

2005年3月14日（月）開催

JFSオープンサロン

「自然に学ぶ技術とは？～38億年の知恵に学ぶコツ教えます」

議事内容

Copyright(C) 2005 Japan for Sustainability All Rights Reserved.

1. ごあいさつ

JFS共同代表 枝廣淳子

みなさんこんばんは。JFSの共同代表を努めている枝廣と申します。今日はバイオミミクリのサロンにたくさんの方に来ていただいて、とてもうれしく思っています。私の名字は枝廣といって枝が広がると書きます。今日のテーマがバイオミミクリという、自然に学ぶ、自然をまねるとのことなので、バイオミミクリ的な名字なのかなあと思っています。

今日のサロンを主催しているJFSについて一言ご紹介したいと思えます。JFSのボランティアの方とかサポーターの方とか、法人会員の方とかたくさん来ていただいていると思えますが、そうでない方に初めてのご紹介をしたいと思えます。ジャパン・フォー・サステナビリティという、少し長い名前のNGOです。日本のさまざまな環境情報を世界に発信することで世界を動かしていきたいと思って二年半前に立ち上げました。世界に発信することもそうですが、日本の中にあるいろいろなものを日本にも発信したいという活動をしている一貫として、今回サロンを開くことになりました。

ちょうど先週、イギリスでブレア首相が、科学者を集めて温暖化について会議を行っていました。IPCCというのをご存知の方多いと思えますが、気候変動に関する政府間パネルというのが2001年にレポートを出して、次の報告は2007年に出されます。その間の中間的な国際会議だったのですが、かなり温暖化が進んでいる、おそらく南極の氷が危ない状況になっていて、100年間は大丈夫だと思われていたのに、もしかしたらわりとすぐに解け始める、そうすると海拔が5メートル上がると言われています。もう一つは海水の酸化が始まっている、アルカリ性の海水が、炭酸ガスが溶けることによって酸化が始まっているという、かなり深刻なレポートが出されています。

みなさんもそういうふうな危機感をお持ちだと思いますが、今の人間の活動というのは、自然のリズムとか仕組みから常軌を逸しているようなかたちに進んでいると思えます。そうしたときに、自然に学ぶ、自然をまねるといのは非常に意味のあることではないかと思えます。自然の生きものは常温常圧で、例えば高熱をかけるとか高圧をかけることはせずに、また強烈な酸とかアルカリや化学物質を使うことなく必要なものを作り出して、ゴミも出さない。そういうふうな自然のサイクルの中で私たちが生きていくことができたら、もしくは経済活動を行うことができれば、今のよう状況にはなっていないのではないかと思えます。

私自身がバイオミミクリに出会ったのはもう随分昔なのですが、たまたま夏休みに世界の昆虫展というのを見に行き、モルフォチョウという非常に美しいブルーに輝くチョウを見ました。あまりにそれをじっと見ていたら、係りの人が「手で囲ってごらん下さい。そのきれいな色が消えるから」と言ったんですね。どういうことかなあと感じてこうして手で囲って光を遮断したら、本当にチョウチョの色が消えました。輝くようなブルーだったんですが、これは羽根に色がついているのではなくて、羽根の微妙な構造に光が反射して今のよう色

が見えているんですよ、ということをお話してくださったんです。そのチョウチョの羽根の構造に学んで布ができています。染色で染めることなく色を付けて、それが実際使われているのですが、そういうかたちで自然から学んだことが実際に私たちの生活で使われています。

いろいろな実例を、今日はお話を聞くことができますと思います。それから、そうした研究を応援してくださっている方々のお話、実際に子供たち、もしくは大人への環境教育を通じて、自然に学ぶ、自然をまねる、その中でどういったことを感じていらっしゃるか、ということをお聞かせしたいと思います。今回のこのサロンは、JFSが日立環境財団から助成をいただいている行ってきたバイオミミクリプロジェクトの一つのまとめというかたちになります。日立環境財団さんは環境と科学の調和、もしくは環境と経済の調和に役立つ活動に助成金を出してくださっていて、このような助成をいただいているプロジェクトを行うことができました。

ということで、いろいろな実際のお話を聞いて、最後がパネルディスカッションです。前の方では、サロン形式で具体的な話をさらに突っ込んでいろいろ聞いていきたいと思っています。どうぞ最後まで楽しんでください。よろしくお願いします。

積水「自然に学ぶものづくり」紹介

(株) 積水インテグレイテッド・リサーチ取締役
前島一夫氏

積水化学の前島でございます。大勢の前で話すのは慣れていないのでお聞き苦しいかと思いますが、おつき合いいただきたいと思っております。自然や生物に学ぶ研究を支援する立場ということで今日はお話させていただきますが、私どもはこういう研究というのはすごいなあと思って、一企業としてやれる範囲内で少しずつやっているという状況です。今日のお話はどちらかといいますと、研究者のみなさんの研究とか活動を紹介するというような内容が主ですので、パネルへのイントロということでお聞きいただければと思います。

ここに二人の天才の言葉が書いてありますけれども、今日のテーマというのは、ある意味ここへ行き着くのではないかと思います。自然に学ぶものづくりというのは、今更言うまでもありませんが、長い進化のときを経て磨き上げられた自然の機能をものづくりに活用することで、生物模倣科学、バイオ技術、あるいは再生可能な資源の活用という分野を対象にしています。後で小林さんからもお話があると思っておりますが、JFSさんではきっちりした定義をされています。

判りやすい事例を2, 3紹介します。

漆やかいがら虫の蠟の活用につきましては、天然物の性能、機能の素晴らしさをあらためて認識するとともに、昔の人の知恵に感心するところでもあります。又後でご紹介があると思っておりますけれども、鳥の機能を模倣し500系新幹線の開発という仲津さんという方がなされた立派なお仕事も有名です。

本日はまず積水化学について少し触れさせていただいて、我々の助成研究の紹介、それから大学でも新しい動きが出てきていますので、その辺の紹介ということで始めさせていただきますと思っております。積水化学では、住宅事業、環境・ライフライン事業、高機能プラスチック事業を三つのカンパニーでやっております。住宅事業が売り上げ比率で50%ありますが、住宅事業をこれだけ高い比率で持っている化学会社という、ちょっとユニークな会社です。

このスライドには暮らしのなかの積水化学という表題をつけていますけれども、歴史的に身近な、みなさんの生活に関わるような製品を数多く提供させていただいています。さきほどありました、住宅、それから自動車とか建築用のガラスの間に挟んでいるガラス中間膜やパイプとかのプラスチック材料や医療用材料とかを幅広くやっている会社です。

積水化学では環境経営というのに力を入れて取り組んでいます。

事業活動に伴う環境課題、それへの対応が中心なのですけれども、一方では自然保護、ある

いは社会貢献活動についても力を入れて進めております。

NGOの自然保護活動への支援、日本経団連を通じての支援ですけれども、かなり前からやらせていただいています。また会社の中ではいろんな事業所ごとに自然保護活動を推進しております。雑木林作りとか、ビオトープ作りというのを社員が中心になって進めています。それから積水化学自然塾ということで、例えば野鳥観察会などを教育研修ということで進めています。これらの活動を通じての地域とのコミュニケーションも大切にしております。

ちょっと話が後先になるかと思いますが、企業の社会貢献ということで、自然に学ぶものづくり研究助成プログラムを位置付けています。企業の社会貢献には、営利活動を通じた社会貢献からメセナとしての社会奉仕まで4つに分類されますが、このうちの現業を活かした能動的な社会貢献という位置付けで、この研究助成プログラムを進めています。

我々はここに挙げてあります三つの活動を行っております。一つが、いわゆる研究者の方への研究助成ということでやっているもの。それから自然に学ぶものづくりフォーラムを年に一回開催しております。さらにコミュニケーション・啓発活動。これらについて少し触れさせていただきます。研究助成は国内の研究拠点に所属することという条件を付けていますが、研究者の方に少額ではありますが年間2,000万円を援助させていただくということで、テーマ募集を行っております。選定する際の考え方としては、「真摯に自然に学ぶというスタンス」で研究を進めているか、またものづくりという意識をしっかりと持っているかという視点を基本に置いています。また、若い人たちやあるいはいろんな大学への配慮することに留意して進めております。

そのなかで三年間やってまいりました。現在、トータルで40件助成させていただいています。助成テーマの分野別件数ということでは、環境・エコ材料分野、ナノテク分野、バイオ分野、こうした3つの分野でほぼ同じ比率で助成させていただいています。それからさきほどもありましたように、対象者の年齢につきましては30歳代までが半分位。このグラフは応募結果ですけれども、初年度は124件いただいたのですけれども、今は約倍近くまで応募いただいています。

応募研究者の年齢層についてはやはり30歳代、40歳前半の脂の乗り切っている方の応募が多く、これはうれしいことです。

応募者の専門分野につきましては、工学博士、理学博士というのがやはり圧倒的に多くなっております。これは私どもがどういうところにアナウンスしているか、私どもの会社がファミリーな領域ということになりますので、食品会社さんとか薬品会社さんであればもっと違う領域の方を対象にしたこともできるのかなと思っています。我々としてももう少し幅広い領域の方からの応募を期待しています。

次にフォーラムを年に一回開催しているということですが、これは単に書類で募集して助成

するという事に留まらずに、この分野の研究に携わるみなさんの交流の場を提供したいというのが動機です。それから新しい研究なり、技術なりが生まれてくるきっかけになるような場になればということで開催しています。これまで二回開催しました。いろいろな企業の方、あるいはNPOの方、大学の研究機関の方、幅広い分野の方から参加をいただいています。私たちは京都の研究所ということで、東京から比べれば田舎のほうでやっておりますので、なかなか人が集まりにくいのですけれども、それでも200人来ていただいているということです。去年はフューチャー500の代表の木内さんと、神崎さんに基調講演をしていただきました。この写真は基調講演とポスターセッションの様子です。このポスターセッションでいろんな人が交流する、あるいは専門的な意見を交わせるといういい場になっていると考えています。これは交流会の場の写真です。これは違った意味でのいい交流ができているのではないかと思っています。

自然に学ぶという視点でのみなさんの研究を、世の中に発信していこうということで少し試みをしています。やさしく自然に学ぶということを伝えようということで、一つはお手もとにお配りさせていただいているような冊子を作っております。これは最初に私どもが意図していたよりも好評でございまして、大学の授業あるいは高校生相手のサイエンスキャンプなどで教材に使われています。それからウェブ。これも分かりやすく作っておりますので、のぞいていただければと思います。それから、『ニュートン』。この雑誌に毎号シリーズで、青少年教育を意識しながら分かりやすい記事と写真を載せて発信しています。ぜひとも一度ご覧いただければと思います。

私どもが関係している研究者のみなさんのほんの一部ですがご紹介させていただきます。まず審査委員をしていただいている長島先生で、天然素材の新しい機能を活用しようとしています。野蚕の優れた紫外線吸収能力をもう一回見直そうということで、日傘を作っておられます。これはある織物会社さんと一緒にやられたようだけれども、一本1万数千円で限定販売したところ、たちまち売り切れたとのこと。

次に紹介するのは名古屋大学 高井教授の蓮の葉に学ぶ研究です。これは先端的な評価技術でもって蓮の葉とかの構造を解析して、それをプラズマCVDという手法で同じような薄膜構造を作られています。丸い水滴になり見事に撥水しております。割合実用化に近い技術じゃないかなと思います。

