

A S S B

(オルタナティブ・システムズ・スタディ・プレティン)

第4巻第4号 (1997年1月28日発行)

目次

協同のすすめ (中)

はじめに

A 『沈黙の春』のデータから

B 『なにが環境の危機を招いたか』のデータから

C 『生態系としての地球』より自然界の物質循環

あとがき

編集人 境 毅

連絡先 〒600-91 京都市下京区東塩小路町京都中郵私書箱169号
貿易研究会

会費 正会員 : 年間1口 10万円
賛助会員 : 年間1口 3万円
購読会員 : 年間1口 1万円

会費振込先 (郵便振替) (口座名) 資本論研究会
(口座番号) 01090-5-67283

協同のすすめ(中)

はじめに

前号にひきつづき、単行本の原稿を掲載する予定でしたが、あとがきでふれました個人的事情で、今回は単行本準備ノートに掲載します。内容はレイチェル・カーソンの『沈黙の春』、バリー・コモナーの『何が環境の危機を招いたか』、及びシンガー編『生態系としての地球』からの抜き書きです。

すでにこれらの本をお読みになっている方々には申し訳ありません。カーソンの本の翻訳が出たのは64年、コモナーの本も70年代初頭で随分古いものです。当時は日本では産業公害が主要な運動課題となっていて、私などは、公害は資本主義がもたらす不可避の災害でこれをなくすには資本主義を変革するしかなく、そのためには現存の国家権力を打倒する革命運動を強化すべきだ、という見解でしたから、公害について、個別の運動に取り組むという観点からは研究してきませんでした。

70年代に入って、食品汚染が社会問題となり、農薬の害が明らかにされてきた時点でも、安全な食品を得るための活動については意義を認めたものの、農薬による汚染の現状を宣伝して社会に対して啓蒙活動をしようとは考えていませんでした。

もっともカーソンにしてもコモナーにしても、単に啓蒙しようということではなくて、現行の農薬散布に代わる害虫の駆除方法や、現行の環境危機を生み出さざるを得ない技術と生産のシステムに代わる技術と生産のシステムを求めようとして、本を書いたのですが、70年代の私には代替の方法や代替モデルをつくる、という問題意識はありませんでした。

単行本を準備する過程で代替方法や代替モデルの必要性に気づき、いわゆる地球化学や生態学をふまえた生命系の循環を明らかにしようとして色々書物をあさっていたとき、上記三冊出版のあともよりすぐれた本は出ていないのではないかと考えるに到りました。

もちろん、専門的な研究は以降進んでいると思われまし、教科書のたぐいは尽山出版されていますが、いまのところこの三冊に代わりうる書物を見つけ出せていません。もし他の重要な書物についての情報をお持ちでしたらぜひ教えて下さい。

ノートは私が単行本で使おうと考えたところの抜き書きですが、完全な引用ではなく、概略の紹介です。その際、著者らの主張は省略されており、データを記録することに重点を置いています。もし、このノートをお読みになって興味をもたれましたら、ぜひ原本をお読み下さい。もっとも『沈黙の春』はすぐ入手できますが、他の2冊は品切れで、図書館に行かねばなりません。

さて、ノートだけでは申し訳ありませんので、単行本の後半部分の構想についてふれておきます。

前号に書きました第4章 産業社会と物質代謝、の目的は物質代謝にかかわる自然法則を記述することでした。第5章は、物質代謝と生命系、というテーマで、自然法則をふまえ、地球上での物質循環をとりあつかいます。その際、①生物や人間をも単なる物質へと抽象した自然界レベル、②人間を生物一般に抽象した生物圏レベル、③人間の独

自性を位置づけた人間圏レベル、という三つのレベルを区別します。そして、水のサイクルで①を解き、酸素と炭素のサイクルで②を解き、エネルギーのサイクルで③を解こうと考えています。

生物圏のシステムを生態系とし、人間圏のシステムを生命系と置きますと、第5章の課題は、生命系における物質代謝が商品形態をとるようになった生命系の物象化ということを目明らかにすることだ、ということが見えてきます。

ついで第6章では生命系の物象化、というテーマで、科学技術の成立から環境問題の発生、さらには複雑性、といったところまでふれていきたいところですが、これはまだ具体的な準備に入れてません。

第7章で脱物象化の糸口、というテーマで食べもの、環境汚染、高齢化を扱いますが、はたしてうまく書けるかどうか、まだ思案もしていません。

とまれ、以上のような全体構想のもとでノートが作成されていることを御理解下さい。なお、重要な文献や面白い文献がありましたらぜひ知らせて下さい。重ねてお願い致します。

A. 『沈黙の春』のデータから

登場する化学薬品

『沈黙の春』(レイチェル・カーソン、1962年原書出版、新潮社版、1964年)は、学問的合ちくのあるすばらしい著作です。その基本的内容を紹介します。

カーソンがとりあげた汚染は、放射能と並ぶ禍をもたらす化学薬品(農薬)でした。畑や森林にまきちらされた農薬がいつまでも消えずに地球上を循環し、また生物の体内にとり込まれて命をむしばんでいく、そのさまがあざやかに描き出されています。

ことのおこりは、広大な農地に種類だけの作物を植える、という農業形態がとられたことにありました。自然界のバランスをくずしたこうした近代農業は天敵やエサの量などの制約をまぬがれた特定の害虫を爆発的に発生させることになったのです。

この事態に対応して、第二次世界大戦の落とし子だった合成化学薬品工業が、化学戦のために開発していた殺人兵器である毒ガスなどの化学薬品を殺虫剤として売り出したのでした。

戦前の殺虫剤と言えば、砒素、銅、鉛などの化合物や、菊の花から採るピレトリンなどがありますが、それらは無機系のものでした。しかし、新しく、登場したものは有機系で、生命に対して生物学的に大きな影響を与えるところに特徴がありました。

早速、『沈黙の春』の登場人物たちを呼んでみましょう。

① DDTが主人公です。1874年にドイツの化学者がはじめて合成したのですが、殺虫効果があるとわかったのは、1939年のことでした。始めて実用化されたのは戦時中のシラミ退治で兵隊や避難民、捕虜などの頭にふりかけたものでした。この時大勢の人間がDDTに直接ふれたのに、害が出なかったのが、人間には無害だという伝説が生まれましたが、これはDDTが粉末状で、皮膚から中へ入りにくかったからでした。しかし

油にとかしたDDTは危険この上なく、そして農薬としては普通油にとかして使います。

DDTは一度体内に入ると脂肪の多い器官や体内の脂肪に蓄積されます。だから、DDTで汚染された食物を食べると100倍位に濃縮されて体内に蓄えられます。当時のアメリカの調査では、DDTに身をさらしたことの無い人々でも平均5.3~7.4ppm、農夫だと平均17.1ppm、殺虫剤工場の作業員は平均648ppmで、いずれも動物実験では肝臓やその他の組織の器官に害をおよぼすラインを上回っています。

さらにDDTなどの化学物質の恐ろしさは、食物連鎖の過程で濃縮されることです。また、母親の体を通して子供にも移っていきます。胎盤を自由に通過し、その上母乳にも出てきます。

②クロールデン。これはDDTのこのましくない性質をすべてそなえているうえに、残留物はいつまでも土壌に残り、また食物でも何でも、一度その表面につくと、なかなかとれない。そのくせ揮発性で吸い込んで中毒することもあるし、皮膚からもかんたんに吸収されます。

③ヘプタクロール。クロールデンを構成している一部で、これだけ切り離して製品化されています。これはとくに脂肪に蓄積されやすく、クロールデンの4倍の毒性があります。またこれは土壌や植物や動物の組織のなかでヘプタクロール・エポキシドに変化しますが、変化すると毒性が4倍になります。

④ディルドリン。これはDDTに比べて飲み込んだ場合5倍の毒性をもち、皮膚から入った場合は40倍の毒性をもちます。その特徴は中毒症状がすぐにあらわれ、神経系統がおかされ、ひきつけを起こします。一度中毒すると慢性になり、肝臓障害をおこしてなかなか治りません。

⑤アルドリン。ディルドリンと同様の劇薬で、肝臓や腎臓の機能を低下させます。人間が中毒したことはいろいろ記録に残っていて、工場での中毒が多く発生しました。この特徴は生物の組織や土壌のなかでディルドリンに変わります。

⑥エンドリン。炭化水素の塩素誘導体の殺虫剤のなかでも、いちばんの劇薬です。ディルドリンの5倍の毒性があり、哺乳動物に対してはDDTの15倍、魚には30倍、ある種の鳥には300倍もの毒があります。

⑦パラチオン。これは有機リン酸エステル系の農薬で、毒ガスと同種の化合物です。これは生物の酵素を破壊し、神経系統を切断します。その急性毒性から、自殺によく使われ、パラチオンによる中毒死の多くは自殺です。

