

主なNEWS

- ▶「傾斜機能材料の研究の現状と今後の展開」…………… P 2
- ▶「熔融炭酸塩型燃料電池材料技術開発」の概要…………… P 4
- ▶(株)アリシウム 4トン規模炉の完成披露を行う…………… P 6

本誌は地球環境保全を考慮し再生紙を使用



TODAY

製鉄技術への期待

通商産業省基礎産業局長 牧野 力

わが国鉄鋼業は、累次の石油危機、円高等の厳しい状況を克服し、今や自由世界で最大の規模となり、安定した供給力と高い品質を維持しています。しかし、中長期的には、中進製鉄国の追い上げ、円高の進行や需要産業の海外進出等による輸出入バランスの変化、さらには地球規模の環境・エネルギー問題の本格化等が予想され、これらに的確に対応していくことが求められています。

こうした状況下において、わが国鉄鋼業が新たな発展を遂げていくためには、生産プロセスの革新、製品の高度化、新素材の開発等に努めることが重要であると思います。

特に、生産プロセス面では、戦後、高炉の大型化、転炉製鋼、連続鋳造といった革新的技術進歩を積極的に取り入れ、今や世界で最も効率的と言われるまでになっています。しかし、こうした現在のプロセスも、今後の中長期的な鉄鋼需要や原料(スクラップ)環境の変化の見通し等を踏まえれば、解決していくべき構造的課題を内包してお

り、先のような革新技術に匹敵する「次世代の製鉄プロセス」の開発が求められていると言えます。

また、製品の高度化、新素材の開発といった面では、産業社会の多様化・高級化するニーズに対応し、加工組立等の需要産業の高度化を支えていくためにも、プロダクトミックスの高度化を図るとともに、製品のファインスティール化を追求する必要があります。

この他、製鉄所が有している設備・技術等のポテンシャルを生かしながら、都市の機能を総合的に支援するシステムを構築することにより、都市問題の解決、製鉄所と周辺地域の共生を目指すような取り組みにも期待されるところです。

このように、鉄鋼業が今後直面する諸課題を解決していくために、“技術”のもつ意義はますます大きくなっており、今や鉄鋼業にとって、「新たな技術の時代」を迎えていると言っても過言ではないと思います。

The Japan Research and Development Center for Metals

JRCM NEWS/第74号(Vol.7 No.9)

本書の内容を無断で複製複製転載することを禁じます

発行 1992年12月1日
 編集人 財団法人 金属系材料研究開発センター広報委員会
 発行人 鍵本 潔
 発行所 財団法人 金属系材料研究開発センター
 〒105 東京都港区西新橋1-7-2 虎ノ門高木ビル2F
 TEL (03)3592-1282(代) / FAX (03)3592-1285

「傾斜機能材料の研究の現状と今後の展開」

科学技術庁 航空宇宙技術研究所角田支所
ロケット高空性能研究室長 工学博士 新野正之

1. はじめに

スペースプレーンの実現には超高温にさらされ、しかも非常に大きな内部温度差が生ずる環境に耐える超耐熱材料の開発が不可欠である。このような要求に基づき、わが国で『傾斜機能材料』(FGM)という全く新しい材料の概念が生まれた。

熱応力緩和を例に傾斜機能材料の概念の模式図を図-1に示す。これは、数千度の高温ガスに接する面にはセラミックスを配して耐熱性を与え、冷却を行う面には金属材料を配して熱伝導性と機械的強度を与えて、その間の組成や組織及び空孔率が、最適な分布になるように材料の合成を行うことにより、熱応力を積極的に緩和させようというものである。

昭和62年度より科学技術振興調整費のもとで超耐熱材料開発を指向した「熱応力緩和のための傾斜機能材料開発の基盤技術に関する研究」が実施された¹⁾。研究期間は、第I期が昭和62年度から平成元年度までの3カ年、第II期が平成2年度から平成3年度までの2カ年の計5年間であった。

2. 傾斜機能材料の研究の紹介

FGMの基盤技術確立を効率よく推進するために、将来スペースプレーンが遭遇するであろう表面最高温度2000K(約1700℃)、最大温度落差1000K(約1000℃)の熱的環境条件を開発目標に掲げ、第I期においては30mmφの小型試験片を、第II期においては

