

地域大学発技術シーズの実用化プロセスに関する 調査研究

2015年2月

文部科学省 科学技術・学術政策研究所

第3調査研究グループ

野澤 一博

本 DISCUSSION PAPER は、所内での討論に用いるとともに、関係の方々からのご意見をいただくことを目的に作成したものである。

また、本 DISCUSSION PAPER の内容は、執筆者の見解に基づいてまとめられたものであり、機関の公式の見解を示すものではないことに留意されたい。

DISCUSSION PAPER No.112

Study on the Commercialisation Process of Regional University's Knowledge

Kazuhiro NOZAWA

February 2015

3rd Policy-Oriented Research Group
National Institute of Science and Technology Policy (NISTEP)
Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT)
Japan

本報告書の引用を行う際には、出所を明記願います。

地域大学発技術シーズの実用化プロセスに関する調査研究

文部科学省 科学技術・学術政策研究所 第3調査研究グループ 野澤 一博

要 旨

本調査研究では、地域イノベーションの特徴と課題を抽出するために、地域大学にある技術シーズの実用化に至る産学官連携のプロセスを検証した。事例として弘前大学のプロテオグリカンと香川大学の希少糖の実用化の取組を取り上げ比較分析した。

これら事例の特徴としては、行政の積極的・継続的関与により県内で産学官連携体制が構築されていたが、県外企業の関与によりイノベーションが加速されており、イノベーションの価値連鎖は県内で完結していなかった。

これら事例の課題として、イノベーションから地域活性化への連鎖、イノベーションの活動と政策における空間の不一致があげられる。含意としては、地域の伝統と特徴に基づいた独自性のある研究開発の振興、イノベーションの創出を優先させる取組の制度的支援とイノベーションの促進と地域への波及効果を考えたパートナー企業の選定が挙げられる。

Study on the Commercialisation Process of Regional University's Knowledge

3rd Policy-Oriented Research Group, National Institute of Science and Technology Policy (NISTEP), MEXT
Kazuhiro NOZAWA

ABSTRACT

This study aims to investigate the commercialisation process of technological seeds of the regional university and its industry-academia-government collaboration system in order to extract the characteristics and issues of regional innovation, and displays the results of a comparative analysis between proteoglycan of Hirosaki University and rare sugar of Kagawa University, as case studies.

As characteristics of regional innovation, the results indicate that involvement of outside the prefecture companies has contributed acceleration of innovation, and value chain of innovation is not completed in the region, in spite of that industry-academia-government collaboration system has been built in the region by actively and continuously involved local administrative.

Linkage from innovation to local revitalization and a mismatch between the active area of innovation and the territory of administration are pointed out as issues of regional innovation. Suggested implications are as follows: the importance of promotion of research and development that uniqueness based on tradition and characteristics of the region, institutional support for efforts to prioritize the creation of innovation, and selection of appropriate partner companies that consider the promotion of innovation and the ripple effect on the region.

目 次

| | |
|----------------------------|-----|
| 概要 | 概-1 |
| 1. 調査研究の背景と目的 | 概-1 |
| 2. 事例研究 | 概-1 |
| 3. 地域大学発技術シーズの実用化に関する考察と含意 | 概-5 |
| 第1章 はじめに | 1 |
| 1. 調査研究の背景と目的 | 2 |
| 2. 先行研究と本研究の視点 | 1 |
| 3. 調査の方法 | 2 |
| 4. 事例の選定 | 3 |
| 5. 技術シーズと応用産業の特徴 | 3 |
| 第2章 弘前大学発プロテオグリカンの実用化の展開 | 6 |
| 1. 青森県の科学技術イノベーション基盤 | 6 |
| 2. 弘前大学の歴史と概要 | 8 |
| 3. プロテオグリカン研究開発の経緯 | 8 |
| 4. 産学官連携体制 | 13 |
| 5. 事業成果 | 18 |
| 6. PGの研究開発と価値連鎖 | 23 |
| 7. 地域経済への貢献 | 24 |
| 8. 課題と今後の展望 | 25 |
| 第3章 香川大学発希少糖の実用化の展開 | 26 |
| 1. 香川県の科学技術イノベーション基盤 | 26 |
| 2. 香川大学の歴史と概要 | 28 |
| 3. 希少糖研究開発の概要 | 28 |
| 4. 産学官連携体制 | 35 |
| 5. 事業の成果 | 40 |
| 6. 希少糖の研究開発と価値連鎖 | 45 |
| 7. 地域経済への貢献 | 46 |
| 8. 課題と今後の展望 | 47 |
| 第4章 地域大学発技術シーズの実用化に関する特徴 | 50 |
| 1. 地域基盤とシーズの特徴（リソース） | 50 |
| 2. 研究開発と事業化展開（プロセス） | 52 |
| 3. 産学官連携体制と政策展開（ガバナンス） | 55 |
| 4. 成果と今後の展開（パフォーマンス） | 57 |
| 第5章 地域大学発技術シーズ実用化における課題と含意 | 59 |

| | |
|----------------|----|
| 1. 課題 | 59 |
| 2. 含意 | 60 |
| 第6章 おわりに | 62 |
| 参考文献 | 63 |
| 謝辞 | 66 |

概 要

概 要

1. 調査研究の背景と目的

多くの地域、特に地方圏において地域経済が疲弊している。そこで地域にある大学の技術シーズを活用してイノベーションを起こすことが求められている。本調査研究では、地域大学発の技術シーズ実用化の取組を 2 事例取り上げた。各事例において、技術シーズの実用化に至るプロセスにおける産学官連携関係の県内外での違いに着目し、両事例を比較分析することで地域イノベーションの特徴と課題を抽出することを目的とする。

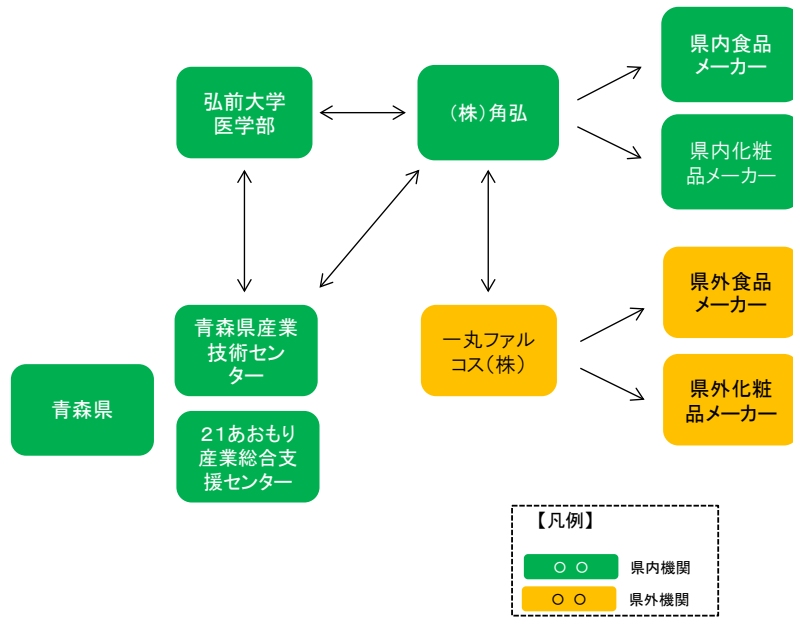
2. 事例研究

(1) 弘前大学発プロテオグリカンの実用化の展開

1 つ目の事例として、弘前大学発の技術シーズであるプロテオグリカンの実用化プロセスを分析した。弘前大学は県内企業と組んで文部科学省の研究開発助成を継続的に活用しながら研究開発を進め、物質の量産化に成功し、機能性食品や化粧品の開発に結びつけた。研究開発はプロテオグリカンという一つの物質に集中しており、参加機関は決して多くなく、合理的に実用化に至ったと言える。その研究開発マネジメントには青森県が地方自治体として組織的に大きく関与していた（図表 概-1 参照）。しかし、イノベーションの価値連鎖を見ると、鍵となる段階ではノウハウや販売力のある県外企業が大きな貢献を果たしていた（図表 概-2 参照）。

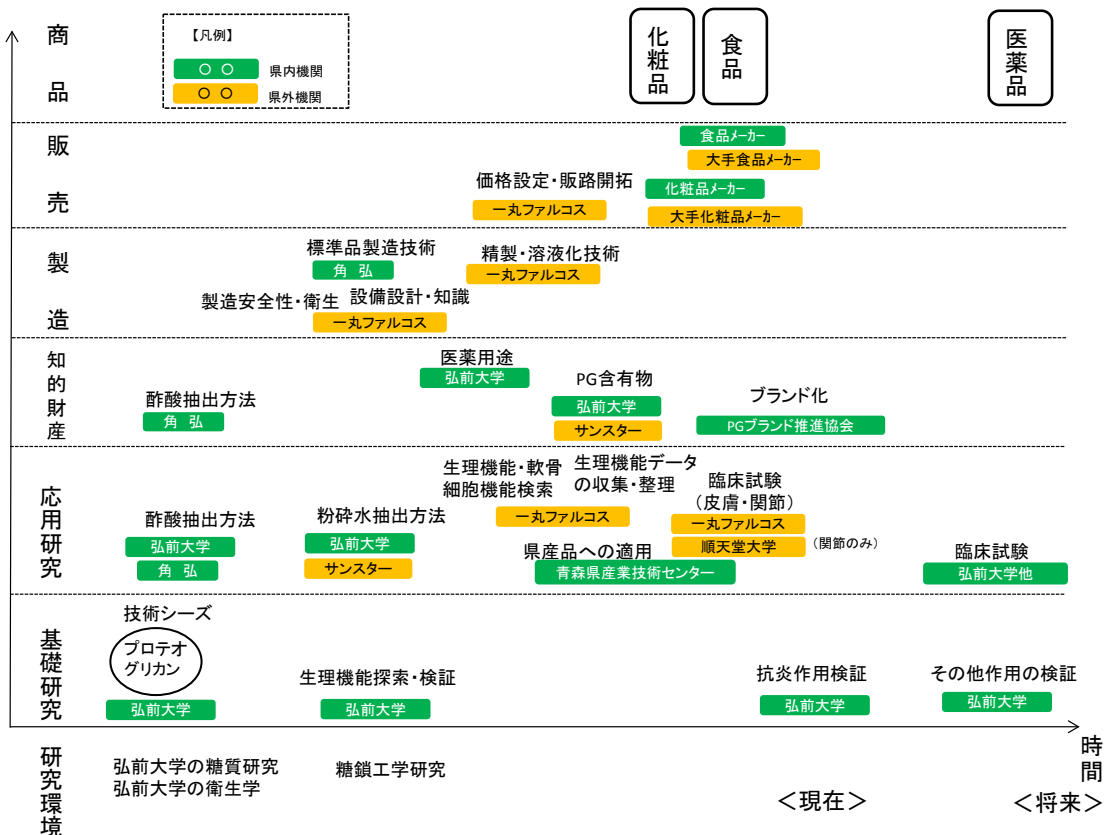
生み出された経済活動としては、プロテオグリカンを活用した商品開発には 101 社が参加し、関連製品の製造品出荷額は 30 億円あったが、県内企業の売上は限定的であった。実用化の過程では、特許出願は少なく、特定保健用食品の申請をしておらず、知財化の取組は活発とは言えない。また新規企業の創業は少なかった。この事例の今後の課題は、県外よりも県内企業からヒット商品が出されるべきという点である。同時に、関連産業の集積を県内で形成して産業システムを構築することが必要である。今後、プロテオグリカンの医薬品への応用が検討されており、イノベーションが連鎖して起こることが期待されている。イノベーションを地域活性化に結びつけるためには、県内における価値連鎖の発展と県内企業の存在感を高めることが求められる。

図表 概-1 弘前大学プロテオグリカンの実用化における産学官連携体制



(出所) ヒアリング等をもとに著者作成

図表 概-2 弘前大学プロテオグリカン実用化の価値連鎖



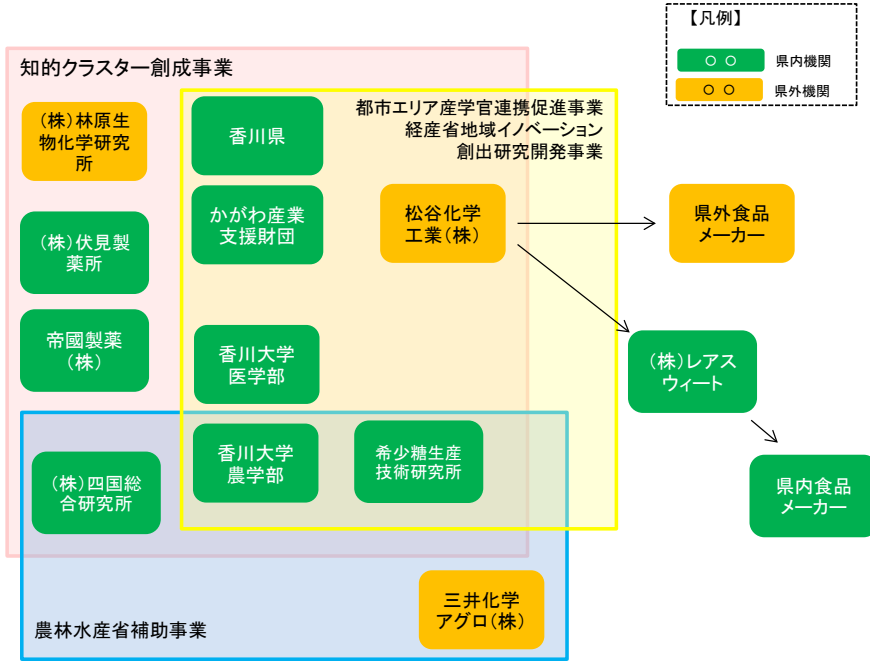
(出所) ヒアリング等をもとに著者作成

(2) 香川大学発希少糖の実用化の展開

2 つ目の事例として香川大学発の技術シーズである希少糖の実用化プロセスを分析した。香川大学の何森教授は当初県外企業と連携していたが、文部科学省の知的クラスター創成事業の採択後は、県内企業と組んで大学内の多くの研究者とともにシーズの用途開発のための研究を組織的に展開した。同時に、知的クラスター創成事業の取組を知った県外企業が参加することにより研究開発が促進した。文部科学省以外にも農林水産省や経済産業省の助成事業を活用し、実用化に辿りついた（図表 概-3 参照）。実用化に際しては、県外の食品素材会社の存在が大きく、その会社のもつ量産化ノウハウ、特定保健用食品申請のためのデータ収集、主たる市場である大企業を確保している点などからイノベーションの創出に大きな貢献を果たしていた（図表 概-4 参照）。

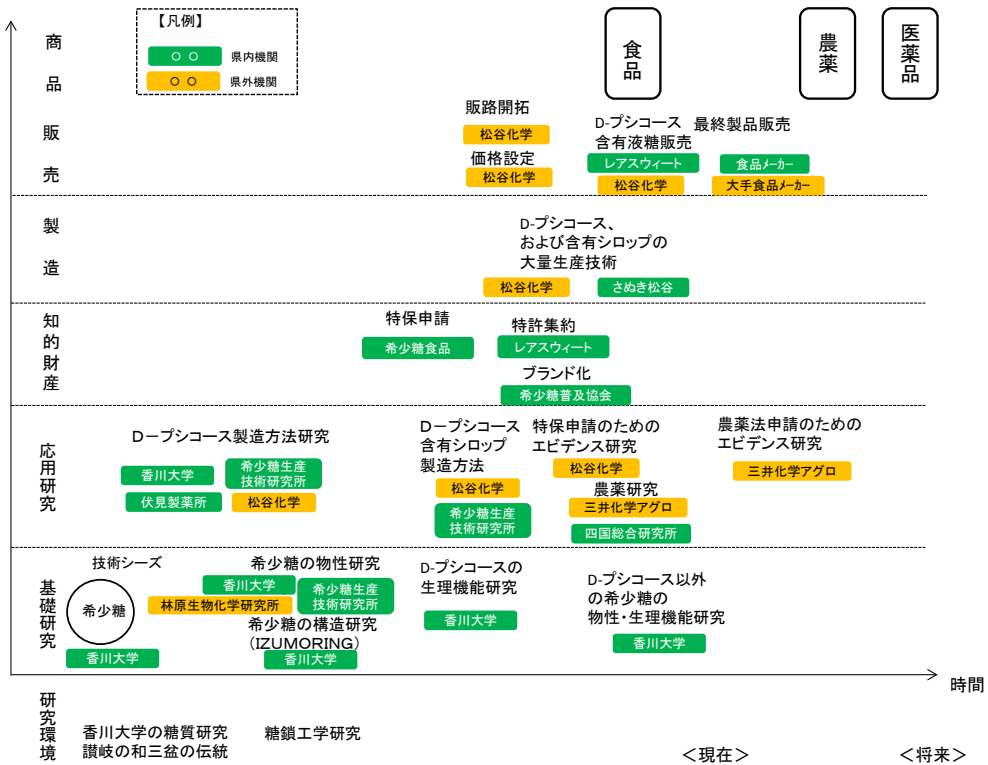
生み出された経済活動としては、希少糖含有シロップの実用化に成功した県外企業が 30 億円をかけ量産工場を香川県内で設置した。同社は希少糖の製造子会社の他に香川県内で開業した研究開発ベンチャー、販売会社、特定保健用食品会社などに出資するなどの創業支援を行っており、香川県としてはこれら創業された企業をいかに県内に定着させ、発展させていくかが肝要と言える。希少糖含有シロップ商品の開発企業は県内・県外合わせて 100 社余りあるが、県内企業の売上は限定的である。同取組の課題としては、商品数は多く出ているが、県内企業によるヒット商品がないことと、県内に産業クラスターが形成されていないことがあげられる。今後の展開としては、特定保健用食品の許可による市場の拡大と農薬用・医薬用への展開が期待される。今後、イノベーションを地域活性化に結びつけるためには、県内におけるイノベーションの価値連鎖の発展と県内企業の存在感を高めることが求められる。

図表 概-3 香川大学希少糖実用化の産学官連携体制



(出所) ヒアリング等をもとに著者作成

図表 概-4 香川大学希少糖実用化の価値連鎖



(出所) ヒアリング等をもとに著者作成

3. 地域大学発技術シーズの実用化に関する考察と含意

(1) 特徴

①リソース：地域の伝統と大学の特性を活かした技術シーズ

両事例とも、産業基盤・科学技術基盤とも恵まれたとは言えない地域での取組であった。技術シーズの特徴としては主に機能性食品の原料となる物質であり、地域の伝統を活かし、大学で長年研究されていた分野の成果から生み出されたものである。

②プロセス：基礎研究については県内機関、応用研究・量産化研究では県外企業の参画により研究開発およびビジネス展開が加速

両事例とも、研究者の研究着手から実用化までは約30年間にわたる歳月がかかっている。研究開発の展開としては、国の施策を活用しながらシーズをもとにした物質の量産化に成功し、物質が廉価に提供できるようになることを契機に、多くの研究者が研究開発に参加するようになっていった。青森県のプロテオグリカン¹は国の研究助成も知的クラスター創成事業より規模の小さい都市エリア産学官連携促進事業が中心であったため、参加機関も限定的でひとつの素材の実用化に集中しており、合理的に実用化が図られたと言える。香川県の取組は、希少糖は50種類もあるという点と、用途も多岐に渡る点、また、知的クラスター創成事業という大型プロジェクトであった点から、比較的参加機関・研究者も多く、広範囲で組織的な研究開発が展開された。基礎研究については地域大学を中心とした県内機関での研究が中心であるが、応用研究から量産化研究にかけてノウハウとニーズ情報である大口顧客を抱えている県外企業が加わることにより研究開発およびビジネス展開が加速された（図表 概-5 参照）。

青森県のプロテオグリカンは、特許出願は少なく、特定保健用食品申請はしておらず、知財化の取組は少なかった。また、新規企業創業も活発ではなかった。香川県の希少糖は、特許出願数は多く、特許管理を行う企業がある。また特定保健用食品の申請をしており、知財化の取組に熱心であった。新規創業もいくつか見られ、希少糖の製造会社の他に研究開発ベンチャー、販売会社、特定保健用食品会社などがあつた。

③ガバナンス：県が中心となって県内で産学官連携体制を構築するが、県外企業の関与が重要

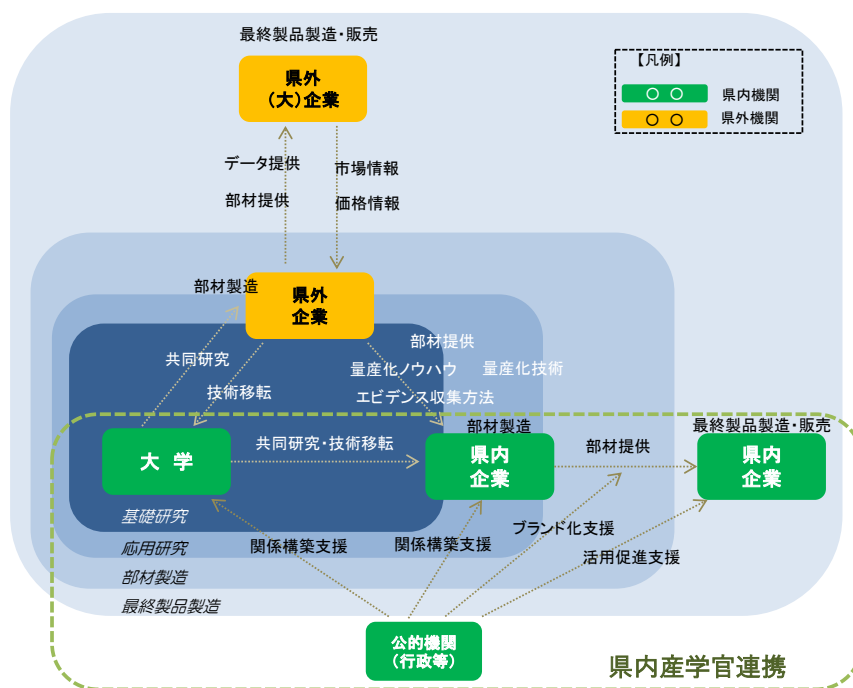
国の制度的・資金的支援を受け、県を中心とした行政の積極的・継続的関与により政策誘導が図られ県内企業が研究開発に参加していた。青森県は研究開発、ビジネス開発面でプロジェクトマネージャーの強いリーダーシップが見られたが、香川県では研究開発は香川大学の何森教授が中心であり、県はビジネス開発のコーディネーションが中心であった。両事例とも、県内で産学官連携体制が構築されていたが、ノウハウと販売力のある県外企業の関与によりイノベーションが促進されており、イノベーションの価値連鎖は地域内で完結していなかった。

④パフォーマンス：県内経済効果は限定的であり、今後関連産業の集積の形成が目標

地域への効果としては、シーズをもとにした量産工場は県内に建設されている。しかし、

青森県では付加価値の高い後工程は県外企業が担っており、香川県でも製造自体のノウハウは県外企業のものであり、県内企業が高い付加価値を生んでいるとは言えない。両事例とも、様々な最終製品が生み出されているが、地域企業による経済効果は限定的と言える。今後の展開としては、より付加価値の高い医薬品への応用を目指した研究開発が進められている。それと同時に、イノベーションの成果を地域内へ広く定着させるために、関連産業の県内集積を図り、クラスターの形成が目標とされている。

図表 概-5 地域におけるイノベーションの価値連鎖の空間的分業



(出所) 著者作成

(2) 課題

①イノベーションから地域活性化への連鎖

地域イノベーションの目的は、地域でイノベーションを起こすことにより地域経済を活性化することであるが、両事例における県内での売り上げや雇用等の経済効果は限定的であった。つまり、イノベーションの経済効果を地域内へ波及させるという大きな課題に直面している。

②イノベーション活動と政策の空間における不一致

両事例での地域イノベーションは、県内の産学官機関の連携のみならず、県外機関が関与することにより加速していった。地域イノベーションは地域の自治体の積極的な関与があって成功するが、地方自治体が県内での成果に固執しすぎると、イノベーションに必要な機能や技術を持った県外企業を排除する可能性がある。県外企業の参画はイノベーショ

ンの加速要素であるが、同時にイノベーションの成果が県外へ漏出する原因にもなり得、イノベーション・システムの不安定要素でもある。そこに地域イノベーションにおける活動と政策の空間におけるジレンマがあった。

(3) 含意

①地域の伝統と特徴に基づいた独自性のある研究開発の振興

両事例とも、地域の伝統および特徴と大学の強みを活かしたシーズをもとにした取組であり、ニッチな研究開発であり、地域で長年に渡り涵養された研究と言える。このようにメジャーではないが、地域の特徴を踏まえたニッチな研究でもイノベーションを起こすことはできるため、地域の伝統と特徴に基づいた独自性のある研究開発を日本各地で振興していくことが求められる。

②イノベーションの創出を優先させる取組の制度的支援

地域イノベーションが、政策の運営主体である県の行政区分に固執して産学官機関のネットワークを構築しようとする、イノベーションのポテンシャルが矮小化する、イノベーションの創出が遅れる可能性が高い。地域イノベーションの取組は、地域効果を勘案するよりも、まずはイノベーションそのものを起こすことを優先するべきである。そのため、イノベーションの促進主体である地方自治体は、県内での成果のみを厳格に希求するより、県外要素を受け入れる鷹揚な立場が必要といえる。また、国が地域イノベーションの施策を設計する際には、地域大学がポテンシャルの高い県外企業と連携できることを促進する制度的仕組みが必要である。

③イノベーションの促進と地域への波及効果を考えたパートナー企業の選定

県外企業との連携は、イノベーションの加速が期待できる一方で、イノベーションの成果を県内で定着させるには難しい点がある。先述したように、両事例における地域大学の技術シーズは地域の特徴を踏まえたニッチな研究であった。そのようなニッチな技術シーズの実用化の受け皿として県内の中小企業が考えられるが、十分な研究開発能力を有していないことも多い。また、県外の大企業も受け皿として考えられるが、市場規模が小さいものは事業化しない可能性が高い。両事例の実用化のパートナーは県外の研究開発型の中堅企業であったが、規模的にも研究開発能力的にもニッチな研究の受け皿として適当であったものと思われる。なお、県外の中堅企業に地域企業や地域大学との共同研究に参加してもらう際には、県内への投資を確約する取り決めに早い段階で結ぶことも有効と言える。

本 編

1. 先行研究と本研究の視点

本調査研究を遂行するに当たっての理論的背景として3つの視点がある。1つ目はイノベーションを創発させる上で地域性が重要であるという議論において根拠として用いられている知識のスピルオーバーと近接性の議論である。先行研究では、大学の知識は、ベンチャー企業や人的交流を通して、近くにある機関へより移転しやすい性質を持っているといわれている (Audretsch and Feldman 2004)。よって、イノベーションにおいては、人々が物理的接触を果たせる地理的近接性が重要な役割を果たすとしている。また、技術などの知識は単に近接する企業へ移転しやすいわけではなく、企業の技術レベルや技術への認知力などの受容能力が必要とされている (Cohen and Levinthal 1990)。

2つ目は地域イノベーション・システムである。地域イノベーションについては、イノベーションを単発で起こすことより、イノベーションが継続的に起きやすい環境システムを整備することが求められている。このような地域イノベーション・システム (Cooke 2004) とは、地域の生産構造におけるイノベーションをサポートする制度的インフラと解釈することができる (Asheim and Gertler 2005 : 299)。イノベーションとは地域の持つ文化や風土が大きく影響しているという議論により、イノベーションをサポートする制度は工学的なアプローチであるシステム論から生態論的なエコシステム論に推移している (科学技術振興機構 2007)。

