

922493

生物净化环境技术

(日) 有馬 啓、田村学造 著



化学工业出版社

922493

X17
24013

生物净化环境技术

〔日〕有马 启 著
田村学造

郭丽华 任玉岭 译

杨惠芳 校

化学工业出版社

内 容 提 要

本书由日本东京大学教授, 现任联合国教科文组织负责人有马 启主编, 由几十位日本一流环境科学领域的专家执笔著述, 也是集日本300多位科学家在环保研究工作方面多年积累之精华, 有些内容还是在日本微生物学家联合会的协助之下才得以完成的。

本书内容包括活性污泥法处理废水, 有害物质分解, 牲畜粪便处理和利用, 植物废弃物及含金属废水的处理等各个领域。作为实现上述项目的手段, 本书还就微生物菌种及其作用机制、设备、应用方法, 效果等作了详尽的论述。这些内容均适合我国国情, 很有参考价值。

本书适合于环境工程领域内的科研、设计人员, 和工矿企业、农村养猪养鸡等专业户阅读, 特别可作为大专院校有关专业师生的教学参考书。

有马 启、田村学造

生物による環境浄化

東京大學出版会 1980年

生物净化环境技术

郭丽华 任玉岭 译

杨惠芳 校

责任编辑: 张婉如

封面设计: 许 立

化学工业出版社出版发行

(北京和平里七区十六号楼)

化学工业出版社印刷厂印刷

豆各庄装订厂装订

新华书店北京发行所经销

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ 印张 $11\frac{3}{4}$ 字数268千字

1990年10月第1版 1990年10月北京第1次印刷

印 数 1—2,000

ISBN 7-5025-0703-5/TQ·412

定 价 6.70元

译 者 的 话

东京大学有马 启教授主编的《生物净化环境技术》一书，是日本300多位从事环保研究工作的微生物学家联合协作取得的科研成果的一部分。

正如本书前言中所说，地球上每年生成的有机物达500亿吨以上，如果没有微生物的分解转化，没有有机物无机化的生物过程，地球上的生物尸骸将会堆积如山，覆盖地面。正是因为微生物的强大作用，才保证了有机物质的分解与环境的净化。因此，从某种意义上讲，微生物就是自然界的清洁工。

人们利用微生物的这一特性，改造微生物的机能，强化微生物的降解作用，使微生物在有机物的无机化方面，在现代环境的保护方面发挥着重要作用。

本书较全面的介绍了利用微生物净化环境的有关机理和科学研究成果。包括以活性污泥法处理废水的有关问题、微生物降解有害物质与难分解物质、防止水源的富营养化、处理畜产物与植物性废物，及微生物处理含金属废水的技术等章节。

该书资料较新，内容丰富，具有实际应用价值，是一部较好的环保研究方面的参考书。可供有关专业研究人员及大专学校师生参考。

在本书翻译过程中，得到了日本东京大学名誉教授有马启的大力支持，中国科学院微生物研究所杨惠芳教授、天津轻工业学院张克旭副教授对译稿进行了审校，张素珍、段勇捷、吴立文、吴明同志参与了部分工作，在此一并表示谢意。

24-13/3

由于译者水平有限，错译之处在所难免，欢迎读者和专家批评指正。

译者

序 言

近年来，可以认为科学技术发达的先进国家已处在近代史上的一个转折点上了。这指的是城市与各种工业所排放的污染物使人类面临着严峻的环境问题。

城市消费生活的扩大和农村城市化所产生的大量生活废弃物，及各种工厂排出的种类繁多的大量废弃物，导致了环境污染。

另一方面，地球上由陆地和海洋生物制造的有机物每年达500亿吨之多，它们通过肉眼看不见的微生物的分解作用转化为无机物，作为元素进行循环，环境因而得以净化。如果没有这些微生物的分解作用，地球也许已被有史以来的生物尸骸所覆盖。由此可以想象，微生物的分解力量是多么巨大！

