

主要記事 ・微生物腐食の国内外における研究動向……………P2

TODAY

## 品質保証

——1995年のキーワード——



財団法人日本品質保証機構

理事長 池田 徳 三



スペースシャトル——品質保証の集積

「品質保証」は、今年のキーワードです。この1年間に、品質保証という言葉がマスコミに登場した回数は、前年度の10倍を超えたそうです。また、PL法の登場等によって、「品質」あるいは「品質保証」という言葉の意味が変わり、具体的な損害賠償、その他の現実的な効果をもつものになりました。

最近の「品質保証」問題について、3点ご紹介します。

第1は、最近の品質保証は、国際的に通用するということが大きな前提になりました。世界が一つの市場に向かうとき、すなわち「世界的な共通市場」が実現するに当たって、どうしても必要になってくるのが「国際的に通用する共通の品質保証」です。

EUは、ISO9000、CEマークの採用等で米国からは「また、EUの非関税障壁か？」といわれました。しかし、ISO9000は、いまや米国産業界も積極的に採り入れはじめましたし、またヨーロッパの側でも、EQ-Net(欧州各国を代表する品質保証機関の集まり)に日本(日本品質保証機構—JQA)

に正式メンバーとしての参加を求める等、世界的な共通の方向を目指しはじめています。

第2は、「品質保証」という言葉が、市場に出回る商品の最低限の品質をチェックする(しかし具体的な損害賠償責任を負わない)という時代を終え、自己認証にせよ、第三者認証にせよ、「具体的な賠償責任」の所在を明らかにすることになりました。

第3は、「APEC」です。品質保証は、今年のAPECの大きな課題になりそうです。

APECの加盟諸国にとって、貿易の拡大は至上命題ですが、これを実現するためには「国際的に認められる共通の品質保証」が不可欠です。従って、貿易自由化計画等々を樹立するためには、まず国際的に認められる品質保証の体制整備が必要になります。

APECの共通市場化をお題目に終わらせないためには、加盟各国に対する品質保証のための諸設備等の整備や、品質保証のための人材育成プログラムが、具体化してくるに違いありません。

「品質保証」という新しい時代の幕開けです。

# 微生物腐食の国内外における研究動向

—生物・微生物委員会の活動報告—

物質工学工業技術研究所化学システム部反応工学研究室 主任研究官 佐々木英次



## 1. 微生物腐食研究の必要性

近年、地球環境問題が叫ばれ、資源の枯渇が問題にされるなかでLCA(ライフサイクル・アセスメント)が行われるようになってきた。金属材料の利用に際しても地球環境全体を考えて、種々の面からの検討が必要となってきた。金属材料の製造や利用方法ばかりでなく、その劣化や廃棄・再生方法まで考慮することは重要性を増してきた。しかし、劣化するなかで腐食過程は複雑であり、とりわけ金属材料が生物・微生物により劣化を受けることは、あまり正当に評価されてこなかった。

地球上に生命が誕生したのは、約40億年前の鉄イオン豊富な海であった。その原始微生物が光合成をし、酸素を生みだし、鉄イオンを固定し、鉄鉱石をつくりだした。現代でも、深海におけるマンガンノジュールの生成には、微生物が関与していることはよく知られている。

地球環境問題のなかで、「鉄仮説」がいわれている。生物の生育にとって鉄分は必須のものであり、鉄分が植物プランクトン等の生育の制限因子となっている場合が存在し、鉄分を肥料のように与えれば、植物プランクトンが増え、人間等の排出する二酸化炭素をよく吸収してくれるようになるという。実際に太平洋の赤道圏の64km<sup>2</sup>に480kgの鉄粉を補給する実験が行われた。確かに微生物が増え、光合成は活性化された(Nature Vol.371, No.6493, p.123; 1994)が、二酸化炭素の吸収は計算どおりではなかった。

