

### 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<br>(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）。それらを構成比でみると、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(人)       | 製造品出荷額等(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 |
| <b>製造業計</b>        | <b>2,228</b> | <b>67,865</b> | <b>261,438,049</b> | 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<sup>13</sup>、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。

<sup>13</sup> 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、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<sup>14</sup>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<br>(千円) | 件数   | 受入額<br>(千円) | 特許出願件数 | 特許権実施等件数 | 特許権実施等収入<br>(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<sup>15</sup>が苦労して甘蔗（サトウキビ）から白砂糖を作ることに成功し、独自の精糖

<sup>14</sup> 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。

<sup>15</sup> 江戸時代の讃岐出身の医師・殖産家

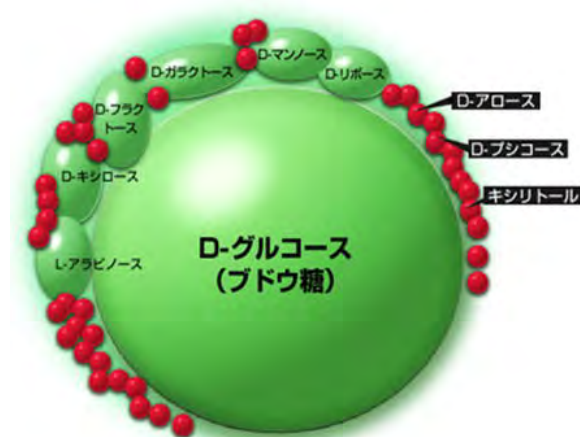
工程で作られた和三盆は特産品として特に有名である。

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が

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-ブシコースの価格は 1 グラム約 4 万円程度であったが、D-ブシコースが安価な 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-ブシコースの大量生産方法を確認した。その結果、D-ブ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。

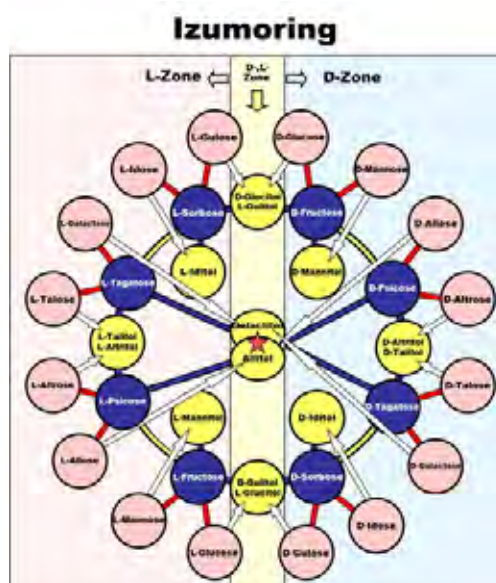
## （２）希少糖の生産工程

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、各単糖を生産する設計図としての役割を果たしたこと、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 - エピラメ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-ブシコース→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

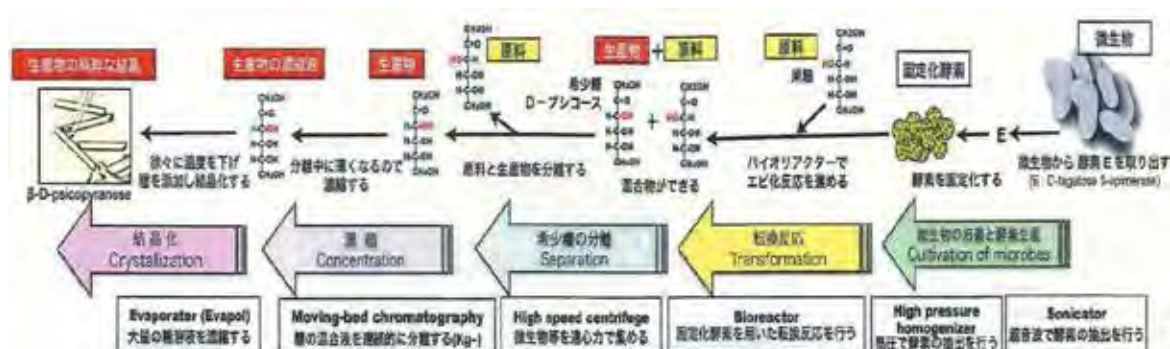
希少糖は Izumoring を設計図とし、自然界で最も多く存在する安価な D-グルコースを原料として微生物から抽出され、固定化された酵素反応および微生物を用いた反応により生産される。例えば、D-ブシコースは果糖である D-フルクトースの炭素第 3 位の OH を反対側に移動する、エピ化することで生産される（図表 3-6 参照）。希少糖 D-ブシコースの生産プロセスとしては、図表 3-7 で示したように微生物の培養と酵素生産→転換反応→希少糖 D-ブシコースの分離→濃縮→結晶化のプロセスを経て生産される。