300mm角の大型試験片をそれぞれ完成させることを計画した。この計画を推進する研究開発体制として、図-2のようなデータベースを核とした独立した3つの技術部門の体制を組んだ。即ち、先述の開発目標を受けて熱応力が最少になる最適な傾斜組成を見出す材料設計部門、設計部門からの設計指針を受け、各種の革新的合成技術を駆使し傾斜機能材料を実現する構造制御部門、そして特性評価部門は提供された試験片を種々の評価試験にかけ特性データを取得し、その結果を新しい材料設計に反映させる体制をとった。

3部門から得られたデータは航空宇宙技術研究所のFGMデータベースに蓄積され、このデータベースを軸に3部門が有機的連携をとり開発を進めた。

3. FGMプロジェクト第II期の成果

第II期においては、第I期の研究成果²⁾をもとに、複雑形状傾斜機能材料及び構造体としての実証をする300mm角の大型FGMの完成を目指した。

まず、第II期における開発の経過を記す³⁾。設計部門としてはFGM材料設計理論を確立するために、粒子系FGMを中心に各種物性値の取得に力点を置き、弾塑性解析手法を整備した。とりわけ、宇宙往還機をはじめとする極超音速飛翔体の機体構造やエンジン部材への適用は、本プロジェクト研究推進

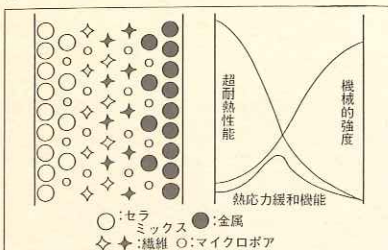


図-1 傾斜機能材料の概念図

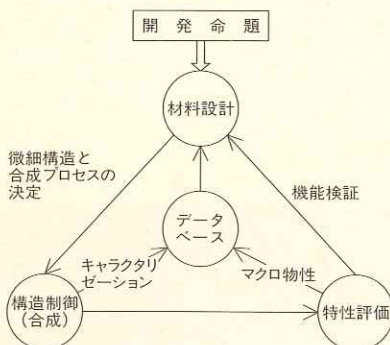


図-2 傾斜機能材料の研究体制

の重要な駆動力であるから、大型実環境試験を第II期の最終ゴールと位置づけ、これを実現するための高速気流曝露下での熱・構造解析技術の開発及び大型試験片の試作、実環境試験法の確立にも積極的に取り組んだ。

また、合成部門での大型FGMとしては、図-3に示すスペースプレーンにおける機体、エンジンの代表的な部位に対応した基本的材料形状を設定した。即ちノーズコーンに対応した半球形状、機体、エンジンの前縁部に対応した中空円筒、舵面、エンジン内壁に対応した平板形状等である。

これらの大型供試体を完成させるために物理・化学蒸着法、積層法、溶射法及び自己発熱反応法の各要素技術の高度化と組み合わせ技術の研究を進めた。即ち、現実の複雑形状に対応するためにも三次元傾斜化技術についてもめどを立てた。また基礎合成部門としては、宇宙での適用に対処し新しい素材組み合わせも含め、軽量化、耐環境性付与等の研究に力を入れた。

特に、大型供試体は実環境試験に供するため、冷却構造をとることになりFGM加工技術が重要課題になった。冷却構造体の設計からFGMと既存材の接合、加工問題と間口の広い課題を抱えており、設計、合成、評価3部門にわたるワーキンググループを構成して問題解決に当たった。写真-1は完成した冷却構造体である。

次に評価部門について述べる。最終の大型実環境試験は経費、スケジュールの面で多くの試験を実施することは不可能であり、そこで実環境試験が抱える多くの要素技術を抽出し、事前に30φの小型試験片レベルでスクリーニング試験として実施した。それが熱衝

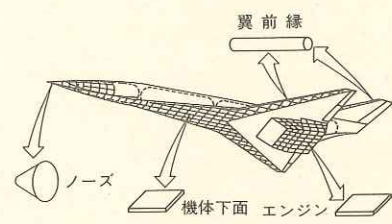


図-3 模擬対象実環境 (スペースプレーン)

