

日中科学技術

No. 111
2004. 12. 20

発行所

日中科学技術交流協会

URL: <http://www13.ocn.ne.jp/~jcstea/>

E-mail: jcstea@alpha.ocn.ne.jp

〒101-0047 東京都千代田区内神田2-5-5

城南ビル4F 電話 03(3255)1777

2004年度中国人留学生研究奨励賞贈呈式

野上茂吉郎記念研究奨励賞	(第17回)
伏見康治研究奨励賞	(第16回)
菅野昌義記念研究奨励賞	(第2回)
向坊 隆記念研究奨励賞	(第1回)

日中科学技術交流協会副会長 藤崎 博也

本協会の重要な事業の一つである標記研究奨励賞の贈呈式と受賞者による研究発表会が、去る12月17日(金)午後、東京神田一ツ橋の学士会館本館において開催されました。

今年度は上記4つの研究奨励賞について、本协会会员に受賞候補者の推薦を依頼しましたところ、期限までに5件のご推薦を頂きました。理事・会

員の中で候補者の研究分野に近いご専門の方々にご協力いただいて慎重厳正に審査を進め、11月24日に選考委員会を開催して候補者を絞り、11月29日開催の理事会において4名の受賞者を決定しました。

受賞者の氏名・所属、研究題目、贈呈された賞は以下の通りです(発表順)。

- 1) 謝 国強氏 物質・材料研究機構 超高压電子顕微鏡ステーション
「金属粉末パルス通電焼結過程および界面構造」 第17回野上茂吉郎記念研究奨励賞
- 2) 褚 鳳敏氏 物質・材料研究機構 超高压電子顕微鏡ステーション
「パルス通電焼結による助剤を用いないSiCの緻密化」 第16回伏見康治研究奨励賞
- 3) 康 藝氏 東京大学大学院工学系研究科システム量子工学専攻博士課程修了
「核融合炉液体ブランケット用Li-Sn合金中の水素同位体挙動」 第2回菅野昌義記念研究奨励賞
- 4) 辺 培氏 埼玉工業大学大学院工学系研究科物質科学工学専攻博士課程3年
「フェライト材料の低温焼結方法に関する研究」 第1回向坊 隆記念研究奨励賞



贈呈式には本会を代表して有山正孝会長、鈴木伸副会長、藤崎博也副会長および横山朗常務理事が出席、また来賓として中華人民共和国駐日本国大使館の宋柏林一等書記官をお迎えしました。まず有山会長から研究奨励賞の趣旨の説明があり、会員・受賞者指導教官等の見守りの中で、有山会長から各受賞者に賞状と副賞が手渡され、宋書記官からご祝辞を頂き、また、受賞者を代表して、謝国強さんが謝辞を述べました。写真は授賞式後、出席者全員の記念写真で、前列は左から褚鳳敏氏、康藝氏、有山正孝会長、宋柏林書記官、謝国強氏、辺培氏です。

続いて受賞者による研究発表に移りましたが、全員がパソコンと液晶ディスプレイを使い、よく準備された発表を行いました。以下に受賞者の研究概要を記します。

謝国強氏の研究は、焼結が困難な材料を比較的低温度・低加圧力・短時間で焼結することができるパルス通電焼結法を用いた場合の焼結機構に関するもので、施工因子(焼結温度、加圧力、電源周波数)と材料因子(粉末の酸化皮膜特性と反応性)に着目し、透過電子顕微鏡分析・電子線回折・EDS分析および機械的特性・電気的特性の測定に基づいて焼結過程の緻密化と清浄化を考察

し、焼結体の性能向上をめざしたものです。従来の方では焼結が困難なAl粉末の場合、相対密度が同じなら焼結温度が高い方が粉末粒子間の接合が良いこと、それは接合界面の酸化皮膜と母材の硬さ比が増して皮膜が破壊し易くなるためであること、パルス周波数は焼結結果に影響しないこと、Ag・Cuの各粉末の焼結体と比較してAlの焼結性能が劣るのは酸化皮膜が安定なためであること、Mgの添加によりAlの焼結性能が変化し、最適なMg添加量は0.3 - 2.5 mass% であることなどを明らかにして、パルス通電によるAl合金の精密組立て接合の基礎に貢献したものです。

褚鳳敏氏の研究は、耐熱・構造用セラミック・高温電熱材料・電子材料・複合材などとして重要なSiCをパルス通電焼結する場合、高温性能を低下させないため、助剤を用いなくて焼結体を緻密化する方法に関するものです。焼結時の加工因子としての通電周波数の影響は焼結体の相対密度・曲げ強さ・破面観察のいずれにも認められないこと、材料因子としてのSiCの粒子径は小さい方が焼結体の相対密度が大きく(最高相対密度77%)曲げ強さが増加する(最大330Mpa)こと、また、SiC粒界を高分解能電子顕微鏡で観察した結果、細かいSiC粒子(粒度0.34 μm)では粒成長が見られるが粗い粒子(粒度2.4 μm と30 μm)では

