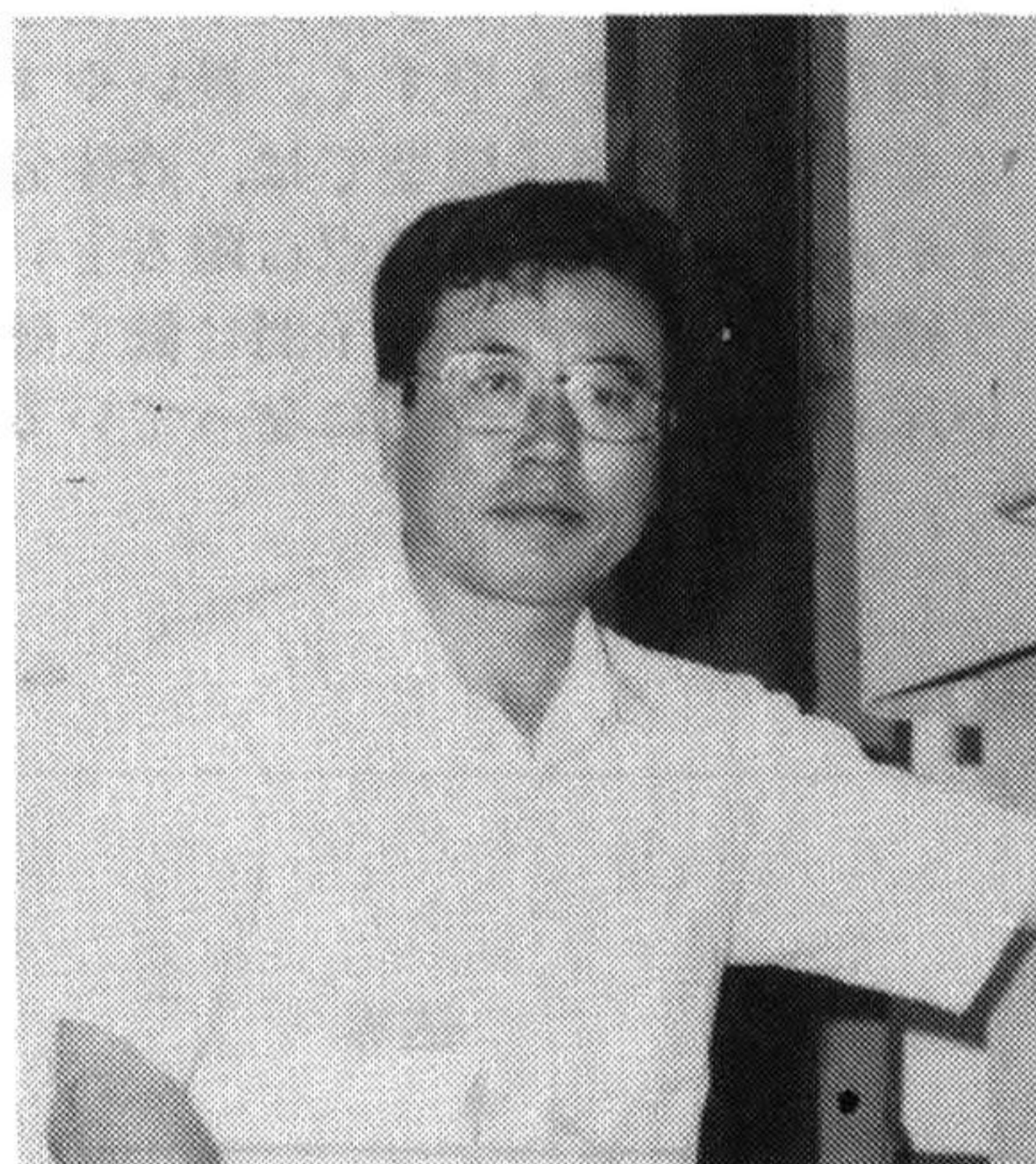




# 硬いばかりが能じゃない——合成ダイヤモンド

## ——福長研究室～無機材料工学科——



福長 脩教授



### ダイヤモンドの欠点を補う—BN

ダイヤモンドとはなかなか不思議な物質である。結晶構造が変わるだけで単なる黒鉛が美しい宝石に変化する。また、宝石としてだけでなく工業的にも様々な用途がある。このダイヤモンドの合成の第一人者である福長教授に様々なお話をうかがった。

ダイヤモンドがもっとも硬い物質である事は有名である。この性質は工業的にもっとも広く利用されている。たとえばダイヤモンドの単結晶でアルミニウム合金などを切削するとオングストローム単位の凸凹面が得られる。コンピューターのハードディスクの基板はアルミニウム合金であるが、これはダイヤモンドで切削することにより大変滑らかな表面

