

研 技 研

1964

科学技術庁

NO.1

ニ ュ ー ス

金属材料技術研究所

年 頭 所 感

所 長 理 博 橋 本 宇 一

研究本来の姿の大切な一面は明確な理論的な裏付のある基礎的な研究を地について実施する処にある。この意味で地道な成果の積み重ね、又はその集約であることは当然である。このことは材料研究に於ても同様であって、最近の材料研究の場は、愈々物性論的な研究を必要とし、又極微の状態での効果を知って始めてその材料の実際の性質を支配するファクターを知り得ることがある。例えば超電導材料の研究は材料的にも、又その研究の場も物性的な研究の裏付が必要であるし、又 Maraging Steel に影響を与える NiMo 、 Ni_3Ti 等は約30万倍という様な拡大度でみなければその挙動を明瞭にはつかみ得ない。之は単に一例に過ぎないが、材料の性質を確実に把握する為には、その材料の姿を極微の状態に至る迄、確実に知悉すべきであることは当然である。この様な関係から超電導材料の原材料であるガリウムも現在では99.99999%の純度のものができ、 Ga-V 合金をして実用性をもつ燭光を出し初めている。と同時に研究の場では保証された純度（特に金属不純物のみならず、含有ガス量の）のものが常に用意されている必要があり、之は外からの購入にまち、之



に頼るべきではない。

然し材料研究は徒らに理論にのみ流れ、之から一步も進展し得ないものである時には、之を基礎として実施する他の研究者によって発展することがあったとしても、場合によっては理論倒れにならないとは云えない、この意味で実用化、応用化等を必らずしも考慮に入れる必要はないが、目的は明瞭にたてて研究を実施すべきである。基礎研究は飽く迄、一つの事象の究明の為の基礎的な研究であって、それそのものが基礎から基礎へも、

基礎から応用へも発展すべきものと思う。この様にして金属材料研究の場合は益々 **Basic** 乃至 **Fundamental** な研究を必要とし、之が活発化するものであるが、之は象牙の塔的なものであってはならないと思う。換言すれば研究のための研究であって、何かを研究すれば何等かの結果が出てくるから研究をやり、唯研究することに、実施することに興味があると云うのでは甚だ薄弱な研究をすることの理由である。研究者は如何程基本的な、基礎的な又は理論的な研究をやってもよいし、又大いに奨励されるべきであるが、之には明瞭な目的があって欲しい。究極は人間の福利の増進である。

斯くして、応用の場、実際の場で不明瞭で又行き詰りの問題も解決できるであろうし、基礎的、理論的研究はそれなりに意義があり、又発展性があるであろう。新しい方法、新しい装置等を研究に使用する場合にも、良く考慮すべきであって、若し之によって従来知られている以外に何等新しい結果が予想されない様なものであったならば、この方法をその目的に使うことは、例え研究の成果はあったとしても、それ程価値の高いものとは云えないであろう。仮りに新しい方法、装置を使うにしても高度の研究者は高度の研究者らしい使用目的があるべきと考えられる。

一方製造冶金、生産冶金的な研究になると、之は実験室的な基礎的な研究から相当な規模をもった中間工業化乃至工業化研究にならない限り、確実な結果をつかみ得ない。特に近代の工業は材料に関する製造、生産に於ても自動化による高度の合理化が要求され、わが国の従来の一般的の姿の様な廉価な **Man Power** を対称としたものでは到底将来の世界経済に対処できるものではない。之がためには一つの姿としては例えばソ連に於ける様な、鉄鋼中研一設計（中間工業化）一工業化と云う様な一連の研究の場が何等かの形で必要であろう。この意味では設立当初からの本研の一つの主張は正しいものと考え。わが国のように自立的に世界を相手にした研究を民間企業で行うことの可能性の少い処では、之に対して国として現

在より、より強力な措置がとられない限り技術導入等は真に必要欠くを得ないものとどめたいものである。又風土条件が異なるものであるから、単に技術を導入したのみでよいとは云えないであろうし、又消化に相当な期日を要するであろう。ソ連技術導入の機運が出初めている際この様な点が考えさせられる。この意味で本研の第二次計画に企画されているような計画的な生産研究の場が必要であろう。

