

博士論文 2019 年度

鶴岡サイエンスパークの創造と地方創生

(The creation of Tsuruoka Science Park and regional development)

慶應義塾大学 政策・メディア研究科

富田 勝

要旨

タイトル： 鶴岡サイエンスパークの創造と地方創生

山形県鶴岡市は人口約 13 万人の典型的な地方都市であるが、その地域振興を目的に、市と県および慶應義塾は三者協定を結び、2001 年 4 月に慶應義塾大学先端生命科学研究so（以下、先端研）を開設した。筆者は、先端研の立ち上げから今日まで 18 年間所長として運営の中心的役割を担ってきた。本論文では、大学研究所である慶應先端研がどのように地域振興に貢献しているかを ①研究成果による地域の学術文化価値の向上 ②学会など各種イベント開催による交流人口の拡大 ③創業したベンチャー企業による新産業の創出 ④地元企業、地元自治体との連携 ⑤雇用と経済効果 の 5 つの観点から詳細にまとめた。

先端研の研究成果によって、2003 年にはヒューマン・メタボローム・テクノロジーズ株式会社（血液検査でうつ病診断）、2007 年には Spiber 株式会社（人工クモ糸の量産）、2013 年には株式会社サリバテック（唾液検査でがん診断）、2015 年に株式会社メタジェン（便検査で腸内環境改善）、2016 年に株式会社メトセラ（心筋の再生医療）、2017 年に株式会社 MOLCURE（AI で抗体医薬探索）の 6 社のバイオベンチャー企業が創業された。このうちヒューマン・メタボローム・テクノロジーズ社は、2013 年に東証マザーズに株式上場し、鶴岡市で唯一の上場企業となった。

先端研が研究費として獲得した外部資金は 2014 年～2018 年の 5 年間で約 59 億 4 千万円で、先端研関連企業が獲得した資本金等は合計約 265 億円である。そして慶應先端研の設立によって生み出したと考えられる雇用は約 500 人であり、これは鶴岡市の労働人口の約 0.7%にあたる。そして先端研による地域の経済波及効果は年間約 33 億円と推定されている。

全国の他地域と比較して、鶴岡は ①ゼロからのスタートであったこと ②国の「地域イノベーション戦略支援プログラム」（全国 30 拠点）の支援対象外であったこと ③ベンチャー起業を支援するサービスはなかったこと、という点で厳しい状況にあると思われた。にもかかわらず発展してきたのは ①自治体による一貫した財政支援 ②「脱優等生」という理念 ③豊かな自然と食文化 などによるものであると考察し、大学研究所を核にした地域振興を成功させるために必要な鍵を提言する。

キーワード： 地方振興、バイオベンチャー、地域イノベーション、鶴岡サイエンスパーク

Abstract

Title: The creation of Tsuruoka Science Park and regional development

Tsuruoka City in Yamagata Prefecture is a typical regional city with a population of about 130,000 people. For the purpose of promoting the region, Tsuruoka City, Yamagata Prefecture and Keio University entered into a tripartite agreement and established the Institute for Advanced Biosciences, Keio University (hereinafter, IAB) in April 2001. I was appointed as Director of IAB, and have been in charge of IAB for 18 years since then.

In this thesis, I have summarized in detail how IAB contributes to regional development from five aspects: ① Enhancement of the regional academic cultural value by research outcome, ② Expansion of the exchange population by conducting various events such as academic conferences, ③ Creation of new industries by the venture companies that have been founded in IAB, ④ Cooperation with local companies and local governments, and ⑤ Employment and economic benefits.

Based upon the research results of IAB, six bio-venture companies were founded. These companies are, Human Metabolome Technologies Co., Ltd. (diagnosis of depression by blood test) founded in 2003, Spiber Inc. (mass production of artificial spider silk) founded in 2007, SalivaTech Co., Ltd. (cancer diagnosis by saliva test) founded in 2013, Metabologenomics Inc. (intestinal health by fecal examination) founded in 2015, Metcela Inc. (regenerative medicine of cardiac muscle) founded in 2016, and MOLCURE Inc. in (antibody drug discovery with AI) founded in 2017. Out of these companies, Human Metabolome Technologies Co., Ltd. was listed on Mothers Section of the Tokyo Stock Exchange in 2013, becoming the only listed company in Tsuruoka city.

The external funding received by IAB as research fund is JPY 5.94 billion in five years from 2014 to 2018. In addition, the total capital sourced by venture companies originating from IAB is about JPY 26.5 billion. About 500 jobs are thought to have been created by the establishment of IAB, which is about 0.7% of the workforce in Tsuruoka city. Regional economic percussion by IAB is estimated about JPY 3.3 billion per year.

In comparison with other regions nationwide, Tsuruoka was in a tough situation because it ① started from scratch, ② was not eligible for support under the national government's "Regional Innovation Strategy Support Program" (30 bases nationwide), and ③ did not have any service of supporting the venture companies. Nevertheless, it has been developed because of ① consistent financial support by local governments ② philosophy of "Don't stay normal", and ③ rich nature and food culture. I have considered these and discussed in the thesis about the uniqueness of Tsuruoka in regional development.

Keywords: Regional Development, Bio-venture, Regional Innovation, Tsuruoka Science Park

目次

要旨.....	ii
Abstract.....	iii
第1章 序論.....	1
1-1 本論文の目的	1
1-2 背景.....	3
(1) 地方自治体が抱える問題.....	3
(2) 国の地方創生政策.....	4
(3) 鶴岡市のケース	6
1-3 慶應先端研の戦略	7
(1) 研究キャンパスによる地方振興.....	7
(2) 先端研と大学本体の関係.....	8
第2章 鶴岡サイエンスパークの沿革.....	11
2-1 先端研の沿革	11
2-2 施設・建物の沿革	18
(1) 慶應義塾大学先端生命科学研究so センター棟	19
(2) 慶應義塾大学先端生命科学研究so バイオラボ棟	20
(3) 鶴岡市先端研究産業支援センター	20
(4) Spiber 株式会社 研究棟	22
(5) ホテル スイデンテラス	23
(6) 全天候型児童遊戯施設 キッズドーム SORAI.....	24
2-2 先端研発ベンチャー企業の沿革	25
2-3 鶴岡メタボロームクラスター.....	26
第3章 研究による地域の学術文化向上.....	28
3-1 概要	28
3-2 研究成果とその広報	30
3-3 過去5年間の受賞実績.....	60
3-4 研究成果に関する新聞記事	63

3-5 海外での講演	65
第4章 イベントによる交流人口の増大	66
4-1 概要	66
4-2 国際イベントの開催実績	68
(1) 第10回国際メタボローム会議 (Metabolomics 2014)	68
(2) 2nd Symposium on Complex Bio Dynamics & Networks (cBio2015)	69
(3) 国際会議バイオハッカソン 2016	70
4-3 全国イベントの開催実績	71
(1) 第7回生命情報科学若手の会	71
(2) 先端生命科学研究所 15 周年記念シンポジウム	72
(3) 第10回メタボロームシンポジウム	73
(4) 第45回日本産業衛生学会産業中毒・生物学的モニタリング研究会	73
(5) ゲノム未来会議 3.0	73
(6) 第55回バイオ情報学研究会(SIG BIO)	73
(7) 第7回生命医薬情報学連合大会 (IIBMP2018)	74
(8) 第12回メタボロームシンポジウム	75
(9) 全国高校生のための「バイオサミット in 鶴岡」	76
4-4 地域イベントの開催実績	78
(1) 市民のための生命科学入門講座／市民のための夕学講座	78
(2) 鶴岡みらい健康調査セミナー	79
(3) 中学生高校生見学会	80
(4) スプリング・サイエンスキャンプ	81
(5) Keio Astrobiology Camp	81
(6) 知の拠点庄内	82
第5章 事業化による地域振興	84
5-1 概要	84
5-2 ヒューマン・メタボローム・テクノロジーズ株式会社	86
5-3 Spiber 株式会社	91
5-4 株式会社サリバテック	95
5-5 株式会社メタジェン	98
5-6 株式会社メトセラ	101
5-7 株式会社 MOLCURE	103
5-8 ヤマガタデザイン株式会社	106
第6章 地域行政との連携	108
6-1 概要	108
6-2 山形県との連携	109

(1)	バイオクラスター形成推進会議、成果活用推進・拡大委員会	109
(2)	産学官研究交流事業	109
(3)	合成クモ糸繊維関連産業集積会議、同事業調整委員会	112
(4)	山形県および県公設試験研究機関との共同研究	112
(5)	山形県農業総合研究センター派遣職員によるメタボローム研究	113
(6)	山形県公設試験場の若手研究者の研修	116
(7)	山形県林工連携コンソーシアム運営委員会	116
(8)	やまがた戦略産業雇用創造プロジェクト推進協議会	116
(9)	山形県産業科学館への展示	116
(10)	やまがた 6 次産業化戦略庄内地域実施本部	117
(11)	やまがた科学・産業体験実行委員会	117
(12)	山形県ものづくり連携支援計画への参画	117
6-3	鶴岡市との連携	118
(1)	鶴岡市農業振興協議会への参画・支援	118
(2)	しなの花活用プロジェクト研究会活動	118
(3)	鶴岡シルク・鶴岡織物工業協同組合	119
(4)	鶴岡コホート・プロジェクト	119
(5)	つるおか農商工観連携総合推進協議会、鶴岡市食文化創造都市協議会	120
(6)	鶴岡サイエンスパーク発展への貢献	120
第 7 章	地元企業など地域との連携	122
7-1	概要	122
7-2	地元企業との共同研究	123
(1)	山形県バイオクラスター形成促進事業	123
(2)	地域オープンイノベーション促進事業	125
(3)	農林水産省「メタボローム解析技術を活用した応用事業」	127
(4)	その他個別の共同研究	128
7-3	地元高校との連携	129
(1)	高校生研究助手制度	129
(2)	特別研究生制度	134
7-4	地域での啓発活動	139
7-5	その他の地域連携	141
(1)	産学官連携コーディネーター	141
(2)	からだ館	142
(3)	県内企業への研究技術指導支援	142
(4)	慶應メタボロームコンソーシアムによる企業との連携	143
(5)	山形新聞社との協定締結	143

(6) 国立がん研究センター、山形県、鶴岡市との協定締結	143
(7) 損保ジャパン日本興亜ビジネスラボ鶴岡の新設	144
7-6 地域連携関連の新聞記事	145
第8章 地域への経済効果	146
8-1 慶應先端研の獲得外部資金	146
(1) 慶應先端研獲得外部資金	146
(2) 省庁など外部資金額	147
(3) 日本学術振興会特別研究員	147
8-2 鶴岡サイエンスパークが創出した雇用	147
(1) 慶應先端研の雇用	147
(2) ベンチャー企業各社の雇用と資本金	148
(3) 高度な専門人材の増加	149
8-3 鶴岡サイエンスパークの交流人口	149
(1) 学生の滞在	149
(2) 短期訪問者	150
8-4 市による経済波及効果分析	151
第9章 社会的評価	154
9-1 地域振興に対する受賞とその授賞理由	154
(1) 鶴岡市 市政功労者	154
(2) 第6回地域産業支援プログラム表彰 文部科学大臣賞	155
(3) 山形県特別功労賞	155
(4) 第68回河北文化賞	156
9-2 主要メディアの報道	157
(1) 「日本を面白くするイノベーションシティ」(Forbes Japan)	157
(2) 「鶴岡モデル成功の理由」(Newsweek 日本版)	158
(3) 「基礎研究振興がベンチャー育成の近道」(科学新聞)	161
(4) 「地域のためではなく人類社会のために新産業を興す」(河北新報)	162
(5) 「鶴岡は地方創生の切り札となるか」(テレビ朝日)	163
(6) その他のテレビ放送	164
9-3 国務大臣の発言とメッセージ	165
(1) 石破茂地方創生担当大臣の記者会見	165
(2) 山本幸三地方創生担当大臣からのメッセージ	165
(3) 安倍晋三内閣総理大臣の国会答弁および記者会見	165
(4) 野田聖子元総務大臣のメッセージ	166
第10章 考察	167
10-1 思いのほか上手くいったこと	167

(1) ゼロからのスタート	167
(2) 自治体による自立的で継続的な財政支援	168
(3) ベンチャー起業支援体制.....	169
(4) 東京から適度な距離の立地	170
(5) 美しい自然と食文化	171
10-2 工夫したこと	172
(1) 「脱優等生」という気風.....	172
(2) 自由でイノベーティブな気風	173
10-3 思いのほか上手くいかなかったこと	175
(1) 教職員の有期雇用形態	175
(2) 外国人子弟の教育環境	176
(3) 高大連携の壁.....	176
最終章	178
11-1 まとめ	178
11-2 提言	179
(1) 地方の立地を強みと考える逆転の発想.....	179
(2) 地域行政と大学の揺るぎない信頼関係.....	180
(3) 大学メインキャンパスとの強固な連携による学生の確保.....	180
(4) 自由な雰囲気と高い志の共有	181
(5) 基礎研究の重要性の再確認	181
(6) 高い志を地域で共有するための啓発活動	182
11-3 結論	183
謝辞.....	184
参考文献	185
付録.....	193
三者協定書（山形県・鶴岡市・慶應義塾）	193
慶應先端研の沿革年表パネル	198
慶應先端研関連のテレビ放送	214

第 1 章 序論

1-1 本論文の目的

2001 年に山形県鶴岡市に開設された慶應義塾先端生命科学研究所（以下、先端研）は、6 社のバイオベンチャー企業を生み出し、2018 年には温泉ホテルも擁する 21.5 ヘクタールの「鶴岡サイエンスパーク」に発展した。筆者は、先端研の立ち上げから今日まで 18 年間所長として研究所運営の中心的役割を果たしてきたゆえ、先端研および「鶴岡サイエンスパーク」の発展プロセス全体を最も詳細に把握している立場にある。

本論文は、①先端研のこれまでの実績を、研究成果、イベント開催、事業化、地域連携の視点から記述し、②先端研および鶴岡サイエンスパークの社会的評価を示すメディア報道や各賞の授賞理由などを整理して掲載し、③それらの経験を踏まえて、研究所を核とした地域振興策について筆者の知見と提言を述べた、オートエスノグラフィー（自己省察的な事例研究）である。

オートエスノグラフィーという研究手法は、人類学、社会学、心理学などの領域で用いられているが、本論文では「地域振興」というテーマにオートエスノグラフィーを初めて用いた。また、地域振興の主体は、行政、政治またはデベロッパーであることが普通であるが、本論文の事例ではそのいずれでもなく、現役の科学者（研究所長）が主体であることから、新たな視点を提供した事例研究である。

鶴岡サイエンスパークの発展は、鶴岡独自の多くの特殊事情の上に立脚しているため、他地域においてそれをそのまま再現することはできないが、その実践の一部を取り入れるこ

とは十分に可能である。本論文は、鶴岡サイエンスパークの事例を詳細に記述し公表することによって、全国各地域の地方創生の参考に供することを目的とする。

山形県沿岸部の庄内平野に位置する人口約 13 万人の鶴岡市は、人口流出や少子高齢化、地域産業の衰退など、日本の地方都市が直面する典型的な社会課題を抱え続けてきた。こうした状況を官学連携による知的産業創出で打開するという長期的な構想により、山形県と鶴岡市によって慶應義塾大学が誘致されることになった。1999 年に県と市と慶應義塾が三者協定を結び、2001 年に慶應義塾大学鶴岡タウンキャンパスおよび先端研が開設された。

まず第 1 章ではこの後に、地方振興と大学の役割、とりわけ地方の研究キャンパスの役割と問題点について述べ、先端研がこれらの問題点を克服するためにどのような工夫をしてきたかを述べる。第 2 章で先端研を核にした「鶴岡サイエンスパーク」の概要と沿革を述べる。第 3 章では研究成果と研究業績、産学連携および受賞実績を述べ、第 4 章では先端研が主催・共催した国際学会や国内学会、セミナーシリーズやサイエンスキャンプなどのイベントの開催実績を述べる。第 5 章は事業化実績として、先端研発バイオベンチャー企業 6 社および街づくりベンチャー企業 1 社の合計 7 社について、各社が用意した情報を元に、設立経緯や事業内容、事業実績や先端研との関係を述べる。第 6 章では、先端研と地域自治体（山形県と鶴岡市）との連携、第 7 章では地元企業や地元高校など、地域連携の実績について述べる。第 8 章ではこれらの活動から生み出された経済効果として、獲得した外部資金や先端研とそのベンチャー企業が生み出した雇用、そして交流人口の増加について述べる。第 9 章は先端研と鶴岡サイエンスパークが社会的にどのように評価されているかを示すために、最近の受賞・表彰およびその理由、メディアによる主要記事、そして国務大臣の発言を紹介する。第 10 章では、これまでの鶴岡サイエンスパークの創造において、うまくいったこと、うまくいかなかったこと、そして工夫したことについて、鶴岡独特の事情を踏まえて考察する。最終章では結論として、大学研究所を核とした地域振興に必要な 6 つのポイントを筆者の経験に基づき提言する。

1-2 背景

(1) 地方自治体が抱える問題

日本の大多数の地方自治体は、少子高齢化と首都圏への人口流出により、急速な地域人口減少の問題に直面している。多くの自治体がこれを解決する政策として、「企業誘致」にかなりの力を注いできた。有名・優良企業に進出を求め、もし誘致に成功すれば直ちに雇用が生まれ、人口増加につながり即効性のある経済効果が期待できるが、これらの企業誘致には全国の地方自治体がライバルとして存在しており、中小の地方自治体は厳しい競争を強いられてきた。また近年では労働賃金が格別に安い海外の新興国に進出することを躊躇しない企業も増え、ライバルは国内だけではなくなった。

そのため多くの地方自治体は、その地域特有の伝統産業の育成に力を入れているが、この伝統産業と言われる地方の特産品を作り出す技術や製法も、労働賃金が格別に安い新興国に流出しているのが現状だと言われている [1]。そこで最後の手段として、新規産業を生み出すこと、すなわちベンチャー企業の育成・振興に積極的に取り組んでいる地方自治体が増加している。

例えば大阪府堺市では、経営支援や人材育成、需要開拓や金融支援など、総合的に中小企業を支援するために「堺市産業振興センター」を設置し、その中に産学連携促進担当のマネージャーを置いて、ベンチャー立ち上げのためのアイデア探しから、アイデアを受けるための大学研究者紹介や研究室の見学などを実施するなど、ベンチャー企業の経営者を手厚く支援している。また「さかい新事業創造センター」のインキュベーション施設「S-Cube」には、ベンチャー企業を総合的に支援するインキュベーション・マネージャーを配置し、大阪府立大学等との産学連携も支援している[1]。

川崎市の殿町国際戦略拠点「キング スカイフロント」は羽田空港の目の前という立地の良さを売りにして、実験動物中央研究所（実中研）、国立医薬品食品衛生研究所、ジョンソン・エンド・ジョンソン株式会社、富士フイルム RI ファーマ株式会社などの大手の研究機関の誘致に成功した。同じ川崎市の「かながわサイエンスパーク」（KSP）は日本初の都市型サイエンスパークで、「創業支援・成長支援・企業家育成」と成長段階に応じた手厚いサービスメニューを用意して、ベンチャー企業のみならず大企業や外資系企業の研究開発部門も数多く入居しており館内人口約 4,500 人の大型施設である。

堺市も川崎市も都会または都会に近接する政令指定都市であり人口はすでに多い。このようにベンチャー支援のためのインキュベーション施設は東京都をはじめとする大都市部にも数多く設置されるようになった。地方の中小自治体にとって、大都市をライバルとしての地域間競争に参戦することは、かなり厳しい状況だと言える。結果としてベンチャー企業は大都市圏に創業されることが多く、日本の新産業の創出に伴って東京一極集中が加速す

るというジレンマに陥っている。

(2) 国の地方創生政策

そこで国は、都会ではなく地方の産業を振興するために、地域の産官学が連携してイノベーションをおこすような知的拠点創出の仕組みとして、様々なプログラムを用意し地域を支援してきた[2]。

2002 年から開始された文部科学省の「知的クラスター創成事業」は、全国 18 地域が選抜され、1 地域当たり年 5 億円を 5 年間で 25 億円を支援するプログラムであった。①知的クラスター本部の設置 ②科学技術コーディネーターの配置、弁理士などのアドバイザーの利用 ③産学官共同研究により特許取得 ④研究成果発表のためのフォーラムの設置、などによって地域の新産業創出を手厚く支援してきた。本プログラムの補助金総額は約 450 億円にのぼる。

2007 年度からは「知的クラスター創成事業・第 II 期」として全国 9 地域が指定された。それらは ①札幌周辺を核とする道央地域 ②広域仙台地域 ③長野県全域 ④静岡県浜松地域 ⑤富山・石川地域 ⑥東海地域 ⑦京都およびけいはんな学研地域 ⑧関西広域地域 ⑨福岡・北九州・飯塚地域 である。9 地域合計で年間 75 億円の予算が配分されている。

2009 年度からは「知的クラスター創成事業（グローバル拠点育成型）」として新たに ⑩函館地域 ⑪徳島地域 ⑫山口地域 ⑬久留米地域 が追加指定され、その年間予算は 12 億円であった。

その直後の 2009 年 9 月に民主党政権が誕生し、行政刷新会議ワーキンググループの「事業仕分け」の結果、これらの事業は「廃止」と決定された。しかし実際には廃止されていない。2010 年度からは「地域イノベーションクラスタープログラム（グローバル型）」という名称で、従来の 13 地域に加えて ⑭いわて県央・釜石地域 ⑮ふくしま地域 ⑯富士山麓地域 ⑰びわこ南部地域 の 4 地域が加わり 17 地域になっている。当時のマスコミはこれを「ゾンビ事業」と揶揄した（毎日新聞社説 2010 年 11 月 18 日）。

その後 2011 年度より、文部科学省の「地域イノベーション戦略支援プログラム」、2016 年度より「地域イノベーション・エコシステム形成プログラム」などのプログラムが施行され、これらによって全国に様々な「イノベーション拠点」が創られた。

北海道・東北地方では、食の機能性に着目した健康科学・医療融合拠点の形成などヘルスイノベーションの展開を目指す「北大リサーチ&ビジネスパーク」、プロテオグリカン関連バイオマテリアルをコアとした津軽圏ヘルスビューティー産業クラスターの形成・拡大を目指す「あおもりグリーン&ライフ・シナジーイノベーション創出エリア」、秋田の強みを活かしたグリーン&ライフイノベーション創出による地域経済の活性化と安心安全な社会の実現のための「秋田元気創造イノベーション推進地域」、そして東北大震災後の復興支援

の目的で追加指定された地域としては、技術革新をベースに震災からの復興と持続的なイノベーションを実現する地域を目指す「いわて環境と人にやさしい次世代モビリティ開発拠点」、東日本大震災からの復興・再生・発展を目指す国際的医療機器創生拠点「知と医療機器創生宮城県エリア」、強力な自動車産業の形成を目指し人材育成と大学の研究成果の活用を通じて地域企業基盤の実現・強化を図る「次世代自動車宮城県エリア」、そして再生可能エネルギーさきがけの地の実現に向けた産業の集積と持続環境型社会の構築を図る「ふくしまイノベーション戦略推進地域」がある。

関東地方では、グローバルな市場をリードする次世代型健康産業の創出・育成を目指す「いばらき次世代型健康産業・イノベーション創造戦略地域」、とちぎ特産物の多面的高度利用によるイノベーションを目指す「とちぎフードイノベーション戦略推進地域」、ライフサイエンス技術による地域の国際競争力向上を目指す「神奈川国際ライフサイエンス実用化開発拠点」、環境・エネルギー・先進医療技術分野の研究開発拠点「ぐんま次世代環境・医療新技術創出拠点」、次世代環境・健康産業イノベーションの創出を図る「やまなし次世代環境・健康産業創出エリア」、都市型課題である省エネ・省資源、安全安心、快適環境を実現する SQOL 技術の持続的創出と事業化を目指す「首都圏西部スマート QOL 技術開発地域」がある。

中部地方では、革新的ながん診療技術の開発と地域企業の医療健康産業参入を支援する「富士山麓ファルマバレー戦略推進地域」、子供の個の才能を発揮し高齢者がいきいきと暮らせる国際的なライフサイエンス拠点をを目指す「北陸ライフサイエンスクラスター」、環境面で高い付加価値を持った技術・製品開発を推し進める「いしかわ型環境価値創造産業創出エリア」、無人航空機システムを活用した新市場・サービスの創出を目指す「NIIGATA SKY PROJECT・イノベーション創出エリア」、ナノテク技術とコア技術の融合による革新的ものづくりの「とやまナノテクコネク・コアコンピタンスエリア」、先端光電子技術による輸送機器用次世代技術、新農業、健康医療および光エネルギー分野の基幹産業化を推進する「浜松・東三河ライフホトニクスイノベーション」がある。

関西地方では、世界最先端の地と独自技術を結集・融合してイノベーションの創出を目指す「京都科学技術イノベーション創出地域」、水分野の開発に注力し世界をリードするグリーンイノベーション「ひょうご環境・エネルギーイノベーション・クラスタ戦略推進地域」、ライフイノベーションの実現と健康長寿社会への貢献を目指す「関西ライフイノベーション戦略推進地域」、特産果樹等の高付加価値化を“医農連携”で推進し健康産業を創出する「和歌山県特産農産物を活用した健康産業イノベーション推進地域」がある。

中国・四国地方では、鳥取大学発染色体工学技術を用いた創薬などの「鳥取次世代創薬・健康産業創出地域」、医工連携による人間医工学を応用した次世代自動車や高機能ものづくりの「ひろしま医工連携ものづくりイノベーション推進地域」、瀬戸内コンビナートで育まれた技術基盤を活かした「やまぐちものづくり 環境・医療イノベーション創出地域」、糖尿病克服と健康長寿社会の実現を目指す「とくしま“健幸”イノベーション構想推進地域」、

新水産流通システムの開発と6次産業化を目指す「えひめ水産イノベーション創出地域」がある。

そして九州地方には、社会ニーズ主導型開発推進による地域新成長産業の発展促進を図る「福岡次世代社会システム創出推進拠点」、そして人材育成や知のネットワーク構築、研究設備の共有化により研究開発の加速化を図る「おおいたメディカル・ロボット関連産業イノベーション推進地域」がある。

一方、鶴岡市はこの「イノベーション拠点」の30地域に指定されていない。このことは鶴岡市に十分な数の有力研究機関と有力企業が存在していなかったためだと考えられる。この点については次のセクションで論じる。

(3) 鶴岡市のケース

鶴岡市は山形県の日本海沿岸に位置する人口13万人の典型的な地方都市である。市の面積は約1300平方キロメートルで、東北地方で最も広く全国でも7番目の広さである。

農業と観光が基幹産業で、稲作の他にはだだちや豆や庄内柿などが名産であり、湯野浜温泉やあつみ温泉などの天然温泉や出羽三山（月山、羽黒山、湯殿山）には国内外から多くの観光客が訪れる。また鶴岡市は日本の本格的な絹産地の北限であり、養蚕から製糸、製織、精練、プリント、縫製にいたる絹織物生産の一連の工程のすべてを同一地域内で行うことができる唯一の地域と言われている。

一方、鶴岡市には全国に名を馳せるような有力企業は存在しない。大きな半導体工場として山形日本電気の鶴岡工場があったが、ルネサスとの経営統合などによって、2013年に工場を閉鎖すると発表した。現在はソニーによって買収され、ソニーセミコンダクタ山形テクノロジーセンターとして操業している。

慶應先端研以外の鶴岡市内の大学は、山形大学農学部だけであり、その定員も一学年165人と決して大きくない。つまり、新産業創出のための知的拠点の核となるような有力な企業も研究機関も、当初十分に存在しなかったのである。したがって前述したように、国は「地域イノベーション戦略支援プログラム」で全国約30地域を指定し補助金などで支援してきたが、この中に鶴岡市は指定されていない。よって鶴岡市は自立的に地方振興策を行ってきたのである。

1-3 慶應先端研の戦略

(1) 研究キャンパスによる地方振興

北海道の長万部町には東京理科大学基礎工学部のサテライトキャンパスが所在して、一年生は全員必須で長万部町に一年間滞在する。町の人口約 5700 人の 6%が東京理科大の一年生で占められていることになり、それにより街が確実に活性化している。このように、地方に大学の学部（の一部）を設立または誘致すれば、数百人単位の学生が流入することになるので、即効性のある地方活性化や経済効果が期待できる。

一方、慶應先端研のように、研究所だけが存在する研究キャンパスにおいては、学部を擁する教育キャンパスのような大人数の学生の流入はなく、また安定的な授業料収入もない。大人数の学生による地域活性化が期待できないとなると、研究キャンパスが地方振興に寄与する方法として考えられるのは以下の点である。

- ① 研究成果によって得られる名声による地域の学術文化価値の向上
- ② 学会など学術イベントを開催することによる交流人口の拡大
- ③ 研究所で開発した技術をもとに事業化したベンチャー企業による新産業の創出
- ④ 地元企業、地元自治体との連携や、市民講座など地元市民への貢献
- ⑤ 国の競争的資金や企業との共同研究などで獲得した外部資金による経済効果

②と④は1～2年で実現可能な比較的短期的な地域貢献であり、①と⑤は数年程度を必要とする中期的な地域貢献である。一方、③のベンチャー企業による新産業の創出は、数十年かかる長期的な施策である。ベンチャー企業を創業すること自体はすぐにでもできるが、その企業が発展して安定的に地方経済に貢献するようになるには数十年を必要とする。しかしそれを目指すことが、真の地域振興を実現するための唯一無二の方策であろう。すぐには結果が表れない③のために腰を据えて長期的に取り組むことができるかどうか、そして地方自治体も現納税者のためだけではなく数十年後の産業振興のために投資をし続ける覚悟があるか。このことが、地方研究キャンパスが真の地域振興を目指すための鍵である。この覚悟がなければ、②④といった目に見える貢献だけに終始することになり、それはそれで一時的な活性化につながるが、研究キャンパスを地方に設置したコストに見合う地域振興は何年たっても実現できず、いずれそのことに気づき撤退を検討することになるであろう。

地方振興の本丸である③を目指すためには、①②④⑤も重要である。

地域の学術レベル向上は大学研究所として決して怠ってはいけない基本中の基本である。学術レベルが高いと認知された地域でなければ優秀な研究者は集まらない。また、起業家が地方研究所の研究成果をもとに起業しようとしたときに、必ずしもその地域に本社を置く

とは限らない。首都圏やサイエンスで知名度の高い地域が他にあれば、そちらに本社を構えたほうが企業のブランド力になると考える起業家も少なくないであろう。地域の学術レベルを向上させ、サイエンスの街としての認知度を広めることで、その地域に本社を置こうという起業家のインセンティブを高めることが産業振興のために極めて重要である。そして学術レベル向上のために顕著な研究成果を出すためには、⑤の外部資金獲得によって、研究者や機器備品などの研究リソースの増大を行うことが不可欠である。

大学研究所で実施する研究テーマは、事業化に結び付くような応用研究だけでなく、基礎研究にもバランスよくリソースを配分することが重要である。産業振興を意識するあまり、実用化研究ばかりになってしまったら、企業の研究所との差別化ができなくなってしまう。「生命の起源」「細胞の仕組み」「宇宙生物学」などといった基礎研究は、実用化や事業化を全く考えず、純粋に好奇心に基づくものである。サイエンスとは本来、人の役に立てるためのものではなく、多くの人が知りたいと思っている未知の仕組みや現象、そして謎の解明など真実を探究する営みであり、純粋な知的好奇心や知的興奮がその原動力である。事業化に無縁のテーマであっても堂々と研究できることが、大学研究者および学生の特権なのである。一方で、開発した技術を事業化して社会に還元することに知的興奮を覚える大学研究者や学生も数多く存在するので、こうした事業化に燃える研究者・学生と、未知の解明と知的好奇心に燃える研究者・学生が同じ研究所、同じ研究室で同じ機器を使い、成果発表会などでお互いを理解し議論し切磋琢磨することで、単に利益を出すことを目的とした事業ではなく、世の中がびっくりするような技術を社会実装するための事業化のアイデアが次々と生まれていくであろう。

自治体が長期にわたって投資し続けるためには、市民・納税者の理解が不可欠であり、④の地元企業、地元自治体との連携や地元市民への貢献はそのための重要な要素である。新産業の育成には時間がかかる、という長期的な視点のマインドセットを、市民講座や講演などを通じて市民に粘り強く啓発し続ける必要がある。また、数十年後の鶴岡を支える人材を育成するために、地元の高校生を研究所に受け入れる制度の創設も、市民の理解や信頼を得るために極めて有効な施策である。

(2) 先端研と大学本体の関係

地方に研究キャンパスを設立する際には、大学本体との関係をどのように位置づけるかは重要な問題である。通常、大学キャンパスは学部と紐づけられているケースがほとんどである。例えば慶應義塾大学の場合、文学部、経済学部、法学部、商学部の文系学部は三田キャンパス（東京都港区）、医学部は信濃町キャンパス（東京都新宿区）、理工学部は矢上キャンパス（神奈川県横浜市港北区）、総合政策学部と環境情報学部および看護医療学部は湘南藤沢キャンパス（神奈川県藤沢市）、薬学部は芝共立キャンパス（東京都港区）、そして主に大学1～2年生の教養課程は日吉キャンパス（神奈川県横浜市港北区）、となっている。

一方、学部を置かない研究キャンパスとして、先端研のある「鶴岡タウンキャンパス」の他には、「新川崎タウンキャンパス」（神奈川県川崎市）と「殿町タウンキャンパス」（神奈川県川崎市）があり、これら3つの研究キャンパスを「先端研究教育連携スクエア」と呼んでいる。鶴岡以外の新川崎と殿町のキャンパスは、レンタルラボスペースのような運用をしており、大型の研究費を獲得した慶應義塾大学の教員が、研究プロジェクト遂行のために研究費で賃料を支払ってラボスペースとして使用する。新川崎も殿町も首都圏にあるため、プロジェクトリーダーの教員は本務のキャンパスと行き来が可能であり、本務のキャンパスで十分な研究スペースを確保できない教員が「拡張スペース」として利用しているのが実態である。新川崎と殿町タウンキャンパスでは各研究プロジェクトを統括するような所長がいるわけでもなく、研究内容はその部屋の賃料を支払っている各プロジェクトリーダーが独立して決めている。既存のキャンパスはどこも研究スペースが手狭であるので、拡張スペースとしての新川崎と殿町のスペースにはニーズがあり、有料にもかかわらずほぼ満室状態で推移している。

先端研のある鶴岡タウンキャンパスは新川崎や殿町とは全く異なる。まず、鶴岡は山形県に所在するため、既存学部の教員が既存キャンパスの拡張スペースとして利用することはとても難しく、もし新川崎や殿町と同様にレンタルスペースの運用をしたら利用希望者はほぼゼロであることが予想できる。

そこで鶴岡では、所長の強力なリーダーシップで独創的・画期的な研究コンセプトを打ち出し、それに賛同する研究者は鶴岡に移住するしかない、という状況を作り出して新規に研究者をリクルートした。先端研の常勤研究者は所長以外は全員新規に採用した人達ばかりである。そして慶應義塾大学本体との繋がりが失われてしまわないように、鶴岡タウンキャンパスを「湘南藤沢キャンパスのサテライトキャンパス」と位置づけた*。湘南藤沢キャンパスに本拠地を置く総合政策学部と環境情報学部、それに大学院の政策・メディア研究科の教員と学生が鶴岡に長期滞在し、最先端バイオの実験施設を利用できる拡張キャンパスとしたのである。

先端研に常駐するすべての学部生は環境情報学部か総合政策学部、大学院生は政策・メディア研究科の所属である。環境情報学部、総合政策学部、そして政策・メディア研究科の正式な授業科目として実験実習や講義を鶴岡で実施しており、学生は鶴岡に滞在しながら卒業単位を取得することができる仕組みになっている。キャンパス内には学生寮も用意されている。

また先端研の教員の正式な所属も、常勤・非常勤を問わず全員、政策・メディア研究科または環境情報学部である。先端研所長の富田も開設時から、湘南藤沢キャンパスと“兼務”であり、湘南藤沢キャンパスで授業を担当するなど、太いパイプを維持してきた。先端研は湘南藤沢キャンパスから見ればSFC研究所の「システムバイオロジー・ラボ」という研究プロジェクトであり、政策・メディア研究科においては「先端生命科学プログラム」という

* 大学の正式な組織では、鶴岡タウンキャンパスはどこの学部にも属さない独立したキャンパスである。

教育プログラムの一つとして位置づけられている。鶴岡タウンキャンパスがもし独立した学部・研究科だったとすれば、入学試験や最終試験の実施、カリキュラム設定、履修申告、成績評価などの学事や、教員の採用人事など、大量の事務処理が独自に発生してしまう。

研究プロジェクトとして、そして教育プログラムとして、それなりの独立性を確保しながら、湘南藤沢キャンパス（政策・メディア研究科、環境情報学部、総合政策学部）という大学本体の枠組みの中に存在する意義は非常に大きい。

第 2 章 鶴岡サイエンスパークの沿革

2-1 先端研の沿革

人口 13 万人の典型的な地方都市鶴岡は、1999 年 3 月に鶴岡市の富塚陽一市長（当時）と、山形県の高橋和雄知事（当時）と慶應義塾の鳥居泰彦塾長（当時）は三者協定を結び、2001 年 4 月に慶應義塾大学鶴岡タウンキャンパスに先端研が新設された [3-9]。協定書の内容は以下の通りである。

学校法人慶應義塾並びに山形県および山形県庄内地域市町村は、新しい時代の要請に応えるとともに、地域を支え、国際社会に貢献する人材の育成を図るため、次の事項について合意した。

1. 学校法人慶應義塾は、山形県庄内地域に慶應義塾大学付属研究センターを設置し、研究活動を展開する。
2. 山形県および山形県庄内地域市町村は、同研究センターが行う研究活動について、研究施設の提供その他の積極的な支援を行う。
3. 学校法人慶應義塾は、同研究センターの研究活動を通じて、山形県および庄内地域の産業振興、科学技術の向上、人材育成等に資するとともに、山形県および山形県庄内地域市町村が設置する公設民営方式による新設大学および大学院について、積極的な知的支援を行う。

平成 11 年 3 月 19 日
山形県知事 高橋和雄
鶴岡市長 富塚陽一
慶應義塾長 鳥居泰彦

「新設大学および大学院」とは、先端研と同年に酒田市に開設された東北公益文科大学のことである。

協定はとりあえず 5 年（2001 年度～2005 年度）を第 1 期とし、その後第 2 期（2006 年度～2010 年度）、第 3 期（2011 年度～2013 年度）、第 4 期（2014 年度～2018 年度）、第 5 期（2019 年度～2023 年度）が締結された。1 期～4 基の協定書の写しは付録に掲載してある。

先端研開設にあたって、研究所長には当初 60 歳代のベテラン教授が予定されて準備が進められていた。しかし 2000 年の春ごろ諸々の事情により当初の所長予定者の就任が白紙になった。そのため慶應義塾は早急に学内に「新研究所検討委員会」を設け所長候補者や研究内容を議論したが、なかなか意見がまとまらなかった。2000 年 8 月、委員会の議論とは別に、高橋潤二郎担当常任理事から富田勝（筆者）に連絡があり、研究所の構想についての意見も求められた。富田は、首都圏でもできる優等生的な研究を地方都市鶴岡で行ってもたぶんうまくいかないだろうから、良くも悪くもアクの強いコンセプトを打ち出し、世界で誰もやっていないオンリーワンの研究をすることによって、その研究をしたい人は鶴岡に行くしかない——そんな独創性が高い研究所にすることを目指すべきだ、と意見を述べた。具体的にはバイオと IT を融合させた「統合システムバイオロジー」「データドリブン・バイオロジー」というパラダイムを提案した。高橋潤二郎常任理事はそれに同意し、「研究内容も人事もゼロベースで考えて」その構想の具体的な青写真を描くように富田に要請した。富田は 2 ヶ月かけて具体的な構想をまとめ、高橋潤二郎常任理事と鳥居泰彦慶應義塾長、および高橋和雄山形県知事からの要請に応じてプレゼンテーションを行った。

そして 2000 年 11 月、鳥居泰彦塾長と高橋潤二郎常任理事から、富田に対して所長就任要請があった。富田は東京生まれ東京育ち、アメリカ滞在 10 年の経歴であり、山形県に縁もゆかりもない人間が所長となって先端研はスタートすることになった。

慶應義塾大学の鶴岡進出に際して、鶴岡市長や市役所職員や一部の市民グループからは大いなる歓迎の意が表されたが、多くの鶴岡市民は、税金を使つての先端研の誘致と開設に冷淡だった。研究所を誘致したことによる鶴岡市のメリットは何なのか。短期的な経済効果は期待できそうもないし、税金で一私立大学を誘致したことに「納税者のメリットは何か」と厳しい質問もあった。このように最初の 7～8 年は先端研にとって“アウェイ”な雰囲気だったのである

しかし当時の富塚陽一鶴岡市長は、慶應義塾大学の誘致を「次世代のための種まき」と位置付けていた。鶴岡市は人口減少が止まらず、このままでは三十年後には消滅する可能性があると言われている、農業や観光など地元の既存産業をこれからも一層頑張ることは大前提であるが、それだけではおそらく地域衰退は避けられないため、新たな産業をゼロから創り出す気概が必要である。そしてこれからの日本が産業を興すとすれば、新興国とのコスト競争に巻き込まれないよう、高くても売れるような非常に高付加価値のモノや技術やサービスを生み出すことが重要であり、創るべきは科学技術に基づく「知的産業」だと考え

た。そのためには核となる研究所が必要であり、慶應義塾を誘致したということである。

新たな主力産業をゼロから創出することには最低でも三十年はかかる。つまり今の世代には恩恵はなくても、三十年後の次世代のための投資だと位置づけていたのである。富塚陽一市長は慶應先端研に期待することとして、短期的な地元貢献や経済効果よりも、「世界が振り向く研究をして、街の文化的価値を高め、知的産業の土壌を醸成してくれること」と語っていた。

研究スタッフ十数人でスタートした先端研であるが、翌年の 2002 年には、生体内代謝物質を網羅的に計測・分析するメタボローム解析技術を曾我朋義助教授が中心となって開発[31,32]。これがのちに様々な賞を受賞するなど日本を代表する技術となり、血中や尿中のバイオマーカー探索や代謝メカニズムの解明に威力を発揮した。

2007 年には大腸菌の mRNA、蛋白質、代謝物、フラックスを網羅的に解析し、世界で初めての大規模なデータドリブンのバイオ研究として *Science* 誌に論文が掲載された[43]。これによってシステムバイオロジーの最先端研究拠点として世界から認知されるようになった。

その後も、がん細胞の代謝動態研究[10,11]、唾液でがんを高精度で発見する技術開発[59]、腸内細菌の研究など[12-15]、数多くの研究成果を挙げている。

またこれらの研究成果を事業化することに積極的に取り組み、先端開発の最初のベンチャー企業「ヒューマン・メタボローム・テクノロジーズ株式会社」を富田（筆者）自ら創業して東京証券取引所マザーズに株式上場を果たすとともに、若手の研究者および起業家により、バイオベンチャー6社の創業につながった。

そして 2018 年には、ヤマガタデザイン株式会社が手掛けた、ホテルスイデンテラスとキッズドーム SORAI がサイエンスパーク内に完成し、地方創生の“成功モデル”として全国の自治体から注目されるようになったのである。

2001 年の先端研開設時からの先端研の沿革を年表にしたものを、以下にまとめた。

先端研の沿革年表

1996 年

4 月 庄内開発協議会に大学整備検討調整会議、大学整備推進室を設置

1998 年

4 月 庄内総合支庁内に、大学整備推進室設置される

1999 年

1 月 庄内地域大学シンポジウム「地域と大学の関わり」開催

3 月 山形県、庄内地域市町村、慶應義塾の 3 者による協定締結式
学校法人庄内地域大学設立準備委員会発足

2000 年

2 月 慶應義塾大学先端生命科学研究所 起工式

2001 年

4 月 先端生命科学研究所 開設

5 月 鶴岡タウンキャンパス 竣工式

10 月 オープン記念行事「21 世紀の先端生命科学」 開催

2002 年

3 月 2002 年度アジレント・テクノロジー大学助成プログラムに選出

8 月 メタボローム分析技術で、初の特許取得

ゲノム解析新ソフト「G-language」、国際学会にて受賞

9 月 日米合同ワークショップ 開催

リボヌクレアーゼH国際会議 開催

11 月 第 16 回日本 IBM 科学賞 受賞

2003 年

6 月 鶴岡バイオキャンパス特区 創設

バーチャルバクテリア国際会議 開催

第 17 回独創性を拓く先端技術大賞、日本工業新聞社賞受賞

7 月 ヒューマン・メタボローム・テクノロジーズ株式会社設立

11 月 IBM Shared University Research Award 受賞

2004 年

1 月 第 4 回慶應義塾大学知的資産センター賞 受賞

6 月 第 3 回産学官連携推進会議科学技術政策担当大臣賞 受賞

11 月アントレプレナーアワード 2004 受賞

2005 年

4 月 第 5 回バイオビジネスコンペ JAPAN 最優秀賞 受賞

6 月 理化学研究所とメタボローム研究に関する基本合意書を締結

第 1 回メタボローム国際会議 開催

12 月 日本神経回路学会 開催

2006 年

3 月 山形県、鶴岡市、慶應義塾の 3 者による協定締結式（第二期）

6 月 鶴岡先端研究産業支援センター（鶴岡メタボロームキャンパス）開設

11 月 第 1 回メタボロームシンポジウム 開催

2007 年

3 月 史上最大規模の細胞分析に成功、サイエンス誌掲載

4 月 平成 19 年度文部科学大臣表彰 科学技術賞 受賞

The Best Spirit of Entrepreneurship Award 最優秀賞 受賞

- 9 月 スパイバー株式会社設立
- 10 月 新型 tRNA 遺伝子の発見に貢献、サイエンス誌掲載
- 11 月 市民のためのがん情報ステーション「からだ館」開設

2008 年

- 1 月 バイオシグマ社（チリ共和国）とバイオ・マイニングの共同研究開始
- 4 月 JST「日本が強い技術」にメタボローム解析 選出
- 6 月 先端研の新技术、国際論文誌 *Analytical Sciences* に表彰される
- 9 月 リボスクレアーゼ H2008 国際会議 開催
- 11 月 先端医療開発特区（スーパー特区）に選定

2009 年

- 3 月 第 9 回バイオビジネスコンペ JAPAN 最優秀賞 受賞
- 4 月 第 19 回日経 BP 技術賞 医療・バイオ部門賞 受賞
- 5 月 世界最先端プロジェクトの研究助手に地元高校生を起用
平成 21 年度 全国発明表彰 発明協会会長賞 受賞
- 6 月 ジグソーパズル状の遺伝子発見 国際 RNA 学会で受賞
「光る大学発ベンチャー20 選」（経済産業省）に先端開発ベンチャー2 社選出
- 9 月 国際メタボローム学会功労賞 受賞

2010 年

- 3 月 先端医療開発特区セミナー「がん医療の未来」開催
- 5 月 細胞の酸化還元メカニズム解明へ、英国と共同研究開始
- 6 月 唾液検査でがんを高精度で発見する新技术を開発
- 9 月 慶應義塾大学先端生命科学研究所 10 周年記念イベント 開催

2011 年

- 3 月 血液 1 滴で 9 種類の肝臓疾患を判定出来る技術を開発
- 4 月 鶴岡メタボロームキャンパス J 棟オープン
- 5 月 山形県、鶴岡市、慶應義塾の 3 者による協定締結式（第三期）
- 7 月 鶴岡メタボロームキャンパス D 棟オープン
- 8 月 高校生バイオサミット 初開催

2012 年

- 1 月 大象株式会社（韓国）と微生物発酵の共同研究開始
- 4 月 鶴岡みらい健康調査 開始
- 10 月 第 4 回国際システムバイオロジー学会 FOSBE2012 国際会議開催
- 11 月 NASA と研究連携開始
国際学会 Probiotics2012 で受賞

2013 年

- 5 月 国際メタボローム学会 Best Paper Award 受賞
- 11 月 Symposium on Complex Biodynamics and Networks 開催

「細胞を創る」研究会 6.0 開催
12 月 株式会社サリバテック設立

2014 年

1 月 第 57 回山新 3P 賞 受賞
3 月 山形県、鶴岡市、慶應義塾の 3 者による協定締結式（第四期）
5 月 ICOBM2014 Poster Award 受賞
6 月 経済産業省「地域オープンイノベーション促進事業」に採択
第 10 回国際メタボロミクス国際会議 開催
7 月 平成 26 年度三島海雲学術賞 受賞
10 月 大学発ベンチャー表彰 2014 特別賞 受賞

2015 年

2 月 第 1 回バイオサイエンスグランプリ 最優秀賞 受賞
3 月 株式会社メタジェン設立
5 月 2nd Symposium on Complex Biodynamics and Networks(cBio2015) 開催
12 月 科学技術への顕著な貢献 2015（ナイスステップな研究者） 受賞

2016 年

1 月 鶴岡工業高等専門学校と単位互換について協定を締結
3 月 株式会社メトセラ設立
山形大学農学部と単位互換について協定を締結
6 月 国際会議バイオハッカソン 2016 開催
9 月 先端研 15 周年記念シンポジウム開催
山形県鶴岡市の「市政功労表彰」を受賞
10 月 Oxford Journals - Japanese Society for Bioinformatics Prize 受賞
11 月 平成 28 年度全国食品技術研究会賞「最優秀賞」受賞
12 月 WIRED Audi INNOVATION AWARD 2016 受賞

2017 年

2 月 第 6 回地域産業支援プログラム表彰事業「文部科学大臣賞」を受賞
4 月 国立がん研究センターと協定を締結
Forbes 誌「Local Innovators of the Year 2017」に選出される
6 月 富田所長、アジア人初の「国際メタボローム学会 終身名誉フェロー」を受賞
8 月 100 年来の謎であった大腸がんの代謝が変化する仕組みを解明
10 月 「山形県特別功労賞」を受賞
11 月 からだ館開設 10 周年記念イベント開催

2018 年

3 月 損保ジャパン日本興亜と包括連携協定を締結、ビジネスラボ鶴岡新設
6 月 河野特任講師、「若手アカデミー賞」受賞
8 月 第一生命と包括連携協定を締結

2019 年

1 月 明治安田生命と包括連携協定を締結

3 月 山形県、鶴岡市、慶應義塾の 3 者による協定締結式（第五期）

先端研の詳しい沿革年表は、2016 年に行われた先端研 15 周年記念イベントにおいて、先端研の開設から 2015 年までの沿革をパネルにして展示した。その画像を付録に掲載してある。

2-2 施設・建物の沿革

鶴岡サイエンスパークの 2018 年 12 月現在での俯瞰図を図 2-1 に示す。2001 年の時点では①の慶應先端研「バイオラボ棟」が存在していただけであったが、その後②～⑦の順番で次々と拡張されていき現在に至る。



図 2-1：鶴岡サイエンスパーク俯瞰図*

①慶應義塾大学先端生命科学研究所バイオラボ棟 ②鶴岡市産業支援センターA 棟・B 棟・C 棟・共用棟 ③鶴岡市産業支援センターD 棟 ④Spiber 株式会社プロトタイプングスタジオ ⑤Spiber 株式会社本社研究棟 ⑥ホテル・スイデンテラス（ヤマガタデザイン株式会社） ⑦キッズドーム SORAI（ヤマガタデザイン株式会社）

* 図 2-1 は Spiber 社提供のものを筆者が加工。図 2-2、図 2-3、図 2-4 は慶應先端研の資料写真。

(1) 慶應義塾大学先端生命科学研究所 センター棟

慶應先端研センター棟（図 2-2）は、サイエンスパークから約 2km 離れた鶴岡公園の中に位置する。先端研のメインオフィス、コンピュータラボ、教室、「からだ館」、学生とゲストの滞在施設（図 2-3）がある。図書館（致道ライブラリ）、東北公益文科大学大学院も併設されている。



図 2-2: 慶應義塾大学先端生命科学研究所 センター棟 北側（上）と南側（下）の概観



図 2-3: 宿泊施設「研修棟」（左）とレストラン「水の食卓 百けん濠」（右）

(2) 慶應義塾大学先端生命科学研究所 バイオラボ棟

キャンパスセンターから約 2 km 北の広大な水田地帯の一角に、慶應先端研の実験施設「バイオラボ棟」が 2001 年に建設された（図 2-4）。鶴岡サイエンスパークはここから始まることになる。



図 2-4：慶應義塾大学先端生命科学研究所バイオラボ棟 外観（上）と夜（下）

(3) 鶴岡市先端研究産業支援センター

慶應先端研開設後、数年経過すると、獲得研究費も増えて人員も増え、バイオラボ棟のスペースが不足するようになった。そこで鶴岡市は 2006 年に先端研究産業支援センターというレンタルラボを建設した。慶應先端研や先端研発ベンチャー企業、その他の関連機関、企業などが賃料を支払って入居している。A 棟 B 棟には先端研発ベンチャー第一号のヒューマン・メタボローム・テクノロジーズ株式会社が入居している。J 棟と D 棟、それにレクチャーホールは 2011 年に完成した（図 2-5）。

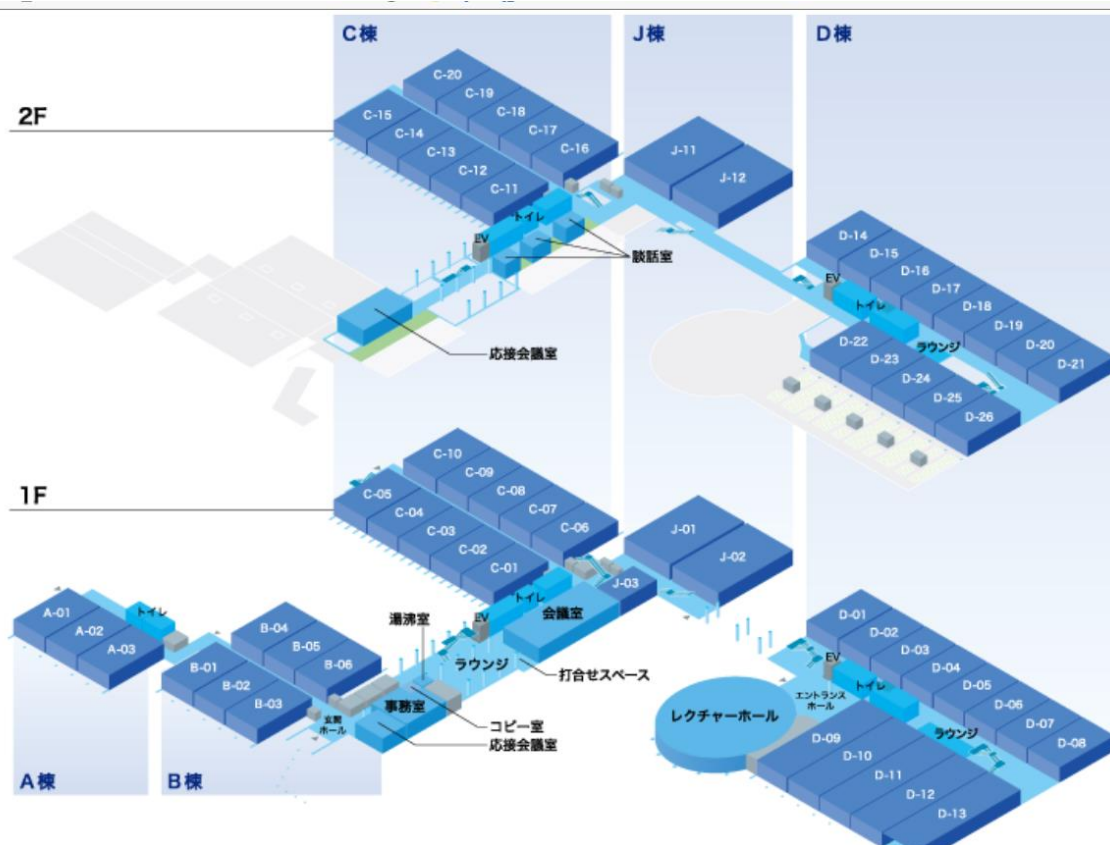
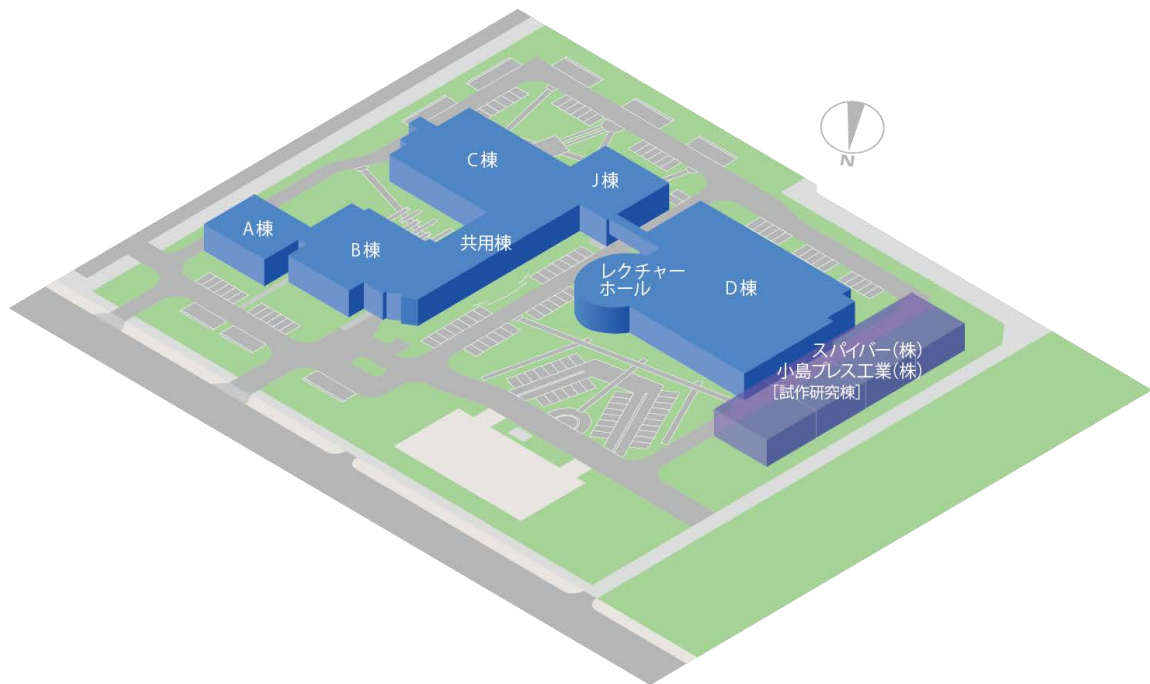


図 2-5 : 鶴岡市先端研究産業支援センター 敷地図 (上) と展開図 (下)
(鶴岡市 HP より引用)

(4) Spiber 株式会社 研究棟

先端開発ベンチャー企業 Spiber 株式会社は創業当初は産業支援センター内に入居していたが、2013 年にプロトタイピングスタジオ（図 2-6）、2015 年に本社研究棟（図 2-7）が完成した。



図 2-6 : Spiber 株式会社 プロトタイピングスタジオ



図 2-7 : Spiber 株式会社 本社研究棟

（写真提供：Spiber 株式会社）

(5) ホテル スイデンテラス

ヤマガタデザイン株式会社が 2018 年夏に完成したホテル・スイデンテラスは、水田に浮かぶようなイメージのアーティスティックな建物であり（図 2-8）、板茂建築事務所が設計を担当した。地元の木材をふんだんに使用し、レストランや天然温泉（かけ流し）大浴場、トレーニングジムも完備されている。鶴岡サイエンスパークの訪問客のみならず地元市民やその知人などが利用している。



図 2-8 : ホテル・スイデンテラス 外観（上）と天然温泉施設（下）
（公式 HP より）

(6) 全天候型児童遊戯施設 キッズドーム SORAI

ヤマガタデザイン株式会社が 2018 年夏に完成した「キッズドーム SORAI」は、0 歳から 12 歳までの子供の屋内遊戯施設で、スイデンテラスと同様、板茂建築事務所設計で、地元の木材をふんだんに使ったスタイリッシュな建物である（図 2-9）。中には子供たちが遊べる機材が充実している。鶴岡サイエンスパーク関係者の家族のみならず、鶴岡市民にも有料で開放している。



