

Difference of Freezing Characteristic between FFC Ceramic Water and Normal Water

FFC セラミック水の凍結挙動について (FFC セラミック水を凍らせると通常水との違いが判るのか?)



Graduate School of Natural Science and Technology, Okayama University
Akihiko Horibe

岡山大学大学院自然科学研究科
堀部 明彦

1. まえがき

FFC セラミックビーズに浸漬した水 (FFC セラミック水) は、作物育成への効果などが研究されており、含有する成分が溶け出すこと等により各種の影響を与えていると考えられるが、そのメカニズムについては不明な点が多い。本報告では、FFC セラミック水の凍結挙動について検討し、凍結結晶の観察を行うことにより、通常の水に対する差異の有無など基礎的な現象を把握することを目的としている。これは、凍結という現象から FFC セラミック水の特性に迫るとともに、熱媒体として氷蓄熱などでの利用などを想定したものである。

2. 試料水

電気伝導率 $10\mu\text{S}/\text{cm}$ の標準水に 1 リットル当たり 20g または 500g の FFC セラミックビーズを入れ、24 時間浸漬させることによって実験で用いる試料水 (以下 20g の場合: FFC 1 水, 500g の場合: FFC4 水と呼ぶ) を作成した。比較試料には水道水と蒸留水を用いた。

3. 結晶粒の偏光観察

一般に、氷の結晶は水質の違いによって影響を受けるため、水滴を凍結させた氷結晶を偏光顕微鏡により観察した。実験では、約 -20°C の冷凍庫内で十分に冷却したスライドガラス上に直径約 2mm の液滴を滴下し、冷却して氷粒を作成した。その氷粒を約 -5°C の低温環境でスライドガラスからの厚さ 0.2mm まで削り、その薄片を観察した。図 1 の (a)~(d) はそれぞれ偏光顕微鏡を用いて撮影した FFC1 水, FFC4 水, 水道水, 蒸留水の氷結晶画像を示している。FFC 水と蒸

1. Introduction

The water to which FFC ceramic beads are soaked (FFC ceramic water) has been researched about the effects on the crops promotion and so on. It seems that the components of FFC ceramic beads influence the effects, but the mechanism is being investigated now. In this study, the freezing behavior of FFC ceramic water has been studied to clarify the difference between FFC ceramic water and normal water. This approaches the characteristics of FFC ceramic water from the freezing phenomenon. In this research, FFC ceramic water is assumed to be a heat transfer medium in the ice storage system for industrial use.

2. Sample water

Sample water was made up with the standard water (initial electric conductivity: $10\mu\text{S}/\text{cm}$) to which FFC ceramic beads is soaked for 24 hours. We call it "FFC1 water" in case of the amount of the beads 20g/L, and "FFC4 water" in case of 500g/L. Tap water and distilled water were used as the reference water.

3. Observation of ice crystal using a polarization microscope

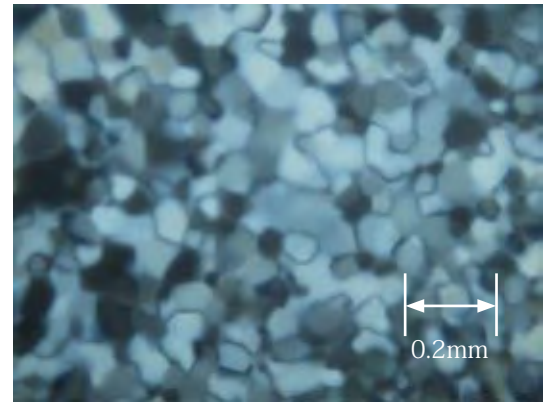
Generally, the crystal of ice is influenced by the difference of the water quality. The ice crystal of the freeze droplet of water was observed by a polarization microscope. In this experiment, the water droplet of about 2mm in the diameter was dropped on the slide glass in the freezer of about -20°C , and the ice grain was made. The ice was cut down up to 0.2mm in thickness, and the slice of ice was observed. Fig. 1 (a) ~ (d) show the

留水の氷結晶を比較すると、FFC4水の氷結晶の粒径がより小さくなっている。カルシウムイオンなどの物質を含んでいると氷核が発生しやすく、より多くの氷核から結晶成長が始まる。そして、結晶成長に伴い、水分子以外の物質が

photomicrographs of ice crystal of FFC1 water, FFC4 water, tap water, and distilled water, respectively. When the FFC water is compared with distilled water, the grain diameter of the ice crystal of the FFC4 water is smaller. As the contents such as the calcium ions



