

最新科学情報ポッドキャスト番組
ヴォイニッチの科学書



2012年12月29日
Chapter-425
2012年総集編 世界が驚いた日本の材料科学

<http://www.febe.jp/>

<http://obio.c-studio.net/science/>

配付資料

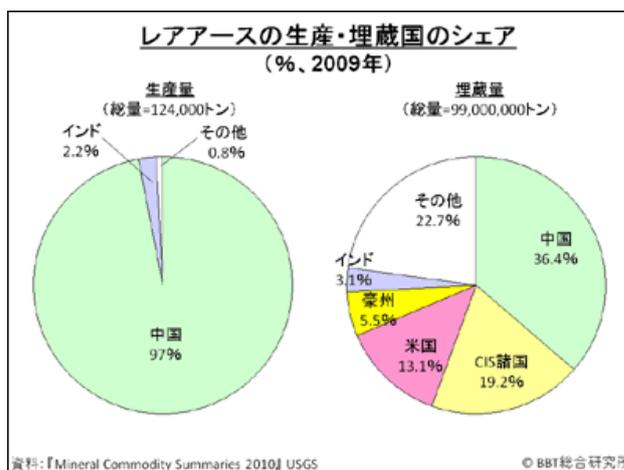
これまでは材料と言え、量が多くて安価なもの、発展途上国において採掘してくるもの、巨大な工場で作出すもの、というイメージが多かったと思います。もちろん、今でもそのような材料はあらゆる製造業の基本として重要です。

ところが、それらを研究する材料科学の最先端は全くイメージが違っています。知識の集大成と言われ、世界でもごく限られた国でしか作ることのできない医薬品、航空宇宙産業に今や、材料産業が加わり、材料メーカーは多くの先端科学技術力を持つに至りました。特に、日本の材料科学技術は世界のトップにあります。

特に2011年から2012年にかけては、日本の産官学がある時は独自に、ある時は一致協力して世界が驚くような発明を次々に行い、しかもそれらが相次いで実用化されています。

そのわかりやすい例がレアアース¹です。レアアースはその他の多くの貴重資源同様に地球上で採掘される場所が著しく偏っています。埋蔵量でいえば世界の3割が中国にあります。採掘コスト

も考慮した商業上の問題児で事実上、世界のほぼ全量が中国産でした。これが2009年頃までの話です。



2

ところが2010年に日本海において中国漁船衝突事件が起き、中国は日本への制裁措置としてレアアースの輸出制限をかけました。もちろん、少なからぬ打撃を日本のメーカーは受けたことには間違いありませんが、意外なことに現在ではむしろ中国のレアアース業者が日本メーカーに頭を下げてレアアースの調達量を増やして欲しいと頼む事態になって、当初中国が予想していた結果とは全く逆になってしまいました。

2

<http://www.lt-empower.com/koblog/viewpoint/892.php>

¹ 希土類元素

rare earth element

周期表3族に属するスカンジウム、イットリウム、ランタン、セリウム、プラセオジウム、ネオジウム、プロメチウム、サマリウム、ユウロピウム、ガドリニウム、テルビウム、ジスプロシウム、ホルミウム、エルビウム、ツリウム、イッテルビウム、ルテチウムの17元素に与えられた名称。

[ブリタニカ国際大百科事典 小項目版 2009]

もちろん、日本が世界中の国々と友好的な関係にあって、アメリカや南アフリカなどに調達先をシフトすることができ、さらに多くの国々が日本へ出荷するために新たなレアアース鉱山を次々に開発したという政治的・ビジネス的な面があったのは事実です。ですが、忘れてはならないのは日本の材料科学技術力です。

もともと、輸入に頼らなければならないレアアースが高性能モーターや磁石の価格をつり上げていたことは事実だったので、代替材料の研究は古くからコツコツと続けられていたのですが、それがここ数年で一気に開花し、レアアースをより安価に場合によっては国内で調達できる材料から作り出した、世界にこれまで存在していなかった新材料で置き換えることに成功したことになります。



