高分子を活用する氷の再結晶防止と流動性氷の実現

矢部 彰・稲田 孝明

1. 再結晶しにくい流動性氷の必要性

日本の夏場の電力ピークの一因は、冷房のためのビルの冷熱負荷であり、ビルの電力消費の5割程度を占める冷暖房のためのエネルギー消費を大幅に低減することが強く求められている。とくに、地球温暖化対策技術としてCOP III対応を実現するためにも、民生用エネルギー消費の代表的存在であるビルの冷暖房供給におけるエネルギー有効利用の推進は、重要な課題である。

現在のビルにおける冷熱供給は、7℃の冷水を供給し12℃で戻す設計になっており、温度差5度の水の顕熱を利用している。もし、氷から水への潜熱を利用できれば、蓄熱密度にして10倍以上大きくなり、大幅な流量の減少、それに伴うポンプ動力の低減が可能になる。しかしながら、氷を水と混ぜて流すだけでは、氷は再結晶してブロック状になり、バルブなどを閉塞させてしまうため実用にはならない。筆者らは、氷の結晶化プロセスを、ナノレベルのミクロな観点から制御して、ブロック状ではなく、針状の水の結晶を成長させ、流動性をもたせることを提案し、図1に示すような再結晶しにくい針状結晶を含む流動性氷水溶液を実現している¹⁾。

具体的には、不凍化タンパク質を用いて氷の結晶プロセスを変化させ、流動性氷を実証した。さらには、実用性の観点から、環境への影響が小さく、しかも、氷の結晶過程を同じメカニズムでミクロに制御できる高分子物質として、ポリビニルアルコールを選定し、流動性氷を研究している²⁾。

2. 氷の再結晶防止を実現する不凍化タンパク質と代替物質

図2(a)には、不凍化タンパク質の吸着した氷結晶の走査トンネル顕微鏡像を示すが、10 nm程度の間隔で、ほぼ同じ角度に吸着し、その部分が溝になっている状況がわかる。これは、不凍化タンパク質の親水基が氷結晶に水素結合し、一方、らせん構造の大部分を構成する疎水基が、水分子の氷結晶への成長を阻害することから生じている。この針状結晶をつくるという生物起源の機能を活用し流動性氷を実現するためには、氷の結晶構造に合致する間隔をもつ親水基の配列とそれを取り巻く疎水基群からなる構成が必要である。

筆者らは、入手性や環境への影響負荷を小さくする観点から、ポリビニルアルコールを選択し、効果を実証するとともに実用化研究を進めている。図2(b)には、ポリビニルアルコールの吸着した氷表面のSTM像を示すが、数百nmの帯状に氷表面に吸着している様子がわかる。

再結晶しにくい流動性氷の実現によるビルの冷熱供給用動力低減を目指して、今後とも鋭意努力を続ける予定である。

文 献

- 1) S. Grandm, et al.: *J. Cryst. Growth*, **205**, 382 (1999)
- 2) S. S. Lu, et al.: *Int. J. Refrig.*, **25**, 563 (2002)

図1 流動性氷の流動状況

図2(a) 不凍化タンパク質の吸着した氷表面

図2(b) ポリビニルアルコールの吸着した氷表面

YABE, Akira 独立行政法人産業技術総合研究所マイクロ・ナノ機能広域発現研究センター・センター長、工学博士、電気熱流体力学
INADA, Takaaki 同研究所 エネルギー利用研究部門・主任研究員、博士(工学)、専門=電熱工学
Ice Slurry System Utilizing Polymers for Preventing Recrystallization