水环境对策概论

日 本 水 生 态 协 会

会 长　小　暮　幸　雄

◇ 前　言 ◇

近年，随着经济发展，全世界很多地方都能看到因河流湖泊等公共用水的水质污染而造成的环境破坏。特别是在成长显著的新兴国和发展中国家，都市的人口集中和工业化带来了生活排水和工厂排水量的增加，而由于污水处理设备和公共下水道设施等基础设施没有跟上，所以污水就还没被处理就直接排放到河流湖泊中而导致水质污染日益严重。人口增加带来食物需求，所以为了提高农业产量而向农地中大量施化学肥料，大量的营养盐类随着雨水一起流入河流中。汽车和工厂的排气增加不仅带来大气污染，而且排气中含有的氮氧化物会随雨水降下来，蓄积到河流湖泊中。蓄积的有机物和营养盐类使藻类大量增殖，水失去透明度而变为浑水。而且未处理的废水和增殖的藻类会消费水中的氧气，水中生物和鱼类等生态系统被破坏。再加上从化学工厂和资源矿山排出有害的化学物质和重金属类给生态系统造成严重危害，并通过食物连锁也给人类带来健康危害。

在中国，由于急速的经济发展，环境对策被推后，才使水质污染日益严重，在沿岸地区的大都市虽然高度水处理设备等对策有所进展，但内陆的农村区域却很落后，地区性格差较大。在这辽阔的国土中，水污染对策需要同时进行污水处理设备和公共下水道设施等基础设施建设和已被污染的水域的水质改善。这些都不是非要昂贵的机器和高能源费用，而是需要可持续的水质改善技术。

由于河流湖泊等环境水净化的现场情况和污染状况等各不一样，而且标准水质管理方法确立和定量设计手法也不明确等等，所以才没能施行准确的水质改善方法，以至于经常能看见不出现水质净化效果的情况。为了进行最适当的水质净化，需要掌握水管理所需要的技术性知识，调查并掌握现场状况，采取针对污染原因和符合现场的对策技术。作为其代表性技术，通过利用先进材料碳素纤维的轻而强的工学特性和碳材质的高生物亲和性的特性，诞生了碳素纤维水利用技术。

对于中国严重的水质污染对策，必须要了解水环境对策的基本，并施行准确的对策技术，所以非常需要水质污染对策技术的确立和指示设计方法的设计指针。

ＮＧＯ）日本水生态协会主要以河流湖泊的水质污染为对象整理了本书。希望本书能被中国更多的从事水质净化的人们加以活用，并对水环境改善做出贡献。

２０１５年１２月

日　本　水　生　态　协　会
会　长　小　暮　幸　雄

※本书是节选碳素纤维水利用工法研究会发行的《碳素纤维水利用技术设计指针－环境水篇》中的一部分（第１章）的内容。

目　　录

前　言
目　录

第１章　水环境对策概论

１．水质污染的现状和原因 ---------- **1**
１－１　水质污染的现状
１－２　水质污染的原因
１－３　河川的水质污染及其影响
１－４　湖沼的水质污染和影响
１－５　海域的水质污染和影响

２．水环境的水质指标 ---------- **9**
２－１　关于水质指标

３．水环境对策 ---------- **１３**
３－１　水质净化对策的基本构成
３－２　有机物处理
３－３　处理营养盐（氮・磷）
３－４　利用生物处理的水质净化
３－５　流域对策

４．河川净化对策 ---------- **２３**
４－１　河川的水质净化机能
４－２　河川净化对策的手法
４－３　河川直接净化手法的种类和原理的分类

５．湖沼净化对策 ---------- **２９**
５－１　湖沼净化对策的手法
５－２　湖沼流域对策
５－３　湖沼流入河川对策
５－４　湖内直接净化对策

６．海域净化对策 ---------- **３５**
６－１　使用碳素纤维的污染防止技术
６－２　海涂再生技术
６－３　藻场再生技术

第２章　碳素纤维水利用技术 ---------- 另纸

第３章　碳素纤维水质净化计划和设计手法 ---------- 另纸

第１章　水环境对策概论

河川、湖沼等水环境的水质污染现象是伴随流域内的人口增加、城市化形成而带来的人口集中、产业的急剧扩大等造成的。富足的生活在增加了污染负荷量的同时，却未能采取有效的流域内对策，因此，流出的污染负荷量超出了水域的自净能力，致使污染不断的深刻化。最终由河川流入海洋区域，并通过连锁反应引发了海域的污染问题。这样的水质污染问题，不但给生活和产业造成了重大的恶性影响，而且也对生态系统造成了巨大的影响。不仅剥夺了水生生物栖息的场所，也给生物的多样性造成障碍，并且与海产资源的减少密切相关。

污染水环境的改善对策，可利用以下的实施场所及方法等的予以展开。

①在污染发生源实施的方法

②在污染流出过程中实施的方法

③直接对污染的河川、湖沼实施对策的方法

本章将对基本的水环境保护技术以河川对策、湖沼对策、海域对策做分类，并对采用碳素纤维水质净化材的水环境保护技术进行介绍。

１．水质污染的现状和原因

１－１　水质污染的现状

水质污染会给人类的健康和生活环境以及水生生物带来很大的影响，所以在中国制定了地表水环境质量标准（GB3838-2002）作为水质的基准。地表水环境质量标准从１９８３年提出之后，进行了数次修改，现在的GB3838-2002是由之前的GB3838-88加以修改的，并自２００２年６月１日起实施。但是随着中国急速的经济发展以及向大都市的人口集中和工业产量的增加，造成排水量增加，而污水处理设备和都市下水处理设施等基础整备跟不上，未处理的污水直接流入到河川湖沼中，所以ＢＯＤ（生物化学需氧量）、ＣＯＤ（化学需氧量）、总氮、总磷等环境基准达成率极低。另外海水水域水质基准按海水水质标准（GB3097-1997）相应类别进行管理。

按照发生源看污浊负荷量，虽然特定污染源（点源）负荷量有减少的倾向，但是非特定污染源（面源）负荷量的消减却没有进展，从全体的负荷量来看，面源负荷量所占比例呈现增加趋势。

在这样的情况下，为了今后实现河川、湖沼水质的改善目标，除了以往实施的点源负荷对策、湖沼对策以外，推进市街地区、农业用地等面源负荷对策也成为了当务之急。

地表水环境质量标准以水域功能和保护目标被分为Ⅰ类～Ⅴ类，另外将范围外的归为劣Ⅴ类。其分类基准的地表水环境质量标准基本项目标准限值被适用于全国的江河、湖泊、运河、渠道、水库等具有使用功能的地表水水域，是满足使用功能和水态环境质量规定的基本水质要求，规定了ＣＯＤ、ＢＯＤ等２４项的基准值。另外还规定了集中式生活饮用水地表水源地补充项目５项，集中式生活饮用水地表水源地特定项目８０项化学物质的基准。

表1-1　主要的水质环境标准内容

项　目	内　　容
pH	氢离子浓度指数。表示水溶液酸碱度。
BOD	生物化学需氧量的简称。水中的微生物进行呼吸和分解作用时消耗的氧气量，根据河川的有机物质而对污染物进行测定的代表性指标之一。
COD	化学需氧量的简称。加热分解水中的有机物时所消耗的氧化剂量而换算成的氧气量。主要作为有机物的水质污染指标，适用于湖沼以及海域的环境基准。
SS	浮游物质量的简称。也称为悬浮物质。显示水浑浊度的浮游、分散颗粒，大小在2㎜以下1μm以上的物质。
DO	溶解氧的简称。是指溶解在水中的氧气量。主要用于显示有机物引起的水质污染指标。
大肠杆菌群数	大肠杆菌数或与大肠杆菌性质相似的细菌数量。主要用于显示人类及动物排泄物引起的污染指标。
总　氮(T-N)	含有氮的化合物总称。大量流入的情况下会造成富营养化，引起植物浮游生物的异常繁殖。
总　磷(T-P)	含有磷的化合物总称。大量流入的情况下会造成富营养化，引起植物浮游生物的异常繁殖。
总　锌	含有锌的化合物总称。大量流入的情况下会给水生动物造成影响。

1－2　水质污染的原因

水质污染问题一方面是由于人口的增加、密集化而促进的流域产业活动的增加造成的；另一方面，也由于污染防治措施的拖后致使向河川、湖沼排放的污染负荷量的急增，超出了自然净化功能的对应能力而导致污染现象的表面化。

污染的河川、湖沼的水质问题会引发恶臭、水生生物生存环境的恶化、甚至导致无生物化生态系统的恶性影响，会造成用水不适用于工业、农业、生活等情况，从而对生活、生产等经济活动带来阻碍并导致环境破坏等。

而且，水质问题除了在流水状态会发生现象以外，在停滞水域也会因固有的现象而产生问题。

在水库湖和湖沼、河川堤坝上游的水流停滞水域，虽然能够通过流速的停滞使浮游粒子经沉淀得以去除，起到一定的净化功能，但在上游部有可能有污染源的点源负荷或者由流域的面源负荷造成含有氮、磷的水流入停滞水域的情况，确保光照和繁殖时间的话，便会引发植物浮游生物的发生，从而引发富营养化现象的水质问题。

给湖沼等水质带来影响的原因各种各样，大致可以分为：来自流域流入的「外部负荷」；由于湖沼内生物等造成的「内部负荷」；以及由于降雨等原因的「直接负荷」。

表1-2　影响湖沼水质的负荷例子

区　分	会带来影响的负荷的例子	
外部负荷	点源负荷	• 生活排水 • 工厂、产业处理排水 • 畜产排水
	面源负荷	• 城市地区 • 农业用地 • 森林
内部负荷	• 底泥的溶出 • 湖沼内的生物生产	
直接负荷	• 降雨 • 养殖等	

注释）外部负荷：流入河川以及周边流域等流入湖沼的负荷

内部负荷：底泥的溶出，形成湖内生物生产等的负荷

直接负荷：湖面上的直接降雨以及湖内养殖等的负荷。也包括由于直接流向湖沼等的地下涌出水而引起的负荷

点源负荷：可以特定污染物质排出点的负荷

面源负荷：难以确定污染物质排出点，涉及面较广的负荷

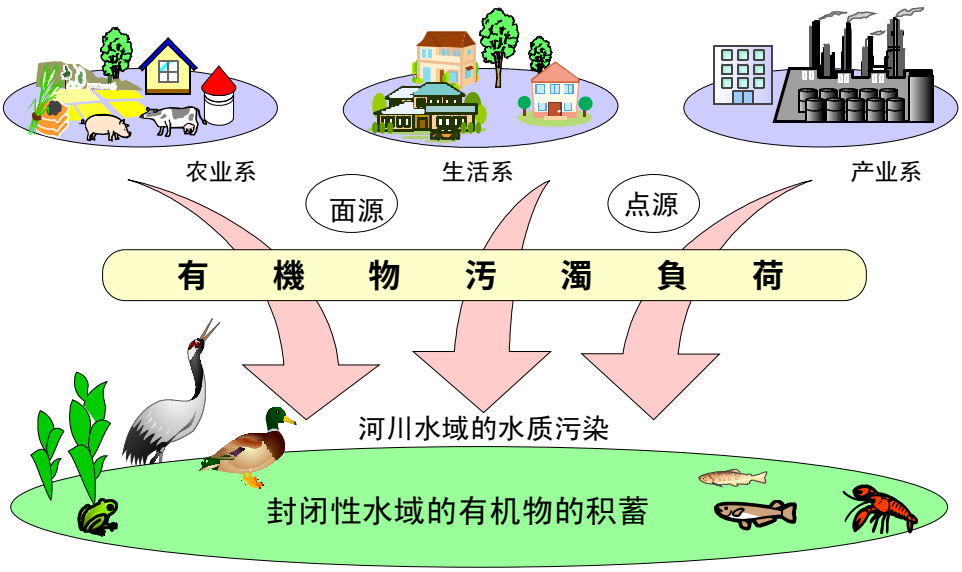


图1-1　水质污染的原因

在考虑公共用水域的水质污染背景后，可以举出以下几点。

①因为封闭性水域的水为停留状态，流入的污染物质较容易积存，其水质敏感的受到污染负荷的影响。也就是说湖沼与一般河川等的流动水域相比，需要采取更先进的水质保全措施。

②造成水质污染的原因除了工厂等的产业系统排水之外，还有生活系统排水、畜产业、水产业负荷等多种多样的因素。因此，为了保护湖沼的水资源，仅仅依靠只对拥有特定设施的工厂等大规模发生源进行排水规制的法律对策是不够的，必须要根据各自的污染原因采取极为细致的对策。

③在水质污染较为显著的水域，由于各自污染的程度、污染原因的构成等条件的不同，采用千篇一律的对策进行污染改善是较为困难的。因此，需要针对出现问题的湖沼与其流域的自然社会条件逐一进行对策的探讨，并相互结合制定计划。

单看发生源类别的污染负荷比例的话，依据水域的不同情况也有所不同。虽然来自生活系统和产业系统等的点源负荷量在不断的减少，但是来自城区和农业用地的面源负荷量的流出消减却没有呈现实效，且面源负荷量的比率具有增加的倾向。因此，削减来自面源的负荷量成为了不得不考虑的新问题。

１－３　河川的水质污染及其影响

原本，河川是通过水面把空气中的氧气溶解到水中，利用植被和微生物等的自然的净化作用而具有了改善水质的机能。在急流等水面波浪、起伏程度大的地方，氧的溶解效率较高；平原部流速较慢的静止水面，则氧的溶解速度下降。

