

## 「未踏科学技術協会低温工学協会合同ワークショップ開催」報告

(社)未踏科学技術協会/超伝導科学技術研究会と(社)低温工学協会/材料研究会は、2010年6月16日東京大学本郷キャンパス武田ホールにて、「超電導線材オールスターズ開発・応用動向と高性能化の可能性」をテーマとした第75回ワークショップを合同開催し、113名の参加のもとで成功裏に終了した。



第75回ワークショップの会場風景

まず、前田敏彦低温工学協会材料研究会委員長(高知工科大学教授)から開催の挨拶とこの合同研究会の趣旨説明がなされた。その後、同前田教授を座長として、現在すでに実用化されているNb-Ti線材やNb<sub>3</sub>Sn線材、並びにNb<sub>3</sub>Al線材技術の現状とその特性向上の可能性について講演がなされた。

田中靖三氏(元国際超電導産業技術研究センター)からNb-Ti線材について講演がなされた。Nb-Ti線材、MRI、粒子加速器などがすでに約5.2千億円国際超電導市場の70%を担っている。Nb-Ti合金は1961年に発見され、本来の優れた塑性加工性に加えて、複合加工技術及び加工熱処理技術という2つのブレイクスルーによって臨界電流密度として50倍以上改善することができ、工業的に最も普及する材料になった。その後第3のブレイクスルーとして人工ピン導入技術は開発されたものの、実用化するには至らず、この人工ピン導入技術はむしろ後進のRE系酸化物超電導線の特性向上に継承されている。

宮崎隆好氏(神戸製鋼所)からNb<sub>3</sub>Sn線材について講演がなされた。Nb<sub>3</sub>Sn化合物はNb-Ti合金よりも早く発見された(1953年)ものの、機械的歪による特性劣化の克服が障害となり工業化が遅れた。この機械歪みによる特性劣化を緩和するためのブロンズ法、高すずブロンズ法並びにW&Rコイルの技術開発によって優れた高磁界特性を発揮し、10Tから23T級の高磁界マグネット、NMR分析装置、核融合実験装置には不可欠な工業材料になっている。

竹内孝夫氏(物質・材料研究機構)からNb<sub>3</sub>Al線材について講演がなされた。Nb<sub>3</sub>Al化合物はNb<sub>3</sub>Sn化合物よりも耐歪特性に優れることから、粒子加速器並びに核融合装置開発から早期の実用化が望まれている。しかし、化学量論比のNb<sub>3</sub>Al化合物は、高温でのみ安定であることがその線材化の大きな障害になっている。現在、高温から急冷したbcc過飽和固溶体に、安定化銅を電気メッキすることによって複合後加工し、W&R法コイル化後変態熱処理を行う製造工程の実証と、高磁界マグネットにおける検証実験がなされている。

休憩後、熊倉浩明氏(物質・材料研究機構)を座長として、現在開発中のBi系酸化物線材、RE系酸化物線材及びMgB<sub>2</sub>線材の講演がなされた。

林和彦氏(住友電気工業)からBi系酸化物線材について講演がなされた。Bi系2223酸化物超電導線材は、銀マトリックス中で1軸配向したBi-2223相を焼結する過程で形成される空孔を、消滅させるための加圧焼結技術の開発によって、テープ線材の実用化が急速に進展した。現在、電力ケーブル、モータ、発電機などの大型の開発プロジェクトからの要請に応じるべく、テープ幅を小さくした交流損失低減、銅合金を貼り付けた高強度化、接続長尺化、電流密度向上による低コスト化などの技術開発が着実に進められている。

飯島康裕氏（フジクラ）から RE 系酸化物線材について講演がなされた。これまで RE 系酸化物線材の技術開発は、国家プロジェクトの傘下で進められていたため線材の一般供給ができなかったが、わが国においても 2009 年から 300 A/数百 m 長級のテープ線材を一般供給できる技術水準に達した。しかし、RE 系酸化物線材は、1 軸配向した Bi-2223 線材よりも技術的にさらに難しい 2 軸配向技術が要求されることから、製造プロセスはいまなお開発中である。製造プロセスの中で、1 km 長、 $\Delta\phi$  4 度級 CeO<sub>2</sub>/MgO-IBAD 基板技術はほぼ確立された。この基板の上に RE 系超電導相を形成するプロセスとして PLD 法、TFA-MOD 法などが開発中である。特に、ホットウオール法 PLD 法は、製膜中の時間的溫度変化を 1-2°C に制御できることからマクロ欠陥を画期的に低減し、線材の長手方向の特性の均一化の見通しが得られている。RE 系酸化物線材を工業材料にするためには、電流量の向上 (400-650 A)、人工ピン導入、交流損失の低減、安定化銅の貼り付け、コイル化、低コスト化などの技術開発が必要である。

和久田毅氏（日立製作所）から MgB<sub>2</sub> 線材について講演がなされた。MgB<sub>2</sub> 線材化は、ヘリウム資源枯渇対応のヘリウムフリー化、高温超電導体で唯一永久電流モード運転可能、低コスト、軽量・低放射化などの理由から工業的に重要である。現在、In-situ 法による線材化が有望視されているが、MgB<sub>2</sub> 生成時の体積減少に伴う密度低下の回避技術として、拡散法やホットプレス技術が開発中である。また、10 K 運転 MRI を想定すれば、臨界電流密度を現状の 2 倍程度、導体電流密度を 5-10 倍、長尺均一化する技術が必要である。

この後松本要氏（九州工業大学教授）の司会で、超電導産業を創出する超電導線材の高性能化の可能性と将来展望と題したパネルディスカッションが開催され、先の 6 名の講師に加え木吉司氏（物質・材料研究機構）、長嶋賢氏（鉄道総合技術研究所）、堀上徹氏（低温工学協会前副会長）及び柳長門（核融合科学研究所）の 4 名のパネリストが参加した。

堀上氏は、テクノロジーは材料技術者とユーザーとの間で明確な目標を設定し、その技術課題が明らかにさせているならば必ず実現できるものである、との提言がなされた。

木吉氏は、超電導による省エネルギー効果よりも小型・軽量化を主張できる汎用製品（例えば 100 V 動作小型冷凍機冷却マグネット）の開発・普及が必要であると提言した。

長嶋氏は、浮上式鉄道技術の開発経験から、高温超電導線材を適用した 50 K 近傍の熱容量を最大限に活用した、冷凍機切離型で昼間のみ動作するモバイル超電導マグネットが創出できたとの報告がなされた。

宮崎氏からは Nb<sub>3</sub>Sn 線材の大型プロジェクトに頼らない定常市場への展開の提案が、竹内氏からは Nb<sub>3</sub>Al 線材を適用した隙間製品市場への展開の提案がなされた。

柳氏からは 2040 年の実用核融合炉を建設するためには、現状水準の高温超電導線材@2 万 km/基を必要とし、2050 年以降@20 基/年を建設するためには@100 万 km/年の線材供給が必要との試算例が示された。

21 世紀はクリーンな電気の時代であり、超電導への期待がますます高まると想定される。かかる期待に応じるためにも、線材のむやみな特性向上よりも工業規模に見合った特性の見定め、効率的な技術開発、それぞれの立場で確固とした将来展望を持ち、クリーンな電気エネルギーシステムを創造することであると認識がなされた。

最後に、下山淳一超電導科学技術研究会会長（東京大学准教授）から、それぞれの線材はそれぞれの市場を食い合うのではなく、それぞれの線材特性を生かし合い、補完し合って超電導の社会的寄与を総体的に向上させることが将来的に必要なとの閉会の言葉があった。

（編集局）

[超電導 Web21 トップページ](#)