

希少糖産業クラスターと地域経済活性化

田 中 利 彦

はじめに

四国の玄関口として支店経済で発展してきた香川県は、2000年代に入っても経済不振が続くなか、産学官連携によって新産業創出を強力に推進する方針を打ち出した。かがわ産業支援財団、新規産業創出支援センター（インキュベーター施設）、科学技術研究センター（研究施設）、香川大学工学部などで構成される香川インテリジェントパークを産学官連携拠点として機能強化するとともに、香川インテリジェントパークを核とする地域を新規産業創出のための構造改革特区に申請した。また、香川大学と学術・研究協力に関する協定書を締結し、産学官の一層の連携に向けた、両者の連絡協議会をスタートさせた。

香川県には、希少糖研究の国際的拠点及び、糖結合たんぱく質によるがん診断キットやムコ多糖類による化粧品の大発ベンチャーがあったことから、糖質バイオクラスターをターゲットとする構造改革特区の指定を受けた。中でも、希少糖産業は次世代のリーディング産業として大きな成長を遂げる可能性が高かったことから、知的クラスター創成事業を始めとする国の大型産学官連携プロジェクトなどに次々と応募し、2010年代に入って、これらの共同研究成果をもとに希少糖含有シロップの事業化に成功した。

そこで本稿では、かつて何の役に立つのか分からないと言われてきた希少糖に狙いを定めた、香川県における希少糖産業クラスターの形成に向けた取り組みを取り上げる。すなわち、長期

にわたって産学官が忍耐強く努力を続けてきた結果、花開くことになった希少糖産業クラスターの成功要因の分析を試みる。

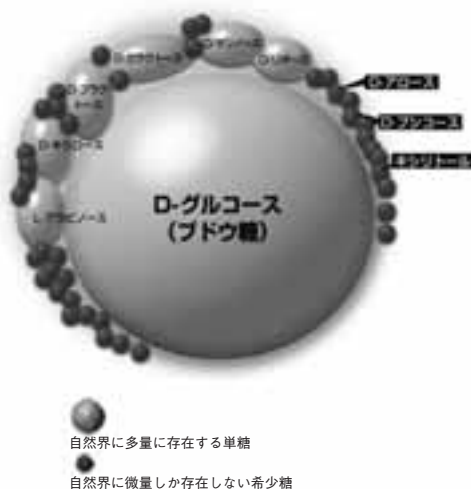
まず第1節では、希少糖の定義と希少糖を生産するための設計図である「イズモリング」について略述し、その用途にはどのようなものがあるのかについて簡単に述べる。第2節では、希少糖の研究とその事業化の進展について、1984年からスタートして概略を時系列的に述べていくことにする。続いて第3節では、希少糖産業クラスターの形成に向け、国の産学官連携プロジェクトのもとで実施された希少糖の共同研究について、知的クラスター創成事業と都市エリア産学官連携促進事業を中心にその実態と成果を明らかにする。第4節では、県が2013年に発表した香川県産業成長戦略に基づき、希少糖産業クラスターの形成に向けた「かがわ希少糖ホワイトバレー」プロジェクトについて、その目標と具体的な事業内容についてみていく。一方、第5節では、希少糖の事業化を目指した、知的クラスター創成事業の初期から参加した域内企業4社の動向、希少糖含有シロップの事業化に成功した県外企業の総合でん粉メーカーの取り組み、及び希少糖含有シロップ利用した、県内企業による製品開発について検討する。最後に第6節では、第5節までの分析結果をもとに、香川県における希少糖産業クラスターの成功要因を抽出することを試みる。

1. 希少糖とその用途

希少糖とは、国際希少糖学会によって、自然界に微量にしか存在しない単糖とその誘導体と定義されている。図1に示すように、自然界に多量に存在する単糖はブドウ糖、果糖など7種類だけで、残りのものは全て希少糖である。希少糖は自然界に約50種類存在すると言われていたが、その総量は糖全体の1%にも満たないほど微量であるⁱ。

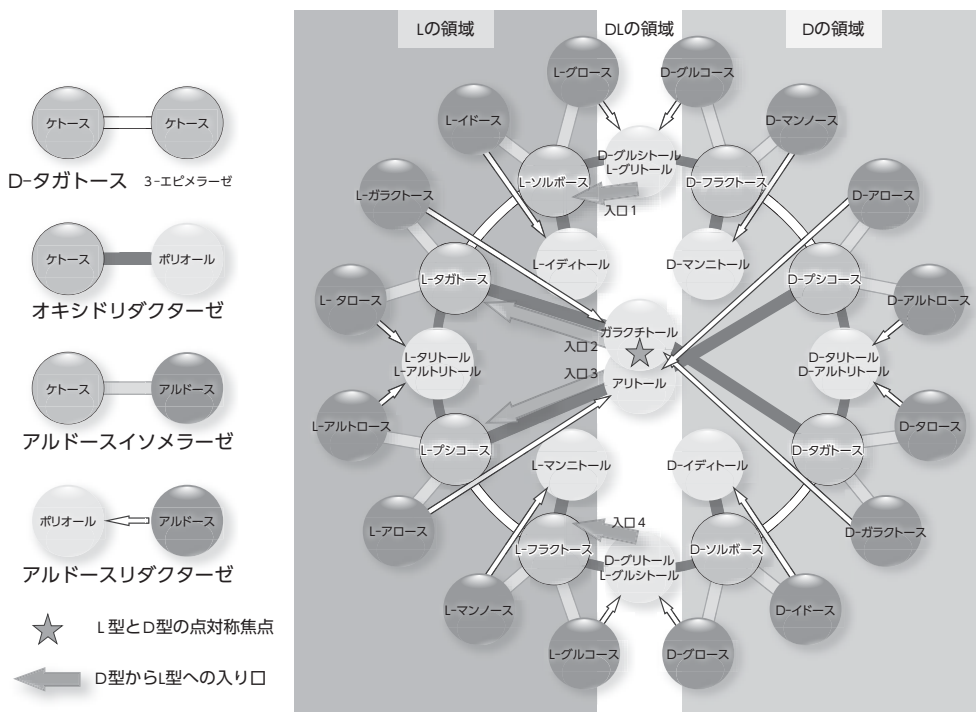
生物は不要なものは作らないことから、希少糖に顕著な生理活性はなく、希少糖を作る研究は必要ないと考えられていた。この見捨てられていた希少糖の生産に挑戦したのが、香川大学農学部の何森健教授ⁱⁱであった。希少糖を生産するための設計図である「イズモリング」(図2)を発明し、自然界に多量に存在する単糖を

図1 自然界の糖の存在量イメージ



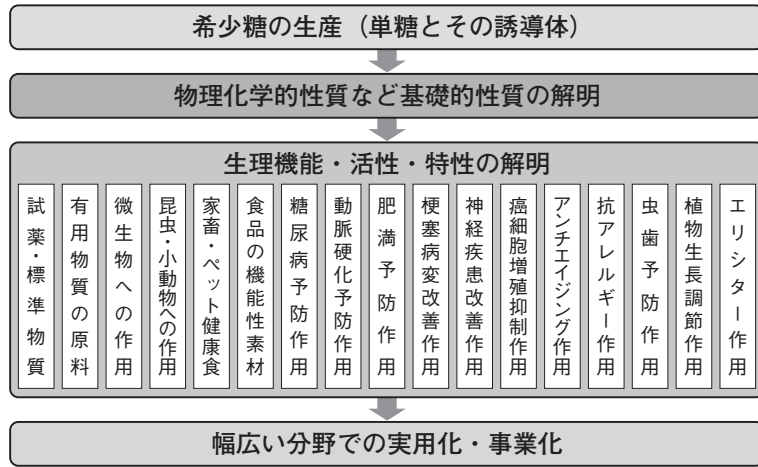
(出所)『香川大学希少糖研究センターパンフレット (第3版)』2013年3月による。

図2 イズモリング (六炭糖)



(出所)『香川大学希少糖研究センターパンフレット (第2版)』2010年1月による。

図3 夢の糖“希少糖”



(出所)『香川大学希少糖研究センターパンフレット（第3版）』2013年3月による。

原料として希少糖を作ることを可能にした。図2は六炭糖（ヘキソース）に関するもので、それぞれの単糖を4種類の酵素反応で結ぶものである。8種類のケトースと4種類のポリオールのリングの外側に16種類のアルドースが配置され、16種類のアルドースと8種類のケトースが10種類のポリオールと酵素反応で結ばれた、点対称の美しい設計図となっている。炭素数6のヘキソースのみならず、炭素数4、5のテトロース、ペンソースについてもすでに「イズモリング」が作られている。さらに、単糖の炭素に結合するOHの酸素が取り除かれたデオキシ糖の生産戦略を示す「デオキシ・イズモリング」も完成している。香川大学希少糖研究センターはヘキソース34種すべての希少糖を生成する設備を完備し、香川大学はヘキソースすべてを保持する世界で唯一の場所となっている。

様々な希少糖について様々な機能が発見されてきているが、後でも述べるように、特にD-プシコース、D-アロースの機能解明が進んでいる。D-プシコースは甘さが砂糖の70%でカロリーゼロである上、血糖上昇抑制効果、脂肪蓄積抑制効果などを持つことが確認されている。D-アロースは甘さが砂糖の80%でカロリーゼ

ロである上に、活性酸素産生抑制作用、癌細胞増殖抑制作用などを持つことが確認されている。そのため希少糖は、加工特性に優れた食品、機能性食品、健康・医療分野への利用が開始・検討されている。

加えて、D-プシコース、D-アロースなどが植物の持つ病害虫への抵抗性や生長に影響を与えることが発見され、植物分野への利用に関しても研究が進められている。希少糖を使った新規農薬により、人にも植物にも環境にも優しい、新概念の農薬になる可能性が出てきている。また、希少糖を用いて生長を制御することによって、出荷時期のコントロール、芝刈り・除草の手間の減少が可能になることが期待されている。

さらにその上、希少糖は図3に示すような大きな展開が可能な“夢の糖”として、生理機能・活性・特性の解明が進んでおり、動物分野への利用、有用物質の原料、抗アレルギー、抗齲歯（うし）などを始めとする幅広い分野において、実用化・事業化への期待が高まっている。全希少糖の大量生産により、それぞれの機能解明がさらに進展すれば、希少糖の用途は無限に広がっていくものと予想されている。

