

STUDY FOR METALS

・難接合材をつなぐ - 界面接合の最近の話題 - ..... P2

JRCM REPORT

・「21世紀のあかり計画」(高効率電光変換化合物半導体開発)を開始 ..... P13

Today

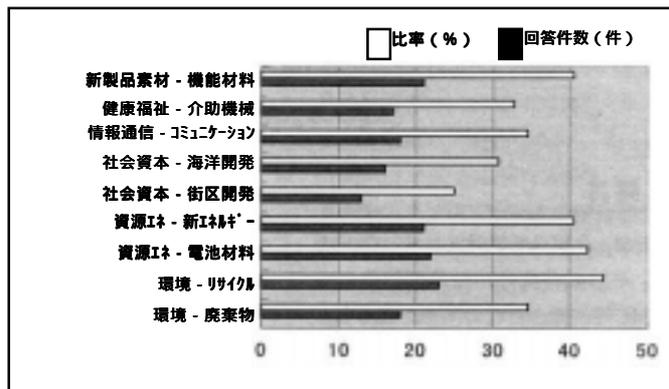
## 新しい時代に向けて



(財)金属系材料研究開発センター 副理事長

副理事長 **神林 郷**

(スカイアルミニウム株式会社 代表取締役副社長)



21世紀に発展が期待される技術分野

平成11年の年頭にあたり、ご挨拶申し上げます。平成10年度の事業は各位のご協力を得て計画通り進捗しています。

ところで厳しい情勢下とはいえ、21世紀の足音がどんどん高くなっていく中で、JRCMは先に21世紀ビジョンアンケートを行いましたので、その結果を中心に述べたいと思います。

### 1. JRCMの役割

公益法人の一つとして金属系材料の研究開発という事業を通じて、社会の発展に貢献することが求められています。従って特定の業界や団体のためのみに寄与することではありません。開発成果を迅速に実用化することと同時に、波及、普及により社会全体の発展に貢献できることを目指しています。

21世紀においても社会の発展のためには技術開発が先導するわけで、どのような技術開発であってもそのための材料開発(プロセスを含む)が重要な役割を持ちます。

これらに必要な材料は伝統的なものもあろうし、これから新たに開発しなければならないものもありましょう。単なる商品差別化のための特殊材料ということだけでなく、資源から製造そして社会への影響までの一連の評価に耐える状態、技術をつくっていかねばなりません。そうした意味での先進性、先端性あるいは波及性を重視しながら、テーマの重点化を図っていきます。

### 2. 今後の研究開発テーマの推進の方向

最近JRCMでは「JRCMの21世紀ビジョン」に関して、全賛助会員と金属材料に関係の深い大学の先生方にアンケート調査を実施しました。その結果によれば、21世紀に発展が期待される技術分野として次の3つの柱があります。

- 1) 新製品、新素材の開発
- 2) 環境、資源エネルギー問題への対応
- 3) 社会資本の整備と充実

これら3つの大きな課題は、いずれも「情報・通信技術」の発展と融合しつつ、その強力な双方向情報交換機能により、研究開発の一層の促進と社会経済の高度な発展が期待されます。

また、これらの開発課題に対して効率的に取り組むべき業種群として、鉄鋼と非鉄、非鉄と情報通信、鉄鋼とプラント、鉄鋼と電気/電器事業間の連携が大いに期待されます。

### 3. 研究開発の運営

JRCMをはじめ金属系産業に関連する団体、企業にとって今後の研究開発テーマの探索は金属製造産業の成熟感、技術全体の飽和感、さらには経済環境、景気の低迷があつて、現状ではイノベーションにつながる大型の新規テーマを創出しにくい状態にあります。

社会の要請に応える魅力的な研究開発テーマの創出を目指して、JRCMとしてもテーマ探索機能を強化するよう努めてきました。上述のアンケート調査に提案されてい

るように、業種間の連携も視野に入れ一層の組織的な強化策が必要と考えています。

関係各位からも積極的な御助言をお願いいたします。

## STUDY FOR METALS

### 難接合材をつなぐ

- 界面接合の最近の話題 -

大阪大学大学院工学研究科教授 西本和俊



#### 1. 緒言

近年、金属系新素材としてはODS合金、単結晶合金等の結晶制御合金やMMC等、複合材料の開発が盛んである。これらの材料は、素材の性能を高めることを第一義にして開発されるため、接合性等の二次的な加工特性が悪く、一般の融接では接合が困難な場合が多い。最近、金属系新素材を接合する方法として、接合に伴う材質劣化が極小化でき、かつ精密な接合が可能となる界面接合が注目されている。

界面接合とは接合界面を溶かさな  
いもしくは表面層のごく一部を溶  
融させて接合する接合法である。界  
面接合の一手法である液相拡散接合  
は、母材間に挿入したインサート金  
属と母材の反応により、接合過程で  
接合界面に一時的に液相を形成する  
方法である。この接合法では液膜に  
接した母材表面が溶融するため、精  
度の高い表面加工を必要としない、  
加圧力が低くてよい、溶融層を等温  
凝固するため、脆弱な金属間化合物  
の生成も防止できる、等の特徴があ

る。

また、界面接合の他の手法の一つ  
に、母材と同じ物質を粉体として接  
合部に供給し、外部から加熱及び加  
圧を与えることによって焼結させ、  
接合を達成する、その場焼結接合が  
ある。この接合法において、加熱方式  
としてパルス電流を印可すること  
により、セラミックス等非導電性物質  
の接合も可能としたSPS接合(パルス  
通電型焼結接合)と称する接合方法  
が、最近注目されている。

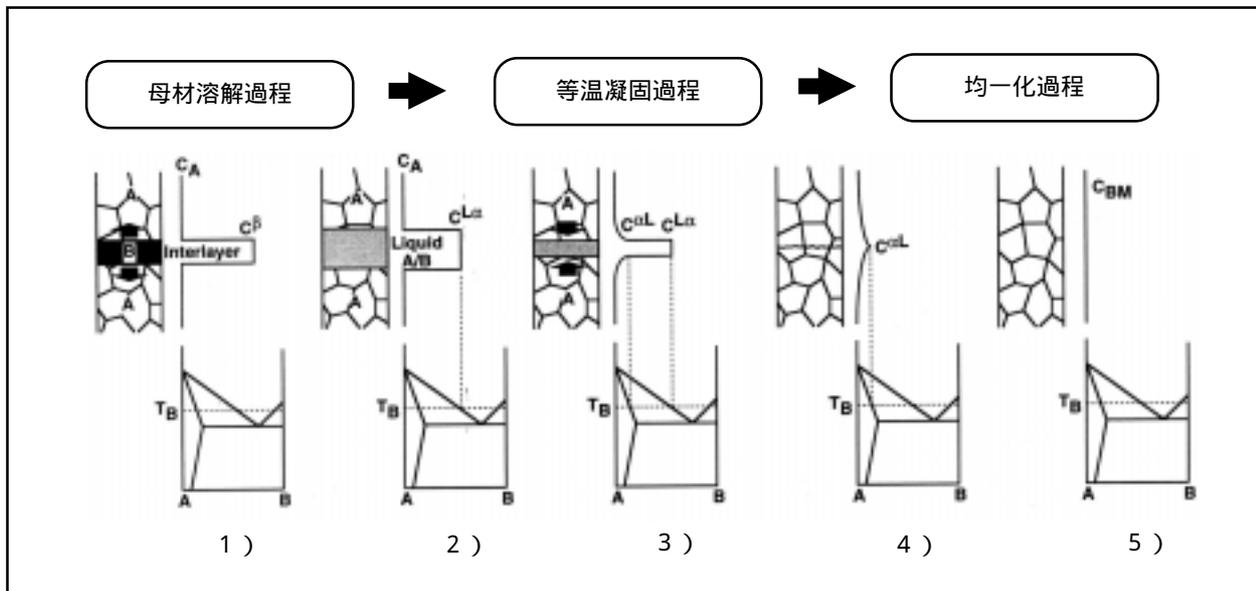


図-1 A - B二元系合金の液相拡散接合過程

表-1 Ni基単結晶超合金CMSX-2およびインサート金属MBF-80の化学組成

Material	Ni	B	Cr	Co	Mo	W	Ti	Al	Ta
Basemetal CMSX-2	Bal.	-	8.0	4.6	0.6	8.0	1.0	5.6	6.0
Insertmetal MBF-80	Bal.	3.7	15.5	-	-	-	-	-	-

本報告では、界面接合に関する最近の話題として液相拡散接合及びパルス通電型焼結接合を取り上げ、前者についてはNi 基耐熱超合金にこの接合法を適用した事例について紹介すると同時に、液相拡散接合用インサート金属の開発手法として数理計画法を用いた合金設計について述べる。また、後者については従来の融接では接合が困難な ODS 合金の接合に適用した例を紹介する。

## 2. 液相拡散接合の接合機構

液相拡散接合ではインサート金属に B, Si, P 等の融点降下元素を含む合金を用い、接合温度でインサート金属を溶融させたあと、融点降下元素の母材への拡散に伴う等温凝固により接合が完了する。図 1<sup>1)</sup> は液相拡散接合過程を A - B 2 元素合金のインサート金属を用いて模式的に示した図である (A: 母材元素、B: 融点降下元素)。この図に示すごとく、接合過程は次のような過程に分けられる。

### 1) インサート金属の溶解

(図 1 - 1)

