

逆張力引抜加工法

鈴木 弘

1. まえがき

“逆張力引抜加工法”という一見奇妙な言葉も、一部の読者にはようやく耳なれてひびく頃になつて、新しい加工法と銘打つて本誌にこと新しくのせるのは、奇異な感じをあたえるかも知れない。しかしこれにはそれ相當の理由があるのである。といつても特にこの問題にかぎつて特殊な理由があるわけではなくて、工學に宿命的につきまといつての共通の特性が、この問題を通じて鮮明に寫りだされただけのことなのである。

試験管内でベニシリンの製造に成功したとしても、大型タンクで大規模に生産するいわゆる工業的規模に達するまでには、數知れぬ苦心と研究とを積重ねなければならぬ。この問題が端的に示しているように、根幹になる研究なり着想なりから出發して、實際の工業生産で實用されるまでには、幾多の研究段階と時間とが必要なのである。非常に卓抜な着想で、しかも實用化の道程の短い問題も稀にはあるかも知れない。しかし着想・基礎研究・實用化研究・工業界の實用の順序を経るのが普通であつて、これが工學上の諸問題の實態なのである。

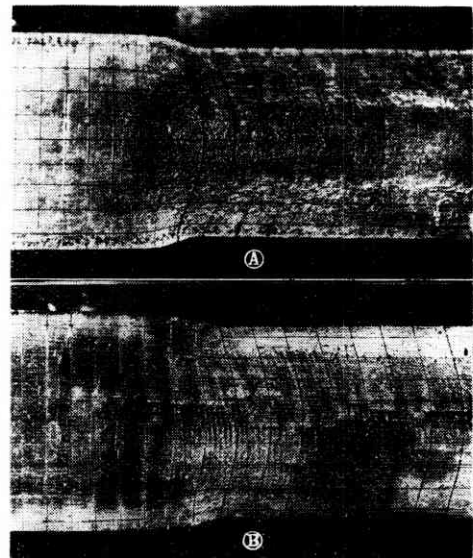
“逆張力引抜加工法”は、その着想は Weisenberg¹⁾までさかのぼる必要があり、實に 30 年前のことであつて、この點ではむしろ“古い加工法”の資格をそなえているといふべきかも知れない。その後この着想を採上げて基礎研究をする研究者もなく、また實用化の熱意を示す人もないままに長く放置されて、20 年近くの歳月が推移したのである。次に Stringfellow 氏がこれに着目して實用化のための強い熱意を示し、實用上有効な着想を種々提案した。²⁾これが契機となつて基礎研究を誘い、³⁾現在では實用化研究の段階に入つている。“逆張力引抜加工法”という言葉が一般の耳に親しまれてきたのは基礎研究の段階であつて、ようやく實際の生産に實用される状態に入ろうとしている點では、まさに新しい加工法と稱してもよい條件をそなえているわけである。

2. 逆張力引抜加工法の特徴

細長い材料をさらに引伸して、斷面積を減じて長くするためには、兩端をつかんで引伸すのが一番變形効率が

よい。しかしこの方法では希望どおりの斷面形状と寸法を與えることはできない。したがつてこのような目的には普通はダイスを使つて、ダイスの孔に通した材料の一端をつかんで引抜いて、孔の形に一致した製品を製造する。このような引抜加工では、外周部が特にダイスの影響を強く受けるために、内外で變形は不同であつて、變形には無理がある。

したがつて次に考えられることは、引張變形と引抜變形の双方の長所を組み合わせることであつて、まず線の兩端をつかんで塑性變形を起す直前まで引張荷重を加えておいて、そのままこれをダイスに對して移動すると、ダイスから僅かの壓力を傳えるだけで容易に引抜くことができる。これが逆張力引抜加工法の原理である。實際の場合には引張應力を極限まで加えると、種々の面倒が起るので、許容引張應力以下の適當の値にとどめる必要がある。また引抜機械の具體的の構造からくる制約もあるから、引張變形の利益を最大限度に利用することはできない。



