

# 燃焼による環境影響

## Combustions and Environmental Effects

関 口 恭 一\*

Kyoichi Sekiguchi

### 1. まえがき

燃焼により発生する二酸化炭素等の温室効果ガスの大気中濃度の上昇により地球規模の温度上昇や気候変動が現実のものとなりつつあり、この事実関係は様々な方面から解析され、その重大性が多くの人々により認識されつつある。しかし、このとてつもなく重要な事実が目前にまで迫っているにもかかわらず、来るべき時代に人類が生き残るための自然観、価値観、生き方に関する議論は低調である。ここでは「燃焼による環境影響」についての物理化学的な事実と同時に、その克服の基盤となる個々人の持つ自然観、価値観、生き方についても触れたい。

1986年時点で全世界の一次エネルギー消費量が石油換算で約65億トンであるが<sup>1)</sup>、このエネルギー消費量は太陽が地球に降り注ぐエネルギー（石油換算で約 $1.4 \times 10^6$ 億トン<sup>2)</sup>）の約20000分の1であり、エネルギー消費の結果出る熱による環境影響は地球規模では全く無視できる。

燃焼が地球規模で環境に影響を与えるのは燃焼の結果出る二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）等の温室効果ガスである。この温室効果ガスによる環境影響という考え方が科学的にも政治的にも注目されるようになったのは、アメリカ科学アカデミーの専門委員会により、3回にわたるアセスメントによりCO<sub>2</sub>倍増に伴う全球平均の地表気温が $3 \pm 1.5^\circ\text{C}$ 上昇し、極域ではその数倍の昇温が予測されると発表されてからである。それまでは、人為的に発生する二酸化炭素が自然界に存在する二酸化炭素の量に比較し大変に小さい為に大気中に残存するとは考えられていなかったのである。

大気中の炭素の固定は陸上の生物と海洋とで起るが、陸上では短期間に腐ったり、燃焼してしまったりして二酸化炭素を放出してしまうので長期的に見れば

炭素を固定するとは考えられない。しかし海洋中にはすでに大気中の二酸化炭素量（ $730 \times 10^{15}\text{g}$ ）の50数倍もの量が、存在しており、理論的には炭酸イオン量と同じ量だけ二酸化炭酸も溶け込めるのである（炭酸カルシウムが存在しないと仮定した場合）。その量は全海洋で $1800 \times 10^{15}\text{gC}$ であり、人類が現在1年間に燃やしている化石燃料 $6 \times 10^{15}\text{gC}$ の300倍である<sup>3)</sup>。しかし、現実には海洋中には莫大な量の炭酸カルシウム（石灰、CaCO<sub>3</sub>）が存在するので、石灰が溶け出し大気中の二酸化炭酸を吸収する。その量は表層10cmの石灰が溶けたと仮定すれば、 $2500 \times 10^{15}\text{gC}$ となり、先の炭酸イオンの分と合わせると $4300 \times 10^{15}\text{gC}$ となり、採掘可能な化石燃料の合計量 $4200 \times 10^{15}\text{gC}$ を全部燃やしても、十分な時間さえあれば海洋に吸収されるということである<sup>3)</sup>。しかし、現実には燃やされた化石燃料から出た二酸化炭酸の半分が大気中に残存するのである。

### 2. 燃やす物を取り去った影響（例：樹木）

最初に燃える物を取り去ることによる環境影響について考える。例えば、メソポタミア平野では紀元前7000年から4000年までの間に平野の上の高地に数々の村が出現し、農業を基盤とする文明の急速な発達で丘陵や山地の森林に深刻な影響をあたえた。今日この地域全域に見られる地肌剥き出しの風景は殆ど疑いなく農業および牧畜の発達をもたらした結果である<sup>4)</sup>。樹木を切り倒すことにより土壌を失い、その結果文明が衰弱し、ついには滅び去ったのである<sup>4)</sup>。即ち、環境との調和を無視した文明の発達の行き着く先は、すでに世界各地で実証済みなのである。

