

# 环境和指示生物

(水域分册)

日本生态学会环境问题专门委员会 编



中国环境科学出版社

# 环境和指示生物

## (水域分册)

日本生态学会环境问题专门委员会 编

卢全章 译

中国环境科学出版社

1987

## 内 容 简 介

本书是通过水体中的生物现象来观测环境，也即对环境污染的生物监测。书中以污染和人类活动对植物、动物的影响为重点，比较系统和全面地阐述了生物种类，特别是优势生物和指示生物，生物群落的结构、反应、动态，生态特征等与环境的相对应的关系。本书综合性强，涉及面广，将淡水、海洋的环境污染中的指示生物都综合在一起，根据生物群落的变化来评价环境。

本书可供环境保护的科研、监测、管理部门，生物、生态研究部门，水产、海洋等科研部门的科技人员和管理人员以及有关大专院校师生参考。

日本生態學會環境問題專門委員會

環境と生物指標2

—水界編—

共立出版株式会社

环境和指示生物

(水域分册)

日本生态学会环境问题专门委员会 编

卢全章 译

责任编辑 丁 枚

中国环境科学出版社出版

北京崇文区东兴隆街69号

顺义县燕华营印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经营

1987年12月第一版 开本 850×1168 1/32

1987年12月第一次印刷 印张 12 1/4 插页 5

印 数 0001—4,000 字数 331千字

ISBN 7-80010-067-7 / X0067

定价：3.10元

## 译者的话

生物与环境不可分割，环境的任何变化都会影响到生物。生物能直接而敏感地反映环境变化的内容和程度。“指示生物”可以说是精确地“反映环境的生物现象”，是用于判断环境的某些生物。《环境和指示生物》（水域分册）一书的内容就是阐述环境污染对生物种类、个体数量、生物群落结构和功能的影响，以及如何利用这种生物现象来监测和评价环境，即环境污染的生物监测。

本书分内陆水体和海洋水体两篇，共29章。各章均由日本有经验的生态学者或有关专业的专家分别撰写。内容丰富，涉及面广，科学性和综合性较强。将淡水、海水的环境污染的指示生物综合在一起，通过生物种类和群落的变化来评价环境。本书是一本很好的环境生物监测方面的参考书。

在本书的翻译过程中，得到了沈韞芬和陈受忠副教授，龚循矩、陈其羽、王士达、黄祥飞、李尧英、朱惠忠和余志堂等同志的热情帮助，在此一并表示感谢。

由于译者水平有限，译文中缺点和错误在所难免，敬请读者批评指正。

译者

1986年12月

# 序

## ——环境生物学监测的意义

自然和环境，并不是渺茫的、抽象的，而是赋有科学的特性，应当把它当作研究对象提出来。从50年代到60年代，历史上从未见过的经济的高度发展，确切地说是由于不平衡的发展，超出了大气、水、土壤所能容忍的正常变化的限度，而使自然和环境丧失了原来的状态，明显地破坏了人和生物的生活圈的生态平衡。

1972年6月在斯德哥尔摩召开的“联合国人类环境会议”认为环境是人类享受生存权利的基础，并发表了人类环境宣言和讨论了对环境应该实施国际性监测的问题。国际科学联盟理事会（ICSU）的环境问题科学委员会（SCOPE）提出“监测”的定义是：以科学的设计方法，定期地连续地进行环境诸性质的测定和观察。作为监测的效果，在于能够早期发现环境恶化的征候，找出原因，采取对策，预测将来，起到有效地保护资源的作用。

日本生态学会环境问题专门委员会认为，环境监测应该切实地抓住环境的空间、时间的变化，提供保护人类生存环境和自然的不可缺少的重要资料，制定切合日本实际情况的全国性计划，并附上实施要领的参考意见，向环境厅提出要求。

作为监测的方法，一般人的理解范围是测定空气、水、土壤以及日本公害基本法所指定的噪声、振动、地面下沉、恶臭等环境条件的变化，而脑子里习惯的想法只是用物理学或化学的方法进行监测，但是仅有这点还很难说是圆满的。在环境中，除物理的和化学的循环以外，还有生物的循环。正是这三个要素（物理的、化学的和生物的）相互作用，形成了综合的生态系单位。三个要素缺少任何一个，在整体认识上都是不完全的。

