

1991 No. 9

金材技研

科学技術庁
金属材料技術研究所

ニュース

熱帯地方での大気暴露試験／高強度・高導電率導体材料／非晶質合金の溶接継手／将来炉用新材料の研究方針／研究発表会プログラム

タイ・フィリピンとの科学技術協力 —— 着々と進む大気腐食試験プロジェクト ——

東南アジアの6か国からなるアセアン(ASEAN)との共同研究を主体とする科学技術協力は、国際協力事業団(JICA)を窓口にして、1988年から5年計画で開始された。国際交流に前向きな当研究所は、材料関係の6プロジェクトのうち、タイおよびフィリピンをそれぞれ相手方とする熱帯地方での大気腐食に関する2つのプロジェクトを担当(金材技研ニュース、1988年、No.8参照)している。

これらのプロジェクトは政府開発援助(ODA)の一環と位置付けされているので、相手方機関への研究器材の供与とその利用技術の移転も重要な任務である。このため、日本からの専門家各3名(うち1名は当研究所から派遣)が1988年以来両国に常駐し、現地での技術移転と共同研究の任に当っている。更に、当研究所をはじめ国内の産官学諸機関から毎年10名以上の専門家を必要に応じて短期派遣して、プロジェクトを推進している。

このプロジェクトの現地におけるおもな研究課題は、被覆された金属材料の自然環境における耐食性および耐候性の評価である。このため、フィリピン工業技術開発研究所(ITDI)との共同により1988年12月に、また、タイ工業科学技術研究所(TISTR)との共同で1989年6月に、それぞれの国において大気暴露試験が開始された。これらの暴露試験場の設置場所は、臨海地帯、田園地帯、工業地帯、および都市部を代表的な環境と考えて、



フィリピン田園地帯における暴露台の組立作業

それから1か所ずつを両国で選んだ。大気暴露試験では、銅、アルミニウム、炭素鋼、ステンレス鋼、表面処理鋼(塗装、めっき)を試験片としてその劣化度を評価するとともに、試験場の気象因子や環境汚染因子の測定などを定期的に継続実施している。こうした試験場の建設、暴露条件の設定、劣化度評価試験、環境分析等の技術指導は、当研究所の職員を派遣して行った。

当研究所は、こうした現地での協力のほかに共同研究および研修の目的で、両国の研究者や技術者を毎年数名ずつ受入れて、その指導に当っている。大気暴露試験等は結果ができるまでに長期間を要するが、共同研究の有機皮膜と金属の密着性などに関する模擬試験では新知見を得るなど、国際協力の成果は着々と挙がっている。

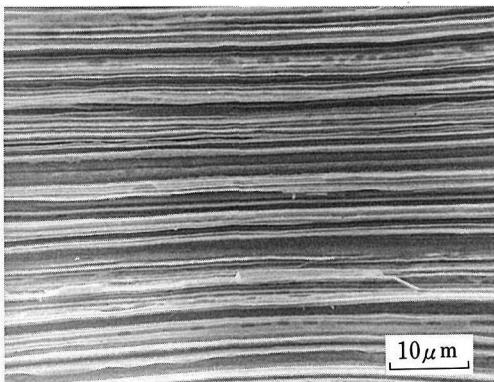
超強力マグネット用の銅-銀合金線材を開発

—— 中間熱処理で高強度・高導電率を達成 ——

当研究所は、80T（テスラ）級ロングパルスマグネット（金材技研ニュース、1991年、No.5参照）の開発を進めている。このような超強磁界を発生するマグネットに使用する導体材料には、大電流を流しても発熱が少ないように導電率が高いのみでなく、強磁界により発生する大きな電磁力に耐える高い強度が要求される。ところが、一般に導電率が高い純金属は強度が低く、これを強加工や合金化して強度を高めると、導電率が逆に低下する傾向がある。

