

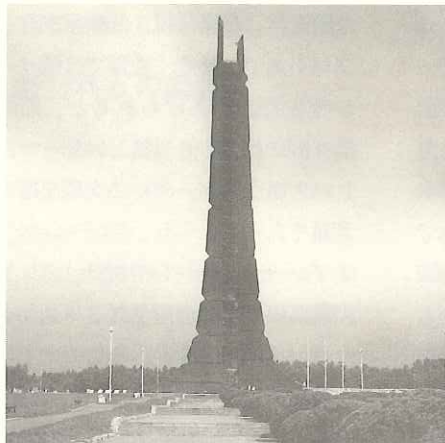
TODAY

建造物の寿命

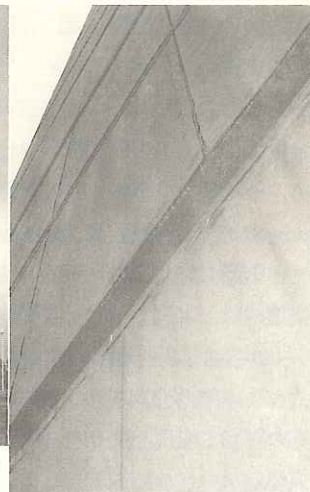


東京大学 生産技術研究所

教授 増子 昇



北海道100年記念塔▲
記念塔の22年後の外板状態▶



ものの寿命には、自然寿命、保全寿命、機能寿命の3つのカテゴリーを設定できる。自然寿命は、自然環境のなかでものが全うできる寿命であり、保全寿命は、うまく保守しながら使ったときの寿命である。機能寿命とは設計目的の終了とか、ファッションの遅れなどによって、ハードウェアは健全であるのに、役割を終わることをいう。

工業技術による大量生産に基礎を置く現代文明の特徴をあらわす言葉として、最も本質を衝いているのは、「使い捨て (throw away)」であろう。身のまわりを見ても、人間生活の快適性の追求に焦点を合わせた、いわゆるハイテク製品の機能寿命は驚くほど短い。消費材の生産に関して技術が進歩するということは、見方を変えればこれまでのものをいかに速く古くするかということであるから、これは本質的なことといえる。

しかし社会資本といわれる道路、橋梁、公共建造物、堤防、護岸施設、港湾施設などの建造物では、寿命の長いことが無前提で社会的に要求されていると考えてよい。鉄が人類の歴史に登場したのは4,000年を越える昔のことであるが、本格的な鋼の時代に入ったのは高々100年前であり、エッフェル塔 (1887年)、ゴールデンゲート橋 (1937年) に代表される鋼

建造物の歴史は、まだまだ新しい。これらの建造物は塗装による防食によって、半永久的な保全寿命を期待されているが、再塗装などの維持費の増大が問題となってきている。

北海道開拓100年を記念して、札幌郊外の野幌に1970年に建造された北海道100年記念塔は、無塗装すなわち自然寿命を全うして、次の100年に引き継ぐ目論見で、外板に板厚6ミリの耐候性鋼板を採用している。建造22年後の外板の写真に見られるように、板の表面は良い錆で被覆され、「自ら塗装する鋼」の面目を施しているのだが板と鉄骨との合わせ目の腐食の進行が止まっていない。しかし鋼でも、長い自然寿命が期待できるというのは大発明で、現在では耐候性鋼を応用した無塗装建造物の数が増えているのは心強い。もちろん前者の失敗という貴重な経験が次の設計に生かされるというかたちで、施工の技術が着実に進歩しているものと信じている。

社会基礎を維持、保全する技術の開発は、いわゆるハイテクと異なり「使い捨て」を基本とする技術思潮の中では時流に乗り難いところがあるが、このような地味な技術にも大きな関心が寄せられることを期待したい。

「Superalloys 1992」に見る 超合金の開発動向及び新材料との競合

（株）神戸製鋼所 鉄鋼事業本部技師長 工学博士 太田定雄



本稿は、'94年2月10日第17回NS部会（部会長 田中良平東京工業大学名誉教授）において、太田技師長が講演された内容の概略である。

1. はじめに

超合金は材料分野の先端技術の一角を占め、その開発成果は4年ごとに米国Pennsylvania州Seven Springsで開かれる国際会議で発表される。1992年の会議では、米国をはじめ各国から約350名が参加し、87編の論文が発表されたが¹⁾、国際緊張の緩和、新材料の発展等の影響を受け、開発動向にかなりの変化が見られた。筆者はこの会議に出席したので、そこでの発表論文を中心に最近の超合金の開発動向を述べ、また金属間化合物等新材料との競合に関する議論を紹介する。