この写真は大阪大学の吉岡助手のモルフォ蝶に学ぶ研究です。きれいな色の源が蝶の翅の微細構造ですけれども、これをナノテクの加工をやっている方が作ろうと思ったら大変高い技術が必要ということだけ一言申し上げておきます。自然のナノテクといのはすごいなと改めて思い知るところです。

九州工業大学の本田先生の紹介です。水棲生物を模倣したアミューズメントロボットの開発で、イルカの尾ひれを模倣しています。これはパドリングで泳ぐようなものです。先ほどの事例写真はおもちゃみたいなものでしたけれども、こういう技術というのはモーターを使っておりませんので非常に小さくできる。医療用等のいろいろなロボットに展開できる可能性

のある技術です。

それからまた本田先生は子供たち相手に出前工作教室というのをやっております。今までカッターを使ったことがないような子供たちを集めて出前の工作教室をやっておられる。そういう点で志の高い研究者でいらっしゃる、こういう人たちに助成させていただいているのは私たちの誇りです。

これは食品総合研究所の曲山主任研究官の細菌運動に関する研究事例です。細菌は抵抗が高くなるほど速く泳げるというマジックを解明している研究です。小さな細菌にとっては動物の体液中で動くということは、我々が重油の中で泳ぐような感覚と同じであり細菌が必要に迫られて身につけた技です。この辺の研究はおもしろいのですが、私の専門ばかりをやっている場合には絶対に出会うことはないだろうと思います。こういう助成活動に携わっていることの役得です。

これまでは個々の研究者がいろいろなことをやっていることの紹介でしたが、これからはこういう視点をもう少し組織的に大学でも検討されているという事例です。はじめは名古屋大学の21世紀COE、自然に学ぶ材料プロセッシングの創生という名前がついていますが、文科省のある種のプロジェクトです。浅井先生という方がリーダーですけれども、自然の働きに工学的にメスを入れるということで、自然の見事な造型に驚きそこに目を向け、自然界と矛盾しないものづくりを実践されています。同じく浅井先生のプロジェクトの紹介の図表ですけれども、これまでにない自然に学ぶという視点で材料工学をとらえるということで、渡辺華山の「千山万水図」をシンボルとして掲げられています。現実にはとることのできない自然界の山や川を描いております。渡辺華山もあの時代にこういう絵を描くというのはすごいと思いますが、これをシンボルとして取り上げられている浅井先生のご見識にも感心いたします。

同じく文科省21世紀COEのプログラムで、大阪大学では自然共生化学の創生があります。人間と自然が一体となった東洋の自然観を科学技術にもう一度取り入れようということで進められておられます。

最後になりましたが、我々と私たちの活動に示唆と勇気を与えていただいているメッセージについて紹介させていただきます。第一番目に紹介するのは有名なジャニン・ベニユスさんのお話です。『はじまりは、自然の声に耳をかすことから』。では自然の声にどう耳をかせばよいかというのは後で梅崎さんのご講演があろうかとかと思います。非常にプリミティブで大事な視点だと思います。

静岡理工科大学の志村先生は私どもの第一回のフォーラムに来ていただいた方で、半導体分野での非常に有名な先生ですが、それこそ生物の智慧を尊重して学ぶことから始めるのが必要と強調されています。

生物の智慧は「自然に従順である、自然に生きる、自然を活かす、自然に活かされる」ということ。 それに比べて今私たちは？ という問題提起をされています。

志村先生が書いた生物の超技術の本に言葉があるのですが、『人間よ、自然界の深慮遠謀を知れ。風雪に耐え、数百年・数千年の時を生き抜くための、肅々とした木の細胞たちの「死の準備」。完全に家畜と化しながらも、美しく糸を引くカイコの気高き生き様。限られた栄養のもと、共倒れしないために自ら成長を止める竹…。』これは非常に上手に書かれていると思いました。これを見たときに私自身わくわくいたしました。

東京大学の神崎先生の言葉は「創ることを通して、その生物をよりよく理解できる」。まず生物に学び、そしてそれを応用しロボット等をいろいろ作ることによって、かえって生物をまた新しく知るのだということです。

科学ジャーナリストの赤池さんの言葉は『千年という永い永い単位で、地球が生き延びていくためのものづくりを考えよう』ということです。これはさきほどから申している自然を活かそうということの他に、ものづくりに対してこれからいろいろ考えていかなければいけないということだと思います。人間が思いを込めて作らなければ人間にとってもやさしいものは作れない。子供たちによいものづくりをとということも提言しています。やはり次世代を担うのは子供たち。この基準を大事にしようということです。『エンジニアも商社マンも家に帰ればただのパパ。パパの基準で子供のことを考えよう！』非常にあたたかいまなざしの言葉で私は大好きです。

私たちの今後の活動としてはありきたりのことですが、青少年の教育、啓蒙、異分野の技術、研究者の融合そしてグローバル対応に注力していきたいと考えています。グローバル化というのが一つの課題ではありますが、JFSさんの活動に大いに期待しております。今日いい機会を頂けたと感謝しています。

「ラッカセイに学ぶ リン資源の有効活用」

名古屋大学大学院生命農学研究科 助手
矢野勝也氏

みなさんこんばんは。私、名古屋大学農学部の矢野と申します。本日はこのようなサロンにお招きいただきまして大変光栄であります。今日はラッカセイに学ぶリン資源の有効活用という、私が携わっております研究の内容について簡単に紹介申し上げまして、生物を模倣するというところまではいかずに、どちらかという学ぶ一方というのが実感ですけれども、そういった中から見えてくることをお話させていただきたいと思います。特に私は植物の根っこに興味がありまして、なかなかみなさん、根を見るという機会はないと思いますので、目に見えない土の中でいったいどのようなことが起こっているかをお話いたしまして、これが私たちの暮らし、あるいは私たちのいのちにとってどういう意味を持っているのかを考える一つのきっかけにさせていただけるならば、話をした甲斐があると思ひまして、ここに登場させていただいております。

さきほどもタイトルを申し上げましたが、ラッカセイとリンのことについて、中心にお話したいと思います。ラッカセイというのはみなさんご存知のとおり、ピールのおつまみ、ピーナッツですね。これは非常に有名です。みなさんなじみがある、一度は口にされたことがある植物だとは思いますが、このラッカセイがですね、枯渇が危惧されているリン資源として、非常に有効な機能を示すということが分かってきて、そのお話を今日させていただこうと思っております。

ところで、ラッカセイはおつまみとしてよく知られた存在ですが、一方のリンというのは一体何なのか？ というふうにみなさんピンとこないと思いますので、まずは簡単にリンというものが一体どういったものなのかをちょっとお話させていただきたいと思います。

リンは私たちの体の中でさまざまな機能を担っているんですけれども、最も重要なのが、いわゆる遺伝情報を詰め込んでいるDNAですね。DNAという言葉は既に一般化されている、一般の方にも浸透した言葉ですけれども、DNAの一つを作っているのがリンです。そしてそれ以外に、生物にとってのエネルギーの燃料電池でありますATP、あるいは細胞の膜をつくるリン脂質、こういったものに全てリンという材料が必要になっております。そして、これは植物ではそうではないんですが、私たちのように動物では骨ですね。骨というと、すぐカルシウムというふうに思われがちですけれども、実はカルシウムだけではなくて、リンも必要になってくるわけです。このように私たちの体を作るためには、リンというのが必須の元素であります。通常このリンは、さまざまな食べ物を通して、これはラッカセイ、これはトウモロコシなんですけれども、こういったものを食料として、私たちは口の中に入れます。そして、それが体の中で必要なリンを作っている、あるいはDNAを作っている、ATPを作る、骨を作る、そういったことになっています。

このリンが、そもそもどこからやってくるかと言いますと、これは植物、農作物ですね、農作物が吸うリンに由来するわけです。では、植物がどのようにリンを吸っているかと言いますと、土の中に存在するリン酸イオンという、比較的水に溶けた状態で利用するわけです。ところが、このリン酸イオンがどこからやってきたかと言いますと、多くのほとんどの部分は、リン肥料というかたちで、こういうふうには外から私たちが肥料として与えたものに由来するわけです。

実はこのリン肥料というものは、作物に利用される効率が非常に悪くて、100のリンを与えたうちのわずか10パーセントしか、作物には利用されない。残りの90パーセントが、実はほとんど土の中に蓄積してしまうという、非常に効率が悪い性質を持っています。そもそもなぜ植物が、このようにリンを与えた肥料をうまく吸ってくれないかと言いますと、それは土の性質によるわけでありまして。実は、土の中にはアルミニウムだとか鉄、こういったものがたくさんあります。そして、もちろん土壌の中には微生物がたくさんいます。アルミニウムや鉄などはリン酸イオンとくっつきますと、ほとんど水に溶けない難溶性のリン、私たちの骨も実は難溶性のリンなんですけれども、骨よりももっと溶けにくいような、非常に強固な難溶性リンを作ってしまう。そのような土壌の中には、リン酸イオンがこのように少なくなってしまうので、多くの微生物も一種のリン欠乏状態にいつもおかれているんですね。そういうところに、こういう栄養分が与えられると、植物が吸うよりも先に膨大な数の微生物がバクバクっと先に食っちゃうわけですね。このように、一つは無機的な要素と、もう一つは有機物、微生物的な要素によって、与えたリン肥料のうち植物に利用されるのはわずか10パーセント未満。残りの90パーセントは、このように直接植物が利用できないような微量リン資源として、土壌にどんどん蓄積しているわけです。

リン肥料の原料がいっぱいあれば、特に問題ないんですけれども、実はこのリン肥料というのは、生物起源の鉱物であるリン鉱石と言われるものを原料に製造されているんですが、このリン鉱石が、地球上のどこで採れるか、どのくらい採れるのか、どれくらい残っているのか、だいたい推測がついておりまして、実は2050年にもこのままの消費量でいくと、枯渇するのではないかというふうに懸念されているわけです。最も農業生産の持続性を阻害すると思われるのが、このリン鉱石の枯渇という問題であります。このように、リン鉱石が枯渇しリン肥料がなくなると、多くの土壌は基本的にリン欠乏土壌ですので、リン肥料を与えないと植物の成長は著しく劣り、現在の収量を手に入れることが難しくなってくるという事実があります。すごく深刻な問題をここに含んでいるわけです。

そこで、ラッカセイが非常に有用な働きをするというお話をしたんですが、そこにいくまでにお話ししておきたいことがございます。もともと私はラッカセイとリンというかたちで研究をしていたわけではなくて、学生時代には、リンとは全く離れたことを研究していました。土の中にあるこれが植物の根で、白くこういうふうに細かく枝分かれしたのが菌糸なんですけれども、糸状菌の菌糸、植物と糸状菌の共生体である菌根、こちらの共生現象の方に興味を持って研究していました。実はこの菌根の共生というのは、土の中にほとんど動かな

リンを吸収して、それを宿主植物に渡すのに非常に有効な機能を持っておりまして、そこからそもそもリンというのはどういう状況におかれているのか、ということに興味を持った次第であります。

これはマツですけれども、マツは通常、菌根に依存してさまざまなところから養分をかき集めます。これだけ広い菌糸の表面積を発達させないと、うまくこの植物は育たないということを示しております。ちなみにマツタケは有名ですけれども、マツタケは、この菌糸がこういうふうにキノコを作ったものであります。これは樹木だけではなく、一般の農作物でも見られます。こちらはトウモロコシの根っこなんですけれども、トウモロコシの根の中にもある種の糸状菌が入っております。そして、これを酵素処理してやりまして、トウモロコシの細胞壁のみをこのように除去してやります。そうしますと、糸状菌の細胞壁は植物の細胞壁とは違う物質ですので、酵素の作用を受けずに、根の中に潜んでいた菌糸がいっぱい出てくるわけなんです。こんなに植物の中には菌糸が入っているわけです。実は、自然界では、根だけで存在しているのではなくて、このように菌根の状態として、植物の根は存在しているというふうに考えていただいた方が普通です。

