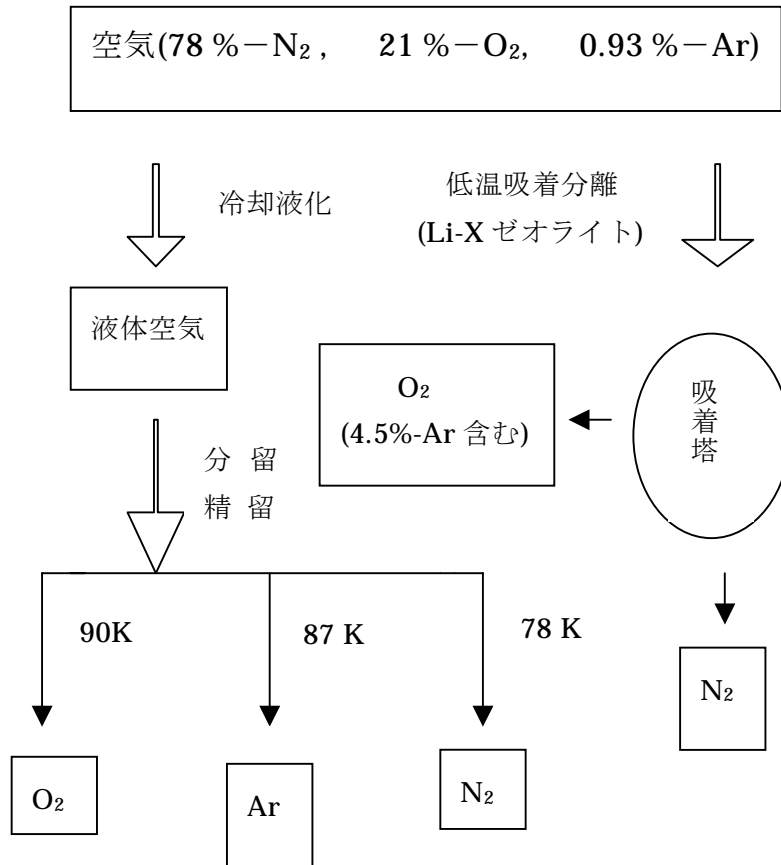


		題材分類	高化 I
題材主題	酸素・窒素などどのように作るだろうか？		
副題	空気からの気体の分離と精製		
学習指導要領の 教科・科目	学習指導要領の大項目	学習指導要領の中項目	学習指導要領の小項目 備考
高校化学 I	(2) 物質の種類と性質	ア 無機物質	(ア) 単体
学習内容の キーワード	空気、蒸留・分留、アンモニア、硝酸、 銑鉄、鋼、フェノール、テレフタル酸、 不活性気体	活用場面の キーワード	肥料、医薬品、鉄工業、液体窒素、医 療用酸素、蛍光灯、アーク溶接
題材とその活用場面			
<p>空気中の存在量の大きな窒素 N_2、酸素 O_2 およびアルゴン Ar は工業的には空気から得ます (図 1)。窒素は加圧する際に使用する媒質気体、低温 (78 K) 用冷媒である液体 N_2、アンモニア等の窒化物あるいは硝酸等を経由しての医薬品・肥料の原料として大量に使用されます。O_2 は銑鉄から鋼を作るあるいはフェノール等の化学製品を得るための酸化剤として使用され、低純度 O_2 は病院等で使用する O_2 吸入用に使用されます。Ar は化学的に不活性なために、蛍光灯の封入気体あるいはアーク溶接等において空気中の O_2 からその溶接部分を保護するための気体として使われます。この際、Ar 中に O_2 等の不純物が極めて少ないことが要求されます。気体の学習は、気体の製造法に活用されています。</p>			
説明			
<p>N_2 は空気を液化して得た液体空気から液体 O_2、液体 Ar および液体 N_2 の沸点の差を利用して蒸留により分離 (分留あるいは精留) するのが一般的な製造法です。最近では分子程度の大きさの小さな孔 (細孔と呼ぶ) を有し、その入り口を分子が通過できるかできないかをふるい分ける機能を持つ分子ふるいと呼ばれる材料 (例えば、$Li-X$ ゼオライト) に空気を低温で凝縮 (吸着と呼ぶ) させて分離・精製してえる方法も N_2 の工業的な分離・製造法として使われています。わずかに混入してくる O_2 は白金等の金属触媒を使って水素 H_2 と反応させ、生成した水 H_2O を吸着して除去します。</p> <p>大量の O_2 は N_2 と同様に液体空気から分留・精留によって得ます。比較的小規模の O_2 は、N_2 (分子径 0.364 nm) に比較してわずかに小さな O_2 (分子径 0.346 nm) が N_2 より速く吸着する吸着材である分子ふるい ($Li-X$ ゼオライトが使われる) を使用して、4.5% の Ar と共にえます。工業用の O_2 は酸化剤に使用されるので化学的に不活性な Ar 等の混入は支障がありません。また、病院等で医療用 (O_2 吸入用) に使われる低純度 O_2 (30%-50%) は N_2 を優先的に吸着する吸着剤である分子ふるいを利用して分離します。すなわち医療用 O_2 は、空気より O_2 濃度が高ければ事足りるからです。</p> <p>Ar は空気中に 0.93% も含まれているのにその発見はわずか約 110 年前 (1894 年) です。当時は、空気から O_2 を取り除いた後の気体は N_2 と考えられ、その密度が亜硝酸アンモニウム (NH_4NO_2) の分解で得た N_2 の密度よりわずか 0.5% 大きいことが Ar の発見につながりました。すなわち、Ar は空気中に 0.93% も含まれているのに化学的に不活性のためにその発見が遅れたのです。高純度の Ar は、分留で得られた粗製アルゴンから混入している酸素を H_2 と反応させて生成した H_2O を除去してえます。必要ならば、混入している少量の N_2 はマグネシウム Mg と熱することにより窒化マグネシウム Mg_3N_2 として分離することができます。</p>			
(鈴木勲)			

添付図表

図1 空気から N₂、O₂ および Ar の工業的分離

出典情報

		題材分類	高化 I	
題材主題	紙オムツはなぜ多量の水を保持することができるのか			
副題	高吸水性高分子の仕組み			
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 食品と衣料の化学	(イ) 衣料	
中学理科 1 分野	(7) 科学技術と人間	イ 科学技術と人間		
学習内容のキーワード	高分子、イオン、浸透圧	活用場面のキーワード	網目構造、親水性	
題材とその活用場面				
<p>紙オムツは、高吸水性の高分子からできています。それは、高分子の長い鎖の中に親水性の基を持っており、それらが軽く架橋した網目構造の中に多量の水を保持することができます。高吸水性の高分子の利用分野は、生理用品、湿布剤、化粧品、脱臭剤、土壌改良、園芸、結露防止シート、油水分離、コンクリート養生マット、シーリング材、パッキングなど多岐におよんでいます。</p>				
説明				
<p>紙おむつはなぜ大量の水を吸収できるのでしょうか？ 紙おむつは高吸水性の高分子からできています。高吸水性の高分子は、自重の 1000 倍も水を吸収して膨れますが、多少の圧力をかけても水が出てこないという特徴があります。高吸水性の高分子は、高分子の長い鎖の中にカルボン酸のナトリウム塩など親水性の基を持っており、それらが軽く架橋して三次元的に網目構造をつくっています。その構造は図 1 に示すように、高分子の親水基を含むイオン網目、その対イオンである可動イオン、および水からできています。高分子のイオン性の部分は例えばカルボキシル基 (COO^-)、可動イオンは Na^+ などです。</p> <p>それがなぜ大量の水を吸収するかは、以下のように説明されています。マイナス電荷を持った高分子の親水基を含む三次元的網目構造の中で可動性のプラスイオンと水とが束縛されています。高分子の基によるマイナス電荷の吸引力により、可動イオンの濃度が高分子の内側の方が高くなるため、浸透圧が発生します。この浸透圧により外側の水が内側に入ろうとする力を生じます。この浸透圧と高分子の親水基と水との親和力が吸水力の原因です。三次元的網目構造の架橋密度が小さいほど相対的に水が多くなり吸水性が大きくなるので、最適架橋密度はかなり小さいところにあります。高吸水性高分子の種類は、デンプン-ポリアクリルニトリル加水分解物、デンプン-ポリアクリル塩架橋物、カルボキシメチルセルロース系、酢酸ビニル-アクリル酸メチル共重合体のケン化物などがあります。これらの中には意図的に架橋剤を加えていないものもありますが、何らかの形で架橋が起り、三次元的に網目構造をつくっています。</p> <p style="text-align: right;">(稲場秀明)</p>				

添付図表

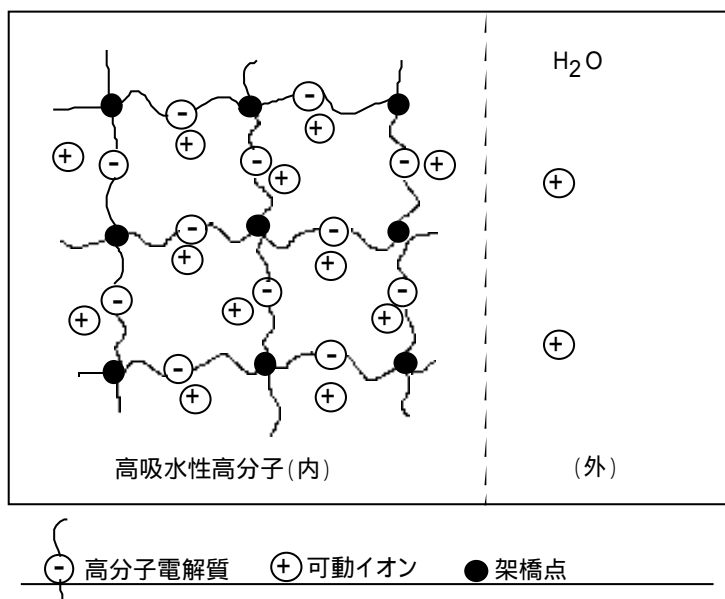


図1 高吸水性高分子のイオン網目構造

出典情報

- (3) 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.59-60 丸善
 (4) <http://piano.chem.yamaguchi-u.ac.jp/kiho/ken/gel/ouyou/omutu.html>

		題材分類	高化 I	
題材主題	石油からペットボトルの原料を選択的に分離するにはどうするか？			
副題	異性体を分離して、必要な物質をえる方法			
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	イ 材料の化学	(ア) プラスチック	
学習内容の キーワード	混合物、異性体、沸点、キシレン、テレフタル酸、ポリエステル、ケイ酸	活用場面の キーワード	ポリエステル系合成繊維、ポリエチレンテレフタレート、ペットボトル、ハイオクガソリン	
題材とその活用場面				
<p>分子式が同じで互いに性質が異なる物質を異性体と呼びます。それらは異なるとは言え、互いに化学的および物理的な性質が似ています。原油中の沸点の比較的低い成分から分留によって得られる互いに異性体である <i>o</i>、<i>m</i>、<i>p</i>-キシレンおよびエチルベンゼンをさらに蒸留によって分離するのは容易ではありません。これらの中で <i>p</i>-キシレンは、それを酸化して得られるテレフタル酸がポリエステル系合成繊維あるいはペットボトルに使われるポリエチレンテレフタレートとして大きな需要があります。そのため工業的には、<i>p</i>-キシレンを選択的に吸着するゼオライトと呼ばれる分子程度の大きさの孔を有する結晶性の吸着剤が、このような異性体の分離に使われています。異性体の学習が、石油中から有用な物質をえるのに活用されています。</p>				
説明				
<p>シリカゲルは空気中の水その表面に濃縮（吸着と呼びます）させることができるので、古くから乾燥剤として使用されてきました。シリカゲルのようにその表面に物質を吸着する材料を吸着材と呼び、脱臭剤として使用される活性炭も代表的な吸着材です。シリカゲルは空気中の窒素あるいは酸素を吸着しませんが、水を選択的に吸着します。一方活性炭は水を吸着しませんが、有機物を選択的に吸着します。</p> <p>石油中のある成分を選択的に吸着するゼオライトと呼ばれる結晶性の吸着材が工業的な分離に多量に使用されています。ゼオライトはケイ酸の塩のケイ素 Si の一部が Al に置換した結晶性の吸着材であり、その結晶内に多くの空洞や小さな孔（細孔と呼ぶ）が存在し、その入り口は分子と同じ程度の大きさを持っています。したがってその空洞や細孔の中に入ることができる物質と入ることができない物質を分子の大きさ程度でふるい分けることができるので、分子ふるいと呼ばれます。</p> <p>互いに異性体である <i>o</i>、<i>m</i>、<i>p</i>-キシレンおよびエチルベンゼンの沸点はそれぞれ 144.4°C, 139.1°C, 138.4°C 136.2°C であり、蒸留によって分離するのは容易ではありません。しかし、X 型と呼ばれるゼオライトは、図 1 の右側に示したその細孔の入り口の大きさと両キシレンの大きさとの大小関係、およびキシレンとの静電的相互作用の差により、<i>p</i>-キシレンを選択的に吸着して他の異性体から分離することができます。</p> <p>同様に直線的な鎖状構造のアルカン（直鎖アルカンと呼びます）は吸着するが、アルキル基が枝分かれしたアルカン（分岐アルカンと呼びます）は吸着しない A 型ゼオライトを使用することで、直鎖アルカンと分岐アルカンを分離することができます（図 2）。分岐アルカンが多く含まれるとガソリンとしての性能が高くなる（ハイオクガソリン）ので、このような異性体の分離は工業的にも大規模に利用されています。</p>				
（鈴木勲）				

