

# 蔗糖, ブドウ糖, 果糖の水溶液中における 氷晶の成長について\*

齋藤利夫\*\*

## 要旨

砂糖溶液法において溶液中に発生する結晶の構造を知り, 氷晶核測定用ラジオゾンデ等で使用し得る適切な溶液を見出すことを意図して, 蔗糖, ブドウ糖, 果糖の各水溶液中での結晶について検討を行なった. 氷晶の成長速度の溶液濃度に対する変化傾向は溶質の種類によって差異が認められた. ブドウ糖の場合, 各濃度において液温に対し線型な変化傾向を示したが, 蔗糖においてはほぼ一定であった. 結晶は高濃度水溶液中では半透明となる傾向が認められ, 低濃度水溶液中では結晶が六角形とならずに星形となる傾向が見出された. 位相差顕微鏡による観察では結晶の骨格が樹枝状をしており, 肉眼の観察から他の部分も骨格部分と同様と考えられ, 結晶全体が氷の結晶からなると考えられた. 氷晶核の測定法としての検討では, 砂糖のみでは大幅な改善は望めず, 他にも溶質を求める必要があることが明きらかとなった.

## 1. はじめに

Bigg (1957) によって考案された砂糖溶液法は, 氷晶核の数を数える方法として大気中の氷晶核の濃度や, 自然の結晶物質の氷晶核化能力を調べる場合などに広く応用されている. しかし, この方法において砂糖溶液中に発生する結晶の構造あるいは本性などについてはほとんど報告がなされていない. また, 最近気球などを用いた大気上層における氷晶核についての研究が検討されており, より低温において氷晶核によって確実に結晶が形成され, かつそれを容易に認識できるような溶液が必要とされている. 以上のような点を考慮して, 砂糖溶液中での結晶の構造および本性について考察する手がかりを得ることを目的とし, また, 大気上層でも有効な溶液を得ることを意図して以下に記すような実験を行なった.

Bigg の砂糖溶液法が発表される以前においては, 氷晶の結晶面が光によってきらめくことを利用してその数を知る方法が用いられていたのであるが, この方法にはきらめく物質が必ずしも氷晶と同定できないなどの欠点があった. この点を確かめる目的で, Cwilong (1947) は, 過冷却した純水によってきらめく物質を受けるという方法を考案したが, この方法においても過冷却温度を

あまり低くできないこと, 少量の氷晶により液が急速に凍結するなどの欠点があった.

Bigg の方法はこの Cwilong の方法における過冷却水を濃い蔗糖水溶液に置き換えたものである. この水溶液中に落下した氷晶から, 六角板状の不透明な結晶が比較的ゆっくりとした速度で, 肉眼で見ることが出来る程の大きさまで成長する. 従って実験者は容易に結晶の数を数えることができるなどの利益があり, 氷晶のきらめきを利用する方法よりも客観的なものとする事ができる.

蔗糖—水系の共晶点は重量比が蔗糖62.5%, 水37.5%の割合で約 $-14.5^{\circ}\text{C}$ と報告されている(Beilstein: 1938)が, Bigg はこれよりも水過多な溶液(蔗糖: 120—水: 100)とし,  $-12^{\circ}\text{C}$ ~ $-15^{\circ}\text{C}$ の液温で実験を行なった. この液温は共晶点付近あるいはそれよりもやや高い温度である. この方法は蔗糖の濃度を変えることにより $-5^{\circ}\text{C}$ ~ $20^{\circ}\text{C}$ まで使うことができる. また, グリセリン, エチレングリコールを加えれば更に $-40^{\circ}\text{C}$ 位まで使うことができる, との報告もある(Mason: 1971).

結晶の構造については, Macklin & Ryan (1965) が純水中に成長する氷の結晶についてその構造などを知るための実験を行なっている. 彼らの実験においては, 液温があまり低くない内( $-3^{\circ}\text{C}$ 位)は樹枝状の枝が2, 3本伸びる程度であるが, 温度が下がるにつれて枝が増し,  $-5^{\circ}\text{C}$ に至って第12図のように枝を12の方向に伸ば

\* On the Growth of Ice Crystal in Sucrose, Glucose and Fructose Watersolutions.

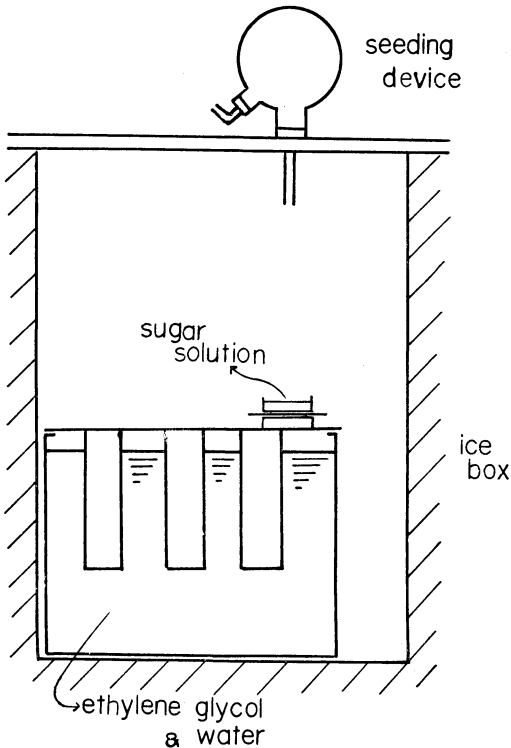
\*\* T. Saito 気象庁海洋気象部海上気象課  
—1973年3月17日受理—

し, 頂点で結合した一対のピラミッド状の構造をとるに至る. 更に温度が下がると, 既存の結晶面の間を埋めるように枝が成長するようになり, 温度の低下と共に, 結果として六角厚板状の結晶を形成するに至る. 更に上の論文の脚注によると, 彼らは蔗糖水溶液中における成長を検討しており, 「結晶の成長速度は純水中に比しおそい. また, Bigg の方法に用いられるような溶液では, 2 次的な枝の発生が顕著であり, 六角形あるいは矩形の結晶となった」と述べている.

