

甘味料商品の變遷

淺岡博

一 まえがき

人間の基本的味覚は、甘、酸、鹹、苦の四味あるいは更に辛を加えて五味であるともいわれているが、このうち甘味覚に対する本能的欲求は、幼児の甘味感覚器が成人より発達して、舌の下面や頬の内面にまで感覚神経が存在している（ジャック・ル・マニアン 岩崎友吉訳、味覚と味、一五頁）ということより推察されるように、本来栄養摂取の目的に対する機能と関連しているようで、このため人間の甘味食品に対する欲求は深刻な一面を持っている。

甘味は初め果実、草根木皮あるいは野生の蜂蜜などの甘味が利用され、ついで麴や飴の製法を知り、また甘蔗汁から蔗糖結晶化の技術的成功は砂糖の出現となり、これは発展して今日甘味料商品の大宗となった。一方砂糖発展の過程の中で人工甘味料も発見され、これはまたこれなりに根強い発展を辿っている。

ところで、商品の經濟価値の源泉は、商品の持つ使用価値あるいは効用などに求められている。そして品質という言葉には種々の意味が与えられているが、ここでは使用価値の直接的な現象形態（石井頼三、經濟学辞典、七

二三頁)と解するなら、先に記したような商品の生起消滅も、使用価値は製造過程で盛り込まれるから、品質の向上に起源を求めて説明することもまた可能である。

消費者の「ある使用目的に合致した使用価値を第一とし、その使用価値とその価格を比較して購入する」選択行為は、「使用目的が同一ならそこに競合が起り、そして価格が同一ならば、使用価値の大きいものが、その競合において優位となる」(北原三郎、塩素工業製品の交遷 一橋大学 商学研究 七、一九六三)結果を生じる。このことは企業生産者に一層の商品々質意識を喚起させ、価格の低下は当然ながら、品質の向上も促進させる。

商品交遷は品質向上以外の他の原因によっても生起しているが、その交遷は現象的にまず

- (A) 在来製品と機構あるいは材質において全く異質なもので構成されたものの出現、
- (B) 在来製品の中での生産方式の改良あるいは変化、それに伴う品質の向上、利用面の拡大、
- (C) 在来製品を構成する原材料を用いて、別種商品の創造

などの型となって現われる。そしてこのように現われた商品の、その時点における優位性は需要量によって決定される(北原三郎、前掲書、一四頁)。

小論では以上のような考察を根拠に、甘味料商品の交遷の様相を明らかにしようとするものであるが、特に品質交遷を探るためには、既に記したように、使用価値が製造行程において盛り込まれることが多く、したがって目前に時代順にそれら商品が展示されているのでもなく、またその品質についての記録もない場合、その生産技術を通じて当時の品質を推測するのが最も妥当な方法と考える。この理由からして小論が時に生産技術の発展に、勢い主点が置かれるのもまた止むを得ないであろう。

二 甘味料の分類および種類

周知のように商品の発生は、分業が進み交換経済の発達と共に現われたのであるから、古い時代の甘味料がはたして商品という概念に該当するかどうかは検討を要することである。古い時代の文書に残された甘味料をも含めて、今日まで世上に現われたものを分類記録してみるとつぎのようになる。

原料的にまず自然品と化学的合成品との二つに大別できる。自然品は原料に対する加工度の強弱により分けられるが、弱いものはブドウ果汁、甘蔗汁、あまづら、甘柿粉、蜂蜜の類で、強いものは飴、砂糖、ブドウ糖などを挙げることができる。化学的合成品はいわゆる人工甘味料と言われるもので、サッカリン、ズルチン、サイクラミン酸ナトリウムなどがこれに属している。

先に天然性甘味料を加工の強弱によって分けたが、古い時代の砂糖、飴なども今日のそれらと較べれば遙かに弱いものであるが、なお、古い時代に引き戻して考察しても、当時として原料に対する加工度は強いものである。加工度の弱い原始形態の甘味料のほかに、わが国の例では古代（奈良朝時代）に、やまいちを煮てその甘味を利用したとか、酥酪（羊や牛の乳でつくったもので、今日のバターに相当するもの）が甘味料として挙げられている（足立勇、日本食物史、一六二頁）。また、砂糖に類するものでは、楓糖、椰子糖、芦粟糖などがあるので、先に挙げた甘味料は世上に現われた甘味料の代表的なものに過ぎない。

ここに挙げられた代表的甘味料の中でも、消滅してしまつたもの、消滅まではいかないが、全く限定された消費の中に生きているもの、今日においてもなお発展的に存在するものなどがある。食品消費量の大きな趨勢の背

第1表 甘味料消費推移（大蔵省調べ）

年 別	砂糖類 (トン)	水 飴 (トン)	ブドウ糖 (トン)	サ ッカリン (トン)	ズルチン (トン)	サイクラミン 酸ナト リウム (トン)
昭和 9~11	983,055	121,481	11,559	108	—	—
32	1,164,230	265,000	63,300	560	560	300
33	1,283,932	252,000	72,400	560	560	900
34	1,353,422	239,500	72,200	640	640	1,550
35	1,417,000	325,000	91,000	796	795	2,144
36	1,495,763	314,000	91,000	1,463	660	3,300

- 注 1. 砂糖類は課税および免税高の合計（精みつを含む）。
 ブドウ糖は生産高と輸入高の合計。
 サッカリン、ズルチンは原料使用高、課税高、免税高、工業原料などへの使用割合などより推定した甘味料としての消費量を示す。
 （ズルチン、サッカリンの内訳は明らかでないの概ね同数として計算した）。
2. 35年度の砂糖、および人工甘味料は実績により、その他は見込による。
3. 36年度の数値は筆者が各種資料をもとに書き加えたものである。

後には、いずれも社会的な変化、食品製造の技術進歩、栄養知識の普及および嗜好の変化などの歴史が存在しているのであるが、また品質、価格の競合に、このような変遷の根源を強く求めることができるであろう。

第1表はわが国の近年の甘味料商品消費推移を示すものである。この中には課税対象から捉えた数字などもあって後に挙げる統計数字と幾分異なる点もあるが、概貌を窺知する手掛りとはなるであろう。

第1表より明らかなように、各甘味料の消費はそれぞれ伸長しているが、その伸長の度合には差異があり、新製品としてのサイクラミン酸ナトリウムの増加は驚異的である。これもその商品の中に甘味料としての品質あるいは価格において、他と異なる優位性があったためであろう。以下に各甘味料を個別に取り挙げ、その品質を主体とする変遷を辿ってみる。

三 筒別甘味料

(一) ブドウ果汁

歴史上、中世時代の甘味料としてブドウ汁が利用されていた（チャールス・シンガー、技術の歴史 3、一〇三頁）。このブドウ果汁はブドウの実から搾った液を濃縮したもので、蜂蜜の代用品としての地位にあったが、これも中世末期、欧州に砂糖の消費が昂まるに従い、徐々に消滅していった、といわれているが、砂糖と直接交替が進行したばかりではなく、欧州では主として馬鈴薯澱粉を原料として、卓用澱粉糖シラップを造っている（最新化学工業大系、誠文堂新光社昭和十年版）との記事から推察して、飴のような甘味料の製造技術の発展も、品質的には劣るブドウ汁の消滅を促進させたとみてよいであろう。

(二) 甘蔗汁

紀元前数百年の時代に、インドでは甘蔗汁をつくった蜜を食用に供じていたといわれ、また、中国では紀元前三世紀に甘蔗汁を利用していた。そしてこれを柘漿と呼んでいた（藪内清、天工開物の研究、八四頁）。この甘蔗汁が発展して砂糖になることは後述する。

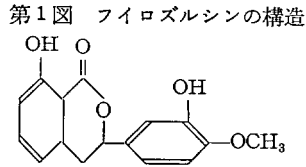
(三) あまづら

わが国の代表的な初期の甘味料で、その名称は枕草子、源氏物語などの書物にたびたび現われる。本州（東海道以西）、四国、九州に産するブドウ科の落葉蔓状灌木で、頂端に近い枝の部分からでる汁を煮詰めると甘味料となる。しかし当時のものは紀州十津川方面で、あまづらと方言で呼ぶつる草でつくったもので、このあまづらは茎より淡白汁を出し、冬に汁をとると、量は少ないが味は甚だよい、夏は量は多いが味は淡い、と紀州物産考に記されていて、古い時代に甘味料をとった植物については、植物学者のあいだでも諸説がある（上原敬二、樹木大図説 2、一一〇三頁）。このあまづらは足利義満の時代（紀元一四一四年）、明と貿易を始め砂糖が入り易くなるま

で用いられていた。今日、灌仏会に用いられるあまちゃは、あまちゃの葉を揉み乾かしたものの煎汁である。砂糖欠乏の戦時中には有力な甘味料となった。その甘味成分は、フィロズルシン $C_{16}H_{14}O_5$ で、構造式は第1図のようなものである。あまちゃのアルコール抽出液を脱色したのち、濃縮して得られる白色の柱状結晶である。

(四) 甘柿粉 (柿霜)

皮をむいた柿の表面に生じる白粉であるが、わが国および中国の古い時代に甘味料に用いられた。その成分はブドウ糖の類と推定してよいであろう。



(五) 甘草

マメ科植物の甘草の根を乾かしたものの煎汁を用い、その甘味成分はグリシルリジン $C_{41}H_{64}O_{10}$ を主体に、そのほか蔗糖、ブドウ糖、マンニットなどを含んでいる。グリシルリジンのナトリウム塩は水によく溶け、甘味が強く蔗糖の一〇〇倍といわれるが、その甘味感は持続的で不快である。しかし塩の鹹味を緩和するには、蔗糖より適当であり、また微生物の養分とならないから、現在は醤油の甘味料として賞用される。このほか漢方薬、丸薬基剤、医薬の苦み消去用に利用されている。

(六) 甘酒

甘酒は米を煮て、米麴を加えて米の澱粉を糖化した、わが国および中国古来のアルコール含有の甘味飲料であるが、漬物、醤油の甘味料として利用されたこともある。

以上これまでに挙げてきたものは、いずれも初期の甘味料であるが、後世、砂糖あるいは飴の出現発展により、

全く庄倒され消滅して行ったものもあり、また今日でもその種類を残している商品もある。あまちゃ、甘柿粉などが今日残っているのは、宗教的あるいは単なる珍奇性を愛好する嗜好の満足に支えられたものであり、甘酒は甘味料としてでなく、むしろアルコール性飲料としての別の効用が期待、利用されて存続している。また甘草は漢方薬としての利用以外、抽出成分が先に挙げたような食品加工適性として優利な自然科学的屬性を持っているので市場性を残している。

(七) 蜂蜜

洋の東西を問わず、初期の甘味料として挙げられる最も代表的なものであるが、また当時の上級甘味料であった。いずれも初期は野生蜜蜂の蜜を採取したものであるが、欧州では中世、養蜂採取が重要な事業となり（チャールス・シンガー、前掲書、一〇三頁）、また中国では明代に飼育が行なわれていた（天工開物、甘嗜第六卷）。

蜜蜂群は女王蜂一、働蜂二万〜六万、雄蜂二千〜三千匹で構成されていて、蜜を分泌する花が多数あれば、二万匹の蜂群は一日に二kgの蜜を集める能力がある。

蜂蜜は蜜蜂が草木の花の蜜線から得る分泌物を採取して巣に貯蔵したものである。もともと花蜜は蔗糖分に富んでいるが、蜂の唾液酵素のために転化されて、果糖、ブドウ糖が生じ甘味が増す。採取したまゝの蜜には花粉などの不純物が混在しているので、遠心分離機などにかけて不純物を別ける。蜂および花の種類によって、蜜の成分は違いますが、日本産の蜂蜜の一例を挙げるとつぎのようである。成分中のアセチルコリンのようなのは、蜜蜂の体内で合成されたものである。

・蜂蜜は古代エジプト、ギリシャ時代から、甘味料のほか防腐剤、発酵飲料などに用いられ、東洋では本草綱目

第2表 蜂蜜の成分(平均値)

水分	二〇・七%	ビタミン類(一〇〇g中)	
ブドウ糖	三五・〇	B ₁	五・五
果糖	三六・〇	B ₂	二〇・〇
蔗糖	二・六	ニコチン酸	一〇〇・〇
糊精	一・四	パントテン酸	一〇〇・〇
たんばく質	〇・三	ピオチン	六六・〇
鉱物質	〇・〇九	葉酸	三・〇
有機酸		アセチルコリン	一、二〇〇~一、五〇〇
ろう物質		C	二四〇・〇
酵素		K	二五・〇
		B ₆	〇・三mg

(中野茂、最新養蜂の実験、二四八頁)

時代に既に薬用や不老長生の栄養剤として賞用されているが、この古い時代からの薬効も臨床的に(渡辺武、蜂蜜薬効論、日本東洋医学会誌 五)、あるいは先に挙げた成分分析などによって科学的に立証されるようになった。

蜂蜜が甘味嗜好品として、古代から消滅することもなく市場性を保っている最大理由は、殆んど純粹のまゝで糖分が集合され、また甘味力も砂糖に劣らないという品質によるものである。加えるにビタミン、ミネラルなどの微量成分の含有は、栄養知識の普及により、その品質の評価を一段と高め、甘味嗜好食品の地位を一層強固な

ものにしてゐる。砂糖が優れた甘味力を持ちながら、なお黒糖から白糖へと品質を向上させ、嗜好に追隨することによって市場性を保持拡大してきたのに較べて、蜂蜜はこの点その生産過程からみて、古代のものと格段の差は考えられない。これは蜂蜜が殆んど純粹形態で産出されるためである。このため砂糖にみられるような品質発展は起こし得ないのである。エジプト、ギリシャ時代の人々の賞味した蜂蜜と、現在われわれの味わうそれと甚だしい違いはない。このことはまた古い時代においても蜂蜜が如何に優れた高級甘味食品であつたかを容易に理解させるものである。

蜂蜜には色々の種類のものがあるが、通例花の種類により區別され、それらの蜜はそれぞれの花の持つ特有の匂いと味がある。わが国の生産量の中で、約六割はナタネの蜜で、レンゲ蜜は二割である。價格的にはレンゲ蜜の方が高い。濃度の高いものは結晶し難いが、ナタネ蜜はブドウ糖が多いので、濃くても結晶ができやすい。水分は世界的水準が一八〜二〇%で、これより多いものは低温で濃縮する。また特有の匂いや色を活性炭で除いた精製品もある。養蜂振興法で製品に対し、添加物の有無、およびその種類、割合などを表示することが規定され、また等級を三種類に分けた農林規格も作成されつつある。蔗糖を転化して香料を加えた人工品やデーツ（なつめやし）を酸糖化したものは蜂蜜と甚だ類似しているため人造蜂蜜といわれ、これを蜂蜜に混和したものが偽交品として存在することもある。

わが国では江戸時代の風俗画に養蜂採蜜や蜂蜜問屋の図があり、これからみても生産、配給を備えた一つの産業態が既にこの頃形成されていたようである。しかしながら、採蜜量の増収を計り、在来種の日本蜂でなくヨーロッパ種の導入、蜜源を求めての転地養蜂また養蜂器具の改良発達は進み、養蜂技術の近代化が始まったのは明

治末年である（力富阡蔵、ある養蜂家の生涯、二七頁）。大正一〇年には養蜂の重要性が認識され、国家研究機関として農林省畜産試験場内に養蜂部が設立され、明治三九年当時約六万蜂群、産蜜量約六万貫のものが、大正一一年には一二万蜂群、産蜜量三四万貫（農商務省および農林省統計による）と、その生産量の増加は進んだ。戦前の最盛時には二二万蜂群、産蜜量八四万貫（昭和一五年）あった。

戦後、新農薬の利用、農用機械による深耕などのため、野生昆虫が減り花粉媒介が十分に行なわれず、農産物の減収を生じる傾向がアメリカ、ソ連などではあるといわれ、これらの国々の養蜂の主目的は蜜蜂を誘入して計画授精を行ない、農業生産力の増大を計ることに在るともいわれている。この風潮を受けてわが国では昭和三〇年に蜂群の適正配置によって生産物である蜜の増収と農産物の結実向上を目的とした養蜂振興法が施行されるようになった。

ところで、戦前は一般に薬局で販売されていた蜂蜜も戦中、戦後の砂糖欠乏時代には有力甘味資源として貴重視され——第一次大戦末期におけるヨーロッパの甘味飢饉にも蜂蜜が貴重品として浮び上り、わが国から英国に初めて五〇トン輸出されている（力富阡蔵、前掲書、六五頁）——砂糖需給が平静に戻った後も、パン食の普及また栄養知識の向上などで消費量は年々増加して、このため食糧品店でも広く販売されるようになってきた。しかしながら、その生産形態は養蜂技術の進歩があるとはいっても、昆虫の活動力に頼り、その生産力も一群が一日二kg程度であるので、大量生産は仲々望み得ない。消費に対して何等の説得を要しない需要層のある商品でも、それが大量生産化され、価格が廉くならない限り、商品は大衆化されない。後にも記すように、その価格は他の甘味料と較べて、かなり高価なものである。このように生産量、価格の点で蜂蜜が現在の甘味料商品の中で最も

