事者メンバーであり、研究開発の社会実装に関する苦労を誰よりも経験している。その経験から、リアルテックベンチャーの研究開発の事業化を成功させる代表的な要因は以下であると考えている。

課題解決が社会に与える影響の大きさ

リアルテックベンチャーが研究開発及び事業化を成功させるためには、技術的な完成度の高さだけでなく、課題解決が社会に与える影響、または、その大きさを認識して経営を行っていることが重要であるという。多くの研究開発型のベンチャー企業は、大学の研究論文のような新規性に執着してしまい、肝心の製品・サービスを開発した後の事業化のイメージを持っていない場合が多く、それが事業を軌道に乗せることができない主な原因であるという。

③ 政府への要望

社会実装を見据えた支援制度の整備

同社は研究の社会実装を目的とした企業支援を重視している。一方で、政府による補助金制度は研究から実証段階までの支援にとどまることが多く、社会実装の実現が困難となり、結果としてベンチャー企業の革新的な技術が既存大企業への橋渡しにされてしまうことが多いという。国内産業の更なる進展に向け、国による研究開発から事業以降の経営課題を見据えた支援が必要であると同社は考えている。

規制産業における業界団体との交流

現状、規制産業の場合は後発のベンチャー企業が業界団体へ受け入れてもらえないなど、大企業とベンチャー企業との交流機会が少ない状況であるという。同社は技術革新を起こす方法の一つとして、大企業とベンチャー企業間での人材交流などが有効であると考えている。業界団体との交流の場を設けるなど、資金援助に限らない国からのベンチャー企業の支援策を望んでいる。

IV. 生物の特徴を商品やサービスに応用したビジネスの特徴

各調査対象企業へのヒアリング結果から、生物の特徴を応用したビジネスの特徴として「効果」と「課題」について取り纏める。

1. 生物の特徴を応用することの効果

製品開発及び事業化の各ステップで、それぞれ①から⑤までの効果が確認された。製品開発の段階では、研究開発期間の短縮といった社内リソースの最適化に寄与する効果や、生物の特徴を取り入れることで従来の工学的なアプローチに直面していた課題の解決につながるとの声が聞かれた。また、事業化の段階では、生物の特徴を応用することを全面的に打ち出すことで、企業イメージの向上や製品の性能に対する消費者の直感的な理解を得やすいとの効果が確認された。さらに、経済効果と環境効果の双方が期待され、ESG 投資やSDGs への対応にも貢献することが分かった。

図 74 生物の特徴を応用することの効果



2. 生物の特徴を応用するための課題

前述の効果が確認された一方で、生物の特徴を応用したビジネスを行う上での固有の課題も確認された。まず、生物に起因した着想を具現化して製品開発につなげるためには、生物学と工学など他分野の知見の融合や、生物や植物の微細な構造を再現するための製造技術の確立などが重要な課題となる。また、製品開発が確立された後、事業化を果たす段階では、生物・植物の機能を量産化するための大規模な生産施設の確保が重要となってくる。

V. 成功要因

企業の取組を分析した結果、成長を続ける企業には、幾つかの共通する成功要因が見られた。成功要因を検討するに当たって、新たなアイデアの事業化を果たす際、製品開発と事業化を果たす段階の2つのステップに着目した分析を行う。

前述の製品開発、事業化段階での「生物の特徴を応用したビジネス」に見られる固有の課題を踏まえつつ、調査対象企業のベスト・プラクティス（より良い事例）を「成功要因」として抽出・分析を行う。なお、この「成功要因」には、「生物の特徴を応用したビジネス」に限らず適用可能なものもあれば、「生物の特徴を応用したビジネス」固有の環境要因に対応したものも含まれている。具体的な成功要因を以下に記述するが、その各社詳細については第4章の調査対象企業の取り組みに述べる。