溶存氧ＤＯ在２０℃的清澈水中的饱和度为８．８４㎎/l，在ＤＯ丰富的水域里，栖息在河床的微生物活性化，分解、合成流入的污染物的有机物而起到净化水质的作用。

流入河川的有机污染物增加的情况下，微生物分解有机物时使用的氧气量，会超过来自空气中氧的溶解量，此时水中的氧减少会造成需氧性微生物的逐渐死亡；不能正常的进行分解；有机污染物不断的堆积造成腐坏。因此导致透明度的恶化、恶臭的扩散；外观与水质数据也都呈现污染状态。

像这样的河川水质污染现象，会带来各种不良影响。

（１）对生活圈的影响

被污染的河川失去了透明度形成释放恶臭的状态，从而失去了良好空间环境所需的要素。像这样的情况，容易发生在城市中心等人口密集、流速缓慢的平原部河川等场所中。

（２）对鱼类等水生生物的影响

大部分鱼类与水生生物属于需氧性生物，水中的溶存氧是必不可少的，通常需要保持ＤＯ３㎎/l以上。如果未能达到ＤＯ３㎎/l的话，则视为不适合生物栖息的生活环境，从水生生物到鱼卵等都会因为ＤＯ的不足而死亡，从而形成无生物化。

另外，水生生物等也会由于污染造成的太阳光透光率减少而不能进行光合作用，导致河床缺氧状态，引起水生生物根部的腐烂与生物的减退。

对于生物来说，另一个严重的打击是流入河川的有害、有毒污染物；重金属类等。由于发生过因工厂一时的操作失误，导致鱼类死亡等的先例，所以在没有进行规制、监视的工厂内，日常中有害、有毒物质的流出也是可见到的，因此有可能形成慢性的无生物状态。

（３）对水利用的影响

对用水最多的农业灌溉用水最常见的影响有：有机物污染、营养盐污染、重金属污染等。含有大量有机物的水体，能导致土壤的厌氧化；农作物根茎的腐烂；含有大量氮素的水体会造成水稻叶片的过度生长等问题。受到病原性细菌和重金属污染的河水，作为农业灌溉用水使用的场合，有可能对人体健康造成影响。

工业用水的使用包括了冷却用水与洗净用水等，其中由于规模性配管系统而引起通水能力低下；电腐蚀引起的管路障碍成为了主要的问题。由此，影响规模、电腐蚀的水质项目也纳入了环境指标。对于原料用水以及精密电子加工用品等的洗净用水，根据其用途而制定了指标。

1－4　湖沼的水质污染和影响

湖沼成为了生活用水等的宝贵的水资源，是保障水资源安定供给的来源；水产养殖的资源；并与周围的自然环境融合一体成为自然探访名胜等野外消遣的场所。可称之为是支撑人类生活与生产活动的重要资源。

但回看市场经济导入之后的湖沼水质状况，随着湖沼周边的社会、经济活动的发展，造成了流入污染负荷的增加，导致污染不断恶化。

在这些湖沼中，由于水质污染的显著化，引起上水道故障、水产资源的破坏、旅游价值的降低等各种水域使用上的障碍。

由于水质污染，而引发的富营养化现象所带来的影响如下。

（1）对自来水（饮用水）的影响

1）异臭味障碍

各种植物浮游生物与放线菌、原生动物，根据种类的不同而散发不同的气味。特别是饮用水的霉味，是由植物浮游生物中蓝藻类的一部分品种散所发出的气味。这种霉味，仅采用一般的净水工艺是无法去除的，需要使用活性碳和臭氧的特殊处理方法。采用以上方法时，伴随设施费、维持管理费的增加而产生庞大的费用支出。

2）过滤障碍

在净水处理厂内进行净水处理的过程中，对砂石进行过滤处理。处理含有大量富营养化植物浮游生物的水体时时，原水中的浮游生物会造成滤池的堵塞。

3）营养盐的溶出与Ｆｅ、Ｍｎ的溶出

来自底泥的NH_4－Ｎ和PO_4－Ｐ、以及Ｆｅ、Ｍｎ等的溶出频频导致底泥上层水成为厌气状态的发生。

①NH_4－Ｎ的溶出

底泥有机物质中的氮元素，不论是在需氧还是厌氧条件下，都会以NH_4－Ｎ的形态溶出。如果底泥上层水为需氧条件的话，溶出的NH_4－Ｎ氧化成NO_3－Ｎ；如果是厌氧条件的话，NH_4－Ｎ保持原样。NH_4－Ｎ即为饮用水水源的基准，也为净水指定项目。如果NH_4－Ｎ较多时，在水质净化处理过程中则需要消耗大量的杀菌氯。

②PO_4－Ｐ的溶出

导致水体富营养化原因磷的释放速度，在厌氧状态下的场合，释放量是需氧条件下的１０倍左右。

③Ｆｅ、Ｍｎ的溶出

在水库湖等地区的底泥上层水为厌氧条件的情况下，实例显示Ｆｅ、Ｍｎ的溶出会较为显著。将含有Ｆｅ、Ｍｎ的水作为原水进行水处理后，供水时会造成供水管内壁的氧化铁、氧化锰的溶出，导致赤水、黑水等污染流水的产生。

与热带地区的水库湖和湖沼不同，以地下水作为水源的地区，也出现了由Ｆｅ、Ｍｎ产生的污染，因此，可以说即便是在停滞水域里也会出现这种状况的发生。

（2）对亲水活动的影响（景观阻碍等）

通过景观的保全与修复推进了城市环境的发展建设，同时也促进了下水道处理水在景观修饰用水和亲水用水方面的有效利用。亲水用水是以人们的戏水、玩水作为前提，追求对目视感官和安全卫生方面的确保。富营养化可造成水色、气味、浮游生物等的变化，降低透明度，景观障碍等直接影响亲水活动。

停滞水域的景观问题成为了社会问题，最具代表性的植物浮游生物异常发生是蓝藻现象与淡水赤潮现象。

1）蓝藻

Microcystis、*Anabaena* 、*Pediastrum*、*Aphanizomenon*、*Melosira*、*Euglena*等的绿藻、硅藻、蓝藻一时性的大量地发生，根据种类的不同颜色也有所各异的藻类呈现于水面上，形成条纹（斑块状）。这是由于氮、磷等营养盐类的增加，而引发的现象。特别是蓝藻中被称为“水华”的*Microcystis*蓝藻这个品种，大规模的聚集在水面上、呈现出深绿色，并逐渐腐坏产生恶臭。不但造成景观上的问题还对湖泊利用等带来阻碍。

2）淡水赤潮

通常赤潮发生在内弯等的海域中，但同样的现象在各地的淡水人工湖中也在不断地出现，因此被称为“淡水赤潮”。造成淡水赤潮原因的藻种多为鞭毛藻类的一种，另外也有资料报告为*Peridinium*、*Uroglena*、*Ceratium*、*Eudorina*等。淡水赤潮与蓝藻不同，即便在水质较干净的地方也可以观察到“淡水赤潮”现象。

（3）对水生生物的影响

水生生物类包含动植物浮游生物；生息在底泥中的底栖生物；鱼类和芦苇等大形水生动植物，因此，影响水质污染的内容与程度涉及到许多方面。根据富营养化的程度，生息的鱼类也发生着变化。大量发生的植物浮游生物同时大量枯死的情况下，氧消耗显著形成无氧水块的话，会导致生物的死亡。

（4）对水产业的影响

水质污染造成的水产危害，根据污染的排出种类而对多种类鱼贝造成危害，在全国范围内以各种形式不断的发生。位于水生生态系统顶点的鱼类在受到多种污染物质直接侵害的同时，也间接受到发生的蓝藻等藻类的影响，由于食物链锁反应而造成长期的影响。对水产业造成的影响因素，有以下几点。

①水温影响
②溶存氧的缺乏（ＤＯ低下）
③氯影响
④富营养化障碍
⑤化学物质
⑥二恶英类（*Dioxin*）污染

１－５　海域的水质污染和影响

（１）海域的水质污染的特色

在沿岸海域封闭性海域、内海内，海面平缓是适合产业、居住、消遣等人类活动的场所。沿海平原形成了都市并实现了商业与工业的发展，港湾的建设也较多，通过促进流通更进一步的促进了地域经济活动的活性化。另外，封闭性海域也成为了海产捕捞与海产养殖的重要场所。

但另一方面，人类活动给封闭性海域的环境造成了巨大的影响。办随着经济增长与人口增加导致海域流入负荷的不断增加引起了水质的恶化。另外，由于填海的开展，造成了藻场、海涂、自然海滨等的减少，出现了被称作“海岸荒滩”的海藻类灭绝现象。

近年来，对于封闭性海域的环境管理方法从最初的水质改善，逐渐向以生物多样性保全、确保健全的水循环、促进物资循环、确保与丰富大自然融合等多目的环境保护为目标而转变。

居民对于环境的意识也有了很大的改变，环境保全技术也有了很大的进步。在封闭性海域，作为人与自然的和谐相处的地方，在充分考虑每个海域的物理条件、自然环境条件、地域社会经济条件后，对腹地与海域实施一体化的保全措施。

（２）海洋污染的种类

１）化学物质

来自内陆的农药、合成纤维、塑料、合成洗涤剂等，无数种的化学物质经过雨水的冲刷，最终流入海洋。由于受到这些化学物质影响，不仅在河川中的鱼贝类，多数的海洋生物中也发现了相关物质。

２）重金属

由于大量摄取海水中的有机汞、镉等重金属而引起的公害病在日本造成了严重的问题。

３）内分泌干扰化学物质

船底与养殖用的蓄鱼池内附着有大量的贝类等生物。为了驱除这些贝类等生物使用的*Tributylstannane*、*Triphenyltin*等锡化学物质造成的污染。由此导致污染物抵抗力较弱的生物种减少，特别是海产螺类大量出现了生殖器畸形现象。

４）石油污染

石油污染的排放主要来自船舶。石油的流出不仅来自于事故，也包括了使用海水冲洗船体时废弃的油类与压舱水。

５）生物污染

伴随船舶的装卸货物，为了保持船体的安全和稳定性而对压舱水进行更换，装进离港地最近内弯的海水，而在本国的内弯内排出的作业造成了有毒的藻类、贝类等的移动，从而导致严重的生物污染等情况。因此，压舱水对策成为了国际性的问题。

2．水环境的水质指标

探讨对河川、湖沼、蓄水池的水质环境进行保护时，以达到环境标准、戏水、景观保护等亲水性的提高；鱼类等水生生物的栖息环境保全；水利水质确保等为目的，总结了各相关的主要水质项目，具体如下：

表1-3　水域的保全目的与保全对象水质项目

保全目的	河川	湖沼、封闭性水域
环境标准的达成	BOD、SS、DO 大肠杆菌群数	COD、T－N、T－P
亲水性的提高	SS、BOD、DO 颜色、MBAS、垃圾	SS、COD、透明度 叶绿素a
水生生物的栖息	DO、BOD，NH_4－N	DO、COD、农药
疏水水质的确保	霉臭（2－MIB、geosmin)、NH_4－N 有机物（BOD、COD)、THM（FP)、有害物质	

针对上述保全对象水质项目的标准、水质特性以及净化水质的基本方法进行归纳总结，以表１－４予以表示。

近年来，产业、工厂流出的有害物质与高尔夫球场散布的农药等所造成的水源污染问题已近表面化，环境标准项目中对这些有害物质和农药进行了追加，在河川内对有害物质、农药流入进行的监视、管理有着十分重要的意义。

2－1　关于水质指标

（1）有机物质污染指标

1）BOD

生物可分解有机物量的指标。公定法中对污水添加需氧微生物，在２０℃的水温条件下，进行５天的培养所消耗的氧气量予以表示。在自然界中，水中的氧气本质上溶解度很低，当水温为２０℃时，纯净水的氧饱和浓度只有８．８４mg/l，如果消耗了氧的话，将会形成厌氧条件。

消耗水体中溶存氧的物质中，有需要利用需氧细菌分解的有机物、通过硝化菌硝化的有氨性氮、亚硝酸性氮、亚硝酸根离子、硫化物、铁等的还原性无机物。但是，其中利用亚硝酸根离子进行化学消耗氧量，作为瞬间的需氧量需要与ＢＯＤ进行区别。

2）COD

是指使用酸化剂对水中的有机物进行强制性的酸化分解。通过测定酸化剂的计量，可对消耗的氧量进行测定，因此使用化学氧化制剂可对COD_{Mn}、COD_{Cr}的指标进行分析。COD_{Mn}表示：高锰酸钾（$KMnO_4$)、COD_{Cr} 根据重铬酸钾（$K_2Cr_2O_7$)的氧化剂氧化有机物时所消耗的需氧量。虽然使用COD_{Cr}的较多，但根据国家或个别标准也有采

用COD_{Mn}的情况。由于COD_{Cr}具有很强的氧化性，所以一般用于较高值的显示。近年来，被称为“简易水质测定器”，可以直接在现场进行测定的简易实验方法被广泛使用。

3）SS

是指悬浮在水中直径2㎜以下的不溶解性物质。由污水、工厂排水等人为污染物质与农耕地污染物质的排出以及来自自然界粘土矿物的微粒子等构成的。除此以外，还包含来自动植物浮游生物等的残骸有机物和沉淀物。

在环境标准中称之为悬浮物质。

4）VSS

水体中含有的SS机物物含有量相对于SS的百分比。是判断水中的全有机物量和微生物量的指标，用于推定藻类的发生量和水底物质中的有机物量（起因于藻类的死骸）的指标。

5）透明度

表示水体透明度的指标，通过使用透视度计进行测定。通常的透视度计为30、50、100㎝的透明玻璃管，管底带有水样的放出口，每隔5～10㎜标有刻度。透过水样观测底部，能够最初明确分辨标识板二重线的水位高度便为水质的透明度值。

