

# N0.11

# 金材技研

## 1982

# ニエース

科学技術庁

金属材料技術研究所

## 就任のごあいさつ

所長 中川 龍一

このたび、荒木前所長の後任として所長の職をつとめさせていただくことになりました。就任にあたり一言ご挨拶申し上げます。

金属材料技術研究所も創立以来26年となりましたが、この間の世界の技術的發展はめざましいものでありました。なかでも我が国の技術水準の向上は世界から高い評価を受けております。技術開発のなかにあって、材料技術の研究は縁の下の力持ちという目立ちにくい立場にはありますが、初代所長橋本先生をはじめ河田先生、荒木先生の歴代所長を中心として、これに寄与してきたという自負を持つ私達にとり、この評価は大変喜ばしいことと考えております。

しかしこの結果当然のことながら、今後の技術進歩に対し国際社会のなかにおいて我が国が相応の役割りを果たすよう強く要求されてきております。またこの要求への答えが、自主技術立国とこれを通じての貢献以外にないことは今さら申すまでもありません。そしてこの道の実現を左右するものは技術を支える材料であり、材料研究の重要性とその成果への期待はますます大きなものであります。事実、材料技術研究の推進は国家的見地からも重要視され、我が国の科学技術振興の重点テーマの一つに取りあげられていることはご承知のとおりであります。

申すまでもなく、材料研究は基盤的であるだけ

にその結果が将来の技術に及ぼす影響は多大であります。ことに金属材料は将来とも新技術の構築を支える柱として、揺るがせにできないものであります。すなわち、金属材料の機能や信頼性の極



限を追求することがよりいっそう重要となり、そのための研究はますます多岐にわたり、かつ高度化してまいります。このなかで、金属材料のあるべき姿を正しく指し示し、あらゆる分野において先端技術が築かれるための豊かな土壌を提供することが、我々国立研究所の使命であると考え、これを受持つ責任の重さをいっそう感じている次第であります。

私達は今までの成果に甘んじることなく、自らを厳しく顧みてこれを将来への糧とし、我が国の未来は材料技術における我々の創造的・基盤的研究の成否にかかっているという本研究所創設以来の理念を常に想い、更に努力を続けていく所存であります。

関係各位のご理解とご協力をお願い申し上げます。

# 金属製錬プロセスのエネルギー転換に取り組む

## ——一般炭インジェクション法による溶融還元技術の開発——

### エネルギー多消費産業からの脱出へ

人類と金属のつき合いは永い。人間の体内で生体反応に関与する微量な金属を別にすれば、人類と金属との出会いは5000～6000年ほど昔の、天然に存在する金や銀などの利用に始る。しかし、金属は純粋な金属として産出することは極めてまれであり、普通は酸化物や硫化物などの形で鉱石として存在しており、人類がこれらの鉱石を還元して金属を得る方法を知ったのは、紀元前2000年頃と推定されている。

金属の鉱石は、金属が自然の摂理に従って最も安定な形に変化したものであるため、それを製錬して金属を取り出すには多大なエネルギーを必要とする。ヨーロッパには、「鉄をつくるよりも、けんか好きの女房と暮した方がましだ!」と言う古い諺が残っているほど、金属を得るための苦労は昔から大きかった。

現在の金属製錬プロセスは高度に発達しているが、エネルギー多消費産業であることは変わっていない。たとえば、製錬法によって違いがあるが、1 ton の鉄あるいは銅を製錬するにはおよそ  $5 \times 10^6 \text{ kcal}$ 、ニッケルではおよそ  $35 \times 10^6 \text{ kcal}$ 、アルミニウムではおよそ  $50 \times 10^6 \text{ kcal}$  のエネルギーを必要とするとされている。 $10^6 \text{ kcal}$  は、一般家庭の平均的電力使用量の約6ヶ月分に相当する。

金属の製錬プロセスにおいては、従来は設備の建設費が大きな問題であったが、エネルギー事情が厳しくなった現在ではエネルギー消費量が重大な問題であり、安価で入手容易なエネルギーへの転換及びその有効利用が求められている。

このような情勢に 대응するために、当研究所では、国内に豊富に埋蔵し安価な一般炭を利用した製錬プロセス——一般炭インジェクション法による溶融還元技術——の基礎研究に取り組んでいる。

### エネルギー転換で効率化も

製錬におけるエネルギー効率を、非鉄製錬で広く行われている電気製錬の場合について概算してみると、化石燃料の電気への変換効率を35%、その

電気で鉱石を製錬するときの効率を65%とすれば、最終的な効率は約23%となる。これに対して、粉炭を製錬に直接用いる溶融還元法の効率は約40%と推定されるので、エネルギー効率は約2倍になる。