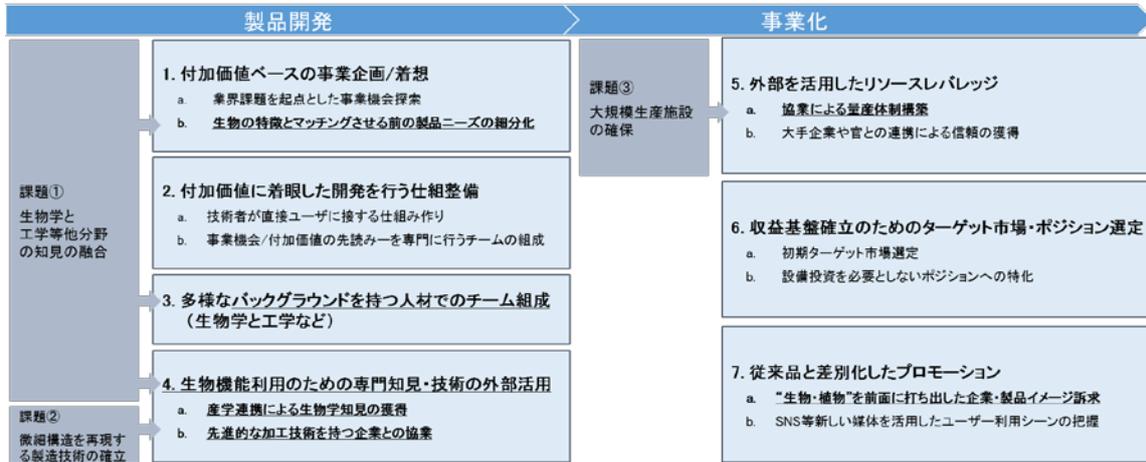


図 75 成功要因概要

※下線は、「生物の特徴を応用したビジネス」において特に重要な①～③の課題に紐づく要因

1. 製品開発段階

1. 付加価値ベースの事業企画/着想

(a) 業界課題を起点とした事業機会探索

生物の特徴を応用した新しい商品・サービスを提供する際、既存製品の機能や性能を多少向上させた商品・サービスで後発参入しようとするると困難が伴う。また、生物の特徴を応用するための先行投資を回収するためにコストが高む、などの不利な要素が存在する。そこで、ターゲットとする業界の課題の把握を重点的に実施し、既存製品とは異なる付加価値を見出し、その付加価値を実現するための生物の機能を特定、商品・サービスの開発を行う、というアプローチが求められる。こういったアプローチにより、他社よりも早い事業機会の創出につながり、先行者利益を獲得することができる。

例えば、(株)日本ペイントマリンは、船体向け塗料に求められる業界課題として、「はがれにくい」といった従来の発想ではなく、「船体の省エネ」という点に着眼、業界初の省エネを実現する生物の特徴を応用した塗料を開発した。また、(株)Plant Data は、従来の経験値や勘に頼った栽培管理による農業の生産性向上という課題に着眼し、植物の生体情報に基づいた定量的な栽培管理手法を開発。世界的に初の手法であることから、農業先進国での特許取得に至っている。

(b) 生物の特徴とマッチングさせる前の製品ニーズの細分化

生物の構造や機能を製品開発に取り入れるためには、「生物の特徴（シーズ）」と製品ニーズをマッチングさせる必要がある。無数に存在する生物の特徴から、適用できる製品を探索しては、製品開発に多大な時間を要してしまう。短時間でマッチングを行うには、製品ニーズを細分化した上で、シーズを選定することが望ましい。

例えば、(株)シャープはそれまで、シーズを起点とした製品開発を行っていたが、次第にニーズに対してシーズの数が多く、マッチングが上手くいかなかった。そこで、製品が求める機能をブレイクダウンして特定し、それを起点とすることで生物の特徴と紐づけられるようにしている。

2. 付加価値に着眼した開発を行う仕組整備

(a) 技術者が直接ユーザーに接する仕組み作り

顧客対応は営業部門が行い、営業部門は、顧客と会話する中で把握したニーズを研究開発部門に伝えて企画・開発に活用するといったプロセスが一般的である。特に大手企業の場合には、役割分担を行わざるを得ないケースが多い。しかし、顧客との会話を全て研究開発部門に伝えることはできないので、会話の中に隠された事業化のヒントが見逃されることが多い。特に「生物の特徴を応用する」といった特殊な技術についての話題は、営業担当者がその可能性に気づかずに埋もれてしまう恐れがある。そこで、技術開発担当者が顧客と接するプロセス・組織構造を構築することで、隠されたヒントに着目した製品開発につなげることが可能となる。

例えば、(株)日鐵住金建材は、「自然の景観を保持できる新たな斜面安定法」について顧客から相談を受けた際、営業部ではなく技術開発の担当者が対応を行った。技術に精通した人間が顧客ニーズに直接触れることで、新たなアイデアの具現化につながり、その後の製品開発を実現している。また、(株)クボタは、技術開発部門の担当者が事業開発を兼務、技術者が直接コミュニケーションを行える社内体制を整えている。

