

主要記事

- 溶融炭酸塩型燃料電池(MCFC)用材料の研究開発……P 2
- 東南アジアのあるアングル……P 4

TODAY

## 持続可能発展のためのエコデザイン



東京大学生産技術研究所  
教授 山本良一

地名	2030年	2050年	2100年
大連	152	228	418
葫蘆島	212	318	583
秦皇島	180.8	271.2	497.2
塘沽	472	708	1298
煙台	108	162	297
青島	152	228	418
吳松	288	432	792
厦門	256	384	704
東山	288	432	792
閩坡	280	420	770
平均	238.8	358.2	656.7

21世紀の中国東部沿海海面上昇予測値(mm)

4月に筆者にとっては23回目の中国訪問をして帰国したばかりである。今回は北京、成都に滞在した。成都では四川連合大学で講義をし、郊外の仏教と道教の聖地として名高い峨嵋山、青城山に登り、また2,300年前の水利施設として著名な都江堰を見学することができた。成都から峨嵋山までのドライブ中に、沿海部の経済発展の余波は、遠く四川省の農村部にまで及んでいることを痛感した次第である。

北京では清代創業のレストラン「同和居」に招待され、中国工程院副院長 師昌緒先生、中国材料研究学会(C-MRS)会長 李恒徳先生等から中国の現状と将来についてお話をうかがう機会を得た。21世紀はアジアの、とりわけ中国の世紀となるとの自信に満ちたお話であった。1840年のアヘン戦争以降の中国の歴史を振り返り、現在の急速な国力の伸長を考えれば、75歳を超えたお二人の長老のお話は首肯できるものであった。

中国は科学技術全般について、「863」という名前の国家プロジェクトを10年間走らせ、今年から5年間、継続プロジェクトを実施したあと、21世紀初頭には「スーパー863」(仮称)という壮大なプロジェクトを企画中とのことである。

また、北京では、『中国：もう一つの危機』とい

う題の本を刊行し、環境・資源問題を詳細なデータに基づいて鋭く分析し、中国の将来に警鐘を鳴らして注目されている作家、徐剛氏と幸運にもお会いすることができた。氏は上海近郊の農村の生まれで、北京大学・中国文学を卒業した、まだ50歳の詩人である。人口の増加と教育の質の低下、急速な経済発展と環境の悪化、8,000万の貧農、耕地の減少と砂漠化の進行等々、調査に基づく具体的な数値を挙げての話には本当に迫力があり魅了されてしまった。経済成長へ向かっての12億の突進はどのような結果をもたらすのか。だれにも止めることができない以上、いかに持続可能なものとするかが大問題であると考えざるを得なかった。

中国の一部の研究者が次第に持続可能発展に目を向けつつあることは事実である。1994年には北京大学に持続可能発展研究センターが設立され、エコマテリアルが今年から国家重点プロジェクトに取り上げられているのはそのあらわれである。製品のライフサイクル全体での環境負荷を最小になるように、環境に配慮した設計(エコデザイン)をいかに行うか、どこまで徹底できるか、アジア各国にいかに普及させるかが、持続可能発展の成否を決めるように思われてならなかった。

## 熔融炭酸塩型燃料電池(MCFC)用材料の研究開発

燃料電池は、アルカリ型(AFC)、リン酸型(PAFC)、熔融炭酸塩型(MCFC)、固体電解質型(SOFC)、固体高分子型(PEFC)の5タイプがあり、発電効率が高くクリーンであるため、水力、火力、原子力に続く第4世代の発電システムとして期待されている。通商産業省工業技術院殿のニューサンシャイン計画において、実用化研究段階のPAFCに続くMCFCの研究開発が進められており、現在、1,000kW級パイロットプラントの建設中である。本研究開発は、将来のMCFCの高性能化、長寿命化及び低コスト化に資することを目的に、新しい電池材料技術の開発を行うもので、作動温度650℃前後の高温で電池本体の主要な構成部材の1つである熔融状態の炭酸塩に対し、十分な耐食性を有する材料の開発と表面改質技術の確立が研究課題である。現在は、電池本体の構成部材であるアノード電極用材料並びにセパレータ用材料の開発、そしてセパレータについてはさらに、その表面性能向上のためのめっき技術の適用についての研究を進めている。

