

地方から世界水準のイノベーション

～慶應大先端生命科学研究所とスパイバー社の挑戦～

World-Class Innovation from a Regional Company: the Keio University Institute for Advanced Biosciences and Spiber Inc.

平成25年5月、山形県鶴岡市にある慶應義塾大学先端生命科学研究所から生まれたバイオベンチャー企業であるスパイバー社は、クモ糸新素材「QMONOS（クモノス）」の記者発表を大々的に行い、石油に依存しない新素材の時代が到来することを高々と宣言した。

本稿では、このスパイバー社が鶴岡に生まれた軌跡を追いながら、地方から世界水準のイノベーションを生み出す産業クラスターモデルのあり方について考えてみたい。

そこには、来るべき知識産業社会を見通し、農業の伝統に培われた生命科学の基盤を、さらに先端の研究所の誘致によって、最先端バイオ研究を核とした産業クラスター政策に引き上げようとする地元自治体、首長の強固な政策理念が背景にあった。

また本稿では、慶應義塾大学先端生命科学研究所が地元の期待に応え、次々と世界レベルの成果を上げ、やがて研究所発の本格的バイオベンチャーが創出され、クラスター形成が産業面で具現化していくプロセスを見ていく。さらに、ベンチャーであるスパイバー社と小島プレス工業社の共同事業化に着目しながら、先端研究と人材育成が原動力となって革新的技術が生まれ、その技術を武器にベンチャー企業が誕生し、さらにそのベンチャー企業の技術を求めて他地域に本社のある企業が立地して事業化が始まる、という一連のプロセスの循環を誘導することが、今後の地方におけるイノベーション創出の鍵となることを述べる。

あわせて、スパイバー社の挑戦を紹介しながら、その源泉が若い研究者の柔軟な発想と高いモチベーションに裏打ちされていることを検証し、そうした人材の連鎖的育成に向けた構想について考察する。



In May 2013 Spiber Inc., a biotechnology start-up company born out of the Keio University Institute for Advanced Bioscience (IAB) located in Tsuruoka, Yamagata, held a major press conference to announce a spider-silk-based new material named QMONOS and with it heralded an era of new materials that will not rely on petroleum. This paper traces the events leading up to the inception of Spiber in Tsuruoka and considers a model of an industrial cluster where regional companies produce world-class innovations. Behind the scenes lay a principle strongly held by the local government and its leader: foreseeing the coming knowledge-based industry and society, they were determined to create a policy to establish an industrial cluster centered around the foundations for life science research built on the region's agricultural tradition and around cutting-edge biotechnology research which would be promoted by inviting an advanced research center into the area. This paper also examines the process of forming an industrial cluster, with the IAB answering to the expectations of the region by achieving a series of world-class results and producing fully fledged start-up companies. In addition, focusing on the joint enterprise between Kojima Industries Corporation and Spiber, a start-up company, this paper argues that the key to innovation by regional industries in the future is to induce the following process: create innovative technologies with advanced research and human resource development as the driving force, establish start-up companies based on such technologies, and set up local offices by other companies headquartered elsewhere in pursuit of the technologies owned by these start-up companies and subsequently move to commercialization. Lastly, discussing Spiber's efforts, this paper examines the fact that the efforts are backed by flexible ideas from young researchers as well as their considerable motivation, and considers a plan for chain-reaction-like training of such researchers.

1 | はじめに ～新繊維「QMONOS」の誕生～

平成25年5月24日、東京六本木ヒルズアカデミーのホールにおいて、スパイバー社のクモ糸新素材「QMONOS（クモノス）」の記者発表が行われた。詰め掛けした報道関係者であふれかえる会場のステージに立った関山社長は、石油に依存しない新素材の時代が到来することを高々と宣言した。

新素材「QMONOS」は、「強くて、軽くて、よく伸び



スパイバー社記者会見（平成25年5月24日、東京六本木ヒルズアカデミー）

出所：鶴岡市



記者会見で発表された「QMONOS」で製作されたドレス

出所：鶴岡市

ることが大きな特色であり、広範な分野に応用可能な高いポテンシャルを誇る。クモ糸を足がかりに、構造タンパク質材料の世界初の工業化を実現し、いずれ必ず訪れる石油の枯渇にも対応できる新産業を創出することが関山社長のビジョンである。

会見では、新素材による独特の青い光を放つドレスが披露された。覆われていた幕が開かれた瞬間、会場からは大きなどよめき起きた。関山社長のねらいは、クモ糸新素材の大量合成に世界に先駆けて成功したことを強く印象付け、競争相手の欧州や米国の開発チームの度肝を抜くことにあった。

こうして一躍世界から注目を集めることとなったスパイバー社。本稿では、スパイバー社がこれまでたどった挑戦の軌跡を追いながら、地方都市における世界レベルのイノベーション創造の可能性を考えてみたい（なお、スパイバー社の紹介は後述する）。

