

JRCM REPORT

- ・WE-NET 第 期研究開発の概要 P2
 - ・「21世紀のあかり計画」の進捗状況 P4
- INFORMATION
- ・平成11(1999)年の年間主要記事索引 P7
 - ・第2回スーパーメタルシンポジウムを開催 P8

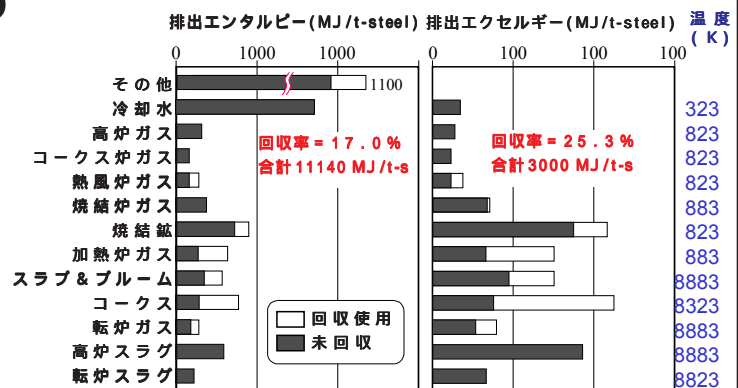
TODAY

エクセルギーの勧め



東北大学素材工学研究所

教授 八木 順 一 郎



製鉄所における排出エンタルピーと排出エクセルギー

近年、鉄鋼関係の学術・技術論においてもエクセルギーという言葉をししばしば耳にするようになってきた。(社)日本鉄鋼協会の熱経済部会が100回記念大会に関連して、平成8、9年度に実施した「製鉄プロセスにおけるエクセルギー評価とエネルギー有効利用の可能性研究」はその代表的な例である。

従来、鉄鋼産業は電力、ガス事業等とともに多量のエネルギーを消費しているにもかかわらず、高品質の鉄の生産に力点がおかれ、エネルギー的観点からの研究は、コークス製造以外は比較的軽視されているように思われる。しかし、環境問題がクローズアップされるとともに鉄鋼業のエネルギー的視点の重要性は急速に増大し、これがエクセルギーと結びついたと思われる。

このエクセルギーとはどんな概念で、なんの役に立つのかという疑問をもたれる方も多いかと思われるが、熱力学を理解されている方はすぐにおわかりいただける概念である。すなわち、熱力学第1法則はエネルギーの量的不変性を規定しているが、実際に使用しているエネルギーは使えば減る。エクセル

ギーはエネルギーの質的評価も行っており、この使えば減るエネルギーを表現している。その原理は熱力学第2法則に規定される現象の不可逆性に起因している。この不可逆性により熱エネルギーは、すべて仕事に変換することはできないということである。

上図にはエネルギーの全量を示すエンタルピーと、有効エネルギーであるエクセルギーによる製鉄プロセスの排出熱エネルギー及び再利用状況の相違を示している。高温になるほど、排出エクセルギーが多くなるのがわかる。生産活動において、エクセルギーは2つの形態で消費されている。排出物、排出熱エネルギー及びシステム内における不可逆変化に基づくエクセルギー損失である。前者は一例を図に示したように、回収し有効に再利用すべきものである。後者はシステムの駆動力であり、現行システムと理論最少値を比較すればシステムの性能を評価することができる。

システム設計においては、このエクセルギーの流れを十分に理解し、多段階に熱及び物質を利用することが重要である。すなわち、高温の熱エネルギーは

高温から低温へと順次多段階的に使用すること。いわゆるカスケード利用を実現することが最終目標である。

エクセルギーはシステムをエネルギー的側面から総合的に評価する方法でもあるが、製鉄産業は長い歴史を有し関連技術の開発も経験に基づく部分が多く、包括的な概念の活用という考え方に乏しいように思われる。

しかし、現代の文明社会は多くの高度に発達した産業に支えられている事実に基づくならば、基本概念に基づき要素技術を開発すると同時に同一産業内、異種産業間、人間社会といった異なるレベルにおけるシステムの構成法を検討し、最適化を企むことが重要であり、すでにそのような総合化、最適化が必要な時代になっていると考えている。

