

食塩水における水の結晶構造 ～海水を強くするには～

Crystal structure of water in saline solution -What is needed to make sea ice stronger? -

Abstract

In recent years ,sea ice has become a major issue in the face of global warming ,but now it is decreasing.We wanted to find out how the strength and structure of sea ice are different from those of normal ice.We make crystals by freezing water droplets or by using supercooled water and observe them.It allow us to successfully generate crystals and compare them.But ,the results are not responsible.

1 はじめに

近年北極では、地球温暖化の影響を受けて、海水から作られる海氷が減少傾向にある。海氷が減少する原因として海氷の強度に注目し、その強度は海水が海氷になるときに海氷中に入り込む NaCl が関わっていると考えた。Na⁺と Cl⁻が H₂O が液体から固体になるときに分子の間に入り込み、分子同士が結びつくのを阻害した結果、結晶構造に何らかの変化が生じ、H₂O の分子の間に入り込んだ Na⁺と Cl⁻の影響で、氷の強度面でも弱く脆い構造になると考えた。私達はその構造上の変化がどのようなものを結晶を観察することで明らかにすることを目的とした。

また、ここで言う水の結晶とは、海氷と同様の課程で生成するため、雪のように気体から生成されたものではなく、液体から生成されたものとする。

2 研究方法

私達は結晶を生成するために先行研究を参考に次の大きく二つの方法を用いた。一つ目は過冷却水の中に種結晶を入れることで、結晶を生成させ、スマートフォンの写真で観察する方法、二つ目は水滴を長時間冷やし、凍った表面に微細な結晶を出現させて顕微鏡で観察する方法である。使用した NaCl 水溶液はともに北極の塩分濃度とほぼ同じ 0.58mol/kg とした。この二つの方法について細かく条件を設定した。ここで種結晶とは、結晶が成長する時に成長する結晶の方位を定めるために用いられる直径数ミリ程度の氷の粒のことである。これを過冷却水の中に入れることで結晶の成長が可能となる。

(1) NaCl 水溶液 5ml もしくは純水 5ml を試験管に入れ、その試験管を予め 0℃ に設定したフリーザーに入れ、設定温度を -20℃ にして、0℃ から -20℃ まで温度を下げながら 45 分間冷却した(図 1)。

(2) シャーレに NaCl 水溶液 25ml もしくは純水 25ml を入れ、(1) と同様、0℃ から -20℃ まで温度を下げながら 45 分間冷却した。結晶核にはウサギの毛を用いた。結晶核とは過冷却水溶液から結晶が成長する時、その核となる微粒子のことである。これが元となって結晶は成長する(図 2)。



図 1 : (1) の実験図



図 2 : (2) の実験

(3) シャーレに NaCl 水溶液もしくは純水の水滴 1 滴を入れ、 -20°C で 3 時間冷却した(図 3)。

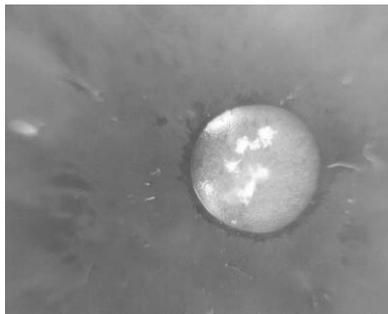


図 3 : (3) の実験図

(4) シャーレに NaCl 水溶液 25ml もしくは純水 25ml を入れ、 -20°C で 20 分間冷却した。

3 実験結果

(1) 過冷却し、結晶が生成されたが、試験官の結露により観察しにくかった(図 4、5)。



図 4 : (1) の実験結果



図 5 : (1) の実験結果

(2) 凍結し、結晶が生成できなかった。

(3) 水滴の表面に一時的に結晶が出現するが、低い室温を維持できず、結晶が融解し観察できなかった。顕微鏡で見ると以下のようにうまく確認できなかった。(図 6、7)