奢侈性が強く、依然栄養品として医薬品的性格の枠から脱却することのできない限界を持っているようである。近年の生産量および価格を示すところのようである。

第3表 蜂蜜生産、価格推移

年 度	群数(単位千)	産蜜量(トン)	生産者価格(平均)
三四	一一一	三、七八三	二、五三三円/二、四kg
三五	一〇九	四、五七八	二、七六三
三六	一五四	八、四二四	三、二八三
三七	一六〇	五、八七九	四、四二五

(農林省畜産局食肉鶏卵課)

(八) 飴

澱粉は水に溶解難い高分子化合物であるが、これを加水分解すると次第に小さな分子となり、水に可溶性となつて最終的にはブドウ糖分子となる。その分解過程はつぎのようである。澱粉→アミロキシトリン→エリスロデキストリン→アクロデキストリン→麦芽糖→ブドウ糖。この分解過程で得られる一連の水可溶性の澱粉加水分解物は、加水分解の程度によつて甘味、溶解性、結晶性、可塑性などの諸性質が異なってくるが、甘味を持つという共通性から澱粉糖とも総称されている。澱粉の加水分解手段として、酵素の分解性能を利用する方法と酸分解の二つの方法がある。澱粉を口中で嚙んでいると、唾液中の酵素ヂアスターゼによつて糖化され甘味を帯びるが、このような経験が古い時代において製飴技術の端緒となり、その発展も唾液から進んで大量のヂアスターゼを生成する穀物胚芽の利用、また味覚上は原料澱粉の検討と進んだことは推察し易い。

ところで、飴がわが国の文書に初めて現われたのは日本書紀であって、これによると神武天皇の大和平安定時代に既に飴がつくられている。神武天皇の真偽は別として、古くからあり、砂糖がわが国に伝来したのは奈良朝末期のことであるから、砂糖以前に甘味食品として存在したことは疑いのないところである。わが国の初期の甘味料はあまづらであったが、原料に対する加工技術の点では飴の製造の方が遙かに高度のものであり、甘味の主体が糖分で、あまづらより美味である。またあまづらには植物生育上の地域的制限があるのに対し、飴の原料には地域的制限もなく生産量も多い。飴の生産技術の発展はあまづらの消滅に一層の加速を与えたようである。この飴も初期には生産技術の困難性したがって生産量の少なさのため貴重品視されていたようで、供養料（東大寺正倉院文書）、薬用（和漢三才図絵）、調味料および菓子としての間食用（三代実録）などの過程を辿り、ようやく大衆化していった。江戸時代初期に入り飴は全く大衆商品となり、その種類も甚だふえてきた。これは麦芽利用の飴生産技術が普及、同質化したためである。当時の飴製造法は、糯米を蒸熟して麦麴の粉と冷湯とを混和して甘酒のようにしてから濾過して濃縮煉ったもので、これを水飴または湿飴と呼び、これを更に煉って固くしたものが堅飴または膠飴（しろあめ）、さらにこれを二人して手をもって引き合せて煉ると一層白色になるが、これを白飴と呼んだ。元禄時代の飴は殆んど白飴であった（安東正、お菓子の歴史、三五四頁）。生産技術の普及は品質競争、販売競争となって現われてくるが、粟を原料とした透明の水飴（享保年間、一七二五年頃）や種々の呼称の変わった加工飴が多数につくられるようになり、店舗による販売以外に、人目を引く奇態の扮装で飴の行商が甚だ広く行なわれるようになった（花咲一男、江戸の飴売り）。このように飴が大衆化したのは、粘稠性、可塑性、口中で長く賞玩できるなどといった飴の独自の品質的特性にも帰因するが、決定的なものは、甘味商品として砂糖利用の菓

子類より価格が遙かに廉くあったことである。

酸糖化法は酵素糖化の経験技術に対し化学的知識が先行するようになる。これは一八一一年に有名な化学者キルヒホッフが発見したのであるが、工業化されたのは一八四二年であり、一八五七年頃まではその生産量も僅かなものであった（澱粉糖技術研究会報、第二〇号）。この方法が発見され、企業化された期間には、ナポレオンによる大陸封鎖があり、また砂糖もようやく欧州に広く行き渡るようになった時代である。このような社会的背景を考へるとき、この発見、企業化には砂糖甘味料に対抗する新甘味料の製造意識があったようである。

わが国で甘藷澱粉を酸処理して糖化する方法が始まったのは、ごく最近の昭和一〇年頃で、水飴製造業界として画期的なものであったといわれている（東海精糖社長 川村久光、思い出の糖業、九〇頁）。この酸糖化法の発達は、大規模生産設備の適用となり、従来の酵素糖化法を経済的に圧倒するようになった。

甘藷澱粉を原料とする酸糖化法は、澱粉を仕込槽に入れて、修酸を用いて糖化する。塩酸、硫酸などを用いる場合もあるが、修酸使用のものが製品の品質は一番よい。これは糖化後に過剰の酸を取り除くのに、修酸が最も分離し易いためである。糖化は加圧釜で行い、終了後過剰の修酸を石灰乳または炭酸石灰で中和する。中和によって生じた沈澱物は、自然濾過または加圧濾過して除き、濾液を濃縮する。この濃縮液を脱色するのであるが、通例活性炭が設備費の關係上利用される。ロンガリット、ハイドロサルファイトなどの薬品を使用するときは、食品衛生法で使用量が規定されている。脱色した糖汁は真空蒸発缶で煮つめて製品とする。製品の歩留りは水飴として、原料澱粉の九八％位である。

飴の製法はこれまでに記した酵素法と酸糖化法に技術的に二大別されるが、またこれらを併用した方法も発達

している。その一例を挙げると、麦芽飴は麦芽糖化法によるもので、最近の製法は細菌アミラーゼを使って、まず澱粉を糊化と同時に液化し、これに麦芽アミラーゼを作用させて糖化するのであるが、この糖化法では澱粉の分解状態が酸糖化の場合と異なって、比較的高分子のデキストリンが未分解で残っているため、粘度が高く、溶液の精製が困難である。この困難を除くためと、麦芽飴の長所である粘度と風味を備えさせる目的で、初め酸で比較的低度に澱粉を分解して置き、これに麦芽を作用させて酸糖化の精製法を適用する。麦芽糖の風味は不純物に帰因しているのであるから、精製を高くすれば、それだけ風味は失なわれる。

戦後、新しい形態で出現した粉飴は、澱粉を糖化、濃縮してから霧状に噴射して乾燥したもので、外国では既に一九三一年にドイツで特許製品として幼児食や醸造用原料につくられていた。またアメリカでは一九四〇年頃から企業化され、遂次生産され始め、水飴や澱粉には得られない特性があるので、需要は年毎に増大していったわが国では一九五四年（昭和二九年）に企業化されるようになったのであるが、企業化の端緒は、清酒にアルコールと糖分を添加してつくる三倍醸酒が一九五〇年生産開始され、これに添加する糖分としては、もろみの糖分解率の進んでいないものが要求された。しかし糖分解率の低いものは粘度が高く、濃縮缶で濃縮できなく、このため噴霧乾燥して商品化する必要があったためである。このような市場要求性と技術的未熟によるコスト高の問題が解決されて粉飴は出現するようになった。粉飴は酒造以外に冷菓に利用されることが多い。これは粉飴を混合すると氷点が上昇して早く凍るためである。

飴の成分は、糖化に麦芽を使用したものは主として麦芽糖とデキストリン、酸糖化をしたものはブドウ糖とデキストリンの混合物である。デキストリンは飴を粘稠にし、他の甘味料と異なる独自の品質を形成する。酸糖化

飴は一般に淡白で、濁りが少ない点では優れているようにみられるが、風味の点では麦芽糖飴に及ばないといわれている。

水飴の品質を知る上でつぎの業界規格は参考になるが、この品質規格も統制時代には、価格と関係して重要な意味を持っていたが、自由経済の相対取引ではそれ程重要性はない、著名品あるいはイオン交換樹脂を通したイオン物と呼称する製品が品質上高級品として取扱われ、その次に準ずるものが晒物である。

水飴品質規格

品 質 要 項	一 号 品	二 号 品
還元糖	三五～四五%	全 上
デキストリン	三五～四五%	全 上
水分	一六%以下	一七%以下
色 相	無色～淡黄色	全 上
透 明	透 明	透明～稍不透明
味 臭	異味、異臭のないもの。	異味、異臭のほとんどないもの。

また粉飴の組成の一例はつぎのようである。

水分 四・〇%

D・E 一五・〇

アミロデキストリン 四三・〇

甘味料商品の変遷

エリスロデキストリン 一五・〇

アクロデキストリン 四一・四

(D・EはDextrose Equivalentの略で、加水分解率とも呼んでいる。一般にいわれる糖分とは試料を一〇〇とし、銅還元力から求めたアルデハイド基を総てブドウ糖に依るものと仮想して算定した糖量%である。この糖分は同一の澱粉糖でも、水分の含有率で変化する数値であるが、その糖分を固型分で除した数値は、同じ澱粉糖については絶対値であって浮動しない。なぜならば、加水分解によって細断された各分子にはアルデハイド末端基が一箇ずつ付いているからである。したがって澱粉糖の一般的性質を標示することができる。)

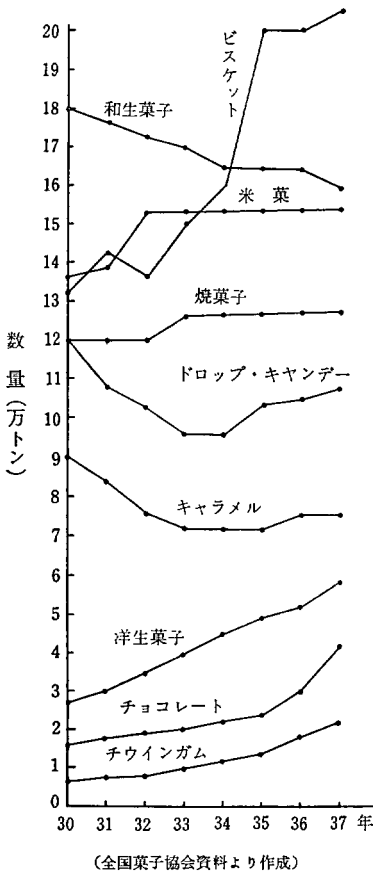
その品質規格(案)はつぎのように定められている。

粉飴品質規格

事項	標準品	特級品
外觀	白色の粉末で異物を含まない	特級純白の粉末で異物を含まない
香味	粉末水飴特有の甘味を有し、異味、異臭のほとんどないもの	粉末水飴特有の甘味を有し異味異臭の全くないもの
D・E	三五%以下一五%以上	全上
水分	五%以下	四%以下
灰分	〇・一〇%以下	〇・一%以下
鉄分	〇・〇〇〇二%以下	〇・〇〇〇一%以下
溶液着色度	〇・三五〇以下	〇・三〇〇以下
ヨウ素反応	藍青色を呈しない	全上

(日本粉飴工業会)

第2図 菓子生産推移



粉飴の中では、噴霧乾燥させたものは粒子が球状で外觀が美しく、溶解性もよい。真空乾燥させたものは、真空中に膨張させるので、多孔質の不規則な形を示し、外觀は美しくないが、真空中で乾燥するので清潔なものが得られ易い。粉飴製品は甚だ吸湿し易いので、包装はポリエチレンで密封し、三層のクラフト紙で外装される。

砂糖欠乏の時代に飴の需要が増加するのは当然のことで、第二次大戦中わが国の甘味料は主としてこれに頼るような状況で、このため戦中、戦後の一時期には群小の製飴業者が発生し、特に澱粉生産地帯に繁栄した。しかし昭和二七年砂糖が統制撤廃され、潤沢に出廻るようになり、またそれにつれて嗜好の変化も起り、飴の需要は砂糖代替の甘味品から離れて、その独自の品質に依存する消費に落ちついていった。第2図は嗜好の変化を菓子生産額に求めたものであるが、キャラメル、ドロップのような飴を主体とする菓子の生産は低下の傾向である。

ところでわが国の砂糖生産量は沖繩からの輸入量を含めて約二五万吨であるが、これに対し飴の生産量は砂糖換算(甘味を砂糖の〇・五五倍とする)一七万吨に達する。国

内甘味食品として占める割合は大きく、また酸糖化法の製飴技術はその理論も著しく発達して、分解率、濃度、純度などは自由に規制して製造することも容易で、需要者の要求する総ゆる品種のものを生産する程発達した。大規模生産設備が適用できることからして、農産物加工業としての酸糖化製飴産業は、その活動状況の如何は別として、薯作澱粉関連工業の中心として重要な意味をもっている。近年の水飴、粉飴の生産および用途別消費の推移を挙げるとつぎのようである。

第4表 水飴、粉飴の生産量推移

品目 年次別	水 飴		粉 飴	
	(トン)		(トン)	
20~21	2,743			
21~22	5,311			
22~23	6,772			
23~24	106,000			
24~25	163,800			
25~26	170,000			
26~27	205,000			
27~28	180,000			
28~29	225,000			
29~30	213,000			
30~31	255,000			
31~32	265,000			
32~33	240,000		12,000	
33~34	225,000		14,500	
34~35	300,000		25,000	
35~36	285,000		29,000	

水 飴

キャラメル	18%
ドロップ	11
飴菓子その他	24
菓子類原料	18
ジャム餡煮	26
酒 造	1
医薬その他	2

粉 飴

酒 造	36%
冷 菓	60
菓 子	1
味 噌・醬 油	1
そ の 他	2

第5表 水飴、粉飴用途別消費割合

(九) 砂 糖

(全国澱粉糖協同組合調査資料)

(昭和三五年全国澱粉糖協同組合調査)

砂糖については、歴史的にあるいは経済学的に取りあげた書物が既に内外ともに多数あり、これらの意味では敢えて附加する資料もないようであるが、商品変遷、特に品質変遷の立場からみるとなお附加する資料もあるの

で、以下にそれらを記してみる。

砂糖の原料植物である甘蔗はインドのガンジス河畔を原産地とするのが定説のようである。この甘蔗がインド人、ベルシヤ人、シナ人などによって各地にまず伝播していった。ベルシヤ人によりチグリス、ユウフラテス河流域に甘蔗が移されたのは、五、六世紀頃であるが、ベルシヤ人はアラビア人に征服された。しかしアラビア人はこの地の糖業を保護助長したので、メソポタミヤ糖業は繁栄した。この繁栄した糖業も、一三世紀に入って蒙古軍の征服により頽廢していった。そして新たにシリア、キプロス、エジプトなどの地中海沿岸の糖業が勃興し、その中でもエジプトの糖業は、発達した化学錬金術の利用の結果著しく発達していった。このエジプト糖業を含む地中海沿岸糖業は、一六世紀にトルコの征服により衰微していった。トルコは東方と欧州の交通路をふさぎ、東方の産物に重税を課した。東方の産物には砂糖、薬劑、香料、綿などがあり、欧州人の生活貴重品が多かった。このトルコの交通路遮断は東方への海路発見の端緒ともなった。

欧州人が砂糖を食料品として愛好するようになったのは、十字軍遠征の結果で、糖業が有利な企業であることを認め、将兵の中の有力者はバレスチナ、シリアなどに広大な甘蔗園を経営するものもいた。

ポルトガル人は一四世紀の初めアフリカに糖業を発達させ、莫大量の砂糖を低廉な価格で欧州に供給して、地中海沿岸の糖業の衰退に一層の加速度を与えた。ついでブラジル、西インド諸島などの発見を契機として、黒人奴隸を使った糖業が、南米、北米、中米などに勃興していき、一七一一一八世紀のいわゆる砂糖時代ともいわれる植民地活動が展開されるようになった。

エジプト糖業が衰退するまでは、ベニスが砂糖の貿易中心地として、また精糖工業も盛んであったが、一六世

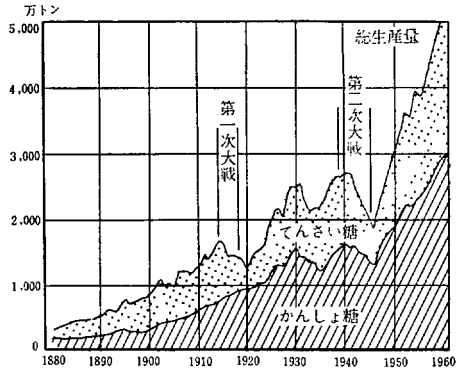
紀になると、その中心地はアントワープに移り、更にアムステルダムに移っていった。一七七〇年にはアムステルダムには精糖工業の工場が一五〇以上あり、年間一七、五〇〇トンの原料糖を処理していた。この間ドイツのハンブルグにも精糖工場が勃興し、一七五〇年には約三五〇の工場が存在したといわれる。

イギリスで精糖作業が始まったのは、一五四四年であったが、工業的基礎の確立したのは一六六〇年航海条令が公布された以降である。この国の精糖工業は産業革命の影響を最も早く受け、蒸気機関による動力、真空結晶缶などを設備し、近代精糖工場の原型ができた。やがてこの新設備は植民地甘蔗製糖工場に広がって行くようになった。