2. 超合金開発の環境変化

会議の冒頭でWilliams (G.E.) は、①国際緊張の緩和とともに市場が軍用から民用に移り、開発においても採算、タイミングが重視され、シーズ的、長期的な開発がむずかしくなった、②1983年ころからquantum leapを目指す新エンジンの開発では金属間化合物等の新材料が重点になっているが、その成果が期待はずれになった現在でも重点は変わらず、超合金の開発資金は限られている、③このような状況下での超合金の開発では、表-1の諸項目を趣旨とするIntegrated Product Developmentの導入が必要であり、特に製造プロセスの開発が重要であることを強調した。

3. 超合金の開発動向

超合金関係の主なテーマは、材料では鍛造材、単結晶材、低膨張率合金、プロセスでは casting、性質では低サイクル疲労寿命があげられるが、前回、前回に比べると目新しいテーマに乏しいというのが、多くの継続出席者の意見であった。

(1) ブレード、ペーン用材料

最高温度部で使用される単結晶合金については、生産性、歩留の向上のための casting 技術に関してはいくつかの発表があったが、材料としては第2世代に属するCMSX-4の開発経緯、特性が報告されただけであり、これらの状況から単結晶材の強度は頭打ちになっていると考えられる。

一方ジェット・エンジンのタービン入り口温度は、年々着実に上昇しているが、これは大部分、冷却技術及びコーティングの進歩、特に前者によって

おり、材料強度改善の寄与は小さくなっている。これを反映して、最近の冷却構造はますます複雑化、薄肉化する傾向にあり、材料面の開発も casting、単結晶化性のすぐれた合金を志向している。

冷却された翼の金属温度は約1,000℃であるが、これを1,030~1,050℃まで上昇させるのは単結晶材でもむずかしいと考えられ、新しい材料の出現が待たれ、金属間化合物等の開発が推進されている状況にある。

なお、低圧タービン用の多結晶 casting 合金や圧縮機後段用の鍛造合金に対しても、TiAl等の軽量金属間化合物の適用が検討されているが、軽量金属間化合物

表-1 Integrated Product Developmentの趣旨

- ニーズの明確な把握(目標の具体化)
- 開発テーマの慎重な選定
(開発費の回収を意識)
- ボトル・ネックを押さえた開発
(特にプロセス)
- 組織的、協調的な体制
(同業者、異業種、外国)

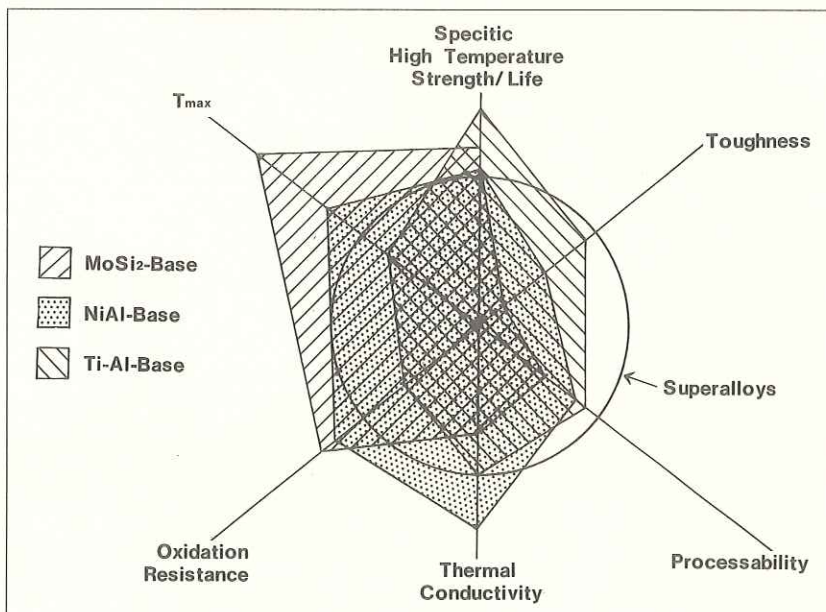


図-1 超合金と金属間化合物の特性の比較

合物はエンジンより、将来、旅客機の重量の大部分を占める機体に用いられる場合にその利点を最も発揮するものと考えられる。

(2) ディスク用材料

高温部に用いられる粉末冶金材の新材料として、U-720合金の粉末冶金材及び欧州で開発されたN18合金が報告された。またSpray Castingによってディスクを試作した例も示された。

