



ダイヤモンドの可能性を追い求めて

—— 吉川・戸倉研究室～機械工学科 ——



吉川 昌範 教授
戸倉 和 助教授

ダイヤモンドと聞くと、多くの人は宝石を想像するのではないだろうか。しかし、工業的にもダイヤモンドは非常に有用な物質である。ダイヤモンドは御存知の通り最も固い物質であり、また電気抵抗は極めて大きい熱を非常によく通すという性質を持っている。だから、ダイヤモンド一つで絶縁と放熱の両方を効率よく行うことができる。さらに、ダイヤモンドは半導体特性をもってお

り、現在使われているシリコンよりはるかに優れた半導体になる可能性をも秘めている。このように、ダイヤモンドは工業的にも非常に優れた性質を持つ素材として、いろいろ分野で研究され、その成果は広い範囲で応用されている。今回の取材ではこのダイヤモンドの合成や研磨、およびその応用について、第一線の研究を行っている吉川・戸倉研を訪問して、お話を伺うことにした。



気体からダイヤモンドをつくる

ダイヤモンドを合成するには、高温高压条件下で黒鉛を原料とする方法と、高温低压条件下で炭化水素の気体を原料とする方法があるが、現在この研究室では、主に後者に属する“アーク放電プラズマジェットCVD法”と呼ばれるものについての研究が行われている。

この方法は吉川・戸倉研で開発されたもので、図1のような装置を用

いて合成する。まず陽極と陰極の間に放電を発生させ、アルゴンと水素をプラズマ状態にする。次にこれをノズルから基板に向かって吹き出してプラズマジェットを形成し、この中に原料のメタンガスを混入して基板に吹き付ける。この方法で、1時間に約0.9mmの厚さのダイヤモンドが基板上に析出する。この方法が考案される以前は、1時間に数 μ m程度の厚さにしか合成できなかったから、従来の方法に比べて、このスピードは驚異的なものであった。

ただし、ダイヤモンドと言っても黒い板状のもので、天然のダイヤモンドと外見は著しく異なる。色が黒いのは、天然のものが単結晶であるのに対して、この合成法によるものは多結晶であるためである。これが合成された当時は、その外見と驚異的なスピードのために、本当にダイヤモンドかどうかを疑われたこともあったそうだ。もちろん、分析した