3つ目は空間的イノベーション・システムである。Oinas and Malecki (1999)は、技術の発展経路の空間を、国家イノベーション・システム、地域イノベーション・システム、セクターイノベーション・システムが重なりあい構成されている空間的イノベーション・システムであるとして概念化を試みている。つまり、イノベーションはいくつかの空間的システムにより構成されていると言える。

これらの議論を根拠として、地域でのイノベーションの創造を活発化させるために行政等が仲立ちとなって地域内における大学と企業間の連携関係の構築が図られている。特に地域経済が疲弊している地方圏において地域の大学と地元企業が連携して地域においてイノベーションを起こすことが求められている。

科学技術・学術政策研究所では、地域イノベーション及び産業クラスターに関する調査研究を蓄積している (科学技術政策研究所 2003、2004、2009a、2009b、2011)。科学技術政策研究所 (2009a) では、地域イノベーションが起きる場としてのクラスターの形成のためには、魅力的なテーマや機関の存在、機関間の関係構築などが必要な要素としている。地域における国立大学の産学連携については、地域にある国立大学は研究面と人材供給面においておおきな存在感を示していた (科学技術政策研究所 2012、2013a、2013b、2013c、科学技術・学術政策研究所 2013a、2013b、2013c、2013d)。

ハイテク分野の産業基盤が希少な地方圏においては、地元で産出した農水産物を加工する食料品製造業が基幹産業である場合が多い。しかし、一般的に言って食品産業は人口減少時代に突入した日本では市場の発展が望めない。このため、食品ではより付加価値の高

い製品づくりが求められており、生体調整機能のある機能性食品等の開発が盛んに行われている。その開発において地域の大学が大きく関与しているケースが見られる。特に食料産業クラスターについての先行研究もある（科学技術政策研究所 2009c、2010）。食料産業クラスターの研究では、都市エリア産学官連携促進事業では食料産業クラスターに関する取組は多く実施されており、2009年度では合計 30 地域（一般型 15 地域、発展型 15 地域）が選定されており、その多くは機能性食品に関連した取組であった（科学技術政策研究所 2010）。

これら先行研究を踏まえ、本調査研究では大学発のシーズの実用化をイノベーションとして定義し、産学連携による共同研究などを通じた知識の創造を軸として、その実用化のプロセスに関わる大学研究者および企業技術者およびそれらを支援する行政機関の関係を空間的に捉えて分析を試みた。この実証研究として地方圏において大学発の技術シーズの実用化に成功した弘前大学の技術シーズであるプロテオグリカンの実用化と香川大学の技術シーズである希少糖の実用化の取組を取り上げる。これら事例を通して、知識創造を行う産学連携等の関係の変化によりイノベーションの空間的特性を分析する。

第1章 はじめに

2. 調査研究の背景と目的

現在、日本各地において地域経済活性化のために、地域の企業などが主体となって地域にある資源を活用して新製品や新技術を開発する取組が盛んに行われている。地域資源とは、一般的に地域独自性のある天然資源や特産物、観光資源などを指すことが多いが、地域にある大学の研究者が保有する技術シーズも地域独自の資源として地域内で活用する試みが行われている。地域の大学にある優れた技術シーズを活用して地域にてイノベーションを起こすことが期待されており、地域イノベーションは地域活性化の起死回生の切り札としてみなされている（野澤 2012、松原 2013）。

そこで本調査研究では、地方圏におけるイノベーション活動について詳しく分析することとした。大学発のシーズの実用化をイノベーションとして定義し、その実用化のプロセスに関わる大学研究者および企業との関係を空間的に捉えて、それにかかわる行政の役割などの分析を試みた。そして、その技術シーズの実用化に至る経路を空間的に検証することにより、地域イノベーションの特徴と課題を抽出し、政策展開における含意を検討する。

3. 調査の方法

本調査研究では、技術シーズの実用化に向けた発展経路を、時間軸をベースに検証するにあたり、研究開発内容の変化とともに、知識創造の主体である大学および企業との関係構築に着目した。技術シーズの実用化プロセスにおいて誰が何をしたのかという定性的な特徴を浮かびあがらせるため、ケーススタディーアプローチをとることとした。そのケース

スタディーを比較分析することにより、共通点、相違点をより明確に浮かび上がらせることで、地域大学発技術シーズの実用化に関する特徴と課題を明らかにした。

エビデンスの収集方法については、既往文献などから研究開発主体である大学関係者および共同研究先である企業の特定を行った。同時に本事例は政府の研究助成を多く活用しているため、研究助成に関する政策内容等に関する文献情報を収集した。それら文献調査をもとに、キーパーソンとなる大学研究者、企業研究者、行政担当者を特定し、インタビュー調査を行い、研究開発や実用化および成果に関する詳しい情報を収集した。また、ケーススタディーの比較分析を行うため、インタビューは半構造化された形で行われた。その他に、技術シーズを生み出した研究者を中心に研究分野に関連する特許データを収集し、研究開発と関係者の状況について補完して、分析した。

4. 事例の選定

事例を選定するにあたり、地域の領域性がより明確にわかるようにするため3大都市圏ではなく地方圏に立地する大学とした。また、大学としての特性を統一するために、全国レベルの研究開発が主体である旧帝国大学ではなく、地域貢献を標榜している国立総合大学を選択することとした。同時に、大学発技術シーズの実用化の定義として、実際に商品が発売されており、ビジネスとして展開されているものを扱うこととした。

以上の視点に立ち本調査研究では、数多くの商品が発売されマスコミなどでも取り上げられている青森県の弘前大学を中心に実用化展開を図っているプロテオグリカンの取組と香川県の香川大学を中心に実用化展開を図っている希少糖の取組を事例として取り上げた。

2事例は、大学発の技術シーズをもとにした物質の量産化に辿りついたという意味では成功事例と言える。しかし、成功ゆえに課題がないわけではない。この先達の成果と課題から、地域でイノベーションを創発しようとしている他の地域にとって学ぶことが多々あると考えられる。

5. 技術シーズと応用産業の特徴

今回の2つ事例は、糖質研究をベースにした技術展開という共通点があった。糖質は、その分子の大きさによって単糖類と、単糖類が重合したオリゴ糖、さらに重合度の高い多糖類に分類される。糖質に関する研究は盛んになってきており、糖質の構造と機能に関する研究の進展とともに、医薬、食品、農業等の分野での応用研究も進められている（新家他 1996）。

2つの事例における糖質の共通の実用化用途として機能性食品への応用展開があげられる。機能性食品について工業所有権情報・研修館（2002）では以下のように定義している。

機能性食品は、食品が本来持っている栄養機能（第1次機能）、味・香りなどの感覚機能（第2次機能）に加えて、生体防御や疾病の防止・回復、体調リズムの調整、

老化抑制などの生体調整機能（第3次機能）があることに注目し、これらの生体調整を科学的に解明し、機能を発揮できるように設計・加工された食品である。

健康食品の分類としては、医薬品、保健機能食品と一般食品の3つのカテゴリーがある（図表 1-1 参照）。健康食品に関する国の制度としては、国が定めた安全性や有効性に関する基準等を満たした「保健機能食品制度」があり、健康食品のうち一定の条件を満たした食品を「保健機能食品」として特定保健用食品と栄養機能食品の2種類があり、特定保健用食品については消費者庁の許可が必要であり、許可が得られれば効能として保健の用途が表示できる。

図表 1-1 健康食品の分類と名称

| | | | |
|-------------------|---------|--------|-----------------------|
| 医薬品 (医薬部外品を含む) | 保健機能食品 | | 一般食品 (いわゆる健康食品を含む) |
| | 特定保健用食品 | 栄養機能食品 | |

(出所) 工業所有権情報・研修館 (2002)

機能性食品は、高齢化社会における健康維持のための処方的食品として、また食品会社の競争力構築のため、幅広い関心を集めている。民間調査会社によると健康食品市場は2013年1兆8400億円であったものが2017年には2兆1450億円と順調に成長すると予想されている（シード・プランニング2014）。

工業所有権情報・研修館（2002）によると、機能性食品は特定の生理機能を持った食材を利用した食品としている。特定機能物質を開発するに当たり図表 1-2 で示しているように、機能性食品の開発では、特定機能物質の抽出方法に関する方法の選択や、生産方法等に係る技術開発が求められている。また、機能性の解明と利用については、生理機能に基づく吸収、血中濃度への反応などを明らかにする必要がある。微生物の活性化や抑制に関する技術的課題もある。食品化への技術課題としては、機能が認められる物質を食品としての風味を確保しながら安全に安定的に安価に製造するという課題がある。

特に、従来から食品分野における糖類に関する研究開発は極めて活発に行われており、トレハロースやオリゴ糖など新しい機能をもつ素材の探索と開発や、従来の素材の中に新規機能を見出し新たな利用方法を検討されている。また、糖質研究の進展は糖鎖の研究へと発展してきており、新たな展開がみられる。

今回事例として取り上げたプロテオグリカンは多糖類である酸性ムコ多糖の一種であるコンドロイチン硫酸がタンパク質と結合したものであり、糖鎖の一種としても注目されている。また、希少糖は名が示すとおり単糖類の一種であり、その機能性が近年次々と明らかになり、2つの物質とも近年注目され研究が盛んになっている糖質物質である。

図表 1-2 機能性食品の技術課題と解決手段

| 技術要素 | | 技術課題 | | 解決手段 | | |
|------------|----------|----------------|----------|----------|--------|--------|
| 特定機能 | 高血圧 | 機能性の説明と利用 | 生理機能に基づく | 酵素反応 | 抽出物 | 動物抽出物 |
| | コレステロール | | | 吸収 | | 植物抽出物 |
| | 血糖 | | | 血中濃度 | | 微生物抽出物 |
| | 肥満・ダイエット | | | 代謝 | | その他抽出物 |
| | 整腸 | 微生物活性化、抑制 | 特定物質 | 蛋白質・ペプチド | | |
| | 骨 | 特定物質の除去・代替品の開発 | | 脂質・脂肪酸 | | |
| | 歯 | 新規機能・物質の開発 | | 糖・糖質 | | |
| | 免疫 | 食品化技術 | 安定化 | 糖・糖質 | | |
| | アレルギー | | | 味・臭いの改善 | 食物繊維 | |
| | ガン | | | 食感の改善 | 無機化合物 | |
| | 抗酸化 | | | コストダウン | その他の物質 | |
| | 抗活性酸素 | | | 効果向上 | | |
| | 感染症・ウイルス | | | 安全化 | | |
| | その他の機能 | | | | | |
| | 複数機能 | | | 食物繊維 | | 原料転換 |
| 乳酸菌・ビフィズス菌 | | | | | 生産方式転換 | |
| 不飽和脂肪酸 | | | | | 酵素処理 | |
| ミネラル | | | 化学的変性 | | | |
| その他の複数機能 | | | 物理的変性 | | | |
| | | | 組み合わせ | | | |
| | | 除去 | | | | |
| | | 包埋 | | | | |
| | | 添加 | | | | |

(出所) 工業所有権情報・研修館 (2002)

第2章 弘前大学発プロテオグリカンの実用化の展開

本章では、青森県にある弘前大学から生み出された技術シーズであるプロテオグリカン (Proteoglycan:以下 PG と記す) の実用化の経緯を追うことで、地域イノベーションの地域への効果と課題を考察する。

1. 青森県の科学技術イノベーション基盤

(1) 産業基盤

青森県の産業基盤として、青森県の県内総生産（名目）は4兆4363億円で全国28位であった（2010年度）。その内で産業の構成比と特化係数を見ると、構成比では、サービス業が23.4%、製造業が18.1%と高いウェートを占めていた。しかし、特化係数は1前後であり、全国的に見て両産業が特に盛んとは言えない。農林水産業（3.84）と鉱業（2.82）の特化係数の数値は2以上と高く、農林水産業と鉱業は全国的に見て比較的盛んであると言える（図表 2-1 参照）。

図表 2-1 青森県の県内総生産（名目）と産業の構成比・特化係数

| | 生産額 (百万円) | 構成比 | 特化係数 |
|-----------|--------------|--------|------|
| 農林水産業 | 170,829 | 4.7% | 3.84 |
| 鉱業 | 9,423 | 0.3% | 2.82 |
| 製造業 | 662,750 | 18.1% | 0.87 |
| 建設業 | 301,524 | 8.2% | 1.47 |
| 電気・ガス・水道業 | 125,786 | 3.4% | 1.14 |
| 卸売・小売業 | 499,794 | 13.7% | 0.92 |
| 金融・保険業 | 159,201 | 4.3% | 0.77 |
| 運輸業 | 212,397 | 5.8% | 1.07 |
| 情報通信業 | 107,786 | 2.9% | 0.50 |
| サービス業 | 856,811 | 23.4% | 1.07 |
| 産業合計 | 3,661,261 | 100.0% | |
| 県内総生産 | 4,436,358 | | |

(出所) 2010年度青森県県民経済計算

県内製造業の業種別の事業所数・従業員数・製造品出荷額等を見ると、事業所数は1561か所（全国40位）、従業者数58019人（全国40位）、製造品出荷額等1兆5107億1928万円（全国41位）であった（2010年経済センサス）。それらを構成比でみると、事業所数および従業者数では食料品製造業、繊維工業、金属製品製造業、電子部品・デバイス・電子回路製造業などの比率が高かった。製造品出荷額等でみると、非鉄金属製造業と食料品製造業の比率が高く、県内産業において大きなウェートを占めている。特化係数を見ると、構成比の高い食料品製造業、電子部品・デバイス・電子回路製造業や非鉄金属製造業の他

にパルプ・紙・紙加工品製造業の数値が特に高かった。全般的に見て食料品製造業が重要な産業であることが窺える（図表 2-2 参照）。

図表 2-2 県内製造業の構造（事業所数・従事者・製造品出荷額の構成比と特化係数）

| | 実数 | | | 青森県構成比 | | | 特化係数 | | |
|--------------------|--------------|---------------|--------------------|--------|-------|---------|------|------|---------|
| | 事業所数 | 従業者数(口人) | 製造品出荷額等(口万円) | 事業所数 | 従業者数 | 製造品出荷額等 | 事業所数 | 従業者数 | 製造品出荷額等 |
| 製造業計 | 1,561 | 58,019 | 151,071,928 | 100% | 100% | 100% | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 食料品製造業 | 437 | 16,649 | 31,145,093 | 28.0% | 28.7% | 20.6% | 2.07 | 1.96 | 2.47 |
| 飲料・たばこ・飼料製造業 | 70 | 1,283 | 8,261,256 | 4.5% | 2.2% | 5.5% | 2.29 | 1.66 | 1.64 |
| 繊維工業 | 156 | 5,773 | 2,176,357 | 10.0% | 10.0% | 1.4% | 1.41 | 2.57 | 1.10 |
| 木材・木製品製造業（家具を除く） | 75 | 796 | 1,315,538 | 4.8% | 1.4% | 0.9% | 1.67 | 1.09 | 1.18 |
| 家具・装備品製造業 | 43 | 379 | 367,880 | 2.8% | 0.7% | 0.2% | 0.94 | 0.51 | 0.45 |
| パルプ・紙・紙加工品製造業 | 32 | 1,778 | 11,625,333 | 2.0% | 3.1% | 7.7% | 0.69 | 1.24 | 3.13 |
| 印刷・同関連業 | 100 | 1,558 | 1,769,103 | 6.4% | 2.7% | 1.2% | 1.03 | 0.69 | 0.56 |
| 化学工業 | 18 | 619 | 3,420,317 | 1.2% | 1.1% | 2.3% | 0.55 | 0.24 | 0.25 |
| 石油製品・石炭製品製造業 | 15 | 122 | 791,787 | 1.0% | 0.2% | 0.5% | 2.26 | 0.63 | 0.10 |
| プラスチック製品製造業（別掲を除く） | 28 | 1,111 | 1,637,639 | 1.8% | 1.9% | 1.1% | 0.29 | 0.35 | 0.29 |
| ゴム製品製造業 | 8 | 192 | X | 0.5% | 0.3% | - | 0.41 | 0.22 | - |
| なめし革・同製品・毛皮製造業 | 1 | 23 | X | 0.1% | 0.0% | - | 0.09 | 0.12 | - |
| 窯業・土石製品製造業 | 109 | 1,674 | 4,040,424 | 7.0% | 2.9% | 2.7% | 1.42 | 0.89 | 1.09 |
| 鉄鋼業 | 31 | 1,584 | 10,821,637 | 2.0% | 2.7% | 7.2% | 0.99 | 0.95 | 1.14 |
| 非鉄金属製造業 | 11 | 3,474 | 34,350,315 | 0.7% | 6.0% | 22.7% | 0.54 | 3.19 | 7.38 |
| 金属製品製造業 | 132 | 2,396 | 3,710,852 | 8.5% | 4.1% | 2.5% | 0.65 | 0.55 | 0.58 |
| はん用機械器具製造業 | 22 | 259 | 303,500 | 1.4% | 0.4% | 0.2% | 0.41 | 0.11 | 0.06 |
| 生産用機械器具製造業 | 54 | 1,969 | 3,676,359 | 3.5% | 3.4% | 2.4% | 0.39 | 0.48 | 0.52 |
| 業務用機械器具製造業 | 35 | 4,758 | 10,630,555 | 2.2% | 8.2% | 7.0% | 1.10 | 2.97 | 2.96 |
| 電子部品・デバイス・電子回路製造業 | 72 | 6,076 | 9,942,211 | 4.6% | 10.5% | 6.6% | 2.11 | 1.77 | 1.14 |
| 電気機械器具製造業 | 33 | 2,679 | 4,662,706 | 2.1% | 4.6% | 3.1% | 0.49 | 0.73 | 0.59 |
| 情報通信機械器具製造業 | 16 | 1,505 | 1,435,371 | 1.0% | 2.6% | 1.0% | 1.16 | 0.94 | 0.22 |
| 輸送用機械器具製造業 | 28 | 914 | 4,281,502 | 1.8% | 1.6% | 2.8% | 0.36 | 0.13 | 0.15 |
| その他の製造業 | 35 | 448 | 425,590 | 2.2% | 0.8% | 0.3% | 0.60 | 0.38 | 0.23 |

（注）構成比 10%以上、特化係数 2 以上のものを灰色としている。

（出所）2010 年工業統計調査

（2）科学技術基盤

青森県の科学技術基盤として、人材、関連人材育成機関および特許出願状況を見てみる。

研究者数と技術者数を 2010 年度の国勢調査によると、青森県の実験研究員数は 270 人で全国 44 位、技術者数は 9490 人で全国 41 位と、全国的に見て科学技術関連人材が豊富であるとは言えない。特許の出願状況等を見ると、特許出願数は年間 127 件で全国 46 位であった。発明人数は 337 人で全国 46 位と、決して多い地域とは言えない（特許行政年次報告書 2013 年版）。

地域の科学技術系人材育成機関として医歯薬看護系、理工系、農林水産系学部を有する教育機関としては、医学部、理工学部、農学生命科学部等を有する弘前大学（弘前市）をはじめとして青森県立保健大学（青森市）、八戸工業高等専門学校（八戸市）、東北職業能

力大学校附属青森職業能力開発短期大学校（五所川原市）¹等の国公立大学・高専の他に、青森大学（八戸市）、青森中央学院大学・短期大学（青森市）、北里大学獣医学部（十和田市）、八戸工業大学（八戸市）、弘前医療福祉大学（弘前市）、弘前学院大学（弘前市）などの私立大学機関がある。

2. 弘前大学の歴史と概要

青森県の科学技術の中心的基盤である弘前大学は、1949年に弘前高等学校、青森師範学校、青森医学専門学校、青森青年師範学校、弘前医科大学を母体として創設された大学であり、現在5学部（人文学部、教育学部、医学部、理工学部、農学生命科学部）、7大学院研究科（人文社会科学、教育学、医学、保健学、理工学、農学生命科学、地域社会）から構成されている。2014年現在、学部生6100名、大学院生811名、教職員数1868名で中規模の国立大学である。

弘前大学医学部は1944年に青森市内に設置された青森医学専門学校を前身とする。同校は1945年4月の空襲により附属病院と寄宿舎を消失したが、医専存続のために1947年に弘前市内に移転し、1948年に弘前医科大学となり、1949年に弘前大学に統合された。弘前大学医学部は地域の公衆衛生と地元産品の生理機能に関する研究が比較的盛んであるという伝統があり、医学部の佐々木直亮元教授は、地元産品であるリンゴが高血圧の予防効果があることを1983年に世界に先立ち発表した研究者である²。

弘前大学の産学連携の状況を共同研究や特許の出願状況等で見してみる。共同研究は60件（6035万円）あり、理工系学部を有する国立大学66大学中57位、受託研究は3億2234万円（41位）であった。特許に関しては、特許出願数23件（54位）、特許県実施件数7件（52位）、特許権実施等収入は22万円（57位）であり、産学連携活動が特に盛んであるとは言えない（図表2-3参照）。

図表 2-3 弘前大学の産学連携実績（2011年度）

| | 共同研究 | | 受託研究 | | 特許 | | |
|----------|------|-------------|------|-------------|--------|----------|------------------|
| | 件数 | 受入額 (千円) | 件数 | 受入額 (千円) | 特許出願件数 | 特許権実施等件数 | 特許権実施等収入 (千円) |
| 平成23年度実績 | 60 | 60,356 | 98 | 322,348 | 23 | 7 | 222 |
| 国立大学内順位 | 57位 | 56位 | 41位 | 49位 | 54位 | 52位 | 57位 |

（出所）文部科学省（2012）

3. プロテオグリカン研究開発の経緯

今回のケーススタディーとして選出したPGは弘前大学医学部の高垣啓一教授が中心とな

¹ その他の公立大学として青森市が設置した青森公立大学があるが、経営経済学部のみで理工系学部はない。

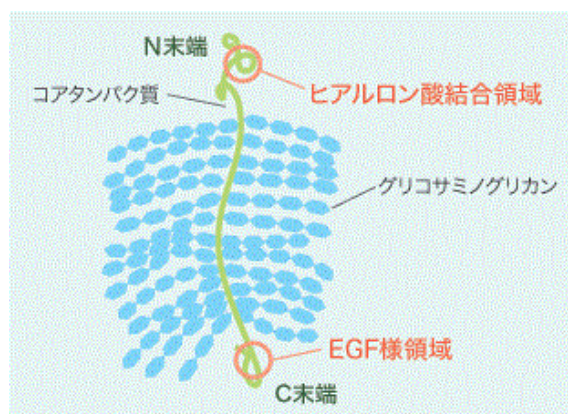
² 佐々木直亮教授（1921-2007）は2002年青森りんごの発展に貢献した功績により青森県より青森りんご勲章を授与された。

って長年研究開発を行っていたものである。弘前大学でのPGの研究開発の取組については、かくまく／弘前大学（2012）が詳しい。PGの概要および研究開発の経緯について、以下、同著を参照し、紹介する。

（1）プロテオグリカンの概要

PGは、複合糖質と呼ばれる成分に属しており、コアタンパク質という部分に糖鎖（グルコサミノグリカン）が結合した糖タンパク質である（図表 2-4 参照）。そのグルコサミノグリカンの中にはコンドロイチン硫酸が含まれており、軟骨や腱、靭帯でその伸縮性に寄与している。PGは、存在する場所やグルコサミノグリカン鎖の種類や構造の違いによっていくつかの種類に分けられる。

図表 2-4 プロテオグリカン模式図



（出所）一丸ファルコス（株）HPより

PGとは、コラーゲンやヒアルロン酸等と同じように、保湿性に優れ、水分を保持したり、関節骨と骨の間の滑りを良くしたり、衝撃を和らげたりする機能をもつ動物の軟骨由来の成分である。弘前大学などにより今まで解明されたプロテオグリカンの生理機能としては、①抗炎症（抗アレルギー）、②細胞増殖促進（皮膚再生）、③軟骨再生（関節炎緩和）、④骨代謝異常改善（骨粗しょう症予防）、⑤保湿（肌質保持）といった作用があることが明らかになっている。

PGは、保湿性の高い性質を利用して美容製品に使用されている。その場合、コラーゲンやヒアルロン酸との競合になる。関節炎症を抑える働きとしては、グルコサミンやコンドロイチンとの競合になる。その中で、PGの優位性とはPGにEGF様作用³が含まれていることにより、新生細胞の増殖を促進する機能がある点があげられる。PGの販売戦略としては、PGにEGF様作用があることを重視し、それにより、ヒアルロン酸などの他の物質との差別化

³EGF様作用とは、細胞の成長を増殖の調整に重要な役割を担っている上皮細胞増殖因子(EGF)により、加齢で鈍くなった皮膚の新陳代謝をスムーズにするという効果である。

を図っている。

(2) プロテオグリカンの抽出方法

従来、牛の気管軟骨や鶏のトサカから抽出された PG が市場に出回っていたが、それらは 3 万円/mg 程度する高価なものであった。また、ウシ由来の PG は BSE（ウシ海綿状脳症）の問題があり、鶏由来の PG は鳥インフルエンザの問題があり、それぞれ普及には安全性上の難点があった。

弘前大学医学部では従来から糖鎖工学に関する研究が比較的盛んであり、1980 年から高垣啓一氏が中心となって糖鎖の一種である PG の研究開発を展開していた。1990 年に青森県産業技術センターの内沢秀光研究員がサケの鼻軟骨に多くのコンドロイチン硫酸があることを発表した。その発表をもとに、高垣氏はサケの鼻軟骨をターゲットとして PG の抽出を検討し始めた。弘前大学高垣氏における PG の抽出方法は酢酸によるものであるが、その着想は青森の郷土料理である氷頭ナマス⁴を高垣氏が居酒屋で食している時に着想したものである（かくまく／弘前大学 2012）。氷頭ナマスには食酢を使っており、酢酸で軟骨組織を分離し、PG を抽出できるのではとの着想を得たものである。

そこで、弘前大学の高垣氏は地元企業の（株）角弘との共同研究に着手し、サケの鼻軟骨を酢酸で溶解して PG を抽出するという方法を考案し特許化した。同手法では PG の抽出を従来の 100 分の 1 程度のコストに抑えることができた⁵。同手法はコスト面での優位性の他に、抽出に使用する材料が酢酸とエタノールのみなので、食品として摂取しても人体に問題がないとの点が挙げられる。また、サケ由来の PG は BSE や鳥インフルエンザのような問題がないため、安心・安全に摂取できる PG として優位性がある。

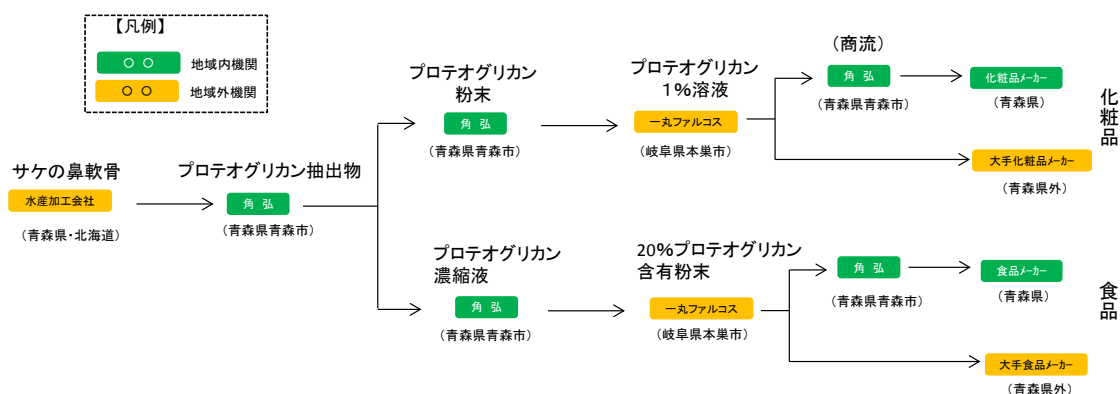
PG の酢酸抽出方法とは具体的には、粉碎した鼻軟骨を食品用酢酸溶液に浸透させたものを一定サイズの薄膜装置に通し、一定サイズの PG を分離する。その溶液からエタノールにより PG が装置に沈殿し回収する方法である。PG 生産の流れとしては、（株）角弘が原料であるサケの鼻軟骨を水産食品加工会社から仕入れる。原料は青森県産及び北海道産のである。その原料をもとに青森市にある（株）角弘の工場です酢酸抽出方式により PG を抽出する。