2 | スパイバー社がなぜ鶴岡に生まれたか

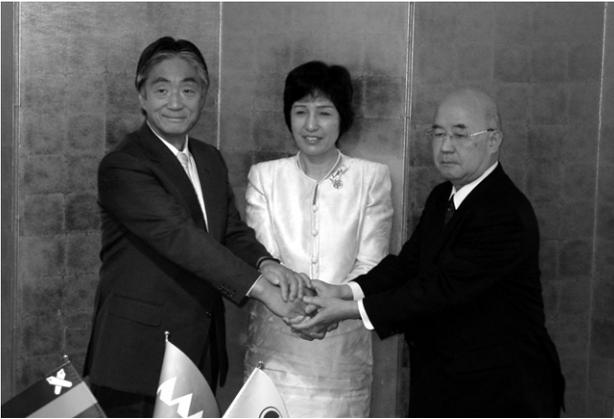
スパイバー社の軌跡を追ううえで欠かせないのは、大学発の本格ベンチャーとして同社を生み出した慶應義塾大学先端生命科学研究所（Institute for Advanced Biosciences, 以下、慶應IABと記述）の存在である。「スパイバー社がなぜ山形県の鶴岡市に生まれたか？」という問いに対して、まずは慶應IABについて述べる必要がある。

そして、そもそも慶應IAB自体がなぜ鶴岡にあるのか？という問いかけもあるだろう。そこには、重要な要素として、山形県と鶴岡市の知識駆動型の産業クラスター創造への政策ポリシーが背景にあることを述べなければならない。

そこで少し回り道にはなるが、スパイバー社を理解するうえで重要なプロセスであることから、まずは、慶應IABが鶴岡に立地した経過と活動について紹介する。

（1）慶應IABを誘致した山形県と鶴岡市

はじめに、慶應IABが立地している鶴岡市の概要だが、同市は山形県の日本海側、庄内地域というエリアの中核



慶應義塾、山形県、鶴岡市の三者で連携協定を締結
出所：鶴岡市

都市である。庄内圏域は約30万人の人口規模の地域であるが、その中核となる鶴岡市は平成17年10月に6市町村が合併して、14万人程の人口を擁する都市となり、市域面積が東北一、全国でも10位という状況となった。

鶴岡市は、霊峰月山をいただき、米作りを主体とした穀倉地帯で、農業を主産業として発展してきた街である。工業の面ではルネサスエレクトロニクス(株)の半導体デバイスの一大生産拠点になっており、市の製造品出荷額の占める同社の割合も大きかったが、近時、半導体市況の低迷から厳しい状況が続いている。

観光の面では、修験の羽黒山が有名である。また、最近では作家・藤沢周平氏（故人）の生誕地であり、また、藤沢作品の数々の映画化によっても注目されており、2年前には「藤沢周平記念館」という顕彰記念館が整備され、藤沢ファンの来訪が絶えない。

地勢は、海・山・川に囲まれた平野という特異な地形にあって、四季の移ろいが非常にはっきりしている。そして、こうした自然環境から生み出される食材の豊かさが際立っている。このため、近年は、ユネスコの創造都市ネットワークに「食文化都市」として加盟するための取り組みが市をあげて進められている。

さて、こうした鶴岡市に慶應IABが進出することとなった際は、慶應義塾大学が首都圏以外に初めて進出したということで話題になった。その実現に至るまでには、次のような経過をたどった。



慶應IAB センター棟
出所：鶴岡市



慶應IAB バイオラボ棟
出所：鶴岡市

当時、鶴岡市を含む庄内地域には4年制大学が山形大学の農学部のみで、大学進学率も全国平均をかなり下回っていたことから、この地域においては4年制大学を何とか作りたいという悲願があった。そのため、山形県と庄内地域は連携して、大学誘致の取り組みを平成8年にスタートすることとなった。初めは、庄内地域の大学づくりということで始まったが、庄内圏域には鶴岡市と酒田市の2つの中心都市があったことから、新設大学の立地場所の決定にあたっては「わが市に」ということで、両市の間で綱引きとなってしまった。最終的に、公設民営の大学を設立することとし、大学の学部は酒田に、鶴岡には大学院と慶應IABの研究所を設置という方向となったのである。

一連の大学づくりのプロジェクトにあたっては、山形

県と庄内地域は、慶應義塾大学に対し全面的に支援を仰いでおり、平成11年には、三者による連携協定が締結され、大学づくりそのものに対して、慶應義塾大学の持つ運営ノウハウが導入されるとともに、慶應義塾大学は研究所を設置することとなったものである。

もうひとつ、この研究所の設置には大きな背景があることを述べなければならない。それは、鶴岡市の前市長である富塚陽一氏の存在である。

富塚氏は、同市長を5期18年務めるなかで、常に今後の知識産業の到来を強く意識し、学術研究機関の整備による産業振興、有能な若者の流入・定着による地域振興を政策理念の柱に据えていた。それは、氏にとってまさにライフワークであったと思われる。