## 2. 実験装置

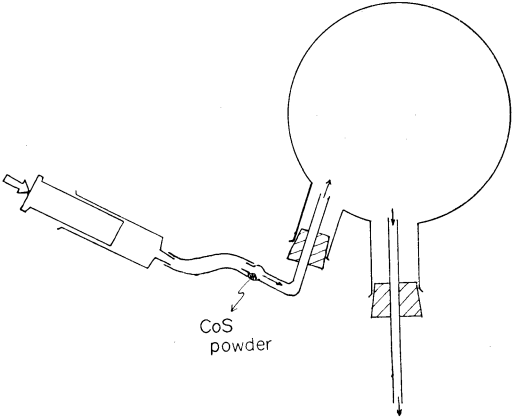
今回の実験は肉眼で十分観察できるレベル(大体 1mm 以上)と, 観察に顕微鏡を用いる必要のあるレベルとに分けて行なった.

1) 肉眼観察レベル 低温槽 (ice box) 等の実験装置は第 1 図の如くである. 低温槽は  $-20^{\circ}\text{C}$  以下にまで冷却する能力のあるものであり, この中に水とエチレングリコールの混合溶液で満たした水槽を置き, そのふたとして冷却を促進するための足を取り付けたしんちゅう板を置いた. 以上によって, 槽内温度の安定化と実験用シャーレの冷却の促進を計るように配慮した.



第 1 図 実験装置

実験用シャーレには, 直接銅—コニスタンタン熱電対を取り付け, 液温の測定が直接行なえるように配慮した. シャーレの下には冷却速度および撮影効果を考慮して, シャーレおよび黒塗り銅板を挿入した. なお, 一部の実験では, 液温の測定と結晶成長の実験とを別のシャーレに分けて行なったが, 実験結果については他と同等のものとして取り扱った.



第 2 図 たねまき装置

成して使用した. ガラス中のくぼみに微量の種となる物質を入れ, それを注射器の空気圧力で丸底フラスコ内に導き, 適度に拡散させて後, 実験槽内に送り込む, という過程をたどらせる. 種としては, 硫化コバルト ( $\text{CoS}$ ) の粉末を用いた.  $\text{CoS}$  は水と同じ六方晶系であり, 格子定数は  $a=3.38(\text{\AA})$ ,  $c=5.19(\text{\AA})$  である. 水に対する不適合度は比較的大きいものとなるが, 実験を行なった槽内の大気温度  $-20^{\circ}\text{C}$  前後においてはちょうど良く氷晶核としての機能を発揮した. 氷晶核としてきわめて有効な沃化銀は上記のようなたねまきの方法では, 結晶の発生があまりに多量であり, 結晶の形や成長速度を観測するには不適切であった.

実験に用いた砂糖は蔗糖, ブドウ糖, 果糖の 3 つであり, いずれも試薬一級ないし特級のものを使用した. 実験砂糖溶液は第 1 表のとおりである.

2) 顕微鏡観察レベル 実験は低温槽の大きさおよび冷却能力などを考慮して, 低温実験室内に顕微鏡等の実験装置を持ち込んで行なった.

シャーレは肉眼観察レベルと同じであるが, 移動, 洗浄等を配慮して, 熱電対はシャーレから取りはずすことができるようにした. 顕微鏡は位相差顕微鏡装置を用い

第1表 実験を行なった砂糖溶液

砂糖の種類	濃度 (重量%)	略記法
蔗糖	44.4	80S/100W
〃	50.0	100S/100W
〃	54.5	120S/100W(1)
〃	58.3	140S/100W(1)
ブドウ糖	37.5	60G/100W(2)
〃	44.4	80G/100W
〃	50.0	100G/100W(1)
〃	54.5	120G/100W
果糖	44.4	80F/100W
〃	47.4	90F/100W
〃	50.0	100F/100W(1)
〃	54.5	120F/100W

注 (1) 位相差顕微鏡によって成長が得られたもの  
 (2) 成長速度は求められなかったもの  
 略記法は水溶液濃度を水の重量を100として糖の重量で表現したもので, W は水, S は蔗糖 (Sucrose), G はブドウ糖 (Glucose), F は果糖 (Fructose) を示す. たとえば 140S/100W は 140 グラムの蔗糖を蒸留水100グラムの割合で溶かしたことを示す.

第2表 実験を行なった砂糖溶液

砂糖の種類	質量比	濃度 (重量%)	モル濃度 (mol/kg·H <sub>2</sub> O)
蔗糖, ブドウ糖	1/1	50.0	4.235
〃	1/1	44.4	
〃	2/1	50.0	
〃		51.9	4.233
〃	2/3	50.0	
〃		47.6	4.235
ブドウ糖, 果糖	1/1	50.0	
〃	3/2	50.0	

た. これは, 位相差顕微鏡が水溶液内の氷の透過光の位相のずれを忠実に明暗の差で表わすことを利用したものである.

たねまきはシャーレが顕微鏡のステージ部に置かれ, 対物レンズが障害となるため硫化コバルトを用いる方法を用いることができず, 磯野謙治ら (1959) によってヨウ化銀のコロイド溶液を作成して用いた. コロイド液は鼻用 (医療用) の噴霧器により散布する. コロイド液滴は散布された直後に凍結してシャーレ中に落下する. なお, たねまきを行なわずに自然に結晶が現れるのを待って測定を行なった例もある. 主としてたねまき装置が準備される前のものである. 実験砂糖溶液は第2表の通り

である.