第 1 圖

第 1 圖は引抜材料の中心軸をふくむ縦斷面にあらかじめ方眼目盛を野書いておいて、兩半を合せて引抜き、塗

中で引抜きを中止して取出した試験片の寫眞であつて、A は普通引拔法（斷面積減少率約 25%，ダイス開角約 40° ，材料は焼鈍電氣銅）によつたもので、B は逆張力引拔法（引拔前の横斷面積について 5 kg/mm^2 の逆張力應力を加えた以外は A と全く同條件）によつたものである。この程度では、逆張力の値は大して高くないが、それでも網目の變形は相當無理が少なくなつていて、逆張力の効果がかがわれる。

逆張力引拔加工法の實用上の利益は、後に述べるように種々の面から考えられるが、材料内部の歪が改善されて無理な變形を防止できることと、ダイスと材料との接觸壓力が低下することの両者が、すべての利益の根本であつて、これから二次的に出てくる實用上の利益としては次のようなものが考えられる。

a. 歪の無理が減少するために起る利益

1. ダイス内部で消費される變形仕事量が減少して、引拔材料内の熱の發生量が減るため、材料の温度上昇が少い。
2. 外層部と中心部の歪の差が減少するから、引抜いた材料の性質の均一度が向上する。

b. ダイス壓力が低下するために起る利益

1. ダイスの磨耗が減少して、ダイスの壽命がのびる。このためダイスの取換時間、再研磨費等が節約できるから生産費が低下する。
2. ダイスと材料との摩擦が減少するから、この部分の發熱量が減る。したがつて他の條件が等しい場合には品質の劣る潤滑材料を使用することもできる。

c. その他の利益

1. 一定量の材料を引抜いたときに、材料の内部とダイス面とで發生する熱量が減少するから、許容温度が一定の場合には、單位時間當りの加工量を増すことができる。したがつて引拔速度を上げることができるから生産能率が向上する。
2. 線に逆張力をあたえるために消費されるブレーキ仕事は、機械の構造が適當な條件をそなえていれば、回収して有効に使うことができる。熱に變るため回収が不可能な摩擦仕事（材料の内部摩擦によるものと、ダイス面の外部摩擦の双方をふくむ）は、逆張力を加えると減少するから、適當な機械を使用した場合には、一定の加工を行うための消費動力が減少する。

上記のような利益が豫想されるが、その反面不利益も全然ないわけではない。普通の引拔機械にくらべると、機械の構造がやや複雑になることや、現場作業員に要求される技術の程度がやや高くなること、などは不利な點と考えられる。しかし幸にこれは特に取立てていう程はなほだしいものではない。

以上述べたこの加工技術の長所短所は、實驗の結果確

認されている點や、基礎研究の結果からほぼ確實に推論されている條項を整理したものであるが、この加工法の實用化の際の最大の困難は機械である。基礎研究の結果導き出された加工上の要求を満して、しかも實際の生産作業の雑多な諸要求にも應える。この點に逆張力引拔加工を血の通つたものにするための最大のやまがあるようである。次に機械について概略の事情を述べてみよう。

3. 逆張力引拔機械

普通の引拔機械では、引拔抵抗に打かつに足るだけの力を材料に與えることが、機械としての最大の條件であつて、この基本的な要求さえ満足されていれば、速度の調節その他の要求を満すことは、技術的にはそれほど難しいことではない。しかし逆張力を加えながら引抜くためには、引拔機械の性能についてさらにこの外に 2 項目の基本的要求を満していなければならない。すなわち

- 1) 引拔力と逆張力の強さは一定の函數關係で結ばれていて、引拔中にはどの瞬間を採上げて考えても、常にこの關係に従つて引拔力と逆張力の値がきまらなければならない。いいかえれば、引拔力と逆張力が自動的に一定の關係に保たれる機構をそなえていることが必要である。さらに、2) このように自動的に一定値に保たれる逆張力の規準値が、任意に調節できることも必要な要件である。

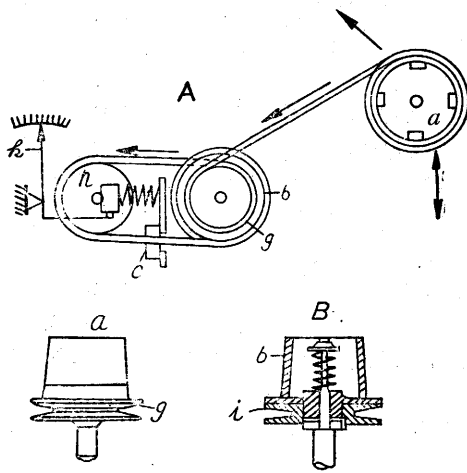
引拔力と逆張力との一定の關係としては、種々の形式が考えられるが、引拔力と逆張力を一定の比に保つ型式なども、まず最初に考えられるものの一つであろう。假にこの型式を採るとすれば、逆張力を引拔力の 20% とするか 50% とするか、それぞれ場合に應じてこれを選択するのが第 2 の條件であつて、かりに 30% ときめたときには何らかの事情で引拔力に多少の變化があつても、逆張力がこれに追隨して變化して、常に 30% を保つのが第 1 の要件である。

