

目 次

卷頭言	1
福田隆先生 追悼文	2
活動報告	
第 25 回磁気科学会研究会報告	4
第 14 回磁気科学会年会報告	6
日本磁気学会との連携	7
国際会議参加報告	
ICMS 2019	9
開催案内	
第 25 回磁気科学研究会	11
第 26 回・第 27 回磁気科学研究会 (磁気科学関連学会合同研究会)	12
延期案内	
MAP9	13
第 15 回磁気科学会年会	14
受賞者の声	
第 9 回優秀学術賞受賞 James Valles Jr. 先生	15
第 9 回功労賞 受賞 尾関 寿美男 先生	19
研究奨励賞 受賞 江口 直人 氏	21
学生ポスター賞 受賞 清水 虎太郎 氏	22
学生ポスター賞 受賞 馬場 翔子 氏	23
会計報告	
事業計画	24

会則等

日本磁気科学会 会則	25
理事会運営規則	30
表彰制度	32
役員 (2019-2020)	34
第 25 回磁気科学会研究会予稿集	35

ポストコロナで磁場は輝けるか

北海道大学 岩井一彦

コロナに世の中は大きな影響を受けています。大学の授業はネットで行われています。実験も映像だけだったり、間引いたりしていますし、工場見学も中止です。新天地で頑張るぞと、胸弾ませていた新入生がネット授業を下宿で受けるばかりで部活などにも参加できないので、その孤立やメンタルが問題になっています。

本会の年会ばかりではなく、多くの学会、講演会もキャンセルやネット開催になっています。対面とネットでは受ける刺激が異なります。学会やアフターファイブでの議論で生まれるアイデアや共同研究の芽が摘まれている状況は憂えざる負えません。しかし、悪いことばかりではないのかなとも感じます。コロナ禍の当初は出張で浮いた時間以上をネット対策に使っていたはずですが、だんだん出張の移動時間を他に回せる状態になってきています。出張して学会に参加しつつその合間に会議や授業、などが当たり前になるはずです。まさに、コロナで世の中が大きく変わります。全てが元に戻ることはないでしょう。このようなことは、過去にもありました。例えば、産業革命は工業の発展を促すとともに人々の職種を変え、鉄道は距離、時間の概念を変えました。情報革命しかりです。紙の消費量は減少し、テレビを視聴する人の数は減少しています。VRで何でも疑似体験できてしまう世の中になれば、究極の状態として端末と脳さえあれば良い、と考える人が出てきそうです。コロナはこの究極の状態になることを後押ししています。

ポストコロナの生活様式、産業構造のなかで磁場はどのように役立つのでしょうか。磁場がウイルス除去や飛沫の拡散抑制に直接役立てばよいのですが、必ずしもそうではありません。大学生などに生じるメンタルな問題も磁場で直接解決できる確率は低そうです。しかし、それらの解決方法、あるいはそのために必要な装置や部品の製造工程で、向きを揃える、分離する、混ぜる、などの工程があれば磁場は関与できそうです。本学会は磁場がキーワードですが、他の学会と異なり、物理、化学、生物など多種多様なバックグラウンドを有する研究者・技術者の集まりです。ポストコロナに向けたブレインストーミングや異分野融合研究を行うのに適した集団です。医療やメンタルに直接かかわらなくても、ポストコロナのスタンダードを想定して新たな切り口で研究を取り組んだら面白いかなと、考えています。若い人たちの活躍に期待します。



ポストコロナで柄杓がなくなった
北海道神宮の手水舎

福田 隆先生を悼む

大阪大学名誉教授 福井工業大学学長 掛下 知行

福田 隆先生は、かねてからご療養中のところ、令和 2 年 4 月 27 日に逝去されました。享年 56 歳の若さでした。心より先生のご冥福をお祈りいたします。福田先生の追悼を、福田先生よりも年上の私が、そして長きにわたり（25 年間にもなります。）共に仕事をして来た私が行うことは、当然の事とはいえ、とても悲しく不条理に思います。今でも、福田先生からメールが届き、それに対応している私がいるという気持ちがあり、この気持ちちは、福田先生が逝去されてから 4 か月ほども経ちますが、日を追って強くなっています。

福田先生は、滋賀県のご出身で、1986 年 3 月に大阪大学工学部 金属材料工学科をご卒業、1988 年 3 月に同大学工学研究科 金属材料工学専攻博士前期課程を優秀な成績で修了され、同年 4 月に三菱金属に就職されました。一年も満たない在籍の後、1990 年 1 月に大阪大学 金属材料工学専攻の佐分利 敏雄先生の研究室の助手に赴任しました。その後、2000 年 4 月に私が佐分利先生の研究室を継ぎ（材料物性学講座 量子材料物性学領域）、福田先生は、この講座の講師（2002 年 6 月）、そして 2007 年 11 月に准教授に昇任されました。

私が、佐分利研の助教授になりましたのは、1994 年ですので、福田先生とは 25 年もの長い間、ともにマルテンサイト変態の基礎と応用について一緒に研究をしてきました。その間、研究はもちろんの事、授業や学生の指導とお世話、教室運営、国際・国内会議や学会、研究会そして教室等の委員会をはじめ大変お世話になりました。特に、私がいろいろな場面で困ったときには、いつもさりげなく援助の言葉をかけてくださいり、どれほど助かったのか知れません。とても誠実で相手を思いやる心を常に持たれていましたので、研究室運営がこれまで無事にやってこれたのだと強く思っています。一方、研究室旅行には、息子さんを連れてこられ、子煩惱で家族的な一面をのぞかせていたのがとても印象的でした。

福田先生の研究に対する姿勢はとても真摯であり、いつも説得力のある論法で、お話をされている姿が思い浮かびます。また、成果を論文にするまでの時間は極めて短く、すでに多くの論文を国内外に（150 編近く）発表しており、それらの論文のいくつかには賞が与えられております。このため、マルテンサイト変態分野における精鋭な研究者として名を馳せており、福田先生のライフワークでもあります TiNi 形状記憶合金の研究においては、世界のトップを形成する研究者の一人として認識されております。事実、マルテンサイト国際会議のコミッティー 20 人に福田先生の訃報を知らせたところ、一日を待たず全員からメ

ールの返信がありました。このことは、如何に福田先生の存在が大きいかを物語っております。その上、ご自身の研究を通して、多くの学部・マスター・ドクターの学生を指導し、20名以上の博士を育てております。つい最近でも、中国のマスターの学生の研究や上海交通大学との共同研究を行っておりました。その際には、ポンベを携帯して病気と闘いながら、大学に通っていました。そして、最後まで、学生のことを気にかけておられました。

とてもやさしく、思いやりのある先生に、なぜ神は不条理な判断をするのかという気持ちになります。

福田先生の温厚なお人柄そしてこれまでなされてきました熱意ある教育と研究を偲び、謹んで哀悼を表しますとともに心よりご冥福をお祈りいたします。

第 25 回日本磁気科学会 2019 分科会研究会

-第 6 回 高分子・材料プロセス分科会- 報告

日本大学 伊掛浩輝

令和元年 12 月 2 日（月），日本大学理工学部駿河台キャンパスにおいて第 25 回 日本磁気科学会 2019 -第 6 回 高分子・材料プロセス分科会- が行われた。この研究会は日本磁気科学会（高分子・材料プロセス分科会）が主催となり，応用物理学会 磁気科学研究会，日本磁気学会 強磁場応用専門研究会の共催のもとで開催された。今回は『磁気で制御する - 高分子応用への新展開-』をテーマに，高分子と磁場に関わるさまざまな視点から磁場応用とその可能性について，論議を交わし，情報提供の場として開催された。結晶配向化は，高分子材料の力学的性質や耐熱性を支える中核を担う。そのためにさまざまな配向技法が検討されてきたが，その中でも材料形状に依存しない磁場の有効性は非常に高いと言えよう。本研究会では，高分子の結晶配向化を促す環境，高分子マトリックスに働きかける磁気効果について焦点をあて，さらには医療応用，磁気分離など多角的な方面から磁場と磁場応用について 4 名の先生にご登壇いただいた。磁場について理解を深めたい方，磁場を利用したいと考えるビギナーにも磁場の魅力とその可能性についてご紹介できたにではないかと思う。

本研究会は，2 部制で行われた。講師の先生からは磁場と高分子，そして磁場応用と最新研究を織り交ぜてご紹介いただき，その後，磁場に関わる学生間の情報交換，交流の場としてポスター形式で研究発表が行われた。講師の先生には，日本大学の原秀太先生，青柳隆夫先生，日本工業大学の池添泰弘先生，首都大学東京（現 東京都立大学）の山登正文先生にご登壇いただき，ビギナーに向けた優しい切り口にも，磁場のもつ魅力や技術応用について最新データを織り交ぜてご紹介いただいた。また，会場からの質問に対しても丁寧にお答えいただき，活発な討論の場となった。第 2 部ではポスター形式で研究発表が行われた。大学院生，学部生，そして企業からもご参加いただき，全体で 12 件の研究発表が行われた。最新データのもとに学生間の研究交流，講師の先生にも加わっていただき，活発な意見交換がなされ，プログラムで予定していた時間を超過するほどの大変盛況であった。

今回はポスター形式での発表もあり，45 名の参加と大変盛会であった。磁場応用の裾野は広く化学，物理，機械系と多くの分野の方からもご参加いただいた。磁場のもつ魅力が広がり，本研究会が磁場応用へのさらなる発展への足がかりとなったら存外の喜びである。



写真 1. 招待講演の部。

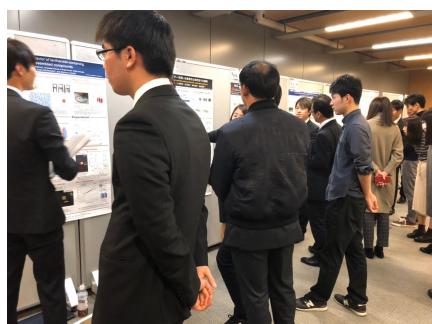


写真 2. ポスターセッション。

本研究会では、多くの皆様にご登壇、ご発表いただきました。お名前（敬称略）を記し、厚く御礼を申し上げます。また、ご参加いただきました皆様、本研究会を成功裡に導きました事務局、並びに学生スタッフの皆様に心より感謝申し上げます。

