



## 慶應義塾大学ビジネス・スクール

# 慶應義塾大学先端生命科学研究所(A)

## — アカデミック・アントレプレナーシップ —

2010年9月12日、山形県鶴岡市において、慶應義塾大学先端生命科学研究所の10周年記念行事が開かれた。“鶴岡を世界的な学術文化都市へ”を標榜するイベントは、清家慶應義塾長、吉村山形県知事、榎本鶴岡市長のあいさつに始まり、富田勝研究所長は研究所の成果報告を行い、概略次のように述べた。

「山形鶴岡を国際的な学術文化都市にすることは必ずできる。欧米の例を見ても、本当に独創的な研究は大都市ではなくこういう所で行われている。わが研究所の主力技術であるメタボローム解析を、科学技術振興機構は『日本が外国に勝てる強い技術』6つのうちの1つとして挙げている。今後こうした技術をいろいろな分野に応用していくことに力をいれてゆく。4年前にメタボローム解析を使って初めて急性肝炎のバイオマーカーを発見し、アルツハイマー病やがんのバイオマーカーについても内外の研究機関と共同研究をすすめている。環境面では微細藻からオイルをつくる研究をしている。富塚前鶴岡市長が言う『庄内の知的産業としての農業』の面でも、山形の新しい米『つや姫』、庄内柿、ダダチャ豆など地元の農産物のメタボローム解析により『うまみ』や風味について新しい知見を加えている。この研究所から生まれた2つのベンチャー企業はいずれも経済産業省の『光る大学発ベンチャー20選』に選ばれた。2世代後にはこの地が“日本のシリコンバレー”と呼ばれるように、新しい産業の創造に向けて頑張るゆく。」

そのあと、県立鶴岡中央高校生の「研究助手」たち10人が紹介され、6人の外国人研究者が日本語であいさつし、鶴岡に定住した研究者やスタッフ夫妻らが感想を述べた。

慶應義塾大学先端生命科学研究所（先端生命研と略称）は2001年に、高橋山形県知事、富塚鶴岡市長、鳥居慶應義塾長の三者合意により、山形県鶴岡市に創設された。慶應義塾が首都圏以

---

このケースはクラス討論のための資料として、慶應義塾大学名誉教授石田英夫が作成した。ケースは組織体のマネジメントの適切または不適切な処理を例示しようとするものではない。

本ケースは慶應義塾大学ビジネス・スクールが出版するものであり、複製等についての問い合わせ先は慶應義塾大学ビジネス・スクール（〒223-8526 神奈川県横浜市港北区日吉4丁目1番1号、電話045-564-2444、e-mail: case@kbs.keio.ac.jp）。また、注文は<http://www.kbs.keio.ac.jp/>へ。慶應義塾大学ビジネス・スクールの許可を得ずに、いかなる部分の複製、検索システムへの取り込み、スプレッドシートでの利用、またいかなる方法（電子的、機械的、写真複写、録音・録画、その他種類を問わない）による伝送も、これを禁ずる。

Copyright© 石田英夫（2011年11月作成）

外に教育・研究施設をつくるのは初めてであった<sup>[1]</sup>。山形県庄内地域の住民は、日本海に面した人口 30 万余の庄内地方に 4 年制大学を創設し、地域の活性化をはかることを強く望んでおり、慶應大学に働きかけたのがきっかけであった。紆余曲折を経たあと、2001 年に酒田市に本部と学部を置く東北公益文科大学が設立された。鶴岡市には同大学の大学院が設置されることになっていたが、学部と大学院では学生数に大きな差があるため、酒田市と鶴岡市という同規模の都市で、大学開設の資金負担も等しい 2 つの都市間の均衡という観点から、大学院だけではなく何らかの研究所を鶴岡市に設置することになった。慶應義塾は全国の諸地域から大学誘致の希望を受けていたが、山形県は他にないほど強く誘致に努めたため慶應義塾はその熱意に動かされ、東北公益文科大学の設立に同意するに至った。その大学は「公設民営大学」として、山形県と庄内地方の市町村が公費で大学を建設し、慶應義塾が学長以下の人事や大学運営方針をきめることになった。

### 先端生命科学研究所 富田勝 所長

慶應義塾は山形の地に研究所を設立するに当たり、工学部、医学部、環境情報学部という理系 3 学部の教授各 2 名からなる委員会を設置し、研究所の目的や性格を検討したが、結局先端的な生命科学の研究所を設置することに決定した。しかし、自ら率先して山形県鶴岡市に赴任して研究所長になろうと手を挙げる教授はいなかったという。

鳥居塾長は研究所のトップとして湘南藤沢キャンパス（SFC）環境情報学部の富田勝教授に白羽の矢を立て、担当の高橋常任理事は「世界が振り向くような面白い研究をしてほしい」と富田教授に要望した。2001 年に先端生命研の初代所長に就任した富田氏は 42 歳、幼稚舎から慶應育ちで、1981 年工学部を卒業後、留学先の米国カーネギーメロン大学でコンピューターサイエンスの博士号を取得し、同大学に数年間勤務した後、1990 年に SFC 環境情報学部に移った。その後富田氏は 1994 年京都大学から工学博士（電気工学）、98 年には慶應義塾大学から医学博士号を取得した。コンピューターサイエンスでは人工知能に興味があったが、一生かけても出来る仕事ではないことを知った。電気工学では人工知能のアプリケーションの一つとして音声自動翻訳のテーマで学位を取った。医学部には 4 年間通って分子生物学を学習し課程博士号を取得した。DNA の解読が急速に進められるなかで、生命科学の研究にはコンピューターが主役になると富田氏は確信していた。

富田教授は鶴岡の研究所を「統合システムバイオロジー」の世界的センター・オブ・エクセレンスとすることを目指した。それは生物の複雑な細胞を網羅的かつ高速で解析し測定する「分析

<sup>[1]</sup> 米国には 1990 年に設立された Keio Academy of New York (4 年制高校) がある。

技術」と、膨大なデータを理解する「情報技術」を両輪とするものであった。豊富なデータから仮説をつくる、Data-driven な生命科学研究が今後重要になることに富田氏は確信を持っていた。それは従来の生物学のアプローチとは 180 度異なる発想であり、仮説を立てデータを集めて検証するのではなく、仮説なしに細胞の中で起こっていることを計測し、そこから仮説を作ろうというアプローチであった。それに対する生物学者からの風当たりは強く、そんなものは生物学ではないと批判されたが、富田氏には自信があったという。「研究については私の思う通りにやらせてほしい。世界の研究所に伍して成果を出すためには、所長の判断でスピーディに物事を決めることが不可欠」と要望し、関係当事者に受け入れられた。

