

## 難問題とその解決

星 合 正 治

難問題とは一体どのような問題をさすのか。

一見、箸にも棒にも掛らないような問題でも、やつて見ると、案外すらすらと解けて了うものがある。一面、易しそうでいて、手をつけてみると、次から次と、いろいろな凝りが出てきて、手に負えなくなる問題もある。手の込んだ詰将棋のように、途中に山があつて、考えれば考える程、もつれて解決の緒口が見付からない。いわゆる頭が固くそれにこびりついて、抜き差しならなくなるのである。そこで、烟草に灯をつけて、一服吸つて、烟の行方を眺めていると、王より飛車を大事にしていた大穴に気がついて、豁然と行くべき途を悟るような場合も少くない。古来、難問の代表みたとように認められている禅の公案の如きが正にそれで、例えば、「如何なるか是れ仏」との一見組し易そうな質問に対する正当な答が「胡麻三斤」というのだそうである。仏とは一体何かと聞かれて、ゴマが3斤という答が、何故出せるのか、この問答の筋道なんぞは、答が出ていてさえ、一筋途の理屈押しで行つたのでは、解りつこはない。それが、苦心、工夫を積むと、老師に一大痛棒を喰わされなくとも、偶然、額にとまつた藪蚊をピシヤリと平手で叩いたその音の響が耳に入つて、大悟徹底に至る縁縁をつかんだ、なんぞという類の例は、禅の場合でなく、工学研究の際においても、いくらかもあるらしい。

同時に、一つの問題を解くためには、これに必要な周囲の条件が却つて複雑で、周りの群小の問題を一つ一つ虱つぶしに解決していつて、初めて主題を解く大道が判然と開ける場合もある。こうした問題の解決には、自ら多数の人達の、長い年月に亘る努力の集積が必要であつて、個個の問題の解決には、それ程手がかからない代り、速急には如何とも致し難い。その又反面、時と場合によつては、Alexander 大帝が Gordian knot を一刀両断した体の解決法も又必ずしも棄てたものに非ず。

○

昭和の初め頃、測定用の新鋭武器たる高速度陰極線オシログラフが生れ、各国の研究者達はわれ先きにと、これを駆つて、幾多の高速度現象の解明を行つた。独乙の Rogowski 教授もその一人で、大いにこれを活用して衝撃電圧による気体の放電現象を探究し、放電成長の時間的経過から、電極間における空間電荷の離合集散の状況を明かにしたのであつた。しかし、火花放電現象そのものの根本機構に関しては、終にその核心をつかむことが

できず、その頃出した論文<sup>(1)</sup>の末尾に、これを総括して：『これを要するに（中略）火花直前には乱れざる平等電界あり、又、火花直後においてはオシログラムの教える通り、空間電荷によつて攪乱されたと考えられる電界が存在する。然らば火花放電現象とは必ずやこの空間電荷の蓄積と直接関係のあるものには違いあるまい。如何にしてこの著しい空間電荷層が忽ちにして打ち建てられるものであるか。而うして如何にこの現象の発生が全放電路の破壊と関係を持つかは、依然として神のみこれを知るものである。（Freilich bleibt es ein Geheimnis, wie sich so beträchtliche Raumladungen plötzlich bilden können und wie deren Entstehung von Vorgängen in der ganzen Funkenbahn abhängig ist.）

○

火花放電を代表する最大の自然現象は雷放電である。太古の人達は、一閃目を晦ます電光と、響音耳を蔽わせる雷鳴と、或は一掃にして能く人馬を斃すその威力とに對してはなほだしい驚異を感じ、天上に絶大な力をもつた「神」の存在を意識し始めたのであつた。「神」の字の旁「申」の古文は電光を象つたものであり、「電」の字の下半体も又申と同じく電光の形で、雷の後に多く雨が降るから、合せて電の字を得たといわれている。且つ、「電」と「申」との古音は「顛」と「天」と皆同じく「テン」であつてこれからも、これ等の文字が天空におけるこの偉大な現象に基いて作られたことがわかる。本邦で雷鳴を「かみなり」というのも、語源はこれと同じと想像されるとのことである。露伴、幸田先生はその神祇論<sup>(2)</sup>に曰く（原文通り）：