粒成長は見られず、EDS分析結果から粒界で炭素の偏析が見られること、さらにSi粉末とC樹脂をアセトン中で湿式混合したものをSi粉末に添加して作成した焼結体の相対密度と曲げ強さを測定した結果、粒度 $30\mu\text{m}$ では添加量の影響はないが、粒度 $2.4\mu\text{m}$ では添加量・湿度を増すと相対密度・曲げ強さが増加し、最高相対密度83%が得られ、X線回折の結果から、Si粉末とC樹脂が反応してSiCとなり、また反応熱により焼結体の中心部が緻密化したことを明らかにしました。これらの結果は、粒度のより小さいSiC粉末に対してこの方法を適用すれば相対密度がさらに向上することを予想させる有意義なものです。

康 藝氏の研究は、新しい液体増殖材として候補に挙げられているLi-Sn合金($\text{Li}_{20}\text{Sn}_{80}$)中のトリチウムの挙動を世界に先駆けて研究したものです。まず、基本的な物性値である当合金の高温融体密度をアルキメデス法により実測し、つぎに高速中性子源炉「弥生」を用いた高温トリチウム生成放出実験を行って当溶解合金中のトリチウムの拡散係数、溶解度を始めて測定し、さらに実験結果の解析にあたって無限円柱体系中の径方向トリチウム拡散律速モデルを適用できる実験条件が設定されていることを計算によって確認したものです。Li-Sn合金に関するこれらの新しい知見は、ブランケット材料の開発研究に寄与するだけでなく、学術的にも有意義なものです。

辺 培氏の研究は、電子機器の小型化・軽量化に重要な積層型のチップインダクタの製造において、フェライトと導体金属を交互に積層したものを焼成する際に必要な低温焼結方法に関するものです。まず、塩化鉄とシュウ酸アンモニウムを用いてシュウ酸鉄を調製し、この粉末に CO_2 を流通加熱してマグネタイト微粉末を合成し、さらにこの微粉末にホウ酸のバインダ-を添加して、静水等方圧プレスを用いて高密度成形体を作製し、 CO_2 雰囲気下で加熱して焼結体を作製します。焼結の際のバインダ-添加の条件および焼結条件の影響を調べるため、密度・微細組織の解析・磁気特性測定・機械強度測定を行った結果、高強度の軟磁性フェライト焼結体を比較的低温で作製するとともに、粒成長のメカニズムを検討しました。このほか、2003年からは磁性流体による回転角加速度計およびその応用装置に関する研究開発を行っています。以上は電子機器などナノテクノロジーの分野での寄与が大きいものです。

受賞者の皆さんの研究は、このように大変に有意義かつ興味深いもので、それぞれ発表の後には活発な質問や討論が展開されました。詳細は各受賞者が執筆された文章をご覧ください。

最後に、受賞者の皆さんの今後一層のご研鑽とますますのご発展を期待します。

野上茂吉郎記念研究奨励賞を受賞し

新潟大学大学院自然科学研究科

(現在：物質・材料研究機構 超高压電子顕微鏡ステーション)

謝 国強

今回、日中科学技術交流協会の第17回野上茂吉郎記念研究奨励賞を受賞致しましたことを非常に光栄に存じております。ここに、野上茂吉郎先生、日中科学技術交流協会会長有山正孝先生並びに協会の諸先生方に厚くお礼を申し上げます。また、推薦していただいた日本国立金属材料技術研

究所(現物質・材料研究機構)元所長岡田雅年先生、本研究で色々お世話になっている指導教官の新潟大学大学院の大橋修先生、物質・材料研究機構の古屋一夫先生に深く感謝致します。

私は1987年7月に中国北京科技大学(元北京鋼鉄学院)物理学科応用物理専攻を卒業し、中国原

子能科学研究院の材料研究室に配属されました。中国原子能科学研究院での11年間、原子炉で使用される燃料と材料の設計と開発、性能評価及び微細構造に関する研究を行ってきました。その後、1998年12月から日本国立金属材料技術研究所(現物質・材料研究機構)高分解能研究ステーションにCOE特別研究員として日本にきました。高分解能超高压電子顕微鏡を用いたステンレス鋼、SiC等材料イオン照射誘起相変態に関する研究を実施しました。博士号取得のため、2000年4月から新潟大学大学院自然科学研究科に在籍し、「金属粉末パルス通電焼結体の焼結過程及び界面構造」に関する研究を行ってきました。2003年3月に博士後期課程を修了し、工学博士号を取得しました。パルス通電焼結法では、粉末に直接パルス電流を流すため、各種難焼結材料の焼結が比較的、低温度・低加圧力・短時間で可能であります。セラミックスや金属間化合物など難焼結材料の緻密化、傾斜材料、複合材料、異種材料の接合体の製造等の分野に応用され、興味ある結果が数多く報告されていました。しかしながら、パルス通電焼結機構を直接的に調べることは困難であるため、本方法における緻密化、清浄化などの焼結機構はまだ不明確な点が多いのであります。

私の研究では、パルス通電焼結での施工因子(焼結温度、加圧力、電源周波数)と材料因子(粉末の酸化皮膜特性と反応性)に着目して、透過電子顕微鏡分析、電子線回折、EDS分析から粉末粒子間の酸化皮膜破壊状態の解析と、機械的特性、電気的特性等の結果から、焼結過程における緻密化と清浄化を考察し、焼結体の性能向上を目的としています。

まず、従来法では焼結が困難であるAl粉末を用いてパルス通電焼結し、焼結過程への温度、加圧力の効果を明らかにすることを目的とした。その結果、焼結温度、加圧力増加とともに、Al粉末焼結体の密度、引張強さ、伸び、絞りが増加し、電気抵抗率が減少しました。焼結条件によって、粉末粒子間の接合性が異なることを示していました。相対密度が同じなら、高い温度での焼結体では、粉末粒子間の接合が良いことを示していました。