2. 希少糖研究と事業化の進展

何森教授が「希少糖を作る」と意識して最初に生産した希少糖がD-タガトースであり、この年（1984年）に希少糖研究は実質的に始まった（表1）。しかし、希少糖を作ることが何の役に立つのか示すことができない状況のなか、希少糖の研究に関し苦しい時期が続いた。91年になり、農学部から分離した微生物から見つけ出した新酵素DTEによって、希少糖D-ソルボース、D-ブシコースが生産できることが分かり、希少糖の生産に決定的な役割を果たす酵素の発見につながった。2000年には、希少糖D-ブシコースが大量生産可能となり、希少糖研究は大きく前進することになったⁱⁱⁱ。

01年に、フィンランドのヘルシンキ工科大学のレイソラ教授（キシリトール研究の第一人者）と共に、本部を香川大学に置く国際希少糖学会を設立し、何森教授は会長に就任した。また同年、希少糖の生産方法、生理活性、用途などの研究を体系的に進めるため、香川大学に希少糖研究センター（センター長に何森教授）が設立された。02年には、何森教授が希少糖の生産戦略「イズモリング」を国際誌に発表し、全希少糖（六炭糖）を生産するための設計図を明らかにし、全希少糖の大量生産への道を切り拓くことになった。このような実績のもと、02年度から5年間の大型産学官連携プロジェクトである知的クラスター創成事業（後述）に採択され、多様な分野の研究者に希少糖を配布し、用途開発の研究が進められた。

06年には、香川大学大学院農学研究科に希少糖科学専攻が新設される一方、地元企業などが出資し、希少糖を開発・販売するベンチャー企業である(株)希少糖生産技術研究所^{iv}（高松市、後に香川県三木町、株式会社化）が設立された。希少糖研究センターとの共同研究により、希少糖の有効性の研究や生産技術の確立を目指した。また同年、香川大学に希少糖生産ステーションが完成し、希少糖の生産能力が格段に向上する

ことになった。07年には、三木町希少糖研究研修センターを香川大学農学部・医学部のある三木町の、山奥にある廃校を町が改修して開所した。希少糖の研究開発・人材育成事業等を目的としたもので、希少糖生産技術研究所が入居し、高校生を対象とした希少糖甲子園（希少糖を用いて実験を競う）がこのセンターで毎年、開催されている。

08年度から3年間にわたり、再び、比較的大型の産学官連携プロジェクトである都市エリア産学官連携促進事業（後述）に採択され、希少糖の事業化が進められた。その結果、10年には希少糖D-ブシコースの特定保健用食品への申請と、松谷化学工業(株)（兵庫県伊丹市）による希少糖含有シロップのサンプル出荷に漕ぎ着けた。その後、販売会社(株)レアスウィート（香川県三木町）による、希少糖含有シロップの県内事業者向け先行販売（11年）、全国事業者向け販売（12年）、さらに続いて県内一般家庭向け、全国一般家庭向け販売が行われた。そして15年には、希少糖含有シロップが「日経優秀製品・サービス賞」の最優秀賞を受賞するに至った^v。この希少糖含有シロップ（商品名レアシュガースウィート）は、ブドウ糖・果糖の液糖を異性化して作られるもので、ブドウ糖、果糖に加え、D-ブシコース等の希少糖を13~15%含有している。いわゆる人工甘味料でなく、天然由来の糖である。D-ブシコースには、砂糖が体内で消化されるのをブロックし、ブドウ糖、果糖が小腸から吸収されるのを抑えるため、肥満抑制効果がある。希少糖含有シロップは従来の砂糖の代わりに何にでも使用することができ、デザート、飲料を始め、調味料や惣菜などにも使うことができる。甘味度は砂糖の7割（固形分で9割）程度、カロリーは8割程度で、コクのあるスッキリとした甘さとなっている^{vi}。

松谷化学工業は、13年に希少糖含有シロップの量産工場を完成させ、月産1,000トンを生産する体制を整えた。完成した番の洲工場^{vii}（香川県宇多津町）は総投資額が約26億円、生産棟

表1 希少糖研究・事業化の歩み

1984年	希少糖D-タガトースの、ガラクトールからの生産について論文発表
1991年	農学部の土壤中から分離した微生物から、希少糖の生産に決定的な役割を果たす新酵素DTEを発見
1992年	希少糖D-ソルボースの、酵素DTEを用いた生産について論文発表
1995年	希少糖D-ブシコースが酵素DTEによって安価なD-フラクトースより生産できることを論文発表
2000年	希少糖D-ブシコースを実験室レベルでkg単位の生産が可能に
2001年	香川大学に本部を置く国際希少糖学会を設立 香川大学に希少糖研究センターを設立
2002年	希少糖生産戦略「イズモリング」を国際誌に論文発表
2006年	香川大学大学院農学研究科希少糖科学専攻を設置 香川大学発ベンチャー企業、希少糖生産技術研究所を設立 香川大学に希少糖生産ステーション完成
2007年	三木町希少糖研究研修センターを開所
2010年	希少糖D-ブシコースを特定保健用食品に申請 希少糖含有シロップを松谷化学工業㈱が香川県内の企業にサンプル出荷
2011年	希少糖含有シロップを㈱レアスウィートが香川県内事業者向けに先行販売
2012年	希少糖含有シロップを㈱レアスウィートが全国事業者向けに販売
2015年	希少糖含有シロップが2014年の「日経優秀製品・サービス賞」の最優秀賞を受賞（供給先約200社400品目）

(出所) かがわ希少糖プロジェクトWebページ（2014年10月取得）、何森健『希少糖秘話』(株)希少糖生産技術研究所、2013年1月、『日本経済新聞』2005年5月26日、2010年12月21日、2011年6月14日、2012年2月24日、2015年1月5日による。

と事務所棟を合わせた延べ床面積3,510㎡、従業員数約20名であった。

3. 希少糖産学官共同研究の展開

希少糖研究は、表2に示すように、科学技術庁の地域先導研究により、国の支援を受けた産学官共同研究が本格的にスタートした。県レベルの産学官共同研究は、1998年に香川県のリサーチ・オン・リサーチ事業において、香川大学、香川県食品試験場（現香川県産業技術センター）、四国電力の子会社である(株)四国総合研究所（高松市）によって開始され、同年に香川酵素利用研究会が立ち上げられた。そして翌年に、県内の産学官10機関が参加する、地域先導研究に採択されている。2001年には、香川大学、香川県産業技術センター、地元の医薬品メーカーである(株)伏見製薬所（香川県丸亀市）が香

川県科学技術研究センター（FROM香川）のバイオ研究室において、D-ブシコースの大量生産システムの共同開発に成功している^{viii}。

地域先導研究の後、経済産業省の地域新生コンソーシアムから農林水産省のイノベーション創出基礎的研究推進事業に至るまで、ほぼ切れ目なく国の産学官共同研究に採択された。中でも、文部科学省の大型産学官共同研究である第1期の知的クラスター創成事業（予算年5億円）、都市エリア産学官連携促進事業（予算年2億円）に採択されたことが、希少糖研究及びその事業化を加速化するのに大きかった。

文部科学省では、知的クラスターについて、「自治体の自主性を重視し、知的創造の拠点たる大学、公的研究機関等を核とし、関連研究機関、研究開発型企業等が集積する研究開発能力の拠点」と定義している^{ix}。これに対し、都市エリア産学官連携促進事業は、大学等の「知恵」

表2 国の産学官共同研究事業への採択状況

国の事業名	官庁、期間、予算	主な実績
地域先導研究	科学技術庁 1999-2001年度 1億円×3年	希少糖に関する産学官の大型プロジェクトとして研究が行われ、希少糖の有用性に関する基礎的知見が蓄積された。
地域新生コンソーシアム研究開発事業	経済産業省 2002-2003年度 計2.5億円以内	D-ブシコースのバイオリクターを用いた生産に関する研究が進み、事業化への基礎が確立され、知的クラスターと連携した開発が進んだ。
知的クラスター創成事業	文部科学省 2002-2006年度 5億円×5年	希少糖の事業化に向けた基礎的研究が行われ、食品、医薬品など多くの分野の研究が行われた。このプロジェクトが希少糖の発展の基礎となった。
新技術・新分野創出のための基礎研究推進事業	農林水産省 2006-2010年度 計4億円以内	希少糖の予期しなかった利用面として、農業分野における利用に関する研究が進んだ。
都市エリア産学官連携促進事業（発展型）	文部科学省 2008-2010年度 2億円×3年	D-ブシコースの事業化の検討が行われた。そしてD-ブシコースが特定保健用食品として申請された（地域イノベーション創出研究開発事業（経済産業省、2009-2010年度）とリンク）。
イノベーション創出基礎的研究推進事業	農林水産省 2011-2013年度 計1.8億円以内	環境保全と安全性に優れた新たな農薬の利用へ挑戦した。

(注) 都市エリア産学官連携促進事業は、2010年度に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）へと名称変更となった。

(出所) 何森健教授の作成資料（2014年6月）より抽出・追加加工。予算は文部科学省、経済産業省資料、『日本経済新聞』2006年9月7日、2011年8月24日による。

を活用した研究開発型の地域産業の育成を謳い、自立的かつ継続的な産学官連携基盤の構築を目指すものであったが、実質的には知的クラスター創成事業の小型版といえる。香川県は、第2期の知的クラスター創成事業には事業化が進んでいないという理由で採択が見送られたが、これを都市エリア産学官連携促進事業によって補うことができた。

知的クラスター創成事業において、県は「希少糖（生理活性単糖）をライフサイエンスの新素材とする糖質バイオ産業の創出のための基盤技術の研究開発」を対象とする特定領域とし、(財)かがわ産業支援財団を中核機関として、香川大学を研究機関の核に事業を実施した。希少糖を核とした糖質バイオクラスター構想のもと、事業実施の司令塔となる知的クラスター本部の本部長、副本部長には真鍋武紀知事、近藤浩二香川大学学長、研究総括に何森健教授、事業総

括に辻坂好夫氏(株林原参与)が就いた。辻坂氏は戦後、でんぶんからブドウ糖を作ることに成功し、(株林原の基礎を築いた研究者であった)。

何森教授が発明した希少糖の生産工程図「イズモリング」のもと、希少糖の大量生産システムの開発、希少糖の生理活性等を明らかにすることを目指した。そのため、「新しいライフサイエンス（糖生命科学）の創出」と「希少糖を活用した糖質バイオ産業の創出」を二大目標に掲げた。したがって共同研究テーマは大きく3つに分かれ、「希少糖の基礎的研究基盤の確立」（研究代表者：何森健教授、サブテーマ4つ）、「希少糖の大量生産技術の確立」（研究代表者：(株)伏見製薬所開発本部長高橋武雄氏、サブテーマ3つ）、「希少糖を用いた医薬品・食品等の開発」（研究代表者：香川大学医学部徳田雅明教授、サブテーマ3つ）に設定された。