このように、菌根の共生に興味を持ってやっていた研究の一つがこれです。そういうときに、たまたま使っていた材料がラッカセイでありました。こちらは、キマメというインドの豆なんですけれども、キマメとラッカセイに共通していることがございます。他の植物が利用できないリン酸源を、何らかのかたちで吸収しているのではないかとということが昔から言われてきまして、それが何であるのかということ、他の研究者の方々もいろいろ調べておられます。こちらは菌根菌がついていないんですけれども、こちらが菌根菌をつけた方です。菌根菌が共生した状態で、はじめてこのような機能が発揮されているということが、私たちの研究で分かりました。このように共生現象というのが、非常に大きな効果を持つんだなあということを実感しました。

ところが、ラッカセイにおいては、ある特定のリン酸源に対して菌根菌の影響が全く出ずに、菌根菌を接種しなくても非常に高いリンの吸収量を示すという偶然の結果をみることができました。それが、実はフィチンだったんです。菌根菌の根が伸びて、この菌糸になるんですけれども、実はこのように細かく枝分かれしている構造が、リンの獲得には非常に重要であるということでもあります。

みなさんよくご存知ですけれども、ラッカセイというのはどういう植物であるか、ということについて簡単にご紹介させていただきたいと思っております。サヤつきの部分は、けっこう市場でも売られていますので、よくご存知だと思えるんですけれども、このラッカセイが実はイモのように、土の中で大きくなっているっていうことは、知らない方がたくさんいると思えます。ラッカセイは、コショウランのように小さくきれいな花を、地上部に咲かせるんですけれども、これは実は、非常に進化の進んだ植物であるということを示唆しております。

このような小さい花を咲かせた後に、その花がしぼみますね。そしてこのつけ根のところか

らどんどん下に伸びていくんです。土の中に潜っていくと膨らんで、このようなサヤを形成する。このようにラッカセイというのは、地上部に花をつけ、そしてそれが枯れて地下の方に潜って行って、地下の中ではじめて結実することができる。このようにちょっと変わった植物なんですね。このラッカセイ（落花生）という漢字は、実はこのように変わった性質に由来するんです。

ラッカセイの変わった性質というのは、花だけではありません。あまりみなさんがお目にかからない根にも、非常に特徴があるんです。何かと言いますと、通常の植物にある根毛と呼ばれるものが、ラッカセイにはほとんどない。全くないわけじゃないんですけれども、自ら脱ぎ捨ててしまうという変わった性質を持っています。これがさきほどのトウモロコシの写真ですけれども、ふわふわと見えているものが根毛です。これは一つの細胞がぎゅーっと伸びたもので、肉眼ではなかなか一本一本は見られないものです。なんとなくもわもわしているなという感じでしか見えません。さきほど、菌根菌が網目状に土の中で伸張することが、養分の吸収に非常に重要であるということを申し上げましたが、実はこの根毛も同じ機能を持っています。根毛の機能と菌根菌の機能には、非常によく似た関係があります。

というお話をすると、根毛がたくさんあれば、それだけ土壌からリンを吸収する能力が強いというふうに思われるんですが、ラッカセイはほとんど根毛を持たないにも関わらず、ものすごいリンの吸収量を示します。なぜそれが可能なのかということが、そもそもの一つのきっかけ、なぞであります。そこで着目したのが、さきほど言いましたけれども、土の中にはリンは実はたくさんあるということです。しかしながら、その中で植物が利用できるリン酸イオンという形式のものが、非常に少ない濃度でしか存在しない。だからこそ、わざわざリン肥料としていっぱい撒かなくてはいけない。ところがそのリン肥料っていうのは非常に効率が悪くて、たかだか10パーセントしか利用できない。

さきほど、土の中にあるアルミニウムや鉄、あるいは微生物に先に食われてしまうということを上げましたけれども、いったい土壌の中にリンはどのような形態で、どのくらいあるのかということに着目しました。そうしますと、実はその土壌の中で、植物に利用されないリン源の20~80パーセントが、有機態のリン酸として存在しているということが分かりました。特に、この有機態リン酸の中で、主要な形態はフィチンといわれるものです。実はこのフィチンは、もともと植物の種子の中に含まれている一種の貯蔵体のリンなんですね。

植物は、その種子から発芽するときにはリンをうまく利用できるんですが、土の中にあると、根はそれを吸収利用できないんですね。これは非常に不思議なことなんですけれども、このなぞが解明できれば、もしかするとこういう植物にも、土壌にある有機態のリン酸を吸収させることができるかもしれません。ただ今のところ、このなぞは全くの手つかずで、未解明であります。いずれにしても、このように土壌中の中にはかなりの有機態のリン酸が存在しているということ、そしてその主な形態がフィチンであるということです。もし多くの一般の農作物がこのような土壌蓄積リンを利用することが可能になれば、リンを施肥するという概念そのものも必要なくなるのかもしれない。実際に現存するラッカセイがそうで

あるように。

これがそのデータでありまして、ラッカセイ、トウモロコシ、サツマイモを土壌の中で栽培します。そこで、さきほどの有機態のリン酸の主要な形態のフィチンを、このように供与量を変えながら栽培いたしまして、そのときのリンの吸収量を見てみました。そうしますと、サツマイモやトウモロコシはフィチンを供与しても、すぐこのように頭打ちになるのに対して、ラッカセイだけがこのようにキューンと上がるわけなんですね。つまりこの結果が示すのは、トウモロコシやサツマイモが吸収利用できないこのフィチンを、ラッカセイは利用することができるということを示しております。

なぜラッカセイで、そのようなことが可能になるのかということについて、私たち研究者は追及したくなりますので、そのメカニズムについて考えてみました。有機態のリン酸というのは、実はこういう形態をしています。カーボンが六つこういうふうには輪状になっている。ベンゼン環みたいなものですね。そこにリン酸が一個ずつついて、こういう構造をしているわけなんですね。このような状態では、植物の根はそのまま吸収利用することができないんですけれども、ここを切るようなはさみを用意してやれば、吸収できるということになります。そのはさみの役割をするのがホスファターゼといわれる酵素なんです。これが作用することによって、このようにリン酸が遊離し、栄養源となるリン酸を根が吸収できるのではないかと、そういうことをラッカセイがやっているのではないかと、ということを実際に検証してみました。

これは、特殊な試薬を用いて赤く着色しているラッカセイの根ですが、さきほどのホスファターゼの活性を示しております。このように、ホスファターゼの活性を視覚化することができます。この原理を利用しまして、酵素活性の強さを画像解析してみました。スキャナで読み取りまして数値化し、さらにすでに酵素活性が分かっている濃淡を参照いたしまして、このようにマッピングすることができるんですね。そして、マッピングしたものを計算によって、ホスファターゼ活性を出してみますと、やはりトウモロコシよりもラッカセイの方がはるかにホスファターゼ活性は高いということが分かりました。そしておもしろいことに、トウモロコシでは、例えばリン酸を十分に与えてもうリンがお腹いっぱいという状態でも、あるいはリンを全く与えずにリンが欠乏した状態でも、ほとんどホスファターゼの活性が上がらない。一方、ラッカセイは、リンをいっぱい与えるとホスファターゼ活性がぐっと下がり、リンが欠乏してお腹が空いた状態だとホスファターゼをいっぱい出して、たくさんのフィチンを分解しようとするということが分かりました。フィチンを与えたところでは、このように下がっています。中間的なところにきますけれども、これはフィチンを与えて、酵素活性で分解したリン酸をバクバクっと食べて、ある程度お腹がいっぱいになったので、このように下がってきたんだというふうに思われるわけです。

以上申しましたように、ラッカセイが他の植物が利用していない未利用資源を利用する能力があるということ、そして、その一つのメカニズムが、土の中にある根が分泌する酵素にあるのではないかとということまで、私たちの研究で分かってきました。けれども、実はこ

ういう知識は、すでにお百姓さんたちは知っているんですね。例えば、ラッカセイはどこで作られているかということ、千葉や茨城、その辺が産地ですね。こういったところは昔、ススキ野原にしか過ぎなかったんですね。このような土は、リンが欠乏するために、作物がほとんど栽培できない。そうした荒地にしか過ぎなかったところで、リン施肥を必要とせずに作られてきたのが落花生であります。このような知恵を、お百姓さんたちは知っていたんですけども、このメカニズムについては分かっていなかったんですね。私たちはメカニズム、既に経験として知られている知識、それがいったいなぜ可能になるのかということを理解し、それを違う部分に応用できないのかということを考えているわけです。

ちょっと時間が超過しているんですけども、最後に簡単にお話したいことがあります。これはまた別の話になりますが、さきほどキマメという植物を私が学生時代に使っていたと、ちらっとご紹介したと思います。これはアフリカのザンビア共和国での実験の写真です。キマメというのは非常に根が深くなっております。キマメの根が2メートルまで伸びていきました。このザンビア共和国というのは、雨が少ない半乾燥地域で非常に水が乏しいところです。ところがそういうところでも、キマメは深い根を持つことで地下にある水を吸収しているわけです。こういう現象はよく知られていることなんですけれども、私たちは、このキマメに地下の水を吸いこませ、乾いた表層土壌に水を散布することができないか、ということに挑戦してきました。その結果がこちらです。

これがトウモロコシですが、よく見るとトウモロコシの成長量、草丈は、キマメに近づけば近づくほど高くなって緑も濃くなっていく。つまり成長量はこちらの方が優れているというような現象がある。なぜかということ、キマメが深層から吸い上げた水を乾いた表層土壌に散布させるということが一つ。そして、このキマメというのは、難溶性のリンを分解する能力もありますので、リンを与えるという機能も持っています。キマメは豆科植物ですので、窒素を大気中から得るわけですけども、窒素もこのトウモロコシに与えるということが可能なんです。このようなものを、もっと旺盛に張り巡らすことができれば、もっと広い範囲でリンや水などの資源を散布させることも可能になってくるんじゃないか。そのために、見えない地下のその作用を知り、それをうまく活用させる方法を何とか探りたいと思い、今はそういう研究もやっております。

以上簡単ですが、終わらせていただきます。

自然のデザインを学ぶ3つの法則

風と土の自然学校・主宰
インタープリター&環境教育プランナー
梅崎靖志氏

こんばんは。風と土の自然学校の梅崎と申します。それでは自然から学ぶための観察と三つのポイントということでお話をさせていただきます。

1. 自己紹介

まず私の自己紹介をさせていただきます。今インタープリターとご紹介いただきましたが、インタープリターって聞いたことある人、手を挙げてください。（たくさんの手が挙がる）ありがとうございます。それが自然の解説や何かをする仕事だと知っている人は？ 結構多いですね。この結果を見ると、かなり特殊な人たちの集まりだと思います（笑）。私のやっているインタープリターとは、自然の言葉を翻訳する、というような意味合いで使われているんですけども、本来は自然だけでなく、歴史や文化などの解説を行う人のことも含みます。アメリカでは、国立公園のパークレンジャーの職種に、インタープリターという解説専門の人がいます。私は大学を卒業してから、茨城県牛久市にある牛久市自然観察の森というところでレンジャーをやっていました。自然解説員のような仕事で、ボランティアの人たちと一緒に雑木林の管理をしたり、子どもたちのイベントを大学生と作ったりもしていました。