銅系2相合金で高強度・高導電率材料の探索を続けていた当研究所は、このたび、引張強さが約1000MPa、導電率が約80%IACS（標準軟銅線を基準にした導電率の相対値）の優れた特性を持つ銅-銀（Cu-Ag）合金線材の開発に成功した。この合金は、 α 相と β 相という銅および銀をそれぞれベースとする固溶体からなっているので、写真に示したように、冷間伸線により両相がそれぞれ引き伸ばされて、強度が大きい繊維強化複合材料になる。伸線の加工度を高めるほど、また合金中の銀濃度を増やすほど強度が高まるが、コストの面から考えると加工度99%，銀濃度16at%が最適である。

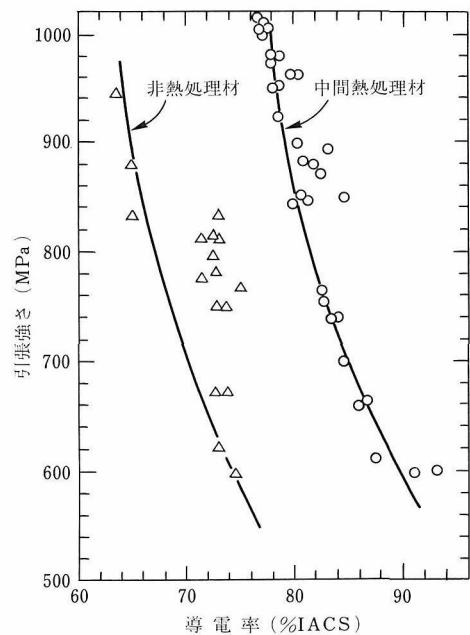
この銅-銀合金の大きな特徴は、冷間伸線の途中ではほぼ30%加工ごとに450°C前後で1～2時間程度熱処理をすると、強度と導電率が共に著しく向上することである。中間熱処理をしたほうが強度が高くなるのは、2相分離が促進されて繊維強



99%冷間伸線加工後の組織 (Cu-12at%Ag合金)

化の効果が増大するためであるが、この際両相の純度が向上するので、その結果導電率も高くなる。図は中間熱処理の効果を示すために、銀濃度8～32at%の銅-銀合金に加工度70～99%の冷間伸線を行ったときの、全データをプロットしたものである。中間熱処理により強度と導電率の両方が同時に向上しているのがよくわかる。

超強磁界マグネット用導体材料として最も優れているのは、現在のところ銅-ニオブ（Cu-Nb）合金で、99.97%という高い加工度の場合に1040MPaの強度になる。当研究所が開発した銅-銀合金は、比較的低い99%の加工度でこれに匹敵する優れた特性を示す。当研究所は、この銅-銀合金線材を用いて、前記80Tロングパルスマグネットの設計・製作を進めている。なお、この合金は強力マグネットの導体材料としてのみではなく、超電導線材の補強・安定化材料や集積回路のリードフレーム用素材としても有望視されている。



銅-銀合金線の特性
(銀濃度: 8～32at%; 加工度: 70～99%)

非晶質合金リボンのスポット溶接

—急熱・急冷で継手も非晶質に—

非晶質（アモルファス）合金のリボンは、溶融した合金を銅ロールに吹き付けて毎秒 $10^5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 程度以上の冷却速度で急冷して作るので、熱的に非平衡の状態にある。したがって、加熱を伴う方法では非晶質のままでの接合が難しい。高透磁率材料の非晶質リボンは磁心材料や磁気シールド材料として優れた特性を持っているが、実用化が進んでいない理由の一つもここにある。当研究所は、ある種の非晶質リボンの接合に、急熱急冷が可能なコンデンサ放電式スポット溶接が有効であることを見出した（金材技研ニュース、1989年、No.4参照）。

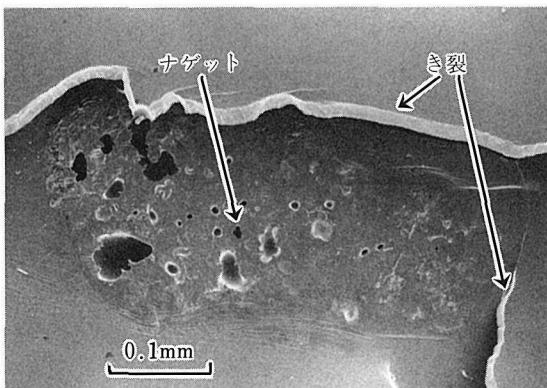
非晶質リボンの接合に際して、加熱によりリボンの一部が再溶融しても製造時に近い冷却速度で凝固されれば、溶融部分は再び非晶質化するはずである。しかし、加熱に長時間を要していると溶融部分の周囲が結晶化してしまい、急冷しても非

