

义忠男 木贞三 佐岛泽 佐小柳
[目]

环境工学

HUAN JING GONG XUE

河北人民出版社

环 境 工 学

佐佐木忠义
〔日〕小 岛 贞 男
柳 泽 三 郎
宇振东 何少先
吴景学 季照明
吴 锦 吴 锦 校

河/豫入人金

环境工学

佐佐木忠义

〔日〕小島 贞男

柳 泽 三 郎

吴 锦 宇振东 何少先 译
吴景学 季照明
吴 锦 校

责任编辑：杜同彦

河北人民出版社出版（石家庄市北马路19号）
邯郸地区印刷厂印刷 河北省新华书店发行

787×1092毫米 1/32 10 8/4印张 233,000字 印数：1—3,830 1980年9月1版

1980年9月1次印刷 统一书号：13086·82 定价：0.90元

前 言

现在，环境问题已由理论阶段走向具体的行动阶段。过去数年间，为了把科学和工程学结合起来解决相对应的环境问题，在几个大学设置有关环境的新学科，进行环境教育和开展环境研究，并根据社会需要，培养对人类社会做出贡献的人才。

鉴于这种形势，所以才编写了这本《环境工学》，以供学生们从事环境问题的学习和研究。同时，亦可充当实际工作者的参考书。

本书阐述了有关大气、陆水和海洋三个方面的环境工程学基础知识，并将为实际应用这些知识起到应有的作用。

本书的内容不涉及排放到环境中去的有害物质具体处理问题，尽量把重点放在有害物质在环境中的迁移、转化及其对生物圈和生产带来的危害及防止方面。

本书是以排放到环境中的有害物质的归宿，即以大气、陆水和海洋作为中心课题。

本书是由大气环境工学，陆水环境工学和海洋环境工学等三篇组成。各篇的内容概要分为：环境工学总论；环境监测分析；污染防治和治理技术；环境保护系统工学。各章节又依据本书发行宗旨作了详细划分，内容丰富，范围广泛，以期其完善。

本书如能对广大读者起到一定的参考作用，并能满足本

书发行目的时，则不胜欣快之至。

本书之所以能够问世是和编辑者、执笔者各位非凡的努力和合作分不开的，同时也和讲谈社科学部武藤修一先生的鼓励分不开的。在此谨表谢意。

编者代表 佐佐木忠义

1977年8月13日

目 录

I、大 气 篇

一、大气环境工学总论	(1)
(一)大气物质的发生源	(1)
(二)大气物质的物理化学	(10)
(三)大气污染物质对人体的影响	(18)
1.二氧化硫	(19)
2.悬浮粒子	(21)
3.一氧化碳	(22)
4.氮氧化物	(22)
5.光化学氧化剂	(25)
(四)对植物的影响	(27)
1.二氧化硫	(27)
2.臭氧	(29)
3.氟化物	(30)
4.氯化氢	(31)
5.氯	(31)
(五)对器具的影响	(32)
二、分析测定	(33)
(一)总论	(33)
1.大气污染物质的种类	(33)
2.测定方法的种类	(33)

3. 样气体积的校正法和测定值的换算方法·····	(34)
(二) 环境大气 ·····	(35)
1. 采样方法·····	(35)
2. 气态物质·····	(38)
3. 粒状物质·····	(51)
(三) 排气·····	(54)
1. 取样位置和采样点的选定·····	(54)
2. 气态物质·····	(55)
3. 煤尘·····	(62)
三、大气污染的防止技术 ·····	(64)
(一) 脱硫·····	(64)
1. 排烟脱硫·····	(64)
2. 重油脱硫·····	(67)
3. 副产硫化化合物的有效利用·····	(71)
(二) 集尘器·····	(72)
(三) 汽车尾气的污染防治技术 ·····	(74)
1. 污染物质的产生·····	(74)
2. 污染物质发生源·····	(77)
3. 排气的防止技术·····	(79)
4. 汽车废气的防止技术·····	(84)
5. 蒸发损失的防止技术·····	(84)
6. 其他防止技术·····	(85)
四、大气保护系统工程 ·····	(86)
(一) 大气扩散模式 ·····	(86)
1. 扩散方程式·····	(88)
2. 大气的湍流·····	(89)
3. 烟羽模式·····	(90)
4. 气团模式·····	(92)
5. 箱模式·····	(93)

6. 光化学反应	(94)
(二) 模拟	(95)
1. 固定排放源造成的地区污染	(96)
2. 汽车排气造成的污染	(98)
3. 光化烟雾的发生	(99)
(三) 环境评价	(104)
1. 工地条件	(104)
2. 总量控制	(105)
3. 防止大气污染的系统工程技术(处理对策)	(106)