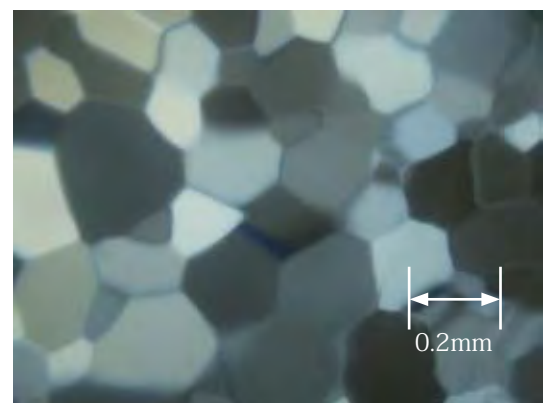
(a) FFC1 water



(b) FFC4 water



(c) 水道水 Tap water



(d) 蒸留水 Distilled water

図1. 各試料水の氷結晶

Fig.1. Ice crystal of sample water

氷結晶より排出され、結晶粒界に集中していく。そのため、FFC水では蒸留水より結晶粒が小さくなったものと考えられる。

4. 氷の自由成長観察

試料水中での氷結晶の自由成長の違いを見るために結晶の可視化実験を行った。実験では、試験管に試料水を80ml入れ、試料水温度を徐々に下げ-1℃に安定したところで細管より氷核を投入して過冷却を解消し、細管先端から氷の自由成長させた。観察例としてFFC4水の120秒後の結晶写真を図2に示す。各試料の結晶を比較するために図3に示す樹枝状部分の太さ割合R ($R = a/b$, a:結晶の中間点における枝部分の太さ, b:樹枝部分の葉を合わせた太さ)を比

are contained in a water, the ice nucleus is generated easily, and the many crystal growth starts from the ice nucleus. On the other hand, Contents other than water are segregated from the ice crystal with the crystal growth, and gather in the crystal grain boundary. As a result, it can be considered that the grain diameter of the ice crystal of the FFC water becomes smaller.

4. Free growth of ice crystal in the sample water

The difference of the free growth of the ice crystal in the sample water was observed. In the experiment, the water sample of 80 mL in the test tube was gradually cooled up to -1℃. After ice nucleus was dropped through a narrow tube, free growth of the ice crystal started. Fig. 2 indicates the photograph of the free

較する。枝の太さ割合は、図4に示すように、水道水が最も太く、FFC1水と蒸留水が同程度、そしてFFC4水が最も細いという結果を得た。この理由は、試料水中に含まれているイオンが関係していると思われる。例えばFFC水中に含まれているイオンは、氷核形成の際には助けになるように働くが、成長が始まると逆にそのイオンが成長を阻害する方向に働き、成長速度を遅らせていると考えられる。

crystal of FFC4 water after 120 seconds. Dimension of dendrite crystal is compared by using rate R ($R = a/b$, a: width of branch part of midway point, b: Width of leaf of ice crystal shown in Fig. 3). As shown Fig. 4, R of tap water is larger than that of other water and R of FFC4 water is smallest. It seems that ions contained in the water are related to this phenomenon. The ions contained in the FFC water helps the ice nucleation. However, it is thought that the ion obstructs growth oppositely, and the growth is delayed.

5. まとめ

以上の氷結晶形状の違いは、FFCセラミック水と他の水の違いに起因しており、さらに検討することにより、例えば工業的利用として氷蓄熱における管閉塞や塊状現象などの問題解消に繋がると考えられる。

5. Conclusion

The differences of ice crystal mentioned above originate in the difference between FFC ceramic water and other water. It is thought that this leads to the reduction of the problem such as the pipe blockage in the ice storage system etc. for instance as an industrial use.

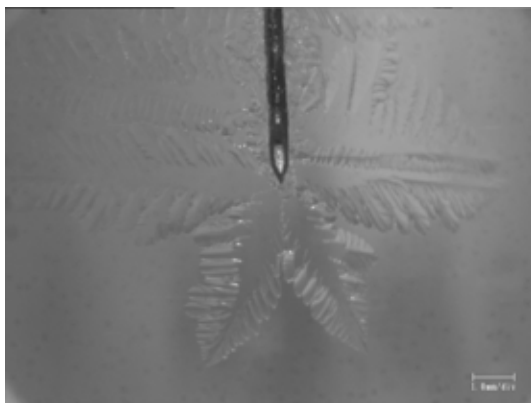


図2. FFC4水の自由氷結晶
Fig. 2. Free growth of ice crystal of FFC4 water

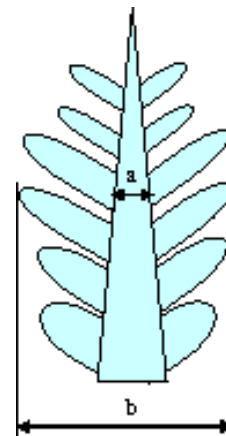


図3. 樹枝部
Fig. 3. Dendrite crystal

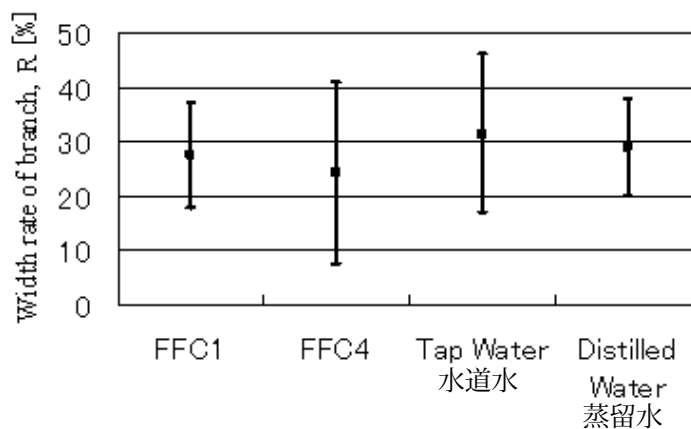


図4. 氷結晶樹枝部の太さ割合
Fig. 4. Dimension of dendrite crystal