

# 金材技研

## 1985

科学技術庁

# ニュース

金属材料技術研究所

## 宇宙空間で金属実験

—無重力環境下で基礎から応用まで—

宇宙空間は、広い高真空の場で豊富な太陽エネルギーの供給を受け、しかも重力がかからない非常に特殊な実験場といえる。

宇宙での金属実験は、スカイラブの時代から何度か試みられているが、昭和63年米国で打上げる予定のスペースシャトルに搭載するスペースラブ(SL-J)では、1週間にわたりわが国の第1次材料実験(FMPT)が行われることになっている。材料実験22テーマ中5テーマは当研究所が提案したもので、いずれも宇宙空間の特性のうちもっとも興味のある無重力環境を利用して、地上では得られない高性能の超電導材料や超耐熱材料などを開発することを目的としている。すなわち(1)浮遊帯域溶融法による化合物半導体結晶の作成、(2)新超電導合金の溶製、(3)粒子分散型合金の作成、(4)2種の溶融金属の相互拡散および凝固生成する合金、化合物の組織と構造、(5)複合脱酸した鋼塊中の脱酸生成物の生成機構、の5テーマである。各テーマについてはスポットニュースで紹介する。

金属、合金を地上で溶解し凝固させた場合、静水圧がかかり、対流を生じ、密度差による偏析もおこる。一方、無重力下ではこれらがなく、静かな状態で溶融、凝固が行われることが予想される。例えばAl-Pb-Bi合金を地上で溶製した場合、写真に示すように、Al素地中に分散した白いPb-Bi

相は、両者の密度差のため大きさがふざろいで分散もあまり均一とはいえない。しかし、これを無重力下で溶製した場合、分散も粒径も均一になることが期待されている。

スペースラブでの材料実験は、限られた時間、限られた空間内で行わなければならない、しかも十分な研究成果をあげることが要望されている。そのためには実験の効率、手順などを十分に検討することが肝要である。そこで当研究所では、地上予備実験炉の試作、試料の組成や形状の決定、実験手順の決定、さらに地上参照データの蓄積など、宇宙実験の実施に向かって着々と準備を進めている。宇宙空間を利用した材料研究は、非常に大きな可能性を秘めており、当研究所も積極的にとりくんでいく予定である。なおこれらの研究は、すべて科学技術振興調整費によるものである。

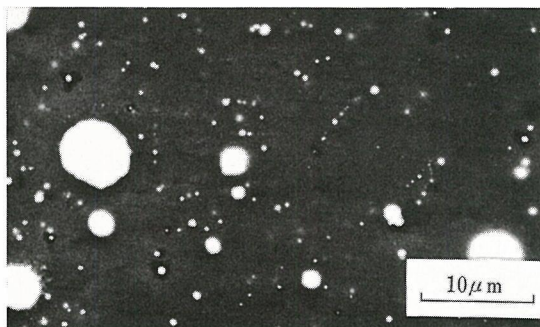


写真 地上で溶解したAl-7.5at%Pb-7.5at%Bi合金インゴットの組織

# 宇宙材料実験用電気炉の開発モデル

——効率よく、使いやすく、安全第一——

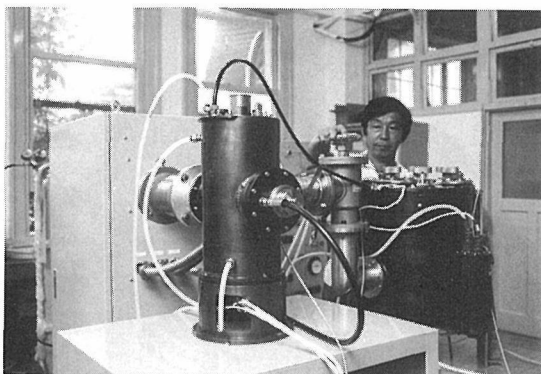
昭和63年に宇宙空間で行うことになっている第一次材料実験（FMP T）では、当研究所で提案し採択された5テーマすべてを、溶解炉を組み込んだ実験装置を用いて行うことになっている。宇宙で使用する実験装置には極めて厳しい条件が数多く要求される。