電池本体の構造は、通常、炭酸塩からなる平板の電解質板の上下に、電池の陰陽の電極となるアノード(燃料極)とカソード(空気極)を積み重ね、さらにそのおのおのの外側に、発電用燃料となる水素(H<sub>2</sub>)をアノードに供給し、また、カソードに酸素(O<sub>2</sub>、通常空気を供給)と二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)とを供給するための経路(溝)が設けられたセパレータからなり、模式的に示すと図-1<sup>1)</sup>のようになる。図-1はすなわち、単位電池(セル)の構成を示したもので、発電には必要とされる発

電容量に応じ、このセルを何段にも積み重ねた構造をもつスタックが用いられる。

MCFCの発電原理は、通常、図-2<sup>1)</sup>の化学反応で示される。このようにMCFCは、PAFCのほか、その他の燃料電池と同様、従来タイプのタービン型発電とは異なり、化学反応を利用した静的な直接発電であるため、

- ①タービンを運転するのに消費される運動エネルギーを必要とせず、発電効率がよい。
- ②振動、騒音が少なく、発電に伴う副生成物も水でありクリーンである。また、水素を精製する改質器を併設すれば、天然ガス、ナフサ、メタノール等から燃料である水素を供給することが可能であるため燃料供給が安定であり、しかも、電力需要に応じて小規模なものから大規模なものまで、発電効率を下げることなく発電設備の建設が可能である。

LNGを燃料とした基本的な燃料電池の発電システムの一例を図-3<sup>1)</sup>に示す。「燃料改質系」ユニットでLNGより水素が精製され、「スタック及び周辺系」ユニットに構成される燃料電池スタック中のアノードに供給される。先に示した発電原理により得られた直流電流は、インバータにより交流電流として利用される。スタックから排出される高温の排ガスは、改質器での反応促進のため再利用されたり、あるいは「排熱回収系」ユニットで示されるように、タービン発電機を併設することによりコージェネレーション発電システムとしても利用することができる。

JRCMは、MCFCの実用化を目指す

新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)殿の研究委託を受けた熔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)殿の分担研究として、昭和62年度より平成11年度までの13年間の予定で燃料電池用金属系材料の開発を担当実施しており、現在は、下記の金属材料メーカー3社と協力しながら、開発した材料並びに表面改質技術の評価段階にあり、以下のような研究成果を収めている。

### 銅系アノード

#### [三菱マテリアル(株)]

Niアノードの代替材料として、低コストかつ高電流密度運転条件下での優れた安定性が期待されるCu系アノードの開発を行っている。Cu系材料のアノードとしての問題点は、Ni系合金と比較して低いクリープ強度であるが、現在までの研究により、Cu-Ni-Al合金粉を酸化還元の2段階焼結し、内部に酸化物が分散した多孔体とすることによりNi合金とほぼ同等のクリープ強度をもつアノードを作製した。平成7年度には高温・高負荷(～750℃、～10kg/cm<sup>2</sup>)条件での加速クリープ試験を行い、Cu-Ni-Alアノードのクリープは十分に小さく、高負荷(10kg/cm<sup>2</sup>)の場合でも変形の進行は短時間(1,000h以内)でほぼ飽和することを確認した。

さらに電気化学的試験を行った結果、Cu-Ni-Al合金のアノード模擬雰囲気での溶解電位はNiよりも貴であり、高電流密度運転対応条件下ではNi系アノードよりも安定である可能性が示された。今後、高電流密度運転対応条件下でのCu-Ni-Alアノードの安定性に関するデータを蓄積するとともに、