図 2-9：キッズドーム SORAI 外観（上）と内観（下）

（公式 HP より）

2-2 先端研発ベンチャー企業の沿革

慶應先端研から生まれたバイオベンチャー企業は 2018 年現在、以下の 6 社である。

2003



- ・メタボローム解析、うつ病の診断キットを開発
- ・2013年、東証マザーズ上場

ヒューマン・メタボローム・テクノロジーズ株式会社（HMT）は 2003 年に富田勝（筆者）が当時助教授の曾我朋義とともに創業し、富田は現在筆頭株主で技術顧問を務める。2013 年に東証マザーズに株式上場し、鶴岡市唯一の上場企業となった。資本金 1,461 百万円。受託分析事業の 2017 年度売上げは 914 百万円。リン酸エタノールアミン（PEA）をうつ病のマーカーとして 2015 年に特許を取得。現在までに米国、欧州、中国でも特許登録済み。先端技術大賞日本工業新聞社賞(2003)／バイオビジネスコンペ最優秀賞(2005)／全国発明協会会長賞(2009)／第 9 回日本バイオベンチャー大賞（2015）を受賞。

2007



- ・世界初の人工クモ糸繊維の量産化技術を確立
- ・世界初の合成タンパク質素材の衣料製品を発表

Spiber 株式会社はオミクス情報に基づいて遺伝子をデザインし発酵プロセスを効率化し、人工クモ糸の量産化技術を確立。先端研の大学院生（当時）の関山和秀と菅原潤一が創業。富田は技術顧問として支援、現在は社外取締役を務める。2013 年にパイロットスケールのプロトタイピングスタジオ（試作研究棟）、2015 年に年間 12 トン生産できる本社研究棟が完成した。アウトドアのトップメーカーである株式会社ゴールドウィンとのコラボレーションにより、合成クモ糸繊維「QMONOS」を用いた世界初の製品プロトタイプ「MOON PARKA」を試作することに成功した。日本ベンチャー大賞（2015）地域活性化賞を受賞。

2013



- ・唾液からがんなどの疾患を検査する技術を開発

株式会社サリバテックは先端研の特任准教授（当時）の杉本昌弘が中心になって創業。富田は株主として創業支援。唾液に含まれる複数の成分の濃度を検査機器で測定し、がん罹患しているリスクを判定する「サリバチェッカー」の実用化に成功。検査の対象となるのは、肺がん、乳がん、膵がん、大腸がん、口腔がんの 5 種類である。2018 年 12 月段階で、全国 40 か所程度の医療機関にて人間ドッグのオプション等で使用されている。

2015



メタジェン

・人の便から腸内細菌の遺伝子情報などを分析

株式会社メタジェンは特任准教授の福田真嗣が中心となって創業し社長を務める。富田は特別顧問。メタボロームとメタゲノムを組み合わせた「メタボログenomix」を用いて、腸内環境に基づく新たな健康評価、健康維持、および疾患予防の方法の開発事業を行っている。第一回バイオサイエンスグランプリ（2015）で最優秀賞を獲得、福田はバイオインダストリー奨励賞（2017）も受賞している。2017年、健康食品大手のキューサイと共同研究を開始し、ケール青汁の飲用が腸内環境にもたらす影響をメタボログenomixによって包括的に分析している。

2016

Metcela

メトセラ

・移植用の心臓組織の製造・販売
・心臓以外の臓器細胞の製造販売も計画

株式会社メトセラは、先端研の岩宮貴紘研究員が中心になって創業し社長を務める。富田は株主。開発中の心不全向け細胞医薬品でラットを用いた試験で高い治療効果を確認した。「線維芽細胞」と呼ばれる心筋細胞を増やす力を持つ細胞を患者の臓器から採取して心臓に注入する。既存の治療法と比べコストや製造期間を削減できる。

2017



・次世代シーケンサーとAIを用いた抗体医薬探索

株式会社MOLCUREは、先端研大学院生（当時）の小川隆と玉木聡志が創業。次世代シーケンサーとAI技術を組み合わせて抗体探索を加速し、バイオ医薬品開発を効率化する。抗がん剤の候補物質を探索するほか、関節リウマチ治療薬も目指している。

2-3 鶴岡メタボロームクラスター

鶴岡サイエンスパークには、慶應先端研と先端研発ベンチャー企業の他にも、独立行政法人理化学研究所・植物化学研究センターや鶴岡工業高等専門学校、独立研究開発法人・国立がん研究センターも入居するようになり、それらの関連機関・企業を総称して「鶴岡メタボ

ロームクラスター」と呼んでいる。図 2-10 は鶴岡市のホームページからの引用である。



図 2-10：鶴岡メタボロームクラスター（鶴岡市 HP より引用）

第 3 章 研究による地域の学術文化向上

3-1 概要

先端研が開設当初から看板に掲げた「統合システムバイオロジー」(integrative systems biology)とは、生物のゲノム(遺伝子総体、genome)、トランスクリプトーム(RNA 総体、transcriptome)、プロテオーム(蛋白質総体、proteome)、メタボローム(代謝物総体、metabolome)の各種生物情報を網羅的・高効率に計測し、獲得した大量の生物データをコンピュータで整理・統合・理解する「データドリブン」(data-driven)の生物学・生命科学である。ゲノムに基づく生物学のことを「ゲノミクス」(genomics)、プロテオームに基づく生物学を「プロテオミクス」(proteomics)、メタボロームに基づく生物学を「メタボロミクス」(metabolomics)、などと呼ぶが、これらのオミクス(-omics)を複数組み合わせた生物学をマルチオミクス(multi-omics)生物学と言う。先端研は「data-driven multi-omics biology」の世界的パイオニアである。

2007 年には大腸菌の mRNA、蛋白質、代謝物、フラックスを網羅的に解析し、世界で初めての大規模マルチオミクス研究として *Science* 誌に論文が掲載された[43]。またその論文は *Science Express* (2007 年 3 月 23 日号)に「注目論文」として予告ハイライトされるとともに、*Science* (2007 年 4 月 27 日号)の Perspectives でも「細胞の全体像に迫る革新的な研究」として注目を浴びた。

また、先端研の曾我朋義らが開発したキャピラリー電気泳動・質量分析計(CE-MS)に

よるメタボローム解析技術[31,32]は、科学技術振興機構（JST）調査による科学研究の国際比較 2008 年版で、日本を代表する技術のひとつに挙げられている。

このようなデータドリブンのアプローチは、近年では「オミクスバイオロジー」（omics biology）とも呼ばれ、医学、薬学、細胞生物学、微生物学、農学、食品化学など生命科学のあらゆる分野で主流になりつつあり、先端研はそのパイオニアとして国内外から認知されている。

本章では、開設以来の研究成果について一般人にも理解できる平易な文章を用いて記述し、2014 年から 2018 年については、公表した学術論文の引用数、受賞実績、研究成果に関する新聞報道に関しても述べる。

3-2 研究成果とその広報

2015 年時点での先端研の研究内容に関しては、KEIO SFC JOURNAL 第 15 巻第 1 号 (2015) にまとめられている[19,20]。細胞のコンピュータシミュレーション[21]、メタボローム解析技術[23]、食と健康[23]、RNA 研究[24]、宇宙生物学[25]、オイル産生微細藻[26]、発生学[27]、微生物学[28]など、先端研の最先端研究に関して章ごとに記載している。

ここでは先端研の研究成果のうち、プレスリリースをして広く一般に広報したものを時系列で記載する（研究者の職位は当時のもの）。先端研のホームページのニュース（筆者監修）[30]の文面を引用・修正したものである。

代謝物質を同時一斉分析の新技术「メタボローム解析」を開発、特許取得

(2002.08.05)

先端研の西岡孝明教授と曾我朋義助教授らは、ごく微量の細胞抽出液から数百種類の細胞内代謝物質の量を一斉にわずか 30 分程度で測定できる「メタボローム解析」という画期的な化学分析手法を開発した。この発明のポイントは、特殊なキャピラリーを用いて、これまで困難とされていたキャピラリー電気泳動・質量分析装置による陰イオン性物質の一斉分析法を可能にした点にあり、「陰イオン性化合物の分離分析および装置」に関する特許を取得した。この方法を用いることで、細胞内の陰イオン性代謝物質の一斉分析が可能になり、メタボローム（全代謝物質）測定を飛躍的に進歩させ、日本発バイオテクノロジーの新兵器となることが期待できる。

この研究成果は、Analytical Chemistry という国際論文誌の 5 月 15 日刊行号の Accelerated Articles（最注目記事）として巻頭を飾った[31,32]。

遺伝子ではない遺伝子（？）を、大量に発見

(2002.12.05)

先端研の大学院生・沼田興治君、金井昭夫助教授、斎藤輪太郎講師、および富田勝教授の研究グループが、理化学研究所の林崎良英博士らが中心になって収集した大量のマウスの遺伝子情報を、コンピュータ解析した結果、細胞内には蛋白質に翻訳されない謎の遺伝子転写産物が大量に存在することを明らかにした。通常、細胞内の各遺伝子は RNA に転写された後、蛋白質に翻訳されて生体機能を発揮する。ところが、マウスの細胞内の RNA を網羅的に解析したところ、蛋白質に翻訳されていないと推測される RNA(non-coding RNA)を 4,000 種類以上確認した。Non-coding RNA の存在自体はかねてより知られていたが、これだけ大量に同定したのは本研究が世界ではじめて。このことは、今後のバイオテクノロジーや医療・創薬研究に大きな影響を与えられられる。

本研究は、理化学研究所ゲノム科学総合研究センター林崎研究室、英国サンガー研究所、オーストラリアのクィーンズランド大学の研究者らとの共同研究。理化学研究所の林崎博士は先端研の客員教授もつとめており、かねてよりの研究協力が実を結んだ。この研究成果は国際論文誌 *Genome Research* に掲載され[33]、12 月 5 日号の英学術誌 *Nature* にも一部掲載された。

「終止コドン無視する遺伝子」多数存在の可能性？

(2003.07.22)

遺伝子配列情報からたんぱく質が合成されるとき、ひとつの遺伝子情報の終結を意味する「終止コドン」と呼ばれる 3 塩基の配列 (TAA、TGA または TAG) が現れると合成プロセスを終了し、たんぱく質一分子の合成が完了する。ところが、終止コドンがあるにもかかわらずそれを読み飛ばし、たんぱく質を合成し続ける不思議な現象が存在することが知られていた。この現象は「リードスルー」と呼ばれ、ごくまれな例外的な現象またはエラーだと考えられていた。

本研究は、総合政策学部 4 年の佐藤みさき君と環境情報学部 2 年の梅木瞳君が中心となって、ショウジョウバエのゲノム配列をコンピュータで網羅的に解析し、終止コドンの下流にもたんぱく質の機能配列が頻繁に存在することを明らかにした。リードスルーしないのならば、終止コドンの下流に機能配列を持つ意味はないはずなので、この研究結果は、リードスルーはかなり頻繁におきている可能性を示唆したものである。またリードスルーによってたんぱく質の機能を調節・制御している可能性もあり、リードスルーとはエラーではなく、生命活動の一環として積極的に行っているのではないかと考えられる。この研究成果は国際論文誌 *Bioinformatics* 誌に掲載された[34]。

脳神経細胞のコンピュータシミュレーションに成功

(2003.11.21)

先端研の富田勝所長と菊地進一助手らの研究グループはコンピュータ上に神経細胞の働きを再現することに成功し、2003 年 11 月発売の国際論文誌 *Neural Networks* 誌の「神経情報学」特集号に発表した[35]。かねてより先端研が開発してきた細胞シミュレーションソフトウェア「E-Cell システム」を用いて、海馬（脳で短期記憶を司るとされている部位）での神経シナプスに生じる長期増強 (Long-Term Potentiation、LTP) という現象を詳細に再現した。LTP とは、一時的な刺激を与えるとしばらく興奮を続けるという現象で、脳の短期記憶の分子的な基盤であると言われている。

今回のシミュレーションでプロテインフォスファターゼ 2A という物質が LTP に重要な役割を果たしていることも明らかになった。これらの研究成果が、分子レベルからの記憶のメカニズムの解明や、記憶力低下の診断・治療への応用につながる事が期待できる。

世界初の革新的な生体シミュレーションソフト開発

(2004.03.03)

先端研の高橋恒一研究員らは、細胞や臓器などの生体活動をコンピュータでシミュレーションするための革新的な手法を開発した、と3月1日発刊の英国国際論文誌 *Bioinformatics* に発表した[36]。

生体は数千・数万の物質や酵素反応をはじめとした様々な生命現象が絡み合った複雑なシステムであるが、これを理解するためにはコンピュータシミュレーション技術が不可欠である。生体のシミュレーションが難しい点は、多種多様な化学反応、物理現象が混在している点にあり、その複雑な現象を再現する"統合的なシミュレーション手法"の開発に各国の研究者が挑戦していた。

本研究では、それぞれの反応に対して別々の計算手法を用い、かつ全体をひとつのシミュレーションとして実行できる基盤ソフトウェアを世界で初めて開発した。このソフトウェア「E-Cell バージョン3」を用いれば、各生体機能に最も効率の良い計算手法を別個に用いることが可能になり、シミュレーションを用いた生物研究の適用範囲が格段に広がる。

ひとつの遺伝子から複数のたんぱく質を生成するための暗号を同定

(2004.06.23)

先端研の環境情報学部4年生の伊藤ひとみさんが、鷲尾尊規講師と富田勝教授の指導のもとに行った研究成果が、国際論文誌 *RNA* に掲載された[37]。ヒトの遺伝子数はたかだかショウジョウバエの2倍程度で、イネよりも少ないとされている。この限られた遺伝子情報から複雑なヒトの細胞機能を実現するためには、ひとつの遺伝子から複数種類のたんぱく質を生成する「選択的スプライシング」というメカニズムが極めて重要な役割を持つと考えられているが、その詳しい機構はよくわかっていなかった。本研究ではバイオインフォマティクス的手法を駆使し、遺伝子配列中の「GAAGAA」かそれに類似した配列が選択的スプライシングの制御に深く関与していることを突き止めた。

ヒト、マウス、ショウジョウバエ、イネ、シロイヌナズナの5種類の動植物のゲノム配列と発現配列(cDNA)をコンピュータで大規模・網羅的に解析したところ、選択的スプライシングによって複数種類のたんぱく質を生成する遺伝子には、一種類のたんぱく質しか生成しない遺伝子に比べて、GAAの繰り返し配列（またはそれに類似した配列）が有意に多く存在していることを見出した。このことは、DNAのGAA繰り返し配列に結合する因子が、選択的スプライシングのオン・オフの制御に深く関与していることを示唆している。GAA繰り返し配列に結合する因子はすでにいくつか同定されているため、本研究成果は未知の部分が多い「選択的スプライシング」のしくみを解明するための重要な鍵となり得る。

ミトコンドリアの働きのコンピュータ上再現に成功

(2004.07.23)

先端研の柚木克之研究員と富田勝教授の研究グループは、ミトコンドリアの働きをコンピュータ上に再現することに成功した。このモデルを用いて、コンピュータ上で遺伝子異常や代謝異常をバーチャルに発生させ、ミトコンドリア病の治療法や診断法の開発に貢献することが期待される。

ミトコンドリアはヒト細胞内の小器官であり、ヒトが取り込んだ酸素の約 90%を使って筋肉の動きや細胞分裂などに必要なエネルギーを生産するいわば「細胞の発電所」である。ミトコンドリアに異常があると、パーキンソン病や心筋症など様々な疾患を引き起こすが、その病理学的なしくみは未解明のことが多い。本研究では、先端研が開発した細胞シミュレーションソフトウェア「E-Cell」を用いて、ミトコンドリア代謝のほぼ全体を再現するシミュレーションモデルを完成させた。ミトコンドリアの一部分を再現した研究は過去にも存在するが、代謝全体を再現したモデルは世界で初めてである。

この成果は 7 月 22 日発行の英国の国際論文誌 *Bioinformatics* に掲載された[38]。

メタボローム解析で急性肝炎のバイオマーカーを発見

(2006.04.12)

先端研の富田勝教授、曾我朋義教授らと慶應義塾大学医学部医化学教室の末松誠教授の研究グループは、メタボローム解析を用いて、アセトアミノフェンによって引き起こされる急性肝炎の血中バイオマーカーを発見した[39]。アセトアミノフェンは解熱鎮痛薬として広く使われているが、大量摂取すると急性肝炎を誘発し、米国では毎年 100 人以上がアセトアミノフェン中毒で死亡している。

本研究では、従来法に比べ数倍以上の高感度化と数十倍の高速測定を可能にしたキャピラリー電気泳動-飛行時間型質量分析計 (CE-TOFMS) を開発するとともに、メタボローム測定で得られた膨大なデータの中から変動のある代謝物を瞬時に探索するソフト (名称: メタボロームディファレンシャルディスプレイ) を開発した。これらの新規メタボローム解析技術を用いて、アセトアミノフェンをマウスに過剰投与し、肝臓細胞内と血液中の代謝物質の変動を網羅的に測定したところ、急性肝炎発症時には「オフタルミン酸」が肝臓細胞内および血液中で急増していることを発見した。このバイオマーカーがヒトでも確認できれば、血液中のオフタルミン酸濃度を測定することにより、薬物による急性肝炎や酸化ストレス病態の早期の診断が可能になる。

未知のアミノ酸「運搬役」遺伝子を大量発見

(2006.12.31)

環境情報学部 4 年生の菅原潤一君と先端研の富田勝教授、金井昭夫教授らの研究グループは微生物のゲノム配列から tRNA というアミノ酸の「運搬役」遺伝子を同定する高性能

なソフトウェアを新たに開発し、今まで未発見であった tRNA を大量に発見することに成功した。

バクテリアから人間に至るまで、タンパク質は細胞内で 20 数種類のアミノ酸を結合することによって合成されるが、その合成過程において「バリン」「ロイシン」「イソロイシン」などのアミノ酸すべてにそれぞれ決まった tRNA とよばれる「運搬役」がいる。ところが古細菌とよばれ地球上に太古からいるとされている微生物種では、生命活動を維持するために必須であるはずの「運搬役」tRNA 遺伝子の多くが未発見であり、大きな謎とされていた。

本研究では、これまで生物学実験で部分的に同定されてきた古細菌 tRNA のいくつかが通常とは異なる分子構造を経て合成されることに着目し、この特徴を調べ上げて、ゲノム配列から tRNA 遺伝子を網羅的に探索するソフトウェア SPLITS を開発した。およそ 30 種の古細菌全ゲノムを大規模解析した結果、51 種の新規 tRNA 遺伝子が新たに発見され、いずれの古細菌種についてもアミノ酸の「運搬役」tRNA のセットをすべて同定することに成功した。この新技術は国際学術誌 *In Silico Biology* に掲載され[40]、太古の生命体のタンパク質合成系への理解を押し進めるものとなった。

また米国マサチューセッツ大学を中心として進められていた、国際的なゲノム解読プロジェクトに参加し、SPLITS を駆使して深海に生息する古細菌種 *Cenarchaeum symbiosum* の tRNA 遺伝子を同定することに貢献、菅原君は米国科学アカデミー紀要 (*Proc. Natl. Acad. Sci. USA*) に掲載された論文に共著者として名を連ね、この新技術の実用性が国際的にも証明された。

本研究成果は、米国生化学分子生物学会誌 *Journal of Biological Chemistry* 電子版に 4 月 11 日掲載された。

コンピュータ細胞で赤血球が酸素を感知するメカニズムを予測

(2007.02.13)

慶應義塾大学医学部医化学教室の末松誠教授と先端研の博士課程 3 年木下綾子君、富田勝教授、曾我朋義教授の共同研究チームは、先端研が開発した細胞シミュレーションソフトウェア E-Cell を用いて赤血球細胞のシミュレーションを行い、赤血球の低酸素状態における細胞の代謝応答を予測し、メタボローム解析による実測実験でその予測を実証した。

本研究では赤血球が末梢組織に到達して低酸素に曝露されるとヘモグロビンをスイッチにした巧妙なしかけで解糖系を活性化し、細胞機能の維持や局所の血流調節に必要な ATP と、酸素を組織に放出するために必要な 2,3-BPG (bisphosphoglycerate) という代謝物を同時に増加させているという現象を、シミュレーションで見出した。この予測結果を実証するために、メタボローム解析を用いて実際の代謝物質濃度を定量したところ、E-Cell 赤血球のシミュレーション予測値とメタボローム測定の実測値の挙動は良く一致した。

本研究成果は米国生化学分子生物学会誌 *Journal of Biological Chemistry* に掲載された

[41]。

バクテリアにデータを保存する新技術を開発

(2007.02.20)

先端研の研究グループはバクテリアなどの細菌類をデータの長期記録媒体として有効活用する新技術を開発した。

バクテリアのゲノム DNA 配列に人工 DNA 配列を挿入することによって、バクテリアにデータを長期保存することができれば、その大きさが非常に小さく、世代を経てゲノムに遺伝情報を残していくため、CD-ROM、メモリースティック、ハードディスクといったコンピュータに用いられる磁気メディアと比較して格段に小さく大容量のデータが長期にわたって保存可能な記録媒体になりうるとして注目されていた。しかしながら、生物は世代を経るごとにゲノム DNA 配列を徐々に変化させてしまうため、挿入した人工 DNA 配列も同時に変化してしまい、記録した情報が壊れやすいことがこれまで大きな壁となっていた。

そこで本研究では、情報を DNA 配列に変換して合成した人工 DNA を、枯草菌 *Bacillus subtilis* というバクテリアのゲノム DNA の複数箇所にコピーして挿入する技術を開発した。この技術では、保存した情報を読み取るときに、バクテリアの全ゲノム DNA 配列からコピーされた同じ DNA 配列を「あぶりだす」ことができる。また、記録した情報が部分的に破壊されてしまっても、他のコピー配列から正しい情報に修復できるようになる。実際に、アインシュタイン博士の相対性理論の方程式で有名な「 $E=mc^2$ 1905!」というデータを枯草菌に保存し、コンピュータシミュレーションを行って、新技術が世代を経ていくバクテリアに数百年から数千年もの間データを記録できる可能性を示した。

この研究成果は米化学会が発行する国際学術誌 *Biotechnology Progress* の電子版に掲載され[42]、多くの海外メディアから取材を受けた。

史上最大規模のマルチオミクス実験で「細胞の頑強性」を世界で初めて定量的に実証

(2007.03.23)

先端研は最先端のバイオ技術を駆使して、生物学史上最大規模のマルチオミクス実験を実施した結果、大腸菌の細胞内における振る舞い（代謝）を安定化するための様々な戦略を持っているという「細胞の頑強性」の定量的実証に成功した。

先端研が開設当初から看板に掲げた研究パラダイムは、生物のゲノム（遺伝子総体）、トランスクリプトーム（RNA 総体）、プロテオーム（蛋白質総体）、メタボローム（代謝物総体）の各種オミクス情報を網羅的・高効率に計測し、獲得した大量の生物データをコンピュータで整理・統合・理解する「データドリブン」（data-driven）の生物学・生命科学であり、本研究はその集大成と言える。

本研究はまず、4,288 個ある大腸菌の遺伝子をひとつずつ欠失させた突然変異体を 3,984 種類作成。その中からエネルギー代謝にかかわる遺伝子を欠失した大腸菌を選出した。また、

通常の菌体については、様々な異なる条件で生育させた。これらの大腸菌の細胞内物質を、メタボローム解析やプロテオーム解析などの最先端の分析技術と遺伝子工学などのバイオテクノロジーを駆使して徹底分析し、数千種もの細胞内分子(代謝物質、タンパク質、RNA)を網羅的に計測した。さらに、代謝物質 130 種、タンパク質 57 種と RNA85 種について詳細な解析を行い、それらのデータをもとにエネルギー代謝の各ステップにおける代謝流束(酵素反応の速度)をコンピュータで計算した。

その結果、エネルギー代謝のような重要プロセスを担っている遺伝子が欠失していても、大腸菌の生存に影響がないだけでなく、細胞内の各種の物質の変化にもほとんど影響が出ないことが明らかになった。また、生育条件を変化させた場合、RNA やタンパク質の量は大きく変化した、代謝物質の量はほとんど変わらなかった。このように「大腸菌は状況に応じて様々な手段で代謝を安定に保っている」ということを世界で初めて定量的に実証した。

本研究は、世界で初めての大規模マルチオミクス研究として *Science* 誌(2007 年 4 月 27 日号)に論文が掲載され[43]、*Science Express* (2007 年 3 月 23 日号)に「注目論文」として予告ハイライトされるとともに、*Science* 誌(2007 年 4 月 27 日号)の *Perspectives* でも「細胞の全体像に迫る革新的な研究」として注目を浴びた。

メタボローム解析を活用し、酸化防止効果のあるビール酵母の育種に成功* (2007.08.09)

キリンホールディングス株式会社のフロンティア技術研究所と先端研は共同研究を実施し、メタボローム解析を用いて、酵母中の代謝物質の流れを改変することで、ビールの品質向上に有効なビール酸化防止効果のある酵母の育種に成功した[44]。

発酵により酵母が生成するビール中の硫黄系化合物はビールの香味に大きな影響を与えることが知られている。その物質の 1 つである「亜硫酸」は高い抗酸化作用をもち、ビールの鮮度の維持に重要な役割を果たす一方、「硫化水素」はビールの硫黄臭の原因物質の 1 つと言われていることから、硫化水素を減少させ、亜硫酸を増加させる酵母の育種が求められる。しかし、亜硫酸と硫化水素は通気や温度などを変えて一方を増減させると、他方も連動して増減するという問題が生じる。そこで本研究、メタボローム解析によって酵母細胞内の代謝の流れを調査した結果をもとに、酵母内の代謝物質の流れの改変を行い、亜硫酸の生産量を増加させながら、硫化水素生産量を減少させる酵母の育種を試みた。その結果、ビールの酸化防止効果があり、なおかつ硫黄臭の少ないビール酵母の育種に成功した。

立教大学との共同研究で新型 tRNA 遺伝子の発見に貢献 (2007.10.23)

政策・メディア研究科修士課程 1 年菅原潤一君、後期博士課程 1 年谷内江望君、先端研の

* キリンホールディングス株式会社のプレスリリース文から一部引用

富田勝教授、金井昭夫教授らの研究グループは、立教大学生命理学科関根靖彦准教授らの研究グループとの共同研究で、先端研が独自に開発したソフトウェア **SPLITS** を用いて、新型の tRNA 遺伝子を発見することに大きく貢献した。その研究成果は **Science** 誌（2007 年 10 月 19 日号）に掲載された[45]。

tRNA とは、細胞内でタンパク質を合成する際に、タンパク質の構成単位であるアミノ酸を「運搬」する役割を持つ、生命活動に不可欠な必須の分子である。ところが、20 億年前に誕生し、地球最古の真核生物と考えられている原始紅藻シズン（学名：*Cyanidioschyzon merolae*）においては、必須であるはずの tRNA 遺伝子の多くがゲノム中に見つからず、大きな謎とされていた。

本研究では、先端研が独自に開発した、ゲノム配列から tRNA 遺伝子を網羅的に探索するソフトウェア **SPLITS** を用いてシズンゲノムの大規模解析をおこなったところ、シズンにおいて未発見であった新種の tRNA 遺伝子を一斉に予測することに成功した。また新たに発見した tRNA 遺伝子の中に、通常のものとは異なり、遺伝子配列が半分に分かれ、さらにそれらが逆転して DNA 上にコードされている、という魔訶不思議な「新種」があることをコンピュータ解析によって発見した。この予測結果をもとに共同研究先の立教大学生命理学科関根靖彦准教授らの研究チームが分子生物学的な実験をおこない、それらの tRNA 遺伝子が細胞内で発現し、環状構造を形成するなどの複雑な加工を経たのち、実際に機能していることを証明した。

原始的な生物でこのような特殊な遺伝子を発見した本研究成果は、tRNA 遺伝子の起源や進化の解明に寄与するものである。

遺伝子をつなぎ合わせてゲノムを構築

(2008.01.08)

先端研の板谷光泰教授と柘植謙爾講師らの研究グループは、三菱化学生命科学研究所との共同研究で、遺伝子をつなぎ合わせてゲノムを構築する新技術を開発した。

従来のバイオテクノロジーでは、ゲノムの一部から有用な遺伝子だけを取り出して利用することはできるが、すべての遺伝子を含むゲノム全体を取り出して利用することは不可能だった。主たる理由は、ゲノムはそのサイズが巨大ということだが、研究グループは枯草菌（こそうきん）というバクテリアを仲介させる独自の手法を用いることで、短い DNA を効率よくつなぎ合わせて巨大ゲノムを構築する新技術の開発に成功した。

このゲノム再構築の技術は汎用性が高くどんなゲノムにも適用可能なので、将来有用微生物の育種をゲノムレベルでデザインすることも可能とする。

この成果は国際論文誌 **Nature Methods**（2008 年 1 月号）に掲載された[46]。

メタボローム解析でアルツハイマー病代謝の解明へ

(2008.01.11)

先端研と国立長寿医療センター研究所（愛知県大府市）の滝川修省令室長のグループは、メタボローム解析を用いて、アルツハイマー病など認知症の代謝研究に着手した。

アルツハイマー病は高齢者認知症の大半を占める神経変性疾患であり、急速に高齢化が進む日本や欧米ですでに約 1800 万人が発症し、2025 年には倍増すると試算されている。アルツハイマー病の診断は容易ではなく、現在、本疾病に特有の脳に蓄積するアミロイド蛋白を陽電子放出断層撮影（PET）でイメージングする画像診断方法の開発などが進められている。しかし、PET 診断は高価で特殊な大型装置を必要とすることから、広く普及するには課題も多く、より簡便な診断方法（バイオマーカー）の開発が強く望まれている。

アルツハイマー病は炎症性の神経変性疾患であり、炎症性代謝産物の増加や神経伝達物質の代謝異常が生じる。また、アミノ酸やコレステロール代謝異常などを伴うことも知られている。本共同研究では、先端研の曾我朋義教授らが開発したキャピラリー電気泳動—質量分析計（CE-MS）によるメタボローム解析技術を応用し、アルツハイマー病疾患モデルマウスの尿、血液、脳組織を用いて本疾病に特有の代謝異常を反映する代謝産物を探索する。アルツハイマー病発症前に変動する代謝産物、さらに軽度認知症からアルツハイマー病への移行過程で変動する代謝産物が同定することで、アルツハイマー病の早期診断や予防法や治療薬の研究開発において有用な知見となる[47]。

バイオシグマ社（チリ共和国）とバイオ・マイニングの共同研究締結 (2008.01.16)

先端研と、BioSigma S.A.（チリ共和国）は、バイオ・マイニング（微生物を利用した鉱業技術）に関する共同研究を開始した[48]。この研究は、鶴岡市先端研究産業支援センター（鶴岡メタボロームキャンパス）内に BioSigma S.A.が新しく研究室を開設して行われるもので、締結式には、BioSigma S.A.の General Manager、日鉱金属株式会社代表取締役社長、駐日チリ大使も参加した。

チリ共和国は金属鉱物資源に恵まれ、特に銅の採掘量は世界一であり世界のシェアの 36%を占めている（2003 年のデータ）。また銀がシェア 6.7%、金 1.5%に加え、亜鉛、鉄、鉛も産出しており、鉱業はチリの主要産業である。

BioSigma S.A.は、日鉱金属株式会社とチリ国営銅公社であるコデルコ社が共同で設立した企業であり、チリ共和国においてバイオ・マイニングの研究開発を行っている。2007 年には、コデルコ社が所有するアンディーナ銅鉱山において、これまでの製錬技術では処理できなかった低品位硫化銅鉱石を対象とした実証試験を行い、バイオ・マイニング技術（地中微生物を利用した鉱石からの金属浸出法）を用いた電気銅を生産することに成功している。

BioSigma S.A.は、先端研が有する先端技術がバイオ・マイニングの更なる発展に不可欠であると判断し、本共同研究が締結された。共同研究期間は 2 年間で、BioSigma S.A.から 3 名の研究者が派遣され、鶴岡に常駐し鶴岡メタボロームキャンパス内で研究を行うことになった。

「日本が強い技術」に先端研のメタボローム解析

(2008.04.16)

科学技術振興機構（JST）が発表した「科学技術研究開発の国際比較」2008 年度版において、「日本が強い技術」として先端研が独自に開発してきた「メタボローム解析技術」がライフサイエンス分野で選ばれた[49]。

この調査は、JST 研究開発戦略センターが社会ビジョンの実現に向けた研究開発戦略を企画立案するため、国内外の科学技術水準や現在行われている研究開発の動向を比較したもので、電子情報通信、ナノテクノロジー・材料、ライフサイエンス、先端計測技術、環境技術の五分野の科学技術に関して国際比較を行ったものである。このうち、ライフサイエンス分野において日本が欧米に先行する技術分野の1つとして、メタボローム解析技術が選ばれた。

同調査によると、日本のメタボローム解析技術は研究水準・技術開発水準の両面で欧米に先行しており、日本の優位性について次のように解説している。

- ・ 慶大先端研が CE-MS 法により数千のイオン性代謝物の一斉分析を可能にした
- ・ さらに世界最大のメタボロームファクトリーを構築し、微生物の代謝解明、動物や臨床検体を用いた疾患マーカー探索など精力的に研究を行っている。
- ・ 先端研の西岡孝明教授が研究代表を務めるメタボローム MS スペクトルデータベース（MassBank）の整備など。

これらが、世界をリードする領域として選ばれた理由となっている。

株式会社デンソーとオイル産生微細藻の共同研究を開始

(2008.04.24)

先端研は、バイオ燃料の原料として期待されているオイル産生微細藻が細胞内でオイルを蓄積する代謝の仕組み（代謝機構）を解析し、オイル産生効率を向上させるための共同研究を株式会社デンソーと開始した[50]。

地球温暖化と石油資源の枯渇は、地球規模の深刻な問題であり、その解決策として、植物を原料とするバイオ燃料の積極的な利用が期待されている。特に、水中に生息する微細藻は、単位面積あたりの収穫量が多く、半工業的に培養可能なため、次世代バイオ燃料の原料として注目されている。

本共同研究では、先端研が有するメタボローム解析技術により、オイル産生微細藻がオイルを蓄積する代謝の仕組み（代謝機構）を明らかにし、その知見をもとに、効率よくオイルを産生させるための培養条件を決定すること、さらには、品種改良によりオイル産生微細藻のオイル産生能力を高めることを目指す。株式会社デンソーは、オイル産生微細藻を利用して二酸化炭素を吸収するための高効率な培養槽の研究と、細胞内に蓄積したオイル抽出法の研究を行う。

本共同研究を担当する先端研の伊藤卓朗研究員らは、2006 年よりメタボローム測定法をオイル産生微細藻に応用するための研究を行い、その手法を確立している。また、オイルなど脂溶性の代謝物質を網羅的に解析するために、新たな測定法も開発した。

この研究が進むと、将来、発電所や工場から排出される二酸化炭素を利用してオイル産生微細藻を培養し、増えた藻から環境に負荷のかからないバイオエネルギーを取り出すことが可能になる。

植物タンパク質のリン酸化部位の大量同定に成功

(2008.05.06)

先端研と独立行政法人理化学研究所は、植物の大規模なリン酸化部位の同定に成功し、植物でもヒト同様にタンパク質のリン酸化を積極活用している状態などを明らかにした。これは、先端研の石濱泰准教授、ヒューマン・メタボローム・テクノロジーズ株式会社の杉山直幸研究員らの研究チームと理研植物科学研究センター植物免疫研究チームの白須賢チームリーダー、中神弘史研究員らによる共同研究の成果である。

生物は、多種多様な方法を持って外界の変化に対応し、自身の生存もしくは種の保存を試みている。植物は動いて逃げることができない（移動手段を持たない）ため、自身を変化させることが生育環境の変化や病原体の攻撃から免れるための最大の手段である。外界の変化を特定の刺激として認識すると、細胞内レベルでは、その情報の受け渡し（シグナル伝達）を行う。タンパク質のリン酸化は、シグナル伝達を行う際のバトンのような役割を担っており、細胞内でのリン酸化の状態を網羅的に把握することは、植物の柔軟な適応能力の理解に大いに役立つ。

複雑なタンパク質集団のリン酸化部位を網羅的に解析することは極めて困難であるが、本研究は、植物材料用にリン酸化タンパク質の精製・濃縮法の改良および最適化を行い、植物の細胞粗抽出液からタンパク質集団のリン酸化の状態を大規模に解析することに世界で初めて成功した。その結果、これまで植物であまり注目されていなかったチロシン残基のリン酸化が予想外に多く起こっていることがわかった。同定したリン酸化部位の情報は、世界中の研究者が自由にインターネット上で検索できるように先端研ペップベースおよび理研オミックブラウザにて公開した。この研究成果は、国際論文誌 *Molecular Systems Biology* に掲載された[51]。

温泉に生息する細菌からジグソーパズル状の遺伝子を発見

(2009.02.04)

先端研の大学院生で政策・メディア研究科博士課程 2 年の藤島皓介君、同修士課程 2 年の菅原潤一君および金井昭夫教授らの研究グループは、高温強酸性の温泉に生息する古細菌（カルディヴィルガ種）と呼ばれる原始的な菌から、3 つの部品（ピース）に分断された奇妙な遺伝子を世界で初めて発見した。

研究グループは、発見した遺伝子の3つのピースをつなげると、ひとつの tRNA と呼ばれる分子ができあがることを突き止めた。通常、tRNA は一つの遺伝子としてゲノムに書き込まれているが、この古細菌では、tRNA があたかもジグソーパズルのように短い遺伝子のピースに分かれて存在していることがわかった。さらに面白いことに、これらの遺伝子ピースの数や組み合わせを変えることで、複数種類の tRNA を作り出していることがコンピュータによる解析と実験によって確認された。この異なる遺伝子の組み合わせから多様な分子（RNA）を生み出すシステムは極めて珍しく、太古の生命が短い遺伝子をジグソーパズルのように組み合わせて使っていた可能性がある。

筆頭著者の藤島君は「初期の生命において、最初から長い遺伝子が存在していたというのは考えにくい。今回発見された tRNA 遺伝子のように、短い遺伝子の組み合わせを試行錯誤する中で徐々に長い遺伝子が生まれてきたのではないか」と考察している。

この研究内容は、米国科学アカデミー紀要（Proc. Natl. Acad. Sci. USA）に掲載された[52]。また藤島君は、同年5月に米国ウィスコンシン大学マディソン校にて開催された第14回 RNA Society meeting 2009 にて、Nature Reviews Molecular Cell Biology (NRMCB) Poster Prize を受賞した。この賞は世界各国の合計 424 の発表の中から「革新的且つ分野横断的な研究」を行った若手研究者の中から1名のみに贈られる希少な賞である。

虫下し薬が「がん」に効く？ メタボローム解析でがんが回虫と同じ代謝を使うことを示唆 (2009.05.20)

先端研の平山明由研究員、曾我朋義教授らと国立がんセンター東病院（千葉県柏市）の江角浩安病院長らの研究グループは、メタボローム解析により、がん細胞が自身の増殖に必要なエネルギーを作り出す際に、回虫などの寄生虫が低酸素環境下で用いる特殊な代謝か、またはそれに類似した代謝を用いている可能性があることを世界で初めて実証した。

ほとんどの生物は酸素が十分にある環境では、クエン酸回路と呼ばれる代謝を使ってエネルギー物質である ATP を生産する。寄生虫として知られる回虫も、酸素の多いところで成長する幼虫の間や、体外にいる間は酸素を呼吸し、ヒトと同じクエン酸回路を使ってエネルギーを生産するが、ひとたび酸素の乏しい小腸内に進入すると今度は特殊な代謝を使ってエネルギーを生産するようになる。ある種の虫下し薬は、回虫が使っているこの特殊な代謝を選択的に阻害するためヒトには副作用がなく、回虫のみを死滅させる事ができる。国立がんセンター東病院の江角浩安病院長らは、虫下し薬が悪性のがん細胞も死滅させることを 2004 年に発見した。この研究成果を元に、がん細胞は血管がなく酸素が乏しい環境でも活発に増殖できることから、がん細胞も回虫と似た特殊な代謝を使ってエネルギーを生産するのではないかという仮説を立て、メタボローム解析技術を持つ先端研と共同研究を行ってきた。

本研究では、国立がんセンター東病院で大腸がん患者と胃がん患者からがん組織と正常組織を採取し、先端研でそれらの組織のメタボロームを網羅的に測定し、がんと正常組織の

代謝物の違いを比較した。その結果、低酸素の環境下でコハク酸を高濃度に蓄積するという回虫が示す現象ががんの組織でも起きていることが明らかになった。このコハク酸の蓄積は回虫が特殊な代謝を使ったときにのみ観察され、がんもこの代謝を用いていることを強く支持する結果だった。また、酸素濃度の低い大腸がんの方が、胃がんよりも多くのコハク酸を蓄積していることが判明した。虫下し薬でがん細胞が死滅すること、がん組織と回虫のエネルギーを生産する代謝のパターンが似通っていることから、がん細胞は、回虫などの寄生虫が酸素の乏しい環境下で使用する特殊な代謝、あるいはそれに似通った代謝を使って増殖に必要なエネルギーを生産している可能性を強く示唆する結果である。

この研究成果は米国がん学会誌 *Cancer Research* に掲載された[53]。

メタボローム解析で血液から「体内時刻」を測定する方法を開発

(2009.05.26)

先端研の曾我朋義教授、嘉数勇二研究員らと理化学研究所の発生・再生科学総合研究センターの南陽一研究員、粕川雄也研究員、上田泰己チームリーダーの研究グループは、先端研が開発したメタボローム解析法を用いて、マウスの血液中の代謝産物を大規模に解析し、24時間周期で量変動する数百個の物質（概日振動物質）を同定した。さらに変動する各物質の量から代謝産物時刻表を作成し、体内時計が示す時刻「体内時刻」を測定することに成功した。

毎日夜になれば眠くなるように、生物の体の中では、体内時計に基づいて24時間周期でさまざまな現象が生じている。本研究では、マウスの血液を一日のさまざまな時刻で採取し、時々刻々と変化する多数の代謝産物の量を、メタボローム解析によって詳細に調べた。その結果、一日のうちで周期的に量が変化する概日振動物質を471個特定し、それらを時刻順に並べ替えた「代謝産物時刻表」を作成した。任意の時刻にマウスから血液を採取して代謝産物量を測定し、この時刻表に照らし合わせて体内時刻を推定したところ、実際の体内時刻をかなり正確に推定できることが示された。この方法の有用性を確認するために、時差ぼけの状態にしたマウスの体内時刻を測定したところ、外界の時刻と体内時刻が乖離している（時間のずれがある）ことも示された。「体内時計」の推定が人間でも可能になれば、概日リズム障害の診断や、その人の体内時刻を勘案して、適切な時刻に適切な治療を行う「時間治療」の研究開発に大きく貢献することが期待される。

本研究成果は、米国科学アカデミー紀要 (*Proc. Natl. Acad. Sci. USA*) に掲載された[54]。

メタボローム解析新技術、陰イオンの感度が数十倍向上

(2009.06.17)

先端研の曾我朋義教授らのグループが Agilent Technologies 社と共同で「CE-MS による陰イオン性メタボロームの測定法」を新たに開発した。

先端研が世界に先駆けて開発したキャピラリー電気泳動-質量分析計 (CE-MS) によるメタボローム解析法は、細胞内に数千種類存在するイオン性代謝物質を一斉分析できる強力なバイオテクノロジーであるが、本研究では、陰イオン性のメタボローム測定法のさらなる技術革新に成功した。研究グループは、分析に白金の MS 用ニードルを用いることによって、数倍から数十倍の高感度化と、一回の分析でより多くの陰イオン物質を測定できる汎用性、さらに数百回の連続測定をも可能にする耐久性を実現した。この新技術によって、少量の試料でのメタボローム解析が可能になり、より微量の組織、血液、尿での疾病の機序解明や各種疾患の診断技術の開発につながることが期待される。

本研究成果は、米化学会誌 *Analytical Chemistry* に掲載された[55]。

細胞内をリズムカルに移動するタンパク質を大量に発見

(2009.06.22)

細胞の核の中で働くタンパク質の中には、核を周期的なリズムで出たり入ったりしているものがある。このようなタンパク質には、核移行シグナルとよばれる特殊なシグナルが付加されており、それが目印となって働いている。先端研の小杉俊一博士と柳川弘志教授らの研究グループは、この核移行シグナルを高精度で予測する新手法を世界で初めて開発し、細胞分裂のタイミングに合わせて核を出入りする 11 種類のタンパク質を同定することに成功した。核を出入りするタンパク質には癌や様々な遺伝病の発症に深く関与しているものもあり、ヒトゲノムの情報を基に本技術を応用すれば、これらの病気を引き起こす原因遺伝子を特定する研究に大きく貢献する可能性がある。

この研究成果は、米国科学アカデミー紀要 (*Proc. Natl. Acad. Sci. USA*) に掲載された[56]。

細胞の酸化還元メカニズム、Imperial College London と共同研究

(2010.05.07)

英国のインペリアル・カレッジ・ロンドン (Imperial College London) 医学部の Ken Haynes (ケン・ヘインズ) 教授らのグループと、先端研の富田勝教授とダグラス・マレー講師は細胞の代謝解明のための共同研究契約を締結した。

老化や発がんには細胞の「酸化」が深く関与していることが知られている。本来、細胞には酸化還元バランスを自ら調節する代謝機能を持っているが、そのメカニズムの詳細は未だによくわかっていなかった。そこで先端研はインペリアル・カレッジ・ロンドンと共同で、単細胞生物の酵母菌 (パン酵母) をモデル生物として、その酸化還元メカニズムを先端研の

最先端分析技術を駆使して徹底的に解析する。酵母菌を一定の条件で培養し、その遺伝子発現、タンパク質、代謝物を網羅的に測定。同時に「RNA 干渉」という技術を駆使して特定の遺伝子を働かなくさせ、それによる細胞内の変化も網羅的に測定。こうして得られた世界最大規模の測定データをコンピュータで統合することによって、酸化還元メカニズムの詳細なしくみを分析する。

先端研は 2007 年に大腸菌の代謝を世界最大規模で徹底的に測定し、微生物代謝の頑強性を世界で初めて解明、*Science* 誌に論文が掲載されていたが、同様の手法をより複雑な酵母菌に応用すべく、インペリアル・カレッジ・ロンドンから共同研究の申し出があった。

この日英共同研究は、JST の戦略的国際科学技術協力推進事業（研究交流型）「日本－英国研究交流」が、英国バイオテクノロジー・生物科学研究会議（BBSRC）と共同で「システムバイオロジー」における研究交流課題の募集および審査を行い、先端研とインペリアル・カレッジ・ロンドンの研究プログラム「酵母におけるトランスクリプトーム、プロテオーム、メタボロームレベルでのレドックス制御機構のモデリング」が採択されたものである[57]。

納豆菌のゲノムを全部解読

(2010.05.12)

慶應義塾大学理工学部榊原康文教授と先端研の板谷光泰教授らの研究グループは、国立遺伝学研究所等との共同で、納豆菌ゲノムの全遺伝情報を世界に先駆けて解読した。納豆菌は食品分野にとどまらず、水質浄化などの環境分野、化粧品などの医薬分野への応用が注目されており、ゲノム解読の成果はこれらの分野の発展展開に貢献するものと期待される。

本研究成果は、国際論文誌 *BMC Genomics* に掲載された[58]。

唾液検査でがんを発見する新技術を開発

(2010.06.28)

先端研の杉本昌弘講師らのグループは、唾液を分析してがんを高精度で発見する画期的な方法を開発した。これは UCLA（カリフォルニア大学ロサンゼルス校）歯学部 David T. Wong（デビッド・ウォン）教授らとの共同研究による。

口腔がん、乳がん、膵臓がんが対象で、それぞれ高い精度で発見できる。口腔がんや膵臓がんは、発見時にはすでに進行していることが多く、生存率の低いがんとされている。また、口腔がんには「マーカー」と呼ばれる診断の指標となる物質は見つかっておらず、膵臓ではそれがあるものの、膵臓以外の疾患でも異常値を示す可能性がある。本共同研究では計 215 人の唾液サンプルを解析し、メタボローム解析によって検出された約 500 種類の代謝物のうち 54 物質にがん患者と健常者の間で違いがあることを発見した。

本研究成果は国際論文誌 *Metabolomics* に掲載された[59]。

山形県の新しいお米「つや姫」のおいしさの要因を解明

(2010.10.18)

山形県農業総合研究センター水田農業試験場と先端研は、山形県が開発した水稻新品種「つや姫」の良好な食味の要因を、メタボローム解析を用いた共同研究によって明らかにした。

サンプルとして、山形県鶴岡市内において特別栽培・有機栽培・慣行栽培などの様々な条件で栽培された「つや姫」と「コシヒカリ」を用いた。また、水田農業試験場で栽培された銘柄品種（あきたこまち、ひとめぼれ、ササニシキなど）、県外で市販されている銘柄品種（キヌヒカリ、ヒノヒカリなど）も用いた。これらのすべてのサンプルについて、食味官能試験（外観・炊飯光沢・白さ・香り・味・粘り・硬さ・総合評価）とメタボローム解析を実施し、味覚に関連することが知られているアミノ酸だけでなく、アミノ酸の生成や分解にかかわる中心代謝なども含めて網羅的に測定した。

解析の結果、「つや姫」は、「コシヒカリ」と比較して旨みアミノ酸が非常に多いことが明らかになった。特にグルタミン酸とアスパラギン酸の二つのアミノ酸については「旨み」成分として知られており、米のおいしさにも直接関わっている可能性が高いと考えられる。

本研究成果は、日本育種学会第 114 回講演会（2008 年、滋賀県）、日本育種学会第 116 回講演会（2009 年、北海道）、日本育種学会第 117 回講演会（2010 年、京都府）、第 5 回メタボロームシンポジウム（2010 年、山形県）にて発表した[60]。

だだちゃ豆の味と香りの成分をメタボローム解析で詳細に分析

(2010.10.20)

先端研の及川彰講師らのグループは、だだちゃ豆の味と香りに関わる成分をメタボローム解析によって詳細に分析した。これは山形大学農学部江頭宏昌准教授および理化学研究所植物科学研究センターの斉藤和季グループディレクターとの共同研究である。

山形県鶴岡市を中心に栽培されているだだちゃ豆は、濃厚な味と甘みを持つ美味しいエダマメとして全国にその名を知られている。エダマメは栄養価の高い野菜であり、近年欧米でもその健康機能性から注目を集めている。中でもだだちゃ豆はその良好な食味から多くのファンをもち、鶴岡市の農業にとってもコメに次ぐ主力農産物として位置づけられている。

本研究では山形県庄内地方在来のだだちゃ豆およびその近縁の 13 系統を含む国内在来大豆 21 品種・系統に、商業品種 6 品種を加えた計 27 品種・系統のメタボローム解析を行い、266 種類の成分を網羅的に計測し、だだちゃ豆に特有な成分の探索を行った。農作物に対してこのような大規模にメタボローム解析を行うのは世界でも初めてである。その結果、これまで知られていたように、ショ糖やブドウ糖などの糖類やグルタミン酸やアラニンなどのアミノ酸の量がだだちゃ豆に多いことや、香り成分 2-acetyl-1-pyrroline (2AP) がだだちゃ豆に多く存在することを確認できた。この香り成分は東南アジアなどで良く食されている

る「香り米」の香り成分と同じものである。今回これらに加え、酸味として味覚に関わる有機酸の量が、他のエダマメに比べただちや豆に有意に少ないことが明らかになった。さらにその他の成分にもただちや豆と他のエダマメで含有量の傾向に違いが見られた。

今回の研究成果で、美味しさなどのただちや豆の特性がメタボローム解析によって化学的に明らかになり、ただちや豆特有の成分傾向を指標としたただちや豆ブランドの確立が期待できるようになった。さらに、より美味しいただちや豆の品種育成や栽培方法の開発につながる可能性も示した[61]。

柿は加熱調理すると健康成分が増加する

(2010.11.17)

先端研の及川彰講師らのグループは、庄内柿に含まれる機能性成分をメタボローム解析によって詳細に分析した。その結果、庄内柿には **GABA** やシトルリンなどの機能性成分が存在し、食品加工工程における加熱処理によってその含量が増加することを確認した。本研究は地域イノベーションクラスタープログラム（事業主体：財団法人庄内地域産業振興センター）の研究開発業務による成果で、日東ベスト株式会社中央研究所との共同研究である[62]。

血液検査で 9 種類の肝臓疾患を高い精度で一斉診断

(2011.03.10)

先端研の曾我朋義教授、杉本昌弘講師、慶應義塾大学医学部末松誠教授、山形大医斎藤貴史准教授、河田純男教授、東大病院本間雅助教、庄内病院外科二瓶幸栄医師らのグループは、血液測定によって、9 種類の肝臓疾患（B 型ウイルスキャリア、B 型慢性肝炎、C 型ウイルスキャリア、C 型慢性肝炎、C 型肝硬変、C 型肝細胞がん、薬剤性肝炎、単純性脂肪肝、非アルコール性脂肪肝炎（NASH））および健常者を一度に簡易診断できる方法を開発した。

この研究成果は朝日新聞など多くのメディアで報道された[63]。

コンピュータシミュレーションでがん細胞の死滅を促進する標的分子を予測

(2011.11.24)

先端研の大学院生で政策・メディア研究科博士課程のヴィンセント・ピラス君と林謙太郎君、およびクマール・セルバラジュ特任講師らの研究グループは、コンピュータシミュレーションによって、がん細胞の死滅を促進する標的分子の存在の予測に成功した。

多くのがん研究者たちは、生体内の免疫システムで作られ、がん細胞を特異的に攻撃する **TRAIL** という分子に注目してきた。しかしながら多くのがん腫では、**TRAIL** が引き金となって誘導されるがん細胞の死滅への情報伝達（アポトーシスシグナル）を、細胞生存のシグナル（＝情報伝達）へと切り換えてしまう事ができるため、これまで **TRAIL** を用いた治療が成功したケースはなかった。研究グループでは、新たに開発した手法を用いて、がん

細胞の生存を抑制する方法とがん細胞の死滅を促進する方法の 2 つの観点から研究を進めた。その結果、がん細胞の生存の状態から死滅を促進するスイッチとなるような新たな標的分子の存在を予測することができた。

本研究成果は、国際論文誌 *Scientific Reports* に掲載された[64]。

コンピュータシミュレーションで先天性貧血症を再現、優秀学生顕彰大賞を受賞

(2011.12.19)

先端研で行った先天性貧血症の病態に関する研究で、環境情報学部 4 年の下英恵（しも・はなえ）君が、独立行政法人日本学生支援機構が実施する優秀学生顕彰事業において学術分野の大賞を受賞した。

下君が着目したのは「G6PD 欠損症」という先天的貧血の遺伝病。これは、生まれつき「グルコース 6 リン酸脱水素酵素」(G6PD)の遺伝子に異常があるために、赤血球内でその酵素が働かず、貧血を引き起こすというものであるが、その細胞レベルの詳細なメカニズムはよくわかっていなかった。そこで下君は、赤血球細胞のコンピュータシミュレーションを行い、発作時の細胞内の物質の変動を再現することによって、患者ごとの症状の違いを明らかにした。そしてその研究成果をとりまとめて、ドイツで行われた「第 12 回システム生物学国際会議」(International Conference on Systems Biology : ICSB2011) で発表し、さらに国際論文誌 *Advances in Hematology* に掲載された[65]。

韓国大手食品会社の大象株式会社と微生物発酵の共同研究

(2012.01.11)

先端研は、韓国の大手食品会社の大象株式会社と微生物発酵メカニズム解明のための共同研究契約を結んだ。

微生物の発酵能力を用いて食品や医薬品などの有用物質を生産する技術が、今後ますます重要になるとされているが、微生物の発酵能力のメカニズムの詳細は未だによくわかっていない。本共同研究では、先端研が独自のシステム生物学的な技術を駆使して、大象株式会社が所有する高い発酵生産能力を持つ微生物が、通常の微生物と比較してどこが優れているかを、解明するために共同研究を開始する。この研究が進めば、発酵能力がさらに高い微生物を育種することができる可能性がある。

先端研は 2007 年にも大腸菌の代謝を世界最大規模で徹底的に測定し、微生物代謝の頑強性を世界で初めて解明、*Science* 誌に論文が掲載されたが、本共同研究は、その技術を食品および創薬産業へ応用するものである[66]。

遺伝暗号法則の"例外"を発見、生命の起源や進化の解明に期待

(2012.01.18)

先端研の大学院生で政策・メディア研究科修士課程の浜島聖文君、および金井昭夫教授らの研究グループは、線虫と呼ばれる生物から、遺伝暗号の解読システムの"例外"を世界で初めて発見した。

研究グループは、今回発見した遺伝子によって、本来多くの生物で共通している遺伝暗号の解読が例外的に起きることを明らかにした。生命活動に必須のタンパク質はアミノ酸から構成されるが、このアミノ酸の並びを決めるための情報は DNA に書き込まれている。DNA は A、T、C、G の 4 種の塩基の並びで暗号化されており、タンパク質を作る際には tRNA と呼ばれる分子によってこの遺伝暗号は解読される。通常、tRNA による暗号の解読ルールは生物間で広く共通しているが、今回新たに線虫には特殊な暗号解読を行う tRNA が存在することがコンピュータによる解析と実験によって確認された。線虫という我々の身近に生息する生物から遺伝暗号の"例外"が見つかったのは極めて異例のことである。

この研究成果は、国際論文誌 *Nucleic Acids Research* に掲載された[67]。

生命誕生の謎を解く手がかり、湯野浜温泉からメタゲノム解析で発見

(2012.02.10)

先端研の大学院生で政策・メディア研究科修士課程の村上慎之介君と金井昭夫教授、およびアメリカ航空宇宙局 (NASA) エイムズ研究所の藤島皓介研究員の研究グループは、最先端の微生物検出法である「メタゲノム解析」という技術を用いて湯野浜温泉 (山形県鶴岡市) の源泉中から 27 種の多様かつ新規性の高い微生物を発見した。特に注目すべきは *Archaeal Richmond Mine Acidophilic Nanoorganisms* (ARMAN : アーマン) と呼ばれる微生物である。この微生物は体長 0.0002 mm で、これより小さいと細胞として機能できないことから、世界最小の生物の一つと考えられている (ウイルスは除く)。原始生命の生き残りだと考える科学者もいて、生命誕生の謎を解く手がかりとして重要な生物である。これまでに ARMAN が発見されたのは、カリフォルニアの鉱山とフィンランドの沼地で、いずれも酸性～強酸性の環境でしか存在が確認されていなかった。しかし、今回弱アルカリ性 (pH8.1) の湯野浜温泉からも発見されたことで、ARMAN が地球上のさまざまな環境下で生息していることが明らかになった。なお、ARMAN には病原性はなく人間には無害である。

本研究成果は、国際論文誌 *Applied and Environmental Microbiology* に掲載された[68]。

日本酒が「熟成」するしくみを化学的に解明

(2012.03.08)

先端研の食品研究グループは、日本酒を一定期間貯蔵することによって旨味やまろやかさが増す「熟成」という現象を、メタボローム解析によって化学的に明らかにした。

鶴岡市の酒蔵 8 社の「生酒」と「火入れ酒」各 1 本ずつ合計 16 本の日本酒を研究対象とし、それらを貯蔵することによる成分の変化を 4 か月間追跡した。その結果、生酒は、甘味の主成分であるグルコースや、酸味や苦味に関係するペプチド類が時間とともに増加し、アミノ酸類は時間とともに減少することが判明した。一方、加熱殺菌処理を施した火入れ酒には、グルコースとペプチド類にはそのような増加は見られなかったが、アミノ酸類が減少する速度は生酒より速いこともわかり、火入れ酒と生酒で異なる変動が観測できる結果となった。

この研究結果は食品化学の国際論文誌 *Journal of Agricultural and Food Chemistry* に掲載された[69]。

なぜ酒で煮ると超伝導物質に変わるのか？

(2012.07.13)