PG の精製にあたり化粧品用と食品用の製造コストと精製度合を考慮して製造方法は異なる。食品用は青森市の（株）角弘の工場です PG の濃縮液とする。岐阜県の一丸ファルコス（株）の工場ですその濃縮液を粉末にし、PG として 20% 含有した粉末に調整し、最終食品メーカーへ納入する。化粧品用は（株）角弘の工場です PG の粉末とする。それを一丸ファルコス（株）へ運搬し、PG 含有 1% 溶液として全国の化粧品メーカーに納入する（図表 2-5 参照）。

⁴氷頭なますとは、北海道・東北および新潟地方で主に年越し時に食される鮭の鼻軟骨の酢漬けでできた郷土料理である。

⁵民間調査会社の調べでは、2014 年現在 PG の相場価格は 20% 含有物で 1kg 当たり 30 万円程度とされている（原料・受託バンク 2014）。

図表 2-5 プロテオグリカンの製造・販売工程



(出所) ヒアリングをもとに著者作成

PGの抽出方式としてもう1つ、サケの鼻軟骨の脂質成分を除去し、乾燥させ微粉末化する乾燥粉末抽出方式がある。それにはPGの他にも、鼻軟骨に含まれるコラーゲン、カルシウム等が含まれるため、PGの純度は約40%にとどまる。この研究に関しては弘前大学の加藤陽治教育学部教授がサンスター(株)と共同で開発し2008年に特許を出願した。その抽出方法は酢酸抽出方式より廉価であり「ひろだいプロテオグリカンナチュラルパウダー(PGNP)」として食品への展開を図っている。しかし、現在のPGの抽出方式は酢酸抽出方式が主流である。その理由としては、乾燥粉末抽出方式では、PGの他の不純物も多く含まれるのに対し、酢酸抽出方式では純度が高くPGを比較的成本を抑えられた形で抽出できるという優位性があるためである。

(3) プロテオグリカンの実用化の経緯

先述したとおり、PGは高垣啓一教授が中心となって研究してきたものではあるが、弘前大学医学部では、糖鎖研究の第一人者であった遠藤正彦前学長以来約30年間糖鎖およびPGの基礎研究の歴史を有していた。弘前大学には、医学部、附属病院の他、理工学部、農学生命科学部、教育学部に糖質・糖鎖研究を行っている研究者が比較的多数在籍しており、PGの研究開発を促進する基盤があった。そのような研究者をまとめる形で、1997年に高垣教授の声掛けにより青森県内の産学官連携の関係者約100名により青森糖質研究会が結成された。2002年には弘前大学の各学部にいるPG関係研究者の横断的な組織として弘大プロテオグリカンネットワークスが組織化され、研究者のコミュニティが形成された。

PGにおける産学連携活動としては1998年に科学技術振興事業団(現科学技術振興機構)の独創的シーズ展開事業に採択され、地元企業の(株)角弘との共同研究に展開し、サケの鼻軟骨からPGを抽出する技術を実証することに成功した。その後も、高垣先生が先導する形で文部科学省の都市エリア産学官連携促進事業を活用して(株)角弘との共同研究が進んでいった。PGの研究開発は順調に進展し、PGの精製方法に関する特許は日本・アメリカ

カ・ロシアで取得された。

しかし、PG 研究開発のリーダーであった高垣教授が 2006 年に 53 歳で逝去した。その後、都市エリア事業のリーダーは教育学部の加藤陽治教授（後の副学長）が引き継ぎ研究開発を推進していった。2009 年には（株）角弘と岐阜県の企業である一丸ファルコス（株）は PG の化粧品原料を共同開発・販売した。また、2010 年には同様に食料品原料を共同開発・販売した（図表 2-6 参照）。

図表 2-6 青森県におけるプロテオグリカン実用化の経緯

| 西暦 | 大学等 | 行政 | 企業 |
|------|---|---|--|
| 1975 | 遠藤正彦先生弘前大学に着任。糖鎖工学の研究進める | | |
| | 遠藤教授プロテオグリカンで画期的な特許取得 | | |
| 1980 | 高垣啓一先生が生化学第一講座のプロテオグリカンに関する研究に参画。 | | |
| | | | 【一丸ファルコス】プロテオグリカン化粧品用素材として検討開始 |
| 1991 | 高垣先生、医学部生化学第一講座助教授就任 | | 株式会社糖鎖工学研究所を弘前市に開設。（インテリジェクトコスモス研究機構、青森県、弘前市、生化学工業、宝酒造など計14社 |
| 1997 | 青森糖質研究会が組織化（県内の産学官関係者約100名） | | |
| 1998 | 郷土料理「水頭なます」をヒントに酢酸抽出による研究がはじまる | 【科学技術振興事業団】独創的シーズ展開事業（独創モデル化）「新しい素材としての軟骨型プロテオグリカン」。サケの鼻軟骨からプロテオグリカンを抽出する技術を実証することに成功 | 【角弘】高垣教授とプロテオグリカン量産方法に関する研究を開始 |
| 2000 | 高垣啓一教授+（株）角弘 特許（低コスト大量生産）確立 | | |
| 2002 | 弘前大学の学長指定重点研究「プロテオグリカン研究拠点の構築」。医、理工、農、教育などの各学部の研究者で構成する横断的な「弘大プロテオグリカンネットワークス」が組織化。 高垣先生同講座教授に就任 高純度のプロテオグリカンを従来のコストよりはるかに低コストで製造する技術がほぼこの時点で確立される。 | | 【角弘】北海道経済産業局補助事業に採択され、北海道釧路市に量産化試験工場を開設 |
| | | | 【一丸ファルコス】プロテオグリカンの検討再開 |
| 2004 | | 【文科省】都市エリア産学官連携促進事業（連携基盤整備型）～2006FY「プロテオグリカン応用研究プロジェクト」 | 【角弘】文科省事業に参画 【角弘】軟骨型プロテオグリカンの精製方法でアメリカ特許取得 |
| | | | 【一丸ファルコス】経済産業省中小企業技術向上奨励費補助事業「プロテオグリカン」の試作～2006 鶏の粉碎水抽出 |
| 2005 | 医学部中根教授免疫機能研究参加 | | 【角弘】軟骨型プロテオグリカンの精製方法で日本国内特許取得 |
| 2006 | 高垣教授逝去（53歳）→教育学部加藤教授引き継ぐ | 【青森県】ウェルネスランド構想 | 【角弘】軟骨型プロテオグリカンの精製方法でロシア特許取得 |
| 2007 | 弘前大学大学院保健学研究科中村敏也教授が角弘のPGのEFG様作用について確認 | 【青森県】都市エリア産学官連携促進事業（一般型）～2009FY 「QOLの向上に貢献するプロテオグリカンの応用研究と製品開発」 | 【角弘】プロテオグリカン研究所を開設 【サンスター】研究参画（研究連携推進協定）、2008FY大学に研究者派遣 【角弘】【和光純薬工業】にOEM供給、試薬として発売 |
| | | | 【角弘】【一丸ファルコス】と化粧品用原料を共同開発、発売開始 化粧品用PGの製造検討開始、化粧品用の有用性について試験開始、 プロテオグリカンIPC販売開始 |
| 2009 | | | |
| 2010 | サンスター+弘前大学 国際特許出願（2011公開） | 【文科省】地域イノベーションクラスタープログラム（都市エリア型）「プロテオグリカンをコアとした津軽ヘルス&ビューティー産業クラスターの創生」～2012FY | 【角弘】PG-inりんご特許発売 【角弘】【一丸ファルコス】と食品用原料を共同開発、発売開始 【角弘】生産装置設置 |
| | | | 【一丸ファルコス】プロテオグリカンFの臨床試験（順天堂大学）～2011 |
| 2011 | 第10回産学官連携推進会議「産学官連携功労者表彰」農林水産大臣賞 | 【青森県】ライファイノベーション戦略（～2015） 【青森県】プロテオグリカンブランド推進協議会発足 | 【一丸ファルコス】食品用工場設備設計検討 |
| 2012 | | | 【一丸ファルコス】食品用設備移動（借与） |
| 2013 | 地域産業支援プログラム表彰文部科学大臣賞 | 【文科省】地域イノベーション戦略支援プログラム「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」 | 【角弘】生産装置増設 【一丸ファルコス】角弘の新装置設計・試運転 |

（出所）かくまく／弘前大学（2012）、（株）角弘 HP などをもとに著者作成

4. 産学官連携体制

(1) 県内企業の役割

先述したとおり、弘前大学発技術シーズのPGの実用化には県内企業である（株）角弘が大きな貢献を果たした。（株）角弘は青森市に本社を置く従業員数 350 名程度の地元の有力企業である。事業展開は多岐にわたり、建築、商社、ソフトウェア開発、ガソリンスタンド等を展開している。元々は 1883 年（明治 16 年）に旧津軽藩の国家老であった大道寺族之助繁禎を筆頭に 15 名の出資により近代農具関連の製作・販売を目的として設立された企業であった。角弘の屋号は当初本社のあった弘前の「弘」と多角経営の「角」を取って、時代の変化に応じて地域社会への貢献の使命とすることから生まれたものである⁶。

PGの研究開発には 1998 年に弘前大学医学部の高垣教授からの誘いに乗る形で、科学技術振興事業団の独創的シーズ展開事業に参加し、PGの量産方式に関する研究開発を開始した。食品分野の研究開発は従来業務にはなかったが、研究機関と共同研究の実績があったので新規分野での研究開発の着手には社内の抵抗はなかった⁷。社内に関連する事業やリソースがない中、地域資源を活かして地域貢献を果たすという大義名分の上で弘前大学との共同研究に着手した。（株）角弘としては、共同研究を開始するにあたり、社内にリソースがないため、製造方法に関する知識の他に、特許や製造管理、安全性に関する知識が必要であった。そのため、新たに専門家を雇い研究開発を推進した。実用化にあたり、弘前大学との共同研究の他に、青森県産業技術センターとは製造の安定化、廃棄物の有効利用などに関する件で相談し、研究開発を推進していった。

（株）角弘は、2002 年には北海道経済産業局の補助事業を活用して釧路市に PG 量産化試験工場を開設し、2003 年に世界で初めて PG の量産化に成功した。PG が比較的安価で供給が可能となると、2004 年以降都市エリア産学官連携促進事業を活用し、弘前大学の PG 応用研究プロジェクトに参画した。抽出の製法は、高垣教授と（株）角弘が共同出願しており、2004 年～2006 年に日本、米国、ロシアで特許化されている。2007 年にはプロテオグリカン専用の研究所を社内に開設した。PG の売り上げは順調に伸びているため 2012 年には生産増強のため設備投資を行った。

（株）角弘は、地域商社であり食料品製造を主たる業務としていないが、企業経営上新規事業展開を積極的に展開している点、県内企業の中では比較的資金力に余裕がある点、地域の発展を主たる業務ミッションとしている点から PG の共同研究にも参画した。（株）角弘はあくまで営利目的で弘前大学との共同研究による PG の実用化を行ったが、地域の篤志家的側面を有していると言って良い。

(2) 県外企業の参加

⁶ （株）角弘ホームページ <http://www.kakuhiro.co.jp/>参照。

⁷ 2014 年 3 月 6 日の（株）角弘関係者へのヒアリングによる。

弘前大学と県内企業の（株）角弘の共同研究によりPGの抽出方法が確立でき、実用化につながったわけであるが、機能性物質の開発実績のない（株）角弘のみでできたわけではない。PGの実用化のプロセスにおいて重要な役割を果たした企業は岐阜県本巣市に本社を置く一丸ファルコス（株）という資本金 9738 万円、従業員 150 名程度、年間売上高 46 億円⁸の中小企業である（図表 2-7 参照）。同社は化粧品原料や健康食品原料などの開発、製造、販売を行っている企業であり、自社研究員も 40 名程度おり研究開発にも熱心に取り組んでいる。

一丸ファルコス（株）は 1990 年に自社で PG の研究開発の検討を開始していたが、その後研究担当者の退職もあり研究開発を中断していた。その後、2003 年から PG 開発の検討を再開し、2004 年から 3 年間には経済産業省の中小企業技術向上奨励費補助事業を活用し、鶏由来の PG の抽出を行った。しかし、鳥インフルエンザなどの問題があり事業は中止した。その後、都市エリア産学官連携推進事業でサケ由来の PG の開発を展開していた（株）角弘と接触した。

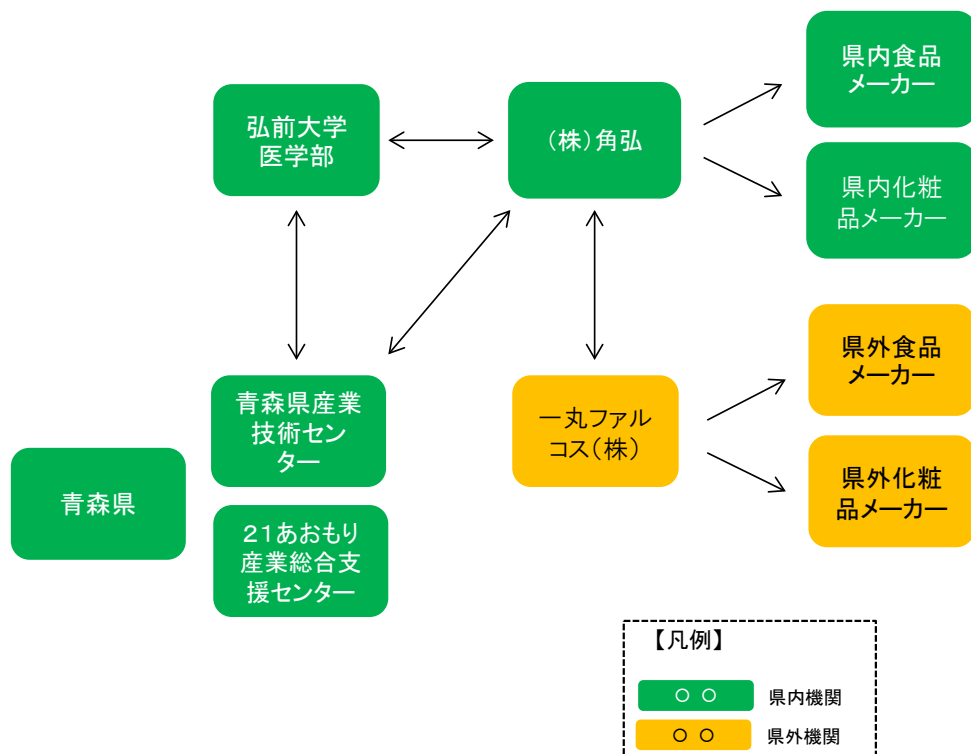
一丸ファルコス（株）は青森県外企業であるため、当初青森県中心に行われていた都市エリア産学官連携推進事業への参画が難しかった。同時に、PG の生産技術を確立した（株）角弘には PG の共同事業者と提携を申し出る会社が幾社もあった。しかし、（株）角弘と一丸ファルコス（株）はともに三菱商事との取引があり、三菱商事の関連会社を通し接点を築いていった。一丸ファルコス（株）は以前経済産業省の補助事業を活用した研究開発で抽出後の PG の精製に関する技術を確立しており、技術力がある点、大手企業への販売実績がある点などが評価され 2009 年に（株）角弘とのビジネスパートナーとして共同事業契約を締結した。同年には化粧品用の PG の販売にこぎ着けた。2010 年からは自社や順天堂大学等で臨床試験を行い、2011 年には食品用 PG の販売を開始した。同時に、食品、化粧品の物質等の量産化技術を蓄積していたため青森市の（株）角弘の敷地内に設置する PG 製造工場の設備設計・製造を担当した。

一丸ファルコス（株）は会社規模としては中小企業であるが、食品、化粧品の素材を提供する専門会社としてノウハウ・経験の実績が豊富にあり、大手企業との付き合いから市場ニーズも把握している。食品、化粧品の新素材の顧客の開拓のためには、PG 自体の生理機能性の裏付けデータや安全性のデータを顧客に提示して、提案していかなければいけない。一丸ファルコス（株）は、必要とされるデータ、およびデータ採集の仕方について精通しており、PG の市場開拓は一丸ファルコス（株）が重要な役割を担っている。

今までの PG に関する弘前大学の共同研究の相手先企業は、（株）角弘やサンスター（株）など限定的であった。しかし、PG が全国で注目を集めると同時に、PG のポテンシャルの認識も広がると連携企業も広がり始めてきた。弘前大学は一丸ファルコス（株）や PG 商品を販売しているダイドードリンコ（株）との共同研究を開始した。

⁸ 46 億円は 2011 年度の売上高である。

図表 2-7 PG の産学官機関関係図



(出所) ヒアリング等をもとに著者作成

(3) 助成事業の活用と行政の役割

弘前大学の PG の実用化に関しては、先述したように科学技術振興事業団の独創的シーズ展開事業を始め主に文部科学省の研究助成を継続的に活用して研究開発を展開している。2004 年から 2006 年の間は都市エリア産学官連携促進事業（連携基盤整備型）を獲得し、PG のユーザーサイドに立った PG の作成と機能性食品分野への応用に関する開発を行った。同事業を契機に、弘前大学内に研究者のネットワーク組織である弘前大学プロテオグリカンネットワークスが形成された。同組織はプロテオグリカンテラーメイド研究会、糖鎖素材研究会、糖鎖医学研究会、健康食品研究会の 4 つの組織からなっている。同事業では、PG の免疫抑制作用や炎症性腸疾患治療効果の発見、および食品用低価格 PG の開発に成功した。2007 年から 2009 年の間は都市エリア産学官連携促進事業（一般型）を活用し、2010 年から 2012 年は地域イノベーションクラスタープログラム（都市エリア型）、2013 年から 2017 年までは地域イノベーション戦略支援プログラムに採択されて、研究開発成果を着実に蓄積させている。これら事業は国の助成事業であるが、中核機関は弘前大学及び青森県の外郭団体である青森県産業技術センター、公益財団法人 21 あおり産業総合支援センターが中心となって事業を展開している（図表 2-8 参照）。

図表 2-8 PG 関連産学官連携コンソーシアム一覧

| | | | | |
|-------|--|--------|--|-----------------------------|
| 年 | 2004年～2006年 | | 事業名 | 都市エリア産学官連携促進事業(連携基盤整備型) |
| テーマ名 | プロテオグリカン応用研究プロジェクト | | | |
| 中核機関 | 弘前大学 | 主な参加機関 | (株)角弘、大塚化学(株)、グライコジャパン(株)他 弘前大学 青森県工業総合研究センター | |
| 研究テーマ | PGのオーダーメイド 機能性商品分野へのPGの応用に向けた開発 | | | |
| 年 | 2007年～2009年 | | 事業名 | 都市エリア産学官連携促進事業(一般型) |
| テーマ名 | QOLの向上に貢献するプロテオグリカンの応用研究と製品開発 | | | |
| 中核機関 | 弘前大学 | 主な参加機関 | (株)角弘、サンスター(株)、大塚製薬(株) 弘前大学 青森県工業総合研究センター | |
| 研究テーマ | PG含有機能性食品の商品化への研究開発 PGの皮膚アンチエイジング分野及び化粧品への応用 PGの新糖鎖創薬への応用 PGを含む医薬品及び医療素材の研究開発 | | | |
| 年 | 2010年～2012年 | | 事業名 | 地域イノベーションクラスタープログラム(都市エリア型) |
| テーマ名 | プロテオグリカンをコアとした津軽ヘルス&ビューティー産業クラスターの創生 | | | |
| 中核機関 | (地独)青森県産業技術センター | 主な参加機関 | (株)角弘、サンスター(株)、一丸ファルコス(株)、ホシケミカルズ(株)他 弘前大学 (地独)青森県産業技術センター、青森県、弘前市、 (財)21あおり産業総合支援センター、ひろさき産学官連携フォーラム | |
| 研究テーマ | PGを活用した地コスメ(化粧品)の研究開発 PGを活用した高機能性食品の開発 PGの大量生産方法の最適化によるPG低価格製品の開発 エクセレントPGの生理機能性の解明及び実証 | | | |
| 年 | 2013年～2017年 | | 事業名 | 地域イノベーション戦略支援プログラム |
| テーマ名 | 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 | | | |
| 中核機関 | (公財)21あおり産業総合支援センター | 研究機関 | 弘前大学 (地独)青森県産業技術センター | |
| 研究テーマ | PG関連バイオマテリアルのメタボリック症候群等に対する効果と抗炎症作用の成因解明に関する研究開発 PG関連バイオマテリアルの構造と機能に関する研究 PG関連バイオマテリアルと糖タンパクの生理機能解析と臨床応用 PG関連バイオマテリアル素材の多様性に関する研究開発 PG関連バイオマテリアルのエイジングケア商品としての開発及び応用に関する研究開発 PG関連バイオマテリアルの機能性食品としての開発及び応用に関する研究開発 | | | |

(出所) 弘前大学地域共同研究センターHP、青森県産業技術センターHP、

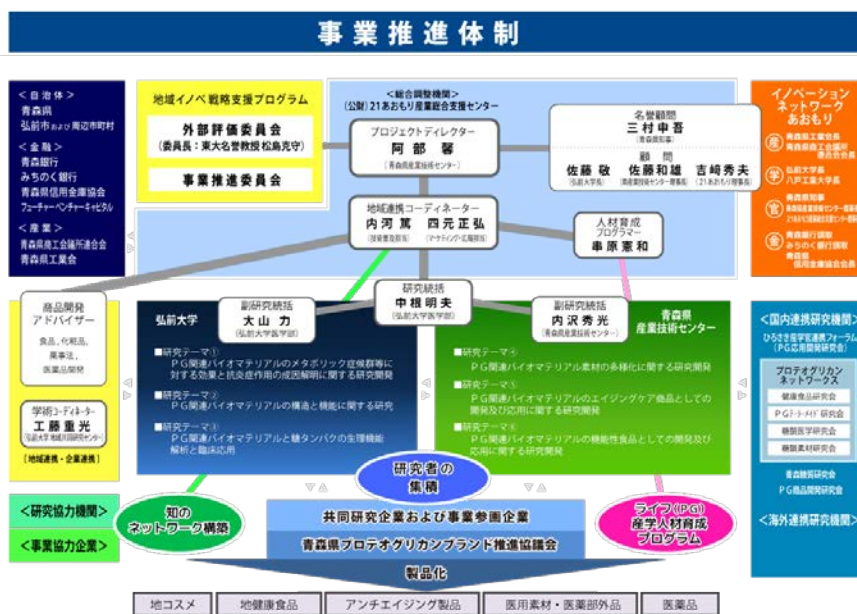
21あおり産業総合支援センターHPをもとに著者作成

PGの実用化研究開発では、弘前大学だけでなく地方独立行政法人青森県産業技術センター弘前地域研究所も積極的に関わっている。青森県産業技術センターは黒石市に本部のある青森県の公設試である。弘前市には同センターの弘前地域研究所がある。弘前地域研究所内は分析技術部、生命科学部、バイオテクノロジー部、生活技術部の4部から構成されている。同研究所では県内素材を用いた健康・美容製品の開発研究を行っているバイオテクノロジー部が中心になってPG関連研究が行われている。生命科学部でも食品応用に関して一部PG関連の業務を行っている。PG関連開発に従事している研究者は合計4名程度である。また、弘前地域研究所では、青森県内企業のPGの食品・化粧品に関わる商品化のすべてに関わっている。弘前地域研究所の役割としては、商品開発支援の他にブランド協議会

事務局を行っている。弘前地域研究所と弘前大学はPGに関して共同研究を行うのではなく、地域イノベーション戦略支援プログラムを契機に研究テーマの棲み分けを行った。弘前地域研究所ではPG関連バイオマテリアルの製品開発支援を中心に行っている。一方、弘前大学ではPG関連バイオマテリアルの生理機能性解析・評価を中心に行っている。弘前大学と弘前地域研究所の研究者は、研究会や講習会等に参加することによって顔見知りになり、PGに関する研究コミュニティを形成している。青森県産業技術センターでは、従来機能性食品に関する開発支援などの実績はあったが、化粧品の開発支援に関する実績がないため、そのノウハウがない。そのため、研究員を一丸ファルコス（株）に派遣して、化粧品開発における分析やデータ採取の方法などに関するノウハウを蓄積することとしている。

2014年現在展開されている地域イノベーション戦略支援プログラムは青森県の外郭団体である公益財団法人21あおり産業総合支援センターが行っている。その中心人物はプロジェクトディレクターの阿部馨氏である。阿部氏は弘前大学医学部薬理学教室助手を経て、青森県産業技術開発センター（現青森県産業技術センター）弘前地域技術研究所の研究員となり、地域の食材の機能性に関する研究や化粧品に関する研究開発に従事していた。2010年に地域イノベーション戦略支援プロジェクトの研究統括となり、2013年の公益財団法人21あおり産業総合支援センターに転籍した。阿部氏は弘前大学医学部と青森県産業技術センターの両方に人脈を持つと同時に、薬理、機能性食品、化粧品の各分野に精通している。そのことからPGの応用展開を推進するにあたり事業全体を俯瞰できる点からプロジェクトディレクターとしてリーダーシップを発揮している（図表 2-9 参照）。

図表 2-9 地域イノベーション戦略推進プログラム推進体制



(出所) 21あおり産業総合支援センターHP より

PG の事業化戦略として、やみくもに商品化を図るのではなく、事業化の順番を地域発の化粧品からはじめて地域発の健康食品→アンチエイジング商品→医用素材・医薬部外品→医薬品と、商品化しやすい順番から優先させている。これらの戦略の策定は阿部プロジェクトディレクターが行った。地域イノベーション戦略支援プロジェクトの推進体制として、地域連携コーディネーターを任命している。化粧品原料のOEM委託生産を行っている東京に本社のあるホシケミカルズ（株）の取締役であった内河篤氏、ブランド構築に精通している電通総研研究主幹四元正弘氏という東京在住のエキスパートを青森に招聘した。研究統括は弘前大学医学部の中根明夫教授が担当している。

県内の企業が PG 関連商品を開発・発売したい意向があった場合、公益財団法人 21 あおもり産業総合支援センターによる手厚い支援が行われている。地域リーディング企業の育成のために、商品開発研究会の参加、商品開発用の PG の無償提供、産業技術センターでのデータの収集指導などの支援策をパッケージとして地元企業に提供している。同時に、産業総合支援センターの商品化コーディネーターと青森県産業技術センターの研究者が組んで、個別に企業に対してアドバイスを行っている。また、21 あおもり産業総合支援センターでは地域のイノベーションに対する認識を深めるために MOT やマーケティング、商品化に関する講習会も実施している。