接合体を接合温度に加熱した瞬間は C なる B 濃度のインサート金属のみが融解する。

### 2) 母材の溶融過程

(図 1 - 2)

接合温度に保持中に母材の一部が溶解し溶融層が拡大する。それに伴い、液相の B 濃度は平衡濃度  $C^L$  まで低下する。

### 3) 液相の等温凝固過程

(図 1 - 3 ~ 4)

液相中の元素 B が接合温度  $T_B$  に保持中に母材に向かって拡散するのに伴い、液相の B 濃度は  $C^L$  に保たれたまま液相幅が減少する。

### 4) 元素の均一化過程

(図 1 - 4 ~ 5)

液相消滅後、固相状態で元素 B が拡散により均一な分布状態となると共に組織上からも接合面が消失し、接合が完了する。多元合金の場合は融点降下元素以外の合金元素の均一化が完全な接合の条件となる。このため、接合温度よりもやや低い温度での長時間の均一化熱処理を行う場合がある。

## 3. Ni 基単結晶超合金

### CMSX-2 の液相拡散接合

最近、高効率ガスタービン材料として注目されている Ni 基超耐熱合金単結晶合金 CMSX-2 に対して液相拡散接合による接合を行った結果について述べる。

#### 3.1 接合部の単結晶化状況

単結晶超合金は粒界強化元素が含まれていないため、粒界が存在すると機械的特性の劣化が著しい。そのため接合に際しても、母材と同等の機械的特性を得るためには接合部の単結晶化は重要な問題である。接

合部の単結晶化状況を調査するために、継手の母材および接合部の結晶方位を EBSP 法を使用して三次元的に解析した。

接合用インサート金属としては、市販のアモルファス箔である MBF-80 を用いた。母材 CMSX-2 及びインサート金属の化学組成を表 - 1 に示す。接合は 13.3MPa の真空中で、接合温度 1373 ~ 1548K、保持時間 0 ~ 19.6ks、加圧力 2.3MPa の間で変化させて実施した。接合面は各母材の  $\langle 001 \rangle$  に対し垂直な面となるように試験片の結晶方位を一致させ、両母材間にインサート金属を設置し、接合した。

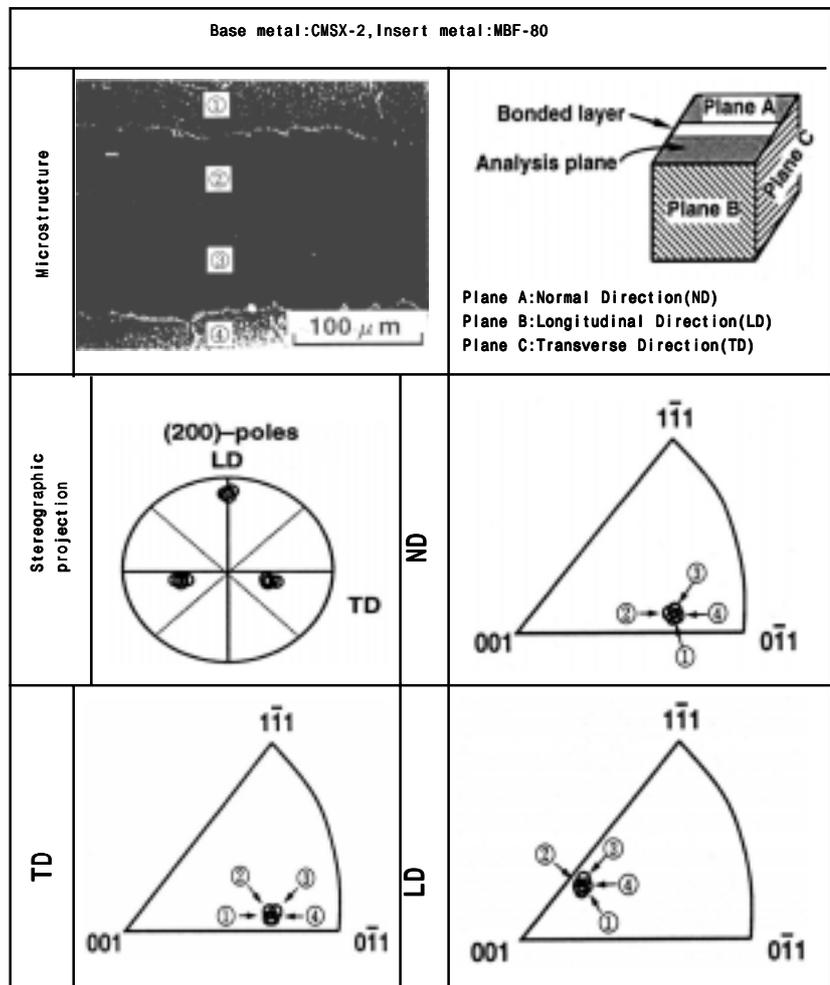


図 - 2 CMSX-2 液相拡散接合継手の接合部の結晶方位

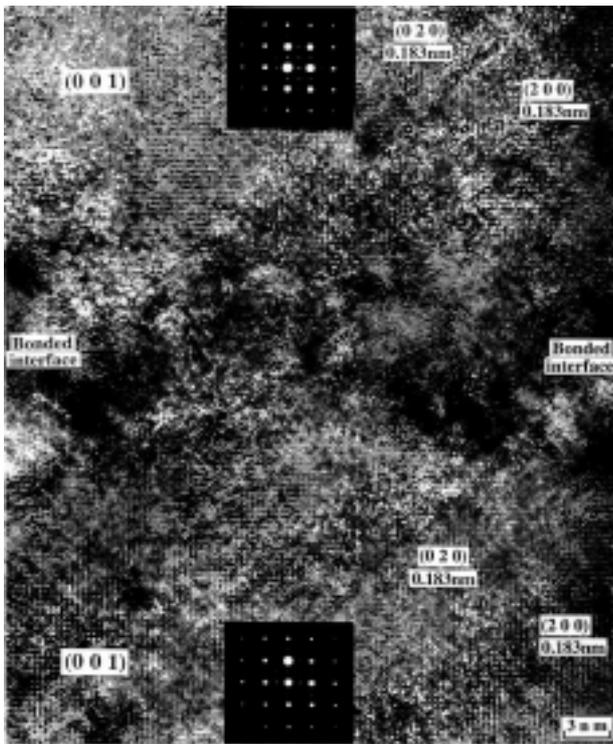


図 - 3 CMSX-2液相拡散接合界面の格子像

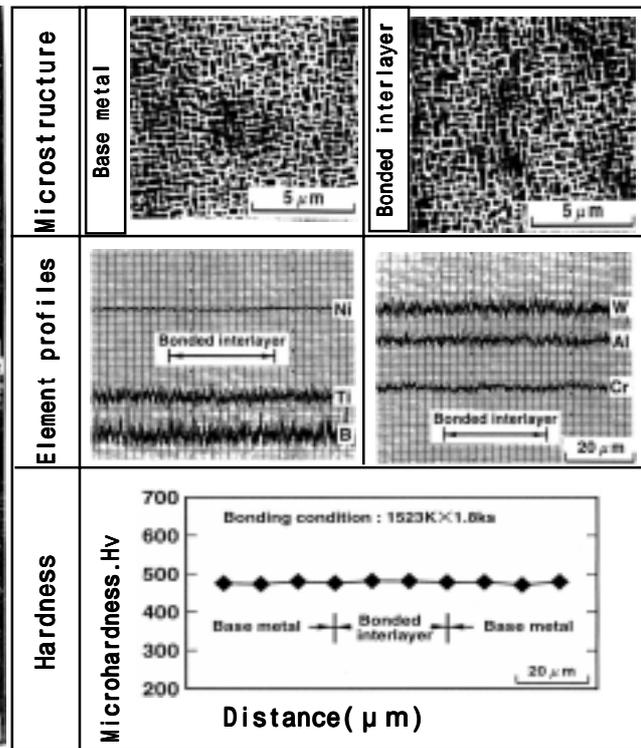


図 - 4 接合後熱処理後の液相拡散接合部の組織、硬さおよび元素分布  
(接合条件 : 1,523K × 1.8ks、溶体化処理 : 1,589K × 7.2ks、  
時効処理 : 1,353K × 14.4ks + 114K × 72ks)

図 - 2 は接合温度 1523K における等温凝固完了後 (3.6ks) の接合近傍の組織および結晶方位を示したものである。図において、母材部分が および である。 および は両母材より等温凝固により成長した領域である。各部分で、接合部に垂直な面 (LD)、接合部に平行な面 (TD) および試料表面 (ND) に対して結晶解析を行ったところ、等温凝固完了後のいずれの領域もステレオ投影面上でほぼ一点にプロットされ、各領域の結晶方位が同一であることがわかる。図 - 3 は同条件で接合した界面近傍の格子像を高分解能電子顕微鏡で観察した結果である。(002)面の格子像が接合界面を横切って連続している様子がみられる。

以上の結果より、等温凝固完了した後の接合部は等温凝固進行過程において母材からエピタキシャル成長してきた固相により、母材とほぼ同一の結晶方位を有する単結晶化が達成されていることが明らかとなった。

