

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 5 月 1 日現在

機関番号：11301

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2011～2013

課題番号：23653091

研究課題名(和文) 技術経営のためのネイチャーテクノロジー・データベース構築とそのイノベーション分析

研究課題名(英文) Development of Nature Technology database for technology management and innovation analysis

研究代表者

石田 秀輝 (ISHIDA, HIDEKI)

東北大学・環境科学研究科・教授

研究者番号：10396468

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,500,000円、(間接経費) 750,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、自然のメカニズムを活用した低環境負荷の技術であるネイチャー・テクノロジーに関する総合的なデータベースを構築し、当該技術の研究開発活動に関する経済学的分析を行った。このデータベースには、特定機能を自然から学ぶ意向のある技術者とその技術を保有する生物学者をリンクさせるために、独自に、機能分類、環境ソリューション分類という分類項目を設定し、ニーズとシーズのマッチングをより可能とした。

研究成果の概要(英文)：This research developed the Nature Technology Database and analyzed innovation process. This database is used for technologist or company in order to find a certain technology which is environmental low-burden learning from nature. For easy matching with seeds (biologist) and needs(technologist), function classification and environmental solution classification has developed in the database.

研究分野：社会科学

科研費の分科・細目：経営学・3701

キーワード：ネイチャー・テクノロジー 低環境負荷 環境イノベーション データベース 経済分析

## 1. 研究開始当初の背景

ネイチャー・テクノロジーは、従来と全く異なるコンセプトで生まれたテクノロジー創出法である。それは、これからの厳しい地球環境を認めた上で心豊かに暮らす「暮らしのかたち」を描き、その中から必要なテクノロジーを抽出し、「自然の中」にその解を探すというものである。ネイチャー・テクノロジーは、何かと何かを置き換える、あるいは、利便性のみを追求するテクノロジーとは全く異なり、テクノロジーが、あたらしいライフスタイルを生み出すものである。今求められている「テクノロジーがライフスタイルに責任を持つ時代」を創るための一つのツールである。厳しい環境制約の中で如何に「豊かなライフスタイルを創る」のか、そして、それをどのようにして「自然の中に見つけるのか」という2つの大きな命題に挑戦しなければならない。

後者に関しては、バイオミメティクス、バイオインスパイアードという概念が大きく世界で展開してきた。しかし、自然の中に解を求める方法がいまだ確立されておらず、自然が持つ技術(シーズ)と企業あるいは社会で求められている、あるいは求められるであろう機能やライフスタイル(ニーズ)をマッチングするためのデータベースが必要とされている。

世界に散在するネイチャー・テクノロジーを網羅的に収集し、体系化する試みは非常にユニークである。当該技術に関する総合的・専門的なデータベースは、世界に数件存在するのみである。さらに、いまだに成功を収めたデータベースは登場していない。世界中から収集した当該技術分野の個別技術に関して代替関係・補完関係を把握できる、世界で初めての総合的・専門的なネイチャー・テクノロジー・データベースの構築を目指す。

本研究によって世界最大のネイチャー・テクノロジー・データベースが完成すれば、世界中のネイチャー・テクノロジーに関する情報とエンジニアや生物学者等の研究者が全て集まる場が誕生する。これは、他の研究分野のデータベースと比較しても、類をみない。ネイチャー・テクノロジー・データベースに参加することで、当該技術に関して最新の動向、詳細な技術的情報を知ることができるようになる。当該分野の研究者はこのデータベースを活用することにより、研究開発の重複を避けることができ、共同研究を行いやすくなる等、より効率的に質の高いネイチャーテクノロジーの研究開発を行うことができるという効果も期待される。企業や大学、公的研究期間の研究者のネットワークが生まれ、産学連携や産学官連携が行いやすくなるという効果も期待される。また、多様な専門領域を持つ研究者がこのデータベースを活用するので、異分野の研究者とのコミュニケーションが行われ、既存の分野にはない全く新しい

研究が誕生する可能性も期待できる。

## 2. 研究の目的

本研究では、自然のメカニズムを活用した低環境負荷の技術であるネイチャー・テクノロジーに関する総合的なデータベースを構築し、当該技術の研究開発活動に関する経済学的分析を行った。このデータベースには、特定機能を自然から学ぶ意向のある技術者とその技術を保有する生物学者をリンクさせるために、独自に、機能分類、環境ソリューション分類という分類項目を設定し、ニーズとシーズのマッチングをより可能とした。

