

# 目 次

巻頭言 .....	1
活動報告	
第 30 回磁気科学会研究会報告 .....	3
第 31 回磁気科学会研究会報告 .....	4
第 16 回磁気科学会年会報告 .....	6
日本磁気学会との連携 .....	7
開催案内	
第 30 回磁気科学会研究会 .....	10
第 17 回磁気科学会年会 .....	11
MAP9 .....	12
受賞者の声	
第 12 回優秀学術賞受賞 大塚 秀幸 氏 .....	13
第 12 回功労賞受賞 西嶋 茂宏 氏 .....	14
学生ポスター賞 大塚 雄樹 氏 .....	15
会計報告 .....	16
事業計画 .....	19
会則等	
日本磁気科学会 会則 .....	20
理事会運営規則 .....	25
表彰制度 .....	27
出版事業に関する規則 .....	29
役員 (2023–2024) .....	34
第 30 回磁気科学会研究会予稿集 .....	35
第 31 回磁気科学会研究会予稿集 .....	39



## 巻頭言

### ～ 磁気科学会に集うことの意味合い ～

広島大学 岩坂正和

「磁気科学」の分野を新たにつくる取り組みが始まってから、ほぼ30年が経過しました。

磁気科学会の中のみならず、他学会および magneto-science および MAP の国際ワークショップ、環太平洋化学会等に、磁気科学の研究者が集うことで、現在では材料・プロセス、医療、環境産業などでの応用に向けた活発な研究・開発活動が盛り上がっていることは会員の皆様もよくご存知と思います。

学術集会の要であります、新しく重要な学理については、磁気科学のパイオニアの方々のおかげで整理された土壌の上で、我々は自由活発な議論を進められているところです。各研究者各様の伝家の宝刀的な研究課題を年会に持ち寄り、材料プロセスの磁場制御、磁気力、磁場配向、ローレンツ力、誘導電場、電子スピン制御などを巧みに駆使した研究報告がなされています。

ここで、他の学会で発表してもよいのにもかかわらず、磁気科学会に集うことの意味合いについて考えてみたいと思います。

「磁気」というキーワードで結び付けられる研究トピックスをターゲットとしている学術集会は、磁気科学会だけではありませんが、学術分野の垣根をここまで低くしてが研究者が集える場は、磁気科学会をおいて他にないと考えられます。さまざまな磁気現象のメカニズムとして扱える物理化学的な学理は、私たちの共通のことばとして理解することができますし、例え分野が違っても研究内容で共感できる部分が多いのではないのでしょうか。

整理整頓された磁気科学の学理は、本学会パイオニアの方々が出版された専門書にまとめられており、今日の私たちが実施している研究の多くでは、この確立された学理に依りつつも、新たな切り口も開拓されているに違いありません。我々研究者集団として、この新たな切り口をどのようにまとめ、体系化して新たな視点をエンハンスするかは、磁気科学会における研究プロジェクトの提案を行う場合に非常に重要になるでしょう。

先達の方々が当初に設定した学問的課題は、「さまざまな物質や現象・プロセスに対する磁気の効果」を科学的に検証し、そのメカニズムを明らかにすることが主であったと思います。磁場の作用に未知の魅力を感じるというのは、現在の職業科学者に限らず、古今東西のさまざまな人々が経験してきたかもしれません。紀元前の文献に記載されたギリシャのマグネシアという地名が示唆するように、磁場の存在に人類は比較的早くから気づき、歴史的時間の中で磁場に関する科学的なアプローチが、文献に残らないかたちで他にあったかもしれません。

コロナ禍で 2020 年は年会の開催が延期されましたが、2021 年に鹿児島大学、2022 年に日本大学（習志野）において一部オンラインながら対面での年会が開催されました。本年 2023 年は、福井工業大学での対面での開催が予定され、さらに MAP9 (Materials Analysis and Processing in Magnetic fields) が宮崎で予定されています。

磁気科学の学術集会での特徴として、比較的発表時間が長く（本年会で一件あたり 20 分）、ほぼ 3 日間にわたり、ひとつの会場で開催されることがあります。じっくりと磁気科学討議に浸ることができます。この傾向は磁気科学の国際集会（MAP や ICMS）でも同じです。2007 年のオランダ・ナイメーヘンでの ICMS に参加されたフランスの Torbet 博士は、“very relaxed conference!”と評されていました。

磁気科学に新規参入される方、オーソリティーの方々、現役の皆様を交え、この学術集会在が腰を据えて磁場研究に浸ることのできる場所であり続けることを期待致します。

日本磁気科学会会長（2023 年）

岩坂正和

# 有機・バイオ分科会研究会開催報告

神戸大学 井原一高

2022年12月26日、オンラインで有機・バイオ分科会研究会を開催した。テーマとして「生命・医療・環境分野における磁気科学の新展開」を掲げ、学際領域にも関わらず着実な発展を遂げている医療そして環境分野における磁気科学に焦点を当て、これらの領域のマクロスケールでの新しい展開について、2件の講演が行われた。

最初に「磁場によって脳の深部を刺激できるか?」と題して、東京大学大学院工学系研究科バイオエンジニアリング専攻 関野正樹教授より講演があった。低電場や磁場を用いた刺激の手法、生体内の電磁場が満たす性質そして磁場そのものの作用によって神経を刺激する可能性について紹介がなされた。従来、磁場を用いた刺激は経頭蓋磁気刺激(TMS)のような厚みが4 mm程度の大脳皮質が対象であった。これに対し、静磁場下で脳深部を刺激する方法について解説があった。イオンチャネルへ磁性粒子を用いて磁気力を作用させることによって実現する手法である。さらに今後の展開についても紹介がなされた。特に応用の可能性については多数の質問が出され、関心の高さがうかがえた。

続いて「電磁アルキメデス力を用いたマイクロプラスチックの分離」と題して、福井工業大学工学部原子力技術応用工学科 野村直希准教授より講演があった。昨今問題となっているプラスチックによる海洋汚染について説明があり、環境修復技術として電磁アルキメデス力を用いたマイクロプラスチックの分離方法について紹介があった。プラスチックが絶縁物であることに加え、海水の導電性が高い特徴を利用したものである。直径0.2 mmのポリエチレン粒子を対象とし7 Tの超電導マグネットを用いた磁気分離試験の結果について報告があり、小規模の陸上養殖場であれば実装可能であることが紹介された。質疑応答では、原理に関することに加え社会実装について質問が寄せられた。

今回の研究会は年末の多忙な時期の開催であったにも関わらず、20名を超える参加者があり、いずれの講演でも活発な討議が行われた。

# 第31回 日本磁気科学 2022 分科研究会

## 高分子・材料プロセス分科会 開催報告

日本大学理工学部 伊掛 浩輝

第31回分科研究会（高分子・材料プロセス分科会）は、完全オンライン形式での実施であったが、2022年12月12日（月）13時から17時までと長丁場であったが無事に開催できた。分科研究会は、講師の先生方を交えた研究交流のひとつの場でもあるが、会場手配などの条件が整わずに対面開催はできなかった。しかしながら、その一方で、講師の先生方のお力添えもあって、オンラインでも密度の高い討論となり、お陰さまで参加者も45名と盛会となった。本会は、応用物理学会、日本磁気学会との共同開催で、多くの皆さまのお力添えがあってこそこの開催であり、この場をお借りして心より厚く感謝、御礼申し上げたい。

今回は、磁性ならびに磁場を利用した新素材の開発、また、磁場環境を利用した材料プロセスや新システムからの視点に立ち、アプローチした。新しい素材の開発、材料物性、それらを応用した新システムやプロセス構築など、「材料設計プロセスへの新展開」と題して、磁場、磁性に係る分野を越えた多角的な方面から5名の先生にご登壇いただいた。

[1] 神奈川大学の原秀太先生には「フィラーの高度分散化と高分子マトリックス中のマクロ構造制御」と題して、ポリマーマトリックス中への機能性無機フィラーの高度分散技術について紹介いただきたい。素材のもつ基本的性能は緻密な構造体に依存するが、その作製法に磁場を組み合わせることで緻密に構造制御された構造化物を得ることができる。本紹介では、そのために必要となる素材の開発法について、階層構造をもつハイブリッド材料の力学特性、相分離制御によって構造化した素材の磁気特性、さらには酸化鉄ナノ粒子が階層化した構造化物の特性評価についてさまざまな事例、視点から紹介いただいた。

[2] 新潟大学の三俣哲先生には「可変弾性ソフトマテリアルの開発 -磁性コンポジットの作製と磁性微粒子の分散化-」と題して、磁場を用いた高分子エラストマーの力学特性の制御について紹介いただいた。高分子は柔らかい素材として知られ、近年では、アクチュエータ、インターフェイス、高効率なソフトマシンに利用できる素材として注目、有望視されている。研究会では、ポリウレタンなどに代表される高分子エラストマーに磁性粒子を複合した磁性エラストマーについて、外部磁場による粘弾性挙動に及ぼす効果について紹介いただいた。とくに、これらの特性には高分子マトリックスと磁性体との精密な複合化が必要であり、複合化技法やその評価についても紹介いただいた。さらには、得られた磁気エラストマーの応用利用として、たとえば磁場で硬さを制御し人の感触、体感に働きかける素材として、鉄道車両のような重量物への制振応用など豊富な経験と知見、事例紹介など磁性エラストマーがもつ可能性について紹介いただいた。

[3] 近畿大学の今井喜胤先生には「外部磁場印加で誘起される磁気円偏光発光(MCPL)システムの開発」と題して、磁気円偏光発光について紹介いただいた。光学活性をもつ発光体に自然光を照射すると、その物質の光学特性を反映したキラリティーをもった光となって現れる。この現象に外部磁場を組み入れることで、印加する磁場に呼応して右旋性、左旋性と磁気円偏光発光が生じる。磁場の刺激は、光学不活性な物質の場合でも、円偏光発光を生み出すことができる。たとえば、有機錯体の場合では、配位子の違いによって励起光の波長制御や符号の反転など、従来の発光体では作製が困難であるような場合であっても容易に作製ができ、新たな発光体素材へと発展する可能性が秘められている。磁場と光との相互作用、光の高度利用へと繋がる興味深い紹介であった。

[4] 名古屋大学の井藤彰先生には「機能性磁性ナノ粒子を用いたガン温熱療法の開発」と題して、マグネタイト ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) 磁性ナノ粒子を用いたガン温熱療法 (ハイパーサーミア) について紹介いただいた。磁場の透過性の良さは素材開発分野だけでなく、核磁気共鳴イメージに代表されるような医療分野においても威力を発揮する。本紹介では、マグネタイトを利用したハイパーサーミアについてであったが、磁性ナノ粒子に交流磁場を与えるとネール緩和、ブラウン緩和などによって発熱する性質をもつ。このナノ粒子を腫瘍組織に送達し、交流磁場を印加することで腫瘍部だけを局所的に加熱することができる。とくに、ガン細胞内にナノ微粒子を取り込ませ、細胞内部から加温できるので、正常細胞への影響が少ない新たな治療法として注目されている。磁場の新たな利用へと期待がもたれる紹介であった。

[5] 国立研究開発法人物質・材料研究機構の間宮広明先生には「磁気冷凍技術による革新的水素液化システムの開発」と題して、液化水素を事例に、近年注目されている磁気冷凍について、材料創生の観点から原理、そして今後の展望について紹介いただいた。カーボンニュートラル、脱炭素社会の実現の鍵として水素に期待と関心がもたれている。圧縮ガスに比べて液化水素の容積は約 1/800 と、貯蔵、輸送の面でも多くの利点が含まれている。しかし、極低温まで冷却を要し、その際のエネルギーロスが障壁となっていた。磁性体に外部磁場を印加することで内部の原子の磁気モーメントが磁場方向に揃い放熱が起きるが、消磁とともにモーメントが乱れ吸熱が起こる。このような磁気熱量効果を利用したものが磁気冷凍であるが、Ho などの磁気熱量効果に最適な素材開発が進められ、今後の発展が期待される大変興味深い紹介であった。

この研究会では、新素材の開発に向けた磁性、磁場環境の利用、磁場の利点を活かした素材開発やシステム、プロセスへの応用についてさまざまな観点から議論を深めることができた。講師の先生も、関東近郊だけでなく、新潟、愛知、大阪からのご登壇となり、オンラインだからこそその利点も垣間見られた。最後になるが、年末の忙しい時期での開催であったが、多くの方に参加いただけたことは大変喜ばしく思っている。この機会が磁場への関心、さらには磁場環境の高度利用に繋がることを切望し、ご登壇いただいた講師の先生方、ならびにご参加いただいた皆さまへの感謝とともに、分科会開催の報告に変えたい。

## 第16回日本磁気科学会年会報告

実行委員長 日本大学 安藤 努

第16回日本磁気科学会年会は、2022年11月7日(月)-9日(水)に日本大学生産工学部津田沼キャンパスにて、キャンパス内会場とオンラインのハイブリッド形式で開催されました。口頭発表24件、ポスター発表22件が行われ、現地参加者41名、オンライン参加者26名でした。

初日は開会挨拶の後、9件の口頭発表が行われ、その後ポスター発表が行われました。ポスター発表は、昨年度の年会同様に現地掲示されたポスターとともに、全てのポスターはオンライン発表としました。2日目は午前8時に8件の口頭発表を行い、午後には優秀学術賞と功労賞の表彰式および受賞講演が行われました。優秀学術賞は「鉄鋼材料における磁場中相変態メカニズムの解明と磁場による組織制御」の功績にて大塚秀幸氏(物質・材料研究機構)、功労賞は「磁場産業の創生を目指した磁気力制御技術の展開」の功績にて西嶋茂宏氏(福井工科大学)が受賞されました。その後、特別講演として、東京大学 田之倉優氏の「タンパク質の磁気力場を利用した高品質結晶化と X 線構造解析」とフランス CNRS Eric Beaugnon 氏の「Metallurgy in high magnetic fields」(オンライン)が行われました。

3日目は、午前7件の口頭発表が行われた後、研究奨励賞・学生ポスター賞表彰式後、閉会しました。大塚雄樹氏(横浜国立大学)が学生ポスター賞を受賞されました。

今回、昨年度に引き続きハイブリッド開催で行われました。昨年度の実行委員および参加者の方々に助言を頂き、また現地実行委員の先生方および日本大学の学生諸君による多大なる貢献、ご参加いただいた皆様のご協力のもと無事終了することができました。最後に、本年会開催にあたりご協力いただきました現地実行委員会の伊掛浩輝氏、中山麗氏(日本大学)、池添泰弘氏(日本工業大学)、小野寺礼尚氏(茨木高専)、原秀太氏(神奈川大学)、廣田憲之氏(物質・材料研究機構)、山登正文氏(東京都立大学)に感謝いたします。



図 オンライン・現地参加者の皆様の集合写真



# 日本磁気科学会と日本磁気学会との連携について

東京都立大学 山登正文

日本磁気学会 (MSJ) では「磁気記録」, 「ハード・ソフト磁性材料」, 「磁気物理」, 「薄膜・微粒子・多層膜・人工格子」, 「スピンエレクトロニクス」, 「計測・高周波デバイス」, 「パワーマグネティクス」, 「生体磁気・医療応用」と, 基礎分野から応用に至るまで多様な分野を取り扱っています。MSJ には、今後の応用磁気研究の発展を期するために、特定のテーマの活性化ならびに萌芽的な研究テーマの育成を目的とした専門研究会が設けられています。現在 8 専門研究会が活動中で、その中の一つに「強磁場応用専門研究会」があります。強磁場応用専門研究会は、新磁気科学研究会発足当時から強磁場応用研究をけん引してきた日本磁気科学会のメンバーを中心に、日本磁気科学会と MSJ との連携を目的に設立されました。2022 年度はコロナによる制限も幾分緩和したため、それまでのオンライン開催からハイブリッド開催や対面開催へとシフトし、6 回の専門研究会を開催することができました。63 回の研究会は日本磁気科学会の高分子・材料プロセス分科会を共催で実施することができました。この場をお借りしてお礼申し上げます。いずれの研究会も盛況となり、関係された方のご協力に感謝いたします。今後とも研究会の共催や講演依頼などで連携およびご協力をよろしくお願いいたします。

日本磁気学会 強磁場応用専門研究会

<https://www.magnetics.jp/special/kyojiba/>

第 46 回日本磁気学会学術講演会シンポジウム/第 62 回強磁場応用専門研究会 (2022.9.8 9:00-11:45)

信州大学長野キャンパス

“Arrangement and orientation control of fine particles by magnetic field and its application”

講演

- Magnetic Orientation of Diamagnetic Particles
  - T. Kimura(Fukui Univ. Tech.)
- Field-induced rotational oscillation of diamagnetic and paramagnetic materials caused by a permanent magnet
  - C. Uyeda(Osaka Univ.)
- Recent progress in three dimensional magnetic alignment techniques
  - S. Horii, W. B. Ali, S. Adachi, F. Kimura(KUAS)"
- Control of the orientation of inorganic particles in a magnetic field by addition of metal elements
  - S. Tanaka(Nagaoka Univ. Tech.)
- Preparation of Crystalline Oriented Poly(L-lactide) Films by Casting in a Magnetic Field Using

## Ionic Liquids, and those of the Useful

° H. Ikake<sup>1</sup>, S. Shimizu<sup>1</sup>, S. Hara<sup>2</sup>(<sup>1</sup>Nihon Univ., <sup>2</sup>Kanagawa Univ.)

