

くらしの化学2010

7月12日

4章 金属

5章 宝石とレーザー

6章 セラミックスとアモルファス物質

Ⅲ 環境と物質

13章 大気汚染と酸性雨

14章 オゾン層の破壊と地球の温暖化

15章 水質と土壌の汚染

(社)日本アルミニウム協会 <http://www.aluminum.or.jp/>

その他、いくつかのサイトから引用しました。

独立行政法人 科学技術振興機構 理科ねっとわーく <http://www.rikanet.jst.go.jp/>

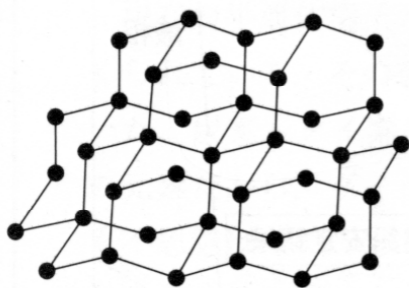
のデジタルコンテンツ「光でつながる科学」を利用しましたが規程によりホームページへの掲載はできません。

1

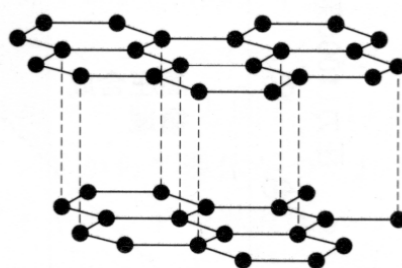
5.1 ダイヤモンドと黒鉛

同素体とは、同じ元素から構成されるが、結晶構造(原子配列)・結合様式が異なる単体同士の間をいう。同素体同士は化学的性質、物理的性質ともに異なる。

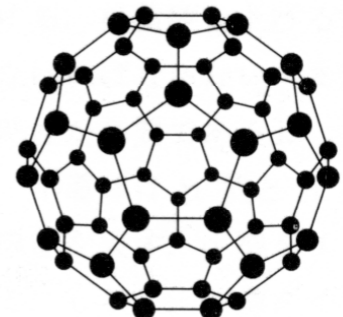
炭素の主な同素体にはダイヤモンドとグラファイト(黒鉛)がある。ダイヤモンドは炭素原子同士が正四面体格子状に配列した分子構造をとっているが、グラファイトは六方格子同士が層状に重なった構造をとっており、前者は電気を通さないが後者は電気伝導性がある。



ダイヤモンド



黒鉛(グラファイト)



フラーレン

図 5.1 炭素だけからなる化合物の構造

2

表 5.1 宝石の化学式と性質

宝石名	鉱物名	化学式	色	屈折率	モース硬度
ダイヤモンド	ダイヤモンド	C	無色	2.42	10
ルビー	鋼玉	Al ₂ O ₃ (Al→Cr)	赤	1.77	9
サファイア	鋼玉	Al ₂ O ₃ (Fe, Ti)	青	1.77	9
エメラルド	緑柱石	(Be, Al, Si, O)	緑	1.57	7.5
アクアマリン	緑柱石	(Be, Al, Si, O)	青	1.57	7.5
水晶	石英	SiO ₂	無色	1.54	7
(参考)	炭化ケイ素	SiC			9.5
	ナイフの刃				6.5
	板ガラス				5.5



ダイヤモンド



ルビー



サファイヤ



エメラルド



アクアマリン



水晶

5.8 レーザー

レーザー(laser)とは、光(電磁波)を増幅し、コヒーレントな光を発生させる装置(レーザー装置)またはその光(レーザー光)をさす。レーザー光は指向性や収束性に優れており、また、発生する電磁波の波長を一定に保つことができる。レーザーの名は、Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation(輻射の誘導放出による光増幅)の頭字語(アクロニム)から名付けられた。

レーザー光は、可視光領域の電磁波であるとは限らない。紫外線やX線などのより短い波長、また赤外線のようなより長い波長のレーザー光を発生させる装置もある。ミリ波より波長の長い電磁波のものはメーザーと呼ぶ。

レーザー光の特徴

①波長と位相が一定である.

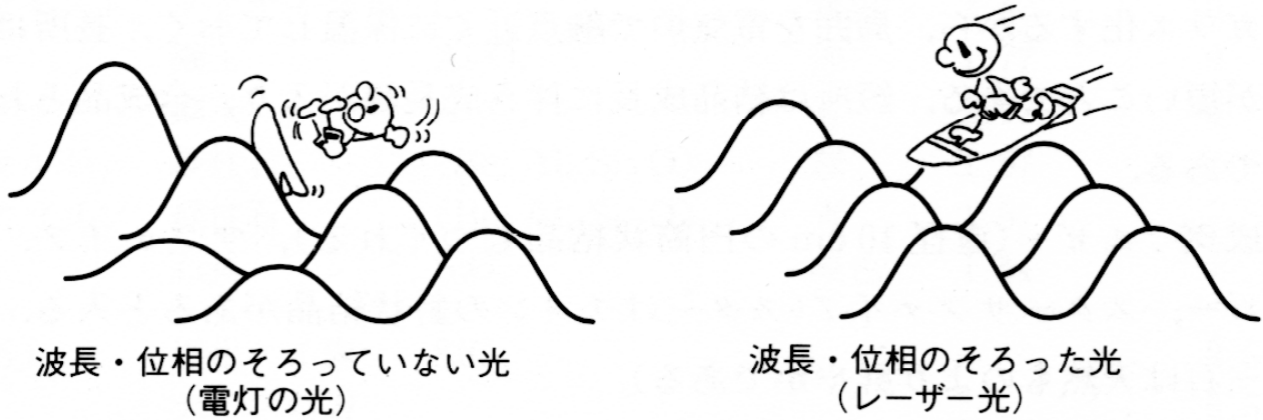


図 5.3 レーザーは波長と位相のそろった光である

5

レーザー光の特徴

②光が広がらずに平行光線として一定方向に放射される.

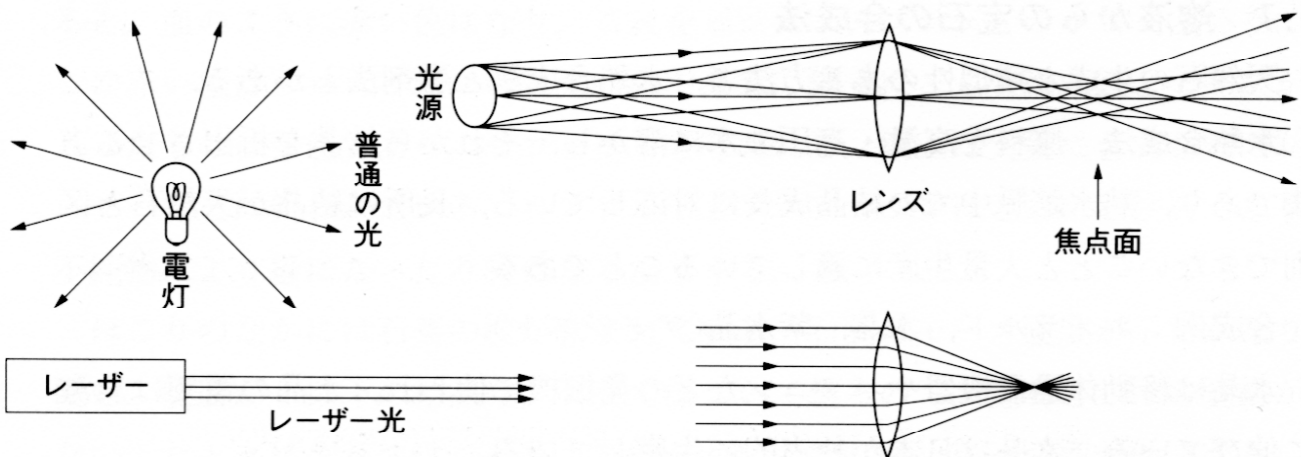


図 5.4 普通の光とレーザー光

6

レーザーの原理①

レーザー発振器は、キャビティ(光共振器)と、その中に設置された媒質、および媒質をポンピング(電子をより高いエネルギー準位に持ち上げる)こと)するための装置から構成される。キャビティは典型的には、2枚の鏡が向かい合った構造を持っている。波長がキャビティ長さの整数分の一となるような光は、キャビティ内をくり返し往復し、定常波を形成する。

