汚染問題の地学的背景

片 山 信 夫*

The Geoscientific Background of Pollution Problems

By

Nobuo KATAYAMA

Abstract

To elucidate the actual state of cadmium pollution, we should solve some problems in advance, such as the analytical method that will enable us to measure the background contents of cadmium in surface waters, the concentration mechanism of zinc and cadmium in the soil of paddy field, and the physiological behaviour of cadmium in *Graminae* or especially in *Oryza sativa* L.. Material balance-sheet may be applied to the area in question, to find a clue to pollution problems not only of cadmium but also of other materials.

In some cases, it takes time for polluting material to accumulate, as has been revealed with the accumulation of strontium 90 after experiments of nuclear bombs in the stratosphere. In such cases, the accumulation will be still increased after the cessation of the cause of pollution. The increase of carbon dioxide contents in the atmosphere, though it has only a potential harm at present, brings out another question. Is it possible for mankind to stop the use of fossil fuels, the cause of the carbon dioxide increase?

From the geoscientific point of view, those pollution problems occupy but a small part of the results from spoiling the harmony of nature by mankind. In soils of cultivated area, natural harmony of material balance has been destroyed, but still there is some possibility to recover it. As to the mineral resources, we have excavated so much metals and fossil fuels that it is impossible for us to recover the natural balance with them. We should establish a new harmony which is not natural but fully controlled by us, and that will contribute to the eradication of pollution problems. Some ideas concerning the foundation of man-controlled harmony are presented.

近ごろ公害がやかましく叫ばれているが、一般に公害と呼んでいるものの中には、かなり異質なものも同居しているようである。たとえば、ジェット機の騒音や鶏小屋の臭気も、カドミウムの汚染と同じように公害と呼ばれている。しかし、騒音や臭気は、その源が明白であり、被害者との関係も直接的である。それに対し、汚染の場合は、複雑な過程や時間的な要素が介在していて、全体として地学的見地からの検討を必要とするものが多い。しかも、公害としてとり上げられている汚染問題は、もつと大きな地学的現象の中の氷山の一角に過ぎないと考えられる。そこで、この汚染問題について、その地学的背景を論じてみようと思う。

---

* 九州大学理学部地質学教室

I. 一例としてのカドミウム汚染

典型的な公害問題の一例として、カドミウム汚染について考察してみよう。カドミウムが煙塵として風によつて運搬される場合もあるが、ここでは主として水溶液の形で河川水に加わる場合をとり上げることにする。汚染経路を模式化してみれば、第1図のとおりである。まず汚染源よりも上流では、その地域でのバックグラウンドに相当する程度のカドミウムをとかしている水が流れている。汚染源からの水が加わ

第1図 汚染経路の模式図

ると、水量と濃度の割合に応じて、カドミウム濃度が高くなった汚染水が流れる。その流路が長ければ、途中で一部が分水されたり、あるいはカドミウムの一部が沈んで分離されたりする。また支流からはバックグラウンド程度のカドミウム濃度の水が合流して、汚染水の濃度をうすめる。それが灌漑用水として水田に導入されると、カドミウムの一部はイネに吸収され、一部は沈んで水田土壌に加わり、残部は排水中に含まれて流れ去る。これらの過程についての問題点を拾ってみれば、以下のとおりである。

1. バックグラウンド

一般の河川水中にとけているカドミウムの量は非常に少ないので、基準になるような資料はない。有機溶媒による抽出後、原子吸光分析を行なう方法による検出限界は $\text{Cd } 0.1\text{ppb}(10^{-9})$ であるが、この検出限界以下のことが多い。しかし、なかには 1ppb を越える値を示すものもある。バックグラウンドの含有率はどんなに低くとも、水量からいえば汚染源の水量よりはるかに大きいのが普通であるから、カドミウムの全量を問題とする場合には無視できない。そこ

で、このような微量のカドミウムの分析法を開発することが一つの課題となる。もちろん、少数の試料を時間と手数をいわずに分析するのであれば、現在でも方法はあるけれども、汚染問題などのときには、多数の試料をなるべく短時間で分析する必要があるわけである。