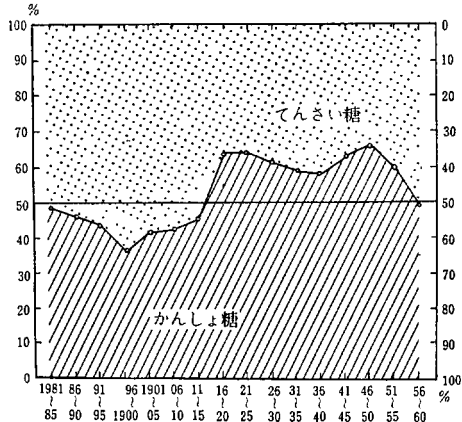
アメリカでは一七三七年に、ルイジアナにジュスイット教徒により甘蔗が導入され、一八六五年の南北戦争の終了以来、奴隷制廃止による近代工業制に入っていた。砂糖の精製は更に早く一六八九年に、ニューヨーク市の工場で行なわれた。一八一〇年の第一回国勢調査の年には精製糖工場は三三三、五一〇トンの産出額を持っていた。一方、甘蔗栽培の地域的制限は欧州に甜菜糖生産を開発させる端緒となり、これはナポレオンの大陸封鎖に関連して促進され、各国の保護育成により、その生産は増進し、二〇世紀初期には甘蔗糖の生産を凌駕するまでに上がったが、世界大戦による結果、その優位は失なわれていった。第3・4図は世界砂糖（分蜜糖）生産量の推移と甜菜糖、甘蔗糖生産比率を示したものである。

わが国に初めて砂糖が輸入されたのは、奈良朝末期（紀元七五四）、唐僧鑑真により黒砂糖五〇〇斤がもたらされたことに始まるといわれている。ポルトガル人およびスペイン人の渡来してくる室町時代末期になると、相当量の砂糖が輸入され、菓子にも利用されるようになった。この当時の砂糖は南シナ産のほか南洋、インドなど

第3図 世界の分蜜糖生産量推移



第4図 甜菜糖と甘蔗糖の比率（5ヵ年平均）



（日本精糖工業会 図説世界の砂糖）

のもので、その糖種にも黒砂糖、白砂糖、氷砂糖の三種類があった。

わが国で糖業が初めて興ったのは、慶長一五年（紀元一六一〇）に奄美大島の直川智がシナ福建省より甘蔗苗および製糖技術を奄美大島に伝え、黒糖百斤を得たときである。ついで元禄文化の隆盛になるに従い、輸入糖額は増加したが、その価格は高価で、そのため金銀の流出が巨額に達し、この国際収支改善のため、国内産糖が奨励され、九州、四国、遠州などの各藩が主産地となった。この国内糖業も、安政開港以来特に明治維新以後は不振で最初の製糖地である奄美大島の産糖は衰微した。これは従来の圧迫生産に対する反動に基因するところが大き

い。そのほかの地方でも次第に衰退していったが、その理由は、一般に品質がよく、しかも廉価な外国糖が輸入されるようになったためである。

甜菜の種子が初めてわが国に輸入されたのは明治三年で、同六、七年には北海道や東北地方に試作されていた。しかしこれが実際に工業化されたのは、内務省勸農局長松方正義が同一年にパリの万国博覧会副総裁としてフランスに渡り、欧州の甜菜糖業を視察して帰朝後、工場設置を計画し、同二年フランスから製糖機械を購入し、同一年官営で北海道の伊達町に紋別製糖所（処理能力約一二〇トン）を建設し、同一年に操業に入ったとさである。当時の甜菜作付面積は一二〇ヘクタール余で、収穫高は二、四〇〇トン余、産糖額は二〇トン余に過ぎなかった。同一年北海道庁治下となり、一時これを道庁所管に移し、更に同二年民営に移して紋別製糖株式会社が創立されて経営にあたった。つづいて同二年札幌製糖株式会社が創立され、同二三年に札幌の苗穂に工場が落成した。ところで当時の甜菜栽培技術が幼稚であったこと、製糖技術もまた発達していないため、ドイツ人技師の雇入れや北海道庁の種々の保護助成があったにも拘わらず成功せず、同二九〜三四年にかけて操業を中止し解散することになった。このようにして甜菜糖業は一時北海道から姿を消した。この消滅の原因の一つは、台湾が領有されるようになった社会的事情の発生である。すなわち事業経営上から、産糖地である台湾糖業の方が有利であるため、甜菜糖業へ向けられていた努力が台湾に移ってしまったのである。

大正三年の第一次大戦の突発により、当時世界産糖の半ばを占めていた甜菜糖の栽培地の欧州は戦乱の巷となり、その結果砂糖は世界的に不足となり、糖価は暴騰し、船舶の欠乏は砂糖輸入を一層困難とし、再び甜菜糖業に関心を向けるようになった。企業としては明治三四年以降発展しなかったのであるが、この間北海道庁による

試験栽培、製糖技術の研究は続けられていたのである。このような研究が有力な基礎となって、大正八年北海道製糖株式会社が創立され、ついで九年日本甜菜製糖株式会社が創立され、十勝帯広と清水附近に工場を起こし、事業経営が行なわれるようになったが、大戦の終結と戦後の不況で糖価は暴落し、操業開始からその経営は困難であった。それ以後、企業の吸収、合併が行なわれたが、昭和七年頃になると糖価も回復して企業利潤の蓄積もできる程に甜菜糖業は発展した。特に昭和一一年頃になると、反収、歩留りともに欧米のそれと比肩するようになり、この当時の産糖額は四二、〇〇〇トンに達するまでになった。しかしながら昭和一二年に日華事変が突発し、事変の進展につれ労働力、肥料の不足、主食物への作付け転換などにより、甜菜栽培は減少し再び後退を余儀なくされた。

なお、昭和五年には従来甜菜製糖の糖種は双目糖だけつくられていたが、一般家庭用として長年の慣習で三盆白糖が嗜好に適していることから、甜菜車糖がつくられるようになった。ところがこの車糖生産も昭和一八一九年になり第二次大戦の進展するにつれ、諸資材の統制下で製造は困難となり休止された。

日華事変が進展して主食作物の作付け転換で甜菜栽培が減少する一方、昭和一五年頃から菊芋、チョコレートなどの栽培が奨励されるようになった。これらは果糖の原料作物である。この奨励されるようになった理由は、戦争が進んでブドウ糖注射液の不足が深刻となり、果糖がこれに充用されるようになったためである。この果糖は戦後甘味料あるいは注射液の原料として一時発展したが、経済界の回復に伴ない、また安価な輸入品に対抗できず昭和二四年以降は北海道で生産されなくなった。

台湾が領有されるようになったのは明治二八年であるが、当時この地方の産糖額は未だ少なく四二、〇〇〇ト

ンに過ぎなかった。領有後政府は糖業政策上この地の糖業を発達させることが最も賢明であり、また捷徑の策であると考慮して、台湾総督府に糖務局を設けて、蔗苗の改良、補助金の交付、官有地の無償貸付などの奨励規則をつくり発達策を講じた。明治三五年には台湾製糖株式会社が設立されたが、その後日露戦争後の好況、総督府の資本投下の誘引などにより、大会社の新設および土着製糖所の改良拡大が進み、台湾糖業はわが国の電気、紡績につぐ重要な事業となった。その後第一次大戦による甜菜糖減産による砂糖供給の不足、糖価の昂騰という好機にめぐまれ産糖高は増進し、シナ、閩東州、香港、インド、カナダ、オーストラリアなどに輸出されるようになった。この発展過程の中で、台湾の製糖企業はカルテルを組織し、生産制限、価格協定などを行ない、また総督府はこれに対して生産増加の阻止、輸出促進の政策を進め、資本家的企業の保護をとった。

なお、政府の保護も明治四四年以降は関税による保護のみを与え、国内においては、会社相互間の競争に委せたので、企業間の競争も激しくなり、買収、合併が行なわれ、企業集中の傾向を進めていった。

わが国で精糖作業が初めて実際に操業されたのは明治二八年、鈴木藤三郎が東京小名木川に日本精糖会社を設立してからである。それ以前に札幌製糖会社の機械を利用して精製糖をつくるため、明治二七年日本精糖合資会社が生まれたが、これは日清戦争の勃発により、原料糖を札幌に運搬できずに閉鎖された。当時の精製糖は香港精製糖だけであり、これを取扱う商人の利益は莫大なものであった。この日本精糖会社は明治三九年に大日本製糖会社と改称された。また九州、神戸、大阪、名古屋などに精糖会社が新設され、その後は買収、合併が起こり、企業の集中、独占の傾向が強くなっていった。第二次大戦の進展により、企業が整理される直前の昭和一四年頃の内地精糖会社は第6表のようであった。

第6表 戦前内地精糖工場（昭和一四年）

会社	工場所在地	精糖能力(トン)
大日本製糖	東京	三〇〇
	大阪	一五〇
明治製糖	川崎	三五〇
	神戸	四五〇
台湾製糖	神戸	二〇〇
	福岡	二〇〇
塩水港製糖	神戸	八〇
	東京	二五〇
中央製糖	東京	一〇〇
	名古屋	二〇〇
東京製糖	東京	二五〇
	東京	八〇

（桶口弘、糖業事典、一一七頁）

以上は内外の糖業発展を主として第二次大戦前までに限って極めて概略化して記したものであるが、この過程の中で糖業が経済自由競争のほかにまた経済外的の原因によって激しく消長を辿っていることを知る。

人間の持つ甘味嗜好に対する本能的欲求は、砂糖消費に何等の説得を要しなかったが、砂糖出現当初は洋の東西を問わず貴重品であり、医薬品として使用された。その最大原因は生産量の僅少による稀小価値のため高価品であったことによる。大量生産され廉くならなければ、たとい品質が優れていても大衆化されない。また価格に相応して品質が優れているのでなければ、経済自由競争において、競合品に圧倒される。糖業における企業競争が今日の砂糖商品体をつくり上げたといつてよいであろう。特に品質は製造行程により盛り込まれ、設備の合理化により生産費の低下が行なわれるので、この企業競争を押し進めてきた背後にある技術の役割が重要である。以下では製糖技術発展の過程を辿ることにより、砂糖商品体交選の

様相を探る手掛りとする。

インドでは既に紀元前数百年頃に甘蔗の汁でつくった蜜を食用に供じていたことは先に記したが、甘蔗汁を煮

詰めて固形砂糖を製造したのは紀元前一、二百年頃であった(関野唯一、世界糖業文化史、四五頁)といわれている。五、六世紀にベルシャ人がインドの甘蔗をチグリス、ユウフラテス河流域に移し、この当時の甘蔗は既に栽培作物の域に達していた。製糖法では精澄剤を用いて甘蔗搾汁の不純物を取り除くことは未だ行なわれていない。甘蔗茎をつぶして液汁を製造しただけで固形化したに過ぎない。搾汁の精製はアラビア人が初めて考案した。その方法は搾汁に牛乳を混ぜて、不純物を凝固した牛乳と一緒に沈澱させ、容器を傾けて上澄を流しとるのであった(R・J・フォープス 田中実訳、技術の歴史、九八頁)。エジプト糖業になると、発達したエジプトの化学錬金術が利用され、その製糖法は一層進歩したものとなり、清澄剤には石灰と木灰が使用され始めた(R・J・フォープス、前掲書、九八頁)。このほか再結晶法により粗糖の精糖化という精糖技術の発達があり、分蜜方法には素焼瓶を用い、蜜を素焼瓶に吸収させた(藪内清、天工開物の研究、八四頁)。このエジプトの製糖法はその後の植民地甘蔗糖製造にそのまま、一八世紀末に欧州の新しい製糖法が導入されるまで引継がれていった。この間の消息を伝えるものとして、西インド諸島の欧州人の植民地では搾汁のための白までエジプトのまる写しであった(R・J・フォープス、前掲書、九九頁)という記載がある。清澄剤にはこの間種々のものが使用されたようであるが、代表的なのは牛血液と卵白である。十八世紀の精糖法の一例を挙げると、粗糖の溶液に石灰水と新鮮な牛血液を加え、この混合物を煮沸しながら上澄をすくいとり、滓が浮かなくなり溶液が澄むまで煮沸する。液を毛布のような布で濾過して、できるだけ早く蒸発させ、溶液の粘稠度が適当になったところで蒸発を止める。この粘りけのある濃厚液を別の蒸発釜から得られた濃厚液と一緒に混ぜて結晶桶に移し、つぎに陶製の型の中に放置して結晶させる(チャールス・シンガー、前掲書 5、七頁)のである。

シナには紀元前三世紀に柘漿と呼んだ甘蔗汁のあったことは前に記したが、製糖法は唐の大曆年間（紀元七六六～七七九）にアラビア人により伝来したのである（藪内清、前掲書、七〇頁）。またマルコ・ポーロはシナの最も熟練した精製工はエジプトの工人であったと語っている（R・J・フォーブス、前掲書、九九頁）。したがって天工開物の製糖法にはエジプト技術の影響があり、また徳川時代のわが国旧式製糖法にも当然影響するところである。

天工開物に記されている白糖の製造は、中和剤に石灰を用い、濃縮した汁液を素焼瓶に収め、大部分の蜜を素焼に吸着させ、なお残る糖蜜は素焼瓶の底の小孔から滲出させ、この上に水をそいで結晶間に粘着している糖蜜を粘土層に移行吸着させた。このようにすると素焼瓶の中はすっかり白糖となり、最上部の一層は厚さ五寸ばかりで特別に白いのでこれを洋糖と呼んでいた。西洋の砂糖は優れて白く美しいのでこう名づけたのである。また水砂糖をつくるには洋糖を煮つめて、浮いた滓を卵白で取り去ったあと結晶させた。清澄剤には石炭末も用いた（藪内清、前掲書、二七八頁）。つぎにわが国の旧式製糖の一例を記してみる。これは甘蔗茎を畜力を動力源とした搾車を用いて搾汁し、この搾汁に草木灰を加えて釜で煮沸し、表面に浮かび上る泡をすくい上げて、綿布を張ってあるあく桶に入れる。蔗汁が釜の三分の一に煮詰ると、釜の傍に置いてある澄まし桶に汁を移して放置する。ここで各種の爽雑物が沈澱するので、その上澄液を別の釜に入れて煮沸し、泡は絹布ですくい取り、あく桶に入れる。水分が蒸発して粘稠になってから冷やし、釜に移し、攪拌して結晶がではじめてから素焼のかめに入れて結晶を完全に析出させる。ここでできたものが白下糖で、黒糖の場合は甘蔗汁に草木灰を入れ、煮沸濃縮して固型化しただけの操作である。白糖製造は白下糖から蜜を分離するのであるが、これには素焼のかめを利用したり、木綿布や麻布で包んで圧縮して分蜜した（糖業協会、近代日本糖業史 上、四四頁）。

以上の製糖および精製法を通覧して、石灰あるいは草木灰のようなアルカリ剤の使用は、有機酸の中和やコロイド性不純物の凝結沈降剤として有効であり、牛血液、卵白のようなものは、煮沸によって凝固沈澱するとき、他の微細不純物を共同沈澱させる効果があるので、経験的化学知識が十分に利用されていることが認められる。しかしながら、製糖行程においては水分蒸発作業は全作業の中でもかなりの部分を占め、したがって熱経済が十分に考慮される必要のあるものにも拘わらず、なお糖液の煮沸濃縮には開放釜が使用されている。沈澱物の濾過は毛布のような材料を使用して自然濾過しているが、このような方法では細かい沈澱物は漏れてしまう。また分蜜作業は素焼瓶や粘土水を利用してしているが、この場合、経験的知識による着想は優れているが、収量は甚だ少なかった。糖液の濃縮終了点は指で砂糖水の粘り具合を見て判断したため、釜たき人は細心の注意と熟練が甚だ要求されたことを考えれば、当時の砂糖の品質、生産費は今日のそれと較べてなお遠い距りのあることが理解できる。生産費低下には当時専ら苛酷な労働によって償なわれていたのである。

甘蔗から砂糖を採る原理は、先ず甘蔗茎に蔗糖分が最高に貯えられる時季に、これを切り搾汁することから始まる。この時季が早くてもまた遅くても蔗糖分は損失が起る。搾汁中には蔗糖分のほかに不純物として、有機酸、蛋白質、樹脂質、色素類が含まれている。蔗糖分は酸、アルカリなどのほか強熱、長時間の煮沸によって分解して、ブドウ糖と果糖になり、これらは蔗糖より一層結晶し難くなる。濃縮して結晶化の段階で糖蜜化したため、結晶が採りだせなくても、糖蜜はなお甜味食料としての価値を持っているので、全く損失にはならなかったにしても、一八世紀産業革命を通して新しい科学技術が導入される以前の製糖には、スペキュレーションの影が濃かつたといわれている（藪内清、前掲書、八四頁）。

このようなスベキユレーシヨンの影を残す製糖法も欧州大陸の新式精糖法や、これに関連する新機械、新装置の発明を導入することにより次第に近代化していった。すなわち甜菜製糖のための三重効用缶は一八四二年頃に直ちに甘蔗製糖に採用され、また亜硫酸法は一八六〇年にルイジアナの甘蔗糖製造に用いられた。これは耕地白糖製造の初めである。従来植民地では粗糖をつくり、本国で精製されていたのであるが、産糖地で直接消費の白糖がこれ以来つくられるようになったのである。また関連する新機械、装置を挙げるとつぎのようである。