高い温度での焼結体では、粒子間の接合性が優れる原因を明らかにするため、高分解能電子顕微

鏡を用いて、Al粉末粒子間の微細構造を観察し、表面酸化皮膜の破壊挙動と焼結体性能の関係を検討しました。その結果、高分解能電子顕微鏡観察、回折パターンとEDS分析等の解析で、粉末粒子の接合界面には、金属/金属と金属/酸化皮膜/金属の2種類の接合界面が観察されました。焼結体の機械的性能は、接合界面での金属/金属界面の割合に依存し、その量の増加とともに向上することが明らかとなりました。また、接合界面の酸化皮膜は塑性変形によって破壊され、温度が高い程、酸化皮膜と母材との硬さ比が増大し、破壊し易いことを示していました。

Al粉末パルス通電焼結体のさらなる性能向上を目的として、焼結時のパルス周波数の焼結体への影響を検討しました。その結果、焼結体の相対密度、電気抵抗率、引張特性に及ぼす周波数の影響が小さいことを示していました。また、緻密化の見掛けの活性化エネルギー、焼結体組織と界面構造においても周波数の影響は確認されませんでした。パルス通電焼結過程の初期段階では、粒子間温度が粉体平均温度より高いが、本研究では相対密度が大きく焼結過程の後期段階で、またAlの熱伝導率が大きいことから、粉体温度が均一化し、周波数の影響が現れにくいことを示していました。

そして、焼結金属の酸化皮膜の熱力学安定性に着目して、表面に強固な酸化皮膜があるAl、酸化皮膜が母材に固溶して消失するCu、酸化皮膜が分解して焼結温度では酸化皮膜がないAgを選定しました。これら金属の焼結体の性能比較から酸化皮膜の特性と焼結体性能との関係を明らかにする事を目的とした。その結果、Ag粉末の表面酸化皮膜が焼結温度で分解するので、接触箇所が接合し、焼結性能が良いことが判りました。Cu粉末の表面酸化皮膜が低温で、塑性変形によって破壊するが、焼結温度上昇とともに母材へ溶解し、良い焼結性能になりました。Al粉末表面酸化皮膜が安定なため、焼結温度で分解、溶解しないので、焼結性能が良くないことを示していました。

Al粉末の焼結性能が向上させるため、冶金反応を利用し、各種Mg量を添加したAl-Mg合金粉末粒子をパルス通電焼結し、Mg量の焼結体性能への影響と最適なMg添加量について明らかにすることを目的とした。その結果、Mg添加量、焼結

温度の増加とともに、焼結体の引張強さは大きくなり、電気抵抗率が小さくなりました。透過型電子顕微鏡観察、回折パターンとEDS分析結果の解析で、Al-Mg合金粉末焼結体内粉末粒子間界面に金属/金属直接的の接合以外、結晶質酸化物粒子が接合界面に観察されました。この結晶質酸化物粒子の組成はMgの量と焼結温度による $MgAl_2O_4$ からMgOに変化しました。また、Mg量増加、焼結温度増加とともに、界面の結晶質酸化物粒子の量が増加することが明らかとなりました。この結晶質酸化物粒子はMgと酸化皮膜の還元生成物と考えられ、この還元反応によって酸化皮膜の球状化し、焼結体の機械的性能は向上しました。最適なMg添加量は0.3-2.5 mass%であることなど、Al粉末の焼結性能の改善策を示していました。

新潟大学大学院に在籍した3年の間の研究成果を、第1筆頭著者として国際誌オリジナル論文12本及び国際会議プロシーディングス論文6本を掲載し、また国際会議及び日本国内学会で16件を口頭発表しました。また、これらの研究成果を生かして、実用化に向けた新潟大学と民間企業との共同研究が現在進行中であり、パルス通電によるAl合金の精密組立接合の実用化に向けての礎を確立することに貢献したと思います。

野上茂吉郎記念研究奨励賞を受賞したことは、私にとって大きな励みになります。今後もよりよい研究成果をあげられるように一層努力してゆきたいと思います。最後に、再び日中科学技術交流協会の先生の方々に感謝の意を表します。

伏見康治研究奨励賞を受賞した感想文

新潟大学大学院自然科学研究科

(現在：物質・材料研究機構 超高压電子顕微鏡ステーション)

褚 鳳敏

2004年12月、日中科学技術交流協会の第16回「伏見康治研究奨励賞」受賞しまして、とても栄光に思うとともに、日中科学技術交流協会会長有山正孝先生および協会の方々、元金属材料技術研究所所長岡田雅年先生、物質・材料研究機構 超高压電子顕微鏡ステーション長古屋一夫先生、新潟大学大学院自然科学研究科大橋修先生に深く感謝いたします。

私は北京に生まれ、1987年7月に中国国防科学技术大学卒業し、中国原子炉研究所に14年間勤めていました。2001年に新潟大学大学院自然科学研究科博士後期課程に留学しました。

博士課程の間の私の研究課題は、パルス通電焼結による助剤を用いないSiCの緻密化です。SiCは化合物として非常に安定で、耐熱・構造用セラミックスのみならず、高温電熱材料、電子材料、先端複合材料等、様々な分野で注目され、本材料