産学官共同研究への参加機関は当初、産から

は地域内から(株)伏見製薬所、帝國製薬(株) (香川県東かがわ市)、(株)四国総合研究所、隆祥産業(株) (大阪府中央区)^{xi}、地域外から(株)林原生物化学研究所(岡山市)、オルガノ(株) (東京都江東区)、学からは香川大学全学部・希少糖研究センター、官からは香川県産業技術センター、(独)産業技術総合研究所四国センターほか3機関であった。事業開始後、産から松谷化学工業ほか7社が、学から海外の3大学ほか5大学が、官から4機関が参加し、参加機関数は合計32に上った。香川大学を中心に200人を超える研究者が研究を実施することになり、国内60件、国際21件、計81件の特許出願を達成した。

その結果、「イズモリング」に基づき、六炭糖(ヘキソース)の希少糖の生産技術を確立し、数kg~数百kgの各種希少糖を保有するに至った。希少糖の大量生産技術の確立により、研究者グループに研究用希少糖を潤沢に供給できるようになり、特にD-ブシコース及びD-アロースについての生理活性に関する研究が加速化した。D-ブシコースには血糖値上昇抑制効果や動脈硬化の予防改善、植物でのエリシター効果^{xii}などが顕著であることが、D-アロースには活性酸素の発生抑制・消去や神経変性の予防改善、がん細胞の増殖抑制などに対する顕著な効果が確認された。

これらの成果をもとに、05年11月に伏見製薬所が試薬としてD-ブシコース、アリトール、タリトールの3種の希少糖の販売を開始した。他の希少糖11種類についても07年頃に試薬として販売を行う準備を進めていた。またこの頃、D-ブシコースの機能性を活用した、肥満やメタボリックシンドロームを解決する特定保健用食品の商品化、その安全性確保の試験に取り組んでいた。さらに、この特定保健用食品の申請を行う母体として、地元企業等でベンチャーを設立するための準備が進められていた。そのほか、D-アロースが活性酸素により発生する臓器障害を効率よく保護する機能を有することから、注射液・点滴液としての応用について共同

研究が行われた。またD-ブシコースが植物の生理活性をコントロールすることが判明し、06年より農林水産省の事業に採択されて農薬としての応用について共同研究が開始された。

しかしながら、香川県における知的クラスター創成事業に対する、文部科学省の事業終了評価は、次のような総評となった^{xiii}。

「全単糖の生産戦略 Izumoring の構築および大量生産システムの確立等、香川大学が主導する希少糖関連研究の学術的な意義は高く、国際的にみてもユニークで、優位性がある。希少糖の基礎研究を遂行する上での課題構成や課題間の連携、推進体制も良好であり、希少糖の生理活性についての新たな発見が報告されるなど成果を挙げている。・・・

事業化に向けては、地場企業のみならず、用途開発・商品開発においてノウハウを持つ域外大企業の研究開発への主体的な参画や高度な知財戦略が必要である。今後は、事業化戦略の強化と企業集積の薄さを補完するための域外企業や他地域との連携、商品化・事業化に向けたマーケティングや知財戦略に強い人材の強化が必要であり、マネジメントを担う中核機関及び県が実務面で強力なリーダーシップを発揮することが望まれる。」

すなわち、希少糖に関する基礎研究、大量生産システムの研究、生理活性機能の研究に対し、高い評価がなされたが、希少糖を活用した商品化・事業化に対する遅れについて厳しい見方が示された。それを反映して、事業終了評価の4段階評価(S、A、B、C)において、総合評価がB(本事業の取組は十分でない部分があった)、今後の発展の可能性に関する評価がB(地域が目指すクラスター像に不十分な点があり、実現に向けての戦略も不十分な点がある)となった。この結果、第2期の知的クラスター創成事業への採択を強く希望していたにも拘わらず、不採択というショッキングな事態に直面することになった。

一方、都市エリア産学官連携促進事業では、

「特徴ある糖質の機能を生かした健康バイオ産業の創出」を事業名に、知的クラスター創成事業と同様にかがわ産業支援財団を中核機関とし、香川大学を核となる研究機関として事業を実施した。かがわ産業支援財団の産学官連携アドバイザーである谷内田一忠氏（大手化学系企業等で経営に関与）、栗原正章氏（京都大学名誉教授）がそれぞれ事業総括、研究総括に就いた。産から21社、学から香川大学、九州大学、東洋大学ほか4大学、官から香川県産業技術センター、(独)産業技術総合研究所が参加した。産からの21社のうち希少糖の共同研究に参加した企業は、伏見製薬所、松谷化学工業、(合)希少糖食品^{xiv}(香川県丸亀市)を始め、10社であった^{xv}。

都市エリア産学官連携促進事業では、知的クラスター創成事業等による、希少糖の生産システムの確立と生理活性に関する研究、及び国や県の事業を活用した糖鎖や複合糖質の構造・機能に関する研究の成果を生かし、その事業化の促進を目指した。機能性食品、機能性化粧品、診断薬、医薬品中間体等の研究開発と事業化を集中的に行い、高齢化社会を見据えた健康バイオ産業の創出を目論むものであった。

また、この事業の実施に対応して08年にかがわ糖質バイオフォーラムを設立し、県と香川大学等が推進する糖質バイオクラスターの形成に賛同する産学官の関係者が連携し、広域的な人的ネットワークを構築することを目指した。シンポジウム・交流会の開催、研究会の開催を主な活動とし、研究会活動は希少糖食品開発、複合糖質、機能糖鎖など5つの研究会で構成された。希少糖食品開発研究会は、早川茂教授（香川大学農学部）を世話人とし、希少糖を利用した各種食品の開発のための具体的な研究を目的に設けられた。

共同研究テーマは大きく4つに分かれ、そのうちの2つが希少糖に関係するもので、「希少糖（D-ブシコース）の生理機能を有する特定保健用食品の開発」、「希少糖を用いた医薬品中間体及び化成品等の原料開発」に設定された。

残りの2つが糖鎖、複合糖質に関係するもので、「地域に根付く糖質素材の免疫調節作用を利用した食品等の開発」、「糖鎖機能を応用した新規腫瘍マーカーの開発」であった。希少糖に関係する1つ目のテーマは、2つのサブテーマA「健康機能を高めた希少糖ブシコース製品の開発」（研究代表者：早川茂教授）、サブテーマB「D-ブシコースを中心とする希少糖ヘキソースの生理機能（抗糖尿病、抗動脈硬化、抗肥満効果）の解明」（研究代表者：徳田雅明教授）で構成された。松谷化学工業と希少糖食品は両者に参加し、前者についてはそのほかに希少糖を使った食品開発を目指す7社が参加した。なお、この7社のうち6社が食品関係で、1社のみが医薬品関係の従業員数30名の企業であった^{xvi}。希少糖に関係する2つ目のテーマについては、竹川薫教授（九州大学）を研究代表者に、産からは伏見製薬所のみが参加した。

サブテーマAの主な成果として、D-ブシコース入り加工食品を試作し、それらの物性や嗜好性の解析を行い良好な結果を得るとともに、食品加工中のD-ブシコースの残存率について変動予測モデルを作成することができた。サブテーマBの主な成果として、D-ブシコースについて、糖尿病モデルラット、肥満モデルラットを用いた動物実験の結果、血糖上昇抑制作用、体重増加抑制（脂肪蓄積抑制）作用を確認することができた。また、ヒトで行った3ヶ月投与実験でも副作用は認められず安全性を確認することができた。一方、希少糖に関する2つ目のテーマの主な成果として、パラニトロフェニル基及びメチル基を導入した各種希少糖を化学合成し、希少糖に作用するグリコシダーゼ、レクチンが存在することを明らかにした。

その結果、10年3月にはD-ブシコースを、食後における血糖値の上昇抑制効果のあるテーブルシュガーとして製品化し、希少糖食品が消費者庁への特定保健用食品（トクホ）の申請を行った。同時に、希少糖D-ブシコース等を使った商品の販売等を行うレアスウィートを設

立し、社長には近藤浩二氏（香川大学元学長）が就いた。また、同年12月に松谷化学工業が番の洲臨海工業団地に希少糖含有異性化糖（希少糖含有シロップ）の製造工場建設を計画し、県及び立地先の宇多津町と進出協定を締結した。

松谷化学工業が世界初の希少糖含有シロップの商品化に成功したことにより、14年に事業総括の谷内田氏と研究総括の榎原氏は第12回産学官連携功労者表彰において文部科学大臣賞を受賞した。受賞理由として、香川大学、松谷化学工業、公設試等の研究連携の要となり研究開発全般の進展に尽力したこと、地域産学官のポテンシャルを結集した綿密な研究・事業化戦略を構築するとともに、その実行における司令塔の役割を果たしたことが挙げられている^{xvii}。

知的クラスター創成事業、都市エリア産学官連携促進事業以外についてみると、後者の前後に実施された農林水産省の事業は希少糖を使った農薬や肥料を開発するというユニークな取り組みであった。新技術・新分野創出のための基礎研究推進事業では、香川大学（秋光和也農学部教授らのグループ）と農薬メーカーの三共アグロ(株)（東京都文京区）、四国総合研究所との共同研究により、耐病性を持つ遺伝子を発現させたり、植物の生育具合を調整できる希少糖の特性を生かし、安全な農産物の安定供給につなげることを目指した。また、イノベーション創出基礎的研究推進事業では、三共アグロを吸収合併した三井化学アグロ(株)（東京都港区）を含めた同じ三者の共同研究により、これまでの研究成果をもとに実用化を目指すものであった。それを具体的にみると、レタス溶液栽培ではD-ブシコースを肥料溶液に添加すると、従来比1.2倍に生育を促進したり立ち枯れ病を防いだりする効果があり、トマト栽培ではD-ブシコースを添加することで高糖度のトマトが可能となっていた。また、D-タガトースの添加による病害防除効果、D-アロースのイチゴ炭疽病防除効果も明らかになっていた^{xviii}。

