

関西支部便り

関西支部では特別講演会として、平成25年12月13日(金)に大阪市立大学文化交流センターで第12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および(社)日本真空学会関西支部の協賛を得た。この企画は2002年に始められ、今年は第12回になる。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、関西地方ならびにその近隣で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大阪大学名誉教授に、審査委員を四谷任元大阪府立産業技術総合研究所、山田忠利元三菱電機㈱にお願いした。

今回の講演会の発表件数は12件である。講演会のプログラムを以下に示す。

[プログラム]

10:15-10:20 開会挨拶 低温工学・超伝導学会関西支部 支部長 石川 修六

10:20-10:40 「電流バイアス運動インダクタンス法によるNb超伝導中性子検出器の開発」

^A大阪府立大学大学院工学研究科、^B大阪府立大学ナノファブリケーション研究所、

^C名古屋大学大学院工学研究科、^D産業技術総合研究所

^A鳴神 吉人(M1)、^A吉岡 直人、^A野村 晃大、^A宮嶋 茂之、^C藤巻 朗、

^D日高 睦夫、^{A, B}石田 武和

10:40-11:00 「アレイ化MgB₂超伝導中性子検出器の開発」

^A大阪府立大学大学院工学研究科、^B大阪府立大学ナノファブリケーション研究所、

^C名古屋大学大学院工学研究科、^D情報通信研究機構関西先端研究センター、

^E上海微系統研究所、^F日本原子力研究開発機構システム計算科学センター

^A吉岡 直人(M2)、^A鳴神 吉人、^A野村 晃大、^A宮嶋 茂之、^{A, B}宍戸 寛明、

^C藤巻 朗、^D三木 茂人、^E王 鎮、^F町田 昌彦、^{A, B}石田 武和

11:00-11:20 「超伝導MgB₂薄膜の製膜と評価」

^A大阪府立大学大学院工学研究科、^B大阪府立大学ナノファブリケーション研究所、

^C大阪府立大学 21 世紀科学研究機構

^A二神 敦(M1)、^{A, B}宍戸 寛明、^A吉田 卓也、^A川井 一樹、^A米田 豊、

^{A, B, C}野口 悟、^{A, B}石田 武和

11:20-11:40 「熔融水酸化物法を用いた(Y,Ca)Ba₂Cu₄O₈エピタキシャル膜の作製と評価」

島根大学大学院総合理工学研究科

船木 修平(助教)、山田 容士

11:40-13:00 昼食休憩

13:00-13:20 「HTS-SQUIDを用いたサンプル回転方式小型磁化率計の高感度化」

岡山大学大学院自然科学研究科

濱崎 大地(M2)、岡本 直大、モハマド マワルディ サーリ、堺 健司、

紀和 利彦、塚田 啓二

13:20-13:40「直冷式平面型HTS-SQUIDグラジオメータを用いた太陽電池評価」

岡山大学大学院自然科学研究科

宮崎 真伍(M2)、糟谷 尚平、モハマド マワルディ サーリ、堺 健司、

紀和 利彦、塚田 啓二

13:40-14:00「高温超伝導rf-SQUID用基板共振器の共振特性」

大阪大学大学院基礎工学研究科

酒井 章(M1)、松井 保憲、宮戸 祐治、糸崎 秀夫

14:00-14:20「絶縁磁性材料の測定が可能なAFM-SQUID顕微鏡」

大阪大学大学院基礎工学研究科

久山 耕平(M1)、宮戸 祐治、糸崎 秀夫

14:20-14:40 休憩

14:40-15:00「HTS-SQUID を用いたAC/DC 複合型小型磁化率計」

岡山大学大学院自然科学研究科

高木 竜輝(M2)、モハマド マワルディ サーリ、石原 優一、堺 健司、

紀和 利彦、塚田 啓二

15:00-15:20「無振動・無冷媒希釈冷凍機の開発」

大阪市立大学大学院理学研究科

松本 拓也(M2)、小原 顕、矢野 英雄、石川 修六、畑 徹

15:20-15:40「広帯域76同軸ケーブル装備4 K GM冷凍機を使った多目的プラントホームの開発」

^A大阪府立大学大学院工学研究科、^B名古屋大学大学院工学研究科、

^C大阪府立大学ナノファブリケーション研究所

^A宮嶋 茂之(特認助教)、^A鳴神 吉人、^A吉岡 直人、^A野村 晃大、

^B藤巻 朗、^{A, C}石田 武和

15:40-16:00 (特別講演)「テラヘルツ時間領域分光装置を用いた膜厚測定」

大塚電子株式会社粒子物性開発部

赤木 基信、北岸 恵子

16:00-16:30「信賞の設立について」

大阪市立大学大学院理学研究科 教授 畑 徹

16:30-16:45 審査・表彰

16:45-16:50 閉会挨拶 低温工学・超伝導学会関西支部 支部長 石川 修六

各講演の概要は以下の通りである。

大阪府立大学工学研究科の鳴神吉人氏は、電流バイアス運動インダクタンス法による Nb 超伝導中性子検出器の開発について発表した。従来の超伝導転移端法と異なり、運動インダクタンス法はクーパ対の励起による運動インダクタンスの変化を検出するもので、 T_c 以下であれば動作温度に制約がなく、十分な検出感度を有す。ここでは超伝導デバイスの実績が高い Nb を素子として用い、4K においてはじめて信号検出に成功した。今後、 ^{10}B 膜と組み合わせることによって中性子検出を目指す。

大阪府立大学工学研究科の吉岡直人氏は、アレイ化 MgB_2 超伝導中性子検出器の開発について発表した。 MgB_2 は当該グループで世界に先駆けて中性子検出器開発を行っている素子であり、それ自身が中性子核反応に用いられる。今回は8chのメアンダラインのアレイ化に成功した。今後、SFQ 回路と組み合わせたワンチップ化による効率的な大画素化を目指す。

大阪府立大学工学研究科の二神敦氏は、クヌーセンセル(K セル)を用いた分子線エピタキシー法による MgB_2 超伝導薄膜の製膜を行った。サファイアのステップ基板と4H-SiC 基板を用い、膜厚 100nm の c 軸配向膜の作製に成功した。4H-SiC 基板は MgB_2 と格子定数の整合性が極めて良く、ミスマッチが 0.2% 以下であるが、RHEED の結果から膜表面の平坦性は高いがエピタキシャル成長はしていない。Mg

リッチの条件になっており、今後これらを見直すとのことである。

島根大学総合理工学研究科の船木修平氏は、熔融水酸化物法を用いた $(Y,Ca)Ba_2Cu_4O_8$ エピタキシャル膜(YCa124 膜)の作製と評価について発表した。YCa124 は Y^{3+} サイトに Ca^{2+} を10%置換することによって T_c が90K まで上昇する。また、熔融水酸化物を用いたフラックス法で大気中において低温かつ短時間で124 相を作製した報告がある。そこで、この手法により、NdGaO₃ (001)単結晶基板上にYCa124 エピタキシャル膜(膜厚 20 μ m)を作製した。膜厚制御など課題はあるが、緻密で配向性の良い、90K の T_c を持つ膜が得られ、実用化に向け多望な手法を開発した。

岡山大学自然科学研究科の濱崎大地氏は、コンパクトで低ランニングコストといった特徴を有するHTS-SQUID を用いたサンプル回転方式小型磁化率計の高感度化を目指して、回転モーターやピックアップコイル形状の最適化を行った。安定な回転速度を有する電磁モーターを使用することでより正確な加算平均処理ができ、さらに楕円形コイルの使用により出力波形の高周波成分が増加した結果、本装置の検出限界として 3.8×10^{-9} (emu)が求められ、高感度化に成功した。

岡山大学自然科学研究科の宮崎真伍氏は、直冷式平面型 HTS-SQUID グラジオメータを用いた磁気計測により、太陽電池パネルにおける電流分布を可視化するシステムを開発した。デュワー部分を回転させて市販の太陽電池パネル表面に垂直な独立 2 成分の磁場を検出および解析した結果、電極付近で直流電流が一様に流れておらず電極間と垂直方向に流れる成分が存在することを確認した。

大阪大学基礎工学研究科の酒井章氏は、rf-SQUID に使用する駆動回路の周波数制御を行うために、YBCO 薄膜を用いた rf-SQUID および外径や内径の異なる円盤状共振器を SrTiO₃ 単結晶基板上に作製し、rf-SQUID と円盤状共振器をフリップチップ実装したサンプルを作製した。ネットワークアナライザを用いた測定結果と高周波電磁界シミュレーションから求められた共振周波数は非常に良い一致を示し、共振周波数は円盤状共振器の外径に依存することを明らかにした。

大阪大学基礎工学研究科の久山耕平氏は、従来測定が困難であった絶縁磁性材料の微細磁気構造を観察するために、電界研磨により作製した先端曲率半径 100nm 以下のパーマロイプローブにプローブの振動を検出する音叉型水晶振動子を接着させた AFM-SQUID 顕微鏡を開発した。絶縁磁性材料である鉄ガーネットサンプルを測定した結果、サンプルの表面形状と約 25 μ m サイズの磁区構造を同時に観察することに成功した。

岡山大学自然科学研究科の高木竜輝氏は、HTS-SQUID を用いた AC/DC 複合型小型磁化率計を開発した。磁化検出に HTS-SQUID を用い、試料振動方式に AC 磁場を重畳させることにより高速、高感度計測を目指した。樹脂に分散させた酸化鉄をテストサンプルとし、AC 測定では基本波、第二、第三高調波成分の計測に成功し、磁化曲線における飽和などの歪み成分を感度良く抽出することに成功した。

大阪市立大学理学研究科の松本拓也氏は、無振動・無冷媒希釈冷凍機の開発に関する発表を行った。液体ヘリウムフリーの希釈冷凍機は手軽に優れニーズが高いが、機械振動が大きくそれに伴う熱流入のため最低到達温度が高いという難点があった。今回、GM 冷凍機と希釈冷凍機を切り離し、フレキシブルサイフォンで繋ぐことにより、振動による熱流入を抑えることに成功し、50mK の最低到達温度を達成した。

大阪府立大学工学研究科の宮嶋茂之氏は、広帯域 76 同軸ケーブル装備 4 K GM 冷凍機を使った多目的プラットホームの開発について発表した。超伝導検出器の多素子化を目指すため、多くのリード線を低温ステージに導入する必要がある。また、SFQ 回路の総バイアス電流量は5A に達する。これらの固体伝導とジュール熱による熱流入を極力抑えるため、8K 付近に中間ステージを設け、NbTi 超伝導線とキュプロニッケル管を組み合わせた冷凍機を開発した。