材料と言ってもレアアースやレアメタル⁴だけで

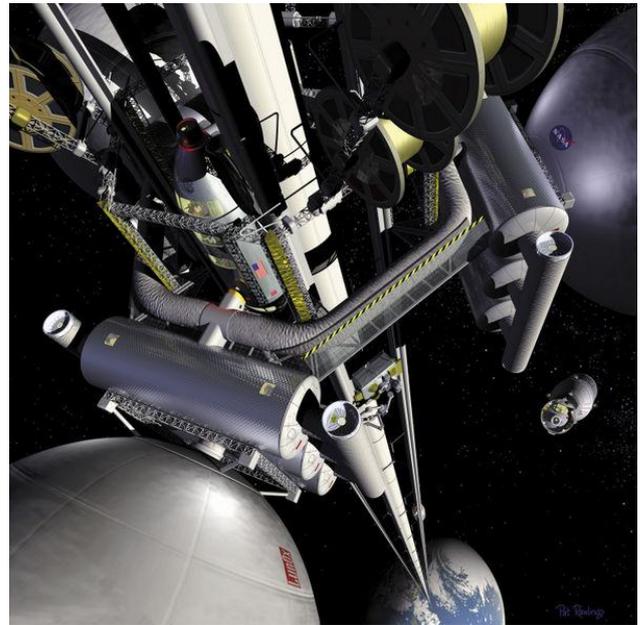
³ プリウスに搭載されているレアアースを使用した高性能モーターのカットモデル

<http://nenpihikaku.blog103.fc2.com/?no=25>

⁴ レア - メタル 【rare metal】

天然の存在量が少なかったり、品位の高いものを得にくかったりする金属。技術開発の素材として注目される。リチウム・チタン・バナジウム・ク

はないですね。こちらで発明された日本のお家芸、カーボンナノチューブですが、非常に軽くて強靱なので軌道エレベーターのケーブルに使える、なんていう話は有名ですが実用化はまだ先の話です。ソニーが長いカーボンナノチューブを毛を生やすようにして作り出す技術を開発しましたが、そのような基礎研究とは別に実用化も進んでいるようです。



独立行政法人海洋研究開発機構が民間企業と協力して、水深 4000m の高圧環境下で使用可能な高分子樹脂系表面処理剤及びそのコーティング方法を開発しました。次世代の深海用機器への搭載を目指しています。4000メートルも潜る深海用機器は非常に高い水圧に耐えなければならないため、機器の表面をコーティングする材料として高分子樹脂とカーボンナノチューブの複合材料を開発したということです。

ロム・マンガン・コバルト・ニッケル・ガリウム・ジルコニウム・ニオブ・インジウムなど。希有金属。希少金属。

[株式会社岩波書店 広辞苑第六版]

現在、耐圧容器によく使用されているのはアルミニウム系材料に表面処理を施したのですが、柔軟性が弱いため深海での繰り返し使用による膨張と収縮によって亀裂が入ったりするなどの問題を抱えています。そこで、いろいろな代替材料の研究をした結果たどり着いたのがカーボンナノチューブだったということです。



5

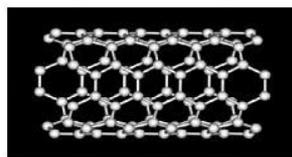
カーボンナノチューブは炭素だけでできた新規な構造体ですが、その他にグラフェンがありますね。炭素だけでできた原子1個分の厚さしかないシートです。グラフェンは透明でかつ電導性という、最新のガジェットにいろいろと使えるような性質を持っている材料です。

東北大学の研究者らがグラフェンを使ってナノスケールのサンドイッチを作ってみました、ってことなんですが、具材はカルシウムだそうです。このようなグラフェンの間に元素を挟んだ物質を作ったのは世界で初めてのことなのですが、黒鉛のシートの中にカルシウムのような金属元素を挟んだ材料はすでに電極などで実用化されていて、低温で電気抵抗がゼロになる性質を持ちます。

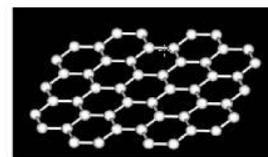
5

http://www.jamstec.go.jp/j/about/press_release/20121127_2/

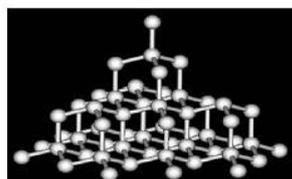
黒鉛を極限まで薄くしたのがグラフェンですので、同様の現象が再現できるとすれば、金属元素の出入りが黒鉛よりもはるかに高速・高効率で行うことができるはずですので、超高性能なマイクロバッテリーや電気抵抗ゼロの電子デバイスに応用できる技術です。



