

■ 関西支部だより

関西支部では特別講演会として、令和7年11月14日(金)に関西学院大学大阪梅田キャンパスで第24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、審査委員長を畑徹氏(大阪市立大学名誉教授)に、審査委員を石田武和氏(大阪公立大学客員教授(大阪府立大学名誉教授))、横山彰一氏(ジャパンスーパーコンダクタテクノロジー株式会社)をお願いした。

今回の講演発表は「午前」7件、「午後A」6件、「午後B」6件、「午後C」4件の19件であり、質疑応答を含め14分講演となった。また最後に、2021年度第20回低温工学・超伝導若手合同講演会で、「低温工学・超伝導若手奨励賞」を受賞した西岡颯太郎(新潟大学)氏に招待講演を行っていただいた。以下に「講演題目」講演者所属、氏名を示す。

10:45-10:59 「パルスレーザー堆積法におけるモデル予測制御によるブルーム形状制御」名古屋大学大学院、川端 康介

10:59-11:13 「最大フロー問題を用いた不均一 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-y}$ 薄膜の臨界電流の解析」名古屋大学大学院、長江 凌雅

11:13-11:27 「水素ガスの外部加圧時における液体水素の貯蔵に関する研究」神戸大学大学院海事科学研究科、水口 惣一朗

11:27-11:41 「光×低温走査トンネル顕微鏡が拓くナノスケール物性計測」株式会社ユニソク、岩谷 克也

11:41-11:55 「極低温温度領域における各種温度センサの開発と適用事例」株式会社 岡崎製作所、三谷 晃司

11:55-12:09 「層状ニッケル酸化物高温超伝導体の ^{139}La

NQRにより識別された本質的結晶サイトの電子状態の解明」大阪大学大学院基礎工学研究科、瀬戸 仁衣奈

12:09-12:23 「HTS-SQUIDを用いた血液凝固測定法の開発」岡山大学ヘルスシステム統合科学研究科、黒川 僚介

13:39-13:53 「小型 GM 冷凍機直結型 NQR/NMR プロローブの開発と固体低温物性測定への応用」大阪大学大学院基礎工学研究科、李 洪男

13:53-14:07 「縦置き型および横置き型液体水素容器の熱侵入特性の比較評価」神戸大学、平本 幸暉

14:07-14:21 「3次元分子動力学法を用いた渦糸ダイナミクスとピーク効果」大阪公立大学工学研究科、山下 直斗

14:21-14:35 「容器の違いよりみた極低温液体の状態変化に関する研究：液体窒素と液体水素の比較」神戸大学、河江 聖延

14:35-14:49 「SCSC-IFB ケーブルの磁化損失測定」京都大学大学院工学研究科、園部 翔大

14:49-15:03 「化学的表面活性化接合による REBCO 線材の低抵抗接合」大阪大学工学研究科、大倉 大佑

15:15-15:29 「キラル金属 NbGe_2 における電気抵抗率サイズ依存性」大阪公立大学、安岡 祥貴

15:29-15:43 「KOH フラックス法を用いた Sr-Cu-O 系超伝導体の低温合成に向けた試み」島根大学、石橋 柚貴

15:43-15:57 「KOH フラックス法 Nd-Ba-Cu-O 膜の溶液内酸素量制御による超伝導特性改善に向けた検討」島根大学自然科学研究科、重信 明希

15:57-16:11 「磁気光学 Kerr 効果を用いた Pd 水素吸収過程の磁気応答評価」京都大学工学研究科電子工学専攻、本多 功祐

16:11-16:25 「Fiber Bragg grating 法を用いた交替磁性体 Ce_2CuGe_6 のピエゾ磁気効果測定」京都大学工学研究科電子工学専攻、乗松 美織

16:25-16:39 「抗体修飾ガラス管と HTS-SQUID を用いた時期免疫検査法の開発」岡山大学ヘルスシステム統合科学研究科、加古 朔也

(招待講演)

16:55-17:20 「RF MEMS スイッチを用いた低ノイズ NMR システムの開発」新潟大学、西岡 颯太郎

各セッションの概要を以下に示す。

午前は、計7件の発表があった。川端氏はパルスレーザー堆積法による均質な高温超伝導体の成膜を目的とした、レーザーブルームを時系列予測制御により安定化させる研究について報告した。成膜中のレーザーブルームをカメラで撮影し、ブルームの幅と高さの変化をリアルタイムで取得し、外乱等による変化を時系列予測モデルを用いて予測した。この予測に基づいたフィードバック制御を行うことでブルームを安定化させることに成功した。長江氏は不均一な高温超伝導線材の臨界電流解析に対して最大フロー問