第1部 招待講演 ご登壇の先生（ご所属）およびご講演題目

原秀太（日本大学）

磁場による構造制御可能な高分子材料の開発

青柳隆夫（日本大学）

医療応用を指向した磁性ナノ微粒子含有スマートマテリアル

池添泰弘、濱崎裕介、武捨秀紀、菅谷将之（日本工業大学）

磁気分離－磁石につかないものを磁石で分別する方法－

山登正文（首都大学東京、現 東京都立大学）

結晶性高分子の過冷却状態の理解と磁場による高分子の配向制御

第2部 ポスターセッション ご講演者（ご所属）およびご講演題目 ※○：ご講演者

① ○紅林聖、原秀太、清水繁、伊掛浩輝（日本大学）

ポリカーボネート/チタニアハイブリッドフィルムによるマグнетィックリソグラフィ基板の開発

② ○加藤悠生、原秀太、清水繁、伊掛浩輝（日本大学）

ホール効果を利用した有機薄膜太陽電池の開発

③ ○早苗源左、原秀太、清水繁、伊掛浩輝（日本大学）

CoFe₂O₄@Ag ナノ粒子を用いたタンパク質の新規検出方法の開発

④ ○仲尾次隆史、山登正文（首都大学東京、現 東京都立大学）

クレイを物理架橋とするヒドロゲルの力学特性および光学特性

⑤ ○牛島栄造（株式会社アイシン・コスモス研究所）

微粒子磁気配列技術の性能向上

⑥ ○佐伯勇哉、岸川圭希、桑折道済（千葉大学大学院）

ランタノイド元素複合化によるカラム状集合体の発現と磁場応答

⑦ ○小白琴菜、岸川圭希、桑折道済（千葉大学大学院）

ランタノイド複合ポリマーを用いる無着色な磁性粒子の開発

⑧ ○山本幹也、岸川圭希、桑折道済（千葉大学大学院）

発光／磁性特性を兼ね備えたランタノイド複合粒子の開発

⑨ ○武捨秀紀、岡野佑亮、池添泰弘（日本工業大学）

Si 基板上の強磁性微細パターンを用いた非磁性微粒子の磁気分離手法の開発

⑩ ○石川滉基、小山泰輝、山本勲（横浜国立大学大学院）

窒化ホウ素の磁場配向による伝熱性能の向上

⑪ ○萩田恭平、木村香純、山本勲（横浜国立大学大学院）

常磁性希土類イオンの磁気濃縮

⑫ 廣田幹英、○藤川竜一、元木亮太、山本勲（横浜国立大学）

パルス磁場を用いた深部センチネルリンパ節の位置推定

第 14 回日本磁気科学会年会

長岡技術科学大学 田中 諭

第 14 回日本磁気科学会年会が 2019 年 11 月 11 日（月）から 13 日（水）の 3 日間の日程でシティホールプラザアオーレ長岡において開催されました。講演件数は口頭発表 29 件、ポスター講演 25 件で、参加者は 70 名でした。初日は開会の挨拶の後、8 件の口頭発表が行われました。その後、ホワイエにおいてポスター発表があり、活発な質疑が行われました。同時に学生ポスター発表の審査も行われました。2 日目は企画シンポジウムとして、磁場利用の一つである「配向」をテーマとしたシンポジウムを開催しました。配向の原理から最近の話題まで、木村恒久先生（福井工業大学）、山本勲先生（横浜国立大学）に講演していただきました。有機・無機・金属・バイオの多岐にわたる分野での配向や評価、応用を中心に 8 件の依頼講演と 4 件の一般講演を行い、活発な議論が行われました。懇親会は、会場隣の長岡グランドホテル「悠久の間」において行われました。最終日は 3 件の一般講演の後、表彰式と受賞講演が行われました。2019 年度の褒章は、「Manipulating Biological Organisms and Materials with Intense Magnetic Fields(高磁場による生物や生体材料のマニピュレーション)」に関して James M. Valles, Jr 氏 (Brown Univ.) が優秀学術賞を、「コロイド物質や界面現象への磁場の影響とそれらにおける新現象の発見」として、尾関寿美男氏（信州大学理学部）が功労賞をそれぞれ受賞され、その後受賞講演が行われました。午後には 4 件の一般講演が行われ、最後に研究奨励賞とポスター賞の発表と授賞式が行われました。研究奨励賞は江口直人氏（筑波大学）が受賞され、学生ポスター賞を馬場翔子 氏（長岡技術科学大学）と清水虎太郎氏（名古屋工業大学）が受賞されました。最後に次回の開催地である鹿児島大学の三井氏から挨拶をいただき、年会を終了しました。

最後に、本年会開催にあたりご尽力頂いた現地実行委員の浜崎亜富氏（信州大学）、尾関寿美男氏（信州大学）、勝木明夫氏（信州大学）、飯國良規氏（名古屋工業大学）、櫻井智徳氏（岐阜医療科学大学）、学会事務局の茂木巖氏（東北大金研）、廣田憲之氏（物質・材料研究機構）、三井好古氏（鹿児島大）、岩坂正和氏（広島大）の皆様に感謝申し上げます。

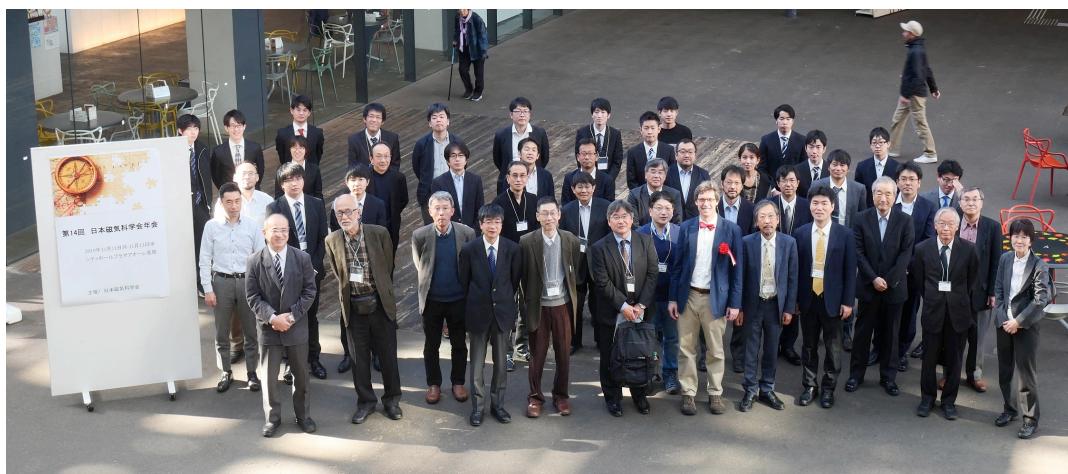


図 会場前での集合写真

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」、「スピニエレクトロニクス」、「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。2019 年度は廣田先生と山登で企画し、第 51 回から第 54 回までの専門研究会を開催しました。第 52 回は日本磁気科学会と共に開催となり、多くの方にご出席いただき感謝しております。また第 54 回は急遽オンライン開催となりましたが、関連する多くの方のサポートのお陰で無事開催することができました。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ひいたします。

日本磁気学会 強磁場応用専門研究会

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

第 225 回研究会/ 第 51 回強磁場応用専門研究会/ 第 3 回バイオマグネティクス専門研究会 (2019.11.15)

中央大学駿河台記念館

“超伝導応用最前線”

- 超伝導応用の新展開：マヨラナフェルミオン・トポロジカル量子計算
　　笹川崇男（東工大）
- 磁気分離による水処理技術のブレークスルーへの挑戦～永久磁石から超電導磁石への展開の可能性～
　　酒井保藏（宇都宮大）
- 超電導き電システムの開発と列車走行実験
　　富田 優（鉄道総研）
- 高温超伝導 SQUID を用いた高感度磁気計測装置とその応用
　　塙田啓二（岡山大）
- SQUID 脊磁計開発～実用化に向けた取り組み
　　足立善昭（金沢工大）

第 52 回専門研究会 (2019.12.2)

日本大学理工学部駿河台校舎 1 号館

共催 / 日本磁気科学会 第 25 回研究会, 応用物理学会 磁気科学研究会

磁気で制御する－高分子応用への新展開－

- 磁場による構造制御可能な高分子材料の開発
原 秀太 (日大)
- 医療応用を指向した磁性ナノ微粒子含有スマートマテリアル
青柳隆夫 (日大)
- 磁気分離-磁石につかないものを磁石で分別する方法
池添泰弘 (日工大)
- 結晶性高分子の過冷却状態の理解と磁場による高分子の配向制御
山登正文 (首都大)

第 53 回専門研究会 (2019.12.16)

大阪大学大学院 工学研究科 A1 棟 112 号室

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, 応用物理学会 磁気科学研究会

- 磁場を使った粒子分析と、それを支える画像処理技術
河野 誠 (カワノラボ)

第 54 回専門研究会 (2020.3.27)

オンライン開催

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, 応用物理学会 磁気科学研究会

- 磁場下での光重合反応を用いた結晶配向セラミックスの製造
馬場翔子 (長岡技科大)

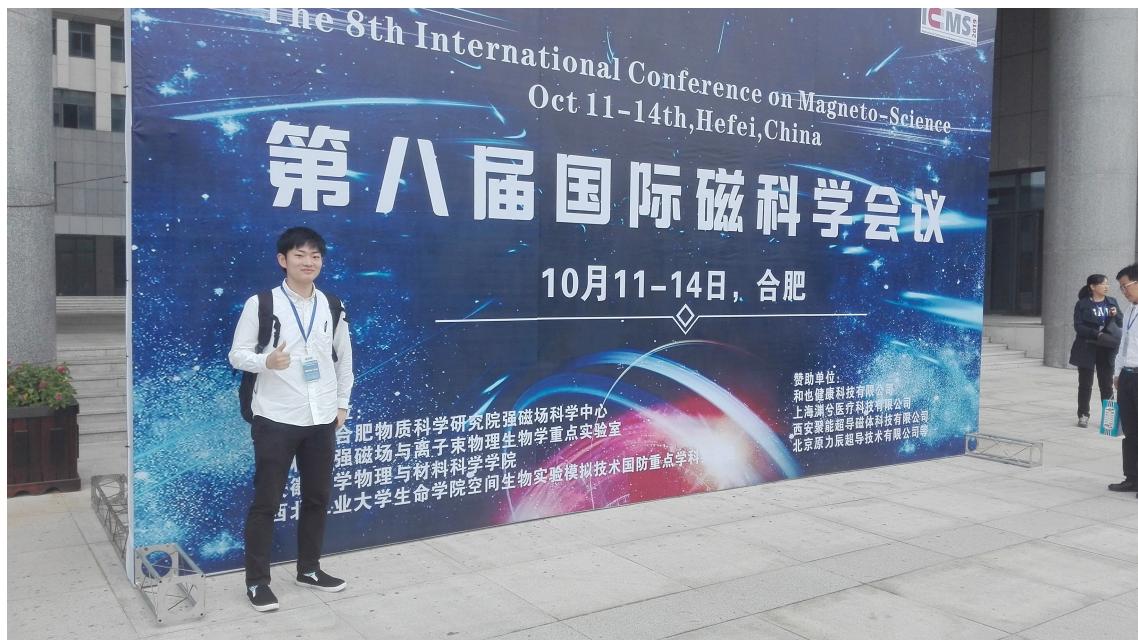
初めての国際会議に参加して

横浜国立大学大学院 廣田幹英

大型台風が接近していて、飛行機に乗ることができるのだろうかと不安になったことはよく覚えており、予定通り国際会議の開催地である中国に着いたときは胸を撫で下ろしました。国内で英語発表を行った経験はありましたが海外での英語発表は初めてであり、英語でしかコミュニケーションが取れないと考えるととても不安でした。私は英語に対して苦手意識を持っていたので事前に入念な準備をして発表に臨みました。発表のためのポスター作成、原稿作成や暗記をするだけでなく、実際に私の発表を先生や研究室の先輩、後輩に見ていただき、英語での質疑応答の練習も行いました。足りない部分は補足資料の作成、さらに発表練習を繰り返すことで当日を迎えました。当日は海外で活躍する先生や学生に私の研究に興味を示していただけたので、世界規模で多くの人々に関心を寄せられる研究を行っているのだなと実感できたのがとても嬉しかったです。

私が国際会議に参加した理由として、海外での研究発表を通して研究に対する視野を広げるだけでなく様々な人と交流したいという思いがありました。国際会議では世界で活躍する偉大な先生方がたくさんおり、自分の研究分野と近しい方との今後の私の研究の相談をしたり、発表で気になったことを質問しに行ったりしました。質問に答えてくださっても私の勉強不足で理解に苦しんだこともありますが、その際にも私が理解できるまで丁寧に教えてください、とても助かりました。また、先生方だけでなく現地の学生とも積極的に英語でコミュニケーションを取りました。普段の日本での生活において英語で会話をすることはほとんどないので、自分の言っていることが伝わっているか、相手の言っていることを理解できるか等不安な点もたくさんありました。しかし一生懸命に話そう、聞こうとすれば思いは伝わるのだなと感じました。積極的なコミュニケーションを通して仲良くなった学生と研究発表と一緒に見て回ったり、食事をしたりもしました。さらには連絡先を交換して現在も連絡を取り合う友人を多く作ることができたので、縮こまらずに勇気を出してコミュニケーションを楽しむことができて本当に良かったです。

