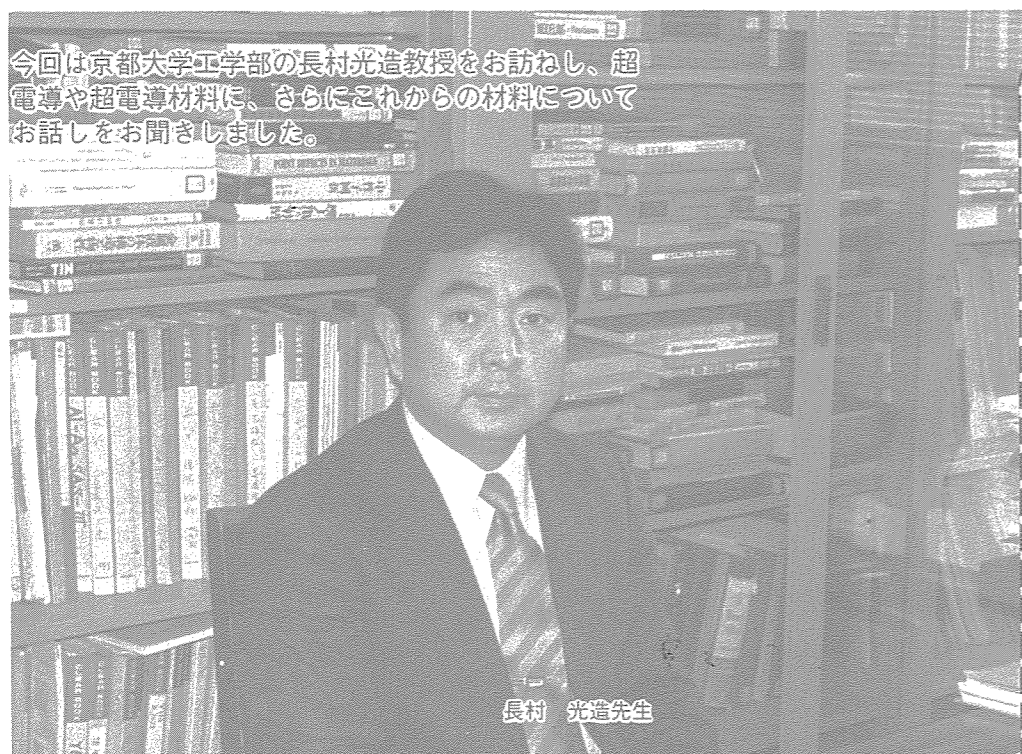


## samco-Interview

# 超電導エンジンで動く自動車も夢ではない!?

今回は京都大学工学部の長村光造教授をお訪ねし、超電導や超電導材料に、さらにこれからの材料についてお話しをお聞きしました。



長村 光造先生

長村 光造先生☆プロフィール  
 昭和17年：名古屋生まれ  
 昭和45年：京都大学工学部博士課程を修了  
 昭和45年・4月：京都大学工学部助手として勤務  
 ◆：III-V族半導体の状態図及び結晶成長に関する研究で工学博士  
 昭和50～51年：西ドイツのマックスプランク金属材料研究所に留学  
 昭和60年：京都大学工学部冶金学科教授に昇任し、現在に至る  
 ☆所属学会  
 日本金属学会、日本応用物理学会、低温工学会、米国TMS (The Minerals, Metals and Materials Society) 学会  
 ☆IEC/TC. 90 (International Electrotechnical Commission—Technical Committee, 90) に、政府の代表として出席する予定  
 ☆趣味  
 剣道 (4段の腕前)

■先生の研究室ではどのようなご研究をなさっているのでしょうか？

私共の研究室では、超電導材料の開発に関わる基礎研究を行っています。例えば、超電導材料の状態図や、微細組織の制御と超電導特性との関係等を中心に研究しています。超電導材料は酸化物系と金属系の2種類に大きく分けられます。金属系の超電導材料で、例えばNb-Ti (ニオブチタン) というものがあり、今、実用超電導材料として90%以上も使われています。このNb-Ti合金の析出現象について研究しています。この析出物は、磁束線のピンニングに効果があるのです。具体的に言えば、出来るだけ微細な析出物を沢山分布させると、磁束線のピンニングが非常に強くなる為、臨界電流密度が非常に高くなるということです。このような微細組織と超電導特性との関係が研究の中心になります。また酸化物の場合はイットリウム、バリウム、銅、酸素等の酸化物が超電導体になりますが、これらの状態図も研究しています。超電導相というのは、イットリウムが1、バリウムが2、銅が3の割合の酸化物

です。このような超電導相が、状態図の中で他の相とどう関係があるのかということ調べるのです。例えばイットリウム、バリウム、銅を2・1・1含む相を分散させると磁束線のピンニングに効果があるのです。どういう組成にするとピンニングがより効果的になるかを調べる基礎として、状態図を研究しているというわけです。

これらの基礎的な方法を基に、応用の面において我々が一番興味のあることは、超電導線材 (マグネット、コイル等) を作る為の技術開発です。酸化物系ではイットリウム系とかビスマス系の線材、金属系ではニオブチタンの線材、これらの応用を目指して性能の良い超電導線を作る為にはどのように微細組織をコントロールしたら良いか、という研究に力を注いでいます。

線材やテープ材を作る訳ですが、要は薄い酸化物の層を作ることによって超電導の組織を配向化して、超電導特性を良くしようというわけです。また、もっと別の方法でも臨界電流密度の高い材料を作ることが可能です。その方法としてドクターグレード法があります。これで薄い酸化物の超電