(b) 事業機会/付加価値の先読みを専門に行うチームの組成

日々の技術・商品開発に追われる研究開発部門・担当者に対して、「長期的な目線で業界の課題を把握し、付加価値を見出せ」と求めても時間制約がある。また、短期と長期の目線を簡単に切り替えて思考・検討するのは困難、などの理由で、機能させることは難しい。営業部門も同様で、日々の営業活動を行いながら、「長期目線で顧客・業界の課題を把握せよ」と求めるのは、言うは易いが実践するのは難しい。そこで、日々の技術・商品開発を行う部門や、営業活動を行う部門とは別に、こうしたテーマについて検討する専門チームを設けるのも一つの選択肢である。

例えば、(株)日産自動車は、顧客 (Customer)、社会 (Social)、技術 (Technology) の大きく3つの動向を踏まえた研究開発を行っており、また技術担当者のほかに、社会情勢や業界動向を専門に研究するチームを研究所内に組成することで、市場ニーズに合わせた研究開発を行っている。

3. 多様なバックグラウンドを持つ人材でのチーム組成 (生物学と工学など)

生物の特徴を応用したビジネスに最も必要なノウハウが「生物学」に基づくものであるとは限らない。「生物学」に加えて、「工学」「エンジニアリング」など様々なノウハウを融合させることで、生物の特徴を応用した商品・サービスの実現が可能になる。1人の社員に多様なバックグラウンドを備えるように求めるのは難しい。また、それぞれの分野の専門家を揃えたからと言って、自然発生的に生物の特徴を応用したビジネスの企画が生まれてくることを求めても機能しない。意図を持って、生物と工学など多様な分野の知見を持つ専門家を組み合わせるチームを組成し、企画する環境づくりを行うことが求められる。

例えば、(株)シャープのネイチャーテクノロジー推進プロジェクトチームは、航空工学や船舶海洋工学の専門家で構成することで、生物の特徴を家電製品へ応用することに成功している。また、(株)LIXILも同様に、生物ではなく材料分野のチームが研究を行うことで、カタツムリの殻の構造を模倣した外壁材の商品化を実現している。

4. 生物機能利用のための専門知見・技術の外部活用

(a) 産学連携による生物学知見の獲得

「生物の特徴を応用したビジネス」を実施している企業でも、生物学の知見を有した研究者が在籍している企業は多くない。成功企業の多くは、社内で人材を確保するのではなく、既に研究が行われている大学・研究機関などと連携することで、事業化を実現している。

例えば、(株)チノーは、生物学先行者は社内に在籍していないが、植物の機能を模倣した温度制御装置の開発に当たり、既に同分野の研究が先行していた岩手大学と共同開発を実施、研究開始から2ヶ月という短期間で試作品を完成させている。

(b) 先進的な加工技術を持つ企業との協業

生物の構造を模倣する為には、微細な加工技術が求められる場合が多い。そうした加工技術・設備を自ら保有している企業は多くない。生物の特徴を活用したビジネスを行おうとする企業は、先進的な加工技術を持つ企業と協業することで、設備投資費用を抑制しながら、高度な製品開発が可能となる。

例えば、(株)ドウシシャは、船舶用プロペラの業界トップ企業との協業により、同社単独では困難であった扇風機の羽根の加工技術を獲得、カモメの羽根を模倣した扇風機の開発に成功している。また(株)ライトニックスは、蚊の針の構造を樹脂材料で再現する超微細な成型技術の獲得に向け、約数百ものパートナー候補企業の中から協業先を選定している。

2. 事業化段階

5. 外部を活用したリソースレバレッジ

(a) 協業による量産体制構築

生物の特徴を利用するビジネスを行う上で、多くのケースで大規模な量産施設の投資が必要になる。生物の特徴に着眼して付加価値の高い商品・サービスを着想・開発する新興企業は多いが、新興企業にとってこうした量産投資を自前で行うことのハードルは高い。大手企業との協業などを通してこの障壁を乗り越えることが求められる。

例えば、(株)Green Earth Institute は大手化学メーカーをパートナーとして、共同開発を行うことで、自社単独での獲得が困難な商用化に量産体制の構築に成功している。

(b) 大手企業や官との連携による認知度・信頼の獲得

既存商品・サービスの機能や性能を多少向上させた新商品・サービスを上市するケースと異なり、生物の特徴を活用してこれまでに存在していない新たな価値を訴求する商品・サービスで市場に参入する際には、認知・信頼性獲得のためのハードルは極めて高い。特に、新興企業がこれを実施する場合、さらに困難なチャレンジとなる。そこで、少なくとも第1号案件を獲得する際には、業界の大手企業や、政府・自治体と連携した案件を実施し、それを世の中にアピールすることで、商品・サービスはもちろん、企業自体の認知度や信頼性の訴求につながる。