小型電池試験による性能評価を実施する。

## ニッケル基合金セパレータ [NKK]

Niクラッドステンレス鋼セパレータ材の代替として、クラッド加工に要するコスト低減のため、クラッドの不要な耐食Ni基合金の開発を進めている。これまでの研究により目標を満足する耐食性を有し、加工性、溶接性も既存のステンレス鋼とほぼ同等の30%Cr-45%Ni-1%Al-0.03%Y-Fe合金を得

た。今後の研究課題としては、表面に形成される皮膜の電気抵抗性並びに炭酸塩への消耗性の把握であり、またその評価技術の確立にある。現在、重点的に研究を進めている。平成7年度はこの開発合金で約400mm幅の薄板を試作し、高温強度、熱定数、加工成形性等の諸特性がSUS316鋼と同等であることを確認した。

また、Li/K系炭酸塩を塗布した試験片を模擬環境で高温保持し、保持後の炭酸塩中に含まれる元素の分析を行

った結果、Ni系合金開発材はほとんどLi炭酸塩を消耗させないという特徴的な結果を得た。今後ともこの点については確認試験を続け、また、皮膜抵抗についても評価を行っていく予定である。そして当該開発材料でセパレータを試作し、小型電池試験による性能評価を開始した。

## セパレータめっき技術 [日新製鋼株]

熔融炭酸塩が直接接触するセル周囲のセパレータウエットシール部では熔融塩による腐食がきびしく、その耐食処理として、SUS310S鋼表面に高耐食なAl-Ni系の金属間化合物を形成するための、電気めっきと熱処理を組み合わせたプロセスを検討している。母材にNi及びAlを適正な厚さでめっきを行い、Al、Ni並びに母材間の相互拡散を目的とした熱処理を行うことにより、表面にAl-Ni系の金属間化合物を形成する技術を確認した。この表面処理材に対し、表面層の長時間安定性、処理材の溶接性の評価を検討し、平成7年度には、SUS310S鋼を母材としためっき/拡散処理材について10,000hを超える炭酸塩中での浸漬試験(650℃)、10,000hまでの大気中加熱試験(650~750℃)及びTIG溶接試験を行った。その結果、長時間の浸漬や大気加熱によりAl-Ni層は安定であること、さらに、表面処理材は適正な溶接条件により健全な溶接が可能であることが示された。

また、400mm角のめっき/拡散処理セパレータを試作した。今後、長時間加熱による金属間化合物構造の経時変化のメカニズムを検討するとともに、当該開発処理材でセパレータを試作し、小型電池試験の準備を完了した。

