

NO. 1

金材技研

1984

ニュース

科学技術庁

金属材料技術研究所

新年のごあいさつ

所長 中川 龍一

新年おめでとうございます。

昨年はいろいろと話題の多い年でありましたが、世界経済にもようやく明るさを感じられるようになってまいりました。当研究所におきましても、本年がいつそう活気あふれる年になりますよう努力したいと思っております。

当研究所は昨年来、第2次長期計画を具体化するための検討を種々な面から進めてまいりました現在まで、これに基づいて研究の計画や実行のシステムをより合理的な形にすべく努力してまいりましたが、さらにそれに続く段階として、研究所全体の体制についての見直しにも着手しております。この検討結果を基に、本年から新しい体制と新しい運営の確立を目指したいと考えております。

一方、研究活動の面におきましては、昨年は科学技術振興調整費でさらに二つの新規課題、すなわち**新材料創製のための素材のハイブリッド化に関する調査研究**及び**構造材料の信頼性評価技術の開発に関する研究**に、当研究所の関連研究部門の総力をあげて参加することにいたしました。前者は金属、有機、無機といった従来の枠を超えたところから新素材創出の芽を求めるものであり、材料開発に新しい道を拓くものと期待されます。また後者は構造材料の寿命・余寿命予測を中心とした信頼性評価技術の開発を目指すもので、いずれも新境地の開拓であり重要な課題と考えております。



このほか環境庁の**各種炭化水素汚染気体計測システムの高度化に関する研究**及び通商産業省の**複合材料の研究開発プロジェクト**へも新たに参加し、協力をいたしております。当研究所独自の研究課題についても多くの提案に基づいて活発に研究を行っておりますが、この4月から始まる新年度からはいつそうの充実を期しております。

新年を迎え、所員一同気持を新たにして職務に懸命の努力をいたす所存でございます。関係各位のご指導、ご督励をお願い申し上げます。

新しい機能創出に挑戦

——「新奇材料」の開発に力を注ぐ——

金属間化合物は、一般にはあまり聞きなれない言葉であるが、カメラの露出センサーや、ステレオアンプのレベル表示に用いられているLED(発光ダイオード)のように、身近な材料になりつつある。これらは化合物半導体と呼ばれる金属間化合物の一種で、光エレクトロニクス分野に広く用いられている。

金属間化合物は金属同志または金属と非金属の化合物であり、その成分の原子の数が1:1のような簡単な整数比をもっている。そのように簡単な整数比をとるのは、合金のように結晶内の成分原子が雑然と混合している(不規則構造という)のではなく、隣に異なる種類の原子が規則正しく並びやすい(規則構造という)強い傾向をもち、原子間の結合力も強いからである。その結果として金属間化合物は以下に述べるような、通常の不規則構造をもつ合金では得られない特殊な性質を示すことになる。

金属間化合物は一般に非常に硬いので、金属中に微細な金属間化合物、例えばWCなどの粒子を分散させた超硬合金や高強度鋼などが作られている。また一般に金属や合金は温度が高くなるほど強さが低下するので、高温に耐える材料は得にくい。金属間化合物の中にはこれと反対に高温になると強くなるものがある。この種の化合物をニッケルなどの合金に混合させた超耐熱合金が、ジャンボジェット機のエンジンのタービンブレードなどに使用されている。

このように金属の中に混合した形での金属間化合物の利用は、金属学の分野では比較的古い歴史をもつが、金属間化合物だけを取り出して単独に実用材料として用いる試みは、つい最近始まったばかりである。それは、金属間化合物だけで材料を構成すれば、著しく強い材料ができる可能性があるのではないかと考えた考え方に基づいている。