この後、実家のある東京に戻り、自然環境調査や環境教育に関わる業務を行うコンサルタントにいました。8年間の地方生活の後、東京に戻ったのですが、地方のリズムになじんでしまったためか、東京は疲れるんですね。それで、また地方に行きたいなと思っていました。ちょうどその頃、田貫湖ふれあい自然塾という環境省が設置する自然学校の計画を担当していたことから、施設の立ち上げを担当することになりました。実際の運営は、富士山のふもとにあるホールアース自然学校が担当するので、そちらに移り、立ち上げなどのいろいろな業務をやりました。

2年程から、フリーランスというかたちで、インタープリターと環境教育プランナーの二つの顔で仕事をしています。環境教育プランナーとしては、たとえば環境教育の施設の計画だとか、環境教育のプログラムの開発などが多いですね。最近では地域振興のお手伝いで、例えばグリーンツーリズムの活動を地域の方たちが行うための企画作りやイベントの実施を通じたスキルアップの研修会などもさせていただいています。

2. 今日お話ししたいこと

ここから本題です。今日お話ししたいことは二つあります。一つ目は自然のデザインワーク。もう一つは、自然から学ぶためのポイントです。自然から学ぶためのポイントは、私がこれまでしてきた仕事の中から、私が話をするのは分かる気がすると思われるのですが、自

然のデザインワークは、なぜ梅崎がそのような話をするのかと思われるでしょう。

少しだけお話しすると、ちょうど去年の今ごろから、自然の中で働く仲間たちとメールマガジンを出しています。自然生活カタログ (<http://www.geocities.jp/sustaina2004/>) といいます。検索していただくと出てくるのでぜひ登録していただきたいのですが、そこで『梅たろうの季節写真館』というのをやっけていまして、そのテーマが自然のデザインワークというんですね。実はバイオミミクリという言葉は、今回この場でお話をするということが決まって初めて知り、なんだろうといろいろ調べてみると、これは自然のデザインとすごく共通することなんだな、だからこういう話をいただいたんだなと分かりました。

3. 自然のデザインワークとは

まず、自然のデザインワークについてお話ししたいと思います。自然の中にあるいろいろなカタチには、デザインの共通性があります。例えば同心円。木を切ると年輪が同心円になっています。他にも波型、枝のかたち、放射状などいろいろあります。例えば枝のかたちを見てみると、樹木は枝分かれしてますね。あれと同じカタチが他にないか探してみると、たとえば川の流れがあります。川は、支流から本流に向かって流れますが、あのカタチはまさに枝のかたちですね。あとは私たちの体の中に目を向けると、血管という川が流れています。やはり枝のかたちと同じデザインですね。樹木は植物。人間は生物、川は地形ですね。全然違うところに同じデザインが出てくるわけで、デザインの共通性があります。

デザインに共通性があるということは、そのカタチには合理的な意味があるのではないだろうか、と考えたわけです。自然が作り出した意味のあるカタチ、これを自然のデザインワークと呼んでいます。メールマガジンでは、自然の中で見つかる様々なカタチとその意味について紹介してきました。

4. 自然のデザインワークの紹介

1) 放射状のデザインが持つ様々な機能 ～同じカタチが持つ複数の役割～

これから、自然のデザインワークを実際にご紹介しながら、自然のデザインが持つ三つの性質を見ていきましょう。自然のデザインにはいろいろなものがあります。

最初にご紹介するのは、放射状のデザインが持つ様々な機能についてです。写真に写っているのはミカンの輪切りですね。東京駅でお昼を食べたときデザートにミカンが出たんです。メールマガジンは二週間に一回出すため、絶えずネタを探しているものです。これも自然のデザインだなと思って、レストランで写真を撮りました。ミカンの持っている放射状の意味は、何だと思いませんか？ いろんな解釈があると思いますが、私はこんな風に考えました。これは、球型の実の中に、果実と種を効率よく配置するデザイン。小さい実がだんだん大きくなっていったときに、うまく球の中に種と果実を配置できるんですね。その結果生まれたのがこの放射状のデザインです。

次は、放射状のデザインが持つ二つ目の機能です。これはタカサゴユリというユリです。こ

れも葉っぱのつき方は、放射状ですよ。どういう意味があると思いますか？ そうですね、太陽光を効率よく受けるためですね。ちょうど上から見たときに放射状になっているというだけでなく、葉は茎を中心にらせん状に生えています。太陽の光を効率よく、立体的にとらえるデザインです。

三つ目、ユウガギク。都心にはなかなかないと思いますが、郊外に行くと結構生えています。これも花びらが放射状なんですね。これは皆さんお察しいただける通り、花びらを放射状に広げることで、「ここに蜜がありますよ」と虫たちにアピールするデザインですね。

最後にご紹介するのはクモです。これも足を見ると放射状に見えませんか？ なぜ放射状なのか、意味を考えてみたんですが、クモの巣はご存知のように、すごく細い糸で不安定ですよ。放射状に足を踏ん張ることで不安定な巣の上で安定して獲物を待つことができる、そのためのデザインなんじゃないかなと思いました。

このように放射状というカタチには、効率よく種や実を配置する、光を効率的に受ける、もしくは虫にアピールする、不安定なところで安定するという様々な機能があります。同じカタチだけでも、それぞれ持っている機能が違いますね。同じカタチが持つ複数の役割というのが、自然のデザインが持つ一つの性質だといえます。

2) 釣り針型のデザインが持つ機能 ～異なる生物が持つデザインの共通性～

次にご紹介するのは、釣り針型のデザインが持つ機能です。ここでは、異なる生き物が持つデザインの共通性について見ていきます。この写真はオオオナモミという植物の実です。実のまわりにはトゲトゲがついていて、トゲの先は釣り針型になっているので動物の毛にくっつきます。子どもの頃、服につけて遊んだ経験をお持ちの方は多いんじゃないでしょうか。大きなカギ爪は動物にくっついて運ばれる、ヒッチハイクが可能なデザイン。こういうカギ爪をつけておくことで、自分は全くエネルギーを使わず移動ができる。そういうデザインです。

次は、アレチヌスビトハギという帰化植物の種が入っている鞆の写真です。この鞆の表面にはとても細かい釣り針型の毛が生えています。写真を見てわかるようにジーパンのズボンにもくっつきます。びっしり生えた細かな釣り針で動物にくっつく。これもヒッチハイクのためのデザインですね。

釣り針型のデザインで三番目にご紹介するのは、マメコガネという虫です。足の先を見るとカギ爪になっていますね。カブトムシやクワガタも同じような足のかたちをしています。昆虫に限らず、どこかにつかまろうとする足先には、こういう釣り針型のデザインがたくさんあります。鳥の足も同じようにカギ爪をしていますね。

植物と昆虫は、それぞれ全く異なる進化をたどってきた生物なのに、「つかまる」という一つの機能を追及する中で、結果的に同じデザインにたどりついたといえます。ここでご紹介

した、異なる生物が持つデザインの共通性も、自然のデザインが持つ性質の一つだといえます。

3) 収納のための様々なデザイン ～状況に応じた多様なデザイン～

最後に、収納のためのさまざまなデザインをご紹介します。これは、求める機能は同じなのに、状況に応じて多様なデザインが用いられている例です。この写真はシダ植物の新芽ですが、うず巻状になっています。この葉は開くと数十センチになりますが、長い葉っぱをうず巻状にすることでコンパクトに収納しています。私たちの身の回りで同じデザインを採用しているのは、延長コードのドラム。コードをぐるぐる巻きにしていますね。あれも長いものをうず巻状にして収納するという点で同じデザインです。

同じ収納でも、タカサゴユリの種は、また違う方法を採用しています。ユリの種は、風に野って飛ぶことができるようにペラペラで薄い膜を持っています。写真を見てわかるように鞘の中に薄い種がたくさん重なって収納されています。ちょうど事務所のキャビネットの中に書類が整理されているのと同じデザインです。重ねることで、薄い種を非常にコンパクトに収納しています。

次に、トウモロコシとミツバチの巣を見てみましょう。この二つに共通するのは、種や小部屋の位置を互い違いに配置することにより、空間を有効利用している点です。たとえばトウモロコシの実には縦方向に列を作って並んでいます。よく見ると隣の列とは必ず互い違いになっています。互い違いにずれることにより、びっしり種を配置することができる。ミツバチの巣もそうですね。ミツバチの場合は、小部屋が横方向に列を作って並んでいます。この小部屋を、隣接する上下の小部屋と互い違いに配置することで、効率よく空間を使っている訳です。

どの例も、効率よく収納という点では共通しているのに、それぞれの状況に応じて多様なデザインを選択しています。

5. 自然のデザインワークから学ぶこと

ここまでの話を少しまとめましょう。ここまで自然のデザインワークが持つ、三つの性質を見てきました。

一つ目はデザインの多機能性ですね。一つのデザインが複数の機能を持っている。具体例としては、放射状のデザインをご紹介しました。

二つ目はデザインの共通性。これは違う生きものでも、同じ機能を求めると同じデザインに行き着くということですね。たとえばオオオナモミの種や、虫の足、そして先ほどのトウモロコシとミツバチの巣もそうですね。同じ機能を求めた結果、全く異なる生物であっても採用しているデザインには共通性があります。

三つ目がデザインの多様性です。求める機能は共通していても、状況に応じて異なるデザイ

ンを採用する。これは、収納のところで紹介しましたが、限られた空間に効率よく収納するという、求める機能は共通していても、長いものや丸いものなど、それぞれの状況に応じて採用するデザインには多様性があるということですね。

これまでご紹介してきたように、自然の持つデザインは、どれを見ても非常に効率的だと言えます。合理的で効率的なカタチを持つ自然のデザインに学び、積極的に日常生活へ取り込んでいくことは、自然のやり方を暮らしに取り込むことにつながります。自然のデザインを通じて自然のやり方を学ぶことは、持続可能なライフスタイルを作っていくためのヒントにつながるのではないのでしょうか。

6. 自然を観察するポイント

パーマカルチャーという言葉聞いたことがある方いらっしゃいますか？ 結構いらっしゃいますね。パーマカルチャーというのは、パーマメント＝永久の、アグリカルチャー＝農業、そしてカルチャー＝文化という三つの言葉から作られた造語です。持続可能な農業、そして文化という意味合いで、オーストラリアのビル・モリソンという方が作られました。日本語では『持続可能な農的暮らしのデザイン』と訳されています。パーマカルチャーは、ビル・モリソンとデイビッド・ホルムグレンの2人が協力して体系づけを行いました。

パーマカルチャーというのは、自然と折り合いをつけながら、持続可能な暮らし方を実践するための方法です。新しい技術、新しい知恵というよりは、日本でも昔から農村部で取り組まれていたような、暮らしの知恵や工夫といったものを再評価して体系づけ、新しい技術である太陽エネルギー、自然エネルギーの利用なども取り込み、自然が持つ永続的な仕組みの中からさまざまなことを学んで、それを農業や生活文化に反映させることを目指しています。つまり、自然と調和した暮らしのデザインを作り上げる、ということに本質があるわけです。

パーマカルチャーの中では、自然をよく観察することを通じて、自然が持つ永続性の中から学び、自分たちの暮らしを作っていくことを非常に大事にしています。そのための基本として、自然の観察が大変重要視されています。自然の中からはいろいろなことを学ぶ。それが持続可能な、自然と折り合いをつける暮らしを作っていく上で大事だということなんです。