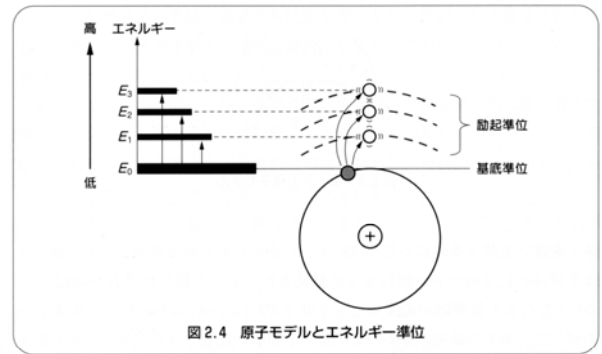


図 2.4 原子モデルとエネルギー準位

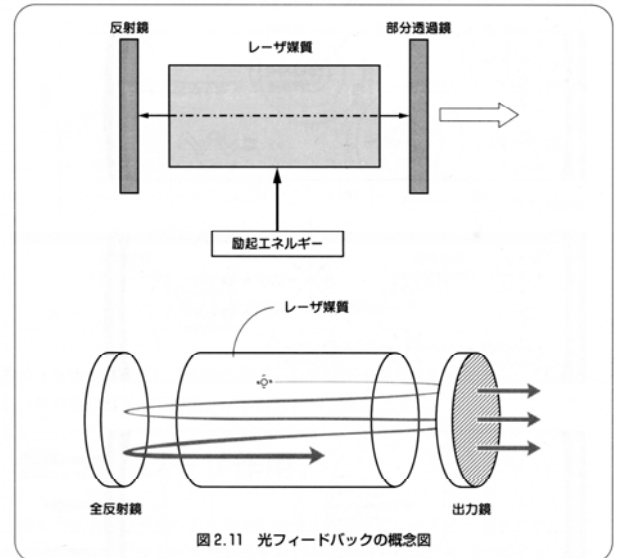


図 2.11 光フィードバックの概念図

7

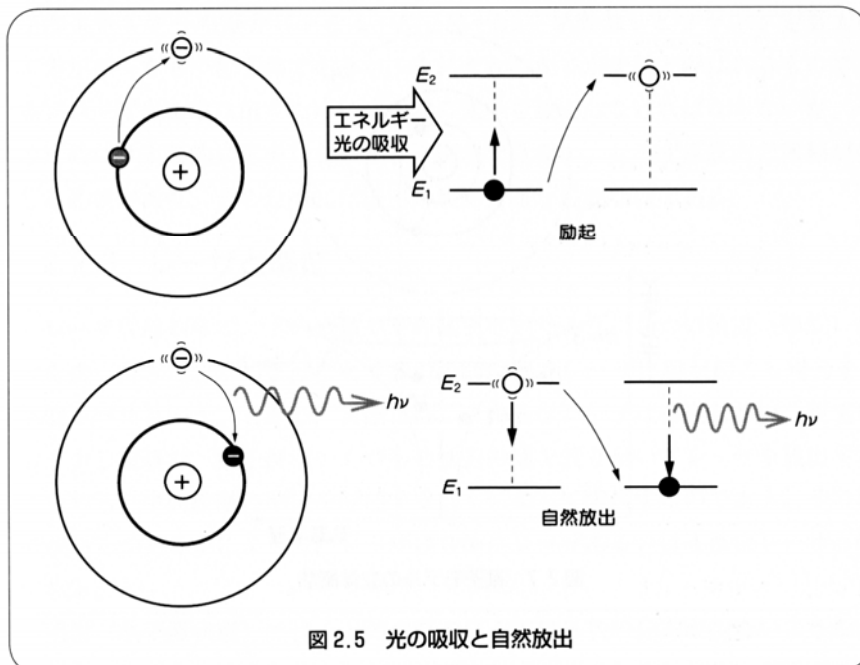


図 2.5 光の吸収と自然放出

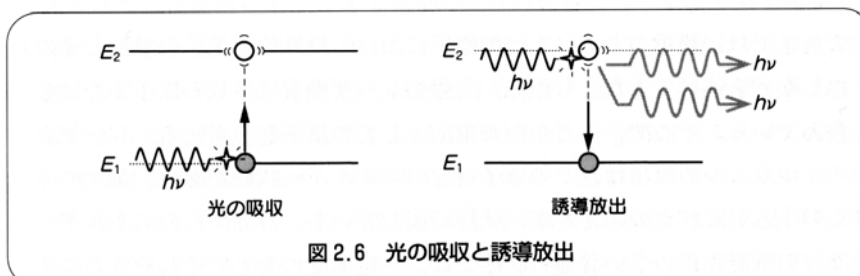
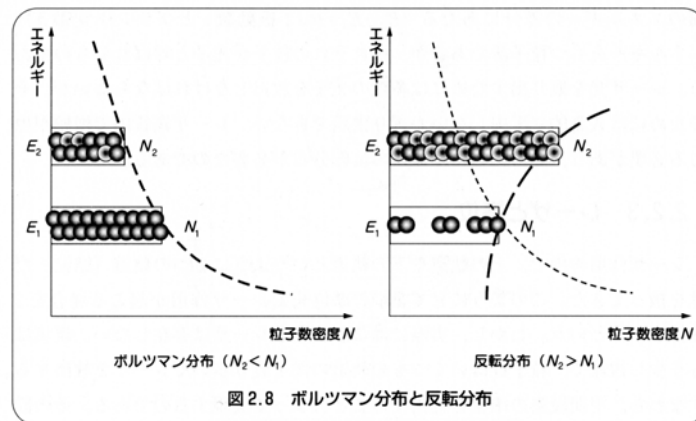


図 2.6 光の吸収と誘導放出

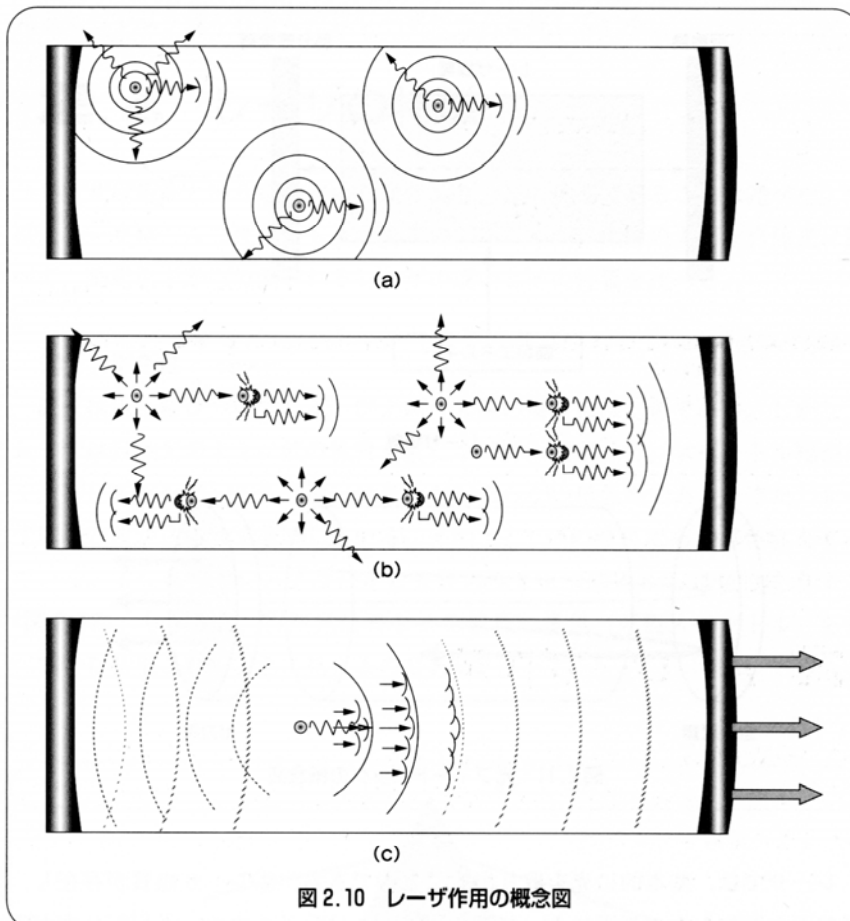
8

レーザーの原理②

媒質はポンピングにより、吸収よりも誘導放出の方が優勢な、いわゆる反転分布状態を形成する。すると、キャビティ内の光は媒質を通過するたびに誘導放出により増幅され、特に光がキャビティに共振し定常波を形成している場合には再帰的に増幅が行われる。キャビティを形成する鏡のうち一枚を半透鏡にしておけば、そこから一部の光を外部に取り出すことができ、レーザー光が得られる。



9



10

表 2.1 励起方法による分類

励起方法	励起要因	該当レーザ
放電	電子、原子の衝突 振動エネルギー交換 励起移行	CO ₂ エキシマ He-Ne 銅蒸気
電子ビーム	電子の衝突	CO ₂ エキシマ Xe (クセノン) 半導体
光照射	光吸収	Nd : YAG ルビー Nd : ガラス 半導体
化学反応	光解離 電子の衝突	CO I (よう素)
担体の注入 (キャリア)	キャリア 加熱電気伝導性	半導体

金属

金属の特徴は、

- ①熱や電気の良導体である。
- ②温度が上がると電気伝導性が低下する。
- ③延性(弾性限界を超えた張力を受けても破壊されずに、引き延ばされる性質)や展性(打撃や圧延によって、破壊を伴わずに薄い板や箔(はく)になる性質)を持つ。
- ④光沢がある。