一八一三年頃に真空結晶缶が採り入れられ、これによって六〇と七〇°Cの低温で砂糖結晶を生成させることができるようになった。

一八二七年には骨炭が糖汁を脱色する性質を利用して、骨炭濾過機を用いて脱色した。

一八三七年には遠心分離機が用いられるようになった。これによって砂糖結晶と蜜を殆んど完全に分離できるようになった。

一八六三年には加圧濾過機が完成され、清澄剤や沈澱物の濾過が容易になった。

これらのほか一九世紀に入って炉の技術が進み、これは水分蒸発作業が行程中の大部分を占める製糖作業に熱経済上多大の利益を与えるようになった(チャールス・シンガー、前掲書 7、一八七頁)。

甜菜の中に蔗糖が含まれていることは、一七四七年にプロシヤの化学者マルクグラフがベルリン・アカデミーに論文を提出し、甜菜など多数の植物の天然糖含有量を指摘したことが端緒であるが、砂糖は甜菜から抽出することができ、その方法は科学的に管理することができる。マルクグラフの弟子アシャールはシユレジェンで甜菜糖の栽培をはじめ、クーネルンに工場を建てた。一七八六年にアシャールは甜菜の最初の収穫

をとり入れ、一七九八年に実験の結論を出した。やがて一七九五年にもう一つの工場がペーメンに建てられた。クーネルンの工場は一八〇二年頃から商業的に操業を始めた（R・J・フォープス、前掲書、二二三頁）。

甜菜糖は甘蔗糖と含有不純成分が異なるため、蔗糖分の分離、精製がかなり困難であり、そのため研究も一層盛んに行なわれ、技術的發展も著しかったが、その初期にはまだ甘蔗製糖法技術が模倣されている。すなわち、甜菜を截断して薄片にしてから水圧またはロールを用いて圧搾して液汁を抽出し、これを煮沸してから消石灰を加えて加熱しただけで濃縮結晶操作を行なっているが、このような方法では甜菜から抽出される糖分はわずかに三％に過ぎなかった（R・J・フォープス、前掲書、二二四頁）。今日では糖種改良や近代的製糖法によるのであるが、その収量は一六％までに上げられている。当初の甜菜糖が経済的に甚だ不利で、また品質も唯石灰処理による不純物除去では、当時の甘蔗糖に匹敵しなかったことが理解できる。このような甜菜糖が甘蔗糖と激烈な競争を起し、世界産糖額の過半を占めるまでに発展した背後には、自由経済外的な国家援助があったことによるが、この変遷過程を技術進歩の中に辿ってみるとつぎのようである。一八二五年には清澄法として糖汁に過剰の消石灰を加えて非糖分を沈澱させ、つぎに硫酸を用いて中和し、石灰を水に溶けない硫酸カルシウムとして濾別するようになった。初期は消石灰を加えて加熱したまゝであるから、製品の中に石灰まで幾分含まれているのであるが、このように硫酸カルシウムとして除去するので、製品中の石灰量は大部分除かれるようになった。一八四九年頃になると、硫酸の代りに炭酸ガスを用いて中和すると、生成する炭酸カルシウムは硫酸カルシウムより糖汁に対して溶解度が少ないので、一層石灰除去に都合がよいので、この方法が実施されるようになった。この方法もしかしながら当時の濾過機では、生成した炭酸カルシウムを効果的に濾別することができなかったため、加圧

濾過機の發明されるまでは普及はしなかった。またこの頃炭酸ガスを通じ終った濾過汁に亜硫酸ガスを吹き込んで脱色、漂白する方法も実施されるようになった。砂糖の着色成分を亜硫酸ガスの還元力を利用して漂白する方法が採り入れられたことは、製糖法上の大きな進歩で、このため砂糖の白色度は一段と高められ、商品価値が向上したことは想像するに容易である。蒸発濃縮のための効用缶の利用は一八四三年頃で、当時のものは三重効用缶であった。この方法の導入はまた製糖法の画期的發展の一つである。製糖歩留りを高めるためには、分離した最初の糖蜜から更に砂糖結晶を採り出すのであるが、この方法に羊皮紙を用いて滲み通させる方法（一八六三年）と酸化バリウムなどで水に溶けない蔗糖塩として採り出す方法（一八五九年）なども發明され始めた。

以上のような技術進歩の過程を辿り、甜菜製糖の根本的技術は確立されて行き、工場平均歩留りも昂まって行った。つきにその推移の一例を示す。

第7表 ドイツ甜菜歩留り平均

年 期	歩留り	年 期	歩留り
一八三六〜三九	五・五九%	一八七〇〜七九	八・六四%
一八四〇〜四九	六・六〇	一八八〇〜八九	一〇・九五
一八五〇〜五九	七・八五	一八九〇〜九九	一二・六四
一八六〇〜六九	八・一二		

(Nael Deere: The History of Sugar Vol. 2, 1890 p. 492. 関野唯一『前掲書』一〇五頁)

なお最近の平均収量を挙げるとつぎのようである。

第8表 世界甜菜平均収量(一九五五—五七)

地域 収量(甜菜一〇〇トン当り粗糖)

カリフォルニア	一四・九
西ドイツ	一四・四
ベルギー	一四・八
フランス	一五・二
イタリヤ	一四・〇
ポーランド	一五・〇
ソ連	一四・二

(農林水産業生産性向上会議、世界の砂糖(4)、三〇頁)

この表にみられるように収量が大体似ていることは技術が殆んど同質化したためである。また一九〇〇年当初から五〇年間において約二%の収量の増加は、甜菜根より糖分抽出技術の進歩によるところが多い。甘蔗製糖法では糖汁は圧搾法によるのであるが、最近新設された製糖工場では、ハワイ諸島のケカハ工場にみられるように、甘蔗製糖の浸出法が採用され、収量および不純物含有量の点で圧搾法より効果的であると報告されている(アメリカの食品工業、九五頁)。

甘蔗糖の製造歩留りについて、最近の資料にこれを求めるとつぎのようである。

第9表 世界甘蔗収量

国別	産糖一トンに要する甘蔗(トン)	産糖歩留り%
キューバ	七・八五	一二・七二
北米・ルイジアナ	七・八五	一二・七四
ペルトルコ	八・二三	一二・一五
ハワイ	七・九〇	一二・六六
メキシコ	一一・〇〇	九・〇九
アルゼンチン	一一・七九	八・四八
オーストラリア	七・二三	一三・八三
インドネシア	一〇・〇〇	一〇・〇〇
フィリピン	八・五〇	一一・七六
台湾	八・三一	一二・〇三
沖繩本島	八・三三	一二・〇〇
奄美大島	八・四七	一一・八〇

(リヒト、昭和三四年版、日本甘蔗工業会 日本の甘蔗産業、九四頁)

この表からわかることは、甘蔗糖歩留りは甜菜糖のそれに較べて變動に富んでいることである。これは甘蔗茎の含糖率の違いや压榨法の巧拙などに原因するものである。

第二次大戦後の製糖技術の進歩の特長は、労力、資材の節約をはかり大量生産を狙った点にある。このため製

糖工程の各部の連続と自動化が急速に進んだ。以下に国内製糖あるいは精糖作業の中にそれらの主要例を拾ってみるとつぎのようである。

压榨機…砂糖生産の全体的能率を上げるためには、压榨機に甘蔗茎を均等に供給する必要があるため、压榨機に甘蔗茎を供給する運搬ベルトは压榨機の動作に応じて速度が自動的に調節される。

石灰混和…搾汁に石灰乳が自動的に注加され、ペファーが記録され、その結果に応じて自動的に石灰添が加減される。

連続沈澱槽…石灰乳を混和した糖汁は、パッチ式では沈澱槽に入れ、数時間放置して沈澱を完成させ、その上澄液を採っていたが、これが連続化された。

効用缶の自動化…糖汁供給量に応じて蒸気供給量を自動的に加減して、一定濃度のシラップを得ることができるようになった。

結晶作業の自動調節…結晶缶内の糖汁が所定の過飽和状態になると、自動的に信号を発し、結晶種を入れる操作が簡単になり、個人的技術を必要としなくなった。また糖汁の結晶缶への注入も自動化された。

分蜜作業の自動化…全自動サイクル遠心分離機で自下のチャージから結晶の攪き下しまで自動的に行なわれるようになった。また原糖供給の連続均一化として、バラ積輸送、ベルトコンベアーシステムによる移動の簡略化も最近の傾向である。

以上は生産費低下を狙とした設備の合理化につながるものであるが、品質向上のためには、炭酸飽充法の改良、イオン交換樹脂法の採用などが行なわれた。砂糖は精製されて純度が高まるにつれ、蔗糖本来の甘味を発揮する

ようになる。この場合、精製は白色度の向上と一致してくる。砂糖における品質競争は白色度の向上と、灰分除去の向上の二つの面に強く現われる。食料商品の色相は、食品を官能的に吟味する際に、その食品に対する印象を最初にきめるもので、その食品の化学的あるいは物理的性質である味、香り、組成、触感など、その食品を口に初めて知覚できる要因に対しても優先的な先入観を与え、香り、味などを含めた総合的な食品としての品質価値判断に重要な影響を及ぼすものである（農林省食糧研究所、食糧 その科学と技術 5、三頁）。純白を好む色彩感覚と、精製すれば純白度を増し、また蔗糖本来の甘味を発揮して嗜好の向上に追隨できる、これらの関連性が市場拡大を目指す企業競争の下で純白度向上の原動力となっている。灰分除去の品質競争は、砂糖が近年飲料、製菓原料などに消費される割合が増加するにつれて著しく起ってきたもので、灰分の存在は飲料に濁りを生じ、また製菓の場合、製品の色・艶を悪くする原因となるのである。灰分除去は現在〇・〇〇〇%まで進んでいる。

イオン交換樹脂法は甘蔗糖汁中の色素を除去する目的で用いられる。使用する交換樹脂はスチレン系の樹脂で、糖液色素のように弱塩基として存在しているものを交換脱色するのに適した強塩基アニオン交換樹脂が使用される。これは再生復元して繰返し使用される。甜菜糖精製では脱塩目的にも使われている。イオン交換樹脂法は従来の清澄法に較べて、設備費が安く、脱色能力も大きいなどの利点があり、わが国の精製糖会社では殆んど普及しているのであるが、アメリカでは骨炭法やりん酸法の設備を持った古い大工場が多い理由から、未だこの方法は採用されていない（アメリカの食品工業、一〇三頁）。戦後の精糖業の技術的進歩はわが国が先端を歩いているといわれる理由は、既存設備を全くなくし、容易にこれらの新設備を導入設置されたところにあるようである。つぎに戦後のわが国糖業の発展過程を通して砂糖商品の交遷を眺めてみることにする。

わが国の砂糖生産量は戦前約一〇〇万トンを超え、国内需要を賅いアジアの砂糖供給源として輸出の余力もあったが、戦後はこの様相を一変し、需要の八―九割を輸入に依存する状態となり、海外依存率の点では正に明治維新前に逆戻りした。産糖地としては僅かに北海道と南西諸島を残すだけである。この残された産糖地においても、戦後数年間は食糧増産第一主義のため、砂糖類の生産はむしろ抑制され、輸入量の不足と重なり供給は極めて僅かなものであった。砂糖は昭和二〇年一月に一人一二〇gの全国一率の特配を最後に全く配給停止されたが、二二―二三年度になると主食代替品として輸入粗糖が一日当り一人分三三〇gの割合で平均一ヶ月間に二―三日分配給された。このような情況下で本州、四国、九州などの暖地では甘蔗の栽培が盛んになり、黒糖、白糖を製造することが勃興した。しかしこれも甘味物質欠乏時期の一現象で、輸入量の増加に伴ない、品質的にまた経済的に不利な粗悪糖は次第に消滅していった。その後食糧事情の好転、輸入量の増加につれ、政府も甘味物質の生産を奨励するようになり、北海道、南西諸島の砂糖生産量も増加していった。

戦後、北海道甜菜糖業が再発足するようになったのは昭和二四年頃からで、それまでは専ら主食作物の栽培が優先的に行なわれていた。この当時の産糖額は六、五七五トンという最低を記録している。昭和二八年に一〇年間の期限付立法法である甜菜糖生産振興臨時措置法が制定され、甜菜の生産増強を図り砂糖供給量の増大を意図した国策が打ち出され、政府の食管会計による買上げが行なわれるようになり、三四年には国内甘味資源自給力強化の計画の線に沿って、甜菜農業ならびに甜菜糖業振興の各種措置が行なわれた。このため企業も活潑となり、生産量は戦前水準を上廻るようになった。しかしながら国内甜菜糖生産四〇万トン目標に対し、その産出量は約一四万トンであり、年間砂糖需要量の約一割を満すに過ぎない。甜菜農業については西ドイツがヘクタール当

り四一・五トン、アメリカが三九・六トンこれに対しわが国は平均二五・二トン、生産性が低く極めて不振である。なお、戦争末期に姿を消した甜菜車糖も昭和三四年に再び北海道および東北地方の上白糖需要にこたえて生産されるようになった。また、近年アメリカ、西独、イタリアなどの暖地で甜菜が栽培されるようになり、これがわが国にも導入されるようになったが、栽培技術についてなお研究段階にある状態である。

南西諸島の甘蔗糖生産は従来黒糖の産出が多かったが、昭和三四年の関税引上げにより、分蜜糖の生産を採算可能にした。すなわち昭和三三年以前の税制によると、黒糖は輸入分蜜糖に較べて六〇g当り関税八円四十銭、消費税十三円五十銭で合計二十一円九十銭の保護を受けていたが、これに対し分蜜糖は関税で八円四十銭の保護があっただけである。このため産地業者はいきおい黒糖をつくった。しかし三四年の税制改正で、黒糖は関税二十四円九十銭、消費税一円二十銭計二十六円四十銭の保護を受けるようになったが、分蜜糖は関税二十四円九十銭と保護の度合が著しく強化された。黒糖と分蜜糖の価格と、さらに税による保護率を考慮すると、分蜜糖の方が有利となった。このため大型工場の進出によって生産量は急増し、昭和三七年には大体三万九千トンに達した。南西諸島中でも主要産地は奄美大島、種子島である。つぎに国内甘蔗糖、甜菜糖の生産推移を記す。

第10表 わが国砂糖生産量の推移(単位千トン)

年次	甜菜糖	甘蔗糖			合計
		内地(奄美を含む)	沖縄	計	
二七年	三二・四	一三・〇	三・四	一六・四	四八・八
二八	四〇・五	一二・三	五・九	一八・二	五八・七

二九	四一・三	二七・八	一七・一	四四・九	八六・二
三〇	四九・六	二二・二	三五・一	五七・三	一〇六・九
三一	六一・四	二〇・五	三二・七	五三・二	一一四・六
三二	八五・七	一九・一	三七・〇	五六・一	一四一・八
三三	一二〇・八	二〇・九	四〇・七	六一・六	一八二・四
三四	一三九・五	二七・三	四九・六	七六・九	二一六・四
三五	一三七・八	三八・八	六八・六	一〇七・四	二四五・二
三六	一三二・四	三八・〇	八九・〇	一二七・〇	二五九・〇

(食糧庁、砂糖等に関する資料、一九六三年)

内地精糖工場は昭和一五年に企業整備により総て閉鎖されて以来精糖事業は中断されていた。ところが、昭和二四年になって輸入粗糖の荷扱い運送中に生じる荷粉糖を有効に利用するため、食糧庁の依託により戦前澱粉糖化学工業を営み、小規模の結晶罐設備を持っていた大阪製糖、フジ工業（フジ精糖）、湘南糖化学工業（横浜精糖）、旭食品工業（九州製糖）の四社が当時五〇万トン近い輸入粗糖から生じる約四、五〇〇トンの荷粉糖を精製するようになった。これが戦後の精糖事業の始まりである。当時の統制経済のもとで、設備能力に応じた原料割当制度などのあるため、企業の乱立と生産拡張は急速に起こり、二九年には既に溶糖全能力六、一二三トン/日、一ヶ月二〇日操業としても、その溶糖量一四四万トンとなり、需要量を超過した能力を持つようになった。統制時代は原料糖輸入は総て政府が行ない、精糖会社は原料糖の委託加工に過ぎなかった。この時代の糖種は上白、中白の二種類で、その品質は今日のものに較べてそれぞれ一段低下していた。

含蜜糖は既に二三年に自由販売が行なわれていたが、二七年になると甘蔗精糖の配給と価格についての統制は撤廃され、原料糖優先輸入の方針も確立された（原料糖輸入にはなお外貨割当制が行なわれ、甜菜糖は二八年から自由販売に移ることになった）。このような情況のもとに精糖会社は生産の合理化、品質の向上を狙って新設備の導入、更新を激しく競うようになっていった。創業当初は総て活性炭法で始まったが、炭酸飽充法、イオン交換樹脂法が各社に普及し、特に莫大な資金を要する骨炭法を設置するところもでてきた。これらの新設備については既に記したところである。このような生産設備の整備により販売競争は激しくなり、製品の供給量は増加し、また製品は糖種および包装形態などにおいて多様化するようになった。販売競争の一現象として価格競争が現われるが、これは商品品質の同質性をまず前提とする。つぎはその同質性を一般消費糖の上白について検討したものである。

