

会議報告

●International Conference on Superconductivity and Magnetism 2010 [ICSM 2010]

概要

2010年4月25日から30日の日程で、トルコのアンタルヤ (Antalya) にて、ICSM 2010 が開催された。この会議は、2008年8月にアンタルヤから車で東に1時間ほどのスィデ (Side) で開催された ICSM 2008 に続くものである。アンタルヤ周辺 (スィデも含めて) はリゾート地で、最近ではロシア人、少し前はドイツ人の保養客の多いところである。また、アンタルヤの旧市街ではローマ帝国時代からの遺跡が残る古い町並みが見られ、また、郊外にもローマ時代などの遺跡が散在している。時間を見つけて、郊外の遺跡を訪れた方やパムッカレまで足を伸ばした方もいたようだった。

さて、会議であるが、参加者数約650名、口頭発表約320件、ポスター発表約300件といった規模の会議であった。前回の ICSM 2008 にも報告者は参加したが、規模は約2倍程度に大きくなっていようか。トルコは、急速な経済発展中であることやEU加盟を目指していることもあり、国として科学技術の振興に相当な資金を投入しているようで、このような国際会議の開催もその一環と見受けられる。ヨーロッパ (ロシアを含む) を中心に、著名な、また、活発に研究を展開している研究者も多数参加し、講演内容のレベルも高かった。会議の内容は、超伝導体、磁性体の物理から応用までをカバーはしているが、どちらかと言えば基礎、物理に関連するセッションが主体であり、参加者も、報告者がいつも参加する ASC や ISS などとはかなり異なっていた。パラレルセッションも多かったので、線材・導体や、交流損失に関するセッションに参加した。線材・導体のセッションでは、ROEBEL ケーブルについての発表、さらにそれを応用した大容量導体の話などが興味深かった。高温超伝導線も応用の拡大を考えると大電

流化のための技術開発が必須で、日本でもこの分野の研究開発の加速が必要であろう。交流損失のセッションは正確には Numerical method for ac losses というセッションで、Campbell や Brandt といった大御所の発表のほか、スロバキアの Gomory や日本の宮城 (岡山大)、雨宮などから、各種の数値計算法や、磁性体を構成材の一部とする線材の交流損失解析についての報告があった。この方面の研究は日欧で盛んである。また、セッションの後のソーシャルイベントも、ポートツアーや舞踊 (ベリーダンスも)、バンケットと多彩で楽しませるものであった。

トルコは、イスラム圏の中で、第一次世界大戦後、独自の西欧的近代化路線を歩んできた国である。お酒も自由に飲め夕食なども楽しめる一方で、イスラム世界の雰囲気や東洋と西洋の間の独特の雰囲気を感じることもでき、訪れるにはよいところである。イスタンブールはトプカプ宮殿など見所に溢れたボスポラス海峡に面した魅力的な街であるし、カッパドキアやパムッカレなどぜひ訪ねてみたい場所も多い。ICSM 2010 の Conference Director を務めたアンカラ大学の Ali Gencer 教授は、昨年12月に松江で開催した ACASC 2009 にも出席した。その折に、ACASC の開催国 (現在は、日本、韓国、中国) にトルコも加わり、2013年の ACASC をトルコで開催するという話も出ている。もし、これが実現すれば、低温工学協会 (その時点では、低温工学・超電導学会?) 会員諸氏にとっても、トルコ訪問のよい機会となるかもしれない。(京都大 雨宮尚之)

超伝導線材

ICSM 2010 には、特に欧州から多数の研究者が参加したが国際会議での常連の顔ぶれも多く、予想した以上に充実した会議であった。以下に MgB_2 と鉄系超伝導体に関して、筆者の興味を持った発表について概略を報告したい。日本からの発表も多くあったが、そのほとんどは国内の会議で発表済みであるので、ここでは外国からの発表について報告することにする。

Belgium, Inst. Nanoscale Physics and Chemistry の V.V. Moshchalkov は、Plenary Talk において Type-1.5 Superconductivity と題して発表した。 MgB_2 は2つのバ



ンドを有することから2つのオーダパラメータを有する超伝導体であり、高品位の MgB_2 においては、 σ 電子については $\lambda_c/\xi_c > 1/\sqrt{2}$ で第2種超伝導であり、したがって磁束線はお互いに反発するが、 π 電子は $\lambda_c/\xi_c < 1/\sqrt{2}$ となって第1種超伝導で、磁束線はお互いに引き合って合体する傾向にあるとし、このような超伝導体においては、磁束線は独特の振る舞いをして、ストライプやクラスターとなった磁束線の集合体が現れることが分子動力学による計算上からもビッターパターンによる観測からも認められるとしている。

Geneva 大の Flukiger は PIT 法線材における冷間プレスによる高 J_c 化について発表した。テープにおいては、 J_c の異方性に変化はなく、またピン止め特性にも変化のないことから、高 J_c 化は充填率向上による connectivity の向上が原因としている。さらに、冷間プレスにより、 n 値が約2倍に向上したとしている。また、長尺線材への適用を念頭において、15 cm のテープを使ってテープを送りながら繰り返しプレスを行ったところ、 J_c は短尺テープと変わりがなく、超尺線材への適用が可能であるとしている。また、テープは異方性が大きい異方性の小さな矩形の線材に対してもこの方法は有効であるとしている。

