



令和 6 年 11 月 27 日

雲の謎を解く？新種の氷、シミュレーションで発見

◆発表のポイント

- ・ ナノメートルサイズの水滴が凍る過程を計算機シミュレーションで詳しく調べました。
- ・ 正二十面体形や五方両錐形などのめずらしい構造の微結晶が一定の割合で生じることを突き止めました。
- ・ 雲の中で氷核が生じるしくみを知る手掛かりとなります。

岡山大学異分野基礎科学研究所の松本正和准教授と中国浙江大学の望月建爾教授の研究グループは、ナノスケールの水滴が凍るプロセスを計算機シミュレーションによって詳細に調べた結果、70°の角度をもつ五方両錐形や正二十面体形の氷の粒が一定の割合で生じることを突き止めました。

この研究成果は 2024 年 10 月 18 日、米国化学会の科学誌「ACS Nano」に掲載されました。

雪の結晶には六角形のものだけでなく、さまざまなイレギュラーな形のものも存在します。そのうち、2つの雪片が70°の角度でくっついた双晶¹⁾と呼ばれる種類の結晶がどのように形成されるかは、長らく議論的となっていました。

雲の中で生じる氷核は非常に小さいため、ふだん目にする氷や雪とは異なるかたちの結晶になることがあります。氷核の生じる最初の段階を明らかにすることで、人工雨を降らせる際に雲に散布して氷の核ができるのを促す「発核剤」の分子設計にも役立つ可能性があります。

■発表内容

<現状>

雲の中で生まれたとても小さな氷の粒は、落ちていく間に成長し、やがて美しい六角形の雪の結晶として私たちの目の前に降ってきます。雪片が六角形なのは、氷の結晶の中で水分子が六角形に並んでいるからです。

では、生まれたての氷の粒は、最初から六角形なのでしょう。雲の中に雪の赤ちゃんを捜すのは容易ではありませんが、地上からその形を予測する良い方法があります。太陽にかかる量(かさ)が、太陽の向きからどれだけ離れているかを観測すると、量をつくっている雲の粒(氷晶)の形が推定できるのです(図1)。

暈は、高空にある雲の中の氷晶が太陽の光を屈折することで生じ、多くの場合太陽を中心とした22°や46°の大きさの丸い環として観察されます。この角度から、氷の粒の面と面のなす角度が60°や90°であることが推測できます。つまり、氷の粒は六角形(六角柱)であるということを示しています。



PRESS RELEASE

ただ、ごくまれに 28° の暈（シャイナーの暈）が生じることがあります。この暈は約 400 年前に Scheiner によって初めて記録されたのでこの名で呼ばれています。暈の角度は、氷の粒の面と面のなす角度が約 70° であることを意味します。

また、地上に降る雪の結晶や、実験室で作った人工雪の中にも、2 つの雪片が 70° でくっついた双子の結晶（双晶）がしばしば見つかります（図 2）。これは、2 つの雪片が後からくっついたわけではなく、生まれた時から互いに 70° だけ傾いた 2 つの結晶が同時に成長したこと、つまり最初の氷の粒に 70° の面があったことを示しています。

氷の粒がどんな形であれば、 70° の面が生じるのでしょうか。これまで、立方晶氷²⁾の正八面体型結晶粒が 70° の面を持つので、これが双晶やシャイナーの暈に見られる 70° の起源だと考えられてきました。しかし、完全な立方晶氷は自然にはほとんど生じないともいわれています。

<研究成果の内容>

岡山大学異分野基礎科学研究所の松本正和准教授と中国浙江大学の望月建爾教授の研究グループは、ナノスケールの水滴が凍るプロセスを計算機シミュレーションによって詳細に調べた結果、 70° の角度をもつ五方両錐形や正二十面体形（図 3）の氷の粒が一定の割合で生じることを突き止めました。これらはいずれも正四面体型の立方晶氷を複数貼りあわせた形です。氷晶のサイズが非常に小さいうちは、氷表面の構造が安定性を決める大きな要因になります。五方両錐形や正二十面体形の氷は、通常の六角柱形の結晶に比べ、内部は若干不安定ですが、安定な表面構造をより多く露出できます。そのため、このような形の氷晶も一定割合で生じていることが本研究により予測されました。

<社会的な意義>

五方両錐形や正二十面体形はいずれもある角度から見ると正五角形に見えます。目に見える大きさの結晶が正五角形になることはほぼありませんが、ごく小さな氷粒には思いがけない形が現れるのです。

雲の中で見つかった意外な形状の氷の微結晶は、南極の氷や、ナノサイズの空洞をもつ物質に浸みこんだ水や、彗星や、氷河や、ドライアイスに水を投げこんで生じる白い煙の中にも見付かる可能性があります。人工雨を降らせる際に雲に散布して氷の核ができるのを促す「発核剤」の分子設計にも役立つかもしれません。また、この微結晶は、通常の氷とは異なる硬さや反射特性を持つので、それらを手がかりにすると、実はごく身近にも発見できるかもしれません。