当今，为了去除上述各种废弃物，主要是采用活性污泥法、酒式滤床法、甲烷发酵法等。采用这些方法的设施和装置要设计得能有效发挥微生物的分解能力，以借助于微生物的分解作用达到净化目的。

然而，原有这些方法只不过利用了在其装置内通过自然选择增殖的微生物的分解能力，因而不能指望这些微生物对有毒而又难分解的物质会产生效果。

况且，前述的现行方法也还有很多缺点，例如，还不能去除磷酸化合物和含氮化合物，而且有大量剩余污泥生成而造成二次污染。

当然，过去在卫生工程学方面对环境污染的某些重要问题

作了很多努力，但对其中有重大作用的许多生物学上的问题还不清楚。例如，活性污泥法就存在着导致微生物絮凝沉降发生困难的污泥膨胀现象，但人们对引起这种现象的微生物生理状态及其控制条件尚不了解。因而从净化环境这一目的考虑，尤其需要了解与此相关的生物学知识。

但是，尽管如此，日本大部分微生物学和生物学工作者（国外也一样），对参与这种环境污染的生物学研究工作似乎还犹豫不决。其原因之一至少是习惯于作微生物纯种培养和解析的研究者，对培养和解析复杂的微生物混合系统会感到十分棘手，而又不得不作污染物的处理。

从日本的应用微生物学现状来说，近年来，微生物学和以微生物学为基础的发酵工业，可说在世界上已达到数一数二的位置。但迄今人类对微生物的应用，还主要集中于利用微生物所具备的多种多样不可捉摸的物质的合成能力，来生产医药、酶和溶剂等，以造福于人类。

现在迫切需要的是，日本的微生物学和生物学工作者应把掌握的知识、经验和能力倾注于开发微生物及周围生物所具有的另一方面的能力，即其分解物质、净化环境的能力。

有幸得到文部省大学研究方面的各位领导的深刻理解，从1974~1976年，在特定研究“微生物净化环境的研究”中和1977~1978年在特定研究“环境科学”中的“改善环境的生物技术研究班”获得良机先后进行了5年时间的研究。

本书涉及的成果，是日本一些大学和国立研究所在微生物学和生物学基础理论及应用领域居指导地位的大约80个教研室和研究室300多人的协作下研究取得。本书的出版令人非常高兴，深切希望这些成果能在未来的环境净化实际中发挥作用。

1974~1976年这三年的专题研究成果，已经以英文印刷出

版，即《Microbiology for Environment Cleaning》，可以与本书一并阅读。

回顾五年来本研究组的协作研究过程，所有指导人的共同感想是，国内这个领域的几乎所有的研究者，对一个重要问题这样密切协作进行研究，迄今为止还不曾有过。研究工作取得了重大的成果，而且其间还产生了前所未有的人员交流和协作精神，这对今后的研究进展确实是非常宝贵的经验。

最后，谨向文部省学术审议会环境科学特别委员会的诸位致以谢意，并对本书编辑出版中给予协助和支持的财团法人东京大学出版会的泉 亘、小野秀夫表示感谢。

东京大学名誉教授

有马 启

1980年12月

目 录

I. 活性污泥法处理废水的有关问题

一、絮凝物的形成与破坏 (远藤隆一、高桥 甫)	1
1. 用链霉菌蛋白酶破坏絮凝物, 分离絮凝物形成菌	2
2. 絮凝物的性质	4
3. 絮凝物的再形成	6
4. 突变菌株的研究	16
5. 结束语	17
二、活性污泥中絮凝物形成的机制 (相田 浩 多胡义孝)	19
1. 絮凝物形成菌的鉴定和具有分解酚能力的典型絮凝物的生成	22
2. 假单胞菌 (<i>Pseudomonas</i> sp.) No. 12 生成的解絮凝酶	27
3. 关于假单胞菌 (<i>Pseudomonas</i> sp.) No. 12 形成絮凝物的多糖	33
三、低温下的活性污泥法 (高尾彰一)	39
1. 前言	39
2. 淀粉废水的处理	40
3. 含蛋白质类废水的处理	50
四、污泥膨胀 (田口久治、吉田敏臣)	60
1. 前言	60
2. 混合培养中膨胀现象的诱发	61
3. 混合培养中的数学模型和模拟化	64
4. 混合培养的稳定性解析	68
5. 在回流系统中菌体稳定性的比较	72
6. 结束语	79