### 3. 燃やした結果排出される物での影響

#### 3.1 大気汚染について

地球規模の環境影響について話しを進めたいが、地球規模の環境変化の影響を理解するためには、人類が

\*群馬県衛生公害研究所 独立研究員  
〒371 群馬県前橋市岩神町3-21-19

すでに経験したもっと小さな現象について理解しておく必要がある。そこで、まず過去の代表的な幾つかの事例について考察する。

### 3.2 近距離 (20-30km以内) 大気汚染

まずロンドン事件<sup>5)</sup>について述べる。ロンドン事件は1952年12月5日から9日まで続いた濃いスモッグにより発生した。テムズ川の広い渓谷の中のロンドンでは無風状態で気温は0℃以下になり、気温の逆転層が発達していた。しかも逆転層は70から150mの低い所にあり、その逆転層の下に家庭や工場の煙突からはきだされた煙りが蓄積し濃いスモッグが発生した。このスモッグは、突然市民の病気と死亡を増加させた。気管支炎による死亡者は週の終わりの12月13日までに普段の9倍になり、肺炎による死亡者は4倍になった。このスモッグにより、大ロンドン地区では普段の時より3500人から4000人多く死亡した。この期間の二酸化イオウ濃度は最高0.7ppmを示した。

次に四日市ゼンソク<sup>6)</sup>についてであるが、三重県四日市の塩浜地区に日本最初の総合的な石油コンビナートの建設が1956年より開始された。塩浜コンビナートの南東1kmの所には磯津地区があり、この磯津地区は冬季の北西風のために常に汚染にさらされることになった。1962年から1963年頃になると磯津地区の住民に気管支ゼンソク様の疾患が多発するようになった。週平均の二酸化イオウ濃度が0.2ppmを超えるとゼンソク発作数が大幅に増加した<sup>6)</sup>。認定患者の数は1965年から1970年までで946名にもなった。二酸化イオウの年平均値は1964年が0.075ppmで1965年が0.083ppmであり、1ppmが12時間続いたり<sup>5)</sup>、最高では2.5ppm<sup>7)</sup>を示すということもあった。この汚染は1970年頃まで続き、それ以後じょじょに減少し、1975年以後は0.010ppm前後の値になっている<sup>8)</sup>。

### 3.3 大陸規模 (1000km程度) 大気汚染

酸性雨に関する研究は現在では日本や中国でも行われているが、欧米におけるものがその殆どであるので、ここではヨーロッパの酸性雨について簡単に紹介する<sup>9,10)</sup>。ソビエトを含めたヨーロッパ全体での1年間の硫黄の排出量は約3000万トンであり、二酸化窒素のヨーロッパ全体での1年間の発生量は約2000万トンであるが、これらの汚染物質によりスカンジナビアでは数千の湖沼が死の湖と化し、中部ヨーロッパでは広大な地域で森林が枯れているのである。

酸性化した湖沼は、腐植物質が湖底に沈澱するので透き通り大変に美しい。pH4.5-5.0以下になるとア

ルミニウムが溶け出し、サケ、マス、ハヤや多くの敏感な生物は生息できないようになり、それに耐えられる昆虫やプランクトンが生き残り、みずごけ属はむしろ繁茂する。湖沼や川の酸性化は雪どけに伴い大量の水が流入する春先に起きが、その原因は流れが速いために土壌の緩衝機構が十分に働かないためである。

植物は多くの場合、土壌中のカチオンを吸収し、水素イオンを放出するので、土壌は酸性化するが、枯れた植物が朽ちることによりその逆の現象がおきるので、自然状態では土壌の酸性化は起こらないが、スカンジナビア、オーストリア、西ドイツでは土壌のpHが0.3-1.0も低下している。

大気汚染による森林被害を考えるとき重要なのは土壌であるが、スカンジナビアの森林土壌はポドゾルと褐色森林土壌である。ポドゾルは土壌粒子が大きく水を通しやすく、石灰分が少ないので、酸性雨に対する緩衝能力は小さく、褐色森林土壌は肥沃でpH値もポドゾルよりも高く、主に広葉樹や低地に多い。森林被害面積は1985年時点で西ドイツで全森林面積の半分以上で約380万haである。直接的被害は枝や葉を保護しているワックスの層が二酸化硫黄、酸性雨、オゾンにより侵食されたり、気孔が害を受けるときに起きる。間接的被害は土壌が酸性雨により酸性化し、養分の吸収が減少したり、アルミニウムの毒性も手伝って、毛根から十分な水分や養分を吸収出来なくなり、その結果、病気や害虫や気候の急激な変化に対する抵抗力が低下し被害が顕在化するのである。