2. 亜鉛・カドミウムの溶解と沈でん

亜鉛とカドミウムとは、同族の元素の中でも特に親密な間柄で、第1表で明らかなように、種々の岩石・海水・鉱石などを通じてその存在比 $\text{Zn}:\text{Cd}$ の値は、だいたい似た値を保っている。このことは、自然の循環の過程で、亜鉛からカドミウムが分離する機会がほとんどないことを暗示しており、実際カドミウム独自の鉱物としては、リュウカドミウム鉱 (CdS) と Otavite (CdCO_3) などがあるだけである。

リュウカドミウム鉱は、センアエン鉱が分解したあとにできる二次鉱物で痕跡程度の S^{2-} イオンが存在する場合でも沈でんする。 25°C における溶解度積は、 CdS が 1×10^{-29} であるのに対し、 ZnS は 8×10^{-26} であつて、痕跡の S^{2-} が存在すれば、まず CdS が沈でんするのである。しかし、 ZnS も硫化鉄よりはるかに溶けにくいので、硫化水素が発生するような環境では、完全に沈でんしてしまう。

第1表 $\text{Zn}:\text{Cd}$ の値

	$\text{Zn}:\text{Cd}$	備 考
火 成 岩	600~700	Vinogradov ⁵⁾ の値から計算
ケツ岩類	300	"
センアエン鉱	320	Gabrielson ¹⁾ による
海 水	約300	Mason ³⁾ の値から計算
地 殻	325	Mason ²⁾ の値から計算

亜鉛もカドミウムも一般の重金属と同様に、酸性の水にはよく溶解するが、中性に近づくとき水酸化物として沈でんし始める。この場合、25°Cでの溶解度積は、 $\text{Zn}(\text{OH})_2$ で 4.5×10^{-17} 、 $\text{Cd}(\text{OH})_2$ で 2.3×10^{-14} であるから、カドミウムの方がはるかに溶けやすい。弱アルカリ性領域での飽和溶液における金属イオン濃度をグラフで示せば第2図のとおりである。一般に廃液を放流するときは、石灰で中和していることが多いが、亜鉛の場合は pH 9 すでに 10^{-5} g/l すなわち 10^{-8} 台に濃度が落ちて、バックグラウンドに近くなるので、その効果があると考えられる。しかし、カドミウムの場合は、pH を 10 にまで上げて、なお 10^{-4} g/l すなわち 10^{-7} 台の濃度以下に押さえることができない。結局アルカリ性にするることによって Zn: Cd の値が小さくなる可能性がある。もちろん、人工的な処理工程を経た排水には、他に種々の溶存物質があるので、それらの影響も考慮に入れなければならない。

第2図 金属水酸化物の飽和溶液における金属イオン濃度と pH との関係

3. 水田土壌

水田の土壌は特別な人工土壌とみなされる。水田に水を張つたときは、停滞水に蔽われたことになり、還元環境となつて有機物の不完全分解による硫化水素が発生する。硫酸などの硫酸塩肥料を用いた場合には、イオウ還元バクテリアのはたらきで、硫化水素の発生は一段と活潑になる。そのためにイネの根がくされて秋落ちを招くのであるが、もし水田土壌中に鉄分が充分あれば、硫化鉄が生成して硫化水素の害は除かれる。灌漑用水中に亜鉛やカドミウムが含まれておれば、 ZnS や CdS は前述のように硫化鉄よりもはるかに溶けにくいので、ほとんど完全に沈でんしてしまうであろう。

水田の裏作として畑作を行なう場合は、半年間硫化物が蓄積された後に、半年間の酸化溶脱期が続くので、総合的な効果を簡単に推定することはできないが、単作地帯では硫化物が蓄積される効果が優越していると判断してよいであろう。水田土壌中の亜鉛やカドミウムが硫化物の形で存在するとすれば、それは植物によつて吸収されにくいであろうから、イネの中の亜鉛やカドミウムは灌漑用水から直接吸収されたものと思われる。その直接の証拠はまだ明らかでないが、水田土壌中の Zn: Cd の値が、その水田でとれた玄米中の Zn: Cd の値の数倍になっている実例があることは注目に値する。