第 63 回強磁場応用専門研究会 (2022.12.12 13:00-16:50)

共催 応用物理学会 磁気科学研究会, 日本磁気科学会 高分子・材料プロセス分科会  
オンライン開催 (Zoom)

“磁気を利用する・磁場で制御する - 材料設計プロセスへの新展開 - ”

### 講演

- はじめに  
○伊掛浩輝(日大)
- フィラーの高度分散化と高分子マトリックス中のマクロ構造制御  
○原 秀太(神奈川大)
- 可変弾性ソフトマテリアルの開発 -磁性コンポジットの作製と磁性微粒子の分散化-  
○三俣 哲(新潟大)
- 外部磁場印加で誘起される磁気円偏光発光(MCPL)システムの開発  
○今井喜胤(近畿大)
- 機能性磁性ナノ粒子を用いたガン温熱療法の開発  
○井藤 彰(名大)
- 磁気冷凍技術による革新的水素液化システムの開発  
○間宮広明(物材機構)
- 閉会の挨拶  
○伊掛浩輝(日大)

第 64 回強磁場応用専門研究会 (2022.12.22 13:00-16:20)

共催 低温工学・超電導学会 磁気遠隔力の空間的・時間的制御とその応用に関する調査  
研究会

大阪大学東京ブランチ会議室/Zoom ハイブリッド開催

“磁気力の魅力”

### 講演

- 磁気浮上の最先端  
○池添泰弘(日本工業大)
- 流体の運動への磁場の影響について  
○岡田秀彦(物材機構)

第 65 回強磁場応用専門研究会 (2023.3.14 13:30-15:00)

共催 低温工学・超電導学会 磁気遠隔力の空間的・時間的制御とその応用に関する調査  
研究会

大阪大学接合科学研究所大会議室/Zoom ハイブリッド開催

### 講演

- 磁性コロイドの分散構造と磁場応答レオロジー  
○阿部浩也(阪大)

第 66 回強磁場応用専門研究会 (2023.3.22 13:30-16:30)

共催 低温工学・超電導学会 磁気遠隔力の空間的・時間的制御とその応用に関する調査研究会

大阪大学東京ブランチ会議室/Zoom ハイブリッド開催

講演

- 強磁場中成形法で作製されるセラミックスの焼結挙動と機械的特性に及ぼす結晶異方性の影響

○大塚雄樹 (横浜国大)

- 強磁場下および微小空間中のイオン液体の相転移

○大塚隼人 (信州大)

第 67 回強磁場応用専門研究会 (2023.3.24 14:00-16:00)

共催 低温工学・超電導学会 磁気遠隔力の空間的・時間的制御とその応用に関する調査研究会

大阪大学東京ブランチ会議室/Zoom ハイブリッド開催

講演

- 磁気科学の歩み

○山本勲 (横浜国大)

## 日本磁気科学会 2022 年有機・バイオ分科会 研究会

「生命・医療・環境分野における磁気科学の新展開」

生命、医療そして環境分野における磁気科学は、学際領域にも関わらず着実な発展を遂げてきました。今後も、分子レベルのナノスケールから、医療・環境等のマクロスケールまで多彩な領域での新しい展開が期待されます。2022 年の日本磁気科学会有機・バイオ分科会では、生命・医療・環境に関わる磁気科学をトピックに、2 名の研究者にご登壇いただく研究会を開催いたします。皆様には奮ってのご参加と活発なご議論をお願い申し上げます。

記

主催：日本磁気科学会

日時：2022 年 12 月 26 日（月）15：30～17：15

開催方式：オンライン（Zoom）

<https://kobe-u-ac-jp.zoom.us/j/81735933411?pwd=NzFIZFp3eW1uZzZsby9NVXc1UHVtdz09>

ミーティング ID: 817 3593 3411

パスコード: 062187

テーマ：生命・医療・環境分野における磁気科学の新展開

（敬称略）

15：30 はじめに 井原一高（神戸大学）

15：35～16：25 磁場によって脳の深部を刺激できるか？  
関野 正樹（東京大学 大学院工学系研究科バイオエンジニアリング専攻 教授）

16：25～17：15 電磁アルキメデス力を用いたマイクロプラスチックの分離  
野村 直希（福井工業大学 工学部 原子力技術応用工学科 准教授）

17：15 閉会

以上

世話人 井原一高（神戸大学）  
廣田憲之（物質・材料研究機構）

## 第 17 回日本磁気科学会年会 開催案内

実行委員長（福井工業大学） 掛下知行

第 17 回日本磁気科学会年会は、近畿支部担当として福井工業大学、福井キャンパスで開催されます。開催日程等は下記の通りです。

会期：令和 5 年 11 月 8 日（水）～ 10 日（金）

会場：福井工業大学 福井キャンパス 2-801 教室

（福井県福井市 3 丁目 6-1）

福井県は中部支部に属しますが、今回は諸般の事情により福井工業大学でお世話させて頂くことになりました。

ここ数年のコロナ禍により、他学協会と同様、本学会もハイブリッドでの開催が続いておりました。幸いなことに今年は収束の兆しも見え、対面の開催も増えているように見受けられます。本年会も、今年は対面で開催致します。やはり学会は対面でこそ活発な議論が行えますし、懇親会で親交を深めることができます。多くの方にご来福頂き、コロナ前の活気を取り戻すことができれば、現地実行委員会といたしましても望外の喜びであります。但し、コロナの状況が急変するような事態も起こりえるかもしれません。そのような場合には、急遽、遠隔／ハイブリッドに切り替えることも視野にいたした運営となりますことをご理解頂きたいと存じます。

今年の年会も昨年と同様、3 日間のシングルセッションで、一般の口頭講演とポスター発表の構成にて行います。ポスター発表は初日午後、優秀学術賞と功労賞の受賞講演は中日に、また懇親会は中日に開催します。更に最終日講演終了後には本学あわらキャンパスに建設中の 13.5 m パラボラアンテナの見学ツアーを計画しております。皆様の積極的な講演申込およびご参加を心よりお待ちしております。

最後に、第 17 回年会開催にあたりご尽力頂いた現地実行委員の皆様へ感謝申し上げます。

（50 音順、敬称略）足立伸太郎（京都先端科学大学）、奥村英之（京都大学）、木村恒久（福井工業大学）、諏訪雅頼（大阪大学）、竹下達哉（福井工業大学）、西嶋茂宏（福

井工業大学）、原道寛

（福井工業大学）、古

澤和也（福井工業大

学）、堀井滋（京都先

端科学大学、近畿支部

長）、三島史人（福井

工業大学）、和田昌久

（京都大学）



福井キャンパスと、あわらキャンパスの 13.5 m パラボラアンテナ

## MAP9 いよいよ開催へ

2023年12月11日(月)–14日(木) ANA ホリデイ・イン リゾート宮崎にて

### MAP9 現地実行委員会幹事会

The 9th International Workshop on Materials Analysis and Processing in Magnetic Fields (MAP9)は、本年12月11日(月)から14日(木)までの日程で、宮崎市青島のANA ホリデイ・インリゾート宮崎にて開催されます。

当初は2020年6月に予定されていた本ワークショップですが、新型コロナウイルス感染症の世界的蔓延のため、延期となっていました。MAPとしてはグルノーブルで開催されたMAP8以来5年ぶり、磁気科学分野の国際会議が開かれるのは、中国・合肥で開催されたICMS2019以来4年ぶりの機会となります。また、MAPの日本での開催は、2014年の沖縄でのMAP6以来、9年ぶりです。

今回のMAP開催にあたっては日本磁気科学会より多大なるご支援を頂きました。ここに深く感謝します。また、会員の皆様にも、ご研究に関する講演申し込みや参加申込によりご協力いただいておりますことに心よりお礼を申し上げます。

本ワークショップは、日本国内はもとより、中国を中心として海外からも多くの講演申し込み、参加申し込みを頂きました。本稿を皆様にお読みいただく頃には、既にプログラムが確定している時期となります。ご参加の申し込みは直前まで受け付けておりますので、ご講演の申込をされていられなくても、是非、世界の磁気科学研究者との交流や、最新の研究動向に関する情報収集などの場として、本ワークショップをご活用いただけますと幸いです。

本ワークショップに関する最新の情報は以下のウェブサイトをご覧ください。

<https://www.sci.kagoshima-u.ac.jp/koyama/map9/Welcome.html>

なお、12月11日の午後には、日本磁気科学会により世界の若手研究者・学生を対象として、著名研究者によるレクチャーと若手交流のためのポスターセッションから構成されるイベントが予定されています。特に若手の会員の皆様には、こちらのイベントにも積極的なご参加をお願いします。

皆様と宮崎でお会いできるのを楽しみにしております。

## わくわくするような研究テーマ

物質・材料研究機構 大塚秀幸

日本磁気科学会より、第12回優秀学術賞を授与されましたことを大変光栄で嬉しく思います。学会会員の皆様、選考関係者、推薦者の方々に感謝申し上げます。受賞対象は「鉄鋼材料における磁場中相変態メカニズムの解明と磁場による組織制御」で、鉄鋼材料における比較的高温での多種多様な固相/固相変態挙動に及ぼす磁場効果について研究し、磁場中での変態メカニズムを解明するとともに、磁場を印加することによりどのように鉄鋼材料の組織を制御できるかを追求した研究です。鉄鋼材料の磁場中での凝固や、低温でのマルテンサイト変態についてはすでに研究がありましたが、高温での強磁場中での固相変態となりますとほとんど研究がなく、全く未知の研究分野でした。研究を始めた直接のきっかけは、NIMS（当時は金属材料技術研究所）内で強磁場施設を活用した新たなテーマの募集があったことです。早速考え得る限りの研究テーマを書き出し、それぞれについて可能な限り深めてみました。新しい研究テーマを考えるのはいつも楽しいものですが、磁場に関連したテーマは、それまでにデータがほとんどなく、研究している人もいない、しかも広範な研究分野・応用分野が見込まれ、印加磁場強度が強くなって劇的な変化も見込まれる、というもので、わくわくするような研究テーマが次から次へと湧いてきました。鉄鋼材料を研究対象としますと、何か新たな研究テーマを思いついても、何らかの形の先行研究は必ずあるのがそれまでの経験だったので、ほとんど先行研究がないというのは初めてのことでした。一方で、強磁場中で高温まで加熱することは可能なのか、そもそも鉄のキュリー点以上の高温での固相変態に磁場効果はあるのか、など未知なことも多く、研究を始めるに当たっては不安だらけでした。本当に成果が出るのかどうかと不安に思い、迷いがある間はなかなかスムーズに事態が進展していきませんが、あるとき、このようなチャンスを活かし、面白い研究ができるのなら、それで良いのではないかと腹を括ると不思議にすべての物事が順調に進んで行きました。その後の研究生生活でもこのような経験がありますが、不安や迷いがあるうちはスムーズに行かないものですが、覚悟が決まり、やるぞと強く決心するとスムーズに事が運んでいくものです。研究を始めるに当たってまずは高温・強磁場環境で使用できる装置を作成する必要がありますが、経験・知識がないことであり、色々な人達に相談させて頂きました。特に浅井先生と掛下先生には非常に有益なアドバイスを頂き、その後も日本鉄鋼協会で立ち上げた研究会のメンバーになって頂き、大変お世話になりました。新たな装置が完成するのを待つ間に、手元にある装置だけでできる実験として、磁場中でのプロセッシングを行いました。材料も鉄鋼材料以外の種々の金属材料やセラミックスを使用しました。研究人生の中で鉄鋼材料以外の材料を用いたり、プロセッシングを行ったりしたのはこの時だけです。自分自身の視野と知識が広がった貴重な経験でした。このように研究を続けることができたのも、磁気科学会での議論や参加する先生方からの支えのお陰様と感謝しております。今後も、この分野の研究が新たに展開し、学会が発展していくことを願っております。

## 磁場産業は可能か？

福井工業大学 西嶋茂宏

2022 年度に本会から功労賞を授与されました。大変名誉なことだと感謝するとともに驚いているのが率直な感想です。と言いますのも、私が目指しているのが実用化あるいは社会実装であり、学術的な指向性を持っている本会において評価して頂けるとは思っていませんでした。この度、風合いの変わった研究にもかかわらず、功労賞を頂きましたことは、本会の懐の広さを示しているように感じております。受賞理由を見てみますとそれが明らかですが、「磁場産業の創生を目指した磁気力制御の展開」となっております。「産業創生」という文字が入っているのがそれを物語っていると思います。また、“磁場産業”とは耳慣れない言葉ですが、この単語を使用して頂いたことも、当方のベクトルを本会に評価いただいたことを表しているように思っています。

本稿の執筆者の研究は、強い磁気力の応用であり、必然的に超電導磁石の実用化と同じベクトルの研究になります。このため、ため池の「アオコ」の磁気分離実験から始めました。その時は室温空間を有する超電導磁石を所有しておらず、会社に使用させていただきながら実験をしたことを思い出します。そのうちに、北沢先生の JSPS 未来開拓学術研究推進事業 (H11- 15) のプロジェクトが始まり、室温空間を有する伝導冷却超電導磁石が導入することができ、研究が飛躍的に進みました。当時、都立大学の渡辺恒雄先生のグループに参加させていただき、環境浄化に磁気分離が利用できないかと検討したことを思い出します。その検討の結果、社会実装につなげるには、その技術の恩恵の受益者が導入意欲を示す技術であること、システムの構築の引き受け手（プラントエンジニアリング会社）が必要であること、さらにその技術を広く周知するチャンネルが必要であることなどを学びました。そのようなグループを組んで初めて社会実装が可能であることを認識したのです。ただ単に、磁気分離の技術を構築するだけでは片手落ちであることを勉強したのでした。

このことから会社と一緒にプロジェクトを推進することを基本とし、具体的には、太陽電池のスライシング砥粒の再生、製紙工場廃水処理、ドラム缶洗浄廃水処理、磁気誘導薬剤配送システムの構築、レアメタルの回収、地熱発電システムからのスケールの除去、火力発電給水系からのスケールの除去、福島汚染土壌の減容化などを手掛けてきました（ここで記載した研究題名は必ずしもプロジェクト名とは一致していません）。いずれも磁場産業までいま一步のところまで来ていますが、産業創出に至っていないのが残念です。現在は、マイクロプラスチックの海洋からの回収、原子炉給水システムからクラッド（スケール）分離の研究を行っていますが、技術開発および導入意欲のある会社の探索を行っています。仲間を増やしプロジェクトとして社会実装を目指したいと思っています。

最後に、プロジェクトに参加いただいた会社の方々、ご指導を頂いた諸先生方、一緒に汗を流した研究室の教員や学生達、彼らの協力がなければこのような成果を挙げることはできなかったのは明らかです。ここに当時を振り返りつつ心からの感謝の辞を述べたいと思います。ありがとうございます。



## 学生ポスター賞を受賞して

株式会社レゾナック 大塚雄樹

この度は第16回日本磁気科学会年会において、学生ポスター賞を授与いただき誠にありがとうございました。このような荣誉ある賞をいただけたのは、普段からご指導してくださった指導教官の多々見先生、共同研究者の山本先生をはじめ、お世話になった多くの皆様のおかげです。心から感謝申し上げます。この受賞に際し、記事の執筆の機会をいただきましたので、横浜国立大学大学院理工学府多々見・飯島研究室における博士課程後期での研究生活について簡単にご紹介させていただきます。