金属の構造には、立方最密充填(ccp)、六方最密充填(hcp)、体心立方(bcc)などがある。

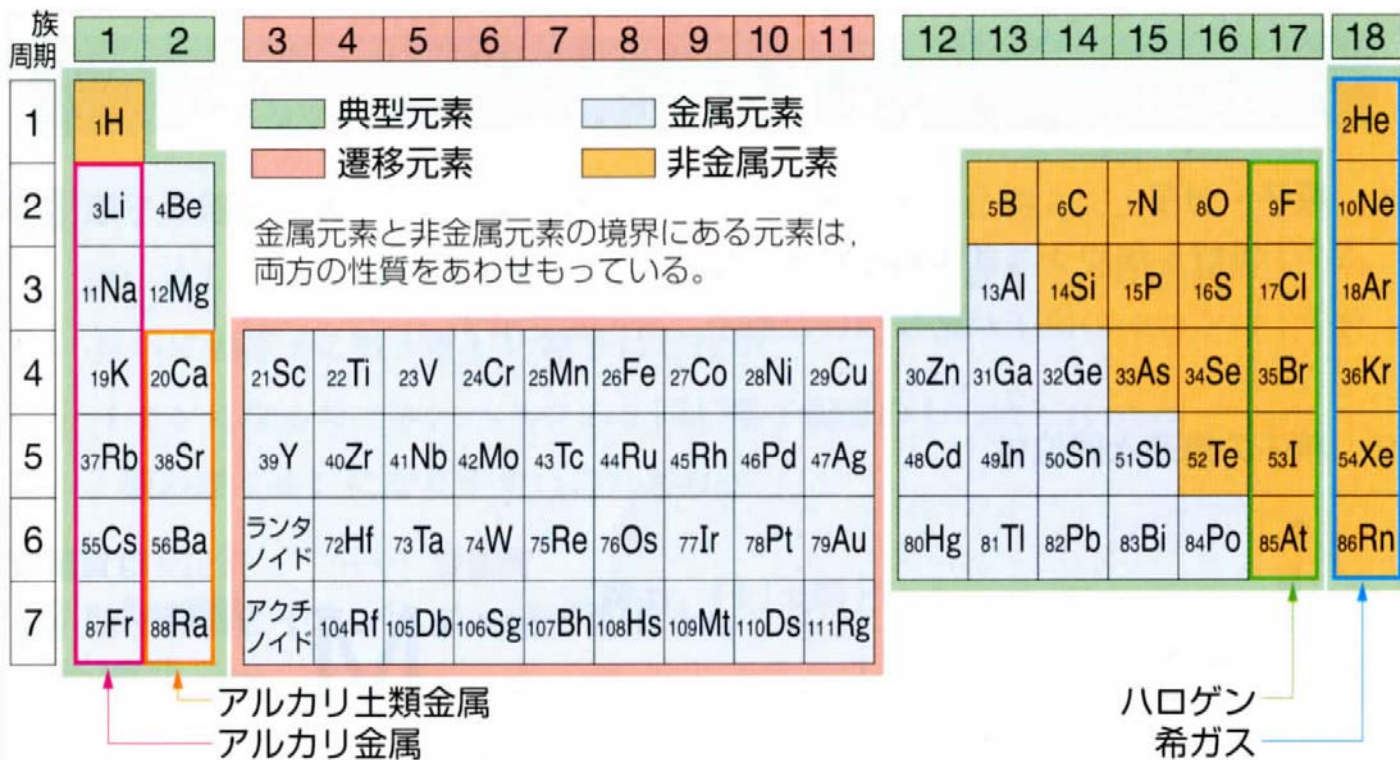


図 35 元素の周期表

元素の大半は金属元素である。

展性: 打撃や圧延によって、破壊を伴わずに薄い板や箔(はく)になる性質

延性: 弾性限界を超えた張力を受けても破壊されずに、引き延ばされる性質



金箔(厚さ 10^{-7} m) 金線(1 g で 3000 m)
 図 35 金箔と金線



図 34 金属の展性 鉛をハンマーで叩く。

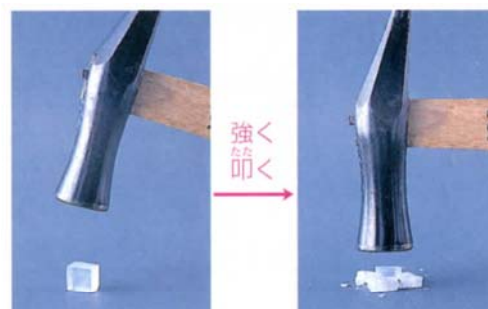
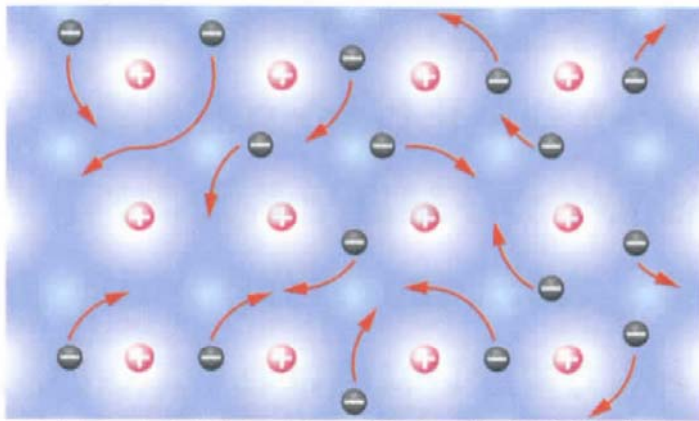


図 19 イオン結晶のもろさ(NaCl 結晶)

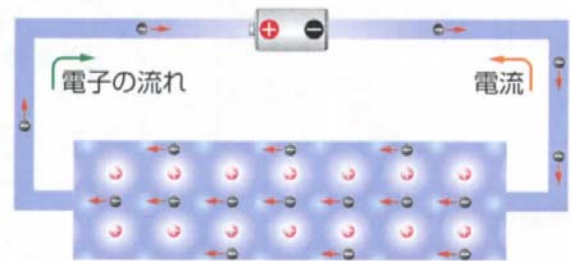
金属結合

金属結合は共有結合の特殊な形と考えることができる。通常の共有結合と異なるのは、無数の原子が結合していることと、結合にかかわる電子が特定の原子間に存在するのではなく、多数の原子内に共有されており、自由に動ける(自由電子)という点である。



●は自由電子を表し、金属全体を移動する。

図 30 金属中の結合



金属線に電圧をかけると自由電子は電源装置の+極に引っ張られて移動する。金属線を通る電流は、この自由電子の移動である。電子の流れの方向と電流の方向が逆になっているのは、電子が発見される前に、フランクリンが「正電気と負電気」を定義したからである。





参考		物質の分類			
物質の性質は、その構成粒子の種類と結合に深く関係している。					
物質	塩化ナトリウム  Na ⁺ Cl ⁻	ドライアイス (二酸化炭素)  C O	ダイヤモンド  C	アルミニウム  Al	
化学式	NaCl (組成式)	CO ₂ (分子式)	C (組成式)	Al (組成式)	
構成粒子	陽イオンと陰イオン	分子	原子	原子(自由電子を含む)	
おもな結合	イオン結合	共有結合(原子間) 分子間力(分子間) II ▶ p.42 分子間に働く弱い力	共有結合	金属結合	
融点・沸点	高い	低い	きわめて高い	高い	
電気の伝導性	固体: 通さない 液体: 通す	通さない	通さない	通す	

表4. 1 いろいろな物質における結合の種類と結合エネルギー

物質	結合の種類	結合エネルギー(kJ/mol)
食塩	イオン結合	764
ダイヤモンド	共有結合	718
ケイ素	共有結合	459
銅	金属結合	341
アルミニウム	金属結合	165
氷	水素結合	20
ドライアイス	ファンデルワールスカ	4

D 物質の構成粒子と物質の分類

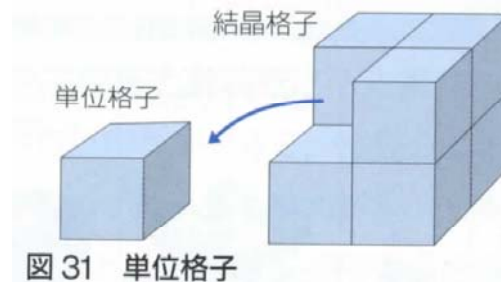
物質は、構成粒子と結合の様式により、主に図 36 のように分類することができる。

構成元素	金属元素の原子		非金属元素の原子	
構成粒子	原子	イオン	分子	原子
構成粒子間の結合	金属結合 (比較的強い)	イオン結合 (強い)	(弱い)	共有結合 (非常に強い)
物質の分類	金属	イオンからなる物質	分子からなる物質	共有結合のみでできた物質
化学式	組成式	組成式	分子式	組成式
物質の例	銅 Cu 鉄 Fe マグネシウム Mg	塩化ナトリウム NaCl 硝酸カリウム KNO ₃ 塩化銅(II) CuCl ₂	水素 H ₂ 酸素 O ₂ 二酸化炭素 CO ₂	ダイヤモンド C ケイ素 Si 二酸化ケイ素 SiO ₂
融点・沸点	高いものが多い	高い	低い	非常に高い

