

# 砂糖の科学と文化史

左右田 健 次\*

## 1: はじめに

まず、砂糖の化学的な面を簡単に述べます。砂糖は化学名：蔗糖，スクロース，サッカロースの通称であり，化学構造としては $\alpha$ -D-グルコースと $\beta$ -D-フルクトースが双方のアノマー炭素原子を介してグリコシド結合をしている $\beta$ -D-フルクトフラノシル $\alpha$ -D-グルコピラノシドです（図1）。ほとんどの植物において， $\text{CO}_2$ と $\text{H}_2\text{O}$ から光合成により生成したグルコースがフルクトースと結合して蔗糖の形で貯蔵されます。動物には蔗糖を合成する能力はありません。一方，動物で摂取された蔗糖は腸管で酵素，インペルターゼ（ $\beta$ -フルクトフラノシダーゼ）の作用でグルコースとフラクトースに加水分解されてエネルギーや生体物質の合成に利用されます。この意味で蔗糖は光合

成でできたエネルギーの貯蔵態といえます。また，グルコースが多数結合した多糖の代表としては，デンプン，セルロース，グリコーゲンがあり，いずれも糖の貯蔵形態です。デンプンには直鎖状の構造のアミロースと枝分かれが特徴のアミロペクチン（図2）があり，前者は普通のご飯の本体，うるち米の成分であり，後者は粘り気の高いもち米に含まれて，それぞれの特性を示しています。

糖類は全般的に甘味を示します。蔗糖の甘さを100とした時の代表的な糖類の相対的甘さをカッコ内に記します。

**単糖**： $\alpha$ -グルコース (82)， $\beta$ -グルコース (74)，ガラクトース (21~31)，フラクトース (1.3)，ソルビトール (0.7)，キシリトール (0.6)

**2糖**：蔗糖 (100)，マルトース (30)，ラクトース (14)

なお，糖以外の甘味物質も存在し，例えば，甘茶 (*Hydrangea macrophylla*) の葉には甘味物質，フィロズルチンが高濃度で含まれています。糖をはじめこれらの甘味物質は舌や口腔の味蕾細胞に存在する味受容体タンパク質に結合し，電気刺激を誘発し味覚神経系を興奮させ，その電気信号は信号中継所ともいべき延髄，間脳を経由して大脳側頭葉の味覚中枢に到達し，甘い味として認識

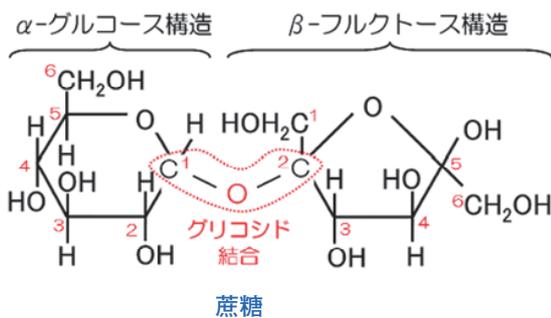


図1. 蔗糖 (砂糖, スクロース)