図表 3-6 D-フルクトース（果糖）から D-ブシコースへの変換



(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ブ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-ブシコースの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<sup>16</sup>。同事業計画では希少糖の基礎的研究基盤の確立、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 -、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 - の解明 - 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

<sup>16</sup> 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   | 株式会社伏見製菓所<br>帝國製菓株式会社<br>株式会社四国総合研究所<br>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<br>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<br>[植物関連企業]                                                                           | 松谷化学工業株式会社<br>[製菓関連企業]<br>[製菓関連企業]<br>[化粧品関連企業]<br>[植物関連企業]<br>[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<br>名城大学<br>徳島大学<br>大阪府立大学<br>ヘルシンキ工科大学<br>オックスフォード大学<br>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<br>香川県農業試験場<br>高温高压流体技術研究所<br>（独）産業技術総合研究所四国センター<br>（独）農業・食品産業技術総合研究機構<br>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<br>香川県森林センター                                                                                | （独）農業・食品産業技術総合研究<br>機構中央農業総合研究センター<br>（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。農業関係の研究では、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  |                                                              | 【科技庁】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<br>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<br>【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<br>【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<br>希少糖生産ステーション設立<br>（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）植物への応用と農薬の開発                                                                   |                                                                        |
| 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<br>【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<br>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<br>【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・安全性に優れた農薬の開発                                                                       | （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<br>一般社団法人希少糖普及協会設立<br>【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）<br>【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<sup>17</sup>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

---

<sup>17</sup> 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-ブ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-ブ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-ブ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-ブ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との関係は、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<sup>18</sup>。

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<sup>19</sup>。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菟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-ブ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）

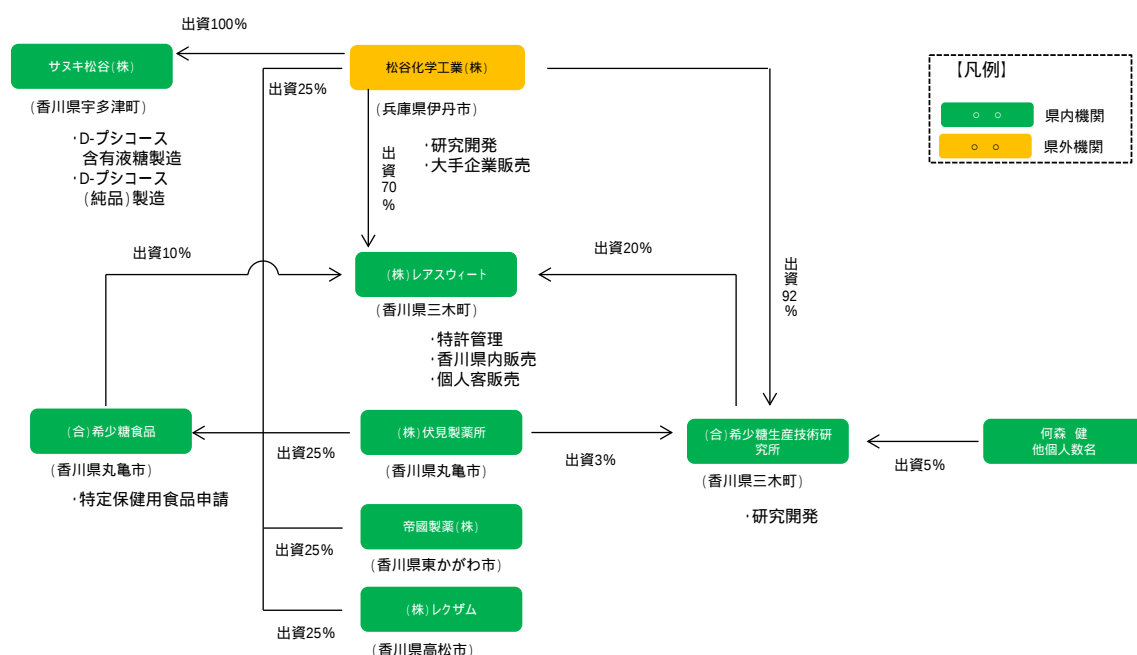
<sup>18</sup>隆祥産業（現レクザム）株式会社は知的クラスター創成事業では、希少糖の機能性や実用性に関する研究開発より、機能性糖鎖関連の分析装置の開発を中心に行っていた。

