

# 特集 『環境問題』を考える

## 地球温暖化について 考えよう

理科 山賀 進

(1) 温暖化を防がなくてはならないのは何故か

IPCC(気候変動に関する政府間パネル)は、その第2次レポート(1995年12月)で、21世紀の終わりころには現在より気温が約2(1.5)～3.5( )上昇するという予想をしている。では、どうして気温が上昇してはいけないのか。

### 楽観的予測

地球が暖かくなれば、いままで寒すぎたところでも農業ができるようになる。冬に暖房が必要な地域に多い先進国で、暖房に使うエネルギーが少なくなり、エネルギー問題にとってもプラスになる。それに、温暖化の原因が二酸化炭素の増加にあるとすれば、植物の光合成が盛ん

になるから農業には有利ではないか。地球の気温が上がれば、水の蒸発も盛んになるから雨も多く降るようになり、砂漠の拡大(一時より砂漠化の速度は遅くなったとはいえ、毎年地球全体で九州+四国くらいの面積が砂漠化している)も阻止できるのでないか。実際、今から九千年前から三千年前くらいは(縄文時代に相当)現在より気温が数 高く、地球全体が住みやすい環境だったらしい。もしかすると、氷河期に向かっているはずの地球を防いでいるのかも知れない。

### 悲観的予測

たしかに、上のような楽観的展望も可能だろう。しかし、気温が2 上昇するということは、例えば東京(年平均気温15.6 )が鹿児島(年平均気温17.6 )の気温になるということである。しかもこの変化がわずか百年で起きてしまうということである。このような急激な気温の変化に、栽培穀物の品種をそれに合わせて変更させていくことは、日本のような先進国でも難しいだろう。実際IPCCは、

地球全体では食糧増産地域と減産地域があり、大きな影響はないとはしているが、熱帯・亜熱帯の貧困地域(人口急増地帯でもある)では生産が低下し、飢饉の危険が増大するともいっている。

また、温暖化による森林破壊によっても大気中に二酸化炭素が増えると予想している。さらに永久凍土に閉じこめられていたメタン(これも温室効果ガス)が吹き出て温室効果を強める。

乾燥地帯・半乾燥地帯では今よりもっと雨が少なくなる。また、温度上昇や洪水の増加により、マリアアやコレラなどの病気も増加すると考えられている。

氷床が融けることによる海水の増加と、温度上昇による海水膨張による海水面上昇(50cm以上?)のため、高潮の危険が増す地域に住む人が五千万人以上増え(バン格拉デッシュなど、日本でも満潮時に海水面以下になる場所に住む人は百万人以上増える)、あるいはモルジブやマーシャル諸島などのように、国そのものが水没する可能性もある。大河のデルタ地帯は海拔高度がきわめて低い場所が

広く、そこは食糧生産の場でもあるので、食糧問題につながる。

どちらの予測が正しいか

結論的には、わからないというところが本当だろう。その評価は現在の科学の水準を超えている(2)参照)。とくに地球全体が温暖化するとしても、日本という狭い地域にそれがどのような影響を及ぼすのかについては、不確実性が高すぎてはつきりとした予想は立てにくい。

ただいえることは、人類の活動が地球の環境に与える影響が無視できなくなっていることと、その変化が急激でありすぎることである。前者の例としては、二酸化炭素の増加のほか、熱帯雨林の破壊、酸性雨、フロンガスによるオゾン層の破壊、ダイオキシンなどの化学物質による汚染などがある。後者の例として、産業革命以前の大気中の二酸化炭素濃度は280ppmで安定していたのが現在は360ppmになっている、つまりこの二百年間で25%以上も増加しているということがある。(ここでppmは百万分の1の単位、現在の大気中の二酸化炭素は0.03%)といってもよい。)

つまり、地球が温暖化に向かっていくかどうか本当は不明だが、かなり高い確率で温暖化に向かうだろうということ、少なくとも大気中の二酸化炭素は増えて

いるということ、そしてその影響もよくない方の確率が高いだろうということ、それなら今のうちに対策をとった方が楽ということではないか。壊すのは簡単でも元に戻すのは大変ということ、また気がついたときには遅かったということとは、諸君も日常的に体験しているだろう。

「成長の限界」にはハス池の比喩が出ている。ある池のハスは毎日毎日2倍ずつ増え、三十日で池全体を覆ってしまう。そうさせないためにはいつ手入れをしたらいのだろうか。池の半分が覆われたときくらいでいいのではないかと思うかもしれない。でも、池の半分が覆われるのは29日目、残りのたった一日で池全部が全部が覆われてしまう。そのときは、もうとても間に合わないのである。

それに、二酸化炭素の排出を押さえるということとは、同時に他の汚染物質の排出を押さえ、エネルギー効率(エネルギー資源の節約)を高めることにもなる。IPCCは「いずれにせよ後悔しない対策」と表現している。

