

目 次

巻頭言	1
活動報告	
第8回磁気科学会研究会報告	2
第5回磁気科学会年会報告	4
第6回磁気科学会年会報告	5
磁気学会との連携報告	7
国際会議報告	
Asian EPM Workshop	9
Pacifichem 2010	10
PAMIR2011 & GAMAS Summer School	12
MT-22	13
開催案内	
MAP5	14
会計報告	15
事業計画	15
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
役員	29
第9回磁気科学会研究会講演予稿集	31
第10回磁気科学会／東北大学金属材料研究所強磁場センター合同研究会講演予稿集...	41

巻頭言

会長 木村恒久

今年は3月11日の大震災で、東北地方を中心に甚大な被害を被りました。その影響は未だ収まらず、日本中が困難を克服すべく模索している状態です。この場を借りしてお亡くなりになられた方々に心よりお悔みを申し上げますとともに、本会会員の所属する諸機関でも大きな被害を受けたところもあります、一日も早い復旧を祈ります。

そのような中、去る9月26日から28日まで第6回の年会在東京で開催されました。ご存じのように年会は5つの支部の持ち回りで主催されています。関東、近畿、北海道・東北、中部、中国・四国・九州と回り、今回の第6回で2巡目に入ったわけです。つくばで行われた第1回の年会在遠い昔のことに感じられ、感慨もひとしおです。おかげさまで会員数も正会員123名、学生会員108名、賛助会員7社という規模になりました。ここまでになりましたのは、会員諸氏の磁気科学に対する熱い思いの賜物であり、改めて会員の皆様に御礼申し上げます。

とは申しましても、本学会はまだまだ弱小団体であります。磁気科学の研究は、ガンの研究とか超伝導の研究といった目的が明確な研究に比べますと、恐らく外側から見ている方たちからは、何か茫漠としたイメージを持たれているのではないのでしょうか。これは、反磁性物質一般を相手とする磁気科学の特質としてやむを得ない側面かもしれません。しかし対象とする物質、現象が広範に渡るので、逆にまだまだ隠れた鉱脈があるに違いありません。若い方々には夢を抱いて金鉱探しをして頂き、磁気科学の発展に貢献して頂きたいと思えます。

これまで本学会では、学生ポスター賞・研究奨励賞を設けてまいりましたが、今年からは北澤宏一先生のご寄付により、優秀学術賞と功労賞をスタート致しました。優秀学術賞は学会賞に当たるものと考えて頂いてよいかと思えます。今後各分野での素晴らしい研究が表彰され、学会の活性化につながることを願います。

これからの学会の進む方向の一つとして、国際化が挙げられると思えます。現在、磁場に関係する国際学会はいくつか動いていますが、磁気科学に近い流れとしては、ICMS (International Conference on Magneto-Science)と、MAP (International Workshop on Materials Analysis and Processing in Magnetic Fields)があり、本会も深く関与しています。これらをベースとして、世界を舞台とする連携事業を推進する新たな活動を展開する時期にさしかかっているように思えます。

磁気科学の益々の発展を願い、会員諸氏のご健闘を期待致します。

第 8 回研究会 分離・分析分科会 会議報告

大阪大学 西嶋 茂宏

分離・分析分科会では、強磁場を用いた分離・分析・医療応用をテーマに、2010 年 8 月 2 日(月)13 時より 18 時まで、大阪大学大学院工学研究科 環境・エネルギー工学専攻 A1 棟 5 階 セミナー室 で研究会を実施した。以下にプログラムを示す。

プログラム

13:00-13:05 開会挨拶

13:05-14:40 磁場を利用する新しいマイクロ分析法の開発 渡會 仁 (阪大)

14:40-16:15 磁性ナノ粒子のバイオ医療分野での活用 前之園信也 (北陸先端大)

16:25-18:00 交流磁場による局所加熱 ～磁気ハイパーサーミアの実現に向けて～
中川貴 (阪大)

まず、大阪大学の渡會仁氏から「磁場を利用する新しいマイクロ分析法の開発」と題した講演があった。磁氣的性質に起因して物質に作用する磁気力や、静電力、電磁力など微小作用力を組み合わせたミクロレベルの分離・分析手法の開発について紹介された。磁場や電場を印加した環境で、微粒子の挙動を顕微的に観測することで、化学的な結合力の評価や、伝導度、誘電率、屈折率、磁化率、質量などの各種物性を計測することができる。講演では、赤血球やラウリル酸の磁化率決定や、磁化率計測を利用した 2 相系の界面に存在する物質量の定量、磁氣的性質が既知の物質の質量分析などについてその詳細が示された。また、物質分離の方法として、流れの中で磁気力により同一物質の粒子がトラップされる力が体積に依存することを利用して分級を行なう方法や、平板と凸面の間にできたスペースが場所によってサイズが異なることを利用して、蒸発や電気泳動により粒子をそれぞれの径に対応する位置でトラップすることで物質の種類によらず分級する手法などが紹介された。この他にも、一端を容器壁面等に固定した特定の分子に粒子を結合させ、粒子にローレンツ力を作用させることを通して分子に力を与え、シストランスのコンフォメーションを制御したり、結合力を計測したりする応用例についても述べられた。数多くの分離・分析手法が紹介されたが、微小作用力の組み合わせと利用の方法次第では、まだまだ多くの応用が期待されるという。

続いて、北陸先端大学の前之園信也氏が、「磁性ナノ粒子のバイオ医療分野での活用」の講演を行った。これまで酸化鉄微粒子を用いて研究開発が進められてきた磁気医療技術(磁気分離、磁気免疫診断、MRI 造影剤、磁気温熱療法、ドラッグデリバリーシステムなど)であるが、より優れた磁気特性を有する磁性ナノ粒子を活用することで、磁気医療に大幅な進展をもたらす可能性がある。近年、粒径 10nm 以下の単分散な合金系磁性ナノ粒子を容易に化学合成することができるようになった。

化学合成で得られる合金系磁性ナノ粒子の結晶構造は面心立方 (fcc) 構造で超常磁性体

であるため、医療分野での活用には大きな期待が持てるとの事である。講演では、まず、FePt ナノ粒子の合成と親水化について紹介された。生体への応用を考えると、粒子表面が親水性である必要があるが、適切な表面修飾を行うことでこれに成功した。また、具体的な応用として MRI 造影剤、細胞内での超伝導磁気分離、磁気温熱療法への可能性が言及された。さらに、磁性ナノ粒子を医療応用するにあたっては安全性の評価が必須であるため、合金系磁性ナノ粒子の生体安全性について検討している。特に FePt ナノ粒子について遺伝毒性の評価を Ames 試験にて行なった結果が報告された。2-aminoethanethiol (AET)でおおわれる FePt ナノ粒子の遺伝子毒性は認められなかったが、*in vitro* の染色体異常テストテストでは偽陽性であった。磁性ナノ粒子の毒性についてはまだ不明な点が多く、さらに詳細な検討が必要であるという。

最後に、阪大の中川貴氏は、「交流磁場による局所加熱～磁気ハイパーサーミアの実現に向けて～」と題し、がん部位だけを高周波磁場で加熱することで死滅させる「磁気ハイパーサーミア」療法資する磁性物質を中心とした発熱体開発や磁場発生用コイル開発に関する講演を行った。磁気ハイパーサーミアの原理、これに用いる高周波磁場と磁性体の発熱原理について説明がなされたハイパーサーミア療法は加温によるがん細胞の死滅を利用した治療法であるが、正常細胞も同時に加温されると正常組織の死滅も伴う、といった弊害が存在する。一方で、がん部位は未発達血管が多く熱が蓄積しやすいため、がん部位だけに発熱体を埋め込むことができれば周りの正常細胞を死滅させることなくがん部位だけを死滅させられる画期的な治療法となるという。また、この発熱現象を数十 Oe・数十～数百 kHz の実現可能な高周波磁場領域で実現し、且つ発熱の温度を制御することが磁気ハイパーサーミアの科された課題となっているとの事である。また発熱体の開発に関しては、大まかに 4 つの材料に着目している。①超常磁性ナノ粒子にしたマグネタイト、②金属的性質を有する強磁性物質である鉄、③生体親和性を有する金属であるチタン、④自己温度制御系発熱体としてのマンガン酸化物、である。高周波磁場による発熱は導電性物質における渦電流損失と強磁性物質におけるヒステリシス損失もしくは Neel 緩和による損失で起こる。それぞれの得失に触れた。特に、④では、キュリー点を 42℃程度にもつ物質を選択すると、キュリー点よりも高温になると強磁性に由来する損失が消失し発熱しない発熱体となる。銅で一部固溶したペロブスカイト系マンガン酸化物はこの温度領域にキュリー点をもつことを見出し、実際の発熱特性も予測どおりとなったとのことである。

第5回日本磁気科学会年会 開催報告

実行委員長（九州大学） 米村 弘明

標記本学会年会が平成22年10月22日～23日に九州大学西新プラザで主催：日本磁気科学会、共催：日本学術振興会アジア研究拠点事業「材料電磁プロセッシングの世界拠点の構築」で開催されました。年会では昨年度実現できなかった（独）科学技術振興機構理事長の北澤宏一先生に特別講演をしていただきました。共催セッションの材料電磁プロセッシング世界拠点セミナーでは名古屋大学の岩井先生のお世話のもと、招待講演の Prof. Wang と Dr. Park をはじめとする8名の先生方の最近の成果について講演をしていただきました。

発表件数は、特別講演1件、口頭発表29件、ポスター発表42件、共催セッション（招待講演2件、口頭発表6件）、合計80件であり、また参加者数は128名と非常に盛会でありました。一般講演では、休憩時間がなくなるほど活発な議論ができ、また、ポスター発表ではポスター会場に人が溢れるばかりで実り多い年会になりました。

研究奨励賞は諏訪雅頼氏（大阪大学）と錦織理華氏（大阪大谷大学）、学生ポスター賞には津久井秀氏（京都大学）と馬場淳史氏（京都大学）が選ばれ、表彰式において、渡會学会長より賞状の贈呈が行われました。今後の学会での活躍を期待しています。

懇親会はハイアットレジデンシャルスイートホテル福岡で開催し、61名の参加者がありました。さらに、2次会では玄海の幸を楽しみながら、北澤先生を囲んで今後の日本磁気学会について大いに語り合いました。

実行委員会をはじめとする皆様のご協力がございまして、円活な年会の運営ができたと思います。書中にて深く感謝申し上げます。



2次会の写真



集合写真

第6回日本磁気科学会年会報告

第6回日本磁気科学会年会
実行委員長 岩坂正和

日本磁気科学会の第6回年会が2011年9月26日～28日、東京大学山上会館にて開催され、約134名の参加者を迎え、磁場の発生と利用に係る学理と技術の最新動向が紹介され、活発なディスカッションが行われました。

今回の年会では特別講演と致しまして東京大学大学院工学系研究科物理工学専攻 教授 十倉好紀先生に「固体電子集団の電気磁気科学」に関する話題提供を行って頂きました。

昨年までJSTの北澤理事長をはじめとする磁気科学の創成者の特別講演を頂いていましたが、本年は初めて磁気科学以外の分野でかつ、磁気科学に最も近接した固体電子物性の磁気を基軸とした最先端の話題を十倉好紀先生に提供頂きました。御講演は、拝聴側も1時間があつという間にすぎる感があり、十倉先生の熱いレクチャーに没頭していました。現在では電気と磁気に要素還元された電磁気学の分野を、再び固体物理の世界で再構築する内容は、特に若い聴衆の方々に非常に大きなインパクトを与えたといえます。今後数十年～1000年の時間スケールでの科学の進展のスケッチも紹介され、大変刺激的なご講演を頂きました。

今回は、3日間開催で1件の発表時間は質問込で20分と致しました。会場となった山上会館2階の大会議室のゆったりとした空間において、三四郎池の緑を横にながめつつ、聴取の方々は大変ゆったりとしてリラックスかつAt Homeな雰囲気での年会でした。ただ、ディスカッションの時間がじっくり取れただけに、緊迫したディスカッションも多く見られまして、口頭演題数は28件と例年並みでしたが、十分に堪能できる会議であったと思われまます。

ポスター発表は34件でしたが、どれも大変レベルが高く、ポスターセッションは満員御礼状態でしたが、2件の学生ポスター賞（小澤瞬君（横浜国立大学）と折橋広樹君（鹿児島大学））が選ばれました。研究奨励賞でも、難関をくぐり抜けた沼本修孝氏（京都大学）が「磁気力場中でのタンパク質結晶化」で賞を得ました。

本年会では、新しく2つの試みがなされました。ひとつは、賛助会員・広告展示を頂く企業の方々に企業研究開発紹介セッションのご案内を差し上げました。磁気科学に関連深い企業でありますジャパン スーパーコンダクタ テクノロジー（株）の広瀬 量一博士とポリマテック(株) R&Dセンターの下山 直之博士に最新の製品情報とこれま

での研究開発談などをご講演頂いた結果、聴衆の良い反応を得ることができました。

2番目の特徴は、褒章表彰委員会が立ち上げられ、新たな学会賞の新設が米竹・西嶋両副会長の御尽力で成し遂げられたことです。第1回目の優秀学術賞には、廣田 憲之博士（物質・材料研究機構）および小職・岩坂（千葉大学）の「磁場によるモーゼ効果の発見とその特性の解明」が選ばれました。功労賞には青柿良一教授（職業能力開発総合大学校 兼 物質・材料研究機構研究アドバイザー）が「磁気科学会の創立への貢献および学術的

貢献」を理由に選ばれました。

これらの学会賞の表彰にはJ S T理事長の北澤宏一先生がご来場下さいまして、スピーチも頂きました。本年の北澤宏一先生の訓示は、「なにをなすべきか」を真剣に考え、その意味を言語的に命名することから新たなイノベーションにつながる路を開拓するお話であり、懇親会でもこの話題のディスカッションが行われました。

今回の開催場所は都心の緑豊かなキャンパス内の歴史的な抒情漂う所となっていて、じっくりと磁気科学に浸って、その過去と未来を堪能する大変実りある機会であったと思われまます。

来年の関西支部での年会に向けて、3日間の年会終了後の参加者の足取りは既に磁気科学の未来へ向かっていた模様です。

日本磁気学会との連携についての報告

物質・材料研究機構 廣田 憲之

本会では、平成 20 年度から日本磁気学会(MSJ)との連携をスタートさせた。初年度には MSJ の第 32 回学術講演会において国際シンポジウムを共催し、本会の第 3 回年次大会において共催セッションを実施した。21 年度は MSJ 強磁場応用専門研究会と本会の物理化学分科会の共催で、8 月に草津温泉において水に関する研究会(本会第 5 回研究会)を実施した。3 年度目となる昨年は、8 月 2 日に大阪大学において開催された本会第 8 回研究会を共催(この研究会の内容については、本誌中にその報告記事が掲載されている)するとともに、MSJ 第 34 回学術講演会における国際シンポジウムの 1 つを本会メンバーによる講演で企画した。本国際シンポジウムの内容については、本稿の末尾に記載しておく。

なお、MSJ は年 6 回、学会主催の研究会を開催しており本会はそれらを協賛している。このため、本会会員は MSJ 研究会に正会員扱いで参加できる。また、強磁場応用専門研究会は年 5 回開催されており、こちらは参加無料で、会員でなくても参加を歓迎している。これらの研究会に興味をお持ちの方は、是非、積極的にこの連携を利用させていただきたい。詳しい情報は以下の URL で入手することができる。

<http://wwwsoc.nii.ac.jp/msj2/>

今後も、両学会の連携を通じ、知見を共有することで相乗効果が得られることを期待したい。

第34回日本磁気学会学術講演会 国際シンポジウム報告

シンポジウムS-4 「Electrochemical phenomena under high magnetic fields」

日時・場所：2010年9月6日 9:00～12:15・つくば国際会議場

参加者：30名

1. In-situ observation of electroless silver deposition process under high magnetic fields ○N. Hirota (NIMS)
2. Electrochemical potential of hydride electrode under high magnetic fields ○I. Yamamoto^{*}, S. Ozawa^{*}, C. Tanaka^{*}, Y. Yamaguchi^{*}, T. Takamasu^{**} (*Yokohama Nat. Univ., **NIMS)
3. Magnetic control of morphological, electrochemical, and photoelectrochemical properties of electrodes modified with donor-acceptor systems ○H. Yonemura (Kyushu Univ.)
4. Behavior of diffusion current on some magnetohydrodynamics electrodes ○A. Sugiyama^{*}, R. Morimoto^{**}, I. Mogi^{***}, T. Osaka^{*}, R. Aogaki^{****} (*Waseda Univ., **Saitama Pref. Okubo Water Fritration Plant, ***Tohoku Univ., ****Polytechnic Univ.)
5. Magnetochemical chirality ○I. Mogi (Tohoku Univ.)
6. Chiral structure of 3D nucleus in magnetochemical deposition ○R. Aogaki^{*}, R. Morimoto^{**}, A. Sugiyama^{***}, M. Asanuma^{****} (*Polytechnic Univ., **Saitama Pref. Okubo Water Fritration Plant, ***Waseda Univ., ****Yokohama Harbour Polytechnic College)