添付図表

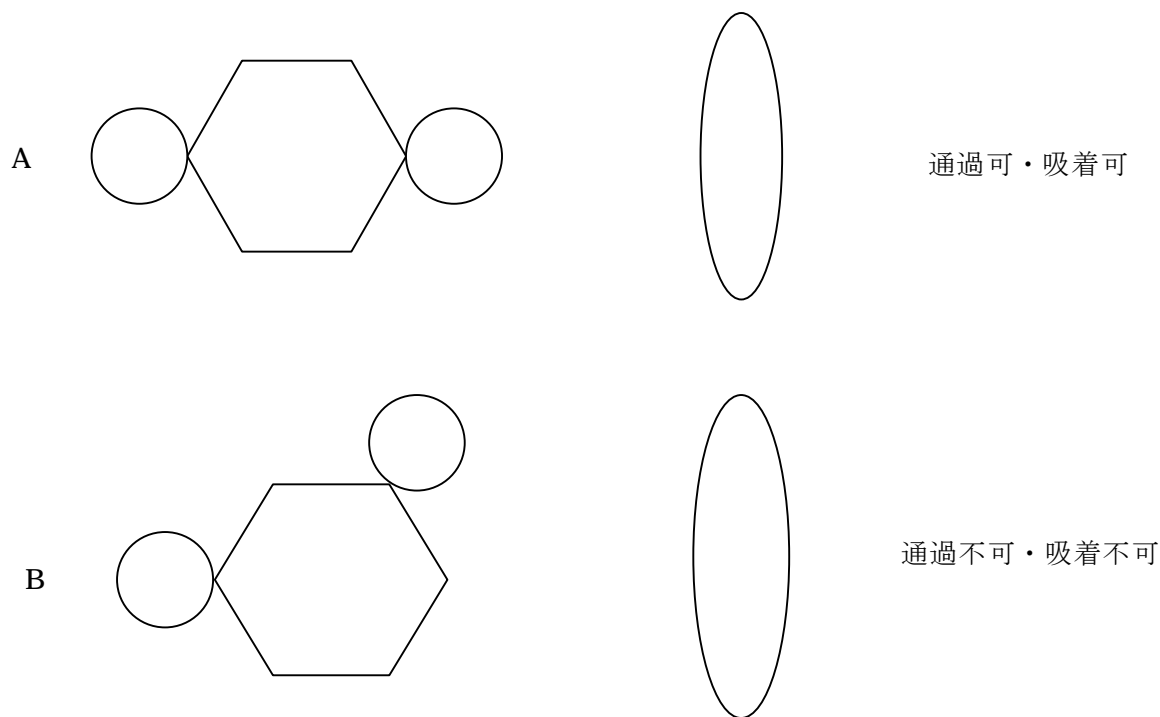
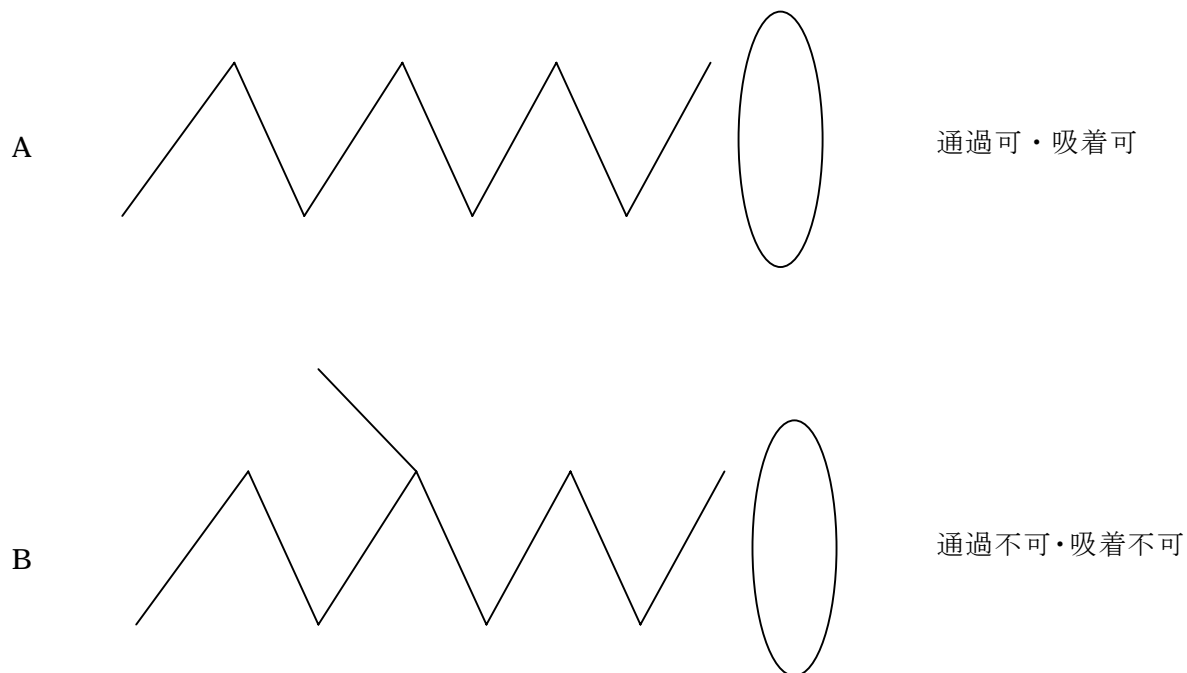
図1 X型ゼオライトによる *p*-異性体と *m*-異性体の吸着分離A: *p*-キシレン (沸点: 138.4°C)、B: *m*-キシレン (沸点: 139.1°C)

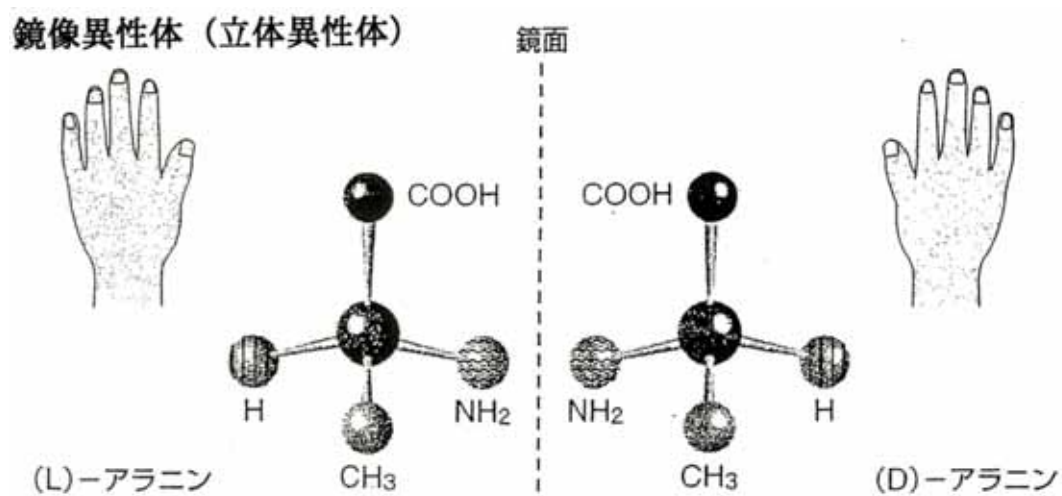
図2 A型ゼオライトによる直鎖アルカンと分岐アルカンの吸着分離

A: *n*-オクタン (沸点: 125.6°C)、B: 4-メチルヘプタン (沸点: 122.2°C)

出典情報

		題材分類	高化 I	
題材主題	調味料と人工甘味料は分子が左手型ですか？			
副題	グルタミン酸やアスパルテームの分子は左手型 (L-体) です			
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 (3) 生命と物質	ア 食品と衣料の化学 ア 生命の化学	(ア) 食品 (ア) 生命体を構成する物質	
学習内容のキーワード	不斉炭素原子、光学異性体、左手型 (L-体)、右手型 (D-体)、 α -アミノ酸、タンパク質	活用場面のキーワード	野依良治博士ノーベル賞、味覚、医薬品	
題材とその活用場面				
<p>グルタミン酸やアスパルテームには左手型 (L 体) と右手型 (D 体) の 2 通りの分子があることを光学異性体や α-アミノ酸で学習しています。2001 年ノーベル化学賞 (野依良治博士) は、左手型と右手型を自由に選択的に合成できるという合成化学者の永年の夢を解決したもので、その触媒はハッカ (L-メントール) の合成などに応用されています。高校化学の「物質と生命」の学習は、化学物質の左手型・右手型の分子を利用した工業製品の生産に大いに活用されています。</p>				
説明				
<p>物質を分子の大きさと眺めると、有機分子の骨格を決めるのは主に炭素原子で、この炭素原子に結合する 4 個の基 (原子または原子団) が全て異なるとき、これを不斉炭素といいます。これをもつ分子はその炭素に付いた 4 個の基の空間的配置が異なる 2 通りの構造が存在し、互いに対掌 (手のひら) 関係で重ね合わすことができず、左手型と右手型に分けられます (付図参照)。また、この不斉炭素をもつ分子に偏光を当てると偏光面を回転させる点だけが異なり、他の化学的、物理的性質はまったく同じですから、光学異性体といわれます。</p> <p>うま味をもつ L-グルタミン酸ナトリウム (1908 年 池田菊苗博士の発見) や甘味をもつアスパルテーム (L-フェニルアラニンと L-アスパラギン酸のペプチド結合体; 甘味度は砂糖の 160~200 倍) は左手型 (L 体) の分子と包装紙に書いてあります。グルタミン酸もアスパルテームも右手型には味がなく、いずれも左手型 (L 体) の分子が味覚的に有効です。</p> <p>生体内の酵素 (タンパク質の触媒) はこれらの分子の一方だけを容易に合成したりしますが、通常、人間は等量混合物 (ラセミ体という) しか合成できません。野依博士の触媒の開発はこの問題を全面的に解決したことにはなりません、一部解決したことになります。また、生体 (人間を含む) のみが感覚 (味覚など) 的にも左手型と右手型という分子の対掌を識別できます。分子の左手型、右手型は味覚だけでなく、医薬品の効能などにも大きく影響します (例としてのサリドマイド事件)。</p>				
				(吉田俊久)

添付図表



出展情報(1)を基に作成

出展情報

- (1) 吉田俊久(2003)「コラム；分子のキラリティー（光学異性）」、『朝日現代用語「知恵蔵」2003，化学部門』，pp.0876 朝日新聞社
- (2) 芝哲夫(1997)「18 講 味と自然界の右左」、『化学物語 25 講』pp.117-123，化学同人
- (3) 渡辺正 訳(1996)「人工甘味料など」、『逆説・化学物質』pp.47-60，pp.116-118，丸善株式会社

		題材分類	高化 I	
題材主題	天然ガスから化学的に安定なヘリウムを取るには？			
副題	最も安定で、最も低沸点物質の利用法			
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	
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	希ガス、イオン化エネルギー、ウラン、 α 崩壊、 β 崩壊、半減期、アボガドロ定数	活用場面の キーワード	ロケット、飛行船、極低温冷媒、超伝導電磁石	
題材とその活用場面				
<p>ヘリウム He の空気中の存在量はわずか 0.0005% であり、空気中から He を大量に分離するのは困難です。He は米国およびカナダ等の古い地層の天然ガス鉱床に 0.4%–7% も含まれるので、工業的には天然ガスから分離します。化学的に不活性である He は電子機器の原料であるシリコン等の保護材として、さらに分子量が小さく熱伝導率が大きいのでロケットの噴射口を守る冷却剤に使われます。身近には風船、広告用気球および飛行船の浮揚用気体としても利用されています。He は最も簡単な分子ですので、その沸点の低さから液体 He として医学用 MRI 等の超伝導電磁石の冷媒としての利用も拡大しています。単体の性質の学習が、その製造法に活用されています。</p>				
説明				
<p>希ガスの内でも He は最もイオン化エネルギーが大きく化学的に最も安定であり、最も簡単な分子ですのでその沸点は全ての物質の中で最も低いです(表 1)。そのため He は他では代替できない需要と高純度が要求されますが、他の物質の特性と格段に異なるので、活性炭を使って容易に高純度 He がえられます。</p> <p>天然ガス中の He の多くはウランあるいはトリウム等の重元素の α 崩壊で生じたものです。すなわち α 線は ${}^4\text{He}$ の原子核であり、地球誕生時の He の多くは拡散によって飛散してしまいましたので、現存する He の多くは重元素の長時間にわたる α 崩壊の蓄積の結果です。</p> <p>例えば、${}^{238}\text{U}$ は約 45 億年の半減期で 8 回の α 崩壊と 6 回の β 崩壊を経て安定な原子核である鉛 206 (${}^{206}\text{Pb}$) を生成するので、その過程で He を 8 分子放出します。α 崩壊で生成した He のほとんどは空気中に飛散しますが、天然ガス鉱床の中には飛散を免れた He が蓄えられ場所があり、He は古い地層に偏在します。</p> <p>このような α 崩壊で放出される放射線を放射線計数管で測定し、生成する He 分子を捕集してその量を測定すれば、アボガドロ定数を得ることができます。すなわち、1 mol の気体 He を捕集するのに必要な α 崩壊数がアボガドロ数に相当します。アボガドロ定数は化学で最も重要な定数であり、多くの物理・化学定数と関係があります。したがって、アボガドロ定数は 10 以上の独立な方法で測定されています。それらが互いに等しい値を与えることから、我々は原子・分子・イオンが実在することを納得するのです。</p> <p>He は 1868 年の皆既日食観測の際に太陽のスペクトル中に新しい元素として発見され、ギリシャ神話の太陽の神に因んでヘリウムと命名されました。地上でウラン鉱から He が発見されたのは 1895 年でした。</p> <p style="text-align: right;">(鈴木勲)</p>				