II、陆 水 篇

五、陆水环境工学总论	(108)
(一) 陆水污染的现状	(108)
1. 河流的污染	(108)
2. 湖泊、水库的污染(富营养化)	(116)
3. 地下水的污染	(120)
(二) 陆地水的污染与保护的物理化学	(122)
1. 热力学第一定律和内能	(122)
2. 热力学第二定律和熵	(122)
3. 水的循环和利用的本质	(124)
4. 水的污染与处理的热力学	(124)
5. 陆地水中的有机污染物分解自净作用	(126)
6. 河流的自净作用	(129)
7. 河水的氧平衡	(130)
8. 陆水污染和水的利用、污染、 处理三者间的关系	(131)
9. 水质污染的机理及控制污染的本质	(134)
六、陆水环境测定法	(139)

(一) 取样	(139)
1. 采水的场所、时间和季节	(139)
2. 采水量和试样处理的注意事项	(140)
(二) 陆水的一般环境要素测定分析法	(140)
1. 水温	(140)
2. 透明度和透视度	(142)
3. 氢离子浓度(PH)	(142)
4. 电导度(Ec)	(143)
5. 氯离子(Cl ⁻)	(144)
6. 悬浮物(SS)及全蒸发残留物	(145)
7. 溶氧(DO)	(147)
8. 生物化学耗氧量(BOD)	(148)
9. 化学耗氧量(COD)	(149)
10. 总耗氧量(TOD)	(149)
11. 总有机碳(TOC)	(150)
12. 氮和磷化合物	(151)
13. 叶绿素	(152)
14. 一般细菌	(153)
15. 大肠菌群	(155)
16. 生物	(156)
(三) 流量及湖泊容量	(157)
(四) 底质	(158)
七、防止陆水污染的技术	(159)
(一) 现代的下水处理技术及其处理工程	(160)
(二) 处理技术的分类	(161)
(三) 物理化学处理	(164)
1. 过筛	(164)
2. 沉砂	(165)

3. 沉淀	(165)
4. 浮上	(167)
5. 过滤	(169)
6. 凝聚	(170)
(四) 活性污泥法	(171)
1. 活性污泥法的梗概	(171)
2. 活性污泥法的原理	(172)
3. 曝气	(175)
4. 处理工程和操作条件	(175)
(五) 设计操作参数	(179)
1. BOD——悬浮物负荷量	(179)
2. 污泥指数	(180)
3. 曝气时间	(183)
(六) 活性污泥的增殖、BOD去除 及氧移动的动力学	(186)
(七) 从前的活性污泥法存在的问 题及其对策	(190)
(八) 用高浓度活性污泥法除氮、 磷和难分解性物质	(191)
(九) 高浓度活性污泥法曝气	(194)
八、陆水保护系统工程	(195)
(一) 来自流域的污水	(195)
(二) 河流污浊解析	(197)
1. BOD及其减少	(197)
2. 河水中的BOD减少	(198)
3. 来自大气的氧	(200)
4. 计算公式	(201)
(三) 湖沼的污浊解析	(202)

1. 湖沼水的出入量	(202)
2. 污浊参数	(204)
3. 湖沼模型的内部关系	(205)
4. 模型的适用情况	(208)
(四) 城市下水的深度处理和再利用	(208)
1. 深度处理和三级处理	(208)
2. 再利用及其实例	(211)

III、海 洋 篇

九、海洋环境工学总论	(217)
(一) 海洋污染的现状	(217)
1. 海洋的污染	(218)
2. 污染物质与污染途径	(219)
3. 日本沿海岸域的污染状况	(223)
4. 全球规模的污染	(228)
5. 水质标准	(230)
(二) 海洋污染的物理化学性质	(236)
1. 污染物质在海洋中的运动	(236)
2. 海水的混浊	(239)
3. 海洋油污染	(241)
4. 向海洋的热排放	(242)
5. 海洋的富营养化	(249)
6. 污染物质的浓缩	(252)
十、海洋环境测定法——无机环境与生物环境	(257)
(一) 海洋测定的设想	(257)
(二) 一般海洋观测测定	(259)
1. 观测的动机	(259)

