トピックス

# 似て非なるもの　塩と砂糖の不思議Q & A
# ＜塩と砂糖の種類および製法＞

眞壁優美，松山貴久*，吉川直人，品川廣太*

# Similarities and Differences Wonders of Salt and Sugar: Q & A
# ＜Types and Production Methods of Salt and Sugar＞

Yumi MAKABE, Takahisa MATSUYAMA *, NaohitoYOSHIKAWA and Kota SHINAGAWA *

## Question 10

ここから，塩と砂糖の製法および種類についてパネリストの皆さんにお話を伺おうと思います．日本で生産される塩は，原料となる海水をイオン交換膜によって濃縮し，得られた濃い塩水（かん水）を煮詰めて塩をつくる方法で食用塩のほとんどがつくられます．その次に多いのが海外から輸入した天日塩を一旦溶解してかん水をつくり，それを煮詰める方法です．

**図 10-1** に塩と砂糖の製造工程フローの概要を示しましたが，両者を比較すると天日塩を再結晶する方法が良く似ていることに気づきます．そこで，塩では，最も生産量の多いイオン交換膜法を用いた塩づくりと天日塩を再結晶する方法を紹介して頂き，砂糖では，現在，日本で行われている製糖方法を紹介して頂きまして，塩と砂糖の製法の似たところ，違うところを見つけたいと思います．

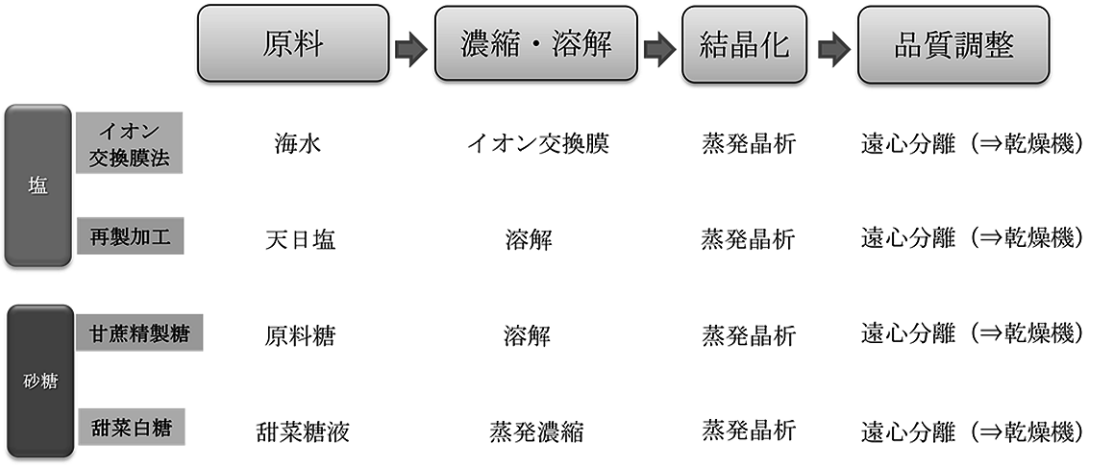


**図 10-1**　製造工程フローの比較

**Answer 10 塩**

Question 2 のところでも述べているように，日本でつくられる塩のほとんどはイオン交換膜を用いた方法で，工学的な扱いをする上ではイオン交換膜法製塩と呼んでいるために，ここではこうした工学的な表記で説明を行います．まず，**図 10-2** にイオン交換膜法製塩の工程概要を示します．工程はろ過装置，陽・陰イオン交換膜が交互に装着さ

**Answer 10 砂糖**

Question 2 のところでも述べているように，日本で生産されている砂糖には，イネ科植物である甘蔗からつくられた原料糖からできる「甘蔗精製糖」と，アカザ科の甜菜からできる「甜菜白糖」があります．甜菜白糖は甘蔗精製糖と品質も外観もほとんど同じですが，甜菜白糖と甘蔗精製糖の製造では，大きな違いが 2 つあります．それは，甜菜

* 新東日本製糖㈱（所属は 2010.12.2 現在）
Shin Higashi Nihon Sugar Mfg. Co., Ltd.

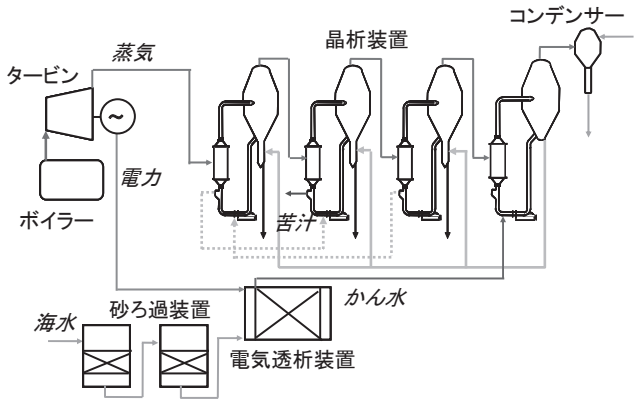


**図 10-2**　イオン交換膜法製塩の工程概要

れたイオン交換膜電気透析装置（以下，電気透析装置と略記します），真空多重効用結晶缶（晶析装置），遠心分離機，乾燥機などから構成されます．イオン交換膜法製塩工場は昼夜連続運転を行っており，年間1，2回の定期点検・修理で各2週間ほど停止する以外は，数か月連続運転を実施しています．このため，高い生産効率を維持することができます．

海からポンプでくみ上げられた海水は，1つの工場で1時間に3,500 t程度にも達します．これを砂ろ過装置に送り，海水中に含まれる土砂成分や濁質物を除去します．こうして清澄になった海水を電気透析装置に送ることで，海水が濃縮されます．

**図 10-3** は，イオン交換膜電気透析の仕組みを模式的に示したものです．

海水中の塩化ナトリウムなどは，ナトリウムイオン（陽），塩化物イオン（陰）というイオンの形で存在しています．電気透析装置には，陽イオンだけを通過させる陽イオン交換膜と陰イオンだけを通過させる陰イオン交換膜を交互に配置しておきます．

電気透析装置の両端に電圧をかけると電流が流れ，陽イオンは－極に向って，陰イオンは＋極に向って移動を始めます．ただし，陽イオンは陽イオン交換膜を透過することができますが，陰イオン交換膜は透過できませんし，陰イオンはそれとはまったく逆の動きをすることになりますの

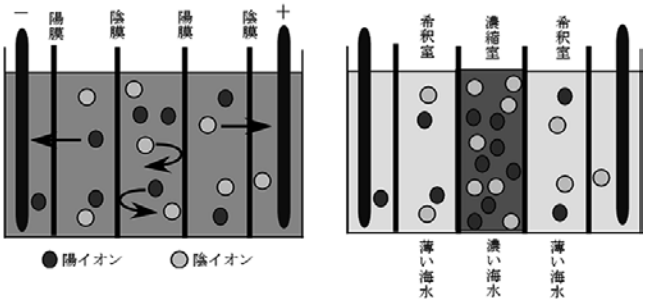


**図 10-3**　イオン交換膜電気透析の仕組み

白糖では，原料糖をつくらずに，原料の甜菜から直接，製品が造られることと，もう一つは，甘蔗は圧搾して，糖汁を得ますが，甜菜では，抽出により糖汁を得ることです．ここでは，まず，甘蔗精製糖における工程について述べ，甜菜白糖については後述することにします．

甘蔗から原料糖を製造する工程を**図 10-7** に示します．まず，圃場で収穫した甘蔗を圧搾して糖汁を得ます．この糖汁を加熱します．次いで石灰乳を加え，不溶性の沈殿物を生成させ，連続沈殿槽に導き，清浄な糖汁とし，蒸発濃縮した後，真空結晶缶（晶析装置）で，さらに蒸発濃縮しながら種晶を加えて晶析します．

