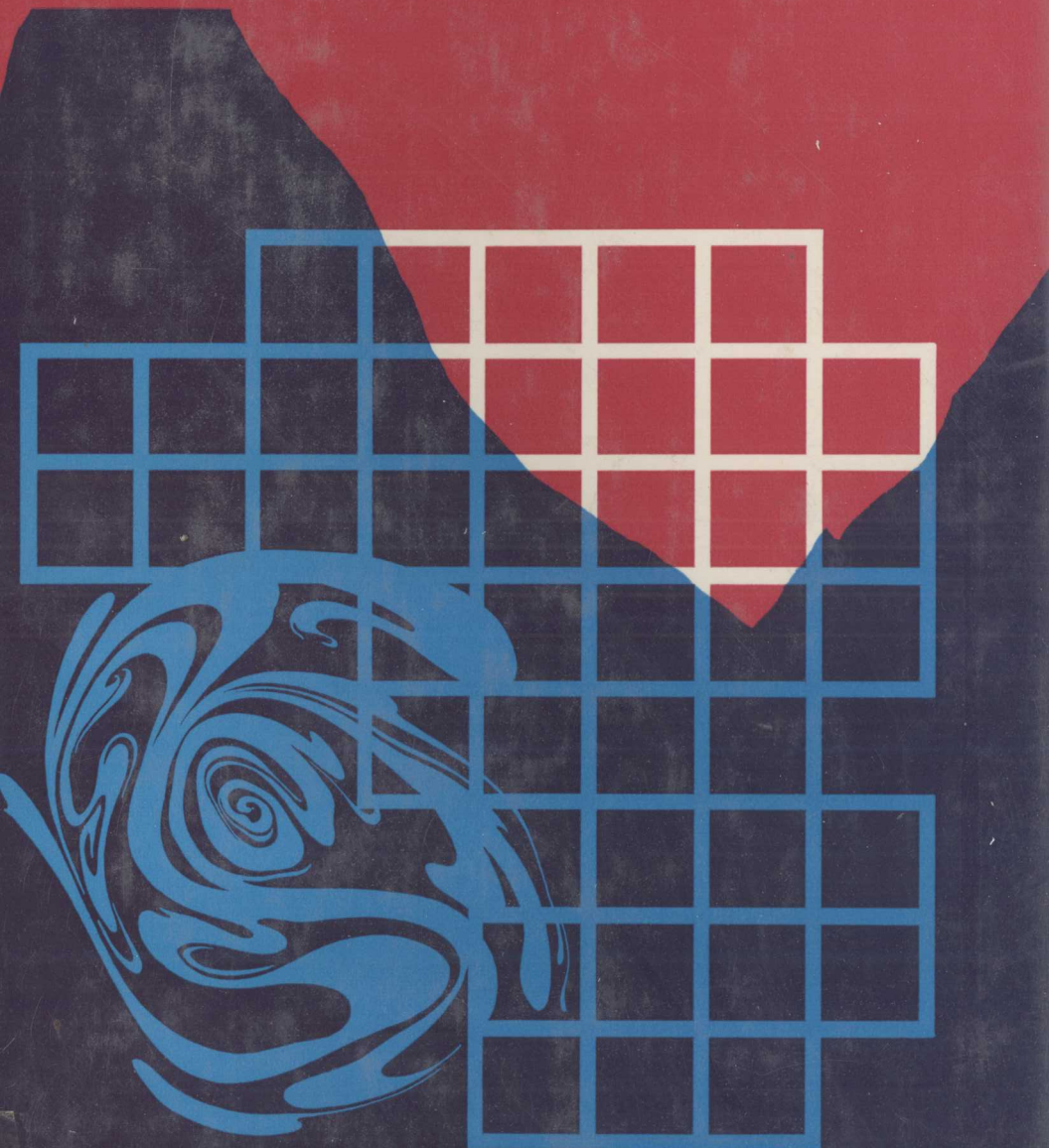


環境科学概論

倉地 守 著



共立出版株式会社

環境科学概論

倉地 守 著



共立出版株式会社

著 者 紹 介

くら ち まさる
倉 地 守

昭和22年 東北帝国大学理学部生物学科卒業

専 攻 微生物化学，環境生化学

現 在 神戸商科大学教授・農学博士

環 境 科 学 概 論

検印廃止

定価 3900 円

© 1982

昭和57年 3 月 20 日 初版1刷発行

著 者 倉 地 守

発 行 者 南 條 正 男

東京都文京区小日向 4-6-19

印 刷 者 藤 本 元

東京都文京区水道 2-1-8

NDC 519

発行所 東京都文京区小日向 4 丁目 6 番 19 号
電 話 東 京 947 局 2 5 1 1 (代表)
郵便番号112 振替口座 東京 1-57035

共立出版株式会社

印刷・藤本総合印刷 製本・協栄製本

Printed in Japan

ISBN 4-320-05250-1

社団法人
自然科学書協会
会 員



序 文

環境問題が大きく取り沙汰されて以来、これに関する多くの出版物が相次いで刊行されたが、それぞれに、みな特色ある内容を備え、すぐれたものが少なくない。相次ぐ公害事件を発端に、当初はその原因者の追求や公害の告発などにはじまり、漸次、住民運動へと発展していった。一方、これに呼応するかのように、科学技術分野の活動も活発になり、既成事件の究明に科学の手が差しのべられ、その対策についても大きな進歩の跡が見られるに至った。このような経緯を反映し、既刊の出版物も、おもに公害の記録や特定の科学技術部門を扱ったものによって、その大部分が占められてきた。いわば、各論先行で、それに総論が追従できないといった様相を呈していたのである。それ程に社会情勢が厳しく、統出する個々の事件処理への要請が著しく高まっていたということでもある。