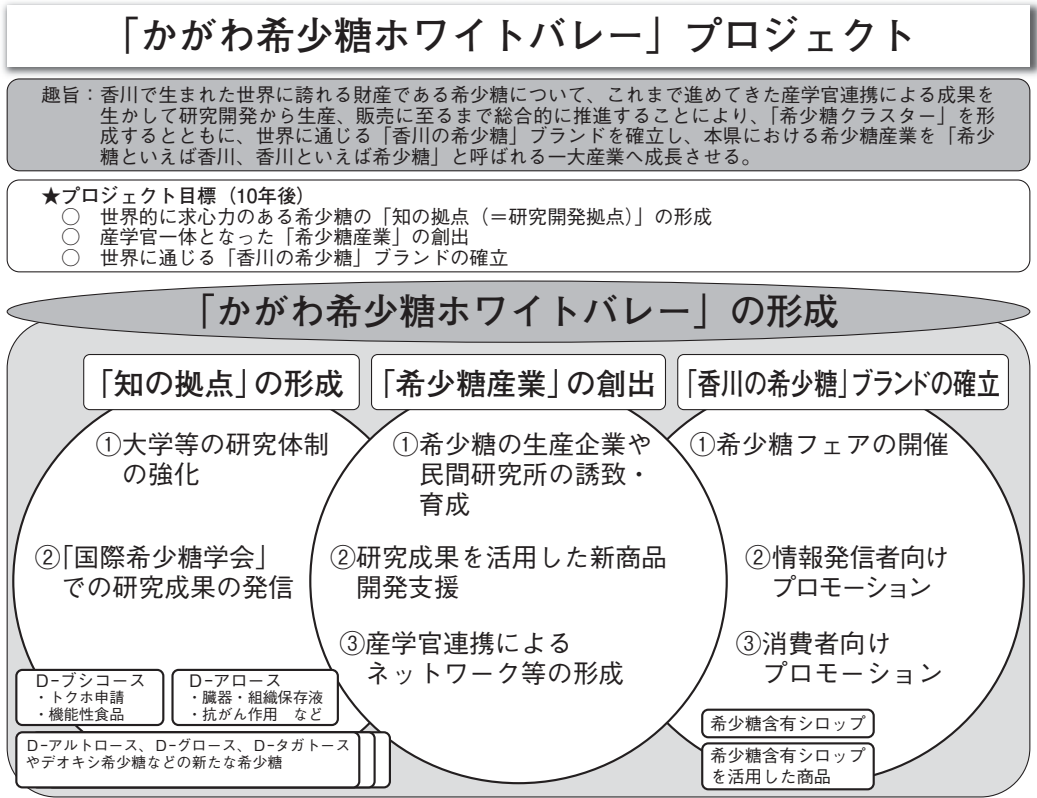
4. 「かがわ希少糖ホワイトバレー」プロジェクト

県では、2013年度に香川県産業成長戦略を発表し、地域の強みを生かした、新たな活力や付加価値を生み出す成長産業を育成するための重点プロジェクトの1つとして、「かがわ希少糖ホワイトバレー」プロジェクト（図4）を推進している。「希少糖といえば香川、香川といえば希少糖」と呼ばれる希少糖産業クラスターの形成・発展を目指し、これまでの産学官連携による成果のもと、研究開発から生産、販売に至るまで総合的に支援することを狙いとしていた。10年後のプロジェクトの目標として、世界的に求心力のある希少糖の「知の拠点」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」ブランドの確立の3つを掲げた^{xix}。

具体的な施策として、「知の拠点」の形成では①大学等の研究体制の強化、②国際希少糖学会での研究成果の発信、「希少糖産業」の創出では①希少糖の生産企業や民間研究所の誘致・育成、②研究成果を活用した新商品開発支援、③産学官連携によるネットワーク等の形成、「香川の希少糖」ブランドの確立では①希少糖フェアの開催、②情報発信者向けプロモーション、③消費者向けプロモーションの各事業が挙げられている。

実施事業の内容をみると、「知の拠点」の形成では希少糖研究支援事業、希少糖拠点機能強化事業を実施した。希少糖研究支援事業は、希少糖の事業化に向けた研究開発を加速するため、13年度から4年間にわたって香川大学の希少糖研究部門に対して寄附（年2,000万円）を行うものである。13・14年度において農学部6テーマ、医学部4テーマ、希少糖研究センター1テーマの研究が行われ、研究テーマにおいてD-アロースを対象としたものが5件となっていた。希少糖拠点機能強化事業は、香川県産業技術センターに希少糖研究開発支援プロジェクトチー

図 4 希少糖産業クラスター形成への取り組み



(出所)『第1回香川県希少糖戦略会議資料』香川県、2013年9月による。

ム（4名体制）を14年度より設置し、香川大学等との共同研究や希少糖を使った新商品開発等に関する県内企業への技術支援を行うものである^{xx}。14年度において、産業技術センターは希少糖を使った製品開発に関する技術相談50件、製品化6件の支援を行った。

「希少糖産業」の創出では、まず13年度に、希少糖の生産や試験研究を行う施設・設備を設置する企業を対象とした、企業誘致助成金の助成率の引き上げを行っている。投下固定資本額（県有地については土地代含む）に対する助成率を15%から30%に引き上げ、限度額を5億円とした。そのほか、糖質バイオ商品開発支援事業、ネットワーク等形成事業を実施した。糖質バイオ商品開発支援事業は希少糖食品開発支援

事業と糖質バイオ活用支援事業の2つで構成され、希少糖食品開発支援事業は希少糖含有シロップを使った商品開発を支援するものである。補助限度額100万円、補助率3分の2で、13年度4社、14年度6社の支援を行った。ネットワーク等形成事業は、希少糖戦略会議、かがわ糖質バイオフォーラムの開催により、産学官が連携した希少糖の普及、事業展開を推進するものである。希少糖戦略会議は、「かがわ希少糖ホワイトバレー」プロジェクトを効果的に推進するため、希少糖を中心とした糖質バイオに関する施策検討、情報交換、調整等を行うことを目的に設立された。会長には香川大学医学部の徳田雅明教授が、副会長には香川県商工労働部長が就き、戦略会議のもとに生産・健康・医療部会

(希少糖の生産・機能・医薬品開発)、食品産業部会(希少糖の食品開発)、農水産業部会(希少糖の動植物への活用)、複合糖質・糖鎖部会の4部会が設けられている。

なお、上記の希少糖食品開発支援事業は15年度から、新たな希少糖生産に係る研究開発支援事業と希少糖商品開発支援事業の2つに衣更えしている^{xxi}。前者は大量生産技術がまだ確立されていない希少糖や希少糖生産酵素の生産技術の開発などを行う県内企業に対し、補助限度額が年1,500万円で、最長3年間の補助、補助率3分の2で研究開発経費を補助するものである。また、後者はD-ブシコース(純品)の県内先行販売に対応し、D-ブシコースを用いた商品開発を行う県内企業に対し、補助限度額100万円、補助率3分の2で支援を行うものである。

「香川の希少糖」ブランドの確立では、「うどん県発、世界に広げよう希少糖」キャンペーン事業を実施した。マスメディア向けセミナーの開催、国際見本市への出展、さぬきうまいもん祭り(東京、大阪)、さぬきうまいもん広め隊(県内)の活用により、希少糖の全国的認知度の向上と普及拡大を図った。また、「かがわ希少糖フェア2014」を国際希少糖学会と同時開催した。15年度からは、香川の希少糖ブランド化推進事業と名称変更し、新たに希少糖商品ブランド化推進事業として県内中小企業等が行う希少糖関連商品の販路拡大のため、専門家のコンサルティングやデザイン開発、広告宣伝等の経費に対し、補助限度額300万円、補助率3分の2で支援を開始した。

5. 共同研究参加の主要企業と希少糖含有シロップ利用企業

(1) 希少糖を試薬として販売した伏見製作所

伏見製薬所は、資本金1億円、従業員数233名、工業薬品・医薬品の製造を事業内容としている。売上高83億円の企業で、売上構成は医薬品製造31%、工業薬品製造69%となっている^{xxii}。伏見

製薬所は清涼飲料水の保存剤や化粧品の防腐剤などに使用される安息香酸・安息香酸ナトリウム、及びX線造影用硫酸バリウム製剤の国内のリーディングカンパニーである。新分野へも積極的に挑戦し、吸水性・耐薬品性に優れた連続微細気孔スポンジ「テクノポラスシリーズ」(2003年販売開始)の開発や、ハロゲンを含まない高機能難燃剤として用いられるホスファゼン誘導体「ラビトルシリーズ」(07年販売開始)の量産技術を確立している。そのため、工業薬品分野は化成品、高機能材、精密化学品に分かれ、多種の製品群で構成されている^{xxiii}。

伏見製薬所は、前述のように、希少糖3種類を05年に医薬品などの開発用試薬として販売し、07年には新たに希少糖11種類を国内外の研究所や薬品メーカー向けに試薬として販売を開始している。11種類のうちL-ブシコースなど5種類は世界で初めて販売され、合計14種類が販売されることになった。その一方で、06年に7億円程度の売り上げのあった「テクノポラスシリーズ」を、台湾や韓国の半導体関連企業向け需要拡大に対応して増産し、3年以内の売上倍増を目指した。また、12年にゼリー状の生花保存剤「エコゼリー」の中国向けサンプル出荷を開始し、中国、米国などへの本格販売によって5年後の売上倍増を狙っていた。「エコゼリー」は水に抗菌剤を加え、海藻などから抽出した天然多糖類を混ぜてゼリー状にしたもので、新規海外事業の一環として位置づけられている。

さらに、13年にバイオ医薬品の開発を効率化するための研究を香川大学、九州大学と共同で取り組み、3年後に新酵素などの販売や糖たんぱく質の受託生産を行い、その5年後には20億円の売上高の事業に育てるという野心的な計画を立てている。バイオ医薬品の約6割がたんぱく質に糖鎖が加わった糖たんぱく質製剤であることから、糖たんぱく質の製造に活用できる新たな酵素や大量生産手法の開発、製造過程の簡略化といった研究を共同で行うものである。この共同研究は、香川県科学技術研究センター内

の研究拠点において、伏見製薬所の研究員に両大学の研究員を合わせた10名弱の体制で進められ、かがわ産業支援財団の支援のもと、国の研究委託事業として3年間にわたって9,700万円が投じられるプロジェクトである。

(2) 伏見製薬所以外の、知的クラスター創成事業に参加した3社

伏見製薬所を除く、初期から知的クラスター創成事業に参加した域内企業である帝国製薬、四国総合研究所、隆祥産業（現株レクザム）は、まだ希少糖の製品化には至っていないが、順に各企業の動向についてみていくことにする。