かえるは卵を浅瀬に生み付ける為に自然のバランスが崩れることに大きく影響を受けるし、ひたき等の鳥類は卵の殻が薄すぎてふ化出来ず、みさご、かわあいさ等の魚を食べる鳥類は酸性化した湖沼では餌を得ることは出来ない。大気汚染による構造物の被害は主にローカルな汚染質の発生源によるもので、都市部での被害が著しい。砂岩や石灰岩でつくられたモニュメントやステンドグラスの窓や建物が被害を受ける。

### 3.4 地球規模大気汚染

温室効果を有する気体は太陽光のうち可視光線および紫外線を透過させ、地表に到達させるが、地表からの赤外放射を吸収する<sup>11)</sup>。この気体の濃度が増加すれば、入ってくるエネルギーが出て行くエネルギーを上回ることになり、必然的に地球大気温度が上昇する<sup>11)</sup>。もし、CO<sub>2</sub>の温室効果がなければ、現在の地球の平均気温である15℃は約35℃低下し、マイナス20℃程度になると考えられる<sup>11)</sup>。

温室効果を持つ気体の中で重要なのは水蒸気、二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)、メタン、フロン、一酸化二窒素、対流圏オゾンであるが、これらの大気中濃度が急速に増大している<sup>12)</sup>。特にCO<sub>2</sub>については、何億年ものあいだ地下に貯蔵されていた炭素が、わずか、百年の間に燃焼により大気中に急速に放出されており、その放出速度は今後さらに加速されると予想されるのである<sup>13)</sup>。その燃焼の結果、大気中に1年間に炭素として6 GtC (Gt = 10<sup>9</sup> tons, Cは炭素) 放出されている。放出された二酸化炭素のうち3 GtCは海洋に取り込まれ、残りの3 GtCは大気中に残留する<sup>3)</sup>。

大気中のCO<sub>2</sub>濃度は工業化以前には260-280ppmであったと思われるが<sup>14)</sup>、1959年には316ppm、1980年には336ppm<sup>15)</sup>のように増加している。日本上空における、1989年現在の濃度は約350ppmである。

大気中の二酸化炭素濃度の増加に関する予測を行うことは、その原因である化石燃料消費を含む長期の世界エネルギーモデルを検討することである<sup>16)</sup>。エネルギーの需要、供給の予測モデルは数多くあるが、地球規模のグローバル・エネルギーモデルは極めて少ない<sup>16)</sup>。その中で広く知られているエドモンズ・レーリーモデル (IEA/EPAモデル) について簡単に紹介する<sup>11)</sup>。ただ、エネルギー使用および二酸化炭素排出量予測<sup>17)</sup>に用いたパラメーターについての説明は省略する。

IEA/EPAモデルでは「中期基本想定」を将来最も起こる可能性の高いモデルとした<sup>11)</sup>。「中期基本想定」では、2050年までのエネルギー使用量は、ゆるやかに上昇し(約1.2%/年)、その後急上昇(約2.1%/年)すると仮定した。これは、現在の低開発国および発展途上国の全てにおいて2050年以後、GNPが急速に増加するためである。エネルギーに対する需要の増大は、2050年以前は大部分石炭によってまかなわれ、2050年以後は、非在来型および合成の石油、ガスの供給も多くなる。石炭は全期間において、固形燃料として、また合成石油、合成ガスの原料として、一貫して主力エネルギーである。IEA/EPAの中期基本想定により想定された燃料消費量のパターンの変化に伴い、二酸化炭素の排出量が推定された。すなわち、二酸化炭素の排出により、大気中の二酸化炭素濃度および気温が徐々に上昇する。二酸化炭素濃度が2倍になると、全球平均で3±1.5℃、高緯度地方ではその3-4倍温度が上昇すると予測されている。しかし、最近の評価ではさらに高めの評価になっている<sup>17)</sup>。