このような毒性も、この系統の農薬がかなり早く分解するため助かっています。しかし、分解するまでには猛毒で、しばしば中毒を起こしています。

⑧マラソン。これはDDTと同じようにポピュラーな殺虫剤で、パラチオンに比べれば毒が弱いということで安全だと言われています。しかしマラソンが安全だったのは哺乳動物の肝臓にすばらしい保護力があつたため、この働きをしている酵素が何らかの拍子で破壊されると、マラソンの毒はおさえられません。これは複合汚染のこわさで、マラソンと他の有機リン酸系の薬品とを併用すると、もとの毒性の50倍となります。

⑨除草剤。植物を枯らせるために使う除草剤にもさまざまな化学薬品が登場してきています。砒素化合物である砒酸ナトリウム、ジントロフェノール、ペンタクロールフェノール、などがありますが、これらは動物にとっても猛毒で、多くの中毒事故が起きています。

これらが主な化学薬品です。戦後新しく登場した殺虫剤には二つの種類があります。

炭化水素の塩素誘導体(①~⑥)と有機リン酸エステル系(⑦、⑧)です。後者は毒ガスと同種の化合物です。

食物連鎖による濃縮

農地や山林に撒布した殺虫剤が雨で川に集められ川の水を汚すことはわかりやすい話ですが、もっと深刻なのは土壌に残り、地下水にまで到達していることです。

この事実とは別に注目すべきものはクリア湖での食物連鎖による生体内濃縮の事例です。サンフランシスコの北方90マイルにあるフリア湖は底の浅い釣りに好適な湖でした。ところが釣り人にとっては、大量に発生するブユが不愉快でした。蚊によく似たこの虫は人の血を吸ったりはしませんが、その大軍に囲まれると心地よいものではありません。そこで人々はブユの防除を始めました。

49年に新しく防除計画を立て、殺虫剤にはDDTによく似たDDDを魚に害が少ないという理由で採用し、薬品の量も全体の水に対して1/70ppmに制限し、撒布しました。ブユは始めのうちは姿を消しましたがたちまち復活したので、54年に、またDDDを撒布しました。今度は1/50ppmでした。

この冬、湖水のカイツブリが死にはじめました。被害は100羽を上回りました。しかしブユはまた復活してききましたので57年に3回目の防除をしました。その冬には前にもまして、おびたしいカイツブリが死にました。

原因を調べて見たところ、カイツブリの脂肪組織に1600ppmという異常に濃縮したDDDが検出されました。

水に入れたDDDの最高の濃度は1/50ppmでした。それがどうしてこのような高濃度になったのでしょうか。毒をはじめに吸収するのは一番小さな生物でした。そこで濃縮された毒はさらに大きな宿主へと移っていきます。

プランクトンからは5ppmのDDDが検出されました。プランクトンを食べる魚では40~300ppmへと増えました。肉食の魚ナマズには2500ppmに達しています。DDDを撒布してしばらくすると湖水中からDDDは消えました。だがそれはなくなったのではなく、湖水中のプランクトンを始めとする生物に移っていたのです。2ヶ年もたつと水そのものはきれいになっているのに、生物の体にたくわえられた毒だけは世代から世代へと伝えられていたのです。しかもその毒は濃縮されて生物に害を与えました。60年にはもともと1,000つがい以上いたカイツブリはわずか30つがいにへりました。このわずかのカイツブリは巣をつくりはしましたが、57年以降、カイツブリのヒナ鳥はもう見られなくなっていたのです。

除草剤による自然破壊

アメリカ西部の不毛の地に自生するヨモギ類の雑草を除草剤で枯らせて牧草地にしようと大きな運動がくりひろげられました。

ヨモギ類の草が一面に生えているところは高原で高い山の裾になっていました。冬は吹雪が山から吹きおろし、あたりは深い雪にうずまります。夏は焼けつくように日が照りつけ雨はほとんど降らず、土のなかの奥深くまで乾ききって、はげしく吹きまくる風は木から湿気という湿気を奪い去ってしまいます。ヨモギ類はこの吹きさらしの高原でも生き残りました。背が低くいくら風に吹かれても小さな灰色の葉のなかに、たっぷり水分をためています。

動物も適応力のある二種類が残りました。プロングホーン（カモシカ）とライチョウです。ヨモギ類とライチョウはたがいにもちつもたれつに関係にあります。ヨモギ類はライチョウのエサであり、またそのかげに巣をつくってヒナを育てます。ライチョウはしげみのなかを歩きまわってヨモギ類のまわりの土壌をやわらかくします。ライチョウの棲息区域はヨモギ類の分布範囲と一致していました。カモシカもヨモギ類があればこそ棲息できます。夏は山ですごし、冬が近づくと山を下ってふもとの高原にやってきます。冬の間は他の植物の葉がみな落ちてしまうので、ヨモギ類がエサとなるのです。

この高原には、うねりくねって流れる小川があり、小川の両岸にはヤナギの木が繁っていました。ヤナギのしげみにはアメリカヘラジカとビーバーがすんでいました。ヤナギを食べるビーバーは、木を倒して小川をせきとめ池をつくっていました。池にはマスが集まり、水鳥もやってきます。ヤナギの木があり、ビーバーがいるだけで、あたりは狩猟や釣りの名所となっていました。

ヨモギ類根絶の計画は何年も何年も執拗に押し進められました。そのうち化学薬品の撒布が始まり、何百万エーカーというヨモギ類のしげみが撒布の対象となりました。

ヨモギ類が枯れるとカモシカやライチョウが姿を消しました。また小川の両岸にしげっていたヤナギの木も枯れ、アメリカヘラジカもビーバーもすみかを失いました。ビーバーたちがつくっていた池もなくなり、マスもいなくなり、木陰が消え失せて、じりじりと太陽が照りつける裸の土地と細々と流れるちっぽけな川があらわれました。

ヨモギ類が消滅したあとのこの高原にはたして牧草が育つのでしょうか。これまで水分をとらえていたヨモギ類がなくなれば草は生えなくなってしまうでしょう。

この他通路沿いの雑草を枯らす目的で人手による除草よりも安上がりだということで除草剤が使われるようになりました。野生の灌木や花が枯れるとともにハチなどの授粉昆虫も消え、道路ぞいは美しい緑から枯れはてた植物の残骸ばかりとなりました。

空中散布のもたらしたもの

日本からマメコガネムシが入り、アメリカで繁殖しはじめました。気候が合い天敵もない、ということで、爆発的に増え、農作物に害を与えるようになりました。アメリカ東部では日本から天敵を導入し防除に当たりました。これは成功し、爆発的な増加は押さえられました。

ところがアメリカ西部にマメコガネムシが入りはじめた、ということで、殺虫剤による防除が試みられたのでした。ミシガン、ケンタッキー、アイオワ、インディアナ、イリノイ、ミズリーの各州では、殺虫剤の空中撒布が行われました。

最初の空中散布を行ったのはミシガン州でした。安価だから、ということで猛毒のアルドリンを使い、飛行機で無差別に撒布したのです。

殺虫剤をまいてから2、3日もたたないうちに鳥が死に始めました。犬や猫も中毒しました。とくに体をナメるくせのある猫の被害が大変でした。人も中毒にかかりました。一番犠牲をこうむったのはイリノイ州のシェルダンの町でした。1954年から撒布をはじめ、まず1400エーカーの範囲にディルドリンを空中散布し、55年にさらに2600エーカーに撒布しました。なおその後も撒布面積は増え、61年には13万2千エーカーという広い土地におよびました。

マメコガネムシだけでなく、他の昆虫や鳥やリスやウサギやネズミも死にました。猫も珍しい動物となり、羊にも害がおよびました。

はじめにマメコガネムシがひろがった東部の場合、まだ合成殺虫剤が発明されていず、天敵の導入という防除方法がとられました。これは自然そのものの防除力をうまく利用し、永続もするし、環境も安全も守られました。45年までにはマメコガネムシの被害は小さく押さえられていました。他のすでに実績のある有効な方法があったにもかかわらず、西部諸州の場合、殺虫剤撒布という方法をえらびマメコガネムシを退治するという名目で、動物たちを相手かまわずみな殺しにしたのでした。

コマドリの受難

アメリカを象徴するニレの木、これを枯らすオランダニレ病という病気がヨーロッパから入ってきました。菌類がひき起こす病気で、ニレノキクイムシがこの病気を運びます。この伝播昆虫を退治するのが一番だと、町から町、村から村へとくりかえし殺虫剤が撒布されました。この殺虫剤の撒布は鳥たちに大きな影響を与えました。たまたまミシガン州立大学の鳥類研究者がコマドリの個体群についての研究を始めた頃だったので、ニレの木への殺虫剤の撒布のコマドリへの影響が記録に残されました。

殺虫剤の撒布は1954年大学の構内から始まりました。はじめは一部分だけでしたが、翌年からは市も合流し、撒布区域は広がりました。最初の年はべつに変わったこともなくすぎました。翌年も渡り鳥のコマドリは大学に帰ってきました。でもやがて何か狂っていることがわかりました。大学の構内には死んだコマドリ、死にそうになったコマドリの姿が見られ出したのです。元気にエサをあさっているものはごくわずかで巣の数もかえったヒナの数もごく少なく、あくる年の春もまたそのつぎの春も同じことがくりかえされました。薬品を撒布した個所は毒のおとし穴で、そこにおちたコマドリは一週間とたたないうちに死んでしまいます。