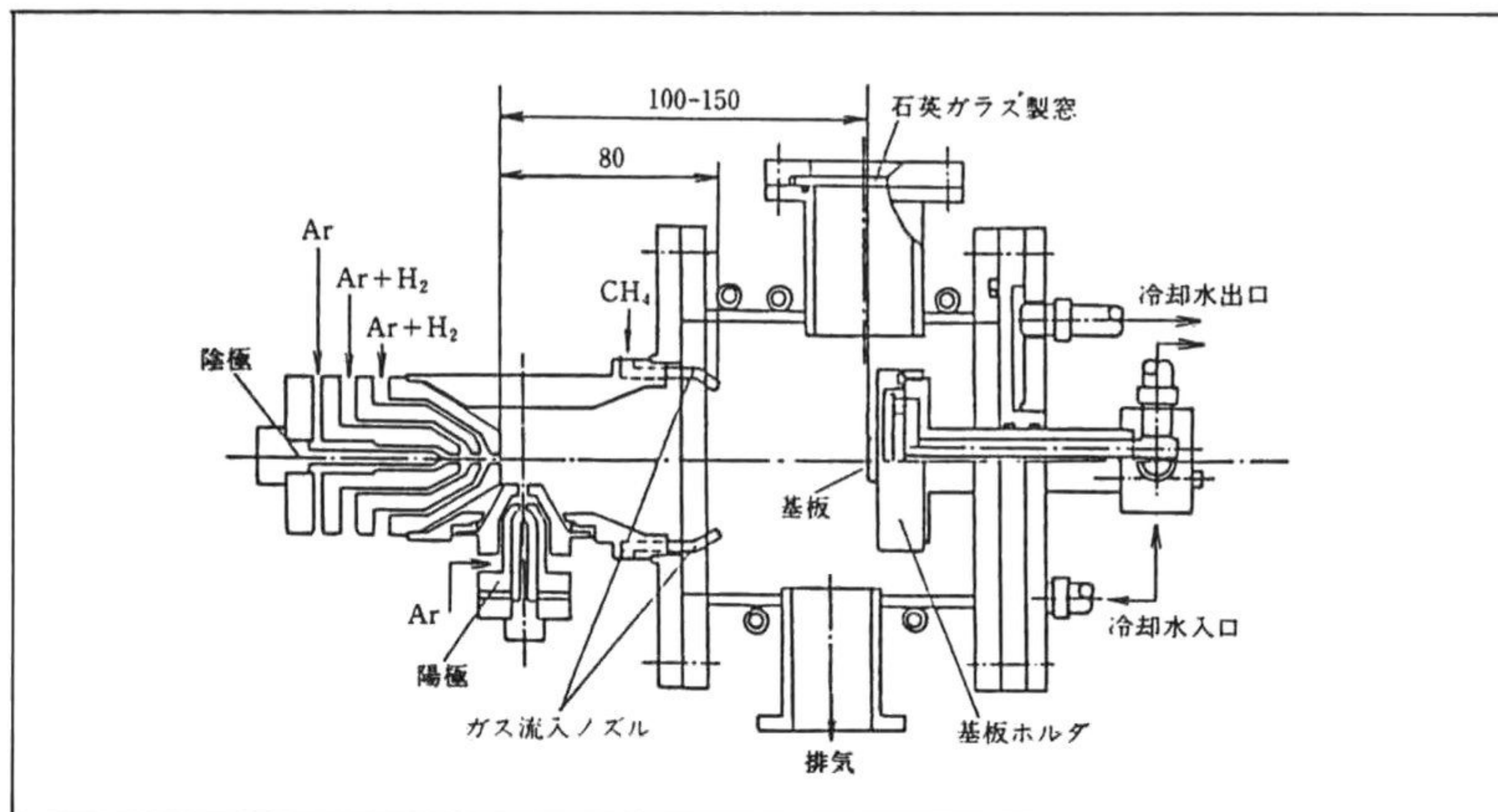
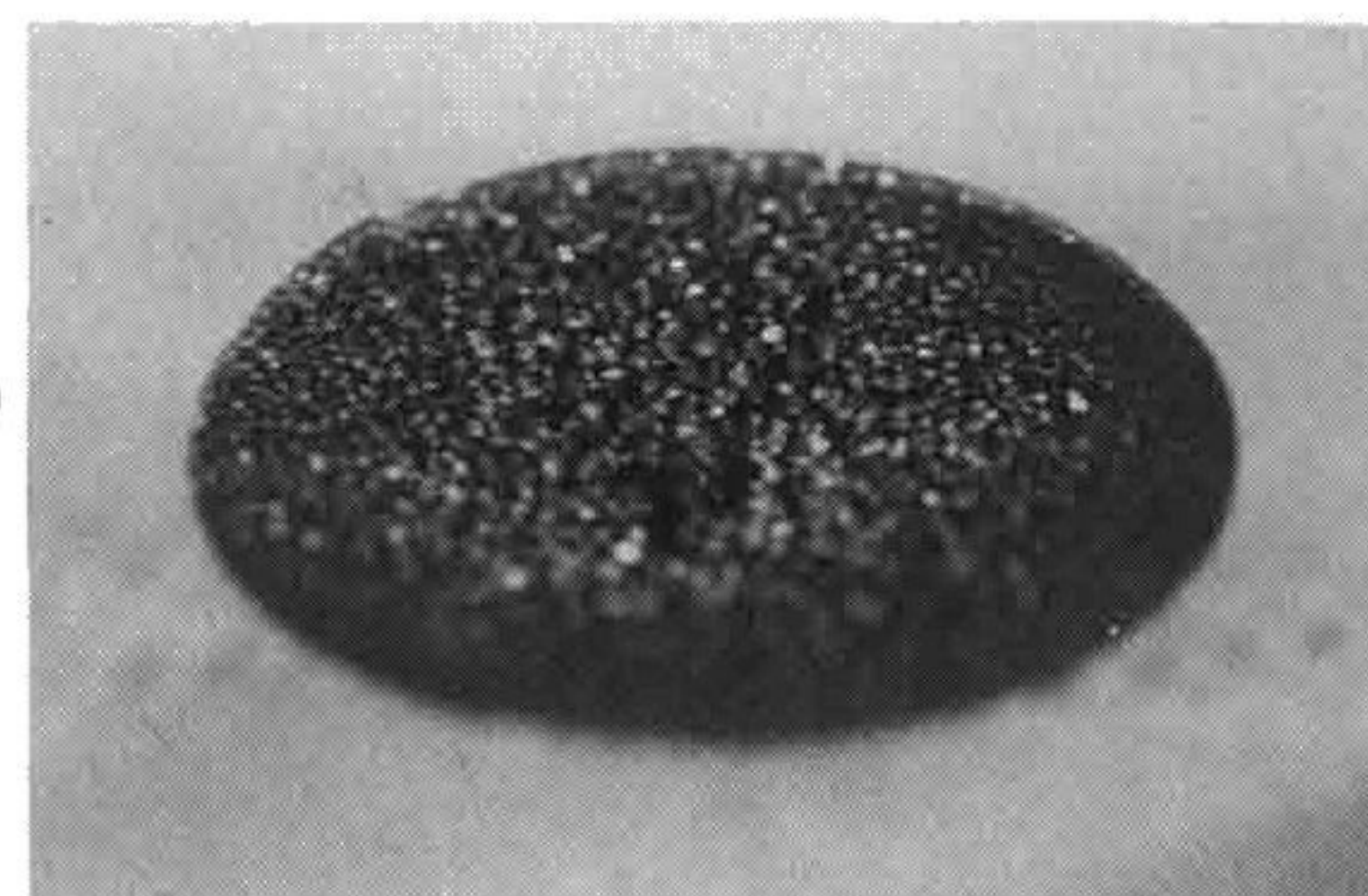


