

环境的科学

〔日〕 馆 稔 铃木武夫 音田正己 编

科学出版社

环 境 的 科 学

〔日〕 馆 稔 鈴木武夫 音田正己 编

薛德榕 王 闾 文 贾晏卿 译
郝 水 祝廷成
薛德榕 校

科 学 出 版 社

1 9 7 8

内 容 简 介

本书是一本简明扼要概述环境科学各个领域基本知识与技术措施的基础读物。书中综述了大气污染的基本知识、污染现状及其影响,放射性污染及其对人体的伤害,水质污染因素、水域污染现状及其人工净化技术,土壤污染状况、污染物质动态以及治理污染的基本措施,海洋污染物质、污染现状及其对生物的影响,有机合成化合物、重金属、水银、各种废弃物、骚音、恶臭等等的污染现状以及排除污染的技术措施;此外,还扼要列举环境管理的各种系统以及测定方法与分析技术。本书着重介绍日本当前环境污染的各个领域,同时也涉及欧美各国环境污染的某些状况。

本书适应面较广。对于工矿企业、农牧系统、医疗卫生、城市管理、研究机关等有关部门的领导干部、科研人员以及大专院校有关专业的师生,均有一定的参考价值。

公害 環境の科学

館稔 鈴木武夫 音田正己 編
毎日新聞社
1972

环 境 的 科 学

〔日〕館稔 鈴木武夫 音田正己 編
薛德榕 王閻文 贾晏卿 译
郝 水 祝廷成
薛 德 榕 校

科学出版社出版

北京朝阳門内大街137号

上海商务印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

1978年8月第一版 开本: 787×1092 1/32
1978年8月第一次印刷 印张: 17
印数: 0001—15,330 字数: 393,000

统一书号: 13031 · 740

本社书号: 1066 · 13—18

定 价: 2.10 元

译 者 的 话

环境的科学,是一门迅速形成和发展起来的、广泛涉及地球生物圈包括大气、海洋、河湖、土壤以及人类活动等错综复杂的庞大生态系统的综合性科学。在我国的社会主义条件下,在大力发展工农业生产的同时,深入开展环境科学的研究,对于防治污染,不断保护和改善环境,保护劳动人民的健康,造福人民是有很大意义的。

根据毛主席关于“洋为中用”的教导,我们选择翻译了这本书,旨在为当前处理工农业发展与环境保护的关系中提供正面和反面的借鉴。

本书广泛概述日本当前环境污染的主要范围,同时也涉及欧美各国环境污染的某些状况,是一本比较系统综述环境科学各个领域基本知识与技术措施的自然科学读物。

希望读者在阅读本书时,遵照毛主席关于“应当以中国人民的实际需要为基础,批判地吸收外国文化”的教导,结合我国的实际需要和具体情况加以吸收和参考。

我们在翻译过程中,对部分章节,主要是第一章,作了必要的删节。译本中如有不妥或错误之处,请读者批评指正。

目 录

第一章	对环境问题的探索	1
第二章	大气污染	10
第三章	放射性污染	96
第四章	水质污染	125
第五章	土壤污染	176
第六章	海洋污染	222
第七章	废弃物的污染	271
第八章	聚氯联苯对环境的污染与对策	301
第九章	重金属对环境的污染	316
第十章	水银污染	354
第十一章	骚音	367
第十二章	恶臭	407
第十三章	环境污染对遗传的影响	439
第十四章	污染因子的消长	465
第十五章	环境管理系统	491
第十六章	测定计划及其方法	500

第一章 对环境问题的探索

生态学

Ecology (生态学) 的词首 eco- 与 economics (经济学) 的词首 eco-, 同样来源于希腊语中表示家庭或环境的 Oikos 一词。最初使用的探索方法不是将生物个体进一步按照分子论加以分割, 而是采取相反的方向, 即将生物个体看作是最小单位, 这些单位形成一个群体, 并进一步形成高级概念的群体; 在这种基础上, 再就包含环境在内的群体各个体之间相互保持着何种关系的问题进行研究, 生态学就是依据这种知识而发展起来的。起初, 将研究对象压缩到比较狭小的范围, 例如, 以研究某一湖泊生态系统的形式而发展起来。因此, ecology 遂被译成生态学。