撃、熱疲労、エロージョン・コロージョン、アーク加熱試験等である。小型試験片での成果と大型試験片の橋渡しする技術として欠かせないのが定量的非破壊検査技術である。X線、超音波、AE等多方面の技術を駆使してこの分野の技術的見通しを得た。実環境試験は使用部位により多くの試験が考えられるが試験片の制約から最も普遍的な熱環境が実現できる高温ガス流による評価試験を実施し、各種冷却構造FGMについてその健全性を確認した。写真-2は試験時の様子である。

4. FGMの今後の展開

本プロジェクトに寄せる内外の関心は極めて高く、傾斜機能材料研究の輪を大きく広げるため、科学技術庁が中心となって昭和63年2月に傾斜機能材料研究会を発足させた。

本研究会では、ワークショップやシンポジウムを開催し、またFGMニュースを発行してその活動を広げてきている。さらに一昨年、初の国際シンポジウムを仙台で開催し、内外から400名を超える多数の研究者が集い、傾斜機能材料へ寄せる期待の大きさをみせつけた。さらに本年11月に、米国・サンフランシスコにおいて、第2回の国際シンポジウムが第1回以上の規模で開催された。また、外国の研究者からも本会への参加の問い合わせが相次ぐ等、傾斜機能材料の研究が広く海外へも広がり始めていることをうかがわせるものである。傾斜機能材料はここで紹介した航空宇宙分野以外にも、核融合、エレクトロニクス、生体材料等多くの分野への適用が可能であると考えられており、今後のより一層の発展が期待されている。

21世紀は情報・宇宙時代と言われており、高度な技術革新が要求される一方、世界的には人口増大問題への対応、国内的には高齢化社会への対応がクローズアップされ、地球的、宇宙的視野に立ったアプローチが必要となっている。とりわけ、環境汚染の防止、地球資源の保護は急務とされ、その対策として地球資源の有効な利用及び宇

宙を積極的に活用したクリーンエネルギーの開発が急がれる。

この新時代の要請に幅広く応えるべく、わが国の独創的アイデアである傾斜機能材料の概念を適用した高性能のエネルギー変換材料の実現を目指し、科学技術振興調整費により、今年度、調査、検討を着手した。

5. FGMパートII—宇宙と原子力の融合を目指して—

高効率エネルギー変換技術開発を進めるに当たり、連続的な組成の傾斜化により与えられる傾斜ポテンシャル構造に基づき、電気的、光学的、熱的、機械的マクロ物性を予測する理論的、実験的な研究の動向調査及びエネルギー変換素子及び周辺構造を含めたシステム性能の最適設計を確立するために必要な関連研究の動向調査を行う。

上記の最適傾斜ポテンシャル設計理論に基づき、光電、熱電、核熱変換及びその他の各種エネルギー機能変換の形態を探るとともに、傾斜構造によりエネルギー変換素子を形成するための材料創製技術、膜堆積技術及びドーパ濃度制御技術等の研究調査を行う。図-4にはFGMによるエネルギー変換効率増大の原理を示す。さらに素子間、素子、電極、基盤間の低エネルギー損

失接合技術、熱応力緩和接合技術等、素子形成に関わる傾斜構造制御技術の現状を調査する。また、変換効率を左右する傾斜構造の分子論的同一、電子物性、光物性の評価手法、熱的、機械的特性の評価手法及び各種変換素子を集積した状態での最終のエネルギー変換効率を評価する手法の調査を行う。