なお實用機を設計製作するためには、この外にも幾つかの注意を拂わないと、實際に役立つものはできないが、⁴⁾ 上記の條件を満すことを目標として幾つかの機構が提唱されている。これを大別すると單段引拔機械と多段連續引拔機械になる。單段引拔機械といわれるものは、1 回だけ引抜くことを目標として設計された機械であつて、ダイスに入る前の線に加える逆張力と、ダイスを出た部分で線を引く引拔力とが一定の關係を保つ構造になつてゐるものである。多段連續引拔機械というのは、多數のダイスを連続的に通して、順次線徑を細くして行くものであつて、單段逆張力引拔機械を多數直列に配置してももちろんさしつかえない。しかしこの構造の機械では、あるダイスを出て後の線に作用する引拔力と、次のダイスに入る前の逆張力との間には一定の關係はないので、原理的に見れば單段逆張力引拔機と大差はない。

各段の引拔力がそれぞれその次の段の逆張力と一定の關係をなす構造になつていて、その結果各段の張力がすべて關連を保つて變化する構造の機械では、連續引拔として考察するところにはじめて意味があるので、この種のものこそ眞の意味で多段連續逆張力引拔機械というべきであらう。

4. 單段逆張力引拔機械

前述のように、逆張力引拔加工法は普通引拔法にくらべると、要求される技術程度はやや高い。したがつて程度の高い作業員を使用するとすれば、むしろ生産能率の高い多段連續引拔機まで一足とびに持つて行くのが本筋であつて、この意味からは單段逆張力引拔機というのは變則的な産物といえる。しかし多段連續機を理解するためには、一應觸れておく必要があり、また特殊な利用法も考えられないでもないから、簡単に説明しておく。



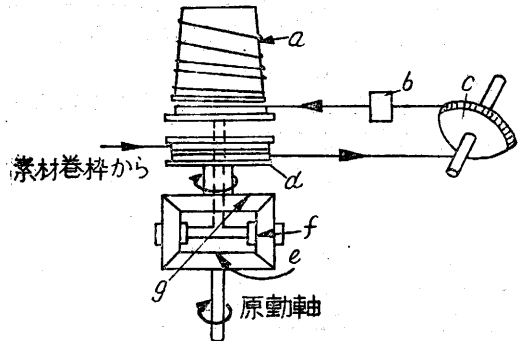
第 2 圖

- a=素材卷枠 b=卷取胴 c=ダイス
- g=逆張力を與える溝車 h=溝車
- i=逆張力を與える溝車 k=指針

第2圖は Weissenberg が考案した摩擦接手を使用した機械であつて、圖には多少構造のちがう2種類を一緒に示してある。圖のA) では卷枠からた素材は引拔後の線を巻きとるドラムと同軸に固定した溝車に巻きつけて後にダイスに入る。溝車の径は、ダイスで線にあたる断面積減少率——いいかえれば線の長さの伸びを考慮に入れて適當にきめてあるから、溝車の表面速度よりも、この表面の線の速度の方が僅か速い。したがつて溝車と線の摩擦のために、線を後向に引く力が生ずる。このようにして逆張力をあたえることが可能であつて、しかも滑りはわずかであるから、無駄に消費されるエネルギーは少い。しかしこの構造では線の表面を溝車で擦るのは、好ましいことではないから、B) ではこの點を改めて、溝車と卷取ドラムとは切離して兩者の間を摩擦接手