帝国製薬は、資本金1億円、従業員数636名、売上高213億円で、売上構成はパップ剤69%、テープ剤19%となっている^{xxiv}。パップ剤^{xxv}の年間製造枚数は約12億枚、約4割の世界トップのシェアを占め、半分は海外向けである。殆どがOEM供給（相手先ブランドによる生産）であるため、身近な製品の割には社名を知る人は少ない。世界初の温感パップ剤・経皮吸収型消炎鎮痛パップ剤の開発に成功するなど、創業以来、消炎鎮痛パップ剤のパイオニアとして業界をリードしている。米国においても常状疱疹患者向けパップ剤が医療機関向けに認可され、米国、中国に研究開発拠点、生産拠点を設けるなど海外展開を行ってきた^{xxvi}。

これまで培ってきた消炎鎮痛パップ剤の技術をもとに、経皮吸収技術の他の治療領域への応用と、「人類の痛みからの解放」をスローガンとした痛み全般への取り組みの2つを軸に研究開発を進めている。皮膚を通して吸収させる方が、飲み薬のように胃を荒らすことなく、薬効成分がだんだんと減っていくこともなく、コンスタントに血液へと回っていくため、経皮吸収技術の幅広い応用を目指している。同時に、痛みを和らげる各種製品の開発を進め、モルヒネのカプセル状の経口剤などを発売し、がんの痛みを抑える製品の開発にも取り組んでいる。

帝国製薬は、希少糖に関しては、知的クラス

ター創成事業においてD-アロース、D-ブシコースに抗神経因性疼痛効果があることを明らかにしている。神経因性疼痛（癌の進行や、糖尿病、感染症などで神経が傷ついて発生する慢性的な痛み）は、通常は全く痛みを感じない接触や温度変化を痛みと感じたり、通常は痛みとを感じない程度の刺激を痛みとして感じる。神経因性疼痛に対する希少糖の鎮痛効果の研究の中心を担ったのが、当時、常務取締役（香川大学医学部客員教授）の小西良士氏であった。帝国製薬は、1991年に香川医科大学（現香川大学医学部）に「薬物生体情報学」の寄附講座を開設するなど、香川大学との密接な関係から、希少糖の産学官共同研究に参加してきた。

次に、四国総合研究所についてみると、資本金1億円、従業員数89名の典型的な研究所型企業である^{xxvii}。四国電力（株）が、四国における技術開発の中核的存在を目指し、研究開発部門を分離独立させて設立した100%出資の子会社である。研究開発・調査等の受託、開発商品・サービスの販売、保有特許の有償開放を事業としている。研究分野は多岐にわたり、発電設備運用・設備保全技術、電力系統解析・制御技術、電力利用・情報通信技術、環境・エネルギー技術、バイオテクノロジー利用技術となっている。開発商品は鉄筋診断装置、防食塗料を始め、農業関連のハウス内モニタリングシステム、柚子粉末に至るまで幅広い^{xxviii}。

希少糖に関しては、前述のようにバイオテクノロジー利用技術の部門において、希少糖の病害抵抗性誘導作用や生長調整作用を利用した、環境に優しい農薬や肥料素材としての共同研究を香川大学と継続して行っている。四国総合研究所では、国等の産学官共同研究事業を通じて基盤技術の発展に貢献するというミッションを掲げ、博士号取得者38名の陣容を整えている。そのうち、農学博士を6名擁し、電力会社の研究開発部門であった割にはその数が多い。香川大学農学部とはすでに2001年に「研究・教育協力に関する協定書」を取り交わし、共同研究に

積極的に取り組む姿勢で臨んできた。

最後に、レクザムについてみると、知的クラスター創成事業において域内企業に分類されているが、本社を大阪に置く県外企業である。しかし、メインの工場を始め、数多くの工場が香川県内にあることから、また長年にわたってレクザムの躍進を牽引してきた副社長の住田博幸氏が香川県出身者であることから、域内企業と見なされている^{xxix}。

レクザムは資本金4,800万円、従業員数1,038名、売上高486億円で、電子機器・金属製品等を製造し、そのうち電子機器が85%を占めている。売上比率は低いが、スキーブーツ、地ビールなども作るユニークな企業である^{xxx}。電子機器については、OEM製品であるマイコンボード、各種コントローラ・ユニット等をメインにしながら、眼科医療機器、基盤外観検査装置、超臨界洗浄乾燥装置などの自社製品を製造し、「チャレンジなくして、新製品の誕生なし」をスローガンに研究開発型企業へと成長している。10年に隆祥産業から、自社ブランドの世界展開及び若い技術者の採用のため、スキーブーツのブランド名であるレクザムに社名変更を行っている。

レクザムが香川県初の地ビール「さぬきビール」などの新事業に挑戦し続けてきたのは、現社長の父である創業者の経営理念によるものである。「できません」という言葉を禁句に掲げ、住田博幸氏の陣頭指揮のもと、技術開発を進めてきた。また一方、「大学は頭脳の宝庫で多くの宝ものであふれている」という同氏の言葉に象徴されるように、大学との産学共同研究に熱心に取り組み、新規の事業を相次いで開拓している。知的クラスター創成事業において、希少糖の産学官共同研究への参加もこのような方針に基づくものである。その後、糖鎖の研究にも取り組み、食物アレルギーの抗原を検出するバイオセンサー計測システムの開発を目指した。その結果、表面プラズモン共鳴測定装置、エバネッセントスキャナー、バイオレックスといっ

た医療・バイオ関連装置の開発に成功している。

(3) 希少糖含有シロップを事業化した松谷化学工業

希少糖産業クラスターの形成へと導いた、総合でん粉メーカーである松谷化学工業の果たした役割は大きい。知的クラスター創成事業に参加していた林原グループが希少糖の事業化から撤退し、それに代わって事業化を担ったのが知的クラスター創成事業に後から加わった松谷化学工業であった。その決断を行ったのが同社の二代目社長松谷英次郎氏（2006年より会長）であった^{xxxi}。

松谷社長は、03年にニュース番組で何森教授のことが取り上げられた時、「これはもしかするとすごい商品になる」と直感し、何森教授から詳しい説明を聞くため、すぐに技術担当責任者である研究所長の大隈一裕氏を派遣した。実用化にはまだ程遠い状態であったが、「面白そうだからやってみよう」と決意を固めた。何森教授も「希少糖にこれほど強く関心を持ってくれた企業は松谷化学が初めて」と喜んだ。しかし、02年度から始まった知的クラスター創成事業に、県外企業の松谷化学を参加させることには躊躇する雰囲気があり、香川県や香川大学では依然として県内企業を育成していくべきだという考え方が主流を占めていた。

そのような状況のなか、知的クラスター創成事業の評価において、「一定の研究成果が出ているが、実用化の道が見えない」、「健康食品として大量生産すべきではないか」といった意見が出され、それに対応する必要が出てきた。県内には糖を製造する能力のある企業はなく、ましてや健康食品路線を進めるにしても特定保健用食品のノウハウがないことから、04年に松谷化学工業は知的クラスター創成事業への参加が認められた。

1919年創業の松谷化学工業は元々、衣服の糊を作るでん粉業者であったが、戦後、食品会社に業態転換し、国内初の結晶ブドウ糖を製造す

るイオン交換樹脂法設備を完成させた。砂糖の輸入自由化により、ブドウ糖市場が急激に縮小するなか、再びでん粉事業に鞍替えし、1988年に難消化性デキストリン「パインファイバー」を開発し、92年にトクホの食品素材として認証された。難消化性デキストリンはトウモロコシ由来の水溶性の食物繊維で、整腸作用、食後血糖の上昇抑制作用、食後中性脂肪の上昇抑制作用等があり、“トクホの素”として全トクホの約3割に使われている^{xxxii}。

このような実績のもと、希少糖の事業化において松谷化学工業は中心的な役割を担うようになった。実際、D-ブシコースのトクホ申請は希少糖食品が行ったものであるが、同社は伏見製薬所、帝国製薬、隆祥産業、松谷化学工業の4社が出資して資本金2千万円で設立された会社であり、職務執行者は松谷化学工業の生産本部長兼生産技術部長山田晃士氏が務めた。また、希少糖を使った甘味料を販売するレアスウィートは希少糖食品、希少糖生産技術研究所、松谷化学工業が出資して資本金1千万円で設立された会社であるが、松谷化学工業がそのうち7割を出資した。10年には松谷化学工業（松谷晴世社長）と希少糖生産技術研究所（何森健社長）が、希少糖含有シロップの開発に世界で初めて成功するという快挙を為し遂げた^{xxxiii}。これにより、上で述べたように、希少糖含有シロップのサンプル出荷、それに続いてレアスウィートを通して事業者向け販売を開始している。

松谷化学工業は、資本金1億円、従業員数400名で、加工でん粉・でん粉糖化品の製造・販売を事業内容とし、売上高は556億円に達している。売上構成は加工でん粉41%、でん粉糖化品27%、その他27%となっている^{xxxiv}。新たな事業として開始した、希少糖含有シロップについては、すでに大手の飲料・食品メーカーなど国内200社、450品目以上で採用され、大ヒット商品となっている。

希少糖含有シロップは、12年に香川県内で家庭向け販売、続いて13年に全国向け家庭販売を

開始し、15年8月末で販売本数は累計100万本を超えた。さらに希少糖含有シロップの海外販売に向け、15年中に韓国で販売するのを皮切りに、16年には台湾での販売を予定しており、アジアにおいて高級雑貨店やスーパーを中心に販路を広げ、富裕層の認知度の向上とそれによる販売増を目指している。

また、14年にD-ブシコースが米国FDA（食品医薬品局）よりGRAS認証（一般に安全と認められる食品素材）を取得し、米国での生産・販売の足掛かりを確保している^{xxxv}。日本で開発された糖質素材で、GRAS認証を取得できた素材は難消化性デキストリンを始め、フラクトオリゴ糖など数種類しかない。15年時点において、D-ブシコースのトクホ申請（食後血糖の上昇抑制作用）について消費者庁での認可に係る審査が長引いているが、GRAS認証とトクホ認証の両者が得られれば、2つの国際的な安全基準を満たした食品素材として大きくアピールできることになる。

松谷化学工業は、希少糖などの研究開発を強化するため、15年時点において約100名の研究者を17年までに120名に増やし、10名弱の希少糖チームも毎年1～2名増員することを計画している。また同時に、15年の研究開発費を前期比3割増の十数億円規模に増大させた。専務取締役研究所長大隈一裕氏によれば、「50種類以上ある希少糖の量産技術のほか、加工でん粉や食物繊維の飲料・食品への応用可能性を見極める」との狙いがあった。特に希少糖関連の売上比率について、14年実績の2%程度から17年には1割弱まで高めることを目指している。