一方、高炉製鉄法では、原料として投入するコークスの使用量は近年著しく減少しているが、これは鉱石の事前処理、送風温度の上昇、重油吹き込み、送風中への酸素富化などによるもので、これらに要するエネルギーを加えると、消費する総エネルギーはあまり減少していない。また、巨大化した高炉には、強粘結炭という特別な原料炭を大量に使う。ところが強粘結炭は特定の数ヶ国のみから産出し、資源的にも枯渇化が予想され、資源ナショナリズムや需要に押されて高価格化している。

このようなことから、一般炭インジェクション法による溶融還元技術は、鉄・非鉄を問わず、製錬プロセスのエネルギー転換に有望なものと期待される。

生産される金属の90%以上をしめる鉄の製錬について、もう少し詳しく触れてみよう。

### 曲り角にきた高炉製鉄法

近代的な製鉄システムの基本は、高炉中で大量のコークスにより鉄鉱石を還元して溶融状態の鉄—炭素合金（銑鉄）をつくり、次に製鋼炉中で純酸素を吹きつけて余分な炭素を燃やして鋼にするというものであり、1856年のベッセマー転炉（製鋼炉）の出現により確立したのである。その後、製鋼炉には多くの変革があったが、高炉は14世紀に出現して以来、基本的にはほとんど変わっていない。

高炉は反応器としてはうまくできていて、富鉄でも貧鉄でも精錬が容易で、優れた銑鉄を大量に生産でき、熱経済性、労働生産性、その他の経済性などからみても、他の方法の追従を許さない極めて有利な製鉄プロセスである。

しかし、高炉は強粘結炭の問題と共に、巨大化したシステムの建設・維持に莫大な費用がかかるという問題をかかえている。そのうえ、あまりに巨大化したために、製品に対する多様化した要求

に機敏に対応するのも困難になっている。

このようなことから、14世紀以来の蓄積された技術の上に成り立つ高炉法に代る新しい鉄製錬法として、当研究所ではこれまでに得られた多くの知識と技術を基礎にして、一般炭による鉄鉱石の溶融還元技術の研究を進めている。

#### 鉄鉱石の溶融還元法

溶融還元法は、溶融浴中での反応物質とエネルギーの密度が高いので、反応速度を大きくすることができる。特に、粉状あるいは粒状の原料や促進剤等を酸素等のガスと共に溶融浴中に吹き込むインジェクション法では、吹き込みによって溶融金属が強く攪拌され、反応が促進されるという利点がある。

この方法では、原料や還元剤などを粉体のまま溶融浴に吹精するので塊状にする必要がなく、強粘結炭が不要で塊成化設備もいらぬ。特に、一般炭を用いる場合は、造滓剤等の利用により石炭中の不純物を環境汚染の少ない状態で除去でき、純酸素と組合せれば安価で高密度のエネルギーを得ることも可能である。また、溶融浴の量は少量で良いので、大量生産性を失わずに装置を小型化でき、それに伴って設備や運転費も安価になり、連続化が容易となる一方、少量生産にも適する。

#### 溶融還元法実現のポイント

溶融還元技術の確立にとっての最大のポイントは、鉄鉱石などの酸化物と粉炭などの還元剤の反応速度を知り、粉状の鉄鉱石や石炭を適切に吹き込む技術を確認することである。

高炉法は、いわば経験主義的に確立された技術であり、内部での反応そのものは研究室では数秒で終るものを数時間かけて行わせるという気の長

いものであるため、生産技術としては炉内容積を巨大化させるなどして生産速度を高め、学問としては現象を平衡論的に解釈するのが主な仕事であった。そのため、高炉製鉄が主体である製鉄分野では、高速で反応が進む溶融還元法を実用化するために必要な理論的基礎が確立される基盤が乏しかった。