図 36 構成粒子による物質の分類と特徴

金属の結晶格子

金属の結晶は、金属原子が金属結合によって、規則正しく整列してできている。一般に結晶中の規則的な粒子の配列を結晶格子という。また、結晶格子の繰り返し単位を単位格子という。

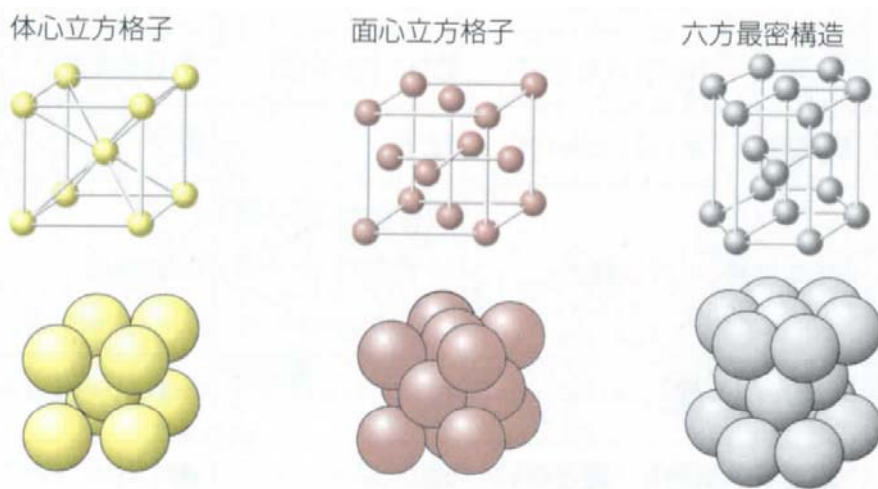


19

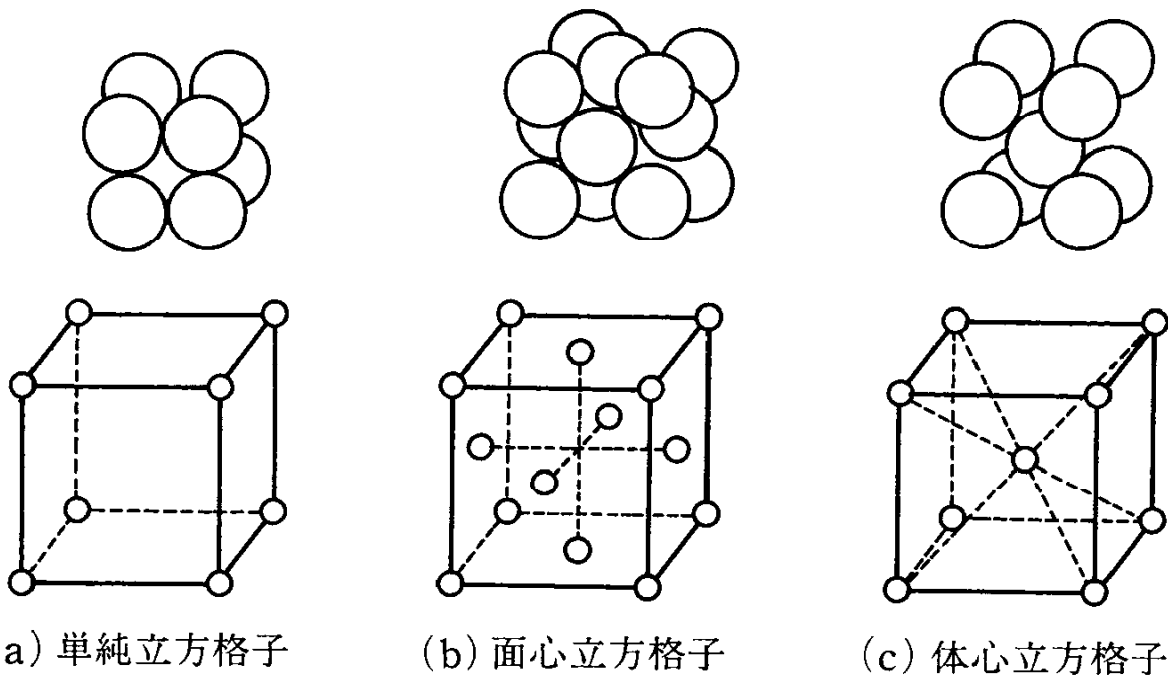
金属の構造には、

- (1) 立方最密充填 (ccp : cubic close-packed)
- (2) 六方最密充填 (hcp : hexagonal close-packed)
- (3) 体心立方 (bcc : body centered packed)

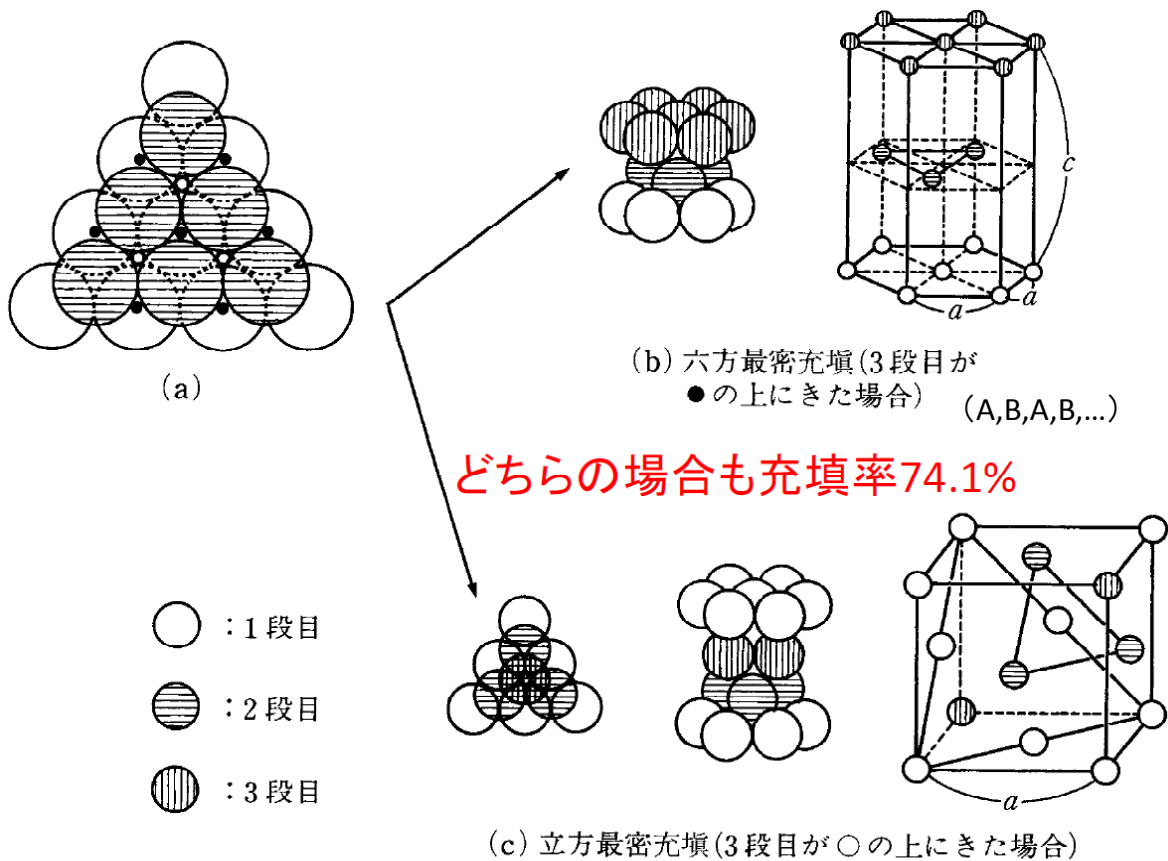
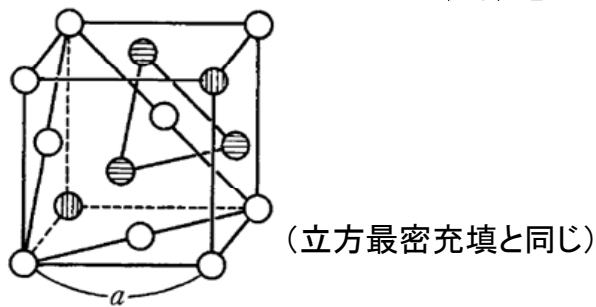
などがある。



20



種々の立方格子



どちらの場合も充填率74.1%

六方最密充填(b)と立方最密充填(c)

(A,B,C,A,B,C,...)