低温部に用いられる鍛造合金では、最も問題となる低サイクル疲労寿命を改善するため、結晶粒度や粒界、粒内の析出物の状態を制御する加工、熱処理方法が多く提案された。また、発電用ガスタービンの発展に対応して大型ディスクの鍛造方法に関する報告もあった。

ディスク材料には強度そのものが高いこと、靱性、低サイクル疲労寿命がすぐれていること、大きな部品が高い信頼度でつくることが必要であるので、複合材料を含めた金属間化合物系の新材料の適用は難度が高く、当分超合金系材料の改善が続くものと考えられる。

(3) 燃焼器用材料

ODS合金MA754で特殊な積層板を

つくり、燃焼器の一部を試作した例が報告された。一般に燃焼器は薄板でつくられ、耐熱性は冷却とコーティングに頼っている。セラミックス・ライナの適用も考えられているが、靱性等に難点がある。燃焼器材料には強度、耐食性、低サイクル疲労寿命のほか成形性、溶接性が要求され、これからも高強度板用合金の開発やODS合金の適用が進められるものと考えられる。

4. 新材料との競合

この会議では超合金と金属間化合物を中心とする新材料との競合について最も議論が沸騰した。

まず新材料の開発全般のreviewがあり、図-1のような各材料の比較図が示された²⁾。次いでNiAl系材料、Ni₃Al合金、TiAl及びTi₃Al、セラミックス系材料、MoSi₂ほかのシリサイド、Nb-Ti合金の開発状況が報告された。このうち、金属間化合物、セラミックス関係では日本の試作例が多く紹介された。

これらの報告は主にエンジン・メーカー、大学、公立機関側からなされたが、これに対して超合金メーカーを中心とす

るグループから、①NiAl系は比強度も単結晶材と大差がなく、靱性、成形性が劣りメリットがない、②TiAl系は最高使用温度が低く、耐酸化性が劣りこのレベルでは超合金に代替ができない、③新材料は1983年以来、開発が続けられてきたが実用された例はほとんどなく、上述の欠点を克服するのは非常にむずかしい、④仮に欠点が克服されても、図-2³⁾に見られるように、データ・ベースの整備、実機テスト、認定等に何年もかかり、いまは確実な超合金の開発に資金を注ぐべきである等の意見が出された。

一方これに対してエンジン・メーカー側から、①NiAl系の強度は合金化によって向上でき、靱性、延性もdove tail部での破壊を防止するに十分である、②TiAl系の高い比強度の効果は非常に大きく、低温部では超合金に対して著しい利点がある、③超合金は融点から見て最高使用温度限界に近づいており、エンジンの性能を大きく向上させるには時間がかかっても新材料の開発は不可欠である、④単結晶材やODS合金でも発明から実用には20年以上かかっており、新材料の開発にもい

まから資金を投じ、本格的な取り組みが必要である、との見解が示された。

要するに開発資金を当面、頼りになる超合金にまわすべきであるとする超合金メーカー側と、米国ジェット・エンジンの優位性を保つに不可欠な新材料に向けるべきであるとするエンジン・メーカー側が対立したかたちであるが、このSuperalloysの会議の議題として、今後も金属間化合物等の新材料を取り上げることは双方とも賛成した。