カーボン・ナノチューブ



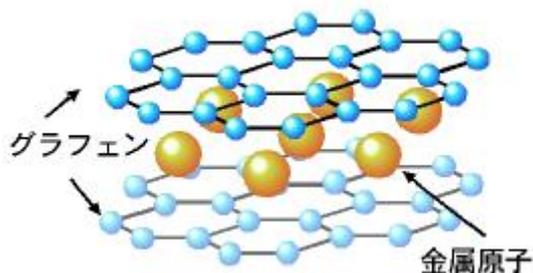
グラフェン



ダイヤモンド

カーボン材料をエレクトロニクスに活用する代表的なカーボン材料の原子配列を示した。

6



グラフェンは炭素ですが、その性質は電気を非常に良く通す金属材料の性質を示しています。一方で、純粋な金属材料の研究も進んでいて、今話題なのは「ナノメタル」です。ナノメタルは先端技術であるナノテクノロジーを駆使して金属材料の性能を大幅に高める技術です。

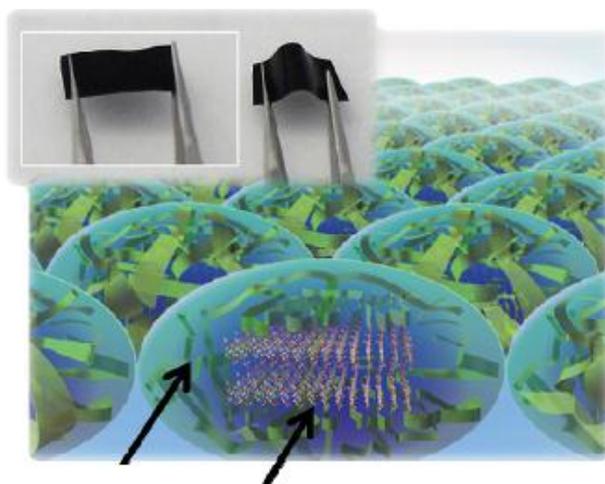
金属材料と言えば、溶かした金属を方に中にドボドボ入れたりするイメージがありますが、ナノメタルでは原子レベルで金属の原子配列を制御し

6

<http://blog.goo.ne.jp/fukuchan2010/e/63d62ce62a655879be54d4c6b9fc529a>

ようということです。たとえば、JFE スチールはタン、炭素、モリブデンを成分とするナノ粒子分散高強度鋼板を製品化して自動車部品に使われているのですが、溶けた金属を冷やして固めるときに工夫をして 3 ナノメートルの粒子を規則正しく並べたところ、強度が 2 倍に上昇し、この金属を使用することによって車体の軽量化に成功したと
言うことです。

また、この結晶をナノサイズに小さくして制御するという技術は金属だけではなくて、樹脂にも応用されています。東北大学などの研究チームは電気を通す高分子フィルムをナノテクノロジーで高性能化する実験に成功しています。



コアを形成している
整列したPEDOT分子
(ナノ結晶状態)

導電性高分子フィルムは、軽量で折り曲げることができ、製造コストが低いので、パソコンのディスプレイなどの材料用途向けに研究が進んでいます。高性能にもかかわらず研究段階にとどまっていたのは、フィルム作製方法の違いにより電気の流れやすさが 1000 倍も変わってしまうこともあったためです。そこで、これらの材料を大型放射光施設 SPring-8 の X 線で構造解析したところ、

電気を良く通すものと通さないものではナノ結晶構造に違いがあることがわかりました。

そこで、フィルムの作製方法を改良しサイズの大きなナノ結晶を規則正しく並べるようにしてフィルムを作成したところ、電気伝導性が飛躍的に向上することが明らかになり、樹脂にもかかわらず金属材料と同等になりました。