独立行政法人物質・材料研究機構（NIMS）は、鉄系超伝導関連物質である鉄テルル化合物〔Fe(Te, S)系〕を酒中で煮ると超伝導体になる、ということを見つけていた。この不思議な現象を詳しく調べるために、NIMS ナノフロンティア材料グループの高野義彦グループリーダーらと、先端研の佐藤暖特任助教らが共同研究を行った。その結果、酒中に含まれる超伝導誘発物質を同定して、その誘発メカニズムが明らかになった。

先端研が開発したキャピラリー電気泳動－飛行時間型質量分析装置（CE-TOFMS）を用いて、6 種類の酒（赤ワイン、白ワイン、ビール、ウイスキー、日本酒、焼酎）に含まれる成分をメタボローム解析で網羅的に定量し、それと超伝導体積率を比較することで超伝導を誘発する候補物質を絞り込んだ。その候補物質の中でも特に相関が高いリンゴ酸、クエン酸、β-アラニンについて、実際に超伝導誘発作用を持つことを確認した。候補物質がすべてキレート作用を持つ点に着目し、酒および上記 3 物質で鉄テルル化合物を煮た後の溶液を調べてみると、試料から溶出したと思われる鉄イオンが検出された。

以上のことから、酒中の超伝導誘発因子とはキレート効果を持つ有機酸などであり、それらが試料から超伝導を抑制する余分な鉄を除去することで超伝導が誘発されると結論づけた。余分な鉄が超伝導に悪影響を与える可能性は他の鉄系超伝導体でも十分起こりうることから、本研究成果は鉄系超伝導体の研究開発に新たな指針を与えるものである。

本研究成果は、国際論文誌 *Superconductor Science and Technology* の鉄系超伝導特集号に掲載された[70]。

メタボローム解析でヒトの血液から「体内時刻」を調べる手法を確立

(2012.08.28)

理化学研究所と先端研は、ヒトの生体内で 24 時間周期を刻む体内時計が示す「体内時刻」を、採取した血液から簡単に測定する方法を開発した。これは、理化学研究所の発生・再生科学総合研究センターの上田泰己プロジェクトリーダー、機能ゲノミクスユニットの粕川

雄也専門職研究員と、先端研の曾我朋義教授、杉本昌弘特任講師、国立精神・神経医療研究センターの三島和夫部長、北海道大学大学院医学研究科の本間研一教授らの共同研究グループによる成果である。

すでに 2009 年にはマウスの血液中の代謝産物を大規模に解析して 24 時間周期で量が変わる数百個の物質（概日振動物質）を同定しているが、本研究の被験者はヒトである。まず、2 時間おきに採取した健康な 3 人の被験者の血液から、24 時間周期で量が変わる代謝産物を液体クロマトグラフィー・質量分析計（LC/MS）を用いたメタボローム解析で同定し、「分子時刻表」を作成した。次に、強制的に体内時刻をずらした 6 人の被験者の血液を採取して代謝産物量を測定し、この時刻表に照らし合わせて体内時刻を推定したところ、従来法で調べた体内時刻とほぼ同じ時刻を推定できることが確認できた。

この方法を利用すれば、ヒトの体内時計を簡単に診断することができ、例えば時差ぼけや一部の睡眠障害のような体内時計の異常（リズム障害）の簡単な診断だけでなく、リズム障害に関わる治療薬の開発（評価）につながることを期待できる。また、適切な時間に服薬することで最大の治療効果を得るという「時間治療」でも、体内時刻の個人差を調べる診断方法としての利用が期待できる。

本研究成果は、米国科学アカデミー紀要（Proc. Natl. Acad. Sci. USA）に掲載された[71]。

オイル産生藻類がオイルを作るしくみを詳細に解析 (2012.10.17)

先端研の伊藤卓朗研究員らを中心とした研究グループは、2008 年に開始した株式会社デンソーとの共同研究において、次世代バイオ燃料として注目されているオイル産生藻類「シュードコリスティス」がオイルを作るしくみを詳細に解明した。

オイル産生藻類は光合成によって環境中の二酸化炭素からオイル（脂質）を合成する能力を持っていることから、次世代バイオ燃料への利用が期待されているが、そのしくみはほとんどわかっていなかった。そのためオイルを蓄積する際の代謝制御機構を明らかにすることが、生産効率の向上や品種改良に役立つと考えられる。本研究対象のオイル産生藻類「シュードコリスティス」(*Pseudochoricystis ellipsoidea*) は、周囲の窒素栄養源が不足すると細胞内に軽油相当のオイルを蓄積することが知られている。本研究では、シュードコリスティスに窒素を与えずに培養した場合に、細胞内部の様子がどのように変化するかを、顕微鏡観察技術とメタボローム解析を用いて調べた。

光学顕微鏡および電子顕微鏡を用いた観察の結果、窒素栄養が不足した際には細胞や細胞内の構造（葉緑体など）が小さくなる一方で、オイルの他にデンプンも蓄積していることが分かった。また、メタボローム解析によって 300 以上の代謝物質の量を比較した結果、窒素栄養が不足すると代謝物質の約半数が減少し、中でも窒素を含んだ代謝物質（アミノ酸など）が顕著に減少することが明らかになった。さらにオイルの組成も変化しており、細胞の活動に関わるオイル（葉緑体の膜を作る脂質など）が減少し、代わりに燃料源として期待

される中性脂質が大幅に増加することが明らかとなった。これらの成果により、これまで知見の少なかったシュードコリスティスの細胞が、窒素栄養の欠乏によってどのように変化するのかの詳細、特にオイルの蓄積に伴う細胞内の変化を明らかにすることができた。

本研究成果は、国際論文誌 *Metabolomics* に掲載された[72]。

宇宙線耐性メカニズム解明へ、NASA と研究連携

(2012.11.16)

アメリカ航空宇宙局 (National Aeronautics and Space Administration 以下、NASA) エイムズ研究所と先端研は、宇宙線耐性メカニズム解明のための研究連携を開始した。

ヒトの細胞は、宇宙線や紫外線といった、高エネルギーの放射線を大量に受けると DNA などの重要な分子が壊され、がん化したり、細胞そのものが死んでしまうことがわかっている。一方で自然の環境中には高レベルの放射線や紫外線を照射しても死なない生物がいることが知られている。その耐性メカニズムは多様で、まだ解明されていない部分が多くある。

NASA エイムズ研究所のロスチャイルド博士の研究グループは、世界で最も乾燥しているアタカマ砂漠などから数種類の紫外線耐性菌を新たに収集しており、これらの菌は、高レベルの紫外線を照射しても死なない。さらに驚くべきことに、ある細菌はギネスブックにも掲載されている最も放射線に強い細菌「 Deinococcus 」よりも生存率が高いことがわかった。これらの細菌はそれぞれ特殊な色素を持っており、その色素をなくした菌は紫外線耐性を失うことが明らかになっている。人間の肌もメラニン色素を合成して紫外線をブロックしていることから、これらの細菌が作る未知の色素が紫外線耐性に重要な役割を果たしていることが示唆されている。

そこで NASA は、その色素の組成や合成のメカニズムを解明するために、世界トップレベルの分析技術を持つ先端研に共同研究を打診し、ロスチャイルド教授と富田所長が合意して、共同研究が実現した。本研究は、特に耐性能が高かった 2 種類の菌を培養し、紫外線を照射する前と後で変化する代謝物をメタボローム解析で網羅的に測定し、目的の色素およびその生合成のしくみを解明することが目的である[73]。

食事や加齢が腸内環境に与える影響、国際学会で最優秀賞

(2012.11.29)

先端研の大学院生で政策・メディア研究科修士課程 1 年の石井千晴君は、公益財団法人実験動物中央研究所との共同研究において、食事や加齢がマウスの腸内環境に与える影響についての解析を行い、その研究成果を米国サンアントニオにて開催された *Probiotics-2012* にて発表し、*Student Poster Award* 第 1 位を受賞して表彰された。

本研究は、我々の腸内で非常に重要な役割を担っている「腸内細菌」に着目して、食生活や加齢が腸内環境に与える影響を明らかにしようとするものである。腸内細菌は消化の補助やビタミンの生成、免疫システムの構築などの役割を担い、我々の健康維持に欠かせない

存在であるが、高脂肪の食生活や加齢などによって腸内細菌のバランスが乱れると肥満や糖尿病、大腸がん、アレルギーなどのリスクが高まり、腸内細菌が我々の体に与える影響を理解・制御することは疾患予防において重要な課題である。そこで石井君は、CE-TOFMS（キャピラリー電気泳動－飛行時間型質量分析）を用いた「メタボローム解析」と、最新鋭のDNA解析機を用いた「メタゲノム解析」という手法を組み合わせ、高脂肪食もしくは通常食を摂取させたマウスの腸内細菌の構成と糞便中代謝物質の濃度を網羅的に比較した。その結果、高脂肪食を与えたマウスは、腸内細菌の構成が劇的に変化し、またビタミンB6が顕著に減少することを示した。

「Probiotics-2012」は、ヨーグルトの整腸作用などで注目されている「プロバイオティクス」をメインテーマにした学会で、本学会で授与された Student Poster Award は、学生および博士号取得後1年未満の若手研究者を対象に、優れたポスター発表に対して贈られるもので、石井君は修士課程1年生ながら、英国やドイツの博士課程学生や博士研究員（博士取得後1年未満）を押さえ、最優秀賞（第1位）を獲得した[74]。

オックスフォード大との共同研究でがん化の仕組みを解明

(2013.04.03)

先端研の曾我朋義教授らのグループは、オックスフォード大 Pollard 博士らとの共同研究でプロテオーム解析、メタボローム解析などの最先端技術を用いて、HLRCC（遺伝性平滑筋腫症－腎細胞がん症候群）の新たながん化の機序の可能性を解明した。

HLRCC は、がん抑制遺伝子であるフマル酸ヒドラターゼ（FH）遺伝子の変異が原因の遺伝性疾患であり、女性では若年で子宮平滑筋腫症を発症する。また早期発症型の腎嚢胞などの多様な腎腫瘍を発症することが知られているが、がん化の詳しい機序は不明だった。

先端研とオックスフォード大の研究チームは、メタボローム解析とプロテオーム解析を駆使したマウスの実験で、FH の変異によって代謝されずに蓄積したフマル酸が異常に増加し、多くのタンパク質に結合していることを見出した。また、フマル酸が結合したこれらのタンパク質は機能が阻害されていることを示し、実際に、生物のエネルギー生産を担っているクエン酸回路が機能不全に陥っていることがわかった。さらに、HLRCC の腎がん患者のヒト腎臓組織においても、マウスと同様にフマル酸の蓄積が確認できた。

このことから、FH 遺伝子の欠失によるフマル酸の著しい蓄積が、タンパク質の働きを阻害することによって早期発症型腎嚢胞形成やがん化に関与している可能性がある」と結論づけた。

本研究成果は、国際論文誌 Cell Reports に掲載された[75]。

唾液でがん診断技術、Best Paper Award を受賞

(2013.05.27)

先端研の杉本昌弘特任准教授らが 2010 年に *Metabolomics* 誌に発表した論文が、2013 年 Best Paper Award (最優秀論文賞) を受賞し、スコットランド・グラスゴーで開催される第 9 回メタボローム国際会議において表彰式が行われた。

この賞は、過去 3 年間で最も引用回数の多かった論文に対して贈られる賞で、シュプリングァー社から賞金、国際メタボローム学会長からの表彰状を贈られた他、国際論文誌 *Metabolomics* 誌の表紙を飾った[76]。

腸内環境改善による腎臓病治療法の開発

(2014.12.25)

東北大学大学院医学系研究科および医工学研究科病態液性制御学分野(宮城県仙台市)の阿部高明教授らは、先端研の福田真嗣特任准教授、曾我朋義教授らの研究グループとともに、便秘症の治療薬として使用されるルビプロストンという薬剤に慢性腎臓病の進行を抑える効果があることを発見した。便秘症治療薬のルビプロストンが慢性腎臓病の新しい治療薬となりうる可能性を示す発見である。今回の研究成果は、米腎臓学会学術誌 *Journal of the American Society of Nephrology* に掲載された[77]。

一度に 50 個以上の DNA 断片を連結する遺伝子集積法を開発

(2015.05.21)

先端研の柘植謙爾特任講師、板谷光泰教授のグループは、枯草菌を用いることにより 50 個以上の DNA 断片を一回の連結操作だけで指定の向きや順番に連結できる遺伝子集積法を開発した。この方法により、多数の遺伝子を設計どおりに迅速に構築することが可能となった。多数の遺伝子を一括して細胞に導入する技術に弾みがつき、医薬品等の有用物質の生産や環境負荷の少ない物質生産系の開発など、多様な目的の研究開発を促進すると期待される。

本研究成果は、英国の科学雑誌 *Scientific Reports* に掲載された[78]。

温泉水飲用がもたらす健康増進効果の一端を解明

(2015.12.24)

先端研の大学院生で政策・メディア研究科後期博士課程の村上慎之介君および福田真嗣特任准教授らの研究グループは、長湯温泉(大分県竹田市)の温泉水を飲用した際に人体に生じる変化を詳細に解析し、糖尿病の予防・改善効果が期待できることを明らかにした。本研究は、一般財団法人日本健康開発財団、医療法人孝寿会伊藤医院、大分県竹田市との共同研究で行われ、研究成果は補完代替医療が専門の国際論文誌 *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine* に掲載された[79]。

ヒト培養細胞の放射線耐性を向上させる新規タンパク質をクマムシのゲノムから発見 (2016.09.21)

クマムシは、さまざまな極限環境に耐性を示す 1 mm 未満の小さな動物で、ヒトの半致死量の約 1,000 倍 (4,000 Gy) の放射線照射にも耐えることができる。しかし、こうした極限的な耐性を支える分子メカニズムはほとんど分かっていなかった。東京大学大学院理学系研究科の橋本拓磨特任研究員と國枝武和助教らの研究グループは、先端研の堀川大樹特任講師ら、国立遺伝学研究所等と共同で、クマムシの中でも高い耐性を持つヨコヅナクマムシの高精度なゲノム配列を決定し、クマムシに固有な多数の遺伝子を発見した。これらのうち Dsup (Damage suppressor) と名付けた遺伝子をヒト培養細胞に導入したところ、放射線などによる DNA 傷害が抑制され、放射線耐性が向上することが明らかになった。これは、極限環境耐性をもつ動物の遺伝子を用いることで、他の動物の細胞に放射線耐性を付与した初めての例であり、これまでまったく知られていなかった放射線耐性の新たなしくみを明らかにした。

本研究成果は、国際論文誌 *Nature Communications* に掲載された[80]。

腸内細菌叢のバランス制御が慢性腎臓病悪化抑制のカギ (2017.04.13)

東北大学の阿部高明教授と三島英換助教、先端研の福田真嗣特任准教授を中心とする研究グループは、慢性腎臓病の病態における腸内細菌叢の関わりを明らかにした。

腎臓病の病態において腸内細菌叢を含む腸内環境の変化が報告されており、腸管が腎臓と相互に影響を及ぼしていることは知られているが、腸内細菌叢が腎臓病にどのように関わっているか不明な点が多い。本研究では、腸内細菌を全く持たない無菌の慢性腎臓病モデルマウスをメタボローム解析することで、慢性腎臓病の病態における腸内細菌叢の役割の一端を解明した。

腸内細菌叢は、尿毒素の産生という腎臓病にとって負の影響を有している一方、短鎖脂肪酸産生やアミノ酸代謝といった有益な作用も担っており、その結果腸内細菌がいない状態では腎臓病がより悪化しやすいということが分かった。このことは腸内細菌叢が腎臓病に対して良い面と悪い面の二面性を有しており、腸内細菌叢のバランスの制御が慢性腎臓病の進展予防に重要であることを示唆している。今後は腸内環境をターゲットにした新たな腎臓病の治療法開発等の臨床応用へと発展が期待される。

本研究成果は国際論文誌 *Kidney International* に掲載された[81]。

乳幼児期の腸管感染抵抗性は腸内細菌がもたらす (2017.04.21)

先端研の福田真嗣特任准教授と、慶應義塾大学薬学部の金倫基准教授、ミシガン大学の Gabriel Nunez 教授と坂本啓博士研究員、シカゴ大学の Cathryn R. Nagler 教授を中心と

する研究グループは、乳幼児期の腸内細菌叢の成熟化が腸管感染抵抗性に重要であることを明らかにした。

乳幼児は腸管病原菌に対して感染しやすい（感受性が高い）ことが知られているが、その詳細なメカニズムについては未だ不明な点が多く残されていた。本研究は、腸内細菌を全く持たない無菌マウスを無菌環境下で飼育し、メタボローム解析技術を駆使することで、乳幼児の腸管感染に対する高い感受性は、乳幼児の腸内細菌叢が未成熟であることに起因することを明らかにした。また、この乳幼児の腸管病原菌感染に対する高い感受性は、クロストリジウム目菌群の欠如によることも明らかになった。さらに、乳幼児の未成熟な腸内細菌叢から産生される代謝物質が、クロストリジウム目菌群の腸内での増殖を促進することで、腸管感染抵抗性がもたらされることも明らかにした。

本研究は、乳幼児期に腸管感染症の感受性が高いことの一因として腸内細菌叢が未成熟であることを明らかにしたものであり、今後は乳幼児の腸管感染抵抗性を強化するために、腸内細菌叢をターゲットにした新たな予防・治療法開発等の臨床応用への発展が期待される。

本研究成果は、*Science* 誌に掲載された[82]。

庄内産メロンジャム商品化、メタボローム解析で貢献

(2017.07.04)

着色料、香料を使用せずに外観、風味を保持する新たなメロンジャム製造方法が、山形県工業技術センター庄内試験場において開発され、この製造方法を使ったメロンジャムが「第3回全国メロンサミット in 鶴岡」で発売された。同商品の開発にあたり、先端研はメロン果実および加工品の風味成分のメタボローム解析を行って貢献した[83]。



図 3-1: 庄内産メロンジャム（庄内日報 2017 年 7 月 9 日版より引用）

「地上最強生物」クマムシ2種の比較ゲノム解析

(2017.07.28)

先端研の大学院生・で政策・メディア研究科修士課程の吉田祐貴君と荒川和晴准教授の研究グループは、英国エジンバラ大 Mark Blaxter 教授ら、東京大学國枝武和助教らと共同で、クマムシのゲノム情報を解読し、極限環境耐性の多様性を生み出す機構や進化について明らかにした。クマムシとは、身近な場所でも顕微鏡があれば見つけることができる体長 1 mm 以下の微小動物で、周辺環境の乾燥に伴ってほぼ完全に脱水することができる。無代謝の「乾眠」と呼ばれるこの状態のクマムシは、超低温や放射線、さらには宇宙真空への曝露にまで耐えられる極限環境耐性を持つことで注目されている。乾眠状態のクマムシは、数年もの長期保存後であっても給水によってまた速やかに生命活動を再開する。クマムシからはこれまでに細胞を保護する新規の遺伝子が複数発見されており、高精度なゲノム情報の整備は同医療やバイオテクノロジー応用に有望な遺伝子の発見に繋がっていくことが期待される。

本研究成果は、米国科学専門誌 PLoS Biology に掲載された[84]。

100 年来の謎・がんの代謝が変化する仕組みを解明

(2017.08.29)

先端研の曾我朋義教授、佐藤清敏特任助教、香川大学の鈴木康之教授、国立がん研究センターの谷内田真一ユニット長、愛知県がんセンター研究所の青木正博部長らの研究グループは、100 年来のがんの謎であった、がんの代謝が変化する仕組みを解明した。

がん細胞は、正常細胞と異なる代謝を使って生存に必要なエネルギーを産生していることが知られている。この現象は、1920 年代にドイツの生理学者 Otto Warburg（オットーワールブルグ）によって発見され、ワールブルグは、この成果によって 1931 年にノーベル生理学・医学賞を受賞している。現在、がんが示す代謝を阻害してがん細胞を死滅させようとする抗がん剤の開発が世界中で精力的に行われているが、がん細胞がどのようなメカニズムで代謝を変化させるかについては、よくわかっていなかった。

本研究は、大腸がん患者 275 名から採取された正常組織とがん組織に存在する生体分子をメタボローム解析技術などで網羅的に測定した。その結果、(1) 大腸がんの代謝は良性腫瘍の段階からすでに変化していること、(2) MYC と呼ばれるタンパク質が大腸がんの代謝を変化させていることを、臨床検体を用いて初めて証明した。

この研究成果は米国科学アカデミー紀要 (Proc. Natl. Acad. Sci. USA) に掲載された[85]。

熟成生ハム商品化、国際コンテストで金賞

(2018.01.31)



図 3-2：庄内プロシュートノービレ（東北ハム HP より引用）

株式会社東北ハムと先端研および県工業技術センター庄内試験場が共同研究して開発した熟成生ハムが商品化された。この新商品は、18 ヶ月熟成の国産骨付きもも生ハム Prosciutto di shonai 「NOBILE」（庄内プロシュートノービレ）で、2018 年ドイツ農業協会（DLG）コンテストで外観・内観・食感・風味・味の 5 項目すべてで満点を獲得し金賞を受賞した。先端研はメタボローム解析で、熟成の過程を科学的に分析して貢献した[86]。

山形県鶴岡市内から最強生物クマムシの新種を発見

(2018.03.01)

先端研の荒川和晴准教授は、ポーランド・ヤギェウォ大学 Łukasz Michalczyk 准教授らと共同で、山形県鶴岡市内で新種のクマムシを発見し、「ショウナイチョウメイムシ」（ラテン名：*Macrobiotus shonaicus*）と命名した。クマムシとは、体長 1 mm 以下の微小動物で、周辺環境の乾燥に伴って「乾眠」と呼ばれる状態になり、乾眠状態においては、超低温や放射線、さらには宇宙真空への曝露にまで耐えられる極限環境耐性を持つことで注目されている。日本のクマムシ研究は 100 年以上の歴史があるが、日本で新種が発見された例はまだ少なく、山形県内からは初の新種である。

本研究成果は、国際論文誌 PLoS One に掲載された[87]。

ゲノム編集技術を用いたヒト iPS 細胞での正確な一塩基置換技術を開発*

(2018.03.06)

広島大学大学院理学研究科の山本卓教授、京都大学 iPS 細胞研究所の Knut Woltjen 准教授、および先端研の曾我朋義教授らは、人工 DNA 切断酵素を用いたヒト iPS 細胞での正確な一塩基置換技術（MhAX 法）を開発した。

本手法は従来法と比較して、目的の一塩基多型以外の変異が最小限である点や、二次的な

* 広島大学のホームページ <https://www.hiroshima-u.ac.jp/news/44223> より引用

ドナーDNAを必要としない点など多くの利点を有する。このゲノム編集技術を用いた精密な一塩基置換技術は、ヒト iPS 細胞での遺伝性疾患のモデリングや修復に広く利用され、疾患の本態性解明や新薬の開発、遺伝子治療等へ応用されることが期待される。

本研究成果は、国際論文誌 *Nature Communications* に掲載された[88]。

尿のメタボローム解析で、大腸がんを高精度に検出

(2018.03.08)

先端研の杉本昌弘特任教授らの研究チームは、東京医科大学の研究チームとともに、尿のメタボローム解析と人工知能を使って、従来法より高精度に大腸がんを検出する方法を開発した。本研究では大腸がん患者、ポリープ患者、健常者から合計 242 の尿検体を集め、液体クロマトグラフィー質量分析装置 (LC-MS) を用いて、イオン性の強い尿中代謝物を網羅的に測定した。その結果、がん患者において、ポリアミン類が健常者やポリープを持つ患者に比べて濃度が高くなっていることを突き止めた。

本研究成果は国際論文誌 *International Journal of Molecular Sciences* に掲載された[89]。

メタボローム解析の測定感度を最大 13 倍に

(2018.04.05)

先端研の平山明由特任講師、曾我朋義教授らの研究グループは、シーレス CE-MS による高感度メタボローム測定法を開発した。

先端研が世界に先駆けて開発したキャピラリー電気泳動-質量分析法 (CE-MS) によるメタボローム解析法は、細胞内に数千種類存在するイオン性代謝物質を一斉分析できる技術で、すでに幅広い分野で展開されている。本研究では、CE-MS 用の新規インターフェイスを開発し、これを従来のインターフェイスと置きかえることによって、陽イオン性代謝物の測定感度を最大 13 倍、平均すると約 4.4 倍向上させることに成功した。

本研究成果は国際論文誌 *Electrophoresis* に掲載された[90]。

「ゲノム編集」遺伝子を発見するソフトウェアを開発

(2018.10.12)

東京大学先端科学技術研究センターの谷内江望准教授および先端研の富田勝教授と政策・メディア研究科博士課程の森秀人君らは、CRISPR、ZFN、TALEN などゲノム編集技術の基礎となった遺伝子が反復的な DNA 配列やアミノ酸配列を持つことに注目し、大規模ゲノムデータから多様なリピート配列を高速探索するソフトウェア「SPADE」(Search for Patterned DNA Elements)を開発した。SPADE によって正確に既知のゲノム編集関連遺伝子、構造タンパク質遺伝子、微生物進化に重要であると考えられる周期的な DNA 配列を網羅的かつ正確に捕捉できるようになった。世界的にゲノム編集技術の知的財産競争も熾烈な中、本研究によって新たなゲノム編集関連遺伝子や新規機能をもった遺伝子の発見、ゲ

ノム進化の新しいメカニズムの研究が加速することが期待される。

本研究成果は、国際論文誌 *Nucleic Acids Research* に掲載された[91]。

アスベストによる悪性腫瘍の代謝の仕組み解明へ

(2018.10.12)

先端研と国立がん研究センターおよび、庄内地域産業振興センターとの共同研究において、先端研の大学院生で政策・メディア研究科後期博士課程の佐藤雄三君が、国立がん研究センター鶴岡連携研究拠点の牧野嶋秀樹チームリーダーらと共同で、複数の悪性胸膜中皮腫細胞株における代謝拮抗薬の感受性の違いを発見した。また、その薬剤および代謝産物処理による代謝産物の変化を明らかにし、タンパク質や遺伝子発現だけでなく代謝産物の変化を捉える重要性を示した。悪性胸膜中皮腫における治療に有用な代謝バイオマーカーの探索や薬剤耐性機構の解明に繋がっていくことが期待される。

本研究成果は、国際論文誌 *Frontiers in Pharmacology* に掲載された[92]。

α線がん治療効果の予測と向上に役立つ指標遺伝子を発見

(2019.02.28)

先端研の荒川和晴准教授と河野暢明特任講師、および国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構の坂下哲哉上席研究員・大島康宏主任研究員・横田裕一郎主幹研究員らは共同で、α線がん治療薬 211At-MABG（アスタチン 211-メタアスタトベンジルグアニジン）の治療や診断の新たな指標となる遺伝子候補を世界で初めて発見した。

α線がん治療は、全身に転移したがんにも威力を発揮するがん治療法として注目されている。量研では、ヒトへの臨床応用を目指して、α線がん治療薬の開発を進めている。2016年には加速器で製造した 211At で標識したノルアドレナリン類似体 211At-MABG の開発に成功した。本研究チームは、この新しい α 線がん治療薬が悪性褐色細胞腫がん細胞に高い治療効果を示すことをマウス実験により確認し、その治療メカニズムの解明に役立つバイオマーカーの探索に取り組んだ。本研究では、最新の遺伝子解読技術（RNA シーケンス解析）を利用して全遺伝子の発現量変化を測定することで、α 線がん治療薬 211At-MABG に対して特異的に応答する 4 つの遺伝子を特定した。

α 線は体外からは測定できないため、α 線がん治療薬が狙い通りにがん細胞に届いて作用しているかの診断は困難だった。本研究で特定した遺伝子の中には PET などの放射線イメージング法と組み合わせて体の外からその応答を可視化できるものもあり、それを指標として正確な診断が可能になる。他の遺伝子も、それぞれがん細胞の死滅や転移などに関わることが知られており、最適ながん治療法の選択や新たながん治療法の開発に役立つと期待されている。

本研究成果は、国際論文誌 *Theranostics* に掲載された[93]。

3-3 過去 5 年間の受賞実績

慶應先端研の研究スタッフや学生が中心となって行った研究・教育活動等が国内外でさまざまな評価を受けている。

2014 年度

2014 年 7 月に福田真嗣特任准教授が第 3 回三島海雲学術賞を受賞した。10 月には福田真嗣特任准教授が第 13 回山形県科学技術奨励賞を受賞、受賞課題は「統合オミクスによる腸内共生システムの研究」で、オミクス解析によりヒトと腸内細菌叢の相互作用を分子レベルで解析し、腸内細菌叢と特定の食物と健康に関わる分子機構の一端を明らかにしたことが、社会への貢献も期待される研究として高く評価された。同年 11 月に Aw Wanping 研究員が、Merlion Metabolomics Workshop (MMWS) 2014 において Outstanding Young Researcher Award を受賞した。2015 年 2 月、福田真嗣特任准教授が第 1 回バイオサイエンスグランプリ最優秀賞を受賞、同年 3 月、原田成助教が第 85 回日本衛生学会で若手優秀演題賞を受賞した。また、政策・メディア研究科博士課程 1 年の石井千晴君が 2014 年 5 月、マレーシアで開催された「International Conference on Beneficial Microbes (ICOBM)」にて、ポスター Award を受賞、同 5 月、同じく石井千晴君が、2014 年度笹川科学研究助成学術研究部門の一般科学研究に採択された。

2015 年度

2015 年 9 月に、仲田崇志特任講師が日本微生物資源学会奨励賞を受賞し、微細緑藻類の系統分類の研究内容が高く評価された。同 9 月に伊藤卓朗特任助教が第 14 回山形県科学技術奨励賞を受賞した。この受賞は、オイル産生微細藻類のオイル産生に関するメカニズム解明と実用化に向けた可能性への考察が高く評価されたものである。2015 年 11 月、曾我朋義教授が第 2 回寺部茂賞を受賞した。この賞は、世界的な分析手法を開発した研究者の名を冠した賞で、細胞内に存在する数千種類の代謝物質（メタボローム）の一斉分析を可能にした業績が高く評価された。同年 12 月、福田真嗣特任准教授が文部科学省科学技術・学術政策研究所「科学技術への顕著な貢献 2015（ナイスステップな研究者）」を受賞した。

2016 年度

2016 年 10 月に、慶應先端研が教育振興分野での貢献を理由に山形県鶴岡市の市政功労者として表彰され、同 10 月、荒川和晴特任准教授が細胞内ダイナミクスのマルチオミクス解析研究が多大な貢献をしたことにより「Oxford Journals・Japanese Society for Bioinformatics Prize」を受賞した。2016 年 11 月、若山正隆特任助教らが、産学官にてラ

ツカセイ胚芽の生理機能を明らかにし、加工技術を検討して新たな商品開発に結びつけたことにより、2016 年度全国食品技術研究会賞「最優秀賞」を受賞した。2016 年 12 月、富田勝所長（筆者）と藤島皓介特任講師が、「WIRED Audi Innovation Award 2016」を受賞し、同 12 月、福田真嗣特任准教授が、腸内環境に関する最先端研究と研究成果に基づく腸内デザイン推進ベンチャーの起業を理由に 2016 年度食創会安藤百福賞発明発見奨励賞を受賞した。2017 年 2 月、慶應先端研が、「世界的な統合システムバイオロジー研究拠点形成による地域活性化と社会貢献」事業において、第 6 回地域産業支援プログラム表彰事業（イノベーションネットアワード 2017）の文部科学大臣賞を受賞した。この受賞は、大学主導により地域の産学官が連携したバイオテクノロジー開発拠点を構築し、国内外と連携した世界的な最先端のバイオ研究拠点の形成に寄与していると高く評価されたものである。また、政策・メディア研究科修士課程 1 年の渡部翔君が、2016 年 7 月に中国上海で開かれた The 2nd Annual Conference on Metagenomics and Metadesign of the Subways and Urban Biomes (MetaSUB)において、「Draft Genome Sequences of Bifidobacterium Longum Strains from Two Healthy Japanese Adults」の研究で Promega Travel Awardを受賞した。

2017 年度

2017 年 6 月、富田勝所長（筆者）が国際メタボローム学会 終身名誉フェローを受賞した。この受賞は、初期理事の 1 人として、第 1 回国際会議を山形県鶴岡市でホストとして開催し、CE-MS アプローチを支持し、学会の創設と発展に顕著な貢献をしたことを理由に授与されたもので、歴代 11 人目、日本人およびアジア人としては初めての受賞である。2017 年 7 月、福田真嗣特任准教授が、「腸内細菌叢機能の包括的理解と腸内デザインによる新規ヘルスケア産業の創出」の研究課題において、第 1 回バイオインダストリー奨励賞を受賞した。2017 年 10 月、平山明由特任講師が、メタボローム解析技術を活用したがんの特殊な代謝機能の解明、および唾液を用いたがんの診断マーカー提案への取り組みにおいて、第 16 回山形県科学技術奨励賞を受賞した。同 10 月、富田勝所長（筆者）が山形県特別功労賞を受賞した。この受賞は、幅広い分野において県勢全般の発展に大きな功績があった人物に贈られる賞であり、2001 年の慶應先端研開設以来の、学術分野（生命科学）、産業振興、人材育成、教育振興、地域振興等における功績が認められたものによるものである。2017 年 12 月、Josephine Galipon 特任助教が「Ultimaker Education Challenge 賞」を受賞した。

2018 年度

30 年 5 月、村上特任助教が日本温泉気候物理医学会研究奨励賞を受賞した。30 年 6 月、河野特任講師が「クモ糸のマルチオミクス解析」をテーマに若手アカデミー賞を受賞した。30 年 9 月、研究所で研究活動を進める大学院生の岩井碩慶君が、国際学会"9th Congress of International Society of Hymenopterists"で Student Poster Presentation Awardを受賞

した。同じく 9 月、かつて当研究所で特別研究生として活動し、現在 環境情報学部 4 年の伊藤光平君が、経済誌 **Forbes Japan** で特集された「世界を変える 30 歳未満の 30 人」(30 UNDER 30) に選出された。31 年 1 月、富田勝所長 (筆者) が第 68 回河北文化賞を受賞した。31 年 2 月、荒川和晴准教授が山形県科学技術奨励賞を受賞した。

3-4 研究成果に関する新聞記事

先端研の研究成果および受賞は新聞記事となって地元紙および全国紙で報道され、一般市民にも知られるようになった。過去5年間の研究に関する記事を表3-1に、受賞に関する記事を表3-2に、それぞれまとめた。

見出し	出典
「大学は変わるか 個性を磨け」	日本経済新聞、2014.4.22
長湯で飲泉効能研究 慶大研究所と竹田市	毎日新聞、2014.9.18
便秘治療薬「ルビプロストン」慢性腎臓病の進行を抑える効果	山形新聞、2014.12.20
がん細胞の死滅を促す「標的分子」を特定	荘内日報、2015.1.15
「鶴岡みらい健康調査」最新情報	広報つるおか、2015.2.1
「知の明日を築く」知識産業、地方で興す	日本経済新聞、2015.2.5
ヒト代謝物「メタボローム解析」慶大、50 倍の感度に	日経産業新聞、2015.2.12
農林水産省の「農林水産業の革新的技術緊急展開事業」に採択	荘内日報、2015.3.15
地域振興、先端技術から 山形県鶴岡市が誘致、慶大研究所が成果	朝日新聞、2015.5.19
柘植謙爾特任講師、DNA 断片 迅速連結法を開発	日刊工業新聞、2015.5.26
慶應大先端生命科学研究所 「学びの現場から」	日本経済新聞、2015.7.21
大学院生らのグループ、温泉水飲用がもたらす健康増進効果の一端を 解明	荘内日報、2016.1.7
慶大先端研、鶴岡進出 15 年 「山形から成功モデル」 富田所長に聞 く	日本経済新聞、2016.3.4
秘めた可能性に注目 バイオテクノロジー 鶴岡・慶應大先端生命科学 研究所	山形新聞、2016.9.1
放射線耐性たんぱく質 微小動物ゲノムから発見	日刊工業新聞、2016.9.21
地方で起業家育てる 慶應義塾大学先端生命科学研究所 富田勝氏	日経産業新聞、2016.10.5
社説 開設 15 年の慶大先端研 科学の力で地域を創生	山形新聞、2016.10.8
取材雑記 普通は0点	山形新聞、2016.10.8
切り開く。これから、を 富田勝所長インタビュー	山形新聞、2016.10.18
慢性疲労症候群の客観的診断に有効なバイオマーカーを発見	山形新聞、2016.10.20
先端生命科学研究所開設 15 周年特集 世界をリードする「鶴岡の先 端研」	荘内日報、2016.11.6
腸腎連関 腸内細菌叢のバランス制御が慢性腎臓病悪化抑制のカギ	山形新聞、2017.4.14
東北大との共同研究	
腸内細菌叢の成熟化が乳幼児期の腸管感染抵抗性をもたらしことを発 見	山形新聞、2017.4.22
Forbes 誌 イノベーターシップBEST10 富田所長、地方のキー プレイヤー 北海道東北地域1位	Forbes、2017.6
未来産業に懸ける 鶴岡・サイエンスパークの挑戦 上	河北新報、2017.6.28
未来産業に懸ける 鶴岡・サイエンスパークの挑戦 中	河北新報、2017.6.29
未来産業に懸ける 鶴岡・サイエンスパークの挑戦 下	河北新報、2017.6.30
注目の大学人 慶應義塾大学 富田勝教授	日経産業新聞、2017.7.10
地上最強生物 クマムシ2種の比較ゲノム解析 エディンバラ大、東 大との共同研究	日本経済新聞、2017.7.28
100 年来の謎・がんの代謝を解明 大腸がんの代謝が変化する仕組み を解明	朝日新聞、2017.9.14
O157 の炎症抑える 慶大、ビフィズス菌で実証	日刊工業新聞、2017.10.31

先端研例に地方創生 安倍首相答弁 大学が起爆剤	山形新聞、2017.11.28
富田所長、吉村県知事新春対談 ここではできない最先端の研究で山形を元気に！	県民のあゆみ、2018.1.1
山形再興 第1部先端研究の求心力 鶴岡サイエンスパーク① 若者呼び込む仕掛け／故郷・鶴岡に研究拠点 離れても戻れる選択肢	山形新聞、2018.1.3
山形再興 第1部先端研究の求心力 鶴岡サイエンスパーク③「才能開花」見守る幸せ／地域とつながる喜び 移住し挑戦 充実の日々	山形新聞、2018.1.5
山形再興 第1部先端研究の求心力 鶴岡サイエンスパーク④ 大学発の活性化リード／「普通は0点」富田イズム 学問を尊ぶ風土に根付く	山形新聞、2018.1.7
「ショウナイチョウメイムシ」と命名 山形県鶴岡市内から最強生物クマムシの新種を発見	日本経済新聞、2018.3.8
ゲノム編集技術を用いたヒト iPS 細胞での正確な一塩基置換技術（MhAX 法）を開発	日刊工業新聞、2018.3.6
尿中の代謝物を測定し人工知能（AI）で解析することで大腸がんを従来よりも高精度で検出できる方法を開発	日刊工業新聞、2018.3.9
先端研と損害保険ジャパン日本興亜、包括連携協定を締結	日本経済新聞、2018.3.10
一般社団法人ライフサイエンス・イノベーション・ネットワーク・ジャパン（LINK-J）と相互提携	山形新聞、2018.4.3
シーストレス CE-MS による高感度メタボローム測定法を開発	日本経済新聞、2018.4.6

表 3-1：先端研の研究に関する新聞記事（2014 年～2018 年 4 月）

見出し	出典
福田真嗣特任准教授 第 13 回山形県科学技術奨励賞 受賞	荘内日報、2014.9.6
福田真嗣特任准教授 第 1 回バイオサイエンスグランプリで最優秀賞受賞	荘内日報、2015.2.19
仲田崇志特任講師が日本微生物資源学会奨励賞 受賞	荘内日報、2015.9.22
伊藤卓朗特任助教が第 14 回県科学技術奨励賞 受賞	山形新聞、2015.9.22
曾我朋義教授が第 2 回寺部茂賞 受賞	山形新聞、2015.11.19
福田真嗣特任准教授が文部科学省科学技術・学術政策研究所の「科学技術への顕著な貢献 2015（ナイスステップな研究者）」受賞	朝日新聞、2015.12.24
先端生命科学研究所 2016 年度鶴岡市市政功労者表彰	山形新聞、2016.10.2
若山特任助教ら、全国食品技術研究会賞を受賞	山形新聞、2016.12.28
特別研究生 羽黒高 3 年菅原さん サイエンスキャッスル東北大会最優秀ポスター賞受賞	荘内日報、2016.12.28
イノベーションネットアワード 2017 文部科学大臣賞を受賞	日本経済新聞、2017.2.8
富田所長、国際メタボローム学会の終身名誉フェローを受賞	山形新聞、2017.7.1
福田特任准教授、第 1 回バイオインダストリー奨励賞を受賞	山形新聞、2017.7.21
平山特任助教、第 16 回山形県科学技術奨励賞を受賞	山形新聞、2017.10.11
富田所長、山形県特別功労賞を受賞	日本経済新聞、2017.10.18
村上特任助教、日本温泉気候物理医学会研究奨励賞を受賞	山形新聞、2018.5.29
河野特任講師、若手アカデミー賞を受賞	山形新聞、2018.6.13

表 3-2：先端研の受賞に関する新聞記事（2014 年～2018 年 6 月）

3-5 海外での講演

最近では海外の学会等で、慶應先端研および先端研発ベンチャービジネス、そして鶴岡サイエンスパークの街づくりをテーマに、招待講演を行う機会も増えた。開設当初から掲げてきた「統合システムバイオロジー」を基軸にして、学術的な研究成果だけでなく、独自技術をビジネス化して社会実装し、地域振興にまで発展させている鶴岡サイエンスパークの取り組みは、海外からも注目されるようになった。

2018 年 6 月米国シアトルで行われた「第 14 回国際メタボローム学会」(Metabolomics 2018)には **Keynote Speaker** として招待され、慶應先端研のメタボローム技術と、唾液のメタボローム解析でがん診断を可能にしたサリバテック社や、血液でうつ病を診断する技術のヒューマン・メタボローム・テクノロジーズ社、便から腸内環境を診断するメタジェン社などのバイオビジネスを紹介し、メタボローム技術を基軸にしてどのように産業化・街づくりを行ってきたかを講演した[95]。

2018 年 10 月にスウェーデンのストックホルムで行われた「バルト海国際会議」(BCS 2018)においては、慶應先端研のシステムバイオロジー研究と、先端研発バイオベンチャー、主に **Spiber** 社の人工タンパク質素材について紹介し、これらバイオ産業がどのように地域を発展させていくのか、先端研と鶴岡市のビジョンを **Keynote Talk** として講演した[96]。

2019 年 4 月に韓国ソウルで行われた「韓国メタボローム学会」(KoMets2019)においては、「鶴岡サイエンスパーク」をテーマとして **Plenary Lecture** を行った。メタボローム技術を基軸にしたバイオベンチャー(ヒューマン・メタボローム・テクノロジーズ社、サリバテック社、メタジェン社)の発展とバイオ産業による地域振興について、現状と将来展望を講演した[97]。

同じく 2019 年 4 月にアラブ首長国連邦のドバイで行われた「がん研究・がん治療サミット」(WSCRT-2019)では、**Keynote Speaker** として、慶應先端研が行っているがん代謝を解明する研究や、地域のがん患者のための「からだ館」の活動、サリバテック社の唾液によるがん診断ビジネス、そして 2017 年に鶴岡サイエンスパークに設置された国立がん研究センター鶴岡連携研究拠点との共同研究など、「がん」をキーワードに鶴岡サイエンスパークの取り組みを紹介した[98]。

これらの講演後に来日して鶴岡を視察に訪れたケースもあった。バイオサイエンスによる街づくりに取り組む慶應先端研と鶴岡サイエンスパークには各国も関心を寄せていることが伺える。

第 4 章 イベントによる交流人口の増大

4-1 概要

慶應先端研では 2001 年開設以降、学会や国際会議を数多く開催しており、本章では 2014 年以降 2018 年までに開催されたものを記載する。なお本章は、山形県に提出した「慶應義塾大学先端生命科学研究so研究成果報告書*」（2014 年度～2018 年度）からの引用である。

2014 年度には、6 月に国際学会「第 10 回国際メタボローム学会」(Metabolomics 2014) を慶應先端研がホスト機関となり開催した。本会は、第一ホテル鶴岡とマリカ市民ホールを会場として、36 カ国から約 550 名の研究者・学生らが参加した。鶴岡市開催としては過去最大の国際イベントとなった。

2015 年度には、5 月に国際学会「2nd Symposium on Complex Bio Dynamics Networks」(cBio2015) を慶應先端研がホスト機関となり、鶴岡市先端研究産業支援センターにて開催した。本会には、14 カ国から約 90 名の研究者・学生らが参加した。また 10 月には「第 7 回生命情報科学者若手の会」を鶴岡市先端研究産業支援センターにて開催し、県内外から若手研究者約 70 名らが参加した。

2016 年度に 6 月に国際会議「バイオハッカソン 2016」を鶴岡市先端研究産業支援センター等)にて開催し、国内外から研究者・学生ら約 100 名が参加した。また 10 月には「第 10 回メタボロームシンポジウム」を鶴岡市にて開催した。国内のメタボローム研究の第一

* 筆者が監修した非公開資料

線で活躍する研究者、学生、企業関係者ら 276 名が集結し、特別講演 1 件、口頭発表 25 件、ポスター発表 69 件が行われた。

2017 年度には、10 月に「第 45 回日本産業衛生学会産業中毒・生物学的モニタリング研究会」を開催した。本研究会は、働く人々の健康障害予防を活動の主旨とする日本産業衛生学会において長い歴史を持つ。2017 年度は、メタボロームの産業衛生学研究への応用をメインテーマに、第一線の研究者、学生ら 40 名が参加した。

2018 年度には、9 月に「第 7 回生命医薬情報学連合大会」(IIBMP2018)を開催した。生命情報科学をはじめ、情報科学、生命科学、医学、薬学等のさまざまな分野の研究者が参加し、口頭発表、ポスター発表、企業展示・セッション等を通じて活発な議論が行われた。メイン会場は荘銀タクト鶴岡で合計 430 人の参加があった。また IIBMP2018 に併設する形で「第 55 回バイオ情報学研究会」も開催し、バイオ情報学分野の若手研究者や学生が、その情報处理的側面を中心に研究成果を発表した。10 月には、第 12 回メタボロームシンポジウムを開催し、国内のメタボローム研究の第一線で活躍する研究者、学生、企業関係者ら合計 422 人の参加者があった。

国際イベント、全国イベント、地域イベントのそれぞれの詳細を以下に述べる。

4-2 国際イベントの開催実績

(1) 第10回国際メタボローム会議 (Metabolomics 2014)



(大会公式ポスター)

2014年6月23日(月)～26日(木)、先端研がホスト機関となり、山形県鶴岡市において第10回国際メタボローム会議(Metabolomics 2014)を開催した(主催：国際メタボローム学会、共催：国際植物メタボロミクス会議、後援：山形県、鶴岡市)。

本国際会議は第1回(2005年)の山形県鶴岡市における開催から始まったもので、第1回開催時には22カ国から297名が参加した。その後、北米、ヨーロッパ、アジアなど主要地域にて持ち回りで年會が開催され、2011年の第7回大会を、再度鶴岡市にて開催することとなり準備を進めていたが、3月の震災の影響により急遽会場がオーストラリアに変更された。富田勝所長(筆者)が理事会に提案を行い、次のアジア地域開催年である2014年の開催地を鶴岡市とすることが2011年6月に正式決定し、本学会にとっても記念すべき第10回目の会を、第一回開催地である山形県鶴岡市にて開催する運びとなった。

本会は、第一ホテル鶴岡(山形県鶴岡市錦町2-10)とマリカ市民ホール(山形県鶴岡市末広町3-1)の2箇所同時並行で4日間に渡り開催され、合計36カ国から約550名の研究者・学生らが集い、ワークショップ4件、基調講演10件、口頭発表62件、ポスター発表

268 件が行われた。

参加者のうち 300 名以上は海外からの参加であり、これだけ多くの外国人が一度に鶴岡市を訪れるのは、市政史上初めてとのことだった。4 日間の日程のうち、主催者側が用意する夕食会（バンケット）は一回だけであり、他の日の昼食や夕食は、各自でとってもらう必要があるが、市内の飲食店は英語対応が

ほとんど出来ていない。このため、鶴岡市内の飲食店に、英語と写真のメニューを準備してもらうよう依頼をするとともに、英語対応がある飲食店のマップを英語で作成して外国人参加者に配布した。このように、本国際会議の開催は、鶴岡市の外国人対応・国際化にも寄与した。

(2) 2nd Symposium on Complex Bio Dynamics & Networks (cBio2015)



(大会公式ポスター)

2015 年 5 月 11 日（月）～13 日（水）、先端研がホスト機関となり、2nd Symposium on Complex Bio Dynamics & Networks（複雑な生体内における動態とネットワークに関する国際シンポジウム）を開催した。この国際シンポジウムは、複雑な生物のシステムや癌をはじめとしたあらゆる疾患のシステムに関する理解を深めることを目的に、2013 年に山形県鶴岡市で第 1 回目（参加者 46 名）が開催され、2015 年にはその成果をさらに発展させた第 2 回目として、参加人数、発表セッション等の規模を拡大して開催された。

本会では数学、物理、化学、生物などあらゆる分野を統合して取り組む最先端の分野であ

るシステムバイオロジーの第一線で活躍している研究者・学生ら約 90 名が 14 カ国から集結し、基調講演 3 件、口頭発表 30 件、ポスター発表 21 件が行われた。

(3) 国際会議バイオハッカソン 2016



(大会公式 HP より)

2016 年 6 月 12 日（日）～18 日（土）、国際会議バイオハッカソン 2016（主催：国立研究開発法人科学技術振興機構バイオサイエンスデータベースセンター（NBDC）、大学共同利用機関法人情報・システム研究機構ライフサイエンス統合データベースセンター（DBCLS）、後援：先端研）を開催した。本会議はライフサイエンスのデータベース統合についての技術開発の支援、最新技術の情報共有、実務者間での交流促進を目的に 2008 年から毎年開催されており、第 9 回となる 2016 年は鶴岡市で開催され、国内外から研究者・学生ら約 100 名が集結し、初日のシンポジウムのほか、合宿形式での開発会議を行った。

4-3 全国イベントの開催実績

(1) 第7回生命情報科学若手の会



(大会公式HPより)

2015年10月1日(木)～10月3日(土)の3日間にわたり、第7回生命情報科学若手の会を開催した(主催：生命情報科学若手の会、後援：先端研、鶴岡市)。国内から若手研究者約70名が集まり、参加者全員の発表に加え、招待講演3件、企画シンポジウム1件が行われ、開発している最新のアルゴリズムや、解き明かした生命現象に関する活発な議論が行われた。

(2) 先端生命科学研究所 15 周年記念シンポジウム



(大会公式ポスター)

2016 年 9 月 17 日 (土)、先端生命科学研究所 15 周年記念シンポジウム「YAMAGATA、TSURUOKA から世界を変える」を開催した。富田勝所長（筆者）、板谷光泰教授、金井昭夫教授、曾我朋義教授が「鶴岡キャンパス 15 年の歩み」を振り返り、7 名の若手研究者（荒川和晴特任准教授、黒田裕樹准教授、鈴木治夫特任准教授、内藤泰宏准教授、福田真嗣特任准教授、藤島皓介特任講師、谷内江望特任准教授）が「鶴岡キャンパスこれからの 15 年」を展望した。続いて「まち×サイエンス×アート」、「地方都市から創る健康長寿社会」と題した 2 つのパネルディスカッションが行われ、先端研および先端開発バイオベンチャー企業を中心とする研究と、地域と密接に連携した研究・教育の取り組み、サイエンスとアートが一体となった魅力あるまちづくりなどについて、多彩なパネリストによる意見交換がなされた。研究者、学生、一般市民など 350 名を超える参加があった。

(3) 第10回メタボロームシンポジウム



(大会公式 HP より)

2016年10月19日(水)～21日(金)、第10回メタボロームシンポジウム(主催:第10回メタボロームシンポジウム実行委員会、共催:先端研究所、後援:山形県、鶴岡市)を開催した。本シンポジウムは、2006年に富田勝所長(筆者)の呼びかけのもと、日本国内でメタボロミクスに携わる研究者の交流の場として始まったもので、第1回の鶴岡市における開催の後、鶴岡市とその他全国のメタボロミクス拠点を交互に訪れる形で開催されている。本年は国内のメタボローム研究の第一線で活躍する研究者、学生、企業関係者ら276名が集結し、最新の研究動向に関する特別講演1件、口頭発表25件、ポスター発表69件が行われた。

(4) 第45回日本産業衛生学会産業中毒・生物学的モニタリング研究会

2017年10月6日(金)～7日(土)、第45回日本産業衛生学会産業中毒・生物学的モニタリング研究会(主催:日本産業衛生学会産業中毒・生物学的モニタリング研究会、後援:先端研)を開催した。本研究会は、働く人々の健康障害予防を活動の主旨とする日本産業衛生学会において長い歴史を持ち、2017年度は、メタボロームの産業衛生学研究への応用をメインテーマに、第一線の研究者、学生ら40名が参加し、特別講演、シンポジウム、口頭発表を行った。

(5) ゲノム未来会議 3.0

2018年2月9日(金)～10日(土)、ゲノム未来会議 3.0(主催:ゲノム未来会議、共催:高機能遺伝子デザイン技術研究組合)が開催され、先端研がホスト機関を務めた。この会議は「ゲノム DNA の配列解読から人工合成への流れ」をテーマとして開催したもので、板谷光泰教授、金井昭夫教授、河野暢明特任助教らが講演を行い、40名が参加した。

(6) 第55回バイオ情報学研究会(SIG BIO)

2018年9月18日(火)、第55回バイオ情報学研究会を開催した。本会は情報処理学会内の研究会として、先端研の斎藤輪太郎特任教授が世話人となって、第7回生命医薬情報学連合大会(IIBMP2018)に併設する形で開催された。バイオ情報学分野の研究者や学生

が、その情報处理的側面を中心に研究成果を発表し、バイオサイエンス系の研究者も交えながら切磋琢磨する場を用意することで本分野の発展に寄与することを目指し、26 名が参加した。

(7) 第 7 回生命医薬情報学連合大会 (IIBMP2018)



(大会公式ポスター)

2018 年年 9 月 19 日 (水) ～21 日 (金)、第 7 回生命医薬情報学連合大会 (IIBMP2018) (主催：日本バイオインフォマティクス学会、日本オミックス医療学会、共催：先端研、鶴岡市、後援：情報計算法学生物学会、山形県) を開催した。

本大会は、2012 年から生命情報科学研究および生命科学・医学、薬学研究の発展のために、日本バイオインフォマティクス学会、情報計算法学生物学会、日本オミックス医療学会の共催で開催されるようになり、2012、2013 年は東京、2014 年は仙台、2015 年京都、2016 年東京、2017 年札幌と続き、今回は 7 回目、鶴岡では初開催となった。

メイン会場は荘銀タクト鶴岡、サブ会場は鶴岡アートフォーラムだった。2018 年 3 月にオープンした荘銀タクト鶴岡で学会が開催されるのは本会が初めてである。基調講演には Sri Kosuri (スリ・コスリ) 助教授 (UCLA) を迎え、大規模遺伝子合成法を用いた有用タンパク質スクリーニングについての講演が行われた。3 日目の大会閉会後には、一般市民も無料参加できる公開企画「神山健治監督 (『攻殻機動隊 S.A.C.』シリーズ) と迫る近未来を描く生命情報科学」を開催した。

生命情報科学をはじめ、情報科学、生命科学、医学、薬学等のさまざまな分野の研究者が参加し、大会参加者 385 人（県内参加者 65 人、県外参加者 320 人）、公開企画一般参加者 45 人となり、合計 430 人の参加となった。口頭発表 24 件、ポスター発表 96 件、企業展示・セッション等が 24、企業協賛 28 社であった。

(8) 第 12 回メタボロームシンポジウム



(大会公式ポスター)

2018 年 10 月 17 日（水）～19 日（金）、第 12 回メタボロームシンポジウム（主催：第 12 回メタボロームシンポジウム実行委員会、共催：先端研、後援：山形県、鶴岡市）を開催した。国内のメタボローム研究の第一線で活躍する研究者、学生、企業関係者らが集結し、事前申込で 350 名程度、当日受付・スタッフを含め国内から 422 名の研究者・学生らが参加し、参加者多数のためメイン会場であるレクチャーホールの他、共用棟の大会議室を遠隔会場として使用した。プログラムでは、「メタボライトテクノロジー」、「エピメタボライツ・オンコメタボライツ」、「医薬」、「微生物・腸内細菌」、「食品」、「植物」、「脂質メタボロミクス」、「新技術」、「統計・インフォマティクス」、「マルチオミクス」、「バイオテクノロジー」のセッションを設け、国立研究開発法人理化学研究所の宮脇敦史博士による特別講演「バイオイメージングに関わる学際的技術開発」が行われたほか、口頭発表 28

件、ポスター発表 73 件が行われ、新たな催しとして、ランチョンセミナーをレクチャーホールとスイデンテラスの 2 会場で開催した。

(9) 全国高校生のための「バイオサミット in 鶴岡」



(大会公式ポスター)

先端研と山形県と鶴岡市は、2011 年 8 月に「高校生バイオサミット in 鶴岡」を初開催し、その後毎年夏に連続開催している。これは、全国の高校生を対象とし、生命科学の自由研究の発表と議論を行う二泊三日のプログラムである。①自由研究の研究成果を発表する「成果発表部門」、②これから開始する研究計画を発表する「計画発表部門」、③他の高校生の研究発表を聴講する「一般参加部門」と 3 つの部門による参加が可能で、成果発表部門では、文部科学大臣賞、厚生労働大臣賞、農林水産大臣賞、経済産業大臣賞、環境大臣賞の 5 つの大臣賞が用意されている。これまでに延べ 1267 名の高校生が参加している。

2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	合計
118	115	97	162	215	183	188	189	1,267

表 4-1 : バイオサミット in 鶴岡 参加高校生人数

このバイオサミットの過去の受賞者の中には、慶應義塾大学に進学し先端研における教育プログラムを受講し先端研で研究活動をしている学生も数多くいる。このように、バイオサミットで発表するために全国から高校生が鶴岡に集まり、鶴岡や先端研を目の当たりにして、先端研で研究することを希望して慶應義塾大学への進学を目指す流れができていることは、地域振興という意味でも意義深い。

4-4 地域イベントの開催実績

(1) 市民のための生命科学入門講座／市民のための夕学講座



(夕学講座 HP より)

本講座は鶴岡市民を対象に、生命科学の基礎知識を習得してもらうことを目的として、先端研の研究者を講師として2001年から毎年開催している。

2014年度は、生命科学をテーマとして「市民のための生命科学入門講座」を開講した（全5講）。定員80名の募集に対し、70名（鶴岡市民60名、酒田市民7名、その他3名）が参加した。

2015年度は、これまでの生命科学分野の対面講座に、慶應丸の内シティキャンパスが運営する講演会「夕学五十講」のライブ中継による映像配信講座を加え、「市民のための夕学講座」と改称して開講した（全10講）。定員80名の募集に対し、2015年度は87名（鶴岡市民71名、酒田市民10名、その他6名）、2016年度は89名（鶴岡市民80名、酒田市民8名、その他1名）、2017年度は136名（鶴岡市民96名、酒田市民23名、その他17名）が参加した。

2018年度以降についても開講予定である。

(2) 鶴岡みらい健康調査セミナー



(セミナー公式ポスター)

鶴岡みらい健康調査推進セミナー実行委員会（鶴岡地区医師会、鶴岡地区薬剤師会、鶴岡地区歯科医師会、慶應先端研、荘内病院、鶴岡市）が主催し、鶴岡みらい健康調査プロジェクト（鶴岡コホート・プロジェクト）の成果還元と、健康に資する情報提供を目的としたセミナーを、2012年度から毎年開催している。2014年度は「健康長寿研究最前線」をテーマとし、5件の講演とパネルディスカッションが開催され、地元の医療従事者、一般市民ら約100名が参加した。