<sup>19</sup> 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<sup>20</sup>（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<sup>21</sup>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

<sup>20</sup> 本社は希少糖生産技術研究所のある香川県三木町小菟であるが、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。

<sup>21</sup> 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。



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<sup>23</sup>。

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<sup>24</sup>。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に行っているが、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、香川と言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）

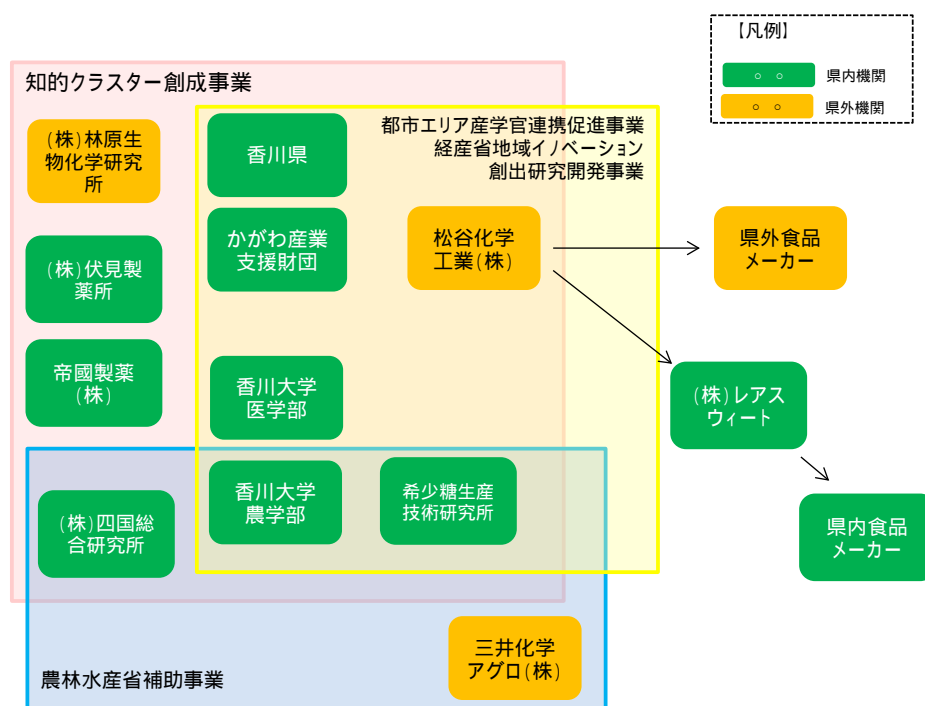
<sup>23</sup> 2013 年 10 月 28 日の香川県商工労働部関係者へのヒアリングによる。