図1 アーク放電プラズマジェットCVD装置

結果これは純粋なダイヤモンドであり、性質も天然のものとほぼ同じであった。

これにいくつかの改良を加えた新しいタイプのものも製作された。プラズマの炎を長くするために陽極を陰極から遠ざけ、さらに陽極を3つに増やし円周方向に散らばらせて配

置するという工夫がなされている。そうすることによってプラズマの炎が広がり、より広い範囲にダイヤモンドを生成させることができる。この装置は半年ほどの調整を終えて、最近完成し、直径60mmのダイヤモンドが出来たそうだ。これからの研究の発展が期待できそうである。



プラズマジェット法で合成されたダイヤモンド



ダイヤモンドを効率よく磨く

この研究室における最近の成果には、もう一つダイヤモンドの研磨に関する研究がある。

従来は、ダイヤモンドを磨くときは、図2のように、スカイフと呼ばれる鋳鉄の円板の上にダイヤモンドの粉を敷き、毎分3000回程度で回転させ、その上にダイヤモンドの原石を押しつける、という方法がとられる。この回転数は普通のモーターの倍に相当する。これだけの回転数でダイヤモンドを磨くには、当然の事ながら相当の力が必要になる。このようにして磨かれたダイヤモンドは傷だらけになったり、結晶がずれていたりする。これらの傷は目に見えるものではないので、宝石として身につけるには問題はないのだが、このような傷がついたものは工具として使うことはできない。ダイヤモンドの工具は非常に高い精度を要求される場合に使うものだからである。そこで、吉川・戸倉研で新しい研磨