「電光閃爍（シヤク）、忽伸忽詘（クツ）、驚くべき畏るべし。古の人これを天上に仰ぎ觀て、此の不測の靈を思ひ、神なるものありて天に在るを感じ、始めて神の思想を生じたること、察すべき也。神や表すべからず、乃ち其原本の処に擬りて、電光に象るの申の文を制し、其の天に在るを以て天神の義となす。天は顛也、一に从ひ大に从ふ、大は人の身を正視するの形、一は其頭上を指示する也。彼の蒼たるもの、人の頭上に在ればなり。天神上に在り、靈光地に達す、七月の交最も多く、而して後万物秋成す。漢人に、天神引出葛物者也の語有る所以にして、其意蓋し遠く上古に出づ。」（後略）

○

太古、火花放電の一大自然現象たる雷放電を觀察して

「神」の思想を感得したわれ等人類が、何千年後の今日、火花現象を観察して、今なお、これに神祕を感ずるといふことは、火花放電そもそも如何の問題が、如何に解決に難しい問題であるかということを立てて余りあるといふべきではないか。

しかるに、一方からいふと、火花現象の探究はRogowski以後も、多くの研究者達によつて続けられ、その根本機構の闡明はこれを別とするも、その性情に関しては次第に認識が深まつて、火花そのものの利用はもとより、並にこれに続くグロー乃至アーク放電現象の如きも、各方面に活用せられるに至つた。同時に、この放電現象探究の序に、電子の存在が明確となり、延いては、原子から物質構造の細部も次第に解明されて、現在、終に原子エネルギー利用の途さえも発見されるに至つたのである。

すなわち、火花放電現象解明の問題は、吾人にとつて、数千年来未解決の最大難問の一つではあるが、これが探究に際して得た副産物は、現代および今後の人類文化に最大の寄所として——当面の応用が仮令最も恐るべき原子爆弾の形として行われているとしても——大いに活用され、又されようとしているのである。

## ○

大正の末期から昭和の始めにかけて、本邦電気工学界での一大難問題は、強電流電力線からこれに近接する弱電流通信線におよぼす誘導障害問題であつた。当時、第一次世界戦争後、本邦工業界の一大飛躍に際会して、幾多の水利地点が開発せられ、それ等と東京、京阪、中京等の大消費地、大生産地との間に、いわゆる高電圧の長距離送電線が数多く架設されることになつた。本邦は東北から西南へと屈曲した弓なりの地形であり、自ら、そこに張り渡される送電線は、国家の神経系統たる通信線と余儀なく並行する機会が少なくない。平時においては三相電力線が平衡して通信線には何等の影響も与えないが、何等かの原因で事故が起ると、線路と大地との間に電流が通ずるため、近接する通信線には電流誘導作用で過大な起電力を発生し、又電流を通じて脆弱な通信線路の絶縁を破るとか、細い電線からなる通信機器を焼損するとかの事故を生ずるばかりでなく、時に通信従業者乃至はこれを利用しつつある一般大衆の生命をも脅かすことにもなる。

この問題を解決するため、電気学会と通信学会とが協同して、渋沢博士を首班とする、当時としては最大規模の研究委員会が結成され、或は新設送電線を利用して現地実験を繰り返す、或は理論的に誘導電圧の値を求める数式を導き、更らに、通信線路に取付ける避雷器の研究を行う等、数年にわたる努力が続けられた。当時、電力線路を監督する電気課と、通信事業を取扱う工務課とが同じ通信省内にあり、しかも、両者の主脳者たる渋沢博士と稲田三之助氏とが偶然同期の友人であつたことも大

きに手つたつて、この問題は難問題ながらも一応の結論に到達した。例えば三相の中性点に抵抗接地を行うとか、故障時間を短縮するための消弧線輪乃至は消弧変圧器を設けるとか、通信線に優秀な真空避雷器をとりつけるとか、両線路の相互距離を適当な理論計算によつて、両者の許し得るだけ離隔させるとかの工夫で、その後の本邦強弱両線路の間には平安の時代が続いた。

## ○

しかるに、最近になつて、この問題に再燃の余儀ない事情が発生したのである。それというのは、今次の大戦後本邦事業界の復興と共に、電力の増加開発の急務が叫ばれ、しかも、大電力を全国にわたつて融通するため、従来以上の超長距離送電線路が企画されることになつた。