（2）富营养化指标

1）氮化合物

在水体中氮的存在形态有：有机氮、氨氮、亚硝酸盐氮、硝酸盐氮4种形态。这些总量以总氮T－N来表示。图1-1对于水体中含有的氮形态进行了分类表示。

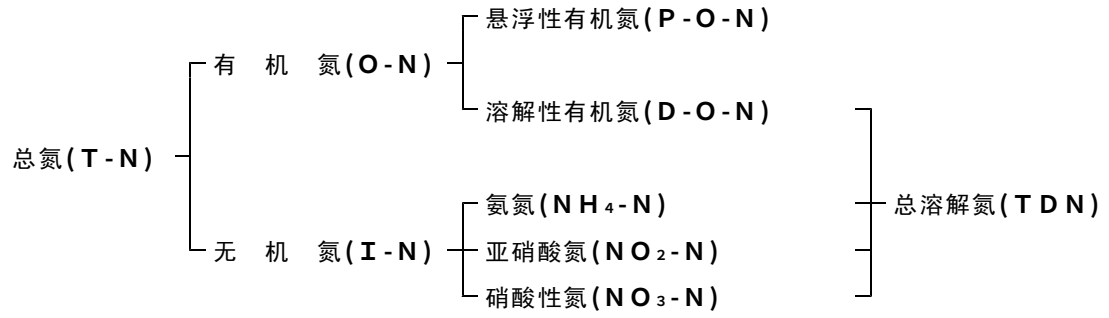


图 1-1 水体中氮的形态

大部分藻类能够使用硝酸离子（NO_3^-）、亚硝酸离子（NO_2^-）、氨离子（NH_4^+）中的任意一个氮源，但与硝酸离子相比较倾向于使用氨离子。

2）磷化合物

水体中的磷根据理化性质的不同存在各种的形态。作为水质指标的有磷酸离子和总磷Ｔ－Ｐ。磷酸离子还可进一步的分解为可溶性离子而存在，并粘着或吸附在悬浮污染成分上。这些溶解的有机物含有的磷与悬浮污染成分，对水体中含有的全部磷进行完全分解后测定的全体量称为总磷。

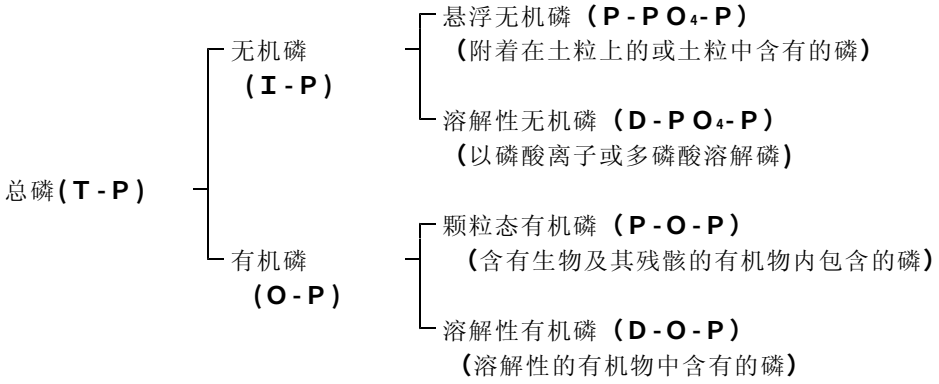


图**1-2** 磷化合物的分类

磷酸离子（PO_4^{3-}）对于藻类来说是唯一的重要无机磷源，大多数种类的藻类都可以利用有机性磷。

3）叶绿素a

使用植物叶绿素的主要成分对藻类的量进行显示的指标。在封闭性水域的情况下，作为指定的指标进行测定。叶绿素的成分有：叶绿素ａ、叶绿素ｂ、叶绿素ｃ组成，根据植物性浮游生物的种类构成有所不同。因此也会对３个种类进行个别分析。全部的藻类都含有叶绿素ａ；绿藻类含有叶绿素ｂ；硅藻、鞭毛藻含有叶绿素ｃ。通常情况下，作为衡量植物性浮游生物的指标，往往只测定叶绿素ａ。

4）pH

由于富营养化等原因，植物浮游生物的繁殖变得活泼化，通过光合成作用，既导致急剧的增加水体中的碳酸根离子（CO_3^{2-}），又上升ｐＨ的值，结果有可能增加到ｐＨ１２。没有受到富营养化的淡水域的ｐＨ值是弱酸性的，根据ｐＨ值可以估计一定程度上的富营养化程度以及植物浮游生物的量。

（3）富营养化障碍指标

1）异臭味物质　２－ＭＩＢ（２－*Methylisoborneol*）、地霉素（*Geosmin*）

特定蓝藻类与放线菌的代谢产物而引起像墨汁一样的霉臭味，尚未证实鱼毒性。去除２－甲基异茨醇(２－ＭＩＢ)时需使用活性炭、臭氧、生物处理方法。

表1-4　水域净化方面的净化对策项目的标准和水质特性

水质项目	判断的标准	水质特性	净化的基本
BOD	1.河川的环境标准的主要项目 2.其他利水标准的主要项目 3.成为DO降低的原因 4.用生物分解污染物的量使用生物分解时需要的氧量来表示	1.BOD的形态 SS性BOD50～70% 溶解性BOD30～50%	1.如果净化BOD的场合，可以选定以下3种方式进行。 ①低BOD(大约20mg/l以下) ②高BOD(大约20mg/l以上) ③可溶性BOD多
COD	1.湖沼、海域环境标准的主要项目 2.利用水的有机物质获取的污染指标 3.利用氧化剂进行氧化时的需氧量	氧化剂有高锰酸钾（CODMn）和重铬酸钾（CODCr），在日本一般使用CODMn	BOD/CODMn=0.5以上易分解性有机物 BOD/CODMn=0.1以下难分解性有机物
DO (溶解氧)	1.无DO的状态 ・底泥中的磷大量溶出 ・容易引起恶臭 2.鱼的生息时的饱和度30%以上 需要大约DO 3mg/l以上 3.表示溶解于水的氧量	1.水中生物不可缺少的物质 2.消费者－水中的动物 有机物的分解 供给者－曝气、水中的植物	对于供给DO ①落差工 ②曝气 ③注入纯氧等
SS	1.对水体污染、景观等最容易在视觉上造成影响的物质 2.悬浮在水中粒子物质的量	1.SS大致分为 ①比重大的 ②比重小的 ③带电相互排斥的	1.SS去除的同时也可以去除SS性BOD等 2.根据SS的特性净化方式有所不同
氨氮 NH4-N	1.农业用水标准是T-Nで1mg/l 2.pH较高时鱼毒性也上升高时 3.表示以NH4+的形态存在的氮气浓度。	1.如果有机物分解时 产生NH4-N。 2.NH4-N进行氧化，变成NO3-N	1.关于去除NH4-N ①NH4-N → N2作为废气释放空中 ②NH4-N → NO3-N(硝化) ③NH4-N → 直接呼吸
总磷 T－P	1.根据湖沼法规定的磷的环境标准 2.发现富营养化现象的磷浓度 3.单位水面积相当于的流入负荷量	1.T-P的形态 T-P ┬ SS性T-P 　　├ 溶解性T-P 　　└ PO4-P 2.植物浮游生物的增加 主要因素是吸着PO4-P 3.在一般河川PO4-P是60%	1.SS性磷和溶解性磷不同 ①SS性磷和SS相同 ②溶解性磷、PO4-P凝集 植物吸收、土壤吸着等
总氮 T－N	1.根据湖沼法规定的T-N浓度 2.发现富营养化T-N浓度 3.单位水面积相当于的流入负荷量 4.NO3-N10mg/l以上不适合饮用 5.农业用水标准(T-N1mg/l以下) （具有较大问题的基准） 6.NH4-Nは如前所述 7.各种形态氮的合计	1.T-N是Org-N(有机态)、NH4-N、NO2-N、NO3-N的4种态的合计 2.把Org-N分为SS性和溶解性。	1.对于去除T-N ①转化成N2气体。 ②SS性N和SS相同 ③NH4-N如前所述 ④把NO3-N转化成N2或者进行植物吸收
大肠 杆菌	1.根据河川的环境标准制定。 2.根据凉水浴游泳池等制定。 3.饮用水中禁止含有。 4.细菌的代表的大肠杆菌的群数	1.是防止扩散病原菌的指标。 2.动物由来是无害的	1.对于去除大肠杆菌 ①生物氧化 ②杀菌
MBAS (泡沫)	1.由于泡沫影响景观 2.和methylene blue反应，呈现蓝色的物质中最具代表的是洗涤剂	1.MBAS以0.3～0.5mg/l进行发泡。 2.以洗涤和蛋白质进行发泡	1.对于去除泡沫 ①生物氧化　②分解 ③起泡器
色度	1.自来水标准应为5度以下 2.水进行着色，产生景观上有问题。 3.与标准色度相比较，以吸光程度来辨别颜色的浓度	1.最常见的是染色液的着色。 管排水、屎尿排水、养猪排水 2.自然界中的humic质的茶色	1.消除色度 ①吸附 ②分解 ③有凝聚
2-MIB geosmin (霉臭)	1.表示霉臭的成分 2.人体能感觉到霉臭的浓度为 2MIB　10～20ng/l geosmin20～50ng/l	1.3种蓝藻类发出霉臭。 ・Phormidium tenue ・Oscillatoria ・Anabaena	①抑制发出霉臭的浮游生物 ②吸附霉臭物质 ③进行分解霉臭物质
重金属类	1.与人体健康相关的环境标准进行制定 2.按照自来水水质标准进行规定 3.有生物的致死量	作为有害物质有cadmium、cyan、铅、六价铬、砒素、水银、PCB、phenol、 EPN、农药等多数	针对各项的有害物质可采取相应的有效的处理方法。对于河川的混入不稳定、多为短时间突发性的混入，因此较难净化。

3．水环境对策

3－1　水质净化对策的基本构成

水质污染原因的物质来自各个发生源的排出阶段，在发生源使用排水处理等进行完全处理或部分理后排出。

作为发生源来说，有生活污水方面的屎尿、生活杂用污水；这些通过下水道等到各种处理系统后，排放入河流。工厂、产业系统的污染物质排放时，根据水质特性实施处理并排放。来自畜产业的屎尿等畜产排水以及设在农耕地的堆肥等伴随着雨水一起流出。除此以外，废气排放等的氮氧化物从市街与山林等不特定的地区，伴随降雨时的雨水与地下水一同流出成为面源的负荷。

这些流入到河川内，一部分流入到湖沼、水库湖、河坝等停滞水域，最终流入海洋。在湖沼、水库湖等停滞水域，流入的氮、磷造成植物浮游生物的异常发生，产生富营养化现象。由于流入过程的不同，对策也大不相同，可以分类为：消减流域负荷、河川直接净化对策（流入河川对策和河川内对策）以及湖沼对策（湖沼流入河川对策和湖沼内直接对策）

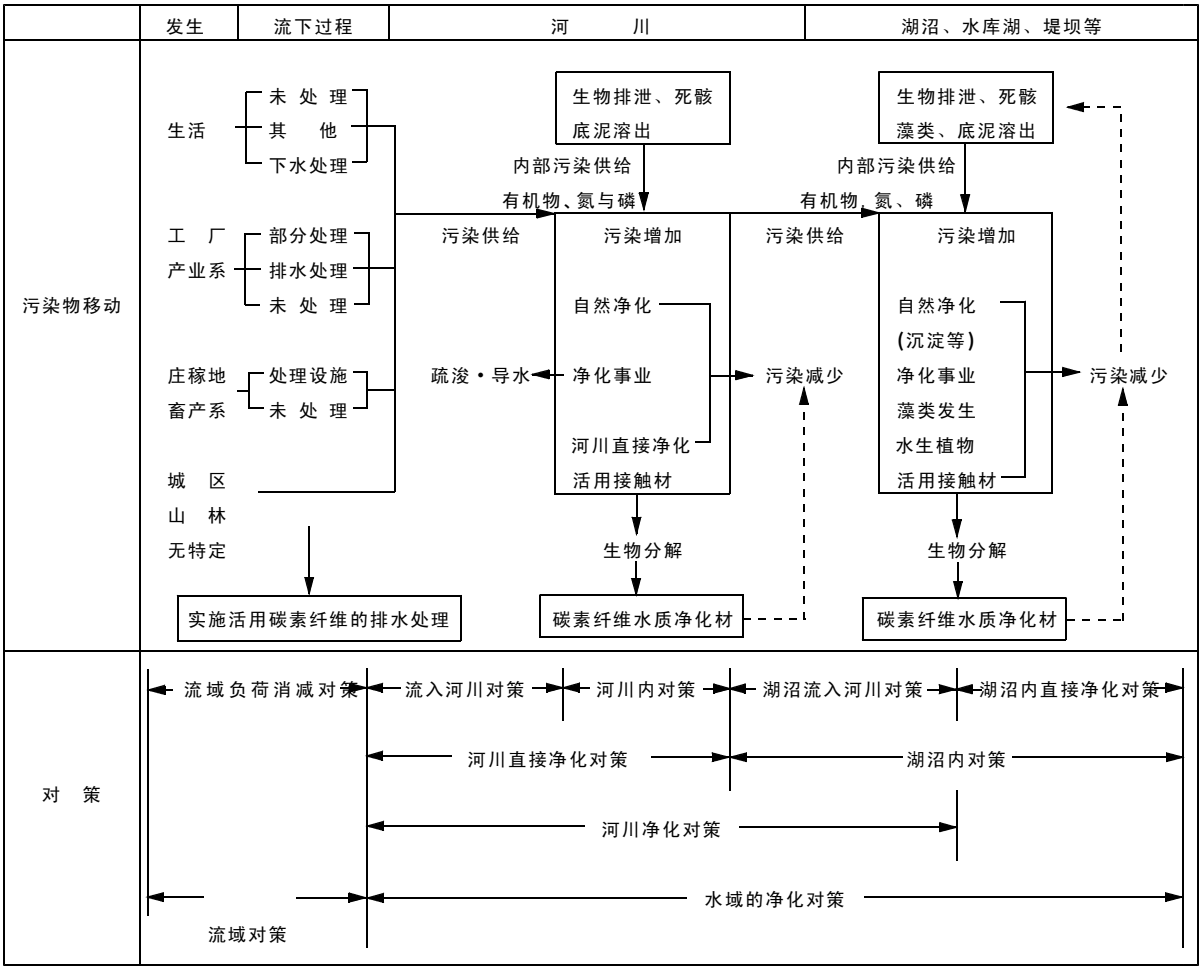


图1-5 污染物的移动与水质净化对策

3－2　有机物处理

（1）有机物去除

有机性排水的处理大致分为物理处理、化学处理和生物处理。物理处理、化学处理一般用于作为生物处理的预先处理或后期的高度处理，生物处理是主要的处理方法。生物处理有需氧性处理和厌氧性处理等技术，不管哪一项都是利用自然净化作用实现的。排水生物处理技术，在一部分的使用设备中，人工的促进高效反应的过程，使用适合各相应环境的微生物对有机物进行分解。