殺虫剤は鳥には無害だと言われていましたが、現実には毒にあたって死んでいきます。やがて中毒の仕組みがわかってきました。コマドリは直接殺虫剤にふれて中毒するよりも、ミミズを食べて中毒するらしいのです。

ニレの木に殺虫剤を撒布するのが春で、1本の木に対して普通2ないし5ポンドのDDTを用い、また7月にはその半分位の濃度で再度撒布します。目指す害虫が死ぬだけでなく、その他の昆虫も殺され、毒は葉や樹皮に膜となってこびりつき、雨が降ってもとれません。

秋になると葉が落ちます。落ち葉は幾重にも重なり合い、腐植によって土壌にかわっていきます。そのとき落ち葉を食べるのがミミズでニレの葉は大好物です。葉と一緒に殺虫剤もミミズの体内に入り、蓄積され、濃縮されていきます。解剖してみるとミミズの消化管、血管、神経、体壁にDDTが残留していました。そして春になるとコマドリがやってきて、ミミズを食べます。

大きなミミズ11匹にはコマドリ一羽を殺すだけのDDTが含まれていました。コマドリの一回のエサの量からすれば、11匹というのはごく少量で、10分かそこらでたいらげてしまいます。

殺虫剤を撒布する前には控え目に見積もっても370羽のコマドリが大学構内にいました。しかし57年には同じ構内に2~30羽しか見つかりません。以前なら親たちと同数のヒナたちがいましたが、この時はたった一羽のヒナがいただけでした。そして58年の春には一羽のヒナも見なくなりました。DDTの毒に当たって死んだだけでなく、生き残ったコマドリも生殖能力が破壊されていることがわかりました。

ニレの木へのDDTの撒布で害にあったのはコマドリだけではありませんでした。あらゆる鳥が中毒で死にました。また、殺虫剤の撒布はニレの木だけで終わりませんでした。除草剤も含め、その後もアメリカ中に化学薬品の撒布が続けられたのです。

ニレの木を病気から守る別の方法がありました。それは病気になった木をすぐ焼却処分することでした。この方法で病気の広がることを十分おさえられることがわかっていました。この方法だと鳥たちに何の害も加えることはなかったでしょう。

サケも犠牲に

1953年、カナダ政府はトウヒノムシ駆除のために広範な地域に殺虫剤を空中撒布する計画を立てました。トウヒノムシは数種類の針葉樹をむしばむ害虫で、東部カナダではだいたい35年ごとにその大きな被害があらわれ、50年代はじめはとくにひどかったのです。53年には何百万エーカーという森林に殺虫剤が撒布され、54年にはミラミッチ川の上流域も撒布区域に含まれていました。

薬剤は油でといたDDTで1エーカーあたり0.5ポンドでした。2日とたたにうちにミラミッチ川の魚が大量に死にました。サケの産地であったこの川ではこの年かえったばかりのサケの魚がいましたが一匹残らず死にました。53年生まれのサケは6匹のうち1匹が何とか生き残り、海へ旅立つところだった52年生まれのサケも3匹のうち1匹は死にました。こうしたデータはカナダ漁業研究所の調査で明らかになったのです。

この調査はサケの被害だけでなく、殺虫剤の撒布によって川の生物環境がすっかり変わったことも明らかにしました。サケやマスのエサだった水棲昆虫も死にましたが、一回の撒布でもこれらがサケのエサになるくらい十分数がふえるには長い年月がかかります。まず姿をあらわすのは、ユスリカやブユなどの小さな虫ですが、トンボやカゲロウなどの大型の昆虫はなかなかもと通りにはなりません。ミラミッチ川一帯は不毛の地となり、サケのエサとなる水棲昆虫の輸送が必要となりました。

他方、トウヒノムシの方は数が減るどころか、化学薬品に抵抗性を示しはじめました。55~57年の3年間撒布をつづけましたがトウヒノムシは減らず、60年には撒布を再開せねばならなかったのです。

ミラミッチ川のサケに関しては、撒布が一回で押さえられたため54年の秋のハリケーンの大雨でよみがえりました。しかし何回も撒布したほかの川ではサケの個体数が目立って減少しました。

農薬と細胞の物質代謝

このようなデータはまだたくさん報告されていますが一応これ位にして、農薬が生物の生体にどのような影響を与えているかについてカーソンが述べていることを紹介しましょう。

物質をエネルギーにかえていく細胞内の働き、これは体内にとり込まれた炭水化物をグルコースにかえて一つの輪にのせることから始まります。グルコースはぐるぐるまわるうちに分裂し、微細な化学変化をつぎつぎ起こしていきます。これはすべて順序を追って規則正しく行われ、一つ一つ酵素がコントロールしていきます。酵素の受持もそれぞれきまっています、自分に与えられた役目しか果たしません。一段階ごとにエネルギーが生み出され、最後に廃棄物(二酸化炭素と水)は排出され輪がひとまわりするとまた新しいグルコースが輪にのせられます。

細胞内にある小さなミトコンドリア、これはいろいろな酵素がいっぱいつまった微小なつつみで、エネルギーを生み出す仕事をほとんど一手に引き受けています。

さて細胞内でエネルギーは、ATP(アデノシン・三リン酸)によって供給されます。ATPは一つのリン酸基を分離することでエネルギーを放出し、ADP(アデノシン・二リン酸)となります。これに酸化反応によって、リン酸基がくっつけば、ATPにもどります。これは共軛リン酸化と呼ばれますが、放射線や化学薬品はこの反応に害を与えます。また、有機系の農薬には酵素を破壊して細胞内の物質代謝を止めてしまうものが多くあります。その結果死に到らないまでも、様々な中毒症状があらわれます。

そのなかでも細胞を酸欠状態におくことによって正常な細胞がガン細胞に変わることが判明し、化学薬品に発ガン性があることが知れるようになりました。

また細胞のなかにある遺伝子が放射能によって破壊されたり、突然変異を起こしたりすることがわかっていましたが化学薬品も同じように、遺伝子の異常をもたらすことが判明しました。

こうして、カーソンの時代に、農薬の害が、死をもたらす急性毒性や中毒をもたらす慢性毒性だけでなく、発ガン性と変異原性をももつことがわかっていたのです。

『沈黙の春』その後

DDTやBHCなどは土壌に長く残留し、また食物連鎖で濃縮され、発ガン性と変異原性をもつため70年代に入って農薬としての使用が禁止されました。しかしこれは、アメリカや日本、西欧諸国のことで、他の国々では依然として使用されており、輸入食品に残留していることが報告されています。現在使用されている農薬にも類似のものが多く、また毒性試験の結果が公表されていないので、安全だと判定されてもそれが正しいかどうかわかりません。DDTはまだ使用され続けているということ一つとっても、『沈黙の春』は過去のことではなく、農業メーカーが莫大な開発費をかけて登録した農薬を使用中止になるまでに出来るだけ大量に売ってしまいたい、という動機があるとき、農薬についての批判的な眼をやしなうことは大事です。

B. 『なにが環境の危機を招いたか』のデータから

コモナーの提起の意義

1970年4月に突然アメリカで行われた地球週間は一つの転機でした。環境汚染の問題が世間一般で論議されました。長年にわたって環境の危機を一般に認識させようと努力してきたコモナーは、地球週間の興奮が過ぎ去ったあと環境の危機の原因と可能な対策について一般市民が早急に理解する必要があることを確信し、この本を書きました。

コモナーがこの本を出版して25年が経過していますが、何が環境の危機を招いたか、ということについてのこの本での提起は何ら旧くなっていません。環境の危機のあらわれは以降新しい形をとってきていますが、危機の基本的な構造は残念ながら変えることができていないのです。

これは一体どういうことを意味しているのでしょうか。環境の危機の原因が明らかにされているにもかかわらず、それを解決する方法がうまく作用しなかったのです。だから今日の主要なテーマは、解決する方法をめぐって設定されており、どのような方法がありうるか、という問題と、あれこれの方法が何故役に立たなかったのか、ということの解明が進められています。

というわけで、環境の危機の原因についてはコモナーの本は古典的意義をもっています。ここでその基本的内容を紹介していきましょう。

生態圏の概念

コモナーは生態圏について次のように捉えている。

「それには、まず生命そのもののみならずから始めなければならない。すなわち地球上の空気、水、土壌からできている薄い皮膜、そこにふりそそぐ太陽の光である。ここ数十億年前に生命が誕生し、地球の物質によって育てられてきた。成長するにしたがって、生命は進化した。つまり、古い形の生物は、地球の皮膜を変質させ、新しい生命はその変化に適応してきた。生物の数や種類、生息地は増加し、地球全土にわたる網目を造りだし、自分で造りだした環境に巧みにからみ込んだ。これが生態圏であって、つまり生命が地表の表面に自ら造りあげたすみかなのである。」（講談社ブルーバックス、17頁）

