

## いま話題の希少糖とそれを取り巻く 甘味料業界の動向

公益社団法人 日本技術士会 登録  
食品産業関連技術懇話会 会員  
古西技術士事務所 所長  
技術士（農業部門、総合技術監理部門） 古西 義正



### はじめに

いま、自然界の中でわずかしか存在しない糖、いわゆる「希少糖」といわれているものが注目を浴びている。

平成27年3月3日～6日に、千葉県幕張メッセで開催されたFOODEX JAPAN 2015 第40回国際食品・飲料展の広大な展示場の中で、ワインやお菓子の試飲・試食コーナーの賑わいとは別に、ひととき女性の来訪者で賑わう一角があった。それが希少糖普及協会の展示コーナーで、希少糖を含有する「レアシュガースイート」のボトルとそれを甘味料として使用した香川県産等の各種食品がところせましと並べられていた。そして、体脂肪低減効果、内臓脂肪低減効果など、いわゆる肥満防止効果、血糖値上昇抑制効果が期待できるという希少糖の実験結果グラフについての掲示に女性たちが興味を示し、係員に盛んに質問していた。

この希少糖については、香川大学を中心とする産官学連携事業の模範的事例であり、地元の香川県ではすでに希少糖を使用した各種のお菓子や食品の生産が進められている。

その健康効果から、今後のブームが期待できるヒット商品としてテレビ、新聞、経済雑誌などに紹介されており、希少糖単品は特定保健用食品として既に申請されているほか、その関連商品が本年4月から始まる機能性食品表示など

との関係もありそうなので、講演会や関係各方面から得た情報を整理して紹介したい。

一方、従来からある甘味料の市場動向をみると、甘味料の主流である砂糖は、過剰に摂取すると糖尿病、肥満、虫歯といった健康リスクがあるとわれながらも、その独特の特性や生理機能により、市場は思ったほど極端に低迷していない。また、機能性甘味料として、整腸作用があるオリゴ糖、シュガーレス・ノンカロリー素材で甘味度が砂糖の数百倍もある高甘味度甘味料など様々な甘味料が市場に出回っているので、その市場動向を合わせて確認した。

### 1. 希少糖の話題

「希少糖 (Rare Sugar)」は、「自然界にわずかしかいない糖で、約50種あり、ガムなどで使われているキシリトールもその一つである。この名前は、香川大学研究推進機構特任教授の何森健（いずもりたけし）氏（国際希少糖学会会長）が命名した。

何森教授は、希少糖のなかでも、特にD-プシコースは、糖としての甘さがありながら、カロリーは砂糖の10分の1で、肥満の原因となる脂肪の蓄積を抑える効果があることを知った。つまり、この希少糖D-プシコースを使えば「食べても太らないケーキ」のようなデザートを作ることにも可能であり、更に、甘いものを食べなが

ら肥満や糖尿病の予防ができるのである。

希少糖の持つ可能性は食品だけにとどまらない。希少糖D-アロースは肝臓がんの細胞に加えたところ、増殖がおよそ半分になったという研究結果もあり、がんの予防薬につながる研究も進められている。こうした可能性があきらかになるにつれ、希少糖は“夢の糖”と呼ばれ、世間から注目されるようになった。何森教授は、希少糖を40年近く研究し続け、世界初となる希少糖D-プシコースの大量生産の独自技術を確立した。(引用文献:A1)

### 1.1 自然界での希少糖の形成とイメージ

(\*引用文献：A2)

平成25年5月26日のNHKテレビ番組「サイエンスZERO」で「46億年目の大逆転、“奇跡の糖”が人類を救う」と題して、香川県三木町の廃校の中での希少糖・プシコースの生産風景が紹介された。なお、この廃校は現在では(株)希少糖生産技術研究所と名付けられて、D-プシコースの生産がつづけられており、希少糖国際学会もここで開かれるという。