JRCM REPORT

WE - NET第 I I 期研究開発の概要

研究開発部

WE-NET(World Energy NETwork) は、地球規模でのエネルギー・環境問題の解決に資するため、水力・太陽光、風力等のクリーンな再生可能エネルギーを水素に転換し、発電・輸送用燃料、都市ガス等の広範な分野で利用するための技術開発を行うことを目的としています。第 I 期研究開発は、平成 5 年度から平成 10 年度に新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)が実施した第 I 期の後継プロジェクトとして、平成

11 年 4 月に新規にスタートしました。研究期間は平成 15 年度までの 5 年間です。

第 I 期では、水素エネルギーの段階的導入を図るため水素自動車システム、水素供給ステーション等の実用化を目指す研究開発を進めます。また、再生可能エネルギーのグローバルな有効利用を図るための大規模水素製造、液体水素輸送・貯蔵等の研究開発も行われます。

JRCMでは第 I 期に引き続き、第 II 期においても「低温材料の開発(タスク 10) 」を NEDO から受託し、再委託先 7 社と開発を進めます(図 - 1) 。また、中国工業技術研究所及び金属材料技術研究所と共同研究を行います。タスク 10 では液体水素の輸送・貯蔵用途の構造材料について、液体水素雰囲気下での材料特性試験を行うとともに、最適溶接材料及び最適溶接法にかかわる要素技術の開発を実施し、材料特性