4. イネによるカドミウムの吸収

亜鉛が植物にとって不可欠の元素であることは周知のとおりであるが、カドミウムについては、まだはつきりしたことはわかっていない。ただ、イネ科の植物がカドミウムに対して異常な反応を示すことは、すでに1934年に SCHARRER と SCHROPP⁴⁾ が発表した水耕法による研究結果に明らかである。イネが試

験されていないのは残念であるが、オオムギ、コムギ、カラスムギ、ライムギ、トウモロコシなどがすべて同様な結果を与えているので、イネ科に共通の特性と考えられる。それは、Cd の濃度が 10^{-7} のあたりで、いちばん増収になることで、それより低い 10^{-9} くらいになるとやや有害の傾向が現われ、 10^{-2} 以上の濃度では非常に有害である。自然水ではもちろんのこと、汚染水でも 10^{-7} の濃度には達しないのが普通であるから、普通の状態ではイネはむしろ Cd の濃度が高くなることを喜ぶのではないかと想像される。

汚染で問題になった玄米中の Zn: Cd の値も異常である。平均45くらいを示すものがあり、第1表に掲げた値と比較すると、カドミウムが亜鉛に比して異常に濃集していることがわかる。これには、三つの可能な過程が考えられる。第一には、灌漑用水中の Zn: Cd の値が45に近い値になっていて、イネは Zn と Cd とを同じ割合いで吸収した場合であるが、そうだとすると水田土壌中の Zn: Cd の値が大きいことの説明が困難である。第二には、灌漑用水中の Zn: Cd の値は、もう少し大きかったが、イネの選択的吸収によつて Cd の割合が増し、残りが硫化物となつて水田土壌中に加つたため、こちらは Zn: Cd の値が比較的大きくなったとする考えである。第三には、土壌中の硫化物をイネが何らかの方法で分解溶解して吸収し、その際 Cd の方を選択的に多く吸収したとする考えであるが、これには硫化物の分解吸収の可能性をたしかめる必要がある。

もし第一の過程の可能性がないとすれば、カドミウムが必需元素である亜鉛よりも大きい割合いでイネに吸収されたことになる。そうだとすれば、カドミウムがイネの中でどのような生理的役割りを果しているのかが重要な問題になる。

5. 物質収支の吟味

このように未解決の問題を多く残したまま、カドミウムの汚染問題にとり組むには、まず物質収支を正確に捕えて、大きな見落しのないようにすることが肝心である。一つの水系についてのカドミウムの収支対照表は、次のようにして作ることができそうである。各支流の合流点ごとに、支流の流量と Cd 濃度 (g/l) とを測定し、その積をカドミウムの収入として計上する。また各分流またはカドミウムの沈でんや吸収の起る場所ごとに、流量と濃度または沈でんや吸収により単位時間に失われる Cd 量を測定して、これを支出として計上する。最後に本流のいちばん上流での流量と Cd 濃度の積を収入に、本流のいちばん下流でのそれを支出に計上すれば、この収支対照表はつり合っているはずである。もし大きな食い違いがあれば、見落としがあるのだから、さらに区間を区切つて同じ操作を試み、見落としの起っている区域を追及することができる。

以上の収支の吟味は、流量や濃度がほぼ一定である場合に限り有効である。流量や濃度にかんがりの変動がある場合は、同時観測を多数回くり返して、時間的経過を考慮に入れた収支の吟味をしなければならない。実際に汚染源の濃度などは、かなりの変動の幅があるので、時間間隔を適切にとつた同時観測のくり返しが必要である。

水田については、イネによる吸収の実態を明らかにするために、1枚の水田を単位とした物質収支の吟味が必要である。まず取水口の流入量と Zn および Cd の濃度を測定し、他方で排水口で同じ測定を行い、両者の差に相当する Zn と Cd が、イネおよび水田土壌に配分されたものとして、イネの全植物体および水田土壌中の Zn と Cd の量の分析結果と調和するかどうかを吟味すればよい。カドミウムの濃度がすでに高くなっている土壌では、結果の判定がむづかしいから、土壌を入れかえて試験する必要がある。また、対照として汚染の影響はないが分析にかかる程度のカドミウムを含んだ水系について、同様な実験をしてみる必要がある。

