

湖泊环境调查指南

日本水污染研究会 编

中国环境科学出版社

内 容 简 介

本书从湖泊环境的各个方面,包括湖泊流域、气象、水文、水质、底泥、生物、富营养化与预测等,介绍了调查方法、项目、仪器设备及调查研究中必须收集的数据和注意的问题。在湖泊富营养化方面除介绍了具体研究方法外,还对国际上有关富营养化的预测模式也作了详细介绍。

本书是湖泊环境调查研究方面的一本综合性指导手册。适合从事湖泊水体环境调查、监测、研究的科技、管理人员阅读。

社団法人 日本水質汚濁研究協会編

湖沼環境調査指針

公害対策技術同友会

湖泊环境调查指南

日本水污染研究会 編

谢其明 王恕蓉 译

朴富宁 校

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

北京怀柔县东茶坞印刷厂印刷

新华书店总店科技发行所发行 各地新华书店经售

1989年8月第 一 版 开本 850×1168 1/32

1989年8月第一次印刷 印张 12 5/8

印数 1— 3 000 字数 338千字

ISBN 7-80010-074-X/X·074

定价: 5.20元

前 言

近年来，湖泊和海湾等封闭性水域，由于来自城市和工业营养盐的增加，藻类迅速繁殖，水体中有机污染物增加，给利用水体带来许多不便。目前，水体的富营养化已为人们知晓。为防止水环境的恶化，各国都在寻求良策。随着富营养化而使水质污染成为社会问题，日本从国家到地方自治团体都在为改善富营养化水体的环境研究对策。

虽然水质污染从来都是以水污染为焦点，但对富营养化所引起的水质污染必须有所理解，因为这种污染和由外来污染物质引起的直接污染不同，它有三个特点。

第一，导致富营养化的物质与一般外来毒物和有机污染物质不同，它是由生物生存所不可缺少的营养盐，特别是氮和磷所引起的。这些物质供应过剩导致水体中浮游植物和水草过度繁殖，水体生态平衡破坏。在自然界，特别是集水区域中，氮和磷广泛存在，不限于特定的污染源，它的供应情况因人类活动、土地利用状况而有很大的变化。所以，富营养化是人类活动导致水质污染的结果。

第二，富营养化的中心过程是植物初级生产活动，它和营养盐受季节性变化的光、水温，特别是水的活动影响很大。初级生产活动过剩，通过水体生态系统内生物的相互关系，或生物与环境间的复杂联系，引起水体各种生物、水质以及底泥的一系列连锁反应。此外，水体的不同形态、深度、水流及交换对上述反应也产生影响。因此，富营养化引起各种变化的因果关系决非千篇一律，而是因地区和条件有很大的差异。

第三个特点如上所述，富营养化导致水域生态系统的全部变化，可以说是大不一样，社会的理解和认识也各不相同。所

以，对富营养化所致水质污染的理解是因人而异和因地而异的。因此，富营养化的防治对策就往往容易处于被动和原地踏步的状态。

由于富营养化所致的水质污染具有这些特点，所以，对于地区性的水域利用和平衡以及计划采取的富营养化防治措施等，事前必须对每一水体的富营养化现状和由此所致的水质污染机理有一个正确的科学认识，在此基础上提出社会上的要求和相应的措施。

从富营养化所致水质污染的特点出发，在国际上，以经济合作与发展组织（OECD）为中心，首先进行了富营养化的影响因素和机理的研究，明确富营养化原因、所引起的各种变化以及它们间的因果关系，提出必要的、可行的管理措施。

1979年日本环境厅水质保护局设立氮、磷等水质标准委员会（主任合田健），对导致日本湖泊富营养化的各种因素作了探讨，阐明了氮、磷水质指标。另外还讨论了为确切掌握各地区水域的富营养化现状、阐明原因和机理所必需采用的调查方法，并于1980年成立了工作小组（组长坂本充）作为水质保护局局长的私人咨询机构，重新对水质调查法作了探讨，同年九月提出了讨论结果。

本书是在讨论结果的基础上，由水污染研究会所设的湖泊环境调查指导委员会根据资料和报告加以充实编写而成的。

湖泊的富营养化与湖内发生的各项事件有关，以往的调查项目大多与陆水学的项目相同。然而，为掌握营养盐过量的原因和阐明富营养化中心过程的植物生产和由此引起的各种量的因果变化，对水质管理、正确掌握和评价水质现状以及预测未来等都是很必要的。而且，在复杂的自然环境下要取得这些资料，就必须进行适当的采样、测定、分析和结果处理，还必须了解采用的方法和所得结果的意义以及它们的适用界限。