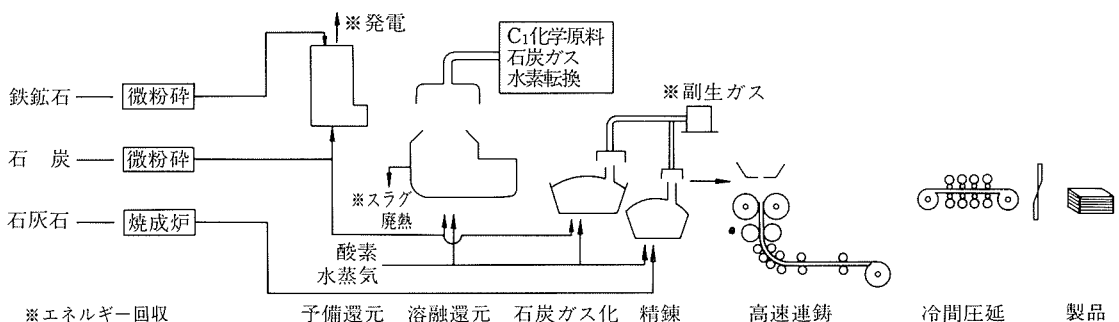
また、酸化鉄の還元反応には大量の熱を供給する必要がある、溶融酸化鉄及び酸化鉄を含有する溶融スラグは耐火物に対する侵食性が激しいため、反応容器内壁の保護をどうするかという問題がある。

#### 広範な分野に波及する基礎研究

現在当研究所で進めている研究では、炉内での反応速度を明らかにすることと、粉鉄鉱石及び粉炭をインジェクション法によって溶鉄中に供給し、同時に純酸素を吹き込むことによって熱の供給と耐火物の保護の問題解決を計るものである。溶鉄中に供給する粉鉄鉱石と酸素の量に対する粉炭と炭化水素の量の割合を変化させることによって、溶鉄の温度、鉄鉱石の還元速度及び溶鉄の吸炭速度を制御し、さらに得られた廃ガスの成分調整を行うことを考慮している。鉄鉱石と共に合金元素の鉱石を混合して供給することにより、合金鋼やフェロアロイの製造も試験する予定である。さらに、粉炭吹き込み条件、あるいは炉内の混合特性に関する基礎的研究を通じて、最も効率的な溶融還元法の開発を目指している。

これらの基礎研究は、広く製錬とエネルギー産業・化学工業等を結びつけた石炭資源の有効利用にも、結びつくものである。

#### 次世代鉄・石炭コンビナートシステム



## 小型ロケットによる 無重力材料実験試料 を回収

小型ロケットの弾道飛行によって得られる無重力状態は6分程度の短時間ではあるが、人工衛星よりも短時間に準備できることなどから、アメリカ、西ドイツで無重力状態での材料実験に利用されている。日本でも材料実験用ロケットが宇宙開発事業団により開発された。

今年8月16日の種子島宇宙センターにおける小型ロケットの発射実験は、積みこんだ材料実験装置の回収が一つの目的であったが、実験機器の作動状況もテストするというので、実験炉にニッケル・チタンカーバイド系複合金試料をセットして、溶融・凝固試験を行った。

材料実験装置は同日午前11時に回収された。実験炉も所定のプログラムどおり作動した。

小型ロケットの飛行による材料実験で当研が試料を得ることのできたのは、これで2回目になる。

(エネルギー機器材料  
研究グループ)

## 耐熱衝撃性の優れた FeSi<sub>2</sub> 熱発電素子を開発

当研究所で開発した熱発電材料FeSi<sub>2</sub>は、ガス炎などの高温中でも安定した熱発電性能を持ち、耐酸化性に優れ、製造法が簡単で安価であることなどから、高温用熱発電素子として興味ある材料である。現在、この素子はガス及び石油温風暖房機の送風機の電源としての利用が試みられ、電気コード不用の温風暖房機が試作されている。

従来、この素子は使用中に水滴などの冷却物質が加熱部に触れると割れるため、耐熱衝撃性の優れたものが望まれていた。このため、当研究所では、FeSi<sub>2</sub>にボロンを添加して熱電性能を劣化させる

ことなく耐熱衝撃性を改良した。ボロンを添加したものは、素子の一端を1,133Kに加熱した状態で水中に投入しても割れない。

このように耐熱衝撃性に優れた熱発電素子は、各種燃焼機器の温度センサーおよび小型電源として、その応用分野がより広まることが期待される。

(機能材料研究部)

## 被覆処理によるマル エージ鋼の環境強度 を改善

マルエージ鋼は強度に対する靱性および耐応力腐食割れの優れた超強力鋼で、ウラン濃縮遠心分離機回転筒、航空機用部品などの材料として用いられる。一般に鋼は強度水準が高くなると使用中に環境からの微量の水素で脆化しやすく、実用上問題となる。そこで超強力鋼の水素脆化を低減させ、環境強度の改善をはかるための被覆処理を検討してきた。その結果、処理中に鋼と被覆材の間にもろい反応層が厚く形成されるときにはかえって脆化を助長する場合があること、延性のある材料が鋼に密着性よく被覆されたとき、脆化が改善されることがわかった。これまで、電着によりNi被覆したマルエージ鋼について、母材を時効硬化後被覆し、200℃前後の温度で脱水素処理する通常の方法にくらべ、未時効状態で被覆した後、時効硬化熱処理(500℃)を与える方法によって密着性が向上し、耐水素ガス脆性が著しく改善されることが示された。

