



HAISHUI YANGZHI SHUI HUAXUE

海水养殖水化学

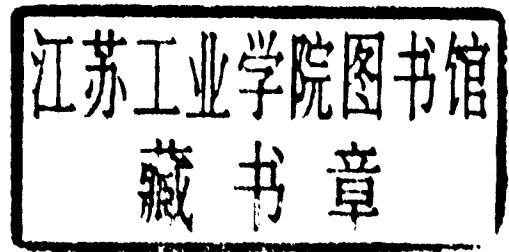
王宪 编著



厦门大学出版社
XIAMEN UNIVERSITY PRESS

海水养殖水化学

王宪 编著



厦门大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

海水养殖水化学/王宪编著. —厦门:厦门大学出版社, 2006. 1

ISBN 7-5615-2518-4

I. 海… II. 王… III. 海水养殖-水化学 IV. S912

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 005608 号

厦门大学出版社出版发行

(地址:厦门大学 邮编:361005)

<http://www.xmupress.com>

xmup@public.xm.fj.cn

厦门昕嘉莹印刷有限公司印刷

2006年2月第1版 2006年2月第1次印刷

开本:787×960 1/16 印张:15.5

字数:270千字 印数:0001~2000册

定价:25.00元

本书如有印装质量问题请直接寄承印厂调换

内容简介

本书根据高等院校海洋化学、海洋生物、海洋渔业、海水养殖专业教学的基本要求,应用化学基础理论和基本研究方法,阐述了海水养殖水体中的化学组成和主要性质,海水中与水生生物相关的主要化学构成及反应,养殖类型及其水环境的基本特点以及与水文、生物、气象和地质等环境条件之间的关系。本书主要内容有:(1)养殖水体的化学组成和基本特点;(2)海水中的初级生产力;(3)养殖水体的溶解氧;(4)影响养殖水体的主要化学因素;(5)养殖水体的有害物质;(6)养殖水体的有机物污染及其防护;(7)养殖底质的环境及防护;(8)养殖水体的水处理技术。本书较系统的讨论了养殖水体中常见的各类主要污染物在海水养殖环境中的迁移转化机理及其防护方法,突出了二者在海水增养殖与水化学关系中所具有的实践性和应用性特点。同时,本书还注意吸收和反映了近年来国内外学者有关海水养殖水化学的新近研究成果。

本书是在近二十年的《海水养殖水化学》课程教学基础上编写而成的,内容丰富,可作为高等院校相关专业的教学用书,也可作为从事海洋水产生物增养殖科技工作者的参考用书。

前 言

海水养殖业已成为 21 世纪人类向海洋索取食物的重要手段。回首近二十年来海水养殖业的发展,我们不禁为人类的科学进步与发展而自豪。然而,在海水养殖业迅猛发展的今天,养殖水环境的问题给人类在养殖业上的发展提出了警告。人类在遇到严重的养殖水环境问题后,已经逐步开始思索养殖水环境问题产生的一系列原因和解决方法。为了积极推广和普及海水养殖水化学的基本知识,提高广大海水养殖工作者在实践中的生产技能,本书以养殖水化学为基本主线,探讨海水养殖水环境和生物生境关系,力求内容新颖,深入浅出,通俗易懂,并结合当前的海水水产养殖科研以及生产发展的最新成果,介绍有关海水养殖水化学的知识和研究进展,希望能为有志于研究养殖水化学的人士提供一个了解相关知识和技术的窗口,为读者进一步阅读更广泛的科学著作提供一个阶梯,为海水养殖业的繁荣尽一份微薄的力量。