私は ICMSへの参加を通して、大変だったこともありましたが楽しいと感じることの方が多かったです。発表準備は決して楽なものではありませんでしたが、研究に対してより一層理解が深まり、研究を通じて外国の方々との交流もできるので発表に向けて一生懸命に頑張って良かったなと心から思いました。国内の学会に参加するだけでは得られない外国の文化との触れ合いや自分の研究分野の視野の広がり等の多くの発見があり、毎日が新鮮で楽しかったです。今回の ICMS 参加は一生忘されることのない思い出であり、将来の財産になると思っています。今後も国内の学会だけでなく海外での発表のチャンスがあれば積極的に参加して、参加するためにも日ごろの研究にもより一層力を入れて取り組んでいきたいと思います。



会場にて

第25回 日本磁気学会2019分科会研究会 -第6回 高分子・材料プロセス分科会-

「磁気で制御する-高分子応用への新展開-」

高分子の物性を制御する上で配向制御はとても重要です。様々な配向技術がありますが、材料形状に依存しない磁場配向に関心がもたれています。磁場による高分子の配向制御やそのための最適条件などについて精力的に研究が行われ、多くのことがわかつてきました。そこで、本研究会では高分子への磁気応用を視野に、高分子の配向を促す環境について、さらには高分子マトリックスに働きかける磁気利用について焦点をあて、分野を越えた多角的な方面から4名の先生をお招きしご講演いただくことになりました。磁気について理解を深めたい方、磁気を利用したいと考えている方に是非ともご参加いただきたいと思っております。併せて、ポスターセッションの時間を設けました。参加費は無料となっております。磁気に関する様々な分野の方のご参加、ご発表をお待ちしております。

※ 会場スペースの関係でポスター件数はご期待に添えない場合もございます。

記

主催：日本磁気学会

共催：応用物理学会 磁気科学研究会、日本磁気学会 強磁場応用専門研究会

日時：令和元年12月2日（月）13時30分～17時00分

場所：日本大学 理工学部 駿河台校舎1号館（〒101-8308 東京都千代田区神田駿河台1-8-14）

アクセスマップ: <https://www.cst.nihon-u.ac.jp/campus/surugadai/>

プログラム

13:30 はじめに 伊掛浩輝（日本大学）

第1部 招待講演

13:35-14:15 『磁場による構造制御可能な高分子材料の開発』

原 秀太（日本大学 理工学部 助手）

14:15-14:55 『医療応用を指向した磁性ナノ微粒子含有スマートマテリアル』

青柳隆夫（日本大学 理工学部 教授）

15:00-15:40 『磁気分離 -磁石につかないものを磁石で分別する方法-』

池添泰弘（日本工業大学 基幹工学部 教授）

15:40-16:30 『結晶性高分子の過冷却状態の理解と磁場による高分子の配向制御』

山登正文（首都大学東京 都市環境学部 准教授）

休憩（ポスター準備／掲示）

第2部 ポスターセッション（要事前参加申込。参加申込／予稿締切：令和元年11月25日）

16:30-17:20 ポスターセッション

17:20 閉会

意見交換会（会費3,000円。学生会員1,500円。当日、受付にてお支払いください）

17:30-19:00 意見交換会

以上

司会 伊掛浩輝（日本大学）

第 26 回・第 27 回磁気科学研究会開催案内

(磁気科学関連学会合同研究会)

名古屋工業大学 飯國 良規 (分離・分析分科会)
物質・材料研究機構 鈴木 達 (無機・金属分科会)
東京都立大学 山登 正文 (応用物理学会 磁気科学研究会)

第 26 回(分離・分析分科会研究会)、第 27 回(無機・金属分科会研究会)は、磁気科学関連学会合同研究会、として 2020 年 12 月 4 日-12 月 5 日にオンラインで開催されます。日本における磁気科学に関する研究会が結集した合同研究会です。

日程 :

2020 年 12 月 4 日 (金) 午前

主催 日本磁気科学会 分離・分析分科会研究会

2020 年 12 月 4 日 (金) 午後

「磁場応答有機材料」

主催 応用物理学会 磁気科学研究会

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

日本磁気学会 強磁場応用専門研究会

2020 年 12 月 5 日 (土) 午前

主催 日本磁気科学会 無機・金属分科会研究会

応用物理学会 磁気科学研究会のプログラムは以下を予定しています。

13 : 30-14 : 15 「ホルミウム含有高分子を用いる無着色磁性粒子の作製と利用」

千葉大院工 桑折道済

14 : 15-15 : 00 「磁気応答性ソフトコンポジットの機能と応用」

新潟大学 三俣 哲

15 : 15-16 : 00 ポスターA

16 : 15-17 : 00 ポスターB

17 : 15-19 : 00 情報交換会

開催情報は、

<https://annex.jsap.or.jp/magneto-science/meeting.html>

でも公開されています。みなさま、奮ってご参加ください。

延期案内 MAP9 (2022 年へ延期予定)

実行委員 鹿児島大学 三井 好古

The 9th International Workshop on Materials Analysis and Processing in Magnetic Fields (MAP9)は、6 年ぶりに日本 (宮崎)で開催予定でした。しかしながら、新型コロナウィルス感染拡大をうけ、延期となりましたことをご報告いたします。

MAP9 は 2 年延期し、**2022 年**に宮崎にて開催予定です。今後の予定については、決まり次第、下記ホームページ

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

で随時更新予定です。

みなさま、ぜひ参加をご検討ください。

延期案内 第 15 回日本磁気科学会年会

実行委員長 鹿児島大学 小山 佳一
実行委員 鹿児島大学 三井 好古

第 15 回日本磁気科学会年会は、九州支部担当として 11 月 16 日(月)-18(水)の 3 日間鹿児島大学郡元キャンパスで開催予定でした。しかしながら、新型コロナウィルスの感染状況を踏まえ、延期となりましたことをご報告いたします。

2021 年年会を九州支部が引き継ぎ、鹿児島大学で開催予定です。

年会開催情報については、磁気科学会ホームページ及び年会ホームページ

<http://www.magneto-science.jp/15th/index.html>

で随時更新予定です。

みなさまの積極的なご参加を、よろしくお願いします。



鹿児島から臨む桜島



鹿児島大学稲盛会館 (会場予定)

Life in Intense Magnetic Fields

Brown University James Valles

Introduction:

Our group has focussed its magneto-science research on how static magnetic fields can affect living systems and how to harness any of the effects. Critical guidance and reassurance for our efforts came from seminal magneto-science research results that suggested that even the very weak magnetic forces and torques on organic materials can yield effects on small organisms. Here, I describe magneto-science investigations of how a swimming micro-organism interacts with surfaces. The techniques and analysis drew on foundational work in magneto-science to produce new insights into how this organism navigates its environs.

Foundational Background:

When we started, little was known about magnetic field effects on whole biological systems, which made it exciting and potentially important for medical applications like magnetic resonance imaging for humans. The Magneto-science community, however, had already provided many foundational results that we could build upon. It was known, as described in Dransfeld and Maret¹ that large diamagnetic biomolecules and their assemblies could be aligned by intense magnetic fields. Their diamagnetic anisotropy and organization made them susceptible. Since those biomolecular assemblies included DNA, cell membranes and microtubules it was reasonable to assume that magnetic fields could exert some (potentially deleterious) biological effects.

Furthermore, in a remarkable set of experiments, Beaugnon and Tournier² showed that organic materials like water and ethanol could be levitated using existing strong magnets. With these attention grabbing results they raised the interesting possibility that magnetic forces comparable to earth's gravity could be applied to living systems for microgravity experiments. Thus, it opened the door to probing gravity's influence on living systems with a tunable, non-invasive force field.

Our first experiments^{3, 4} in magneto-science showed the influence of the above two effects.

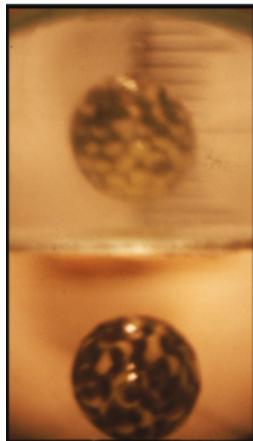


Figure 1. Photograph with side (upper image) and top (lower image) views of a stably levitated droplet nearly filled with frog embryos. The embryos have dark pigment in their upper hemisphere. The lines behind the side view are spaced by 1 mm.

¹ Maret G., Dransfeld K. (1985) Biomolecules and Polymers in High Steady Magnetic Fields. In: Herlach F. (eds) Strong and Ultrastrong Magnetic Fields and Their Applications. Topics in Applied Physics, vol 57. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/3-540-13504-9_10

² BEAUGNON, E., TOURNIER, R. Levitation of organic materials. Nature 349, 470 (1991). <https://doi.org/10.1038/349470a0>

³ J.M. Valles, K. Lin, J.M. Denegre, K.L. Mowry, Stable magnetic field gradient levitation of *Xenopus laevis*: toward low-gravity simulation, Biophysical Journal, 73, 1130 (1997). [https://doi.org/10.1016/S0006-3495\(97\)78145-1](https://doi.org/10.1016/S0006-3495(97)78145-1).

⁴ James M. Denegre, James M. Valles, Kevin Lin, W. B. Jordan, Kimberly L. Mowry, Cleavage planes in frog eggs are altered by strong magnetic fields, Proceedings of the National Academy of Sciences 95, 14729-14732 (1998).

We investigated the use of magnetic levitation as a low gravity simulation technique for frog embryos. The results demonstrated both magnetic force and torque effects. The stable levitation illustrated the force effect (Fig. 1). And, surprisingly, a very unexpected alignment of the embryos' cell divisions revealed a torque effect. Thus, these experiments built directly on the earlier work.

A third foundational result for our work on swimming microorganisms was the demonstration of Magneto-Archimedes Levitation of water by Yasuhiro Ikezoe, Noriyuki Hirota, Jun Nakagawa & Koichi Kitazawa⁵. This group demonstrated that water drops in a paramagnetic background fluid or gas could be stably levitated using much lower magnetic fields than without the paramagnetic gas. The droplet effectively floats in the gas because the gas is drawn into the magnet more strongly than the water. This demonstration revealed how one could continuously and non-invasively adjust the buoyancy of an object, like a droplet, by adjusting a magnetic field.

Paramecia are Swimming Micro-organisms that Sense Gravity

The capacity to create magnetic forces comparable to gravity's forces on biological matter, inspired us to find a simple biological system that is sensitive to gravity. We found paramecia. Paramecia are single celled micro-organisms that swim in ponds all around the world. They are roughly prolate ellipsoids with a 200 μm long major axis and 40 μm minor axis. They swim in the direction of their anterior end which is at one end of their major axis. Figs. 2a,b show images of them and Figs. 2c,d show their swimming tracks in 0 and 26 T magnetic fields. In 0T they swim in all directions while in 26 T their swimming trajectories align with the magnetic field. Analysis shows that the magnetic field exerts a torque on them because of the diamagnetic anisotropy of their outer cell wall. This alignment can be achieved in fields as low as 3 T⁶.

Previous experiments had shown that paramecia are sensitive to gravity or more precisely, their buoyancy. They swim to fight their tendency to sink. We were attracted to them because it was and remains unknown how they sense their very small apparent weight. Magneto-Archimedes Levitation gave us a unique method to probe how they respond to continuous changes in their buoyancy⁷. Using water doped with a Gd compound to make it more paramagnetic than the paramecia, we could tune their buoyancy from positive to negative by a magnitude more than a factor of 5 from normal buoyancy using a resistive magnet at the National High Magnetic Field Laboratory.