晶質には戻らない。したがって、非晶質リボンの接合には急熱と急冷の両方が必要である。この両条件を満足しているのが、コンデンサの放電を利用したスポット溶接である。

どのような合金の非晶質リボンが、この方法で接合可能であるかを検討した。コバルト系合金の $\text{Co}_{70}\text{Fe}_{4}\text{Ni}_{1.5}\text{Mo}_{1.5}\text{Si}_{11.5}\text{B}_{11.5}$ は、写真に示したように、溶接継手の引張せん断試験においてき裂はナゲット（碁石状の溶融凝固部）の外周に発生し、これが母材中を伝ばして破壊した。この継手は、引張負荷を加えた状態で直角に曲げても、簡単には破壊しない。更に、ナゲットは結晶化していないので、密着状態まで折り曲げても破壊しない。こうしたことから、このコバルト系合金の非晶質リボンに対しては、コンデンサ放電式スポット溶接が有効な接合手段であると考えられる。

一方、鉄系合金の $\text{Fe}_{78}\text{Si}_{9}\text{B}_{13}$ は、1点スポット溶接では上記のコバルト系非晶質リボンの場合と類似の破壊形式を示すので、スポット溶接が有効と一応考えられる。ただし、この合金自体の切り欠き靭性が小さいので、いったんき裂が発生するとこれが母材中を簡単に伝ばしてしまう。このため、継手強度を上げようとして多点溶接を行ってもスポット数の割には強度が増大せず、実用的な継手ではない。 $\text{Fe}_{67}\text{Co}_{17}\text{Si}_{1}\text{B}_{15}$ と $\text{Fe}_{41}\text{Ni}_{38}\text{Mo}_{4}\text{B}_{17}$ では、引張せん断試験における破壊はすべてナゲット内部で発生している。これは、スポット溶接によりナゲットが結晶化して脆くなっているためで、継手として不適当であった。

これらの結果をまとめたのが、左の表である。合金の結晶化温度 T_x と融点 T_m の比が大きいものほど、良好な継手が得られる傾向がある。この T_x/T_m の値を、非晶質リボンのスポット溶接の可否を判断する目安にすることができる。



スポット溶接したコバルト系非晶質リボンの引張せん断破壊

高透磁率材料非晶質リボンのスポット溶接結果

合 金 組 成	T_x/T_m	ナゲット	き裂発生点	継手評価
$\text{Co}_{70}\text{Fe}_{4}\text{Ni}_{1.5}\text{Mo}_{1.5}\text{Si}_{11.5}\text{B}_{11.5}$	0.578	非晶質	母 材	実 用 的
$\text{Fe}_{78}\text{Si}_{9}\text{B}_{13}$	0.557	非晶質	母 材	非実用的
$\text{Fe}_{41}\text{Ni}_{38}\text{Mo}_{4}\text{B}_{17}$	0.530	結晶化	ナゲット	不 適 当
$\text{Fe}_{67}\text{Co}_{17}\text{Si}_{1}\text{B}_{15}$	0.503	結晶化	ナゲット	不 適 当

T_x ：結晶化温度(K), T_m ：融点(K)