最近, 特别是在美国, 生态学显得具有范围更大的意义, 这几年来逐渐显露头角。它一反过去狭义的生态学, 阐明整个地球范围内生态系统的相互依存关系, 并且以人类这一个生物种被编入生态系统之一的这种认识为基础, 将下列问题作为研究课题, 这就是在地球规模的生态系统中, 究竟应该如何大体确定人类的位置。

生态系统的基本结构是由 4 种主要因素构成(参阅图1)。

第 1 为含有叶绿素的植物。植物的任务就是通过光合作用把太阳能加以固定, 故称之为生产者。第 2, 以植物所固定的潜能为食物而维持生存者, 称之为消费者群体, 这可分为草食动物和吃草食动物的肉食动物。第 3, 细菌群体, 称之为分

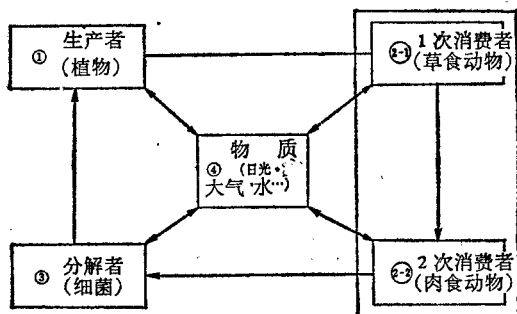


图1 生态系统的4种基本要素

解者。这种细菌，在对生产者和消费者的排泄物或者尸体有机物质进行氧化乃至还原的同时也进行分解，这时产生出来的化学能被细菌作为能源以维持生命。第4，太阳能、水、大气或者其构成要素的氮、氧等物质参与作用。

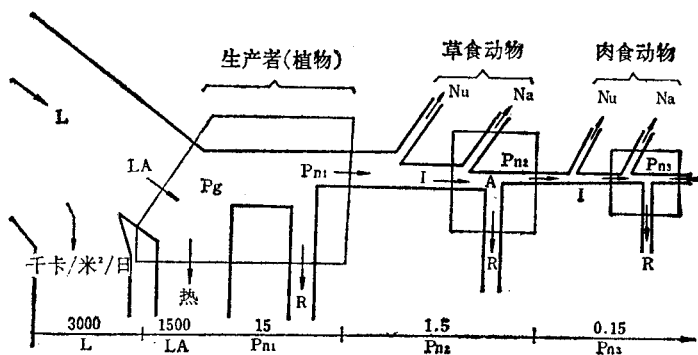
生态学作为掌握生态系统的自然现象的方法，具有两种基本的探索途径。第一，通过能量传递形式捕集自然现象；第二，从碳、氢等物质的转移这方面来捕集自然现象，从而达到这样的认识，就是自然界从整体来说是一个自我均衡的系统(homeostasis)。

通过能量传递来捕集自然现象时，到达地球的太阳能，依照热力学第二定律，究竟经过哪些过程使熵*逐渐增大呢？对此有加以追究的必要。首先，植物的叶绿素接受太阳能，进行光合作用以制造淀粉。换句话说，太阳能可通过叶绿素被固定于叶片之中。其次，草食动物以此为食物而获得能量，然后，肉食动物再以草食动物为食物，亦就是在通过所谓食物链的一系列过程中，能量发生转移。

因此，若将食物链作为能量传递来捕集时，便可得到如下

* 为了衡量热力体系中不能利用的热能，用温度除热能所得的商。——译者

模型(参阅图 2)。例如,在大约 1米^2 的植物叶片上,如果 1 天投射的辐射能量为 3,000 千卡,那么有一半即 1,500 千卡将作为辐射热而散失,剩下的 1,500 千卡可供利用,但其中只有 1% 作为淀粉而被固定。而且,植物所固定的能量,在食物链的下一阶段,即食草动物阶段,也只有十分之一左右被固定,剩下的作为损耗能量而逸散。在肉食动物捕吃草食动物阶段,能量固定率也为十分之一左右。这样,基本上可以这样理解,就是随着各种生物的食物链的进展,能量逐渐减少,因此,第二阶段以下的草食动物以至肉食动物的个体数,取决于第一阶段的生产者(植物)能够固定太阳能到何种程度。



L: 日照量; LA: 被吸收的日照量; Pg: 粗生产量; Pn: 净生产量; I: 到达地球的能量; A: 被叶片固定的能量; Na: 未被固定的能量; Nu: 未被使用的能量; R: 呼吸造成的能量消耗(引自 E.