今のところ宇宙空間での金属実験の機会は少なく、多額の費用を要し、我々研究者としては、この機会を十分にいかさなければならぬ。そのためには実験の信頼性をいやが上にも高めると同時に、効率よい実験ができる装置が不可欠である。溶解実験中に装置に組み込まれたモーターなどからショックや振動が発生すると、せっかくの無重力条件が保てなくなる。また、現在宇宙船内で使用できる電力は全体でも数kWであり、炉1台当りの消費電力となると数百Wに制限される。さらに、もっとも大切なこととして、乗員や宇宙船体の安全性があげられる。宇宙で使用する実験装置は、以上のことを十分考慮して設計、製作する必要がある。

当研究所では無重力下での材料実験用電気炉の地上モデルとして、連続加熱型電気炉および高温加圧型電気炉を試作した。前者は直径10mm、長さ50mmまでの小型試料の実験に用いるもので、**写真**の右に見られる円筒形の真空シェルには試料を入れたカートリッジを挿入・固定し、加熱室、冷却室および試料交換室が順繰りに移動してきてこれにかぶさることにより加熱溶解、冷却凝固および試料交換が行われる。シェルには6本のカートリッジが取付けられ、1つの処理は同時に2個ずつ、また各処理は並行的に行われるしくみになっているので極めて実験能率がよく、しかも電力の節約効果大きい。また試料は動かさないので溶けた試料に無用の加速度が働くことも防げる。加熱室は、タンタルとステンレス鋼の極薄板を300層重ねた反射板と真空断熱によって保温されているため、熱が逃げず、W-26%Re合金線による加熱で最高1300℃まで400Wの電力で加熱できる。また1300℃一定保持の場合は100W以下ですむ。

FMP Tでは、当研究所が提案した前記の(2)および(5)の2テーマのほか、他機関が提案した「炭素繊維／アルミ合金複合材料の製造」「Si-As-Teアモルファス半導体の製造」および「共晶系合金の凝固に関する研究」の3テーマをこの炉をモデルにした実験炉中で行う予定で、これらの地上実験が本炉を用いて行われている。

写真中央に示している高温加圧型電気炉は、大型の試料を用い、より高い温度までの実験を目的としており、直径26mm、長さ168mmまでの試料が処理できる。構造的には連続加熱型電気炉の加熱室を独立させ、より大型にしたものと思えばよい。800Wの電力で最高使用温度1600℃まで80分程で到達し、その後は500W程度で一定温度に保持できる。冷却はヒータを切りヘリウムガスを吹き込むことで行う。この炉では、試料カートリッジに加圧ピストンが付いており、凝固時に圧力をかけることにより、無重力下で問題になりやすい試料その他から発生するガスによる空孔をつぶすことができる。本炉はほとんどそのままの形でFMP Tに使用され、当研究所提案の(1)および(3)のほか、他機関のテーマ「液相焼結機構の研究」が行われる予定になっている。現在本炉を用いてこれらの地上予備実験を行いつつあるが、宇宙で実際に実験を行うパイロードスペシャリストの訓練用としても使用される予定である。



**写真** 宇宙材料実験に使用する電気炉の試作炉として開発した連続加熱型電気炉（右）と高温加圧型電気炉（中央）。

## 浮遊帯域溶融法による 化合物半導体の作製

当研究所では、浮遊帯域溶融法で化合物半導体 InSb (インジウム・アンチモン) の大直径単結晶を作製する実験を FMP T で赤外線イメージ炉を用いて実施することを計画しており、現在そのため予備実験を行っている。

浮遊帯域溶融法は棒状試料の途中を帯状に熱して溶融させ、その溶融部分を容器を用いなくて表面張力だけで支えながら、棒に沿ってゆっくり移動させることにより、容器からの汚れのない高純度単結晶を作製する方法である。地上では融液がたれ落ちやすいため、細い単結晶しか作製できない。しかし、無重力環境では重力がないため、比重の大きな化合物半導体でも浮遊帯域溶融法により、大直径単結晶を得ることが可能である。

この実験は、宇宙で高品位の単結晶を作製するという直接的な目的を果すだけでなく、融液の表面張力と粘性を利用して金属や合金を地上では得られない形状、例えば球殻状や細い糸状に成形するという新しい無重力加工技術の基礎を与えるものである。