物理学的监测，由于采样地点（不是场所）和时刻（不是时

间)的不同,其监测值很不一样,缺乏空间、时间的连续性,在方法论上有缺点。近来研制成功的连续自动测定装置,在技术上也还不完善,从经费方面来看也不可能在许多地方都设置这种仪器。所谓只相信ppm乃至由ppm决定一切(只要列入数据,就一味相信)的缺点,是因为过于偏重理化参数。

生物循环的变化,在某种程度上直接反映人类环境的状态。但是,物理化学的循环必须通过数据转换的形式表达出来。在这里有必要设定环境的标准,毒物的安全标准,但是转换的标准在技术上有困难,数据上有许多争论。

从方法论来看,生物循环的监测优点是,能知道从过去到现在连续积累的结果和在空间上,不是点而是广阔范围的场所的平均变化。这种变化具有稳定的持续性。

理化循环和生物循环两者各有长短,生物现象的监测不能期待得到ppm那样的数学精确性。虽然生物对环境多少具有敏感性反应,但是在许多生物现象中,1ppm之差并不产生可识别的差异。两者作为环境参数有唇与齿或车与轮之间的关系。两者同时并举,其环境全貌则会更明确。至少作为物理化学监测的补充,也应推行生物学监测。

关于环境及其生物现象的变化(生态学的主题之一)的专门研究,在日本也有许多报告,但还没有著作问世。对这个问题,一般人未必有充分的认识。实际上,从事公害工作的行政官员和技术人员也几乎是ppm万能,而对生物现象漠不关心。

鉴于目前实际情况,日本环境问题委员会在1972和1973年的生态学全体会议上决定就公害及近代意义上的环境和与环境变化相应的指示生物现象,进行科学的总结,汇编成书,这对一般人也有宣传的作用。其主要内容包括,与环境的变化或破坏有关的生物现象。例如:不断消长的生物种类和群落,特别是优势生物和指示生物的种类、栖息密度、生产量、群落结构、反应、动态,同时也包括实验性生物鉴别的结果等,以及生态学试验。为此,需要在国内外收集大量资料和研究成果,用生态学的观点进行整

理，从中提出理论性的东西。

本书标题中提到的指示生物是指对环境变化的内容和程度反映最敏感的，可以说是起着监测器作用的生物现象。同所谓优势种相比，意味着它是同环境结合更密切的概念。这个概念，在有些领域，例如在河流和湖泊作为污水生物体系（津田松苗：水质污浊的生物学，1972年）早已被证实。在这里，严格地说指示生物不是研究对象，而是“反映环境的生物现象”，或者是“通过生物现象来判断环境”的意思，是在这个意义上提出来的问题。

利用生物现象判断环境的总结性著作的问世，至少在日本可能是初次。其内容不一定能满足需要，但希望今后反复钻研，逐渐趋于完善。

“水域分册”提到的环境，分内陆水和海洋两部分，分别由津田松苗和菊池泰二负责汇总，在出版方面得到共立出版股份公司的若井宽、铃木纪、金森京子等三人的关照，在此表示深切的谢意。