### 引用文献

- 1) MCFC研究組合パンフレット：「未来を支える化学力発電 熔融炭酸塩型燃料電池の実用化をめざして」

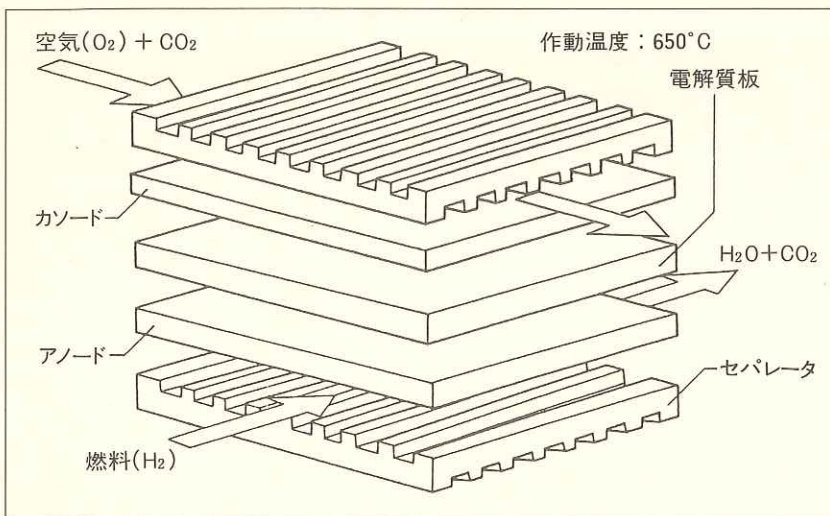


図-1 単位電池（セル）の構成

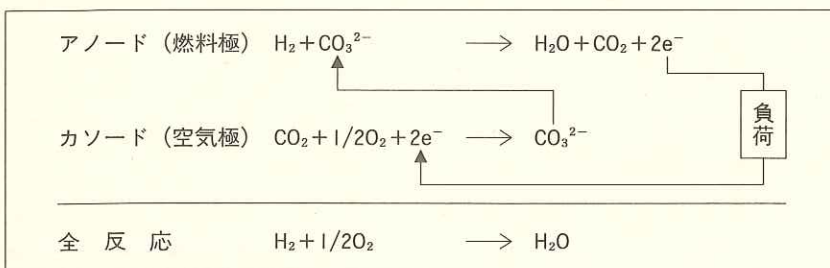


図-2 MCFCの発電原理

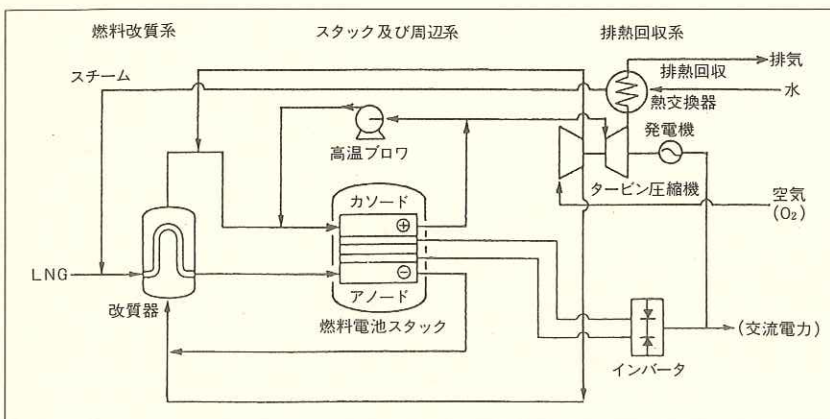


図-3 発電システム

# 東南アジアのあるアングル

— 新製鋼プロセス・フォーラム海外調査 —

NKK 総合材料技術研究所 山田健三

去る2月22日から3月6日にかけてわれわれは東南アジア地域における鉄鋼業及び鉄源需給の現状と今後の動向について、新製鋼プロジェクトの研究成果の適用の可能性をも考慮しながら、同地域の諸国（別表参照）を調査してきた。昨今の同地域の経済成長は目覚ましく、それに伴い鉄鋼産業の伸びも著しい。粗鋼生産量は93年実績で700万トンに達し、ここ10年で約3.3倍の伸びを示しているが、鉄鋼需要のほうはさらにその倍以上であり、従って相当量を輸入している。そのなかで、電気炉等製鉄プロセスの設備投資計画が進められている。鉄源としてのスクラップが不足しているため、それに代わる直接還元鉄を製造するプロセスの導入を図っているところもある。

今回訪問した各国の少なくとも首都をみると、高層ビルが立ち並びその間を高速道路が走り、欧米の主要都市と見紛うばかりである。しかし、GNPにみられるように国による経済活動レベルの差は大きく、かつそれぞれの国においても地域の差が大きいように見受けられた。

そのなかで特に注目される国はシンガポールであろう。香港が中国に返還されると、シンガポールは東南アジアにおける頭脳的役割をより強く担うようになると思われる。アジアでは東南

アジア諸国連合（ASEAN）、アジア太平洋経済協力会議（APEC）、東アジア経済会議（EAEC）等、地域間の経済協力の輪がいくつかあり、活発な各国の連携が注目されているが、その本部所在地、情報収集の核がシンガポールである。インドネシアでのAPECの成功には同国の働きが大きく寄与しているといわれている。

各国とも高い経済成長を示しており、高層ビルの建築、道路網等のインフラ整備が活発であり、かつ所得向上による自動車・家電等の普及により鉄鋼需要が急伸している。しかし各国とも鉄鋼の自給率は低く、その向上が課題となっている。特にタイ、マレーシアでは50%を切っている。

