

## 関西支部だより

関西支部 2017 年度第 2 回関西支部講演会・見学会が 6 月 30 日 (13 時 30 分～17 時 30 分) に京都大学吉田キャンパス総合研究 11 号館 114 講義室 (京都市左京) において開催された。

今回は「京都大学吉田地区における低温工学分野の研究活動」と題して講演と見学を行った。参加者総数は講演者を含め 29 名 (大学・公的研究機関 13 名、企業・一般 16 名) であった。

関西支部支部長の白井康之氏による開会の挨拶に続き、以下の 4 件の講演と京都大学大学院エネルギー科学研究科・理学研究科の低温物理・超伝導関連研究室、ならびに京都大学吉田キャンパス寒剤供給施設の見学が行われた。

### 1. 「Cu テープを用いた低コスト REBCO 線材と MgB<sub>2</sub> 線材の開発」

土井 俊哉 氏 (京都大学大学院エネルギー科学研究科)

### 2. 「液体水素冷却 MgB<sub>2</sub> 超伝導電力機器の開発」

白井 康之 氏 (京都大学大学院エネルギー科学研究科)

### 3. 「京都大学における寒剤供給体制、超低温磁気共鳴映像法の開発と低温物理学への応用」

佐々木 豊 氏 (京都大学大学院理学研究科)

### 4. 「高温超電導 MRI 装置の紹介並びに閉会のあいさつ」

関西支部副支部長 横山 彰一 氏 (三菱電機)

京都大学大学院エネルギー科学研究科の土井氏の講演では、REBCO および MgB<sub>2</sub> 超伝導線材の低コスト化について話題提供があった。高温超伝導線材に求められる要件が簡単に紹介されたのち、現状の REBCO 超伝導線材の簡単なコスト分析結果が示され、歩留まり向上と製造プロセス費の低減のみでは実用的な価格の実現は難しく、Bi2223 および REBCO 線材の実用化のためには Ag およびレアメタルを不要にするために線材構造の見直しも必要であるとの見解が示された。これを踏まえ、REBCO 線材の低コスト化に向けた線材構造として、バッファー層として導電性酸化化合物および集合組織をもつ Cu 基材の利用を提案している。この線材構造では、Cu 基材が高配向性テンプレートの役割だけでなく安定化層の役割を担うことができるので、Ag 不使用の高温超伝導線材の創出につながる。現在、YBCO/Nb ドープ SrTiO<sub>3</sub>/Cu/SUS の線材構造で原理証明を進めているところである。また、結晶配向制御が不要な MgB<sub>2</sub> 線材ではコート線材仕様で、20 K 以下の温度領域で使用する場合には REBCO 線材に比べて同等の性能と大幅な低コスト化が見込めるとの提案を行った。Cu、Al、ジュラルミン基板上に電子ビーム蒸着法を用いて作製した MgB<sub>2</sub> 薄膜で、20 K 運転可能なマグネット設計が可能なレベルの J<sub>c</sub> および J<sub>e</sub> が得られたこと、および厚膜化が容易で中間層も不要であることを示した。

京都大学大学院エネルギー科学研究科の白井氏の講演では、液体水素利用における MgB<sub>2</sub> 線材を利用した電気機器システムに関する話題提供があった。まず、地球温暖化における日本の役割と白井氏・土井氏が所属する京都大学大学院エネルギー科学研究科の世界・国内での学術位置づけについて述べた。白井氏はエネルギー科学分野のパラダイムシフトとして「水素と超伝導」技術の構築を進めている。また、エネルギー源である水素の現状について言及し、日本の電力エネルギー源として水素が重要な位置を占めるには、サプライチェーンの構築や大きな規制の中で取り扱いが必要な水素利用の規制緩和、冷熱の有効利用に取り組む必要性があると述べた。「水素と超伝導」はこの冷熱の有効利用でつながっていて、白井氏は、液体水素の諸特性を示しながら、これにふさわしい超伝導物質として MgB<sub>2</sub> 物質に注目している。現在、白井氏の研究は JST-ALCA プロジェクトに採択されていて、液体水素冷却式の超伝導発電機の開発を目標としている。液体水素を扱うことから実験は主に JAXA 能代実験場で行われ、Phase I (2010～2015) では、液体水素の冷却特性などを明らかにし、現在進められている Phase II (2016～2021) では液体水素で冷却した PIT-MgB<sub>2</sub> 超伝導線材の電気磁気特性などに取り組んでいる。また、これらの一連の実験の蓄積により、通電設備を含む液体水素利用の法規制対応の提案も可能となることである。