そうした超長距離送電線を実施するためには、従来以上に高い電圧を使用せざるを得ない。すなわち、本邦従来の最高送電電圧が15万ボルトであつたのから、27万ボルトに上昇される機運となつた。このような超高圧送電線を安全に運転するには、保護装置の確実な動作を行う必要がある。これがためには中性点接地方式として抵抗を通して行うような本邦従来のやり方では到底満足ではなく、米国あたりで普通に行われている直接接地方式をぜひ採用したいこのように直接接地方式にすると、送電線の地絡事故に際して、大きな電流が送電線から大地へと還流するので、継電器の動作が確実に行われ、たちまちに高速度遮断機が作用して、故障線路を一瞬にして他から切り離すことができ、果を他におよぼさず事に治めることが可能となる。同時に、通信線に対しても、危険な電圧をごく短時間に除去することができようという主張である。

しかるに、一方通信線側からすると、なるほど事は一瞬にして終るかも知れないが、たとえ一瞬であるにしても、過大な接地電流のためにいちじるしい高電圧が誘導するので、危険はどこまでも危険である。何としても従来の標準以上の高電圧が発生するのは困るとがんばる。これ又必ずしも無理とはいへないものがある。

超高圧送電線の運転開始を目前に控えて、この問題を如何に解決すべきか。

そこで今度も、又強弱両方面の關係者を糾合して、対診樹立のための研究委員会を作り、大山博士を委員長として、早急にこれが解決に乗り出した。しかしそう簡単に解決の道が見付かる訳のものではなく、現在、電気工学界における最難問題の一つとして、関係者一同、大いに苦心している次第である。

## ○

電力方面と通信方面との間に關係する難問題に、今一つ送配電線からの電波障害がある。

ラジオが始つて、一般大衆が日常娯楽方面の相当部分をこれに頼るようになってから、同時にこのラジオに対

して、国民一般としての周知すべき、その日その日の重要な出来事の報道という大事な使命が発生した。この出来事を間違いなくその折その折に知らせるためには、平生から電波放送に万全を期する重大責任が課せられると、一方、受信機に対して他の方面から有害な起電力の侵入を極度に避けて、いわゆる聴取妨害を起さぬようにせねばならない。

しかるに、この有害起電力を発生する原因が又極めて多い。ちよつと列挙してみると、小形の直巻電動機を使用する各種の装置（歯科エンジン、モーター・ドリル、ドライヤー、金銭登録器、電気バリカン、その他）、高低各種の送電線、高周波医療機器類（デアテルミ、紫外線治療器、オゾン発生器等々）、高周波工業機器（高周波熔接器、火花式ボンバーズ、高周波焼入装置、その他）、高電圧放電機器（内燃機関の着火装置、直空度検査用テスラ・コイル、電気漂白機、電気集塵器、その他）、螢光灯、水銀整流器、タンパー充電器、電気熔接器等の放電装置、電磁閉閉器、信号遮断器、サーモスタット、点滅式看板、電鈴、ブザー等々、実に枚挙にいとまがないくらいである。

一面からいうと、これも至極もつともな話で、現代におけるわれわれの生活には、電気があらゆる部分に浸透しているし、電気を使う以上は、これが点滅は必須の条件であり、そこに生ずる火花、乃至一般放電現象は、電気回路中での最不安定作用として、実はこれを利用した高周波電気振動そのものが、無線通信の可能性を最初にわれわれに教えてくれたのでさえあつた。

## ○

ところで、以上に列挙した各種妨害電波の発生原因中、実は簡単な処置によつて容易にこの障害を除去できるものが相当ある。同時に他面、技術的、経済的、さらには人間的事情から、そう易々とは回避できないものがあるから問題である。前記の諸例の中で、送配電線からの電波障害問題のようなものはその好例であつて、これを如何に解決するかが、これ又現在われわれ電気工業界に与えられている代表的難問題の一つなのである。

元来、配電線とか送電線は、電圧の比較的低いそれ自身完全状態にあるときは、何等こうした問題を引き起す心配はないもので、電波障害は何等かの事情が発生した時に限るはずのものである。

しかし、その中に設備されている無数の碍子なり、閉閉器なりを、全然完全な状態に保持することはいふべくして最も行い難いものである。

もちろん、経済問題と、人の手数の点とを無視して、これが対策に没頭すればやれることではあるが、それは事実上できない相談である。この不完全の程度なるものが、通信妨害を与えるものに至る段階と、電力伝送に障害を与えるに至る段階とで両者うまく一致すれば、たとえこうした状態にあつたとしても実際は問題がない。そ