PG を幅広く普及させるためには、健康食品の新素材として幅広く認知してもらう必要がある。地域イノベーション戦略支援プロジェクトでは、PG の知名度を高める取組として、年 2 回 PG 関連フォーラムを開催している。また、県内外の展示会にも積極的に出展している。東京ではプロテオグリカンカンファレンスを開催し、業界マスコミ関係者などに PR を行っている。

地域イノベーション戦略支援プログラムでは、食品、化粧品以外の応用分野として医薬品への適用のための基礎研究が進められている。PG は高い保水性の他に多様な生理活性機能が明らかになってきている。特に PG の体内炎症物質の酸性抑制作用については弘前大学医学部の中根教授らが中心となって研究を行っている。同生理機能が確認できれば PG は潰瘍性大腸炎や関節炎、アレルギー性疾患等への適用が考えられる。

市町村レベルでの PG 実用化支援では、弘前市が中心となって組成した大学、公設試、民間企業のネットワークとしてひろさき産学官連携フォーラムがあるが、同フォーラムは地域イノベーション戦略支援プログラム開始以降、その活動は同支援プログラムに吸収されている。その中で弘前市は PG の支援については研究開発を支援するのではなく、市内企業の PG を活用した商品づくりへの普及に関する支援を行っている。

5. 事業成果

(1) 知財の取得

PG 関連の共同研究に関して先述したように 1998 年に科学技術振興事業団の独創的研究成果育成事業と採択され、高垣教授の声掛けにより県内企業の(株)角弘と共同研究が組成さ

れた。2000年には酢酸とエタノールを使用し、サケの鼻軟骨からPGを大量に抽出する技術を確立し、日本・アメリカ・ロシアで特許出願を行った。

PG関連特許の内、弘前大学関係者が発明者として含まれているものを分析した（図表2-10参照）。出願特許は17件と決して多くない。研究着手当初のPGに関連する特許は（株）角弘と高垣教授個人で3件出願されている。2005年の大塚製薬の特許には発明者に弘前大学関係者が含まれており、それは都市エリア産学官連携促進事業の成果によるものである。2004年の国立大学の法人化、薬理用途やPGの抽出方法に関する弘前大学単独の特許出願が11件みられる。今までのPGに関する弘前大学の共同研究の相手先企業は、（株）角弘やサンスター（株）など限定的であり、あまり広がりが見られない。しかし、PGのポテンシャルが確認され、注目を集めることにより連携企業も広がり始めてきた。先述した一丸ファルコス（株）やPG商品を販売しているダイドードリンコ（株）⁹とも共同研究が開始され、今後特許の出願が増加するものと思われる。

図表 2-10 PG 関連特許の出願人と発明者

| 出願日 | 発明名称 | 出願人① | 出願人② | 発明者① | 発明者② | 発明者③ | 発明者④ | 発明者⑤ |
|----------|---|-----------|------|-------|-------|------|-------|------|
| 19991122 | 軟骨型プロテオグリカンの精製方法 | 科学技術振興事業団 | 角弘 | 工藤義昭 | | | | |
| 20000822 | 軟骨型プロテオグリカンの精製方法 | 角弘 | 高垣啓一 | 高垣啓一 | | | | |
| 20020524 | プロテオグリカンの人口合成方法 | 角弘 | 高垣啓一 | 高垣啓一 | 石戸圭之輔 | | | |
| 20031126 | プロテオグリカンのコアタンパク質からキシナーゼを用いてグリコサミン/グリカンを分離する方法 | 角弘 | 高垣啓一 | 高垣啓一 | 金子哲 | | | |
| 20050601 | 軟骨細胞の三次元培養方法 | 大塚製薬 | | 大塚周佑 | 高垣啓一 | 藤哲 | 石橋恭之 | |
| 20050627 | 4-アルキルウンベリフェロンの新規医薬用途 | 弘前大学 | | 中村敏也 | | | | |
| 20051108 | プロテオグリカンの新規医薬用途 | 弘前大学 | | 中根明夫 | 差波拓志 | | | |
| 20060317 | グルコサミン/グリカンの固定化方法、検出方法および検出用溶液セット | 弘前大学 | | 糖塚いそし | 高垣啓一 | | | |
| 20061215 | コア物質への糖鎖付加方法 | 弘前大学 | | 山口真範 | | | | |
| 20070330 | サケ軟骨に含まれるプロテオグリカンの新規な薬理用途 | 弘前大学 | | 中村敏也 | 高垣啓一 | | | |
| 20080122 | プロテオグリカンの抽出方法 | 弘前大学 | | 加藤陽治 | 伊藤聖子 | 工藤重光 | | |
| 20080502 | 糖鎖の構築方法 | 弘前大学 | | 山口真範 | 遠藤正彦 | | | |
| 20080522 | 糖鎖改変方法 | 弘前大学 | | 柿崎育子 | 遠藤正彦 | | | |
| 20081126 | プロテオグリカンの医薬用途 | 弘前大学 | | 中根明夫 | 差波拓志 | | | |
| 20090428 | プロテオグリカンの新規な医薬用途 | 弘前大学 | | 中根明夫 | 差波拓志 | | | |
| 20090925 | ヒアルロニダーゼ阻害剤 | 弘前大学 | | 遠藤正彦 | 柿崎育子 | 小泉英誉 | | |
| 20100716 | プロテオグリカン含有物 | サンスター(株) | 弘前大学 | 後藤昌史 | 山本和司 | 加藤陽治 | 片方陽太郎 | 伊藤聖子 |

(注) 灰色が弘前大学関係者

(出所) 特許庁データより著者作成

(2) 経済的効果

PG商品としては、2009年に化粧品、2010年には食品が（株）角弘から発売された。現在発売されているPG関連商品としては、化粧品ではスキンケア商品が主体であり、スキンクリーム、石鹸、化粧水等に活用されている。食品では、サプリメントとしての錠剤やリンゴ酢やジュース等のドリンク等の形の他、菓子類等として発売されている。2013年現在、最終製品としては168アイテムが商品化されている（阿部2013）（図表2-11参照）。

⁹ ダイドードリンコとの共同研究では、「抗酸化・アンチエイジング」「免疫調整作用（抗アレルギー）」「抗肥満作用」の3つをテーマとしてあげている。

図表 2-11 PG 応用製品群



(出所) 各社 HP 等から転載

PG に取組む活動企業数は県内外併せて 101 社ある (2013 年)。県内企業は中小企業が中心である。県外企業では、化粧品ではドクター・シーラボ、健康食品・美容飲料ではダイドードリンコ、サントリー、DHC、ファンケル等の大手企業が PG 取扱商品を販売している。宣伝力・販売力では県内中小企業は県外大手企業にはかなわない。そこで、県としては 21 あおもり産業総合支援センターが中心になって、宣伝力・販売力の弱い県内企業の PG 関連製品の販売支援として、web を活用した宣伝販売を展開したり、女性誌、美容専門家へ PG の素材の PR を積極的に展開している。

PG 関連の経済効果として、製造品出荷額は 29 億円、素材製造額は化粧品用のみでも 2 億円に達している¹⁰ (図表 2-12 参照)。青森県の目標としては 5 年以内に PG 関連製品 500 億円を売り上げる県内企業を育てることである¹¹。一丸ファルコス (株) の直近の PG 関連素材の売り上げは 2～3 億円程度 (推計) である。将来的には 40 億円程度の売り上げを見込んでいる。

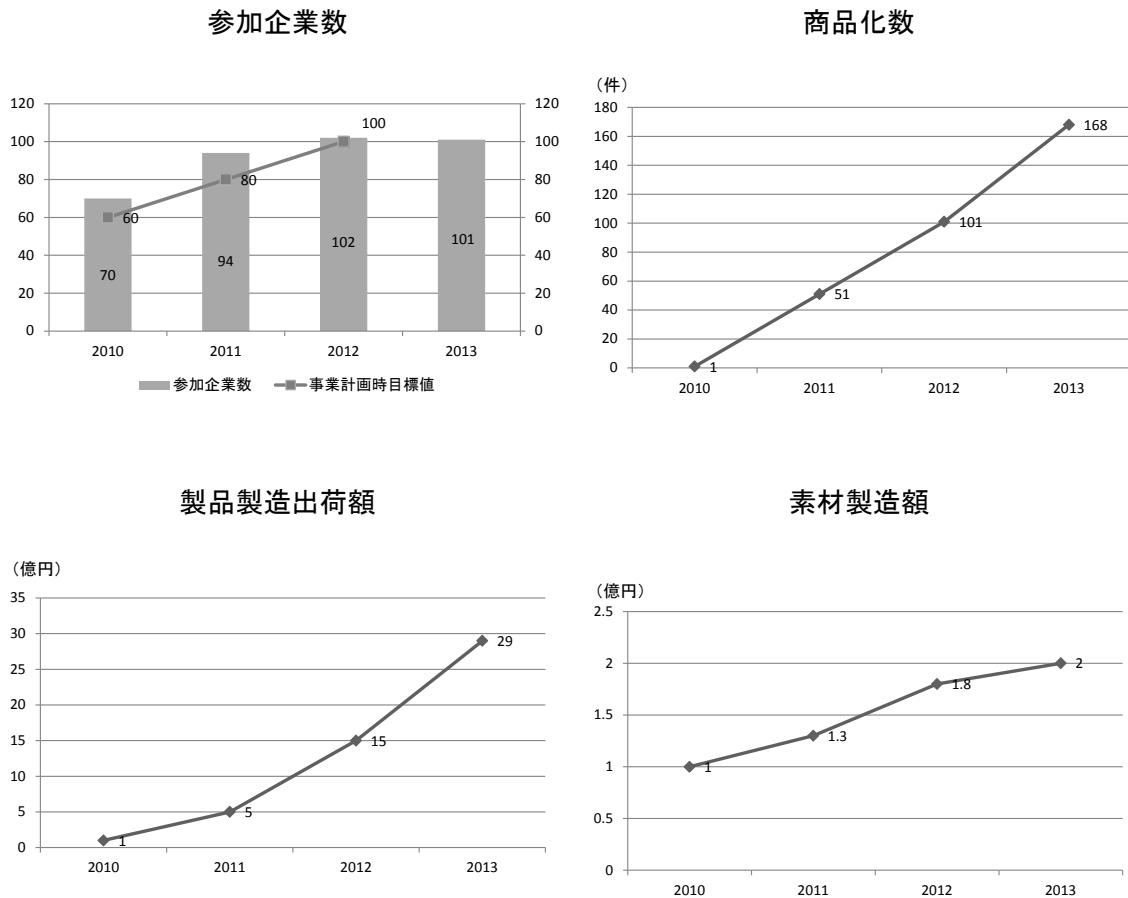
青森県における PG 実用化の取組は、今までの地域での産学官連携の活動が認められて、2011 年には産学官連携功労者表彰農林水産大臣賞を、2013 年には地域産業支援プログラム

¹⁰ なお、この数値は青森県内のみではなく全国での出荷額、製造額である。

¹¹ 2014 年 3 月 6 日阿部プロジェクトディレクターのヒアリングによる。

表彰（イノベーションネットアワード）文部科学大臣賞を受賞した。

図表 2-12 PG 関連の成果



(出所) 21 あおもり産業総合支援センター提供資料より著者作成

(3) ブランド展開

青森県での PG 実用化の取組は全国に知られてきており、同じサケ由来の PG を生産・販売する会社も出現してきている。それは PG がコモディティ化してきていると言える。商品がコモディティ化すると価格競争に陥り、収益を確保することが難しくなる。そのため、PG の機能・効能が商品として信頼されることが求められている。

他の PG との差別化を図りコモディティ化を避けるために青森 PG のブランドの確立と強化が必要となっている。そのために 2011 年に青森県プロテオグリカンブランド推進協議会が青森県産業技術センター弘前地域研究所内に設置された¹²。協議会の活動目的は「PG に関して消費者に正しい情報を提供する」、「あおもり PG の認知度向上を図る」、「安心・安全な PG 商品を認証する」ことである。年会費は正会員で年間 1 万円徴収している。2013 年 4 月現在 61 企業団体が参加し、65 アイテムが認証されており、認証アイテムにはマークを付与している (図表 2-13 参照)。

認証マークの作成において、PG はサケの鼻軟骨以外からも抽出できるので、単に PG だけ

¹² その活動資金には、むつ小川原地域・産業プロジェクト支援助成金が活用されている。

を名乗ることはできず、「AOMORI」を入れ、地域ブランドとしての展開となった。そのため、ナショナルブランドである県外の大手企業の中には地域ブランドである本マークを使用していないところも多い。

図表 2-13 プロテオグリカンブランド認証マーク

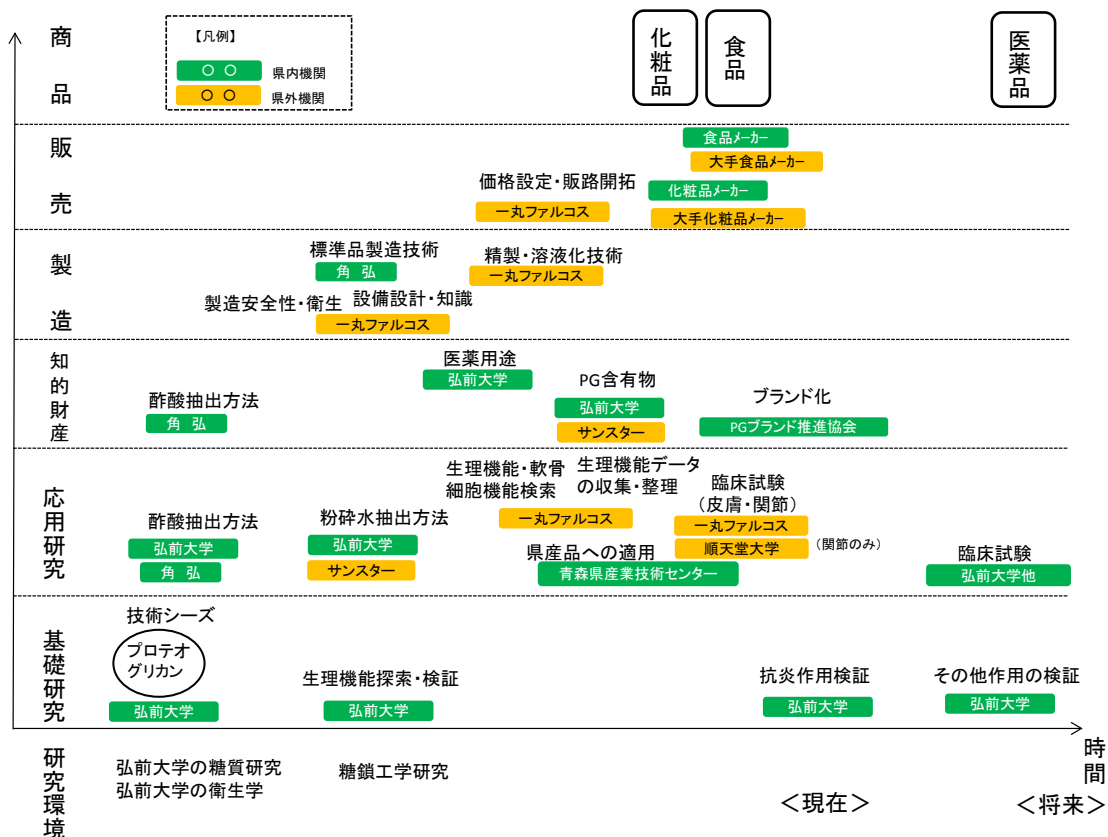


(出所) 青森県プロテオグリカンブランド推進協会 HP より

6. PGの研究開発と価値連鎖

PGの実用化への展開を価値連鎖のフェーズごとに見ていく(図表 2-14 参照)。PGの酢酸抽出方式に関する基本的アイデアは弘前大学の高垣教授によるものである。その実用化のための研究は県内企業の(株)角弘との共同研究によってなされ、特許は(株)角弘が保有している。酢酸抽出方式をベースに安定的な品質のPGをスケールアップし製造する過程は県外企業である一丸ファルコス(株)が中心になった。スケールアップした製造技術の確立と同時に、PGを売り込むための生理機能のエビデンスデータの収集では、都市エリア産学官連携促進事業で弘前大学が行ったデータも活用されたが、それだけでは不十分であり、一丸ファルコス(株)が自社および順天堂大学と連携してデータを採集した。現在、PGの更なる用途開発に向けた研究開発が弘前大学および企業と連携して行われている。

図表 2-14 PG 研究開発の価値連鎖



(出所) ヒアリング等をもとに著者作成

7. 地域経済への貢献

PG は、サケの鼻軟骨から、北海道産も含まれるが地元産の鮭の利用度の高くなかった部位を利用して新規物質を作った点で、地元製品の高付加価値化に大いに貢献した。また、健康食品原料としてのPGの生産は青森県内で行なわれており、PGは地域資源を活かした地域ブランド商品としての説得力を持つ商品と言える。県内において食品や化粧品の原料としてPGを県内企業へ供給する場合には(株)角弘が商流に入っており、地域企業の売り上げに貢献している。

先に見たように青森県内企業も多くの企業から多種のPG関連商品が販売されているが、現在のPGの主要製品は県外の大手企業が中心になって行っている。そのような意味ではPGの地域経済への貢献は限定的だと言える。PGの実用化の経済効果を県内に波及させるためにも、県内企業によるブロックバスター(大ヒット商品)の出現が待たれる。

青森県の産業支援策としては、PGの全国での認知度の更なる向上と、県内企業の事業規模の拡大を支援していく方針である。また、単なるPGの製品開発にとどめることなく、産業としての広がりをもたせるために、PG関連の健康クラスター、美容クラスターを作っていくことを目的としている(青森県2011、2013)。そのために、サプリメントメーカーや化

化粧品メーカーなど PG 関連製品を製造する企業・事業所の誘致・育成を図っていく予定である。

8. 課題と今後の展望

PG の実用化は、約 30 年の時間をかけて化粧品、食品と応用されて、実用化が達成された。商品数・売上高とも順調に伸びており、全国でも注目を集めている。今後は医薬分野での応用が期待される。

このように、応用分野も拡大し、アイテム数・売り上げも順調に伸びているが、今後の成長に関する懸念材料もある。1つは PG のコモディティー化である。PG の研究開発は青森県だけではなく世界的に行われている。青森県での実用化が先行することにより PG の生理機能が幅広く認められれば参加者が多くなる。そうすれば、サケ由来でないものや酢酸抽出でない安価な PG が市場に出回る可能性が高い。PG の認知度が上がり普及すればするほどコモディティー化が進む。

もう 1 つの課題として、ヒアルロン酸やグルコサミンなどの類似効用のある物質との競合である。機能性食品、健康食品は流行に左右されやすいビジネスである。機能性食品のビジネスモデルは、大量の広告を打って、一般消費者の認知度を高め、集中的に大量に販売する方法が主流を占めている。その中で如何に PG の優位性を確立し、定着させるかが肝心である。

さらに、地域経済への貢献との視点として、価値連鎖で見てきたように、PG の実用化には県外企業が大きく関与しており、最終製品の販売量をみると県外大手企業が中心である。PG が青森県の地域ブランドとして全国的に認識されるためにも、青森県内企業によるヒット商品の創出が待たれる。

地域において、イノベーションの創出は目的ではなく、地域経済活性化のための手段である。地域経済活性化のためには、地域イノベーションが地域産業との接合を果たし、地域経済循環モデルを構築する必要がある。青森県における PG 実用化の取組が、単なる技術シーズの実用化にとどまらず、構築された地域イノベーション・システムにより、地域における価値連鎖を拡大させると同時に、蓄積されたノウハウによる連続的なシーズの育成が求められる。

第3章 香川大学発希少糖の実用化の展開

本章では、香川大学から生み出された技術シーズである希少糖の実用化の経緯を追うことで、地域イノベーションの地域への効果と課題を考察する。

1. 香川県の科学技術イノベーション基盤

(1) 産業基盤

香川県の産業基盤として県内総生産（名目）を見ると 3 兆 6289 億円で全国 36 位であった（2010 年度）。その内、産業の構成比と特化係数を見ると、構成比では、サービス業が 23.0%、製造業が 21.9%と高かったが、その 2 つの産業の特化係数は両方とも 1.05 であり全国的にみると特に盛んであるとは言えない。特化係数で見ると 2 以上の産業分野はなく、農林水産業が 1.32 と比較的高く、全国的に見て若干盛んであると言える（図表 3-1 参照）。

図表 3-1 香川県の県内総生産（名目）と産業の構成比・特化係数

| | 生産額 (百万円) | 構成比 | 特化係数 |
|-----------|--------------|--------|------|
| 農林水産業 | 50,774 | 1.6% | 1.32 |
| 鉱業 | 3,578 | 0.1% | 1.24 |
| 製造業 | 694,447 | 21.9% | 1.05 |
| 建設業 | 157,810 | 5.0% | 0.89 |
| 電気・ガス・水道業 | 91,966 | 2.9% | 0.97 |
| 卸売・小売業 | 481,710 | 15.2% | 1.03 |
| 金融・保険業 | 171,461 | 5.4% | 0.96 |
| 運輸業 | 178,844 | 5.7% | 1.05 |
| 情報通信業 | 113,660 | 3.6% | 0.60 |
| サービス業 | 728,629 | 23.0% | 1.05 |
| 産業合計 | 3,165,045 | 100.0% | |
| 県内総生産 | 3,628,953 | | |

（出所）2010 年度香川県県民経済計算

県内製造業の業種別の事業所数・従業者数・製造品出荷額等を見ると、事業所数は 2228 か所（全国 32 位）、従業者数 67865 人（全国 35 位）、製造品出荷額等 2 兆 6143 億 8049 万円（全国 30 位）であった（2010 年経済センサス）。それらを構成比で見ると、食料品製造業では事業所数、従業者数および製造品出荷額等で高く、県内産業において重要な産業であると言える。金属製品製造業では事業所数、従業者数の比率は高かった。両産業とも製造品出荷額の比率が事業所数・従業者数に比べて低く、中小企業の比率が高いことが窺える。石油製品・石炭製品製造業、非鉄金属製造業、輸送用機械器具製造業では事業所数・従業者数に比べ製造品出荷額等の比率が高く、それらの産業では大規模事業所が立地していることが示されている。また、特化係数で見ると非鉄金属製造業、石油製品・石炭製品

製造業の他に、特産品の手袋を含むなめし革・同製品・毛皮製造業や木材・木製品製造業の数値が高かった（図表 3-2 参照）。

図表 3-2 香川県製造業の構造（事業所数・従業者数・製造品出荷額の構成比と特化係数）

| | 実数 | | | 香川県構成比 | | | 特化係数 | | |
|--------------------|--------------|---------------|--------------------|--------|-------|---------|------|------|---------|
| | 事業所数 | 従業者数(千人) | 製造品出荷額等(百万円) | 事業所数 | 従業者数 | 製造品出荷額等 | 事業所数 | 従業者数 | 製造品出荷額等 |
| 製造業計 | 2,228 | 67,865 | 261,438,049 | 100% | 100% | 100% | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 食料品製造業 | 522 | 14,962 | 28,142,453 | 23.4% | 22.0% | 10.8% | 1.74 | 1.50 | 1.29 |
| 飲料・たばこ・飼料製造業 | 20 | 340 | 2,463,589 | 0.9% | 0.5% | 0.9% | 0.46 | 0.38 | 0.28 |
| 繊維工業 | 177 | 3,356 | 4,212,975 | 7.9% | 4.9% | 1.6% | 1.12 | 1.28 | 1.23 |
| 木材・木製品製造業（家具を除く） | 51 | 1,317 | 4,086,270 | 2.3% | 1.9% | 1.6% | 0.80 | 1.55 | 2.12 |
| 家具・装備品製造業 | 91 | 1,064 | 1,690,042 | 4.1% | 1.6% | 0.6% | 1.39 | 1.21 | 1.19 |
| パルプ・紙・紙加工品製造業 | 79 | 3,346 | 10,699,814 | 3.5% | 4.9% | 4.1% | 1.19 | 1.99 | 1.66 |
| 印刷・同関連業 | 137 | 3,872 | 5,967,442 | 6.1% | 5.7% | 2.3% | 0.99 | 1.46 | 1.09 |
| 化学工業 | 47 | 3,352 | 14,321,613 | 2.1% | 4.9% | 5.5% | 1.00 | 1.10 | 0.60 |
| 石油製品・石炭製品製造業 | 10 | 947 | 52,550,589 | 0.4% | 1.4% | 20.1% | 1.06 | 4.21 | 3.88 |
| プラスチック製品製造業（別掲を除く） | 91 | 3,270 | 10,460,573 | 4.1% | 4.8% | 4.0% | 0.65 | 0.88 | 1.06 |
| ゴム製品製造業 | 11 | 691 | 1,625,858 | 0.5% | 1.0% | 0.6% | 0.40 | 0.67 | 0.59 |
| なめし革・同製品・毛皮製造業 | 31 | 544 | 843,693 | 1.4% | 0.8% | 0.3% | 1.85 | 2.48 | 2.58 |
| 窯業・土石製品製造業 | 165 | 3,252 | 6,457,464 | 7.4% | 4.8% | 2.5% | 1.50 | 1.47 | 1.01 |
| 鉄鋼業 | 33 | 727 | 4,421,095 | 1.5% | 1.1% | 1.7% | 0.74 | 0.37 | 0.27 |
| 非鉄金属製造業 | 16 | 907 | 35,160,078 | 0.7% | 1.3% | 13.4% | 0.55 | 0.71 | 4.36 |
| 金属製品製造業 | 276 | 6,057 | 13,983,801 | 12.4% | 8.9% | 5.3% | 0.96 | 1.18 | 1.26 |
| はん用機械器具製造業 | 82 | 3,414 | 7,707,103 | 3.7% | 5.0% | 2.9% | 1.07 | 1.19 | 0.84 |
| 生産用機械器具製造業 | 131 | 3,428 | 7,612,519 | 5.9% | 5.1% | 2.9% | 0.66 | 0.71 | 0.62 |
| 業務用機械器具製造業 | 10 | 380 | 664,656 | 0.4% | 0.6% | 0.3% | 0.22 | 0.20 | 0.11 |
| 電子部品・デバイス・電子回路製造業 | 9 | 1,886 | X | 0.4% | 2.8% | | 0.18 | 0.47 | |
| 電気機械器具製造業 | 80 | 5,183 | 13,418,417 | 3.6% | 7.6% | 5.1% | 0.83 | 1.21 | 0.98 |
| 情報通信機械器具製造業 | 1 | 19 | X | 0.0% | 0.0% | | 0.05 | 0.01 | |
| 輸送用機械器具製造業 | 72 | 4,296 | 30,092,047 | 3.2% | 6.3% | 11.5% | 0.65 | 0.51 | 0.61 |
| その他の製造業 | 86 | 1,255 | 1,805,522 | 3.9% | 1.8% | 0.7% | 1.03 | 0.91 | 0.55 |

（※）構成比 10%以上、特化係数 2 以上のものを灰色としている。

（出所）2010 年工業統計調査

（2）科学技術基盤

香川県の科学技術基盤として、人材、関連人材育成機関および特許出願状況を見てみる。

研究者数と技術者数を 2010 年度の国勢調査で見ると、研究者数は 370 人で全国 42 位、技術者数は 10730 人で全国 41 位と全国的に見て多いとは言えない状況である。特許の出願状況等を見ると、特許出願数は年間 472 件で全国 29 位であった。発明人数は 2134 人で全国 25 位と、全国で中位程度に位置している（特許行政年次報告書 2013 年版）。