P. Odum: 《生态学》)

图 2 能量传递模型

第二条探索途径,就是观察物质在生态系统的各个组成部分之间如何进行转移。这被称之为生物地球化学的物质循环(biogeochemical cycles)(参阅图 3)。

植物进行光合作用使物质在化学上进行结合时,就意味

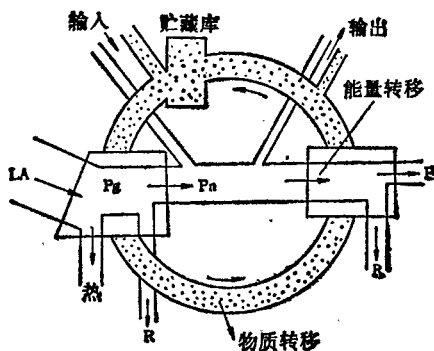


图3 物质循环

着要利用太阳能,亦就是植物以根部吸取水分(H_2O),从大气吸收二氧化碳(CO_2),以太阳能作为化学能源,通过叶绿素的催化作用以合成淀粉($\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$)_n。而且,后者以植物叶片和枝干的成长形态被贮藏起来;此外,在光合作用过程中产生的 O_2 ,呈氧气形态释放于大气之中。若以此作为物质转移形式而捕集,则至今存在于大气中的碳(C),通过光合作用而被结合于植物体内的过程,首先就是一种物质的转移。其次,植物体内的碳,在食物链的下一阶段,通过草食动物以淀粉形态被摄取时,则存在于大气中的碳,通过植物而被转移到草食动物体内,然后又进一步被转移到肉食动物体内,进而变为排泄物和尸体,终于为细菌所分解,成为二氧化碳(CO_2),重新返回大气之中。再者,还可以作这样的基本理解,就是这种 CO_2 重新变成可为植物利用的形态,于是,地球上存在的物质,通过生态系统经常保持着循环。若以这种探索方法来分析现实自然界,那么,可以明白自然界是异常复杂的系统。例如,将碳素循环画成模式图,则如图4所示。图5系与氮素循环有关的细菌参与活动的模式图。可以看出,许多种细菌相互之间具有复杂的关系。根据至今所积累的资料,生态学还有很多

定性上尚不十分清楚的领域，而定量上几乎仍属未知部分的生态系统，则是异常复杂的领域。

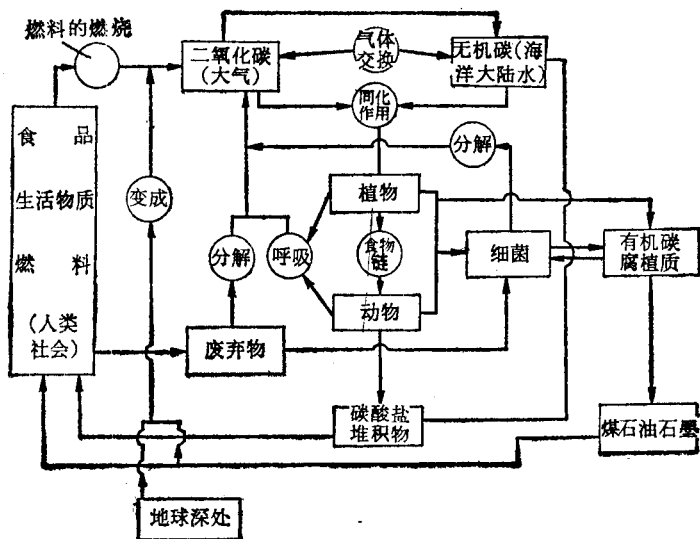


图4 碳素循环 (引自 半谷、安部:《地球物理化学》)