大塚電子株式会社粒子物性開発部の赤木基信氏は、テラヘルツ時間領域分光装置を用いた膜厚測定に関する発表を行った。テラヘルツ時間領域分光法はフェムト秒レーザーを光伝導素子に照射しテラヘルツ波パルスが発生させ瞬時に広帯域スペクトルを得る手法である。これを膜厚計として開発し、従来の接触式膜厚計で測定できなかった複層膜や可視、近赤外分光で測定できなかった着色フィルムに

ついて非接触での膜厚測定を可能とした。今後、極低温での測定にも対応すべく改良を進めるとのことである。

講演の最後に、大阪市立大学の畑先生から信貴賞の設立経緯が先生の思い出と共に紹介された。

講演終了後、厳正な審査のもとに、島根大学総合理工学研究科の舩木修平氏に「信貴賞」、大阪府立大学工学研究科の吉岡直人氏、大阪大学基礎工学研究科の久山耕平氏、岡山大学自然科学研究科の高木竜輝氏、大塚電子株式会社の赤木基信氏に「低温工学・超伝導若手奨励賞」が授与された。また、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約 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、左から四谷審査委員、山田審査委員、赤木氏、高木氏、舩木氏、久山氏、吉岡氏、青木審査委員長の各氏である。最後に主催者として、審査に当たられた審査委員長、審査委員のお二方、熱心に議論して頂いた 25 名の講演会参加者に深甚な感謝の意を表する。

（関西支部役員 野口悟、笈芳治）



写真 講演会奨励賞受賞者および審査委員

関西支部だより

関西支部では特別講演会として、平成26年12月12日(金)に大阪市立大学文化交流センターで第13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および(社)日本真空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、関西地方ならびにその近隣で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元(大阪府立産業技術総合研究所)、山田忠利氏(マグネットテクノロジー)にお願いした。

今回の講演会の発表件数は16件である。講演会のプログラムを以下に示す。

- 10:05-10:10 開会挨拶 低温工学・超電導学会関西支部 支部長 濱田衛
- 10:10-10:30 「テラヘルツ時間領域分光法によるグラフェン光学伝導度の温度依存性」大阪大学レーザーエネルギー学研究センター、川野慎也
- 10:30-10:50 「Bi系高温超伝導体における巨視的量子トンネル現象の研究」京都大学大学院工学研究科、野村義樹
- 10:50-11:10 「STM-SQUID顕微鏡の磁気感度向上に向けたrf-SQUIDの改善」大阪大学大学院基礎工学研究科、宮戸祐治
- 11:10-11:30 「カイラルらせん磁性体/超伝導体の二層構造における渦糸構造」大阪府立大学大学院工学研究科、福井阜丈
- 11:30-11:50 「正方形ナノサイズ超伝導体における磁場中での奇周波数スピン三重項超伝導の空間変化」大阪府立大学大学院工学研究科、柏木正隆
- 11:50-12:10 「ピコ秒レーザーによる超伝導運動インダクタンス検出器の動作解析」大阪府立大学大学院工学研究科、鳴神吉人
- 13:00-13:20 「ナノ構造超伝導体の転移温度の形状依存性」大阪府立大学大学院工学研究科、梅田政樹

- 13:20-13:40 「超伝導複合体d - d o t における半整数磁束発生への双晶境界の影響」大阪府立大学大学院工学研究科、藤田憲生
 - 13:40-14:00 「溶融水酸化物法を用いたRE123の作製温度の低温化」島根大学総合理工学研究科、奥西亮太
 - 14:00-14:20 「低温NaOH-KOHフラックス中で液相成長させたEu123, Eu124膜の特性評価」島根大学総合理工学研究科、宮地優悟
 - 14:20-14:40 「分散Sn法Nb₃Sn線材の実用化開発」神戸製鋼所技術開発本部、川嶋慎也
 - 14:55-15:15 「MRI用高安定磁場コイルシステム基盤技術の研究開発 ～内径300mmモデルコイル試作～」三菱電機先端技術総合研究所、井村武志
 - 15:15-15:35 「超小型超伝導マグネットを用いた超低温MRI測定技術の開発」京都大学低温物質科学研究センター、金本真知
 - 15:35-15:55 「液体水素の熱伝達特性」京都大学エネルギー科学研究科、比嘉大輔
 - 15:55-16:15 「液体水素冷却MgB₂超伝導線材の基礎特性」京都大学エネルギー科学研究科、茂田宏樹
 - 16:15-16:35 「超伝導中性子検出器によるパルス中性子の計測と解析」大阪府立大学大学院工学研究科、宮嶋茂之
 - 16:35-17:05 「信貴賞の設立について」大阪市立大学大学院理学研究科、畑徹
 - 17:05-17:20 審査・表彰
 - 17:20-17:25 閉会挨拶 低温工学・超電導学会関西支部 支部長 濱田衛
- 講演は午前6件、午後A5件、午後B5件の3セッションで行われた。各セッションの概要は以下の通りである。
- 午前は大きく分けて基礎物性実験研究2件と計測器開発研究2件とエキゾチック超伝導理論研究2件の発表があった。川野氏は温度可変テラヘルツ時間領域分光システムを構築し、Siの100倍の移動度を持ち、高速ナノデバイス材料として期待されるグラフェンのテラヘルツ伝導度を測定し、吸着分子の影響を調べた。野村氏は巨視的量子トンネル現象(MQT)を丁寧な説明し、超伝導層の厚みを変えたBi系高温超伝導体におけるMQTの観測結果を示し、電荷結合の影響でMQTの上昇があることを示した。宮戸氏はSTM-SQUID顕微鏡の開発に関してrf-SQUIDのスリット長を伸ばし、基板共振器を省略することによって磁束伝達プローブ末端とSQUID間距離を縮め、磁気感度、分解能の向上に成功した。福井氏はカイラルらせん磁性体と超伝導体の2層構造における渦糸構造を理論的に計算し、渦糸構造がらせん周期と印加磁場で制御できることを示した。柏木氏は奇周波数スピン3重項超伝導というエキゾチック状態を磁場下、ナノサイズ系に適用した理論研究結果を発表した。超伝導対称性に関する基礎研究である。鳴神氏はNb超伝導運動インダクタンス検出器の応答特性を20psパルスレーザー照射によって評価し、4Kにおける動作と、高位

置分解能、高画素化の実現可能性を確認した。いずれも予定時間を超過する活発な質疑応答があり、午後の開始を 10 分遅らせた。

午後 A はナノ構造超伝導の理論計算が 2 件、液相法による超伝導単結晶および膜成長が 2 件、 Nb_3Sn 線材開発研究が 1 件あった。梅田氏はナノ構造超伝導体のサイズを小さくするとともに転移温度が振動しながら上昇する結果を理論的に示した。正方形、長方形といった形状にも依存することである。藤田氏は、超電導複合体 d-dot における双晶境界の影響の理論計算に関する発表を行った。これにより、有効質量の異方性は、半整数磁束を抑制することを明らかにした。奥西氏は、多種類の RE を用いて様々な温度で、熔融水酸化物法により試料の作製、結晶の合成の可否、得られた試料の T_c についての発表を行った。宮地氏は、多種類の RE を用いて様々な温度で液相成長させた試料の物性評価、低温合成に最適なフラックス、RE 元素、Ba 材料について発表を行った。川嶋氏は、分散 Sn 法を用いることにより、実製品規模の 50kg 級の Nb_3Sn 線材の開発について発表を行った。開発した線材は、良好な加工性や特性を示すことを明らかにした。

午後 B は装置、計測技術開発 3 件と液体水素の低温技術に関する発表が 2 件あった。井村氏は Re 系線材を用いて MRI 用超電導マグネットを製造するための技術課題について報告した。線材のフッ素コーティングや含浸材についての検証が進みつつある。金本氏は超流動 ^3He のテクスチャーを可視化するために MRI の技術を適用する方法を考案しており、実験装置の紹介およびテクスチャーの空間分布を現した測定結果が示された。比嘉氏は超電導応用機器の設計に用いるため、CIC 導体を模擬したモデルにおける液体水素の熱伝達特性を実験で確認した。また同じ研究室の茂田氏は液体水素中での MgB_2 線材の臨界電流特性を測定し、さらに過渡過熱法を用いた解析により過電流に対する線材の温度変化を定式化した。なお、お二人の実験は液体水素を用いているため JAXA が所有する設備にて行われている。宮嶋氏は中性子イメージングを目的として考案した Nb 超電導細線を用いた検出装置 (CB-KID) を試作し、中性子検出に適用できることを実験的に確認された。

講演の最後に、青木審査委員長の発案により、今年急逝された北澤宏一先生を悼み、黙とうを捧げた。続いて、大阪市立大学の畑氏による、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。

講演終了後、厳正な審査のもとに、大阪府立大学工学研究科の藤田憲生氏に「信貴賞」、京都大学工学研究科の野村義樹氏、大阪大学基礎工学研究科の宮戸祐治氏、島根大学総合理工学研究科の奥西亮太氏、三菱電機株式会社先端技術総合研究所の井村武志氏に「低温工学・超伝導若手奨励賞」が授与された。また、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 15 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、左から四谷

審査委員、奥西氏、藤田氏、青木審査委員長、宮戸氏、井村氏、野村氏、山田審査委員の各氏である。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 27 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、斉藤一功)



写真 講演会奨励賞受賞者および審査委員

関西支部だより

関西支部では特別講演会として、平成27年12月11日(金)に大阪市立大学文化交流センターで第14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おうと同時に、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(大阪府立産業技術総合研究所)、山田忠利氏(マグネットテクノロジー)をお願いした。

以下に示す通り、今回の講演発表は「午前」6件、「午後A」6件、「午後B」5件の17件であり、質疑応答を含め18分講演となった。

- 10:15-10:33「無針注射器と磁気力を用いた遺伝子導入に関する基礎的研究」大阪大学大学院工学研究科、長谷川崇志
10:33-10:51「Mems技術による微小試料用の熱伝導測定装置の開発」大阪府立大学大学院理学研究科、関口晃生
10:51-11:09「輻射シールドにおける中間温度からの輻射熱負荷測定」三菱電機(株) 先端技術総合研究所 電機システム技術部、李智媛
11:09-11:27「高温超伝導体を使ったコヒーレントな連続テラヘルツ光源の開発」京都大学大学院工学研究科、辻本学
11:27-11:45「InGaAsN/GaAsSbタイプII量子井戸構造における2次元電子の有効質量」大阪府立大学大学院工学研究科、田中章
11:45-12:03「カイラルらせん磁性体が生み出す超伝導体の渦糸構造への影響」大阪府立大学大学院工学研究科、福井 皐丈
13:00-13:18「1 K 以下、50 T 級パルス強磁場磁化測定開発」大阪府立大学大学院工学研究科、飯田賢斗
13:18-13:36「磁気アルキメデス法による構造異性体の分離」大阪大学大学院工学研究科、小林剛之

