

関西支部日より

2016 年度第 3 回関西支部講演会・見学会が 10 月 21 日 (13 時 30 分～17 時 30 分) に株式会社ダイオー (大阪府枚方市) において開催された。今回は「新奇超電導と極低温液体の可視化」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 27 名 (大学・研究所関係 11 名、会社関係・一般 16 名) であった。

関西支部副支部長の横山彰一氏による開会の挨拶に続き、以下の 4 件の講演と株式会社ダイオー VSUA センターの工場見学が行われた。

1. 「鉄カルコゲナイド薄膜の超伝導特性」
尾崎壽紀 氏
(関西学院大学 理工学部先進エネルギーナノ工学科)
2. 「硫化水素の圧力誘起高温超伝導とその結晶構造」
清水克哉 氏
(大阪大学 大学院基礎工学研究科附属極限科学センター)
3. 「可視化による極低温液体 (酸素、窒素、水素、ヘリウム) の諸特性に関する基礎研究」
武田実 氏 (神戸大学 大学院海事科学研究科)
4. 「エア・ウォーターの空気分離技術と VSUA センターの紹介」
郷田玲央奈 氏
(エア・ウォーター株式会社 総合開発研究所)

関西学院大学 理工学部先進エネルギーナノ工学科の尾崎氏の講演では、 $\text{FeSe}_x\text{Te}_{1-x}$ (FST) 系材料を中心とした低エネルギープロトン照射による特性の改善効果について報告がなされた。 FeSe や $\text{FeSe}_x\text{Te}_{1-x}$ 等の 11 型鉄系超伝導体は、ブロック層のない簡単な構造で他の鉄系超伝導体と異なり毒性が低いこと、高い上部臨界磁場 (H_{c2}) を有するため超伝導線材として高いポテンシャルを有する。高臨界電流を実現するため、配向膜を PLD 法を用いて形成し、FST 膜の特性向上を目的として、プロトン照射によるピンニングセンターの導入を試みた。FST 膜中で最も原子核が弾き出され、飛程のピークとなるように装置限界の低プロトン照射エネルギーをさらに試料をアルミ箔で覆って低エネルギー化させた。その結果、プロトン照射後に T_c が 0.5K 上昇し 18.5K となった。 T_c が上昇した理由として、界面効果、層間に存在する過剰 Fe あるいは歪効果が考えられたため、プロトン照射前後の FST 薄膜の断面 TEM 観察を行った。照射前の断面 TEM は、非常にシャープな界面を有し、過剰 Fe も観察されなかった。一方、照射後の断面 TEM 観察では、カスケード欠陥が膜全体に形成されており、歪場が存在することが判明した。歪マップを作成すると a 軸方向に高圧縮された領域と高伸張された領域が絡み合っており、 T_c の a 軸長依存性に基づき high- T_c 領域と low- T_c 領域が互いに数 nm 間隔で分布していることが示された。これが T_c の向

上をもたらしたと考えられる。また、 J_c も 4.2K で 2 倍、12K で一桁増加することが示され、低エネルギープロトン照射により形成されたカスケード欠陥とその周りの歪場が有効なピンニングセンターとして働いていると推察できる。これまで、高温超伝導材料に対する種々のイオン照射に関する研究成果が報告されているが、低エネルギー照射に着目して顕著な改善効果が得た成果であり、他の超伝導材料への展開も期待したい。尚、講演中に鳥取地震による警報が鳴り、やがて長周期の横揺れを感じ、約 3 分程度講演が中断されたことを付記する。

