

2-3



石油 1g が燃えると、3倍(3g)の二酸化炭素が放出される

温室効果ガス

地球が温暖化しているのは、「ある種の気体が大気中に増加し、その気体が太陽エネルギーを溜め込むことが原因である」とよくいわれます。この気体の効果は、温室の效果に似ているので**温室効果**と呼ばれます。そして、そのような効果をもつガスを一般に温室効果ガスと呼びます。

0°Cの物質 1gに 1cal (4.2J) の熱を加えた時に、その物質が上昇する温度を**比熱**といいます。比熱の大きい物質は、熱を溜め込む性質が大きく、熱しにくく冷めにくいこととなります。

地球温暖化をもたらすのは、このような**比熱の大きい気体が太陽のエネルギーを取り込んで、宇宙に放散しないこと**に原因があるのです。

気体（ガス）が地球の温暖化に寄与する尺度として、**地球温暖化係数**という値が定義されています。図2-3-1の表はいくつかのガスの地球温暖化係数をまとめたものです。地球温暖化係数は二酸化炭素（炭酸ガス）を基準にして定められているので、二酸化炭素が1となります。

図 2-3-1 ● 二酸化炭素、メタンなどの地球温暖化指数

物質	化学式	分子量	産業革命以前濃度	現在濃度	地球温暖化係数
二酸化炭素	CO ₂	44	280ppm	358ppm	1
メタン	CH ₄	16	0.7ppm	14.7ppm	26
一酸化二窒素	N ₂ O	44	0.28ppm	0.31ppm	296
対流圏オゾン	O ₃	48	—	0.04ppm	204
フロン類	CF _m Cl _n	—	0	—	数十～数万

温室効果ガスというのは、「地球温暖化係数の大きな気体」ということがいえます。図2-3-1の表は、温室効果ガスによる地球温暖化への直接的寄与の大きさを表わしたものです。

各種の気体の中で、**二酸化炭素はとくに温室効果が大きい**ことがわかります。二酸化炭素は、もともと地球大気中に存在し、その量はほぼ一定していました。これは火山ガスに含まれたり、火事などによって新たに生成される量と、植物の光合成などによって消費される量が釣り合い、バランスをとっていたからです。

しかし、図2-3-2に見られるように、その量は産業革命以降、明らかに増加に転じています。これは、人類が石炭、石油など、化石燃料を使い始めた時期と一致します。

図2-3-3の円グラフを見ると、二酸化炭素の次にメタンも多いですが、これは湿地その他の土壌からの湧き出しの他に、動物やシロアリの腸内発酵、あるいは各種の細菌が有機物を分解してメタンに換えていることに由来します。細菌のこの働きはバイオエネルギーの一環として、人間も利用しようとしているところです。



図 2-3-2 ● 二酸化炭素濃度の変動

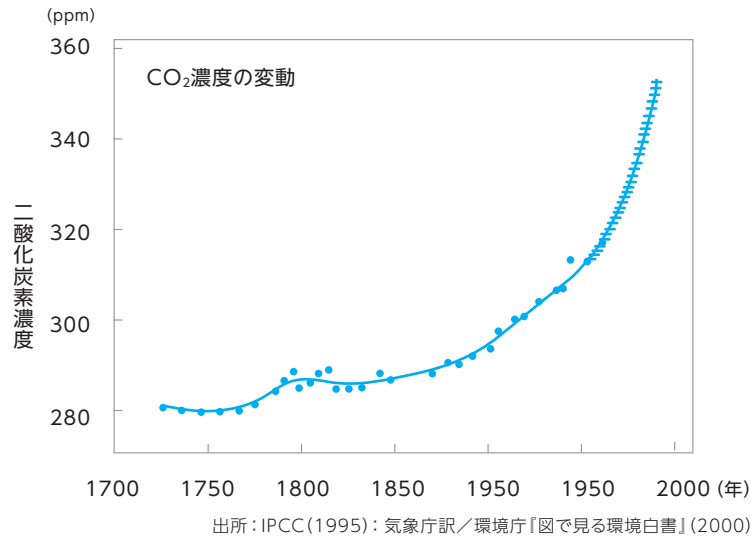
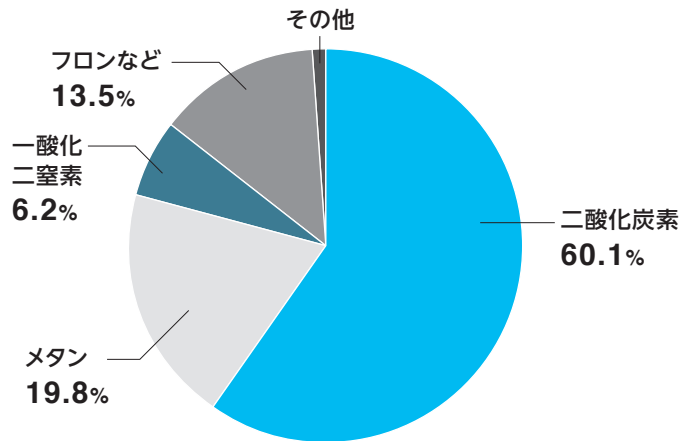