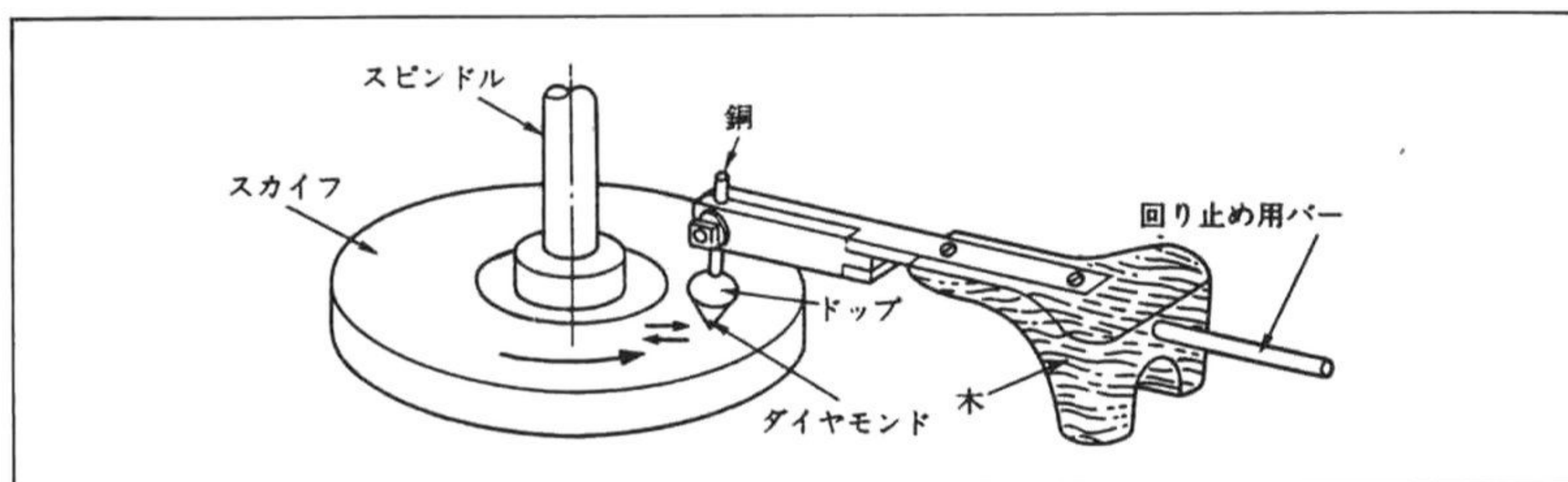


図2 従来のダイヤモンド研磨方法

方法が考案されたのである。

ダイヤモンドの刃物では鉄を削ることはできない、という事実は以前から知られていた。ダイヤモンドと鉄が反応して刃がすり減ってしまうからである。吉川教授が考案された方法は、この性質を逆用して、鉄を使ってダイヤモンドを削るというものである。これは図3に示すように鉄板をゆっくり回転させながら下側からヒーターで加熱し、その上にダイヤを軽く押しつけて磨く、というものである。鉄板温度が750℃位になると少しずつ磨け始め、950℃では従来の方法で1週間かかる研磨作業が約10分ほどでできるという。