（2）生物处理

1）需氧性处理

水中的溶解氧在丰富的需氧条件下，通过有机物与氧的接触作用而被氧化，分解成二氧化氮、水等。因为需氧性处理的反应速度快，在有机物浓度较低的一般家庭排水等处理方面，显示出良好的性能。因不产生恶臭、设备轻巧，因此可在住宅等区域进行设置。但为了确保槽内的氧气，需要供给作为氧源的空气，因此，所以需要消耗能源成本。另外，采取厌氧性处理时，微生物体的有机物吸收比率（收益率）较低，而需氧性处理的微生物体吸收比率较高，因此污泥的产生量也较多。但如果具有较长食物链的的话，被作为能量消耗的有机物比率就会加大，可以减少污泥量的产生。

①活性污泥法

有效的混合搅拌活性污泥与污水，污水中的有机物通过利用形成的活性污泥微生物群的代谢功能而被氧化或同化，一部分转换成为活性污泥。将活性污泥进行固液分离后，上层便为清澈的处理水。沉淀、浓缩后的活性污泥被送回，再次用于污水处理的同时，其中的一部分作为剩余污泥被清除。由于活性污泥法处理效率高，而成为了最为普遍使用的处理方式，除了标准活性污泥法以外，厌氧－需氧活性污泥法、曝气沟氧化法等的改良方法也被中小规模设施所采用。

②生物膜法

接触材等的过滤材料与排水进行接触后，接触材表面上的微生物进行繁殖而形成生物膜。在氧扩散的生物膜表层中，进行着机物物的需氧性分解和氨硝化反应。在接触材内部，进行着厌氧性分解和脱氮反应。在生物膜里，即使是繁殖速度慢的微生物也可以滞留在系统内，因此，与活性污泥相比生物系统丰富多样，适应负荷变化，并使难分解性有机物的分解、硝化反应等较为容易的进行。另外由于不需要返送来自沉淀槽的污泥，维护管理较为容易，所以被小规模下水道、净化槽等为中心的中小规模设施采用。代表性的方式有：接触曝气法、回转板接触法、散水滤床法、生物膜过滤法等，碳素纤维水质净化也可以称为是生物膜法的一种，是将碳素纤维作为接触过滤材使用的方法。

2）厌氧性处理

在没有溶存氧气的厌氧条件下，可在还原条件下持续的进行分解；有机物利用成酸物质的发酵作用被分解成短链脂肪酸、乙醛和丙酸等的低分子有机物，除此以外利用甲烷生成菌分解成甲烷、二氧化氮等。厌氧性处理虽然不需要空气的供给，又可以利用发生的沼气实现节能，但具有装置规模大、反应速度慢、需要较长滞留时间的同时易产生恶臭等缺点。

3）厌氧、需氧循环

为了有效的对有机物实施去除，使用硝化脱氮将ｐＨ保持在高生物活性的中性值附近的厌氧需氧循环法是十分有效的。通过实施厌氧需氧循环法，能够大幅提高有机物去除能力。

（3）物理化学的处理

大部分的有机物一般使用生物学处理＋沉淀处理便可以去除。追求更为高度处理的场合以及使用生物处理不能完全分解、处理的ＳＳ、Colloid胶体物质、难溶解性物质等排水的情况下，需要进行第三次处理。第三次处理时，有效使用过滤、化学药品凝集、膜分离、活性碳吸附、臭氧氧化等的物理化学处理法，也可以使用活性碳的吸附与微生物分解的生物活性碳。

（4）碳素纤维有机物处理

碳素纤维对有机物进行的分解，是利用形成在碳素纤维上的微生物膜而实现的。因为碳素纤维水质净化材可以均匀的附着需氧细菌与厌氧细菌，通过碳素纤维在水中的摇摆与有机物的接触，大幅提高了有机物的去除能力。与一般过滤材相比，具有较大的表面积与生物亲和性等特性，微生物膜大量地粘合污染物质并不易剥离，可以保持高水准的水质净化效果。

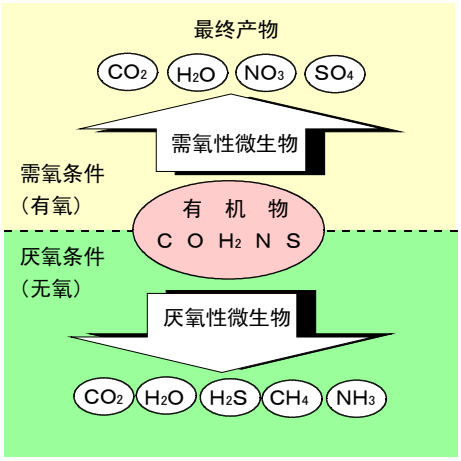


图**1-6**　需氧、厌氧条件下的有机物的分解

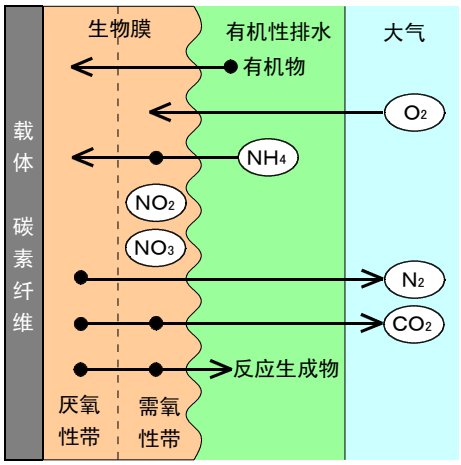


图**1-7**　生物膜有机物分解

3－3　处理营养盐（氮・磷）

（1）利用生物处理去除氮气

生物上的硝化脱氮，应用了硝化反应和脱氮反应两个过程。硝化反应是根据排水中的ＮＨ$_4$－Ｎ以及ＢＯＤ氧化细菌的异化代谢，从有机性氮转换成的ＮＨ$_4$－Ｎ通过硝化细菌硝化（氧化）成为ＮＯ$_2$－Ｎ、ＮＯ$_3$－Ｎ。

脱氮反应中经过硝化反应硝化后（氧化）的排水在没有溶存氧气的厌氧的条件下，通过脱氮细菌的硝酸呼吸、亚硝酸呼吸将ＮＯ$_2$－Ｎ、ＮＯ$_3$－Ｎ还原成分子态氮Ｎ$_2$。成为分子态氮的Ｎ$_2$扩散到大气中。

（2）利用生物处理去除磷

生物上的磷去除法，适用于微生物在需氧状态下进行磷吸收之前，将污泥一旦变成厌氧状态之后，排放出污泥中含有的磷，如果打乱了微生物细胞内磷的平衡，需氧状态下吸收的磷的量与厌氧状态下放出的量相比，具有增加的现象。

吸进的磷在微生物细胞增值很繁盛的时期，利用于消耗细胞核酸的合成上，当细胞需要的营养平衡受到破坏时，容易产生多磷酸进行积蓄，导致固定化。

（3）利用物理化学去除氮、磷

物理化学上的去除可以列举以下方法：凝集沉淀法、结晶法、吸附除磷法、电解铁法等。但在下水处理厂等大规模的设施中，至今仍然使用着最为普遍的凝集沉淀法。

（4）利用碳素纤维去除营养盐

附着在碳素纤维上的微生物，因含有较多脱氮细菌，通过硝化反应形成的硝酸盐氮分解而成为氮气扩散到大气中。另外，微生物是将磷酸离子作为多磷酸进行存储，因此能够在水中去除磷。并且，碳素纤维还具有溶出铁离子的功能，通过存在的铁离子形成磷酸铁，具有了不溶性并被固定。

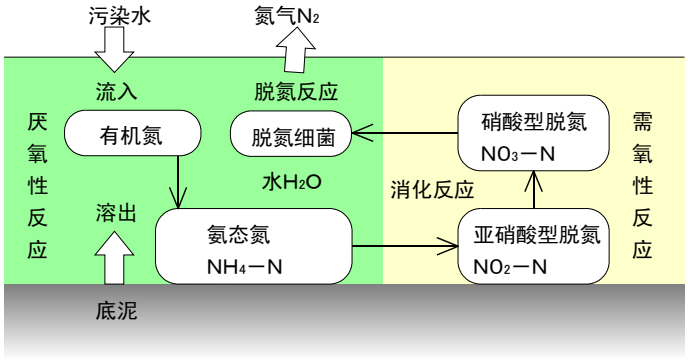


图1-8　生物学上的氮去除

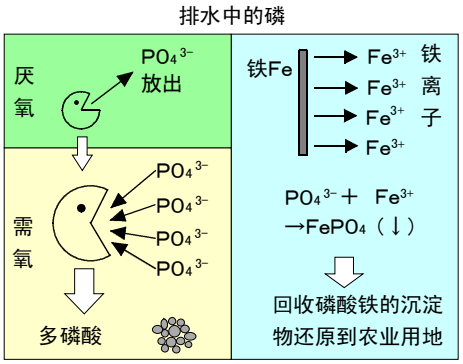


图1-9　生物、化学上的磷去除

３－４　利用生物处理的水质净化

（１）微生物的水质净化作用

基本的生物处理原理，是通过利用生存的细菌类与原生动物、微小后生动物及微小动物等的微生物代谢对有机物进行分解。微生物对水质净化做出了巨大的贡献，其中，摄取有机物去除ＢＯＤ成分的为细菌类；捕食繁殖细菌类的是原生动物以及轮虫钢等微小动物。

利用生物处理排水的处理目标，最主要的是为了降低有机物浓度；获取处理水的透明度，并利用微生物去除营养盐、减少发生的污泥量。

１）水质的透明化

微小动物可以分为滤食性微小动物、凝集体摄食性、线状体摄食性３种类型。滤食性的微小动物通过口部形成的纤毛过滤摄取在水中的分散状细菌、分散状藻类和浮游微细颗粒等进行摄食。由此能够减少水中的浮游物质量，能够实现处理水质透明度的提高。

另外，因为滤食性的微小动物在摄食一般细菌的同时也摄食病原性微生物，所以在环境卫生方面有提高安全性的效果。

２）减少污泥

为了减少在生物处理时发生的污泥量，可使用减少去除单位有机物量的污泥量转换率方法，或提高微生物的浓度、提高自身分解速度的方法。污泥转换率和原生动物等的微小动物有着密切的关系。微生物在需氧处理的条件下，通过食物连锁反应，摄取有机物的大约５０％转换成为细菌，捕食细菌的大约５０％转换成原生动物。并且，通过微小后生动物的参与，提高了食物链锁反应从而减少了污泥量。在这样的食物连锁反应系列中，如果有高层捕食者的鱼类存在的话，能够促进污泥的减量化与有用生物的再生产化。

３）生物障碍的去除

生物处理过程中的活性污泥处理设施内，线状细菌异常繁殖的情况下，虽然会引起固液分离能量的低下、处理水质恶化等情况，但通过有效地利用线状体摄食性微小动物，可以抑制这种情况的发生。

４）利用微小动物，实施高度化处理

微小动物对水质净化发挥的主要作用是汇集微小动物的捕食作用。采用碳素纤维的水质净化是以高浓度有机性排水、低浓度污浊排水为对象，灵活运用生物处理工序的生态工学，通过大量附着的微小动物，实现高度的化处理。

（2）运用生物处理的环境保全技术

1）利用生物处理的自然净化技术

作为河川、湖沼、海域（内湾、内海）等水域的直接净化手法，灵活运用生物处理净化法是有效的环境保护手法。

有效利用太阳光与自然流水等自然可再生能源，通过提高微生物的净化功能，在有限的水域范围内，采用直接净化方式并结合水域、土壤原有的自然净化功能，是能够实现广范围流域内的环境保全、削减污染负荷的方式。

①接触材生物膜氧化法（接触氧化法）

通过在水域中设置碳素纤维水质净化材，波纹片状塑料、绳状材料等构成并强化了水域内的微生物净化功能，去除能力与设置距离、设置量成比例关系。如果在水域内设置碳素纤维水质净化材利用在碳素纤维表面形成生的物膜对净化水质、去除有机物、去除ＳＳ是十分有效的。另外，利用微生物内的脱氮细菌等功能，对去除营养盐也可以发挥较大效果。

