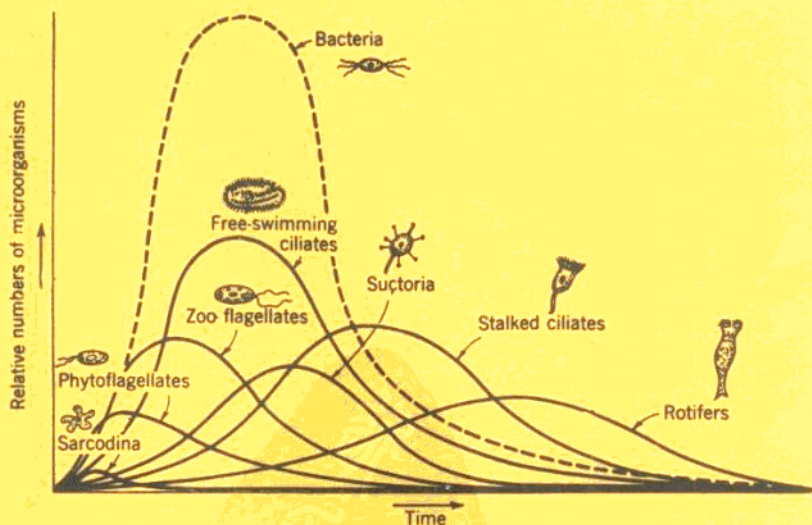


# 衛生微生物學

林 秋 裕 編著



總經銷：大學圖書供應社

# 衛生微生物學

林 秋 裕 編著

總經銷：大學圖書供應社

---

作者簡介：

林 秋 裕

民國 41 年生

台灣省雲林縣人

國立成功大學土木工程學系畢業（63 年）

高等考試衛生工程科及格（63 年）

國立成功大學衛生工程碩士（65 年）

逢甲工商學院水利工程學系講師

---

**衛生微生物學** 作 者：林 秋 裕

發行人：林 平 南

出版者：國彰出版社

地 址：台中市文華路 73 號

登記證：局版台業字 0226 號

總經銷：大學圖書供應社

地 址：台中市文華路 73 號

郵政劃撥：中字 23123 號

電 話：24 0273

印刷廠：久和美術印刷廠

住 址：台中西屯路一段 192 巷 73 號

電 話：(042)327069

初 版：中華民國 67 年 3 月

增訂版：中華民國 68 年 9 月

---

**版權所有 翻印必究**

定價：150 元

# 序

本省素有美麗寶島之稱，但近年來由於人口增加，工業發展迅速，致使用水量與廢水量逐年增加。在用水方面，因生活水準的提高，對供應美味可口且合乎衛生健康標準的用水的要求益增顯明。另一方面，都市人口集中，家庭污水與垃圾任意棄置，加上各種工廠排出大量的廢水，使水污染問題有加速惡化的趨向而嚴重地影響到人民健康和國民生計。因此提供良好的生活環境是刻不容緩的事，解決水污染問題即是第一課題。

由家庭污水和工業廢水所造成的水污染，其基本防治之道為將污水廢水先加以處理再予以放流。一般家庭污水及食品加工廠、乳品廠、紙廠、畜禽場、屠宰場、飲料廠與某些有機化學工廠等污染度較高的廢水均屬有機性，其有機物易於被微生物分解利用，故極適於以生物處理法來加以處理。吾人必須具備微生物各方面的知識，瞭解微生物的生長、死亡及代謝機構，才能勝任生物處理系統的設計並適當的操作處理廠。

由於坊間甚少有兩衛生工程方面的中文微生物書籍，因此筆者乃在課餘編譯此書以供大眾讀者研習之用。本書係以 Ross E. McKinney 所著供美國麻省理工學院訓練衛生工程師之用的 “Microbiology for Sanitary Engineers” 為主要藍本，同時參考其他微生物學中外書籍編著而成。