<sup>24</sup> 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-ブ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

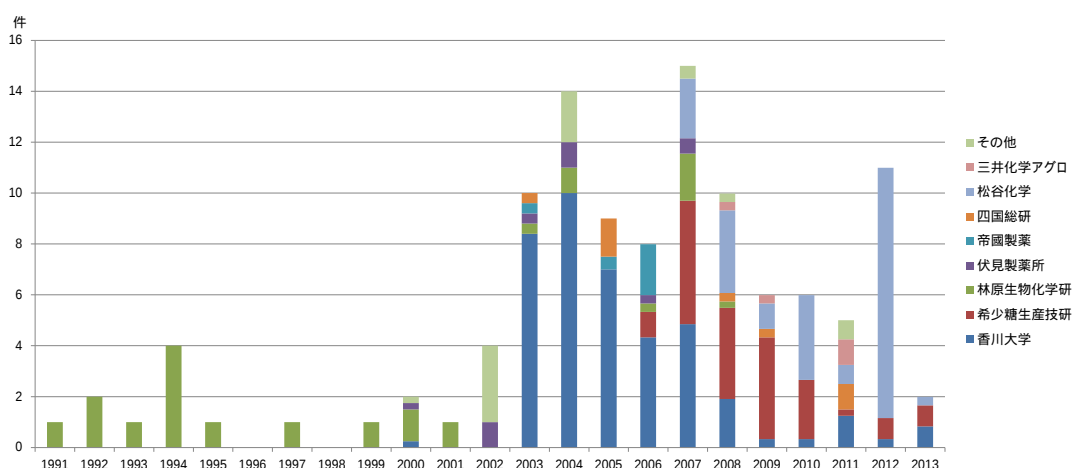
### (1) 特許の取得<sup>25</sup>

<sup>25</sup> 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）<sup>26</sup>。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<sup>27</sup>。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（

<sup>26</sup> 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。

<sup>27</sup> 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-ブ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<br>四国総合研究所  |         | 下西   | 2  |  |  |  |
|              |       | 高田    |            | 4     | 高田  |             | 5      |                        |         | 石田   | 3  |  |  |  |
|              |       | 板野    |            | 2     | 板野  |             | 1      |                        | 垣淵      | 1    |    |  |  |  |
|              |       | 宮本    |            | 2     | 宮本  |             | 1      |                        | 工藤      | 1    |    |  |  |  |
|              |       | 石田    |            | 2     | 石田  |             | 1      | 松谷化学工業                 | 高野      | 1    |    |  |  |  |
|              |       | 村屋    |            | 2     | 村屋  |             | 1      |                        | 有友      | 1    |    |  |  |  |
|              |       | 田坂    |            | 2     | 植木  |             | 1      |                        | 大隈      | 3    |    |  |  |  |
|              |       | 宗内    |            | 2     | 田島  |             | 3      |                        | 飯田      | 3    |    |  |  |  |
|              |       | 山口    |            | 3     | 東江  |             | 3      | 三井化学アグロ                | 高峰      | 3    |    |  |  |  |
|              |       | 田中    |            | 2     | 柳   |             | 2      |                        | 小原      | 2    |    |  |  |  |
|              |       | ホセイソ  |            | 2     | 望岡  |             | 2      |                        | 重松      | 2    |    |  |  |  |
|              |       | 植木    |            | 2     | 長谷川 |             | 2      |                        | 田中      | 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     | 賀   |             | 1      |                        |         |      |    |  |  |  |
|              |       | 小林    |            | 1     | 田岡  |             | 1      |                        |         |      |    |  |  |  |
|              |       | 森本    |            | 1     | 森本  |             | 8      |                        |         |      |    |  |  |  |
|              |       | 下西    |            | 1     | 竹川  |             | 1      |                        |         |      |    |  |  |  |
| 香川産業支援財団     |       |       |            |       | 津崎  |             | 7      |                        | 田村      | 1    |    |  |  |  |
| (株)林原生物化学研究所 |       |       |            |       | 高橋  |             | 4      |                        | 高村      | 1    |    |  |  |  |
|              | 伏見製薬所 |       |            |       | 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      |                        | 藤田      | 2    |    |  |  |  |
|              |       |       |            |       | 大島  |             | 1      | 希少糖生産技術研究所             | 福元      | 1    |    |  |  |  |
|              |       |       |            |       | 佐々原 |             | 2      |                        |         | 近藤   | 4  |  |  |  |
| 産総研四国センター    |       |       |            |       | 福岡  |             | 2      |                        |         | 下西   | 2  |  |  |  |
|              |       |       |            |       | 吉原  |             | 2      |                        |         | 辻飯   | 5  |  |  |  |
|              |       |       |            |       | 広津  |             | 3      | (株)林原生物化学研究<br>四国総合研究所 | 津崎      | 5    |    |  |  |  |
|              |       |       |            | 垣田    | 1   |             | 石田     |                        | 1       |      |    |  |  |  |
|              |       |       | 篠原         | 1     |     | 垣淵          | 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                      |         |      |    |  |  |  |
|              |       |       |            |       |     | 名城大学        | 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