②流入式接触曝气生物膜（接触曝气法）

将污染的河川水一旦引入到水路外的净化设备中，设置像排水处理设备一样的流量调整层、沉淀槽，通过填充碳素纤维水质净化材等的接触材在接触曝气槽内进行处理，可以期待较高的ＢＯＤ去除率。如果能够通过其他方式确保溶存氧气的情况下，调整曝气量或者不进行曝气，直接使用接触材填充槽内进行处理污染水的话，也完全可以期待效果。

使用碳素纤维水质净化材的场合，由于在去除氮、磷等营养盐类方面极为有效，因此，对于达不到水质净化改善效果的水域，是有效的方法。

③水生植物等栽培净化法

作为水生植物等栽培净化法的效果，对于利用植物体吸收营养盐类和利用根茎生物膜去除有机物、提高透明度等是有效的。

2）应用生物处理的水环境保护技术

探讨生物处理自然净化技术的适用方式时，需要对包括水域的污染状况、周边地区的环境特性，以及根据维持管理程度和回收污泥等的再利用效果进行探讨后，根据对水质净化效果以及希望取得的环境修复效果而对方法进行选定。

①建设自然型河川与净化效果

河川内的自然净化功能，选用多孔空间是有效的。特别是在浅滩利用需氧反应的接触氧化和硝化效果以及利用在深渊处的浮游物质沉淀效果时，通过沉淀物厌氧反应实现分解及脱氮。

②利用湿地的净化

将污染水引入水生植物茂盛的湿地内进行净化的植物净化方法。可以期待通过向湿地内的流入，在降低流速的同时沉淀去除粒子状悬浮固体颗粒。利用水生植物吸收营养盐类以及

利用附着在茎、根表面上的微生物进行生物学上的分解功能净化有机物，并能够期待利用土壤渗透的伏流净化效果。

以直接净化为目的，通过在湿地地带里的设置采用碳素纤维水质净化的净化设施，在对和有机物、ＳＳ、氮、磷等实现净化效果的同时，通过生态系统保全效果和保水功能，可以期待作为对下游流域的治水对策的效果，可以说是作为水环境修复的有效手法。

③海涂形成与净化效果

浅滩海域的净化作用中，拥有优越净化功能的海涂，具有明显的大规模污然物质处理能力。海涂的水底物质构成丰富的食物链锁，形成硝化活性高的氧层与脱氮活性高的还原层，通过这些连续反应的进行，去除了氮。在藻场，通过甘藻等地下茎海藻的生长，氮、磷被吸收，形成的海涂、藻场连续地带在为实现悬浮物捕捉效果与鱼贝类的生息提供了场所的同时，通过水边部护岸构造物的改变，海涂和藻场的形成对内湾、内海生态系统的健全化做出了巨大的贡献。

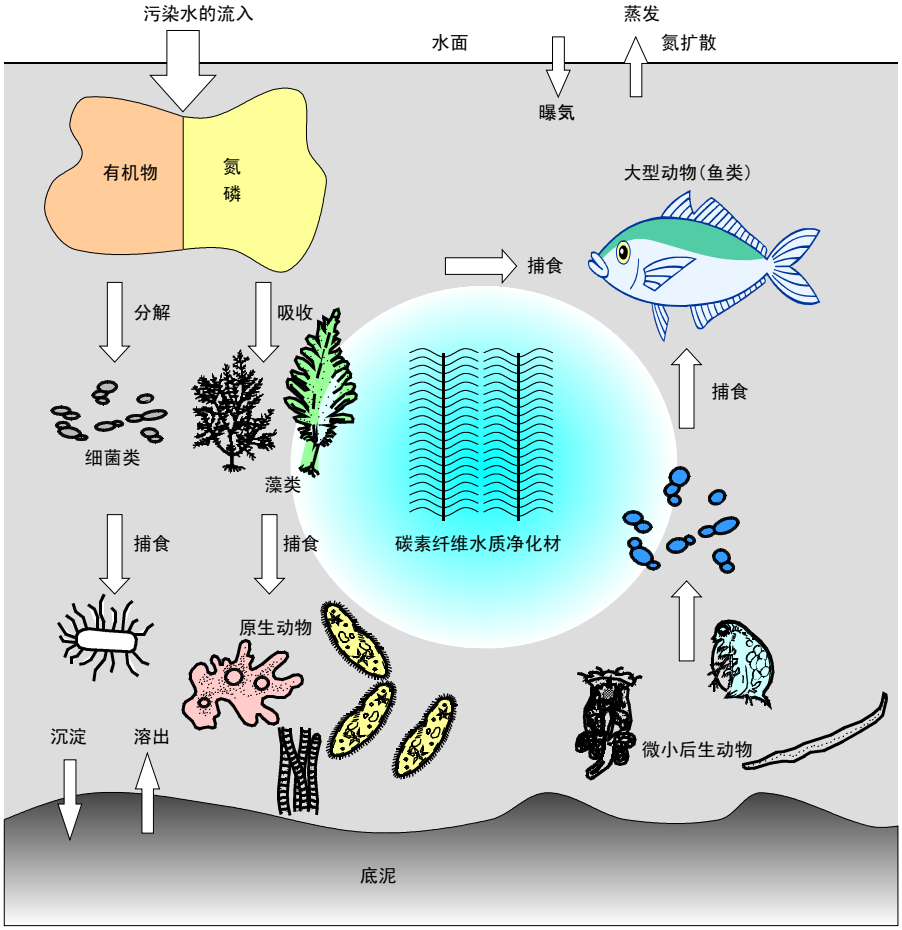


图1-10　水域生态系统物质循环模式图

３－５　流域对策

流域对策由于发生源的不同，污染对策可以分为：生活排水、工厂排水、事业排水，并且以来自畜产排水的点源负荷与农地、山林、城市等的面源负荷为对象，施行污染对策。

（１）生活排水的对策

作为生活排水对策有同时处理并放流屎尿与生活杂用排水的下水道、合并净化槽、单独处理屎尿放流无处理杂用排水的单独净化槽以及相同的放流无处理杂用排水回收屎尿、自家处理等方式。

使用旧方式的单独净化槽通过屎尿抽取，在自家进行处理的情况下，只是将生活杂排水原封不动的排放，成为了水质污染的原因。作为主要的对策，可以铺设下水道，但在没有建设下水道的地区，则采用合并净化槽予以对应。未经处理的杂用排水的放流，造成了有机性污染物的大量排放，引起河川等ＤＯ低下的问题。

１）下水道对策

作为生活排水对策，可采取建设下水道的方法。伴随下水道的建设，中国河川的水质污染现状不断地得到了改善。

下水道处理主要是以大都市公共下水道为主体，处理方法中，标准活性污泥法以及其近似的分段曝气法占大部分，限制了处理方式。另外，当初修建的下水道多为合流方式，由于雨水与生活排水系统使用相同的下水管进行放流，因此在暴雨时期，造成了屎尿水通过排水口直接流入河川、储水池的状况。近年，都市化与都市型豪雨造成了降雨时大量雨水流入下水道，而导致的污染物质通过流出口流出的问题逐渐受到重视。

处理水放流至河川的情况，几乎不会采取除磷脱氮的处理方法，而只将ＢＯＤ、ＳＳ为主要去除对象。由于近几年富营养的显著化，对除磷脱氮也进行了规制。

２）净化槽对策

在未普及下水道的地区，为了各家庭冲水式厕所的目的，需要普及处理个人住宅以及数栋住宅屎尿为对象的小型净化槽。只处理屎尿的「单独处理净化槽」由于没有对生活杂用水进行处理而进行排放，因此造成污染负荷量的显著增加。无法处理生活杂用排水的单独处理净化槽，因为不适合水质污染防止，所以，有必要促进同时处理杂用排水的合并处理净化槽的设置。

净化槽是指处理下水处理场与屎尿处理场以外的所有污水的处理装置，也包括地区处理设施、农村聚居处排水处理设施等。虽然这些设施从规模上看较小，但在处理方式等方面与下水处理场所几乎具有同等的系统、功能。

３）生活杂排水对策

由于没有对生活杂用排水进行处理便放流以及有机物的直接放流，造成有机污染物比率较高并成为河川ＤＯ降低的重要原因。

有必要对这些生活排水采取对策。作为对策除了设置合并净化槽以外，还可以使用杂排水专用的处理系统或采取家庭内对策进行对应。

作为家庭内对策，对负荷最多的厨房可采取抑制料理废渣的排出；废弃食物油的适当处处理；洗涤衣物时使用无磷的洗衣粉等有各种方法。

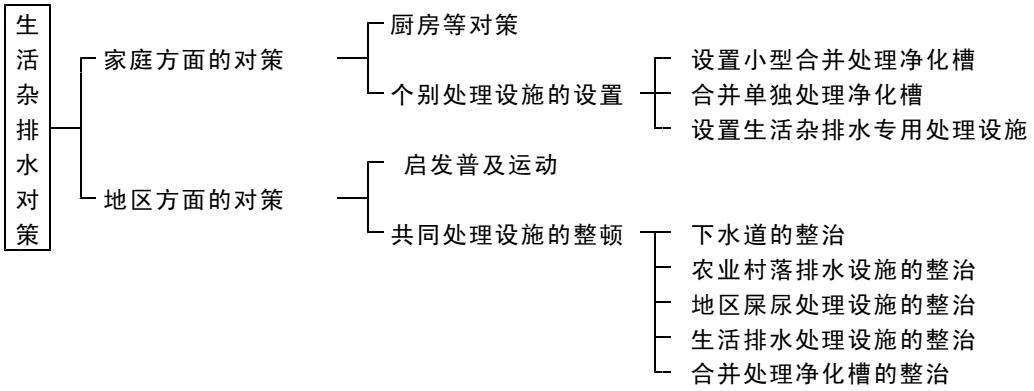


图1-11　生活杂用排水对策的推进方法的分类

（2）工厂排水的对策

工厂排水对策是指，根据法律对排水规制的强化与对相关工厂的排水实施再利用，从而抑制排水量并针对污染特性采取排水处理方式去除污染。

具有一定规模以上的特定设施工厂、事业所，是法律严格规定的对象；并且还需要适用于各地区的不同标准的强化、新增的水质项目等各种附加标准、横向基准等。由此，通过进行各项工程对策以及排水处理对策，可以说产业用水的大部分是再利用，大幅降低了水使用量和排水量。

目前的排水处理方式是，在主要产生含有机物污染物的行业中导入生物处理方式；在产生无机物污染物质排水的行业中导入凝聚沉淀、砂过滤等组合方式。近年，虽然在通过利用膜处理技术的膜分离活性污泥法（ＭＢＲ法）进行高度处理，但由于设备费用和维护管理费高、消耗电量大，所以除了一部分大都市的下水处理设施以外还没有达到普及。

碳素纤维水质净化材，作为生物处理方式的接触材可期待发挥更大的效果。通过今后的科研开发，还可期盼用途的扩大。

（3）农业用地、畜产业排水的对策

1）畜产业排水对策

来自畜产业牛、猪排出的负荷量，是人类排出负荷量的５～１０倍，畜产业越发达地区的粪尿处理、排水处理对策也就越加重要。在日本，家畜的粪尿，从有效利用有机资源的角度出发，已经作为堆肥、液肥在农地和绿地进行施肥利用，当过剩的堆肥放置在户外的时，会伴随降雨流出成为面源负荷。

对于含有排尿的畜牧舍排水净化处理使用需氧性生物处理，特别是活性污泥法处理是较

为普遍使用的方法。

2）面源负荷对策

农业用地的面源负荷是指伴随降雨，积累在农业用地、牧草地、放牧场等的污染物质的流出，以及晴天时地下渗透的污染物质的流出。从化学肥料、堆肥的肥料物质中流出的氮、磷富营养化物质成为了主要的污染问题。另外，根据流域特征与土地的利用状况、降雨影响等条件的不同其流出量也大不相同。

作为牧草地等自然区域的负荷对策，可采用施肥、采伐方法的改进；荒废地等的流出对策。作为来自农业用地的面源负荷对策，可对过剩施肥、散布进行指导等的对策，水田方面可利用更进一步的水管理来防止肥料的流出等。并且，有必要实行家畜屎尿堆肥户外堆放的屋内化，推进流出的防止与有效利用。

4．河川净化对策

4－1　河川的水质净化功能

（1）河川自净作用的概要

1）　净化概要

河川受到来自流域的各种原因影响，流入的无机物、有机物（包括有害物质）导致污染现象的发生。对有害物以外进行分析的时候，用ＢＯＤ测定的有机物，如果超过了河川自净能力的话，就会消耗河川中的溶存氧气从而导致厌氧状态，引发恶臭以及给生物带来不良的影响。

河川本来具有的自净功能中包括捕捉流入污染物的功能、也具有分解捕捉污染然物及减少污染物的功能。捕捉污染物的功能是由沉淀等在河床中形成的滞留、过滤而产生的分类、吸附等方法实现的分离作用而达成的。

分解功能是由捕捉的污染物质，通过依靠溶存氧生存的需氧性微生物的分解，最终变成水与二氧化氮从而减少了污染物质。

通常的河川在捕捉功能与微生物功能、氧气供给功能上是有限的，如果超过了其承受限度污染将迅速的扩展。

河川的直接净化对策中，人为地增强、补充河川原本具有的自净能力，通过适当的管理与最低限度的能源投入的话能够降低河川的污染。

2）　河川的自净功能

河川依据其河道内多种多样的形态与流水状态，加之在其中生息的各种生物的作用，对流水中的固体物质和溶解性物质进行着稀释、沉淀、过滤、扫流、吸附、分解、氧化等各种功能，从而实现了降低及改性的变化。河川由这些结构组成，并对河川进行净化。像这样的功能被称为河川的自然净化功能，基本的原理如下图显示。