前述の通り、鶴岡市は農業とともに歩んできたまちであり、厳しい自然の中でその農業を先人からの知恵と工夫で切り拓いてきた伝統がある。その伝統を支えるために、鶴岡に山形大学の農学部が設置され、また、農業機械を中心とするものづくりを支えるために鶴岡高専が設置されるというように、一連の知的基盤が形づくられてきたのである。富塚氏は常に「農業は知的産業である」と市民に語りかけており、まさに「生命を科学し育てる伝統が地域の力である」という強い信念を持っていた。

そうした強固な政策理念の中で、富塚氏がさらなる知的基盤を高めるために、先端の生命科学を探求する慶應IABの招致に執念を燃やしたことは、むしろ必然的な流れであったと言えるだろう。

こうした経過をたどって、慶應IABは、平成13年の4月に鶴岡市に開設された。富塚氏の理念は、現市長の榎本政規氏に引き継がれ、鶴岡市は現在に至るまで慶應IABの研究開発活動を支え続けることとなる。そして、慶應IABはその期待に応え、世界レベルの研究開発に邁進し、次々と成果を上げていくこととなるのである。

(2) 慶應IABの研究開発

慶應IABは、開設と同時に革新的なバイオ技術である「統合システムバイオロジー」(後述)の研究開発を推進し、細胞の構成物質を極めて短時間かつ網羅的に解析す

るメタボローム解析技術の開発や遺伝子の統合的デザイン設計技術の開発等、数多くの成果を上げてきている。

特に、慶應IABの中核的技術であるメタボローム解析技術は、その後の同研究所の研究開発を推進する要の技術であることから、まずその概要について紹介する。

○バイオサイエンスの次世代基盤技術「メタボローム」

言うまでもないが、あらゆる生物は細胞で構成され、細胞内には核酸(DNA)やタンパク質の他に、代謝活動によって生産された有機酸、アミノ酸等の低分子の代謝物が存在している。細胞の働きを理解しようとするとき、DNA配列の網羅的解析(ゲノミクス)、遺伝子の網羅的解析(トランスクリプトミクス)やタンパク質の網羅的解析(プロテオミクス)に加え、全代謝物質(メタボローム)を網羅的に解析するメタボロミクスは、細胞の機能を明らかにするうえで不可欠な研究分野である。

このメタボロームとは、細胞内の低分子代謝物質(たとえばアミノ酸、糖、脂質等)の総称であり、微生物で数百、哺乳動物で数千、植物で数万種類の代謝物質(メタボローム)が存在する。

メタボローム研究の利点は、①ヒトのメタボロームが数千種類と、ゲノム(約22,000)、トランスクリプトーム(~100,000)、プロテオーム(~1,000,000)に比べて対象物質数が少ないこと、②個々の代謝物質はこれまでも生化学の分野で長年扱われており、従来の知識が生かせること、③代謝物質はゲノム情報の最終表現型であるため、生体の機能との関連を解明しやすいこと、④種にかかわらず代謝物、代謝経路はほとんど同じであるため生化学情報や分析法を共有できること、⑤応用分野が極めて広範であること、等があげられる。

細胞の働きはゲノム情報に基づいており、ゲノム情報の結果(最終産物)はメタボロームである。したがってメタボロームは、細胞や生体の状態やふるまいをそのまま反映したものであるため、メタボロームを解析することによって細胞や生体の状態を把握することができる。

たとえば、がんは、有害物質やピロリ菌等が出す毒素等によってゲノムに変異が起きることが原因となって発

症する。ゲノムに変異が起きれば、その最終産物である代謝物質にも必然的に変化が生じるため、がん組織と正常組織のメタボロームをそれぞれ測定し、比較すると多くの代謝物質の量が明解に異なることとなる。また、メタボロームは細胞から血液や尿にも輸送されるため、細胞や組織にかかわらず、がん患者と健常人の血液や尿のメタボロームパターンには大きな違いがある。このことから、尿や血液のメタボロームを測定することによって、がんや疾患の多くを迅速かつ一斉に診断する方法論の開発が、現在精力的に行われているのである。

また、疾患に限らず、微生物、植物、動物等あらゆる細胞に関わる機能を同様に解明することに関してメタボローム解析は有効な手法であることから、医薬、発酵、食品、農業、環境、資源、エネルギー等の産業分野にイノベーションをもたらす画期的な基盤技術であるとされる。

このようにメタボローム解析は極めて有用なバイオ技術であるが、これまでメタボロームを一度に測定できる分析法が存在しなかった。細胞内の代謝物質は、物理的・化学的性質が非常に似かよったものからまったく異なるものまで、数百種から数万種類も存在するため、これらを区別して網羅的に測定することが困難であったからである。

慶應IABの曾我朋義教授は、代謝物質のほとんど（大腸菌の場合は88%）が陽イオン性あるいは陰イオン性を持っていることに着目し、イオン性物質に対して高分離能を持つキャピラリー電気泳動（Capillary Electrophoresis : CE）という手法と、高感度、高選択検出器である質量分析計（Mass Spectrometry : MS）を組み合わせたCE-MS法によるメタボローム測定法を開発し特許を取得した。