来るべき21世紀は、人類の活動領域

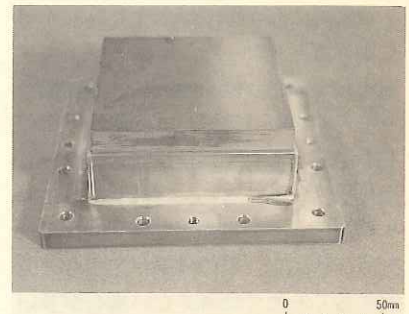


写真-1 SiC/TiC系FGM供試体〜無酸素銅製冷却パネルの接合後の形状

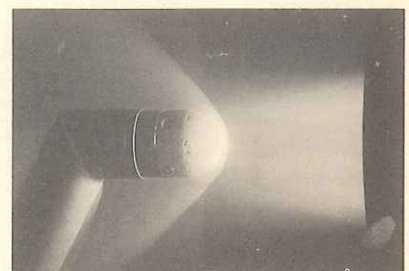


写真-2 半球形状FGMを用いた高温ガス流評価試験

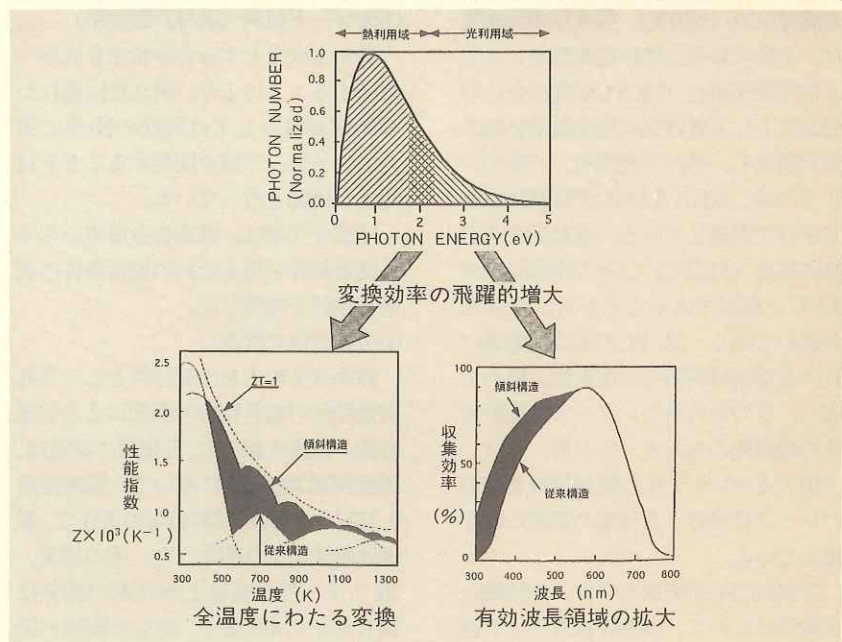


図-4 傾斜構造によるエネルギー変換効率の増大

は地球軌道から月面、火星そして太陽系を越えた深宇宙へと広がる。そこでは、太陽光はもとより、原子力も必須のエネルギー源となる。これらをエネルギー源とし、FGM技術を中軸に据えた高効率エネルギー変換材料開発は極めて重要な役割を占めることになる。図-5には、目標としている超高効率複合エネルギー変換システムを示す。また同時にわが国ではあまり協同作業をすることがなかった宇宙と原子力の巨大科学分野が手を組むことも前提となってくる⁴⁾。もちろん、基盤の学術研究を指向する科学技術振興調整費でこれら全般をカバーすることはできない。ややもすると通常の基礎研究は、それだけに終始し、その成果が応用へと発展することまでは考えない場合が多いが、FGMパートIIでは基礎研究は科学技術振興調整費で推進し、そこから生まれる応用的研究開発は随時ユーザ

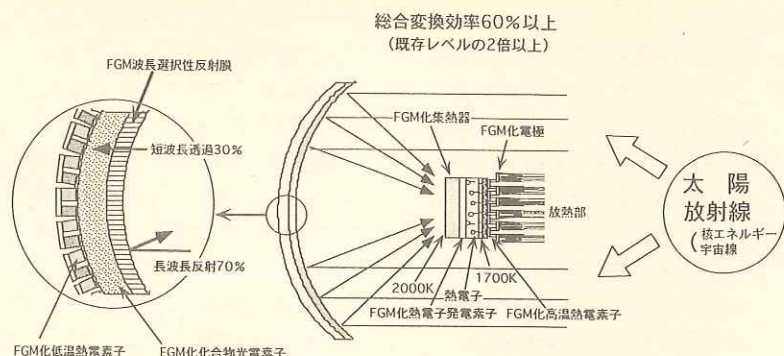


図-5 超高効率複合エネルギー変換システム

一、事業体レベルで分担する体制を整えたいと考えている。今後とも関係各位のご理解とご協力をお願いする次第である。

参考文献

- 1) 昭和61年度科学技術振興調整費調査報告書、科学技術庁・研究開発局 (1987年3月)
- 2) 「熱応力緩和のための傾斜機能材料開発の基盤技術に関する研究」

