



|              |  |
|--------------|--|
| Title        | Diamagnetic Orientation of Inorganic Materials and Its Application to Astrophysics |
| Author(s)    | 茅原, 弘毅   |
| Citation     | 大阪大学, 1999, 博士論文   |
| Version Type | VoR  |
| URL          | <a href="https://doi.org/10.11501/3155126">https://doi.org/10.11501/3155126</a>    |
| rights       |  |
| Note         |  |

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

|            |  |
|------------|--|
| 氏名         | 茅原 弘毅  |
| 博士の専攻分野の名称 | 博士(理学)   |
| 学位記番号      | 第 14374 号  |
| 学位授与年月日    | 平成11年3月25日   |
| 学位授与の要件    | 学位規則第4条第1項該当<br>理学研究科物理学専攻   |
| 学位論文名      | Diamagnetic Orientation of Inorganic Materials and Its Application to Astrophysics<br>(無機結晶微粒子の磁場整列および天文学への応用の可能性) |
| 論文審査委員     | (主査)<br>教授 砂村 繼夫   |
|            | (副査)<br>教授 山中 高光 教授 河原崎修三 教授 松田 准一<br>助教授 植田 千秋  |

### 論文内容の要旨

液体中に分散させた非磁性結晶微粒子は、結晶が持つ反磁性異方性により磁場中で整列することが知られており、この現象は反磁性整列(Diamagnetic Orientation)と呼ばれる。本論文では、数種類の無機結晶微粒子(グラファイトおよび層状シリケート)整列実験から得た反磁性整列の基本特性について報告する。

反磁性整列は微粒子の温度  $T$ 、微粒子の大きさ  $N$ 、および物質に固有の反磁性異方性  $\Delta \chi$  の3つの変数によって決定される。整列に必要な磁場強度  $H_s$  はボルツマン統計に基づいて計算され、 $H_s = \sqrt{15k_B T / N \Delta \chi}$  と表される。これまでの反磁性物質の磁場整列に関する研究は主に有機物質について行われたのが大部分であり、上記の3変数に関する整列磁場の依存性の実験的検証は殆どなされていない。その理由は試料として用いられた有機物質の多くが生体物質であったため、限られた実験条件での測定しか出来なかったためである。しかし、無機物質を試料とすることでこれらの実験的困難は回避され、整列磁場強度の3変数に関する依存性を初めて実験的に検証することに成功した。

まず、整列磁場強度  $H_s$  を決める3つの変数のうち  $N$  と  $\Delta \chi$  に対する依存性を調べるため、低粘性媒質中において実験を行った。その結果、 $N$  と  $\Delta \chi$  に関して磁場強度  $H_s$  は、上記の関係と非常に良い相関で一致することが確かめられた。次に常温から160Kの付近の温度範囲で  $T$  に関する  $H_s$  の依存性を調べる実験を行った。この結果、反磁性整列が磁気異方性エネルギーと熱擾乱エネルギーの釣り合いによって起こることが実験的に初めて確かめられた。しかしながら、分散媒質の融点付近において観測される整列磁場強度が、理論から予想される値を大きく上回る現象が新たに発見された。これは分散媒質の粘性に起因すると考えられる。さらに、等温条件下粘性のみ変化させた場合、 $\eta = 11500\text{cp}$  における  $H_s$  は、 $\eta = 2\text{cp}$  での値よりも約4倍大きな値が観測された。このことから、高粘性媒質においては上記の3つの変数の他に粘性に関する効果が無視できないことが示唆される。

本論文では粘性に関する  $H_s$  の変化の起源を粒子サイズの分布から説明することを試みた。高粘性媒質中では、粘性抵抗のために大きな粒子は動きを制限され、小さな粒子のみが整列するとする仮説を立て、これを実験的に検証した。

さらに、宇宙地球科学分野への応用のひとつとして、星間環境における反磁性整列の可能性を議論した。偏光観測などの結果から、宇宙空間には形状異方性を持つ星間塵が整列して存在しているという描像が得られるが、具体的な星間塵の整列機構にはまだ多くの不明な点が残されている。これまでの実験結果を元に、様々な星間環境での整列磁

場強度を見積もったところ、反磁性整列は星形成領域や原始惑星系円盤等、比較的密度が高く低温な領域において可能であり、このような領域における星間塵の整列機構の候補として考えることが可能である事がわかった。

### 論文審査の結果の要旨

茅原弘毅君の論文は、無機結晶微粒子に関する整列実験により得られた反磁性整列の基本特性を明らかにしたものである。反磁性整列は微粒子の温度  $T$ 、微粒子の大きさ  $N$ 、および物質に固有の反磁性異方性  $\Delta \chi$  の 3 つの変数によって決定される。これまでの反磁性整列の研究は、主に生体有機物質に関するものが大部分であり、限定された実験条件においてのみ測定が可能であった。しかし、無機物質を試料とすることで多様な実験条件をコントロールすることが出来るようになり、整列磁場強度の 3 变数に関する依存性を実験的に初めて検証することに成功した。特に、これまで困難であった反磁性整列の温度依存性を常温から 160K 迄の温度範囲で調べ、反磁性整列が磁気異方性エネルギーと熱擾乱エネルギーの釣り合いによって起こることを実験的に初めて示した。しかしながら、分散媒質の融点付近において観測される整列磁場強度が、理論から予想される値を大きく上回る現象が新たに発見された。これは分散媒質の粘性に起因すると考えられる。等温条件で粘性のみ変化させた場合、11500cp の粘性における整列磁場強度は、2cp での値よりも約 4 倍大きな値が観測された。このことから、高粘性媒質においては上記の 3 つの变数の他に粘性に関する効果が無視できないことが示唆される。この原因を粒子サイズの分布から説明することを試み、高粘性媒質中では、粘性抵抗のために大きな粒子は動きを制限され、小さな粒子のみが整列するとする仮説を立て、解析を進めた。さらに、宇宙地球科学分野への応用として、星間環境における反磁性整列の可能性をこれまでの実験結果を元に議論した。その結果、反磁性整列は星形成領域や原始惑星系円盤等、比較的密度が高く低温な領域において可能であり、このような領域における星間塵の整列機構の候補として考えることが可能である事がわかった。

以上のようにこの研究は独創的で、その成果は今後、多方面に影響を与えるものと思われる。よって、本論文は、博士（理学）の学位論文として十分価値あるものと認める。