

循環系外にある物を使った責任

大量消費社会になれた人間は、地球環境の縮びを見せられて、循環型社会への移行を真剣に考えるようになったものの、石油に依存した生活から脱皮できずにいる。石油は化石燃料であり、枯渇寸前といいながら、採油を止めることもない。また、利用者である我々も石油からのガソリンで毎日マイカー通勤している。贅沢を覚えると過去には戻れないものである。

『地球の暮らし方』という月尾嘉男先生の著書（遊行社）を読み、共感した。その内容は、68億人まで増えてしまった人間活動が環境問題を引き起こしていることを力説している。

「循環系の外に存在していたもの」という節の中で、『人間以外の生物はすべて循環する仕組みの中で生活しているのに、人間だけが循環していなかったものを社会に取り込んでいることです。』という文がある。循環系の外に存在していたものとは、化石燃料である。人口増加に伴い、人間は自然の森林を伐採して農耕地を増やすことによって、太陽エネルギーによる二酸化炭素の固定化が進まなくなった。そして、石油を採掘・狩猟して燃料として使ったので、大気中の二酸化炭素が増え、地球温暖化はますます進行している。

1個しかない地球の適正人口は50億人と推算されており、すでに18億人超過である。地球という瑞々しい快適な環境容量にも限界がある。その縮びの兆候として地球環境の汚染や破壊が進行したことから、人間はその重大さに気づくことになる。先の著書の中で、「110年前に温暖化の予言」という節があり、その予言者はスヴァンタ・アレニウス（Svante A. Arrhenius）である。化学を学ぶ者なら誰でも知っている。彼は1896年に論文発表しているが、人々は二酸化炭素による温暖化の重大さに気づかず国際的な問題視もしなかった。それどころか、20世紀は科学技術による大量生産・大量消費・大量廃棄の消費型社会になっていったことが残念である。

人間は100年前に戻ることができない今、循環系外にある物を使った責任を真摯に受け止めなければならない。人間のエゴを通し京都議定書を批准しないような行為は絶対してはならない。人間として地球での暮らし方をもう一度考え直すことが責務である。

第3章 地球環境を構成する 化学現象

現在の地球環境には46億年の地球の歴史があり、あと50億年の寿命がある。地球は二酸化炭素と水との共働であり、そこに、酸素が加わり生命体の存在がある。地上には大気に雲、雨、雪があり、地表に降って川に水が流れ海に注がれている。地下には地下水がある。汚染の実態は大気に温室効果ガスが、地上に酸性雨が、地下水にVOCが主役を演じている。汚染の主役たちを浄化・撲滅し、このすばらしい地球環境を維持するためにも地球の構成を鑑みた化学物質の利用が必須である。

3.1 地球環境とは

地球が太陽系の惑星として誕生して、約46億年が経ち、進化して現在の地球環境が形成されている。我々人間が地球に住みついてみると、こんなにすばらしい惑星は他にまだ発見されていない。宇宙では、生命体にとって奇跡的環境といわれる地球生態系を有し、水の豊かな惑星として今日の地球環境を維持している。日本は地球の火山帯に位置しており、つい最近も有珠山や三宅島の噴火及び地震があり、地殻の下はマグマの活動が盛んである。マグマに生命体がいるかどうかは別として、生物を誕生させ、人類を居住させてくれている、豊かな緑と水に恵まれた地球環境をここで見直してみよう。

表 3.1 原始大気の組成

物質名	化学量 ($\times 10^{20}$ g)
水蒸気	16,300
二酸化炭素	2,000
塩素化合物	330
二酸化硫黄	50
窒素	45
水素	40
酸素	0

(北野康, 1990)

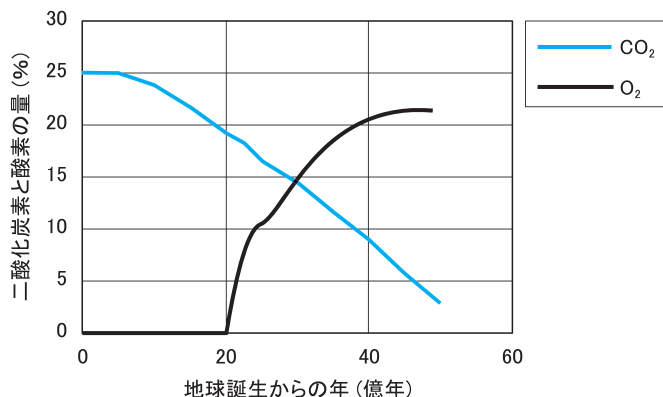


図 3・1 地球の大気中の二酸化炭素と酸素の変化量

微惑星の衝突で誕生したばかりの地球を原始地球というが、その地球の周りには微惑星の衝突脱ガスによって放出された原始大気が形成された。その大気にたまった水蒸気が雨となって降り、地上は冷えて湖ができ、大陸と海洋が形成されていった。海の塩分は地殻から運ばれたものである。原始大気は、水蒸気を主成分とし、二酸化炭素、一酸化炭素、窒素からなる弱還元的な組成になっていた。