富田氏の考えでは、日本では中央にいるのが主流で、一級人材は地方に行きたがらないというが、情報技術の発達した現代のサイエンス研究において場所は問題ではないはずだ。自然が豊かで時間が静かに流れる地方でこそ独創的な研究ができるし、人が手をつけないオンリーワンの研究によりブレークスルーが可能になる。30 年後の日本の将来を考えると、わが国のサイエンス研究のありかたを根本から変えてゆかなければならない。“世界が振り向く”ような独創的な研究を鶴岡で行って世界に発信し、国内外から人材が集まってくるような魅力ある場所にしてゆく必要がある。「鶴岡の研究所は面白い、あそこで研究してみたい」と世界中の若手研究者に思わせることが大事だと富田氏は考えた。「優秀な人材は首都圏でないと集まらないというのが日本の現実だ」と何人もの人に言われて、そんなことは絶対にないと闘志がわいてきたと富田氏は振り返る。鶴岡をそのような「通説」の反証例として、地域自身による地域活性化の成功例にしてみせると富田所長は心に誓った。“地域活性化”も場当たりのことばかりしていないで、将来真の価値を生む研究に取り組む必要がある。外国の競合研究機関に比べて先端生命研の研究費は圧倒的に少ないという不利を免れないが、独自の研究を他より早く始めてスピードで勝負する、それが先端生命研の生命線だと富田氏は考えた。さいわい山形県と鶴岡市は安定的な研究資金を保証してくれ、研究プロジェクトの決定や人材採用も研究所長に一任された。

富田所長は研究予算の配分や研究者の動機づけに強いリーダーシップを発揮しているだけでなく、研究所の“顔”として生命科学の学会やステークホルダーとしての山形県、鶴岡市、県民や市民に対しても積極的な PR や啓蒙活動を行った。研究のリーダーとしても活発に活動して多くの栄誉を手にした。1988 年米国立科学財団大統領奨励賞、2002 年日本 IBM 科学賞、2004 年産学連携推進会議・科学技術政策担当大臣賞、2005 年文部科学大臣科学技術賞、2006 年には国際メタボローム学会功労賞を受賞した。その時、富田氏は「メタボロームは生命科学の中核領域になりつつあり、鶴岡をメタボローム研究の一大拠点とし、世界中の研究者を牽引してきたことが認められた」と述べた。2007 年にアメリカの科学誌『Science』に石井伸佳・曾我朋義両氏との共著論文「トランスクリプトーム、プロテオーム、フラクソームの統合による大腸菌の代謝解明」



が掲載されたが、それは「最大規模の細胞分析実験により細胞の頑強性を初めて定量的に実証した」ものであった。2009年には慶應義塾から「福澤賞」を受賞したが、「バイオテクノロジーとITの融合、および医療・食品・環境・エネルギー分野における先駆的な研究成果」が顕著な業績として認められたものであり、研究所からスピノフした2つのバイオベンチャーの設立を支援し、2社が「バイオビジネスコンペ JAPAN 最優秀賞」を受けたことも言及された。

## 研究所の運営方針とスタッフ

上に述べたような経緯で設立された慶應先端生命科学研究所は、山形県と鶴岡市の財政負担で設立され、その後の運営経費も県と市がそれぞれ55%と45%という割合で負担し、県と市の負担額は年7億円であった。富田研究所長は「慶應の研究所が山形県と鶴岡市の補助金をもらっているとは考えていない」と語る。「県と市が決めたプロジェクトに慶應を招致し、慶應はそれに応じてパートナーとして参加したのである。いわば県・市・慶應の合同プロジェクトであり、その目的は『地域の活性化』である。地方自治体が国に頼らず、自力で研究所を作り、その成果で新たな産業を創造し、地域を発展させようという自治体の“意気”を受け止め、よし力を貸そうと考えたのだ。研究成果によってブレイクスルーを起こし、人材を育成し、21世紀の生命科学に鶴岡発の貢献をしようと考えた」と富田氏は言う。「日本はこれまでモノづくりに改善を積み重ねて成功を収めてきた。しかし今後はそれが通用しない。このままだと地方だけでなく、日本全体が確実に衰退するだろう。独創的な研究成果により新しい産業を創り、山形・鶴岡をその成功例として、内外から人材が集まる魅力的な地域にしたいと考えた」と富田氏は語る。

富田氏は先端生命研の設立時にそのミッションと研究分野の構想を次のように語っている。ゲノム情報によって生命の設計図が明らかになったのだから、その情報にもとづき生命をコンピューター上に再現するという研究を行っていく。そのためにいろいろな分野の研究者の協力が必要だ。細胞内の代謝データを計測する「代謝システム解析」、そこで得られた代謝データを統合して細胞をコンピューター上に再現する「バイオイノフォマティクス」、その再現結果にもとづき新しい細胞を設計する「ゲノム工学」、これら3つのグループをつくり、相互に結果をフィードバックさせながら研究してゆきたいという考えで、富田所長はそれを統合システムバイオロジーと呼んだ。

先端生命科学研究所の2011年現在の研究スタッフは56名（専任31名、非常勤25名、他に山形県研修派遣1名）、技術職員57名（職員34名、派遣・委託23名）、事務職員24名（職員16名、派遣・委託8名）、合計137名であった。ほかに、慶應大学湘南藤沢キャンパス（SFC）の大学院生、学部生が半年間鶴岡に滞在して、授業や実験・実習に従事していた。その数は毎年

約 70 人でこれまで合計 700 人に上っていた。2011 年春学期には大学院生 18 名、学部生 17 名が鶴岡で実験・実習に参加していた。高校生対象の「サマーバイオカレッジ」など短期セミナーが毎年開かれており、10 年間に 400 人近い県内外の高校生が参加した。また「市民のための生命科学入門講座」も毎年開催されていた。鶴岡を訪れた学生たちは鶴岡の自然や文化を気に入る者が多く、そのあと研究所のスタッフとして定住する者も少なからずいた。