私は2020年4月に株式会社レゾナック（旧昭和電工株式会社）から派遣され、社会人ドクターとして横浜国立大学大学院に入学し、多々見・飯島研究室にて強磁場中成形法で作製されるセラミックスの焼結挙動と機械的特性に及ぼす結晶異方性の影響に関する研究に取り組むこととなりました。しかし、入学と同時に新型コロナウイルス感染症が拡大し、約3ヵ月間自宅待機を余儀なくされました。その後、7月に大学での研究活動が再開されましたが、すぐには通常通りの研究ができる状況にはありませんでした。そんな中でも、山本先生から、超電導磁石を利用した実験方法や磁気科学の理論を初歩から丁寧にわかりやすくご指導いただき、そのおかげで本ポスター賞を受賞させていただけるような研究成果を上げることができました。最終的には、2023年3月までに博士論文も完成させ、学位も授与いただきました。

本ポスター発表では「湿式ジェットミルと磁場を併用した高配向ハイドロキシアパタイト（HA）セラミックス」というタイトルで発表させていただきました。本研究では、湿式ジェットミル処理により、HA粉体中の凝集体を一次粒子の形状を維持したまま解砕し、得られた一次粒子が高分散したスラリーを得る方法を見出し、そのスラリーに回転磁場を印可することで高度に配向した $c$ 軸配向HAセラミックスが得られることが明らかになりました。さらに、得られた $c$ 軸配向HAセラミックスの方がランダム配向HAセラミックスよりも破壊靱性が高く、回転軸に対する方向によって異方性を示すことも明らかになりました。得られた $c$ 軸配向HAセラミックスのセラミックス粒子が規則的に配列する様子をEBSDマッピングで目の当たりにした時の感動は今でも鮮明に覚えています。

現在、私は株式会社レゾナックに戻り、セラミックス粉体の研究開発を担うグループのリーダーを担当しています。現在は磁気科学の研究からは離れていますが、磁気科学と共に過ごした研究生活から得た知見や経験、そしてこのポスター賞受賞から得た自信は、今後の私のものづくりを通じた社会貢献に寄与すると確信しています。最後に、このような成長の機会をご提供くださった多々見先生、山本先生及び日本磁気科学会の実行委員会の方々に深く感謝申し上げます、結びとさせていただきます。

日本磁気科学会 2022年 会計報告書

収入の部			
予算額			¥5,342,535
会費			¥750,000
正会員	¥5,000	90	¥450,000
学生会員	¥0	85	¥0
賛助会員	¥50,000	6	¥300,000
前年度繰越			¥4,592,535
	2022年収入見込		¥750,000
支出の部			
予算額			¥5,342,535
年会補助金			¥400,000
印刷費			¥200,000
研究会補助金			¥200,000
	第30回研究会		¥100,000
	第31回研究会		¥100,000
WEBサーバー			¥11,000
褒章費用			¥100,000
事務局経費			¥120,000
雑費			¥30,000
予備費			¥700,000
繰越金			¥3,581,535
	2022年支出予定		¥1,761,000

備考

\*2 2017年分2名, 2018年分2名, 2019年分2名, 2020年分2名

2022年 12月 31日時点				
決算額			¥5,377,544	
会費			¥745,000	
正会員	¥5,000	89	¥445,000	
学生会員	¥0	85	¥0	
賛助会員	¥50,000	6	¥300,000	
会費(過年度分)*1			¥40,000	
	正会員	¥5,000	8	¥40,000
雑費(利子)			¥9	
前年度繰越			¥4,592,535	
	2022年収入		¥785,009	
決算額			¥5,377,544	
年会補助金			¥150,895	
印刷費			¥174,240	
研究会補助金			¥40,000	
	第30回研究会		¥20,000	
	第31回研究会		¥20,000	
WEBサーバー			¥11,000	
褒章費用			¥33,440	
	盾・賞状		¥33,440	
	旅費補助		¥0	
事務局経費			¥120,000	
雑費(郵送料, 振込手数料など)			¥26,710	
予備費			¥0	
繰越金			¥4,821,259	
	2022年支出		¥556,285	

上記の通り会計報告をいたします。

財務 小野寺 礼尚

適正に執行されていることを確認いたしました。

監事 藤原 好恒

監事 藤原 尚夫

日本磁気科学会 2023年 会計中間報告書

収入の部				
2023年 9月 30日時点				
予算額				¥5,601,259
会費				¥780,000
正会員	¥5,000	96		¥480,000
学生会員	¥0	93		¥0
賛助会員	¥50,000	6		¥300,000
前年度繰越				¥4,821,259
	2023年収入見込			¥780,000
支出の部				
予算額				¥5,601,259
年会補助金				¥400,000
印刷費				¥150,000
研究会補助金				¥200,000
	第32回研究会			¥100,000
	第33回研究会			¥100,000
WEBサーバー				¥0
褒章費用				¥100,000
事務局経費				¥120,000
雑費				¥30,000
予備費				¥700,000
繰越金				¥3,901,259
	2023年支出予定			¥1,700,000

中間収入額				¥5,247,539
会費*1				¥655,000
正会員	¥5,000	71		¥355,000
学生会員	¥0	100		¥0
賛助会員	¥50,000	6		¥300,000
会費(過年度分)				¥0
正会員	¥5,000	0		¥0
雑費(利子)				¥4
前年度繰越				¥4,592,535
	2023年収入			¥655,004
中間支出額				¥5,247,539
年会補助金				¥400,000
印刷費				¥0
研究会補助金				¥0
	第32回研究会			¥0
	第33回研究会			¥0
WEBサーバー*2				¥0
褒章費用				¥0
	盾・賞状			¥0
	旅費補助			¥0
事務局経費				¥0
雑費(郵送料, 振込手数料など)				¥0
予備費				¥0
繰越金				¥4,847,539
	2023年支出			¥400,000

備考

\*1 正会員96名(入会5名, 退会1名)

\*2 2024年12月までに更新予定(サーバー, ドメイン)

日本磁気科学会 2024年 予算案

収入(予算)				¥5,702,539
会費				¥780,000
正会員	¥5,000	96		¥480,000
学生会員	¥0	100		¥0
賛助会員	¥50,000	6		¥300,000
前年度繰越				¥4,922,539

支出(予算)			¥5,702,539
年会補助金			¥400,000
印刷費・送料			¥150,000
研究会補助金			¥200,000
第34回研究会			¥100,000
第35回研究会			¥100,000
WEBサーバー*1			¥50,000
事務局経費			¥120,000
褒章費用			¥100,000
予備費*2			¥700,000
雑費*3			¥30,000
繰越金			¥3,952,539

備考

\*1 Webサーバー: 2024年3月までに更新予定, ドメイン: 2024年12月までに更新予定

\*2 研究会・年会補助, 国際会議, 将来構想・若手支援, 出版など

\*3 振込手数料, 会誌郵送料など

## 2023 年 事業計画

事務局長 山登正文

本会会則 13 条に基づき，2022 年理事会，および 2022 年総会において，2023 年 1 月から 12 月までに以下の事業を行うことが議決により承認された。

1. 第 17 回年会  
近畿支部の主催により福井市で対面開催とする。  
2023 年 11 月 8 日から 10 日 福井工業大学福井キャンパス
2. 第 32, 33 回研究会  
分離・分析分科会の主催による第 32 回研究会を開催する。  
無機・金属分科会の主催による第 33 回研究会を開催する。
3. 会誌発行  
第 17 巻を発行する。
4. 総会  
会則 20 条により総会を開催し，第 22 条に従って事業報告および会計報告等を行う。  
これらは年会の会期中に行う。
5. 学会表彰  
第 13 回優秀学術賞および第 13 回功労賞に関して，規定および内規に従い選考を行い，年会において授賞式を行う。
6. 共催，協賛，後援等  
日本磁気学会主催の研究会，応用物理学会磁気科学研究会等の国内外の関連する団体と協力して学会および研究分野の発展をはかる。

以上

## 第1章 総則・目的・事業

第1条 この団体は日本磁気科学会（以下本会）という。

2 本会の英文呼称は **The Magneto-Science Society of Japan** とする。

第2条 本会は磁気科学を研究している、あるいは興味を持つ国内外の個人および諸団体の相互の連絡を促進し、国内外の磁気科学の発展とその成果の普及に務め、学術・教育・産業・環境・資源・医療・福祉などの各分野に寄与することを目的とする。

第3条 本会は、前条の目的を達成するために、次の事業を行う。

- (1) 磁気科学に関する研究集会を開催する。
- (2) 磁気科学に関する図書を発行する。
- (3) 磁気科学の研究を促進するための必要な事業を行う。
- (4) 磁気科学の成果を普及するための必要な事業を行う。

第4条 この会則の実行に必要な規則の制定・改廃は理事会が行う。

第5条 本会のすべての会議は議事録を作成し、事務局が保管する。

## 第2章 会員

### 種類

第6条 会員は、国籍または本拠の存在する国は問わず、次の4種類とする。

- (1) 正会員
- (2) 学生会員
- (3) 賛助会員
- (4) 提携会員

2 正会員は本会の事業に参加する研究者・技術者・教育者およびその他の個人とする。

3 学生会員は本会の事業に参加する大学および大学院に在学中の者とする。

4 賛助会員は本会の事業に協力する営利団体とする。

5 提携会員は本会の事業に協力する非営利団体とする。

### 入会

第7条 本会に入会しようとするものは、別に定める規則によって事務局に申し込み、理事会の承認を得なければならない。

2 会員は別に定める規則により入会金・会費を納めるものとする。納入した入会金・会費は払い戻さない。

### 権利

第8条 会員は次に掲げる権利を有する。

- (1) 本会の催す研究集会での発表およびその他の行事への参加
- (2) 本会に対する希望を申し出てその審議を求めること
- (3) 本会の発行する図書への寄稿

退会・除籍・除名

第9条 会員は別に定める規則により会長に届け出て退会することができる。

2 会員は死亡し、または失踪宣言を受け、または賛助会員または提携会員である団体が解散したときはその資格を喪失し、除籍となる。

3 会員が次の事項に該当するときは、会長が除名することができる。

- (1) 正当な理由なく会費等を1ヵ年以上滞納したとき
- (2) 本会の名誉を傷つけ、理事会の承認後、総会において除名の決議が行われたとき

### 第3章 組織

役員

第10条 本会に次の役員を置く。

- (1) 理事（会長）1名
- (2) 理事（副会長）3名以内（うち事務局長1名）
- (3) 理事（上記(1),(2)以外）理事全員で25名以内
- (4) 監事2名以内
- (5) 顧問 若干名

2 役員は無給とする。

3 理事および監事は総会において正会員中から選任する。

理事・監事の選任の方法は別に定める規則による。

理事会

第11条 理事会は理事および監事により構成される。

2 理事は互選により会長を選出する。

3 理事・監事の任期は1月1日から翌年の12月31日までの2年間とする。

4 理事・監事は再任ができる。ただし、連続して就任できる期間は3期6年までとする。

5 監事は理事を兼ねることができない。

第12条 会長は本会を代表し、会務を総理する。

2 会長は総会および理事会を招集してその議長となる。

3 会長は副会長を指名する。

4 副会長は会長を補佐し、会長の指示により、または会長に事故あるときは、その職務を代行する。

5 事務局長は、会長の指示により、本会の事務及び事務局委員会を掌理する。

6 その他の理事は、会長の指示により会務を担当する。

7 監事は本会の会計と業務を監査する。

第13条 理事会は、この会則に定める総会の権限であるもの以外の次の事項を議決し執行する。

- (1) 事業計画および収支予算
- (2) 事業報告および収支決算
- (3) 会員の入退会
- (4) 諸規則の制定および改廃
- (5) その他重要な事項

第14条 理事・監事が次の事項に該当するときは、総会の議決に基づいて解任・交代することができる。

- (1) 一身上の都合により役員の任を続けられないとき
  - (2) 心身の障害のために職務の執行に耐えないとき
  - (3) 職務上の義務違反または役員たるにふさわしくない行為があるとき
- 2 任期の途中で新しく選任された役員の任期は前任者の残余の期間とする。

#### 顧問

第15条 顧問は、会長が有識者の中からこれを委嘱する。

- 2 顧問の任期は、委嘱した会長の任期と同じとする。
- 3 顧問は再任ができる。
- 4 顧問は他の役員を兼ねることができない。

第16条 顧問は、会長の求めに応じて意見を述べるができる。

- 2 顧問は随時、会長に対して意見具申ができる。

#### 事務局

第17条 本会は会長の下に事務局を置く。

- 2 事務局は事務局長(理事・副会長)が管理する。
- 3 事務局の運営は別に定める規則による。

#### 支部

第18条 本会は理事会の下に支部を置き、各地域において本会の事業を促進する。

- 2 会長が理事のうちから支部長を指名する。
- 3 支部の設置・運営は別に定める規則による。
- 4 必要に応じて国外に支部をおくことができる。

#### 分科会

第19条 本会は理事会の下に分科会を置き、各分科における研究を促進する。

- 2 会長が理事のうちから分科会長を指名する。
- 3 分科会の設置・運営は別に定める規則による。
- 4 必要に応じて時限的な分科会を設置することができる。

#### 第4章 総会

第20条 総会は正会員によって構成される。



- 2 通常総会は毎年1回、会長が招集する。
- 3 臨時総会は次の場合に会長が招集する。
  - (1) 会長がこれを必要と認めたとき
  - (2) 正会員の5分の1以上からあらかじめ議事を示して請求されたとき

第21条 会長が総会の議長となる。

- 2 会長の指名により、会長以外の者が総会の議長となることができる。
- 3 総会は正会員の2分の1以上が出席しなければ議事を開き議決することはできない。
- 4 正会員は書面あるいは書面に替わるものをもって会議に出席することができる。
- 5 総会の議事は出席者の過半数をもって決し、可否同数のときは議長の決するところによる。
- 6 総会は郵便・電子メール等による通信媒体を利用して開催することができる。

第22条 総会は、理事会から提出される次の事項を議決する。

- (1) 理事・監事の選任
  - (2) 事業報告および収支決算
  - (3) 事業計画および収支予算
  - (4) その他理事会において必要と認めた事項
- 2 総会は、正会員の5分の1以上からあらかじめ請求された議事を審議する。

## 第5章 資産および会計

第23条 本会の会計年度は毎年1月1日にはじまり12月31日に終わる。

第24条 本会の資産は次のとおりである。

- (1) 入会金および会費
- (2) 事業に伴う収入
- (3) 資産から生じる果実
- (4) 寄付金品
- (5) その他の収入

第25条 本会の資産は理事会の議決を経て会長の指示の下で事務局長が管理する。

第26条 本会の事業計画および収支予算は、毎会計年度の開始前に、会長の指示の下に事務局長が起案し、理事会の議決を経て、総会にて承認を受けなければならない。

2 本会の収支決算は、毎会計年度の終了後に、会長の指示の下に事務局長が作成し、理事会の議決を経て、総会にて承認を受けなければならない。

## 第6章 著作権

第27条 本会の発行する出版物ならびに Web サイト等に記載された各種記事の著作権は本会に属するものとする。また、転載の希望がある場合は所定の様式の転載許可申請書を提出すること、ならびに

完全引用の場合は内容に関して一切の改変を認めないこと、部分引用の場合は完全な引用情報を付すことを条件に転載を認める。ただし、これらの各種記事の著者が自己引用する場合はこの限りではない。

## 第7章 会則の改廃および解散

第28条 本会則を改廃するには理事会の提案により、総会で過半数の同意がなければならない。

第29条 本会を解散するには理事会の提案により、総会で4分の3以上の同意がなければならない。

### 補則

- 1 本会は2006年4月1日に発足する。
- 2 発足時から2006年度通常総会が開催されるまでの間は旧新磁気科学研究会の会則および人事を援用する。
- 3 本会則に関わらず、2007年度の会費を事前に徴収するものとする。

