



Title	実験デモ
Author(s)	小林, 達生; 水渡, 嘉一; 清水, 克哉
Citation	大阪大学低温センターだより. 2000, 112, p. 19-22
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/7460
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

実験デモ

極限科学研究センター 小林 達生（内線 6446）
基礎工学研究科 水渡 嘉一、清水 克哉（内線 6451, 6446）
E-mail : tckobayashi@mp.es.osaka-u.ac.jp

学生実験シリーズを拡大解釈して、最近力を入れている実験の実演（実験デモ）を紹介する。昨今、高校生を含めた専門外の人に研究を紹介する場が増えている。特に基礎工学部の場合、ユニークな学部であるためその必要性が高い。ここで紹介する実験デモは主に1年生の「電子物理科学序説」や「基礎セミナー」で行われているもので、1年生の学習に対するモチベーションを高め、「物性物理学」を理解してもらうためのプログラムである。実験デモを効果的に行うために7人程度の学生に対して一人の教官が指導する形態で行われている。筆者らは「極限グループ」に属し、高圧・低温・強磁場の極限環境下でモノの性質一物性一がいかに変わるかを紹介している。実験デモは1年生や専門外の人を対象にしているために直観的な理解が可能で印象的な実験が求められる。また「極限」の看板をぶらさげているだけに、スゴイと思ってもらわないといけない。

以上の条件を考慮して、「高圧・高温下におけるダイヤモンドの合成」と「室温の氷」の実験デモを昨年からスタートした。まずダイヤモンドといえば誰でも知っている物質であり、これを炭から作ろうというのであるから例外無く興味を示してくれる。室温の氷はこれもダイヤモンドを使った高圧発生装置（ダイヤモンドアンビルセル、DAC）¹⁾で、氷の結晶を作ってみようという話である。

1. 高圧・高温下におけるダイヤモンドの合成（水渡）

高圧発生には、阪大オリジナルの6-8型多面体アンビル装置を用いる。これは一辺2cm程の超硬合金（WC）のサイコロを8個組み合わせて、六方から押して高圧を発生する装置である。普通の実験室の扉からは搬入不可能な2m×2m×高さ3m、重さ10トン程度のプレスを用いて加圧する。ある種の鉱物（パイロフィライト）でできた8面体の圧力媒体の中に黒鉛と金属溶媒とその両端に電極を組み込み、あらかじめセットしておく。ここまで準備するのに半日程かかる。

まずダイヤモンドが炭素・高温での安定相であることの予備知識、実際のダイヤモンド作製の簡単な説明を行う。ダイヤモンドの合成は簡単な交流加熱による膜成長法で行う。初めに高圧（約6万気圧）をかけておいて、黒鉛に電流を流すことにより発熱させる。電流を徐々に上げていくわけだが、このとき電極間の電圧・電流をモニターしながらやる。温度が上昇していくと黒鉛の電気抵抗がやや小さくなっていく様子がモニターできる。さらに温度を上げて金属が溶解しダイヤモンドができるくると、電気抵抗が一転して上昇する。まさにダイヤモンドができる瞬間はかなり興奮する。筆者の一人（小林）は思

わざ学生を押しのけてレコーダーを食い入るように見てしまった。この後、温度・圧力を下げて中の様子を顕微鏡で観察する。黒鉛と金属溶媒の境界にきらりと光るダイヤモンドを見つけると、これがまた感激する。（図1）もちろんうまくいかないことがあり、これも実験デモの醍醐味である。このときはうまくいったときの試料を見せてお茶を濁す。