本研に漸く材料試験、材料検定の一つの場が附設されようとしているが、材料は全く各科学技術、各産業に共通の場であるだけに信用ある国家保証が必要である。特にわが国は地下資源に恵まれなくて、しかも工業立国によって国の経済をまかなっていかねばならないだけにスイスの場合のようにその必要性が痛感される。これは工業最終製品の検定とは全く異なるものであって、一流技術国にこの種の機関の存在しないことは寧ろ恥ずかしいことであると云ってもよいと考える。しかもその場は材料的にみて究極的にはあらゆる材料のあらゆる性質を、あらゆる条件下であらゆる目的を対称にして実施されなければならないものである。近代的な科学技術開発のための材料試験、例えば宇宙開発、原子力開発、電子技術等のためのものと共に、各種防災施設の安全性の査定、防風下の長大橋の疲労特性の検査等、疲労、腐食疲労、応力腐食その他一般的な問題を対称とした疲労、衝撃、腐食その他材料が受け易い破損の原因に関する諸元の試験を確実に行える場であればならない。この意味で近代的な材料試験施設はあらゆる条件下の材料試験を可能にするために例えば強度試験の場合支点距離を可変であるため又は確実なデータを種々な条件下で得られるために基礎又は床設計に工夫をこらし、又費用をかける様になってきている。この点今回本関係施設がわが国で具体化しつつあることは誠に喜ばしいが、同時に之に対しては将来を慮って大乗的な施設であって欲しい。わが国の世界に於ける基盤も漸くにして漸次向上している際、新春を迎えて所感の一端を述べた。

耐 熱 合 金 の 進 歩 (4)

▲▼▲ Ni-Cr 二元合金系の再結晶状態図 ▲▼▲

一般に耐熱合金の使用温度限界は析出物が急速に凝集し、成長する過時効現象と、素地組織の再結晶軟化現象によって決定され、再結晶温度が高い合金ほどクリープ強さが大きいと考えられている。再結晶温度は初めの結晶格子中に貯えられている歪エネルギーと加熱によって供給される熱エネルギーとによって原子の移動と再配列が容易になる温度であるから、この温度で応力が加われば材料のクリープは急速に進み、短時間でラプチャーしてしまう。Timken 16-25-6やN-155などのFe基耐熱合金の耐クリープ性向上のための熱処理として知られている熱冷加工は再結晶温度の40~50°C下で15~30%の

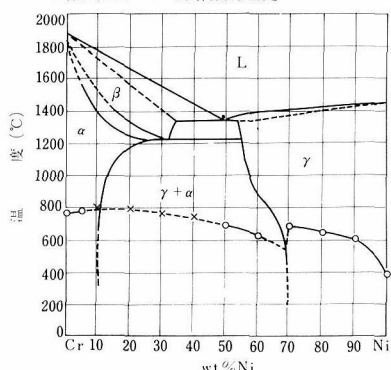


図 6 Ni-Cr 二元合金系の再結晶状態図
(○印は加工可能材料、×印は加工不能材料、点線は推測値)

塑性変形を与える処理であって、その強化は加工による結晶格子の歪に帰因しているから、材料の長時間の寿命は加工温度以下で使用する

場合期待できるのである。再結晶温度は純金属では次々と高純度のものについて、また合金では加工の容易なものについて求められているが、加工困難な合金系や異相の析出や共存の合金種については不明な点が多い。

ところで耐熱合金研究室ではこれまでに幾つかの強力なNi基合金を見出してきたが、その基準となった材料はNimonic系合金であり、これはまたNichrome合金から発展したものである。そして一般にNi基耐熱合金の基本成分はNi-Cr二元合金であるといっても過言ではない。そこでNi-Cr二元合金系の再結晶温度を求めてみよう。

まずNi-Cr二元系状態図をみると図6に示すように γ 、 $\gamma+\alpha$ 、 α の三つの異った相領域が存在する。このうち γ 固溶体の領域はNichrome合金として知られてい

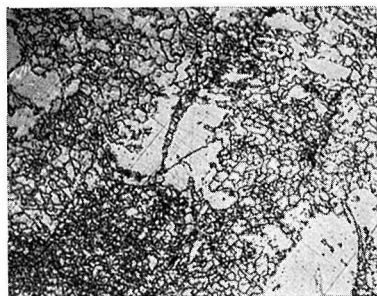


写真 2 冷間圧延した70%Ni-30%Cr合金を675°Cで2時間加熱した組織 (×220)