2015年度は「がん予防最前線」をテーマとし、3件の講演とパネルディスカッションが開催され、地元の医療従事者、一般市民ら約220名が参加した。2016年度は「糖尿病予防最前線」をテーマとし、2件の講演とパネルディスカッションが開催され、地元の医療従事者、一般市民ら約270名が参加した。2017年度は「睡眠医学最前線」をテーマとし、5件の講演とパネルディスカッションが開催され約230名が参加した。2018年度は「がんになっても自分らしく生きる、働く、暮らしていくために」をテーマとし約270名が参加した。

(3) 中学生高校生見学会



(見学会公式チラシ)

庄内地方の中学生および高校生とその保護者を対象とした慶應先端研の見学会を毎年開催している。富田勝所長（筆者）の講演、および先端研の大学院生・学部生の案内によるラボツアーを行った。

2014年度は、11月30日（日）に見学会を開催し、鶴岡市、酒田市、庄内町、三川町、遊佐町の中学生・高校生（鶴岡市立鶴岡第一、第二、第三、藤島、温海、三川町立三川、庄内町立余目、酒田市立第一、第三、第四、第六中学校、山形県立酒田東、鶴岡東、酒田南高等学校）とその保護者の合計41名が参加した。

2015年度は12月19日（土）に87名、2016年度は12月4日（月）に75名、2017年度は2月12日（月）に約70名が参加した。

2018年度以降も毎年実施予定である。

(4) スプリング・サイエンスキャンプ



(イベント公式 HP より)

独立行政法人科学技術振興機構が主催し、全国の高校生を対象としてバイオテクノロジーの基礎を体験してもらうプログラムで、慶應先端研は会場の1つとして2006年度から毎年開催してきた(2010年度のみ、東日本大震災の影響で直前に開催中止)。

2014年度は、3月24日(火)～26日(木)の日程で開催し、全国の応募者の中から選抜で計16名(山形県3名、東京都3名、埼玉県2名、秋田県、沖縄県、佐賀県、静岡県、栃木県、新潟県、宮崎県、山梨県各1名)が参加し、クラゲの緑色蛍光タンパク質遺伝子の増幅実験や塩基配列決定、その遺伝子を大腸菌に組み込む遺伝子組換え実験、DNA配列のコンピュータ解析、メタボローム解析による代謝物質の測定・解析、E-Cellを用いた細胞シミュレーションを行った。

このキャンプに参加した生徒の多くは、バイオ系の進路を選択している。過去の参加者の中には、慶應義塾大学に入学し、慶應先端研の教育プログラムを受講している学生もいる。

本事業は、主催である独立行政法人科学技術振興機構が2014年度で事業を終了することとなったため、先端研においては2015年3月の開催が最終となり、その後は次項の Keio Astrobiology Camp に引き継がれることになる。

(5) Keio Astrobiology Camp



(イベント公式 HP より)

先端研が主催し、全国の高校生、大学生、大学院生を対象としたサイエンスキャンプ「Keio Spring Science Camp」を、2016年3月24日(木)～26日(土)の日程で開催した。宇宙生物学をメイントピックに取り上げ、「生命の起源」「地球外生命探査」「人類の宇宙進出」を3つのテーマとして、国内外で活躍する最先端の研究者による講演、専門家との意見交換、課題発表、施設見学等を行った。全国から計47名(北海道、秋田県、山形県、宮城県、福

島県、茨城県、群馬県、埼玉県、東京都、神奈川県、千葉県、長野県、愛知県、大阪府、兵庫県、福岡県）の高校生、高専生、大学生、大学院生が参加した。

2016 年度から本事業は「Keio Astrobiology Camp」と名称変更し、宇宙生物学をメイントピックとして開催することとなった。2016 年度は「地球と宇宙における生命の起源および探査」をテーマとして、3 月 26 日（日）～28 日（火）の日程で開催し、国内外で活躍する最先端の研究者による講演、専門家との意見交換、課題発表、施設見学等を行った。全国から計 65 名（秋田県、山形県、宮城県、福島県、茨城県、埼玉県、東京都、神奈川県、新潟県、静岡県、愛知県、大阪府、兵庫県、山口県、福岡県、沖縄県）の高校生、高専生、大学生、大学院生が参加した。

2017 年度は「地球と宇宙における生命の起源」をテーマとして、3 月 25 日（日）～27 日（火）の日程で開催し、国内外で活躍する最先端の研究者による講演、専門家との意見交換、課題発表、施設見学等を行った。全国から計 37 名（東京都、神奈川県、山形県、広島県、青森県、栃木県、山梨県、石川県、愛知県、岐阜県、大阪府、兵庫県、福岡県、沖縄県）の高校生、大学生、大学院生が参加した。

2018 年度以降も毎年 3 月に実施予定である。

(6) 知の拠点庄内



(シンポジウム公式ポスター)

鶴岡市では市内に設置されている 4 高等教育機関(山形大学農学部、東北公益文科大学、鶴岡工業高等専門学校、慶應先端研)について、各機関の研究の成果・状況に関する情報

を市民に提供するために 2011 年度から「知の拠点庄内」シンポジウムを開催している。先端研からも研究者が委員となり、より良いシンポジウム開催に向けて他機関の研究者と協力し合っている。

4 つの高等教育・研究機関が、互いの知を結集して連携促進を図り、鶴岡市・酒田市ほか庄内地域住民に、研究や生涯学習について情報を提供し、生活においてより高い学術文化に触れていけるように活動していくことが、「知の拠点庄内」発足の目的である。

2010 年発足後、定期的に 4 機関から研究者が集まり、「知の拠点庄内」ワークショップとして検討を重ねた。毎年度、4 機関持ち回りで運営を担当し、「知の拠点庄内」シンポジウムを開催した。2014 年度からの開催実績は以下の通り。場所はすべて鶴岡メタボロームキャンパスレクチャーホールである。

- ・ 2015 年 2 月 7 日「地方創生 ～庄内の未来を創る」 開催内容：4 機関の学部長・校長・所長による講演、パネルディスカッション
- ・ 2015 年 12 月 13 日「庄内から未来を語る ～若者からの提言」 開催内容：4 機関の卒業生・学生による発表、パネルディスカッション
- ・ 2016 年 12 月 18 日「海外からみた庄内 ～SHONAI はいいのお」 開催内容：4 機関の海外出身または海外生活体験のある教員による講演、パネルディスカッション
- ・ 2017 年 12 月 10 日「わくわく庄内暮らし 食べる 学ぶ 住まう」 開催内容 招待講演者ならびに 4 機関の教員による講演、パネルディスカッション

なお、2018 年度以降も毎年開催を予定している。

第 5 章 事業化による地域振興

5-1 概要

本章では慶應先端研発の技術を事業化したベンチャー企業 7 社についての詳細を記述する。記述の多くは「慶應義塾大学先端生命科学研究so研究成果報告書*」（2014 年度～2018 年度）からの引用である。各社の記述は、各社が提供した文章が基になっており、それぞれ許可を得て本論文に掲載している。

ヒューマン・メタボローム・テクノロジーズ株式会社は、メタボローム解析の受託企業として 2003 年に設立、着実なる事業展開、メタボローム解析の受託事業を成長させ、2013 年に東京証券取引所マザーズ市場に上場を果たした。がんや精神疾患等のバイオマーカーの探索研究を実施し、精神疾患領域において、リン酸エタノールアミン（PEA）が大うつ病の血液マーカーであることを発見し、2015 年には「大うつ病性障害バイオマーカー」関連特許の通常実施権をシスメックス株式会社に付与する契約を締結している。積極的な海外展開を図り、2012 年の米国の販売子会社の設立に次いで、2017 年にはオランダに欧州の拠点を設立し、米国、欧州、アジアの 3 拠点による海外展開を加速させ、特に 2019 年 3 月期には中国市場参入とアジア市場のさらなる市場開発活動の強化を目指している。

Spiber 株式会社は、2007 年に設立された研究開発型ベンチャー企業である。12 年間の研究開発のすえ、Spiber 社は世界に先駆けてクモ糸の事業を展開し、2013 年パイロットス

* 筆者が監修した非公開資料

ケールの試作研究棟に続き、2015年に研究開発拠点および新型パイロットラインを設置した本社研究棟が竣工している。また、アウトドアのトップブランドである THE NORTH FACE(株式会社ゴールドウィン)とのコラボレーションにより、合成クモ糸繊維「QMONOS」を用いた世界初の製品プロトタイプ「MOON PARKA」の試作に成功、近年中に市場投入の計画である。Spiber社の事業展開へのグローバルな評価も高まり、2015年以降外国人社員が増加している。日本における地方創生の成功モデルとして政府内での認知度も高まっている。

株式会社サリバテックは、非侵襲的に採取可能な検体「唾液」を用いてメタボローム解析技術を活用して、「がん」などの疾患の早期発見に貢献できる事業を実施している。株式会社サリバテックは2013年に設立され、本社所在地は鶴岡市である。2015年に衛生検査所の認可を取得し、2016年より有償検査サービスを開始している。2018年12月段階で、全国40カ所程度の医療機関にて人間ドッグのオプション等で使用されている。先端研との連携は、唾液検体の保存条件や測定の実用性、精度の向上、および大規模評価について、山形県の助成金支援事業や経済産業省の事業などで共同研究が実施されている。

株式会社メタジェンハ、ヒトの便から腸内細菌叢のDNAおよび腸内代謝物質を抽出し、それらを網羅的に解析する独自技術「メタボログenomix」を用いて、腸内環境に基づく新たな健康評価、健康維持、および疾患予防の方法の開発事業を提供している。メタジェン社は、2015年に設立され、本社所在地は鶴岡市である。2016年度には腸内デザイン研究開発プラットフォーム「腸内デザイン応援プロジェクト」を発足し、20社以上の企業等が加盟し、10件の共同研究が実施され、業績も順調に増収増益となっている。

株式会社メトセラは、線維芽細胞に関わる研究技術基盤をもとに、重症心不全患者向けの新たな治療法の開発を主な事業とし、2016年に設立され、本社所在地は鶴岡市である。心不全の治療効果については、実験動物(ラットおよびブタ)の心不全モデルではその有効性を確認している。また、2017年度に「心臓細胞培養材料」について特許の権利化(特許第6241893号)を得ている。

株式会社MOLCUREは、次世代シーケンサーと人工知能を駆使したビッグデータ解析技術を融合させて、製薬・バイオ企業における抗体医薬品探索をサポートする創薬スクリーニングサービス「Abtracer™」を事業として提供している。設立は2013年で本社所在地は東京都品川区であるが、2016年より鶴岡市先端研究産業支援センターに研究拠点を設立し、事業展開を図っている。

5-2 ヒューマン・メタボローム・テクノロジーズ株式会社



(1) 設立経緯

2003年7月1日に、慶應先端研の富田勝（筆者）と曾我朋義助教授（当時）等により設立された研究開発型のバイオベンチャーである。会社設立前年の2002年には、曾我朋義が細胞内に数千種類あるといわれる代謝物質の総体「メタボローム」を短時間で一斉に測定する分析技術であるCE-MS（Capillary Electrophoresis-Mass Spectrometry：キャピラリー電気泳動－質量分析計）法を開発した。CE-MS法は、様々な代謝物質の内、生体内に占める割合の高いと考えられる、水溶性でイオン性の代謝物質を1回の測定で、包括的に測定することを可能にした。これにより、従来の分析手法では特定の代謝物質だけしか分析することができない問題点を解決する手法として注目を浴びた。同社は、この優れたCE-MS技術をコア技術として、メタボローム研究の分野で世界最先端の技術開発を目指し、事業を展開している。

その後、2004年1月には、株式会社ミツカングループと、同年6月には味の素株式会社とそれぞれ共同研究契約を締結した。さらに、製薬大手である田辺三菱製薬株式会社（旧三菱ウェルファーマ株式会社）や中外製薬株式会社と相次いで共同研究契約を締結し、食品業界のみならず製薬業界からも注目されるようになった。2005年から2006年および2010年から2011年には、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の助成事業に採択され、これを契機に疾患や医薬品の安全性を評価するためのバイオマーカー探索研究や開発したバイオマーカーの臨床検査キットの開発を進めており、2015年9月には、大うつ病性障害バイオマーカー（以下、うつ病バイオマーカー）関連特許の通常実施権をシスメックス株式会社に付与する契約を締結した。現在は、うつ病バイオマーカーを用いた臨床検査法（キット）の開発を目指すバイオマーカー事業と、メタボローム解析試験を受託するメタボロミクス事業の海外展開に注力している。

(2) 事業内容

生体内では様々な代謝活動が行われることが、先行研究により知られている。代謝物質は代謝活動の過程で、介在するタンパク質の一つである酵素の働きにより、様々な物質に変換される。こうした生体内の代謝活動の変化は、代謝経路（パスウェイ）として表される。メタボローム解析はこうした代謝経路内の代謝物質の変化を、俯瞰的に見ることができる技

術である。こうした特徴を利用し、メタボローム解析によって、疾患特有の代謝物質（疾患バイオマーカー）を探ることができるのではないかと考えた。正常なヒトの血液と疾患患者の血液を比較することにより、疾患に特有な代謝物質を発見することができれば、医薬品の開発や診断技術の開発に非常に有用な情報となる。なぜならば、疾患特有に変動する代謝物質をパスウェイのなかに配置し、その前後の代謝物質の動きや、介在する酵素を調べることで疾患の解明にもつながると期待されているからである。同社では、研究開発型バイオベンチャーとして、メタボローム解析の受託を行いながら、公的研究機関・企業との共同研究を通じ、がんや精神疾患等のバイオマーカーの探索研究を行っている。特に、精神疾患領域においては、リン酸エタノールアミン（PEA）がうつ病の血液マーカーであることを発見し、機器分析や酵素反応を用いた測定法の開発を進め、新たな診断技術の開発に取り組んでいる。

同社は、メタボローム解析技術を用いて、メタボロミクス事業とバイオマーカー事業を展開している。これら2事業について、メタボロミクス事業を収益基盤の柱となる事業、バイオマーカー事業を将来の成長につなげる事業としてそれぞれ位置付けている。主力事業であるメタボロミクス事業は、製薬、食品、化学、大学等幅広い顧客層を持ち、ディーラーと呼ばれる試薬や理化学機器装置の販売業者を一部活用し、事業を展開している。その結果、2018年3月期も、食品企業、大学や公的研究機関からの受託解析が増加し、売上高は、堅調に推移している。また、海外への事業展開として、2012年10月にはアメリカ合衆国に販売子会社である Human Metabolome Technologies America, Inc.を、2017年5月には、オランダに Human Metabolome Technologies Europe B.V.を設立し、順調に業績を拡大している。

また同社は、疾患の早期診断や治療効果をモニタリングする際に重要な役割を果たすバイオマーカーに関する事業を将来の成長事業と位置づけ、大学や製薬、診断薬企業との共同研究開発を通じて、メタボローム解析技術を用いた新たなバイオマーカー探索や臨床検査薬の研究開発を進めている。

バイオマーカーの診断法を開発し、診断薬企業と協力して体外診断用医薬品として上市することや、製薬企業が行う新薬や既存薬適応拡大を目的とした臨床試験にその体外診断用医薬品を導入することを通じて得られる研究開発に係る協力金、医薬品が上市された時の製品売上ロイヤリティが同事業の売上となる。

(3) 事業実績

同社グループが属するライフサイエンス業界においては、医療・介護の効率化に向け、予防医療や個別化医療を推進する動きが増え、健康管理等へのニーズが世界的に高まっている。このような状況の中、同社では、メタボロミクス事業において、学会への出展やキャンペーンといった販促活動を中心に受注拡大に取り組むとともに、海外市場の拡大や新サービス開発等に注力してきた。これらの結果、2018年3月期の売上高は、メタボロミクスの

受注が堅調に推移したことから、938,178 千円となった。

また、バイオマーカー事業においてはうつ病バイオマーカーの事業化に向け、研究用試薬キットおよび測定機器の開発並びに臨床研究に向けた取り組みを推進した。うつ病バイオマーカー（PEA）の事業化に関する特許は以下のとおり取得している（図 5-1）。

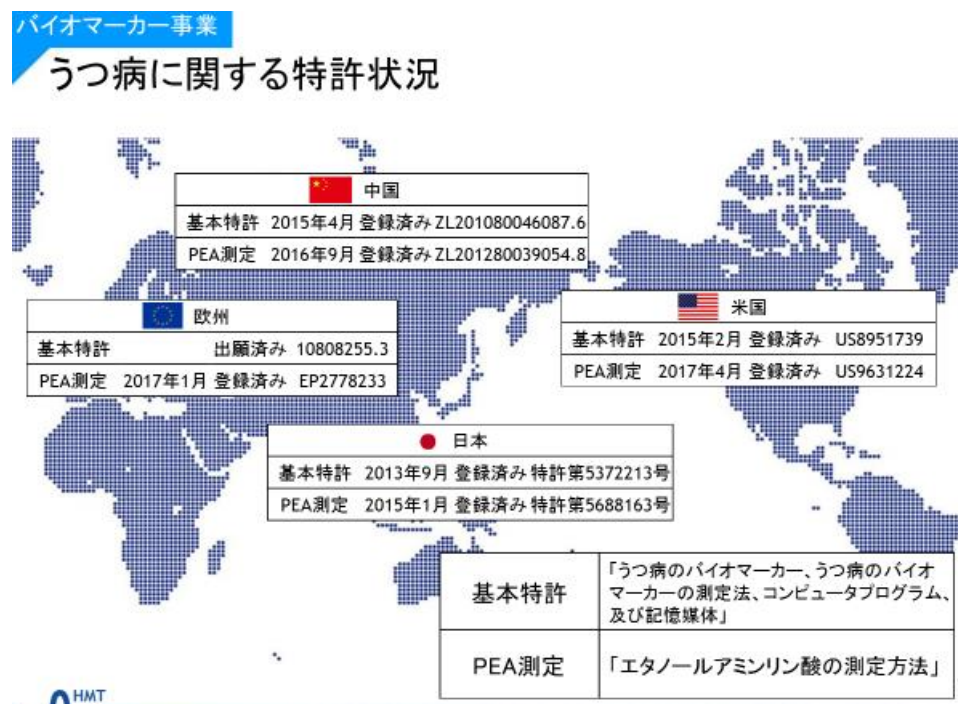


図 5-1 : HMT 社のうつ病に関する特許状況

受賞実績としては、2014 年 11 月に、「山形県産業賞」と山形イノベーションアワード「イノベーション大賞」を 2015 年 2 月に「日本バイオベンチャー大賞」を受賞した。

(4) 事業戦略

2019 年 3 月期の経営方針は、以下の通りである。同社のホームページから引用する。

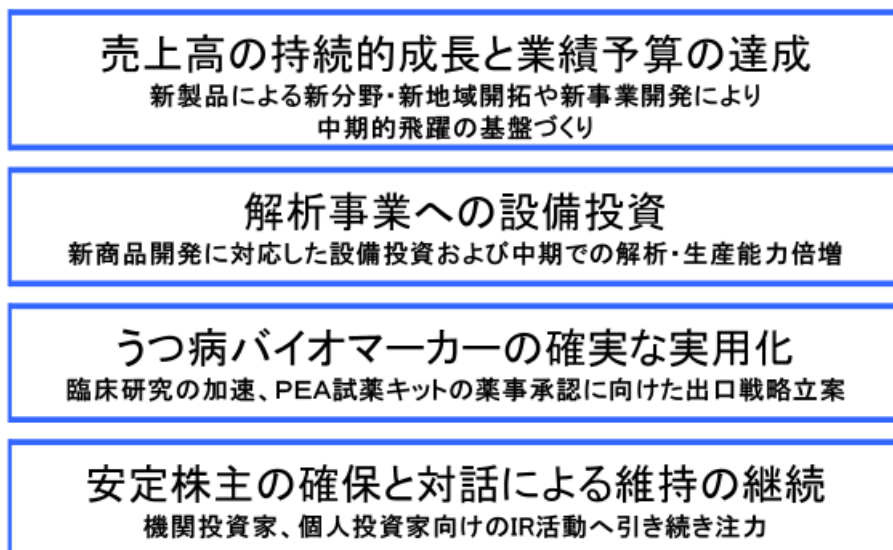


図 5-2 : 2019 年 3 月期の経営方針

メタボロミクス事業については、成長領域への新製品投入によって、食品分野および医薬分野の販促強化を目指す。食品分野においては、臨床試験への介入による大型案件の獲得、年間契約へ向けた価値訴求の強化、そして医薬分野においては、新製品投入より精神神経・新興・再興感染症分野開拓、バイオマーカー探索を目的とした大型案件獲得活動の強化を目指す。

また、グローバルブランド力創造によって、米国、欧州、アジアの3拠点を中心に海外展開を加速する。特に2019年3月期は、中国市場参入とアジア市場のさらなる市場開拓活動の強化を目指す。

バイオマーカー事業については、特にうつ病など客観的診断が難しい中枢神経系疾患（気分障害や精神障害等）や、肝炎、糖尿病などを含んだメタボリックシンドローム等社会問題化している疾患とその関連疾患に焦点を当てて研究開発を進めているが、現在の代表的なものが、うつ病のバイオマーカーである。

うつ病の診断は、米国精神医学会の診断基準や世界保健機構（WHO）の基準に基づいて診断されるが、どちらの手法も医師や患者の主観が反映されているケースが多く、他の病気と異なり客観的な指標に基づく診断法が普及していない。そこで同社は、独立行政法人国立精神・神経医療研究センターとの共同研究により、うつ病の血液バイオマーカーを発見した。

患者と健康者約30名ずつの血液を収集し、CE-MS法を用いたメタボローム解析により成分の比較を行った結果、血漿中のPEA濃度がうつ病患者で固有に低下していることが分かった。またその後の解析により、PEAが精神疾患の中でもうつ病に特異的なバイオマーカーであることに加え、うつ病が治癒すると健康基準値まで戻ることも分かった。

このように、同社はPEAとうつ病の関係を探索・研究してメカニズムを解析する一方、

機器分析法測定方法（以下、IC-FLD 法）を開発したことで、測定精度を向上させるとともに、治療効果や病状の研究を可能にした。続いて、従来の酵素法では検出できなかった極めて低濃度の血中 PEA を測定できる技術を開発した。この技術に基づいて 2016 年に開発されたのが「酵素法による PEA 測定試薬キット」（8 版）である。この開発により、安価で大量処理可能な検査方法の実現が可能となり、同社の社会的存在意義は一段と大きくなった。

加えて、具体的な市場、製品仕様、販路構築、事業規模等を考える新たな事業開発フェーズに移行することができるようになった。今後、IC-FLD 法検査キットでの薬事申請を先行させ、酵素試薬キットの大型機器対応、臨床研究実施への積極的な投資により、早期かつ確実な薬事承認取得を目指している。

(5) 慶應先端研との関係

まず資本関係として、慶應義塾大学は同社創業時に、アントレプレナー資金制度により出資を行った。また、2007年12月に行った第3者割当増資では、地元金融機関や、東北地区のベンチャー・キャピタルとともに追加の出資を行っている。

同社は設立以来、慶應先端研と緊密に連携しながら研究開発を行ってきた。現在、先端研との間ではメタボローム解析の基盤技術を共同で開発するとともに、開発されたソフトウェアの相互利用を可能にする共同研究契約を交わしている。2013年4月からはその関係を一歩進め、メタボローム解析ソフトウェア「MasterHands」の共同開発および改良を進めることとなった。

また、先端研の富田勝（筆者）および曾我朋義が開発した、陰イオン性代謝物質の解析手法の特許を同社にライセンスした他、共同研究を通じて発明された特許の共願を行っている。

5-3 Spiber 株式会社



(1) 設立経緯

Spiber 株式会社は、持続可能な次世代の基幹材料としてタンパク質素材の産業化を目指して、2007 年 9 月に設立された先端研発の研究開発型スタートアップ企業である。創業者である関山和秀と菅原潤一らが 2004 年から慶應義塾大学先端生命科学研究所（山形県鶴岡市）で取り組みはじめたクモ糸人工合成の研究成果を活用し、人工構造タンパク質素材「QMONOS®」を開発、世界に先駆けて量産技術の確立に成功した。同社が生産する人工構造タンパク質には、繊維としてアパレル素材への加工はもちろん、樹脂、フィルム、ゲルへの加工、また、既存樹脂に混ぜるなど複合材料への展開も可能であり、素材には石油などの枯渇資源が含まれていないので、持続可能な循環型社会の実現に貢献できる素材として世界中から注目を得ている。2015 年には株式会社ゴールドウィンとのコラボレーションにより THE NORTH FACE ブランドからアウトドアジャケットの試作品「MOON PARKA®」を発表。2016 年には衝撃吸収の役割を担うパーツとして「レクサス」のコンセプトシートにも採用された。2019 年 2 月には、内閣府の革新的研究開発推進プログラム（ImPACT）の最終成果報告会にて、アパレル素材のほかにも、自動車のドアやシート、人工衛星のパネルへの活用など、構造タンパク質の実用性を提示。そして同年 2019 年中に、既存の試作工場の約 100 倍程度の規模になる構造タンパク質の量産設備をタイ国にて建設着工し、2021 年頃からの商業生産開始を目指している。

(2) 事業内容

Spiber 株式会社では人工構造タンパク質素材を実用化することだけにとどまらず、ニーズに合わせて必要な物性を提供することが可能なタンパク質をベースとした全く新しい素材のプラットフォームの構築を進めている。本プラットフォームは、実現すれば既存の化学繊維・プラスチック、並びにそれらを利用するものづくりの産業構造を大きく転換させる可能性を持つ。素材分野における脱石油化を進めるだけではなく、素材ありきのものづくりから、ものづくりありきの素材開発へ、つくって消費して廃棄処分されることを前提としたものづくりから、循環的な再資源化を行うことを前提としたものづくりへ、モノと社会のあり

方を変える力を秘めている。これまでに約 220 億円を調達し、20 兆円を超える潜在的な市場規模が見込まれる次世代基幹産業のグローバルなイニシアチブをとるべく、研究開発と事業化に向けた積極的な取り組みを続けている。

(3) 事業実績

約 220 億円の資金を調達

構造タンパク質素材に関連する新産業のグローバルなイニシアチブを確固たるものとするべく研究開発の更なる加速を実現するため、2014 年から 2018 年にかけてエクイティおよび資本性ローンにより総額約 220 億円を調達。2013 年 11 月にトヨタ自動車の一次サプライヤーである自動車部品会社の小島プレス工業と共同で竣工したパイロットスケールの試作研究設備（施設の延床面積：1,000 平米）に続き、2015 年 5 月に研究開発拠点および新型パイロットラインを設置した本社研究棟（延床面積約 6,600 平米）を竣工した。2018 年 9 月末には株式会社海外需要開拓支援機構（クールジャパン機構）等を引受先とする第三者割当増資を実施し 50 億円を調達。同社が研究開発を行う人工構造タンパク質素材の本格的な量産化に向け、発酵・精製プロセスを担うマザープラントとしてタイ国に量産設備の建設を決定した。

国家プロジェクト（ImPACT）採択

本事業は、これまで経済産業省、NEDO、JST 等の大型研究開発プロジェクトに複数採択されてきた。そして 2014 年、アベノミクス成長戦略の要となる内閣府主導の大型研究開発プログラムである ImPACT に採択され、Spiber 株式会社をコア研究機関として 40 を超える企業や研究機関との共同研究開発を推進させた。本採択により、国家プロジェクトとして内閣府を中心に関係省庁横断的な支援体制を得ることができるようになり、第 5 回未来投資に向けた官民対話では、内閣府より日本における地球規模のイノベーションのシーズ事例としてプレゼンテーションおよび提言を求められ、総理をはじめ主要閣僚の大きな賛同を得ることができた。

プロダクトの市場投入準備

2015 年 10 月、スポーツアパレルのトップメーカー株式会社ゴールドウィンが国内販売権を有する THE NORTH FACE ブランドとのコラボレーションにより、QMONOS®を使ったアウトドアジャケットの試作品「MOON PARKA®」を発表。国内外多くのメディアで大きく取り上げられ、本研究がグローバルレベルで高く評価される契機となった。その後素材品質の改良と各種テスト検証を重ね、現在市販モデルに向けて着実に準備が進められている。MOON PARKA®に使用されるフィラメント糸に加え、スパン（紡績）糸の開発も進めており、インナーなどの衣料開発も検討している。一方、市場投入にはまだ時間を有するが、樹脂や複合材

の研究において、2016 年 10 月には衝撃吸収の役割を担うパーツとして「レクサス」のコンセプトシートにも採用された。その他多くのパートナー企業と人工構造タンパク質素材の多様性を追求しつづけている。

地方創生への貢献

Spiber株式会社のグローバルな評価の高まりに伴い、2015年以降外国人社員が増加した。社員数の約1割が外国人（国籍はアメリカ、中国、台湾、インド、オーストラリア、エクアドル、ロシア、オランダ）と、世界各地から素晴らしい人材が鶴岡に集結し始めている。このような状況は日本では極めて稀なケースであり、日本における地方創生の成功モデルとして政府内での認知も高まりつつある。2017年には、内閣府主催の第10回地方大学の振興および若者雇用等に関する有識者会議と第14回内閣府まちひとしごと創生会議に参加し、地方創生の優良事例として取組みを紹介した。また、国土交通省主催の高速交通ネットワークの整備がもたらす国土構造の大きな変革の効果を最大限引き出す取組を推進するべく開かれた第8回スーパー・メガリージョン構想検討会でも事業発表と意見交換の機会を得た。

知的財産

保有特許数は47件（国内17件、外国30件）、出願中特許数は多数である（2019年2月末日時点）。

受賞実績

- ・大学発ベンチャー表彰 2014「特別賞」（2014年9月）
- ・第1回日本ベンチャー大賞「地域活性化賞」（2015年1月）
- ・2015年度全国発明表彰「21世紀発明賞」（2015年6月）
- ・日本クリエーション大賞 2015「大賞」（2016年2月）
- ・「第27回 明るい山形 MVP 賞」（2016年2月）
- ・経済産業省「地域未来牽引企業」選出（2018年2月）
- ・経済産業省「J-Startup 企業」選定（2018年6月）

(4) 事業戦略

温室効果ガスの排出削減が急務とされる一方で、新興国を中心とした消費の加速度的拡大が進行する中、アパレル産業や自動車を中心とする輸送機器産業では高機能且つ持続的再資源化が可能であり、既存材料と比較してもコストメリットのある次世代素材が求められている。また、アパレルと自動車という超巨大産業のみならず、多岐に渡る工業製品においても同様の潜在的なニーズが存在する。この潜在的なニーズに対するソリューションの鍵となる素材が「タンパク質」である。タンパク質はセルロースと並んで地球の生態系が採用する基幹物質であり、38億年の生命進化（環境への適応）を支えてきた。「細胞」という

ひとつのプラットフォームで多種多様な高機能素材を創出でき、実際に人間が生み出した先端素材を超える機能を持つクモの糸のような素材が自然界には数多く存在する。Spiber 株式会社では、クモの糸を活用することだけにとどまらず、ニーズに合わせて必要な素材を提供することが可能な構造タンパク質をベースとした新素材・新材料の開発、同素材・材料を用いた循環的再資源化を前提とした製品デザイン技術およびリサイクル技術の開発、普及コストを実現するための要素技術（再資源化技術を含む）開発およびサプライチェーンの構築等、全体最適を考えたトータルインダストリーをデザインし、創りあげることに挑戦している。

(5) 慶應先端研との関係

Spiber 株式会社で進めている研究開発の中には基礎研究色の強いテーマも多く、それらの研究開発の全てを社内において進めることが難しいため、プロジェクトごとに慶應先端研や理化学研究所等との共同研究開発契約を適宜締結し、密な連携を図りながら基礎研究を進めている。また、内閣府主導の ImPACT においては慶應先端研も参画し、一部の成果については共著で論文を発表した。

5-4 株式会社サリバテック

Saliva Tech

(1) 設立経緯

がんの早期発見には検診が有効であるが、診断法やがんの特性により満足できる成果が得られていない。例えば、乳がん検診率は 40% 台に留まっており、マンモグラフィーに代わる簡便で低侵襲な検査法が求められている。

株式会社サリバテックが目指すところは、検査対象が「唾液」であることを活かして、どこでも手軽で簡単に、かつ、高頻度に検査が実施できる検診システムである。癌の中でも特に膵がんは、他のがんと比べて圧倒的に 5 年生存率が低く、様々な検査方法や治療方法が開発されているにもかかわらず、ここ数十年間その生存率が向上していない（図 5-3 左）。初期段階で無症状であるために、約 80% の方々が、がんが進行したステージ IV（全身に転移あり）の段階で見つかることが主要な原因であると考えられる（図 5-3 右）。ステージ IV の平均余命は 1 年以下であるため、年 1 回の検診では頻度そのものが不十分であり、日常的にセルフチェックできる検査法が望ましい。唾液を用いたがん診断法はこれらの問題点を解決できる可能性を秘めており、全てのがんの早期発見に貢献できる事業へと発展させることを使命とし、株式会社サリバテックを設立した。

唾液検査を通して簡便に早く疾患を見つけ、被験者の QoL を上げるとともに、国家の医療費削減に貢献することを目標としている。

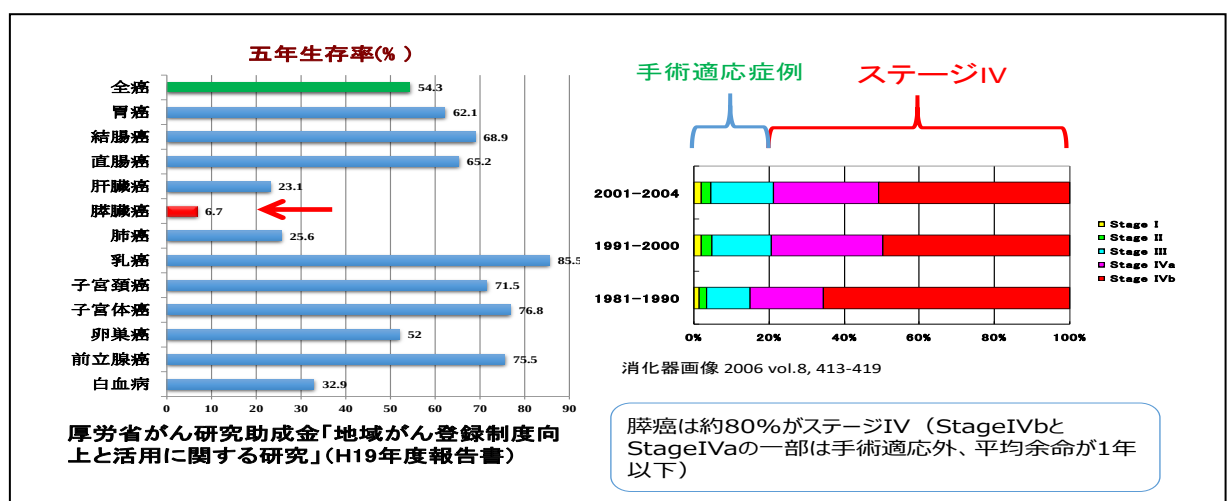


図 5-3：膵臓がんの 5 年生存率と診断時の進行度

(2) 事業内容

多数の代謝物質を同時に測定するメタボローム解析技術を活用し、唾液中代謝物の成分を定量し、各種疾患の検査を行う。自然と取れて出てくる安静唾液を採取し（図 5-4）、検体をサリバテック社に送ることで検査結果を返却するサービス（名称：サリバチェッカー）を実施している。

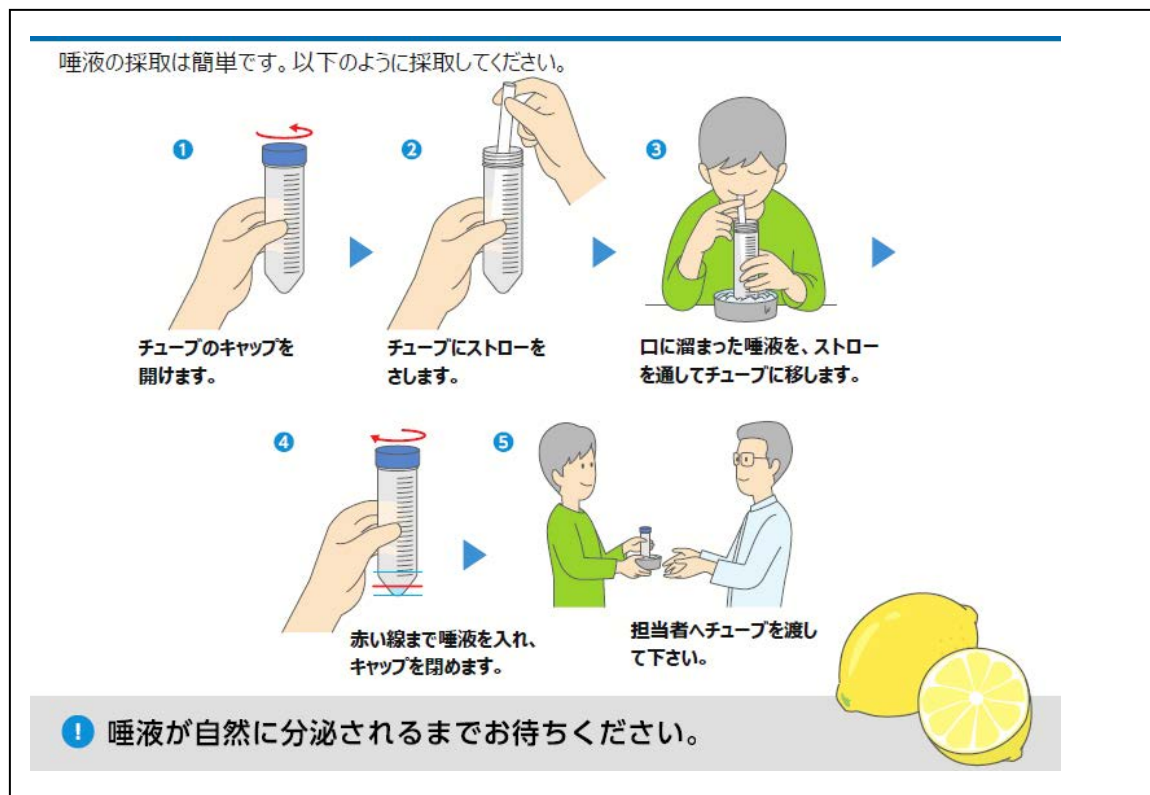


図 5-4：唾液採取の方法（サリバチェッカーパンフレットより引用）

(3) 事業実績

2018 年 12 月段階で、全国 40 か所程度の医療機関にて人間ドッグのオプション等での使用が開始している。

補助金・助成金の採択実績は以下の通り。

- ・ 新連携事業計画の認定。事業名は「唾液がん検査サービス事業における非医療機関での検査可能な環境構築」2018 年 6 月 8 日
- ・ 平成 30 年度中小企業ものづくり振興事業補助金（鶴岡市）

また、2018 年 12 月にテレビ東京（ガイアの夜明け）で 20 分程度の業務内容の紹介があり、医療機関と歯科診療所からの引き合いを多くうけている。

(4) 事業戦略

現在は医療機関にて唾液を採取し、サリバテック社に輸送して検査結果を返す衛生検査所として B to B 型のビジネスを展開している（図 5-5）。保険業界者との協業を検討しており、個人での唾液検査も可能とする B to C 型ビジネスへの展開を計画している。現在は、大手物流会社、ソフトウェア会社と受発注システムの開発などを進めており、2019 年度中に試験的に開始を計画している。

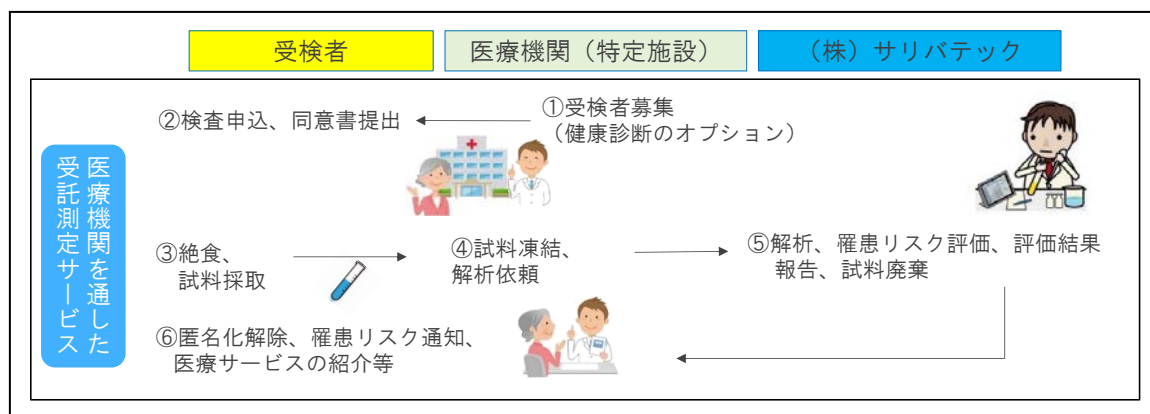


図 5-5 : サリバテック社のビジネスモデル

(5) 慶應先端研との関係

これまでに慶應先端研と以下の内容の共同研究を実施した。

常温チューブ開発のための定量値の保存性の試験

唾液採取後に安定した保存条件を検討するために、唾液採取直後の唾液の保存条件、輸送などを想定して長期保存するための温度などの条件によって、唾液中の成分がどのように変化するかを検討した。保存中の成分変化が最終的にマーカーの疾患識別精度にどの程度の影響があるかを調べ、標準的な保存の基準を設計する指針となるデータを取得した。その結果は英国学術誌 *Scientific Reports* に掲載されている[94]。

5-5 株式会社メタジェン



(1) 設立経緯

慶應先端研にてメタボロミクスを活用した腸内細菌研究を行っていた福田真嗣（現、代表取締役社長 CEO）は、研究成果を社会実装することを目指していた。2014 年の夏、先端研、山形県および鶴岡市が主催した「第 4 回高校生バイオサミット in 鶴岡」において審査員を務めた福田は、学会で知り合った株式会社リバネス代表取締役副社長 CTO 井上浄の紹介により、同じく審査員を務めていた株式会社リバネス代表取締役グループ CEO 丸幸弘と出会った。意気投合した 3 人は即座に創業に着手し株式会社リバネスの支援を受け、2015 年 3 月 18 日に株式会社メタジェン（本社所在地：〒997-0052 山形県鶴岡市覚岸寺字水上 246-2）を設立するに至った。

(2) 事業内容

メタジェン社は、病気ゼロ社会の実現のため、個々人の腸内環境を適切にコントロールする「腸内デザイン」技術の確立を目指している。具体的には、ヒトの便から腸内細菌叢の遺伝子および代謝物質を抽出し、それらを網羅的かつ統合的に解析する独自技術「メタボログenomix®」を用いて、腸内環境に基づく新たな健康評価、健康維持・疾患予防法を開発し、個々人に合わせた腸内環境改善のためのソリューションを提案する。

(3) 事業実績

森下仁丹株式会社との共同研究をはじめ、2019 年 2 月までに食品・医薬品などの様々な企業との共同研究等を 10 件実施した。売上高は、第一期は約 12,500 千円、第二期は約 73,000 千円、第三期は約 1 億 4 千万円、直近の第四期には 1 億 7 千万円と、増収増益を達成している。また、2018 年には、日本赤十字社医療センターとの共同研究をはじめとした医療分野への参入、さらに 2019 年には初の海外研究拠点をマレーシアに設ける等、事業拡大を図っている。

補助金・助成金採択実績

- ・ 2015 年度 共同研究シーズ事業化支援助成事業 バイオ技術事業化促進助成事業シ

- ーズ探索型（公益財団法人庄内地域産業振興センター）助成金額：100 万円
- ・ 2014 年度 補正予算 創業・第二創業補助金（経済産業省中小企業庁）助成金額：200 万円
- ・ 2015-2016 年度 中小企業トータルサポート補助金 やまがた地域産業応援基金による助成金交付事業 課題解決型技術開発支援事業助成金（公益財団法人山形県産業技術振興機構）助成金額：800 万円
- ・ 2016-2017 年度 共同研究シーズ事業化支援助成事業 バイオ技術事業化促進助成事業事業化推進型（公益財団法人庄内地域産業振興センター）助成金額：750 万円
- ・ 2016 年度 共同研究シーズ事業化支援助成事業 バイオ関連産業成長促進助成事業雇用促進型（公益財団法人庄内地域産業振興センター）助成金額：20 万円
- ・ 2017 年度 共同研究シーズ事業化支援助成事業 雇用促進型（公益財団法人庄内地域産業振興センター）助成金額：20 万円
- ・ 2017 年 山形県中小企業スーパートータルサポ事業費補助金（研究開発等支援事業）（公益財団法人山形県産業技術振興機構）助成金額：100 万円
- ・ 2018 年共同研究シーズ事業化支援助成事業 バイオ関連産業成長促進助成事業販路開拓型（公益財団法人庄内地域産業振興センター）助成金額：20 万円
- ・ 2018 年 山形県中小企業スーパートータルサポ事業費補助金（研究開発等支援事業）（公益財団法人山形県産業技術振興機構）助成金額：400 万円
- ・ 2018 年 山形県高度人材確保支援事業費補助金（山形県）助成金額：133 万円 2 千円
- ・ 2018 年「AI システム共同開発支援事業」（国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO））助成金額：3,841 万 2 千円

受賞実績

- ・ 2015 年 1 月 第 1 回バイオサイエンスグランプリ最優秀賞（株式会社リバネス主催）
- ・ 2016 年 10 月 山形創生ビジネスプランコンテスト（ビジネスプラン部門）最優秀賞（山形銀行主催）
- ・ 2017 年 3 月 リアルテックベンチャー・オブ・ザ・イヤー2017（スタートアップ部門）受賞（株式会社リバネス主催）
- ・ 2017 年 9 月 ICC カンファレンス KYOTO 2017 カタパルトグランプリ優勝（ICC パートナーズ主催）
- ・ 2017 年 12 月 経済産業省「地域未来牽引企業」選定（経済産業省）
- ・ 第 1 回メドテックグランプリ K O B E D N P 賞受賞（株式会社リバネス主催）

知的財産

- ・ 糞便の保存方法（特願 2018-48606）

(4) 事業戦略

メタジェン社では腸内環境の改善による健康維持や疾患予防の実現を目指しているが、

腸内環境の改善に有効な手段は食習慣の改善や、特定の食品（機能性表示食品など）の摂取と考えられる。そのため、現在様々な企業と共同研究を行い、腸内環境を改善するエビデンスの探索を行っている。2016年度には、メタジェン社のビジョンに賛同した食品・医薬品・健康関連企業等のノウハウを集結する腸内デザイン研究開発プラットフォーム「腸内デザイン応援プロジェクト」を発足し、現在は20社以上が参画し共同研究にも結びついている。また、共同研究の成果に基づき個人の顧客に対してエビデンスに基づいた腸内環境改善プログラムを提案し、健康維持や疾患予防を図る「腸内環境評価サービス」を、2019年度を目処に実用化することを目指している。さらに、2017年6月には、消化器内科医師であり潰瘍性大腸炎治療に向けた便移植療法の第一人者である石川大が取締役 CMO（Chief Medical Officer）に就任し、2018年には日本赤十字社医療センターとの共同研究を開始する等、医療分野へも参入し、今後は医療機関向けのサービス等も展開予定である。さらに2019年1月には、初の海外研究拠点として、マレーシア工科大学内に研究拠点を設け、特にイスラム圏、ハラルの食習慣に注目しながら現地での腸内環境研究をすすめる予定である。日本人のみならず世界中の人々の腸内環境データベースの構築も目指し、海外での事業展開も視野に入れている。

(5) 慶應先端研との関係

2015年度共同研究シーズ事業化支援助成事業バイオ技術事業化促進助成事業において慶應先端研と株式会社メタジェンの共同研究を実施し、メタジェン社の基盤技術である「メタボロゲノミクス評価」を確立した。その後も2016年度から2018年度まで継続して共同研究契約を締結し、メタジェン社の基盤となる技術の強化を図っており、今後も引き続き連携予定である。

また、先端研の富田勝（筆者）は株式会社メタジェンの特別顧問として様々な面で助言を与えている。

5-6 株式会社メトセラ



(1) 設立経緯

心不全は日本の死因の2位であるが、対症療法が主で根本治療は見出されていない。それにも関わらず、高齢化や生活習慣病の増加に伴い、心不全を患う日本人は増加しており、「心不全パンデミック」と呼ばれる発症数・患者数の増加と医療費の増大が予想されている。このような背景のもと、岩宮貴紘（当時：慶應先端研研究員）は東京女子医科大学の博士課程在籍時に、心不全治療効果の高い「VCAM1 タンパク質を発現する心臓由来の線維芽細胞」（VCAM1-positive Cardiac Fibroblast）を発見した。

この細胞を活用し、重症の心不全患者に心臓移植に代わる新たな治療法を提供するべく、慶應先端研のサポートを得て、もう1名の共同創業者である野上健一（当時：UCLA Anderson School of Management 大学院生）と共に2016年3月9日に株式会社メトセラを設立した（本社所在地：山形県鶴岡市末広町 5-22 マリカ西館 201 号）。

(2) 事業内容

線維芽細胞をキーテクノロジーとして、重症心不全患者向けの新たな再生医療等製品（細胞医薬品）の開発を主な事業内容とする研究開発型ベンチャーである。

(3) 事業実績

補助金・助成金採択実績

- ・ 2016 年度 シード期の研究開発型ベンチャーに対する事業化支援助成金（STS）（新エネルギー・産業技術総合開発機構 NEDO）
- ・ 2016 年度～2018 年度 神奈川県 再生・細胞医療産業化促進事業「再生・細胞医療産業化共同プロジェクト」（株式会社ケイエスピー）
- ・ 2016 年度 中小企業知的財産活動支援事業費補助金（公営財団法人山形県企業振興公社）
- ・ 2016 年度 研究開発型ベンチャー支援事業・企業間連携スタートアップに対する事業化支援助成金（新エネルギー・産業技術総合開発機構 NEDO）
- ・ 2017 年度「ものづくり・商業・サービス経営力向上支援補助金」（神奈川県中小企業団体中央会）
- ・ 2018 年度「中堅・中小企業への橋渡し研究開発促進事業」（新エネルギー・産業

技術総合開発機構 NEDO)

受賞実績

- ・ 山形県主催「シリコンバレー流山形ものづくりイノベーション塾」採択(2015年)
- ・ Japan – Immersion Program & Pitch Night Summer 2017 最優秀賞受賞 (Silicon Valley Forum) (2017年)
- ・ J-TECH STARTUP 2017 認定企業 (一般社団法人 TX アン트レプレナーパートナーズ) (2017年)
- ・ 特許庁 IPAS (IP Acceleration program for Startups) 認定企業 (2018年)
- ・ Research Studio 2018 powered by SPARK 最優秀賞受賞
- ・ NEXT ユニコーン認定企業 (2018年)

知的財産

- ・ 心臓細胞培養材料 特許第 6241893 号 成立済 (2017年).
- ・ 線維芽細胞を含む心臓疾患を治療するための注射剤、および線維芽細胞の製造方法 特願 2017-33624 (2017年)
- ・ 心臓線維芽細胞の製造方法 特願 2018-160898 (2018年)

(4) 事業戦略

株式会社メトセラは、心不全向けに高い治療効果を有する特定の心臓線維芽細胞 (VCF) に関する研究開発を行い、小動物 (ラット)・大動物 (ブタ) の心不全モデルで有効性 (治療効果) を確認することに成功している。VCF を活用した心不全向け再生医療等製品 (細胞医薬品) の開発を進めていくことが事業の主眼で、オープンイノベーションの考え方を製品開発に取り入れ、幅広いパートナーシップを通じた製品開発期間の短縮や機能性の向上に取り組む方針である。

(5) 慶應先端研との関係

メトセラ社の代表取締役である岩宮貴紘は、慶應先端研の特任助教 (非常勤) を兼任し、先端研大学生の卒業研究を指導している。岩宮の専門である再生医療と線維芽細胞に関する知見を活かして、がん線維芽細胞を対象とした、がん転移メカニズムの解明に着手した。本研究成果を学会発表および論文投稿することで、先端研のがん研究の発展に寄与する予定である。

5-7 株式会社 MOLCURE



(1) 設立経緯

株式会社 MOLCURE の CEO である小川隆が 2011 年 4 月より慶應先端研での授業科目「基礎分子生物学」や「ゲノム解析プログラミング」の講師を担当する傍ら、2009 年 4 月に株式会社 Synclogue を共同創業。その後、株式会社 Synclogue バイオ事業部をスピンアウトさせる形で、2013 年 5 月 1 日東京都台東区に株式会社 MOLCURE を共同創業、2015 年 7 月 16 日現本店所在地東京都品川区北品川 5 丁目 5 番 15 号に移転。2016 年 7 月鶴岡市先端研究産業支援センター内に鶴岡バイオラボ開設した。

(2) 事業内容

MOLCURE 社の事業内容は医薬品・医療機器の開発・製造・販売であり、次世代シーケンシング、バイオインフォマティクス、抗体工学を駆使した独自の高機能抗体医薬品開発プラットフォーム Abtracer™ を有するバイオベンチャー企業である。Abtracer™ により、従来法が持つ固有のバイアスを排除し、これまで得る事が難しかった高機能抗体を創出し、革新的抗体医薬品の発展に貢献している。

上記技術に関連する 2 本の特許を保有し（低分子化抗体のスクリーニング方法および製造方法/標的分子に結合するタンパク質の決定方法および決定システム）、内 1 本の特許に関して国際移行の手続きを行っている。

(3) 事業実績

2019 年 2 月現在、海外大手製薬 1 社、国内製薬会社 3 社とフィージビリティスタディと共同研究を実施中。第 5 期の売上は 59,076 千円、利益金額は 43,740 千円である。

補助金・助成金採択実績（抜粋）

- 次世代人工知能・ロボット中核技術開発（国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構）「人工知能と実験自動化ロボットを統合した次世代創薬プラットフォームの開発」

2016 年 6 月～2020 年 3 月 助成金額 1.9 億円

- 2017 年度バイオクラスター形成促進事業「共同研究シーズ事業化支援助成事業」二

次リンパ組織移植法（SLOT 法）と人工知能技術を融合した次世代創薬プラットフォーム開発」

2017 年 6 月～2019 年 3 月 助成金額 750 万円

- ・ 品川区産業活性化支援事業助成金

2018 年 9 月～2019 年 3 月 助成金額 250 万円

- ・ 2018 年度 山形県高度人材確保支援事業費補助金

2018 年 9 月～2019 年 2 月 助成金額 230 万円

受賞実績

- ・ University Venture Grand Prix 2013、TOMODACHI Award（2013 年）
- ・ 第 14 回 MIT-VFJ ビジネスプランコンテスト&クリニック、1st Prize（2014 年）
- ・ 千葉銀行 学生版ビジネスアイデアコンテスト、優秀賞（2014 年）
- ・ 品川区「第 7 回ビジネス創造コンテスト」、最優秀賞（2014 年）
- ・ RiseUpFesta、優秀賞（2015 年）
- ・ Pioneers Festival 2016、Pioneers 500 Startups（2016 年）
- ・ Vienna Start-up Package、winner（2016 年）
- ・ 1776 CHALLENGE CUP JAPAN 2017、日本代表（2016 年）
- ・ 経済産業省 地域企業牽引企業、選定（2017 年）

知的財産

- ・ 「低分子化抗体のスクリーニング方法および製造方法」
特願 2013-24 7023 アーク・リソース株式会社／国立大学法人京都大学／国立大学法人鹿児島大学／株式会社 MOLCURE／国立研究開発法人産業技術総合研究所
- ・ 「標的分子に結合するポリペプチドの決定方法および決定システム」
PCT/JP2014/080853 US 15/038,457 EP20140864675
株式会社 MOLCURE

(4) 事業戦略

MOLCURE が主なマーケットとして定める抗体医薬品市場は 2014 年時点で 4 兆 5000 億円であり、年 10%のスピードで拡大している。MOLCURE は次世代シーケンサーと人工知能を駆使したビッグデータ解析技術を融合させて、製薬・バイオ企業における抗体医薬品探索をサポートする高効率な創薬スクリーニングサービス「Abtracer™」サービスを提供し、抗体医薬品市場におけるシェアの獲得を目指している。Abtracer™ サービスの売上の他、シードとなる抗体配列を発見することでマイルストーン方式によるリターンの大きな契約獲得に向けた活動を行う。2019 年現在、シードとなる抗体配列の探索と継続的な契約を目標としたフィージビリティスタディ・共同研究を関連製薬企業と遂行中である。

また、鶴岡市先端研究産業支援センター内に抗体スクリーニング実験を実施可能なラボを立ち上げ、常駐研究員が以下の目的で生物実験を行っている。

- ・ 抗体スクリーニング環境の構築
- ・ Abtracer サービスの機能拡張
- ・ 実験ロボットの機能拡張
- ・ 現在困難とされている創薬ターゲットに対する基礎研究の実施

(5) 慶應先端研との関係

2019年2月現在、以下の共同研究プロジェクトを MOLCURE と遂行中である。

- ・ ガリポン・ジョゼフィーヌ特任助教（2018年4月～）
「Robot-assisted large-scale synthesis of recombinant proteins」
- ・ 金井昭夫教授（2018年4月～）
「無細胞翻訳系に関わる分子の精製プロセスの確立および機能改変」
- ・ 井上浄特任准教授（2017年6月～）
「二次リンパ組織移植（SLOT法）と人工知能技術を融合した次世代創薬プラットフォーム開発」
- ・ 荒川和晴准教授（2017年1月～）
「次世代シーケンサーを用いた、DNA サンプルからの配列決定」
- ・ 荒川和晴准教授（2016年10月～）
「次世代人工知能・ロボット中核技術開発／（次世代人工知能技術分野）大規模目的基礎研究・先端技術研究開発／人工知能と実験自動化ロボットを統合した次世代創薬プラットフォームの開発」

5-8 ヤマガタデザイン株式会社



(1) 設立経緯

大手不動産開発会社にて大規模商業施設の開発や運営に従事していた山中大介（現、代表取締役）が、2013年に慶應先端研の富田所長の紹介で、Spiber株式会社の関山和秀代表執行役と出会った。サイエンスパークで、若い経営者たちが、高い志を持ち、社会課題を解決しようと奮闘する姿に強く心を動かされた山中は、2014年6月にSpiber社に転職した。その2ヶ月後、バイオベンチャーが続々と生まれ成長を遂げるサイエンスパークを不動産開発の側面から支援することを一つの目的とした不動産開発会社として、ヤマガタデザイン株式会社を設立した。その後、活動の範囲をサイエンスパークから庄内地方全体に広げ、社会課題を持続可能な事業を生み出すことで解決することを目指す街づくり会社へと成長していった。

(2) 事業内容

ヤマガタデザイン社は、地元企業や地域金融機関の支援を受けながら23億円近い資金調達を行い、サイエンスパークエリア内の土地を取得し、開発に着手した。2018年9月には、「SHONAI HOTEL SUIDEN TERRASSE（ショウナイホテル スイデンテラス）」を正式開業。同年11月に、全天候児童遊戯施設「KIDS DOME SORAI（キッズドーム ソライ）」を開業させた。この2施設は世界的な建築家として知られる坂茂氏のデザインによるもので、国内外から注目を集めている。

その後、庄内全体の街づくり会社として事業内容を多角化させた同社は、農業と人材紹介業に着手。農業については、①野菜の生産（循環型農業、ハウス21棟を所有、ブランド名は「IRODORI FARM」）②人材の育成（行政、JA、県内学術機関と連携）③ハード開発（フル換気型連棟ハウス、多段生産システム、温度管理センサーなど）の3軸にて事業を推進している。人材紹介業については、志高い全国の優秀な人材を山形庄内にUIJターンさせるポータルサイト「ショウナイズカン」の運営を通じ、地域企業の活性化に寄与している。