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に含まれる形で、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）。

A collage of various Japanese products. The top row features a jar of 'Pure Sugar Sweet Jam' (いちじく), a bottle of '希少糖' (Shisotou) syrup, a bottle of '白だ' (Shiroda) syrup, and a bottle of '希少糖' (Shisotou) syrup. The middle row shows two cans of '金の伊達巻' (Kin no Idatemaki), a bottle of '希少糖' (Shisotou) syrup, a bottle of '希少糖' (Shisotou) syrup, and a cup of '希少糖' (Shisotou) drink. The bottom row displays a can of '希少糖' (Shisotou) drink, a bottle of '希少糖' (Shisotou) drink, a package of '希少糖' (Shisotou) candy, and a package of 'Charlie Daker' snacks.

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<sup>28</sup>。

<sup>28</sup> 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-ブ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「ブシコース」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「ブシコース」の米国販売の大きな足掛かりになった。D-ブ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-ブシコースが輸出されるというより、松谷化学工業（株）がD-ブ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

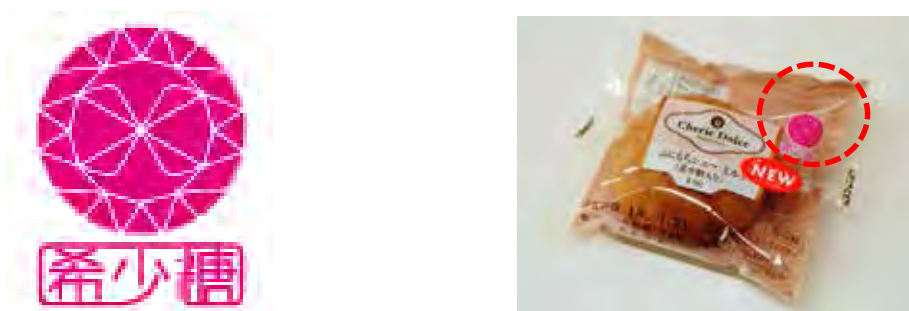
て D-ブシコースと D-ブシコース入り食品の P R と普及を図るため、「さぬき新糖」( 図表 3-17 参照 ) というマークを作製し、現在、商標出願中である。希少糖を活用した商品 ( 食品 ) のうち、商品中の希少糖含有シロップの使用量が糖質甘味料 ( 人工甘味材を除く ) 中 20wt % 以上の基準を満たしたものについて、「さぬき新糖」の使用を認めている。しかし、一般的には「さぬき新糖」のマークより希少糖普及協会のマーク ( 図表 3-18 参照 ) の方が商品に添付されている機会が多い。全国企業でも本マークを商品に印刷して希少糖の P R を行っているものもある<sup>29</sup>。