以上

# 日本磁気科学会 理事会運営規則

2007/06/06理事会決定

## 総則

第1条 本規則は、日本磁気科学会会則に従い、日本磁気科学会理事会(以下、理事会という)の運営に関して制定するものである。

第2条 理事会に関わる事務は事務局が処理する。

## 会議の開催

第3条 理事会は会長が招集し、その議長となる。

2 会長の指名により、会長以外の者が理事会の議長となることができる。

3 議長は、原則として、年1回以上、理事会を開催しなければならない。

4 議長は、理事および監事の2分の1以上により請求されたときには理事会を開催しなければならない。

5 理事会の議決は、理事および監事の2分の1以上の出席があった場合のみ有効とする。

6 理事および監事は、議長ないし理事または監事の1に委任状を託して議決を委任することができる。

7 理事会は郵便・電子メール等による通信媒体を利用して開催することができる。

8 議長は、必要あるときは理事と監事以外の者を理事会に参加をさせ、意見を聴取することができる。

## 会議の議決

第4条 理事会の議事は出席者の過半数をもって決し、可否同数のときは議長の決するところによる。

2 第3条8項により参加した者は議決権を有しない。

## 理事の職務担当

第5条 理事の職務担当は次のとおりとする。

(1) 会長

(2) 副会長(①事務局長、②分科会総括、③会長が指示する職務)

(3) 支部長(①北海道・東北支部、②関東支部、③中部支部、④近畿支部、⑤中国・四国・九州支部)

(4) 分科会会長(①物理化学分科会、②高分子・材料プロセス分科会、③無機・金属分科会、④有機・バイオ分科会、⑤分離・分析分科会、⑥磁場発生分科会)

(5) 特定事項担当(①産学官連携、②国際会議)

(6) 事務局委員会(①事務局長((2)の①に同じ)、②財務委員長、③広報委員長、④企画委員長)

(7) その他、会長が指示する職務

2 理事は複数の職務を担当することができる。

## 支部

第6条 支部の事業は支部長が統括する。

2 支部長の下に支部組織を設け、その形態および運営は支部において決定する。

3 支部に関わる事務は支部組織が処理する。

4 支部における事業は次の事項とする。

- (1) 支部地域における磁気科学の振興
- (2) 支部地域における本会会員の増員
- (3) 本会年次大会の実行

第7条 支部の事業計画および予算収支は、毎会計年度の開始前に支部が起案し、理事会の承認を得なければならない。

2 前項に関りなく、緊急に必要とされる事業は、会長の承認の下に行うことができる。

3 支部の事業実績および収支決算は、毎会計年度の終了後に支部が作成し、理事会の承認を受けなければならない。

#### 分科会

第8条 分科会の事業は分科会会長が統括する。

2 分科会に分科会組織を設ける。その形態および運営は分科会において決定する。

3 分科会に関わる事務は分科会が処理する。

4 分科会における事業は次の事項とする。

- (1) 磁気科学の各分科における学術の振興
- (2) 磁気科学の各分科における本会会員の増員
- (3) 学術集会の企画と実施

第9条 分科会の事業計画および予算収支は毎会計年度の開始前に分科会が起案し、理事会の承認を得なければならない。

2 前項に関りなく、緊急に必要とされる事業は、会長の承認の下に行うことができる。

3 分科会の事業実績および収支決算は毎会計年度の終了後に分科会が作成し、理事会の承認を受けなければならない。

#### 年次大会

第10条 年次大会は理事会が決定した実行委員長の下に次の事項を実行する。

- (1) 年次大会の企画、準備、広報、実施
- (2) 年次大会のための実行委員会の構築
- (3) その他の年次大会実行に関わる諸事項

第11条 年次大会の事業計画および予算収支は、年次大会の開始前に実行委員長が起案し、理事会の承認を得なければならない。

2 前項に関りなく、大会開催に関して緊急に必要とされる事業は、会長の承認の下に行うことができる。

3 年次大会の事業実績および収支決算は、年次大会の終了後に実行委員長が作成し、理事会の承認を受けなければならない。

#### 特設の作業部会

第12条 理事会は、第5条(1)-(7)以外の職務について必要に応じて理事会の下に特別の事項を担当する作業部会(以下、部会という)を設置することができる。

2 部会主査は、第5条(7)に基づき、会長が理事の中から指名する。

3 部会の運営に関する事項は別に定める規定による。

#### 規則の改廃

第13条 本規則の改廃は理事会が行い、総会で報告する。

以上

# 日本磁気科学会 学会表彰規定

(2011年5月30日理事会決定)

改訂(2017年3月30日理事会決定)

**第1条** (総則) 日本磁気科学会は、本会の賞を設け、本規定によって授与する。

**第2条** 次の3種の賞とし、毎年1回表彰する。

1. 優秀学術賞 賞状並びに記念品
2. 研究奨励賞 賞状並びに記念品
3. 功労賞 賞状並びに記念品

**第3条** (優秀学術賞) 磁気科学分野において独創的かつ優れた研究業績を挙げた研究者に授与する。

**第4条** (研究奨励賞) 年会において優秀な発表を行った若手に授与する。従来の、講演奨励賞・ポスター賞を引き継ぎ、その規定に従う。

**第5条** (功労賞) 学会活動および磁気科学分野の普及に貢献した、あるいは当該分野で顕著な業績をあげた研究者に授与する。

**第6条** (表彰の件数、人数) 優秀学術賞の授賞件数は毎年原則1件以内、功労賞は毎年原則1名とする。優秀学術賞の受賞者は1件につき複数名も可とする。

**第7条** (選考委員会) 受賞候補者選考のため、表彰内規に従い選考委員会を設ける。委員は理事会の承認を得て、会長が委嘱する。

**第8条** (受賞候補者の推薦) 会員(賛助会員を含む)は、優秀学術賞、功労賞の受賞候補者として適当と思う者を、選考委員会に推薦することができる。この場合は、自薦も認められる。

**第9条** (受賞の決定) 選考委員会は、受賞候補者を選考し、会長に報告する。会長は理事会の議決により受賞を決定する。

**第10条** (本規定の変更) 本規定の変更は理事会の議を経て行う。

附 則 この規定は2017年3月31日より実施する。

# 日本磁気科学会 年会における優良若手研究発表に対する表彰制度

2007/6/06理事会決定

- 賞の名称 : 研究奨励賞 (35 歳以下)、学生ポスター賞
- 受賞対象者 : 以下の条件すべてを満たすもの
- 1) 日本磁気科学会 会員
  - 2) 日本磁気科学会 年会で筆頭著者として研究発表を行なった者
  - 3) 当該年会開催年度の 4 月 2 日時点で 35 歳以下の者(研究奨励賞)または、博士課程以下に在学する学生(学生ポスター賞)
  - 4) 過去に該当する賞を受賞したことがないもの。
- 審査方法 : 講演発表申込時に、本人により審査希望の申請を受け付ける。その際、研究奨励賞については、本人に自身の発表する研究に関するアピール文を記入させる。
- プログラム委員会が、1 人の申請者につき、3 名の審査員を日本磁気科学会会員の中から指名する。ただし、発表の共著者、申請者と同一機関に所属するものは、審査を行なうことができない。
- 各審査員は、提出された要旨、年会における申請者本人による講演について、定められた様式に基づき、審査・採点する。  
なお、採点結果の提出は、年会終了後 1 週間以内とする。
- 採点結果は、表彰選考委員会にて集計し、授賞者を選考する。  
表彰選考委員会メンバーは当該年会のプログラム委員長が指名する。
- 授賞者数は、発表申込件数に依存して、その最大数を決定する。  
研究奨励賞、学生ポスター賞ともに、年会における全体の発表数 50 件につき 1 件の割合を最大数の目安として選考する。ただし、基準を満たすものが少ない場合には、その数を減じ、基準を満たすものがない場合は、授賞なしとする。
- 審査内容 : 要旨、プレゼンテーション、本人の寄与、研究の新規性、意義、質疑応答、総合評価。総合評価以外の各項目は 5 段階、総合評価は 10 段階で評価し、さらにコメントをつける。
- 受賞者の発表 : 表彰選考委員会で受賞が決定したものについては、学会発行のニューズレターに掲載することで発表し、賞状と副賞を郵送にて授与する。
- その他 : 学生の発表であっても、特に優秀と認められる場合は、研究奨励賞の授与対象となる。

# 日本磁気科学会出版事業に関する規則

2023年5月13日 制定

(総則)

第1条 この規則は、一般刊行物を出版するための手続きを定めるものである。

(執筆者の明示)

第2条 出版物の発行は原則として日本磁気科学会名で行い、出版物には出版を企画した分科会（以下、「担当分科会」という）および執筆者を明示する。

(出版物の転載)

第3条 著作物の一部使用につき、第三者から許諾を求められたときは、事務局が当該著作物の著作者と協議のうえ、その諾否を決める。

2 前項により許諾をする場合、その使用量が著作物の5%を超える際には、著作者と協議のうえ、適当な対価を請求する。対価の金額は、原則として下表によるものとする。

転載の分量 (当該出版物全体に対して)	日本磁気科学会への支払額 (転載先の図書の定価に対して)
5%未満	無料
5～10%未満	0.5%
10～15%未満	1%
15～20%未満	1.5%
20～25%未満	2%
25%以上	転載を断る

3 著作者自らが、著作物の全部、または一部を複製、翻訳、翻案などの形で利用する場合、本会は原則としてその利用を妨げない。ただし、その利用にあたっては本会へ通知し、承認を得なければならない。

(出版物の翻訳許可)

第4条 著作物の翻訳出版につき、第三者から許諾を求められたときは、事務局が当該著作物の著作者と協議のうえ、その諾否を決める。

2 前項により許諾をする場合、その使用が収益を伴うと認められたときは、使用者に対して適当な対価を請求する。対価は原則として、販売価格×7%×発行部数とし、そのうち150,000円を前払いで請求するものとする。

3 その使用が収益を伴わず、かつ発行部数が500部以下の場合、協定学協会の紹介状を提出することを条件とし、原則として無料で許可するものとする。

(印税)

第5条 本会の自費出版物において著者への印税は支払わないものとする。

2 委託出版の場合は委託出版社と著者との協議により決定する。

(原稿料)

第6条 本会の自費出版物については原稿料を支払うものとする。

2 原稿料は出版物初版の完売額の10%を超えない範囲で、支払うことができる。

3 複数の著者への原稿料の分配方法は出版WGと著者との協議により決定するものとする。

(出版物の販売価格)

第7条 出版物の販売価格は購買層を考慮して出版WGが提案するものとする。

2 販売価格は理事会の承認を得て決定される。

(出版物の販売促進)

第8条 事務局は、出版物の販売および在庫状況を的確に把握し、出版物の販売促進に努める。

2 企画委員は、出版物の在庫および販売状況を把握し適宜事務局に報告する。販売部数が予想部数に達しない出版物は、各分科会と協力して販売促進に努める。

(在庫調整勘定の繰入および戻入)

第9条 出版物は期末に棚卸を行う。

(在庫出版物の処分)

第10条 毎年度の決算報告後、下記の条件のいずれかに該当する在庫出版物は、理事会に報告の上、廃棄処分する。

- (1) 発行後、5年以上を経過しており、かつ、3年度連続で販売部数が0となった図書。
- (2) 改訂版発行後の旧版図書。
- (3) 損傷した図書。

2 第1項(1)に該当する図書は、希望者(日本磁気科学会個人会員に限る)へ無償で配布し、残部を廃棄処分する。

3 第1項(1)に該当する図書は、廃棄処分後に電子ファイル化してオンデマンド販売することができる。

(出版物の増刷)

第11条 在庫部数が僅少になった場合は、理事会での承認を得たうえで増刷を行うことができる。ただし、定期刊行物はこの限りでない。

(出版WGの招集)

第12条 企画委員は分科会、正会員、出版社から出版物の企画を受け付けるものとする。

2 企画委員は出版企画が本会の出版事業の趣旨に合致すると判断した場合、出版WG招集を理事会に諮るものとする。

3 結成された出版WGは出版物の内容について検討を行うものとする。

(出版企画書)

第14条 出版WGは、出版内容検討後に出版企画書を理事会に提出するものとする。

2 出版WGは、理事会において出版物発行の承認を得た時は、ただちに著者に原稿執筆を依頼するものとする。

(出版に係わる費用)

第15条 出版WGは、前条の承認を得た出版企画に対して、出版に関する費用を支出することができる。

(出版仕様書)

第16条 出版WGは脱稿後に出版仕様書を理事会に提出するものとする。

(契約当事者)

第17条 委託出版、著作権の使用許可、出版手続き等の当事者は下記の通りとする。

- (1) 委託出版 : 会長 (様式1)
- (2) 著作権の使用(転載許可) : 事務局長 (様式2)



- (3) 著作者の借用（転載願い）：事務局長（様式3）
- (4) 出版企画書：出版WG主査（様式4-1）
- (5) 出版仕様書：出版WG主査（様式4-2）

（規則の変更）

第18条 この規則の変更は、理事会において行う。

附則（2023年5月13日 理事会議決） この内規は、2023年5月13日から施行する。

## 出版 WG に関する規定

### (総則)

第1条 日本磁気科学会（以下「本会」という。）が一般刊行物を出版する際に設置する出版WGは、この規程に定めるところによる。

### (定義)

第2条 この規程において、著作物とは、本会の活動において創作された著作権法第2条第1号に規定された著作物をいう。

2 一般刊行物とは、著作物のうち「日本磁気科学会誌」および「日本磁気科学会年会要旨集」を除くものをいう。

3 この規程において、著作権とは、著作権法第21条乃至第28条に規定された権利をいう。

### (出版の目的)

第3条 出版は、磁気科学に関する知識を広く一般に広め、磁気科学の進展に寄与することを目的とする。

### (出版WGの設置)

第4条 本会に、出版に関する以下の出版WGを設けることができる。

2 出版WGは一般刊行物の企画・調整および管理を行う。

3 出版WGの主査は会長が理事の中から指名する。

4 出版WGのメンバーは出版WG主査が本会正会員の中から指名する。

### (著作権の帰属)

第5条 著作物の著作権は本会に帰属（譲渡）する。

2 本会は著作者の承諾なく著作物を自由に公表することができる。

3 本会が当該著作物の利用目的の実現のためにその内容を改変するときは、著作者はこれに同意する。

4 著作者は本会の承諾を得て、当該著作物を使用し、複製し、その内容を公表することができる。

5 一般刊行物を絶版した場合、その著作権の取扱いは、本会与著作者が別途協議するものとする。

### (著作者の責任)

第6条 著作者は、自己の著作物に対して責任を負うものとし、著作物の内容に関し、他の著作権の侵害、名誉毀損等を生じたときは、その責任を負うものとする。

### (合著者の代表)

第7条 2人以上の合著作の場合の著作物の著作者は、その代表者を選出するものとし、その代表者が本会与著作権の譲渡に関する覚書を交わすものとする。

### (著作物の利用に対する許諾)

第8条 第三者から著作物の利用について許諾を求められたときは、本会は別に定める規則に従い、許諾の可否を決定することができる。

2 前項により許諾をする場合、別に定める規則に従い、本会は利用者に対し適当な対価を請求することができる。

(著作権の譲渡)

第9条 本会が著作物の著作権を第三者に譲渡する時は、出版WGの議を経て理事会の承認を得たのち、本会と当該第三者との間に契約書を締結するものとする。

(原稿料)

第10条 本会は著作物の著作者に対して、別に定める規則に従い原稿料を支払うことができる。

(出版の取扱)

第11条 出版企画の承認、頒価の決定および増刷の手続き等、出版の取扱いは、別に定める規則によるものとする。

(WG規則)

第12条 本会は、この規程の適切な運用を図るため、出版事業に関する規則を定めるものとする。

(規程の変更)

第13条 この規程の変更は、理事会において行う。

附則 (2023年5月13日 理事会議決) この内規は、2023年5月13日から施行する。

日本磁気科学会役員 (2023 ~ 2024)