先ほどご紹介した自然のデザインワークについても、まず自然を観察することが基本となります。自然のやり方に沿った持続可能なライフスタイルを考える上で、自然から学ぶということがとても重要なポイントになります。

そこで、自然を観察する三つのポイントをご紹介します。

自然を観察する三つのポイントとして、自然の中ではスローダウン＝ゆっくり。二番目がゲットダウン＝視点を低くする。三番目が静かに＝サイレンス。この三つがポイントです。

一つ目の『スローダウン』は、自然の中に入ったときにゆっくり動くということです。例えば都会の人は非常に早く歩きますね。でも、ゆっくり動くことで色々なものが見えてきます。

二番目の『ゲットダウン』は、視点を低くするという事です。立っていた時には気づかなかったものも、しゃがんで視点を換えることで見えてきます。子どもたちは自然の中でいろいろなものを見つけるのが得意ですが、それは彼らの目線が低いことが関係していると思います。

三つ目は『サイレント』、つまり静かにするという事です。例えば、（尾瀬や上高地などの）自然の豊かな場所に出かけても、観光で来た方はみなさん世間話をされているんですね。そうするとなかなか自然の姿は見えない。静かにして耳を澄ますことで、自然の本当の姿が見えてきて、様々なことに気づくことができる。静かにするという事は非常に大切なことなんです。

この三つのポイントを、さらに効果的に使うにはどうしたらいいか。そのためにはまず、焦点を一点に合わせないでぼんやりと広い視野で、全体をとらえるようにする。そして、五感を使ってゆったりとした気持ちで自然に注意を向ける、ということです。

普通は、何かを見る時に一点を凝視すると思うんです。でも自然中では、広い視野で全体をとらえた方が自然の中で起こっている様々なことに気づきやすいんです。では、広い視野で全体をとらえるとはどういうことか、ちょっと実験してみましょう。

両手の指を小刻みに動かしながら顔の正面から耳の横に向かってゆっくり動かして行って下さい。自分の手がどこまで見えますか。なるべく広い視野で見ようとすると、一点に焦点をあわせるのではなく、ぼんやりと全体をとらえた方がよく見えるのがわかりますね。

自然の中では広い視野を持つのと同時に、自然の中に流れる時間に自分の時間を合わせる事が欠かせません。ゆったりした気持ちでないとなかなか自然で起こっていることに気づくことはできないんですね。

自然を観察する3つのポイントとしてご紹介したことは、もともとアメリカ先住民の人たちが、自然の中で活動する時のやり方を基本にしています。そして私も、自然のデザインワークを探す時のように自然に目を向ける際には、こうしたポイントに気をつけています。

7. 自然が先生

自然の知識を得るには、どうすればよいと思いますか？例えば自然をテーマに書かれた本があります。これは大変参考になります。これまで様々な人達が、自然と向き合う中で発見してきたものの集積ですから、大きな財産です。

でも、自然と向き合う中で一番楽しいのは、新しい発見を自分ですということだと思います。そして、自分で発見したことは、とても印象深く忘れません。自然と向き合う中で様々な発見をするということは、非常に楽しい体験です。だから、自分で発見するということを大切にしたいと、いつも思っています。そして、植物や昆虫の名前を知らなくても、自然から新しい発見をすることはできます。

自然が持つ時間の流れに沿って、じっくり自然と向き合うことで、自然は様々なことを教えてくれます。自然の中には、いろいろなヒントや答えが用意されていますから、それを受け取るためには、私たち自身がちょっと立ち止まって、自然に注意を向ければいいんですね。自然が持つ時間の流れにあわせて、じっくりと向き合い観察すれば、自然は様々なことを教えてくれる先生だということがわかります。

普段の暮らしの中では、短い時間の中でたくさんのことをしなければならない場面が多くあります。でも、時間を節約すればするほど、やるべきだと思えることが多くなって、ますます忙しくなり、心はどんどん空っぽになっていきます。地球環境問題について、多くの人がたくさんの知識を持つようになりましたが、自然と自分の暮らしがつながっているという実感は、なかなか湧かないですね。これは、自然が持つ時間の流れに比べて、ずっと速い時間の中で営まれる私達の暮らしのあり方と、深い関係があるのではないのでしょうか。普段の暮らしの中では、意識的に自然が持つ時間の流れに自分の心をチューニングしないと、自然との関わりやつながりが見えてこないでしょう。

自然が持つ時間の流れにあわせてじっくりと自然に向き合えば、様々な自然のメッセージに気づくことができると思います。普段の暮らしの中でも、自分の時間の流れを自然の時間にあわせるよう意識することが、自然から学ぶための最初の一步だと思います。

以上です。ありがとうございました。

自然に学ぶ技術 - 日本からの発信

JFSバイオミミクリプロジェクト

小林 一紀

大変盛りだくさんで、頭がいっぱいになってきていると思うのですが、いろいろな取り組みの紹介がありました。また、いろんな視点がありました。今日皆さんにお話いただいた中から見えてきましたことを整理しますと、いろんな取り組みがありましたけれども、バイオミミクリの定義として、自然に学び模倣する技術であると言えます。それには、二つの特徴があります。一つ目は自然のデザインやプロセスを、モデルやヒントにして人間社会の問題を解決していくということ。二つ目が、その過程で環境負荷を下げていこうということ。

自然に学ぶということは、古代の人類から今までずっと行われてきたことです。環境負荷を劇的に下げようと意識的にやったことは、今までになかったことですが、今それができるときになったと思います。二つの特徴を挙げていますが、このポイントは、自然のデザインを見るということだろうと思います。今日、梅崎さんにお話していただいたようなことは、私たちの日常の中でできるわけです。ただそれだけでは、技術というものにはなかなかつながらないのも事実です。一方で、人間社会に問題があって、こういう問題を解決したいというニーズがある。シーズ、自然のデザインと、ニーズ、人間社会の問題の両方からのアプローチが大切ではないかと考えられます。

いろんな事例がでてきましたけれども、軸を使って整理してみました。例えば、昔から炭を使って、それを生活のいろんなところに役立てる。自然に学ぶ、これはほとんど手を加えずに炭にするという、そのまま活用するものもあれば、作業が入りますが、今日前島さんからお話いただいたようにナノレベルで見えていくと、化学的なプロセスまで踏み込んで、かなり加工して活用していくという二つの見方があります。

もう一方で、集合体として見た場合、例えばバイオマスを利用してみたりするものもあれば、個体でゲンゴロウに学ぶといったものもあります。左下に、バイオマスを活用するというものがあります。江戸時代の知恵などもこの辺りに含まれるのかと思います。左上に、生物体を活用する、個々の生物体をそのまま活用するというものがあります。例えば昆虫が生産する有用なものを、生産する機能をそのまま使って何かに活用できないかと。

次に、動きをまねるという事例があります。例えば、ナンバ走りをみなさん聞いたことがあるかもしれません。これは末続選手が採用して一気に成績を上げて有名になりました。あれは、動物の動きをまねしているのです。実は、馬の動きをまねたものなんだそうです。このように、動きをまねるという事例があります。もっと加工度を上げていくと、形態とか構造をまねるという事例があります。先ほどいろいろな事例の話がありました。例えば、形をまねてみる、構造をまねてみるというものがあります。ここに、数字が書いてありますが、

これは集まった事例の数です。動きをまねるが7事例、形態・構造をまねるが27事例ありました。

更に進むと、化学プロセスに学ぶというのが見えてきます。例えば、ATPだとかDNAだとか現代のナノ技術だとかが見えてきます。生態系に学ぶ、これは矢野さんのお話とつながるのですが、生態系そのものの仕組みを見て学んでいこうというものです。例えば、熱帯雨林のように生産するとか共生をするといったものです。

今回は右の部分を特に注目して事例を集めています。さきほどのナンバ走りは馬に学んだものです。ウエストのねじれがない走り方は、エネルギーのロスが少ない。人間界の問題を解決するもので、オリンピックで金メダルを狙うと、日本で発明されました。矢野龍彦教授が着目して考え出された走り方です。

形態・構造に学ぶ事例については、先ほど前島さんから少しご紹介がありました。実はフクロウのように静かに飛ぶというところから何がつくられたか。新幹線がその原理をまねたものであるということが、我々も調べてみて初めて知りました。JR西日本に現在もいらっしゃる仲津英治さんが開発されたものです。仲津さんは、日本野鳥の会の会員で鳥が大好きであるということで学ばれたそうです。

具体的にどういうことかいうと、新幹線は開発の時に、非常に速いのですが、その分抵抗が大きくなり音が大きくなってしまおうという、騒音を解決しないといけないという問題があったわけです。しかも、日本は世界でも騒音の基準が最も高く、どうすれば速く走りながら騒音を減らすことができるかとずっと頭を悩ませていたんだそうです。その時にちょうど、フクロウは鳥の中で一番音を立てずに飛ぶことができる、ということを知ったそうです。タカなどが大きな音を立てて飛ぶのは、タカが獲物をとるときにわざわざ威嚇をして、獲物が止まってそれを捕まえるためだそうです。一方フクロウは、夜、音を消して獲物をとる。どうしてそんなことが可能なのかと研究されたそうです。

その研究の結果、フクロウの羽根の風きり部分のところに、ノコギリの刃のような細かいギザギザがあるということが分かったのです。それをセレーションと呼ぶそうです。他の鳥にはない特徴で、この羽根で飛ぶと何が起こるかと言いますと、ギザギザのところに空気が当たって小さい空気の渦ができる、大きな空気の渦ができるときに、音がブンブン鳴るわけです。そして、わざと小さい渦を作ることで音が鳴らないようになるという原理を学びました。電車の電線のところに付けるパンタグラフという部分があります。パンタグラフのところに空気が当たって音がうるさかった。この部分にその原理を活用したら、空気の抵抗が低くなって音がしなくなったそうです。

同時に仲津さんはもう一つ問題を抱えていました。新幹線がすごい勢いでトンネルに向かう時に、空気の気圧の関係で、ブーンという大きな音が鳴るという現象です。それが近隣で何キロも離れた人たちにも聞こえてうるさい、という大変な問題がありました。これもほと

んど解決できないのではないかと、思われていました。けれどもそのときに、カワセミが水の中に入るときに、ほとんど水しぶきを出すことなくスーッと抵抗なく水の中に入っていくことに着目され、研究が続けられました。500系のぞみの新幹線の先端のところは、カワセミのくちばしから、先っぽのかたちをそのままねたものだということです。新幹線に何度も乗りましたが、このようなことが活用されていたことにけっこう驚きました。また、空気の抵抗が下がるので、消費電力も下がったということで、環境負荷も下げたという事例でした。

化学プロセスに学ぶというのもいろいろ事例があります。生態系に学ぶというのもいろいろあります。例えば、福岡正信さんという自然農法をされている方が、生態系がもともと持っている力を活かした、生態系のように植物を生産する農法はできないかと考えられました。例えば雑草を抜かないで、もともと雑草と競争しながら力を蓄えて、植物の能力をそのまま生かすように人間が手を加えるという農法です。こういうものも自然に学ぶと言えないだろうか。