空気や水や土壌といった物質も生物の生命活動の影響を受けて今日あるようなものとなっているわけで、それを構成している元素や化合物のバランスは自然の物質代謝と生命活動とが融合して作り出されたものでした。このコモナーの考えを一步進めれば、個々の生物にとっての地球環境とは、単なる客体ではなく、延長された身体だということになります。この見地からすれば、環境破壊とは、延長された身体破壊であり、これはやがては個としての生物の破壊につながります。今日では環境を生物にとって外的なすみかともみならず、それを内的に延長された身体として捉えることが大事になっています。

ついでコモナーは環境の危機について次のように述べています。

「地球上で生き続けようと望む生物は、この生態圏に適応していかなければならない。さもないと、ほろびてしまう。環境の危機とは、生命とその環境の間の精密に織りなされた適合がくずれ始めた徴候である。一つの生物と別の生物の間、および生物すべてとその環境との間のつながりがこわれはじめると、全体のシステムを支えていたダイナミックな相互作用はよろめきはじめ、ある場合には、止まってしまうのである。」（17頁）

現代の人間生活が生態圏と適合していない第一の原因は廃棄物や人口化合物にあります。生態圏ではある生物の排泄物は他の生物の栄養となり、終わりなく続く循環が形成されています。ところが石油の消費や、農薬の撒布はこの循環を断ち切り、生態圏を崩壊させる方向へと向けたのでした。

こうしてコモナーは、「われわれは、とっくのむかしに知っていなければならないことを、突然、発見したのである。つまり生態圏は人間および人間が行うすべての行動を維持するものであり、生態圏になじまないものは、何によらず、微妙にバランスのとれたサイクルを乱すおそれがあり、廃棄物はたんに不愉快とか、有害なだけでなく、生態圏が崩壊の方向に向かっているという証拠でもある」（18頁）と主張しています。そして彼はこの立場から「いかなる人間の行為が、なぜ生命の循環をこわしたかを見出」

（19頁）そうとして、以降の論争を張ったのでした。

核実験の危険性

コモナーは環境破壊の具体例として4つの例をあげています。原子力、大気汚染、土の汚染、そして湖の汚染です。それぞれについて簡単に紹介していきましょう。

原子力については、今日問題になっている発電所とはちがいで、核実験の影響です。51年までにアメリカは16回ソ連は13回の原爆の実験を行っていました。当時はこの実験による放射能の影響については軍事機密だということもあり、公の場で議論されることはなかったのです。

ところが53年4月26日、ニューヨーク州トロイ市でわか雨が降ったとき、大学の研究室で放射能の実験をしていた物理学者が雨が降り出すと放射能のカウンタ数が突然増加したことに気がつきました。彼らはこの雨が高い放射能をもっていることを発見し、ネバダ州で行われた核実験からの放射性廃棄物が風で運ばれ、雨によって地面に降ってきたものと推定しました。この推定は軍事機密にふれるため公表されませんでした。科学者の間では広まり、アメリカ各地で物理学者たちが核実験の放射能による汚染について推定しはじめました。

原子力委員会はこの動きに対して、自然放射能と比べて高いものではない、という理由でその影響を無視しようとした。だがストロンチウム90が廃棄物に含まれていることが判明し、事態は一変します。ストロンチウム90は無害のストロンチウムの放射性同位元素ですが、その生物にとっての特性は、カルシウムと一緒に行動する点にあります。カルシウムは土壌中から植物体内に入り、食品として人間の体内に入り、骨となりますが、ストロンチウムと同じく、ストロンチウム90も一緒に行動して、骨に集積されます。

ストロンチウム90のもつ放射能は微弱ですが、人体にとり込まれば周辺の細胞には影響を与え、発ガン性をもつにいたりします。このことが判明すると、科学者たちも核実験がもたらす放射性廃棄物の危険性について秘密にしておくわけにはいかず、53年の終わりには公表されるようになりました。

その後54年3月にはマグロ漁船第二福竜丸が安全区域で操業していたにもかかわらず被爆し、乗組員が放射線障害をうけ、久保山さんが死亡するという事故が起こります。これ以来核実験がもたらす放射性廃棄物の危険性は大問題となりました。

以降、科学者たちはストロンチウム90の移動の経路を調べはじめ、その結果、核実験はいくつかの天然には存在しない放射性元素を巨大な地球上の生物のネットワークの中にばらまき、人工放射能が地球上のすべての植物、動物、微生物中に集積されていることがわかりました。

63年には核実験反対の世論を考慮して、アメリカとソ連は大気圏内の核実験を終わらせますが、それまでの実験によって、アメリカでおおよそ5,000人、世界中ではおおよそ86,000人の遺伝的障害をもった子供の出生が推定されていますが、これは中位のもので、アメリカだけで40万人にのぼるとする推定もあります。

コモナーは、原発についてもふれています。それによれば、アメリカでの最初の本格的な原発は、57年に運転にはいり、65年までに11の発電所の運転が始められています。70年には14ヶ所が活動し、さらに78ヶ所の発電所が建設中あるいは準備中でした。このように急速に発展しようとしていた発電事業でしたが70年代に入って市民が環境問題を

憂慮して原発に反対するようになり、原子力によって将来の電力の不足を補えるという初期の希望が打ち砕かれたことを報告しています。

大気汚染

大気汚染についてはロサンゼルス市の場合が報告されています。

1940年代には早くも大気汚染が問題となりましたが、その時には煤塵が注目されていました。工場の煙突とか焼却炉などが原因でした。40年に1日百トンだったものが46年には四百トンに急増したため、47年には管理基準（集塵装置の設置、および屋外での燃焼の禁止）が設定され、2年のうちに降下煤塵は1日二百トンに減少し以降戦前のレベルにまで下がりつつありました。

ところが43年には、注目されている煤塵とは別の汚染物質があることが判明しました。当初これはロンドンのスモッグと同じものと考えられ、二酸化イオウの放出量を規制しました。ロンドンでは52年に4,000人が死亡するに到りましたが、それは二酸化イオウが原因で、これが肺の中の通気細胞をおかして、塵その他の大気汚染物質に対する細胞の自己防御機能を損なわせ、重大な呼吸障害を引き起こしたのでした。だが二酸化イオウの放出量が戦前並みになったにもかかわらず、ロサンゼルス市のスモッグはますます悪化していきました。

スモッグの本当の原因の最初の手がかりは、カリフォルニア工科大学のアリー・J・ハーゲンシュミット博士の研究室によって得られました。彼は有機化合物に対する光の作用に興味をもち、この目を刺激するスモッグは、大気中で目に見えない汚染物質に、太陽光線が作用して出来ることを発見したのです。

やがて全体の筋書きが解明されました。最初は窒素酸化物から始まります。これは空気を高温の発電所のボイラーやガソリン・エンジンの中で加熱した場合に、空気中の窒素と酸素が作用することによってできます。この窒素酸化物が、太陽光線で活性化し、ガソリンからの廃棄物にまざっている有機物と結合して、光化学スモッグの最終生成物であるパーオキシ・アセチル・ナイトレート（PAN）ができます。

この結論を利用し、ロサンゼルス市当局はスモッグ対策を検討し、まず、大気中への炭化水素の排出を減らすべく、石油井戸と精油所の排気口に対してきびしい規制を加えました。40年には1日2,000トンだった石油産業からの炭化水素の排出は57年にはおよそ250トンに下がりました。しかし、スモッグはあいかわらず発生したのです。

というのも、石油産業以外に自動車からも炭化水素が排出されており57年には一日当たり2,500トンのうち、80%が自動車からのものであることが判明したのでした。自動車産業こそが光化学スモッグの真犯人だったのでした。

53年2月、市の職員は、自動車産業に対して排気ガスの規制について問題を提起しましたが最初は全く相手にされませんでした。だが53年の終わりには自動車産業も業界内で研究を始めました。しかし実際に実用化されたのは61年のことで、その最初の装置の排ガス処理能力は不十分なものでした。66年になってやっと望ましい排気ガス防止装置が実用化され、大気汚染の問題は解決するかと思われました。ところが、炭化水素は減少したものの、今度は大気中の窒素酸化物が増大したのです。排ガス防止装置をつけた結果、炭化水素の排出はおさえられたものの、窒素酸化物の排出はかえって増大したのでした。

この新しい問題に対して自動車産業が出した結論は四エチル鉛を入れたハイオクタン

価のガソリンに適した高馬力の高圧縮比ガソリン・エンジンでした。しかしこれにも重大な問題が残っています。ガソリン中の鉛が環境にばらまかれることになるのもその一つです。

それ以外の要因もあって都市の大気は汚れきっています。

コモナーによれば問題は例えばニューヨーク市の汚染はロサンゼルス市のものとはまた違っていて、ロサンゼルス市の研究結果があてはまらなかったことです。また大気中の様々な有害物質が健康におよぼす害についても複雑で、いわゆる複合汚染が進行していると、一つの汚染物質と一つの病気との因果関係を追求する、という従来の科学の方法では理解に限界があり、複雑な相互作用を解明することが出来ないことでした。