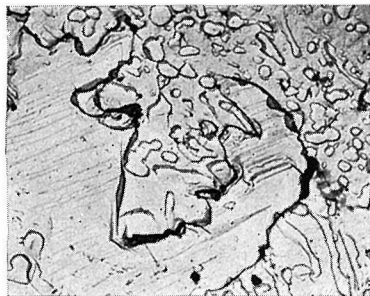


写真 3 冷間圧延した60%Ni-40%Cr合金を625°Cで2時間加熱した電子顕微鏡組織 (×2600)

表 4 Ni-Cr 二元合金系の再結晶温度と活性化エネルギー

純金属および合金	再結晶温度 (°C)	活性化エネルギー (Kcal/mol)	相領域
100 Ni	390	40.7	γ
90Ni-10Cr	610	—	γ
80Ni-20Cr	635	61.8	γ
70Ni-30Cr	675	—	γ
60Ni-40Cr	625	52.3	$\gamma+\alpha$
50Ni-50Cr	690	—	$\gamma+\alpha$
5 Ni-95Cr	785	—	α
100 Cr	775	117.0	α

るが、その冷間加工可能限界はCr 35%までである。 $\gamma+\alpha$ や α 領域は純Crは別としてこれまで加工合金として得られていない。そこで問題はこれら領域内の合金を如何にして加工するかである。それにはまず出来るだけ高品位の合金が得られるような溶製方法とシース加工の方法をとることである。

そこで高純度の電解Niと当研究所製の高純度Crを用い、これらをアルゴン雰囲気中でアーク溶解したボタン・インゴットを1200~1000°Cで鍛圧後、1150°Cで2時間加熱後水冷の溶体化処理をして、70%加工度の冷間圧延を行った。その結果はCr 50%までの合金はシース加工しなくても冷間圧延が可能であるが、それ以上高Cr濃度の合金はシース加工しても加工不能であることが知られた。しかし純Crと5%Ni-95%Cr合金は700°Cの熱冷シース加工によって圧延材を得ることが出来た。そこでこれらの加工試料を真空中で250°Cから1100°Cまで25°Cおきに各々2時間加熱後水冷して、その再結晶の挙動を硬度測定と検鏡から求め、再結晶が60%進行したときの温度を再結晶温度として、その際の活性化エネルギーと共に表4に示しておく。またこのようにして得られた再結晶温度を図6の状態図中に併記しておく。但し×印は加工不能の合金組成で、点線の範囲は推測値である。なお写真2は γ 領域内での、写真3は $\gamma+\alpha$ 領域内での再結晶の進行状態を示したものである。

これらの結果からCr 0~30%の γ 単相の領域ではCr濃度がますますつれて再結晶温度は上昇し、活性化エネルギーも高くなる。すなわち純Niに10%Crを合金化することにより再結晶温度は200°C以上も高くなり、さらにCr濃度が、20、30%と増加すると60°C程度上昇する。

ところが γ 相から α 相が析出し始めるような組成(例えば40%Cr)では、この析出が500°C附近から始まるために再結晶が促進されるので、 γ 単相中の高Cr濃度のものよりも低温度で素地の再結晶が行われる。写真3はこの場合の組織で、 α 粒子の析出している部分は再結晶が完了し、 γ 相のみの部分はまだ再結晶が行われていない。しかし更にCr量が増して溶体化処理状態でも α 相が共存してい

※ 次頁下端へ

粉末圧延法による

ステンレス鋼薄板の製造

一般に薄板は溶解、鋳造、圧延の工程を経て製造されているが、その製造工程を短縮するための一つの方法として粉末から直接薄板をつくる粉末圧延法が注目されている。この方法の特徴は (1) 原料粉末の調整、ホッパーの構造並びに圧延方法を考慮することによって、従来の方法では製造のむずかしい薄板あるいはクラッド板をつくることのできる。(2) 圧延および焼結条件の制御によって理論密度の 100 % に近い薄板を製造することができる。(3) 諸設備が従来の方法と比較すると低廉であるため、経済的に有利である、などであろう。