添付図表

表 1 ヘリウムの特性

低密度 (標準状態)	0.18 kg/m ³
高熱伝導率(273 K)	0.143 W/(m · K)
低沸点	4.2 K
高イオン化エネルギー	2370 kJ/mol
水への低溶解度気体 (標準状態)	0.94 cm ³ /100 cm ³

(密度および熱伝導率は H₂ の次に小さいが、他は物質中で 1 番)

出典情報

		題材分類	高化 I	
題材主題	電気分解で得られる物質の生成速度と流れる電流			
副題	電気分解での変化量からアボガドロ定数を決定する			
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
高校化学 I	(3) 物質の変化	ア 化学反応	(ウ) 酸化と還元	
高校物理 II	(3) 物質と原子	イ 原子、電子と物質 の性質	(ア) 原子と電子	
学習内容の キーワード	電気分解、ファラデーの法則、ファラデー定数、反応速度、アボガドロ定数、活性化エネルギー	活用場面の キーワード	電気分解、燃料電池、コージェネレーション	
題材とその活用場面				
<p>電気分解において流れた電気量（電流と時間の積）は陽極および陰極で変化する物質質量に比例します（ファラデーの法則）。単位時間当たりに流れる電気量は電流であり、単位時間当たりの生成量は反応速度であるので、電気分解で流れる電流が反応速度に相当します。一般的な化学反応速度と同様に電気分解反応も活性化エネルギーを要し、その速度は電極および電解質溶液あるいは熔融塩の温度と共に上昇します。全く同様に、水の電気分解の逆反応である水素燃料電池でも大きな電流および電力を取り出すために高温で稼働します。そのため、定置型の燃料電池ではその排熱を有効利用することができるコージェネレーション（熱伝併給）方式となります。反応速度の学習が、効率的な電気分解あるいは電池の開発に活用されています。</p>				
説明				
<p>電気分解において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。例えば、Na_2SO_4 水溶液の電気分解では、H^+ が Na^+ より還元され易く、また H_2O が SO_4^{2-} より酸化されやすいので、陰極および陽極でそれぞれ次式の反応が起こります。</p> $\text{H}^+ + \text{e}^- \rightarrow (1/2)\text{H}_2$ $(1/2)\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}^+ + (1/4)\text{O}_2 + \text{e}^-$ <p>この変化がアボガドロ数回（約 6×10^{23} 回）起これば、0.5 mol の H_2 とおよび 0.25 mol の O_2 が生成します。水の電気分解で陽極および陰極からそれぞれ直径 1mm の O_2 あるいは H_2 の泡が 1 秒間にそれぞれ 5 個あるいは 10 個発生すれば、その電流は約 0.04A であることが計算されます。電流 1A での種々の電気分解における陰極および陽極における生成速度を表 1 に示しました。</p> <p>硝酸銀 AgNO_3 水溶液の電気分解で 1 mol の銀 Ag を得る ($\text{Ag}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Ag}$) ための電気量測定（銀電量計と呼ぶ、図 1）から、電子 1 mol の電気量 F（ファラデー定数と呼ぶ）として、$F=96485 \text{ C mol}^{-1}$ が得られます。この電気量 F は電子の電荷を e ($e=1.601 \times 10^{-19} \text{ C}$) およびアボガドロ定数を N_A とすれば、$F=N_A e$ と表されます。すなわち、アボガドロ定数 N_A ($=6.022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$) はファラデー定数と電子の電荷の比から次式で表されます。</p> $N_A = F/e$ <p>アボガドロ定数は化学で最も重要な定数であり、多くの物理・化学定数と関係があります。したがって、アボガドロ定数は 10 以上の独立な方法で測定されています。それらが互いに等しい値を与えることから、我々は原子・分子・イオンが実在することを納得するのです。</p>				
（鈴木勲）				

添付図表

表 1 1A での電気分解における生成物とその生成速度

電解質等	電極	生成物	生成速度*
CuCl ₂ 水溶液	陽極：黒鉛	Cl ₂	418 cm ³ /時間
	陰極：黒鉛	Cu	1.19 g/時間
Na ₂ SO 水溶液	陽極：Pt	O ₂	209 cm ³ /時間
	陰極：Pt	H ₂	418 cm ³ /時間
Al ₂ O ₃ 熔融塩	陽極：黒鉛	CO ₂	105 cm ³ /時間
	陰極：黒鉛	Al	0.34 g/時間
NaCl 熔融塩	陽極：黒鉛	Cl ₂	418 cm ³ /時間
	陰極：Fe	Na	0.86 g/時間
NaCl 水溶液	陽極：黒鉛	Cl ₂	418 cm ³ /時間
	陰極：Fe	H ₂	418 cm ³ /時間
AgNO ₃ 水溶液	陽極：Ag	O ₂	2.09 g/時間
	陰極：Pt	Ag	4.03 g/時間

*) 気体の量は、標準状態における体積で表した

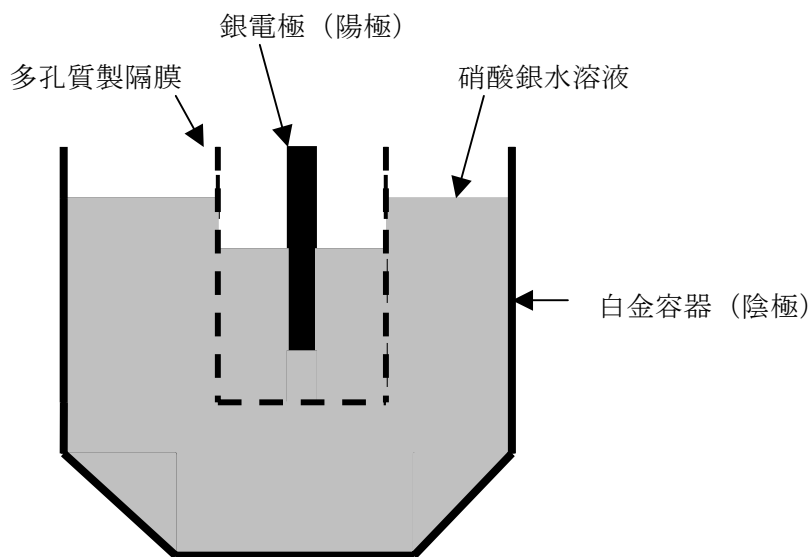


図 1 銀電量計

出典情報

		題材分類	高化 I	
題材主題	日本初の新元素とはどんな元素なのだろうか？			
副題	最近、日本人化学者が新元素を発見したという			
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	(ア) 原子、分子、イオン	発展的学習
学習内容のキーワード	元素、原子、典型元素、元素の周期律、周期表、	活用場面のキーワード	超ウラン元素、リケニウム原子、新元素、放射性元素	
題材とその活用場面				
<p>学習内容としては周期表で 112 番までの元素が、認知されていることは周知のことです。原子番号 114 の元素も作られたと報告されています。今回、日本の理研で発見されたというのは原子番号 113 の超ウラン元素です。超ウラン元素の発見は純粋に学問的に興味のもたれる課題であります。物質の基本である元素を探求するという事は、何か役に立つという話ばかりではなく（無用の用）、自然の法則・真理を探究する点、人間の文明・叡智を拡大するうえでも重要なものです。高校化学の「物質」の学習は周期表と物質の理解の面で大いに活用されるでしょう。</p>				
説明				
<p>20 世紀の初め、日本人化学者が「ニッポニウム」と命名した元素を発見と報告されましたが、後に誤りと判りました。最近、再び新聞に原子番号 113 の新元素を発見したとの記事が載りました。日本の理化学研究所（理研）が見付けた「リケニウム」と命名するというのは、陽子 113 個の元素の原子核が 1 個、0.3 ミリ秒の寿命のものです。理研（和光市）の検出器は世界最高級の性能でデータの信頼度も高いのです。「国際純正・応用化学連合（IUPAC）」がつくる委員会で実験データが審査され、理研が第 1 発見者と認定されれば、新元素の名前を提案できます。そのとき、これは日本で初めて見つけられた新元素となります。</p> <p>原子番号 92 ウラン（U）までの 90 種の元素（Tc と Pm を除く）は安定ですが、それ以上は放射性元素で放射線を出して壊れるので、壊れる時間の短い元素は天然には存在できません。ネプツニウム（Np、原子番号 93）以上の重い元素は超ウラン元素と呼ばれ、人工的に作り出されたものです。原子炉に入れた原子に高速の中性子をぶつける方法で、プルトニウム（Pu）などが作られました。またかなり大きな 2 種類の原子をイオンにして、衝突させて原子核を合体させる（重イオン核融合反応）方法で、ノーベリウム（No）などが作られました。今回のものは亜鉛とビスマスの原子核を衝突させて作られました。ところで、IUPAC により 104～112 番の元素は 1997 年 8 月 正式に認知され 109 番元素までが名付けられました。さらに 2003 年 8 月 110 番元素がダラムスタティウム（Ds）と名付けられたばかりです（付表；周期表参照）。今、現在も新元素の発見の競争は世界的にも優先権の獲得を目指して続けられています。（吉田俊久）</p>				

添付図表

周 期 表

族	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	1 H 1.008																	2 He 4.003
2	3 Li 6.941	4 Be 9.012											5 B 10.81	6 C 12.01	7 N 14.01	8 O 16.00	9 F 19.00	10 Ne 20.18
3	11 Na 22.99	12 Mg 24.31											13 Al 26.98	14 Si 28.09	15 P 30.97	16 S 32.07	17 Cl 35.45	18 Ar 39.95
4	19 K 39.10	20 Ca 40.08	21 Sc 44.96	22 Ti 47.87	23 V 50.94	24 Cr 52.00	25 Mn 54.94	26 Fe 55.85	27 Co 58.93	28 Ni 58.69	29 Cu 63.55	30 Zn 65.39	31 Ga 69.72	32 Ge 72.61	33 As 74.92	34 Se 78.96	35 Br 79.90	36 Kr 83.80
5	37 Rb 85.47	38 Sr 87.62	39 Y 88.91	40 Zr 91.22	41 Nb 92.91	42 Mo 95.94	43 Tc (98)	44 Ru 101.1	45 Rh 102.9	46 Pd 106.4	47 Ag 107.9	48 Cd 112.4	49 In 114.8	50 Sn 118.7	51 Sb 121.8	52 Te 127.6	53 I 126.9	54 Xe 131.3
6	55 Cs 132.9	56 Ba 137.3	57-71 * *	72 Hf 178.5	73 Ta 180.9	74 W 183.8	75 Re 186.2	76 Os 190.2	77 Ir 192.2	78 Pt 195.1	79 Au 197.0	80 Hg 200.6	81 Tl 204.4	82 Pb 207.2	83 Bi 209.0	84 Po (209)	85 At (210)	86 Rn (222)
7	87 Fr (223)	88 Ra (226)	89-103 ** **	104 Rf (261)	105 Db (262)	106 Sg (263)	107 Bh (264)	108 Hs (269)	109 Mt (268)	110 Ds (269)	111 Uuu (272)	112 Uub (277)	113 ?	114				
*ランタノイド	57 La 138.9	58 Ce 140.1	59 Pr 140.9	60 Nd 144.2	61 Pm (145)	62 Sm 150.4	63 Eu 152.0	64 Gd 157.3	65 Tb 158.9	66 Dy 162.5	67 Ho 164.9	68 Er 167.3	69 Tm 168.9	70 Yb 173.0	71 Lu 175.0			
**アクチノイド	89 Ac (227)	90 Th 232.0	91 Pa 231.0	92 U 238.0	93 Np (237)	94 Pu (244)	95 Am (243)	96 Cm (247)	97 Bk (247)	98 Cf (251)	99 Es (252)	100 Fm (257)	101 Md (258)	102 No (259)	103 Lr (260)			