水道水の汚染

大気に関しては汚染されていなかった田舎の10万都市、イリノイ州のデカトゥールでは別の汚染におびやかされました。それは水道水の硝酸塩による汚染でした。

硝酸塩自体は人体に与える害は比較的少ないのですが、体内に取り込まれた場合、ある種の腸内細菌の作用によって、亜硝酸塩に変化することがあります。これは大人よりも子供の場合に起こりやすく、これが生成されると血液中のヘモグロビンと結びついてメトヘモグロビンが出来、血液による酸素の輸送が妨害され、窒息状態におちいって死に到ります。

60年代半ばにモズリーの薬剤師によってこの問題が発見されたため保健所は井戸水の硝酸塩濃度に注意するようになりました。そして、デカトゥール市の水道水の硝酸塩濃度が限界値とされていた45ppmに達していたことが60年代末に判明したのでした。

やがてこの町の水道の硝酸塩濃度は春をピークにして夏に減少するというサイクルを描いていることがわかり、ここから水源の周辺の農地で用いられている多量の肥料が汚染の原因として考えられました。

イリノイ州はアメリカのコーンベルトの中心でした。トウモロコシという作物は土壌窒素を著しく消費します。天然の土壌栄養から得られる窒素は植物の根から硝酸塩として取り込まれますが、これは土壌中で植物や動物の腐植から補充されます。腐植中の有機性窒素を無機性の硝酸塩に変えるのは土壌細菌の働きです。また土壌中の有機窒素はある種の土壌細菌が大気中の窒素を固定することによっても生成されます。

ところでトウモロコシは商品として売られますので、そこに含まれる窒素は農地へは返されず、従って土の窒素はだんだん少なくなります。その際、無機性の硝酸塩肥料を撒布することによって、トウモロコシの収量は増加します。

イリノイ州では無機性窒素肥料の年間使用量は45年には1万トンだったものが66年には60万トンにまで増加していました。肥料を少ししか与えなかった、45年から48年にかけては、トウモロコシの収量はエーカー当たり50ブッシェルでしたが、10万トンの肥料を与えるようになった58年には70ブッシェルになりました。さらに65年には40万トンの肥料で95ブッシェルの収量になっています。

10万トンよけいに与えたら20ブッシェルの増加があった段階から、30万トンよけいに使うことによって25ブッシェルの増加へ、このように収量が増大するにつれて、より多くの肥料を使わなければなりません。効用逓減の法則が働いています。

農民は80ブッシェルの収穫がトントンの線で、利益をあげるためにはそれ以上を目ざさねばなりません。そしてそのためには、大量の窒素肥料を与えることによるのみ実

現されるのです。というのも、土地や労働力や機械や燃料が年々割高になっているのに対し、肥料の値段は相対的に低くなっていくので他の手段を使えないからです。そして大量の窒素肥料を与えれば、それが農地から流出して川へ流れ込み、水道水を汚染することになります。

農家の利益はデカトゥール市にとっても利益であり、水道水をきれいにしようとするれば、自らの利益をギセイにしなければなりません。このような困難をかかえたなかで、まず、肥料と水道水の汚染との関係を証明することが問われました。

証明は天然の窒素が窒素14と窒素15という、化学的性質は同一で原子量だけが異なる二つの形で存在し、その割合は窒素14が99.6%、残りの0.4%が窒素15であることを利用しました。というのも、空気中の窒素を化学的に固定して製造された人工の窒素肥料はこの割合だったのに対して、土壌、堆肥、下水中の窒素の場合、窒素15の割合がもっと高かったからでした。

この差を利用して、農地の排水路の水の窒素14と15の割合を分析したところ、硝酸塩濃度の高い排水は窒素15の割合が低く、硝酸塩濃度の低い排水は逆に高かったことが判明したのです。さらに測定を続けた結果、水源のデカトゥール湖の中の硝酸塩の少なくとも60%は付近の農地の肥料から来ていることが明らかとなりました。

70年の秋にこの報告が農民や農学者もまじえて開かれ、窒素肥料の使用をへらせば最も損失を受けるはずの農民たちが、水道水の汚染について深い関心を示し、健康的な水を保障することと、彼らの生計をたてることとの矛盾を解決するための提案について考慮する用意のあることを示しました。それはまず、肥料の使用を調整するための条令となりました。

湖の汚染

最後はエリー湖の水です。変化は魚の漁獲にあらわれました。今世紀始めには、それまで年間100万ポンド獲れていた高価なチョウザメがほとんど姿を消しました。64年には400ポンドしか獲れていません。また20年には数百ポンドの漁獲があった河マスもほとんど姿を消しました。30年代には、かつてエリー湖の全漁獲量の半分をしめていたシスコ（マスに似た淡水魚）の産額は1400万ポンドから76万4千ポンドに低下し、以降回復していません。ソーガー・パイク（カマス的一种）の漁獲量も40年になると急に減少して60年代半ばに完全に姿を消しました。青カマスも同じ運命をたどりしました。

漁獲量全体はこの間変わっていませんが高価な魚が減って安い魚が増えたのです。エリー湖の魚種が入れ替わってしまったのです。

このような魚種の変化を解く鍵は湖底の溶存酸素量の減少にありました。53年の夏、生物学者たちは風が吹かなかった日が続いたあと、通常なら5ppmの飽和濃度を示す酸素が、底層水にわずか1ppm以下になっていることを知りました。そして、この状態が数日間続いたため、一平方メートル当たり300~500匹を数えたかげろうの幼虫が全滅していたことが判明したのです。この時以来、次の年に幼虫は再び一寸の間だけ増えたが、その後は姿を消してしまい、夏の終わりになってもかげろうの舞が見られなくなったのです。

かげろうの代わりに、酸素が少なくても平気な赤むしや豆しじみが増えはじめました。最初の頃赤むしは、汚染された河川のすぐ近くだけでしたが、61年になると、岸から離れたところにも住みつくようになりました。

はじめのきっかけは、夏の間の短期の無風状態でしたが、それが引き金となって、生物相の永久的な変化をもたらしたのです。

この変化の直接の原因は酸素不足でした。ではこの酸欠はどのようにして起こるのでしょうか。有機物がバクテリアによって分解される場合、酸素が必要です。下水処理場で行われている活性汚泥法による水の浄化は、下水に空気を吹き込むことによって、好気性バクテリアの活動を活発にし、下水中に含まれている有機物の分解を早めるものです。この処理によって下水中の有機物は硝酸塩とリン酸塩になります。

さて、エリー湖に流入する有機性排水が分解して無機性物質に変わるのに必要な酸素は年々1億8千万ポンドを推定されました。一方、64年の夏に起きた酸素欠乏のケースからエリー湖全体の酸素不足を計算すると2億7千万ポンドにのぼることがわかりました。双方を比較すると、約1億ポンドの酸素が、別のところで消費されていることが判明しました。

そこで注目されたのが、下水処理場から流れ込む無機性の物質でした。これらはもともと、海に流れていくものと予想されていたのですが、そうはならず、湖水中に残って再び有機物に変えられ、湖水中の生物に重大な結果をおよぼした大量の酸欠の原因となったのです。

これは湖の富栄養化でした。下水処理場からの無機物はそれを栄養源とする藻類を大量発生させました。藻類によって、無機性の硝酸塩やリン酸塩は再び有機物に変えられたのです。そして藻類が死ぬと、これは有機物のまま湖底に沈みます。こうしてエリー湖は無機物を海へと通過させる通路ではなく、無機物を有機物に変えてそれを湖底に集める一種の巨大な下水だめとなったのです。

では湖底はどのようになっているのでしょうか。そこでの主役は鉄でした。三価の鉄が湖底に存在すると、これは沈んできた有機物質と不溶性の鉄化合物をつくります。そうすると、湖底の泥の中には底層水中の酸素容量は変化を与えないで、大量の有機質が集積することになります。ところが湖底の水に酸素がないと、三価の鉄が二価の鉄に還元され、この形だと底層中の有機物と結合しないので、その物質が底層水中に溶け出します。三価の鉄がその役割を果たしていた時には湖に変化はあらわれませんでした。その役割が限界となると、予想しえないような変化が現われ、エリー湖の状態は現状から一層悪化してしまうことになるでしょう。

環境危機の原因

四つの具体例を紹介したあと、コモナーはいよいよ環境危機の原因についての考察に移っています。すでに生態圏の概念は明らかにされていましたが、人間がこの生態圏にいかに対応していけるか、という問題が根本です。

コモナーは人間の社会が自己発生的な成長をとげてきたことを認めます。富にしても人口にしても、増大してきたし、科学や技術の発達も自己増殖的でした。ところが自然の生態系の方はどうでしょうか。生態圏は循環するプロセスによって支配されているので、地球と生態圏とは一つのバランスのとれた状態にあります。植物による光合成のように、この循環のなかでたえず再生産されるものもありますが、しかし、今日の人間の文明の土台となっている化石燃料や鉱物資源は消費してしまうと補充はききません。

そこで一つの基本的なパラドックスに到達します。つまり、人間の文明の進化は、一つの環になって相互に関連したプロセスを含み、そのプロセス自身で成長する傾向をも

っています。ところがそこに一つの例外があり、地下資源や生態圏で代表される資源は、文明と一緒に増大してはいきません。こうして文明の進化サイクルのうちの人間に属している成長をつづけるという傾向と、このサイクルの自然の部分もっている限界との不調和が目に見えるようになります。