廣田(物材機構)は銀の無電解析出を強磁場下で行なった際に観測される析出形態への磁場影響のメカニズムについて、共焦点レーザー顕微鏡でその場観察することにより考察し、析出に際し銀樹に流れる電流に起因して樹枝に作用するローレンツ力によるものであることを示した。山本(横国大)は電極の平衡電位に対する強磁場効果について紹介した。エネルギー変換の観点から、これまで静磁気エネルギーから電気化学エネルギーへの直接変換は報告例がなかったが、強磁性金属水素化物で作製された電極の電位において顕著な磁場効果を見出した。電位の変化は熱力学的に予想される傾向と定性的に一致し、変化量も定量的に理論値と一致した。電気化学への磁場の応用をはかる上で大きな足がかりとなると考えられ、今後の発展が期待される。米村(九大)は磁場中での電気化学の研究として、スピノ化学を活用したドナー-アクセプター系(ポルフィリン-ビオローゲン連結化合物およびC₆₀誘導体-メチルフェノチアジンのナノクラスター)の修飾電極における光電気化学反応の磁場制御、及び、C₆₀誘導体-メチルフェノチアジンやファノチアジン-C₆₀連結化合物のナノクラスター修飾電極における形態、電気化学、光電気化学に及ぼす強磁場印加プロセスの効果について解説した。杉山(早大)は磁場中電気化学反応において、観測される均一磁場や不均一磁場に基づく種々の磁気対流について紹介した。種々の磁気対流は並列もしくは逐次的に起こり、それら対流間の干渉は電気化学反応に対する磁場影響の定量的扱いを妨げる。このために開発された特定の磁気対流のみを検知可能な電極である電磁流体力学電極(MHDE)やSPIN電極、円筒型MHD電極を紹介した。茂木(東北大)は、金属を磁場中で電解析出(磁気電析)させることによりキラルな界面が析出するという、磁気電気化学キラリティという新しい現象について報告した。銀や銅の磁気電析膜を電極に用い、グルコースやアミノ酸などのキラルな分子の電極酸化反応を調べたところ、L体とD体で酸化電流に差が認められた。このことは、磁気電析膜がキラルな界面を有し、グルコースなどの分子キラリティを認識していることを意味するという。磁場反転させて作製した磁気電析膜は反対のキラリティを示すことから、キラリティの起源はローレンツ力であり、マイクロMHD効果が重要な役割を果たしているものと考えられるという。青柿(能開大)は回転垂直磁場中での電析によって規則的な孔状析出と共にキラリティを持った0.1 μm程度の三次元結晶が生成する機構について報告し、イオン空孔による摩擦なし表面上で作り出される微小な渦流(マイクロMHD流れ)がキラリティをもち、この渦流によりキラルならせん転移が生じることで三次元結晶が作り出される過程が説明された。具体的な実験例と共に理論計算による結晶表面の様子が示された。

材料電磁プロセッシングに関する国際会議参加記

名古屋大学 岩井一彦

「Asian EPM Workshop」と「材料電磁プロセッシング夏の学校」とが韓国のチェジュ島にて2010年10月3-6日に共催されました。「材料電磁プロセッシング夏の学校」は、日本学術振興会アジア研究教育拠点事業の一環として、アジア地区で本分野の若手研究者を育成すること等が目的で、小職が日本側の取りまとめを仰せつかっていました。

開催場所はチェジュ島南部のリゾート地区ではなく市街地にあるホテルで、飛行場からはタクシーで10-20分程度の大変便利な場所でした。東アジアの日本、中国、韓国に加えて、ドイツの合計4カ国から114名の方が参加しました。その内訳は中国41名、韓国42名、日本29名、ドイツ2名です。本会会員の方も多く参加されていました。講演は合計で77件です。セッション名とそれぞれの件数は下記の通りです。

Invited Lecture:4件、Fundamentals and Numerical Simulation:14件、Solidification and Microstructure Control:14件、High Magnetic Field Applied to Materials Processing:18件、Magneto hydrodynamics and Flow Control:6件、Electromagnetic Stirring:9件、Induction heating& melting/ Electromagnetic Measurement and Equipment:12件。

凝固、誘導加熱・融解、電磁攪拌等の講演が多かったのは、鉄鋼が日本、韓国、中国の主要産業の一角をなしていることの表れだと思います。

日本からは和田先生がInvited Lectureとして、「High-Throughput protein Crystals Formation using High Magnetic Forces」に関してご講演されました。ドイツから参加されたProf. GerbethとProf. Eckertの2名は旧東ドイツのドレスデンにある研究所で金属製造プロセスへの電磁場応用の研究を行っています。ドイツはベルリンの壁崩壊後に、東西格差解消を目的として旧東側地域に積極的な投資を行っており、彼らの研究所には各種電磁場を発生可能な先進的な実験設備があります。お二人ともそれらを利用したMHDに関する優れた研究について講演をされました。

バンケットでは韓国の民族舞踊が披露され、参加者のほとんどが韓国の楽器を鳴らしつつ踊るなど大変アットホームな雰囲気でした。また、若い参加者同士で連れだって食事に出かけるなど、数日間の短い期間の間に皆さん打ち解けて仲良くなったようです。また、最終日にはチェジュ島の見学が行われました。2台のバスが用意され、一台は日本語の、もう一台は中国語の通訳による説明によりチェジュ島の文化や歴史について本会会員の方々も楽しんでいました。

最後になりましたが、本会議に参加された皆様、この場を借りて厚く御礼申し上げます。

Pacifichem 2010

Symposium “Novel Applications of Magnetic Fields in Analytical Chemistry” 報告

渡會 仁

2010年12月15日–20日の会期で2010環太平洋国際化学会議（International Chemical Congress of Pacific Basin Societies ; Pacifichem2010）が開催された。本会議は、1984年に第一回が開催され、その後ほぼ5年ごとにハワイのワイキキで開催され、今回が6回目となるものである。分析化学分野では初めてと思われる磁場応用の標記シンポジウムが下記の二日間に亘り開催された。口頭発表のタイトルと発表者は以下のとおりである。

12月17日（金）午後 口頭発表12件

Magnetic and electromagnetic separation, detection and imaging (Hitoshi Watarai); Simultaneous Measurement of natural and magnetic optical rotation under pulsed magnetic field (Masayori Suwa); Redox-magnetohydrodynamic microfluidics (Ingrid Fritsch); Magnetic field effects in electrochemical reactions (Gerd Mutschke); Magnetic field effect as a tool for identification of pathways of photoinduced reactions with radical pairs as transient intermediates in organized assemblies (Samita Basu); In-situ optical observation and numerical analysis of the behavior of feeble magnetic particles under high magnetic fields (Noriyuki Hirota); Magnetically induced modulations of light scattering in chromatophores of goldfish scale (Masanobu Kudo); Recognition of molecular chirality by magneto-electrodeposited metal films (Iwao Mogi); Magneto-lithography-patterning beyond flat and uniform surfaces (Ron Naaman); Magnetic response of aqueous systems and analytical aspects (Sumio Ozeki); A new method of high-resolution electron spin resonance using a microcantilever (Eiji Ohmichi)

12月18日（土）午前 口頭発表10件

Bio-ferrofluidics for lab-on-a-chip and rapid diagnostics applications (Hur Koser); Gold/Iron-oxide composite nanoparticles as new type of magnetic nanocarrier for in-vivo and in-vitro applications (Satoshi Seino); Electrophoretic analysis of biomolecules using magnetic particles (Fumihiko Kitagawa); Protein detection using functional magnetic nanoparticles in thin channels (C. Bor Fuh); High enrichment of lysosomes through endocytosis of dextran coated magnetic nanoparticles and novel magnetic separation (Chad Satori); Effects of magnetic processing on photoproperties due to organization and orientation of gold nanorods (Hiroaki Yonemura); Magnetic purification and separation of nanoparticles (Mary Elizabeth Williams); Pseudo single crystal method: a novel approach to diffraction study (Tsunehisa Kimura); X-ray single crystal analysis of a pseudo single crystal of protein microcrystalline powders (Fumiko Kimura); Identification of single grain material by observing magnetic ejection & rotation in a short microgravity achieved in an ordinary laboratory

(Chiaki Uyeda)

12日18日(土)午後 口頭発表11件

Nonlinear magnetic separation in a travelling wave (Benjamin Yellen); Studies of large gradient magnetic field's effects on protein crystallization in NWPU (Da-Chuan Yin); Single crystal analysis of a pseudo single crystal: ^{13}C Solid-state NMR measurement without magic angle spinning (Ryosuke Kusumi); DNA sequencing using magnetic tweezers (Michael Barrett); DNA migration under the magnetic field (Shun Ozawa); Dependence of DNA orientation on surface condition in the magnetic field (Akio Katsuki); MQCM/VSM – A new instrument for study of magnetic materials (Jiri Janata); Development of a new pulsed magnet system and dynamic behavior of lipid membranes (Atom Hamasaki); Phase transition under high magnetic field (Isao Yamamoto); Diamagnetic susceptibility change in solid-liquid phase transition of organic materials measured by a magnetic levitation technique (Kohki Takahashi); Effects of magnetic fields on freezing processes in aqueous solution (Masaya Onishi)

また、18日夜のポスターセッションにおいて、本シンポジウム関連では7件の発表があった。

Magnetic-field-responsive agarose-gel/carbon-fiber composite (Yusuke Umehara); Development of high gradient immunomagnetic separation system for the detection of *Flavobacterium psychrophilum* (Uni Ryumae); In situ measurement of magnetic alignment of crystalline polymers (Masafumi Yamato); Kinetic analysis of magnetic alignment of rod-like pseudo single crystal (Shu Tsukui); Magnetic processing for a novel paper-based piezo actuator (Chiaki Tsuboi); X-ray diffraction from magnetically aligned microcrystalline powder (Kenji Matsumoto); X-ray diffraction study of pseudo single crystal of cellobiose (Hiroko Matsumoto)

この内、Kenji Matsumoto 氏の発表に対し、日本分析化学会より Analytical Sciences ポスター賞が贈られた。17日の午後5時半から、Hilton Hawaiian Village の Bali steak & seafood において Symposium dinner が開かれ、懇親の機会が持たれた。また、日本化学会が企画制作したハイライト講演の冊子には、信州大学の尾関寿美男先生の磁気水の研究と京都大学の木村恒久先生の擬単結晶化法の研究が紹介された。本シンポジウムは、Ingrid Fritsch 教授 (U. of Arkansas)、C. B. Fuh 教授(National Chi Nan U.)、Benjamin Yellen 教授(Duke U.)とともに企画させていただいた。オーガナイザーを代表して、ご講演、ご参加いただいた皆様、並びにご協力をいただいた日本磁気科学会にお礼を申し上げる。

国際会議報告 PAMIR2011 & GAMAS Summer School

東北大金研 茂木 巖

The 8th International PAMIR Conference on Fundamental and Applied MHD が 2011 年 9 月 5-9 日、グルノーブルの Alemany 教授のお世話で、フランスのコルシカ島にて開催された。同時に、ヨーロッパの磁気科学に関するコミュニティである GAMAS 主催のサマースクールも行われた。参加者は約 200 名、フランス、ドイツ、ラトビアなどヨーロッパの研究者がほとんどで、アジアからは日本人約 10 名、中国人数名ほどであった。PAMIR 会議は 3 年毎に開催され、一度だけラトビアで行われたほかは、すべてフランス国内の小さな村の人里離れたホテルに泊まり込んで行われてきた。「研究者同志の親交を深めるには一緒に食事をするのが大切である」と主張する Alemany 教授の指導で、このスタイルが貫かれていると聞いた。

MHD の会議と言うと、とてもマニアックな会議のようにも聞こえるが、内容は電磁流体力学の基礎研究から、電磁プロセッシング、磁気電気化学、ダイナモ、磁性流体まで幅広い分野を網羅しており、材料科学や電磁プロセッシングの研究者が数多く参加していた。筆者が関心を持つ磁気電気化学に関しては、この会議が最も多くの研究者と触れ合う貴重な機会を提供してくれる。磁気電気化学は、日本ではごく少数のグループのみが研究している状況であるが、ヨーロッパでは、フランス、ドイツ、ポーランド、アイルランドなどで盛んに研究されており、磁気科学の他の分野とは明らかに異なる勢力図が形成されてしまった感がある。また今回の会議では、ポスドクや大学院生などの若い研究者が、活発に質問をしている姿が目についた。コルシカ島というリゾート地で、気取らない開放的な雰囲気で開催が行われていたことが一因であろう。これも PAMIR 会議の目指すスタイルなのかと感じた。

GAMAS サマースクールは、若手研究者を対象に、PAMIR 会議と並行して行われた。PAMIR 会議の参加者はサマースクールにも参加することができたので、プログラムを眺めて興味のある講演を聴くことができた。曜日ごとにテーマを決め、4 人の講師が講演を行うスタイルで、PAMIR 会議のテーマに沿った内容を、基礎的かつ総括的に話していたので、専門外の人にも分かり易いものであった。

コルシカ島はナポレオンの出身地として有名である。生誕の地は島の南西部の Ajaccio という町であるが、会議が行われたのは北東部の Borgo という小さな村である。広い敷地にコテージが連なるリゾートホテルで、目の前が砂浜という素晴らしいロケーションであった。水平線から上る朝陽で目覚め、会議の終わる夕方には海水浴を楽しむことができた。中日の午後には、コルシカ島北部の海岸線を巡るエクスカージョンが催された。筆者の乗ったバスは運悪く、走り始めて 30 分ほどで故障してしまい、しばらく待たされた後、代替りのバスで引き返すというハプニングに遭遇したため、残念ながら絶景を眺めることはできなかった。これで再び訪れる理由ができたと考えて満足することにした。

国際会議報告 MT-22

東北大金研 高橋弘紀

22nd International Conference on Magnet Technology (MT-22)が2011年9月12日から16日までフランスのマルセイユで開催された。この会議は、欧州、アメリカ、アジアの持ち回りで2年毎に開催され、永久磁石、パルスマグネット、超伝導マグネット、ハイブリッドマグネット、高温超伝導バルク磁石など、マグネット開発と関連材料、及びその応用に関するトピックスを扱った国際会議である。超伝導マグネットと一口に言っても、我々が普段実験室で使うマグネットの他に、加速器や核融合炉用のマグネットと多岐にわたる。今回の会議もITERのMitchell教授がchairを務めている。国際熱核融合実験炉ITERは、マルセイユから北東に約80kmのカダラッシュに建設されているため、会議のテクニカルツアーではITERの見学ツアーもあった（とはいってもまだまだ何もなく、建設予定地ツアーに近いものであった）。また、パルスマグネットも扱ってはいるが、どちらかという定常磁場が主という感じで、パルス磁場施設としてはRHMF（NL Vol. 4で山本先生が報告）に重点を置いている感じがする。

Closing remarksによると、今回の発表件数は口頭発表が約130件、ポスター発表が約600件で、625編の論文が投稿されたのであった。また、参加者は900人以上とのことで、国別の参加者は多い順に日本、中国、フランス、アメリカの順であった。特に最近では、中国からの参加者が増えてきているように感じられる。中国では武漢にパルス磁場施設が整備され、合肥に定常磁場施設の建設が進んでいるので、今後益々強磁場を使った研究が盛んになると予想される。

次回は2013年7月14日から18日の会期でアメリカのボストンで開催される予定である。



マルセイユの旧港

MAP5 (Grenoble-Autrans, France) 開催案内

物質・材料研究機構 廣田 憲之

The 5th International Workshop on Materials Analysis and Processing in Magnetic Fields (MAP5) が2012年5月13日から17日まで、フランス・グルノーブル近郊の美しい山村オートランで開催されます。本国際会議は、第1回が2004年に Tallahassee (FL, USA)で開催され、その後、2006年Grenoble (France)、2008年Tokyo (Japan) 、2010年Atlanta (GA, USA)と2年ごとに開催されているもので、同じく隔年で開催されているICMS(International Conference on Magneto-Science)と比較すると、より材料科学や物性物理寄りのトピックスが中心となります。

申し込み方法などの詳細は、本稿執筆段階ではまだ発表されていませんが、以下のウェブサイトで告知されることになっています。

<http://creta.grenoble.cnrs.fr>

毎回、日本から多くの方のご参加を頂いておりますが、磁気科学分野における日本のリーダーシップを示す意味でも、今回も多くの皆様の積極的なご参加をお願いします。

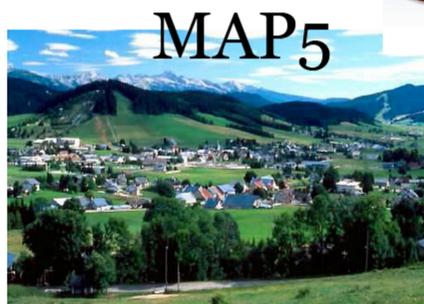


present

The 5th International Workshop on Materials Analysis and Processing in Magnetic Fields

Grenoble-Autrans, FRANCE

13 -17 May 2012



The workshop will focus on the magnetic field interactions involved in the study and processing of materials in all disciplines ranging from physics to chemistry and biology. Fundamental mechanisms, technical aspects and industrial applications will be discussed.