例えば、(株)バイオレンジャーズは、従来手法とは異なる新たな汚染浄化手法を目指し、県の支援事業をきっかけとして多くの各省庁との研究開発プロジェクトに継続的に参加し、国土交通省の技術登録を達成した。技術の信頼性の獲得に成功したことで、その後の民間企業向との案件形成を実現させた。

6. 収益基盤確立のためのターゲット市場・ポジション選定

(a) 初期ターゲット市場選定

最終的に目指す事業を一足飛びに実現しようとするのではなく、企業経営の観点から、事業展開ステップを策定する。一例としては、キャッシュフローに着眼し、まずは強固な収益基盤を固めるための事業を実施し、その後に本当に実現したい事業を実施する、などの工夫が考えられる。

例えば、(株)藻バイオテクノロジーは、バイオ資源によって石油資源を代替するという長期事業ビジョンを持ちつつも、まずは収益基盤を確立するために、高付加価値の化粧品市場に着目、事業化を行った。

(b) 設備投資を必要としないポジションへの特化

前述のとおり、生物の特徴を利用するビジネスを行う上で、多くのケースで大規模な量産施設の投資が必要になる。製品を生産・販売するビジネスではなくても、例えば水・土壌浄化ビジネスなど、エンジニアやメンテナンス要員など、多くの人的リソースを必要とするビジネスも多い。投資資金であれ人員であれ、多くのリソースを要する際に、協業相手を活用するという選択肢もあるが、そもそもそうしたポジションに踏み込まないビジネスモデルを構築するという選択肢もある。特に新興企業にとっては、着想したビジネスを早期に実現するために、こうした選択肢も視野に入れて、事業モデルを策定すべきである。

例えば、排水処理事業を行う(株)大阪生物環境科学研究所社や土壌・地下水の汚染浄化事業を行う(株)バイオレンジャーズは、技術・資材の提供や行うが、売上規模の大きい施工などは敢えて実施しない。なぜなら、現場での施工を実施する為の作業員・機材を確保するために設備投資、また作業の安全管理費用などが必要となるからである。技術・資材提供など設備投資を必要としないポジションへ特化することで、収益基盤を確立させている。

7. 従来品と差別化したプロモーション

(a) “生物・植物”を前面に打ち出した企業・製品イメージ訴求

一般消費者に対して、「このような技術が組み込まれているから機能が優れている」と工学的なアプローチで商品の価値を訴求したとしても、理解が得られにくい。一方、消費者の傾向として「〇〇の生物の機能を応用している」と言われると納得しやすいと、複数の調査対象企業からそうした声が挙がっている。一般的に、生物を利用している商品・サービスは、「自然にやさしい」「エコである」といった良いイメージを持たれやすいためである。

例えば、(株)シャープは、生物の機能・特徴を応用して製品性能を向上させる技術を「ネイチャーテクノロジー」と称して販売している。消費者が目にする全ての白物家電に「ネイチャーテクノロジー」を採用することで、自然を連想させる企業イメージの構築に成功している。

また、(株)積水化学工業は、「樹木の葉の配置を模倣した日よけ」を打ち出したプロモーションを行うことで、製品のイメージを直感的に消費者へ訴求することに成功、他社製品との差別化要素となっている。

(b) SNS 等新しい媒体を活用したユーザー利用シーンの把握

近年企業は、ユーザーの利用シーンをより精緻にかつタイムリーに把握することが可能になった。ユーザーは、SNS 等の新しい媒体を通して自らが利用した商品・サービスの情報を発信する。企業は、こうした媒体を活用して情報を収集・分析することで、自らは思いもよらなかったものを含めてユーザーの利用シーンを把握し、それに合わせた商品開発やプロモーション活動を行うことが可能になる。

例えば、(株)ドウシシャは、SNS を活用してユーザーの声を集め、どういった用途・ニーズで製品を使用しているのかを分析・把握した。その分析結果を活用して、SNS はもちろん、多様な媒体でプロモーション活動を実施している。