(3) 慶應先端研との関係

2017年12月に慶應先端研と教育研究を通じた地域活性化の推進を図ることを目的に、相

互連携協力に関する協定を結んでおり、KIDS DOME SORAI の立ち上げの際や、サイエンスプログラムの提供などに関して緊密に連携を図ることとなっている。また、SUIDEN TERRASSE では、サイエンスパークを会場に行われる Keio Astrobiology Camp や、学会などで宿泊場所を提供しており、教育、滞在環境の向上に寄与している。

第 6 章 地域行政との連携

6-1 概要

慶應先端研は開設以来、山形県および鶴岡市と強固な連携を行い頻繁に協議することで、地域貢献につながる多くの仕組みや環境を整えてきた。本章では地方行政との連携実績について詳細に記述する。本章の多くは「慶應義塾大学先端生命科学研究so研究成果報告書*」（2014 年度～2018 年度）からの引用である。

先端研では 2011 年度より「産官学連携コーディネーター」を 1 名配置した。産官学連携コーディネーターは、県内企業等を対象に先端研の先端的な研究成果や研究技術の活用による各企業の事業化促進や先端研との共同研究を推進するための活動を行っている。県内企業等のニーズの調査、場合によっては、各企業訪問時に具体的な課題についての相談と共同研究の候補課題の提案を行い、先端研とのマッチング活動を展開している。このようなコーディネーターの活動は、県内外の産官学での連携事業の推進に重要な役割を果たしていると考えている。

2012 年度から開始された山形県バイオクラスター形成促進事業・共同研究シーズ事業化支援助成事業のバイオ技術事業化促進助成事業等を介して、2014 年度 8 件、2015 年度 8 件、2016 年度 9 件、および 2017 年度 8 件と、先端研の研究技術シーズを活用し共同研究が実施された。その対象としてスイートバジル栽培条件やマッシュルーム加工製品、日本酒の評価基準化や製造工程と品質の高度化、ハイオレイックピーナッツ（胚芽）、イカ（肝）

* 筆者が監修した非公開資料

での新規魚醤の開発、熟成こうじ納豆、果肉ソース、県産オニグルミ、トマト、長期熟成骨付き生ハム、など、特に農業分野、食品製造・加工産業の高度化に先端研の技術が貢献している。2016年度には、舟形マッシュルーム社（最上郡舟形町）、山形大学農学部、山形県工業技術センター・庄内試験場と先端研の研究連携での成果が2品目の新商品開発から販売展開に貢献し、2017年度には、株式会社東北ハム（鶴岡市）、山形県工業技術センター・庄内試験場と先端研の研究連携での成果にて、国産長期熟成生ハムの新商品が発売され、2社の商品はそれぞれの食品コンテストにて優秀賞を受賞している。その他にも山形県工業技術センターと製造法を検討した新商品「メロンジャム」の発売にも貢献した。

6-2 山形県との連携

(1) バイオクラスター形成推進会議、成果活用推進・拡大委員会

山形県では慶應先端研との研究教育プロジェクトをより実りあるものとするために、2011年度から「山形県バイオクラスター形成推進会議」ならびにその下部機関である「成果活用推進・拡大委員会」をそれぞれ年に一回、山形県庁で開催し、山形県、鶴岡市、山形大学、慶應先端研ならびにバイオ技術・研究・成果活用に関連する県内の主要な機関をメンバーとして、県内の産業振興と技術向上への活用に向けて議論を行っている。

(2) 産学官研究交流事業

山形県バイオクラスター形成促進事業の一環にて、県内の企業等を対象に年度1～2回の「研究交流会」と年度1回の「研究発表会」が開催されている。

2014年度バイオクラスター形成促進事業の第一回研究交流会は山形市にて開催され、慶應先端研・所長富田勝（筆者）の講演「慶應義塾大学先端生命科学研究所の紹介」、慶應先端研杉本昌弘特任准教授の講演「日本酒の品質評価へのメタボローム解析の活用事例」、ヒューマン・メタボローム・テクノロジーズ株式会社の紙健次郎研究員の講演「HMTのメタボロミクスとワイン分析への活用事例」に続いて、「酒造における乳酸菌と酵母菌の活用事例」が紹介され、県内酒造企業14社および県酒造組合関係者16名、県公設研究機関および行政機関等からの参加を含め総勢35名の参加者があった。

2014年度第二回研究交流会では、Spiber株式会社・関山和秀代表執行役の講演「“QMONOS”実用化への挑戦」および内閣府・革新的研究開発推進プログラム(ImPACT)

の鈴木隆領プログラム・マネージャーの講演「超高機能構造タンパク質による素材産業革命」が行われ 160 名の参加があった。

2014 年度バイオクラスター形成促進事業の研究発表会では、慶應先端研・所長富田勝（筆者）の講演「YAMAGATA から日本再生を ～慶應鶴岡キャンパス 15 年目の挑戦～」、ベンチャー企業 2 社：株式会社サリバテックおよび株式会社メタジェンの紹介、本事業での研究事例発表として有限会社舟形マッシュルームの自社生産マッシュルーム、株式会社でん六のハイオレイックピーナッツ胚芽と株式会社高研、日東ベスト株式会社および株式会社機能性ペプチド研究所 3 社の研究課題である山形県産農産物での化粧品素材について紹介された。本研究発表会には 120 名の参加があった。

2015 年度第一回研究交流会では、慶應先端研・所長富田勝（筆者）の基調講演「日本再生は地方から：山形が育む最先端の研究成果」、および山形大学・五十嵐喜治客員教授の講演「加工食品の高付加価値とメタボローム解析の活用」と山形県工業技術センター・小関敏彦所長の講演「県産酒の現状と今後の研究」が行われ、県内を中心に 51 団体、119 名の参加者があった。

2015 年度第二回研究交流会「やまがた企業立地セミナー in TOKYO」は東京都港区・虎ノ門ヒルズフォーラムで開催され、吉村美栄子山形県知事の挨拶と県商工労働観光部・大澤賢史部長のプレゼンテーション「山形のまさるもの」の後、2つの特別講演「住友理工の紹介と住友理工山形でのモノづくり」（住友理工株式会社・西村義明代表取締役）および「YAMAGATA から日本再生 ～知的産業の創出のための人的環境とは～」(慶應先端研・富田勝所長)と、慶應先端研のベンチャー企業 4 社：ヒューマン・メタボローム・テクノロジーズ株式会社（菅野隆二代表取締役）、Spiber 株式会社（東憲児取締役兼執行役）、株式会社サリバテック（杉本昌弘取締役）および株式会社メタジェン（福田真嗣代表取締役 CEO）のプレゼンテーションが行われ、併せてレセプション会場にて山形県内企業等の展示も開催され、慶應先端研の「研究技術シーズや活用事例およびオープンプラットフォーム構築支援事業」の紹介を行った。本研究交流会への参加は 130 団体 206 名の参加者があった。

2015 年度研究発表会では、慶應先端研・所長富田勝（筆者）の講演「YAMAGATA から日本再生を～慶應鶴岡キャンパス 15 年目の挑戦～」、およびオープンプラットフォームの紹介、ベンチャー企業 2 社：株式会社サリバテックおよび株式会社メタジェンの紹介、本事業での研究事例発表として株式会社でん六のハイオレイックピーナッツ胚芽と櫛引農村工業農業協同組合連合会の米糍活用新規野菜飲料について、さらに地域での取組みとして、ヤマガタデザイン株式会社から鶴岡市でのサイエンスパーク開発、山形銀行の取組みが紹介された。本研究発表会には 180 名の参加があった。

2016 年度研究交流会では慶應先端研・所長富田勝（筆者）の講演「日本再生は YAMAGATA から～慶應鶴岡キャンパスの最新成果」および慶應先端研ベンチャー企業の株式会社メタジェンの事業紹介「茶色の宝石が切り拓く病気ゼロの社会」（株式会社メタジェン・福田真嗣代表取締役 CEO）、および地元企業である有限会社舟形マッシュルームの取組みと事

業紹介「舟形マッシュルーム経営発展に必要な生産のあり方」(有限会社舟形マッシュルーム・長澤光芳代表取締役)がなされ、87名の参加者があった。

2016年度研究発表会(やまがたバイオサイエンスセミナー)では、慶應先端研・所長富田勝(筆者)の基調講演「庄内の未来」と共に、関連プロジェクトの紹介として国立がん研究センター鶴岡連携拠点・牧野嶋秀樹チームリーダーによる講演「がん克服・共存を目指して～がんのメタボローム研究に基づく新規治療法の開発～」およびサイエンスパークの開発を手掛けるヤマガタデザイン株式会社の山中大介代表取締役より事業計画の紹介「サイエンスパーク開発について」があった。また、慶應先端研での研究支援体制「慶應先端研の研究支援体制と研究紹介について」(産官学連携コーディネーター・栗本忠)と研究事例「農林水産業および食品産業の発展に向けたメタボロミクス活用の取り組み」(若山正隆特任助教)、ならびに研究発表として、最上郡舟形町の有限会社舟形マッシュルームより自社生産マッシュルームの新規加工商品の紹介「マッシュルームの機能性解析と商品開発」(長澤光芳代表取締役)、さらに株式会社東北ハムより長期熟成生ハムの研究開発についての研究事例紹介「メタボローム解析を活用した生ハムの新商品開発」(帯谷伸一代表取締役)が行われた。本研究発表会には232名の参加があった。

2017年度研究交流会は「農業を成長産業にするために～これからの農業とバイオテクノロジーへの期待～」のテーマで開催された。山形大学農学部・及川彰准教授、鶴岡工業高等専門学校・斎藤菜摘准教授、および慶應先端研・若山正隆特任助教より研究事例紹介があり、その後、県公設試験場(県農業総合研究センター、同・水田農業試験場および庄内総合支庁農業技術普及課産地研究室)、農業団体(県農業協同組合青年組織協議会、県JA女性協議会、県農業法人協議会、県有機農業者協議会、県認定農業者協議会および鶴岡市農業振興協議会)、および行政機関(県工業戦略技術振興課、庄内総合支庁農業技術普及課、同・酒田農業技術普及課、鶴岡市農政課および鶴岡市政策企画課)との座談形式での意見交換が行われた。31名の参加者があった。

2017年度研究発表会(やまがたバイオサイエンスセミナー)は、鶴岡サイエンスパーク内で開催され、慶應先端研・所長富田勝(筆者)の基調講演「慶應先端研の最新動向」と共に、慶應先端研発ベンチャー企業:ヒューマン・メタボローム・テクノロジーズ株式会社「メタボローム解析とうつ病」(大橋由明取締役本部長)、株式会社メトセラ「繊維芽細胞を心不全向け再生医療製品の開発」(岩宮貴紘代表取締役)および株式会社MOLCURE「AIによる抗体医薬品候補の探索」(小川隆代表取締役)の事業紹介があった。また、慶應先端研での研究事例「勘よりメタボロミクス」(杉本昌弘特任教授)から研究紹介と、さらに本事業における研究発表について、天童市の三和油脂株式会社「山形県産オニグルミを用いた機能性食品素材の開発」(山口興左衛門代表取締役)により新規食品素材開発について、さらに米沢市の株式会社ゆきんこ「メタボローム解析を使用した『熟成こうじ納豆』の成分解析」(佐野洋平取締役副社長)により、熟成こうじ納豆の製造・加工での成分特徴について研究紹介が行われた。本研究発表会には138名の参加があった。

(3) 合成クモ糸繊維関連産業集積会議、同事業調整委員会

山形県では、県内の企業・研究機関・金融機関・産業支援を目的とする法人等が連携し、合成クモ糸繊維を核とした地域活性化を推進するため、2014年に合成クモ糸繊維関連産業集積会議ならびにその下部機関である同事業調整委員会を設置し、合成クモ糸繊維に関連した産業の活性化実現・発展にむけて、それぞれ年に一回委員会を開催して協議している。なお、事業調整委員会は、企業の機微情報も扱うために、非公開となっている。

(4) 山形県および県公設試験研究機関との共同研究

山形県農林水産部

山形県農林水産部「やまがた有機農業推進コンソーシアム」とは、2014年度から2016年度にかけて「つや姫」や「コシヒカリ」等の有機栽培米について慣行栽培米と比較した際のアミノ酸類の含有量の違いをメタボローム解析により明らかにする取組みが行われた。研究課題は「有機栽培米の食味等優位性評価」であった。

山形県農業総合研究センター

山形県農業総合研究センター水田農業試験場とは、以前から「つや姫」のデビューにあわせ、その組成成分の面からの特徴付けを行っている。

- ・ 2015年度 山形県農業総合研究センター水田農業試験場 共同研究課題「イネの食味関連遺伝子の同定」
- ・ 2016年度 山形県農業総合研究センター水田農業試験場・土地利用型作物部 共同研究課題「イネの食味関連遺伝子の同定および良食味品種の食味解析」
- ・ 2015年度～2016年度 山形県農業総合研究センター水田農業試験場 共同研究課題「水稻新品種112号の食味特性の評価」
- ・ 2017年度 山形県農業総合研究センター水田農業試験場・土地利用型作物部 共同研究課題「酒米品種の精米メタボローム組成の品種間差の検討」

2014～2015年度では、「つや姫」に特徴的な旨みアミノ酸類が「つや姫」後継品種系統等にてその含量がどのように構成されているかをメタボローム解析にて明らかにしている。2015年度から2016年度の共同研究「イネの食味関連遺伝子の同定」では、「つや姫」および「コシヒカリ」の食味評価と遺伝解析が行われ、慶應先端研ではそれら品種の炊飯米についてメタボローム解析を実施した。また、「良食味品種の食味解析」の共同研究では、山形県奨励品種米の養成と食味評価が行われ、先端研ではそれら品種の炊飯米ならびに精米のメタボローム解析を実施した。併せて、年次変動についての検討やそれぞれの品種の特徴に

についても検討が行われた。

また、山形県農業総合研究センター水田農業試験場とは、2015 年度から 2016 年度にかけて、「山形 112 号」「はえぬき」および「つや姫」についてアミノ酸類、有機酸類、糖類のメタボローム解析での食味成分と食味官能評価の結果との関連性の検討での共同研究が実施された。

さらに、2017 年度には山形県で栽培される酒米品種（「出羽燦々」「出羽の里」「美山錦」など）に特性と精米メタボローム解析について、先端研と山形県農業総合研究センター（本所：土地利用型作物部／水田農業試験場）とで研究が行われている。

山形県農業総合研究センターおよび庄内総合支庁産地研究室等と先端研とでは、2018 年 3 月 14 日 庄内総合支庁農業技術普及課産地研究室（酒田市）において、庄内地域の園芸作物に関する研究状況と、先端研からは農作物・食品等の研究におけるメタボローム解析技術の有用性、取組および研究成果の事例を紹介するなどを行い、今後の研究課題に関する「情報交換会」を開催している。

さらに、2018 年 5 月 21 日 同産地研究室において、各機関の研究進捗報告および山形県農作物の目指す研究体制の確認が行われ、今後どのように連携強化していくのかを協議するためのコンソーシアムが形成された。

山形県工業技術センター

2015～2017 年度にかけて、山形県工業技術センター・庄内試験場との共同研究にてメタボローム解析技術を活用した高品質メロン加工品開発が行われており、加工時の加熱処理による瓜臭、苦味発生および退色への抑制や果実に含まれる組成成分を分析し、高付加価値な加工品（メロンジャム）を開発し、2017 年 7 月 8～9 日 山形県鶴岡市で開催された「第 3 回全国メロンサミット in 鶴岡」にて発売が開始された。さらに、櫛引農村工業協同組合連合会に技術供与され商品販売されている。本品は、2017 やまがた食産業クラスター協議会から優秀賞を受けた。

2017 年度より山形県工業技術センター（本所：食品醸造技術部）とは、従来の酵母と異なる吟醸香を高生産する新たな山形酵母の取得を目的として、メタボローム解析技術を活用した共同研究が進められている。共同研究課題は「県オリジナル酵母の開発と県産米とのマッチング研究における酵母の代謝物質の定性および定量」である。

(5) 山形県農業総合研究センター派遣職員によるメタボローム研究

山形県農業総合研究センター所属職員（研究員）が慶應先端研に派遣され、先端研の研究者および技術員等の協力の下、メタボローム解析技術の習得とともにメタボローム解析を活用して県の農産物に関わる研究課題に取り組むことが行われた。

食品加工研究開発に資する農産物の機能性成分分析と解析

未利用果実の機能性評価による食品素材の探索という目的で、以下の果実での摘果される未成熟果実について摘果時期間差および果実の部位間差についてメタローム解析が実施された。

- ・ 柿（品種：平核無）
- ・ メロン（品種：アンデス）
- ・ スイカ（品種：「祭ばやし」、「紅まくら」）
- ・ セイヨウナシ（品種：ラ・フランス）
- ・ イチゴ（品種：おとめ心、サマーティアラ、とちおとめ、他）
- ・ エダマメ（品種：白山、晩生甘露、他）

これらに加えて、以下の在来作物についてもメタボローム解析が行われた。

- ・ 山菜（青・赤みず、青・赤・油ごごみ、うるい花芽、わらび、在来にんにく花芽）
- ・ 温海かぶ
- ・ 在来にんにく
- ・ ねぎ（赤ねぎ、軟白ねぎ）
- ・ メロン（アンデス）
- ・ 柿（平核無）
- ・ リンゴ（ふじ、王林）
- ・ 和梨（新興）
- ・ セイヨウナシ（ラ・フランス）
- ・ 貯蔵パプリカ

メタボローム解析を活用した特産農産物の加工に適する貯蔵条件の検討

2015年度は、下記の農産物（柿、メロン、セイヨウナシおよびパプリカ）の未成熟果実もしくは可食・完熟果物などを温度（25℃、4℃、-20℃および-80℃）条件下にて、各貯蔵期間（1週間、2週間、1ヵ月、2ヵ月および3ヵ月）での機能性成分等について調査を行った。

- ・ 柿（品種：平核無）：蕾および可食部（脱渋後）
- ・ メロン（品種：アンデス）：摘果果実および収穫果実
- ・ セイヨウナシ（品種：ラ・フランス）：摘果果実
- ・ パプリカ（品種：アルテガ、コレッティ）：完熟果

メタボローム解析による県産わらびの品質評価法の検討

2016年度では、収穫時期の違いによる県産わらびの産地間差異と系統間差の違いについて、メタボローム解析を活用して組成成分の検討が実施された。具体的には、系統（県内各地域およびあくなし系統）の違いが品質に及ぼす影響と、品種系統（産地：鶴岡市大針、鮭川村木の根坂、最上産地研慣行、西川町入間、河江市日和田、最上町法田、村山市樽石）および収穫時期の違いが品質に及ぼす影響を調べることを目的とした。

メタボローム解析による県内地域特産物の成分評価

2017 年度は、わらびのアク抜き過程での経過時間、重曹濃度、水量および処置温度と時間について詳細に検討された。具体的には、アク抜きからの経過時間（0－20 時間）、重曹濃度（0.25%, 0.50%, 0.75%）、わらび重量に対する水量（2、4、6 倍量）での検討と、重曹（0.50%）の有無、温度（70℃、50℃、常温）および処理時間（0－4 時間）の違いによって成分がどのように異なるかを調べることを目的としてメタボローム解析を実施した。

すいかの食感・香りを活かす新しい加工技術の開発

加工原料であるすいか（品種：祭ばやし 777、富士光改良）について、収穫時と保存温度（冷蔵 3.5℃、空調室温 23.5℃、常温 28.1℃）、保存期間（集荷時、7 日間、14 日間）による果汁の呈味成分（糖類およびアミノ酸類）の違いを調べるためにメタボローム解析を行った。

特産野菜および加工品の品質評価体系の構築

トマト（品種：SC2-505、シンディースweet、カンパリ）について、収穫期間中（6 月～10 月）に定期的（6 月、7 月、9 月、10 月）に食味試験を行うとともに、果汁の呈味成分（糖類、有機酸類およびアミノ酸類）のメタボローム解析を行った。

メタボローム解析による県内地域特産物の成分評価

2017 年度では、伝統野菜の「勘次郎胡瓜」（対照品種「豊美」）および「弥四郎ささぎ」（対照品種「いちず」）について、形質と共に糖類およびアミノ酸類についてメタボローム解析、また、最上地域の特産農作物であるニラ主力品種（パワフルグリーンベルト）の育成年数別の収穫時期による成分変化について、糖類、有機酸類およびアミノ酸類についてメタボローム解析が実施された。

農産加工開発技術指導：山形えだまめ日本一ブランド化戦略

5 種のえだまめ品種（「庄内 1 号」、「庄内 3 号」、「庄内 5 号」、「雪音」、「秘伝」）について、沸騰水（3 分）でゆでたものと電子レンジでの加熱時間を変化させてものとで、食味試験とともに呈味成分（糖類およびアミノ酸類）のメタボローム解析を実施した。

農産加工開発技術指導：県産農産物を素材とした研究シーズの発掘と FS 研究

品種の異なるダイズ（品種：「エンレイ」、「里のほほえみ」、「シュウリュウ」）を用いて、味噌を製造し、サンプリングの時期によるアミノ酸類の違いを調べるためにメタボローム解析を実施した。

(6) 山形県公設試験場の若手研究者の研修

山形県との連携協定により、山形県公設試験場等の若い研究者 1～2 名を研修目的として一定期間（1～3 年）研究所員として迎え、先端研究の実務を体験習得してもらう取り組みを行っている。また、2015 年度から、公益財団法人庄内地域産業振興センターとの協定を結び、最先端のバイオ研究を通じた能力開発・向上を目的として 1～2 名の研修を受入れている。また、共同研究を行っている地元企業からも、若手研究員 1～2 名を所員として受け入れ、メタボローム解析技術を習得してもらうためのプログラムを実施した。

このほかにも、慶應義塾大学先端生命科学研究soオープンプラットフォーム構築支援事業の一環として、「メタボローム解析装置」関連講習会・研修会を開催した。対象者は県内試験機関および県内企業に向けて、2014 年度から年 1～2 回程度開催しており、解析技術の習得をサポートしている。現在までの述べ受講者は 29 名（研究所スタッフを含む）となっている。

(7) 山形県林工連携コンソーシアム運営委員会

山形県農林水産部 林業振興課（森林ノミクス推進担当）からの要請にて、慶應先端研は「山形県林工連携コンソーシアム」運営委員会のメンバーとして参画、2017 年 9 月 15 日パレスグランデール（山形市）にて開催された「山形県林工連携コンソーシアム」設立準備会、同・設立総会および設立記念講演会、ならびに交流会に出席した。また、「山形県林工連携コンソーシアム研修会」（2018 年 2 月 9 日 ホテルメトロポリタン山形（山形市））にも出席し、県事業にも協力している。

(8) やまがた戦略産業雇用創造プロジェクト推進協議会

「バイオテクノロジー関連」「有機エレクトロニクス関連」「航空機・自動車等」分野の産業振興を図ることにより、安定的かつ良質な雇用を創造し、地域を活性化するため、地域の関係者が一体となった協議や連携を図ることを目的として、2015 年度に「やまがた戦略産業雇用創造プロジェクト推進協議会」が設置された。慶應先端研も鶴岡先端研究教育連携スクエアとして参画した。やまがた戦略産業雇用創造プロジェクト推進協議会は 2017 年度で終了し、2018 年度から「山形県地域活性化雇用創造プロジェクト推進協議会」へと移行した。先端研も引き続き参画している。

(9) 山形県産業科学館への展示

JR 山形駅に隣接する霞城セントラルビル内の山形県産業科学館内に、慶應先端研の研究教育活動を紹介する展示コーナーを設置している。2012 年からポスター 4 枚、PC による先端研紹介ムービーの上映を行った。ポスターは、先端研の概要と主力技術の紹介、応用研究

における具体的なプロジェクト紹介、教育活動の紹介という構成で、適宜内容の更新を行い、主な訪問者である小中学生がわかりやすい文章、親しみやすい内容とする展示を行っている。

(10) やまがた 6 次産業化戦略庄内地域実施本部

やまがた 6 次産業化戦略推進本部との連携のもと、「食産業王国やまがた」の実現をめざし、庄内地域の“農と食”に関する豊富な資源を活かして産業横断的な「食産業」を興す 6 次産業化を積極的に推進するために 2018 年度に設置された、やまがた 6 次産業化戦略庄内地域産業実施本部に、慶應先端研も参画した。

(11) やまがた科学・産業体験実行委員会

科学実験や産業技術の体験を通して、子どもたちの科学技術への興味と山形県産業への関心を喚起し、将来の山形県産業を支える人材の育成に貢献することを目的として、2018 年度にやまがた科学・産業体験実行委員会が設立された。慶應先端研からも委員としてスタッフが参画した。

(12) 山形県ものづくり連携支援計画への参画

地域未来投資促進法に関する「地域経済牽引事業の促進による地域の成長発展の基盤強化に関する法律」に基づく、山形県のものづくり産業に関する連携支援計画に、慶應先端研も、連携支援事業を共同で実施する地域経済牽引支援機関として参画した。同計画の連携支援事業においては、山形県および県内 35 市町村が作成したものづくり分野同意基本計画に定める、地域の特性を活用した事業分野を対象としている。

この計画は、2018 年 3 月 29 日付で、経済産業大臣によって承認された。

6-3 鶴岡市との連携

(1) 鶴岡市農業振興協議会への参画・支援

農林水産省の産地生産拡大プロジェクト支援事業に基づき、鶴岡市は 2008 年度産地生産拡大プロジェクト支援事業に採択されて以来、同年 6 月より鶴岡市産地強化協議会を設立し、鶴岡市「エダマメ：だだちゃ豆」について産地強化を行ってきている（2008～2012 年度）。鶴岡市は、2013 年度より鶴岡市農業振興協議会を設立、その後も慶應先端研との共同研究契約にて「特産農産物の代謝物質量の測定による優位性の確保にかかる課題研究」として、エダマメ「だだちゃ豆」を対象として、2014 年度は、栽培条件（施肥量、栽培中の処理など）と「だだちゃ豆」の品種の違いについてメタボローム解析技術を実施し、その結果をもとに実際の栽培指導に活用されている。

2015 年度においては、その「だだちゃ豆」の品種の違いについて、特に茹で豆での詳細な分析・解析を実施し、栽培時期ごとの特徴付けを明らかにした。また、産地強化協議会の構成機関である JA 鶴岡とは、冬季に収穫される鶴岡市産の「ネギ」のメタボローム解析での評価を実施した。栽培場所と栽培時期によって組成成分の違いを明らかにし、データのな裏づけにより、品質の特徴付けがなされた。それらの成果は産地の強化に結びついている。

2016 年度から 2017 年度にかけては、エダマメ「だだちゃ豆」の品種の違い、施肥として有機質肥料の使用、土壌消毒実地圃場や転作田と畑地などの栽培環境での検討（JA 鶴岡および JA 庄内たがわ管轄圃場地にて）に加え、JA 庄内たがわ管轄圃場地での「軟白ネギ」の収穫時期と品種による代謝成分変化と食味の関連性、および庄内柿のブランド化の一環にてサイズ別ならびに土壌環境との関連性について検討した。それらの成果の中で、庄内柿のサイズが大きい方がアミノ酸類の含有量が高いことが明らかとなった。

(2) しなの花活用プロジェクト研究会活動

鶴岡市関川地区には古くからシナノキの樹皮の繊維を糸に加工し、織物に仕上げる伝統工芸品「しな織」があり、日本三大古代織りの 1 つである。その原木であるシナノキ（*Tilia japonica*）の同類のリンデン（セイヨウボダイジュ： *Tilia europea* L.）の花・苞がハーブティーの原材料として輸入されていることから、シナノキの花・苞も活用できないかと考えて「しなの花活用プロジェクト研究会」を立ち上げた。この研究会は、鶴岡市関川自治会、慶應先端研、温海町森林組合、出羽商工会温海支所、鶴岡市所在参画企業および鶴岡市（事務局：温海庁舎産業建設課）等にて構成されている。

2015 年度より 2017 年度（3 年間）農林水産省「山村活性化支援交付金事業」の申請・採択を受け実用化に取り組んだ。研究会での本事業では、地域資源（シナノキ）の樹皮以外の

「花・苞」に注目し、前処理法および製造法を検討し、しなの花エキスを材料に「化粧水」および「石鹸」が試作製造された。さらに、官能評価試験の実施に際して、エキス材料とそれらに関する情報を説明後、官能評価試験の実施に同意を得た参加者から使い心地、使用感および安全性に関する情報が得られた。併せて、しなの花エキスについて、活性酸素生成や抗酸化作用および皮膚表皮細胞等での機能性評価試験、ヒト皮膚での刺激性に関する試験などについて安全性評価を実施した。機能性評価試験のうち、しなの花エキスには過酸化水素の生成がみられ、抗菌作用を有することや、化粧水材料には、高い抗酸化作用があり、化粧品等への利用の裏付けが得られている。慶應先端研では、メタボローム解析による組成成分の検討が行われた。

2018年3月にしなの花エキスを材料にした「化粧水」および「石鹸」の製造販売のための許可申請が行われている。

(3) 鶴岡シルク・鶴岡織物工業協同組合

慶應先端研が鶴岡市にある強みを大いに活かし、かつ仲介することにより、鶴岡織物工業協同組合と慶應義塾社会地域連携室が連携し、シルク産業に貢献すべく鶴岡シルクネクタイを慶應義塾ブランドとして量産することにつながった。2014－2015年度は新しい3つの柄のネクタイが作成・販売され、その後、新柄も含め継続して作成・販売されており、現在更にグレードアップしたネクタイも作成中である。また、慶應義塾大学卒業生のネットワークである三田会に展開するとともに、慶應義塾大学ラグビー部 OB 会のネクタイの作成と販売、慶應義塾大学のスカーフの見本作成も行われた。さらに、慶應義塾大学医学部整形学科から学会用のネクタイの依頼があり商談中である。今後、さらに鶴岡シルクスカーフなどのブランド化に幅広くつながっていくことが期待されている。

(4) 鶴岡コホート・プロジェクト



(プロジェクト HP より)

2012年から地域住民の健康状態の評価、予防・危険因子の同定、医療経済評価等を疫学的に行うために鶴岡市在住・在勤者を対象に、慶應義塾大学医学部、山形大学医学部、鶴岡市、地域医療機関と連携・協働しながら鶴岡コホート・プロジェクトを立ち上げている。ここで得られる知見を鶴岡市民、行政にフィードバックし、地域全体の健康づくりに貢献することを目的とする。プロジェクトリーダーは武林亨教授である。

長寿高齢社会の進展に伴い、市民が安心して健やかに地域で生活を送るため、健康寿命の延伸へ向けた取り組みの重要性が一層高まっている。本プロジェクトでは、予防医学的知見

の創出に不可欠であるコホート研究を鶴岡地域の協力を得て開始、これを基盤として、予防に関する新しい知見の創出と成果の住民への還元を行う。また本コホートでは、先端研のメタボローム解析技術を全参加者に適用し、ゲノム情報をも含む大規模健康情報データベースの構築を目指す。本プロジェクトは、鶴岡市の同意を得られた住民およそ 10,000 人を調査参加者として 2013 年間にわたってフォローアップを行う。また他の大規模コホートとの連携を積極的に行い、オールジャパン研究体制に参画のもとプロジェクトを展開し、得られた知見を住民や行政との協働によって、地域全体の健康づくりに貢献する。

2012 年 4 月 1 日から荘内地区健康管理センターで鶴岡市国民健康保険の人間ドック検診を受診する鶴岡市民（35～74 歳）を対象に、初回調査を開始したが、最終的に 11,002 名から調査参加への同意（参加同意率 89.2%）を得た。2018 年 4 月現在、追跡調査基盤の整備と継続健康調査を行っている。

地域の健康づくり支援も、本プロジェクトの重要な取り組みであり、各地区のコミュニティセンター等で開催される地域健康づくり講座での講話を行っているほか、鶴岡みらい健康調査セミナーを継続開催している。

(5) つるおか農商工観連携総合推進協議会、鶴岡市食文化創造都市協議会

鶴岡市では農林漁業者と商工、観光事業者等の連携による新たな地域ビジネスや事業開発が活発に展開される環境を創るとともに、地域をあげて食文化都市の推進を図るため、2010 年に「つるおか農商工観連携総合推進協議会」を設立し、地域産業関係機関・団体と高等教育機関、アドバイザーによる協議を行っている。また 2011 年には、この協議会を母体として、国連教育科学文化機関（ユネスコ）創造都市ネットワーク食文化部門への加盟を目指しながら食文化の継承・創造、産業創出に取り組むための「鶴岡食文化創造都市推進協議会」を設立し、精力的に活動を行った。その結果、2014 年 12 月にユネスコ創造都市ネットワーク食文化部門への加盟が認定された。その後、2015 年のミラノ国際博覧会へ出展するなど、鶴岡市での食文化に関連する事業活性化へ向けた活動を継続的に行っている。慶應先端研も高等教育機関として、それぞれの協議会に参画している。

なお、2018 年 9 月に鶴岡市で開催した第 7 回生命医薬情報学連合大会（IIBMP2018）（参加者 385 名）、および 2018 年 10 月に開催した第 12 回メタボロームシンポジウム（参加者 422 名）において、鶴岡食文化創造都市推進協議会の協力のもと、学会・シンポジウム参加者に鶴岡の食文化を紹介するブースなどを設置した。

(6) 鶴岡サイエンスパーク発展への貢献

慶應先端研は、鶴岡市のサイエンスパーク構想の中で、核となるべき組織として 2001 年に設立されているが、本論文の第 2 章で述べたように、その後サイエンスパーク構想の敷地内に、2006 年に鶴岡市先端研究産業支援センター「鶴岡メタボロームキャンパス」の C

棟までが、2011年にJ棟、D棟が、レンタルラボスペースとしてオープンした。レンタルラボスペースには、慶應先端研ならびに慶應先端研発のバイオベンチャーはもちろん、理化学研究所、アジレント・テクノロジー株式会社、西川計測株式会社、日本ユニシス株式会社などが入居しており、いずれも先端研となんらかの関係を持っている。

2013年11月にはスパイバー株式会社（現 Spiber 株式会社）と小島プレス工業株式会社が共同で建設した試作研究棟が稼働。2013年12月にヒューマン・メタボローム・テクノロジーズ株式会社が東証マザーズに上場した。2015年5月には、Spiber 株式会社と小島プレス工業株式会社との合弁会社である Xpiber 株式会社の本社研究棟が竣工、同年8月には株式会社メタジェンの鶴岡研究所が開所した。さらに、2017年4月には、慶應先端研との連携研究をひとつの前提として、国立がん研究センターのがんメタボロミクス研究室が開所した。

また、2014年にはヤマガタデザイン株式会社が設立された。創業者の山中大介社長は慶應義塾大学環境情報学部出身者で、先端研との交流の中から鶴岡へ移住することとなり、その後、サイエンスパーク構想 21.5 ha のうち、未整備の 14ha を民間として開発することをひとつの目的として同社を設立した。先端研とも相互連携協力の協定を結んでおり、多様で強い連携を行なっている。同社はサイエンスパークの整備事業として、子育て支援施設「キッズドーム・ソライ」、宿泊滞在複合施設「ショウナイホテル・スイデンテラス」を建設し、2018年9月に正式に開業した。ともに世界的建築家の坂茂氏のデザイン、設計による木造建築であり、観光にも寄与し得る建築物となることが期待されている。また、サイエンスパーク関係者のみならず、鶴岡市民が活用できる施設となり、鶴岡市全体の活性化にも貢献していくものと思われる。

第 7 章 地元企業など地域との連携

7-1 概要

2012 年度から開始された、山形県バイオクラスター形成促進事業・共同研究シーズ事業化支援助成事業・バイオ技術事業化促進助成事業等を介し、先端研の研究技術シーズを活用して数多くの地元企業との共同研究が行われた。また、農林水産省補助金「技術革新を加速する最先端分析技術の応用研究支援事業」において、先端研が代表機関となり、県内食品企業である日東ベスト株式会社、山形大学農学部、山形県農業総合研究センター、および山形県工業技術センターとの産官学連携として、山形県の特産であるセイヨウナシの研究に取り組んだ。

農産物や食品のみではなく、ベンチャー企業（株式会社サリバテック、株式会社メタジェンおよび株式会社 MOLCURE）の事業、最上郡真室川町の漢方生薬の薬用植物の主成分分析と栽培、地域資源（メロン等）を活用した新製品の開発（化粧品原料等）や山形県内の耕作放棄地でのオイル産生藻類に関する研究など、医療・健康、環境分野などで、広く貢献している。

2017 年 4 月には国立がん研究センターが鶴岡連携研究拠点としてメタボロミクス研究室を開設し、慶應先端研とも共同研究が開始されている。これまで、先端研にて行われていたがん研究にも拍車がかかり、我が国におけるがん研究の重要拠点になりつつある。

さらに、6 社の先端研発ベンチャー企業に限らず、大手 IT 企業の日本ユニシス、および大手損害保険会社の損保ジャパン日本興亜が慶應先端研と提携を結び（2018 年 3 月）、鶴

岡市にラボを構え活動を開始している。先端研を核とした鶴岡メタボロームキャンパスでのサイエンスパークの街づくりもヤマガタデザイン株式会社によって行われている。

慶應先端研は多くの県内企業等と連携しており、本章ではその成果をまとめている。本章の多くは「慶應義塾大学先端生命科学研究so研究成果報告書*」（2014 年度～2018 年度）からの引用である。

7-2 地元企業との共同研究

(1) 山形県バイオクラスター形成促進事業

山形県バイオクラスター形成促進事業・共同研究シーズ事業化支援助成事業・バイオ技術事業化促進助成事業等を介し、地元企業と以下の共同研究が行われた。

2013—2014 年度にかけてスイートバジル、漢方生薬原料である甘草栽培条件の最適化検討や県産農産物や地域資源を活かした化粧品素材等の開発、2014—2015 年度にかけてハイオレイックピーナッツ（胚芽）およびマッシュルーム栽培条件や加工製品、2015—2016 年度では、日本酒の評価基準化や製造工程と品質の高度化、船凍イカの肝を使用した新規魚醤の開発、2016—2017 年度では、熟成こうじ納豆、食品加工原料である果肉ソース、県産資源産物のオニグルミでの食品素材開発、長期熟成生ハムの製造・商品化およびマッシュルームの最適加工法を見出し、商品化に結びついている。特に、農業分野、食品製造・加工産業の高度化において先端研のメタボローム解析が活用され、試作製造に留まらず新規商品が開発・販売された。

その中で、2013—2015 年度までの 3 年間実施した株式会社でん六（山形市）との事業では、それまで既存商品の製造工程で廃棄していたハイオレイックピーナッツ・胚芽（年間 700kg 以上排出）を対象にした研究が慶應先端研、山形大学農学部、米沢栄養大学、山形県工業技術センター・庄内試験場および株式会社でん六と、産官学連携で研究開発が進められ、胚芽の組成成分、機能性評価、加工製品の開発（官能評価も含む）が行われた。その成果の 1 つとして、「ピーナッツ胚芽チョコ」が試作製造され、株式会社でん六では、蔵王の森工場（山形県上山市）にて、2016 年 4 月 1 日～6 月末まで限定販売された。

また、2014 年—2016 年度までの 4 年間実施した有限会社舟形マッシュルーム（最上郡舟形町）は、自社栽培しているマッシュルームを対象にした研究が慶應先端研、山形大学農

* 非公開資料

学部および山形県工業技術センター・庄内試験場と産官学連携で研究開発が進められ、マッシュルームの機能性成分等について他のキノコ品種との比較評価（慶應先端研および山形県工業技術センター・庄内試験場）、機能性評価（山形大学農学部）および高付加価値なマッシュルーム加工品の製造技術の確立に向けた開発研究（慶應先端研および山形県工業技術センター・庄内試験場）が行われた。その成果の1つとして、最適な乾燥条件等の加工技術方法が見いだされ、2017年2月より研究成果が活用された新商品「マッシュルームとオニオンペペロンチーノ」と「マッシュルームとクリームスープの素」の2商品が開発され販売している。また、「マッシュルームとクリームスープの素」については、2017年度に加工食品の全国選手権「KINO-1 グランプリ 2017」の最高賞の総合グランプリを得た。

2013年度と2016－2017年度の3年間実施した株式会社東北ハム（鶴岡市）は、自社製生ハムを対象にした研究が先端研と実施され、国内外のブランド生ハムとの呈味成分の比較検討と共に官能評価試験が行われた（2013年度）。その研究成果を活かし、株式会社東北ハムでは、自家製長期熟成生ハムの製造を実施、その製法の確立と品質について、2016－2017年度の2年間、慶應先端研および山形県工業技術センター・庄内試験場と産官学連携で研究開発が進められた。長期熟成生ハムの呈味成分等について他社の製造生ハム（世界のブランド品生ハムも含む）との比較検討（慶應先端研および山形県工業技術センター・庄内試験場）、品質評価（株式会社東北ハムおよび山形県工業技術センター・庄内試験場）が行われ、さらに試作製造品とブランド品を含む他の製品との官能評価試験（慶應先端研と株式会社東北ハム）が行われた。その成果の1つとして、高品質長期熟成生ハムが開発され、2018年1月31日に、鶴岡市にてプレス発表が行われた。本研究成果が活用された新商品は、生ハム庄内プロシュート「Nobike」の商品名で、株式会社東北ハムのホームページを介して通信販売され、本商品は、2018年3月に世界最高レベルの食品品評会「DLG（ドイツ農業協会）」で金賞を受賞した。

また、先端研との共同研究にて、水稻、エダマメ、庄内メロン、ネギ（軟白ネギ）、セイヨウナシ（ラ・フランス）、柿（平核無/庄内柿）などの地元農産物資源に着目し、メタボローム解析技術を活用することにより、特徴付けやその新しい魅力や価値の向上・ブランド化、栽培条件の最適化、加工・製造条件の最適化、新製商品の開発などを行っている。

農産物や食品分野以外では、ベンチャー企業（株式会社サリバテック、株式会社メタジェンおよび株式会社 MOLCURE）の事業である医療・健康分野などで、広く地元産業の事業化に貢献してきた。

2014年度から2017年度の間には本事業で行った地元企業との共同研究は以下の通りである。

- ・ 「地域資源の新たな活用を目指した探索と製品開発」（株式会社庄内クリエート工業 鶴岡市）
- ・ 「メタボローム解析を活用した自社製マッシュルームの機能性向上と加工品開発」（有限会社舟形マッシュルーム 最上郡舟形町）
- ・ 「メタボローム解析を活用した唾液診断マーカーの評価と分析条件の検討」（株式会社

サリバテック 鶴岡市)

- ・ 「メタボローム解析を活用した有機栽培スイートバジルの評価および新商品開発に向けた研究」(有限会社後藤屋 置賜郡高畠町)
- ・ 「耕作放棄地から採取したオイル産生藻の同定と大規模培養、および藻類を活用した商品開発」(株式会社モス山形 山形市)
- ・ 「漢方生薬「カンゾウ」栽培における薬用成分の生成に関与する関連物質等の探索および栽培諸条件の検討」(山形企画株式会社 最上郡真室川町)
- ・ 「ハイオレイックピーナッツ胚芽の高付加価値化と商品開発」(株式会社でん六 山形市)
- ・ 「山形県産農産物の探索、製造、評価、開発の一貫システムを用いた新規化粧品原料の製品化」(株式会社高研 鶴岡市/ 日東ベスト株式会社 寒河江市/ 株式会社機能性ペプチド研究所 東根市)
- ・ 「山形県産酒「美味しさ」評価基準の開発」(山形酒造組合 山形市)
- ・ 「新規魚介類調味料(魚醤)の開発:メタボローム解析を活用した加工・製法の検討」(山形県農村工業農業協同組合連合会 酒田市)
- ・ 「メタボローム解析を活用した日本酒の醸造工程での検討と品質の高度化」(富士酒造株式会社 鶴岡市)
- ・ 「唾液検査の事業化に向けた大規模検証とシステム開発」(株式会社サリバテック 鶴岡市)
- ・ 「メタボローム解析を使用した「熟成こうじ納豆」の成分解析」(株式会社ゆきんこ 米沢市)
- ・ 「果肉ソースの美味しさに寄与する成分の解明・検証」(角田商事株式会社 寒河江市)
- ・ 「山形県産オニグルミを用いた機能性食品素材の開発」(三和油脂株式会社 天童市)
- ・ 「メタボローム解析による長期熟成骨付き生ハムの品質評価と製法の確立」(株式会社東北ハム 鶴岡市)
- ・ 「マッシュルームの機能性解析と商品開発」(有限会社舟形マッシュルーム 最上郡舟形町)
- ・ 「メタボローム解析によるトマトの成分変化を見据えた製造工程の確立」(株式会社山本組 鶴岡市)
- ・ 「山形県産オニグルミを用いた機能性食品素材の開発」(三和油脂株式会社 天童市)
- ・ 「日本酒の製造工程における杜氏意思決定のリバース・エンジニアリング」(富士酒造株式会社 鶴岡市)
- ・ 「二次リンパ組織移植法(SLOT法)と人工知能技術を融合した次世代創薬プラットフォーム開発」(株式会社MOLCURE 東京都/鶴岡市)

(2) 地域オープンイノベーション促進事業

慶應先端研は、経済産業省の2013年度補正予算「地域オープンイノベーション促進事業のうち大学におけるオープンプラットフォーム構築支援事業」に申請したプログラム「統合システム生物科学を活用した有用生物資源の生産および新製品開発支援拠点の構築」が全国で6件のうちの1つとして採択され、東北地域では唯一の採択を受けた。2014年度内に遺伝子解析に関連機器(次世代シーケンサー)および3種のメタボローム解析の装置、4機

種の設備導入が完了した。併せて、本事業を円滑に遂行するために本事業の運営協議委員会の設置とともに、「機器・利用規定」に準拠して運営を進めている。これまで、地域の中小企業等（大企業および行政・公設試験関連研究機関を含む）の事業を支援することで、地域産業の活性化に貢献している。

県内企業の事業への活用に際しては、山形県バイオクラスター形成促進事業での共同研究や先端研との個別契約での共同研究および県公設試験研究機関等との共同研究等を通して利用されている。また、ベンチャー企業の研究員および公設試験機関の研究員が直接、設備利用するケースも多くなってきている。

さらに、本事業において技術基盤の向上を目的に、企業および公設試験研究機関の研究員、ならびに先端研の研究者、技術員および学生に対して、機器・装置の取扱い企業の技術部門の専門家による講習会・研修会の実施、本事業での成果事例の紹介の場の設定や技術相談にも対応することで、本事業の周知や推進活動にも積極的な対応を図っている。

2014 年度から 2017 年度に導入したの機器・装置は、以下の通りである。

- ・ 次世代シーケンサーMiSeq システム
- ・ 高速液体イオンクロマトグラフ/四重極－Orbitrap 型質量分析装置
- ・ キャピラリー電気泳動 - 三連四重極型質量分析装置
- ・ ガスクロマトグラフ/三連四重極型質量分析装置

これらの利用実績を表 7-1 にまとめた。

機器・装置名	利用目標と実績				
	年度	2014 年度	2015 年度	2016 年度	2017 年度
次世代シーケンサーMiSeq システム	目標	2	5	7	5
	実績	2(13)	2(8)	3(9)	6(28)
高速液体イオンクロマトグラフ/四重極 -Orbitrap 型質量分析装置	目標	6	8	9	8
	実績	1(14)	8(14)	10(16)	13(21)
キャピラリー電気泳動 - 三連四重極型質量分析装置	目標	6	8	9	8
	実績	6(16)	8(17)	13(19)	14(21)
ガスクロマトグラフ/三連四重極型質量分析装置	目標	5	6	7	6
	実績	3(14)	1(13)	1(5)	1(3)

数値：中小企業関連での件数（大企業、公設機関、大学を含めた件数）

表 7-1： オープンプラットフォーム構築支援事業での機器・装置の利用実績

2014 年度から 2017 年度での山形県バイオクラスター形成事業、県内企業等（公設試験

機関、他大学や行政関連も含む）と慶應先端研との直接的な共同研究契約による共同研究、バイオベンチャー企業（Spiber 株式会社、株式会社サリバテック、株式会社メタジェンおよび株式会社 MOLCURE）関連研究およびバイオベンチャー企業（ヒューマン・メタボローム・テクノロジーズ株式会社および株式会社メタジェン）と県公設研究機関（県工業技術センター、県農業総合研究センター）の研究員が利用している。

また、本事業の推進や機器・装置の利用や技術修得の向上および教育訓練の一環にて、2014 年度から 2017 年度まで、年度毎に研修・講習会や成果事例の紹介実施と産官学コーディネートによる技術相談等の件数を表 7-2 にまとめた。

項目	目標と実績				
	年度	2014 年度	2015 年度	2016 年度	2017 年度
機器・装置利用に関する研修	目標	3	5	5	4
	実績	7	10	7	4
講習会および成果事例紹介	目標	3	5	5	4
	実績	4	12	7	6
技術相談	目標	10	25	25	20
	実績	24	18	24	24

表 7-2： オープンプラットフォーム構築支援事業での研修・講習会および技術相談件数

2014 年度より「慶應義塾大学先端生命科学研究所オープンプラットフォーム運営協議委員会」を設置し、設備の適切な維持・管理・運営を通じて事業の推進を図っている。運営協議委員会は、毎年一回、山形市または鶴岡市で開催している。

(3) 農林水産省「メタボローム解析技術を活用した応用事業」

慶應先端研が研究代表機関となり、山形大学農学部、山形県農業総合研究センター、山形県工業技術センター、日東ベスト株式会社（山形県寒河江市）との産官学連携にて、農林水産省 2014 年度補正予算「農林水産試験研究費補助金 農林水産業の革新的緊急展開事業」へに申請し、個別研究 6 課題のうちの 1 つに採択された。「メタボローム解析を活用したセイヨウナシの加工・保存技術の高度化」という題目で、先端研のメタボローム解析技術を活用して、山形大学農学部とセイヨウナシの追熟条件と保蔵法について、山形県農業総合研究センターと生食（ピールカット果実）での加工・保存技術、山形県工業技術センターと加工における最適な加熱処理条件、破碎処理条件、および日東ベスト株式会社とは新規加工法を利用した試作加工品を製造し、その香気成分や呈味成分の解析を行った。これらの成果は今後、セイヨウナシ生産における供給時期の分散化および加工品の多様化として高品質化に関連する実用化に繋がるものと思われる。

(4) その他個別の共同研究

その他の県内企業との個別の共同研究を以下にまとめた。

- ・ 山形企画株式会社（最上郡真室川町）2015 年度～2017 年度 「漢方生薬「カンゾウ」栽培における薬用成分の生成に関与する関連物質等の探索および栽培条件の検討」
- ・ 日東ベスト株式会社（寒河江市）2015 年度～2017 年度 「メタボローム解析を利用した加工食品の成分分析と評価方法の構築に関する研究」「CE-MS および LC-MS による畜肉加工品の呈味成分等（アミノ酸類、有機酸類、核酸類および糖類）のメタボローム解析」「GC-MS による畜肉加工品の香気成分分析法の確立と香気成分の測定」
- ・ 鶴岡市農業協同組合（JA 鶴岡）2016 年度～2017 年度 「だだちゃ豆パウダー呈味成分のメタボローム解析評価」
- ・ 株式会社おきたま興農舎（東置賜郡高畠町）2017 年度～2018 年度 「メタボローム解析を活用した在来農作物「山形赤根ホウレンソウ」の成分特性の検討」
- ・ 株式会社山形飛鳥（酒田市）および株式会社みどりサービス（酒田市）2017 年度～2018 年度 「イカの肝を用いた加工食品（調味料）の開発：その製法・調合工程におけるメタボローム解析による科学的検証」

7-3 地元高校との連携

(1) 高校生研究助手制度

2009 年 5 月、隣接する山形県立鶴岡中央高等学校と連携して「高校生研究助手制度」を開始した。この制度は、当研究所が実施している最先端プロジェクトの「研究助手」として、高校生が主に平日の放課後に当研究所において勤務し、研究補助業務に従事するものである。毎年 6～12 名程度の研究助手が任用され、2018 年度までに延べ 82 名の研究助手が活動している。2017 年度は 8 名の研究助手が採用され、バイオ燃料のためのオイル産生微細藻プロジェクト、細胞の 3 次元培養プロジェクトに従事した。研究助手が関わった研究成果が共著者として論文発表、学会発表されるなど、研究プロジェクトに大きく貢献している。高校生研究助手の過去 5 年間の業績は以下の通りである。

公表論文 (共著)

- Nakada, T., Tsuchida, Y., Arakawa, K., Ito, T. and Tomita, M.,
“Hybridization between Japanese and North American *Chlamydomonas reinhardtii* (Volvocales, Chlorophyceae)” *Phycological Research*. **62**(3):232-236 (2014)

学会発表 (共著)

- 日本藻類学会第 39 回大会（福岡県福岡市、2015 年 3 月）
“山形市の水田より得られたオイル産生緑藻類”
仲田崇志、土田雄大、伊藤綺羅、高橋廉、富田勝
- 日本植物学会第 79 回大会（新潟県新潟市、2015 年 9 月）
“無壁二鞭毛性オオヒゲマワリ目緑藻類の新規株と分類学的研究”
仲田崇志、高橋廉、富田勝
- GEL SYMPO 2017（千葉県習志野市、2017 年 3 月）
“Effect of thermoreversible hydrogels on the viability of human primary cells”
Sayaka Niiya, Ayumu Miyano, Kano Umeki, Takahiro Iwamiya, Josephine Galipon and Masaru Tomita
- 日本植物分類学会第 16 回大会（京都府京都市、2017 年 3 月）
“収縮胞を伴う汽水産単細胞性オオヒゲマワリ類（緑藻綱）の未記載種”
仲田崇志、高橋謙介、富田勝
- 日本植物分類学会第 17 回大会（石川県金沢市、2018 年 3 月）
“*Microglena* 属（緑藻綱，オオヒゲマワリ目）に近縁な新規紡錘形鞭毛緑藻類”
仲田崇志、照井貴啓、富田勝

受賞

- ・ 鶴岡市長賞 第4回高校生バイオサミット in 鶴岡（2014年8月）
「遺伝子解析による、単細胞緑藻類 *Chlamydomonas reinhardtii* の大陸間交雑
能の証明」
土田雄大

高校生研究助手の募集に当たっては、図 7-1 のようなチラシを毎年作成して、山形県立鶴岡中央高校の全生徒一人一人に配布している。

慶應義塾大学先端生命科学研究所

研究助手U-18募集

最先端の研究プロジェクトで働いて、一緒に「世界初」を発見しよう！



募集概要

対象

生命科学に対する強い興味と情熱を持ち、
放課後週10時間以上勤務できる人
(特殊な能力や事前の知識がなくても大丈夫です)

申込
方法

申込書に記入の上、中央高校事務室に
4月16日(月) 午後1時30分までに提出。
(申込書は、中央高校事務室に設置)

時給

慶應義塾規定による

募集
人数

若干名

選考
方法

筆記試験と面接〔4月18日(水)〕



図 7-1 : 2018 年度高校生研究助手募集チラシ

慶應義塾大学先端生命科学研究所 (IAB) では 鶴岡中央高校生の助手と一緒に 世界最先端の研究をしています。

慶應義塾大学先端生命科学研究所では、2009年度より
同研究所が実施している最先端のプロジェクトの「研究助手」として、
隣接する鶴岡中央高等学校の生徒を採用しています。

28人 未来の研究者目指す 高校生研究助手 特別研究



慶應義塾大学先端生命科学研究所 (IAB) では、2009年度より同研究所が実施している最先端のプロジェクトの「研究助手」として、隣接する鶴岡中央高等学校の生徒を採用しています。

慶應義塾大学先端生命科学研究所 (IAB) では、2009年度より同研究所が実施している最先端のプロジェクトの「研究助手」として、隣接する鶴岡中央高等学校の生徒を採用しています。

2017年5月13日付 毎日新聞 記事

高校生助手 学会デビュー



慶應義塾大学先端生命科学研究所 (IAB) では、2009年度より同研究所が実施している最先端のプロジェクトの「研究助手」として、隣接する鶴岡中央高等学校の生徒を採用しています。

2017年2月21日付 山形新聞 記事

バイオ燃料のオイル 自ら生成 期待の藻 こうして増殖



慶應義塾大学先端生命科学研究所 (IAB) では、2009年度より同研究所が実施している最先端のプロジェクトの「研究助手」として、隣接する鶴岡中央高等学校の生徒を採用しています。

2011年4月4日付 山形新聞 記事

志高く 先端研究者ら 慶大AO入試合格 高校生4人を激励



2012年12月19日付 毎日新聞 記事

「高校生研究助手 NHKニュース国内外で紹介される」



慶應義塾大学先端生命科学研究所における高校生研究助手の研究活動がNHKおはよう日本(全国放送)で紹介され、さらにNHKWorld(海外放送)で英語版、中国語版、ポルトガル語版のニュースとして世界で放送され、大きな反響がありました。

2017年1月

図 7-1 : 2018 年度高校生研究助手募集チラシ (続)

研究助手卒業生インタビュー



土田 雄大君

慶應義塾大学
環境情報学部3年
山形県立鶴岡中央高等学校
普通科卒業

とても得るものがあり、楽しい。 ポジティブ・シンキングになりました。

子供の時から虫が好きで、生物について学びたいと思っていたのですが、中3の時、この高校生研究助手制度の存在を知り、ぜひチャレンジしてみたいと思い、鶴岡中央高校に進学を決めました。

高1から、オイル産生菌のグループに所属し、どの菌類がどれだけ油をためるのかを3年間研究しました。研究助手の環境は、皆さん周りが専門知識を持っている方ばかりであり、とても得るものがありますし、しかもとてもフレンドリーなので楽しく、自分も将来こうなりたいと強く思いました。この活動を通じてポジティブ・シンキングになりました。失敗して、もしそれを隠していても何もならないし、早めに次の手を打とう、くよくよしている暇があったら次にトライしよう、という考え方に変わりました。家族もその変わり様に驚いていました(笑)。

高2、高3の夏に、高校生バイオサミット^{※1}に参加しましたが、とにかく周りの参加者がすごくて、同じ高校生だけど、よくそんなアイデアが出るなあと感心・刺激になりましたし、将来について真剣に考えるようになりました。その後、慶應義塾大学環境情報学部に進学しました。現在、神奈川県にある湘南藤沢キャンパスに所属しながら、研究活動を行っています。将来は、生物の研究者と科学者になりたいのと、鶴岡で研究助手を教えたい、つないでいきたいと思っています。



松田 りらさん

慶應義塾大学大学院
政策・メディア研究科修士1年
慶應義塾大学
環境情報学部卒業
山形県立鶴岡中央高等学校
総合学科卒業

親切なスタッフに囲まれて 自分のやりたい研究を深められる。

高校生研究助手として、高2から高3までオイル産生菌の研究をさせていただきました。研究助手を始めた当初は、興味のある分野と一部異なっており戸惑うこともありましたが、オイル産生菌のグループの方を含めIABの皆さんが大変親切に教えて下さり、高校生であるにも関わらず自分のやりたい研究について意見を聞いて頂けたことにとても感謝しています。高3の夏に参加した高校生バイオサミット^{※1}では、日本全国に同じような研究活動を行っている高校生がいることを知り、大きな刺激となりました。

現在は慶應義塾大学の大学院修士課程に進学し、メタボローム解析という生体内に含まれる代謝物質を網羅的に解析する手法を用いてイネの発芽に関する研究を行っています。

今後は、研究助手時代に教えて頂いた分を後輩の皆さんに少しでも返せるようにするとともに、研究を通して、鶴岡の基幹産業である農業の発展に貢献できるようより一層頑張りたいと思っています。

※1 高校生バイオサミット:2011年より毎年夏、鶴岡で開催されている全国の高校生が集う科学の研究コンテスト。山形県、鶴岡市、IAB主催。



川合 涼貴さん

慶應義塾大学
環境情報学部卒業
山形県立鶴岡中央高等学校
普通科卒業

慶應義塾大学を経て 鶴岡みらい健康調査スタッフとして地元に就職。

私は高1から高校生研究助手として、線虫の寿命を比較して老化に関わる物質を探す研究を行いました。塩濃度が高い環境と普通の環境で育てた線虫の寿命を比較して、老化に関わる物質を探しました。2年間研究助手、1年間特別研究生として高校3年間 IAB で活動し、その後、AO入試で慶應義塾大学に進学しました。