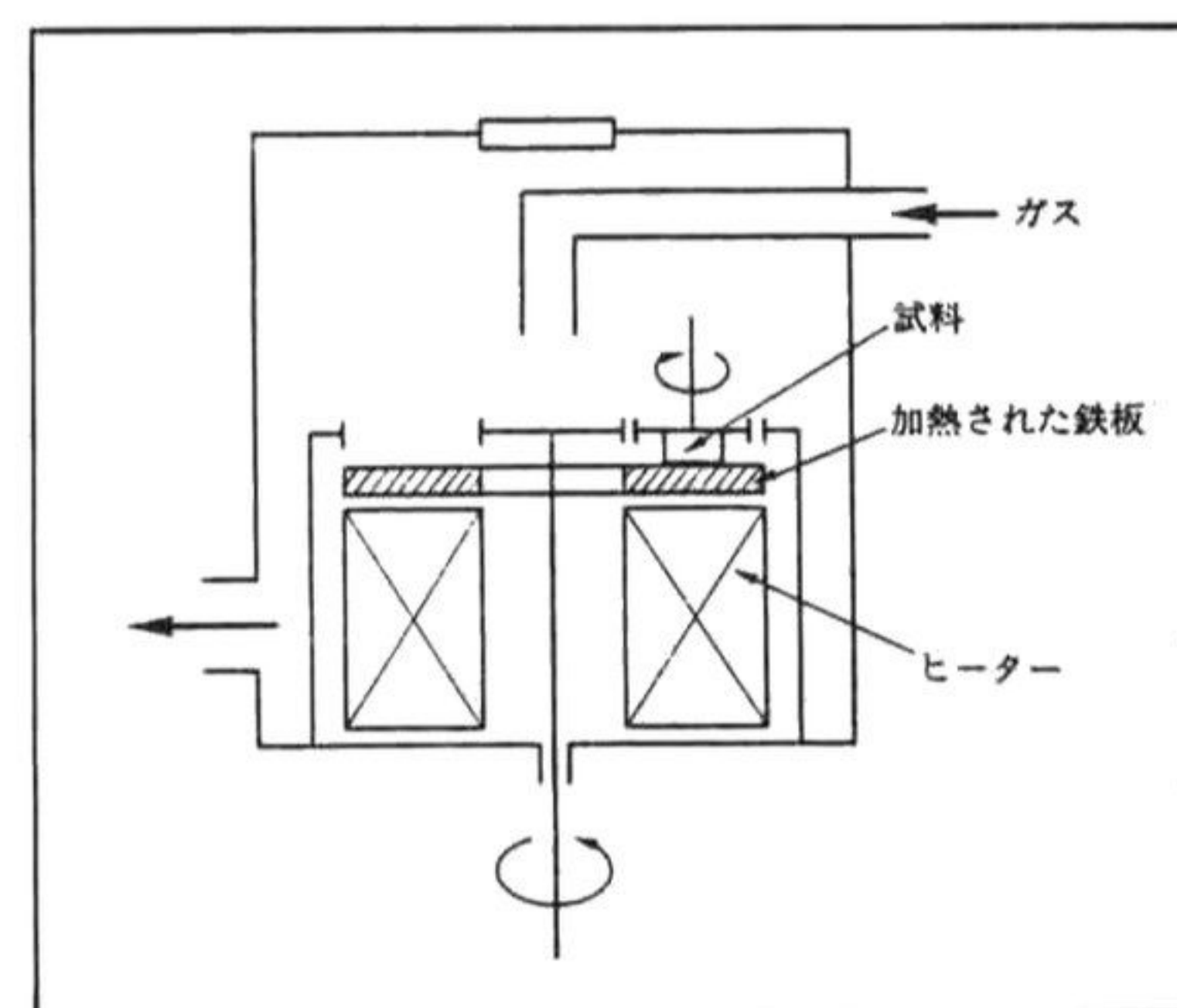


図3 加熱された鉄板によるダイヤモンドの研磨



ダイヤモンドをどう使うか

それにしても、なぜ機械工学科というところでこのような研究が行われているのだろうか。

もともとこの研究室ではダイヤモンドを利用した加工についての研究を行っていたそうである。しかし、市販のダイヤモンドでは傷がついていたり、純度などの点で問題があっ

たりして、満足な研究をするのが難しいということが次第に明らかになった。そんなわけで、ダイヤモンドそのものの合成や加工といった、一見機械工学科とはかけ離れているようなテーマをあえて選ぶことになったそうである。

しかし、吉川・戸倉研は機械工作

講座だから、ただダイヤモンドを作るだけではなく、いつもそれを何に
応用するか、ということを考えなが
ら研究しているそうだ。

そのような応用の一つとして、吉
川教授は二つのダイヤモンドバイト
(金属の超精密切削に用いる工具)
を見せて下さった。一つは従来のも
ので天然のダイヤモンドを削って刃
先に用いたものである。天然のダイ
ヤモンドは、固くて高温でも安定で
あるという長所をもつが、単結晶で
あるためにもろくて欠け易いという
短所も持っている。もう一つのバイ
トは、刃先の表面に先述のプラズマ
ジェット法でダイヤモンドを被覆し