### 3. 実験方法

- 1) 肉眼観察レベル 実験は次の手順で行なった.
- (1) シャーレに水溶液を満たし, 槽内に入れる.
  - (2) 所定の液温になったところでたねまきを行なう.
  - (3) 撮影は結晶の存在が確認された時点で開始し, 以後はほぼ一定間隔で撮影を行なっていく.
  - (4) 肉眼による結晶の観察は撮影の合間, 撮影終了後などに随時に行なった. また, 液温の測定はたねまきの直後および実験終了後に行ない, 前者における値で代表させた.

実験に際しては, 霜の発生の防止, 実験用シャーレの洗浄および乾燥, 照明による熱の影響などの点に注意を払った.

実験においては, たねまきを行なう前に結晶が生ずる場合があったが, この場合の結果についても他と同等に取り扱った.

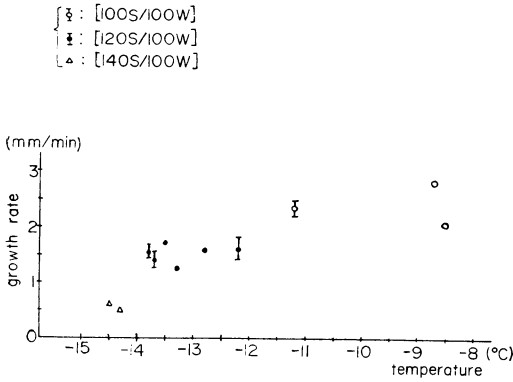
2) 顕微鏡観察レベル 顕微鏡を用いる場合, 顕微鏡, たねまき装置等の取り扱いにおいて空間的拘束性があまりないという点を考慮して気象大学校の低温実験室を使用することとした.

実験室内の温度は $-18^{\circ}\text{C}$ ~ $-22^{\circ}\text{C}$ 程度となるようにした. 実験手順は肉眼観察レベルとほとんど同じであるが, 視野が限られるために撮影間隔等に制約を受けた.

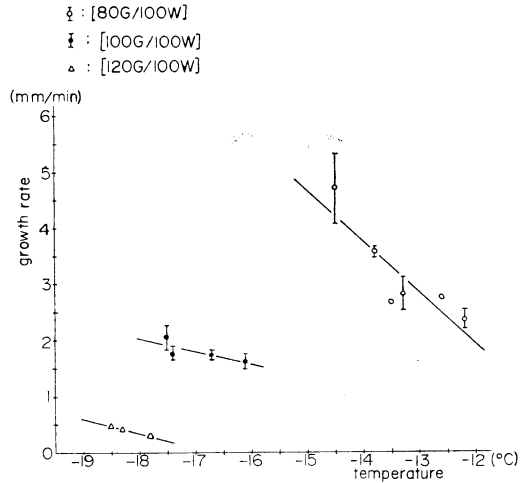
結晶の成長速度, 形等は上によって得た写真より求めた. 前者については, 時間および結晶の大きさを両軸とするグラフより求めた. グラフが曲線を描くような場合には, 初期 (結晶の小さい内) の一定時間 (肉眼観察レベルでは1分間, 顕微鏡観察レベルでは10秒間) の成長をもって代表させた. なお, 曲線となった例は少量であり, また極端な曲線を描く例は見出されなかった.

### 4. 実験結果

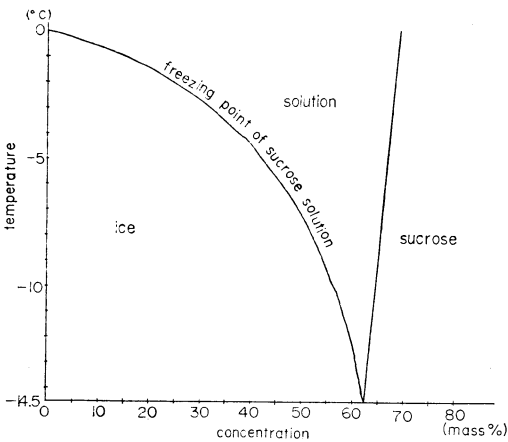
1) 肉眼観察レベル 蔗糖水溶液中における結晶の成長速度は第3図の如くである. この図から水溶液の濃度の低下とともに成長速度が増すという傾向が認められる. 各々の濃度での液温による成長速度の変化はほとんど認められない. 測定温度の上端は厳密な意味を持つものではないが, 濃度の上昇とともに測定温度の上端は低下している. しかし, 第4図の相図においてこの点を見ると, 融点からの過冷却が各濃度ほぼ同等であることが見出される. この点から見る限り, 成長速度の変化は大體溶質の濃度 (重量%) の変化によるとするのが妥当である. 第3, 4図からは, また上の実験が氷析出の領域



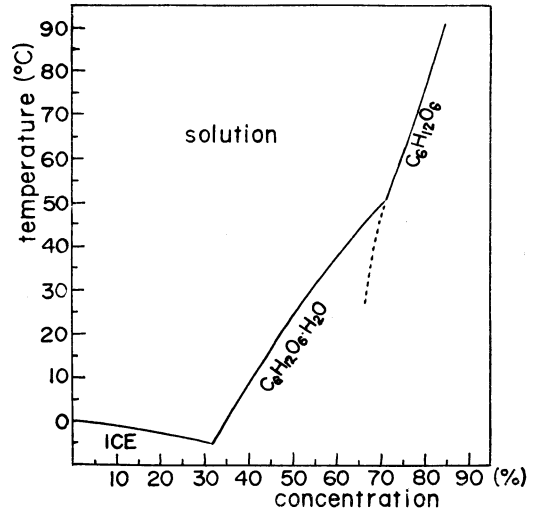
第3図 蔗糖水溶液中での結晶の成長速度



第5図 ブドウ糖水溶液中での結晶の成長速度



第4図 蔗糖—水系の相図  
共晶点は Beilstein (1938) による。他の部分は International critical tables (1927, 1928) による。