由于本人学识有限,各种技术信息掌握不够全面,不足之处在所难免,恳请专家、读者指正。

编著者

2006 年 2 月于厦门

目 录

绪 论	(1)
一、海水养殖水化学的意义	(1)
二、海水养殖水化学和海水增养殖的关系	(3)
三、海水养殖水化学的研究方法和内容	(5)
四、养殖水体水环境的监测和分析	(6)
第一章 养殖水体的化学组成和主要特点	(10)
1.1 海水的化学组成和性质	(10)
1.2 水体的几种主要化学平衡过程	(22)
1.3 养殖水体类型和环境特征	(28)
1.4 海水养殖的养殖容量	(34)
第二章 养殖水体的初级生产力	(44)
2.1 光和海洋生命	(44)
2.2 海洋藻类光合作用同辐照度的关系	(49)
2.3 藻类生长对辐照度的生理适应	(53)
2.4 海洋初级生产力	(59)
2.5 养殖水体的初级生产力	(63)
第三章 养殖水体中的溶解氧	(69)
3.1 海水中溶解氧概述	(69)
3.2 影响养殖水体溶解氧的主要因素	(75)
3.3 溶解氧在养殖上的生物学作用	(83)
3.4 养殖水体溶解氧的控制和管理	(86)
第四章 影响养殖水体的其他因素	(92)
4.1 养殖水体的缓冲能力	(92)
4.2 海水中的营养盐	(103)
4.3 养殖水体的其他生物因子	(118)
4.4 养殖水体的营养状态分析	(124)
第五章 养殖水体的有害物质	(129)
5.1 概述	(129)
5.2 海水中的有害物质	(131)

5.3	有害物质对养殖对象的致毒效应实验法	(138)
5.4	有害物质在生物体内的积累规律	(140)
5.5	养殖水体自身产生的有害物质	(144)
5.6	养殖水体污染的指示	(151)
第六章	养殖水体有机物污染及防护	(153)
6.1	养殖水体的有机物	(153)
6.2	养殖水体有机物的变动及其意义	(160)
6.3	养殖水体有机物生物降解	(165)
6.4	水体有机物污染程度对养殖生产的影响	(172)
第七章	养殖底质的环境及其保护	(180)
7.1	概述	(180)
7.2	底质类型和养殖生物的关系	(188)
7.3	底质的调控	(199)
第八章	海水养殖的水处理技术	(203)
8.1	水处理的基本原则	(203)
8.2	水处理的基本方法	(206)
8.3	养殖水体水处理技术	(226)
附 录	(233)
主要参考书	(239)
主要参考文献	(239)

绪 论

一、海水养殖水化学的意义

浩瀚的海洋占地球表面的 71%，其体积约为 137 000 万立方公里，给种类繁多的海洋有机体提供了各具特色的栖所。科学家们初步估算出海洋初级生产力高达 2 亿~10 亿吨，目前人类食用的动物性蛋白质约有 20% 来自海洋和淡水生物资源。当今世界，人口迅速增长，生活水准日益提高，改变人类食物构成，提高和增加蛋白质食物成分，除了积极发展畜牧业、养禽业外，大力发展海洋渔业及海水养殖业已为人们所关注。从世界范围来看，水产业的增长速度比谷物和畜牧业生产的增长速度快，利用水产品动植物蛋白的倾向愈来愈突出。在海洋渔业发展过程中，盲目的捕捞以及人类生产活动的不断发展时刻影响和改变着海洋环境，使得渔业资源衰退，海洋捕捞业的发展受到了很大限制。世界上大多数国家正在逐渐地将海洋渔业转向海水养殖业和养殖业现代化的研究，用各种现代化的科学技术装备养殖业已成为发展的必然趋势。伴随着科学技术的进步，世界海水养殖业的发展日新月异，养殖新技术不断出现，人们对养殖业中各个领域作了更深入的研究，海水养殖业正朝着高密度、精养高产的工厂化养殖方向发展。海水动植物养殖业是一项“人为能动控制的水产品生产”，是 21 世纪人类向海洋索取食物的重要生产手段，也是沿海人民群众脱贫致富的重要途径。近 20 年来的生产实践表明，谁先掌握了先进科学技术，谁就掌握了致富的金钥匙。

表 1 海域面积超过 $200 \times 10^4 \text{ km}^2$ 的十个国家

国家	美国	澳大利亚	新西兰	中国	加拿大	印尼	日本	前苏联	巴西	墨西哥	智利
km ²	760	701	483	473	470	451	451	449	317	285	229

海域面积超过 $200 \times 10^4 \text{ km}^2$ 的十个国家见表 1。我国的海域辽阔，横跨热带、亚热带及温带三大气候带，自北而南的海域总计超过 $473 \times 10^4 \text{ km}^2$ ；北自渤海北岸，南至南海南端，纵跨 44 个纬度，长约 4 500 km；西起北部湾海面，东达东海之东，横穿 20 多个经度，宽超过 2 000 km。我国海域的面积和平均深度见表 2。