More information on the
CNRS/CRETA website:

<http://creta.grenoble.cnrs.fr> (MAP5)



平成 22 年度 会計報告

物質・材料研究機構 廣田 憲之

平成22年度の収入および支出は下記のとおりであることをご報告いたします。

日本磁気科学会 2010年度 会計報告

収入の部				決算額																
予算額				¥3,523,787				決算額				¥3,360,787								
会費				¥1,285,000				会費				¥1,122,000								
	正会員	¥5,000	100	¥500,000			正会員	¥5,000	85	¥425,000			学生会員	¥1,000	35	¥35,000				
	学生会員	¥1,000	35	¥35,000			学生会員	¥1,000	47	¥47,000			賛助会員	¥50,000	13	¥650,000				
	賛助会員	¥50,000	13	¥750,000			賛助会員	¥50,000	13	¥650,000			雑費				¥2,791			
前年度繰越				¥2,238,787				前年度繰越				¥2,238,787								
支出の部				決算額																
予算額				¥3,423,787				決算額				¥3,360,787								
年次大会補助金				¥400,000				年次大会補助金				¥176,667								
印刷費				¥200,000				印刷費				¥112,500								
研究会補助金				¥200,000				研究会補助金				¥99,910								
	第7回研究会	¥100,000		第7回研究会		¥70,330			第8回研究会	¥29,580			WEBサーバー				¥17,850			
	第8回研究会	¥100,000		第8回研究会		¥29,580			事務局業務委託費				¥369,126							
WEBサーバー				¥30,000				WEBサーバー				¥17,850								
事務局業務委託費				¥300,000				事務局業務委託費				¥369,126								
HP更新費用				¥100,000				HP更新費用				¥100,000								
予備費(研究会・年会補助費など)				¥100,000				雑費				¥4,635								
繰越金				¥2,193,787				繰越金				¥2,480,099								

上記の通り会計報告をいたします。

会計 山登正文 

適正に執行されていることを確認いたしました。

監事 谷本能文 

監事 青柳良一 

平成 24 年度事業計画

事務局長（大阪大学） 西嶋 茂宏

2012 年度の関連事業は以下の計画を立て、総会にて了承された。

- ・ 第 7 回年会（2012 年秋）の開催
- ・ 分科会による第 10 回以降の研究会の開催
- ・ 会誌「日本磁気科学会誌」第 6 号の発行
- ・ 褒章活動

まず、第 7 回年会（2012 年秋）の開催については、近畿支部が担当となった。現在のところ、当番校は決まっていないが、近畿圏の大学での開催となる予定である。第 10 回の研究会は別途報告があるが、磁場発生分科会が担当の予定である。会誌については、第 6 号の発行を予定している（当該会誌は 6 号である）。

褒章活動についても、今年度と同様、優秀学術賞および功労賞の授与を行う。なお、両賞とも会員からの推薦を募集するが、今年度は別途、各分科会委員長に推薦を依頼する事になった。また、従来の研究奨励賞と学生ポスター賞は、従来と同じ扱いであるが、優秀学術賞と功労賞が設立されたため、両賞を包括して研究奨励賞と名付け、その中に、従来の研究奨励賞と学生ポスター賞を設けることとした。

総会報告

日時：2011年9月27日（火） 17：25～18：05

場所：東京大学山上会館大会議室

報告事項

1. 活動報告

(1) 第5回日本磁気科学会年会

九州大学西新プラザ（福岡県福岡市）

日時：2010年10月22日（金）～10月23日（土）

(2) 第9回研究会

パルス磁場研究の新たな展開と磁気科学への応用

日時：2011年9月26日9：55～12：30

場所：東京大学山上会館・大会議室

(3) 第6回日本磁気科学会年会

開催：2011年9月26日（月）～9月28日（水）

場所：東京大学山上会館大会議室

(4) 2010年度日本磁気科学会理事会

第1回理事会（メール会議）：2011年2月23日

褒章の新設（優秀学術賞および功労賞）

第2回理事会（メール会議）：2011年6月30日

褒章委員会の設立と委員の選任

2. 会員動向（2011.0906現在）

全会員数 238名 正会員登録数 123名、学生会員登録数 108名、
賛助会員社数 7社

入退会数一（～2011.0906）

退会届数一正会員 4名、学生 14名、賛助会員 1社

新規会員数一正会員 8名、学生 21名、賛助会員 0社

3. 会誌「日本磁気科学会誌」第5号の発行。2011年10月

4. 褒章活動

優秀学術賞褒章委員会委員長 米竹副会長

受賞者：廣田 憲之 物質・材料研究機構

岩坂 正和 千葉大学大学院工学研究科

授賞理由：「磁場によるモーゼ効果の発見とその特性の解明」

功労賞褒章委員会委員長 西嶋事務局長

受賞者：青柿良一氏 職業能力開発総合大学校

兼 物質・材料研究機構研究アドバイザー

受領理由：磁気科学会の創立への貢献および学術的貢献

5. 今年度の関連事業：

- ・日本磁気学会第 175 回研究会「ナノ構造物質の電磁気学」 協賛
2010 年 12 月 17 日（金） 13:00～16:35 中央大学駿河台記念館 320 号室
- ・日本磁気学会第 176 回研究会/第 3 7 回ナノバイオ磁気工学専門研究会 協賛
2011 年 1 月 21 日（金） 13:00-16:40 中央大学駿河台記念館 320 号室
- ・シンポジウム定常強磁場科学における日本の展望 後援
主催：物質・材料研究機構強磁場共用ステーション 東北大学金属材料研究所
2010 年 11 月 29 日(月) 10:30-17:00 東京大学本郷キャンパス 山上会館
- ・日本磁気学会第 178 回研究会 「磁気の歴史と新展開」 協賛
2011 年 5 月 20 日（金） 13:00～17:00 中央大学駿河台記念館 670 号室

6. 次年度役員人事

7. その他

議案

1. 2012 年度事業計画

- ・第 7 回年会（2012 年秋）の開催について
- ・分科会による第 10 回以降の研究会
- ・会誌「日本磁気学会誌」第 6 号の発行
- ・褒章活動

2. 決算案・予算案

3. 第 8 回年会（2013 年秋）の開催について

4. その他

学術賞、功労賞の新設のお知らせ

北澤宏一先生より賞設立に関するご寄付のお申し出を頂きましたのを契機に、新たな賞を創設致しました。規定案および内規案を作成し理事会審議を経て理事会の承認を得ました。以下のとおり、賞の概要、応募方法、提出期限、選考方法をご案内致します。奮ってご応募下さい。

【対象】

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します。

若手奨励賞：従来の講演奨励賞・ポスター賞を改名したものとします。

功労賞：学会活動および磁気科学分野の普及に貢献した、あるいは当該野で顕著な業績をあげた研究者に授与します。

【賞と表彰】

優秀学術賞については、授賞件数は毎年原則1件以内（受賞者は1件につき複数名も可としますが、最大3名以内とします。）、功労賞は毎年原則1名とし、年会時に受賞講演と表彰式を行います。受賞者には賞状および記念品を贈呈します。功労賞受賞者には、フェローの称号を授与します。

【応募方法】

応募は本会会員の推薦により受け付けます。自薦、他薦は問いません。

応募に必要な書類は下記の 1)、2) で、各正1部、コピー5部を選考委員会へ提出してください。

1) 推薦書（本会書式による）

2) 代表的論文別刷、特許コピーおよびこれに準ずる技術資料、など各5編以内

【提出期限】各年毎に別途定めます。

【選考委員会】

委員長1名を含め5名で構成します。選考委員名は選考委員会終了後、本会ホームページで公表します。

【選考方法】

選考委員会で選考を行い、理事会の議決を経て正式決定致します。

提出先 [532-0011]大阪府大阪市淀川区西中島5-5-15 新大阪セントラルタワー8F (株)コネット内 日本磁気科学会学会事務局

問合せ先：日本磁気科学会事務局長 大阪大学 西嶋茂宏 TEL: 06-6879-7896

E-mail: nishijima@see.eng.osaka-u.ac.jp

日本磁気科学会 会則

2006/11/16総会決定

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内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内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 顧問の内は、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 会則の改廃および解散

第27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28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 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 学会表彰規定

(平成 23 年 5 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. 若手奨励賞 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 (若手奨励賞) 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) 授賞件数は毎年原則1件以内(受賞者は1件につき複数名も可とするが、最大3名以内)、功労賞は毎年原則1名とする。

第7条 (選考委員会) 受賞候補者選考のため、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 2011 年 5 月 30 日より実施する。

2011,2012 年 日本磁気科学会理事・監事

木村恒久（京大院農・教授）	会長
米竹孝一郎（山形大院理工・教授）	副会長（分科会統括）
西嶋茂宏（大阪大院工・教授）	副会長（事務局長）
渡辺和雄（東北大金研・教授）	支部長（北海道・東北） 分科会長（磁場発生）
中林誠一郎（埼玉大院理工・教授）	支部長（関東）
岩井一彦（名古屋大院工・准教授）	支部長（中部）
安田秀幸（大阪大院工・教授）	支部長（近畿）
米村弘明（九大院工・教授）	支部長（中国・四国・九州）
茂木 巖（東北大金研・助教）	分科会長（物理化学）
山本 勲（横国大院工・教授）	分科会長（高分子・材料プロセス）
植田千秋（大阪大院理・准教授）	分科会長（無機・金属）
岩坂正和（千葉大院工・准教授）	分科会長（有機・バイオ）
藤原好恒（広島大院理・准教授）	分科会長（分離・分析）
勝木明夫（信州大教育・准教授）	特定事項（国際会議）
清水健司（岩手大院工・教授）	特定事項（産学連携）
木村亨（ポリマテック）	特定事項（産学連携）
藤原昌夫（広島大院理・助教）	特定事項（国際会議）
武田真一（磁気制御技術研究会）	特定事項（産学連携）
広瀬量一（JASTEC）	特定事項（産学連携）
廣田憲之（物材機構・主任研究員）	事務局委員会（財務）
高橋弘紀（東北大金研・助教）	事務局委員会（広報）
櫻井智徳（京大生存研・特定准教授）	事務局委員会（企画）
青柿良一（能産大・教授）	監事
谷本能文（大阪大谷大・教授）	監事

MEMO

日本磁気科学会 無機金属分科会
研究会

「パルス磁場研究の新たな展開と
磁気科学への応用」
予稿集

2011年9月26日 9:50~12:30
於東京大学山上会館・大会議室

主催：日本磁気科学会 無機金属分科会

プログラム

9:50～9:55 : はじめに

9:55～10:30 : 「パルス強磁場開発の最前線- 非破壊 100T の実現に向けて」
金道浩一(東京大学)

10:30～11:05: 「パルス強磁場を用いた物性研究と将来計画」
萩原政幸、木田孝則 (大阪大学)、木村尚次郎 (東北大学)

11:05～11:25: 「パルス磁場を利用したファラデー回転観測とイメージング
への展開」
諏訪雅頼、以西健人、宮本佳代子、仲野祐輔、
渡會 仁 (大阪大学)

11:25～11:45: 「移動式パルスマグネットの開発と化学・生物系研究への
パルス強磁場の適用」
浜崎亜富、尾関寿美男 (信州大学)

11:45～12:20: 「パルス磁場を用いた新規磁性形状記憶合金の物性研究」
左近拓男 (秋田大学)、野尻浩之 (東北大学)、
鹿又武 (東北学院大学) 福田隆、掛下知行 (大阪大学)

12:20～12:30: 総合討論

パルス強磁場開発の最前線— 非破壊 100T の実現に向けて Frontier of Magnet Development for Non-destructive 100 T Fields

金道浩一（東京大学・物性研究所）
Koichi Kindo (ISSP, The University of Tokyo)
E-mail: kindo@issp.u-tokyo.ac.jp

Abstract: Magnetic field is one of the most important and clean physical quantities. Much effort on generating higher fields for the study on materials sciences has been made for more than a half century. Progress and worldwide competition in generating pulsed field in these two decades is so remarkable that the non-destructive 100 T field would be attainable within a few years. In addition to 100 T field, another effort to develop longer pulsed field is also made. A typical duration time of pulsed field is limited to 1 -100 ms depending on a total amount of energy of current source. ISSP has introduced the largest DC generator to make the pulse duration longer up to 5 seconds. Such a long pulsed field can allow us not only to carry out a precise measurement but also to make multi-stage pulsed field for realizing non-destructive 100 T field. In this paper, a state-of-the-art magnet development is presented.

Keywords: High Magnetic Field, Long Pulsed Magnet, Magnet Technology

1. はじめに

強磁場発生原理はシンプルで、磁場を強くするためにはコイルに流す電流を大きくする他はない。強磁場を発生しているすべてのコイルには大電流が流されており、超伝導マグネット以外のコイルではジュール発熱が問題となる。パルス強磁場は、磁場発生時間を短くすることでジュール発熱の問題を回避しており、他の手法より強い磁場を発生できる点に特徴がある。しかしながら、コイルに加わる電磁応力は磁場の二乗に比例するため、パルスマグネットが到達する磁場領域ではコイルの材料強度を超えてしまうことになり、コイルの破壊という問題が生じる。この「熱」と「力」が強磁場マグネットの二大問題なのだが、これらを克服することにより磁場の強さや発生時間の限界を拓ける事が可能となる。非破壊 100T の実現は長年のパルス強磁場の夢であったが、間もなく現実のものとなるまで開発は進んだ。本講演ではパルス強磁場の現状と進行中の計画を紹介する。

2. 「普通」のパルスマグネット

ここで言う「普通」のパルスマグネットとは、コンデンサ電源とコイルをつなぎ、充電した電荷を一気にコイルへと放電することにより瞬間的な大電流＝強磁場を発生するためのマグネットの事である。発生できる磁場は、コイル材料の特性、コンデンサ電源の規格などで制限を受ける。

そのうち、もっとも直接的に磁場の強さを決めるのはコイル材料である。コイル材料の中で特に線材と補強材は重要で、良い材料が開発されれば磁場は飛躍的に上昇する。線材で現在もっとも良いと考えられているのが銅と銀の合金線である。この銅銀合金線は引っ張り強度が 900MPa 程度であるにもかかわらず、高伝導度（銅の 80%程度）を保っている。上述した通り、パルスマグネットではジュール発熱が問題となるため、高伝導度は大きな利点である。また、補強材としてはマルエージング鋼と高強度繊維のザイロンを利用している。

これらの材料を組み合わせで作製したコイルのうち、我々が磁化測定などに使用している標準コイルを紹介する。このコイルは内径 18mmφ の 9 層巻きコイル（9L コイルと呼ぶ）である。線材のサイズが 2mm×3mm の平角線を使い、コイルを巻き上げてエポキシ樹脂で固め、外形を整えてから補強用のマルエージング鋼製リングに挿入する。インダクタンス

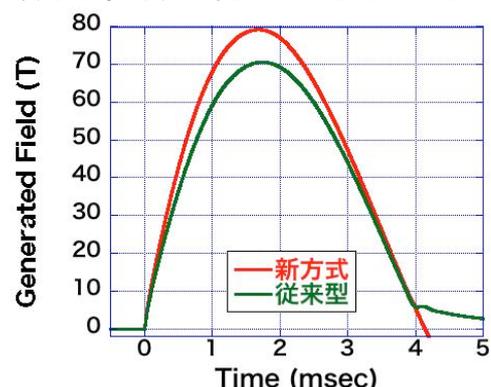


Fig. 1 新方式による最大磁場の上昇。最大磁場は 70 T が 80 T へと上昇した。

Lは約 0.7 mH となるため、コンデンサ電源の静電容量次第でパルス幅が 1~10 ミリ秒となる磁場を発生できる。このコイルによる最大磁場の変遷は興味深い。最初、線材として Cu-Cr-Zr 合金線（引っ張り強度はおよそ 500 MPa）を用いた時には 64 T 程度であった最大磁場が、上述した Cu-Ag 合金線を用いたことで一挙に 70 T まで上昇した。このことは発生磁場がいかに材料強度に依存しているかを示している。その後、長い間この最大磁場が変わることは無かったが最近になってブレークスルーがあり、Fig. 1 に示すように 79 T へと磁場が伸びた。

これまでは、この 9L コイルのボアに補強した 1L コイルを内挿した 10L コイルで発生する最大磁場の 80 T が我々の記録磁場であったが、今や 9L コイル単独で 80 T に近い磁場発生が可能となったことで記録磁場も 90 T に近づくと考えられる。

3. ロングパルスマグネット

パルス強磁場開発の進展において述べなければならないのが「ロングパルスマグネット計画」についてである。ここで言うロングパルスとは 1 秒から数秒間のパルス磁場を意味し、完成すれば従来の物性測定を精密に行うだけでなく、不可能と思われていた試料の測定や研究領域の拡大なども期待できる。これまでロングパルス計画が実施できなかった理由はロングパルスを発生しうる電源を持たなかったためであったが、物性研究所では 2008 年に世界最大の直流発電機（Fig. 2）を導入することに成功し、計画が動き出した。この発電機を用いて発生できる磁場波形の計算曲線を Fig. 3 に示す。ロングパルスでは発熱の問題を解決するために巨大なコイルを作製する必要があり、コンパクトなコイルとは異なる開発の難しさがある。