図 2-3-3 ● 温暖化に大きな影響を与える二酸化炭素、メタン

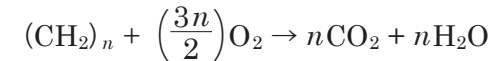


地球温暖化の最大の原因物質は二酸化炭素であるといわれます。

二酸化炭素のおもな発生源は化石燃料の燃焼です。化石燃料の代表として、石油が燃焼すると一体、どれくらいの二酸化炭素が発生するのか、簡単な計算で見てみましょう。

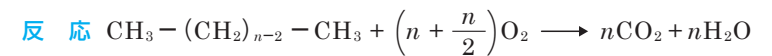
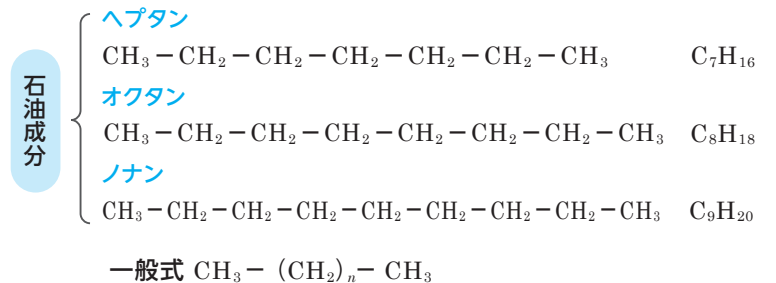
石油は炭素Cと水素Hが化合したものであり、簡単に書くと、石油の分子式は $(\text{CH}_2)_n$ です。

「石油が燃える」ということは、石油の炭素が酸素と反応して二酸化炭素CO₂となることであり、反応式は下のとおりです。



すなわち、1個の石油分子には n 個の炭素原子が含まれます。したがって、1個の石油分子から n 個の二酸化炭素分子が発生するこ

図 2-3-4 ● 石油の成分と燃焼



とになります。

炭素、水素、酸素の原子量はそれぞれ12、1、16です。そうすると、 CH_2 原子団の式量（分子量）は「 $12 + 1 \times 2 = 14$ 」となり、石油の分子量はその n 倍ですから $14n$ となります。

一方、二酸化炭素の分子量は CO_2 なので「 $12 + 16 \times 2 = 44$ 」であり、石油1分子から n 個の二酸化炭素が発生しますから、二酸化炭素の分子量の総和は $44n$ となります。

すなわち、 $14n \text{ g}$ の石油が燃焼すると、 $44n \text{ g}$ の二酸化炭素が発生するのです。これは石油が燃えると、石油重量の3倍の二酸化炭素が発生することを意味します。

石油の比重（水を1としたときの重さ）を0.7とすると、20Lのポリタンク1杯の石油は14kgとなります。この石油を燃焼すると44kgの二酸化炭素が発生するのです。なんと石油の重量の3倍の重量の二酸化炭素が発生するのです。1人で持つには重すぎる重量です。体積にするとほぼ四畳半の日本間の空間体積に匹敵します。

地球温暖化係数は大きくないのに、二酸化炭素が地球温暖化の原因として問題にされるのは、このように、二酸化炭素は化石燃料の燃焼によって大量に発生するからなのです。

そこで現在、**カーボンリサイクル**の技術を推進する動きがあります。これは、二酸化炭素を炭素資源（カーボン）と捉えて回収し、多様な炭素化合物として再利用（リサイクル）するというものです。大気中に放出される二酸化炭素の削減を図り、新たな資源の安定的な供給源の確保につなげることも目指しています。