製造冶金研究室・粉末冶金研究室では写真 1 にみるような粉末圧延装置を試作し、圧延時の諸条件、すなわち、ロールスピード、ロール間隔、粉末供給速度などの諸因子がグリーンシートの性状（見掛け密度、厚みなど）に与える影響について詳細な検討を加え、満足する薄板を製造するための条件を明らかにしている。図 1 は圧延時における粉末の横逃げを防ぐためにロール側面にサイドプレートを取りつけ、ロール間隔を一定として、ロールスピードならびに粉末供給量を変化したときにグリーンシートの厚みに与える影響をみたものの一例であるが、粉末供給速度によってグリーンシートの厚みが急激に低下するロールスピードが存在することが知られる。このような粉末供給速度によって決められるロールスピードをクリ

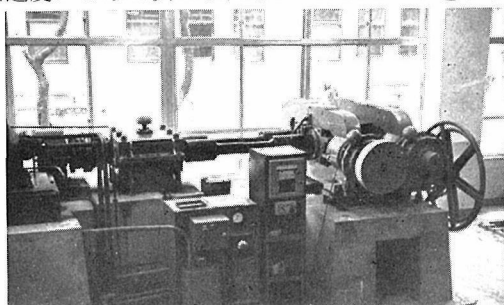


写真 1 粉末圧延装置の概要

※ 前頁より

るような組成範囲になると再結晶温度は再び上昇していく。そして α 単相のものは γ 単相のものに比べて再結晶温度はかなり高い。

再結晶温度を併記した図 6 のような状態図を筆者等は

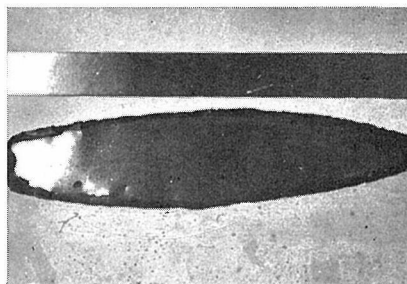


写真 2 グリーンシートの一例
上：サイドプレートをつけて圧延したもの
下：サイドプレートをつけないで圧延したもの

ティカルスピードと呼称している。図 2 は種々の条件で圧延したときの結果をまとめたものであり、図の直線は各粉末供給速度におけるクリティカルスピードを結んだものである。直線の上部、すなわち、●印の範囲内では厚みおよび密度の均一なシートをつくることのできるが、下部の○印

の附してある部分ではむずかしい。サイドプレートをつけない場合にはこの直線上の極めて狭い範囲内のロールスピードでなければ均一なシートを製造することは不可能である。写真 2 は同一圧延条件でサイドプレートをつけた場合とつけないで圧延したときのグリーンシートの一例である。

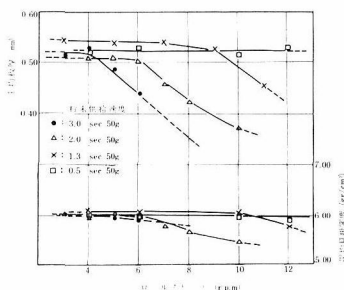


図 1 ロールスピードがシートの厚み並びに密度に与える影響

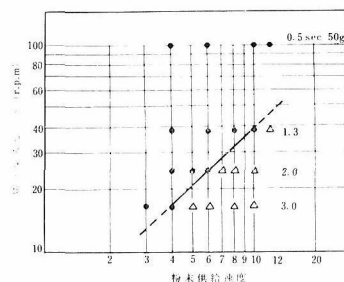


図 2 ロールスピードと粉末供給速度との関係

再結晶状態図と呼称することにした。そして耐熱合金に必要な二成分系あるいは三成分系状態図中にこのような再結晶温度の併記が行われるならば、この合金の進歩に大きな役割りを果たすであろう。

磁 性 薄 膜

——強磁性共鳴による研究——

磁性薄膜の研究は純物理学的興味から地味に進められているうちに、電子計算機素子としての有望性が見出されてから一躍注目の的となり、以来この数年間にぼう大な数の研究が世界中で行われている。これらの研究の中味は多種多様であり、素子としての実用的研究から薄膜の異常性はもとより生成過程にまでさかのぼって研究されている。

本研究室では勿論これらの研究も部分的に行うが、最も主眼をおくのは薄膜という形状をかりて強磁性の本質を追求することにある。薄膜の磁性測定は普通の装置では感度不足なため薄膜専用に極度に高感度にした特殊設計の装置が各種必要である。しかし本研究室では元来磁性に敏感で基本的磁気量が一度に豊富に観測可能な強磁性共鳴現象を利用する。すなわち既設の電子スピン共鳴吸収装置の一部を改造することにより一応の観測が可能であるが、数Åの膜厚でも極低温から高温500°Cまで種々の波長で観測可能な強磁性共鳴分光計を発注中である。