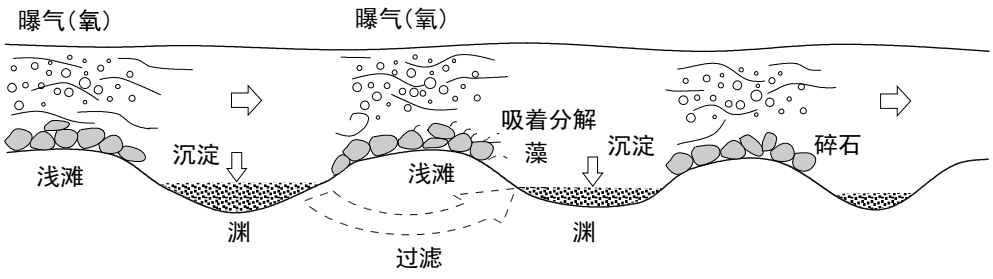


图1-12 河川的自然净化功能示意图

①沉淀

河川是由浅滩和深渊相互交错而形成，在上游、中游、下游中还各自存在浅滩和深渊。虽然大小不同，但基本上遵循着以上的重复。

这种情况下，因为深渊和浅滩相比水流流速明显缓慢，所以具有很好的沉淀效果。但是在浅滩中，岩石与岩石之间也存在流速缓慢的地方，虽然比深渊小，但是也发挥着沉淀的作用。

②过滤

河川由地表水与地下水构成，地下水是地表水通过河床的沙、土净化后的水。地下水在落差和堤坝部位混入地表水，并对地表水产生了稀释的效果，使之变的干净。

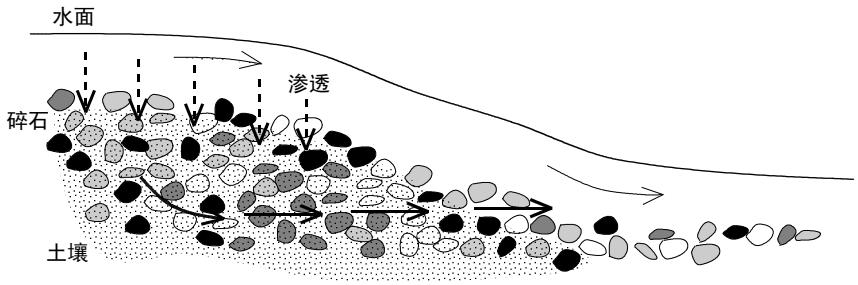


图1-13　河川内的过滤过程

③利用生物的吸附、氧化、分解

ａ．利用微生物的吸着、氧化、分解

利用河川河床上的砾石与岩石等的表面上粘合、生长的生物膜，对河川中的有机物或无机物进行沉淀、吸附。有机物被形成了生物膜的生物群氧化、分解。

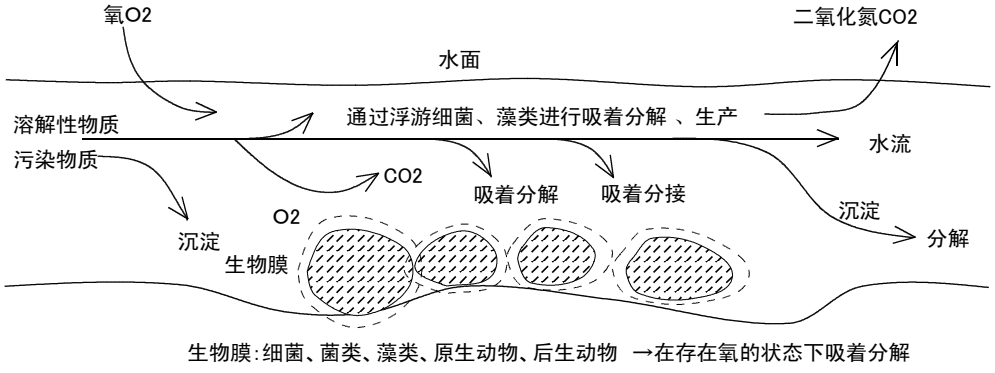


图1-14 利用生物氧化、吸收、吸着原理

如果把碳素纤维设置到水中，可形成具有大表面积的碳素纤维生物膜，促进有机物的吸着、分解。

b．利用水生植物的吸着、分解

河道内生息着各种各样的水生生物，通过植物体表面粘合的微生物群实现了吸着、分解；通过利用植物的根茎吸收溶解性物质等的功能，将河川中的氮、磷等作为营养物质吸收，最终起到减少污染原因物质的效果。另外，在植物密集的区域，通过降低流速实现物理上的沉淀，对于净化也起到了很大的作用。

虽然植物等具有吸收、去除水中氮与磷的作用，但是吸收量仅为植物生存所必须的量，因此污染程度较重的情况下很难全面的去除营养盐。

④利用水流和落差的氧溶解

利用浅滩的起浪与河道内的落差溶解大气中的氧气，保持水中的溶存氧。由此，对于保护附着在藻类与岩石表面生物功能的健全起到很大的作用。

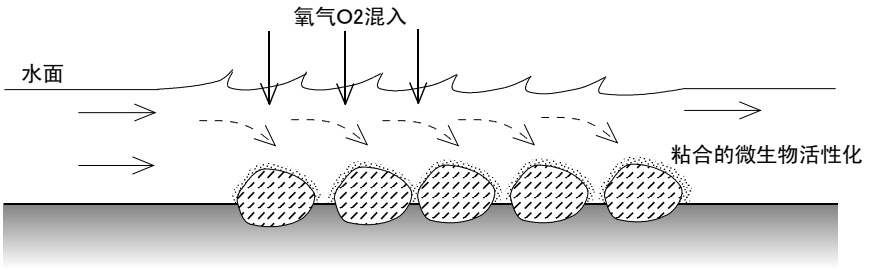


图1-15 浅滩示意图

平原地域的城市污染河川，既平坦、又倾斜面小无法发挥浅滩的功能，因此，氧的溶解量较少，为了对氧进行供给而需设置落差工等。

⑤稀释

通过向污染河川中汇入洁净的河水，使得污染水得到了稀释，伴随水量的增加，也同时降低了水质污染的浓度使得水质低下得以改善。

⑥扫流

通过河川的自净功能，将氧化、吸收、吸附的物质进行固体化，根据流速以剥离或者沉淀污泥的形式在河床内进行堆积。堆积的这些污泥，通过发水时被以非常快的流速进行扫流，因此可以恢复河川的自净功能。

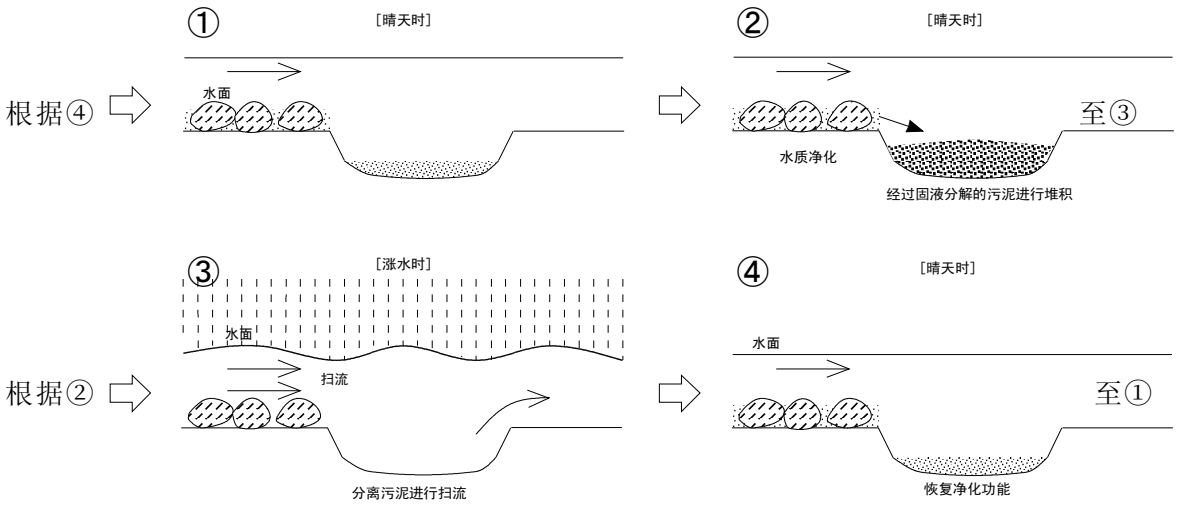


图1-16 利用扫流恢复净化功能的示意图

自然净化作用按照原理分类的话，可分为物理作用、化学作用和生物作用。

●物理作用：根据河川的水理特征产生的净化作用
沉淀、过滤、曝气、扫流、稀释

●物理、化学上的作用：通过水流与水流、河床构成材的接触，所产生的净化作用。
吸着、凝集、（氧化、还原）

●生物作用：将生息在水中等的微生物作为媒质，所产生的净化作用
根据接触材表面的微生物对有机物进行的吸着、氧化、分解、合成
利用植物对有机物、营养盐类进行吸收，通过接触进行沉淀

4－2 河川净化对策的方法

直接净化流入河川内污染物的方法叫做河川直接净化法，是流入河川对策、河川内对策的一种。直接净化生活排水造成的河川污染，针对消减ＢＯＤ、ＳＳ污染为主要目的，也是河川内对策以及河川对策的一种。

虽然湖沼流入河川对策也为直接净化河川水的技术，但是作为湖沼的富营养化对策，主要是以氮、磷的去除为目的，因此作为湖沼流入河川对策在后面部分进行阐述。

对于在河川内进行河川水质污浊现象改善的方法，除了使用河川内污浊物质的直接净化方法以外，还有利用稀释淡化污浊物的方法、去除河床内沉淀物的方法、通过实施排水管道切断河川污染物流入源维持清澈度的方法等。

（1）河川直接净化

为了净化受污染的河水，把污染的水引入净化设施内，净化后再放流到河川里。也可以通过在河川内设置直接净化装置，直接在净化设施内消减污染负荷量，因此作为有效的净化方法，近年来被不断的大量采纳。以往的净化设施，采用砾石间接触酸化法与绳接触材等，但碳素纤维作为高效接触材，而被分离方式直接净化设施所采用。

在小规模河川的情况下，在河川内直接设置碳素纤维水质净化装置，尝试河川内直接净化设施的设置。像这样的场合，有必要考虑水流量的变动、垃圾对策等的阻碍流水和发生洪水时的相应设置对策。

（2）流入水直接净化

为了净化流入主流的污染水，在支流和排水路内设置净化池，安装碳素纤维等接触材，通过维持一定的滞留时间，有效率的进行水质净化后，使之流入主流。适合对流入主流的小型河川、溪流、湿原等进行净化。

（3）引进净化水

把清澈的水引进到污染河川内，是通过稀释（也可以认为是提高自净作用的情况）改善污染河川水质的方法。另外，对于受到潮水涨落影响的河川，根据流动状况的变化（减小逆流）可实现改善水质和补给水中ＤＯ等的效果。

（4）底泥处理

由于水底淤泥堆积而产生的恶臭；淤泥泛起而造成的景观恶化；ＤＯ的消耗以及富营养盐类的溶出等，成为了水质恶化的原因，因此对底泥的处理是十分重要的。

1）疏浚

疏浚是指对河床的污泥进行去除。以往，河床疏浚是为了确保河道内的流水断面而予以实施的，但现在以保护水质等的环境为目的而对底泥实施疏浚。另外，对于湖沼等方面来说，以防止营养盐溶出造成富营养化等观点出发而进行疏浚。

2）底泥分解

由于疏浚需要庞大的工程费用又涉及到生态系统的破坏，因此可以采用分解去除底泥的方法。通过在水底敷设编织形状的碳素纤维，创造微生物生息环境，在促进微生物活性化的同时，对水底的有机物进行分解去除的方法。

（5）旁通管（流水保护水路）

将成为污染主流原因的支流、排水路，通过实施分离旁通管建设新水道、排水管渠，对主流的水质进行保护。适用于水利化河川，在水利化基准处的下游进行放流是制作计划时的基本原则。通过把污染河川与主流分离，可以维护主流上游部良好的水质。但在没有完成新水道、排水管渠的情况下难以发挥效果，加之新水道、排水管渠的建设费用庞大，且实施限制较多，因此只适用于大型河川的实施。

（6）生物环境保全

以保护各种生物的生息、生存环境为目的，为保护浅滩、深渊而利用接近自然工法对河道等进行的改修。通过在河道内增大植被与碳素纤维的利用，可增强自然净化作用，随之起到河川水质的改善效果。由于以上为以生物环境保护为目的而进行的计划、设计，因此与河川直接净化作区分进行探讨。