5. むすび

超合金は出現以来50年以上経

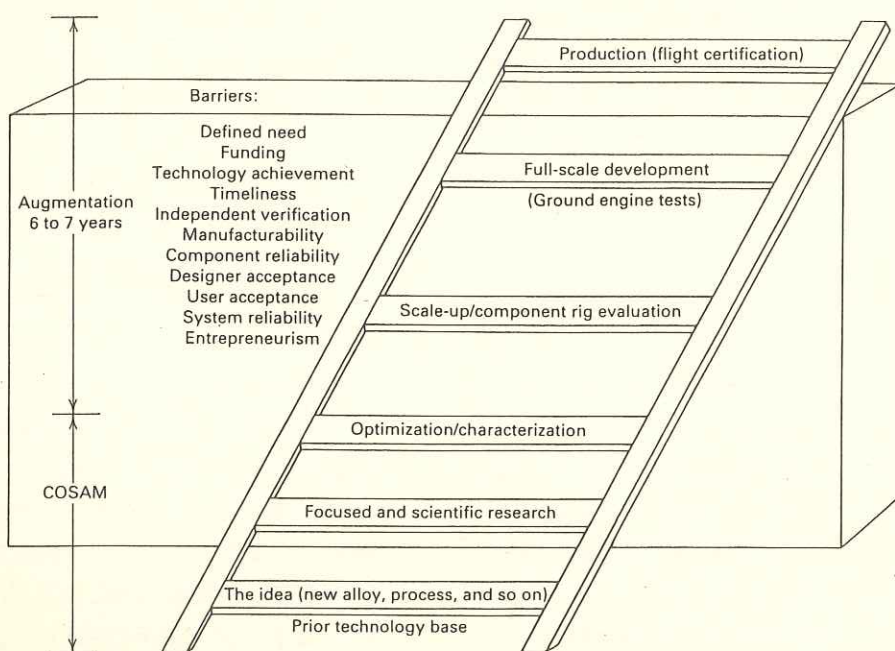


図-2 新材料の実用化への過程³⁾

過し、その性能向上は頭打ちの傾向が見られる。一方エネルギー、環境等の点から熱効率を上げるため、タービン入り口ガス温度を上昇させる要求は、ますます強くなっている。これに対して、当面は超合金と冷却の組み合わせで対応せざるを得ないが、早晚、新しいタイプの材料が必要になることは明白であろう。

従来ジェット・エンジン用材料の開発は軍事予算に支えられてきたが、市場が民用に移るにつれて開発予算も限られ、新材料の開発の主役はエンジン・メーカーに移り、合金メーカーは製造プロセスの開発に重点を置く傾向が見られる。

新材料の開発、実用化には、図-2のように多くの障害を乗り越えなくてはならないが、できるだけ早く実用化させるには、その開発にも表-1のIntegrated Product Developmentの概念を導入し、特にボトルネックになりやすいコストに直結した製造プロセスの開発に注力することが重要であると考えられる。

またわが国の金属間化合物、セラミックスの開発は高く評価されているが、航空・宇宙分野で遅れをとっているわが国では、自動車、陸用小型ガスタービン等の非航空・宇宙分野への新材料の適用も推進し、製造技術を身につけ実績を重ねることも重要であると考えられる。

なお、本稿をまとめるに当たって、石川島播磨重工業(株)技術研究所 大友暁氏にいろいろ意見、助言をいただきました。記して厚くお礼申し上げます。

参考文献

- 1) Superalloys 1992, ed. S.D. Antlovich et al., 1992, (TMS)
- 2) M.V. Nathal et al.: 文献1), p.329
- 3) J.R. Stephens: Metals Handbook, 10th ed., vol.1, 1990, p.1009, (ASM)

INFORMATION

会員会社紹介④ 株式会社荏原製作所

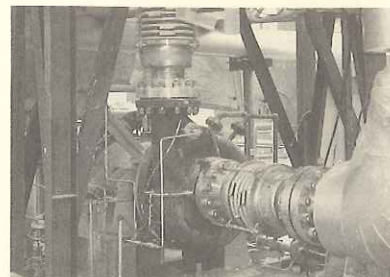
水と空気と環境の明日を考える

当社は、大正元年(1912)に水力学の権威、井口在屋博士(東京帝国大学教授)による「渦巻ポンプに関する理論」を、創立者畠山一清が事業化・創立した「のくち式機械事務所」を前身として、大正9年(1920)、日本で最初のポンプメーカー・(株)荏原製作所として発足しました。当時、工場を置いた地が「東京府荏原郡品川町」であったことが社名の由来です。