10月の研究発表（国内分）

学・協会名	開催期間	発表題目	発表者(所属)
日本金属学会 (広島・広島大学)	10.1~10.3	1. データ解析によるチタニウム八面体配位酸化物の構造 2. ZrO_2 -12モル% CeO_2 セラミックスの相分離 3. 複合酸化物($1-X$) V_2O_5 + $XMoO_3$ ($X \leq 0.3$)の同定と格子振動 4. B, V, Nbを添加したFe-0.1C合金における初析フェライトの核生成と成長速度 5. レナード・ジョーンズ結晶の塑性変形中の組織変化とポテンシャル分布 6. 休膨張による合金結晶のアモルファス化 7. V-Ni 基合金膜の水素透過特性に及ぼす表面処理の影響 8. Cu-Zn-Al 形状記憶合金における応力誘起マルテンサイト変態のその場観察 9. 電子線リソグラフィーで作製したバーマロイ微小織状格子の強磁性共鳴 10. 気相-液相反応法による空化鉄磁性流体の作製とその磁性 11. Ni-Al/Ni ₂ AlTi 2相合金の格子定数ミスマッチの温度依存性 12. β -Ti 中の不純物拡散 13. Ni基単結晶合金のクリープ変形に及ぼすCoの影響 14. Ag-Ga(<0.2%)合金中のGaの活量係数 15. 無鋳型引き上げ連鉄法による共晶凝固組織棒材の製造 16. マルテンサイト変態におけるバリエント選択モデルの検証 17. チタン拡散接合における接合部の形成と接面組成との関係 18. グロー放電質量分析法による鉄鋼分析におけるスペクトル干渉補正法 19. クリープ中の不均一変形と破壊 20. Al_2O_3 コーディング層中の拡散に対するREMと Y_2O_3 の効果 21. STMを用いた原子モアレ法の開発 22. Effect of Reaction Layer on Stress Concentration in Fibers. 23. 光電子放射を利用した初期酸化の研究 24. SiC ウィスカ複合材料の疲労強度に及ぼす欠陥の影響 25. マイクロアクチュエーター用形状記憶合金薄膜の開発とその背景	大河内 真(物性) 平田 俊也(物性)ほか 平田 俊也(物性)ほか 横本 正人(物性)ほか 楠 克之(物性)ほか 楠 克之(物性) 天野 宗幸(機能)ほか 菊池武丕児(機能)ほか 中谷 功(機能) 中谷 功(機能)ほか 大野 勝美(設計)ほか 小野寺秀博(設計)ほか 村上 秀之(設計)ほか 福沢 章(反応)ほか 佐藤 彰(組織)ほか 宮地 博文(組織)ほか 大橋 修(組織) 伊藤 真二(計測)ほか 新谷 紀雄(損傷)ほか 池田 雄二(損傷)ほか 升田 博之(損傷) 増田 千利(損傷)ほか 鶴頭 直樹(損傷)ほか 田中 義久(損傷)ほか 石田 章(第3)ほか