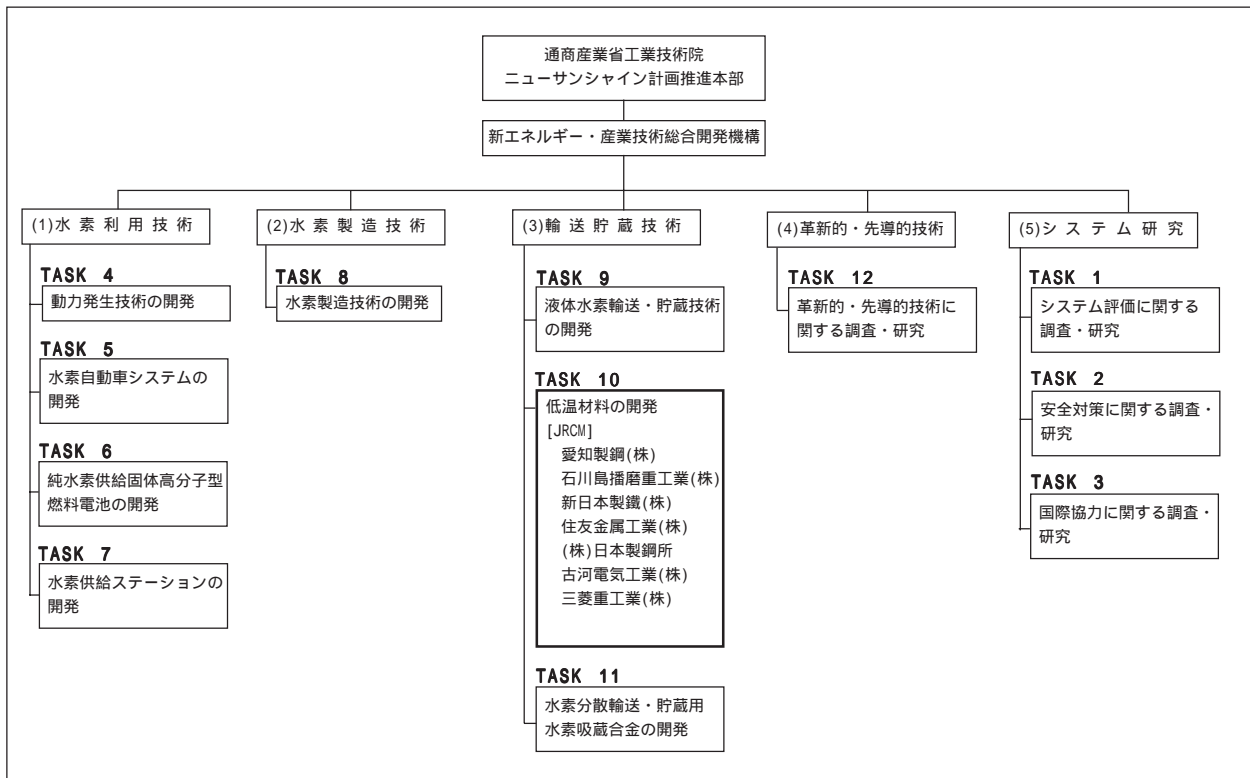


図 - 1 水素利用国際クリーンエネルギーシステム技術(WE - NET) 第 I 期研究開発体制

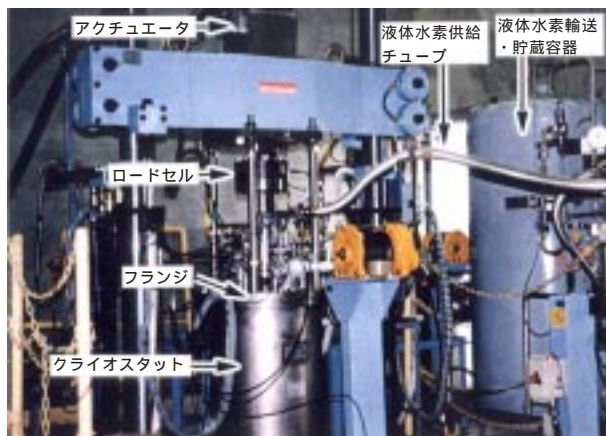


写真-1 液体水素雰囲気下材料試験装置外観

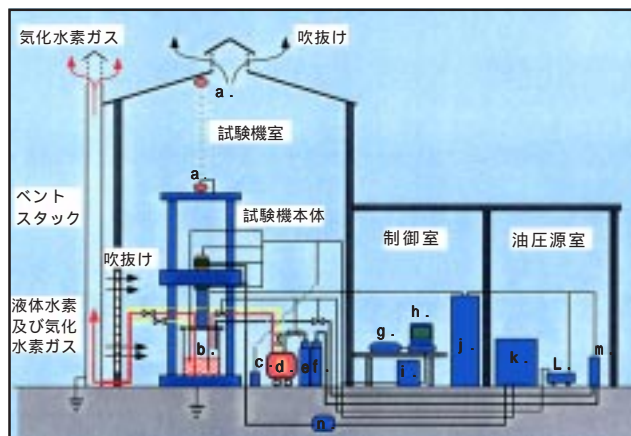


図-2 液体水素雰囲気下材料試験装置のシステム概要

データベースの充実を図ることを目標としています。

以下に、タスク10の研究開発の概要を紹介します。

1. 液体水素雰囲気下での材料特性試験

液体水素輸送・貯蔵タンク等の液体水素に接する構造材料については、その使用温度域(ISO定義:20K~327K)において低温脆化せず、また水素による劣化が生じないことが求められます。このため、液体水素(沸点20K)の実雰囲気下における材料特性を直接評価することが必要となり、第1期において、液体水素が使用可能な機械特性(引張特性、破壊靱性、疲労特性)試験装置を新日本製鐵㈱鉄鋼研究所(千葉県富津市)に設置し、試験技術を確認しました。写真-1に試験装置の外観を示します。また、図-2に水素に対する防爆対策を施した試験システムの概念を示します。第1期ではこの試験装置及び既存の材料試験装置を使用して、候補材料の母材及び溶接部について、液体ヘリウム温度(4K)から室温までの温度域での材料試験を実施し、材料特性データの蓄積を行います。

候補材料として、第1期で選定したステンレス鋼2種(SUS304L、SUS316L)、アルミニウム鋼1種(A5083)に加え、新規候補材としてSUS316LN、A5086等について

も評価を行います。また、疲労き裂進展速度、薄板材の機械特性等の新たな評価項目についても検討を行います。

2. 最適溶接材料及び最適溶接法にかかわる要素技術開発

第1期では、標準的な溶接法としてステンレス鋼についてはTIG溶接、アルミニウム合金については大電流MIG溶接を標準溶接法として選択し、母材よりも溶接部において脆化が顕著に生じ、溶接部の制御が重要であることを明らかにしました。第1期では、これらの知見をもとに最適溶接材料にかかわる要素技術開発を行います。また、新規の溶接・接合法として、ステンレス鋼についてはレーザー溶接及び減圧電子ビーム溶接、アルミニウム合金については摩擦攪拌接合(図-3)を用いて溶接・接合継手を作製し、溶接部の機械特性を評価します。

3. 低温材料特性データベースの充実

第1期では低温材料特性データベースのプロトタイプ(ソフト:Access97)を構築し、材料評価試験結果及び外国文献調査により入手した文献データの一部をインプットしました。このデータベースに対し、第1期では図表等の利用が可能なようにシステムの改善を図るとも