ある程度結晶が大きくなったならば，真空結晶缶から結晶と蜜の混じった状態の糖液（白下）を取り出します．この白下を遠心分離機で結晶と蜜に振り分け，原料糖と呼ばれる茶色の結晶を得ます．

**図 10-8** には，原料糖から精製糖を製造する工程の概要を示します．原料糖は結晶表面を洗浄された後，温水に溶解されて糖液となります．糖液には石灰乳を加えて炭酸ガスを吹き込み，不溶性の沈殿物を生成させ，ろ過します．ろ過された糖液は，活性炭やイオン交換樹脂などで色素などの不純物が取り除かれます．このようにして得た精製糖液は，ほとんど無色透明となり，真空結晶缶に供給され，蒸発濃縮により種晶を加えて晶析し，結晶化します．

真空結晶缶から結晶を取り出し，遠心脱水機で結晶と蜜の混じった糖液（白下）を結晶と蜜に振り分け，製品になります．

**図 10-9** に甜菜白糖の製造工程を示します．甜菜は寒帯・亜寒帯で栽培されているため，積雪前に収穫を終わります．収穫済みの甜菜は，圃場の近く，あるいは圃場の中にある甜菜糖工場で処理されます．最初，甜菜は洗浄して，付着

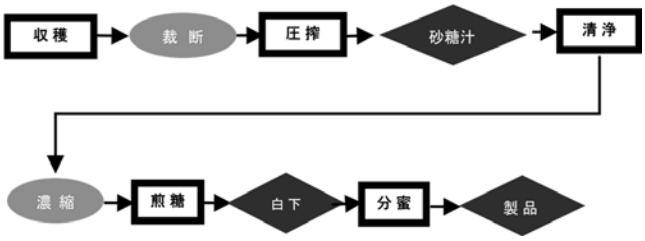


**図 10-7**　原料糖の製造工程概要

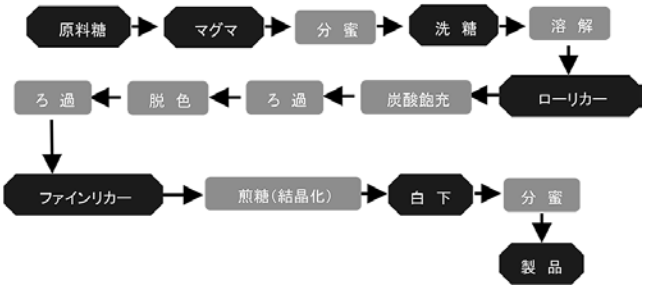


**図 10-8**　精製糖の製造工程概要

で，電気透析装置内部ではイオンが集まる部屋（濃縮室）とイオンが少なくなる部屋（希釈室）が交互に作られることになり，濃縮室から 20 %程度の塩分濃度となったかん水を抜き出すことができます．

こうして得られたかん水は真空多重効用缶に送られ，蒸発晶析が行われます．イオン交換膜法製塩を例にすると，3 重効用，4 重効用が一般的です．真空結晶缶の容積は各缶とも数百 $m^3$ であり，大変大きな装置を使用しています．また，以前には，砂糖と同様，図 10-10 に示すカランドリア缶が利用されていましたが，現在では，装置内部の流動を良好にできる，また，伝熱効率を高くできるなどの理由により，**図 10-4** に示すような外部循環方式が取られるようになりました．

イオン交換膜法製塩では，電気透析装置で濃縮されたかん水中に，海水由来のカリウム，カルシウム，マグネシウムなどの無機成分が含まれていますので，かん水を蒸発させると次第にこれらの成分が濃縮されてきます．したがって，どこまでもかん水を濃縮させてしまうと，塩化カリウムなど, 塩化ナトリウム以外の成分が析出してしまいます．それを防ぐために塩化カリウムが析出する手前で濃縮をやめ，苦汁（にがり）として系外に排出させます．

こうして結晶化された塩は，遠心分離機にかけられて脱水され，そのまま製品になるものと，さらに乾燥して製品にするものがあります．

一方，天日塩を溶解してかん水とし，これを煮詰める方法を再製加工法と呼んでいます．この方法では海外から天日塩を輸入していますが，天日塩も海水を原料としてつくられています．ポンプによって塩田に供給された海水は，濃縮池で濃縮され，濃縮された海水は結晶池に送られ，ここで塩を析出させて天日塩の完成です．**図 10-5** は結晶池での塩の収穫（ハーベスト）風景であり，**図 10-6** に野積みされた天日塩を示します．

当センターが販売する精製塩や食卓塩を例に述べますと，船輸送によって日本に運ばれた天日塩は，再製加工工

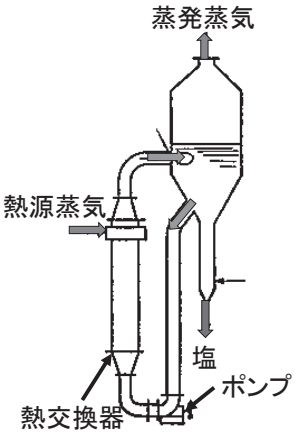


**図 10-4**　真空結晶缶（外部循環方式）

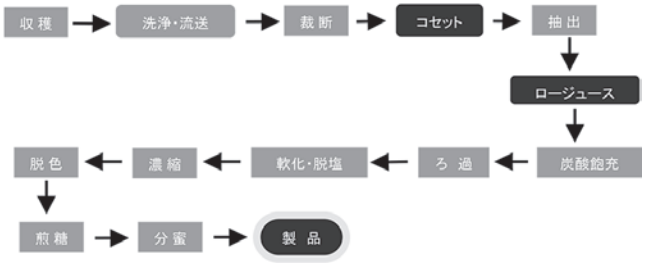


**図 10-9**　甜菜白糖の製造工程概要

した土砂を取り除きます．甜菜の組織は柔らかいために，搾って糖液を取り出すことができませんので，洗浄した甜菜を千切りにして，浸出塔に送り，温水により糖分を浸出します．

この抽出液を加熱し，石灰乳を加え，炭酸ガスを吹き込み，不溶性の沈殿物を生成させ，ろ過します．ろ過液は，カルシウム塩の除去のためにイオン交換樹脂に通液した後，蒸発濃縮します．濃縮液は，不純物を取り除き，真空結晶缶で, 更に蒸発濃縮しながら種晶を加えて晶析します．ある程度結晶が大きくなったならば，真空結晶缶から結晶と蜜の混じった状態の糖液（白下）を取り出します．この糖液を遠心分離機で結晶と蜜に振り分け，白色の結晶を得ます．

この様に原料糖の製造，甘蔗精製糖の製造，甜菜白糖の製造でも砂糖の結晶化は，塩と同じく，蒸発濃縮により結晶を得ていますが，違いとしては塩が連続運転するのに対して，砂糖は回分運転（1 回毎に原料の供給を止めて全部抜き出す）を実施しているという点です．1 つの工場で非常に多種類の製品を生産していること，真空結晶缶を連続運転すると結晶の大きさが不ぞろいになってしまうこと，この 2 点の理由により連続運転には適さないのが実情です．また，塩水と比較して濃厚な糖液は比重と粘度が大きく，結晶を浮遊しやすい半面，流動させにくいといった点があります．そのため，糖液の流路である伝熱配管は塩に比べて太くなっています．また，伝熱効率を高くするために，真空結晶缶内の撹拌には撹拌機を設けて糖液を流動させています．**図 10-10** に砂糖の真空結晶缶の概念図を示し