材料の性質と言えば、強度や電気伝導度がまず着目されますが、産総研が開発した新材料は面白くて、紫外線をあてると液体になって、可視光を当てると固まるせいしつを持っています。しかも、これを何度も繰り返すことができるのです。加熱せずに光だけで液体、固体に変わる材料は世界初です。有機質の糖アルコールと石油化合物を組み合わせた液晶性物質ですが、0 度から 60 度までの私たちの生活環境の温度領域で使用できますので、何度でも使える光制御接着剤を作ることができそうです。

ちょきりこきりヴォイニッチ
今日使える科学の小ネタ

▼レアメタルを使わない有機 EL

九州大が医学の研究者らがレアメタルを使わない有機 EL の開発に成功しました。これまでとは異なるあたらしい発光の仕組みを発明したもので、イリジウムや白金を使わないのが特徴です。同様の発想はこれまでにも研究されていましたが、レアメタルを使わない有機 EL は発光が弱く暗いので実用化されていませんでした。

また、液晶パネルも電極にインジウムとスズの酸化物を使っていますが、高知工科大学などの研究でレアメタルのインジウムを使わない液晶パネルの技術が開発されています。

▼レアメタルを使わないチタン

チタンは高級カメラの外装に使われるなどしますが、極めてさびにくく軽いという特徴があります。ところが、チタンを産業用途に使おうとすると、純粋なチタンは強度が不足するため、モリブデン、ニオブ、ジルコニウムのようなレアメタルを加えて化学プラントや発電所の配管などに使っています。



7

大阪大学が原料の水素化チタンの粉末に、酸化チタンを混ぜて押し固め、セ氏 900 度で焼くという方法を発見し、この方法でレアメタルを使わずにチタンに強度を持たせ、しかも、製造コストを 3 割下げることになりました。

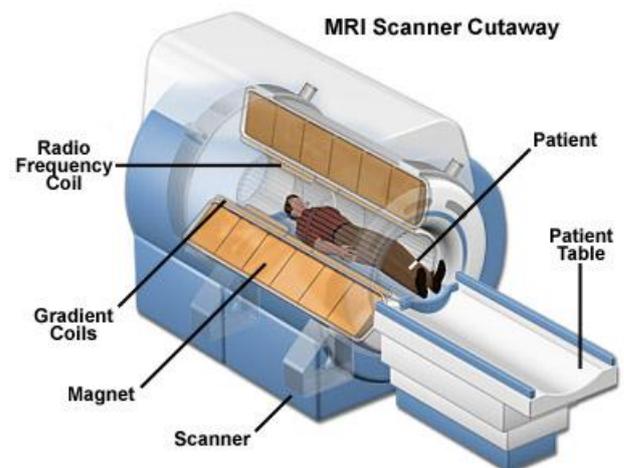
▼ヘリウムガスを使わない MRI

さて、ヘリウムガスが不足しているという話題を先週紹介しましたが、これは風船が買えなくなるだけではなく、MRI のような先端医療機器は冷却剤としてヘリウムを使っているために、医療にも影響が出かねない状態でした。ヘリウムはそのほとんどを輸入に頼っているのですが、半導体の製造にも使用されるため、中国における半導体生

7 外装にチタンを使用した 35mm フィルム一眼レフカメラ、ニコン F3T

産量の急増に伴ってヘリウムの消費も急増し世界的な不足状態に陥っていると言われていました。

だったらヘリウムを使わない材料を作ればいいじゃない、ということで東京大学の研究者らが MRI のヘリウムを不要にする強力な超電導磁石を開発しました。これはマグネシウム化合物を使った磁石で、高性能磁石の代表とされるネオジム磁石の 7 倍以上の性能を持ち、しかも冷凍機で冷やすことがかのような絶対温度 20 度で超伝導状態になりますので、ヘリウムを使って絶対温度 9 土井化まで冷やさなければならぬ既存の MRI 用の磁石と交換して使用すれば冷却用ヘリウムが不要になります。



8

上は MRI の構造模式図です。黄色い部分が超電導磁石で、この巨大な磁石を超伝導状態にするために大量のヘリウムが使用されています。ヘリウムは融点 -272.2°C (26atm)、沸点 -268.9°C 、臨界温度 -268.0°C 、しかも他の物質と化学反応を起こさないため超低温での科学研究には欠かせない冷却剤です。

8

<http://www.magnet.fsu.edu/education/tutorial/magnetacademy/mri/fullarticle.html>