

関西支部だより

関西支部では特別講演会として、平成29年12月1日(金)に大阪市立大学文化交流センターで第16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、低温に関するものである。本講演会は、関西地区に在居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、審査委員長を青木亮三氏(大阪大学名誉教授)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)をお願いした。

今回の講演発表は「午前」5件、「午後A」5件、「午後B」5件の15件であり、質疑応答を含め20分講演となった。以下に「講演題目」講演者所属、氏名を示す。

- 10:20-10:40「導波路型テラヘルツ時間領域分光システムによる機能性薄膜計測」大阪大学大学院工学研究科、大橋昇平
- 10:40-11:00「ナノ構造超伝導体の転移温度に及ぼす不純物効果：サイズ・形状依存性」大阪府立大学大学院工学研究科、梅田政樹
- 11:00-11:20「3次元d-dotモデルを用いた半整数量子磁束の発生条件の解析」大阪府立大学大学院工学研究科、藤田憲生
- 11:20-11:40「カイラルらせん磁性体が作るヘリカルな磁場下における超伝導体中の渦糸構造」大阪府立大学大学院工学研究科、福井隼丈
- 11:40-12:00「FeSeへの電気化学的カリウムインターカレーション効果」関西学院大学大学院理工学研究科、溝畑尚幸
- 13:00-13:20「2K予冷熱交換器の試作および性能試験」太陽日酸(株)エンジニアリング本部 PEC SCEエンジニアリング部、坂本克夫

13:20-13:40「交流電場を用いた過冷却状態の保持条件」岡山理科大学工学部、末長永士

13:40-14:00「液体水素強制対流下における円柱発熱体のDNB熱流束についての研究」京都大学大学院エネルギー科学研究科、松本太斗

14:00-14:20「微小試料用の熱伝導率測定装置の開発と性能評価」大阪府立大学大学院理学系研究科、柴田尚樹

14:20-14:40「50 Tパルス強磁場装置の極低温0.1 K以下への展開」大阪府立大学大学院工学研究科、楠佳也

15:00-15:20「超伝導磁石を用いた磁気アルキメデス法によるプラスチック選別に関する研究」大阪大学大学院工学研究科、三澤弘平

15:20-15:40「高 J_c 分散スズ法 Nb_3Sn 線材の開発」(株)神戸製鋼所応用物理研究所、川原田喬生

15:40-16:00「電磁鋼板上にイットリア安定化 ZrO_2 と Y_2O_3 を中間層として介したYBCO薄膜の作製」京都大学大学院エネルギー科学研究科、樋口甲太郎

16:00-16:20「REBCO線材を用いた超伝導限流器の模擬電力システムにおける限流試験」京都大学大学院エネルギー科学研究科、坂本拓哉

16:20-16:40「MRI用1/2サイズアクティブシールド型5T高温超伝導コイルの基本設計」三菱電機(株)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。

午前はテラヘルツ関係1件、超伝導理論3件、鉄系超伝導1件の発表があった。大橋氏は導波路型テラヘルツ時間領域分光システムによる機能性薄膜計測について発表した。「導波路型」は従来の「透過型」では困難であったテラヘルツ波と物質の相互作用長を劇的に増加させることにより高感度計測を実現する。膜厚 $0.75\mu\text{m}$ のアモルファス $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ 薄膜ではその導電率が理論の最小導電率とよく一致する結果を得た。また、CVDグラフェンを用いたTHz波の透過率計測では、0.5THzにおいて70%という大きな吸収を確認した。梅田氏はナノ構造超伝導体の転移温度 T_c に及ぼす不純物効果について発表した。不純物効果は散乱時間 τ の逆数として計算に取り入れ、有限要素法を用いてGor'kov方程式を解くことにより、サイズと形状依存性を計算した。その結果、 $1/\tau$ が大きくなるにつれ T_c が階段状に減少することが分かった。現在Bogoliubov-de Gennes方程式を解くことで得た不純物効果との比較を行っている。藤田氏は3次元d-dotモデルを用いた半整数量子磁束の発生条件について理論的に解析した結果を発表した。従来の2次元モデルを3次元に拡張してシミュレーションを行った結果、有効質量比2の c 軸異方性では d 波超伝導領域の4角に半整数磁束配列がみられるが、 c 軸異方性がない場合は半整数磁束配列がみられず、 c 軸異方性が半整数磁束量子形成に重要であるとの結論を得た。福井氏はカイラルらせん磁性体が作るヘリカルな磁場下における超伝導体中

の渦糸構造について発表を行った。カイラル磁性体からのヘリカルな外部磁場をらせん軸に垂直な成分の周期関数で表し、これが超伝導体の渦糸構造に与える影響をGinzburg-Landau 方程式により計算しオーダーパラメータ分布を求めた。その結果、らせん軸方向に傾いた2つの渦糸が現れ、互いに逆向きの渦糸ペアを形成する状態が最も安定であることが分かった。溝畑氏は、鉄系超伝導体 FeSe への電気化学的カリウムインターカレーション効果について発表した。Fe 欠損のない $K_x\text{Fe}_2\text{Se}_2$ を合成することを目的に、電気化学反応を用いて印加電流密度と超伝導特性の関係を調べた。印加電流密度は $1\sim 15\text{mA/g}$ と変化させて、X線回折による相の同定と電気抵抗測定による T_c の評価を行った。各試料とも $K_x\text{Fe}_{2-y}\text{Se}_2$ 相、FeSe 相の2相が確認され、 T_c も 32K と 8K の2段転移が確認された。