このパラドックスにコモナーは環境危機の要因を求めます。人類が生存をつづけるためには、自然の部分である生態圏の要求を満たしていかなければならないことは明らかで、環境の破壊が起こっているということは、人類がこのことに失敗していることを示している、というわけです。

例えば地表水を汚してしまったのは、自然にそなわる水の浄化サイクルでは浄化できないほどの汚水を流したからであり、大気汚染も自然の風や雨や雪による浄化能力を超えて汚染物質を排出したからであり、土壌の悪化は、土壌中の腐植が再生産されるよりも速く有機物を作物の形で土壌からとり出したため、それを化学肥料で補おうとしたことによって、地表水の汚染を増大させたのでした。

また、農薬や洗剤、プラスチックのような合成物質による汚染や、鉛や人工放射性物質による汚染は、天然の環境システムにはなかった物質をまきちらすことによる汚染ですが、これらは自然浄化能力によっては分解されず、生態系食物連鎖ののって人間の体内に蓄積されたり、生態系を損傷したりするのでした。

こうして環境の危機の原因は自然の側にあるのではなく、人間の側にあることとなります。

科学技術の限界

そこでコモナーは環境の危機の人間の側の原因をさぐっていきます。まず人口の増加と豊かさを汚染の原因と捉える考え方が検討されます。例えば人口増は生産の増大と結びつきますが、その時効率の悪い工場をも動かさねばならないので、汚染が増加すると言われていますが、コモナーは第二次大戦後人口の増加とともに生産性も増大していることをもって、この見解を退けています。

次に人口増の結果、都市化が進み、人口密度が高くなって汚染が増大する、という考えに対しては、たしかに都市化がもたらす環境への負荷の増大はあるが、他方で、都市起源ではない汚染、肥料、農薬、核廃棄物、産業廃棄物などを説明できないことをもって、この見解をも退けています。そして、国全体の生産の増大は40~50%という人口増と同じペースでしたが、他方汚染レベルは200%で汚染のペースの方におよばないことを指摘しています。

では何が問題なのでしょう。コモナーは農薬や合成洗剤やプラスチックなど天然に存在しない人工化合物が大量に生産され、使用されている点に問題を求め、それは第二次大戦以来の生産技術の全般的な変化によるものだから、環境に対して激しい影響を与えるような生産技術のもつ欠陥に環境危機の原因を求めています。

そこでさらに進んで、環境の破壊をもたらすような誤った技術が利用された社会的要因が追求されます。その際コモナーは社会のなかで科学技術がどのように位置づけられているか、ということをはっきりとすることからはじめています。

それは例えばジャック・エラルのいうように「技術は自律的になってしまったのである。すべての伝統を拒否し、自分の法則のみに従う世界を造りあげ、何にでも手を出すようになった。……文明のすべての要素を支配し、人間自身も技術の力に圧倒されてし

まい、それによって動かされるものになった」(203頁)ということ、コモナーは技術が一種の自己充足的で自律的に発展し、人間が利用を誤っても関知せず、人間の意志では支配できないものと考えられているとまとめています。そして技術を批判する人はこの点に疑問をもち、技術を礼賛する人は人類は技術に順応すべきだ、と主張するわけでは

ず。コモナーはこの技術の自律性への批判を試みています。その方法は、科学技術が「創造的な知能」だとしたら、それがどこで誤りを犯したかを見つけ、その誤りを正していく、というものです。

まず、技術者の視野が狭く、サイクルの一部だけしか考えていないことが批判されます。例えば農業技術でいえば、それは害虫駆除だけに向けられ、自然界で害虫をコントロールしている天敵や野生動物、人間に対して与える影響については無視していました。また合成プラスチックの使用に関しては、それらの利用のみに注意が向けられ、使用後、環境中でこの物質がどうなるかについては誰も気かけませんでした。

だから技術はこの狭い目的に関しては完全に成功したのですが、しかし、その成功が環境を汚染するという生態学的失敗をもたらしたわけですから、技術の目的そのものが誤っていたのです。

生態系はすでに明らかにされているように、管理できる部分に細分することができず、部分部分が相互に関連しあっているところに成り立っています。ところが技術の方はこまぎれ的に利用されています。ここに誤りがあるので、生態系の全体性に技術の方を順応させる必要がある、というのがコモナーの主張です。そのためには近代科学を支配している還元主義的思考の再検討という点にまで批判は進められますが、とりあえず、コモナーの科学技術批判のまとめを次に引用しておきましょう。

「環境の危機の原因は、次のようにその経過をたどることができる。環境破壊は主として、新しい工業技術や農業技術を導入したことによって起こっている。こういった技術は、単一の独立した問題の解決だけを目的としており、天然ではすべての部分が生態学の網目につながっているために、必然的に起こる“副作用”について考慮していないので、生態学的には不完全なものである。

さらに、技術がばらばらに造り上げられていることは、それがもっている科学的基盤を反映している。科学は、複雑なシステムは、ばらばらな成分に分けて初めて理解できるという考え方に支配されて、いくつもの専門分野に分かれているからである。この還元主義者の偏見は、基礎科学を環境破壊のような、実際生活の問題からひきはなす傾向があった。

科学を実際的な問題からひきはなしたために、もう一つの不幸な結果を生みだしている。たいていの人は、科学の専門分野の内容よりも、それが毎日の生活におよぼす実際的な影響の方に興味をもっている。さらに、科学と実際問題とが分離しているために、環境問題の科学的背景について多くの人々がもっている知識が限られがちである。けれども、いかなる環境問題の解決に当たっても、そういった知識を一般の人がもつことは本質的に重要である。というのは、環境問題は、科学的データに依存するのみならず、究極的には、特定の技術が生み出した利益と、それにともなって生じた環境破壊のバランスを、一般市民がどう判定するかにかかっているからである。」(217~8頁)

私的企業体制の問題点

科学技術の批判のうえにたつて、コモナーは最後に生態系に順応した経済をどうつくり出すか、という問題に移っています。この問題に取り組むにはまず、現在の経済が、何故生態系に順応しなかったのかを明らかにすることがせまられます。

コモナーが注目したのは外部不経済論でした。環境の破壊という社会的損失をどのように評価し、これを経済組織の操作によってどのように決済していくか、という問題で、ある経済学者たちは補助金や税金などによって外部経済を内部化し、市場組織は環境保護の費用を容易に調達できると信じています。この場合当然にも経済組織の根本的変革は不必要となります。

このような楽観論に対して、コモナーは、次の事実をあげて反論しています。第1に、戦後導入された新しい技術とそれによる生産性の向上にともなう高い利益率はおおむね環境に対してより強いストレスを与えることと対応していたこと、つまり、著しく汚染を引き起こした新しい技術は汚染を引き起こすことの少ない昔の技術よりも利益率がはるかに大きかったのです。

第2にしかし、この高い利益率をもたらしした新しい技術も、環境問題の上から汚染の制御に取り組むと、生産性が低下することになります。

第3に、生態学的に見て欠陥のある技術によって生じた環境汚染は一定期間は生産者側に有利に働きます。というのも一般の人々が甘受している限り、汚染制御の費用は発生せず、そして、一旦社会問題となった場合、その費用は社会的費用として、結局は一般の人の税に転化されるからです。

第4に、経済価値を生み出す土台となっている自然の生物学的資源、(土壌の肥沃さ、水、大気など)が現実には汚染によってそこなわれて、入手困難になりつつあるにもかかわらず、現在の社会の資本の蓄積様式からすれば、それらの価値は絶えず相対的に低下しつづけてきたことです。つまり、一方で自然を破壊して生産性を向上していながら、他方で希少となった自然自体の経済的価値を逆にますます低下させている、ということが起きています。このシステムでは自然を救えないのです。

第5に、私的企業体制では利益を獲得することが原動力ですから、経済成長がなければ成り立ちません。ところが地球の生態系を開発できる速度には限界があり、生態系に固有な循環速度を越えると生態系は破滅します。だから無成長ということが生態系との順応の条件となりますが、これは私的企業体制にはなじめない条件です。

第6に、例えば生態学的意味で比較的循環速度の遅い生態系に基盤をおいた企業が、環境を破壊しないで操業するとすれば、必然的に経済的には最低収益となります。このような企業は社会的には価値をもっていますが、利益を最大にしようとする私的企業の傾向からすれば生きながらえるのは無理であり、補助金などの支えを必要とするでしょう。これは私的企業体制への批判であり、否定です。

以上の諸点をあげたうえで、コモナーは、生態系にあらわれた危機は同時に経済体制に生じた危機の徴候であると見ています。というのも、現存の私的企業は成長し続けなければなりません。しかしながらその基盤となる生態系を無制限に使うことは無理だからです。さらに汚染の問題を解決しようとする市場による資源配分だけではどうしようもなく、環境破壊を修復する社会的費用をどうするかで紛争がおきるからです。私的企業とそれの基盤となっている生態系との間には重大な不一致があるのです。