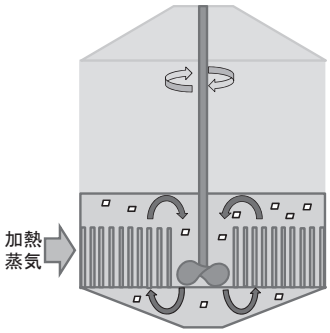


**図 10-10**　真空結晶缶（カランドリア缶）

**図 10-5**　結晶池での塩の収穫風景

**図 10-6**　野積みされた天日塩

場において，水で洗浄された後に，水に溶かしかん水を得ます．次に，精製槽でかん水に炭酸ナトリウムや水酸化ナトリウムを添加し，水酸化マグネシウムと炭酸カルシウムを析出させ，沈殿法やろ過法によってこれらの析出物を除去し，精製かん水とします．

こうして得られた精製かん水はイオン交換膜法製塩と同様に真空多重効用缶に送られ，蒸発晶析が行われます．再製加工法では，かん水中の不純物がほとんど除去されているため，イオン交換膜法製塩に比べ，濃縮度を高くすることができ，また，高純度の塩をつくることができます．

こうして結晶化された塩は，遠心分離機にかけられて脱水され，さらに乾燥して製品となります．

また，真空結晶缶は装置内を真空に近い状態にするために大気圧よりも低い温度で糖液を沸騰させることができます．その利点として，濃縮温度を低くすることで糖液の着色，分解を抑制できることと，蒸発に必要な熱エネルギーを低減できる点が挙げられます．

## Question 11

塩と砂糖，一見よく似た工程のように思われましたが，結構違うところがあることに気づきました．最近，塩にしても，砂糖にしてももっとたくさんの種類の商品が店頭に並んでいるように思いますが，こうした商品はすべてこれらの製法で分類できるのでしょうか．塩では，製法表記が定められていますので，これに基づいて説明して頂きます．また，砂糖についても，どのような種類や製法があるのかを紹介して頂けませんか．

**Answer 11 塩**

2008年に設立された食用塩公正取引協議会では，同年，食用塩の表示に関する公正競争規約を施行し，食用塩に関する製法表記を定めました．**表 11-1** に，それぞれの製造工程の表記と概略を示しています．現在，多くの塩製造者がこの表記を採用し，商品のパッケージに記載されていますので，今度塩をお買い上げになる際に，是非ご覧くださ

**Answer 11 砂糖**

**図 11-1** は，砂糖の分類方法の概略を示したものです．砂糖は製法の違いにより，含蜜糖と分蜜糖に分類できます．甘蔗などの搾汁*には砂糖の主成分であるショ糖以外にも，その他の糖類や有機，無機成分が数パーセント程度含まれています．含蜜糖はこの搾汁をそのまま煮詰めて作られるので，これらの成分をそのまま固化したものとなりま

い．

因みに Question 10 のイオン交換膜法によって製造される食塩は，「イオン膜・立釜・乾燥」と表記されています．

**表 11-1**　工程の表記と概略

| 用語 | 内容 |
|---|---|
| イオン膜 | 濃縮（採かん）工程において，イオン膜を利用して海水を濃縮する方法 |
| 溶解 | 濃縮（採かん）工程において，天日塩，岩塩等の結晶化した塩を溶解して塩水を得る方法 |
| 天日 | 濃縮（採かん）・結晶工程において，塩田，流下盤，枝条架，ネット等を用いて，主に太陽熱又は風力によって水分を蒸発させる方法 |
| 立釜 | 濃縮（採かん）・結晶（煎ごう）工程において，外側加熱型又は標準型（カランドリア型）等の完全密閉型蒸発缶を用いて，減圧又は加圧状態で加熱蒸発して塩水を濃縮又は結晶化する方法 |
| 平釜 | 濃縮（採かん）・結晶（煎ごう）工程において，その形状にかかわらず密閉されていない釜を用いて，大気圧で加熱蒸発して塩水を濃縮又は結晶化する方法 |

（食用塩の表示に関する公正競争規約及び施行規則）

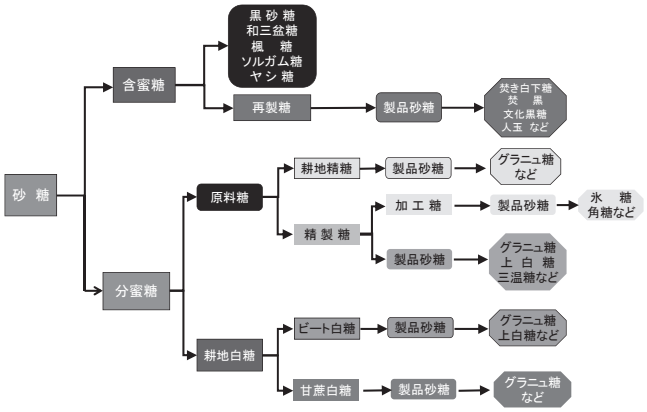


**図 11-1**　砂糖の分類

す．黒砂糖などがこれに当たります．黒砂糖は，主に甘蔗の産地である沖縄県や鹿児島県でつくられています．搾汁中のショ糖以外の成分は原料により異なりますので，含蜜糖にはカエデ糖，ヤシ糖等など様々な種類があります．なお，甜菜の場合には，甜菜から糖分を抽出して糖汁を得ますので，含蜜糖に相当するものは作られていません．

一方，分蜜糖は糖汁を清浄し不純物を取り除いた後に煮詰めて結晶化させた後，糖蜜分を分離して結晶分を取り出したものです．Question 10 で述べた，日本で主に作られる甘蔗精製糖や甜菜白糖はこちらに分類されています．

ここで，精製糖とは，原料糖からさらに不純物を取り除いて結晶化した砂糖を指しています．わざわざ原料糖をつくる理由は，甘蔗のままであると，微生物汚染により腐敗が進み，遠距離での輸送が困難になるためです．従って，原料糖の工場は，甘蔗を栽培している圃場の近くか，あるいは圃場の中にあります．原料糖は，消費地，例えば日本などに運ばれ，精製糖工場で精製され，精製糖となります．精製糖には家庭でも一般的なグラニュー糖，上白糖および三温糖などが分類されます．三温糖を黒砂糖や和三盆糖と同じ種類と思われている方が多いですが，実は上白糖と同じような製法の精製糖です．精製糖にはさらに，グラニュー糖などを原料にしてさらに加工される加工糖があり，氷砂糖，角砂糖，粉糖などがこれにあたります．

一方，甜菜白糖のように，原料糖をつくらずに製造される砂糖を耕地白糖と呼んでいます．甘蔗から白糖を製造することもできますが，日本ではあまり多くありません．

なお，加工糖および黒砂糖の製法については，それぞれ，Question 13 および Question 14 にて，製法を含めて説明いたします．

＊搾汁＝甘蔗などを圧搾して得た糖汁

## Question 12

和三盆糖と三温糖は名前も似ていますし，見た目も少し茶色なので同じ種類だと思っていたのですが，まったく違った商品だったということに驚きました．さて，多くの製法があることは理解できましたが，さらに細かく商品を見てみると，同じような商品でも，粒径や水分など，もっと多くの種類の商品があるように思います．そこで，塩と砂糖の商品を形状，粒径，成分，添加物から眺めてみたいと思います．

### Answer 12 塩

**図 12-1** は，日本国内において販売された塩の商品数の推移です．これを見ると，2003 年度まで増加し，近年は 400 ～ 430 程度の商品数となっています．このように，多くの塩の商品が市場に流通するようになり，商品の選択肢が増えています．以下に，実際にどのような種類の塩が販売されているのかについて紹介します．