表 2 我国海域的面积和平均深度

海域	海域面积(km ²)	平均深度(m)	最大深度(m)
渤海	80 000	18	70
黄海	380 000	43	140
东海	770 000	370	2 719
南海	3 500 000	1 212	5 559

海水养殖业在我国具有悠久的历史。几百年来,劳动人民在生产实践中积累了丰富的经验。我国南方的鱼、虾、贝养殖,从开始依靠潮水的涨落捕捉鱼虾,到后来逐步发展成为运用筑堤建闸、挖池等方法开展各种海产品养殖业。养殖的种类品种繁多,就鱼类而言有鲷、梭鱼、遮目鱼、罗非鱼、石斑鱼、海马、海参、真鲷、黑鲷、黄鳍鲷、平鲷、鲈鱼、牙鲆等;并且从较单一的池塘养殖开始,进而开展多种类的养殖及混养,直到现在多品种综合性生态养殖。发展海水鱼、虾、贝类养殖,具有投资小、见效快、产值高等优点。海水鱼、虾、贝类肉味鲜美,营养丰富,深受人们欢迎和喜爱。海水养殖的意义可以同陆地上从采拾野果到栽培谷物,从捕捉野兽向驯养家畜过渡相提并论,发展海水动植物养殖业具有很大的潜力与广阔的前景。

我国地处热带、亚热带和温带,浅海、滩涂广阔,自然环境优越,可种植养殖品种资源丰富。我国大陆海岸线长 180 000 多公里,沿岸 10 米等深线以内浅海和滩涂面积 980 多万公顷(未包括台湾省),可供海水养殖的浅海滩涂面积 130 多万公顷。近 10 多年来,我国海水养殖业发展十分迅速,1984 年海水养殖面积 24.2 万公顷,产量 63.8 万吨;1995 年海水养殖面积达 71.58 万公顷,产量 412.29 万吨,传统的海洋水产养殖业也正由小规模、分散经营逐步向规模化、集约化和高档化发展。我国沿海重要的海水养殖区大多分布于沿海港湾和河口附近水域,为推进农业和农村经济结构的战略调整提供了基本保证。大力发展海水养殖是社会主义市场经济发展的必然要求。改革开放 20 多年来,我国海水养殖业一直处于稳步发展态势,具有以下几个基本特点:

1. 养殖面积不断扩大

到 1999 年底,海水养殖总面积已扩展到 1 095 万公顷。从南到北,沿海 15 米等深线以内的水域、滩涂,基本上都开展了养殖业,扩增的速度之快令世界瞩目。

2. 总产量不断增加

1999 年全国海水养殖总产量为 97 430 万吨。目前,我国海水养殖占世界海水养殖总产量的 70% 左右,已成为世界海水养殖大国。

3. 养殖品种增多,名、特、优种类所占的比重提高

据初步统计,目前海水养殖的鱼、虾、蟹、贝、藻等品种有 80 种以上。

4. 养殖模式向多元化发展

根据不同的养殖品种采用不同的养殖模式,根据投资力度不同选择不同的养殖模式。最近几年,养殖投资者更是普遍看好工厂化养殖和深水网箱养殖。但是随着生产的扩展,养殖总量超过水域环境容纳量,对环境所造成的负面影响也日益显露出来。一些主要养殖区域赤潮发生频繁,环境污染加剧,病害成灾面积不断扩大,对大面积爆发性病害尚未找到有效的控制办法,每年因此而造成的经济损失十分惊人。同时,作为养殖行业行为主体的农(渔)民,由于把握市场,分析市场,竞争市场的能力较弱,故在养殖经营上存在相当的盲目性、粗放性和无序性,整个海水养殖业在很大程度上仍然是处在粗放式生产阶段,由规模产量型向质量效益型转变还有待时日。海水养殖业作为大农业的一个重要组成部分,在过去几十年里对繁荣沿海农村经济,稳定农村社会,富裕农(渔)民做出了不可磨灭的贡献。在新的历史阶段,面对新的形势、新的机遇和新的挑战,同样要进行海水养殖产业结构调整,以保证海水养殖业健康持续地发展。