また、同じグループの Senatore は冷間プレスにより T_c の転移幅が狭くなり、パーコレーションに必要な超伝導体の体積が低下することから、超伝導層の均一性が向上したとしているが、組織に質的な変化が起きていると考えられる。

Australia, Wollongong 大の Dou は、 MgB_2 における Chemical doping and strain effect について発表した。種々のカーボンや炭化物、有機物の添加について報告したが、特にリンゴ酸 (Malic acid) の添加が高 J_c 化に有効であるとしている。ただし、他の炭素化合物添加とは異なり、リンゴ酸添加の場合は、カーボンは MgB_2 に多くは取り込まれていないと述べた。また、 MgB_2 と SiC との複合体においては、両者の熱膨張率の大きな違いから低温においては MgB_2 に残留歪みが導入され、これが磁束線のピン止め点となって T_c の低下を最小限に抑えて J_c や不可逆磁界を向上させることができると述べた。

Dresden, IFW の Herrmann らは、かれらが以前から行っている高エネルギーボールミルによるメカニカルアロイング (MA) の効果について発表した。ミリングの時のエネルギーが上昇するに連れてプリカーサ粉末の微細化が進み、またメカニカルアロイングも進んで、 J_c が向上するとしている。また、この MA 粉末を使って Bruker HTS GmbH と共同で 1,000 m 級の線材も作製しており、この線材は $J_c = 91 \text{ A/mm}^2$ (4.2 K, 5 T) で Hyper Tech の線材に近い特性が得られているとしている。MA によるプリカーサ粉末の作製は簡便で量産も可能で、長尺線材作製には最も適した方法であるとしている。

鉄系超伝導材料については、まず Florida State Univ. (High Magnetic Field Lab.) の Gurevich は、鉄系超伝導

体の高磁界特性について報告した。Nd-1111 について、 $\xi_{ab} = 2 \sim 3 \text{ nm}$, $\xi_c = 0.3 \sim 0.4 \text{ nm}$ であり、Y-123 に似た特性であるとしている。また、 ab 面に平行に磁界をかけた場合の $H_{c2}-T$ 曲線は、低温側で高く伸び、これは MgB_2 に似ているが MgB_2 と同様に二バンドモデルで説明できるとしている。しかしながら 122 相や 11 相の $H_{c2}-T$ 特性はすこし異なっており、 MgB_2 よりもむしろ Heavy Fermion 超伝導体のそれに近いとしている。また多くの鉄系超伝導体においては、低温の H_{c2} はパウリ常磁性リミットを超えていると述べた。また、バククリスタルにおける J_c のミスアライメント角度依存性は Y-123 のそれによく似ていると述べた。

ETH Zurich の Karpinski は、Sm-1111 単結晶の合成と超伝導特性について報告した。単結晶の合成は Cubic Anvil を用いた 30 kBar の高圧合成によっている。低温の J_c はゼロ磁界で 10^6 A/cm^2 を超えている。 $J_c//ab$ 面と $J_c//c$ 軸の磁界依存性は、いずれも低温ではかなり小さい。また $J_c//ab$ 面は高い温度領域でも磁界依存性が小さいのに対して、 $J_c//c$ 軸は高温では磁界とともに急激に減少し、高温においては J_c の異方性が大きくなるとしている。これらの J_c のふるまいは高温酸化物超伝導体のそれに類似している。

中国科学院電工研究所の Ma は、1111 ならびに 122 超伝導体の PIT 法による線材化について発表した。シース材として Ta や Fe を使っているが、1111 系については熱処理温度が高いために超伝導体とシース材間で反応が起こり、シース材を付けたままでは輸送超伝導電流の測定ができないとしている。122 系については、シース材と超伝導体との間に銀のバリア材を設けることでこの問題を解決することができ、輸送超伝導電流の測定に成功している。また、122 線材については銀添加により不可逆磁界やトランスポート J_c が大幅に向上するとしている。これは銀添加によって超伝導層におけるアモルファス相が減少し、Connectivity が向上したためとしているが、依然として弱結合があり、磁界がかかると J_c は急激に低下するという難点がある。

IFW Dresden の Iida らは $Ba(Fe_{1-x}Co_x)_2As_2$ 薄膜の作製と特性について報告した。膜は PLD 法で作製し、種々の基板上にエピタキシャル成長させている。エピタキシャル成長させるためには基板の温度が非常に重要であるが、温度が上がると Fe が poor となって T_c が下がるとしている。最適な基板温度は 700°C で T_c は 21.4 K であった。 T_c は基板と膜との間の格子のミスフィットをコントロールすることにより制御でき、 $SrTiO_3$ 基板を用いた場合で 24.5 K の T_c を得たとしている。また同じグループの Holzapfel は同じ方法でエピタキシャル成長させた La-1111 多結晶膜について述べ、4.2 K で約 10^4 A/cm^2 の J_c を報告した。結晶粒界による弱結合が存在すると述べた。

(物材機構 熊倉浩明)