学・協会名	開催期間	発表題目	発表者(所属)
日本金属学会 (広島・広島大学)	10.1~10.3	26. マイクロアクチュエーター用Ti-Ni形状記憶合金薄膜の作製とその特性評価 27. スペクトル分離法による異種物質界面の深さ方向分析 28. 無加圧焼結によるTi-Al系金属間化合物の製造 29. ニッケル超微粉の表面酸化層について 30. 遠心噴霧粉末の凝固過程について 31. 窒化ケイ素の超音波周波数域疲労と環境遮蔽効果 32. 材料複合化による摩擦係数の制御 33. Al合金基SiCw強化複合材料のフレッティング疲労破壊機構 34. 表面析出した窒化ホウ素皮膜の摩擦特性 35. 高速拡散により薄膜上に生成した表面層の構造 36. YBCO薄膜の酸素ポテンシャル制御 37. 3.0 MeV He ⁺⁺ 共鳴散乱によるYBCO薄膜中の酸素の評価 38. Ag-Cu合金を用いたBi系超電導テープの作製とその特性 39. Ag-Cu合金シース/Ag, Cu金属粉末添加Bi系2212相テープの作製と超電導特性 40. 9Cr-W鋼の引張特性に及ぼす中性子照射効果	石田 章(第3)ほか 藤田 大介(第4)ほか 村松 祐治(第4)ほか 打越 哲郎(第4)ほか 原田 幸明(第4)ほか 堀部 進(力学)ほか 角田 方衛(力学)ほか 丸山 典夫(力学)ほか 土佐 正弘(表面)ほか 吉武 道子(表面)ほか 中村 恵吉(表面)ほか 石井 明(表面)ほか 浅野 稔久(第1)ほか 浅野 稔久(第1)ほか 阿部富士雄(第2)ほか 金子 隆一(設計)ほか 福澤 安光(反応)ほか 櫻谷 和之(反応)ほか 三井 達郎(組織)ほか 小林 剛(計測)ほか 八木 晃一(環境)ほか 田中 秀雄(環境)ほか 横川 賢二(環境)ほか 九島 秀昭(環境)ほか 有富 敬芳(第3)ほか 信木 稔(第3)ほか 片田 康行(第5)ほか 萩原 益夫(力学)ほか 由利 哲美(第1)ほか
日本鉄鋼協会 (広島・広島大学)	10.1~10.3	1. 溶接部組織の官能検査と解析 2. 底吹き樋型反応器の浴振動 3. コールドクルーシブルのスリット及び周波数の浮揚力への影響 4. CaOるつばによるTiAlの機械的性質に及ぼすV, Cr, Mnの影響 5. 黒鉛炉原子吸光法によるTi及びTi合金中の微量元素の定量 6. 耐熱鋼クリープ疲労相互作用のクリープ損傷様式に基づく評価 7. SUS347の長時間クリープ破断特性と微細組織 8. Udimet 500超合金鋳造材のクリープ破断強度と金属組織 9. 1.25Cr-0.5Mo-Si鋼のクリープ変形挙動の修正θ法による評価 10. γ-TiAl基合金鋳塊中のα ₂ 相の形態 11. 高融点金属元素 Hf, Ta, W, Re含有TiAl基合金の組織形態 12. 圧力容器用鋼の高温水中疲労き裂伝播速度に及ぼす応力比の影響 13. 粉末冶金法による高温用チタン基複合材料の創製 14. 冷間圧延および鏡敏化処理を施したSUS347の極低温における機械的性質	金子 隆一(設計)ほか 福澤 安光(反応)ほか 櫻谷 和之(反応)ほか 三井 達郎(組織)ほか 小林 �剛(計測)ほか 八木 晃一(環境)ほか 田中 秀雄(環境)ほか 横川 賢二(環境)ほか 九島 秀昭(環境)ほか 有富 敬芳(第3)ほか 信木 稔(第3)ほか 片田 康行(第5)ほか 萩原 益夫(力学)ほか 由利 哲美(第1)ほか