一方、単結晶材の接合部では母材と同等の強度を得るために、組織お

よび元素分布などが母材と同等であることが望まれる。図 - 4 に 1523K × 1.8ks の条件で接合した継手に接合後溶体化処理 (1589K × 7.2ks) 並びに 1 次時効処理 (1353K × 14.4ks)、2 次時効処理 (1144K × 72ks) を行った継手の組織、硬さおよび元素分布を調査した結果を示す。接合部では ' 相の形態は母材と同様に規則的に配列しており、硬さおよび元素分布もほぼ均一となっていることがわかる。

### 3.2 接合継手の機械的特性

#### 3.2.1 高温引張特性

インサート材 MBF-80 を用いて接合条件 1523K × 1.8ks および 1548K × 1.5ks にて接合した継手に対して均一化処理を施さず溶体化処理 (1589K × 7.2ks)、1 次時効処理 (1353K × 14.4ks) および 2 次時効処理 (1144K × 72ks) を順に行った接合継手の高温引張試験結果を図 - 5 に示す。試験温度 923 ~ 1173K において、接合継

手強さはいずれも母材強さとほぼ同等な値を示していることがわかる。

#### 3.2.2 クリープ破断特性

図 - 6 は接合条件 1523K × 1.8ks の条件で接合した継手のクリープ破断強さを Larson-Miller パラメータで整理し、母材強さと比較した結果である。図中の曲線は母材のクリープ破断強さの平均値を示している。いずれの条件においても接合継手のクリープ破断強さは母材のそれと同レベルの値を示している。図 - 7 にクリープ試験時の伸びおよび絞りの値を示す。クリープ試験による伸びおよび絞りは共に母材に比べ若干低い値となっている。現時点では接合継手のクリープ試験による伸びおよび絞りが母材より低下する原因は不明であり、その説明は今後の課題である。しかしながら、この点を除けば本接合法により母材と同レベルの接合強さを有する非常に良好な接合が可能であることいえる。

図 - 5 CMSX-2 液相拡散接合継手の  
高温引張特性

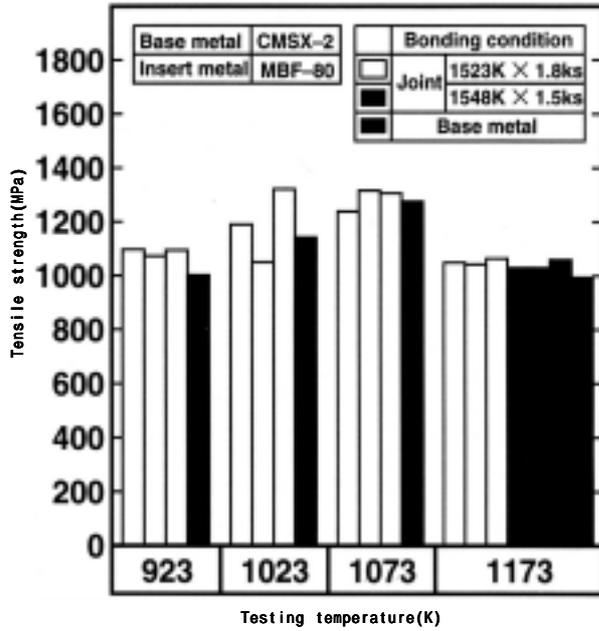


図 - 6 CMSX-2 液相拡散接合継手の  
クリーブ破断強さ

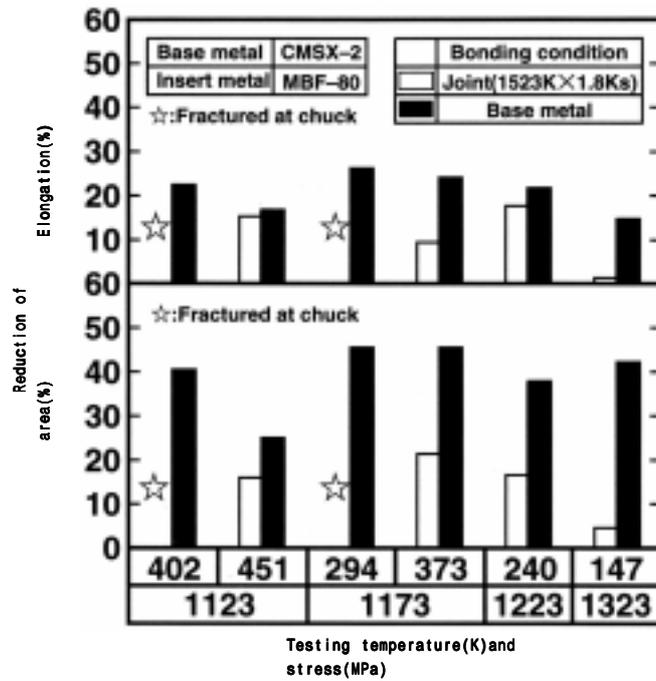
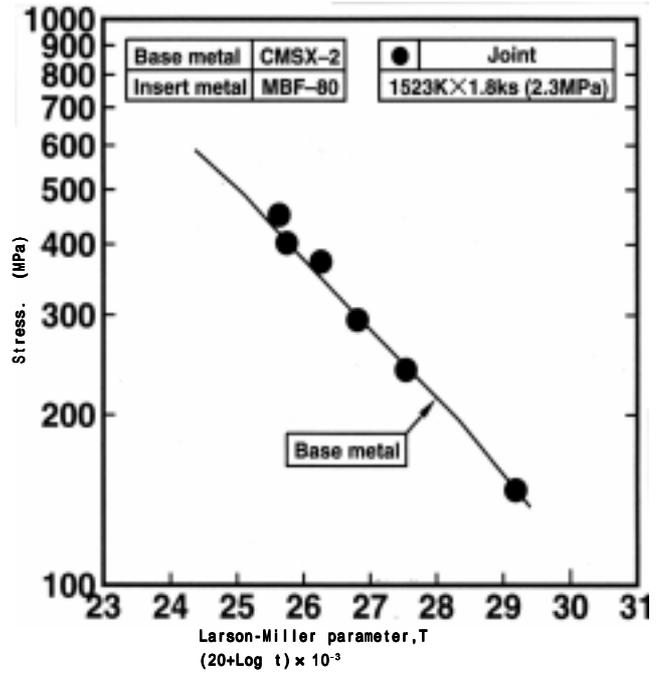


図 - 7 CMSX-2 液相拡散接合継手の  
クリーブ破断伸びおよび絞り

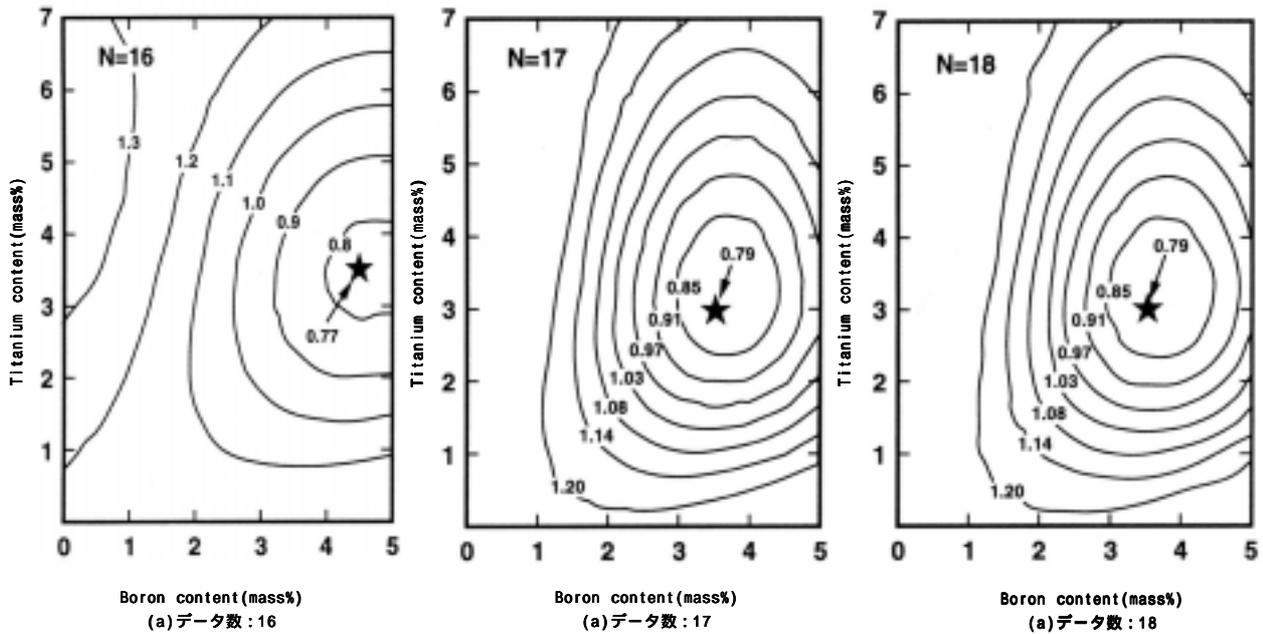


図 - 8 評価関数 Z の最小値を与える等Cr量断面における評価関数 Z の等高線

#### 4. 数理計画法による インサート金属の合金設計

液相拡散接合では市販のNi基ろうやFe基ろうをインサート金属として用いている場合が多い。しかしながら、市販のろう材をインサート金属として用いた場合、接合部の組成の均一化に長時間の熱処理が必要となる。このため、いくつかの合金に対しては母材にB, P, Si等の融点降下元素を少量添加した母材と近組成のインサート金属の使用が検討されている<sup>2)</sup>。従来は、このようなインサート金属の組成の決定には実験を主体とした試行錯誤法が用いられており、必ずしも合理的な合金設計手法が採られていないのが現状である。ここではNi-15Cr-3W-11Alの組成を有する高Al含有Ni耐熱超合金を対象として、その液相拡散接合に用いる母材近組成のインサート金属の組成の決定を合理的かつ迅速に行うため、数理計画法をインサート金属の合金設計に適用した例について紹介する。