その後、ポンプで培ったターボ機械技術を気体に適用し、大正10年(1921)ころ、製糖会社に口径400mmのターボブロワを納入したのに始まり、送風機メーカーとしても歩みはじめました。以来「風水力機械のエバラ」として大きく発展するとともに、現在では「水と空気と環境の明日を考える」を企業理念として、総合エンジニアリング企業を指向しています。

その事業内容の一端を簡単に紹介しますと、国内の約30%のシェアを占めるポンプを筆頭に送風機(ファン・ブロワ)、圧縮機、タービン、発電用水車、冷凍機、ボイラ等のあらゆる産業分野で、基本的機器となる単体製品とともに、上下水道システム、灌漑・排水システム、トンネル・地下街・ビルの換気・エアコンディショニングといったシステム分野を手掛けています。また環境改善関連事業として、都市ゴミ分別と資源再生システム、都市ゴミ焼却システム(流動床炉)、排煙脱硫・脱硝装置、集塵装置等から、放射能汚染除去、放射性廃棄物処理に関わる原子力装置に至るまで、衣食住及び各種産業分野において環境改善に取り組んでいます。

JRCMと当社のつながりについては、通商産業省工業技術院のニューサンシャイン計画のもとで、新エネルギー



一・産業技術総合開発機構(NEDO)が推進する「固体電解質型燃料電池(SOFC)の研究開発」に「高温ブロワの開発」担当として平成4年度からJRCMより再委託を受けて参加しています。

この高温ブロワは、カソード極より排出される1,000℃以上の高温ガスをカソード極入り口にリサイクルするもので、従来のブロワにない高温仕様が要求されます。現在はまだシステム条件そのものが検討課題であり、ブロワについては材料、冷却方法等について調査研究を行っている段階ですが、そのなかでも、信頼性ある高温ブロワの開発のために今後克服すべき課題の高さは並々ならぬものであろうことがうかがえます。しかし、この研究開発に携わる機会を与えていただいたことは大変有り難いことです。「水と空気と環境の明日を考える」荏原にとって、環境負荷低減に資する有効な新エネルギー技術である「燃料電池発電技術」の一端を担うことができればそれは冥利に尽きることだからです。

燃料電池と当社のかかわりは、6年前、同じくNEDO推進になる「熔融炭酸塩型燃料電池(MCFC)発電システムの研究開発」において「MCFC研究組合」の一員として、やはり「高温ブロワ」(写真)の開発に参加したことに始まります。この「MCFC高温ブロワ」について簡単に紹介します。SOFCの

場合と同様にカソード排ガスをカソード入り口にリサイクルして電池内部温度調整を行うためのブロワで、温度仕様は700℃ですが、ブロワに流入してくる可能性のある腐食性溶融炭酸塩ミスト・ペーパーに対する耐食性も要求されます。

さらに「高効率」「コンパクト」「完全オイルフリー」を開発コンセプトとし、これを実現するために、磁気軸受支持の高温モータの軸端にブロワ羽根車を直接取り付けた「片持単段型遠心プロ

ワ」の構造をとっています。

このブロワは平成5年11月NEDOにおける中間評価を受け前期開発目標の達成が検証され、さらに後期計画のなかで耐久性検証のための1,500時間高温連続運転試験を終了しました。

最後に、当社は電池本体及びシステムの開発には携わっていないため、これらの勉強が必要です。この場を借りて関係各位のより一層のご指導、ご鞭撻をお願いいたします。

ANNOUNCEMENT

新役員の紹介

3月10日の第27回通常理事会で選任された新役員は下記のとおりです(敬称略)。任期：平成6年3月18日～平成8年3月17日

理事(35名)