そのテレビ番組の内容を引用すると、40億年以上前の太古の地球の海底のアルカリ性の熱水噴出孔の中で炭酸ガスやメタンなど様々な分子が漂っている高温の中で原始的なバクテリアにより、ホルムアルデヒドがつくられ、それらが反応してさまざまな有機物がつくられた。それを取り入れた生物は、体内でぶどう糖をつくり、エネルギー源として体内に貯蔵できるようになった。

従って、自然界にある単糖の内の99.9%はぶどう糖が占めている。生物がぶどう糖を体内に取り込んで、エネルギー源として変換するのに都合のよい構造であったせいだと考えられている。わずか残り0.1%の中に50種類もの希少糖が存在するわけであり、あまりにも少ないため研究対象にならなかったのも、長らく、「役立たずの糖」、「おちこぼれの糖」と言われてきた。

### 1.2 希少糖の製造と健康効果の試験

(\*引用文献：A1、A2)

しかし、何森教授は「生物の世界では、微量であってもそこに物質が存在する以上、何らかの意味があり、希少糖にも必ず役割があるはずだ」と思って研究に励み、世界の学界からは無視されながらも研究を続けたのである。

そして、全国5000カ所もの土壌を集めたのに思った成果が出なかったが、何森教授が、偶然、大学の学生食堂裏で採取した土壌の中から分離した微生物の酵素を用いて、果糖からD-プシコースを主とする希少糖を大量に生産することが出来るようになった。何森教授は、色々な研究を通じて、各種の単糖を作る方法を体系的にとらえて「イズモリング」というシステムを確立し、希少糖を造る体系を整えていったことにより、希少糖は、おちこぼれの糖から一躍、有用な糖として利用されるようになってきた。

即ち、プシコースを植物に添加すると成長を阻害し、動物に与えると、血糖値の上昇抑制が行われ、体脂肪低減作用や内臓脂肪低減作用などの健康効果があることが認められた。実際に人間での実験でも、ぶどう糖のみ与えた場合とぶどう糖にプシコースを加えた場合を比べると、プシコースを加えた場合は血糖値の上昇が25%抑制されることが分かった。即ち、糖尿病予防にも効果があることが分かった。(引用文献A1)

「プシコース」は、本来、自然界の中で僅か0.001%しか存在しないし、自然界でもズイナという植物(漢方薬にも利用)だけに含まれていることが分かっている。ズイナも自然界で自分のプシコースを含む枯葉を落として周辺の雑草をはやさせない工夫を自然に行っている。

### 1.3 希少糖「D-プシコース」の特性のまとめ

(\*引用文献A3)

香川大学希少糖研究センター長 徳田雅明教授の講演資料によると、以下の通りである。

- (1) 自然界に存在する糖
- (2) カロリーゼロ
- (3) 砂糖の7割のさわやかな甘さ
- (4) 気づかずに、自然界から1日0.2グラム程度食べている糖。
- (5) 安全な糖（各種安全性試験をクリア）
- (6) 血糖値を下げ、肥満を予防・改善する

※希少糖（D-プシコース）が血糖値の上昇を抑える機序（\*引用文献A3）

希少糖D-プシコースを澱粉や砂糖と一緒に食べると次のような効果が期待できる。



澱粉や砂糖の消化を抑える、ぶどう糖の吸収をゆっくりにする。



血糖値の上昇を抑える。（余剰のぶどう糖や果糖の吸収が減る）



高血糖が起こりにくくなる。

すなわち、糖尿病（予備軍）の予防・改善（余った糖が脂肪に変わる量が減る。

（=肥満の予防・改善）

※D-プシコースによる肥満改善メカニズム

（\*引用文献A3）

- (1) 肝臓での脂肪の合成を抑制する
- (2) 動脈硬化開始因子MCP-1の分泌を抑制する
- (3) 血中から肝臓へのコレステロールの取り込みを促進する
- (4) 内臓や筋肉への脂肪の蓄積を抑制する