自然に学ぶバイオミミクリのような技術というのは、まだまだ可能性があるのですが、まだまだ足りない。どうしたらもっと生み出せるのかを考えてみます。梅崎さんからご紹介いただいたように、日々の発見から発想し、構想を練って研究を続け、最終的に技術に結晶化していくということではないかと考えられるわけです。これが日々の発見だけでも技術にならないし、研究者が研究だけしていても自然の姿と離れてしまう。一連の流れの中で、それぞれがタコツボのようにならずに、つながっていくことが大切なのではないかと考えています。子ども、学生、あるいは私のような都会で日常生活を送っている一般の人々も、日々発見することができるようになるのではないかと思います。更にフィールドの観察ハカセですね。非常に植物に詳しい地域のおじさんとか、やたらと地元の植物をよく知っているおばあちゃんの知恵が活かせるのではと思います。それから、研究機関、大学、企業のようないわゆる先端技術、それを商品や技術にする力を持っている人たちと何らかのかたちで連携がはかれないうるか。

仲津英治さんにお会いしましたが、とてもおもしろい方で、もともとエンジニアなのですが、詩の朗読を学生のころからされたり、日本野鳥の会で活動されたりしている。仲津さんはどうやって新幹線で生物から学ぶということを実践できたのか、それから何か学べないかということを考えてみました。一つ気づいたことですが、ニーズから入ってその解決を幅広く生物に求めていたのだということです。人間界の問題をまず知っていること。例えば、新幹線の騒音が問題だというのに真剣に取り組んでいる。そこから、広く他の分野に目を向けてみる。仲津さんの場合は、飛行機にも空気抵抗の問題があるはずだと、飛行機の専門家にいろいろお会いされたそうです。そこで、飛行機の専門家の方で、日本野鳥の会に入っている方がたくさんいらっしゃるそうで、それで野鳥の会にも入られたそうです。生物に解決を求める。鳥で一番静かなものは何だろうといったときに、フクロウに着目して実用化の研究を構想した。フクロウの羽根はなぜ静かなのか。専門家をコーディネートした。鳥類学の人にも話を聞き、飛行工学の方、金属学の方、物理学の方にも話を聞いて考えられた。そして

最終的に技術化、ビジネス化された。パンタグラフの三角のところをヴォルテックスというふうに言うらしいです。それだけでなく他分野にも展開され、オリンピックのスキー選手が使う靴のところにも、実はこのヴォルテックスの原理が応用されているそうです。帽子にも使われているそうです。

我々がこういうステップを踏むことによって、同じような発想に至れないかなと考えるわけです。このような考え方ができる方は、おそらくエンジニア、仲津さんはエンジニアですけれども、あるいは生態学者であったり、生物学者であったり、製品デザイナー、都市計画家、建築家なども同じような発想ができるのではないかと思うんです。

でもその時に重要なのは、これは仲津さんとの話で見えてきたのですが、生命の基礎リテラシーを持っていることが重要じゃないかと。細かい生物とか、生物学の話はどうでもいいというのが仲津さんの意見です。仲津さんは学生のころ、生物の勉強をしなかったことを本当に悔やんでおられるけれども、学生のころの生物の先生は本当につまらなかったと言われました。だから嫌になってしまったと。細分化して教えるのではなくて、形とか機能を全体像として、もっと基本的な生物の戦略、なぜ鳥は鳥なのか、なぜ渡り鳥は渡るのか、なぜクジラはクジラなのか、クジラは陸から海に戻ったそうですけれども、なぜそういうことが起こったか、なぜある種は長生きしある種は長生きしないのか、こういった視点で教えていくことが大事だろうということをおっしゃっていました。

JFSはいろんな事例を集めましたので、ウェブサイトで事例集を公開していく予定です。英語と日本語で公開していきます。また、教えてくださいというページを作っているいろんな事例を国内外から集め、どしどし紹介していきたいと思っています。それから、引き続き実践者の方インタビュー、今日お話をお聞かせいただいた皆さんのような方にインタビューをしていきたいと思っています。

パネルディスカッション

枝廣

後30分ほどしか時間がないのですが、パネルディスカッションということで、今お話をいただいた、研究を助成されている立場、研究者の立場、そして子どもや大人に対する自然教育の立場のみなさんとお話をしていきたいと思っています。今いろいろお話を聞いていらして、みなさんも、わぁすごいなあとか、おもしろいなと思われたと思います。私が聞いていて、バイオミミクリ、自然に学ぶ、自然をまねるというアプローチの二つ大きな意義を感じることができました。この辺りをお話してから、みなさんのお互いに対するコメントや質問など、それからお話を伺ってきたいと思います。

一つは統合型のアプローチというのかな、これまで割と科学技術というのが、相手とするものを対象化して切り刻んで、細分化して分析をしているいろいろな研究をするというかたちが多かったと思うんですが、バイオミミクリのアプローチの場合は、例えばフクロウでも根っこでも、それをそのままとしてまず受けとめて、切り刻む対象化するというよりも、自分がその中に入っていきような、さっきの矢野さんのお話なんかは、根っこまで入っていったんじゃないかなと思うんですけれども、そういうアプローチなんだなと思いました。

それからもう一つ、例えば前島さんのお話でこれまで助成をされてきた、あるいは応募していらっしゃる分野を見ると、例えば環境やエネルギー、ナノテクやバイオ、メディカルやロボットなどいろいろあるんですね。そういう分野で研究している研究者や科学者は、おそらくそういう分野の学会でこれまで発表してきたし、そういう分野だけでやり取りしてきたんだと思うんです。今回はバイオミミクリ、自然に学ぶものづくりという視点で、そういう縦のいろいろな学会など学問分野を超えたかたちで、自然に学ぶという切り口で、みなさんが出会うフォーラムなりネットワークができているということも、ある意味統合型の一つの特徴かなと思いました。

もう一つ思ったのは、これは前からバイオミミクリの勉強を始めたときから思っているんですが、先ほどの前島さんのお話でも、自然と人間が一体となった東洋の自然観という話がありました。私たちにとっては、自然との共生とか自然に学ぶというのはそれほど難しいことではないし、言われてもすんなり入ってくると思うんですね。私がおもしろいなと思うのは、バイオミミクリの第一人者といわれるベニユスさんをはじめ、欧米で今自然に学ぶという視点が出てきていることです。

欧米は、これまではだいたい自然を征服する対象として見ていました。それに対して、学ぶ対象として、あるいは畏怖の念を持つ対象として自然を見る視点が出てきているのは、おもしろいなと。もっともレイチェル・カーソンの『センス・オブ・ワンダー』とか、ドネラ・メドウズさんという方が『100人の村』で有名な方ですが、エッセイで「森の木々というのは、私たちには分からないけれどいろいろな栄養物をやり取りしているんだ」とよく書いて

います。ある木に何か栄養をあげると、遠く離れた木までそれがちゃんと渡っているらしいんですね。森の木というのは、何か分からないけれど、いろいろなものを渡しあったり、栄養が足りないところにはみんなが栄養を回して元気にしてあげたり、そういうことをしているんだとドネラさんは書いているんです。そういう感覚を持っている人はもちろん欧米にもたくさんいると思いますが、全般的には自然は征服する、もしくは庇護する対象であったところから、もっと自然から学ぶというふうになってきているのはおもしろいなというふうに思っています。

それぞれお話をくださったパネリストの方々の間で、お互いに対する質問とかコメントとかありますか？ いいですか？ そうしたらですね、早速私はたくさんお話を伺いたいと思っていたんですが、一番最初にお三人のそれぞれにお聞きしたいんですが、このバイオミミクリということばで表される、自然に学ぶ、自然をまねる、このアプローチの意義をどのようにお考えになっているのか、例えば前島さんだと、先ほど御社の原料に活かすというところから自然に学ぶものづくりにきていますよね。その辺にどういう意義を認められて、こういう活動をされているのか、そしてやってみてどうだったかを含めてお聞かせください。

前島

先ほど申し上げたように、現実にはまだこのような研究をやっていただける方をサポートしているというような状況ではあります。ただ我々としてはやっぱり思いがございまして、こういうことを大事にしていかなきゃいけないなというのがあります。少し一般論になりますけれども、私は個人的には二つだと思います。

一つは、環境問題といいますが、自然にあるものがその時点時点ではありますが、やはりすごく調和してナチュラルに違和感なくこの世に存在していく。したがって、天然材料とか人工の加工をされていない物を使うことは、環境という視点から見ても合理的な状況になるのだということかなと思います。

もう一つは、やっぱりすごいと。知れば知るほどすごいねと。われわれがナノテクで、例えばこういうものを作ろうとか、例えば半導体の世界でここまで細いものができると言っているのですけれども、生物なんかを見たらもっとすごいことをやってるねと。そういう意味合いで、少し環境という意味からは外れるかもしれないですけども、素直な印象としての驚きと尊敬、それからこうありたいなあというのが動機です。

矢野

私は普段から生物を相手にしていますので、むしろ生物を制御する、コントロールすることをずっとやってきているんですけども、なかなか逆にそれはうまくいかないことの方が多くて、例えば虫がたくさん増える、雑草がたくさん増える、それを化学的にケミカルにやっつけてしまうことは可能なんですけど、それをしてしまうとまたそのしっぺ返しという、さまざまなことを経験してきています。結局どううまくそれとつき合うか。

コントロールすれば良いのかというのは非常に難問でありまして、例えば農家の方が実際に農業生産の現場に行きますと、やはり非常に手間隙をかけるのは、こういう世の中ですとなかなか難しくなってきたりなかなか手が回らない。例えば手をかけてしまうと非常に生産物のコストが上がってしまいますので、市場が受け入れない。そういうところが一種あって、それとは別の価値、新しい価値として有機農業や有機農産物が、逆に新しく脚光を浴びているということになっているんだと思うんです。日頃からそういうところに接していますので、実は自然をコントロールするという事は、非常に大変なことであるというのが実感です。学ぶというか、模倣することの方が主流であり、何かうまく人間が活用できる知恵がないかと探している。そして、おそらくそういうことは私たち研究者よりも、実際の農家の現場の方が経験値として知っているんですね。さきほどのラッカセイの話もそうですし、いろいろな慣行の技術などがあって、そこにあるメカニズムみたいなものを一つずつ解明する、それを解明できれば多くの人がある知恵を共有できる、というところが私たちの一つの仕事なのかなというふうに、そういう思いはありますね。

梅崎

私の場合ものづくりではなく環境教育という視点から、自然に学ぶということを捉えています。つまり、自然体験を通じて環境や暮らし方について学ぶという視点です。私は、環境教育を大きく三つの分野に分けることができていると思っています。まず一つは感性教育。五感を通して自然を認知して感性を育む活動です。レイチェル・カーソンの『センス・オブ・ワンダー』では感性教育の重要性について述べられているわけですが、これが環境教育の基礎になる部分だといえます。二番目に、自然科学教育があげられます。自然科学的な視点で自然のしくみ、生態系のしくみ、あるいは生きものと環境、そして生きものと生きものの関わり方について学んでいく。三番目に、ライフスタイル教育と呼ぶべき分野があげられます。どのように自然と折り合いをつけながら暮らしを作っていくかについて学び、暮らしに生かしていくための活動です。

自然と調和した暮らし方を考える時、自然のやり方に学ぶことが一つのキーポイントになってくると思います。例えば、森は毎年たくさんの落ち葉を落としますが、それは土壌動物や菌たちによって分解されて土に戻ります。あらゆるものを循環させることで、自然の中にゴミは生まれません。循環のしくみに代表されるようにを、自然のやり方には、我々の暮らし方が今突き当たっている壁を乗り越えるためのヒントがあるのではないのでしょうか。そういう意味で自然に学ぶ、もしくはまねるといふことの意味があると思います。また、ぼくらは今すごく自然から離れてしまっていて、自然と自分の暮らしがどのようにつながっているのか全然見えませんよね。だからこそリアルな自然を知ることから、もう一度つながりを結びなおすためのヒントを見つけるという意味合いも、自然に学び、まねることの中にあるのかなと思います。