題が有効かどうかを明らかにするため、欠陥を導入した高温超伝導体のネットワークパターンでの臨界電流を測定し、最大フロー問題を用いた予測との比較を行った。実験結果と理論予測は良い一致を示したことが報告された。水口氏は液体水素容器に水素ガスを用いて加圧し、液体水素の移送を行う場合の効率的な条件を明らかにすることを目的とした、液体水素の初期充填量、加圧速度、加圧パイプの位置と液体水素温度、容器内圧力上昇、液体水素流量の関係についての研究結果を発表した。液体水素の流量は液相下部に加圧したときが最も大きく、また液体水素の温度上昇も大きいこと、圧力上昇率は充填率が高い場合は気相部、低い場合は液相上部に加圧したときが高いことが報告された。岩谷氏は低温走査トンネル顕微鏡(STM)と光学系を組み合わせた動的過程の測定手法について発表された。金属探針をアンテナとしてプラズモン共鳴による電場増強により単一分子レベルのラマン散乱を検出する STM-TERS、THz パルスバイアス電圧としてサブピコ秒の時間分解能を有する THz-STM、光ポンプ・プローブ法を用いてキャリア緩和時間を直接測定する OPP-STM の開発と性能について説明された。三谷氏は極低温用の温度センサの開発について発表された。基材に強固に巻き付けることで高耐振性を獲得した白金温度計、白金にコバルトを添加することで 1.5 K までの測温を可能とし、カプセル型とシース型ラインナップすることで幅広い設置条件に対応した白金コバルト温度計、耐圧防爆・本質安全防爆に対応し、金属シース構造を採用することで強度と取回しが良好な E タイプシース型熱電対について報告された。また岡崎製作所の実液による校正サービスについても紹介された。瀬戸氏は層状ニッケル酸化物高温超伝導体の常圧での秩序状態の $^{139}\text{La-NQR}$ による研究について発表された。秩序温度以下で NQR スペクトルの分裂と線幅の増大が見られたことから $\text{La}_3\text{Ni}_2\text{O}_7$ の秩序状態は SDW であることが報告された。また NQR スペクトルから $\text{La}_4\text{Ni}_3\text{O}_{10}$ には $\text{La}_3\text{Ni}_2\text{O}_7$ の積層欠陥が不純物として含まれているが、高圧酸素アニールを行った試料では積層欠陥が著しく減少すること、秩序状態はインコメンシュレートな SDW と考えられることが報告された。黒川氏は血液凝固検査への応用を目指した、血漿中に分散させた磁気ナノ粒子の交流磁化率測定の研究について発表された。溶媒に分散させた磁気ナノ粒子の Brown 緩和時間は溶媒粘度に依存するため、交流磁化率の測定から粘度を検出できることが報告された。高感度な交流磁化率測定を実現するため高温超伝導体 SQUID を採用し、3 次高調波の検出を行ったことが報告された。40 μL の正常血漿サンプルと欠乏血漿サンプルの交流磁化率測定から血液凝固に伴う粘度増加を識別できたことが報告された。

午後 A は、計 6 件の発表があった。李氏は、ヘリウム供給不足という社会課題に対し、液体ヘリウム不要の固体低温物性測定装置の開発を目的として、小型 GM 冷凍機を直

結した NQR/NMR プローブを設計・試作した。真空構造や熱交換機構を工夫し、試験では最低温度 2.8K を達成した。また、 Cu_2O 粉末のスピネコー観測に成功したこと、今後は熔融バルク体や高圧下超伝導研究への応用を目指すことが報告された。平本氏は、液体水素容器の形状が侵入熱特性に与える影響を評価するため、縦置き型と横置き型容器を用いて静止状態での温度・圧力変化を測定した結果、横置き型は縦置き型より約 25 時間早く液体水素が蒸発したこと、これは横置き型の気液界面や濡れ面積が広く伝熱が促進されたためであり、今後は侵入熱量の算出方法の精度向上が課題であることが報告された。山下氏は、第 II 種超伝導体における渦糸のピン止め構造とピーク効果を 3 次元分子動力学法 (3DMD) を用いて理論的に解析し、柱状欠陥を含む系でピン止めの内部構造を可視化するとともに、交流電流によるピン止め法を導入してより実験的な結果を再現し、ピーク効果の方向依存性や異方性、欠陥角度の影響を明らかにし、安定なピン止め条件を考察したことが報告された。河江氏は、液体水素と液体窒素の蓄圧実験を横置き型および縦置き型クライオスタットで比較し、容器形状と冷媒特性が温度変化、圧力上昇率、入熱量に与える影響を解析した結果、液体水素は液体窒素より圧力上昇率が大きく、蒸発潜熱の差が主要因であること、横置き型は外部からの熱侵入が多く、特に液体窒素では液相に熱集中する傾向が確認されたこと、今後は充填率を変えた追加実験と再現性検証を行い、液体窒素による液体水素代替の可能性を明確化することが報告された。園部氏は、超伝導ブリッジが通電特性および磁化損失に与える影響を明らかにすることを目的として、SCSC-IFB ケーブルを構成するマルチフィラメント線の電界-電流特性および多層ケーブルの磁化損失測定を行った結果、超伝導ブリッジの間隔を狭くすることで n 値が向上し、通電特性が改善されること、磁化損失の測定値は超伝導ブリッジなしのマルチフィラメント線の磁化損失測定値と比較しても大きな差がないこと、これにより超伝導ブリッジの導入が磁化損失を大きく増大させることなく通電特性を向上させることが報告された。大倉氏は、高温超伝導体 REBCO 線材の長尺化には低抵抗で信頼性の高い接合技術が不可欠であるとして、クエン酸による化学的表面活性化を用いた Cu 層の直接接合条件を再評価し、接合長・加圧力・加熱時間の影響を系統的に調査した結果、接合抵抗は接合長に依存して減少し、臨界電流の劣化はほとんど認められなかったことなどから、本手法は大電流ケーブルや高磁場マグネットへの応用に有望であることが報告された。