##### 4.1 インサート金属の最適組成探索

最適手法としては、データ補間法のひとつである内挿法<sup>3)</sup>を用い、実測データに基づき探索範囲内の各格子点のデータ推定を行って、最適値を求めるグリッド探索法を採用した。この方法は限られたデータから評価関数の大域的な情報が得られることおよび意志決定者の判断により最適値近傍にデータ点を多くとることで迅速に最適値が求まること等の利点がある。

インサート金属の特性評価にあたっては融点、硬さ及び脆性生成相の生成しない最大接合層幅(CIW)を評価要素とし、評価関数をそれぞれの評価要素のデータ  $f_i$  とその目標値  $f_i^*$  より、(1)式のように与えた。

$$Z = \left\{ \left[ \frac{(f_i - f_i^*)}{f_i^*} \right]^2 \right\}^{1/2} \quad (1)$$

インサート金属の評価要素とした融点、硬さおよびCIWがそれぞれの目標値に妥協的に最も近くなる組成、すなわち(1)式で示す評価関数Zを最小にする組成がインサート金属の最適組成と定義し、この組成をグリッド探索を用いて検討した。各評

価要素の目標値については次のように決定した。インサート金属の評価要素の中で融点はできるだけ低く、CIWはできるだけ大きくなるほうが望ましい。したがって、それぞれの目標値として探索領域内でのそれぞれ最

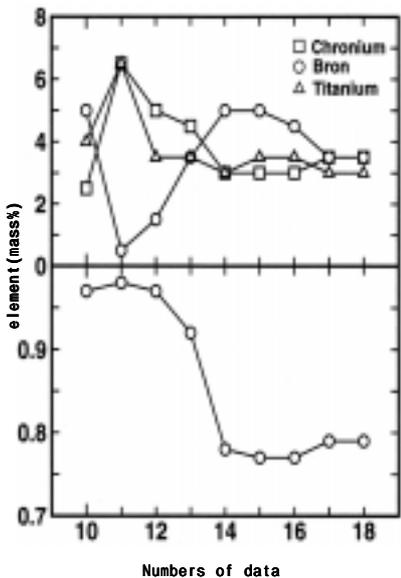


図 - 9 実測データ数の増加に伴う評価関数 Z の最小値および最小値を与える組成の変化

小値および最大値を採用した。また、インサート金属の硬さに関しては、接合後の接合層の硬さが母材と同等となる硬さを目標値とした。

まず、高Al含有Ni耐熱超合金を基本組成とし、BおよびTiを少量添加すると同時に、Crを変量したインサート金属を用いてそれぞれの性能を評価関数Zを用いて評価した。図-8(a)~(c)にデータ数(試料数)を16点から18点に増加させた場合のそれぞれについて評価関数Zの値の等高線図を示す。実験点が17点以上では等高線図はほとんど変化がないこ

とがわかる。

最適推定値の収束状況をより明確にするため、実測データ数の増加に伴う評価関数Zの最小値およびその最小値Zを与える最適組成の変化の様子を検討した結果を図-9に示す。これらの図から、実験点が17点以上でZの最小値および最小値を与える組成位置はほぼ一定値に収束していくことがわかる。

以上の結果より、データ点18点で最適組成探索を打ち切ってもよいと判断し、この結果得られたZの最小値を与える組成、Ni-3.5Cr-3.5B-

3.0Tiの組成を最適組成と決定した。表2に、このように決定した最適組成を有するインサート金属KY-20の化学組成ならびに融点、CIWの実験値を示す。硬さ、CIW及び融点はほぼ計算値に等しく、対象とした高Al含有Ni耐熱超合金の液相拡散接合用として満足すべき値となっていることがわかる。

#### 4.2 接合継手の機械的特性

図-10にインサート金属KY-20を用いて接合したNi-15Cr-3W-11Al合金の接合継手のクリーブ試験結果を示

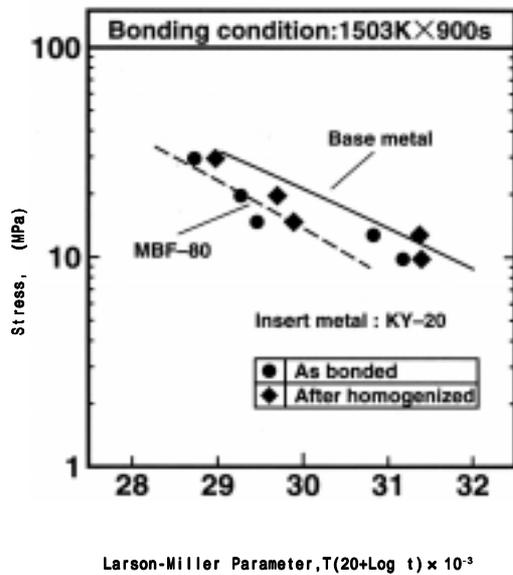


図-10 新開発インサート金属KY-20を用いた高Al含有Ni基耐熱超合金の液相拡散接合継手のクリーブ破断特性

表-2 新開発インサート金属KY-20の接合性能の計算値と実測値の比較

	Calculated value	Experimental value
Liquidus temp.	1,323K	1,320K
Hardness	Hv387	Hv386
CIW	57.4 μm	58.2 μm
Void ratio	0.80%	0.78%

表-3 Fe基ODS合金MA956の化学組成

Material	C	Ni	Cr	Fe	Ti	Al	Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
MA956	0.01	0.06	19.88	Bal.	0.38	4.52	0.62