こが喰い違うらしいのが厄介なのである。

## ○

これに対して、前にも述べた超高压送電線ともなると、問題は別に存する。すなわち、大電力を遠距離に伝送するためには、線路の経済上、自ら高電圧を採用せざるを得ない。しかしここにも限度があつて、送電電圧を或る程度以上に上げると、一方、コロナ放電の問題が起る。ある高電圧線路で、コロナを絶対に出さないようにするためには、その方から電線の太さを増さねばならない。電圧をあげた場合コロナ回避のため太い電線を採用するとなると、伝送電力量から要求される電線の太さ以上のものが必要となる。問題はそこにある。

現在、米国その他でも、こうした超高压線路に対しては、従来の方針と変つて、或る程度のコロナは許して、経済上引き合う程度の電線の太さに限定することとなつた。このコロナが一方において、電波障害の原因となるのである。

特に本邦は、前項の誘導問題のところでも述べた通り狭い土地柄であるから、送電線からコロナ電波が出た場合には、これによつて無線通信ならびにラジオに或る程度の妨害を与えることは必至である。しかもそれが送電線の事故、その他の故障時に限らず、定常的に問題が存在するから、最も始末が悪い。

## ○

こうした送配電線からの電波障害の問題が近来頗る重大化した結果、これに対しても何等かの処置をせねばならないこととなつた。そこで、電力方面と無線方面とが協力して、何とか解決のめどをつけたいといふので、最近、電気学会に電力、無線合同の研究委員会が設置され、筆者がその世話役を頼まれるはめに立至つた。すでに幾度か会合して、解決のための基本方針の討議に入つているが、会合して話し合つてみて、まず感じたことは、電力関係の人達には無線技術の細部がわからず、一方、無線関係の人達には電力技術の認識に欠けるところがある点である。さらに、経済問題がそれに織り込まれ、その上、この問題にはラジオ聴取者という一般大衆が直接一枚加わつているために、それだけ一層事柄が複雑多岐である。

極端な条件が出せるものなら、一つは電力方面がすつかり引き受けて、莫大な費用と人手をかけ、コロナも何も出ない、且つ故障の完全でない送配電線を建設し、且つ保守すること。しからずんば、第二には、例えばラジオとすればNHKが充分強大な放送所を至る所に設置して、送電線からの雑音に充分打ち勝つほどの強力な電波を全国に放送すること。さらに、しからずんば、第三にはラジオ聴取者にニュースも聴けない状態でも泣き寝入りして我慢してもらうこと。

電力会社に全部の解決をおぶせると、自ら電力料金が

増すことになり、かといつてこれをNHKの方におつつけると、これ又聴取料の昂騰を来すことになるので、結局は共に国民全体の負担を異常に増す外はない。そこでこの3極端の間を如何にか妥協して、いわば大岡裁判にある三方一兩損的にでも解決する緒口を如何に見付け出すか。妨害を受けている人達も、忍べるだけの程度を忍ぶとして、一般国民も、この人達にできるだけ良いラジオを聴かせるための底分の負担を引き受けるということで、治めるしか方法はあるまい。その方法——中庸な方法が如何したら発見できるかということが問題である。

差し当りは、これが解決のための各種の資料を集めるというところから手をつけることにしているが、とにかく、難問題であることに相違ない。

## ○

今度の戦時中、或は戦争前からかと思うが、日本の真空管の質が同型のアメリカ物にくらべて如何にも宣しくない。たまに良いものがあるとしても、品質がそろわない。どこが悪いのかと種々詮索してみると、結局、材料が悪いという結論になることがしばしばあつた。なぜ材料が良くなれないかと、さらに突込んでいろいろ調べてみると、如何にも日本の市場がせまい。真空管用の材料となると比較的特殊なものが多く、しかもその純度に対する要求がやかましい。さらに線なら線の太さの一樣さ加減に対する条件が特にきびしい。少しばかりのものを特に純度をやかましくいつたり、寸法の精度に難しい註文をつけたりすると、その単価が鉈棒に高くなるので、つまりは、生産量と手間とのかね合いからくる経済問題がよい真空管を作らせない基本原因である訳である。