研究スタッフは有期雇用が原則で、若手は 3 年、中堅は 5 年の任期であるが再任のケースもあり、最長は 10 年であった。テニユア（慶應義塾の定年 65 歳までの在職権）は富田所長と 3 人の専任教授のみで、板谷教授（ゲノム工学）、金井教授（分子生物学）、曾我教授（メタボロミックス）の 3 人であった。地方自治体の予算で運営している研究所であるから有期雇用制は採用せざるを得ない制度であり、また「そもそも有期雇用では嫌だという人は、プロジェクト・ベースでスピーディに成果を挙げようとするこの研究所のカルチャーに合わない」と富田所長は述べている。研究スタッフの給与・福祉水準は、テニユア教授以外は、慶應大学の人事規程に準拠していた。

先端生命研では、医学、薬学、理学、工学、農学などの学問分野の垣根を取り払い、分子生物学・分析化学・情報工学など部門間、プロジェクト間の自由な交流を行っていた。この研究所では所長が決めた大枠の研究領域の範囲内で、研究者が自由にテーマを設定して研究を進めていた。富田氏は文部科学省「科学研究費」のように年次ごとの計画を立て成果を報告する、仮説検証型の優等生的な研究は、独創的な研究には適さないとして、前人未踏の研究課題への挑戦を奨励していた。スパイバー社を創業した関山氏のクモ糸の合成研究や微細藻からバイオ燃料の生産を目指す伊藤研究員のプロジェクトがそうした例である。富田所長は「失敗してもよい、失敗からは学び、人材は成長する」と語っている。

若手に積極的な役割を担わせることで富田所長の指導性は際立っていた。SFC の学部では入学早々の 1 年次からゼミナールに入ることができる。先端生命研では 2009 年から研究所の隣にある県立鶴岡中央高校の生徒から 10 人ほどが、放課後に研究助手の仕事に就きアルバイトをしていた。その高校の大学進学率は 50%ほどであるが、富田氏は研究助手の中から立派な研究者が出てくるに違いないと確信していた。

SFC の学部・大学院や先端生命研の研究プロジェクトの研究成果を学会発表する場合にも、大学院生や学部生が共同研究者として名を連ねるケースが多く、彼らが研究報告の筆頭著者として名を冠して発表することもあった。若手起用の最たる例として、2009 年の日本生物学会、および 2010 年の日本藻類学会では高校生の研究助手が共同著者としてまとめた研究成果をポスターセッションで発表し質疑を受けるといった例も現れた。このような若手重視の研究活動体制は、富田所長の年功主義をとらず対等な研究者として若手を処遇する方針を示すものであり、中学高校

時代から先端的な研究に参加させることで、日本の科学の将来を担う若者に早くから先端的な科学への関心を植え付けことが重要だという富田氏の考え方によるものであった。富田氏は、教育でもっとも重要なことは、教えることではなく「面白さを伝えること」であると強調している。

5

## メタボローム解析技術と曾我朋義教授

曾我朋義氏は1984年に慶應大学工学部応用化学科を卒業して横河電機に入社し、長年分析機器の開発に従事して、2000年に工学博士号を取得した。曾我氏は、科学雑誌で慶應が先端生命研究所を設立する記事を見て、所員採用に応募した。実は偶然にも先端生命研の富田所長とメタボローム・グループの西岡孝明教授（京都大学教授併任）は曾我氏を採用候補者リストに入れていた。富田氏は曾我氏に対して、誕生したばかりの先端生命研のミッションである「統合システムバイオロジー研究の一環としてE-cell（電子細胞）による全細胞シミュレーションを可能にするメタボロームの定量解析をしたい」と語り、曾我氏を研究員として迎えようとした。当時、曾我氏の実家が横須賀市にあったので、湘南藤沢キャンパス（SFC）なら通勤も容易と考えて応募したが、先端生命研の所在地が山形県鶴岡市であることを知っておどろき、着任を躊躇した。しかし富田氏はあきらめず、鶴岡の先端生命研で始めようとしている新しいサイエンス研究について酒を酌み交わしながら熱く語った。富田氏の情熱にほだされて曾我氏はとりあえず鶴岡の研究所で5年間働くことを決意した。2001年2月、着任予定のほかの研究者たちとともに建設途上の研究所を見学に訪れた曾我氏は城下町鶴岡の雰囲気や気候が生まれ故郷の佐渡を思い起こさせること、また鶴岡の自然の豊かさや文化的伝統が気に入りに、慶應義塾大学環境情報学部および先端生命科学研究所の助教授として鶴岡に勤務することになった。

先端生命研に入って1年間、曾我氏はそれまで研究を積み重ねてきたキャピラリー電気泳動装置（CE）と高感度質量分析計（MS）を組み合わせたCE-MS法によるメタボローム解析技術の開発を世界で初めて成功させ、2002年には特許を取得した（特許権者は慶應義塾）。メタボロームとは、低分子代謝物質（アミノ酸・糖質・脂質など）の総称で、CE-MS法を用いるとそれらを網羅的に一挙に解析することが可能となる画期的な技術であった（巻末付属資料1を参照）。現在、先端生命研は44台のCE-MS装置を擁して“世界最大のメタボローム・ファクトリー”となっていた<sup>[2]</sup>。

曾我氏は2003年以降「独創性を拓く先端技術大賞」、科学技術政策担当大臣賞、バイオビジネスイコンペ JAPAN 最優秀賞、全国発明協会会長賞など数々の栄誉を手にした。日本科学技術振

<sup>[2]</sup> その他、先端生命研のバイオリボ棟に入居している研究所発のベンチャー、ヒューマン・メタボローム・テクノロジーズ社が13台、理化学研究所植物科学センターが2台のCE-MS装置を所有し稼働していた。装置の価額は1台約3500万円である。



興事業団はそれを『世界に勝てる日本の技術』の一つと認定した。2003年には富田・曾我両教授は先端生命研発のバイオベンチャー第1号のヒューマン・メタボローム・テクノロジーズ株式会社を創業した。曾我氏は先端生命研と環境情報学部教授としてメタボローム研究の中枢を担う看板教授となり、慶應大学医学部教授も兼務しているが、鶴岡の自然と文化に親しんで定住し、休日には庄内浜で魚釣りに没頭して英気を養っていた。