地球が誕生した頃の原始大気は水蒸気を除いて約 96 % が二酸化炭素で、あとの成分はメタン、アンモニアなどであった。塩素化合物は HCl, CaCl₂, NaCl, KCl, FeCl₂, MgCl₂ 等の塩類である。現在の大気の成分は、窒素が約 78 % で、酸素が 21 % であり、多かった二酸化炭素はわずか 0.03 % である (図 3・1)。大量にあった二酸化炭素はなくなったわけではなく、形を変えて大気から減少したのである。大気中から海水に溶け、サンゴの主成分である石灰 (CaCO₃) に固定化した。原始大気に最初なかった酸素は、海水中にすむラン藻植物ストロマトライト (stromatolite, シアノバクテリア) による光合成によって作り出されたもので、約 35 億年前に誕生した。海水中で作られた酸素は、大気に移動すると紫外線照射を受けて、オゾン層を形成するようになった。太陽から紫外線が降り注がれているときは、生物はいなかったが、オゾン層が地球のまわりを覆って紫外線が遮断されるようになった約 4 億年前、生物の進化が起これ、地上に生命体が誕生した。そして、現在の地球環境が形成されたのである。以前は、生命の遺伝情報を伝える DNA がその紫外線で破壊されていたので、オゾン層の発現は地球生命体の鍵である。

生体内の DNA は波長 260~280 nm の紫外線を吸収して塩基のチミンが光化学反応をして別の分子、チミン二量体を形成して DNA の塩基対を構成できなくなり、その結果 DNA は損傷しこの細胞が発ガンする。チミンはアデニンと塩基対を作るのが正常である。オゾンはその波長範囲の紫外線を図 3・2 のようによく吸収してくれカットされることによって、有害な紫外線は地上に降り注ぐことにならない。そのために、生体の細胞はオゾン層でしっかりとガードされていることになる。

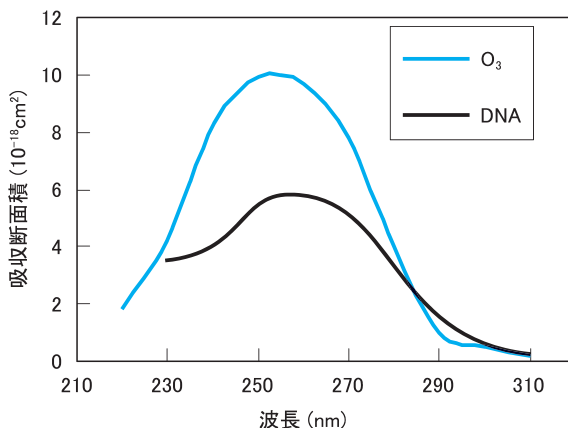


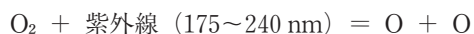
図3・2 オゾンおよびDNAによる紫外線の吸収断面積での比較

本間善夫, 「2時間即決環境問題」, 数研出版, p. 77 (2000) より作成。縦軸の吸収断面積は, オゾンの単位は 10^{-18} cm^2 で, DNA のは任意単位であり, 尺度は異なっている。

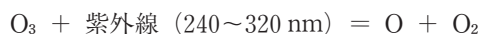
地球の大気は, 対流圏が約90%で, 成層圏が約10%で合せて99.9%が地上50 kmに存在する(図3・3)。対流圏では, 上昇気流と下降気流がいつも生じており, 気圧の変化が起こり, 大気はかき混ぜられている。気象の変化, すなわち, 風, 雨, 雷, 雪などが対流圏にあり, ここでの大気は高度とともに気温が低下している。成層圏では, 上層ほど気温が高く, 下層の大気は冷たく重いため, 温度が違う大気層が静かに積み重なった安定した大気層を形成している。大気層におけるオゾン濃度についてみると, 図3・4のような濃度分布になっている。高度20 km付近を最大に存在してオゾン層を形成している。

大気中の酸素が紫外線(波長<240 nm)を受けてオゾンとなり, この安定した成層圏の20~30 kmにオゾン層を形成している。そのために, 人体に有害な紫外線がカットされて地上まで照射して来ないのである。このオゾン層生成のメカニズムはチャップマン(Sydney Chapman)によって1930年に提唱された。成層圏の上部でオゾンが形成され波長の短い紫外線(175~240 nm)が完全に吸収されて, 下層部でオゾンが消滅され中程度の波長の紫外線(240~320 nm)が完全に吸収される。そのお陰で, 波長(175~320 nm)の紫外線が大気のオゾン層で吸収される地球大気システムが完成した。オゾン層を通過して地上に降り注ぐ紫外線の波長は320~380 nmだけである。

(成層圏上部)



(成層圏下部)