化合物になると合金にない優れた性質が得られるほかの例としては、NiTiなどの形状記憶材料、V₃Gaなどの超電導材料、SmCo₅などの磁性材料、

FeTiなどの水素吸蔵材料などが知られている。しかし、これらの化合物は一般に硬くてろいという特徴があるため、通常の金属のように圧延などの加工を行うことが困難である。このため、従来、金属間化合物を単独で用いずに金属、合金中に分散させて用いたのである。また、金属間化合物は組成が極めて正確に調整されていないと、上述のような有用な性質が出現しない物質でもある。このようなわけで、合金に比べて研究が遅れているが、このことは逆にいえば、現在我々が知っている性質は、金属間化合物が本来備えているであろう多彩な物性のほんの一部に過ぎないということにもなる。したがって、金属間化合物の関連技術を発展させることが、こうした新しい性質を見いだすことになり、また技術的に取り扱いが難しいけれども魅力あるこの素材を、新材料として利用する道を開くことになる。

当研究所では、金属間化合物の研究を従来から広く手がけており、多くの実績をもっているが、上述の立場に立った研究を今後いっそう推進する計画である。そうした意味をこめて、今回から約4回にわたり、本研究所で実施中の金属間化合物の研究のおもなものを紹介することとした。

金属間化合物とは？

金属間化合物とは一体どういうものをいうのか？定義的に表現すれば、合金の成分原子の組成の比が1:1、2:3、1:1:2などのように簡単な整数になっている合金のことである。しかも、その比のところで、電磁氣的、機械的その他の諸性質が成分原子の単純な混合物とは違い、化合物としての特有な性質を示すものといえることができる。

金属間化合物の種類を材料的にみると、電気磁気材料、機能材料、構造材料、耐食材料など多くの分野にわたっている。ユーザー側において新素材への関心がとみに高まっている今日、新しい金属間化合物の探求及び独特の優れた性質の応用が大いに期待される。

TiAl化合物基軽量耐熱合金を開発

金属の優れた展延性は、構成原子が金属結合により連結されていることに由来する。セラミックスのもつ硬さ、高温強さ、耐食性、耐磨耗性は非金属原子間あるいは金属-非金属原子間に強固な共有結合が形成されていることに起因する。一方金属元素と金属元素の化合物である金属間化合物には、金属結合的色彩の非常に強いものから、共有またはイオン結合的色彩の強いものまで多種多様の結合様式が存在する。

チタン原子とアルミニウム原子を1:1の割合で含む金属間化合物 TiAl (比重3.6) は金属結合以外にある程度の共有結合性を含んでいる。したがってその材料特性は金属とセラミックスの中間よりやや金属に寄ったものと考えられる。金属的要素はこの化合物に高温塑性加工性とある程度の常温延性を与え、セラミックス的要素は優れた高温強度・耐食性・耐磨耗性を与える。当研究所ではこの化合物の特質を生かした高性能構造材料を開発するため、TiAl をベースとする合金 (TiAl 合金) の研究を行っている。

わずかな例外を除いて、金属間化合物は構造用材料としては未踏の分野である。したがって、これまでの金属学の知識及び製造技術では間に合わない面も数多い。この研究では、材質や合金学に関する研究グループと製造技術に関する研究グループが有機的連係をとることにより、総合的にこの難問の処理に当たっている。得られるべき TiAl 合金の性能としては2%の常温延性と900℃で400MPaの耐力を目標としており、当面は、用途の一つとして航空機用タービンを念頭においている。

製造技術上問題になるのは高温塑性加工である。TiAlは金属性が強いといっても、通常の金属材料の常識を越える難加工材である。この問題に対処するのに側圧付加押し出し法を適用し、10mm径の棒材を得ることに成功した。また割れの防止と保温のために Co 基耐熱合金で回りをくるみ、低速圧延により板材を得る見直しをつけている。塑性加工は鑄造欠陥の除去や、結晶の微細化に顕著な効果を示し、機械的性質を改善する。