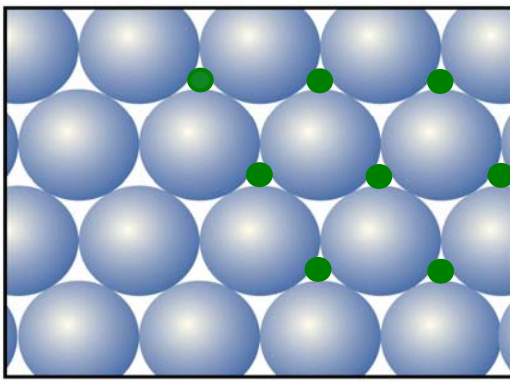


Figure 20-33
Atkins Physical Chemistry, Eighth Edition
© 2006 Peter Atkins and Julio de Paula

最密充填球第1層A

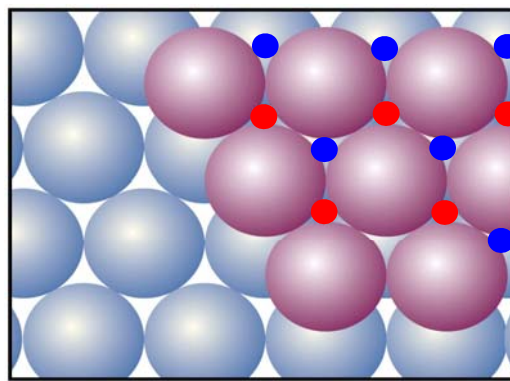
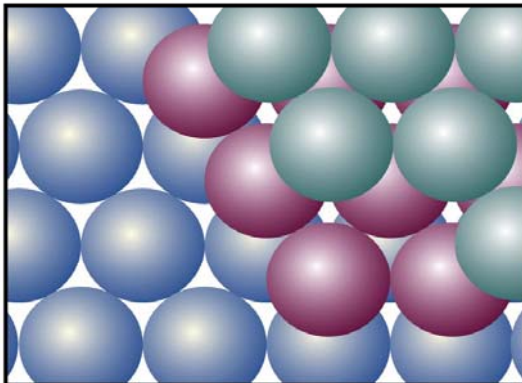


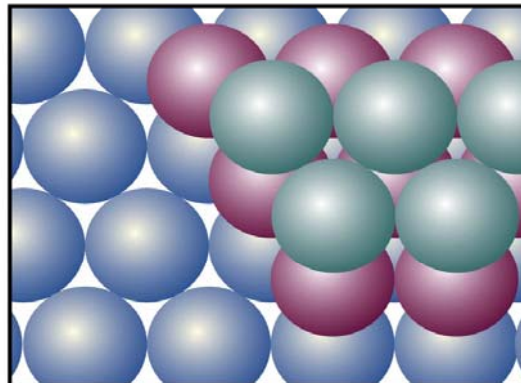
Figure 20-33
Atkins Physical Chemistry, Eighth Edition
© 2006 Peter Atkins and Julio de Paula

最密充填球第2層AB

3層目は
●と
●の上に乗る
2通りがある。

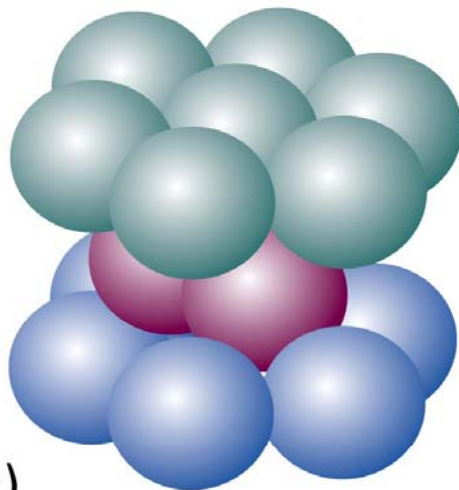


(a) 最密充填球第3層ABA

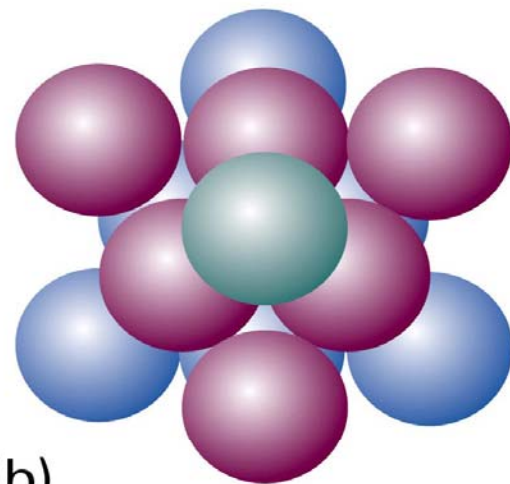


(b) 最密充填球第3層ABC

Figure 20-34
Atkins Physical Chemistry, Eighth Edition
© 2006 Peter Atkins and Julio de Paula



(a)



(b)

Figure 20-35
Atkins Physical Chemistry, Eighth Edition
© 2006 Peter Atkins and Julio de Paula

図20・35

(a) ABAパターン. 六方対称を持つ. ABAパターンを繰り返すと ABABABAB...の層構造ができる(六方最密充填, hcp).
 (b) ABCパターン. 立方対称を持つ. ABCパターンを繰り返すと ABCABCABC...の層構造ができる(立方最密充填, ccp).

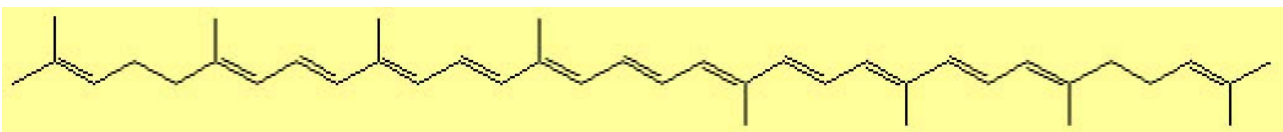
トマトはどうして赤く見えるの？



2004年度前期「くらしの化学」より

25

赤いトマトにはカロチノイド系色素のリコピンが含まれていて、赤く見えます。



リコピン

カロチノイドは二重結合が連なったポリエン構造をしています。

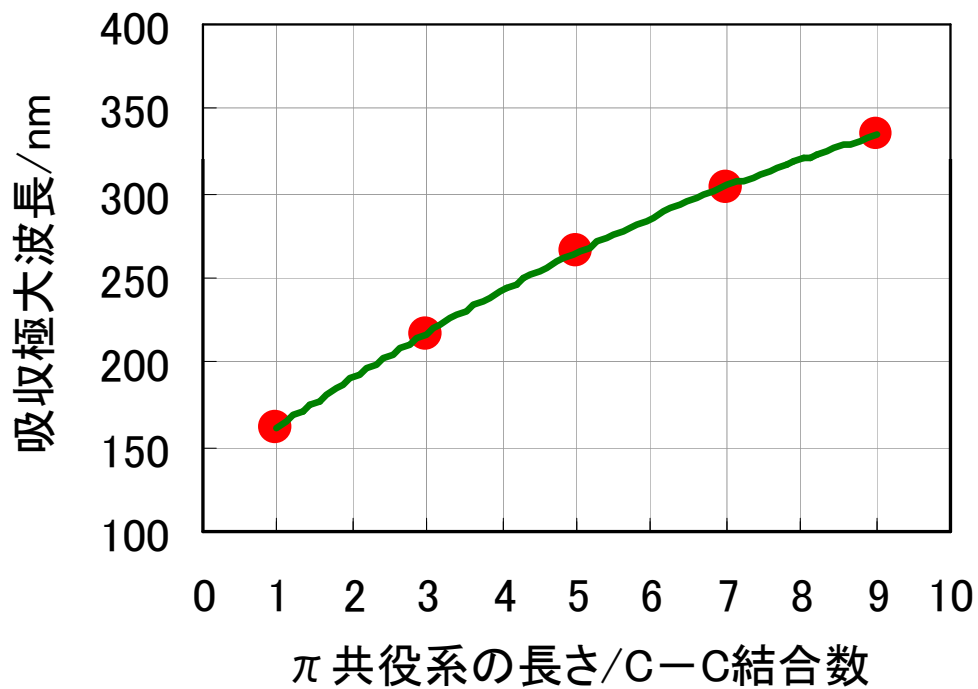
- ①ポリエンが長くなると青い光を吸収して、赤と緑の光を反射しますので、黄色に見えます。
- ②ポリエンがさらに長くなってリコピンのようになると、青と緑の光を吸収して、赤い光だけを反射するようになり、赤く見えます。