(4) 県内の希少糖含有シロップ利用企業の動向

希少糖含有シロップを利用して商品を開発した主な県内企業は、表3の通りである。全23企業のうち、洋菓子・和菓子業が7企業と最も多く、次いで醸造関連業（佃煮・漬物含む）が5企業となっている。これを反映して、希少糖を用いて開発された商品は洋菓子、和菓子、甘味

希少糖産業クラスターと地域経済活性化

表3 県内の主な希少糖含有シロップ利用企業の開発商品

企業名等	業種	希少糖入りの開発商品
道の駅「源平の里むれ」	小売販売・食堂経営	食堂で提供する魚料理
宝食品	佃煮製造販売	ゼリー
高橋商店	醤油製造	にんにく醤油
香川県社会就労センター協議会	NPO	クッキー・ラスク・パイ等焼き菓子
香川県食肉事業協同組合連合会	食肉業	ビーフジャーキー
大山牧場	乳製品加工販売	ヨーグルト、菓子パン
かねすえ	和菓子製造販売	どら焼き、まんじゅう*
JRホテルクレメント	ホテル	ケーキ42種類
シカ	スイーツ店	オレンジケーキ、オレンジジャム
マルヨシセンター	スーパー	和惣菜（筑前煮など6種類）
ウエストフードプランニング	讃岐うどんチェーン店経営	チェーン店でのだし汁、だし醤油
西内花月堂	洋菓子店	苺スムージー
讃岐食品工業	味噌製造・調味料卸	白味噌
藤井製麺	讃岐うどん製造販売	濃縮コーヒー
マルカ食品	漬物製造販売	ダイダイ入り千枚漬け
西野金陵	酒類製造販売	梅酒
パティスリー・スミダ	洋菓子製造販売	マドレーヌ、アンズ入りロールケーキ
ハイスキー食品工業	こんにやく製造販売	こんにやく使用スムージー、マグロ風、キャビア風、イカ風、タコ風等こんにやく、こんにやく使用カップ麺、菓子材料等用こんにやく製品
マルナカ	スーパー（PB商品として）	すだち入りチューハイ
ルーヴ	菓子製造販売	ドーナツ、マドレーヌ、ゼリー、まんじゅう、マンゴープリンのパフェ
さぬき麺業	製麺業	オリーブ入り讃岐うどん、パスタ
松浦唐立軒	菓子製造販売	しょうゆ豆*
ラ・ファミーユ	フランス菓子製造販売	レモンケーキ*

(注) 記事の中で当時、開発予定となっているものは除いている。*印は『新・さぬき野』において紹介された商品である。
 (出所) 日本経済新聞、日経産業新聞、日経MJの2011年7月から2015年8月の記事及び『新・さぬき野』香川県、2014年冬号、2014年12月による。

飲料等が一番多くなっているが、味噌、醤油、漬物、肉製品、こんにやく製品、さらにはうどん、パスタにまでに及んでいる。

特にユニークなのが、ハイスキー食品工業の各種こんにやく製品で、食物繊維を多く含み、腸内で糖類の吸収を抑えるこんにやくと、希少

糖とを組み合わせた健康食品を次々と発売している。同社は、こんにやく独特の臭みの原因であるアルカリ成分を取り除く独自技術を活用して菓子材料を開発したほか、こんにやくを使った各種代替品、カップ麺、スムージーを開発した。また、さぬき麺業は香川県の特産であるオ

リーブの葉の粉末を練りこんだ讃岐うどん、パスタを開発し、鉄分やビタミンEを豊富に含むオリーブの葉と、希少糖とを組み合わせで健康を前面に押し出した製品を開発した^{xxxvi}。

さらに、香川県食肉事業協同組合連合会は県のブランド和牛「オリーブ牛」を使い、希少糖と醤油で味付けしたビーフジャーキーを発売した。「オリーブ牛」は県産黒毛和牛に県特産のオリーブの搾りかすを与えて育てた牛である。一方、菓子製造のルーフとこんにゃく製造のハイスキー食品工業はコラボレーションにより、ハイスキー食品工業の希少糖入り菓子材料を用いたマンゴープリンのパフェを販売している。マンゴープリンにはこんにゃく素材が約40%含まれているが、食感は通常のものと同様のものである。

以上のように、主なものを挙げただけでも多彩な商品群が生み出されてきた背景には、県を中心とした産学官の積極的な取り組みがあった^{xxxvii}。希少糖含有シロップを利用した商品開発を推進するため、県による、事業者に対する希少糖の無償配布、商品開発のための助成金の支給が行われるとともに、香川県産業技術センターによる技術支援、香川大学との共同研究が実施されてきた。また、産学官連携によって2012年に(社)希少糖普及協会を設立し、希少糖利用の普及を積極的に推進している。会長には香川大学元学長の近藤浩二氏が就き、産から(株)かねすえ、(株)シカ、(株)ルーフの3社の社長、学から徳田雅明教授、官から財団理事長中山貢氏が理事となっている。

6. 希少糖産業クラスターの成功要因

香川県には「讃岐三白」と呼ばれる綿、塩、砂糖(三盆糖)の伝統産品があったが、4つ目の「白」として希少糖が産業として大きく育っていくことが期待されてきた。香川県における、極めて特色ある希少糖産業クラスターの形成は、上でみてきたように、希少糖含有シロップの事

業化とそれを用いた希少糖利用産業の拡大により、成功へ向けて第一歩を漸く踏み出したといえる。というのは、希少糖といっても実質的にD-ブシコースに限られた事業化であり、その利用は食品分野に限られているからである。しかしながら、産学官の地道でかつ粘り強い取り組みにより、希少糖産業が香川県で花を開かせようとする段階まで進んできたことは高く評価できる。このような第一段階の成功に対し、5つの要因を挙げる事ができる^{xxxviii}。

1つ目は、希少糖の世界的権威と言われる何森教授のスーパーサイエンティストとしての研究姿勢が大きく貢献したことである。「誰も思いつかない、個性ある発想を世界へ発信するのが“世界的研究”であり、世界中で研究している研究が“世界的研究”ではない」との考えのもと、長年にわたって希少糖の研究を行ってきた。言い換えれば、「落ち穂拾いの研究を枚挙の精神で」行ってきたことが、研究者から見向きもされない希少糖に注目し、全希少糖の生産戦略である「イズモリング」を生み出した。「落ち穂拾いの研究」により、流行の研究を横目で見ながら皆が見逃している研究をじっくりやり、「枚挙の精神」で、少しの構造の違いしかない、似通った数多い希少糖を次から次へと作り続け、その全体像を明らかにすることができた。

また、外国の研究者との交流において、直接会ってフェースツーフェースのコミュニケーションを行うことを厭わず、積極的に情報発信する姿勢を貫いたことである。D-ブシコースの大量生産に成功した自信のもと、この姿勢がフィンランドに出かけることを決意させ、キシリトール研究で著名なヘルシンキ工科大学のレイソーラ教授との面会につながった。現地においてレイソーラ教授と完全に意気投合し、国際希少糖学会の設立へと突き進むことになったのである。国際希少糖学会の本部が香川大学に置かれ、学会の会長に何森教授が就いたことにより、香川大学は最先端の研究の中心地となった。また希少糖研究は、国際的に認知されたものと

して、専門家以外の多くの人々に受け入れられ、一躍脚光を浴びることになり、大型の産学官共同研究プロジェクトの知的クラスター創成事業に採択される一因となった^{xxxix}。

2つ目は、将来の成長が大きく期待できる産業化のシーズが他になかった香川県において、歴代の真鍋武紀前知事（1998年から3期）、浜田恵造知事（2010年より）によって、希少糖産業の事業化は県経済活性化の重要な柱と位置づけられてきたことである。真鍋前知事は、国際希少糖学会の設立記念式典において「希少糖の研究に対しては支援を惜しまない」と、再選時（02年）には希少糖について「3～5年後には新製品が市場に出回っているようにしたい」と述べているように、知的クラスター創成事業に関し強力なリーダーシップを発揮した^{xl}。また三選時（06年）には、産学官が共同で進めている希少糖研究を「芽が出つつある」と評価し、県経済の浮揚につながる新産業創出に向け大きな期待を寄せた。

真鍋県政の産業振興策を引き継いだ浜田知事は、再選時（14年）に選挙事務所で「希少糖、ものづくりなど、地域の産業を興していく」との方針を改めて強調した。実際、13年度に香川県産業成長戦略を発表しているが、5つの重点プロジェクトにおいて、最初に挙げたのが①「かがわ希少糖ホワイトバレー」プロジェクトであった。残りは②オリーブ産業強化プロジェクト、③K-MIX関連産業育成プロジェクト^{xli}、④ものづくり「温故知新」プロジェクト、⑤世界に発信「アートの香川」プロジェクトで、産業の成長性からみて小粒のものであった。

このように真鍋前知事、浜田知事のリーダーシップのもと、県はかがわ産業支援財団、香川県産業技術センター等を巻き込みながら、産学官連携による希少糖研究とその事業化を長期にわたって粘り強く推進してきたことにより、希少糖産業クラスターの成功へと導くことができた。実際、3節でみたように、国の産学官共同研究に対し積極的に応募を続け、第2期の知的

クラスター創成事業では不採択であったものの、夢を諦めずに都市エリア産学官連携促進事業に採択されるに至った^{xlii}。また、第1期の知的クラスター創成事業を契機として、香川県における産学官連携がより強固となり、都市エリア産学官連携促進事業ではそれを発展させ、事業化へと結びつけることができた。

3つ目は、希少糖の産学官共同研究への松谷化学工業の参加である。当時、社長であった松谷英次郎氏のビジネスに対する鋭い嗅覚と、オーナー経営のもと素早い決断と実行による共同研究への参加が、希少糖含有シロップの開発へと実を結んだといえる。03年に何森教授のもとに技術担当責任者の大隈一裕氏を派遣してから、10年に希少糖含有シロップの開発に成功するまでの間、希少糖生産技術研究所に対する資本参加によって資金面でその研究開発を支えながら、希少糖の事業化へ向け忍耐強く共同研究を進めてきた結果が希少糖含有シロップの製品化に至った^{xliii}。

松谷化学工業は、香川県が域内に糖を大量に製造する技術力を持つ企業を持っていなかったことから、域外企業でありながら新参者として知的クラスター創成事業に加わることができた。このような役割は同じ域外企業である林原が果たすことができたが、希少糖の事業化には関心を示さず撤退してしまったこと^{xliii}を考えると、希少糖含有シロップを開発し工場を県内に建設したことの貢献は大きい。