このような出版物の上に見られる特色の裏には、既成の科学者が社会的要請に応じて、自己の本来の専門を環境問題にアプローチし、それによって問題の解決を図ってきたといういきさつがある。このような実情から、環境問題のよって来たところの根源を探り、事前対策にまで深く思いをめぐらす余裕を持ち得なかったという点があげられよう。

当然のことながら、従来、環境問題の第一戦で活躍してきた科学者たちは、「環境科学」という体系立った教育を受ける機会を持ち合わせなかった。もっぱら、自らの努力によって、環境問題に関する特定部門の専門家となり得た人たちである。つまり、環境科学への横滑りである。それにもかかわらず、それぞれに、見事に研究成果が挙げられてきたのは、たまたま自己の専門分野の知識が、そのまま環境問題に対応できたからにほかならぬ。

環境問題がひとつの「科学」として纏められ、体系だった学問として確立されないまま、現在に至っている理由も十分にうなづけることである。いずれの学問でもそうであるように、深い専門領域に入る前段階として、その方面の問題全般に通ずる概念的知識を身につける入門的なプロセスが必要であることは、今さら多言を要しない。それを欠くと、ややもすれば、大局を見失い、「木を見て森を見ず、森を見て山を見ず」の弊に陥りかねない。「入門」とか「概論」などと呼ばれるものが、将来、細分化された専門知識の総合統一化に欠かせないことは、改めて説明を要するまでもない。

今や、環境問題はひとつの「総合科学」として学問的に体系づけられるべき段階に来ている。しかしながら、その対象はあまりにも広く、その内容も多彩をきわめているため、さまざまな分野の専門家の協力の上に立たない限り、それは不可能に近いといつてよい。つまり、学際性格のきわめて強い学問のゆえなのである。「環境科学」と銘打った刊行物の公けにされないのも、理由のないことではない。いわゆる「環境科学」は、このような生い立ちの特殊性から、常道を逸したまま、部分的に成長発展を遂げつつ現在に至ったのである。いずれにしても、これを「科学」として充実させるためには、上述のプロセスは是非ともたどらなければならない。