役職	理事・監事(機関・職)
会長	岩坂正和 (広島大学ナノデバイス研究所・教授)
副会長(分科会統括)	廣田憲之 (物質・材料研究機構・主幹研究員)
副会長(事務局長)	山登正文 (東京都立大学・准教授)
支部長(北海道・東北)	押切剛伸 (山形県立産業技術短大・教授)
支部長(関東)	池添泰弘 (日本工業大学基幹工学部・教授)
支部長(中部)	勝木明夫 (信州大学全学教育機構・教授)
支部長(近畿)	堀井 滋 (京都先端科学大学工学部・教授)
支部長(中国・四国・九州)	小山 佳一 (鹿児島大学理工学研究科・教授)
分科会長(物理化学)	池添泰弘 (日本工業大学基幹工学部・教授)
分科会長(高分子・材料プロセス)	久住 亮介 (森林総合研究所・主任研究員)
分科会長(無機・金属)	寺井智之 (大阪大学工学研究科・講師)
分科会長(有機・バイオ)	武内裕香 (室蘭工業大学工学研究科・助教)
分科会長(分離・分析)	諏訪雅頼 (大阪大学理学研究科・助教)
分科会長(磁場発生)	高橋弘紀 (東北大学金属材料研究所・助教)
特定事項(国際会議)	杉山敦史 (吉野電化工業株式会社)
特定事項(国際会議)	秋山庸子 (大阪大学工学研究科・准教授)
特定事項(国際会議)	櫻井智徳 (岐阜医療科学大保健科学部・教授)
特定事項(産学連携)	渋谷和幸 (JASTEC・営業部)
特定事項(産学連携)	玉川克紀 (玉川製作所株式会社)
特定事項(将来構想)	浜崎亜富 (信州大学理学系・准教授)
特定事項(将来構想)	小野寺 礼尚 (茨城高専・准教授)
事務局委員会(財務)	小野寺 礼尚 (茨城高専・准教授)
事務局委員会(広報)	久住 亮介 (森林総合研究所・主任研究員)
事務局委員会(企画)	牧 祥 (岡山理科大・准教授)
監事	藤原昌夫 (広島大学総合生命科学・助教)
監事	藤原好恒 (広島大学総合生命科学・准教授)
顧問	岩井一彦 (北海道大学工学研究科・教授)
顧問	茂木 巖 (東北大学金属材料研究所・助教)

# 第 30 回日本磁気科学会 分科会研究会

「生命・医療・環境分野における  
磁気科学の新展開」

予稿集

2022 年 12 月 26 日（月）

於： オンライン会議

主催：日本磁気科学会 有機・バイオ分科会

# 磁場によって脳の深部を刺激できるか？ Can we stimulate deep regions of the brain using magnetic fields?

°関野正樹（東京大学）

°Masaki Sekino (The University of Tokyo)  
E-mail: sekino@g.ecc.u-tokyo.ac.jp

## Abstract:

Transcranial magnetic stimulation (TMS) has been used for a variety of applications such as neuroscience, diagnosis of neurological diseases, and treatment of mental illness. TMS has advantages is non-invasiveness and high focality of stimulation. One of the limitations is, however, difficulty in stimulating deep regions of the brain. This talk begins with fundamental physical principles of electric and magnetic stimulations. Characteristics of electromagnetic fields generated in a spherical head model are discussed for comparing several modalities of electromagnetic stimulations. Then we introduce recent studies toward deep magnetic stimulations based on genetically engineered neurons.

**Keywords:** magnetic stimulation electric stimulation magnetogenetics

## 1. はじめに

電磁場による生体への刺激は様々な手法が開発され、医療、基礎科学、工学などの分野で応用されている。電磁場による刺激は時間的な制御性に優れるが、体の表面や外部から非侵襲的に刺激を与える場合に、体内の電磁場の空間分布を精密に制御することは必ずしも容易では無い。磁場を用いた刺激は経頭蓋磁気刺激が代表例であり、大脳皮質を数 mm の高い分解能で刺激できるが、脳の深部を刺激するのは困難だと考えられている。また、脳深部への到達は、磁場 > 静電場 > 誘導電場であることが経験的に知られているが、特に誘導電場について電磁気学からの演繹的な考察は必ずしも十分になされていない。本講演では、電場や磁場を用いた刺激の手法を概観したうえで、生体内の電磁場に成り立つ性質について電磁気学的な視点から考察する。それに続いて、磁場そのものの作用によって神経の刺激を試みる最近の研究について述べる。

## 2. 生体内の電磁場が満たす性質

電磁場が生体に与える作用の点で、神経刺激が支配的になるのは約 100 kHz 以下の電磁場であると考えられている。議論を単純化するため、ここでは脳を物性値が一様な球体で近似して、その内部に生じる電磁場について考察する。生体へ外部装置から刺激を与えるときには、生体内には遊離した電荷や電流源が存在しないため、静電場と静磁場は発散も回転もゼロとなる。このとき電場と磁場をそれぞれ静電ポテンシャルや磁気ポテンシャルの勾配として表すことができ、ポテンシャルはラプラス方程式を満たす。球座標におけるラプラス方程式の解は、球面調和関数を基底として表現できることが知られており、静電場、磁場、誘導電場はベクトル球面調和関数を基底とする場となる。このような考察から導かれる知見がいくつかある。例えば調和関数の性質として、最大値と最小値は必ず境界(球表面)上に存在し、球の内部で場が最大になることは無い。これは、電磁気学的な工夫のみによって脳深部に刺激のホットスポットを作ることはできないことを意味する。また、誘導電場の向きは、静電場や静磁場の向きと直交することを証明できる。静電場や静磁場は球表面に垂直な成分を持つが、誘導電場は垂直成分を持たない。さらに、静電場と静磁場は一様な分布を取ることができて、このときに深達度が最大となる。誘導電場は球の中心で必ずゼロになる。このことは、従来の経頭蓋的磁気刺激のような誘導電場による刺激では脳深部の刺激が困難であることを意味する。

## 3. 磁場そのものの作用によって神経を刺激する可能性

生体の導電率は不均一性が大きいものに対して、透磁率は真空の透磁率とほぼ等しいことから、深部へ刺激を届ける目的には磁場が最も適しているといえる。最近の研究によって、脳へ静磁場を与えることによって大脳皮質の興奮性が変化したとする報告がいくつか出されている。また、イオンチャネルヘフェリチン等の磁性粒子を結合させて磁気力を作用させることによって、イオンチャネルの開閉を制御しようとする研究(磁気遺伝学)の研究も積極的に進められている。これらは、磁場による脳深部刺激の糸口となる可能性がある。

# 電磁アルキメデス力を用いたマイクロプラスチックの分離 Separation of micro-plastics by electro-magnetic force

°野村直希 (福井工業大学)

°Naoki Nomura (Fukui University of Technology)

E-mail: n-nomura@fukui-ut.ac.jp

## Abstract:

In recent years, there has been growing concern about the harmful effects of micro-plastic pollution in the oceans on ecology and humans. In particular, East Asia, including Japan, is a region with high levels of pollution, making this problem an important environmental issue for Japan in the world. Therefore, in this study, the method of removing micro-plastics from sea water using electro-magnetic force has been developed. The Lorentz force was generated in simulated sea water and its reaction force was applied to the micro-plastic to control their motion. First, the principle of this separation method has already been confirmed by basic experiments. Second, the parameters such as magnetic field and current density required to separate micro-plastics from seawater were investigated by simulation.

## 1. はじめに

プラスチック製品は社会にとって不可欠な製品であるが、その生産量の増大に伴い廃棄量も増加しており、一部のプラスチックの投棄が海洋のプラスチック汚染を引き起こしている[1]。対策として、生分解性プラスチックへの代替やさらなるリサイクルの推進等が挙げられるが、プラスチックによる海洋汚染の廃絶には遠く、かつすでに流出したプラスチックへの対処とはならず、将来的なさらなる海洋のプラスチック汚染の深刻化を見据え、分離技術についても検討が必要と思われる。分離方法としては比重分離や膜分離等の物理的な手法がありうるが、本研究では、プラスチックが絶縁物であること、そして海水が導電性に優れるという特徴を利用し、電磁アルキメデス力を用いてマイクロプラスチックの分離方法について検討する。本手法は、プラスチックの密度によらず適用できる点や微細なフィルターを使用しないため処理量を大きくできる点に優位性がある。ここでは、具体的な適用先として例えば陸上養殖場のような数十トン/日程度の流量を想定し、分離理論の確認と、大型化に向けた検討を進めた結果について報告する。

## 2. 分離メカニズム

媒質である海水に対し、外部から磁場を印加し、ここに磁場方向に対して垂直方向に電流を流すと、Fig.1(a)に示すように媒質にはローレンツ力が誘起される。一方、このような媒質中にプラスチックのような絶縁球が存在する場合、絶縁球には電流が流れないためローレンツ力は働かないため、Fig.1(b)に示すような閉じられた系においては、媒質には静水圧に近いローレンツ力が働き、絶縁球にはローレンツ力の反力、すなわち電磁アルキメデス力が働くこととなり、絶縁球は浮上することになる。この浮力は、Leenov らに求められており、絶縁球の体積を  $V$  として、式 (1) で表されることが報告されている [2]。

$$F_E = -\frac{3}{4}V(\mathbf{J} \times \mathbf{B}) \quad (1)$$

実際に本現象を実験的に確認した結果が、Fig.2 である。流路に海水を模した食塩水(密度: 1.03g/cm<sup>3</sup>)を流し、食塩水に下向きにローレンツ力が働くように電流を流れ方向に印加し、紙面を貫く方向に磁場を印加した。ここに食塩水よりも密度の大きいポリスチレン球(密度 1.07g/cm<sup>3</sup>)を流したところ、媒質に流されながら、磁場印加領域に差し掛かった位置から浮上していく様子が確認された。

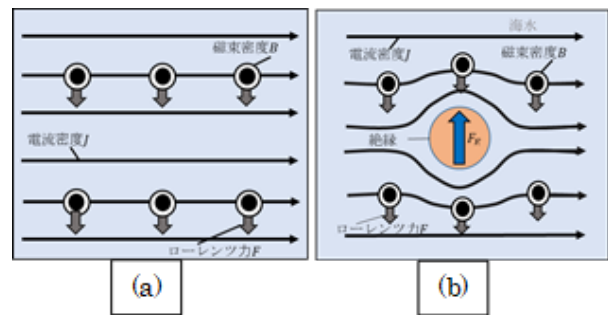


Fig. 1 Generation of Lorentz force  
(a)only sea water、(b)plastic in sea water

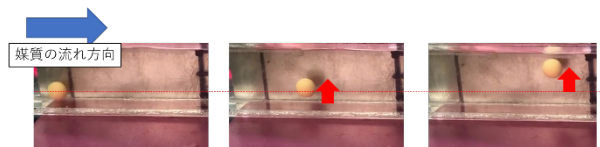


Fig.2 Floating polystyrene by electro-magnetic force

### 3. 分離条件の検討

養殖場等で要求される数十トン/日の処理量を達成するためには、より大きな体系での分離実験に向けた装置設計が必要となる。そこで、磁場発生源として、内径 50mm 最大磁束密度 7T の磁場を印加することが可能なソレノイド型の超電導磁石 (Fig.3) を用いることとし、電極を中央に配置した断面積  $1250\text{mm}^2$  (縦 35mm×横 35mm) の流路を設置しマイクロプラスチックを含む海水を流す系とすることで、処理量の増大を図った。分離条件のうち、特に重要なパラメータである流速、電流密度、印加磁場、電極長さの 4 パラメータについて、プラスチック粒子の軌跡計算を行い、検討した。結果の一例として、直径 0.2mm のポリエチレン粒子について、初期位置を電極下端とし、電流密度  $0.93\text{ A/cm}^2$ 、電極長さ 150mm、流速 0.2m/s の条件で、印加磁場を変化させた場合の粒子軌跡を Fig.4 に示す。なお、本条件での流量は 0.9t/h であり、小規模の陸上養殖場であれば要求量を満たす条件である。



Fig. 3 Picture of superconducting magnet

ここで、横軸の  $x=0\text{m}$  および  $0.035\text{m}$  の位置は電極が配置されている管壁を示している。仮に電流及び磁場が印加されていない場合、粒子は  $z$  方向に媒質とともに流れるはずであるが、今回の分離条件においては、ポリエチレン球はすべての条件において図中左側の電極から右側の電極へと水平方向に移動しながら鉛直方向に流れており、シミュレーションの結果から印加磁場 3T の実用的な低磁場条件においても直径 0.2mm のプラスチック球は流路壁面近傍に到達しており、プラスチック球を含む少量の海水とプラスチック球を含まない海水に分離することが可能であることが示された。このように、超電導磁石のような分離領域が広くかつ強力な磁場発生源を用いることによりマイクロプラスチックのような微小粒子も、大量にかつ効率よく分離可能である。

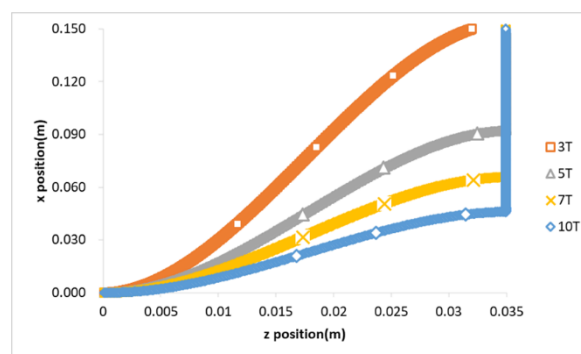


Fig. 4 Results of plastic ball trajectory simulation[3]

### 4. まとめ

本報では、マイクロプラスチックによる海洋汚染の現状をふまえ、電磁アルキメデス力を駆動力としたマイクロプラスチックの分離方法について、その分離メカニズムと処理量増大にむけたシミュレーション結果について報告した。今後はシミュレーションと同体系の分離デバイスを用いて、シミュレーション結果の検証を進めるとともに、電気分解に伴う塩素生成などの諸課題への対応についても検討していく予定である。

#### 参考文献

- [1] 環境省中央環境審議会循環型社会部会プラスチック資源循環戦略小委員会 (第 5 回) 資料, <https://www.env.go.jp/council/03recycle/y0312-05/900418629.pdf>, 2019(2023 年 1 月 11 日閲覧)
- [2] D. Leenov and A. Kolin, "Theory of Electromagnetophoresis I. Magnetohydrodynamics Forces Experienced by Spherical and Symmetrically Oriented Cylindrical Particles", J Chem.Phys.22 (1954) 683-688
- [3] N.Nomura, F.Mishima, S.Nishijima. "Study of microp-plastics separation from sea water with electro-magnetic force", IEEE Transaction on Applied Superconductivity, Vol32, No6, September (2022) 3700405



# 第 31 回日本磁気科学会 分科会研究会

## 「材料設計プロセスへの新展開」

### 予稿集

2022 年 12 月 12 日 (月)

於： オンライン会議

主催：日本磁気科学会 高分子・材料プロセス分科会

# フィラーの高度分散化と高分子マトリックス中のマクロ構造制御 High Dispersion of Fillers and Control of Macrostructure in Polymer Matrix

◦原秀太

◦Shuta Hara (Kanagawa university)  
E-mail: ft102160vg@kanagawa-u.ac.jp

## Abstract:

In hybrid polymers, it is necessary to increase the concentration of the inorganic component to make maximum use of their properties of them. However, the excessive addition of inorganic components significantly reduces the functions of the polymer, such as flexibility, processability, and shape memory characteristics. On the other hand, living organisms provide hybrid materials, which form a hierarchical structure of inorganic and organic components, superior to those above artificial hybrid materials. This research aims to develop a new hierarchical hybrid polymer composed of inorganic nanoparticles arranged in a micro-unit structure in a polymer matrix (Fig. 1). Specifically, a hybrid polymer in which an inorganic component is nano-dispersed is prepared and melt-molded. Then, a hybrid material with a hierarchical structure is created by transferring the structure using a photomask. Previous studies have shown that materials with hierarchical structures improve not only mechanical properties but also magnetic properties. In this presentation, 1) the mechanical properties of titania nanohybrid polymer with a hierarchical structure, 2) the magnetic properties of iron chloride structured by controlled phase separation of iron tetrachloride, and 3) the hierarchical structuring of nano-dispersed iron oxide nanoparticles in elastomers were reported.