従って、鉄鋼増産の機運が高い。設備の増強はかつての日本のように、ピレット・スラブ等半製品を輸入し、圧延・加工する後工程の増強が優先しているが、最近は製鋼工程の増強にも力が入っている。製鋼工程の強化に伴って鉄源不足問題が顕在化している。

東南アジア諸国の製鉄での今後における最大の課題は、鉄源調達にあるとみられる。スクラップの海外からの調達はこの10年間で大きく伸びており、94年の輸入総量は1,000万トンレベルに達している。今回の調査で明らかになった完成間近な製鋼工場、建設中もしくは建設が決定した製鋼工場の能力は台湾とタイがそれぞれ600万トン、マレーシアが100万トンと合計で1,000万トンを超えている。従って、21世紀の初めに今回訪問した諸国だけで、スクラップを主体とした鉄源の需要が1,000万トンを超えることは確実であろう。

このため、還元鉄や高炉法による一貫製鉄の構想も検討されているが、新

設にはインフラ整備を含め多額の設備投資が必要であり、実現には困難がある。

国内発生スクラップは発展途上の国においては加工層は多いものの、鉄鋼の蓄積が少なく当然老廃屑の発生も少ない。スクラップの処理は切断と手選別が主体であり、シュレッダーは例外的である。インドネシアではアセチレンバーナー等を用いて、丁寧に銅線、アルミ、ステンレスが分離されていた。現状は棒鋼・線材主体の製鋼なので、この程度の処理で不純物レベルが許容されている。しかしマレーシアやタイにおける薄鋼板の製造の構想があり、将来は銅や錫の不純物問題がクローズアップされると思われる。新製鋼プロジェクトの成果はその時点で、改めて注目を集めよう。

JRCM調査ミッションとしての出張報告の一端を述べたが、以下にはこの出張で遭遇したいくつかの出来事を中心に、エピソードを読者の笑覧に供したい。

## (1)デンパサール空港（インドネシア・バリ島）で

「ひったくりに注意」「入国審査員に言いがかりで金を要求されたときに備え、小額ドル紙幣の準備を」……旅行案内書にも書かれたインドネシア旅行の注意である。台北行きのわれわれの飛行機は、機体整備との理由で遅れに遅れて、ついに台北到着は翌朝未明の可能性が出てきた。関係先に連絡を入れようと空港事務員に相談した。すると出入国カウンターをパスして事務所に案内され、台北のホテルまで電話をつないでくれた。この出入国カウンターパスの道中でパスポートを一時預かるとのこと、不安を感じて精いっぱい

### ■訪問先一覧

国	訪問先
タイ	The Siam Cement Public Co. The Siam Iron & Steel Co.
マレーシア	Perwaja Steel Co.
シンガポール	JETRO (SINGAPORE) Nat Steel Ltd.
インドネシア	Budidharma Jakarta JETRO (JAKARTA) K Krakatau Steel
台湾	台湾区鉄鋼工業同業公会 豊興鉄鋼 海光企業



ジャカルタの訪問先にて (右から3人目が筆者)

抵抗したところ、「悪用はしないから大丈夫、あなたがパスポートをもったままどこかに消えるのを予防する処置です」といわれ驚いた。

その少し前の出来事だが、メンバーの1人が土産を空港のタクシー下車地点で置き忘れ、税関を通過後に気づきあわてて探しに戻った。皆の予測を裏切り、運良くも無事、土産袋はそのままであった。これについてはインドネシアにくわしい人ほど意外に思ったようである。

#### (2)女性に関して

東南アジアの女性とは聞かれるといろいろ答えようが、私の印象ではタイが最も美人国であった。恒例のラッシュの道を、空港と市内の移動の道々、すらっとした八頭身美人を見かけることが再三であった。このことはタイの現地事務所のスタッフも認識していた。エンターテインメント通のシンガポールの友人も、近隣では一番と賛同していた。近隣の国々と違い、顔を見ても名刺をもらっても現地系の人と中国系の人の区別がつかないほど民族の融和が進んだタイ、こんなところに美人国の秘密があるのかもしれない。