筆者は、つとに環境問題に深い関心を寄せ、自然科学教育の一環として、多年、この問題に取り組んできた。その間、痛切に感じたことは、環境問題を「科学」として、いかに理解させ、いかにしてその学習の意義を認識させるかということであった。その手段としては、何を掲いても、先ず、環境問題への関心を喚起することであり、学習意欲への誘い水を施すことであった。そのためには、自己の専門をはみ出すことをもはばからず、何よりも、自らが幅広い知識を身につけるべき必要性をつくづく感じた。本書執筆の動機も、実はこの点にある。もとより浅学非才の身は百も承知の上、しかし、上述の趣旨にそうための作業は誰かがやらなければならない。その任に非ずとは知りながらも、敢えて思い立ったことには、いまひとつの理由がある。それは筆者自ら学んできた知識の整理ということのほか、広く世に訴えたいという積極的な気持があったからである。

このような趣旨から、一般著書に見られる形式にとらわれることなく、全く、自由な気持で筆を執った。従って、論文とも著書とも区別のつかない箇所が、多々見られるだろうと思うし、また、説明がいささか過多と思える点や、論調的な部分も随所に見受けられるであろう。啓蒙的な役割を重視している中にも、入門書としての期待も少なくないからである。それゆえ、基礎的な問題はできるだけ網羅し、かなり詳細な説明をつけ加えた。読者の側で、適宜、取捨選択されたい。論説的な部分が少なくないのは、本書執筆の趣旨に基づくものであるが、それは筆者自身の個人的思想を背景にしているとはいえ、そこには一貫して、中立性の保たれている点を強調しておきたい。つまり、科学としての中立性を基調としているのである。科学的真理の絶対性、普遍性、ないしは客観性を尊重しなければならないからである。「環境の破壊」はもっぱら人為的要因に基づく「社会科学的自然現象」であるに違いないが、そこには「加害者」だとか「被害者」とかいった用語は極力避けた。公害の告発に終わったのでは用をなさないのである。要はどのようにすれば、最

も効果的に、最も経済的に、真に環境保全の実が挙げられ得るかにあり、筆者の希いはそれに尽きるからである。

本書が「環境科学」の体系化への一里塚として、また、啓蒙的な意味で幾分なりともその役割を果たし得るなら、筆者としてこれにすぐる喜びはない。しかしながら、専門領域外にわたる多様な内容に加え、多忙な公務のかたわら執筆した本書に誤りなしは期し難い。大方諸賢よりの厳正なるご批判、ご叱正の寄せられんことを期待してやまない。

本書執筆にあたっては、永年にわたる蓄積として、きわめて多くの文献を参考にさせて頂いた。関係著者の方々に深く感謝の意を表したい。

本書刊行にあたっては共立出版の南條正男社長のご厚意に負うところが多い。また編集を担当された古川昭政氏には一方ならぬお世話になった。記して、心からなる感謝の言葉としたい。

一方、本書草稿にあたっては、職域の同僚の方々から貴重なご助言や、お励ましの言葉を頂いた。末筆ながら、紙上を借り、改めてお礼申上げる次第である。

昭和57年 2 月

倉 地 守

目 次

第 1 部 環境科学総論	1
はじめに	1
1. 環境科学の概念	4
1-1 環境科学の学問的性格	4
1-2 環境科学の内容とその範囲	4
1-3 環境科学の方法論とその課題	6
2. 環境の概念と環境要因	8
2-1 物理的要因	9
2-2 化学的要因	10
2-3 生物的要因	10
2-4 心理的要因	11
2-5 社会的要因	12
2-6 地理的要因	12
3. 自然環境と生物社会	13
3-1 個体群と生物共同体	14
個体群の構造と分布 14 個体群分布の変化とその要因 15	
個体群増大の限界 18 個体群密度の変化 20 密度変化の要	
因 20 密度変化の様相 21 個体群密度の生体への影響 22	
個体群密度の自動制御 23 生物の生存と環境適応 24	
4. 生態系における物質の循環	26
4-1 無機界から有機界へ	27
4-2 有機界から無機界へ	28
4-3 生態系の動的平衡	28
4-4 食物連鎖と生物濃縮	33

