

JRCM REPORT

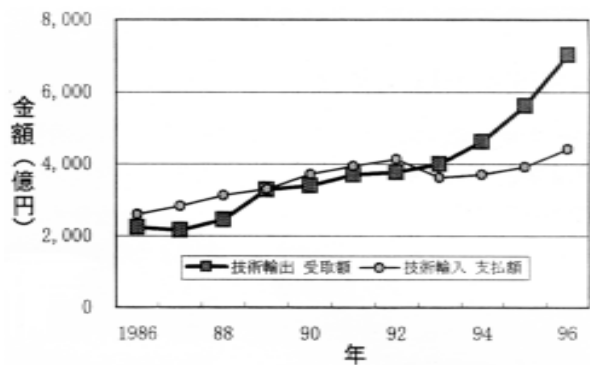
- ・スーパーメタル(アルミニウム系)研究進捗状況 p2
- ・平成10(1998)年の年間主要記事索引 p8

Today

数値いろいろ



工業技術院機械技術研究所
所長 中澤克紀



ワールドウォッチ研究所から毎年「地球データブック」が出版され、わが国でもその翻訳が出版されています。そのなかには種々のデータが出所とともに記されています。最近この種のデータの出所が重要であることに改めて気付きました。出所によってその値が異なるからです。例えば、わが国の機械工業の生産額ですが、1996年に関しては通商産業省「機械統計年報」では約68兆円ですが、通商産業省「工業統計表・産業編」では約129兆円です。また、日本機械工業連合会(日機連)が各工業会を通じて集めた調査結果では約86兆円です。日機連の結果は会計年で、通商産業省の結果は暦年であるから集計期間に違いがありますが、ひと口で機械工業の生産額と言っても、その数値は大きく異なっています。

さらにもう一例を挙げれば、技術貿易の収支です。わが国の鉄鋼業が、多くの産業が入超であった70年代後半に出超になった事実は、技術開発に賭けてきた鉄鋼業界の努力によるものであり、敬服に値するとともに他産業の励みにもなっていたと思います。この技術貿易に関しても、日銀による「国際収支統計月報」と総務庁による「科学技術研究調査

報告」があります。日銀の統計によれば、95年における輸出は5,668億円、輸入は8,881億円で、技術貿易収支比は0.64です。前年の0.62と比べれば増加していますが入超です。一方、総務庁の統計によれば同年度の輸出は5,621億円、輸入は3,917億円で技術貿易収支比は1.43と出超です。前年度の技術貿易収支比1.25と比較すればやはり増加傾向にありますが、日銀統計では入超、総務庁統計では出超になり、まったく逆の結果を示していますが、わが国からの技術輸出が増えつつあることは両統計に共通しています。

日銀統計だけをみれば、わが国はまだ外国の特許等を買ってものづくりに励んでおり、独創的技術の不足を嘆くことになりませんが、総務庁の統計だけをみれば、技術輸出が多く外国の技術に依存することが少なくなっていると考え、喜びがちです。しかし技術貿易に関しては、相手国別、業種別にみて、さらに先進諸国と比較してわが国の状況が満足すべき状況にあるかどうかを別に議論する必要があります。

この種の統計にはそれぞれの調査目的があり、

日銀の統計では外国為替の管理に主眼がおかれ、特許以外に商標、著作権等に対する対価が技術貿易に含まれているのに対し、総務庁の統計では研究開発活動の実態把握に主眼がおかれているために調査方法や調査対象が異なり、従ってその結果も異なることとなります。

前述の機械工業の生産額にしても、工業統計(指定統計第10号)と、機械統計(指定統計第11

号)では調査対象品目、調査対象事業所等が異なっています。また、日機連では、各工業会に入会している会員の生産額を集計しています。

統計にはそれぞれの目的があって調査が行われているので、同じ用語が使用されても、調査対象等が異なっていることに注意しながら数値をみなければならぬことを、遅蒔きながら感じた次第です。