この方法では、細長い（内径50 μ m長さ1m）中空のキャピラリーの一端に細胞抽出物を導入後、キャピラリーの両端に数万ボルトの電圧を加える。すると、イオン性物質は（電荷/イオン半径）の比に基づいて電気泳動するため、（電荷/イオン半径）の比が異なるものは分離キ

ャピラリー内で分離し、キャピラリー出口に接続した質量分析計によって選択的にかつ高感度に検出されることとなる。陽イオンはすべて陰極側に、陰イオンはすべて陽極側に電気泳動するため、2台のCE-MS装置でイオン性代謝物質を網羅的に測定することが可能になった。

慶應IABは、このメタボローム解析技術を活かし、網羅的解析手法（omics）で得られた膨大なデータを、コンピュータでシミュレーションして生命現象を包括的に理解することを目指す「統合システムバイオロジー」という新分野の開拓を推し進めている。その成果として、Nature、Scienceを始めとする国際的な学会誌に論文や記事が多数掲載された。また、これらの研究がさまざまな賞を受けるなど、国際的に注目される研究開発を続けている。

こうした慶應IABの研究開発を地域の産業振興、活性化に活かすため、山形県と鶴岡市は慶應IABへの財政的支援を続けるとともに、知的産業クラスターの形成戦略を展開していくこととなる。

（3）山形県と鶴岡市の産業クラスター戦略

山形県と鶴岡市は、重要な地域産業戦略として慶應IABを中心とするバイオ研究開発を総合計画に位置づけ、ハード・ソフト両面から多額の投資を行うとともに、国の各種事業を最大限に活かしながら事業を展開してきた。

○「山形県の科学技術政策」（平成18年度～27年度）

山形県は、取り組むべき科学技術政策の基本方針とその推進方策を示す「やまがた科学技術政策大綱」において、「価値を創造する科学技術の基盤づくり」「知的財産の戦略的な創出・活用の促進」「人材の育成及び人的ネットワークの形成」の3点を重点推進方策として掲げて、その推進を図ってきている。

その中のひとつである「価値を創造する科学技術の基盤づくり」では、慶應IABや山形大学をはじめとした地域に根付いた研究開発能力を基盤とし、地域産業資源、自然環境等の地域の優位性、県の社会的特質等を活かしながら、先導的・戦略的な研究開発への取り組みを進めている。具体的にはバイオインフォマティクス、メタボ



鶴岡市先端研究産業支援センター
出所：鶴岡市

ローム解析等の分野における研究の競争力の維持および応用展開の促進、農業部門と工業部門等の異分野融合領域における産業振興のための研究開発を推進している。

○「地方拠点都市地域基本計画」

鶴岡市を含む山形県庄内地域では『地方拠点都市地域の整備及び産業業務施設の再配置の促進に関する法律（地方拠点法）』に基づく庄内地方拠点都市地域の基本計画において、広域の見地から都市機能の集積等を図るための事業を重点的に実施すべき拠点地区として「鶴岡市北部地区」を定めている。そして、先端科学技術研究開発地区整備事業として、研究開発型の企業、試験研究機関、業務機能等の集積を図る受け皿となる『鶴岡バイオサイエンスパーク』を整備するとともに、その中核施設として、先端科学分野で国際的で先導的な役割を担う慶應IABを誘致し、さらに慶應IAB『パイオラボ棟』を平成13年に設置している。

○「特区・地域再生計画」（鶴岡バイオキャンパス特区）
（鶴岡研究産業都市再生計画）

鶴岡市は、平成15年には国の構造改革特区として「鶴岡バイオキャンパス特区」、平成16年には国の地域再生計画として「鶴岡研究産業都市再生計画」のそれぞれ第一弾の認定を得た。そして、外国人研究者の受け入れ環境の整備や鶴岡市北部地区周辺に、研究、生活、産業の3つの地区で構成される「鶴岡北部サイエンス&テクノロジータウン」を創設してバイオサイエンスパーク開発



メタボロームファクトリー
出所：鶴岡市

を推進し、創造的な研究産業都市づくりを進めている。また、産学の研究プロジェクト実施の受け皿として、また、ベンチャー企業を育成するインキュベーション機能として、バイオの実験実習に適したレンタルラボ（面積約75m²/室、全29室）を持つ「鶴岡市先端研究産業支援センター」を整備し、平成18年6月から全面的に供用開始している。

○文部科学省 都市エリア産学官連携促進事業

鶴岡市は、平成21年に「都市エリア産学官連携促進事業」に採択され、メタボローム解析技術をはじめとした高いポテンシャルを有するバイオ技術を活かし、食品・医薬品産業への利用展開が可能な、有用かつ簡便な食品の機能評価システムを構築するとともに、そのシステムを利用した高機能農産物の安定栽培技術の開発、機能性を活かした食品加工技術開発と高機能・多機能商品群の開発を行っている。