第6図 ブドウ糖—水系の相図  
(International critical tables 1927による)

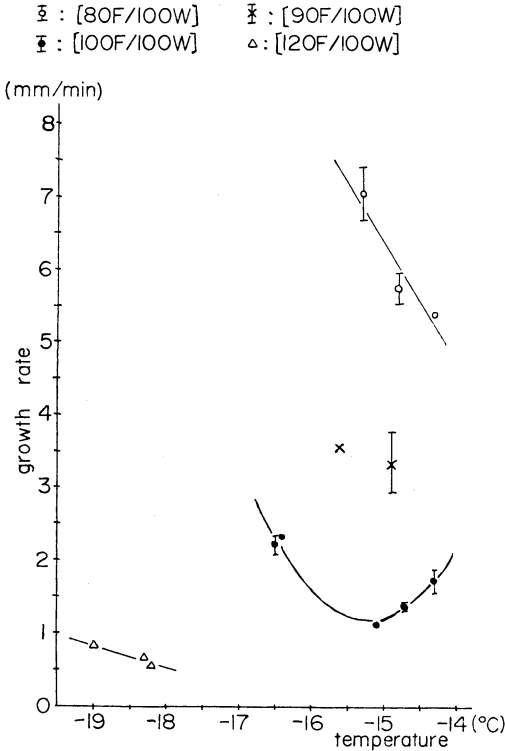
にある溶液について行なわれていることが見出される。

ブドウ糖水溶液中における結晶の成長速度は第5図の如くである。この図から、濃度による成長速度の変化および各々の濃度における液温による成長速度の変化が比較的顕著に認められる。各濃度における液温と結晶の成長速度との関係はほぼ線型であり、最小自乗法により、図中の直線で示される方程式が得られる。直線には、傾き等について線型関係は認められなかった。第6図を見ると、上の実験はブドウ糖の水和物と氷晶との共晶を析出する領域にある溶液について行なわれていることが見出される。

果糖水溶液中での結晶の成長速度は第7図の如くである。先ず、濃度の低下につれて成長速度が増加する傾向

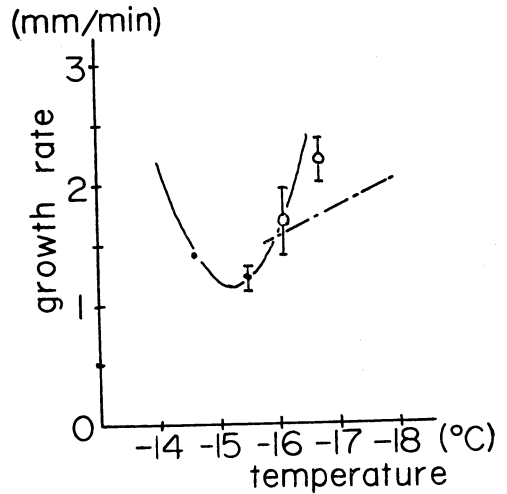
が認められる。特徴的なものとしては、100 F/100W の示す2次曲線が見出される。成長速度は液温  $-15.2^{\circ}\text{C}$  で最小となっている。他の三者については、成長速度は液温に対してはほぼ線型となっている。

続いて、写真から各種類、各濃度における結晶の形を第8図の上の図の a, b の比によって検討してみた。この場合、誤差が小さいと考えられる大きい結晶についてのみ検討した。結果は第8図の如くである。先ず、高い濃度においては結晶はほぼ正六角形となっていることが知れる。完全な正六角形においては  $a/b$  の値は  $2/\sqrt{3} =$

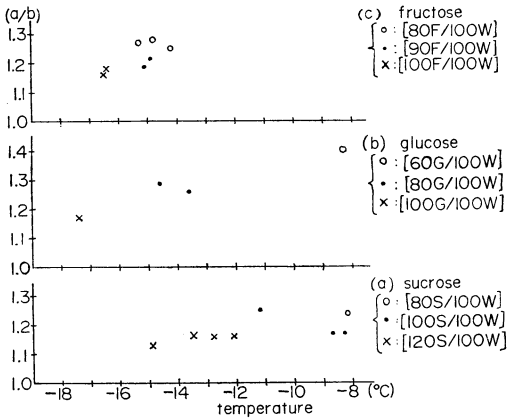
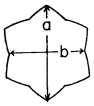


第7図 果糖水溶液中での結晶の成長速度

$\bar{\square}$  : (mixing ratio) = F/G = 1/1  
 $\bar{\boxplus}$  : F/G = 2/3  
 - - - : glucose only  
 U : fructose only



第9図 果糖・ブドウ糖の混合水溶液中での結晶の成長速度 (重量%一定: 50%)



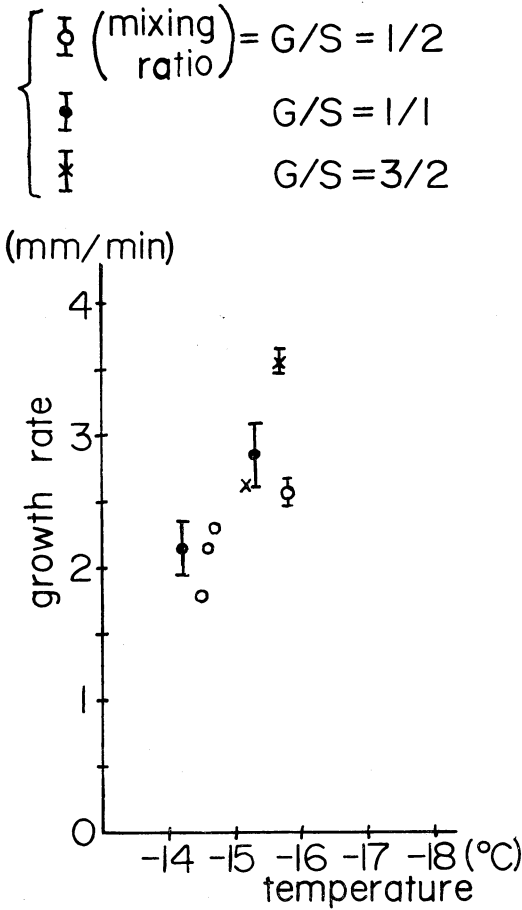
第8図 結晶の形の検討結果 (a) 蔗糖 (b) ブドウ糖 (c) 果糖の各水溶液中での結果