になっている。

しかし何でもよく削れるわけではなく、鉄などを削るとダイヤモンドはどんどん減っていってしまう。これは炭素が鉄と反応しやすいという化学的性質によるものであり、工業的に利用するときには非常に問題がある。そこで登場したのが、BN（ボロナイトライド）である。これはほう素と窒素からできた人工的な物質であり、ダイヤモンドとよく似た性質を持っている。BNはダイヤモンドに次いで硬く鉄と反応しにくいいため、鉄を削るのに使われる。福長研ではこのBNについても物性や合成法などの研究も扱っている。



### 天然と合成——ダイヤモンドはこうして区別できる

合成ダイヤモンドを作る方法は大きく分けて二種類ある。一つは高温（1500～2000℃）高圧（5万～6万気圧）で圧縮する方法で、パウダーや単結晶を作ることができる。金型を組合せ6方向から葉ろう石製の試料体に圧力をかけながら、中に入れたヒーターに電流を流すことによって加熱するのである。BNの結晶も同様にして作ることができる。

もう一つはメタンガスなど炭化水素と水素の混合物にプラズマをあてる方法で気相合成法と呼ばれる。この方法はダイヤモンドの薄膜をつくるのに適している。この薄膜を基板物質の表面に形成することにより耐

摩耗性に富んだ層になる。高速で摺動する箇所にこのような部品を使用できれば耐久性が向上するわけである。

合成ダイヤモンドは、天然のものとは微妙に異なる点がある。簡単に確認できるものとしては超高压合成ダイヤモンドが磁石にくっつくといったことがある。これはダイヤモンドを合成する際に、融剤としてFeやNiを用いるためであるが、天然のダイヤモンドには純粋なFeは含まれていない。地球内部での酸素分圧条件では鉄まで還元されないためであると思われる。ダイヤモンドに鉄が含まれていると熱膨張率が著しく異な

るため研磨しているとき高温になった先端が割れてしまうなどの問題が起きるのである。もう一つの著しい違いは結晶の形が異なることである。天然の結晶はほぼ正8面体なので3角形の面のみであるが合成の結晶は4角形の面が必ず存在する。これは天然の形成過程が詳しくは分かっていないため決定的な理由がはっきりしていない。「天然の形成過程が判明すればより効率の良いダイヤモンド合成法が分かるのではないでしょうか」と、現在研究中である。





## 基礎研究を拒む高温・高圧の壁

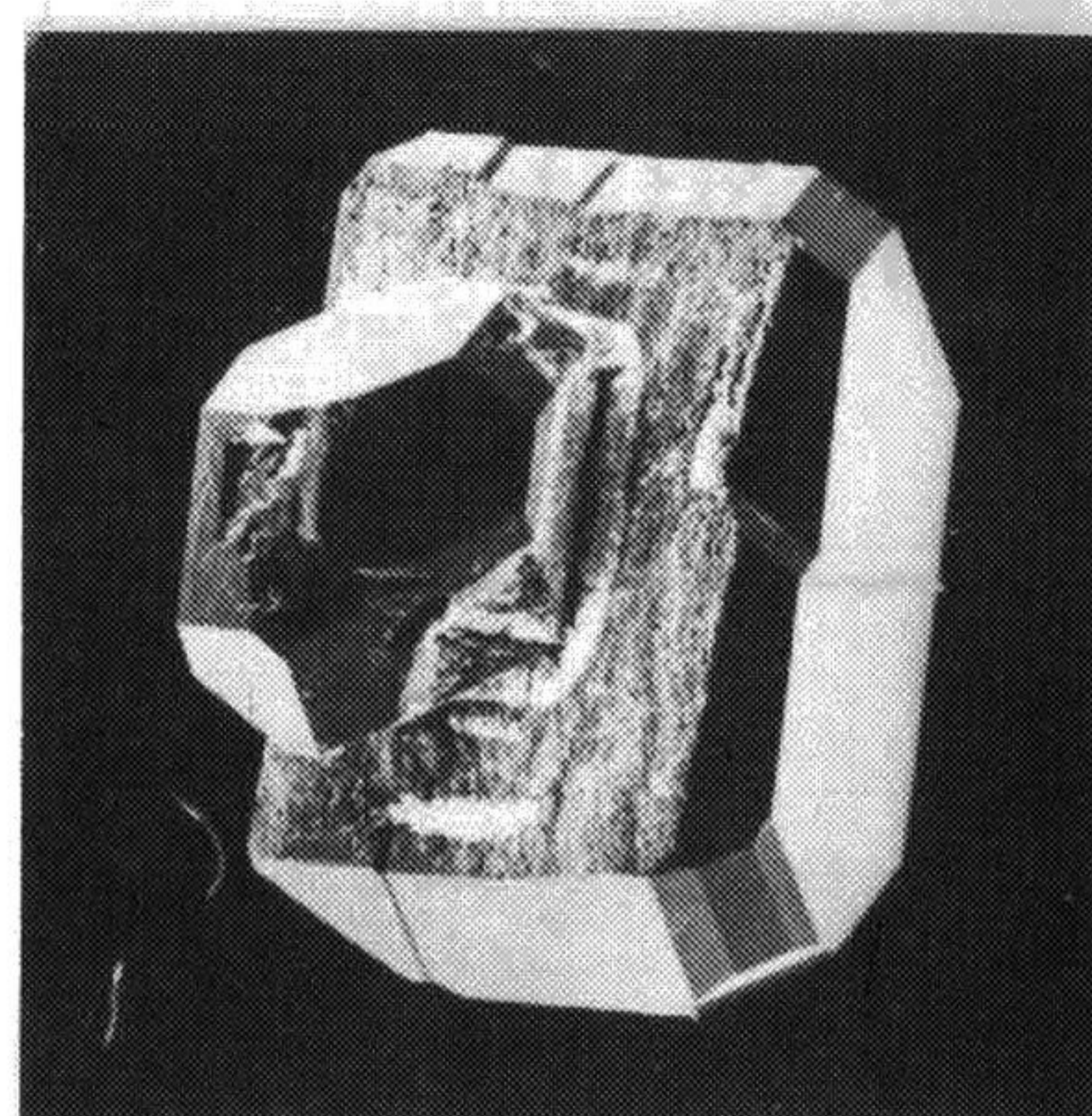
先生は学生とともに様々な基礎研究も行われている。しかし高温、高圧の世界なので様々な問題が生じている。