5

## 研究所スタッフの見解

ケースライターは先端生命研の3人のテニユア教授と研究員たち、研究所に勉強に来ている大学院生、高校生助手らのインタビューを行った。

10

### 金井昭夫教授（専門は分子生物学、分子進化学、発生生物学）

金井氏は国立大学の大学院を出て、米国の国立衛生研究所（NIH）に留学した後、東京都臨床医学研究所でC型肝炎ウィルスの研究に従事し、官民合同の先端的研究プロジェクトERATOでコンピューターによる細胞機能の研究を行った。プロジェクト終了後、2001年創設当初の先端生命研に曾我氏らとともに勤務することになった。金井氏の研究は、機能性RNAの研究が中心で、生命はどこから来たのかを明らかにする基礎研究であった。「研究所の現状では、メタボロームの研究にスタッフも研究費も集中している。重要な研究分野であっても自分の研究室をつくれず、国立大学や国立研究所に移って行った人もいる。この研究所全体が富田所長の“ひとつの大きな研究室”となっている。いずれ私も自分の研究室をどこかで持つことになるだろう。富田所長はSFC教授と兼務で、月に2、3回鶴岡に来るが、研究所長は鶴岡に住むべきだと思う」と金井教授は述べている。

15

20

### 板谷光泰教授（専門は分子生物学、遺伝子工学）

板谷氏は国立大学の大学院を出て、ポスドクとして米国NIHに3年間勤務したあと、三菱化学の基礎研究所に20年間勤務した。2001年より先端生命研の兼任となり、2006年から正式に環境情報学部と先端生命研の教授となった。「この研究所は大きな部屋に多数の研究者が同居し、専門部門の壁があまりなく融合している」と板谷氏は語る。板谷教授の現在のグループは講師2名、技術者4名、大学院生2名、学部生2名からなっており、ゲノム工学を目指す研究を行っていた。「県と市からお金を持ってくるのは富田所長だから、すべての論文に研究者の名前と富

25

30

田氏の名前がつく。富田さんはプロデューサーとしての仕事が巧みで、研究所長の適任者といえる。富田さんはPRが上手で、マスコミを使って研究所の存在感を示している。研究者にもできるだけ早く発表しなさいとハッパをかけて、成果をいち早く出させ、研究所の成果をアピールしている」と板谷教授は語っている。

5

### 曾我朋義教授（専門はメタボロミクス、分析化学）

「研究所の創設当時、メタボロームは注目されておらず、それほど期待もされていなかった。しかしそれが研究所の中心になり、メタボローム・グループは研究スタッフのほぼ半数を占めている。富田さんのコンピューターで細胞を理解するという発想、バイオインフォマティクスは画期的な発想だったが、だんだんコンピューターからメタボロームに軸足を移すようになった」と曾我氏は語る。「有期雇用制は難しいところだ。日本の大学はほとんどがテニユア（終身雇用）制だから、それを捨ててまでここに移ってくる人はあまりいない。本当に優秀な人は若くてもテニユアにすれば、この研究所に不可欠な人材を失うこともなくなると思う。世界から人材を惹きつけるのも容易なことではない。国際的な給与格差もあって、若い優秀な人材はアメリカに行き、名声を得ると自分の国に戻ってしまう」と人材面の問題を曾我氏は指摘している。研究員の業績評価は、3人のテニユア教授が毎年スタッフの面接を行い、富田所長に報告していた。研究成果によって給与ボーナスにはほとんど影響しないが、昇進の差はやがて出てくるし、研究費やスタッフの配分に差が現れる。研究成果を上げていない人でもある程度は十分な待遇なので、米国のようにもっと厳しく処遇してもよいと思う。今後の10年間、優秀な人が集まり、確保できるようなシステムを構築する必要がある」と曾我氏は語っている。

15

20

### 伊藤卓朗研究員（専門はメタボロミクス、植物生物学）

伊藤氏は鶴岡市の出身、鶴岡高専、弘前大農学部を経て東北大学大学院で生命科学博士号を取得し、2006年に先端生命研に公募で採用された。富田所長に「面白い研究を自分で考えてほしい」といわれ、植物に興味がある伊藤氏は石油をつくる藻があると知って、広く微細藻の採取を行った。細胞内のオイルを作る代謝の解明に先端生命研の主流をなすメタボローム解析がフィットしていることから、曾我氏のアドバイスを受けながら研究を進めていた。伊藤氏はJSTの『さきがけ研究』（大挑戦型）プロジェクトに選ばれ、5年間で4千万円の研究費を獲得しており、研究所内の交渉で研究スタッフの増強をはかり、目に見える成果を出したいと語っている。

30

伊藤研究員は「オイル産生藻の研究は世界的に行われており、競争は激しい」と言う。「よい



藻を発見して、品種改良によりオイル生産能力を大きく上げる段階に来ている。安定したオイルを大規模に生産するには、なお2, 3年を要するだろう。バイオベンチャーをつくるというのもひとつの選択肢だ。そのためにも、オイル生産性の高い藻を独自に複数見つけ、さらに遺伝子操作技術により品種改良する技術の開発に努めている。パイロット・モデルは3年以内にでき、5年もすれば実用化にこぎつけられると思う」と伊藤氏は語った。

伊藤氏とともにオイル産生藻の研究をおこなっているのは、雇用されたスタッフが2人、大学院生2人、高校生助手3人であった。伊藤氏は最初3年の有期雇用だったが、そのあと1年ごとの契約で最長10年という雇用関係にある。研究評価は、3人のテニユア教授が年1回各研究員を面接した結果を研究所長に報告し、富田所長が最終的に決定していた。有期雇用制について、伊藤研究員は「判断が難しいが、評価システムが透明であればよいと思う。給与水準は地域の標準並みだろう。ほかの大学に研究に適したポストがあれば動くかもしれない。研究職はつねに流動的である」と述べている。「メタボローム・グループのリーダー曾我さんは医療分野に関心が強いが、私はオイル産生藻によって人類に役立つ研究をしたい」と伊藤氏は述べた。「学部生や高校生など若手の活用を始めた当初は不安だったが、本人に好奇心とやる気さえあれば成長することがわかった」という。高校生助手の1期生のひとは学会発表をこなした後、SFC環境情報学部のA0入試に合格し、現在も伊藤氏とともに研究していた。