根据上述原因，经湖泊环境调查指导委员会反复讨论，对项目和内容作了审查，委员会的全体成员参加了本书的编写。

此外，本书的出版和印刷承日本水污染研究会的萩原园惠氏和公害对策技术协会的诸位先生的协助谨此致谢。

名古屋大学水圏科学研究所

坂本充 1982年10月

目 录

第一章 湖泊水质污染现状和对策.....	(1)
一、 湖泊的水质污染问题.....	(1)
二、 湖泊水质保护对策.....	(5)
第二章 湖泊和环境.....	(9)
一、 湖泊的特性.....	(9)
二、 湖泊的环境因素.....	(14)
第三章 湖泊的富营养化.....	(19)
一、 富营养化现象.....	(19)
二、 富营养化的影响因素和调查项目.....	(22)
第四章 调查计划和顺序.....	(24)
一、 方针和内容.....	(24)
二、 调查计划.....	(26)
三、 调查顺序和注意事项.....	(31)
四、 调查结果的一般处理方法.....	(34)
第五章 基本单元调查.....	(37)
一、 概述.....	(37)
二、 湖泊概貌调查.....	(37)
三、 湖泊治理和水利计划的基本数据调查.....	(37)
四、 湖泊的治理和水利工程调查.....	(41)
五、 湖泊改造工程的调查.....	(42)
六、 湖泊水利利用状况的调查.....	(43)
七、 湖泊水质状况的调查.....	(45)
八、 湖泊流域的气候和社会调查.....	(48)
第六章 流域调查.....	(50)
一、 概述.....	(50)
二、 自然地理特征调查.....	(50)
三、 社会特征调查.....	(59)

四、 污染产生及排放负荷量的调查.....	(68)
五、 流入流出污染负荷调查.....	(92)
第七章 气象调查.....	(108)
一、 调查目的.....	(108)
二、 调查内容.....	(108)
三、 现有观测网的概况和获得资料的方法.....	(110)
四、 独立观测的必要性和观测方法.....	(112)
五、 调查结果的整理.....	(115)
第八章 水文调查.....	(132)
一、 概述.....	(132)
二、 湖泊的水量平衡.....	(133)
三、 湖水的滞留和交换.....	(138)
四、 湖水的流动.....	(145)
五、 水文观测和仪器.....	(162)
第九章 水质调查.....	(137)
一、 调查目的.....	(174)
二、 调查方法.....	(177)
三、 采水方法.....	(178)
四、 水样的前处理和保存方法.....	(184)
五、 测定方法.....	(186)
第十章 底泥调查.....	(229)
一、 调查目的.....	(229)
二、 调查内容.....	(229)
三、 调查方法.....	(229)
四、 测定方法.....	(231)
第十一章 沉降及底泥的回归调查.....	(239)
一、 概述.....	(239)
二、 沉降调查.....	(240)
三、 底泥的回归调查.....	(254)
第十二章 生物调查.....	(263)
一、 调查目的.....	(263)
二、 调查内容.....	(263)

三、 调查方法.....	(264)
四、 鉴定及测定方法.....	(264)
第十三章 初级生产力和分解能力调查.....	(291)
一、 初级生产力.....	(291)
二、 分解呼吸量.....	(301)
第十四章 藻类生产潜力调查 (AGP 试验).....	(305)
一、 调查目的.....	(305)
二、 调查内容.....	(305)
三、 调查方法.....	(308)
四、 调查结果的处理.....	(316)
第十五章 用于富营养化预测的数学模型.....	(318)
一、 目的和意义.....	(318)
二、 建立模型的方法.....	(322)
三、 磷负荷模型——伏伦伟特 (Vollenweider) 模型.....	(333)
四、 生态系统模型.....	(340)
五、 模型的有效性和界限.....	(348)
第十六章 富营养化状态的综合判断.....	(351)
一、 概述.....	(351)
二、 富营养化状态.....	(351)
三、 判断富营养化状态的方法.....	(353)
四、 判断富营养化状态时各项目之间的定量关系.....	(359)
五、 判断富营养化状态.....	(369)
六、 富营养化状态指标 (TSI).....	(372)
七、 根据生物指标判断.....	(376)

第一章 湖泊水质污染现状和对策

一、湖泊的水质污染问题

1. 水质污染现状

根据环境厅汇总的1980年度水质调查结果，从有机污染的代表性指标BOD（生化需氧量）或COD（化学需氧量）来看，相对于70%河流、80%海洋水域达到环境标准而言，湖泊达到环境标准的不过40%，其余的60%左右尚未达到环境标准。