化合物 TiAlは48.5~72.0原子%のAlを固溶する。合金学的研究ではまずAl含有量と脆性の関係を調べた。その結果、化学量論に近い組成のTiAlはAl過剰のTiAlより延性が著しく高く、圧縮試験では割れ発生なしに20%以上常温変形することが判明した。また、常温から800℃まで耐力がほぼ一定であり、800℃で400MPaという大きい耐力をもつことが判明した。

しかし TiAl 単相 2 元合金では、引張試験により所定の常温延性を得ることは困難なようである。ここに第 3 元素添加や熱処理による組織調整の必要が生じてくる。当研究所では TiAl と平衡し得る金属相を探し、Ag が条件を満たす元素であることを見いだした。TiAl-Ag 2 相合金では常温延性は向上するけれども、高温強度が低下する傾向にあった。延性向上のための他の方策は、TiAl に似た性質の Ti₃Al を TiAl 中に微細に析出させることである。また第 3 元素の添加により双晶変形が働く温度を低温にもって来ることである。このような研究は現在進行中であるが、化合物の延性向上の研究は指導理念さえ未開拓な先駆的学問分野であり、試行錯誤は避けられない。

TiAl 合金では含まれるセラミックス的要素のため、従来の金属材料に慣れた者には想像もできない問題がしばしばもち上がる。TiAl 合金を切断またはエメリー研磨すると10μm程度の微細な表面割れが発生した。この割れはバフ研磨によっては除去されず、電解研磨により初めて除去された。電解研磨を行った材料では、通常の方法により調整した材料に比べて常温曲げ試験において2倍の強度と延性が得られた。

軍用材料として長年にわたって米国でなされていた研究の一部が最近公表された (昭和58年秋期米国金属学会講演会)。それによれば TiAl 合金は実用材料として画期的な性能をもつことは確実なようである。ただ軍需という壁、経済摩擦という障害により情報の入手は将来とも困難であろう。技術革新時代に対応するため、この材料に対する我が国独自の技術開発が急がれる。

TiNi 形状記憶合金の疲れ特性を改善

—— Cu 基合金の研究に着手 ——

形状記憶合金とは、材料が高温で与えた形状を覚えていて、これを低温で変形させても高温に熱すると直ちに元の形状に戻る性質を持った合金である。この形状記憶効果は、温度変化または変形によって起こる結晶構造の変化、すなわち相転移の一種であるマルテンサイト変態とその逆変態によって起こることが知られている。図は代表的な形状記憶合金である TiNi 合金の高温で安定な母相と低温で安定なマルテンサイト相の結晶構造及びマルテンサイト変態と逆変態に伴う原子の移動の仕方を示したものである。図(a)の矢印の方向に原子が移動し、図(b)のマルテンサイトになる。これを高温に加熱すると安定な母相に戻るが、もし Ti 原子と Ni 原子の区別がなければ、図(b)の(1)~(3)のいずれの方法でも母相に戻るはずである。ところが実際の合金の中では Ti 原子と Ni 原子が規則的に配列しているために、(1)の方法では図(a)の母相に戻ることができるが、(2)と(3)の方法では図(c)のような結晶構造になってしまう。(c)の結晶構造は不安定であり、したがって実際の合金の中では、母相からマルテンサイトが形成される場合とは逆の道筋を通る逆変態しか起こらない。このように形状記憶効果は、合金の原子配列が規則的である規則格子合金特有の現象といえるし、事実、形状記憶合金のほとんどはこの種の合金である。

1960年代の初めにアメリカにおいて TiNi 合金が発見されて以来、形状記憶合金に関する研究は世界各国において盛んに行われ、これまでに数十種類の合金が発見されている。また、これらの合金の中で TiNi 合金、Cu-Zn-Al 合金と Cu-Al-Ni 合金は、既に航空機の油圧系のパイプの継手、歯列矯正用アーチワイヤー、宇宙船のアンテナ、温室の窓の開閉器、乾燥箱、オーブンの扉の開閉器及び眼鏡のフレームなどに一部利用されている。現在我が国においては、素材が工業的に製造されるようになり、これらの素材を水とお湯で作動する熱エンジン、特殊なばね、各種医療用器具、ロボット部品等へ応用する研究が行われている。これらの応用研究の進展に伴って、これら形状記憶合金の