に、追加データインプットを行い、データベースの充実を図ります。最終的にはCD-ROM等による事業関係先への配布が可能な形とする計画です。

4. 低温脆化及び水素脆化のメカニズム解析

溶接部組織、介在物、水素状態分析等を行い、また、材料への水素チャージ処理による機械特性の変化を調べ、低温脆化及び水素脆化感受性を定量的に評価するとともに、これらの脆化メカニズムを解析し、材料の脆化防止方法を検討します。

低温脆化について金属材料技術研究所と、水素脆化について中国工業技術研究所と共同研究を行い、これらの脆化メカニズムの解明を進めます。

以上のようにタスク10の目標達成に向けて研究開発を進めるとともに、WE-NETの目標達成に向けて他のタスクとの連携を強化してプロジェクトを推進していきます。

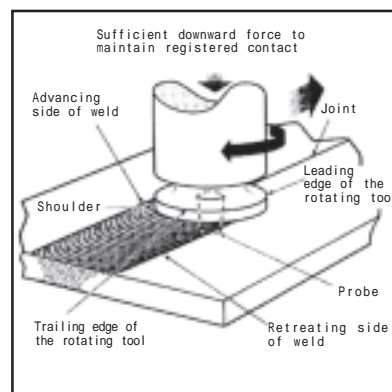


図-3 摩擦攪拌接合の概念図(TWI)

「21世紀のあかり計画」の進捗状況

21世紀のあかり推進部

1. 研究開発の目的

国連気候変動枠組み条約第3回締約国会議(COP3)が、1997年12月、京都において開催された。この会議において、わが国の温室効果ガスは6%の削減を求められ、産業及び民生の部門における省エネルギーの推進が喫緊の課題となった。わが国では照明用エネルギー消費量は、民生用全体の約20%を占めていることから、照明装置の省エネルギーへ向けての技術開発が極めて重要視されている。

「21世紀のあかり計画」は、このような状況のもとでスタートした。

この計画は、現在の白熱電球及び蛍光灯のエネルギー効率を大きく上回るLED照明光源を実用化することを目的としている。効率の高い発光

波長400nm前後の青色・紫外LED、及びその光を励起光源として可視光・白色光を放射する蛍光体を開発する。さらに、これらの組み合わせによりエネルギー効率の高い白色光源デバイスを開発するものである。この構想は、JECMを主体とする「21世紀のあかり研究体」が世界に先駆けて樹立したものである。

最近、化合物半導体エピタキシャル成長技術と発光素子プロセス技術が急速に発達し、電気から光への変換効率の高いLEDがここ数年の間に開発されている。化合物半導体を用いたLEDは、低電圧駆動、小型、軽量、超寿命等の長所をもっている。

緑、青の短波長領域において高光度のLEDが開発されている。図-1は、LED光源の発光効率について、

発表されたもの、各社の予測値及び「21世紀のあかり計画」の目標値を対比させたものである。これらの状況を見ると、LEDによる新しい省エネルギー照明光源としての期待が急速に高まってきたといえよう。青色及びさらに短波長の紫外領域で発光するLEDは、開発がなされているものの、照明用LED光源として実用化するにはさらなる技術革新が必要である。

2. 研究開発の成果

プロジェクトの初年度である平成10年度には、高効率の青色・紫外LEDを用いた照明光源を開発するための研究開発を開始した。

図-2は、5年間にわたって実施する研究開発の項目及び平成10年度研

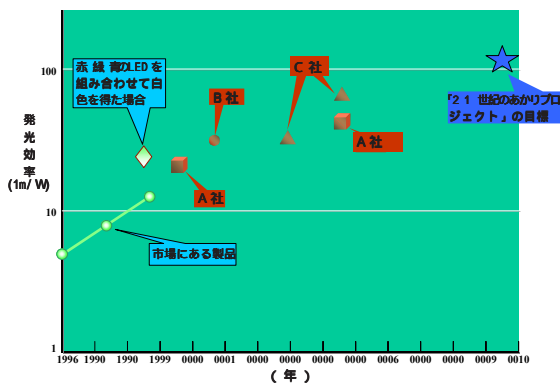


図-1 LED光源の発光効率の推移(予測値)