Keywords: hybrid materials, nanoparticle, photolithography, nanocomposites

## 1. はじめに

ハイブリットポリマーにおいて、無機成分が持つ特性を最大限活用するためには、無機成分の濃度を高めることが必要である。しかし、無機成分の過剰な添加は、ポリマーの機能である柔軟性、加工性、形状記憶特性などを著しく低下させる。つまり、無機成分の特性と高分子の特性はトレードオフの関係にあり、材料を設計する際にこれらの最適条件を探索しなければならない。<sup>1)</sup>一方で、生物は、無機成分と有機成分を階層構造化することで、上記の人工的なハイブリット材料より優れた特性を提供する。例えば、骨などは、有機成分であるコラーゲンと無機成分であるアパタイトをナノレベルから、マクロレベルまで階層化することで、硬さと靱性を両立させている。<sup>2)</sup>

本研究の目的は、ポリマーマトリックス中に無機ナノ粒子をマイクロ単位の構造に配置した、疑似的な階層構造を有する新たなハイブリットポリマーを構築することにある(Fig. 1)。具体的には無機成分をナノ分散化したハイブリットポリマーを作製し、熔融成形を行う。その後、フォトマスクにより構造を転写することで、階層構造をもつハイブリット材料を創出する。これまでの研究で、階層構造を持つ材料では、力学特性だけでなく磁気特性を改善することが示された。

本発表では、1) 階層構造を持つ Titania ナノハイブリットポリマーの力学特性と 2) 四塩化鉄の相分離制御により構造化された塩化鉄の磁気特性<sup>3)</sup>、3) 独自に開発した分散剤<sup>4)</sup>を用いてエラストマーにナノ分散化させた酸化鉄ナノ粒子の階層構造化について報告する。

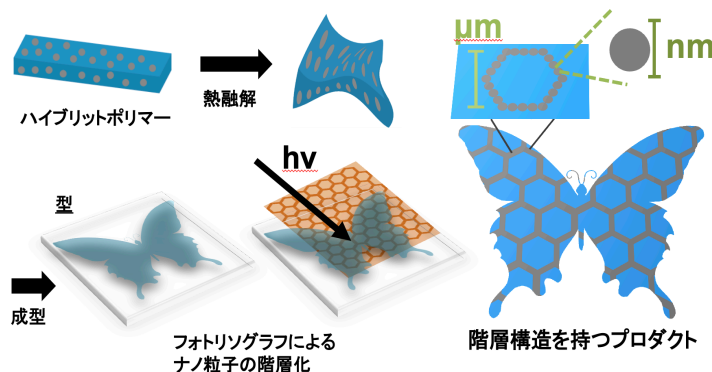


Fig.1 ナノ粒子で構成されるマクロ構造を有するハイブリット材料

## 2. 研究の概要

### 2-1.階層構造を持つ Titania ナノハイブリットポリマーの力学特性

有機無機複合材料の開発において、両者の特性を引き出すためには、有機界面と無機界面の設計が重要となる。特に、PMMA/titania 複合材料は、PMMA と titania の結合によりその透明性と靱性が低下するという課題があった。筆者らは、高融点 ( $T_m=80^\circ\text{C}$ ) のイオン液体である Tetrabutylphosphonium Chloride (TBPC) と PMMA のエステル基が結合することを新たに発見し、このシステムを PMMA/titania 複合材料に応用した。その結果、TBPC が PMMA と titania の結合を阻害し、この複合材料のガラス転移温度を低下させずに透明性(可視光透過率 (>90%))・靱性 (破断エネルギーを 28 倍)を向上させることを明らかにした。さらに、TBPC が形状記憶特性を改善することも見出した。ただし、架橋点がチタニアとシリル基からなる共有結合で構成されているため、熔融成型ができないという課題があった。そこで、TBPC の存在下、架橋点としてチタニアと熱解離するカルボキシル基を用いることで、熔融成型可能な PMMA チタニアハイブリットネットワークポリマーの開発を行なった。

このハイブリット材料は、熔融成型できるだけでなく、高い靱性、高い透明性、紫外線遮蔽能、形状記憶特性など基礎物性としてユニークな特性を示した。さらに、現在、カテコール基の光保護基を側鎖に有する PMMA ポリマーとカルボキシル基を有する PMMA ポリマーを TBPC と Titania 存在化で複合することにより、架橋構造を光で制御することのできるダブルネットワークポリマーを開発した(Fig.2)。このハイブリットポリマーは、熔融成形できるだけでなく、光を照射するだけで、ヤング率を約 1000 倍高めることができる。さらに、フォトリソグラフ技術を用いてマクロ構造を構築したハイブリットポリマーは、カルボン酸と titania からなる架橋構造を犠牲結合とすることで、破断エネルギーを約 15 倍向上させることに成功した。

## 2-2. フォトリソグラフを利用したハイブリット磁性材料の開発

[FeCl<sub>4</sub>]<sup>-</sup>は、FeCl<sub>3</sub> と TBPC を混ぜ合わせるだけで、生成することのできる常磁性体アニオンである、Tetrabutylphosphonium [FeCl<sub>4</sub>]<sup>-</sup>複合体は、PMMA に均一に複合することができる。この研究では、この複合体に UV 光を照射することにより Tetrabutylphosphonium を分解し、PMMA と相分離することを新たに発見した。さらに、上記で述べた形状記憶特性を有するポリマーにこの複合体を混ぜたハイブリットポリマーを作製した。この形状記憶ポリマーを熱的に変形したあと、UV を照射し、形状を復元させると、[FeCl<sub>4</sub>]<sup>-</sup>が約 1.6 μm 間隔で縞状に相分離します。また、MFM でこのポリマーを観測したところ、約 1.6 μm 間隔で磁性体が縞状に並んでいることが確認できた(Fig.3)。この結果は、形状記憶とフォトリソグラフ技術を組み合わせて磁性材料の相分離構造の配置を制御できることを示している。

### 参考文献

- 1) T Nielsen, E. E., J. Appl. Polym. Sci., 10, 97 (1966).
- 2) Ritchie, R. Nature Mater 10, 817–822 (2011).
- 3) Hiroki Ikake, Shuta Hara, et al. J. Mater. Chem. C, (10) 7849-7856, (2022).
- 4) 原秀太, 伊掛浩輝, 清水繁 特許第 6736121 号 (2020)

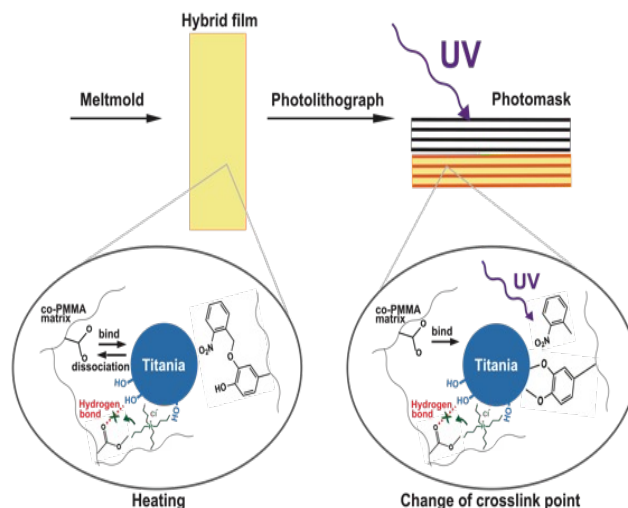


Fig.2 フォトリソグラフにより構造化可能な Titania ハイブリット材料

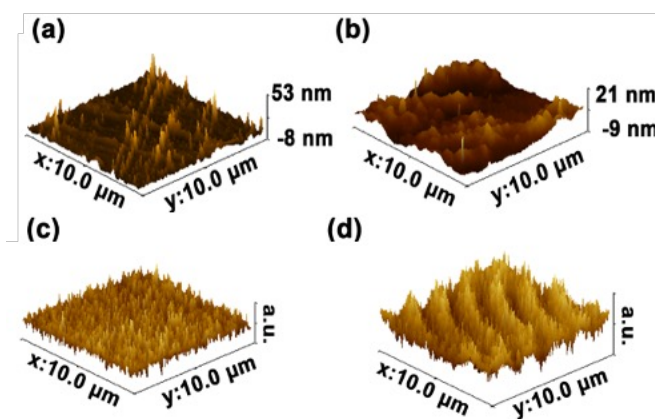


Fig.2 Fig. 3. AFM images of each state : (a) after UV irradiation, (b) structure. MFM images of each state: (c) after UV irradiation, (d) structure.

# 可変弾性ソフトマテリアルの開発 -磁性コンポジットの作製と磁性粒子の分散化- Developments of Magnetic Soft Composites with Variable Elasticity

°三俣 哲 (新潟大学大学院自然科学研究科)  
°Tetsu Mitsumata (Graduate School of Engineering, Niigata University)  
E-mail: tetsu@eng.niigata-u.ac.jp

The viscoelastic property for magnetic soft materials dramatically changes in response to magnetic fields and they have attracted considerable attention since the past few decades. Magnetic soft materials consist of polymeric soft matrix and magnetic particles. Under magnetic fields, magnetic particles align in the magnetic field and make a chain structure, resulting in high elastic modulus. We have investigated so far the mechanism of the viscoelastic change for cross-linked polymers and developed polyurethane-based elastomers demonstrating drastic and reversible changes in dynamic modulus by weak magnetic fields. In this review, our past studies and the recent development of magnetic soft materials are reported from fundamentals and applications.

**Keywords:** magnetic soft material, magnetic elastomer, magnetorheology

## 1. はじめに

磁場応答性ソフトマテリアル (磁性ソフトマテリアル) は高分子のマトリックスと磁性粒子からなる複合材料である。構造的には自動車の初心者マークや冷蔵庫に貼るマグネットに用いられるボンド磁石と基本的に同じであるが、マトリックスの硬さが異なる。ボンド磁石にはプラスチックや硬質ゴムなどの硬い材料が用いられるが、磁性ソフトマテリアルには高分子ゲル、可塑剤を含むゴムやエラストマーなどのソフトな材料が用いられる。この磁性ソフトマテリアルを均一磁場下に配すると、磁性粒子が磁力線の方向に配列し、バルクの弾性率が変化する。この現象は磁気粘弾性効果と呼ばれ、磁性流体では古くから知られている。“柔らかい”特徴をもつ磁性ソフトマテリアルは、人間に優しいアクチュエータ、インターフェイス、高効率なソフトマシンに応用でき、近年注目されている。

## 2. 磁性エラストマーの磁気粘弾性効果

本稿で紹介する磁性エラストマーのマトリックスは、ポリプロピレングリコールをトリレンジイソシアネートで架橋したものである。磁性エラストマーは水系の磁性ゲルと比較して力学強度が高く、大気中で1年以上保存しても磁場応答性などの物性が全く劣化しない<sup>(1)</sup>。また、氷点以下で使用できることも大きなメリットである。ポリウレタン磁性エラストマーの弾性率の磁場応答性を図2(a)に示す。磁場を印加していないときの貯蔵弾性率  $G'$  は4kPa。磁場を印加すると1MPaに増加する。また、損失弾性率  $G''$  も貯蔵弾性率と同じようにパルス的に変化する。磁気粘弾性効果の大きさは透磁率 (飽和磁化) や磁性粒子の粒子径に依存するが、本質的にはマトリックス中での粒子分散性が重要である<sup>(2)</sup>。磁性流体では磁性粒子が磁力線に沿って鎖構造を形成することで粘稠になる。三次元的に架橋されたエラストマーでは磁性粒子が動きにくいと考えられるが、類似の構造が形成される。近年、 $\mu$ -CT および放射光  $\mu$ -CT を用いた in-situ 観察により、磁性粒子がエラストマー中で移動し、鎖構造を形成することが明らかになった<sup>(3,4)</sup> (図2(b))。

弾性率変化、応答速度を改善するためには鎖構造の微視的制御が必要不可欠である。超音波の音速から求められる縦波弾性率により、メゾスコピック領域での磁気粘弾性効果と X 線 CT 画像から得られる構造パラメータとの相関についても解析を進めている<sup>(5)</sup>。この知見は、細胞培養基板など、微小物体への応用において重要である<sup>(6)</sup>。磁性粒子と非磁性粒子を混合した粒子混合型磁性エラストマーは大きな弾性率変化、速い応答性を示す。非磁性粒子と呼んでいるのは、磁性粒子に比べて磁化率が無視できるほど小さいからであり、実際は常磁性体や反磁性体である。筆者らはカルボニル鉄と酸化亜鉛粒子からなる磁性エラストマーの磁気粘弾性効果を調査し、非磁性粒子が磁性粒子の鎖構造に介在することを明らかにした (図3(a))<sup>(7)</sup>。さらに、磁性粒子をテトラポッド型の酸化亜鉛に置換すると、置換率 0.2 付近で弾性率変化が最大となる興味深い現象を見出した (図3(b))<sup>(8)</sup>。

## 3. 磁気粘弾性効果の応用

磁性エラストマーの可変粘弾性はバーチャルリアリティ技術として応用できる。磁性エラストマーでできたマットに乗ると、足裏に伝わる感覚が磁場で変化するのが体感できる<sup>(9)</sup>。視覚、聴覚と組み合わせたこのシステムは家庭用ゲーム機や歩行リハビリテーション支援装置などでの利用が検討されている。粒子混合型磁性エラストマーは鉄道車両のような重量物にも応用できる (図 4 (a))。粒子混合型磁性エラストマーを車両に搭載して半径 160 m の円軌道を時速 15 km で走行することに成功した<sup>(10)</sup>。磁場の有無で 2 割程度の横圧変化が認められたことから、カーブ通過時の騒音低減に貢献できると期待されている。可変弾性材料は古くから振動制御材料として注目されている。筆者らのグループでも小型の電磁石で共振周波数が大きく変化する振動吸収装置の開発を行っている<sup>(11)</sup>。図 4 (b) に粒子混合型磁性エラストマーの共振周波数と磁場強度の関係を示す。粒子混合型の共振周波数のシフト量は、単一粒子型よりもはるかに大きい。数 10mT 程度の弱い磁場でも振動吸収特性を無段階に可変できる。この程度の磁場であれば、磁石の重量を 200 g 程度に抑えることができ、デバイスを小型化できる。現在、実用化を目指した研究を進めている。

#### 参考文献

- [1] T. Mitsumata and S. Ohori: *Polym. Chem.*, **2**, 1063 (2011).
- [2] T. Mitsumata, T. Wakabayashi, T. Okazaki: *J. Phys. Chem. B*, **112**, 14132 (2008).
- [3] K. Chen, M. Watanabe, Y. Takeda, T. Maruyama, M. Uesugi, A. Takeuchi, M. Suzuki, K. Uesugi, M. Yasutake, M. Kawai, T. Mitsumata: *Langmuir* (doi.org/10.1021/acs.langmuir.2c02004).
- [4] M. Watanabe, J. Ikeda, Y. Takeda, M. Kawai, T. Mitsumata: *Gels*, **4**, 49 (2018).
- [5] Y. Tsujiei, S. Akama, J. Ikeda, Y. Takeda, M. Kawai, T. Mitsumata: *React. Funct. Polym.*, **130**, 1 (2018).
- [6] M. Watanabe, Y. Tanaka, D. Murakami, M. Tanaka, M. Kawai, T. Mitsumata: *Chem. Lett.*, **49**, 280 (2020).
- [7] K. Nagashima, S. Kanauchi, M. Kawai, T. Mitsumata, S. Tamesue, T. Yamauchi: *J. Appl. Phys.*, **118**, 024903 (2015).
- [8] Y. Kobayashi, S. Akama, S. Ohori, M. Kawai, T. Mitsumata: *Biomimetics*, **6**, 48 (2019).
- [9] Y. Masuda, T. Kikuchi, W. Kobayashi, K. Amano, T. Mitsumata, S. Ohori: *Proceedings of IEEE/SICE International Symposium on System Integration*, 541 (2012).
- [10] Y. Umehara, Y. Yamanaga, S. Akama, S. Kato, S. Kamoshita, M. Kawai, T. Mitsumata: *Polymers*, **10**, 1351 (2018).
- [11] K. Chen, S. Takahashi, K. Nagashima, T. Komatsuzaki, M. Kawai, T. Mitsumata: *ACS Appl. Polym. Mater.*, **4**, 2917 (2022).