5. 生態系の破壊と環境汚染	35
5-1 環境汚染の概念	35
5-2 汚染の要因と環境容量	36
個体数—人口—の絶対数の増加 37 工場の集中化と都市人口の 稠密化 38 工業の著しい発展と合成化学の進歩 38 将来展 望を欠いた無計画な土地開発 39	
5-3 生態系の適切な保全管理	39
6. 環境の認知と対応	41
6-1 環境変化と生体負荷	42
6-2 環境変化に対する生体負荷の量と質	42
6-3 2種以上の環境要因による生体負荷	44
6-4 環境変化に対する自動制御と能動的制御	45
7. 環境の評価と基準	46
7-1 社会的経験事実に基づく方法	48
7-2 動物実験による方法	48
7-3 人体実験	49
7-4 地域的集団の観察記録	49
8. 総 括	49
8-1 環境アセスメント	51
8-2 テクノロジーアセスメント	52
参考文献	52
 第2部 環境汚染と公害	 55
はじめに	55
1. 公害の定義と環境汚染への認識	56
2. 環境汚染と生態系—人間社会—	58
3. 環境汚染の影響とその特色	62
4. 大気汚染	65
4-1 大気汚染の定義と特色	65

4-2	大気汚染源と汚染物質	66
4-3	大気汚染物質の種類と形態	67
4-4	大気汚染物質の消長とその物理的要因	69
4-5	大気汚染の認知	71
	直接視覚によって認知できるもの 71 嗅覚に訴えるもの 72	
	器物への影響から認知できるもの 72 植物への影響から認知で	
	きるもの 73 動物に対する影響からの認知 73	
4-6	大気汚染の人体への影響	74
4-7	主なる一般大気汚染物質	75
	粉塵(煤塵) 75 煤煙(煤塵) 76 硫黄酸化物 77 窒素	
	酸化物 80 炭酸ガスおよび一酸化炭素 83 炭化水素 85	
	光化学オキシダント 87 フッ素およびフッ化水素 91 その他	
	の気体汚染物質 93	
4-8	重金属による大気汚染	94
	鉛 95 水銀 96 カドミウム 97 マンガン 97 亜鉛	
	98 セレン 98 バナジウム 100 ニッケル 101 クロ	
	ムその他の重金属 102	
4-9	大気汚染防止への一般的具体策	103
	汚染物質の監視体制と測定 103 汚染物質の分析 106 汚染	
	防止技術 109	
4-10	環境基準	110
4-11	結 語	111
5.	放射能汚染	113
5-1	放射線と放射性元素	114
	原子構造と放射線 114 電離放射線の種類 115 放射性崩壊	
	と半減期 117	
5-2	原子の人工変換と人工放射性元素	118
5-3	核分裂と原子力	118
	質量とエネルギー 119 核分裂と核燃料 119 原子炉 120	
	増殖型原子炉(増殖炉) 121	
5-4	核融合反応	122
5-5	放射能汚染源	123