だが、二酸化炭素の排出を今すぐ押さえなくても、その効果が現れるのはだいぶ先になることも考慮しなくてはならない。

(2) 地球は本当に温暖化するのかわか  
地球の温度はどのようにして決まる

物体が放射する電磁波の波長は、その物体の表面温度によって決まり(ウィーンの変位法則)、太陽が放射するエネルギーの大部分は可視光線、地球が宇宙へ放射するエネルギーの大部分は赤外線となる。そして、太陽からの入射エネルギーと、地球からの放射エネルギーが同じになる(平衡)ところが地球の温度となる。物体が放射するエネルギーは表面温度(絶対温度)の4乗に比例するという、シュテファン・ボルツマンの法則を単純に当てはめると、それは約 $18$  になる(地表が吸収する太陽エネルギーは、地球全体を昼夜にわたって平均すると $239$  J/秒 $5.67 \times 10^{-8}$  W/m $^2$ である。高1以上の諸君は自分で計算して確かめてみよう)。

でも、実際の地球の温度は約 $15$  である。これは地球には大気があり、その中の二酸化炭素、水蒸気、さらにメタン、フロン、亜酸化窒素(一酸化二窒素)などは、太陽から送られてくる可視光線は通すが、地表から宇宙に出ていくこうとする赤外線は通さないという性質を持っているためである。つまり、これらの気体はあたかも温室のガラスのような役割、熱もこもらせる性質を持っていることになる。地球はこれら「温室効果ガス」という毛布をかぶっているといってもよい。そのためにこれらがない場合と比べて、

### 30 以上も温度が高くなっているのだ。

ちなみに宮沢賢治は、童話「グスコブドリの伝記」(1932年)の主人公ブドリに、イーハトーブの冷害を防ぐため、火山を人為的に爆発させ、噴出する二酸化炭素の温室効果を使わせようとしている(最近では、火山の大噴火はエアロゾル<火山灰や硫酸ミストのような大気中の浮遊粒子状物質>の日傘効果のため、気温の低下を招くと考えられている。この話でも、まだ子供だったブドリとその家族が離散することになる大飢饉の年は「お日さまが春から変に白くて」とあるが、それはどこかの火山の噴火による日傘効果のためともとれる。もっとも火山が噴出する二酸化炭素が地球を暖めることもあるようで、今から3億年前ころの石炭紀は火山の噴火が活発で、そのため大気中の二酸化炭素の濃度は現在の20倍程度もあり、気温も10ほど高かったという。恐竜が繁栄した中生代もそういう傾向にあつたらしい)。初期型の「ペンネンネンネン・ネネムの伝記」(1922年ころ?)ではまだ温室効果のアイディアは使われていないが(内容的にも使うような話ではないが)、原型の「グスコブドリの伝記」(1926年以降?)では使われている。たぶんこの間に、温室効果についての知識を手に入れたのだろう。二酸化炭素の温室効果を最初に学術論文で言及したのは、スウェーデン人のアレニウスという化学者・天文学者で、1896年のことなのに、インターネットもない時代に賢治はどのようして、正確な情報を素早く得ていたのだろう。

ついでにいうと、ブドリたちが噴火の制御をするサンムトリ火山は、紀元前1800年ころにアトランティ

ス伝説のもとになったといわれる巨大噴火を起こした、エーゲ海のサントリニ火山(主島ティラ島)を想起させるし(サントリニ火山をアトランティス伝説と結びつけたのは1939年のギリシャ人考古学者マリナトス、ただし、最近はこの説は人気がないらしい。サントリニ火山については「ヨーロッパ火山紀行」ちくま新書、小山真人、1997年参照)、最後に自らを犠牲にして噴火させるカルボナード火山島のカルボナードは、もちろんカルボン(炭素) Carbonate(炭酸塩)で、賢治は二酸化炭素を想定していたのだろうが(エスプレント語?)、私にはカーボナタイトという溶岩を流す火山を連想させる。この火山の噴火の原因となるマグマは二酸化炭素を30%程度含み、二酸化ケイ素をほとんど含まないという非常に特殊なもので、このような火山が存在し、しかも実際に噴火することが確認されたのは1960年(アフリカのオルドイニヨ・レングアイ火山)のことである。つまりこの火山は、火山ガスとして二酸化炭素を大量に噴出し(ふつうの火山の火山ガスの主成分は水蒸気)、ふつうは堆積岩である石灰岩を溶岩として流す(オルドイニヨ・レングアイ火山とカーボナタイトについては「裂ける大地 アフリカ大地溝帯の謎」講談社現代選書メチエ、諏訪兼位、1997年参照)。

#### 人類活動の影響は?

(1)の で書いたように、産業革命以降急激に大気中の二酸化炭素が増えてきている。これは人類が大量に、そして急速に化石燃料(石炭、石油など)を燃やしてきたためということとは否定できない。