日本生态学会环境问题专门委员会委员长

小泉清明

1975年2月

# 目 录

## 第一篇 内陆水体

|                                  |        |
|----------------------------------|--------|
| 1. 前言——论指示生物 .....               | ( 1 )  |
| 2. 有机污染的指示生物 .....               | ( 3 )  |
| 2.1 指示种方式 .....                  | ( 3 )  |
| 2.2 客观性 .....                    | ( 4 )  |
| 2.3 群落 .....                     | ( 5 )  |
| 2.4 污水生物三角形 .....                | ( 5 )  |
| 2.5 生理学和内陆水体学的结合 .....           | ( 9 )  |
| 3. 无机污染的指示生物 .....               | ( 13 ) |
| 3.1 无机污染的特点和对生物的影响方式 .....       | ( 13 ) |
| 3.2 无机悬浮物的污浊同生物的关系 .....         | ( 14 ) |
| 3.3 无机化学物质的污染同生物的关系 .....        | ( 17 ) |
| 3.4 无机悬浮物和无机化学物的污染同生物的关系 .....   | ( 25 ) |
| 3.5 关于无机污染指示生物的评价 .....          | ( 35 ) |
| 4. 作为指示生物的细菌 ( 湖沼 ) .....        | ( 44 ) |
| 4.1 细菌群落 ( 一般细菌 ) 的现存量和生产力 ..... | ( 44 ) |
| 4.2 作为指示生物的特殊细菌 .....            | ( 47 ) |
| 5. 作为指示生物的细菌 ( 河流 ) .....        | ( 50 ) |
| 5.1 引言 .....                     | ( 50 ) |
| 5.2 根据细菌数量评价河流环境及其问题 .....       | ( 51 ) |
| 5.3 根据有显著形态特征的细菌评价环境 .....       | ( 55 ) |
| 6. 作为指示生物的硅藻 .....               | ( 60 ) |
| 6.1 湖沼的指示硅藻 .....                | ( 60 ) |
| 6.2 河流的指示硅藻 .....                | ( 63 ) |
| 7. 作为指示生物的藻类 ( 除硅藻外 ) .....      | ( 68 ) |
| 7.1 指示种和采样问题 .....               | ( 68 ) |
| 7.2 蓝藻纲 ( Cyanophyceae ) .....   | ( 69 ) |



|      |                                          |         |
|------|------------------------------------------|---------|
| 7.3  | 甲藻纲 (Dinophyceae) .....                  | ( 78 )  |
| 7.4  | 裸藻纲 (Euglenophyceae) .....               | ( 80 )  |
| 7.5  | 绿藻纲 (Chlorophyceae) .....                | ( 84 )  |
| 7.6  | 其他藻类 .....                               | ( 95 )  |
| 8.   | 作为指示生物的水草 .....                          | ( 100 ) |
| 8.1  | 水草能否作为指示生物 .....                         | ( 100 ) |
| 8.2  | 湖沼变迁、陆地化的指标 .....                        | ( 101 ) |
| 8.3  | 作为富营养化指标的外来水草 .....                      | ( 102 ) |
| 8.4  | 湖底土壤、风浪、流水的指示生物 .....                    | ( 102 ) |
| 8.5  | pH 指标 .....                              | ( 103 ) |
| 8.6  | 环境污染的指标 .....                            | ( 104 ) |
| 9.   | 作为指示生物的原生动物 .....                        | ( 107 ) |
| 9.1  | 作为内陆水体指示生物的原生动物 .....                    | ( 107 ) |
| 9.2  | 污水和废水处理中的指示性原生动物 .....                   | ( 109 ) |
| 10.  | 作为指示生物的轮虫类和腹毛类 .....                     | ( 113 ) |
| 10.1 | 轮虫类和腹毛类是什么样的动物 .....                     | ( 113 ) |
| 10.2 | 轮虫-腹毛类同水质的关系 .....                       | ( 113 ) |
| 10.3 | 轮虫-腹毛类的出现同水质污染阶段的关系 .....                | ( 124 ) |
| 11.  | 作为指示生物的甲壳类 .....                         | ( 137 ) |
| 11.1 | 作为指示生物的甲壳类 .....                         | ( 137 ) |
| 11.2 | 日本栉水虱 (等足目) .....                        | ( 139 ) |
| 11.3 | ( <i>Gammarus</i> ) (钩虾属) .....          | ( 146 ) |
| 11.4 | Decapoda (十足目) .....                     | ( 147 ) |
| 11.5 | 桡足类 (Copepod) 和枝角类 (Cladocera) 及其他 ..... | ( 148 ) |
| 12.  | 作为指示生物的浮游动物 .....                        | ( 150 ) |
| 12.1 | 引言 .....                                 | ( 150 ) |
| 12.2 | 调和型营养阶段的浮游动物<br>——以濑户内海周围池塘堰为主 .....     | ( 150 ) |
| 12.3 | 非调和型营养阶段的浮游动物<br>——日本各地水域的资料 .....       | ( 154 ) |
| 12.4 | 选择指示种的资料 .....                           | ( 159 ) |
| 12.5 | 国外湖沼指示种 .....                            | ( 161 ) |

