

金材技研 1979

科学技術庁

NO.10

ニエース

金属材料技術研究所

クリーン・モールド

鑄造工業では公害問題、作業環境の悪化、砂資源の枯渇など多くの難問をかかえている。造型から型ばらしまでのいわゆる造型工程が、これらの問題点の過半数を占めているので、無公害の造型方式の開発が強く要請されている。

金属加工研究部では、このような背景をふまえて、昭和51年度から環境庁の国立機関公害防止等試験研究費を受けて、クリーン・モールドの開発研究を行っている。この開発中の鑄型は(1)鑄型の自硬性と水溶性の両立、(2)鑄造品への悪影響のないこと、(3)完全なクローズドシステムによる無公害化及び材料の再利用を目ざしている。

この鑄型は、砂粒としてアルミナ粒、粘結剤としてアルミン酸塩及びアルカリ性水溶促進剤を用いたもので、その圧縮強さはガス硬化では20～25 kg/cm²、自硬では40～45 kg/cm²で、現用の自硬性鑄型と同程度である。この鑄型は図のようにシェルタイプで造型し、発泡アルミナでバックアップすればよい。鑄鉄を鑄込み、鑄型内で1 hr以上溶

融状態に保っても、鑄型と鑄鉄の界面反応部は0.2～0.3mmで、しかも鑄型の割れなどは発生しない。これは従来の鑄型より非常に優れた特徴である。鑄鉄が凝固した後、写真に示すハイドロジェットで水溶させると、7 kg/cm²程度の比較的低压でも5sec以内に水溶する。この鑄型は(1)シェルタイプが可能なので砂量が少ない、(2)短時間で水溶する、(3)水溶に使う水の中の粘結剤濃度が飽和値に近くても水溶できるので、水量が少なくて済み、回収操作が容易である。

鑄型を水溶する時期は鑄鉄が700℃以下の温度になればよく、従来の鑄型の型ばらしと同じであるので、生産性を阻害することはない。一方、この鑄型特有の鑄造欠陥もなく、むしろ表面欠陥は現在の鑄型よりも減少する傾向を示している。

現在、クローズドシステムのための回収・再生方式について研究を進めているが、鑄込み後の鑄型がほとんど変質しないので、その可能性が十分あると考えている。

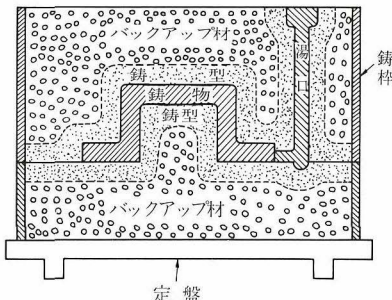


図 シェルタイプ水溶性鑄型の概要

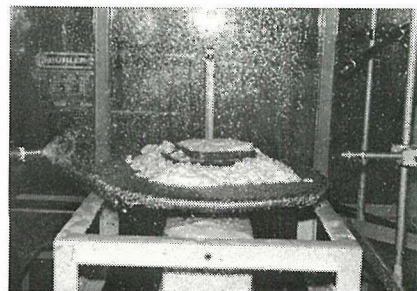


写真 ハイドロジェット装置

水素貯蔵用マグネシウム合金

水素ガスは二次エネルギーとして優れた特性をもち、新エネルギー源としても着目されているが、これを工業的規模で実用化する場合には多くの技術的難問が山積している。つまり水素の製造、精製、貯蔵、輸送などの各過程をいかに効率良く安全に行うかに水素エネルギーシステムの成否がかかっており、とりわけ今日の研究課題の一つは水素ガスの貯蔵や輸送のための高性能で安全な水素貯蔵用材料の開発である。

多量の水素ガスを金属中に吸込ませ、必要に応じて室温付近で安全且つ容易に水素ガスを再び取り出すことができれば、この水素貯蔵用金属は「水素の罐詰」といえるわけで、これが大規模に実用化されれば水素の利用範囲は大幅に拡充される。というのも一般に水素貯蔵用金属中の水素原子数密度はガス状水素の約1000倍つまり1,000気圧に圧縮された高压水素に匹敵し、しかも高压ポンベも極低温も不要で経済的メリットも大きい。水素貯蔵用金属材料としてはFeTiやLaNi₅などが良く知られているが、運輸機器用にはMgを主成分とする軽量水素貯蔵用材料の開発が期待されている。

Mgは資源的にも豊富であり、かつ将来核融合炉のブランケット材や冷却材として使用されるLiを海水から採取する際の副産物として大量に生産されることが予想されるため、Mg系水素貯蔵材が開発実用化されるとその波及効果も大きい。以上のような観点から**非鉄金属材料研究部**ではマグネシウム系水素貯蔵用金属材料の開発研究を行った。

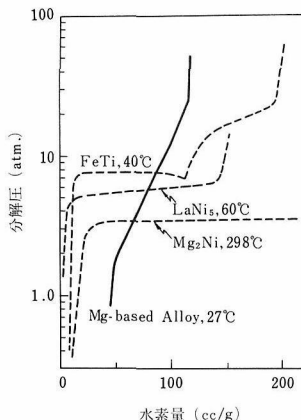


図 本マグネシウム合金(27℃)の平衡水素分解圧と貯蔵水素量との関係

Mg合金を水素貯蔵用材料に生まれ変らせるには大きな壁が立ちふさがっている。すなわち今までのMg合金は水素吸収には適しているものもあったが、水素を放出する温度が一般に300℃以上のものがほとんどで水素を放出させるには加熱してやらねばならなかった。そこで水素を放出しやすくしてやるためFe、Ni、Tiを添加したMg合金を作製し、その水素貯蔵特性を測定すると、図の実線で示されるように27℃の室温で充分水素を放出するように平衡水素分解圧を高めることができた。しかし一方図中の実線から分るように一定圧の水素を安定に放出する特性はなくなり（プラトー領域の消失）全吸収貯蔵量も小さい。すなわち水素の放出にともなって材料中の水素濃度が低下するとガス放出圧力が低下するという不安定傾向がみられ、更に全吸収貯蔵量の低下によって水素貯蔵材としての利用価値が小さいので、この二点の改善が今後の課題である。

プラトー領域を示すMg合金の作製については次のような解決法があるであろう。

本合金の顕微鏡組織は写真に示されるように多相混合組織であるので、第4番目の合金元素の添加、または三種類の合金添加元素の厳密な成分制御によって、単相合金組織にすればプラトー領域の実現が期待できる。

現在上記の方針にしたがって更に研究を進めている。

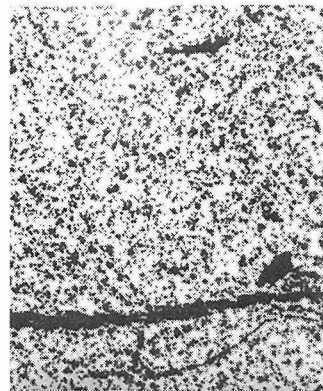


写真 本マグネシウム合金の光学顕微鏡組織（水素の吸収・放出をくり返した試料）×250

応力リラクセーションにおける第2期リラクセーションの検討

一定温度・一定全ひずみの条件下で、材料に負荷した応力が時間の経過とともに低下する応力リラクセーションにおいては、時間の経過とともに塑性ひずみが増加する。その塑性ひずみ速度は、一般に対数残留応力と対数塑性ひずみ速度との関係 ($\sigma_r - \dot{\epsilon}_p$ 線図, 図1) として整理され、リラクセーションデータ解析上重要な因子の一つである。この図において各全ひずみのデータは二つの直線部分に分かれており、高残留応力側の直線部分は第1期リラクセーション、低残留応力側(長時間側に対応)の直線部分は第2期リラクセーションと名付けられている。そして前者は遷移クリープに、後者は定常クリープに対応するとされているが、これに関する実証的検討はなされていない。

クリープ試験部では高温ボルト材の長時間リラクセーションデータを求め種々解析を行ってきたが、それらの結果から第2期リラクセーションが定常クリープに対応するという事に疑問をもった。そこで、3種類の高温ボルト材の約10 000hリラクセーションデータと同時に求めた30 000hまでのクリープデータとを用いて、第2期リラクセーションと定常クリープとの対応を検討した。

第2期リラクセーションが定常クリープに対応するための条件の一つとして、第2期部分の全ひずみの異なる各直線是一本の直線に纏まらなければならないが、ほとんどが図1の例のように全ひずみの依存性が認められ、条件を満足していなかった。ひずみ硬化理論に従って、 $\sigma_r - \dot{\epsilon}_p$ 曲線上の屈曲点(第2期リラクセーションの開始点)における応力及び時間と、クリープの遷移点(遷移ク

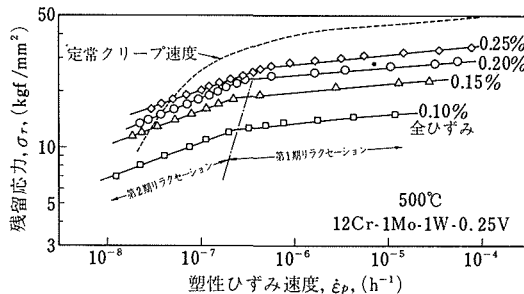


図1 残留応力とリラクセーションの塑性ひずみ速度との関係。

リーブ→定常クリープ、定常クリープ→加速クリープ)における応力及び時間とのそれぞれの相関を検討した。その結果、応力に関する図2の例のように、クリープの遷移点の応力とリラクセーションの屈曲点の応力とはよい相関がなかった。また時間についてもよい相関がなかった。したがってひずみ硬化理論によると、第2期リラクセーションは定常クリープに対応していない。その他、第2期リラクセーションにおける塑性ひずみ速度の応力依存性と定常クリープ速度の応力依存性の不一致(図1)、第1期リラクセーションと第2期リラクセーションにおいて見掛けの活性化エネルギーに差異があることなどにより第2期リラクセーションが定常クリープに対応していないことがわかった。見掛けの活性化エネルギーの差異は組織変化により起ったものであり、 $\sigma_r - \dot{\epsilon}_p$ 曲線上の屈曲点の時間と組織変化の開始時間とはよい相関があったこと、あらかじめ組織変化を起してしまうように時効した材料には屈曲がなかったことにより、第2期リラクセーションは組織変化により起ったものと考えられる。

これらにより組織変化のある材料について、長時間リラクセーションデータを定常クリープデータより解析的に推定することができないことがわかる。したがって、リラクセーションの長時間データをより多く求め、組織変化を考慮した解析方法を検討する必要がある。

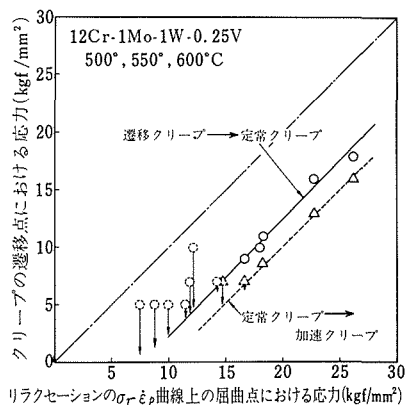


図2 リラクセーションの $\sigma_r - \dot{\epsilon}_p$ 曲線上の屈曲点における残留応力とひずみ硬化理論に従って求めたクリープの遷移点における応力との相関。

研究成果の発表

1. 国際会議 (○印は発表者を示す)

第5回金属と合金の強度に関する国際会議 (昭和54年8月27日～8月31日, 西ドイツ・アーヘン)

発表論文 Temperature Dependence of the Process to Fatigue Crack Initiation on Iron Single Crystals.

○S. Ikeda

第3回国際極低温材料会議 (昭和54年8月21日～8月24日, アメリカ・ウイスコンシン)

発表論文 Improvements in Current-Carrying Capacities of A-15 Superconductors in High-Magnetic Fields.

○K. Tachikawa

米国金属学会秋期大会 (昭和54年9月16日～9月20日, アメリカ・ミルウォーキー)

発表論文 Low Cycle Fatigue Behavior of Molybdenum for Fusion Reactor Application.

○K. Furuya, N. Nagata and R. Watanabe

第2回JIM金属中の水素に関する国際シンポジウム (昭和54年11月26日～11月29日, 日本・水上)

発表論文 1) Oxidation and Decomposition of CaNi_2 during Hydrogenation Cycles.

○A. Yoshikawa and K. Yagisawa

2) Fracture of Cathodically Protected High Tensile Structural Steels.

○T. Aoki, K. Nakano and M. Kanao

3) Properties of FeTi for Hydrogen Storage.

○M. Amano, Y. Sasaki and T. Matsumoto

4) Hydrogen Embrittlement of Nickel.

○T. Matsumoto and H. K. Birnbaum

5) Strength and Toughness of a Cold Rolled 13Ni-15Co-10Mo Maraging Steel.

○M. Hagiwara and Y. Kawabe

6) Relation of Aged Structure to Susceptibility to Hydrogen Gaseous Embrittlement of a Ultrahigh Strength Maraging Steel.

○Y. Kawabe, S. Muneki and M. Hagiwara

7) Isotope Effects of Hydrogen Dissolution in the α -phase of V, Nb and Ta

○K. Nakamura

日米科学協力セミナー (昭和54年10月10日～10月12日, アメリカ・ホノルル)

The Oxygen Transport of Gas Species through Oxide Scale in High-Temperature Oxidation of Fe-Cr Alloys.

○K. Nii and Y. Ikeda

2. 秋期学・協会発表 (口頭)

学・協会名	発表期日	発 表 題 目	担当研究部
低 温 工 学 協 会	6. 4～6. 6	1 複合加工 Nb_3Sn 超電導線材の改良	電気磁気材料
日 本 機 械 学 会	7. 11	2 化合物系超電導線材の応力効果	疲 裂
分 科 会		1. 数種の国産材料の疲れき裂伝ば特性	
日 本 学 術 振 興 会	7. 13～7. 15	1. 耐熱金属の高温腐食	原 子 炉 材 料
第 1 4 1 委 員 会			
日 本 機 械 学 会	7. 16～7. 18	1. 国産金属材料の疲労強度	疲 裂
シ ン ポ ジ ウ ム		2. 疲労き裂伝ば挙動の試験片形状依存性	"
		3. 溶接継手の疲れ特性に与える過大荷重の影響	"
日 本 非 破 壊 検 査	9. 6～9. 7	1. 点集束探触子のビームの太さ	材 料 強 さ
協 会 第 2 分 科 会			
分 析 化 学 会	9. 19～9. 21	1. Fundamental Parameter 法による補正係数の計算法	金 属 化 学
(X線分析討論会)			
溶 接 学 会	9. 28～9. 30	1. ステンレス鋼(SUS 304)溶接金属の気孔生成におよぼす窒素の影響	"
		2. 水中溶接による SM 鋼材の変質	溶 接
		—水中溶接における鋼材の溶接性に関する研究—	
		3. 水中溶接部のインプラント試験	"
		—水中溶接における鋼材の溶接性に関する研究—	
		4. ろう接継手の機械的性質 (第4報)	"
		5. 溶接割れ伝ば挙動に及ぼす非金属介在物の影響 (第2報)	"
		—板厚と入熱量の検討—	
		6. 溶接割れ伝ば挙動に及ぼす非金属介在物の影響 (第3報)	"
		—割れ発生挙動に及ぼす拘束状態の影響—	