発光機構の解析

フェムト秒超高速レーザ分光装置による解析等

基板用GaN単結晶成長の実験

超高压装置によるGaN単結晶の作製等

GaN系エピタキシャル成長によるLED構造の作製

MBE、MOCVDによるエピ成長要素技術開発等

蛍光体・LEDパッケージング・照明器具の検討

白色LEDを用いた照明光源の試作開発等

図-2 平成10年度研究開発成果

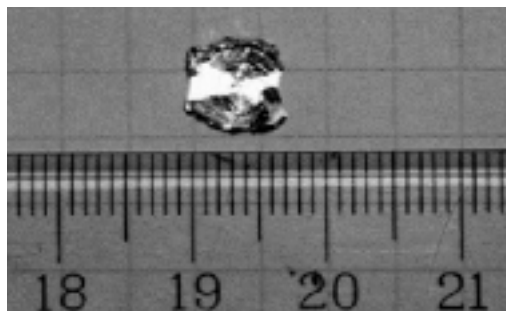


図-3 バルクGaN単結晶



図-4 ベッドライトの試作品

究開発の成果を示す。研究開発の項目は、大きく分類すると、「発光機構の解析」、「基板用Ga₂N単結晶成長の実験」、「Ga₂N系エピタキシャル成長によるLED構造の作製」及び「蛍光体・LEDパッケージング・照明器具の検討」の4分野である。

発光機構については、InGa₂Nエピタキシャル膜及び量子井戸構造について発光のフェムト秒超高速時間分解特性を調べ、その解明に当たった。また、サファイア基板の高精密加工技術の確立を図り、MOCVD装置を用いて多色発光素子材料Ga₂NAsの成長と評価を行った。

基板用結晶としては、高圧溶液成長法によるバルクGa₂N単結晶育成の研究を行い、圧力制御溶液成長法を開発した。この方法により、7～10 mm角程度の大きさのバルク単結晶を得た(図-3)。

その他、新しいバルク単結晶基板育成法として、活性窒素を用いた低圧気相法を開発し、Ga₂Nの合成及び

単結晶化のための検討を行った。また、タングステン(W)をマスクに用いて成長したELOG膜の膜形成の支配因子についての検討を行った。

LED構造については、結晶欠陥密度を減少させるために最適な薄膜結晶成長技術を開発した。開発の対象とした結晶成長法は、MOCVD及びMBEである。LEDの高効率の発光層構造として、InGa₂N混晶薄膜、Ga₂N単一量子井戸(SQW)、多重量子井戸(MQW)を作製し、発光効率改善の基礎研究を行った。

照明器具については、白色LEDを用いることにより、LED照明光源を試作し(図-4)、電気特性、放熱特性及び導光板方式についての基礎的検討を行った。LEDの光取り出し効率の改良について、特にフリップチップ方式の検討を行った。さらに、高効率蛍光体の開発についての考え方を構築した。

平成10年度には、フェムト秒超高速レーザー分光装置とMOCVD装置

という大型装置を立ち上げた。図-5に、フェムト秒超高速レーザー分光装置のシステムを示す。この装置は、フォトルミネセンス計測の一種であって100フェムト秒つまり 10^{-13} 秒クラスの超短時間の分解能で発光現象を解析する評価装置である。

MOCVDは、“有機金属化学気相蒸着法”とも称し、蒸気圧の高い有機金属化合物を気化させ、基板上で熱分解させながら薄膜を堆積させる方法である。図-6に、MOCVD装置の中心部となるリアクターを示す。

プロジェクト2年目になる本年度には、研究開発を一段と本格化させることとしている。初年度に導入した大型装置の本格的な稼働を進め、MOCVD装置、超高压結晶成長炉及びガスソースMBE等の大型装置を導入し、研究開発の前進を図る。