2-4



現在が間氷期なら、二酸化炭素は濡れ衣を着せられたことになる？

—— 地球の自律的温度変化

現在の地球温暖化は人間の活動によって起こったものと考えられ、そのために世界各国による対処を求められています。

しかし、地球の温度は過去にも変動を続けてきました。これは人間の活動だけが原因というわけではなく、もちろん、他の動物の活動によるものでもありません。おそらく、地球自身の活動による自律的な温度変化なのです。

地球の気温は、暖かい時代と寒い時代とが交互に繰り返しつつ、今日に至っていることがわかっています。寒い時代を**氷河時代**といいます。

地球の歴史からいうと、現在は氷河時代なのであり、250万年前から続く「第四紀氷河時代」になるといいます。しかし氷河時代といっても、常に寒冷な気候が続くわけではなく、寒冷な**氷期**と、温暖な**間氷期**が交互におとずれるのです。現在はそのうちの間氷期であり、1万1000年前から始まったといえます。

図2-4-1に、過去の氷期と間氷期の期間を示しましたが、いずれも短かければ2万～3万年、長ければ10万年以上も続き、規則性は見えません。

つまり、現在の間氷期がそろそろ終わりになるのか、それともこ





熱でグニャグニャする人工の 高分子がプラスチック

——プラスチックの種類

現在、私たちの身のまわりを見てみると、プラスチック製品で溢れています。分子構造のはっきりしたプラスチックの最初の例は1938年に発表されたナイロンですから、それ以前の世の中にはプラスチックは存在しなかったこととなります。今となってはなかなか想像できない世の中だったのです。

● プラスチックとはどんなものか？

プラスチックは一般に高分子、あるいはポリマーと呼ばれる物の一種です。**高分子とは、分子量が大きいこと**を意味していて、要するに「大きな分子」ということとなります。

ポリマーの「ポリ」はギリシャ語で「たくさん」の意味です。ギリシャ語で「1」は「モノ」といいます。モノマーというのは「1個の分子」という意味です。それに対し、ポリマーというのはモノマー（単位分子）がたくさん集まってできた分子のことをいいます。モノマーはただ1種とはかぎりません。

要するに、**高分子というのは「たくさんの単位分子が結合してできた大きな分子」**ということとなります。「単位分子の結合体」ということが大切であり、**ただ大きいだけでは高分子とはいわないの**

です。

● 高分子を分類してみると

図7-1-1を見るとわかるように、高分子にはいろいろの種類があるので、分類の仕方も視点によってさまざまです。

まず、**天然高分子**があります。これは名前の通り、自然界に天然に存在する高分子のことです。デンプンやセルロースはただ一種の単位分子であるグルコースでできた高分子ですし、タンパク質はアミノ酸という20種類の単位分子からできた高分子です。天然ゴムも天然高分子ですが、現在では天然ゴムに代わり、化学的に天然高分子とまったく同じ物が人工的につくられるようになっています。

人間が人工的（人為的）につくり出した高分子のことを**合成高分子**といいます。一般に高分子という場合には、合成高分子を指します。合成高分子も、いくつかの種類に分けることができます。