地域の科学技術系人材育成機関として医歯薬看護系、理工系、農林水産系学部を有する教育機関としては、香川大学、香川高等専門学校¹³、香川県立農業大学校（琴平町）、香川県立保健医療大学（高松市）、四国職業能力開発大学校（丸亀市）、徳島文理大学香川校（さぬき市）などがある。

¹³ 香川高等専門学校は高松キャンパス（高松市勅使町）と詫間キャンパス（三豊市詫間町）の 2 つのキャンパスがある。

研究機関としては独立行政法人産業技術総合研究所の四国センターが高松市内にあり、健康工学研究部門が設置されている。産総研四国センターが立地する場所は香川インテリジェントパークと言われ、高松空港跡地であり、香川大学工学部、香川科学技術研究センター（From かがわ）、公益財団法人かがわ産業支援財団、県産業交流センター、香川県新規産業創出支援センターの他民間企業など産学官の研究拠点が集積している。

2. 香川大学の歴史と概要

香川県の中心的学術・研究機関として香川大学の存在があげられる。香川大学は1949年に香川師範学校、香川青年師範学校、高松経済専門学校を母体として学芸学部、経済学部の2学部の大学として創設された。1955年には香川県立農科大学（前身は1903年設立の木田郡立乙種農業学校）が国に移管され農学部が設立された。1997年には新たに工学部が設置され、2003年には香川医科大学（1978年設立）と統合された。現在6学部（教育学部、法学部、医学部、工学部、農学部）、7研究科（教育学、法学、経済学、医学系、工学、農学、地域マネジメント）、2連合研究科を有している。2014年現在、学部生5636名、大学院生817名、教職員数1897名で中規模の国立大学である。

希少糖研究の中心を担っている農学部は、1903年に設立された木田郡立乙種農業学校を前身とする香川県立農科大学を母体として設立された。農学部は応用生物科学科のもと4コース（応用生命科学、生物生産科学、生物資源環境科学、食品科学）がある。大学院修士課程は3専攻から構成されており、その内の一つに希少糖科学専攻¹⁴がある。

香川大学における産学連携の実績（2011年度）としては、共同研究件数71件、受入額は1億円であり、特許出願件数は年間62件であった。香川大学の規模があまり大きくない点もあり、件数・金額とも決して多いとは言えない状況である（図表3-3参照）

図表 3-3 香川大学の産学連携実績（2011年度）

| | 共同研究 | | 受託研究 | | 特許 | | |
|----------|------|-------------|------|-------------|--------|----------|------------------|
| | 件数 | 受入額 (千円) | 件数 | 受入額 (千円) | 特許出願件数 | 特許権実施等件数 | 特許権実施等収入 (千円) |
| 平成23年度実績 | 71 | 97,314 | 114 | 215,884 | 62 | 13 | 2,242 |
| 国立大学内順位 | 52位 | 47位 | 34位 | 57位 | 30位 | 42位 | 39位 |

（出所）文部科学省（2012）

3. 希少糖研究開発の概要

（1）希少糖の概要

香川県は温暖で雨の少ない気候を活かして、江戸時代から砂糖、塩、綿の生産が盛んな地域であった。それら3品は「讃岐三白」と呼ばれ特産品となった。特に砂糖は、江戸時代に向山周慶¹⁵が苦勞して甘蔗（サトウキビ）から白砂糖を作ること成功し、独自の精糖

¹⁴ 他の2専攻は生物資源生産学専攻、生物資源利用学専攻である。

¹⁵ 江戸時代の讃岐出身の医師・殖産家

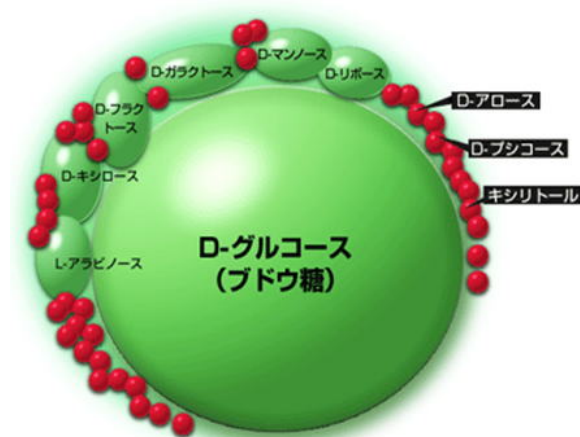
工程で作られた和三盆は特産品として特に有名である。

そのような地場産業との関係もあり、香川大学農学部では糖類に関する研究が盛んであり、多糖分解酵素、オリゴ糖、単糖などに関する研究者が存在していた（松岡・原・山田 2005）。そのような環境の中で、香川大学農学部に所属していた何森健先生は 1984 年から希少糖の研究に着手していた。希少糖の発見に関する経緯は何森健先生の『希少糖秘話』（2013）に詳しい。以下、同書を参照し、紹介していく。

糖の分類では、これ以上分解すると糖の性質を失う糖の基本単位である「単糖」と、単糖が数個結合したものである「オリゴ糖」と、単糖が多数結合した「多糖」がある。希少糖とは、単糖の中で自然界における存在量が少ない単糖を希少糖といい、何森先生がつくった造語である。2001 年に国際希少糖学会が香川県で開催された折、「自然界に存在量の少ない単糖とその誘導体」として定義された。

図表 3-4 は地球上に存在する単糖の量を面積で示したものである。ブドウ糖を言われる D-グルコースが圧倒的に多く、D-アロース、D-プシコース、キシリトール等の赤が希少糖を示している。希少糖とは現在研究開発が進んでいる D-プシコースばかりではなく、50 種類以上の希少糖が存在していると言われている（何森 2013）。

図表 3-4 単糖類イメージ図



（出所）香川大学希少糖研究センターHP より

D-プシコースは、果糖の異性化から生産される、約 30 種程度ある六炭糖の希少糖の中の 1 つである。甘味度は砂糖の 7 割あり、食後血糖上昇抑制効果や動脈硬化に対する防御作用、歯の非う蝕性、抗う蝕性が認められている。

D-アロースは、活性酸素発生抑制、高血圧抑制、虚血保護作用などの生理機能があることが解明されており、医薬用への応用が期待されている。その他に希少糖が持つ植物成長抑制作用は、農薬への適用が考えられるため、農薬関係の研究開発が進んでいる。このように、希少糖は種類自体も 50 種程度発見され、それぞれの生理機能も異なっていることか

ら、甘味料への利用の他、抗糖尿病作用、抗アレルギー作用の他、植物生長調整作用などと幅広い作用が期待されている。

希少糖研究の本格的な研究は、1991年に何森先生が農学部の土壌から新規酵素生産微生物を発見し、その酵素（DTE）を活用した希少糖の生産が行われたことから始まる。その当時、D-プシコースの価格は1グラム約4万円程度であったが、D-プシコースが安価なD-フラクトースからDTEを用いて生産できることが何森先生により明らかにされた。希少糖研究は1998年には香川大学の学長裁量経費研究助成に選ばれた。その後、香川県や科学技術庁の助成事業を活用し、2000年にD-プシコースの大量生産方法を確立した。その結果、D-プシコースが比較的安価で手に入ることになり、希少糖が注目を集める存在となった。

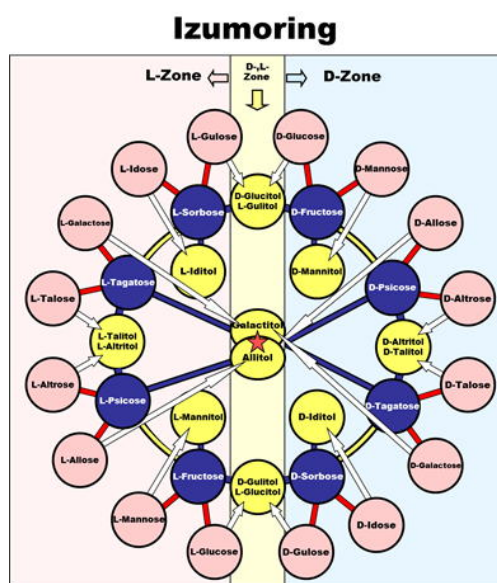
（2）希少糖の生産工程

希少糖は自然界では大量に存在しないため、自然界に多量に存在する単糖を原料として、酵素反応や微生物を用いる反応で希少糖に変換させる。すべての単糖及び糖アルコールを体系的に生産する戦略が何森先生により提唱された。

希少糖研究の第一人者である何森健教授は1943年に岡山県で生まれ、1965年に香川大学農学部を卒業し、1967年に大阪府立大学大学院農学研究科修士課程を修了した。大学では微生物応用学を専門とし、特に希少糖に関する研究に従事している。現在、香川大学名誉教授、株式会社希少糖生産技術研究所代表を務める。

何森先生は2002年には希少糖の生産戦略としての生産工程を示すIzumoring（図表3-5参照）を公表した。このIzumoringの特徴としては、全34種類のヘキソースが酵素反応で結合されている。全ヘキソースがD型とL型に左右に分かれている。すべてのヘキソースがリングの中心を焦点とする点対称に配置されている。D型からL型への変換の入り口は4つのみである。Izumoringの主な意義としては、①各単糖を生産する設計図としての役割を果たしたこと。②全単糖の位置関係を明確に意識することができたことであった。単糖を存在量で分類し、希少糖という考え方を導入した結果、単糖の大部分が希少糖であることになった。そのため希少糖生産の研究は単糖全体の研究という位置づけになり、多種類の単糖が次々に作り出されていく。多くの単糖の転換反応の情報が蓄積された。希少糖を生産するための「道具」として非常に適したものが新しい酵素であった。新しい酵素はD-タガトース3-エピラマーゼが大きな役割を果たし、この酵素がイズモリングを構築する際の根幹となるものになった（何森2013）。現在Izumoringが示しているD-グルコース（ぶどう糖）→D-フルクトース（果糖）→D-プシコース→D-アロースの製造工程が確立している。

図表 3-5 Izumoring 模式図



(出所) 香川大学希少糖研究センターHP より

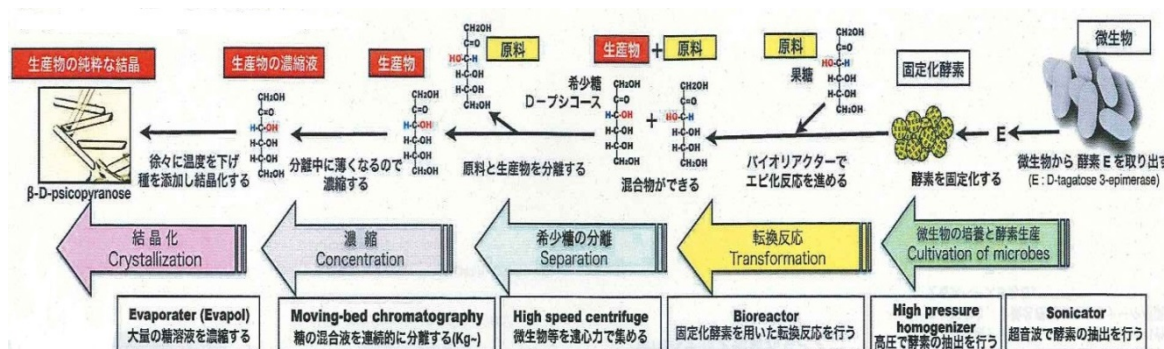
希少糖は Izumoring を設計図とし、自然界で最も多く存在する安価な D-グルコースを原料として微生物から抽出され、固定化された酵素反応および微生物を用いた反応により生産される。例えば、D-プシコースは果糖である D-フルクトースの炭素第 3 位の OH を反対側に移動する、エピ化することで生産される (図表 3-6 参照)。希少糖 D-プシコースの生産プロセスとしては、図表 3-7 で示したように微生物の培養と酵素生産→転換反応→希少糖 D-プシコースの分離→濃縮→結晶化のプロセスを経て生産される。

図表 3-6 D-フルクトース (果糖) から D-プシコースへの変換



(出所) 香川県商工労働部 HP より

図表 3-7 希少糖の生産プロセス



(出所) 香川大学希少糖研究センターHP より

(3) 希少糖の研究開発・実用化のながれ

先述（図表 1-2）したように、機能性食品の開発にはいくつかの技術的課題を解決しなければいけない。希少糖実用化の場合も、希少糖自体の機能性の解明、生産のための原料転換、酵素処理、大量生産のための標準化・コストダウン化、食品化するため安全性・効機能性の確認、医薬用の場合には対象となる特定機能の検証などの多くの技術的課題を解決しなければならない。

希少糖に関する産学官連携や知的クラスター創成事業までの取組に関しては松岡らの文献に詳しい（2005）。以下、同著を参照し、紹介する。希少糖の研究は何森先生が香川大学農学部助教授の1984年から行われていた。1991年には農学部のキャンパス内の土壌からプシコース生産に役立つ新規酵素生産微生物が発見され、その発見をもとに希少糖研究が促進されていった。その独創的な研究は大学の学長裁量費研究助成に採択され研究が深化していった。また、何森先生は希少糖の生理活性の究明を農学部内の松尾達博助教授らに依頼した。その後、当時別の大学であった香川医科大学の徳田雅明教授らも研究に参画することとなる。希少糖研究は大学内だけにとどまることはなく1998年に香川県（科学技術振興財団）の事業であるリサーチ・オン・リサーチ事業に採択され、それを契機に何森先生を中心に産学官の連携研究体制がつくられ、1999年には科学技術庁の地域先導研究に採択され、生理機能の確認と生産技術の確立を目標としてD-プシコースのKgレベルの生産方法が確立した。また、希少糖研究は当時の科学技術担当大臣であった尾身幸次氏が香川県の訪問の際に聴取の対象に取り上げられ、着目されるようになった。

何森先生の希少糖研究は2002年に文部科学省の知的クラスター創成事業（1期）に採択された¹⁶。同事業計画では①希少糖の基礎的研究基盤の確立、②希少糖の大量生産技術の確立—最適なバイオリアクターの構築と未利用資源の活用—、③希少糖を用いた医薬品、食品などの開発—用途開発と生理活性の作用メカニズム—の3つの研究開発の柱が設定された。参画機関は当初12機関であったが、のちに32機関となり、国内外にネット

¹⁶ 事業名「希少糖（生理活性単糖）を核とした糖質バイオクラスター」

ワークを広げた（図表 3-8 参照）。

図表 3-8 知的クラスター創成事業（高松地域）研究参加機関

| | | 地域内 | 地域外 |
|-----------|-----------|--|---|
| 産(企業) | 当初からの参加 | 株式会社伏見製薬所 帝國製薬株式会社 株式会社四国総合研究所 隆祥産業(現レクザム)株式会社 | 株式会社林原生物化学研究所 オルガノ株式会社 |
| | 本事業開始後の参加 | 合同会社希少糖生産技術研究所 [植物関連企業] | 松谷化学工業株式会社 [製薬関連企業] [製薬関連企業] [化粧品関連企業] [植物関連企業] [繊維関連企業] |
| 学(大学) | 当初からの参加 | 香川大学 | |
| | 本事業開始後の参加 | 徳島文理大学 | 名古屋大学 名城大学 徳島大学 大阪府立大学 ヘルシンキ工科大学 オックスフォード大学 ペロナ大学(イタリア) |
| 官(公的研究機関) | 当初からの参加 | 香川県産業技術センター 香川県農業試験場 高温高压流体技術研究所 (独)産業技術総合研究所四国センター (独)農業・食品産業技術総合研究機構 近畿中国四国農業研究センター | |
| | 本事業開始後の参加 | 香川県畜産試験場 香川県森林センター | (独)農業・食品産業技術総合研究 機構中央農業総合研究センター (独)農業生物資源研究所 |

(出所) 文部科学省 (2007b)

知的クラスター創成事業の採択に合わせて香川県では糖質バイオクラスター形成事業を展開し、内閣府の構造改革特区の 1 号に認定されると同時に、経済産業省の地域新生コンソーシアム事業に採択され、D-ブシコースの生産の基盤技術の確立に取り組んだ。しかし、香川県の希少糖研究の取組は、知的クラスター創成事業 1 期では実用化の進展が不十分ということで 2 期には採択されなかった。しかし、2008 年には文部科学省の都市エリア産学官連携促進事業（発展型）に採択された。同事業は知的クラスターより助成金額が少ないため、知的クラスター創成事業の時のように幅広い研究は展開できないため、D-ブシコースの実用化にターゲットを絞り研究が進められた。また、2009 年には経済産業省の地域イノベーション創出研究開発事業に採択され、希少糖含有シロップの実用化研究を進めていった。農薬関係の研究では、知的クラスター創成事業の最終年の 2006 年から農林水産省の補助事業を 2013 年まで連続することで実用化を進展させていった。

希少糖関連の研究インフラや人材育成のための整備としては、2001 年に香川大学に学内共同研究施設として希少糖研究を専門に行う希少糖研究センターが設立された。研究メンバーはセンター長（兼任）、副センター長（兼任）、教員 3 名の合計 5 名である（2014 年 4 月現在）。またセンター内には希少糖の研究分野の基本となる希少糖の生産と分析に関する研究・教育を行う希少糖生産ステーションが 2006 年に設置された。同時に農学研究科の修

士課程に希少糖科学専攻が設置された。2001 年には何森先生を中心に国内外の研究者ネットワークである国際希少糖学会が結成された（図表 3-9 参照）。

図表 3-9 香川県における希少糖研究開発・実用化の経緯

| 西暦 | 大学等 | 行政 | 産業 |
|-------|--|---|--|
| 1960～ | 香川大学農学部で多糖、オリゴ糖、単糖の研究が行われてきた | | |
| 1984 | 農学部何森健助教授 希少糖の研究に着手 | | |
| 1988 | 何森健氏農学部の教授に就任 | | |
| 1991 | 農学部何森教授が「農学部土壌から新規(DTE)酵素生産微生物を分離された | | |
| 1992 | 香川大学学長裁量研究（～1993） | | |
| 1996 | D-ブシコースの生産法の確立 | | |
| 1998 | | 【香川県】リサーチ・オン・リサーチ企業 産学官の連携研究体制づくり | |
| 1999 | | 【科技厅】地域先導研究（～2001）生産技術の確立と生理活性を確認 | |
| 2000 | D-ブシコースのKgレベルの生産法確立 | | |
| 2001 | 香川大学希少糖研究センター設立 国際希少糖学会設立 | | |
| 2002 | 希少糖生産戦略izumoring公表 希少糖の生産工程を示す | 【文科省】知的クラスター創成事業（1期）（～2006）希少糖事業化の基盤的研究開発 【経産省】地域新生コンソーシアム（～2003）D-ブシコース生産の基盤技術確立 【内閣府】構造改革特区「糖質バイオクラスター特区」申請 | |
| 2003 | 香川大学と香川医科大学が統合 | 【香川県】糖質バイオクラスター形成事業（～2007）香川大学への寄附講座開設（糖鎖研究） | |
| 2004 | | | 【松谷化学】新規参入 |
| 2005 | | | 【伏見製薬所】希少糖3種類の試薬販売 |
| 2006 | 香川大学大学院農学研究科希少糖科学専攻設置 希少糖生産ステーション設立 （合同会社）希少糖生産技術研究所設立 | 【農水省】新技術・新分野創出のための基礎研究推進事業補助事業（～2010）植物への応用と農業の開発 | |
| 2007 | 三木町希少糖研究研修センター開所 | | 【希少糖食品】設立。株主：松谷化学、帝國製薬、伏見製薬所、レクザム 【伏見製薬所】希少糖11種類の試薬販売 |
| 2008 | | 【文科省】都市エリア産学官連携事業（発展型）（～2010）D-ブシコースの事業化 糖質バイオフォーラム設立 | |
| 2009 | | 【経産省】地域イノベーション創出研究開発事業（～2010）希少糖含有シロップの事業化 | |
| 2010 | D-ブシコース結晶構造が確定 | | 【希少糖食品】D-ブシコース特保申請 【レアスウィート】設立 希少糖含有シロップ業務用発売 |
| 2011 | | 【農水省】イノベーション創出基礎的研究推進事業（～2013）環境・安全性に優れた農業の開発 | （同）希少糖生産技術研究所を株式会社化 |
| 2012 | | | 【松谷化学】サヌキ松谷株式会社設立 一般社団法人希少糖普及協会設立 【レアスウィート】希少糖含有シロップ500gボトル家庭用発売 |
| 2013 | | 【香川県】産業成長戦略（かがわ希少糖ホワイトバレープロジェクト） 【香川県】香川大学へ希少糖研究に関する寄附講座（～2017年） | 【松谷化学】香川県宇多津町にプラント開設 総工費30億円 |
| 2014 | | 【かがわ産業支援財団】産学官連携功労者表彰文部科学大臣賞受賞 | 【松谷化学】米国FDAよりGRAS認証取得 |

（出所）何森（2013）、文部科学省（2007b）、松岡・原・山田（2005）等をもとに著者作成

4. 産学官連携体制

(1) 県外企業との連携

何森先生の企業との連携は、当初岡山県にある株式会社林原生物化学研究所（以下、林原と記す）と共同研究を進めていった。林原との連携のきっかけは、林原が希少糖に関心があったためではなく、林原の特許部に何森教授の大学時代の同級生が勤務していたため、独り立ちし始めた何森先生を支援するという意味もあり共同研究をスタートさせた。また、何森研究室の卒業生が林原に勤務していたこともあり、共同研究が継続していった。林原との共同研究では多種の希少糖の生産法に関する探索などが行われた。

その後の知的クラスター創成事業では、地域内での共同研究ネットワーク形成を目的としていたため、香川県における取組も何森教授と以前から付き合いのあった林原以外は県内企業との共同研究の構築が中心であった。しかし、事業の途中で県外企業の参加の必要性があることが議論され一定の条件がある場合は認めることになった。その中の一社が兵庫県伊丹市に本社のある松谷化学工業株式会社である。松谷化学工業株式会社は資本金 1 億円、従業員 400 名、売上高 512 億円程度（2013 年 11 月現在）のでん粉加工と機能性食品素材の総合メーカーである。でん粉加工のパイオニアとして、新しい機能を有するでん粉やその分解物など食品製造に不可欠な機能性の高い素材を多岐にわたり研究開発を行っており、加工でん粉や難消化性デキストリン¹⁷をはじめとする食物繊維等の製造・販売、希少糖および関連製品の研究開発・製造、販売を行っている。松谷化学工業（株）は特定保健用食品素材として幅広く使用されている難消化性デキストリンの供給を一手に引き受けている。研究部門の社員は機能性食品の素材の研究開発のみならず、納入先である大手食品メーカーに対し積極的に試作を行ったり、提案することでメーカーへの積極的営業を展開している。

松谷化学工業（株）では以前から食品素材の研究開発を行っており、その素材探索の一環として当時知的クラスター創成事業で行われていた希少糖に着目した。知的クラスター創成事業の途中でコンソーシアムへの参加を熱望したが、県外企業であるため参画できなかった。しかし、何森教授に熱心にアプローチした点や健康食品開発に関する経験や知見が豊富にあったこと、参画すべき要件を備えていることが認められ、2004 年に知的クラスター創成事業における希少糖事業化推進室の特定保健用食品担当の事業化マネージャーとして同社社員が参画した。その後、都市エリア産学官連携促進事業や経産省の地域イノベーション創出研究開発事業などに参加しながら香川大学との共同研究を進めると同時に、自社内でも商品化へのエビデンスデータ収集のための研究開発を進めていった。

D-プシコースは当初、純品の商品化を目指していたが、それではコストが高い点と食品としての安全性・酵素の安全性などから商品化に時間がかかっていた。そこで、開発の途

¹⁷ 難消化性デキストリンとは、食後の中性脂肪の上昇や食後の血糖値の上昇を抑制するなどの生理機能を有している血糖の吸収を抑える食物繊維の一種である。2012 年に発売されたトクホ商品である「キリン メッツコーラ」などに含有されている。

中で 2009 年に D-プシコースなどの希少糖を約 15%（残りの 85%はブドウ糖と果糖）を含む希少糖含有シロップが商品化された。希少糖含有シロップの製造であれば廉価で製造でき、希少糖が一定以上含まれているのである程度の生理効果もみられるため、希少糖自体の認知度の向上にも役立っている。希少糖含有シロップの実用化開発は松谷化学工業（株）と希少糖生産技術研究所と共同で行った。香川県における D-プシコースの実用化は市場性やコストの面などから一時危ぶまれていたが、これらの問題をクリアにして 2010 年に特定保健用食品に申請した。特保許可が下りるには時間がかかり、その間に製造・商品化の簡単な希少糖含有シロップの開発が進んだこともあり、いきなりハードルの高い D-プシコース純品の実用化を目指すのではなく、希少糖含有シロップの実用化という難易度の高くない商品発売を中二階としてステップを踏むことで、希少糖の認知度を上げ市場のリスクを軽減し、その後、D-プシコース純品の販売を目指すこととしている。希少糖含有シロップはある程度の市場規模が見込まれる点と量産化によりコストを下げなければならない点から松谷化学工業（株）は 2012 年に香川県内に 30 億円を投資し、希少糖含有シロップの製造プラントを建設することを決定し、その製造会社としてサヌキ松谷（株）が 2013 年に香川県内に設立された。

（２）県内企業の役割

何森先生と県内企業の関係は、知的クラスター創成事業を契機に共同研究関係を深めていった。知的クラスター創成事業に当初からかかわっていた県内企業は 4 社ある。株式会社伏見製薬所は丸亀市に本社を置く従業員 237 名、安息香酸などを製造する中堅製薬メーカーである。帝國製薬株式会社は東かがわ市に本社を置く従業員数 665 名、医薬用パップ剤等を製造する中堅製薬メーカーである。株式会社四国総合研究所は四国電力（株）の子会社であり、高松市に本社を置く従業員数 127 名の電気事業、土木建設業、農水産業等に関する調査・研究・開発を主体とした企業である。隆祥産業（現レクザム）株式会社は高松市に工場を持つ検査装置などエレクトロニクス関連機器メーカーである¹⁸。

知的クラスター創成事業の成果として希少糖関連企業が香川県内に何社か設立された。2006 年には希少糖研究を主業とした香川大学発ベンチャー企業である合同会社 希少糖生産技術研究所が設立された¹⁹。同社の本社は、地域活性化の目的もかねて香川県三木町小菘の廃校を利用した建物にある。2007 年には知的クラスター創成事業などで得られた研究成果を持ち寄り松谷化学工業（株）、帝國製薬、伏見製薬所、レクザムの 4 社が出資し合同会社希少糖食品が設立された。特に松谷化学工業（株）は特保申請の経験をもち、そのノウハウを活用し 2010 年に希少糖食品は D-プシコースをスティックシュガーとして商品化したものを特定保健用食品として申請した。2010 年には松谷化学工業（株）が中心になり、（株）