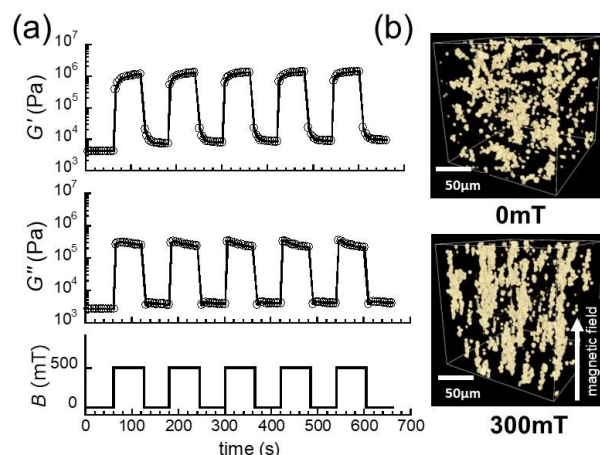


図 2 ポリウレタン磁性エラストマーの (a) 弾性率の磁場応答性<sup>(1)</sup>および (b) 0mT、300mT での CT 画像<sup>(3)</sup>

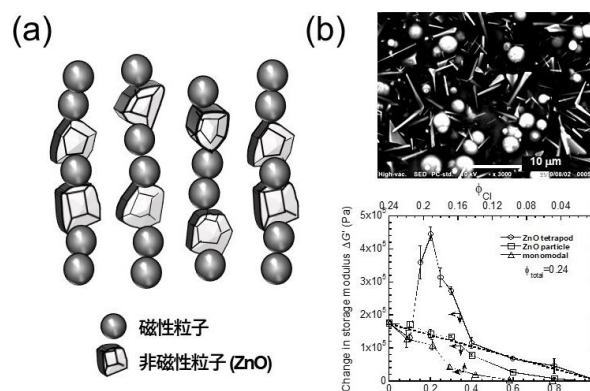


図 3 (a) 粒子混合型磁性エラストマーの鎖構造の概念図<sup>(7)</sup> (b) テトラポッド型酸化亜鉛を含む磁性エラストマーの SEM 画像および磁場による弾性率の変化量と置換率の関係<sup>(8)</sup>

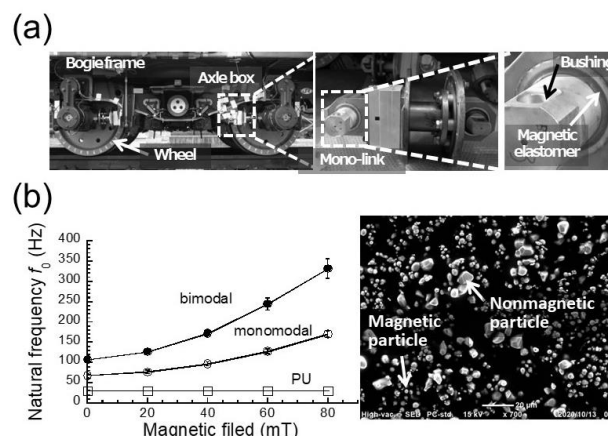


図 4 (a) 鉄道車両での実証実験に用いられた磁性エラストマー<sup>(10)</sup> (b) 共振周波数と磁場強度の関係および粒子混合型磁性エラストマーの SEM 画像<sup>(11)</sup>

# 外部磁場印加で誘起される磁気円偏光発光(MCPL)システムの開発 Development of magnetic circularly polarized luminescence (MCPL) systems induced by an external magnetic field

○今井 喜胤 (近畿大学)

○Yoshitane Imai (Kindai University)

E-mail: y-imai@apch.kindai.ac.jp

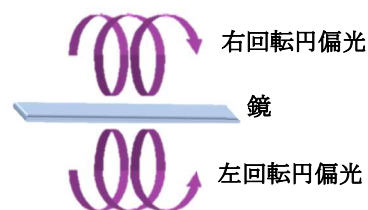
## Abstract:

The potential application of luminescent techniques to various systems, such as electroluminescence (EL) devices and optoelectronic devices, has attracted considerable attention. Analogous to the chirality associated with molecules, there exists chirality of light, which is referred to as circularly polarized luminescence (CPL). In general, CPL is emitted from an optically active luminescent material. That is, chiral structure is usually essential for luminescent materials with CPL property. In contrast, it is difficult to introduce a chiral structure into luminophores. In this topic, magnetic circularly polarized luminescence (MCPL) systems are reported as one of non-classical CPL (NC-CPL) systems without chiral structure. By applying an external magnetic field, an optically inactive luminescent material is able to emit MCPL. This MCPL system is beneficial in developing versatile CPL systems from various achiral or racemic luminophores, covering a wide range of UV–VIS–NIR region in the future.

**Keywords:** magnetic circularly polarized luminescence (MCPL), magnetic circularly polarized electroluminescence (MCPEL), magnetic circularly polarized organic light-emitting diode (MCP-OLED)

## 1. はじめに

キラリティーとは、右手と左手のように、鏡写しの関係にある性質を表す。光の世界にも、キラリティーが存在し、円偏光発光 (Circularly polarized luminescence: CPL) と呼ばれている。CPL には、左回転の円偏光と右回転の円偏光の 2 種類が存在し、鏡写しの関係にある (右図)。CPL は、キラリティーをもつ物質に対して、自然光を照射することによる物質からの発光、あるいは物質からの自発光の左円偏光成分の強度と右円偏光成分の強度に差が生じることにより生じる。



CPL は、基本的に、光学活性な発光体から発生するが、外部磁場を印加することによっても、生じさせることが可能である。これを磁気円偏光発光 (Magnetic circularly polarized luminescence: MCPL) という。MCPL の特徴は、磁場という物理的的刺激を用いるため、光学不活性な発光体からも CPL を生み出すことができる点である。

## 2. 光学不活性な発光体からの磁気円偏光発光(MCPL)

基本的な発光性有機分子であるピレンは、アキラル・光学不活性な分子であり、溶液中、光励起しても CPL は観測されない。そこで、外部磁場を、ファラデー配置で印加し、光励起による CPL の発現を試みた。

その結果、モノマー由来の MCPL を、極大 MCPL 波長 ( $\lambda_{MCPL}$ ) 374 nm で観測した (Fig. 1)。通常、左回転 CPL・右回転 CPL を発出させるには、エナンチオマーである R 体・S 体 2 種類のキララな発光体を必要とする。今回、ピレンに印加する外部磁場の方向を変える [N-Up (N→S) あるいは S-Up (S→N)] ことにより、MCPL の回転方向制御に成功した。さらに、ピレン発光体の場合、導入する置換基の種類・位置の違いによっても、MCPL の回転方向の制御が可能であることを見出した。

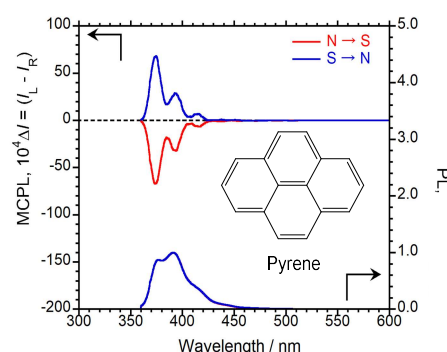


Fig. 1 MCPL and PL spectra of pyrene in  $\text{CHCl}_3$  solution.

MCPL の性能を表す指標として、 $g_{MCPL} = 2 \times (IL - IR) / (IL + IR)$  という Kuhn 非対称性因子が用いられる。ここで、IL と IR は、左磁気円偏光発光成分と右磁気円偏光発光成分の強度を表し、異方性因子  $g_{MCPL}$  は、総発光強度に占める円偏光成分の割合である。クロロホルム溶液中、ピレンに外部磁場を印加することによる MCPL の異方性因子 ( $|g_{MCPL}|$ ) は、 $8.2 \times 10^{-3}$  (1.6 T) であった。

発光体の実用化の出口の一つとして EL がある。有機 EL(OLED)の励起子生成は、スピン統計則に従い、一重項励起子と三重項励起子が 1 : 3 の割合で発生する。そのため、蛍光材料よりも、りん光材料を用いた OLED では、励起一重項から三重項への項間交差を考慮すると、100%の内部量子効率を実現可能である。そこで、有機イリジウム錯体を用いて、フルカラー磁気円偏光発光材料の開発を試みた。4 つの光学的に不活性なイリジウム(III)錯体

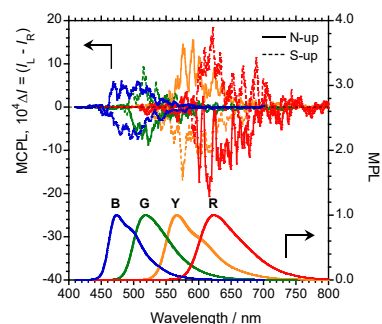
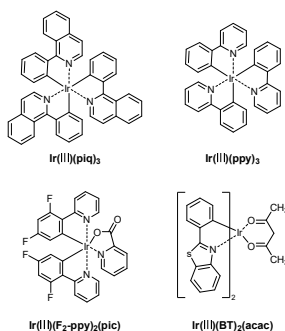


Fig. 2 MCPL and PL spectra of Ir complex in DMSO solution.

Ir(III)(BT)<sub>2</sub>(acac) (Y)に、DMSO 溶液中、外部磁場を印加し光励起したところ、すべてのイリジウム(III)錯体からフルカラー-MCPL の発光に成功し、その異方性因子 ( $|g_{MCPL}|$ ) は、 $0.9 \times 10^{-3}$  から  $2.5 \times 10^{-3}$  (1.6T)であった(Fig. 2)。興味深いことに、配位子の違いにより MCPL の符号が反転した。

続いて、白金錯体 F<sub>2</sub>-ppyPt(acac)のジクロロメタン溶液に外部磁場を印加し、MCPL の発現を試みた。1.0 × 10<sup>-3</sup> M の濃度において、469 nm にモノマー由来の MCPL の発現に成功した。興味深いことに、濃度を 1.0 × 10<sup>-2</sup> M に濃くしたところ、長波長側の 694 nm にエキシマー由来の MCPL が発現し、単一発光体でありながら、濃度の違いにより MCPL 色のコントロールに成功した(Fig. 3)。

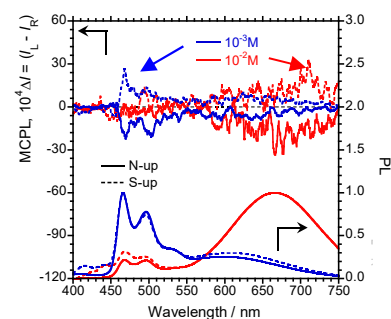
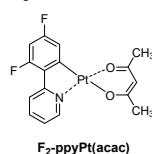


Fig. 3 MCPL and PL spectra of Pt complex in CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> solution.

無機発光体は、その優れた耐久性などが特徴となっている。しかしながら、キラルな無機発光体は作成困難な場合が多い。そこで、光学不活性な 3 種類の Eu 含有セラミックス発光体 Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Eu<sup>III</sup> (R-IL)、BaMgAl<sub>10</sub>O<sub>17</sub>/Eu<sup>II</sup>/Mn<sup>II</sup> (G-IL)、BaMgAl<sub>10</sub>O<sub>17</sub>/Eu<sup>II</sup> (B-IL)に、固体粉末状態において、外部磁場を印加することで、光励起により明確な赤、緑、青色の MCPL を発生させることに成功した(Fig. 4)。Eu<sup>III</sup>、Mn<sup>II</sup>、Eu<sup>II</sup> の特徴的な遷移に対応する MCPL ピークは、それぞれ 608、511、441 nm に観測され、これまで同様、印加する磁場の方向により MCPL の回転方向を制御することができた。これは、外部磁場を印加することにより、基底および励起状態の 3d、4f、5d スピン状態の縮退が失われることによるものと考えられる。

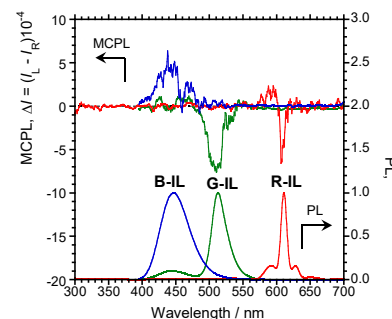
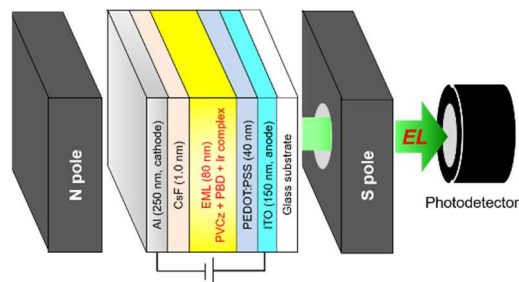
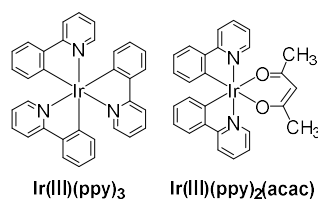


Fig. 4 MCPL and PL spectra of B-IL, G-IL, and R-IL for N-up in powder.

### 3. 光学不活性な発光体からの磁気円偏光電界発光(MCPEL)

続いて、上記イリジウム(III)錯体を発光層に埋め込むことにより、外部磁場(EMF)誘起磁気円偏光有機発光ダイオード(MCP-OLED)を開発した(右図)。ホモレプティックな Ir(III)(ppy)<sub>3</sub> とヘテロレプティックな Ir(III)(ppy)<sub>2</sub>(acac)を用いた場合、得られた MCP-OLED は、共に円偏光電界発光(CPEL)を発した。CPEL の符号は、Ir(III)錯体の配位子環境(ホモレプティックまたはヘテロレプティック)とファラデー配置に基づく磁気方向に影響された。

すなわち、N-up と S-up を交互に繰り返すと、鏡面对称の MCPEL スペクトルが得られた。Ir(III)(ppy)<sub>3</sub> と Ir(III)(ppy)<sub>2</sub>(acac)のデバイスにおける  $|g_{MCPEL}|$  は、 $0.9 \times 10^{-4}$  (513 nm)、 $0.7 \times 10^{-4}$  (522 nm)であった。



#### 参考文献

- [1] *Chem. Lett.*, **50**, 1131 (2021). *ChemPhotoChem.*, **5**, 969 (2021).
- [2] *Chem. Lett.*, **49**, 674 (2020). *Dalton Trans.*, **49**, 9588 (2020). *Phys. Chem. Chem. Phys.*, **23**, 8236 (2021). *Phys. Chem. Chem. Phys.*, **23**, 5074 (2021). *Chem. Asian J.*, **16**, 926 (2021). *ChemPhotoChem.*, **6**, e202100253 (2022). *Eur. J. Inorg. Chem.*, e202101066 (2022).

# 機能性磁性ナノ粒子を用いたガン温熱療法の開発 Cancer Hyperthermia Using Functional Magnetic Nanoparticles

°井藤 彰 (名古屋大学)

°Akira Ito

(Nagoya University)

E-mail: ito.akira@material.nagoya-u.ac.jp

## Abstract:

Magnetic nanoparticles (10-20 nm) including magnetite ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) generate heat under an alternating magnetic field (AMF, 100-200 kHz), and cancer hyperthermia utilizing heat generated by nanoparticles is an effective local tumor destruction method. We have developed a various type of functional magnetic nanoparticles, such as magnetite cationic liposomes, melanoma-targeted magnetite nanoparticles and mitochondria-targeted magnetite nanoparticles, by using techniques for drug delivery system (DDS). Magnetic hyperthermia has the potential to achieve tumor-targeted heating without serious side effects if magnetite nanoparticles can be specifically delivered to the tumor tissue. The technique consists of targeting magnetic nanoparticles to the tumor tissue by DDS and then applying an external AMF to induce heat generation by the magnetic nanoparticles. Recent years have seen the remarkable advances in magnetic hyperthermia; both functional magnetic nanoparticles and AMF generators have been developed. Currently, some researchers have begun clinical trials, suggesting that time has come for clinical applications.