て作ったものである。これは硬さや
安定性の面で天然のものとあまり変
わらない上に、多結晶であるために
欠けにくいという長所も合わせ持っ
ている。

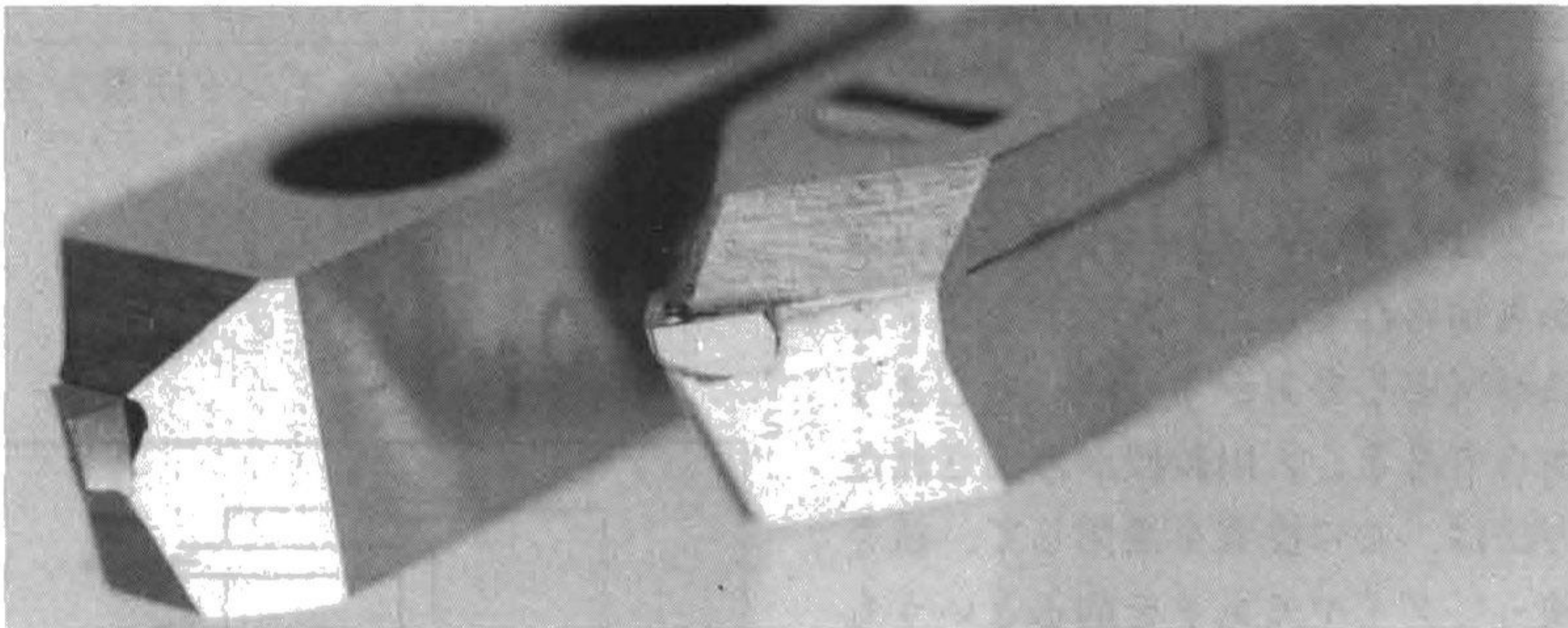
「こういう事は企業でもやりだし
たところだね。」

と吉川教授はおっしゃった。近い将
来、このダイヤモンドを被覆した新
しいバイトが広く用いられることにな
るだろう。

この他にもダイヤモンドは広い範
囲で応用されているそうだ。

最近では、ダイヤモンドの薄膜を
スピーカーの素材としたものが製品
化されている。ダイヤモンドは硬く
て軽いので、スピーカーの素材には
最適なのである。またダイヤモンド
を発光素子に使うと、青色になるそ
うだ。既に、赤色や緑色、黄色など
の発光素子は市販されているが、青
色だけはなかったのである。