この研究所の別棟には、共同研究のパートナー企業や研究機関も入居しているが、理化学研究所は先端生命研の初期の頃から鶴岡を植物研究の拠点としていた。横浜にある理化学研究所植物科学研究センターのサテライト拠点であるが、拠点長の及川彰氏は理研の研究者1人、技術者2人、慶應の技術者2人でグループをつくっていた。理研側はおもに基礎研究、慶應側は応用面を分担しているという。及川氏は先端生命研の特任講師として授業も担当していた。農業県山形の農産物・食品などの機能成分を2台のCE-MSを用いて解析を行っているが、それは地域経済に貢献するところが大きいと及川氏は語った。

この研究所には外国人研究者が7人勤務していた。専任スタッフは4人で、国籍はカナダ、シンガポール、イギリス、マレーシアであった。カナダのマルタン・ロベール氏の専門は生化学・システム生物学・メタボロミックスであるが、日本の製薬会社の筑波研究所を経て先端生命研に勤務して6年になる。日本が好きで、鶴岡のように小さい町でも研究環境が良く、おかげで先端的な研究ができると述べた。「富田所長は素晴らしいリーダーで、よく人の話も聞くマネージャーであり、よい意思決定者でもある。3分野の博士号を持つ人は欧米でも稀で、学際的な研究者として多分野にわたって分かる人だ。一から立ち上げた研究所として、この10年間よい成果を上げたと思う。最近では地域との関係も成熟しており、地域産品などへの関与を深めている。ここでの経験は、日本でも外国でも次の仕事に役立つだろう」とロベール氏は述べた。

先端生命研では多くの女性が働いており、技術者が41名、事務職は18名であった。この研究所にはスタッフの子供のための託児所が設置されており、生後3か月から3歳までの乳幼児10人が現在入っていた。

5 2人の女性研究員のうちの1人で勤続8年になる特任講師、斉藤菜摘氏（専門は生化学・メタボロミクス）は薬学博士で、国立食品総合研究所を経て先端生命研の研究者になった。「この研究所は富田さんの考えにより、講座制はなく各研究グループの壁が薄いことが良い。研究者は各々独自の研究を行っているが、ほかの人とのコミュニケーションはよい。この10年間研究所は大きくなり、敷地や建物は何倍にもなった。研究環境や設備は非常に良い。研究所の成果もあがっていると思う。有期雇用制は他の大学にも普及しており、一定の期間に研究成果を出す10 ことが求められる研究職なので必要な制度だと思う。一方で最初に短い期間を提示されればどうしても自分のことだけを考えがちになる。組織のことを考えながら成果を出す人材を求めるのであれば、雇用延長などの選択肢があってもよいと思う」斉藤氏は述べている。

15 鶴岡の先端生命研は慶應大学 SFC の環境情報学部および大学院政策メディア研究科と密接な関係を持っていた。富田所長以下3人のテニユア教授は環境情報学部教授を兼務しており、SFCには研究実験施設がないので、環境情報学部生や大学院生は先端生命研に滞在して実験や研究に従事していた。

20 ケースライターは2人の政策メディア研究科大学院生に話を聞いた。彼らは環境情報学部1年の秋にゼミに入ったが、2年の夏休みと春休みに1か月鶴岡に滞在して以来、鶴岡の研究所が主たる研究の場となり、SFCと鶴岡の研究所の間でテレビ会議がしばしば開催されていた。一人は高校3年の夏に先端生命研の「サマーバイオカレッジ」に参加して、ほかの学部（理工学部など）の雰囲気との違いを知ったという。鶴岡の研究所では人々が明るく仕事を楽しんでいる感じで、スタッフや学生と話してみると彼らに“覇気”のようなものを感じたという。学会発表などを聞きにいくと、研究所の若い研究者は自分の研究に対する“想い”が強いと思ったという。ほかの学部では学生や若い研究者は先輩や先生の“お手伝い”という役割だが、この研究所では25 自分のテーマを自分で決められるので思い入れも強くなるのだろうという。

オイル産生藻の研究助手を務める2人の高校生に話を聞いた。

30 阿部博明君は高校生助手制度の第1期生として初めて採用された4人のうちの1人である。中央高校の3年生になるときに応募して1年間先端生命研で働いた。彼は高校の科目では「調理」に興味を持ち調理師になりたいと思っていた。2年生になって生物に興味を持つようになり、バイオの何かを研究してみたいと考え、先端生命研の助手に応募した。助手の仕事は単なるアシスタントではなく自分のテーマを持つように言われ、藻の研究グループに配属された。彼は自然界から新しい藻を見つけるというテーマを選び、たくさんのオイルを貯められる生産性の高

い藻を発見することができた。研究を続けていて、慶應大学 SFC の A0 入試受験に向けて勉強した。高校卒業の直前に熊本で学会に出席し高校生向けのポスターセッションで発表した。高校生として国際的な学会の発表に名前を連ねた時には世界でも稀なケースだといわれた。発表を終えたその足で神奈川の SFC に行き、A0 入試を受験し合格した。現在環境情報学部 2 年生だが、1 年の時から富田ゼミで研究している。阿部君は調理師免許を取り調理士になりたいという希望を今も持っており、卒業後は食品関係の研究の仕事ができれば一番理想的だと述べた。

村上司君は同期生 11 人の助手の一員として、現在先端生命研で働いている。高校の放課後毎日助手の仕事をしてきた。もともと高校を卒業して鶴岡高専に進むコースを考えていたが、中央高校に入れば先端生命研の助手の仕事ができると聞いて中央高校に入学したという。助手に採用される時は、20 人くらいの研究所スタッフの面接を受け、小論文を提出した。助手の手当は時給 830 円で他のパート・アルバイトより高いという。村上君は助手の仕事は面白いと感じており、生物でも植物のほうに興味があり、植物が酸素を作るのはすごいことだと思っている。できることなら慶應の SFC に入ってバイオの研究をしたいという。伊藤プロジェクトのオイル産生藻の研究は有望だと村上君は思っている。研究助手を始めて 8 か月ほどたった頃、伊藤研究員から「学会があるがどうだ」と言われて、「やります」と答えてしまった。本当にできるか心配だったが、案外きちんと報告することができたという。将来は植物関係の科学者になりたいという夢を村上君は抱いている。