の基礎、応用に関する研究は活発に行われています。最近では、自動車用ディーゼルエンジンから排出される微粒子対策として、SiC製フィルターの開発は注目されています。

SiCは難焼結材料として知られ、工業的には焼結を促進する目的で、その焼結原料にボロンや炭素などが添加しています。しかしながら、焼結助剤の添加で、SiC焼結体高温での性能低下を引き起こします。そのため、本来のSiCの特性を發揮させる目的で、助剤を用いない焼結が望まれています。本研究では、パルス通電焼結法を適用して、焼結助剤を用いない方法で緻密なSiCの焼結体を作製するための条件指針を確立することを目的としました。特にパルス通電焼結時の焼結条件因子である通電周波数、材料因子であるSiCの粒度、さらには、焼結時にSiC粒子間でSiとCを反応させる方法に着目しました。また、緻密な焼結

体を作製するための条件選定の指針を確立するとともに、SiCの焼結機構を明らかにするため、焼結体の粒界を高分解能電子顕微鏡観察が行いました。

パルス通電焼結時の通電周波数のSiC焼結体への影響を、相対密度、曲げ強さ、破面観察等から検討しました。0.34、2.4、30 μm の3種類の粒子径のSiC粉末を用いて、周波数0、10、40 kHz、焼結温度1600~1800度、加圧力50MPa、助剤を添加しないで、焼結体を作製しました。その結果、周波数のSiC焼結体への影響は、相対密度、曲げ強さ、破面観察等には見られませんでした。焼結体の場所による相対密度分布については、中心部の相対密度より試料端部の相対密度が高いことが分かりました。つまり、カーボンダイス、パンチに接する箇所密度が高く、この結果は、焼結電流が電気抵抗の低いカーボン部品を選択的に流れ、そして発熱したカーボンでSiC焼結体が加熱され、焼結体の外周部から焼結が進んだことを物語っています。このように電気抵抗の大きなSiCには電気が流れないことは、通電周波数の影響が現れにくい原因であると考えられます。

SiCの粒子径がSiC焼結体への影響については、5種類の粒子径のSiC粉末を、焼結温度1600~1800度で、焼結体を作製しました。その結果、粒子径の減少に伴って、曲げ強さが増加しました。0.34 μm の1700度の焼結体で、最大値(330MPa)が得られました。粒子径が小さい方が、相対密度が大きく、緻密化が進みました。最高相対密度77%が得られました。いずれの粒度の焼結体も曲げ試験でSiC粒内で破壊が発生し、SiCの接触した箇所では強く接合していることが予想されます。

SiC粒子結合の機構を明確するために、粒界の高分解能電子顕微鏡観察を行いました。粒子径の影響を検討したSiC焼結体について、SiC粒界の微細構造と組成を検討しました。細かいSiC粒子(0.34 μm)では、粒成長が観察されましたが、粗い粒子の方(2.4 μm と30 μm)の焼結体では、粒成長は見られませんでした。EDS分析により粒界での炭素濃度が高く、炭素の偏析があることがわかりました。この炭素は、SiCに含まれるフリー炭素、カー

ボン部品からの炭素と予想されました。

パルス通電焼結法による反応焼結の可能性を検討するために、反応焼結による焼結体の特性(相対密度、4点曲げ強さ等)と焼結条件(粒子径、SiとCの添加量、温度)とSiC緻密化の関係を研究しました。Si粉末とC樹脂をアセトン中で湿式混合したものをSiC粉末に0.9~28.5%で変化させ添加し、焼結温度1400~2000度で、焼結体を作製しました。焼結体の相対密度と曲げ強さを測定しました。その結果、平均粒子径30 μm の粉末は添加量を変化させても相対密度、曲げ強さの変化は見られませんでした。一方、粒子径2.4 μm が小さい粉末では添加量が増加するほど、また、温度が高いほど相対密度と曲げ強さが高くなりました。最高83%相対密度が得られました。X線回折の結果から、Si粉末とC樹脂が焼結中反応してSiCとなり、また、反応熱により焼結体の中心部が加熱され緻密化していることがわかりました。これは、粒度の小さいSiCを用いると、添加するSi粉末とC樹脂との反応によって相対密度がさらに向上する事を示唆します。

この3月の末に、私は日本を離れることとなります。指折り数えて、1999年から2005年にかけて、私は日本に暮らして、もう5年になります。この間に、私は大阪、北海道、名古屋、東京、新潟と筑波などの都市に行ったことがあります。都市によって、それぞれのスタイルがあって、いずれも私にとって名残惜しい場所です。ずっと勉強と働きに没頭しながらも、日本での生活にだいぶ慣れてきて、今ではまるで中国で暮らしているように感じられ、日本という国が外国であることを忘れちゃうほどです。しかし現在私は帰国するための荷物を忙しく片付け始め、もうすぐ中国に戻るようになります。そして、今回の帰国は、以前一時的に帰国したのとは異なっています。私の一生中最もうるわしい時期に勉強し、働いたところであり、その数年の経歴は私の一生に影響すると思います。

私はさまざまな日本の都市を訪問したことがありますが、実際に生活したのは新潟と筑波だけです。2001年、私は留学生として新潟へ博士課程の勉強をしに来ました。新潟は日本の独特なところ、つまり日本の有名な作家川端康成の言うところ