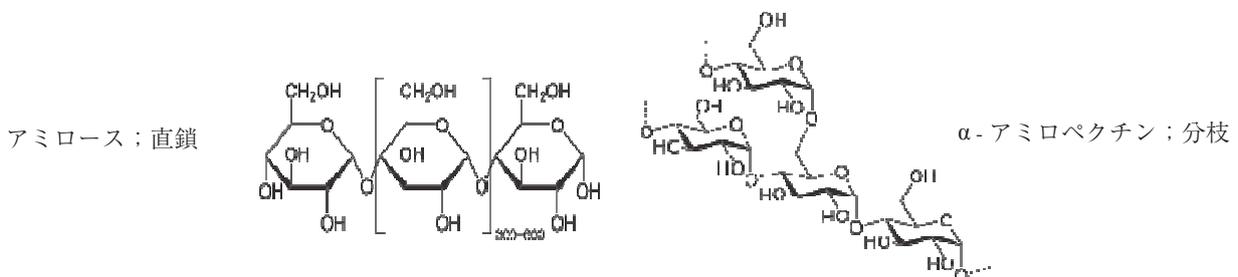


図2. 多糖：デンプンの構造

\*京都大学名誉教授

されます。その際、香りは味と不離不即の深い関係があります。例えばコーヒーから香りを除去すると酸味と苦味だけの味気ない味を呈します。

## 2：砂糖の原料と製法

最も重要な原料である砂糖きび (*Saccharum officinarum*) はイネ科サトウキビ属に属し甘蔗とも呼ばれます。ニューギニアの原産で、主な産地は熱帯や亜熱帯のブラジル、インド、台湾などです。わが国では沖縄と奄美で栽培されており、幹の汁から砂糖がとられます。次いで生産量の多い甜菜 (*Betavulgaris ssp. vulgaris*) はビートあるいは砂糖大根とも呼ばれますが、分類学的には大根とは関係なく、ヒユ科アカザ亜科フダンソウ属の越年草であり、肥大した根の絞り汁から砂糖が抽出されます。地中海が原産地で、フランス、ドイツ、米国北部、ロシアなどの寒冷地で栽培され、わが国での主たる栽培地は北海道です。量的には少ないのですが、糖かえで (*Acer laurinum*, クロジ科カエデ属、原産地北米、カナダ東部) の樹液からも砂糖は生産されています。主な産地はカナダと米国北東部で、わが国では山形県と埼玉県北部で少量ながら生産されています。さらに僅かですが、インドネシアでは砂糖椰子 (*Arenga pinnata*) の樹液や花序から椰子糖が生産され、砂糖菓子などの原料として利用されています。

これらの原料から砂糖を製造する製糖工程は原料の種類によって違いますが、砂糖きびと甜菜からの製法の大筋を記します。まず原料から液状の糖分をとり出す工程、つまり砂糖きびからは圧搾して、また甜菜からは煮沸して液状の糖分(糖汁)を取り出します。砂糖きびの残渣はセルロースを主体とするバガスで、火力発電の燃料やバイオマス原料として利用します。糖汁には消石灰などを添加して不純物を沈殿させ、上澄液から物理的、化学的操作によってさらに不純物を除去し、濃縮します。次いで結晶化を繰り返して純度を上げて製品にします。

## 3：砂糖の歴史

BC4世紀のアレクサンドロス大王の東征でインドにおいて、大王が当時西欧での唯一の甘味料、蜂蜜とは異なる固形の甘味料、甘藷糖を得て感激した記録が残されています。ですからそれ以前にインドでは砂糖きびの栽培と製糖が行われていたこととなります。この砂糖は隊商によって運ばれ、西欧に知られるようになったのです。特にイスラム人の隊商はキプロス、ロドス、クレタ、マルタ、シシリア、トルコそしてヨーロッパ各地に砂糖をもたらし、「砂糖はコーランとともに」広がっていったのです。この頃、すでに砂糖きび栽培に奴隷が使われ始めていました。一方、中国や東南アジア諸国にも砂糖きびの栽培と製糖が伝わり、今でもマレーシアやインドネシアなど、東南アジアは甘蔗糖の一大生産地になっています。さらに11~13世紀に起こった十字軍のエルサレム遠征は聖地奪還には成功しなかったものの交易を盛んにしイスラムの文化、特に科学、医学がヨーロッパに導入され13~15世紀のルネッサンス勃興の遠因にもなりました。

やがて、コロンブスの米大陸到達(1492年)やヴァスコ・ダ・ガマのインド航路開拓(1498年)に代表される大航海時代(15世紀末~18世紀末)を迎え、東西の交流、交易は盛んになりました。16世紀には砂糖きび栽培にアフリカ奴隷の組織的な使役が始まり、マディラ諸島(大西洋ポルトガル領)は砂糖産業の中心地となり、大量の砂糖がベルギーのアントワープを經由してヨーロッパ各地に供給され、砂糖は主要な国際商品となりました。次いで、米大陸南部や東南アジア、アフリカが砂糖きび栽培の大きな生産地となり、また砂糖は馬鈴薯、香辛料そして綿織物とともに交易の中心商品になりました。一方では、「砂糖のあるところには奴隷あり」といわれるように砂糖産業に奴隷制が広がりました。当時、カリブ海周辺は海賊の海といわれるほどに商船を標的にした海賊が横行していました。その一部、あるいはその大部分はヨーロッパ諸国から特許状を付与された公

