

環境食品応用化学科

キーワード

磁気科学、磁場配向、磁気分離、擬無重力、物理化学、高分子構造、高分子物性、高分子加工、レオロジー、繊維、セルロース、固体NMR、アクチュエータ



教授 / 工学博士

木村 恒久

Tsunehisa Kimura

学歴

京都大学工学部 工業化学科、京都大学 大学院 工学研究科 工業化学専攻 修士課程、同博士課程単位取得退学、工学博士

経歴

旭化成工業、McGill 大学 博士研究員、東京都立大学／首都大学東京 助教授／教授、京都大学 教授／名誉教授、日本磁気科学会会長、高分子学会賞（2002）、セルロース学会賞（2010）、高分子学会フェロー、日本磁気科学会功労賞（2020）

相談・講演・共同研究に応じられるテーマ

磁気処理全般。高分子成型加工。磁場による配向材料の作製。コンポジット中の有機・無機フィラーの磁場配向。微粒子、細胞、プラスチックの磁気分離。微粒子の磁気パターニング。

メールアドレス

tkimura@fukui-ut.ac.jp

主な研究と特徴

「磁場を用いた材料プロセッシング」

磁場は鉄のような強磁性体にしか作用しないと考えられていますが、実際には全ての物質に弱いながらも影響を及ぼします。例えば、シャーペンの芯や、ナイロン繊維に磁場を作用させると磁場方向に配向します（図1 (<https://www.youtube.com/watch?v=US9NdFy8RC0>)）。もちろんこれらの物質には強磁性体は含まれていません。このような現象は、カーボンファイバー（CF）やカーボンナノチューブ（CNT）のようなマイクロ、ナノサイズの物質にも起こるので、複合材料中のCFやCNTの配向を制御することにより高機能化が可能です。既に、CFの磁場配向を利用した高放熱シートが実用化されています。他にも、磁場配向により種々の物性、例えば電気伝導、力学強度、光学物性などを飛躍的に向上させることができます。

材料や創薬の分野においては結晶構造の解析が重要です。結晶中で分子がどの様に配列しているかにより、材料の物性が異なります。あるいは結晶構造の違いにより溶解速度がことなるので、薬の効果が結晶構造により左右されます。結晶構造はX線回折法により決定されますが、そのためには大きな単結晶が必要です。しかし実際には粉末状の小さな微結晶しか得られないことが多いのです。磁場配向を用いると、粉末中の全ての微結晶を同一方向に配向させることができます（図2）、またかも大きな単結晶と同等の”擬単結晶”が作製でき、X線結晶構造解析が可能になります。“擬単結晶”は中性子線構造解析や、単結晶固体NMR測定にも有用なことが知られています。

CFやCNTや有機・無機の結晶、水やプラスチックなど、身の回りのほとんどの物質は非磁性体（反磁性体）です。反磁性とは磁場を嫌う性質で、反磁性体には磁場から遠ざかろうとする磁気力が働きます。磁気力と重力がバランスすると磁石で物質を浮かべることができます。非常に強い磁場を使うと、イチゴやトマト、生きたカエルまでも空中浮揚させることができます（<https://www.youtube.com/watch?v=A1vyB-O5i6E>）。宇宙に行かなくても、地上で擬無重力を作ることができます。擬無重力下での結晶化により高品質のタンパク質結晶が得られます。また、磁気力は物質により異なるので、非磁性体の分離が可能です。図3には異なるプラスチック（PET,PMMA）の磁気分離の様子を示します。磁気力を利用した全血からの赤血球分離、再生医療における細胞集合状態の制御（図3）等、バイオ分野において多くの応用が期待されます。



図1. ナイロン繊維、シャーペンの芯の磁場配向

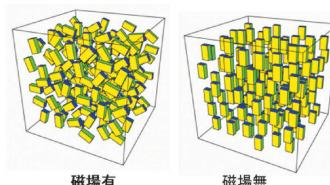


図2. 磁場による微結晶粉末の擬単結晶化
バラバラな方向に向いた微結晶に磁場を印加すると、3次元的に配向する。→ 大きな単結晶と同等の構造、物性をもつ。

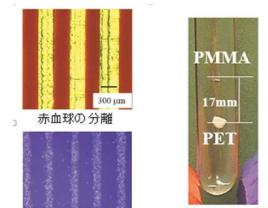


図3. 磁気力を用いた微粒子パターニング、磁気分離

今後の展望

非磁性体（反磁性体）の磁場応答に関しては古くより知られていたが、応答は非常に小さいため、それを材料プロセッシングに応用しようとする研究はほとんどなかった。ところが、超伝導磁石の普及により強い磁場が利用できるようになると、磁気浮上やモーゼ効果等、様々な現象が発見されるようになり、反磁性体に及ぼす磁場効果の研究が進展した。この時期、日本では日本磁気科学会が発足した。

初期には主に静磁場が用いられていましたが、次第に動的磁場の有用性が明らかになった。一つには、動的磁場により結晶の3次元配向が可能であることが挙げられる。これは材料科学的にも有用であるのみばかりか、単結晶X線構造解析にも新手法をもたらした。他方、動的磁場は導電体に対しては、誘導電流を誘起させることは周知の通りである。最近の研究により、動的磁場は誘電体にも作用し、反磁性の増強をもたらすことが明らかになった。導電体の場合には動的磁場は自由電子に作用するのに対し、誘電体に対しては束缚電子に作用する。

キラリティーを有する誘電体結晶に動的磁場を印加すると、結晶の掌性により応答が異なると考えられる。これを利用するとキラル分離などへの応用展開が可能である。今後の展開が期待される。

所属学会

公益社団法人 高分子学会 会員（昭和57年～現在まで）

公益社団法人 日本化学会 会員（平成5年～現在まで）

セルロース学会 会員（平成5年～現在まで）

American Chemical Society 会員（平成7年～現在まで）

公益社団法人 応用物理学学会 会員（平成17年～現在まで）

日本磁気科学会 会員（平成18年～現在まで）

主要論文・著書

- T. Kimura, H. Kashiwagi, F. Kimura, S. Horii, K. Takeda, T. Doi, "Orientation loss of microcrystals of $\text{DyBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$ in polymer composite during curing of the medium under and external magnetic field", CrystEngComm, 22, 5606 (2020).
- M. Yamato and T. Kimura, "Magnetic Processing of Diamagnetic Materials" (Review), Polymers, 12, 1491 (2020).
- F. Kimura and T. Kimura, "Magnetically textured powders—an alternative to single-crystal and powder X-ray diffraction methods" (Highlight article), CrystEngComm, 20, 861 (2018).
- T. Kimura, F. Kimura, Y. Kimura, "Faraday diamagnetism under slowly oscillating magnetic fields", J. Magn. Magn. Mater., 451, 65 (2018).
- T. Kimura, "Study on the effect of magnetic fields on polymeric materials and its application", Polymer Journal, 35, 823 (2003).
- T. Kimura, M. Yamato, W. Koshimizu, M. Koike, T. Kawai, "Magnetic orientation of polymer fibers in suspension", Langmuir, 16, 858 (2000).