- 13:36-13:54「磁気分離法による火力発電給水中のスケール除去に関する研究～酸化鉄スケールの化学形態と磁気分離効率～」大阪大学大学院工学研究科、中西基裕
13:54-14:12「双晶を含むREBCO超伝導体における二軸磁場配向の高度化」京都大学大学院エネルギー科学研究科、藤岡祥太郎
14:12-14:30「S波超伝導体MgB₂の低温成膜とリフトオフによる加工」大阪府立大学工学域、中神嵩俊
14:30-14:48「核融合炉用超電導磁石絶縁材料の照射効果に関する研究—マトリックスと界面の照射効果の検討—」大阪大学大学院工学研究科、小林浩二
15:05-15:23「薄膜超伝導線材で巻かれた三次元形状をもつマグネットを対象とした遮蔽電流解析」京都大学大学院工学研究科、曾我部友輔
15:23-15:41「KOHフラックスによるエピタキシャルREBCO膜の低温LPE成長」島根大学総合理工学研究科、船木修平
15:41-15:59「REBCO超伝導線材用の新規導電性中間層NbドープTiO₂の検討」京都大学大学院エネルギー科学研究科、森村岳雄
15:59-16:17「電磁鋼板を基材としたREBCO線材の中間層構造の開発」京都大学大学院エネルギー科学研究科、喜多村康平
16:17-16:35「低コスト化RE系薄膜高温超電導線材の開発」住友電気工業(株) パワーシステム研究開発センター、吉原健彦
各セッションの概要は以下の通りである。

「午前」は磁気力のバイオ応用、熱物性測定研究2件、テラヘルツ光開発、基礎物性研究2件と多彩な内容の発表があった。長谷川氏は磁場印加型薬剤送達システム(MDDS)を用いた遺伝子導入法の開発を目指し、磁性粒子と結合させた遺伝子無針注射針を用いて投与し、永久磁石により表皮層の遺伝子濃度を高く保つ可能性を検討した。その結果、磁性粒子を結合させることによる粒子径増大が細胞への取り込み阻害要因になるが、強磁場磁気力による表皮層への遺伝子量増加がそれを上回る結果を得、MDDS の可能性が示された。関口氏は MEMS 技術による微小試料熱伝導測定装置の開発を行った。熱伝導測定にはヒータと熱浴、温度計2個が必要であるが、これらをすべて微細加工技術で作製した。発表ではNbN_x 抵抗温度センサの温度依存性、磁場依存性が示され、0.1 μK の温度分解能を有することが示された。また、磁場依存性が小さく、強磁場中の温度計としての特性に優れる結果を得た。李氏は輻射シールドからの熱負荷低減を目指し、輻射シールドにおける中間温度からの輻射熱負荷測定を行った。輻射は材料や表面状態に大きく依存するため、これまで液体窒素温度やヘリウム温度といった定点のデータしかなかったが、今回、材料や表面状態を変えて、低温側を8 Kに固定し、高温側を100, 120, 140 Kとした系統的な測定を行い、詳細なデータを得ることができた。辻本氏は Bi-2212 を使ったコヒー

レントな連続テラヘルツ光源の開発をした。Bi-2212 は超伝導層、絶縁層の積層結晶構造を有し、固有ジョセフソン効果を示す超伝導体で、これをメサ構造に加工することにより、テラヘルツ光源の開発が進捗している。今後、高出力化、高周波化、動作温度の向上が実用化に向けての課題となっている。講演は非常に丁寧な説明を与え、専門外にもわかりやすく、現状と問題点および今後の展望を整理した。田中氏は、極低温強磁場領域の磁気抵抗で観測されるシュブニコフ・ドハース振動を解析することにより、InGaAsN/GaAsSb タイプ II 量子井戸構造における有効質量を評価した。その結果、アニール温度の上昇に伴い有効質量が減少し、窒素含有率の増加に伴い有効質量が増大することが分かった。これはバンド分散の平坦化を示唆するものである。福井氏はカイラルらせん磁性体／超伝導体の二層構造についてカイラルらせん磁性体が超伝導体の渦糸構造に与える影響を有限要素法を用いた Ginzburg-Landau 方程式により理論計算した。この二層構造では渦糸構造はカイラルらせん磁性の磁化分布に依存する。今後は 3 次元系での計算を行い、らせん構造を完全に取り込んだ時の渦糸構造を調べる。いずれもたいへん活発な質疑応答が行われた。

「午後 A」も、パルス強磁場装置の開発、磁場を用いた分離に関する研究 2 件、成膜技術に関する研究 2 件、核融合炉用絶縁材料の研究と多彩な研究発表があった。飯田氏は、温度 0.1 K、最高磁場 50 T のパルス強磁場装置の開発について発表を行った。パルス磁場の制御、断熱消磁に関する装置の設計や冷熱伝達材料の検討等の結果が示された。現在、最高 43 T の磁場を得ることができている。小林剛之氏は、磁気アルキメデス法を用いた構造異性体の分離について発表を行った。現在、構造異性体の分離は大規模な蒸留塔施設を用いて行われているが、本研究では、磁気力、特に反磁性体の分離に有効とされる磁気アルキメデス法により、構造異性体の分離を試みた。その結果、芳香族ジカルボン酸のフタル酸、イソフタル酸、テレフタル酸を分離できることを示した。中西氏は、火力発電給水中のスケールの磁気分離による除去について発表を行った。効率的に分離除去を行うためには酸化鉄スケールの物理的性質を明らかにする必要があるが、実際の火力発電所給水中のスケールを直接分析することは困難である。そこで、火力発電所給水系の高温部を模擬的に再現する実験機を作製し、発生したスケールの成分や粒度分布を明らかにした。藤岡氏は、間欠回転磁場による磁場配向法を用いた REBCO 超伝導体の二軸磁場配向についての発表を行った。双晶組織を有する Y123 に大きな磁気異方性を有する Er をドーピングすることにより磁気異方性を制御し、合成温度の違いで粒成長を制御することにより、二軸磁場配向の高度化を目指した。中神氏は、110°C という低温化において、MBE 法を用いて MgB₂ エピタキシャル薄膜を作製することに成功した。作製した薄膜の T_c は、26.9 K であった。この結果、リフトオフプロセスによる MgB₂ エピタキシャル薄膜の微細加工の可能性を見出した。

小林浩二氏は、核融合炉で用いられる超伝導磁石の絶縁材料についての発表を行った。ITER で使用される超伝導磁石の構成要素は、放射線環境下、低温化で優れた強度を維持することが重要となる。そこで、本研究では、低温環境下における放射線照射が、絶縁材料の層間せん断強度に与える影響について調べた。

「午後 B」の発表は 5 件であった。いずれも高温超伝導線材 (REBCO) 線材の実用化がテーマになっており、この分野での研究開発が活発に行われていることが伺われた。曾我部氏はテープ状の高温超伝導線材の遮蔽電流の影響を三次元形状マグネットに用いた場合について解析により求めた。高温超伝導線材を加速器用マグネットのような三次元形状を持つものに使用する場合には遮蔽電流による磁場の影響が大きいことを明らかにし、何らかの対応策が必要であると結論している。船木氏は製造に高温、真空の条件が必要なためコストの低減が困難な RE123 系ではなく、比較的低コストで製造できる可能性のある R124 系の成膜方法の開発について紹介された。KOH フラックスによってエピタキシャル REBCO 膜の低温 LPE 成長では基板の選択に困難があった。これまでに MgO や LAO、NGO を基板に用いたがいずれも電流が流せる膜の生成にまではいたらなかった。しかし、基板上にあらかじめ Y123 を種膜としその上に Y124 を成長させることにより、通電に耐える膜の作製に成功した。森村氏は REBCO 線材のコストを低減するため、安定化層として用いられている銀の代わりに Nb をドーピングした TiO₂ を使う可能性を探っている。このため Nb-TiO₂ 膜の絶縁性単結晶基板上での配向性や膜の表面状態、導電性を実験的に調べ、結果を報告した。導電性中間層としてこの物質を用いるには Nb ドープ量や成膜条件の最適化が必要であることを明らかにした。喜多村氏は、市販の REBCO 線材には高価なレアメタルを含んだ Ni-W 合金やハステロイなどが用いられていることがコスト低減の障害になっているとして、これを安価な電磁鋼板で代替することを検討している。現在の課題として電磁鋼板からの Si により中間層が剥離することがある。この対策として中間層の構成を見直し、酸素の拡散速度を低減させるために CeO₂ 層を用いての構造 (電磁鋼板-CSZ-CeO₂-CSZ-CeO₂-YBCO) を提唱している。今回は CSZ 上に CeO₂ 膜をエピタキシャル成長させるための成膜条件についての実験について報告した。最後に REBCO 線材メーカーである住友電工の吉原氏より低コスト化のための開発について発表があった。低コスト化に向けて中間層の層数削減および薄膜化を検討しており、従来の 3 層構造を単層 Y₂O₃ とし、なおかつ厚さも従来実績のある 800 nm から 130 nm まで薄くした条件で 15 m 長線材への適用が成功したことを報告し、今後の低コスト化超伝導線材の実現への期待を示した。

講演の最後に、大阪市立大学の畑氏による、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。講演終了後、厳正な審査のもとに、京都大学の辻本学氏に「信貴賞」、大阪大学的小林剛之氏、京都大学の藤岡祥太郎氏、大阪府

立大学の中神嵩俊氏、住友電気工業株式会社の吉原健彦氏に「低温工学・超伝導若手奨励賞」が授与された。また、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16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、前列左から吉原氏、小林氏、辻本氏、中神氏、藤岡氏、後列左から山田審査委員、四谷審査委員、青木審査委員長である。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40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、斉藤一功）



講演会奨励賞受賞者および審査委員

関西支部だより

関西支部では特別講演会として、平成28年11月25日(金)に大阪府立大学 I-site なんばで第15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（大阪府立産業技術総合研究所）、山田忠利氏（マグネットテクノロジー）をお願いした。

今回、講演申し込みは17件であったが、当日の取り消しが1件あり、また一部発表順を入れ替え、以下に示すように、午前7件、午後A5件、午後B4件の3セッション、計16件の講演となった。発表は以下のとおりである。