(強力材料研究部)

## エネルギー効率の高い フラッシュ溶接法を開発

金属端面の局所的な接触と溶融飛散を繰返ししながら加熱し、加圧して溶接するフラッシュ溶接法はエネルギー効率のよい溶接法として広く利用されている。溶融金属

の飛散に伴う熱損失を減らせば、更にエネルギー効率を良くすることができると、その研究を進めている。

フラッシュ溶接においては、電圧を増すと電流が減じオームの法則に従わない。また、高電圧ほど熱損失が大きくなり溶接部の品質が低下するということが明らかになった。従来法で熱損失の少ない条件を選ぶと、フラッシュの発生が不安定になり溶接が困難になる。そこで、ひずみ波形の交流電圧を用いることによって熱損失が少なく、安定なフラッシュが得られる溶接方法を開発し、その詳細について研究中である。

(溶接研究部)

## 原子炉配管の応力腐 食割れ監視への渦電 流法の適用を検討

原子炉発電プラントは、信頼性の向上と安全性の確保の上から、定期検査が義務付けられている。压力容器や配管類などの構造物の製作時及び供用前には厳密な欠陥検査が行われているが、更に、供用期間中における欠陥の発生を早期に発見し、事故を未然に防止するための各種監視システムを作ることが望まれている。

そこで、当研究部では原子炉冷却系配管を模擬したステンレス鋼配管試験体に渦電流探傷法を適用し、高温水による応力腐食割れ発生及び伝播過程の連続監視を試みた。耐熱製のプローブコイルを配管の軸方向又は周方向に自動的に順次走査させる方法で、割れ発生の位置及び発生の時期から進展の程度まで精度よく測定できることがわかった。

本法は、今後実機配管における欠陥の早期発見への監視システムとして適用可能であるのみならず、割れ機構の解明にも有効な手段となりえよう。

(腐食防食研究部)

# 昭和57年度科学技術振興 調整費研究について

昭和56年度より科学技術庁は、①先端的、基礎的な研究の推進、②複数機関の協力を要する研究開発の推進及び、③産・学・官の有機的連携の強化等を基本として、科学技術振興調整費による研究を推進している。

昭和57年度科学技術振興調整費による研究としては、独創的な革新技術を生み出す可能性が高く世界的研究開発の動向から見て我が国として緊急に取り組む必要があり、かつ、それによって国際社会の発展に主体的に貢献することが期待される科学技術の分野として、ライフサイエンス、極限科学技術及び材料科学技術の3分野が重点的に取り上げられている。

当研究所においては、昭和57年度科学技術振興調整費研究として、次の研究課題の一部を担当している。

## 1. 極限科学技術分野

(1) 超電導・極低温基盤技術の開発に関する研究  
○研究目的：核融合、超電導磁気浮上列車等の革新的技術の実用化に不可欠な超電導、極低温基盤技術を確立する。

○分担研究内容：高速急冷法、変態析出法及び蒸着法等による3元素高性能超電導材料の開発、極低温までの温度域で、金属材料の正確な各種強度特性の解明及びデータの蓄積、欠陥の少ない高性能磁気冷凍用大型磁気作業物質の開発。

(2) 大型超高圧力発生システムに関する研究  
○研究目的：超高圧条件を人為的に実現し、新しい加工工具材料、超L S I基盤、耐圧構造材の合成等への利用を図る。

○分担研究内容：超高圧状態での圧力測定技術及び超電導臨界温度測定技術の確立。

## 2. 材料科学技術分野

(1) 高性能材料開発のための表面・界面の制御技術に関する研究

○研究目的：新しい機能材料、構造材料の開発の促進に不可欠な固体材料の表面及び界面の制御技術を確立する。

○分担研究内容：金属とセラミック界面の組成・構造等の微視的解明及びイオン注入法による金属表面の改質・制御技術の確立。又、高性能複合材料及びサーメット材料の開発。

(2) 無重力環境を利用した新材料の創製に関する研究

○研究目的：無重力環境を利用して新しい特性、機能を持った各種新材料を創製するために必要となる基盤技術を確立する。

○分担研究内容：無重力環境における2元合金の溶解状態での相互拡散及び凝固組織を調べるための地上予備実験、2相分離型超電導材料の地上予備実験、ニッケル基合金中にセラミック粒子及び金属繊維を均一分散させる粒子分散型合金作製の地上予備実験、無重力状態での脱酸生成物の生成機構解明のための地上予備実験、無重力状態での大口径インジウム・アンチモン半導体単結晶成長のための地上予備実験。

