

水素をため込む、ふしぎな金属

金属と水素吸蔵合金

[直接関連する項目] 化学基礎「金属と金属結合」
化学基礎「化学と人間生活」
科学と人間生活「物質の科学 金属」

金属は、装飾品、生活用品、建築材料などに使われ、私たちの生活にもっとも身近な材料のひとつです。そんな金属の仲間に、水素のような気体を大量に「ため込む」ことができるものがあります。それは、「化学のちから」により、異なる性質の金属が組み合わせられることで可能になったのです。

生活の中にあるさまざまな金属

金属はさまざまところで私たちの生活を支えています。たとえば、以下のようなものが挙げられます。

鉄：釘、金づち、針金、建築物の鉄骨、自動車・鉄道車両・船舶の構造材料

アルミニウム：飛行機の機体(ジュラルミン：アルミニウムの合金)、高圧電線、飲料缶、食品包装材料(レトルト食品などに用いられる銀色のもの)

ニッケル：自転車・水道蛇口・流し台などのステンレス(クロムとニッケルを含む鉄合金)

硬貨(50円硬貨・100円硬貨は白銅(銅とニッケルの合金)、500円硬貨はニッケル黄銅(銅、亜鉛、ニッケルの合金))

銅：電線、10円硬貨(青銅：銅とスズの合金)、金管楽器(真ちゅう(英語でbrass):銅と亜鉛の合金)

銀：食器、電子部品、装飾品

金：電子部品、装飾品



これらのほかにも、金属は電気製品や自動車の部品など、広く利用されています。このようにさまざまな場面で利用できるのは、金属が取り扱いやすく有用な性質をもつためです。また、金属は1元素のみでも特徴ある能力を示しますが、上の例からもわかるように、複数の金属元素を組み合わせた「合金」になることによって、優れた能力を発揮するようになります。「水素を大量にため込む」という性質も、その能力のひとつです。

近年、水素が新しいエネルギー源として注目されています。酸素と化学反応させて電気をつくる(燃料電池)、燃焼させてエンジンを動かすなどの利用について研究が進められています。いずれの利用も水蒸気しか発生しないので、環境負荷が少ないという特徴があ

ります。ただし、水素は常温常圧では気体なので、貯蔵を工夫する必要があります。この水素を安全に貯蔵することができる材料のひとつが、先に述べた合金の仲間である「水素吸蔵合金」です。

水素をどこにため込む？

すべての物質は、原子が集まってできています。それらの原子は、ただ集まるだけでなくお互いに「結合」しています。結合の様式は、水素分子のように2つの原子が結びついている場合もあれば、金属のように非常に多くの原子がくっついてかたまりになっていることもあります。

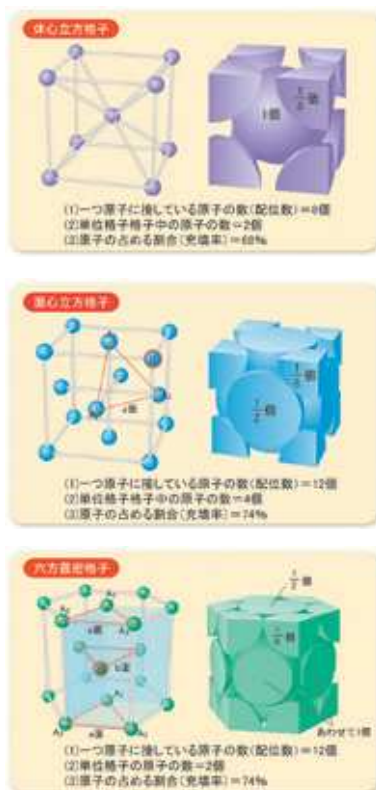


図1. 体心立方格子 (bcc)、面心立方格子 (fcc)、六方最密構造 (hcp) の図

提供元：(独) 科学技術振興機構「理科ねっとわーく」
<http://rikanet2.jst.go.jp/>

金属のかたまりは、金属原子が無秩序に集まってできているわけではありません。図1に示すように、規則正しい構造をつくっています。代表的な構造は体心立方格子 (bcc)、面心立方格子 (fcc)、そして六方最密構造 (hcp) です。それぞれの構造には空隙があり、そこに水素原子は入ることができます。

水素の吸蔵と放出をコントロールするには

金属に水素 (H₂) が取り込まれる反応を化学反応式で表わすと、以下のようになります。



この反応は、矢印が右だけでなく左にも向いていることが示すように、逆向きにも進むことができる「可逆反応」です。水素 (H₂) は原子 (H) に解離して金属に取り込まれ、その結果、体積は大きく減少します。そこで、平衡移動の原理 (ルシャトリエの原理) により気体水素の圧力を上げることでこの反応を右に進めること、すなわち水素を金属中に吸蔵させられることがわかります。逆に圧力を戻せば水素を放出させることができます。また、Qは水素が取り込まれるときに発生する熱エネルギーを表します。従って、水素の吸蔵・放出では熱のコントロールも重要になります。室温・大気圧付近の穏やかな条件で多くの水素が出し入れできるよう開発された合金が水素吸蔵合金です。

水素吸蔵合金の応用例

金属の性質をうまく利用してつくられた水素吸蔵合金は、ボンベのような高圧でなくても安全に水素を蓄えることができるため、水素と酸素を結びつけて発電する燃料電池など

への活用が期待されています。

1990年に市販が開始された、二次電池（充電可能な電池）であるニッケル水素電池では、合金が水素を吸蔵放出する能力が応用されています。これは、水素のかたちで多くの電気を蓄えられることから、ハイブリッド自動車などに使用されています。

水素吸蔵合金は、活用のしかたを工夫することにより、さまざまな場所で応用されるようになると考えられます。また、より性能のよい水素吸蔵合金の開発も進むでしょう。それらはすべて、「化学のちから」によって生み出されるのです。