・形状

**図 12-2** に様々な塩の結晶形状を示します．塩の結晶形状は，通常は「立方体」ですが，製造方法により様々に変化します．小さな正六面体が集まった「凝集」，薄い板状の「フレーク」，大きな結晶を砕いた，「粉砕」などが多く販売されています．また，「球状」やピラミッドのような形をした「トレミー」の結晶も生産されています．さらに，錠剤のようなタブレットタイプや顆粒タイプもあります．

・粒径

**図 12-3** は，日本国内において，どの程度の平均粒径の塩がどの程度の割合（商品別）で販売されているかを示し

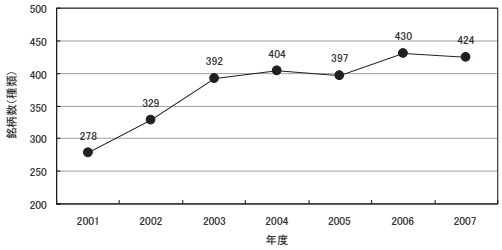


**図 12-1**　商品数の推移

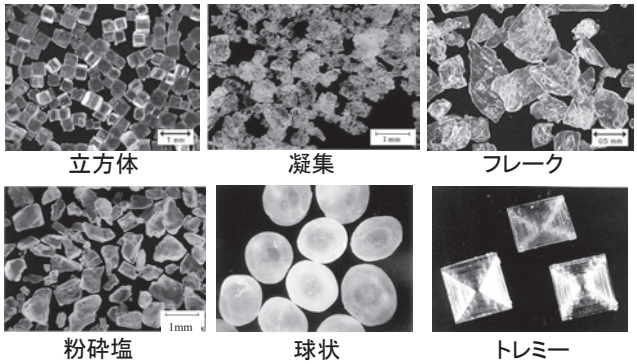


**図 12-2**　様々な塩の結晶形状

### Answer 12 砂糖

国内で市販される主な砂糖の種類を**表 12-2** および**図 12-6** に示します．表 12-2 の“特徴”の欄に示したように，結晶の大きさ，味，色などが，種類により様々に異なり，多種多様な製品が販売されています．一般的には砂糖には添加物は含まれていませんので，ここでは甘蔗精製糖と甜菜白糖の形状や粒径，成分などについて述べます．

なお，Question 11 でも述べましたが，表の中で，甘蔗精製糖に分類される種類は，白双糖，中双糖，グラニュー糖，上白糖，三温糖で，氷砂糖と粉砂糖は精製糖を加工した加工糖であり，黒砂糖は含蜜糖に属します．また，甜菜白糖には，グラニュー糖と上白糖があり，その形状･品質･外観は甘蔗精製糖と全く同じです．

**表 12-2**　各種砂糖の特徴と用途

| 種類 | 特徴 | 用途 |
|---|---|---|
| 白双糖 | 粒径が 1 ～ 3 mm の無色の大粒の結晶で，光沢がある．純度が高く，無臭．比較的溶けにくい．ショ糖そのままの甘さをもつ． | リキュール，高級菓子類，ゼリー |
| 中双糖 | 粒径が 2 ～ 3 mm の大粒で，表面にカラメル色素により着色した黄褐色の結晶．比較的純度が高く，無臭． | 煮物，漬物 |
| グラニュー糖 | 粒径が 0.2 ～ 0.7 mm のサラサラした白色の結晶．純度が高く，無臭．ショ糖そのままの甘さをもつ． | コーヒー，紅茶，菓子，料理等 |
| 上白糖 | 粒径が 0.1 ～ 0.2 mm の細かい，表面に還元糖を有し，しっとりとした感触のある結晶．加熱すると褐変しやすい． | 菓子，料理等，パン，カステラ，ジャム |
| 三温糖 | 粒径 0.1 ～ 0.2 mm の細かい，しっとりとした感触のある黄褐色の結晶．還元糖を上白糖より多く含むため，独自の風味を持つ． | 煮物，漬物 |
| 氷砂糖 | ブロック状（ロック氷糖）あるいは結晶状（クリスタル氷糖）がある．クリスタル氷糖は，17 ～ 25 × 15 ～ 18 mm で，グラニュー糖や白双糖の結晶を大きくした形．ロック氷糖は，20 ～ 60 × 10 ～ 40 mm で，品質は両者ともグラニュ糖と同じ． | そのまま食用，果実酒等 |
| 粉砂糖 | グラニュー糖を微細に粉砕したもので，固結しやすい．固結防止にデンプン等を添加することあり． | アイシング：洋菓子，ケーキ，クッキー，糖衣錠，果物へのふりかけ |
| 黒砂糖 | 淡い褐色から黒褐色で，レンガ状，レンガ状を砕いた形状や粉状等さまざまである．純度が 85 %程度と低く，灰分が多い．独自の渋みや苦味が強く感じられる． | 郷土菓子等 |

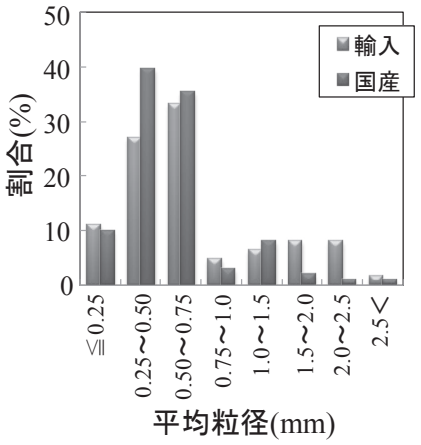


**図 12-3**　市販されている塩の平均粒径
（市販食用塩データブックより）

たものです．日本国内には平均粒径 0.06 ～ 2.6 mm と幅広い商品が販売されています．

砂糖とは異なり，粒径の違いによる明確な分類はありませんが，当センターが販売する「食塩（平均粒径 0.4 mm 程度）」を基準とすると，0.5 ～ 1 mm 程度を中粒塩，1 mm 以上を大粒塩，0.25 mm 程度以下を微粒塩と呼んでいます．

・成分

**表 12-1** に食用塩の成分の一例として，「食塩」の成分分析値を示します．この商品と同様に，ほとんどの塩は塩化ナトリウム以外に，マグネシウム，カルシウム，カリウムなどの無機成分と水分を含んでいます．

**図 12-4** は，日本国内において，どの程度の水分の塩がどの程度の割合（商品別）で販売されているかを示したものです．国内には水分 0 ～ 20 %の範囲の商品が販売されており，国産品は水分が比較的多く，輸入品は水分が低い傾向があります．実際に欧州のスーパーなどで販売されているのは水分が 0.1 %以下の商品ばかりです．

一方，**図 12-5** には，同様にマグネシウム含有量について示したものです．マグネシウム含有量は 0 ～ 0.5 %の範囲であり，水分とともに，国産品は比較的多く，輸入品は少ない傾向があります．

・添加物

塩には，目的に応じて添加物が添加されています．塩は

**表 12-1**　食用塩の成分分析値の一例（「食塩」）
（市販食用塩データブックより）

単位：%

| 水分 | 不溶解分 | 塩化物イオン | カルシウム | マグネシウム | 硫酸イオン | カリウム | ナトリウム |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0.15 | 0 | 60.59 | 0.021 | 0.017 | 0.020 | 0.057 | 39.21 |

**図 12-6**　種々の砂糖（砂糖の科学より）

・形状

砂糖，ここでは甘蔗精製糖と甜菜白糖に該当しますが，糖種によって，結晶の大きさは異なるものの，通常は多面体の結晶形状をしています．純粋なショ糖液から作成された結晶は，8 結晶面あるいは 15 結晶面を持つ単結晶系の結晶です．しかし，通常は，純粋なショ糖液をつくることができず，糖汁中に含まれる不純物の影響で，一部の結晶面の成長が鈍くなったり，小さくなったり，消滅したりして，結晶面が少なくなった結晶，あるいは変形した結晶となります．市販されている甘蔗精製糖と甜菜白糖は，殆どが面の少なくなった結晶です．