JRCM REPORT

スーパーメタル(アルミニウム系)研究進捗状況

アルミニウムリサイクル技術推進部

1. 研究開発の目的と体制

航空・宇宙、輸送・エネルギーや住宅等の産業分野では、機器や装置の高性能化や使用環境の一層の過酷化に伴い、より軽量で強度・耐食性やリサイクル性の優れたアルミニウム材料の要求が高まってきている。合金元素の添加や熱処理等の従来技術による、アルミニウム材料の強度・耐食性の改善はほぼ限界に達しており、現在でも一部のニーズに応えられない状況下であり、この要求は今後一層高まるものと思われる。

一方、金属材料は、結晶粒の微細化によって諸特性が大幅に向上することが従来より知ら

れており、結晶粒径を微細化する技術を確立することにより、従来技術の限界を打破し、諸特性に優れたアルミニウム材料を創製することができれば、金属・機械産業分野にとって極めて画期的といえる。特に、金属材料の技術開発の成果は、素材分野への直接的な効果にとどまらず、最終製品まで多段の波及効果を期待できることから、産業・社会に及ぼす貢献度は極めて大である。

具体的には強度・耐食性を向上させることは、機器の装置の高性能化のみならず、材料の使用量低減から省資源、省エネルギーを図ることができる。すなわちさら

に自動車、鉄道車両、航空機、船舶等の輸送分野にその材料が使用されることで軽量化が達成され、燃費向上による省エネルギー、CO₂放出量の低減等環境保全にも寄与することができる。

こうした時代の要請に応え、財団法人金属系材料研究開発センターは平成9年度より5年間の研究期間で、通商産業省工業技術院の新規産業創出型産業科学技術開発制度「スーパーメタル」の一環として、新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)からの研究委託を受け、通商産業省非鉄金属課の指導のもと、アルミニウムの結晶粒微細化による材料特性

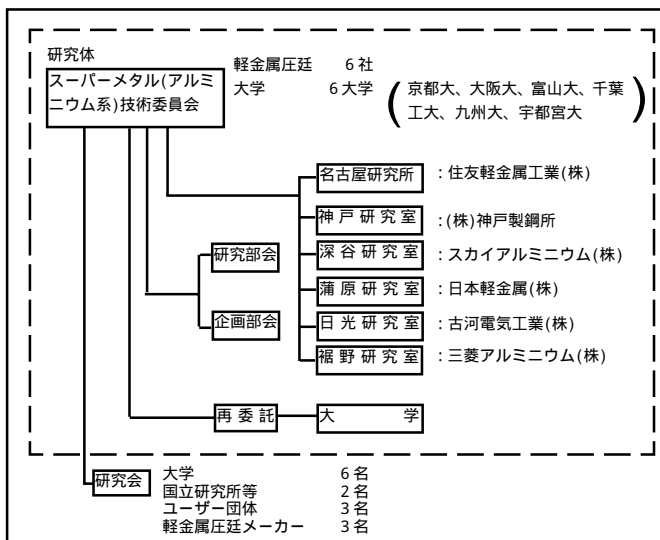


図-1 研究体組織

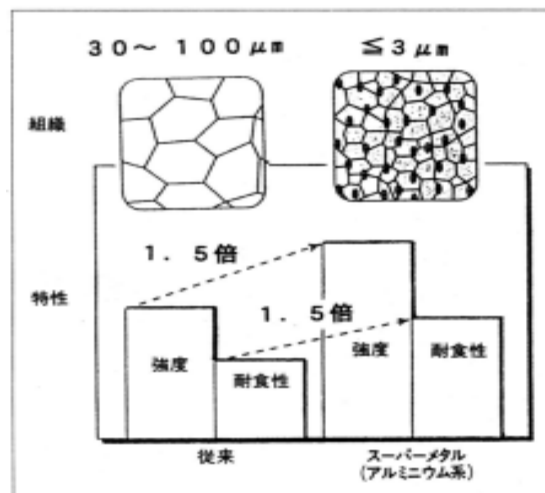


図-2 従来材とスーパーメタル(アルミニウム系)の特性比較(ホールペッチ則)