るの「雪国」です。あちらの冬の独特な天気は、私に別の日本の存在を感じさせました。私はあちらの人々が同様に勤勉で、優しく感じています。私は新潟で三回の冬を経て、冬になると、いつも厚い防寒靴を履いて、雪の中風に向い自転車に乗って学校に通ったけれども、これはとても大変でした。

何と言っても、最も好きな都市はやはり筑波です。ここで私はいろいろなことを経験して、いろいろな技術を身につけました。1999年、私はSTAの身分で物質材料研究機構(元金属材料技術研究所)に来て働いていました。この学園都市に入ると、私はすぐこちらの環境が好きになりました。筑波の四季はおだやかで、夏もそんなに暑くなく、冬もそんなに寒くありません。こちらの人々もこのような天気のように、私に温かさを感じさせてくれました。物質材料研究機構は日本における有名な研究所であり、世界中最も先端の設備を擁していて、かつ日本における一流の研究者を集めています。外国人の新参者としての私は、初めのうち、いろいろ困ったことがありましたが、いつもこちらの人々の丁寧な助けとお世話をいただきました。これは私を落ち着かせてくれました。私の生活用品が足りなくなると、研究員の方が車を運転して買い物に連れて行ってくださ

た。私が実験をする際に、困ったことがあると、こちらの研究員の方が相談に乗ってくれ、時には夜遅くなることもしばしばでした。中国の伝統的な節句になると、彼らは私を家に招待してくれました。他に、私を感動させたのは、こちらの研究員がみんな勤勉で、たとえ新年の休み中でも働いている姿を見れたことであります。日本が戦後に、急速に繁栄したのは、このような精神に頼るものでしょう。

私は残念なことが1つあります。私はずっと娘をここに連れてきて、彼女に自分の目で日本という国を見せ、日本の国民の勤勉で、公德を守る品格を見せたいと思っていました。しかし、いつも忙しく働いているので、この願望を実現できませんでした。でも、日中両国間の交流が盛んに行われているので、近い将来、娘はきっと日本に来るチャンスがあって、筑波に来て、彼女に母の働いたところを見せられることを信じています。

科学技術は国境がなく、人類進歩の橋であり、また国と国の間のつながる橋の1つでもあります。帰国したら、私はさらに研究に励む一方、日中間の科学技術交流に力を尽くしたいと思います。

最後に、日本でお会いした全ての方々のご幸運を祈り申し上げます。

菅野昌義記念研究奨励賞を受賞して

東京大学大学院工学系研究科 システム量子工学専攻

康 藝

今回、日中科学技術交流協会の第2回菅野昌義記念研究奨励賞をいただきましたことを非常に光栄に、またうれしく感じております。本奨励賞をいただいたことにつきまして、故菅野昌義先生とご遺族の方々、日中科学技術交流協会の諸先生方に厚くお礼を申し上げます。また、私を推薦していただいた東京大学名誉教授山脇道夫先生、研究で色々お世話になっている指導教官東京大学教授寺井隆幸先生に深く感謝致します。

私は1996年7月に北京化工大学を卒業し、中国原子力科学研究所の原子炉工学研究所に勤めていました。2001年10月に東京大学大学院工学系研究科システム量子工学専攻に入学し、2004年9月に博士後期課程を修了し、工学博士号を取得しました。今回の受賞の対象となった研究は、私の博士課程の研究課題である「核融合炉液体ブランケット用Li-Sn合金中の水素同位体挙動」です。以下にその内容について簡単に紹介させていただきます。

核融合炉は化石燃料に変わるエネルギー源の一つとして大きな期待が寄せられています。しかしながら、現在のところ、環境への影響を低減し高い安全性を確保しながら、正味のエネルギーゲインを得るためには高コストが予想され、このことが、信頼に足る商用エネルギー源としての核融合炉の将来性を不確実なものにしています。核融合炉を他の代替エネルギー源と競合できるようにするためには、コストと安全性の観点からのブランケット研究開発が必要となっています。

核融合炉液体ブランケット概念において、液体増殖材料中のトリチウム挙動は、核融合炉のコストと安全性に対して大きな意味を持っています。例えば、リチウム鉛共晶合金を液体増殖材料として用いる場合、トリチウム溶解度が非常に小さいことから配管構造材料からのトリチウムの透過漏洩が安全上の重要課題とされています。また、液体リチウムを液体増殖材料として用いる場合には、トリチウム溶解度が大きいことからトリチウム透過漏洩の課題は低減されるものの、逆に液体リチウムからトリチウムを取り出す事が非常に困難となっており、トリチウム回収コストが増大すると考えられます。

近年、核融合炉液体第一壁概念設計におけるトリチウム増殖材兼冷却材として、新しい液体増殖材料候補 リチウム錫合金(LiSn) が提案されています。本研究は、リチウム錫合金のトリチウム増殖材兼冷却材としての可能性を、この合金中のトリチウム挙動を研究する事によって探求する事を目的としました。具体的には、リチウム錫合金についてトリチウム拡散係数と溶解度を測定し、トリチウム漏洩問題及び回収問題について検討しました。なお、本研究におけるリチウム錫合金の組成については、高トリチウム増殖比、低蒸気圧、低融点の観点から $\text{Li}_{20}\text{Sn}_{80}$ を選択しました。

