

## 第5章

### 理科における日常生活、産業・社会・人間と 関連した基本的題材



		題材分類		高物 I	
題材主題	おいしい果物を食べよう「糖度測定装置」				
副題	食べる前にわかる果物の甘さ「糖度測定装置」				
学習指導要領の 教科・科目	学習指導要領の大項目	学習指導要領の中項目	学習指導要領の小項目	備考	
高校物理 I	(1) 電気 (2) 波	ア 生活の中の電気 ア いろいろな波	(ウ) 交流と電波		
高校物理 II	(2) 電気と磁気 (4) 原子と原子核	イ 電磁誘導と電磁波 ア 原子の構造	(イ) 電磁波 (ア) 粒子性と波動性		
学習内容の キーワード	電磁波、赤外線、吸収		活用場面の キーワード	糖度、甘味	
<b>題材とその活用場面</b>					
<p>果物の甘さを調べる方法として、果物を破壊することなく、そのままの状態で測定することができます。</p> <p>果物に赤外線を当てると、成分の種類や量に応じて特定の波長の吸収量が変わってきます。この吸収率によって甘さを判定します。果物をベルトコンベアに乗せたまま1つ1つの糖度を測定できます。</p> <p>「糖度測定装置」の学習は、果物の甘さの測定に活用されています。</p>					
<b>説明</b>					
<p>甘味は、果物のおいしさを構成する重要な要素の1つです。果物のおいしさを客観的に評価する方法として、糖度の測定が行われています。</p> <p>これまで果物の甘さを調べるには、果物の果汁を絞って糖度を調べていました。</p> <p>最近の研究によって、糖の分子の振動と赤外線の吸収の関係が明らかになってきました。赤外線の中の可視光線に近い部分（近赤外線）を果物にあてると、成分の種類や量に応じて特定の波長の光が吸収されます。糖分は、含有量が多いほど特定の波長の吸収量が多くなり、少なれば吸収量も少なくなるので、吸収量を調べて糖度を判定します。</p> <p>従来の測定方法では、果汁を搾って屈折糖度計（試料液の濃度によって、光の屈折率に差があることを利用して測定する装置）で判定するため、果実を傷つけてしまうという問題がありました。またサンプルを抜き取って行うので誤差がありましたが、この測定では1つ1つの果物を測定することが可能です。</p> <p>将来的には、人間にあてて血液中の糖の濃度（血糖値）を測ることも考えられています。</p> <p style="text-align: right;">(藤井健司)</p>					

題材分類 高物 I

## 添付図表

## 出典情報

「光センサーによる糖度測定」 2005年1月26日 以下より検索

URL <http://www.fsic.co.jp/fruits/kw/26UP.htm>

		題材分類	高物 I	
題材主題	古くて新しい伝達方法「骨伝導」			
副題	音は耳から聞くものだけではなく、骨を通して聞こえます。			
学習指導要領の 教科・科目	学習指導要領の大項目	学習指導要領の中項目	学習指導要領の小項目	備考
高校物理 I	(2) 波	イ 音と光	(ア) 音の伝わり方	
中学理科 1 分野	(1) 身近な物理現象	ア 光と音		発展的学習
学習内容の キーワード	音波、蝸牛 骨伝導、気導音	活用場面の キーワード	伝達（送信、受信） 通信、補助用具	
<b>題材とその活用場面</b>				
<p>「骨伝導」は近頃、携帯電話、スピーカー付き枕、ヘッドホン、マイクなどに利用されています。周囲の他の音に惑わされることなく、また周囲に迷惑をかけることなく伝達ができるので、個人的な伝達手段として脚光を浴びています。また聴覚に障害のある人には、耳をふさがないで使えるヘッドホンなら、複数の音源からの情報を得ることができます。</p> <p>「骨伝導」の学習は、通信、家電、福祉の各方面で、これからの活用が期待されています。</p>				
<b>説明</b>				
<p>音が伝わるためには、空気など音を伝える物質の存在が必要です。これを「媒質」（ばいしつ）といいます。音が波として媒質を伝わります。耳への音の伝わり方には、空気を通して外耳から内耳を経由する「気導音」と、外耳を経ないで頭蓋骨を通して内耳に音の振動が伝達される「骨伝導」があります。「骨伝導」とは、耳（鼓膜）から音を聞くのではなく、骨（頭蓋骨）に振動を与え、直接聴覚神経に伝える仕組みです。耳をふさいで声を出しても、自分の声が聞こえます。これは音の振動を神経信号に変える内耳の蝸牛という器官に骨を伝わって音が届くからです。ベートーヴェンは難聴でしたが、補聴器の無い時代に口にくわえた指揮棒をピアノにあてて、歯から伝わる振動を感じ、数々の名曲を残しました。聴覚に障害のある人では、この「骨伝導」により、補聴器が無くても音が聞き取れることもあります。ただし、空気の振動が鼓膜から耳小骨へと伝わる「気導音」ほど繊細な響きは聞き取れません。</p> <p>最近では、次のような「骨伝導」を利用した製品が開発されています。この他にも開発が期待されています。</p> <p>(1) 骨伝導スピーカー付き携帯電話：周囲の騒音が大きくて、一般のスピーカー音が聞き取れない時でも、これがあると相手の声を聞き取ることができ、会話を続けることができます。</p> <p>(2) スピーカー付き枕：枕に仕込んだ振動板で、周囲に音が漏れることなくテレビやラジオなどの音を聞くことができます。</p> <p>(3) ヘッドホン：耳をふさがない大きさと、軽量にできます。骨伝導で通信しながら、目の前の人と会話することも可能です。</p> <p>(4) マイク：騒音の影響を受けないものができます。音声認識システムの開発も進められています。</p> <p style="text-align: right;">(藤井健司)</p>				

## 添付図表

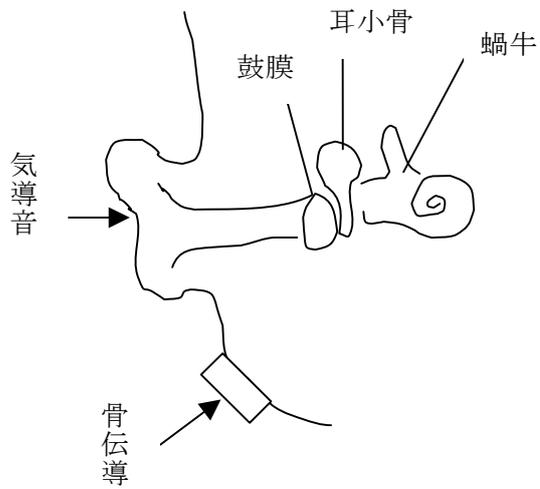
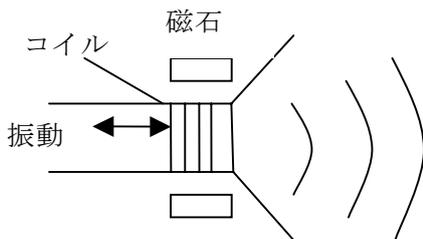
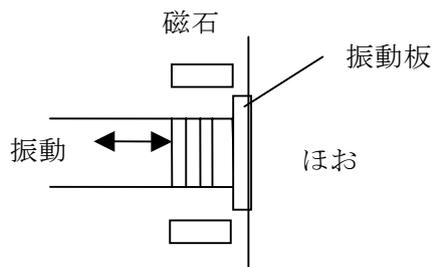


図1 耳の構造と伝わり方



普通のスピーカー



骨伝導スピーカー

図2 スピーカーの構造

## 出典情報

『読売新聞』2004年

VIBONEのホームページ 2005年1月15日 以下より検索 URL <http://www.vibone.jp/about.html>

		題材分類	高物 I	
題材主題	災害時に活躍する電磁波人命探査装置			
副題	生存者の捜索を迅速に行うことのできる電磁波人命探査装置			
学習指導要領の 教科・科目	学習指導要領の大項目	学習指導要領の中項目	学習指導要領の小項目	備考
高校物理 I	(1) 電気 (2) 波	ア 生活の中の電気 ア いろいろな波	(ウ) 交流と電波	
高校物理 II	(2) 電気と磁気	イ 電磁誘導と電磁波	(イ) 電磁波	
学習内容の キーワード	電磁波、周波数（振動数）、 反射	活用場面の キーワード	被災者救助 心臓の鼓動、呼吸	
<b>題材とその活用場面</b>				
<p>装置から電磁波を放射し、地中や建物の陰にいる人間の心臓や肺に当たって反射されると、これを受信してコンピュータ処理します。人の心臓の鼓動や肺の拡大、縮小の動きを捉えることができます。心臓の鼓動の周波数と呼吸の周波数のピークを画面に表示します。探査距離は20メートルから90メートルです。</p> <p>新潟県中越地震では、地中の行方不明者の探索に活躍しました。</p> <p>「電磁波人命探査装置」の学習は、災害救助の場面に活用されています。</p>				
<b>説明</b>				
<p>波の性質として、反射があります。壁が静止していると反射された波の振動数（周波数）は変わりません。しかし壁が前方や後方に動いていると、反射された波の振動数は変化します。これを利用して壁である、心臓や肺の動き（振動数）を測定することができます。</p> <p>発信機と受信機をもった人命探査装置から電磁波を放射し、これが心臓の鼓動の振動数（心拍数）と呼吸の振動数（呼吸数）を測ります。事前に訓練しておけば、人間と他の動物の違いが把握できます。これにより生存者の存在を確認することができます。</p> <p>生き埋めになった生存者の捜索には、地中音響探知機も使われますが、被災現場では音が伝わりにくく、探査が難しい場合もあります。地中音響探知機は、主にコンクリート建築の地下室に閉じ込められた被災者の探知に向いています。鉄骨のように音響の伝わりやすい固い構造物がある場合に有効で、木造家屋の中に柔らかい泥が入り込んでいるような被災現場では音響が伝わりにくく探査が困難になります。この点でも、電磁波人命探査装置は優れています。</p> <p style="text-align: right;">（藤井健司）</p>				