の改善を目指した研究開発に着手した。

軽金属圧延6社((株)神戸製鋼所、スカイアルミニウム(株)、住友軽金属工業(株)、日本軽金属(株)、古河電気工業(株)、三菱アルミニウム(株))と6大学(京都大学、大阪大学、九州大学、富山大学、宇都宮大学、千葉工業大学)とでスーパーメタル(アルミニウム系)研究体を図-1のごとく組織し、研究開発を進めている。

2. 研究開発の背景と目標

金属は、図-2のようにホールペッチ則に従い、その結晶粒の極微細化により強度・耐食性等の材料特性が著しく向上することが広く知られている。現状の製造法によるアルミニウム板材では、その結晶粒は30～100μm程度である。これはアルミニウム固有の性質、すなわち通常行われている常温における冷間圧延加工では、加工中に材料に与えられたひずみが圧延中の加工熱により解放されてしまい、高いひずみエネルギーを蓄積することができず、従って微細化に必要な核生成(高いひずみが高密度の転位となり再結晶粒の核となる)が得られないことに起因している。

従来の材料開発技術では、強度を向上させると他の特性を犠牲にすることが多く、また強度向上のためには稀少元素のような特殊元素を添加する方法もあるが、リサイクル性を著しく害し、またコストの上昇を招く。こうした袋小路を打開する手段として、結晶粒微細化はプロセスの改善のみによる諸特性の向上であり、極めて有効な手段である。

研究の目標は、「3μm以下の極微細結晶粒径を有する組織制御材料で、強度、耐食性等の特性が現在使用されている同種材料の1.5倍以上、かつ板幅が約200mm以上のアルミニウム大型素材の創製技術を確立する」ことである。

従来のアルミニウム材料の1.5倍以上の強度・耐食性等の性能を得るためには、ホールペッチ則より結晶粒径3μm以下を得ることが必要である。結晶粒径3μm以下は現行大型板材の結晶粒径の約10分の1であり、この結晶微細化は、技術的障壁が極めて高いが目標達成は省エネルギー、環境保全といった前述の理由から必須である。またこれを実現すれば、新たな用途の拡大が可能となる。

3. 研究開発計画の概要

前述のごとく、アルミニウムは他の金属と比べて積層欠陥エネルギーが高く、通常の常温加工では加工により導入されたひずみが回復し、投入されたエネルギーの大半は熱エネルギーになり、内部ひずみとして蓄積されにくい。このため、再結晶する際の核生成の駆動力が小さく、その結果微細結晶粒は得られにくい。

本研究開発では、微細結晶粒組織を創製するため、低温圧延技術を中心とする高ひずみ蓄積制御技術を核に、回復・再結晶等の組織制御技術も駆使して加工プロセスを研究開発する。図-3に微細結晶組織創製のためのプロセスの一例を示す。

再結晶により微細結晶粒組織を得るには、再結晶の駆動力となるひずみを蓄積し、再結晶核を均一に多量に生成させるとともに再結晶粒の成長を制御し粗大化を抑制することが重要である。そこで、まず加工前の組織中に均一核生成サイトを導入しておくことが有効とみられ、その手段としては、例えば、晶出物を微細に均一に分散することが考えられる。