また物質収支のための測定のすべてを通じて、なるべく Zn も同時に測定すべきである。Zn: Cd の値に異常があれば、その原因を追及することによつて問題点を明確にすることができるであろう。

II. 一般の微量成分による汚染

以上はカドミウムの場合を例として考察したわけであるが、一般の微量成分についてもほぼ同様な問題点を指摘することができる。まず第一には、微量濃度の多数の試料を迅速正確に分析定量する方法の確立である。次には、それを用いて、汚染のない天然の状態での微量元素の挙動を把握することである。そして物質収支の吟味から、汚染経路や汚染の程度を正確に押さえることである。また、カドミウムの場合には、たまたまいネ科のような高等植物が問題となつたが、多くの微量成分では、微生物の作用が無視できない場合が出てくるであろうから、生理的な基礎研究も欠くことができないであろう。

これらの微量成分のあるものは、たとえばシャン化カリのように、速効的な毒性を示すものもあるが、そのような例はむしろ少く、また汚染の経路も明らかにしやすい。他の多くの場合には、蓄積によつてはじめて有害になる。その蓄積が、食用植物によつてであるか、食用動物によつてであるか、無機的な過程によつてであるか、あるいは段階的に濃集したものか、いずれにせよ蓄積には時間がかかる。その時間が長い場合には、汚染の原因をとり除いた後でも、なお蓄積が進むようなことになる。次に述べる放射性ストロンチウム汚染に関して、それがはつきりと観測された。

III. ストロンチウム90の蓄積

成層圏で核爆発実験が行なわれると、その実験が行なわれた場所がどこであつても、結局は寒帯前線帯の影響下にある地帯、すなわち世界の文化の中心地帯がいちばん ^{90}Sr の汚染を受けることがわかつた。そこで各国の共同研究を積み重ねた結果、 ^{90}Sr の汚染経路が次のようなものであることが判明した。

まず、成層圏に分散した ^{90}Sr はエアロゾル（平均半径 $0.02\sim 0.05\mu$ ）の形になつていて、なかなか沈降しないばかりでなく、圏界面の上下の大気はなかなかまじり合わないので、長期にわたり成層圏の下部に滞留することになる。その平均滞留期間は1~2年と測定された。これは ^{90}Sr の半減期27.7年よりはるかに短いので、その間に放射崩壊により減少する割合はわずかである。したがつて毎年1回くらいの割合いで核爆発をくり返していると、成層圏下部の ^{90}Sr の濃度はしだいに上昇する一方であることがわかつた。

この ^{90}Sr は、中緯度の上空にある強い西風、ジェットに伴ううず巻き込まれて、少しづつ対流圏に入り、雨滴に包有されて地表に降下するが、ジェットの付近には寒帯前線帯があるので、この付近でもっとも多く降下することになる。

核爆発を中止してからも、最初の1~2年間は、成層圏下部の ^{90}Sr の量は増加しつづけた。また地表の汚染は、それ以上の長い期間に亘つて増加しつづけるであろう。この ^{90}Sr の場合は、比較的早期に気が付いて、国際的な核爆発規制に踏み切れたので、大事に至らなかつたが、蓄積にかなりの時間がかかる。この種の汚染では、手おくれになると大変である。気が付いて汚染源を断絶させても、蓄積は依然として進行し、ついに許容限度を越してしまうこともあり得るからである。

IV. 炭酸ガスの蓄積

蓄積がかなり進行していても、はつきりとした有害性が現われなければ、公害問題としては浮んでこない。しかし、それは潜在的な公害問題として、また前述のように気が付いたときには制御がきかない状態になつてしまつている可能性がある問題として、一種の無気味さを持つている。その典型的な例は、大気中の炭酸ガスの蓄積に見出される。

大気中の炭酸ガスの量は、局地的な変動の幅がかなり大きいので、充分な考慮を払つた試料の分析結果でないと信頼性が薄い。

信頼性の高いデータを基にして CALLENDAR が平均の傾向を求めた結果、大気中の CO_2 濃度は今世紀

に入ってから上昇を続け、半世紀間に約40ppm 増していることがわかった。一方、人類が化石燃料を燃やすために発生する炭酸ガスが、全量そのまま大気中に蓄積された場合を計算すると、約10年おくれで実際の濃度が同様な上昇を続けている形になる。この10年のおくれは、海水や植物による緩衝作用の効果であろう。

