

(2) 次世代高磁界用超伝導材料の作製と線材化技術に関する調査研究

出張期間：平成10年7月14日～平成10年9月28日

受け入れ先：アメリカ合衆国オハイオ州立大学 材料科学工学科

所 属：工学部 原田 直幸

はじめに

オハイオ州立大学 (OSU) に訪問研究員として2ヶ月半滞在した。材料科学工学科 (<http://www.er6.eng.ohio-state.edu/mse/>) のコリンズ博士の応用超伝導研究室において、私はジェリーロール法 Nb₃Al 線材における Nb₃Al の生成方法の実験と、生成した Nb₃Al の分析を行った。本報告では、研究の概要と成果、滞在中に訪問した超伝導材料のベンチャー企業などについてまとめた。

OSUは、シカゴからジェットで1時間のアメリカ合衆国東部オハイオ州のコロンバスにある総合大学で、学生数は5万人、1つのキャンパスの広さは全米で有数の規模を誇っている。OSUのフットボールチーム BUCKEYES は有名で、休日には市民が大学の競技場に詰め掛け、試合の観戦を行っている。このときは、キャンパスの周辺の道路は渋滞し、競技場の上空では報道のヘリコプター、広告用の垂れ幕を引いたセスナ、広告用の飛行船などがぎやかに飛んでいた。私は、家具や電化製品が完備されたキャンパス内の訪問研究者用のアパートに滞在した。

研究の概要と成果

Nb₃Al は臨界温度が19K、臨界磁場が30Tの金属間化合物で、次世代の20Tを越える高磁界用超伝導材料として、主に日米で研究開発が行われている。Nb₃Al の臨界温度や臨界磁場が組成に対して敏感に変化するため、臨界温度が高く、上部臨界磁場が高いNb₃Al を得るためには、化学量論組成のNb₃Al を生成する必要がある。

一方、Nb₃Al は約1960℃の融点近傍でのみ安定であるため、高温の熱処理を行った後、急冷を行

い、高温での組成を保持する必要がある。最適な反応状態を得るためには高温での温度のコントロールや冷却方法の最適化が必要である。

OSUの研究グループでは、直接線材に電流を通電して加熱する通電過熱法を用いて、熱処理を行っている。約2000℃に達する通電加熱の温度を計測、コントロールすると共に、通電加熱後は液体 Ga 中で試料を強制的に冷却する方法を行っている。

また、短尺試料の成果を、長尺の線材に適用するため、長尺の線材をリールからリールに送りながら、連続的に熱処理を行う装置の製作が、私の滞在中進められていた。連続的に熱処理を行うことができる装置は、日本でも開発され、研究が行われているが、OSUでは通電加熱時の温度を正確にコントロールすることで、超伝導特性が優れた線材を得ようとしている。熱処理前のジェリーロール法 Nb₃Al 多芯線材は、アメリカ国内の超伝導線材メーカー IGC (Intermagnetics General Corporation) により製作されたものである。

滞在中、私は熱処理温度とジェリーロール法線材における反応状態、超伝導特性の変化を明らかにすることを目的に研究を行った。

その結果、図1に示すジェリーロール部分の反応状態は、通電加熱時の温度によって大きく変化することが明らかとなった。特に、未反応のNbは臨界電流密度特性を決定する磁束ピン止め機構に関係していることが予想され、帰国後の研究テーマにつながる重要な知見が得られた。また、滞在中の研究成果は、ASC98 (Applied Superconductivity Conference) において共同研究者の大学院生により発表が行われた。