2. 观测的方法.....	(259)
3. 测量仪器.....	(262)
(三) 生物环境的测定	(267)
1. 生物环境.....	(267)
2. 生物环境测定的方法和器材.....	(270)
(四) 测定结果的处理法	(272)
十一、海洋环境保护技术	(274)
(一) 温排水	(274)
1. 温排水问题的现状.....	(274)
2. 温排水在海域的扩散预测.....	(277)
3. 冷却水的取水排水流动解析及在生物影 响评价方面的运用.....	(284)
4. 减少温排水影响的对策.....	(287)
(二) 海洋中油类的滴漏扩散及其防除	(290)
1. 油类向海洋的排放.....	(291)
2. 油的扩散形态及其实验.....	(293)
3. 关于油扩散的理论探讨.....	(298)
4. 流出油的防除.....	(304)
十二、海洋环境保护系统工学	(309)
(一) 环境评价	(310)
1. 环境评价方法的分类.....	(310)
2. 海域环境的模式实验与模拟.....	(314)
(二) 环境监测系统.....	(325)
(三) 数据库系统.....	(328)

I、大 气 篇

一、大气环境工学总论

(一) 大气物质的发生源

自然源和人工源把各种物质释放到大气中。最好是能够完全了解大气中的物质，但是仅以烟草的烟为例，到目前为止能够测出的成份就有1500种，可以预想到，今后随着分析技术的进步，能够测出的成份还会有所增加。况且要把由多种多样发生源发生的物质全部测知更是不可能的。因此，应该着重考虑的物质是那些放出量多、影响人体、植物、动物、器具、气候的物质。另外，大气物质可大致分为气态物质和粒状物质（气溶胶）。也可分为由发生源直接排出的一次污染物和在大气中生成的二次污染物两类。

不含水蒸汽的空气，叫做干燥空气，干燥空气的成份是：氮（ N_2 ）78.09%，氧（ O_2 ）20.95%，氩（Ar）0.93%，这三者大致占100%。水蒸汽浓度依地点和季节变化很大，在热带有时竟达4%，而在南北极则不到0.1%。除以上主要成份外，自然大气含有的其他微量气体浓度列于表1.1。

表1.1中，由氦到氙是惰性气体，对人体的直接影响可不考虑。但是，随着原子能发电站的数目增加，由其排放出的放射性氪85（半衰期10.4年）就对环境造成影响。在太

表 1.1

自然大气中的微量气体浓度

气 体	浓 度 (ppm)
氦 (He)	5.2
氖 (Ne)	18
氪 (Kr)	1.1
氙 (Xe)	0.086
臭氧 (O ₃)	<0.05
氢 (H ₂)	0.4~1.0
二氧化碳 (CO ₂)	200~400
一氧化碳 (CO)	0.01~0.2
甲烷 (CH ₄)	1.2~1.5
甲醛 (CH ₂ O)	<0.01
一氧化二氮 (N ₂ O)	0.25~0.6
二氧化氮 (NO ₂)	<0.003
氨 (NH ₃)	<0.02
硫化氢 (H ₂ S)	0.002~0.02
二氧化硫 (SO ₂)	<0.02
碘 (I ₂)	$(0.4\sim4) \times 10^{-5}$
氫 (Rn)	6×10^{-14}

阳光中, 波长在 225nm 附近的紫外线照射下, 氧分子离解 ($O_2 + h\nu \rightarrow 2O$) 生成的氧原子和氧分子结合生成臭氧 $O + O_2 + M \rightarrow O_3 + M$, (M ——其他的氧分子和氮分子, 能把过剩的能量除去)。这些臭氧在距地高度 30Km 的臭氧层生成, 然后降落到地面上。现在, 尽管臭氧被许多人认为是有效的气体, 但是如后所述, 它对人体是有害的气体。然而, 臭氧起着吸收太阳光中对生物细胞 DNA 等起破坏作用的紫外线 (波长 300nm 以下) 的作用。最近, 也有学者警告说, 由于超音速客机 (SST) 排气中的 NO 和氟里昂气的光离

解，生成的卤素系气体和臭氧反应，使得上空的臭氧浓度降低，结果造成到达地面的紫外线量增大，引起皮肤癌增加。

二氧化碳在大气中大量存在，动物也放出它，然而在大气中还达不到影响人体的浓度。相反，对于植物，它是其生育的支配因素。因而，过去把二氧化碳用来表示化石燃料的燃烧是否完全的标志，现在几乎不被测定。但是从1900年起，大气中的二氧化碳平均持续增加（现在大约以0.7ppm/年的比率增加），对气候造成不良影响。大气中的二氧化碳和水蒸汽虽然能让太阳的可见光很好地通过，但是，它又能吸收从地表放出的红外线，因此，起着阻止以红外线形式逸散到大气中的热（因为和温室的玻璃的作用相同，所以被称作温室效应），从而，可以设想，如果二氧化碳增加，地表附近的气温也将相应地上升。