・粒径

市販されている甘蔗精製糖と甜菜白糖のうち，粒が最も大きいものは，白双糖，中双糖で，粒径は 2 ～ 3 mm あります．グラニュー糖は 0.2 ～ 0.7 mm であり，さらに細かいものが，上白糖や三温糖で 0.1 ～ 0.2 mm です．

・成分

市販されている甘蔗精製糖と甜菜白糖には，**表 12-3** に砂糖製品の成分分析例を示しましたように，主に，還元糖や灰分（無機成分）などが含まれます．また，上白糖とグラニュー糖の一番の違いは，ショ糖分，還元糖，水分の含有量であり，日本で流通している甘蔗精製糖や甜菜白糖の中では，上白糖など比較的ショ糖の含有量の低い種類が多くなっています．

海外では水分が少なく，ショ糖の純度が高い，グラニュー糖が主流です．日本では，「しっとりとしたソフトな感じと風味をもつ」上白糖をグラニュー糖より好む傾向がある

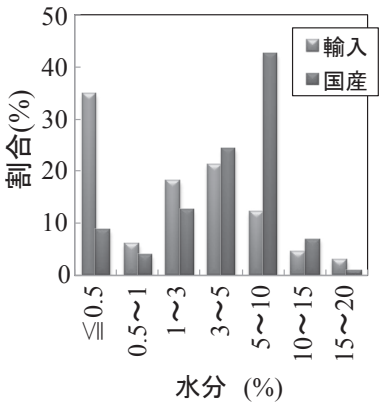


**図 12-4**　市販食用塩の水分（加熱減量）
（市販食用塩データブックより）

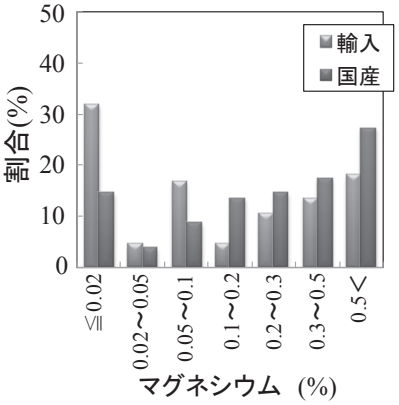


**図 12-5**　市販食用塩のマグネシウム含有量
（市販食用塩データブックより）

固まりやすい性質があることから，サラサラ性を維持するために固結防止剤（塩基性炭酸マグネシウム，炭酸カルシウム）が添加された商品があります．また，栄養成分を補充するため栄養強化剤（カルシウム塩，リン酸塩，焼成貝殻粉末）が添加された商品，減塩目的で塩化カリウムを50 %程度添加された商品，うまみ成分や香辛料が添加された商品があります．

**表 12-3**　砂糖の成分分析値の一例

| 種類 | ショ糖分（%） | 還元糖（%） | 水分（%） | 灰分（%） | 色価（ICUMSA） |
|---|---|---|---|---|---|
| グラニュー糖 | 99.97 | 0.01 | 0.01 | 0 | 8.9 |
| 白双糖 | 99.97 | 0.01 | 0.01 | 0 | 5.4 |
| 中双糖 | 99.82 | 0.05 | 0.03 | 0.02 | 627.3 |
| 上白糖 | 98.05 | 1.2 | 0.68 | 0.01 | 7.3 |
| 三温糖 | 96.93 | 1.66 | 1.09 | 0.15 | 634 |
| 氷砂糖 | 99.95 | 0.01 | 0.05 | 0 | 9.3 |
| 黒砂糖 | 78 ～ 87 | 3.0 ～ 6.3 | 5.0 ～ 7.9 | 1.4 ～ 1.7 | − |

ようです．

三温糖は，上白糖より灰分が高く，独特な風味を有する為，苦味や酸味を和らげてくれます．Question 11 で述べた通り，三温糖は製法上，黒砂糖ではなく，上白糖の仲間であり，上白糖に近い成分になっています．

## Question 13

塩も砂糖も様々な商品が店頭に並んでいる訳ですね. こうした商品はどのような製法によって, 製造されているのでしょうか．まずは，粒径や形状の制御について伺いたいと思います．

**Answer 13 塩**

塩の粒径や形状は，主に結晶化における装置や操作によって決まってきます．

・粒径

Question 12 で述べた平均粒径 0.3 ～ 0.5 mm の食塩クラス，0.5 ～ 1.0 mm の中粒塩，1.0 mm 以上の大粒塩は，立

**Answer 13 砂糖**

砂糖の粒径や形状も，結晶化工程によって決まります．

・粒径

砂糖の場合，粒径の大小で，幾つもの種類の製品を生産しています．しかし，砂糖の場合は塩のような釜の使い分けはせず，多くは Question 10 で紹介したカランドリアタ

釜により製造されます．こうした粒径ごとの製造では，正循環，逆循環，オスロ型といった立釜の種類を使い分けます．**図 13-1** にこれら立釜の概要を示します．

正循環型は，装置の下部からスラリー*を抜き出し，上部に循環しますので，スラリーと母液*は均一に混合されます．これにより，循環系にほとんどの結晶が回るため，循環ポンプで結晶破砕が起こりやすくなります．このため，結晶はあまり大きくならず，食塩クラスの結晶をつくるのに適しています．

逆循環型は，基本的な構造は正循環型と変わりません．違ったところは，スラリーは上部から抜き出され，下部に循環するところです．これにより，結晶の一部は循環系には回らず，ポンプでの破砕は少なくなります．また，装置内では上昇流ができますので，大きな結晶は装置の底部に滞留しやすくなり，そこから塩を抜き出すと正循環より大きな結晶，すなわち中粒塩を得ることができます．

オスロ型は，逆循環型と機構は同じですが，装置内に胴径の大きな育晶器を持ちます．このため，育晶器の中には緩やかな上昇流が生じます．したがって，結晶は循環系にほとんど回らず，育晶器の中で成長します．こうした構造により，大粒塩をつくることができます．

一方，微粒塩は立釜で得られた結晶を篩分けして得る場合が多いですが，海水やかん水を噴霧乾燥してつくられている塩もあります．噴霧乾燥の場合は急速に海水中の塩類を析出させることで，粒径 0.2 mm 以下の塩が多く得られます．

・形状

まず，立釜の場合，一般に粒径が大きくなると，立方体から球状に形状が変化します．すなわち，食塩や中粒塩では，多くが立方体の結晶ですが，大粒塩では，器壁への衝突や結晶同士の衝突によって，摩耗し丸くなった結晶が多くなります．

次に，フレークやトレミーについて説明します．これらの形状は平釜を用いてつくります．平釜は，塩づくりの歴史でも述べましたように，基本的には**図 13-2** に示すような，平らな鍋のような形をしています．現在では，それ程深くない長方形のプールのような形をしたものが多く見ら

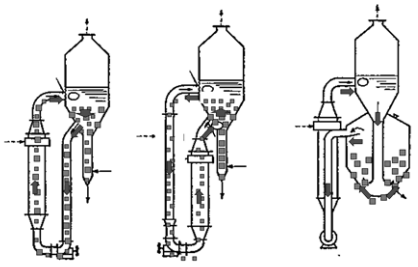

**図 13-1**　立釜の種類

イプの真空結晶缶で製造しています．粒径には高い精度が求められていますので，その調整には様々な工夫が成されています．

まず，グラニュー糖や上白糖の結晶を作る場合には，粉砂糖を種晶としてこれを結晶として成長させます．一方，粒径の大きな白双糖，中双糖といった双目（ざらめ）糖を得たい場合には，グラニュー糖などの結晶を種晶として添加して，これをゆっくりと成長させます．