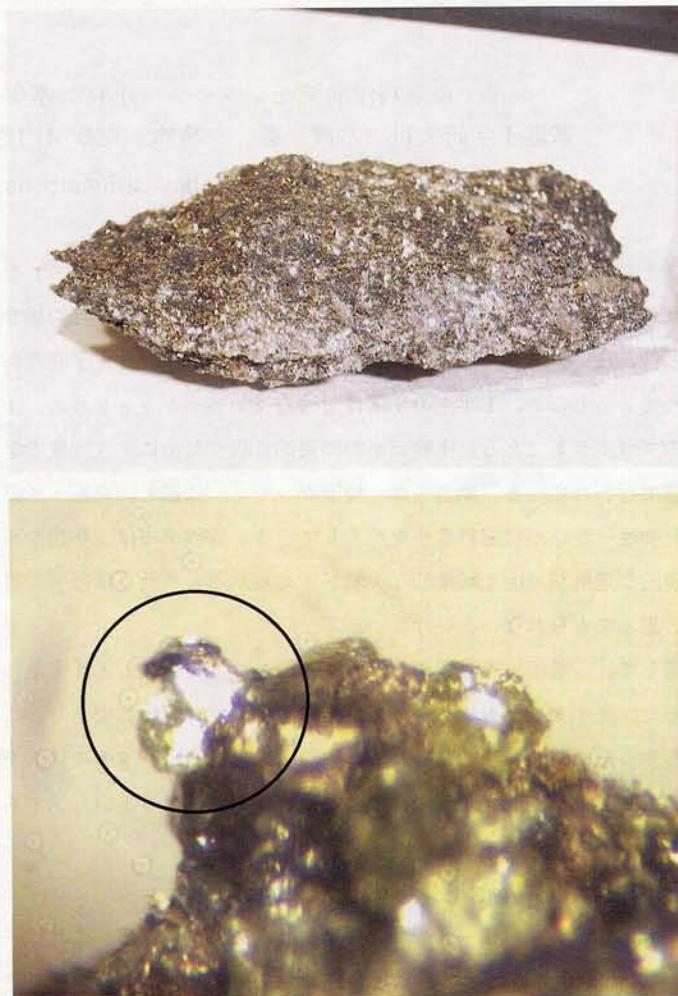


写真1 高圧・高温下で合成されたダイヤモンド。上は全体の写真。下は顕微鏡で観察した様子。0.2mm大のダイヤモンドが見える。

デモの後は工業的に合成されたダイヤモンドを見せる。窒素を含んでいるため黄色いダイヤモンドはとても美しいとは言えない。最近では天然ダイヤモンドをしおぐ純度のダイヤモンドも合成されている。実験の合間に、高圧殺菌されたフルーツゼリーの試食がある。通常高温で殺菌するものを高圧で行うために、天然の風味が感じられるという謳い文句である。こちらの方は実験デモと異なり直観的判断は個人に依存する。

このデモは準備が大変であるが、目の前でダイヤモンドができるのを見ることは十分に刺激的である。

2. 室温の氷（清水）

高圧発生にはDACを用いる¹⁾。これはヤクルトの瓶程度の大きさで、高圧実験と聞いて巨大な油圧装置を想像していた学生はまずこれに驚く。対向させたダイヤモンドに穴を開いた金属板をはさんで、上下から押して圧力を発生する。金属板に適当な穴をあけておくところまでは事前に準備しておく。

水の高圧下についての予備知識とDACの仕組みについて簡単な説明を行った後、デモンストレーションを行う。すべての準備を整えておくとデモはスムーズに行えるのであるが、そうするとどうも実験を見ているのではなく、手品でも見ているような気になるようである。試料とする水を学生自身で水道から汲ませてくるだけでも効果的で、実験に現実味がでるようである。水を金属板の穴にたらしておいて、ダイヤモンドを押しつける。ダイヤモンドは透明であるから高圧下の試料の様子を観察できる。ただ、試料空間（金属板の穴径）は0.3mm程度であるから、顕微鏡で観察することになる。加圧は弁当箱大の簡単なギヤのついた加圧台を用いて行われる。このシステムは通常の事務机の上に加圧台を置いて顕微鏡でのぞくという非常に手軽なシステムで、ビデオカメラが顕微鏡についていてみんなでTVモニターで観察する。加圧台のハンドルを回すとダイヤモンドが押しあげられて圧力が上がる。まず加圧していくと1万気圧程度で透明で一様であった試料室が急に氷の多結晶で埋まる。ここでわずかに減圧すると氷と水が共存する平衡状態を作ることができる。（図2）圧力をうまく調節して水の中に1個の単結晶が浮かんでいる状態をつくり、再び加圧するときれいな単結晶を成長させることができる。室温で本当に氷ができていること、1万気圧という圧力を実感してくれているかはこの時点では不明である。