IEA/EPAモデル<sup>11)</sup>では、二酸化炭素排出量、大気中濃度および気温はともに2040年まで、一様に上昇するが、この時期を少し過ぎると二酸化炭素排出量は急速に増加すると仮定された。2050年から2100年までの二酸化炭素排出量の年平均増加率は約2.4%になっている。

### 3.5 地球規模大気汚染の影響

大気中の二酸化炭素濃度が工業化以前の2倍になるのは2050年前後の可能性が大きい。しかも、二酸化炭素以外の温室効果ガスの増加速度は二酸化炭素よりかなり速いのでその効果もプラスされかなりの気温の上昇がおきると考えらる。ここでは、温室効果により気温が上昇した場合の影響について述べるが、その前に気候変動の主な原因である火山噴火について簡単に紹介する。

#### 3.5.1 気候変動とその原因(火山噴火)

近年異常気象が頻発しており<sup>18)</sup>、温室効果ガス濃度の異常な上昇との関連で論じられることが多いが、異常気象と類似した現象に気候変動がある。気候変動は数10年程度あるいはそれ以上の時間的スケールをもつ気候の変動である。比較的長期の気候の自然変化は主に成層圏下部におけるエアロゾル濃度の変動によると考えられており、火山噴火は成層圏エアロゾル濃度に大きな影響を与えるので、火山噴火の程度が気候変動に影響を与える事になる<sup>19)</sup>。たとえば、1883年8月にはインドネシアのクラカトア火山の大噴火があり、島の3分の1が吹き飛び、噴煙は40kmにまで達したと想定された<sup>19)</sup>。その翌年日本は大変な凶作となった<sup>19)</sup>。このような大きな火山噴火があると、その影響が強くなる地域において、その年から翌年にかけて0.1から0.4℃程度気温が下がるようであるが、北半球全体の平均にすると0.05℃程度気温がさがらる<sup>19)</sup>。そして、火山噴火による今世紀末期の地球平均気温の最大変化量は10分の数度になると考えられている<sup>19)</sup>。この値は二酸化炭素等の温室効果を持つガスにより起こるであろう温度変化に比較すると、大変に小さい値である<sup>19)</sup>。

#### 3.5.2 二酸化炭素等による温室効果の影響

二酸化炭素等の温室効果により気温が上昇した場合には、我々の社会全般に多大な影響を与える。その大きさは、人類がこれまで経験してきた歴史を小さくつまらないものにしてしまう程のものになるであろう。