- 9:45-10:03 「低温回転モーターを用いた量子渦研究」大阪
市立大学大学院理学研究科、大山勝義
- 10:03-10:21 「50T級パルス強磁場装置の断熱消磁による超
低温域への展開」大阪府立大学大学院工学研究科、石打
翔馬
- 10:21-10:39 「微小試料用の低温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研究科、堀口元成
- 10:39-10:57 「ループ型熱音響冷凍機における仕事流の計
測」（株）ジェイテクト 研究開発本部システム創生研
究部、武井智行
- 10:57-11:15 「テラヘルツ時間領域分光法によるグラフェン
光学伝導度の広範囲温度依存性」大阪大学大学院工学研
究科、亀尾尚平
- 11:15-11:33 「Generation of Circularly Polarized Terahertz
Radiation from BSCCO Mesa Structure」京都大学大学院工
学研究科、Asem Elarabi
- 11:33-11:51 「ナノ構造超伝導体の転移温度の理論研究-サ

イズ・形状・不純物効果-」大阪府立大学大学院工学研究
科、梅田政樹

- 12:50-13:08 「REBCO線材の超伝導接続」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
- 13:08-13:26 「医療用加速器マグネット向け高温超伝導コイ
ルの開発」三菱電機(株) 先端技術総合研究所、井上
啓
- 13:26-13:44 「One-step合成法により育成した $K_xFe_{2-y}Se_2$ 単
結晶の相制御と超伝導特性」関西学院大学大学院理工学
研究科、溝畑尚幸
- 13:44-14:02 「低温水酸化物融液中で成膜されたRE124膜へ
の熱処理によるRE123膜の作製と特性評価」島根大学総
合理工学研究科、宮地優悟
- 14:02-14:20 「ペロブスカイト型酸化物中間層上への高 T_c -
 $GdBa_2Cu_4O_8$ 膜の低温作製」島根大学総合理工学研究科、
添田圭佑
- 14:53-15:11 「不純物ドーピングによる電子ビーム蒸着
 MgB_2 薄膜の高 J_c 化の試み」京都大学大学院 エネルギー科
学研究科、高畑仁志
- 15:11-15:29 「RF-SQUID駆動用デジタル制御システムの開
発」大阪大学大学院基礎工学研究科、渡邊一樹
- 15:29-15:47 「カイラルらせん磁性体/超伝導体二層構造に
おける渦糸状態の相図」大阪府立大学大学院工学研究科、
福井阜文
- 15:47-16:05 「ナノ構造超伝導複合体d-dotにおける半整数
量子磁束の発生条件」大阪府立大学大学院工学研究科、
藤田憲生

各セッションの概要を以下に示す。

午前は低温物理、低温工学の発表が4件、テラヘルツ関係2件、超伝導理論1件の発表があった。大山氏は低温回転モーターを用いて超流動ヘリウム中で生じる量子渦を観測した。低温回転モーターは巻線に超伝導線を用いて自作した。ホール素子で回転数を検出する。超流動ポンプによって流れを駆動しオリフィス直上の渦を観測した。これより渦の循環を見積もり、これがモーター速度に比例する結果を得た。今後、渦周りの速度場を測定するため粒子画像流速測定(PIV)を行う予定である。石打氏は最高磁場 50 T のパルス強磁場装置を温度 0.1 K 以下の環境へ拡張するための装置開発について発表を行った。断熱消磁法を用いることにより、ヘリウム3の損失リスクを回避する。消磁塩には鉄ミョウバンを用いた。現在、最高磁場 50 T、最低温度 0.23 K にそれぞれに達しているが、これらの組み合わせによる性能評価が今後の課題である。堀口氏は微小試料用の熱伝導測定装置の開発と性能評価について発表した。熱伝導測定にはヒータと熱浴、温度計2個が必要であるが、これらをすべてシリコンチップに組み込んだ測定デバイスを開発している。ヒータおよび温度計として使用する NbN_x 薄膜の成膜条件と温度特性について詳しく示された。これ

を用いてマグノン(スピン波)による熱輸送の研究を目指す。武井氏はループ型熱音響冷凍機における仕事流の計測に関する発表を行った。パルス管冷凍機は自励振動を冷熱に変換するが、本システムは自励振動の発生に温廃熱を用いることで温廃熱を冷熱化するものである。その性能を左右する仕事流を Two-sensor 法により精度良く評価し、Ar-He 混合気体において -34.6°C の冷却効果を得た。作業ガス圧や熱交換パラメータの最適化など今後のさらなる開発が期待される。亀尾氏はテラヘルツ時間領域分光システムを用いて Si および MgO 基板上のグラフェン光学伝導度の温度依存性について発表した。80~600 K でグラフェンの光学伝導度を計測し、初めの加熱過程において 420 K 以上で急激な減少を観測し、それ以降の温度変化でほとんど変化がないなど、吸着分子の脱離によると思われる結果を得た。高速ナノデバイスを目指す研究において重要な知見である。Elarabi 氏は Bi-2212 のメサ構造を用いた本質的ジョセフソン接合に基づくテラヘルツ光源の開発に関して、正方形メサ構造の 2 隅を削ることによって円偏光発振が得られることを実験的に初めて示した。円偏光度は共振周波数を調整することによって、1 に近づけることが可能である。この結果により、テラヘルツ波領域の偏光制御装置開発が期待される。梅田氏は有限要素法を用いて Gor'kov 方程式を解くことにより、ナノ構造超伝導体のサイズを小さくするとともに転移温度 T_c が振動しながら上昇する結果を理論的に示した。正方形、長方形といった形状にも依存し、面積が同じ場合、細長い系の方が T_c が高くなる結果を得た。一方、不純物が T_c を下げること確認された。以上、午前は超伝導、テラヘルツ、低温物理から低温工学まで広いテーマの講演となったが、いずれもたいへん活発な質疑応答が行われた。

午後 A は超電導線材・コイルの発表が 2 件、超電導材料 3 件の発表があった。大木氏は、優れた特性を有する $\text{REBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$ (REBCO) 線材を NMR 用マグネットに応用する際に重要な超電導接続技術の開発についての発表があった。開発したプロセスは、一般的な熱処理炉を用いることが可能であり、処理時間も半日程度と従来技術を大幅に短縮できるものである。この接続の電気特性評価や顕微鏡による外観観察についての報告があった。井上氏は、粒子線がん治療装置の小型化を行うために、高温超電導材料を用いた偏向マグネットの開発についての報告があった。パンケーキコイルを用いたモデルコイルを作製し、磁場不均一性と交流損失を評価した。その結果、磁場分布は、100ppm 程度であり、治療時に想定される 3T/min の条件下で交流損失が 6.66W であることを明らかにした。溝畑氏は、鉄系超伝導体である $\text{K}_x\text{Fe}_{2-y}\text{Se}_2$ の単結晶を one-step 法により成長させ、冷却中に急冷することにより、超電導相と反強磁性相の相分離の制御を行った。急冷を開始する温度を変えた単結晶の試料の磁化率および電気抵抗の温度依存性測定や

電子顕微鏡による表面観察を行った結果、高温で急冷すると反強磁性絶縁層の成長を抑制できることを明らかにした。宮地氏は、低酸素分圧下で熱処理することにより、 $\text{REBa}_2\text{Cu}_4\text{O}_8$ (RE124) 膜を特性の優れた $\text{REBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ (RE123) 膜に分解する試みについて報告を行った。熔融水酸化物法により SrTiO_3 基板上に RE124 膜を作製し、熱処理を行うことにより、酸素分圧、熱処理温度と分解相の関係を明らかにした。その結果、低温では、Eu124、Eu247 相が安定であり、高温では Eu123 相に分解することがわかった。また、高品位な Eu123 膜を得ることに成功した。添田氏は、単結晶基板上にペロブスカイト型酸化物薄膜を成膜し、その上に KOH フラックス法により、 $\text{REBa}_2\text{Cu}_4\text{O}_8$ (RE124) の低温成膜の検討を行った。実験は、 LaAlO_3 基板上に NdFeO_3 をスパッタリング法により成膜、熱処理を行うことにより中間層を作製した。その中間層上に、KOH フラックス法により温度を変えて Gd124 を成膜した。その結果、550~700 $^{\circ}\text{C}$ の作製温度で二軸配向した Gd124 単相膜を得ることができた。また、作製温度が高くなるに従い、 T_c が低下する傾向にあることを明らかにした。

午後 B は 4 件の講演発表があった。高畑氏は 20 K 近傍での実用化が期待される MgB_2 薄膜の臨界電流密度向上化を目指し、電子ビーム蒸着薄膜について不純物ドーピングを試みた。 MgB_2 薄膜の成膜と同時に Ti または Ni をドーピングするとこれらが固溶し超伝導特性が低下したが、 MgB_2 の成膜と不純物ドーピングを交互に繰り返した多層膜試料では臨界電流密度が向上した。今後の進展が期待される。渡邊氏は RF-SQUID 用のデジタル FLL システムの開発について発表があった。市販の FLL は駆動周波数帯域が 450~900 MHz と限られている。本研究開発で 450~1870 MHz までの駆動設計を行い、実際に 665~1125 MHz での駆動を確認した。これにより、SQUID 径の小型化が実現し、環境ノイズの低減が期待される。福井氏はカイラルらせん磁性体/超伝導体の二層構造においてカイラルらせん磁性体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相図を求めた。その結果、渦糸が自発的に現れ、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。今後さらに詳細な計算を行い、温度—磁場相図を作成していくとのことである。藤田氏は、ナノ構造超電導複合体 d-dot における半整数磁束の発生条件について発表した。d 波超伝導と s 波超伝導の接合で半整数磁束が発生するはずであるが再現性の良い観測がない。これについて有限要素法を用いた GL 計算によって、少数の双晶境界が半整数磁束の発生を抑制していることが明らかとなった。以上、午前に引き続き、広い講演テーマであったが、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、大阪市立大学の畑氏による、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。講演終了後、厳正な審査のもとに、大阪府立大学の福井卓文

氏に「信貴賞」、大阪大学の渡邊一樹氏、島根大学の宮地優悟氏、京都大学の Asem Elarabi 氏、株式会社ジェイテクトの武井智行氏に「低温工学・超伝導若手奨励賞」が授与された。また、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 17 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、前列左から渡邊氏、福井氏、青木審査委員長、Asem Elarabi 氏、武井氏、宮地氏、後列左から四谷審査委員、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 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、斉藤一功）



写真 講演会奨励賞受賞者および審査委員

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おうと同時に、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、福井隼文

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、坂本克矢

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系統における限流試験」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 $0.75\mu m$ 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 $K_x\text{Fe}_{2-y}\text{Se}_2$ 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 とミ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 からイットリウム安定化 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系統を模擬した電力系統での試験を行い、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、斉藤一功）



写真 講演会奨励賞受賞者および審査委員

関西支部だより

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おうと同時に、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、審査委員長を兄玉隆夫氏(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)をお願いした。