本書共分兩篇，第一篇基本微生物學，介紹微生物學方面的基本概念。第二篇應用微生物學，介紹給水、污水、廢水之各種生物處理法的生物原理及生物現象。

本書部份數據係摘自國內諸專家學者之資料，謹此致謝。又編印期間，蒙應屆畢業生劉光漢君的協助校稿，特此一併致謝。

本書編校雖力求完善，然倉促付梓，難免疏忽遺漏，尙祈先輩學者不吝指正爲幸。

林 秋 裕

中華民國六十六年十月  
于台中

|     |                 |    |
|-----|-----------------|----|
| 第一篇 | 基本微生物學.....     | 1  |
| 第一章 | 衛生微生物學.....     | 1  |
| 1—1 | 微生物.....        | 1  |
| 1—2 | 微生物之命名.....     | 3  |
| 1—3 | 微生物分類大綱.....    | 5  |
| 1—4 | 何謂衛生微生物學.....   | 6  |
| 1—5 | 衛生工程上的生物檢驗..... | 7  |
| 1—6 | 重要的微生物.....     | 8  |
| 第二章 | 微生物的觀察.....     | 11 |
| 2—1 | 光學顯微鏡.....      | 11 |
| 2—2 | 顯微鏡的調整焦距.....   | 13 |
| 2—3 | 分解能的限制.....     | 13 |
| 2—4 | 電子顯微鏡.....      | 14 |
| 2—5 | 位相顯微鏡.....      | 15 |
| 2—6 | 暗視野.....        | 16 |
| 2—7 | 活態微生物的觀察.....   | 17 |
| 2—8 | 染色.....         | 18 |
| 第三章 | 細菌.....         | 24 |
| 3—1 | 細菌的分佈.....      | 24 |
| 3—2 | 細菌之形態.....      | 25 |
| 3—3 | 細菌細胞之構造.....    | 27 |
| 3—4 | 細胞之化學成分.....    | 31 |
| 3—5 | 細菌之新陳代謝.....    | 31 |
| 3—6 | 細菌之分類.....      | 33 |

|     |             |    |
|-----|-------------|----|
| 第四章 | 菌類          | 34 |
| 4—1 | 菌類之完義       | 34 |
| 4—2 | 菌類之分類       | 34 |
| 4—3 | 菌類的鑒別       | 35 |
| 4—4 | 菌類專門名辭      | 35 |
| 4—5 | 菌類觀察        | 37 |
| 4—6 | 菌類的培養       | 38 |
| 4—7 | 喜氣性菌類       | 38 |
| 4—8 | 再生繁殖        | 39 |
| 4—9 | 化學組成        | 39 |
| 第五章 | 藻類          | 40 |
| 5—1 | 藻類之定義       | 40 |
| 5—2 | 藻類的鑒別       | 40 |
| 5—3 | 藻類的分類       | 40 |
| 5—4 | 藻類的觀察       | 42 |
| 5—5 | 純種培養        | 42 |
| 5—6 | 培養基         | 42 |
| 5—7 | 藻類的新陳代謝     | 43 |
| 5—8 | 色素          | 44 |
| 5—9 | 藻類的意義       | 44 |
| 第六章 | 原生動物與較高等微植物 | 45 |
| 6—1 | 原生動物        | 45 |
| 6—2 | 輪虫          | 48 |
| 6—3 | 甲殼類         | 49 |
| 6—4 | 虫與幼虫        | 49 |
| 第七章 | 病毒          | 50 |

|        |                            |    |
|--------|----------------------------|----|
| 7 — 1  | 病毒的物理及化學性質.....            | 50 |
| 7 — 2  | 病毒的生殖.....                 | 52 |
| 7 — 3  | 病毒傳染.....                  | 52 |
| 第八章    | 酵 素.....                   | 54 |
| 8 — 1  | 酵素的性質.....                 | 54 |
| 8 — 2  | 酵素之作用.....                 | 57 |
| 8 — 3  | 影響酵素作用的因素.....             | 57 |
| 8 — 4  | 酵素的命名和分類.....              | 59 |
| 8 — 5  | 酵素的來源.....                 | 61 |
| 8 — 6  | 酵素的形成.....                 | 62 |
| 第九章    | 代謝作用.....                  | 63 |
| 9 — 1  | 化學結構.....                  | 63 |
| 9 — 2  | 作用官能基.....                 | 63 |
| 9 — 3  | 微生物代謝作用的主要型式.....          | 79 |
| 9 — 4  | 醱酵作用.....                  | 79 |
| 9 — 5  | 呼吸作用.....                  | 81 |
| 9 — 6  | 厭氣呼吸作用.....                | 83 |
| 9 — 7  | 代謝反應的通式.....               | 85 |
| 第十章    | 能 量.....                   | 87 |
| 10 — 1 | 能量轉移.....                  | 87 |
| 10 — 2 | 氧化作用.....                  | 88 |
| 10 — 3 | 氫的移除.....                  | 88 |
| 10 — 4 | DPNH <sub>1</sub> 的再生..... | 89 |
| 10 — 5 | 生物能.....                   | 96 |
| 第十一章   | 合成作用.....                  | 99 |
| 11 — 1 | 細胞質.....                   | 99 |