事実、1988年11月から1989年3月までの期間、北緯50度以北で起きた、地球規模の気温の異常高温、異常低温は凄まじく、ユーラシア大陸では月平均気温が平

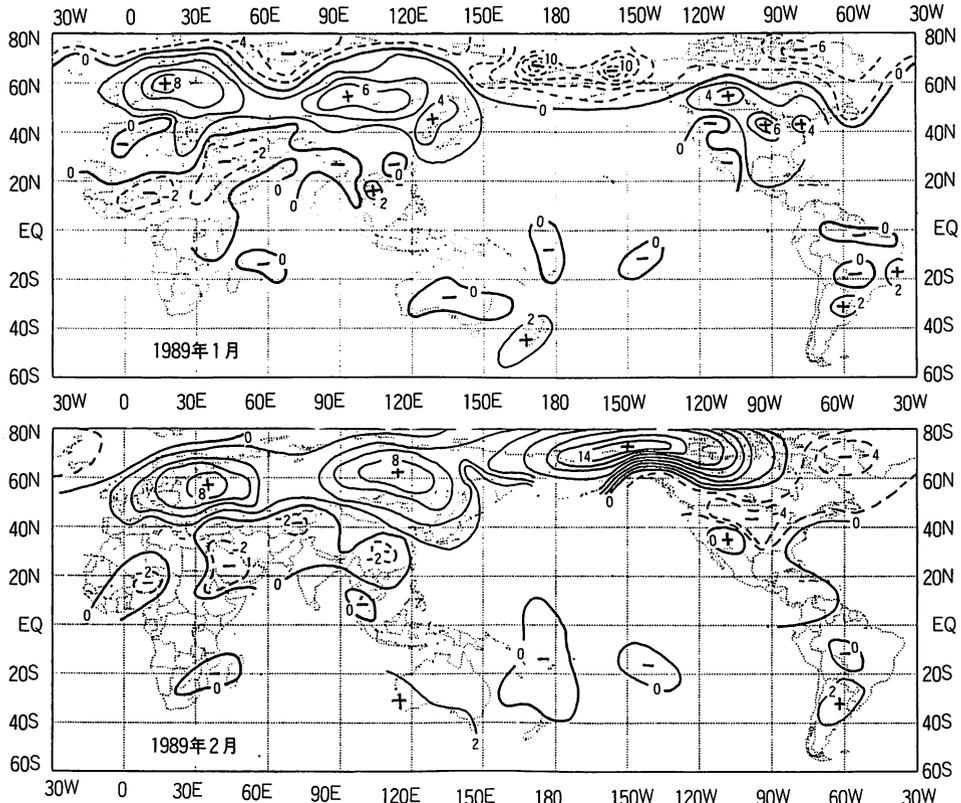


図-1 月平均気温偏差図。等値線の間隔は2℃

年よりも8℃も高く、アラスカでは1月の平均気温が10℃低く、2月の平均気温が14℃高いので僅か2ヶ月で月平均気温として24℃も変化したのである(図-1)。このような現象は何百年あるいは何千年に一度であり<sup>20)</sup>超異常気象<sup>21)</sup>といえる。では、気温上昇により予想される幾つかの問題について述べる。

まず、降水量変化と大陸の乾燥化について、アメリカ地球流体力学研究所の真鍋の気候モデル<sup>16)</sup>によれば、低緯度の地表面から水分をより多く蒸発させ、高緯度地域でより多くの雨を降らし、中緯度以北、特に50度付近では降雨量が著しく増加する。春のユーラシア、北米大陸の高緯度地方では融雪により土壌水分が増加するが、中緯度地域のアジア、アメリカなどでは、融雪後の蒸発が活発になるため、土壌水分が減少し乾燥化する。

次に氷の融解と水位の上昇についてであるが、12万年前の間氷期の気温は現在よりも2.0-2.5℃気温が高く、我々の社会が近々50年後までに向かえようとしている気温に類似している。水位は現在よりも5-7m高かった<sup>11,12)</sup>水位上昇の原因は明らかではないが、西

南極氷床の崩壊が原因ではないかと考えられている(Flohn, 1980. Hughesら, 1980. Thomasら, 1979)<sup>22)</sup>。西南極氷床の基盤岩は海面した500-1000メートルの所にあり、海洋性氷床とも呼ばれている。西南極氷床の先端には巨大な氷棚があり、この氷棚が氷床の崩壊を防いでいると考えられている。気温が上昇すれば、水温も上昇して膨張し当然水位も上昇する。水温の上昇による融解と、水位上昇による浮力により氷棚が崩壊することも考えられる。もし、氷棚が崩壊するような事があれば、西南極氷床は一気に崩壊してしまうことが考えられるのである<sup>16)</sup>。南極の東氷床およびグリーンランド氷床の基盤岩の高さは海面より上にあるので西南極氷床で考えられるような崩壊は考えられていない。

次に人間社会への影響であるが、大規模な気候変動は環境や人間社会に大きな影響を及ぼす。それは、世界的な食糧生産、森林などの自然生態系、エネルギーの需要供給、水資源、魚等の海洋資源、住居問題、健康問題等々である<sup>22)</sup>。

まず農業についてであるが、気候帯が変化するとい

うことは、土壤と気候の新しい組み合わせの下で農業をすることを意味している。例えば、気温の上昇と降雨量の増加は世界の米の生産量を高めると考えられるが、アメリカのトウモロコシや大豆等の作物を栽培している地域の夏の温度は高くなり過ぎて、それらの栽培には適さなくなる。すなわち、それらの栽培地帯はより北の土地の痩せている地域に移ることになる。そして、新しい気候に適した肥沃な土壤に改良するために莫大な投資が必要になる。また、世界的に重要なカナダ、アメリカ、ソ連の穀倉地帯は降雨量の減少に大変に弱い。さらに、開発途上国では経済が農業に依存し、しかも品種改良の技術も持ち合わせていない為に、少しの水不足にも大変に影響を受けてしまう。サヘル地方では、1972年、1973年と続いた干魃で大凶作となり、家畜の大量死が発生した<sup>29)</sup>。ニジェールでは翌年の種子までたべつくし、主食のミレット（キビの一種）の値段が1000倍にも高騰した。中でも特に被害のひどかったアガデス州では、ウシの88%、ヒツジの80%、ヤギの70%、ラクダの45%を失ったのである<sup>30)</sup>。