自然放射線 123	人工放射線 123	
5-6 放射能の測定と環境モニタリング		125
放射線の単位 126	放射線測定器 128	環境モニタリング 131
5-7 放射線の生物的作用		132
外部被曝 133	内部被曝 133	急性被曝 133 低線量慢性被曝 133 主なる放射性核種とその生理作用 134
5-8 放射線の防護対策		136
距離 136	遮蔽 137	
5-9 最大許容濃度		141
最大許容線量 141	最大許容濃度 143	
5-10 結 語		143
6. 水質汚濁		144
6-1 水の給源と用水の確保		145
地表水 146	地下水と伏流水 146	
6-2 水質汚濁の概念		147
6-3 水質汚染の特徴とその原因物質		149
都市生活廃水 150	産業廃水 152	重金属による汚染 158
熱汚染 159	放射能汚染 160	
6-4 水質汚濁対策		160
6-5 水質基準		161
基準の設定と水質 162	基準の設定要素 163	
6-6 水質の測定とモニタリング		164
物理学的方法 164	化学的方法 166	生物学的方法 171
6-7 廃水処理技術		171
第1次処理 172	第2次処理—生物学的処理法— 174	第3次処理 177
6-8 水質管理		180
用水汚染対策と節減対策 181	地下水の管理 182	
6-9 結 語		183
7. 土地の汚染と破壊		184

7-1	土壤の性状と汚染の概念	186
7-2	土地汚染とその特色	188
	生活廃水による汚染 189 産業廃水の影響 189 鉱山からの 廃水 190 天災による汚染 191 農薬による汚染 191 残留農薬 196 放射性物質 197 宅地造成、土地開発と土地 破壊 198	
7-3	土地汚染の影響	199
7-4	土地汚染対策	200
7-5	結 語	202
8.	固形廃棄物	203
8-1	固形廃棄物を増加させる要因	204
8-2	都市固形廃棄物の特色	205
8-3	都市廃棄物の処理	206
	焼却処理 206 熱分解 209 生分解 212 回収—転用、 再循環、再利用— 213 衛生埋立 214 堆肥化 216 無 機固形廃棄物の処理 217	
8-4	産業固形廃棄物	218
	産業における再循環 218 産業固形廃棄物の処理 219	
8-5	結 語	220
9.	騒 音	222
9-1	騒音の範囲と種類	222
9-2	音の程度を表わす単位	223
	音の強さ 223 音の強さのレベル 224 音圧レベル 225 パワーレベル 225 音の大きさ 226 音の大きさのレベル 227 その他の騒音標示単位 229	
9-3	騒音の測定	230
	計算による方法 230 騒音計による騒音測定 231	
9-4	騒音の実態	233
9-5	騒音の影響	234
	心理的影響 235 生理的影響 236 生活活動への影響 238 聴力への影響 238	

9-6	騒音の評価と環境基準	239
9-7	騒音対策	242
	音の減弱化 242 遮音 243 騒音源の包囲その他 243	
9-8	結 語	244
10.	振 動	245
10-1	振動の単位	245
10-2	振動の実態と測定	246
10-3	振動の生理的影響	248
10-4	対 策	249
10-5	結 語	250
11.	地盤沈下	251
11-1	地盤沈下の特質	252
11-2	地盤沈下の影響	253
11-3	地盤沈下の実態とその歴史	254
11-4	沈下対策	259
	地下水汲み揚げに対する法的規制 259 工業用水道の建設 261	
	規制に伴う施設転換への助成 261 合理的都市計画と工場の分散化 262	
	観測体制の強化 262 防潮堤の構築と排水施設 263	
	その他の対策 264 沈下防止対策上の問題点 265	
11-5	結 語	265
12.	悪 臭	266
12-1	匂いの感知機構に関する諸学説	268
12-2	悪臭物質	270
12-3	悪臭の発生源	271
12-4	悪臭物質の人体に対する影響	273
12-5	悪臭物質の評価とその基準	274
12-6	発生源と基準値	275
12-7	悪臭物質の測定	276
12-8	悪臭防止対策	277
12-9	結 語	279