○科学技術振興機構 地域産学官共同研究拠点整備事業

さらに、鶴岡市は、平成21年に科学技術振興機構の「地域産学官共同研究拠点」に採択され、メタボローム解析技術を核とし、メタボローム技術の移転、共同研究開発を促進し、そのリソースをさらに発展させた産業のイノベーションを実現するとともに、メタボローム技術の世界的拠点を形成することで、関連企業の集積を促し、メタボローム産業の拠点創成を図ることとしている。

この事業等を活用して、鶴岡市はすでに満室となって

いた「鶴岡市先端研究産業支援センター」の拡張棟の整備（全60室）を図っており、48台を越えるCE-MS等の分析装置が置かれ、50名以上の研究者や技術者がメタボロームの基盤研究・応用開発に取り組む世界最大規模のメタボロームファクトリーとなっている。これにより、質・量ともに圧倒的規模を誇るメタボローム解析の世界拠点化が実現している。

山形県と鶴岡市は連携して、こうした地域のビジョンと戦略構想に則して、産業クラスターの事業を展開してきており、そのひとつの成果として、慶應IABの研究開発は、同研究所発の本格的ベンチャー企業の創出へと結実していくこととなる。

（4）慶應IABが生み出した初のベンチャー企業 HMT社

慶應IABのメタボローム解析技術を商業化するために、日本の代表的なバイオベンチャーキャピタルである株式会社バイオフィロンティアパートナーズ（社長：大滝義博氏）の全面的協力を得て、大滝氏が社長を兼任して平成15年7月に慶應IAB発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（以下「HMT社」）が設立された。HMT社は、同11月には慶大が創設した「アントレプレナー資金支援制度」適用第1号として大学から投資を受け、開発事業を本格的に開始した。HMT社は着実に受託プロジェクトの件数を伸ばし、平成19年2月にはアジレント・テクノロジー株式会社代表取締役副社長であった菅野隆二氏を社長に迎え、海外展開も開始し、現在は株式上場に向けた準備を着実に進めている。

慶應IABとHMT社は、Agilent Technologies, Inc.、国内外大手製薬企業、キリン、味の素等大手食品企業、デンソーや花王等各種企業、大学、研究機関等と連携し、メタボロームの基盤から実用化まで多種多様な共同研究開発を実施している。これらの連携先の一部は、チリ共和国の国営銅公社の子会社のBioSigma S.A.、慶大と日本のメタボローム研究基盤形成に向けた協力の基本合意を締結している理化学研究所の植物科学研究センター等、



HMT社
出所：鶴岡市

「鶴岡市先端研究産業支援センター」に研究拠点を設置している。

また、平成16年秋に設立された国際メタボローム学会（本部：ボストン）の第1回国際会議の開催地として、慶應IABのメタボローム測定技術と、その商業化を担うHMT社の活動が高く評価されて、有力な候補都市であったボストン市を抑え、鶴岡市が選出された。そして、平成17年6月に実施された会議には世界17カ国、201名の研究者が集まった。さらに慶應IABでは、国内外の研究者の集まる各種学会等の開催、さまざまな人材育成プログラムの開発・提供等を展開している（なお、平成26年6月には、国際メタボローム学会第10回大会が再び鶴岡市を会場に開催されることが決定されている）。

以上のようなプロセスとセオリーにより、鶴岡市におけるバイオクラスター形成は、慶應IABの先端的技術開発力とバイオフィロンティアパートナーズ等の専門家のビジネス・モデル構築力とを組み合わせ、さらに鶴岡市がインキュベーション環境を整えることで、世界の成功したバイオ産業クラスター形成と同様に、「破壊的イノベーション力を持つベンチャー企業を創出・育成する」というセオリーに沿って進み、その基盤を構築してきたと言える。

この成果をもとに一層の飛躍を遂げるためには、メタボローム解析技術の商業化を担うHMT社に続くベンチャ

一企業群が慶應IABから数多く創業されるとともに、これらスピノフ・ベンチャー企業群が成長し、より一層の集積がなされていくことが不可欠であった。

そうした状況のなかで、いよいよスパイバー社が生み出されることになる。

(5) スパイバー社の登場

スパイバー社は、慶應IABにおいて研究開発に取り組んでいた2人の大学院生が平成19年に起こしたバイオベンチャー企業である。

その大学院生が、現在の社長である関山和秀氏と最高技術顧問の菅原潤一氏であるが、当時、2人は「NASAも米軍も成し得なかったクモ糸の開発に取り組もう」と意気投合し、また、慶應IAB富田所長からの後押しもあって、クモ糸の研究開発が始まった。

その後、同社は鶴岡市の先端研究産業支援センターに本社を構え、本格的な研究開発事業を開始した。そして、たゆまぬ努力と斬新な発想により、着々と成果を上げてきたことから、経済産業省の「光る大学発ベンチャー20選」*に選出されたほか、「バイオビジネスコンペJAPAN」の最優秀賞を受賞する等、内外から高い評価を受けた(※「光る大学発ベンチャー20選」にはHMT社も選出されている)。