1.155 である。全体の傾向として、濃度が低いものほど a/b の値が大きくなっており、また、液温による変化もわずかではあるが認められる。a/b の値が正六角形よりも小さい例が高い濃度において見出されるが、これは結晶の角が若干丸みを帯びているためと思われる。

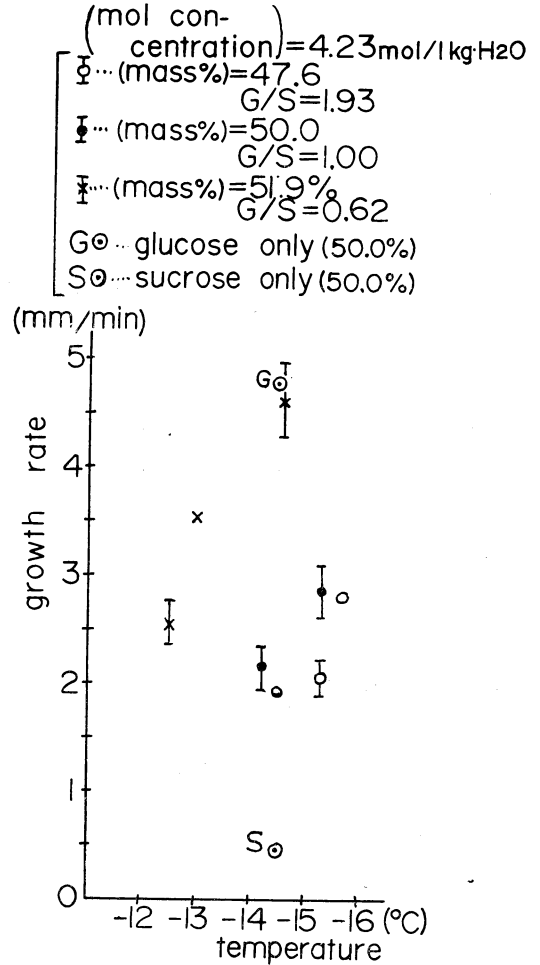
以下に混合溶質の場合における検討について記す。

ブドウ糖, 果糖の混合溶質の場合については、第9図の如くである。この場合、蔗糖を加水分解すると、ブドウ糖と果糖とになることも考慮して、この実験を行なった。成長速度は、溶質がブドウ糖だけ、果糖だけの場合との比較ではほとんど差異が認められない。蔗糖水溶液における場合とは、測定液温の大きな食い違いにもかかわらず、成長速度の違いはあまり認められない。

蔗糖, ブドウ糖の混合溶質の場合については、第10, 11図の如く、重量%を一定とした場合と、モル濃度を一定とした場合について行なった。重量%一定の場合、混合比による変化はほとんど認められない。モル濃度一定の場合には混合比を変えることによって重量%を変えているのであるが、この場合、重量%が低いほど成長速度が大きくなる傾向が認められる。



第10図 蔗糖・ブドウ糖の混合水溶液中での結晶の成長速度 (重量%一定: 50%)



第11図 蔗糖・ブドウ糖の混合水溶液中での結晶の成長速度 (モル濃度一定: 4.23 mol/kgH<sub>2</sub>O)

2) 顕微鏡観察レベル 結果は第13図 (a)(b)(c) の如くである。濃度が低い例については、成長が速く、視野の制約等により結果を得ることができなかった。120 S/100W, 100G/100Wでは肉眼観察レベルに比し、小さい成長速度が得られた。140 S/100W では共晶点以下の液温で結果が得られたのであるが、第3図に比して顕著な違いは見出せなかった。100 F/100Wにおいては、第7図と同様の2次曲線を描く傾向が認められ、この場合も成長速度は小さいものとなっている。

5. 考察

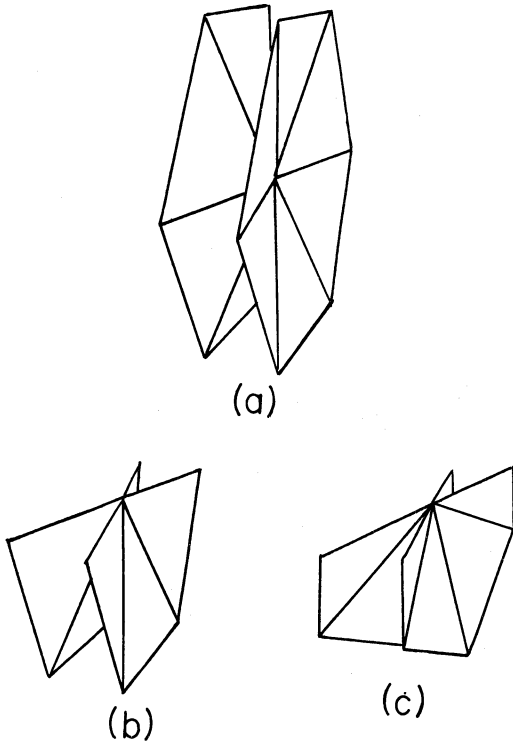
1) 成長速度などからの考察 蔗糖, ブドウ糖, 果糖の各水溶液中での結晶の成長速度は三者互いに異なっているのが図において見られる。三者の糖の性質の違いによることが考えられる。また、相図において考察する