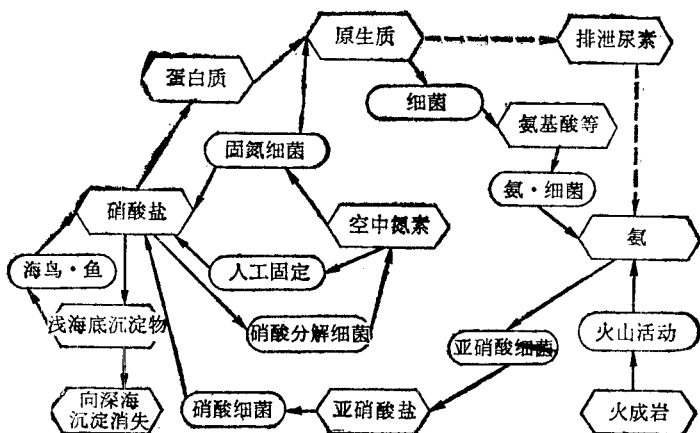


图5 氮素循环 (引自 E. P. Odum:《生态学》)

根据上述两条探索途径，可以明白自然界形成着一种自我均衡的系统。

譬如说，让我们来设想一下草原上生长的植物和兔及狐狸之间的关系。兔子生存的数量，取决于草原上植物能够将太阳能固定的数量的多寡。兔子数量一旦增加，则作为食物的草料便显得不足，于是兔子数量会自然减少。而在兔子和以其为食物的狐狸之间，也形成同样的关系。结果，它们彼此之间自然地保持着微妙的平衡。这样，食物链的系统就是其中含有一种反馈机理的系统，通过食物链，生物种整个群体数量，进而整个生态系统，自然地将会达到均衡。与人体体内自我均衡相比拟，这似乎也可以称之为自然界的自我均衡。亦就是说，自然界若发生一定状态的变化时，其中的反馈机理便发挥作用以恢复原来的均衡系统。另外，自从生命最初在地球诞生以来，大约已有 20 亿年，在经历了这样漫长的进化过程之后，才达到现今的生态系统的均衡状态。就是说，在进化过程中，如果出现突然变异之类的能破坏生态系统的个体或群体时，整个生态系统的动态平衡则因之而崩溃。结果，造成这一原因的生物种本身，在进化过程中，被排除于生态系统之外；而构成生态系统的现存生物种，归根结底都仅仅属于构成能充分发挥反馈作用机理过程中的残存者。

目前，生态学这个词之所以特别脍炙人口，乃起因于公害这一世界共同的问题。表明公害发生的基本方程式可列出如下：

$$(\text{人类各种活动的冲击}) - (\text{自然界动态平衡恢复能力}) = (\text{公害})$$

从前，自然界恢复能力要大得多，人类不论作什么，其冲击都完全被吸收到动态平衡系统之中，所以没有考虑到自然界是有限的。但是，与自然界动态平衡恢复能力是有限的相对比，人类各种活动按照几何级数不断扩大，结果，其冲击的

大小,终于超过自然界的平衡恢复能力。结果,生态系统的平衡发生崩溃,而这种平衡一旦崩溃,便发生公害。

如果研究这样的基本方程式,那么可以把人类和自然界的关系作如下比喻,即地球不再是无限大了,而从完全是有限这个意义来讲,只不过是一艘宇宙飞船而已,而所谓人类,则有如宇宙飞船中的宇宙飞行员。如果对宇宙飞船“地球号”再稍微进行研究,则可叙述如下。

宇宙飞船“地球号”所设想的第一点是,所谓地球,大体上乃是一个密闭系统。如果考虑到能量的输入,那么看来可以说这仅限于来自太阳的能量流入。就物质来说,除了从宇宙空间落下陨石而外,没有自地球外部进入的物质。如果考虑到能量的流出,那么有以辐射热形式放出的能量。在物质方面,也有很轻的物质即氢向宇宙空间飞散。就这一点而言,如果站在宇宙空间来考虑,那么虽然不能说是完全密闭系统,但大体上可以认为是密闭系统。