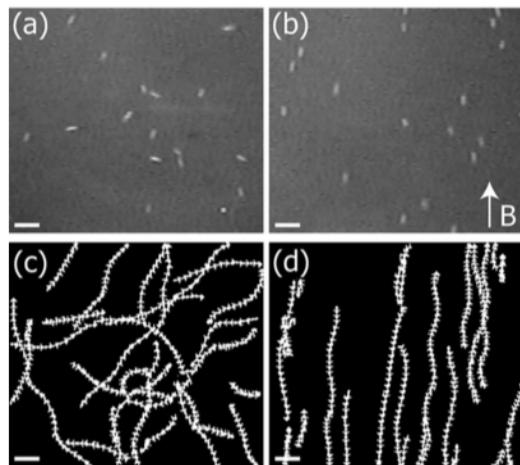


Figure 2. Swimming Paramecia Align in a B Field. Images of swimming paramecia (the elliptical dots) acquired by a borescope in (a) $B=0$ T. (b) $B=26$ T. (c) Swimming trajectories at $B=0$ T. (d) $B=26$ T. Notice how the swimming trajectories align with the magnetic field direction. The bar is 0.5 mm. (from Karine Guevorkian PhD Dissertation).

⁵ Ikezoe, Y., Hirota, N., Nakagawa, J. and Kitazawa, K., Making water levitate. *Nature* 393, 749–750 (1998). <https://doi.org/10.1038/31619>

⁶ Karine Guevorkian, James M. Valles, Aligning Paramecium caudatum with Static Magnetic Fields, *Biophysical Journal*, 90, 3004 (2006). <https://doi.org/10.1529/biophysj.105.071704>.

⁷ Karine Guevorkian and James M. Valles Jr., Swimming Paramecium in magnetically simulated enhanced, reduced, and inverted gravity environments, *PNAS* August 29, 2006 103 (35) 13051-13056; <https://doi.org/10.1073/pnas.0601839103>

Surface Trapping of Paramecia

Swimming micro-organisms frequently encounter and bump into surfaces as they navigate their surroundings. Often they have been observed to become trapped near surfaces. Determining whether this trapping is a stimulated response or simply a mechanical response provides insights into how they find food and how well they sense forces. As described below, we were able to study the trapping of paramecia at surfaces and use Magneto-Archimedes levitation to test a model of the trapping mechanism⁸.

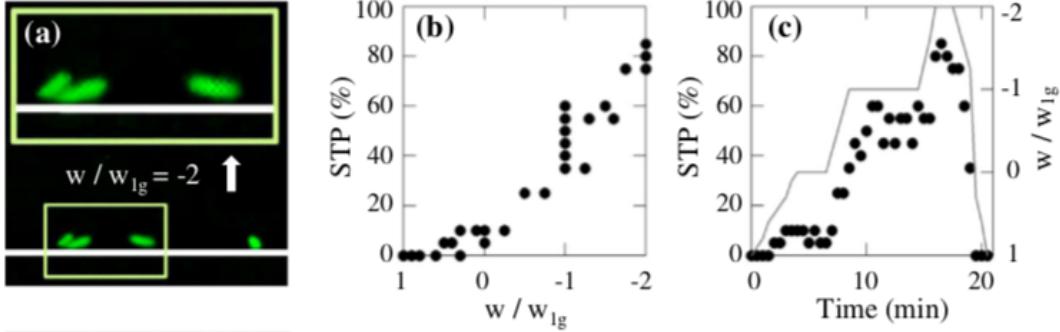


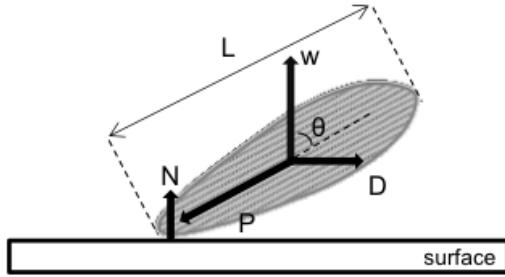
Figure 3. Surface Trapping of Paramecia. a) Image of paramecia (green) swimming along the bottom surface of the swimming chamber. The apparent weight force on the paramecia (white arrow) was adjusted to point upward. Its magnitude is twice its normal value. When trapped, the paramecia often swim canted relative to the surface with their anterior in contact with the surface. b) The surface trapping probability (STP) versus apparent weight grows as the apparent weight force becomes more negative. c) The gray line indicates how the apparent weight was varied with time. The changes in STP appear to closely track the changes in the apparent weight.

Unexpectedly, we observed that paramecia lingered close to the upper or lower surfaces of their swimming chambers when they were not neutrally buoyant. More surprisingly, we found as shown in Fig. 3, that more paramecia became trapped at the lower surface when their apparent weight pointed up and vice versa. By adjusting the apparent weight and the strength of the magnetic field we observed systematic variations in the surface trapping probability.

Mechanical Model of Surface Trapping

The above observations led us to a mechanical model (see Fig. 4) that quantitatively captures the trapping phenomena. We started with the idea that a paramecium that swims into a surface must experience a torque in order to turn around and swim away. We identified four forces acting on a paramecium swimming into a wall that might exert a torque as well as the magnetic torque that causes paramecia to align with an external magnetic field. Since paramecia swim at low Reynolds number, all of the forces and torques acting on it sum to zero. The torque driving the paramecium to turn about its center of mass comes from the normal force, N , in the absence of a magnetic field. Normally, that torque must be sufficient for the paramecium to turn. Turning on the apparent weight in the direction away from the surface, reduces the normal force through the force balance equation and causes it to go to zero at a critical angle. This critical angle is the canting angle. If a magnetic field is also applied then the magnetic torque makes the canting angle even smaller.

⁸ Ilyong Jung, Karine Guevorkian, and James M. Valles, Trapping of Swimming Microorganisms at Lower Surfaces by Increasing Buoyancy, Phys. Rev. Lett. 113, 2181019 (2014).



$$\cos \theta_c = \frac{\vec{w}(B) \cdot \hat{n}}{P - \frac{2}{\mu_0 L} \Delta \chi B^2}$$

Figure 4. Sketch of a Canted Paramecium. The arrows are the forces acting on the paramecium: P (propulsion), D (drag), N (surface normal force in direction, n) and w (apparent weight). A mechanical model attributes the canting angle θ_c to the balance of mechanical torques about the center of mass of the paramecia and the magnetic torque, which is proportional to the diamagnetic anisotropy of the paramecium, $\Delta\chi$.

Building on Foundations

My goal has been to convey how our group's magneto-science work on manipulating life with static magnetic fields was built on foundations laid by and discussions with members of the MSSJ and the extensive magneto-science community it nurtures. The example of swimming micro-organism trapping, which revealed new information about a biological system, falls within only a small sector of this field. I look forward to seeing magneto-science researchers' continuing impacts on ongoing and yet to be thought of applied and fundamental problems from across the sciences.

Acknowledgements

This work was supported by NSF Grant No. PHY0750360 and at the National High Magnetic Field Laboratory by NSF Grant No. DMR-0084173. This work was also supported by National Aeronautics and Space Administration Grant No. NAG3-2882.

磁気コロイド界面化学の展開

信州大理 尾関 寿美男

2002年に出版された『磁気科学』¹をその冒頭で、北沢宏一先生は“世界でも唯一のユニークな本”と評された。高い磁場の適用によって有為な効果が見えるとともに、強磁場からの外挿による低磁場効果が確証される。それによって、磁場という“贅沢な”条件制御を万人が利用できる安価な永久磁石の利用に展開できる。新磁気科学会の設立直後であったこの時期に、顧学は結晶成長メカニズムが磁場の応用によっていずれ変化を起こす予感を披瀝し、ファインマテリアル創造の道を思い描かれていた。

『磁気科学』の出版は、磁場の能力を引き出す試みの一端を収集して、“磁気科学の幕開け”を告げるものであった。1976年以前の化学反応への磁場効果は、谷本先生によれば、魑魅魍魎の住む世界であったということですが、ラジカルペラー反応への磁場効果が理解され、スピニン化学が確立された。その後、種々の磁気科学研究が行われ、黎明期を迎えるに至った。わたしも1988年の磁気吸着を皮切りに、コロイド・界面科学の分野に磁場を取り入れ、これまでにない応答性や特異な物性を見出すことを目指した。ソフトマターの多くは磁場に強く応答しないと考えられる反磁性体や常磁性体であるが、コロイドサイズの物質に対しては十分に磁場の効果を感知できることを実証し、コロイド界面系が磁気科学分野の有力な領域であることを示した。² ものづくりへの磁場の適用が配向制御を柱に展開された。磁場の優れた物質透過性を生かすには微小系（コロイド・界面系）は最適ではないが、磁場は配向効果以外の予想外の物性や構造に導く可能性がある。ミクロドメインの集合境界でのミスマッチや界面の特殊な電子状態は、微小距離のために大きなエネルギー勾配を生み、それらが増幅・消失する場合に予想外の物性や磁気現象が起こりうる。

新しい物質系への磁場効果、相変化と構造や現象・物性への磁場効果を磁気コロイド界面化学の観点から網羅的に手掛けた。コロイドレベルのキラリティー、磁気力による疑似微小重力下でのゆらぎ、電子や水素、炭化水素のトンネル効果・反応の磁場制御などの起こりそうもない現象や、既存理論では理解し難い水の磁気処理などのリスクの高い“テーマ”も扱った。理屈はないので、とにかく試して実験事実の積み重ねを拠り所として、再現性を確保した。わたしの中では相変わらず黎明期が続いている。

小さなエネルギーによるコロイド系の制御、現象自体がコロイド系を変化させる系、かかる場が引き起こすバタフライ効果やフラストレーション効果は面白い。磁場分布をナノからマクロまで階層的に、動的にデザインすることによる局所デザイン構造、磁気デザイン物質、デザイン磁場応答性物質をターゲットとする界面コロイド化学が想定される。永久磁石が生み出すクリーンかつ低コストの磁気エネルギーは物質創成に適応可能なクリーンかつ消費エネルギー零の夢の低コストエネルギーである。磁気科学が夢のある展開期を迎え、磁場の利用の道が開かれることを願って止まない。

参考文献

- 1) 尾関寿美男, 谷本能文, 山口益弘編著, 北沢宏一監修, “磁気科学”, アイピーシー, 2002.
- 2) 尾関寿美男, 日本化学会[編], “新しい局面を迎えた界面の分子科学”, 化学同人, 2011,
p.99.