#### (3)車に関して

首都圏を見る限りモータリゼーションの進んだ国々だが、よく見ると乗用車の比率が少なく、商用車が多い。聞くと贅沢品として輸入車には高額の税金がかかり、例えばタイではトヨタのクラウンクラスの車が日本円にして800

万円もするとか。しかし、ミニトラックは格安とか。それゆえ乗用車に改造することがビジネスになっていて、改造工場がハイウエー脇にいくつも見られた。ミニトラックの荷台が見事に改造され、新しいタイプの乗用車と見紛うほどであった。

ジャカルタでは信号のない右折路で青年たちが分離帯にたむろしている。右折車の運転手から小銭をもらうと、向かってくる車に身をさらして対向車を止め、右折を誘導していた。さらに、停止した車にはお土産、スナック、飲み物を抜け目なく販売していた。

国に合ったニーズがあり、それに対応した商売があることに感心させられた。

#### (4)中国人

先述のデンパサール空港のこと、遅延の状況がわからず喧騒渦巻く待合室で、突然大きな声が出て人々が整列し始めた。見ると1人の大柄な中国人が前に立ち、あたかも校長先生のように説明を始めた。その話には中国人たちは極めて躰の良い生徒のごとく耳を傾け、話が終わると整然と退場した。「旗を先頭の団体さん」が得意なわれわれの目にも、その団体のまとまりが強い印象を与えた。

#### (5)食事に関して

マレーシアに入った日が現地中国系の人々のお正月とかで、中華レストランで特別メニューが出された。鯛やサーモンのような魚の刺し身が並べられ、大根や人参の千切り、緑黄色野菜を含め色かたちともに美しく、写真を撮る人もあった。なかなかの美人がこのお正月の料理の説

明を加えながら、テーブルで胡麻だれ風のソースで味付けして、各人の取り皿に配ってくれた。乾杯のあと、舌つづみを打つ予定であったのであるが、あまりの甘さに最初はただ驚いていた。しかし現地のめでたい正月料理ということで、結局はその奇妙な味を結構味わってしまった。いくつかのレストランでそれとよく似た不思議な甘さの料理に出くわしたので、これは東南アジアの中華人のかなり共通の好みの1つだと知った。

今回の出張と前後して、鉄に関係する出版物、『鉄鋼界』、業界紙等で期せずして東南アジア特集が掲載された。東南アジアに対する各界の関心の高さがうかがえる。多様な宗教、民族、文化をもとに織りなされる各国の実態、つかの間の訪問で知り得たとは思われないが、アジアの時代といわれる熱気は十分に感じる事ができた。急速な工業化のなかで固有文化との調和をいかに図るか、環境保全とバランスの取れた工業展開をどう志向するか等々、課題は多いと思われる。アジアのなかの日本として、経験を生かしたお手伝いが必要だと感じた。

注

- 1) 進藤邦宏(トーア・スチール)、椎名堅太郎(大同特殊鋼)、入江敏弘(山陽特殊製鋼)、松岡滋樹(JRCM)、山田健三(NKK)



インドネシアの首都ジャカルタ

## INFORMATION

### 書評 『アルミニウム合金の表面厚膜硬化技術』

アルミニウム合金はその加工性、軽量性の特性から用途が広く、特にほとんどそのすべては性能を高めるため、表面硬化等の表面処理が施されている。

JRCMでは10年来「アルミ高機能化部会」さらに「アルミニウム系製品の表面厚膜硬化技術委員会」を設け、ユーザー、メーカー、大学等の技術者、研究者が参加し、技術調査、

研究会、講演会等を開催し、さらに技術開発を行うとともにその成果報告を行ってきた。

本書はこれらの成果を集大成したもので、基礎編、応用編よりなる。特に応用編は各種プロセスを図、表、写真で明細に記述しており、この分野の技術者・研究者の必携の書といえよう。