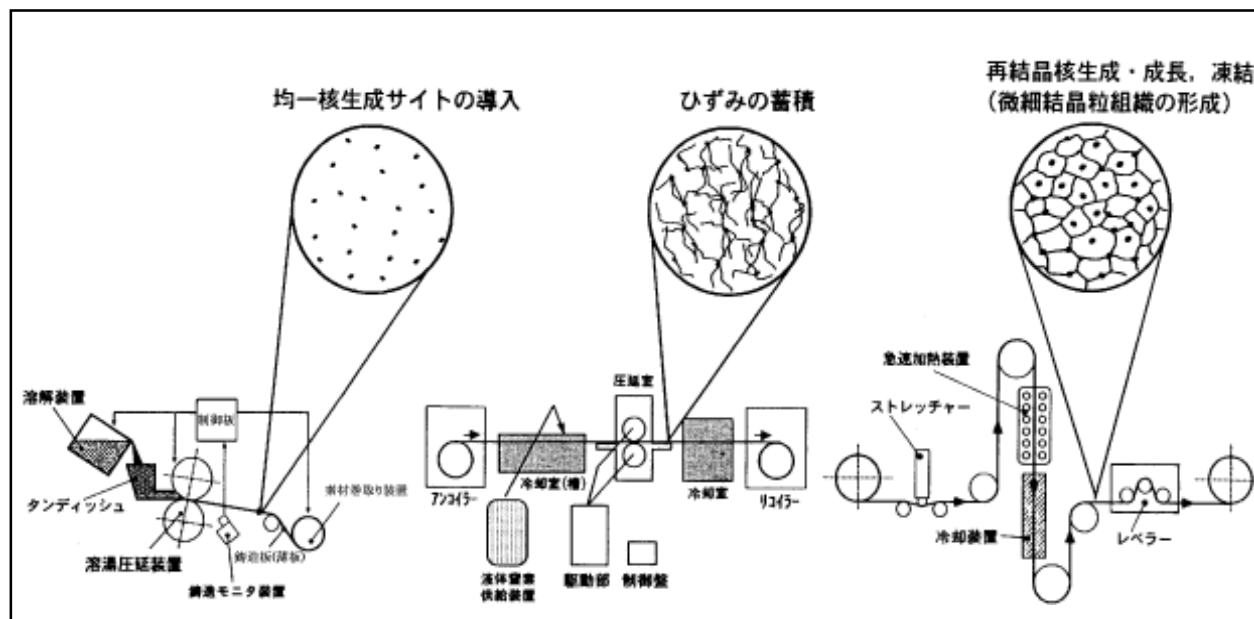


図-3 プロセスの一例

このためには、鑄造組織を制御する必要があり、凝固時の冷却速度が大きく晶出物の微細分散化が期待される溶湯圧延は有効な要素技術の1つである。

次に、ひずみを多量に蓄積しなければならないが、これには一層のひずみを与えることや与えられたひずみを逃がさないことが大切になる。前者については、圧延加工度を高くする大圧下圧延や異周速圧延、ECAP (Equal-Channel Angular Processing : 同断面積を有し、所定角度で屈曲した上部から側部へ貫通する孔を金型に設け、上部から試料を圧入することにより屈曲部で試料にせん断変形を与える方法)、繰り返し重ね接合圧延、異方向圧延等の要素技術を検討している。後者については低温あるいは極低温における圧延を試み、導入されたひずみの凍結を図る。

その後、回復・再結晶により微細結晶粒組織を創製する。この際、高ひずみ状態からのエネルギーの開放を短時間に制御するとともに、固溶・析出状態を制御することが重要である。このため、急速加熱処理装置等により加工・熱処理における温度・保持時間とともに加熱速度あるいは冷却速度の制御を検討する。

ところで、本研究は従来のアルミニウム合金の技術水準を凌駕する画期的なものであるので、広範囲な基礎実験や要素プロセスの開発が重要である。

そこで、先導研究での知見を踏まえて平成9年度及び平成10年度においては、選定された要素プロセスの適応性を検討することにした。つまり、低温圧延、異周速圧延、繰り返し重ね接合圧延、異方向圧延、ECAP等のひずみ蓄積プロセス、溶湯圧延プロセス、急速加熱プロセスである。その後平成11

年度はトータルプロセスの構築を図り、平成12、13年度においてプロセス改良とともに実証試験を実施する予定である。表-1に本プロジェクトの全体計画を示す。また、本プロジェクトでは、プロセス開発とともに結晶粒微細化機構の解明を図る予定である。なお、写真-1に平成10年度導入予定の溶湯圧延機と同型機の写真を示す。

