

関西支部だより

2015 年度第 2 回関西支部講演会・見学会が 7 月 24 日 (13 時 30 分 ~ 17 時 00 分) に神戸大学深江キャンパス 海事科学研究科総合学術交流棟梅木 Y ホールにおいて開催された。本講演会は、神戸大学自然科学系先端融合研究環重点研究チーム No.19 第 3 回シンポジウムを兼ねて行われた。参加者総数は講演者を含め 38 名 (大学・研究所関係 20 名, 会社関係・一般 18 名) であった。今回のテーマは、「水素低温工学の研究最前線」であり、昨年 12 月に世界初の量産型燃料電池車が国内販売される等、エネルギー・環境問題を解決する手段の一つとして注目されている水素利用について、国内外で活躍する研究者からの講演と神戸大学海事科学研究科の水素実験棟、極低温実験棟の見学が行われた。なお講演の内 1 件は、重点研究チーム No.19 の招聘により来日中の外国人研究者による海外特別講演である。

関西支部長の濱田衛氏による開会の挨拶に続き、共催重点研究チーム No.19 の代表である、神戸大学自然科学系先端融合研究環重点研究部の武田実氏による挨拶の後、以下の 2 件の講演が行われた。

1. 「Liquid hydrogen activities at TU Dresden」

Dr. Christoph Haberstroh (Technical University of Dresden)

2. 「超伝導 MgB₂ 線材の液体水素研究への応用」

前川一真 氏 (日本原子力研究開発機構 J-PARC センター)

Technical University of Dresden (TU Dresden: ドレスデン工科大学) の Haberstroh 准教授の講演では、TU Dresden における低温関係の教育、低温部門としての大学での役割、液体水素に関する研究、外部連携による液体水素に関わる開発プロジェクトについて説明があった。

TU Dresden は、1828 年に創立し、14 の学部、37,000 人の学生、507 名の教授を有するドイツでも有数の engineering science に特化した大学である。低温分野では、低温特別教育、水素技術に関する修士課程を有することが特徴的である。また、European Course of Cryogenics と呼ばれるヨーロッパを主として世界各地から学生が集まる特別学習コースもある。低温特別教育は、冬学期に 4 時間/週で行われ、30 名から 40 名程度の学生が履修しており、今年からは水素に特化したコースもスタートする予定である。水素技術に関する修士課程は、2008 年にスタートし、2010 年に最初の 7 名の卒業生を輩出した後、現在も継続している。本課程では、水素技術に関し、物理、化学の基礎から応用に至るまで幅広い講義と研究がなされている。European Course of Cryogenics では、ドイツ以外の世界 13 か国 (ヨーロッ

パ以外は、イラン、アルゼンチン、米国) から集まった 40 名近くの学部から博士課程の学生が 3 週間 (15 日間)、ドイツ、ポーランド、ノルウェーでエンジニアリングに特化した講義を受けるシステムとなっており、企業からのサポートを受けて行っている。毎年募集人員を超える盛況となっている。

低温部門としての大学での役割は、液体ヘリウムを大学の物理、化学、電気等の各部門に供給する責任を持つことである。また、液体ヘリウム技術に関する自部門の研究開発、低温実験施設の提供、実験室レベルの水素の液化・供給の任も有している。1962 年にヘリウム液化中央研究施設がドレスデンに開設された後、現在ではドレスデン周辺は TU Dresden を中心として、ドイツ国内では最も低温技術開発が盛んな地域となっている。

液体水素に関する研究開発では、防爆型の液体水素実験施設を有しており、開発した液化機では、15 L/h の液体水素生成が可能である。その他、車載用の液体水素タンクの開発や液面計の開発、液化機の大規模化やその高効率化の研究も行っている。また、企業あるいは外部研究機関との連携で、船舶から地上タンクへ液体水素を運ぶ低ロス搬送ラインや超電導ケーブル、中性子減速材としての液体水素適用、液化時に必要なオルソ水素/パラ水素変換技術、再生可能エネルギーサイクルでの電気・水素・メタン活用方法等の研究開発も行っている。また、2011 年 ~ 2013 年にかけて実施された IDEALHY Project (www.idealhy.eu) では、企業との連携で水素液化時のエネルギー消費を半減する目標で研究開発を進め、ほぼ目標値に近い 47% の低減に成功している。

現在、Haberstroh 准教授は、神戸大学自然科学系先端融合研究環重点研究チーム No.19 との共同研究を進めるとともに、TU Dresden の中性子減速研究には 2 名の日本人研究者 (J-PARC/JAEA, JAXA) が参加しており、今後も TU Dresden と日本の研究協力が進むものと期待される。