26

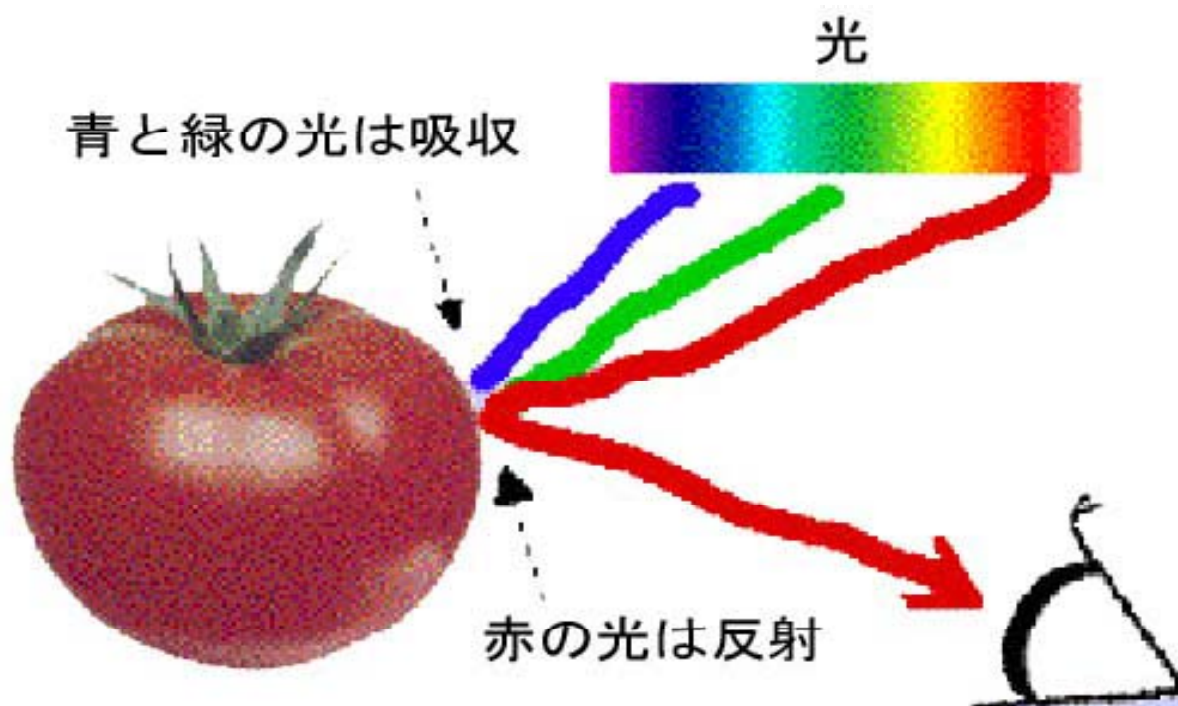
	π 共役系の長さ (C-C結合の数)	最大吸収波長 (実測値)
	1	162nm
	3	217nm
	5	266nm
	7	304nm
	9	334nm

27

π 共役系の長さ と 吸収極大波長の関係

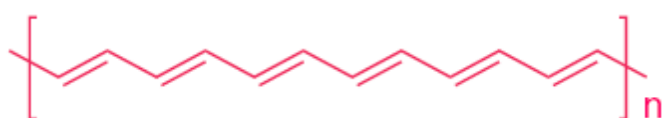
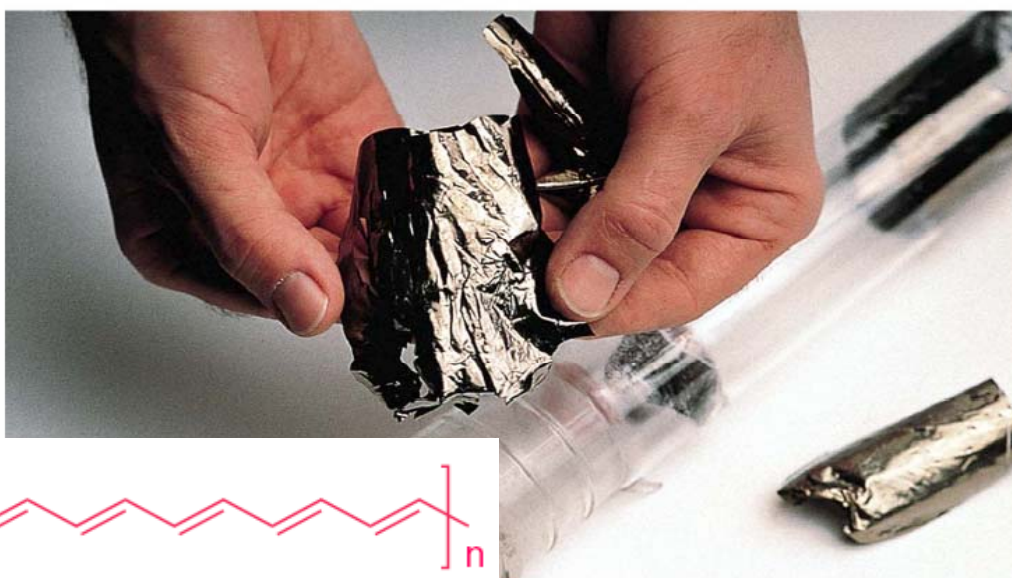
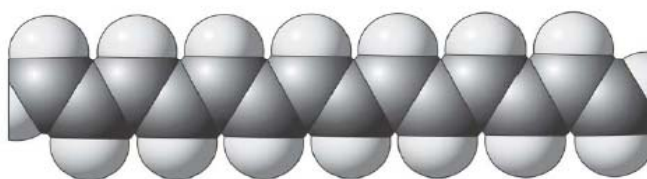


28



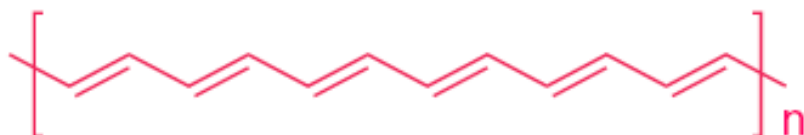
29

有機物導電体: ポリアセチレン $(CH)_x$



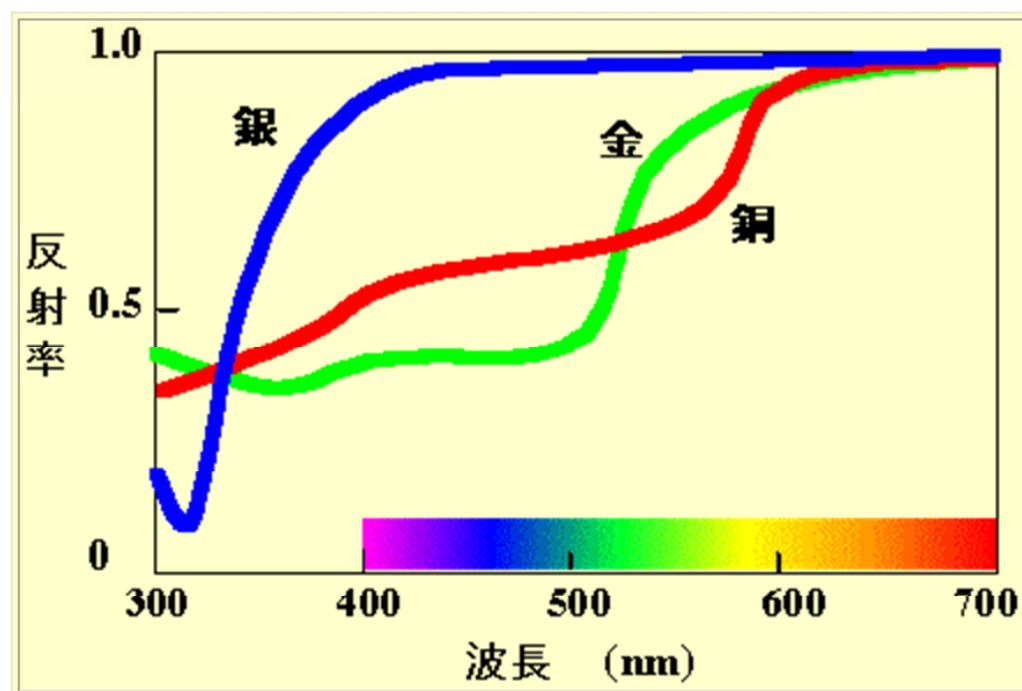
30

二重結合と単結合が交互に連なったポリエンでは、炭素原子の数が増えると、光の吸収極大が長波長側にずれてくる。炭素鎖が長くなると、青、緑、赤色の可視光を吸収するので色が着いて見える。炭素鎖が非常に長くなると可視光を全て反射するので金属光沢を持つようになる。これが、2000年にノーベル化学賞を受けた白川英樹博士が発見したポリアセチレン(CH)_xである。