## 3. 研究の方法

本研究では、ネイチャー・テクノロジーに関するデータベースを構築する。独自に収集・開発したネイチャー・テクノロジーだけでなく、世界中の当該技術に関する情報(技術名称、発明人または発明企業、発明年月日、技術の要旨、機能、技術開発に際して参考にした生物名、関連特許情報等)を可能な限りデータベースに収録する。個別技術の機能を分類する際には、発明問題解決理論(TRIZ)や構造行動機能モデリング(Structure, Behavior, and Function Modeling: SBF Modeling)等を参考に定義した、独自の機能分類を用いた。データベース利用に際しては、キーワード、機能分類、生物分類、発明した企業、その企業の業種、関連特許等について検索できる機能を実装した。作成したデータベースはウェブサイトを開設して公開し、登録した利用者に関しては自由に各技術の情報を編集できるようにする。閲覧のみの利用者に関しては登録を強制しないものとする。情報の精度を確保するために、一定の周期でデータベース管理者が編集内容を精査し、内容を確認するシステムとする。データベースに公開するウェブサイトには利用者が自由に議論できる場も用意し、情報の精度のさらなる向上と、ネイチャー・テクノロジーに関する人的ネットワークの構築を図る。

また、ネイチャー・テクノロジーに関して小規模なサンプルを試験的にデータベース化し、予想される課題をリストアップして、大規模なサンプルで実施する場合に備えることとした。また、本データベース構築には、バイオ・インスパイアード・デザイン分野の海外の専門家にもヒアリングを実施し、国内外の類似データベース例を比較分析した。

## 4. 研究成果

### (1) ネイチャーテクノロジーのトレンド

近年のネイチャーテクノロジーに関連する動きを概観したい。2010年10月、生物多様性条約第10回締約国会議(COP10)が名古屋

市(日本)で開催され、ポスト 2010 年目標の設定、遺伝資源の利益分配への国際合意、カルタヘナ議定書の「責任と救済」のルールが主に議論されたが、残念ながら各論になると、地球温暖化問題と同様に各国の利益が優先され、大きな進展は見られなかった。その COP10 に先立ち、2008 年にドイツのボンで開催された COP9 を受け、ドイツ政府は「ビジネスと生物多様性イニシアチブ(Biodiversity in Good Company)」を発足し、そのホームページには、既に研究開発がなされ商品化されている「バイオミメティクス(生物模倣)」技術が紹介された。また、資金援助により、国際ネットワークである「バイオミメティクス協会(Biomimetics Association)」を設立、学術的にも異分野連携を強力にすすめる、新分野としての「バイオミメティクス」を国を挙げてサポートしている。そして、2012 年 10 月、ドイツ主導でバイオミメティクスの ISO 化に向けた第 1 回総会が開催された(ISO/TC266 Biomimetics)。

米国では、1990 年代後半にサイエンスライタージェニン・ベニクス女史が「バイオミミックリ」を提唱し、その著「Biomimicry - Innovation Inspired by Nature(自然と生体から学ぶバイオミミックリ)」と共に急速に広まった。ジェニンらは NPO 法人「Biomimicry Institute」やコンサルティング会社「Biomimicry Guild」を設立、あたらしい産業としての取り組みが始まっている。これらの産業が、15 年以内に 3000 億 US ドルを生み出し、160 万人の雇用を創出するとの経済評価例も 2010 年末に出されている。

イギリスでは、2002 年に企業・大学を中心メンバーとする BIONIS というネットワークも設立されている。2000 年前後から、バイオミメティクスに関する論文も急激に増加し始め、2012 年には 1600 報を超え、一つの新しい潮流を創り始めている感がある。

日本では、文部科学省が 21 世紀 COE において「生物模倣ものづくり」や「生物資源の新しい利用」に関するプログラムを採択、経団連は 2009 年に発表した「生物多様性宣言」の第 5 番目に「生物多様性に学ぶ産業、暮らし、文化の創造を目指す」と記し、「私たちは、奥深く計り知れない自然の摂理と、伝統や先人の叡智を学ぶとともに、生物多様性にとって低負荷な事業活動や環境技術の開発を促進することによって、経営革新を図り、持続可能な産業、暮らし、文化の創造を目指す」と解説している。一方、産業界においても、関連するいくつかの商材が市場に投入されている。しかしながら、多くの国が、国策として「生物模倣」をこれからの新しい学問であり、また、新産業創出の起爆剤と考えたシナリオを展開しているのに比べ、日本ではその域には達していない。そのような中で、2012 年文部科学省の新学術領域の一つとして『生物多様性を規範とする革新的材料技術(生物規範工学) Innovative Materials