午後 A は、熱交換器の開発、過冷却に関する研究、液体水素に関する研究、熱伝導率測定装置の開発および強磁場極低温装置の開発、計5件の発表があった。坂本氏は、 2K 予冷用熱交換器の試作および性能試験に関する発表を行った。試作した熱交換器はシェル&フィンコイル形式が採用された。冷却試験を行った結果、 2K 飽和超流動ヘリウムの生成を行うことが出来た。また、得られたデータは、圧力損失を除き有限体積法による解析結果と一致した。末長氏は、水の過冷却状態を的確に制御することを目的とし、外部電場と過冷却状態の関係について発表を行った。 3cc の実験セルの水に対して電圧 800V から 1600V 、周波数 50Hz から 500Hz の条件で外部電場を印加し過冷却状態の保持と解消の関係を調べた。その結果、交流電場が過冷却状態の継続に有効である領域を見出した。松本氏は、液体水素冷却超電導機器の開発を目的とし、液体水素強制対流下における DNB (Departure from Nucleate Boiling) 熱流束に関する発表を行った。液体水素のサブクール度や発熱体の径と長さを変えて DNB 熱流速と流速の関係を実験的に調べ、その結果を基に、DNB 熱流速を算出するための表示式を定めた。柴田氏は、世界的に活発に研究が行われているスピнкаロリトロニクスの研究の進展を目的として、微細加工技術を用いた新たな熱伝導率測定プローブの開発に関する発表を行った。開発したプローブを用いて $(\text{CH}_3)_4\text{NMnCl}_3$ 磁性体の評価を行ったところ、試料の熱伝導率を反映した温度勾配の観測に成功した。楠氏は、 50T の強磁場下で 0.1K 以下の極低温を達成する装置の開発に関する発表を行った。 250kJ のコンデンサバンクとパルスマグネットを用いることにより 50T のパルス強磁場を発生させることに成功した。また、鉄ミョウバンを用いた断熱消磁冷却実験の結果 0.227K を 150 秒間維持することにも成功した。

午後 B は線材開発2件、応用機器関連で3件の計5件の講演発表があった。なお、このうち2件は企業からの発表であった。三澤氏は混合プラスチックの選別法として磁気アルキメデス法を適用する検討を行っている。独自に考案

した廃プラスチックの分離フローに基づき、トナーカートリッジに使用される7種類のプラスチックの分離を試みた。湿式比重分離方式で沈降する3種のサンプルに対し、 7T の磁場による磁気分離を用いて選別できることを実験的に示している。更にこの技術を適用する選別装置の設計も行い、課題として処理能力の向上を上げている。川原田氏は内部スズ法的一种である分散スズ法 (DT 法) を用いた Nb_3Sn 線材開発について発表した。現在、量産に用いられているブロンズ法では、臨界電流密度 (J_c) はブロンズ合金中の Sn 濃度上限によって決まっている。この限界をなくす手段として Sn 供給源を独立に分散配置した DT 法線材を試作した。 J_c とマイクロ組織の関係を調べ、Sn 拡散距離を短くすることで Nb_3Sn 結晶量が増加し、高い J_c が得られることを見出した。樋口氏は安価な電磁鋼板を基板にもちいた YBCO 線材の中間層について発表した。課題としてあげられるのは中間層の酸素バリア性が低く、YBCO 薄膜の2軸配向が乱されることで J_c が低下すること。対策として中間層の材料をカルシア安定化 ZrO_2 からイットリア安定化 ZrO_2 に変更した。成膜条件を種々に変えた実験により、酸素をブロックできる条件を見出し J_c を向上させることができた。坂本氏は REBCO 線材を用いた超電導限流器の試験について発表した。三相一機無限大母線システムを模擬した電力システムでの試験を行い、地絡故障の際には限流器により故障電流を約 40% 限流し、発電機電圧の低下を約 50% 抑制することが実験で確認された。また事故相以外には故障電流は流れず発電機電圧が抑制できることも確認できた。三浦氏は REBCO 線材を用いた MRI 用 $1/2$ サイズアクティブシールド型 5T マグネットの設計について発表した。これは REBCO 線材を用いた 3T 全身用 MRI マグネットの技術検証機として位置付けられている。マグネットを実現するための線材特性として「 7T 、 20K にて電流負荷率 60% 以下でコイル電流密度 200A/mm^2 」を見出した。また、磁場均一度 1.7ppm (250mmDSV) の計算結果が得られた。

以上、15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、大阪大学の三澤弘平氏に「信貴賞」、京都大学の松本太斗氏および樋口甲太郎氏、大阪府立大学の柴田尚樹氏、株式会社神戸製鋼所の川原田喬生氏に「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、審査委員と発表者を中心として13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、前列左から川原田氏、三澤氏、青木審査委員長、松本氏、後列左から、柴田氏、山田審査委員、四谷審査委員、樋口氏である。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33名の講演会参加者全員に深甚な感謝の意を表する。

(関西支部役員 野口悟、佐藤和郎、齊藤一功)



写真 講演会奨励賞受賞者および審査委員