|      |           |     |
|------|-----------|-----|
| 11—2 | 化學元素      | 99  |
| 11—3 | 產物        | 99  |
| 11—4 | 能量與合成     | 103 |
| 第十二章 | 生長        | 104 |
| 12—1 | 生長模型      | 104 |
| 12—2 | 食物—微生物之關係 | 106 |
| 12—3 | 喜氣與厭氣生長   | 107 |
| 12—4 | 溫度        | 107 |
| 12—5 | 培養基       | 108 |
| 12—6 | 抑制基       | 110 |
| 12—7 | 菌類培養基     | 110 |
| 12—8 | 藻類培養基     | 110 |
| 12—9 | 原生動物培養基   | 111 |
| 第十三章 | 死亡        | 112 |
| 13—1 | 死亡模型      | 112 |
| 13—2 | 熱         | 112 |
| 13—3 | 消毒        | 113 |
| 13—4 | 氧化劑       | 113 |
| 13—5 | 界面活性劑     | 114 |
| 13—6 | 重金屬       | 114 |
| 13—7 | 抗生素       | 115 |
| 13—8 | pH        | 115 |
| 第十四章 | 微生物數量     | 116 |
| 14—1 | 對食物的競爭    | 116 |
| 14—2 | 有機物質之性質   | 118 |
| 14—3 | 環境條件      | 118 |

|       |                 |     |
|-------|-----------------|-----|
| 14—4  | 細菌次期優勢          | 118 |
| 14—5  | 原生動物動力學         | 119 |
| 14—6  | 細菌—藻類關係         | 119 |
| 第十五章  | 致病原因            | 121 |
| 15—1  | 寄生生活            | 121 |
| 15—2  | 寄生生物化學          | 121 |
| 15—3  | 毒素的產生           | 123 |
| 第二篇   | 應用微生物學          | 124 |
| 第十六章  | 水               | 124 |
| 16—1  | 天然水中之微生物        | 124 |
| 16—2  | 致病性的微生物         | 125 |
| 16—3  | 大腸菌類            | 125 |
| 16—4  | 台灣省水質標準對大腸菌類之規定 | 126 |
| 16—5  | 味與臭             | 128 |
| 16—6  | 給水處理與水質標準       | 129 |
| 16—7  | 配水系統            | 133 |
| 16—8  | 湖泊水庫水中生物之控制     | 134 |
| 16—9  | 導水渠中生物之控制       | 137 |
| 16—10 | 淨水場內生物之控制       | 138 |
| 第十七章  | 污水及工業廢水         | 141 |
| 17—1  | 家庭污水            | 141 |
| 17—2  | 家庭污水成分          | 141 |
| 17—3  | 污水的收集           | 144 |
| 17—4  | 污水臭味問題          | 144 |
| 17—5  | 污水管腐蝕           | 146 |
| 17—6  | 生化需氧量試驗         | 147 |

|       |              |     |
|-------|--------------|-----|
| 17—7  | 工業廢水         | 151 |
| 17—8  | 工業廢水生物處理之可能性 | 155 |
| 17—9  | 廢水分析         | 156 |
| 第十八章  | 河川污染         | 158 |
| 18—1  | 正常的生物循環      | 158 |
| 18—2  | 超量廢污         | 158 |
| 18—3  | 溶氧濃度         | 159 |
| 18—4  | 營養劑濃度        | 161 |
| 18—5  | 生物指標         | 161 |
| 18—6  | 氧的耗竭         | 164 |
| 18—7  | 給氧量          | 164 |
| 18—8  | 河流之自淨作用      | 165 |
| 18—9  | 溶氧垂曲綫        | 166 |
| 第十九章  | 廢水生物處理法之理論   | 167 |
| 19—1  | 喜氣代謝作用       | 167 |
| 19—2  | 厭氣性代謝作用      | 170 |
| 第二十章  | 滴濾池          | 172 |
| 20—1  | 滴濾池之簡述       | 172 |
| 20—2  | 微生物          | 174 |
| 20—3  | 滴濾法原理        | 176 |
| 20—4  | 低率滴濾池        | 181 |
| 20—5  | 高率滴濾池        | 182 |
| 20—6  | 超率滴濾池        | 183 |
| 20—7  | 滴濾池的設計       | 183 |
| 第二十一章 | 活性污泥         | 185 |
| 21—1  | 基本程序         | 185 |