第11表 上白糖分析値

銘柄	糖 度	水分%	灰分%	転化糖%
A	九六・九	〇・五	〇・〇五	一・八
B	九六・三	〇・八	〇・〇五	三・〇
C	九六・三	一・〇	〇・〇三	三・〇
D	九六・九	〇・九	〇・〇三	二・五
E	九六・九	〇・九	〇・〇四	二・〇
F	九六・〇	一・〇	〇・〇五	二・六
G	九六・六	〇・九	〇・〇四	三・五
H	九六・〇	〇・九	〇・〇四	二・八
I	九六・六	〇・七	〇・〇四	一・九

蔗糖微結晶に転化糖液をかけて、甘味の濃厚性と湿潤性を附与した糖種が上白糖であり、わが国人の嗜好に合うため広い需要層を持っている。戦前、戦後の上白生産比率は二八対六九で甚だ増加しているが、これは所得および嗜好の向上に原因するものである。この需要層に追隨するため、従来三温糖のような下級糖をつくっていたいわゆる中小企業者もイオン交換設備を設けて上白糖製造に転換していった。

第11表は東京都内において市販されている東京砂糖取引所上場銘柄の上白糖を三九年四月に購入、一橋大学商品学研究室において筆者が分析を試みたものである。

この表より糖度、灰分、水分などに同質化が強く現われている。転化糖の添加量は季節的あるいは販売地向けによって調節されるので、異質化の要因を含んでいる。表中、多小の変動がみられるのはこのためであろう。ところで、需要者の求める品質は、製品の持つ機能を第一とする。砂糖の場合には甘味性質である。飲料あるいは製菓用の原料としての砂糖であるならば、灰分量は品質評価の対象として重要性を持ち、ここにまた生産者の品質向上競争が起るが、一般家庭用では、この表に示された分析値の一〇倍の灰分量でも、味覚上識別することは不可能であり、調理技術からいっても何等障害を与えない。企業としても一般消費糖のような砂糖では歩留りが営業策から当然重視されるであろう。したがって灰分は需要者が感知でき得るようになる量を最大限として、それ以下の範囲内でかなりの変動があっても敢て奇とすることでもない。それにも拘わらず、灰分がこのような微量で同質化が、強く現われてきている。これは先に記した食品の色相の商品価値への影響が重視されているために起った現象である。砂糖の白色度を昂めるためには、糖汁の脱灰を必要とするのであり、灰分の少ない程脱色操作は効果的に行なわれる。商品の品質同質化を高める条件には需要者の商品知識、消費技術の高度化があるが、砂糖の場合、これらの作用は弱い。要するに激しい販売競争のいきつく結果、市場品質水準は一方向的に高まり、需要者の認知領域外の部分にまで同質化は進行したのである。

角砂糖は主としてコーヒー、紅茶用に使われるのであるが、これに普通型、ドミノ型、ペビー型など種々の型がある。戦後の風潮としてグラニュー糖の使用が増加し、グラニュー糖の小袋入り製品もつくられるようにな

りその消費領域は蚕食されている。

クリスタル冰糖が初めて市場に現われたのは昭和一三―一四年頃であるが、当時生産量も少なく、その後の砂糖統制により姿を消した。これが普及し始めたのは最近のことである。従来の冰糖に較べて、結晶形、大きさが殆んど一定した形状を備えていることが特長である。製法は在来の冰糖の中で静置結晶させるのに対し、結晶機を用いて流動させながら結晶させる。このほか冰糖には、ビタミン入りの特許製品がある。冰糖の利用は欧米では専ら醸造用に使われるのであるが、わが国では直接食用に用いられることが多い。冰糖の過食が体内で不完全燃焼を生じ有害となるので、この炭水化物の燃焼を速やかに完全に行なう要素がビタミンBであるといわれている（桜井芳人、食物と栄養、七八頁）。このような理由でビタミンの添加が試みられたものである。

文化的欲望の充足を目的とした商品の場合に、基本的本体に二次的加工を施すことにより、効用が増大し需要の拡大されることは多い。砂糖の場合に於ける結晶の均整化あるいは冰糖のビタミン添加などいずれも商品の異質化とみなしてよい現象であるが、このようにして消費者の購売意欲を引き需要層の拡大に効果をあげるであろうが、主要食料商品本来の在り方から考えても、実質的なその商品発展には余りつながっていないようである。潜在的素質の顕現化として化学工業原料への利用の中に砂糖の発展性はあるようである。

砂糖はその機能を發揮するために特に結晶形態を維持する必要はない。むしろ製菓、飲料用の加工原料として利用する場合は溶解して用いられることが多い。この理由から液体糖の経済的価値が認識され始めて、現在アメリカの精製糖の一七―一八％は液体糖であり、その消費量は第12表のように逐年増加している。

第12表 アメリカの液体糖使用状況

年次	消費量(トン)	年次	消費量(トン)
一九五二	六六二	一九五六	九三四
五三	七五七	五七	九六三
五四	七八八	五八	一、〇二八
五五	八八四		

(アメリカの食品工業、六頁)

液体糖は一九二五年にニューヨークのブルックリンに在る小精糖会社で初めてつくられたのであるが、初めは品質上解決されなければならぬ問題もあって急速に需要は拡大しなかつた。第二次大戦後になって需要が増大したといわれている(J. T. Turner: Marketing of Sugar, p. 146)。

液体糖利用の有利点としては、輸送に不銹鋼のタンク車を使い、詰め換えなどは総て貯蔵タンク内で行なわれ、弁の開閉だけで必要量を取り出せるので、品質を損うこともなく、また食品工業における最も大切な清潔の条件を満足することができる。このほか溶解の手数が省略でき賃金の節約、倉庫の省略、結晶砂糖との価格差などが挙げられている。しかしこの液体糖も無包装砂糖と同様に、或る程度の大量消費が行なわれて初めてその効果を發揮することができるので、例えば年間六八〇トンの砂糖を消費する飲料工場では、液体糖の使用により、一kg当り三円九〇銭、年間二八三万円の経費節約ができ、また年間一、三六〇トンの砂糖を消費する製パン工場では一kg当り五円七九銭の節約となった(アメリカの食品工業、八五頁)といわれている。わが国の大規模製菓工場の一決算期の砂糖消費量は約五、〇〇〇トンと推定されているが、まだ液体糖利用が注目される程には開発されていない。アメリカの液体糖の種類および成分には第13表のようないものが挙げられている。

成分をみればわかるように、液体糖といっても単に砂糖の水溶液ではなくて、むしろ転化糖の混合物溶液とみてよいものである。これは輸送の経済性から、できる限り砂糖水溶液の濃度を高める必要があるが、余り高くす

(鈴木繁男、ブドウ糖工業と今後の澱粉事情)

名 称	蔗糖%	転化糖%	灰分%	Brix	色
Liquid Sucrose	67.2	0.2	—	67.4	透 明
Liquid Industrial Sucrose	66.7	0.5	0.02	69.4	透黄 灰 明色
Liquid Invert	37.0	40.0	0.005	77.0	透 明
Liquid Industrial Invert	37.0	40.0	0.01	77.0	
Total Invert	3.0以下	68.0	0.01	71.0	麦わら色
Golden Sucrose	66.0	16.0	2.5	71.0	黄 金 色
Amber Sucrose	66.0	1.0	2.5	67.0	こはく色
Golden Invert	31.0	46.0	2.5	77.0	

第13表
アメリカの液体糖

ると結晶化してしまふ。転化糖を加えることによって、砂糖の溶解度を高めることができる。このような砂糖(正しくは蔗糖)と転化糖の混合液は当然砂糖溶液と、甘味性、物理的性質など違つてくるので、製菓原料として使用するとき、用途の限定や加工技術上解決されなければならない問題点が起つてくる。わが国でまだ使用が伸びていない理由の一つは、新製品として使用上の不慣れや製品品質の規格規制などがあるようである。加工原料として砂糖の使用比率が高まれば、荷扱いの簡略化および溶解操作の省略などから、無包装砂糖とともに、その需要は伸長する要因を妊んでいる。わが国では後述するブドウ糖消費の増加をはかる手段として、液体糖の開発が期待されている。

戦後の包装材料、特に合成樹脂の進歩は、従来の商品包装と包装単位に転換を与えるようになった。透明である合成樹脂皮膜は食料商品の包装に

深く滲透しているが、砂糖商品の場合をここに探ってみる。

従来砂糖の包装形態は大部分が先ず小売人に大袋や樽詰で売られ、末端消費者は小売人から目方買いをして、紙袋に入れられたものである。現在家庭用消費糖はポリエチレン袋で一kg、五〇〇g、およびコーヒール、紅茶用の一〇g入り小袋などが広く出廻るようになり、小売店での秤売りは殆んど姿を消した。ポリエチレンの包装の利点は、その透明性が内容商品を顧客に明らかに展示することである。このほか衛生的な封喊ができ、包装の材質上、貯蔵性が高まり、品質劣化の程度も少なくなることなどが挙げられる。

家庭消費材商品の流通末端における販売形態の変化は、特に内容商品の展示を必要なことにしている。販売形態の変化例えばスーパーマーケットの出現などに絡んで、アメリカではつきのようなことが云われている。従来目方買いの時代には、末端消費者と商標は無関係であったが、商標は最近砂糖と消費者の関係を密接にした。多くの生産者によってつくり出される砂糖が、多数商品群の中で、まず砂糖であること、つきに同業生産者の砂糖からの差別の二つを兼ねた自己顯示という意味で、ラベル標示が重要となった。家庭消費者の砂糖品質に対する知識や要求はさほど高いものでなく、購買選択の根拠となるものは薄弱で、まず価格に着目したいいわゆる衝動買いである。このような場合、商品の競争的要素が限定されると、包装に使用されているラベル、商標が市場領域を獲得するようになる。このため商標に対する知名度の向上が堅実な商品政策として重要視されてきた (Sugar Journal 23, 18, 63 The modern look in attractive and damage proof sugar packing)。

以上これまでに記してきた砂糖は、原料植物が甘蔗、甜菜である。原料的にみると、これらのほかになお椰子糖、芦粟糖、楓糖などがある。これらが発見、利用され始めた歴史はいずれも甘蔗糖に劣らず古いようで、なか

には甘蔗糖より先行するものもあつたようである。すなわち甘蔗から砂糖がつけられなかつた以前においては、椰子果汁から結晶糖をつくつていた、芦粟糖はアラビア人が研究し、一八一一年イタリヤ人により製糖されたなどといわれている（関野唯一、前掲書、一五〇―一七頁）。

椰子糖はインド、ビルマおよび太平洋諸島に産するさとう椰子の樹幹または花茎から採取したもので生産量は少ない。

芦粟糖はさとうもろこしの茎から搾取し、その蔗糖分は平均一二％である（尾崎準一、農産食品加工法、三二九頁）。芦粟糖については、アメリカにおいて熱帯接壤地帯に工業創設の目的をもつて、一八五七年から一八九〇年に涉り研究され、この工業は事実上ある種の移住民と移譲される自作農場で発達し、一八八五年には完全な程度に達したが、ついにとうもろこしを砂糖の経済的原料として使用する試みは失敗に終つた（関野唯一、前掲書、一八頁）。またわが国でも明治政府はこの芦粟を製糖原料に着目して奨励したが（明治九年）、搾汁は確かに糖分に富んでいたのであるが、それから結晶糖をつくり出すことがすこぶる困難であり、白下糖から得られる結晶部分の少なさが製糖原料としての致命的欠陥であり衰退していった（糖業協会、前掲書、一二七頁）ような歴史を持つてゐる。搾汁に含まれる転化糖量が甘蔗汁の場合より多いため結晶化が困難になるので、アメリカその他の国でも通常結晶させないで、蜂蜜の形で製菓に利用されている。甘蔗や甜菜のように気候的制限もなく、栽培管理も極めて容易で、今日のようなわが国では極めて有利な砂糖資源である（尾崎準一、前掲書、三二八頁）とは農学者がいうところであるが、発展の様子は聞かれないようである。

楓糖は北米およびカナダ地方の楓樹の幹から採取した液汁を原料としたもので、特殊な風味がある。楓糖につ

いては一六七五年、これでつくった棒砂糖がアメリカからフランスに輸出され、またアメリカ総産糖額の六割を産出していた。この種の工業は家内工業であって、それも森林伐採とともに減少しつつあるといわれている。一本当り平均産額は樹汁三ポンドで約三%の糖分を含んでいる。カナダの近年の採取量は概算四百万ガロン、総額一四〇万ドルを超過する。欧州における楓糖業は一八世紀、特にナポレオンの大陸封鎖によって起された糖価暴騰のときが最も盛んであって、マリア・テレサによって後援された。そして一七九四年には二万本の楓樹が植えられた。しかしこれらの努力にも拘わらず一八一二年におけるポヘミアの全生産額は、砂糖に換算して、三・〇六トン、シロップにして四・八六トンであったといわれている（関野唯一、前掲書、一八頁）。

以上の記述を通じて興味あることは、ナポレオンの大陸封鎖（一八〇四）という時代背景の中に甜菜糖、楓糖、芦粟糖がそれぞれ欧州大陸で生産を迎え、またキルヒホフが澱粉の酸糖化法を発見したのもまたこの時代であり、甘味資源開発の多彩な行事が生起していることである。そしてまた当時の甜菜糖の収量は先に記したように三%に過ぎなかった。甜菜、楓樹、芦粟のうち今日甜菜だけが砂糖の経済作物となっている。甜菜の歴史は品種改良の歴史であるともいわれているが、このような努力を自己に集中させた甜菜の有利性は、糖汁中に転化糖分含有が少なく結晶化し易かったことが大きい。

(+) ブドウ糖

砂糖が甘蔗あるいは甜菜の糖汁の中に含まれている蔗糖分の分離、精製であるのに対し、澱粉糖化によるブドウ糖は一種の化学変化を伴う工業製品である。製造原料としてアメリカではとうもろこしのような地上澱粉が利用されるが、わが国では甘藷、馬鈴薯のような地下澱粉が用いられている。その製造法は酸糖化法による飴の

場合と似ているが、加水分解をD・E・九二・九五まで行なわせる。製法の概略はつぎのようである。澱粉乳を糖化罐に入れ、硫酸、塩酸あるいは修酸のような酸を加え糖化したのち、過剰の酸を炭酸ナトリウムのようなアルカリで中和する。中和によって生成する塩類の除去が容易である理由から、糖化には修酸、中和剤に炭酸カルシウムが多く用いられる。アメリカの例では修酸は高価であり、衛生上有害で反応速度が遅いなどの理由で糖化には総て塩酸を使用している（アメリカの食品工業、三七頁）。修酸の有害性はカルシウム塩となって尿石となり易いことを挙げてよいであろう。反応速度の遅い理由は、地上澱粉と地下澱粉の種類の違いによるものである。中和によって生じた沈澱を濾過して、蒸発濃縮してから活性炭で脱色する。最近ではイオン交換樹脂を使用して脱色と脱塩が行なわれる。精製した糖液を結晶罐で濃縮して白下状にしたものを、浅い槽に流し込み、放置して固めたものが固型ブドウ糖であり、これを切削して粉末にしたものが粉末ブドウ糖、白下状に濃縮したものを遠心分離機にかけ蜜を分けたものが結晶ブドウ糖である。またメタノールのような有機溶剤から結晶させると無水結晶ブドウ糖ができる。無水結晶物は殆んど医薬用として用いられる。以上の製造行程で固型ブドウ糖あるいは結晶ブドウ糖などをつくる目的別によって糖化の程度は異なり、また収量を高めるため分離した蜜から更に濃縮結晶させるか、再糖化を行なうのであるが詳細は省略する。固体状態にまでしないで、液体状に保ち粘稠性を持った液状ブドウ糖もあるが、これは粘稠性のある理由で、果汁、合成酒、罐詰などの方面で利用されることが多い。ところで、以上に記した酸糖化法は昭和三五年頃から、酵素糖化法に切り換えられて、ブドウ糖製造工業では酸糖化法は消滅してしまった。この理由を記す前に先ずわが国で食用ブドウ糖工業発生の過程を記して置く。