Ⅱ. 有害物质和难分解化合物的降解

五、微生物降解有关联苯类的化合物 (袁田泰治 大森俊雄)	81
1. 前言	81
2. 本课题的历史背景	82
3. 微生物降解某些联苯类化合物	86
六、医院废弃物的降解 (藤原元典 狭山信矩 系川嘉则)	96
1. 室内实验	96
2. 实验工厂中的现场实验	108
七、微生物分解尼龙低聚物和质粒 (冈田弘辅)	113
1. 微生物分解6-氨基己酸环状二聚物	114
2. 参与分解6-氨基己酸环状二聚物的酶	115
3. 质粒控制EⅠ酶和EⅡ酶	120
4. 结束语	126
八、微生物分解邻苯二甲酸酯 (高原义昌 仓根隆一郎 铃木智雄)	128
1. 前言	128
2. 食酸假单胞菌 (<i>Pseudomonas acidovorans</i>)256-1 分解邻苯二甲酸酯	130
3. 利用红平诺卡氏菌 (<i>Nocardia erythropolis</i>)S-1分 解邻苯二甲酸酯的途径	134
4. 利用土壤装填柱处理邻苯二甲酸酯	138
5. 利用活性污泥法处理邻苯二甲酸酯	140
6. 利用荧光抗体法识别接种在土壤装填柱内的红 平诺卡氏菌S-1	144
九、人工合成高分子化合物的分解 (山田秀明 谷 吉树)	147
1. 聚乙二醇的分解	148
2. 聚丙二醇的分解	151

3. 微生物降解其他高分子化合物	160
十、诱变剂及其消除 (贺田恒夫)	166
1. 去诱变剂和抗突变剂	167
2. 去诱变剂的作用模式	168
3. 抗诱变剂	174

Ⅱ. 富营养化的防止

十一、生物学的脱氮法(市川邦介 肺 哲郎)	178
1. 前言	178
2. 硝化过程	180
3. 脱氮过程	182
4. 在一种污泥脱氮体系中的微生物相	186
5. 结束语	193
十二、间歇曝气式除氮法(吉田阳一 三桥 薰 门田 元)	196
1. 前言	196
2. 采用贮存池的间歇曝气式除氮法	199
3. 缩短滞时间和处理高浓度的废水	205
4. 结束语	207
十三、反硝化菌亚硝酸还原酶活性的调节机制(别府辉彦)	210
1. 反硝化菌的分离	211
2. 粪产碱菌 (<i>A. faecalis</i>) S-6 亚硝酸还原酶的诱导 条件	212
3. 在粪产碱菌 S-6 无细胞抽提液中亚硝酸还原酶 的失活现象	213
4. 粪产碱菌 S-6 亚硝酸还原酶的提纯及其性质	214
5. 亚硝酸还原酶失活因子的提纯及其性质	216
6. 亚硝酸还原酶的失活机制	219
7. 结束语	223
十四、磷酸积累菌 (鹤高重三 正田 诚)	224

1. 磷与环境净化	224
2. 高浓度磷酸积蓄菌的分离与选择	226
3. 用球形节杆菌 (<i>Arthrobacter globiformis</i>) 去除磷酸	228
4. 球形节杆菌 (<i>Arthrobacter globiformis</i>) 的特性	239
5. 今后的研究	239
十五、海上污泥贮存池的设想 (中山大树)	241
1. 海洋生产与海洋污染	242
2. 海上贮存池的设想	246
3. 海上贮存池的模拟实验	249
4. 有关卫生方面的探讨	254
5. 结论	255