認の海賊であったのです。

17世紀に入ると、砂糖キビ栽培と製糖の中心はポルトガルからスペインへと、そしてさらに1581年にスペインからの独立を果たして海洋国家として実力を蓄えてきたオランダへと移りました。一方、カリブ海では英国とフランスが領有するバルバドス島、マルチニク島が砂糖キビ栽培、製糖の中心になり、貿易の舞台はオランダのアムステルダムへと変わりました。しかし次第に英国が砂糖生産に関して優位を占めるようになりました。つまり、英国の植民地、米国大陸に多数の黒人奴隷を働かせる大農場と製糖工場が増加し、そこで生産された粗糖をロンドンやリヴァプールなどの港に運送し、さらに大掛かりな製糖と販売を行って莫大な利益を売る砂糖成金が次々と生まれたのです。図3に示すように英国製の綿布、鉄砲や黒人の喜ぶガラス玉をアフリカの奴隷海岸や黄金海岸などの奴隷市場に運び、奴隷を購入してカリブ海のバーミューダなどで、奴隷を高く売り、安い労働力で安価に生産される砂糖、煙草、綿花を購入して英国に搬入してまた高く売り、再び綿布などを安く買ってまたアフリカへ持っていくという奴隷を介した三角貿易が多くの成金を生みました。その中から40人もの国会議員が輩出されたといわれます。この三角貿易によって英国は大いに富み、アフリカ原住民は極貧に、主体性のないカリブ海諸国もまた、ひたすら貧しくなっていたのです。その底辺にはアフリカの黒人奴隷を狩り出すのに現地の黒人を利用するという二重

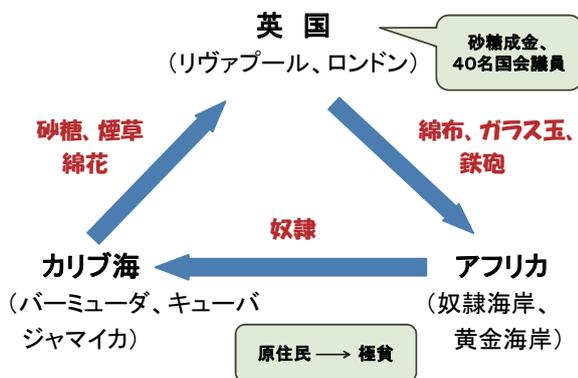


図3. 奴隷三角貿易

の非道な仕組みが組み込まれていました。この時代、ヨーロッパ各地に運ばれた大量の砂糖は「黒人奴隷の血と汗と涙の結晶」といわれる所以です。

砂糖は単に高価な甘味料としてだけでなく、11～13世紀の医学書に「砂糖は万能薬」と記されてあるように、当初結核、熱病、咳、胃病、口唇疾患などに特効があると信じられ、薬として使われていました。14、15世紀にはヨーロッパに蔓延し人口の三分の一が死亡したといわれるペスト（黒死病）が流行しました。しかし、ペストに対する治療薬も治療法もない状況の中で高価な砂糖が特効薬と盲信され、投与されていました。

#### 4：砂糖と茶

1600年、英国のエリザベス一世から特許状を与えられアジアの外交権、軍事権をも併せ持つ独占交易会社、東インド会社が成立しました。次いで1602年にはオランダにも東インド会社が生まれ、アジア交易だけでなくスペインからの独立にも力を尽くしました。オランダ東インド会社は先ず中国から緑茶を輸入し、後れをとった英国東インド会社は中国南部の紅茶の輸入を始め、ヨーロッパに茶が飲まれるようになりました。しかし、当初、砂糖は極めて高価で、壊血病や胆石、頭痛に特効のある薬として薬局で売られていました。その後、輸入額が増え、英国では17世紀中葉には飲料としてコーヒーハウスで紅茶に砂糖を入れる風習が始まり、貴族階級のこの風習は一般庶民に広がり砂糖入りの紅茶は国民飲料となりました。この風習は紅茶と共に砂糖の消費を拡大し、上述の奴隷三角貿易を促進しました。1665年、ロンドンのペスト禍で人口の三分の一が犠牲になり紅茶、砂糖の消費は一時的に減少したもののその後はさらに増加を続け、奴隷貿易も増加の一途をたどりました。当時、カリブ海の英国植民地において6万人の英国人に対して奴隷の数は45万人にも達していました。英国とフランスの奴隷の総数は3千万人、中でも英国の貴族の多くは茶と砂糖に関連した奴隷産業に依存していました。フラン