だが、それが気温に与えてきた影響はどうか。なにしろ、人類が二酸化炭素を排出しなかつた場合との比較ができない。つまり、バツクグランドの地球本来の気温の変化がよくわからない。地球の気温は数万年、あるいは数百万年、さらに数千万年、数億年のスケールではかなり変化している。

産業革命以降の気温の変化を見ても、大気中の二酸化炭素のように単純に上昇しているのではなく、1960年代から70年代まではかえって下降しているように見える。そしてそのころは寒冷化、さらには氷河期に向かっているのではないかという心配もなされていた(当時の気象庁の報告などでも)。

#### 二酸化炭素が増えるとうつなるか

大気中の二酸化炭素が増えれば、その温室効果のため地球の気温は上昇する。これは確かだ。しかしそもそも、人類が排出している二酸化炭素の半分程度しか大気中に蓄積されていない。つまり、残りはどこか(海水や森林など)に吸収されてはいるはずだが、その行く先もじつはよくわかっていない。温暖化防止京都会議でも「ネット方式」(削減目標に森林の二酸化炭素吸収量を加えてもよい)が一つの焦点というが、抜け道として使われていた。

二酸化炭素を排出するということは、同時にエアロゾル（煤煙や硫酸・硝酸ミストなど）も生成・排出するということから、それが太陽の入射を押しさえるかもしれない（日傘効果、もつとも黒い煤煙が地球を覆えばそれだけ太陽エネルギーの吸収率が高まり、地球の気温を上昇させるという説もある）。温室効果が強まって海水温が上昇すれば、蒸発も盛んになり雲が増えるので、それが太陽の入射を反射させるだろう。それに蒸発のとき気化熱も奪う（その熱は結局大気に入るわけだが）。氷床が融けて海水が増えれば、それだけ余分の二酸化炭素を溶かし込むこともできる。そして、海水中の炭酸イオン濃度が高まれば、石灰岩が形成される速度も速くなり、結果として大気中の二酸化炭素を除去していくだろう。二酸化炭素の濃度が高くなると、植物（厳密にはイネ、コムギ、樹木などのC<sub>3</sub>植物、トウモロコシなどのC<sub>4</sub>植物は二酸化炭素が増えても光合成の効率はあまり上がらない。）の光合成も盛んになり、大気中の二酸化炭素を減らすだろう。これらは、二酸化炭素の増加や地球温暖化を押しさえる負のフィードバックである。

だがしかし、海水温が上昇して蒸発が盛んになるということは、それだけ水蒸気による温室効果も加わるということである。海水温が上がれば気体が溶け込める量が減り、海水中に溶けていた二酸化炭素が大気中に出てくるかもしれない。温度上昇（+ 人類の伐採）による森林破壊による二酸化炭素の増加も考えられる。二酸化炭素ではないが、凍土（ツンドラ）に閉じこめられていたメタンが吹き出てきたり、人類の活動によってメタンが生成されると、その温室効果も加わる。これらのような、二酸化炭素の増加や地球温暖化を促進する正のフィードバック（悪循環）もある。

さらに、フロン（オゾンをあまり破壊しない代替フロンも）や亜酸化窒素も、微量でも二酸化炭素より強い温室効果も持っている。この影響も考えなくてはならない。この二つのガスは成層圏のオゾン（地表が太陽からの紫外線の直撃にさらされることを防いでいる。ただオゾンを破壊すること自体は地球の気温を低下させるように働く。）を破壊するので、そのことも心配されている。

極端には、あるところでクリティカル・ポイントを超え、地球が熱暴走して金星のような状態（表面温度<sup>480</sup>、90気圧）になる可能性さえある。海水が全部蒸発すればそれだけで<sup>270</sup>気圧、それに石灰岩として固定されていた二酸化炭素が加われば、地球の気圧も軽く<sup>300</sup>気圧を超える。そのとき地球の気温は、二酸化炭素や水蒸気の温室効果のため<sup>200</sup> を超えるだろう。金星は別に特殊な惑星ではない。ともかく、地球の気温の決定にはいろいろなことが複雑に絡み合っていて（原因と結果が入り混じっていて）、しかもそれらがどのような割合で関係し合っているかがよくわからない。そこで、今の科学では正確な予測は不可能だが、あえて予測したIPCCによれば、21世紀の末には現在より1 から 3.5 の上昇ということになる。

ところで、狭い部屋で石油を燃やすとすぐに酸欠になる。石油などを大量に燃やしたとき、地球全体が酸欠になるおそれはないだろうか。C + O<sub>2</sub> → CO<sub>2</sub>なので、二酸化炭素が1モル増えるということは、酸素が1モル減るということである。つまり現在の二酸化炭素0.036%が、もし2倍の0.072%になるだけものを燃やすと、酸素は0.036%減ることになる。しかし地球大気中の酸素は20.95%もあるので、減っても20.91%ということである。このくらいなら問題はない。つまり酸欠になるおそれは当分はない。