## 添付図表

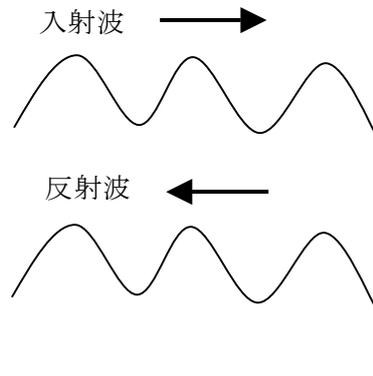


図1 壁が静止している場合の入射波と反射波

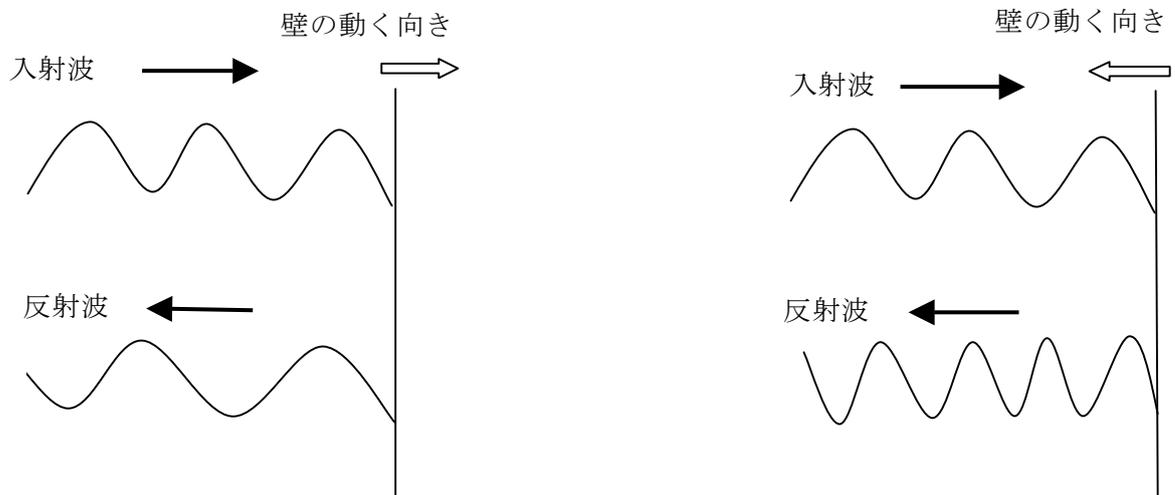


図2 壁が動いている場合の入射波と反射波

## 出典情報

櫻護謨株式会社ホームページ 2004年10月28日 以下より検索

URL <http://public.sakura-rubber.co.jp/fire/>

		題材分類		高物 I	
<b>題材主題</b>		姿勢を一定に保つ（制御する）装置「ジャイロ」			
<b>副題</b>		常に飛行状態を確認できる装置「ジャイロ」			
<b>学習指導要領の 教科・科目</b>	<b>学習指導要領の大項目</b>	<b>学習指導要領の中項目</b>	<b>学習指導要領の小項目</b>	<b>備考</b>	
高校物理 I	(3) 運動とエネルギー	ア 物体の運動	(ウ) 運動の法則	発展的学習	
中学理科 1 分野	(1) 運動の規則性	ア 運動の規則性		発展的学習	
<b>学習内容の キーワード</b>	質点、剛体 回転、モーメント	<b>活用場面の キーワード</b>	こま 回転安定性 ジャイロ		
<b>題材とその活用場面</b>					
<p>こまは、回転していないと倒れてしまいますが、回転すると倒れません。この回転安定性を利用して姿勢を保つものがジャイロです。回転しているものは、その回転軸を一定に保とうとする働きを持っているので、この性質を利用して姿勢を保つことができます。</p> <p>「ジャイロ」の学習は、飛行機やロケットの姿勢の制御に活用されています。</p>					
<b>説明</b>					
<p>物体の任意の 2 つの質点をとっても、その距離が一定不変で変わることがないものを剛体といいます。1 つの点を固定されてそのまわりに運動する剛体が、この店を通る 1 つの軸のまわりに、その軸を含む任意の平面での切口の形がすべて等しく、質量の分布が軸に対して対称的であるとき、この剛体をこまといいます。こまを地面で回すときには、心棒と地面と接する点が固定点となりますが、こまの重心を固定するときこまを「ジャイロ」といいます。重力はこの固定点のまわりにモーメントを持たないので、その回転軸は空間で一定の方向を向きます。</p> <p>「ジャイロ」の軸の方向が変わらないという性質を利用して、はじめ軸が北を向くようにしておけば、いつでも一定の方向である北を向きます。ジャイロを船や航空機の載せておけば、方位を知ることができます。宇宙では、惑星は自転しながら恒星の周りを公転しています。回転することで、安定しているのです。最近では、回転こまの無いレーザージャイロが開発され、最新鋭の航空機や宇宙船に搭載されています。</p> <p style="text-align: right;">(藤井健司)</p>					

## 添付図表

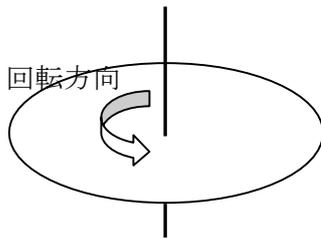


図1 回転安定性

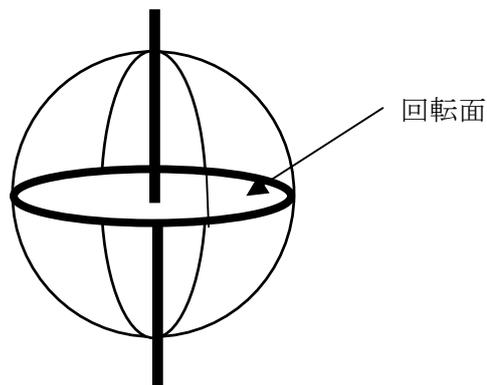


図2 ジャイロのイメージ

## 出典情報

原島鮮（1983）「質点系・剛体の力学」（基礎物理学選書）pp150—161，裳華房

レーザージャイロの説明は、日本航空・航空実用事典[<http://www.jal.co.jp/jiten/dict/p201.html>.]を参照のこと。

		題材分類	高物 I	
題材主題	小さな力で大きな力を取り出す方法			
副題	力のモーメントのつり合いと仕事			
学習指導要領の 教科・科目	学習指導要領の大項目	学習指導要領の中項目	学習指導要領の小項目	備考
高校物理 I	(3) 運動とエネルギー	エネルギー	(オ) エネルギーの保存と変換	
学習内容の キーワード	力のモーメント、物体のつり合い、仕事、仕事の原理	活用場面の キーワード	緩斜面での登坂、てこ、万力、多段変速自転車、車のブレーキの油圧機構	
<b>題材とその活用場面</b>				
<p>左右に力を加えた棒が摩擦のない回転軸の廻りで回転運動を起こさない場合には、それぞれの力の大きさ <math>F</math> と回転軸から作用線までの距離 <math>h</math> (腕の長さと呼ぶ) の積 <math>M(=Fh)</math> が等しくなります。この積 <math>M</math> は物体を回転させる力に相当し、力のモーメントと呼び、棒が回転する際の左右の力がする仕事が等しいことによります。したがって、摩擦の影響を無視できる場合に、小さな力で大きな力を得るために、長い距離を移動すれば良いこととなります。高い場所への移動に緩斜面を上る、あるいは金切り鋏、万力、多段変速自転車、車のブレーキ等の油圧機等は、長い距離の移動を行って小さな力で大きな力を得ます。力のモーメントのつり合いと仕事の学習は、このように多くの工具および機械に活用されています。</p>				
<b>説明</b>				
<p>左右の腕の長さが <math>h_L</math> および <math>h_R</math> の棒に与えたそれぞれの力 <math>F_L</math> および <math>F_R</math> による仕事を考察します。この装置を右回りに 1 回転することにより右棒の力がする仕事 (<math>2\pi F_R h_R</math>) が、左棒の力がする仕事 (<math>-2\pi F_L h_L</math>) より大きければ、つり合いを保ったまま、すなわち外から仕事することなく、仕事を取り出すことができます (表 1)。1 回転でこの装置は最初の位置に戻るため、1 回転での取り出す仕事が小さくとも、多数回の回転により大きな仕事を取り出すことができます。仕事の大小関係が逆であれば、逆回転することにより、仕事を取り出すことができます。</p> <p>しかしこのように、零から正を生み出すことはあり得ないので、先の仮定は誤りであることが明らかです。すなわち、摩擦の影響を無視できる場合には左右の力による全仕事は零になります。したがって、左右の回転の力のモーメントは等しくなります (<math>F_L h_L = F_R h_R</math>)。同じ仕事をするには、短い移動距離で済ませるためには大きな力を要し、長い距離を移動すれば小さな力で足りる (仕事の原理)。</p> <p>逆にその必要な力 <math>F_R</math> も、移動距離の比 (<math>h_L/h_R</math>) から <math>F_R = F_L (h_L/h_R)</math> と計算することができます。移動距離の比 (<math>h_L/h_R</math>) を 1 以上に採れば、小さな力 <math>F_L</math> で大きな力 <math>F_R</math> を得ることができます。垂直に高さ <math>h_L</math> を持ち上げるのに必要な力が <math>F_L</math> の場合には、長さ <math>h_R</math> の斜面を登ることにより <math>F_R = F_L (h_L/h_R)</math> の力で足りる。図 1 のように、てこおよび車のブレーキの油圧機構等は、大きな距離 <math>h_R</math> を移動することにより、小さな力 <math>F_L</math> で大きな力 <math>F_R</math> を取り出すための器具です。このような関係は、摩擦の影響を無視できる多くの力学過程で見られます。</p>				
(鈴木勲)				

## 添付図表

表 1 摩擦がない回転軸に働く力による右回り回転の仕事

	左棒	右棒
腕の長さ：	$h_L$	$h_R$
1回転の距離（円周）	$2\pi h_L$	$2\pi h_R$
力	$F_L$	$F_R$
1回転の仕事	$-2\pi F_L h_L$	$2\pi F_R h_R$
全仕事	$2\pi F_R h_R - 2\pi F_L h_L = 2\pi (F_R h_R - F_L h_L)$	