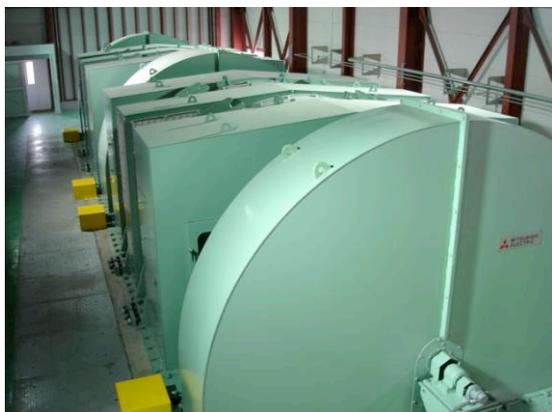


Fig. 2 ロングパルス計画のために導入した世界最大のフライホイール付き直流発電機

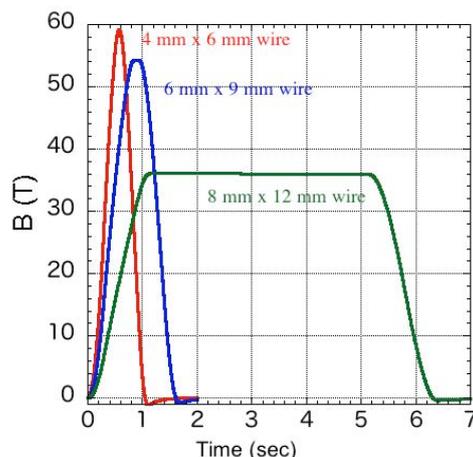


Fig. 3 様々なサイズの線材で作製した 26L コイルによる磁場波形（計算曲線）

4. 100 T 発生に向けて

上述した直流発電機はロングパルスの発生に有効だけでなく、100 T の発生にも役立つ予定である。発電機で大きな空間にロングパルス磁場を作り、その中にコンパクトなパルスマグネットを入れて磁場を重ね合わせる、いわゆる多段パルス磁場は非破壊 100 T にはもっとも有効であり、実際、ロスアラモスの強磁場施設では今夏、多段パルス方式によって 97.4 T の発生に成功している。我々も同様の手法で 100 T の発生を目指すのがもっとも近道と考えられる。しかしながら、その前に、コンパクトなコイルの技術を極める必要がある。まず、最近のブレークスルーにより従来型がどこまで磁場を伸ばせるのかを確かめる必要がある。理想を言えば、単パルスで 90 T を超える事を実現したい。これは上述した新型 9L コイルの結果からは十分に実現可能な値である。また、別の角度からは線材強度を高める努力も行っている。従来の銅銀合金線が 900 MPa 程度の強度であったのに対し、最近開発した新しい銅銀合金線は最大で 1200 MPa もの強度を有する。強度比の平方根で磁場は伸びると思われるので、磁場の一割アップは期待出来る。もし、単パルスでの 90 T 発生に成功していれば、さらに新線材の効果で一気に 100 T の領域に踏み込めそうである。

このように、非破壊パルス強磁場の世界は新たなステージに到達しており、今後の 10 年間で物性測定に利用できる磁場は大きく飛躍するであろう。

パルス強磁場を用いた物性研究と将来計画

Studies on Condensed Matters and Future Plan using Pulsed High Magnetic Fields

°萩原政幸、木田孝則（大阪大学極限量子科学研究センター）；
木村尚次郎（東北大学金属材料研究所）

°Masayuki Hagiwara, Takanori Kida (KYOKUGEN, Osaka University)
Shojiro Kimura (IMR, Tohoku University)
E-mail: hagiwara@cqst.osaka-u.ac.jp

概要 (abstract)

In the high magnetic field laboratory of KYOKUGEN, we have two high magnetic field facilities (HMFFs) in which the duration of magnetic field is different. Thus, we perform magnetization and ESR measurements at the first HMFF on mainly insulating materials, and magnetization and electric resistance measurements at the second HMFF on mainly metallic materials. After brief introduction of our HMFFs and experimental apparatus, we will show the experimental results of Iron-chalcogenide superconducting material $\text{FeSe}_{1-x}\text{Te}_x$. Finally, we will talk about our future plan on condensed matter studies under high pressures of up to 30 GPa in high magnetic fields of up to 40 T utilizing a wide-bore pulse magnet.

Keywords: Pulsed high magnetic fields, Iron-chalcogenide superconducting material, high pressure

1. はじめに

50 テスラを超えるパルス強磁場を用いた物性研究が日本ではすでに 70 年代後半より世界に先駆けて行われ、数多くの研究業績が上げられてきた。特に大阪大学の強磁場施設では多層式パルスマグネットを用いて 60 テスラを超える超強磁場での物性測定が 80 年代には行われ、本センターはその流れを汲んでいる。東京大学物性研究所のパルス強磁場施設と併せて現在も世界最先端の研究を展開している。しかしながら、90 年代よりヨーロッパ、アメリカで相次いで大型のパルス強磁場施設が建設され、最近では中国に同様な大型の施設が建設されて国際競争は厳しいものとなっている。

本講演では現在我々のところで行っているパルス強磁場を用いた研究に関して施設の紹介を兼ねながらその概観を話した後に、パルス強磁場を用いた鉄系超伝導体の研究に関して報告する。その後、今後阪大強磁場施設で行おうとしている複合極限環境下での物性研究を意図した将来計画を紹介したい。

2. 大阪大学のパルス強磁場施設と物性研究

大阪大学極限量子科学研究センターには現在パルス強磁場を発生のできる施設が二つある。豊中キャンパスのセンター建屋内にあるパルス強磁場施設（超強磁場第一実験施設）と低温センター横にある 70 年代に建てられたパルス強磁場施設（超強磁場第二実験施設）である。この二つの強磁場施設ではパルス磁場の発生時間 (Figure 1)

を変えており、第一実験施設(約 7 ミリ秒)では電気抵抗の大きな絶縁体や半導体での磁化や電子スピン共鳴(ESR)の測定などを行い、第二実験施設(約 30 ミリ秒)では電気抵抗の小さな金属系試料での磁化や電気抵抗測定などを行っている[1]。コンデンサーの電気容量やメインスイッチの方式が異なっているが、主に磁場発生時間の違いは用いているパルスマグネットのインダクタンスの違いによる。

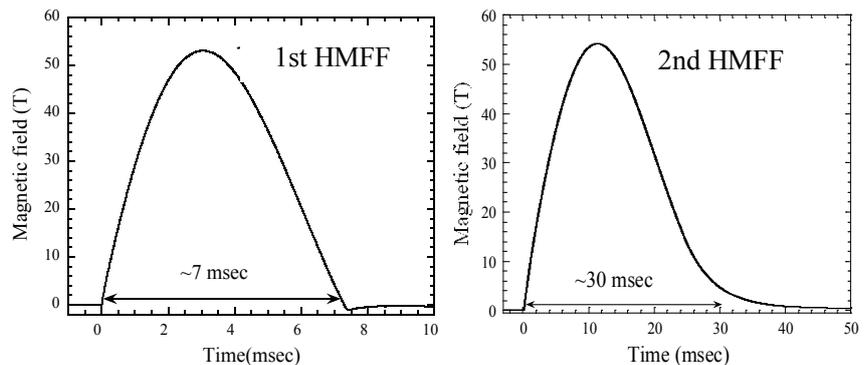


Figure 1. Pulse shapes of magnetic field at two facilities

磁化測定はピックアップコイルを用いた電磁誘導法をともに用いている。ESR はガン発振器、後進行波管、遠赤外レーザーなどのミリ波サブミリ波の発振管、InSb 検出器などの検出器とパルスマグネット

を用いて最大磁場 65 テスラ、周波数範囲は 50 ギガヘルツから 6 テラヘルツまでの広い周波数-磁場の観測窓を有している。これを用いて磁場中で相転移する磁性体の様々な相での磁気励起に関する詳細な情報を得て、磁化の情報と併せて解析することにより磁場中での相互作用の変化を調べることもできる[2]。電気抵抗（磁気抵抗、ホール抵抗）の測定は直流四端子法で行うことが多いが、電気抵抗が小さく出力が小さい場合は高速ロックインアンプを用いた交流四端子法で行うこともある。その他の実験方法として電気分極測定や磁歪測定も可能である。

3. 鉄系カルコゲナイド超伝導体 $\text{FeSe}_{1-x}\text{Te}_x$ の上部臨界磁場測定

2008 年東京工業大学の細野グループによる超伝導体 $\text{LaFeAsO}_{1-x}\text{F}_x$ の報告以降、鉄系超伝導体の精力的な研究が行われてきている。上記の一般に 1111 系といわれる鉄系超伝導体以外にも何種類かの超伝導体が合成されて様々な測定に供されてきている。その中において 11 系と称される鉄とカルコゲン元素のみからなる最もシンプルな超伝導体 $\text{FeSe}_{0.92}$ では、超伝導転移温度(T_c : 14 ケルビン)は 1111 系ほど高くないものの圧力を加えることで大きく変化し 4 ギガパスカルあたりで 37 ケルビン(onset)に上昇したり[3]、As-grown の試料 $\text{FeTe}_{0.8}\text{S}_{0.2}$ では超伝導転移しないのに赤ワインなどにつけることで超伝導を発現したり[4]して大変関心を集めている。

我々のパルス強磁場電気抵抗測定装置を用いて T_c が 14 ケルビンの $\text{Fe}_{1.05}\text{Te}_{0.85}\text{Se}_{0.15}$ の単結晶試料の上部臨界磁場(H_{c2})の測定を行った。Figure2 には onset で取った H_{c2} の温度変化を示しているが、転移温度が 14 ケルビンと低いにもかかわらず、最低温度 1.3 ケルビンあたりでは約 45 テスラにもなることがわかった。(ちなみに同じような T_c を有する BCS 超伝導体 V_3Ga では約 25 テスラくらいである。) また、上部臨界磁場の異方性係数 Γ が低温で 1 に近くなり等方的になることもわかった[5]。この系は銅酸化物高温超伝導体と異なって母材料が金属であり加工もしやすく、超伝導転移温度は低いものの上部臨界磁場が高く、等方的であることから超伝導線材として実用の点でも関心を集めている。

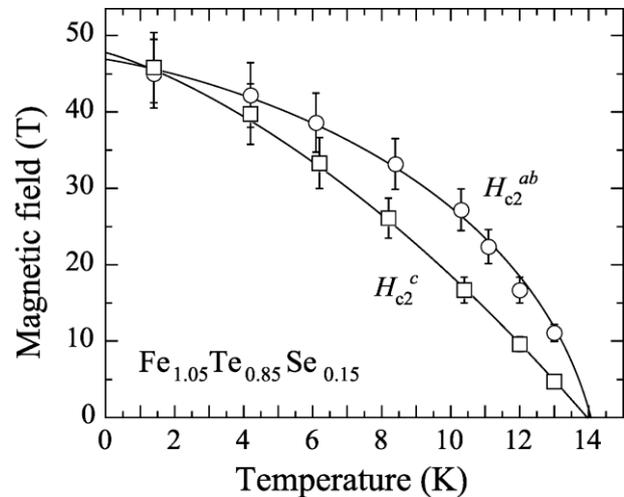


Figure2. Field-temperature phase diagram for a single crystal of $\text{Fe}_{1.05}\text{Te}_{0.85}\text{Se}_{0.15}$ for $H // ab$ and $H // c$.

4. 将来計画

極限環境下での物性測定は通常の環境下では観測されない新奇な現象を観測することができる可能性を有している。その中において超強磁場と超高圧の組み合わせは大変魅力的な複合極限環境といえよう。超高圧で物質の電子状態を変えて新奇な相を発現させた後、超強磁場でその相の物性を調べたり、相そのものを破壊したりして常圧弱磁場ではできない測定を行うことができると思われる。現在、我々のグループでは東京大学物性研究所の金道教授のグループと共同でボア径が約 50 ミリメートルのワイドボアマグネットを開発して、その中にダイヤモンドアンビル型の圧力セルを入れて最高圧力 30 ギガパスカル、最高磁場 40 テスラの複合極限環境下での物性測定が可能な装置の開発を進めている。その詳細に関して当日報告する。

参考文献

- [1] M. Hagiwara *et al.*: *J. Phys.: Conf. Ser.*, 51, 647-650 (2006).
- [2] S. Kimura *et al.*: *Phys. Rev. B*, 83, 214401-1-6 (2011).
- [3] S. Masaki *et al.*: *J. Phys. Soc. Jpn.*, 78, 063704-1-4 (2009).
- [4] K. Deguchi *et al.*: *Supercond. Sci. Technol.*, 24, 055008-1-4 (2011).
- [5] T. Kida, M. Kotani, Y. Muzuguchi, Y. Takano, and M. Hagiwara: *J. Phys. Soc. Jpn.*, 79, 074706-1-4 (2010).

パルス磁場を利用したファラデー回転観測とイメージングへの展開 Faraday rotation Measurement and Imaging under Pulsed Magnetic Field

°諏訪雅頼、以西健人、宮本佳代子、仲野祐輔、渡會 仁 (大阪大学)

°Masayori Suwa, Kento Isai, Kayoko Miyamoto, Yusuke Nakano, Hitoshi Watarai (Osaka Univ.)
E-mail: msuwa@chem.sci.osaka-u.ac.jp

1. はじめに

ファラデー効果は、磁化した物質中での旋光現象である。ファラデー効果をはじめとする磁気光学効果は、自発磁化をもつ強磁性の固体や薄膜で大きく現れ、その磁化方向に依存するため、磁区の観測に古くから利用されている。しかしながら、種々の液体試料や高分子、生体組織など自然界の大部分を占める反磁性体や常磁性体についてはほとんど測定されていない。パルス磁石は、数 ms 程度の時間ではあるが、比較的容易に強磁場を発生させることができるため、ファラデー効果観測に適している。本研究では、パルス磁場を用いた弱磁性愛のファラデー効果の測定とイメージング法への応用を行った。

2. パルス磁場中における液体のファラデー回転測定

Fig. 1 にパルス磁場を利用したファラデー効果の観測装置を示す。偏光子、溶液試料、検光子を透過した光のパルス磁場印加に伴う強度変化を観測した。検光子は偏光子に対し光源から見て時計回りに 45° で設置した。自作コイルとコンデンサーバンク (容量 $2000 \mu\text{F}$) を用いて、光と平行に磁場を発生させた。パルス磁場を印加すると、試料中でファラデー回転が生じるため、検光子を透過する光量に変化する。得られたシグナルより回転角 θ_F は以下の式を用いて求められる。

$$\theta_F = \phi - \text{Cos}^{-1} \left(\sqrt{\frac{I_B}{I_0}} \cos \phi \right) \quad (1)$$

ここで、 ϕ は偏光子と検光子のなす角、 I_B 、 I_0 はそれぞれ磁場中と無磁場中での光強度を示す。パルス磁場を利用するとこの強度比を短い時間で取得できるため、感度の良い測定が可能である。

我々はこの装置を用いて常磁性の希土類イオン水溶液および反磁性の有機液体について 410 nm および 640 nm の波長の光を用いてファラデー回転の測定を行った。希土類イオン水溶液では左回りのファラデー回転が観測され、イオンの磁気モーメントとその電子配置に相関があることが分かった。また反磁性の有機液体の場合ではすべての溶液において右回りのファラデー回転が観測された。さらに π 電子を多く含む物質や反磁性磁化率の大きなもので大きなファラデー回転を示すことが分かった。

3. ファラデー回転イメージング

光を用いる測定法は、観測領域を光の波長程度まで小さくすることが可能である。即ちファラデー効果の顕微測定により、生体細胞や分子会合体の磁化率や π 電子性を測定できる可能性がある。そこで、光検出器に CCD カメラを用い、画素ごとに I_B/I_0 を行うことで、ファラデー回転イメージの取得を試みた。Fig. 2 は脂肪族炭化水素のデカンと芳香族の 1-メチルナフタレンの光学顕微鏡像と I_B/I_0 像を示す。通常の光学顕微鏡像からは両者は全く識別できないが、 I_B/I_0 画像では明瞭なコントラストが得られ、物質の π 電子性により識別できることが示唆された。

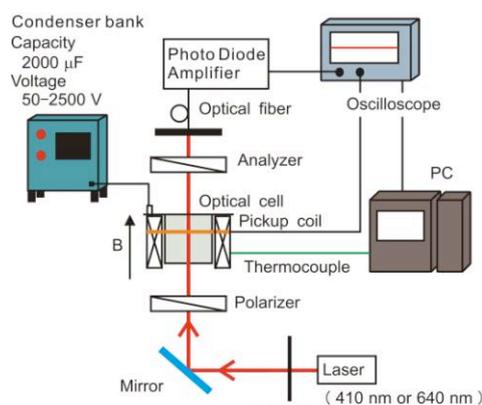


Figure 1 Apparatus to measure the Faraday rotation of liquid samples under a pulsed magnetic field.

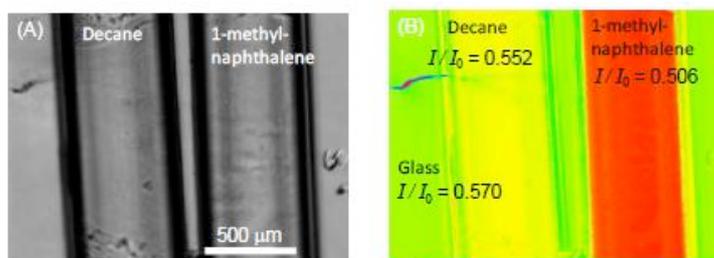


Figure 2 The optical microscopic image (A) and I_B/I_0 image (B) of decane and 1-methyl-naphthalene.