図表 3-17 希少糖 ( D-ブシコース ) 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

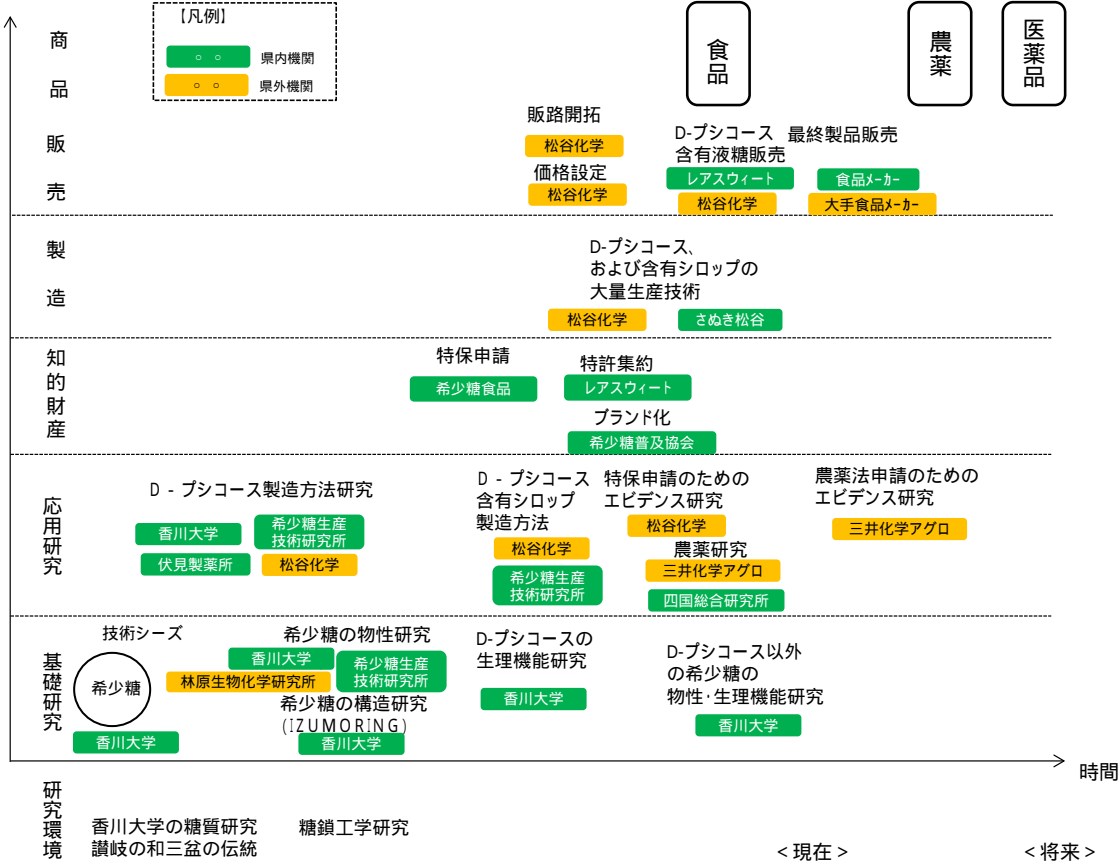
## 6. 希少糖の研究開発と価値連鎖

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

<sup>29</sup> 「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。農薬に関し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、韓国の大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-ブ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-ブ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-ブ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<sup>30</sup>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-ブ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。