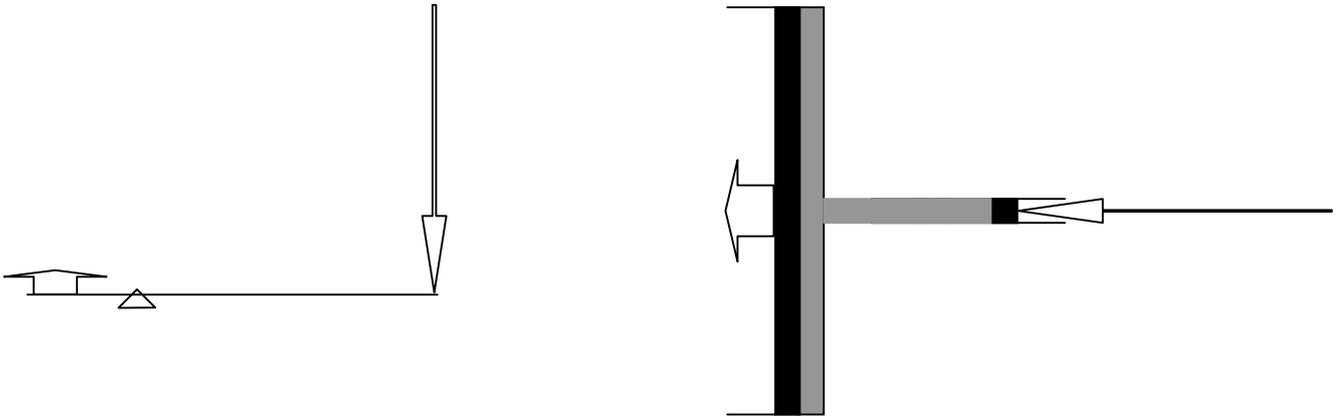


図 1 大きな力を得るためのてこおよび油圧機構

## 出典情報

		題材分類	高物Ⅱ		
題材主題	ニュートリノ天体物理学を支える基本的な現象「チェレンコフ光」				
副題	目に見えない宇宙からの物質を解析する基礎「チェレンコフ光」				
学習指導要領の 教科・科目	学習指導要領の大項目	学習指導要領の中項目	学習指導要領の小項目	備考	
高校物理Ⅱ	(4) 原子と原子核	イ 原子核と素粒子	(イ) 素粒子と宇宙		
中学理科1分野	(7) 科学技術と人間	イ 科学技術と人間		発展的学習	
学習内容の キーワード	チェレンコフ光 ニュートリノ 電磁波	活用場面の キーワード	宇宙論 光電子増倍管		
<b>題材とその活用場面</b>					
<p>宇宙を観測する場合、初期には可視光から始まりました。その後電磁波の研究が進み、X線なども利用されてきました。最近ではニュートリノを利用して、宇宙の構造や歴史を解明しようという試みがなされています。</p> <p>小柴昌俊先生は、「ニュートリノ天文学」を切り開いた功績により、2002年ノーベル物理学賞を受賞しました。</p> <p>「チェレンコフ光」の学習は「宇宙の構造」の解明に活用されています。</p>					
<b>説明</b>					
<p>特殊相対性理論によると、いかなる粒子も真空中の速度を超えることはできないことがわかっています。屈折率が1より大きな媒質の中では、光の伝わる速度が真空中の速度に比べて、その屈折率分の1になります。この媒質中では、この中での光の速度よりも速く荷電粒子が走ることがあります。空気中で、ジェット機が音速を超える速度で飛んだとき、音の衝撃波が生じることはよく知られています。光の場合も、光の衝撃波が生じます。これはチェレンコフが発見した現象で、チェレンコフ光と呼ばれています。一例として、原子炉の中で核分裂が進んでいるとき、青白い光を見ることができます。</p> <p>この現象を使って、ニュートリノの観測を行うために、岐阜県の神岡鉱山に「カミオカンデ」という装置が設置されています。宇宙や実験装置から飛んできたニュートリノが、純水に衝突してチェレンコフ光を発します。これを光電子増倍管でとらえて分析します。</p> <p style="text-align: right;">(藤井健司)</p>					

## 添付図表

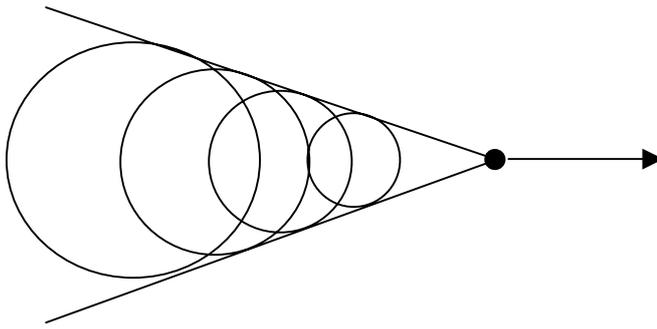


図1 衝撃波のイメージ

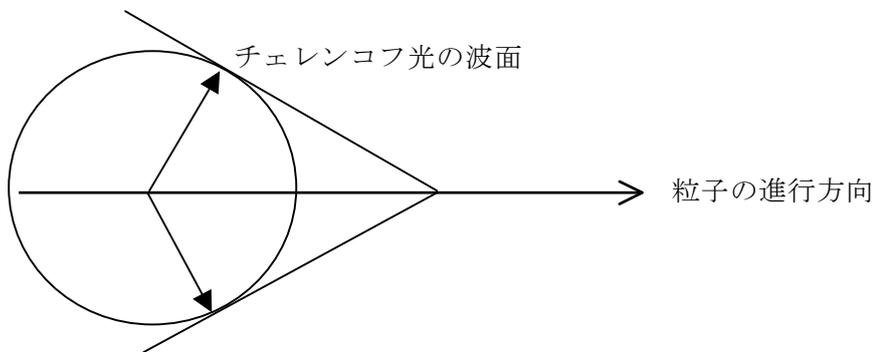


図2 チェレンコフ光のイメージ

## 出典情報

小柴昌俊（2002年）「ニュートリノ天体物理学入門」（ブルーバックス）講談社  
日本原子力研究所ホームページ 原子力用語辞書 2005年1月30日 以下より検索  
URL <http://mext-atm.jst.go.jp/atomica/dictionary.html>

		題材分類	高物Ⅱ		
題材主題	光電子増倍管				
副題	微弱光を測る				
学習指導要領の 教科・科目	学習指導要領の大項目	学習指導要領の中項目	学習指導要領の小項目	備考	
高校物理Ⅱ	(4) 原子と原子核	ア 原子の構造	(ア) 粒子性と波動性		
学習内容の キーワード	光子, 光電効果, 光電子, 光電管		活用場面の キーワード	光の測定技術	
<b>題材とその活用場面</b>					
<p>光は波動性と粒子性の両方の性質を持っており、特に光の“粒子”は光子とよばれています。光の粒子性が顕著に現れる現象に光電効果というものがあります。光電効果を利用すると、微弱な光を高感度に測ることができます。この技術は、放射線医療測定、環境測定、半導体の欠陥検査、さらには宇宙からやってくる X 線、紫外線、ニュートリノの観測などに用いられています。この幅広い用途を持つ技術のもとになっている微弱光の測定原理を理解するのに「光電効果」や「光電管」の学習が役立ちます。</p>					
<b>説明</b>					
<p>光電効果を利用して微弱な光を測定する装置に光電子増倍管というものがあります。光電子増倍管は、光電管の一種で、光センサーの中でも極めて高感度の光検出器です。その構造は、図 1 に示すように、光電面、集束電極、電子増倍部、陽極などからなっています。光が光電面に当たると光電効果により電子が飛び出し、放出された電子は集束電極によって効率よく電子増倍部へ導かれます。電子増倍部には多段の電極が配置されていて、連続した電極の間には高電圧がかかっています。高速の電子が金属面に衝突すると、2次電子とよばれる複数の電子を飛び出させる現象がありますが、電子増倍部に入射した電子は、この2次電子放出効果によって、多数の電子を発生させます。これらの電子は電極間に生じている高電界で加速され次段の電極に衝突し、そこでさらに多くの2次電子を生み出します。このようにして、電極の各段を通過する過程で、つぎつぎに新たな電子が放出され、その個数を増していきます。最終段を出るときには、その個数は数百万個にも達します。これらの電子は陽極に集められ、光電子増倍管に接続された電気回路によって電流のパルス信号として観測されます。</p> <p>光電効果は、19 世紀末に発見され、20 世紀初頭アインシュタインによって理論的に説明されました。このときに導入された光量子、あるいは光子の概念が、その後の量子力学の形成に結びついていったことはよく知られています。このおよそ 100 年前の発見が、私たちの暮らす現代社会を支える基盤技術として生かされています。</p>					
(山本郁夫)					

## 添付図表

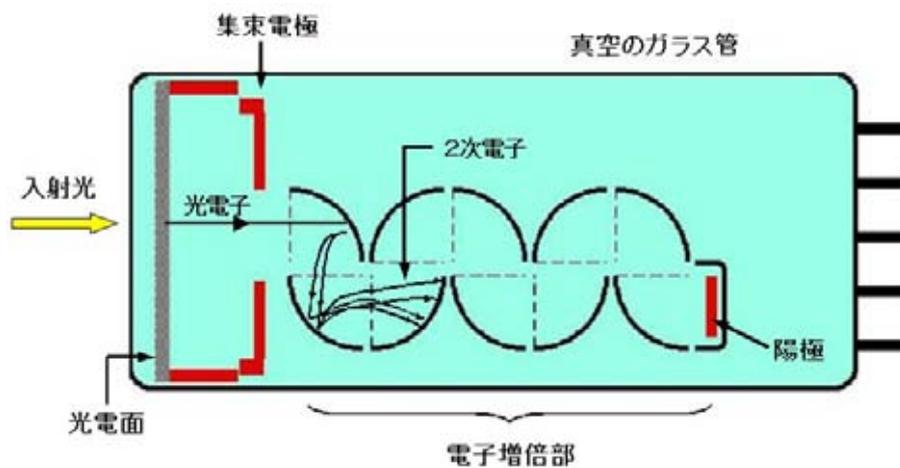


図1 光電子増倍管の構造

## 出典情報

- (1) 谷腰欽司 (1995) 「図解でわかるセンサーの話」, pp. 31, 日本実業出版社
- (2) 浜松ホトニクスホームページ「光電子増倍管について」より、2005年1月17日検索  
[http://www.hpk.co.jp/Jpn/products/etd/pmtj/pmt\\_s&tj.htm](http://www.hpk.co.jp/Jpn/products/etd/pmtj/pmt_s&tj.htm)

		題材分類	高物Ⅱ		
題材主題	犯罪捜査に威力を発揮する「放射光」				
副題	極微量の元素の分析をするための「放射光」				
学習指導要領の 教科・科目	学習指導要領の大項目	学習指導要領の中項目	学習指導要領の小項目	備考	
高校物理Ⅱ	(4) 原子と原子核	ア 原子の構造	(ア) 粒子性と波動性		
中学理科1分野	(7) 科学技術と人間	イ 科学技術と人間		発展的学習	
学習内容の キーワード	放射光 シンクロトロン	活用場面の キーワード	元素分析		
<b>題材とその活用場面</b>					
<p>微量元素の分析には、X線領域の放射光が使われています。放射光を元素に照射し、そこから放出される蛍光X線によって、元素の種類を確定します。放射光での検出の長所は、検出感度が高くなり、微小領域の分析、微小試料の分析、表面分析などが可能になるところです。また重元素の分析も可能です。</p> <p>「放射光」の学習は、物質に含まれる不純物を分析することができ、犯罪の捜査にも利用されています。</p>					
<b>説明</b>					
<p>シンクロトロンという加速器で電子を光に近い速度まで加速しておいて、電子の進行方向を変えると、進行方向に沿った光が放出されます。この放出された光が放射光です。電子の速度に応じて放出される光の波長が違ってくるので、遠赤外光から可視光、紫外線も出せ、もっと波長が短いX線も出すことができます。</p> <p>元素に、エネルギーの高い放射光（励起X線）を照射すると、原子の中の電子がはじき飛ばされます。電子軌道の内側を回っていた電子が飛ばされると、その軌道よりも外側の軌道にあった電子が飛ばされた電子の軌道に移ってきます。外側の軌道にある電子の方が内側の軌道にある電子よりも高いエネルギーをもっているのので、内側の軌道に移るときに、余ったエネルギーをX線として放出します。このX線が蛍光X線で、元素の種類によって固有のエネルギーをもっています。この蛍光X線を測ることによって、元素の種類がわかります。</p> <p>以上の方法は、微量元素の分析に使われています。また考古学の分野で、古代遺物の素材中の微量元素を分析して、その産地を特定するためにも使われています。</p> <p style="text-align: right;">(藤井健司)</p>					