|      |                           |       |
|------|---------------------------|-------|
| 12.6 | 结束语 .....                 | (162) |
| 13.  | 作为指示生物的蜉蝣目 .....          | (164) |
| 13.1 | 限于池塘、湖泊及小河回水处等静水蜉蝣类 ..... | (164) |
| 13.2 | 栖息于流水和碎波湖岸的蜉蝣类 .....      | (165) |
| 14.  | 作为指示生物的毛翅目 .....          | (169) |
| 14.1 | 有机污染和毛翅目幼虫 .....          | (169) |
| 14.2 | 无机污染和毛翅目幼虫 .....          | (171) |
| 14.3 | 生物地理分布 .....              | (172) |
| 15.  | 内陆水体指示性双翅目昆虫 .....        | (181) |
| 15.1 | 源流水域 .....                | (182) |
| 15.2 | 山间溪流水域 .....              | (183) |
| 15.3 | 山脚河流段水域 .....             | (184) |
| 15.4 | 平原河流段水域 .....             | (184) |
| 15.5 | 河口水域 .....                | (185) |
| 15.6 | 湖沼水域 .....                | (183) |
| 15.7 | 水田及有关水域 .....             | (183) |
| 15.8 | 其他水域 .....                | (187) |
| 16.  | 作为指示生物的贝类 .....           | (189) |
| 16.1 | 日本淡水贝类的栖息地 .....          | (189) |
| 16.2 | 污染与淡水贝类 .....             | (195) |
| 17.  | 作为指示生物的鱼类 .....           | (199) |
| 17.1 | 有机污染同鱼类 .....             | (200) |
| 17.2 | 无机污染同鱼类 .....             | (205) |
| 18.  | 水体生态系的代谢和水体环境 .....       | (208) |
| 18.1 | 引言 .....                  | (208) |
| 18.2 | 水体生态系的代谢 .....            | (209) |
| 18.3 | 代谢活动与环境的关系 .....          | (211) |

## 第二篇 海 洋

|     |                 |       |
|-----|-----------------|-------|
| 1.  | 海洋污染与生物 .....   | (217) |
| 1.1 | 海洋污染与生物 .....   | (220) |
| 1.2 | 海洋污染与指示生物 ..... | (221) |
| 2.  | 作为指示生物的海藻 ..... | (225) |

|     |                          |       |
|-----|--------------------------|-------|
| 2.1 | 内湾区域的变化                  | (225) |
| 2.2 | 外海区域的变化                  | (226) |
| 2.3 | 海洋污染与紫菜养殖                | (227) |
| 2.4 | 海事特别是突然事故对海藻类的影响         | (230) |
| 2.5 | 作为地壳变动、海水面高度变动指标的潮间带藻类   | (231) |
| 3.  | 作为指示生物的细菌                | (234) |
| 3.1 | 作为海洋水团指标的细菌              | (234) |
| 3.2 | 作为海洋污染、污浊、富营养化指标的细菌及其活性  | (235) |
| 4.  | 作为指示生物的浮游植物              | (244) |
| 4.1 | 水团的指标                    | (244) |
| 4.2 | 沿岸和外洋                    | (247) |
| 4.3 | 赤潮                       | (249) |
| 4.4 | 生物化学定量                   | (251) |
| 5.  | 作为环境指标的浮游动物              | (254) |
| 5.1 | 选定指示生物种类                 | (254) |
| 5.2 | 水团指标与浮游动物                | (255) |
| 5.3 | 内湾环境的指标和内湾类型             | (261) |
| 6.  | 作为环境指标的底栖动物(1)           |       |
|     | ——以群落结构为中心               | (265) |
| 6.1 | 底栖动物的特点                  | (265) |
| 6.2 | 群落结构与环境条件                | (265) |
| 6.3 | 表示群落多样性的指数               | (268) |
| 7.  | 作为环境指标的底栖动物(2)——以指示生物为中心 | (275) |
| 7.1 | 引言                       | (275) |
| 7.2 | 群落结构的变化                  | (275) |
| 7.3 | 指示生物                     | (276) |
| 7.4 | 与非生物环境的关系                | (281) |
| 8.  | 作为海洋环境指标的着生动物            | (284) |
| 8.1 | 作为内湾性指标的着生动物             | (286) |
| 8.2 | 作为内湾性指标的着生动物群落           | (289) |
| 8.3 | 今后的问题                    | (291) |