移動式パルスマグネットの構築と化学・生物系研究へのパルス強磁場の適用 Construction of a Movable Type Pulsed Magnet and Application of Pulse High Magnetic Fields to Investigation on Chemical and Biological Fields

浜崎亜富・尾関寿美男 (信州大学理学部)
Atom Hamasaki and Sumio Ozeki (Shinshu University)
E-mail: atom@shinshu-u.ac.jp

Abstract: Pulsed magnet is one of the most powerful tools as generation of high magnetic fields. When applied the pulsed magnet to chemical or biological, it may be said that the pulsed magnet available not only instead of electric or superconducting magnet but also creation of new approaching methods to any research target. However, since any problem as huge electric circuits, insulation of high voltage or financial costs, utilization of a pulsed magnet is not easy at an individual laboratory level. We tried construction of a pulsed magnet comfortably and economically with using common electrical parts. As a result, a constructed pulsed magnet, which is compact and movable bank type, was generated above 20 T at charging voltage of 700 V by supplying intense pulsed current from 10 mF, 5 kJ capacitor bank to solenoid coil having bore diameter of $\phi 8.5$.

Keyword: movable type pulsed magnet, comfortable construction, applied for chemistry and biology

化学, 生物系分野における各種磁場効果の研究は, 現在, おもに永久磁石や電磁石, 超電導磁石で発生する定常磁場下で行われている。一般の実験室レベルで使用できる磁場強度は 10 T 前後で, それ以上の磁場強度は専用施設以外での利用は難しい。では, 強磁場を一般の実験室でも手軽に利用できないものだろうか。固体物理の分野では, 定常磁場では発生不可能な強磁場領域での実験に, 古くからパルスマグネットが用いられてきた。パルス磁場は定常磁場と比較して使用電力が低く, 電気回路も比較的簡単なので, 実用的なパルスマグネットを手軽に構築, 利用できれば都合が良い。一方で, 磁場発生時間がおおよそマイクロから1秒程度であり, 定常磁場と同じように実験の開始から終了まで磁場を印加し続けることは, 場合によっては不可能である。例えばスピン化学で扱われるような, 長くてもマイクロ秒オーダーで完結する化学反応系には有効であるが, 磁気配向のように分単位, あるいは日数を要するもの, 生物分野での長期間の磁場暴露などには, 定常磁場の代わりとして用いることはできない。その代わり, 他の機器に組み込んでの動的過程の解析や, 変調磁場のような新たな磁場印加パターンとして利用する方法もある。ハードとソフトの両面において自在に設計や構築ができれば, 従来とは異なる観点からの研究を推進できる可能性を持つ。一般的にパルスマグネットのシステムは重量 200 kg 以上の蓄電用キャパシタを20台以上接続して使用するなど, 一般の実験室レベルで簡単に導入できる規模ではなく, 仕様の変更も容易ではない。そこで今回, 実用的かつコンパクトなパルスマグネットを簡単に導入できるか, どのようなスペックの磁場がどのくらいの空間に発生できるかについて検討を行った。使用パーツは極力個人レベルで調達可能な電子・電気パーツとし, 構成部品の作成は原則として外部発注をしないこととした。実験の際は家庭用コンセントがあれば使用できるよう, 低容量, 移動型を基本コンセプトとした。

キャパシタへの充電は, AC 100 V を, 可変変圧器を介して 1:10 の変圧器で昇圧し, ブリッジダイオードで整流して行った。250 V, 10 mF のキャパシタを, 4 基直列 x 4 回路並列に接続し, 静電容量 10 mF, 最高充電エネルギー 5000 J のバンクを形成した。充電時の電流を 1000 VA 程度とするため, ホーロー抵抗を複数組み合わせさせて 1 k Ω の充電抵抗とした。放電スイッチにはサージオン電流 9000 A のサイリスタを用いた。サイリスタのトリガには, パルス発生回路を作成して用いた。キャパシタに蓄電された電荷を強制的に接地放電させる回路には, 975 Ω の接地抵抗 (650 Ω , 2 基直列 x 3 回路並列) を配置して, 高圧側が瞬間的に接地しないよう備えた。これらの回路を 450 (W) x 300 (D) x 1000 (H) のケースに 5 層構成で完全に収め, キャスターを付けて移動可能とした。2 kJ の充電エネルギーを放電して 20T の磁場を発生させるには, インダクタンスと抵抗をそれぞれ 100 μ H, 100 m Ω 程度が理想と計算できたので, ボア径 $\phi 8.4$ mm, 長さ 20 mm, 8 層巻きの銅製ソレノイドコイルを作成した。コイルはステンレスケースに封入し, 水循環冷却を可能とした。充放電および接地の各スイッチは, PC から A/D コンバーターを介した遠隔操作が可能のほか, 5 V の外部入力信号により任意のタイミングで放電できるようにし, 他の測定機器などとの同期が計れるようにした。700 V でキャパシタに充電した時のエネルギー 2450 J で 20 T の磁場を 6 ms 間(全幅)発生させることができた。20 T 発生時の漏洩磁場は, コイルケースのフランジ部分 (= コイル端) で 10 T, フランジから 10mm 離れた場所ではほぼゼロであり, 別の装置に組み入れた時に漏洩磁場の影響を特に考えなくてもよい。現在, ケースに封入した状態のコイルを顕微鏡下に設置し, 像観察や分光測定が可能なところまで構築が進んだので, 当日はその実例も含めて紹介を行う。

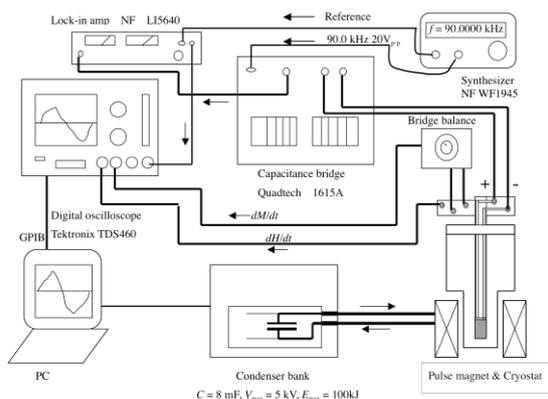
パルス磁場を用いた新規磁性形状記憶合金の物性研究 Investigation of the physical properties of the novel shape memory alloys by means of pulse magnetic fields

°左近拓男 (秋田大学)、野尻浩之、貝沼亮介 (東北大学)、鹿又武 (東北学院大学)、
福田隆、掛下知行 (大阪大学)
°Takuo Sakon (Akita University)
Hiroyuki Nojiri, Ryosuke Kainuma (Tohoku University)
Takeshi Kanomata (Tohoku Gakuin University)
Takashi Fukuda, Tomoyuki Kakeshita (Osaka University)
E-mail: sakon@gipc.akita-u.ac.jp

1. はじめに

近年、磁性形状記憶合金において超磁歪を示す合金が開発されている。代表例としては Ni_2MnGa 系ホイスラー合金である[1,2]。この系では最大で 9 %もの巨大な磁歪を発生する合金もある。また、 Fe-31.2 \%Pd や Fe_3Pt 合金でも数 %の磁歪が観測されている[3,4]。我々は瞬間的に強磁場を発生することができるパルス磁石を用いて、代表的な MFIS 合金である Fe-31.2\%Pd (at. %), Fe_3Pt , 13.3In について MFIS の高速磁場応答性を検討した[5-7]。本稿ではその研究成果と今後の展望について紹介する。なお、化学組成の表記については原論文の表記法を用いることとする。

2. 実験について



本稿で扱う形状記憶合金は、磁場誘起歪みの転移磁場が 1 T から 10 T 程度であるので、実験には強磁場が簡単に発生できるパルス磁石を用いている。マルテンサイト転移温度 T_M は合金により 80K 程度から室温程度と大きく異なるので、いくつかの磁石と冷凍機を組み合わせ磁場誘起歪みの測定を行なった。 $\text{Fe}_{31.2\%}\text{-Pd}$ (at.%) [5]と $\text{Ni}_{45}\text{Co}_5\text{Mn}_{36.7}\text{In}_{13.3}$ (13.3In) [6]の実験は秋田大学で $T > 77\text{ K}$, Fe_3Pt [7] の実験は東北大学金属材料研究所で 4.2 K で行なった。本稿ではホイスラー合金の In13.3 の結果について記載する。

図 1 パルス磁石を使った磁歪実験装置 (参考文献[8])

3. 結果と考察

13.3In はキュリー温度が 380 K の強磁性であり、結晶構造は $L2_1$ 型ホイスラー構造をとる。300K 以下では $14M$ 構造の反強磁性(または常磁性)マルテンサイト相を示す。定常磁場では室温付近でメタ磁性転移と 3%もの磁場誘起歪みを生じる[2]。この現象を用いれば一般家庭で利用するような機械式スイッチやアクチュエータ、工業用としては緊急停止用の破裂弁などにも応用が可能と考えられる。

室温付近での温度制御が可能な水冷型パルス磁石を用いて実験を行なった。パルス磁場の時定数は 2.5 ms であり、周波数に直すと 200 Hz に相当する。最初に、転移温度を測定するために 7.0 mT, 73Hz の交流磁場中の磁化の温度依存性についての実験を行なった結果、反強磁性(あるいは常磁性)→ 強磁性転移温度は 300 K であった。図 2 に磁化曲線を示す。磁場は定常磁場の場合と同じく試料の長軸に平行に印加した。273 K や 290 K では典型的なメタ磁性転移が観測されたが、転移点より高い 310 K では強磁性的な磁化曲線である。定常磁場での 13.4In の磁化曲線と比較してもほぼ同様の結果を得られたことから[2], パルス磁場下での試料の発熱による温度上昇は皆無であると考えられる。

まず試料の長軸方向(縦方向)にマルテンサイト相状態で 80 MPa の応力により3%の歪を印加した後、磁場誘起歪みを観測した。図 3 に磁場 H , 磁化 M , 縦方向の磁場誘起歪み $\Delta L/L$ の時間変化を示す。温度は 300 K で

ある。磁場が上昇するとともに磁化は一旦 16 emu/g まで増加し、その後も増加を続ける。一方、磁場発生の際

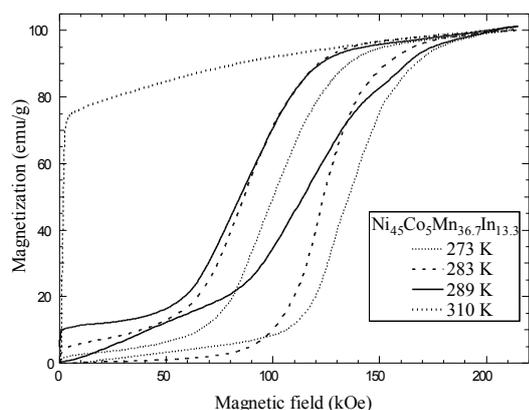


図 2 In13.3 の磁化曲線

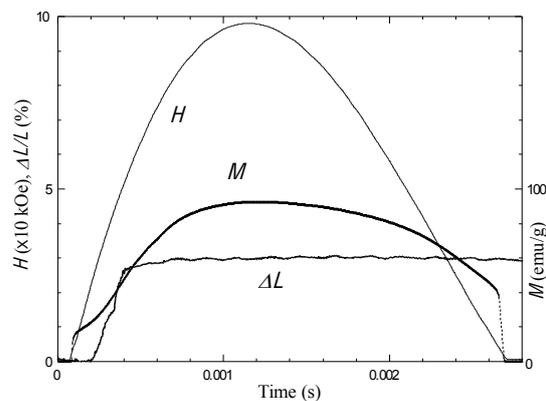


図 3 In13.3 の磁化 M と磁歪 $\Delta L/L$ の時間依存性

間から僅かに遅れて膨張が始まった。図 4 に磁場誘起歪みの磁場依存性を示す。誤差はパルス磁場印加にともなう歪み量は (3.0 ± 0.3) % であり、パルス磁場によりほぼ 100 % 回復していることが分かった。

図 5 に磁化曲線を示す。磁場上昇時に 4 T を中心に S 字型のメタ磁性転移が観測されたが、下降時は強磁性的な振る舞いを示している。ヒステリシスから散逸エネルギー密度を計算すると 1580 kJ/m^3 であり、定常磁場での 13.4In の 1600 kJ/m^3 と同じ値となった。これは Fe_3Pt と比べて約 16 倍の値である。また、発生応力も 13.3In は Fe_3Pt に比べて 2 桁程度大きい。 Fe_3Pt は強磁性状態でのマルテンサイト転移であるが、 13.3In は反強磁性-強磁性転移をともなう逆マルテンサイト変態であるので磁気転移にともなう大きな散逸エネルギーが生じると考えられる。

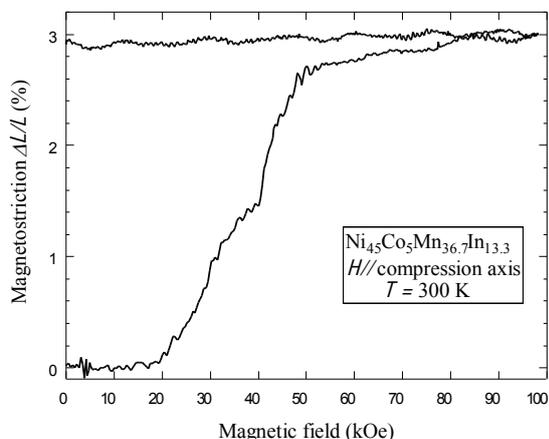


図 4 磁場誘起歪みの磁場依存性

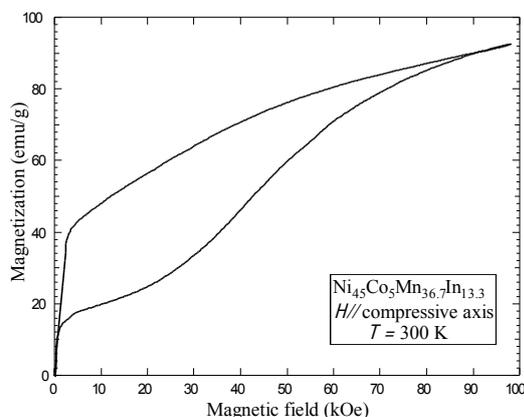


図 5 300 K における磁化の磁場依存性

参考文献

- [6] K. Ulakko, J. K. Huang, C. Kantner, R. C. O'Handley and V. V. Kokorin: *Appl. Phys. Lett.* 69 1966 (1996).
- [7] R. Kainuma, Y. Imao, W. Ito, Y. Sutou, H. Morino, S. Okamoto, o. Kitakami, K. Oikawa, A. Fujita, T. Kanomata and K. Ishida: *Nature* 439 957 (2006).
- [8] T. Kakeshita, T. Fukuda, T. Sakamoto, T. Takeuchi, K. Kindo, S. Endo and K. Kishino: *Mater. Trans* 43 887 (2002).
- [9] T. Fukuda, T. Sakamoto, T. Inoue, T. Kakeshita and K. Kishio: *Trans. Mater. Res. Soc. Jpn.* 29 3059 (2004).
- [10] T. Sakon, A. Takaha, Y. Matsuoka, K. Obara, M. Motokawa, T. Fukuda and T. Kakeshita: *Jpn. J. Appl. Phys.* 43A 7467(2007).
- [11] T. Sakon, S. Yamazaki, Y. Kodama, M. Motokawa, T. Kanomata, K. Oikawa, R. Kainuma and K. Ishida: *Jpn. J. Appl. Phys.* PT.1, 46 995 (2007).
- [12] T. Sakon, A. Takaha, K. Obara, K. Dejima, H. Nojiri, M. Motokawa, T. Fukuda and T. Kakeshita: *Jpn. J. Appl. Phys.* PT.1, 46 146 (2007).
- [13] G. Kido: *Physica B* 155 199 (1989).