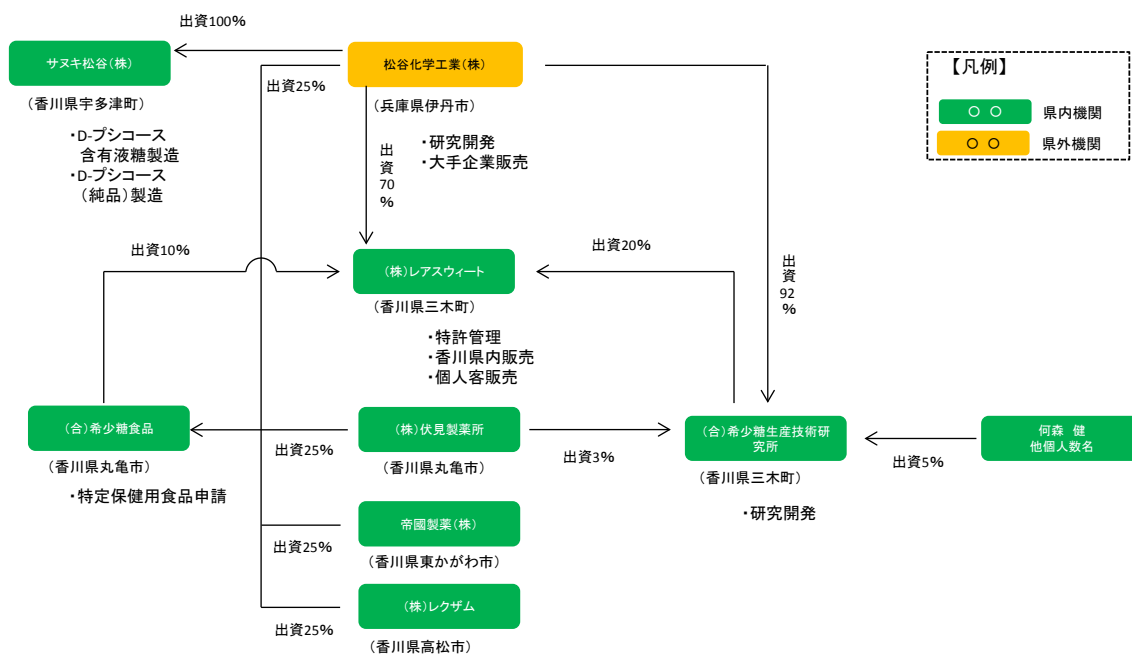
¹⁸ 隆祥産業（現レクザム）株式会社は知的クラスター創成事業では、希少糖の機能性や実用性に関する研究開発より、機能性糖鎖関連の分析装置の開発を中心に行っていた。

¹⁹ 合同会社希少糖生産技術研究所はのちに株式会社となった。

希少糖生産技術研究所と（合）希少糖食品が出資し、希少糖含有シロップ等を発売する株式会社レアスウィート²⁰（資本金1千万円）が設立された。同社は希少糖含有シロップの販売の他に、知的クラスター創成事業などで生み出され各社に分散している特許の一元管理を図ることも使命とされている。そのため、同社社長には、地元産学官にも知己が多いという面から香川大学の元学長である近藤浩二氏²¹が社長となった。

図表 3-10 は上記希少糖関連企業とその資本関係を示している。香川県内にはサヌキ松谷（株）をはじめ、（株）レアスウィート、（同）希少糖食品、（同）希少糖生産技術研究所が創業されたが、各社の立ち上げに際し松谷化学工業（株）が出資している。松谷化学工業（株）としては、現地法人化を図らずとも、単独で事業を展開することは可能であるが、事業所の少ない香川県にとっては企業活動こそ重要であり、事業の現地法人化を図り、地域経済への波及効果の増大を図ろうとしていると言える。

図表 3-10 希少糖関連企業相関図



(出所) ヒアリングをもとに著者作成

(3) 助成事業の活用と行政の役割

香川大学の希少糖研究には国と県の研究助成が多く活用されている。国レベルでは、1999年から科学技術庁の地域先導研究事業の活用により希少糖の生産技術の確立と生理活性を

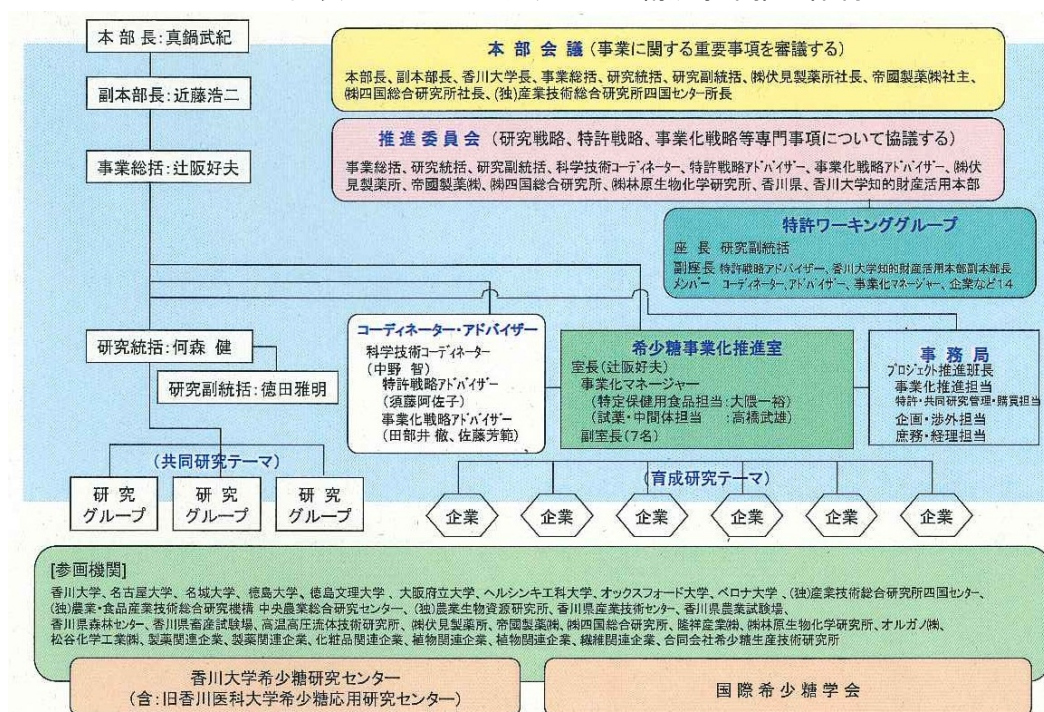
²⁰ 本社は希少糖生産技術研究所のある香川県三木町小菴であるが、実質上の事務は松谷化学工業高松営業所内にある(株)レアスウィート高松事業所で行っている。

²¹ 近藤氏は知的クラスター創成事業時に香川大学学長であり、知的クラスター本部の副本部長であった。

確認したのを皮切りに、2002年には文部科学省の知的クラスター創成事業（1期）、経済産業省の地域新生コンソーシアム事業、内閣府の構想改革特区に採択され研究が促進された。

希少糖の実用化に大きな貢献を果たしたものは文部科学省の知的クラスター創成事業（1期）と言える（図表 3-11 参照）。知的クラスター創成事業では、知識の創造により地域の産学官の連携強化を図りクラスターの創成を目指すものである。同事業での研究テーマは①希少糖用途開発のための基礎的研究基盤の確立、②希少糖の大量生産技術の確立、③希少糖を用いた医薬品・食品・農薬等の開発であった（文部科学省 2007b）。同事業実施中の2006年には香川大学大学院農学研究科（修士課程内）に希少糖科学専攻が設置された。同年、大学発ベンチャーである合同会社希少糖生産技術研究所²²が設置された。

図表 3-11 知的クラスター創成事業推進体制



(出所) 文部科学省 (2007b)

1期時に実用化の進展があまり進まなかった点などから知的クラスター創成事業2期には、採択されなかったが、2008年には都市エリア産学官促進連携事業に採択され、D-プシコースの実用化に絞った研究開発がすすめられた。2006年には植物への応用と農薬の開発のために農林水産省の補助金を受けるなど、各省からの研究助成を活用して研究開発を推進してきた。

希少糖は種類も50種と多く、用途も食品、農薬、医薬品と多岐に渡るため、知的クラス

²² 後に株式会社となった。資本金は8240万円、本社は香川県三木町小蓑にあり、代表者は何森教授である。英語社名はIzumoring, Co. Ltdである。

ター創成事業では、それらの生理機能の探索や検証に関する研究を幅広く展開するのに有用であった。共同研究企業数が多かっただけでなく、香川大学の農学部や医学部の多くの研究者が従事することで、希少糖実用化に関する研究開発が組織的に展開された。

また、知的クラスター創成事業は、国の大型プロジェクトであり、香川県にとって、そのような大型の研究開発プロジェクトを管理することは初めての経験であり、香川県において産学官の連携体制を構築し（図表 3-12 参照）産学連携をマネジメントするよい機会であったと同時に、その時の経験が後の各種事業の展開に役立っているとしている²³。

国レベルの支援とは別に、香川県としては、古くから独自に香川大学における希少糖の研究開発に支援をしてきた。先述したように 1998 年に香川県科学技術振興財団によるリサーチ・オン・リサーチ事業に採択したのを皮切りに、2003 年から糖質バイオクラスター形成事業を推進した²⁴。同年には糖鎖研究が対象であったが香川県が毎年 2000 万円を 5 年間拠出することにより香川大学へ寄附講座が開設された。同寄附講座は 5 年間のものを 2 回実施され、2013 年からは寄付講座の研究テーマが糖鎖研究と希少糖研究の連携を考慮されてきている。また、2013 年には香川県の産業成長戦略の中でかがわ希少糖ホワイトバレープロジェクト事業が展開されている。初年度である 2013 年度の希少糖関連の産業振興予算は約 7800 万円であった。

香川県の希少糖研究開発の推進体制として、ホワイトバレー構想の推進のため香川県希少糖戦略会議を発足させて産学官の代表者が集まり会議を定期的で開催しているが、事業全体を俯瞰し、工程管理を行い、事業を推進させていくような常勤のクラスターマネージャー的な人は存在していない。

「かがわ希少糖ホワイトバレー」プロジェクト

【趣旨】

香川で生まれた世界に誇れる財産である希少糖について、これまで進めてきた産学官連携による成果を活かして研究開発から生産、販売に至るまで総合的に推進することにより、「希少糖クラスター」を形成するとともに、世界に通じる「香川の希少糖」ブランドを確立し、本件における希少糖産業を「希少糖といえば香川、香川といえば希少糖と呼ばれる一大産業へ成長させる。

【プロジェクト目標】（10 年後）

- 世界的に求心力のある希少糖の「知の拠点（＝研究開発拠点）」の形成
- 産学官一体となった「希少糖産業」の創出
- 世界に通じる「香川の希少糖」ブランドの確立

（出所）香川県産業成長戦略（2013）

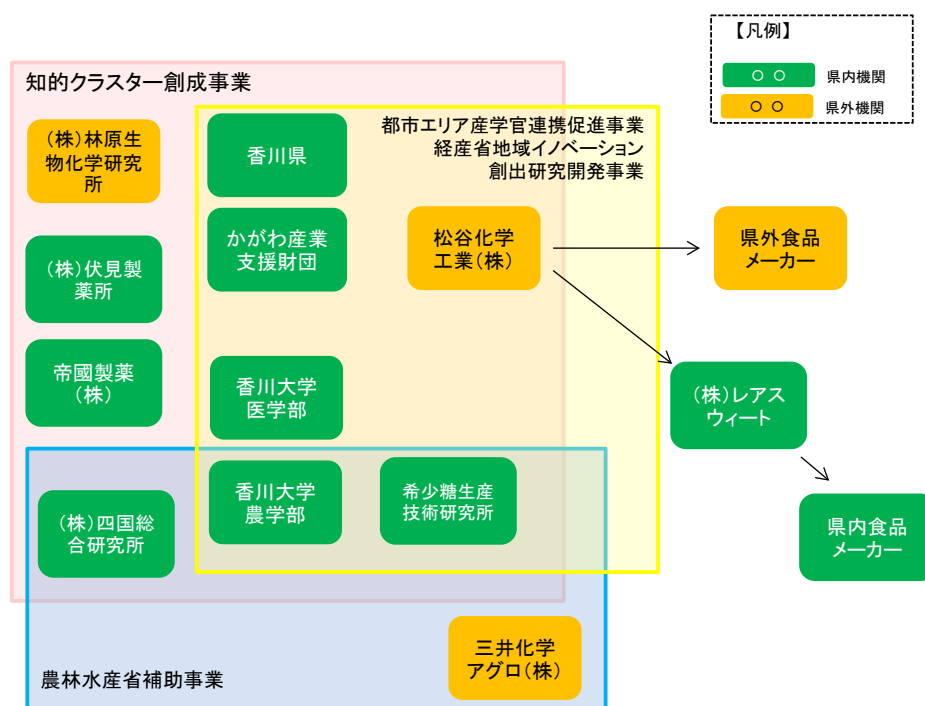
²³ 2013 年 10 月 28 日の香川県商工労働部関係者へのヒアリングによる。

²⁴ 香川県産業技術センターは香川大学と共同で微生物の還元反応を用いた D-プシコース等の希少糖の製造方法に関する研究を行い、2004 年に特許を共同出願している。

香川大学を中心とする研究成果の出口のひとつとしての D-プシコースの事業化に関しては、実用化へ必要なデータ収集のための試験や特許や特保認証などの知的財産戦略や希少糖含有シロップをベースにした販売戦略も松谷化学工業（株）の大隈一裕氏が中心となって推進されたものである。

希少糖実用化事業において香川県の支援は重要であったが、県が主体になり、切れ目なく県の強力なリーダーシップのもとに推進された事業とは言い難い。知的クラスター創成事業実施時は、県内の企業を取りまとめていたが、その後、県内企業が希少糖実用化の取組に消極的になると県庁の動きは一時鈍くなった。知的クラスター創成事業(1期)終了後の研究開発では、香川大学と松谷化学工業（株）が中心となり行われ、県庁の関与が少なくなった。しかし、2012年に松谷化学工業（株）が希少糖含有シロップの製造拠点を設置することを決めると、香川県庁は熱心に誘致活動を行い生産拠点の県内設置が決まった。それ以降、希少糖含有シロップは県内製品ということもあり、県庁でも熱心に研究開発から販売までの支援に取り組んでいる。

図表 3-12 希少糖の産学官機関関係図



(出所) ヒアリング等をもとに著者作成

5. 事業の成果

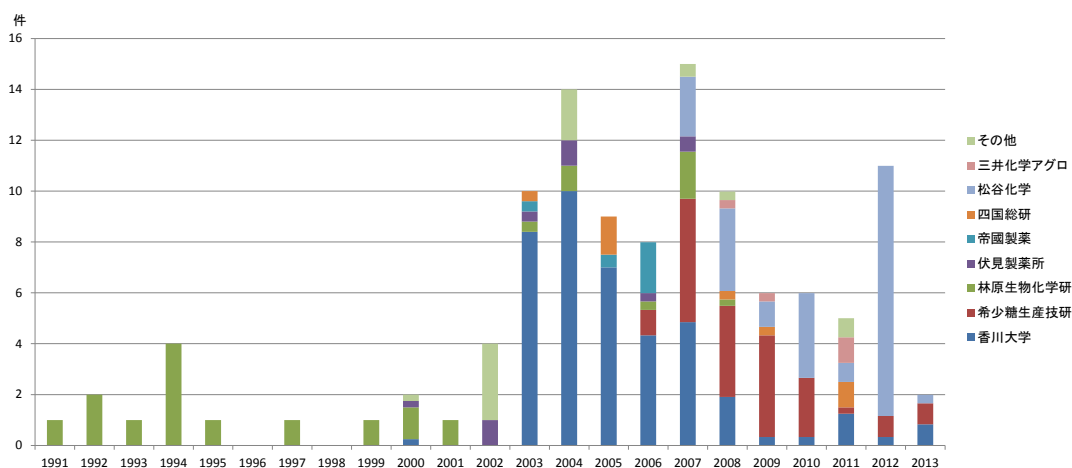
(1) 特許の取得²⁵

²⁵ 希少糖関連特許の分野分析については増島・永富（2014）が詳しい。何森先生の特許取得の考え方・アプローチについては経済産業省四国経済産業局（2013）を参照。

香川県を中心とした希少糖研究については多くの特許が出願されている。希少糖は50種類のタイプがあり、応用展開も食品、農薬、医薬品と様々である。それらをカバーする性能に関する特許や用途に関する特許が知的クラスター創成事業以前から提出されており、特に知的クラスター創成事業では多くの企業が研究開発に関わることで、特許が拡散している。特許の拡散は実用化への妨げになるため、特許が実用化の障害にならないように香川大学や松谷化学工業（株）などの各機関の特許を（株）レアスウィートで一括管理している。特許の実施と特許料の分配については、弁護士などの5名から構成される委員会で、貢献度やカバー度が判断され、各機関に配分される仕組みとなっている。

何森教授と共同研究実績のある企業における希少糖関連の特許115件の特許出願者の分析を行った（図表3-13参照）²⁶。1991年から1999年までは林原のみの出願である。2003年7月に国立大学法人化が決定されると香川大学（香川大学長名を含む）の出願が増加していった²⁷。知的クラスター創成事業が開始した2002年以降、伏見製薬所、帝國製薬、四国総合研究所などの県内企業の出願がみられるようになり、2006年からは希少糖生産技術研究所の存在が目立つようになっている。特許出願件数では2007年が15件と最も多く、これは知的クラスター事業の最終年ということでその成果として多くの特許が出願されたためと推測できる。2008年以降は知的クラスター創成事業が終了したため、林原、伏見製薬所、帝國製薬からの出願はなくなった。松谷化学工業（株）は2007年から特許の出願がみられ、近年その存在感が目立っている。

図表 3-13 何森教授関連希少糖特許出願件数推移



（出所）特許庁データをもとに著者作成

特許に記載してある発明者をもとに、何森健教授との共同発明者を年代別に分類した（

²⁶ 年の特許件数を把握するために出願件数は分数カウントで集計した。

²⁷ 2003年7月以前の大学からの出願は香川大学長の出願となっている。

図表 3-14 参照)。特許出願状況でみたとおり、2000 年以前は林原にいる研究者との共同研究が中心であった。2000 年代前半は知的クラスター創成事業が開始したこともあり、香川大学内で幅広いテーマで研究が行われていたと同時に、知的クラスター創成事業参加企業・機関との共同研究が広がっていった。2000 年代後半は知的クラスター創成事業が 2007 年まで行われていたため、その関連として引き続き香川大学内の多くの研究者を巻き込んで研究が行われていた。同時に、松谷化学工業（株）、三井化学アグロ、日本たばこというような県外企業が見られるようになった。しかし、四国総研を除く知的クラスター創成事業に参加していた県内企業との共同研究がなくなっていた。2010 年以降は知的クラスター創成事業も終了したため、また都市エリア産学官連携促進事業も D-プシコースの実用化としてターゲットを絞ったため、香川大学内の研究者の関与が大幅に減少した。2010 年以降の共同研究相手先は農薬の実用化に向けた共同研究関連の研究者と企業が中心となっている。

図表 3-14 何森教授の共同発明者関係

| 1999年以前 | | | 2000～2004年 | | | 2005～2009年 | | | 2010年以降 | | |
|--------------|------|----|--------------|-------|----|-------------|--------|----|------------|------|----|
| 機関名 | 発明者名 | 件数 | 機関名 | 発明者名 | 件数 | 機関名 | 発明者名 | 件数 | 機関名 | 発明者名 | 件数 |
| (株)林原生物化学研究所 | 津崎 | 10 | 香川大学 | 徳田(雅) | 22 | 香川大学 | 徳田(雅) | 28 | 香川大学 | 秋光 | 3 |
| | 阿賀 | 1 | | 早川 | 3 | | 早川 | 1 | | 田島 | 3 |
| | | | | 秋光 | 1 | | 秋光 | 5 | | 松尾 | 2 |
| | | | | 川浪 | 3 | | 川浪 | 1 | 希少糖生産技術研究所 | 下西 | 2 |
| | | | | 高田 | 4 | | 高田 | 5 | 四国総合研究所 | 石田 | 3 |
| | | | | 板野 | 2 | | 板野 | 1 | | 堤瀬 | 1 |
| | | | | 宮本 | 2 | | 宮本 | 1 | | 工藤 | 1 |
| | | | | 石田 | 2 | | 石田 | 1 | | 高野 | 1 |
| | | | | 村尾 | 2 | | 村尾 | 1 | | 有友 | 1 |
| | | | | 田坂 | 2 | | 植木 | 1 | 松谷化学工業 | 大隈 | 3 |
| | | | | 宗内 | 2 | | 田島 | 3 | | 飯田 | 3 |
| | | | | 山口 | 3 | | 東江 | 3 | | 高峰 | 3 |
| | | | | 田中 | 2 | | 柳 | 2 | | 小原 | 2 |
| | | | | ホセイン | 2 | | 望岡 | 2 | 三井化学アグロ | 田中 | 2 |
| | | | | 榎本 | 2 | | 長谷川 | 2 | | 香松 | 1 |
| | | | | 廣岡 | 2 | | 奥田 | 1 | 高知大学 | 寺林 | 1 |
| | | | | 田津 | 2 | | 塚本 | 1 | | | |
| | | | | 岡本 | 1 | | 小西 | 1 | | | |
| | | | | 徳田(道) | 1 | | 窪田 | 1 | | | |
| | | | | 土橋 | 1 | | 管 | 1 | | | |
| | | | | 小林 | 1 | | 田岡 | 1 | | | |
| | | | | 森本 | 1 | | 森本 | 8 | | | |
| | | | 香川産業支援財団 | 下西 | 1 | | 竹川 | 1 | | | |
| | | | (株)林原生物化学研究所 | 津崎 | 7 | | 田村 | 1 | | | |
| | | | 伏見製薬所 | 高橋 | 4 | | 高村 | 1 | | | |
| | | | | 吉野 | 3 | | 山崎 | 1 | | | |
| | | | | 川江 | 1 | | 木村 | 1 | | | |
| | | | | 石川 | 1 | | 宮西 | 1 | | | |
| | | | | 竹下 | 1 | | 佐藤 | 1 | | | |
| | | | | 片山 | 1 | | 平林 | 1 | | | |
| | | | 帝國製薬 | 永田 | 2 | | 深瀬 | 1 | | | |
| | | | 四国総合研究所 | 石田 | 2 | | 小川 | 1 | | | |
| | | | オルガノ | 安田 | 1 | | 松尾 | 1 | | | |
| | | | 香川県産業技術センター | 木村 | 1 | | 麻田 | 2 | | | |
| | | | | 大島 | 1 | | 福元 | 1 | | | |
| | | | | 佐々原 | 2 | 希少糖生産技術研究所 | 近藤 | 4 | | | |
| | | | 産総研四国センター | 福岡 | 2 | | 下西 | 2 | | | |
| | | | | 高原 | 2 | | 辻坂 | 5 | | | |
| | | | | 広津 | 3 | (株)林原生物化学研究 | 津崎 | 5 | | | |
| | | | | 堤田 | 1 | 四国総合研究所 | 石田 | 1 | | | |
| | | | | 徳原 | 1 | | 堤瀬 | 1 | | | |
| | | | 山形大学 | 安食 | 1 | | 工藤 | 1 | | | |
| | | | | | | 松谷化学工業 | 大隈 | 6 | | | |
| | | | | | | | 藤原 | 1 | | | |
| | | | | | | | 飯田 | 3 | | | |
| | | | | | | | 市原 | 1 | | | |
| | | | | | | | 山田(貴) | 1 | | | |
| | | | | | | | 佃 | 1 | | | |
| | | | | | | | 山田(晃) | 1 | | | |
| | | | | | | 三井化学アグロ | 小原 | 2 | | | |
| | | | | | | | 重松 | 1 | | | |
| | | | | | | | 田中 | 1 | | | |
| | | | | | | 日本たばこ | 濱本 | 1 | | | |
| | | | | | | | 寺澤 | 1 | | | |
| | | | | | | 香川県産業技術センター | 木村 | 1 | | | |
| | | | | | | | 大島 | 1 | | | |
| | | | | | | | 豊田 | 1 | | | |
| | | | | | | | 三輪 | 1 | | | |
| | | | | | | オックスフォード大学 | ウィリアムズ | 2 | | | |

(出所) 特許庁データをもとに著者作成

(2) 経済的成果

D-プシコースに関しては、カロリーがゼロである点、甘味度が砂糖の 7 割である点など食後血糖低下を示すことが明らかになっており、糖尿病や肥満防止のための機能性食品への展開が期待されている。現時点では D-プシコース純品での発売にまでは至っておらず、松谷化学工業が製造している希少糖含有シロップを含まれる形で、ジャム、飲料、菓子、醤油などで活用されている（図表 3-15 参照）。

図表 3-15 希少糖応用製品群



(出所) 各社 HP から転載

希少糖含有シロップを使用した商品は 2014 年 5 月現在、104 社約 700 商品を開発・販売した。同時に、500g のペットボトル入り希少糖含有シロップが 1200 円（税抜）で発売された。売り上げは 2014 年 11 月～3 月の 5 か月間で約 6 億円以上となっている²⁸。

実用化としては希少糖含有シロップから着手し、設備投資をすることとなった。香川県

²⁸ 第 12 回産学官連携功労者表彰資料による。松谷化学工業（株）の希少糖関連の 2014 年の年間売上は 11.2 億円程度（560 億円×2%）と推定される（日本経済新聞地方経済面兵庫 2015 年 1 月 16 日）。

知事の積極的な誘致活動などもあり、松谷化学工業（株）は香川県内への投資を決定し、2013年に宇多津町に総工費30億円の月産1000トンのプラントが開設された。2014年には更なる設備投資が行われた。この行動は企業としてのメリットを図った上での判断であるが、松谷化学工業（株）からの熱心なアプローチにより知的クラスター創成事業に参加できたという経緯もあり、地域経済への貢献という企業責任を果たすために、利に走るのではなく義のある企業活動と言える。

希少糖含有シロップ工場での生産が開始し実用化に成功すると、希少糖は注目を集め全国放送のTVメディアで多く取り上げられ、希少糖の生理機能に関する解説や何森教授を中心とした成功譚が報道された（図表3-16参照）。その結果、希少糖は一般消費者の関心を集めるところとなり、500gのボトル型の希少糖含有シロップは一時生産が間に合わない状況となった。また、希少糖実用化は優れた取組と認められ、2014年第12回産学官連携功労者表彰文部科学大臣賞を受賞した。

図表 3-16 希少糖を紹介したTV番組

| 年月日 | TV局 | 番組名 |
|-------------|---------|---------|
| 2013年5月27日 | NHK Eテレ | サイエンスゼロ |
| 2013年10月19日 | TBS系 | 世界ふしぎ発見 |
| 2013年12月2日 | NHK 総合 | あさイチ |
| 2013年12月4日 | TBS系 | 朝ズバ |
| 2014年6月8日 | TBS系 | 夢の扉 |

(出所) ヒアリングをもとに著者作成

(3) ブランド展開

希少糖の商業展開においては、高付加価値化を目指すために、合同会社希少糖食品からD-プシコース入りスティックシュガーとして2010年に消費者庁の特定保健用食品認定に申請している。希少糖に関する特許は知的クラスター創成事業に多くの企業が参加したため特許権利が複雑になっている。そのため商品化には1社の特許では対応できない状況になっているので、複数の企業が共同して特保申請のための合同会社希少糖食品が設立された。希少糖食品には松谷化学工業、伏見製作所、帝国製薬、レクザムの4社が4分の1ずつ出資している。2014年7月1日には希少糖の一種である「プシコース」が米国FDA(Food and Drug Administration)によりGRAS (Generally Recognized as Safe:一般に安全と認められる食品素材) 認証を取得した。このことにより「プシコース」の米国販売の大きな足掛かりになった。D-プシコースの原料はアメリカ産のコーンスターチである。このことは、香川県産のD-プシコースが輸出されるというより、松谷化学工業（株）がD-プシコースの製造を米国で行う可能性が高くなったことを意味する。

希少糖の理解を広げるためにわかりやすい情報発信をしていくために2012年に一般社団法人希少糖普及協会が設立された。同協会では、希少糖使用に関するブランドづくりとし

