

関西支部日より

関西支部では特別講演会として、平成30年11月30日(金)に関西学院大学大阪梅田キャンパスで第17回低温工学・超伝導若手合同講演会を開催した。本講演会は、日本学術振興会第146委員会 通信・情報処理分科会との共催であり、(社)応用物理学会関西支部、(社)日本表面真空学会関西支部および(社)電気学会関西支部の協賛を得た。募集講演内容は、超伝導エレクトロニクス、低温・超伝導基礎物性、ナノテクノロジーによる低温工学・超伝導研究、低温デバイス開発、超伝導線材および超伝導マグネット開発並びにその応用などである。本講演会は、関西地区在住者に限らず広く全国から低温工学および超伝導関連の研究を進める大学院生、若手任期付研究員ならびに企業の若手研究者等を支援する趣旨で開催され、若手研究者に幅広い視点を身に付けてもらうと同時に、質疑や討論を奨励し、組織を越えた若手研究者同士の交流を図ることを目的としている。また、本講演会では、若手研究者個人の寄与が大きいと判断されかつ発表内容の水準が高い優秀な講演をした若手研究者には「低温工学・超伝導若手奨励賞」を、そして最優秀発表者には「信貴賞」を授与している。「信貴賞」は初代関西支部長として低温工学の発展に尽力され、とりわけ若手研究者の育成に努められた大阪市立大学名誉教授故信貴豊一郎氏のご威徳を顕彰して2011年に設立されたものである。今回は、審査委員長を児玉隆夫氏(大阪市立大学元学長)に、審査委員を四谷任氏(大阪産業技術研究所)、山田忠利氏(マグネットテクノロジー)にお願いした。

今回の講演発表は「午前」4件、「午後 A」5件、「午後 B」5件、「午後 C」4件の18件であり、質疑応答を含め17分講演となった。以下に「講演題目」講演者所属、氏名を示す。

- 10:50-11:07「MEMS微細加工技術を用いて製作した測定プローブによる微小試料の熱伝導率測定」大阪府立大学大学院理学系研究科、高橋直貴
- 11:07-11:24「超流動ヘリウム4中の振動ワイヤーが作る量子乱流」大阪市立大学大学院理学研究科、佐藤浩司
- 11:24-11:41「水熱合成法により作製したCuInS₂ナノ粒子における発光特性の温度依存性」大阪市立大学大学院工学研究科、上東洋太
- 11:41-11:58「1次元量子ドット配列内の単一電子スピンの研究」大阪大学産業科学研究所、藤田高史
- 13:00-13:17「キラル磁性体CrNb₃S₆における非相反電気伝導現象」大阪府立大学大学院工学研究科、青木瑠也
- 13:17-13:34「原子価スキップ現象が引き起こす電荷近藤効果と超伝導」大阪大学大学院基礎工学研究科、八島光晴
- 13:34-13:51「パルス強磁場と断熱消磁法による極低温下での磁化計測の開発」大阪府立大学大学院理学系研究科、松山友樹
- 13:51-14:08「磁気力制御による新生血管閉塞療法に関する基礎的研究—回転磁場の検討—」大阪大学大学院工学研究科、桐村誠

- 14:08-14:25「磁気分離法によるセシウム含有土壌の減容化に関する研究」大阪大学大学院工学研究科、西本湧希
 - 14:40-14:57「超伝導限流器を用いた模擬電力系統における地絡事故時の限流試験」京都大学大学院エネルギー科学研究科、坂本大輝
 - 14:57-15:14「抵抗型超伝導限流器を目的としたGdBCOテープ線材の表面状態改変及び圧力下における復帰特性の評価」京都大学大学院エネルギー科学研究科、柳井創太
 - 15:14-15:31「高電流密度分散Sn法Nb₃Sn線材開発」(株)神戸製鋼所技術開発本部、川嶋慎也
 - 15:31-15:48「BSCCO単結晶アンチドットのSQUID顕微鏡による磁束分布観測」大阪府立大学大学院工学研究科、三宅晴也
 - 15:48-16:05「高温超伝導体メサ構造アレイからのテラヘルツ放射の偏光特性」京都大学大学院工学研究科、藤田秀真
 - 16:20-16:37「Ag安定化層フリーな低コストREBCO線材に用いる導電性Nb-TiO₂」島根大学大学院自然科学研究科、長瀬侑弥
 - 16:37-16:54「高温超伝導MRIマグネットの等価回路検討」京都大学大学院エネルギー科学研究科、北田悟史
 - 16:54-17:11「iGS接合による高温超伝導永久電流NMRの実現」住友電気工業(株)パワーシステム研究開発センター、大木康太郎
 - 17:11-17:28「MRI用1/2サイズ5T高温超伝導コイルの最適磁気設計」三菱電機先端技術総合研究所、三浦英明
- 各セッションの概要を以下に示す。