多くの金属は、光を完全に反射するので白っぽく見えるが、金と銅は一部の光を吸収するので独特の色を持っている。

31



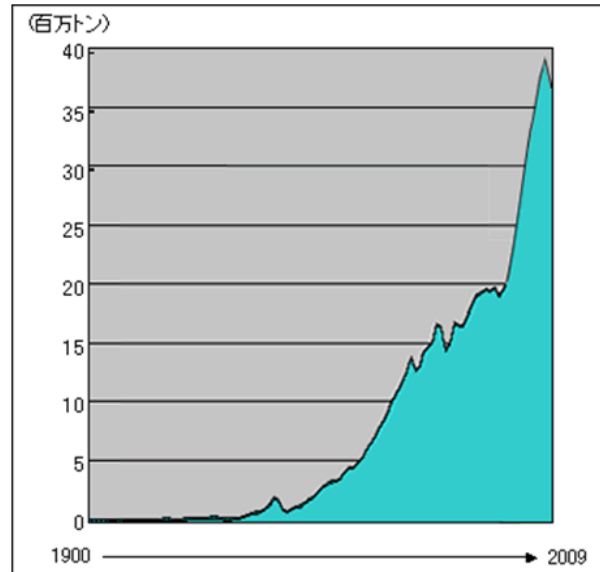
金、銀、銅の反射率と波長依存性

銀は可視光をほぼ完全に反射するので白っぽく見える。金は黄色と赤の光を反射するので黄金色に見える。銅は主に赤の光を反射するので赤味を帯びて(銅赤色)見える。

32

アルミニウム

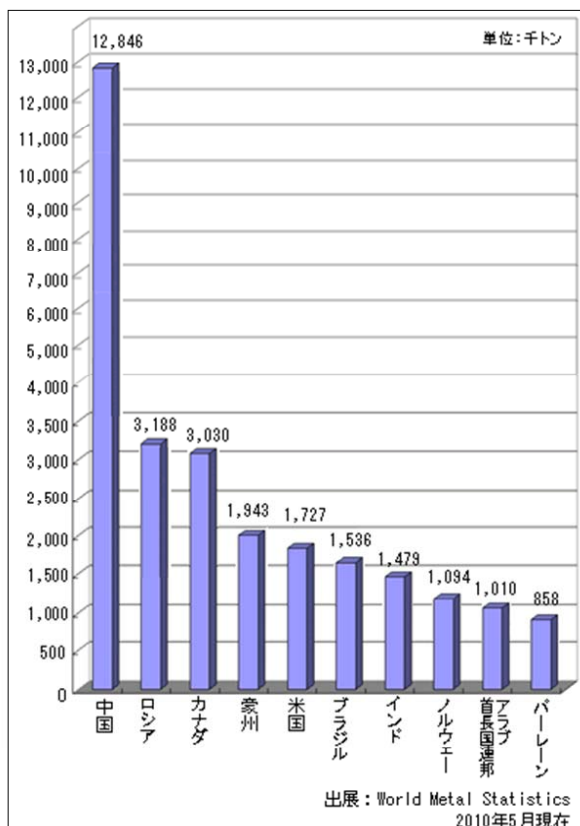
世界のアルミニウム新地金生産量は急速に増えてきている。当初は航空機または軍需用途が多かったようですが、輸送用、建築用、包装用と人々の日常生活に使用されるにいたがい生産量が増大してきた。



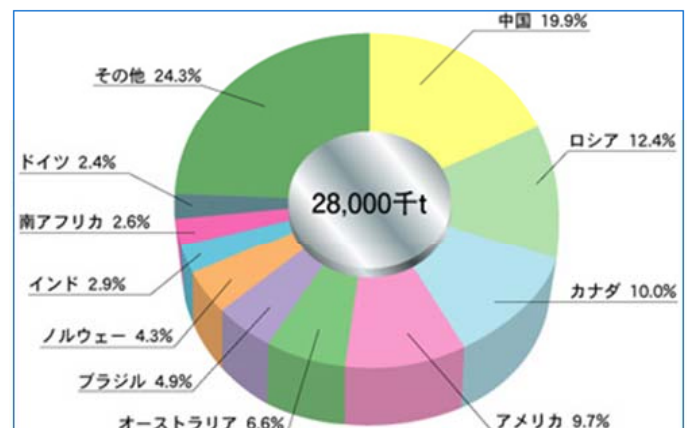
ボーキサイト鉱石から製錬された地金を新地金といい、一旦使用して再生される再生地金と区別される。

(社)日本アルミニウム協会 <http://www.aluminum.or.jp/>

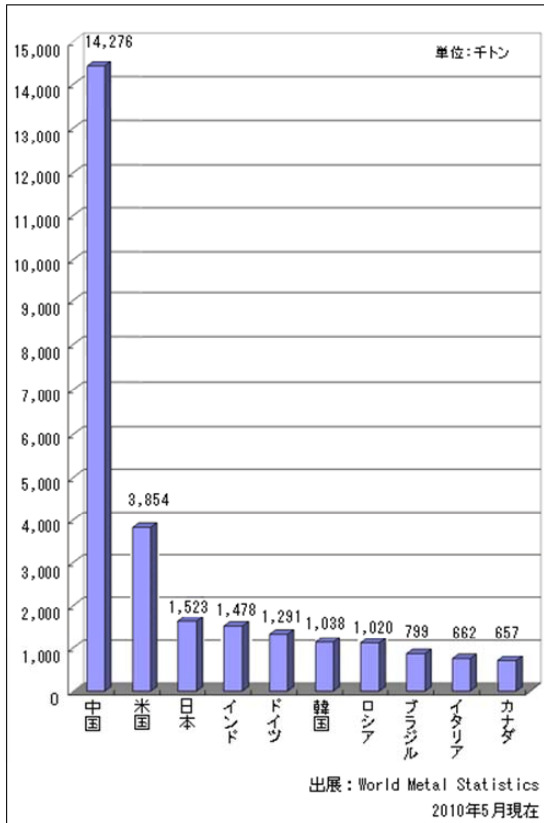
2009年のアルミニウム新地金生産国ベストテン(合計36,390千トン)



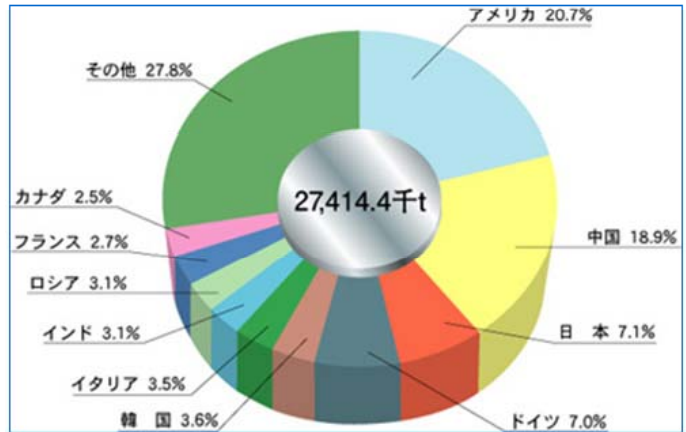
主要国のアルミニウム新地金生産構成比(2003年)



2009年のアルミニウム新地金消費国ベストテン(合計35, 298千トン)



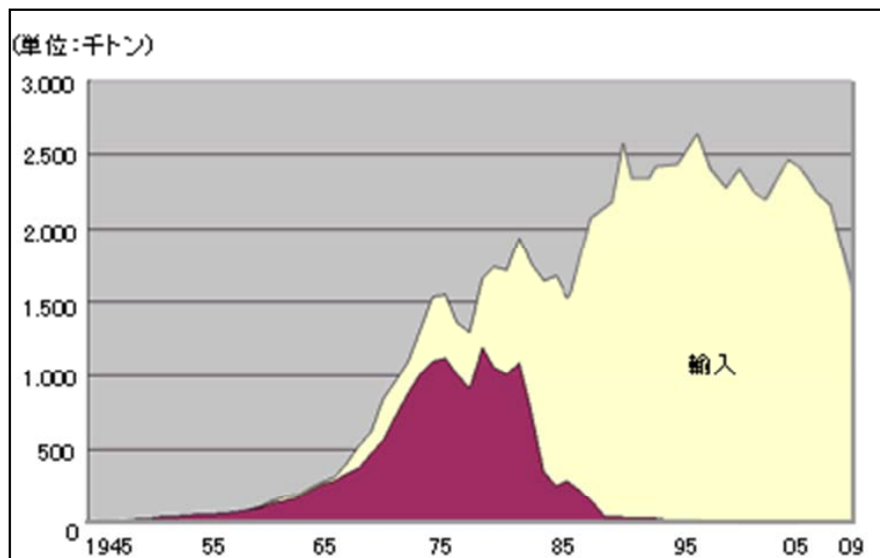
主要国のアルミニウム新地金消費構成比(2003年)



日本の新地金供給の変遷

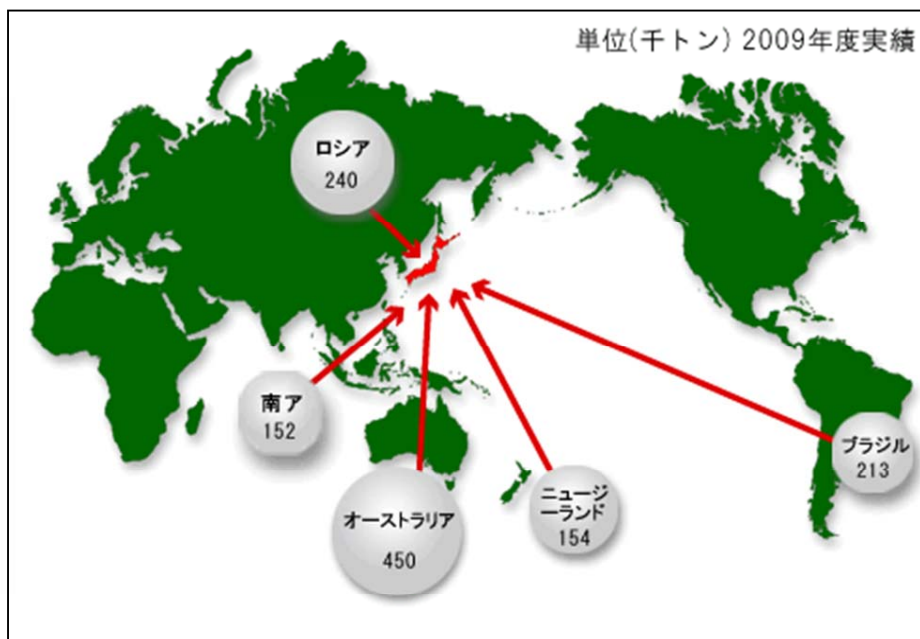
戦後30年間は国産地金の供給が主だったが、産業構造の変化にともない、ほとんど輸入に切り替わっている。