学・協会名	開催期間	発表題目	発表者(所属)
日本鉄鋼協会 (広島・広島大学)	10.1~10.3	15. Fe-Ni-Cr合金のスエリングに及ぼすTi, Pの影響について 16. 核融合炉用低放射化9Cr-WVTa鋼の高温強度と韌性	長谷川 晃(第2)ほか 阿部富士雄(第2)ほか
錯体化学討論会 (岡山・岡山大学)	10.7~10.9	1. フタロシアニンジリチウム塩を用いたビスマス-フタロシアニン錯体の合成と性質	砂金 宏明(反応)ほか
応用物理学 (岡山・岡山大学)	10.9~10.12	1. MBE法によるYBC薄膜の評価 2. RHEED-励起X線全反射分光法によるY系超伝導薄膜のMBE成長過程 3. MBE法による金属化合物Pd-Te薄膜合成の成長速度論 4. S終端処理を施したInP基板上での液滴エピタキシによるInGaAs微結晶の成長 5. Se終端処理を施したGaAlAs基板上での液滴エピタキシによるGaAs微結晶の成長 6. Te終端処理を施したInSb基板上での液滴エピタキシによるInSb微結晶の成長 7. ヨウ素をインターラートした超伝導体IBi ₂ Sr ₂ CaCu ₂ O _y の超格子構造 8. 配向組織を有するY _{0.9} Ca _{0.1} Ba ₂ Cu ₄ O ₈ のDC磁化特性 9. Bi系2212相における凝固過程の観察 10. レーザアブレーション法による金属基材上へのYBa ₂ Cu ₃ O _y 膜の作製と超電導特性 11. 低圧プラズマフラッシュ蒸着法によるYBa ₂ Cu ₃ O _y 超電導薄膜の作製 12. Heイオン照射下でのグラファイトのラマン測定	清沢 昭雄(表面)ほか 矢田 雅規(表面)ほか 矢田 雅規(表面)ほか 小口 信行(表面)ほか 知京 豊裕(表面)ほか 石毛 桂子(表面)ほか 池田 省三(表面)ほか 熊倉 浩明(第1)ほか 熊倉 浩明(第1)ほか 福富 勝夫(第1)ほか 小森 和範(第1)ほか 北島 政弘(第2)ほか
日本原子力学会 (福岡・九州大学)	10.15~10.18	1. トリウム溶融塩核エネルギー協同システムにおける廃棄物量の推定 2. 原子力用材料データフリーウエイシステムの開発(第2報)試行システムの概要 3. 原子力用材料データフリーウエイシステムの開発(第3報)利用例について 4. 原子力用材料データフリーウエイシステムの開発(第4報)システム整備の現状とその課題	野田 哲二(第2)ほか 藤田 充苗(第2)ほか 藤田 充苗(第2)ほか 藤田 充苗(第2)ほか
腐食防食討論会 (北九州・九州工業大学)	10.18~10.20	1. 4種のTi/Al系金属間化合物材料の乾式酸化 2. Ti/Al系金属間化合物材料の硫酸中での陽極反応	富塚 功(設計)ほか 沼田 英夫(設計)ほか
日本応用磁気学会 (つくば・筑波大学)	10.29~10.31	1. 電子線リソグラフィーで作成したパーマロイ微小縞状格子の強磁性共鳴	中谷 功(機能)ほか
日本真空協会 (東京・機械振興会館)	10.30~11.1	1. ステンレス鋼の水素透過特性 2. 大型極高真空装置の試作	板倉 明子(第4)ほか 土佐 正弘(表面)ほか

将来炉のための新材料開発の指針を取りまとめ

当研究所は、創立以来、国の原子力開発の基本方針に沿って原子炉材料の研究を進めているが、最近、国際熱核融合実験炉（ITER）等が工学設計の段階を迎えたのに伴って、核融合炉用新材料開発の要請も高まってきた。これを機会に、当研究所では原子炉材料開発の動向を約1年間かけて調査し、将来炉用新材料開発の指針として取りまとめた。それによると、当研究所が推進すべき開発研究は、以下に紹介する3課題に大別される。

1. 新耐照射性原理の追求

この課題には、低放射化材料や低ヘリウム生成材料としての同位体調整材料、ヘリウムによる粒界脆化を防ぐ単結晶材料、熱応力・表面損傷・腐食等に強い傾斜機能材料、高温強度・耐照射性を期待する金属間化合物、酸化物界面のヘリウムトラップを利用する酸化物分散合金、照射損傷自己修復機能を持つインテリジェントセラミックス、等の研究テーマが考えられる。

2. 照射損傷機構の原子的素過程の解明

この課題の研究としては、サブナノトロン（透過型電子顕微鏡+イオン照射）や小型サイクロトロンを利用した照射による損傷や脆化機構の解明、ラマン分光によるグラファイト等の照射欠陥の解析等が挙げられる。また、照射偏析や核変換効果に取り組むために、重イオン照射施設（数MeV、数mA）の建設が必要であると考えている。

3. 試験片レベルと構造物レベルでの破壊現象に関する解明

この課題では、構造設計コードに及ぼす中性子照射効果の検討と、微小試験片による材料評価技術の開発が重要である。更に、動力炉・核燃料開発事業団や日本原子力研究所等と共同した基盤原子力材料データベースの完成も急がれる。

これらの研究テーマの中には、当研究所において既に実施中のものもある。それ以外のものでも、当研究所が高い研究ポテンシャルを持っている分野であるので、将来炉用新材料の開発に大きく貢献することができると考えている。

◆短 信◆

●外国人研究員の受け入れ

氏名 **Gregory C. Stangle**
所属 アメリカ アルフレッド大学
テーマ 微細な秩序構造を有する金属物質の人工組織体の創製と新機能発現に関する研究
期間 平成3年6月28日～平成3年8月5日