研究奨励賞を受賞して

筑波大学大学院 数理物質科学研究科 江口直人

この度は、第 14 回日本磁気科学会年会において研究奨励賞を頂き、大変光栄に思います。ご指導して下さいました後藤先生をはじめ、審査委員会ならびに実行委員会の皆様にはこの場を借りて厚く御礼申し上げます。今回の受賞にあたり、記事の執筆の機会を頂きましたので、私の日本磁気科学会との思い出と、研究について振り返りたいと思います。

私が日本磁気科学会に初めて参加したのは東北大学金属材料研究所で開催された第 13 回日本磁気科学会年会でした。この時の発表テーマは、強磁場を用いて、液晶中で共役系ポリマーを配向させるという内容でした。普段は化学系や高分子系の学会に参加するが多く、初めて参加する学会でどのような質問がくるのか内心不安でしたが、様々な分野の先生方から、普段とは違う視点からの質問やコメント、アドバイスを頂き、非常に有意義なディスカッションとなり、その後の研究に活かすことができました。また、磁気をベースとした自分の専門外の幅広い分野の講演も聴くことができ、非常に刺激的で、様々な知識を吸収できました。第 13 回の日本磁気科学会における講演の中で、印象に残っているものがあります。それは、まだ強磁場の発生装置がほとんどなかった時代に、無冷媒超伝導マグネットを全国の研究機関に普及させ、磁気科学の研究を推し進めようと多くの先生方がご尽力されたというご講演です。その会場にいらした先生方も含め、多くの方がその計画に携わっていらっしゃったというお話を聴いて、とても感慨深く思ったことを思い出します。私たちが普段使わせて頂いている物質・材料研究機構の無冷媒超伝導マグネットもその内の一つかもしれません、そうでなくとも、そのような歴史があったからこそ強磁場を使った研究を行うことができているのだろうと思い、感銘を受けた記憶があります。科学は先人たちの知識と技術の上に成り立っているのだということを身近に感じた、非常に印象的な年会でした。

次に参加したのが、新潟県長岡市で開催された今回の第 14 回の年会で、発表テーマは、共役系ポリマーのラジカル（ спин）と光学活性との相関に関するものでした。今回の発表においても前回と同様、様々な角度からの質問や有意義なコメントを頂くことができ、自分の研究をより深めることができました。

第 13 回と第 14 回の日本磁気科学会年会への参加を通して、自分の研究についてより深く考えるきっかけとなっただけでなく、磁気科学に関する様々な分野の研究についても知ることができ、非常に勉強になりました。本発表の機会を下さった後藤先生に、改めて感謝申し上げます。また、これまでの研究でお世話になった先生方、後藤研の研究室メンバー、そして大学生活でお世話になった全ての方々にも心より感謝を申し上げます。

最後に私の今回の研究を評価して下さいました日本磁気科学会の先生方にお礼申し上げます。受賞を胸に秘め、誇りにするとともに名に恥じぬよう今まで以上に進んでいきたいと思います。

学生ポスター賞を受賞して

名古屋工業大学 工学研究科 清水虎太郎

この度は第14回日本磁気学会年会におきまして学生ポスター賞を頂き、大変光栄に思います。ご指導いただきました飯國良規先生、大谷肇先生、北川慎也先生、並びに審査委員の皆様に厚く御礼申し上げます。今回の受賞にあたり寄稿する機会を頂きましたので、これまでの研究生活で感じた事、及び今後の抱負について述べさせていただきたいと思います。

私は工学部で化学の基礎について学んだ後、現在の研究室でフリーフロー電磁泳動システムの開発に取り組んでいます。元々手先を動かす事が好きで工業大学に入学しましたが、母が医療従事者である事もあり、医療への関心が湧いてきました。そこで、血液の検査装置にも応用できる本研究に取り組みたいと考え、研究室を選択しました。研究を始めると、学部時代あまり触れる事のなかった電磁気学、微細加工技術、流体力学、流路設計など新しい事だらけで面食らいましたが、今ではそれもやりがいに感じております。

私がこれまで研究をする中で感じたことは、行き詰った時に一つの考えに固執せず多角的にとらえることで次のステップに繋がるという事です。今回の発表題目は「異極並列磁場を用いたフリーフロー電磁泳動法による多種粒子分離システムの開発」ですが、「異極並列磁場」が取り入れられたのも多角的な検討が為された結果です。本研究室ではマイクロチップと電磁泳動法を組み合わせて、液体中の微粒子をその物性に基づいて分離・回収する手法の開発を試みてきました。先行研究では電流を局所的に印加することで微粒子分離システムを構築しましたが、電流が流路内を複雑に流れる影響で試料の対流が発生して分離能が低下するというデメリットがありました。本研究に取り組み始めてしばらくは、流路デザインや電極部を検討してこの問題を解決しようと考えていました。しかし、検討を重ねても計測結果に改善は見られませんでした。そこで改めて分離モデルまで立ち返って検討した結果、磁場を異極並列に配置することで電流の流れを単純化することが出来、対流の解消につなげる事が出来ました。このような考え方は、研究に取り組む中で色々な分野の情報に触れる中で習得出来た事だと考えています。今回の学会では、分析化学系の学会では聞くことの出来ない領域の研究発表を聞き、また沢山の方々から貴重なアドバイスを頂いた事で、今後の自分の研究にとって大きなヒントを得る事が出来ました。

今後の抱負としては、現在のシステムを生体試料に使用した検討も積極的に行いたいと考えています。また、生体試料を使用する上で生物学・生化学的な知識も要求されるため並行して勉強し、より多角的に研究に取り組めるように精進しようと思います。

最後に、今回が私にとってはじめての受賞であり、喜びと共に研究活動へのモチベーションが一段と高まる契機となりました。このような機会を与えて下さった学会実行委員の皆様、参加者の皆様、及びご指導下さった先生方に深く感謝いたします。来年度の年会でもよろしくお願ひ致します。

学生ポスター賞受賞を記念して

長岡技術科学大学 技術科学イノベーション専攻 馬場翔子

この度は日本磁気学会の学生ポスター賞という栄誉ある賞をいただきまして、光栄に思っております。ご指導いただきました田中諭先生をはじめ、助言をいただきました先生方にお礼申し上げます。受賞にあたり、記事の執筆の機会をいただきましたので、学生生活のまとめと感じたこと、そして今後の抱負について綴らせていただきたいと思います。

私は学部3年生のときに田中先生の研究室に所属し、昨年度博士後期課程修了するまで7年間お世話になりました。国内外の学会やセミナーへの参加、その中の多くのディスカッション、海外留学、TAやRAでの指導など、たくさん経験を積むことができました。田中先生には感謝してもしきれません、ありがとうございました。

さて、磁場配向・磁気科学の分野について研究を始めたのは、修士1年の時です。はじめは分からぬことばかりでしたが、磁気科学は非常に興味深く、どんどん惹きつけられました。私が考える研究の醍醐味は、予測→実験→考察のサイクルの中で直面する新たな現象を見出すことです。私は今回、「回転磁場成形における粒子回転挙動の解析」というタイトルで発表をさせていただきました。既存の理論から高濃度スラリー中の粒子配向に及ぼすパラメーターを予測し、実験系にあてはめ、解釈を深めていきました。結果の興味深い点は、既存の理論の中には考慮されていない、スラリー中の固体濃度の粒子配向への影響が実験的に明らかになったことです。具体的には、固体濃度が薄いとき、理論から予測される配向時間より実験的に得られる時間が長くなる。固体濃度が高い時、理論予測時間と実験結果が同等になるというものです。このように予測しえない結果は大変興味深く、研究を進めるうえでの原動力になっていたなど、改めて感じています。

話は少し変わりますが、私は昨年度大学院博士後期課程を修了し、国内の企業で研究者として仕事を始めました。アカデミックの中で求められる研究と、企業での研究との大きな溝を感じ始めているところですが、大学院での研究活動で身に着けた、考え方やアプローチの仕方は適応できると思っており、日々奮闘しています。また、磁気科学の分野はまだ広がり続けていくことだろうと思います。社内発表では、多くの方々が興味を示してくださいました。私はこれから、磁気科学とは離れた生活になるとは思いますが、今後も少しでも関わり続けられたらと思っております。

最後になりますが、発表のみならず、レセプションの場などで、多くの方々とお話しできたことは、非常に楽しい思い出となっております。昨年度が初めての参加でしたが、アットホームな雰囲気の学会で、より深い議論を行えたことが印象的です。参加の機会を与えてくださった田中先生に深く感謝申し上げます。末筆ながら磁気科学の分野の益々のご発展をお祈り申し上げます。

2020年6月22日

日本磁気科学会 2019年 会計報告書

収入の部

予算額	¥4,413,750
-----	------------

会費	¥775,000		
正会員	¥5,000	95	¥475,000
学生会員	¥0	33	¥0
賛助会員	¥50,000	6	¥300,000

前年度繰越	¥3,638,750
-------	------------

2019年収入	¥775,000
---------	----------

支出の部	¥4,413,750
------	------------

年会補助金	¥400,000
印刷費・送料	¥200,000
研究会補助金	¥200,000
第24回研究会	¥100,000
第25回研究会	¥100,000
WEBサーバー	¥30,000
褒章費用	¥100,000
事務局経費	¥120,000
予備費	¥100,000
繰越金	¥3,263,750

2019年支出 ¥1,150,000

決算額	¥4,853,762
-----	------------

会費	¥1,215,000		
正会員	¥5,000	76	¥380,000
学生会員	¥0	23	¥0
賛助会員	¥50,000	6	¥300,000

会費(滞納分)	正会員	¥5,000	67	¥335,000
	賛助会員	¥50,000	4	¥200,000

雑費	¥12
----	-----

前年度繰越	¥3,638,750
-------	------------

2019年収入	¥1,215,012
---------	------------

決算額	¥4,853,762
-----	------------

年会補助金	¥49,697
印刷費	¥129,800
研究会補助金	¥121,000
第24回研究会	¥43,000
第25回研究会	¥78,000
WEBサーバー	¥5,500
褒章費用	¥33,616
盾・賞状	¥32,832
賞状筒	¥352
振込手数料	¥432

事務局経費	¥120,000
-------	----------

雑費	¥18,477
----	---------

繰越金	¥4,375,672
2019年支出	¥478,090

上記の通り会計報告をいたします。

財務 廣田 審之

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 山本 駿

2020 年 事業計画

事務局長 茂木 巍

本会会則 13 条に基づき、2019 年理事会、および 2019 年総会において、2020 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 15 回年会

中国・四国・九州支部の主催により鹿児島市で開催する。

2020 年 11 月 16 日から 18 日 鹿児島大学稲盛会館で開催を予定していた。

コロナ禍の状況悪化により、1 年延期して 2021 年 11 月に開催を予定している。

2. 第 26, 27 回研究会

分離・分析分科会の主催による研究会を予定する。オンライン開催を検討中である。

無機・金属分科会の主催による研究会を予定する。オンライン開催を検討中である。

3. 会誌発行

第 14 卷を発行する。

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。

今年の年会が開催できないため、これらはメール審議にて行う。

5. 学会表彰

第 10 回優秀学術賞および第 10 回功労賞に関して、規定および内規に従い選考を行い、学会ホームページにおいて受賞者を発表する。受賞講演は 2021 年の年会で行う。

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事
- (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、もしくは、会員資格を停止することができる。

- (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、本会の事務およ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ことができる。

- 2 顧問は隨時、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持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) 分科会会长(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 前項に限りなく、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长が統括する。
- 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 前項に限りなく、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する諸事項

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 前項に限りなく、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當と思う者を、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

2007/06/06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、学会発行のニュース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。

日本磁気科学会役員 (2019 ~ 2020)

役職	理事・監事(機関・職)
会長	安田秀幸 (京都大学工学研究科・教授)
副会長(分科会統括)	岩井一彦 (北海道大学工学研究科・教授)
副会長(事務局長)	茂木 巍 (東北大学金属材料研究所・助教)
支部長(北海道・東北)	淡路 智 (東北大金属材料研究所・教授)
支部長(関東)	後藤 博正 (筑波大数物系・准教授)
支部長(中部)	田中 諭 (長岡技術科学大学・准教授)
支部長(近畿)	諏訪 雅頼 (大阪大学理学研究科・助教)
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)	奥村 英之 (京都大学工学研究科・准教授)
分科会長(高分子・材料プロセス)	伊掛 浩輝 (日本大学理工学部・准教授)
分科会長(無機・金属)	鈴木 達 (物材機構・グループリーダー)
分科会長(有機・バイオ)	井原 一高 (神戸大農学研究科・准教授)
分科会長(分離・分析)	飯國 良規 (名古屋工業大学・助教)
分科会長(磁場発生)	渋谷和幸 (JASTEC、ソリューション推進部)
特定事項(国際会議)	安藤 努 (日本大学生産工学部・教授)
特定事項(国際会議)	浜崎亜富 (信州大学理学系・准教授)
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・教授)
特定事項(国際会議)	米村弘明 (崇城大学工学部・教授)
特定事項(产学連携)	杉山 敦史 (吉野電化工業 株式会社)
特定事項(产学連携)	玉川 克紀 (株式会社 玉川製作所)
特定事項(产学連携)	牛島 栄造 ((株)アイシンコスモス研究所)
事務局委員会(財務)	廣田 奨之 (物材機構・主幹研究員)
事務局委員会(広報)	三井 好古 (鹿児島大院理工・准教授)
事務局委員会(企画)	岩坂正和 (広島大学RNBS・教授)
監事	山本 熊 (横浜国立大学工学研究院・教授)
監事	藤原好恒 (広島大学理学研究科・准教授)

第 25 回日本磁気科学会 分科会研究会

「磁気で制御する -高分子応用への新展開-」

予稿集

2019 年 12 月 2 日 (月)

於： 日本大学理工学部駿河台キャンパス

主催：日本磁気科学会 高分子・材料プロセス分科会

共催：応用物理学会 磁気科学研究会

日本磁気学会 強磁場応用専門研究会

磁場により構造制御可能な高分子材料の開発

Development of polymer materials controlled the structure by magnetic field.