3. 「21世紀のあかり」の普及方法

最後に、「21世紀のあかり」である新しいLED照明の普及方法について

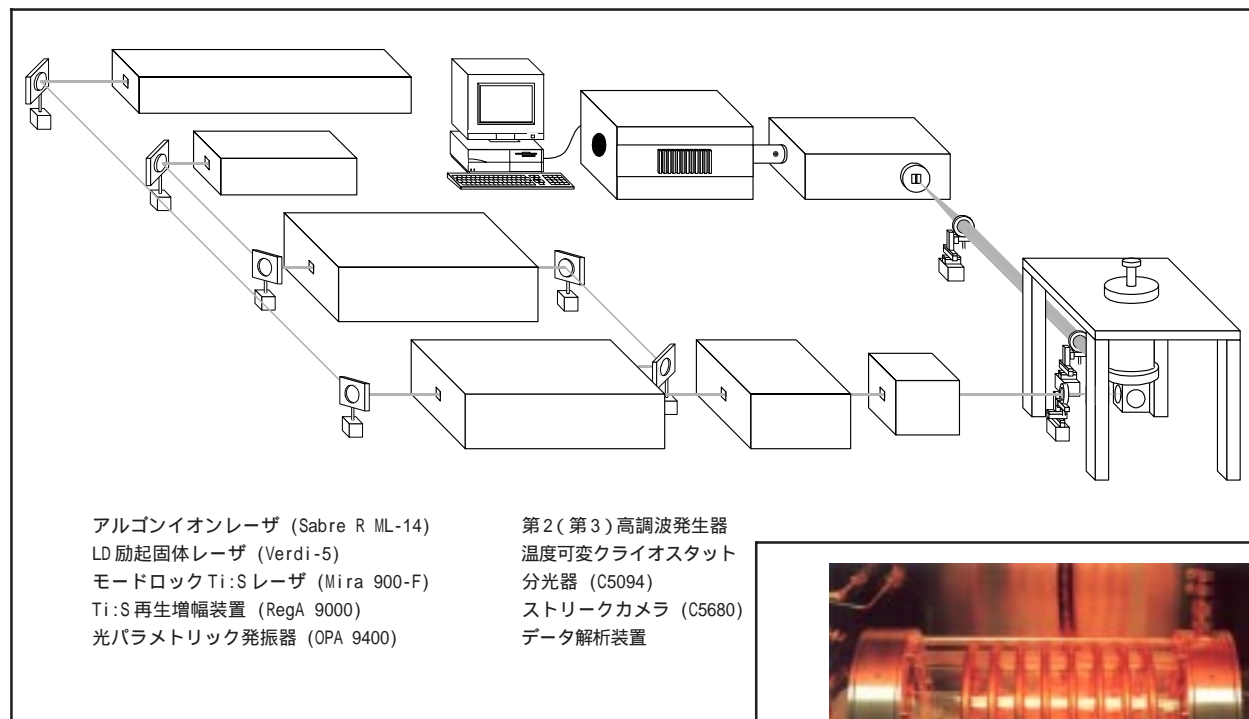


図-5 フェムト秒超高速レーザー分光装置

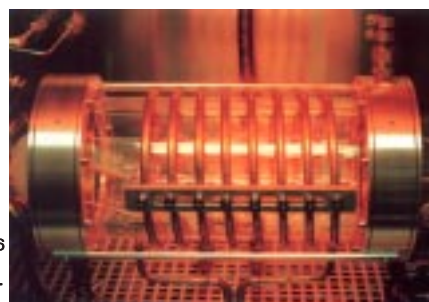


図-6 MOCVDリアクター

て考えてみる。

「21世紀のあかり」が2002年度末に開発されたとしても、普及が直ちに進むことはないと思われる。従来の照明に比べ経済的でなければならぬため、商業ベースに乗せ、量産体制がとられる等、条件の整備が必要である。このための商品化研究を2003年度～2005年度に実施し、2006年度

までに量産化への準備に当たる必要がある。

このような経過を通して、白色電球・蛍光灯から「21世紀のあかり」への置き換えが進むものと予想される。

最後に、「21世紀のあかり」の普及を促進するうえの課題は、現在市販されているGa₂N系青色LEDの単価

が、GaAs、InP等の赤色・緑色のLEDに比べて10倍以上になることである。「21世紀のあかり」普及のためには、単価の引き下げが最も重要な課題であり、今後、量産化等を通じ、製造コストの引き下げに努める必要がある。

INFORMATION

平成11(1999)年の年間主要記事索引

TODAY(巻頭言)