## 添付図表

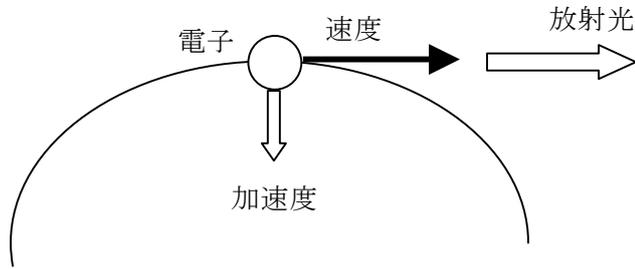


図1 放射光の発生

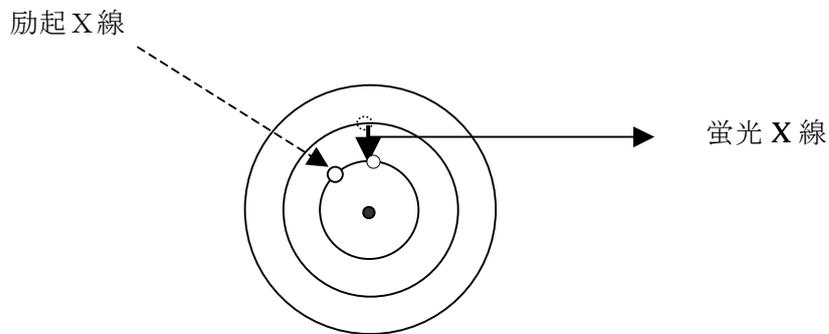


図2 蛍光 X 線発生の模式図

## 出典情報

山田廣成 (2004) 「ポータブルシンクロトロンで開ける新しい放射光利用」『放射線と産業 vol.102』pp18-29

「犯罪捜査で活躍する放射光」『S&T TODAY 2004年10月号』pp6-7

「大型放射光 Spring 8」ホームページ「放射光入門」2005年1月25日 以下より検索

URL <http://www.spring8.or.jp/j/>

		題材分類	高物Ⅱ	
題材主題	放射線を使った煙検知器			
副題	放射線の電離作用を利用した煙の検知。			
学習指導要領の 教科・科目	学習指導要領の大項目	学習指導要領の中項目	学習指導要領の小項目	備考
高校物理Ⅱ	(4) 原子と原子核	イ 原子核と素粒子	(ア) 原子核	
学習内容の キーワード	原子核、放射線、放射能、アルファ線、 電離	活用場面の キーワード	煙検知器、火災報知器	
<b>題材とその活用場面</b>				
<p>放射能というと普段の生活からは縁遠いという印象があります。しかし、意外と身近なところに放射線が利用されています。学校、デパート、映画館などの公共施設や、ある高さ以上の集合住宅などの天井によく見られる煙検知器がそれです。煙検知器の内部には放射線源が内蔵されていて、煙検知機能の根幹を担っています。つまり、放射線が我々の日常生活の安全に一役かっているのです。原子核、放射能の学習がその理解に繋がっています。</p>				
<b>説明</b>				
<p>電氣的に中性の原子、または分子に何らかの方法で外部からエネルギーを与えると、原子（分子）から電子を飛び出させ、陽イオンと自由電子を発生させることができます。これを電離作用といい、正電荷をもったヘリウムであるアルファ線は電離作用の大きな放射線であることが知られています。このアルファ線のもつ大きな電離作用を利用することで、空気中に浮遊する煙の微粒子を高感度に検出することができます。</p> <p>煙検知器はたいてい図1に示すような丸いお椀状の形をしています。その内部には電極を備えた小部屋（イオン室）があり、そこに放射線源が置かれています（図2）。イオン室内には放射線源からのアルファ線の電離作用により一定濃度のイオンが存在します。そのため電極間には普段は一定の電流が流れています。また、電極と結線された回路には、電極間を流れる電流がある値を下回ると火災報知器を作動させるスイッチ素子が組み込まれています。</p> <p>火災が発生してイオン室内に煙の微粒子が入り込むと、アルファ線は煙粒子と衝突しエネルギーを失うため、電離効果が弱まり、電極間を流れる電流が減少します。そして、空気中の煙粒子の濃度がある値以上になると、スイッチ素子が作動し、火災報知器が鳴る仕組みになっています。</p> <p>放射線源として、以前はラジウム <b>226</b> (<math>^{226}\text{Ra}</math>) が使われていましたが、最近はより安全なアメリシウム <b>241</b> (<math>^{241}\text{Am}</math>) という人工放射線源が用いられています。なお、この人工放射線源の強さは非常に弱く、この型式の煙検知器による被爆の心配は全くありません。</p>				
(山本郁夫)				

## 添付図表



図1 煙検知器

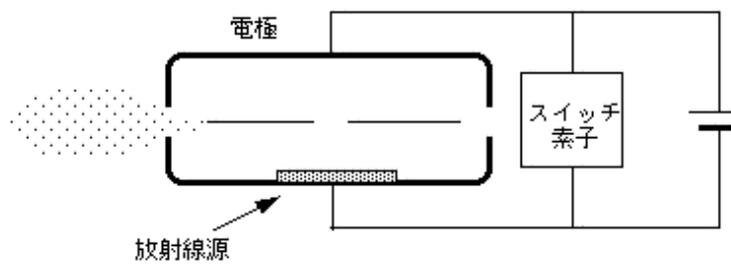


図2 煙検知器の内部構造

## 出典情報

(1) 根本特殊化学株式会社のホームページより、2004年9月8日検索

URL: [http://www.nemoto.co.jp/column/03\\_smoke.html](http://www.nemoto.co.jp/column/03_smoke.html)

(2) 経済産業省「原子力のページ」より、2004年9月8日検索

URL: [http://www.atom.meti.go.jp/siraberu/r\\_rays/04/main02s.html](http://www.atom.meti.go.jp/siraberu/r_rays/04/main02s.html)

		題材分類	高化 I		
題材主題	1 mol の定義と原子力発電における莫大な発熱量				
副題	質量欠損と原子核の結合エネルギーおよび核エネルギー				
学習指導要領の 教科・科目	学習指導要領の大項目	学習指導要領の中項目	学習指導要領の小項目	備考	
高校化学 I	(1) 物質の構成	イ 物質の構成粒子	(イ) 物質質量		
高校物理 II	(4) 原子と原子核	イ 原子核と素粒子	(ア) 原子核		
学習内容の キーワード	1 mol、原子量、アボガドロ定数、質量欠損、原子核の結合エネルギー、核エネルギー、核分裂	活用場面の キーワード	原子力発電、天然ウラン、濃縮ウラン、劣化ウラン		
<b>題材とその活用場面</b>					
<p>12g (厳密) の <math>^{12}\text{C}</math> に含まれる炭素原子と同数を含む系を 1 mol と定義し、これが原子量・アボガドロ定数の基準です。<math>^{12}\text{C}</math> は 6 個の陽子と 6 個の中性子からなる原子核および 6 個の電子からなり、それらの質量和は約 12.1g であり、<math>^{12}\text{C}</math> の原子核が形成される際には質量が保存されずに減少 (質量欠損と呼ぶ) します。質量が保存される化学反応とは異なり、核が変化する反応では質量欠損とそれに伴い莫大な発熱があります。この発熱に伴い 6 個の陽子と 6 個の中性子から <math>^{12}\text{C}</math> の安定な原子核が形成されます。<math>^{235}\text{U}</math> が 2 つの原子核に分裂 (核分裂と呼ぶ) する際にも質量欠損が起こり、それに伴い発生する莫大な熱は原子力発電に利用されています。</p>					
<b>説明</b>					
<p>陽子、中性子および電子の質量 (原子質量単位) と <math>^{12}\text{C}</math> の構成粒子の質量和を表 1 に示しました。その質量欠損 <math>\Delta m</math> は <math>\Delta m=0.099\text{g mol}^{-1}</math> であり、光の速さを <math>c</math> とすれば、<math>^{12}\text{C}</math> の原子核の結合エネルギーは <math>\Delta m c^2</math> で与えられます。光の速さ <math>c</math> は非常に大きいので、結合エネルギー <math>\Delta m c^2</math> は非常に大きな値となります。</p> <p>原子力発電は <math>^{235}\text{U}</math> が中性子を吸収して 2 つの原子核に分裂 (核分裂と呼ぶ) すると共に 2,3 個の中性子を放出し、その中性子が別の <math>^{235}\text{U}</math> に当たれば、核分裂が連鎖的に起こります (連鎖反応と呼ぶ)。例えば <math>^{235}\text{U}</math> に低速の中性子を当てると <math>^{141}\text{Ba}</math> と <math>^{92}\text{Kr}</math> に分裂し 3 個の中性子を放出し、約 0.2g の質量欠損とそれに相当する莫大な熱が発生します。すなわち、<math>^{141}\text{Ba}</math> および <math>^{92}\text{Kr}</math> の原子核は <math>^{235}\text{U}</math> の原子核より安定であるために、<math>^{235}\text{U}</math> の核分裂とそれに伴う質量欠損 (莫大な発熱) が起こります。</p> <p>天然ウランはその 99.3% を占める <math>^{238}\text{U}</math> が中性子を吸収するために、連鎖反応を保つには中性子が外部に漏れるのを防ぐ特別な工夫と装置を大型にする必要があります。そのため、原子力発電には、<math>^{235}\text{U}</math> の濃度を 3% - 5% に高めたウラン (濃縮ウランと呼ぶ) を要し、原子爆弾には激しい連鎖反応を要するので 50% を越える高濃度の <math>^{235}\text{U}</math> を含むウラン (高濃縮ウランと呼ぶ) が必要です。天然ウランから濃縮ウランあるいは高濃縮ウランを得るには、ウランのフッ化物である <math>\text{UF}_6</math> を遠心分離機で <math>^{235}\text{U}</math> 濃度を高めます。化学的には差のない <math>^{235}\text{UF}_6</math> と <math>^{238}\text{UF}_6</math> を分離するには 1 段の遠心分離ではほとんど機能しないので、直列した非常に多くの遠心分離機を要し、大量の電力を要します。腐食性の <math>\text{UF}_6</math> を処理する工程ではテフロン被覆等の特別な装置が必要となります。またウラン濃縮の過程で、濃縮ウラン量に比較して格段に大量の <math>^{235}\text{U}</math> 濃度の小さなウラン (劣化ウランと呼ばれ、<math>^{235}\text{U}</math> の濃度は約 0.2%) が副成します (表 2)。</p>					
(鈴木勲)					