|                             |       |
|-----------------------------|-------|
| 9. 海水的生物检验——以使用海胆受精卵为主..... | (294) |
| 9.1 半数耐受量 (TLm) 的测定.....    | (294) |
| 9.2 发育障碍浓度的测定.....          | (295) |
| 9.3 根据海胆受精卵判断海水污染.....      | (295) |
| 10. 河口生态.....               | (305) |
| 10.1 引言 .....               | (305) |
| 10.2 河口环境 .....             | (306) |
| 10.3 河口生物群落 .....           | (309) |
| 10.4 河口生物的适应性 .....         | (315) |
| 10.5 污浊河口的生物群落 .....        | (316) |
| 11. 遗留的几个问题 .....           | (318) |
| 11.1 富营养化和渔获物组成的变迁 .....    | (318) |
| 11.2 重金属及其他有害物质的问题 .....    | (319) |
| 11.3 温废水的影响 .....           | (320) |
| 拉汉指示生物名称 .....              | (323) |

# 第一篇 内陆水体

## 1. 前言——论指示生物

环境一改变，环境中所栖息的生物种类也会随着发生改变，同时种的数量也会有所不同，进而在那里所形成的生物群落也不一样。生物与环境相适应，生物的变化，当然可以用来作环境变化的指标。

下面我们来研究一下指示生物。如果一种生物的存在给我们指示某种特定环境条件的存在；而该种生物不存在，又指示该环境条件不存在，那么把它作为其环境条件的指示生物是很好的。

但是，在某种场所，假如是A，长期存在着A种生物时，那么该场所的环境条件就成了对A适合的证据。然而A不存在，不能肯定该场所的环境条件不适合A。那个地方，或接近那个场所的地方如果没有A种生物，即使环境条件适合于A，也不会存在，也不会繁殖，因此也找不到它。

在这种意义上，象世界各地广泛分布的、繁殖力强的、生命周期短的种类，如果有适合的环境条件，在哪里都能大量存在和生长繁殖，则存在迅速形成生物群落的可能性。

然而，关于具有与此相反特性的种，虽然具备了适合的环境条件的场所，但不存在那个种，这是很常见的事。

上述事实，如果考虑一下藻类和香鱼的情况，就会理解。

其次，作为好的指示生物的条件，可以说其种适应环境的范围越狭窄越好。例如对有机污染而言，只能在 $\beta_m$ 或 $\alpha_m$ 生存的种比从 $\beta_m$ 到 $\beta_p$ 都能生存（耐受范围）的种是更好的指示生物。pH范围6.0—7.0的种比pH范围5.0—8.0的种是更好的指示生物。

但是，只能耐受非常狭窄范围的环境条件的种是很少的，我们必须重视它。而且，还必须更多地发掘它。

科尔科威茨-马尔森 (Kolkwitz-Marsson 1908, 1909) 联系到有机污染的程度，对许多动植物进行分类，并且把它分为  $\alpha_s$  (寡污水性)、 $\beta_m$  ( $\beta$ 中污水性)、 $\alpha_m$  ( $\alpha$ 中污水性)、 $\beta_s$  (多污水性) 四个阶段。但是，科尔科威茨-马尔森不希望简单地使用其指示生物表。强调不是根据某种生物，而是应该根据其生物群落来评价环境。例如，根据某一种生物的存在或不存在来论述水质阶段是危险的。

总之，技术人员论述水体的水质时，往往依赖所谓 BOD 的 ppm 测定。现在必须提出多种评价方式，其中指示生物的方式，是有希望的一种。

(津田松苗)

## 2. 有机污染的指示生物

本章要讨论有机污染的指示生物问题。有机污水的污水生物学乃至生物学的水质评价，自本世纪初开始（Kolkwitz, Marsson, 1909）以来，已经大约有70年的历史。而且在最近10—15年间有了新的显著的进展。

### 2.1 指示种方式

当用生物学方法判断水质时，把指示水质污染的有无及污染强度的指示种作为指标进行判断，这是传统的科尔科威茨-马尔森方式。例如在河流的某一地点假设发现有 a, b, c, d, e……种类的生物，调查其 a, b, c……各自不同的种，是属哪个水质阶段的指标（如使用Kolkwitz-Marsson的指示种表或Liebmann的淡水和污水生物学手册），如果 $\alpha$ 中污水性的种类多的话，则该地点判断为 $\alpha$ 中污水性的水域。