VI. 振興方策

成長を続ける企業は、外部環境の変化や事業拡大に伴い、様々な課題に直面していることが分かった。それらの課題に対して、民間企業自身で工夫して打ち手を実行しているが、政府・自治体にしか実行できない効果的な打ち手、つまりは振興方策が存在している。対象企業の取組から把握された成功要因を踏まえ、「製品開発」と「事業化」の2ステップに分けた振興方策が考えられる。まず、製品開発の段階では、生物に関する知見が不足している企業に対して、情報を提供するための基盤の構築等が必要である。また、事業化の段階では、商用段階における補助事業の拡充や、技術の信頼獲得の為に制度の強化等が考えられる。

次項より、今回の調査を通じて想起された振興方策の具体的な内容を記述する。

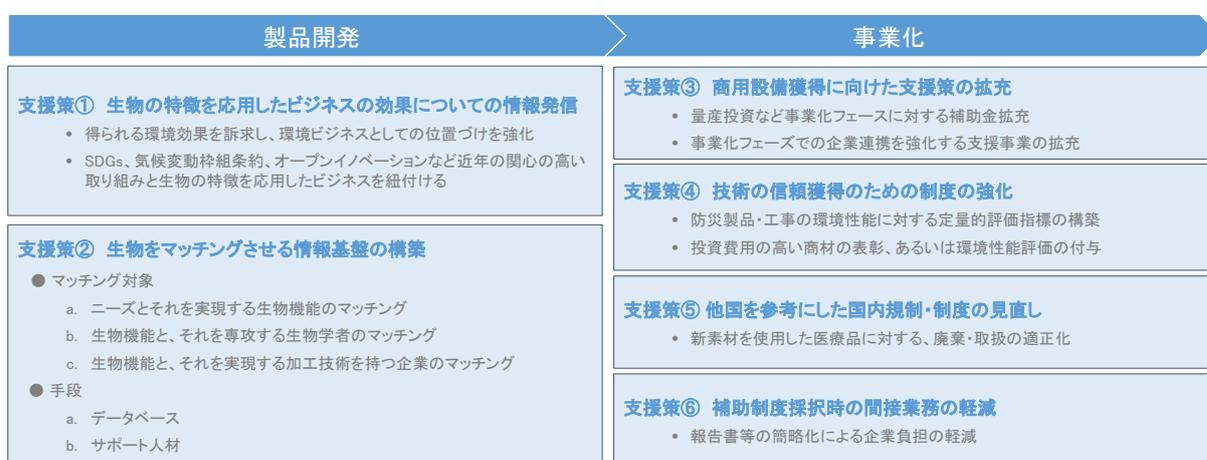


図 76 支援策概要

1. 製品開発段階

1. 生物の特徴を応用したビジネスの効果についての情報発信

生物の特徴を応用したビジネスは、海外と比較して日本国内では認知度が低い。そこで、より多くの企業がビジネスへ生物を活用することを促す為、生物の特徴を応用することによる効果について発信することが有効と考えられる。

具体的には、ビジネスがもたらす環境負荷削減効果に着目し、生物の特徴を応用したビジネスを、気候変動枠組条約など近年における日本の取り組みとして採用するなど、政府起点で積極的な情報発信を行うことが期待されている。

2. 生物をマッチングさせる情報基盤の構築

「生物の特徴を応用したビジネス」固有の振興方策として、生物をビジネスとマッチングさせる為の情報基盤の構築が有効であると考えられる。具体的なマッチング機能として次の3つの項目が挙げられる。

まず、1つ目は、ニーズとそれを実現する生物機能のマッチングである。目標とする製品開発を行うに当たり、求められる製品の性能（ニーズ）の技術的な課題を克服するための構造・機能をどの生物が保有しているか認識されていないことがあり、ニーズとシーズを互いにマッチングする為の情報が必要となる。

2つ目は、生物機能と、それを専攻する生物学者のマッチングである。多くの企業では、生物学を専攻する研究者が在籍していない。生物学に知見のある生物学者の情報を提供することで、企業は社外人材から知見を獲得し、生物の特徴を応用した製品開発を実現することが可能となる。

3つ目は、生物機能と、それを実現する加工技術を持つ企業のマッチングである。生物や植物の複雑な構造を模倣する為の高度な加工技術が提供可能な企業情報を提供することで、製造段階における課題を克服するために有効となる。

2. 事業化段階

3. 商用設備獲得に向けた支援策の拡充

今回調査では、製品開発段階よりも、事業化を実現する段階での補助事業の強化を望む声が多く聞かれた。特に、バイオリファイナリーなどの事業では、実証後の量産へ向けた大規模な生産設備が必要となり、経営リソースの限られる中小企業では設備投資金の確保が課題となることが多い。商用化段階で不足するリソースを補う為の補助事業の拡充が望まれる。