表1.1 中从甲烷到硫化氢，是由于土壤中的有机物腐烂分解产生的，一般认为它在地球上的总发生量是人类活动所产生的量的几十倍。

自然大气中的二氧化硫，是直接从火山放出以及大气中的硫化氢和甲基硫的氧化产物。碘是由海面放出的气体，氡是由镭衰变时产生的放射性气体。

大气中除以上的气体成份外，还有因自然的作用生成各种粒子，例如，有海水的飞沫上升到空中的海盐粒子，花粉、土壤粒子、孢子等。某种花粉会引起气喘症，砂尘严重的时候也是引起呼吸器官疾病的原因。并且可以认为，大气中土壤粒子的增加是由于人们进行农牧业生产而破坏了森林，从半沙漠化的土地上引起土壤粒子飞扬所致。由库拉长塔火山爆发等例子还可以发现，由于火山的爆发，飘升到成层圈的灰尘遮蔽了日光照射，导致气候变冷。这里把由人工

源发生的重要污染物用几个表来表示。表 1.2 是现在制定的环境基准或者想要制定的物质的发生源。表 1.3 是主要的恶臭物质和它的发生源。在日本的恶臭防止法里，选择了几个有代表性的物质，用这些物质的发生源的临界值浓度来进行控制。这一方法是其他国家尚未使用的独特方法，可是用少数物质来取缔恶臭，是值得怀疑的。

嗅觉比光和音的感觉要复杂得多。首先臭的感觉随着它的性质和强度，因人而异有很大的差异。就感觉的强度而言，即使是正常的人其差异也相差20倍。还有一种人患无臭症，他们完全不具有臭的感觉。即使同一个人，在一生中感觉也是变化的，感觉最强的时候是青春期。而且这种感觉在短时间内也变化着，例如，由于吸烟、感冒、疲劳而下降，也受噪音等心理因素的支配。在恶臭发生工厂周围的居民和职工间，对同一恶臭的嫌恶感不同，也可用心理因素加以说明。另外，对恶臭的嫌恶感各民族间的背景，也有很大差异。例如，欧美人对鱼腥的嫌恶感要比对兽臭强烈得多，这一点日本人刚好相反。而且对臭气也有习惯和不习惯现象，即使最初感到臭，可是时间长了反而感觉不到臭味。

如上所述，嗅觉是不稳定的，虽然根据防止法硬性选择物质，企图控制其浓度，但是有味物质大多数是多组份的，这种情况下的臭气度象有的实验结果一样，不能用所含成份气体的臭气度的和来表示，因此，最好是选择一些人和仪器配合起来进行臭气度的测定。

表1.4 所示为各种重金属的发生源。这里所示重金属，系指在高浓度的时候，对人体会造成肿瘤、癌、中毒等影响的物质。

表 1.2 已经制定了环境标准的污染物质发生源

物 质	主 要 成 份	天然源	主要人工源	由大气中 反应生成
硫 的 氧化物	二氧化硫 (SO_2) 硫酸 (H_2SO_4)	火山	煤, 石油燃烧, 矿 石提炼厂, 肥料 工厂, 硫酸制造 厂, 石油精制厂	$\text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{SO}_2$ $\text{SO}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$
氮 的 氧化物	氧化氮 (NO) 二氧化氮 (NO_2)	有机物被 细菌分解 的产物	燃烧, 硫酸, 硝 酸的制造厂, 炸 药制造厂, 氮肥 制造工业	$\text{NO} \rightleftharpoons \text{NO}_2$
一氧化碳 (CO)		植物的代 谢	不完全燃烧, (汽 车、垃圾焚烧场 等) 炼铁, 气体工 业, 金属冶炼	
过氧化物 总氧化剂	臭氧 (O_3) PAN	臭氧层		NO_x 和 烃 的 光 化学反应 $\rightarrow \text{O}_3, \text{PAN}$
粒 状 物 质	硫酸盐 (SO_4^{2-}) 硝酸盐 (NO_3^-) 铵 盐 (NH_4^+) 金属, 有机物	海 水 飞 沫, 土壤, 花粉	燃烧中灰分, 由 于不完全燃烧产 生的灰和芳香族 烃, 水泥, 金属 冶炼, 粉状物使 用, 沥青, 碳化 钙生产, 采石	$\text{SO}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$ 及各种酸性气体 和氨的反应。由 于光化学反应而 产生的有机物粒 子
碳 氢 化合物	脂肪烃 芳香烃 (苯)	天然气, 有机物的 厌氧性分 解	不完全燃烧 (汽 车等), 石油炼 制和使用, 溶 使用 (干洗、涂 料), 石油化学 其他, 各种工 (氨, 炭黑, 合 成橡胶)	