午前は熱伝導率測定装置の開発、量子乱流の物理、化合物半導体の発光特性、単一電子スピンドバイスの発表があった。高橋氏は、近年新しいエネルギー変換技術として注目を集めるスピカロトロニクス基礎研究として、MEMS微細加工技術を用いた熱伝導率測定プローブの開発に関する発表を行った。長さ1mm程度の試料の熱伝導を測定するためヒーターと2個の温度センサーがパターンニングされている。試料幅の異なる2つのPyrexガラスの熱伝導率の温度依存性を室温以下2Kまで詳しく測定し、両者がよく一致する結果を得た。佐藤氏は振動ワイヤーを用いて超流動ヘリウム4中で生じる量子乱流を観測した。量子乱流は単一の渦で構成されているため、古典乱流に比べて極めて単純化される。振動ワイヤーの駆動力を増加させて層流から乱流に転移する様子を調べ、量子乱流生成開始から渦環検出までの時間を測定した結果、検出時間分布がポアソン過程に従うことが明らかとなった。このことは渦環放出がランダムに起きていることを意味するとのことである。上東氏はCuInS₂ナノ粒子における発光特性の温度依存性を調べた結果について発表した。15Kにおける時間分解発光スペクトルなどの実験結果からCuInS₂ナノ粒子における発光起源がドナー—アクセプターペア(DAP)発光であることが結論付けられた。また、発光強度と発光寿命の温度依存性は熱活性化型の無輻射再結合過程を考慮することにより定量的に説明で

きることが示された。藤田氏の講演では1次元量子ドット配列内の単一電子スピンコヒーレンスに関する発表があった。ナノスケールで設計した位置に単一の電子を閉じ込め、希釈冷凍機と超伝導磁石を組み合わせることで単一電子のスピン制御を行う。スピンシャトルとよばれる技術を用いて四重量子ドット試料について光子を伝搬させた場合と同様の干渉実験を行い、数値計算結果を良く再現することが示された。

午後 A は、2 件の化合物材料の物性に関する研究、強磁場極低温装置の開発に関する研究、磁気力制御によるがん治療法に関する研究、磁気分離法による汚染土壌の減容化に関する研究の発表があった。青木氏は、単軸性キラル磁性結晶 CrNb_3S_6 において電気磁気キラル効果 (eMCh 効果) と呼ばれる非相反電気伝導を系統的に調べた。非相反電気伝導は電流と磁場の向きに応じて電気抵抗が変化する現象である。その結果、幅広い温度・磁場範囲において eMCh 効果による非相反伝導を検出することに成功した。八島氏は、バレンススキップ元素として知られる TI を半導体 PbTe にドーピングすることで出現する $\text{Pb}_{1-x}\text{TI}_x\text{Te}$ 超伝導体を核磁気共鳴法により調べた。その結果、TI のバレンススキップ現象を通して、電荷揺らぎが生じ、電荷近藤効果が実現している可能性があることがわかった。これらの振る舞いと超伝導発現の関係に興味を持たれる。松山氏は、 ^4He のみを用いた常磁性断熱消磁法とパルス強磁場を組み合わせた極限環境下における磁化計測装置の開発を行っており、最大磁場 50.2T、最低到達温度 0.245K を達成した。今後は、断熱消磁部の熱伝達を He ガスを用いる方法に置き換えることにより、より低温化を目指すと共に磁化計測のためのクライオスタットの開発を行っていくとの事であった。桐村氏は、がんの成長抑制と転移防止を目的とする磁気力制御による新生血管閉塞療法に関する発表を行った。強磁性粒子を体内に投与し、外部磁場を制御することにより、標的部位に強磁性粒子を集積・凝集させることにより、がん組織の壊死を目指すものである。静磁場と回転磁場におけるマグネタイト粒子の集積に関する実験を行うと共に、数値シミュレーションによる解析も行った。西本氏は、福島第一原子力発電所事故による Cs を含む放射能濃度の高い汚染土壌の減容化を目的とした磁気分離法に関する発表を行った。本研究では、各種フィルターの分離率および飽和補足量を調べた。また、数値シミュレーションによる解析も行った。その結果、分離率は、線径 0.5mm のフィルターが、飽和補足量は、線径 2.0mm のフィルターがそれぞれ最大となることがわかった。今後は、福島の実土壌を用いた研究を行っていく予定との事であった。

午後 B は、2 件の超伝導限流器に関する研究、高電流密度 Nb_3Sn 超伝導線材の開発、SQUID 顕微鏡による磁束分布観察、テラヘルツ放射の偏光特性に関する研究の計 5 件の発表があった。坂本氏は、REBCO 高温超伝導線材を使用した変圧器磁気遮蔽型超伝導限流器 (SFCL: Superconducting Fault