このようにあらゆる生物にとって、鉄分を中心とする各種金属イオンは必

須のものであり、金属材料の腐食が生物の生育を助長する場合があるし、逆に生物・微生物が腐食を促進する場合もある。金属材料の使用中に起こる腐食過程において、生物・微生物との関連を認識することは重要である。

生物・微生物が金属材料の腐食を促進する具体例としては、船舶・熱交換器他の海水に触れる構造体や機器における生物の付着と、その下で生ずる各種の腐食は、塗装コストや防食処理コストの面で大きなコスト負担を引き起こす。

また、発電所・油田・パイプライン・パルプ工業・各種給排水施設・切削油その他で記録されている微生物腐食：MIC(Microbiologically Influenced Corrosion)も深刻なものがある。海水・河川水・井水等の自然水、あるいは有機物を多く含む水で、また土中で起き、炭素鋼・低合金鋼・ステンレス鋼・アルミ合金・銅合金・高ニッケル合金製の構造物・機器に影響を与えている。このMICの解明と防止技術の開発は、今後金属を使用する産業・一般社会にとって、看過できないものとなると思われる。

JRCMでは平成6年度に(株)日本機械工業連合会の委託を受け、「金属の生物腐食及び微生物腐食の防止技術調査研究」を行った。委員会は鉄鋼・非鉄メーカーばかりでなく、本課題に関心をもつ幅広い委員から構成され、第1回会議の討論のなかから生物・微生物腐食の実態調査の必要性が認識され、生物・微生物腐食への意識調査や事例調査が限られた範囲ではあるが行われた。

海外調査を行う一方、各金属ごとに事例や文献調査を通して実際の生物・微生物腐食の実態と解析がなされた。

さらに、生物・微生物腐食の調査方法、防止方法について解説できた。2回の外部講師の講演を踏まえて、報告書の内容をよりよいものにすることができた。まとめられた報告書は、わが国ではこの分野で初めての成果であると自負するものである。

## 2. 微生物腐食の研究活動

有機材料の生物・微生物による劣化はよく知られた事実であるが、金属材料が生物・微生物により劣化を受けることは比較的新しい知識である。欧米の見積もりによると、生物・微生物による腐食は金属材料の全腐食損失の10~20%に達するという。全腐食損失がGNPの数%に達するとされていることから考えて、生物・微生物による腐食も莫大なものになると推定される。

しかしわが国では、今日までこの種の腐食に対してあまり多くの注意が払われてこなかった。そこでアンケートを取ることにし、わが国の現状の把握に努めた。極めて限られた範囲でのアンケートであったが、わが国でも諸外国と同様の事例が数多く観察されていること、微生物取り扱いの知識がなくて詳細な解析がなされていないことがわかった。

これでは例えば、ステンレス鋼の溶接部周辺の微生物腐食が、単なる溶接不良として処理されている例も多いであろうと推察される。回答者から微生物腐食の研究の振興とともに、調査方法、防止方法を学びたいとの声も多かった。

米国をみると、腐食研究の中心であるNACEの年会には、毎年30~40件の発表があり盛況である。微生物腐食の国際会議も1985、1992、1995年と3回

を数える。微生物腐食研究の長い伝統のある英国でも地道に研究が続けられており、その成果の普及にも熱心である。さらに、EUでは微生物腐食の共同研究“COST511”をスタートさせている。また、独の専門雑誌“Werkstoffe und Korrosion”の94年1～3号は生物・微生物腐食の特集号であった。

欧米では生物・微生物腐食が腐食研究の中心課題となってきた。それに引き換え、本年5月に国際会議を主催するBucanan教授が嘆くように、日本からの貢献が極めて少ないのは厳然たる事実である。発表全77件中2件にすぎない。

### 3. 微生物腐食の機構

腐食現象が材料と環境の相互作用であり、金属材料が使われる環境が主として地球上であるならば、腐食を考えると地球上の物質循環に深くかかわっている微生物の活動を無視することはできない。微生物は地球上の空中、水中、地中あらゆる場所に存在し、い