このような応用について、吉川教
授が中心になって、160社位の企業と
50人ほどの国立大学の人が集まって
雑誌の発行や研究会などを行っている
そうである。



合成ダイヤモンドを被覆したバイト(左)と天然ダイヤモンドを用いたバイト(右)



楽しくなければ研究じゃない ― 研究室の雰囲気 ―

ところで、この研究室では、研究
に必要な装置は殆ど自作してしまう
そうだ。さすが機械工学科という気
がするが、やはり手作りの機械には
愛着があるので、大切に扱うように
なるのが、実験装置を自作すること
のメリットだということだ。

たとえば、ダイヤモンドの研磨に
ついての研究の時に、こんなことが
あったそうだ。この実験装置は台
湾からの留学生が作ったのだが、も
ともこの装置は設計のときには
750℃位までの温度下での使用しか想
定されていなかったのである。750℃
では10時間程度で研磨ができたので、

もっと温度をあげてみよう、という
吉川教授に対して、この学生は随分
抵抗したそうだ。これ以上の温度に
は、苦勞して作った機械が耐えられ
ないかもしれないからである。

結局のところ、950℃まで温度をあ
げても装置は無事だったのだが、こ
んなエピソードと、それを話して下
さった吉川教授や戸倉助教授の笑顔
から、研究室の雰囲気的一端を感じ
ることができた。

また、この研究室では、どちらか
というと学生中心で研究を進めてい
るそうだ。この研究室に所属すると、
学生一人ひとりが自分でテーマを選

んで研究するのだが、その内容は随
分広範囲にわたっている。しかし、
「楽しくなければ研究じゃない」と
いう姿勢で、あまり分野にはこだわ
らずに、それぞれが興味を持ったテ
ーマについて、夢中になって取り組
んでいる。もちろん、このような自
由な雰囲気と背中合わせに、求めら
れる責任も重いのだが、「みんな一人
前だから」という戸倉助教授の言葉
通り、学生を信頼して、すべて任せ
ているそうだ。研究内容や成果とい
ったことだけでなく、このような雰
囲気も、多くの学生を魅きつけてい
る理由の一つであろう。



ダイヤモンドはなぜできる? —研究に対する姿勢—

「何故ダイヤモンドができるのかは、僕にもわからない。」

こんな話から始まって、取材の最後には、吉川教授の研究に対する考え方や姿勢についての話も聞くことができた。

ダイヤモンドの合成法は、既にいろいろ知られている。吉川教授の開発した方法は図1のような装置を用いているが、このような特別な装置を用いなくても、炭素を高温低圧条件下で励起状態にして基板に吹き付け、基板を600℃～1200℃に冷却しておけばダイヤモンドを合成できる、ということはわかっている。例えば図4のように比較的身近なものを用いて合成することもできるのである。

では、何故そうすればダイヤモンドが出来るのか。そこまではまだわからない。いろいろな方法を統一して説明することができる、根本的な一つの真実まで、まだ誰もたどり着いていないのである。

「そこまでたどり着かない限り、何故ダイヤモンドが出来るかがわかった、とはいえない。」

と言うのが、吉川教授の考えなのである。

人によっては、もうダイヤモンド

の合成についてはわかった、と思うかも知れない。しかし、そこで納得してしまえば研究は終わってしまう。それでは研究の発展がない。だから、吉川教授はその点で自分に厳しくしているのだそうだ。