日本磁気科学会 磁場発生分科会／
東北大学金属材料研究所強磁場センター

合同研究会

「高温超伝導マグネット応用技術に関する若手研究会

－安定性・機械特性・コイル化など－

予稿集

2011年10月27日，28日

於：東北大学金属材料研究所 本多記念館3階 視聴覚室

日本磁気科学会磁場発生分科会／東北大学金属材料研究所強磁場センター 合同研究会

日本磁気科学会と東北大学金属材料研究所強磁場センターの合同研究会を、下記の要領で開催します。

磁気科学の進展に伴って、より強い磁場が求められています。超伝導マグネットの強磁場化に際して、次世代の高温超伝導線材の必要性が高まっています。そこで、高温超伝導マグネット技術の現状に関して講演していただきます。講師には若手研究者に依頼しましたので、活発な議論を期待しています。

日程：2011年10月27日（木）、28日（金）

場所：東北大学金属材料研究所 本多記念館3階 視聴覚室

テーマ：高温超伝導マグネット応用技術に関する若手研究会（安定性・機械特性・コイル化など）

10月27日（木）

- | | |
|-------------|---|
| 13:30-40 | 開会の挨拶 渡辺和雄(磁場発生分科会長、東北大学) |
| 13:40-14:20 | 「室温空間に設置したピックアップコイル群を用いる高温超伝導コイルの非接触型異常測定法」川越明史(鹿児島大学) |
| 14:20-15:00 | 「YBCO コイルの安定性とクエンチ検出・保護」植田浩史(大阪大学) |
| 15:00-15:40 | 「銀シースBi2223線材とYBCO薄膜線材の熱伝導率」内藤智之(岩手大学) |
| 15:40-16:00 | 休憩 |
| 16:00-16:40 | 「Influence of HTS tape magnetization on field quality of magnet」Quan Li(京都大学) |
| 16:40-17:20 | 「Y系線材内の遮蔽電流分布がもたらすコイル発生磁場への影響」宮副照久(東京大学) |
| 17:20-18:00 | 「高温超伝導コイルの超伝導特性に対する機械特性の影響」小黒英俊(東北大学) |
| 18:30- | 懇親会 |

10月28日（金）

- | | |
|-------------|--|
| 9:00-9:40 | 「高温超伝導マグネット応用に向けた線材特性評価・電磁特性解析・コイル設計技術」東川甲平(九州大学) |
| 9:40-10:20 | 「高温超伝導コイルにおける多重テープ導体の編流抑制技術」宮城大輔(東北大学) |
| 10:20-10:40 | 休憩 |
| 10:40-11:20 | 「イットリウム系高温超伝導マグネット技術の課題 ～ 特性劣化・クエンチ保護・遮蔽電流の観点から」柳澤吉紀(千葉大学) |
| 11:20-12:00 | ディスカッション及び閉会の挨拶 淡路智(東北大学) |

問い合わせ先：東北大学金属材料研究所強磁場超伝導材料研究センター 小黒英俊

〒980-8577 宮城県仙台市青葉区片平2-1-1

TEL 022-215-2155, FAX 022-215-2149, E-mail : h-oguro@imr.tohoku.ac.jp

室温空間に設置したピックアップコイル群を用いる高温超伝導コイルの非接触型異常測定法

Non-contact Detection of Normal Transitions in High Temperature Superconducting Coils by using Pick-up Coils outside a Vessel

○川越明史, 藤岡直人, 森部裕章, 住吉文夫 (鹿児島大学)

°Akifumi Kawagoe, Naoto Fujioka, Hiroaki Moribe, Fumio Sumiyoshi (Kagoshima University)

E-mail: kawagoe@eee.kagoshima-u.ac.jp

1. はじめに

高温超伝導コイルを安全に運転するには、巻線温度が局所的に上昇するホットスポットなどの異常を測定する必要がある。我々は、高温超伝導コイルに発生する局所的な異常を非接触で測定できる新しい測定法を提案している^{1,2)}。この測定法の特長は、保冷容器外から非接触で測定することができるため、安全でメンテナンス性に優れていることである。本測定法の原理を理論的に説明し、その有効性を実証した実験結果について説明する。

2. 新しい非接触型異常測定法の原理と実証試験

我々の提案しているピックアップコイルのみを用いる新しい非接触型異常測定法では、Fig. 1(a)に示すようなピックアップコイルのみを用いて、超伝導コイル周辺のポインティングベクトルを測定する。Fig. 1(b)は、Fig.1(a)のコイルの軸方向から見た図である。ループ1は、金属でできたサンプルコイルを覆うシートである。ループ2で示されるポテンシャルリードは、電磁エネルギーの流れが無視できるほど小さな場所まで r 方向に引き伸ばされている。また、弧 A_0B_0 を切ってループ1はオープン回路にしている。

ループ1に流れる電流がゼロであることを考慮すると、ループ2上の電界について次式が成り立つ。

$$0 = \oint E_{2s} \cdot ds + \oint E_{2i} \cdot ds \quad (1)$$

ここで E_{2s} と E_{2i} は、それぞれループ2上の静電界と誘導電界である。したがって、点 A_2 と点 A_2' における静電ポテンシャルをそれぞれ $\phi(A_2')$ 、 $\phi(A_2)$ とすると、(1)式は、

$$-\frac{d\phi_2}{dt} = \phi(A_2') - \phi(A_2) \quad (2)$$

と書くことができる。ここで Φ_2 はループ2の鎖交磁束である。 $r > r_0$ のとき、 $\Phi_1 \cdot \theta_0 / 2\pi + \Phi_2 \cong 0$ となるので、(2)式は、

$$\frac{d\Phi_1}{dt} \frac{\theta_0}{2\pi} \cong \phi_2(A_2') - \phi_2(A_2) \quad (3)$$

と書ける。弧 B_1A_1 上の誘導電界 E_{1i} は、軸対称性から、 $-E_{1i}r_0\theta_0 = \Phi_1 \cdot \theta_0 / 2\pi$ と書けるので、(3)式は、

$$-E_{1i}r_0\theta_0 \cong \phi_2(A_2') - \phi_2(A_2) \quad (4)$$

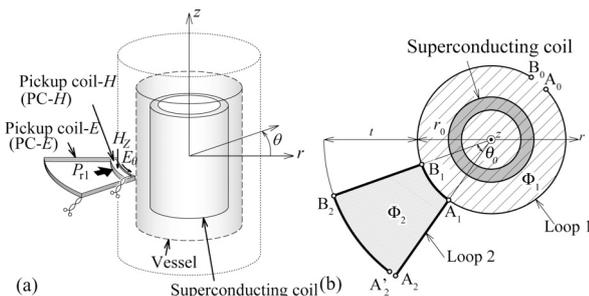


Fig. 1 (a) Pickup coil arrangements to measure the Poynting's vector around superconducting coils, (b) principle of non-contact measurement of local electric fields.

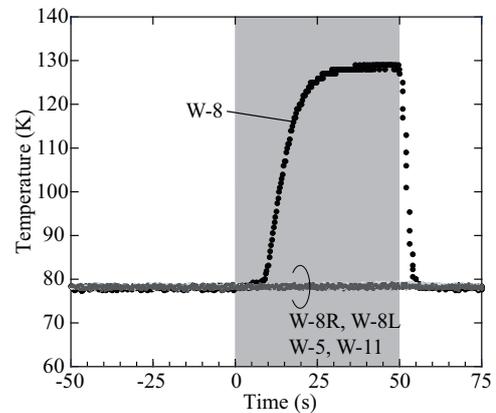
と書くことができ、弧 B_1A_1 上の電界を測定できることがわかる。このとき、弧 A_0A_1 、弧 B_0B_1 を取り払えるので、Fig. 1(a)で示すようなピックアップコイルで電界を測定することができる。

本測定法の効果を実証した実験について説明する。この実験では、Bi-2223 多芯テープ線で巻線したサンプルコイルに窒素ガスを噴きつけて巻線温度を上昇させ、その異常が検出できるかどうかを調べた。サンプルコイル周辺の3箇所を設置したピックアップコイル群で異常発生時の測定を行った。3箇所のピックアップコイル群は、それぞれ、異常発生場所の直近の P_r-W と、その隣の P_r-N 、異常発生反対側の P_r-O の測定を行った。

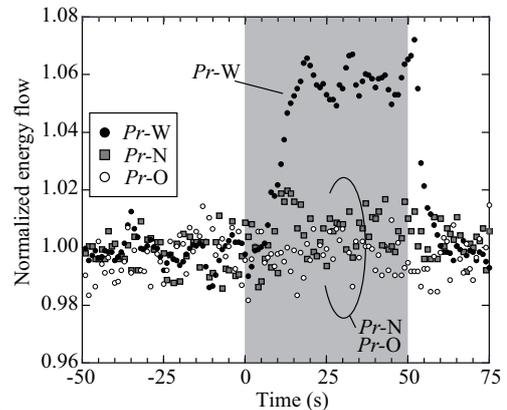
測定結果をFig. 2に示す。窒素ガスを噴きつけている時間を灰色で示している。(a)、(b)はそれぞれ巻線温度とエネルギーフローである。異常発生領域の温度のみが変化している。また、 P_r-W のみが変わっている。これらのことから、サンプルコイルで発生した局所的な異常を、本測定法で測定できることが実証された。

References

- (1) 川越明史 他, 低温工学 **46** (2011) 481
- (2) K. Habu, et al., Physica C **470** (2010) 1860



(a)



(b)

Fig. 2 Experimental results showing (a) the temperature of the winding, and (b) the loss component of energy flows.

YBCO コイルの安定性とクエンチ検出・保護

Stability, Quench Detection and Protection of YBCO Coil

°植田 浩史 (大阪大学)、石山 敦士 (早稲田大学)
渡部 智則、平野 直樹、長屋 重夫 (中部電力)

°Hiroshi Ueda (Osaka University), Atsushi Ishiyama (Waseda University)
Tomonori Watanabe, Naoki Hirano, Shigeo Nagaya (Chubu Electric Power Company)
E-mail: hueda@rcnp.osaka-u.ac.jp

1. はじめに

2008 年度からスタートした NEDO プロジェクト「イットリウム系超電導電力技術開発」の中で、金属系超電導線材を用いた SMES コイルでは実現不可能であった大容量 SMES コイルを可能とする YBCO 線材を用いた高磁界・コンパクトコイルの技術開発が行われている。今回は、伝導冷却 SMES 用 YBCO 超電導コイルの熱的安定性・保護の検討の一部を紹介する。

2. 熱的安定性・保護の課題

HTS 線材・コイルは LTS 線材・コイルに比べて温度マージンが 1 桁以上大きく、運転温度を高くとれるため、熱容量が 2~3 桁大きくなる。その結果、これまでのコイル巻線技術の蓄積から考えて想定される機械的擾乱などによるコイルクエンチの発生の可能性は極めて少ない。また、長手方向の常電導伝播速度は、数 mm~数十 mm/s であり、LTS 線材の数十 m~数百 m/s に比べて常電導領域の拡大する速度が非常に遅くなっている。以上のように、HTS 線材・コイルは、LTS に比べて圧倒的に高い熱的安定性を有していると言えるが、何らかの要因で常電導転移が発生すると、常電導領域の伝播が極めて遅いため、常電導伝播の検出すなわちクエンチ検出が極めて難しくなると予想される。そこで、伝導冷却 SMES 用 YBCO 超電導コイルのクエンチ検出について検討を行った。

3. 転流を利用したクエンチ検出

テープを積層して導体化する場合、素線間の電磁結合が大きいと平行磁界に対する損失が大きくなるため、素線間の電磁結合の抑制が課題となる。そこで、現在検討されている SMES 用コイルの集合導体の素線は、交流損失を低減するため、素線間絶縁を施すとしている。

図 1 は素線絶縁を施した集合導体コイルの常電導発生後の転流現象について、数値解析によって評価した一例で、SMES の待機状態 1680 A (1 枚当たり 420 A) 通電時に線材 1 枚 (Tape 1) で 1cm の劣化が発生した場合の導体および各線材に流れる電流、各線材の劣化部の温度、導体および各線材両端に発生する電圧である。劣化が発生した Tape 1 の電流が 2.15 秒で 50 A、3.5 秒で 100 A、8.5 秒で 200A 減衰し、他の線材に転流する。このとき、Tape 1 の劣化部の温度はそれぞれ 27.3 K、27 K、26 K となる。電圧は数 mV 発生する。このように、素線間の誘導分があっても、転流はすぐに起きるので、転流の遅れによるホットスポットの発生はない。

コイルのクエンチ検出は一般に、コイル端子間電圧を監視することにより行われる。SMES の運転を想定した場合、変換器などのノイズレベルによっては常電導による発生電圧が埋もれてしまって、検出が困難になることも考えられる。したがって、コイルのクエンチ検出は電圧を監視する方法は使えず、別な方法を検討しなければならない。上述した素線絶縁を施した集合導体内で発生する転流を監視すれば、クエンチの検出が可能になると考えられる。

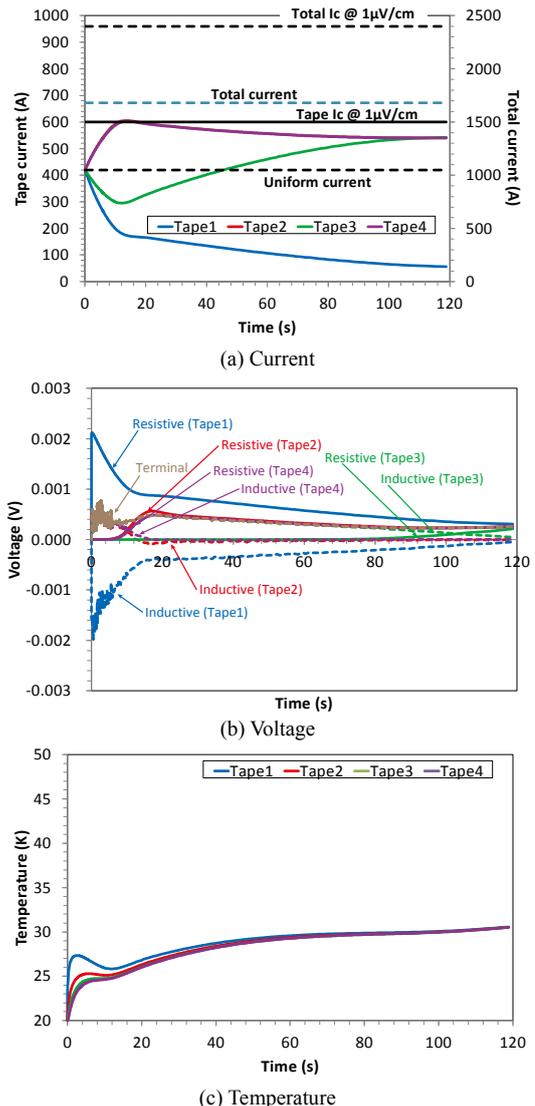


図 1 素線 1 本で劣化が発生した場合の線材電流、電圧、温度

銀シース Bi2223 線材と YBCO 薄膜線材の熱伝導率 Thermal Conductivity of Silver-sheathed Bi2223 and YBCO Coated Conductor Tapes

内藤智之 (岩手大学工学部)
Tomoyuki Naito (Faculty of Engineering, Iwate University)
E-mail: tnaito@iwate-u.ac.jp

1. はじめに

超伝導機器を設計する上で熱的安定性の評価は不可欠である。熱伝導率は線材を通じての熱侵入および放出量を与える。我々は銀シース Bi2223(Bi2223/Ag)線材[1]と YBCO 薄膜線材[2]の熱伝導率を測定してきた。Bi2223/Ag 線材については幅および厚さ方向に積層したサンプルを作製することにより長手方向を加えた 3 方向の熱伝導率を測定した。YBCO 薄膜線材は Hastelloy 基板の上にバッファ層、YBCO 層および安定化銀層が積層した構造を持つ。安定化銀層の厚さが異なる YBCO 薄膜線材の熱伝導率を測定した。測定結果について熱等価回路と各構成材料の熱伝導率を用いて熱伝導機構を解析した。

2. 実験方法

Bi2223/Ag 線材は加圧焼成法により作製された。幅および厚さ方向積層サンプルはハンダ接合により作製された。YBCO 薄膜線材は IBAD-PLD 法で作製された。Hastelloy 基板、中間層および YBCO 層は共通で銀層厚(20-55 μm)が異なるサンプルを用意した。熱伝導率は一般的な定常熱流法を用いて 6-300K の温度範囲で測定した。

3. 実験結果及び考察

図 1 に Bi2223/Ag 線材 3 方向の熱伝導率の温度依存性 $\kappa(T)$ を示す。長手(l -sample)と幅方向(w -sample)の $\kappa(T)$ はほぼ一致し、厚さ方向(t -sample)の $\kappa(T)$ は両者に対して 1 桁程度小さい値となった。銀合金(銀シースと同程度の純度)と Bi2223 焼結体の $\kappa(T)$ を用いて熱等価回路から見積もった熱伝導率 $\kappa_{\text{cal}}(T)$ を示す(図中の点線、実線、及び一点鎖線)。測定値は計算値と比較的良好な一致を示し、与えた熱流の大部分が銀シースを流れていることが明らかになった。

図 2 に銀層の厚さが異なる 3 つの YBCO 線材の熱伝導率の温度依存性 $\kappa(T)$ を示す。銀層厚 20 μm のサンプル(YCC-Ag20)の $\kappa(T)$ は 300K から 85K 付近まで温度の低下とともに単調に減少し、その後緩やかな増加に転じた。50K 以下で急激に増大し始め、その後 20K 付近でピークを示した。銀層厚 35 μm サンプル(YCC-Ag35)および 55 μm サンプル(YCC-Ag55)の $\kappa(T)$ は YCC-Ag20 の $\kappa(T)$ とほぼ同様の振る舞いであった。 $\kappa(T)$ の絶対値は銀層厚の増加とともに増大した。構成材料の $\kappa(T)$ と熱等価回路の解析から YBCO 薄膜線材においても主な熱流経路は銀層であることが分かった。

4. まとめ

銀シース Bi2223 線材と YBCO 薄膜線材の熱伝導率を測定した。構成材料の熱伝導率と熱等価回路を用いた解析から熱流は両者ともに銀部分を通っていることが明らかになった。

謝辞

YBCO 薄膜線材の実験は経済産業省プロジェクト「イットリウム系超電導電力機器技術開発(超電導変圧器技術開発)」の一環として、ISTEC を通じて NEDO からの委託を受けて実施した。

参考文献

- [1] T. Naito *et al.*: Cryogenics **49** (2009) 429; IEEE Trans. Appl. Supercond. **21** (2011) 2828.
- [2] T. Naito *et al.*: Supercond. Sci. Technol. **23** (2010) 105013.