PRESS RELEASE

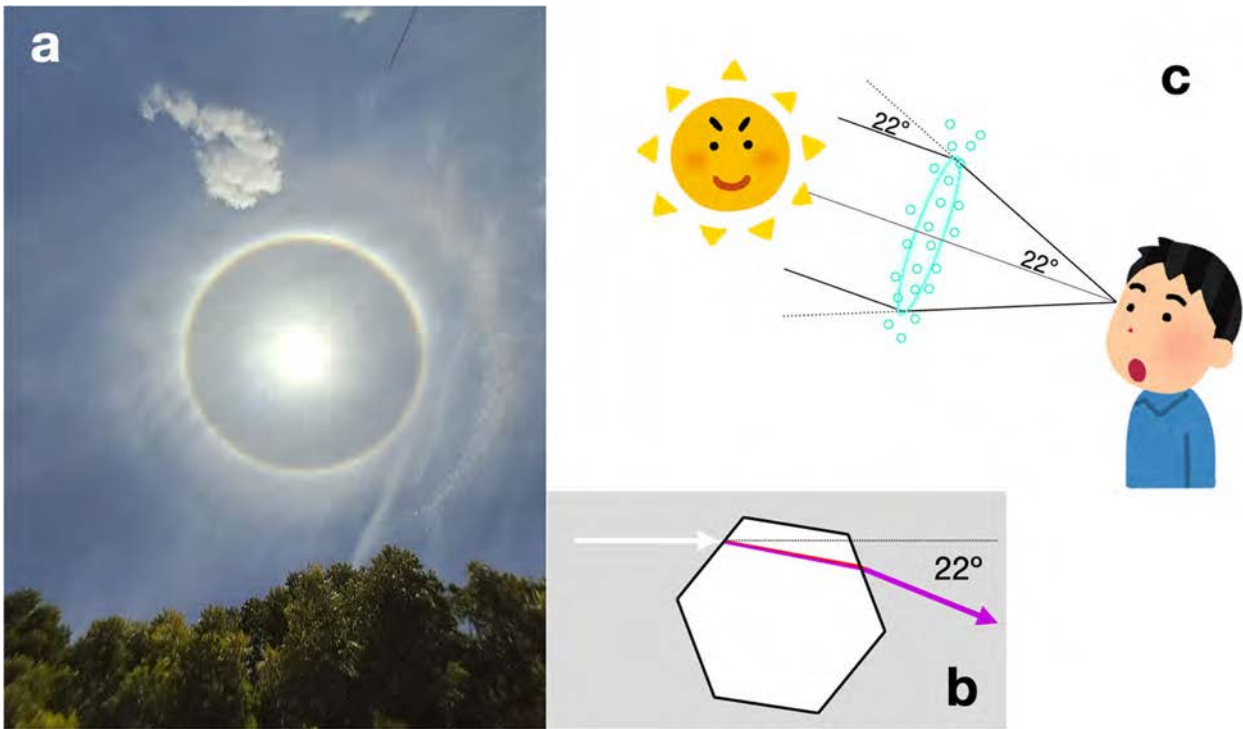


図 1 (a) 22° 日暈の例。(b) 六角柱状の氷が光を屈折させ、22° 曲がる。(c) 氷晶に曲げられた光が、太陽から 22° はなれた方向から観察者にとどく。 Photo by Digi Venkat CC BY SA 4.0



図 2 さまざまな雪の双晶。

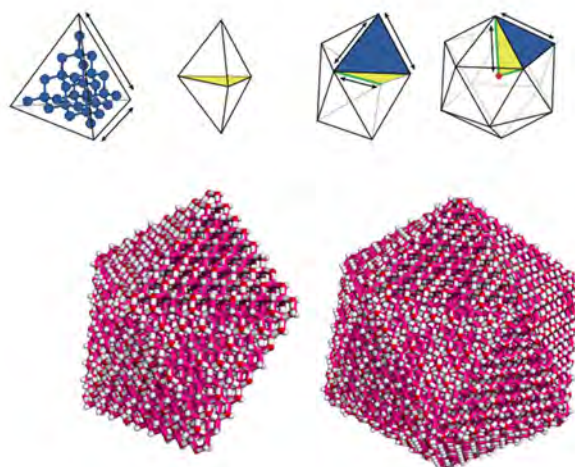


図3 (上段) 正四面体型の立方晶氷と、その組みあわせでできる立体。

(下段) 新しく発見されたナノスケールの氷の粒 左: 五方両錐、右: 正二十面体。

■論文情報

論文名: Multitwinned ice nanocrystals.

掲載紙: *ACS Nano*

著者: X. Zhang, M. Matsumoto, Z. Zhang, K. Mochizuki

DOI: <https://doi.org/10.1021/acsnano.4c07226>

■研究資金

本研究は科学研究費補助金(21H01047)および中国国家自然科学基金(助成金番号 22273083、22250610195、11904300)、中国中央大学基礎研究基金(厦門大学:助成金番号 20720220023)の支援を受けて実施しました。

■補足・用語説明

1) 双晶

2つ以上の同種の単結晶が特定の角度で規則性をもって接合したもの(図2)。氷の双晶の場合、70°という特定の角度がよく出現する。

2) 立方晶氷

通常の氷(六方晶氷)と密度などの物性が酷似するが、結晶構造が異なる氷。通常の氷よりもわずかに不安定なため、水を冷やしただけで自然に生じることはないが、高空の雲の粒のように非常に小さいサイズの氷では立方晶になることもあるといわれている。



<お問い合わせ>

岡山大学 異分野基礎科学研究所

准教授 松本 正和

(電話番号) 086-251-7846



岡山大学
OKAYAMA UNIVERSITY

**SUSTAINABLE
DEVELOPMENT
GOALS**



岡山大学は持続可能な開発目標(SDGs)を支援しています。