大気中の炭酸ガスの蓄積は、まだ公害問題としてはとり上げられていない。しかし、たとえば放射性炭素による年代測定に関しては、すでに障害を起している。化石燃料中の炭素には、 ^{14}C がまったく消滅してしまっているから、化石燃料源の炭素が大量に大気中に加わることは、大気中の ^{14}C の濃度を薄める効果がある。したがって、今世紀に入ってからの大気や植物体中では、 ^{14}C の割合が小さくなっており、今世紀より以前のものの年代測定の基準に用いることはできない。そこで前世紀の年輪に相当する部分の植物体の ^{14}C 含有率を測定し、それを基準にして過去の年代を測定しているありさまである。

このことはまた、われわれの体内で発生する放射線量が減退してきていることを意味する。強い放射線にさらされたときの害についてはよく研究されているが、体内の放射線が少なくなった場合には果して障害は起らないのであろうか。その障害は、ある限界を越したとき突如として現われる性質のものかもしれない。そのときになって、体内の ^{14}C をどうして増したらよいのであろうか。

大気中の炭酸ガス分子は、赤外線をよく吸収して温室効果に貢献しているので、炭酸ガスが増すことは温室効果を増すことになる。計算によれば、大気中の炭酸ガス含有率が2倍になれば、地球上の平均気温は約2°C 上昇することになる。1930年以降、大西洋のヨーロッパ側もアメリカ側も、ほぼ一様に毎年約0.6cm の割合いで海面が上昇を続けている。これを全部炭酸ガスの増加に帰するわけにはいかないであろうが、少なくともその原因の一部あるいは引き金の役を果しているのではなからうか、とすれば、現在のよう海面下のいわゆるゼロメートル地帯が問題になっているとき、炭酸ガスの増加を見逃すことはできない。また、新しい埋め立て地も、現在の海面だけを基準にして設計すると、近い将来に現在のゼロメートル地帯と同じ悩みを持つようになるかもしれない。

大気中の炭酸ガスは、複雑な平衡関係に左右されているものであり、その影響もまた多岐にわたる。それらを充分究明して、はじめてその制御も可能になるであろう。ただし、この場合、炭酸ガス増加の原因が、人類の利用するエネルギーの最大の源である化石燃料にあることは、その制御をひじょうに困難なものにすることは明らかである。

V. 人類による自然の調和の攪乱

これまでは、特定の物質の蓄積だけに注目してきたが、さらに拡大して考えれば、自然の調和が攪乱されることに問題があるといえる。その手近かな例は、土壤である。

天然林で蔽われている場合の土壤は、その中の有機物をそこに生育している植物から補給されている。火田民がその森林を焼き払って耕作すると、始めのうちは、その土壌中の有機物や灰から肥料要素が供給されて、作物がよく生育するが、やがてそれが涸渇する。そうすると火田民はその畑を棄てて、次の場所の森林を焼き払って移動する。何十年かたつと、以前に棄てた畑の後は、ふたたび森林となり、土壌も豊沃になって、自然の調和が復元される。このような火田の土壌の場合は、自然の調和の攪乱の程度が小さいため、放置しておいてもまた復元が可能であつた。

しかし、大きな馬力を持ったトラクターの類を駆使する大農になると事情は一変する。連作をくり返すうちに、土壌中の有機物はしだいに分解して失われていくが、それを有効に補給することはむづかしい。その結果、土壌中の肥料成分が減少するばかりでなく、土壌の物理的性質も悪化し、いわゆる地力が衰えて、収穫は減っていく。一方、広漠とした畑地は、一度強風に見舞われると大切な表土が吹き飛ばされ、また大雨に見舞われると表土が流れ去る。こうして、土壌そのものが失われていく。このような過程を経て、かつての豊沃な耕地が見棄てられてしまった例は、アメリカの内陸部などには少くない。この場