°原秀太(日本大学)
°Shuta hara (Nihon University)
E-mail: hara.shuta@nihon-u.ac.jp

Abstract:

In hybrid polymer, it is necessary to increase the concentration of the inorganic component in order to make maximum use of the properties of them. However, excessive addition of inorganic components significantly reduces functions of the polymer such as the flexibility, processability, shape memory characteristics. On the other hand, living organisms provide the hybrid materials, which formed a hierarchical structure of inorganic and organic components, superior to the above-mentioned artificial hybrid materials. For example, bone is an excellent material which has hardness and toughness, and the property is achieved by which layered collagen and apatite the nano level to the macro level. The purpose of this research is to develop a new hierarchical structure hybrid polymer composed by which inorganic nanoparticles are arranged in a micro-unit structure in a polymer matrix (Fig. 1). In this study, we focus on the strong magnetic field, which have been proven in titanium nanosheet orientation and polystyrene microbead placement, as a method for arranging and orienting inorganic nanoparticles in a polymer matrix. In this presentation, 1. polymer matrix, 2. Magnetic lithographic base and 3. magnetic nanoparticle, which are realize new hybrid materials, will be report on.

Keywords: high magnetic field, hybrid materials, hierarchical structure

1. はじめに

無機成分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。¹⁾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、硬さと韌性を両立させている。²⁾現在、これらの階層構造に着目した材料が開発されつつある。代表的なものとして、小山らが開発したスチールは、骨の階層構造をスチールに構築することで、疲労特性を飛躍的に向上させることに成功している。³⁾

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)。本研究では、ポリマーマトリックス中で無機ナノ粒子を配置および配向させる手法として、チタンナノシートの配向⁴⁾やポリスチレンマイクロビーズの配置⁵⁾に実績がある強磁場に着目している。具体的には、無機成分をナノ単位で分散させたポリマーを溶融させ、金型に流し込む。次に常磁性体もしくは強磁性体がリソグラフされた磁気リソグラフ基盤と強磁場を用いて無機ナノ粒子を配置する。それらを冷やし固めることで階層構造を有する新規ハイブリットポリマーを調整する。本発表では、これらの材料を実現するために必要な、1.ポリマーマトリックス、2.磁気リソグラフ基盤、3.磁気特性を有するナノ粒子に関する研究を報告する。



Fig.1 階層構造を有するハイブリットポリマーの作製方法

2-1.ポリマーマトリックスの概要

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韌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(Fig.2)。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%))・韌性(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(Poly chem. 10(35), 2019)。

2-2.磁気リソグラフィー基盤の開発

磁気マグネティックリソグラフィーは、超伝導マグネットのような強磁場に対し、磁気マスクをかけることによってその磁力線を制御し、磁性体を配置する手法である。本研究では磁力線を制御する方法として常磁性体である Ti^{3+} に着目している。 Ti^{3+} は反磁性体である Ti^{4+} に UV を照射することで容易に作成でき、フォトマスクと組み合わせることで反磁性体と常磁性体がリソグラフされた材料を作成することができる。ただし、 Ti^{3+} は酸素との反応性が極めて高く、大気中で保存できないという課題があった。そこで、本研究では、酸素透過性の低いポリカーボネートを探査し、チタニアとハイブリット化することで、大気中で Ti^{3+} を保存する手法を開発した。本発表では、このハイブリット材料の酸素透過性と、 Ti^{3+} の磁気特性について報告する。

2-3 磁気ナノ粒子の開発

近年、コア/シェル構造を持つ単分散磁性ナノ粒子は、磁性流体、回収可能な触媒、生物学的分析などの幅広い用途に期待されている。ただし、その合成方法には、溶媒置換、保護剤の交換、遠心分離などの多数のプロセスが必要である。単分散コアシェルナノ粒子を合成するためのシンプルで迅速な方法により、さらなる応用を加速することができる。この研究では、単分散性の高いコア (CoFe_2O_4) - シェル (Ag) ナノ粒子のシンプルかつ迅速なワンポット合成に成功した。合成されたナノ粒子は、Ag シェルによるプラズモン光吸収を示した。また、ナノ粒子の磁気特性には、室温での軟磁性挙動と 5 K での硬磁性挙動がありました。さらに、ナノ粒子は、ヘキサン中で 0.083 の低い多分散指数 (PDI) 値で高い単分散性を示した(Nanoscale Research Letters 13(1), 2018)。

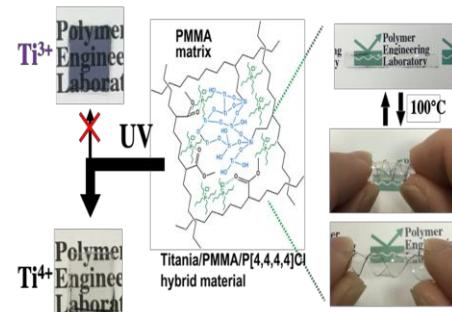


Fig.2 TBPC 含有ハイブリットポリマーの概要

(Poly chem. 10(35), 2019)。



Fig.3 チタニアハイブリットフィルムのフォトリソグラフィー

大気中で Ti^{3+} を保存する手法を開発した。

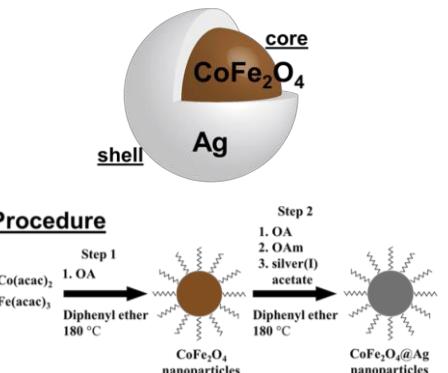


Fig.4 $\text{CoFe}_2\text{O}_4@\text{Ag}$ ナノ粒子の合成スキーム

参考文献

- [1] Nielsen, E. E., J.Appl. Polym. Sci., **10**, 97 (1966).
- [2] Ritchie, R. Nature Mater **10**, 817–822 (2011)
- [3] Motomichi Koyama et al. Science, **355** 6329, 1055-1057 (2017)
- [4] Mingjie Liu et al. Nature, **517**, 68–72 (2015)
- [5] T. Kimura, M. Yamato, and A. Nara. Langmuir, **20**, 572–574 (2004)

医療応用を指向した磁性ナノ微粒子含有スマートマテリアル Studies on Smart Materials with Magnetic Nanoparticles Aiming to Biomedical Applications

°青柳 隆夫（日本大学）

°Takao Aoyagi (Department of Materials and Applied Chemistry, Nihon University)

E-mail: aoyagi.takao@nihon-u.ac.jp

Abstract: Recent progresses of nanotechnologies relate to smart materials such as thermo-responsive polymers, especially, smart nanoparticles and nanofibers are focused for biomedical application. In our studies, smart nanoparticles systems were designed by the combination of magnetic nanoparticles and smart polymer, poly(N-isopropylacrylamide) (PIPAAm). The functional PIPAAm were used to modify the magnetic nanoparticle surface aiming to drug delivery system and the system was based on the inductive heating by external alternating magnetic field (AMF). Similar system was used to develop the novel chromatography in response to AMF. The smart nanofibers with magnetic nanoparticles were also studied for development of combination of thermal- and chemo-therapy for cancer treatment. From in vitro experiment, the combination was more effective to suppress the cancer cell proliferation than each single treatment.

Keywords; Smart Materials; Thermo-responsive Polymer; Magnetic Nanoparticles; Nanofibers

1. はじめに

スマートマテリアルとは、その内部あるいは外部の様々な刺激に応じて物理・化学的な性質を変化させる材料である。なかでも温度応答性高分子であるポリ(N-イソプロピルアクリルアミド)(PNIPAAm)は医療応用に向けた大変研究例が多い。PNIPAAm の相転移温度が人間の体温に近い 32°C であること、材料調製において IPAAm モノマー共重合反応がしやすいこと、原子移動ラジカル重合(ATRP) 法や可逆的付加開裂連鎖移動(RAFT) 重合法への適用が可能であることも大きなメリットであり、目的とする高分子構築がデザインしやすいことが大きな理由である。温度応答性のスマートマテリアル応用展開を図るために、単に温度変化のために溶液を温めたりするのではなく、別のモードでそれらを調整したり、增幅することによって更にその応用範囲を拡大することができる。本研究では、磁性微粒子のヒステリシス損失に基づく誘導加熱を利用した温度応答性ナノ磁性微粒子およびナノ磁性微粒子含有温度応答性ナノファイバーシートに関する研究を紹介する。

2. 反応性温度応答性高分子を用いたナノ磁性微粒子

温度応答性高分子を固体表面や微粒子に共有結合を介して固定化するには官能基の導入が必須である。官能基含有のモノマーとの単純な共重合を行うと、その化学構造の違いゆえに敏感な温度応答性が失われたり、駆動温度(下限臨界溶解温度、LCST) が大きく変化することが知られている。そこで、敏感さを失わせない反応性モノマーとして 2-carboxyisopropylacrylamide(CIPAAm) を設計した[1]。このモノマーにおいては、共重合反応性比が NIPAAm とほぼ同程度であり、得られた共重合体はランダムな配列を示す。また、カルボキシル基以外の官能基を持つ同構造のモノマーも合成しており、組成依存的な LCST を示すことも明らかにした[2]。

シランカップロイング剤の 3-aminopropyltrimethoxysilane を用いて Fe_3O_4 の表面にアミノ基を導入し、その後 IIPAAm-CIPAAm 共重合体を反応させた。Fig. 1 に TEM 像を示す。ほぼ均一の厚さのポリマーの極薄いゲル層が観察された。この温度応答性ポリマーで被覆された磁性ナノ粒子分散液を用いて、誘導加熱による相互作用に関する実験

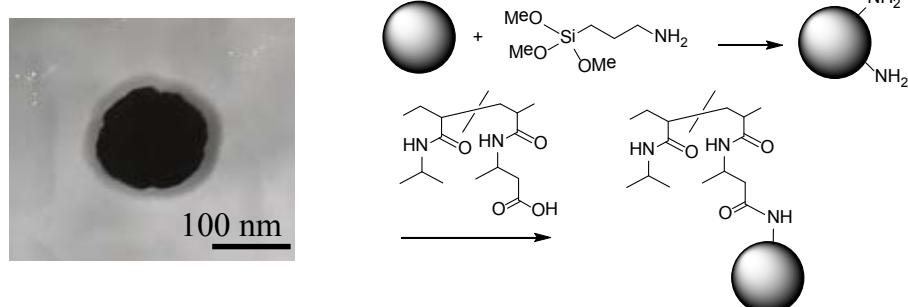


Figure 1. Preparation and TEM view of magnetic nanoparticles modified with thermo-responsive polymer