でつないで、滑りはこの接手で起るようにして、線と溝車との滑りは防止してある。

この機械では、引拔力の變動の有無にかかわらず、逆張力の値はほぼ一定値を維持するのが特徴であつて、極めて簡単な構造の中にすぐれた着想を内蔵している。



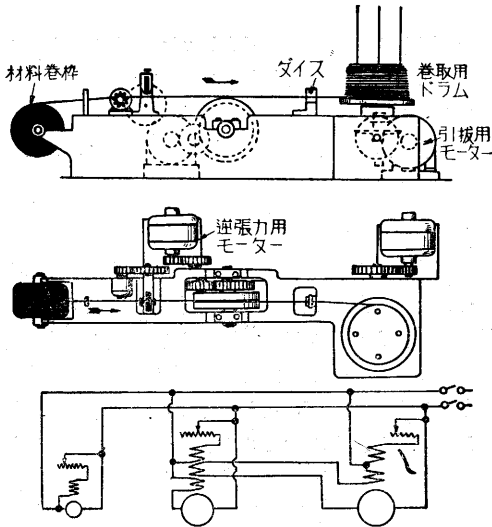
第 3 圖

- a=引拔胴 b=ダイス c=方
- d=逆張力發生用溝車
- e.f.g.=傘齒車差動齒車裝置

第3圖は Smith-Stringfellow の差動齒車を應用した單段逆張力引拔機械の原理を示すものであつて、この機械でもダイスに入る前に線を滑車 d に巻きつけて、この滑車を回轉させるために必要なモーメントが逆張力をあたえる點は前記の Weissenberg の機械とまったく同じである。滑車の抵抗モーメントを、差動齒車によつてあたえた點が Smith-Stringfellow 兩氏の卓抜な着眼であつて、その後現れた諸機械に長く傳統を引いている。圖示のように、モーターの回轉は差動齒車の e 齒車に入り、これに相對する齒車 g が逆張力發生用滑車 d と結ばれていて、遊星齒車 f の公轉運動が引拔用ドラムに傳わる構造になつている。したがつて齒車 e を回轉すると、遊星齒車 f は同方向に2倍のモーメントで回轉し、齒車 g は e と反對方向に同じモーメントで回轉しようとする。滑車 d に巻きつけた線の運動が g に作用するモーメントとは反對方向であるため、g は e と同方向に回轉させられて、線には逆張力をあたえて、しかもこのために消費される仕事はすべて g から f へ返つてくるから、無益な仕事の消費は起らない。

實用機では引拔力側にも逆張力側にも減速装置が必要であつて、圖とは多少構造がちがう。要するに引拔力と逆張力とが一定の比になるのが、この機械の特徴である。

第4圖も同じく Smith-Stringfellow 式の機械であるが、ここでは電氣的方式によつて逆張力と引拔力とを一定の比に保つ構造を採つている。A は正面圖、B は平面圖Cは電氣配線圖であつて、引拔用モーターの動力で線が移動すると、逆張力發生用滑車が回轉して、これに連結された發電機をまわす。この發電機を回轉させるために必要な力で逆張力が線に與えられるから、動力には損

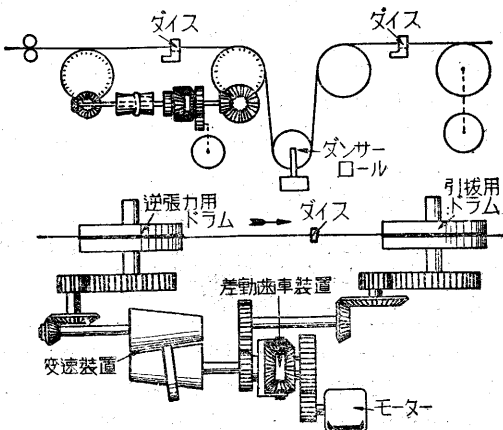


第 4 圖

失がない。逆張力発生用の発電機の磁界の一部は引拔用動力に比例する構造になっているから、これで引拔力と逆張力とが連結されるのである。

5. 多段連続逆張力引拔機械

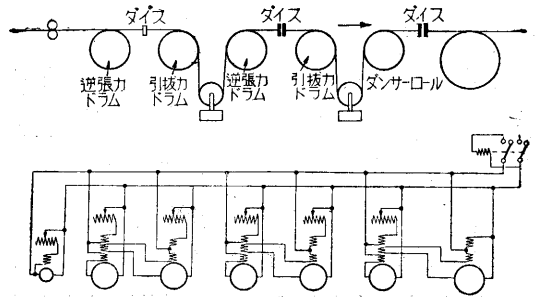
単段引拔機械では、1 回引抜く度に線を巻棒に巻取る必要があるが、この工程は伸線作業としては無駄な工程であるから、これをさける方向に持つて行くのが技術者としては當然の行方であろう。この目的に沿うものが多段連続引拔機械であつて、加工硬化のために引拔が困難になるまでは、できるだけ多数のダイスを續いて通して後に巻きとる構造になっている。太い素線では普通 5~9 ダイス位、銅の細線の場合などは 20 ダイスにまで及ぶものがある。逆張力引拔機械の場合には、引拔力の一部をそのまま次の段の逆張力として利用する妙味もあ