合は火田の跡と異り、自然に放置しておいても、復元はむづかしい。かえつて、その荒廃の結果が気候に反映し、砂漠に近い状態になってしまうことすらある。

火田と大農とでは、自然の調和を乱す程度に大きな差がある。これは要するに人類がどれくらいのエネルギーを消費して仕事をしたか、その仕事量の違いによるものといえる。ヒトがそれ自身の体力の範囲内で行なう仕事ならば、それによつて攪乱された調和は、自然に放置しておいてもやがて復元されるが、外から大きなエネルギーを導入してやつた仕事は、なかなか復元できないような効果を産み出す可能性があるということである。

VI. 地下資源開発の一面

土壌のように、主として地表での現象だけに関係したものは、復元困難とはいつても、人類の努力次第では、それが可能と考えられる。しかし、地下資源開発に関しては、人類はすでにとり返しのつかないことをしてしまっている。人類としての地球上での生存期間をかりに 10^6 年のオーダーとしても、それくらいの年数では復元不可能な大きな攪乱を起してしまっているのである。

現在日本でいちばん大量に採掘されているのは石灰石であつて、年間1億トンを越えている。一方、天然記念物や開発困難な部分を除いた地並以上の埋蔵鉱量は約 3×10^{14} tであつて、そのほとんど全部が二畳石炭紀のものである。二畳石炭紀の長さは約 1.3×10^8 年であるから、平均すると1年間に約200トンの割合いで石灰石鉱床が生成されていったことになる。そうだとすると、1年間に 5×10^8 年分の石灰石を採掘していることになる。すなわち数年間で人類の生存期間に相当する期間に生成された鉱量を採掘しているわけである。石灰石は大部分がコンクリートの形になつて地表に固定される。それが風化して、カルシウム分が海に流れ、それから石灰岩が沈んでんすとしても、その速さはせいぜい1年間に200トン程度だとすれば、少くとも日本に限つて考える限り、まったくとり返しのつかないことである。

金属の代表例として銅について考察してみよう。全世界の既知銅鉱床の埋蔵量は銅量にして約 1.7×10^8 トンといわれている。銅鉱床は先カンブリア時代から最近までにわたつて生成されているので、大ざつばにみて 2×10^8 年間とすれば、1年につき約0.1トンの銅が鉱床を作つた割合になる。それを年平均 4×10^6 トンくらい採掘しているので、1年間に 4×10^7 年分を掘つてしまうことになる。すなわち、銅の場合は1年だけで、すでに人類の生存期間をはるかに越える年数に匹敵するものを掘つているわけである。銅もすべて地表に固定されるが、それが少しづつ風化して溶けて流れ出したとして、最初に沈んでん濃集するのはヘドロの中であろう。しかしその含有率はせいぜい100g/tの程度と考えられるので、銅鉱床というにはほど遠い。これが地下深くまで沈降して、ゆつくりとした循環水に伴つて移動し、二次、三次と濃集がくり返されなければ、鉱床にならないであろう。とすれば、それはたしかに 10^8 年以上のオーダーの年数を要する過程である。

VII. 新しい調和の創造

人類が上述のような異常な速さで地下資源を採掘し、それからの産物を地表に固定した結果、現在の地表には、いろいろな物質が濃集している。その濃集の度合いは、地球の歴史上いまだかつてない程度に達している。すなわち、人類による自然の調和の攪乱は、地表環境を従来とはまったく異質な状態にまで変えてしまつたのである。しかも、前述のとおり、元の自然の調和を復元することは、實際上不可能であることも明らかである。

とすれば、われわれのなすべきことは、不可能にひどむことなく、他に可能な対策を求めることである。新しい環境が、人類の生存と繁栄とに好都合になるように、われわれ自身が地表環境を制御するより仕方がない。かつての自然の調和をそのまま復元するのではなくて、新しい調和を創造することである。人類はすでに地球の管理人の責を負わされているわけで、その責を逃れることはできない。

しかしながら、新しい調和の創造と一口にいつても、具体的にどうしたらよいか、なかなかむづかしい

問題である。すでにカドミウム汚染に関して述べたところでも触れたように、基本的には地域ごとの物質収支を常に明確にしておくための観測網が必要であろう。カドミウム汚染のように水溶液が主となる場合だけではない。たとえば、貯水池に堆積する土砂の量とか、建造物として土地に固定されている物質とかも、総合判断をする上には必要である。観測点や、データは大変な数に上るであろうが、計算機の発達には、それらの整理を可能にするであろう。