住居について、SchneiderとChen（1980）は西南極の氷棚がした場合を想定し、海水面が5メートルまたは8メートル上昇した場合に失われるアメリカの国土と住居に関する解析を行った<sup>29)</sup>。潮の干満や嵐による大波等解析には入れていないが、海水面の5メートルの上昇で国土の1.5%が水面下となり、6%の国民が住居を失い、8メートルの上昇では国土の2.1%と住居の8%が失われるとしている。居住地域の変化は、砂漠化や早魃や天候の異変によっても起きる。アイルランドにおける1845年から51年にかけての飢きんは非常に深刻なもので、イギリスの採った“人口流失策”もあり、アイルランドの人口は1845年の約900万人から1850年の650万人に減少したのである<sup>29)</sup>。

#### 4. 地球規模環境問題の克服に向けて<sup>29)</sup>

地球規模環境問題の克服への道は余りにも複雑で、余りにも遠いと思われるが、克服に向かう流れは個人から出発するしかない。すなわち、個々人の自然観をまず整理することが必要であり、その後に新たな自然観の確立があり、さらに価値観の変革が起こり生き方が決定されると考えられる。自然観の一例として、牧口の自然観を示す<sup>29)</sup>。すなわち各個人は自己の周囲と様々の交渉を行い大別すると、知覚的、利用的、科学的、審美的、道徳的、同情的、公共的および宗教的交渉を行うというものである。

次に、現在および未来の人類が持つべき基本的な価値基準についてであるが、その一つが「環境と開発に関する世界委員会」が提案した「持続的開発」<sup>27)</sup>、すなわち、現在の二酸化炭素の大気中濃度の変化は宇宙システムのゆらぎとサイクルに支配された状態と全く違った動きをしていて<sup>28)</sup>、もはや手遅れといった状態ですが、どうにか宇宙システム本来の状態に戻すために、その排出量を最小限にするといった考え方です。この「持続的開発」は、人類の存続を、いわば最高の価値としているわけですが、これと類似した考え方がすでに半世紀以上も前に牧口により「美・利・善」として提案されている<sup>29)</sup>。これは価値基準を示したもので 美<利<善 の順に価値が高くなるというものである。例えば、美しく澄み切った物音一つしない湖のほとりに立った時、なんと静かで爽やかな景色だ、と考える人もいるが、この湖の澄み切っている原因が酸性雨による湖水の酸性化であることを知っている人が見れば、酸性化の原因に対する激しい怒りが湧いて来ると思われる。すなわち、害や悪の結果として成立している美には小さな価値しかなく、さらには美が悪であることもあるのである。

善の中の最高の価値を「大善」としているが、この大善を「人類が生存出来る地球環境の保持」とすれば「美・利・善」という価値観が地球環境問題の克服に大きく貢献する可能性があると思われる。

もし、今後も従来と同じく、利益優先の考え方で進めば、ダンドーの指摘する飢きんの原因<sup>29)</sup>「飢きんは文化的災害であって自然的災害ではない。すなわち、飢きんはひとが同胞から生命を維持するための食糧を奪い取ることによって生じる。」のごとく、世界の中に現在以上の大きな格差が生じ、世界は非常に不安定な状況になると思われる。「人類が生存できる地球環境の保持」への貢献という大きな目的に沿った利益追及であるのかどうか？という問い掛けがあらゆる地域、あらゆる段階において真に議論されるようになれば、現在の地球環境問題は克服の方向に大きく動くと思われる。

最後に核融合について環境影響との視点から簡単に私見を述べたい。地球を一つの生命体と考えれば、化石燃料の燃焼による四日市やロンドンスモッグは指の先のヤケドであり、酸性雨は腎臓障害であり、温室効果ガスの増加は悪性慢性ゼンソクとも考えられる。このような環境に対する悪影響が夢のエネルギーと言われる核融合の実用化により、克服されるかもしれない。