第I期成果報告書、傾斜機能材料研究会版 (1991年5月)

- 3) 「熱応力緩和のための傾斜機能材料開発の基盤技術に関する研究」第II期成果報告書、傾斜機能材料研究会版 (1992年10月)
- 4) 平成4年度FGM国内シンポジウム前刷集、傾斜機能材料研究会版 (1992年10月)

平成3年度研究成果報告 「溶融炭酸塩型燃料電池材料技術開発」の概要 (NEDO委託事業)

本研究は、新発電システムの実用化開発を目的に、通商産業省工業技術院のムーンライト計画の一環として、昭和63年から新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) 殿より委託を受け、溶融炭酸塩型燃料電池発電システム技術研究組合 (MCFC研究組合) の組合員として燃料電池用金属系材料の研究開発を、(株)神戸製鋼所、三菱マテリアル(株)、NKK及び日新製鋼(株)の協力を得て実施している。溶融炭酸塩型燃料電池 (MCFC) はその作動温度が650℃と高温であることから、腐食性が極めて強く、MCFCの実用化開発における電池材料開発の重要性は極めて高い。そのため当センターでは高耐食性で経済性のあるカソード用、アノード用、セパレータ用の新規材料及びセパレータ材料めっき技術の開発に取り組んでいる。

なおMCFC研究組合では、赤城総合試験所において、100kW級スタック運転研究を実施しており、1MW級シス

テムの開発を最終ターゲットとしている。

以下に、当センターでの平成3年度の研究概要を紹介する。

(1)カソード材料 (株)神戸製鋼所

鉄を主成分とする合金粉末を成形・焼結することにより、耐久性に優れかつ電極活性としては現状のNi系に劣らないカソード材を開発することを目標とし研究を行っている。

平成3年度は、鉄系合金粉末から多孔質焼結体を得るための製造条件の最適化検討を実施した。

①分極性能の改善

鉄系合金粉末を出発材料とし、多孔質焼結体の細孔特性の調節による分極性能の改善を試みた。分極値の測定は、運転開始200時間において、電流密度0.15V/cm²、O₂利用率40%の条件で、電流遮断法により測定した。その結果、IRフリーの分極値と細孔率の関係は細孔率が0.6程度で、最も分極値が低下することがわかった。但し、同一系

件におけるニッケルで150~180mV程度の値が得られた。

②導電率向上の検討

IR損失の大きさがニッケルの3倍程度に上がっているため、異種金属塩 (Zn, Ni, Mn, Ag, Co) を含浸法で5~15wt.%添加し、還元焼成し、カソード雰囲気置かれた状態での導電率の向上を試みた。しかし、期待された導電率の向上は認められなかった。

③IR分極値と細孔特性との相関性の検討

鉄系カソードのIRフリー分極値が、細孔特性に起因しているかどうかを再検討するため、鉄/ニッケル粉末の混合比率を種々変えて成形・焼成した焼結体を用いた分極測定を開始した。

今後、細孔特性の改善によるIRフリー分極値の低下を目指し、気孔率と細孔径分布を制御していく。さらに多孔質焼結体カソードを試作し、電池内外の特性評価を実施する。

(2)アノード材料 (三菱マテリアル(株))

燃料電池の構成部材の1つであるアノード材に関し、現用Ni系の代替材料として、銅を多く含有するNi系合金粉末からなる成形・焼結材の特性を評価

し、経済性のあるアノード材を開発することを目標とし研究を行っている。

平成3年度は、前年度までの組成探索研究の結果から開発材として、Ni-45%Cu-5%Al合金を選定し、製作したアノードの微細構造と発電特性との相関性を検討した。その結果、気孔率が発電特性に最も効果のある微細構造因子であり、タップ密度が気孔率に最も効果のある粉体特性因子であることが明らかとなった。気孔率70%の開発材アノードを用いた単電池の性能はアノードガス利用率20%、カソードガス利用率20%、電流密度150mA・cm⁻²のとき0.825Vであった。

今後は、さらに耐クリープ性及び発電性能の特性を評価するとともに、内部酸化条件の検討を実施していく。

(3)セパレータ材料(NKK)