技術力について具体的にみると、知的クラスター創成事業において伏見製薬所開発本部長高橋武雄氏が、研究テーマ「希少糖の大量生産技術の確立」の研究代表者を務めていたが、製薬会社が希少糖を大量に生産するには技術的ハードルが高かった^{xliii}。他の3企業についても、帝国製薬はパップ剤に特化した製薬会社であり、四国総合研究所は電力関連を主体とした研究所、レクザムは電子機器会社であり、さらにハードルは高かったといえる^{xliii}。

実際、知的クラスター創成事業において、事

業化を迅速かつ効果的に推進するため、05年に希少糖事業化推進室を設置し事業化マネージャーを配置した際には、大隈一裕氏が特定保健用食品担当、高橋武雄氏が試薬・中間体担当となっている。また、都市エリア産学官連携促進事業において、継続して松谷化学工業は希少糖の共同研究を実施したが、伏見製薬所は希少糖の共同研究に参加はしたが何森教授の技術シーズとは関係のないものであった。残りの3企業については、参加を見送っている。

4つ目は、希少糖の大量生産の道が開けたことで、何森教授が言う「希少糖という“もの”が組織の壁を乗り越える」^{xlvii} ことによって、多くの研究者が研究に参加することになったことである。その結果、農学部内において専門分野の違いを乗り越え、多数の研究者が各自の専門分野の立場から希少糖に関する研究を行うようになっただけでなく、学部の壁まで乗り越え、医学部を中心に数多くの研究者が希少糖に関する研究に参加した。例えば知的クラスター創成事業において、香川大学内では15教室（研究組織）の50～60人に希少糖が配布され、それをを用いて研究が行われている。さらに希少糖は大学の壁を乗り越え、知的クラスター創成事業において最終的に参加機関数が合計32に上り、内訳は産14機関、学9機関（国外3機関を含め）、官9機関となっている。

何森教授の所属した農学部における希少糖研究への主な参加者として、松尾達博教授（希少糖の生理機能）、早川茂教授（希少糖の食品への応用）、秋光和也教授（希少糖の植物への利用）を挙げることができる。希少糖含有シロップの事業化との関連でみると、何森教授によれば、松尾教授はトクホの申請に際しても貢献するなど、希少糖の生理機能の解明に対する貢献が非常に大きかった（特許も含めて）とのことである^{xlviii}。実際、松尾教授の研究分野は食品栄養学であるが、最近の研究課題の第一には「希少糖D-プシコースおよび希少糖含有異性化糖の機能性に関する研究」を掲げ、関連する論文も

多く、希少糖含有シロップの健康面での有用性を立証してきた。

5つ目は、4つ目とも関連するが、医農連携を推進する役割を果たした徳田雅明教授と、希少糖の事業化へとつなげた近藤浩二氏の2人のキーパーソンの存在である。

徳田教授は、医学の観点から希少糖の生理機能について、1999年の地域先導研究に参加することにより研究を開始している。神経系の研究を主に行っていたが、当時の学長の近藤浩二氏から帝國製薬の小西良士氏を通して声がかかったとのことである。徳田教授の専門分野は細胞生理学・神経生理学で、研究テーマの1つに「希少糖の生理活性解析」を掲げ、D-アロース、D-プシコースに関する論文も多い。02年に香川医科大学（現香川大学医学部）希少糖応用研究センター長、08年からは香川大学希少糖研究センター長に就き、また13年より希少糖戦略会議の会長も務めている。

徳田教授は、(社)農林水産・食品産業技術振興協会の長谷川潤一氏が指摘するように^{xlix}、医学的御墨付を与える医農連携の立役者であったといえる。希少糖産業クラスターの取り組みの初期において、医農連携を推進するコーディネート役を果たしたことにより、医農連携の成功に導いている。通常、医学領域の研究者は機能性研究の成果をヒト介入試験等において結果を出すことにのみ関心を持ち、連携による研究を敬遠しがちである一方、農学や食品化学の領域の研究者は相手が医者だと構えてしまうところが出てくるなか、徳田教授は医農連携を積極的に進めた。実際、徳田教授は自身の役割について、「敷居の高い医学部の先生方をなんとかプロジェクトに引き込み、うまく協力してもらうことだった」と述べている。また希少糖の生理機能について、「農学部と医学部がコアになって研究を始めました」と述べている。

元学長の近藤浩二氏は学長時代（97年～03年）、その後も希少糖生産技術研究所、レアスウィート、希少糖普及協会等を通して、希少糖

研究とその事業化に対し、大学のトップあるいは企業・団体の長として関与してきた。学長時代から継続して知的クラスター本部の副本部長を務め、知的クラスター創成事業に対し、04年に文部科学省より事業化について厳しい評価が下されるなか、「事業化にチャレンジできるベンチャーを作ろう」と希少糖生産技術研究所の設立に動いた。07年より12年まで同社の社長（代表社員）を務め、10年に希少糖関連商品の販売会社であるレアスウィートの社長、そして12年に希少糖普及協会の会長に就いている。

レアスウィートは希少糖関連商品の販売のみならず、香川大学、希少糖生産技術研究所、松谷化学工業、さらには香川県、県内企業等に広がった関連特許の実施権を集約し知的財産の管理を行っている。レアスウィートは希少糖生産技術研究所と同じ場所に本社を置き、松谷化学工業に特許の実施権を与えて希少糖含有シロップの生産が行われていることから、希少糖生産技術研究所の販売部門としても位置付けられる会社である。したがって近藤浩二氏は、専門外の希少糖研究での貢献はできなかったが、産学官連携による希少糖の研究・事業化を推進するに当たって、連携の要としての役割を果たしてきたといえる¹⁾。

(注)

- i 以下において希少糖については、『希少糖秘話』何森健、(株)希少糖生産技術研究所、2013年1月、『香川大学希少糖研究センターパンフレット』2013年3月、かがわ希少糖プロジェクト Web ページ(2014年10月取得)、香川大学希少糖研究センター資料(2015年9月入手)、『レアシュガースウィートパンフレット』松谷化学工業(株) 2015年5月による。
- ii 2008年に定年退官後、特任教授となっているが、以下において常に教授と呼ぶ。
- iii 以下において希少糖の研究・事業化については、前掲『希少糖秘話』、『日本経済新聞』2005年5月26日、2006年8月22日、10月31日、2007年10月3日、2010年12月21日、2011年6月14日、2012年2月24日、10月6日、2013年7月20日、2015年1月5日、前掲かがわ希少糖プロジェクト Web ページ、香川大学希少糖研究センター Web ページ(2015年8月取得)、ビジネス香川 Web ページ(2015年9月取得)による。
- iv 資本金730万円で、(株)伏見製菓所、松谷化学工業(株)、関係者個人が出資。社長には順に辻坂好夫氏(知的クラスター創成事業の事業総括)、07年に近藤浩二氏(香川大学元学長)、12年に何森教授が就いているが、何森教授の技術シーズをもとに設立された会社である。11年に資本金を10倍に増資して株式会社化した。
- v 15年中に、その後、「平成27年度日本栄養・食糧学会賞」の技術賞(希少糖の機能解明と実用化)、「第6回ものづくり日本大賞」の優秀賞(「奇跡の糖」希少糖を含有する異性化糖の新規化学法による生産とその事業展開)などの賞を次々と受賞した(松谷化学工業ニュースリリース(2015年11月6日)、日本栄養・食糧学会 Web ページ(2015年11月取得)、第6回ものづくり日本大賞 Web ページ(2015年12月取得))。
- vi レアシュガースウィートについては前掲『レアシュガースウィートパンフレット』による。
- vii 番の洲工場建設に伴い、2012年にサヌキ松谷(株)を設立(近藤浩二『希少糖事業の概要』プレゼン資料、2015年9月)。
- viii 「決断のとき一人—松谷英次郎氏[松谷化学工業会長] 夢の甘味料を実用化」『日経ビジネス』2011年2月14日、『日本経済新聞』2001年2月15日による。
- ix 知的クラスターの定義は『平成15年度知的クラスター創成事業パンフレット』文部科学省、都市エリ

- ア産学官連携促進事業の内容は『平成21年度都市エリア産学官連携促進事業パンフレット』文部科学省による。
- x 以下において香川県における知的クラスター創成事業については、『知的クラスター創成事業 自己評価報告書 [公開版]』香川県、2007年3月、『平成21年度知的クラスター創成事業パンフレット』文部科学省による。
- xi 後述するように、地域外の企業といえるが、メイン工場などの関係で地域内に分類されている。
- xii 病原菌に接触した植物に対する、防御関連遺伝子活性効果。
- xiii 終了事業評価については『知的クラスター創成事業終了評価報告書(平成18年度終了地域)』文部科学省、2008年6月による。
- xiv 5.(3)における希少糖食品に関する説明を参照。
- xv 以下において都市エリア産学官連携促進事業については、『高松エリア事業成果集(財かがわ産業支援財団、2011年3月、『平成22年度地域イノベーションクラスタープログラムパンフレット』文部科学省、(公財)かがわ産業支援財団 Web ページ(2015年9月取得)による。
- xvi 7社は、マルキン忠勇(株)(醤油)、かどや製油(株)(ごま油)、(株)岡田武市商店(佃煮)、千金丹ケアーズ(株)(医薬品)、(株)大和製作所(麺類)、(株)松浦唐立軒(菓子)、中野産業(株)(穀類)である(事業内容、従業員数は各社 Web ページ(2015年12月取得)による)。
- xvii 内閣府 Web ページ(2015年11月8日取得)による。事業総括の谷内田氏によれば、意思疎通を図るため、希少糖連絡会議をほぼ毎月開催し、産学官が一致協力できる体制を整えたとのことである(かがわ産業支援財団聞き取り調査(2015年9月))。徳田教授によれば、都市エリア産学官連携促進事業において、「大きなビジョンを背景に、戦術的には具体的で小さな目標を作り、それをクリアしていく」という習慣を植え付けられたのは大きな勉強でした」と当時の事業総括を評価している(『農林水産・食品産業分野における産学官連携コーディネーションマニュアル』(社)農林水産・食品産業技術振興協会、2012年3月)。
- xviii 『日本経済新聞』2006年9月7日、2011年8月24日による。
- xix 以下において「かがわ希少糖ホワイトバレー」プロジェクトについては、『香川県産業成長戦略〜力強く着実に成長していく香川の経済社会を目指して〜』香川県、2013年7月、『第1回香川県希少糖戦略会議資料』香川県、2013年9月、『第2回香川県希少糖戦略会議資料』香川県、2014年4月、『第3回香川県希少糖戦略会議資料』香川県、2015年3月による。
- xx 産業技術センターはこれまでも香川大学との共同研究、県内企業への技術支援を行ってきたが、プロジェクトチームを発足させることにより強化を図った(香川県産業技術センター聞き取り調査(2015年9月))。特に、希少糖D-ブシコースの食経験(いつも口にしていない食品に含まれていること)は安全性の担保となることから、高感度に分析する方法を開発し、加熱した食品に多く含まれ、加工過程の加熱によって果糖から生成されることなどを発見した(『新・さぬき野』香川県、2014年冬号、2014年12月)。平均的な食事で1日約0.2mgのD-ブシコースを摂取している(前掲かがわ希少糖プロジェクト Web ページ)。産業技術センターは希少糖研究開発プロジェクトとして、15年度は希少糖生産微生物・酵素資源探索事業、希少糖研究機能強化事業を実施している。前者は、希少糖に関する香川県の競争優位を将来にわたって確保するため、希少糖をより効率的に生産できる技術の研究を行うものである。後者は、希少糖の微量分析法を確立し、希少糖含有食品製造に係る技術支援を行うとともに、次世代希少糖の食経験を明らかにしていくものである。
- xxi 15年度の新規事業として他に、機能的食品産業強化事業があり、これは機能的表示制度を活用するための臨床試験や研究レビュー等に要する費用を補助(補助率1/2、補助上限額300万円)するものである。
- xxii 日経会社プロフィール2014年3月情報(日経テレコン、2015年9月取得)による。
- xxiii 以下において伏見製菓所については、伏見製菓所 Web ページ(2015年10月取得)、中小企業庁 Web ページ(2015年11月取得)、丸亀市企業紹介サイト Web ページ(2015年11月取得)、『日本経済新聞』2005年11月22日、2006年9月8日、2007年5月25日、2012年6月20日、2013年11月7日による。
- xxiv 日経会社プロフィール2014年12月情報(日経テレコン、2015年9月取得)による。
- xxv 消炎鎮痛剤などの湿布薬の中で、薬効成分が入った膏体を不織布に塗り広げた貼り薬。
- xxvi 以下において帝國製菓については、『日本経済新