を行った[3]。具体的には、あらかじめオクタデシル基で表面が修飾されたシリカゲルを充填した注射筒（疎水性カラム）に用意し、この周りをテフロンで保護した銅製のパイプで作成したコイルで囲み、交流電流を流すことにより交流磁場を発生させた。パイプには冷水を循環させることにより温度を LCST 以下に保った。温度応答性ポリマーで被覆されたナノ磁性微粒子の冷水の分散液を疎水性カラムに流した時の交流磁場の ON-OFF による滞留性を評価した。交流磁場を印加しない場合は、ナノ微粒子は素通りし、疎水性のカラム充填剤表面とは相互作用することはなかった。一方、交流磁場を印加すると、流出液はほとんど透明であり、磁性粒子がトラップされていることが分かった。この状態で冷水を流すと、トラップされた微粒子が流出した。これは、交流磁場による誘導加熱によって磁性粒子自身が発熱し、この熱を粒子表面の温度応答性高分子がキャッチし、親水性から疎水性に変化することによって、疎水性カラム表面と相互作用したためである。今回用いた磁性ナノ粒子は 100nm 程度の大きさであり、常磁性である。このシステムをドラッグデリバリー・システムに適用すると、常磁性を利用して体外から患部に誘導し、更に交流磁場の印加による温熱療法、および高分子ゲル層への薬物担持による化学療法を同時に実現するターゲティング療法に適用できると考えられた。

磁性ナノ粒子への被覆に関しては、Layer-by-Layer 法も適用できることも報告した[4]。磁性ナノ微粒子をカチオン性ポリビニルアミン水溶液に入れて、高分子を表面吸着させた。洗浄後、このカチオン性を帯びた微粒子を先の研究で用いたアニオン性の IPAAm-CIPAAm 共重合体水溶液にいれ、静電相互作用により今度は IPAAm-CIPAAm 共重合体表面とした。この状態でアミノ基とカルボキシ基をカップリングさせ、化学結合を形成させた。この繰り返しを行うことにより、温度応答性の付与が可能であった。温度応答性高分子と磁性粒子の組み合わせによって交流磁場応答型のクロマトグラフィーへの応用の可能性も示した[5]。

3. 磁性ナノ微粒子を導入した温度応答性ナノファイバー

先に述べた磁性ナノ粒子の誘導加熱による方法をナノファイバーに適用した[6]。IPAAm と加熱のみで架橋反応が可能なヒドロキシメチルアクリルアミド (HMAAm) との共重合体を用い、これとナノ磁性微粒子を混合した溶液を用いて電界紡糸を行った。得られたナノファイバーシートの SEM 像を Fig.2 に示す。用いた磁性ナノ微粒子は 50nm 程度であり、SEM 像からはそれらが凝集塊を形成しながら纖維内に固定されていることが分かった。更に、水を入れた試験管内にこのナノファイバーシートを留置し交流磁場を適用すると、ナノファイバー中の磁性ナノ微粒子の含量依存的に水温の上昇が確認された。更に、サーモグラフでもシート自身の発熱が確認された。

電解紡糸の際に磁性ナノ微粒子と共に抗ガン剤ドキソルビシンを併せて用いて、ナノファイバーシートを調製し、このシートの培養した皮膚ガンのメラノーマ細胞に対する殺細胞活性を評価した。その結果、磁性ナノ微粒子単独（温熱療法のみ）よりもドキソルビシンも放出する（化学療法との併用）系が最も殺細胞活性を示した。このシステムは、例えはガンの外科的切除後の患部に留置し、再発防止などに適用できると考えられた。

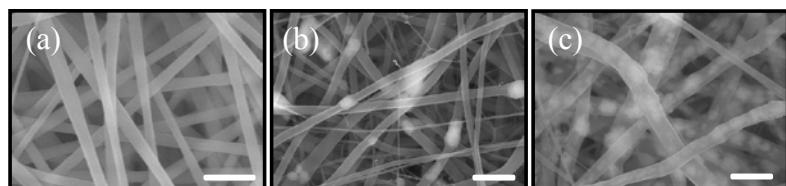


Figure 2 SEM view of nanofibers comprising IPAAm-HMAAm copolymer (a) without nanoparticles, (b) with 18wt% of nanoparticles, (c) with 31wt% of nanoparticles. Scaling bar is 1μm.

参考文献

- [1] T. Aoyagi, M. Ebara, K. Sakai, Y. Sakurai, T. Okano, J. Biomater. Sci., Polym. Ed., **11**, 101-110 (2000).
- [2] T. Maeda, T. Kanda, Y. Yonekura, K. Yamamoto, T. Aoyagi, Biomacromolecules, **7**, 545-549(2006).など
- [3] H. Wakamatsu, K. Yamamoto, A. Nakao, T. Aoyagi, J. Magn. Magn. Mater., **302**, 327-333(2006).
- [4] K. Yamamoto, D. Matsukuma, K. Nanasetani, T. Aoyagi, Appl. Surf. Sci., **255**, 384-387 (2008).
- [5] H. Yagi, K. Yamamoto, T. Aoyagi, J. Chromato. B, **876**, 97-102 (2008).
- [6] Y.-J. Kim, M. Ebara, T. Aoyagi, Adv. Funct. Mater., **23**, 5753-5761 (2013)

磁気分離 一磁石につかないものを磁石で分別する方法－ Magnetic separation -Methods to separate non-magnetic materials by magnets-

°池添泰弘、濱崎裕介、武捨秀紀、菅谷将之（日本工業大学）
°Yasuhiro Ikezoe, Yusuke Hamasaki, Hidenori Musha, Masayuki Sugaya
(Nippon Institute of Technology)
E-mail: y,ikezoe@nit.ac.jp

Abstract:

We have developed several magnetic separation methods to separate “non-magnetic” materials such as paramagnetic or diamagnetic materials, utilizing attractive or repulsive magnetic force. Since the magnetic force exerted on these non-magnetic materials is very small due to their small magnetic susceptibility, separation of these materials is almost impossible under normal condition. However, in our method, the magnetic force is remarkably enhanced by magneto-Archimedes effect, in which magnetic buoyancy force generated by the medium surrounding the materials is superposed to the original magnetic force. Thereby, magnetic separation of non-magnetic materials come to be realized. In this paper, the principle of magneto-Archimedes effect is introduced at first, and then some examples of magnetic separation of non-magnetic materials, such as, organic materials, glasses, polymers, and so on are presented.

Keywords: non-magnetic materials, magneto-Archimedes effect, magnetic levitation,

1. はじめに

「磁気分離」と言えば、鉄などの強磁性物質が磁石に強く引き付けられる現象を利用して、磁石に引き付けられない物質と分離することを想像するであろう。本稿では、そのような磁石に強く引き付けられる物質ではなく、むしろ、磁石に対してほとんど反応を示さないような非磁性物質を磁気的に分離する手法について紹介する。もちろん、非磁性と言っても、磁場中に置かれたすべての物質が何らかの形で磁場に反応を示す。例えば、常磁性物質はわずかに磁石に引かれ、反磁性物質はわずかに磁石から反発する。ただ、この引力や斥力が、物質のものに作用する重力と比較して数桁小さいことから、通常、そのような磁気力の存在を認識していない。我々は、このような弱い磁気力を増強させるような「磁気アルキメデス効果」を見出し、それを磁気分離に応用することを試みた。その結果、従来であれば分離するのが非常に困難だと思われる無機化合物の混合物、様々な色のついたガラス片、また PET ボトル材料の小片が混ざったものなどが、磁気力によって分離できることが分かった。

2. 磁気浮上技術

本稿で重要な技術の1つは磁気浮上技術である。磁気浮上とはその名の通り、磁気を利用して物体を浮かせる技術である。通常、磁場に反応する物質として知られているのは強磁性物質で、磁石に強く引き付けられる。実は、磁場による引力を用いて強磁性物体を浮上させるのは原理的に不可能であることが知られている（アーンショーの定理）[1]。なお、ここで定義する「浮上」とは、物体を持ち上げるのに十分な力を与えることのみを意味するのではなく、完全に非接触で物体を持ち上げて静止させる状態のことをいう。そのような状況を実現させるには、磁場に反発する力を利用しなければならないが、それを実現するのは反磁性物質のみである。私たちの身の回りは、水やプラスチックやガラスなど、反磁性物質で溢れかえっていると言ってよいが、これらの物質が磁場から反発力を受けている様子を目にすることはない。なぜなら、反磁性物質の磁化率が 10^{-5} 程度と非常に小さいからである。したがって、理論的には反磁性物質を磁場で浮かせることは知っていたものの、実験的に示されたのは意外と最近で、1991年のフランスの Beaugnon らの実験が最初である[2]。ここでは、世界最強レベルのハイブリッド型の超伝導磁石が用いられており、水を磁気浮上させるのに 27 T の超強磁場が利用された。容易に想像できるように、一般の研究者が利用できるような技術ではない。しかし、1998年に筆者らは「磁気アルキメデス効果」を利用した磁気浮上技術を提案した[3]。ここでは磁気的な浮力をを利用して、水のような反磁性物質に作用する磁場からの反発力を増強させることができるものである。例えば、酸素ガス用のような常磁性の媒体の中では、浮上の対象となる周囲の媒体が磁石に強く引かれるために、対象物である反磁性体は相対的に強く反磁性となっているように振る舞い、通常の超伝導磁石を使っても水を浮上させることができることを示した。

3. 磁気浮上による磁気分離

宇宙ステーション内の微小重力空間で物が浮いているように見える状態と磁気浮上状態とを比べると同等のものに見えるかもしれないが、実はこの2つの間には決定的な違いがある。宇宙ステーション内では、物体はポテンシャルエネルギーの極小値を持たないので安定位置が存在しない。一方、磁気浮上の場合は、3次元空間内で物体のポテンシャルエネルギーの極小値が形成されるところがあるので、浮上した物体はそこに留まろうとする。ポテンシャルが極小となる位置は、物体の密度と磁化率によって決められるので、異種物質を同時に磁気浮上させると、物質ごとに浮上位置が異なり、結果的にそれぞれの物質が空間的に分離される。Figure 1は、色のついたガラスを常磁性の塩化マンガン水溶液に入れ、磁場空間に挿入する前後の状態を示している[4]。磁場の無いところ(Fig. 1-(a))では、種々のガラス片が混じっていて、これを色ごとにわけるのは至難の業と言わざるを得ないが、磁場に入れると、瞬時に色ごとに別れて浮上する(Fig. 1-(b))。同様に、NaClとKClの粉末の混合物を磁場中に入れても一瞬で分離される。この2種物質についても、色、形状、水への溶解度等が非常に似ているので、通常の分離方法で分離するのは極めて困難である。

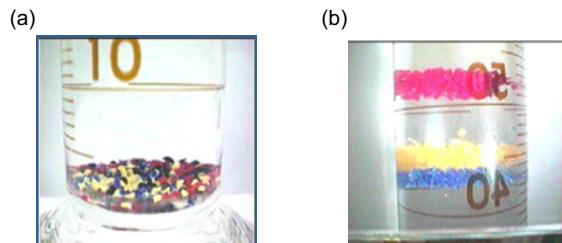


Figure 1. (a)Glass particles in an aqueous manganese chloride solution under zero magnetic field. (b) Magnetic separation of colored glass particles magnetically levitated in the aqueous solution placed in a superconducting magnet bore.