宇宙飞船“地球号”所设想的第二点是以全球规模保持着生态系统的动态平衡。换句话说,不论是日本列岛,还是美利坚合众国,即使是将人为规定的国境作为一个系统来考虑也是没有意义的。这不能不认为,只有通过整个地球才能取得平衡,而且,以其全球规模保持着整体平衡的生态系统,是由开放系统各个组成部分形成的。如果考虑到各种植物,那么有以摄取太阳能形式进行能量输入,同时,通过光合作用制造的淀粉以供动物食用的形态,或者以向外界排出光合过程中产生氧的形态,与其它系统相联系。在这种意义上,生态系统的各个组成部分,完全不是密闭系统,而是开放系统。各个组成部分极其巧妙地互相配合,结果所形成的就是作为密闭系统的生态系统,它表现为全球规模,而作为宇宙飞船的地球,便保持着平衡。

宇宙飞船“地球号”所设想的第三点是，只要人类也属于生物，那么也只有地球这种宇宙飞船的生态系统范围内才能协调地生存。因此，就必然会产生这种想法，就是我们人类如果想要改变生态学的限制条件，就必定会引起生态循环或者生态平衡的变化，这虽然多少会产生时滞现象，但必然会以某种形式反过来影响人类系统。所谓人类的文明，乃是以几何级数不断扩展，但这种扩展本身，从长期看来，是否能够在生态系统中取得协调呢？还是会破坏这种构架呢？这些都需要加以考虑。

现在让我们来谈谈人类文明的新陈代谢和比喻。如果研究植物的新陈代谢，那么植物在其生长过程中将太阳能加以固定，贮积淀粉，形成叶片。到了秋天，叶片脱落。脱落的叶片为细菌所分解。从细菌来看，也无非是将其分解以获取能量。此外，植物通过光合作用释出氧气，供动物呼吸。在生态系统中，各种亚系统的新陈代谢与后一种亚系统的新陈代谢，则是通过这种方式巧妙地连结起来。就是对于人类这一个生物种，也要考虑其新陈代谢。

在生产和消费物品的过程中，往往排出废烟或者污水，这些废弃物乃是生产过程中新陈代谢的一环。另一方面，构成生态系统的生物的新陈代谢，必然与其它过程的新陈代谢相联系，只有这样，生物才有可能生存；不过，人类文明的新陈代谢在整个生态系统中，究竟以何种形式与其它亚系统发生联系并与整体保持协调呢？对此均有必要研究清楚。

首先，关于食物，我们以植物为食。在工矿农业生产活动中人们利用能量。日本的能量供应结构，目前完全是火力为主，水力为辅，以石油为中心的化石燃料能量起着主导作用。所谓石油，系作为生态系统代谢作用一环而生成，如今埋藏于地下。把石油从地下开采出来，应用于生产过程。结果，

向大气排出大量的碳或者 CO_2 。关于排出数量的规模，有着各种各样的议论，但是具有相当大的不良影响这一点，直至最近才越来越清楚。例如，曾经试算，自 1950 年到 1960 年左右的 10 年期间，由于燃烧化石燃料，人类人为地往大气排出的碳(C)量约为 2.5×10^9 吨。通过植物进行光合作用，可将大气中二氧化碳所含的碳以淀粉形式加以固定，但若与其一年排出的总量相比较，则前者约等于其 18%。看来，对于自然界造成的不良影响，往往超过了常识所能想象的程度。

我们应如何认识作为其构架的人类系统和自然界系统的平衡呢？对于这样一种自然哲学或者自然观，看来有必要重新加以研究。

(田守荣-)