ブドウ糖は昭和六年頃から結晶ブドウ糖が、当時は精製ブドウ糖の名称で工業的に生産されていたが、用途も

大部分薬品原料であり、生産量も僅少であった。

第二次大戦後の一時期には、砂糖の代用品として味の悪く黄色の固型ブドウ糖が闇市場に出廻ったことがあるが、戦後の経済動揺の回復に従って次第に姿を消していった。このような粗悪ブドウ糖を除いて、当時のブドウ糖はなお医薬用が最大用途で、その需要量も国内産で賄うことができた。しかしベニシリン・ストレプトマイシンなどの需要増大につれ、ブドウ糖の要求も増加し、また朝鮮動乱の影響によって原料澱粉の暴騰は、結晶ブドウ糖の輸入の必要を促進させ、昭和二六年から三〇年にかけて大体年に三、〇〇〇トンの良質の結晶ブドウ糖が輸入されるようになった。このようなブドウ糖事情のあるところに、二七年アメリカの大企業コーンプロダクト社が昭和産業株式会社と提携して大規模の結晶ブドウ糖生産を計画したが、国内業者の反対運動で中止された。しかしこの計画は国内の研究者および澱粉糖製造業者に多大の刺激、衝動を与えることになった。なおコーンプロダクト社はその後三四年に味の素株式会社や東洋製糖株式会社と結んで酵素糖化法によりトータルシユガールの生産計画を意図した。以上はわが国に食用ブドウ糖工業を開発させるに至った外因的情况であるが、内因的情况はつぎのようであった。既に記したように、戦後の砂糖欠乏の時期に水飴の生産が急増したが、砂糖が出廻り、また嗜好の変化によって飴類の需要は低下していった。このため原料の澱粉が過剰となっていた。過剰澱粉は農産物安定法による政府買入れによって、毎年滞貨は増大した。三二年の例では政府買上げによる澱粉は一五万吨、金額にして約七〇億円、一年間の金利、倉敷はほぼ一割の六々七億円で、総計約八〇億円の澱粉が滞貨していた。このような事態の中で、澱粉の新規用途の開拓を目指して、政府内に三二年澱粉調査会が設置され、三三年秋には結晶ブドウ糖工業育成要領が実施され、政府で積極的な育生援助をとるようになった。その援助方法

は、農林漁業金融公庫の融資（金利四分五厘、償還一五年、据置二年）、原料澱粉の拡大（一、五五〇円／一〇貫目で買入れ、これを一、四五〇円で拡大した）。その差額は食管会計の負担となる）、粗糖リンク制（ブドウ糖一トンの製造に対し、粗糖の権利の枠一トンの供与、ただしこれは三六年八月に打ち切られ、以後は製糖工場の超過利潤の活用に切り換えられた）などであった。三四年には甘味資源自給力強化総合対策が発表され、砂糖輸入による国際貿易収支の改善策とからみ、ブドウ糖が食用としての地位を占めるようになった。なお三四年の甘味需給対策の長期計画は、三五年に改案されたが、この計画ではつぎのようであった。すなわち昭和四三年の甘味需給予想として、国内産糖額八〇・五万トン、その内訳は甜菜糖四〇・五万トン、甘蔗糖二〇・〇万トン、ブドウ糖二〇・〇万トン、これに対し輸入糖は一一九・五万トンである。

ブドウ糖工業を育成する政府の方針が確立されるに従い、従来製糖業者の兼業が多く、その工場の一部に結晶工程設備を設置しているような状態の多い中で、專業の製造工場が設立、操業に入るようになった。すなわち三二年秋に明治製糖株式会社の系統である明治糖化工業（埼玉）が、三三年には東海精糖株式会社の系統の東海糖業（三重）が操業を開始し以後企業の新設と施設の増加が進んだ。

第14表 ブドウ糖工業設備能力の推移（トン／日）

年 度	結晶ブドウ糖	精製ブドウ糖	合 計
三四・四・一	六三・〇	—	六三・〇
三四・一〇・一	九九・四	—	九九・四
三五・四・一	一四九・四	—	一四九・四
三五・八・一	一五〇・〇	七〇・〇	二二〇・〇
三六・四・一	二四〇・〇	五〇〇・〇	七四〇・〇

（日本ブドウ糖工業会資料）

二年秋に明治製糖株式会社の系統である明治糖化工業（埼玉）が、三三年には東海精糖株式会社の系統の東海糖業（三重）が操業を開始し以後企業の新設と施設の増加が進んだ。

三四年には酵素糖化法が企業化され、その製品の優秀で、また製法の有利性が認められ、以来酵素糖化法を重点としたブドウ糖工業を育成するこ

第15表 ブドウ糖生産量(一〇月～翌年九月)

年度	普通ブドウ糖	精製ブドウ糖	結晶ブドウ糖	合計
三〇	四五、〇〇〇	(ト)		
三一	六〇、〇〇〇			
三二	六五、〇〇〇		三、〇〇〇	
三三	六六、〇〇〇		六、二〇〇	
三四	七〇、〇〇〇	六、〇〇〇	一五、〇〇〇	
三五	四〇、〇〇〇	五八、〇〇〇	五三、〇〇〇	
三六	八〇、〇〇〇	四五、〇〇〇	七〇、〇〇〇	一九五、〇〇〇

(日本水飴工業協同組合資料)

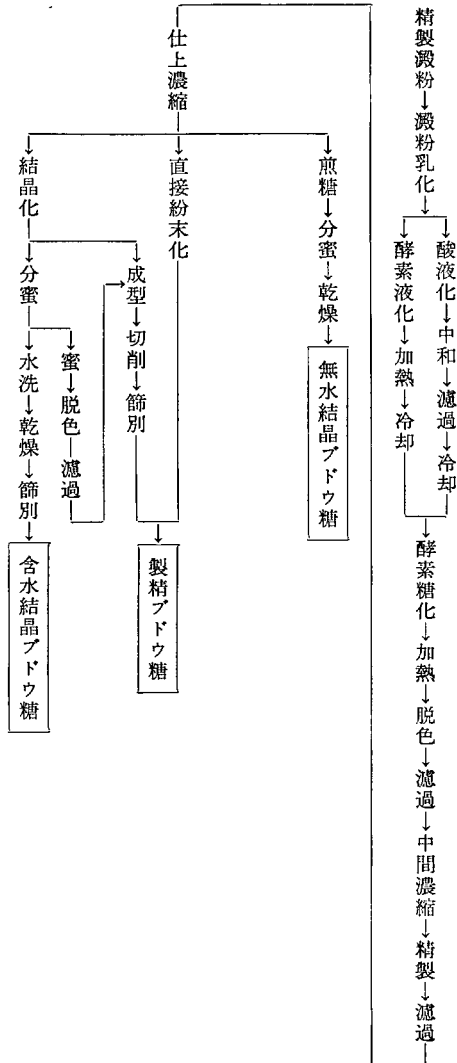
とに決定した。国内の設備能力および生産高推移を示すと第14表・第15表のようである。

酵素糖化法は澱粉糖化に酵素を用いる。ブドウ糖には α -ブドウ糖と β -ブドウ糖の二つの異性体があり、後者は苦い性質を持っている。従来 α の酸糖化法の欠点は α -ブドウ糖のほかに β -ブドウ糖

も生成し、この現象は糖化反応条件が強くなると一層生成量が増加し、結晶し難く蜜分となり易くなる。このように β -ブドウ糖を含んだ製品は当然苦がく、また純度も悪くなるなどの欠点を持っているのであるが、糖化に酵素を用いると α -ブドウ糖だけが生成するので、できた製品には苦がみが無くなる。このような製品の品質向上だけでなくまた生産面では、加水分解した糖液中の純ブドウ糖の量が多く純度が高いので糖液を直接濃縮することによって無水結晶ブドウ糖をつくることのできる、酸糖化の場合よりも二倍高濃度に澱粉を仕込むことができるので蒸発濃縮の燃料費は甚だ廉くなる、設備費が酸糖化法に較べて約半分で済むなどの有利性を持っている。産業技術の発展には数多くの付帯条件を必要とするものであるが、酵素糖化法の企業的成功は、糖化酵素の工業的生産が行なわれるようになって初めて可能となったものである。第5図は酵素糖化法によるブドウ糖製造の概

略を図示したものである。

第5図 酵素糖化法によるブドウ糖製法



図中澱粉の液化に酸液化と酵素液化の二法があるが、これは酵素糖化法を適用するには先ず澱粉を水に可溶性にして置く必要があるのであるが、澱粉は直接水には溶けない。甘藷澱粉の類は酵素によって比較的容易に水可溶性となるが、小麦、とうもろこしの類の澱粉は酸のように作用の強いものを使用して液化する必要があるためである。三種類の製品の品質はいずれも農林規格により級別されている。ここでの精製ブドウ糖は先にコーンブロダクト社の生産計画に挙げたところのトータルシュガーと同様のものである。

ところで政府の保護育成および技術進歩により従来と較べて品質上甚だ優秀な製品が産出されるようになったのであるが、この新製品が砂糖甘味に歴史的にも永く馴れてきた需要層の中にどのように浸透して行くかは、甘味資源対策の上から多大の関心の持たれるところである。先に記した政府の甘味需給対策の長期計画に示されたブドウ糖生産二〇万トンの消費見込みとしては第16表に示すような推定がなされている。

第16表 ブドウ糖用途別消費見込

用途別	年間砂糖消費量(t)	代替率%	ブドウ糖消費(t)
製菓・製パン	549,747	25	137,000
清涼飲料水	34,091	25	8,500
塩・缶詰	20,194	25	5,000
乳製品・冷蔵菓	62,748	15	9,000
医薬品	—	—	5,000
ソビット	—	—	2,000
酒	—	—	2,500
家庭用	490,449	10	49,000
計	1,292,702		218,000

(缶詰技術、第二巻二号、一二七頁)

れば当然消費見込みの可能性も砂糖価格の動向に左右される。代用品の創造が文明進化的特質であり、その史的発展として、初め貴重品、高価品の代用を目的として生まれたが、時代の推移と共にこの目的は漸次にその形を変え、ある物の欠陥を補って完全なものをつくることを目的とするようになった。更に国際対立、不安の激化から出発した

列国自給政策の産物として、いわゆる不足資源の補填を目的とする国策的立脚点に立った代用品の発生がある(赤松要・小島清、世界経済と技術、三四六頁)といわれるが、甘味資源自給力の増強、国際收支の改善という目的で、多大の国家的援助によりつくり出された食用ブドウ糖はまた国策的立脚点に立った砂糖代用品の一性格を持たされているようである。かつては国家的要請という経済外的情況のもとに、生産価格に対する考慮は勿論のこと品質上の多小の欠陥さえ無視されて存立することもあつ

たが、今日このような考えを前提として、新商品の創造に意義を認めることの不合理性は余りにも明白である。自由経済の中で新商品が発展するためには、品質、価格に依存しなければならない。砂糖に較べてやや甘味度の不足するブドウ糖が一般消費者から先ず品質的に余り歓迎されていないのも事実である。栄養あるいは保健に対する知識の普及が将来の消費増加の期待となっているが、単に甘味食品として砂糖の代用品の商品として取り上げられるとき、消費の普及は甘味度不足に対応して価格の低廉性にかかってくる。原料澱粉の価格に依存するのであるが、新技術の開発により価格は第17表のように推移した。

第17表 ブドウ糖価格推移

年次	結晶ブドウ糖	精製ブドウ糖
三二年	一六〇円	— 円
三三年	一二〇	—
三四年	一〇二	—
三五	上	八〇
	下	七五
三六	上	七〇
	下	八〇
三七	上	八〇

注 kg当り工場出値
 (食品工業、第五卷第九号、四三頁)

この表にみられるように三四年から三五年にかけ価格の著しい低下は、この当時酵素糖化法に切り換えられていったためである。しかしながらこの工場価格においてもなお当時の市場価格はこれを下廻っていたことを考慮すれば、この商品の発展が多難であることを想像させることは容易である。

セルロイドの燃焼性を除いた酢酸繊維素のように、代用品は被代用品の欠点を補うことができるが、他の性質において劣るところがあり、被代用品より高価である。したがって代用品として普及するにはなお研究の余地がある。しかし被代用品と異なった独自の性質を利用することができるので、一個の独立の新製品としての価値を持つことにもなる(赤松要・小島清、前掲書、三四八頁)のであるが、後述するようにブドウ糖は甘味以外の点で蔗糖より優れた化学的・物理的性質を持つ

第18表 ブドウ糖(育成)用途別消費

用途	結晶ブドウ糖	精製ブドウ糖
パン	2%	21%
ビスケット	2	12
ジュース	37	5
粉末ジュース		3
粉末菓子	8	26
ガム	10	3
和菓	2	7
清涼飲料	—	3
果実	8	—
医薬	4	2
ソルビット	3	5
酒	—	10
グ	20	—
混家	2	3

(三六年、ブドウ糖工業会資料)

溶解熱が砂糖より大きくしたがって冷感を強く感じる、高濃度溶液でもくどくないなどいろいろ挙げられている。粉末ジュース、ガム、果実罐詰などへの利用はこのような独自の品質が利用されているのである。

一般に製菓、飲料用の加工原料としてブドウ糖は単独に使用されることは少なく、砂糖と組合わせて使用されることが多い。その理由は混合使用の方が最終製品に全量砂糖を使用したときと同様、ないしはそれ以上の良い結果をもたらすといった加工適性上の問題と、また同時に代替による費用の低減をはかるといった経済原則に基づいたものとの二つがある。したがって現実には競争的な代替より、補完的な関係がかなり濃厚である。このような関連の中にブドウ糖消費の拡大を計ることが望ましいものであろう。

面がある。消費の拡大は新しい用途の発見であるが、近年甘味料商品が飲料・製菓などの加工原料に使用される割合が多くなり、このため甘味料商品の加工適性が重要な品質評価要素となってきた。このような理由でブドウ糖の新製品としての独立の価値は、独自の品質に基づき優れた加工適性の利用にあるであろう。最近の用途別消費は第18表のようである。

ブドウ糖の独自の品質としては、砂糖より滲透圧が大きい、還元力がある、砂糖より吸湿性が少ない、

近時、一般消費糖の上白にブドウ糖を混合した製品が出現した。砂糖価格が高価な場合一層この種の商品は出現し易い。この混合率および品質については三八年に農林規格が制定された。砂糖に二〇〜三〇%程度のブドウ糖を混ぜても、甘味度は砂糖と変わらず、また栄養面でも著しい変化はない。特に一般家庭消費者の求める品質は商品の働き(機能)であり、二〇〜三〇%のブドウ糖混合では効用上砂糖と変わらないといわれている。問題は、この種の混合糖が砂糖あるいは上白としての名称で販売され、しかも効用を落としてまでブドウ糖の混合率を増し、利潤の追求を図る生産者の態度である。いづれにしても甘味料交選上からみて食用ブドウ糖は工業生産の成功によって出現した新商品であり、その消費がどのように伸長するかは興味のあるものである。ブドウ糖の特性を利用した液体糖への応用は既に砂糖のところでも述べた。そのほか後述するブドウ糖から果糖の製造、非食用として化学工業原料への利用開発などが期待されるところである。

(二) 人工甘味料

初めにわが国に於ける人工甘味料の変遷を辿ってみるとつぎのようである。

サッカリンが国内生産され始めたのは明治四一年頃で、当時大阪の著名製菓業者であった塩野義製菓、東洋製菓化成、田辺製菓、武田薬品工業(いづれも現社名)の四社であったといわれている(日本無機薬品協会、日本無機薬品工業史、五〇二頁)。この国産化を促進させたものは後述する輸入サッカリンに対する禁止の高率関税の賦課であった。その生産も当時オルソトルオールスルホンアミドはもとよりクロルスルホン酸も国産化されていなかった。オルソトルオールスルホンアミドを輸入して、これを酸化する段階から生産が開始された。なおこの原料の輸入に対してもサッカリンと同類のものとして高率関税が賦課された。ところで明治四〇年の日本薬局法

三版には初めてサッカリンが収載され、それより前の明治三四年に内務省令第三一号人工甘味質取締規則により、治療上の目的に供する飲食物の調味料以外は販売用の飲食物に加味することは禁止された。しかしながら自家消費は禁止しているのではなく、また食品工業機械化の先駆者である鈴木藤三郎が、彼の発明した促成醤油醸造法を四三年に企業化したとき、たまたま速醸による品質不十分の醤油にサッカリンを使用して摘発された(野田醤油会社三五年史、九二頁)ようなことから推して、当時サッカリンの使用法および普及は相当に広がったようである。このサッカリンの販売用飲食物に対する禁止令は、当時これに対する高率関税の賦課と関連して、創業当初の台湾糖業を保護した立場にあったことは否定できない。サッカリンに対する関税は、明治三九年一月一日に実施された関稅定率法によると、従量税率一斤当り六〇円と定められた、この税率はそれまでの税率従価一〇%ないし一五%に比較して一〇倍前後の引き上げであり、また当時輸入原価は一斤わずか三〜五円であったといわれている。

澱粉糖製造上、有害薬品の添加がたまたま古い時代にあったためかもしれないが、アメリカにおいては、Federal Food Standards に規定された食品加工に、澱粉糖を用いることについて種類上あるいは使用量上の法的な制限がある。これらの制限は一九〇〇年の初めに砂糖業界の政治的圧力によってできたものであるといわれているが、この規制も一九六〇年になって、やっと一部の使用制限が解除されるようになった。またわが国では昭和二三年に大手精糖会社の団体である日本精糖工業会が当時氾濫する人工甘味料に対し、保健衛生、徴税問題にからめて意見書を発表している。このようなことを考慮すれば、先の明治政府のサッカリン対策は台湾糖業と関係が一層深いようである。この禁止令は昭和一六年まで存続したが、ようやくこの年になってたくあん漬に

使用することが許可され、ついで二一年有害、悪質の人工甘味料が続出する情況において、これらを駆逐する目的で厚生省令第二九号によりサッカリンはズルチンとともに一般飲食物への添加が許可された。更に二三年食品衛生法で合成調味料に指定されるようになった。