ったん生育条件が満たされれば、増殖し、周囲の環境を変え、金属を腐食させる場合もある。その生育条件は、高等生物に比較すると非常に広範囲な栄養、温度、酸素濃度条件で満足され、水さえあれば何らかの微生物が生育する恐れがあるといっても過言ではないだろう。しかし、微生物でも高等生物と同じDNAをもつように、その活動は生物に共通な法則に従っている。

微生物腐食でもっとも注目しなければならないのは、硫黄をめぐる微生物の働きである。硫黄はタンパク質に含まれる等、生物にとって重要な働きをしている。

高次化合物中の硫黄は分解されて、悪臭を放つ低次の硫黄化合物や硫化水素になるが、それ以外に硫酸イオンは嫌気条件下で直接硫酸塩還元菌により硫化水素に還元される。還元するためのエネルギー源として水素や低次有機酸を使う。好気性菌が酸素を消費して嫌気条件をつくったうえで、低次有機酸を出す。従って、硫酸イオンが存在

すれば、どこにでもいる硫酸塩還元菌によりほぼ確実に硫化水素が出てくることになる。

逆に、硫化水素は好気条件下で硫黄細菌、鉄酸化細菌等により、硫黄、硫酸へと酸化される。その際これらの菌はpH2付近を至適pHとし、鉱石を溶かすバクテリアリーチングに使われるほどである。硫化水素、硫酸という腐食原因となる物質が代謝生産物として出てくるのであるから微生物腐食を引き起こす(写真-1、2、3参照)。

硫化水素による腐食は、硫化水素濃度が高くなると硫化物被膜をつくり、抑制的に働くため、腐食との関係は複雑となる。硫化物被膜とのガルバニックな腐食や、最近では硫化水素が酸化した $S_2O_2^{2-}$ イオンによる腐食もいわれている。

### 4. 鉄のさびこぶとステンレス鋼溶接部

従来からの代表的な事例ばかりでなく、微生物付着により電位が上昇し、局部腐食が進行することや、ステンレス鋼溶接部の微生物腐食等の新しいことが注目されるようになった。しかも、これらの現象が清浄な自然水中で、通常どこにでも生息する、ごくありきたりの細菌により引き起こされている。

金属の腐食はよく知られているように電気化学的に進行する。中性水溶液中では金属が溶解するアノード反応に対して、溶存酸素の還元がカソード反応となる。微生物が金属表面に付着すれば当然溶存酸素を奪うことになる。走査振動電極(SVET)を用いた電位分布の研究も行われるようになり、微生物が付着すると、表面に酸素濃淡電池が形成されやすいことが証明されるようになった。

さらに、微生物が酸素を利用するに当たっては、中間生成物として過酸化水素等の活性酸素類を放出することが

球状黒鉛鑄鉄管の腐食事例  
(硫酸塩還元菌が生息する粘土質土壌に16年間埋設)

