

氷の中の気泡分布に残された冷却過程の記憶

Memory of cooling process of ice printed as bubble distribution

市原 美恵 [1]; 柳澤 孝寿 [2]; 山岸 保子 [2]; 熊谷 一郎 [3]

Mie Ichihara[1]; Takatoshi Yanagisawa[2]; Yasuko Yamagishi[2]; Ichiro Kumagai[3]

[1] 東大・地震研; [2] IFREE, JAMSTEC; [3] パリ地球物理学研究所

[1] ERI, U. Tokyo; [2] IFREE, JAMSTEC; [3] IPGP

冷凍庫で作る氷には、通常、白く曇った部分ができる。これは、水が凍る時に、溶けていた気体が固相からはじき出され気泡となって閉じこめられたものである。気泡の分布やサイズ、氷の透明度などは、使う水、冷凍庫の性能、製氷器の材質や形によって、様々に異なることは、日常経験することである。

商業用で扱われる氷は、気泡のない均質なものが良いとされている。オン・ザ・ロックにも、氷彫刻にも、アイススケートにも、気泡は邪魔者である。従って、気泡のない透明な氷を作ることについては、様々な工夫や知識が蓄積されている。ところが、気泡の入り方をコントロールする技術については、情報がほとんどない。本研究では、気泡の入り方を対象とする。

気泡の入り方を決める要素として、固液界面の成長速度、気体成分の拡散、気泡の核形成、成長、移動、液層中の伝導や対流による熱輸送、固液・気液・固気の界面エネルギーなどが考えられる。具体的には、これらが複雑に絡み合い、多様な構造を作り出す。熱伝導と拡散、核形成を考慮したモデルは既に提案され、リーゼガング現象同様のメカニズムで層構造ができると言われている (Toramaru, et al., 1996, Rogerson and Cardoso, 2000)。しかし、対流や気泡移動まで考慮したモデルは、著者らの知る限り、まだ確立されていない。

実験方法は次のとおりである。断熱材で覆われた円筒容器に水を入れ、金属の蓋をする。金属面にペルティエ素子を接触し、冷却する。容器には固化の際の膨張圧を逃がすためと、温度計挿入のための穴が開けられている。冷却に伴う温度分布、氷面の成長速度、気泡の取り込まれ方を観察する。冷却速度、重力に対する冷却面の向き、液体の飽和度を変化させ、気泡分布との関係を調べる。

まず、重力に対する冷却面の向きの影響を調べた。水の密度は、約 4 で最大となるため、上面冷却の場合が密度の安定成層状態となる。上面、下面、側面のどの方向から冷却した場合でも、氷面は冷却面にほぼ平行に成長した。しかし、内部の気泡分布には系統的な違いが見られた。上面冷却と側面冷却の場合には、冷却面に平行に厚さ 1cm くらいの曇った部分があった。上面冷却の場合には、その曇った部分の中に、更に透明度の低いところと高いところの層構造が見られたが、側面冷却の場合は一様であった。どちらの場合も、曇った部分の先は、突然透明となり、ところどころ、糸状の空隙が冷却面と垂直な方向に伸びていた。下面冷却の場合は、底面から中心方向に噴煙のように雲が立ち上り、その後水平方向に広がるような形で気泡が残されていた。さらにその先と「噴煙」の周囲は透明な氷で、境界面は明瞭であった。今後、さらに他のパラメータもコントロールし、気泡分布と氷の成長過程の関係を調べる予定である。

本研究で得られた知見は、溶岩の冷却過程における気泡の分布、メルト含有物の形成、など、地球科学的現象の解釈やモデル化に役立てられると期待している。