氏名 **Lilian Abecilla De Guzman**
所属 フィリピン フィリピン工業技術研究所

●海外出張

氏名	所属	期間	行先	用務
藤井 忠行	反応制御研究部	3.6.17～3.6.23	イタリア	国際会議出席
富塚 功	材料設計研究部	3.6.22～3.6.30	アメリカ	国際会議出席
木吉 司	第1研究グループ	3.6.22～3.6.30	ソビエト	国際磁石会議出席
馬場 晴雄	環境性能研究部	3.6.24～3.7.6	フィリピン	日・アセアン科学技術協力による短期派遣
中村 一隆	第2研究グループ	3.7.6～3.7.17	カナダ・アメリカ	国際会議出席及び研究調査
田原 晃	環境性能研究部	3.7.8～3.8.7	フィリピン	日・アセアン科学技術協力による短期派遣
増田 千利	損傷機構研究部	3.7.13～3.7.21	アメリカ	国際会議出席
中谷 功	機能特性研究部	3.7.28～3.8.4	アメリカ	第22回微粒子学会出席

創立35周年記念金属材料技術研究所研究発表会の御案内

当金属材料技術研究所では、所員の研究活動をより広く御理解いただき、その成果を御活用願うために、毎年研究発表会を開催しております。当研究所の創立35周年に当たります本年度は、新材料創製の重点研究として取り組んでいる「超電導技術(マルチコアプロジェクト)」、「新合成技術による材料創製」、および「金属間化合物材料の開発」を主題として選び、これら3分野における当研究所の最新の研究成果を、午前と午後にわたって発表いたします。皆様方の御来聴をいただきたく、御案内申し上げます。

(聴講自由、講演要旨は次号に掲載)

日時：平成3年11月14日(木) 10:15～17:00

会場：金属材料技術研究所 大会議室 東京都目黒区中目黒2-3-12 電話03-3719-2271

(東急東横線・地下鉄日比谷線 中目黒駅下車徒歩10分、JR山手線恵比寿駅下車徒歩15分)
(東急バス(渋谷↔大井町④系統) 東京共済病院前下車徒歩3分)

❖ プ ロ グ ラ ム ❖

10:15～10:25 あいさつ 所長 新居和嘉

＝超電導技術(マルチコアプロジェクト)＝

10:25～12:25 (座長：筑波支所長 岡田雅年)

1. 高温超電導材料の高性能化

第1研究グループ総合研究官

前田 弘

2. 酸化物超電導体の線材化と成膜技術

表面界面制御研究部長

戸叶一正

3. 強磁界マグネットシステムの開発とその応用

第1研究グループ第3サブグループリーダー

井上 廉

12:25～13:30 休憩

＝新合成技術による材料創製＝

13:30～15:30 (座長：基礎物性研究部長 吉川明静)

4. 燃焼合成法による化合物材料の製造

第3研究グループ第3サブグループリーダー

海江田義也

5. 気相一液相一固相反応によるウイスカの作製

機能特性研究部第3研究室長

中谷 功

6. 液滴エピタキシ法による擬ゼロ次元半導体の創製

表面界面制御研究部第3研究室長

小口信行

15:30～15:40 休憩

＝金属間化合物材料の開発＝

15:40～17:00 (座長：反応制御研究部長 古林英一)

7. 軽量耐熱TiAl化合物の組織制御による高性能化

第3研究グループ総合研究官

辻本得藏

8. 一方向凝固による金属間化合物の室温延性改善

反応制御研究部第3研究室長

平野敏幸

発行所 科学技術庁金属材料技術研究所

通巻 第393号

平成3年9月発行

(本所) 〒153 東京都目黒区中目黒2-3-12

編集兼発行人

真鍋烈

T E L (03)3719-2271, F A X (03)3792-3337

印 刷 所

株式会社 三興印刷

(筑波支所) 〒305 茨城県つくば市千現1-2-1

東京都新宿区西早稲田2-1-18

T E L (0298)51-6311, F A X (0298)51-4556