- 理事長 山本 全作 新日本製鉄(株) 顧問
副理事長 日下部悦二 古河電気工業(株) 代表取締役会長
専務理事 鍵本 潔 JRCM 専務理事
理事 大須賀立美 NKK 代表取締役副社長
三芳 純 川崎製鉄(株) 取締役
平山 満男 住友金属工業(株) 専務取締役
山口 喜弘 (株)神戶製鋼所 専務取締役
九橋 茂昭 日新製鋼(株) 取締役副社長
杉原 弘祥 (株)中山製鋼所 専務取締役
藤井 資也 合同製鉄(株) 専務取締役
山本 俊郎 愛知製鋼(株) 専務取締役
瀬戸 浩蔵 山陽特殊製鋼(株) 専務取締役
横井 信司 大同特殊鋼(株) 専務取締役
石原 弘二 トビー工業(株) 専務取締役技術本部長
中村貫太郎 日立金属(株) 専務取締役開発本部長
竹内 秀光 三菱製鋼(株) 専務取締役
小野 定雄 日本冶金工業(株) 専務取締役
加藤 隆造 関東特殊製鋼(株) 取締役
室園 芳男 (株)クボタ 取締役素材事業本部長
大貝日出夫 昭和電工(株) 専務取締役
小松 慶次 (株)ジャパンエナジー 専務取締役研究開発本部長
永澤 正幸 三菱マテリアル(株) 専務取締役
佐藤 威彦 住友金属鉱山(株) 取締役研究開発本部副本部長
新関 欽也 日本軽金属(株) 専務取締役
佐藤 史郎 住友軽金属工業(株) 専務取締役
古谷 尚 スカイアルミニウム(株) 代表取締役副社長
赤井 慎一 住友電気工業(株) 取締役支配人
八木 隆 日立電線(株) 専務取締役技術開発本部長
松尾 淳一 昭和電線電纜(株) 専務取締役
音居 久雄 三菱電線工業(株) 専務取締役技術本部長
加野 英資 (株)日本興業銀行 専務取締役
田中 賢二 (株)第一勧業銀行 専務取締役
元綱 数道 石川島播磨重工業(株) 専務取締役技術本部長

- 服部 一郎 (株)東芝 電子部品・材料事業本部 副事業本部長
河野 通陽 三菱重工(株) 専務取締役技術本部長

監事(2名)

- 森玉 直徳 日本重化学工業(株) 専務取締役研究開発本部長
姫野 瑛一 (株)フジクラ 専務取締役

審議員(33名)

- 高石 一英 日本高周波鋼業(株) 専務取締役技術開発本部長
塚田 尚史 (株)日本製鋼所 専務取締役鉄鋼事業本部長
澤村 榮男 日本金属工業(株) 専務取締役
石井小太郎 太平洋金属(株) 専務取締役
柴田 藤祐 (株)淀川製鋼所 専務取締役
田中 稔 トーア・スチール(株) 副社長
千原 冨典 日本電工(株) 専務取締役
久保 博海 三井金属鉱業(株) 総合研究所取締役所長
新井 潔 東邦亜鉛(株) 専務取締役
阿部 隆 昭和アルミニウム(株) 専務取締役
堀之内勝之 三菱アルミニウム(株) 専務取締役研究開発本部長
武黒洋一郎 真空冶金(株) 代表取締役社長
糸賀 俊一 (株)富士銀行 専務取締役
石合 正和 (株)三和銀行 専務取締役
山本 邦克 (株)住友銀行 取締役
乾 哲雄 (株)さくら銀行 専務取締役本店営業部長
植之原道行 日本電気(株) 特別顧問
西原 元久 (株)日立製作所 理事、日立研究所長
船引 国生 日産自動車(株) 総合研究所材料研究所長
石川 秀雄 トヨタ自動車(株) 第1材料技術部 金属材料室長
須清 修造 川崎重工業(株) 専務取締役
枝広 隆夫 日本電信電話(株) NTT境界領域研究所所長
吉江 茂樹 大阪富士工業(株) 技術開発部長
森本 行俊 日本アナリスト(株) 代表取締役
関本 健一 オリジナル光学工業(株) 取締役
野口 満 (株)本田技術研究所 エグゼクティブ・チーフエンジニア
柴田 英夫 アルバック・ファイ(株) 取締役社長
河野 光雄 月島機械(株) 専務取締役
谷島 昶 (株)荏原製作所 専務取締役
赤川 徳行 住友精密工業(株) 専務取締役

Roy S. Godwin SADACEM S.A.