と、蔗糖の場合は氷析出の領域での計測であり、ブドウ糖の場合は共晶の領域での計測結果である。

顕微鏡観察レベルにおいて成長が遅い原因としては、周囲の結晶の影響 (視野外の結晶については詳しい観察はなされていないが、結晶の数はかなり多いものとなっている。), 光源による熱の影響などが考えられよう。

2) 結晶の構成, 構造についての考察

位相差顕微鏡を通しての観察によれば、結晶の構造は溶質の種類, 濃度が変わってもほとんど変わりがなく、みな六角形の樹枝状の構造を骨格とし (写真1), その間隙, もしくは下側を樹枝状構造に遅れて氷もしくは溶質の結晶が成長していく。また、結晶の最も外側には常

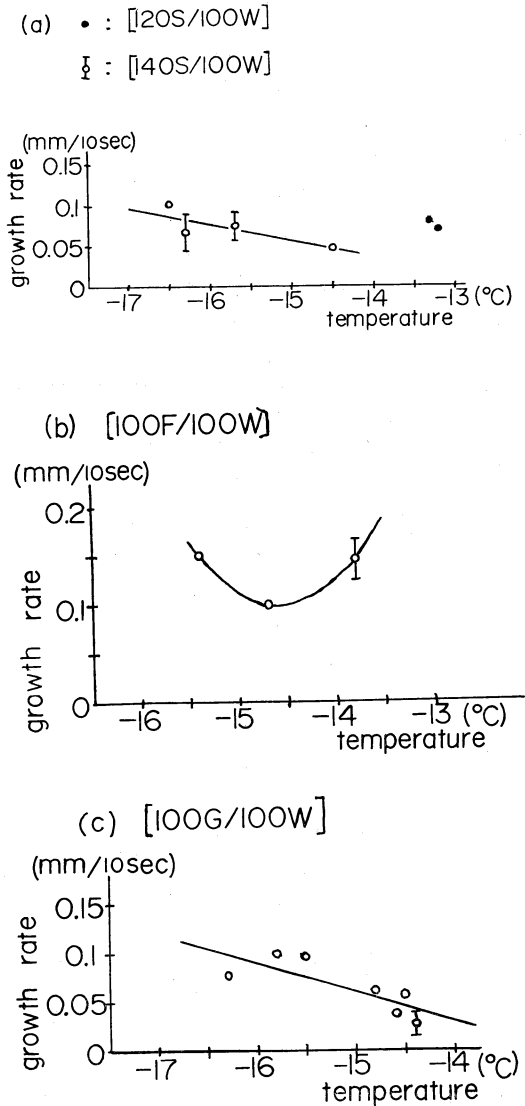


第12図 純水中での結晶形 (a) 完全な結晶 (b) (c) 一部が液面等の境界により欠けている場合, (Macklin & Ryan 1965 による)

に樹枝状構造が見出される。(写真2) c軸が液面に水平な結晶の観察から, 結晶の骨格となっている部分について, みな第12図のような構造を持っていると見ることができる。上のような観察の結果は Macklin & Ryan (1965) が純水中の結晶について述べたものと一致している。

更に肉眼による観察について記す。120 S/100W については, 白色不透明な六角厚板であることが見出され, 写真において矩形として見られる結晶も六角厚板を c 軸方向から分割したものであることがわかる。(写真3, 4) 比較的高濃度である 120 G/100W においては薄い透明に近い結晶がほとんどであり, c 軸が液面に水平な結晶を見ることにより, 結晶が第12図のような構造を持っていることが知れる。(写真5) 120 F/100W, 140 S/100W においては, 初期には薄い半透明な結晶が認められ, 後に時間の経過と共に不透明な結晶となることが見出される。(写真6, 7)

以上のような観測からは, 砂糖3種いずれの水溶液においても結晶は同一であり, 全体が同じ結晶から成り立



第13図 位相差顕微鏡を用いて得た結晶の成長速度 (a) 蔗糖水溶液 (b) 果糖水溶液 (c) ブドウ糖水溶液

っていると考えられる。骨格となっている結晶が樹枝状であることから全体が氷の結晶によって構成されていると考えられる。

なお, 100 S/100W, 60 G/100W, 80 G/100W, 80 F/100W などの比較的低濃度においては, 骨格となる樹枝状構造は六角形を形成していないわけであるが, これは主たる6本の枝の成長速度が速いために, 分枝の成長が

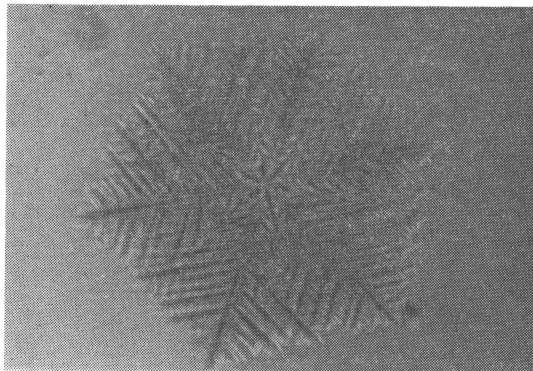


写真1 蔗糖水溶液中の結晶, 140 S/100W (位相差顕微鏡による)  
液温:  $-15.7^{\circ}\text{C}$ , 枝の長さ(中心から先端まで): 約 0.3 mm