動脈硬化や肥満を抑制する

※特定保健用食品などの指定申請中

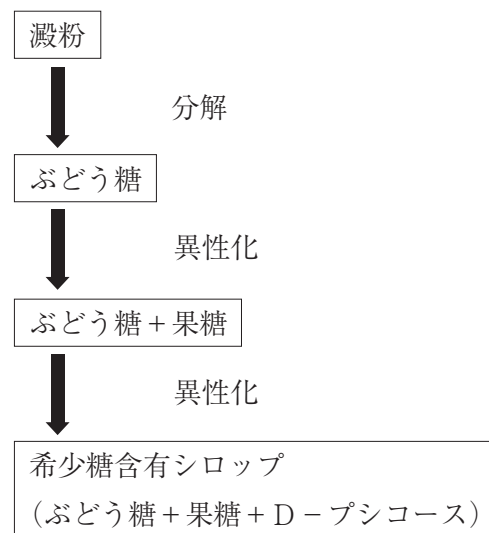
（2010年3月）

## 1.4 希少糖含有シロップ商品の開発

（\*引用文献A3）

一躍、プシコースが有用な糖であることが分かったが、高価な果糖からプシコースを製造すると1グラム1万円ものコストになるので、試薬として生産するには良いが、一般向けに販売するには無理がある。

従って、上記の実験結果を参考に研究して、大量生産には、工業的に甘味料として大量生産されている異性化糖（澱粉から生産した「果糖ぶどう糖液糖」の中に含まれる果糖からプシコースを主体とする希少糖の生産が実現した。



動物実験の結果、ぶどう糖が共存していても、血糖値の上昇を抑え、体脂肪低減作用や内臓脂肪低減作用などの効果を発揮できることが分かった。

（前記のNHKテレビ番組でも、「ぶどう糖と同じ分子式 C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>のD-プシコースが吸収穴へ来た時に分子構造が違うので吸収穴から入れず蓋をした形になり、ぶどう糖が血液に吸収されるのをブロックする」という原理が説明された。）

上記の結果を踏まえて、異性化糖を原料として生産した希少糖商品（ぶどう糖・果糖と希少糖の混在品）は、希少糖含有シロップと呼ばれ、

「レアシュガースイート」(Rare Sugar Sweet) という商品名で販売開始した。

- (1) 成分：ぶどう糖、果糖、マンノース、希少糖 (D-プシコース)
- (2) 甘味：砂糖の9割程度の甘味度、コクのあるスッキリとした味質
- (3) 熱量：砂糖の8～9割 (論文ベース)
- (4) 特性：異性化糖様 (異性化糖に比べて褐変しやすい)
- (5) 用途：チルド・炭酸・スポーツ飲料、菓子類デザート・冷菓ベーカリー・惣菜・卓上調味料、栄養ドリンク、サプリメント、高級健康食品

### 1.5 販売商品の性状 (\*引用文献A3)

- (1) D-プシコース (粉末) : D-psicose  
愛称 = さぬき新糖
  - ・100%純度のD-プシコース
  - ・カロリーはほぼゼロ (0.39 キロカロリー)
  - ・砂糖のほぼ7割の甘さ、食経験あり安全
  - ・食後の血糖値の上昇を抑制 (ヒト、健康ラット、糖尿病ラット)
  - ・抗肥満作用 (糖尿病、肥満ラット)
  - ・特定保健用食品 (5g D-プシコース)
  - ・大量生産の技術確立を進めており、近日中に発売を計画
- (2) レアシュガースウィート : RSS)
  - ・85%のシロップ+15%の希少糖等75%の糖質 (275g)、その内6%がD-プシコース (23g)
  - ・カロリーは3 kcal/ml (砂糖の8割程度)
  - ・砂糖とほぼ同じ甘さ
  - ・「レアシュガースイート」として販売中。
  - ・既に多くの食品・飲料に使用
  - ・特定保健用食品ではないので機能性を

謳うことは不可

- ・30gのRSSを用いたゼリー飲料の3か月間使用 (健常人) により体重減少を確認
- ・砂糖 (一日40～50g/人) の代わりに使う。

### 1.6 レアシュガースウィート : RSS) の長期摂取試験結果 (事例)

RSSを12週間摂取した結果の事例 :