強磁性共鳴とはマイクロ波（数cm以下の波長の電磁波）と静磁場との下で特定条件で生ずる共鳴現象であり、電子のスピン磁気能率と軌道磁気能率との割合を定めるいわゆるg因子、原子内電子が全体として示す磁化の大きさ、吸収したエネ

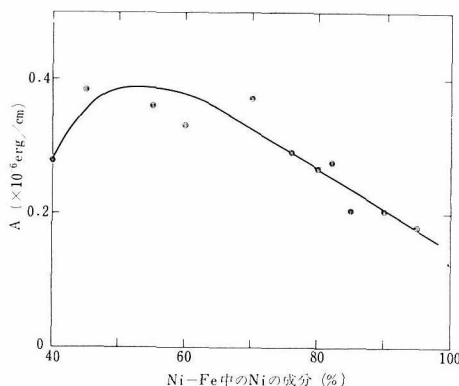


図2 Ni-Fe合金薄膜（膜厚600Å）の交換結合係数の組成変化
ルギーが周りの電子・原子に移る状態を定める緩和時間、結晶磁気異方性、誘導磁気異方性、磁気弾性効果を通じての歪又は歪力の大きさ、原子間の相互作用を決める交換結合係数A、等の基本的磁気量が一度に判明する。したがって薄膜の特異性の研究と同時に、強磁性の本質が追究できるのである。

これら観測量のうち強磁性の最も本質的な量はAであるが、これは現在までのところ薄膜の形状の時のみ現れる一種の多重共鳴から求められる。電子スピンの運動を量子化することにより得られるスピン波が、薄膜という形状と表面の境界条件とにより一種の定在波となり種々の振動モードに

て共鳴を起すので多重共鳴となる。それ故この現象は特にスピン波共鳴と呼ばれる。図1にその観測例を示した。この共鳴点の間隔からAを求めることができる。図2にNi-Fe合金系の結果を示したが、これより一見してAは原子のもつ磁気能率と密接な関係があるという全く新しい結果に導かれる（金属物理第一研究室）。

◇ ◇ ◇

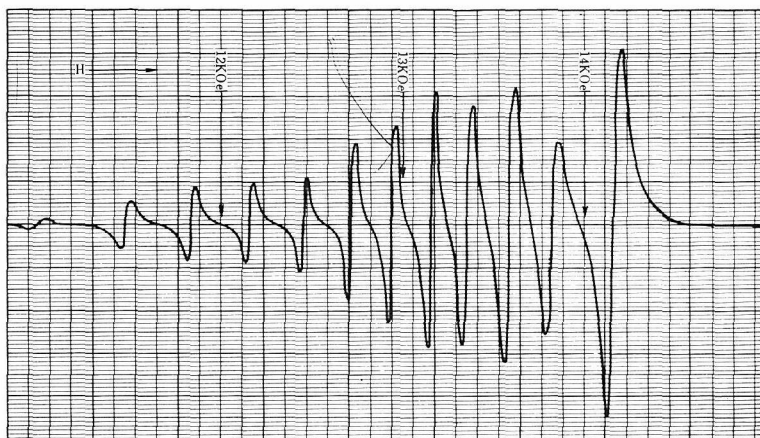


図1 78%Ni-Fe 薄膜の吸収微分曲線（膜厚3900Å周波数9450MC）

第 30 回

国際鋳物会議に出席して

鋳造研究室長

工 博 牧 口 利 貞



CESKE ZAVODY オートバイ工場にて(左より五人目が筆者)

1963年9月1日から約1週間チェコスロバキアの首都プラハで第30回国際鋳物会議が開催されたが、私はたまたま9月にスイスの招聘で渡欧したので、この機会を利用してこの国際会議に出席した。私は都合により会議の途中から出席したため総ての研究発表を聴くことはできなかったが、会議に出席しての感想及び私なりのチェコ観を記述してみた。ただチェコの滞在期間が短く、しかも言葉の障壁があったため、私の観察が果して当を得たものであるかどうかは疑問であるが、私の感じたままを述べてみた。