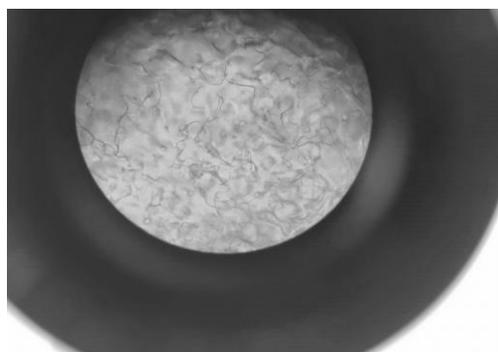


図 6 : (3) の実験結果

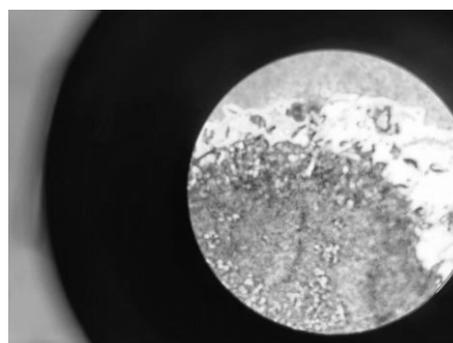


図 7 : (3) の実験結果

(4) NaCl 水溶液では、はっきり結晶の生成が確認できた。また、NaCl 水溶液では、結晶の構造として大きくツノが突出したところがあった(図 8、9)。純水は種結晶から放射状に結晶が生成されたが、精密な観察は不可能だった(図 8、9、10)。先行研究通りに純水による結晶は円盤状に成長した。手で触ってみると、氷柱の強度は NaCl の方が純水より小さかった。



図 8 : (4) の実験結果 (NaCl 水溶液)



図 9 : (4) の実験結果 (NaCl 水溶液)

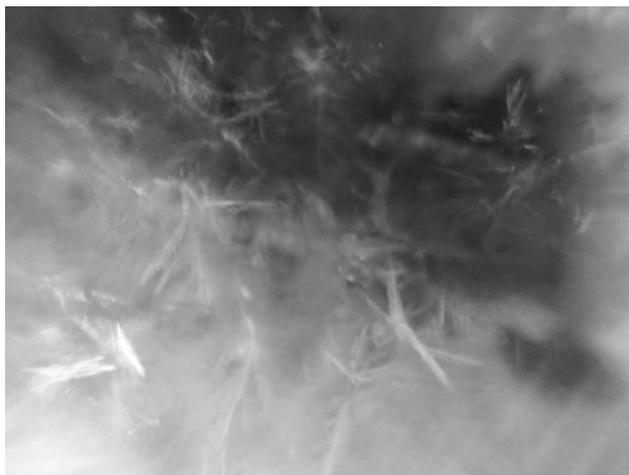


図 10 : (4) の実験結果 (純水)

4 考察

先行研究から純水の結晶は円盤状に形成されることがわかっており、そのことと今回の NaCl 水溶液の結晶とを比較する。NaCl 水溶液の水の結晶の場合、図 8 ~ 10 のように大きく突出した部分が生じる。また強度については、NaCl 水溶液の結晶の方が強度が小さいことが確認された。従って、本研究では突出した部分が NaCl 水溶液の水の結晶の強度低下の原因及び純水の結晶との相違点であると考えられる。しかし、これらの結晶が出現する条件等については再現性が低いため詳しい考察が困難だった。

5 今後の課題

再現性を高めて信憑性を上げる必要があるとともに、強度をもっと正確に数値として表す必要がある。

6 参考文献

- ・「過冷却水から成長する氷結晶の形態形成機構」 Journal of the Japanese Association for Crystal Growth 島田互 古川義純
- ・「揺らぎが結晶化を保護する～結晶化の新しい保存法～」 Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 東京大学
- ・「霜柱の研究」 中谷宇吉郎 青空文庫