Engineering Based on Biological Diversity(代表:下村正嗣(東北大学))が、また、『モノづくり日本会議』の研究会として 2009 年「ネイチャーテクノロジー研究会」(コーディネーター:石田秀輝 東北大)がスタートした。前者は主に研究者を中心に、後者は企業の方々を中心にしているが、目的とするところは同じであり、両者の連携によって出遅れ感のある日本のバイオミメティクス研究に地球環境制約やライフスタイルという新しい価値観を加えた革新的なテクノロジー創出システムとして構築したいと考えている。環境省が 2013 年 4 月、持続可能な社会の実現に向け、物質的な豊かさよりも精神的な豊かさに重点を置いた「環境・生命文明社会」を基本概念として政策立案や制度設計に乗り出すことを決定した。このような動きが、大きな潮流になる可能性がある。

## (2) ネイチャーテクノロジーの事例

地球環境問題に直接貢献するという切りで考えると、「蜂の巣のハニカム構造」、軽くて強度が高く、飛行機や船、住宅などの構造材に使われている。ダンボールもこの構造にヒントを得られてつくられたものである。「松ぼっくり」は、湿度が高いと傘を閉じ、低くなると傘を開いて種を放出する。この原理を使って、温度を自動調整する服(smart clothing)が開発された。湿度が高いと糸の隙間が開き、低くなると緻密になることで温度調整が可能である。

人口の増大と気候変動の影響で、水の争奪戦がすでに開始されているといわれるが、砂漠に住む「キリアツメゴミムシダマシ」は実にユニークな格好で水を集める。逆立ちをした虫の背中にはいくつかの親水性の突起が生えていて、これで空気中の水を集める。集まった水が水滴ほどに大きくなると疎水性の背中を転がって口に入るという仕掛けである。ビルの表面に親水性/疎水性のエリアを配置し、空気から水を創ろうという実験も始まっている。

このような事例に基づき、データベース化を試みた。

## (3) ネイチャーテクノロジーデータベースの構築

本研究で構築したネイチャー・テクノロジー・データベースは以下の URL でアクセス可能となっている。

<http://www.naturetech-db.jp/>

この「ネイチャー・テクノロジー・データベース」は、ネイチャー・テクノロジーの情報を集約・統合した日本最大のネイチャー・テクノロジー・データベースとなっている。自然や生き物の持つ低環境負荷かつ高度な機能が、科学技術や産業(商品・サービスの

開発)に応用される機会を促進し、持続可能な社会づくりに貢献することを狙いとしたものである。このデータベースでは、主に以下の機能を提供する。

ネイチャー・テクノロジーの検索  
環境ビジネス、商品・サービスへの応用情報の提供

未知のネイチャー・テクノロジーの発見・研究の促進

ネイチャー・テクノロジー分野の専門家ネットワークの形成

検索においては、自由にキーワードを入力して検索する「キーワード検索」、ネイチャーテクノロジーの機能を選択して検索する、「機能分類検索」、環境ソリューションの視点で検索する「環境ソリューション検索」、ネイチャーテクノロジーがビジネスに応用された事例を検索する「応用業種検索」がある。

機能分類は大分類としては以下の6種類に分類した。

- ・ 資源/エネ/情報の収集・貯蔵  
(水回収、集光、光エネルギーの利用、蓄力、保温、保冷、保水、季節察知、場所把握、公視野、酸素補給、消音、データ蓄積、消臭、受信)
- ・ 資源/エネ/情報の発信・生産  
(発光、発電、発熱、放熱、色変化、におい、噴射、鉱物生成、繊維生成、動力生成、発信)
- ・ 移動・廃棄・循環  
(穴掘り、移動、浮遊、逆流防止、空調、再生、再利用、循環、除去、吸上げ、対流、自己治療、修復、飛翔、分離、ろ過)
- ・ 形状・組織・システム  
(開閉、拡大、形変化、機能分散、環境改良、サイズ変化、質変化、重力利用、分解、自然現象の利用)
- ・ 効率(省エネ、省資源、軽い)  
(エネルギーの効率的な使用、軽量化、空気・水抵抗回避、効率的な配置、学習、高強度、指す、自己鋭利)
- ・ 防御・安定  
(安定、害虫管理、吸着、接着、耐外敵、耐火災、耐風、耐寒、耐衝撃、耐熱、耐光、耐微生物・細菌、耐引張り、長期保存、遮光、防汚、防腐、調光、温度調節、やすらぎ、調湿、断熱、攻撃、生体組織制御、撥水、引掛け、被覆、休眠、凝固阻止)

各大分類は括弧内の小分類に分類される。この機能分類は、約300種類のネイチャーテクノロジーデータを生命科学の専門家、技術専門家、環境科学の専門家による分析を経て、機能に分解した後に、これらの機能を統合した。