(注) ここにあたえた原子量は概略値です。

() 内の値はその元素の既知の最長半減期をもつ同位体の質量数である。

出典情報

- (1) 『朝日新聞』2004年9月29日朝刊 朝日新聞社
- (2) 吉田俊久 他(1999) 「超ウラン元素」, 『朝日現代用語「知恵蔵」 '99』 pp. 698 & 吉田俊久 他(2004) 「周期表」, 『朝日現代用語「知恵蔵」2004』 pp. 0778, 朝日新聞社
- (3) 芝哲夫(1997) 「8講周期律と元素」, 『化学物語 25講』 pp. 50- 57, 化学同人
- (4) 化学同人『化学』編集部(1999) 「人工的に作られた最も重い元素」, 『化学の世界記録集』 pp. 6-9, 化学同人
- (5) 永目諭一郎 (2004) 「110番元素の命名と115, 113番元素の合成」 『化学と工業』 57巻6号 pp. 624, 日本化学会

		題材分類	高化 I	
題材主題	漂白剤でなぜ汚れが落ちるのか			
副題	漂白剤による脱色の仕組み			
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	(3) 物質の変化	ア 化学反応	(ウ) 酸化と還元	
高校化学 II	(2) 生活と物質	ア 食品と衣料の化学	(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	酸化、還元、水溶液、衣料	活用場面のキーワード	漂白、殺菌、漂白剤、	
題材とその活用場面				
<p>衣料や食器などの漂白・殺菌に漂白剤が使われます。漂白剤には酸化型(塩素系、酸素系)と還元型とがあります。いずれの場合も、漂白剤は反応性に富み、原子状の酸素や水素などを発生して色素や汚れの成分を分解し、光を吸収する成分をなくすので白くなります。酸化反応や還元反応の学習は、漂白剤に活用されています。</p>				
説明				
<p>衣料や食器などの漂白・殺菌に漂白剤が使われます。漂白剤には酸化型(塩素系、酸素系)と還元型とがあります。塩素系の例としては、次亜塩素酸ナトリウム、酸素系の例としては、過酸化水素が挙げられます。それらは次のような反応によって原子状の酸素を発生します。</p> $\text{NaClO} \quad \text{NaCl} + \text{O} \quad \text{-----} \quad (1)$ $\text{H}_2\text{O}_2 \quad \text{H}_2\text{O} + \text{O} \quad \text{-----} \quad (2)$ <p>これらの反応によって発生した原子状の酸素は酸化力が強く、図1に示すように、汚れの成分である色素や油の分子を分解し、菌も殺します。色素は通常分子内に二重結合をたくさん持っていますので反応し易く、原子状の酸素によって簡単に分解されます。分解された色素はもはや可視光線を吸収しませんので白くなります。また汚れの成分の一つである油の分子は炭化水素が主成分ですので、これも原子状の酸素によって分解され白くなります。次亜塩素酸ナトリウムはカビ取り剤としても使われています。還元型漂白剤には、亜硫酸ナトリウムや二酸化チオ尿素などがあります。この場合は、漂白剤の還元作用によって汚れの成分を分解し、菌を殺します。</p> <p>塩素系漂白剤は強力な漂白作用を持ちますが、酸性洗剤(塩酸)などと混ぜると塩素を発生し、危険です。トイレや浴室などで塩素系漂白剤と酸性洗剤とを誤って混ぜて死者が発生した例があります。</p> <p style="text-align: right;">(稲場秀明)</p>				

添付図表

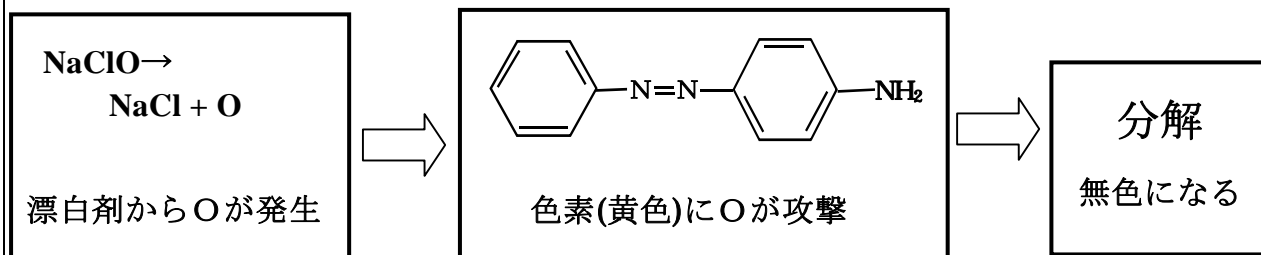


図1 漂白剤による漂白のしくみ

出典情報

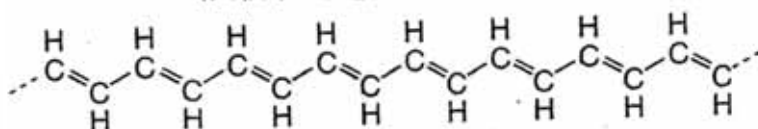
- (5) 稲場秀明 (1998) 「氷はなぜ水に浮かぶのか 科学の眼で見る日常の疑問」 p.133-135 丸善
(6) <http://oshiete1.goo.ne.jp/kotaeru.php3?q=1022605>

		題材分類	高化Ⅱ		
題材主題	プラスチックに電気を通すとノーベル賞が貰えるの？				
副題	電気を通すプラスチック（導電性高分子）				
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Ⅱ	(2) 生活と物質	イ 材料の化学	(ア) プラスチック		
学習内容のキーワード	プラスチック、合成高分子、重合体、ポリエチレン、絶縁体	活用場面のキーワード	導電性、ポリアセチレン、電子部品素材		
題材とその活用場面					
<p>プラスチック（樹脂）は絶縁体として使われていましたが、電気を通すことができるプラスチック（導電性高分子）は今、産業的にも新素材・新機能の開発・応用などで注目されています。金属とは異なり軽いこと加工も容易なことから、携帯電話の回路にも使われています。また電極材料として導電性ポリアセチレンを用いたプラスチック電池では、鉛電池に比べて重量が $1/10$、容積が $1/3$、出力が 10 倍になります。この課題は学習内容「合成高分子、プラスチック」における興味を喚起する話題（ノーベル化学賞）として取り上げてほしいものです。高校化学Ⅱ「材料の化学」の学習は工業製品の生産や研究に活用されています。</p>					
説明					
<p>金属のように構成原子からくる自由電子が電気を伝えるのではなく、プラスチックは構成単位が分子ですから、分子内の電子が近隣の分子に流れ込むことによって電気を通します。π電子共役系では二重結合と単結合が交互にあると（付図参照）、二重結合を形成するπ（p）電子が二重結合から単結合へ一部移動（共役）し、分子全体に電子が分布（非局在化）するようになります。すなわち、このようなπ電子共役系をもつ有機高分子はあるいは、電子を与えやすい分子（電子供与体）と電子を受け取りやすい分子（電子受容体）とを組み合わせさせて重合させた電荷移動型の有機高分子は、電気を通しやすくなるようです。</p> <p>π電子共役系であるポリアセチレン $(-\text{CH}=\text{CH}-)_n$ は、アルカリ金属やハロゲンなど、適当な電子供与体や受容体を少量添加（ドーピング）しますと、電気を通すようになります。実際、ドーピング剤に AsF_5 を用いると、水銀（$10^{-3} \Omega$）のレベルの導電性を示します。2000年の白川英樹・筑波大学名誉教授のノーベル化学賞はこの「ポリアセチレンの理論的研究や応用的開発で導電性高分子化学の分野を創成したこと」が受賞事由（触媒量を1000倍に誤って増やした実験から、フィルムができたことがこの成果に繋がりました）です。また導電性高分子は酸化・還元時に、伸縮する性質を持つこともわかり、人工筋肉などへの利用も考えられています。このような導電性高分子は金属光沢をもつなど金属良導体と似た性質を示します。</p>					
（吉田俊久）					

添付図表

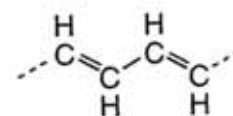
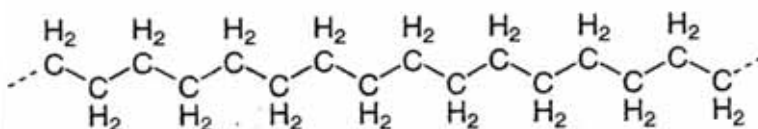
炭素を骨格とする長鎖分子の例 (非共役系と共役系)*trans*-ポリアセチレン

(共役系:導電性高分子)



ポリエチレン

(非共役系:絶縁体)

の構造を π 電子共役系という

○ 出展情報(1)を基に作成

出典情報

- (1) 吉田俊久、他著 (2002) 「導電性高分子」、『朝日現代用語「知恵蔵 2002 (化学) pp.0927」』 朝日新聞社
- (2) 稲場秀明著 (1998) 「導電性のプラスチックとはどんなものか?」、『氷はなぜ水に浮かぶのか』 pp.57-58 丸善株式会社
- (3) 市村禎二郎、他著 (2005) 「導電性高分子」、『朝日現代用語「知恵蔵 2005 (化学) pp.0784」』 朝日新聞社

		題材分類	高化Ⅱ		
題材主題	レーザーイオン化質量分析計の開発とノーベル化学賞				
副題	タンパク質の構造およびその機能解析への期待				
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Ⅱ	(3) 生命と物質	ア 生命の化学	(ア) 生命体を構成する物質		
高校物理Ⅱ	(3) 物質と原子	イ 原子、電子と物質の性質	(イ) 原子と電子		
学習内容の キーワード	タンパク質、ペプチド、トムソンの実験、同位体、酢酸エチル、エステル、電気力による位置エネルギー	活用場面の キーワード	血液検査による疾患診断、医薬品の開発		
題材とその活用場面					
<p>タンパク質あるいはそれを消化・分解したペプチドを決定する機器の一つにその質量（分子量）を測定する質量分析計があります。レーザーイオン化法（図1）により、タンパク質を破壊することなくそのイオン化が可能となりました。そのため、血液中等のタンパク質を分析することにより疾病診断マーカーの探索等の幅広い分野でその質量分析計が用いられます。また新しい医薬品の開発にもその質量分析計の活用が期待されています。レーザーイオン化質量分析計の開発者である田中耕一氏に 2002 年ノーベル化学賞が授与されました。タンパク質の学習は、病気の早期発見等の医学に活用されています。</p>					
説明					
<p>初期の質量分析計は、気体分子等の低分子化合物に高速の電子を照射してイオン化を行いました（電子衝撃法と呼ぶ）。また電子の電荷 e とその質量 m の比を決定したトムソンの実験装置を改良して、電場と磁場の下でのイオンの曲がり方からその分子の分子量を決定しました（2重収束型質量分析計と呼ぶ）。</p> <p>酸素の同位体である ^{18}O を含むエタノールと通常の ^{16}O を含む酢酸との反応で生成する水の中には ^{18}O が含まれないことが生成した水の質量分析計による測定から分かります。したがって、エステル化反応ではアルコールの H とカルボン酸の OH から水が生成すること、すなわちエタノールの C-O 結合が切断するのではなく、カルボン酸中の C-O 結合が切断することが明らかにされました。このように、同位体を使って化学反応の詳細を明らかにするために質量分析計が利用されてきました。</p> <p>タンパク質等の高分子物質の質量測定を行うには、図2のように一定の電位差 V（一定のエネルギー）で加速されたイオンの速さ v およびそれが一定距離を飛行する時間 t がそれぞれイオンの質量 m の根 ($m^{1/2}$) に反比例するあるいは $m^{1/2}$ に比例することを利用します（飛行時間型質量分析計と呼ぶ）。レーザーイオン化法はタンパク質を破壊することなくイオン化することができるので、レーザーイオン化飛行時間型質量分析計によりタンパク質の分子量を決めることができます。</p> <p>このような質量分析計を使って血液中の疾患関連たんぱく質の分析を行うことにより病気の早期発見あるいは疾患に関連するタンパク質の情報をえることが可能になりました。またその情報が疾患原因タンパク質の機能解明およびその疾患を治療する医薬品の開発に繋がることが期待されます。</p>					
（鈴木勲）					