4. これまでの研究成果

(1) 高ひずみ蓄積構造の基礎研究

・低温加工の効果について

高ひずみ蓄積への低温加工の影響を液体窒素温度(約73K)で低温圧縮試験機及び既存圧延機を使用して、純Al系、Al-Mn系、Al-Mg系の各種合金について定性的

な検討を行い、低温ほど蓄積ひずみが増大することを確認した。ただしAl-Mg系のような溶質元素と転位の相互作用がある場合、この影響が低温効果を打ち消すことが確認され、高ひずみ蓄積には別途対策が必要となる。

・せん断加工の効果について

ECAP法及び異周速圧延法の検討を行った。ECAP法では1100、2024、3004、5083、6061、7075といった代表的なアルミニウム合金をECAP処理し、その組織、材料特性を調べた。結晶粒は6回程度繰り返し加工することで、加工状態で1μm以下と非常に微細になることが観察された。また材料特性も加工を繰り返すことで強度が向上するが、伸びはほぼ一定値を示し、通常圧延法に比較し良

表-1 全体計画

実施項目	年 度				
	H9	H10	H11	H12	H13
1.基礎試験					
2.要素プロセス適応性の検討					
3.トータルプロセスの構築					
4.実証試験とプロセス改良					
5.実証試験					



写真-1 溶湯圧延機

好な値を示した。

異周速圧延法では 3004 合金を用いて異周速比約 1.4 の条件で圧延加工し、同じ加工度の通常圧延法と比較したが、蓄積ひずみの増加が観察された。結晶粒の微細化等の確認は今後の研究の成果が待たれる。

・大圧下の効果について

加工法としては繰り返し重ね接合圧延法と異方向圧延法を検討した。まず繰り返し重ね接合圧延法では 1100、5083 合金を用い、8 回程度の繰り返し圧延を実施した結果、ECAP と同様に加工状態で $1\ \mu\text{m}$ 以下の微細結晶粒が観察された。また材料特性の面でも、加工回数の増加とともに強度は向上するが、伸びはほぼ一定値を示すという ECAP 法と同じ傾向を示した。

異方向圧延法では、3004、5083 合金を用いて、それぞれ異方向圧延と通常の一方向圧延を行い、ひずみの蓄積量を熱分析の手法を用いて比較した。異方向圧延では一方向圧延に比較し高いひずみの蓄積が観察された。さらに低温圧延することで常温圧延に比べ高いひずみ蓄積が観察された。

(2) 結晶粒微細化機構の研究

合金元素の種類、その固溶度、分散粒子の大きさ・分布、熱処理

方法の結晶粒微細化に及ぼす影響等について調査した。結果は以下のとおりである。

・**3000 系合金 (Al-Mn 系)**: 溶湯圧延シミュレーション法等で急冷凝固させたものを適切な温度 (約 823K) で均熱処理し、晶出物の分布を微細均一にすることが結晶粒微細化に有効であった。圧延圧下率は高いほど結晶粒は微細になった。熱処理方法としてはソルトバスによる急速加熱処理が再結晶粒の微細化に効果的であった。本実験条件の範囲で得られた最小の平均結晶粒径は約 $4.5\ \mu\text{m}$ であった。また本研究条件では、再結晶核生成サイトとして有効な金属間化合物 (晶出物) のサイズは、TEM 観察の結果から $0.7\ \mu\text{m}$ 以上と推定した。

・**5000 系合金 (Al-Mg 系)**: 5083 合金では大圧下による高ひずみの付与、Fe の添加による晶出物の増大 (Al-Fe 系晶出物) が結晶粒の微細化に有効であった。本実験条件の範囲で最適な実験条件の組み合わせにより得られた最小の平均結晶粒径は約 $3\ \mu\text{m}$ であった。その結果の一例を写真 - 2 に示す。また本研究で得られた微細結晶粒材の機械的性質は、引張強さ、耐力、伸びともに、通常の結晶粒