結晶缶は回分式のため，一回の晶析で生産できる結晶の量がほぼ決まっています．したがって，種晶の量が決まれば，比較的揃った粒径の結晶を安定して得ることができます．ただし，生産される砂糖の量が決まっていますので，仮に結晶の個数が増えてしまうと結晶一つ一つの成長が低下してしまいます．このようなことから，平均粒径が低下したり大小の結晶が混ざったりして品質が低下してしまうことがあります．このような現象を防ぐため，種晶の量を増やしたり減らしたりすることもあります．また，結晶を成長させていく途中で，種晶以外の新たな結晶が発生してしまうことがありますので，結晶缶の中に未飽和の糖液や水を添加して小さな結晶を溶かす操作をすることもあります．こうして得られた結晶を，さらに揃ったものにするために，それを篩に通して一層粒の揃った結晶にしています．

さらに大きな砂糖であり，加工糖の代表的な製品である氷砂糖には，クリスタル氷糖とロック氷糖（室氷糖）があります．両者の製造法は全く異なります．ロック氷糖の製造は，まず，グラニュー糖を溶かした飽和状態の糖液と種晶の氷砂糖のかけら数個を結晶皿に入れて，保温性のある結晶室に静置します．結晶室の中に結晶皿を静置します．その間，徐々に結晶を成長させるため，蒸発を徐々に進行させ，糖液の濃度を一定に保ちます．約 2 週間で皿一面に氷が表面に張ったようになりますので，結晶と糖液の残りを分離し，乾燥させます．

一方，クリスタル氷糖の製造は，まず，回転式結晶化装置内にある，飽和に近い濃度の糖液の入ったタンクに，種糖を入れた網目状の回転ドラムを浸し，温度に保ち，回転ドラムをゆっくりと回転させ，結晶を成長させます．3 ～ 5 日間後に取り出し，成長した結晶と残った糖液（氷糖蜜）に分けます．

反対に粒径の小さな粉砂糖ですが，これは，グラニュー糖や甜菜白糖を微粉砕機で粉末状としたものです．

・形状

形状の異なるものとして代表的な角砂糖ですが，これは，グラニュー糖を成型してつくります．まず，粒径の比較的小さいグラニュー糖に濃い濃度の砂糖液を加え，良く混ぜ合わせます．次に成型機にて，この混合物を型に詰めて押し固めます．その後，乾燥機に入れて余分な水分を飛ばして乾燥させ，放冷してでき上がりです．

このほか，黒砂糖でレンガ状の形をしているものがあり

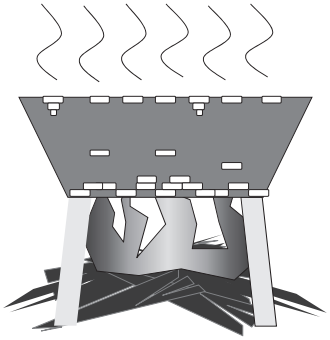

**図 13-2**　平釜

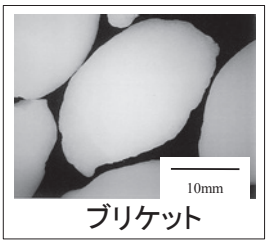


**図 13-3**　ブリケット塩

れます．釜の中のかん水を熱すると，液面から水が蒸発します．平釜の場合，立釜とは違い，ほとんど撹拌することはありませんので，水分が蒸発した液面の塩分濃度が高くなり，そこに非常に小さな塩の結晶が析出します．こうした結晶は互いにくっつき合い，板状に成長していきます．これがフレーク塩です．顕微鏡などで見ると，小さな立方体の結晶がくっつき合っていることが確認できます．また，液面で発生した微結晶が液中に沈む過程で成長すると，ピラミッド状のフレーク塩をつくることもできます．これはトレミーと呼ばれます．このように，平釜でつくられる塩は特殊な形状を持ち，粒径も大きなものから，小さなものまであります．

その他，岩塩，天日塩のような塩の塊を粉砕した塩があり，この場合，形状は不定形となります．

さらに，タブレットタイプやブリケットタイプは，微粒塩を型に入れ，圧力をかけて成形することでつくられます．顆粒タイプは，微粒塩に塩水を含ませてペースト状にし，生クリームのように押し出し成型しながら乾燥させることによってつくられます．これらはいずれも型の形を変えることで形状を変えることができます．

＊母液＝製塩では，かん水を濃縮し，飽和となった溶液のことをいう．
スラリー＝母液に結晶が懸濁したもの．

ますが，詳しい製造方法についてはQuestion 14で述べます．

## Question 14

塩は一般的に連続操作で結晶をつくるため，ある程度粒径の幅をもった製品になってしまうのですが，砂糖では厳密な粒径コントロールがされている訳ですね．ここでは紹介しませんでしたが，塩の場合，海外でつくられる天日塩は，**図 14-1** に示すように，氷砂糖のような大きな結晶が複雑に組み合わさったものです．こうした天日塩は，数か月かけてゆっくり結晶を大きくしていますが，それに比べて，ロック氷糖では，大きな結晶をつくるのに，2 週間程度で済むということで，砂糖の結晶の成長速度が随分速いことをお聞きしています．

これまでは，粒径や形状の異なった商品の製法を伺いましたが，今度は成分の違いについてお話を伺うことにしましょう．

**図 14-1**　天日塩

**Answer 14 塩**

塩の水分は，結晶の外部に付着する液（付着液），結晶内の包含液に存在します．一方，塩以外の無機成分は，付着液，結晶内の包含液，結晶内への析出により存在します．ただし，塩の結晶自体は塩化ナトリウムの純度が高いため，水分，塩以外の無機成分は付着液に存在する割合が高いと言えます．

この付着液の量は，**図 14-2** に示すように結晶化工程で析出した塩の脱水，乾燥により調整されます．水分は付着液の量によりほぼ決まり，乾燥機を経ないしっとりした塩（湿塩）では 1 ～ 2 %，乾燥された塩（乾燥塩）では 0.1 %以下となります．

湿塩の付着液には塩が飽和濃度で含まれているはずですので，付着液が保管中に蒸発してしまうと，結晶表面に塩が析出して固結が起こります．このようなトラブルを抑制するために，湿塩の付着液には，通常，苦汁を用います．苦汁には吸湿性のマグネシウム塩などの成分が多く含まれていますので，水分の蒸発を抑制することができます．したがって，岩塩や天日塩を原料として溶解・立釜でつくられた場合には，母液の純度が高く，苦汁がほとんどできませんので，湿塩をつくる場合には苦汁を別途，添加する必要があります．

また，塩が保持できる付着液は，粒径や形状によって異なるという特徴があり，このため塩の水分も異なります．粒径の小さな結晶は単位重量当たりの表面積（比表面積）が大きく，付着液の保持力は高くなるため，比較的水分が多い製品となります．また，フレーク，トレミー，凝集塩などもその形状の特性から表面の凹凸が大きいため，比表面積が大きく，付着液を保持しやすくなります．このように結晶化工程において形状を制御することで，ある程度，成分を制御することもできます．