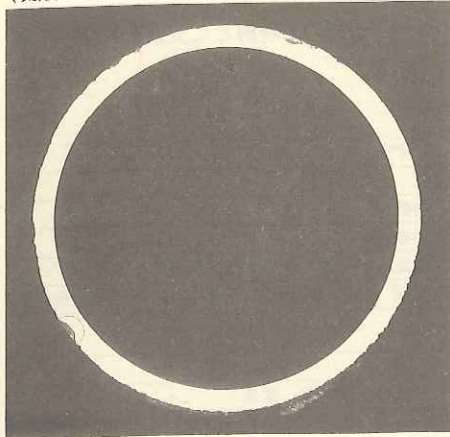


写真-1 球状黒鉛鑄鉄管の断面

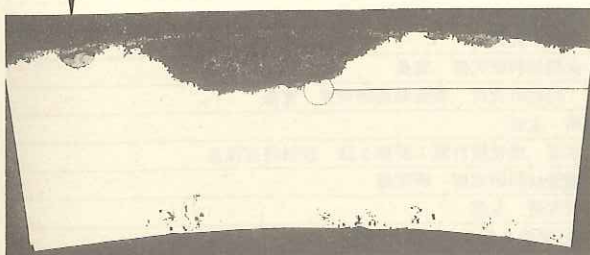


写真-2 球状黒鉛鑄鉄管の黒鉛化腐食



写真-3 黒鉛化部分を含む球状黒鉛鑄鉄管のミクロ組織

ある。この過酸化水素が金属の電位を上昇させ、局部腐食を進行させるといふ説が有力になってきた。

過酸化水素を発生させることは、微生物の行うごく一般的な働きである。従って、微生物が付着すれば電位が上昇するという事は、普遍的な現象であるとして誤りではない。

ステンレス鋼の溶接部で微生物腐食が集中することが知られるようになってきた。この腐食に対しては溶接の際にできる酸化物被膜が大きな働きをし、膜厚が厚いほど微生物腐食が起こりやすく、酸化物を研磨して取り去るとかなり起こりにくくなるという。微生物付着による電位上昇が、酸化物の存在するところを起点とするすきま腐食に結びつくと考えると考えやすくなる。

溶接部の微生物腐食で各種の選択腐食が見られることから、溶接部の金属側の微細構造に関連して論じられるが、腐食の初期段階では、このような単純なすきま腐食によって進行していると考えても不思議はない。

その一方で、鉄管のさびこぶ生成のように50年来同じ説明がなされ、微生物が腐食を促進しているかどうか少しも定量化されていないという研究の現

状もある。中性水溶液中で2価の鉄イオンを酸化し、3価の鉄さびとして固定する鉄細菌が活躍すると、さびこぶ生成が速やかに行われ、酸素濃淡電池の形成が促進されるという。

さびこぶの成分には、微生物由来のマンガンや炭酸鉄等が含まれることが多く、定性的には正しいのであろうが、定量的にはどこまで微生物が腐食を加速しているかということにはまだ答えが出ていない。

## 5. 今後の課題

1年間の委員会活動で、現状での生物・微生物腐食に関する知識とその対策を概観することができた。しかし、それだけでよしとするわけにはいかない。地球環境問題が叫ばれ、資源の枯渇が叫ばれているとき、材料を合理的に活用することは重要である。その際、材料の対環境耐久性を正確に把握することが必要となる。地球環境中で生息する生物・微生物の材料に及ぼす影響がまだ十分に解明できていないとすれば、それを研究し、さらに防止策を検討しなければならない。

幸い、JRCMの自主的調査研究として平成7年度も継続することとなった。

今後この問題の解決に何が有効であろうか。生物・微生物腐食研究者をすぐに育てることは困難である。とはいえ、現実に生物・微生物腐食の問題はある。そこで、事例調査や対策の基準となるマニュアルをつくってはどうか。

本調査でも方法の概略は触れることはできた。しかし、これだけで直ちに事例調査ができるわけではない。実務担当者がマニュアルに従って調査し、対策を立てることのできる基準となるものをつくる。もちろん最初から完成されたマニュアルは望めない。生物・微生物腐食について、ある程度の知識は知られているのであるから、それに従ってマニュアルをつくり、事例調査と対策を積み上げていき、マニュアルの改訂にフィードバックすることにより、一步一步確実に生物・微生物腐食の知識と対策を進めていきたいと考えている。