加工性の改善、組成や形状回復温度の正確な制御、耐疲労特性の改善、形状回復温度が高い合金の開発、形状回復の際に発生する力の増大、回復ひずみ量の増大など、製造上や特性上の多くの解決すべき問題点が明らかになってきた。

当研究所では、これらの問題点の解決と新合金の開発を目指して、(1) TiNi 合金の形状回復力に及ぼす加工及び熱処理の影響、(2) Ti と Ni の粉末を原料とした粉末冶金法による TiNi 合金の製造、(3) Cu-Zn-Si 形状記憶合金の結晶粒界の超微細構造、(4) 逆変態に伴って発生する合金中の転位構造等についての研究を行ってきた。また現在は、(1) 銅基形状記憶合金の変形挙動の基本的機構の解明、(2) 応力と熱サイクルを同時に付加した条件下での TiNi 合金の疲労特性について調べるほか、規則格子合金ではない鉄系、チタン系形状記憶合金に関する研究を行っている。

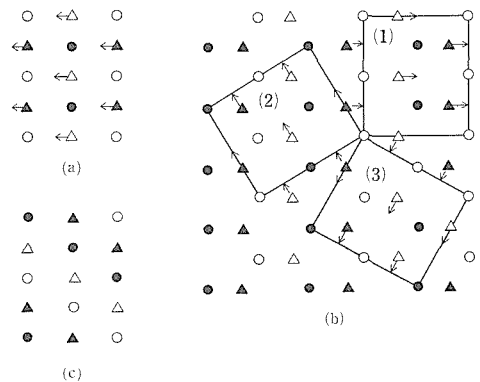


図 TiNi 合金のマルテンサイト変態とその逆変態に伴う結晶構造の変化。(a)母相の結晶構造。(b)マルテンサイト相の結晶構造。(c)実際には存在しない不安定相の結晶構造。

白印は Ti 原子、黒印は Ni 原子、丸印は第 1 層の原子、三角印はその上又は下の層の原子を表している。

イオン注入による人工材料の合成

イオン注入法はSiのような半導体に微量の不純物元素を精度よく制御注入する方法である。最近、この方法を金属やセラミックスに応用することによって画期的な表面特性をもつ材料の開発が国際的な研究課題となっている。

当研究所では、昭和57年度より理化学研究所との共同研究によりイオン注入法による新材料の合成に関する研究に取り組んできたが、このほどイオン注入法の金属材料への応用の見通しが具体的に明らかになってきた。例えば、Cu, Ni材へのTiなどのイオン注入実験により、熱処理など従来の方法では作製できない非平衡相を形成できた。又、各種の被覆材へのArなどのイオン注入実験では、被膜と母材の界面に非晶質構造のような特殊な合金層を生成できることが明らかになった。

現在、こうして人工的に得られた特殊な合金表面層あるいは薄膜の物性や機能性の評価を行っている。(科学技術振興調整費研究)

加工容易な高磁界Nb₃Sn化合物線材の開発に着手

当研究所では、さきにNb芯又はCu-Snブロンズに少量のTiを添加することによって、高磁界特性の著しく改善されたNb₃Sn極細多芯超電導線を開発することに成功した。現在、我が国内及び外国で高磁界マグネット用としてこの線材の利用が図られている。しかし、上記のブロンズ法では、線材加工の際の加工硬化のために多くの中間焼鈍を必要とし、これが線材価格を高める原因となっていた。