導層を作っています。また、CVDで薄い超電導の膜を作って、線材やテープ材へ応用する研究もしています。これに関しては、サムコさんと一年間共同研究をさせてもらいましたが、非常に臨界電流密度の高いテープ材を得るメドが立ちました。

■先生は超電導のご研究を始められる前は、どのようなご研究をなさっていたのでしょうか？

私は、もともと材料の機能性と組織つまり、どういう組織にしたら機能が最大に発揮されるか、ということにどうも昔から興味がある様です。学生時代の研究内容は、III-V族の半導体の組織を制御すること、その特性がどうなるかを見極めることでした。ドイツへ行く前は、A1合金の組織制御と機械的性質というような研究をずっとしてきました。A1合金中で析出現象が起こって、細かい析出物が分散すると強度が上がるんです。例えば降伏強度、つ

まり弾性変形から塑性変形へと移り変わる力のレベルが高くなるんです。ミクロで見ると、転移の運動を析出物が妨げる為に転移が動きにくくなり、塑性変形が起こりにくく降伏強度が高くなる、それは材料の強度が上がったということです。

超電導の場合でも、磁束線がピンニングされて電流が良く流れます。これらの物理現象は全く違うが、メカニズムが非常に良く似ています。また、ニオブチタンの析出現象を通じて、超電導という機能が組織のコントロールによってどこまで良くなるか、そのようなことに興味があってこのような研究を始めたというわけです。

■今後の超電導材料の見通しについてお聞かせください。

まず超電導材料というのは、非常に夢のある材料ですね。見通しというと、『酸化物の超電導材料が今後どのように応用、実用化されていくか』というところに問題があると思います。酸化物の超電導材料が応用されていく為には、次の3点がポイントになります。

1点目は、今まではヘリウム温度でしか出来なかったことを、77Kの液体窒素温度で応用できる様になること。このことは資源の面とか、超電導機器を操作する時あまりに低温過ぎると扱いにくいので、この温度が非常にいいんです。

2点目は、臨界電流密度が高く、しかも高磁場であること。例えば、2万A/cm<sup>2</sup>という高い密度をもたす為には、材料の組織をコントロールしたり、新しい物質を発見する等の改良が必要です。またCVDでの薄膜形成法によって、配向性をそろえることが出来るので、それらを利用して製造プロセスを工夫することが必要です。

3点目は、機械的性質からみてやはり酸化物は柔らかいものですから、総合的に複合材料というような形に改良することによって、機械的性質を良くすることです。

■これからの材料一とりわけセラミックスや金属材料について、先生のお考えや展望についてお聞かせ下さい。

展望というあまり自信がないのですが……。大きい意味で言えば、材料というのは今までだとセクショナリズムで分かれていたんですが、これからの時代は材料だけで分けるのは良くないと思います。例えば強度と比重の2つの機能を満たす様なものであれば、特にそれが金属であっても高分子であってもセラミックスであっても構わないと思います。また強度と比重がある値をもっていなければいけないというような要求があった場合、どういう材料を選択す

るかという時、私が思うに有機材料、セラミックス、金属のうちどこからでも選択出来るような目をもつべきだと思います。ですから、これからは何か材料を選択したい時には、あらゆる材料の中から選択出来るような物の考え方、知識というものが重要になってくると思います。金属系の超電導材料としてニオブチタンが実用化されていて、それによって色々な超電導機器が動いています。酸化物がこれと同じ位の性能を持つ様になれば、超電導の応用はもっともっと広がるでしょう。そうなれば……“超電導エンジンで動く自動車”なんていうのも夢ではないと思いますよ。ちょっと突飛すぎたかな。(笑)

■最後にサムコに一言お願い致します。

サムコさんと一年間共同研究をさせて頂いたきっかけというのは、超電導材料を工業的に応用していく時に、私は金属屋ですから、ものを加工する時圧延をしたり、温度を上げて熱処理をしたりすることを得意としていたのですが、酸化物は柔らかいので加工がうまくいかない為、もっと別の製造方法で作るべきだと考えたことです。パワー応用の為の材料を開発していく時に、色々な製造プロセスがあるわけですが、その中の一つとしてCVD法がありますね。CVD法というのは成長速度が非常に速いですし、組成のコントロールもし易いです。また最初から薄いものが出来ますし、より迅速に薄膜状、テープ状のものが出来るという点は何より良い点です。そのCVD法で、多くの可能性を確かめる基礎研究をする為、サムコさんと共同研究を始めたというわけです。

今の段階では、我々が従来行うような熱処理、加工、圧延等で、ある程度の線材が出来るとなったので直接線を作る方法としては今は必要ないですが、酸化物の応用としては何もコイルを作るだけでなく、エレクトロニクス分野のデバイス、例えばジョセフソン接合素子や超電導トランジスタ、他にも様々な応用が可能です。

小さなSQUIDのような原理を応用して、非常に小さなSQUIDの集合体 (量子素子) を二次元的に作ることによってデジタル信号の処理も可能かもしれません。トランジスタなんかとは全く違ったメカニズムで、そんな可能性もあるわけです。そういう応用を考えていく時、CVDやPVD等の薄膜を作る技術が非常に重要だと思いますので、これからも注目をしていきたいと思っています。

■本日は大変お忙しい中、誠に有難うございました。