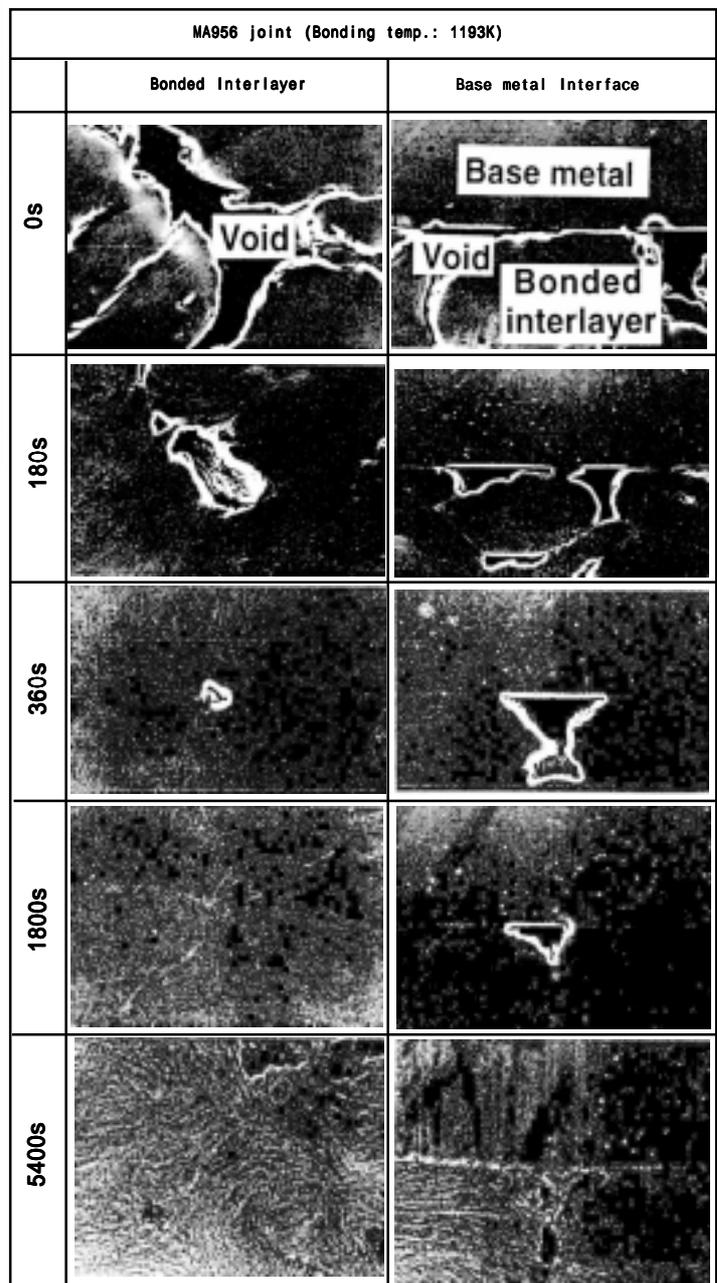


図-11 保持時間に伴うMA956パルス通電焼結接合部の組織変化

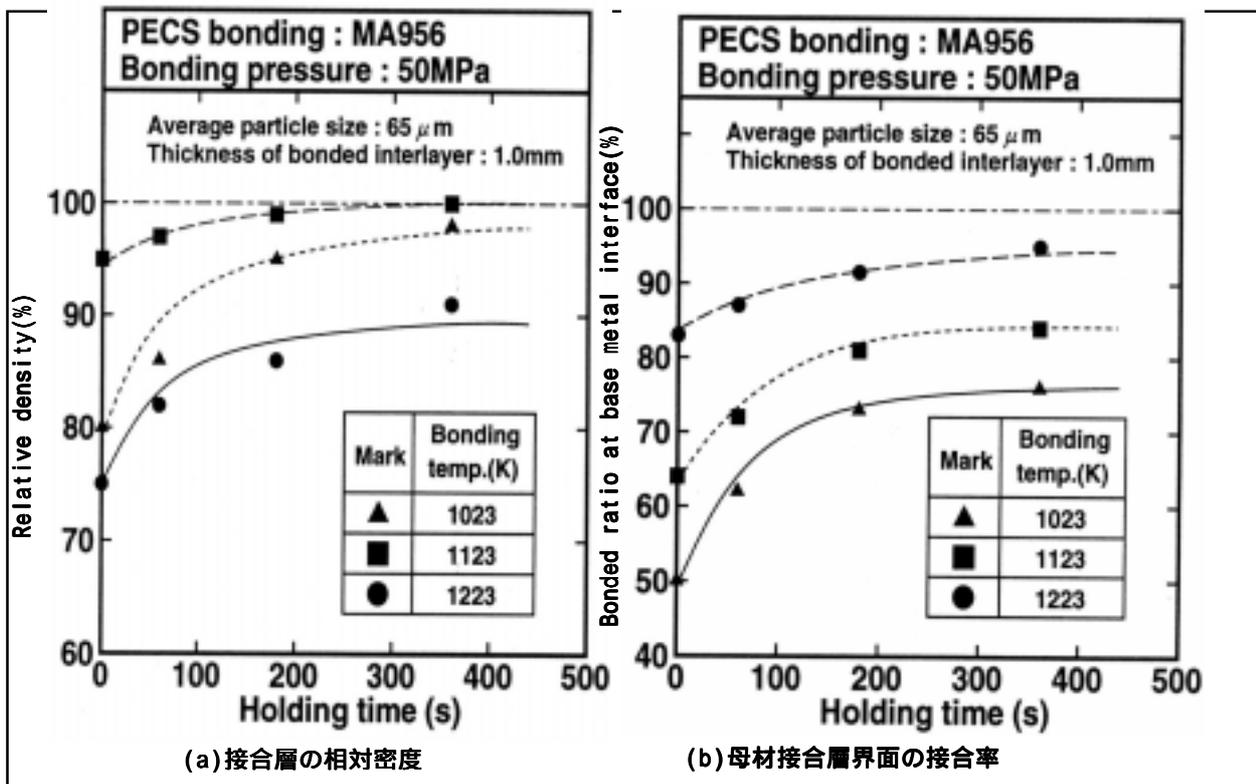


図 - 12 MA956 パルス通電焼結接合過程の接合部の緻密化挙動

す。接合条件を 1503K × 900s とし、接合後 1503K × 32.4ks の均一化処理を施した接合継手はほぼ母材に近いクリーブ破断特性を示す。

以上のように、数値計画法を用いることによって、液相拡散接合用インサート金属の最適組成を迅速かつ合理的に決定できることがわかる。

## 5. 酸化物分散強化型 (ODS) 合金のパルス通電焼結接合

酸化物分散強化型 (ODS) 合金は超合金マトリックスに微細酸化物粒子を分散させた非常に優れた高温機械的特性を有する超耐熱合金である。しかしながら、ODS 合金では融接を行った場合、接合部における酸化物の均一分布が失われる等の原因により、接合継手特性の劣化が問題点として指摘されている<sup>4)</sup>。ここでは、Fe 基 ODS 合金 MA956 を対象として、最近、注目を集めているパルス通電焼結接合法を用いてその場焼結接合を行った場合の結果について述べる。

### 5.1 パルス通電焼結接合現象

#### 5.1.1 接合部の組織変化

接合に用いた Fe 基 ODS 合金 MA956

の化学組成を表 - 3 に示す。インサート粉末には母材と同成分のメカニカルアロイング粉末 (平均粒径: 65, 100, 240 μm) を用いた。また、接合にあたり、母材間に接合層の厚さが焼結完了時に 0.5 及び 1.0mm になるようにインサート粉末を充填し、高強度カーボン製ダイスに接合試料を挿入しパルス通電焼結接合した。図 - 11 に接合温度 1193K における保持時間に伴う MA956 接合部の組織変化を示す。

接合初期に急速に緻密化が進行しており、保持時間がわずか 0.36ks で接合層内の粉末粒界に空隙が残留した様子も見当たらず、良好な焼結が行われていることがわかる。しかしながら、母材と接合層界面においては、緻密化はやや遅く、保持時間 5.4ks において空隙が完全に消滅することがわかる。

#### 5.1.2 接合部の緻密化挙動

MA956 のパルス通電焼結接合過程における接合層の相対密度および接合界面における接合率と保持時間の関係をそれぞれ図 - 12(a) および (b) に示す。いずれも温度が高くなるほど短時間で緻密化が進行しているが、

接合層内の緻密化速度は母材接合層界面における緻密化速度に比べて速いことがわかる。接合層の緻密化に及ぼすインサート粉末の平均粒径の影響を図 - 13 に示す。接合層厚が 0.5mm の場合、粉末粒径が 240 μm から 65 μm に減少するに伴い、緻密化がわずかに速くなる傾向が認められる。図 - 14 は緻密化に及ぼす接合加圧力の影響を示したものである。加圧力が増加すると接合層内の緻密化は顕著に加速されている。

#### 5.1.3 接合過程における接合層内の粉末形状の変化

接合過程における接合層内の粉末の形状変化を調査した結果を図 - 15 および 16 に示す。図 - 15 および 16 はそれぞれ、保持時間に伴う接合層内の粉末形状 (アスペクト比) および平均粒径変化を示したものである。保持時間が増加するに伴い粉末のアスペクト比は増加する傾向が認められるが、平均粒径は接合過程を通じてほとんど変化しない。このことから、ODS 合金のパルス通電焼結接合過程では、粉末が押しつぶされるように緻密化が進行するものと推察される。

## 5.2 接合層の緻密化に対する速度論的検討

パルス通電焼結接合における粉末の焼結挙動に対して塑性流動の緻密化モデルを適用し、実際の減少との比較検討を行った。塑性流動に基づく緻密化速度式は、相対密度 $D$ 、保持時間 $t$ 、粘性係数 $\eta$ 、加圧力 $P_0$ および緻密化速度 $K$ により式(1)にて表される<sup>5)</sup>。

$$\ln(1-D) = \frac{3}{4} \frac{P_0}{\eta} K t = Kt \quad (1)$$

すなわち、 $\ln(1-D)$ と $t$ との間に比例関係が成立し、緻密化速度は加圧力の一次関数となる。パルス通電焼結過程の相対密度 $D$ と保持時間 $t$ をプロットしたところ、**図 - 17**に示すようにいずれの接合においても、 $\ln(1-D)$ と $t$ の間には直線関係が成立することがわかる。さらに、接合温度1223Kおよび1273Kにおける緻密化速度と加圧力の関係は、**図 - 18**に示すようにいずれも比例関係が成立している。以上のことから、MA956合金のパルス通電焼結接合過程における接合層の緻密化現象は、塑性流動が律速する緻密化速度式によく適合することが明らかとなった。

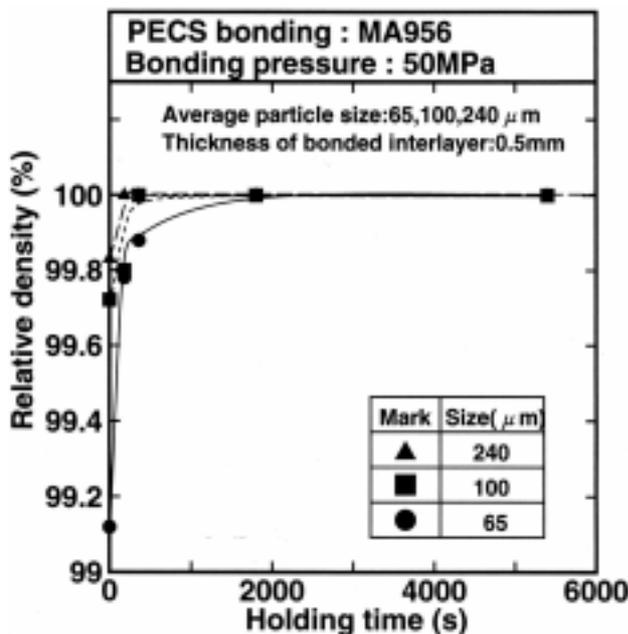


図 - 13 接合層の緻密化に及ぼすインサート粉末の平均粒径の影響

## 5.3 接合部における酸化物の分散状況

母材と接合層の界面ならびに粉末士の境界をTEMにより直接観察した結果を**図 - 19**に示す。界面および粉末境界に溶融・凝固した痕跡は認められず、界面においては接合層側に、粉末境界部においては全面に接合過程で再結晶したと思われる微細結晶粒が観察される。

さらに、界面および粉末境界ともにY2O3分散粒子が凝集・粗大化したような大きな生成物は認められず、**表 4**に示すように、ODS合金特有の20~30nm程度の大きさの酸化物が均一に分散していることが明らかとなった。これらの事実より、ODS合金のパルス通電焼結接合部においては、良好な酸化物分散状況を呈する接合部組織を得ることができるといえる。