**図 14-2**　脱水，乾燥工程と付着液量のイメージ

**Answer 14 砂糖**

成分は，まず，含蜜糖であるか分蜜糖であるかで大きく異なります．含蜜糖の場合は原料由来の成分が含まれるのでショ糖純度は低く，原料により成分が変わってきます．含蜜糖の代表である黒砂糖は，**図 14-3** に示す通り，甘蔗からの搾汁をそのまま固めてつくるため，ミネラル分など砂糖以外の成分を多く含み，独特の風味と甘味を持っています．ここでは製法の一例を述べます．まず，甘蔗を圧搾機で搾り，搾汁を得ます．この搾汁に少量の石灰乳を加え，蓋のない平鍋の中で加熱・濃縮します．そうすると，搾汁の表面に浮遊成分が浮遊しますので，柄杓で取り除き，スカムがなくなったらもう一方の平鍋に搾汁を移し，濃縮を続け，シラップ（シロップ）とします．ある程度，濃縮したらこのシロップを蓋のない鍋に移し，更に煮詰め，固まりとします．その後，蓋のない冷却用の鍋に移し，硬くなるまで放置します．この間，微細な結晶を形成させるために，激しく攪拌します．微細な結晶ができたら，この固まりを木箱や缶に移して，静置させます．最終的には，淡い褐色から黒褐色で，レンガ状の黒砂糖が作られます．

一方，分蜜糖では，ショ糖の純度を高めているために，原料による成分の差は大きくありません．日本で販売されている砂糖のほとんどは分蜜糖ですが，これは，塩と同じように，煮詰めた後，遠心分離機で結晶と糖液に分離され，乾燥機で乾燥されます．

**図 14-4** に，分蜜糖の代表として精製糖の製法フローを示します．製品の水分は，砂糖の結晶表面に付着していますので，水分を 0.02 %程度になるまで乾燥させてつくるグラニュー糖や白双糖はショ糖の純度が 99.9 %以上と高

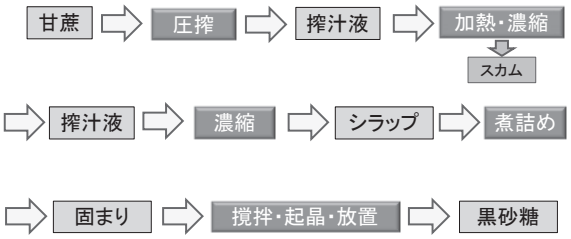


**図 14-3**　黒砂糖の製法

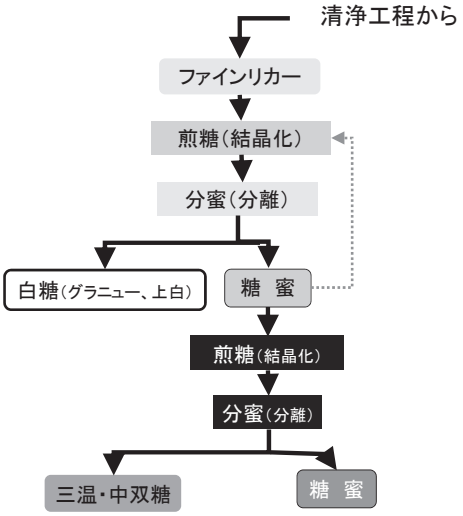


**図 14-4**　精製糖の製法

くなります．

一方，上白糖は，塩でいう湿塩と同じと考えていいと思います．上白糖は水分が 0.8 %程度あり，糖度は 97.7 %位です．糖度が低い理由は，ショ糖がブドウ糖と果糖に分解した還元糖が含まれているためで，この果糖が強い吸湿性を持つのでしっとりする訳です．

黄褐色の三温糖は基本的には上白糖の仲間です．結晶を作る過程で，グラニュー糖や上白糖を作った時に遠心分離機で分けた蜜は，まだ多くの砂糖分を含んでいるので，再び煮詰めて結晶をつくります．こうした操作を繰り返していくうちに蜜が熱により徐々に薄茶色くなり，この蜜を使って晶析した結晶も徐々に薄茶色がついてきます．これが三温糖であり，原料由来の灰分や還元糖などが濃縮されるので，独特の色と甘みを持つようになります．（表 12-3 参照）

## Question 15

これ程までに多くの種類がある塩や砂糖の中から商品を選ぶのは，大変なことですね．最後に，どのような点に気をつけて商品を選べば良いのか，つまり商品選びのコツのようなものがあれば教えて欲しいと思います．

**Answer 15 塩**

・使い勝手

**図 15-1** は，塩の結晶形状により生じる使い勝手の違いをまとめたものです．塩はそのまま食材に振りかけたり，混ぜたり，溶かしたりするので，溶けやすさ，かさ密度（スプーン 1 杯あたりの重量），サラサラ性などが重要であり，これらは，塩の結晶の粒径分布（大きさ），形状，水分により変化します．塩の結晶形状がトレミー，フレーク，微粒などの場合は単位重量あたりの表面積が高いため溶けやすく，付着しやすい傾向があります．また，かさ密度が小

**Answer 15 砂糖**

砂糖の場合，その種類により比較的用途がはっきりしています．その一覧を特徴と併せて**表 15-1**（表 12-2 と同じ）に示します．

・使い勝手

砂糖の場合，使い勝手を意識している製品は多くありません．表 15-1 にも示す通り，果実酒をつくるときは，結晶が大きく，ゆっくり溶けて果実のエキスを引き出す氷砂糖や双目糖が適しています．また，角砂糖は 1 個の大きさ

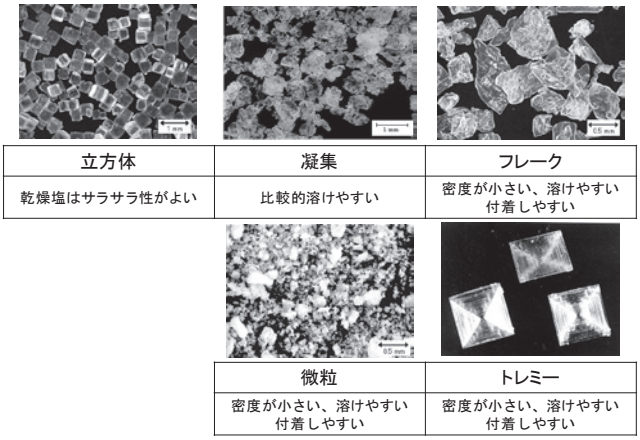


**図 15-1**　塩の結晶形状と使い勝手

さいために，スプーン 1 杯あたりの重量は少なくなり，同じスプーン 1 杯でも塩味が薄くなる傾向があります．

塩の結晶形状が立方体の塩のうち乾燥している塩は，サラサラ性が良くなりますので，かさ密度はほぼ一定になり，スプーンなどでの計量でも同じ量の塩を量り取ることができます．

このように，塩の物性に着目するとそれぞれの調理に適した塩を選ぶことができます．

また，塩を使った代表的な食品である漬物についても，塩の種類によってできる漬物の品質が異なってくることが明らかになっています．塩が溶ける速さは，粒径が小さくなるほど速くなります．また，粒径の小さい塩では大きい塩と比べて，たくさんの塩が付着します．

このような違いが最終的にどのような違いになって表れるかを**図 15-2** に示しますが，粒径が小さい塩を用いたほうが，ウメの水分，塩分は少なくなくなります．この 2 種類のウメ漬を同じ水分になるまで天日干しすれば，粒径の小さい塩を用いたほうが塩分の少ない梅干しに仕上がるこ