国際鋳物会議は毎年どこかの国で開催され、世界の主な鋳造関係の研究者及び技術者が出席して、その年の各国の主要な研究成果を発表し、討論するものである。本年の会議では29篇の論文が発表されたが、これを国別にみるとチェコスロバキアが6篇、日本、ソ連、英国、ドイツ、ポーランド、フランス、ハンガリーが各2篇、オランダ、フィンランド、オーストラリア、イタリア、ベルギー、アメリカ、イスラエル、スイス、デンマークが各1篇の研究発表を行った。このように主催国の論文がやはり一番多いが、我が国も英、独、仏に伍して立派な研究論文を発表していた。これらの論文を専門別に分類してみると一般鋳鉄関係が8篇、球状黒鉛鋳鉄が2篇、可鍛鋳鉄が2篇、鋳鋼1篇、砂型関係6篇、鋳造方案3篇、金型鋳造1篇、管理その他が6篇で、我が国からは球状黒鉛鋳鉄及びNプロセスの2篇が発表された。このように専門別にみた場合には我が国の学会発表と同様に鋳鉄に関する論文が最も多く、やはりこれが世界の趨勢のように思われた。ただ論文の内容は我が国の学会発表とは大分異り、他人の研究の追跡のような論文は全くなく総て独創的なものであった。

研究論文発表の後、チェコ国内の鋳造工場を5社見学したが、私は初め共産圏であるため日本の製品は使用されていないと考えていた。ところが、これは私の認識不足であることが次第に解ってきた。鋳鋼工場4社のうち2社は日本製の電極を使用し、また他の工場では日本国内でもあまり使用していないような大型の日本製サンド・スリンガーが採用されており、しかも非常に良い成績を挙げていた。これらの工場の技術を見ると、溶解関係ではそれほど新しいものは見受けられなかったが、造

型関係では特殊粘結剤による砂粒子の安定化、焼着部へのMgO粒子の採用、CO₂型へのストック・モールド方式の採用、特殊鋳造方案など我々の参考となる点が多く認められた。鋳造品の生産性は西欧諸国ほど良くはないようである。例えば鋳鋼、鋳鉄を合せて考えた場合の従業員1人当りの生産量は1ヶ月約1.5トン程度であり、作業状態をみるとさらに能率を上げることができるように思われた。この点について質問してみたが、チェコでは規定のノルマだけ働けばよいという考え方であり、我々とは根本的に考え方が異なっているように思われた。

次にチェコの民情について述べると、この国はあらゆる業種の従業員が総て公務員であるため、組織の中での彼等は極めて官僚的である。しかし、彼等が一旦個人という立場になると非常に親切であり、まるで別人のように思われるほどである。また買い物などに行った場合に、入口のドアに営業時間が8時から17時までと明記されているにもかかわらず、16時に既に閉店されていることが屡々ある。翌日その店に行き苦情を述べると昨日は16時に与えられたノルマが既に遂行されたので閉店したまでであり、それ以上働く必要はないだけでなく、もし今年所定以上のノルマをあげると、来年はノルマが多くなるので規定のノルマだけ働くのであると称し平然としている。これは私のように自由経済国家に育った者の観念では非常に理解に苦しみ、初めの間は実に不思議に感じられた。

月収と物価との関係を見ると、40才台の技術者で約6万円の収入であるが、物価が我が国の約2.5~3倍であるため、生活状態はそれほど楽ではないようである。衣類も非常に粗末で、我が国の終戦直後の服装と近いものであった。ただショウ・ウインドウには相当高級な品が陳列されていたが、収入が物価に比して少いため、一般庶民には高嶺の花ということになる。食糧事情は最低必要量が確保されているが、新鮮な野菜や果物は不足し、これを販売している時などは100米近い行列をしている。住宅は国営住宅であるため立派ではないが、必要量を十分にまかなっており、この点は我が国より楽なようであった。総括的にその生活状態をみると住宅事情を除いては我が国の終戦直後の状態に近いように感じられた。

(通巻第61号)

発行所 科学技術庁 金属材料技術研究所

編集兼発行人 吉 村 浩
印 刷 奥村印刷株式会社
東京都千代田区西神田1の10

東京都目黒区中目黒2丁目300番地
電話 目黒 (712) 3181 (代表)