- (1) 体重が1.8 kg減少
- (2) BMIが $0.7 \text{ kg/m}^2$  減少
- (3) 体脂肪が1.7%減少

### 1.7 希少糖応用商品例 (FOODEX JAPAN 2015 での希少糖普及協会展示ブースでの展示事例)

クッキー、塩羊羹、レモンケーキ、チーズケーキ、希少糖キャンディ、イチゴミルクアイスクリーム、味覚糖、讃岐特産アメ、レモンガム、希少糖オリゴ、水ゼリー、希少糖ソーダ、希少珈琲、濃厚マンゴリキュール、希少糖アップルティ、ジンジャーエール、タルタルソース、広島おたふく醤油、マルカン酢、甘酒、日本酒、白みそ、万能だし、味付けのり、その他。

### 1.8 希少糖ブームに対する増産体制

プシコースの結晶は、香川県三木町の廃校の教室で現在も製造が続けられているが、レアシュガースイートのシロップの生産については、当初、デンブンから異性化糖を生産している松谷化学工業(株)の兵庫県の工場では月産50トン能力で生産開始したが、最近の需要の伸びに対応するため、2013年、香川県内に新工場を建設して、同じく松谷化学工業(株)が製造開始した。製造量の受注は現在月に300トン前後の需要があり、現在の3倍程度の需要には対応できる見込みとのことである。



## 2. 甘味料の市場動向

### 2.1. 砂糖の消費量動向（\*引用文献B 1）

砂糖は、化学的には、ぶどう糖と果糖が結合したショ糖であり、体内に取り込まれると、小腸で吸収される時にぶどう糖と果糖に分解されて、その果糖の殆どはぶどう糖に変わる。ぶどう糖は脳の唯一のエネルギー源であり、体のエネルギー源ともなる。性状的にはもっともクセのない甘さがあり、温度が変化しても甘さは変化しない特徴がある。砂糖はまわりの水分を抱え込んで離さない性質があるため、食品の老化が起きにくく、乾燥しにくいので、食品はいつまでもやわらかさを保つという特徴がある。羊かんや餡やジャムなどでは、微生物の細胞の中の水分を取ってしまうので防腐剤がなくても腐らない。パンの中では、酵母の作用で砂糖は分解して炭酸ガスを発生させてふくら焼きあがる効果も出てくる。乳製品では、乳酸によるカ

ゼイン（乳蛋白）の凝固を防ぎ沈殿しないようにする。

以上のような特性があるため、特に菓子、清涼飲料水、パン、乳製品工場などの業界では砂糖は欠かせない存在となっている。

表B1-1、表B1-2でわかることは、健康志向により、砂糖全体の使用量は漸減し、家庭での砂糖使用量は年々減少しているのに対して、菓子類、清涼飲料、小口業務用、パン類、乳製品、調味料などの食品生産原料としての需要が年々増えていることは注目すべきである。つまり、家庭で直接摂取しなくなった砂糖の多くは、結局はお菓子や購入食品や外食で摂っていることになる。

日本人一人あたり1年間の砂糖消費量は、年々漸減気味であるが、2000年代に入ってから世界の年間一人当たり砂糖消費量に比べると

表 B1-1. 砂糖の用途別消費量（精糖工業会 調べ：\*引用文献 B 1）（単位：1,000 ton, %）

用 途	会計年度	2003年		2008年		2013年	
		消費量	比 率	消費量	比 率	消費量	比 率
菓 子 類		590	26.0	569	26.6	559	27.3
家 庭 用		332	14.6	303	14.2	268	13.1
清 涼 飲 料		386	17.0	414	19.3	430	21.0
小 口 業 務 用		190	8.4	189	8.8	193	9.4
パ ン 類		162	7.2	154	7.2	159	7.8
漬物、佃煮、ねり製品		127	5.6	87	4.0	72	3.5
乳 製 品		207	9.1	210	9.8	219	10.7
調 味 料		120	5.3	131	6.1	133	6.5
そ の 他 食 用		154	6.8	85	4.0	12	0.6
調査数値 合計		2,268	100.0	2,142	100.0	2,045	100.0