$\text{Li}_{20}\text{Sn}_{80}$ 合金を研究する上で、液体状態での密度は最も重要な基本的特性の一つですが、信頼に足る密度データはこれまでに測定されておらず、本研究においても、トリチウムの生成速度計算や拡散係数を求めることが必要不可欠でしたので、673-873 Kの温度範囲で直接アルキメデス法によって測定しました。測定誤差に影響を与える因子としては、合金の自然対流、合金の表面張力、

及び、合金表面に生成する酸化皮膜やスラグの影響等が考えられました。このうち、自然対流が錘に与える影響、及び、表面張力がワイヤに与える影響については、適切な実験条件によって低減する事が可能でした。また、その他の影響についても、二種類の重さの異なる錘についての比較を行う事で、影響を相殺できました。そして、 $\text{Li}_{20}\text{Sn}_{80}$ 合金の液体状態での密度が世界で始めて得られました。実際の $\text{Li}_{20}\text{Sn}_{80}$ 合金密度は理想溶体と比較して大きくなり、このことから、合金中におけるリチウム原子と錫原子は、それぞれの金属原子が独立に存在している場合と比較して、より大きな相互作用を及ぼし安定化する事によって、理想溶体と比較して体積を減少させているものと考えられました。

次に、東京大学の高速中性子源炉「弥生」を用いたトリチウム放出実験によって、トリチウムの拡散係数及びトリチウム溶解度を測定する研究を行いました。実験は500Wと2kWの原子炉出力下で、溶融 $\text{Li}_{20}\text{Sn}_{80}$ 合金を673 Kから873Kに加熱し、合金と接する気相中の水素分圧を1.1 kPaから101 kPaまで変化させて行いました。

溶融 $\text{Li}_{20}\text{Sn}_{80}$ 合金試料は細長い円筒状のサンプルホルダー内に装填しました。 $\text{Li}_{20}\text{Sn}_{80}$ 合金の表面積を考えた場合、トリチウム回収用のスイープガス中に放出されるトリチウムのほとんどは、円筒の径方向へ移動してサンプルホルダー壁を透過するものであると考えられます。本来、このような体系におけるトリチウムの移動はいくつもの拡散方程式の長い数学的記述として与えられますが、実験体系での解析のためにいくつかの仮定を置いて単純なモデルを適用し、その条件下での実験を行う事にしました。そのモデルとは拡散律速による定常状態モデルであり、トリチウムの金属内拡散が律速過程であり、時間的定常状態が達成されているとするモデルです。このモデルでは、実験結果からトリチウム拡散係数を非常に簡単に計算する事ができます。この極めて簡単なモデルを適用するためには、このモデルの条件を満たすように実験条件を設定する必要があります。

トリチウム生成速度については、原子炉心や照射試験体系を3次元形状で扱うモンテカルロ核粒子輸送計算コード(MCNP)による合金中でのトリ

トリチウム生成速度分布の計算を行ないました。この結果より、サンプルホルダーの径方向に沿ったトリチウム生成速度の差は最大でも7.3%であることがわかりました。そして、本モデルを適用するために、合金中の位置プロファイルを詳細に計算した結果を0次近似し、合金中どこでも一定な値として用いました。

サンプルホルダーの軸方向へのトリチウム放出については、サンプルホルダー側面に比べて気液界面面積が小さいこと、及び、気液界面が酸化物等で覆われている事から非常に小さいと考えられましたので、実験体系においてもモデルにおいても軸方向へのトリチウム拡散は無視しました。また、本実験体系において得られるトリチウム放出係数が十分に小さく、すでに多くの測定値が報告されているサンプルホルダー外側での水素の再結合が律速過程にはならない事がわかりました。この事は、本実験体系においてはトリチウム拡散が律速過程である事を示しています。本モデルを適用するためには拡散律速だけでなく、定常状態を実現しなければなりません。873K以下の場合、本実験体系における原子炉運転時間の範囲内では、定常状態を達成できませんでした。一方、873K以上の場合、定常状態が達成されました。定常状態は、みかけのトリチウムインベントリーと照射後に放出される真のトリチウムインベントリーを比較する事によって確認しました。

このように設定した適切な実験条件下で873Kの $\text{Li}_{20}\text{Sn}_{80}$ 合金中のトリチウム拡散係数測定を行いました。トリチウム拡散係数は $10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$ のオーダーであり、トリチウム溶解度に関するジーベルト係数は、 $10^{-7}\text{Pa}^{0.5}$ から $10^{-5}\text{Pa}^{0.5}$ の範囲内にあるという事が結論できました。

$\text{Li}_{20}\text{Sn}_{80}$ 合金中のトリチウム拡散係数の値は、 $\text{Li}_{17}\text{Pb}_{83}$ 合金中の拡散係数 ($10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$) と同じ桁

でした。また、 $\text{Li}_{20}\text{Sn}_{80}$ 合金中のトリチウムのジーベルト定数は、錫中のそれに近い値を示しました。これらの結果から、 $\text{Li}_{17}\text{Pb}_{83}$ 合金で見られた大きなトリチウムの透過漏洩問題も、また、Liで見られたトリチウム回収問題も、 $\text{Li}_{20}\text{Sn}_{80}$ 合金の場合にはそれほど深刻にはならないと考えられます。すなわち、 $\text{Li}_{20}\text{Sn}_{80}$ 合金は、 $\text{Li}_{17}\text{Pb}_{83}$ 合金やLiのような短所を持たない材料候補であると言えます。また、この合金の密度は $\text{Li}_{17}\text{Pb}_{83}$ 合金より小さく、冷却材として循環させる際にあまり大きなポンプ動力を必要としないという利点も挙げられます。