Current Limiter) を模擬電力系統に設置し、短絡事故が起きた際の SFCL の限流特性について調べた。その結果、限流器により事故電流を約 43%、発電機電圧降下を約 67% 抑制され、故障除去時間も長くなることが確認できたと報告した。柳井氏は、超伝導限流器実用化にあたり、故障電流遮断から超伝導状態への復帰特性に関して、表面状態および圧力の違いによる復帰時間の差異を、GdBCO 線材を用いて調べた。その結果、GdBCO 線材の表面に PTFE (Poly Tetra Fluoro Ethylene) コーティングを施したり、液体窒素に圧力をかけたりすることで復帰特性の向上が見込めることがわかった。川嶋氏は、NMR マグネットのコンパクト化や加速器用途などへの適用を目指し、分散 Sn 法を用いて作製した Nb_3Sn 線材の高 J_c 化に関する報告を行った。Ti 添加量と Sn 拡散距離を共に低減させることで磁場中 J_c が向上することがわかった。三宅氏は、有限サイズのアンチドット格子を人工的に導入した $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_2\text{O}_{8+\delta}$ ($\text{Bi}2212$) 単結晶薄膜を用いて、SQUID 顕微鏡で 4 K における磁束分布観察を行った。その結果、印加磁場増加に伴い、トラップ磁束が増加することがわかった。藤田氏は、 $\text{Bi}2212$ 単結晶メサ構造アレイからのテラヘルツ放射の偏光特性を放射分布とストークスパラメータの二つの方法で観測した。その結果、メサ構造アレイ並列動作時の発振モードは単独動作時の放射と比べて、より強いメサ構造短辺方向の直線偏光となっていることがわかった。

午後 C は、REBCO 線材のコストダウンに関する研究、REBCO 線材の超伝導接合に関する研究 および 2 件の高温超伝導 MRI マグネットに関する研究の計 4 件の発表があった。長瀬氏は REBCO 線材の材料コストを低減するため、高価な Ag 層に変わる中間層として Nb-TiO₂ 薄膜を選択し、成膜後のアニール条件や Nb 濃度が電気特性に与える影響を調べた。結果、中間層としては、Nb(9.5at%)-TiO₂ を 400°C で結晶化させたものが適当であることが分かった。北田氏は高温超伝導 MRI で問題となる遮蔽電流が発生磁場に与える影響を評価するための等価回路の検討を行った。遮蔽電流、接続抵抗および抵抗器とダイオードで構成される保護回路を考慮した高温超伝導 MRI マグネットと駆動電源システムの等価回路モデルを作成した。このモデルを用いることで、実際の励磁試験で得られた磁場変化をフィッティングすることが可能であることが示され、モデルの妥当性を確認した。大木氏は REBCO 線材同士を超伝導接合するために微結晶を用いて線材界面間に REBCO をエピタキシャル成長させる方法を開発してきた。今回、接合の界面を TEM で観察し、熱処理によってエピタキシャル成長が進む様子が報告された。熱処理後の画像では界面に結晶が成長していることが明瞭に確認できている。さらにこの接合技術をマグネットに適用し、世界初の高温超伝導永久電流 NMR を実証した。三浦氏は高温超伝導体を用いて小型・軽量の全身用 3T マグネットの負荷 (コイル電流密度 200A/mm²、最大経験磁場 7T) を検証するために作成する 1/2 サイズ全身用 5T マグネットの磁気設計を行った。軸方向の電磁応力に着

目して最適化を行ったところ、最大の主磁場コイルを 2 つに分割することで当初 135MPa あった応力を 30MPa とすることができた。これにより REBCO 線材が劣化しない条件でマグネットを設計することができた。

以上、18 件の講演があり、いずれもたいへん活発な質疑応答が行われた。講演の最後に、大阪市立大学名誉教授の畑徹氏による、信貴賞の設立経緯および信貴先生の思い出について紹介があった。その後、厳正な審査のもとに、住友電気工業株式会社の大木康太郎氏に「信貴賞」、大阪市立大学の佐藤浩司氏、大阪大学の藤田高史氏、大阪府立大学の青木瑠也氏、京都大学の坂本大輝氏に「低温工学・超伝導若手奨励賞」が授与された。講演会終了後に懇親会が持たれ、審査委員と発表者、聴講者を含め 22 名が参加し、親睦交流が図られた。写真は信貴賞および奨励賞受賞記念写真で、前列左から藤田氏、青木氏、大木氏、佐藤氏、坂本氏、後列左から、四谷審査委員、児玉審査委員長、山田審査委員である。最後に主催者として、3 名の審査委員の先生方および熱心に議論して頂いた 42 名の講演会参加者全員に深甚な感謝の意を表す。

(野口悟、尾崎壽紀、佐藤和郎、斉藤一功)

写真 講演会奨励賞受賞者および審査委員