从河流和海洋水域水质改良的年度变化来看，如图1.1所示，河流、海域的达标率逐渐有所改善，但湖泊大体上呈水平状态，看不到改善的迹象。

从环境标准的达标状况来看，湖泊的状况极差，这就可以大体上看出，湖泊水质的改善是如何的困难。

表1.1是湖泊的详细分类，可以看出，AA型湖泊的达标率特别差。这些水体，原来是天然美丽的湖泊。从利用角度来看，它们作为自来水水源以及在自然环境的保护上是重要的。

从主要湖泊的COD（年平均值）来看，如表1.2所示，手贺沼（20mg/l）。霞浦湖（9.3mg/l），諏访湖（7.8mg/l），新道湖（4.0mg/l），琵琶湖（南湖）（3.1mg/l）等大大地超过环境标准。

这种水质污染的特征是因曲折型封闭性水体导致水的滞留，水中富含氮、磷等营养盐类，促进藻类繁殖。随着水质累积恶化，可以看到富营养化的发展。

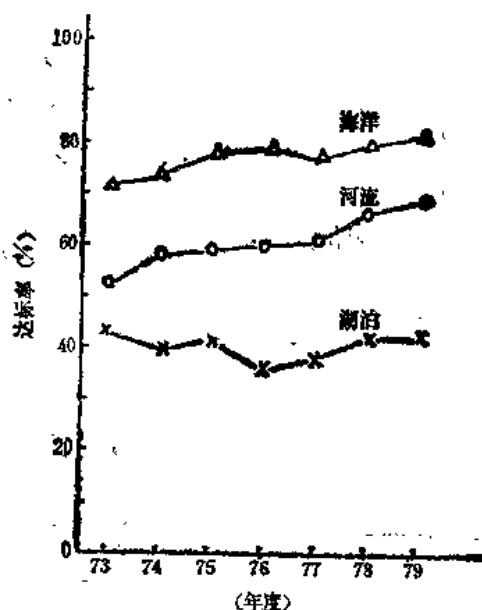


图2.1 环境基准达标率的变化 (BOD或COD)

表1.1 环境基准达标状况 (湖泊)

1980年

类型	调查水域数	达标 水域数	达标率 (%)	备 注 (COD基准值)
AA	22	7	32	1 mg/l以下
A	64	34	53	3 mg/l以下
B	14	1	7	5 mg/l以下
C	1	0	0	8 mg/l以下
合计	101	42	41.6	/

2. 水质污染引起的事故

湖泊水质污染造成的事故，多数与富营养化有关，但这与湖泊的湖盆形态、水文特征等自然条件和周围的土地利用、产业结构等社会条件也有关系。

用作自来水水源的湖泊，有因藻类繁殖而使滤池堵塞，过滤

表1.2 主要湖泊水质的时效变化 (以COD_{cr}环境基准点年平均值的平均值统计)

湖泊名称	类型	1975年	1976年	1977年	1978年	1979年	1980年
阿寒湖	AA	3.2	2.6	2.6	2.2	2.9	2.5
十和田湖	AA	0.7	0.7	0.8	0.7	0.9	0.8
霞浦湖	A	7.4	6.9	7.3	11	12	9.3
手贺沼	B	18	17	18	25	28	20
諏访湖	A	8.3	7.2	9.3	8.8	6.2	7.3
琵琶湖(北湖)	AA	1.9	1.4	2.0	2.3	2.3	2.2
琵琶湖(南湖)	AA	2.9	2.7	3.1	3.4	3.3	3.1
新道湖	A	2.9	3.5	3.6	4.0	4.1	4.0

效率降低等；有因富营养化伴随底层缺氧而致溶解铁和锰混入水源等，即所谓赤水；有因某些藻类繁殖，使自来水产生霉臭和青草臭等异臭。其中自来水的异臭以日本西部为中心扩展至全国，成为严重的问题。1981年自入夏至初秋，以琵琶湖为水源的近畿地区的自来水以及间接取自手贺沼的水引起千叶县自来水发生臭味问题，令人记忆犹新。

根据1977年的调查，日本全国的自来水行业以湖泊为水源，贮量在5万 m^3 以上的有133个（包括人工湖），其中因湖水引起自来水污染的有83个，占总数的62%，发生霉臭的有55个，占41%。表1.3示部分结果〔《异臭味对策指南》（日本自来水协会）附录〕。