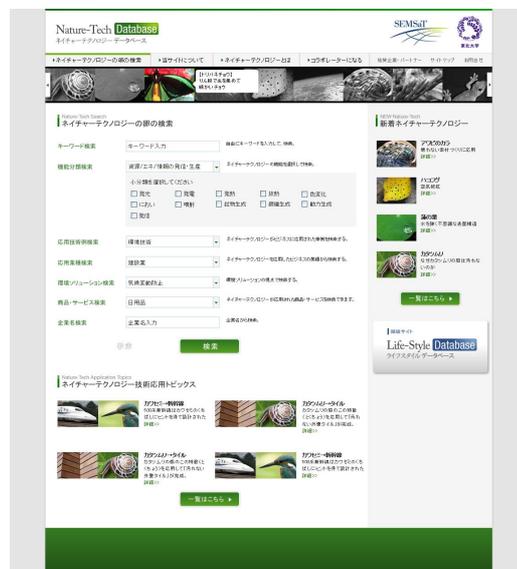


図1 ネイチャーテクノロジーデータベースのトップページ

#### (4) 結論

ネイチャー・テクノロジーに関するデータベース『ネイチャーテクノロジー・データベース』を構築した。これは、生物や自然に存在する低環境負荷なテクノロジーを用いたものづくり及び研究に活かすことに焦点がおかれたものである。世界に存在する同種のデータベースを調査し、それぞれで収録されている情報の種類を整理し、本研究で用いる情報の種類を検討した。特に、独自に、機能分類、環境ソリューション分類という分類項目をつけ、ニーズとシーズのマッチングをスムーズに行えるよう工夫した。また、一般の人でもデータを本データベースに登録できるようにする自発的にデータ数を増加させるためのしくみを導入し、HPを公開した。データについては、既に研究グループが把握しているネイチャー・テクノロジーに関する生物情報と新規に収集した情報の中から約200件のデータを、キーワード、機能分類、生物分類、発明企業、企業の業種、関連特許、関連論文、応用可能性などで検索できるシステムを構築した。本データベースを用いて経済分析を行うために、基礎的な既存研究について論文収集を行った。環境技術の研究開発促進に関する論文、政策と環境技術の研究開発活動に関する論文、ネイチャー・テクノロジーに関する論文である。

また、本データベースのデータ量を増量することで、ネイチャーテクノロジーに関する研究開発活動を行う企業を抽出し、これらの企業とそうでない企業で、生産量や付加価値に差があるか否かを分析し、企業の売上高等への影響について明らかにできる可能性が示唆された。

#### 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計2件)

石田秀輝、自然に学ぶあたらしい暮らしとテクノロジー～あたりまえの未来のために～, 日本機械学会誌, 査読無, Vol.117, 2014年, 74-77.

石田秀輝, 持続可能な社会のライフスタイルとは? -ネイチャー・テクノロジーによる生命文明の創出, 世界平和研究第196号, 査読無, 2013年, 24-34.

〔学会発表〕(計4件)

星川晃城、古川柳蔵、須藤祐子、石田秀輝、ライフスタイル変革のテクノロジーとその設計プロセス、研究・技術計画学会第28回年次学術大会、2013年11月2日～2013年11月3日、政策研究大学院大学、東京

小川敬輔、古川柳蔵、石田秀輝、ライフスタイル変化を伴うイノベーションメカニズム - 冷凍食品を事例として、研究・技術計画学会第28回年次学術大会、2013年11月2日～2013年11月3日、政策研究大学院大学、東京

太田貴仁、古川柳蔵、須藤祐子、石田秀輝、東日本大震災後における消費財の優先度の変容に関する研究 - 家電製品を事例に -、2013年11月2日～2013年11月3日、政策研究大学院大学、東京

岸上裕子、古川柳蔵、須藤祐子、藤翔子、溝口理一郎、石田秀輝、オントロジー工学に基づく楽しみの構造確立への考察、2013年11月2日～2013年11月3日、政策研究大学院大学、東京

〔図書〕(計1件)

石田秀輝、古川柳蔵著『自然界はテクノロジーの宝庫 未来の生活はネイチャー・テクノロジーにおまかせ!』、技術評論社、192p (2013)

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

取得状況(計0件)

〔その他〕

なし

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

石田 秀輝 (ISHIDA HIDEKI)

東北大学・大学院環境科学研究科・教授

研究者番号: 10396468

### (2) 研究分担者

古川 柳蔵 (FURUKAWA RYUZO)

東北大学・大学院環境科学研究科・准教授

研究者番号: 60420006

枝村 一磨 (EDAMURA KAZUMA)

文部科学省科学技術・学術政策研究所・第

### 2 研究グループ・研究員

研究者番号: 20599930

### (3) 連携研究者

なし( )

研究者番号: