全 本 大 行 1972 科学技術庁

NO.10 = 27 - 7

金属材料技術研究所

連続製鋼技術に関する研究

当所での「連続製鋼技術に関する研究」は昭和42年に特別研究に指定されて以来、本年で6年目を迎えている。フランス、イギリス、ドイツ、ソ連、アメリカ、オーストラリアなどの諸国でも連続製鋼の研究が行なわれており、我が国では当所で行なわれているのが唯一のものである。連続製鋼法の現在の製鉄体系の中における位置付けについてはこれまで金材技研報告やその他の学会誌に述べているのでここにはふれず、我々の研究の最近の成果のうちで特徴あると思われる点について述べて見たい。

製鋼反応はよく知られているように溶湯中の脱ケイ、脱マンガン、脱リン、脱硫、脱炭であり、これらの反応を適当な各段炉にふりわける多段操作が金材技研式連続製鋼法の特色である。すなわち、第一段炉では主として脱ケイと脱リンを、第二段炉では主として脱炭を、第三段炉では主として脱炭を、第三段炉では主として脱炭を、第三段炉では主として脱炭を、第三段炉では全と、第を行ない装置本体の改良の積重ねと周辺技術の開発によりかなりの成果があげられた。脱リンに関しては、第一段炉では3%Cと云う高炭素領域にもかかわらず0.02%P、第二段炉では0.005%P、全体の脱リン率として95%以上と云う結果が再現性よく得られた。また脱炭に関しては、吹精条件に応じてそれぞれの各段炉で目標値に近い炭素濃

度と溶湯温度が得られていて現在のままでも実用 上ほぼ差支えないが、制御機構と組合わせればよ り高い精度を得ることは可能である。金材技研法 は各種の計測が比較的容易であり、したがって閉 回路制御も比較的容易であると云う装置上の特徴 を持っているので、製鋼反応の面でも、製品鋼の 品質の管理の面でもまた省力化の面でも転炉法よ り有利であると信じている。

このような結果に基づいて100ton/hrの連続製鋼プラントの建設費を試算したところ、製鋼炉と集 塵機の小型化が目立ち、従来の回分式の転炉に比 較して建設費が大幅に低下すると云う結果を得た。 装置容量が大きくなるほどこの差が開くであろう。

世界の主要製鉄国に出願した金材技研式連続製鋼プロセスの装置と方法に関する特許はほぼ成立し、その意義は我が国のみならず世界の識者からも認められている。

現在は、実用化の基礎データを得るために必要な装置計画ならびに自動制御の基礎研究に着手しておりその成果も近い将来に発表できるであろう。本研究を進めるに当たり日本鉄鋼協会連続製鋼研究委員会の皆様からいただいた御協力を感謝すると共に、今後、なお一層の御鞭撻をお願いしたい。

変形した鉄の転位のセル構造の形成過程

fcc金属および室温以上で変形されたbcc金属は、高濃度合金でない限り、転位によるセル構造が形成され、この構造がこれらの結晶の加工硬化と深い関係にある。これらの結晶の加工硬化を解明するためには、セル境界が形成される過程をよく理解している必要があるので、金属物理第2研究室では、鉄単結晶の薄膜を電子顕微鏡の中で伸長しながらセル構造の形成過程を連続的に観察した。

薄膜試料では厚みのある結晶と同じセル構造が 形成されるとは限らないが、純鉄では、薄膜の膜 面を $(1\bar{1}0)$ にして(110)方向に伸長する限り、膜厚 が 1.2μ 以上あれば、厚みのある結晶のセル構造 (写真 1. 厚さ 8 mm)とほぼ同じ形状のセル構造が 形成されることがわかった(写真 2. 厚さ 1.5μ)。

薄膜を伸長した場合,変形の一番はじめは刃状 転位が動き、変形の進行とともに刃状転位の通っ た後にらせん転位が残される。変形の進行ととも に転位のからみ合った小さなかたまり(タングル)

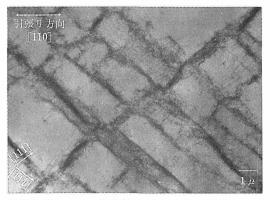


写真1 厚みのある鉄単結晶を室温で(110)方向に9m%伸長し、(110)面に沿って切出した薄膜で観察したセル構造

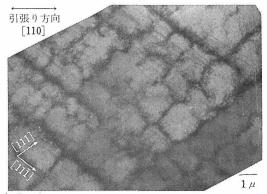


写真2 薄膜を伸長して作ったセル構造

が、結晶の中に分散して形成される(写真3)。 それらのタングルの間は、はじめ孤立したらせん 転位でつながれるが、しだいにその近くで転位が 止められ、転位密度や転位ループが増加する。こ れがセル境界へと変化してゆく。写真4は写真3 と同じ場所でもっと変形量の大きい状態を示す。 セル境界のできはじめでは、その形はジグザグに なっているが、変形が進むと写真1に示したよう な細くて直線性の良い形に変化してゆく。

鉄の[110] 引張りでは活動する転位のすべり方向は2つの〈111〉であり、形成されるセル境界はほぼすべり面に沿った面状である。したがって転位の不均一分布による内部応力は、主として2つの〈111〉を含む面、すなわち(110)面内にあると考えられる。したがって結晶の内部応力は[110]方向の厚さに依存しない。これが他の方位の薄膜では厚い結晶と同じようなセル構造ができず、(110)ではできる理由の一つであると考えられる。

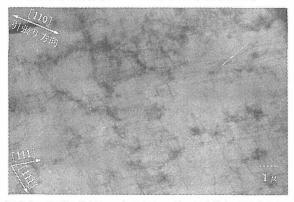


写真 3 薄膜を伸長し、小さなタングルが分散して形成された段階

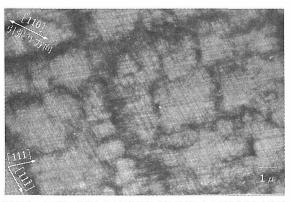


写真 4 写真3の結晶をさらに伸長し、同じ場所にセルが形成された段階

スラグの基礎研究

金属の溶錬にあたって、よいスラグを作ることは不純物除去、耐火物の保護、スラグー金属の分相性などと関連して重要な課題である。近年特に注目されている連続溶錬においてはその成分の連続的な制御の必要性にともない、さらにその重要性が増してきている。

製錬研究部非鉄製錬第一研究室ではスラグの物 性の面から研究を進め、これらの問題の解明をは かっている。その中の一つの問題であるスラグ中 の金属の状態については、現在まで不明な点が多 く、意見が分かれているところであり、たとえば 金属のぬれの問題においても、「金属原子の状態 ではスラグと結合できないため、金属は正イオン として浴中に存在する」とされている。この点を 解明するため、スラグ構造の基本と考えられる単 純な2元系 (PbO-SiO₂, -B₂O₃, -GeO₂)を取り 上げ、この急冷状態の物性を測定し、それからス ラグの構造を類推して融体中の錯イオンの種類を 知り、スラグ融体中の金属の状態を明らかにしよ うとしてきた。これまでに得られた結果から、融 体中に極大点化合物の類似の構造をもつ錯イオン が存在することが予想されている。これまで一般 に行なわれてきた熱力学データあるいは密度の測 定などからは組成の変化に伴なうスラグの構造変

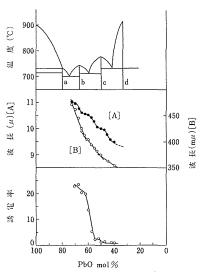


図 1 PbO-SiO₂系状態図、赤外透過[A], 光吸収端[B], および誘電率とPbO濃度との関係 化合物 a: 4 PbO·SiO₂, b: 2 PbO·SiO₂, c: PbO·SiO₂, d: PbO·2 SiO₂

化を確認することはできなかったが、誘電率、光 学的性質(赤外、可視、ラマン)などの構造敏感 な量の測定を行なうことによって、組成変化に伴 なう構造の変化がかなり顕著であることを確認す ることができた。

現在までに得られた結果をPbO-SiO₂系を例として示すと図1のようになり、物性値の変化と化合物組成との対応がみられる。これと同様な対応はPbO-B₂O₃,-GeO₂系においても認められている。

すなわち、(1)赤外吸収測定では、SiO4-の振動 (ルモード)がPb²⁺あるいはPbOとの相互作用によって化学シフトを生ずることが観測され、(2)可視光領域の吸収端の測定では、PbOの電子のバンド対バンド遷移の変化を示す屈折点の存在から、それらの点におけるPbOの構造の不連続な変化が推定できる。(3)誘電率の測定からは濃度に対する傾斜の変化から、構成成分の分極の変化を推定でき、PbOの状態がスラグ中で解離しているPb²;O²⁻の状態であるか、解離していない共有結合性のPbOの状態であるか、解離していない共有結合性のPbOの状態であるかが推定できる。図2はラマン分光器による測定結果の一例でここにみられるSiO4-のルバンド(1060cm⁻¹)の化学シフトをいくつかのPbO濃度に対して観測した結果、これも上述の構造変化と対応することが認められた。

以上の結果を総合して、この系の構造モデルとして次のようなものを考えることができよう。

すなわちPbO50mol.%以下ではガラス状態の網目を形成するSiO4-はPb²⁺と結合し、PbO 50~65 mol.%ではPb²⁺およびPbOと結合する。さらに、PbO65mol.%以上になるとガラス状態形成の網目の単位はSiO4-からPbO4-ピラミッドに変化する。

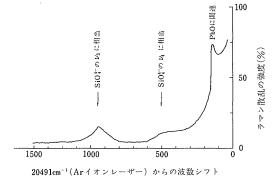


図2 PbO-SiO₂系のラマンスペクトル(PbO-50 mol.%)

金材技研滞在記

FILTUREY

ECOLE DES MINES DE PARIS (パリ鉱山大学)

私は科学技術庁の奨学金を受ける機会を得て、 金材技研の鉄鋼材料研究部において、1972年3月 から7か月間の予定で滞在することとなった。

それまで私はパリの鉱山大学(Ecole des Mines)の材料研究室で仕事をしており、主としてFe-Ni-Cr-C系合金の加工マルテンサイト変態と、低エネルギの積層欠陥によるオーステナイトの変形挙動に関する研究が私の博士論文であった。

金材技研における私の仕事もほとんど同様であったが、これは二つの部分からなっており、一つはFe-Ni-Cr-Ti合金の α 相内における時効と、 γ' 相の析出がその後のマルテンサイト変態におよぼす影響に関するもので、もう一つはオーステナイトの変形双晶の交叉点に生ずる $\gamma \rightarrow \alpha'$ 変態に関するものであった。

新らしい研究室に移り、仕事の条件が変るときにはなれるまでがいつも大変なものであるが、私の場合にはその上に言葉の違いがあった。それにもかかわらず、さしたる困難も感じられなかったのは、金材技研の人たち、それも特に鉄鋼材料研究部の人たちの絶えざる御援助のおかげで、仕事の面から、日常生活のこまごました問題、東京では極度に困難な住宅問題まで、全面的にお世話になった。この機会に深く感謝申しあげる。

日本に来てまだ数か月の私が、フランスとは非常に事情の異なる日本の研究や生活様式などについて印象を述べてみても、皮相的なものにならないことはむずかしいと思われるが、あえて試みさせていただく。

研究に関しては、鉄鋼協会の春期講演会をみて知ったが、日本の金属関係の研究活動が活発なことに感銘を受けた。研究設備についても、金材技研をはじめ、全般的に優れていると見受けられ、特に多額の予算を要する大型設備は優秀である。連続製鋼の研究設備などはその良い例であろう。しかし反面、ちょっとした実験にも必要な簡単な器材は、いくぶん無視され気味のようであるし、整

備の状態もあまり良くないという印象を受ける。

日本での生活は私にとってもまた家族のものたちにとっても、非常に興味深い経験であって、私たちはすでに多くのことを学んだ。実のところ日本文化というものは残念なことにフランスではまだ良く理解されているとは言えず、また日本人のフランスにおける努力も文化の面よりはむしろ商売の面に大きく傾注されているようであるし、加えてフランス人は生来、外国文化を研究することには無関心であるという事情がある。

それでもフランスでは、伝統的日本については 映画を通じて、いくらか知られているし、また近 代日本については、その工業製品によって知られ ているが、最近ではますます増える日本人観光客 によっても知られるようになった。特にフランス 人が驚ろかされることは、彼等がいかなる場合で も団体で行動していることで、10人以下のことは まず無い。日本に来て数か月たってみると、この ことがますます良くわかってくる。ヨーロッパ人 が本質的に個人主義であるのに対し、日本人は集 団になじみやすく、自分の興味を自分の属する社 会集団の興味に簡単に同化してしまうことができ, しかもそういった画一性に対し、服装の面ばかり でなく他の面でも、特に恐怖感をもたないように 思われる。このような形の集団適応能力は疑いも なく集団としての成功を保証する一つの因子であ り、日本企業の成功もこれによると思われる。ま た, 基礎研究についてこそ常にある種の個人主義 が必要であろうが、他のある種の研究にとっては 強力な研究形態を作るのに好都合だろう。

日本語は難解であるが、不可欠であるから習わなくてはならないし、また日本の田園美を発見するには、ひかり号を使っても、かなりの暇がかかる。そんなわけで、私の滞日についてたった一つ残念なことは、期間が短かすぎることだと考えている。

研究成果の発表

国内の秋季学・協会発表(ロ頭)

	学	•協	会	名		発 表 題 目	担当研究部
ı	本	鉄	鋼	協	会		製剱
						◇一方向凝固したリンを含むオーステナイト鋼鋼塊のミクロ偏析	"
						◇高速度工具鋼の鍛造組織におよぼす凝固条件の影響	"
						◇Fe-Al-N合金の再結晶集合組織におよぼす冷延前処理効果	金属物理
						◇18Cr-12Ni鋼の高温加工焼入および熱冷加工(討論会講演)	鉄鋼材料
						◇鉄の低温靱性に及ぼす第2分散相銅粒子の影響 ◇加圧によるFe-Mn系合金の機械的性質の変化	"
						◇加圧によるFe-Min示音並の機械的性質の変化 ◇強力鋼の遅れ破壊亀裂伝ば特性	
						◇鉄一炭素合金のγ領域における硫黄の拡散	<u>"</u>
						◇300KSI級マルエージ鋼の靱性におよぼす残留オーステナイト相の影響	,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,
					(◇耐熱合金材料の水素透過について	原炉材料
						◇遊星圧延機による低炭素鋼の圧延	製造冶金
						◇不完全焼入組織の靱性に及ぼす炭素量の影響	"
					(◇低合金鋼の動的回復組織の性質	"
						◇ボイラ鋼管材304Hおよび316Hのクリープ破断特性に及ぼす固溶化熱処理と	クリーフ
						冷間加工の影響	
						◇2¼Cr-1Mo鋼の定常クリープ速度の応力依存性の変化と組織	"
						◇残留応力に及ぼす全ひずみの影響とばらつき(1Cr-0.5Mo-0.25V鋼のリラ	"
			E9	ase.		クセーションーII)	
	本	金	應	学	会	◇鋼の析出と再結晶における核生成(特別講演)	金属物理
						◇Fe-18Ni-5Si合金の組織と脆性	鉄鋼材料
					İ	◇18Niマルエージ鋼の組織と破壊靱性(特別講演) ◇Fe-Ni系 2 元および 3 元合金の機械的挙動とマルテンサイト変態	<i>"</i>
						◇Fe-Ni 元 2 元 3 元 6 3 元 6 並の機械的手動とマルテンサイト変態 ◇CoZrとその近傍のCo-Zr合金の機械的性質	非鉄材料
						◇Nbの水素固溶度におよぼす添加元素の効果	升政 77 不
						◇ニオブ水素化合物の内部摩擦	<i>",</i>
						◇Ni-12at%Ti合金のサイドバンドについて	,,
						◇角型濃度分布の変調構造によるCu-4 wt % Ti合金の時効硬化	,,
						◇Al-Mg ₂ Si擬二元共晶合金の一方向凝固	"
					l	◇Al-Mg-Si合金における塑性歪とG.P.ゾーン形成との相互関係について	"
						◇Mg-2.2wt%La合金の析出過程について	"
						◇強磁性スピネルCuCr2X4(X=Se, S1-xSex)の単結晶作成とその結晶構造	"
					- 1	◇フラックス法によるCdCr₂Se₄単結晶の作製	"
						◇複合材料の熱膨脹履歴現象	特殊材料
						◇鋳造Ni基No.64系耐熱合金の高温での機械的性質におよぼすNb添加の影響	<i>"</i>
					ļ	◇銀一酸化物系接点の接触面の観察 ◇光吸収法によるCdSeの平衡蒸気圧	電磁材料
						◇ V:Si超電導線材の研究(第3報)	"
						◇Zr-Rh系超電導合金の研究(第1報)	",
					ļ	◇Nb ₃ Ga 化合物の拡散生成と 超電導特性	",
						◇室温付近で圧延された純W, Ta (111) (112)単結晶の再結晶粒(再結晶核)方	,,
						位について	,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,
					j	◇V-Nb合金の変形双晶について	原炉材料
						◇V-Cr合金の高温機械的性質	"
						◇化合物-NbNi₃-中のニオブ,ニッケルの自己拡散について	製造冶金
						◇ニオブ/ニッケル拡散対中の化合物層の成長について	"
						◇鋼の低温破壊強度に及ぼす予荷重効果(Ⅱ)	材料強度
						◇マルテンサイト鋼の変形におよぼす静水圧の影響	"
						◇18Crステンレス鋼の高温水中の応力腐食割れにおよぼす不純物の影響	腐食防食
	-4-	Δtr	sl.	J-+1		◇炭酸ガス中におけるZr-2.5%Nb合金の酸化	"
3	本	鉄	物	協	会	◇誘導炉で溶解した鋳鉄の性状に関する二、三の実験	製造冶金
						◇球状黒鉛鋳鉄のクレージングに関する二,三の実験 ◇タール質発熱自硬性鋳型の自硬硬化に及ぼす構成成分の影響	"
						◇タール買売照白硬性舞型の自硬硬化に及ばり構成成分の影響 ◇誘導炉溶湯のチル生成に関する二、三の実験	"
						◇鋳鉄の低周波炉溶解に関する一実験	"
						◇統計的方法による鋳鋼品の形状分類について	金属物理
					1	一鋳鋼品の鋳造方案設計用ソフトウエアーの開発一	立两物母
						◇押湯の決定方法と重量歩留りについて	"
						一鋳鋼品の鋳造方案設計用ソフトウエアーの開発―	"
					1	◇統計的方法による生型砂の最適条件の決定	"
	本	物	理	学	会	◇転位速度が応力に依存する結晶の応力─ひずみ曲線	金属物理
						◇鉄単結晶中のらせん転位の運動速度分布	1 A 10 A
						◇ 3八十四百 1 ・	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·

本 物 理 学 ◇Nb-D侵入型合金の2Dおよび93Nb核磁気共鳴吸収 金属化学 特殊材料 ◇ひげ結晶強化複合合金 電磁材料 ◇Pr (Co₁-x Cux)5の保磁力の温度変化 ◇鋼の微視的な酸化性を考慮して組合せた場合の常温におけるすべり摩耗の挙 材料強度 日 機 械 学 会 木 動と再び温度の影響について ◇熱間工具鋼・耐熱鋼の高温におけるすべり摩耗の挙動について ◇切欠き材の疲れにおよぼす結晶粒大きさの影響 (その5, 平均応力依存性と限界き裂長さについて) リープ ◇オーステナイト鋼における高温疲れによる条こんの形成について ◇S45C, SCM3のPSN曲線 疲 n ◇チタン溶接部の着色と延性及び耐食性との関係 溶 接 学 숲 溶 接 一溶接雰囲気中に空気を混入した場合一 ◇6Al-4V及び8Al-1Mo-1Vチタン合金継手の機械的性質に及ぼす溶接雰囲気中 への空気混入の影響 ◇電子ビーム溶接初期の溶込み(Ⅱ) ◇電子ビーム溶接における各種電流と溶込み形状 ◇インサート金属をもちいた銅とアルミニウムの固相接合 ◇再結晶温度近傍の圧接性に関する研究 ◇水中におけるプラズマ溶接(その5) ◇水中におけるプラズマ溶接(その6) ◇プラズマジェット溶射粒子について ◇溶着金属の気孔生成に関する研究(第2報) -アーク溶解および溶接におけるアルミニウムと水素の関係― ◇拡散性水素の測定に関する二、三の検討 一捕集液および測定器具の精度 一 ◇テーパかたさ試験法確立のための検討 ◇再現溶接熱影響部の変態挙動におよぼす合金元素の影響 ◇アーク溶接時における溶鉄中への窒素の溶解挙動について(シンポジウム講演) ◇真空融解法を用いたカーボンチップ、カーボンチップースズーニッケルはく 日本分析化学会 金属化学 法によるCr, Bi, Zn, Sb, Pb, Cu中の酸素定量 ◇14MeV中性子放射化一高分解能γ線スペクトロメトリーによる鋳鉄中のケイ素の分析 ◇錯滴定条件決定の一つの試み ◇1-(2-ピリジルアゾ)-9-フェナントロールと銅, ニッケル, 亜鉛との反応 ◇2-(2-チアゾリルアゾ)-3.4.5-トリメチルフェトールによるニッケルの抽出 学 ◇電算機による pH-Potential図の作製 金属化学 氨 化 協 ◇鋼材の材質判別(うず電流法)についての一考察 日本非破壞検査協会 材料強度 ◇超音波探傷試験による溶接欠陥の判定方法の解明と判定基準に関する研究(第Ⅱ報) ◇半円柱形試験片によるモード変換の測定実験における異常エコーの解析 ◇高温における磁粉探傷 日科技連複合材料シンポジウム 電磁材料 ◇超電導複合材料 ◇WファイバーCu複合材の破断挙動 鉄鋼材料 ◇焼結高速度鋼の諸性質に及ぼすB添加の影響 粉体および粉末冶金協会 製造冶金 ◇粉末圧延法によるTi薄板の製造 溶融塩化学討論会 ◇CsNo3-KNO3, CsNO3-LiNO3浴中のAg+の拡散係数 金属化学 ◇Ti-6Al-4V板材の機械的性質におよぼす加工温度の影響 冨 尝 非鉄材料 金 NMR討論会(日本化学会) ◇V-D系の²Dおよび⁵¹V核磁気共鳴吸収 金属化学 ◇MnKβプロフイルによる酸化数と同定法 線分析討論 応用スペクトロメトリー(東京討論会) ◇高分解能軟X線分光計によるバンドスペクトルの測定について ◇2-(2-ベンゾオキサゾリルアゾ)1-ナフトールと金属イオンとの反応 11. 솠 \Box 木 日本高圧力技術協会高圧討論会 ◇鉄−マンガン系合金のε相の圧力による安定化 鉄鋼材料 材料研究連合講演会 ◇Cr-Mo鋼の疲れ特性におよぼす熱処理の影響 疲 12 ◇遊星圧延機による圧延についてⅢ(低炭素鋼の圧延) 製造冶金 塑性加工連合講演会 金属表面技術協会 ◇アルミニウム合金の高温硬質陽極酸化 腐食防食 ◇高濃度硫酸浴中におけるAlの陽極酸化および局部腐食について ◇金材技研におけるクリープ及び破断試験について 11 - 7 本材料学 7 ◇低炭素鋼のクリープの形状および寸法効果 ◇オーステナイトステンレス鋼SUS32B, SUS27Bの回転曲げ高温疲れ現象 n 疲 日本金属学会シンポジウム ◇銅熔錬における真空吸上げ精製に関する二,三の問題点 蠳 錬 ◇真空吸上げ精製による鈹中不純物の除去 雷磁材料 低温工学研究発表会 ◇V₃Si超電導線材の製法と特性

◇短 信◇

海外出張

特殊材料研究部超耐熱材料研究室長 渡辺 亨は昭和47年9月11日から昭和47年9月24日まで、「日米科学協力セミナー(耐熱金属材料の組織と性質)、「超耐熱合金についての第2回国際会議」および「耐熱金属についての研究討論」に出席のためアメリカ合衆国へ出張した。

鉄鋼材料研究部 石川圭介は「鉄鋼中での脆性亀裂の動 的特性に関する研究」のため昭和47年9月21日から昭和48 年9月20日まで、連合王国、西ドイツへ出張した。

所長 河田和美は「韓国における材料研究等の実状調査」 のため、昭和47年10月10日から10月14日まで韓国に出張した。

受賞 客貝(前所長) 橋本字一は、このたびフランス治金 学会からラ・グランド・メダーユを受けた。

通卷 第166号

編集兼発行人

林 弘

印 刷 株式会社 ユニオンプリント 東京都大田区中央8-30-2 電話 03 (753) 0 9 6 9(代) 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)

科学技術庁金属材料技術研究所

発 行 所