### (3) 温暖化、そして地球環境を考える

地球温暖化（環境問題）はたんに自然科学の問題ではなく、経済問題・社会問題でもあり、さらには政治問題・国際問題でもある。つまり、有限な地球の中で経済格差をどうするかという南北問題（資源と人口を巡る先進国と発展途上国の利

害の対立)でもあり、これまた有限な地球の中でツケを後に回してしまうという世代間の問題でもある。それに東西の文化(宗教観・自然観)の違いが加わる。「『社会主義』の弊害」が明らかになった今日、今度は「資本主義の幻想」をも打破しなくてはならない。

いずれにせよ、1994年の統計では日本は全体では世界第4位の二酸化炭素排出国(アメリカ、ロシア、中国に次ぐ)、一人当たりでも世界第6位の排出国(アメリカ、カナダ、ロシア、ドイツ、イギリスに次ぐ)である。その責任は重い。「炭素税」や「排出権取引」などという生々しい言葉が新聞をにぎわせている。

そして、昨年12月の京都における温暖化防止国際会議(気候変動枠組み条約第3回締結国会議)における、小国の悲鳴と大国の駆け引きも記憶に新しい。日本だけでなく、政府(それも曲がりなりにも京都会議で決められた二酸化炭素削減の数値目標を遵守しようとする環境庁と、それをできるだけ骨抜きにしようとする通産省などと意見が食い違ふ)や政党、産業界、市民団体などで様々な意見がある。

結局京都会議では温室効果ガスの削減目標として、先進工業国38カ国は2008年から2012年の間に、1990年水準から全体で約5.2%ということが決められた。(E

Uとブルガリア、スイス、ルーマニアなどは8%、アメリカ7%、日本とカナダ、ハンガリー、ポーランドは6%、クロアチアは5%の削減。ロシアとウクライナ、ニュージーランドは各0%でよく、ノルウェー1%、オーストラリア8%、アイスランドは10%の増加が認められた。)

二酸化炭素排出の規制は、とくに先進国に住む人間にとつては(君たちのことだ)、ライフ・スタイルそのものの変更に迫るものかもしれない。そして、地球の環境に影響を与えるものは、二酸化炭素ばかりではない。

こうした環境問題をどのように考えていったらよいのだろうか。自然科学的な面だけとつても、ニュートンに代表されるような、できるだけ対象を単純化してとらえる近代科学の方法、つまり「森を見ないで木を見る」という方法では限界がある。逆に「木を見ないで森を見る」という方法も見つけなくてはならない。ニュートンが確立したような手法・技術を、こちらでも確立しなくてはならない。

さらに、対策までも考えるということになると、工学、経済学、社会学、哲学などあらゆることをも含めて、あらゆることをトータルに考え、判断しなくてはならない。これは非常に難しい。とくに、すでに「学者」になつていている人は、自分の専門の分野の言語に慣れすぎて、その

分、他の分野の言語が理解できなくなつてしまつている可能性が高い。

例えば、二酸化炭素の排出を減らすため、原子力発電を推進しなくてはならないという意見がある。確かに「火力発電」(日本の二酸化炭素源の30%)に限ればそうかもしれない。しかし、ウランの探査・採掘、そして精錬・濃縮、さらに使用済み核燃料の中の死の灰の処理、耐用年数を超えた原子炉を廃炉に要するエネルギーと費用なども考え、その上、放射能や事故(これまでの事故がスリーマイルやチェルノブイリだけとは運が良かった)や核拡散のことも考えなくてはならない。第一、原子力では電力しか生産できず、石油・石炭の完全な代替にはならない(石油・石炭は電力に変換される以外にも、直接のエネルギー源や、様々な化学製品の原料にもなつている)。つまり、原子力に対する判断も、発電に限定的ではなく、全部を総合して評価しなくてはならない。

このような単純な結論に陥らないためには、若いうちにできるだけ幅広い知識と教養(たんにもの知りということではなく、考えるためのいろいろな方法、さまざまな考え方、その基礎となる情報を得る方法など、さらには豊かな人生観・宇宙観)を身につけておく必要がある。まさに、中学・高校生活の意味と意義で

あろう。とくに、大学の教養課程がなくなりつつある現在それは重要だ。

死の灰の中のプルトニウム<sup>239</sup>は、ダイオキシンとともに人類が作り出した最悪の猛毒物質といわれ、その放射能の半減期は24000年もある。つまり、原子力を使う以上は必然的に出てくるプルトニウム<sup>239</sup>を、少なくとも半減期の3倍は管理するとすると24万年間も管理しなくてはならない。そして、それでも放射能が0になるわけではない。(半減期とは放射能が半分になるまでの期間。つまり、プルトニウム<sup>239</sup>の放射能は24000年で最初の1/2、48000年で1/4、72000年で1/8という具合に弱くなっていくが、24万年たっても最初の1/24分の1の強さを保っている。)