参考文献	280
------------	-----

第3部 環境の保全と企業 287

はじめに	287
------------	-----

1. 経済活動の社会的意義と公害	288
------------------------	-----

1-1 環境の保全と企業	289
--------------------	-----

1-2 地域社会への認識と住民への対応	292
---------------------------	-----

1-3 求められる企業経営理念の転換	295
--------------------------	-----

1-4 公害と技術—テクノロジーアセスメント—	299
-------------------------------	-----

1-5 公害と社会的費用	301
--------------------	-----

1-6 外部費用の内部化	303
--------------------	-----

2. 環境保全に対する企業責任	306
-----------------------	-----

2-1 法的責任	306
----------------	-----

法的規制と行政法上の責任 307	刑事責任 309	私法上の責任 311
------------------	----------	------------

2-2 法的規制をめぐる諸問題	312
-----------------------	-----

因果関係の立証 313	故意、過失の認定 313	無過失責任 314	受忍限度論 315	差止請求 316	公害税法論 318	環境権 319
-------------	--------------	-----------	-----------	----------	-----------	---------

3. 公害防止費用	321
-----------------	-----

3-1 公害設備投資の特色	322
---------------------	-----

3-2 公害防止費用の負担	322
---------------------	-----

3-3 公害防止事業の内容と範囲	325
------------------------	-----

3-4 企業の公害防止費用の負担能力およびその内部化	327
----------------------------------	-----

4. 公害防止施設に対する助成	329
-----------------------	-----

4-1 金融上の助成措置	330
--------------------	-----

4-2 税制上の助成	330
------------------	-----

4-3 公害防止事業費、事業者負担金の短期償却	331
-------------------------------	-----

5. 固定資産税にかかわる税制上の問題点	332
----------------------------	-----

6. 規制につながるその他の問題	333
------------------------	-----

7. 環境保全と企業目標併存の可能性.....	334
7-1 科学と技術.....	335
7-2 価値観と技術.....	336
7-3 成果を収めつつある技術.....	337
8. 総 括	338
参考文献	341
第4部 総 括	343
索 引	349

第 1 部

環境科学総論

はじめに

「20 世紀後半において人類は遂に自然を征服することに成功した」この言葉はいかにも人間の英知を自ら称えているかに聞こえるが、一方では「科学は真に人間を幸せにするか」の疑問を投げかけた言葉のように受けとれなくもない。

今世紀後半における科学技術の進歩はまことにめざましく、とりわけ、数学、物理学に基礎づけられた電子工学の進歩はわれわれの日常にはかり知れない高度の物質的・文化的生活を保障してくれている一方では、世紀の事業、人工衛星の打上げをも成功に導き、遂に他の天体への踏入れを可能にした。

今や、宇宙開発は現実のものとしてその第一歩を踏み出し、既に具体的目標を掲げて、超真空、無重力といった、かつての人類未踏の世界に挑みつつ、これに限りない夢を託して大きくはばたこうとしている。

他方、ここ 20 年来、たゆみない歩みを続けてきた現代生命科学は人間の生命をも自由にあやつり得るかの観を呈し、われわれに対して、「生命の人工合成」への可能性を暗示しているかのような錯覚さえ抱かしめている。

これと並行して医学・農学などの応用分野においては、われわれの健康と栄養にどれ程の恩恵を施してくれているか、まことに計り知れないものがある。日本人の平均寿命がここ 4・50 年足らずの間に 20 歳以上も延びたというのも、このあたりの消息を物語っているといえよう。

他方、石油化学の名で知られるように、合成化学の進歩も、また、著しく、これは、か

つては予想もしなかった幾多の非天然性物質を生み出し、われわれの日常生活に大きな変革をもたらした。

このように人類が自然を征服したということはひとつの快挙として、それなりに大いなる価値を認めざるを得ない。しかし「物質不滅の法則」が教えるように、決して「無」から「有」を生ずることはなく、発展の裏にはまた衰退という陰の面を伴うことをも忘れてはならない。ある面のみに偏った盲目的前進が他の面の後退を招くという事実を、現代に生きるわれわれはまのあたりに見せつけられているのである。そこには一定の節度、相互に調和の保たれた犠牲の生まれないような発展がなくてはならない。