午後 B は、計 6 件の発表があった。安岡氏は、典型金属とは異なる電子系と格子系の相互作用を有するキラルな結晶構造を持つ NbGe_2 に関する研究を行っている。本研究では、 NbGe_2 と NbGe_2 と同じ結晶構造を持つ典型金属の NbSi_2 の電気抵抗率の温度依存性を測定し、比較した。この実験

により、NbGe₂ が特異な電気抵抗率の温度依存性を示すことを明らかにした。また、試料サイズの異なる NbGe₂ 試料の電気抵抗率を測定することにより、その温度依存性は試料サイズ効果を有することを見出した。石橋氏は、REBCO 超伝導体に代わるレアアースを用いない Sr-Cu-O 系超伝導体の合成に関する研究開発を行っている。そこで、同氏は低温・常圧下で合成可能な KOH フラックス法を用いて、出発原料の金属モル比や合成温度等の条件を変えて、Sr₃Cu₂O₅ や Sr₂CuO₄ を作製することを試みた。その結果、XRD 測定より、合成温度 800 °C の条件で、NdGaO₃ 基板上に異相は見られるものの、SrCuO₂ の回折ピークを観測することに成功した。重信氏は、REBCO 薄膜作製の低コスト化を目指し、KOH フラックス法により、高い T_c を有する Nd123 膜の作製に関する研究開発を行っている。本研究では、KOH 溶液内に N₂ ガスバブリングを十分に行うことにより、溶液内の酸素濃度を低下させると、Nd123 単層膜が得られることを見出した。さらに、原料を CuO から Cu に変更し、より溶液中の酸素濃度を低下させることにより、Nd/Ba の置換を抑制した。その結果、得られた Nd123 膜の c 軸長はバルク値に匹敵することを明らかにした。本多氏は、非破壊で高い表面感度を有する磁気光学 Kerr 効果 (MOKE) に着目し、新たな分析技術の研究開発を行っている。本研究では、可変雰囲気 MOKE システムを新たに構築し、Pd の水素吸収過程の測定を行った。実験は、水素を 1.09 KPa、2.27 KPa、3.14 KPa の 3 段階に分けて装置に導入し、Pd の Kerr 回転角の変化をその場観察することにより行った。その結果、水素圧を 3.14KPa まで上昇させると Pd の Kerr 回転角が約 2.8 μrad 減少することを見出した。この現象は、Pd の水素吸蔵に伴う、磁化率の低下を捉えたものと考えられる。乗松氏は、交替磁性体に注目し、ピエゾ磁気効果の研究を行っている。本研究では、f 電子系の交替磁性体であり、大きなホール効果を有する Ce₂CuGe₆ を対象として、Fiber Bragg Grating (FBG) を用いてひずみ測定を行った。その結果、Ce₂CuGe₆ は、c 軸方向に印加した磁場下において、ネール温度以下では、ε_{bb} がバタフライ型のヒステリシスを持つ線形磁歪を示し、ネール温度以上では、通常の磁歪を示すことが明らかになった。このことにより、交替磁性体 Ce₂CuGe₆ の圧磁効果の存在を確認することに成功した。加古氏は、磁気ナノ粒子を医療に应用するために磁気免疫検査法の研究開発を行っている。本研究は、癌細胞表面抗原を標的とする抗体を磁気ナノ粒子に修飾することにより、ガラス棒上に固定化した癌細胞へ、磁気ナノ粒子を吸着させ、吸着に伴う磁気信号の変化を HTS-SQUID により測定し、癌細胞の検出を目指すものである。実験の結果、磁気ナノ粒子が癌細胞と結合することにより、control と比較して、磁気信号が 10%低下することを見出し、同手法は癌細胞検出に有効であることを確認した。

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、大阪公立大学名誉教授の石川修六氏による、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、京都大学の乗松美織氏に「信貴賞」、名古屋大学の長江凌雅氏、株式会社ユニソクの岩谷克也氏、大阪大学の瀬戸仁衣奈氏、大阪公立大学の安岡祥貴氏に「低温工学・超伝導若手奨励賞」が授与された。講演会終了後は、有志による懇親会が行われ、審査委員と発表者、聴講者の親睦交流がなされた。写真は信貴賞および奨励賞受賞記念写真で、後列左から横山審査委員、畑審査委員長、石田審査委員、掛谷支部長、前列左から、長江氏、安岡氏、乗松氏、瀬戸氏、岩谷氏である。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 49 名の講演会参加者全員に深甚な感謝の意を表す。

(宍戸寛明、海野峻太郎、佐藤和郎、尾崎壽紀)



写真 講演会奨励賞受賞者および審査委員