## 5.4 接合継手の機械的特性

**図 - 20**にMA956の接合継手の常温引張試験結果を示す。接合温度が1340Kでは、保持時間が1.2ksまでは接合強さは母材に比べて低いが、保持時間1.8ks以上でほぼ母材に近い引張強さを示す。接合温度1380Kでは、保持時間1.2ks以上のすべての条件において母材破断を生じ、母材強

さが得られた。

以上のように、パルス通電焼結接合を用いることによって難接合材とされるODS合金も、酸化物の分散状態を母材と同程度にすることができ、その結果の良好な高温強度を有する接合継手が得られることがわかる。

## 6. 結言

次々と開発される新素材はそのほとんどが難接合材であり、その活用のためには加工における要素となる接合技術の確立が急務である。界面接合法は、このような難接合材の接合法として有力な可能性を持った接合方法である。今後、本接合法を新素材系の各種材料に適用し、そのノウハウの蓄積を行うと同時にそれぞれの材料に対するインサート材の開発や専用接合機器類の開発及び改良が望まれるところである。

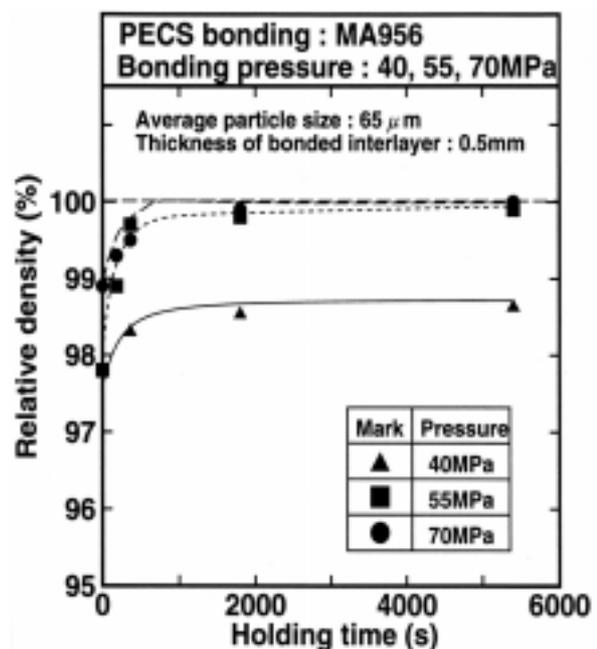


図 - 14 接合層の緻密化に及ぼす接合加圧力の影響

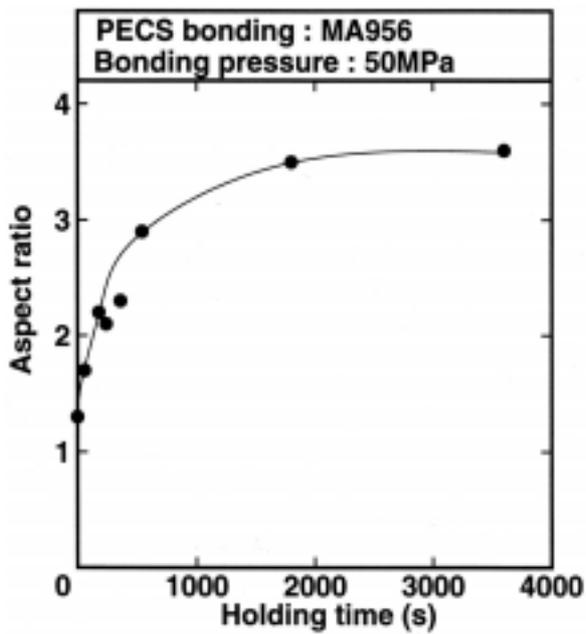


図 - 15 パルス通電焼結接合過程におけるインサート粉末形状の変化

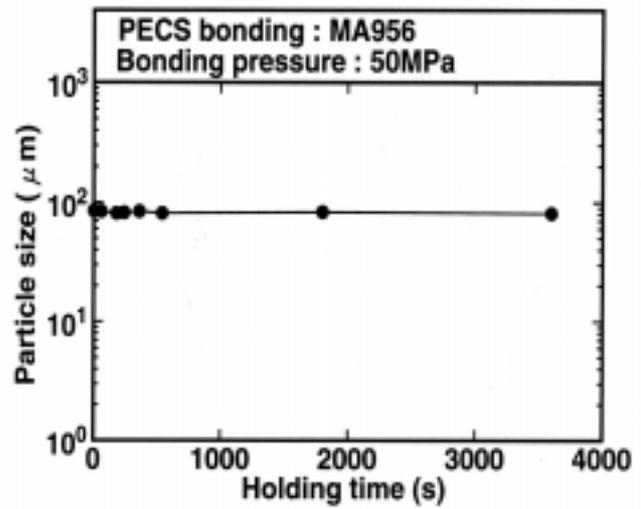


図 - 16 パルス通電焼結接合過程におけるインサート粉末の平均粒径の変化

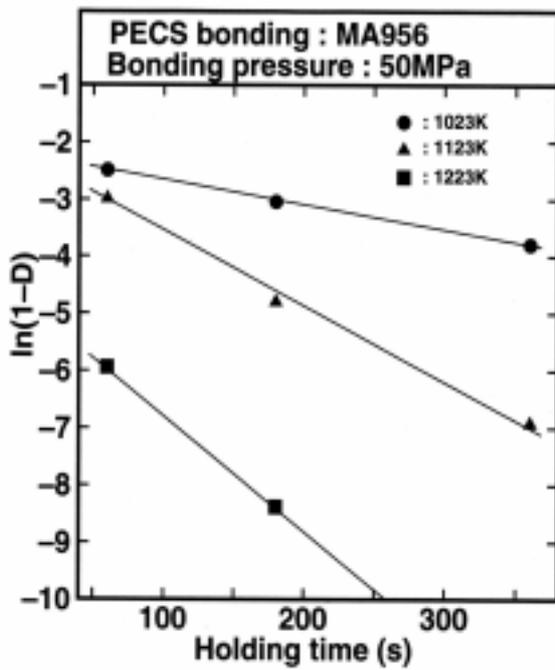


図 - 17 塑性流動律速型の緻密化速度式の適合性

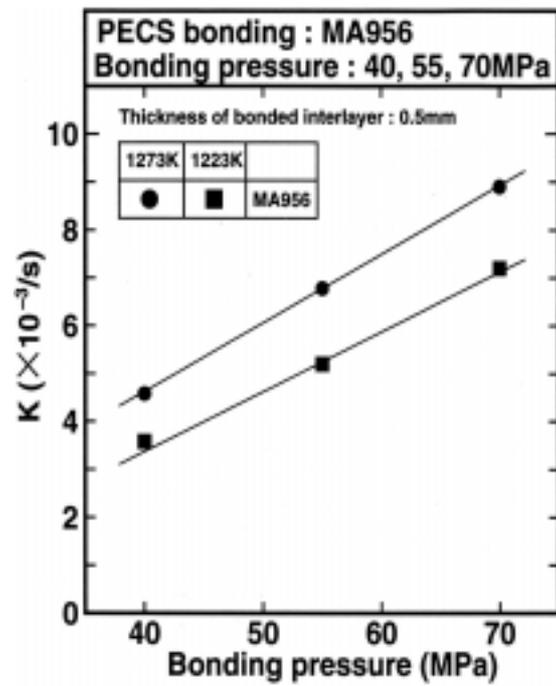


図 - 18 緻密化速度定数と接合加圧力の関係

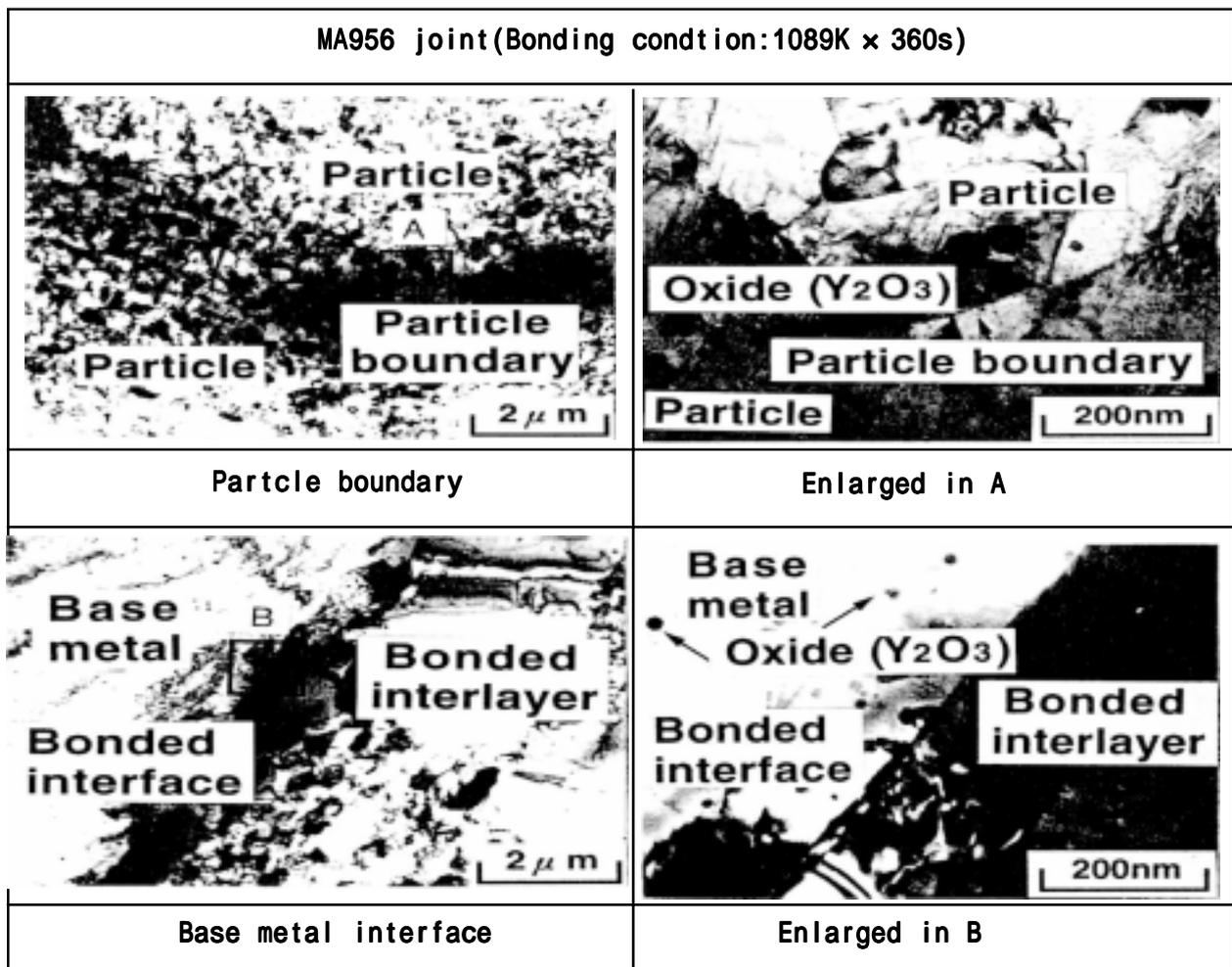


図 - 19 母材接合層界面および粉末境界の TEM 組織

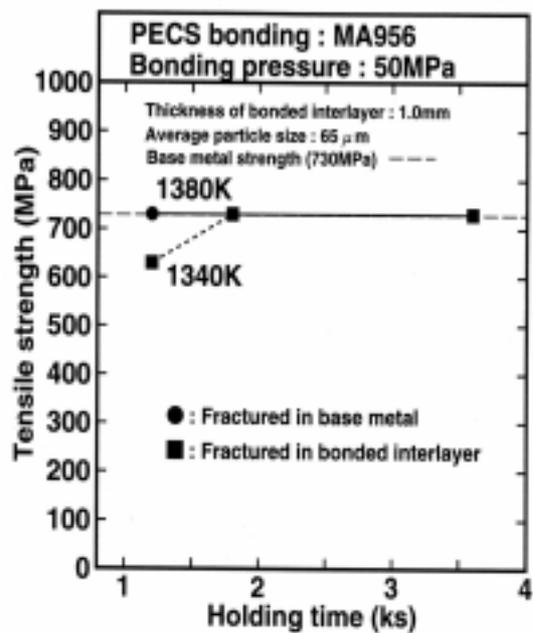


図 - 20 MA956 パルス通電焼結接合継手の常温引張強さ

表 - 4 MA956 パルス通電焼結接合部における酸化物の分散状況

Location	MA956 joint	
	Numbers of dispersion	Average size
Base metal	$2.51 \times 10^8/\text{mm}^2$	24nm
Base metal Interface	$2.42 \times 10^8/\text{mm}^2$	27nm
Inter-particle	$2.35 \times 10^8/\text{mm}^2$	30nm
Inter-particle	$2.44 \times 10^8/\text{mm}^2$	26nm