たとえばダイヤモンドと黒鉛との平衡を調べる研究がある。2000℃では約6万気圧であることがわかっているがこの圧力と温度測定が難しい。圧力は室温では食塩中のNaとClの間隔をX線で測ることにより30万気圧まで測定できるのだが、高温下では理論値が信頼できず、X線の測定も難しい。現在は6万気圧で1300℃まではだいたい測定可能であるがそれ以上は技術が開発されていない。

ダイヤモンドの年代を測定するために微量に含まれているHeの同位体の3と4の比を調べるという研究も地球物理分野で行われている。ダイヤモンドは非常に安定しているた

め一度できると簡単には消滅しない。だから詳しく調べれば原始太陽系の大気状態等が分かるのではないかとされている。しかし分析してみると地球誕生以前にできた、という結果になるものがある。この点をさらに確認するためにはダイヤモンド中のHeの拡散係数や、炭素の自己拡散係数を求める必要が出てくる。室温では拡散するまでに何10万年もかかってしまうので拡散を早めるために高温下で測定しなくてははいけない。すると高温、高圧の壁にぶつかってしまうのである。

「高温、高圧」はダイヤモンドを研究する上で避けられない問題であるためこの壁を打開すべく今後も研究を進めていかれることであろう。



天然ダイヤモンドを核にして作られた合成ダイヤモンド



## ダイヤモンドコンピューターへの夢

ダイヤモンドは硬いだけではなく様々な素材になる可能性を秘めている。もっとも期待がもたれているのは半導体特性を持っていることを利用したダイヤモンド半導体である。ダイヤモンド半導体の長所は2つある。まず、ダイヤモンドはもっとも熱伝導率の良い物質であり高温下でもフォノンが散乱されにくいという性質を持っている。シリコンよりも温度特性の広い半導体になる可能性がある。もう一つはエレクトロンとホールの移動速度がかなり速いという事である。普及しているシリコンはホールの移動速度が遅く、現在注目をあびているGaAs半導体はどちらもそこそこに速い。ダイヤモンドは両者の移動速度が速いのでデバイ

スの動作速度が速くなるのではないかと予想される。しかしこれはあくまで理論上であり現在のところ実用化は困難である。先生は、「実用化されても非常に特殊な環境、宇宙空間などで使われるのではないでしようか」とおっしゃっている。

ダイヤモンドは様々な用途が期待されている。まさに21世紀の素材と言えよう。しかし分からないことはまだまだ非常に多い。ダイヤモンドの研究をこのような注目をあびる前から続けてこられた先生にはこれからいっそうの御活躍が期待されるところである。

(大野)