そして、これと並行して腐食科学・微生物学・材料工学・溶接工学等の広い分野から学際的な、国による総合的な研究プロジェクトに発展させる努力をしていくつもりである。

皆様のご理解とご支援をお願いします。

「金属の生物腐食及び微生物腐食の防止技術調査研究」委員会名簿

	所 属	氏 名	部 門 ・ 役 職
委員長	工業技術院物質工学工業技術研究所	佐々木 英 次	化学システム部 反応工学研究室 主任研究官
副委員長	大阪大学	菊 地 靖 志	溶接工学研究所 材料学部門 助教授
幹 事	東京商船大学	元 田 慎 一	商船学部 交通機械工学講座 助教授
幹 事	栗田工業(株)	平 野 昭 英	総合研究所 研究開発本部 薬品技術開発部 用水技術開発課チームリーダー
幹 事	住友金属工業(株)	幸 英 昭	総合研究開発センター 鉄鋼技術研究所 鋼管・鋼材研究部防食技術グループ主任研究員
委 員	(財)日本ウエザリングテストセンター	伊 藤 哲 司 (大久保 和夫)	銻子暴露試験場 次長 (専務理事)
	アクアス(株)	縣 邦 雄	技術一部 部長
	大同特殊鋼(株)	岡 部 道 生	技術開発研究所 特殊鋼研究所 高合金研究室 室長
	東京ガス(株)	梶 山 文 夫	基礎技術研究所 腐食防食技術チーム チームリーダー
	栗田工業(株)	川 辺 允 志	大阪支社 電力事業部長付
	川崎製鉄(株)	木 村 光 男	鉄鋼研究所 強度接合研究室 主任研究員
	スカイアルミニウム(株)	斉 藤 正 次	技術研究所 主任研究員
	三菱マテリアル(株)	滝 沢 与 司 夫	中央研究所 金属材料研究部 室長
	(株)神戸製鋼所	泊 里 治 夫	技術開発本部 材料研究所 表面制御研究室 室長
	味の素(株)	馬 場 文 雄	生産技術研究所 主任
	(株)タクマ	林 修 平	プラント設計本部 環境設計第1部第3課 設計担当課長
	石川島播磨重工業(株)	星 久美子	技術研究所 構造材料研究部 研究員
	NKK	松 島 巖	総合材料技術研究所 主席
事務局	(財)金属系材料研究開発センター	前 田 靖 男	研究開発部次長(平成6年6月～9月担当)
	(財)金属系材料研究開発センター	鈴 木 育 郎	研究開発部調査企画課長(平成6年10月～平成7年3月担当)

## INFORMATION

# コーティッド・チュービングの実証化への技術委員会

石油開発公団殿との9年間（昭和60年度～平成5年度）にわたる共同研究「高温・腐食環境下石油生産用部材の開発」は成功裡に終了した。同研究は、大深度の高温・腐食環境下で石油の掘削・採取作業に使用可能で、かつ安価なチュービング及びシール技術の開発を目的としており、開発品は、海外評価機関による評価試験等を通じて、耐腐食性にも問題ないことが明らかにされた（なお、研究成果は平成7年3月21日クアラルンプールで開催されたSPE (Society of Petroleum Engineers) Asia Conferenceで発表された）。

開発された「コーティッド・チュービング」の耐腐食性を実フィールドのサワー環境（H<sub>2</sub>S、CO<sub>2</sub>含有環境）下で実証するとともに、同様な環境下で石油開発に使用される坑内・地表機器の開発を目的とする石油公団殿と当センターとの新たな共同研究が、平成6年度から6年間の予定で開始された。

参加7社及び1財団で構成する「腐食環境実フィールド実証化技術委員会」（委員長：野田勝利新日本製鐵㈱鋼管営業部担当部長）のもとで以下の活動を活発に行っている。

### 1) コーティッド・チュービングの実証試験

①実証試験：試験候補先井戸を選択し、実証試験の具体的デザインを提示して候補先との折衝を行い、具体的試験実施計画の策定をすべくWGベースで活動している。

②基材の高強度化と二次加工技術：肉盛り材の接合部特性や熱間加工性の評価、基材サンプルの試作による特性評価を実施して、高強度及び小口径化に関する技術開発を実施している。