溶 接 学 会	9. 28～9. 30	7. 電子ビーム溶接における溶加材の添加（第1報） 一溶加材の分布状況に及ぼす溶接パラメータの影響— 8. ビーム偏向による電子ビーム溶接ビートの改善 9. 被覆アーク溶接継手の疲れ強さの変動の1要因について 10. 被覆アーク溶接継手の疲れき裂発生位置における応力集中係数 11. 溶接継手の疲労き裂発生寿命の自動計測	溶 接
日 本 物 理 学 会	10. 2～10. 5	1. CoAl 規則合金の電子状態	疲 れ
日 本 学 術 振 興 会	10. 3	1. 切欠き部への疲れき裂発生寿命の推定	金 属 物 理
第 129 委 員 会			疲 れ
日 本 分 析 化 学 会	10. 7～10. 10	1. 高速度鋼の定時間積分—発光分光分析法 2. 同位体希釈・スパークイオン源質量分析法によるフェエロア ロイ、鉄鉱石中の硫黄の定量 3. 黒鉛炉原子吸光法による耐熱合金中の微量タリウムの定量	金 属 化 学
計 測 自 動 制 御	10. 19～10. 20	1. ポジティブフィードバックを用いたニューマチック・シュミ ットトリガ回路	金 属 物 理
学 会 シ ン ポ ジ ウ ム			
日 本 鋳 物 協 会	10. 13～10. 14	1. 鑄造用金型の熱ひずみ	金 属 加 工
日 本 機 械 学 会	10. 13～10. 14	1. JIS 機械構造用炭素鋼の軸荷重及び回転曲り疲れ強さの関係 2. 疲労破壊機構図作成の試み（第5報、応力比の影響） 3. 疲れき裂伝ばの遅延現象に与える試験片形状の影響 4. 鋼の低サイクル疲れ特性と疲れき裂先端の損傷 5. 疲れき裂伝ばの遅延現象に与える圧縮側過大応力 6. ステンレス鋼 SUS 316、403鋼の高温高サイクル疲れ特性	疲 れ
日 本 金 属 学 会	10. 16～10. 18	1. 電子線照射した Ni-Ti 合金のボイド形成に対する変調構造の 効果 2. 非対称組成合金の2相分離(I)—非対称性が拡散におよぼす影 響 3. 非対称組成合金の2相分離(II)—拡散による局部的濃度変動の 形成 4. 非晶質 Pd ₆₀ Ni ₂₀ Si ₂₀ 合金の構造 5. 鉄単結晶の疲労き裂発生過程の温度依存性 6. β型チタン合金におけるβ相の分解 7. Fe-Ni-C 合金における形状記憶効果と逆変態 8. マルテンサイトと母相の相境界における転位構造の電顕観察 9. チタン合金のマルテンサイトの結晶構造 10. Hf 添加 V ₃ Ga 表面拡散テープの超電導特性 11. In Situ Cu-V-Ga 合金線材の超電導特性（第2報） 12. 融体からの急冷法による超電導A-15型Nb ₃ Si の生成 13. ダイアモンドアンビル装置によるA-15型Nb ₃ Ge 化合物の体 積弾性率の測定 14. GdCo ₅ 単結晶における磁区の振舞 15. R-Co-Cu 系磁石合金の磁化反転におよぼす磁場変化速度の影 響 16. 銀基内部酸化合金の酸素圧による粒子制御 17. 活性化イオンプレーティングによるモリブデンの窒化アルミ ニウム被覆 18. Fe-Ni-Cr オーステナイト合金の極低温における強靱性に及 ぼすTi添加と時効処理の影響 19. 燃焼赤外吸収法による鉄石およびフェエロアロイ中の硫黄の定量 20. 原子吸光法による Nb 合金中のV、Mo、Hf の定量 21. 耐熱合金中析出物の定量分析におけるZAF Correction につ いて 22. ニッケル基合金中析出物の組織観察法と抽出法による定量 23. フアングメントルパラメータ法による耐熱合金中の抽出物の けい光X線分析 24. アルミ脱酸した鋼塊中の AlN の形態と成長方向 25. 粉末冶金法による高 Mn 鋼の製造 26. Fe(100) 面上へのイオウの偏析と二次元化合物の析出 27. 低炭素鋼表面上の炭素の析出とイオウの偏析 28. Ni-20Cr-4Al 合金の高温酸化におよぼす外部応力の影響 29. LEED による表面超格子の規則—不規則変態の観察— Fe(001)上のSについて 30. 金属とセラミックスの濡れ性について	金 属 物 理
			非鉄金属材料
			電気磁気材料
			原子炉材料
			強 力 材 料
			金 属 化 学
			腐 食 防 食
			材 料 強 さ
			鉄 鋼 材 料
日 本 鉄 鋼 協 会	10. 16～10. 18	1. 電気防食された高張力鋼の破壊の様相 2. SERT 法による高張力鋼の水素脆性感受性の評価 3. Ni 基 鑄 造 合 金 の 耐 硫 化 腐 食 性 の 推 定 法 （ 合 金 設 計 に よ る Ni 基耐熱合金……4） 4. ニッケル基超合金の線熱膨張係数と合金組成との相関につ いて 5. HK 40 及び Nb、Ti 添加 HK 40 耐熱遠送管の高温クリープ変 形に伴う静的強度特性の変化	金 属 加 工
			腐 食 防 食
			材 料 強 さ
			鉄 鋼 材 料