日本原子力研究開発機構 J-PARC センターの前川一真博士研究員の講演は、あいにく前川氏の都合が悪くなったため、同氏が博士課程在籍中に研究指導をされていた武田実氏が代わって報告を行った。最初に水素エネルギーの特徴や有効性について説明があった後、研究テーマである超伝導 MgB₂ 線材を用いた液体水素用外部加熱型液面センサーについて説明がなされた。

本研究の目的は、液体水素を海上輸送する際の船用大型液体水素タンク容器内の液量管理のための液面計開発である。液体水素は膨張率が高いため、タンク充填時の過充填を防ぐ必要があるが、液充填時は液面が揺動しており (スロッシング現象)、その状況下で測定誤差が小さく、応答性が良い液面計の開発が必要となっている。また、船用の大型タンク用であるため、10 m 級の長尺セ

ンサーであることも求められている。液面検知特性が良いと考えられる外部加熱型超伝導 MgB_2 液面センサーの応答性、加熱効果のセンサー長依存性等について研究を行った。

まず、光学窓から観察した液体水素液面と、熱電対により計測したセンサー温度分布のヒータ入力値依存性を評価し、ヒータ入力がない場合は、液面から 120 mm 以上まで超伝導状態であるが、ヒータ入力値を 6 W 以上とすると 10 mm 以下となることを確認した。そして、センサー温度分布に基づき最適ヒータ入力値を 6 W とした。次に、静的な状態における液面位置とセンサー出力の相関を評価したところ、高い直線性が得られ（相関係数 R^2 が 0.9989）、液面検知長さがセンサー長の 96% 以上、液面検知誤差は ± 1 mm 以内（測定誤差 1% 以内、1250 m^3 相当のタンクで 140 L 以内）であり、極めて小さい測定誤差で測定ができることを示した。

次に、熱応答性について調べた。まず、センサー出力速度がセンサーの温度変化よりも速いこと、センサーの応答速度はヒータ入力値に依存しないことを確認した後、ヒータ入力値が液面位置に依存しないこと、液面揺動が大きい場合はヒータ入力値を 9 W に上げる方が望ましいことを見出した。さらに、センサー長依存性について、全長を 200 mm から 800 mm, 1200 mm としても、液面位置とセンサー出力の相関係数は 0.99 以上と良好で、有効液面検知長さの割合はいずれの長さでも同様であることが判明した。また、熱応答性についてもセンサー長依存性がないことを確認した。

続いて、スロッシング計測を行うに当たり、全長 500 mm センサーの個体差性能評価を行ったところ、試料準備での誤差を除くと最大で 1%（フルケールに対して約 5 mm）と小さいことを確認し、複数のセンサーを用いた 3D スロッシング計測を行った。その結果、高速度カメラを使用した実際の液体水素の高さと計測結果の差が最大で 4 mm、時間のずれが最大で 0.06 秒と小さかったことから、本センサーの動的液面検知特性が良いことを明

らかにした。液体水素運搬船を開発中のメーカーの方からも、液面計は必須とのコメントがあり、今後の実用化に向けた開発に期待したい。

講演の後は、2 班に分かれて神戸大学海事科学研究科の水素実験棟、極低温実験棟の見学が行われた。水素実験棟は別研究の実験施設をリニューアルし、この 6 月にオープンした。水素を取り扱う実験棟であるため、実験スペースと計測スペースが強化ガラスにより分離され、実験スペースは水素漏洩・防爆対策として、排煙タイプの遠隔操作窓、天井の通気口、防爆型のライト、水素濃度計、水素放出配管および逆火防止器、軽量で容易に吹き飛ばす屋根等、種々の工夫が凝らされていた。液体水素実験装置はまだ 1 台のみであったが、これから逐次導入予定とのことである。

極低温実験棟では、ヘリウム液化機、超伝導マグネット、液面センサー開発研究設備、超流動ヘリウム実験設備、海流 MHD 研究設備等があり、各々学生諸氏から説明を受けた。活き活きと目を輝かせて説明する姿がとても印象的であった。

見学会の後、関西支部企画幹事の武田実氏による閉会の挨拶で会を締めくくった。

講演会終了後、有志 17 名により恒例の懇親会が講演会場横の梅木ホールの談話スペースで開催され、会員相互の交流を深めた。

最後に、今回の講演会の開催にあたり、大変興味深い話題のご提供を頂きました講師の先生方に、この場をお借りして厚くお礼を申し上げます。

（神戸大 武田 実，住友電工 永石 竜起）

Haberstroh 先生講演の様子

水素実験棟見学の様子

懇親会の様子