生態系に順応した経済システム

コモナーは、生態系と順応した経済システムへと現行の経済システムを変革することを目指し、まず生態系の要求する命令に従った工業や農業や運輸のシステムを描いています。

- ① 土壌に直接、下水や家庭廃棄物を還元するシステム。
- ② 多くの合成資材の代わりに天然物を用いること。
- ③ 土地の耕作面積を小さくして、施肥によって単位面積当たりの収量を増大させようとする現在の方法を逆転すること。
- ④ できるだけ早く合成農業を生物農業に替えること。
- ⑤ 電力を消費する産業はやめる方向にもってゆくこと。
- ⑥ 低温で燃焼し燃料効率が最大になり、しかも、土地使用が最小面積ですむ陸上交通の開発。
- ⑦ 燃焼や精錬あるいは化学的操業からの廃棄物は、本質的には完全に隔離したり再生産すること。
- ⑧ すべての再生可能な金属、ガラス、紙製品などを本質的に完全に再循環させること。
- ⑨ 都市区域を含めた土地利用における、生態学的健全さを維持すること。

現行の科学技術をここに述べられたような生態系の要求する命令に従った技術に替えていくための費用をどうするのか、ということについては、コモナーは、それを、生態系に高い負荷を与えて異常に高い利益率を享受してきた企業に課すべきだとしています。

そして、設備を新しい技術にとりかえるための費用は約6千億ドルで、これは1946年から68年の間にアメリカの資本家が設備に投資した費用1兆ドルの6割に当たります。この他、生態系に与えた損害を修復する費用として数千億ドルが必要でしょう。この巨額な費用を一時に支払うのは不可能ですが、20年かけるとすれば年400億ドルで、この額は年間GNPが8千億ドルであることに照らせば不可能ではありません。

コモナーにとっての新しい経済体制をどのようにして作り出すか、ということについては明らかではありません。というより、この問題について熟考しているとは思えません。というのも、彼にとって生態学的危機は自明のものであり、そしてこれに順応できる経済システムの構想も立案可能なものですから、ただ実行あるのみだ、ということになっているのです。

もちろん、コモナーはこの実行が容易に可能だとは考えていません。彼の計画のポイントは社会の生産能力を社会的立場から合理的に使用しようとするところにあり、これは現行の私的取引に基礎をおき、私的利益を追求することで、市場による資源配分を実現していくというシステムの変革を必要とするからです。しかもこの経済的変革は、政治的変革をもともなうでしょう。

このように困難な問題をかかえてはいますが、コモナーのこの時点での提起は、まず生態系に順応した経済システムをつくり出すことから始めよう、というものでした。そして、環境の危機を解決する具体的プランを作り出すことでした。

C. 『生態系としての地球』より、自然界の物質循環

水の性質

生物圏で桁外れに豊富な物質は、水とよばれるあるふれた、しかし特異な無機化合物です。地球の海洋、万年雪、氷河、湖、川、土壌、大気の中にはさまざまな形で15億立方キロメートルの水が含まれています。

しかし、人間にとっての資源としての水は真水であって利用可能なものでなければなりませんから、資源としての水は極端に少なくなります。さらに、湖、川、地下水の汚染が進み、今や水は希少な資源となりました。

水の物理的、化学的特徴は生物にとって都合のよいものですが、それというのも、生物はそもそも水の中で誕生し、水に順応することで生きてこられたからです。簡単に水の特徴をあげましょう。

生命に最適な温度範囲では水は液体ですが、季節によっては液体の水が固体の水と気体の水と平衡状態になります。湖水の表面に氷が出来、その空中には水蒸気がある、というのはその一つの例です。

凍結は水の表面ではじまり、下方へ進行します。これは水が冷えていくと、他の液体と同様に液体の水も体積が収縮しますがそれも4℃までで、それから凝固点までは逆に水は膨張します。その結果冷やされた冷たい水が温かい水の上に浮くこととなります。また氷の密度は水より小さく、水は凍結して氷になると水面に浮きます。水に底から上ではなく、表面から下へ凝固していく性質があることは生物にとって非常に有利です。

水のもつ熱についてですが、液体のなかで比熱が最大で、温度が上昇するとき多くの熱エネルギーを貯えます。また水が蒸発するときに必要な熱（潜熱）も液体の中で最大で、1gの水を蒸発させるのに585カロリーを必要とします。そして水銀を除けば液体のなかで熱伝導度は水が最大です。これは生物にとってどのような意義をもっているのでしょうか。大気圏の主要なエネルギー源は水の蒸発の潜熱ですが、周囲が太陽光線で急に暖まっても、比熱が大きいため水の温度上昇はほかの物質に比べて緩慢です。その逆に、夜になって周囲が冷えたとき水はエネルギーを放出しますが、その温度の下降は緩慢です。そのため海や湖の水の温度変化は陸上の温度変化とは全く違いますし、とくに土壌にも水が含まれているため土壌の温度変化も陸上よりは緩慢となり、植物にとっては有利です。

水は多くの物質を溶かします。また溶解された物質は溶解したままでいようとしますが、それは水の誘電率が物質中最大であるからです。誘電率とは他の物質をイオン化する作用で、この力が他の物質を溶解させます。地球上で液体状の水は純粋ではなく、色々な物質を溶解させている結果、水の水素イオン濃度に差が出ることとなります。これは水の酸とアルカリ度を示すPHで表せますが、植物が成育できる土壌に含まれる水のPHは6を中心に2ないし3ずれる程度です。海洋生物にたいする許容範囲はもっとせまく、沿岸の水のPHは約9、海洋全体での平均は8をやや越す程度で、PH7.5以下になると海洋生物の多くは死んでしまいます。PH7以下では炭酸塩（アルカリ性）は溶解した状態となり、骨格形成が不可能となるからです。

水の表面張力は液体のなかで最大です。液体として土壌のなかに最も多く含まれるのは水ですが、それは水のこの性質によっています。これは植物の生長にとって有利であるとともに、植物の組織も水の表面張力を利用して水を体内に運んでいるのです。また、表面張力の方で岩石のすきまに侵入した水は凍結したとき体積を増大させ、岩石をくだき、それを土壌にしていく働きをします。土壌の場合は霜が降り、土壌を耕作します。

光合成と炭酸ガス

生物圏は、静的な無機的環境のなかで発展してきたのではなく、むしろ生物が大気、海、また陸と海底の表面などの組織をしだいに変えながら、生命の存在しなかった原始的地球を根底から変えました。この意味で生物圏の炭素の循環の研究は、生物をそれを取りまく物理化学的環境との間の全地球的相互作用を研究することになります。

原始地球をつくりかえた有機化の原動力は光合成でした。だが植物は光合成によって有機化合物をつくるだけではありません。植物が生長するためには一連の化学反応と成分置換とが必要で、そのためにはエネルギーが必要です。そのエネルギーは周囲の水や空気から得た酸素で光合成により貯えられたエネルギーを解き放つ反応を通して補給されます。この過程は呼吸作用で、酸素を吸収し、二酸化炭素が排出されます。

森林のなかのさまざまな高度で二酸化炭素の量を測定すると、24時間周期で濃度が顕著に変化することがわかります。大気中の二酸化炭素の平均濃度はおよそ320ppmですが、太陽がのぼり光合成が開始されると葉の部分で二酸化炭素が有機化合物に変えられ、二酸化炭素の濃度は急激に低下します。正午にかけて気温が上昇し、湿度が低下すると呼吸作用の率が高まり、二酸化炭素の消費は差し引きすると徐々に低下してきます。正午ごろ、木の頂部で二酸化炭素の量は一日の平均値よりも10~15ppm低くなり、最低に達します。日没とともに光合成は止まりますが、呼吸作用は続き、その結果地表ちかくの二酸化炭素濃度は400ppmを超えるようになります。このような高い値は一部は土壌中の有機物の分解によって二酸化炭素が放出されたためであり、もう一つは、夜間は対流を起こす太陽熱がないため、地表付近の大気が停滞する傾向があるためです。

二酸化炭素の総生産高、つまりその固定率は植生によって大きな違いがあります。成長速度の大きい熱帯降雨林では1m²当たり年間1~2kgの炭素が固定されます。この量は同じ広さで大気圏のはしまで伸びる空気の柱に含まれる二酸化炭素の量にほぼ等しいものです。これに反して北極のツンドラ地帯や砂漠の荒地のようなところでは、熱帯降雨林のわずか1%しか固定されません。中緯度地帯の森林や農耕地では1m²当たり0.2~0.4kg固定されます。地球全体として見ると、生産性の高い地域はわずかしがなく、地球の陸地全体で年間200~300億トンの炭素が固定されると推計されている

海で植物性プランクトンによって1年間に二酸化炭素の形で消費される炭素の量は約400億トンで、これは陸上の植物による総同化量とほぼ同じです。消費される二酸化炭素も放出される酸素もともに大部分は海面に近いところに溶けた気体として存在しています。したがって海での炭素循環は自己完結していると思えます。というのも放出された酸素は海中の動物により消費され、海中動物は死後分解されて二酸化炭素が海水中に放出されるからです。