大学では鶴岡コホート(鶴岡みらい健康調査)のデータを用いた睡眠の研究を行いました。鶴岡コホート調査は鶴岡市とIABと慶應義塾大学医学部が共同で行っている健康調査です。私の地元である鶴岡の健康に貢献したいと思い、卒業後、鶴岡みらい健康調査スタッフとして勤務しております。

現在はデータ収集が主な仕事ですが、検体の前処理を行うこともあるので、器具の使い方など研究助手として実験をしていた経験がとても役に立っています。

学年は2018年3月現在

図 7-1 : 2018 年度高校生研究助手募集チラシ (続)

(2) 特別研究生制度

「研究助手」の制度とは別に、2011年に「特別研究生制度」を開始した。これは「将来、博士号をとって世界的な研究者になりたい」という大きな夢を持った高校生、高専生を「特別研究生」として受け入れてその研究活動を全面的に支援する制度である。研究生は、平日放課後および夏休みなどに当研究所に出入りでき、担当アドバイザー（当研究所の大学院生、学部生、若手教員）の許可があれば、当研究所の実験機器、コンピュータやデータベースを自由に利用できる。アドバイザーは適宜研究のアドバイスをを行うが、あくまで自分で考えて自分で勉強して試行錯誤することが大前提の支援制度である。

当初は鶴岡南高等学校だけを対象としたが、この制度に参加をしたいという高校からの申し入れが相次いで寄せられ、現在では鶴岡南高等学校、鶴岡北高等学校、鶴岡工業高等学校、鶴岡中央高等学校、羽黒高等学校、鶴岡東高等学校、鶴岡工業高等専門学校、酒田東高等学校の8校がこの制度に参加している。毎年6～20名程度、現在までに延べ127名が特別研究生として活動した。2017年度は20名の高校生が特別研究生として活動しており、がん細胞の免疫抑制物質、酒米、環境微生物、クラゲ等をテーマにしたさまざまな研究を行った。中には、学会発表を行った生徒や、日本進化学会、高校生バイオサミット等のコンテストで入賞した生徒も出てきている。

過去5年間の特別研究生の業績は以下の通りである。

学会発表（高校生部門）

- ・ 第56回日本植物生物学会年会 高校生生物研究発表会（東京都、2015年3月）
「山形県に適した山田錦を探す」鈴木昌樹
- ・ 日本進化学会第18回大会（東京都、2016年8月）
「山形県に適した山田錦を探す」鈴木昌樹
「30数億年前の翻訳伸長因子に刻まれた挿入配列が明らかにする 真核生物とアーキアの進化の物語」岡部晴子
- ・ サイエンスキャッスル 2016 東北大会（宮城県仙台市、2016年12月）
「遺伝子発現からみる日本のきゅうりの苦味」菅原彩華
- ・ 日本農芸化学会ジュニア農芸化学会 2017（京都府京都市、2017年3月）
「30数億年前の翻訳伸長因子に刻まれた挿入配列が明らかにする 真核生物とアーキアの進化の物語」岡部晴子

受賞

- ・ 環境大臣賞 第4回高校生バイオサミット in 鶴岡（2014年8月）
「アトピーの海水治療の科学的根拠の解明」伊藤光平
- ・ 鶴岡市長賞 第5回高校生バイオサミット in 鶴岡（2015年8月）
「山形県に適した山田錦を探す」鈴木昌樹
- ・ 審査員特別賞 第5回高校生バイオサミット in 鶴岡（2015年8月）
「アカハライモリの再生に影響を及ぼす環境要因および再生に関わる代謝物質の探索」大戸麻矢

- 「古細菌から紐解くエオサイト説」岡部晴子
「様々な米の品種特性を考える」菅江果子
- ・ 鶴岡市長賞 第6回高校生バイオサミット in 鶴岡 (2016年7月)
「遺伝子発現からみる日本のきゅうりの苦味」菅原彩華
「心白粒と高温条件の関連性」成澤崇之
 - ・ 最優秀ポスター賞 日本進化学会 第11回みんなのジュニア進化学 (2016年8月)
「30 数億年前の翻訳伸長因子に刻まれた挿入配列が明らかにする 真核生物とアーキアの進化の物語」岡部晴子
 - ・ 最優秀ポスター賞 サイエンスキャッスル 2016 東北大会 (2016年12月)
「遺伝子発現からみる日本のきゅうりの苦味」菅原彩華
 - ・ 日本化学会東北支部長賞 (2017年3月)
岡部晴子
 - ・ 鶴岡市長賞 第7回高校生バイオサミット in 鶴岡 (2017年7月)
「トリプルネガティブ乳がん(TNBC)に対するアブリロニン A の効果」苑原雄也
「がん細胞が産生する免疫抑制物質の研究」三浦橘平

特別研究生の募集に当たっては、図 7-2 のようなチラシを作成して、毎年 4 月に鶴岡市内の高校の全生徒一人一人に配布している。

高校生諸君！
最先端の研究で
鶴岡から世界へ羽ばたこう

慶應義塾大学先端生命科学研究所

特別研究生募集

2018



鶴岡から世界的な科学者を育てたい。
そのためには高校時代から最先端の研究に
携わることが重要です。
そこで僕は、君たちに世界最高の研究環境と
コーチを用意します。
あとは君の情熱と勇気次第です。



富田 勝

慶應義塾大学先端生命科学研究所所長・慶應義塾大学環境情報学部教授

富田 勝のプロフィール：1981年に慶應義塾大学工学部卒業後、進米。カーネギーメロン大学
修士課程（1983）、および博士課程（1985）修了。その後、同大学助手、助教授、准教授歴任。米
国立科学財団・大統領奨励賞（1988）、日本IBM科学賞（2002）、産学官連携促進会賞・科学技
術政策担当大臣賞（2004）、科学技術分野の文部科学大臣表彰科学技術賞・研究部門（2007）、
国際メタボローム学会功労賞（2009）、大学発ベンチャー大賞特別賞（2014）、Thomson
Reuters Highly Cited Researcher（2015）、Audi Innovation Award（2016）などを受賞。
取得学位：医学博士（分子生物学）、工学博士（電気工学）、Ph.D（情報科学）
1990年より慶應義塾大学環境情報学部助教授、1997年より教授、2001年より慶應義塾大
学先端生命科学研究所所長、2005年10月より2007年9月まで環境情報学部長。

特別研究生 概要

週2～3日、慶應先端研の大学生・大学院生と一緒に研究をします。高校生バイオサミット in 鶴岡で発表する
ことを目標とし、将来は国際学会で発表し、世界的な研究者になることを目指します。

応募条件

- 博士号を取得して世界的な生命科学者になるという強い意欲を持っていること。
- 鶴岡市を世界的な学術文化都市にする、という高い志を持っていること。
- 特別研究生に採用されたらその研究成果をアピールすることによって、AO入試で大学受験するという
気概と勇気を持っていること。（慶應義塾大学進学を希望する人を歓迎します）

●選考方法：書類審査および面接 ●スケジュール：研究所見学会＝4月13日[金]／応募書類締切＝4月24日[火]／面接試験＝4月26日[木]

図 7-2：2018 年度特別研究生募集チラシ

慶應義塾大学先端生命科学研究所 (IAB) では 高校生と一緒に最先端の研究をしています



自分の手で、世界の誰も知らない事実を解き明かす楽しみ。

三浦 橋平君 福岡県高等学校特進科3年

昔から理科の実験が好きだったことと、地元にあるこのような研究所があるということに魅力を感じ、是非応募してみたいと思いました。子供の頃から免疫に興味があった僕は、アドバイザーの紹介で免疫の研究者と出会い、初対面ですごく引き込まれ、是非その方のもとで研究してみたい、と思い、がん細胞が産生する免疫抑制物質の研究を現在行っています。初対面時にその研究者が書きながら話してくれたノートを、いまでも大切に持っています。特別研究生で一番面白い点は、自分の手で世界でまだ誰も知らない事実を研究する、解き明かすということです。学会等を通じ、サイエンスが大好きな同年代と知り合うことができ、パイオサミットでは夜通し夢中になってお互いの研究を話し、興奮しました。いまでもその友人とは連絡を取り合っています。

春から慶應義塾大学環境情報学部に進学します。大学で免疫の研究を続け、将来は、自分と同じ志の仲間を増やし、地元に戻り、その仲間とがんに立ち向かう研究に携わっていただけたらと思います。また、富田所長のお考えにとっても共感を覚えており、地元で、そのお手伝いをしていただけたらと思います。



自分の狭い世界が一気に広い世界に変わり、将来の指針が見えた。

佐藤 月菜君 長浜バイオ大学バイオサイエンス学部バイオサイエンス学科1年 山形県立鶴岡北高等学校卒業

高校3年時、特別研究生として、温度によるがん細胞内のタンパク質の発現を調べ、薬剤耐性の有無によって、もともと異なったタンパク質量を持ったタンパク質や温度刺激の影響で異なった変化をしたタンパク質を調べる研究を行いました。この活動に参加したことで、自分の将来の指針が見えました。さらに、高校では学べないことを学ぶことや、わからないことを理解できるようになるのが楽しかったです。

その後、滋賀県にある長浜バイオ大学バイオサイエンス学部バイオサイエンス学科に進学しました。現在は、調査や実験で基礎力を身につけ、さらに、IGEMというグループ参加している友人と研究方針や論文、学会資料などを読んで知識を増やしています。

後輩の皆さんには、あまり悩まずに是非応募してほしいと思います。自分の狭い世界が一気に広い世界に変わります。やらなければ、得られないものばかりなのでやって後悔することはないと思います。勇気を持って、自分の世界を変えるのも大事だと思います。



メタゲノム解析を用いた水質浄化の研究、幅広い分野のさまざまな人と出会えた。

成田 明未君 慶應義塾大学環境情報学部3年 羽黒高等学校国際科卒業

中学生の時、致道ライブラリーでの職場体験で、生命科学が社会に与える影響、未来の可能性にとっても感動し、是非この分野を学びたいと思いました。新聞などで鶴岡の高校生がIABで研究していると知り、是非自分も参加したいと強く思いました。特別研究生の活動では、メタゲノム解析を用いて水をきれいにする微生物の研究に取り組みました。この活動の面白いところは、1から自分で研究の計画を立てられるところです。自分で課題を見つけ、自分で情報を集めて、議論していかないとはいけません。それを通じて自主性を身につけることができます。またこの活動を通じて、通常の高校生活では出会えない非常に幅広い人に出会えたのも大きな財産でした。

その後、慶應義塾大学環境情報学部に進学しました。現在は、遺伝子回路のモデル化とシミュレーションの研究をしています。将来は、社会に役立つ研究をして、起業し、社会に還元していきたいです。



とても得るものがあり、楽しい。ポジティブシンキングになりました。

土田 雄大君 慶應義塾大学環境情報学部3年 山形県立鶴岡中央高等学校普通科卒業

子供の時から虫が好きで、生物が好きだった僕は、IAB中学生見学会に参加して、それがきっかけで鶴岡中央高校に進学しました。高1の時から、高校生研究助手に採用され、オイル産生菌プロジェクトに所属し、どの菌種がどれだけ油をためるかを調べました。専門知識豊富な皆さんに囲まれ、とても得るものがあり、自分も将来こうなりたいと強く思うようになりました。

この活動を通じて、ポジティブシンキングになり、失敗してもよくよく、早めに次のトライをしよう、という考え方に変わり、家族もその変わり様に驚くほどでした。(笑)

その後、慶應義塾大学環境情報学部に進学しました。現在はパイオキャンプ生として鶴岡で研究活動を行っています。将来は、生物の研究者と科学者になりたいのと、鶴岡で研究助手を教えたい、つないでいきたいと思っています。



鶴岡で国際会議における学会発表も経験。大学院に進んでさらに研究を。

早坂 亮祐君 慶應義塾大学環境情報学部4年 山形県立鶴岡南高等学校理数科卒業 (特別研究生1期生)

高2から特別研究生として、スベリヒユという雑草の部位間の違いによる代謝プロファイルの違いを研究しました。スベリヒユの葉と茎の部分に、機能性成分が入っていることは前から知られていましたが、自分の研究を通じて、根の部分に機能性成分がより多く入っていることを(世界で初めて)発見しました。指導スタッフからもその結果には驚かれ、そのことがとても嬉しいことでした。

その後、慶應義塾大学環境情報学部に進学して研究を続け、今はスベリヒユに加え湿海かぶの研究をしています。研究会で出会った仲間はハイスパックでユニークな人ばかりで刺激を受けました。2014年には鶴岡で開かれたメタボローム国際会議で、人生で初めて英語で自分の研究を学会発表し、第一線の研究者と議論できたことが良い経験となりました。

春からは慶應義塾大学の大学院に進学し、この先端研究で研究を続けていく予定です。大学院ではがん細胞のメタボローム解析にテーマを広げ、さらに研究を進めていきたいと考えています。

学年は2017年3月現在

図 7-2 : 2018 年度特別研究生募集チラシ (続)

高校生研究助手と特別研究生制度によって 2018 年度までに先端研が受け入れた高校生の延べ人数を表 7-3 にまとめた。

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	合計
研究助手 (鶴岡中央)	4	11	12	9	6	6	8	10	8	8	82
特別研究生			6	15	15	16	16	19	20	20	127
鶴岡南			6	10	8	3	6	7	9	4	53
鶴岡北						1	1	3	1		6
鶴岡工業						1	1		1	3	6
鶴岡中央				1	2	1		1	2	3	10
鶴岡東					3	5	5	4	6	6	29
羽黒				2	2	5	3	4	1	1	18
鶴岡高専				2							2
酒田東										3	3
計	4	11	18	24	21	22	24	29	28	28	209

表 7-3 : 先端研による地元高校生の受入れ実績

このように先端研は 2018 年度までに地元の高校生を延べ 209 人受け入れている。そのうち毎年数名が慶應義塾大学環境情報学部の AO 入試を受験し、合格して入学後もバイオ系の研究会に所属し、先端研で実習や研究活動を行っている。中にはさらに大学院に進学して研究を続ける学生もいる。2019 年に慶應義塾大学政策メディア研究科の修士課程を卒業した学生の一人は、同研究科の博士課程に進学して、科学者を目指して先端研で研究を続けている。また、修士課程を卒業したのちに先端研発ベンチャー企業に就職した人もいる。このように地元高校出身者が鶴岡サイエンスパークの一員として活躍し始めたことは意義深い。

7-4 地域での啓発活動

先端研の活動と理念を地域に広く伝えるために多くの講演を行った。先端研の研究成果や先端研発ベンチャー企業の最新動向などをわかりやすく伝えるとともに、先端研の理念やビジョン、そして地域振興のために必要なマインドセットを説くことで、市民の理解と協力を求めることが講演の目的である。

先端研所長の富田（筆者）が、地域の行政、政治、学校・教育機関、経済団体や地元市民団体が主催したイベントで行った講演を表 7-4 にまとめた。

年月	会名称	主催団体等	場所
2014 年 5 月	村山地区高等学校教育研究会理科部会	村山地区高等学校教育研究会	寒河江市
2014 年 5 月	若者のための起業チャレンジ講演会	山形県、山形県教育委員会	山形市
2014 年 6 月	第 23 回 Inter Act 年次大会	鶴岡西ロータリークラブ	鶴岡市
2014 年 10 月	第 47 回日本薬剤師会学術大会 「県民公開講座」	日本薬剤師会 山形県薬剤師会	山形市
2014 年 10 月	山形県立米沢興譲館高等学校 S S H 事業「工学と医療」研修	山形県立米沢興譲館高等学校	米沢市
2014 年 10 月	荘友会	荘内銀行	鶴岡市
2014 年 10 月	第 4 回「読書で元気なまちをつくろう・市民の集い」	「読書のまち 鶴岡」宣言をすすめる会	鶴岡市
2014 年 11 月	鶴岡市立鶴岡第四中学校文化講演会	鶴岡市立鶴岡第四中学校	鶴岡市
2015 年 8 月	全国専門学科「情報科」研究協議会	全国専門学科研究協議会	酒田市
2015 年 9 月	2015 年度「山形学」講座 第 5 回「地域と世界をつなぐ若者」	公益財団法人山形県生涯学習文化財団	鶴岡市
2015 年 9 月	第 15 回山形県教育行財政研究協議会	山形県教育庁	鶴岡市
2015 年 10 月	「チャレンジ SSH 事業」学識者講演会	山形県立楯岡高等学校	村山市
2015 年 10 月	東北工業化学研究発表大会 山形大会	東北工業化学研究発表大会	鶴岡市
2015 年 10 月	東北地区教育研究所連盟「総会・教育研究発表会」	東北地区教育研究所連盟	天童市
2015 年 11 月	羽黒地区 PTA 連合会教育講演会	鶴岡市立羽黒中学校	鶴岡市
2015 年 12 月	酒田市立八幡小学校 キャリア教育授業	酒田市立八幡小学校	酒田市
2016 年 2 月	鶴岡商工会議所会員事業所研修会	鶴岡商工会議所	鶴岡市
2016 年 4 月	鶴南ゼミ発展 鶴岡地域活性ゼミ	山形県立鶴岡南高等学校	鶴岡市
2016 年 5 月	第 54 回 IBM ユーザー・シンポジウム	全国 IBM ユーザー連合会	山形市
2016 年 6 月	第 54 回日本口腔科学会北日本地方部会	山形大学医学部	山形市
2016 年 7 月	東京べにばな倶楽部	山形新聞社	鶴岡市
2016 年 7 月	東北 6 県高等学校校長研究協議会	山形県立山形東高等学校	山形市
2016 年 7 月	「チャレンジ SSH 事業」学識者講演会	山形県立東桜学館高等学校	東根市
2016 年 7 月	早慶交流会記念講演会	山形三田会、校友会山形県支部	山形市
2016 年 10 月	鶴岡市立鶴岡第二中学校 PTA 研修会	鶴岡市立鶴岡第二中学校	鶴岡市
2016 年 10 月	山形県ものづくりマネジメント人材育成事業研修	公益財団法人山形県産業技術振興機構	山形市
2016 年 11 月	鶴岡市立鶴岡第三中学校 2 学年総合学習	鶴岡市立鶴岡第三中学校	鶴岡市
2016 年 11 月	最上・庄内市町村会合同研修会	最上地方町村会、庄内市町村会	鶴岡市
2016 年 11 月	家庭教育講演会 兼 第 3 回酒田飽海 P T A 連合会研修大会	酒田市教育委員会 酒田飽海 P T A 連合会	酒田市

2017年6月	がんの時代を生きる県民セミナー	第一生命保険株式会社、山形県	鶴岡市
2017年6月	がんの時代を生きる県民セミナー	第一生命保険株式会社、山形県	山形市
2017年7月	第57回東北連合小学校校長会研究協議会山形大会	東北連合小学校長会 山形市立千歳小学校	山形市
2017年7月	日本技術士会山形県支部30周年記念大会	日本技術士会東北本部	山形市
2017年7月	第41回経済同友会東北ブロック会議	山形経済同友会	山形市
2017年7月	櫛引中学校創立60周年記念講演会	鶴岡市立櫛引中学校、	鶴岡市
2017年8月	栄養学若手研究者の集いサマーセミナー	山形大学	山形市
2017年9月	がんメタボロミクスセミナー	庄内地域産業振興センター	鶴岡市
2017年10月	第33回東北六県高等学校教頭・副校長会研究協議大会	東北六県高等学校教頭・副校長会、山形県立霞城学園高等学校	山形市
2017年10月	第30回鶴岡市企業懇談会	鶴岡市	東京
2017年11月	酒田第二中学校5周年記念講演会	酒田市立酒田第二中学校	酒田市
2017年11月	山形三田会、不動産三田会 講演会	山形三田会	鶴岡市
2017年11月	鶴岡市立渡前小学校 教育講演会	鶴岡市立渡前小学校	鶴岡市
2018年3月	第28回生物試料分析化学会年次集会	山形大学医学部付属病院	山形市
2018年5月	山形県高等学校初任者研修地区別研修	山形県教育センター 山形県立鶴岡中央高等学校	鶴岡市
2018年8月	山形新聞社・慶應義塾大学先端生命科学研究所連携協定締結記念シンポジウム	山形新聞社 山形県教育委員会	山形市
2018年8月	庄内市町村議会議長会議員全員研修会	鶴岡市議会、酒田市議会、三川町議会、遊佐町議会、庄内町議会	鶴岡市
2018年8月	北海道・東北六県議会議員研究交流大会	山形県議会	山形市
2018年9月	鶴岡市立朝暘第一小学校 PTA 教育講演会	鶴岡市立朝暘第一小学校	鶴岡市
2018年9月	退職互助部田川支部講演会	山形県教職員互助会	鶴岡市
2018年10月	鶴岡中央高等学校創立20周年記念講演	山形県立鶴岡中央高等学校	鶴岡市

表 7-4：先端研所長による地域での講演

講演のタイトルは「鶴岡から世界を変える」「慶應鶴岡キャンパスの挑戦」「脱優等生が創るニッポンの未来」など地域に向けて熱いメッセージを込めたものとなっている。なおこの表には先端研主催イベント（第4章）での講演は含まれていない。

7-5 その他の地域連携

(1) 産学官連携コーディネーター

先端研は2011年度より常勤の「産学官連携コーディネーター」を配置している。産学官連携コーディネーターは、県内企業等を対象に先端研の先端的なバイオ研究成果や研究技術の活用による各企業の事業化促進や先端研との共同研究を推進するための活動を行っている。山形県・鶴岡市関係機関等および庄内地域産業振興センター・コーディネーターと連携し、慶應先端研の周知、保有する研究技術シーズの紹介、県内企業等のニーズの調査、場合によっては、各企業訪問時に具体的な課題についての相談と共同研究の候補課題の提案を行い、慶應先端研とのマッチング活動を展開している。

慶應先端研の周知活動、県内企業等の課題やニーズの把握（技術相談の対応を含む）および山形県バイオクラスター形成促進事業・バイオ技術事業化促進助成事業等にて、県内企業等の訪問件数を表7-5にまとめた。

山形県 地域名	2014 年度	2015 年度	2016 年度	2017 年度	2014 ～ 2017 年度 件数
庄 内	39(28)	55(33)	34(20)	63(50)	191(131)
最 上	8(8)	7(7)	10(9)	8(6)	33(30)
村 山	17(9)	22(14)	20(16)	26(22)	85(61)
置 賜	11(5)	2(1)	6(6)	8(8)	27(20)
件数	75(50)	86(55)	70(51)	105(86)	336(242)

訪問件数（内 企業）

表 7-5 : 山形県下企業等の訪問件数（2014 年度～2017 年度）

上記の県内企業等を対象にした活動のみでなく、近隣の高等教育機関の研究者および県公設試研究機関の研究員等と慶應先端研の研究者との連携を図り、新たな共同研究の創出、プロジェクトづくりの促進となるコーディネート活動を行っている。その結果、経済産業省（2013 年度補正予算）「大学におけるオープンプラットフォーム構築支援事業」および農林水産省（2014 年補正予算）「農林水産業の革新的技術緊急展開事業（技術革新を加速する最先端の分析技術の応用）」の採択につながった。採択後も、実施体制の構築、研究の進捗状況の把握・管理、関連機関および共同研究機関との連携を図っている。

(2) からだ館



(からだ館 HP より)

2007 年から地域の医療機関や行政と大学が連携・協働して、地域住民のニーズに応じていく新しい「地域協働」プロジェクトとして、慶應先端研致道ライブラリー内に「からだ館 がん情報ステーション」を開設した。秋山美紀教授がプロジェクトリーダーを務めている。

地域住民の健康レベルと QOL (Quality of Life) の向上をめざし、がん疾患や治療法、術後の生活サポート情報提供、さらに患者や家族などの同じ悩みを持つ人々の出会いの場の提供など活動を行っており、地域住民の支持を得ている。2014 年からは「からだ館」として、がんという疾病に限定しない健康に関する総合的な情報ステーションとして活動している。

からだ館関連の過去 5 年間の新聞記事は以下の通りである。

からだ館健康大学 「上手な体脂肪の減らし方」講座開催	山形新聞、2014.5.17
「自由研究おうえん隊」開催	山形新聞、2014.7.28
からだ館健康大学 特別企画「健康長寿 住民からの取り組み」	荘内日報、2014.9.10
「寸劇から始める健康づくり」開催	荘内日報、2014.11.12
「からだ館健康大学」開催	荘内日報、2014.12.18
「世界希少・難治性疾患の日 (RDD)」の啓発イベント開催	山形新聞、2015.3.5
「自由研究おうえん隊」開催	山形新聞、2015.8.4
からだ館 健康大学特別企画「治療に活かそう! 患者のチカラ」	荘内日報、2015.12.4
からだ館、世界希少・難治性疾患の日イベントを開催	山形新聞、2016.2.29
からだ館健康大学「お口の手入れと健康のステキな関係」	広報つるおか、2016.5.1
からだ館夏休み企画自由研究おうえん隊	広報つるおか、2016.7.1
からだ館健康大学 考え方で気分も変わる 上手な切り替え方のコツ	広報つるおか、2017.2.1
RDD 2017 in 鶴岡	荘内日報、2017.2.9
からだ館健康大学 健康のカギ「足」 ～手入れの方法と歩行について～	広報つるおか、2017.4.1
からだ館自由研究おうえん隊	広報つるおか、2017.7.1
からだ館開設 10 周年記念 健康大学開催	山形新聞、2017.11.23
からだ館主催 RDD in 鶴岡 開催	山形新聞、2018.2.26

表 7-6 : 先端研からだ館関連の新聞記事 (2014 年以降)

(3) 県内企業への研究技術指導支援

慶應先端研は、2014 年度—2015 年度に県内製薬企業である日新製薬株式会社 (天童市) から出向された研究員を所員として受け入れ、メタボローム解析技術の研究指導を実施した。2015 年度において、県内企業である山形企画株式会社 (最上郡真室川町)、日東ベスト株式会社 (寒河江市) およびヒューマン・メタボローム・テクノロジーズ株式会社 (鶴岡市)

と直接的な研究契約のもと、それぞれの企業のニーズに対応した事業課題に対してメタボローム解析技術が活用されている。

(4) 慶應メタボロームコンソーシアムによる企業との連携

企業などへの直接的なアプローチは、日経 BP 社および株式会社バイオフロンティアパートナーズが主催する投資家向けの「バイオフィナンスギルド」などで取り組んでいるが、2008 年に発足した「慶應メタボロームコンソーシアム」は、製薬、食品、化学関係の全国の企業との連携・共同を進め、世界に対して山形県、鶴岡市の拠点性を高めつつある。

本コンソーシアムは、先端研がこれまで開発してきたメタボローム解析技術を企業や研究機関と共有し、発展させるために設立され、現在、5 社の企業が参画している。企業、研究機関との関係構築が先端研の研究促進に繋がり、その結果として産業集積の可能性の一層の広がりが期待される。

(5) 山形新聞社との協定締結

2017 年 1 月 12 日、慶應先端研と山形新聞社は、地方創生の推進を目的とした連携協定を締結した。連携協定締結記念として 2018 年 8 月に山形市においてシンポジウムを開き、所長の富田勝（筆者）が講演した。

(6) 国立がん研究センター、山形県、鶴岡市との協定締結

学校法人慶應義塾は、国立研究開発法人国立がん研究センター、山形県、鶴岡市と、がんのメタボローム研究分野の研究連携拠点の設置により、地域イノベーションを創出し、地方創生を実現するために、2017 年 4 月 10 日、協定を締結した。

また、当該 4 者のほか、地域の産業支援機関である庄内地域産業振興センターを加えた 5 者で、「がんメタボローム研究連携協議会」を組織し、研究の進捗管理や成果を活用した地域振興についてのマネジメントを行っている。



(先端研 HP より)

(7) 損保ジャパン日本興亜ビジネスラボ鶴岡の新設

2018年3月8日、慶應先端研と損害保険ジャパン日本興亜株式会社は、先端科学技術を活用して社会課題の解決を図り地域・社会への貢献に寄与することを目的とした、包括連携協定を締結した。



(先端研 HP より)

さらに、両者の共同研究契約も締結、慶應先端研キャンパスセンター内に「損保ジャパン日本興亜ビジネスラボ鶴岡」を設置。2018年11月現在社員2名が常駐し、社会課題の解決に向けた調査・研究および社会実装の推進、革新的な人づくりのための連携強化を図っている。

7-6 地域連携関連の新聞記事

先端研の地域連携やサイエンスパークに関する過去 5 年間の新聞記事を表 7-7 にまとめた。特にサイエンスパーク建設に関するニュースや国立がん研究センター鶴岡ラボに関するニュースは全国誌でも報道された。

庄内産業支援センター、共同研究シーズ事業化支援助成事業実施	山形新聞、2014.4.19
「大学におけるオープンプラットフォーム構築支援事業」経産省革新事業に採択 東北で唯一	山形新聞、2014.6.7
庄内産業支援センター、共同研究シーズ事業化支援助成事業 6 件採択	荘内日報、2014.6.12
庄内産業振興センター、共同研究シーズ事業化支援助成事業実施	荘内日報、2015.4.21
バイオクラスター形成促進事業 共同研究支援助成事業決定	朝日新聞、2015.6.20
鶴岡「サイエンスパーク」構想	山形新聞、2015.10.17
「サイエンスパーク」開発事業が本格化	山形新聞、2015.11.13
豆菓子製造のでん六 慶大先端研などとの共同開発の新商品販売開始	山形新聞、2016.2.26
国立がん研究センター 鶴岡市に一部機能移転	毎日新聞、2016.3.23
やまがたの未来をひらく 整備進むサイエンスパーク	山形新聞、2016.9.1
山形新聞社と連携協定を締結	山形新聞、2017.1.13
舟形マッシュルーム 先端研をはじめ県内 3 機関との共同研究成果新商品を発売	山形新聞、2017.2.8
がんメタボローム研究連携協議会 初会合	日本経済新聞、2017.2.9
参議院議員予算委員会 先端研やスパイバー視察	荘内日報、2017.2.16
慶應義塾、国立がん研究センター、山形県、鶴岡市 協定を締結	日本経済新聞、2017.4.11
山形県工業技術センターとの共同研究成果 メロンジャムの製造方法を開発	日本経済新聞、2017.7.6
鶴岡サイエンスパーク 子育て支援施設が着工	日本経済新聞、2017.8.31
東北ハム 先端研等との共同研究成果 新商品を発売	日本経済新聞、2018.2.1
東北ハムが先端研等と共同開発の生ハム ドイツ農業協会コンテストで金賞受賞	山形新聞、2018.4.7
やまがた科学・産業体験実行委員会 発足	山形新聞、2018.4.26
鶴岡 ホテル・スイデン・テラス 8 月プレオープン	山形新聞、2018.6.1

表 7-7：地域連携およびサイエンスパークに関連する新聞記事（2014 年以降）

第 8 章 地域への経済効果

8-1 慶應先端研の獲得外部資金

慶應先端研の獲得外部資金は、山形県および鶴岡市による「慶應義塾大学先端生命科学研究所研究教育活動補助金」（山形研究費）および「慶應鶴岡タウンキャンパス基金」（TTCK 基金）、そしてその他の外部資金を合計すると、2014 年～2018 年の 5 年間で約 59 億円である。年ごとの詳細金額を表 8-1 にまとめている。

(1) 慶應先端研獲得外部資金

	2014	2015	2016	2017	2018	5 年間総計
山形研究費	700,000,000	700,000,000	700,000,000	700,000,000	700,000,000	3,500,000,000
TTCK 基金	140,000,000	140,000,000	140,000,000	140,000,000	140,000,000	700,000,000
他外部資金	454,507,162	425,975,572	120,228,754	288,474,787	232,754,510	1,743,910,955
合計	1,294,507,132	1,265,976,572	960,228,754	1,128,474,787	1,072,754,510	<u>5,943,910,955</u>

表 8-1: 慶應先端研獲得外部資金（単位：円）

(2) 省庁など外部資金額

山形研究費と TTCK 基金以外に獲得した外部資金は、計 297 件、総額は約 17 億円であり（2018 年 5 月末時点）、その詳細は表 8-2 の通りである。

委託元	2014	2015	2016	2017	2018	総計
文部科学省	162,512,000	200,837,077	157,038,000	123,259,400	86,118,000	729,764,477
厚生労働省	40,123,200	36,761,600	33,523,079	86,654,059	77,080,510	274,142,448
経済産業省	151,160,966	33,909,091	31,409,091	5,000,000	7,260,000	228,739,148
農林水産省	1,766,996	13,583,004	0	0	0	15,350,000
企業等	98,944,000	140,884,800	120,228,754	73,561,328	62,296,000	495,914,882
総計	454,507,162	425,975,572	342,198,924	288,474,787	232,754,510	<u>1,743,910,955</u>

表 8-2: 省庁などからの外部資金内訳（単位：円）

(3) 日本学術振興会特別研究員

この他には、延べ 21 名の博士課程学生および若手スタッフが「日本学術振興会特別研究員」に採用され、研究奨励金と科研費の合計で、**85,240,000 円**が支給されている。

8-2 鶴岡サイエンスパークが創出した雇用

(1) 慶應先端研の雇用

2018 年 5 月現在の先端研の研究スタッフ数は、表 8-3 の通りである。雇用者のうち、県内（庄内）出身者が多くのウェイトを占めていることから、地域の雇用を着実に増やしている。また、先端研に勤務するスタッフが山形県鶴岡市を生活拠点とすることによる経済波及効果は大きい。今後も研究プロジェクトの増加にともない、さらなるスタッフの増員も期待されている。

区分	人数	県内出身者数		県内在住者数	
			庄内 出身者数		庄内 在住者数
研究スタッフ（常勤教員等）	18	0	0	17	17
研究スタッフ（常勤所員・県職員含）	10	0	0	10	10
研究スタッフ（非常勤）	26	0	0	3	3
技術スタッフ	59	39	39	55	55
事務スタッフ	28	16	16	24	24
計	141	55	55	109	109

表 8-3：先端研のスタッフ内訳（2018 年 5 月現在）

(2) ベンチャー企業各社の雇用と資本金

先端研発ベンチャー企業 6 社とヤマガタデザイン株式会社の従業員数と資本金等を表 8-4 にまとめた。

企業名	従業員数	資本金等
HMT 社	72 人	14 億 61 百万円
Spiber 社	200 人	224 億 43 百万円
サリバテック社	18 人	2 億 06 百万円
メタジェン社	16 人	35 百万円
メトセラ社	11 人	73 百万円
MOLCURE 社	7 人	2 億 04 百万円
ヤマガタデザイン社	62 人	22 億 82 百万円
合計	386 人	267 億 04 百万円

表 8-4: ベンチャー企業の従業員数と資本金等
(2018 年 12 月現在・メトセラ社は 2017 年 12 月現在)

先端研関連ベンチャー企業の雇用は 2018 年 12 月時点で **386 人**であり、先端研の雇用 109 人と合わせると、先端研が生み出した雇用は **495 人**になる。これに国立がんセンター鶴岡ラボなど関連機関の雇用を合わせると、**500 人**を超える。

また、先端研関連ベンチャー企業が調達した資本金等の合計は **267 億円**で、これらの資金は、人件費の他にも、建物の建築費や施設工事費、物品購入費にも充当されており、地域への経済効果は大きいと考えられる。

(3) 高度な専門人材の増加

鶴岡市においては、サイエンスパークにおける取組みが地域にどのような効果をもたらしているかを定量的に把握するために、専門機関による調査分析を実施した。その結果は市の公式ホームページの「高等教育機関との連携」>「慶應義塾、山形県、鶴岡市による協定（第4期目）の最終年度を迎えて」>「サイエンスパークが市にもたらす効果等」という項目のもとに「慶應義塾連携協定 地域経済波及効果等分析の概要（PDF）」が2019年1月に公表されている*。

それによれば、2015年国勢調査†に基づくと市内在住の「研究者」は130人、市内を従業地とする研究者は140人となっていて、先端研開設以降、サイエンスパークの拡大とともに増加してきた様子がうかがえる。「研究者」の定義は、「試験・研究施設において、学問上・技術上の問題を解明するため、新たな理論・学説の発見や技術上の革新を目標とする専門的・科学的な仕事に従事する者」とされていて、大学教員など、講座を持つ研究者は「教員」に分類され、「研究者」には含まれていない。

就業者数に占める「研究者」の割合は0.20%で、東北地方の人口10万人以上の都市の中では、仙台市の0.27%、盛岡市の0.22%に次ぐ第三位の高い水準にある。ちなみに第四位以下は、福島市の0.19%、秋田市の0.17%、いわき市と郡山市の0.12%である。「研究者」に代表される高度な専門人材が鶴岡に集積することによって、学術分野にとどまらず、あらゆる分野でイノベティブな風土が醸成されつつあると考えられる。

8-3 鶴岡サイエンスパークの交流人口

(1) 学生の滞在

毎年約70名（約35名／学期）延べ約1,170名（2001年4月から2018年度春学期まで）の学生が鶴岡に滞在し、学部教育ならびに大学院教育を受け研究を行った。加えて、短期間滞在（2週間）の春季特別研究プロジェクト（春季休業期間中）と夏季特別研究プロジェクト（夏季休業期間中）があり、湘南藤沢キャンパスの先端生命科学研究会の学生たちが研修棟（学生寮）に滞在して研究を行う。各休業期間を3分割し、1タームを2週間として、3ターム行う。第1陣が約18名で、期間をずらし第2陣・第3陣が鶴岡に滞在する。開設当

* <https://www.city.tsuruoka.lg.jp/shisei/sogokeikaku/koutoukyouiku-renkei/seisaku0120190124.html>

† 2015年国勢調査抽出詳細集計（全世帯の10分の1の世帯の調査票を用いて集計した詳細結果）による

初から積算すると延べ人数で、約 1,590 名になっている。さらに、新学期が始まる時点で、「新人合宿」を毎学期（各 3 日間）実施しており、開始した 2007 年度から延べ約 308 名の学生が鶴岡に来ている。

慶應サテライトキャンパスとしての鶴岡の地は、湘南藤沢キャンパスのバイオ専攻の学生にとどまらず、各学部の教養課程を学ぶ場所である日吉キャンパスの学生プログラムや大学院の研究室ゼミナールにも広がっている。この例として、日吉教養研究センター主催の「庄内セミナー」（4 日間）があり、毎夏 30 名前後の学生・教職員が鶴岡キャンパスを訪れる。

また、研究所が開設された 2001 年度から、慶應義塾の一貫教育校（付属校）の高校生を対象とした「慶應サマーバイオカレッジ」を毎年開催している。バイオテクノロジーの基礎を体験する 2 泊 3 日または 3 泊 4 日の合宿形式のプログラムとなっており、慶應義塾の 5 校（慶應義塾高等学校、志木高等学校、女子高等学校、ニューヨーク学院、湘南藤沢高等部）から毎年約 16 名が参加し、実習・実験を体験しており、このプログラムで 2017 年度までに鶴岡を訪れた慶應高校生は延べ約 260 名となっている。

(2) 短期訪問者

過去 5 年間に、先端研を見学した人の数は以下の通りである。

2014 年度	1,996 人
2015 年度	2,290 人
2016 年度	2,280 人
2017 年度	2,068 人
2018 年度	1,724 人

(※2018 年度は 10 月末までの数字)

表 8-5：先端研見学者人数

また第 4 章で述べたように先端研ではバイオ関係の国内外の研究者・企業関係者を対象として、国内学会・国際学会やシンポジウムを、鶴岡市を会場として開催している。また全国の高校生、大学生、大学院生などを対象としたイベントやセミナーも行った。こうした取組みは、研究教育面で山形県と鶴岡市の知名度を上げるのみならず、山形県・鶴岡市を基点とするさまざまな人的ネットワークの形成に繋がるほか、エクスカッションやグルメツアーなどの企画も通じて、山形県・鶴岡市の観光面での魅力も伝えるきっかけにもなっている。

8-4 市による経済波及効果分析

2019年1月に公表された鶴岡市の公式ホームページの「高等教育機関との連携」＞「慶應義塾、山形県、鶴岡市による協定（第4期目）の最終年度を迎えて」＞「サイエンスパークが市にもたらす効果等」＞「慶應義塾連携協定 地域経済波及効果等分析の概要（PDF）」に、先端研の経済波及効果についての分析調査結果が掲載されている*。以下はその引用である。

鶴岡サイエンスパークを構成する先端研、ベンチャー企業各社、鶴岡市先端産業支援センターに入居する研究機関等の活動によって発生する消費・投資等の需要が、市内各産業にどの程度新たな生産を誘発するかを、「サイエンスパークの経済波及効果」として産業連関分析によって推計した†。

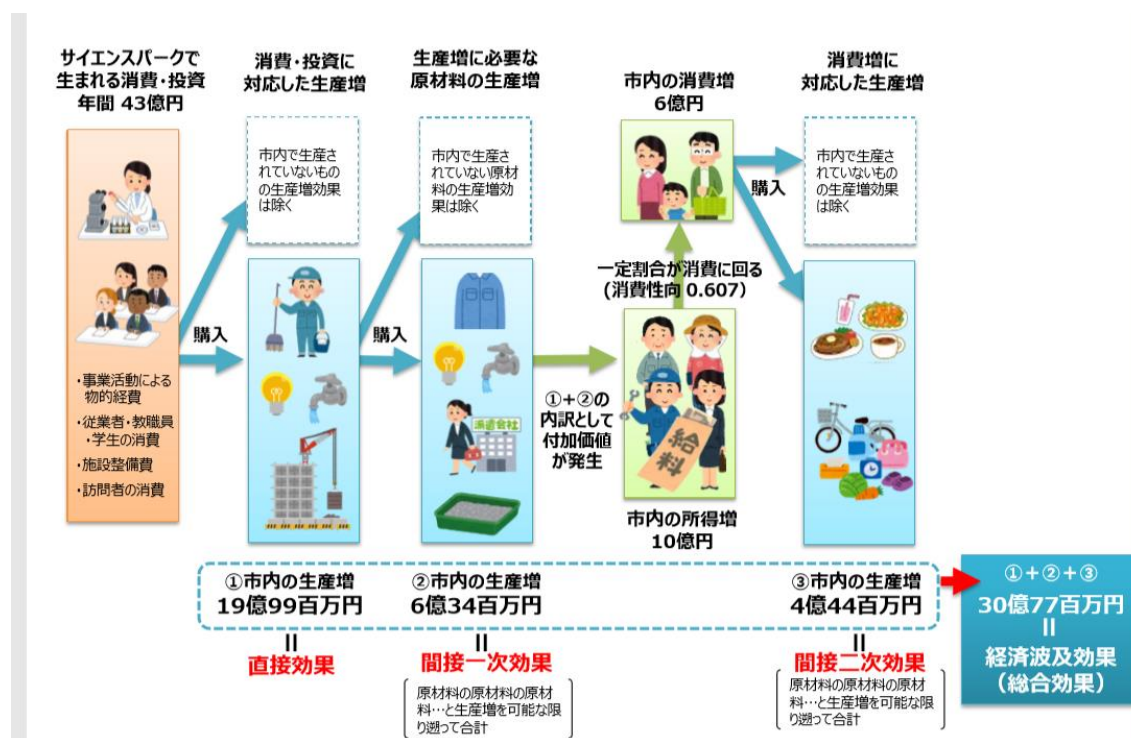


図 8-1：経済波及効果の概念図

（市の公式 HP の「慶應義塾連携協定 地域経済波及効果等分析の概要」より引用）

* <https://www.city.tsuruoka.lg.jp/shisei/sogokeikaku/koutoukyouiku-renkei/seisaku0120190124.html>

† 環境省・（株）価値総合研究所「地域経済循環分析用データ」における「地域産業連関表（2013年版、39部門）」を用いて、レオンチェフの均衡産出高モデルによる産業連関分析を実施。

サイエンスパークを構成する事業体の活動による需要としては、「①事業活動による物的経費」、「②従業者・教職員・学生の消費」、「③施設整備費」、「④訪問者の消費」の4つを想定し、ヒアリング等により推計を行っている。また、年度ごとの振れも考慮し、2015～2017年度の平均を求めている。

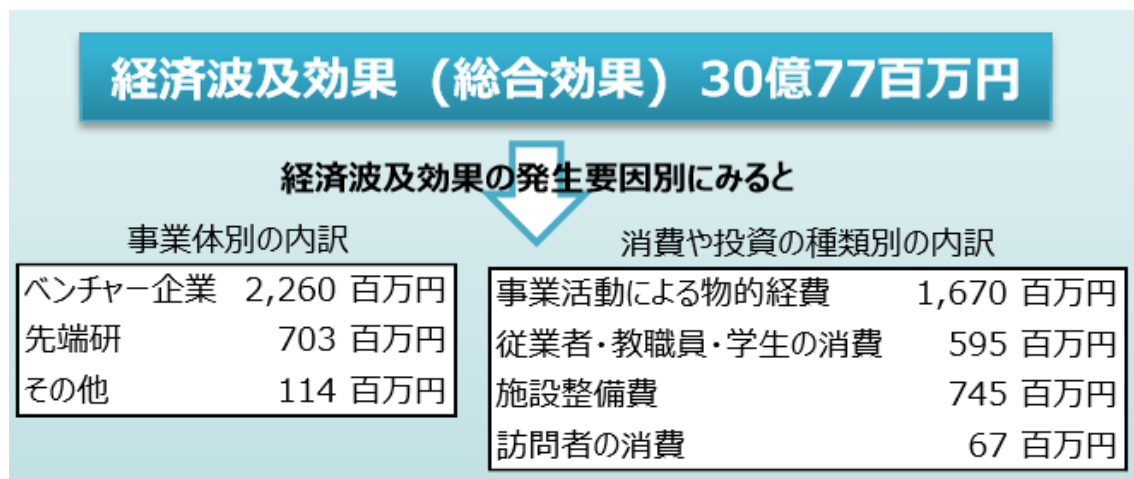


図 8-2： 経済波及効果の内訳

（市の公式 HP の「慶應義塾連携協定 地域経済波及効果等分析の概要」より引用）

サイエンスパークの経済波及効果を産業部門別にみると、事業活動による物的経費の支出先の多くを占める「対事業所サービス」や、宿泊施設整備等があったことで「建設業」などに効果が大きく表れている。また、サイエンスパークの企業等と直接的に事業のつながりがない産業部門に関しても、企業間の取引関係を通して、間接的に広く効果が波及している様子がうかがえる。

	産業部門	金額 百万円	構成比 %
物品賃貸業、法務・財務・家計サービス、建物サービス、労働派遣サービス等	① 対事業所サービス	611	19.8
	② 建設業	490	15.9
教育、研究、医療・保健等に関するサービス全般	③ 公共サービス	274	8.9
	④ 住宅賃貸業	256	8.3
飲食店、宿泊業、洗濯業、理美容業、娯楽サービス等	⑤ 小売業	178	5.8
	⑥ 卸売業	162	5.3
	⑦ 対個人サービス	136	4.4
	⑧ 運輸業	130	4.2

図 8-3： 経済波及効果の構成比上位 8 部門

（市の公式 HP の「慶應義塾連携協定 地域経済波及効果等分析の概要」より引用）

サイエンスパークを構成する先端研、ベンチャー企業、その他研究機関等が負担する固定資産税は 33 百万円、これらの雇用者のうち市内在住者が負担する個人市民税は 25 百万円と推計さ

れる(それぞれ 2015～2017 年度平均)。これに加えて、30 億 77 百万円の経済波及効果に伴い増加する市内事業者の法人市民税、およびそれらの雇用者の個人市民税の増加額は、合計で 24 百万円と推計され、上記とあわせた全体の税収効果は全体で 82 百万円になるとみられる。経済波及効果が拡大することにより、幅広い産業部門からの税収効果の発揮が期待できる。

以上は鶴岡市の公式 HP からの引用である。結論として、サイエンスパークを構成する先端研、ベンチャー企業、その他の研究機関等の日々の活動に伴い発生する消費や投資は、現状で市内に年間 **30 億 77 百万円**の経済波及効果を生み出し、税収効果は、経済波及効果から生み出される分も含めて現状で年間 **82 百万円**と推定している。

第 9 章 社会的評価

9-1 地域振興に対する受賞とその授賞理由

(1) 鶴岡市 市政功労者

2016 年に先端研は鶴岡市から「市政功労者」の表彰を受けた。鶴岡市では、表彰条例に基づき、本市の発展に尽くされた個人または団体を市政功労者として表彰しており、毎年 10 月 1 日の市制施行記念式典で表彰している。先端研の授賞理由全文は以下通りである。

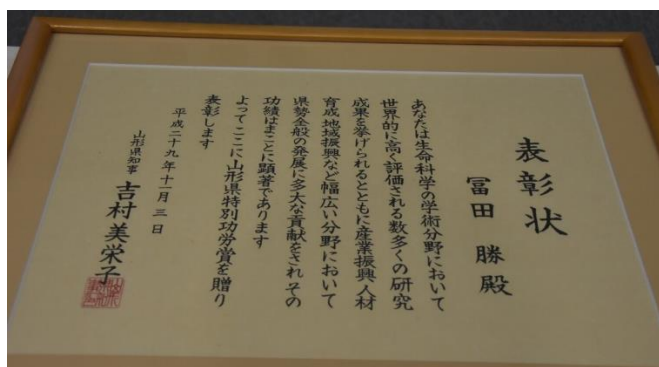
平成13年4月の設立以来現在に至るまで、最先端のバイオテクノロジーを駆使したメタボローム解析を中心に、がん発生・増殖等メカニズムの解明に寄与するなど質量ともに世界最大級の研究内容は、国内外から高く評価されている。また、医療、食品、新素材などの分野において、世界的な注目を集めるベンチャー企業を創出し、本市への先端的産業集積を促進するとともに、若者の定着、産業の高付加価値化、市民の健康づくり、次世代を担う人材育成など本市が取り組む学術文化都市の推進に多大な貢献をされ、市勢の興隆発展に寄与された功績はまことに顕著である。

このように、鶴岡市が取り組む学術文化都市の推進と地域振興に多大な貢献があったことが評価されている。

(2) 第6回地域産業支援プログラム表彰 文部科学大臣賞

2017年、先端研は「第6回地域産業支援プログラム表彰（イノベーションネットアワード2017）文部科学大臣賞」を受賞した。地域産業支援プログラム表彰制度は、経済産業省が主管となり、各地域における新事業・新産業創出に向けた優れた取組を表彰するものである。自主的な地域産業の振興・活性化を促進するとともに、他の地域においてもこうした先進事例を取り込むことにより、主体的に地域産業の振興・活性化の「流れ」を創ることを目的に平成23年度に創設された。先端研の授賞理由は「世界的な統合システムバイオロジー研究拠点形成による地域活性化と社会貢献」であった。先端研が中心となり、その有する人材、知財、ネットワークを活かした人材育成や地域活性化に寄与する特に優れた取組であることなどが評価された。

(3) 山形県特別功労賞



また同年、先端研所長の富田が「山形県特別功労賞」を受賞した。本賞は、「特定の分野における顕著な功績にとどまらず、幅広い分野において県勢全般の発展に多大な功労がある個人について、それらの功績を包括的に表彰する賞」として、平成16年度に創設された。過去には2名しか受賞していない。授賞理由は以下の通りである（下線は筆者による）。

1 学術分野(生命科学)に関する功績

先導的なバイオ研究拠点として平成13年に鶴岡市に開設された慶應義塾大学先端生命科学研究所において、設立当初から所長を務め、情報科学と融合した最先端のバイオテクノロジーの研究を先頭に立って主導。研究所は、生体内の代謝物質を網羅的に計測するメタボローム解析技術確立し、「がん細胞の代謝研究」「唾液でがんを発見する技術開発」「腸内細菌の研究」等、世界的に高く評価される数多くの研究成果を挙げている。

2 産業振興に関する功績

研究所の研究成果を、地域に根ざした形で事業化することに率先して取り組み、同研究所発の最初のベンチャー企業を自ら鶴岡で創業するとともに、後進の研究者の取組みも手厚く指導・支援し、強力にサポートすることにより、地域での数々の事業化につなげている。また、本県が推進する産学官連携によるバイオクラスター形成に向けた取組みに積極的に参画し、事業推進をリードするとともに、

研究所と県内企業との共同研究も促進する等、本県の産業振興に大きく貢献している。

3 人材育成、教育振興に関する功績

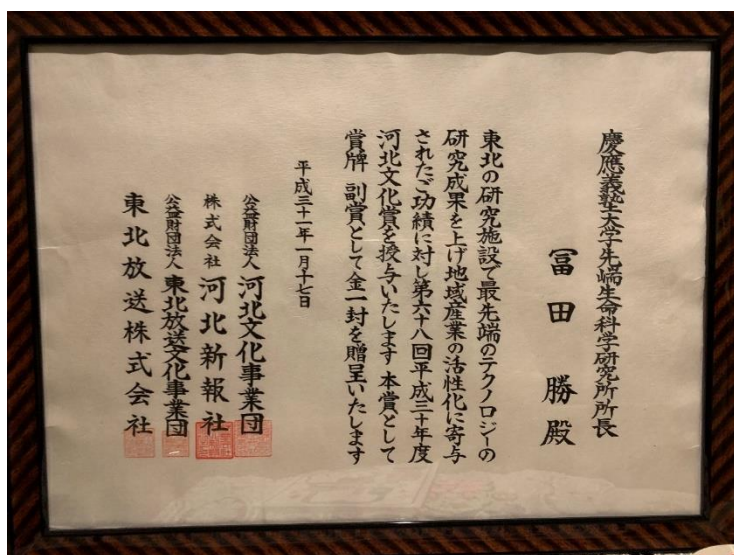
研究所において地元の高校・高専の生徒を研究助手や特別研究生として受け入れるプログラムを創設し、生徒が世界最先端の研究に接する機会を提供するとともに、「高校生バイオサミット in 鶴岡」「慶應アストロバイオロジー・キャンプ」等を企画し、全国の高校生・大学生等との交流の場を設ける等、本県の次世代を担う人材の育成に大きく貢献している。また、慶應義塾大学と県内の大学等（山形大学農学部・大学院農学研究科、鶴岡工業高等専門学校）との単位互換協定の締結や共同研究の実施等を主導し、教育研究機関間の交流により教育・研究活動の一層の活性化を図る等、県内の高等教育の振興に大きく貢献している。

4 地域振興等に関する功績

世界的なバイオ研究拠点の確立や地域の活性化に向けて、研究環境のみならず、研究者やその家族の生活環境、人材育成のための教育環境等も含めた、地域における複合的な環境整備の必要性を説き、これに賛同する関係者の取組みを様々な形でサポートすることにより、鶴岡において「サイエンスパーク」の整備が進められ、地域の開発が着々と進むとともに、新たな雇用も創出されている等、地域振興に大きく貢献している。また、平成17年の「メタボローム国際会議」第1回会議をはじめ、多くの学会・国際会議の本県誘致に尽力し、実現する等、本県と全国・世界との交流を促進するとともに、交流を通じた地域の活性化にも大きく貢献している。

このように、山形県の産業振興および地域活性化に大きく貢献している、と評価されている。

(4) 第 68 回河北文化賞



2019 年には先端研所長の富田が公益財団法人・河北文化事業団より「第 68 回河北文化賞」を受賞した。本賞は「東北地方の文化振興を目的に学術、芸術、スポーツ、産業、社会活動の各分野で顕著な功績のあった個人・団体に対し、その努力と業績を顕彰する」もので、昭和 26 年に創設された。富田の授賞理由（原文のまま）は「東北の研究施設として最先端の研究成果を上げ、地域産業の活性化に寄与した」ことによる。

9-2 主要メディアの報道

(1) 「日本を面白くするイノベティブシティ」(Forbes Japan)



2017年6月号の**Forbes Japan**誌に、日本を面白くする「イノベティブシティ」ベスト10という特集記事があり、鶴岡市が第3位にランクされた。その理由として以下のよう
に記述されている（下線は筆者による）。

慶應義塾大学先端生命科学研究所を中心に、最先端のバイオテクノロジーベンチャーが集う。
産官学連携のモデル都市とされ、現在は民間企業ヤマガタデザインの推し進める「サイエンスパ
ーク」整備が進行中。研究者がより心地よく生きられる街を目指す。

「街にやってきた『よそ者』の活動を、行政が一貫して支援し続けていることや、地域の人も研究
に触れられる場を提供していることが興味深い」(林千晶／ロフトワーク代表)

ちなみに第1位は福岡県福岡市で人口150万人の大都会であり、第2位の徳島県神山町は人口5千人の街であることから、典型的なサイズの地方都市の中では山形県鶴岡市が日本で最もイノベティブで面白い街であると評価されたことになる。実際、**Forbes Japan**誌の表紙は「3位は鶴岡、1位は？」という見出しになっている。

また、同誌同号で発表された「**Local Innovator of the Year 2017**」において、「地方のキープレーヤー6人」の一人に東北地方枠で先端研所長の富田（筆者）が選出された。

(2) 「鶴岡モデル成功の理由」(Newsweek 日本版)



2018年09月30日

Newsweek 誌日本版の 2018 年 9 月 30 日号に掲載された、鶴岡サイエンスパークに関する特集記事を以下に引用する（下線は筆者による）。

ベンチャーで地方創生、山形の「鶴岡モデル」成功の理由

く人口流出や産業衰退などの課題を抱えていた人口 13 万人の山形県鶴岡市が、18 年前に実現させた慶應義塾大学の誘致。若い才能が集い、世界が注目するバイオベンチャーが誕生、この 9 月には水田に浮かぶかのような美しいホテルもオープンした。いま鶴岡で何が起きているのか

話は、2001 年まで遡る。稲作の盛んな庄内平野に位置する人口約 13 万人の山形県鶴岡市は、人口の流出や少子高齢化、地域産業の衰退化など、日本の地方都市が直面する典型的な社会課題を抱えていた。こうした状況を官学連携による産業振興で打開するため、県と市によって慶應義塾大学が誘致されることになった。同大学の鶴岡タウンキャンパスの設置に伴い、新設される先端生命科学研究所の所長を一任されたのが富田勝教授。米カーネギーメロン大学と慶應義塾大学で人工知能、後に生命科学を研究してきた第一線の科学者だ。

「首都圏でもできる優等生的な研究を地方都市で行っても、この研究所はたぶんうまくいかない。賛否両論はあったとしても、世界で誰もやっていない、エキサイティングな研究をする。その研究をしたい人は、鶴岡に行くしかない——そんな場所になるようにと考えていけば、自ずとあるべき姿が見えてきました」と、富田所長は説明してくれた。

「良くも悪くもアクの強いコンセプトを打ち出すこと」。ここをエキサイティングなサイエンスの拠点にする、そんな構想で描かれたのは「バイオ(生命科学)」と「IT(情報科学)」を融合させ、データドリブン・バイオリジーに特化した、世界のどこにもない独創的な研究所だった。

富田所長には、生命科学の分野が情報科学になっていく確信があったという。事実、2003 年にはヒトゲノムの解読が完了し、現在となっては膨大な量のデータからコンピュータ解析を行う IT 主導型の生命科学研究が普及している。

だが当時はその概念すらなく、ともすれば批判的な見方もあったかもしれない。既成の枠にとらわれないビジョナリーな富田所長、その先見性には賞賛するしかない。

「僕がこの 18 年間守ってきたものの一つは、この研究所では『普通(であること)は 0 点』ということ。みんなには脱優等生とも言ってるんですけど、普通のことは優等生に任せて、僕らにしかできないことをやろうよと。人がやらないことをやれば、前例がないので失敗すること多い。でも誰かが人と違うことにチャレンジしなければ、この国の進化はありません。誰もやったことのないことに挑戦することは、とてもエキサイティングでワクワクします」と、富田所長は発信し続けている。

■ 人類に必要な課題解決をする、バイオベンチャーが次々に誕生

こうして設立された、慶應義塾大学先端生命科学研究所も入居する鶴岡サイエンスパーク。富田所長の研究戦略と活動は次々に奏功していく。

慶應義塾大学は 2002 年に代謝(ニメタボローム)解析の画期的な手法を開発した。「ヒューマン・メタボローム・テクノロジーズ」が 2003 年に設立され、その後うつ病の診断キットを開発し、2013 年 12 月に東証マザーズ市場に上場。庄内地方に本社を置く唯一の上場企業となっている。