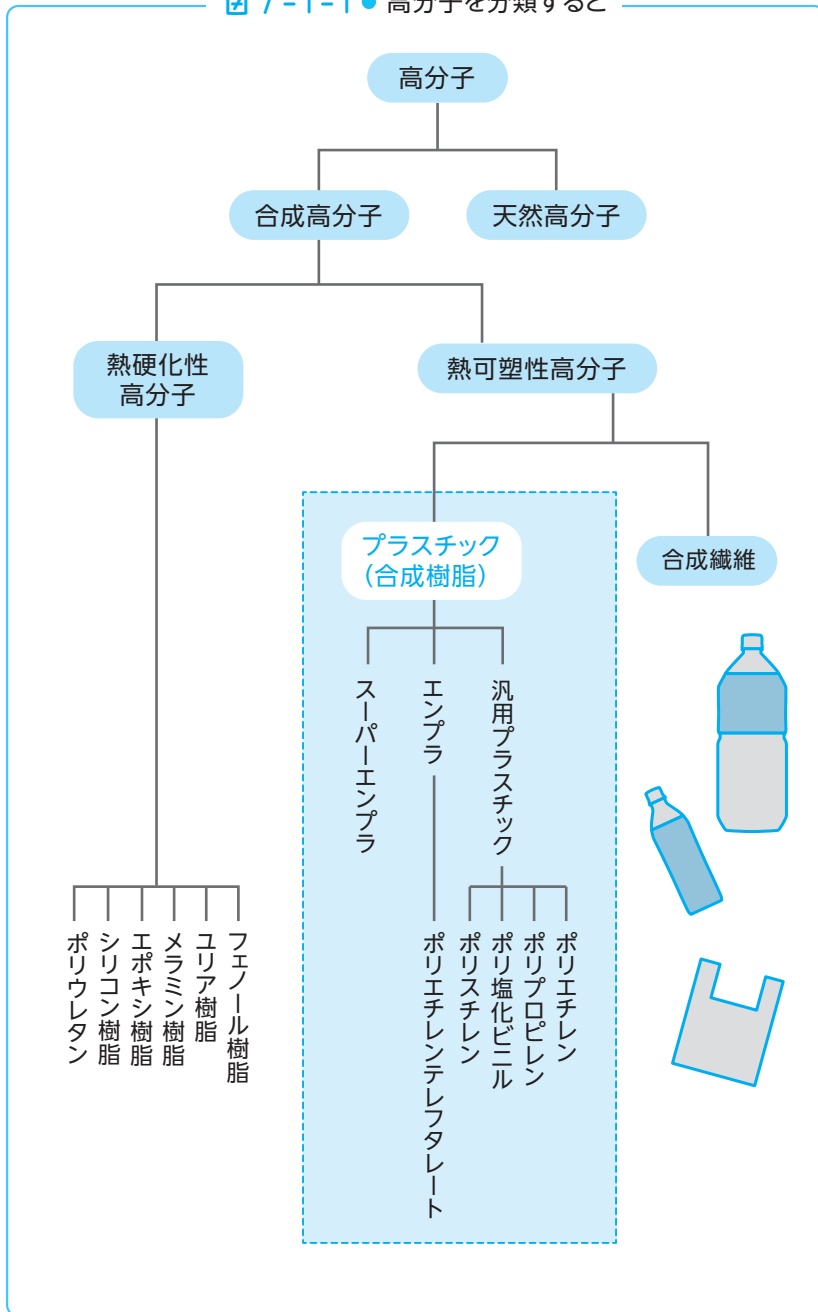
その1つが**熱可塑性高分子**です。これは温めると軟らかくなるという、ふつうの高分子です。安価で透明なプラスチックのコップにお湯を入れると、コップがグニャリとして持つのに困ることがあります。このプラスチックが熱可塑性高分子です。

熱可塑性高分子は、さらにプラスチック（合成樹脂）と合成繊維に分けることができますが、分子構造から見ればプラスチックと合成繊維は同じ物と見ることもできます。これは人工的につくられた樹脂という意味で、樹脂とは樹木から分泌された樹液が固まった物をいいます。たとえば、まつやに松脂、うるし柿渋、漆などが樹脂の代表です。

天然の樹脂は水に溶けにくい性質があり、固まった（油分が揮発



図 7-1-1 ● 高分子を分類すると



した) 後には安定し、形を保持する特徴も持っています。このため、古代から塗料、接着剤などに使われていました。

このような使い勝手のよい天然樹脂に代わって、石油などを原料にして人工的（化学的）に合成したのが合成樹脂（プラスチック）です。

熱可塑性高分子に対して、**熱硬化性高分子**というものがあります。家庭で使うお椀の多くはプラスチック製ですが、熱い味噌汁を入れてもグニャリとすることはありません。炎で熱するとさすがに焦げますが、だからといって熱可塑性高分子のように軟らかくなることはありません。このような高分子を熱硬化性高分子といいます。

用途によっても、高分子を分類することができます。

その1つが「**エンプラ**」です。**エンプラとは、エンジニアリングプラスチックを略した言葉で、工業用プラスチックのことをいいます。**これは熱可塑性高分子のうち、ふつうのプラスチックより硬く、かつ耐熱性の高いものをいいます。ナイロン、ペットなどが典型です。性能が高い分、価格も高くなります。