燃料電池のセパレータ材として、十分な耐食性と導電性をもち、しかも加工性にも優れた材料を開発することを目標とし、Ni-Cr-Fe系合金の最適化の研究を行っている。

平成3年度は、以下の項目について検討した。

①Ni-Cr-Fe系合金の長時間時効材を用いて、マイクロ組織及び耐食性の調整を行った。その結果、650℃で2万時間

相当の時効材ではマイクロ組織の変化によると思われる耐食性の劣化が若干観察された。そこで、合金のNi、Al含有量を微調整し、4万時間を超えてもマイクロ組織に大きな変化を生じない成分系とし、この問題を解決した。

②Ti系合金を用いて、特殊な圧延方法で広幅薄板を製造する可能性について検討した。その結果、本合金系材料の薄板製造は可能であるものの、製造効率、コストの点で問題が多く、セパレータ材料としては現実的でないことが示された。

③電池試験装置による特性評価のため市販の電池部品を用いた発電試験を継続した。

④Ni-Cr-Fe系合金の熱間加工評価試験を行った結果、本合金系材料は十分な熱間加工性を有することが示された。

今後は、開発材を使用したアノード、カソード環境下における耐食性を中心に検討していく。

(4)セパレータ材料めっき技術(日新製鋼株)

セパレータで最も腐食の激しいウエットシール部に電気Alめっきを施すことにより腐食を抑制し、セパレータとしての機能を保持しつつ信頼性向上、低コスト化を図ることを目標とし研究を行っている。平成3年度は以下

の項目について検討した。

①電気Alめっき技術の検討

本研究では、めっきされたNiとAlが後工程の熱処理によって耐食性に良好な金属間化合物を形成することが重要である。300mm角めっき材の拡散処理では、同一サンプル上において温度分布等の差が生じ、拡散層の組成、構造が不均一になることが予想される。そのため熱処理時における温度、昇温速度、均熱時間及び雰囲気ガスの拡散層に及ぼす影響を検討し、熱処理条件の許容範囲を明らかにした。

②耐食性評価

Al/Ni拡散処理材を用い、MCFCの運転状況を想定したアノード及びカソード雰囲気中における100時間の分極下腐食試験を行った。その結果、Al/Ni拡散処理材は、いずれの環境下においても優れた耐食性を示し、特にアノード雰囲気下での電流密度は、SUS310Sの約1/100であった。また、Al-Ni系金属間化合物のバルク材の浸漬試験による耐食性評価を行った結果、AlNi₃及びAl₃Ni₂は優れた耐食性を示した。

今後は、実装セパレータを想定した加工部を有する材料におけるめっきのつき回り性及び大型化に伴うめっき膜厚の均一化等について検討していく。

■第75回広報委員会

日時 11月9日(月) 16:00~17:30

議題 JRCM NEWSの内容について

■調査委員会

●第3回電磁力利用調査部会

日時 10月19日(月) 13:30~16:30

議題1 海外調査計画

2 各社からの提案説明

3 今後の進め方

講演 「高周波誘導加熱用電源の現況」

(株)東芝産業電機システム技術部

主査 井家仁氏

●第4回電磁力利用調査部会

日時 11月11日(水) 12:00~16:30

議題1 第3回調査部会議事録の確認

2 提案テーマの各社評価結果

3 テーマの絞り込み

4 JETRO海外調査用資料の検討

●不純物元素の影響調査委員会

第1回WG-1

日時 11月10日(火) 13:30~16:30

議題1 各WGの進捗状況

2 報告書フォーマット原案作成他

■第3回燃料電池材料技術評価委員会

日時 11月4日(水) 13:30~17:00

議題1 各社材料データの整理状況報告(各社報告)

2 今後の具体的な活動内容

講演 「スタックメーカーからの材料開発への期待」

(1)電極について

(株)日立製作所 竹内委員

(2)アノード/セパレータについて

石川島播磨重工業(株) 佐藤委員

(3)電力(ユーザー)の立場からの材料開発への期待

電力中央研究所 麦倉委員

■石油生産用部材技術委員会

●専門部会合同小委員会

日時 11月13日(金) 13:00~15:00

議題 長尺管フィールドテストについて

(1)AGIP折衝状況

(2)その他のフィールドテスト折衝状況

●第4回専門部会

日時 12月16日(水) 13:30~16:30

議題1 フィールドテスト計画について(JRCM)