これだけ考えてもエネルギー・費用の収支はマイナスだろう。原発推進派がよく引用する電力中研が算出した電源別二酸化炭素排出量(石油 200:太陽光 13:原子力 3)には、燃料の採掘設備、輸送設備、精製設備などは含まれているが、この死の灰の処理・管理(24万年間の管理に要する費用・エネルギーなど算出できるわけではない。人類の寿命そのものを超えているかもしれない。)さらに廃炉の問題は考慮されていない。例えば、廃炉が決まったフランスの高速増殖炉スーパーフェニックスの廃炉費は580億円(1997.7.21日経新聞朝刊による)といわれている。この3月で廃炉になる日本原電の東海原発はどうなるのだろうか。もっとも廃炉にしたところで、放射能がなくなるわけではない。

もう一つ、プルトニウム<sup>238</sup>は原発があれば生産でき(というより必然的にできてしまう)、そのプルト

ニウム<sup>238</sup>(長崎型原爆の原料)からは、ウラン<sup>235</sup>(広島型原爆の原料)からよりはるかに簡単に原爆が製造できる。つまり、原発さえあればどんな国でも原爆を製造できる。このように原子力は「核拡散」の問題につながる。北朝鮮の原発を巡って、各国が緊張している理由である。

(4) 若人たちがよ、立ち上がってほしいものである

問題ははつきりしている。地球の温度決定のメカニズムを解明し、温暖化防止(地球環境の維持)の対策をたてることである。しかし、それは上に書いたように、これまでの手法の延長では無理だろう。シームレスな地球をできるだけありのままにとらえ、さらには社会科学・人文科学をも取り込むような総合的な、そしてニュートンが微分・積分を開発しながら研究したような画期的な手法の開発が待たれている。地球温暖化に関わる諸問題が顕在化するのは21世紀半ばからだろう。そのころ私はもうこの世にいない。諸君や諸君の子供たちの時代になっている。だからこうした仕事は諸君たちのものだ。

最後に大数学者ヒルベルトが1900年のパリ国際数学者会議で、当時未解決の23の問題(まだ未解決の問題もある)を提示したときの結びの言葉を諸君に贈ろう。「新しい世紀における天才たちと、気高

い情熱に燃える多くの若人たちが、立ち上がってほしいものである！」

(5) 本とホームページの紹介

本の紹介

紀伊国屋 Book Web

(<http://bookweb.kinokuniya.co.jp/>) 会員

制)を使って「地球温暖化」で検索すると64冊、「地球」and「環境」で検索すると63冊の本が引っかかる。

そのうちの一部を紹介する。

・IPCC地球温暖化第2次レポート

中央法規出版 1996年

国連環境計画(UNEP)と世界

気象機関(WMO)が共同で、世界

各国の学者(もちろん日本の学者も)を集めて1988年につくったのが「気

候変動に関する政府間パネル」(IPCC)であり、これはその第2次

レポートである(第3次レポートは

2000年の予定)。昨年12月の温暖化

防止京都会議はこのレポートが下敷

きになっている。

IPCCのワトソン議長は今回の

京都会議について、「成果は重要な

第一歩。科学的な論議が不十分だっ

たという人もいるが、IPCCの研究がすでに広く認められ、温暖化が

すでに科学の問題ではなく、政治の

問題になっていったためだ。今後は人

の健康、生態系などに対する重大な影響や、費用対効果のすぐれた対策について研究をまとめ、もし政策立案者がわからないことがあったとしたら、それに対する科学的な答えを提供するのがIPCCの仕事になる。」とコメントしている。

- ・地球温暖化 日本はどうなる？ 読売新聞社 環境庁地球環境部編 1997年 一般の人向けに書かれているのでわかりやすい。とくに日本への影響について詳しい。

- ・地球温暖化を考える 岩波新書 宇沢弘文 1995年

行動的数理経済学者が、地球温暖化とその対策を解説し、さらに未来を展望したものである。ただ、引用データは諸君自らで更新した方がいい（環境白書は1991年版から1997年版に、IPCCレポートは1990年の第1次レポートから上に紹介した1995年の第2次レポートに）。ともかく、「中学校、高等学校のみならずにも読んでいただきたい」（はしがき）という意識で書かれているので、諸君にも読みやすいものになっていると思う。

- ・地球温暖化を防ぐ 岩波新書 佐和隆光 1997年
- ・著者が経済学者なので、炭素税や

排出権取引などと経済成長の関係について詳しい。二酸化炭素削減によるメリットがコストを上回る可能性が指摘されている。

- ・地球温暖化とその影響 裳華房 内嶋善兵衛 1996年

著者が農学者なので、農作物に対する影響に詳しい。

- ・地球の大気と環境 田中俊逸・竹内浩志 三共出版 1997年

地球温暖化だけでなく、オゾン層の破壊、広域大気汚染についても解説している。

- ・人間と地球環境 長谷川三雄 産業図書 1996年

さらに幅広く、酸性雨、砂漠化と食糧、廃棄物などについても言及している。

- ・地球環境キーワード事典（3訂版） 中央法規 環境庁地球環境部編 1997年

これも幅広く、環境問題全般について解説している。

- ・成長の限界 ドネラ・H・メドウズ アイヤモンド社 1972年

きちんとした未来予測（悲観的）のさきがけ。26年も前の本でありながら現在55版を重ねてなお出版されている、ことからわかるように、今でもその価値を失っていない。

## ホームページ紹介

Infoseek Japan  
(<http://www.infoseek.or.jp>) を使って「地球温暖化」で検索すると、5千件近くもヒットする。そのうちのごく一部を紹介する。