表 B1-2 国民一人当たりの年間砂糖消費量（世界砂糖機関 ISO 集計）（\*引用文献 B 1）

会計年度	1999年	2003年	2008年	2013年
総消費量 (ton) (粗糖換算)	2,541,276	2,414,502	2,073,595	2,200,000
一人当たり砂糖消費量 (kg / 人 / 年) 日本	20.1 (参考データ)	18.9	16.2	17.3
世界平均	20.8	22.7	24.7	23.1

年間 6 kg前後少ない。参考値の1999年頃と比べると、甘味離れだけでなく、各種の砂糖の代替甘味料の出現以外に、海外の安い砂糖を混合して輸入される加糖調製品として増加してきていることも要因の一つとみられている。

## 2.2 異性化糖の市場動向（＝消費動向）

近年、輸入とうもろこしの澱粉や国産いも澱粉を原料とする異性化糖（果糖ぶどう糖液糖、ぶどう糖果糖液糖）の生産により、特に清涼飲

料の業界への供給がなされているため、そういう業界向けの砂糖の消費量にはそれなりの影響はあるが、出荷量の一部には砂糖液糖を混合して納入することも行われている。

一時は輸入とうもろこしの澱粉や国産いも澱粉が数量規制された時期もあったが、現在は糖価安定法の枠組みの中で、ほぼ同じ供給先に納入される状況が続いていて、相当な天候異変でもない限り、横ばい状態が続く状況にある。

表 B2. 異性化糖生産量の推移（製品は液体なので、固形分換算で表示）（\*引用文献 B 2）

会計年度	2003年	2008年	2012年	2013年
異性化糖生産量(ton) (固形分換算)	787,587	845,758	844,906	集計未完

## 2.3 オリゴ糖の市場動向（\*引用文献 B 3）

オリゴ糖は、腸内環境改善作用という機能性に対して認知度が高く、夫々のオリゴ糖の特徴を生かした使い方がされていて市場は比較的安定的に推移している。

シロップ品は特に食品や飲料向け、粉末は主に健康食品向けなどで腸内環境改善や整腸作用を狙った利用がされている。また、物性改善やマスキング用途で使われていることも多くなった。

暦年	2003年	2008年	2012年	2013年
フラクトオリゴ糖	4,000 ton	不明	不明	3,300 ton
大豆オリゴ糖	1,000			
ガラクトオリゴ糖	5,100			4,400
キシロオリゴ糖	700			
乳糖果糖オリゴ糖	2,000			2,000
イソマルトオリゴ糖	11,000			11,000
ラフィノース	280			230
ラクチュロース	2,800			500
* 引用文献	食品と開発 Vol.38 (No.12)			

## 2.4 糖アルコールの市場動向 (引用文献B 4)

糖アルコールは、低甘味、低カロリー、非褐変性、非う蝕性、冷涼感といった特性や機能性を生かして市場を拡大してきたが、これらの特徴を訴求した利用は定番化し、市場は横ばい状態で推移中。特に、現在ではソルビトールやマ

ルチトール、還元水あめなどは機能性というよりも味付け目的の一般食品素材として利用されている。イソマルトやキシリトールはガム・キャンディやガム市場が停滞気味で減少傾向にある。

暦年		2003年	2008年	2012年	2014年
ソルビトール	液状	125,000 ton	不明	120,000 ton	120,000 ton
	粉末	75,000		7500	7500
還元水あめ		83,000		83,000	83,000
マルチトール	液状	15,000		15,000	15,000
	粉末	12,500		15,000	15,000
	結晶				
エリスリトール		5,000		8,000	8,000
還元パラチノース		4,500		4,300	4,300
ラクチトール		1,500		1,000	1,000
マンニトール		2,000		2,000	2,000
キシリトール		8,000		6,000	6,000
*引用文献		食品と開発 Vol.38(No.12)		食品と開発 Vol.48(No.12)	食品と開発 vol.50(No.4)