枝廣

ありがとうございます。今の前島さんのお話とか梅崎さんの話で、たぶん自然をじっと見て、生物の自然の調和している姿、違和感なくこの世に存在している姿を見ることで、きっ

と私たち人間や人間社会が不調和で違和感がある、とすごく感じるんだらうなあと思うんですね。今日のいろいろなお話を聞いていても、自然や生物というのが本当にスマートだなあと。それに対して私たちは本当にかっこ悪いなあとというふうに思ったりします。

矢野さんのお話を聞いていて思ったんですが、例えば手間がかかる、コストがかかるのでいろいろと難しいというお話がちらっとあったんですが、多分自然にいろいろなこと、技術、かたち、デザインを学ぶことができると思うんですが、自然と人間界の大きな違いの一つは、自然にお金がないということだと思っただけです。お金がない世界でいろいろなものが回っている自然から学んだものを、お金がある、お金が中心で回っている私たちの世界で使おうとしたときに、多分また別の壁があるのかなというふうには思います。そこから発想を飛んでですね、今日のテーマではないですが、今日本でも700から800の地域通貨という試みがあります。例えば日本の円とかを使わない、地域だけで使えるお金を使おうと。それもしかしたら、さっき言った木々の間で、森の中で栄養素をやり取りするような、それを支える地域通貨もバイオミミクリなのかなと、今思いながらお話を聞いていました。

先ほど前島さんがこういう自然に学ぶという視点を組織的に入れようと、取り入れようと、例えば大学とかでそういう動きが出てきているとおっしゃいました。それをすごくおもしろいなというふうに思っていて、どういう背景があって今そういう動きになってきているのかご存知のことがあったら教えていただきたいということと、それから矢野さんには実際に研究されている立場で、何らかのそういうアプローチなり自然に学ぶという視点が研究や科学の分野にも入ってきているのを感じていらっしゃるのか、他の研究者の方々はどうなのか、その辺についてお話を聞かせてください。

前島

工学の分野では、こういうことについて今起こったわけではなくて、バイオミメティクスということばはもう随分前にあったわけです。新たにこういうかたちで話題になってきたというのは、やっぱりさっきから申し上げているように、環境の問題がひとつ。大学の先生方も私たちと同じように環境問題への意識向上とともに、専門を突き詰めてきて先端的分野、先鋭的な研究に入る程自然、生物の精緻さにあらためて気づき、もう一度原点に戻ろうかという思いを持った方も増えてきたと思っています。

名古屋大学の先生方がプロジェクトをやられたということですが、まだ数が少ない動きです。個々の先生方についてはその専門分野で、生物はこういうものだという研究は多いのですが、自然に学ぶ、生物に学び応用していく研究はまだそんなに多くない。これからだろうと思っております。少し泥臭い話で恐縮ですが、大学の先生方の成果評価も関係してくると思います。今までのような専門分野だけの論文数だけではなく、研究者個人や大学組織としていかに新しい学際、融合分野を開拓していくかが評価されるようになればこれらの動きも加速されてくると思います。

私たち利益を追求する企業の立場から言えば、もっと難しい問題が残っている。自然に学ぶ技術をどう産業化へもっていくか考えていくかがこれからの大きな課題だなと思っております。

す。必ずしも自然に学ぶ技術がすごいね、これをやっているバラ色だよっていうふうには思っていないくて、製品化出来る技術ともう少し時間をかけなければならない技術を冷静に選択していくことが重要だと思っています。

矢野

そうですね、私個人としては以前福沢諭吉が言ったように、学問の要は活用にあると思います。やはり学問と言わずに知識でもいいですし知恵でもいいですが、それは何かに活用されて初めてそこに価値が生まれるんだと。全てとは言いませんが、やはり知識とか知恵というのは何かに使う。それは別に实用だけではなくて、それを知ること例えばチョウがああいう色をしている、それを知っていることで、ああそうやったんかという、頭がスポンと抜ける感覚というのが私にはあります。やはりそういう感覚は私にとっては非常に快感ですし、例えば、今までつながっていなかったものがあるときに、ぜんぜん違うものがある日一つのつながったものに見えたりする。そのように頭がスポンと抜けるような快感が重要だろうと。

もう一つはそれがもしかしたら活用という、もっと活用という言葉概念を広げて考えると、そういうことも含めていいのではないかというふうに思うんです。もともとは学問、知識、知恵というのは、私たちが現実の生活の中で困っていたり何か課題を抱えていたり、そういうことを突き詰めて考えていく中で思いつく、例えばアルキメデスの原理の発見のエピソードもそうですが、実は私なんかはそういうところにいまして、日々そういう感じで過ごしているので、アルキメデスが裸で走り出したというのは非常に親近感を持つんです。一つはそれだけ快感があるということと、日々自分が自分の生活の中で何か非常に問題を抱え、それが何かかならないかと。そこが非常に私たちの研究の発想でも重要なんです。それが今まで自分が持っていた知識で解決できる、あるいは全く解決できなくても取っ掛かりが得られる、そこが重要な点だと私自身は思っています。

次に大学という大きな組織を見ていったときに、個々の研究者、教授の方々はそういう意識をお持ちなんですけれども、いかんせんそれを社会のニーズ、あるいは社会のニーズとの接点があるものすごくギャップが大きすぎて、その間をつなぐエディタースhipというのでしょうか、大学が持っている知識だとか技術がいろいろあるんですが、それを実際の社会とつなぐ、その橋渡しをされる役割の方、その役割の方が圧倒的に不足している、そういうふうに思います。これは欧米の、特にヨーロッパやアメリカですとそういう機能を持った方々がたくさんいらっしゃるんです。実は日本にはそこがなく、大学と、それこそいわば象牙の塔と称されるようなところと実社会、個々の研究者、学会レベルの中ではそういう意識を持ちながら、実社会の中でうまく活かしきれていない。それはなぜかと言うと、一つはそこに組織的な弱さがあるのではないかというふうに、私が日々大学で過ごす中で思うことです。

枝廣

矢野さん、今の大学、象牙の塔と実社会のつなぎ役がないというお話ですが、今他の場面でも大学や学問の方々と話しをしていますが、一方で研究している人たちは社会の役に立たなけ

ればいけないと思いつつ、社会とのやり取りがあまりにもないので何を求められているのかわからない。全部作ってしまってから社会に対して結局あまり意味がなかったとか、そういうこともあったりするようなんですけど、そういうつなぎ役が欧米にはいるとおっしゃったんですが、例えばどういうかたちのどういう人たちがそういうつなぎ役をしているんでしょう？

矢野

一つは科学ジャーナリズムが発達しているということだと思うんです。例えば研究者の方々が競って『Nature』や『Science』、そういった非常に有名な雑誌に載せたいというふうに思っているんですけども、言ってしまうと日本では『ニュートン』だとか『日経サイエンス』、そういうジャーナルなんですね。一般大衆向けの週刊誌なんです。そういうところで一般の世界に届くことが、届く内容を持った研究を展開するという、そこが重要なんですよ、と物語っているんだと思うんですね。市民のレベルとサイエンスのレベルが機能分化している部分は確かにあるんですけど、もうちょっと近いという感じがします。だんだん大学も最近が変わってきて、以前ですと難しいことを難しく言うのが学者であるという印象があって、今日の私ももしかしたらそうだったのかな、というふうに反省しているのですが、そうではなくて、難しいことをどれだけ易しく語れるのか、これが今非常に重要なキーワードになっていると思います。

枝廣

そうですね、この自然に学ぶ、自然にまねるという話を分かりやすく、一般の人にも通じる言葉で話すことができたなら、その研究だけではなくて、そこからいろいろな影響を受ける人ってもっと広がってくると思うんですね。私の知っている大学でも研究者の人たちにコミュニケーション技法という講座を受けさせて、これまで考えられなかったと思うんですが、いかに自分たちのやっていることを伝えるか、それから人の話を聞くかを大学院に行ってからやっているという話を聞いて、それも一つ社会に近づくための方法だと思います。

もう一つは社会の側からも、例えば先ほどの新幹線の話小林さんがしてくれたんですが、問題があってそれを解決しようとして一生懸命自然を探して、自分たちの研究なり自然からもってこれるものがあると。社会にいる私たちがこういうことを解決してほしい、こういうものがほしいということ、もっともっと大学とか研究者に伝えることができれば、それだったらこれがあるよとか、ちょっと探してみようというふうにつながっていくと思うんです。多分今大学から社会への動きはあちらこちらで見られるんですが、社会から大学へもしくは研究者へという動きが、そういう場もないし仕組みもないので、JFSに限りませんが、NGOなりNPOの役割がその辺にもあるのかなと、つなぎ役としての役割があるのかなというふうに思います。

今度は梅崎さんにお尋ねしたいのですが、自然に学ぶ、自然をまねるということ、実際に自然の中で、例えば子どもやあまり普段自然に触れていない大人を対象にいろいろな機会を提供されていると思うんですけども、そのときに学校の環境教育だったら、いろいろな知

識とか情報をたくさん教わるんだけど、そこで学べるものと違うものを子どもたちが学んでいるとしたらどんな様子なのか、例えば子どもたちがそれでどんなかたちで変わっていくのかを教えてください。

梅崎

私が実際に対象にしている人たちは、子どもたちから大人までいろいろですが、子どもについて少しお話しします。私が所属している団体の一つに、ホールアース自然学校という富士山のふもとにある自然学校があります。そこは年間約6万人に対して体験プログラムを提供しています。提供するプログラムは、例えば1泊15日位の長いものから、こんにちからはからさようならまで3時間一本勝負というようなものまでいろいろです。例えば3時間の中でどれだけ変えることができるかですが、たった3時間でものすごく価値観が変わったらそれは洗脳に近いかもしれないですね（笑）。実際には、そう簡単にはいきません。森の中を歩きながらただ話を聞くだけでなく、五感を使っていろいろな体験をしてもらうんです。例えば始まる時に、「これから森を歩きますが、今まで森を歩いたことのある人いますか？」と聞くと、ほとんどが初めて、ということもあります。

フィールドの一つは青木ヶ原樹海という有名な森です。ここは溶岩流の上に森ができたところで、洞窟もたくさんあるんですが、そこでいろいろな体験をします。修学旅行に来た中学生たちは授業の中で将来何になるか、ということをやっと言われ始める時期だということもあるのですが、最初は森を歩くのは初めて、と言っていた子たちが、3時間のプログラムが終わるころには「自然に関わる仕事もいいよな」と友達同士で話していることもあります。実際に体験をすることで意識に変化を生む点で、実体験の与える影響はすごく大きいと思います。

ぼくらがすごく大事にしているのは、実際に自分で発見する、ということです。これまでのお話の中に、全然違うものがつながる快感ということができてきましたが、これも関連性の発見ですよ。中国やイギリスにこういう古いことわざがあるそうです。『聞いたことは忘れる、見たことは思い出す、体験したことは理解する、発見したことは身につく・腑に落ちる。』聞いたことは忘れる。いろいろな知識を伝えても結局それは忘れられてしまって何も残らない。残るのは発見なんです。だからぼくらは、そのための支援を非常に大事にしています。その場作りをすることは、子どもたちが自分で発見をして、自然から学んでいくきっかけになるのではないかな、と思ってやっています。