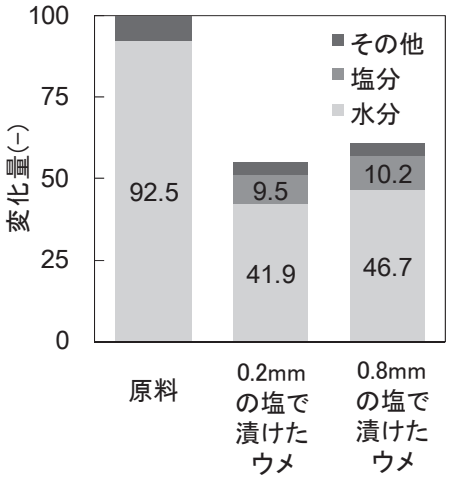


**図 15-2**　塩の粒径とウメ漬の成分の関係

**表 15-1**　各種精製糖の特徴と用途

| 種類 | 特徴 | 用途 |
|---|---|---|
| 白双糖 | 粒径が 1 ～ 3 mm の無色の大粒の結晶で，光沢がある．純度が高く，無臭．比較的溶けにくい．ショ糖そのままの甘さをもつ． | リキュール，高級菓子類，ゼリー |
| 中双糖 | 粒径が 2 ～ 3 mm の大粒で，表面にカラメル色素により着色した黄褐色の結晶．比較的純度が高く，無臭． | 煮物，漬物 |
| グラニュー糖 | 粒径が 0.2 ～ 0.7 mm のサラサラした白色の結晶．純度が高く，無臭．ショ糖そのままの甘さをもつ． | コーヒー，紅茶，菓子，料理等 |
| 上白糖 | 粒径が 0.1 ～ 0.2 mm の細かい，表面に還元糖を有し，しっとりとした感触のある結晶．加熱すると褐変しやすい． | 菓子，料理等，パン，カステラ，ジャム |
| 三温糖 | 粒径 0.1 ～ 0.2 mm の細かい，しっとりとした感触のある黄褐色の結晶．還元糖分を上白糖より多く含むため，独自の風味を持つ． | 煮物，漬物 |
| 氷砂糖 | ブロック状（ロック氷糖）あるいは結晶状（クリスタル氷糖）がある．クリスタル氷糖は，17 ～ 25 × 15 ～ 18 mm で，グラニュー糖や白双糖の結晶を大きくした形．ロック氷糖は，20 ～ 60 × 10 ～ 40 mm で，品質は両者ともグラニュ糖と同じ． | そのまま食用，果実酒等 |
| 粉砂糖 | グラニュー糖を微細に粉砕したもので，固結しやすい． | アイシング：洋菓子，ケーキ，クッキー，糖衣錠，果物へのふりかけ |
| 黒砂糖 | 淡い褐色から黒褐色で，レンガ状，レンガ状を砕いた形状や粉状等さまざまである．純度が 85 ％程度と低く，灰分が多い．独自の渋みや苦味が強く感じられる． | 郷土菓子等 |

が均一なので，コーヒーなどに入れる場合にいつでも同じくらいの砂糖を入れることができます．

グラニュー糖はサラサラしていて扱いやすいということから，生産量も多く，砂糖の中心核であるといえます．このグラニュー糖は 99.9 ％以上がショ糖分であり，他の食材の風味を変える事がありません．その為，食材の風味を変えたくない飲料製品に多く利用されています．

砂糖よりも安価な人工甘味料が増加している中でも，特にコーヒーに関しては，砂糖がコーヒーの風味を最大限引き出せるとの考えから，多くの製品に利用されています．

・味・風味・見た目

味については，ショ糖の純度が高いものは，くせのない甘みであり，やや水分や灰分が多いしっとりした上白糖や三温糖は，独自の風味を持ちます．これは，上白糖の中の還元糖（ショ糖が変化したもの）が濃厚な甘みを，三温糖の中の還元糖が焦げてできたカラメルが風味を引き出しているためです．

ショ糖の純度が最も低い黒砂糖は，灰分や還元糖が多く，苦味や渋味と共に独特の風味を持ちます．

とになります．

**図 15-3** は成分の異なる様々な塩でウメを漬けた場合のウメ干しの固さを示したものです．塩の純度が低いほど，ウメ干しの固さは硬くなります．これは塩に含まれるカルシウムなどの影響と考えられています．いずれにせよ，塩の種類を変えることにより，自分の好みの塩分や固さのウメ干しができることになります．このようなことも，塩を選ぶコツといえると思います．

・味

塩を直接舐めると，種類によって異なっているように感じる場合があります．その原因の一つは，先に述べたようなかさ密度や付着性の違いから，舐めている塩の量がそもそも違うということが考えられます．また，粒の大きさが違うと，粒の小さい塩の方がより早く溶けるので塩味を強く感じ，逆に粒の大きい塩の方が塩味をマイルドに感じられます．**図 15-4** は，塩の粒の大きさによる塩味の感じ方が違いについて，評価した結果を示しています．塩の粒の大きさが小さいものは，先味（口に入れた直後に感じる味）が強くなる傾向が見られました．

一方，実際に料理に同じ量を溶かしてしまえば，かさ密

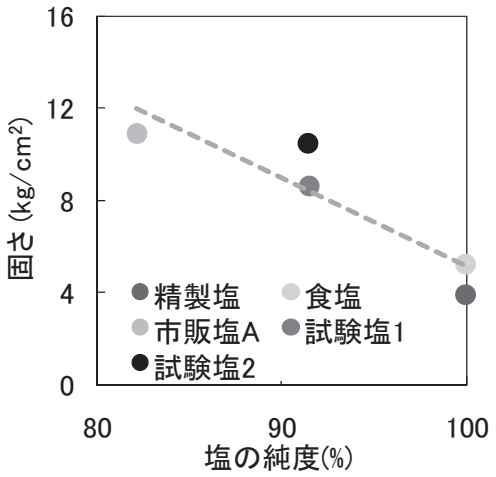


**図 15-3**　塩の純度と梅干しの固さの関係

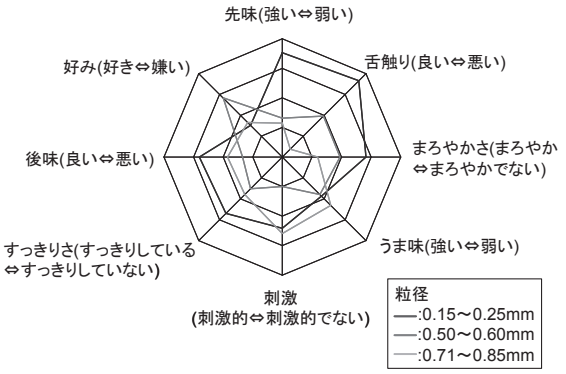


**図 15-4**　粒径の違いによる味の変化

逆に純度の高いグラニュー糖は甘さとしては淡白で，風味や香りはほとんどありません．ですから，使用する食材の風味や香りなどを生かしたいときによく使われます．

コーヒーなどに入れるスティックシュガーはグラニュー糖ですし，果物を材料にしたケーキなどにもグラニュー糖が多く使われます．ちなみに角砂糖は成分的にはグラニュー糖に近く，コーヒーなどに入れた場合にグラニュー糖と角砂糖の味の違いはないといえます．

一方，三温糖のように色のついた砂糖は，砂糖自身にカラメルの甘い香りがあり，舌に感じる甘さも強いのです．ですから，逆に食材の苦みや酸味を和らげたいときや，甘さにコクを出したいときなどにお勧めします．

ちなみに，家庭用として日本では最も一般的な上白糖は，どちらの用途にも対応できる万能タイプです．

度，付着性，溶けやすさ影響は無くなります．この状態で差が出るとすればそれは塩の成分の違いということができるのですが，これまでの研究ではその違いがあるとするもの，ないとするものなど，様々で，はっきりしないというのが現状です．

（Salt & Seawater Science Seminar 2010　㈶塩事業センター
海水総合研究所（2010.12.2 開催）の講演要旨の転載
塩事業センターのホームページにも掲載）