## 2.5 高甘味度甘味料の市場動向(引用文献B 5)

砂糖の数百倍の甘味度を有する高甘味度甘味料は、一部、ステビアのように植物から抽出したものもあるが、ほとんどは米国や日本で開発された人工の合成甘味料であり、カロリーゼロは最大の売りになる特徴で、少しでも砂糖の甘味に似たすっきりした甘さが追及されている。需要全体としては、2010年まで市場が拡大してきたが2011年の震災以後は、おおむね横ばい状

態が続いている。但し、国内需要のデータは不明な部分が多い。昨年9月に「人工甘味料が腸内菌叢を変化させ、耐糖能異常を引き起こす」という報文が科学雑誌Nature (\*引用文献B6)に掲載され、新聞等でも報じられた。即ち、高甘味度甘味料に関しても糖尿病のリスクが増加するという報告があり、より体に良い甘味料の開発が望まれている。

品名	甘味度	2003年	2008年	2013年	2014年
アスパルテーム	200	不明	450 ton	450 ton	460 ton
アセスルファム K	200	80 ton	400	400	410 ~ 420 ton
スクラロース	600	不明	不明	不明	110 ton
ステビア抽出品	200	170 ton	不明	170	170 ton
アドバンテーム	3万倍	(未発売)	(未発売)	(未発売)	不明

### <総合考察>

お菓子や料理など砂糖の自然な甘さのバランスは食通にとっても一番なじみがあるものだろう。甘味料に関しては、若い人たちはともかく、少なくとも中年以後の人たちは、甘いものは口にしたいが、肥満や糖尿病のリスクを考えながら食している人々の割合は年々増えているように思う。冒頭で紹介した新しい甘味素材である希少糖は、砂糖やぶどう糖と一緒に摂っても血糖値の上昇が抑えられるとのことであり興味深い素材であるが十分な吟味のもとに摂取することにしたい。但し、既に糖尿病を患っている人にも勧められるかどうかについては、夫々の状況があるので医師のアドバイスが必要ではないかと思う。

高甘味度甘味料も決して悪いものではないだろうが、The Nature研究報告も十分吟味されて、良い方向に向かうような工夫が今後されて本当に安心して体にやさしく価格も安いものが開発され、或いは改善がなされることを期待したい。

### <謝辞>

本稿作成段階においては、精糖工業会、精糖技術研究所、松谷化学工業株式会社広報部、株式会社レアスウィートなど関係各位よりの資料ご提供並びに「食品と開発」編集部の方々より市場資料使用ご許可等の御協力を得ましたことに対して厚く御礼を申し上げます。

=====

### 引用文献

- A 1 : 「夢の扉+ (プラス) : あきらめない人が心に刻んだ24の言葉 (NTT出版) P.36-43
- A 2 : NHKテレビ番組「サイエンスZERO」: 「46億年目の大逆転、“奇跡の糖”が人類を救う」(平成25年5月26日)
- A 3 : 香川大学希少糖研究センター長 徳田雅明教授の講演資料
- B 1 : 「砂糖」(精糖工業会編) 2006年版、2008年版、2015年版)
- B 2 : 「ポケット砂糖統計」(精糖工業会編) 2008年版、2013年版
- B 3 : 「食品と開発」Vol.38(No.12)、「食品と開発」Vol.48 (No.12)
- B 4 : 「食品と開発」Vol.38(No.12)、「食品と開発」Vol.48 (No.12)、「食品と開発」vol.50 (No.4)
- B 5 : 「食品と開発」Vol.38(No.12)、「食品と開発」Vol.48 (No.12)、「食品と開発」vol.50 (No.4)
- B 6 : 応用糖質科学 (日本応用糖質科学学会編第5巻 第1号 2015 (報文P44~49) 「アルカリ異性化を用いた希少糖含有シロップの製造方法および $\alpha$ -グルコシダーゼの阻害作用」(高橋 啓、中村雅子、飯田哲郎、大隈一裕、何森 健: 松谷化学工業株式会社研究所、香川大学希少糖研究センター)
- B 6 : **Artificial sweeteners induce glucose intolerance by altering the gut microbiota**  
(doi : 10.1038/nature13793)