大阪大学 大学院基礎工学研究科附属極限科学センターの清水氏の講演では、超高压下において 200K で超伝導となる硫化水素について、超高压の掛け方、測定方法、構造の同定等に関して報告がなされた。硫化水素は理論計算により 200K 程度の超伝導を示すとされ、Max Planck Institute for Chemistry の Eremets らが 155GPa の超高压下で 203K のオンセット超伝導転移温度を報告していたが、その結晶構造については不明であった。清水氏の実験では、高圧を加えるダイヤモンドアンビルに入れた硫化水素 (H_2S) をドライアイスで液化させ、低温加圧することで導電化させる。導電化すると金属光沢が観察される。この状態で一旦温度を室温まで上げ (室温アニーリング)、再冷却すると 200K のオンセットを有する超伝導が得られた。同様のセットアップを用い、SPRING-8 において電気抵抗評価と X 線解析を同時に行った結果、世界で初めて本超伝導相が bcc 構造の H_3S であることを明らかにした。本超伝導相は、 $3\text{H}_2\text{S} \rightarrow 2\text{H}_3\text{S} + \text{S}$ で生成されたと考えられる。 H_3S が 180GPa 以上で本構造を取り、200K 程度の超伝導を示す理論計算が報告されており、実験結果と合致した。全ての元素は超伝導となる可能性がありとのことで、これまで高圧で超伝導となった 16 の元素の内、7 つを清水氏が発見している。周期律表の左右で高い T_c を示す傾向があり、抜けとなっている材料の超伝導化を目指していくとのこと。超高压で発現する超伝導現象とはいえ、理論の進展とそれが実現しているすごさを感じた。このような基礎科学の進展により室温超伝導の実現を期待したい。



講演会の様子



工場見学の様子

神戸大学 大学院海事科学研究科の武田氏の講演では可視化による極低温液体の諸特性に関する基礎研究について発表があった。はじめに、昨年大学内に竣工した水素実験棟の紹介があった。次に、磁場による液体酸素の気液界面の変形現象が紹介された。液体酸素は常磁性流体であり、ガラス管に溜められている液体酸素の液面が鉛直方向の強磁場下によって中心がへこみ、管壁付近がせりあがる様子が示された。また、磁場下でのビデオ撮影システムにより表面張力やメナスカスの磁場依存性が示され、これらは磁気応力と表面張力を考慮して説明される。次に、液体水素などの極低温液体の減衰振動についての発表があった。これは極低温液体を入れたクライオスタットテーブルを横方向に振動させ、液面の様子をビデオ撮影する。これにより液面が振動するが、その液面の角度を時間の関数としてプロットし、減衰振動モデルで解析した。これから得られる振動周期、減衰係数は液体の密度、粘度と関係があり、次に示されるスロッシングの基礎データとして有用である。最後に、2000L の液体水素タンクを実際にトラックに載せて走行し、自ら開発した超伝導 MgB_2 による液体水素液面センサを用いて液体水素運搬時におけるスロッシング（液面振動）を実測した結果について報告された。600mm の液面で 1200mm を超えるスロッシングが度々観測されるなど、実際の運搬時の考慮すべきポイントが指摘された。これらは液体水素タンク設計における重要な知見であり、今後もデータ蓄積が求められる。

エア・ウォーター株式会社 総合開発研究所の郷田氏の講演では、VSUA センターの紹介を兼ねて、空気分離技術に関する発表があった。まず、空気分離技術として深冷空気分離、吸着分離、膜分離の 3 方式が紹介された。大規模、高純度の空気分離には深冷空気分離方式が一般的であり、沸点差を利用して空気から窒素ガス、酸素ガス、液体窒素、液体酸素、液体アルゴン等を製造する。深冷分離装置では、原料空気を圧縮し、微量成分ガスを吸着装置で除去した後、精留塔で高純度のガス及び液化ガスに分離している。そのプロセスにおいて、如何に収率を挙げ、コストパフォーマンス



普段目にする機会が少ない液体酸素を前に

ンスを向上させるか、例えば精留塔内の充填物を改良することによって圧力損失を極力抑えるなどの工夫についての説明がなされた。

講演会終了後、2 班に分かれて株式会社ダイオールの技術員の方々および営業部門の方々による工場見学が行われた。工場プラント内部はコンプレッサ等の轟音で声が聞き取れず、パネルの説明を読んでの見学であったが規模の大きさを体感することができた。精留塔は外から眺めただけであるが、高さ 60 m を超えると航空障害灯の設置が義務付けられているため、59 m となっているとのことである。また、今回、特別に液体酸素を見せていただいた。実に美しい水色をしていた。

見学会終了後、関西支部副支部長の武田実氏による閉会の挨拶で会を締めくくった。



参加者全員での記念撮影

講演会終了後、有志 18 名により恒例の懇親会が枚方市駅前で開催され、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、場所のご提供および見学の企画をして頂きました株式会社ダイオール様、エア・ウォーター株式会社様、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。

(大阪府立大 野口 悟、住友電工 永石 竜起)