

高大連携通信

発行 兵庫県立神戸高等学校新学科検討委員会
第14号 平成14年(2002年)10月28日(月)

10月30日(水)は工学部化学科から「高圧力の科学と技術」(田中嘉之教授)だ!
超高压状態とは何気圧? 超高压技術とは? 人工ダイヤモンドの話があるかも?

10月30日(水)は、高大連携も第3回目(ガイダンスを除く)になります。工学部から第3弾「高圧力の科学と技術」(田中嘉之教授)です。化学科の所属の田中先生ですが、どのような話になるのでしょうか? タイトルが高圧力の科学だから、地下深くでどのようなことが起こっているのかなどの物質の状態¹を調べる研究かもしれません。ダイヤモンドは炭素だけからできているのですが、黒い炭とはまったく違います(高压、高温の地球内部のマントルで作られたとされている)。しかし、燃やせばどちらも二酸化炭素になってしまいます。人工ダイヤモンド(工業用ダイヤモンド)は高温高压状態の元で炭素を結晶化させて作っています。日常の常圧(1気圧)の科学とは違った世界があります。水素も金属状態になり電気を通すようになるなどが知られています(木星の内部は金属水素になっている)。

高压状態での物質を調べるには、高压を発生させる装置(超硬アンビル²とプレス装置³)とX線⁴回折装置などが必要です。超高压状態を長時間続けることは難しいのでX線の強度は強い方が有利(短時間で観測できるから)です。また、高压発生装置の超硬アンビルはX線を透過物質(原子番号の小さい物質)が望ましいので、理想はダイヤモンド製(非常に高価ですが)であれば好都合です。兵庫県西播磨にある世界最大の規模を誇る放射光⁵施設「スプリング8⁶」はX線の強度が非常に高く有力な研究施設です(全国の研究機関(大学、企業など)から利用され、当然、神戸大学も各学部の研究室が使っています)。たぶん、その話も必ず出てくると思います。

「X線回折装置って何をする装置ですか?」それは原子面間の距離を測るために使うのです。原子面間の距離から結晶構造を決定(詳しく知りたい人は、「X線解析学」、「ブラッグ反射の条件⁷」など参照)し、結晶構造や分子構造を調べるのです。この技術は生物系(薬学など)でも有力な研究手段(薬効成分の構造を知るため)として、多くの分野で利用されている。これは波の干渉という物理の知識を使った技術で、波長の大きさ程度⁸のものまで分析できます。通常の可視光線(波長が1マイクロメートル(10⁻⁶メートル)程度)を使う光学顕微鏡では、観察できるのは波長サイズの細菌(約1マイクロメートルの大きさ)までだ。しかし、原子間の距離は0.1ナノメートル(10⁻¹⁰m)程度ですから普通の光では無理です。X線の場合は、波長が原子サイズより短いものがあるので、観測できるサイズは、原子サイズでもOKだ。だから、原子の結合状態の観測が可能になる(結晶構造が観測できる)。

¹ 物質の三態(固体、液体、気体)のほか、固体の中でも、温度、圧力により結晶構造が複数存在する。例えば、鉄は、常温では体心立方格子(b.c.c)構造で磁石の性質を持つ(強磁性体)であり、磁石に引き付けられるが、数100度以上になると結晶構造が面心立方格子(f.c.c)構造に変わり磁石の性質を失い、磁石に反応しなくなる。このような結晶構造の変化を利用したデータ記録方式にMO(光磁気記録方式)がある。(CDやDVDの仕組みや、CD-R/RW、DVD-R/RW/RAMなどのデータ記録の原理などを調べてみよう)

² 圧縮するときの型枠のようなもの。数個の非常に硬い物質パーツで構成される。通常はタングステンカーバイドなどでつくられる。

³ 水圧、油圧を利用して超硬アンビルをまわりから押し付ける装置。「パスカルの原理(調べてみよう)」を利用して大きな力を発生させる。

⁴ 波長の非常に短い電磁波(光の仲間)である。X線は、高電圧で電子を加速し、高融点金属でできた陽極に衝突させると発生する。健康診断(レントゲン)などで利用するほか、研究分野において結晶構造解析に利用されている。

⁵ 電子が加速度を持って運動するとき、運動の接線方向に電磁波(光)を放出する現象をいう。通常のX線発生装置よりはるかに強いX線が得られる。通常のX線発生装置では長時間かかる実験が秒単位で終わるなど、飛躍的に能率が上がる(研究のスピードアップ)。

⁶ 世界トップクラスの放射光施設。直径500mの電子蓄積リングを備えた巨大なX線発生装置。大学、企業の研究機関が利用している。(詳しい資料は <http://www.spring8.or.jp/> 参照のこと。施設の説明や研究成果などが数多く紹介されている)

⁷ 結晶にX線を当てると特定の方向に強く反射する。1912年、ブラッグ父子(英国)がこの反射条件 $2d \sin \theta = m\lambda$ を見つけた。これにより、原子サイズの物質の構造がわかるようになる。(詳しくは物理、化学の先生に聞いてください。)

⁸ 大規模集積回路(LSI)製造でも同様の制限が生じます。最新のコンピュータチップはその集積度が急速に高まり、LSIの微細構造の基本単位がまもなく0.1マイクロメートル以下領域に入る時期を迎えています(現在の最小サイズは約0.1マイクロメートル強)。LSI製造には現在紫外線を利用しているが、より短い波長の紫外線光源が必要になります。半導体製造現場でも、サブミクロン(10分の1マイクロメートル単位)加工技術から、最近話題のナノテクノロジー(100ナノメートル=0.1マイクロメートル)の領域へ移りつつあります。LSIの性能は回路のサイズを小さくするほど高性能(高速、低消費電力)になることが分かっている。(詳しく知りたい人はインターネット検索で調べてください。各検索サイトで、キーワード「LSI」、「微細加工技術」などを入力するとよい。)