添付図表

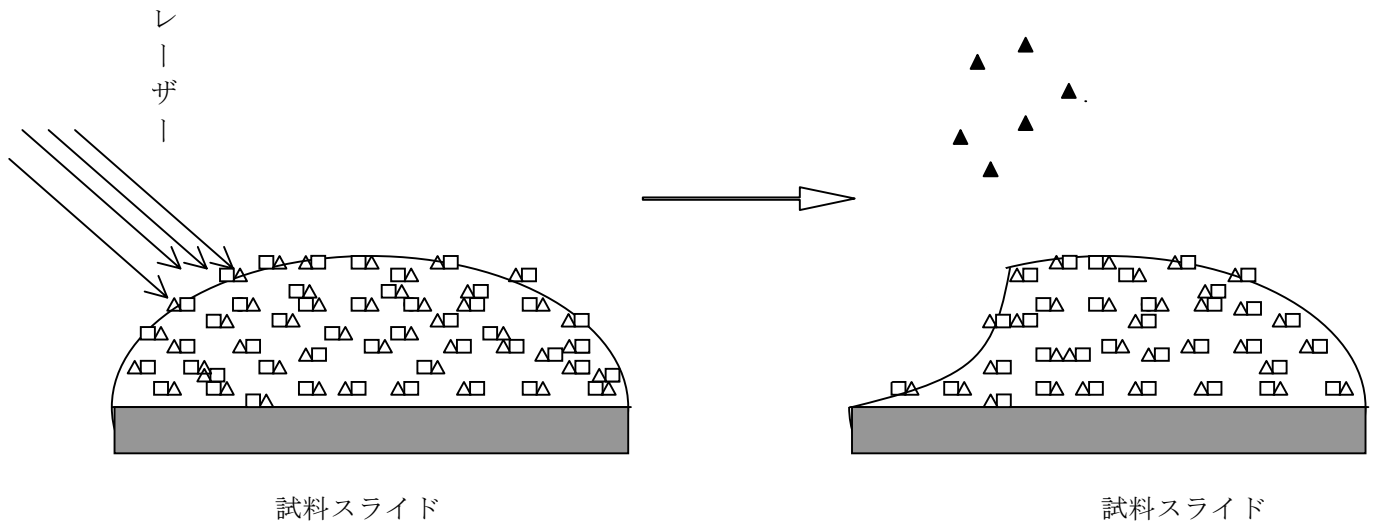


図1 レーザーイオン化法

△：試料分子、□：エネルギー吸収分子、▲：イオン化した試料分子

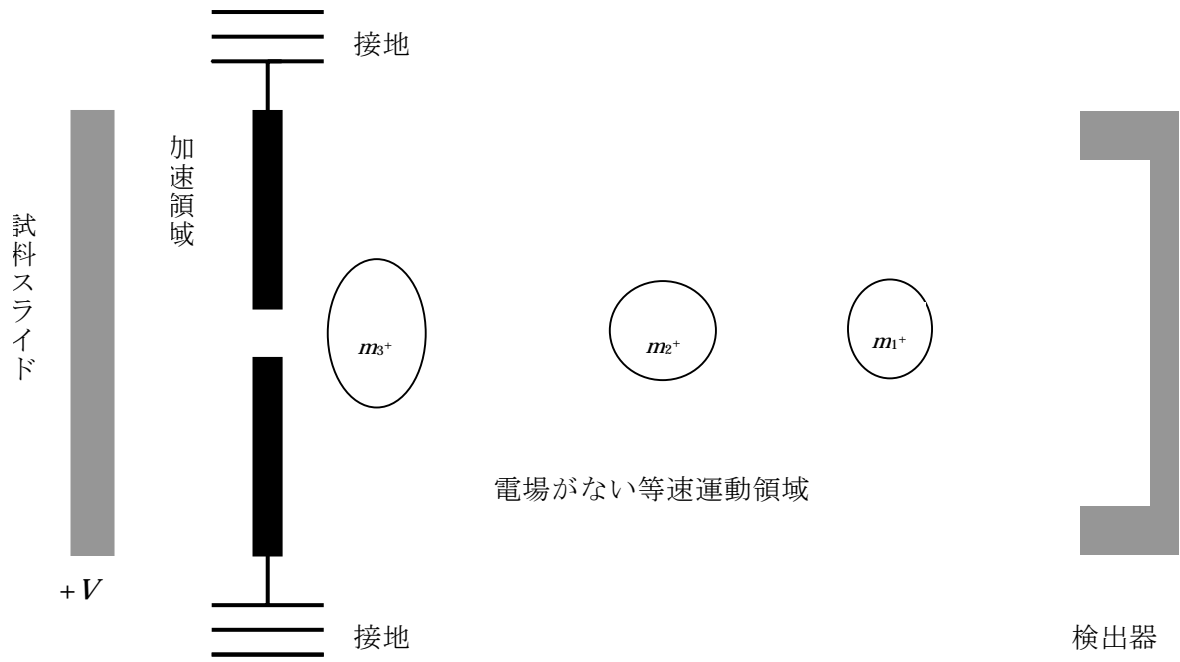


図2 飛行時間型質量分析計の概念図 (分子量は、 $m_3 > m_2 > m_1$ 、である)

出典情報

		題材分類		高化Ⅱ	
題材主題		光触媒 TiO ₂ の太陽光化学プロセスは実現するか？			
副題		光触媒、本多－藤嶋効果の成果はどこまで展開できるか			
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Ⅱ	(1) 物質の構造と化学平衡	イ 化学平衡	(ア) 反応速度	発展的学習	
学習内容の キーワード	電気分解、化学反応の速さ、触媒、 活性化エネルギー	活用場面の キーワード	反応の速さと触媒、光触媒、光増感現象、環境 調和		
題材とその活用場面					
<p>高校化学Ⅱでは、化学反応についてその速さ、活性化エネルギーそしてそれを制御する触媒、すなわち化学反応の動的そして熱的挙動を扱うことを学習内容としています。日本発の科学技術「環境改善に貢献する化学技術」が究極のクリーンエネルギーの合成（H₂の合成）と多方面への環境浄化技術として、その発展が今、世界的にも注目され期待されています。学習内容にからむ太陽エネルギーと触媒を組み合わせた光触媒が、身近なところで我々の生活に大きく役立っていることが分かります。</p>					
説明					
<p>1969年、本多と藤嶋により陽極を白金にして陰極の TiO₂ 電極に紫外線を照射すると、容易に水の電気分解が進行する光増感現象が発見されました（本多－藤嶋効果という；図参照）。現在、酸化チタンを改良した光触媒も開発され、効率が低いとはいえ可視光の利用も可能となりました。この太陽光化学プロセスは燃料電池の利用拡大とともに、クリーンで環境に調和した水素の製造法として今、大いに注目されています。</p> <p>電極ではなく TiO₂ を光触媒とすると、この光触媒反応系は強い酸化力を発揮できるので、環境汚染物質や細菌類の微生物を水と二酸化炭素に分解できます。それゆえ院内感染やシックハウス対策あるいは脱臭・空気清浄機（窒素酸化物低減化にも）に用いる光触媒粉末などとして売り出されています。また光で誘起する超親水性（水をはじかない、完全になじむ性質）もこの触媒は発揮します。この技術は光触媒反応性ととも環境に負荷を与えない環境調和型の防汚・防曇・易洗浄性などの技術として発展しています。多方面で応用が考えられていますが、汚れないタイル、ビルの外壁用材やガラス、微弱な光の蛍光灯でも働く衛生陶器など、さらには塗料に混ぜて用いる自動車のワックス（ハイドロテクトボディコート）など身近なところにも使われています。</p> <p>2004年の日本国際賞は本多健一と藤嶋昭に与えられました。受賞理由は「水の光分解触媒の発見と環境触媒への展開」です。この成果は日本の化学分野では次のノーベル賞受賞に最も近いものの一つと評価されています。</p>					
（吉田俊久）					

添付図表

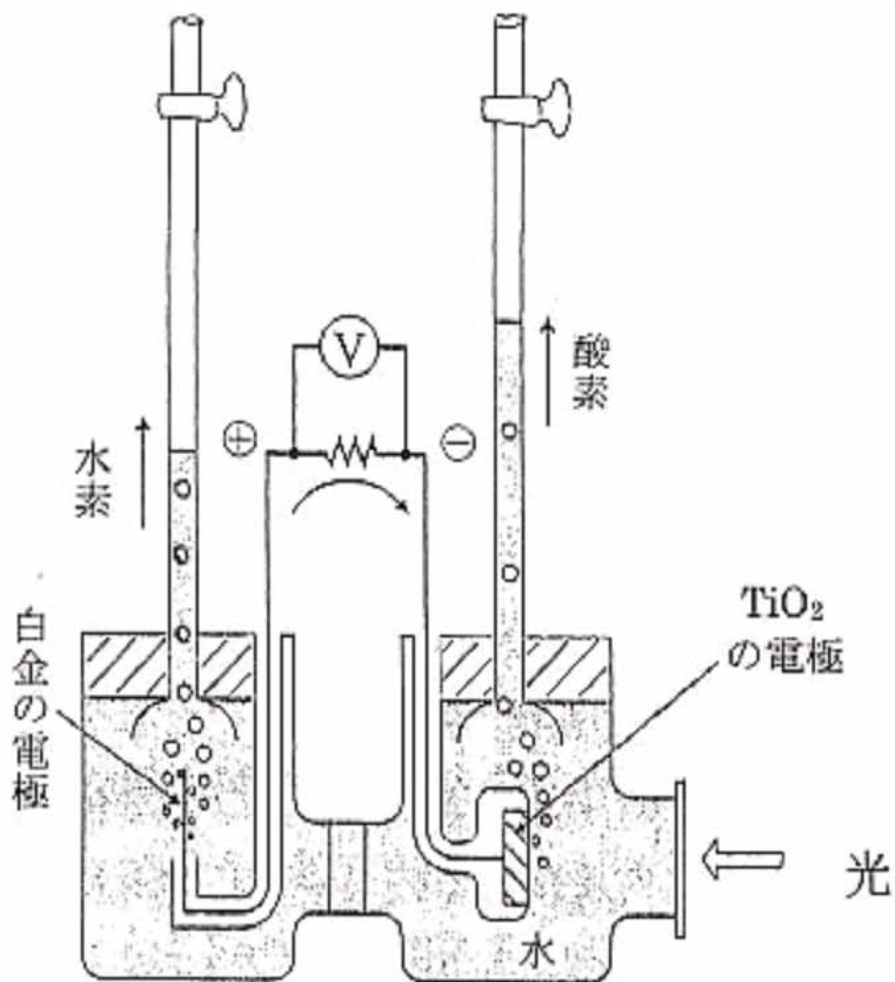


図 二酸化チタン (TiO_2) を用いた水の光分解

『知恵蔵 2005 (化学部門)』 pp. 0775 を基に作成

出典情報

市村禎二郎 (2005) 「光触媒」 『知恵蔵 2005 (化学部門)』 pp. 0775 朝日新聞社

安保正一、他 (2003) 「酸化チタン光触媒」 『化学』 58 巻、9 号 pp. 18 化学同人

松本彰夫 (1999) 「ハイドロテクトボディコート」 『化学』 54 巻 3 号 pp. 26 化学同人

川口恭 (2003) 「光触媒の時代が来るぞ」 『朝日新聞』 8 月 30 日 (土) 朝刊 朝日新聞社

佐藤しんり (2004) 「ホンダ・フジシマ効果」 『光触媒とはなにか』 pp. 138 ブルーバックス 講談社

		題材分類	高化Ⅱ	
題材主題	水の沸点を上げる圧力鍋			
副題	水の蒸気圧の温度変化と沸点			
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Ⅱ	(1) 物質の構造と化学平衡	ア 物質の構造	(ウ) 液体と固体	
学習内容の キーワード	圧力、蒸気圧、沸騰、沸点、でんぷん	活用場面の キーワード	圧力鍋	
題材とその活用場面				
<p>液体の温度が上がるとその蒸気の圧力（蒸気圧）が上がり、その蒸気圧が外圧（空気中では大気圧）と等しくなると液体内部からも蒸発します。これを沸騰と呼び、液体が激しく蒸発して蒸発熱を奪うためにその温度が一定に保たれ、その温度を沸点と呼びます。</p> <p>外圧が 1013 hPa における水の沸点は 100°C ですが、加圧下では水温を 100°C より高い温度に保つことができます。すなわち加圧することができる調理器具では、水の温度を 100°C より高く保つことができます。家庭用の圧力鍋は加圧機構を備えた調理器具であり、それにより調理時間を短縮することができます。液体の蒸気圧の温度変化と沸点の学習は、調理器具を含む化学装置の設計に活用されています。</p>				
説明				
<p>水の蒸気圧はその温度と共に上昇し、88°C で約 650 hPa、100°C で 1013 hPa、120°C で約 2000 hPa です。富士山の頂上での大気圧は約 650 hPa であり、水は約 88°C で沸騰します。したがって、通常の調理器具による水の温度は約 88°C で一定になりそれ以上には上がりません。米を水と共に熱すると、そのデンプンのミセルの構造が壊れ、半透明の糊状になります。しかし米のデンプンは 88°C では糊状になる速度が遅いので、通常の調理器具による富士山頂上での米の炊飯には苦勞します。</p> <p>水温を 120°C に保つ圧力鍋を作るには、大気圧約 1000hPa に加えて、約 1000hPa (約1気圧) の加圧を要します。圧力鍋の加圧機構の1例を図1に示しました。鍋の上蓋に開けた蒸気穴に、下部に重心を持つ錘をつけた円錐形の栓をして、左右に一对の金属線で栓が外れることを防ぐ構造を持ちます。</p> <p>圧力鍋の蒸気穴の面積 A を $A=5\text{mm}^2 = 5 \times 10^{-6}\text{m}^2$ とすれば、圧力 $p=1000\text{hPa}$ を得るための力 f は次式のようになり、$f = pA = 0.5 \text{ N}$ と計算されます。</p> $f = 1000\text{hPa} \times 5 \times 10^{-6}\text{m}^2 = (1000 \times 100 \text{ N m}^{-2}) \times (5 \times 10^{-6}\text{m}^2) = 0.5 \text{ N}$ <p>質量 m の物体には m に比例する力 $f=mg$ が働き、地上での g (重力の加速度) は約 9.8 ms⁻² です。すなわち、$f=0.5 \text{ N}$ は地上ではその質量 $m = f/g=0.05 \text{ kg}=50 \text{ g}$ の物体に働く力です。したがって、面積 $A = 5\text{mm}^2$ の蒸気穴に約 50 g の栓を取り付ければ、水の沸点が約 120°C の圧力鍋ができます。</p> <p style="text-align: right;">(鈴木勲)</p>				