このような高い評価を背景に、同社への出資は急速に拡大し、これまで大手ベンチャーキャピタル等から15億円以上の資金調達に成功しているほか、国の大きな補助金にも数多く採択されている。

こうした躍進の結果、同社はクモ糸新繊維の開発に成功し、特許申請に至った。そして、この新技術にいち早く着目したのが、今般、スパイバー社と共同してクモ糸繊維事業を手掛けることとなった小島プレス工業株式会社(本社：愛知県)である。

同社は、トヨタ自動車の本社に隣接して、巨大な工場を構えるトヨタ自動車の第一次部品供給メーカーであり、従業員数は関連企業を含め7,500人に上る大企業である。

このような一流企業が、ベンチャーであるスパイバー



「QMONOS」サンプル

出所：鶴岡市

社との共同事業に踏み切り、鶴岡市への立地を決断した理由について、同社の小島洋一郎社長は、「わが社は、技術のある所に行って開発生産することが方針。新技術による製品開発のためには、試作開発と評価改良を繰り返すことが欠かせず、そのためには新技術がある場所に立地することが必要」と語っている。

こうした経過を見ると、今回のスパイバー社誕生と本格事業化のケースは、「慶應IABの研究と人材育成が元となって革新的技術が生まれ、その技術を武器にベンチャー企業が誕生し、さらにそのベンチャー企業の技術を求めて他地域に本社のある企業が立地し、事業化が始まる」という、まさにバイオクラスター構想で想定したストーリーの典型的な事例である。

このため、鶴岡市は、今後さらに新たなベンチャー企業が先端研から連鎖的に生まれ、今回のように本格企業を呼び込む道筋が繰り返されるよう取り組むことが、「従来の企業誘致にない新たな戦略」と考えている。

スパイバー社のクモ糸新繊維事業に関する今後の展開だが、スパイバーおよび小島プレス工業両社が行った本年2月の工場進出発表、および5月に東京で行われた記者発表における計画によると、次のような段階を踏むもの

表 スパイバー株式会社と小島プレス工業株式会社

名称	スパイバー株式会社	小島プレス工業株式会社
創立	2007年（平成19年）9月26日	1938年（昭和13年）5月20日
代表者	代表取締役社長 関山和秀	取締役社長 小島洋一郎
資本金	7億8,033万円	4億5,000万円
売上高	—	1,482億円
従業員数	28名	1,651名
本社	山形県鶴岡市覚岸寺字水上246番地2	愛知県豊田市下市場町3丁目30番地
主たる事業	次世代バイオ繊維の研究開発、微生物の標識技術の研究開発およびサービス提供	自動車用金属部品（プレス加工品）・樹脂部品（内外装）・電子部品の製造
主要取引先	—	トヨタ自動車(株)、トヨタ車体(株)、トヨタ自動車東日本(株)、デンソー、ジェイテクト、他

出所：各種資料をもとに筆者作成

と見られる。

第1の段階においては、量産化技術の開発と並行して、すでに建設に入っている新工場で評価用サンプルの製造を行い、自動車、航空機、医療分野等への新しい用途開発を進める。そして第2の段階では工場を拡張し、具体的製品の試作用サンプルの量産化に入る。さらに第3の段階で、製品の本格製造用原料の生産に入る、という段階的なプロセスでの展開が期待できる。

鶴岡市としては、各段階において、事業が円滑に進むよう企業側のニーズに迅速に対応した環境の整備を推進していくとともに、関連する広範な分野での製品製造企業を集積を目指して、さらに戦略的な取り組みを進めることとなるであろう。

3 | スパイバー社の挑戦

(1) クモ糸とは何だろう

クモ糸一本の太さは5マイクロメートル（1mの100万分の1）と言われる。断面積は髪の毛の40分の1しかない。しかし、スパイバー社によると、もし仮に太さ1センチメートルのクモ糸で巣を張ることができれば、計算ではジャンボジェットを捕らえることができる強度になるという。それほどクモ糸は強いのだ。そして、強いだけでなく、軽くて、よく伸びるという性質がある。クモ糸が夢の繊維と言われるゆえんである。

スパイバー社は、開発した新素材繊維の特徴について、

既存材料の中で最も高いエネルギー吸収性を有し、炭素繊維の15倍、アラミド繊維の6倍の強さを誇るとしている。さらに強力な界面接着性や高速ひずみ時の性能向上性を上げている。

クモ糸のこの強さは、一体どこから来るのだろうか。一般に繊維の強さは、構成する分子が長いほど強くなると言われる。分子の鎖が長いほど、互いに絡み合う部分が増えて分子どうしが引き合う力がよく働くということのようだ。クモの糸が強いのも基本的にはこの分子が長いからというわけである。

では、もうひとつ、クモ糸はなぜよく伸びるのか。クモ糸の正体は「フィブロイン」と呼ばれるタンパク質であるが、このフィブロイン分子には性質が異なる2つの



試作されたクモ糸

出所：スパイバー株式会社

領域があり、ひとつは非常に規則正しくアミノ酸が配列しており、もう一方は規則的配列に乱れがある。クモ糸がよく伸びるのは、この乱れの部分がよく伸びるからということだ。