禁止令施行時代においても、サッカリンという言葉が大衆向粗悪の甘味食品の代名詞として浸透していたことは、砂糖の代用下級財として広く普及していたことを示すものである。第二次大戦の砂糖欠乏時代にズルチンも登場し、これらの人工甘味料の需要は旺盛であった。特に戦後の一時期には三井化学、三菱化成、日本化薬、住友化学、保土谷化学などの染料に大きな生産施設を持つ大規模化学工業会社や、日本製鉄のような製造原料を持つところまでサッカリンを製造した。またこの時代砂糖の代りにサッカリンが家庭配給されたこともある。戦後の混乱期には、グルチンあるいはパラニトロオルトトルイデンのような有害性の強い甘味物質も現われたが、これらの甘味物質はその品質上当然取締りの対象となり急速に消滅していった。

砂糖事情の好転するに当たって、その需要も平静に戻り、特に直接家庭消費からは一層疎遠になった。しかしながら、その後の罐詰類、清涼飲料水、粉末ジュースなどの消費増加と、それに伴う業界の競争激化は人工甘味料の加工原料としての需要と関心を再び喚起するようになった。

戦後の人工甘味料事情の著しい変化は、サイクラミン酸ナトリウムの出現である。これは二七年頃から商品として現われ、その急激な伸長は驚異的であり、かつての代表的人工甘味料であるサッカリンとその地位を交替したかの感がある。

また、課税面からその推移を辿ると、三四年四月まではkg当り三〇〇円、それ以後はサッカリン、ズルチンは

kg当り一〇〇円、サイクラミン酸系はkg当り三〇円であったが、三七年四月から課税は撤廃されるようになった。サイクラミン酸系は生産開始当初は生産量も僅かであったため課税対象とならなかったが、生産量が急増するにつれて、他の人工甘味料との関係上、物品税が課税されるようになった。この課税額は甘味度から勘案されたものである。

諸外国においても多分はその通りであろうが、人工甘味料が甘味資源対策の物資として正規に取り上げられることは戦時を除いては無いようである。しかし最近のわが国の甘味資源振興法（案）の第七条中にはサイクラミン酸系をブドウ糖の甘味増強用として混合して用いることが記載されている。実現の可非は別として、人工甘味料が甘味資源対策の法文（案）に初めて現われたことは注目すべきことである。従来人工甘味料が政策的な甘味資源対策に正面から取り上げられない理由を、その使用価値の中に求めるならば、まずその無栄養価が挙げられる。この性質のため偽瞞性が指摘され、これは拡大されて社会悪的な観念まで人工甘味料に背負わせる傾向が強い。砂糖については過剰生産物ということがしばしばいわれる。この場合の過剰とは消費者が満ち足りた上での過剰ということではなく、生産者が生産費を切つては処分し得ないという意味の過剰である。もし国民政策的立場で甘味料の栄養価を問題にするならば、甘味料商品の大宗である砂糖が、これを最も必要とする幼児・年少者に普ねく行き渉る対策がまず取りあげられるべきである。代替使用によつても無差別感を与えるという意味で偽瞞性という言葉も栄養価の立場で使用することはできる。しかしながら砂糖、および人工甘味料がともに経済原則の働く市場に置かれている場合に、甘味としての代替性より栄養価を主体として、その偽瞞性を非難し社会悪の商品とみなすことはあやまった評価であらう。その使用の判断は人間の倫理性にまつもので、人工甘味料商品そ

のものなかに、このような反社会的性格は潜んでいない。やはり文明の所産品である。

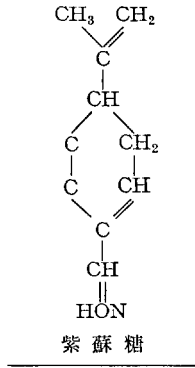
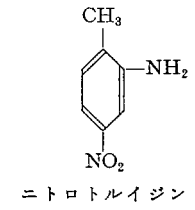
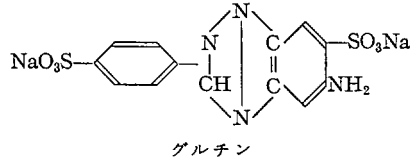
今日、人工甘味料の砂糖換算量は約八〇万トンに達している。この実勢力を無視することはできない。砂糖に對する下級財としての利用もまだ多分にあるが、嗜好の向上変化、食品加工技術の進歩など時代の推移につれ、人工甘味料も独自の品質の検討評価により存立の地歩を堅めているようである。以下、個別的に各人工甘味料を取り挙げてみる。

紫蘇糖…第二次大戦の戦中、戦後の一時期に甘味料として出現した。これは世界で知られる最も甘味度の強い物質で、蔗糖の二、〇〇〇倍の甘味力を持っている（桜井芳人、統合食品辞典、三〇八頁）。植物のシソから得られる精油の成分であるペリルラチンをオキシムとして、ペリルアルデヒドアンチオキシムとして得られる。栄養価値もなく、加熱に對し分解し易いので実用価値を持っていない。テレピン油の主成分である安価な α -ピネンから最近では合成され香料として利用されている。

グルチン…アミノデフェニールデハイドロフェニントリアザンのジスルホン酸またはトリスルホン酸のナトリウム塩の混合物で、甘味は蔗糖の一〇〇〜三〇〇倍といわれている。終戦直後の混乱期に出現した有害甘味物質である。

バラニトロオルトトルイデン…ニトロトルイデンとも略称される。これも先のグルチンと同様の有害甘味物質として戦後出現したことがある。本来は色素工業上スカレット・G・ベースと呼称されるナフトール染料の原料である。以上の二つは当然食品衛生法で使用禁止されている。それぞれの化学構造式は第6図に示すようなものである。

第6図 有害または非実用人工甘味剤の化学構造式



サッカリン…人工甘味剤の代表的物質として広く知られているサッカリンは一八七九年にドイツ人フォールベルグとアメリカ人レムゼンの二人がアメリカ・バルチモアのジョンボアキンス大学でオルソスルファミノ安息香酸の製造研究中に、その無水物に甘味のあることを発見して、製法と名称がドイツおよびイギリスで特許となり、一八八四年にニューヨークで、その翌年にロンドンで市場に出た(食品添加物公定書注解、一六一頁)。

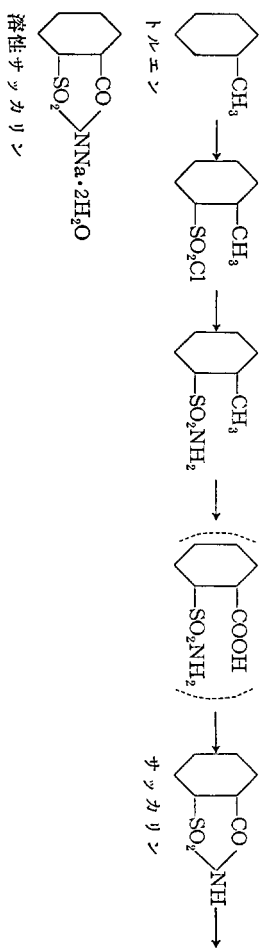
この発見当時の事情を伝える資料として、つぎのような記載がある。伝えられるところによると、このドイツの化学者は、ある夕、終日実験室で仕事をして帰宅し食事をしていると、指に途方もなく甘味の強い粉がついているのに気がついた。彼は食事もそこそこに実験室にとび帰り、昼間製造し扱ったいろいろな物質の中から苦心の末、実際に用いられる可能性があると前から考えていた物質を再発見した。彼は発見の特許を取り、自分でサッ

カリンの製造を工業的に始めた。彼はある毒物学者に支持された製糖工場の工業家に大いに叩かれたが、それでも彼の成功は早かった(ジャック・ル・マニアン、前掲書、八一頁)。その真偽は別として、この記述の中に、甘味物質には多大の関心がよせられたことが明瞭であり、特許を取ったり、製糖工場に叩かれたことの中に資本主義精神をみつけることができる。また成功が早かったということは事業に収益性のあったことで、需要が急速に広まったことを示している。

ところでフォールベルグの発見当時の製造法はどのようなものであるか。彼の試みた製造法を直接に伝える資料は探り当てることができないが、発見より十年後の時代に発行された Rudolf von Wagner: Handbuch der Chemischen Technologie, 1889 にはサッカリン製法がつぎのように記されている。トルエンは一〇〇度を超えないある温度で、硫酸を使用して硫酸化する。スルフォ酸はカルシウム塩を通り、ナトリウム塩中に導かれる。乾燥したナトリウム塩は三塩化リンと混ぜて、これに断えず攪拌しながら塩素ガスを通す。置換反応が終ったのち、生成したリンオキシ塩化物を蒸溜し、塩化物の混合物を強く冷却する。パラトルエンスルフォ塩化物は結晶となって析出する。オルソ塩化物は液状で残っているから分離する。乾燥したアンモニアガス、あるいは炭酸アンモニウムまたは重炭酸塩の混合によりオルソ塩化物をオルソトルエンスルファミドに変える。このアミドを酸化するのは過マンガン酸カリウムを使用しているが、以上の記載でもわかるようにアミド化合物をつくるまでに甚だ手数を要している。これは当時クロルスルホン酸がまた出現していないからである。しかしながらこのような手数を要してもなお砂糖より甘味度から比較して廉かったのである。この当時、サッカリン、グリセリンなどがビール、酢、レモン水、ブドウ酒などの甘味料としてかなりの量使用されていた(R. von Wagner: 前掲書、

一一〇九頁)。

今日、サッカリンはつぎのようにしてつくられる。トルエンにクロルスルホン酸を作用させると、オルソおよびパラトルエンスルホニック塩化物の混合物ができるので、パラ化合物を分離除去してからアンモニアを作用させアミド化する。このアミド化合物をアルカリ性過マンガン酸で酸化してサッカリンを得る。ここで得られたものは水に難溶性であるからナトリウム塩にする。市販のサッカリンはこのナトリウム塩を指している。



アミド化合物の酸化方法には重クロム酸カリウム—硫酸を使用する方法もある。現在では資材の節約の目的からつぎの電解酸化法と称される方法が一般的に行なわれる。これはアミド化合物を内面鉛張りの鉄製酸化釜に入れ、この中で無水クロム酸—硫酸の混合液と攪拌混合して酸化する。酸化されて析出したサッカリンは濾し別け、濾液は電気分解してから濃縮し、無水クロム酸と硫酸を回収し繰返して酸化に使用する。

つぎに国内サッカリン生産事情を記しておく。従来石炭タールの蒸溜によって得られていたトルエンが、石油化学の発展により最近では合計量に占める割合が第19表に示すように石油系の方が多くなった。

第19表 トルエン生産量

年度	タール系	石油系	合計量
三五	四三%	五七	五六、八一五
三六	三七	六三	八九、〇一四

(通産省、化学工業統計年報三六年)

第20表 アミド化合物生産能力

会社名	工場所在地	月産能力(トン)
日本曹達	富山県	一二〇
東洋化学薬品	東京	一四〇
志村新興化学	東京	一五
日産化学工業	—	—

第21表 サッカリン生産能力

会社名	工場所在地	日産能力(トン)
愛三化学工業	愛知県	三〇
大東化学工業	川崎市	三〇
大和化成	大阪市	五〇
育和化学工業	大阪市	五〇
江南化工	東京	一五
大洋化学工業	茨城県	三〇
京浜化学工業	川崎市	五
小西化学工業	大阪	五
淀川化成	大阪	五

また用途構成比の中では、甘味料に三五年二・四%、三六年に一・六%が使用されている。

生産形態は基本原料のトルエンとクロルスルホン酸から出発して最終製品をつくる一貫生産は行なわれていない。この点は後述するサイクラミン酸ナトリウムのそれと異なる。トルエンとクロルスルホン酸からアミド化合物までを大企業化学工業会社がつくり、製品メーカーはアミド化合物の酸化から出発する。このような生産形態を取る理由の一つは、アミド化合物生産には大量の資金と高度の技術が必要であるが、それからの加工は比較的簡単であるためである。日本サッカリン工業会資料によると、その生産能力は第20表・第21表のようである。

業界の対外的団結は強固で、販売実績に応じて原料アミドの原料割当を行ない、生産調整が市況に応じて行なわれている。近年の生産および輸出量は第22表のように毎年伸長している。

第22表 サッカリン生産・輸出量推移

年度	生産量	輸出品量
三五	一、三一七(トン)	四五七(トン)
三六	一、四六三	五九〇
三七	一、六〇〇	六五〇
三八	二、〇〇〇	八四〇

輸出仕向先は世界各国に涉っているが、三八大蔵省統計によると同年の総輸出高の約五〇%にあたる四一四トンはアメリカであり、つぎがタイ国の一五四トン、これは総輸出高の一八%に相当している。そのほか、アルゼンチン、オーストラリア、シンガポール、西独などに一〜二%の輸出がある。

(日本サッカリン工業会資料)

分の一に相応して、その価格は日本製品がかなり安く、このため多大の驚畏を与え、非タンピング法に触れると日本業者に警告を発している状態である。アメリカ向け輸出の伸長している理由は、無脂肪、無カロリー食としての需要の増大に加えるに、国内製造業者の少ないこと、また日本の業者の競争者である東独およびチェコスロバキアのサッカリン業者が自国や共産圏内の消費が増加したため輸出の余力を無くしたことなどのためであり、外国輸出については目下わが国が世界で一位を占めている。

アメリカのサッカリン事情について、つぎのような記載がある。

アメリカではサッカリンは主としてミネラルウォーターの成分として平和時に重要であり、戦時には飲料殊に茶の補助甘味料として重要であった。その主原料であるトルエンはほとんど輸入品であり、爆薬製造に使われた。供給省はただ一定限量だけをサッカリン使用に許可した。ノッチングハムのブーツビュアドラッグ会社がサッ

カリン製造の独占を握っていた。そしてこの会社が一部自己の連鎖小売店を通して、一部はブーツから認可を受けている代理店であるモンサント化学会社を通じて製品が販売されていた。代理店は自発的調整によって月毎の販売量を制限し、また資料を根拠に買手に販売量を割当てることに同意していた。生産調整の周期的実行がなされ、生産量を一九四〇年三月の数量の三倍に増加してもなお闇市場の発生を防ぐことはできなかったので、食糧省はサッカリンとズルチンの価格を統制しなければならぬことをししぶ決定した (Timoshenko and Swerling: *The Worlds Sugar* 1957, p. 228)

最近の日本サッカリン工業会資料によると、アメリカの人工甘味料メーカーはモンサント化学社と他の一社の合計二社だけになっている。他の資料ではアポットラポラトリー、マラミー社などが見受けることができ、その実体は明らかでない。現在アメリカの甘味料需要は後述するサイクラミン酸系を含めて年間四五〇万ポンドと推定され、各社の年間生産能力はつぎのようである。

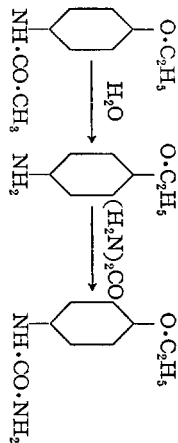
第24表 アメリカの人工甘味料生産能力(単位百万ポンド/年)

サッカリン	
マミラー社	〇・五
モンサント社	一・〇
サイクラミン酸系	
アポット社	三・五
モンサントノーズケミカル社	〇・五

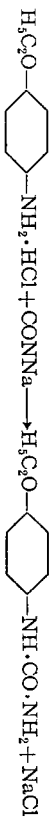
甘味料商品の変遷

(化学工業日報三八年五月十一日)

ズルチン・ズルチンは一八八五年にドイツの化学者によって発見された。最も簡単な製法は解熱剤であるフェナセチン(パラアセチルフェネチン)から出発する方法である。すなわちフェナセチンと塩酸および尿素を用いつぎの行程で生成する。



しかしこの方法では副反応物として、ズルチンを生じるので収量が悪い。ズルチンの副生するのは反応を加熱沸騰状態で行なわせるためで、この副生をさけるため現在冷結法という、反応を低温で行なわせる方法が採用されている。これはパラフェネチンを塩酸を加えた水に溶かし、活性炭および塩化第一錫溶液を加えて脱色してから、イソチアン酸ナトリウムの水溶液を徐々に加えて反応させるもので、ズルチンはりん片状結晶となって析出する。



メチルアルコールから再結晶した精製品は針状結晶となる。

ズルチンの国内生産の実体をつかむ資料は仲々みあたらない。これはメーカーがサッカリンメーカーより一層小規模生産形態であるためである。大阪に四、和歌山に三、名古屋に二企業あって、これらの九社で月産合計四〇トンをつくり、この量は国内全生産量の約六割に当るといわれている。東京地区には五企業、合計月産二五〇トンと推定されている。近年の生産量推移はつぎのようである。

第25表 ズルチン生産量

年別	生産量 (トン)
三五	六五〇
三六	六六〇
三七	六六〇
三八	一、〇〇〇 (推定)

(日本サッカリン工業会協会調べ)

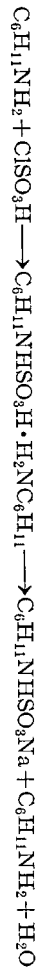
サッカリンが長い論争の結果、今日無害であることが一般に認められているのに対し、ズルチンは有毒であるとして許可していない国が多い。