私は、本研究奨励賞をいただくことができて非常に幸運だったと思います。なぜなら、私はこれまで研究においてベストを尽くしたいとは考えておりましたが、このような賞をいただけるとは夢にも考えていなかったからです。実際、私の博士課程における研究は非常に興味深いものであり、楽しく研究生活を続けることにより、科学的知識のみならず多くの事柄を学ぶことができました。そういった意味で、本奨励賞をいただいたことは、私にとっては予期しない贈物でした。このことは、私の研究が高く評価していただけたということで、非常にうれしく感じますし、また今後の研究生活を行ってゆくうえでの大きな励みになると思います。今後とも研究に邁進するとともに、日中の科学技術交流に少しでも貢献できるようにがんばりたいと思います。

最後になりましたが、日中科学技術交流協会の諸先生方、山脇道夫先生、寺井隆幸先生以外にも、常に暖かい激励と御協力を頂いた米岡俊明博士、岡村和夫助手、東京大学大学院工学系研究科附属原子力工学研究施設スタッフの皆様にご心より感謝申し上げます。

向坊隆記念研究奨励賞を受賞した感想

埼玉工業大学大学院工学系研究科物質科学工学専攻博士課程3年

辺 培

今回、日中科学技術交流協会の第1回向坊隆記念研究奨励賞を受賞致しましたことを非常に光栄に存じております。

ここに、向坊隆先生、日中科学技術交流協会会長有山正孝先生並びに協会の諸先生方に厚くお礼を申し上げます。また、指導教員の埼玉工業大学巨東英教授に深く感謝致します。

私は1999年6月に中国の河北大学化学科を卒業した後に、日本に来ました。

最初の半年は、杏林大学で日本語を勉強し、2000年4月から埼玉工業大学工学部に入学し、2003年に埼玉工業大学にて修士課程を修了しました。そして2003年4月に同大学で博士課程後期に入学しました。

私は来日するまで、日本の生活文化や習慣は全く知りませんでした。それまで共に暮らしていた両親と離れての異国での生活はとても大変なものでした。特に、生活習慣が全く違うことに、違和感を抱いて生活をしていました。また、生活のためにアルバイトもしました。アルバイトでは、生計を立てると同時に、様々な人達と出会い、交流を持つことで、色々なことを体験し勉強しました。学費と生活費等を稼ぐことは大変なことでした。しかし、幸いにもキャンパスライフでは、指導教員からのお世話を頂いて、日本の学生たちとも親しくなり、友人もどんどん増えていきました。

私の夢は、中国に帰国し、科学研究所で研究を行いたいと思うと同時に、日本と中国の交流に携わった仕事をしたいと思っております。

修士課程での研究では、真空中、高温で作製されているフェライト焼結体を比較的簡単な条件下で合成することを目的に研究を行ってまいりました。この研究では、主に塩化鉄とシュウ酸アンモニウムを用いて液相沈殿法によるシュウ酸鉄の調製を行い、調製したシュウ酸鉄をCO₂雰囲気下で

加熱し、マグネタイト粉末合成を行うことで、微小粉末を作製することができました。この微小粉末にホウ酸を加えて、ニュートンプレス及び静水等方圧プレスを用いて高密度成形体を作製しました。そして、電気炉を用いて様々な不活性ガス雰囲気下で焼結体を作製しました。マグネタイト粉末の焼結作製時の条件及びバインダー添加の影響を調べるために、密度測定、TMAによる収縮率の測定、微細組織の解析、磁気特性測定及び機械強度測定を行いました。高強度の軟磁性フェライト焼結体を比較的低温で作製すると共に、粒成長のメカニズムについて解明いたしました。

私の2番目の研究は、マグネタイト磁性流体の作製及び磁性流体加速度センサーの開発に関する研究です。この研究では、まず塩化第二鉄、塩化第三鉄の混合溶液と水酸化ナトリウム溶液を投入・攪拌することによってフェライト超微粒子を作製しました。また、pH値及び合成温度関係を調べるために、合成段階で粒子径を制御し、最適合成条件を調べ、合成された超微粒子の粒径及び磁性特性の最適条件について検討しました。そして、合成された粉末表面に表面活性剤をコーティングし、有機溶媒中に溶すことで、磁性流体を合成することができました。合成したマグネタイト超微粒子は加速度センサーを使用することにより、分解能が高い小型磁性加速度センサーを開発することができました。

初めて以上の研究を行った際、研究の目的がはっきり理解できず、自分からは研究に対する発想がなかなか出せない状況でした。しかし、実際に期待していた研究結果が出て、学会での研究発表と他の研究者とのディスカッションによって、研究の目的、研究の進め方やアプローチの仕方などが徐々に理解できるようになりました。

特に現在、磁性材料は機械のメカトロニクス

関連、センサーや電子デバイスなどの幅広い分野によく使われており、最近ではバイオ関係にも注目されています。したがって、磁性材料はますますこれからの材料科学の発展に不可欠な研究分野になると確信し、これからもナノレベルの磁性材料およびその応用分野に微力をかけていきたいと思っております。