另外,在长期的海水养殖生产实践中,人们积累了极为丰富的经验,逐步形成了一套具中国特色的养殖方法,建立了我国海水养殖业的科学体系。多品种综合性养殖是我国养殖业的一大特色。水、种、饵、密、混、轮、防、管“八字精养法”对海水养殖的发展起了很大的推动作用,指导着当前的生产,并为世界上一些国家所关注。但随着养殖业的纵深发展,水环境的污染也日趋严重,病害、灾害不断发生,水质管理的重要作用也愈来愈被人们所认识。应用现代科学技术手段了解“鱼水关系”,监测水质,调节水质,改良水质,有效地控制水质和利用水域,已成为海水养殖技术现代化的重要内容。

二、海水养殖水化学和海水增养殖的关系

在讨论海水养殖水化学之前,首先必须对养殖水体的海洋生物的水生环境有所了解。养殖对象栖息的环境适合与否,对海洋生物的生长、繁殖等都有显著的影响。所谓海洋水生环境指的是围绕在海洋动植物有机体周围的一切,其研究内容是外界环境因素变动对海洋水生动、植物的效应。也就是说,养殖对象的自然环境是周围的各种自然因素的总和。从这个意义出发,海洋水生环境包括海洋水生动植物这一主体周围的一切生物及非生物的因素(或称生物因子和非生物因子)。非生物因子包括光、温度、透明度、盐度、pH、营养盐、溶解氧、有机物、底质等理化因子。同时,养殖水体包含了自然界的气相、液相、固相和生物相。生物因子包括植物、动物、微生物等及其之间的相互关系,前者构成了种类

关系,后者构成了种间关系。形成水生环境的这些基本因素就称为水生环境因素。

自然界中各种环境因素与生物之间以及各种环境本身之间是相互密切联系、相互依赖、相互制约的。例如,海水养殖池里的生物体依靠浮游动、植物生活。生物体死后,水里的微生物可把它们分解为基本元素或化合物,这些基本元素和化合物又成了浮游动、植物的养料。微生物在分解过程中需要消耗水中的氧气,而浮游植物光合作用所产生的氧气又可用来补充它们的消耗。浮游动物食浮游植物,鱼虾又食浮游动、植物,这样就构成了处于相对平衡状态下的生态系统。为了充分发挥海水养殖的生产能力,合理开发和利用其资源,就必须从各个方面研究海水增养殖水体中的养殖对象以及诸环境条件之间相互制约的规律,创造良好的水质环境条件,因此,对海水养殖水体中理化成分监测分析的研究是不可缺少的,而且显得越来越重要。

从水环境学的角度来看,海水的含义绝非单指水溶液而言,而是把水体作为包括水中悬浮物、溶解性物质、水生生物、底泥等在内的一个完整的自然综合体系。水质意指水溶液及其中所存在的各类物质所共同表现出来的综合特性。在海洋增养殖中,海水不仅是海洋生物的生活环境,同时也是海洋生物的天然饵料生产基地。海洋生物从繁殖、成长到收获,整个过程都是以海水为介质的,用“鱼水关系”来比喻非常切合实际。具体地说,水质分析和海水增养殖的关系表现如下:

1. 为合理地选择养殖地点提供科学依据

在选择养殖地点时,首先要对养殖地点周围环境的水源进行一系列的化学分析,依据分析资料来确定养殖地点是否满足养殖对象的要求,如养殖区周围是否有污染源。同时,在放养前还应对水质进行分析,根据分析的具体情况决定放养的种类与数量,例如不同品种的对虾就对水体盐度的要求不一样。只有这样,才能减少不必要的投入,避免不必要的损失,取得较好的经济效益。

2. 监测水质指标,控制生产过程

在养殖期间,要经常观测重要的水质指标。例如,养殖池中的溶解氧就是水质好坏的一个最重要的指标。氧气作为生物体的一种生活要素,通过生物体的呼吸作用,来满足生物体正常新陈代谢作用的需要。养殖池中营养盐(N、P等有机物)过多,将造成水生生物大量繁殖,消耗大量氧气,使养殖对象缺氧而死亡。因此,在生产过程中,经常观测溶解氧含量,我们就可以掌握养殖对象呼吸恶化的时间以及水质变化的情况,较好地控制生产过程。