物質の流れに異常が起れば、まずこの観測網によつて探知され、その異常がやがてもたらすであろう影響に迅速に研究して対策を立てることになる。何が異常であるかを判断するためには、やはりなるべく人為的要素の加つていない自然の調和が保たれている地域が基準になるので、国立公園や自然保護区域のあるものは、そういう基準のデータを作るための目的で選定されるべきであろう。

VIII. 汚染問題の抜本的対策

以上述べてきたところで、おのずから明らかであると思うが、汚染問題は要するに人類が自然の調和を復元不可能の程度にまで攪乱してしまった結果の一部が、たまたま公害の形で注目のまゝになったものである。汚染の対症療法的な対策がいろいろ提案されているが、それはそれとして、汚染問題の抜本的な対策は、また別な見地から立てられなければならない。

人類はすでに異常に多量の重金属や希金属および化石燃料などを地下から地表に移して、そこに集積している。また、それらを原料として、いままで自然界には稀であつたり、あるいはまったく見られなかつた物質を次々に生産している。それが公害につながるか否かは別として、それらの物質によつて汚染される機会は、随時随所にあるといつてもよい。それを公害にまで発展させないうちに、発見して、対策を施すことこそ、抜本的な対策である。それらのあるものは、ゆつくりと蓄積が進み、公害問題としてとり上げられるころには、蓄積の傾向を制御し切れなくなっている恐れもあることを忘れてはいけぬ。

これはもちろん汚染対策だけのための仕事ではない。人類に課せられた、地球上の環境に新しい調和を創造し維持する責任を果すための大事業である。いいかえれば、人類がいままで攪乱してしまった自然の調和に代るものを、人類自身が探し求めることである。因果応報といつてしまえば、それまでであるが、人類はその生存期間を通じて、この事業のために苦勞を重ねるであろう。そして、それに失敗したときが人類の歴史の終末になるかもしれない。

そういう見地からすれば、必要とあれば対症療法的な対策とは逆な方向の対策も断行しなければならない時期が来るかもしれない。たとえばヘドロ公害などはその一例であろう。重金属イオンは一般に有害であるが、それが生物圏内を循環する状態になつてからでは、なかなか抜本的な対策が見出せないことは、阿賀野川の水銀の例を見ても明らかである。それ以前に微量の重金属イオンを完全に除去しなければならない。それには硫化物として沈んでさせる以外に適当な方法はないのではなからうか。実際天然の物質循環でも、地表での重金属の第一次の濃集は、ヘドロ地帯で硫化物として捕捉され、腐泥の中に固定される、過程をとつている。

そこで、ヘドロを公害としてだけ扱わずに、公害除去の重要な役割をその中に認めるときが来るかもしれない。そして、積極的にヘドロ地帯を育成して、そこに重金属に汚染した排水を集中することにより、他の地域を汚染から守ることも考えられる。もちろんヘドロ地帯は充分に硫化水素が発生するように保たなければならないし、嫌気性の微生物以外が息できないように監視する必要がある。

ヘドロ地帯の育成などは、目下の段階では一つの思ひつきにしか過ぎない。しかし、人間のじんぞうは、その重量の千分の1にも達するカドミウムを集積する能力を持つており、それによつて人体をカドミウムの危害から守っている。地球上に新しい調和を建設するに当つては、ヘドロ地帯とは限らないが、何か人間のじんぞうに相当するものを考えておく必要があるであろう。

文 献

- 1) GABRIELSON, O. (1954) : Sveriges Geol. Undersökn., Ser. C. Avhandl. och Uppsat., No. 468, Rankama and Sahama : Geochemistry, 99.
- 2) MASON, B. (1958) : Principles of Geochemistry, 44.
- 3) MASON, B. (1958) : Principles of Geochemistry, 187.
- 4) SCHARRER, K. u. W. SCHROPP (1934) : Z. Pflanzenern (A) 34, 14-29 ; K. SCHARRER : Biochemie der Spuren Elemente, 123.
- 5) VINOGRADOV, A. P. (1962) : Geokhimiya No. 7 ; A. I. Perel'man : Geochemistry of Epigenesis, 144.