IV. 畜产废弃物和植物性废弃物的处理

十六、发酵干燥鸡粪 (上田诚之助 藤尾雄策)	257
1. 处理大量鸡粪	257
2. 鸡粪	258
3. 通过实验测定鸡粪发酵热	260
4. 在实验工厂内进行的试验	262
5. 实用装置	265
6. 结束语	268
十七、微生物处理家畜粪便及其利用 (林田晋策 田中米夏)	269
1. 处理家畜粪便的必要性和处理方法所具备的特点	269
2. 嗜粪微生物的分离、筛选、鉴定及定性测定	270
3. 制定处理条件	273
4. 实用处理装置的考察	274
5. 实用处理的结果	275
6. 今后的问题	278
十八、猪粪的快速脱臭法 (太田钦幸)	280
1. 前言	280

2. 快速脱臭法	280
3. 研究脱臭的条件	283
4. 脱臭过程中的时间演变	285
5. 分析恶臭成分	287
6. 恶臭成分的变化	288
7. 结束语	290

十九、木质素的分解 (桑原正章、樋口隆昌)

1. 前言	293
2. 微生物分解木质素	294
3. 微生物处理纸浆造纸工业废水	305
4. 结束语	307

二十、植物性废弃物和甲烷发酵 (山本武彦 大井 进)

1. 前言	310
2. 植物性废弃物和甲烷发酵	312
3. 结束语	322

V. 含金属废水的处理

二十一、含铁的矿山废水的处理 (今井和民)

1. 含铁酸性矿山废水的形成机理	324
2. 以往含铁酸性矿山废水的处理方法	325
3. 利用铁氧化菌的废水处理方法	327
4. 用铁氧化菌处理矿山废水法的一般适用性	334

二十二、旧松尾矿山含硫酸废水的处理 (盐田日出夫)

1. 前言	339
2. 用分批培养法进行硫酸还原	340
3. 在连续培养中进行硫酸还原	347
4. 结束语	348

二十三、用抗汞细菌分解有机汞 (外村健三)

1. 前言	350
-------------	-----

2. 用抗汞菌假单胞菌 (<i>Pseudomonas</i>)K62分解有机汞	350
3. 汞还原酶	352
4. 有机汞的分解机制	353
5. 有机汞分解酶	353
6. 两种有机汞分解酶S-1和S-2的比较	356
7. 编码有机汞分解酶的质粒依赖性	358
8. 抗汞性质粒和环境中汞的净化	359
后记	361

I. 活性污泥法处理废水的有关问题

一、絮凝物的形成与破坏

远藤隆一 高桥 甫

活性污泥法基本是借助于微生物的作用氧化分解待处理废水中所含有机化合物的方法。其机制是使微生物形成肉眼看得见的小凝块（称为活性污泥），倘若停止通气搅拌，则污泥容易沉降致使微生物与处理水分离开来，而处理水即被排放出去。因此，维持污泥良好的沉降性是这个方法的最重要的操作要点。如果有机物负荷超过处理能力，就会使污泥的沉降性变劣，使污泥产生膨胀现象，导致处理难以进行，这是活性污泥法所忌讳的。

那么，如何生成沉降性良好的污泥呢？一般认为，这就要使污泥中含有细菌形成集合体（称为絮凝物），这种集合体由参与形成絮凝物的微生物和不参与形成絮凝物的细菌所组成。

实际上，正在使用纯培养方法从活性污泥中分离各种可以形成絮凝物的细菌，并对此进行了一些研究工作。这种细菌形成絮凝物的机制，有的说是通过细菌在胞外形成荚膜（以多糖为主的粘性物质）实现的，也有的说是通过象 Mg^{2+} 这样的二价金属产生的离子键导致的等等。可以设想，絮凝物的形成实际上不只涉及一种机制，而是包括各种各样的絮凝物形成机制。由于它们最终关系到活性污泥的稳定维持和管理问题，所以，积累有关絮凝物形成与破坏的情报资料无论从理论上还是