3. 合理进行水质改良

在水质改良方面,水质分析起很大的作用。改良水质包括两方面的内容:一

是创造养殖对象适合的生存条件,即消除水体中的有害物质。二是创造养殖对象的饵料基础,即水生生物的良好生存环境。水生生物是养殖对象的主要饵料,而水生生物的多样化能反映出水质的优劣。水生生物对环境很敏感,水质稍有变化养殖对象的繁殖、成长就受到影响,这就给我们提供了通过改良水质来改变水生生物生存环境的可能性。

4. 防治水质污染,采取科学的预防和治理措施

通过对水化学成分的分析 and 研究,我们能够对水质污染做出评价和判断,从而可以及时地采取预防和治理措施。目前,因水质污染而引起养殖对象大规模死亡,导致渔业产量大幅度下降的例子有很多。水化学综合因素的重要表现之一就是可以正确处理养殖水体的施肥、环境要素的控制和养殖水体污染治理等问题。

5. 正确施用药物,预防和治理病虫害

在养殖水体预处理及病虫害的防治上,化学药物是经常使用的。水质分析可以帮助我们正确施用药物,掌握药物应施用剂量及其副作用的消除方法。因此,水质分析是海水养殖过程中一种必不可少的手段。

总之,水质分析与海水增养殖密切相关。为此,在海水增养殖生产管理过程中,有必要进行海水水质分析,以便更好地控制水质和利用水域,为发展海水增养殖业服务。它具有明显的经济效益和社会效益,是海水增养殖业中一种行之有效的方法和必要手段。

三、海水养殖水化学的研究方法和内容

海水养殖水化学明显具有应用性学科的特点。它应用化学的基础原理和方法,研究水体中可影响化学物质分布和循环的各种化学过程,以系统阐述海水养殖水体中化学行为的理论基础。海水养殖水化学也受到其他学科,特别是地学、水文学、生物学、环境学和生态学等的影响和渗透,因此具有非常突出的多学科相互交叉和相互渗透的综合性特点。为洞察水体中各种化学过程的本质,基本上可用下述三大平衡模式来对其进行有效的描述:①化学热力学平衡理论——表明海水中各种化学平衡及其趋于平衡的过程和方向;②生态学理论——在自然水体中,生物和非生物环境的相互影响和相互作用;③化学动力学理论——预测各种化学参数的变动规律。从海水养殖水质的特点来看,它具有复杂的组成和多变的特征,表现为①溶存物质种类繁多,数量悬殊;②形式多种多样(离子、分子、离子对、络合等);③质和量都处于动态平衡。它体现出生态系统能量流动、物质循环、自净作用的功能和结构。因此,海水养殖水化学课程作为一本教科书,尤其是作为高等院校海洋化学、水产养殖、水生生物等专业的教学用书,能

使学生获得较全面和深入的海水养殖的基础知识。它主要包括以下四个基本理论、六个基本任务和六大基本内容。

1. 基本理论知识

(1)海水的化学——海水中各物质的含量、存在形式、化学组成及其迁移变化规律。

(2)海空界面的物质交换——海水中的溶解氧气体及其分布变化规律;海空界面进行的其他物质交换(包括盐分、微量金属、有机化合物等);养殖水体微表层物质与海气交换的关系。

(3)海水—池底界面物质交换——沉积物的主要化学性质及其形成过程。

(4)养殖水体与养殖生物相关的主要化学过程。

2. 基本任务

养殖水环境的监测、养殖水环境的评价、养殖水环境的预测、养殖水环境的规划、养殖水环境污染控制、养殖水环境管理。

3. 基本内容

(1)讲授水化学所涉及的主要离子成分的基本特征,着重讨论其在养殖水化学中的应用。

(2)介绍自然水体各主要水化学要素——溶解气体、二氧化碳体系、酸碱度、植物营养元素、有机物质以及污染有害物质的来源、存在形式、分布变化、迁移转化和相互作用的规律。

(3)着重讨论各类物质的时空分布变化、水质优劣与水生(或水产)生物之间的关系。

(4)了解养殖水体变化的一般规律,以及水体改良和调控生产技术。

(5)培养养殖水体水化学参数的调查、监测的基本操作和实验技能及水质评价的基本知识。

(6)掌握养殖水体水处理技术的基本方法和防治病虫害的基本知识。

四、养殖水体水环境的监测和分析

1. 养殖水体水环境监测的目的和意义

水环境系统的监测是开展养殖水体水环境管理工作最为重要的基础工作,它为水环境的科学研究提供实际数据和可靠资料,也是进行养殖水环境评价、预测和有效开发利用水资源及防治环境灾害的重要前提。

