

氷単結晶の磁場配向特性と宇宙・地球諸領域における整列の可能性

Efficiency of Magnetic Alignment observed for Ice Ih and Possibility of Alignment in Various earth and space condition

加納 俊 [1]; 阿部 敬朗 [1]; 植田 千秋 [1]
Shun Kanou[1]; Takaaki Abe[1]; Chiaki Uyeda[1]

[1] 阪大・理・宇宙地球
[1] Earth and Space Sci., Osaka Univ.

<http://psmac0.ess.sci.osaka-u.ac.jp/uyeda/ueda.html>

惑星形成領域の磁場は、恒星や惑星の形成を支配する重要な要素とされる。その磁場構造は、ダストの配向によって決定されるが、配向のメカニズムについては理論的研究が先行し、配向を再現する実験は始まったばかりである。とくに、自発磁化を有さない通常の固体粒子が、微弱な宇宙の磁場で整列するメカニズムが問題となる。

非磁性の粒子は、一般的にその磁化率の異方性のために、自発磁化を有さなくても磁場配向する。その特性はこれまで殆どの物質について、検討されてこなかった。今回、新たに六方晶の氷 (Ih) の反磁性異方性について 3.3×10^{-10} という値が得られた。氷は宇宙・地球の様々な領域に偏在する基本的な物質である。

一般に反磁性異方性は、結晶の電子分布の異方性により発生する。氷 (Ih) については、その水素結合の配列がほぼ対称であることから、磁気異方性は無視できるほど小さい値であると考えられていた。しかし今回の実験により、氷が磁気活性であるということが明らかとなり、その結果、対称性が高い他の結晶についても、磁氣的に活性である可能性が示唆される。これは、固体一般の磁場配向に関する従来的一般認識と、相反する事象である。

今回、従来にない高感度での磁気異方性測定が必要であったため、新しい解析方法が考案され、測定感度が 10^{-9} レベルから 10^{-10} レベルまで向上した。一般に、磁気異方性の検出は、外磁場によって試料に発生する磁氣的トルクを検出することにより行われる。試料中のある平面内に2つの互いに直行する磁氣的主軸がある場合、その平面内に磁場をかけると磁氣的安定軸を磁場方向に向けようとする磁氣的トルクが生じ、試料は調和回転振動を行う。その周期を t とすると、 t^2 と B^2 の線形関係の傾きから、磁気異方性を算出することができる。ここで t と B を2乗することによって、糸の復元トルクの寄与を除外することができるため、以前よりも高感度に解析を行えるようになった。

この新しい解析方法が十分に正確なものであるかどうかを確かめるために、 10^{-10} レベルの既知の値を持つ標準試料を作成し、その測定・解析を行った。この標準試料は、2つの同じ形の試料から作成した。標準試料の磁気異方性の値は、幾何学的計算により、2つの磁氣的安定軸の成す角から計算される。今回は試料として人工水晶を用い、角度を 0° から 85° まで変化させて測定を行った。水晶の磁気異方性は 2.2×10^{-9} である。磁氣的安定軸の成す角を 85° にして重ねたときの測定結果は 1.8×10^{-10} となり、計算値と良い一致を示した。

今回得られた氷 (Ih) の磁気異方性の値を評価する目的で、温度を 170K から 240K まで変化させて測定を実施した。これにより常磁性不純物による常磁性異方性の寄与は無視できるほど小さいことが確認された。また転位による影響も無視できるほど小さく、上記の値が現時点では最も信頼できる値と考えられる。今回得られた値は、惑星形成領域などの宇宙環境において、ダストの磁気整列の有無を考察する際の指標となる。