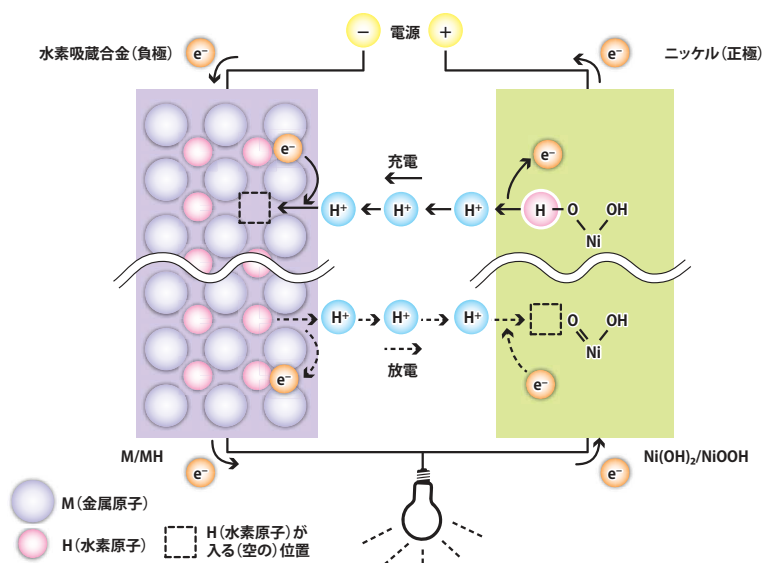


図2.ニッケル水素電池の充放電反応モデル

問題1

水素吸蔵合金LaNi₅の水素吸蔵量は、合金1g当たり、標準状態(0℃、1.013×10⁵Pa)で157mLです。この水素の質量は水素吸蔵合金の質量(1g)に対して何%になるか計算してみましょう。

問題2

水素吸蔵合金の場合、上記化学反応式のQは正の値をとります。つまり水素吸蔵反応は発熱反応です。このことを利用し、温度制御で水素の吸蔵・放出を行うこともできます。水素吸蔵合金中の水素を放出させるためには温度を上げればよいでしょうか、下げればよいでしょうか。平衡移動の原理に基づいて考えてみましょう。

問題3

体心立方格子、面心立方格子、および六方最密構造のうちでどの構造が多くの水素を吸蔵する可能性を秘めているか考えるとき、どのような構造的特徴に着目すればよいでしょうか。

問題4

結晶構造がわかっている金属の原子半径や密度から原子量を求めることができる。着目する金属の密度を d 、原子半径を r 、アボガド定数を N_A とする。また、原子は球であるとし、結晶内では最も近くにある原子どうしが接しているとする。金属の結晶が体心立方格子をとる場合、単位格子の一边は(ア)である。このとき、単位格子あたりの原子の数は(イ)個であるので、この金属の原子量は(ウ)となる。また、金属の結晶が面心立方格子をとる場合は、単位格子の一边は(エ)である。単位格子あたりの原子の数は(オ)個であるので、この金属の原子量は(カ)となる。

問1 空欄(ア)と(エ)にあてはまる数式を、次から選んで答えなさい。

$$\frac{\sqrt{2}}{4}r \quad \frac{\sqrt{3}}{4}r \quad \frac{1}{2}r \quad r \quad \frac{4\sqrt{2}}{3}r \quad \frac{4\sqrt{3}}{3}r \quad 2r \quad 2\sqrt{2}r \quad 2\sqrt{3}r \quad 4r$$

問2 空欄(イ)と(オ)にあてはまる数字を答えなさい。

問3 空欄(ウ)と(カ)にあてはまる数式を、次から選んで答えなさい。

$$\frac{1}{8}N_A d r^3 \quad \frac{1}{4}N_A d r^3 \quad \frac{1}{2}N_A d r^3 \quad N_A d r^3 \quad \sqrt{2}N_A d r^3 \quad \frac{8\sqrt{3}}{9}N_A d r^3 \quad 2N_A d r^3$$

$$2\sqrt{2}N_A d r^3 \quad \frac{16\sqrt{3}}{9}N_A d r^3 \quad 4\sqrt{2}N_A d r^3 \quad \frac{32\sqrt{3}}{9}N_A d r^3 \quad 8\sqrt{2}N_A d r^3 \quad \frac{64\sqrt{3}}{9}N_A d r^3$$

(神戸大学2012年前期日程入試問題の一部を改変)

問題5

問題4をもとに、体心立方格子、面心立方格子の空隙の体積率はそれぞれ32%、26%であることを、計算式を示して説明してみましょう。

答え1 1.40%

答え2 上げればよい

答え3 空隙の体積率

答え4

問1	ア	$\frac{4\sqrt{3}}{3}r$	エ	$2\sqrt{2}r$
問2	イ	2	オ	4
問3	ウ	$\frac{32\sqrt{3}}{9}N_A d r^3$	カ	$4\sqrt{2}N_A d r^3$

【参考文献】.....

- 1) 水素エネルギー協会 編「水素エネルギー読本」オーム社 2007年1月発行
- 2) 梅尾 良之「新しい電池の科学—高性能乾電池から燃料電池まで」講談社 2006年9月発行
- 3) 産業技術総合研究所 水素材料先端科学研究センター <http://unit.aist.go.jp/hydrogenius/ci/hydrogen/index.html>



企画・編集 公益社団法人新化学技術推進協会 GSCN普及・啓発グループ 〒102-0075 東京都千代田区三番町2 三番町KSビル2階
TEL: 03-6272-6880 FAX: 03-5211-5920 E-mail: info@jacli.or.jp URL: <http://www.jacli.or.jp>
協力 株式会社リバネス