当研究所では、加工の極めて容易なSn-Ti合金に純Nb及びCuを複合して線材に加工したのち熱処理を行う方法を開発した。この製造法では、線材の加工の際に中間焼鈍を全く必要とせず、また、5~10原子%のTiを含むSn合金を用いることにより、15テスラで500A/mm²を越す大きい臨界電流密度が得られた。今後、製造条件を最適化することによって、一層の特性改善が期待できる。

(極低温機器材料研究グループ)

無欠陥電子ビーム溶接継手を目指して

電子ビーム溶接は、エネルギーの集中度が非常に高いため、100mm程度の超厚板部材を高精度に溶接することができる。最近、大型チャンバーや局所真空方式の装置の開発と相まって、大型構造物への適用が本格化しつつある。しかし、複雑な熔融金属の動きに伴った本溶接法特有の溶接欠陥が発生することもある。このような欠陥の発生を根本的に防止するためには、熔融金属の動きを系統的に把握し、溶接現象を明確化する必要がある。

当研究所では、このような観点から、既に種々の欠陥の発生機構を明らかにし、一部の欠陥については、その防止法を確立してきた。現在は、熔融金属の動きを決定する支配的な要因が何かを、高範囲の溶接条件下(定常、非定常を含む)で探り、これらを制御することにより、熔融金属を自由に操作し、欠陥の無い高品質な溶接継手の製作を目指している。

(溶接研究部)

SAYONARA NRIM

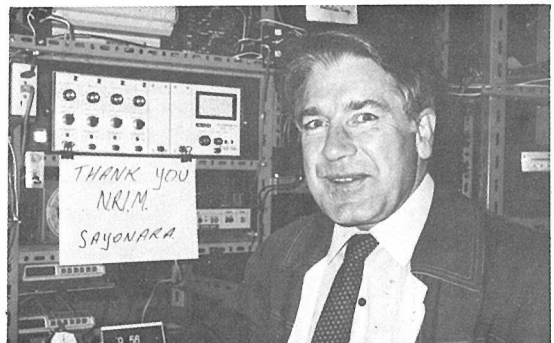
Dr. F.R.A. Jorgensen

コモンウェルス科学工業研究機関、オーストラリア

私は6月1日、招へい研究員として製錬研究部にまいりました。非鉄製錬の分野における亀谷博士らの研究はオーストラリアにおいても高く評価されており、今回、6ヶ月にわたり一緒に研究する機会を得たことを喜んでおります。

私の研究の目的は、現在バッチ法により行われている転炉の代りに、金材技研において開発された連続噴霧炉を応用しようとするもので、この際に必要となるマット粒子の反応を調べることです。

この研究は金材技研とメルボルンにある私の研究所で連絡をとりながら進められています。メルボルンではNi-Fe-S-O系の熱力学的研究などの基礎的なものが行われています。東京での研究は噴霧溶錬法に関するもので、これは(1)Niマット粒子の反応速度と不純物の挙動、(2) (1)でできた粒子の溶解実験によるスラグ及び高品位マットの作製の2部からなっています。これら



の研究では、亀谷博士並びに研究室の皆様の御協力により満足できる成果が得られました。

6ヶ月の滞在期間中一緒に実験し、討論して相互の理解を深め、種々な刺激を得ることができたので大変喜んでおります。

研究を終えるに当たり、この滞在の機会を与えていただいた科学技術庁に心から感謝いたします。さらに貴研究所中川所長の御世話と亀谷博士並びに製錬研究部の皆様の御協力に深く感謝します。

1983年外国人来訪者一覽(本所)