Commercial Manager
Iain Bartholomew The Broken Hill Proprietary Co., LTD. Vice President Development
Germain Sanz USINOR SACILOR
President of IRSID

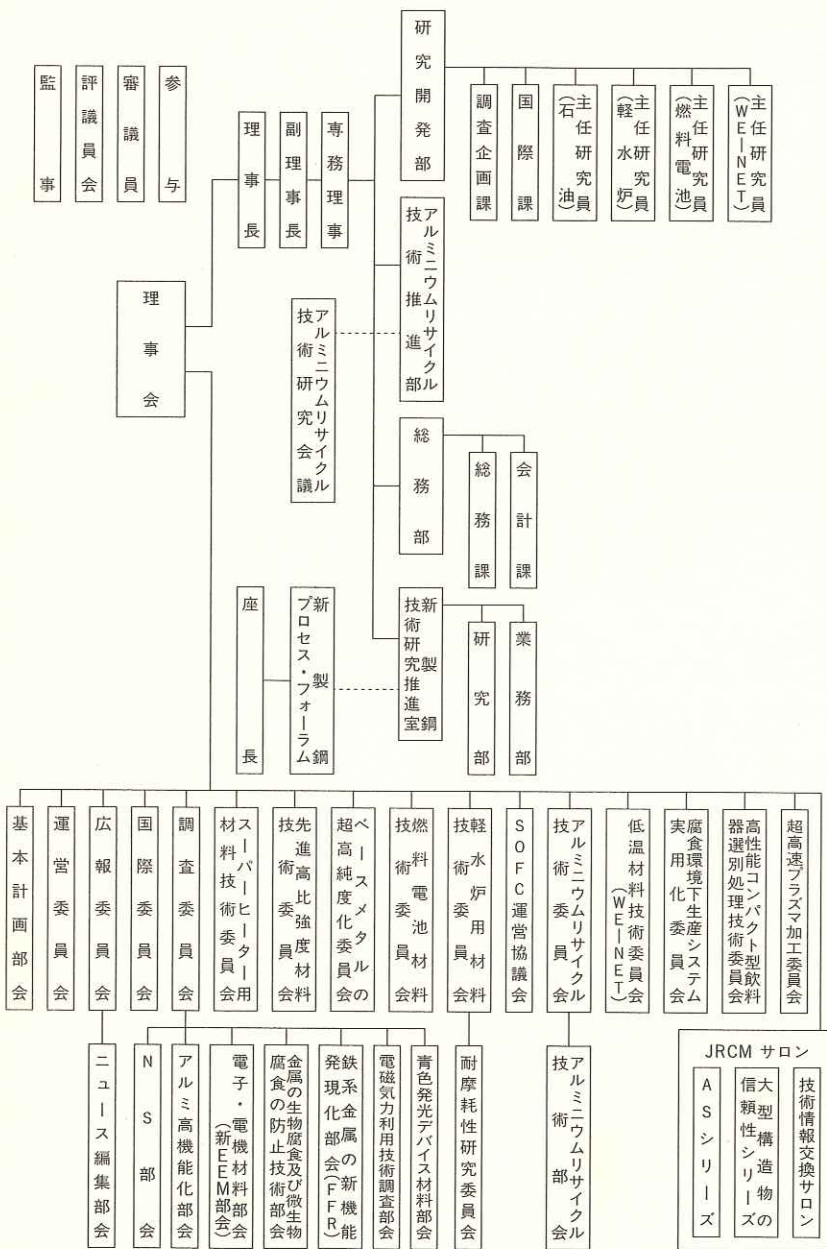
評議員(44名)