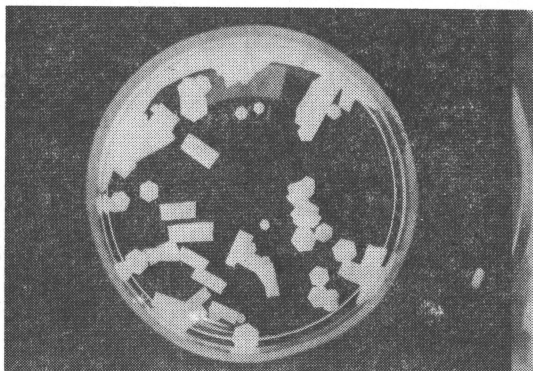


写真4 蔗糖水溶液中の結晶, 120 S/100W  
液温:  $-14.9^{\circ}\text{C}$

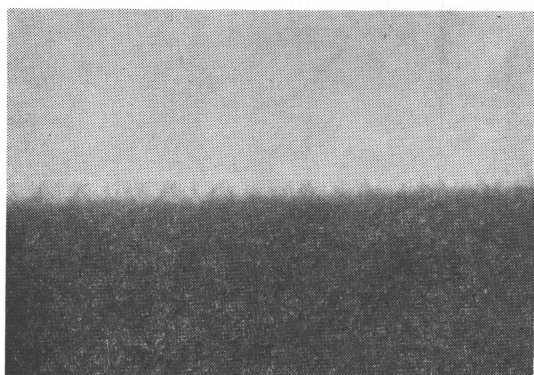


写真2 蔗糖水溶液中の結晶, 120 S/100W(位相差顕微鏡による)  
液温:  $-15.5^{\circ}\text{C}$ , 暗く見えるところが結晶で明るく見えるところが溶液, 樹枝状の長さ24~28ミクロンの氷が交叉して突出している。

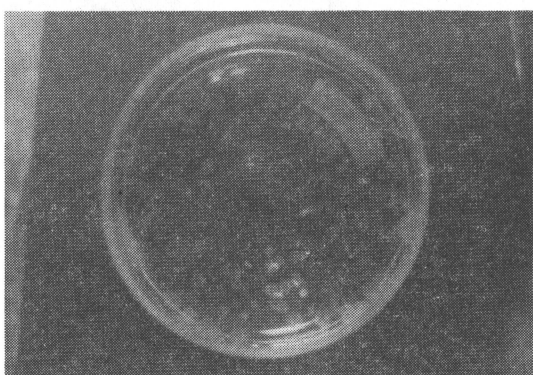


写真5 ブドウ糖水溶液中の結晶, 120 G/100W  
液温:  $-17.8^{\circ}\text{C}$  半透明な結晶

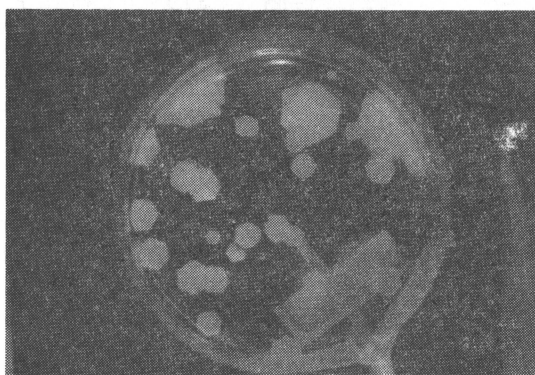


写真3 蔗糖水溶液中の結晶, 120 S/100W  
液温:  $-13.8^{\circ}\text{C}$

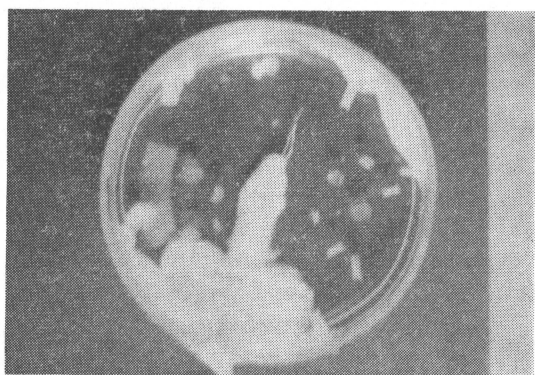


写真6 果糖水溶液中の結晶, 120 F/100W  
液温:  $-17.9^{\circ}\text{C}$



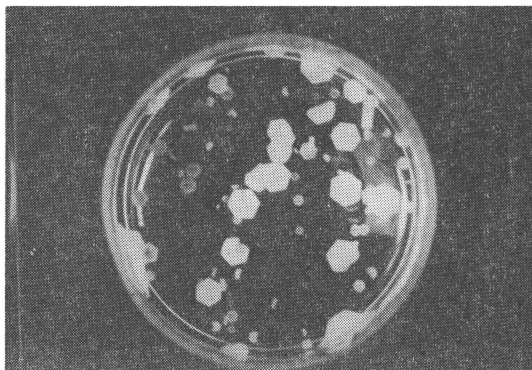


写真7 蔗糖水溶液中の結晶. 140 S / 100 W  
液温: 14.6°C, 初期に半透明で時間とともに不透明になった結晶

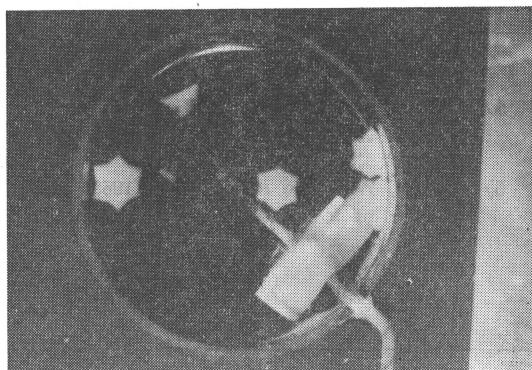


写真8 果糖水溶液中の結晶. 80 F / 100 W  
液温: -14.8°C

相対的に遅くなっている結果と考えることができる。

(写真8)