希少糖産業クラスターと地域経済活性化

- 聞] 2014年8月4日、帝國製菓 Web ページ (2015年10月取得)、瀬戸内海放送「自由人 会社人 トップの横顔」(2014年1月26日放映)、リクナビ2016 Web ページ (2015年11月取得)、前掲 (公財) かがわ産業支援財団 Web ページによる。
- xxvii 東京商工リサーチ企業情報2014年8月情報 (日経テレコン、2015年9月取得) による。
- xxviii 以下において四国総合研究所については、四国総合研究所 Web ページ (2015年10月取得)、四国電力 Web ページ (2015年11月取得)、『日本経済新聞』2001年12月19日による。
- xxix 以下においてレクザムについては、レクザム Web ページ (2015年10月取得)、前掲ビジネス香川 Web ページ、マイナビ2016 Web ページ (2015年11月取得)、『日本経済新聞』2002年1月18日、2006年5月19日、2013年3月28日による。
- xxx 日経会社プロフィール2014年12月情報 (日経テレコン、2015年9月取得) による。
- xxxi 以下において松谷化学工業については、前掲「決断のとき一人―松谷英次郎氏[松谷化学工業会長] 夢の甘味料を実用化」、「時事深層―トクホのコーラが売れる事情」『日経ビジネス』2012年5月28日、『日本経済新聞』2007年7月4日、2010年3月30日、2012年10月6日、2013年7月26日、2015年1月16日、3月9日、5月30日、9月12日、松谷化学工業 Web ページ (2015年10月取得)、松谷化学工業ニュースリリース (2014年7月1日) による。
- xxxii メッツコーラ (キリン) が2012年に発売された際、トクホの飲料としてヘルシア緑茶 (花王)、黒烏龍茶 (サントリー) 以来のヒット商品となったが、メッツコーラには難消化性デキストリンが含まれており、中性脂肪の上昇抑制でトクホを取得している。
- xxxiii 地域イノベーション創出研究開発事業 (経済産業省、2009-2010年度) の成果 (前掲『希少糖事業の概要』)。
- xxxiv 日経会社プロフィール2014年11月情報 (日経テレコン、2015年9月取得) による。
- xxxv 松谷化学工業はD-プシコースを1ポンド (453.6g) 当たり5ドル以下で生産できる (Newsweek 03/06/2015)。
- xxxvi 以下において希少糖含有シロップの利用については、『日本経済新聞』2012年10月2日、2013年2月16日、3月23日、9月26日、2015年3月3日、3月18日、8月15日、8月26日、希少糖普及協会 Web ページ (2015年8月取得) による。
- xxxvii 前掲かがわ産業支援財団聞き取り調査によれば、食品業界は“我らが希少糖”という思いで、積極的に希少糖含有シロップを取り入れた。
- xxxviii 以下において希少糖産業クラスターの成功要因については、前掲『希少糖秘話』、前掲『香川県産業成長戦略〜力強く着実に成長していく香川の経済社会を目指して〜』、前掲『知的クラスター創成事業自己評価報告書 [公開版]』、前掲『農林水産・食品産業分野における産学官連携コーディネートマニュアル』、前掲『希少糖事業の概要』、香川県 Web ページ (2015年12月取得)、香川大学 Web ページ (2015年12月取得)、科学技術振興機構 Web ページ (2015年9月取得)、前掲ビジネス香川 Web ページ、『日本経済新聞』2001年4月11日、2002年6月7日、8月27日、2006年8月29日、2011年6月23日、2014年9月2日、何森健教授聞き取り調査 (2015年10月)、徳田雅明教授聞き取り調査 (2015年9月)、近藤浩二氏聞き取り調査 (2015年9月)、香川県庁聞き取り調査 (2015年9月)、前掲かがわ産業支援財団聞き取り調査による。
- xxxix 「知的クラスター創成事業の指定に漏れた大学には有名校も多く、地方の一国立大学の研究が世界的な独創研究と評価されたのは奇跡に近い」という四国経済産業局首脳感想における“奇跡”は、国際希少糖学会と「イズモリング」によってもたらされたといえる。
- xl 四国経済産業局が、四国産学官連携サミットの間をフルに活用して地域ぐるみによる希少糖研究の支援体制確立に動き、知的クラスター創成事業の指定に漕ぎ着けた。四国では倒産が相次ぎ、経済指標が最悪を更新続けるなか、産学が連携して地域の研究開発力をどう高めるかは死活問題という問題意識のもと、指定に向け奔走した点も大きかった。
- xli K-MIX とはかがわ遠隔医療ネットワークのこと。
- xlii 財団理事長の中山貢氏によれば、当時の商工労働部長として、県を挙げて目指した第2期の知的クラスター創成事業に不採択となり、大きなショックを受けたが、都市エリア産学官連携促進事業に採択された時にはその喜びは非常に大きかったとのことである。また、何森教授によれば、文部科学省は、今になって希少糖産業クラスターを知的クラスターの成功例として評価し始めているとのことである。
- xliii 『日本経済新聞』2010年12月21日による。

xliv 聞き取り調査によれば、林原の希少糖生産に関する姿勢について「林原が生産してくれるものと思っていたが、何万トンレベルで作るようになれば生産してもいいが、現状ではできない（と言われた）」、「林原は当初、熱心であったが、そうでなくなり、熱心にアプローチしてきた松谷化学工業へと（向かった）」というコメントがあった。

xlv 聞き取り調査によれば、伏見製薬所の希少糖を使った食品分野の進出について「伏見はすでに撤退した」、「伏見は希少糖の試薬が売れなかったので、糖鎖へ（向かった）」というコメントがあった。

xlvi 香川県糖質バイオ関連技術の補助事業にも採択され、次のような研究を知的クラスター創成事業に加えて実施していたが、希少糖の大量生産に貢献する研究テーマではなかった。伏見製薬所「希少糖化学修飾体合成方法および各種希少糖の製造方法の研究」(02～05年度、補助金等5,837万円)、帝國製薬「D-Pscicose と D-Allose の混合物の抗炎症効果実用化研究」(02～04年度、補助金等4,836万円)、四国総合研究所「希少糖など糖類の植物への用途開発に関する研究」(02年～05年度、補助金等2,128万円)、隆祥産業「生体中に含まれる希少糖の定量分析方法の確立とその定量装置の開発」(03年度、補助金等492万円)。

xlvii 何森教授によれば、「希少糖という“もの”が動くことで、それが連携を促進した」とのことである。

xlviii 希少糖含有シロップの特許については松谷化学工業、希少糖生産技術研究所、香川大学が出願しているが、香川大学では松尾教授が発明者となっている（前掲香川県庁聞き取り調査）。松尾教授と徳田教授は、「平成27年度日本栄養・食糧学会賞」の技術賞（希少糖の機能解明と実用化）、「第6回ものづくり日本大賞」の優秀賞（「奇跡の糖」希少糖を含有する異性化糖の新規化学法による生産とその事業展開）において松谷化学工業等と共同受賞（前掲日本栄養・食糧学会 Web ページ、前掲第6回ものづくり日本大賞 Web ページ）。また、『D-ブシコース利用データ集』（財かがわ産業支援財団、2011年3月）によれば、「生理活性機能については、徳田教授の研究グループと農学部の松尾教授らによって精力的に研究が進められている」とのこと。

xlix 長谷川潤一「希少糖バイオクラスター発展経緯に見るコーディネーター像」前掲『農林水産・食品産業分野における産学官連携コーディネーションマ

ニユアル』による。

¹ 近藤浩二氏は、「第6回ものづくり日本大賞」の優秀賞（「奇跡の糖」希少糖を含有する異性化糖の新規化学法による生産とその事業展開）において松谷化学工業等と共同受賞（前掲第6回ものづくり日本大賞 Web ページ）。『日本経済新聞』（2011年6月23日）によれば、「香川大学の学長時代から産学官連携による開発の製品化を主導してきた」。また、『三木町町勢要覧2012』（2012年3月）によれば、「近藤浩二社長は、元香川大学学長で、産学官が連携した研究を推進するために尽力してきた」とのこと。

〔謝辞〕

本稿は、熊本学園大学付属産業経営研究所の調査研究費の助成による研究成果である。助成に対し、関係者の方々に厚く御礼申し上げる。