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コヒーレンスの研究」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、藤田秀眞
 - 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、長瀬佑弥
 - 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ナロトロニクスの基礎研究として、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1 mm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2 K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。15 K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ニ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 Tl を半導体 PbTe にドーピングすることで出現する $\text{Pb}_{1-x}\text{Tl}_x\text{Te}$ 超伝導体を核磁気共鳴法により調べた。その結果、Tl 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ド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℃ 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

関西支部だより

関西支部では特別講演会として、令和1年11月22日(金)に関西学院大学大阪梅田キャンパスで第18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(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センシング技術応用研究会の協賛を得た。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おうと同時に、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(元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」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。

- 10:45-11:02「発光中心としてMnイオンをドーピングした半導体ナノ粒子の作製とその光学特性」大阪市立大学大学院工学研究科、西村悠陽
- 11:02-11:19「半導体ナノ粒子周期配列構造の光物性とその温度依存性」大阪市立大学大学院工学研究科、李 太起
- 11:19-11:36「ポリアニリンの高周波導電率の温度依存性」大阪大学大学院工学研究科、田村謙伍
- 11:36-11:53「キラル磁性体におけるマイクロ波伝送特性」大阪府立大学大学院工学研究科、島本雄介
- 13:15-13:32「量子ドット間のトンネル現象を利用した高速単一スピン操作」大阪大学産業科学研究所、松本雄太
- 13:32-13:49「液体水素の貯蔵・輸送時における容器内部の液面・温度・圧力測定」神戸大学大学院海事科学研究科、岩佐太陽
- 13:49-14:06「ヘリカル流を利用した液体水素用流量計に対する低温用箔ひずみゲージの適応性研究」神戸大学大学院海事科学研究科、佐藤 更
- 14:06-14:23「ヘリカル型海流MHD発電機の電気分解特性の経年変化」神戸大学大学院海事科学研究科、牧野龍之介
- 14:23-14:40「磁気分離法を用いたエマルションの解乳化に関する研究」大阪大学大学院工学研究科、須藤稜平

- 14:55-15:12「パルス管冷凍機を用いた低温走査トンネル顕微鏡の開発」ユニソク 開発部、笠井 純
 - 15:12-15:29「GM冷凍機を用いた無冷媒断熱法比熱測定装置の開発」大阪大学大学院基礎工学研究科、西岡颯太郎
 - 15:29-15:46「高温超伝導体円偏光テラヘルツ光源における偏光特性の評価と制御」京都大学大学院工学研究科、前田慶一郎
 - 15:46-16:03「NMRを用いた過剰電子ドーパされた新しい鉄系超伝導体における超伝導発現機構の研究」大阪大学大学院基礎工学研究科、小内貴祥
 - 16:03-16:20「空間変化する不純物ポテンシャルを有する超伝導板における渦糸付近の準粒子構造」大阪府立大学大学院工学研究科、玉井孝幸
 - 16:35-16:52「分子動力学法による渦糸格子融解現象のシミュレーション」大阪府立大学大学院工学研究科、草深貴志
 - 16:52-17:09「低コストREBCO線材に用いる導電性LaNiO₃中間層の作製と評価」島根大学大学院自然科学研究科、長瀬佑弥
 - 17:09-17:26「Nb層を保護層としたMgB₂薄膜のポストアニール効果」京都大学大学院エネルギー科学研究科、神部広翔
 - 17:26-17:43「短尺試料を用いた高温超伝導マグネットのクエンチ保護についての研究」京都大学大学院工学研究科、羅熙捷
- 各セッションの概要を以下に示す。

午前は半導体ナノ粒子の光学特性(2件)、伝導性高分子の高周波導電率、キラル磁性体のマイクロ波伝導特性の計4件の発表があった。西村氏は、希土類イオンをドーパントとした半導体ナノ粒子に関する報告を行った。半導体ナノ粒子とは量子閉じ込め効果によりバルク結晶とは異なる性質をもつ材料であり、近年、新しい光機能性材料候補として研究が行われている。特に希土類イオンのドーパにより光学的・磁気的特性を付与する研究が活発である。同氏は ZnSe/ZnS:Mn/ZnS コア/シェル/シェルナノ粒子を作製し、2.1eV 付近で *d-d* 遷移に起因する Mnイオンの発光に成功した。発光効率率は約 80% であり、これまでに報告されている同種のナノ粒子の中でも最も高い水準であった。李氏は半導体ナノ粒子を規則的に配列した「ナノ粒子周期配列構造」の電子状態について発表した。周期配列構造においては隣接したナノ粒子間の相互作用により新奇の光物性、光機能性が発現するため応用面からも着目されている。同氏はナノ粒子を基板上に積層させる LBL (layer by layer) 法を用いて CdTe ナノ粒子の層状構造を作製し、電子状態が1次元、2次元、3次元的にひろがった状態を確認した。また、発光ダイナミクスの温度依存性に関しても測定を行った。田村氏は導電性高分子のテラヘルツ領域での分光について発表した。温度可変のテラヘルツ時間分光法 (THz-TDS) を用いて複素導電率の温度依存性を 100K から 390K の範囲で測定したところ、高温側と低温側で周波数と導電率の関係が異なり、室温付近と高温の領域では自由キャリア+ホッピング伝導モ

デルによくフィットする結果が得られた。しかし、低温側ではこのモデルでは実験データを説明することができなかった。こうしたことから、低温側と高温側で伝導のメカニズムが異なっていることを示唆する結果を得られた。島本氏は低消費電力での高速情報処理技術への応用が期待されているスピン波のマイクロ波伝送特性測定に関する発表を行った。測定はキラル磁性体である CrNb_3S_6 結晶を用いて行われた。 CrNb_3S_6 は 130K 以下で Dzyaloshinskii-Moriya 相互作用のためにキラルソリトン格子 (CSL) が形成される。測定では CrNb_3S_6 に薄膜加工技術を応用して高周波アンテナを配置し、低温・磁場下でマイクロ波の透過を観測した。測定ではマイクロ波伝送の結晶らせん軸に関する方向依存性が調べられた。得られた結果によれば、結晶らせん軸に対する異方的な CSL マイクロ波応答が確認され、平行配置では強磁性領域がマイクロ波の良導体であり、垂直配置では強磁性領域はマイクロ波を減衰させることを示唆している。

午後 A は、半導体量子デバイスの基礎研究、液体水素の貯蔵・輸送時の基礎データおよび流量計開発、海流 MHD 発電、磁気分離による解乳化の計 5 件の発表があった。松本氏は量子ドット間のトンネル現象を利用した高速単一スピン操作に関する発表を行った。半導体零次元電子系 (量子ドット) 中の電子スピンは量子コンピュータの計算素子の有力候補であるが、量子情報を保持できる時間 (コヒーレンス時間) 内にスピン操作を行う必要がある。そのためには電場駆動型スピン反転速度向上が必須であり、これを量子ドット間のトンネル現象を利用し、電子の振動振幅を増幅することによって達成した。その結果、ラビ周波数が 0.5MHz から 5.8MHz へ、さらに 17MHz まで増大した。岩佐氏は液体水素の貯蔵時及び輸送中の液面揺動に伴う蒸発損失を正確に把握するため、容器内部の液面・温度・圧力測定を行った。液面測定には MgB_2 線材を用い、温度はカーボンセラミクスセンサー (CCS) 温度計により測定した。大気圧状態における貯槽試験では液面降下率 9.79mm/h、入熱量に換算して 3.16W (含: 液面センサーヒータ分) となった。また、0.4MPaG までの蓄圧中の圧力上昇率、温度分布が明らかになった。さらに、海上輸送試験において液面揺動に伴う蒸発損失を評価した。今後容器内の熱流体挙動についてシミュレーションを行うとのことである。佐藤氏は液体水素温度で使用可能な流量計の開発を目指し、低温用箔ひずみゲージの適応性研究を行った。ヘリカル流の液体を通す配管にひずみゲージを取り付け、流体の管内圧力変化により生じる配管ひずみから流量を算出する。ひずみゲージは温度補償範囲が 77K 以上であったので、今回は 4K までの銅の熱膨張率を実測し、温度補正を行うための基礎データを取得した。その結果、文献値より傾きが緩やかな銅の熱膨張率曲線が描かれた。今後、ゲージ率の温度変化も考慮した更なる解析を行う予定とのことである。牧野氏の講演ではヘリカル型海流 MHD 発電機の電気分解特性における経年変化に関する発表があった。海流 MHD 発電は海流中に超伝導マグネットを用いて強磁場をかけること

で起電力を得る方法であり、海流の運動エネルギーを用いる安全で恒久的な発電機として注目されている。今回、海流 MHD 発電機の電極部分における電気分解特性の経年変化を調べた。その結果、過去のデータと比較して電気分解電圧 (約 1.5V) 以上でかなり小さな電流となったが、実験を継続するとともにこれが回復する現象が見られた。還元作用により電極表面状態が改善されたためと考えられる。須藤氏の講演では磁気分離法を用いたエマルションの解乳化に関する発表があった。水中に油微粒子が安定に分散した状態をエマルションといい、エマルションを破壊し相分離させることを解乳化という。今回、磁性粒子を利用して解乳化を行い、磁気力によりこれを回収することで二次廃棄物を最小限に抑えた油分除去法を検討した。シクロヘキサンを油相としたエマルションに対し、疎水性修飾マグネタイトと磁性活性炭 (MAC) の 2 種類の磁性粒子を用いて磁気分離実験を行った結果、油分除去能力は MAC の方が高いことが明らかとなった。