本所来訪者 161 名

国名	人数	月日	氏名	所属機関
中国	85	1.25	姜希尚氏 他5名	中国機械工業部瀋陽鑄造研究所
		2.8	裴光文氏 他11名	中国教育部
		2.23	尹国録氏	包頭鋼鐵公司
		3.4	夏允賦氏 他4名	中国駐日本国大使館
		5.26	張榮武氏	北京航空材料研究所
		7.7	王潤副院長 他7名	北京鋼鐵学院
		7.13	対越生副教授 他1名	北京鋼鐵学院
		7.16	李日椿副所長 他4名	烟台機械工業研究所
		7.19	紀振山氏 他6名	上海市生産技術局
		7.19	干恒付院長	中国機械工業部機械科学研究所
		10.27	劉志剛氏 他3名	北京鋼鐵学院
		11.18	魏寿昆氏 他9名	北京鋼鐵学院
		11.30	唐新民氏 他20名	中国科学技術管理研修団
		12.7	吳幼林氏 他1名	北京鋼鐵研究総院
		アメリカ	20	2.2
2.16	Prof. M.J. Koczak			Department of Navy, Office of Naval Research
8.17	Dr. C.T. Sun 他8名			Aerospace of Astronautics
11.9	Mr. H. Hindman 他7名			Instron Corporation Limited
スウェーデン	19	9.21	Mr. P. Boije 他14名	Swedish Institute of Production Engineering Research
		10.19	Prof. B. Karlsson 他1名	Chalmers University of Technology
		11.2	Mr. H. Widmark 他1名	The Royal Academy of Engineering Science.
韓国	10	4.2	金基浩助教授 他2名	韓国忠北大学
		4.4	朴桂生氏	浦項総合製鉄(株)技術研究所
		5.30	崔炳吉氏 他1名	韓国機械金属研究所
		7.20	金永沢所長 他1名	韓国機械研究所ソウル分所
		11.7	沈載東氏	韓国科学技術院
		11.8	徐相基氏	韓国機械研究所
オーストラリア	5	8.26	Dr. G.L.F. Powell	CSIRO
		10.20	Dr. W.T. Denholm	CSIRO
		11.25	Dr. W. M. Tegart 他2名	The Australian Department of Science and Technology
カナダ	4	9.13	Mr. R. Champagne 他3名	Hydrogen Industry Council
西ドイツ	3	4.13	Prof. J. Gerlach 他1名	Technische Universität Berlin
		10.11	Dr. Günter Fleischer	Technische Universität Berlin
ベトナム	3	4.26	Dr. B. Bartakova 他2名	Institute for Tropical Technology in Vietnam
ブルガリア	2	7.29	Prof. N. Videnov 他1名	University of Sofia
ノルウェー	2	2.19	Prof. T. Rosenqvist	Norwegian Institute of Technology
		4.19	Dr. J. Thonstad	Norwegian Institute of Technology
オーストリア	2	5.26	Dr. A. Mikeela 他1名	University of Wien
ソ連	1	1.24	Mr. Serebryahov	Moscow Solid State Physics Institute
エジプト	1	4.25	Prof. Tarek El Gammal	Aachen Technical University
イギリス	1	8.30	Dr. W.J. Plumbridge	University of Bristol
オランダ	1	11.7	Dr. K.H.J. Buschow	Phillips Research Laboratories Eindhoven
ポルトガル	1	11.1	Prof. M.G.S. Ferreira	University of Lisbon
南アフリカ	1	5.18	Dr. P.R. Jochens	The South African Council for Mineral Technology

◆ 短 信 ◆

● 海外出張

青木晴善 金属物理研究部主任研究官
 新奇材料の創製とその物性に関する研究のため、昭和58年12月30日から昭和59年12月29日まで、アメリカ

へ出張した。

内山 郁 科学研究官

サミット研究協力「新材料及び標準」第3回専門家会合に出席のため、昭和58年12月4日から昭和58年12月15日まで、イギリス、アイルランド及び西ドイツへ出張した。

通巻 第301号

発行所 科学技術庁金属材料技術研究所

編集兼発行人 越川 隆 光
 印刷 株式会社 三興印刷
 東京都新宿区信濃町1-2
 電話 東京 (03)359-3841(代表)

東京都目黒区中目黒2丁目3番12号
 電話 東京 (03) 719-2271 (代表)
 郵便番号 153