2. 环境监测的主要任务

养殖水环境监测的主要任务在于了解养殖用水(自然水源、养殖池水等)的监测要素的本底值和该本底值在养殖生产上的变化及其规律性,为生产服务。

(1) 进行长期定点连续监测,掌握本底资料和演变资料,为分析水环境的质量及整治水环境提供依据。

(2) 查寻主要水体污染物质的来源,分析污染源造成的水体污染的影响程度,为控制和防止水质污染提供对策和依据。

(3) 检测主要污染物质浓度的分布现状、发展速度和趋势,为控制污染物对水体污染的途径及其防治措施提出意见。

3. 水样采集

养殖水样的采集直接关系到水体污染监测资料的质量,必须有统一的规范。采样时间和次数的确定,应充分考虑水体功能和污染影响范围,必须了解气象和水文等相关要素。要求用最低的采样频数取得最有代表性的样品,在实践中一般是根据监测对象的生产周期变化、季节更换实际情况和水样采取的用途要求,每月、每周 2 次或每天 2 次,甚至 1~2 小时采集水样一次。底泥采样可根据具体情况而定。

4. 养殖水体的监测项目和分析方法

(1) 养殖水体的监测项目

由于养殖水体物质的特性和环境条件的差异,在不同的水体中,物质的种类和浓度不同,在实际检测工作中有必要根据危害程度的大小分主次进行检测。根据上述基本理论、任务、内容,海水养殖的水化学、生物等参数的监测项目可归纳如下(见表 3)。

表 3 养殖水体的监测项目

项 目	检 测 的 代 表 性 物 质
微生物	细菌总量、大肠杆菌等
可生物降解的有机物	COD、BOD、TOC 等
其他有机物	洗涤剂、DDT、油类等
营养物	氮、磷、总氮氮等
金属	铜、锌、铬、汞、镍等
其他无机物	硫酸盐、碳酸盐等
环境因子	光强、酸、碱、pH、ALK、S、DO
有害物质	硫化氢、分子氨等
藻类	Chl-a、种类、优势种
底泥	味、色、类型
水色	浊度、悬浮颗粒、透明度等

(2) 养殖水体水质监测项目的分析方法

分析各类水体中物质的种类和数量,根据检测项目的内容,主要从物理、化学及生物三个方面进行,具体分析方法见表 4。

表 4 常用水体监测项目的分析方法

分析方法	所 分 析 的 项 目
重量法	悬浮物、总固体、蒸发残余量、溶解性固体、灼烧减重、有机碳等
容量法	酸度、碱度、硬度、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、耗氧量、溶解氧、BOD、COD、 Cl^- 、硫化物、 Al^{3+}
比色法	Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 SiO_2 、氨氮、亚硝酸盐氮、 Fe^{2+} 、 Fe^{3+} 、 Al^{3+} 、 Mn^{2+} 、 Mn^{4+} 、 Cu^{2+} 、 Pb^{2+} 、 Zn^{2+} 、 Hg^{2+} 、 F^- 、 CN^- 、As、P、酚类、余氯、硫化物、烷基苯磺酸钠、木质素、腐殖酸、色度、有机磷等
比浊法	浑浊度、透明度、 SO_4^{2-}
电化法	电导率、pH 值、溶解氧等
火焰光度法	Na、K
原子吸收法	Hg、Cd、Zn、Ca、Mg 等
显微镜	细菌、藻类
其他	水温、外观、臭味等

综上所述,养殖水环境污染主要是人类活动造成的,通常以天然水质背景值作为判别依据。污染源是造成水污染的原因,污染物是水污染的表现和结果。污染途径是指造成水污染的路径,污染方式是指水污染的过程。水中主要污染物质有 10 大类,其特征概述如下:

①无机无毒物污染 主要指酸、碱、盐污染以及酸雨、硬度升高等。此类污染对人体无毒,但对环境有害。

②需氧有机物 也称耗氧有机物,其特征是分解过程中消耗水中的溶解氧(O_2),使水质恶化。表示方法和指标有 COD、 BOD_5 、TOD、TDC 等。

③毒污染 主要指有毒物质的污染。该类污染物质主要有非金属无机毒物、重金属与类金属无机毒物、易分解有机毒物、难分解有机毒物等。毒污染是养殖水环境的主要防治对象。

④富营养性污染 主要指 N、P 等营养物质对水的污染,大多数情况下是生活污水所致。该类污染是造成“赤潮”、“水华”的根源。

⑤病源微生物 主要是细菌、病毒、病虫卵等的污染,其特点是数量大、分布广、存活时间长。通常用细菌总数和大肠杆菌作为病原微生物污染的间接指标。

⑥油污染 主要是石油污染,其特点是大部分漂浮在水面,少量溶于水中或

呈吸附状态。污染对象主要是河口、码头地带。

⑦放射性污染 放射性核素造成的污染,其特点是难于处理和消除,主要靠自然衰变降低放射性强度。

⑧固体性污染 主要指悬浮物和泥沙。通常用悬浮物和浊度两个指标表示,地面径流中的主要组分是固体污染物。它主要与养殖区自然条件有关。

⑨感官性污染 包括异色、异味、浑浊、泡沫、恶臭等。这类污染物一般属物理性污染,其中恶臭是一种普遍的污染危害,它损坏水的功能,危害水环境。

⑩热污染 是一种能量污染,其危害主要是使水中生物死亡,溶解氧减少。

必须指出,海水养殖水质分析和海水增养殖的关系已逐步为人们所认识,水质测定项目随各地自然条件及生产环节的不同而有所不同。在水质分析前,必须首先明确水质分析的目的性。所谓分析的目的性意指要明确是为了解决何种问题而进行水质分析的,做到心中有数。譬如,在生产中控制水质变化,研究合理施肥和防止自身污染的关系。其次,采样要有代表性,即所取部分水样中的理化成分要能够代表研究水体的全部状况,既要考虑采样的时间,也要考虑采样分析前保存的有效性。第三,保证模拟实验的正确性,否则,得到不真实的数据,得出一些错误结论来,贻害匪浅。以下各章节将分别对上述养殖水环境主要化学参数及其变动成因和治理方法进行阐述。

第一章 养殖水体的化学组成和主要特点

1.1 海水的化学组成和性质

1.1.1 海水的化学组成

海水中含有许多化学物质,到目前为止,地球上 100 多种元素中,在海洋中已发现并经测定的有 80 多种。这些元素有的以离子、离子对、络合物或分子状态存在,有的则以悬浮颗粒、胶体以及气泡等形式存在,其中某些元素在海水中比较稳定,分布均匀,不随空间而变化。大洋中总含盐量在 35%左右,沿岸海区由于受大陆径流的影响,总含盐量会低些。早在 19 世纪 Marcet 就提出了“全世界一切海水水样都含有同样种类的成分,这些成分之间具有非常接近恒定的比例关系,所以这些水样之间只有盐含量总值不同的区别”这一论点,后来 Dittmar 也证实了 Marcet 结论的正确性。这一结论被人们称之为“Marcet 原理”或“Dittmar 定律”,也称之为“主要成分恒比关系原理”或“海水组成的恒定性原理”,其内容可简述为:“海水的总含盐量或盐度是可变的,但常量成分浓度间的比值几乎保持恒定”。但有些元素却因地而异,其浓度相差可达百倍以上。这主要是受生物活动的影响。为了讨论方便,根据各元素在海水中的含量及其受生物活动影响的情况,大致可将其分为五类:

1. 常量元素

在海水中浓度大于 1 mg/kg 的成分,如 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 及 Sr^{2+} 五种阳离子和 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 Br^- 、 HCO_3^- (CO_3^{2-}) 及 F^- 五种阴离子及主要以分子形式存在的 H_3BO_3 共 11 种成分都属于这一类,其总含量占海水总盐分的 99.9%,所以称为主要成分。由于这些元素在海水中的含量较大,而且性质比较稳定,基本上受生物活动的影响较小,各成分浓度间的比值也基本恒定,所以又称为保守元素。 HCO_3^- 和 CO_3^{2-} 的恒定性较差些,它们易与 Ca^{2+} 形成 CaCO_3 沉淀或形成过饱和溶液被生物吸收,且受大陆径流影响较大。海洋中生物光合作用吸收