講演会の様子

京都大学大学院理学研究科の佐々木氏の講演では、京都大学の寒剤供給システムおよび超低温磁気共鳴映像法の開発の紹介があった。まず、1965 年から始まった京都大学における寒剤供給の歴史および現在の組織について述べた。2016 年に研究部門と供給部門を含んだ低温物質科学研究センターを改組し、研究部門が理学研究科へ、寒剤供給部門が環境安全保健機構低温物質管理部門に業務分割した。佐々木氏は理学研究科教授であるとともに、低温物質管理部門の部門長を兼務している。京都大学で扱っている寒剤は液体窒素と液体ヘリウム の 2 種類で、主要 3 キャンパス (吉田、桂、宇治) で供給されている。また、供給された

液体ヘリウムを使った実験機器などから蒸発する（排出される）ヘリウムガスはキャンパス内の回収ラインにより寒剤供給施設に戻され再度液化される。これにより学内供給の液体ヘリウムの 95%以上がリサイクルされるシステムが構築されており、学内のユーザーは市価の約 10 分の 1 の価格で利用できる。次の話題として、磁気共鳴映像法の紹介があった。通常の均一磁場下で行う核磁気共鳴とは異なり、磁場勾配下で核磁気共鳴を行うことで映像化できる。佐々木氏はこの映像法を数百マイクロケルビンの超低温でおこない、物質の超低温での状態の空間分布を明らかにする世界で唯一の実験設備を有している。実験成果の例として、ヘリウム 3-ヘリウム 4 混合液の相分離、核整列固体ヘリウム 3 の磁区構造、トリプレット P 波超流動ヘリウム 3 のカイラルドメイン構造の紹介があり、超低温でもヘリウムには様々な状態が存在することを示した。

三菱電機の横山氏の講演では、見学会のコースに入っている高温超伝導 MRI の紹介があった。昨年、AMED（日本医療研究開発機構）のプロジェクトとして、冷凍機冷却方式の希土類系高温超伝導コイル（3 テスラ）でのマウス胎児のイメージングに成功した。今年度から NEDO（新エネルギー・産業技術総合開発機構）のプロジェクトとして、2 分の 1 サイズのアクティブシールド付きの 5 テスラ級マグネットの開発を進めていることが紹介された。

最後に、関西支部副支部長である同氏による閉会の挨拶で会を締めくくった。



見学会の様子

講演会后、土井氏、白井氏、佐々木氏の研究室、AMED プロジェクトで開発された高温超伝導 MRI、寒剤供給部門の見学会が行われた。講演会開始時点ではあいにくの雨模様であったが、見学会の時間には晴れ間も現れ、およそ 1 時間の見学会も活発な質疑応答が展開された。

見学会終了後、有志 24 名による懇親会が、キャンパス内のレストラン「カンフォーラ」で開催され、会員相互の交流を深めた。

最後に、講師の先生方には貴重なご講演および施設のご紹介をいただき、また見学会にあたりましては、寒剤供給

施設の紹介をご快諾くださった京都大学・環境安全保健機構・低温物質管理部門の皆様方にこの場をお借りし、厚く御礼申し上げます。

（京都大学大学院エネルギー科学研究科 堀井滋）