ここでのMは消滅反応の触媒であるが, 実体は窒素分子と考えられている。多様な反

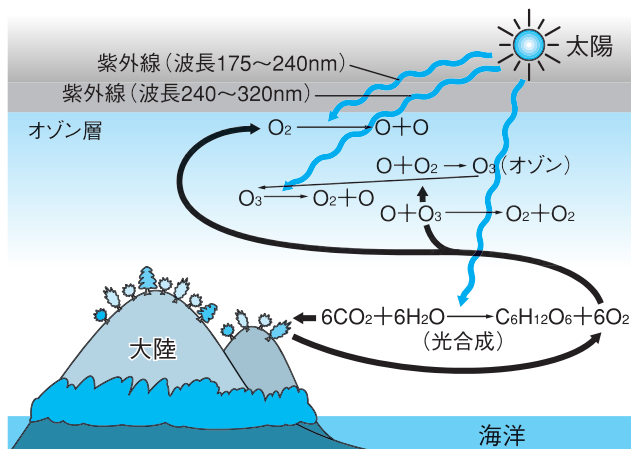


図 3・3 紫外線とオゾン層

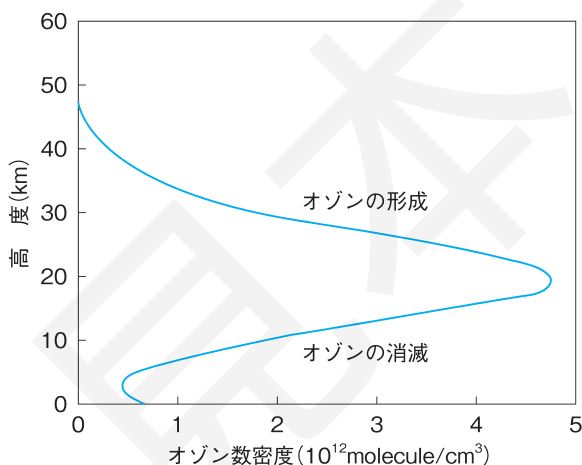


図 3・4 大気層におけるオゾン濃度の分布状態

(日本化学会編, フロンの環境化学と対策技術, 化学総説, No. 11, p. 38, 学会出版センター (1991))

応経路をもって、成層圏にオゾン層が形成されている。

参考までに、人間生活の関連で、紫外線を波長の長さで近紫外線 UV-A (320~380 nm)、中紫外線 UV-B (280~320 nm)、遠紫外線 UV-C (200~280 nm) の3つに分類することがある。

最初の生命体は約 40 億年前、海水中で誕生した。単細胞の生物 (バクテリア) が誕生し、進化して多細胞生物となり、約 6 億年前の古生代になると無脊椎動物から魚が出現した。生物は陸上でさらに進化を遂げて多様な地球生態系を構成するようになった。原人といわれる人類が登場したのが約 160 万年前であり、氷河期末期の約 1 万年前になると現在の人類に進化していた。すなわち、人類は冬になると雪原で閉ざされ夏になると太陽が照



図 3・5 黒水晶（石英，ブラジル産）

(<http://wwwj2.comp.eng.himeji-tech.ac.jp/vm/1F/html/site/daichi.html>)

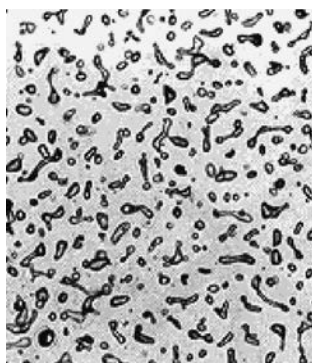


図 3・6 南極氷に閉じ込められた過去の空気

(<http://www.ncsm.city.nagoya.jp/exhibits/L/L2/3206.html>)

りつく地球環境（平均気温 15°C ）を最も過ごしやすい条件として生態系を進化・繁栄したものである。ゆえに、恐竜時代の平均気温 33°C という常夏の地球環境で進化したものではないので、現状の地球温暖化を容認することはできない。

地球は半径 $6,400\text{ km}$ の球形であり、中心から、内核、外核、マントル、地殻の順に同心円状の構造である。マントルと地殻の間 100 km の部分をプレートといい、地球表面は 10 数枚のプレートから構成されている。マントルにはマグマがあり、それが冷えて固まったものが火成岩である。火成岩は主成分である二酸化珪素 SiO_2 の含有量の多いものから順に、酸性、中性、塩基性、超塩基性に区分されている。成分のほとんどが SiO_2 のような石英は酸性である。図 3・5 にブラジル産の黒水晶の写真を示す。

地球の過去を知るものとして、太古の時代に作られた氷を調べると、氷の中に細かい泡が観察される。南極で出来た氷は溶けることがなく、地球環境の歴史をタイムカプセル化したものである。あるときに南極の氷を土産にもらった。その氷がコップの中で溶けるとき発する音、すなわち、氷に閉じ込められた太古の空気が弾ける音を耳にしたときは感動した。図 3・6 に南極氷に閉じ込められた過去の空気の写真を示す。この空気の成分を調べることによって氷の作られた時代の二酸化炭素の大気濃度や気温などを推定することがで