- 明石 和夫 東京理科大学教授、東京大学名誉教授
荒木 透 元科学技術庁金属材料技術研究所 所長
井村 徹 愛知工業大学教授、名古屋大学名誉教授
岡部 洋一 東京大学教授
木内 学 東京大学教授
菊池 實 東京工業大学教授
後藤 佐吉 千葉工業大学教授、東京大学名誉教授
田中 良平 (株)超高温材料研究センター 技術顧問、東京工業大学名誉教授
堂山 昌男 西東京科学大学教授、東京大学名誉教授
徳田 昌則 東北大学教授
中川 龍一 川崎製鉄(株) 顧問、前科学技術庁金属材料技術研究所長
藤田 英一 静岡理工科大学教授、大阪大学名誉教授
村上陽太郎 ニューマテリアルセンター 所長、京都大学名誉教授
山本 良一 東京大学教授
伊丹 敬之 一橋大学教授
鳥井 弘之 日本経済新聞社 論説委員
森 孝 (株)日本鉄鋼連盟 専務理事
島田 仁 (株)日本鉄鋼協会 専務理事
北村 邦敏 日本フェロアロイ協会 専務理事
柳 庄作 (株)軽金属協会 専務理事
黒田 克祐 (株)新金属協会 専務理事
北岡 一泰 (株)チタニウム協会 専務理事
久賀 俊正 日本伸銅協会 専務理事
伊木 宏 (株)日本電線工業会 専務理事
藤咲 浩二 (株)日本産業機械工業会 専務理事
尾島 巖 (株)日本電子機械工業会 専務理事
高屋 光吾 (株)日本電機工業会 専務理事
香川 勉 (株)日本自動車工業会 理事
梶原 敏孝 日本鋳業協会 理事・技術部長
松野 建一 工業技術院機械技術研究所 所長
平石 次郎 工業技術院物質工学工業技術研究所 所長
富山朔太郎 工業技術院電子技術総合研究所 所長
横山 長之 工業技術院資源環境技術総合研究所 所長
岩本 令吉 工業技術院大阪工業技術研究所 所長
近藤 靖彦 工業技術院名古屋工業技術研究所 所長
高橋 光男 新エネルギー・産業技術総合開発機構 理事
宮崎 浩 石油公団 理事
井上 泰 新日本製鉄(株) フェロー
今村 淳 太平洋金属(株) 専務取締役
朝野秀次郎 スカイアルミニウム(株) 専務取締役
諏訪 正輝 (株)日立製作所 日立研究所主管研究員
羽田野道春 住友金属工業(株) 技監
細川 宏一 古河電気工業(株) 副社長
Francois Mudry USINOR SACILOR
Directeur Scientifique de l'IRSID

参与(1名)

- 三島 律夫 住友金属工業(株) 電子部品事業部 営業企画部長

JRCM新組織



事務局人事異動

平成6年4月1日付
 島田 透 (新) 溶融炭酸塩型燃料電池発電システム技術研究組合出向
 (旧) 研究開発部主任研究員

活動報告

- 第91回広報委員会**
 日時 4月11日(月) 16:00~18:00
 議題 1 JRCM NEWS編集部会
 2 第2回技術情報交換サロンのテーマについて
 3 広報予算の削減について
- 調査委員会**
 日時 4月13日(水) 15:00~17:30
 議題 1 新規調査テーマ8候補の評価について
 2 青色発光デバイス材料部会のメンバー募集について
 3 官民連帯共同研究プロジェクトの平成6年度研究更改申請書について
 4 日機連よりの委託調査内示結果について
 5 スーパーメタルの最近の動き
- 第18回NS部会**
 日時 4月27日(水) 14:00~17:30
 議題 金属系素材の項目別動向調査報告(磁性、超伝導、地球環境保全)
- EEM部会**
 日時 4月22日(金) 14:00~17:00
 議題 講演「レアメタルとその再資源化」(循環資源研究所・村田徳治所長)
- 第22回燃料電池材料技術委員会**
 日時 4月7日(水) 14:30~17:30
 議題 1 中間評価の経過について
 2 平成7年度以降の研究計画
 3 平成6年度の研究計画概要
- 第1回鉄系金属の新機能発現化技術調査研究準備会**
 (第6回スーパーメタル開発WG会議)
 日時 4月19日(火) 13:30~17:00
 議題 講演「鉄鋼の加工熱処理による組織微細化の現状と将来の展望及び微細化に伴う力学的性質の変化」(京都大学・牧 正志教授)

編集後記

卓月即ち五月。五月といえば、一面に咲き乱れるツツジや木々の新緑と心沸き立つ季節であり、そして心置きなく休みが取れる連休が続く「ゴールデンウィーク」でもありましょう。一方、期待を込めての願望もあるの

であろうか、景気回復の兆しが出てきたという内容の記事が報じられる昨今でもあります。このような時期にあって、本誌による情報がそれぞれの活動の一助になればと思っている次第です。(高木)

広報委員会 委員長 小林邦彦
 (編集部会) 委員 田村紀光/佐藤 駿
 貴川 潤/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91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 1994年5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 東京都港区西新橋1-7-2 虎ノ門高木ビル2F
 TEL (03) 3592-1282(代) / FAX (03) 3592-1285