枝廣

ありがとうございます。多分ここにいる私たちは会場の方々含めて、自然に学ぶ、自然にまねるバイオミミクリのアプローチをすごく大事だと思っていて、それをあまりまだたくさんの研究者の方や一般の人たちも知らない、それをもっと広げたいなあとみんなも思っていると思うし、そういう活動をされていると思います。

先ほど打ち合わせのときに話をしていてすごくおもしろいと思ったのは、こういうスタンス

で研究なりをすることで単なる事実の発見ではなくて、価値の発見につながるという話です。単に自分が研究していること、事実をいろいろ発見してつなげていくだけではなくて、自分が研究していることがどういう価値があるかと、価値の発見につながるということで、一つの大きな切り口としておもしろいなと思います。

前島さんも何回もおっしゃっているように、すごいなあとかおもしろいなあ、そういう思いをもっともっとたくさんの研究者の方にも味わってほしいし、今日もリンの話聞いても一般の人たちも、うわあそんなふうになっているんだ、おもしろいなあと、今度根っこをちょっと見てみようかなと思うわけです。そういう機会が残念ながら今はあんまりないなと思います。

実際に森に入るといふ話も、これは森林関係の人に話をしていたときに聞いたんですが、デンマーク、スウェーデン、ドイツだったら、この会場でこの3ヶ月の間に森に行ったことがある人と言ったら3分の2位が手を挙げるだろう、と言ってたんですね。ちょっとここで聞いてみましょう。「過去3ヶ月に森に入ったことのある人、何人ぐらいいらっしゃいますか？」…わ、やっぱり結構変わった人がここに来ているのかもしれないね(笑)。他のグループで聞くとこんなには手が挙がらないです。今前の方は見えなかったと思いますが、5分の1位は挙がっていたような気がします。

自然に非常に近いはずの日本人が、あまり森には行かないようになっている。その辺も含めて自然との距離、自然に学ぶスタンス、アプローチをもっともっといろいろな人たちに伝えて分かってもらう、良さを活かしてもらうために何ができるのかな、何をしたらいいのかなと思います。それぞれの助成をされている立場、研究をされている立場、実際に教育されている立場から、もっともっと多くの人にこの幸せやわくわく感を味わっていただき、自然に学ぶことの意義を、もっともっとそれぞれの分野で活かしてもらうために私たちに何ができるかということ、もう一度前島さんからお話をください。

前島

今日のこのサロンのようなアプローチというのは、本当にすばらしいと私は思います。先ほど申し上げましたように、私たちはこういう研究を助成させていただくとともに、冊子とか、『ニュートン』誌上で、非常に分かりやすく伝えるという活動もやっております。これをもっともっと広げていきたいし、それからウェブをもっと活用していきたい。我々の会社のウェブとともに、せっかくの機会でございますのでJFSさんの発信力を大いに活用させていただきたいと思います。

それから、先ほどの大学での動きというお話にも関係してくるのですが、8月の5、6日に名古屋大学21世紀COEプログラムが中心になりまして、大阪大学、同志社大学、私どもがバックアップさせていただく国際学会をやることになりました。これは一つの進歩ではないかと思っております。本日のような集まりも大切ですが、大学の中で自然に学ぶということ、をテーマにした仕組みが動き出すこと、いろいろな人に興味を持っていただくということ、

これが大事かなと思っております。

矢野

先ほど私が根っこに乗り移るという比喻があったと思うんですけれども、実はまさしくそう
でして、そこが非常に重要だなというふうには思っています。日頃よく学生さんにも話を
するのですが、頭だけで分かったことというのはあまりたいしたことがないんですね。分か
るというのは、脳で分かるというふうにみなさんイメージをお持ちかもしれませんが、実は
そうではなくて、身体全体というか、細胞一個一個で理解するものだとは私は思います。

本当に分かったというのは、うまくことばで言い表せないのですが、全体で分かるという感
覚が私にはあるんです。そこが分かると、もう全体図が見える感じで、それこそさきほどの
視野の話ではないんですが、そこでものごとがクリアに見えてくる。本当にうまくいえなく
て恐縮なんですけど、そもそもそういうことではないのかなという気がしてしまっていて、今の世
の中、脳やDNAなどのような一つの機能だけに焦点を当てて、ものごとを見る。科学の世界
はそうなんですけど、そればかりが行き過ぎると木を見て森を見ず、といったことになってし
まいがちなんです。分かるという作業は、私は決して脳だけではなく、ことわざにあるよ
うに腹に収まるとか、胸がすっとするという感覚、肉体に根ざした感動的なものだと思うん
です。それを信用なさった方がいいと思います。頭だけで分かったというのは、実は分かっ
ていない。

もっと言えば分かっていることを私は大切にしたいと思っています。なぜなんだろうと素
朴になること、子どもの発想という話がありましたが、まさしくそうだと思うんです。なぜ
なんだろうということを突き詰めて、今解けなくてもいいからずっと頭の片隅に置いておく
と、あるときこなれて、あ、こういうことだったのか、ということがあると思います。アル
キメデスもずっと頭の片隅にそれを置いていたから、あるとき自分の身体が浴槽に入ること
によって、水があふれる、それによって中に入ったものが何でできているのかが理解でき
るのではと、思いつきですよ。常にそれを気にしておく、心のどこかに留めておく、それが
あるとき偶然の経験の中からものごとが何かつながる瞬間は、それは別に大学、研究者とい
う特殊な人間が日々やっていることだけではなく、日々の生活の中でそういうことがあるは
ずなんだ、というのが私の実感です。

梅崎

さきほどわくわく感が重要という話がありましたが、ぼくらがやっていることはものづくり
には直接つながらない、もっとプリミティブなもっと前段階の基本的なことなんだと、お
話を伺って感じたんですね。自然の直接体験が持つ意味には、自然を知ること、ぼく
らの暮らしとのつながりを知ることのほかに、自然をイメージだけ、映像だけではなくて、
リアルなものとして知ることがあります。今、矢野さんがおっしゃったように
体全体で分かる、つまり頭で理解するだけではなくて、細胞一個一個で理解する、腑に落ち
るといふ発見のレベルまで持っていくには、体験の積み重ねが非常に大きいのではないかと
思います。

ぼくたちの仕事は、人に自然のメッセージを伝える仕事です。そこで先日、演劇という切り口で伝える技術を学ぶための研修会をやったんです。演出家の方に来ていただいて、いろいろなお話を伺い、様々な実習をしました。そこで教えていただいたことに、「見えない汗」の重要性というお話があります。関係があると思うのでご紹介させていただきます。バイオリニストで、世界的に有名なソリストが何時間位練習をしているのかという調査があるそうです。だいたい10年間で1万時間練習をしているそうです。オーケストラのコンサートマスターで約8千時間、非常に優秀な先生で4千時間。結局、練習量、つまり見えないところにかいた汗の量が、演奏家として伝える力にそのまま直結している。例えば、大リーグのイチロー選手も、子どものころからたくさん練習をしている。この見えない汗が実を結んであれだけすばらしいプレイヤーになっている。なぜだろうといつも気にかけることが大事だと矢野さんがおっしゃいましたが、これは、いつも気かけながら見えない汗をかき続けることが、熟成してやがてかたちになるということでしょう。そして見えない汗をかくための基本となるのが自然の体験なのかな、というふうに思いました。

枝廣

ありがとうございました。そろそろ時間になってしまうのですが、3人のパネリストの方、何か最後にコメントがありますでしょうか？ よろしいですか？ それでは最後に一言だけ言って、パネルの部をおしまいしたいと思います。

『ニュートン』に出していらっしゃる、本当にいいなあと思うんですね。ああいうところに出されないとかくまでも学会の論文集を見ないと分からない、普通の人には分からない世界です。ただできれば、『クロワッサン』とか『オレンジページ』、『週間ダイヤモンド』とか学研の『科学と学習』とかですね、こういうところに科学者、研究者の方がもちろん書く必要はないんですが、それぞれ用の言葉がありますので、伝えられるメッセージはきっと同じでもいろんな媒体に出せるんだらうなあと思って聞いていました。

梅崎さんはインタープリターをされていて、私も英語と日本語という意味で通訳をやっているのですが、社会と研究を結ぶようなインターフェースなりインタープリターの役割がもっともっと育つ必要があると思います。よく新しい考え方やイノベーションがあったとして、それを考えつく人とそれを上手に相手に分かるように伝えて広げていく人は、役割は違うだろうと。矢野さんは多分両方できるのかなと。こういうふうにお話してくださいとすごくよく分かるんですが、すごくいいことを考えつくけど、それを一般の人に分かるように話せない方とかがいて、それは多分両方を求める必要はないかもしれない。代わりにちゃんと分かってあげて、それをほかの人に分かる言葉で伝える。例えばそれをチェンジ・エージェント（変化の担い手）と呼んだりしますが、そういう人たちも養成していくことが多分必要だらうなと思って話を聞いていました。

今日遅くまでみなさん熱心に聞いてくださって、きっとコメントやご質問があると思います。時間が限られていてお受けすることができず申し訳なかったと思っています。ある意味

ここへ来てくださってこういうテーマに関心を持ってくださっている方は、みなさんチェンジ・エージェントだと思うので、ぜひいい話を聞いたな、おもしろかったなではなくて、伝えていただきたいなと思います。

一つ簡単なことをお土産に持って帰ってもらいます。これは私が清里に行ったときに、清里のインタープリターの人に教えてもらったことです。夜の森を歩きましょうというプログラムがあって、夜、真っ暗な中を何のあかりもなくみんなで歩いて行くんです。そのときインタープリターの人が教えてくれたのが、みなさんウサギの耳をしましょう。自分の耳の後ろに両手をやってみてください。今はマイクの声しか聞こえないのであまり分からないと思いますが、帰り道一人になって駅から静かなところに入った辺でこれをやってみてください。びっくりする位、いろいろな音が聞こえます。本当に森の中でやったときは、手をやらなかったら聞こえなかった水の音やかさかさっという音とか、本当に聞こえるんです。ウサギや動物の耳が大きくなっているのは、本当に音を聞くためなんだなあと、そのとき実感しました。ぜひ今日帰り道に、森に帰る人はあまりいないと思いますが（笑）、静かなところにきたらウサギになったつもりでやってみてください。これは簡単に人に教えられるので、バイオミミクリでウサギの耳って知ってる？ みたいな話で広げてもらえれば、今日来てくださった方からもっと広がっていくかなと思います。

もっともっとお話を聞きたいと思いますが、お時間の許す方は懇親会で直接お話を伺っていただければと思います。最後にプロジェクトのまとめをやってくれていたJFSの小林の方から、終わりのことばとお願いがありますのでよろしくお願いします。

小林

みなさん、長時間ありがとうございました。JFSのミッションは、日本の持続可能な取り組みを世界へ発信していくことなんですけど、今日のような場も発信していきたいと思っています。みなさんそれぞれご専門の分野がおありだと思うのですが、みなさんにとって新たな気づきがあったらいいなと思っています。お気づきのことを箇条書きでも単語だけでもかまいませんので、ぜひアンケートに書いていただきますようお願いします。こんな気づきがあったということも世界に発信していきたいと思っています。

それからもう一つ、アンケートがあって、持続可能な日本を作るためのアンケートというのがあります。もう一つのミッションで持続可能な日本のビジョンをみんなで描いていきましょうと、統合的なプロセスを今やっています。そこでみなさんが考える持続可能な日本や社会というのはいったいどういうものなのかを、こちらアンケートをして統計を取って、また発表していきたいと思っています。こちらよろしければご協力ください。