スはカリブ海での砂糖産業で大きな利益を得ていた半面、その植民地には茶を生産をするところはなく、多くはコーヒー生産地でしたからやむなくコーヒー嗜好国になりました。英国の砂糖貿易は次第に躍進し、フランスの9倍の砂糖を流通、消費するほどになったのです。この砂糖経済の過剰発展は必然的に砂糖産業への投機ブームを起しました。

## 5：歴史に残る砂糖の足跡

18世紀初頭、英国の南米スペイン領との砂糖・奴隷三角貿易や植民事業が盛んになりました。過剰な期待からその事業の筆頭会社、南海会社への異常な投機熱が高まり、1720年前半、株価が8倍近く値上がりして空前の過剰投機がおこり、他の不良会社にも実体のない投機ブームが生じました。しかし、またたく間に破局が訪れ、株価は下落し、多くの投資家が深刻な打撃を受けて倒産し英国経済は混乱しました。この防止のため泡沫株式会社禁止法ができましたが、その後も英国の経済発展に大きな悪影響を与えました。これが砂糖貿易にまつわる南海泡沫事件です。これとよく似た投機ブームの騒動は1636～37年、オランダで珍奇なチューリップの開発への過剰投資ブームとその破局であります。最近では1991年～1993年の日本でのバブル崩壊や2008年の米国での住宅建設への過剰投資と悲劇的倒産、その世界的余波（リーマン・ショック）が挙げられます。

さて1689年前後、英仏植民地戦争に勝利した英国はドミニカ、ルイジアナを獲得したものの膨大な戦費の償還のためにアメリカ植民地に増税、特に茶と砂糖の取引に極めて高い税金を課したのです。これに対し米植民地の人びとは「不当な高税に反対」を旗印に英国製品の不買運動を展開しました。本国英国への反旗ともいえるこのボイコット運動は次第に広がりを見せました。そのさ中、1773年、大量の茶を運搬してきた英国東インド会社の船がボストン港に入港しました。S.アダムスらの米植民地の独立派の人びとはこの船を

襲って茶を海に投棄しました。いわゆるボストン茶会事件です。これに対し英本国は弾圧法を発動して取り締まりを強化したため反英運動は全面的な革命、独立運動に変わっていき、後のアメリカ独立（1776年）へとつながったのです。ついでに記せば、この茶への課税事件と反英運動がきっかけとなって米国は紅茶党からコーヒー党の国に変わり、これは現在も続いています。

## 6：付記すれば

終わりに砂糖に関連した雑筆を記します。砂糖キビから砂糖精製の過程（結晶化など）で分離した不純物（糖蜜、廃糖蜜）はまだ糖をかなり含んでいるので、これを発酵、蒸留した強い酒、ラム酒はジャマイカ、ハイチ、キューバなどの特産品です。ラム酒を英国に運んで熟成してから高級製品化することもありました。英国の船乗りや海軍の軍人はラム酒を愛用し、航海に出るときには大量に積み込みました。勝ち戦の後、皆が酔いしれるほどのみ、負け戦では提督など上級乗組員が死んだときには遺体をラム酒につけて帰港し葬儀を行いました。R.ステューブソンの小説「宝島」にもラム酒の好きな船乗りが出てきます。楓糖は昔から原住民の好んだ嗜好品で、精製前のメープルシロップは独特な風味を持ち、石灰で中和した後、製菓に利用され、ビタミンB<sub>12</sub>、葉酸、ビオチンなどのビタミン類とミネラルを豊富に含んでいます。

文献はいちいち挙げませんでしたが、多くの成書（例えば、左右田健次、今中忠行、谷澤克行、編著 工学系のための生化学2012 化学同人、川北稔 砂糖の世界史1996 岩波書店）や論文を利用しました。また、話をした折には宗林由樹先生、寫田有紀様始め幾人かのかたがたのお世話に与りました。併せて深くお礼を申し上げます。