参考文献

- 1) D. S. Duvall et. al., Welding J., 53-4 (1974) 203s
- 2) 森本他、学振第 123 委員会報告、27-2 (1986) 255
- 3) I. P. Schagen, "Interpolation in Two Dimension-A New Technique", J. I. Maths. Applics, 23 (1979) 255
- 4) 松田他、川崎技報、56 (1975) 21
- 5) T.Sakamoto, 粉体および粉末冶金、43-3 (1997) 845

# 「21世紀のあかり計画」 (高効率電光変換化合物半導体開発)を開始

21世紀のあかり推進部

(財)金属系材料研究開発センターは、新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)からの委託を受けて「21世紀のあかり計画」(高効率電光変換化合物半導体開発)を、平成10年8月6日から開始した。同計画は、現在、ほぼ順調に運営されている。

## 1. 研究開発の目的

京都で平成9年12月開催された「国連気候変動枠組み条約第3回締約国会議(COP3)」において合意された目標の達成に向け、産業、民生及び運輸部門などあらゆる部門において省エネルギー対策への努力が求められ

ている。

ところで、国内で照明用に消費される電力は、民生部門のなかの約2割を占めており、この部門での省エネ対策の必要性は大きい。

発光ダイオードは、小型、軽量および長寿命等の特徴を有するとともに、消費電力が少ないという優れた長所をもつことから、次世代の省エネルギー型光源として期待される。

しかしながら、一般の照明用光源としての実用化を図るためには、電光変換効率の面においてさらなる研究開発を必要とするとされる。

本研究開発は、発光ダイオードを利用した省エネルギー型照明の実用化を目指すものである。

## 2. 内容

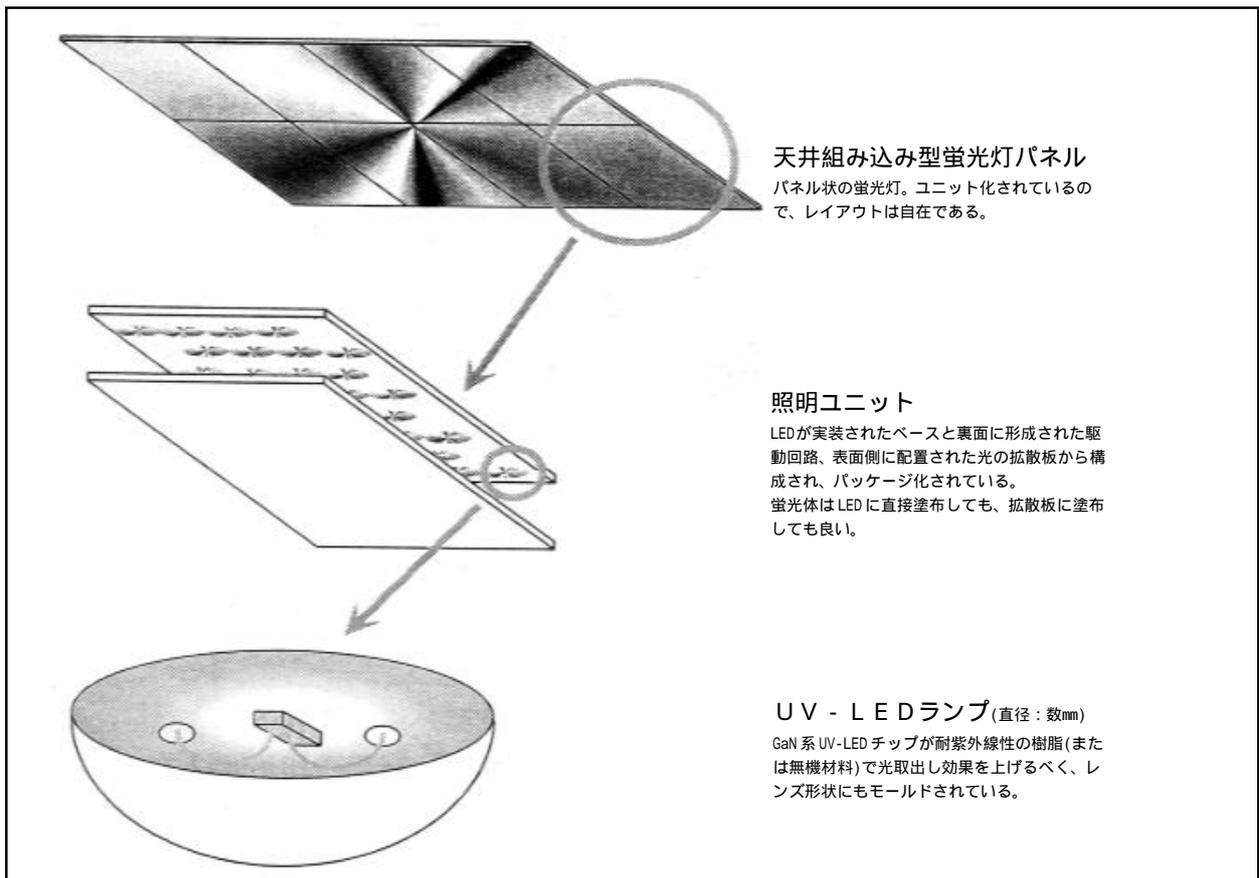
(1)本プロジェクトは、現在の蛍光灯を大きく上回るエネルギー効率(2倍程度)を有する発光ダイオードを利用した照明用光源の実用化を目的に、電光変換効率向上のための技術的課題を解決しようとするものである(図-1)。

(2)本研究開発の目的を達成するためには、個々の要素技術間の連携が不可欠である。

以下の研究開発を包含した形で研究開発を推進することとしている。

### a. 物性・発光機構の研究

短波長領域で優れた発光特性を有



天井組み込み型蛍光灯パネル  
パネル状の蛍光灯。ユニット化されているので、レイアウトは自在である。

照明ユニット  
LEDが実装されたベースと裏面に形成された駆動回路、表面側に配置された光の拡散板から構成され、パッケージ化されている。蛍光体はLEDに直接塗布しても、拡散板に塗布しても良い。