- ・環境庁 <http://www.eic.or.jp/>

地球環境に関するホームページがたくさんあり参考になる。でも、地球温暖化防止京都会議のホームページの中で長官が『まさに、私たちの地球の未来を左右する非常に重要な会議と言えましょう。』と挨拶しているが、彼自身が会議の議長の責任を途中で放棄したことを考えると白々しい。

なぜ環境庁のURLが.or.なのだろう。政府機関は.go.のはずなのに。

- ・気象庁気象研究所 <http://www.mri-jma.go.jp/>

地球温暖化のシミュレーション（動画）を見ることが出来る。

- ・東京大学気候システム研究センター <http://www.ccsr.u-tokyo.ac.jp/>

地球の気候（温暖化も）について、大学でどのようにして研究が行われているかをのぞくことができる。

△図書紹介▽

しのびよるダイオキシン汚染 講談社

ブルーバックス 長山 淳哉

理科 山賀 進

私の世代はダイオキシンというとすぐ、ベトナム戦争でアメリカ軍がまいた枯葉剤の中に混ざっていたものを思い出す。猛毒で催奇性がつよく（象徴がベトナム、ドクちゃん、この二人の原因物質がダイオキシンだとは断定できないが）、人類がつくってしまった物質としてはプルトニウム239と並ぶ最悪のもの。それが最近では、身近なゴミの焼却場から発生しているという。文部省も各学校の焼却炉を使わないように指導している（1997.7.23）。

この本ではまずダイオキシンそのものの説明から始まる。二つのベンゼン環が二つの酸素で結ばれた狭い意味でのダイオキシン（そのなかのでも、どの炭素に塩素がつくかで毒性が違い、2,3,7,8の位置に塩素がついたダイオキシンがもっとも毒性が強い）、二つのベンゼン環が一つの酸素で結ばれ、それに塩素や水素がついたダイベンゾフラン（いままでカネミ油症の原因物質はPCBといわれてきたが、じつはPCBが変化してで

きたダイベンゾフランが本当の原因物質だという）、さらに二つのベンゼン環が直接結びついたコプラナーPCBというPCBの同族体、この三つを総称してダイオキシンという。

ダイオキシンは、ホルモンや一部のウイルスのように、生物の細胞の中でレセプターと結合して、酵素や遺伝子を狂わせる。そのため、ごく微量でも強い毒性を示す。しかも、二十日ネズミなどのふつうの実験動物より、サルのほうが感受性が高いという。

上からわかるように、ダイオキシンはいわゆる「環境ホルモン」（分泌物かく乱物質）として働く。環境ホルモンについては、昨年毎日新聞がキャンペーンをはっていたが（朝日、読売、日経では1〜2回しか記事になっていないが、毎日ではしのびよる人体汚染」という連載もあったため22回も取り上げている。）一般に環境ホルモンは体内では女性ホルモンの振る舞うことが多く、男性に対してはその生殖能力を低下させる心配がある。昨年のNHKスペシャル「生殖異常」を見た人もいるかもしれない。

このため日本における法律的許容量も1日に体重1Kgあたり、100pg（ピコグラム、1pgは1兆分の1g）という非常に小さい値に決められているが（PCBの許容量の50万分の1、DDTの20万分の1の重さ）、それでもアメリカやヨーロ

ッパ諸国の10〜100倍の甘さである。だが、実際には日本人は、魚介類にダイオキシン濃度が高いこともあり、1日に体重1Kg当たりですでに14pg（欧米諸国の許容量の1.4〜14倍）のダイオキシンを摂取している。

環境庁企画調整局環境保健部環境安全課環境リスク評価室（ダイオキシン類排出抑制対策検討会及びダイオキシンリスク評価検討会）では、健康リスク評価指標値（許容量）として、1日に体重1Kg当たり5pgという値が妥当と報告している（1997.5.7）

そしてその発生源の80%が都市のゴミの焼却炉だという。その量は日本全国で年間6Kgで、これはアメリカがベトナムでばらまいた総量170Kgに30年もたたないで達してしまう量である。ということは既に超えている？

実際先進国の人体は汚染されており、DDTのように使用禁止になつて久しい農薬の体内濃度が依然増加していることからわかるように、このような化学物質は製造・使用が禁止されても長く環境中に残ってしまう。