今回の向坊隆記念研究奨励賞は、いままでの研

究成果に対する評価だけではなく、これからの私の研究に大きな力となる賞として、受け止めさせて頂きたいと思っております。

頂いた賞に恥じないよう、今後もより良い研究成果をあげられるように、一層努力をしていきたいと思っております。

末筆ながら、再度、日中科学技術交流協会の先生方に感謝の意を申し上げます。

第81回理事会報告

日時 2004年10月1日13時30分
場所 創業支援推進機構(ETT)会議室
出席者 有山会長他8名、委任状提出者10名

議事録承認

第80回理事会議事録を承認した。

議題1 2004年度中国人留学生研究奨励賞について
応募状況の報告があった。また今年度も選考委員長は藤崎副会長にお願いし、選考委員の人選および選考の日程については委員長に一任する事とした。

議題2 2004年上期収支予測について
報告は次回の理事会で行う事を了承した。

議題3 会報の発行について
会報109号・110号を合併号として発行する事を了承した。

議題4 その他

- 講師派遣プロジェクトについてその後の状況について報告があり、積極的な募集活動が必要であることが指摘された。
- 3件の国際会議協賛について報告があった。
第8回先進エネルギーシステム材料と核分裂・核融合炉工学に関する日中シンポジウム
(東北大学)10月4日～8日
第3回物質・材料・分子設計シンポジウム
(東京大学)10月24日～26日
なおこの会議に際して来日される精華大学長

の講演会を共催で開催する可能性について検討した。

- 環境専門委員会の活動状況について、鈴木専門委員会委員長から報告があった。
(閉会15時10分)

第82回理事会報告

日時 2004年11月29日13時30分
場所 日本財団 第1会議室
出席者 有山会長他9名、委任状提出者10名

議事録承認

第81回理事会議事録を承認した。

議題1 2004年度中国人留学生研究奨励賞について
藤崎選考委員長から11月24日に開催された選考委員会の結論について報告があり、審議の結果、原案を了承して下記の通り受賞者を決定した。

第16回伏見康治研究奨励賞

褚鳳敏 新潟大学大学院自然科学研究科博士後期課程修了 物質・材料研究機構研究員)
バルス通電焼結による助剤を用いないSiCの緻密化

第17回野上茂吉郎記念研究奨励賞

謝国強 新潟大学大学院自然科学研究科博士後

期課程修了 物質・材料研究機構研究員)
金属粉末パルス通電焼結過程および界面構造

第2回菅野昌義記念研究奨励賞

康藝(東京大学大学院工学系研究科システム量子工学専攻 博士後期課程修了)
核融合炉液体ブランケット用Li-Sn合金中の水素同位体の挙動

第1回向坊隆記念研究奨励賞

辺培(埼玉工業大学大学院工学系研究科物質材料工学専攻博士後期課程 3年)
フェライト材料の低温焼結方法に関する研究

なお授賞式および研究発表会は12月17日午後、学士会館で行うこととした。

議題2 2004年上期収支予測について

横山常務理事から資料に基づき報告があり、これを了承した。

なお奨励賞の授賞は基金を取り崩して行っているが、副賞10万円のあり方についてはこれを廃止して記念品に替える等、検討の余地があるのではないかとの指摘があった。

報告

1. 会報の発行について

会報109号・110号を合併号として発行する準備が進行中であることが報告された。

2. 環境専門委員会の活動について

鈴木環境専門委員会委員長から同専門委員会の活動状況、特に10月の貴陽・北京訪問の成果について資料に基づき報告があった。

3. 国際会議の協賛について

本会が協賛した下記3件の国際会議が終了した事について報告があった。

- (1) 第8回 先進エネルギーシステム材料と核分裂・核融合炉工学に関する日中シンポジウム(東北大学) 10月4日~8日
なおこのシンポジウムではサイバーセミナーの試行が行われた。
- (2) 第3回 物質・材料・分子設計シンポジウム(東京大学) 10月24日~26日

懇親会に藤崎副会長が出席し本会を代表してスピーチを行った。

(3) 第2回 アジア高圧研究会議 奈良県新公会堂) 11月1日~5日

4. 日中産・学・官交流機構の活動について
第1回理事会・総会が11月8日に開催された。
第1回日中産・学・官交流フォーラムが11月16日に国連大学で開催された。

5. 海外電力調査会について
同会との相互協力について話し合いが進んでいることの報告があった。

(閉会15時45分)

編集後記

本号は2004年度中国人留学生への研究奨励賞贈呈を特集しました。

諸般の事情により、発行が半年遅れてしまいました。申し訳ありませんでした。

受賞された皆さんはそれぞれ立派な研究実績を上げ、贈呈式に続いて行われた研究発表会でもよく準備された発表を行いました。

日本と中国の学术交流はこれからも益々盛んになるものと思います。当協会のこのような事業が少しでもこれからの日中間の学术交流野の発展に役立ってくれば、そんな思いで贈呈式と研究発表会に参加しました。(Y)

目次

2004年度中国人留学生研究奨励賞贈呈式	
藤崎 博也	1
野上茂吉郎記念研究奨励賞を受賞し	
謝 国強	3
伏見康治研究奨励賞を受賞した感想文	
楮 鳳敏	5
菅野昌義記念研究奨励賞を受賞して	
康 藝	7
向坊隆記念研究奨励賞を受賞した感想	
辺 培	10
第81回理事会報告	11
第82回理事会報告	11
編集後記	12