新しい時代に向けて	147(1月)	利用段階における省エネルギー型金属製品開発149(3月)
(財)金属系材料研究開発センター副理事長 神林郷		に関する調査研究進捗状況 研究開発部
独自のコンセプトに素晴らしいネーミングを	148(2月)	海外出張報告 欧州産学共同研究動向調査 149(3月)
広島工業大学環境学部教授 中山勝矢		新製鋼技術研究推進室 山内秀樹
大学改革の課題	149(3月)	海外出張報告 欧州軽水炉新素材適用技術調査149(3月)
山口大学工学部電気電子工学科教授 田口常正		研究開発部 伊藤瑛二
これからの材料研究を考える	150(4月)	平成11年度事業計画・収支予算 150(4月)
東京大学大学院工学系研究科教授 柴田浩司		スーパーメタル(鉄系)海外出張報告 151(5月)
新技術開発力の大幅増強(日本の課題)	151(5月)	研究開発部 細田卓夫
日本学士院会員、東京大学名誉教授 鈴木 弘		燃料電池技術開発海外出張報告 152(6月)
21世紀の化学技術開発を考える	152(6月)	研究開発部 西田 恵
(財)化学技術戦略推進機構理事長 赤池俊光		利用段階における省エネルギー型金属製品開発152(6月)
新しい分野への挑戦 - 耐熱材料から生体再生へ -	153(7月)	に関する調査研究進捗状況 - 2 研究開発部
大阪大学大学院工学研究科教授 馬越佑吉		平成10年度事業報告(概要) 153(7月)
技術の国際化とコミュニケーション	154(8月)	MADYLAM創立20周年式典 155(9月)
前橋工科大学教授 松島 巖		専務理事 鍵本潔
シーズは我にあり - 三本立て開発研究の効用 -	155(9月)	鉄鋼産業の技術開発動向等に関する調査研究 155(9月)
長岡技術科学大学名誉教授 小林 勝		研究開発部
21世紀の材料技術とファインセラミックス	156(10月)	アルミニウムスクラップの半溶融分離技術 155(9月)
(財)ファインセラミックスセンター理事長 大橋正昭		スカイアルミニウム(株) 村松俊樹
工業技術の流れ	157(11月)	JRCM研究成果報告会開催報告 155(9月)
工業技術院機械技術研究所所長 大山尚武		四次元サロン - 第1回開催報告 - 155(9月)
エクセルギーの勧め	158(12月)	研究開発部
東北大学素材工学研究所教授 八木順一郎		電気炉及びスクラップリサイクル欧州動向調査156(10月)

FOR THE FUTURE

ズームアップ会員探訪 住友電気工業(株)	151(5月)	海外出張報告「電磁気力プロジェクト」 157(11月)
		日新製鋼(株) 谷口斉一
		放射光活用調査部会活動報告 研究開発部 157(11月)
		スーパーメタル(アルミニウム系)研究の近況 157(11月)
		アルミニウムリサイクル技術推進部
		WE-NET第 期研究開発の概要 158(12月)
		研究開発部
		21世紀のあかり計画の進捗状況 158(12月)
		21世紀のあかり推進部

STUDY FOR METALS

難接合材をつなぐ - 界面接合の最近の話題 -	147(1月)	
大阪大学大学院工学研究科教授 西本和俊		
環境問題とこれからのエネルギービジョン	154(8月)	
東京農工大学工学部教授 柏木孝夫		

JRCM REPORT

「21世紀のあかり計画」(高効率電光変換化合物	147(1月)	第1回スーパーメタルシンポジウム開催報告 147(1月)
半導体開発)を開始 21世紀のあかり推進部		新年賀詞交換会 148(2月)
アルミニウムの非金属介在物測定評価技術に関	148(2月)	会員会社紹介(47) オムロン(株) 152(6月)
する研究開発 住友軽金属工業(株) 武藤伸之		金属系の国・島根へのご招待 156(10月)
省エネルギー型金属ダスト回生技術の開発について	148(2月)	住金コスモプランズ(株) 三島律夫
ダスト技術委員会		会員会社紹介(48) 住友化学工業(株) 157(11月)

INFORMATION

第1回スーパーメタルシンポジウム開催報告	147(1月)
新年賀詞交換会	148(2月)
会員会社紹介(47) オムロン(株)	152(6月)
金属系の国・島根へのご招待	156(10月)
住金コスモプランズ(株) 三島律夫	
会員会社紹介(48) 住友化学工業(株)	157(11月)
第2回スーパーメタルシンポジウム開催報告	158(12月)

バックナンバーご希望の方は事務局(総務部 03-3592-1282)までご連絡ください。また、JRCM NEWSはホームページにpdfファイルで掲載しております。ぜひ、ご覧ください。(URL <http://www.jrcm.or.jp>)

第2回「スーパーメタルシンポジウム」を開催

第2回「スーパーメタルシンポジウム」が平成11年11月1日(月)、2日(火)の2日間にわたり東京国立オリンピック記念青少年総合センターにおいて開催された。このシンポジウムは、JRCMと(財)次世代金属研究開発協会(RIMCOF)及び(財)日本産業技術振興協会(JITA)が主催し、通商産業省工業技術院と新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)が後援して開催されたもので、昨年に続き2回目になる。