### 2) 地表・坑内用周辺機器等の開発

①耐食超硬合金厚膜形成部材：硬質相と金属結合相の材料系の選定試験等の耐摩耐食材料の検討と複合焼結法の探

索等厚膜形成部材製造法の検討を行っている。

②YAGレーザークラディング：金属粉末やバインダー等材料系の選定試験並びにレーザー溶射条件等製造条件の検討を行っている。

③モニタリング技術

### 委員名簿

◎委員長

会社名	氏名	所属・役職
新日本製鐵㈱	◎野田 勝利	鋼管営業部 担当部長
NKK	正村 克身	総合材料研究所京浜材料研究センター 合金鋼・鋼管研究室 統括スタッフ
川崎製鐵㈱	松田 邦男	鉄鋼企画・営業本部 鋼管技術主査
住友金属工業㈱	龍神 毅	鋼管技術部 専門部長
大同特殊鋼㈱	竹内 宥公	特殊鋼研究所接合研究室 主任研究員
住友電気工業㈱	池ヶ谷明彦	伊丹研究所無機材料研究部 主任研究員
石川島播磨重工業㈱	土屋 和之	技術本部技術研究所接合部 専門課長
㈱ファイン・セラミックスセンター	山口 諄	試験研究所 主席研究員

## ANNOUNCEMENT

### 〔人事異動〕

(新) (旧)

平成7年5月1日付

吉井 紹泰 研究開発部 研究開発部  
次長 主任研究員

### 活動報告

#### ■第31回通常理事会

日時 5月30日(火) 15:00~17:00

議題 1 平成6年度事業報告及び収支決算  
2 収支差額の処理  
3 理事・審議員・評議員の交代他

#### ■第11回新製鋼プロセス・フォーラム

日時 5月22日(月) 15:30~17:30

議題 1 新製鋼プロセス・フォーラム活動状況報告  
2 中間評価状況報告  
3 平成6年度事業報告  
4 プロジェクト後半期研究推進計画

#### ■第36回運営委員会

日時 5月23日(火) 14:00~16:00

議題 1 平成6年度事業報告及び収支決算  
2 収支差額の処理  
3 理事・審議員・評議員の交代他

#### ■第104回広報委員会

日時 5月11日(木) 16:00~18:00

議題 1 会員探訪記事企画  
2 技術交換サロン他

#### ■第34回調査委員会

日時 5月17日(火) 15:00~17:30

議題 1 既存調査部会の活動状況  
2 新規調査部会の活動予定

#### ●第5回NS部会

日時 5月26日(金) 14:00~17:30

講演 「最終消費財に投入されるエネルギー総量とそれに伴うCO<sub>2</sub>排出量の推定」  
(財)エネルギー経済研究所総合研究部第7研究室室長  
坂田直起氏

#### ●第9回新アルミリオーダー表面改質WG

日時 5月31日(木) 14:00~17:00

講演 「Al-Cu複合ワイヤによるAl合金の硬化肉盛り溶接」  
日鐵溶接工業㈱技術本部参与  
神戸良雄氏

議題 研究成果出版打ち合わせ

#### ●第6回金属系二次資源有効活用部会

日時 5月12日(金) 13:30~17:00

議題 1 各グループのアンケート集計結果まとめの報告  
2 各グループの課題及び方針、今後の取り組みについて

#### ●第34回耐摩耗性研究委員会

日時 5月26日(金) 13:30~17:00

議題 平成7年度計画他

#### ●アルミニウムリサイクル平成6年度研究開発成果報告会

日時 4月18日(火) 13:30~17:30

議題 先進的分別結晶法応用技術他10テーマ

#### ●アルミニウムリサイクル技術部会

日時 5月18日(木) 9:30~15:00

議題 精製技術、目標の検討他

INFORMATION

# 「阪神大震災での構造物被害」講演会

## ——第5回技術交換サロン——

下記のとおり、「阪神大震災の構造物被害」をテーマとして技術交換サロンを開催しますので、会員・非会員を問わず奮ってご参加ください。参加費は無料（なお、非会員の方は事前にJRCM総務部須山・丸岡までご連絡ください。TEL.03-3592-1282）。