UV-LEDランプ(直径:数mm)  
GaN系UV-LEDチップが耐紫外線性の樹脂(または無機材料)で光取出し効果を上げるべく、レンズ形状にもモールドされている。

図-1 「21世紀のあかり」のイメージ

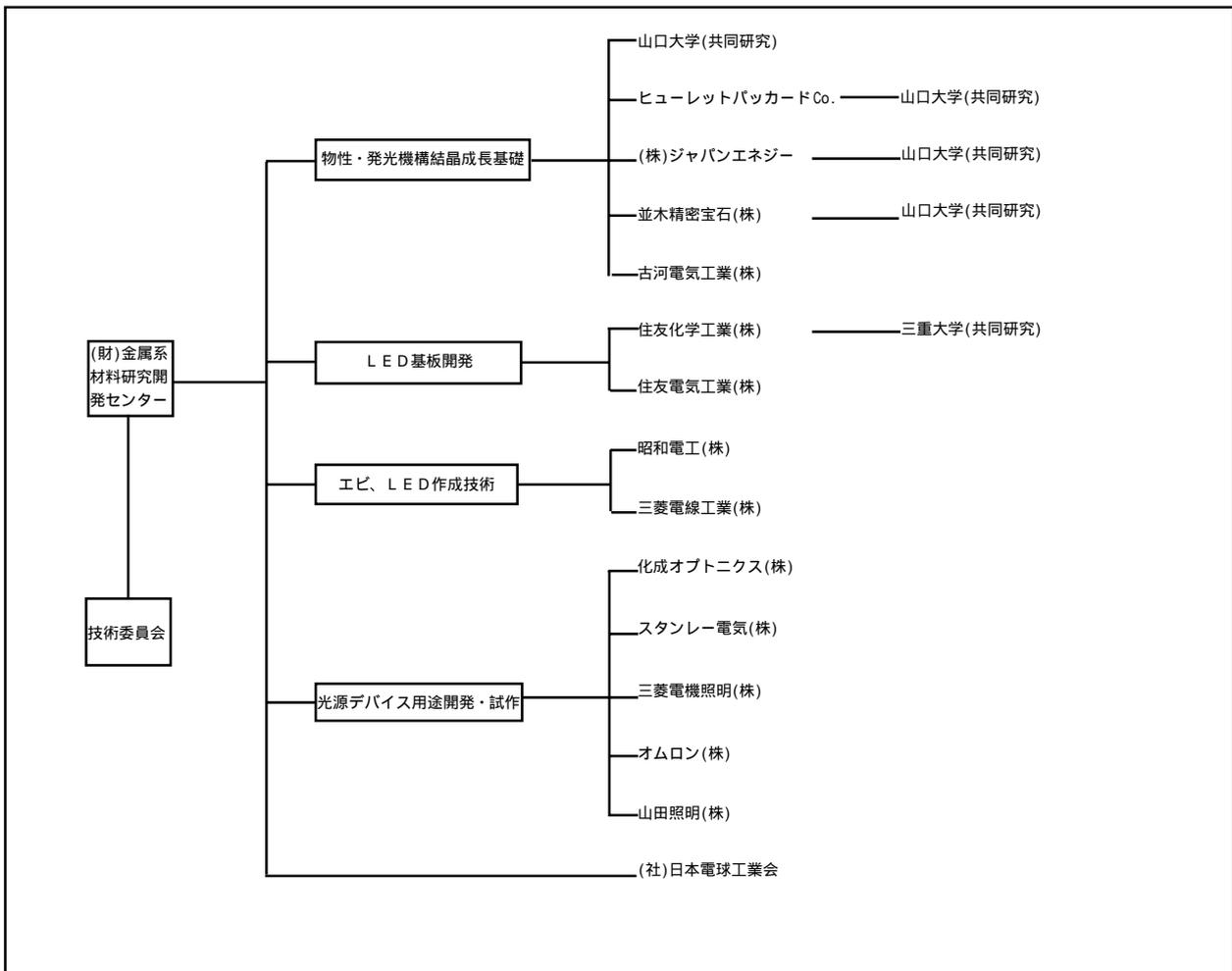


図 - 2 研究開発に参加する組織

する混晶化合物半導体の組合せを探索する。また、発光デバイス構造の設計に資するため、発光機構の解明に当たる。

#### b. 基板開発の研究

欠陥密度の少ないホモエピタキシャル成長を達成し得る化合物半導体の単結晶基板の製造プロセスを開発する。

#### c. ホモエピタキシャル成長・デバイス構造技術の研究

高効率発光特性を有する化合物半導体材料を欠陥密度の少ない状態で成長させ得るプロセス、高濃度不純物ドーピングが可能なエピタキシャル成長プロセス及び量子構造を原子層オーダーで制御し得るプロセスを開発する。

#### d. 光源化の研究

高効率発光ダイオードによる省エネルギー照明を実現するために必要

な低接触抵抗電極、高効率蛍光体、耐光性モールドイング樹脂等の生産技術を開発する。

### 3. 研究開発への取組み体制

(1)本計画のうえに13の民間企業が参加している(図-2)。13社は、本計画を1998年度から2002年度に及び5年間にわたって履行する予定である。JRCMは、初年度である98年度分の委託業務実施計画をNEDOへ提出し、先の8月6日付けにて承認を受けた。これにより、13社は、98年度分の研究開発に着手するに至った。

今後、4年間にわたり、各年度ごとに、初年度と同様、JRCMが全体を取りまとめ、NEDOへ提出し、承認を受けることとなる。

(2)この間の計画の運営を統括する組織が技術委員会であり、98年9月に開催されたJRCM理事会において委員会規程第5条別表に示す委員会として承認された。同委員会は、これまでに3回開催した。

この技術委員会は、内部に、研究部会、企画広報部会及び知的財産権部会と称する3つの部会を設置している。うち、研究部会は、すでに4回開催した。

(3)事務局業務は、JRCM内の21世紀のあかり推進部が当たっている。

「スーパーメタルシンポジウム」  
開催報告



熱心に討議するスーパーメタルの研究者

第1回「スーパーメタルシンポジウム」が平成10年11月12日(木)13日(金)の二日間にわたり東京国際フォーラムに於いて開催された。このシンポジウムは、(財)金属系材料研究開発センター(JRCM)(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るもので、今後も毎年継続して開催される予定である。

当日は、約420名に及び企業、大学、国立研究機関等からの参加者(内、海外から5名)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。参加申込が予想以上にあり、申込締め切り以降の参加希望者をお断りせざるを得なかったことをお詫びしたい。

招待講演としてスウェーデン王立工科大学のK.V.Rao教授による「欧州におけるアモル

ファス・ナノ結晶組織バルク材料の開発の現状」についての講演が行われた。また、特別講演として次の3件、「鉄鋼材料の組織微細化の現状と展望」牧正志;京都大学教授、「スーパーメタル(アルミニウム)の開発とその新たな展望」長村光造;京都大学教授、非平衡アモルファスおよびナノ結晶駆動合金の相および化学的不安定性」A. Ye. Yermakov;ロシア科学アカデミー金属物理研究所応用磁性研究所所長、が行われた。

一般講演内容は、スーパーメタル研究開発の4つのテーマである、鉄系メゾスコピック組織制御、アルミニウム系メゾスコピック組織制御(以上JRCM担当)と、ナノ組織制御、アモルファス構造制御(以上R I

MCOF担当)について、それぞれの材料創製技術に関する平成9年度の研究成果を中心としたもので、24件の講演が行われた。

当日参加したある金属製造業の若手の材料研究者は、「このような最先端の研究者が集うシンポジウムで発表の機会を与えられて、感激に胸が震える思いであり、今後一層研究開発に邁進したい。」と感想を述べていた。

また、初日の夕方開催された懇親会においては、内外の研究者の先輩、新進各氏が和やかにスーパーメタルの将来について語り合う光景が随所に見受けられ、シンポジウムの大成功を印象付けるとともに、来年以降の新たな成果が早くも期待される結果となった。

ANNOUNCEMENT

JRCM インターネット  
ホームページの開設予告

広報委員会では、JRCMの活動の広報・普及及び会員サービスの向上等を目的に、本年4月1日スタートを目指してインターネットホームページの開設準備を進めております。ご期待ください。

編集後記

まずは家庭のことから。子供が3人いるが、同じように育てたつもりにもかかわらず、すべて性格が異なっている。親からの同じような発言に対して、反応はそれぞれ異なる。実に不思議。人格や性格といったソフトがいつごろどのように形成されるのか、知りたいところではある。

考えてみれば、国や企業・団体の性

格といったものも同じなのかもしれない。周囲の環境に影響され、とどまるところを知らず。でも昨今の日本国の元気のなさや優柔不断さは少々気にかかる。こんなはずではなかったのに、とだれしもが思っているのではなからうか。

「見る前に跳べ」新しい年のキーワードは「勇気」ではないだろうか。(S)

- 広報委員会 委員長 川崎敏夫  
委員 佐藤 満 / 倉地和仁  
          渋谷隆雄 / 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147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写複製転載することを禁じます。

発行 1999年1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

TEL (03)3592-1282(代)/FAX(03)3592-1285

E-mail KYT05556@niftyserve.or.jp