---

<sup>30</sup> 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いえない。

#### （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いえない。D-ブ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、地域のコンテキストに沿った、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    | 産業業種 | 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              |
|           |       | 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<br>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）<br>D-ブシコースの量産化 |
|           | 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、<br>県外大手企業                                                | 県内企業と県外素材メーカー、<br>県外大手企業                                                                        |
|            | 用途           | 現在   | 食品、化粧品                                                                  | 食品                                                                                              |
|            |              | 将来   | 医薬品                                                                     | 農薬、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<br>用途開発<br>エビデンスデータ収集                                               | 量産化<br>用途開発<br>エビデンスデータ収集                                                                       |
| ビジネス<br>開発 | 製造           | 素材   | 県内 + 県外企業                                                               | 県外企業                                                                                            |
|            |              | 最終製品 | 県内中小企業+県外大企業                                                            | 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<br>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<br>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<br>学官連携推進事業<br>経産省：地域イノベーション創出研究開発事業<br>農水省：新技術・新分野創出のための基礎研究推<br>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）<br>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<br>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<br>大臣賞（2011 年）<br>地域産業支援プログラム表彰文部科学大<br>臣賞（2013 年） | 第 12 回産学官連携功労者表彰文部科学大臣賞<br>（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<br>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<br>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<br>医薬品生理機能解明<br>D-ブシコース以外の物質の機能性・応用検証<br>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<br>市場拡大 | 関連産業の集積形成<br>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 物質の特性解明・量産化 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<sup>31</sup>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り。青森県の PG では費用的・時間的に負担が大きいため特保申請は行わず、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

---

<sup>31</sup> 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。

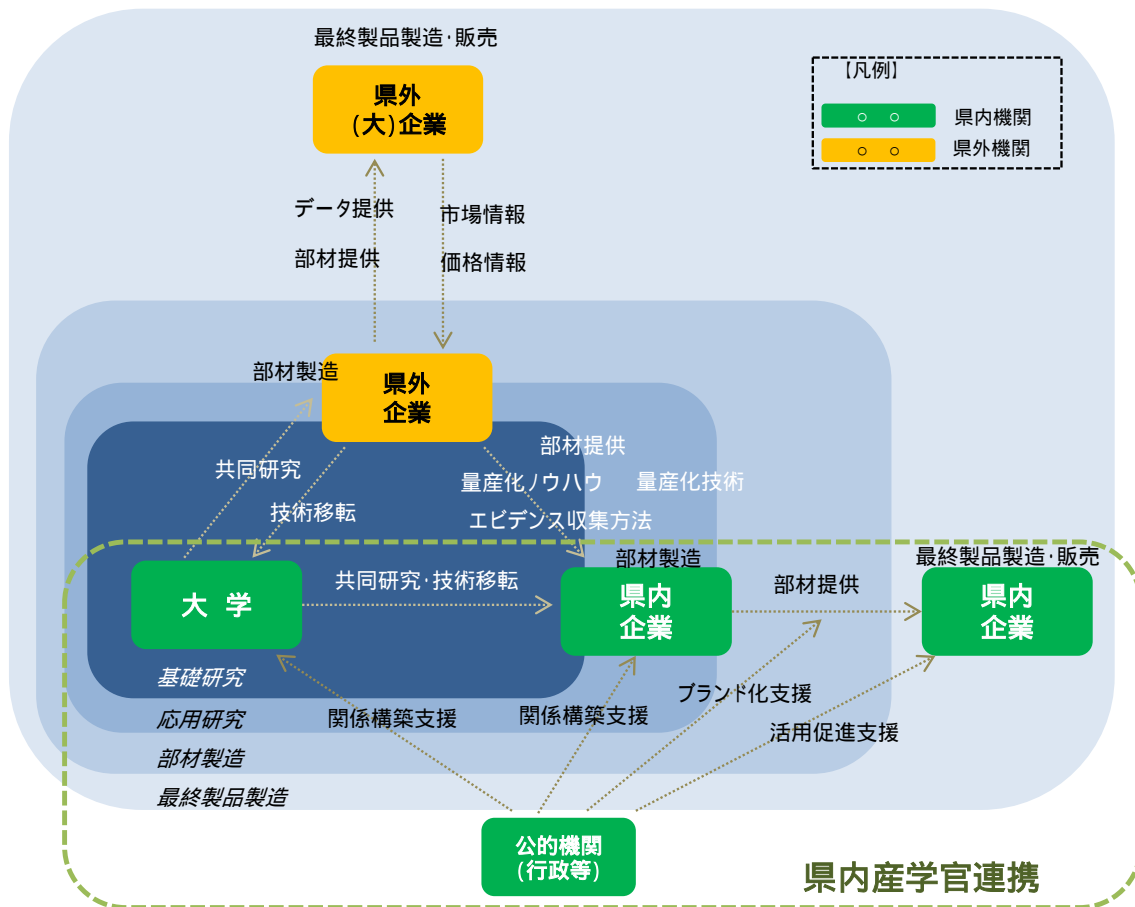
機能性食品は、その産業特性上、流行廃りが大きい。そのため、特定の物質の機能が認知されると多くの企業が参入してくる。そのため、商品のコモディティ化も急速に進み、コスト競争に陥るケースがよくみられる。そのためにブランド化が必要である。よって、両事業とも地ブランド構築のための協議会を組織化していた。PG に関しては「プロテオグリカン」が一般名称であるため、「青森プロテオグリカン」という地域名が入った名称となっている。そのため、県外の大手企業の一部は地域ブランドのロゴを活用しない。希少糖では D-ブシコースの地域ブランドとして「さぬき新糖」という名称とロゴが制定されているが、一般的には希少糖普及協会の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