このような夢の繊維が、これまで実用化できなかった理由だが、ひとつはクモは肉食のため、一緒に飼育すると共食いするため、蚕のように飼育できないことがあげられる。また、仮に飼育できたとしてもクモは多くの種類の糸を出すため、1種類の糸だけを出させて効率的に集める方法がなかったのである。では、こうした課題をスパイバー社はどのように解決したのだろうか。

(2) スパイバー社の先端技術

スパイバー社は、クモ糸をクモではなく微生物に作らせることにした。クモからクモ糸のタンパク質をつくる遺伝子を取り出し、それを微生物に組み込んで培養することで、その微生物にクモ糸タンパク質を生産させるという方法である。

しかし、これはクモ糸遺伝子が繰り返しの構造を持つため非常に不安定で、その遺伝子が短くなったり壊れたりしやすく、安定した組み込みは非常に困難であった。スパイバー社は、微生物の中で遺伝子を安定させる特殊な方法でこの問題を克服した。この技術が世界に先駆けてクモ糸の量産化に見通しをつけることにつながったということである。

さらに、この技術はクモ糸の新たな可能性を拓くことになった。クモ糸のタンパク分子のアミノ酸の配列を変えるだけで、糸の性質を多様にデザインすることが可能なのだ。すなわち、強さを優先、伸びやすさを優先、その中間と言った具合に、微生物に組み込む遺伝子进行操作することで、多様な性能を持った繊維を作れるということである。

このアミノ酸配列を変えることで、タンパク繊維について原理的には無限のバリエーションを作ることができ、それがタンパク質素材の最大の魅力となっている。スパイバー社は、すでにこの組み合わせによる性質の違いについて、網羅的な研究開発に入っているようだ。

もうひとつ、クモ糸の実用化にとってのハードルは、紡糸技術である。クモはタンパク質をお尻から吐出して糸にするが、このとき溶液状態のタンパク質をどのようなメカニズムで繊維化するのか、十分には解明されていない。クモ糸のタンパク質を合成できても、この紡糸の過程により糸の性質が大きく変わってしまうとのことで、スパイバー社は、この紡糸技術の高度化についても、さらに研究開発を続けている。

(3) クモ糸の可能性とスパイバー社のビジョン

こうして開発に成功したスパイバー社のクモ糸新繊維には、どのような可能性があるのだろうか。前述の通り、クモ糸新繊維は、強さ、軽さ、伸縮性を併せ持っているだけでなく、その性能を自由にデザインできる見通しが立ったため、その性質を利用して多様なアプリケーションの開発が期待されている。次世代自動車分野、航空機分野といったものづくり分野だけでなく、たとえば、医療分野では、手術用の縫合糸への応用により天然由来のやわらかく強い糸で、人体にも優しい製品への応用可能性も拓かれる。

このため、スパイバー社は、大量生産を可能とする製糸技術の一層の高度化と並行して、今後はこの利用用途の開発について、持ち前の柔軟な発想力を活かして、全力をあげる構えだ。

慶應IABにおいて、関山社長らが培った統合的遺伝子デザイン技術は、スパイバー社の先端バイオマテリアル技術開発である構造タンパク質材料分野で、今まさに開花しつつあると言えるだろう。

それにしても、こうして見てくると、近い将来、社会がクモ糸をヒントにした高性能素材であふれる日が来ることも夢ではないだろう。そして、スパイバー社のビジョンはさらに果てしなく広がっており、将来の石油枯渇に対応した社会のあり方の提案も行っている。それはエネルギー問題でもあり、環境問題でもあり、食料問題でもある。そうした地球規模の課題に対し、科学技術によって解を導き出すことがスパイバー社のビジョンなのだ。

4 | おわりに ～慶應IAB、そして鶴岡市の挑戦～

慶應IABにとっても、鶴岡市にとっても、今回のスバイバー社の躍進は、非常に大きな成功モデルとして明示されたことになる。それは、地方都市における研究所発のベンチャー企業を核とした産業クラスターの成長モデルのひとつの答えでもある。今後、慶應IABと鶴岡市は、このモデルが繰り返し再生産されるための循環システムづくりに挑戦していかねばならない。

最後に、現段階で鶴岡市が慶應IABと連携して進めたいと構想をしているプロジェクトを紹介して、本稿を閉じたい。

○大学・企業連携型の独創的ベンチャー企業育成システムの構築

鶴岡市では、挑戦的かつ実践的な研究開発に取り組むベンチャー企業を連鎖的に創発させ、ベンチャー企業を核とした産学連携イノベーションの促進を図るため、下記の育成メソッドを目指している。これにより大学と企業が一体となった産学連携ベンチャー育成システムを構築、展開することを目標としている。