当日は、昨年を上回る約350人に及び参加者があり、スーパーメタルについて最新の研究開発成果を熱心に聴講する姿が目立った。

1日は、JRCM藤原理事長の開会挨拶のあと、特別講演として、姫路工業大学教授(東京大学名誉教授)木原諄二:「スーパーメタルプロジェクトの可能性」、(財)電気磁気材料研究所長(東北大学名誉教授)増本 健:「新材料開発における特許」が行われた。午後からは、鉄系(JRCM)、アルミニウム系(JRCM)、ナノ(RIMCOF)、アモルファス(RIMCOF)の平成10年度成果を中心とした総括報告が行われた。

2日は、鉄系、アルミ系とナノ・アモルファスの3つの分科会に分かれて、一般講演とパネル討議や総合討議が行われた。

鉄系分科会

鉄系分科会では、鋼の結晶粒径を

1 μm以下に超微細化することによる強度、靱性、耐食性等の向上を目指した研究経過が報告された。

大歪加工研究グループは、相変態と大歪加工を組み合わせて、目標とする超微細粒に到達する冶金原理を解明して試験片大型化の検討に入った。強磁場利用研究グループは、強磁場中の相変態により、組織を磁場方向に配向させること、及びパーライト組織の硬さを大きくできることを見出し、組織の微細化と高強度化に適用できる可能性が高まった。

これらの超微細組織鋼は、予測したとおり、強度及び靱性が向上することを確認し、インレンズ走査電子顕微鏡(SEM)で組織の構造解析を行う手法を確立した。

材質予測研究グループは、再結晶による結晶粒の微細化のモデル化及び複相組織鋼の材質予測手法を確立することを目指し、再結晶の核生成に先立つ蓄積エネルギー分布を取り込んだ超微細複相組織鋼の再結晶モデルを、計算科学的手法で構築する展望を拓いた。



アルミニウム分科会

アルミニウム分科会では、結晶粒径を3 μm以下に制御することにより、強度、耐食性等の向上を目指した研究について経過報告が行われた。

本年度に稼働が開始された極低温圧延機についての操業実験の経過報告とともに、1000系、3000系、5000系の既存合金を用い、高歪みエネルギーを蓄積して結晶粒微細化を図る目的で、溶湯圧延、冷延での大圧下圧延、異周速圧延、繰り返し重ね接合圧延、ECAP、鍛錬付加強圧下圧延等の従来プロセスとは異なったプロセスを利用した研究に対する報告が行われ、目標結晶粒の達成の可能性について討論された。研究データが蓄積されるとともに熱の入った活発な議論・討論が行われた。

平成12年JRCM新年賀詞交換会のお知らせ

日時:平成12年1月12日(水)

17:00 ~ 19:00

場所: JRCM会議室

会費: 無料

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。

第6回四次元サロンのお知らせ

日時:平成11年12月3日(金)

13:30 ~ 15:30

場所: JRCM会議室

話題:「ポラス鉄鋼材料」(仮題)

提供:大阪大学産業科学研究所

中嶋英雄教授

くわしくはJRCMホームページをご覧ください。

編集後記

本号で今年最後の刊行となる。幸いにして「大予言」された恐怖の大王による人類滅亡はなかったが、長引く不況、低モラルな人的ミスによる放射能汚染、国外に目を転じれば内戦に日本人が巻き込まれたり、他人事ではない思いをされた方々も多いのではなからうか。自己中心的な事件が続くなかで、各国で頻発した大地震被災地での利害を超えた救援活

動には心温まる思いをさせられた。

20世紀最後の年はどのような年であろうか。私事ではあるが2000年春に第2子が誕生予定であり、胸を張って子供たちに託せる21世紀につながる年となるよう切望するものである。

末筆となったが皆様の本年のご支援に深く感謝すると共に、益々のご健勝を祈念させていただきたい。(K)

広報委員会 委員長 川崎敬夫
委員 佐藤 満 / 佐藤 駿
洪江隆雄 / 小泉 明
岸野邦彦 / 大塚研一
佐野英夫
事務局 白井善久

The Japan Research and Development Center for Metals
JRCM NEWS/ 第158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転載することを禁じます。

発行 1999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 鎌本 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
TEL (03)3592-1282(代)/FAX(03)3592-1285
ホームページURL <http://www.jrcm.or.jp/>
E-mail jrcm@oak.ocn.ne.jp