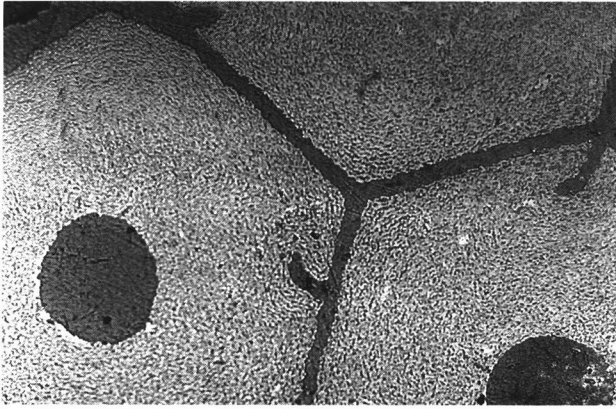


図1 熱処理後の Nb₃Al 多芯線材の断面写真

コリンズ博士の研究室

コリンズ博士は、コロンバスにある Battle Memorial 研究所で1994年まで超伝導材料などの研究を行った後、OSUの準教授として超伝導応用の研究室を率いてきた。研究室は、研究助手のサンクション博士と大学院生1名で構成され、Nb₃AlやBi系酸化物超伝導線材などの次世代の超伝導線材の研究を行っている。また、エネルギー省からの研究助成を受けて、高磁場用及び加速器用の超伝導線材の研究が行われている。

研究室の実験設備は、17Tと12Tの発生磁場をもつ超伝導マグネットや、VSMなどである。また、材料科学工学科の分析機器を使用して、超伝導体内部の組成分析などを行っている。超伝導の研究に必要な不可欠の液体ヘリウムは、宇宙部の1/10以下の価格であるため、ヘリウムの消費量によって実験スケジュールが大きく制約を受けることもなく、液体ヘリウムを使用するその感覚は日本国内での液体窒素に近いものであった。

超伝導材料のベンチャー企業

OSUから車で10分のところに、酸化物超伝導材料を線材メーカーに供給しているベンチャー企業 Superconductive Components Inc. (<http://www.superconductivecomp.com/>) があり、帰国する直前に訪問する機会を得た。12年前に設立され、2階建ての工場の中にオフィスと製造部門があり、従業員は25名であった。製品は、酸化物超伝導体の粉末、

バルク体、薄膜作製のターゲットなどである。最も主力の製品は、Bi系酸化物超伝導線材用の粒径が0.5 μ mの粉末で、Oxford や IGCなどの超伝導線材メーカーに供給している。また、市場は小さいがY系バルク超伝導体は教育用のキットとして販売されていた。設備として、XRD や SEM などの分析装置は所有しているが、超伝導特性を評価する超伝導マグネットや磁化率の測定装置は見当たらなかった。超伝導特性の評価については共同研究を行っている大学や国立の研究機関などで行っているという説明であった。最近では、アメリカ国内の超伝導線材メーカーでも、材料開発も独自に行ってきているようであり、今後の超伝導材料を供給するのベンチャー企業の健闘に注目したい。

おわりに

現在はアメリカ国内の景気が非常に良いため、OSUの材料科学工学科では、アメリカ出身の学部生のほとんどは就職し、大学院生はインド、中国などのアジアからの留学生がほとんどであった。

最後に、今回の海外研究動向調査の貴重な機会を与えて頂いたVBL関係各位、受入先のオハイオ州立大学に感謝致します。

連絡先

TEL : 0836-22-9765 FAX : 0836-35-9449
E-mail : naoyuki@po.cc.yamaguchi-u.ac.jp

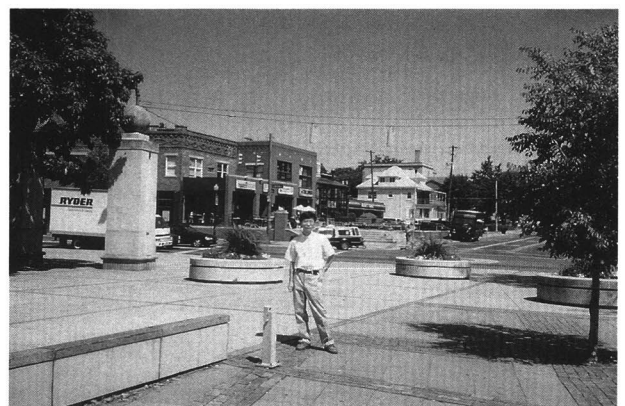


図2 オハイオ州立大学にて