その後も、人エクモ糸繊維の量産化技術確立し、世界に先駆けて合成タンパク質素材によるアウトドアジャケットのプロトタイプを発表した「Spiber」(2007 年)、唾液からがんなどの疾患を検査する技術を開発した「サリバテック」(2013 年)、独自のバイオ医薬品開発プラットフォームを有し、東京にオフィス

を構える「MOLCURE」(2013 年)、人の便から腸内細菌の遺伝子情報を分析する「メタジェン」(2015 年)、移植用の心臓組織の製造「メトセラ」(2016 年)と、研究所からこれまでに 6 つのバイオベンチャーが生まれた。

なかでも、NASA も諦めたとされる「人工合成クモ糸」の開発で世界の注目を集めているのが「Spiber (スパイバー)」。

研究所の基礎研究からサイエンスパーク内で事業化を進める担い手を代表して、関山和秀代表執行役に話を聞いた。

「サイエンスパークの一員という意識より、まず私たちには、本当に世の中に価値のあることをしたいという考えがあります。社会全体に対して、大きな役割を果たせるのかを常に念頭に置いています」と丁寧言葉に紡いでくれた。関山さんは生まれも育ちも東京。それまで山形に縁はなかったという。富田所長の人柄やビジョンに惹かれ、この研究は自分がやるべきじゃないか、そして実現してみたいものがある、そう考えた。それが、たまたま鶴岡という場所だった。「いろんな考え方があると思いますが、研究や生活環境という意味では、東京よりも鶴岡はとても過ごしやすく、私にも合っています。渋滞や満員電車もないですし、無駄なストレスを感じない。アイデアを出すにも、気分転換やリラックスできる環境です」と関山さん。

人工合成したクモ糸の繊維がメディアなどでよく取り上げられるが、それは Spiber にとって手法の一つにすぎない。関山さんが見据えている未来は、石油などのいずれ枯渇するエネルギーに依存しない素材の開発による革命。タンパク質を素材として使いこなし、人類のエネルギー問題という社会課題を根底から解決することだ。

「私たちの事業に大きな意義を感じてくれる人たちが、世界中から集まって来てくれています」。今や 200 人近い社員数になった Spiber は、新しい産業生態系のデザインに魅力を感じ、強い覚悟や共感を持ち、高い満足度で働く人たちがばかりだ。地方都市である鶴岡という立地が自然と良いスクリーニング効果を生んでいる。

「本当に地球規模で普及・拡大をさせていこうと思ったら、短期間で決着する話ではありません。我々の強みである基礎研究の開発に注力し、そこで圧倒的なイニシアチブを取り続けられるよう、長い時間をかけてチャレンジしていく。それが結果的に、こうしてお世話になっている鶴岡に還元をもたすものになればと考えています」

■「地方に大学誘致」は珍しくないが、鶴岡の成功には理由がある

代謝(ニメタボローム)解析を基盤とした先端的な基礎研究からスピノフが連鎖し、それらバイオベンチャーの集積によって、鶴岡はまさに産官学連携のエコシステムを形成するに至った。現在は、時間をかけながら機能し始めた成長フェーズと言える。

日本の地方都市に大学が誘致されているケースは多いはずだが、鶴岡モデルの成功は何が違うのだろうか？

富田所長も「18 年間、1 ミリもブレていない」と話すように、県と市が一貫性を持って投資し続けていることは、大きな成功要因の一つにあげられるだろう。地方創生のための R&D(研究開発)に対し、これほど長期にわたって投資が続けられていることは、極めて珍しく重要な差別化ポイントと言えるのではないだろうか。

そしてもう一つ、鶴岡モデルの大きな特徴としては、「ヤマガタデザイン」のような地域開発を手がける民間企業の存在が挙げられる。「山形、庄内で次の世代につなぐ街をデザインする」をミッションに、地域に必要なものをハードとソフトの両面から開発する会社として 2014 年に誕生した。代表取締役を務める山中大介さんは、大手不動産デベロッパー出身。大型商業施設の開発などを担当していた。友人の父親である富田所長、前述の Spiber 関山代表との出会いによって、前職を退職し、鶴岡サイエンスパークに。Spiber に一時入社するも、ある問題に直面する。サイエンスパーク内からベンチャーが生まれ拡張していくスピードに、行政主導による未整備地の開発速度が追い付いていない。当初の構想の 21.5 ヘクタールのうち、7.5 ヘクタールしか着手されておらず、残り 14 ヘクタールが手付かず状態のままだった。民間主導で開発できないかというニーズが高まっていた。想定していなかった課題だったが、「自分がやるべき仕事ではないか。目の前の困っている人に喜んでもらえる」。運と縁を強く感じ、開発を引き継ぐために立ち上がった。

そもそも地方創生、産業振興のためのサイエンスパークは、言い換えればそれ自体が一つのまちづくりだ。地域の利、ローカルインパクトを生み出すことが重要である。先端生命科学研究所の事業化は

もちろん、地域に住む人たちとの間を断絶せず、コミュニティハブとなるような、その役割を担う人や機能が必要だと、山中さんは考えている。

そして地元企業からの資金調達やバックアップもあり、完全地域主導によって誕生したのが、今年9月19日にグランドオープンした「SHONAI HOTEL SUIDEN TERRASSE(ショウナイホテル スイデンテラス)」だ。庄内平野の水田に浮かぶかのような美しいホテルで、設計は著名な建築家の坂茂氏が手がけた。「自然体で過ごす交流と滞在の拠点」がコンセプトとなっている。地域の人たちが気軽に足を運べる空間であると同時に、ビジネスホテルの予約が取りにくく需要も多いことから、ホテルの建設へと至った。

またホテル近くには、全天候型の児童施設「KIDS DOME SORAI(キッズドームソライ)」も11月に開業予定だ。この他にも地産地消を推進する農業や、地域交流が生まれるようなプランに取り組む予定だという。

この鶴岡モデルについて、「お互いがお互いにとって役に立てるように努力しよう、という意識で付き合っている。その信頼感はすごい」と話す Spiber の関山さん。「このサイエンスパーク内でお互いに競い合っているポイントは、どれだけ人や社会に価値を生んでいるかなんですよ」と、ヤマガタデザインの山中さんも言う。

富田所長がとても興味深いキーワードを話してくれた——「**好奇心ドリブン**」。イノベーションの創出には不可避なことだろう。サイエンスパークで出会った人たちの共通理念のように通底しているのは、まさにこの感覚だ。

基礎研究、応用技術、事業化まで一人でやる必要はない。研究にエキサイトする者。普及にエキサイトする者。地域開発にエキサイトする者。それぞれの人たちの全ての情熱が重なり合い、鶴岡、日本、ひいては人類のためになっていく。「天の時、地の利、人の和、まさにそこに集約されると思います」と山中さん。

鶴岡サイエンスパークを直接訪れて、確信へと変わった。富田所長の蒔いた種が、人を集め、芽吹き始める。地方創生の取り組みの中でエキサイティングな仕事が増え、また新たな仕事を生み出せる環境も整い始めている。その大きな功績は、おそらく歴史が証明してくれることだろう。

この記事によれば、鶴岡サイエンスパークの成功の理由は ①鶴岡の立地による人的スクリーニング ②地方自治体の一貫した支援・投資 ③地域開発を手がける民間企業の存在 ④好奇心を大切にする理念の共有 であると述べている。

(3) 「基礎研究振興がベンチャー育成の近道」(科学新聞)



The Science News (科学新聞)の2018年12月7日号に鶴岡を成功事例とする記事が1面トップに掲載された。以下に引用する(下線は筆者による)。

慶大誘致はクラスター形成の引き金 山形県鶴岡市に成功事例 基礎研究振興がベンチャー育成の近道

研究開発型の大学等発ベンチャーを育成し、地域にイノベーションクラスターを形成するためには何が必要なのか。政府はこれまで様々な施策を進めてきたが、実は基礎研究を振興することが、成功の近道になっていることが明らかになった。科学技術・学術政策研究所の新村和久上席研究官らが研究開発型大学等発ベンチャーデータベースを構築し、クラスター形成に成功している山形県鶴岡市の事例を分析することで、明らかにした。

近年、鶴岡市では人エコモ系の事業化で知られるスパイバー社などのベンチャーが5〜6社設立され、地域イノベーションの成功事例として注目を集めている。そこで、鶴岡市を対象に、研究開発型大学等発ベンチャーと地域クラスター形成の関連性を分析した。

クラスター形成の最初のきっかけになったのは、山形県と鶴岡市が慶應義塾大学を誘致するための活動を進め、99年に慶應義塾大学と協定を締結したことだ。01年には慶應義塾大学が先端生命科学研究所を鶴岡市に設置。新たな分野に挑戦することを学生たちに説いていた所長の富田勝氏は、自ら03年にヒューマン・メタボローム・テクノロジー(HMT)社を設立した。HMT社は地域外の大企業との共同研究を行うなど、活発に事業を展開し、05年には大手のベンチャーキャピタルであるジャフコから投資を受けた。文部科学省の地域産学官連携事業に採択されるのが09年、NEDO事業への採択が10年であることから、民間VCが最も早く目利きのあるリスクマネーを供給したことになる。

HMT社の成功をきっかけとして、先端生命科学研究所で学んだ学生たちが、スパイバー社やサリバテック社、メタジェン社、メセラ社などの研究開発型大学発ベンチャーを次々と創業していき、クラスターが形成されてきた。

地域が積極的に大学を誘致するとともに様々な面で応援し、大学は教育を行い、また教員が実践してみせることでベンチャー精神を育む。ベンチャーは大企業とも連携することで安定的な経営を進め、VCは目利きのある投資を行ってきた。さらに国の様々な支援を受けて、クラスターが形成されてい

く。

こうした成功の背景には、基礎研究がある。HMT 社のベースとなる特許出願が行われたのは 01 年、その 2 年後に HMT 社が設立されたのだが、設立に深く寄与した教授の競争的資金を調べると、その 3 年前から科学研究費補助金による支援を受けていた。HMT 社の特許出願数は 09 年をピークに減少していくが、その数年前から教授は別のテーマで科研費等を獲得している。つまり、次の基礎研究を始めたということだ。そうした中から新たなシーズが生まれ、学生がベンチャーを立ち上げていくという、エコシステムが形成されている。

おろそかにできぬ大学強化

大学発ベンチャーを増やそうという、すぐベンチャー育成施策を実施するのが今の政策の主流になっているが、基礎研究がベンチャー・エコシステムの起点であり、それをおろそかにしたのでは、物事は始まらない。また大学に求められている役割は、人材育成から機器・設備の共用まで幅広いことから、大学を強化することこそが、ベンチャー育成にとって重要なことであろう。

本記事は、鶴岡サイエンスパークの成功の背景には基礎研究があることを強調している。基礎研究こそがベンチャー・エコシステムの起点であり、それをおろそかにして、大学発ベンチャーの数を増やすためにすぐベンチャー育成施策を実施する、という今の日本の政策に対して批判的な立場をとっている。

(4) 「地域のためではなく人類社会のために新産業を興す」(河北新報)

2019 年 1 月、富田は第 68 回河北文化賞を受賞した。河北文化賞は、東北の学術、芸術、体育、産業、社会活動の各部門で顕著な業績を挙げた個人、団体を顕彰するもので、昭和 26 年に創設された。富田の受賞理由は「東北の研究施設として最先端の研究成果を上げ、地域産業の活性化に寄与した」ことである。受賞に伴い、河北新報の 2019 年 1 月 1 日号に、紹介記事が掲載されたので以下に引用する（下線は筆者による）。

東北の研究施設として最先端の研究成果を上げ、地域産業の活性化に寄与 慶應義塾大学先端生命科学研究所所長 富田勝さん(61)

2001 年に鶴岡市に誕生した慶応大先端生命科学研究所の初代所長に就任し、情報科学と生命科学を融合させた研究領域を切り開いてきた。唾液でがんを発見する技術や人工合成クモ糸繊維の生産といった成果を出し、世界的に注目される研究所へと育て上げた。

先端研からはメタボローム(代謝物質)解析技術を基に 03 年に創業し、13 年に東証マザーズに上場したヒューマン・メタボローム・テクノロジーズなど計 6 社のベンチャーが誕生。先端研や集積した他の企業と合わせ約 400 人が働く。地方創生の先進例として今、全国から視察が相次ぐ。

「地域のためではなく人類社会のために新産業を興し、それがうまくいけば結果的に地元が潤うというのが理想」と強調する。

先端研に根付かせた気風は、時流や権威に迎合した優等生的な点数稼ぎを排し、失敗を恐れず、革新的な挑戦を歓迎する姿勢だ。「ジンカタ」は、先端研で通じる特殊用語。「人生を語る」の意味で、酒席で「ジンカタ」が宣言されると、「なぜ生きるのか」などと青臭い議論が始まる。

「自分と家族以外の他人や社会をどれだけ幸せにできるかが、その人の価値。社会に貢献することは容易ではないが、機会を得た人は挑戦する義務がある」

先端研は地元の高校生を特別研究生などとして受け入れている。「何人かは国内外で大活躍する

科学者になり、将来的には地元にも成功をもたらしてくれるはずだ」と固く信じる。

「地域のためではなく人類社会のために新産業を興し、それがうまくいけば結果的に地元が潤う」「時流や権威に迎合した優等生的な点数稼ぎを排し、失敗を恐れず、革新的な挑戦を歓迎する」「社会に貢献する機会を得た人は挑戦する義務がある」。こうした高い志を集まった仲間みんなで共有しているからこそ、「サイエンスによる地域振興」という大目標に向かって強いモチベーションを維持し続けることができるのである。

(5) 「鶴岡は地方創生の切り札となるか」(テレビ朝日)



2018年6月30日のサタデーステーション(テレビ朝日)の中で、ディーン・フジオカ氏が鶴岡サイエンスパークを訪問し、ベンチャー企業による地域創生の特集が全国放映された。番組内容の概略は以下の通りである(goo テレビ番組情報のWebページから引用*)。

山形県**鶴岡市の取り組みが注目**されている。鶴岡市では人口減少と高齢化が進み、2040年までに消滅の可能性があると言われている。鶴岡市にあるスパイバー社には11カ国から有能な頭脳が集まっていて、人工のクモ糸の生産に成功し注目を集めた。現在、この糸を使ってザ・ノース・フェイスと共にジャケットを試作中だという。天然のクモ糸は重さあたりの強靱性が鋼鉄の340倍ともいわれていてNASAなどが研究を重ねていた。スパイバー社は独自の技術でクモの遺伝子を分析し人工的に遺伝子を合成、それを微生物に組み込むことで人工的にクモ糸を作っているという。石油を原料としないため、次世代の素材と期待され、将来は20兆円市場規模が見込まれている。

地方創生の起爆剤として2001年に県や市が慶応大学を誘致した。鶴岡市にあるサリバテック社では医療機関と提携し唾液によるがんのスクリーニング検査を行っている。鶴岡市は研究所から技術が生まれればベンチャー企業が立ち上がり、街の活性化につながると考えた。

慶応大学先端生命科学研究所の冨田所長は「地域のためではなく社会などのために産業を興す、それがうまく行けば地元も潤う」などとコメントした。

* <https://tvtopic.goo.ne.jp/kansai/program/abc/74058/723464/>

慶応義塾大学先端生命科学研究所では過酷な環境でも生きられるクマムシをつかった最先端の研究が行われているという。クマムシのメカニズムが解明できればワクチンなど乾燥保存技術が生まれると期待されている。こうした研究は自治体の負担の上に成り立っており、研究所への支援は県や市などから約 172 億円投じてきたという。富田所長は「長期的な所に一定の割合の予算をつけていく必要がある」などとコメントした。研究所の近くにはホテルや子育て施設などが建設中で移住者や交流人口の増加に期待がかかる。鶴岡市の高校生は鶴岡の産業に貢献したいなどと話した。

出演者のディーン・フジオカ氏は最後に「地方創生には長期的な種まきが必要と実感した」とコメントし、スタジオの番組 MC の高島彩氏は「こうした最新技術で地域が活性化していく流れが（全国に）広がっていくとよいですね」と語り、コメンテータの石坂浩二氏は「これは本当の意味での地方創生。今までなかったものを生み出すことがその地域を活性化する。これ以上の方法はないような気がする」とコメントした。このように番組では鶴岡市の取り組みを高く評価している。

(6) その他のテレビ放送

慶應先端研や鶴岡サイエンスパークの特集番組や、先端研および先端研発ベンチャーの研究者が出演した番組は 2014 年から 2018 年の間で **33** 本にのぼる。これらの番組一覧は付録に掲載した。

9-3 国務大臣の発言とメッセージ

(1) 石破茂地方創生担当大臣の記者会見

石破茂地方創生担当大臣（当時）は慶應先端研視察後の記者会見（2016 年 5 月 17 日）において以下のように発言している。

一昨日、山形県鶴岡市の慶應大学先端生命科学研究所を見学してきました。その富田所長がおっしゃるには、「その地域が良くなると思っているだけではダメで、その地域が良くなるのが日本が良くなることだ、という意識を持ったところでないと発展しない」と。まさしくそういうことだな、と鶴岡を見て感じました。学問を活かした地方創生のモデルとして、非常に感銘を受けました。

自分の地域だけの発展を考えているのではだめだ、ということに当時の地方創生担当大臣に気付いてもらったことには大きな意義がある。

(2) 山本幸三地方創生担当大臣からのメッセージ

山本幸三地方創生担当大臣（当時）は、先端研を視察後の 2017 年 6 月 11 日に以下のメッセージを先端研に寄せていただいている。

慶應義塾大学先端生命科学研究所においてお伺いしました「豊かな自然、文化や食のある地方都市でこそ、本当のサイエンスが生まれ、学問や研究のようなクリエイティブな仕事を成し得る」といった富田先生のお考えに大いに共感いたしました。また、慶應義塾大学先端生命科学研究所における生命科学に関する最先端技術の開発や世界が注目するベンチャー企業の設立等の取り組みには大変感動いたしました。（中略）改めて富田先生の地域貢献に対して、深く敬意を表したいと思います。「地方創生は日本の創生」であるとの信念の下、富田先生からお伺いしたご意見や取組も参考にさせていただきますつつ、新しい国のかたちづくりに向け、次代を担う世代のためにも、全身全霊を傾けて取り組んでまいります。

鶴岡の取り組みに対して共感と感動をしていただき、今後の政策の参考にするとコメントしていただいている。

(3) 安倍晋三内閣総理大臣の国会答弁および記者会見

安倍晋三総理大臣は 2017 年 11 月 27 日の衆議院予算委員会における、地方大学の活用に関する質疑で以下のように発言している。

山形県鶴岡市の慶應大学先端生命科学研究所では、国内外のトップレベルの若い研究者が世界

中から集まるようになった。さらに若者たちの研究成果の中から、世界トップレベルの新しいベンチャー企業が次々と生まれ、地元経済に大きな活力を生み出しています。

その後の 2017 年 12 月 15 日の共同ニュース記者会見においても安倍晋三総理大臣は以下のように発言している。

最近、わずかな唾液から癌を発見する画期的な技術が山形で生まれました。鶴岡市に慶應大学が設置した先端生命科学研究所では、いま世界中から研究者や学生たちが集まり、バイオ分野で世界初の挑戦がどんどん生まれています。蜘蛛の糸は世界中で最も強靱な繊維だと言われていますが、これを人工合成し量産化に成功したベンチャーは、世界的にも注目されています。

大学研究所の画期的な研究成果が国内外のトップレベルの若い研究者を引き付けて活力を生み出している、と地方振興の成功モデルとしての鶴岡を全国に PR していただいた結果となった。総理大臣としてのこれらの発言で、鶴岡での取り組みが国会議員をはじめとする多くの日本人に知られるようになった。

(4) 野田聖子元総務大臣のメッセージ

2019 年 1 月には野田聖子元総務大臣が鶴岡サイエンスパークを訪問し、視察後に以下のメッセージを Facebook に公表している。

鶴岡市にあるサイエンスパーク内の慶應大学先端生命科学研究所、合成クモ糸繊維の開発・生産を進めている Spiber 株式会社、街づくり会社ヤマガタデザインが手掛けたキッズドームソライ・ホテルスイデンテラスを視察させていただきました。慶應大学の研究所を誘致するところから始まり、そこで生まれたアイデアや技術によって会社が設立され、それを活かした地域づくりを推進するという、地方創生のモデルとなるような取り組みでした。

先端研とベンチャー会社およびヤマガタデザインによるサイエンスパークの施設を見学して、鶴岡は地方創生のモデルだと評価していただいている。

このように最近では、国会議員や地方議員や地方自治体や団体でツアーを組んで先端研と鶴岡サイエンスパークを視察に訪れることが多くなった。現在までに、副総理兼財務大臣、衆議院経済産業委員会、参議院予算委員会、内閣官房まち・ひと・しごと創生本部の国会議員団や、内閣府総合科学技術・イノベーション会議、財務省、文部科学省、厚生労働省、農林水産省、経済産業省、国土交通省、中小企業庁の幹部が先端研を視察・見学に訪れた。都道府県では、長野県、岐阜県、岡山県、広島県、鹿児島県、沖縄県、そして数多くの市町村の議会または行政が視察に訪れるなど、大学研究所を核とした地方創生のモデルケースとして注目を集めている。鶴岡での事例が、国や地方自治体の参考となり、実際の政策に反映されていくことも充分あり得る。

第 10 章 考察

本論文では第 3 章から第 8 章で先端研と鶴岡サイエンスパークの活動と成果を報告し、第 9 章では地域振興の“成功事例”として各方面から評価されていることを述べた。本章では、鶴岡サイエンスパーク創造の過程において、うまくいったこと、工夫したこと、そしてうまくいかなかったことについて、鶴岡独特の事情を踏まえて考察する。鶴岡サイエンスパークの発展の原動力について、鶴岡独特の事情と先端研独自の理念を鑑みて考察する。

10-1 思いのほか上手くいったこと

(1) ゼロからのスタート

通常は、地域に既に存在する有力研究機関や有力企業を中核機関とし、それらと連携する形で新産業創出を図ることが一般的である。しかし鶴岡市の場合はまず先端研の誘致することから始めた。常識的に考えるとこのことは地域間競争においては圧倒的に不利であり、当初いつ頃までにどのくらいの発展を見込んでいたのかは不明である。そして先端研自体もこの時ゼロからのスタートとなる。慶應義塾大学環境情報学部の教授 1 名（所長）と講師 2 名合計 3 名が核となり、研究所内の基本的な実験機材や家具などを調達するところから始めた。人事も微生物工学、代謝工学、ゲノム工学、分析化学の分野の研究者を日本中からリクルートし、各分野に非常勤教授 1 名と若手教員 1～2 名を採用した。スタートアップにか

なりのエネルギーを割いたのは事実である。

一方、まっさらなキャンパスに絵を描くことのメリットはかなり大きい。当面、教員間の意見調整も必要なく、全員新任なので既得権を主張する者もない。当初の理念に賛同した人だけが集まっているので、理念によるコンフリクトもなかった。研究所運営においてほぼすべてのことが初めてだったので、慣例も前例もなく既得権者もないので、若手でも自由に提案でき、その多くが施行された。このことが、先端研開設当時のモチベーションにつながり、自由で革新的な雰囲気が創られていったことは間違いないであろう。

(2) 自治体による自立的で継続的な財政支援

鶴岡市と山形県と慶應義塾の三者協定によって設立された先端研は、これら自治体（山形県と鶴岡市）からの補助金が先端研の安定財源である。毎年7億円（県と市の合計）の「補助金」は中小自治体にとってかなりの負担であるが、18年間まったくぶれずに拠出し続けている。

これだけの税金を投入している鶴岡市のメリットは何なのか。短期的な経済効果は期待できそうもない。しかし当時の富塚陽一鶴岡市長は、慶應義塾の誘致を「次世代のための種まき」と位置付けていた。人口減少が止まらず、このままでは三十年後には消滅するとさえ言われていた鶴岡市は、新たな産業をゼロから創り出す必要がある。そのための核となる研究所として慶應義塾を誘致したということである（「2-4 鶴岡サイエンスパークの沿革」参照）。

新たな主力産業をゼロから創出することには最低でも三十年はかかる。つまり今の世代にはほとんど恩恵はないが、三十年後の次世代のための投資だと位置づけていたのである。富塚陽一市長は慶應先端研に期待することとして、短期的な地元貢献や経済効果よりも、「世界が振り向く研究をして、街の文化的価値を高め、知的産業の土壌を醸成してくれること」と語った。富塚陽一市長のこの一貫した強い意志と理念は、後継の市長や知事にも受け継がれ、長期にわたる辛抱強い財政支援が行われてきた。

国の競争的大型補助金は多くの場合研究期間の上限を5年間としていて、5年が終わると補助金はゼロになってしまう。よって、別途新たな競争的資金を獲得しなければその研究は続けられず、雇用していた研究員や技術員は解職せざるを得なくなる。その1～2年後に再び大型補助金を獲得したときは、再び研究員や技術員を公募するなりしてリクルートしなければならない。

それに比べて、山形県と鶴岡市が慶應先端研に毎年拠出している「研究教育活動補助金」（山形研究費）の金額は、今まで18年間金額が上がることも下がることもなく一定で、今後もその金額がおそらく変わらないであろうという前提で研究プロジェクトを運営できる。これは市、県、大学の三者の信頼関係に基づくものであり、人員整理の心配なく安心して研究に打ち込めることは、圧倒的に有利なことである。また国の予算に比べて予算執行に関し

での制約が少なく、スピード勝負の先端研究の財源としては極めて貴重である。例えば大型機器の購入が突然必要となった時、予算に計上していなかった機器であっても、速やかに発注できる。これらのことが先端研の発展に大きく有利に働いた。

(3) ベンチャー起業支援体制

国の「地域イノベーション戦略支援プログラム」の指定地域（全国 30 拠点）に鶴岡は含まれておらず支援対象外であった。これにより国の補助金やサービスを得ることが出来なかったわけであるが、それにもかかわらず先端研の研究者によって鶴岡に 6 社のバイオベンチャーが創業されたことは注目を集めた。鶴岡サイエンスパークにはベンチャー企業を支援するサービスは提供されていない。そのような支援がなくても、先端研の個々の研究者は必要に応じて様々な企業や大学と共同研究を実施しているし、国内外の研究者や人材と交流する機会は自前で設けているし（第 4 章「イベントによる交流人口の増大」参照）、納得のいく研究成果は上げているし（第 3 章「研究による地域の学術文化向上」参照）、多くのベンチャー企業が創業されている（第 5 章「事業化による地域振興」参照）。メディアの露出も十分にある（付録：慶應先端研関連のテレビ放送）。起業に必要な経営ノウハウや人脈は、すべて個々の創業者の情熱と工夫によって自ら獲得したものである。

全国の多くの地域のイノベーション拠点は、手厚いベンチャー支援を売りにしている。ベンチャー企業の事業拡大に向けた販路拡大支援及び PR 支援に加え、金融機関などからの資金調達支援、採用支援などである。しかし洞口[2]によれば、こうしたイノベーション拠点からベンチャーが順調に成長したケースは必ずしも多くなく、しかもその数少ない成長したベンチャーが「知的クラスター創生事業」などから派生した共同研究成果によって成長したのかというと、そうとも言い切れない、と述べている。むしろ、成長しつつある有望なベンチャー企業はほぼ自力で成長したのであって、プログラムが提供する様々な支援や共同研究機会をほとんど利用していないが、それでも「知的クラスター創成事業」の成果事業を行っているようにプログラムの宣伝をしてくれている、という方が実態に近いという。洞口[2]がベンチャーの社長にヒアリングすれば、「私たちの事業はうまくいっていますよ。そのうちまたお世話になることがあるかもしれませんから、取材の紹介があったら受けますし、そのときには助成プログラムのおかげだという話も入れておいてあげますよ」というのが「知的クラスター創生事業」参画の本音であることがわかる。すなわち、プログラムを提供する側（官庁など）にとっては有望なベンチャー企業は喉から手が出るほど欲しいプログラムの「成功例」となるのでぜひ参画してほしいし、一方有望なベンチャー企業がプログラムに参画する本当の理由は、助成金とメディアへの露出であり、必ずしもクラスターメンバーとの共同研究機会や支援を期待しているわけではない、と洞口は述べている[2]。

つまり、公共機関などによるベンチャー支援サービスは、必ずしもベンチャー企業育成に寄与していないというのである。確かにこのことは、ベンチャー支援サービスを一切提供し

ていない鶴岡サイエンスパークから多くのバイオベンチャー企業が創業されたことからとも言えるかもしれない。

国の大型プログラムに参画することによるマイナス面も数多くある。まずは申請書作成とヒアリング準備に膨大な時間とエネルギーを割かなければならないし、採択後も報告書などの作成に加えて、共同研究を触発するためのイベントや“研究発表会”や“連携会議”が必須になる。まさに「連携のための連携」「共同研究のための共同研究」になりかねず、その時間とエネルギーは大学やベンチャー企業にとって大きなマイナスである。

そのことから、一見皮肉ではあるが、鶴岡が「知的クラスター創生事業」に選ばれなかったことと、ベンチャー支援サービスを用意していなかったことは、むしろプラスに働いたのではないかとさえ考えられる。

(4) 東京から適度な距離の立地

鶴岡市への交通は、JRだと東京から新潟経由で鶴岡駅まで約4時間かかるが、飛行機だと羽田空港から庄内空港まで約1時間、全日空が1日4往復飛んでいる。庄内空港から先端研／鶴岡サイエンスパークまでは車で約15分。空港からリムジンバスも2018年11月からサイエンスパークの停留所が出来て停まるようになった。全国の地方都市の中では交通の便は決して悪い方ではない。

にもかかわらず、日本人の多くは山形県に対して「蔵王」「映画おしん」のイメージを強く持っているためか、物理的距離のみならず心理的にも距離を感じているようであり、このことは、研究者を県外からリクルートする際に大きな足かせになったことは間違いない。特に首都圏の研究者の多くは首都圏から離れたがらなかった。新研究所そのものには興味を示してくれたとしても、場所が山形県と聞いて尻込みする研究者が多かった。実際に先端研に着任した研究者の中にも、「公募を見て場所が山形県とは知らないで応募した」「鶴岡八幡宮がある神奈川県かと思った」と当時を振り返って苦笑いをする人もいる。

しかし今考えてみると、そのことが幸いしたかもしれない。研究内容と理念に賛同して幾多の障害を乗り越えて鶴岡にやってきた研究者はモチベーションがとて高く、いわゆる優等生とは一味違う輝きと気概を持っている。世界のどこにもない理想の研究所を創ろう、という夢と理念に賛同してくれたのである。

「東京からの適度な距離が、スクリーニングとしてうまく機能している」。このことは、Spiber株式会社の関山和秀代表やヤマガタデザイン株式会社の山中大介社長も同様に口を揃える。

一方、事務職員と技術職員の多くは地元出身者である。地元市民にとって慶應先端研は非常に魅力的な就職先だと考えて、多くの優秀な地元の方々が応募してくれた。このことは競合する高度学術機関が少ない地方都市に研究所を設立するメリットのひとつである。

(5) 美しい自然と食文化

財力や人口で劣る中小地方自治体が、大都会に比べて確実に勝っているものは、美しい自然と豊かな生活環境である。外国人が羨むような美しい四季と旬の食材、そして通勤時間や居住空間、生活費などの生活環境は東京と比べて圧倒的な優位にある。日本人が見逃しがちなこれら優位性を十分に活かせば、地域振興のみならず、未来の日本あるいは人類社会を支えるような革新的な産業創造にはむしろ東京より地方の方が相応しいと言える。

真に独創的で革新的なアイデアは大都会ではなく自然豊かな地方の方が生まれやすい、と主張する根拠はいくつかある。①歴史に残る作曲家や画家や文筆家の作品は、自然豊かな田舎や森林で思いついた、というエピソードが多々存在するように思える。②実際、欧米先進国の大学・研究所のほとんどは大都会ではなく自然豊かな田舎町にある。そして、③東京人も、創造的な仕事や作業を集中的に行うための合宿は、自然豊かな地方へ繰り出すのがふつうである。

鶴岡市は日本海と出羽三山と鳥海山にかこまれ、夏は緑、秋は紅葉、冬は白雪と一年を通して風景が変わり、外国人が羨むような美しい自然を持っている。初夏にはスキー（月山）と海水浴を一日で同時に体験できる、日本で唯一の市でもある。先端研のある鶴岡サイエンスパークは、日本海のビーチまで車で 20 分、スキー場まで 30 分という絶好のロケーションにある。

学生たちには研究の合間に、夏は釣り、冬は日帰りスキーなど、鶴岡の豊かな自然を満喫することを推奨している。また、出羽三山の修験道を巡ったり、農村の民族芸能「黒川能」を見学したり、松ヶ岡開懸場を訪れて鶴岡の絹の歴史を学んだり、鶴岡名産の絹である「きびそ織り」に挑戦したり、地酒の酒蔵めぐりをしたり、山伏修行に挑戦したり、農家レストランで郷土料理を食べたりする「山形文化論」という正式な授業を用意し、先端研究の合間に伝統文化に触れて頭をリフレッシュする機会も設けている。

また鶴岡市は 2014 年にユネスコの「世界食文化都市」に日本で唯一認定されたなど、食文化レベルが高い。大都会にいと一年中なんでも食べることができてしまうが、鶴岡市民は、4 月は孟宗筍、7 月は岩牡蠣、8 月はだだちゃ豆、10 月は芋煮、1 月は寒鰯など、旬の食材にとってもこだわる。「季節は巡る」という当たり前のことが実感でき、都会育ちの人間にとっては実に新鮮であり、筆者自身も眠っていた感性を掘り起こされ刺激された気がする。

このように、既成概念にとらわれない独創的な発想やひらめきは、自然豊かな環境がとても重要である。海外の一流大学・一流研究所の多くが、自然豊かな地方都市にあるということにも納得できるというものだ。先端研出身、Spiber 社の最高技術責任者（CTO）の菅原潤一は東京生まれ東京育ちであるが、「大都会にいといろいろなことに目が行ってしまうが、鶴岡だと腰を落ち着けて学業や研究に没頭できたのがよかった」と感想を述べている。

10-2 工夫したこと

(1) 「脱優等生」という気風

「なぜ慶應が研究所を山形県に？」

東京や神奈川のキャンパスでやっているような研究を山形で行えば、必ずこのように聞かれてしまうであろう。そもそも首都圏の有力研究機関と普通に比較されてしまえば、予算規模や研究者数で全く太刀打ちできないことは明白であった。よって、どことも比較することが出来ないような、良くも悪くもアクが強く独創的な「オンリーワン」の研究所にすることが絶対条件だと考えた。

そこで掲げたのが「脱優等生」「普通は0点」というスローガンである。「普通のことは他の人に任せて、我々にしかできないことをやろう」。人と違うことをやれば、前例がないので失敗する確率が高い。でも誰かが人と違うことにチャレンジしなければ、社会の進化はない。誰もやったことのないことに挑戦することは、とてもエキサイティングであり、その雰囲気がある有能でクリエイティブな人材を呼び込むことになると考えた。

たとえば、先端研の主力技術であるメタボローム解析というアイデアは当初普通ではなかった。2000年時点では、細胞生物学は「仮説検証型」の研究が主流だったので、普通はまず仮説を立て、それに結び付く特定の代謝物をピンポイントで分析していた。それに比べ、メタボローム解析は正反対だ。まずサンプル中の（ほとんど）全ての代謝物を一斉に分析し、その膨大なデータから仮説を見つける、という「データ稼働型」（データドリブン）であり、そんな研究パラダイムは時の権威から良く批判された。「そんな膨大なデータを見せてもらっても誰も喜ばない」とか「仮説も何も考えずに力任せで全て測定する、なんてことは研究者がやることではない」などと辛辣だった。

所長からのミッションとしてメタボローム技術を開発した曾我朋義は、「全部測りたい、という人は世の中にいなかったのも、とてもハードルが高いと思った」と言う一方で、「とても難しいからこそチャレンジのしがいがあった」とテレビ番組のインタビューに答えている。

Spiber 株式会社の人工クモ糸合成のアイデアは、研究会合宿の夜の酒席で生まれた。2004年当時、環境情報学部4年生の関山和秀と2年生の菅原潤一が、酒席での話題としてクモ糸のすごさについて「強くて伸縮性があって軽くて耐熱性があるって石油非依存で生分解性である」と語り、「これを人工的に量産する技術確立して素材革命を起こそう」と氣勢を上げた。しかしすでに米国防省（US Army）と米航空宇宙局（NASA）がだいぶ前から巨額の予算をつぎ込んで開発していたが失敗に終わったという噂があり、「アメリカの一流研究

機関が諦めたのだから、今から大学生が始めたところで無理だろう」とというのが普通の考えである。にもかかわらず、関山と菅原は翌朝裏山へ行って百匹ものクモを採取し、後日 DNA を抽出してクモ研究を始めた。クモに関する文献も片っ端から読んだという。

関山は 2004 年に六本木ヒルズで行われた SFC Open Research Forum のビジネスコンテストで人工クモ糸量産技術のプレゼンをした時のエピソードは興味深い。審査員から「このビジネスのライバルはどこか」と聞かれ、「US Army と NASA です」と真顔で答えたところ、会場中が大爆笑になったという。関山たちのビジネスプランを聞いて、誰もが不可能だと思って一笑に付したのである。その後関山はテレビ番組のインタビューで、Spiber 社のビジネスの先行きはまだまだ不透明であることを認めながらも、「みんなが安定を求めるこんな時代だからこそ、誰かがリスクを取って世の中のために勝負をしなければならない」と胸を張った。

鶴岡関係者に語り継がれているこのエピソードは、「普通は 0 点」というスピリットが、常識を覆す挑戦の後押しをしたことを良く表わしている。

(2) 自由でイノベーティブな気風

一般論として、活気のない研究所の雰囲気を考えてみると、以下のような点を挙げることができる。

- 年功序列の雰囲気があって、ベテランに対して若手や学生が意見を言いにくい。たとえば、学生が十分な知識の裏付けなしに率直な意見を言った時に、その無知を指摘されて嘲笑されたり全否定されてしまうと、もはや意見を言う気は失せて無口になる。その結果、ベテラン教授しか発言しないという状況になってしまう。
- 研究グループ／研究室が縦割りになっている。このことはグループ長にとっては管理しやすいというメリットはあるかもしれないが、グループ間の交流が少なくなり、またややもすると研究資源や所属学生を巡って縄張り意識が芽生えてグループ間対立が起きかねない。
- 学生の研究テーマが指導教員から与えられる。与えられたテーマが必ずしも自分が本当にやりたい研究ではない場合、学位のためと割り切って研究することになり、そういう状況が長期間続けば、誰しも疲弊し活気を失うであろう。

そこで先端研では、研究プロジェクトや研究テーマをトップダウンで決めることはしないようにしている。各研究者が研究所の共通理念である「統合システムバイオロジー」「データドリブン・バイオロジー」を理解した上で、基本的には自分で考えて提案してもらう。そして新規の研究プロジェクトをスタートするためには、少なくともあと二名の先端研の研究者が「面白い」と支持していることを必要条件としている。どんなにエキサイティング

なプロジェクトだと考えていても、他に誰一人関心を示さないとすれば、それは先端研で実施するには相応しくないからである。

学生も自分の研究テーマは基本的に自分で決める。やりたい研究が必ずしも実施できるとは限らないという現実も理解した上で、教員や先輩とよく相談して、最終的には自分で決める。サイエンスにおいて、最も面白くて重要なことは、研究テーマと研究計画を考えるとこゝろであり、その一番面白い部分を教員が奪ってしまうようなことはあってはならない、という考えである。

先端研の研究者が普通ではない面白いことを皆で推し進めていくためには、リラックスしたときに生まれてくるインスピレーションを大切にして、突飛に思えるような独創的なアイデアを躊躇なく提案でき、それらが簡単には却下されないような雰囲気づくりが重要である。そのためには、常識を押し付けたり無知を軽蔑したりせず、若手がベテランに、学生が教員に、遠慮なくものを言える雰囲気が必要である。その一方策として、すべての研究者、教員、職員、学生は「〇〇さん」というように名前で呼び合うことにしている。学生が教員を呼ぶ時も「〇〇先生」ではなく「〇〇さん」と呼ぶことを徹底している。この風習は自由闊達な意見交換を行うために、若手研究者や学生が議論に参加できる雰囲気を作るためである*。

また、先端研では学生からも積極的に提案できる制度「5人組ルール」というものを設定している。これは研究所の運営方法などについて、批判に値する点や改善すべき点を見つけた時は、陰で個々に不満を言うのではなく、まずは学生5人以上と相談して建設的な代替案を考え、それを所長宛に5人以上の連名でメールするというものである。「5人組ルール」による提案がなされた時は、所長が責任を持って関係教職員と検討し、48時間以内に何らかの回答をすることを約束している。

実際に学生からこの5人組ルールで提案がなされたことは、18年間で3回しかない。ラウンジの使用法や、成果発表会の運営に関することなどの提案で、いずれも直ちに合意が得られた。しかし5人組ルールがほとんど利用されていないからと言って、このルールがあまり役に立っていないと考えるのは早計である。学生たちが何か不満があった時、5人組ルールで提案すべく学生同志で相談しているうちにすでに解決策が見つかる、ということも少なくないと思われるからである。いつでも所長に物申すことができる仕組みがあること自体が若手や学生に安心感を与え、そのことが研究ディスカッションの際にも若手や学生が遠慮なく意見を言う雰囲気を醸成していると考えている。

この他にも自由な雰囲気を造るための様々な工夫を凝らしている。先端研では研究グループ／研究室の縦割りの壁を撤廃し、学生は様々な研究グループを自由に行き来できるようにしており、一人が複数のテーマを持って複数のグループで活動することも推奨している。各学生に先輩学生のアドバイザーを割り当てる「学生アドバイザー制度」を作り、学生同士で学びあう「半学半教」を徹底した。先端研内でプレゼンテーションや議論する場を数

* 本来これは、慶應義塾の伝統的な理念であるが、他のキャンパスではあまり徹底されていない。

多く設け、また学部生、院生、教員の区別なく、国内外の学会で発表することを推奨し、そのために必要な旅費補助も行っている。

そして研究の合間には、夏は釣り、冬は日帰りスキーなど、鶴岡の豊かな自然を満喫することを推奨している。また、出羽三山の修験道を巡ったり、農村の民族芸能「黒川能」を見学したり、松ヶ岡開懸場を訪れて鶴岡の絹の歴史を学んだりする「山形文化論」という正式な授業科目を用意し、先端研究の合間に伝統文化に触れて頭をリフレッシュする機会もカリキュラムの中に設けている。

「普通ではない」ワクワクするような雰囲気と、和気あいあいとした楽しい雰囲気からこそ、エキサイティングな研究のアイデアが生まれると考えて、先端研では開設時からこのような理念と方針を貫いている。

10-3 思いのほか上手くいかなかったこと

(1) 教職員の有期雇用形態

先端研の運営予算のほとんどは、県と市からの「研究教育活動補助金」、国の競争的資金、企業からの共同研究費、指定寄付金などの外部資金である。これらの外部資金では無期雇用契約を結ぶことができず、テニユアの教員や正職員を採用することはできない。慶應義塾大学本体の経常費および「TTCK 基金」の運用益だけが、無期雇用の人件費に使うことができるが、それらは先端研予算全体から見るとわずかであり、よって先端研の教職員の多くは有期雇用契約の特任教員（特任教授、特任准教授、特任講師、特任助教、研究員）と嘱託技術職員と嘱託事務職員である。

有期雇用契約は労働契約法 18 条によって最大 5 年までと定められている。教員と研究者については平成 25 年に法律が改正され、「大学等及び研究開発法人の研究者、教員等に対する労働契約法の特例」によって有期雇用契約の上限が 5 年から 10 年に引き上げられたが、いずれにしても上限年数を超えて雇用を継続する場合は無期雇用契約に転換しなければならないのである。それができない先端研においては退職してもらわなければならないのである。優秀な研究者や教員であっても 10 年以上先端研に在籍することはできないのである。雇用の安定化を目論んで設定したはずの法律が、有期教員の長期雇用を妨げている、という皮肉な状況になってしまっている。法律で決められている以上、どうにもならないことではあり、近い将来労働契約法が更に改正されることを期待するしかない。

今のところ、先端研の多くの有期教員は任期終了までに国内外の大学・研究機関に自主的に転籍していて、大きな問題にはなっていないが、優秀な教員が長期にわたって先端研に在籍できるようにすることは、極めて重要である。そのためには、無期雇用の教員のポストを増やす必要があるが、慶應義塾大学本体は教員ポストをどちらかと言えば削減する方向であるため、先端研のために新たに無期雇用のポストを増やすことは難しい、との見解が示されている。しかしあきらめることなく、現在でもなお慶應義塾大学本体と協議中である。

(2) 外国人子弟の教育環境

鶴岡市内の小中学校はすべて公立（市立）であり、インターナショナルスクール（小中学校）は存在しない。このことは小中学生世代の子供を持つ外国人研究者にとって、鶴岡に移住する際の最も大きな障壁である。この問題を解決するために、先端研開設当時から以下のことを試みてきた。

- ① 公的機関によるインターナショナルスクール（小中学校）を新設
- ② 首都圏にあるインターナショナルスクールの鶴岡分校を誘致
- ③ 鶴岡市内の公立小中学校に、すべて英語で教える特別クラスを開設

このうち、①②についてはそれぞれ採算が合わないという理由でとん挫、③については鶴岡市教育委員会と数回議論したが未だに実現に至っていない。懸念事項は、英語で教えられる教職員の確保と財源、そして特別クラスを希望する生徒数の不確定さだという。特別クラスを開設したら外国人のみならず日本人の希望者も受け入れる必要があり、その場合希望者は全員受け入れなければならない（抽選や選抜はできない）、大人数が希望した場合には全く対応ができなくなってしまうから、という説明であった。今後も粘り強く、インターナショナルクラスの必要性を訴えていく必要がある。

一方、とりあえず現状で出来ることとしては、放課後の学童保育に英語で行うスクールを民間で開講することが考えられる。Spiber 株式会社の事業内保育所である「やまのこ保育園」や、ヤマガタデザイン株式会社の運営する全天候型児童遊戯施設「キッズドーム SORAI」の関係者と実現に向けて検討中である。

(3) 高大連携の壁

第7章で述べた「研究助手」「特別研究生」という高大連携の枠組みができるまでに8年の時間を要した。先端研開設当時、地元の高校に高大連携の案を作成して提案した時は、当然歓迎してもらえと思っていたが、意外に各高校からの反応はクールであった。生徒が長期間にわたって先端的な研究活動を行うことについて、各校とも極めて消極的だったのである。各高校の本音を筆者が推測すると以下の通りである。

いわゆる“進学校”においては、先端的な研究活動をして大学受験（一般入試）には役に立たないし、特に3年生はセンター試験の準備で忙しい。夏休みにも補習があり、「うちの生徒には先端的な研究活動をする時間がない」となってしまう。難関校への合格者数を一人でも増やしたい高校側の思惑としては、研究活動よりも、受験勉強に専念してほしいのであろう。一方、“進学校”ではないと自称する高校は、「うちの生徒に先端的な研究活動を積極的にやらせる理由がない、やる必要もない、基礎学力に集中させたい」「うちの理科の教員でもわからないことを生徒にやらせても無理だ」という考えである。いずれの高校からも明確に反対されたわけでもないのだが、賛成だからやりましょう、ということにもならず、何年も時間ばかりが過ぎていった。

そんな状況の中、2009年に奇策を思いついた。「高大連携」の看板を下げ、「アルバイト募集」に切り替えることにしたのである。平日毎日放課後に先端研に来て実験の手伝いをして給与を貰う、というアルバイトが「研究助手」である。まずはアルバイト募集のチラシを作成し、隣接する県立鶴岡中央高校の全生徒に配布してくれるように校長先生に依頼した。放課後のアルバイトは禁止されてないので、これらのチラシを生徒に配布することを高校が拒む理由は見当たらない。チラシを配布してもらった結果、中央高校から十数人の応募があり、面接を行って2009年度は4名採用することとなった。

高校生を研究助手に採用する、ということが他に類を見ず斬新だったために、地元紙の庄内日報、山形新聞、コミュニティー新聞や朝日新聞、読売新聞などで大きな記事になり、地元テレビニュースでも取り上げられ、その後、新聞の社説やコラムで、新たな人材育成の形として好意的に取り上げられた。

これらの記事を見た県立鶴岡南高校の校長先生から、うちの生徒も受け入れてほしい、という申し入れが来たのである。鶴岡南高校は地理的に、毎日放課後先端研に通うことは難しいので、研究助手というアルバイトではなく「特別研究生」という別の枠組みで各生徒の自由研究を応援する制度を創設したのである。2011年に鶴岡南高校の生徒を特別研究生として6名受け入れ、そのことが再び地元のメディアに大きく取り上げられた。

“進学校”を自認する鶴岡南高校が先端研と連携を始めたことで、市内の他の高校からも次々と連携の申し入れがあった。2012年には私立羽黒高校と鶴岡工業高等専門学校、2013年には私立鶴岡東高校、2014年には県立鶴岡工業高校と県立鶴岡北高校が加わり、鶴岡市内のすべての普通高校と高大連携が実現した。2018年からは酒田市にある県立酒田東高校からも受け入れている（表7-3）。

正攻法ではなかなか腰を上げなかった各高校との高大連携が一気に広がった理由が、「アルバイト募集」という奇策であったことは特筆に値する。

最終章

11-1 まとめ

本論文では、大学研究所である慶應先端研がどのように地域振興に貢献しているかを①研究成果による地域の学術文化価値の向上 ②学会など各種イベント開催による交流人口の拡大 ③創業したベンチャー企業による新産業の創出 ④地元企業、地元自治体との連携 ⑤雇用と経済効果 の5つの観点から詳細にまとめた。

2014年～2018年の5年間で先端研が研究費として獲得した外部資金は約**59億4千万円**（年平均約11億円）で、先端研の雇用者数は**109人**である。また、先端研関連のベンチャー企業の雇用者数は**284人**で、その他の先端研関連機関の雇用者も合わせると**500人**を超える。これは鶴岡市の労働人口の約**0.7%**にあたる。また、鶴岡市の就業者数に占める「研究者」の割合は**0.20%**で、東北地方の人口10万人以上の都市の中では、仙台市と盛岡市に次ぐ第三位の高い水準にある。先端研関連ベンチャー企業の資本金合計（資本剰余金含む）は、2018年12月時点で約**265億円**である。地域経済波及効果は毎年**30億77百万円**と推定されている。これらの結果から、先端研を核とした鶴岡サイエンスパークは、地方振興の成功事例として、多くの主要なメディアに取り上げられ、様々な賞の表彰を受けている。

全国の他地域と比較して、鶴岡は ①ゼロからのスタートであったこと ②国の「地域イノベーション戦略支援プログラム」（全国30拠点）の支援対象外であったこと ③ベンチャー起業を支援するサービスはなかったこと、という点で厳しい状況にあると思われた。にもかかわらず発展してきたのは、自治体による一貫した財政支援、「脱優等生」という理念

の共有、豊かな自然と食文化、などによるものであると考察し、地方振興における鶴岡の独自性について論じた。

これらの経験を踏まえて、大学研究所を核とした地域振興に必要なことを次節で提言する。

11-2 提言

大学研究所による地域振興は、地方創生の切り札となり得るが、そのためには様々な工夫が必要である。筆者は2001年の先端研開設以来、現在まで一貫して先端研および鶴岡サイエンスパークの開発・運営に中心的役割を担っており、それらの発展プロセス全体を最も詳細に把握している立場にある。これらの経験から、大学研究所を核とした地域振興に必要なこととして以下の6点を提言する。

(1) 地方の立地を強みと考える逆転の発想

東京一極集中・東京至上主義が蔓延する我が国において、日本人は地方を“田舎”と称して格下に見る傾向がある。地方が格下と思われているうちは、真の地方創生はあり得ないであろう。地方創生・地域振興のためには、その地域が大都会より“格上”であるというブランディングを目指す必要がある。

財力や人口で劣る中小地方自治体が、大都市に比べて確実に勝っているものは、美しい自然と豊かな生活環境である。外国人が羨むような美しい四季と旬の食材、そして通勤時間や居住空間、生活費などの生活環境は東京と比べて圧倒的な優位にある。日本人が見逃しがちなこれら優位性を十分に活かせば、未来の日本あるいは人類社会を支えるような革新的な産業創造にはむしろ大都会より地方の方が相応しいと考えられよう。

欧米先進国の研究所や大学キャンパスの多くは、地方の田舎町にある。地方であることを誇りに思い、大都会の人間から羨ましがられるような豊かな生活環境を構築することが、地方研究キャンパスの発展のために極めて重要である。

ヤマガタデザイン株式会社が建設した宿泊滞在複合施設「ショウナイホテル・スイデンテラス」および子育て支援施設「キッズドーム・ソライ」が2018年9月に開業し、先端研の立地環境が大きく変わった。ともに世界的建築家の坂茂氏のデザイン、設計によるスタイリッシュな建物であり、観光にも寄与することが期待されている。また、サイエンスパーク関

係者のみならず、鶴岡市民が活用できる施設であることから、鶴岡市全体の活性化にも貢献していくものと思われる。

「サイエンスの街」を発展させていくためには、研究施設や研究環境の整備のみならず、研究者とその家族が快適に暮らせる生活環境の整備が大切である。先端科学技術などの学術文化に加えて、食文化や伝統文化、そして芸術やスポーツをバランス良く兼ね備えた街を創り、我が国の「学園都市」の概念を覆すことに挑戦していきたい。

(2) 地域行政と大学の揺るぎない信頼関係

大学研究キャンパスの設立には即効性のある経済効果は期待できない。研究所が核となって新産業を創出し、地域を活性化するような大きな産業に育つまでには数十年の年月が必要である。即効性のない投資を長期間行うには、自治体は相当な覚悟を持って「腹を据える」必要がある。

山形県と鶴岡市が慶應先端研に毎年拠出している「研究教育活動補助金」の金額は、今まで18年間金額が上がることも下がることもなく一定で、今後もその金額がおそらく変わらないであろうということを前提に、安定した財源を確保していることは、大学研究所にとって極めて重要なことである。

これは市、県、大学の三者の信頼関係に基づくものであり、首長の覚悟はもちろんのこと、市長や知事が引退したり、政権交代があっても、継続して未来に投資し続けるためには、市民・県民の理解も得なければならない。そのためには第7章で述べたような直接的な地域貢献も大切である。とりわけ、高校生研究助手や特別研究生の制度は、将来地域を支える人材の育成ということで市民から大いに理解され、また先端研で受け入れた高校生が、家族に先端研の様子を話すことによって、何をやっているかわからない閉ざされた研究所のイメージから、開かれたオープンな研究所というイメージになり、市民からの信頼もより厚いものになった。

(3) 大学メインキャンパスとの強固な連携による学生の確保

近くに学部や大学院がなく研究所だけが存在する研究キャンパスにおいては、どのように学生を巻き込むかが重要な課題である。キャンパスを活性化し、イノベーションの原動力となるのは学生だからである。

学生を確保するためには、学部・大学院を有する大学本体のキャンパスと強固に連携して、事実上そのサテライトキャンパスと位置付けられることが理想である。学部生や大学院生が地方研究キャンパスに滞在して単位を取得できる授業科目を用意し、それらの科目を本籍の学部・研究科のカリキュラムに正式に組み入れることが望ましい。

一方で研究所の運営については、独自に速やかに意思決定して前に進めるような独立性を担保することは重要である。意思決定に際していちいちメインキャンパスの承認を必要

とするようでは、革新的な研究所を運営することは難しくなるからである。

(4) 自由な雰囲気と高い志の共有

第10章の4項で論じたように、イノベーションを推し進めていくためには、好奇心を大切に、突飛に思えるような独創的なアイデアを躊躇なく提案でき、それらが簡単には却下されないような雰囲気が大切である。そのためには、常識を押し付けたり無知を軽蔑したりせず、若手がベテランに、学生が教員に、遠慮なくものを言える雰囲気と、時流や権威に迎合して点数を稼ぐ優等生的な考えを排して、失敗を恐れず革新的な挑戦を歓迎する姿勢が重要である。

このようなマインドセットは「SFC スピリット」と呼ばれる湘南藤沢キャンパスの理念と同じである。またこれらは、福澤諭吉が慶應義塾を創設した時の建学の精神でもあり「福澤スピリット」であるとも言える。

イノベティブな技術を社会実装するためには、事業化して利益を出さなければ持続可能にならない。起業はそのための「手段」である。一方、世の中には利益を得ることそのものを目的として起業し、株式上場すると大金を手にして EXIT する起業家や投資家が多数存在するが、鶴岡ではそのような起業家は尊敬されない。そして、地域のためではなく人類社会のために新産業を興し、それがうまくいけば結果的に地元が潤う、という高い志を共有することが、地域振興という大目標のためのモチベーションの維持のために重要である。

(5) 基礎研究の重要性の再確認

本論文で筆者が最も強調したい点のひとつが、この基礎研究および基盤技術開発の重要性である。

第9章の9-2(3)で述べたように、科学技術・学術政策研究所の新村和久上席研究官らは研究開発型大学等発ベンチャーデータベースを構築し、鶴岡の事例を分析することで、基礎研究の重要性を明らかにした。地域にイノベーションクラスターを形成するために、政府はこれまで様々な施策を進めてきたが、実は基礎研究を振興することが、成功の近道になっていることを示したのである。

ベンチャーを起業するためには、手続きや資金調達など様々なノウハウが必要であることは間違いないが、それにもまして最も重要なことは、基盤となる独自技術を開発することにつくる。イノベティブな技術なしに将来の国や社会を支えるような真にイノベティブな産業は誕生し得ない。そして新規技術開発のための基礎研究や基盤技術開発は、時間がかかるし、失敗する確率も高い。しかし仮に失敗したとしてもそこから学ぶことは多く、真にイノベティブな人材育成のためには、それらの失敗を許容する必要がある。

(6) 高い志を地域で共有するための啓発活動

自分たちがリスクを取ってでも社会の課題解決にチャレンジするんだという高い志と、すぐに成果を求めずに将来世代のために長期にわたって投資し続ける覚悟と忍耐が、地域振興という大目標を実現するために必要不可欠なことであり、そのマインドセットを地域の行政と政治そして市民に対して機会がある度に粘り強く説く必要がある。

そのために先端研所長の富田（筆者）は、地域の行政、政治、学校・教育機関、経済団体や地元市民団体が主催したイベントにおいて数多くの講演活動を行った（第7章参照）。その講演録が各主催団体のニュースレターやホームページに掲載されてより多くの人たちにメッセージが伝わることもある。こうした地道な努力が、地域市民や行政からの理解を得るために極めて重要である。

11-3 結論

本論文の結論として、大学研究所を核にした地域振興を成功させるために必要な鍵は、以下の6点である。

- (1) 地方の立地をプラスにとらえ、研究者とその家族が快適に暮らせる街づくり
- (2) 大学と地方自治体の強固な信頼関係の長期継続
- (3) 大学メインキャンパスとの強固な連携
- (4) 自由にモノを言える雰囲気と高い志の共有
- (5) すぐに応用が見込めない基礎研究の重要性の認識
- (6) 高い志を地域で共有するための地道な啓発活動

つまるところ、すぐに成果を求めずに将来世代のために長期にわたって投資し続ける覚悟と忍耐があるか。地域振興という大目標を実現するために自治体にとって最も重要なことはその「覚悟」である。そして大学において最も重要なことは、多事争論を可能にする自由な雰囲気と、次世代のために自分たちがリスクを取ってでもチャレンジするんだという高い志、いわゆる「SFC スピリット*」のマインドセットである。

そのことを、地域の行政と政治そして市民に対して機会がある度に粘り強く説き、長期的な視点と高い志のマインドセットを共有し続けてもらうことが、真の地域振興において必要不可欠だということが筆者の結論である。