炭素の循環

地球表面もしくは近傍に存在する莫大な量の炭素（約 20×10^{16} トン）のうちの1%のさらに20~30分の一が大気圏、水圏、地殻の表層、生体を含む生物圏のなかの回転の早い循環に関係しているだけです。表面近くの炭素の大部分は無機の沈殿物（主として炭酸塩）と有機の沈殿物（主として油母頁岩、石灰、石油）から成り立っていて、今日の量に達するのに数億年かかっています。

1850年頃から人類は大量の化石燃料を燃やし、何百万年前の光合成によって固定された炭素を大気中にもどすということを深い考えもなしにやりはじめました。今日では毎年50~60億トンの化石炭素が大気中に放出されていて、この量は陸上の植物が固定する炭素量の1/4の規模に達しています。この結果、この一世紀間に大気中の二酸化炭素量は290ppmから320ppmへと上昇し、そのうち1/5はこの10年間に生じています。この増加量全体は化石燃料から放出された二酸化炭素（全体で約2000億トン）の1/3強にしか当たらず、残りの2/3のほとんどは海洋に入ったと推定されています。

ところで人類の化石燃料消費が大気中の二酸化炭素含有量を変えるようになる直前までは、二酸化炭素の循環は安定していました。大気中の二酸化炭素の量は基本的には海に溶けている二酸化炭素の分圧によって決定されます。10万年という単位で見ると、陸地から溶け出した炭酸カルシウムによって、海中の二酸化炭素の量は増加するはずでしたが、同時に逆の作用である海洋中の炭酸塩の沈降と堆積によって海中の二酸化炭素の量は減少し、二つの作用は打ち消し合っていました。

だが人類が大気中の炭酸ガスの増大という攪乱要因をもち込んだ現在、地球温暖化という直接の結果だけでなく、海洋での炭素循環のバランスにどのような影響を与え、ひいてはそれが生物圏にどのような環境変化をもたらすかは予想もつきません。確実なことは地球規模での炭素循環の平衡を人類が制御することは出来ない、ということだけです。

窒素の循環

大気の79%は窒素ですが、ほとんどの生物はそれを利用することができません。窒素は不活性な気体で、わずかな生物のみがこれを化合物にする能力をもっています。これらの生物によって固定された窒素が、他の動植物に利用されます。

他方自然界には窒素化合物を分解して大気中に窒素ガスを放出する脱窒素菌がいて、人類が空気中の窒素を工業的に固定して合成肥料を生産したり、またマメ化植物を大量に栽培したりするようになる前までは、窒素の固定によって大気中から取り込まれる窒素の量と脱窒によって大気中にもどされる窒素の量とはほぼ平衡していました。

ところが肥料工業が発達した結果、自然環境に対する人間の干渉のなかで、窒素の固定に占める人工窒素化合物の割合が最も大きいものとなってしまいました。すでに1970年の時点で、世界の工業的固定窒素生産量は年間3000万トンに達しましたが、他方で生物による年間窒素固定量は5400万トンにすぎません。また脱窒素菌による大気中への窒素の放出は8300万トンですから900万トンの窒素が化合物の形で残り窒素の循環に重大な不均衡をもたらしています。

窒素の循環の小さなサイクルは生物の食物連鎖によるもので、まず菌によって固定されたアンモニアなりアンモニウムイオンが土壌中にあらわれると植物の根から吸収され、アミノ酸に組み込まれ、蛋白質となります。この植物が動物に食べられるとその窒素は

新しい蛋白質のなかに組み込まれます。動物や植物の死骸は腐植により、アンモニアに変わり、再び植物に利用され、同じ循環に入るか、脱窒素菌によって空中へと放出されて循環から脱出するか、いずれかの道をたどります。

他方窒素の循環の大きいサイクルでは大気中のイオン化現象によって固定される窒素が降雨によって地上にもたらされ、また地殻中の火成岩の風化からも窒素がつねに供給されます。ところが生物圏の小さな循環からは、大気中の窒素の固定が行われると共に、脱窒素菌により大気中に放出される窒素があり、その他に堆積岩中へ失われていく窒素もあります。

このバランスがくずれるとどうなるでしょうか。一つ予想されることは、海洋に硝酸塩が加えられる結果、海水がいまよりも酸性になり、海洋生物をほろぼすとともに、海洋中の石灰岩から二酸化炭素が発生しはじめることです。窒素廃棄物は川や湖に入れば富栄養化をもたらして川や湖を死滅させ、海に入れば赤潮の原因になります。窒素廃棄物をどう処理するかも大きな問題となっています。

(お願い)

水の循環、酸素の循環、エネルギーの循環について述べた適当なテキストがみつけないでいます。御教示下さい。

あとがき

昨年9月から、毛孔性紅色粗糠疹という変わった皮膚障害にかかり、年が明けてもまだ体調はもどっていません。昨年は親しかったY君がガンで亡くなったり、その他の友人たちも手術したりで、私たちの年代の人間にはどこかに障害が現れる、ということを実感しています。そこで自分の病気について、報告しておこうという気になりました。

毛孔性紅色粗糠疹とは、診てもらった皮膚科の医師の話では、年に1回診るかどうかの珍しい病気で、一時押さえの特効薬はあるが、根治させるものではなく、特有の皮膚の症状が2~3年続いたあと、原因もわからずに治っていく、ということでした。

ピークの時の症状は手の平と足の土踏まずの部分が発赤し、皮膚がウロコのように角質化し、ドンドンハゲおちていきます。顔も角質化し、白い割れ目ができてウロコのようになり、目の表情がなくなって、面をかぶったようになります。頭はフケが1mm程たまって真っ白になり、所々の毛根にはカサブタのようにかたまり、無理にとると脱毛してしまいます。首から上半身にかけては発赤し、毛根を中心に角化性丘疹ができ、ザラザラとなります。両腕も同様で、全身からおちる皮膚のクズで周囲はすぐ真っ白になってしまいます。

幸い、かゆみ、痛みは大したことがなかったのですが、うっとしく、気分がすぐれなくて、これが2~3年も続いたらタマらないというのが正直なところでした。

症状の進行は9月初め、手の指と指との間のつけ根のところから発疹ができて、皮がむけはじめ、同時に唇が黒くなり、顔も赤くなり、皮膚がウロコ状になり始め、また手の平に直径1mm位の赤い発疹が20個位、正三角形の形で出てきました。

これはヤバイということで1日絶食し、以降節制したのですが、以降も症状はどんど

ん進行し、9月下旬にはピーク時の症状になりました。

皮膚科には9月27日にかかり、生検をして診断は1週間後に下りたのですが、最初の診察のときに、多分、この病気だと言われていたので、とりあえず知り合いの勤めている漢方薬局から漢方薬を処方してもらい、10月上旬に断食をして治そうと決めました。

10月9日から4日間水だけの断食をしましたが、復食を始めても一向によくならず、大変でしたが、断食後10日すぎた22日になってやっと好転のきざしが見えてきました。症状がピークになってから、ずっと手袋をしていましたが、25日には手袋もはずせるようになり、顔と手はきれいになってきました。以降年末までに徐々によくなってきましたが、1月20日現在、背中にまだ毛孔一致性角化性丘疹が残り、すこしかゆみがある他、顔面にも若干のつぶり感が残っています。

私の体験からすれば、4日も断食したあとは、体調が絶好調になるはずですが、今回はずっと低空飛行で、やはり、根治していないと実感しています。医師の話では、生命にはかわらないということでしたが、自己と世界との境界である皮膚が不安定になる、ということが意識に与える影響は相当なもので、この間集中力がなくなり、著作の続きには手をつけられませんでした。

ずっと漢方薬を飲んでいるので、(漢方薬も効きました)その副作用かも知れないと思いつつも、やはり、発病に象徴されているのは身体の生理的機能の低下によるものかと思われまます。

この病気の原因はわからない、ということですが、私にとって面白いと思ったのは、活性酸素(フリーラジカル)説でした。これは最近よく聞くものですが、要は、身体の中でつくられる活性酸素(これは善悪両方の役割をする)を制御するシステムが年をとるとともに弱ってきて、体内で活性酸素が悪者として働き出し、これが老化や成人病の原因だ、という説です。

私の場合、身体の免疫作用の狂いで、健康な皮膚を外敵とみなして、活性酸素で攻撃している、ということになるのでしょうか。もしそうなら、ついでにガン細胞をも攻撃しておいておくれれば都合がよいのですが。

年末にひいた風邪が長引き歯肉炎になり、歯の神経がいたみはじめたので、歯科医に行き、抗生物質と消炎剤を投与されました。不思議にこの効き目はすばらしく、頭の方もやすっきりしてきました。年をとると風邪から肺炎になりやすいのですが、自分もその年頃になったのか、という思いと、抗生物質の効き目の再認識で、若干複雑な心境です。

もうすこし暖かくなれば、もう一度断食をして、このやっかいな病気と手を切りたいと考えています。皆様もくれぐれも身体には注意して下さい。