(静岡理工科大学学長 中川龍一)



JRCM編  
編集委員長 松田福久

## ANNOUNCEMENT

### 活動報告

#### ■第34回通常理事会

日時 5月30日(木) 13:30~15:30  
議題 1 平成7年度事業報告及び収支決算  
2 委員会規程の改定 他

#### ■第40回運営委員会

日時 5月22日(木) 14:00~16:00  
議題 1 平成7年度事業報告及び収支決算  
2 委員会規程の改定 他

#### ■第116回広報委員会

日時 5月15日(木) 16:00~18:00  
議題 1 JRCM NEWS No.116編集  
2 パンフレット改訂について

#### ■第44回耐摩耗性研究委員会

日時 5月9日(木) 13:30~17:00  
議題 1 供試材の詳細内容の検討  
2 摩耗試験、試験後調査内容の確定  
3 供試材の準備状況と今後のスケジュール

#### ■第13回新製鋼プロセス・フォーラム

日時 5月16日(木) 14:30~17:30  
議題 1 平成7年度研究成果報告、事業決算  
2 平成8年度以降のフォーラム推進計画報告

#### ●第27回企画部会

日時 5月8日(木) 14:00~17:00  
議題 1 平成7年度研究成果報告、事業決算  
2 平成8年度以降のフォーラム推進計画報告

#### ●第7回財務委員会

日時 5月10日(金) 15:00~17:00  
議題 1 平成7年度決算報告及び研究の進捗状況  
2 平成8年度予算及び今後の研究の進め方

#### ■アルミニウムリサイクル技術委員会

●アルミニウムリサイクル実証検討会  
日時 5月17日(金) 13:30~17:30  
議題 1 対象スクラップの選定  
2 要素技術評価基準の作成

#### ●アルミニウムリサイクル技術部会

日時 5月20日(月) 13:30~17:30  
議題 1 平成8年度計画書及び契約の検討 他

#### ■電磁気力プロジェクト成果報告会

日時 5月14日(火) 10:00~17:00  
発表 委託研究の成果報告及び総合討論会

#### ■溶融炉利用廃棄物再資源化技術開発プロジェクト

#### ●第1回技術委員会

日時 5月28日(火) 10:00~12:00  
議題 1 平成7年度の成果報告  
2 平成8年度研究計画案の検討 他

#### ■スーパーヒーター用材料技術委員会

#### ●第42回専門家部会

日時 4月16日(火) 14:00~17日(木) 15:00  
場所 三菱重工業(株)伊豆高原クラブ  
議題 1 平成7年度研究開発成果の検討(各社)  
2 平成8年度研究開発計画について

### 編集後記

開発研究では個性豊かな個人、あるいは数人のアイデアと熱意によるところが大きく、ときには思いもよらぬ成果が得られることもある。それを弾き出さず、いかに支えるかが難問である。一方、コンピュータや高度に自動化された実験装置が手に入り、データやグラフがたくさん取れ便利になった半面、条件出しに奔走し、現象の本質

や原理が見逃されがちとなり、改良研究が多くなったように感じられる。このような研究の空洞化も課題である。年齢とともにまた無邪気になり、利益や効率をあまり心配せず、これまで困難とされていたテーマ等に挑戦するおらかな研究をしている夢に、暁まで春眠をする毎日です。(K)

広報委員会 委員長 小林邦彦  
(編集部会) 委員 安田金秋/佐藤 駿  
荒 千明/高木宣勝  
川崎敏夫/小泉 明  
佐々木晃/鹿江政二  
高倉敏男

The Japan Research and Development Center for Metals  
JRCM NEWS/第116号

本誌は地球環境保全を考慮し再生紙を使用。  
本書の内容を無断で複写複製転載することを禁じます。

発行 1996年6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 東京都港区虎ノ門一丁目26番5号 虎ノ門17森ビル6階  
TEL (03)3592-1282(代) / FAX (03)3592-1285