第 5 圖

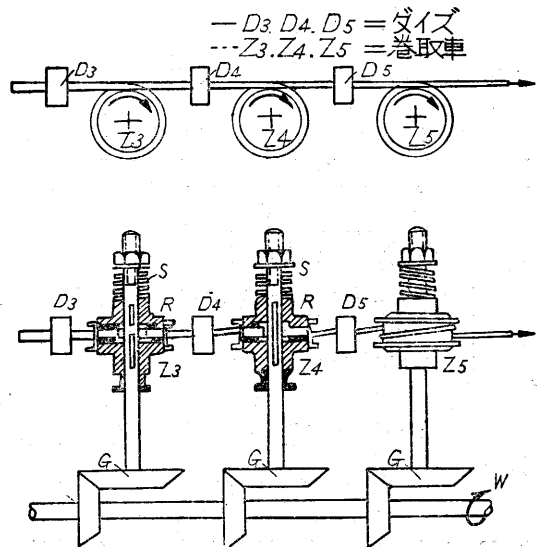
るので、ますます捨てがたいものである。

第 5 圖は前述の Smith-Stringfellow の純機械式単段逆張力引拔機械を多数直列につないだものであつて、上圖はその一部分の配置側面圖、下圖は一段の配置平面圖である。この機械では各段毎に、ダイスの前後の張力比が一定に保たれる構造になっていて、各段間には弛みを除くためのダンサーロール（重りをつけたロール）が取付けてある。



第 6 圖

第 6 圖は、Smith-Stringfellow の電気式単段逆張力引拔機械を多数直列につないだもの、やはりダンサーロールで各段間の弛みを取のぞいているが、この場合にはダンサーロールの上下動を利用して、速度の調節が自動的にできる構造になっている。

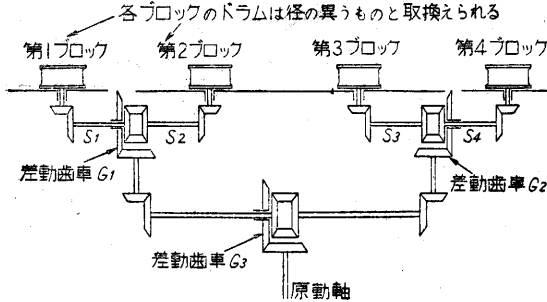


第 7 圖

G=減速用傘歯車 R=摩擦接手
W=傳動主軸 S=摩擦接手用ばね

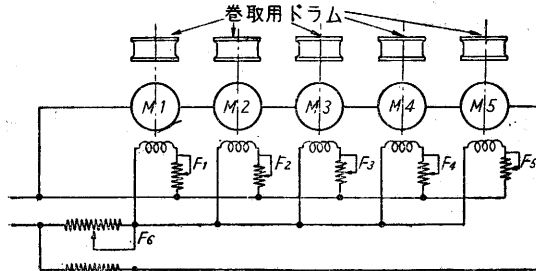
第 7 圖は Müller の考案した連続引拔機械であつて、各段のダイスの間には巻取用のドラムが 1 個づつ配置してある。このドラムに一定の回轉モーメントを原動機側から供給して、引拔力と次の段の逆張力の差を常に一定に保つ。いいかえれば引拔力の一部が次のダイスの逆

張力として活用されるわけであり、また逆の見方をすれば、逆張力が前のダイスの引抜力の一部として役立つともいえる。ドラムに一定の回転モーメントを伝えるのはこの滑車と軸の間に設けた摩擦接手であつて、この點は Weissenberg の単段引抜機械と一脈通じるところがある。Stringfellow の機械にくらべて構造が簡単な點が長所である。