不用说，这种情况要考虑种类出现的多少程度。大量出现的种类（或优势种），我们认为更重要。

根据这个方法，作者的研究室就日本的淀川、大阪市内河流、神崎川、猪名川、纪之川，琵琶湖周围的河流，以及石狩川、阿武隈川、大淀川等许多河流，已经进行了调查（津田、森下，1974）。

污水生物体系的水质阶段，根据科尔科威茨-马尔森方法，有的人把寡污水性、多污水性再分为 $\alpha$ 、 $\beta$ ，合计六个阶段，还有人设有更强的污染阶段（Sládeček等）。

科尔科威茨-马尔森，利布曼等提出了与各水质阶段对应的指示生物表，津田（1964）联系到日本所存在的种，也提出了一

个指示生物表。

但是，随着研究的进展，环境生物知识的增长，这个表应该有所修改和补充。

## 2.2 客 观 性

上述判断过程，从所得到的种的有无及数量的资料来判断其污染阶段时，保持其客观性，进行数学图解有若干方法。例如，潘特莱-巴克 (Pantle-Buck) 方法，操作如下：

评价生物存在的量度 ( $h$ ) 时，首先给予下列数值：

偶尔存在时， $h=1$ ；存在量多时， $h=2$ ；存在量非常多时， $h=3$ 。

污染的4个阶段中，污染阶段指数 ( $s$ ) 如下：

多污水性指示种  $s=1$

$\beta$ 中污水性指示种  $s=2$

$\alpha$ 中污水性指示种  $s=3$

多污水性指示种  $s=4$

这样，在某一地点的调查，从所得到的若干种类存在的量度 ( $h$ ) 和其污染阶段指数 ( $s$ )，根据下列公式进行计算，求出污染指数  $S$ 。

$$S = \frac{\sum (s \cdot h)}{\sum h}$$

然后根据  $S$  的大小，得出水质是干净还是污染的指标，即：

如果  $S=1.0-1.5$ ，则污染非常少（寡污性水体）。

如果  $S=1.5-2.5$ ，则污染属中等（ $\beta$ 中污性水体）。

如果  $S=2.5-3.5$ ，则污染稍强（ $\alpha$ 中污性水体）。

如果  $S=3.5-4.0$ ，则污染甚强（多污性水体）。

遵照这个原则进行判定的，已有一些例子（例如，津田、森下，1974）。



## 2.3 群 落

在科尔科威茨-马尔森-利布曼系统,即把生物种作为对象(指示生物)论说物质,以生物群落作为对象论说其水质阶段。福杰丁斯坦得(Fjordingstad 1964)是企图抓住群落,并根据群落论说水质阶段。但是,使用生物群落又怎么样呢?实际上,特杰丁斯坦得只考虑到了形成生物群落的诸生物的总合等等,但没有做这样的工作,结果就变成考虑代表生物群落的优势种。在植物群落学中,往往根据群落的优势种来命名群落(如橡树-柯树群落)。福杰丁斯坦得只研究了水中生物的底栖藻类和细菌及其群落系列。实际上同根据优势种进行判断几乎没有差别,但是在考虑方法的基础上带来了群落的观点是值得注意的,也有必要进一步深化,然而后来没有发展。

下面要介绍的斯莱德萨卡(Slādeček)系列模式图,把群落结构(在分类群中也考虑了量的结构)带进了污水生物体系,这是很有意思的。下面稍微详细地加以说明。

## 2.4 污水生物三角形

图2-1是斯莱德萨卡(1972)污水生物三角形。它表示各水质阶段生物群落的质的结构,也粗略地表示量的结构。

对三角形的底边作垂直点线,分成若干部分,即分为寡污水性、 $\beta$ 中污水性、 $\alpha$ 中污水性、多污水性(以上是湖沼型污水性)、i污水性、m污水性、极污水性(以上为真污水性)等七个阶段。

生物量(不用说应该看成是表现量的多少)用高度表示。三角形的顶点在多污水性和i污水性之间,可以认为这两个阶段生物的量最多。个体数、生物群、生产都高。在i污水性的水体中,次级生产高。在多污性水体中,次级生产和初级生产都高(许多酸化池是多污水性)。