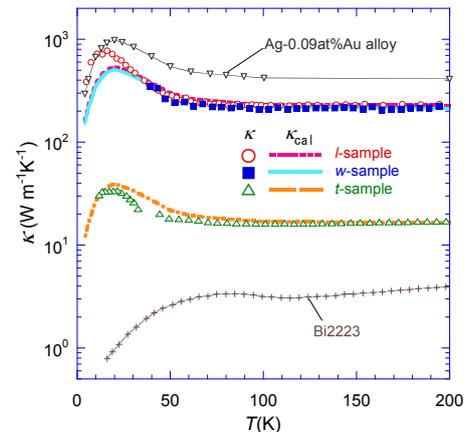


図1: Bi2223/Ag 線材 3 方向の熱伝導率の温度依存性

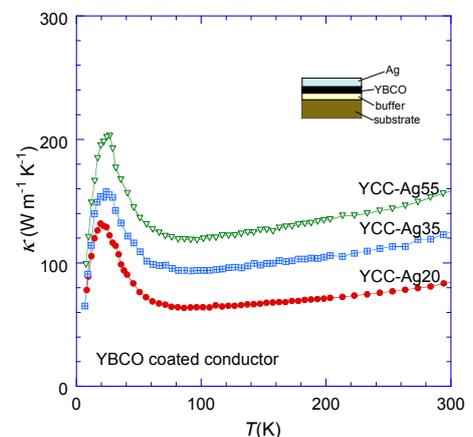


図 2: 銀層厚が異なる YBCO 薄膜線材の熱伝導率の温度依存性

Influence of HTS Tape Magnetization on Field Quality of Magnet

°李全, 雨宮尚之, 中村武恒 (京都大学)

°Quan LI, Naoyuki AMEMIYA, Taketsune NAKAMURA (Kyoto University)

E-mail: quan@asl.kuee.kyoto-u.ac.jp

1. Introduction

One main factor, which determines the field quality of the NMR and MRI magnets wound with HTS superconductor tapes, is the stability of their magnetic field. The magnetic field is strongly influenced by the HTS tape magnetization, mainly in the form of shielding current, which is not considered during design and decays along time. In this paper, unconventionally, twisted Bi-2223 multifilamentary tapes are applied winding coils in order to reduce the magnetic field generated by the shielding current. To clearly testify the advantage of twisted tapes, two coils are wound with twisted tapes and untwisted tapes respectively. The comparison of experiment results shows that, the magnetic field generated by the shielding current can be reduced successfully by using the twisted tapes. The hysteresis in the magnetic field is also smaller in the coil wound with twisted tapes than the other one.

2. Experiment results and analysis

The configurations of untwisted and twisted Bi-2223 multifilamentary tapes are shown in Fig. 1. The width of both tapes is 2.64 mm, and the thickness, number of filaments, critical current, n value of untwisted/twisted tape are 0.186 mm/0.205 mm, 121/55, 75 A/65 A and 17/16. The designed twisted pitch of filaments in the twisted tape is 10 mm. The properties of coils wound with each kind of tapes are presented in Table 1.

Table 1. Properties of superconductor coils

Coil	Untwisted	Twisted
Number of turn	370	356
Number of pancake	10	
Height	63 mm	62 mm
Inner diameter	70 mm	
Outer diameter	80 mm	
Critical current	33 A	30 A

All experiments have been done in liquid nitrogen at 77 K, supplying DC current at selected values. First, hysteresis loops were measured changing input from 0 A to 25 A, to -25 A and again to 25 A, by a 5 A step in turn. Fig. 2 shows the hysteresis loops, which are enlarged and centered, by calculating the difference from average at each input current, as shown in Fig. 3. It can be observed that the B - I characteristic is narrower in the coil with twisted tapes. Fig. 4 shows the results at a 15 A input, with a duration of 6 hours, which proves that the magnetic field generated by the shielding current in the coil with twisted tapes decays rapidly.

3. Conclusion

The magnetic field generated by shielding current can be effectively reduced by using twisted tapes, and smaller amount of hysteresis can also be achieved.

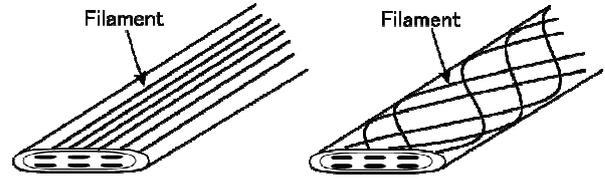


Fig. 1 Configuration of untwisted (left) and twisted (right) Bi-2223 multifilamentary tapes

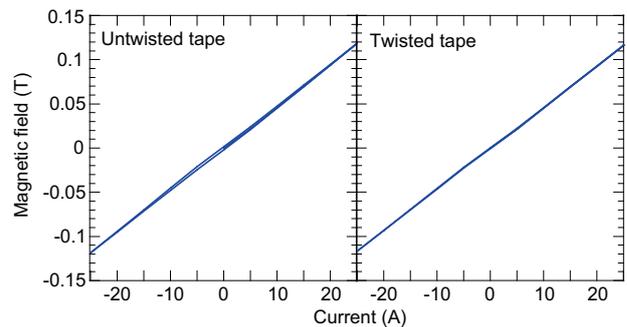


Fig. 2 Hysteresis loops of coils wound with untwisted tape (left)/twisted tape (right) measured at 77 K.

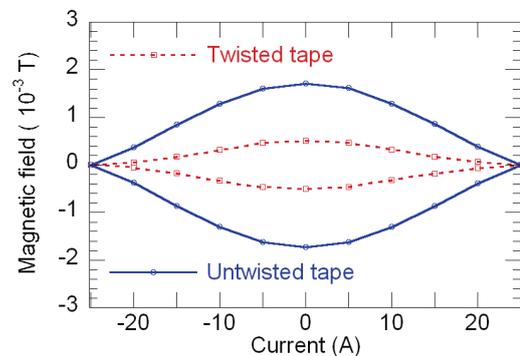


Fig. 3 Enlarged and centered hysteresis loops.

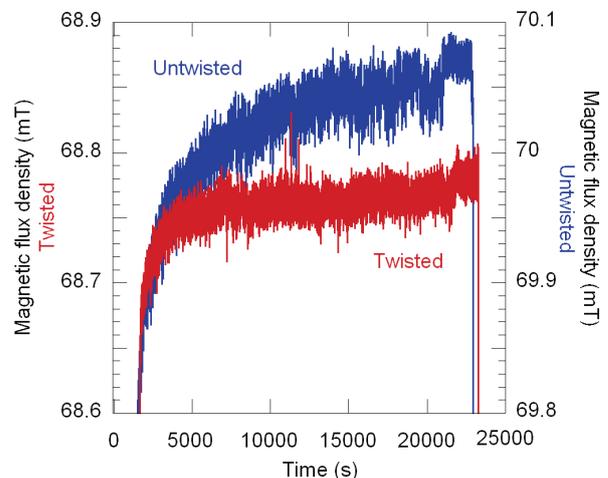


Fig. 4 Magnetic flux density of twisted/untwisted coil while supplying 15 A DC current.

Y系線材内の遮蔽電流分布がもたらすコイル発生磁場への影響

○宮副照久, 木吉司 (物質・材料研究機構); 関野正樹, 大崎博之 (東京大学)
E-mail: MIYAZOE.Akihisa@nims.go.jp

1. はじめに

テープ形状のイットリウム(Y)系線材によって作製される超電導コイルの発生磁場は、線材のテープ面を貫く磁束がもたらす遮蔽電流によって影響を受ける。遮蔽電流の密度は臨界電流密度の大きさに相当するものであり、常伝導線に生じる遮蔽電流と比較してその大きさ、減衰の時定数の大きさの観点から異なる。本発表では磁場中において通電した短尺 Y 系線材内の電流分布の評価とそれらの結果から推察できる線材間の相互作用およびコイルの発生磁場に対する影響を紹介する。

2. 磁場中での短尺 Y 系線材内の電流分布

通電中の Y 系線材に対して線材全体に磁束が侵入するのに十分な大きさの磁場を印加し、ホールセンサを用いて線材内の電流が発生する磁場分布を測定した。印加磁場は線材のテープ面に対して垂直である。磁場分布の測定結果より、ビオ・サバルの法則の逆問題を解くことで線材内の電流密度分布を求めた [1]。臨界電流に対する通電電流の負荷率によって整理した電流密度分布を図 1 に示す。縦軸には電流密度分布を印加磁場におけるそれぞれの臨界電流密度によって規格化した値を示す。十分に大きな磁場下における Y 系線材内の電流分布の形状は臨界電流に対する通電電流の比によって決まることが実験的に明らかとなった。

3. 並列, 積層させた複数の短尺線材内の遮蔽電流が発生する磁場の相互作用

積層させた三枚の短尺線材 (4.1 mm 幅) を三つ並列させ、線材のテープ面に対して垂直に磁場を印加した。図 2 に、1 T の外部磁場を印加した際、線材内の遮蔽電流が発生する磁場分布を示す。積層した線材の表面から 0.4 mm 離れた位置での磁場分布を測定した。並列させた線材は $-6.2 \text{ mm} < x < 6.2 \text{ mm}$ に位置する。下に凸のピーク位置が並列させた線材それぞれの中心を示し、上に凸のピーク位置が線材の端部の位置を示す。青のプロットは実測値である。赤の点線は単一の線材に対して磁場を印加した際と等しい電流がすべての線材内で流れていると仮定して見積もった磁場分布である。一方で、緑の実線は積層, 並列させた周囲の線材のそれぞれが発生する磁場を考慮に入れて線材内の電流分布を求め、見積もった磁場分布である。線材それぞれの相互作用をふまえた磁場分布は相互作用を考慮しない磁場分布と比較して実測値により一致しているものの、それらの差異は小さい。周囲の線材の遮蔽電流が発生する磁場を考慮すると、線材が受ける磁場は外部磁場より大きくなり、臨界電流密度の磁場依存性にしたがって遮蔽電流

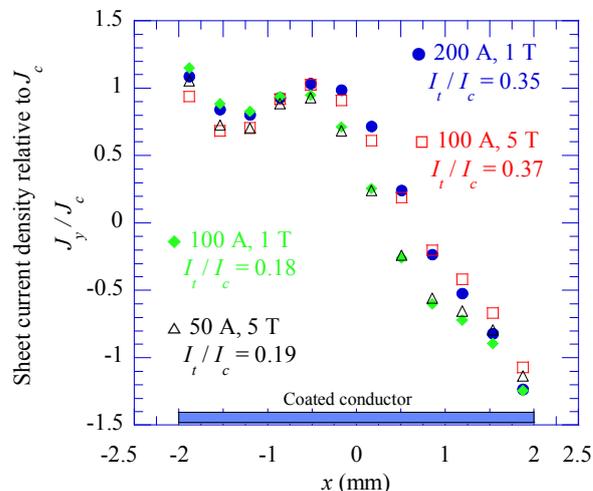


図1: 磁場中に置かれた通電中の短尺Y系超電導線材の電流密度分布。

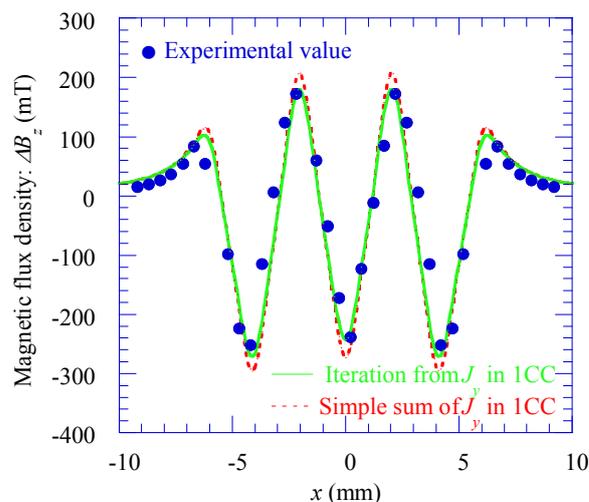


図2: 積層させた三枚の短尺線材を三つ並べた場合の線材内の遮蔽電流が発生させる磁場分布。

の密度が小さくなり、遮蔽電流が発生する磁場が小さくなる。

4. まとめ

磁束が線材全体に侵入するのに十分大きな外部磁場中において通電した単一の Y 系線材の電流分布を実験的側面から検討し、その電流分布に基づき、遮蔽電流を考慮したコイルの発生磁場を計算するために必要な線材間の相互作用について紹介した。

参考文献

1. A. Miyazoe, et al. *IEEE Trans. Appl. Supercond.*, Vol. 21, No. 3, pp. 1600-1603, 2011.

引張りひずみを与えた GdBCO coated conductor に加わる 内部ひずみと超伝導特性

Internal strain and superconducting properties of GdBCO in coated conductor under tensile strain

小黒 英俊, 峯岸 一博, 鈴木 匠, 淡路 智, 渡辺 和雄(東北大); 菅野 未知央(高エネ機構); 町屋 修太郎(大同大);
菖蒲 敬久(原子力機構); 衣斐 颯, 吉積 正晃, 和泉 輝郎, 塩原 融(SRL)

OGURO Hidetoshi, MINEGISHI Kazuhiro, SUZUKI Takumi, AWAJI Satoshi, WATANABE Kazuo (Tohoku Univ.); SUGANO
Michinaka(KEK); MACHIYA Shutaro(Daido Univ.); SHOBU Akihisa(JAEA); IBI Akira, YOSHIZUMI Masateru, IZUMI Teruo,
SHIOHARA Yuh(SRL)

E-mail: h-oguro@imr.tohoku.ac.jp

1. はじめに

REBCO coated conductor(RE:Y 及び希土類元素)は磁場中での高い臨界電流密度と、基板の Hastelloy 等に由来する、高い耐応力特性を併せ持つ。このため、Coated conductor は強磁場超伝導マグネットに使用する材料として、非常に魅力的な材料である。我々のグループでは、これをマグネットに使用するために、輸送特性や機械特性の研究を続けてきた[1]。

また、我々は実用超伝導線材に対し、中性子や放射光を用いて、超伝導体そのものに加わるひずみを正確に測定してきた[2]。この結果を用いて、Nb₃Sn 超伝導線材に対し、そのひずみと超伝導特性を正確に表す事に成功している[3]。

本研究では、 T_c の引張りひずみ依存性と放射光による内部ひずみ測定の結果を用いて、GdBCO coated conductor のひずみ効果のメカニズムを明らかにする事を目的とした。このため、 T_c の引張りひずみ依存性の結果について、Coated conductor 内の GdBCO 結晶の変形挙動をもとに、これが説明可能であるのかを考察した。

2. 実験方法

試料には PLD 法 GdBCO 線材を用いた。Hastelloy 基板を用いており、GdBCO 層は 0.5 μm 、Ag 層は 40 μm となっている。試料幅は 2 mm である。

T_c の引張りひずみ依存性は、4 端子法で測定を行った。電流電極を兼ねた Cu 電極に試料両端をはんだで固定し、さらに真鍮の板で押さえつけて、片方の電極を動かす事で引張りひずみを与えた。この状態で電流を流し、発生電圧から T_c を見積もった。測定時の電流密度は 10 A/cm² とし、電圧端子間距離は 5 mm となっている。

放射光による内部ひずみ測定は、SPring-8 の BL46XU において、引張りひずみを印加した状態で、テープ長手方向の GdBCO 020 及び 200 面のひずみの変化を室温で測定した。このときに得られたピーク位置と、無荷重状態でのピーク位置とを比較しひずみを求めた。

3. 実験結果と考察

図 1 に、 T_c の引張りひずみ依存性を示す。この結果から、 T_c は引張りひずみによって、線形に単調減少することが分かった。 T_c の低下率は $dT_c/d\varepsilon = -188.72$ となった。

放射光で測定したピーク位置から、無荷重状態を基準としてひずみを計算した結果を、図 2 に示す。この結果から、GdBCO の a 軸方向と b 軸方向は、ひずみの変化量が異なることが分かった。それぞれ、線材全体の変化に対し、a 軸は 97.79%、b 軸は 90.17% の割合で変化する。この変化率が低温下でも変化しないとして、 T_c の変化について考察した。ひずみと T_c の関係は、文献[4]より a, b, c 軸にそれぞれ配向した GdBCO 薄膜の一軸圧縮による T_c 変化のデータを用いて、Coated conductor の T_c 変化が記述できるか計算を行った。結果として、 T_c の変化はうまく記述できなかつた。この原因として、

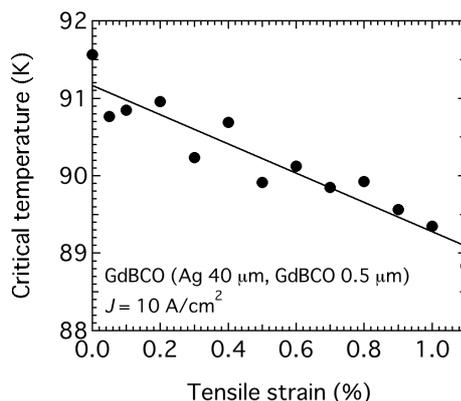


Fig. 1 Tensile strain dependence of critical temperature for GdBCO coated conductor.