又、例えば、特に戦後、日本の真空管の寿命が短かかつた。これではならぬと、製造者と需要者が協力して寿命が何故短かいかの原因を丹念に調べ上げて、これを虱つぶしに除去して行つた。その努力の結果がその内に次第に現われてきて、充分寿命の長いものができるようになった。しかるに寿命が長くなつてみると、今まで一年に2本なり3本なり取りかえていたところを、1本ですむようになったため、全体として需要がぐんと減つて、折角努力した結果は、生産者側からみると、生産過剰のための操業短縮を余儀なくされることになつた。これなども、日本の市場の狭さからくることで、技術問題と経済問題との錯綜した好標本である。寿命延長解決の難問題は一応解決したが、今度は如何にしたら、この優秀品のはけ口を見付けて、経済的に引合う価格で生産を続けるかの、次の難問題が発生してきた。国内需要が少いとすれば、勢い海外にハケロを見付けるしかない。さて、国外にまで出すとなると、国外にも受け入れられるような、規格のものに改めなければならない。今までは国内問題だつたものが、難問題を一応解決したために、今度は海外事情も加味されて間口の一層広くなつた、い

わば、一層輪をかけた難問題が改めて目前に現われてきたというわけである。

## ○

ことが工学上の問題になると、学問の性質上、純粋な一専門内での技術的問題は比較的少い。純技術的問題とは何ぞやという点では、かつて議論をしたこともあるが、それは一応常識的に解決するとして、電気なら電気、冶金なら冶金と、いわゆる工学の各専門分野内だけでの純技術的問題というのは割合に少いらしい。

現在、当研究所に対して、各方面から研究を委託されている諸問題をながめても、多くは二つ以上の専門分野にまたがった問題である。これを電気関係だけに限るとしても、電力方面からの問題は通信技術を織り込んで始めて解決されるもの、さらに通信問題だけにこれを狭めると、有線通信関係の問題で、無線技術者に得意な技術を応用しないとうまくいかないといった体の問題が多い。その他、電気と冶金と一諸になつたり、電気と船舶と協力したり、電気と機械と力を合せればうまくいつたりする問題を持ち込まれるのが、はなはだ多いように思われる。当研究所にしてみれば、身近に各分野の人達が集つているから、それ等の解決にはさして困難と思われないような問題でも、頼んでくる方の人達からすると、おそらく自分のところだけでは解決のつかない一応の難問題と認めて、こちらに依頼してきたには相違ない。

## ○

さらに、工学の本質として、問題を一層複雑難解にする原因は、それが必ず経済問題と連関し、労働問題に連関し、自ら又、政治上の問題とも関係を生ずる点にある。研究者は研究者としての純粋な立場にたつて事を処すればよろしいという意見があるかも知れないが、研究成果の行方に耳を蔽つて、ひたすらに、研究室内だけを自分の世界として研究に精進するとしたら、それは結局は、研究者自身の興味中心の仕事でしかない。客観的にみると、無責任な道楽研究とみられても、100%の返答はできないのではなからうか。そこに工学上の問題の難かしさがあるのである。

## ○

難問題解決特集号に原稿を割当てられて、実はこれにこそ筆者にとつて、近頃、至極の難問題と受取れた。筆者自身、これまでの研究生活において、大なり小なり遭遇した難問題、筆者自身だけに難題と思われたものの経験を挙げれば、必ずしも挙げられないこともない。しかし、その中から本誌に載せて、一般に御紹介するとして、あとでどれだけお役にたつような普遍性のあるものを摘出できるか如何か、はなはだ自信がない。それよりも、古今東西、多くの人々がすでに経験した大切な基本問題を抽出総合して、あとにわかりやすい箴言として伝えて  
(34頁へ続く)