除自来水污染外，各地也发生因底层缺氧使鱼类窒息而死等水产动物受害的事件。随着藻类繁殖，SS（悬浮物）和COD上升，透明度降低而使旅游价值下降，也有因雨久花类水草过度繁殖而产生污染的报告。

因富营养化引起藻类（浮游植物）过度繁殖和藻类聚集而成团块，用肉眼也能清楚看到。这就是所谓的水华现象，因藻类不同，由蓝藻引起的就称之为淡水赤潮。

在諏访湖、霞浦湖、相模湖等湖中，主要是蓝藻类的微囊藻，水面上象漂浮着绿色的油漆而使水带色。风把水华吹向局部

表1.3 不同地区霍乱发生频率

项 目	地区		北海道	东北	关东	北陆	中部	近畿	山阳	山阴	四国	九州	合计
	湖泊	蓄水池 { 专用 多用 }											
蓄水池 的数目	湖	泊	7	3	11	2	1	1	4	2	1	22	5
			2	5	3	5	8	9	12	1	5	14	64
	小	计	9	8	17	7	12	19	16	3	6	36	133
霍乱发生 池的数目	湖	泊	1	2	1		1	1	4	1		11	4
				1	1	1	1	7	8		2	6	24
	小	计	1	3	5	1	2	11	12	1	2	17	27
霍乱发生率 (%)			11.1	37.5	29.5	14.3	16.7	57.9	75.0	33.3	33.3	47.2	41.1

水体，造成厚达数十厘米的一层水华，妨碍船的航行，打捞到岸上后腐败分解，发出恶臭，污染周围环境。

另外，在琵琶湖中，由于一种辐尾藻（*Uroglena*）的过度繁殖，使水呈褐色，故称之为淡水赤潮。

二、湖泊水质保护对策

在具体讨论湖泊水质保护对策时，考虑下述两点湖泊的基本特性是重要的：①湖泊是封闭性水体；②湖泊的特性是极为多种多样的。

关于①前面已有所介绍，而关于②，则不仅是指地形、地理、水文等方面的自然条件以及水的利用状况和流域的土地利用形式等社会条件，而且也包括与这些自然条件和社会条件的复杂性相应的各种各样的水质污染状态。