午後 B は、低温走査トンネル顕微鏡開発に関する研究、無冷媒断熱法比熱測定装置の開発に関する研究、テラヘルツ光源における偏光特性に関する研究、鉄系超伝導体における超伝導発現機構に関する研究、渦糸付近の準粒子構造に関する研究の計 5 件の発表があった。笠井氏は、現在開発中の無冷媒走査トンネル顕微鏡 (STM) の除振、及び冷却性能について報告した。パルス管冷凍機を用いて 4K 以下まで冷却しつつ、振動を伝えない構造にすることで、STM ヘッドを約 3.5 K まで冷却することに成功した。また、この最低温度約 3.5 K において、HOPG (Highly Oriented Pyrolytic Graphite) 表面の原子像から原子分解能を十分に達成できていることを確認した。今後は、本研究で得られた知見をもとに、無冷媒超高真空 STM システムを製品化する予定とのことであった。西岡氏は GM 冷凍機により発生する温度振動を抑える対策をした比熱測定装置の開発を行った。冷凍機コールドヘッドの下にあるステンレスパイプで温度振動を減衰させ、1 K He ボットに He を液化させることで更に振動を吸収させた。また、アデンダを薄いパイプで支え、熱浴と断熱しつつ温度振動への変換を抑制することで、温度振動に敏感な比熱の測定が GM 冷凍機でも可能であることを示した。前田氏は高温超伝導体 Bi-2212 における固有ジョセフソン接合を用いたテラヘルツ光源から放射されるテラヘルツ波の光学系の途中に、ワイヤグリッド偏向光と QWP (4 分の 1 波長板) を挿入することで、ストークスパラメータを算出し、ヘリシティを特定した。その結果、今回測定した試料では、右回転円偏光が得られ、このことから、ホットスポットが形成されている可能性があるとして報告した。小内氏は最近、鉄系超伝導体 $(\text{La}, \text{Na})\text{Fe}_2\text{As}_2$ の NMR/NQR 測定を行うことで、なぜ LaFe_2As_2 系の過剰電子ドープ域で超伝導が発現するのかを調べた。その結果、ホールドープ側は磁気揺らぎが強く、大きなギャップと小さいギャップがあることがわかった。一方の電子ドープ側では反強磁性揺らぎが弱く、ギャップは小さいと考えられる。また、 La-5d と Fe-3d の混成によって、 d_{xy} がフェルミ面上に残ることで

超伝導が発現することから、過剰電子ドープ領域では d_{xy} ホール面が重要になっているのではないかと報告した。玉井氏は Bogoliubov-de Gennes(BdG)方程式に不純物ポテンシャル項を加え 2 次元有限要素法で数値的に解析することで、完全に独立した渦糸が不純物ポテンシャルに対してどのような影響を受けるかを考察した。得られた傾向から、不純物ポテンシャルの変化の異方性が渦糸内部束縛状態の局所状態密度の異方性を引き起こすと分かった。また、ある指数関数分布で不純物ポテンシャルを設定することで渦糸コア半径がピーク値をとることがわかったが、これは Krammer and Pesch 効果が原因であると考えられると報告した。

午後 C は、分子動力学法を用いた超伝導体渦糸の数値シミュレーション、REBCO 線材に用いる LaNiO_3 中間層に関する研究、 MgB_2 薄膜に用いる Nb 保護層の検討、高温超伝導マグネットのクエンチ保護に関する研究、計 4 件の発表があった。草深氏は、分子動力学シミュレーションを用いて、メゾスコピック超伝導体の渦糸の特性を調べた。メゾスコピック超伝導体の渦糸は試料の形状を反映した渦糸状態が実現することが知られている。本研究では、不純物を含む正方形上のメゾスコピック超伝導体の渦糸位置の標準偏差を調べ、平方数に近い 4 の倍数の渦糸数の場合に渦糸格子が安定しやすくなることを見出した。また、温度や形状を変化させた場合やナノロッドを想定した不純物を配置した場合についても、その超伝導特性を調べた。長瀬氏は、 $\text{REBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$ (REBCO) 超伝導線材に用いる導電性中間層材料に関する発表を行った。現在、REBCO 線材は、Ag 安定化層などを含む多層構造となっているため、コストが高いことが課題となっている。導電性の中間層を用いると安定化層が必要なくなり、コストの低減が期待される。本研究では、導電性の中間層として LaNiO_3 に着目し、 $(h00)$ に配向した LaNiO_3 薄膜の形成を試み、その特性を評価した。 LaNiO_3 薄膜は、DC スパッタリング法により作製し、その後大気中において熱処理を行った。その結果、基板温度 340°C で成膜し、大気中 800°C で熱処理を行った試料は、 $(h00)$ に配向することがわかった。神部氏は、超伝導特性の向上が期待されるポストアニール処理の高温化を目的として、 MgB_2 薄膜上に作製する保護膜の検討を行った。 MgB_2 薄膜に対して、超高真空中において、 550°C 、100 時間のポストアニール処理を行うと、20K、5T 中で $0.6\text{MA}/\text{cm}$ の臨界電流密度を得ることができるが、わずかに Mg の蒸発が生ずるという課題があった。本研究では、 MgB_2 薄膜上に Nb を保護膜として作製し、 $\text{Ar}+\text{H}_2$ (3%) 雰囲気で行った。その結果、Mg の蒸発を防止することに成功した。また、 650°C でポストアニールを行った試料は、20K、5T 中で $1.6 \times 10^6 \text{A}/\text{cm}$ という非常に高い臨界電流密度を示した。羅氏は、高温超伝導短尺線材を用いて、クエンチの模擬実験に関する発表を行った。本研究で用いた実験装置は、冷却された 180mm の直線状薄膜線材に対して、最大 5T の磁界を印加し、最大 500A の電流を流すことが可能である。ヒータにより試料に常伝導部を発生させ、試料全体電圧が閾値電圧

に達すると、事前の設定時間後に電源の出力電流を指数関数的に減衰させる。この実験システムを用いて、電流の大きさ、電流減衰時定数、検出電圧を変化させ、クエンチ模擬実験を行うことにより、クエンチ後の試料の劣化・焼損の有無を調べた。これらの実験結果から、クエンチ検出・保護システムの妥当性を評価することが可能となった。

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、京都大学の神部広翔氏に「信貴賞」、大阪市立大学の西村悠陽氏、大阪府立大学の島本雄介氏、ユニソクの笠井純氏、京都大学の羅熙捷氏に「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 24 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、前列左から四谷審査委員、神部氏、児玉審査委員長、山田審査委員、後列左から、島本氏、羅氏、西村氏、笠井氏である。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 46 名の講演会参加者全員に深甚な感謝の意を表する。

(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

関西支部だより

関西支部では特別講演会として、令和3年11月26日(金)に大阪市立大学文化交流センターで第20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(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センシング技術応用研究会の協賛を得た。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、若手任期付研究員並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(元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」4件、「午後 B」3件、「午後 C」3件の14件であり、質疑応答を含め18分講演となった。以下に「講演題目」講演者所属、氏名を示す。

11:05-11:23「酸化ガリウムのテラヘルツ領域における導電率異方性の温度依存性」大阪大学レーザー科学研究所、

Wang Ke

11:23-11:41「遷移金属カルコゲナイド $\text{Mn}_{1/3}\text{TaS}_2$ におけるキラル磁気ソリトン格子形成の検証」大阪府立大学大学院工学研究科、宮城 悠也

11:41-11:59「微小試料NMR測定を可能にする極低温低ノイズアンプと平面型コイルの開発」大阪大学大学院基礎工学研究科、西岡 颯太郎

11:59-12:17「微小結晶用熱伝導率測定プローブの開発と磁性体の熱伝導率」大阪府立大学大学院理学系研究科、薄航大

13:20-13:38「不純物ポテンシャル下での渦糸系の分子動力学シミュレーション」大阪府立大学大学院工学研究科、青木 統五

13:38-13:56「第1種超伝導ワイヤーの中間状態の現象論的シミュレーション」大阪府立大学大学院工学研究科、水原 祥天

13:56-14:14「液体水素の熱流動現象に関する基礎研究」神戸大学大学院海事科学研究科、松田 竜之介

14:14-14:32「横振動下における極低温液体の流体シミュレーション」神戸大学大学院海事科学研究科、池北 智亮

14:47-15:05「Fe基板上に作製した MgB_2 薄膜へのポストアニールによるTcとJcの向上」京都大学大学院エネルギー科学研究科、山崎 輝

15:05-15:23「パルスレーザー蒸着法による MgB_2 薄膜の作製と超伝導特性」関西学院大学大学院理工学研究科、菊川 悟志

15:23-15:41「パルス強磁場、断熱消磁、 ^4He 熱伝達による強磁場超低温環境の構築」大阪府立大学大学院理学系研究科、吉田 勝一

15:56-16:14「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」大阪大学大学院工学研究科、得丸 裕伍

16:14-16:32「磁気分離法を用いたマイクロプラスチックファイバーの除去に関する研究」大阪大学大学院工学研究科、藤井 里至

16:32-16:50「スパイラル銅複合多芯薄膜線材の磁化損失低減に対するフィラメント幅・線材幅縮小の効果」京都大学大学院工学研究科、重政 茉於

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、磁性研究1件、測定開発関係2件の発表があった。Wang氏は大きなバンドギャップを持つ酸化ガリウムのテラヘルツ領域での分光について発表した。温度可変のテラヘルツ時間領域分光法(THz-TDS)を用いて90 Kから500 Kの範囲で複素屈折率の温度依存性を測定し、異方的電気伝導特性などを導出したところ、通常の半導体と異なり温度上昇とともに導電率が下がる結果を得た。また、異方性についてはa軸がドルーデ応答を示し、c軸は非ドルーデ応答を示す。一方、Feドーピングした酸化ガリウムでは導電率が小さく、温度依存性も小さいが、異方性に関してはアンドープの酸化ガリウムと同じ応答を示す。これらの知見を活かしパワーデバイスへの応用が期待される。宮城氏は $\text{Mn}_{1/3}\text{TaS}_2$ の純良単結晶を合成し、これがキララらせん磁性を示すことを報告した。スピンの向きがらせんを描くように秩序化するものをらせん磁性といひ新奇物性が報告されている。キララな結晶構造を有す $\text{Cr}_{1/3}\text{TaS}_2$ が典型物質で多くの研究があるが、CrをMnに置換した物質においてもキララらせん磁気秩序を発現することを示した。磁場を印加すると強磁性に転移するが、転移磁場が温度低下とともに発散的に増大することを見出し興味深い。今後、中性子回折測定などを行う予定とのことである。西岡氏は微小試料NMR測定を可能にする極低温低ノイズアンプと平面型コイルの開発について報告した。昨年、超高圧下で発見された室温超伝導を示す物質のNMR測定を目指している。まず、超小型低ノイズプリアンプをNMRプローブに組込むことにより極低温動作が可能なNMRプローブ組込み型アンプを開発し、S/N比の2倍以上の向上を実現した。次に、試料とコイルの密着性を高めるため平面展開型コイルを開発した。これらの結果、予備的な薄膜NMR測定データが得られているが、さらにS/N比向上を目指し、最適条件を見出すとのことである。薄氏は微小結晶用熱伝導率測定プローブの開発と磁性体の

熱伝導率について発表した。長さ 1 mm 程度の微小試料の熱伝導を測定するため、ダイヤフラム上にヒータと2個の温度センサーを微細加工で製作し、その上に試料をグリスで貼り付けるという手法で装置開発を行っている。今回、磁場中で相転移を起こす反強磁性体 CsCuCl_3 の熱伝導率測定では、試料研磨時の表面粗さが測定に大きく影響することなど判明した。今後のさらなる開発が期待される。