## 添付図表

表1  $^{12}\text{C}$  の構成粒子の質量（原子質量単位）と質量欠損および結合エネルギー

陽子の質量	$m_p$	$1.00728 \text{ g mol}^{-1}$
中性子の質量	$m_n$	$1.00867 \text{ g mol}^{-1}$
電子の質量	$m_e$	$0.00055 \text{ g mol}^{-1}$
$^{12}\text{C}$ の構成粒子の質量和 ( $6m_p+6m_n+6m_e$ )		$12.099 \text{ g mol}^{-1}$
$^{12}\text{C}$ の質量		$12.000 \text{ g mol}^{-1}$
$^{12}\text{C}$ 核の生成に伴う質量欠損 ( $\Delta m$ )		$0.099 \text{ g mol}^{-1}$
$^{12}\text{C}$ 核の結合エネルギー ( $\Delta m c^2$ )		$8.91 \times 10^{12} \text{ J mol}^{-1}$

$$\Delta m = 6m_p + 6m_n + 6m_e - 12.000 \text{ g mol}^{-1}$$

$$c = 3.00 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$$

表2 高濃縮ウラン 1kg を得るのに副成する劣化ウラン

天然ウラン(0.7% $^{235}\text{U}$ , 99.3% $^{238}\text{U}$ )	99.6 kg
高濃縮ウラン(50% $^{235}\text{U}$ , 50% $^{238}\text{U}$ )	1.0kg
劣化ウラン(0.2% $^{235}\text{U}$ , 99.8% $^{238}\text{U}$ )	98.6kg

## 出典情報

		題材分類	高化 I	
題材主題	ダイナマイトの爆発力			
副題	ダイナマイト（ニトログリセリン）の爆発力のしくみはどこに			
学習指導要領の 教科・科目	学習指導要領の大項目	学習指導要領の中項目	学習指導要領の小項目	備考
高校化学 I	(2) 物質の種類と性質	イ 有機化合物	(イ) 官能基を含む化合物	
学習内容の キーワード	ニトログリセリン、ニトロ基 吸熱反応、官能基	活用場面の キーワード	ダイナマイト、爆発力、爆薬	
<b>題材とその活用場面</b>				
<p>ダイナマイトはニトログリセリン(液体)をケイ藻土にしみこませ扱いやすくした爆薬です。ニトログリセリンの爆発性は、分子内に燃えやすい炭化水素基と酸素を放出しやすいニトロ基(-NO<sub>2</sub>)を併せ持っている点にあります。このような官能基を持った物質の性質は、建設や土木などの現場で、ビルを壊したり、岩石を破壊したりするのに使われています。有機化学における官能基の学習は、産業における新素材の開発や医薬等の開発において重要な基礎をなすものです。</p>				
<b>説明</b>				
<p>ニトログリセリンは、1846年にイタリアのソブレロによって発明されました。1866年にノーベルは、強い爆発性を有し、液体であるために取り扱いが難しいニトログリセリンを珪藻土に吸収させることで、安全に導火線で点火できるようにしました。これがダイナマイトです。</p> <p>ニトログリセリン（図1）はいったん燃焼をはじめると、ニトロ基が分解し酸素が放出され、炭化水素基の部分と激しく反応して、安定な一酸化炭素(CO)、二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)、窒素(N<sub>2</sub>)、水蒸気(H<sub>2</sub>O)などになります。これらの気体が生成することで体積が膨張しますが、熱もたくさんでるので温度が上がり体積はさらに大きくなります。このため爆発の威力が増すのです。</p> <p>窒素酸化物であるニトロ基(-NO<sub>2</sub>)は、エネルギー的にも大変分解しやすいことが、他の非金属酸化物との生成熱の比較（表1）からわかります。炭素、硫黄、水素の各酸化物が生成する場合は、エネルギーを放出（発熱反応）し、より安定になるのに対して、窒素酸化物が生成する場合は、エネルギーを吸収（吸熱反応）し、より高いエネルギーを持った不安定な状態になります。このためニトロ基は、容易に分解して燃焼のための酸素を供給し、さらに熱も一緒に放出します。ニトログリセリンの発明以降、強力な爆発力をもつピクリン酸(1873年)やTNT火薬(1891年)が発明されました（図3）。このように官能基の性質を知ることは、新たな物質の性質を予測することができ、有用な物質の合成に役立っています。</p>				
(岩田雅弘)				

## 添付図表

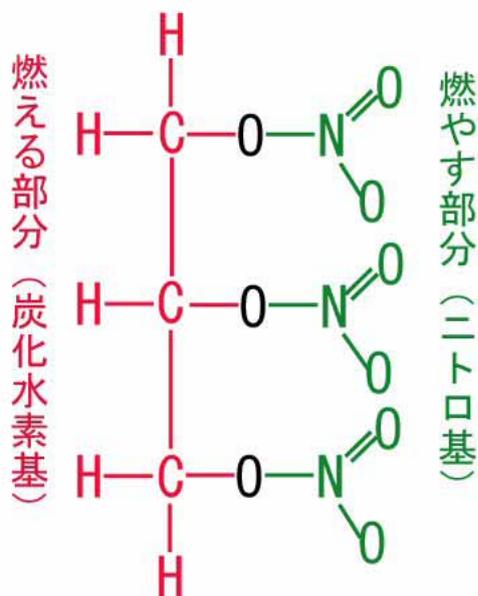


図1 ニトログリセリンの構造式

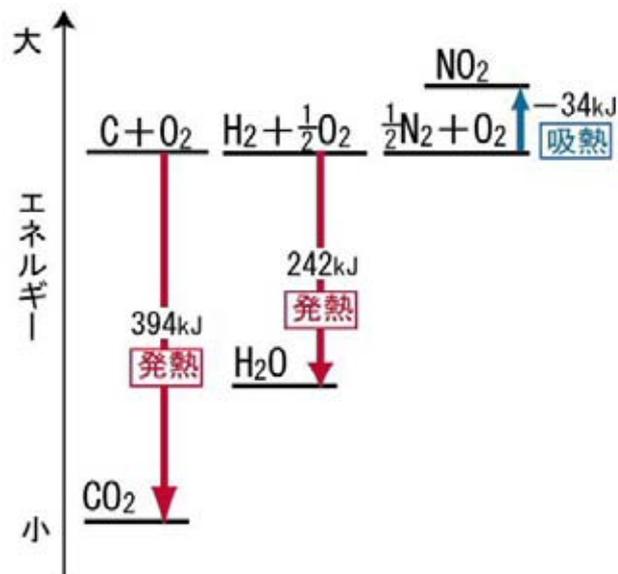


図2 各酸化物のエネルギー状態

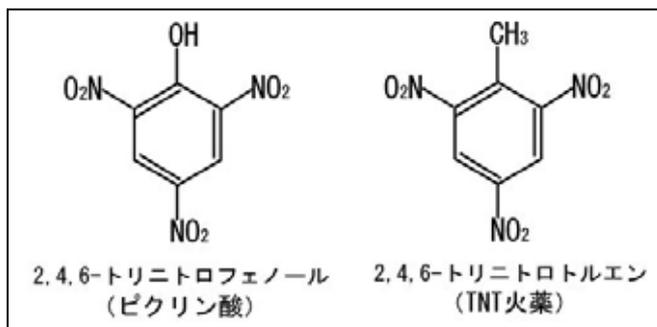


図3 強力な爆発力をもつニトロ化合物

表1 酸化物の生成熱

酸化物	生成熱	反応
$CO_2$	394 kJ/mol	発熱
$SO_2$	297 kJ/mol	発熱
$H_2O$	242 kJ/mol	発熱
$CO$	110 kJ/mol	発熱
$NO_2$	-34 kJ/mol	吸熱

## 出典情報

(1) J.E.BRADY・G.E.HUMISTON 著 「ブラディ 一般化学(上)」(若山信幸・一国雅巳・大島康郎訳) pp.485(2)

(2) ニトログリセリンの合成、2004年10月3日以下より検索

URL:<http://www8.plala.or.jp/grasia/nitoroji.htm>

		題材分類	高化 I		
題材主題	なぜアルミニウムは一酸化炭素による還元では得られないか				
副題	アルミナの電気分解でえるアルミニウム				
学習指導要領の 教科・科目	学習指導要領の大項目	学習指導要領の中項目	学習指導要領の小項目	備考	
高校化学 I	(3) 物質の変化	ア 化学反応	(ア) 反応熱		
高校化学 I	(3) 物質の変化	ア 化学反応	(ウ) 酸化と還元		
学習内容の キーワード	イオン化傾向、電気分解、熱化学方程式、生成熱、発熱反応、ヘスの法則	活用場面の キーワード	アルミニウム、アルマイト、電気分解、再利用（リサイクル）		
<b>題材とその活用場面</b>					
<p>アルミニウム Al はその酸化物であるアルミナ <math>\text{Al}_2\text{O}_3</math> が化学的に安定であり、鉄 Fe とは異なり一酸化炭素 CO による還元で Al を製造することができないので電気分解によってえまます。その密度が <math>2.7 \text{ g/cm}^3</math> と小さい Al は軽量が要求される飛行機等の構造材あるいは住宅用に大量に使われており、最近では電車・自動車の構造材にも利用が拡大しています。それらは予め緻密な <math>\text{Al}_2\text{O}_3</math> の被膜を付けた製品（アルマイトと呼ぶ）として利用されています。Al は電気の缶詰と言われるほどその製造に大きな電気エネルギーを要しますが、再利用しても劣化が小さく新地金の 3% 程度のエネルギーで再生できるので、日本の Al 消費量の約 1/3 は再利用によりえまます。反応熱の学習は、アルミニウムなどの金属の製造法に活用されています。</p>					
<b>説明</b>					
<p>Fe は酸化鉄 <math>\text{Fe}_2\text{O}_3</math> の一酸化炭素 CO による還元により得られます。その熱化学方程式は次式のように、安定化に伴い発熱するので、この反応は自然に起こる化学反応です。</p> $(1/2)\text{Fe}_2\text{O}_3 + (3/2)\text{CO} = \text{Fe} + (3/2)\text{CO}_2 + 14 \text{ kJ}$ <p>上記が発熱反応であるのは、二酸化炭素 <math>\text{CO}_2</math> の生成熱 (<math>394 \text{ kJ/mol}</math>) と CO の生成熱 (<math>111 \text{ kJ/mol}</math>) の差が <math>\text{Fe}_2\text{O}_3</math> の生成熱 (<math>822 \text{ kJ/mol}</math>) の 3 倍より大きいからです（ヘスの法則）。</p> <p>一方 <math>\text{Al}_2\text{O}_3</math> の CO による還元の熱化学方程式は、その生成熱 <math>1670 \text{ kJ/mol}</math> を使ってヘスの法則から次式で表すことができます。</p> $(1/2)\text{Al}_2\text{O}_3 + (3/2)\text{CO} = \text{Al} + (3/2)\text{CO}_2 - 410 \text{ kJ}$ <p><math>\text{Al}_2\text{O}_3</math> が化学的に安定であり、その生成熱が大きいのでこの反応は吸熱反応であり、自然には起こりません。すなわち化学反応を含めて自然に起こる変化は、安定化（発熱）あるいは乱雑化（分散化）を伴います（図 1、表 1）。そのため、Al は <math>\text{Al}_2\text{O}_3</math> の一酸化炭素 CO による還元により得られないので、<math>\text{Al}_2\text{O}_3</math> の電気分解によりえまます。</p> <p>電気分解では陽極で最も酸化されやすいイオン（あるいは物質）が酸化され、陰極では最も還元されやすいイオン（あるいは物質）が還元されます。Al のイオン化傾向は大きいので、電気分解で <math>\text{Al}^{3+}</math> を還元して Al をえるためには高い電圧を要します。そのために、水溶液での電気分解では陽極および陰極ではそれぞれ <math>\text{O}_2</math> あるいは <math>\text{H}_2</math> 等が発生するので、それを避けるために加熱・融解させた熔融塩を電気分解して Al をえまます。<math>\text{Al}_2\text{O}_3</math> の融点が高い (<math>2054^\circ\text{C}</math>) ですが氷晶石 <math>\text{Na}_3\text{AlF}_6</math> と混合することにより約 <math>1000^\circ\text{C}</math> で融解させることができ、Al は黒鉛を電極として電気分解でえることができます。</p>					
（鈴木勲）					