1. 日時 6月15日(木) 15:00~17:00

2. 場所 JRCM会議室

### 3. 講演内容

①「建築構造物の被害とその対応」

建設省建築研究所第3研究部長 山内泰之氏

②「鋼構造部材の損傷と破壊」

科学技術庁金属材料技術研究所環境性能研究部  
第1研究室長 松岡三郎氏

## （株）レオテックの特許について（その2）

特許内容についてより詳細に知りたい方は、（株）レオテック（Tel.03-3592-1986 岡野）までご連絡ください。

### ＜連続製造：機械攪拌2＞

No.	公開年月日	公開番号	発明の名称	発明の概要	共有者
11	4年4月24日	特開平04-124232	連続式半凝固金属製造装置のスタート方法	一定の短時間溶湯が排出されるように流量を設定後、流量を絞り、固相率が0.1~0.2に達した時点で、再度排出流量を増加させ、所定の固相率で流量を一定に持続する方法。	
12	5年1月26日	特開平05-015947	機械攪拌式連続半凝固金属製造装置	攪拌子の外周壁の一部を、その稜線に沿って削除したことを特徴とする攪拌子（パドル型等）。	
13	4年1月31日	特開平04-028841	半凝固金属スラリー製造装置	溶解部と熔融金属の移送部及び冷却攪拌部を別に有する半凝固金属スラリー製造装置（従来装置：特開昭60-39133）。	IHI
14	4年6月30日	特開平04-183845	耐熱体	母材の上にNiCrAlYのアンダーコート層ジルコニアセラミックスとNiCrの混合物でできた中間層とジルコニアセラミックスのトップコート層からなる耐熱体。	IHI

### ＜連続製造：電磁攪拌＞

No.	公開年月日	公開番号	発明の名称	発明の概要	共有者
15	3年7月24日	特開平03-170629	電磁攪拌方式による半凝固金属の製造方法及び装置	中子の外壁面と冷却攪拌槽内壁面の間で、回転磁界によって旋回流動を与えて半凝固金属を製造する方法。	
16	4年10月5日	特開平04-279250	半凝固金属の製造方法及び装置	耐火物ライニングの内張りを有する中空筒内の金属を、電磁攪拌コイルで攪拌し、浴中にセラミック、サーメット等からなる冷却体を浸漬して半凝固金属を製造する方法。中子を冷却に使用する。	
17	4年10月28日	特開平04-305336	電磁攪拌方式による半凝固金属の製造方法及び装置	耐火物中子を浸漬させて、回転による浴面の高低差を縮小し、中子を上下させて半凝固金属の流量を調整する方法。	

## 編集後記

阪神大震災、サリン、超円高、知事選挙での無党派大勝利と目も眩むような大事件や現象が次から次へと起こる。通常であれば、年末の「今年の十大ニュース」のトップにくるようなものばかりだ。このJRCM NEWSが発行されるころまでには、もっと重大なことが起こっているかもしれない。

しかし、真つ暗闇の世の中から立ち上がってきたのが、戦後の日本。まだまだわれわれは頑張るはずだ。それを端的に示すのが、（株）神戸製鋼所の皆さんの復興に対するご努力と情熱であろう。血のにじむようなご苦労は察して余りあるが、真にわれわれに勇気と希望を与えてくれるものである。（K）

広報委員会 委員長 小林邦彦  
（編集部） 委員 安田金秋/佐藤 駿  
荒 千明/高木宣勝  
岡田光生/小泉 明  
佐々木晃/鹿江政二

The Japan Research and Development Center for Metals  
JRCM NEWS/第104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製転載することを禁じます。

発行 1995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