午後 A は超伝導理論 2 件、液体水素などの流体解析 2 件、計 4 件の発表があった。青木氏は、交流電流を印加したときの渦糸ダイナミクスの違いを可視化するために、分子動力学に不純物ポテンシャルを有限要素法で取り入れたシミュレーションを行った。渦糸が定常状態になるまでの時間を示す緩和時間を緩和関数によって得ることで、不可逆相における緩和時間の発散を見つけたと報告した。水原氏は、第1種超伝導ワイヤーに臨界電流 I_c 以上の電流を流した時の超伝導相と常伝導相が共存する中間状態の構造について、有限要素法を用いて Ginzburg-Landau (GL) 方程式を解くことで調べた。その結果、ロンドンが、London 方程式に基づいて提案した構造に近い構造をとることがわかった。また、ベクトルポテンシャルを固定した条件の方が、位相を固定した条件よりも計算の収束が早く、超伝導の強弱が明瞭になることを報告した。松田氏は、液体水素の熱流動現象を明らかにするために、急減圧時における液体水素容器内部の光学観察及び熱流体解析を行った。液体水素では白いミストがはっきり確認されたが、液体窒素ではほとんど確認されなかった。これは、表面張力や密度の違いによるものであると考えられるとのことであった。また、液体水素において、成層状態の方が飽和状態に比べて、減圧中の熱流動現象が穏やかであると報告した。池北氏は、横振動下における極低温液体の気液界面の光学観察と流体シミュレーションの結果を比較して、横振動下における極低温液体の振動モデル等を評価した。振動を受けるタンク内の流体を 1 自由度振動系であるとみなした振動モデルを構築することで、再現性の高い計算モデルを構築できたと報告した。

午後 B は、 MgB_2 薄膜に関する研究が 2 件、強磁場超低温環境の構築に関する研究 1 件の合計 3 件の発表があった。山崎氏は、 MgB_2 超伝導線材の実用化を目指し、EB 蒸着法による MgB_2 薄膜の作製に関する研究を行っている。その中で、 MgB_2 薄膜を Si 基板上に作製し、ポストアニールを行った場合と比較して、SUS304 基板上に作製し、ポストアニールを行った場合には、 J_c が低いレベルにとどまることを見出した。この原因を解明するために、Fe 基板上に MgB_2 薄膜を作製し、ポストアニール時間を変えてその特性を調べた。その結果、650 °C で 3 時間以上アニールを行うと、 T_c と J_c が共に低下した。基板由来の Fe が MgB_2 薄膜中に拡散したことが低下の原因である可能性を示した。菊川氏は、宇宙空間で発電した電力を地上に送電するワイヤレス伝送システムについて紹介し、その中で、超伝導ダイオードデバイスが必要であることを説明した。そこで、超伝導ダイオードの新規材料として MgB_2 に着目し、PLD 法に

より、 MgB_2 薄膜を作製する研究を行った。 MgB_2 薄膜の作製は、PLD 法により前駆体薄膜を作製し、その後熱処理を行うという 2 step 法を用い、PLD ターゲットの組成比を変えて研究を行った。その結果、PLD 法においても比較的高い T_c と J_c を有する MgB_2 薄膜を作製することができ、 $\text{MgB}_2 : \text{Mg} = 1 : 2$ のターゲットを用いた場合に、最も T_c が高い薄膜が得られることを示した。吉田氏は、量子スピン系や量子反強磁性体の物性研究では、強磁場中でかつ 1 K 以下の極低温で実験を行うことの必要性について説明を行った。そこで、本研究では、高価な ^3He を用いた希釈冷凍機を用いない常磁性断熱消磁法による冷却システムを採用し、パルス強磁場との複合極限環境の構築を試みた。この構築において、磁氣的干渉を避けるために、試料測定部と消磁塩の距離を離す必要性が生じ、その部分の熱伝達が課題となる。そこで、超流動ヘリウムを用いた熱伝達システムを設計・制作した。その結果、使いやすい工夫がなされたクライオスタットの作製に成功し、初期温度 5.34 K で超伝導磁場 2.6 T の条件下で、最低到達温度 0.66 K を達成した。

午後 C は磁気力応用研究 2 件、HTS ケーブル開発 1 件の計 3 件の発表があった。得丸氏はがん治療を目的とし、がん細胞に栄養を補給する新生血管を閉塞するため体外から磁場を印加する方法について報告した。この方法はがん組織近傍に強磁性粒子を投与し、その後体外からの磁場制御により新生血管内に粒子を集積・凝集させ、最終的に新生血管を閉塞しがんの成長を抑制するものである。今回の報告では、新生血管を閉塞させるための磁場強度と磁場勾配について要素実験とラットでの生体実験が紹介された。マイクロ流路 (7 μm $\times$ 7854 本) を用いた要素実験では 100 nm のマグネタイト粒子に 300 mT の磁場強度、20 T/m の磁場勾配を作用させることで流路が閉塞されることが確認できた。次に実際の血管での閉塞を確認するため、露出させたラットの肝臓に磁場を印加し、マグネタイト粒子分散液を流し込み、鉄の蓄積量分布を測定した。磁場印加はネオジウム磁石で行なったため、磁場強度は 450 mT から 0 mT まで肝臓内で分布した。鉄の蓄積量は磁場が強い領域で多くなる傾向が示された。その一方で個体差も大きい。今後は個体数を増やして、検証を続けるとともに、実用化に向けてマグネタイト粒子分散液の全身投与を行って肝臓への蓄積量を評価する。藤井氏は環境中のマイクロプラスチック低減のため、磁気分離を適用する技術を報告した。ポリエステルやナイロンなどの合成繊維を含む衣料などを洗濯する際にはマイクロプラスチックファイバー (MPFs) が発生する。MPFs は下水処理施設に入り、その一部が河川などに放出され生態系に影響を与える。本研究は下水処理施設に磁気分離装置を設置し MPFs を取り除くことを目的としている。課題として繊維状粒子である MPFs を効率的に補足する条件を把握することがある。これまでビーカーテストでは 1 次粒径が 0.5 μm のマグネタイトを付着させることで 96% の MPFs が除去されることが確認されている。今後の連続的な磁気分離システムでは MPFs が通過する軌跡の推定が必要になる。有限要素法による以下の解

析結果が示された。1) 繊維状粒子の向きは磁場勾配による配向よりも、流速勾配の影響が大きい。2) 繊維状粒子は球状粒子に比べて磁場による捕獲が困難である。この結果を受けて、今後はMPFsの磁気分離実験で解析結果の妥当性や提案手法の有効性の確認を行っていく。重政氏はHTS線材の交流損失低減させるためのケーブル開発について報告した。“SCSCケーブル”は銅複合多芯薄膜 HTS 線材を GFRP コアにスパイラル状に巻き付けられたもので、結合電流をスパイラルの半ピッチに閉じ込めることで結合時定数を小さくして、フィラメントの結合を抑制している。導体設計の基礎的検討を行うため、結合損失とフィラメント幅、線材幅の関係を実験で調べた。磁化損失低減の観点からは多芯線材のフィラメント幅、線幅ともに狭い方が望ましいとの結論が得られた。最終的にフィラメント幅 0.2 mm、線材幅 2 mm の SCSC ケーブルでは線材幅 4 mm の単芯線に比べて磁化損失が 20 分の 1 になっていることが実験的に確認できた。

以上、14 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、京都大学の重政策於氏に「信貴賞」、大阪府立大学の宮城悠也氏、大阪大学の西岡颯太郎氏、京都大学の山崎輝氏、大阪府立大学の吉田勝一氏に「低温工学・超伝導若手奨励賞」が授与された。恒例の講演会終了後の懇親会は行われず、審査委員と発表者、聴講者の親睦交流が叶わなかったが、オンライン形式でなく対面形式の講演発表会が実現し、有意義な会であった。写真は信貴賞および奨励賞受賞記念写真で、前列左から四谷審査委員、重政氏、児玉審査委員長、山田審査委員、後列左から、西岡氏、宮城氏、吉田氏、山崎氏である。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 38 名の講演会参加者全員に深甚な感謝の意を表する。

（野口悟、尾崎壽紀、佐藤和郎、斉藤一功）



写真 講演会受賞者および審査委員

関西支部だより

関西支部では特別講演会として、令和4年11月18日(金)に関西学院大学大阪梅田キャンパスで第21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(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センシング技術応用研究会の協賛を得た。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に最先端の研究成果を発表する機会を持っていただき、人材発掘の一助とすると同時に、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(元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。

今回の発表件数は「午前」4件、「午後 A」4件、「午後 B」5件、「午後 C」4件の17件であり、講演時間は質疑応答を含め16分であった。以下に「講演題目」講演者所属、氏名を示す。

- 10:45-11:01 「Bi2212からのテラヘルツ放射に関する高バイアス領域における電気回路モデル」京都大学大学院工学研究科、小林 亮太
- 11:01-11:17 「GaN:Eu/GaN超格子構造におけるPLおよびTHz波放射特性の温度依存性」大阪大学レーザー科学研究所、村上 史和
- 11:17-11:33 「Temperature dependence on the THz emission from VO₂/Si heterojunction with different Si doping concentrations」大阪大学レーザー科学研究所、Yang Dongxun
- 11:33-11:49 「異方性を有する単結晶酸化チタンの屈折率の温度依存性研究」大阪大学レーザー科学研究所、Wang Ke
- 13:10-13:26 「金属コアを用いたスパイラル銅複合多芯薄膜線材の磁化損失及び通電特性」京都大学大学院工学研究科、祖父江 卓哉
- 13:26-13:42 「低温用箔ひずみゲージを用いたGFRP管の力学的特性に関する研究」神戸大学大学院海事科学研究科、杉原 弥悠加
- 13:42-13:58 「ヘリカル型液体水素用流量計に関する数値シミュレーションとヘリカル流路の試作」神戸大学大学院海事科学研究科、章 誠豫
- 13:58-14:14 「化学ドーブしたPtBi₂における極性非極性構造