## 添付図表

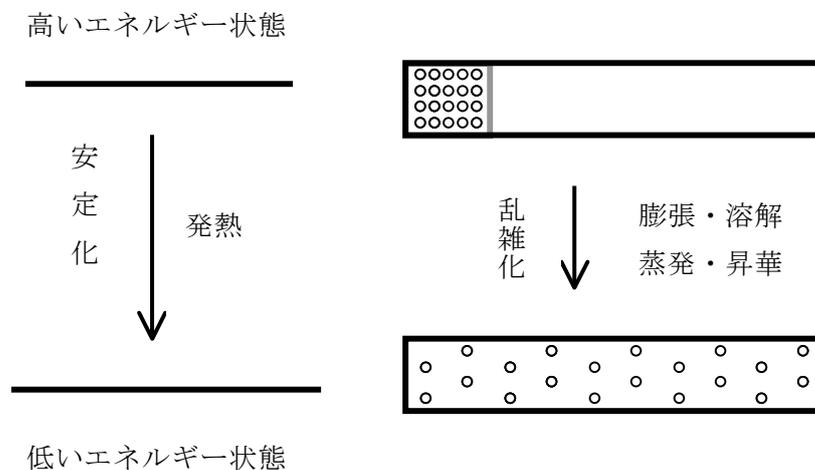


図1 自然に起こる変化

表1 自然に起こる化学反応の例

安定化 (発熱)	$2\text{H}_2$ (気体) + $\text{O}_2$ (気体) = $2\text{H}_2\text{O}$ (液体) $\text{CH}_4$ (気体) + $2\text{O}_2$ (気体) = $\text{CO}_2$ (気体) + $2\text{H}_2\text{O}$ (液体)
乱雑化 (蒸発・昇華・溶解)	$\text{CO}_2$ (固体) = $\text{CO}_2$ (気体) $\text{NaCl}$ (固体) + aq = $\text{NaCl}$ aq
安定化と乱雑化	$2\text{C}$ (黒鉛) + $\text{O}_2$ (気体) = $2\text{CO}$ (気体) $2\text{H}_2\text{O}_2$ (液体) = $2\text{H}_2\text{O}$ (液体) + $\text{O}_2$ (気体)

## 出典情報

		題材分類	高化 I		
題材主題	なぜ水の電気分解には電解質水溶液を使うのでしょうか				
副題	電気分解での電圧と流れる電流				
学習指導要領の 教科・科目	学習指導要領の大項目	学習指導要領の中項目	学習指導要領の小項目	備考	
高校化学 I	(3) 物質の変化	ア 化学反応	(ウ) 酸化と還元		
高校物理 I	(3) 運動とエネルギー	ア 物体の運動	(ウ) 運動の法則		
学習内容の キーワード	生成熱、電解質、電気分解、ファラデーの法則、反応速度、斜面上の運動、摩擦力を受ける物体の運動	活用場面の キーワード	電気分解、燃料電池		
<b>題材とその活用場面</b>					
<p>一般的に化学反応は、逐次的に起こる複数の反応からなり、全体の反応速度はほぼ最も遅い段階（律速段階と呼ぶ）の速度によって規制されます。水の電気分解に硫酸ナトリウム <math>\text{Na}_2\text{SO}_4</math> 等の電解質の水溶液を使用するのは、水単独では陽極と陰極の間のイオン移動速度が小さ過ぎるので、大きな電流すなわち大きな電気分解速度がえられないからです。通常電気分解では最も遅い段階は電極上での反応であり、水の電気分解では電極上での反応を促進するために白金等を電極に使うと共にその表面積を大きくするために多孔質の白金（白金黒と呼ぶ）電極を使用します。水の電気分解の逆反応である水素燃料電池においても、水素の貯蔵法と共に大きな電流を流す電極の開発が重要な課題となっています。</p>					
<b>説明</b>					
<p>水の電気分解には硫酸ナトリウム <math>\text{Na}_2\text{SO}_4</math> 等の電解質の水溶液を使用するのは、水だけではイオンの移動速度が電極上の反応速度より格段に小さくなり、電極間のイオンの移動速度が全体の速度を決めることとなります。純粋な水に含まれる極めて低濃度 (<math>10^{-7}</math> mol/l) の水素イオンおよび水酸化物イオンだけによる電気伝導は、約 0.3 mol/l の <math>\text{Na}_2\text{SO}_4</math> 水溶液における電極間の電気伝導の約 1/100 万です。</p> <p>硫酸ナトリウム <math>\text{Na}_2\text{SO}_4</math> 等の電解質水溶液を使っても、水溶液中に浸した 2 つの電極間の電位差 <math>E</math> が小さければ電流 <math>I</math> はほとんど流れません。水 <math>\text{H}_2\text{O}</math> は酸素 <math>\text{O}_2</math> および水素 <math>\text{H}_2</math> に比較して格段に安定であり、大きな生成熱を有するので、低い電圧では電気分解は起こりません。<math>\text{H}_2\text{O}</math> の生成熱 286 kJ/mol に相当する電圧 1.23 V（平衡電位 <math>E_0</math> と呼ぶ）より高い電位差においてはじめて <math>\text{H}_2\text{O}</math> は <math>\text{O}_2</math> および <math>\text{H}_2</math> に電気分解する可能性があります。すなわち、平衡電位 <math>E_0</math> より電極間の電位差 <math>E</math> が高くなると電流 <math>I</math> が流れ、電気分解により <math>\text{O}_2</math> と <math>\text{H}_2</math> が発生します（図 1）。その電位差と平衡電位との差を過電圧と呼び、電気分解には過電圧が必要です。交流電圧においては、電流が電圧に比例（オームの法則）しますが、図 1 のように直流では平衡電位以下の電圧ではほとんど電流が流れません。また一般的に、直流電圧による電流は交流電圧による電流より格段に小さいです。</p> <p>電気分解における電圧と電流の関係は、斜面上の物体を持ち上げる力とその速度の関係に似ています。角度 <math>\theta</math> の斜面上に置かれた質量 <math>m</math> の物体は、摩擦がなければ <math>F_g = mg \sin \theta</math>（つり合いの力）よりわずかに大きな力で持ち上げることができます。しかし、摩擦に逆らってその物体を持ち上げるには、つり合いの力より余分な力 <math>F</math> が必要です（図 2）。つり合いの力 <math>F_g</math> が電気分解の平衡電位 <math>E_0</math> に相当し、摩擦に逆らって持ち上げる力との差が過電圧に相当します。</p>					
（鈴木勲）					

## 添付図表

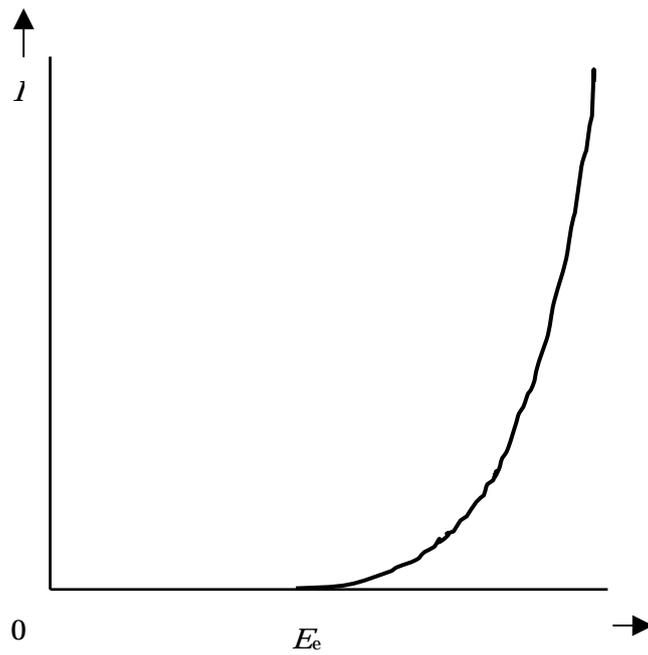


図1 電気分解における電位—電流曲線

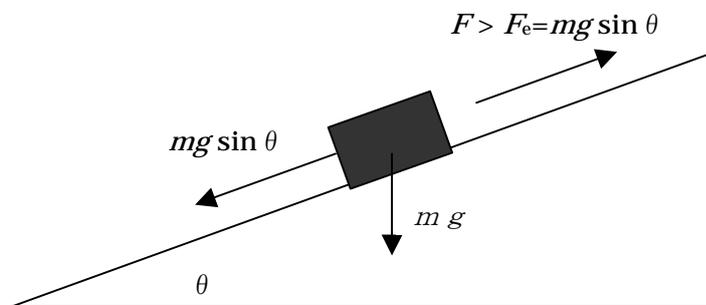
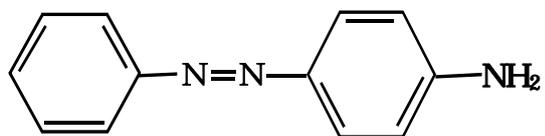