4. 技術の信頼獲得のための制度の強化

生物の特徴を応用した新たな革新的な技術を普及する際、既存技術と比較した周囲からの信頼獲得が課題となる。

環境性能の優れた新たな革新的な技術に対して、公的な立場から技術の認証制度や表彰制度など、信頼獲得に向けた制度の強化が望まれる。

5. 他国を参考にした国内規制・制度の見直し

企業が新規に市場参入を目指す際、既存規制や制度が参入障壁となる場合がある。

他国を参考にした各事業に関連する国内の規制・制度の見直しは、革新的な技術をもつ後発企業の市場参入一助となる他、日本国内の技術発展に向けても重要となる。

6. 補助制度採択時の間接業務の軽減

補助制度を活用する場合は報告書などの書類作成業務が多く、その作業量への懸念から、制度の活用を見送る場合があるとの声が聞かれた。

リソースが限定される中小企業による補助制度の活用を活性化させるため、補助制度採択時の企業側の間接業務の軽減が望まれる。

第5章 まとめ

本年度は“環境負荷の低減や環境保全に向けて、生物の特徴（構造や機能等）を商品やサービスに応用したビジネスを展開している企業”に焦点を当てた分析を実施した。具体的には、環境産業・ビジネスにおける市場の動向・業界構造の分析を踏まえた上で、これら企業の特徴を分析し、成功要因や政策要望等を整理した。

“生物を商品やサービスに応用したビジネス”の特徴として、その他の一般的なビジネスと比べ、「研究・開発期間を短縮できること」、「新しい機能・性能を発揮できること」、「企業イメージの向上につながる事」などの効果があることや「原料として化学物質を使用しないこと」、「エネルギー消費を抑制すること」などの環境負荷削減効果を持つことが分かった。一方で、乗り越えるべき障壁（課題）として、「生物学と工学等他分野の知見の融合」、「微細構造を再現する製造技術の確立」、「大規模生産施設の確保」などがあることが分かった。

成功企業は、いずれもこうした障壁を乗り越えている。具体的には、「生物の特徴とマッチングさせる前の製品ニーズの細分化、産学連携による生物学知見の獲得」、「先進的な加工技術を持つ企業との協業」、「協業による量産体制構築」を行うことで、“生物を商品やサービスに応用したビジネス”を実現している。この他にも、一般的な事業にも当てはまる「付加価値ベースで事業を企画/着想すること」、「それを実現するための仕組みを社内で整備すること」、「収益基盤確立のためのターゲット市場・ポジション選定を行うこと」などを実践することで、事業化に成功している。

ただし、こうした成功を掴んだ企業が、世の中に多数存在する訳ではない。欧米を中心に、生物を応用した企業が多数存在することと比較すると、日本企業の成功事例は数少ない。上記の成功企業のような打ち手を実践できずに成功にたどり着けなかった企業、そもそも生物を応用したビジネスの可能性に気づかなかった企業が多数存在すると考えられる。そこで、国・自治体としては、「生物の特徴を応用したビジネスの効果についての情報発信」、「生物をマッチングさせる情報基盤の構築」、「事業化フェーズでの企業連携を強化する支援事業の拡充」などを支援策として実施することで、より多くの企業が生物の特徴を応用したビジネスを行いうる環境を整えることが求められる。そのための、具体的な環境政策の企画・立案施策に落とし込むための検討が期待される。

第6章 成果の発信・発表

1. 更新の考え方

本業務の成果が、政府だけでなく地方自治体や企業等に有効に活用されるよう、「環境ビジネス FRONT RUNNER」というウェブサイトを開発している。



図 77 WEB サイト「環境ビジネス FRONT RUNNER」
http://www.env.go.jp/policy/keizai_portal/B_industry/index.html

平成29年度環境ビジネスの振興方策検討等委託業務
環境への取組をエンジンとした経済成長に向けて 報告書
平成30年3月

発注者 環境省 大臣官房 環境計画課
受注者 東京都千代田区大手町 1-9-2
株式会社野村総合研究所

リサイクル適性の表示：印刷用の紙にリサイクルできます
この印刷物は、グリーン購入法に基づく基本方針における「印刷」に係る判断の基準にしたがい、印刷用の紙へのリサイクルに適した材料〔Aランク〕のみを用いて作製しています。