从实际上考虑，都是重要的。

作者为了查明由活性污泥中分离出的由细菌形成的絮凝物质，用纤维素酶等水解酶对絮凝物进行反应，探索出絮凝物受破坏的情况^[1]。确认在属于不同属的6株形成絮凝物的细菌中，有5株可通过纤维素酶的作用导致絮凝物的破坏；并推断出，通过多糖荚膜形成絮凝物是一种相当普通的现象。已确认不能用纤维素酶破坏的黄杆菌(*Flavobacterium*)的絮凝物，可以用链霉蛋白酶E（放线菌产生的蛋白水解酶）处理而破坏。蛋白质可能与絮凝物的形成有关，这一点还从来没有过报道，故有必要提出这个问题来进行讨论。最初借助于链霉蛋白酶来破坏絮凝物而分离出的细菌易被杀死，这给废水处理带来了不便。因而又进行了稳定性菌株的分离。

1. 用链霉蛋白酶破坏絮凝物，分离絮凝物形成菌^[2]

从处理仙台市生活污水所使用的活性污泥中分离絮凝物形成菌。用pH8.0的0.01mol/L Tris-醋酸缓冲液（下称缓冲液），将污泥仔细洗净，除去附着于上面的游离菌，再使污泥悬浮于缓冲液中，在37℃用链霉蛋白酶E(20μg/mL，以下无特别注明者均用此浓度)处理1h。将反应液在0℃静置3h，取上清液进行离心分离以收集沉淀（用链霉蛋白酶处理污泥后，游离的细菌应转入沉淀）。把沉淀移入蛋白胨培养基中培养后，用东洋GB60玻璃滤器过滤，收集滤层上面的絮凝物（不形成絮凝物的细菌则应通过玻璃滤器转入滤液）。把玻璃滤器上的絮凝物悬浮于缓冲液中，用链霉蛋白酶处理后再用玻璃滤器过滤。将滤液离心分离，取得沉淀，再将此沉淀移到蛋白胨培养基内，培

养后再用玻璃滤器过滤。经上述步骤，最后用一般的平板法从滤得的絮凝物中得到了6株纯种菌。所得6株菌都可形成絮凝物，而且其絮凝物都可以因链霉菌蛋白酶处理而破坏。分离菌株(A~F)的菌学性质示于表1-1。该表所示的絮凝物形成率是以

表 1-1 分离菌株的菌学性质

性 质	A	B	C	D	E	F
运动性	—	—	—	—	—	—
色素形成	+	+	+	+	+	+
孢子形成	—	—	—	—	—	—
革兰氏染色	—	—	—	—	—	—
杆状(长~宽, μm)**	1.1~0.4	1.1~0.5	1.1~0.5	1.2~0.4	1.2~0.4	1.4~0.4
石蕊牛奶	未胨化***	未胨化	未胨化	未胨化	未胨化	未胨化
由葡萄糖产气	—	—	—	—	—	—
由乳糖产气	—	—	—	—	—	—
由半乳糖产气	—	—	—	—	—	—
由葡萄糖产酸	+	+	+	+	+	+
由乳糖产酸	+	+	+	+	+	+
由蔗糖产酸	+	+	+	+	+	+
由麦芽糖产酸	+	+	+	+	+	+
NO_3^- 还原为 NO_2^-	—	—	—	—	—	—
明胶生成	—	—	—	—	—	—
明胶液化	—	—	—	—	—	—
酪蛋白分解	—	—	—	—	—	—
过氧化氢酶	+	+	+	+	+	+
在马铃薯上生长	—	—	—	—	—	—
在37℃生长	+	+	+	+	+	+
絮凝物形成率****, %	88	87	56	34	18	35

* 30℃培养时有桔黄色水不溶性色素生成，色调因培养温度而变化。

** 用电子显微镜测定的结果。

*** 变成碱性，但不引起胨化。

(**** 培养15h测定的结果。