第 8 圖

第 8 圖は Marshall-Richards の純機械的連続引抜機械である。⁵⁾ 各ドラムで引抜力と次段の逆張力との差の張力を線に與える點では、Müller のものとまったく同じであるが、差動歯車を多數使用して、S1~S2 の兩軸間、S3~S4、S5~S6 のそれぞれの兩軸間の回転モーメントの釣合いを保つ構造になつてゐる。Müller のもの



第 9 圖

F₁~F₅.....各モーターのトルク調節用抵抗
 F₆.....基本速度からの調節用抵抗
 F₇.....基本速度調節用抵抗

と比較すると得失相なかつて、優劣は簡単には結論できない。

第 9 圖も同じく Marshall-Richards のものであるが、電氣的方式で Müller の機械と非常によく似た性能をだしている。D.C. モーターを使用する必要があるので、電源部分が高價になる點は Smith-Stringfellow と共通の缺點であらう。

6. むすび

逆張力引抜加工法の實用上の最大の問題は機械にあつて、しかも多段連続引抜機械を使うのが理想であることを述べたが、わが國では壓延素線から直径 2~3mm 程度まで加工するいわゆる太線の線引は、小數の大會社で集中的に行われていて、それ以下の中線・細線が多數の中小工場で加工されているのが現状である。中小工場では機械の稼働時間が一般に長くて、しかも保守状態はよくないため、機械の更新の要求が多く、新しい機械の浸透して行く機會は多いはずであるが、前記の諸機械はすべて構造が複雑で價格が高くなる傾向がある上に、基礎的研究を欠いているために運轉が甚しく困難なものもあつて、⁶⁾ わが國の中小工場では到底使えない。

本誌口繪に示した生研式逆張力引抜機械は、筆者が行つた逆張力引抜加工法の基礎研究の結果を應用して、簡単な構造で取扱いも容易という條件で設計した、中・細線用の逆張力伸線機である。⁷⁾ 當研究所の鈴木研究室に据付けて、最適作業條件を決定するための實用化研究の最中であつて、近く工業界に進出を豫定されているものである。

文 献

- 1) B. Weissenberg, ドイツ特許 483,275 號
- 2) F. Smith, H. Stringfellow, アメリカ特許 2,138,120 號
- 3) 田中浩, 引抜の基礎的研究 (1948).
鈴木弘, 逆張力引抜加工の研究, 東京大學生産技術研究所報告, Vol. 1, No. 3, (1950-12).
- 4) 鈴木弘, 前掲 3) に同じ, またマシナリー, 1950~4, 6
- 5) D. Lewis, H. Godfrey, Wire & Wire Products, Oct, 1949.
- 6) 鈴木弘, 東京大學生産技術研究所報告, Vol. 1, No. 3, 第 6 章.
- 7) 特許および實用新案出願中.

次 號 豫 告 (1951年9月號)

“自動制御” 特集號

論 說	日本における自動制御の研究.....兼重寛九郎
特 集	自動制御の原理.....高橋安人
	サーボ機構.....大島康次郎
	化工プラントの自動制御.....桑井源禎
	自動制御と磁氣增幅器.....福田節雄
	電氣機器の自動制御.....澤井善三郎
	水車調速機の機構.....舩澤秀夫
	平爐の自動制御.....加古五郎
その他	海外事情, 速報, 隨筆, 生研ニュース等

生産技術研究所報告 第 2 卷第 2 號豫告

糸川英夫著「壓力變動の測定法, 特に剝離流の渦に關する研究」

不規則性壓力變動を測定し且記録させる方法として、ロッシュェル鹽による壓電氣型 P.U. (Pick-Up), 炭素粒可變抵抗型 P.U., 液體可變抵抗型 P.U., 動線輪型 P.U., および電氣容量型 P.U. についてその理論並びに實際試作を行いこれについての實驗的研究によつて、おのおのの長短を明かにし、最も完全なものとして同調變化型回路とコンデンサー P.U. の組合せによる装置を決定した。次にこの装置および可動線輪型 P.U. を用いて、剝離流中の渦によつて惹起される壓力變動の絕對値を測定し、従來曖昧にされていた渦流の起振力および衝撃荷重發生作用についてはじめて定量的な結果が得られた。

本誌および既刊誌とも若干増刷分がありますから譯者希望の方は當所業務課までお申下下さい。(代金は實費)