## メタボローム技術の展開と「鶴岡メタボロームクラスター」

曾我教授を中心とする研究チームが開発したメタボローム解析技術は世界の注目を集めるようになり、2004 年には国際メタボローム学会が設立され、本部は米国ボストン市にあるが、第 1 回メタボローム国際会議は 2005 年 6 月に鶴岡市で開催され、世界中から 300 人の研究者が参集した。

メタボローム解析はポストゲノムのバイオサイエンスの研究にとって不可欠な基盤技術とみなされ、診断薬、創薬など医薬品業界だけでなく、食品やエネルギー産業分野にも広い応用分野があった。先端生命研では創立後いち早く味の素やミツカンなど食品企業や医薬品企業との共同研究、大学医学部・病院や国立研究所との共同研究が行われるようになった。先端生命研では現在、山形大、東北大、東大、名古屋大、京大、慶應大などの医学部や病院、国立がんセンター、地元荘内病院など 10 数か所の大学や医療機関と共同で各種のがん、内臓の各種疾患、糖尿病の患者から採取した血液・尿など生体試料のメタボローム解析を行い、疾患に特異的な高濃度あるいは低濃度を示す化合物（低分子バイオマーカー）を探索していた。この方法により、すで



に薬剤性肝障害、各種がん、アルツハイマー病など、いくつかの疾患のマーカーを発見しており、特許を出願していた。その他、唾液からすい臓がん、乳がん、咽頭がんのマーカーを新規に発見しており、メタボローム解析がバイオマーカー探索の主役になりつつあるといわれている。

2009年には山形県知事、慶應義塾長、山形県工業会長、鶴岡市長の連名で科学技術振興機構（JST）に対して「地域産学官共同研究拠点整備事業」に関する提言を行った。それには研究協力機関として理化学研究所、東大、国立がんセンター、国立長寿医療センターなど研究機関、キリン、花王、デンソー、バイオシグマ（チリの銅鉱山会社）、山形の食品会社日東ベストなど、これまで共同研究を行ってきた企業や研究機関、鶴岡商工会議所、荘内銀行、ベンチャーキャピタルのバイオフィロンティアパートナーズ、JA 鶴岡などの金融機関や農業団体、先端生命研のバイオベンチャー2社など20以上の機関が名を連ねていた。

その提案の目的は、先端生命研が研究開発してきた世界トップレベルのバイオ技術で地域産業・企業の活性化を図るために「鶴岡メタボロームクラスター」という産学官の協同研究拠点を整備拡充しようとするものであった。従来から山形県と鶴岡市は10年間にわたり慶應先端生命研のために約100億円の資金を投じてきたが、その重要な研究成果であるメタボローム解析技術を活用して産業クラスターを創造しようとするものであった。その到達目標として(1)医療分野では抗がん剤製造企業を立地誘導して産業集積を目指し、次世代健康診断法（バイオマーカーによる疾患診断法）を開発、(2)環境分野では微細藻からのオイル産生ビジネスを展開、(3)農業・食品分野では、メタボローム解析を活用したコメ・農産物の品種改良、山形の果物・農産物の機能性成分を精製・販売する企業の創設などをあげていた。それらによって、創薬と医療分野の産学官共同研究の拡大、メタボローム解析技術の世界トップ拠点としての競争優位の確保、メタボローム専門人材の育成、人的交流による技術移転の推進をはかろうとするものであった。2010年には先端生命研が国立がんセンターや製薬企業などと共同で取り組む「がん医薬品・医療機器の早期臨床開発プロジェクト」が国の先端医療開発特区（スーパー特区）に採択された。

上記の提案を受けて、JSTは鶴岡メタボロームクラスターを「地域産学官共同研究拠点事業」に採択し、11億円の投資を決定した。鶴岡市のバイオ技術拠点は先端生命研、先端生命研からスピンオフしたバイオベンチャー2社、ならびに理化学研究所や民間企業など6つの拠点が入居して既に満室状態になっており、バイオリボ棟の増設により産業集積の形成に役立つと期待されていた（巻末付属資料2を参照）。2011年に先端生命研のバイオリボ棟の増設が完了し、研究所の建屋はほぼ2倍となり、研究棟の拡充だけでなく200席のレクチャーホールも設置された。

農業・食品分野におけるメタボローム解析技術の応用、アグリメタボローム研究も近年活発に行われるようになり、理化学研究所植物科学センターの及川氏を中心として山形大学農学部、山形県農業総合研究センター、地元企業などとの共同研究が行われ、着実に成果を上げていた。

例えば、山形県の新しい銘柄米『つや姫』は他地域の銘柄米よりも「うまみ」成分のグルタミン酸・アスパラギン酸がかなり多いことが確認された。また、文部科学省「地域イノベーション戦略支援プログラム」により産学官の連携による諸事業が行われ、先端生命研のメタボローム解析技術はその主力技術として活用されていた。

5

## 研究所の課題と展望

慶應義塾、山形県および鶴岡市は2011年5月20日、慶應大学先端生命科学研究所の研究成果の地域活用と共同研究に向けて調整機能を担う「バイオクラスター形成促進会議」を発足させ、県と市は折半で年7億円を今後3年間継続して支出し、世界的なバイオ研究拠点として先端生命研の研究活動を支援し、県内研究機関や企業と医療・農業・食品の3分野で共同研究の成果を県内で活用するのを一層促すことを確認した。清家慶應義塾長は「先端生命研は世界的な研究、地域の人材育成、ベンチャービジネスの創出というかたちで地域社会に貢献し、山形鶴岡発のモデルを世界に発信してゆきたい」と述べた。吉村山形県知事は「先端生命研の世界トップレベルの技術は山形県の発展に大きな力になる」と期待を寄せ、榎本鶴岡市長は「地方都市の成長戦略として先端生命研の役割は大きい」と協定締結を歓迎した。

10

15

富田教授は自ら唱えた「統合システムバイオロジーは市民権を得ているし、それによりメタボローム解析など多くの研究成果が生まれた」と振り返り、「この10年間、研究所の発足時に考えていたよりもはるかに多くの研究成果を生み出している。大きな可能性に富むベンチャーが2社誕生し、上場できるかもしれないなどは、当時考えもしなかった」と述べた。富田氏はベンチャーの成功をもたらすリーダーの要件として次の諸要因を挙げている。高い志と使命感、初志貫徹への情熱、挑戦し続ける実行力、前向きなプラス思考、人を惹きつける人間力、経営計画能力、コミュニケーション能力、強運、家族の理解と協力。<sup>[3]</sup>「富田所長はシステムバイオロジーというコンセプトを打ち出し、研究所の戦略的ターゲットとしてメタボローム解析を選び、そこに研究費をつぎ込んで、“世界一のメタボローム・ファクトリー”をつくり、鶴岡の名をメタボロームの世界的センターとして世に知らしめた」と菅野HMT社長は評価している。