## 新超電導合金の溶製

超電導材料は、電力のロスなく大電流を流すことができるので、医療用断層診断装置(NMR-CT)、核融合炉などに必要な強力な磁場を得るために使用される。

Al-Pb-Bi合金は、加工が容易で経済的であり、NMR-CTなどへの適用が期待されているが、溶融状態でAlに富んだ液相とPb-Biに富んだ液相に分かれ、両者の比重差が大きいので、Al母相内に大きさのふぞろいなPb-Bi粒子が不均一に分散しがちである。(1面写真参照)

無重力環境では比重差による分離は起こらず、しかも静かな状態で凝固するため、同じ大きさのPb-Bi粒

子が均一に分散するものと予想される。Al-Pb-Bi合金を線材に強加工すると、Pb-Bi繊維が分散した新しい超電導線材を作製できることが分かっているが、無重力環境を利用すると地上よりもはるかに品質のよいものが作製できるものと期待されている。

## 粒子分散型合金の作製

耐熱合金素地中に、硬く微細でしかも高温で安定な粒子を分散させると高温強度はさらに向上する。この種の合金を無重力下で作製した場合、素地と粒子の密度差がないため分散が良く、性能の優れたものが得られることが予想される。

当研究所では、ニッケル合金中に炭化チタンあるいはアルミナを均一に分散させた焼結試料を宇宙空間で、溶融-加圧-凝固させ、粒子が均一に分散し、かつ焼結材を溶融した場合に残留するボイドの無い合金を作る実験をFMP Tで行うことになっている。

現在、この実験に使用する加熱炉の原型となる地上実験炉を用いて、宇宙実験で行う加熱、加圧、冷却などの諸条件について検討を行っている。

## 溶融金属中の相互拡散と 凝固組織

対流のない無重力環境下で、溶融合金における元素の拡散および凝固組織の本質を明らかにすることは、優れた材料の開発につながるると同時に、合金製造の基礎研究としても重要である。

当研究所では無重力環境を利用して、二種金属元素間の拡散、凝固後の金属組織と重力との関係などに関する研究をFMP Tで行う予定である。本研究では、二種の金属棒を接合したものを溶融、凝固させ、組織変化、組成分布、化合物形成の状態、ミクロ偏析などを調べ、融体中の原子の動きや凝固挙動の解析を行う。なお試料と

しては、組成分布の検討が容易な全率固溶体を形成するAu-Ag系と複雑な化合物を形成するAu-Al系を用いることになっている。

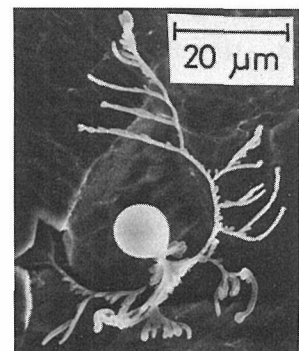
現在地上での同様な実験のほか、宇宙空間における実験が失敗なく行われるように、実験手法や実験条件の選定などについて検討を行っている。

## 複合脱酸した鋼塊中の脱酸 生成物の生成機構

鋼を単独あるいは複数の元素で脱酸したさい生ずる脱酸生成物の一部は、鋼塊中に介在物として存在し、鋼の性質に様々な影響を及ぼす。しかしその生成機構は複雑で、脱酸生成物の形状や分布を制御するための明確な指針は現在のところ得られていない。

無重力下では比重差による脱酸生成物の浮上や溶鋼の攪拌がなく静かに凝固するので、鋼塊中の脱酸生成物は、ほぼ生成した位置にそのままとどまっているとみなされる。試料中の定位置にあらかじめセットした脱酸剤からの距離と、脱酸生成物の形態、組成、分布などとの関連を調べ、その生成機構を明らかにするのが本研究の目的である。

現在、純粋な鉄-酸素合金および脱酸剤の溶製、さらにこれらを精密に組み合わせた試料の作成、最適実験条件の決定などについて研究を進めている。写真はSiで脱酸した10%Ni鋼中の脱酸生成物の一例である。



## 共同研究の現況

当研究所は、科学技術庁附属研究所等共同研究規程（科学技術庁令第143号）に基づき、外部機関と技術情報を交換し、試験研究を分担することにより、効率的に研究を行っている。現在実施している共同研究は次のとおりである。