依据这些特性提出了种种水质保护对策，但作为对策的主要部分，集中示于图1.2。

原则上以“不让能引起水质污染的物质流入，或把它们从湖泊内去除”为目的。对每一个污染源都要按上述两点进行充分的调查，并寻找出具体的对策。

下面，对每一具体对策略加叙述。

①污水管理体系

对工厂、企业的污水，已实行全国性的污水管理，但对水质污染不严重的湖泊和每个湖泊的具体特点，必须充分勘察并研究出今后的治理方案，

这时，有必要扩大管理范围并修改以前的管理制度，探讨防止富营养化的措施。

附带指出，琵琶湖和霞浦湖流域已经分别根据县政府条例，实行了与氮、磷有关的污水管理体制，采取了富营养化防治对策。

②修建下水道

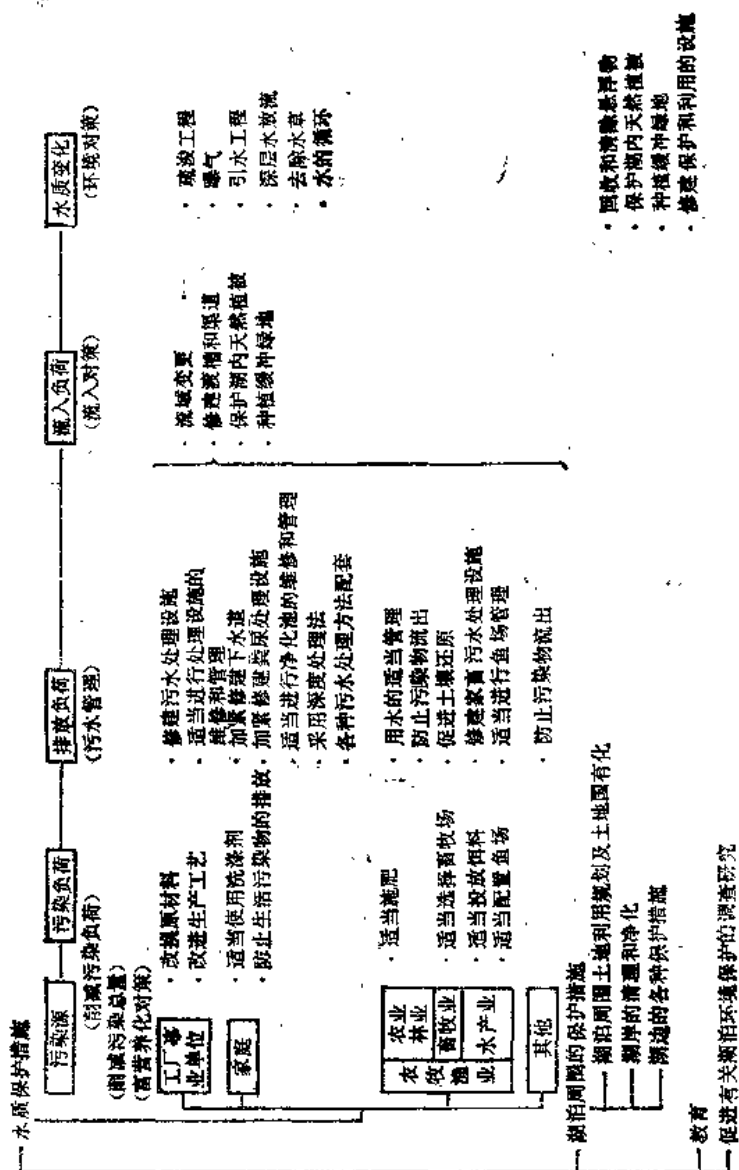


图1.2 湖泊环境保护对策示意图

从湖泊水质污染的主要原因来看，多数情况下，生活污水占负荷的很大比例，对其中所谓的家庭污水的处理，目前的治理措施不很得力，已成为今后重大的研究课题。

对生活污水的处理，主要是修建下水道，但从1980年末的普及率来看，在全国约占30%。而在几乎所有的湖泊流域中，只占百分之几或更低，处于普及率极低的状态，希望今后尽快修建。同时，即使采用除去氮、磷等深度处理的手段，考虑全国性的下水道修建和配套仍是必要的。

作为其他生活污水的防治对策，净化槽和小规模污水处理设备有必要按规定条件妥善地加以修建，制定出下水道修建的长远计划和规划方案是十分重要的。

③污水排放前的对策

用排放法处理污水时，有上述的污水管理体制和下水道修建等对策，但在排放前，当然必需考虑使污水的产生减少到最低限度。

即防止家庭垃圾的丢弃，废油回收，农林业中适当施肥，畜产基地的适当选择，水产养殖基地的适当选择和饲料基地的合理配置等，采取减少污染源负荷的所谓零排放对策，对所有发生源都是十分重要的。

特别是水产养殖场和小畜牧场，由于没有专门的排污口，所以向来在制定排污对策时容易忽视，从防止污水排放的观点来看，有必要使管理措施彻底正规化。

④其他对策

除上述外，铺设城镇街道地面，保护天然植被和清扫道路等可减少降雨时流出的污染负荷，所以也应当抓紧进行。

此外，减少湖泊的内储存、底泥疏浚、引流等工程也是有效的。

霞浦湖、諏访湖、新道湖的疏浚事业和儿湖岛的引水计划等已有实例，但从水质污染发展的眼光看，对现状不能说是很清楚的。水质污染显著的湖泊，它们的排水管理体系和生活污水的排放对策，应与削减流入污染负荷结合起来进行。

为防止湖泊水质受到污染，已介绍了四点，还应当对污染源、排放处理、流入水、流出水的各个阶段及有关湖泊的特性，列出

极为仔细的条目并提出综合性报告。因此，事先进行充分的调查和研究，对有效的、有计划的推进防治对策是必不可少的。

第二章 湖泊和环境

一、湖泊的特性

1. 地球上的水循环和湖泊

地球上的水以海水、陆地水和大气中的水蒸汽等形式存在，但大部分（97%）是海水。与人类生活密切有关的陆地水所占比例不过2.5%，但却几乎都是淡水。这些淡水中，约70%是以两极的冰和冰川的形式存在，约30%是以地下水的形式存在（表2.1）。

表2.1 地球上水的分布

	水量 $\times 10^{18} \text{m}^3$	占地球上 水的%	占陆地 水的%
海水	1350	97.5	
陆地水	34.8	2.5	100
冰和冰河	24.5	1.7	71.4
地下水	10.1	0.72	29.5
湖泊水	0.125	0.009	0.36
盐湖水	0.094	0.007	0.27
土壤水	0.025	0.002	0.073
河流水	0.001	0.0001	0.003
大气中的水蒸汽	0.013	0.0009	
生物体内的水	0.001	0.0001	

（框根，根据1968改编）

地下水中六成是处在800m深的地下，这些水难以为人类所利用，最有水利价值的是高处的湖泊水，河水，但占总陆地水的