4. プラスチック材料の磁気分離

近年、マイクロプラスチックによる海洋汚染が懸念されており、その対策が急がれている。一方、プラスチック材料は、再利用材料としても注目されており、廃棄された後に材料ごとに分別・再精製され、それぞれ再生プラスチック材料として利用される。再利用が最も進んでいるのはPETボトルであるが、PETボトルは全体がPETで出来ているわけではなく、多くの場合、キャップはポリプロピレン(PP)、包装フィルムはポリスチレン(PS)、本体がポリエチレンテレフタート(PET)から成る。そこで我々は、それぞれの物質の密度と磁化率がわずかに異なることをを利用して、磁場によって分離することを試みた。実験では、1mm程度の大きさに刻まれた3つの材料の混合物(Fig. 2-(a))を120g/Lの塩化マンガンエタノール溶液中に入れ、同じ溶液で満たされた容器に流し込んだ。容器には、斜めにした2つの磁石で挟んだ厚みの薄い(3mm)流路部分があり、材料がその部分を通ると、磁石から反発力を受けて、磁石を避けるように通る物質と、そのまま通り過ぎる物質とに分かれる(Fig. 2-(b))。このような分離デバイスを2か所設置しておけば、3種類の物質を1種ずつに分けることが出来る(Fig. 2-(c))。

5. まとめと今後の展開

磁気アルキメデス効果を利用すると、反磁性物質に作用する弱い反発力を増強させることができ、それを利用して物質を分離することができる。Ahmet[5]らは、コロイド粒子を常磁性の水溶液中に分散させ、基板上に作製した強磁性物質(Ni)の微細パターン上に粒子を並べる技術を報告している[5]。我々は、最近、この技術を応用して物質の違いによる分離だけではなく、同じ物質でサイズごとに分離する新しいタイプの磁気分離技術の開発にも取り組んでいる。通常、物質の分離においては、溶解度の差や比重の差を利用したものが多いが、本研究で紹介したように「磁場」という新しいパラメーターを加えることで、新たな分離手法が開発されることが期待される。

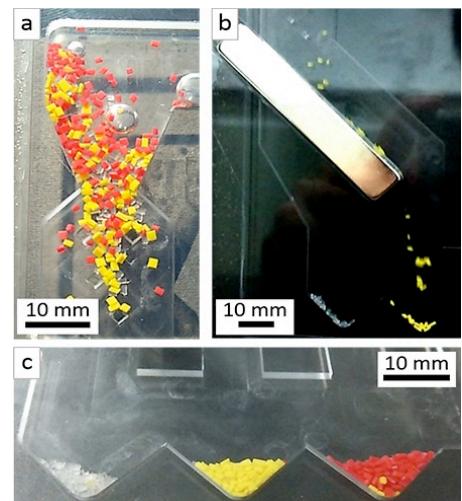


Figure 2.(a)Mixture of PET(white), PS(Yellow), PP(Red) small pieces. (b)Magnet used to separate plastic pieces. (c) Magnetic separation of plastic particles.

参考文献

- [1] S. Earnshaw, *Trans. Camb. Phil. Soc.* 7 97–112 (1842).
- [2] E. Beaugnon and R. Tournier, *Nature*, **349**, 470 (1991).
- [3] Y. Ikezoe *et al.*, *Nature*, **393**, 749–750 (1998)
- [4] Y. Ikezoe, *et al.*, *Energ. Convers. Manage.* 417–425 (2001)
- [5] Ahmet F. Demirörs, *et al.*, *Nature* **503**, 99–103 (2013)

結晶性高分子の過冷却状態の理解と磁場による高分子の配向制御

Magnetic alignment of polymeric materials based on understanding of super cooled state of crystalline polymer

°山登正文（首都大学東京）
°Masafumi Yamato (Tokyo Metropolitan University)
E-mail: yamato-masafumi@tmu.ac.jp

Abstract:

The physical properties of polymer materials such as polyethylene terephthalate highly depend on the molecular chain orientation. Usually, the orientation control of polymer chains is achieved by external fields such as shearing and stretching. Magnetic alignment is also the method of orientation control of anisotropic structure such as crystalline and liquid crystal materials. The advantage of the magnetic alignment method compared to other methods is to allow orientation in any direction regardless of shape. However, it is generally difficult to control the magnetic alignment of crystalline polymers. This is because the understanding of the magnetic alignment mechanism during crystal growth is insufficient. We clarified the existence of residual structure of crystalline in super cooled state of crystalline polymer by *in-situ* measurement. We elucidate the thermal history necessary for magnetic alignment of crystalline polymers and provide an easier orientation method.

Keywords: magnetic alignment, *in-situ* measurement, crystalline polymer

1. はじめに

固体高分子材料は結晶性高分子であっても結晶と非結晶の混合物である。加えて低分子の結晶とは異なり、結晶性高分子の融点はその材料が受けた熱履歴に依存し、結晶部分であっても熱力学的に安定相とは言えない。これは、高分子材料は長い直鎖を有することが特徴であり、長い直鎖は無限ともいえるコンフォメーションの組み合わせから非常に多様な高次構造を形成することができるためである。高分子材料の物性制御はこの高次構造制御に他ならない。高分子材料の高次構造制御は熱履歴に加えて、せん断や延伸等の外場も利用される。反磁性物質である高分子材料は結晶や液晶状態では異方性を有するため、磁場配向が可能である。しかしながら、通常の成型プロセスのような溶融状態から固化する場合には、磁場配向は構造形成過程で生じるため、何が、いつ、どの程度配向するのか理解することはなかなか難しい。本講演では結晶性高分子の過冷却状態の理解の下、結晶性高分子の溶融結晶化時の磁場配向について紹介する。

2. 結晶性高分子の磁場配向

今までに多くの結晶性高分子の磁場配向が報告されている。ポリエチレンナフタレート[1]、アイソタクチックポリスチレン[2]、ポリエチレンテレフタレート[3]等の芳香族高分子に加えて、アイソタクチックポリプロピレン[4]やポリエチレン[5]等の脂肪族高分子でも溶融結晶化プロセスで磁場配向が確認されており、結晶性高分子の磁場配向は普遍的な現象である。

磁場内溶融結晶化で得られた試料の配向は磁場強度のみならず、溶融温度、溶融時間や結晶化温度などの熱履歴に大きく依存することが知られている。また、熱履歴の影響は高分子の種類により大きく異なり、配向可能な条件が広いものから非常に限られた条件でのみ配向が達成されるものなど存在し、結晶性高分子の配向プロセスへの応用が制限されている。結晶性高分子の磁場配向の実用化への可能性を広げるためには、結晶化と磁場内での配向のメカニズムの理解が必要不可欠である。

3. 結晶性高分子の融点以上平衡融点未満の状態

結晶性高分子の融点 T_m は次式で説明される。

$$T_m = T_m^0 \left(1 - 2\sigma / l\Delta H_m\right) \quad (1)$$

ここで T_m^0 は平衡融点、 σ は折り畳み面の表面自由エネルギー、 l はラメラ厚み、 ΔH_m は融解エンタルピーである。ラメラ厚みが薄くなると融点は低下する。数 10 度程度の低下は珍しくない。つまり、通常観察される融点以上平衡融点未満の状態は熱力学的には過冷却液体であり、結晶相が本来安定な温

度である。このような状態では融解前に存在した結晶の溶け残りのような構造の存在が示唆されている。溶け残り構造は結晶核として振る舞い、核密度増加に加えて冷却時の結晶成長を加速する。また、融液中に溶け残り構造が浮遊している場合に、溶け残り構造が異方性を有し、かつ十分な体積を有すれば磁場による配向が可能であると期待される。

4. 磁場配向のその場観察

我々は磁場配向のその場観察手法として複屈折測定や偏光赤外分光法を用いて検討を行った。スプリット型超伝導磁石を利用して偏光赤外分光測定装置の概略図をFig.1に示す[6]。複屈折装置も基本的な構成は変わらないが、検出器が小型のため磁石のボア内に装置が収まるため汎用性は高い。Fig.2には複屈折装置や偏光赤外分光装置の測定結果から求められたアイソタクチックポリスチレン(iPS)とポリエチレンテレフタレート(PET)について、熱処理時の構造変化の概略図と磁場配向可能領域を示した。iPSは溶融状態では配向しなかったがPETは溶融状態でも配向していることが示唆されている。さらに結晶化初期で配向は完了していることが確認された。

5. フィラーの磁場配向の利用

これらの知見をもとに、より容易に磁場配向させるためには配向する核剤やフィラーを予め材料内に混合させ、溶融時に配向させたのち固化させればよいと考えられた。我々は各種造核剤や形状異方性を有するフィラーの添加により高分子材料の磁場配向は容易に達成できることを確認している。一例としてFig.3には造核剤を含むポリエチレンのWAXD測定で得られた方位角強度分布を示している。このPEは造核剤を含まない場合には磁場配向を示さなかったが、Fig.3から分かるように造核剤を添加されたPEは異方性を示し、PEのb軸が磁場と平行に配向していることを示している。さらにこれらの結果を詳細に検討することで造核剤と高分子の相互作用についても検討可能である。

参考文献

- [1] H. Sata, T. Kimura, S. Ogawa, M. Yamato, and E. Ito: *Polymer*, **37**, 1879-1882 (1996).
- [2] H. Ezure, T. Kimura, S. Ogawa, and E. Ito: *Polymer*, **30**, 3600-3605 (1997).
- [3] T. Kimura, T. Kawai, Y. Sakamoto: *Polymer*, **41**, 809-812 (2000).
- [4] T. Kawai, T. Kimura: *Polymer*, **41**, 155-159 (2000).
- [5] N. Naga, G. Ishikawa, K. Noguchi, K. Takahashi, K. Watanabe, and M. Yamato: *Polymer*, **54**, 784-790 (2013)
- [6] M. Yamato and T. Kimura: *Sci. Technol. Adv. Mater.*, **7**, 337-341 (2006).

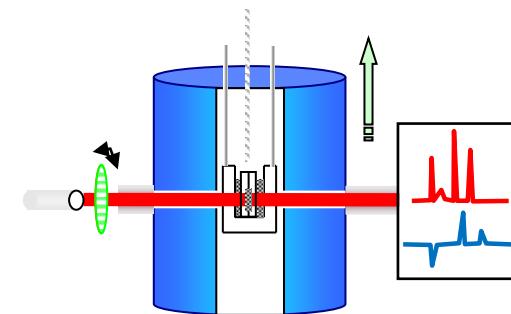


Fig.1 Schematic drawing of *in-situ* FT-IR measurement under a magnetic field.

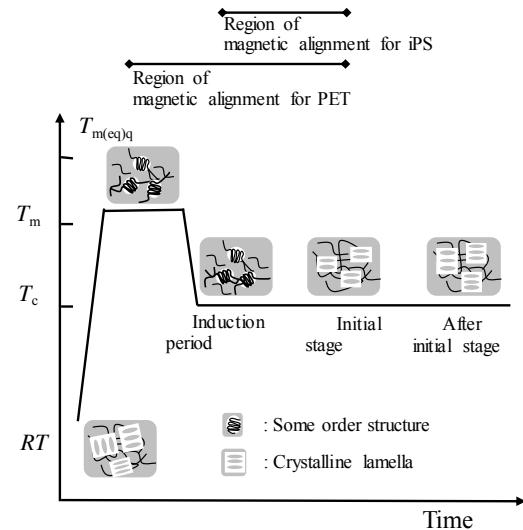


Fig.2 Schematic drawing of structure change of crystalline polymer during melt crystallization.

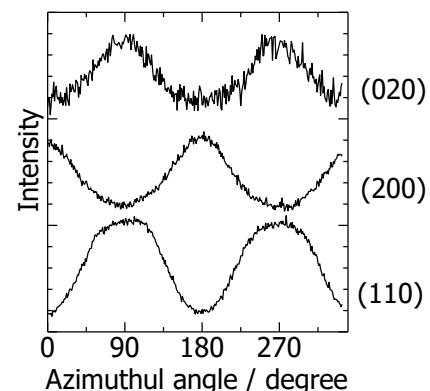


Fig.3 Azimuthal intensity distribution of several diffraction plane observed by WAXD measurement of magnetically aligned polyethylene containing nuclear agent.