另外，不仅以净化为目的，而且也被作为河川水质改善、生物生息环境维持的方法与河川内直接曝气改善ＤＯ等的对策。

４－３　河川直接净化手法的种类和原理的分类

将目前正在实施或研究中的河川净化手法，按照河川净化作用的原理分类的话，如图1-17所示。

河川自净功能是通过捕捉污染物质之后，利用微生物分解功能而实现的，由此对净化手法的分类从物理上的捕捉开始按照生物分解作用的顺序进行了整理。

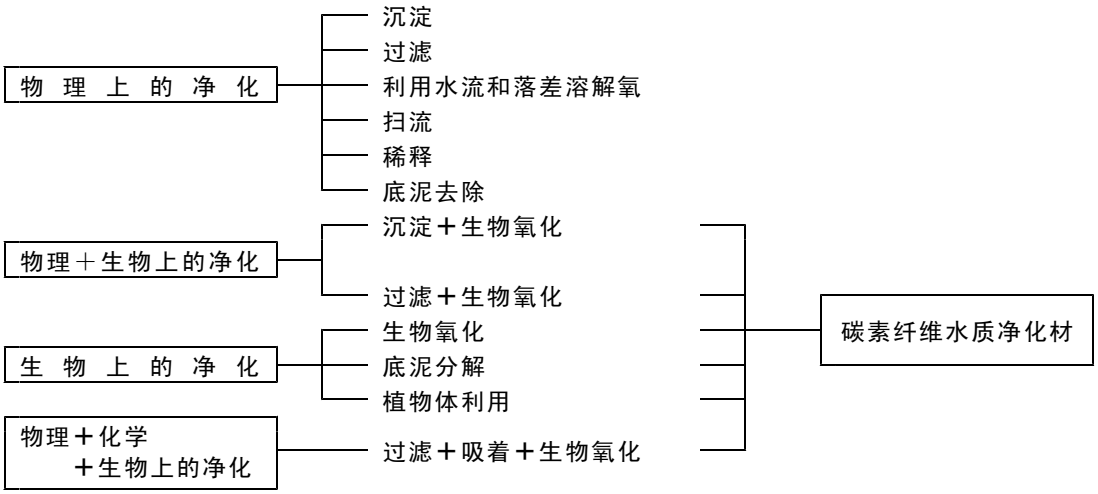


图1-17　河川直接净化手法的种类和原理的分类

在河川直接净化手法中，作为河川净化设施的可使用接触氧化法。将碳素纤维水质净化材作为接触材的净化技术，是根据碳素纤维具有的大表面积能够附着大量微生物，并通过碳素纤维在水中的摇摆起到分解有机物、去除氮、磷等营养物的水质净化效果而实现的，因此作为河川直接净化方法可以说是极为有效的。

以往，使用砾石、塑料、合成纤维等作为接触材；但近年来，河川污染导致富营养化现象日益显著，致使以往产品对营养盐的去除效果减弱。

被视为去除营养盐类（氮、磷）有效方法的植被净化法（利用植物体），在受到严重污染的水域中，只能吸收生长所需的氮、磷，其单位面积的去除率较低，因此所需要植被面积范围广阔，实际应用较为困难。

5．湖沼净化对策

5－1　湖沼净化对策的方法

成为湖沼水质污染原因的富营养化现象，是由于流入的氮、磷所引起的植物浮游生物的异常发生而产生的。作为其对策，抑制植物浮游生物的繁殖因素是极为必要的。

植物浮游生物繁殖的原因，有以下因素。

①无循环的水滞留状态。

②从河川流入的氮、磷，由于底泥的溶出而增加。

③由于太阳光的光合成作用而被活性化。

④植物浮游生物细胞的存在。

其中，氮、磷等的营养盐类是从流域内不断排出的，因此在流入湖沼的前阶段采用流域对策或对流入湖沼的河川采取去除等对策是有效的。

由于光遮断、直接去除植物浮游生物、水滞留的改善等都可以在湖内进行，因此成为了湖沼内的对策。

表1-5　湖沼净化对策的分类

对策区分	技术区分	具体的技术
流域对策	点源负荷对策	生活排水对策、畜产排水对策、工厂与产业排水对策
	面源负荷对策	农业、畜产负荷对策；非特定负荷对策
流入河川对策	直接净化	碳素纤维 植被净化、土壤处理
湖内对策	直接净化	碳素纤维 植被利用（植被带、湿地、浮岛等） 底泥对策（疏浚、覆砂） 流动控制（分割栅栏、散气装置） 氧供给（曝气、高浓度氧水） 药剂的利用 利用生态系功能 直接去除（蓝藻回收、杀藻装置等）

5－2　湖沼流域对策

在湖沼、水库湖流域中削减氮、磷的对策。

（1）发生源对策

推广下水道建设与屎尿处理设施等的普及，是削减生活排水系统氮、磷的方法；另外脱氮、除磷等的高度处理方法也在被研究探讨中。

（2）排水限制

根据法律中对特定设施放流水的规定，予以强化。

（3）面源对策

作为对农业用地、山林等的流出对策，可采取施肥量管理与在下水道未建设地区的杂用排水对策，但是这些对策都不完善。

5－3　湖沼流入河川对策

（1）湖沼流入河川净化方法

流入湖沼、水库湖等河川所造成的营养盐类流入是引起富营养化的要因，因此削减氮、磷是有效的方法。去除氮、磷的方法最重要的是不给环境增加负荷、节省资源、节省能源，有效利用自然原有的功能是非常重要的。流入河川净化方法是指在流入湖沼、水库湖之前而对来自流域的氮、磷等营养盐类进行直接净化的方法。

1）碳素纤维净化设施

通过利用碳素纤维具有的大表面积使得吸着、附着的微生物活性化，从而促进了有机物的分解。附着的微生物中，需氧性菌和厌氧性菌均衡存在，由此脱氮菌将硝酸离子分解成氮气并予以扩散，而磷作为多聚磷酸被积蓄，因此实现了营养盐类的去除。

流入湖沼、水库湖之前，在河川内设置使用碳素纤维的河川内直接净化设施，或将流入的河川水，引入分离方式直接净化设施进行处理。

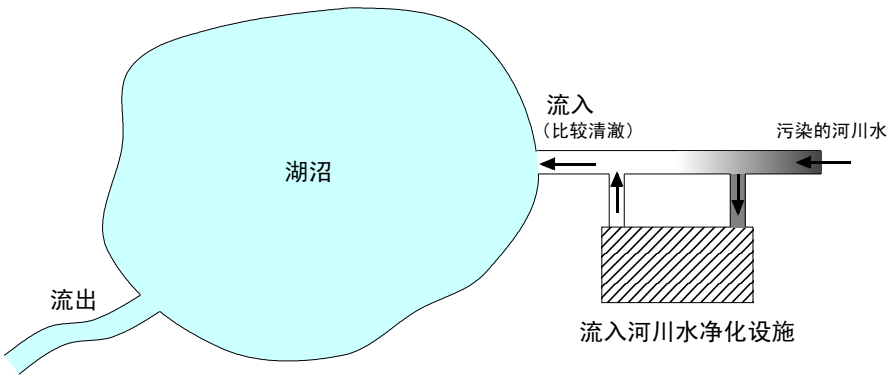


图1-18　利用流入河川对策的湖沼水质净化

2）植被净化设施

利用相似于植物浮游生物，同依靠吸收氮、磷而生长的高等植物植为着眼点，对流入河川采取植被养殖对策。利用植被对策时，需始终以河川水为净化对象，并在不断的水供给中进行净化，因此只适用于喜湿性植物。

喜湿性植物中，一般被称为水草的有芦苇、菰等挺水性植物；菱科等的浮水性植物；黑藻、伊乐藻等的沉水性植物；凤眼兰、浮萍等漂浮性植物。

利用芦苇荡去除污染物质的原理被认为是通过沉淀、吸着等物理化学上的作用以及与芦苇荡生态系统相关的包括生物化学上等复杂的循环内容而实现的，但基本上可归纳为以下3点。

・粒子状态营养盐的沉淀、吸着以及磷的不活性化功能

・利用水底物质中生存的脱氮菌，形成亚硝酸氮、硝酸氮的脱氮反应

・利用生存在流水、、水生植物等表面上的从属营养细菌，形成对有机物的无机化功能。

5－4　湖内直接净化对策

（1）氮、磷消减对策

为消减湖水中的氮、磷，利用碳素纤维水质净化材与水生植物，对水中的氮进行分解、磷进行固定、底泥进行分解是十分有效的。

以往的方式是利用植物的根茎吸收营养成分，用疏浚的方式去除底泥中含有的营养盐，但是由于植物吸收的营养盐类量只为成长所需的量，因此在污染较为严重的水域，所需要的植被面积庞大因此不是很现实的方法。另外进行疏浚工程时，需要庞大的工程费用，成本对效果比较差，还会构成对生态系统的破坏较加重环境的负荷。

1）碳素纤维水质净化材的利用

将碳素纤维水质净化材设置在湖沼、水库湖中，利用直接水质净化的接触材生物膜氧化法和引入湖水进行处理的流入式接触曝气生物膜法是有效地方法。

滞留水域的情况下，由于缺乏溶存氧而形成缺氧状态，因此为了促使微生物的活性化，进行曝气补给氧能够增加效果。再者，为了让湖水与碳素纤维进行接触达到有效的净化，同时使用能够促进污染水与碳素纤维接触的人工循环设备会更为有效。

2）水生植物的利用

①利用湖内植被带的净化

虽然凤眼兰等的浮水性植物被广泛的采用，但也可以利用岸边广阔的芦苇荡和沼泽（挺水性植物）、菱科原野（浮水性植物）等。

原理上除了吸收氮、磷之外，还可以根据接触沉淀对浮游物质进行去除、利用植物的茂盛枝叶起到遮光效果，从而抑制植物浮游生物的繁殖。

②利用浮岛的净化

在浮岛上种植植被，利用植物的根茎吸收氮、磷等营养物质的同时，还可以通过引诱其他生物的集聚，形成了对植物浮游生物的捕食效果，并带来了一定的光抑制效果，从而对植物浮游生物产生的抑制效果得到了确认。

在浮岛的下部设置碳素纤维水质净化材，是非常有效的。

③ 湿地

在流入湖内的河川、河口部位堆积石头，其中种植芦苇可降低流入氮、磷，并促进沉淀。

在湿地内设置碳素纤维水质净化材的净化设施，是非常有效的。

3）底泥对策

因为湖底堆积的淤泥含有丰富的营养盐，因此为了防止溶出而采取了去除方式的「疏浚」，或用砂进行掩埋方式的「覆砂」等对策，虽然可以降低来自底泥中的有机物和营养盐类的溶出，但如果底泥再次堆积而引起的再溶出会降低效果，因此成本对费用效果较差，同时采取抑制底泥发生的对策是十分重要的。

通过在水底铺设编织状碳素纤维水质净化材，可以起到分解底泥的效果。

4）流动控制

以防止蓝藻的扩大为目的，在湖水表面设置止水性「划分围栏」进行隔离，既可以控制湖沼水的流动，又可以抑制植物性浮游生物繁殖。另外，通过使用散气装置进行浅层曝气，可将比湖水温度低、密度高的河川流入水送到藻类产生层以下深度的层内，可对送营养盐的供给进行切断与控制。

5）药剂的使用

虽然可以通过向湖内散布（Bio-agents）生物剂和凝结剂对磷进行凝结沉淀，但由于向自然水域内的化学物质投入，因此会给生态系统造成影响，也有可能带来堆积物的增加。

6）利用生态系功能

目前正在尝试着直接放流扑食植物浮游生物的鱼种，并通过减少扑食这些鱼类的鱼种作为间接的方法可以减少植物浮游生物。

双壳贝等过能够滤大量的水，并捕食水体中的植物浮游生物等有机物。利用这些生物的净化方法从食物生产方面来看可认为是有效的方法。

7）氧供给

通过向湖沼水体内直接供给氧，提高溶存氧ＤＯ而达到水质净化目的。作为氧供给的方法可以使用空气曝气、微细气泡曝气、高浓度氧水供给、臭氧发生装置等。

8）直接去除植物浮游生物（蓝藻）

使用特殊船舶直接去除、回收湖沼内发生的植物浮游生物的方法

照片1-1　蓝藻回收船

（2）利用湖水循环的富营养化对策

用于人工循环的方法除了空气式、泵式、螺旋状式、水车式等，也可采用取水、放流、流入等流动所产生的能源。

空气式由于具有曝气效果，还可在底层部进行ＤＯ的补给、硫化氢等溶出的抑制，因此被较为广泛的采用。

在湖水得到循环后，蓝藻类会急剧减少并转变为绿藻类与硅藻类，产生异臭的藻类便会灭绝从而解决异臭的事例非常多。另外，在解决了底层水体的缺氧状态后，铁、锰、氨、硫化氢等也随之消失。

1）循环平面的湖水

①水域内循环方式

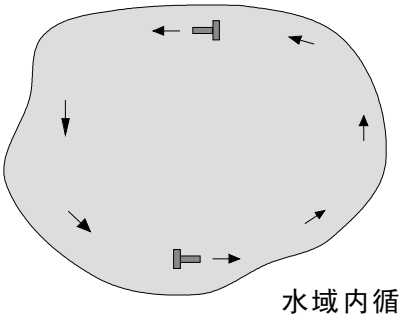
在小规模、水深浅的湖沼内，可以通过平面的循环，可实现氧供给以及水质净化。

通过在循环水域里设置碳素纤维水质净化材，并通过碳素纤维的摇摆，使污染水与微生物膜接触，提高净化效果。

②对岸流循环方式

利用泵设备，在对岸等具有一定距离的地方，对湖水进行送水循环。

通过在循环水域里设置碳素纤维水质净化材，诱发碳素纤维的摇摆，使污染水与微生物膜接触，可提高净化效果。



水域内循环

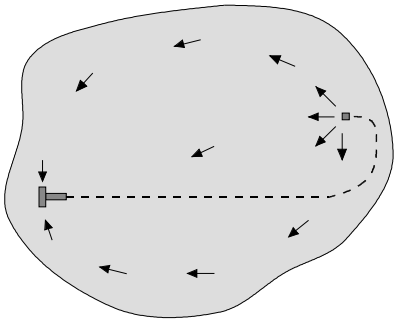
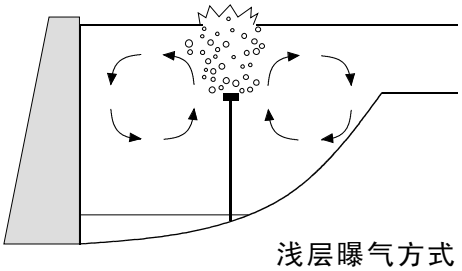