上の結果は成長速度についての考察における相の違いという考え方と矛盾するものではあるが、観察の結果からは共晶は考えにくい。

次に、氷晶核の測定に用いる場合の適否について考えてみる。まず、濃度が高過ぎる場合には、結晶が半透明となることがある。また結晶の成長速度が小さいため、適度の大きさの結晶を得るのに比較的長い時間を要し、それだけ一定の液温を維持することが困難となる。以上の考察においては高濃度溶液は不適當である。

濃度が低過ぎる場合には、成長速度が大きいこと、自発的な結晶生成等を考えた場合液温をあまり低くすることができない、などの不利益な点がある。また、結晶の形が六角形とはならないことについて、十分な検討をしておく必要があるものと思われる。

上で検討した点に関する限りでは、120 S / 100 W, 100 F / 100 Wについては不適當とはいえない。しかし、この場合も測定温度はあまり低くすることができない。

砂糖の種類のみから考察してみる。蔗糖水溶液については、結晶の成長速度、不透明性の点では適當であるが、自発的な結晶生成などのため、測定温度範囲が限られてくる。ブドウ糖溶液については、測定温度の面では蔗糖の場合に比しやや改善されるが、高濃度溶液での結晶の半透明性という問題点がある。果糖溶液については、ブドウ糖溶液の場合とほぼ同様の事がいえるが、100 F / 100 Wにおいて液温による結晶の成長速度が2次曲線を描くことについては更に検討の必要があろう。

実験の範囲内で最適と思われる条件としては、蔗糖、

ブドウ糖の混合溶液が考えられる。この場合、結晶の不透明性の面では蔗糖溶液に、液温の面ではブドウ糖溶液に近いものとなる。しかし、この場合においても、測定液温は-20°Cに達しない。

以上のような検討からは、砂糖のみによっては砂糖溶液法の大幅な改善は望めないことが言えよう。Mason (1971)が報告しているグリセリン等の使用についても検討を行なう必要があろう。

## 6. 結論

一般に成長速度は、重量%が低いほど大きい。それはモル濃度一定とした混合溶質の場合に現われている。結晶の成長速度において、ブドウ糖の場合に、各濃度で液温による成長速度の変化が見られ、果糖溶液の一つにおいては液温に対しての2次曲線となるなど、特徴に違いが見出された。結晶自体の観察からは、結晶が氷の樹枝状構造を骨格とすることが見出され、更に結晶全体が氷の結晶のみからなる可能性が見出された。

## 謝辞

本研究は昭和46年度の気象大学卒業論文として行なわれた。気象大学の駒林誠教授ならびに荒井哲男助教授に研究全体を御指導をお願いしたのをはじめ、同校の他の諸先生にも御指導御助言をいただいたことを記し、謝意を表します。

## 文 献

- 1) Beilsteins Handbuch der Organischen Chemie (Vierte Auflage), Springer-Verlag, Berlin, Band 31, p. 431 (1938).
- 2) Bigg, E. K., 1957: A new technique for counting ice-forming nuclei in aerosols, Tellus, 3,

- 395-400.
- 3) Cwilong, B. M., 1947: Sublimation in a Wilson chamber, Proc. Roy. Soc. A, **190**, 137-143.
  - 4) 磯野謙治, 駒林誠, 小野晃, 池辺幸正, 1960: 昭和34年度人工降雨実験報告, 人工降雨の研究 (第13回人工降雨研究連絡会資料)
  - 5) Macklin, W.C. and Rayn, B. F., 1965: The structure of ice grown in bulk supercooled water, J. Atmos. Sci., **22**, 452-459.
  - 6) Mason, B. J., 1971: The physics of clouds (2nd ed.), Oxford University Press, p. 671.
  - 7) Washburn, E. W. et al. (editor), 1927, 1928: International critical tables of numerical data, physics, chemistry and technology, Vols. II, IV.

気象学会および関連学会行事予定

行 事 名	開 催 年 月 日	主 催 団 体 等	場 所
春季大会	昭和48年 5 月22日~24日	気象学会	気象庁
Symposium on Dynamics of Mesoscale Meteorology and Fine Mesh Modelling	〃 5 月25日~29日	WMO, IAMAP	イギリス (Reading)
Symposium on the Design of Water Resources Projects with Inadequate Data	〃 6 月4日~9日	UNESCO, WMO, IAHS	スペイン (Madrid)
メゾ気象に関するシンポジウム	〃 6 月8日~9日	気象学会関西支部	京都大学楽友会館
山の気象シンポジウム	〃 6 月23日	気象学会	気象庁第一会議室
第2回レーザ・レーダー (ライダー) シンポジウム	〃 7 月24日~25日	気象学会	ホテルドリームランド
Nucleation Symposium	〃 9 月23日~29日	国際雲物理委員会	ソ連 (Leningrad)
International Conference on Weather Modification	〃 10月1日~7日	WMO	ソ連 (Tashkent)
秋季大会	〃 10月29日~31日	気象学会	仙台市

(以下 206 ページの続き)

3663 A 比嘉 良実 同	〃	3670 A 羽藤金治郎 新東京航空地方気象台 関 東
3664 A 与那覇定吉 宮古島地方気象台	〃	3671 A 小林 敏茂 相川測候所 〃
3665 B 屋良 善福 石垣島地方気象台	〃	<b>賛 助 会 員</b>
3666 A 玉城 潤二 同	〃	<b>会 社 名</b> 代表者名 住 所
3667 A 吉川 愼唯 秋田地方気象台 東 北		日本アイ・ビー・エム株式会社 代表取締役 稲垣 早苗 港区六本木3-2-12
3668 B 五井 邦宏 保谷市富士町3-9-7 関 東		カネコ計測工業株式会社 代表取締役 金子 慶尚 杉並区荻窪5-27-8 第一荻窪ビル8階
3669 B 楠田 信 大分市大字牧1666 大分工業高等専門学校 九 州		