また、乳児は母乳を通じて許容量の200倍から180倍もダイオキシンをとつてしまふという（逆に母乳からダイオキシンが排出されるため母体のダイオキシン濃度が下がるといふ）胎児性水俣病患者を生

んだお母さんと同じ)。だがしかし著者は、ダイオキシンの濃度の低い人工乳に転換するのではなく、母体が汚染されない環境をつくるべきだと訴えている。

以上のような、怖いことばかり述べられているので困ってしまうが、事実は直視しなくてはならない。

ところで私がいつも不思議に思うのは、われわれ地球上の生物は、炭素が鎖状に結合した脂肪族化合物を体の主要構成物質として使っているが、六つの炭素が環状に結合したベンゼン環（亀の甲）の化合物（芳香族、ダイオキシンやその仲間、毒性があるくせに「芳香」を放つものがある）には毒性があり、でもその環のなかの炭素が一つ酸素で置き換わると（糖やでんぷん）利用できるようになるということだ。生命の発生・進化の過程での偶然なのだろうか、必然なのだろうか。

追記：前回の図書館だより（No.40）で「『虫を食べる人々』も単行本になるといいのだが」と書いたが、『虫を食べる人びと 三橋 淳 平凡社 1997年』として出版された。



## 地球がこうなったのは

理科 伊藤 照雄

「地球」「環境」「問題」とは

地球環境問題という言葉は、三つの単語から成っている。

「環境」とは、生物を取り巻く自然という意味で、この場合の生物は川のサツキマスであったり、湾のムツゴロウであったり、あるいはまた例えば有栖川公園のシラサギであったりもするが、多くの場合ヒトのことである。

なにか「問題」とされているかといえ、ヒトが環境に与えた影響が、めぐりめぐってヒトに害を及ぼすことである。

環境問題になぜ「地球」という言葉がつくのか。今のところ、地球外の環境問題は、地球のまわりを回っている人工物が、衛星にぶつかるのを心配するといったこと以外は起きていないようなので、地球という言葉がつくのは、地球外との区別のためではなく、その問題のスケールが大きいことを示すためのようである。ただし、火星に生物がいれば、人間が送り込んだソジャーナーとかが走りまわったのは迷惑だったかもしれない。

地球環境問題といわれるものには、実際、二酸化炭素による温暖化の問題のように地球の気候と海と大陸のすべてがかかり、まさに地球規模といえるものもある（大陸の関わりについては、後で少し述べる）。あるいはまた、一国内の問題に留まらず、他国への影響があるような場合にもこの言葉が使われるようである。

風が吹けば桶屋が

地球環境問題は、誰が加害者で誰が被害者かを簡単にいえない点が難しい。地球温暖化というと、予測される被害ばかりが取り上げられることが多いが、温暖化によって農作物もよく取れるように

なり、暮らしやすくなることが予想される場合だつてないわけではない。あるいは、日本が輸入するものをつくるためにある国の環境が破壊されるとしても、それなしでは暮らしが成り立たなくなってしまうという人々もいたりする。

こういった問題が増えてきたことは確かだと思う。しかしながら、多くの環境問題は原因をつくった人も被害者も身近である場合が多い。そういう場合は、「地球」環境問題などといって意識を拡散せず、その場でしつかり解決することが大切だと思う。それは、たとえば君の足元に落ちているゴミのことであり、あるいはまた、集めたゴミを燃やすことによるダイオキシンの問題もそうだと思う。

そうはいっても、ローカルな問題のもりが、意外なところで他につながっていて影響を与えることがけっこうあるのも事実である。たとえば、ゴミ袋の中の食べかす(そう君や私が捨てたものです)をあさつて太ったカラスが、渡り鳥を圧迫し、その鳥の飛来が減った某国の湖の生態系を変えらるというようなこともある。

逆のこともある。身近なささいな問題の原因が、地球の裏側の海水温の変化であつたりもする。エルニーニョが起きると豆腐の値段が上がるといふ。エルニーニョのとき、つまり南米ペルー沖の水温

が上がるときは、海水中の栄養分が不足するようになり、イワシが捕れなくなる。そのイワシが輸入されなくなった米国では家畜の飼料が不足し、大豆をその分にまわすので日本に来る大豆の値段が上がるといふ。その結果豆腐が値上がりするということがかつて実際にあつた。まさに「風が吹けば桶屋が儲かる」の世界である。今年の豆腐の値段はどうなるのだろうか。

今日は全員傘を持っていくこと！

右のような思わぬつながりを説明することは、学問の役割である。しかし、広範囲にいろいろなことがからんでくる地球環境問題となると、結果を正確に予測することはなかなか難しい。どうしても不確実性が残る。「明日の天気予報だつてはずれることがあるのに、何十年も後の温暖化予測にあたふたしてもしょうがないのではないか。」ということもいふ人もいふ。