この後は学生に実際に加圧装置を扱わせて氷の単結晶作りに挑戦させる。一人ずつ加圧装置のハンドルを握らせてやらせてみるが、ハンドルのあそびに苦労して教官のようにはなかなかうまくいかない。でも中には手先の器用な学生がいて上手に単結晶を作って自慢している。うまくいった学生は自分で作った氷の単結晶を写真にとってお土産にする。さて、次は暖めて氷を解かしてみようということで、DACを暖めてやると氷が大きくなることもあれば、やはり解けてしまうこともある。これは高圧セル

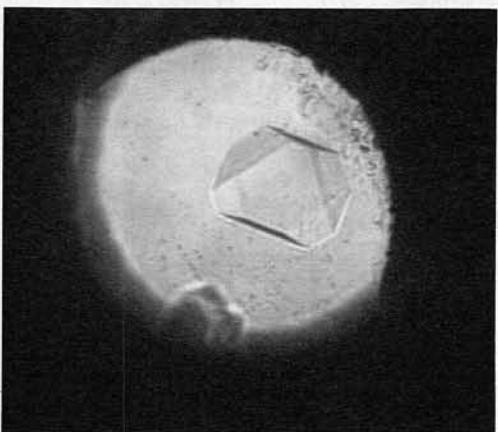
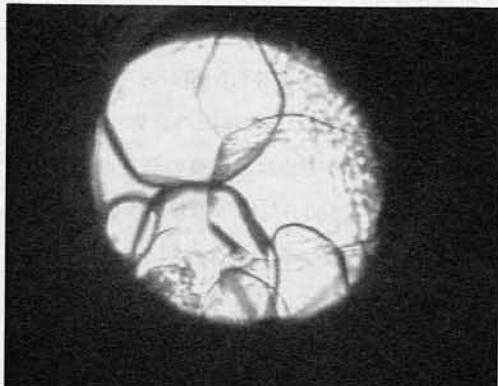


写真2 高圧下でできる室温の氷。上は加圧して多結晶ができた後、減圧して水と平衡状態にある様子。下はその一つを成長させて作った単結晶。

本体の熱膨脹による微妙な発生圧力の変化が原因であると思われる。学生は混乱しているが、何でどうかと考え込んでくれば、このデモは成功したことになるかもしれない。高圧下の氷は常圧のそれとは違って、水より密度が大きいので、DACを傾けてやると単結晶氷がコロンと下に落ちる様子が見れるはずであるが、光学系等の問題があつて現状では観測できない。今後の検討事項である。

DACで遊んだ後は本当の極限の世界を見てもらう。以前低温センターにより掲載した金属酸素である²⁾。金属酸素の実物は超伝導の発見以来3年になるが、現在も健在で（つまり抜けてなくなったりしていない）、100万気圧下の状態を顕微鏡でのぞくことができる。また、加圧による変化はビデオにおさめられていて、青い液体状態から固化、さらにオレンジ色、赤色、黒い酸素を経て金属光沢が現れるのが捕らえられている。現存のビデオはぶれが大きいために見ていて酔いそうになる。きれいなビデオを撮ることも今後の検討事項である。

講義後のアンケートの結果、どちらのデモも好評であるが、時間の関係で自分自身で行える部分が少ないのが難点であり、あまり教育的でない？（だから実験デモなのだが。）7人のうち食い入るようにノゾキこんでいる学生が2人、教官の熱意をよそに何食わぬ顔で後ろの壁にへばりついている学生が2人、その中間でモゾモゾしている学生が3人といった具合である。モゾモゾしている学生がもっと積極的に実験デモに参加してくれれば成功だと思うのだが、なかなか難しい。

参考文献

1. DACについては以下の解説に参考文献がある。
天谷喜一：低温センターにより No.75 15.
石塚 守：低温センターにより No.88 5.
2. 超高圧下酸素の超伝導 低温センターにより No.104 10.