てD-プシコースとD-プシコース入り食品のPRと普及を図るため、「さぬき新糖」（図表 3-17 参照）というマークを作製し、現在、商標出願中である。希少糖を活用した商品（食品）のうち、商品中の希少糖含有シロップの使用量が糖質甘味料（人工甘味材を除く）中 20wt%以上の基準を満たしたものについて、「さぬき新糖」の使用を認めている。しかし、一般的には「さぬき新糖」のマークより希少糖普及協会のマーク（図表 3-18 参照）の方が商品に添付されている機会が多い。全国企業でも本マークを商品に印刷して希少糖のPRを行っているものもある²⁹。

図表 3-17 希少糖（D-プシコース）ブランド



（出所）香川県商工労働部 HP より

図表 3-18 希少糖普及協会マーク



（出所）（左）一般社団法人希少糖普及協会 HP より、（右）サークルKサンクス HP より

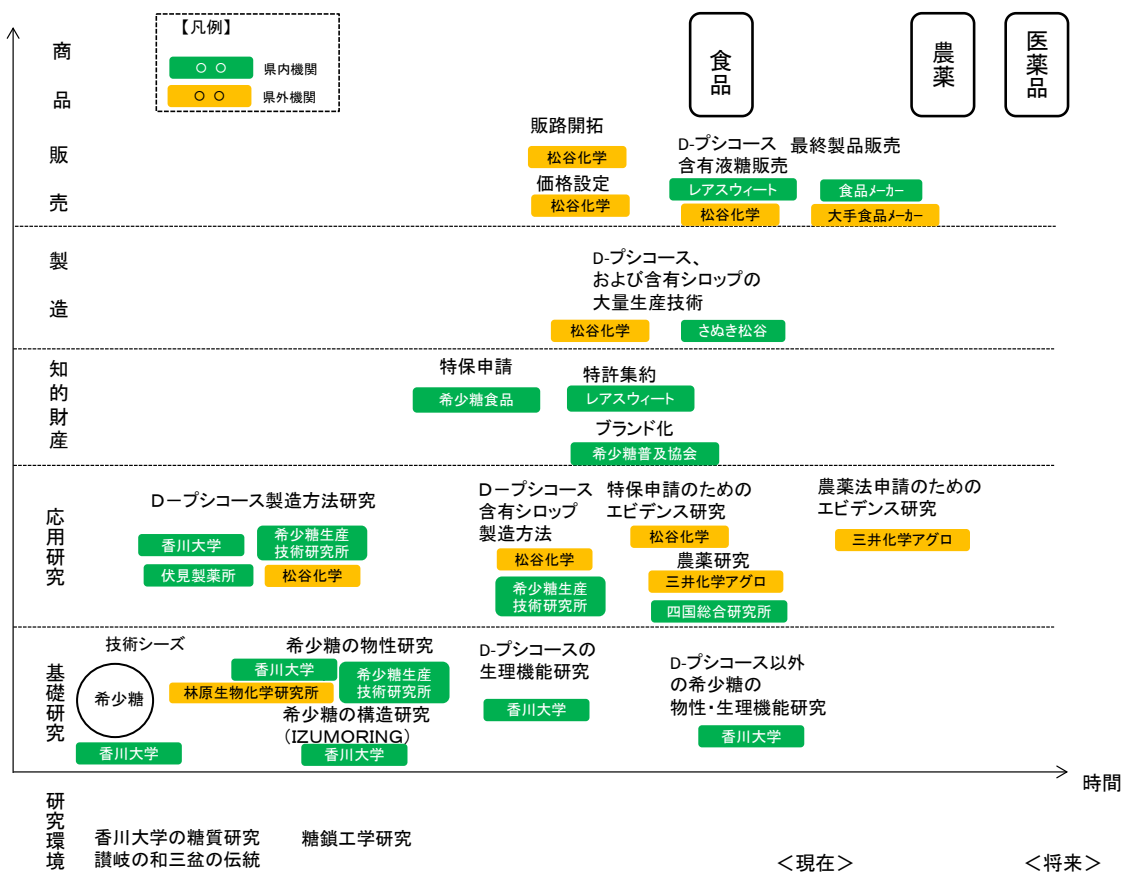
6. 希少糖の研究開発と価値連鎖

希少糖研究は、当初何森教授の個人的研究であったが、知的クラスター創成事業を契機に研究が組織的に行われるようになり、50 種類におよぶ希少糖それぞれの生理機能、食品用のみならず医薬用、農業用向け用途の検証が組織的に大学および企業で行われている。希少糖の実用化に向けた研究開発は、主に希少糖自体の量産化のための研究、希少糖の応用としてのアプリケーション研究の2つに分けられる。希少糖の物性・生理機能に関する

²⁹ 「さぬき新糖」のマークを添付している商品数は希少糖普及協会が把握しているもので2商品ある。希少糖普及協会のマークを添付した商品としては、例えば図表 3-18 右図のように製造：山崎製パン、販売：サークルKサンクス・ローソンのスイーツなどがあげられる。

研究は、香川大学と何森教授の研究開発型ベンチャー企業である（株）希少糖生産技術研究所で中心的に行っている。量産に関わる着想は香川大学で生まれたが、その後の大量生産プロセスにおいてはメーカー企業内で行われた。販売戦略において特保申請を行っているがそのためのエビデンスデータは一部大学での研究成果が使用されているが、大部分は企業内で行われている。農薬についても農薬規制法の関係でエビデンスデータの採集が必要であるが、企業を中心に行われている（永富・倉増 2014）（図表 3-19 参照）。

図表 3-19 希少糖研究開発の価値連鎖



(出所) ヒアリング等をもとに著者作成

7. 地域経済への貢献

希少糖の製品化に関しては、先述したように県外企業である松谷化学工業が中心となって実用化を精力的に進めている。松谷化学工業は、約 30 億円を投資し希少糖含有シロップの生産工場を香川県宇多津町にある番の州工業団地内に設置し、同時に製造子会社も県内に設立した。これは、希少糖実用化関係で最も大きな経済効果と言える。

しかし、希少糖の実用化は順調に進んでいるが、県内企業の貢献は限定的であると言える。農薬関係では、四国電力の子会社である四国総合研究所が県外企業の三井化学アグロ

と共同研究を行っている。しかし、四国総合研究所は希少糖のビニールハウス栽培での使用に関する研究開発が中心であり、希少糖含有農薬の製造生産を行う予定はなく、希少糖関連知財の収益化を図っていく予定である。三井化学アグロは希少糖の散布農薬としての実用化のためのデータ採取を積極的に行っており、希少糖含有農薬の製造は三井化学アグロが中心に行っていくと見られている。

今後、希少糖の医薬品への展開が検討されているが、その県内プレーヤーとしては伏見製薬所と帝國製薬が考えられるが、伏見製薬所は希少糖関係研究開発からは撤退し、帝國製薬でも自社で薬剤開発を行った経験がない状況であり、県内企業による医薬品開発は難しい。そのため、希少糖関連医薬品の製造販売は県外大手企業が中心になると想定される。

地域資源の活用という視点から見ると、香川県は和三盆の産地として古くから有名であるが、希少糖の原料となるコーンスターチは米国産であり香川県産ではなく地域資源の高付加価値化とは言えない。強いて言えば、大学内の土壌にある微生物（DTE）を触媒として生まれたという点では地域資源が活用されていると言えるが、現在製造されている D-プシコースの製造プロセスにはその微生物（DTE）は使用されていない。

地域産業の面からみると、希少糖が地域技術シーズとして着目された経緯として、香川県における和三盆製造の伝統が 1 つの理由としてあげられる。和三盆から希少糖への製品の進化は、地域産業のアイデンティティの更なる強化へと結びつけるという機能を持っている。

8. 課題と今後の展望

希少糖の実用化は、地方国立大学で地域の特性を活かした長年に渡る研究開発の成果により果たされたと言える。希少糖研究は、再生医療や ICT 等のような国際的に注目される最先端でトレンドリーな研究ではないが、そのような流行に囚われない地方国立大学であるがゆえに涵養できた科学技術資源であると言える。

先に見てきたように、希少糖の実用化には、県外企業が大きな関与を果たしていた。県外企業は研究開発を基にした成果により県内に設備投資し、また、関連企業を設立することで企業活動を現地化させている。同社は希少糖の製造子会社の他に研究開発ベンチャー、販売会社、特定保健用食品会社などに出資するなどの創業支援を行っており、香川県としてはこれら創業された企業をいかに県内に定着させ、発展させていくかが肝要と言える。研究開発の成果を地域で定着させるためには、知を財（富）に変換させるビジネス開発が重要である。松岡らの論文（2005）でも「香川県内にグローバルな競争力を持ち続けられる基盤を作っていくための仕組みの検討も必要となる」と指摘されているように、同じく県内に研究成果ばかりではなく事業成果の果実を受ける仕組みの構築が強く求められる。

希少糖の生産に関して、松谷化学工業（株）以外日本ではライバルとなるような企業はないが、韓国の手食品メーカーも希少糖の開発をしており、大資本により市場を押さえる手段が考えられる（倉増・永富・渡辺 2014）。米国の大手企業も D-プシコースには注目

しており、松谷化学工業（株）との連携を計画している。松谷化学工業（株）は地域経済に配慮して県内に工場建設を行ったが、一大消費地で原料供給地である米国への進出は遠くない将来行われるであろう。その時、香川県内の工場は輸送コストの問題もありあくまで日本国内向けの生産施設と位置付けられるであろう。現在行われている希少糖の実用化と言ってもD-プシコースの実用化が中心である。今後、農薬関連ではD-アロース、D-タガトースの実用化も進められている。しかし、これらの希少糖は何森先生が Izumoring で示した希少糖のほんの一握りのものに過ぎない。新しい希少糖の生理機能の解明と生産技術の拡大方法、用途開発がプロジェクト資金などを活用して再び組織的に展開されることが求められる。

近年、ズイナという植物にD-プシコースが含有していることが再認識され研究が進んでいる（図表 3-20 参照）。食品産業は地元で産出される原料をもとに、加工品を製造しているが、甘蔗からD-プシコースを製造しているのではなく、輸入したコーンスターチから製造しているため、地元経済とのバリューチェーンの結びつきが弱い。そこで、希少糖関連植物であるズイナ³⁰を新たな地域資源として育成し、新たな商品化・産業化を検討できる。

香川大学発の技術シーズである希少糖のひとつである D-プシコースは実用化にまで至り、地域経済に貢献を果たしている。これは地域でイノベーションが生まれたと言ってもよい。しかし、地域でイノベーションが起きたからと言って、地域イノベーション・システムが充分であるとは言えない。今回のケースは地域イノベーションの創出には成功したが、地域企業の高度化に成功したとは言い難い。地域イノベーション・システムとしてキャパシティを向上させるか、資本を現地化させるか、高度化させるかの方向性が考えられる。地域イノベーションのためには裾野を広げていくことが必要である。

希少糖の開発において、県外のカギとなる企業が参加できたのは、国プロとして県内企業との関係に固執したものでなかったためと言える。地域イノベーション政策は地域活性化政策として実施されるものであるが、地域の領域性にこだわり過ぎると県外企業を排除する可能性がある。特に地域企業の立地が少ない地域では、政策運営の地理的領域性を柔軟にする必要がある。

³⁰ ズイナとは、ユキノシタ科の落葉低木。暖地の山中に自生。高さ1~2メートルで、毛はなく全体に滑らか。葉は互生し、卵状楕円形。晩春、枝先に白色の小花を多数総状につける。若葉を食用にする。（三省堂『大辞林』）

図表 3-20 ズイナ



(出所) Kisyoto-net HP より

第4章 地域大学発技術シーズの実用化に関する特徴

先章の弘前大学のPGと香川大学の希少糖の事例を比較し、地域基盤とシーズの特徴（リソース）、研究開発とビジネス開発（プロセス）、産学官連携体制と政策展開（ガバナンス）、成果と今後の展開（パフォーマンス）の4項目について共通点と相違点を抽出する（図表 4-1 参照）。

1. 地域基盤とシーズの特徴（リソース）

（1）産業・科学技術基盤

両事例とも、地方圏における取組であり、製造業の出荷額や事業所及び科学技術資源の集積に恵まれた地域とは言えない中で行われていた。産業分類では、両県において食料品製造業の占める割合が比較的高い地域で機能性食品等の開発が行われていた。

科学技術基盤では、研究者数・技術者数とも全国の都道府県の中では少なかった。研究機関としては、中規模の国立大学が地域における研究開発や人材育成の中心的組織である。その他に高専等があるが、規模も小さく地域のイノベーション活動を牽引する組織とは言い難い。

（2）技術シーズ

両事例とも主たる用途は食品の原料となる物質で、その量産化を軸にして研究開発が展開されていた。地域資源としては、青森県の取組は地元で捕れる鮭を原料としてPGを抽出しており、香川県の希少糖の研究開発は和三盆という伝統的な特産品に由来する取組であり、両事例とも地域資源を活用した取組のように捉えられる。しかし、香川県の希少糖の取組は、原料は米国から輸入したコーンスターチであるため、地域資源の付加価値の高度化とは言いにくい。D-プシコースを製造するのに必要な酵素は香川大学内で見つかったものを活用しており、酵素は地域資源であるとみなすことができる。両事例とも、大学で長年継続して行われている研究分野の成果であり、地域のコンテクストに沿った、つまり地域で涵養された技術と言える。

図表 4-1 プロテオグリカンと希少糖の実用化プロセス上の比較

| 項目 | | プロテオグリカン | 希少糖 |
|-----------|-------|-----------------|---------------------------------------|
| 地域基盤 | 基盤 | 食料品製造業、非鉄金属製造業 | 石油製品製造業、なめし皮製品製造業、食料品製造業 |
| | 産業業種 | | |
| | 大学 | 弘前大学 中規模医学部あり | 香川大学 中規模医学部あり |
| 技術 シーズ | シーズ内容 | プロテオグリカンの酢酸抽出 | 希少糖の生産工程モデル（Izumoring） D-プシコースの量産化 |
| | 研究者 | 弘前大学 高垣啓一教授（故人） | 香川大学 何森健教授 |
| | 研究開始年 | 1980年 | 1984年 |

| 項目 | | プロテオグリカン | 希少糖 |
|------------|---------------------------|---|---|
| | 原料 | 鮭の鼻軟骨（地元+北海道） | コーンスターチ（輸入）、酵母 |
| 研究開発 | 共同研究企業 | 県内企業と県外素材メーカー、 県外大手企業 | 県内企業と県外素材メーカー、 県外大手企業 |
| | 用途 | 現在 | 食品、化粧品 |
| | | 将来 | 医薬品 |
| | 商品化参加企業数 | 101 社 | 100 余社 |
| 研究開発課題 | 量産化 用途開発 エビデンスデータ収集 | 量産化 用途開発 エビデンスデータ収集 | |
| ビジネス 開発 | 製造 | 素材 | 県内+県外企業 |
| | | 最終製品 | 県内中小企業+県外大企業 |
| | 特許 | 特許少数：大学 | 特許多数：大学、県外大企業、県内企業 |
| | 特定保健食品申請 | なし | あり |
| | ブランド化 | あり（青森県プロテオグリカンブランド 推進協議会） | あり（希少糖普及協会） |
| 政策展開 | 政策内容（プロジェクト） | 文科省：都市エリア産学官連携促進事業 文科省：地域イノベーション戦略支援プログラム | 文科省：知的クラスター創成事業、都市エリア産学官連携推進事業 経産省：地域イノベーション創出研究開発事業 農水省：新技術・新分野創出のための基礎研究推進事業補助金 |
| | 県政策 | ライフイノベーション戦略 | ホワイトバレー構想（県産業成長戦略） 香川大学への寄付講座 |
| | 政策推進 | 県庁、産業支援財団、公設試 | 県庁、産業支援財団、（公設試） |
| | マネージャー | 強いリーダーシップ | コーディネーション中心 |
| 成果 | 量産化 | 2010 年 | 2013 年 |
| | 商品数 | 168 商品 | 100～700 商品 |
| | 売上高 | 関連製造品出荷額 29 億円 素材製造販売額 2 億円 | 希少糖含有液糖販売額 6 億円 |
| | ベンチャー企業 | なし | 複数（希少糖生産技術研究所、レアスウィート） |
| | 表彰 | 第 10 回産学官連携功労者表彰農林水産大臣賞（2011 年） 地域産業支援プログラム表彰文部科学大臣賞（2013 年） | 第 12 回産学官連携功労者表彰文部科学大臣賞（2014 年） |
| | 地域への波及・受容 | 県内企業による素材工場の設置、最終製品の販売 | 県外企業による素材工場の建設、最終製品の販売 |
| | 地域化の方法 | 県内企業への技術・ノウハウ移転 | 県外企業の資本の現地化 |
| 今後の展開 | 研究開発 | 医薬品への生理機能の探求応用 | 農薬への応用 エビデンス収集 医薬品生理機能解明 D-ブシコース以外の物質の機能性・応用検証 ズイナの普及 |

| 項目 | プロテオグリカン | 希少糖 |
|-----|-------------------|-------------------|
| 事業化 | 関連産業の集積形成 市場拡大 | 関連産業の集積形成 市場拡大 |

(出所) 著者作成

2. 研究開発と事業化展開（プロセス）

（1） 実用化までの歳月

両事例とも、研究者の個人的研究の着手から商品としての販売まで30年近い年月がかかっている。当初の10年間は大学の研究者個人が地域資源と関係ある研究素材を独創的な視点に立ち研究を推進している。その間は企業との共同研究があったとしても基本的には企業と大学は1対1の共同研究であった。その後、知的クラスターや都市エリア事業等の国の研究コンソーシアム型研究事業を10年以上活用し、複数の企業との共同研究が展開していった。同時に、大学内部での複数の共同研究が進み、研究開発が組織的に展開するようになっていった。

（2） 研究開発

実用化に向けての研究開発としては、主に①物質の特性解明・量産化②用途開発・検証に向けた2つのフィールドで研究開発が行われていた。PG、希少糖とも、高垣教授、何森教授という卓越した研究者がいて、他にない独自の技術シーズが開発されていた。実用化に至る過程ではいくつもの研究開発が連鎖して行われていた。

物質の特性解明においては、当初は大学の研究者の個人研究として行われていた。物質の量産化に向けた研究ではスケールアップし大量供給できる体制が必要であり、ノウハウと資本力のある企業の力が重要である。国の大型研究助成を活用して研究を進める途中で、技術シーズが評判になるなどして県外の素材メーカーが共同研究に参画するようになった。

研究開発が盛んになるポイントとしては、様々な機能性を持った物質が廉価に製造できるようになることで、参入者が増えて研究コミュニティが拡大していった。その研究コミュニティの拡大により、物質のアプリケーションの開発が発展していった。

用途開発・検証においては、技術開発と市場開発と両にらみで進めており、用途研究後に食品などの製品として売り出すための生理機能のデータを揃える研究が必要である。そのため、大手食品企業という市場を確保している県外の素材メーカーが中心的存在となって実用化が進められた。国の研究開発助成政策のスキームでは当初県外企業の参画は難しかったが、ノウハウのある県外企業は出口となる市場を持っていたり、製造に関するノウハウ・経験が豊富になったことなどから、信頼を獲得していき、大学との共同研究関係を構築していった。つまり、技術シーズの実用化には外部の知識の導入がイノベーション促進剤として重要であると言える。

大学との共同研究は、国や県の研究助成を活用するなどして県内企業との連携を構築していった。実用化のプロセスにおいて、国の大型研究支援施策を活用することにより、技

術シーズの機能性や用途開発において多くの研究者が関与することで、研究開発が組織的となり応用研究が加速した。つまり、地域イノベーションの取組は卓越した研究者の存在を契機にはじめられたものであるが、実用化研究において多くの研究者が加わることで、地域に研究開発コミュニティが形成され、研究開発が地域で涵養されたと言える。

(3) ビジネス開発

物質の製造に関して、両事例とも物質の製造は県内において行われている。しかし、PGについては、最終工程については県外で行われそこから出荷されている。希少糖含有シロップについては県外企業が県内に生産施設を設置し、香川県から出荷されている。物質の開発・製造のパートナーは県外の中堅企業³¹であった。それぞれの物質を含んだ最終製品については、県内・県外を合わせた企業数は両県の事業とも100社を超える広がりを見せている。その両物質の大口購買者は最終商品として販売力のある県外の大手食品会社であった。

特許出願について、青森県におけるPG関連特許は決して多いとは言えない。当初は地元企業である(株)角弘と高垣教授によるPGの酢酸抽出に関する特許が中心であった。国立大学の法人化以降弘前大学出願による用途特許が多くみられるようになった。一方、香川県における希少糖関連特許は、香川大学と何森先生の研究開発型ベンチャー企業である希少糖生産技術研究所の他に県内外の企業で幅広く行われている。その要因として知的クラスター創成事業があげられる。同事業に多くの企業が参加した点と、特許の取得が強く推奨されたため特許の出願件数が多い。それにより、特許関係が複雑となったため、特許の権利管理会社として(株)レアスウィートが設立された。

特定保健食品認証に関する戦略としては、香川県の希少糖では、特保申請の経験がある県外企業を中心となって、知的クラスター創成事業に参加した企業と共同で特保申請専門の受け皿会社を設立し特保申請を行っておいる。青森県のPGでは費用的・時間的に負担が大きい特保申請は行わず、機能性の表記は薬事法の範囲内で行うとしている。

新規機能性物質の実用化において、その物質が持っている機能を受け入れてもらうためにも、物質の認知度を高める必要がある。そのために地域内のみならず大消費地である東京圏でもPRを積極的に行い市場の拡大に努めている。また、物質が製品として取り扱われるためには、企業への営業の際、客観的なエビデンスデータが求められている。そのためには公的機関での生理機能等の客観的なデータが必要である。そのために、大学等での分析が求められている。両製品においても、製品の高付加価値化をうたうために、新聞広告

³¹ 中村(1990)は中堅企業を「大企業にはなっていないが、中小企業の規模を突破して成長している革新的企業群」と定義しており、中堅企業の資本金を1億円以上10億円未満の企業としている。財務省法人企業景気予測調査では中小企業の資本金を1000万円以上1億円未満、中堅企業の資本金を1億円以上10億円未満、大企業の資本金を10億円以上の企業としている(<https://www.mof.go.jp/pri/reference/bos/outline.htm>)。GEキャピタル(2013)は中堅企業の売上高を10億円以上1000億円未満としている。

等では大学との共同研究がうたわれたりして、大学を一つのブランドイメージの向上手段として活用していた。

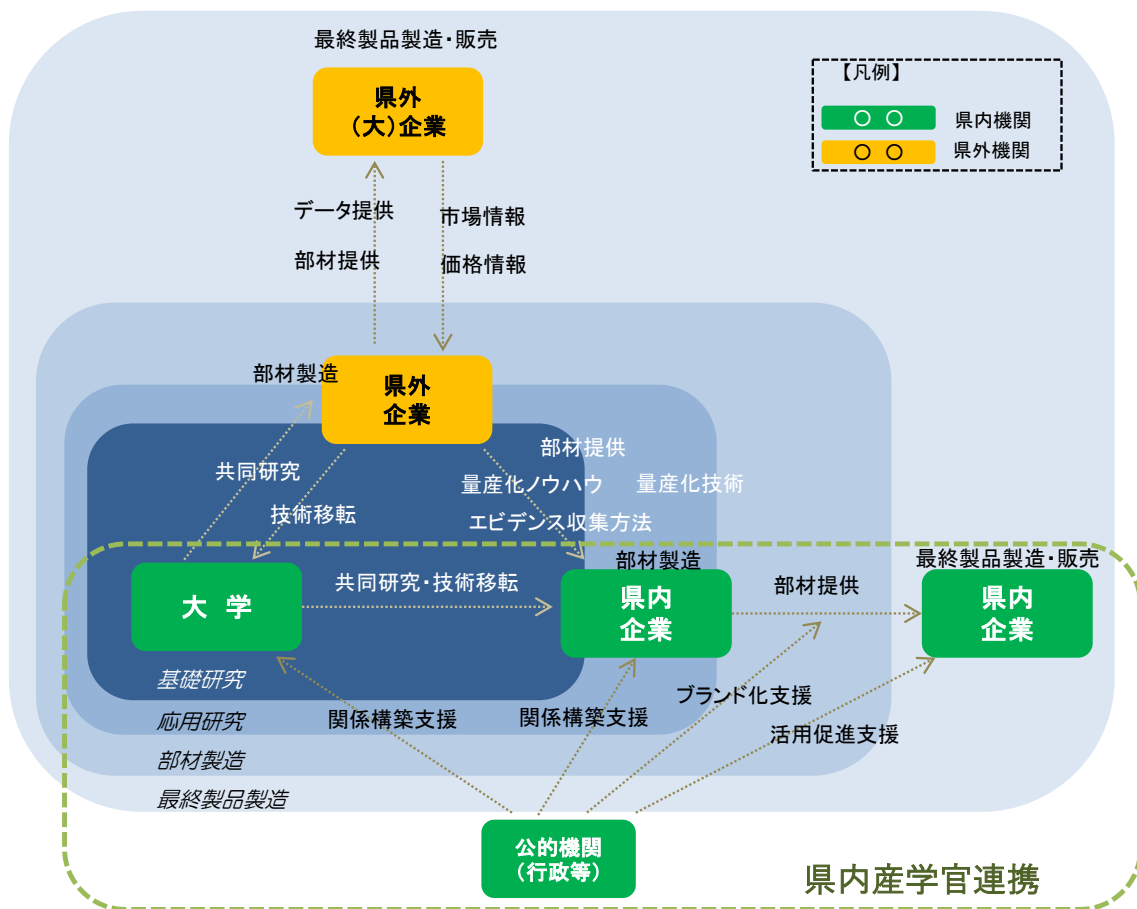
機能性食品は、その産業特性上、流行廃りが大きい。そのため、特定の物質の機能が認知されると多くの企業が参入してくる。そのため、商品のコモディティ化も急速に進み、コスト競争に陥るケースがよくみられる。そのためにブランド化が必要である。よって、両事業とも地ブランド構築のための協議会を組織化していた。PG に関しては「プロテオグリカン」が一般名称であるため、「青森プロテオグリカン」という地域名が入った名称となっている。そのため、県外の大手企業の一部は地域ブランドのロゴを活用しない。希少糖では D-プシコースの地域ブランドとして「さぬき新糖」という名称とロゴが制定されているが、一般的には希少糖普及協会のロゴが県内外の企業で広く使用されている。

(4) 事業化プロセスにおける地理的領域

企業の集積が少なくかつ大規模事業者が少ない地域では、イノベーションに取り組む事業所が限定的である。あったとしても、十分な研究能力やノウハウ、長期的な資金負担に耐えられるだけの企業体力が充分でないため、イノベーションを地域内機関のみで達成することは難しかった。

地域の技術シーズをもとにした実用化の取組でのイノベーションの空間的構成を見ると、必ずしも地域内で完結したものではなかった。基礎研究においては大学が中心であるが、応用研究では大学も重要なプレーヤーであるがアプリケーション分野での企業が参画して行っている。物質の製造では製造・販売経験のある県外企業が中心になって行われている。特許では物質特性や生理機能に関するものは大学が中心となって、アプリケーションや部材製造に関するものについては県内外の企業が中心になって行われている。また、ブランド化については、県や地域の機関が中心となって共同組織を組成し取り組んである。技術シーズの実用化のプロセスとして、政策的誘導もあり県内の企業も関与しているが、本件についてイノベーションの核は機能性食品の物質の製造であり、その物質開発においてはノウハウや経験豊富な県外企業が重要なポジショニングを確保していた（図表 4-2 参照）。