サイクラミン酸ナトリウム…アメリカの化学者スペタが一九三九年にイリノイ大学の博士論文の要旨をオードリスと共著で一九四四年に *Preparation and properties of some N-substituted sulfamic acid* の主題で *Journal of organic chemistry* 9, 89 (1944) に発表した。この論文中で新しい甘味物質を発見したことを報告しているが、この論文の発表に先だち一九四二年に二人はデュボン化学社でアメリカ特許 [U. S. P. 2, 275, 125 (1942)] を取っている。

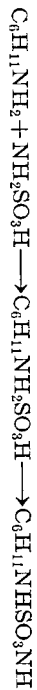
サッカリンの発見も偶然であった。サイクラミン酸ナトリウムの発見も研究中の主題からはずれた偶然の収穫であった。ところで、発見は僥倖に、発明は精神に帰す。発見と発明は僥倖と精神を欠くことを得ず(ゲーテ)という言葉もあるが、この僥倖もなお社会的背景の影響を受け、新現象を見逃さない細心の精神のもとで初めてつかめるものであるようである。このことを彼等の発見の端緒となった研究主題および当時の化学界の風潮の中に探ってみる。

化学療法の創始者としてエールリッヒが砒素を含んだサルバル酸を発見したのは一九〇九年であるが、一九三五年にはドイツのバイエル薬品会社からプロントジルと呼ぶスルファミド化合物が発売され、化学療法剤が著しく進歩し始め、またスルファミン酸が商業生産に乗るようになり、スルファミン酸の無機、有機誘導体の研究が当時盛んに行なわれるようになった。正規置換されたスルファミン酸やそれらの誘導体、塩、アミド化合物、ハロゲン化合物およびエステルなどは広い範囲に涉って変わった性質の化合物であるのに、彼等がこの研究を始めるまでは、その型および調製の一般的方法に関して何等の研究も企てられていなかった。そこで彼等は先の主題のもとに研究を行なっている中に、正規のフェニルスルファミン酸ナトリウム塩が甚だ興味のある解熱性を持っていることを発見し、ついで彼等はその塩に関係のある化合物の研究に入っていったのである。この研究をすることは、薬学的評価で選択した化合物の調製に着手する前に、既に記録されている合成方法を注意ぶかく照合することを必要とした。この照合研究をするうちに、シクロヘキシルスルファミン酸の塩が甘味覚神経を強く刺激するということ驚くべき発見をしたのである。以上の発見過程を辿ることによって、この発見が決して奇想天外な偶然のものでなくて、順序を踏んだ追求の中に捉えることのできた新現象であるといつてよいであろう。

彼等が発表しているこの新製品の製法は、次式に示すようにシクロヘキシルアミンをクロロホルムに溶かし、これを塩・氷で冷却しながらクロルスルホン酸を除去に加えて反応させ、生成するシクロヘキシルスルファミン酸のアンモニウム塩を分離してから、水酸化ナトリウムでナトリウム塩に換えている。



彼等はこの方法で理論値の七七%の収量を得ていた。その後、この方法より反応も容易で収量も多く操作の簡単な方法が考えられた。その方法は次式に示すようにシクロヘキシルアミンとスルファミン酸を反応させると、スルファミン酸のシクロヘキシルアミン塩を生成する。



これを加熱すると転位して、シクロヘキシルスルファミン酸のアンモニウム塩が生成するから、これに水酸化ナトリウムを作用させてナトリウム塩に換える。この方法の考案者はアメリカのロビンソンであるといわれている（桶口弘、糖業事典、二五〇頁）。

ところで、この新興商品がわが国で開発されて行ったその間の事情であるが、戦後数年を経過して外国文献が入手できるようになり、この新甘味料が知られるようになった。当時は砂糖の外貨割当が行なわれ、需要の増大に対し供給は必ずしも十分でなかった。このような情勢の中で多数のメーカーが続出したがこの間三菱化成工業がアンリンまたはニトロベンゾールあるいはこれらの混合物を気相接触還入する際に、反応ガスにアンモニアまたはこの反応で副生する第二級アミン類あるいはこれらの混合物を混合させて収量よく原体のシクロヘキシルアミンを製造する特許（特許公告、五〇二二、昭和二十七年十二月一日）を取り、原料面で優位の立場を占めた。シクロ

ヘキシルアミンは従来モンサント化学とシエル石油からの輸入品で、その純度も悪く高価であった。この原料製法の特許のほかに三菱化成工業はシクロヘキシルアミンのアンモニウム塩の製法特許（特許公告、五〇五二、昭和二十七年十二月一日）を取り、このため群小のメーカーは整理消滅していった。しかし一方ではスルファミン酸誘導体は製薬関係者の得意とする研究対象であり、各種製法特許が大手製薬会社によりつくられるようになった。サッカリン生産形態が小工場によるのに対し、これがいわゆる大手企業によって生産されているのは一つの特異点である。国内の主要生産規模は第26表のようである。

第26表 サイクラミン酸ナトリウム生産規模

吉富製薬	月産二五〇トン	住友化学	月産 八〇トン
第一製薬	一八〇	東洋化学	五〇
三共化成	一一〇	田辺製薬	一〇
昭和化工	一一〇		

なおサイクラミン酸ナトリウムは三一年五月に合成

甘味料として認可されている。

シクロヘキシルアミンは従来ベンゼンを硝酸でニト

ロ化したニトロベンゼンを水素添加してアニリンとし、

アニリンを水素添加して生成するのであるが、アニリ

（昭和三九年八月調査）

ン生成に鉄紛と硫酸による還元は収率、純度とに劣るので旧式化し（水谷久一、化学の領域、一七巻八号一〇頁、一九六三）石油化学の進歩により、各種の触媒の発見、反応装置の連続化によりシクルヘキシルアミンの製法は発展している。初期に三菱化成工業の占めた優位性は薄れている。

生産量の増加につれ、価格も急速に低下していった状況を第27表に示しておく。

サイクラミン酸ナトリウムはわが国ではチクロと略称され、またアメリカではサッカリル・ソジュームまたサッカリル・カルシュームなどの名称および種類がある。アメリカでの人工甘味料の利用は一般的に無カロリー食

第27表 サイクラミン酸ナトリウム生産量および価格推移

年度	生産量 (トン)	卸価格円/kg	小売価格円/kg
三二	三〇〇	二、〇〇〇	二、七五〇
三三	九〇〇	二、〇〇〇	二、七五〇
三四	一、五〇〇	一、五〇〇	二、〇〇〇
三五	二、五〇〇	七五〇	九〇〇
三六	三、三〇〇	四九〇	五三〇
三七	六、〇〇〇	四五〇	五〇〇
三八			

(日本サッカリン工業会資料より作成)

に基ずくものであることは既に記したが、つぎの新聞記事はその利用状態を知る参考になるであろう。ペプシコーラ社とコココーラ社がソフトドリンクとして目下テスト的に上市している清涼飲料には、サイクラミン酸ナトリウムを使用している。そしてこれら商品には、六オンスで一カロリーというキャッチフレーズで低カロリー飲料であることを唱っている(化学工業日報、昭和三八年五月十日)。

人工甘味料の特性は砂糖に較べて低廉な価格で強い甘味力を得ることができ、経済性であるが、食品加工に利用される場合、加熱操作を受ける機会が屢々ある。したがって耐熱性が人工甘味料の甘味強度のほかに重要な品質評価の要因となる。サイクラミン酸ナトリウムは砂糖に最も近似した甘味を持っているがまた優れた耐熱性をも持っている。サッカリンは永く煮沸すると分解してスルファミノ安息香酸を生じ苦くなる。ズルチンは煮沸するとズルチンに分解して甘味を失なう。サイクラミン酸ナトリウムは中性で煮沸した場合、二八〇度Cまでは安定で、この加熱に対する安定性は従来の人工甘味料に無かった特性である。このような特性を持った人工甘味料の出現によって、これを主剤として、これに甘味の強いサッカリンを加え、更に加熱しても苦くはならないズルチンを添加して相乗効果を利用した巧妙な混合甘味剤がまた多数市販されるようになった。

四 糖類の新技術的開発

将来の過剰生産を考慮して、砂糖の非食用方面への新用途開発が一方では盛んに進められている。砂糖は化学的にみると、精製された単一分子の型の物質で、一種の有機性化学薬品ともみなせる。その生産量を原料的にみると他の化学薬品を遙かに越す莫大な量である。精製された砂糖はその製造コストが石油のクラッキングや、精製して得られる有機化合物よりも安く、合成には多段階を必要とする六炭素環を二つ持っている。以上のような理由で化学工業原料として砂糖が注目されているのである。砂糖消費料の飽和点は一人当り国民所得が一〇〇〇米ドル、消費量四〇〜五〇kgあたりと考えられており、総消費量においては既に飽和点に達しているとみられるアメリカでこの研究と実用化は進んでいるようである。以下にこの方面の展望を試みる。

SCHWIK H. Saccharose als Industrieller Rohstoff, Zucker 14 (5), 114 (61), ibid. 14 (6), 142 (61)

Meade G. P. Sugar—its importance in food processing, Sugar J. 22 (12), 13, (60)

脂肪酸蔗糖エステル・非イオン性の界面活性剤であつて、乳化、洗浄、浸透、分散、起泡などの作用力、また表面あるいは界面張力を減ずる作用がある。特に注目される性質は可食性であることである。これを添加することにより脂肪の消化不良を防ぐことができる。わが国でも既に食品添加物として食品衛生法で許可されている。食品工業以外に化粧品、医薬工業にもその非イオン性界面活性剤の性質が利用されている。

製法は通常蔗糖および脂肪酸メチルをヂメチルホルムアミドに溶解して、アルカリ触媒によりエステル交換反

応を行なわせる。この方法によって生成した蔗糖エステルは蔗糖一分子に対して結合する脂肪酸基の数がそれぞれ違う種々の物質の混合物である。一九五〇年にアメリカのシュネルが発見した。わが国では昭和三二、三三年に大日本製糖が特許使用権を得た。その生産の現況は横浜工場で月産三〇トンといわれている。また武田薬品が三六年にシユガー・リサーチ・ハウンディションから技術援助を受け、その他の化学系会社でも独自の立場でそれぞれ研究されている。不飽和脂肪酸の蔗糖エステルは乾性皮膜となり、低廉な合成樹脂もできる。イギリスでの中間試験では砂糖を還元してアミン化し、ナイロン型の高分子ポリアマイドの製造が行なわれたので、砂糖から合成繊維もできる可能性が十分にある。

熱可塑性樹脂が砂糖、フェノール、フォルムアルデヒドからつくられている。このプラスチックは普通のフェノール・フォルムアルデヒド樹脂よりも品質がよく費用も安く、ベニア合板の接着剤として利用されている。

水素添加生成物・蔗糖に直接水素添加を行なうとソルビトールとマンニトールが得られる。マンニトールは糖類の一種で甘味があり、糖尿病患者の甘味料として利用される。ソルビトールも糖類の一種で、食料向けとして製菓、合成酒、粉末エッセンス、化粧用としてのクリーム、ローションに、また歯磨、煙草、皮革などに湿潤剤として広い利用範囲を持ち、ビタミンCの製造原料ともなる。このような水素添加生成物の製造は近年始まったのであるが、研究的には既にわが国でも一九三四年にNi-Fe触媒の存在で、糖類に四〇〜一五〇気圧、一三〇〜二〇〇度Cで水素添加を行ない、マンニトール、ソルビトールなどの生成が行なわれていた(吉河清、理研報、一三、一〇四五、一九三四)。

蔗糖をアンモニアの存在下で水素化を行なうと、ナイロンとテトリレンの中間構造を持ったニメチールピペラ

ジンを生じ、合成繊維をつくることができる。

ブドウ糖から果糖の製造…果糖は通常蔗糖と一緒に遊離の状態であら果汁や蜂蜜中に存在している。その甘味度は蔗糖よりも強い。白色の結晶であるが甚だ吸湿性に富んでいて、空气中に放置しておくとな潮解する。従来の製造法は菊芋や蔗糖の加水分解によってつくっていた。価格が高く甘味料としては使用に耐えない。北海道で菊芋から製造していた当時の公定価格の推移はつぎのようである。

第28表 果糖公定価格推移

年次	価格(円/kg)
昭和二十二年二月～五月	一七〇円
〃 八月	五六〇
二十二年六月	六四三
二十二年十一月	九六〇
二十三年十一月	一、九八二

(日本甜菜製糖株式会社概要、一八八頁)

なお最近の価格は約五〇〇〇円/kgである。このような価格であるから、化学薬品として、あるいは薬用(糖尿病患者に利用できる)としての限られた特殊用途を持つに過ぎない。最近この果糖をブドウ糖からつくる研究が活潑に行なわれている。果糖とブドウ糖は分子量が同じで分子式の異なるいわゆる異性体である。ブドウ糖から果糖を異性化してつくることは、既に古くから知られていたことで、例えばブドウ糖を三五度Cで飽和した石灰水で数日間処理すると果糖ができる(ロブリー・ド・ブリュイン転位、一八九五年)。しかしこの場合、果糖

の収量は三一%で未反応のブドウ糖のほかにマンノースや非醗酵性の物質が副生する。このように収量や副産物の関係もあって、市場生産のための製造方法はまだ未開発の状態であるが、最近わが国で副生物を少なく、収量を高めるためにブドウ糖の異性化を進行させるのに酵素を利用する研究がかなり発展している（農林省、食糧研究所、食糧その科学と技術 六、一九六三、三）。異性化に酵素を利用するときは、果糖の生成率四五〜四八%となり、酵素だけではブドウ糖を全部果糖には変えられない。したがってこのためには更に他の技術が必要である。しかし、甘味度の計算によると約三〇%のブドウ糖が異性化すれば、砂糖の甘味と等しくなるので、ブドウ糖の甘味増強の目的は達することができ、生成したものは液体であるが、利用面を適当に選ばれば特に結晶化する必要もないし、また結晶化には困難が伴っている。

このように食用ブドウ糖から果糖の製造の意図もブドウ糖の消費利用面の拡大が大きいものである。すなわちブドウ糖は甘味料としてその甘味力を問題にするとき、砂糖に較べて劣るのが致命的欠陥である。この欠点を補うには砂糖価格と較べて遙かに安くすることであるが、生産費は政府の育成措置により、ようやく収支つぐなう状態であり、生産費切下げは現在望めない。したがって残された途は甘味増強の対策であり、生成したものは液状になるが、ブドウ糖の一部を果糖に変えて甘味力を強めるという訳である。このようにしてできた製品の効果的利用面の一つが液糖である。先に記したように液糖の運搬上の経済性を高めるためには砂糖濃度をできる限り濃くすることである。ブドウ糖を添加すると砂糖の溶解度は増すが、果糖が加わると更に溶解度は増加する。したがって液糖製造上、この種製品は良い原料となるので、液糖の開発によってブドウ糖の消費拡大がまた期待されている。

化学工業原料としてのブドウ糖の利用、ソルビトールは既に記したように甚だ広い利用面を持っている。自然状態では海藻、食用果実中に存在しているのであるが、ブドウ糖からこれを工業的につくるのが現在行なわれている。製法はブドウ糖水溶液を加圧釜に入れ、アルミニウム—ニッケル合金を苛性ソーダ溶液に溶かし、アルミニウムが溶けたのち水で洗浄して得られた泥状のニッケル触媒を加えて、一、〇〇〇ポンド/平方吋の圧力で水素添加を行なう。反応中は一五〇度C以下に調節すると約三時間でソルビトールが得られる。静置して触媒を沈降させたのち、ソルビトール溶液を濾過して触媒を分ける。精製するには陰—陽イオン系の脱塩行程を通じて微量のニッケルなど不純物を分離する。

アメリカでは一九五六年にメルク社が生産を開始して以来、需要も毎年五—一〇%上昇を続けている。一九六〇年の総生産量は五、〇〇〇万ポンドであった。製品形態はメルク社では七〇%が液状で、タンク車、トラック輸送が行なわれ、そのほか五五ガロンのドラム罐入りがある。ソルビトールの工業的生産で打撃を受けた商品はグリセリンで、一九二五年頃は需要市場の九七・五%までグリセリンで代表していたのに、一九四〇年には、四〇%に、一九六〇年には二〇%と低下した〔W. S. Fedor: *Ind. & Eng. Chem.*, 52 (4) 282 (1960)〕。

蔗糖の合成：蔗糖は加水分解してブドウ糖と果糖になる。したがってブドウ糖と果糖の縮合したものが蔗糖であり、その合成も試みられている。

ハシドウはグルコース—燐酸とフラクトースよりシュエークロース・フォスフォリラーゼによる酵素的合成 (W. Z. Hassid, M. Dondorf: "Advances in carbohydrate chemistry," Vol. 5, 29 Academic Press 1950) および ミエンクスらにより 1・2—アンヒドロース—D—グルコピラノース・トリアセテート 1・3・4・6—テトラ

—D-アセチル-D-フラクトースより蔗糖の化学的合成〔R. U. Lemieux, G. Huber: J. Am. Chem. Soc., 78, 417 (1956)〕などがあるが、いずれも基礎的研究の段階にあり、工業的生産はなお将来の問題のようである。

小論を作成するに当って、北原三郎教授よりは種々の便宜と校閲を、関連各種業界の人々よりは懇篤な説明あるいは見学の便宜を、また清明会よりは研究費を頂いた。附記してお礼申し上げます。