图1-19　平面的湖水循环

2）底层域湖水循环

①浅层曝气方式

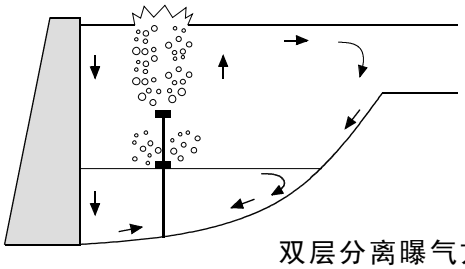
通过在无光层的浅表水层进行曝气、循环，将藻类移动至无光层从而降低藻类的活性，对繁殖进行抑制。



浅层曝气方式

②双层分离曝气方式

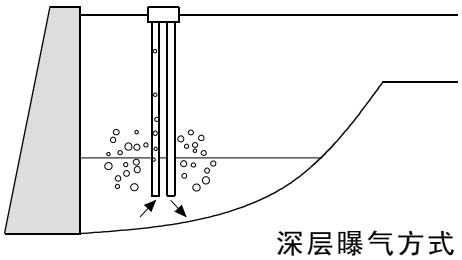
在表水层与深水层分别进行曝气、循环，将藻类移动至无光层从而抑制繁殖或对深层水域进行ＤＯ补给。



双层分离曝气方式

③深层曝气方式

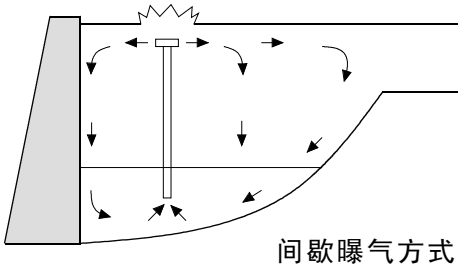
通过深水层曝气实现ＤＯ的补给，可抑制来自水底物质磷和Ｈ２Ｓ等的溶出。由此，可以达到防止Ｈ２Ｓ异味发生并抑制藻类的繁殖。



深层曝气方式

④间歇曝气方式（全层循环）

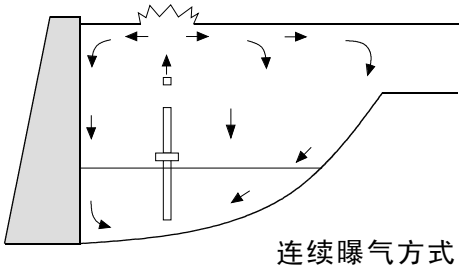
降低、破坏水温层，利用吹送水流等的大型循环将藻类移动至无光层内，以抑制藻类的繁殖。



间歇曝气方式

⑤连续曝气方式（全层循环）

降低、破坏水温跃层，利用吹送水流等的大型循环将藻类移动到无光层内，以抑制藻类的繁殖。



连续曝气方式

図1-20　底层域湖水循环

6．海域净化对策

近年来水质污染的状况，大多是由大都城周边的大规模污染源造成内湾、内海等封闭性水域与其他水域相比，环境标准的达成率较低而形成的。再加之氮、磷等物质的流入，加重了富营养化的程度。

大都市周边的内湾、内海多次出现了赤潮，特别是发生了大规模水体缺氧的话还会引发青潮。为了对应这样的状况，需要进一步采取对内湾、内海等封闭性海域的水质保全对策。

在规制对象海域的沿岸部，高度的经济成长期中，由于为了确保产业用地和物流机能等而实施填海，由此会造成海涂与藻场的急速消失。像这样的沿岸地区，在保护、保全留下的宝贵海涂、藻场的同时，还需要依据自然再生法对失去的海涂、藻场等进行自然再生事业，以及灵活运用疏浚土砂等推进对海涂、浅湾进行再生与挖掘沟的回填还原。

另外，对于水底物质恶化显著的海域，为了达到生物生存环境的改善以及抑制底泥营养盐类的溶出，应而实施砂土覆盖。

在内弯、内海的沿岸区域实施对策的注意事项，有以下几点。

①海涂、藻场等的保全、恢复

②水底物质的改善

③海洋工程等的污染水防止

④抑制、回填土砂采取痕迹

6－1　使用碳素纤维的污染防止技术

在封闭性水域与内海沿岸等地区，由于鱼贝类等养殖需要洁净的海水。但另一方面，养殖场散播的鱼饵、抗生物质、鱼类粪便等，也直接的成为了污染源。

伴随着沿岸地区的城市开发、港湾开发和交通网建设等的桥墩工程、港湾工程导致了污染水的发生，是对渔场和养殖场造成危害的原因。

作为这些工程的对策，通过在与污染源之间设置碳素纤维污染防止装置，可以防止对海洋污染。

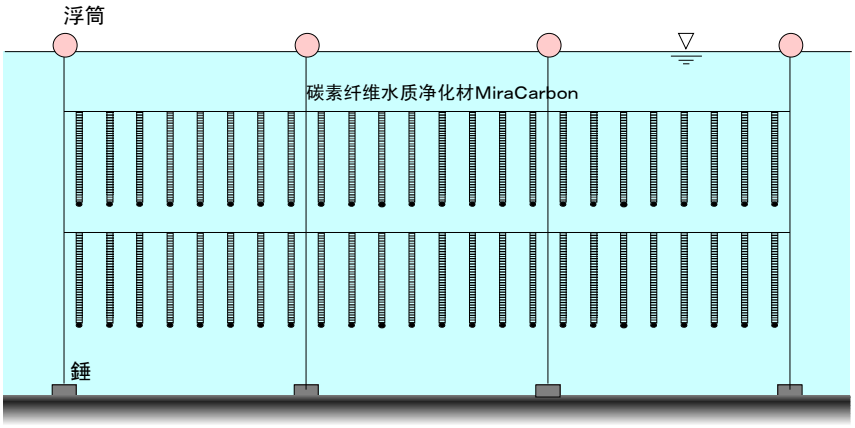


图1-21　使用碳素纤维两段式污染防止装置概念图

6－2　海涂再生技术

海涂位于海面与陆地之间，作为生态系统的食物链锁、营养盐类以及物质循环的中枢，具有生物栖息地功能、水域净化功能、生物生产功能并成为生物的食物以及营养的接受场所，不但对维持、持续生态系统起到很大的作用，而且其状态的好坏与水质密切相关。

海涂再生是指，将夹隔在从陆地到海面的海涂作为一体化的食物连锁、营养循环进行考虑。从陆地向海面方向延伸有耐盐性植物、营养盐类吸收植物的海滨植物；海涂中有实现食物循环的蟹类与贝类；在水域中，通过与鱼类等连锁反应的「生物循环净化功能」实现了水质净化。

海涂再生技术有以下几种方法。

①植物净化

②贝类食性效果

③采用碳素纤维吸着以及微生物的水质净化

④堤防

⑤覆砂

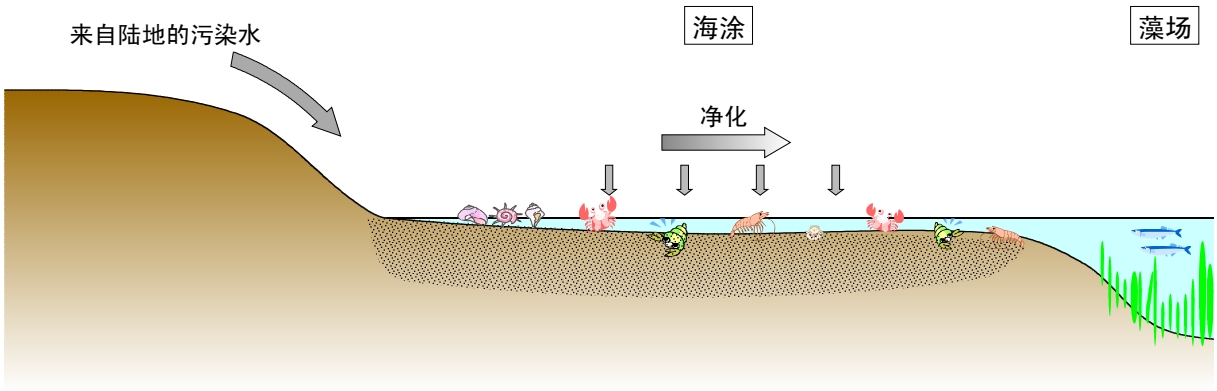


图1-22　海涂、藻场的一体化自然生态系统再生

6－3　藻场再生技术

藻场作为鱼贝类的产卵场所和鱼苗、幼贝的栖息、觅食以及藏身的场所发挥着作用；并且也是鲍鱼、海螺、海胆等重要的渔场，同时也发挥着水质净化的效果。藻场根据生长的藻类种类，可分为甘藻场、马尾藻场、黑海带场与海中森林藻场等类型。

但是现在，藻场由于浅海水域的填埋与海水的富营养化、赤潮的发生、海水温度的上升、有害动物增加等原因而逐渐消失，给海域的生态系统带来了恶性影响。

通过藻场再生，在实现对水质净化和海洋生态系保全的同时，还可以期待海产物的捕获量的提高。

①海藻的生长基础

②海草的移植

③利用碳素纤维的人工海藻在进行水质净化的同时还能够成为裙带菜的苗床。

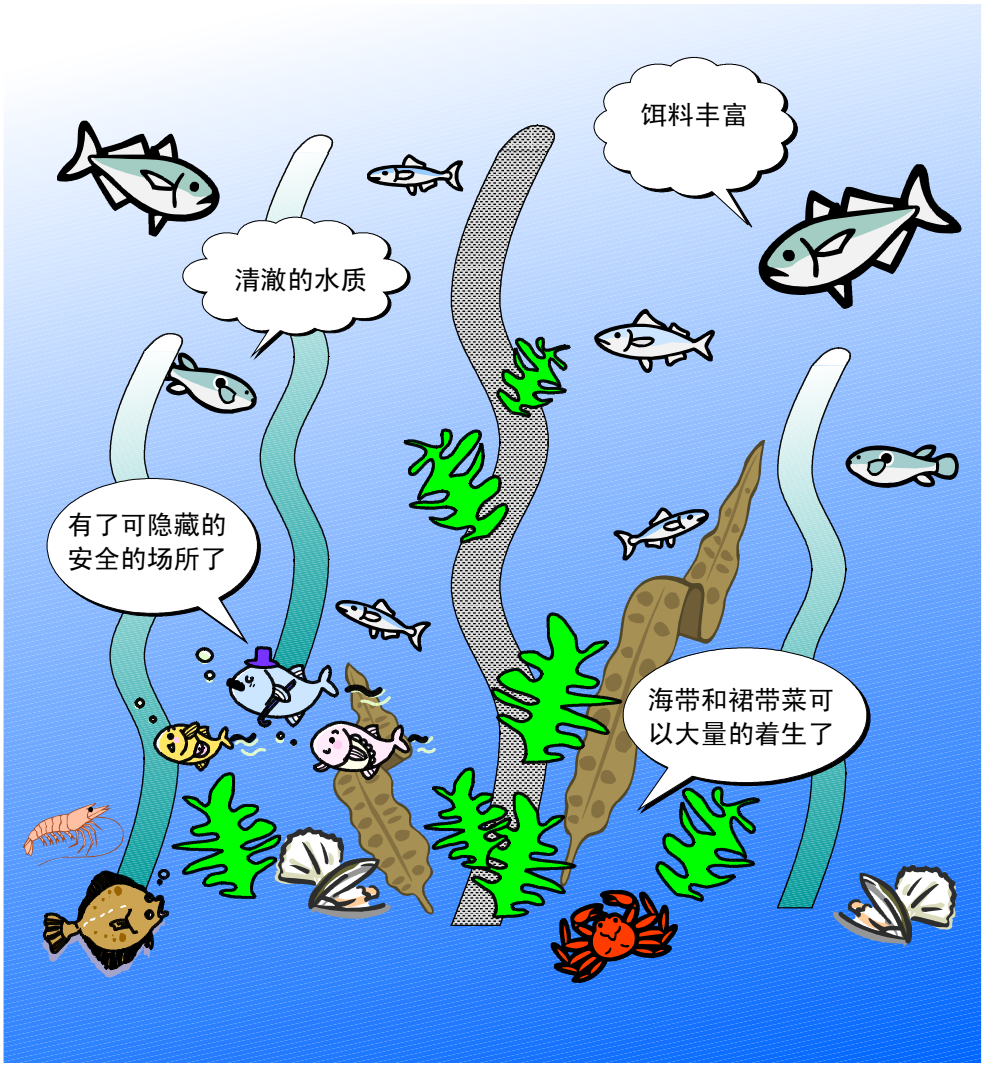


图1-23　采用碳素纤维人工海藻的藻场再生的概念图

水环境对策概论（节选自碳素纤维水利用技术设计指针－环境水篇－）

２０１５年１２月１日

作　者	**小　暮　幸　雄**
发行者	**ＮＧＯ**）日本水生态协会 Japan Water Guard 〒370-0018　日本群马县高崎市新保町１６６５番地１ TEL +81-27-350-7351　FAX +81-27-352-4875 mail : npojwg@gmail.com URL　http://ngojwg.org/index-c.html
编辑者	特定非盈利活动法人碳素纤维水利用工法研究会 Carbon Fiber Make Water Method Association

严禁擅自将本书的全部或一部分转录・复印