図表 4-2 イノベーション価値連鎖の空間的構成



(出所) 著者作成

3. 産学官連携体制と政策展開（ガバナンス）

(1) 産学官連携体制

両事例とも、産学官の機関・企業が連携を図りながら研究開発を展開していた。活用した研究助成のフレームワークの影響もあり、県内にある国立大学を中心に、県庁、県の産業支援機関、県内企業が中心となり、一部県外企業が係わりながら実用化に至る研究開発を推進していた。両事例とも、県外企業がイノベーションに果たした役割が大きく、物質を大量生産する技術や大手企業への販路開拓、販売のための製品機能性データの整備などでの貢献が特に顕著であった。

産学官の連携体制については、程度の差はあるが、両県とも県庁や県の産業支援財団が研究開発や販路拡大への支援を展開していた。企業展開としては、県内企業も関与しているが、県外の材料メーカーが大きな働きをしていた。県内企業としては、食品メーカーなどが技術シーズを活用した最終製品を製造・販売する形で関与していたが、県外の大手企業の販売力と大きな差があった。

公設試の関わりについて、香川県では香川県産業技術センターが一部研究開発において

参画している時期もあったが、研究コミュニティへの貢献はあまり見られなかった。一方の青森県では青森県産業技術センター弘前地域研究所が中心となり、研究開発への貢献のみならず、地域企業がPGを利用した製品を開発する手伝いや、ブランド認証に関わる手伝いなど、イノベーション・システムにしっかり組み込まれていた。

実用化の推進者としては、青森県では、現在では文科省の地域イノベーション戦略支援プロジェクトを活用しているため、その制度条件も影響して、同プロジェクトのプロジェクトマネージャーが大きな影響力を及ぼしている。そのプロジェクトマネージャーが、研究開発のフェーズを管理し、同時に実用化のプロセスの戦略を立案し、プロジェクトの進捗管理を行っている。香川県については、香川県も同様に地域イノベーション戦略支援プログラムを活用しているが、同プログラムでは希少糖研究がメインでないため、同プログラムのダイレクターが希少糖実用化事業を統括しているわけではない。研究開発については何森先生が中心となり、実用化については松谷化学工業（株）が中心であり、県はビジネス開発のコーディネーションが中心であった。

（２）政策展開

①国関連施策

青森県では都市エリア産学官連携促進事業等、香川県では知的クラスター創成事業等と、文部科学省の大型産学連携研究助成を中心に実用化を進めていった。青森県では途切れることなく地域イノベーション促進に関する国の研究助成事業を活用している。香川大学の希少糖については、知的クラスター創成事業は1期のみで、2期には採択されなかった。その後、都市エリア産学官連携促進事業を3年間活用した他に、農薬用途については農林水産省の助成事業を、希少糖含有シロップの実用化については経済産業省の助成事業と各省庁の研究助成を活用している。付け加えて、国の大型研究助成の獲得の効果としては、国の大型研究助成は県外の人々からも注目されるというアナウンス効果があり、それをきっかけに県外企業のアプローチの呼び水となり、その後の実用化の促進が図られた点があげられる。

②県関連施策と体制構築

国の研究支援事業を活用するに併せて、県としても同時に産業支援施策を展開していた。青森県では、PGを核の1つとして「ウェルネスランド構想（2006年～）」、「ライフイノベーション戦略（2011年～）」として、産業政策が展開されている。香川県では「糖質形成バイオクラスター形成事業（2003年～）」が連携されていた。また、2013年に策定した香川県産業成長戦略で「かがわ希少糖ホワイトバレープロジェクト」が展開されている。同時に、香川県は希少糖研究に関する寄付講座を香川大学に開設している。青森県ではPGを軸とした健康・美容産業クラスターの形成を、香川県では希少糖を軸とした産業クラスター形成が図られている。

県は、県の産業支援財団を窓口として国の大型研究助成事業を活用し、県内において産

学官連携のプラットフォームを構築していった。その過程で、地方自治体にとっては大型産学官連携を組織的にマネジメントする初めての機会となり、産学官連携の組織の形成や地域イノベーションのマネジメントに関する能力構築の機会となった。同時に、今までイノベーションについて認識の浅かった県組織および県内企業がイノベーションを取組もうというチャレンジ精神を鼓舞するきっかけとなった。

4. 成果と今後の展開（パフォーマンス）

（1）地域への影響

青森県の PG のケースでは研究開発初期から地元企業が共同研究先として加わることで、地域企業の売上および事業の高度化に貢献した。また、青森県の PG では地元産の原料も使用されるため、地域資源の高付加価値化に成功した。製造について、物質の製造は県内企業が担っているが、より付加価値の高い後工程は県外企業が担っている。経済的効果として、21 あおもり産業総合支援センターでは、製品製造出荷額 29 億円、素材製造額 2 億円としているが、これは青森県企業による売り上げのみではなく、県外企業の売り上げも含めた数値である。よって、県内経済への波及効果はこれより少ないと見られる。PG に関連するベンチャー企業の創業は見られない。

香川県の希少糖のケースでは、研究開発初期から県外企業と共同研究を行っていた。その後の知的クラスター創成事業により県内企業も共同研究に参加するが、実用化のための研究開発の主体は新たに参加した県外企業が中心であり、その県外企業が大きな影響を及ぼしている。しかし、その県外企業が香川県内に工場を設置することにより、地域に投資し、雇用を生むこととなった。しかし、製造自体のノウハウは県外企業のものである。希少糖含有シロップの売り上げについては 6 億円と公表されているが、これはボトル売りの売り上げなので県内のベンチャー企業である（株）レアスウィートの売上高であり、県外企業の松谷化学工業（株）が大手食品メーカー等へ販売している缶売りの売り上げは含まれていない。希少糖関連のベンチャー企業としては、2 社創業されている。香川県としてはこのほかにいくつか創業された企業をいかに県内に定着させ、発展させていくかが肝要と言える。また、希少糖に関連する特許については、香川大学や希少糖生産技術研究所をはじめ、県内・県外企業へと幅広く保有されている。松谷化学工業（株）の希少糖関連製品の売上が増加すれば、香川大学、県内企業へも特許料が還流されることが期待されている。

（2）今後の展開

現在、物質の量産化は達成され、アプリケーションとして食品と PG については併せて化粧品の商品が販売されている。今後はアプリケーションを増やすために、PG については医薬品への展開、希少糖については農薬や医薬品への展開のための研究開発が行われる。また、希少糖に関しては、現在は希少糖の 1 種類である D-プシコースの実用化のみが達成された。今後は、D-プシコース以外の希少糖の研究の進展と応用分野の開拓が求められる。

現在の取組として、両県において公設試を中心として技術・ノウハウの地域化を図っている。青森県においては、現在県外企業が中心になって行っている機能性評価のデータ採取に関してノウハウがないため、そのノウハウの蓄積を図り、PG 以外で今後必要となる場合に活用することを想定している。香川県においては、何森先生を中心として持っている希少糖製造のための酵素反応技術のノウハウを地域技術として蓄積するために、公設試の技術者へと技術移転を図っている。

両事業とも技術シーズの実用化には成功したという意味で地域イノベーションは達成できたと言って良い。県内企業の中で、最終製品でヒット商品が生まれ、リーディング企業となり、産業化されることが望まれる。また、地域での産業化＝クラスター化を達成したかと言えば難しい状況である。地域で取り組みの成果を享受するためにも、関連産業の集積が求められる。

第5章 地域大学発技術シーズ実用化における課題と含意

本章では、先述した事例研究を通して浮かび上がる課題と政策含意について検討する。

1. 課題

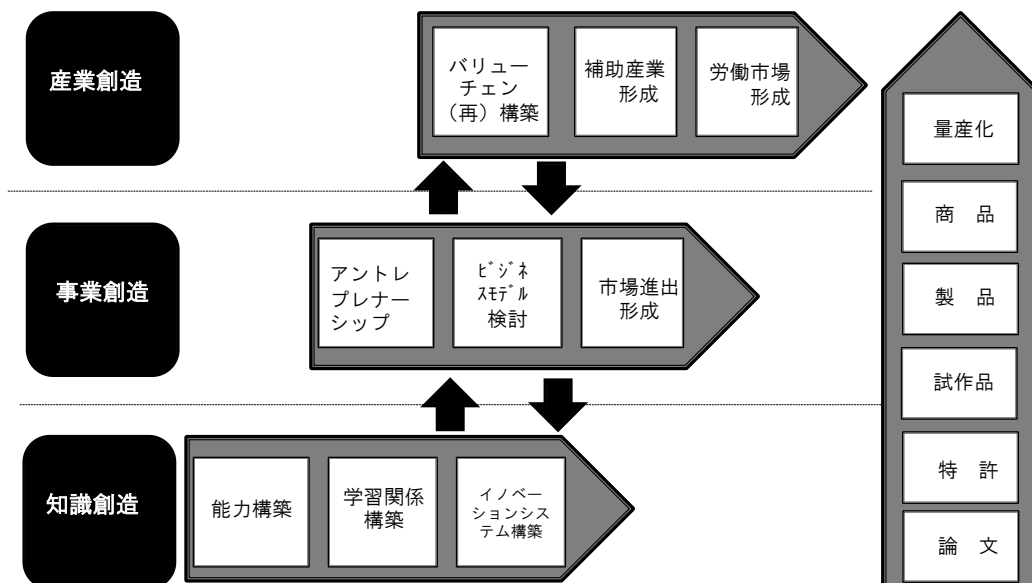
上記で見てきたように、地域大学発の技術シーズの実用化のプロセスにおいて共通項や相違項があり、いくつかの特徴を抽出してきた。そのことにより地域大学発技術シーズの実用化において主に2つの課題があげられる。

(1) イノベーションから地域活性化への連鎖

地域イノベーションの目的は、地域でイノベーションを起こすことにより地域経済を活性化することにあった。しかし、地域大学と県内企業が連携して共同研究を行い、その成果から商品化されたとしても、両事例における県内での売り上げや雇用などの経済効果は限定的であった。地域でのイノベーションの創成と、地域経済の活性化はイコールな関係ではなかった。つまり、イノベーションの経済効果を地域内へ波及させるという大きな課題に直面していた。

地域イノベーションの中核は、技術シーズを持つ大学ではなく、それを吸引して統合してビジネスに仕立てていく企業である。そのため、研究開発のための支援だけでなく、起業および新規事業や市場開拓等のビジネス開発への支援という両輪で展開していく必要がある（図表 5-1 参照）。

図表 5-1 知識創造から産業創造への連鎖図



(出所) 野澤 (2012) を修正

(2) イノベーション活動と政策の領域性における不一致

地域イノベーションは、県内の産学官機関の連携のみならず、県外機関が関与することにより加速されていった。地域イノベーションは、シーズの開発からその実用化に至る研究開発から生産まで一つの地域一貫して行われているのではなく、県内機関で行われるフェーズもあれば県外機関でのフェーズもある。つまり、地域イノベーションの価値創造は空間的分業により行われていた。

地域イノベーションは地域の自治体の積極的な関与があって成功する。しかし、自治体が県内での成果に固執しすぎると、イノベーションに必要な機能や技術を持った県外企業を排除する可能性がある。しかし、県外企業はイノベーションの加速要素であるが、同時にイノベーションの成果が県外へ漏出する原因にもなり得、イノベーション・システムの不安定要素でもある。そこに地域イノベーションにおける活動と政策の領域性におけるジレンマがある。

2. 含意

本調査研究の地域大学発技術シーズの実用化の取組事例を通して、地域科学技術イノベーション政策・活動に関する含意を検討する。

(1) 地域の伝統と特徴に基づいた独自性のある研究開発の振興

弘前大学のPG研究や香川大学の希少糖研究は、地域の伝統および特徴と大学の強みを活かしたシーズをもとにした取組であり、先端的なバイオテクノロジーやナノテクノロジーのような国際的にトレンドな研究とは違う、ある意味ニッチな研究開発であり、地域で長年に渡り涵養された研究と言える。このように国際的にはメジャーではないが、地域の特徴を踏まえたニッチな研究でもイノベーションを起こすことはできる。

今回の事例におけるイノベーションの経済的効果は、活動の主地域より地域外の方が多かった。つまり、地域イノベーションの利益は活動地域のみではなく、日本全体で裨益していると言える。今後、地域の伝統と特徴を踏まえ、大学の強みとポテンシャルを活かした研究が日本各地で展開されることで、地域イノベーション活動が活発化されると考えられる。

(2) イノベーションの創出を優先させる取組の制度的支援

地域イノベーション政策の運営主体は県であることが多く、県は地域大学の技術シーズの実用化研究パートナーとして県内企業とマッチングすることが多い。しかし県の行政区分に固執して産学官機関のネットワークを構築しようとする、イノベーションのポテンシャルが矮小化する、イノベーションの創出が遅れる可能性が高い。地域イノベーションの取組は、地域効果を勘案させるよりも、まずはイノベーションそのものを起こすことを優先すべきである。イノベーション創出の加速要因として県外企業の参加が指摘され

た。イノベーションの促進主体である地方自治体は、県内での成果のみを厳格に希求するより、県外要素を受け入れる鷹揚な立場が必要といえる。国が地域イノベーションの施策を設計する際には、地域大学がポテンシャルの高い県外企業と連携することを促進する制度的仕組みの構築が必要である。

(3) イノベーションの促進と地域への波及効果を考えたパートナー企業の選定

イノベーションの加速要因である県外企業との連携は、イノベーションの加速が期待できる一方で、イノベーションの成果を県内に定着させるには難しい点がある。先述したように、両事例における地域大学の技術シーズは地域の特徴を踏まえたニッチな研究であった。そのようなニッチな技術シーズの実用化の受け皿として、県内の中小企業が考えられるが、十分な研究開発能力を有していないことも多い。また、県外の大企業も受け皿として考えられるが、市場規模が小さいものは事業化しない可能性が高い。中村（1990）が定義する中堅企業の資本金は1億円以上10億円未満としている。希少糖の共同研究パートナーの松谷化学工業（株）の資本金は1億円、PGの事業化のパートナーである一丸ファルコス（株）の資本金は9738万円と限りなく1億円に近く、両者とも中堅企業に分類できる。つまり、両事例の実用化のパートナーは県外の研究開発型の中堅企業であったが、規模的にも研究能力的にもニッチな研究の受け皿として適当であったものと思われる。なお、県外の中堅企業が県内の企業や大学と共同研究に参加してもらう際には、県内への投資を確約する取り決めを早い段階で結ぶことも有効と言える。

第6章 おわりに

日本各地において、地域にある大学の技術シーズをもとに地域でイノベーションを起こす取組が熱心に行われている。それらの取組では、国の制度的・資金的支援を受けながら、自治体を中心となって地域大学と地域企業の共同研究のための関係を構築し、多くの研究開発プロジェクトが展開されていた。今回の事例では、研究の着手から約30年間地域で涵養されながら研究開発が進められ、その結果量産化まで辿り着き、多くの最終製品が市場に供給されている。

大学発の技術シーズを活用したイノベーションの取組事例として、バイオテクノロジーやナノテクノロジーをもとにしたイノベーションがよく取り上げられる。しかし、今回の青森県や香川県におけるイノベーションの取組は、国家が主体となり多額の資金や人材を投入する最先端で国際的なトレンドであるバイオテクノロジーやナノテクノロジー関連の研究開発とは違う、ある意味ニッチな研究開発分野における取組であった。しかし、地元経済への波及効果を考えると、食料品製造業は地域において多くの雇用を支える面でも基幹産業であり、食料品製造業の高付加価値化は地域経済に与える影響は大きいと、大学の技術シーズの応用として機能性食品は有望な出口の1つと考えられる。

今回の事例は、地域特性としても、産業や科学技術に関する集積に恵まれた地域ではなかった。地域においてイノベーションの担い手となる企業のノウハウは限定的であり、特定地域内の機関のみではイノベーションを起こすには困難を抱えていた。地域でイノベーションを起こすためには、ノウハウや経験を蓄積していて、大手企業という市場を確保している地域外企業の存在がイノベーションを加速させる上で重要であった。地域イノベーションのためには、地域内の関係に拘泥するのではなく、地域機関を上手く活用しながら、地域内外の機関のネットワーク構築が必要である。

地域イノベーションは疲弊した地域経済を活性化させることを目的として取り組まれている。つまり、地域イノベーションとは目的ではなく、地域経済活性化のための手段であると言える。そのため、イノベーションの成果を地域産業・経済へ定着させる所作が必要である。

PG、希少糖のイノベーションの取組において、機能性食品を出口とした研究開発は一段落したと言って良い。今後の研究開発の中心は、医薬用への実用化である。そのためには、生理機能の解明、臨床試験などの客観的なエビデンスデータの収集が必要になってくる。今回のイノベーションの成功体験が、次のイノベーションを喚起し、連鎖するものとなることが期待されている。

本調査研究では地方圏にある地域大学発の技術シーズをもとにした2事例のみ扱った。また、応用分野としては食品産業であり、限定的な事象であると言える。イノベーションは、技術シーズの特性や、産業分野、地域資源などの違いにより、そのプロセスも違う可能性がある。今後、より多くの事例研究が蓄積され、地域イノベーションに関する知見が

深まることが期待される。

参考文献

- 青森県（2011）青森ライフイノベーション戦略 青森県
<http://www.pref.aomori.lg.jp/soshiki/shoko/sozoka/files/2011-1214-1120.pdf>
閲覧日 2014年12月3日
- 青森県（2013）青森県における新産業創造への挑戦（平成25年度版） 青森県商工労働部
新産業創造課 <http://www.pref.aomori.lg.jp/soshiki/shoko/sozoka/sozo.pdf>
閲覧日 2014年12月2日
- 阿部馨（2013）「プロテオグリカン使用商品が広がる」産学連携ジャーナル 2013年2月号
新家龍、南浦能至、北畑寿美雄、大西正健（1996）『糖質の科学』朝倉書店
- 何森健（2013）『希少糖秘話』（株）希少糖生産技術研究所
- 科学技術・学術政策研究所（2013a）中京圏（愛知県・岐阜県・三重県）における国立大学等と地域企業の連携に関する調査報告 文部科学省 科学技術・学術政策研究所
DISCUSSION PAPER No. 97
- 科学技術・学術政策研究所（2013b）福井県における国立大学等と地域企業の連携に関する調査報告 文部科学省 科学技術政策研究所 DISCUSSION PAPER No. 99
- 科学技術・学術政策研究所（2013c）岡山県における国立大学等と地域企業の連携に関する調査報告 文部科学省 科学技術政策研究所 DISCUSSION PAPER No. 100
- 科学技術・学術政策研究所（2013d）広島県における国立大学等と地域企業の連携に関する調査報告 文部科学省 科学技術政策研究所 DISCUSSION PAPER No. 101
- 科学技術振興機構研究開発戦略センター（2007）戦略プロポーザル：科学技術イノベーションの実現に向けた提言 CRDS-FY2006-SP-11
- 科学技術政策研究所（2003）産学官連携事例から見た地域イノベーションの成功要因解明の試み 文部科学省 科学技術政策研究所 調査資料 No. 92.
- 科学技術政策研究所（2004）地域イノベーションの成功要因及び促進政策に関する調査研究 文部科学省 科学技術政策研究所 Policy Study No. 9.
- 科学技術政策研究所（2009a）イノベーションシステムに関する調査 文部科学省 科学技術政策研究所 NISTEP REPORT No. 128.
- 科学技術政策研究所（2009b）日本における地域イノベーションシステムの現状と課題 文部科学省 科学技術政策研究所 Discussion Paper No. 52.
- 科学技術政策研究所（2009c）食料産業クラスターによる地域活性化に対する「学」「官」の貢献に関する調査研究 文部科学省 科学技術政策研究所 Discussion Paper No. 53.
- 科学技術政策研究所（2010）食料産業クラスター及び機能性食品研究に対する大学の貢献についての調査研究 文部科学省 科学技術政策研究所 Discussion Paper No. 63.

- 科学技術政策研究所（2011）中長期的視点から見た産業集積地域の地域イノベーション政策に関する調査研究 文部科学省 科学技術政策研究所 Discussion Paper No. 74.
- 科学技術政策研究所（2012）地方国立大学と地域産業の連携に関する調査研究 - 鹿児島県製造業と鹿児島大学に着目して - 文部科学省 科学技術政策研究所 Discussion Paper No. 82
- 科学技術政策研究所（2013a）山形県における国立大学等と地域企業の連携に関する調査報告 文部科学省 科学技術政策研究所 DISCUSSION PAPER No. 90
- 科学技術政策研究所（2013b）群馬県における国立大学等と地域企業の関係に関する調査報告 文部科学省 科学技術政策研究所 DISCUSSION PAPER No. 91
- 科学技術政策研究所（2013c）長野県における国立大学等と地域企業の連携に関する調査報告 文部科学省 科学技術政策研究所 DISCUSSION PAPER No. 92
- 香川県（2013）『香川県産業成長戦略』香川県
http://www.pref.kagawa.lg.jp/shoko/senryaku/sangyo_senryaku.pdf
閲覧日 2014年9月17日
- かくまくつとむ／弘前大学プロテオグリカンネットワークス（2012）『奇跡の新素材プロテオグリカン』小学館
- 倉増敬三郎、永富太一、渡辺利光（2014）香川大学の希少糖研究開発に基づく特許出願と権利化状況及びその分析 産学連携学会第12回大会講演予稿集：78-79
- 経済産業省四国経済産業局（2013）希少糖プロジェクト～何森健香川大学特任教授が語る
http://www.shikoku.meti.go.jp/soshiki/Skh_b1/1_sesaku/140115/140115d.pdf
閲覧日 2014年12月5日
- 工業所有権情報・研修館（2002）特許流通支援チャート平成14年度一般7 機能性食品
<http://www.inpit.go.jp/blob/katsuyo/pdf/chart/fippan07.pdf>
閲覧日 2014年8月5日
- 永富太一、倉増敬三郎（2014）香川大学の希少糖研究に基づく研究戦略と組織体制 産学連携学会第12回大会講演予稿集：76-77
- 中村秀一郎（1999）『新中堅企業論』東洋経済新報社
- 野澤一博（2012）『イノベーションの地域経済論』ナカニシヤ出版
- 松岡久美、原真志、山田仁一郎（2005）産学連携によるクラスター形成初期のイノベーション過程の分析－香川大学・希少糖プロジェクトの事例－
- 松原 宏 編著（2013）『日本のクラスター政策と地域イノベーション』東京大学出版会
- 文部科学省（2007a）都市エリア産学官連携促進事業事後評価報告書
弘前エリア
http://www.mext.go.jp/a_menu/kagaku/chiiki/city_area/07102410/008.pdf
閲覧日 2014年5月9日
- 文部科学省（2007b）知的クラスター創成事業自己評価報告

かがわ希少糖プロジェクト

http://www.mext.go.jp/a_menu/kagaku/chiiki/cluster/08081808/027.pdf/

閲覧日 2014年5月9日

文部科学省 (2012) 「平成23年度大学等における産学連携等実施状況について」

http://www.mext.go.jp/a_menu/shinkou/sangaku/__icsFiles/afieldfile/2012/10/26/1327174_01.pdf 閲覧日 2014年8月1日

Asheim, B. T. and Gertler, M. S. (2005) *The Geography of Innovation: Regional Innovation Systems*. In J. Fagerberg, D. Mowery., and R. Nelson. (eds.) *The Oxford Handbook of Innovation*. Oxford, Oxford University Press: 291-317.

Audretsch, D. B. and Feldman, M. P. (2004) *Knowledge Spillovers and the Geography of Innovation*. In J. V. Henderson and J. F. Thisse (ed.) *Handbook of Regional and Urban Economic*, edition 1, volume 4. Elsevier:2713-2740

Cohen and Levinthal (1990), "Absorptive capacity: A new perspective on learning and innovation", *Administrative Science Quarterly*, Volume 35, Issue 1 pg. 128-152.

Cooke, P., Heidenreich, M. and Braczyk, H. J. eds. (2004) *Regional Innovation Systems 2nd Edition*, Routledge, Oxon.

Oinas, P. and Malecki, E.J. (1999) *Spatial Innovation Systems*. In E. J. Malecki, and P. Oinas. (eds.) *Making Connections: Technological Learning and Regional Economic Change*. Hants. Ashgate Publishing:7-33.

参考ホームページ

<プロテオグリカン関係>

(地独) 青森県産業技術センター <http://www.aomori-itc.or.jp/pg/>

青森県プロテオグリカンブランド推進協会 <http://aomori-pg.org/>

一丸ファルコス (株) <http://www.ichimaru.co.jp/company/>

(株) 角弘 プロテオグリカン研究所 <http://www.pg-in.com/>

(公財) 21あおもり産業総合支援センター 青森県プロテオグリカン産業クラスタープロジェクト <http://www.21aomori.or.jp/pg-cluster/>

弘前大学地域共同研究センター <http://www.cjr.hirosaki-u.ac.jp/>

<希少糖関係>

香川県商工労働部かがわ希少糖プロジェクト

<http://www.pref.kagawa.lg.jp/kisyoto/>

かがわ産業支援財団 地域イノベーションクラスタープログラム (都市エリア型) 高松地域 <http://www.kagawa-isf.jp/glycobio/>

香川大学希少糖研究センター <http://www.kagawa-u.ac.jp/rsrsc/>

Kisyoto-net (太らない砂糖 希少糖を知ろう) <http://kisyoto.net/>
(一般社団法人) 希少糖普及協会 <http://www.raresugar.org/rare/htm/>
サークルK サンクス <http://www.raresweet.co.jp/raresweet/htm/>
松谷化学工業 (株) <http://www.matsutani.co.jp/>
(株) レアスウィート <http://www.raresweet.co.jp/raresweet/htm/>
<産業・特許関連>
シード・プランニング (2014) 特定保健食品・栄養機能食品・サプリメントに関する市場
動向調査 (6月5日公表)
<https://www.seedplanning.co.jp/press/2014/2014060501.html>
特許庁 (2013) 特許行政年次報告書 特許庁
[http://www.jpo.go.jp/cgi/link.cgi?url=/shiryou/toushin/nenji/nenpou2013_index.
htm](http://www.jpo.go.jp/cgi/link.cgi?url=/shiryou/toushin/nenji/nenpou2013_index.htm)
日経リサーチ・GE キャピタル (2014) 中堅企業調査
<https://www.gecapital.jp/insight/research/>

謝辞

本報告書の作成には、青森県・香川県の下記機関の多くの方々にインタビュー調査のご協力を賜りました。皆様に深く感謝申し上げます。

<ヒアリング関係者>

(弘前大学プロテオグリカン関係)

弘前大学医学部

青森県商工労働部新産業創造課

公益財団法人 21 あおもり産業総合支援センター

地方独立行政法人青森県産業技術センター弘前地域研究所

株式会社角弘

一丸ファルコス株式会社

(香川大学希少糖関係)

香川大学農学部、医学部

香川県商工労働部産業政策課

株式会社四国総合研究所

帝國製菓株式会社

株式会社レアスウィート

松谷化学工業株式会社

DISCUSSION PAPER No.112

地域大学発技術シーズの実用化プロセスに関する調査研究

2015年2月

文部科学省 科学技術・学術政策研究所
第3調査研究グループ

〒100-0013

東京都千代田区霞が関 3-2-2 中央合同庁舎第7号館 東館 16階

TEL:03-3581-2419 FAX:03-3503-3996