**Keywords:** magnetic nanoparticles, magnetite, alternating magnetic field, cancer therapy, hyperthermia

## 1. はじめに

酸化鉄であるマグネタイト ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) の磁性ナノ粒子は、生体適合性が高いため、核磁気共鳴イメージング (MRI) による腫瘍の造影剤などの医療応用に使用されてきた。ガン温熱療法 (ハイパーサーミア) は、腫瘍組織を  $43^\circ\text{C}$  以上に加温して殺傷する治療法である。磁性ナノ粒子は交流磁場中でネール緩和およびブラウン緩和といったメカニズムで発熱する性質をもつため、薬物送達システム (DDS) により磁性ナノ粒子を腫瘍組織に送達し、交流磁場を印可することで、腫瘍だけを局所的に加熱することが可能となる (Fig. 1)。1979 年に Gordon らは、デキストランで表面修飾したマグネタイトを用いて担癌マウスに対して温熱療法を行い、磁性ナノ粒子と交流磁場を利用した温熱療法の有用性を初めて実証した [1]。それ以降、多くのグループが様々な機能性磁性ナノ粒子を用いたガン温熱療法の研究を行ってきた。本講演では、筆者らのグループによる研究例を紹介する。

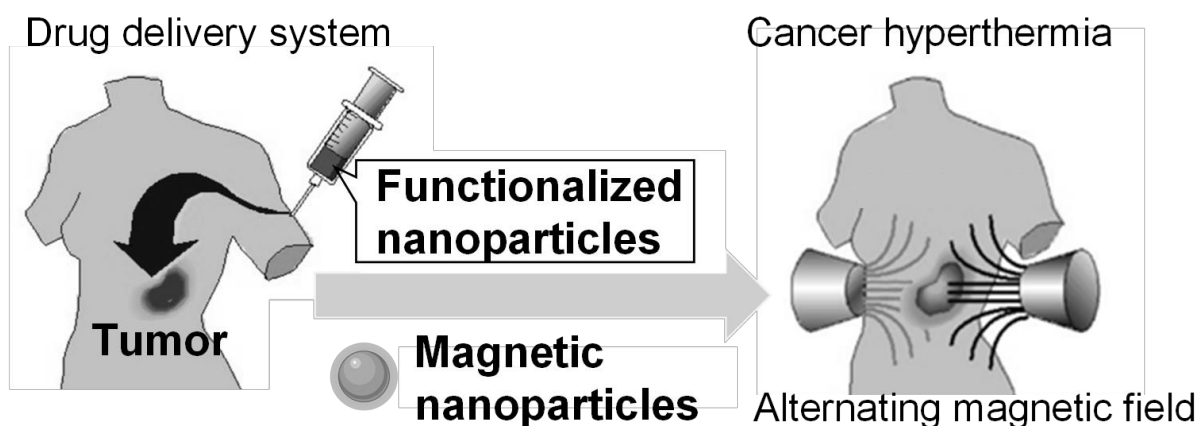


Fig. 1 Magnetic hyperthermia.

## 2. 機能性磁性ナノ粒子を用いたガン温熱療法

温熱療法は、腫瘍を高温にさらすことでガン細胞を死滅させるガン治療法である。正常組織は、高温では血管拡張により血流を増やすことで熱を逃がすことができるが、腫瘍組織における新生血管はほと



んど拡張しないためにクーリングできない。また、腫瘍組織内部は酸素濃度が低く、周囲環境の pH が低くなっている。これらの理由から、腫瘍は正常組織に比べて熱に弱い。現在、保険適用されている温熱療法装置として、電磁波によりガン患部周辺を加熱するものがあるが、腫瘍付近の正常細胞へダメージを与えてしまうなどといった課題がある。磁性ナノ粒子は交流磁場照射で発熱するため、ガン患部の腫瘍へ磁性ナノ粒子を送り込み、交流磁場を印可することで、腫瘍部位だけを局所的に加熱することができる。

筆者らは、*N*-( $\alpha$ -trimethylammonioacetyl)-didodecyl-D-glutamate chloride、1,2-dilauroyl-sn-glycero-3-phosphocholine、1,2-dioleoyl-sn-glycero-3-phosphoethanolamine により構成される正電荷リポソームに、粒径 10 nm ほどのマグネタイトを包埋した機能性磁性ナノ粒子であるマグネタイトカチオンリポソーム (MCL) を用いることで、マウス乳癌などの皮下腫瘍モデルにおいて腫瘍を完全縮退することに成功している[2]。細胞表面は負の電荷を帯びているため、正電荷を表面にもつ MCL は静電的に細胞と結合して、エンドサイトーシスによってガン細胞内に取り込まれる。細胞内からガンを加温することで、ナノテクノロジーが可能とする強力な治療法となる。さらに筆者らは、皮膚がんの悪性黒色腫であるメラノーマに特異的に取り込まれ、細胞をアポトーシス死させる薬剤 *N*-propionyl-4-*S*-cysteaminyphenol (NPrCAP) を表面に結合した機能性磁性ナノ粒子 NPrCAP/M を開発した。アミノシランカップリング剤により表面修飾されたマグネタイトに NPrCAP を結合させて合成した NPrCAP/M を利用した温熱療法を行うことにより、B16 メラノーマ細胞を *in vitro* および *in vivo* において殺傷して治療することに成功した。磁性ナノ粒子の利用により、腫瘍特異的な加熱が実現する。一方で、細胞レベルで考えると、ガン細胞が磁性ナノ粒子による発熱をどのように感知し、細胞死に至るのかという部分は未だ議論の余地がある。ガン細胞内における急所を見つければ、細胞死を効果的かつ強力に導くことが可能であると考えられる。細胞内小器官であるミトコンドリアは、アポトーシスのシグナル伝達において中心的な役割を果たすので、細胞内の他のオルガネラに比べて、熱ストレスに敏感であると推定される。筆者らは、ミトコンドリア指向性が知られる triphenylphosphonium cation を表面に固定化した機能性磁性ナノ粒子を合成し、磁性ナノ粒子がガン細胞内のミトコンドリアに集積している様子を TEM で確認した。さらに、ミトコンドリア標的型磁性ナノ粒子による高い抗腫瘍効果を、マウス結腸癌 CT26 細胞を用いた *in vitro* および *in vivo* モデルで実証した。

さらに興味深いことに、筆者らは磁性ナノ粒子を用いた温熱療法において、抗腫瘍免疫が誘導されることを世界で初めて見出した[3]。細胞が加温されることで、熱ショックタンパク質(HSP)が発現誘導され、HSP が自然免疫および獲得免疫に関与していることを実証した。これらの基礎研究を基にして、札幌医科大学の皮膚科において、メラノーマに対する臨床研究がスタートした[4]。ステージ III および IV のメラノーマ患者を対象としたヒト臨床試験 (厚生労働省の先端医療技術研究費補助金により、札幌医科大学臨床試験研究計画第 18-67 号として承認) として実施された。臨床研究では、注射用の機能性磁性ナノ粒子の分散安定性を向上させるために、NPrCAP/PEG/M が新たに開発されて使用された。四人の患者のうち、一人は完全奏効を示し、一人は部分奏効を示した。二人とも治療後に通常の日常活動を行うことができた。部分奏効を示した患者では、四か所の遠隔皮膚転移部位が調べられ、これら全てのメラノーマ病変において有意な腫瘍退縮がみられた。今後、大規模な臨床研究が実施されることが期待される。

### 3. おわりに

機能性磁性ナノ粒子を用いた温熱療法は、現在世界中の科学者によって研究が行われている。実用化するためには、注射剤としての機能性磁性ナノ粒子と加温装置としての交流磁場照射装置の医療機器としての両輪の開発が必要であり、一筋縄ではいかないが、筆者らも含めて、ガン患者らの治療の選択肢の一つになることを目指して、日々研究が行われている。

#### 参考文献

- [1] R.T. Gordon, J.R. Hines and D. Gordon: *Med. Hypotheses*, **5**(1), 83-102 (1979).
- [2] A. Ito, M. Shinkai, H. Honda and T. Kobayashi: *J. Biosci Bioeng.*, **100**(1), 1-11 (2005).
- [3] A. Ito, H. Honda and T. Kobayashi: *Cancer Immunol. Immunother.*, **55**(3), 320-328 (2006).
- [4] Y. Tamura, A. Ito, K. Wakamatsu, T. Kamiya, T. Torigoe, H. Honda, T. Yamashita, H. Uehara, S. Ito and K. Jimbow: *Int. J. Mol. Sci.*, **23**(12), 6457 (2022). doi: 10.3390/ijms23126457.

# 磁気冷凍技術による革新的水素液化システムの開発

## Hydrogen Liquefaction using Magnetic Refrigeration

°間宮広明 (物質・材料研究機構)

°Hiroaki MAMIYA (National Institute for Materials Science)

E-mail: [MAMIYA.Hiroaki@nims.go.jp](mailto:MAMIYA.Hiroaki@nims.go.jp)

### Abstract:

Energy storage is one of the most important issues for using renewable energy resources. Although liquid hydrogen is expected as a main energy storage carrier, at the present, a gas compression cycle cooling technique for liquefaction of hydrogen requires high operation costs. Magnetic refrigeration using magnetocaloric effects is known as an alternative refrigeration technique. In this talk, we introduce the outline of magnetic refrigeration using magnetocaloric effects caused by magnetic entropy changes with changing a magnetic field. Next, the features of magnetocaloric effects in paramagnets are discussed as refrigerants for adiabatic demagnetization refrigerator working at very low temperatures. Then we note the characteristics of magnetocaloric effects in ferromagnets as refrigerants for air conditioner operating at room temperatures. Finally, the potential of magnetocaloric effects induced by order-order transitions in various magnetic materials is considered as prospective refrigerants for hydrogen liquefiers working in the intermediate temperature range.

**Keywords:** magnetic refrigeration, magnetocaloric effect, metamagnetic transition, liquefaction of hydrogen

### 1. 背景

太陽光発電や風力発電でできた余剰電力を貯蔵する手段として、地球上に大量にある水から電気分解によって比較的容易に製造できる水素への期待は大きい[1]。このため、水素はカーボンニュートラル、脱炭素社会実現の鍵と考えられ、わが国においても 2050 年には水素 2,000 万トン程度の利用を目標に様々な取り組みが始まっている。電力と比較した際のメリットである貯蔵に注目すると、供給地から消費地までの運搬や長期間の貯蔵は密度の高い液体で行うことが望ましいため、液体状のアンモニアやメチルシクロヘキサン、あるいは液体水素を用いて、水素を貯蔵、運搬するバリューチェーンを構築する試みが行われているが、課題も多く残っている。例えば、燃料電池用の高純度水素の保管に適した液体水素の場合体積は約 1/800 となるため、20 MPa における圧縮ガスの圧縮率が約 1/200 であることと比べると、極めて省スペースに大量の水素を貯蔵できることになる。その一方で、液体水素の製造には水素を極低温の約 20 K (-253°C) まで冷却する必要があり、その際のエネルギーロスが大きな問題となっている。このため、極低温で冷却効率が著しく低下する気体の圧縮・膨張サイクルを利用した冷凍機[2]に代わる、小型で省電力な極低温用冷凍機の開発とそれを使った安価な水素の貯蔵・輸送方法の確立が求められている[3, 4]。そこで、本講演では、従来の気体の圧縮・膨張サイクルを代替/補完する極低温での冷却技術として最近注目されている磁気冷凍について、主に材料創成の観点にたつて原理から今後の展望までを簡単に紹介する。

### 2. 磁気熱量効果と磁気冷凍

磁性体に外部から磁場をかけると内部の原子の磁気モーメントが磁場方向に揃いエントロピーが減少して放熱が起き、逆に磁場を消去するとエントロピーが増大して吸熱が起きる。これを磁気熱量効果といい、これを利用した冷却方法が磁気冷凍である。この磁気冷凍は、1933 年に Giauque らが低温まで常磁性を保つ硫酸ガドリニウム水和物を断熱状態で 0.8 T から消磁し 1.5 K から 0.25 K まで冷やすことに成功したこと[5]を皮切りに、温度を 1 桁以上一気に低減し超低温を生成するための技術（断熱消磁冷凍法）として普及した。こうした極限から磁気冷凍の実用化が始まった理由としては、超低温では比較的弱い磁場印加でも熱揺らぎに打ち勝って磁気モーメントを配向させられることや格子比熱が極めて小さくなるため作業物質全体の温度も容易に下がることが挙げられる。一方、室温付近で動作するエアコンや冷蔵庫ではフロンガス等を利用した気体冷凍が社会を支えてきたが、近年のオゾンホールや地球温暖化問題により磁気冷凍法による代替が検討され始めた。ただし、室温では外部磁場のみで磁気モーメントを揃えるには  $10^2$  T 級の磁場が必要で、また格子比熱も大きいため実際に生じる温度変化も小さい。そこで、この外部磁場の不足分を補うために交換相互作用に起因する内部磁場（分子場）の利用が考えられ、強磁性体が作業物質として研究されてきた。強磁性体で分子場による配向アシスト効果

が顕著に得られるのは強磁性転移温度前後の狭い温度範囲に限られるが、エアコンや冷蔵庫では温度を一割(30 K)程度低減できればよいので大きな問題とはならなかった。また温度変化が小さいことについても能動的蓄冷式磁気冷凍法AMRという新たな工夫がなされたことで、室温磁気冷凍は実用化に向けて大きく動き出した。

### 3. 水素液化用磁気冷凍

冒頭で述べたように、ここ数年、水素社会が現実味を帯びるなか、効率的な液化水素の製造法の確立は喫緊の課題となっている。この課題を磁気冷凍法の活用で乗り越える場合、対象となる温度範囲は、酸素や天然ガスの液化で技術が成熟している温度域を除いた 77 K から 20 K までの範囲と考えられる。これらは、絶対温度でいっても、相対的な冷却温度幅でいっても、先に述べた超低温生成用磁気冷凍と室温磁気冷凍の中間に位置する。このことは、これまで研究開発が進んできた常磁性磁気冷凍材料と断熱消磁法、強磁性磁気冷凍材料と AMR 法とは異なった最適な材料・システムの組み合わせもあり得ることを示唆している。もちろん、現実的に有望なのは技術的に室温磁気冷凍の延長線上にある強磁性磁気冷凍材料とそれを用いた AMR 式磁気冷凍機とされ、実際、 $\text{HoB}_2$ [6]や  $\text{ErCo}_2$  置換系[7]など革新的な強磁性磁気冷凍候補物質発見や極低温での AMR 式磁気冷凍機の動作実証[8]など大きな進捗が相次いでいる。その一方で、最近、この中間温度域では、磁性イオン配置による幾何学的特殊性や多様な相互作用の協調と競合、さらには他の自由度との結合などの結果生じる一様に揃った強磁性とは異なるタイプの磁気秩序の特徴を生かした冷凍方法についてもその潜在的な可能性に注目が集まっている[9]。というのも、中間温度という複数の力が共存する領域でそれらの協調と競合のバランスの上に成り立つ秩序は、わずかな外力で崩れ大きなエントロピー変化をもたらすことがあると期待されるからである。例えば、最も単純な物質である純物質の Ho でも外部磁場を印加するとある磁場で磁気モーメントの秩序の様相が一変することが知られている。我々のグループは、このときの急峻なエントロピー変化を上手く利用すれば効率的な磁気冷凍が可能となるのではないかと考え検証を行った[9]。言うまでもなく、こうした微妙なバランスの些細な変化による磁気熱量効果の応用において純物質である Ho が最適な材料なわけではなく、この視点からだけでも今後多くの革新が続々と生まれてくると考えられる。このように、開発が本格化したばかりの水素液化用途の磁気冷凍法には大きな開拓の余地があり、将来の水素社会を実現するためのゲームチェンジの目が隠れていると信じている。本講演が皆様の心に留まりそれがそうした飛躍のきっかけとなることを期待したい。

#### 参考文献

- [1] 西宮 伸幸 「カーボンニュートラル」水素社会入門 KAWADE夢新書 (2021).
- [2] R. Radebaugh: *J. Phys.: Cond. Matter* **21**, 164219 (2009).
- [3] 沼澤 健則 水素エネルギーシステム **31**, No.2 (2006).
- [4] 松本 宏一, 沼澤 健則 低温工学 **50**, 66-71 (2015).
- [5] W. F. Giauque and D. P. MacDougall: *Phys. Rev.* **43**, 768 (1933)
- [6] P. B. Castro et al.: *NPG Asia Materials* **12**, 35 (2020)
- [7] X. Tang et al.: *Nature Comm.* **13**, 1817 (2022).
- [8] K. Kamiya et al.: *Appl. Phys. Express* **15**, 053001 (2022).
- [9] N. Terada, H. Mamiya. *Nature Comm.* **12**, 1212 (2021).