添付図表

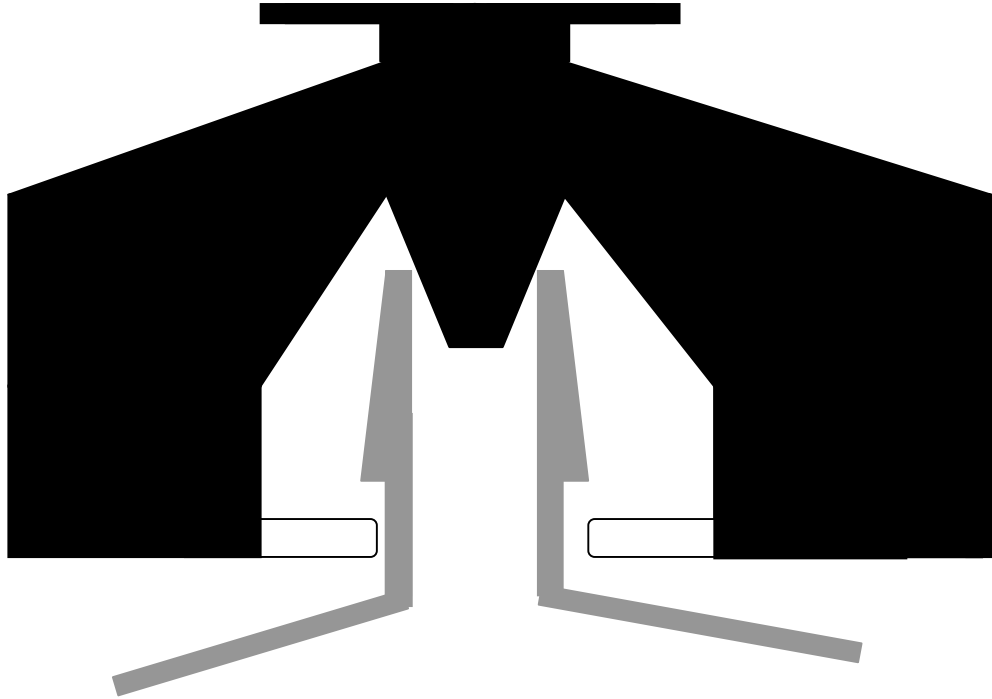


図1 圧力鍋の加圧機構

出典情報

		題材分類	高化Ⅱ	
題材主題	土にかえるプラスチックってどんなもの？			
副題	今、生分解性プラスチック（グリーンプラ）が注目されている			
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
高校化学Ⅱ	(2) 生活と物質 (3) 生命と物質	ア 食品と衣料の化学 イ 材料の化学 ア 生命の化学	(ア) 食品 (ア) プラスチック (ア) 生命体を構成する物質	
学習内容の キーワード	高分子 重合 プラスチック デンプン	活用場面の キーワード	生分解性プラスチック グリーンプラ 微生物	
題材とその活用場面				
<p>微生物の働きにより二酸化炭素と水に分解するプラスチックのことを生分解性プラスチックといますが、グリーンプラはその愛称です。プラスチックの環境汚染問題を背景に、土にかえる生分解性プラスチックが、近年大変注目されています。農業や土木用の資材を中心に、多岐にわたる分野ですすでに実用化されていますが、現在はまだ値段が高いため一般にはあまり普及していません。この問題も、プラスチック製造技術や微生物研究の進展により、近い将来には解決されると思います。化学Ⅱにおける「生活と物質」および「材料の化学」の学習は、これらの問題を解決するための新しい物質の創造へとつながるものです。</p>				
説明				
<p>プラスチックは丈夫で長持ちをすることから様々な製品に利用され、私たちの生活は大変便利になりました。反面、自然の中では分解しにくいプラスチック廃棄物が自然環境中に次第に蓄積され、現在深刻な社会問題となっています。このような背景から、環境を汚染しない生分解性プラスチック（グリーンプラ）製品には大きな期待が寄せられています。（図1）</p> <p>生分解性プラスチックの草分けは、1980年代に、微生物の体内で合成されたものを利用した微生物系プラスチックでした。後に天然のデンプンを利用する方法や、化学合成による方法が考え出され、今日では化学合成による方法に最も多くの関心が集まっています。その主なものには、ポリカプロラクトン（PCL）ポリブチレンサクシネート（PBS）、ポリ乳酸（PLA）などがあり、PCLとPBSは石油を、PLAはトウモロコシなどのデンプンを原料にしています。中でも石油に依存しないプラスチックとして、このPLAが大変注目されています。これらの物質は、すでにグリーンプラ製品としてそれぞれ実用化されています。主な用途は、環境中に排出されやすいレジュー用品や食品包装材、再利用や回収が困難な土嚢や農業用シート、紙おむつなどの衛生用品および手術用縫合糸などの特殊用途と多岐にわたります。（表1）</p> <p>これらのグリーンプラ製品は、コスト面で通常のプラスチックの3～5倍以上と高価であり、まだ一般に普及するまでにはいたっていません。しかし、今後技術革新が進展すれば爆発的な普及が見込まれます。その鍵をにぎるのは、生分解性を高めるための微生物の研究やバイオテクノロジー、より高品質の高分子開発など分野を超えた総合的な研究開発です。</p>				
（岩田雅弘）				

添付図表

表1 化学合成系の主な生分解性プラスチック

名称	ポリカプロラクトン (PCL)	ポリブチレンサクシネート (PBS)	ポリ乳酸 (PLA)
構造	$\left(\text{-(CH}_2\text{)}_5\text{-C(=O)-O-} \right)_n$	$\left(\text{-C(=O)-(CH}_2\text{)}_2\text{-C(=O)-O-(CH}_2\text{)}_4\text{-O-} \right)_n$	$\left(\text{-O-CH(CH}_3\text{)-C(=O)-} \right)_n$
原料	ε-カプロラクトンの開環重合により合成される。	ブタンジオールとコハク酸を原料に、脱水重合してつくる	トウモロコシなどのデンプンを原料として、乳酸発酵して乳酸をつくりこれを重合する
特徴	・軟質系で透明性にすぐれる。ポリエチレンやポリプロピレンに類似。	・軟質系で乳白色 ポリプロピレンに類似	・硬質系で透明性が高くポリスチレンに類似。生分解性に加えて、熱分解や加水分解が容易
主な用途	・農業用マルチフィルムやシート	・コンポストバッグ ・マルチフィルム ・包装資材 ・土嚢等土木資材	・各種シート類 ・化粧品ボトル ・医療用縫合糸



図1 グリーンプラのマーク
生分解性と安全性が一定基準以上であると認定された製品につけられる「生分解性プラスチック協会」の識別表示。



図2 生分解性プラスチック

(写真/生分解性プラスチック協会提供)



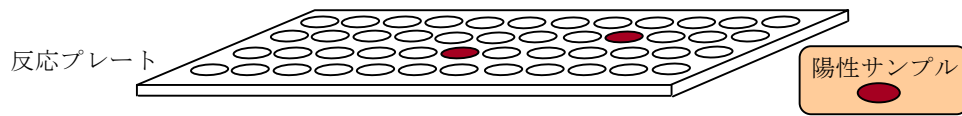
図3 生分解性プラスチック商品

出典情報

- (1) 生分解性プラスチックの評価法と開発の現状 2005年1月25日以下より検索
URL : <http://a-yo.ch.a.u-tokyo.ac.jp/2000/taikai/ohshima.html>
- (2) グリーンプラとは 生分解性プラスチック協会 (写真転載) 2005年1月25日以下より検索
URL : http://www.bpsweb.net/03_new/what_g/what2.htm
- (3) やさしいプラスチックの話 岡 康正 2005年1月27日以下より検索
URL : <http://www.chem-tb.co.jp/Pla/pla-38.htm>
- (4) グリーンプラ識別表示制度規約・解説 2005年1月28日以下より検索
URL : http://www.bpsweb.net/01_details/seido/what_siki.htm

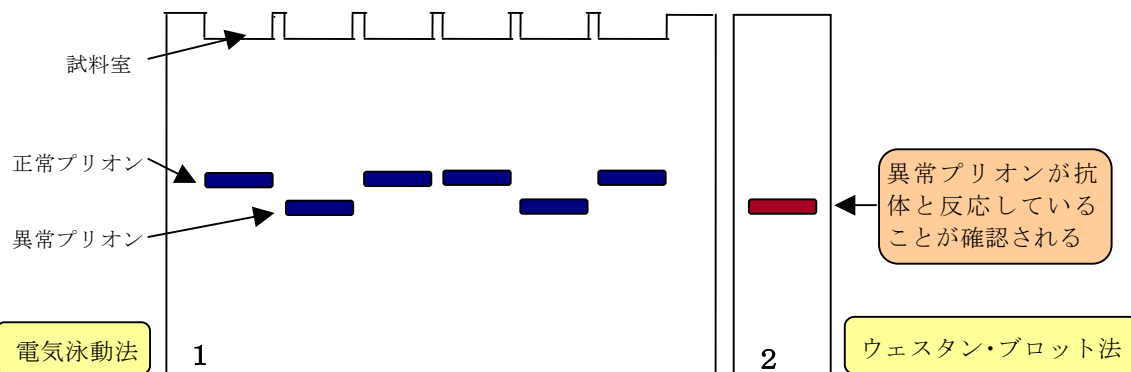
		題材分類	高生 I	
題材主題	ウシ海綿状脳症 (BSE) と異常プリオンタンパク質			
副題	タンパク質の構造変化による発病と免疫反応を用いた感染牛の特定			
学習指導要領の 教科・科目	学習指導要領の大項目	学習指導要領の中項目	学習指導要領の小項目	備考
高校生物 I	(2) 環境と生物の反応	ア 環境と動物の反応	(ア) 体液とその恒常性	
高校生物 II	(1) 生命現象と物質	ア タンパク質と生物体の機能	(ウ) タンパク質の機能	
学習内容の キーワード	タンパク質。タンパク質の立体構造。 β-シート。生体防御。抗原抗体反応	活用場面の キーワード	感染症の予防。事象の解明。課題研究。 調理	
題材とその活用場面				
<p>生体を構成するタンパク質の1つであるプリオンとよばれるタンパク質は、何らかの因子の関与によって、正常プリオンが異常（感染性）プリオンとなり、ウシ海綿状脳症（BSE）などの病気を発病させる。このような病気に感染しているかどうかの判定には、生体防御反応に関わる抗原抗体反応が利用されている。タンパク質の構造や生体防御機構の学習が、病気の原因の解明といった医療、食料の供給といった畜産・農業、食を通じた経済などと繋がっている。</p>				
説明				
<p>ウシ海綿状脳症（BSE）（いわゆる狂牛病）、ヒツジの病気のスクレイピー、ヒトのクロイツフェルド-ヤコブ病などは、プリオンタンパク質が異常になることによって引き起こされる病気である。プリオンは、我々にも普通に存在しているタンパク質であるが、何らかの因子の関与で正常プリオンに異常をきたし、感染性のプリオンに変化することによって発病するものと考えられている。これは、プリオン遺伝子の変異によるものではなく、正常プリオンタンパク質にはあまり含まれていないβ-シートとよばれる構造が、変異プリオンの構造では増加していることによるものと考えられている。このような異常プリオンは、正常プリオンも次々と異常型に変えてしまう働きをもっていると考えられている。異常プリオンのβ-シート構造は、タンパク質分解酵素の作用を受けにくくするため、異常型が蓄積することで発病すると考えられており、プリオンタンパク質が多く存在している脳、脊髄などの神経細胞で、異常が顕著に現れるものと考えられている。</p> <p>感染牛を食べた場合には、ヒトへも感染する危険性のあることが指摘されている。日本における感染牛の出現は、感染牛を材料として作られた輸入肉骨粉を飼料として与えたことによると考えられており、食用牛の全頭検査などが実施されている。</p>				
(高城忠)				

添付図表



エライザ法 (ELISA 法) による異常プリオンの検出

感染プリオンタンパク質を簡便に検出する方法で、タンパク質分解酵素で分解されない感染型プリオンを精製し、プリオンタンパク質に特異的な抗体と反応させ、抗体と反応する成分があれば、色の違いで検出できるという方法である。陽性検体の検査等に用いる。