相転移と超伝導転移温度の上昇」大阪大学大学院理学研究科、高木 健輔

- 14:23-14:39 「190 keVプロトン照射が鉄カルコゲナイドFeSe_{0.5}Te_{0.5}薄膜の超伝導特性に与える影響」関西学院大学大学院理工学研究科、山下 朔
- 14:39-14:55 「キラル構造結晶における電流誘起スピン偏極と非従来型超伝導現象の探索」大阪大学大学院基礎工学研究科、桑原 慶大
- 14:55-15:11 「超伝導マグネットシステムを活用した、パルス強磁場・断熱消磁クライオスタットの作製」大阪公立大学大学院理学研究科、前川 翔
- 15:11-15:27 「原子サイト選択NQR法によるPr系銅酸化物における新奇な二重鎖サイト超伝導の検証」大阪大学大学院基礎工学研究科、中川 俊作
- 15:27-15:43 「微小結晶熱伝導率プローブの測定上の課題と対策」大阪府立大学大学院理学系研究科、中口 直久
- 15:52-16:08 「KOHを用いたYBCO/LaNiO₃膜の低温成膜」島根大学大学院自然科学研究科、豊嶋 健瑠
- 16:08-16:24 「KOHフラックス法によるM-I転移材料(P_{r1-x}RE_x)_{1-y}Ca_yCoO₃の合成の試み」島根大学総合理工学部、山本 樹輝
- 16:24-16:40 「{100}〈001〉集合組織Cuテープ上にNiおよびLaドーブSrTiO₃導電性中間層を介して作製したYBa₂Cu₃O₇薄膜」京都大学大学院エネルギー科学研究科、内田 翔
- 16:40-16:56 「分子+場の動力学法を用いた渦糸の集団運動シミュレーション」大阪府立大学大学院工学研究科、山中 純

各セッションの概要を以下に示す。

午前はテラヘルツ光源開発1件とGaN超格子、VO₂、TiO₂についての物性研究3件の発表があった。小林氏はBi2212を利用したテラヘルツ光源の実用化に向けた研究を紹介。同一基板上に形成した複数のメサを同時に動作させることによって、発振強度が増加する現象について回路モデルを用いて再現した。単独駆動時の電圧・電流・放射強度特性が比較的精度よく再現されている。さらには実験的に観測困難な現象について数値的な予測を行うことにも成功した。定量的なデバイス構造設計への適用が期待できる。村上氏は赤色発光ダイオードの材料として注目されているGaN:Eu(ユーロピウムをドーブした窒化ガリウム)の性能向上のための研究を紹介。PL(フォトルミネッセンス)およびTES(テラヘルツ波放射特性)の温度依存性を評価し、表面バンド構造やバンドギャップの温度依存性について考察した。薄膜のGaN:Euと超格子構造を持つGaN:Eu/GaNを作成して評価した。PLによる測定では薄膜と超格子の間に大きな違いは見られなかったが、TESによる測定では両者で大きな差が見られた。こうした結果から構造に依存する特性として表面バンド形状やバンドギャップの温度依存性があり、構造に依存しない特性としては温度消光があることが示された。Yang氏はシリコンをドーブしたバナジウム酸化物の

テラヘルツ波放射特性の温度依存性について報告した。研究ではデバイスへの応用を視野に入れ、これまでに系統立てて調べられていなかった VO₂/Si からのテラヘルツ放射の温度依存性について調べた。試料として、ドーピング濃度の異なる3つの VO₂/Si を作成し、XRD やラマン分光により前述の相転移を確認。その後のテラヘルツ分光により温度が VO₂/Si のテラヘルツ放射に与える影響をヘテロ結界面の電子状態を通じて明らかにした。Wang 氏は酸化チタンの異方性に着目し、テラヘルツ分光法と赤外分光法によって得られた広帯域の屈折率の温度依存性について議論した。結果として 2THz までの測定ではいずれの温度においても c 軸の屈折率が b 軸より大きくこと、5THz 近傍では屈折率と高周波誘電率が 300K 以下の範囲で温度に正比例し、300K 以上では反比例していることが分かった。この結果はバンドギャップの温度依存性と一致する。さらに b 軸の 11THz と 15THz にも振動子が生じており、これらの近傍では屈折率の温度依存性が小さくなることも判明した。

午後 A は、HTS ケーブル開発 1 件、液体水素などの流体解析 2 件、新物質合成 1 件の計 4 件の発表があった。祖父江氏は、電流量が大きく、低交流損失でロバストなケーブルである SCSC ケーブルの磁化損失特性及び非絶縁銅撚り線コア SCSC ケーブルの通電特性を調べた。非絶縁銅撚り線コアは SCSC ケーブルのコアに用いても磁化損失を増加させない。また、非絶縁銅撚り線コア 4 層 SCSC ケーブルの通電特性において、熱暴走が発生した電流値が、ケーブルを構成する線材の臨界電流値の総和とほぼ等しい結果が得られたと報告した。杉原氏は、低温用箔ひずみゲージを用いた液体水素用流量計において、流量計を取り付けた GFRP 管の低温下でのひずみの測定を行い、GFRP 管の力学的特性（ヤング率）を調べることを研究目的としている。実験装置は製作中のため、同研究室で過去に実施した実験結果をもとに、低温下でのヤング率を予測した結果、液体水素温度でのヤング率は約 30 GPa であることが分かったと報告した。章氏は、市販の計算ソフト ANSYS を用いた数値シミュレーション結果と過去の計算結果を比較し、ヘリカル型液体水素用流量計の実現性、及び測計モデル等について検討した。液体水素と液体窒素のいずれにおいても、先行研究の計算結果より、ひずみが 1/4 に小さくなり、圧力は大きな違いはなかった。流量計として使用するには、低ヤング率の GFRP 配管を選択、あるいはヘリカル流路の構造を改善することで、ひずみを大きくする必要が有ると考えられると報告した。高木氏は、PtBi₂ における構造の不安定性を利用し、化学ドーピングによる新たな結晶構造の安定化と超伝導物質開発を行った。極性構造を持つ γ' -PtBi₂ ($T_c = 0.6$ K) に Se または Te ドープすると、極性非極性構造相転移が起こり、超伝導転移温度 T_c がそれぞれ 1.9–2.4 K、2.0–2.4 K に上昇することが分かった。また T_c は、系が相境界に近づくにつれて上昇すると報告した。

午後 B は、超電導 3 件、装置開発 2 件、計 5 件の発表があった。山下氏は PLD (Pulsed Laser Deposition) 法で作製した

鉄系超伝導薄膜 (FeSe_{0.5}Te_{0.5} (FST)) に 190 keV のプロトンを照射した際の照射量の T_c や J_c への影響について報告した。90 keV のプロトン照射は特定の照射量だけでなく様々な照射量において磁場中の超伝導特性を向上させることがわかった。桑原氏はキラリティに関連した電流誘起磁気現象の起源の解明を目指して、らせん結晶 MSi₂ (M=Nb, Ta) 系において、高感度でスピン偏極を直接とらえることのできる NMR 測定を試みた結果の報告があった。キラル物質におけるスピン偏極を直接観測した例として、世界 2 例目である旨説明があり、スピン偏極の起源として、らせん構造による対称性の破れとスピン軌道相互作用によって生じるヘッジホック型のスピン構造を有したフェルミ面が関連している可能性が示唆されている。前川氏は市販の超伝導マグネットシステムを常磁性断熱消磁法に転用し、より冷却機能をもったパルス強磁場クライオスタットの作製の試みに関する作製中のクライオスタットの詳細な説明を行った。従来と比較して大きな消磁塩を作製し、冷却効率を増強するとともに、断熱消磁部から強磁場発生部までの熱伝達には、熱伝導の非常に大きい、超流動 ⁴He を用いる。中川氏は超伝導を担う構造の特定を目指して、Pr₂Ba₄Cu₇O_{15.8} (Pr247) の試料を用いて NQR/NMR 測定を行い、個別の NQR 周波数から 4 つの Cu サイトの電子状態を特定した。加えて、各 Cu サイトの各スピン緩和率の測定を行い、二重鎖構造の Cu サイトにおける各ピンの緩和率の温度依存性から、二重鎖 Cu サイトに超伝導ギャップが存在することが分かった。以上より、Pr247 では CuO₂ 平面の反強磁性秩序と二重鎖 Cu サイト超伝導が交互に積層して共存するという、銅酸化物では初めての観測される例であることが報告された。中口氏は開発してきた微小結晶熱伝導率測定プローブでの測定結果について報告を行った。結晶方面が十分に平滑でない場合に、ヒーターと温度センサの成膜時に発生する残留応力に起因した座屈により、ダイアフラム上のヒーター・温度センサと試料の間の熱接触が低下する可能性について言及し、新しい物質系についての提案もあった。

午後 C は、HTS 線材開発関連研究が 3 件、渦糸系の数値計算が 1 件、計 4 件の発表があった。豊嶋氏は Ag 基材を使用しない YBCO 線材の開発のために、導電性の LaNiO₃ 中間層を LaAlO₃ 基板上に KOH 溶液を用いたフラックス法でエピタキシャル成長させた結果を報告した。KOH 浸漬時間を最適化することにより、良質の YBCO エピタキシャル薄膜の育成に成功した。山本氏は、超伝導線基材に求められる絶縁性と導電性という二律背反に金属絶縁体 (M-I) 転移物質を用いて挑んだ。M-I 転移を示す物質として、(Pr_{1-x}RE_x)_{1-y}Ca_yCoO₃ に注目し、KOH フラックス法により LAO および STO 基板上に成膜を行った。RE を 4 種類の元素、3 通りの y 値についての結果から、得られた膜の組成は仕込み組成よりも RE 濃度が低くなっていることが分かった。内田氏は、YBCO 線材においてクエンチ時に Cu 基材に電流を流しやすくするため、中間層として導電性 La-SrTiO₃ を成膜することを試みた。パルスレーザー蒸着法を用いて、Ni/Cu/SUS 基板上に La-SrTiO₃ および YBCO の

2 軸配向膜を成膜できた。La-SrTiO₃ 膜の導電性が低い理由として、膜に含まれる La 濃度が少ないためであることが分かった。山中氏は多数の渦糸からなる系の数値計算手法として、分子動力学に場を加えた方法を提案した。本来、多数の渦糸間の多体問題という難問を近似的に自分以外の多数の渦糸からの平均場としてとらえ、20000 本の渦糸の数値計算をおこなった。従来の方法では膨大な時間がかかるところ、短時間で数値計算が完了し、ボロカーバイド超伝導体における STM 測定による渦糸分布を再現することができた。

いずれの講演において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、大阪大学の中川俊作氏に「信貴賞」、島根大学の豊嶋健瑠氏、大阪大学の高木健輔氏、京都大学の小林亮太氏、大阪大学の村上史和氏に「低温工学・超伝導若手奨励賞」が授与された。恒例の講演会終了後の懇親会は行われず、審査委員と発表者、聴講者の親睦交流が叶わなかったが、対面形式の講演会が実現し、有意義な会であった。写真は信貴賞および奨励賞受賞記念写真で、前列左から四谷審査委員、児玉審査委員長、山田審査委員、後列左から豊島氏、高木氏、中川氏、小林氏、村上氏である。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 48 名の講演会参加者全員に深甚な感謝の意を表する。

（尾崎壽紀、掛谷一弘、斉藤一功、中本将嗣）



写真 講演会奨励賞受賞者および審査委員