第二章 大 气 污 染

一、理解大气污染的基础知识

(一) 前 言

成年人每天大约呼吸一万公升空气,重量相当于 13.6 公斤左右。我们知道,成年人的食物摄取量每天约 1 公斤,饮水量约为 2 公斤。而人类为了生存,为什么要这么大量的空气通过呼吸出入于体内呢?换句话说,成年人约在五周内没有食物、约在五天内没有水还能生存,但是,没有空气只要五分钟就不能生存。进入体内即肺部的空气,对成年人来说,在相当于网球场那么大的肺泡里进行着氧气与二氧化碳的气体交换。如果空气中混有对人体不利的物质,那么,这种物质不仅能够刺激呼吸器官的组织,而且往往也能破坏这种组织。再者,如果通过肺泡进入血液,那么,这种物质便不通过肝脏这个解毒机构而遍及全身。这意味着,对人体不利的物质也就是有害、有毒的物质被吸入体内对内脏器官和组织直接产生影响。人的生命现象不可停止,吸入氧气、呼出在体内形成的二氧化碳,这种呼吸机能所必需的空气如受到有毒物质的污染,则生命现象与这种有毒物质就有了牵连。这些是不难推测的。生命现象并不只限于人类本身,植物、动物等也是有生命的。同时,根据我们的看法,土壤乃至水分也是有生命之物。既然是有生命,那么与周围的空气就有着一定的关系。地球作为天体之一的出现,经历了无数的地球化学、地球物理、地球生物的变化之后,才成为今天的状态。而当空气的成分

变为稳定之时，人类才在地球上出现。一般认为这大约在二百万年之前。尔后，人类与地球的生态系统维持大体上的协调，从而达到了生成与发展。这种协调的结构之中，重要因素之一，就是空气。而空气的性质今天已有问题，这就是大气污染的问题。

(二) 大气污染的定义

地球表面大约为 1,000 公里厚度的空气所围绕。这种空气层，上层稀薄、下层浓厚。并且，由于地球自转运动和气象条件，空气层不仅发生横向运动，而且，由于对流作用也进行纵向运动。我们所生活的地面高度之空气化学成分，如表 1 所示。这种空气由于包括人类生物活动所产生的广义的排泄物而受到污染。于是，人居住的地方，空气也必定受到污染。不仅如此，由于火山活动、山林火灾、海水波涛飞扬、土壤受风扬散，还有大气圈空气运动等自然现象，一方面使空气标准化学成分的比例发生变化；另一方面也混入异类物质，从而使空气受到污染。但是，一般来说，通常如果经过一定时间，污染物质可能被排除，因此，假如间隔一段不长的时间之后进行观察，常常仍保持着一定的空气成分。这是由于地球所具有的物理化学机能的结果。但是，可能出现这种机能——可称之为地球具有的自然净化能力——发生变化的现象，其原因会是这种机能本身的变化吗？这种令人恐惧的想法，还是在产业革命以后就为人们所关注了。这是因为污染物质已经对人体及其周围环境产生恶劣影响。当包括我们地区的空气污染，已经发生并超越地球本身所具有的自然净化机能的状态，结果，在空气变得对人类及其周围环境不令人满意的时候，便产生了大气污染这个名词。

在日本，一般来说，把产业工厂室内空气的污染即所谓空

表 1 正常(干燥)空气的气体成分表

(引自 Bernard. D. Tebbens)

气 体	浓度(ppm) (体积)	气 体	浓度(ppm) (体积)
氮	780,900	氩	1
氧	209,400	氧化氮	0.5
氩	9,300	氢	0.5
二氧化碳	315	氦	0.08
氟	18	二氧化氮	0.02
氖	5.2	臭 氧	0.01~0.04
甲 烷	1.0~1.2		

气污染,与包括整个地区性的空气污染,统称为大气污染。这是制定对策及对空气性质进行评价时,从便于区分的角度而开始使用的。从自然科学的观点来看,空气和大气这两个名词,在本质上没有不同的含义。在日本,包括地区性的空气污染开始成为问题之时,有些人已经以健康的成年人接触 8 小时就出问题的产业工厂的污浊空气为标准,加紧进行包括地区社会在内的空气评价。在地区社会,生活着无论年龄抑或健康状况都显著不同的人们,并且因为 24 小时接触污浊空气亦即长期接触是有问题的,所以,对产业工厂空气污染的评价与对地区性空气污染的评价显然不同。当时这种不难理解的道理是混乱的,因而,对包括地区性空气污染使用大气污染这个词,而对室内空气污染特别是产业工厂和多数集会场所的空气污染,则使用空气污染这个词。结果,避免了混乱现象。在英语中,有 Air Pollution (空气污染), Atmospheric Air Pollution (大气空气污染), Community Air Pollution (社会大气污染)等词。但是,相当于日本的大气污染这个词的英语本来是 Atmospheric Air Pollution, Community Air Pollution。而现今则简称为 Air Pollution。另者,相当空气