* 11-2(4)のセクションで述べたように「自由な雰囲気と高い志」のことを、湘南藤沢キャンパスでは「SFC スピリット」と呼ぶ。

謝辞

慶應義塾先端生命科学研究所は鶴岡市と山形県と慶應義塾の三者協定に基づいて開設・運営されており、2001年の開設時から歴代の鶴岡市長である富塚陽一氏、榎本政規氏、皆川治氏、歴代の山形県知事である高橋和雄氏、齋藤弘氏、吉村美栄子氏、歴代の慶應義塾長である鳥居泰彦氏、安西祐一郎氏、清家篤氏、長谷山彰氏、そして担当常任理事の高橋潤二郎氏、斎藤信男氏、村井純氏、真壁利明氏、青山藤詞郎氏には多くの支援していただいた。実際には多くの鶴岡市役所の職員の方々、山形県庁の職員の方々、慶應義塾の職員の方々にお世話になった。また言うまでもなく、先端研の発展は多くの教員・職員・学生の努力の賜物である。特に先端研開設時の西岡孝明氏、森浩禎氏、清水和幸氏、板谷光泰氏、宮田満氏、金井昭夫氏、曾我朋義氏、鷲尾尊規氏、中山洋一氏、内藤泰宏氏、大橋由明氏のご尽力が大きい。

本論文の第4章、第6章、第7章は、筆者が監修した非公開資料「慶應義塾大学先端生命科学研究所研究成果報告書」（2014年度～2018年度）がベースになっている。様々なデータや事実情報のとりまとめ、および事実関係を表す文章の一部は、先端研の事務の方々が作成したものである。第5章は、ベンチャー各社が報告書に執筆した内容を、それぞれ許可・確認を得て掲載している。第3章、第5章、第7章に掲載した先端研関連の新聞記事リストや、付録に掲載した先端研の沿革パネル、先端研関連のテレビ放送のリストも事務方に作成していただいたものである。また文章の校正において、先端研の石井千晴氏にご協力いただいた。

本研究は山形県および鶴岡市による「慶應義塾大学先端生命科学研究所研究教育活動補助金」（山形研究費）の支援を受けている。また本博士論文は、慶應義塾の大学特別研究期間制度に基づいた、2018年度秋学期の特別研究期間中に執筆したものである（研究課題名「サイエンス振興による地方活性化と街づくり政策に関する研究」）。本論文執筆に際して、慶應義塾大学の村井純環境情報学部教授、秋山美紀環境情報学部教授、國領二郎総合政策学部教授から有益なアドバイスをいただいた。そして本博士論文の主査の小澤太郎総合政策学部教授、副査の鈴木寛総合政策学部教授、河添健総合政策学部教授、濱田庸子教授環境情報学部、黒川清東京大学名誉教授、長峯純一関西学院大学総合政策学部教授からも有益なコメントをいただいた。

これらの方々に心より感謝の意を表する。

参考文献

- [1] “堺市の地場産業育成政策と地域振興に対する一考察” 飯田謙一：専修大学社会科学研究所月報 **560-561**:37-51 (2010)
- [2] “日本におけるイノベーション政策と産学官連携” 洞口治夫：イノベーション・マネジメント **13**:47-68 (2014)
- [3] “慶應義塾大学鶴岡タウンキャンパスの挑戦” 富田勝：IDE 現代の高等教育 地域・大学連携 **593**:36-41 (2017)
- [4] “新しいメンタリティを持った若者が日本を変えてゆく” 富田勝：浩志 **51**:28-29 (2014)
- [5] “山形県鶴岡市に花開く「異端と先導」の福澤精神” 富田勝：三田評論 **2016**(3):30-32 (2016)
- [6] “産・官・学・金で先導的な取り組み 慶大先端研誘致が道筋を開く” 富田勝、関山和秀、山中大介（対談）：日本公庫つなぐ **2018**(4):12-15 (2018)
- [7] “最先端の研究で山形を元気に” 富田勝、吉村美栄子（対談）：県民のあゆみ **2018**(1):2-5 (2018)
- [8] “地方創生と起業環境—大学発ベンチャーデータを用いた鶴岡における地域イノベーション進展過程の分析” 新村和久：STI Horizon **2**(2):20-25 (2016)
- [9] “地方創生と域内外連携、街づくり” 新村和久：STI Horizon **2**(3):38-42 (2016)
- [10] “メタボロミクスによるがんの代謝解析” 平山明由，曾我朋義：実験医学 **35**(10):1760-1764 (2017)
- [11] “MYCはがん代謝のマスターレギュレーターである” 佐藤清敏、曾我朋義：実験医学 **36**(4):514-521 (2018)
- [12] “メタボロゲノミクスに基づく「腸内デザイン」がもたらす近未来の健康維持戦略” 村上慎之介、福田真嗣：ファルマシア **53**(11):1082-1086 (2017)
- [13] “メタボロゲノミクスが解き明かす腸内細菌叢の機能” 福田真嗣：腸内細菌学雑誌

29:145-155 (2016)

- [14] “腸内環境制御が切り拓く疾患予防・治療の新地平” 福田真嗣： *実験医学* **34**:868-874 (2016)
- [15] “メタボロゲノミクスによる腸内エコシステムの理解と制御” 福田真嗣： *生化学* **88**: 61-70 (2016)
- [16] “特定の線維芽細胞を用いた心筋再生医療” 岩宮貴紘： *今日の再生医療・細胞医療の産業化に向けて* 日本医学出版 44-45 (2017)
- [17] “核酸分解酵素の組み合わせによる迅速なゲノム合成手法” 板谷光泰： *日本生物工学会誌* **95**:374-376 (2017).
- [18] “発酵・熟成をメタボローム解析で紐解く一酒類を例に” 杉本昌弘, 若山正隆： *食品と開発* **51**:7-11 (2016)
- [19] <http://gakkai.sfc.keio.ac.jp/journal/contents/vol15-1/>
- [20] “SFCバイオと先端生命科学研究所の歩み” 富田勝： *KEIO SFC JOURNAL* **15** (1): 8-21 (2015)
- [21] “E-Cell Project 20周年” 高橋恒一、内藤泰宏、佐野ひとみ： *KEIO SFC JOURNAL* **15** (1): 40-62 (2015)
- [22] “メタボロームが解き明かす生命のシステム” 曾我朋義、平山明由、杉本昌弘： *KEIO SFC JOURNAL* **15** (1): 64-75 (2015)
- [23] “食と健康の科学” 若山正隆, ワンピン アウ： *KEIO SFC JOURNAL* **15** (1): 178-188 (2015)
- [24] “21 世紀の生命科学における RNA 研究のインパクト” 金井昭夫： *KEIO SFC JOURNAL* **15** (1):204-221 (2015)
- [25] “宇宙生物学入門” 藤島皓介： *KEIO SFC JOURNAL* **15** (1): 222-231 (2015)
- [26] “循環型社会に向けた微細藻類のポテンシャル” 伊藤卓朗、仲田崇志： *KEIO SFC JOURNAL* **15** (1): 232-244 (2015)
- [27] “いのちの作り方、心臓の作り方” 黒田裕樹、岩宮貴紘、森本健太： *KEIO SFC JOURNAL* **15** (1): 262-282 (2015)
- [28] “微生物がもたらす未来” 板谷光泰、柘植謙爾、Douglas B. Murray、戸谷吉博、中東憲治： *KEIO SFC JOURNAL* **15** (1): 284-301 (2015)
- [29] <http://www.iab.keio.ac.jp/research/treatise/index.html>
- [30] <http://www.iab.keio.ac.jp/news-events/news/index.html>
- [31] “Simultaneous Determination of Anionic Intermediates for *Bacillus Subtilis* Metabolic Pathways by Capillary Electrophoresis Electrospray Ionization Mass Spectrometry” Soga, T., Ueno, Y., Naraoka, H., Ohashi, O., Tomita, M. and Nishioka, T. *Anal Chem.* **74**(10): 2233-2239 (2002)
- [32] ”Pressure-Assisted Capillary Electrophoresis Electrospray Ionization Mass

- Spectrometry for Analysis of Multivalent Anions” Soga, T., Ueno, Y., Naraoka, H., Matsuda, K., Tomita, M., and Nishioka, T. *Anal Chem.* **74**(24): 6224-6229 (2002)
- [33] “Identification of putative noncoding RNAs among the RIKEN mouse full-length cDNA collection” Numata, K., Kanai, A., Saito, R., Kondo, S., Adachi, J., Wilming, L.G., Hume, D.A., RIKEN GER Group, GSL Members, Hayashizaki, Y. and Tomita, M. *Genome Res.* **13**: 1301-1306 (2003)
- [34] “Computational analysis of stop codon readthrough in *D.melanogaster*” Sato, M., Umeki, H., Saito, R., Kanai, A. and Tomita, M. *Bioinformatics* **19**(11):1371-1380 (2003)
- [35] “Kinetic simulation of signal transduction system in hippocampal long-term potentiation with dynamic modeling of protein phosphatase 2A” Kikuchi, S., Fujimoto, K., Kitagawa, N., Fuchikawa, T., Abe, M., Oka, K., Takei, K. and Tomita, M. *Neural Netw.* **16**(9): 1389-1398(2003)
- [36] “A multi-algorithm, multi-timescale method for cell simulation” Takahashi, K., Kaizu, K., Bin, H. and Tomita, M. *Bioinformatics* **20**(4): 538-546 (2004)
- [37] “Computational comparative analyses of alternative splicing regulation using full-length cDNA of various eukaryotes” Itoh, H., Washio, T. and Tomita, M. *RNA* **10**(7): 1005-1018 (2004)
- [38] “A general computational model of mitochondrial metabolism in a whole organelle scale” Yugi, K. and Tomita, M. *Bioinformatics* **20**(11): 1795-1796 (2004)
- [39] “Differential metabolomics reveals ophthalmic acid as an oxidative stress biomarker indicating hepatic glutathione consumption” Soga, T., Baran, R., Suematsu, M., Ueno, Y., Ikeda, S., Sakurakawa, T., Kakazu, Y., Ishikawa, T., Robert, M., Nishioka, T. and Tomita, M. *J Biol Chem.* **281**: 16768-16776 (2006)
- [40] “SPLITS: a new program for predicting split and intron-containing tRNA genes at the genome level” Sugahara, J., Yachie, N., Sekine, Y., Soma, A., Matsui, M., Tomita, M. and Kanai, A. *In Silico Biology* **6**: 411-418 (2006)
- [41] “Roles of Hemoglobin Allosterity in Hypoxia-induced Metabolic Alterations in Erythrocytes: Simulation and its Verification by Metabolome Analysis” Kinoshita, A., Tsukada, K., Soga, T., Hishiki, T., Ueno, Y., Nakayama, Y., Tomita, M. and Suematsu, M. *J Biol Chem.* **282**: 10731-10741 (2007)
- [42] “Alignment-Based Approach for Durable Data Storage into Living Organisms” Yachie, N., Sekiyama, K., Sugahara, J., Ohashi, Y. and Tomita, M. *Biotechnology Progress* **23**: 501-505 (2007)
- [43] “Multiple-high throughput analyses monitor the response of *E. coli* to perturbations” Ishii, N., Nakahigashi, K., Baba, T., Robert, M., Soga, T., Kanai, A., Hirasawa, T.,

- Naba, M., Hirai, K., Hoque, A., Yee, Ho, Pei., Kakazu, Y., Sugawara, K., Igarashi, S., Harada, S., Masuda, T., Sugiyama, N., Togashi, T., Hasegawa, M., Takai, Y., Yugi, K., Arakawa, K., Iwata, N., Toya, Y., Nakayama, Y., Nishioka, T., Shimizu, K., Mori, H. and Tomita, M. *Science* **316** : 593-597 (2007)
- [44] https://www.kirinholdings.co.jp/news/2007/0809_01.html
- [45] “Permuted tRNA Genes Expressed via a Circular RNA Intermediate in *Cyanidioschyzon merolae*” Soma, A., Onodera, A., Sugahara, J., Kanai, A., Yachie, N., Tomita, M., Kawamura, F. and Sekine, Y. *Science* **318**: 450-453 (2007)
- [46] “Bottom-up genome assembly using the *Bacillus subtilis* genome vector” Itaya, M., Fujita, K., Kuroki, A. and Tsuge, K. *Nat Methods* **5**: 41-43 (2008)
- [47] <http://www.iab.keio.ac.jp/news-events/2008/01111918.html>
- [48] <http://www.iab.keio.ac.jp/news-events/2008/01161920.html>
- [49] <http://www.iab.keio.ac.jp/news-events/2008/04161923.html>
- [50] <http://www.iab.keio.ac.jp/news-events/2008/04241924.html>
- [51] “Large-scale phosphorylation mapping reveals the extent of tyrosine phosphorylation in *Arabidopsis*” Sugiyama, N., Nakagami, H., Mochida, K., Daudi, A., Tomita, M., Shirasu, K., and Ishihama, Y. *Mol Syst Biol.* **4**: 193 (2008)
- [52] “Tri-split tRNA is a transfer RNA made from 3 transcripts that provides insight into the evolution of fragmented tRNAs in archaea” Fujishima, K., Sugahara, J., Kikuta, K. Hirano, R., Sato, A., Tomita, M. and Kanai, A. *Proc Natl Acad Sci USA.* **106**(8): 2683-7 (2009)
- [53] “Quantitative metabolome profiling of colon and stomach cancer microenvironment by capillary electrophoresis time-of-flight mass spectrometry” Hirayama, A., Kami, K., Sugimoto, M., Sugawara, M., Toki, N., Onozuka, H., Kinoshita, T., Saito, N., Ochiai, A., Tomita, M., Esumi, H. and Soga, T. *Cancer Res* **69**(11): 4918-25 (2009)
- [54] “Measurement of internal body time by blood metabolomics” Minami, Y., Kasukawa, T., Kakazu, Y., Iigo, M., Sugimoto, M., Ikeda, S., Yasui, A., van der Horst, G.T., Soga, T. and Ueda, H.R. *Proc Natl Acad Sci USA*, **106**: 9890-9895 (2009)
- [55] “Metabolomic Profiling of Anionic Metabolites by Capillary Electrophoresis Mass Spectrometry” Soga, T., Igarashi, K., Itoh, C., Mizobuchi, K., Zimmermann, H. P. and Tomita, M. *Anal Chem.* **81**: 6165-6174 (2009)
- [56] “Systematic identification of cell cycle-dependent yeast nucleocytoplasmic shuttling proteins by prediction of composite motifs” Kosugi, S., Hasebe, M., Tomita, M. and Yanagawa, H. *Proc Natl Acad Sci USA.* **106**: 10171-10176 (2009)
- [57] <http://www.iab.keio.ac.jp/news-events/2010/05071608.html>
- [58] “Whole genome assembly of a natto production strain *Bacillus subtilis* natto from

- very short read data” Nishito, Y., Osana, Y., Hachiya, T., Popendorf, K., Toyoda, A., Fujiyama, A., Itaya, M. and Sakakibara, Y. *BMC Genomics* **11**: 243 (2010)
- [59] “Capillary electrophoresis mass spectrometry-based saliva metabolomics identified oral, breast and pancreatic cancer-specific profiles” Sugimoto, M., Wong, D. T., Hirayama, A., Soga, T. and Tomita, M. *Metabolomics* **6**: 78-95 (2009)
- [60] <http://www.iab.keio.ac.jp/news-events/2010/10181622.html>
- [61] <http://www.iab.keio.ac.jp/news-events/2010/10201627.html>
- [62] <http://www.iab.keio.ac.jp/news-events/2010/11171628.html>
- [63] <http://www.iab.keio.ac.jp/news-events/2011/03100905.html>
- [64] “Enhancing apoptosis in TRAIL-resistant cancer cells using fundamental response rules” Piras, V., Hayashi, K., Tomita, M. and Selvarajoo, K. *Sci Rep.* **1**: 144 (2011)
- [65] “Predicting the Kinetic Properties Associated with Redox Imbalance after Oxidative Crisis in G6PD-Deficient Erythrocytes: A Simulation Study” Shimo, H., Nishino, T. and Tomita, M. *Adv Hematol.* **2011**: 398945 (2011)
- [66] <http://www.iab.keio.ac.jp/news-events/2012/01111251.html>
- [67] “Nematode-specific tRNAs that decode an alternative genetic code for leucine” Hamashima, K., Fujishima, K., Masuda, T., Sugahara, J., Tomita, M. and Kanai, A. *Nucleic Acids Res.* **40**(8): 3653-3662 (2012)
- [68] “Metatranscriptomic analysis of microbes in an ocean-front deep subsurface hot spring reveals novel small RNAs and type-specific tRNA degradation” Murakami, S., Fujishima, K., Tomita, M. and Kanai, A. *Appl Environ Microbiol.* **78**(4): 1015-1022 (2012)
- [69] “Changes in the Charged Metabolite and Sugar Profiles of Pasteurized and Unpasteurized Japanese Sake with Storage” Sugimoto, M., Kaneko, M., Onuma, H., Sakaguchi, Y., Mori, M., Abe, S., Soga, T. and Tomita, M. *J Agric Food Chem.* **60**(10): 2586-2593 (2012)
- [70] “Clarification as to why alcoholic beverages have the ability to induce superconductivity in Fe₁+dTe_{1-x}S_x” Deguchi, K., Sato, D., Sugimoto, M., Hara, H., Kawasaki, Y., Demura, S., Watanabe, T., Denholme, S. J., Okazaki, H., Ozaki, T., Yamaguchi, T., Takeya, H., Soga, T., Tomita, M. and Takano, Y. *Supercond Sci Technol.* **25**(8): 084025 (2012)
- [71] “Human blood metabolite timetable indicates internal body time” Kasukawa, T., Sugimoto, M., Hida, A., Minami, Y., Mori, M., Honma, S., Honma, K., Mishima, K., Soga, T. and Ueda, H.R. *Proc Natl Acad Sci USA.* **109**: 15036-15141 (2012)
- [72] “Metabolic and morphological changes of an oil accumulating trebouxioophycean alga in nitrogen-deficient conditions” Ito, T., Tanaka, M., Shinkawa, H., Nakada, T., Ano,

- Y., Kurano, N., Soga, T. and Tomita, M. *Metabolomics* **9**(Suppl 1) :178-187 (2013)
- [73] <http://www.iab.keio.ac.jp/news-events/2012/11161323.html>
- [74] <http://www.iab.keio.ac.jp/news-events/2012/11291324.html>
- [75] “Inhibition of Mitochondrial Aconitase by Succination in Fumarate Hydratase Deficiency” Ternette, N., Yang, M., Laroyia, M., Kitagawa, M., O’Flaherty, L., Wolhuter, K., Igarashi, K., Saito, K., Kato, K., Fischer, R., Berquand, A., Kessler, B.M., Lappin, T., Frizzell, N., Soga, T., Adam, J. and Pollard, P.J. *Cell Rep.* **3**: 689-700 (2013)
- [76] <http://www.iab.keio.ac.jp/news-events/2013/05271426.html>
- [77] “Alteration of the Intestinal Environment by Lubiprostone Is Associated with Amelioration of Adenine-Induced CKD” Mishima, E, Fukuda S, Shima H, Hirayama A, Akiyama Y, Takeuchi Y, Fukuda NN, Suzuki T, Suzuki, C, Yuri, A, Kikuchi, K, Tomioka, Y, Ito, S, Soga, T. and Abe, T. *J Am Soc Nephrol*, **26**, 1787-1794 (2015)
- [78] “Method of preparing an equimolar DNA mixture for one-step DNA assembly of over 50 fragments” Tsuge, K., Sato, Y., Kobayashi, Y., Gondo, M., Hasebe, M., Togashi, T., Tomita, M. and Itaya, M. *Sci Rep.* **5**: 10655 (2015)
- [79] “The Consumption of Bicarbonate-Rich Mineral Water Improves Glycemic Control” Murakami, S., Goto, Y., Ito, K., Hayasaka, S., Kurihara, S., Soga, T., Tomita, M. and Fukuda, S. *Evid Based Complement Alternat Med.* **2015**:824395 (2015)
- [80] “Extremotolerant tardigrade genome and improved radiotolerance of human cultured cells by tardigrade-unique protein” Hashimoto, T., Horikawa, D.D., Saito, Y., Kuwahara, H., Kozuka-Hata, H., Shin-I, T., Minakuchi, Y., Ohishi, K., Motoyama, A., Aizu, T., Enomoto, A., Kondo, K., Tanaka, S., Hara Y, Yoshikawa S, Sagara H, Miura T, Yokobori S, Miyazawa K, Suzuki Y, Kubo T, Oyama, M., Kohara, Y., Fujiyama, A., Arakawa, K., Katayama, T., Toyoda, A. and Kunieda T. *Nat Commun.* **7**:12808 (2016)
- [81] “Evaluation of the impact of gut microbiota on uremic solute accumulation by a CE-TOFMS-based metabolomics approach” Mishima, E., Fukuda, S., Mukawa, C., Yuri, A., Kanemitsu, Y., Matsumoto, Y., Akiyama, Y., Fukuda, NN., Tsukamoto, H., Asaji, K., Shima, H., Kikuchi, K., Suzuki, T., Tomioka, Y., Soga, T., Ito, S. and Abe, T. *Kidney Int.* **92**(3): 634-645 (2017)
- [82] “Neonatal acquisition of *Clostridia* species protects against colonization by bacterial pathogens” Kim, Y.G., Sakamoto, K., Seo, S.U., Pickard, J.M., Gilliland, M.G. 3rd, Pudlo, N.A., Hoostal, M., Li, X., Feehley, T., Stefk, A.T., Schmidt, T.M., Martens, E.C., Fukuda, S., Inohara, N., Nagler, C.R. and Núñez, G. *Science* **356**(6335): 315-319 (2017)

- [83] <http://www.iab.keio.ac.jp/news-events/2017/07041111.html>
- [84] “Comparative genomics of the tardigrades *Hypsibius dujardini* and *Ramazzottius varieornatus*” Yoshida, Y., Koutsovoulos, G., Laetsch, R., Stevens, L., Kumar, S., Horikawa, D., Ishino, K., Komine, S., Kunieda, T., Tomita, M., Blaxter, M. and Arakawa, K. *PLoS Biol.* **15**(7):e2002266 (2017)
- [85] “Global metabolic reprogramming of colorectal cancer occurs at adenoma stage and is induced by MYC” Satoh, K., Yachida, S., Sugimoto, M., Oshima, M., Nakagawa, T., Akamoto, S., Tabata, S., Saitoh, K., Kato, K., Sato, S., Igarashi, K., Aizawa, Y., Kajino-Sakamoto, R., Kojima, Y., Fujishita, T., Enomoto, A., Hirayama, A., Ishikawa, T., Taketo, M., M., Kushida, Y., Haba, R., Okano, K., Tomita, M., Suzuki, Y., Fukuda, S., Aoki, M. and Soga, T. *Proc Natl Acad Sci USA.* **114**(37): E7697-E7706 (2017)
- [86] <http://www.iab.keio.ac.jp/news-events/2018/01311110.html>
- [87] “An integrative description of *Macrobiotus shonaicus* sp. nov. (Tardigrada: Macrobiotidae) from Japan with notes on its phylogenetic position within the *hufelandi* group” Stec, D., Arakawa, K. and Michalczyk, Ł. *PLoS One* **13**(2): e0192210 (2018)
- [88] “Microhomology-assisted scarless genome editing in human iPSCs” Kim, S., Matsumoto, T., Kagawa, H., Nakamura, M., Hirohata, R., Ueno, A., Ohishi, M., Sakuma, T., Soga, T., Yamamoto, T. and Woltjen, K. *Nat Commun.* **9**(1): 939 (2018)
- [89] “Urinary Polyamine Biomarker Panels with Machine-Learning Differentiated Colorectal Cancers, Benign Disease, and Healthy Controls” Nakajima, T., Katsumata, K., Kuwabara, H., Soya, R., Enomoto, M., Ishizaki, T., Tsuchida, A., Mori, M., Hiwatari, K., Soga, T., Tomita, M. and Sugimoto, M. *Int J Mol Sci.* **19**(3): 756 (2018)
- [90] “Development of a sheathless CE-ESI-MS interface” Hirayama, A., Abe, H., Yamaguchi, N., Tabata, S., Tomita, M. and Soga T. *Electrophoresis* **39**(11): 1382-1389 (2018)
- [91] “Fast and global detection of periodic sequence repeats in large genomic resources” Mori, H., Evans-Yamamoto, D., Ishiguro, S., Tomita, M. and Yachie, N. *Nucleic Acids Res.* **47**(2): e8 (2018)
- [92] “Metabolic Characterization of Antifolate Responsiveness and Non-responsiveness in Malignant Pleural Mesothelioma Cells” Sato, Y., Matsuda, S., Maruyama, A., Nakayama, J., Miyashita, T., Udagawa, H., Umemura, S., Yanagihara, K., Ochiai, A., Tomita, M., Soga, T., Tsuchihara, K. and Makinoshima, H. *Front Pharmacol.* **9**: 1129 (2018)
- [93] "Anti-tumor effects and potential therapeutic response biomarkers in α -emitting

- meta-211At-astato-benzylguanidine therapy for malignant pheochromocytoma explored by RNA-sequencing" Ohshima, Y., Kono, N., Yokota, Y., Watanabe, S., Sasaki, I., Ishioka, N.S., Sakashita, T. and Arakawa, K. *Theranostics* **9**(6): 1538-1549 (2019)
- [94] "Effect of storage conditions on salivary polyamines quantified via liquid chromatography-mass spectrometry" Tomita, A., Mori, M., Hiwatari, K., Yamaguchi, E., Itoi, T., Sunamura, M., Soga, T., Tomita, M. and Sugimoto, M. *Sci Rep.* **8**(1): 12075 (2018)
- [95] "Global metabolic reprogramming of cancer" Tomita, M. [keynote talk] *The 14th Annual Conference of the Metabolomics Society (Metabolomics 2018)*, Seattle, June 25-28 (2018)
- [96] "Metabolome Analysis and Cancer Metabolism" Tomita, M. [keynote talk] *Baltic Conference Series 2018 (BCS 2018)*, Stockholm, October 9-12 (2018)
- [97] "Tsuruoka Science Park: Metabolomics-based research and companies" Tomita, M. [plenary lecture] *Korean Metabolomics Society (KoMets2019)*, Seoul, April 4-5 (2019)
- [98] "Global Metabolic Reprogramming of Cancer: Innovative Omics Research at Tsuruoka Science Park" Tomita, M. [keynote talk] *World Summit on Cancer Research and Therapy (WSCRT-2019)*, Dubai, April 19-20 (2019)

付録

三者協定書（山形県・鶴岡市・慶應義塾）

山形県、鶴岡市、慶應義塾の三者協定書の写しを掲載する。

第1期協定書（2001年度～2005年度）1999年3月19日締結

第2期協定書（2006年度～2010年度）2006年3月27日締結

第3期協定書（2011年度～2013年度）2011年5月20日締結

第4期協定書（2014年度～2018年度）2014年3月27日締結

これらの協定書は以下のURLにも掲載されている。

https://www.pref.yamagata.jp/sangyo/gijutsu/kenkyu/81100024th_keiou-kyoutei.html

協 定 書

学校法人慶應義塾並びに山形県及び山形県庄内地域市町村は、新しい時代の要請に応えるとともに、地域を支え、国際社会に貢献する人材の育成を図るため、次の事項について合意した。

- 1 学校法人慶應義塾は、山形県庄内地域に慶應義塾大学附属研究センターを設置し、研究活動を展開する。
- 2 山形県及び山形県庄内地域市町村は、同研究センターが行う研究活動について、研究施設の提供その他の積極的な支援を行う。
- 3 学校法人慶應義塾は、同研究センターの研究活動を通じて、山形県及び庄内地域の産業振興、科学技術の向上、人材育成等に資するとともに、山形県及び山形県庄内地域市町村が設置する公設民営方式による新設大学及び大学院について、積極的な知的支援を行う。

平成11年3月19日

山 形 県 知 事

高橋和雄

山形県庄内地域市町村代表
庄内開発協議会会長
山形県鶴岡市長

富塚陽一

学校法人慶應義塾理事長

河原泰三

協 定 書

学校法人慶應義塾並びに山形県及び鶴岡市は、これまでの慶應義塾大学先端生命科学研究所の研究成果等を踏まえ、同研究所を核とした知的集積を促進するとともに、産業創造に向けた展開を確実なものとするため、次の事項について合意する。

- 1 学校法人慶應義塾は、山形県庄内地方を中心とする地域をバイオ研究の世界的メッカとすることを目指して、同研究所における研究教育活動を展開し、人材の育成及び知的財産の形成を図るとともに、知的集積及び産業創造を促進する。
- 2 山形県及び鶴岡市は、同研究所の研究教育活動について支援を行うとともに、同研究所の研究成果等を活用し、地域の多様な活性化を図る。
- 3 学校法人慶應義塾並びに山形県及び鶴岡市は、これまでの協力・信頼関係に基づき、さらなる連携と協働を促進し、目的達成に取り組む。

平成18年3月27日

山 形 県 知 事

齋藤 弘

山 形 県 鶴 岡 市 長

富 塚 陽 一

学校法人慶應義塾理事長

安西 祐 一

協 定 書

学校法人慶應義塾並びに山形県及び鶴岡市は、慶應義塾大学先端生命科学研究所におけるこれまでの研究教育活動の成果を踏まえながら、さらなる地域活性化を目指して、同研究所を核とした研究教育活動プロジェクトを共同で推進するため、次の事項について合意する。

(慶應義塾の役割)

第1条 学校法人慶應義塾は、鶴岡市にある同研究所において、以下の取組みを行う。

- (1) 世界的なバイオ研究拠点の形成に向けた研究教育活動の展開
- (2) 山形県及び鶴岡市と連携して行う、地域活性化のための次の取組み
 - ① 県内試験研究機関・企業等との実用化を見据えた医療・農業・食品等の分野での共同研究や、研究成果の県内での活用支援等の連携事業
 - ② 同研究所の成果である知的財産の県内での活用促進
 - ③ 地域の人材育成

(山形県及び鶴岡市の役割)

第2条 山形県及び鶴岡市は、同研究所の研究教育活動について支援を行うとともに、同研究所の協力を得ながら、その研究成果等を積極的に活用し、多様な地域活性化を図る。

(連携調整組織)

第3条 学校法人慶應義塾並びに山形県及び鶴岡市は、第1条または前条の役割を果たすため、連携調整を行う組織を設置し、同研究所と地域との連携強化に取り組む。

(評価等)

第4条 山形県及び鶴岡市は、同研究所の研究教育活動等の評価を行い、また、本協定の見直し等について学校法人慶應義塾と協議するものとする。

平成23年5月20日

山 形 県 知 事

吉村美栄子

山 形 県 鶴 岡 市 長

榎本政規

学校法人慶應義塾理事長

清家篤

協 定 書

学校法人慶應義塾並びに山形県及び鶴岡市は、慶應義塾大学先端生命科学研究所におけるこれまでの研究教育活動の成果を踏まえながら、さらなる地域活性化を目指して、同研究所を核とした研究教育活動プロジェクトを共同で推進するため、次の事項について合意する。

(慶應義塾の役割)

第1条 学校法人慶應義塾は、鶴岡市にある同研究所において、以下の取組みを行う。

- (1) 世界的なバイオ研究拠点の形成に向けた研究教育活動の展開
- (2) 山形県及び鶴岡市と連携して行う、地域活性化のための次の取組み
 - ① 県内試験研究機関・企業等との実用化を見据えた医療・農業・食品・環境等の分野での共同研究や研究成果の県内での活用支援等の連携事業
 - ② 同研究所の成果である知的財産の県内での活用促進
 - ③ 地域の人材育成や国際交流等を通じた地域への貢献

(山形県及び鶴岡市の役割)

第2条 山形県及び鶴岡市は、同研究所の研究教育活動について支援を行うとともに、学校法人慶應義塾及び同研究所の協力を得ながら、その研究成果等を積極的に活用し、多様な地域活性化を図る。

(連携調整組織)

第3条 学校法人慶應義塾並びに山形県及び鶴岡市は、第1条又は前条の役割を果たすため、山形県バイオクラスター形成推進会議において、関係機関の連携強化や研究成果の活用促進について審議するものとする。

(評価等)

第4条 山形県及び鶴岡市は、同研究所の研究教育活動等の評価を行い、また、本協定の見直し等について学校法人慶應義塾と協議するものとする。

平成26年3月27日

山 形 県 知 事

吉村美栄子

山 形 県 鶴 岡 市 長

榎本政規

学校法人慶應義塾理事長

清家篤

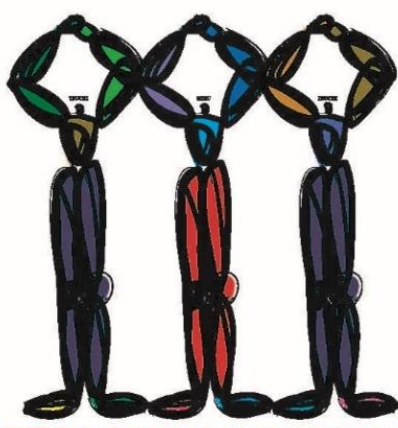
慶應先端研の沿革年表パネル

2016 年に行われた先端研 15 周年記念イベントにおいて、先端研の開設から 2015 年までの沿革をパネルにして展示した。その画像を以下に列挙する。

**1996～
2000**
[平成 8～12 年]

Institute for
Advanced Biosciences
Keio University

ウェルカム、
慶應義塾大学。



TTCK
ウェルカムキャンペーン





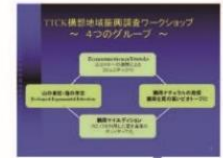
慶應義塾大学関係者による鶴岡市視察





TTCK支援研究会による慶應義塾大学視察

1996 年 4 月 1998 年 4 月 1999 年 1 月 3 月 10 月 11 月 2000 年 2 月 8 月	● 庄内開発協議会に大学整備検討調整会議、大学整備推進室を設置 ● 庄内総合支庁内に、大学整備推進室設置される ● 庄内地域大学大学整備推進室設置される ● 庄内地域大学シンポジウム「地域と大学の関わり」開催 ● 山形県、庄内地域、慶應義塾の3者による協定締結式 ● 鶴岡商工会議所 TTCKウェルカムキャンペーン ● 学校法人庄内地域大学設立準備委員会発足 ● TTCK支援研究会 設立 ● TTCK構想地域振興調査 ワークショップ 設立 ● 慶應義塾大学 先端生命科学 研究センター(仮称) 起工式 ● TTCKワークショップ 4つのプロジェクト誕生 ● 鶴岡ナチュラルの発信 ● 山の来校・客の学交 ● 鶴岡マイエディション ● エコマネー
---	---




ワークショップ 4つのプロジェクト

198

2001

[平成13年]

Institute for
Advanced Biosciences
Keio University

●キャンパスセンター



鶴岡タウンキャンパス竣工

●バイオラボ棟



●研修棟



●レストハウス



1 月

2 月

3 月

4 月

5 月

6 月

7 月

8 月

9 月

10 月

11 月

12 月

●TTCK開設イベント
「つち・みず・いのちの科学フォーラム」
開催

●先端生命科学研究所 開設

●鶴岡タウンキャンパス 竣工式



竣工式の様子

●サマーバイオカレッジ 2001 開催
(機関の高校生・夏休みの高校生対象)



●オープン記念行事
「21世紀の先端生命科学」開催



●市民のための
生命科学入門講座 2001 開講

慶應義塾大学先端生命科学研究所

2002

[平成 14 年]

Institute for
Advanced Biosciences
Keio University



メタボローム分析技術で 初の特許取得



米国エネルギー省主催 国際会議 開催



第16回 IBM科学賞 受賞

1月 ●ゲノム解析新ソフト「G言語」を開発

2月

3月 ●2002年度 アジレント・テクノロジー
大学助成プログラムに選出

4月

5月 ●メタボローム分析システムの新技術開発

6月

7月 ●Bio Simulation Training Program 開催
(海外研究者対象)

8月

●メタボローム分析技術で、初の特許取得

●ゲノム解析新ソフト「G-language」、
国際学会にて受賞

●サマーバイオカレッジ 2002 開催

●バイオフィナンスギルド 2002 開催
(バイオ投資家対象、日経BP社 主催)

9月

●日米合同ワークショップ 開催

●リボヌクレアーゼH国際会議 開催

10月

●市民のための
生命科学入門講座2002 開講

11月

●E-Cell コンソーシアム 始動

●第16回 日本IBM科学賞 受賞

12月

●Non-coding RNA 大量発見

研究/発見/イベント・その他

2004

[平成 16 年]

Institute for
Advanced Biosciences
Keio University






全国の高校生を対象とした サマーバイオキャンプ 初開催

遺伝子増幅実験、遺伝子塩基配列決定、遺伝子クローニング、データベース探索による遺伝子機能予測など、バイオテクノロジーの基礎を体験できます。2004年度から毎年開催しています。

細胞シミュレーション ソフト E-Cell version3 完成

●山形新聞：2004年3月4日付



第3回 産学官連携推進会議 科学技術政策担当大臣賞 受賞

●糖尿病の診断支援システムを共同開発

●第4回 慶應義塾大学
知的資産センター賞 受賞

●実験と文献でふれる
先端生命科学セミナー2004 開催

●細胞シミュレーションソフト
E-Cell version3 完成

●第3回 産学官連携推進会議
科学技術政策担当大臣賞 受賞

●選択的スプライシング暗号解読

●ミトコンドリアの働き
コンピュータ上再現に成功

●サマーバイオカレッジ2004 開催

●慶應サマーバイオキャンプ 初開催

●バイオフィナンスギルド2004 開催

●市民のための
生命科学入門講座2004 開催

●21世紀COEワークショップ
統合システム生物学 若手の会 開催

●アントレプレナーアワード2004 受賞

研究/発表/イベント・その他

慶應義塾大学先端生命科学研究所

2005

[平成 17 年]

Institute for
Advanced Biosciences
Keio University







第 1 回 メタボローム国際会議 開催

2005年6月20日～23日、第一回メタボローム国際会議（主催：国際メタボローム学会、主管：慶應義塾大学先端生命科学研究所、ヒューマン・メタボローム・テクノロジー株式会社）が鶴岡タウンキャンパスで開催されました。17カ国から201名が参加し、35の口頭発表と74のポスター発表が行われました。



●山形新聞：2005年4月22日付

慶大先端研の優秀な若手研究者が、コンペで最優秀賞を受賞した。

第5回 バイオビジネスコンペ JAPAN 最優秀賞 受賞



Keio コレクション 完成

世界中の延べ 3,400 研究室に貢献

1 月
2 月
3 月
4 月
5 月
6 月
7 月
8 月
9 月
10 月
11 月
12 月

●実験と文献でふれる
先端生命科学セミナー 2005 開催

●第5回 バイオビジネスコンペ JAPAN
最優秀賞受賞

●理化学研究所とメタボローム研究に
関する基本合意書を締結



理化学研究所と慶應義塾大学が基本合意書を締結

●第1回 メタボローム国際会議 開催

●慶應サマーバイオキャンプ 2005 開催
●サマーバイオカレッジ 2005 開催
●バイオファイナンスギルド 2005 開催

●市民のための
生命科学入門講座 2005 開催
●新しい RNA/RNP をみつつける会 開催

日本神経回路学会 開催

研究／発表／イベント／その他

慶應義塾大学先端生命科学研究所

2007

[平成 19 年]

Institute for
Advanced Biosciences
Keio University

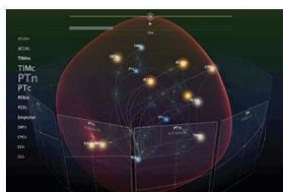


最先端のバイオ技術を駆使して、生物学史上最大規模の細胞分析実験を実施した結果、大腸菌の細胞内における振る舞い（代謝）を安定化するための様々な戦略を持っているという「細胞の頑強性」の定量的実証に成功しました。この研究成果は、2007年3月23日にScience Expressウェブサイト (<http://www.sciencexpress.org> および <http://www.aas.org>) に掲載されるとともに、米科学誌「サイエンス」2007年4月27日号 (vol. 316 (5824):593-7) に掲載されました。



●紙内図表：2007年3月24日付

史上最大規模の細胞分析に成功、サイエンス誌掲載



世界初の三次元細胞シミュレーションソフトウェア「E-Cell 3D」を開発



市民のためのがん情報ステーション「からだ館」開設



1 月

2 月

- コンピュータ細胞で赤血球が酸素を感知するメカニズムを予測
- バクテリアにデータを保存する新技術を開発

3 月

- スプリング・サイエンス・キャンプ2007 初開催 (JST主催)
- 史上最大規模の細胞分析に成功、サイエンス誌掲載

4 月

- 平成19年度 文部科学大臣表彰 科学技術賞受賞

5 月

6 月

7 月

8 月

- 世界初の三次元細胞シミュレーションソフトウェア「E-Cell 3D」を開発
- 酸化防くビール酵母を発見
- 博士課程学生、The Best Spirit of Entrepreneurship Award 最優秀賞受賞
- 日東ベスト（株）と共同研究 県内農産物の機能性成分の探索・解析プロジェクト開始
- サマーバイオカレッジ2007 開催
- 慶應サマーバイオキャンプ2007 開催

9 月

- IAB 発バイオベンチャー企業「スバイバー株式会社」設立

10 月

- 新型 tRNA 遺伝子の発見に貢献、サイエンス誌掲載

11 月

- 市民のためのがん情報ステーション「からだ館」開設

12 月

研究/発表/イベント・その他

2008

[平成 20 年]

Institute for
Advanced Biosciences
Keio University



チリ共和国・バイオシグマ社と 共同研究を開始



(株)デンソーと オイル産生微細藻の 共同研究を開始



●告知日付：2008年4月19日付

JST「日本が強い技術」
にメタボローム解析、選出



●告知日付：2008年11月20日付

先端医療開発特区
(スーパー特区)に選定

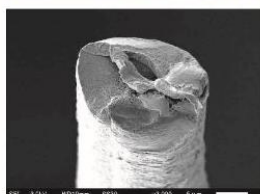
- 1月 ●遺伝子をつなぎ合わせて
ゲノムを構築する新技術開発
●メタボローム解析で
アルツハイマー病診断法の開発へ
●バイオシグマ社(チリ共和国)と
バイオ・マイニングの共同研究開始
- 2月
- 3月 ●スプリング・サイエンス・キャンプ2008
開催
- 4月 ●JST「日本が強い技術」に
メタボローム解析、選出
●オイル産生微細藻の共同研究を開始
- 5月 ●植物タンパク質のリン酸化部位の
大量同定に成功
- 6月 ●メタボロームコンソーシアム 設立
●IABの新技术、国際論文誌
Analytical Sciences に表彰される
- 7月 ●慶應サマーバイオキャンプ2008 開催
●IABの新技术、国際論文誌
- 8月 ●サマーバイオカレッジ2008 開催
●山形県科学技術奨励賞 受賞
- 9月 ●リボメクレアーゼ H2008 国際会議 開催
- 10月 ●市民のための
生命科学入門講座2008 開講
- 11月 ●第3回メタボロームシンポジウム 開催
●トランスポーターワークショップ
in 鶴岡 開催
●先端医療開発特区(スーパー特区)に選定
- 12月

研究/成果/イベント/その他

2009

[平成21年]

Institute for
Advanced Biosciences
Keio University



IAB発バイオベンチャー企業
スパイパー株式会社
(2007年より)



第9回 バイオビジネスコンペ JAPAN
最優秀賞 受賞



平成21年度 全国発明表彰発明協会
会長賞 受賞



「光る大学発ベンチャー20選」に
鶴岡市のIAB発ベンチャー2社 選出



国立がんセンターと共同研究
虫下し薬でがんを抑制

- 1月 ●抗がん剤の働きを測定する新技術、
世界に先駆けて開発
- 2月 ●ジグソーパズル状の遺伝子を発見
- 3月 ●大学院生、
第9回 バイオビジネスコンペ JAPAN
最優秀賞 受賞
●スプリング・サイエンス・キャンプ2009
開催
- 4月 ●第19回 日経 BP 技術賞
医療・バイオ部門賞 受賞
●文部科学省
「都市エリア産学官連携促進事業」に採択
●ゲノムテクノロジー第164委員会
第30回研究会 開催
- 5月 ●世界最先端プロジェクトの研究助手に
地元高校生を起用
●平成21年度 全国発明表彰
発明協会会長賞 受賞
●メタボローム解析でがんが
回虫と同じ代謝を使うことを示唆
●メタボローム解析で血液から
「体内時刻」を測定する方法を開発
- 6月 ●メタボローム解析新技術、
陰イオンの感度が数十倍向上
●細胞内をリズムカルに移動する
タンパク質を大量に発見
●ジグソーパズル状の遺伝子発見
国際 RNA 学会で受賞
●「光る大学発ベンチャー20選」
(経済産業省)に鶴岡市の
IAB 発ベンチャー2社 選出
- 7月 ●サマーバイオカレッジ2009 開催
- 8月 ●慶應サマーバイオキャンプ2009 開催
- 9月 ●国際メタボローム学会功労賞 受賞
- 10月 ●第1回 慶應先端生命研 CE-MS
メタボロミクス研究会 開催
●メタボローム解析の新技術で特許取得
●慢性腎臓病の悪化を防ぐ
新たな治療法 開発
●市民のための
生命科学入門講座2009 開催
- 11月 ●博士課程学生、日本生化学会で受賞
●博士課程学生、東北分析化学奨励賞 受賞
- 12月 ●JST「地域産学官共同研究拠点整備事業」
に「鶴岡メタボロームクラスター産学官
共同研究拠点」採択

研究/発表/イベント・その他

2012

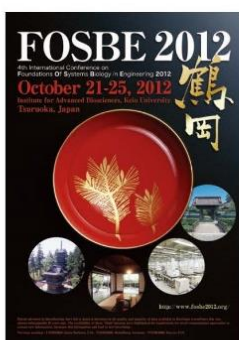
[平成24年]

Institute for
Advanced Biosciences
Keio University



●国内日報：2012年2月9日付

鶴岡みらい 健康調査 開始



FOSBE 2012 国際会議 開催

[2012年10月]

国内外12カ国から111名が参加し、33の口頭発表と55のポスター発表が行われました。



●写真左より：
Dr. Lynn Rothschild (NASA Ames Research Center)、富田康彦氏

アメリカ航空宇宙局 (NASA) と 宇宙線耐性メカニズム解明のための 研究連携 開始 [2012年11月]

- 1月 ●大象株式会社(韓国)と微生物発酵の
共同研究開始
●遺伝暗号法則の“例外”を発見
- 2月 ●生命誕生の謎を解く手がかり、湯野浜温泉
からメタゲノム解析で発見
- 3月 ●日本酒が熟成するしくみ 化学的に解明
●スプリング・サイエンスキャンプ2012 開催
- 4月 ●鶴岡みらい健康調査 開始
●高校生研究助手、地元高校生を9名採用
- 5月 ●特別研究生、地元高専生・高校生を
15名受入れ
- 6月 ●腸内細菌学会 研究奨励賞 受賞
- 7月 ●酒中に含まれる超伝導誘発物質を同定、
誘発メカニズムを解明
●サマーバイオカレッジ2012 開催
- 8月 ●第2回高校生バイオサミット in 鶴岡 開催
●鶴岡・女川町中学生ワークショップ 開催
●ヒトの血液から簡単に「体内時刻」を調べる
手法を確立
- 9月
- 10月 ●オイル産生藻類がオイルを作るしくみを
詳細に解析
●第7回メタボロームシンポジウム 開催
●第4回国際システムバイオロジー学会
FOSBE2012 国際会議 開催
- 11月 ●NASAと研究連携開始
●修士課程学生、
国際学会 Probiotics2012 で受賞
- 12月

研究/受賞/イベント・その他

2013

[平成25年]

Institute for
Advanced Biosciences
Keio University



鶴岡みらい健康調査セミナー 初開催



●山形新聞：2013年4月14日付

遺伝性平滑筋腫症— 腎細胞がん症候群の がん化の仕組みを解明



株式会社 サリバテック 設立

●山形新聞：2014年7月29日付

1月

●千住博氏講演会

●鶴岡みらい健康調査セミナー
うつ病 予防と治療の最前線 開催

●スプリング・サイエンスキャンプ2013 開催

●遺伝性平滑筋腫症—腎細胞がん症候群の
がん化の仕組みを解明

●文部科学大臣表彰 若手科学者賞 受賞

●高校生研究助手、特別研究生
地元高校生 21 名を受入れ

●国際メタボローム学会
Best Paper Award 受賞

6月

●サマーバイオカレッジ2013 開催

●第3回高校生バイオサミット in 鶴岡 開催

9月

●JST CREST
「代謝産物解析拠点の創成とがんの代謝に
立脚した医療基盤技術開発」に採択

●第1回がん代謝研究会 開催

●Symposium on Complex Biodynamics
and Networks 開催

●腸内細菌が作る酪酸が制御性T細胞への
分化誘導のカギ
—炎症性腸疾患の病態解明や
新たな治療法の開発に期待—

●「細胞を創る」研究会6.0 開催

●IAB 発バイオベンチャー企業
「株式会社サリバテック」設立

研究/受賞/イベント・その他

2014

[平成26年]

Institute for
Advanced Biosciences
Keio University



●山形新聞：2014年2月19日付

第57回 山新3P賞 受賞



●庄内日報：2014年6月25日付



第10回 国際メタボロミクス会議 開催



経済産業省 「地域オープン イノベーション促進事業」 に採択

●山形新聞：2014年6月7日付

- 1月 ●第57回山新3P賞 栄誉賞受賞
- 2月
- 3月 ●鶴岡みらい健康調査セミナー
高血圧と脳卒中 予防と治療の最前線 開催
●スプリング・サイエンスキャンプ2014 開催
山形県、鶴岡市、慶應義塾の
3者による協定締結式
- 4月 ●高校生研究助手、特別研究生
地元高校生21名を受入れ
- 5月 ●ICOBM2014 Poster Award 受賞
- 6月 ●経済産業省「地域オープンイノベーション
促進事業」に採択
●第10回国際メタボロミクス会議 開催
- 7月 ●竹中平蔵氏 講演会
●サマーバイオカレッジ 2014 開催
●平成26年度三島海雲学術賞 受賞
- 8月 ●第4回高校生バイオサミット in 鶴岡 開催
- 9月
- 10月 ●第13回山形県科学技術奨励賞 受賞
●大学発ベンチャー表彰2014特別賞 受賞
- 11月
- 12月 ●腸内環境改善による腎臓病治療法の開発
●MMWS2014 Outstanding
Young Researcher Award 受賞

研究/受賞/イベント・その他

2015

〔平成 27 年〕

Institute for
Advanced Biosciences
Keio University



●市内日報：2015年1月15日付

がん細胞の 死滅を促進する 標的分子を発見



●山形新聞：2015年5月12日付



2nd Symposium on Complex Biodynamics and Networks(cBio2015) 開催



株式会社 メタジェン 設立

●山形新聞：2015年6月9日付

- 1 月 ●がん細胞の死滅を促進する標的分子を発見
- 2 月 ●第1回バイオサイエンスグランプリ
最優秀賞 受賞
- 3 月 ●鶴岡みらい健康調査セミナー
健康長寿最前線 開催
●スプリング・サイエンスキャンプ2015 開催
●IAB 発バイオベンチャー企業
「株式会社メタジェン」設立
●第85回日本衛生学会 若手優秀演題賞 受賞
- 4 月
- 5 月 ●高校生研究助手、特別研究生
地元高校生24名を受入れ
●2nd Symposium on
Complex Biodynamics and Networks
(cBio2015) 開催
●一度に50個以上のDNA断片を連結する
遺伝子集積法を開発
- 6 月
- 7 月 ●サマーバイオカレッジ 2015 開催
- 8 月 ●第5回高校生バイオサミット in 鶴岡 開催
- 9 月 ●日本微生物資源学会
2015 年度奨励賞 受賞
●第14回山形県科学技術奨励賞 受賞
- 10 月 ●第7回生命情報科学若手の会 開催
- 11 月 ●第2回寺部茂賞 受賞
●第9回細胞学若手コロッセウム
若手奨励賞 受賞
- 12 月 ●科学技術への顕著な貢献 2015
(ナイスステップな研究者) 受賞
●温泉水飲用がもたらす
健康増進効果の一端を解明

研究/受賞/イベント・その他

慶應先端研関連のテレビ放送

最近の 5 年間（2014 年～2018 年）に放映された、先端研や鶴岡サイエンスパークの特集番組と、先端研および先端研発ベンチャー企業の研究者が出演した番組は、以下の 33 本にのぼる*。特に重要な番組は太字で示してある。

- ・ 「**日経プラス 10** 予防と治療の未来が変わる“個別化医療”の可能性」(BS ジャパン、2014 年 6 月 5 日) …先端研のメタボローム解析技術と、その応用研究事例を紹介。富田所長がゲスト出演。
- ・ 「庄内を世界的なバイオの街に ～慶應大鶴岡キャンパスの挑戦」(YBC、2014 年 8 月 24 日) (再放送：2014 年 12 月 27 日) …鶴岡市で開催された第 10 回国際メタボロミクス会議の様子が紹介された。
- ・ 「やまがたサンデー 5 世界最先端の技術をヤマガタから！」(YBC、2014 年 11 月 23 日) …先端研のメタボローム解析技術と、その応用研究事例が紹介された。
- ・ 「現代のマッサンたち ～知られざるウイスキーの世界」(NHK BS プレミアム、2015 年 2 月 26 日) …先端研のメタボローム解析技術と、その応用研究事例が紹介された。
- ・ 「**健康カプセル！ゲンキの時間** ～最新医療、この 1 滴」(TBS、2015 年 6 月 21 日) …先端研のメタボローム解析技術、血液検査で肝臓疾患を判別、血液検査によるうつ病診断への応用例が紹介された。
- ・ 「**真相報道バンキシャ！** ～地球外生命体を探せ」(日本テレビ、2015 年 6 月 21 日) …藤島皓介特任講師が特集され、富田所長がコメンテータを務めた。
- ・ 「**クローズアップ現代** ～あなたのがん見つけます 超早期治療への挑戦」(NHK 総合、2015 年 6 月 30 日) …先端研のメタボローム解析技術、唾液検査でがんを判別する応用研究事例が紹介された。
- ・ 「**EARTH Lab** ～次の 100 年を考える」(TBS、2015 年 10 月 3 日) …先端研のメタボローム解析技術、唾液検査でがんを判別する応用研究事例が紹介された。
- ・ 「**夢の扉+** ～究極の繊維"クモ糸"の人工合成」(TBS、2015 年 11 月 1 日) …Spiber 社関山和秀代表執行役の特集。
- ・ 「**スッキリ！**」(日本テレビ、2015 年 11 月 16 日) …先端研のメタボローム解析技術、唾液検査でがんを判別する応用研究事例が紹介された。
- ・ 「**サイエンス ZERO**」(NHK ETV、2015 年 12 月 20 日、27 日) …“教えて！生命の不思議 プレゼンスタジアム 2015”に「最強生物”クマムシ”の秘密に迫る」というテーマで堀川大樹特任講師が出演し、優勝した。
- ・ 「**ノーベル賞を目指す高校生たち 2** ～慶應大鶴岡キャンパスの新・英才教育」(YBC、2015 年 12 月 31 日) (再放送：2016 年 4 月 3 日) …先端研の特別研究生の研究活動、第 5 回バイオサミットにおける全国の高校生の熱戦の様子を紹介。
- ・ 「**サキどり！**」(NHK 総合、2016 年 1 月 10 日) …先端研の唾液検査でがんを判別す

* 筆者が監修した非公開資料「慶應義塾大学先端生命科学研究所研究成果報告書」（2014～2018 年度）から引用。

る研究事例が、国立がん研究センター、九州大学などとともに「がんがわかる新技術ぞくぞく」というパネルで紹介された。

- ・ 「**テレビ未来遺産** 緊急！池上彰と考える 今年の細菌・ウイルス大疑問」 (TBS、2016 年 1 月 27 日) …先端研の最先端の腸内細菌研究が紹介され、福田真嗣特任准教授がスタジオ出演した。
- ・ 「**情熱大陸**」(TBS、2016 年 1 月 31 日) …先端研の腸内細菌研究グループの福田真嗣特任准教授と学生たちが特集された。
- ・ 「所さんの目がテン！」(日本テレビ、2016 年 3 月 27 日) …堀川大樹特任講師が出演した。
- ・ 「**カンブリア宮殿**」(テレビ東京、2016 年 8 月 4 日) …「10 年で世の中は変えられる！素材に革命を起こす若きサムライたち」というテーマで、Spiber 社関山和秀代表執行役が出演した。
- ・ 「サヘル・ローズのイチオシ NIPPON」(BS12 トゥエルビ、2016 年 11 月 21 日) …先端研のメタボローム解析技術、高校生研究助手／特別研究生として活動する地元高校生の研究の様子が紹介された。
- ・ 「**おはよう日本**」(NHK 総合、2016 年 12 月 10 日) …先端研の高校生研究助手制度と、地元高校生の研究の様子が紹介された。
- ・ 「慶應大先端生命科学研究所 15 年の軌跡 ～YAMAGATA, TSURUOKA から世界を変える～」(YBC、2016 年 12 月 31 日) …2016 年 9 月に開かれた先端生命科学研究所 15 周年記念シンポジウムの様子を中心として、先端研の研究教育活動の 15 年の軌跡が紹介された。
- ・ 「**NHK World - Launchpad for success -**」(NHK World、2017 年 1 月 12 日) …先端研の高校生研究助手制度と地元高校生の研究の様子を紹介した英語ニュースが、海外で放送されるとともに、NHK World のインターネット website で公開された。その後、中国語版とポルトガル語版も放送された。
- ・ 「もう怖くない!? **がん医療最前線** ～ここまで来た驚異の最新治療法」(BS-TBS、2017 年 2 月 3 日、10 日 二週連続) …富田所長が番組の監修とコメンテータを務め、先端研のメタボローム解析技術、がんメタボローム、唾液メタボローム、腸内細菌などの応用研究が紹介された。
- ・ 「あさイチ **JAPAN-NAVI**」(NHK 総合、2017 年 3 月 2 日) …山形県庄内地方の特集の中で、先端研のメタボローム解析技術、クマムシ研究、鶴岡で研究を進める学生が紹介された。
- ・ 「生命 38 億年スペシャル 人間とは何だ…!？」(TBS、2017 年 8 月 14 日) …福田真嗣特任准教授が登場し、腸内細菌に関する研究が紹介された。
- ・ 「提言の広場」(山形テレビ、2017 年 7 月 22 日) …2017 年 7 月に山形市で開催された第 41 回経済同友会東北ブロック会議(富田所長が基調講演)を特集。
- ・ 「**Medical Frontiers**」(NHK World、2017 年 9 月 12 日) …杉本昌弘特任教授が登場し、メタボローム解析により唾液でがんを早期発見する研究が紹介された。
- ・ 「長生きの極意！～“未病”を知る健康革命～」(BS ジャパン、2017 年 12 月 9 日) …杉本昌弘特任教授、若山正隆特任助教が登場し、メタボローム解析により唾液でがんを早期発見する研究が紹介された。
- ・ 「がんと闘う ～慶應大先端生命科学研究所の挑戦～」(山形放送、2017 年 12 月 30 日) …先端研のがん研究の特集番組。曾我朋義教授によるがんの代謝が変化する仕組みを

解明した研究成果、大学院生、特別研究生の活動風景、からだ館の取り組み、サリバテック社等が紹介された。

- ・ 「バイキングステーション 2018 新春SP：山響どうでしょう」（ダイバーシティメディア、2018 年 1 月 1-5 日）…富田所長がインタビューで登場した。
- ・ 「やまがたサンデー5 スペシャル 新春知事対談」（山形放送、2018 年 1 月 7 日）…吉村美栄子県知事と富田所長が対談を行った。
- ・ 「健康科学ミステリー！"若返り"医療最前線」（BS-TBS、2018 年 2 月 23 日）…富田所長が登場および監修。堀川大樹特任講師が登場し、クマムシに関する研究が紹介された。
- ・ 「N スタやまがた」（テレビユー山形、2018 年 4 月 5 日）…中国メディア視察団が、山形県内の最先端技術の 1 つとして先端研を視察に訪れたことが紹介された。
- ・ 「サタデーステーション」（テレビ朝日、2018 年 6 月 30 日）…地方創生特集の中で、先端研の研究活動、富田所長のインタビュー、Spiber 社が紹介された。