電気泳動法とウェスタン・ブロット法による異常プリオンの検出

- 1 プリオンタンパク質を含む試料を電気泳動することによって、分子の電気的性質と分子量に応じ、移動度から正常プリオンと異常プリオンを識別することができる。
- 2 電気泳動後、試料をプリオンに特異的な抗体と反応させ、異常プリオンと思われる成分が抗体と反応することを確認することで、BSE に感染していると判断する。

図1 異常プリオンタンパク質の検出方法

出典情報

Pruisner, S. B. (1982) 「Novel Proteinaceous Infectious Particles Cause Scrapie」 *Science*, **216**, pp.136-144

桑田一夫 (2002) 「プリオン病の構造医学」蛋白質 核酸 酵素, 47 巻第 10 号, pp.1292-1298

金子清俊 (2003) 「プリオン病のなぞに挑む」岩波科学ライブラリー 93, 岩波書店

		題材分類	高生 I		
題材主題	再生医療と胚性幹細胞 (ES 細胞)				
副題	多能性の胚性幹細胞 (ES 細胞) は再生医療への利用が期待される				
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	
高校生物 I	(1) 生命の連続性	イ 生殖と発生	(イ) 発生とその仕組み		
高校生物 II	(1) 生命現象と物質	イ 遺伝子とその発現	(ウ) バイオテクノロジー		
学習内容のキーワード	胚発生。分化。幹細胞。多能性。再生医療	活用場面のキーワード	事象の理解。課題研究。生命倫理。臓器移植		
題材とその活用場面					
<p>ヒトを含むほ乳類の胚盤胞期胚の内部細胞塊に含まれる細胞は、すべての細胞に分化する能力を有しており、これらの細胞は培養系に移しても多能性を保持していることから、胚性幹細胞 (ES 細胞) とよばれている。この胚性幹細胞の特性を利用して、病気の組織にこれらの細胞を移植することで組織の再生を図る、再生医療が考えられつつある。発生学的なこのような学習内容を理解することは、バイオテクノロジーや医学の発展と関わるとともに、生命倫理についての共通理解を得るような法制的なこととも繋がっている。</p>					
説明					
<p>ほ乳類胚の胚盤胞期胚 (胞胚期胚) は、将来、胚膜などを形成する栄養芽細胞層と胚のからだをつくる内部細胞塊から構成されている。内部細胞塊の細胞は、この時期まだ未分化な状態にあり、すべての細胞になり得る能力 (多能性) を保持している。この内部細胞塊の細胞は、適当な条件下で培養系に移しても、多能性を保持したまま増殖させることができることから、胚性幹細胞 (ES 細胞) とよばれている。このような胚性幹細胞を適当な成長因子やサイトカインと呼ばれる物質を含む条件で培養することにより、多くの組織や器官に分化させることができるということが、最近、急速に解明されてきた。また、多くの組織内には、複数の細胞に分化する能力のある幹細胞が存在することもわかってきた。このような胚性幹細胞などを利用して、移植免疫やドナーなどの課題のある臓器移植の必要な病気に関して、幹細胞の移植によって組織や臓器を再生させる試みがなされ、応用への期待が高まりつつある。ヒトの病気の場合は、ヒトの胚性幹細胞を利用することが最も効果的であるが、ヒト胚に由来する細胞を利用するという一方で、生命倫理の立場から慎重な検討の必要性が指摘され、法的な裏づけを背景に、このような研究が進展しつつある。</p> <p style="text-align: right;">(高城忠)</p>					

添付図表

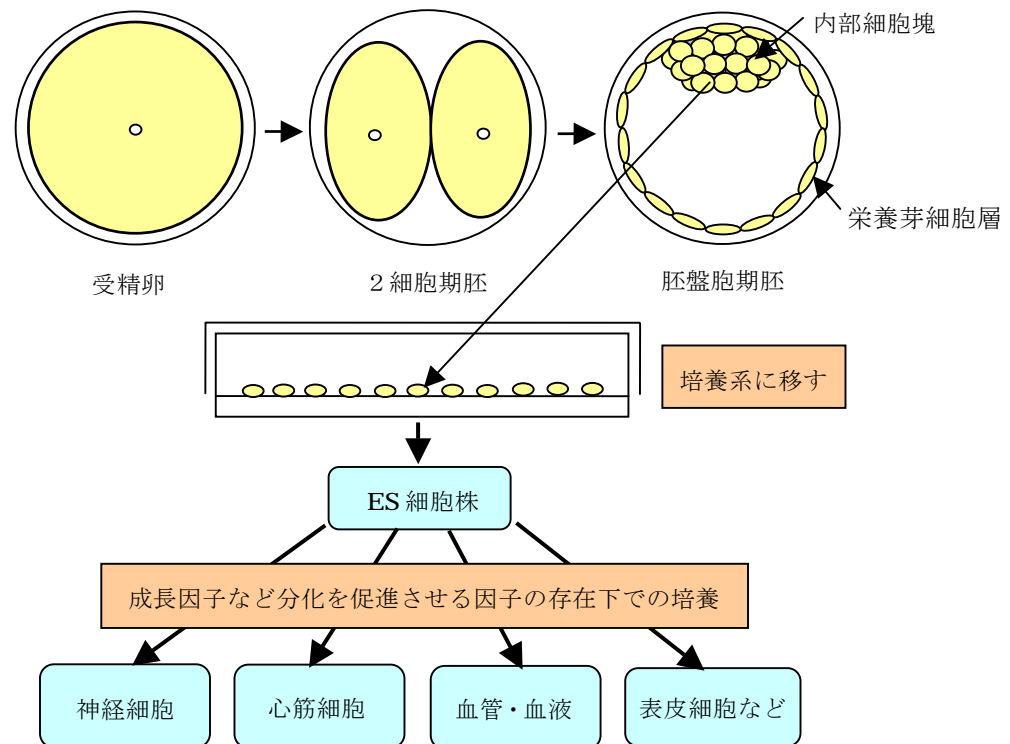


図1 胚性幹細胞 (ES 細胞) を用いた種々の組織細胞の分化

出典情報

- 中辻憲夫 (2002) 「ヒト ES 細胞はなぜ万能か」 岩波科学ライブラリー 88, 岩波書店
 岡野栄之・中辻憲夫編 (2003) 「再生医療へと動き始めた幹細胞研究の最先端」, 実験医学, 第 21 巻第 8 号 (増刊号), 羊土社
 仲野徹 (2004) 「幹細胞の運命を決定するシグナルー序論」タンパク質 核酸 酵素, 49 巻第 6 号, pp.699-702

		題材分類	高生Ⅱ	
題材主題	群となわばりの経済学			
副題	動物の集団内の行動から人の経済活動を考える			
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
高校生物Ⅱ	(3) 生物の集団	ア 個体群の構造と維持	(ア) 個体群の維持と適応	
中学理科2分野	(7) 自然と人間	ア 自然と環境		
学習内容の キーワード	群、食物連鎖、天敵、なわばり	活用場面の キーワード	自然観察、経済活動、出店計画	
題材とその活用場面				
<p>動物の集団内の行動から、人の経済活動を考えることができます。たとえば、群をつくる動物では、その群が大きくなると、それぞれの個体が天敵を警戒する時間が減り、天敵に喰われる危険性が減少します。しかし、その分仲間に餌を奪われる確率が向上します。このバランスの上に立って、各個体の食事時間が最長の時が群の大きさになります。群の大きさの決まり方は、人の経済活動、たとえば、売り上げ、経費、利益の関係を思わせます。なわばりをどこにつくるかは店の出店計画の原理とそっくりです。動物集団の行動を学ぶことで、経済活動を考えることもできるのです。</p>				
説明				
<p>アフリカの広大なサバンナでは一様に草は生えていますが、カモシカ(図1)、シマウマなどは群をなして草を食べています。群には何か利益であるにちがいありません。10匹の群にいれば、ライオンなどの天敵に襲われたとき自分がやられる確率は10分の一、1匹にいれば、自分が確実に狙われます。100匹群をつくると襲われる確率は100分の一に減ります。群が大きくなると警戒能力も増します。シマウマは餌の草を食べているときでも、時々頭を上げて辺りを見回します。天敵のライオンは一瞬のすきをねらっていますが、何匹かで群をなしていればどれか一匹が周囲をみているはずですが、ただ、群が大きくなるほど餌をめぐる争いが生じやすくなります。</p> <p>一般に警戒のために必要な時間は、群が小規模のうち、群が大きくなるにつれて急激に減少しますが、その減少の程度は次第にゆるやかになります。一方、争いの方は、群が小さいうちは少ないが、群の増大につれて急激に増加します。図2のように食事時間が最大のところが群の最適規模です。実際の観察でもその規模で行動することが知られています。群の利益を売り上げ、警戒する時間を経費として、食事時間を利益とみることができます。いくら売り上げが大きくても経費がかかるとは意味がありません。手許に残る利益が大切です。</p> <p>川魚では、仲間との競争に強い個体が、流れの速く餌が確保しやすいなわばりを持つ傾向があります。しかし、流されないように泳ぐ必要があり、侵入者を撃退するのに多くのエネルギーが必要です。競争に弱くても地道にこつこつと利益を稼ぐ生き方もあります。お客さんの多い都会の一等地に店を持っても、土地代、テナント料が高ければその分利益が減ります。店の出店計画を立てる際に考えることと基本的に同じです。</p> <p>生物と経済、一見関係のない教科ですが、共通した考えが使われています。</p>				
(川北裕之)				

添付図表



図1 トムソンカゼルの群

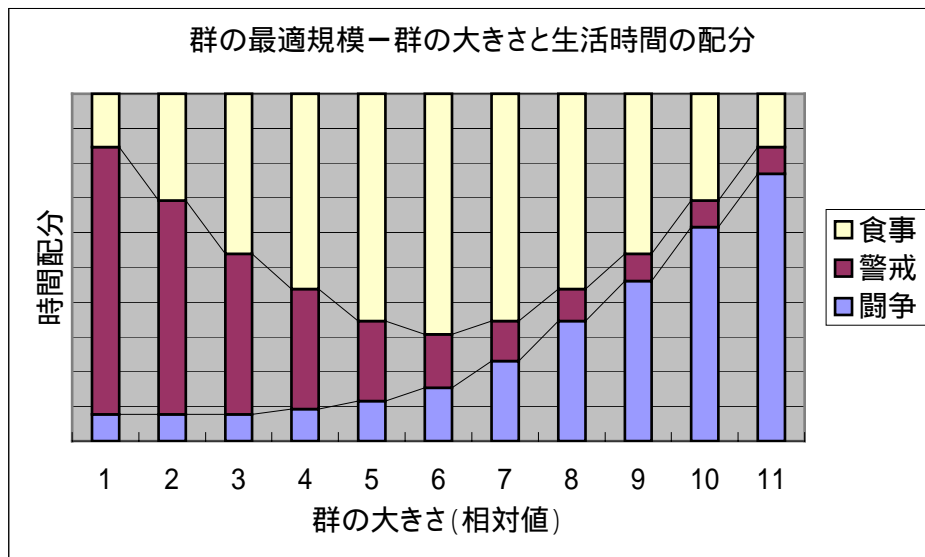


図2 群の最適規模—群の大きさと生活時間の配分

食事時間が一番長いときの群の大きさが最適な大きさである。つまり、相対的な大きさが「6」の時である。最適規模は状況によって変わる。群に天敵が現れたら群は大きい方が有利である。現れる可能性が低い場合は、小さい方が有利である。

出典情報

日高敏隆(1983)『群となわばりの経済学』岩波書店

日高敏隆(2000)『動物の行動と社会』放送大学教材

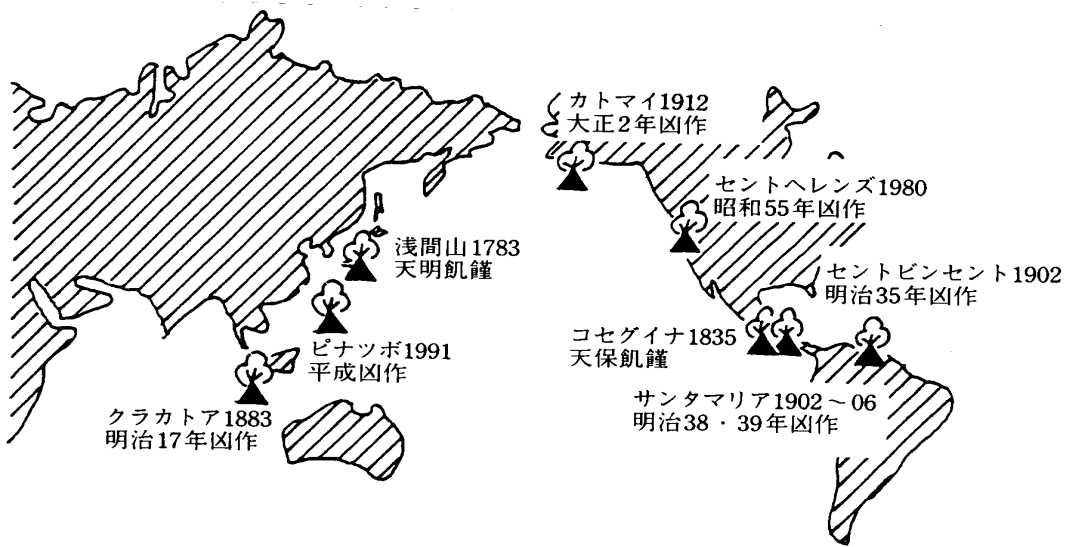
I P A 「教育用画像素材集サイト」<http://www2.edu.ipa.go.jp/gz/> 2005年2月13日より検索