番号	研究 題 目	共 同 研 究 者
1	高温原子炉耐熱合金のヘリウム雰囲気におけるクリープ及び疲労挙動の研究	日本原子力研究所
2	再結晶法による Mo などの単結晶の製造と機械的性質に関する研究	東京タングステン(株)
3	ナトリウム中の腐食及び質量移行試験による高速増殖炉の炉心用新合金の開発研究	動力炉・核燃料開発事業団
4	高性能耐熱電材料に関する研究	T D K (株)
5	モリブデン合金の溶接及び溶接継手の強度に関する研究(II)	日本原子力研究所
6	溶接熱伝導シミュレータの実用性に関する研究	新日本製鉄(株)
7	炭酸ガスレーザーの金属加工への適用に関する研究	(株) 東 芝
8	加速器用高磁場超電導線材及び超電導マグネットの研究開発(II)	高エネルギー物理学研究所
9	核融合炉第一壁候補セラミックスコーティング材の機械的特性の評価研究	東芝タンカロイ(株)
10	ランダム荷重疲れ試験技術の開発に関する研究	(株) 明石製作所
11	金属/セラミックス接合体の実用化研究	日本楽器製造(株)
12	熱サイクルした形状記憶合金中の転位の特性に関する研究	北海道大学
13	Sn-Ti合金芯を用いたNb <sub>3</sub> Sn 超電導線材の研究開発	三菱電機(株)
14	高強度オーステナイト合金の極低温における機械的特性に関する研究	三菱電機(株)
15	核融合炉第一壁材料に関する試験研究(II)	日本原子力研究所
16	レーザービーム加熱による高性能超電導化合物の作製に関する研究	(株) 東 芝
17	SUS316 系鋼の電子ビーム溶接部の微細組織及び継手強度に及ぼすヘリウム照射の影響に関する研究	東 京 大 学
18	溶接継手の疲労強度評価法に関する研究	石川島播磨重工業(株)・新日本製鉄(株)
19	タングステン繊維強化ニッケル基合金の拡散防止被覆に関する研究	東芝タンカロイ(株)
20	ニッケル合金溶接金属に発生する再熱割れに関する研究	日本ウェルディング・ロード(株)

## 受託研究の現況

当研究所は、企業・特殊法人等から研究の委託があった場合、科学技術庁受託研究規程（科学技術庁令第36号）に基づいて、研究を行っている。昭和59年度に実施した受託研究は次のとおりである。

### 昭和59年度における受託研究

年度	番号	研究 題 目	研究 担 当 部
59	1	長期使用ボイラ過熱器管の内圧クリープ試験(II)	ク リ ー プ 試 験 部
	2	疲労強度減少係数の評価に関する研究	疲 れ 試 験 部
	3	地熱水からのリチウムの回収に関する研究	金 属 化 学 研 究 部
	4	回収クリプトン貯蔵シリンダの健全性評価に関する研究—ルビジウムによる腐食評価(III)—	原 子 炉 材 料 研 究 部
	5	高速炉用燃料被覆管のクリープ試験(第14次試験)	ク リ ー プ 試 験 部
	6	ジョセフソン接合素子関連極低温材料パラメータに関する研究(II)	極低温機器材料研究グループ
	7	シミュレーション照射による将来材料の照射特性の評価	原 子 炉 材 料 研 究 部
	8	ヘリウム雰囲気中における Hastelloy X R 合金の浸炭挙動に及ぼすホウ素の影響	原 子 炉 材 料 研 究 部
	9	高強度素材の靱性試験研究	強 力 材 料 研 究 部
	10	高圧液体噴霧法による高速度鋼超微粉の製造に関する研究	金 属 加 工 研 究 部

### ◆短 信◆

#### ●海外出張

山崎道夫 エネルギー機器材料研究グループ総合研究官  
合金設計の現状調査・資料収集及び粉末冶金国際会議

に出席のため、昭和60年7月3日から昭和60年7月19日まで、スイス、イギリス、アメリカへ出張した。  
海江田義也 粉体技術研究所第3研究室長  
第10回国際高圧力会議に出席のため、昭和60年7月6日から昭和60年7月13日までオランダへ出張した。

通巻 第320号

発行所 科学技術庁金属材料技術研究所

編集兼発行人 越 川 隆 光  
印 刷 株式会社 三 興 印 刷  
東京都新宿区信濃町12  
電話 東京(03)359-3841(代表)

東京都目黒区中目黒2丁目3番12号  
電話 東京(03)719-2271(代表)  
郵便番号 153