2 特許出願作業の進捗状況(関係各社)

3 海外発表の進捗状況及びその概要

4 研究成果の応用分野の調査計画について他

■第51回新素材関連団体連絡会

日時 10月22日(木) 12:00~14:00

議題 新素材のトピックス

(学会、講演会、展覧会等)

事務局の人事異動 と 新人紹介

〔人事異動〕

平成4年10月31日付

	(新)	(旧)
長浜 肇	(株)神戸製鋼所 出向(株)大沢 商店取締役・ 営業本部長	研究開発部次 長兼国際課長

平成4年11月1日付

川崎敏夫	研究開発部 国際課長	住友金属鉱山 (株)研究開発本 部開発企画部 参事
------	---------------	------------------------------------

平成4年11月5日付

四熊宗方	日立金属(株) 秘書室主任 部員	総務部総務課長
------	------------------------	---------

平成4年11月6日付

藤野泰弘	総務部総務 課長	総務部課長
------	-------------	-------

〔新人紹介〕

- ①出生地 ②西暦生年月日 ③最終学歴
④職歴 ⑤仕事に対する期待 ⑥趣味等

かわさきとしお
川崎敏夫

①大阪府岸和田市

②1943年10月14日

③早稲田大学理工学部

④住友金属鉱山(株)研究

開発本部開発企画部参事

⑤未経験分野、新職場に早く慣れるよ
うにしたい。



山本理事長、栄えの藍綬褒章受章



平成4年度秋季褒章受章者が11月3日付で発表されました。当センターの、山本全作理事長(新日本製鐵(株)常任顧問)は、長年にわたり鉄鋼業の発展に貢献されたことで藍綬褒章を受章されました。栄えあるご受章を心からお祝い申し上げます。

なお、伝達式は11月17日通商産業省で行われ、翌18日皇居豊明殿で天皇・皇后両陛下に拝謁しました。

(株)アリシウム 4トン規模炉の完成披露を行う

去る11月20日(株)アリシウム(社長 村門博)は、四日市研究所において政府及び業界関係者多数参加のもとに4トン規模炉の完成披露を行った。

(株)アリシウムは、高比強度材料のアルミ・リチウム合金を研究開発するために、政府機関である基盤技術研究促進センターを主力として軽圧7社(住友軽金属工業(株)、(株)神戸製鋼所、古河アルミニウム工業(株)、昭和アルミニウム(株)、日本軽金属(株)、スカイアルミニウム(株)、三菱アルミニウム(株))が共同出資して平成元年に設立されたものである。

アルミ・リチウム合金は、既存のアルミ合金に比べて密度を小さくでき、比強度と比弾性を向上させ得る新素材で、次世代の高速・高効率輸送システム用材料としてその実用化が大いに期待されている。しかし、リチウムは極めて活性な金属で、溶解鑄造過程で耐火材料を侵食し、溶湯が酸化されやすく、また水分と反応して水素ガスを吸収しやすい等の問題があり、従来の溶解鑄造プロセスそのままでは使えない。

今回稼働した4トン規模炉は、このような課題に挑戦して設計されたものであり、基礎及び要素研究のために導入した200kg炉による研究成果をもとに改良を加えて完成したものである。

その特徴は、アルミ・リチウム合金用に新しく開発した耐火材を使用し、

真空排気後にアルゴン置換で不活性雰囲気状態とし、高周波誘導で溶解した溶湯を傾動式により出湯し、直接鑄造を行うことができるようになっている。この種の炉としては国内最大級の容量で、鑄造に至る密閉プロセスはアルミ業界として画期的なものといえることができる。

この完成によりわが国で初めて軽圧各社の圧延機に供し得る本格的リチウム合金鑄塊の製造が可能となり、(株)アリシウムは次のステップとしての実証研究へ一歩踏み出したことになる。なお、鑄塊サイズはスラブで1,000×400×3,000mmピレットで400~500φmmを予定している。

式後の懇親会では、通商産業省、基盤技術研究促進センターに続き、JRCM山本理事長からお祝いと励ましの挨拶があった。