図2 斜面上を上昇する物体の運動

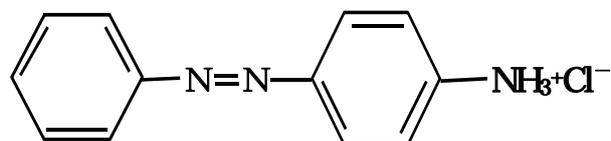
## 出典情報

		題材分類	高化 I	
題材主題	衣類になぜいろいろな色がつけられるのか			
副題	染料による着色の仕組み			
学習指導要領の教科・科目	学習指導要領の大項目	学習指導要領の中項目	学習指導要領の小項目	備考
高校化学 I	(2) 物質の種類と性質	イ 有機化合物	(イ) 官能基を含む化合物	
高校化学 II	(2) 生活と物質	ア 食料と衣料の化学	(イ) 衣料	
中学理科 1 分野	(2) 身のまわりの物質	イ 水溶液		
学習内容のキーワード	分子、酸性、アルカリ性、水溶液	活用場面のキーワード	染料、可視光線、吸収、	
<b>題材とその活用場面</b>				
<p>繊維にいろいろな色をつけたい場合に、有機化学物質である染料を用いて着色します。染料には多くの種類がありますが、アゾ染料とアントラキノン染料が最も重要なものです。染料によって着色する理由は、染料分子の中に発色団や助色団があり、それらの作用で可視光線の一部を吸収するからです。石油製品の一部であるコールタールなどを原料として多くの染料が合成され、利用されています。</p>				
<b>説明</b>				
<p>染料とは、可視光線の一部を吸収する要素を分子内に含む化学物質です。例えば、青緑の色を染料の分子が吸収すると、その染料で染めた衣類は青緑の補色である赤色に見えます。アゾ染料は代表的な染料の一つです。アゾ染料を化学構造から分類すると、酸性染料と塩基（アルカリ）性染料に分けられます。塩基性染料の一つであるアニリンイエローの構造を図 1 (a) に示します。多くの染料は、この例のようにベンゼン環、ナフタレン環などの環状要素と、アゾ基（<math>-N=N-</math>）、<math>-C=O</math>、<math>-C=C-</math>などの発色団とを含んでいます。この構造をよく見ると、二重結合が一つおきに連なっていることが分かります。このように二重結合が一つおきに連なっている結合のことを共役二重結合といいます。共役二重結合が多く連なった分子は比較的小さいエネルギーの励起状態を持ちます。励起状態とは光など外部からエネルギーが与えられることによってその分子がいつもより高いエネルギーになる状態のことをいいます。励起状態のエネルギーが分子の構造によって決まっていますが、共役二重結合の多い場合は可視光線程度の小さいエネルギーで励起され、光の吸収が起こります。これ以外に、染料はアミノ基（<math>-NH_2</math>）、<math>-NHR</math>、<math>-COOH</math>、<math>-OH</math>などの助色団を持っています。染料は繊維の分子に化学的、物理的に結合しますが、助色団はその結合に大きく寄与しているのです。染料を用いて着色するには、水溶液に溶かす必要があります。例えば、アニリンイエローのような塩基性染料には塩酸などの酸を加えると、図 1 (b) にあるように、アミノ基（<math>-NH_2</math>）の部分が<math>-NH_3^+</math>の状態になって溶けて、染料分子が繊維のすみずみまで行き渡ります。アミノ基などと繊維の部分とが物理的、化学的に結びついて染色します。染色が終了水洗いされても繊維との結合はとれず、図 1 (a) の状態で繊維とつながっています。</p>				
(稲場秀明)				

## 添付図表



(a) 固体状態



(b) HCl 水溶液に溶けた状態

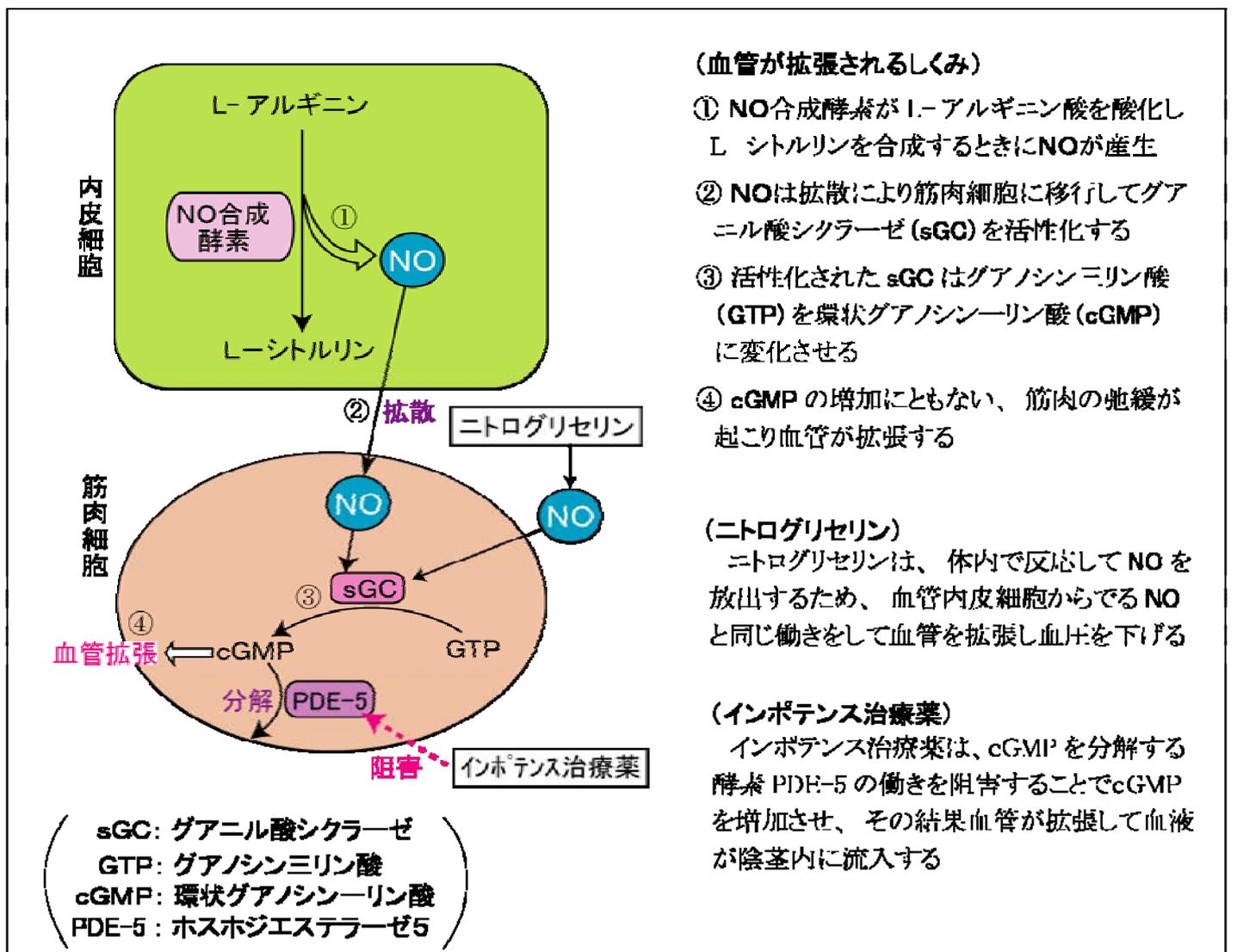
図1 アニリンイエローの固体と水溶液の状態の構造

## 出典情報

- (1) 稲場秀明 (1998) 「氷はなぜ水に浮かぶのか 科学の眼で見る日常の疑問」 p.133-135 丸善
- (2) <http://www.kiriya-chem.co.jp/q&a/q44.html>

		題材分類		高化 I	
題材主題	環境汚染物質の一酸化窒素が薬として注目されているってほんと？				
副題	体の外では嫌われものの一酸化窒素が体の中では大活躍				
学習指導要領の 教科・科目	学習指導要領の大項目	学習指導要領の中項目	学習指導要領の小項目	備考	
高校化学 I	(2) 物質の種類と性質	ア 無機物質	(ア) 単体 (イ) 化合物		
学習内容の キーワード	一酸化窒素 二酸化窒素 窒素酸化物 NO <sub>x</sub> タンパク質	活用場面の キーワード	血管拡張剤 ニトログリセリン インポテンス治療薬 肺高血圧症		
<b>題材とその活用場面</b>					
<p>一酸化窒素 (NO) は、環境汚染物質として知られる窒素酸化物 (NO<sub>x</sub>) の一種ですが、この NO が、実は生体内で大変重要な働きをしていることが近年になってわかりました。その主な働きは、血管を拡張し血圧を下げることで、その他にも様々な働きをしていることが徐々にわかってきました。これらの研究成果は、すでに新生児肺高血圧症の NO 吸入療法や心因性インポテンスの治療薬などに生かされています。</p> <p>高校化学で学ぶ一酸化窒素をはじめとする無機化合物やタンパク質 (酵素) などの学習はこれらの研究をおこなう上での基礎となるものです。</p>					
<b>説明</b>					
<p>一酸化窒素 (NO) は、環境汚染物質である窒素酸化物 (NO<sub>x</sub>) の一つで、酸素と反応してすぐに二酸化窒素 (NO<sub>2</sub>) に変化するため、取り立てて注目される物質ではありませんでした。ところが、1980 年にファーチゴットが血管の内皮細胞から、血管を拡張させている物質が産生されることを発見し、ついで、1987 年にモンカダらがその物質が NO であることを証明しました。以来、医学界を中心に NO の生体内反応の研究が盛んにおこなわれています。</p> <p>NO は、生体内で血管を拡張し血圧を下げる働きがありますが、これは NO の働きによって血管を拡張させる酵素 (cGMP) を産生するためです。狭心症にニトログリセリンが有効である理由は長い間謎でしたが、ニトログリセリンが体内で NO を放出し、それが生体内の NO と同様に血管拡張作用を発揮するためであることが判明しました。新生児肺高血圧症は、出生しても肺血管が収縮したままで肺呼吸がうまくはじまらない病気ですが、このとき NO を吸入させると NO は肺血管だけを拡張し劇的に症状が改善されます。従来の血管拡張剤は、肺血管以外の血管も拡張させてしまい、低血圧症などの副作用を伴う問題点がありましたが、この NO 吸入療法には副作用はありません。また、インポテンス治療薬は、cGMP を分解する酵素 (PDE-5) の働きを阻害することで陰茎の勃起うながす効果があります。</p> <p>NO の働きとしては他にも、免疫系ではウイルス殺菌作用、神経系では情報伝達物質としての働きなどが明らかにされており、さらに多方面から研究が進められています。</p>					
(岩田雅弘)					

## 添付図表



## (血管が拡張されるしくみ)

- ① NO合成酵素がL-アルギニン酸を酸化しL-シトルリンを合成するときにNOが産生
- ② NOは拡散により筋肉細胞に移行してグアニル酸シクラーゼ(sGC)を活性化する
- ③ 活性化されたsGCはグアノシン三リン酸(GTP)を環状グアノシン一リン酸(cGMP)に変化させる
- ④ cGMPの増加にともない、筋肉の弛緩が起こり血管が拡張する

## (ニトログリセリン)

ニトログリセリンは、体内で反応してNOを放出するため、血管内皮細胞から出るNOと同じ働きをして血管を拡張し血圧を下げる

## (インポテンス治療薬)

インポテンス治療薬は、cGMPを分解する酵素PDE-5の働きを阻害することでcGMPを増加させ、その結果血管が拡張して血液が陰茎内に流入する

図1 生体内での一酸化窒素NOの働き

## 出典情報

- (1) 新生児肺高血圧症NOガス、劇的効果に  
URL : [http://chubu.yomiuri.co.jp/tkp/chubu\\_iry041125.html#top](http://chubu.yomiuri.co.jp/tkp/chubu_iry041125.html#top)
- (2) 一酸化窒素  
URL : <http://www.naoru.com/no.htm>
- (3) 一酸化窒素(NO)の治療への応用  
URL : <http://www.shiga-med.ac.jp/~hqkikaku/idainews/idainews02/idainews0203.pdf>
- (4) 爆発物から治療ガスへ  
URL : <http://www.nikkei-bookdirect.com/science/beyond-discovery/no/01.html>