径を有する材料より高い値を示すことが確認された。

また本合金系では Mn、Zr、Sc といった元素の添加は微細析出物を形成し、再結晶粒成長抑制効果より再結晶核発生妨害効果の方が大きく、微細化には逆効果であった。

・**共晶系合金 (Al-Fe, Al-Fe-Mn 系)**: Al-Fe, Al-Fe-Mn といった共晶化合物が多く晶出することが知られており、これら晶出物を再結晶に際して再結晶核の優先的サイトとして利用することが期待できる。Al-1.7Fe、Al-1.5Fe-0.5Mn 合金を鑄造し、微細結晶粒が得られる均熱処理、圧延、熱処理の各条件を検討した。その結果均熱後、大圧下圧延し、急速加熱処理することで、最小の平均結晶粒径としては約 $3\ \mu\text{m}$ が得られた。このときの共晶晶出粒子を TEM 観察した結果、 $1\ \mu\text{m}$ オーダーのものが多数分散されており、これらの共晶晶出粒子が再結晶核の発生サイトとして働くとともに、粒成長抑制の効果ももっていると考えられる。

(3) 加工プロセスの開発

小型低温圧延機設計のため、低温圧延時における圧延前後の材料温度変化に及ぼすロール径、圧延

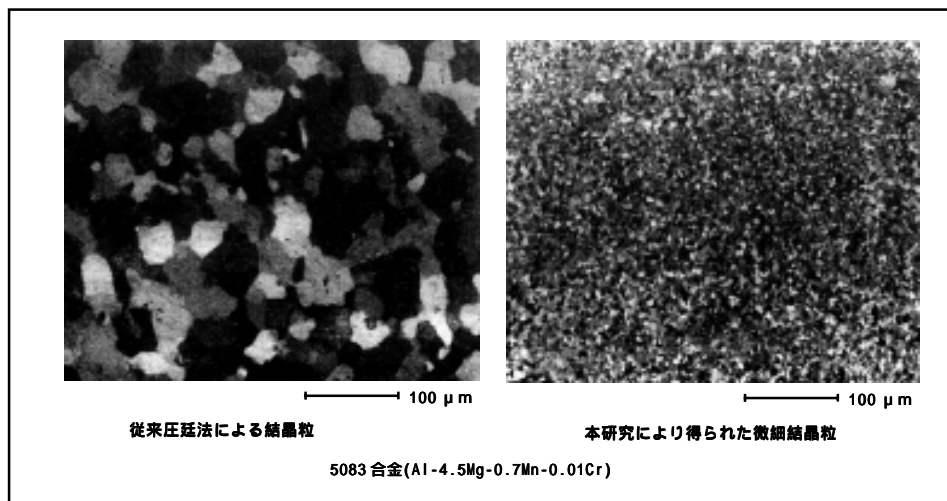


図 - 3 プロセスの一例

速度等の圧延条件の影響について検討し、設計のための基礎データを採取した。

5. まとめ

各要素プロセスの検討を行い、以下の成果が得られた。

・微細結晶粒達成のためには、まず結晶粒形成の核となる蓄積ひずみ量を増加させることが必要で、極低温加工、大圧下加工、あるいは高せん断加工を与えることで高ひずみが蓄積できることを確認した。

・蓄えられた高ひずみが解放されず、効率よく再結晶の核となるような適正熱処理方法が把握できた。

・その結果、5000系合金(Al-Mg系合金)、共晶系合金(Al-Fe, Al-Fe-Mn系合金)の圧延加工により、限定された条件下ではあるが、目標とする結晶粒径 $3\mu\text{m}$ 以下を達成することができた。

6. 今後の展開

いくつかの合金・プロセスにおいて、結晶粒径 $3\mu\text{m}$ 程度の微

細結晶組織が得られることが確認されたが、これらの結果は必ずしも統一的な微細化機構で説明されるものではなく、今後結晶粒微細化のための理論的基礎を固めることが必要である。また、板幅約200mm以上の大型素材の製造が可能な専用実験設備(溶湯圧延機、低温圧延機、急速加熱処理装置等)を導入し、結晶粒径 $3\mu\text{m}$ 以下が安定して得られる製造技術を確立する。