		題材分類	高生Ⅱ	
題材主題	青いバラの誕生			
副題	遺伝子組換え技術による品種改良			
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
高校理科生物Ⅱ	(1) 生命現象と物質	イ 遺伝情報とその発現	(ウ) バイオテクノロジー	
中学理科2分野	(5) 生物の細胞と生殖	イ 生物の殖え方		
学習内容の キーワード	遺伝、染色体、遺伝子、DNA、遺伝子組換え、バイオテクノロジー	活用場面の キーワード	育種、園芸品種、遺伝子組換え植物、品種改良、農業、園芸、	
題材とその活用場面				
<p>これまで農作物や園芸植物の品種改良は、自然突然変異を利用したり、交配によって行われてきました。しかし、最近では遺伝子組換え技術を使って品種改良が行われるようになりました。遺伝子やバイオテクノロジーの学習は、このように園芸、農業、企業を通じた経済と密接に繋がっています。</p>				
説明				
<p>遺伝子組換え技術は医療、農業、育種等の分野で無くてはならないものになってきました。既にインターフェロンや糖尿病治療薬のヒトのインスリン等が大腸菌を使って生産されています。最近では、高等植物の品種改良にもこの技術が使われるようになりました。高等植物の遺伝子組換えは、図1で示すような手順で行われます。まず細菌（アグロバクテリウム）のプラスミド（Tiプラスミド）に植物細胞の核から取り出した遺伝子を組み込み、これを別の植物細胞のプロトプラスト（細胞壁を除去した細胞）へ感染させ、その遺伝子を核の遺伝子中へ組み込みます。この細胞を培養して、組換え植物体を作ります。</p> <p>サントリー先進技術応用研究所は2002年に青い花卉をもつバラを作出することに成功しました。バラには花卉を赤色やオレンジ色にする色素はありますが、青色色素はありません。そこで、青色色素をもつパンジーから、青色色素を作るのに必要な酵素（図2中のフラボノイド水酸化酵素）の遺伝子を取り出し、これをバラの細胞へ組み込み、青色花卉をもつ組換え体を作り出すことに成功したのです。Blue rose（青いバラ）を英語の辞書で調べると、「世にありえないもの」と訳されていますが、これが遺伝子組換え技術によって作り出されたのです。</p> <p style="text-align: right;">（岡崎恵視）</p>				

		題材分類	高地 I	
題材主題	ジェット気流が世界中にまき散らす灰			
副題	火山活動と気象・火山の噴火と冷害			
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
高校地学 I	(2) 大気・海洋と宇宙の構成	ア 大気と海洋	(ア) 大気の熱収支と大気の運動	
高等学校 地学 I	(1) 地球の構成	イ 地球の内部	(イ) 火山と地震	
中学理科 2分野	(2) 大地の変化	イ 火山と地震		
学習内容の キーワード	大気の大循環、ジェット気流、火山の噴火、火山灰	活用場面の キーワード	防災教育、環境教育、社会の学習、世界の大凶作、農作物の栽培	
題材とその活用場面				
<p>大気の大循環の学習は、地球規模的に雲の進む方向を知ることであり、我々の生活に大きく関わる天気予報において重要です。また、火山国日本において、火山活動がどのような活動かを知ることは、防災的観点からも重要です。さらに、火山から噴出した火山灰がどこへ運ばれるかは風の影響を受けるので火山活動と気象は関係があります。これまでの日本の過去における大飢饉や大凶作は、火山の世界的大噴火と繋がっているものが多いです。つまり、直接的な火山災害だけでなく、地球上のどこかで火山の大噴火が起こると、我々の生活にかかわってくるということです。</p>				
説明				
<p>火山が噴火すると、溶岩や火山砕屑物等が噴出するが、特に軽い火山灰は風によって運ばれます。火山が大噴火した場合、大量の火山灰が大気圏に舞い上がり、ジェット気流によって地球全体に広がり、それが太陽からの放射を防ぎ、地表が冷えることがあります。これを遮へい効果といい、冷害が起こります。例えば、東北地方では世界的大噴火があると2年後までに大冷夏になる確率が90%以上あるといわれています。大噴火が起きると数年間にわたり異常な朝焼けや夕焼けがみえる。これは、火山灰が成層圏まで広がり、太陽光を散乱したためです。</p> <p>また、チェルノブイリ事故(1986)の放射能は数日で日本にやってきました。湾岸戦争で炎上したクエートの油井の煙の灰が数日で日本に到達しました。北半球で巻き上がった火山灰は2年ぐらいで南半球まで届きます。大気の大循環は、雨を降らせる雲を運ぶ大規模な風の流れが支配していますが、それとともに火山灰や死の灰をどこに運び散らすかを知らせています。このように、我々は世界の火山活動に目を見張る必要があるとともに、我々自身が放出するガスや灰が世界中にばらまかれることを知らなくてはなりません。また、成層圏に微粒子が散乱し地球の気象が変わる現象として「隕石の衝突」もあります。</p>				
(池本博司)				

添付図表

図 1 火山活動と飢饉（東北地方の飢饉や凶作の直前に起こった火山の大噴火）



(近藤純正「地表面に近い大気科学」、東京大学出版会、2003年より引用)

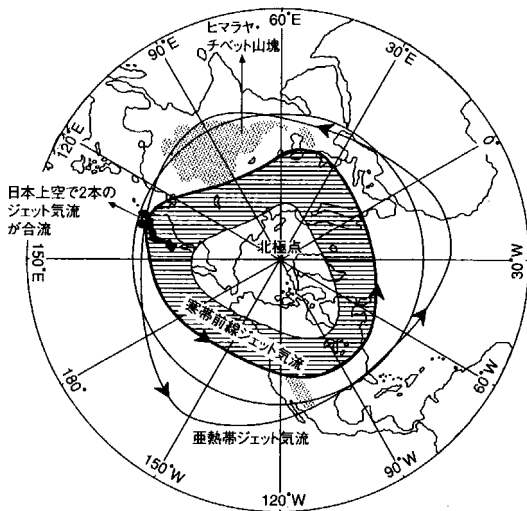


図 2 ジェット気流（ジェット気流の位置は季節により南下したり北上したりする）

図 3 1783 年の天明飢饉における人々の様子

(図 2, 3 は酒井治孝 (2003) 「地球学入門」、東海大学出版会より引用)

出典情報

近藤純正 (2000) 「地表面に近い大気科学」、東京大学出版会

酒井治孝 (2003) 「地球学入門 惑星地球と大気・海洋のシステム」、東海大学出版会

		題材分類	高地 I
題材主題	石油を探し出す小さな化石		
副題	経済的に良質の石油を掘り出すために		
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
高校地学 I	(1) 地球の構成	ウ 地球の歴史	(ウ) 化石と地質時代
高校理科総合 B	(2) 生命と地球の移 り変わり	イ 生物の移り変わり	(ア) 生物の変遷
中学理科 2 分野	(2) 大地の変化	ア 地層と過去の様子	
学習内容の キーワード	微化石、示準化石、示相化石、化石燃 料、石油、地層の対比、有孔虫、放散 虫	活用場面の キーワード	石油の発掘、資源探査、地質調査
題材とその活用場面			
<p>地球上に繁栄した生物の歴史は、過去に形成された岩石や地層に記録されており、その解読において重要な役目をしているのが化石です。示相化石は地層が堆積した環境を示し、示準化石は地層の堆積した時代を知る上で有効です。一方、地層の堆積構造や化石の含まれる状況を利用して、石油を採掘しています。化石の学習は、地球や生物の歴史を学ぶ上で重要なデータであるとともに、石油などの資源探査に活用されています。</p>			
説明			
<p>石油は過去の微生物の遺骸から由来した油が地層に貯蔵されたもので、造山帯の周辺部で地殻熱流量が比較的高いところにあります。我が国では新潟・秋田の油田が有名です。特に有機物が多く含まれる地層は根源岩とよばれています。熟成した炭化水素は根源岩から移動して、砂泥互層の砂岩の厚いところに集積し、貯蔵層(図2)とよばれています。貯蔵層は、級化成層やクロスラミナ等の堆積構造が観察でき、背斜構造や断層構造をしていることが多いです。</p> <p>良質の石油根源岩や貯蔵層が地下のどこに堆積しているかを予察するために、地層の堆積環境を知ることは重要です。また、石油がいつ生成し、集積されたのかを知るために地質時代を決定することや、石油がどこにどのように分布しているかを知るために地質層序や地層の対比が必要です。そのために最も迅速かつ経済的な方法にボーリングによる微化石の分析があります。</p> <p>有孔虫や放散虫や花粉などの化石は顕微鏡下で識別できる微化石です。微化石は小さい岩片にも多く含まれていますし、微化石の分析により、地層が堆積した環境がわかり、地下深くに眠る石油を効率的に発見できます。古生物学は過去の生物を研究する科学ですが、地層の重なりを研究する層序学とともに発展していますので、見えない地下を探る方法として、その利用が期待されています。</p>			
(池本博司)			

添付図表

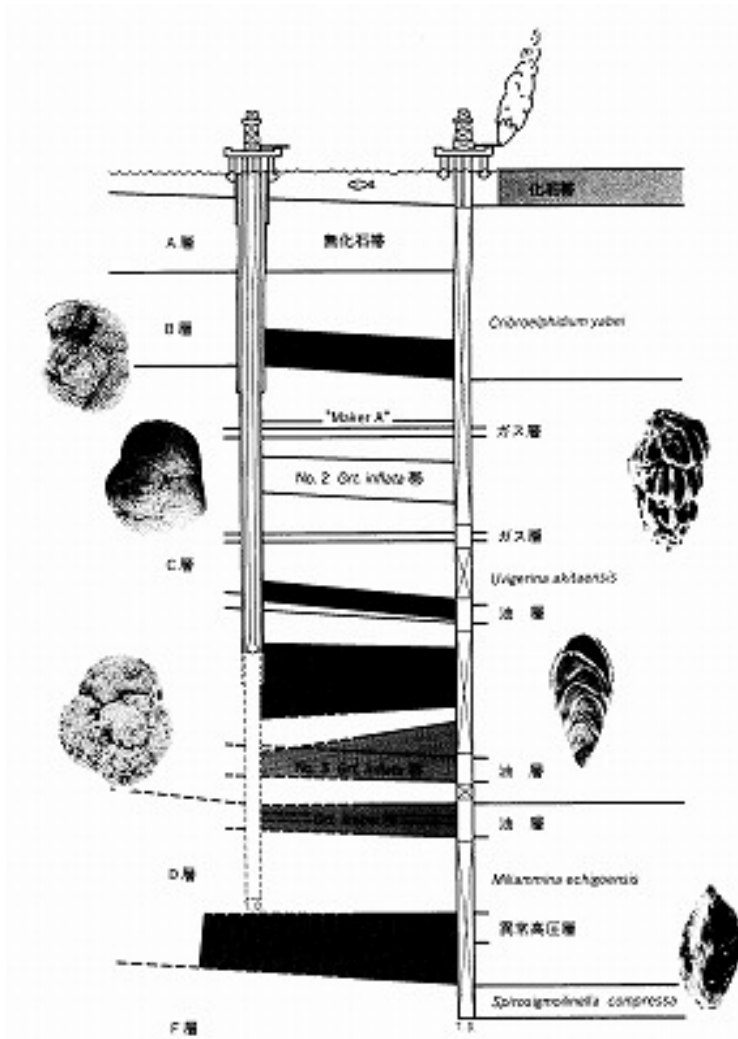


図2 石油の貯蔵層の砂泥互層の一部
(産地：新潟県柏崎市椎谷岬)



背斜構造

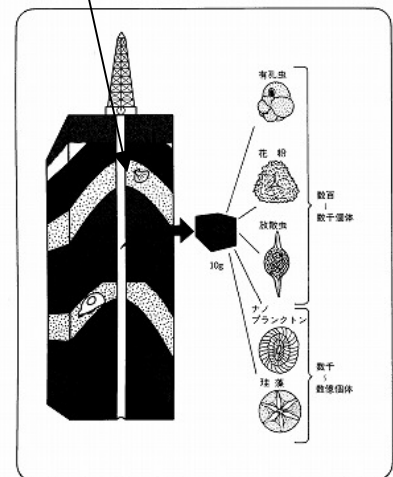


図1 微化石の産状と石油が産出する層準との関係
(日本古生物学会編集「化石の科学普及版」引用)

図3 多量の微化石が含まれるボーリング調査
(日本古生物学会編集「化石の科学普及版」引用)

出典情報

日本古生物学会編集(2004):「化石の科学 普及版」、朝倉書店