日本鉄鋼協会	10. 16～10. 18	6. 還元ガス中でのアルメルクロメル熱電対の劣化 7. インコネル600の高温水蒸気中腐食 8. 高温ガス炉ヘリウム雰囲気における耐熱合金の脱炭特性について 9. 種々の高張力鋼の海水中での腐食疲れき裂伝播挙動 10. 10Ni-18Cr-14Mo 系超強力マルエージ鋼におけるオーステナイト中析出挙動 11. 水素-アルゴンプラズマアークによる熔融スラグ中の酸化鉄の還元 12. Al-Zr-(Ti, Mn, Si)系合金による溶鉄の脱酸と生成する非金属介在物の性質(複合脱酸剤の研究-IX) 13. 純酸化鉄ペレットの溶鉄中への溶解速度 14. 粉体吹込みの水槽内混合時間への影響 15. SM50鋼アーク溶接熱影響部の金属組織学的検討 16. 炭素鋼, Cr鋼, Cr-Mo 鋼の疲れ強さ比 17. 球状黒鉛鉄の疲れ特性 18. Cr 及び CrMo 鋼の繰返し応力ひずみ曲線 19. S 45C 鋼の高温高サイクル疲れ強さ 20. SUS 316-HP 鋼の高温低サイクル疲れ寿命 21. SUS304 溶接継手の高温短時間引張りおよびクリープ性質 22. クリープ試験における白金熱電対の劣化について 23. 数種の耐熱鋼のクリープ強さの比較 24. SCH 22-CF (HK40) のクリープ破断強さの要因解析 25. Cr-Mo-V 鋼におけるクリープキャビティの生成と成長	原子炉材料 " " 強力材料 " 製錬 " 工業化 " 溶接 疲れ " " " クリープ " " " " " 金属化学
応用スペクトロメトリ 日本原子力学会	10. 24～10. 26	1. けい光X線分析における Fundamental Parameter 法プログラム	金属化学
	10. 23～10. 26	1. 316ステンレス鋼, V, Mo の He イオン照射による表面損傷の比較(線量, 温度, エネルギー依存性) 2. 長時間プロトン照射した SUS 316ST 材におけるボイドエリング 3. MoおよびTZMのHeガス共存性におよぼすHeガス中酸素濃度の影響 4. 核融合炉第一壁材料の疲労特性(II) 5. 金属アルミニウムを用いた海水中リチウムの抽出 6. 高温流水中の Zr-2 被覆管伝熱面のクラッドについて	原子炉材料 " " 製錬 腐食防食 電気磁気材料
日伯科学技術シンポジウム	10. 24～10. 26	1. ニオブを主成分とした超電導材料	
日本非破壊検査協会	10. 25～10. 26	1. 試験材の曲率及び表面粗さが超音波探傷感度に及ぼす影響	材料強さ
日本鋼構造協会	10. 18～10. 19	1. 塗装鋼の耐食性に及ぼす鋼の表面状態の影響について	腐食防食
粉体粉末冶金協会	11. 6～11. 8	1. 鉄および鉄-銅粉性状に及ぼす噴霧還元条件の影響	金属加工
日本材料学会	11. 6～11. 7	1. 被覆アーク溶接継手の疲れき裂発生位置における応力集中係数	疲れ
日本造船学会	11. 8～11. 9	1. 被覆アーク溶接継手の疲れ強さに及ぼす溶接止端形状および溶接条件の影響についての統計的解析	疲れ
腐食防食討論会	11. 12～11. 14	1. 浄水場における給水管材料の水道水腐食試験 2. ステンレス鋼の高温水中応力腐食割れ機構における動的歪の役割	腐食防食 " 電気磁気材料 腐食防食
高圧討論会	11. 14～11. 16	1. ダイアモンドアンビル装置による常伝導-超電導遷移の測定	電気磁気材料
日本結晶学会年会	11. 15～11. 17	1. 表面超格子 Fe(001)-C($\sqrt{2} \times \sqrt{2}$) R $\pm 45^\circ$ S の構造解析	腐食防食
金属表面技術協会	11. 20～11. 21	1. アルミニウムアノード皮膜の微視孔中へのニッケル電析	"
熱処理技術協会	11. 21～11. 22	1. Cr 鋼の焼もどしぜい性に及ぼす Si, Mn の影響	鉄鋼材料
日本学術振興会第123委員会	11. 26～11. 27	1. インコネル617合金の雰囲気中クリープ破断特性	原子炉材料
塑性加工連合講演会	11. 20～11. 22	1. 遊星圧延による圧延について-第5報 冷間クラッド圧延の可能性	金属加工
炭素材料学会	11. 28～11. 30	1. ケブラー繊維の加熱変化とこれによって得られる炭素繊維	非鉄金属材料

◆短 信◆

●海外出張

平岡 裕 原子炉材料研究部研究員

核融合炉用モリブデン材料の開発に関する研究のため、昭和54年9月1日から昭和55年8月31日までの予定で英国リバプール大学へ出張した。

中川龍一 工業化研究部長

日中学術技術研究に関する交流の促進、研究調査並びに日本における製鉄製鋼の連続化に関する研究についての講演のため、昭和54年9月22日から昭和54年10月5日まで中華人民共和国へ出張した。

通巻 第250号

編集兼発行人

坂内 富士男

印

株式会社三興印刷

東京都新宿区信濃町12

電話 東京(03)359-3811(代表)

発行所 科学技術庁金属材料技術研究所

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