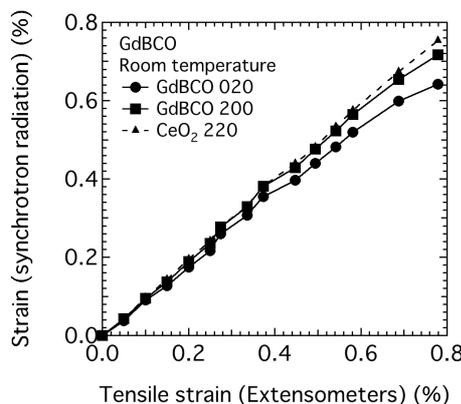


Fig. 2 The strain measured by synchrotron radiation as a function of tensile strain measured by extensometers.

GdBCO 単結晶の一軸圧縮時の結晶の変形と、coated conductor 内の結晶の変形が異なるために、 T_c の変化の仕方が異なる可能性がある。つまり、Coated conductor のひずみと超伝導特性の関係を理解するには、GdBCO 結晶の変形挙動を、3 次的に調べる必要がある事が分かった。

本研究は、超電導応用基盤技術研究開発業務の一環として、新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の委託により実施したものである。

参考文献

1. K. Minegishi, et al.: Abstracts of CSJ Conference, Vol. 83 (2010) p.11
2. H. Oguro, et al.: J. Appl. Phys., Vol. 101 (2007) 103913
3. H. Oguro, et al.: IEEE Trans. Appl. Supercond., Vol. 20 (2010) 1424
4. S. L. Bud'ko, et al.: Phys. Rev. B, Vol. 46 (1992) 1257

高温超伝導マグネット応用に向けた 線材特性評価・電磁特性解析・コイル設計技術

Investigations of Wire Performance and Its Electromagnetic Behavior for the Coil Design of HTS Magnet Applications

°東川 甲平, 今村 和孝, 井上 昌睦, 木須 隆暢 (九州大学)

°Kohei Higashikawa, Kazutaka Imamura, Masayoshi Inoue, Takanobu Kiss (Kyushu University)

E-mail: kohei@super.ees.kyushu-u.ac.jp

1. 概要

酸化物系高温超伝導 (HTS) 線材を用いたマグネット技術は、従来の金属系低温超伝導 (LTS) 線材では困難な動作範囲 (温度や磁界) や冷却コストを達成できる可能性があることから、既に様々な分野に浸透している超伝導マグネット応用の高付加価値化や未踏領域への展開には不可欠な技術となる。一方、HTS 線材の特性や構成は LTS 線材のものと大きく異なるため、マグネットの中心要素となるコイルを設計するためには、HTS 線材特有の特性や電磁現象を詳細に把握し、さらにモデル化する必要がある。そこで本講演では、以上に関する我々の取り組みを以下の項目として報告する。

2. HTS 線材における局所特性 (臨界電流密度分布・電磁現象) の評価

超伝導線材における局所特性を把握するためには電流分布の評価が有効である。我々は走査型ホール素子顕微鏡による電流密度分布評価手法により、HTS 線材中の局所臨界電流密度 (J_c) 分布 (Fig. 1 参照) やその交流電磁現象の評価に成功している。

3. HTS 線材におけるマクロな特性 (電流輸送特性・交流損失) の表現

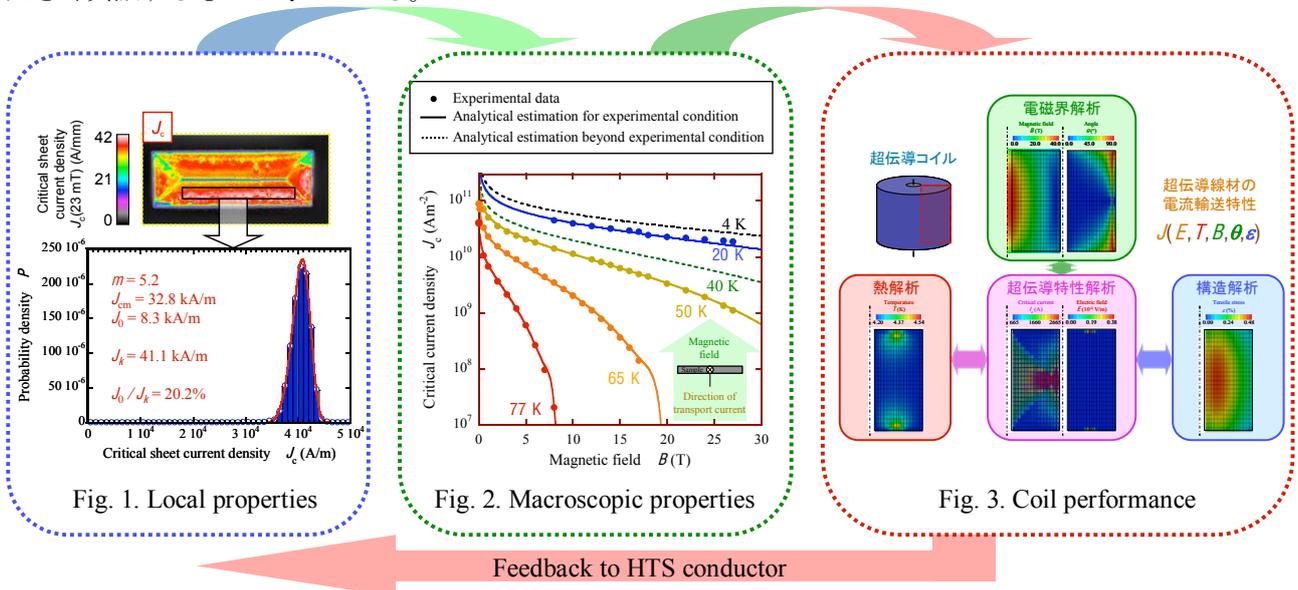
HTS 線材の電流輸送 (電流密度 (J) - 電界 (E)) 特性が上記 J_c 分布の形状に影響されていることを確認し、同分布を考慮したパーコレーション遷移モデルによって記述可能なことを確認した (Fig. 2 参照)。また、そのような分布を考慮した電磁界解析によれば、上記局所電磁特性を再現できることを確認した。換言すれば、上記局所特性の評価が、コイル設計に必要な $J-E$ 特性や交流損失の根拠を与えることになる。

4. コイル設計への展開

上記でモデル化された HTS 線材の特性をコイル形状に反映することで、HTS コイルの特性予測が可能となる (Fig. 3 参照)。また、最適化手法によってコイル形状を最適化することは、HTS 線材のポテンシャルを最大限に生かす上でも今後の開発方針を定める上でも有効となる。ここでは、有限要素法と遺伝的アルゴリズムの連携した HTS コイルの設計コードにより、マグネット応用における HTS 線材の最適な使用形態と HTS 線材の開発の方向性について検討した。

5. 結論

以上のように、HTS 線材特有の局所特性を評価し、ある程度マクロな特性としてモデル化した上でコイル設計に展開するというスキームは、HTS マグネット応用の実現と、そのための HTS 線材の開発方針の決定に大きく貢献するものと考えている。



高温超電導コイルにおける多重テープ導体の偏流抑制技術 Technique for control of drift current in Multi-laminated HTS Tape Conductors wound into HTS coil

°宮城大輔（東北大学）
°Daisuke Miyagi (Tohoku University)
E-mail: miyagi@ecei.tohoku.ac.jp

超電導エネルギー貯蔵システム(SMES)の大容量化にむけて、コイルの通電容量を増加させる方法に多重テープ導体がある。多重テープ導体とは、高温超電導(HTS)テープ線材を複数枚積層し導体としたものであるが、これを単純に巻線しただけでは各テープ間のインダクタンスの差から、導体内に偏流が生じてしまい通電容量が低下する。この問題を解決するためには、多重テープ導体内の各テープ線材のインダクタンスを均等にする必要がある。多重テープ導体の偏流抑制技術として、パンケーキコイル同士の層間においてテープ線材を転移することにより偏流を抑制できるコイル構成について紹介する。しかし、この方法では使用線材の本数が増えるに従ってコイルの高さ方向のスケールが大きくなるとともに、ダブルパンケーキ上の要素コイル1枚における1回の転移だけでは、均流化に際しての本数に制約が生じる。そこで、ダブルパンケーキ状の要素コイルを対象とした最内層における1回の転移と各テープ線材間のギャップを調整することにより、多重テープ導体内の偏流を抑制する手法についても紹介する。

パンケーキコイル同士の層間においてテープ線材を転移することにより偏流を抑制する手法として、図1に示す転位マトリックスの数字が点対称となる配置の転移方法を定めた。この手法では、テープ枚数が偶数の場合は同数のパンケーキコイル数で上記の転位が可能となり、また、テープ枚数が奇数の場合にはその倍のパンケーキコイル数で上記の転位が可能となる。図1にテープ線材4枚の多重テープ導体とパンケーキコイル4個での転位概念図と解析結果を示す。位置関係から $I_1=I_4, I_2=I_3$ となる。偏流はテープ1の電流 I_1 に対して10%以内に抑えられている。同条件のコイルで通電試験を行った。図2に通電波形を示す。多重テープ導体内のテープ線材4本の電流はほぼ同様な波形を示し、偏流の抑制が確認できた。 I_3/I_4 は9%程度の偏流となり、解析値とよく一致した。

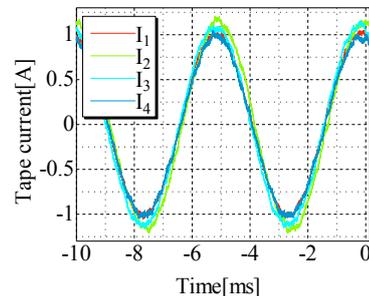
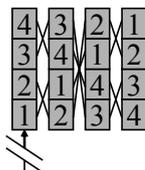
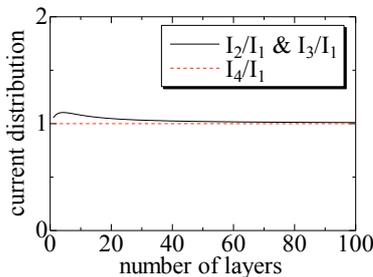


図1 テープ線材間の電流分布解析結果(左), 転移概念を表す転位マトリックス(右)

図2 試験コイル通電波形測定結果(200Hz, 4.3A)

ダブルパンケーキ状の要素コイルを対象とした多重テープ導体内の偏流抑制手法として、テープ線材4枚の多重テープ導体を図3のようにコイル最内層において各テープ線材位置が対称になるように転移した場合、各線材のインダクタンスは近似的にその線材の鎖交面積に比例するので、線材間のギャップを調整することで各テープ線材の回路リアクタンスを均等化することができる。図4に、交流200Hz、全通電電流4.3A時の各線材における電流分布測定結果を示す。本モデルにおける追加ギャップ無しでは $I_2/I_1=0.4$ であることを考えると、ペアとなる I_1-I_2 および I_3-I_4 それぞれの電流比は概ね1.05付近を示しており、線材間のギャップ調整による電流分布制御が妥当であることを意味している。 I_1-I_4 および I_2-I_3 での誤差は、コイル作製時に生じた線材間ギャップの誤差によると考えられる。この追加ギャップ方式は任意のテープ枚数と任意のパンケーキで一様な電流分布構成が可能である。

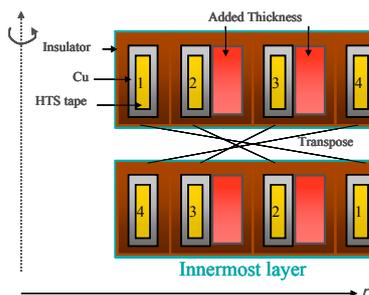


図3 最内層における転移概念図

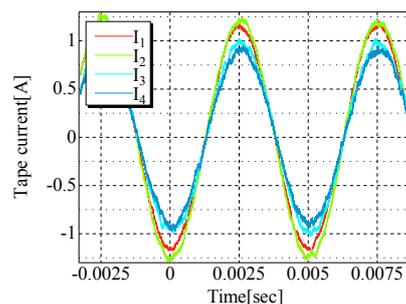


図4 試験コイル通電波形測定結果(追加ギャップ調整法)(200Hz, 4.3A)

イットリウム系高温超伝導マグネット技術の課題 ～ 特性劣化・クエンチ保護・遮蔽電流の観点から Magnet Technology for YBCO-Coated Conductors

°柳澤 吉紀, 中込 秀樹 (千葉大学), 竹松 卓也, 高尾 智明 (上智大学),
高橋 雅人, 前田 秀明 (理化学研究所)

°Yoshinori Yanagisawa, Hideki Nakagome (Chiba University), Takuya Takematsu,
Tomoaki Takao (Sophia University), Masato Takahashi, Hideaki Maeda (RIKEN)
E-mail: y_yanagisawa@graduate.chiba-u.jp

1. はじめに

イットリウム系高温超伝導線材(以下Y系線材)は線材長手方向の引っ張り強度に優れ、さらに高磁場中でも高い電流密度を扱える。これらの利点を活かせばNMR磁石、加速器用磁石、高磁場磁石などを高電流密度運転することでコンパクト化することが可能となる。しかしながら、Y系線材で巻いたコイルには、通電特性劣化、クエンチからの線材溶断、遮蔽電流による中心磁場のドリフトなどいくつかの重大な問題を持つことが明らかになってきた。これらの問題を解決しなければY系線材のコイル応用技術が死の谷に落ちてしまう可能性がある。本研究ではこれらの問題について、それぞれ系統的な実験と解析によって現象を把握し、問題を合理的に解決するためのY系マグネット技術の構築を目指す。

2. Y系高温超伝導マグネット技術の課題

2.1 通電特性劣化

エポキシ含浸したY系コイルは通電特性が顕著に劣化する。これは、剛ポリマーであるエポキシとY系線材が接着している場合、線材の強度がエポキシの強度に負けて線材が剥離するためである。特にY系線材は線材端部に横方向引っ張り応力が集中するへき開(cleavage)力に対し弱い弱であるが、エポキシ含浸コイルにおいては、冷却時にこの種の応力集中が容易に発生して線材を剥離させてしまう。

この劣化は非含浸巻線や柔ポリマーであるパラフィンによる含浸によって防ぐことができる。非含浸やパラフィン含浸の場合は、線材に印加される応力の和が正(すなわち引っ張り)になろうとすると、線材同士が離れて引っ張り応力がゼロになるため、線材にへき開(cleavage)力が発生せず、剥離が起こらないのである。ただし、非含浸やパラフィン含浸は非円形コイルには適用できないため、この種のコイルではエポキシ含浸が必要となる。エポキシを使用する場合でも、線材に対して引っ張り応力やへき開応力が印加されないコイル構成にすれば、劣化を防ぐことができる。当日の発表ではこの考え方に基づき、劣化を防ぐ方法を議論する。

2.2 クエンチ保護

特性劣化は上述のエポキシ含浸だけでなく、コイル巻き線プロセスでも起こりやすい。コイルが部分的に特性劣化している場合、劣化部位からのジュール発熱によって、コイル臨界電流以下でもクエンチが起こる。クエンチにはコイル電圧の急峻な立ち上がり(テイクオフ)と劣化部位周辺の局所的な温度上昇が伴う。この種の温

度上昇は特に高電流密度の磁石において、クエンチ保護の観点から重大な問題である。例えば4.2 Kで運転する10 T磁場中のY系コイルがクエンチした場合、コイル内の局所最大温度はわずか0.13 sで線材溶断温度にまで上昇してしまう(Fig. 1の解析結果参照)。このような瞬間的な温度上昇には従来からの能動的保護では対処し難く、新しいクエンチ保護の考え方が必要である。

2.3 遮蔽電流の影響

コイルの励磁中に超伝導層内に誘導される遮蔽電流によって、コイル中心に付加的な磁場(遮蔽電流磁場)が生じる。この磁場は中心磁場と逆向きであるため、最大で20%も中心磁場の値が減少してしまう。これはコイル励磁に伴う交流損失が大きいことに対応しており、同じ現象を発生磁場の観点からみたものである。さらに遮蔽電流はフラックス・クリープによって時間と共に減衰するため、中心磁場の値が長時間にわたってドリフトしてしまう。この問題は高い安定度の静磁場が必要となるNMR磁石において致命的な問題となる。

中心磁場の減少やドリフトは通電電流やコイル温度の制御によって抑制することが可能である。磁場ドリフトは通電電流をオーバーシュートさせて励磁する電流掃引逆転法によって抑制することができる。さらに、この手法にコイル運転温度の制御を組み合わせると励磁を行うことで、より効果的に磁場ドリフトを抑制することが可能である。

本研究の一部は(独)科学技術振興機構の産学イノベーション加速事業・戦略的イノベーション創出推進による成果である。

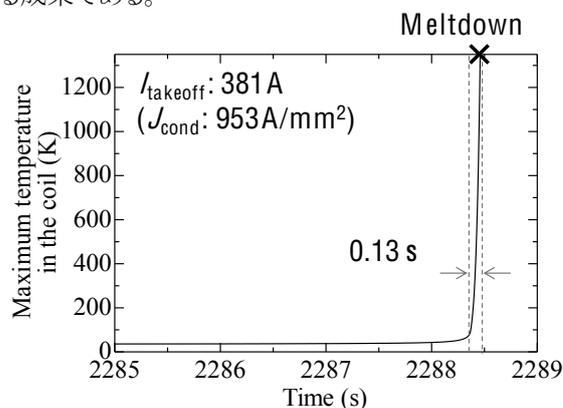


Fig. 1 Simulated temperature rise due to voltage takeoff for an YBCO coil operated at 4.2 K in 10 T background magnetic field.