		題材分類		高化 I	
題材主題		抗菌のしくみってどうなっているの			
副題		抗菌剤として有用な銀			
学習指導要領の 教科・科目	学習指導要領の大項目	学習指導要領の中項目	学習指導要領の小項目	備考	
高校化学 I	(1) 物質の種類と性質	ア 無機物質	(ア) 単体 (イ) 化合物		
学習内容の キーワード	銀、銀イオン、単体、化合物	活用場面の キーワード	抗菌 無機抗菌剤 抗菌製品 抗菌のしくみ 活性酸素		
題材とその活用場面					
<p>銀は古くからフォークや皿などの食器類などに利用されてきました。これは装飾品としての価値と共にその殺菌力のためであるといわれています。最近では、まな板やタワシ、マスク、フロアマットなど多くの生活用品に「抗菌」と記載されている製品が多くなっていますが、これらの製品には抗菌剤として銀や銅が使われています。中でも銀は体内に入っても速やかに排出されるため安全性が高く、特によく使用されます。化学における単体・化合物の学習は、このような身の回りの有用な製品を開発するのに応用されています。</p>					
説明					
<p>銀の容器に入れた食べ物や水が腐りにくいということは古くから知られていたようです。また、水中の微量の銀イオンが優れた殺菌効果を持つことは、1929年ドイツのG・クラウスによって証明されました。銀は体内に入っても安全なため、今日ではチューインガム・タバコなどの銀箔、食品添加物として仁丹やアラザン（ケーキなどの装飾に使われる銀粒）などにも使われています。この銀の安全性や殺菌力が注目され、最近では文具、繊維、台所用品といった身近な生活用品（図1）に抗菌加工する際の抗菌剤として銀が使用されるようになりました。</p> <p>抗菌剤とは、細菌の増殖を抑制する物質のことをいいます。これには、有機化合物を用いた有機系抗菌剤と銀や銅などを用いた無機系抗菌剤があります。無機系抗菌剤は、銀、銅などの金属塩をセラミックやガラスなどに混ぜて作ったもので、安全面や効果の持続性の面から幅広く使用されています。抗菌マナ板は、プラスチックの原料に抗菌剤を混ぜて成型したものです。抗菌のしくみには、金属イオンに酸素が接触して生成した活性酸素が、細菌の細胞を破壊して死滅させる活性酸素生成説や金属イオンが細胞内酵素と直接反応する説（図2）などがあります。このように単体や化合物の性質をより詳しく調べ、その知識を応用することで、私たちの暮らしに役立つ新たな製品開発が行われています。</p>					
（岩田雅弘）					

## 添付図表



図1 いろいろな抗菌製品

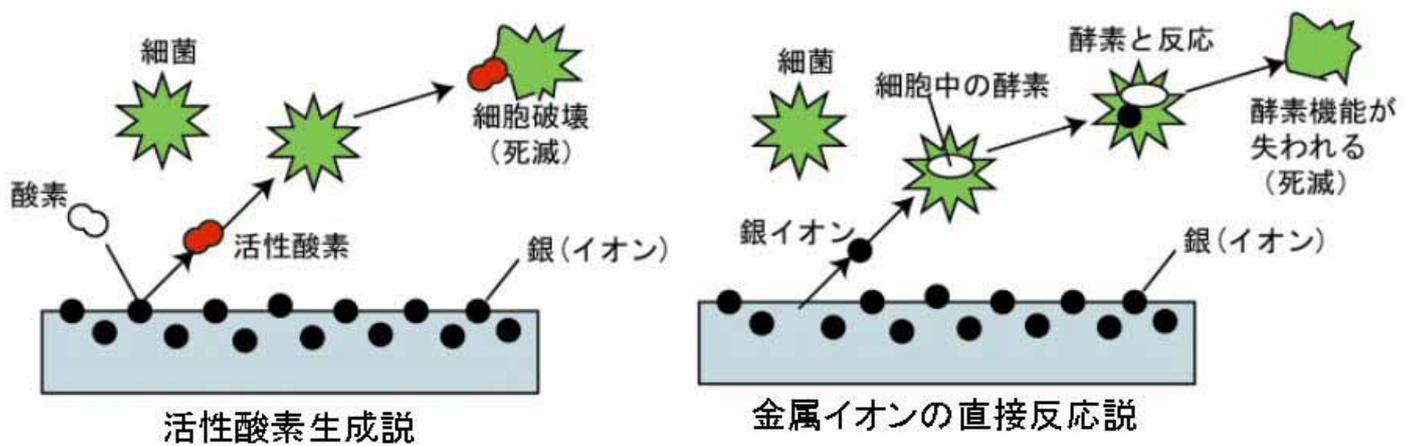


図2 抗菌のしくみ

## 出典情報

- (1) Foaming or Future、技術用語集、抗菌 2004年10月2日以下より検索  
URL : <http://www.sponge21.com/product/glossary/kokin/>
- (2) 人にやさしい銀イオンの話 2004年10月2日以下より検索  
URL : <http://www.rejipuka.com/p003.html>
- (3) 機能性プラスチック 2004年10月5日以下より検索  
URL : <http://www.jpo.go.jp/shiryousonota/map/kagaku18/4/4-3.htm>

		題材分類	高化 I	
題材主題	酸性雨を防ぐにはどうしたら良いか			
副題	空気中の二酸化硫黄の溶解による雨の水素イオン濃度			
学習指導要領の 教科・科目	学習指導要領の大項目	学習指導要領の中項目	学習指導要領の小項目	備考
高校化学 I	(3) 物質の変化	ア 化学反応	(イ) 酸・塩基、中和	
高校化学 II	(1) 物質の構造と化学平衡	イ 化学平衡	(イ) 化学平衡	
学習内容の キーワード	二酸化硫黄、硫化水素、硫黄、水素イオン濃度、電離平衡、電離定数、二酸化炭素、pH	活用場面の キーワード	石油、ガソリン、軽油、大気汚染防止、酸性雨、水素化脱硫	
<b>題材とその活用場面</b>				
<p>石油等の化石燃料に含まれる硫黄 S から生成する二酸化硫黄 <math>\text{SO}_2</math> あるいは硫化水素 <math>\text{H}_2\text{S}</math> が空気中に放出されると、それらが雨に溶解するので雨は酸性となります。酸性の雨に晒されると樹木が枯れ、生態系を変えることが懸念されます。また大理石（炭酸カルシウム <math>\text{CaCO}_3</math>）等は酸性雨により溶解するので、大理石製の彫像あるいは文化遺産が被害にあいます。そこで、原油の分留でえた石油は触媒を使って高温・高圧の水素と反応させ、硫黄化合物を硫化水素と炭化水素にします（水素化脱硫と呼ぶ）。また硫化水素は酸素で酸化して硫黄として回収するので、日本で使われるガソリンあるいは軽油等は硫黄の含有量が極めて少ないです（表 1、表 2）。化学平衡の学習は、空気中の含まれる気体による降雨中の水素イオン濃度を評価するのに活用されています。</p>				
<b>説明</b>				
<p>酸性雨とは降雨中の水素イオン濃度 <math>[\text{H}^+]</math> が約 <math>2 \times 10^{-6} \text{ mol/l}</math> より高い雨を呼びます。空気中の <math>\text{CO}_2</math> の濃度は約 0.035% (350 ppm) であり、<math>20^\circ\text{C}</math> におけるこの濃度の <math>\text{CO}_2</math> の水への平衡溶解濃度 <math>c</math> は <math>c=1.4 \times 10^{-5} \text{ mol/l}</math> です。溶解している <math>\text{CO}_2</math> の一部は水と反応して酸（炭酸）として働きます。</p> $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}^+ + \text{HCO}_3^-$ <p>ここで生成した <math>\text{HCO}_3^-</math> がさらに電離して新たに生成する <math>\text{CO}_3^{2-}</math> の濃度は <math>\text{H}^+</math> および <math>\text{HCO}_3^-</math> に比べて格段に低濃度です。したがって、<math>[\text{H}^+]</math> (<math>\text{HCO}_3^-</math> の濃度に等しい) は上記の電離定数 <math>K_a=4.3 \times 10^{-7} \text{ mol/l}</math> と <math>\text{CO}_2</math> の平衡濃度 <math>c</math> より <math>[\text{H}^+] = (cK_a)^{1/2}</math> で計算され、<math>[\text{H}^+]=2 \times 10^{-6} \text{ mol/l}</math> が得られます。またこの <math>[\text{H}^+]</math> は、<math>\text{pH}=5.7</math> に相当するので、一般的には雨水の <math>\text{pH}</math> が 5.7 より小さな雨を酸性雨と呼びます。</p> <p>化石燃料に含まれる S から生成する <math>\text{SO}_2</math> あるいは <math>\text{H}_2\text{S}</math> が空気中に放出されると、これらの水への溶解度およびその電離定数は <math>\text{CO}_2</math> のそれらより大きいので、雨中の <math>[\text{H}^+]</math> は <math>2 \times 10^{-6} \text{ mol/l}</math> より高くなります。例えば空気中に <math>\text{CO}_2</math> と同じ約 350 ppm の <math>\text{SO}_2</math> が含まれている雨中の <math>[\text{H}^+]</math> は、<math>[\text{H}^+]=2 \times 10^{-3} \text{ mol/l}</math> になります。</p> <p>すなわち、化石燃料からの硫黄の除去は大気汚染防止に最も大きな効果がある技術の一つです。また、化学工業の原料である石油製品中から硫黄を除くことは、化学反応装置の腐食を防止することおよび化学反応の触媒の機能の劣化を防ぐ効果もあります。</p> <p>高温での燃焼では、酸素 <math>\text{O}_2</math> と窒素 <math>\text{N}_2</math> の反応や燃料中の窒素化合物と <math>\text{O}_2</math> の反応で窒素酸化物 (<math>\text{NO}_x</math>) が発生するので、それも酸性雨の原因となります。その窒素酸化物は、還元剤としてアンモニアを使用し、窒素酸化物の発生地で触媒を使って <math>\text{N}_2</math> と <math>\text{H}_2\text{O}</math> にして除去します（選択的還元法と呼ぶ）。</p>				
				(鈴木勲)

## 添付図表

表1 ガソリン中の硫黄の規制値

	-2004	2004-2005	2005-2006	2006-2008	2008-2009	2009-
米国（国の規制）	500 ppm	300 ppm	300 ppm	80 ppm	80 ppm	80 ppm
欧州（EUの規制）	150 ppm	150 ppm	50 ppm	50 ppm	50 ppm	10 ppm
日本（国の規制）	100 ppm	100 ppm	50 ppm	50 ppm	10 ppm	10 ppm
日本（自主取組*）	100 ppm	100 ppm	10 ppm	10 ppm	10 ppm	10 ppm

\*）石油連盟の自主的取り組み

表2 軽油中の硫黄の規制値

	-2003	2003-2005	2005-2007	2007-2009	2009-2015	2015-
米国（国の規制）	500 ppm	500 ppm	500 ppm	500 ppm	500 ppm	15 ppm
欧州（EUの規制）	350 ppm	350 ppm	50 ppm	50 ppm	10 ppm	10 ppm
日本（国の規制）	500 ppm	500 ppm	50 ppm	10 ppm	10 ppm	10 ppm
日本（自主取組*）	500 ppm	50 ppm	10 ppm	10 ppm	10 ppm	10 ppm

\*）石油連盟の自主的取り組み

## 出典情報

石油連盟ホームページ <http://www.paj.gr.jp/>