## 3. その他の分野

(1) 風力・熱エネルギー利用技術に関する研究

○研究目的：風力エネルギーを石油代替のローカルエネルギーとして活用できる利用効率の高い風力利用システムを開発する。

○分担研究内容：風力・熱エネルギー利用システム用鉄-チタン-酸素系水素貯蔵材料の多量製造技術の確立及び特性評価。

(2) 海洋構造物による海洋空間等の有効利用に関する研究

○研究目的：水深50m～100mの海域において利用できる大型の海洋構造物を開発する技術の確立。

○分担研究内容：海洋環境条件下で、腐食疲労及び摩耗の共存状態における特性の優れた係留用材料の開発及びその防食技術の開発。

## 4. フィージビリティスタディ

(1) 構造材料の信頼性評価技術に関するフィージビリティスタディ

○調査目的：各種産業プラント等に用いられる構造材料の信頼性評価技術の確立に資するためのフィージビリティスタディを行う。

○分担研究内容：高温破壊、疲れ破壊及び腐食並びに材料の劣化について、損傷形態、破壊機構、試験方法及び寿命・余寿命予測法等に関する研究の現状と問題点の調査。

## 特 許 出 願 速 報

出願日	出願番号	発 明 の 名 称	出願日	出願番号	発 明 の 名 称
56. 9 .17	145513	不規則な表面形状を有する物体の断面形状の測定装置	57. 1 .20	6138	Nb <sub>3</sub> Sn 複合超電導体の製造法
56. 9 .24	149453	金属粒子の製造法	57. 1 .29	13068	金属微粒子製造装置における電極装置(パイオニア(株)との共同出願)
56.12.10	197761	金属の溶融被覆法	57. 2 .22	25981	Cu-IVa 族元素合金を用いた Nb <sub>3</sub> Sn 超電導線材の製造法
56.12.17	202568	金属微粒子の製造法およびその製造装置	57. 3 .30	52181	フラッシュ溶接におけるクランプ方法 (株)電元社製作所との共同出願)
57. 1 .20	6137	銀を添加した金属間化合物 TiAl 基耐熱合金			

## 特 許 紹 介

### 高温および等温の高圧雰囲気中の

#### 反応速度測定装置

発明者 大場 章

公 告 昭和56年 7 月 7 日 昭56-29220

特 許 昭和57年 2 月25日 第1083476号

本発明は従来広く用いられていた石英スプリング式の高圧熱天秤装置と異なり、上皿または下皿天秤型を採用し、これに試料の装入機構を設けて低温から高温領域にわたり、昇温および等温の高圧ガス雰囲気中における反応速度測定にかかわ

る装置である。

本発明による測定装置の特徴は、測定に際し試料量を十分に多く使用でき、必要とする所定の温度、圧力の雰囲気内に試料を速やかに装入して、反応の開始にともなう重量変化を迅速に、しかも精度よく自動記録できることにある。本装置は高圧の反応性ガスあるいは不活性ガス雰囲気中での金属や合金の酸化をはじめ、各種の無機物あるいは有機物、またはそれら同志の化学反応や熱分解反応などの解明に適用できるものである。

### ◆短 信◆

#### ●人事異動 昭和57年10月12日付

退 職 金属材料技術研究所長 荒木 透

昇 任 金属材料技術研究所長 中川 龍一  
(金属加工研究部長)

〃 金属加工研究部長 小口 醇 (金属加工研究部 塑性加工第2研究室長)

#### ●海外出張

原田広史 エネルギー機器材料研究グループ

1982年ガスタービン用高温材料に関する国際会議に出席のため、昭和57年10月2日から昭和57年10月9日までベルギー国へ出張した。

北島正弘 原子炉材料研究部主任研究官

低原子番号物質のインサイテュ(その場)被覆

技術及びプラズマ壁相互作用に関する研究のため昭和57年10月2日から昭和58年10月1日までスイス国へ出張した。

福沢 章 工業化研究部第2研究室長

ニオブ及びマンガン、燐等を含む銑鉄の精錬技術に関する研究のため、昭和57年10月6日から昭和57年10月19日まで中華人民共和国へ出張した。

通巻 第287号

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)359-3811(代表)

発 行 所 科学技術庁金属材料技術研究所

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 1 5 3