JRCM特別講演会概要 「新たな産学連携の構築に向けて」

「持続的成長が可能な社会」を実現するために、無限の資源である技術の創出をはじめとする創造的活動の果たすべき役割は極めて大きい。このような活動を効果的に推進すべく、一つの重要な方向が「産学連携」の一層の強化・拡大である。

JRCMでは、9月22日臨時理事会終了後、講師に通商産業省産業政策局産業技術課長・本部和彦氏を招いて、掲題の特別講演会を開催した。50余名の聴講者が集まり盛況であった。

本部氏の講演は、創造的活動を通じた経済社会の変革のための技術政策のあり方を検討している「イノベーション研究会(座

長:木村孟・学位授与機構長)」の中間報告を踏まえたもので、「技術の創出」とは、単に新しい技術が創出されるだけでは十分でなく、それが産業活動を通じて財やサービスに具現化され、社会に普及し、経済社会の変革をもたらさなければならないという観点から「イノベーション」をとらえている。中間報告の段階では、検討の焦点を、創造的活動を通じた経済社会の変革に向けての横断的な技術政策に当て、その政策的課題を取りまとめている。

冒頭まず、基本認識では、国の競争力を総合的な「企業や個人に選ばれる国の魅力」としてとらえた場合、わが国の競争力が、ここ

数年、急速に低下しており、技術政策の役割は民間の研究開発を活性化するための環境整備とその補完が中心と位置づけている。

続いて、イノベーションの前提となる三要素「企業・個人の創造的活動」、「市場」、「基盤(人材基盤、知識基盤、社会基盤)」について言及し、それらをめぐるわが国の現状と課題を抽出して、今後の技術政策に関する新たな視点を具体的な方向性を示して導いている。

JRCMでは、本講演の配布資料「イノベーション研究会中間報告」を保管しており、興味のある賛助会員にお分けしている。

ご連絡は、事務局(総務課 TEL: 03-3592-1282)まで

贈呈図書紹介

『真実が人を動かす -
ニューコアのシンプル・マネジメント』

著者 : ケン・アイバーソン
(ニューコア会長)