### 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。

### 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めていない。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-ブシコースの実用化のみが達成された。今後は、D-ブ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

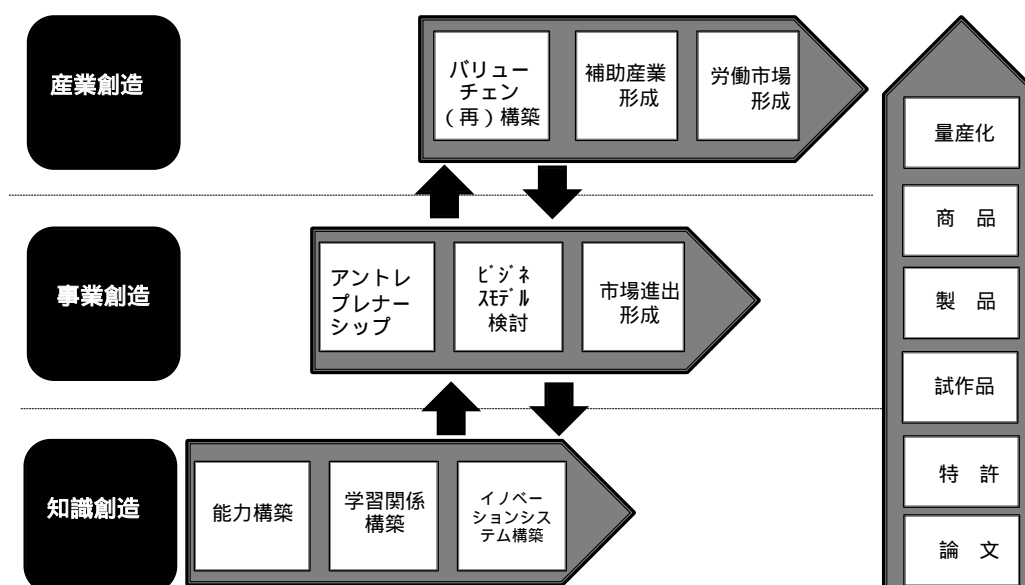
上記で見てきたように、地域大学発の技術シーズの実用化のプロセスにおいて共通項や相違項があり、いくつかの特徴を抽出してきた。そのことにより地域大学発技術シーズの実用化において主に2つの課題があげられる。

#### (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。県外企業の参加は、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リーな研究とは違う、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、大手企業という市場を確保している県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](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](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](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/chiiiki/cluster/08081808/027.pdf/](http://www.mext.go.jp/a_menu/kagaku/chiiiki/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/afiedfile/2012/10/26/1327174\\_01.pdf](http://www.mext.go.jp/a_menu/shinkou/sangaku/_icsFiles/afiedfile/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/rsrc/>

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