20

25

菅野社長は「先端生命研の富田所長も、鶴岡前市長富塚氏も考え方が一貫しており、全くぶれていない。富田さんは鶴岡をバイオの世界的なセンターにするという大目標を10年間抱き続けたし、富塚さんは、先端研は地域のために『すぐに役に立つようなこと』を産出する必要はないという態度を変えていない」と述べた。先端生命研の曾我教授は「鶴岡前市長の富塚さんは、このままだと鶴岡は地盤沈下するばかりだと考えて、当初から研究所設立の計画にコミットして

30

<sup>[3]</sup> 『山形イノベーションセミナー』における富田勝氏の講演資料（2008年11月）による。

いた。鶴岡市と山形県の研究所に対する態度は当初からまったく変わっていない」と述べている。

2006年に、鶴岡市が或る地域開発関係の研究所に委託して行われた「慶應大学先端生命科学研究所の立地による経済効果の推計」によると、年間約29億円の経済効果があるとされていた。

5 統合システムバイオロジーは10年前には世の注目を集めたが、その後トーンダウンしている  
のではないかと、理論的ブレークスルーの壁は厚かったのではないかとという見方もあった。そのよ  
うな見解に対して、HMT社の大滝会長は「事実は全く違うと思う。富田氏は日本では初めて統合  
システムバイオロジーを唱えた人だが、10年前と異なるのは、それが今では当たり前のことと  
して受け入れられていることだ」と述べている。富田氏は「何をもって“ブレークスルー”と  
10 呼ぶかだが、メタボローム解析によって、いくつものがんやその他の病気の早期診断が可能に  
なったのは画期的なことだと思う」と語っている。

また、アメリカ型の有期雇用制が果たして日本社会や東北庄内の地で受け入れられ、研究成果  
を高める上でプラスだろうか、有期雇用制による人材の流動傾向は基礎研究に適しているのだ  
ろうかと疑問視する人は少なくなかった。しかし「富田所長は研究所に人材をキープすることに  
必ずしもこだわっていないのではないと思う。優秀な研究者が良い職場を他所に得て活躍で  
15 きるならそれでよいのではないかと富田さんは考える。富田さんの考えは並みの日本人とは違う」  
と見ている人もいた。

鶴岡メタボロームクラスターを中核とする庄内地域振興策が謳われているが、地域にはコメ・  
果物・農林水産物こそ豊富だが、化学や医薬品の産業基盤はもともと乏しい。そのような地域で  
先端生命研が頑張ってもバイオクラスターを形成する素地があるといえるのかと疑問視する向  
きもあった。さらに、これまで安定的な研究資金を拠出し、施設の拡充にも投資してきた地方  
20 自治体が今後も恒常的に支援体制を堅持できるかどうかという政治的リスクを指摘する向きも  
あった。実際、2009年の鶴岡市長選挙では、「一私立大学の研究所のために、人口14万の小都  
市鶴岡市民の税金が毎年何億円も研究費その他に支出されていることに正当性はあるのか」と批  
判する有力な市議員が市長に立候補したが落選し、榎本氏が新市長に当選した。近年、映画『お  
25 くりびと』が米アカデミー賞を受賞し、その舞台が庄内地方に設定されていること、全国にファ  
ンを持つ小説家藤沢周平の記念館が鶴岡城址に開館したこと、大規模な『庄内映画村』が鶴岡  
郊外にオープンしたことなどが重なって、鶴岡市は“城下町・映画の町”として観光PRを始めた。

鶴岡出身の作家、丸谷才一は、生まれ故郷の鶴岡は「士族支配の、閉鎖的な、停滞的な町」であるが、  
慶應が先端生命科学研究所をつくってくれたおかげで「広く世の中に目を開き、新しい時代に処  
30 してゆく第一歩を与えられた」と述べ、先端生命研の創設者を“故郷の町の恩人”と呼んでいる<sup>[4]</sup>。

<sup>[4]</sup> 丸谷才一『挨拶は一仕事』（朝日新聞出版、2010）131～132ページ。丸谷才一はその文章の中で、福沢諭吉の『中津留別の手紙』から「願くは我が旧里中津の士民も、今より活眼を開いて、まず洋学に従事し…」および「人誰か故郷を思はざらん、誰か旧人の幸福を祈らざる者あらん」という福沢の言葉を引いて、「わたしの鶴岡についての感想に近いことを（福沢は）記してをります」と述べている。



先端生命研で学び、研究に従事して、庄内鶴岡の自然と文化に触れた若い研究者や学生にはこの地に好きになる者が多く、曾我氏や関山氏をはじめ、定住する研究者やスタッフも少なくなかった。鶴岡の先端生命研で育って広く国内や外国に活躍の場を求めて出て行った多数の若者たちが社会の中堅となり日本のサイエンス研究に変革をもたらし、この地に“恩返し”してくれる日を富田氏は心待ちにしていた。富田氏は先端生命研で育った若い人材を紹介している一文を次のように結んでいる。「慶應義塾において鶴岡タウンキャンパスは遠くにあって小さいが、世界中に光の矢を放ち続ける輝く新星のような存在でありたいと思っている。これからも独創的な人材を多数輩出して、科学立国日本を牽引していきたい。」<sup>[5]</sup>

<sup>[5]</sup> 富田勝「慶應鶴岡タウンキャンパスの新・英才教育—自由な気風と豊かな自然が、独創的な研究者を育む」『三田評論』2011年5月号。このエッセイには、国内外で活躍する「鶴岡タウンキャンパス／SFC バイオで育った〈アラサー〉世代 20 数人のキャリアと事績が紹介されている。