国内のアルミニウム製錬は1977年(昭和52年)に生産量が120万トンのピークを迎えたが、その前後の2度のオイルショックによる電力コストの高騰により撤退を余儀なくされ、現在は国内の地金メーカーは水力発電での製錬を行っている1社のみとなっている。この結果、日本の国内需要の99%以上を輸入に頼っている。



日本の新地金輸入構成

原料である新地金は世界各国から輸入されている。主な輸入先はオーストラリア、ロシア、ブラジル、ニュージーランド、南アフリカなどである。



37

アルミニウムの製造工程

アルミ製品素材ができるまでの製造工程は、大別してつぎの3工程に分けられる。

ボーキサイトアルミナ(Al_2O_3)

アルミニウムの原料は、ボーキサイトと呼ばれる赤褐色の鉱石です。このボーキサイトを、か性ソーダ液で溶かしてアルミン酸ソーダ液をつくり、そこからアルミナ分を抽出する工程です。

アルミナアルミニウム(Al)

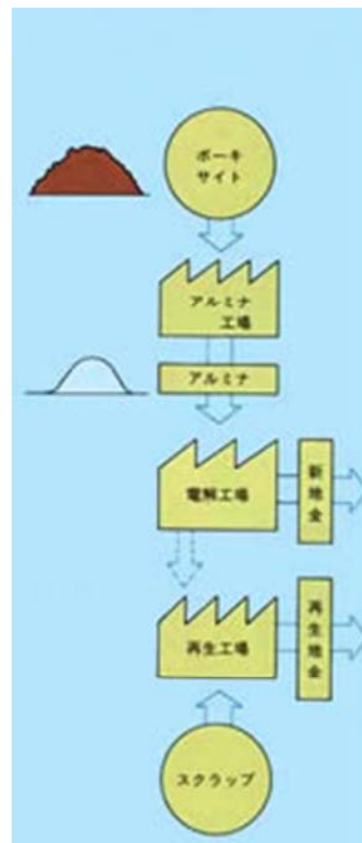
アルミナを溶融氷晶石の中で電気分解することによりアルミニウム地金を製造します。

アルミニウム(地金)製品素材

地金を原材料として圧延・押出・鍛造・鋳造などの加工を行い、いろいろな形の製品素材に成形する工程です。

* ボーキサイト(bauxite、鉄礬土(てつぼんど))はアルミニウムの原料であり、酸化アルミニウム(Al_2O_3 、アルミナ)を52%~57%含む鉱石である

* 氷晶石 Na_3AlF_6 、ヘキサフルオロアルミン酸ナトリウム。ホール・エルー法における融剤(融点 $1012^{\circ}C$)として用いられる。

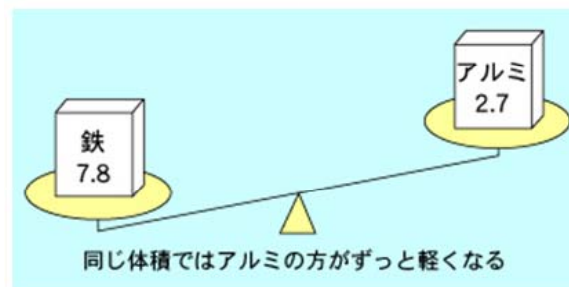


38

アルミニウムの特性

1. 軽い

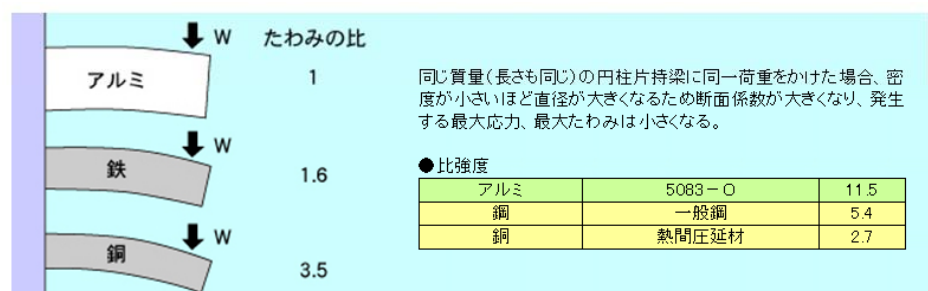
アルミニウムの比重は2.7。鉄(7.8)や銅(8.9)と比べると約1/3です。軽量化による性能向上が時代のニーズとなっているいま、とくに自動車、鉄道車両、航空機、船舶、コンテナなどの輸送分野で多くのアルミニウムが使われています。また軽さを生かして、各種機械の高速回転部品や摺動部品の作動効率を高めたり、装置の大型化による重量増加を抑えるなど、さまざまな効果をもたらしています。



39

2. 強い

アルミニウムは比強度(単位重量当りの強度)が大きいいため、輸送機器や建築物などの構造材料として多く使用されています。純アルミニウムの引張強さはあまり大きくありませんが、これにマグネシウム、マンガン、銅、けい素、亜鉛などを添加して合金にしたり、圧延などの加工や、熱処理を施したりして、強度を高くすることができます。最近では、リチウムを添加した低密度、高剛性の合金が開発され、航空機や大型構造物用の材料として注目されています。



40

3. 耐食性がよい

アルミニウムは空気中では、ち密で、安定な酸化皮膜を生成し、この皮膜が腐食を自然に防止します(皮膜の自己補修作用)。

耐食性をさらに高め、強度も兼ね備えたアルミ合金は各種の用途に採用されており、とくに建築、自動車、船舶、海洋開発などの分野ではこの特性が大いに生かされています。

4. 加工性がよい

アルミニウムは塑性加工がしやすく、さまざまな形状に成形することが可能です。たとえば、紙のように薄い箔や、複雑な形状の押出形材を容易に製造することができることから、きわめて広い用途で使用されています。

41

5. 電気をよく通す

アルミニウムは導電体としてきわめて経済的な金属です。電気伝導率は銅の約60%ですが、比重が約1/3であり、そのため同じ重さの銅に比べて2倍もの電流を通すことができます。現在では高電圧の送電線の約99%に採用されるとともに、導体(板・管)などに広く使われており、エネルギー利用、エレクトロニクス分野での需要が大きく伸びてきています。

42

6. 磁気を帯びない

アルミニウムは非磁性体で、磁場に影響されません。この特長は、アルミニウムの他の特性である、軽い、耐食性にすぐれている、加工性がよい、などと組み合わせることによって、さまざまな製品に生かされます。おもな製品としては、パラボラアンテナ、船の磁気コンパスなどの計測機器、電子医療機器、メカトロニクス機器などがあげられますが、さらにはリニアモーターカーや超電導関連機器にいたるまで、その用途が大きく広がっています。

7. 熱をよく伝える

アルミニウムの熱伝導率は鉄の約3倍。熱をよく伝えるということは急速に冷えるという性質にもなります。そのため冷暖房装置、エンジン部品、各種の熱交換器、ソーラーコレクター、また、飲料缶などにもこの特性が生かされています。最近の高密度化した機器、システムの過熱防止のための放熱フィンやヒートシンクとしても使われています。

8. 低温に強い

アルミニウムは鉄鋼などと違って液体窒素(-196℃)や液体酸素(-183℃)の極低温下でも脆性破壊がなく靱性が大きいのが特長です。低温プラントやLNG(-162℃)のタンク材として使われているうえ、最近では宇宙開発やバイオテクノロジー、極低温の超電導関連といった最先端分野でもこの特性が脚光を浴びています。

15. 再生しやすい

アルミニウムは他の金属と比べると腐食しにくく、融点が低いため、使用後のアルミ製品を溶かして、簡単に再生することができます。しかも二次地金(再生地金)をつくるのに必要なエネルギーは、新地金をつくる場合と比べてわずか3%ですむといわれています。

また品質的にも、新地金とほとんど変わらないものが製造できるため、たいへん経済的な材料だといえます。とくに飲料缶では、空き缶を回収し再資源化しようというリサイクル運動が全国各地で行われており、省資源・省エネルギーを果すとともに、地球環境保護の推進にも大きな役割を担っています。