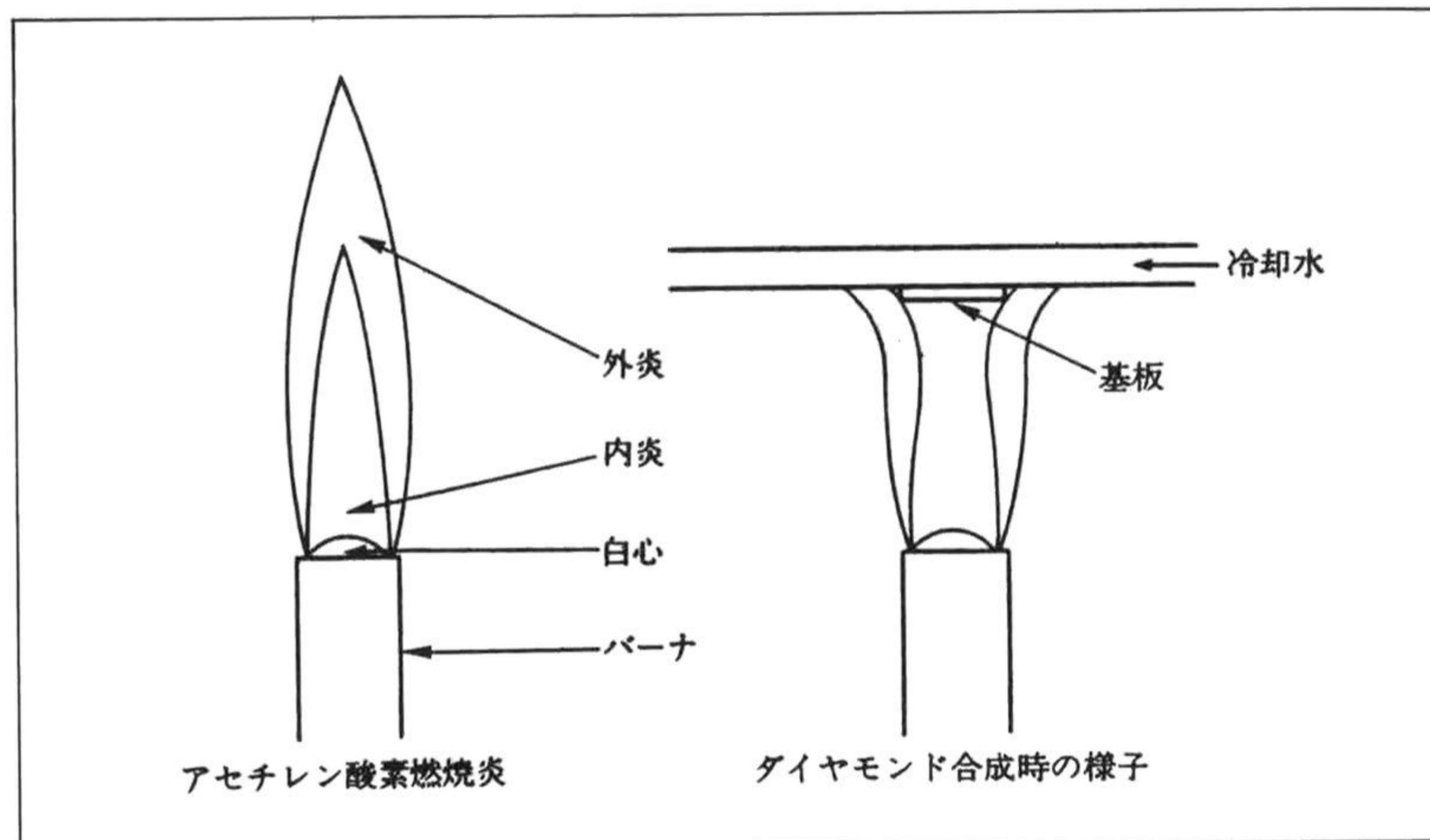


図4 燃焼炎CVD法

アセチレンの燃焼炎の内炎内に基板を置き、基板を600℃～1200℃に冷却すると、基板上にダイヤモンドが析出する。

大学教授と聞くと、近寄り難い、話が難しい、といったイメージを持ってしまいがちだが、吉川教授は研究についてのことに限らず、いろいろな話を雑談を交えながらとても親切に分かりやすく話して下さった。現在教授は、ダイヤモンドの他にマイクロマシン*にも興味を持っておられるそうだ。今はまだそのイメージ

が固まりつつある、という段階だそうだが、近いうちに本格的な研究に入られるとのことである。

最後になりましたが、快く取材を引き受けてくださった吉川教授、戸倉助教授に深く感謝しつつ筆を置きたいと思います。

(福永)

* マイクロマシン…

身の回りにある機械を同じような機能をもたせたままμmのスケールまで縮小したもの。