(松下 幸雄)	鉄鋼製錬と品質管理	製錬工程中の化学組成、特性、温度等の管理を機械、電気方面の計器による管理と結び付けて、最終製品まで一貫した品質管理を行う。
(山邊 武郎)	海水の能率的な精製	製塩の場合もイオン交換によるアルカリ製造の場合も、この点が最大の疑問と思う。
(仁木 栄次)	螢光体の劣化	螢光放電灯、ブラウン管に用いられる螢光体が製造後の電極の活性化中に劣化して良品率を低くする。また使用中劣化して寿命を短くすること、その原因は非常に複雑で解決に困難を極めている。
(中村 亦夫)	耐熱性イオン交換樹脂の製造	この樹脂があれば糖工業で糖の精製が非常に改善される。
(東畑 平一郎)	在来の熔鉱炉によらざる鉄鋳製錬	熔鉱炉と鉛室法硫酸は前世紀の化学装置の双壁である。粉鉄の使用による急速製錬法は疑問中の疑問であるが成功すれば epoch-making といえよう。
(藤 森 榮二)	$\pi$ 電子系の移動性と蛋白質複合体の可逆性	有機分析・有機合成・光合成・生合成並に分解の基礎になる物性と反応、特に光反応、接触反応の問題で、技術的には有機物定量、プラスチックとその安定剤、特種染料、医薬品の合成、人工光合成、天然物合成への近道である。
金属材料 (西川 精一)	黄銅の応力腐蝕	均一な黄銅がなぜ特に応力腐蝕を受けやすいか、またその組織のどのような所がどのように腐蝕破壊するか全く不明である。
有機合成化学	ラセミ体の工業的分割法	天然有機化合物では右旋性または左旋性の化合物が得られるのに反し、同じ化合物でも合成によって得られたものはラセミ体であり、これを光学的異性体に分割することはアルカロイドを用いて可能である。これをもつと工業化学的に実現できる方法がほしい。
電気化学	電解過電圧の内容	いまから 50 年前の考え方が現在あまり変わっていない。そして不可解である。
土木構造力学	模型実験用の新材料	ヤング率が小さく、強度は小さくなく、加工容易で固体化するときに収縮のなるべく小さい材料があると、ダム・橋梁その他構造物の研究に便利である。
建築環境学 (勝田 高司)	無風状態の継続時間	自然換気の安全限界をきめるための地域、季節、時間との関係。
(濱 口 隆一)	建物の造形的性格と技術との関係の分析	同 左

(6 頁から続く)

おいてくれた事柄でさえ、その場に当面するとなかなか参考にはなり兼ねるのが一般である。

例えば、ちよつと拾つてみても、餅屋は餅屋とか、歴史は繰り返すとか、無くて七癖とか、弘法にも筆の誤りとか、よしのずいから天井覗くとか、三人会えば文珠の智慧とか、どれもこれも難問題を解決しようとする場合に心構の密所になる箴言ではあるまいか。

一夜の責をふさぐために、とにかく、筆をとつて、原

稿紙の樹目を一つ一つうめて行つて、ここに至つた訳であるが、読者諸君は多分駄言の連続にあき果てたことであろう。筆者としては、ここ当面の難題を如何に解決するか苦心して、ここまで、やつとたどりついてきた次第であるが、さて振返つてみると、これも一つの難問題解決の見本になつたかと思われる節がないでもない。すなわち、諺に「下手の長談議」とある。(1952・10・20)

- (1) Arch. f. Elekt. 20 (1928) 99
- (2) 岩波版(昭和12年)露伴全集, 第19巻, 384

本誌「生産研究」は発刊以来すでに3年、4巻12号に達し、その間平易でしかも権威ある生産工学の総合解説雑誌として斯界に貢献してまいりましたが、本誌の目的達成を一層完璧にするために、次号(昭和28年1月号)より従来誠文堂新光社が発行しておりましたものを、当研究所自身の発行に切換え、内容体裁ともに充実刷新を図り、発行部数も倍増して新発足を行うことになりました。御期待下さい。

なお従来より継続購読の方には引き続きお送りいたします。引続き購読を希望されない方は御申越下されば前金精算の上御返しいたします。

東京大学生産技術研究所「生産研究」  
編集委員会

### 1月号予告 (1953)

内 容

巻頭言.....	兼	重	所	長
研究解説				
高性能摩擦ポンプの研究.....	宮	津	純	
	安	芸	一	
信濃川流送土砂の研究.....	井	口	昌	
	高	橋	平	
超音波による光の廻折と				
音波の映像.....	鳥	飼	安	生
	根	岸	勝	雄
速 報				
川崎寛司: パイプの鑄造力測定法	中村康治: 鑄鉄管の温度差の集測	宮永五郎外: 水薬使用質量分析計型真空濃り探し器	久保慶三郎外: 穴のある14S板材の引張試験	
研究抄録	久保田・小瀬, 岡本, 高橋(武), 久保・中田等			