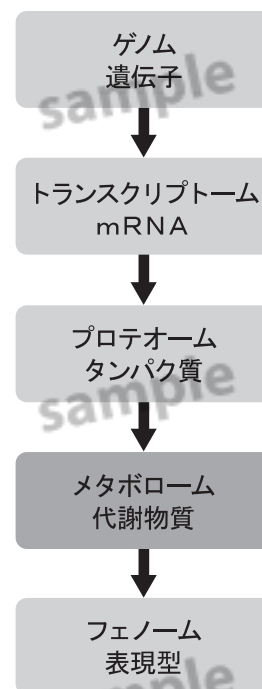
## 付属資料1 メタボローム解析技術について

慶大先端生命研では世界に先駆けてキャピラリー電気泳動-質量分析計 (CE-MS) 法によるメ  
タボローム (全代謝物の総称) の測定法を開発し、細胞内に千種類以上存在する代謝物質の一  
斉分析を可能にした。「慶應義塾大学メタボローム研究開発センター」では、この測定技術のプ  
ラットフォームを整備し、様々な細胞や組織に存在する代謝物質を網羅的に測定、解析する産学  
官連携拠点を形成する。本事業では、ダイナミックな代謝の挙動を俯瞰することによって、環境、  
エネルギー、食品、農業分野に全く新しい切り口の方法論を提供し、新規産業の創成に貢献する。

医薬分野では、血液を測定するだけで各種のがんや疾患を一度に判定  
する迅速かつ簡便な早期診断法、副作用の少ない抗がん剤、iPS 細胞研  
究に基づく再生医療技術などを開発し、健康長寿社会の実現に資する。  
大規模なメタボローム解析技術を上記の研究分野に応用した例はほと  
んどなく、本研究拠点は世界をリードする最先端研究を展開する。

生物は細胞から成り、細胞内には核酸 (DNA) やタンパク質の他に、  
代謝活動によって生産された、有機酸、アミノ酸などの低分子の代謝  
物がある。細胞の働きを理解しようとするとき、DNA 配列の網羅的解  
析 (ゲノミクス)、遺伝子の網羅的解析 (トランスクリプトミクス) やタ  
ンパク質の網羅的解析 (プロテオミクス) に加え、全代謝物質 (メタ  
ボローム) を網羅的に解析しようというメタボロミクスは、細胞の機  
能を明らかにする上で不可欠な研究分野である。

メタボローム研究の利点は、①ヒトのメタボロームが数千種類で、  
ゲノム (約 22,000)、トランスクリプトーム (~100,000)、プロテオーム (~1,000,000) に  
比べて対象物質数が少ないこと、②個々の代謝物質はこれまでも生化学の分野で長年扱われて  
おり、従来の知識が活かせること、③代謝物質はゲノム情報の最終表現形であるため、生体の  
機能との関連を解明しやすいこと、④種に関わらず代謝物、代謝経路はほとんど同じであるた  
め生化学情報や分析法を共有できること、⑤応用分野が極めて広範であることなどがあげられ  
る。生命の維持や活動のために、生物は状況に応じて様々な手段 (例えば、遺伝子の発現 (mRNA)  
や抑制 (micro RNA) によるタンパク質 (酵素も含む) の生成制御、タンパク質の相互作用、構  
造変化、分解による酵素活性の調節、細胞内外の代謝物の輸送、代謝物による酵素活性の制御等)  
を用いて代謝を安定に保っていることが最近明らかになってきた。大規模なメタボローム解析  
技術を用いてダイナミックな代謝の挙動を測定すれば細胞や生体の状態を把握することができ、  
特に医薬、環境、エネルギー、食品、農業分野の基礎研究から応用研究の発展に貢献する。



(慶應義塾大学先端生命科学研究所の資料より抜粋)

# 鶴岡メタボロームクラスターの全体像

**バイオ関連の新産業創出・産業活性化**

- ・抗がん剤製造企業など関連企業・研究機関の立地・事業化
- ・iPS細胞を用いた再生医療産業や緑藻類からのおいし生産等バイオ関連産業の創出・立地

**世界トップのバイオ研究拠点の形成**

- ・創薬と医療分野の産学官共同研究の飛躍的拡大
- ・世界トップ拠点としての競争優位性確保のための研究開発の促進
- ・メタボローム専門人材の育成及び人事交流による技術移転促進

**地域産業振興、地域活性化**

- ・県内産業界のメタボローム関連の事業化が促進
- ・農産物の新品種開発・食品加工開発
- ・医工連携分野への進出
- ・医薬品製剤製造業の新たな展開

**産学官連携拠点**

**拠点の役割**

- ①メタボローム解析技術の創薬等医療分野への応用展開の推進
- ②競争優位性確保のための研究開発の促進及び研究環境の整備・充実
- ③メタボローム専門人材の育成
- ④県内産業界におけるメタボローム関連の事業化促進
- ⑤関連企業・研究機関の創出・立地促進

**産業界**

- 山形県工業会
- メタボローム産業戦略協議会
- バイオ関連企業、銀行等19団体で構成
- 共同研究の実施 ※これまでの実績
- 日東へスト
- JA鶴岡
- 国立がんセンター(独)理化学研究所
- ミツカン
- 味の素
- 三菱ウエルファーマ
- アジレントテクノロジーズ
- 中外製薬
- キリンビール
- デンソー

**これまでの取組と成果**

<b>大学発の企業創出</b>	<b>医療バイオ</b>	<b>環境バイオ</b>	<b>食品バイオ</b>	<b>地域との協働</b>
現在、ベンチャー企業2社が設立	・バイオマーカー 探索、がん、糖尿病などの研究 ・スーパージン 国立がんセンターなどと探検	・緑藻を用いたバイオ燃料開発 ・バイオオリーチン ゲ技術の開発	・ビール酵母開発 ・機能性成分探索 による農作物の2次利用など	市民講座の開催 地元高校生等との様々な交流

**慶應義塾大学先端生命科学研究所**  
(世界最先端のメタボローム解析を中心としたバイオ研究)

**山形県・鶴岡市**

- 財政支援  
県・鶴岡市で100億円以上の研究支援を実施
- 県試験研究機関との共同研究  
県農業総合研究センター、工業技術センター等との食品分野の共同研究
- 鶴岡市の支援  
・インキュベーション施設の整備
- ・平成22～23年度に拡張施設の整備
- ・産学官連携拠点の運営予定

(鶴岡市先端研究支援センター資料より)



sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

---

不 許 複 製

---

慶應義塾大学ビジネス・スクール