訳 : 岡戸克+東沢武人

出版 : ダイヤモンド社

平成 10(1998)年の年間主要記事索引

()内は月		STUDY FOR METALS	
TODAY(巻頭言)		エネルギー・環境と来自動車技術	139(5)
年頭のご挨拶	135(1)	武蔵工業大学エネルギー基礎工学科教授 中島泰夫	
(財)金属系材料研究開発センター理事長藤原俊郎			
広がる創像の時空	136(2)	JRCM REPORT	
(財)エネルギー総合工学研究所理事長 秋山守		北米出張報告	135(1)
歴史に習う技術予測	137(3)	愛知製鋼(株)知多工場 藤沢成	
千葉工業大学金属工学科教授 雀部実		海外出張報告 欧州におけるダイオキシン対策と	136(2)
大学における材料工学研究に求められるもの	138(4)	ドロス利用の現状	
京都大学工学研究科教授 長村光造		JRCMアルミニウムリサイクル技術推進部主任研究員大園智哉	
今、求められる産学連携の研究体制	139(5)	海外出張報告サッカー、ワイン、そして環境対策	137(3)
九州大学大学院工学研究科教授 高木節雄		技術	
フォトン計測・加工技術への挑戦	140(6)	日新製鋼(株)呉製鉄所 平賀由多可	
(財)製造科学技術センター常務理事・フォトンセンター		海外出張報告アジアにおける金属系材料の地球	137(3)
所長 松野建一		環境保全型再生利用技術普及促進調査	
まだまだやれる日本人	141(7)	JRCM専務理事 鍵相潔	
大阪工業技術研究所所長 児玉皓雄		平成10年度事業計画・収支予算	138(4)
電気機器と材料革新への期待	142(8)	海外出張報告 欧州の廃棄物処理技術動向調査	140(6)
(社)日本電機工業会会長 金井務		JRCM研究開発部主任研究員 簀本政男	
亜鉛鉄板の現状と技術課題	143(9)	アジアにおける金属系材料のリサイクル査報告概	140(6)
亜鉛鉄板会理事長 猪熊研二		要(2)	
素形材技術の継承とさらなる革新を!	144(10)	平成9年度事業報告(概要)	141(7)
東京工業大学工学部金属工学科教授 神尾彰彦		アルミニウムドロス処理技術及び残灰の利用法	142(8)
極限への挑戦	145(11)	JRCMアルミニウムリサイクル技術推進部	
(株)超高温材料研究センター、(株)超高温材料研究所		主任研究員大園智哉	
代表取締役社長 荻原定秀		エネルギー使用合理化金属製造プロセス開発「電	142(8)
数値いろいろ	146(12)	磁気力プロジェクト」の研究開発進捗	
工業技術院機械技術研究所所長 中澤克紀		新製鋼プロジェクト「総合システム評価(SSE)研	143(9)
		究設備」完成	
FOR THE FUTURE		新製鋼技術研究推進室	
特別鼎談 21世紀の社会へ向けて	135(1)	電気炉ダスト及びアルミニウムドロスのリサイク	143(9)
平尾雅彦(東京大学)、大村泰三(三菱マテリアル)、		ル技術の開発	
溝口庄三(JRCM)		アルミドロス資源化委員会	
		海外出張報告メッセ - グルノーブル - ヴェステ	144(10)
		ロース98年夏、欧州マグネティック三都の熱い議論	

ANNOUNCEMENT

「WE-NET 水素エネルギーシンポジウム」開催

日 時 : 1999年2月24日(水)～25日(木) 9:15～17:20
会 場 : 東京都千代田区北の丸公園2-1科学技術館B2Fサイエンスホール
発 表 : 海外特別講演(3件)、WE-NET成果発表(30件)
主 催 : 新エネルギー・産業技術総合開発機構
事 務 局 : (財)エンジニアリング振興協会
参 加 料 : 無料
申 込 締 切 : 1999年1月11日(月)(定員400名にて受付締切)

平成11年 JRCM 新年賀詞交換会 開催予告

日時:平成11年1月14日(木) 17:00～19:00
場所:JRCM会議室

各位のご予定に加えていただき、多数のご参加をお願いいたします。

編集後記

今年も残すところあとわずか。本誌に年間記事索引を掲載する季節となった。本誌のJRCM REPORT欄で取り上げた記事を、今年を振り返る意味で読み返してみた。その内容をキーワードで分類してみると、半数以上が「リサイクル」、「環境」、「エネルギー(省エネ、セキュリティ)」となり、その集中状況に驚いたり、感心したり。

この結果を、世間の関心がこの部分に集まっている以上、選択と集中の論理から当然のこととみるのか、それとも公益法人・JRCMとしては、テーマの偏りと解釈すべきなのか、広報委員会の役割に絡む問題でもあり、年末年始休暇の間、ジックリ考えてみたいと思う。(S)

広報委員会 委員長 川崎敏夫
委員 佐藤満 / 倉地和仁
 渋江隆雄 / 小泉明
 植杉賢司 / 佐々木晃
 佐野英夫
事務局 佐藤駿

The Japan Research and Development Center for Metals JRCM NEWS/ 第146号

内容に関するご意見、ご質問は事務局までお寄せください。
本誌は地球環境保全を考慮し再生紙を使用しています。
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 1998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
〒105-0001 東京都港区虎ノ門一丁目26番5号 虎ノ門17森ビル6階
T E L (03)3592-1282(代)/FAX(03)3592-1285
E-mail KYT05556@niftyserve.or.jp