周知のように、われわれの生命を育てている地球は、大宇宙といった無限の空間の中にあっては、とるに足らない微小な惑星、いわば、一種の宇宙船に過ぎないのである。そこには当然、限られたスペースと限られた資源といった厳しい制約がある。そのような条件においてのみ、生命の維持が許されており、その範囲における限りではあらゆる生命の担い手に大いなる恵みが施されているのである。この意味では微生物のような単細胞の下等生物から人類に至るまでの約300万種以上の全生物に平等の権利が与えられているともいえよう。

しかし、われわれはともすれば人間の英知のみによって探究され、人間の能力のみによって開発された科学と技術、それによってもたらされた文化的所産を、すべて人類の「独占物」として考えがちである。換言すれば、地球はすべてこれを征服した人間だけの占有物であるといった誤った人間中心の自然観のあることを否定できないのである。今こそわれわれは、「人類も、しょせん地球の一構成員に過ぎない」という謙虚な自然観・世界観に立還らない限り、やがては地球レベルでの生態系の破たんを招き、人類自らの生存さえも危くする結果になりかねないことに深く思いを致さねばならない。

すべての生物を含めた地球レベルでの生態系の調和の上に立つてのみ、人類は自然の支配者であり、地球の生命の続く限り、自らの生命の存続をも可能ならしむるといいうるのである。

動物の一員である人間はいうまでもなく従属栄養型生物である。したがって究極的には緑色植物の存在なくしてその生命を支えることはできない。われわれの祖先は科学とは無関係にこの原則をよく弁え、決して自然に逆うことをしなかった。永い地球の変遷の歴史を共に歩みつつ、少なくとも現代まで安定した生態系を成立させ、これをわれわれ子孫に伝承させてきた。安定した生態系とは動的平衡状態にある生物と自然環境との関係、生物

相互間の関係などを意味する。この関係はもちろん、人間が関与しないからといって、必ずしもその安定性が保証されているわけではない。無機界を含めた地球の歴史、「天変地異」などといわれる造山運動や、数々の地殻の変動などはもとより、著しい気候の変化なども生態系を大きく攪乱させたに違いない。しかし、それでも、それなりにそれに即応した安定な生態系が再構成されてきた。いずれにしてもこれらの生態系の変遷は、もっぱら自然の法則に従い、その枠をはみ出すことはなかったのである。

人間が他の生物と異なる点は、「理性」という本能を超えた高次の特性を備えていることである。自然の支配者として人間に求められるものは、上述の天変地異などのような特殊な場合は別として、生態系の変動の幅を最少限に喰いとどめることではないだろうか。本能の赴くままに行動し、そこに何らの節度をも弁えず、ひたすら自らの欲求を満たすことに終始するならば、もちろん弱肉強食の世界の第一の勝者になることに疑いはないとしても、それは単に、一介の動物の範囲を出ないだろう。それはあたかも核兵器を用いて戦勝をもたらしたにも等しく、他人もろとも、究極的には自らをも滅亡に導く結果にもなりかねないといえよう。

人間の自然を支配する英知と能力は、自然を自然にゆだねたまま以上の自然にすることではないだろうか。自然を破壊する能力は、自然をよりよい自然に育てる能力につながるというるのではなかろうか。

第2次産業革命と呼ばれる近代産業のもたらす環境破壊や生物圏の攪乱は、長い地球の歴史からみれば、予期しない一瞬のできごとであったかも知れない。しかし、それが世界の規模で無秩序に拡大されて行くとしたら、単に偶然のできごととしてはすまされない。その対策にしても、誤った手段が、却って別な性格の環境破壊や生態系の混乱を招き、たとえ、それを増大化させないまでも、その復元をいかに困難なものにしているか、われわれは身をもってその事実を知らされてきた。

今や科学は自らの哲学の貧困に目覚め、漸く反省の段階に入ろうとしている。それがせめてもの救いといえよう。

われわれは祖先より受け継いだ大いなる遺産を損うことなく、これを子孫に伝えることに大きな責任と誇りを見出すべきであり、そのための努力を怠ってはならない。