この育成メソッドは、以下のように産業界の積極的な関与のもと、研究と事業実践を同時並行的に進行することで、研究論文だけに終始しがちな大学・大学院の研究環境を転換し、研究をリアルタイムで産業化へ結び付け、事業実践に活用する環境を学生・院生に提供するものである。

あわせて、研究が産業化につながるダイナミズムを実体験させる中から、研究開発の高度化と起業への実践スキル・マインドを育て、次の有望なベンチャー企業の創出を図っているのである。

i. 学生・院生の研究開発テーマ・オーディション

企業等に対し、学生・院生が取り組みたい研究プロジェクトのテーマ企画について、プレゼンテーションを実施する。評価の高い学生を企業が共同研究者として、研究費を提供のうえ、長期インターンシップとして企業に迎える。優秀な発表を行った学生に対し賞金を授与する

制度を設ける。また、参画企業に対しては、学生が発表した研究プロジェクトのテーマ企画について、秘密保持の確約書を取り、テーマ・企画流出の防止を図る。

ii. 企業での学生・院生の研究開発プロジェクト参加型インターンシップ

上記オーディションにより学生と企業のマッチングを図り、学生・院生が企業への中長期の研究開発プロジェクトに参加するインターンシップを実施する。慶應IABは、学生・院生を企業に研究派遣し、本インターンシップを通じた研究により単位を取得できる制度を新たに創設する。また、有望な研究テーマに対しては、提案型特定研究費制度を創設して、企業の協賛を得ながら、インターンシップ参画学生に研究資金および研究環境を提供する。特に、県内・地域企業への人材供給の観点から、県内・地域企業へのインターンシップ促進に努める。

iii. 学生・院生と企業のコミュニケーションカフェの開催

創造性に富む革新的アイデアはフォーマルな会議からは生まれないと見込まれることから、ベンチャー育成を通じた緩やかな意見交換の場づくりを行い、企業間や企業と研究者・学生相互の実効性あるコミュニケーション環境を実現する。参加企業等とインターンシップに参画している学生・院生や起業に関心の高い学生・院生が膝を合わせて自由に語り合う場（コミュニケーションカフェ）を定期的に開催する。

企業側からは新しい先端技術や素材開発を希求するイノベーションの視点、事業化・産業化への視点、事業のスピード感や実践マインドに関する視点等について現場の生の視点から解説してもらうとともに、学生・院生からは、研究開発に関する疑問や悩みを提示し、企業側からの助言・アドバイスをもらうことで、学生・院生に対して刺激を与え、モチベーションの向上を図る。また、企業は特に意欲の高い学生やインターンシップ派遣の学生・院生の研究開発や事業化に対し、常時アドバイス支援を行う後見人（メンター制度）の役割を担う。

また、特許弁理士・弁護士を招聘しての技術・知財マ



慶應IABの人材育成

出所：鶴岡市

ネジメント戦略や事業戦略に関する専門理論的視点からの講話を並行して実施する。

iv. 起業・事業化スタートアップルームの提供

起業前の学生・院生に対し、研究開発を支援する研究ラボルームとして鶴岡市先端研究産業支援センター内貸居室を無償で提供する制度を設ける。慶應IABおよび参画企業は、当該学生・院生に対し、実験機器の無償利用に便宜を図る。

v. イノベーション・バーの開設

慶應IAB内にコンソーシアム参加メンバーがいつでも利用できる「イノベーション・バー」を開設する。地域の日本酒等を提供し、研究者と企業の自由闊達なコミュニケーションを活性化し、イノベーションのシーズ発現を促す。

イノベーションの促進には、常識に囚われないアイデアが不可欠であり、それは人と人との情熱的なコミュニケーションから生まれるものである。オックスフォード大学やケンブリッジ大学の学内にはバーがあり、数多くのイノベーションのシーズが、そのバーから生まれた。



慶應IABの人材育成

出所：鶴岡市

このような独創的な取り組みを実施することは、市のクラスター政策のPRIにもつながり、国内外の優秀な研究者をアトラクトするための有力な手段となる。

以上、山形県鶴岡市における最先端バイオ研究を核とした産業クラスター形成の歩みと今後の方向性について、事例紹介という形で述べた。

慶應IABの富田所長は、「豊かな自然と文化が息づく山形・鶴岡は、創造的着想を生み出す研究環境として最適である。欧米でも先端的な研究所は地方都市にあり、シリコンバレーも初めは田舎町だった。そうした地方のポテンシャルにわが国も目を向けるべきだ。その成功事例として、時間はかかるが、山形・鶴岡を日本のシリコンバレーに育てて行きたい」と語っている。

山形・鶴岡は、この富田所長のビジョンの実現に向けて、研究者、学生、ベンチャー企業、関連企業、専門家、行政がチームを組んで、着実な歩みを続けている。こうした山形・鶴岡発の取組みが我が国における次の成長モデル形成の一助となることを願っている。

【参考文献】

- ・スパイバー株式会社 企業案内パンフレット
- ・Newton (2009年12月号)「クモの糸は夢の繊維? やわらかいの鉄よりはるかに強い不思議な糸」