あなたは、降水確率が何%の場合に傘を持って出かけるだろうか。こういったことは、人によって判断が異なる。その時に雨が降っていないければ傘は持たないという人もいるかもしれない。この場合は、傘を持たずに濡れようと、傘を持っていたことが無駄になるかと、その人が自分の判断に責任を負えぱい。しかし、地球環境問題の場合は、個々人あるいは

個々の国の判断だけに任せておくわけにはいかない。二酸化炭素の排出量の削減が必要と考えた場合、自分たちだけが実行してもあまり意味がない。地球全体で何%減らせるかが問題となるからである。そこで、各国がどう足並みをそろえるかということになるが、その大変さは、先日の温暖化防止京都会議の報道からもわかつたのではないかと思う。

いつてみれば、不確実性も残る予報をもとに、その日に傘を持って行くかどうかを、皆で話し合つて決め、全員がそれを守らなくてはならないわけである。そんななか、その予報をより確実なものとするのが求められることは当然である。研究者は、日夜そのために努力を積み重ね、社会もそういった研究者を支援している。

知っているほうが気分がいい

では、一般の人間は、研究者の出してきた結論だけを受け取つていけばいいのだろうか。それは、天気予報でいうと降水確率の部分しか見ないということと同じだと思う。それでいいんだという考え方もあるかと思うが、やはり、天気図ぐらいはある程度理解できた方がいいと思ふし、さらに、地球上の大気の流れのなかで、日本が中緯度の偏西風帯に位置づけられるという点からも理解することが

できればさらにいいと思う。

「何がいいんだ」といわれるかもしれない。この問題を論じだすと、なぜ地学をやるのかという話にもなってしまうのであまり深入りはしないが、とりあえず、理解することは楽しいのだということはいいたい。理解する楽しさというものは、いろいろな場であり、ゲームの攻略法を理解する方がずっと楽しいという人もいると思う。しかし、自分達を生み出し、そして生かしていてくれる自然について理解するのも楽しいんだ、だから地学をしつかりやろう！と声を大にして（？）いつておく。そういうわけで、地球環境問題を考えるときには、それが起きているメカニズムを理解すると同時に、そのようなメカニズムを、もっと長い地球史のなかでどのように位置づけることができるのかも知っている方がいい。少なくとも私はその方が気分がいい（少し弱気になっっている）。

こうなっただのはこうして

ようやく本の紹介である。そもそも、二酸化炭素による温暖化の問題を意識しつつ、地球環境がどのように形成されてきたかについての本を紹介しようと考えていたのである。現在本屋に並んでいる本がいいと思いい、松井孝典著『地球進化探訪記』（岩波科学ライブラリー）とい

う本を選んだ（ただし、大きな本屋でないとい無いでしよう）。

この本は、以前NHKで放送された『地球大紀行』でも取り上げられた、原始の海で酸素をつくったのと同じ藻類が、浅海で巨大なキノコの群生のような構造を成しているストロマトライトと、その酸素の増大により急速に酸化され沈澱してでき、現在は露天掘りされている縞状鉄鉱層を西オーストラリアに訪ねる紀行文の形をとっている。それからめて、地球の大気や海がどのように形成されたか、また、プレートテクトニクスがそれによってどのように関わったかなどについても述べられていく。このことは、なぜ、太陽系で地球のみに生物がいられるかを述べているということでもある。

環境問題を考えるということは、地球で人類が生きていくための基本条件を考えるということである。その視野を広げて、そもそも地球で生物が生きていくことができる基本條件から考えてみようということ松井氏は以前から述べている。前に触れた二酸化炭素と大陸の関わりもこの本で述べられている。灼熱地獄といわれる金星には、地球大気の百倍ぐらいの二酸化炭素がある。かつてそれと同じくらいあった地球の二酸化炭素の多くは、海水中で石灰岩となり、海底プレートベルトコンベアーに乗せられて運ば

れ、一部は大陸に付加して閉じこめられ、一都はマントルに沈み込んだ。沈み込んだものには、火山ガスとして大気中に戻るものもあるが、それは、海水中の生物により再び石灰岩として固定され、循環を繰り返しつつ低いレベルに保たれているのである。

生物による二酸化炭素の封じ込めは、化石燃料つまり石炭や石油によるものもある。それをヒトが掘り出して大気中に戻すことにより、近代文明なるものを築いたのである。

大気進化のメカニズムの説明には、少し難しい問題もあるが、大筋は中学生でも理解できると思う。紀行文の部分は気楽に楽しめる。薄い本なのでぜひ読んでみて欲しいと思う。

もう少し詳しく知りたくなった人は、同じ著者の『地球・四六億年の孤独 - ガイア仮説を超えて』（徳間書店）も読んでみてほしい。この本では、多量の隕石の衝突により表面がドロドロに融け、マグマから分離した何百気圧という水蒸気や二酸化炭素に覆われた灼熱の原始地球の状態から、いかに今のような海や大気が出来てきたかを、火星や金星との比較も含めさらに興味深く述べている。（なお、ガイア仮説については、『図書館だよりの一八号で簡単に紹介しています。】