もう1つが「汎用樹脂」です。エンプラに対して、おかずを入れるプラスチック製品、あるいはバケツなどの一般民生用に使われるものを汎用樹脂といいます。性能は今ひとつですが、大量生産されて安価という利点があります。ポリエチレン、塩化ビニル（エンビ）などが汎用樹脂の典型です。

7-2



温度が上がると、 なぜやわらかくなるのか？

——プラスチックの構造

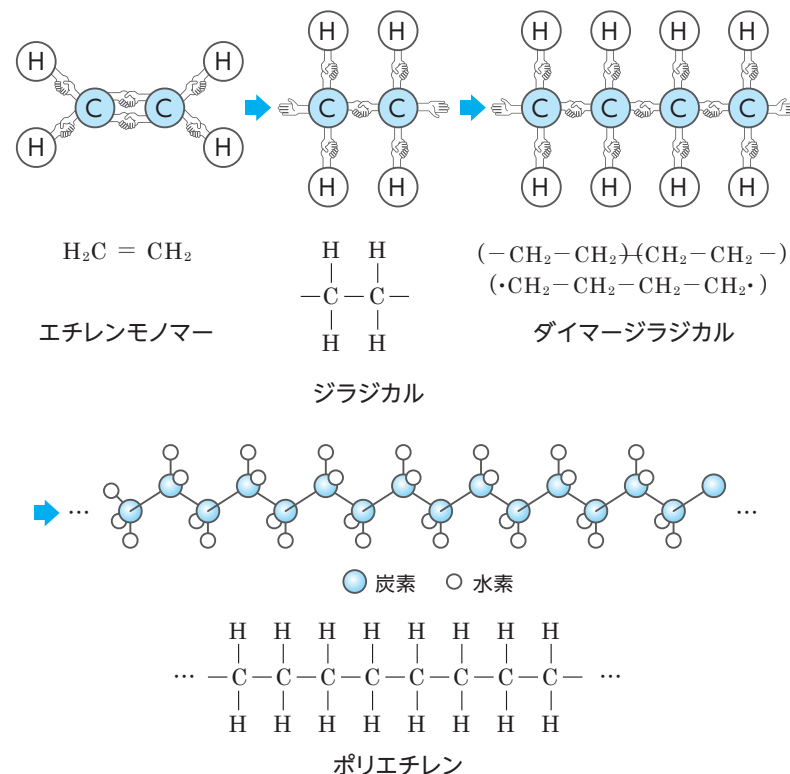
前節で見たように、プラスチックにはいろいろの種類があります。そして、熱可塑性高分子と熱硬化性高分子に分けることができました。ただし、研究者の中には熱硬化性高分子をプラスチックとは認めない人もいます。

熱可塑性高分子の分子構造は、一口にいうと「長い糸」です。たくさんの糸が**よじ**れあっているのが通常のプラスチックの構造です。そして熱可塑性高分子の分子構造というときには、この1本の糸の構造をいいます。

熱可塑性高分子の代表は**ポリエチレン**です。この上なく簡単な構造です。エチレンというのは $H_2C = CH_2$ という構造の分子です。このエチレンが図7-2-1のように二重結合を開いて、代わりに隣の分子と結合し、これが何千個もの分子の間で広がった物がポリエチレンです。前節でも見たように、「ポリ」とはたくさん、という意味でした。したがって CH_2 というこの上なく簡単で短い単位構造が、非常にたくさん連続した物と見ることもできます。

ちなみに、この単位構造が1個の場合、都市ガスのメタン CH_4 となり、3個の場合はプロパンガス $CH_3CH_2CH_3$ 、4個の場合はラ

図 7-2-1 ● ポリエチレンの構造



イターガスのブタン $CH_3CH_2CH_2CH_3$ 、5～11個程度だと液体のガソリン、9～18個程度だと灯油、20個を越えると固体のパラフィンになるというわけです。ですからこのような物はみんな兄弟のような関係なのです。

私たちの生活に溶け込んでいるプラスチックの大部分は汎用樹脂であり、その多くはポリエチレンの仲間です。品質表示のついているプラスチック製品があれば、その原料名を見てください。ポリエ