しかし、この無限のエネルギーを手に入れることにより、人間の欲望が無限大に拡大することになればどうなるであろうか？ コンラッド・ローレンツによれば、ホモ・サピエンスには、ほかの動物には見られない比類のない残忍性があるという。普通の動物では、同種の仲間どうしで耳や鼻がかみちぎられたりすれ程度の闘争をすることはあるが、殺すことは希である。しかし、人類の歴史は戦争と殺りくの、血で書かれた歴史である<sup>30)</sup>。無限のエネルギー獲得が無限の欲望、残忍性の解放になれば、それは正に内なる環境破壊であり、人類の終えんを意味しているように思われるのである。

### 参 考 文 献

- 1) 資源エネルギー長官官房企画調査課、総合エネルギー統計(昭和63年度版)(1989)、通商産業研究社。
- 2) 竹内均；地球物理額エッセイ「危機にある地球」(1975)、東京図書。
- 3) 角皆静男；炭素などの物質循環と大気環境「地球環境の変化における海洋の重要性」、科学、59巻、9号(1989)
- 4) ジョン・セイモア、ハーバード・ジラルデッド；遙かなる楽園「環境破壊と文明」(1988)、日本放送出版協会。
- 5) 三浦豊彦；大気汚染からみた環境破壊の歴史(1975)、労働科学研究所。
- 6) 橋本道夫；私史環境行政(1988)、朝日新聞社。
- 7) 吉田克己；四日市ぜんそくその後、労働の科学、27巻2号(1972)、62-65。
- 8) 昭和59年度一般環境大気測定局測定結果報告(1985)環境庁大気保全局大気規制課。
- 9) Bo Thunberg；Acidification and Air Pollution(1987)、National Environmental Protection Board。
- 10) 玉置元則、小山功、関口恭一、村野健太郎；酸性雨研究の現状と今後の課題、大気汚染学会誌、24巻、5・6号(1989)、135-143。
- 11) 大気環境の温室効果は遅らせるか？(1984)、産業公害防止協会。
- 12) 近藤次郎；エネルギーと地球異変(1989)、エネルギージャーナル社。
- 13) M.I.Budyko、内嶋善兵衛訳；気候と環境(1983)、古今書院。
- 14) 田中正之；CO<sub>2</sub>の増加と気候影響、地球規模大気環境問題シンポジウム報告集(1985)、国立公害研究所。
- 15) 和田秀徳；地球規模の炭素循環、地球規模大気環境問題シンポジウム報告集(1985)、国立公害研究所。
- 16) 高橋浩一郎、岡本和人；21世紀の地球環境「気候と生物圏の未来」(1987)、日本放送出版協会。
- 17) 田中正之；大気中の二酸化炭素問題、化学と工業、40巻、11号(1987)、903-907。
- 18) 関口恭一；地球規模大気汚染に関する一考察(前編)群馬県北里会報、16号(1988)、9-19。
- 19) 高橋浩一郎；気候と人間(1985)、日本放送出版協会。
- 20) 異常気象、世界、530号(1989)、36-39。
- 21) 根本順吉；異常気象、別冊宝島、101号(1989)、160-170。
- 22) Ireno M.Smith；Carbon dioxide-emissions effects, Report Number ICTIS/TR 18 June IEA Coal Research(1982)、68-76。
- 23) E.P.エックホルム、石弘之、水野憲一訳；地球レポート「緑と人間の危機」(1984)、朝日新聞社。
- 24) 石弘之；地球生態系の危機、アフリカ奥地からのレポート(1987)、筑摩書房。
- 25) 関口恭一；地球が危ない「地球規模の大気汚染は解決出来るか？」(1989)、ヘルス研究所。
- 26) 牧口常三郎；人生地理学(1971)、聖教新聞社。
- 27) 大来佐武郎監修；世界の未来を守るために(1987)、福武書店。
- 28) 綿抜邦彦；地球環境のゆらぎとサイクル、MACRO REVIEW、1巻、1号(1988)、32-24。
- 29) W.A.ダンドー、山本正三・斎藤功訳；地球を襲う飢饉(1985)、大明堂。
- 30) 江原昭善；人類「ホモ・サピエンスへの道」(1989)、日本放送出版協会。