|       |                  |     |
|-------|------------------|-----|
| 21—2  | 微生物 .....        | 186 |
| 21—3  | 基本原理 .....       | 187 |
| 21—4  | 操作原理 .....       | 189 |
| 21—5  | 氧的需求 .....       | 190 |
| 21—6  | 營養物質的需求 .....    | 192 |
| 21—7  | 環境因素 .....       | 193 |
| 21—8  | 各種活性污泥法 .....    | 194 |
| 21—9  | 活性污泥法的生物設計 ..... | 197 |
| 21—10 | 操作的微生物指標 .....   | 198 |
| 第二二章  | 氧化池 .....        | 200 |
| 22—1  | 氧化池的簡介 .....     | 200 |
| 22—2  | 操作原理 .....       | 200 |
| 22—3  | 微生物 .....        | 202 |
| 22—4  | 氧化池的設計 .....     | 203 |
| 第二三章  | 厭氣消化 .....       | 204 |
| 23—1  | 污水厭氣消化 .....     | 204 |
| 23—2  | 基本原理 .....       | 204 |
| 23—3  | 微生物的種類 .....     | 207 |
| 23—4  | 操作原理 .....       | 207 |
| 23—5  | 影響消化作用之因素 .....  | 209 |
| 23—6  | 污水池與化糞池 .....    | 210 |
| 23—7  | 英霍夫池 .....       | 211 |
| 第二四章  | 垃圾處理 .....       | 212 |
| 24—1  | 衛生填土 .....       | 212 |
| 24—2  | 堆肥法 .....        | 213 |
| 第二五章  | 空氣微生物學 .....     | 217 |

|       |                |     |
|-------|----------------|-----|
| 25—1  | 微生物的種類         | 217 |
| 25—2  | 空氣引起的疾病        | 217 |
| 25—3  | 空氣所致疾病之控制      | 218 |
| 25—4  | 空氣的採樣          | 219 |
| 25—5  | 空氣中微生物的含量      | 220 |
| 25—6  | 沉澱效果           | 221 |
| 第二十六章 | 牛奶與食品          | 223 |
| 26—1  | 牛奶             | 223 |
| 26—2  | 食品             | 227 |
| 26—3  | 餐廳衛生           | 229 |
| 26—4  | 品質管制           | 229 |
| 26—5  | 飲食業衛生管理規則      | 230 |
| 第二十七章 | 生物旋轉盤          | 231 |
| 27—1  | 生物旋轉盤概述        | 231 |
| 27—2  | 生物旋轉盤之操作       | 233 |
| 27—3  | 生物旋轉盤之特性       | 234 |
| 第二十八章 | 有機物之生化分解       | 236 |
| 28—1  | 碳之來源           | 236 |
| 28—2  | 碳循環            | 237 |
| 28—3  | 喜氣分解           | 238 |
| 28—4  | 自淨作用           | 239 |
| 28—5  | 厭氣分解           | 243 |
| 28—6  | 不易被微生物分解的有機化合物 | 244 |

# 第一篇 基本微生物學

## 第一章 衛工微生物學

### 1-1 微生物

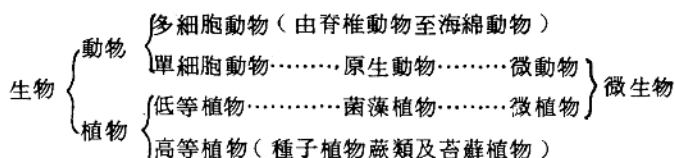
微生物為微小動物（原生動物）與微小植物（菌藻植物）之合稱。細菌、酵母菌、黴菌、藻類、原生動物及病毒似乎都是互雜各異的生物體，因其有甚小的體形、非常簡單的構造而且組織均非常相似，故總稱之為微生物；另外有些專家則較喜稱之為原生生物（Protist）。研究這些微生物的科學即為微生物學。大部份的微生物屬於單細胞體（Unicellular），其生活形式為寄生（Parasite）或腐生（Saprophyte），增殖方法有出芽法（Budding）、分裂法（Fission）與接合法（Conjugation）。

#### 1-1-1 微生物與其他生物之關係

由於微生物亦屬於大自然中生物界（Living World）之一份子，故吾人先介紹生界之主要分類。有人將生物界分成二個界（Kingdom）：植物界（Plantae）與動物界（Animalia），其差別可拿高等動物與植物來說明，如下表：（註1）

|                  |       | 植 物   | 動 物   |
|------------------|-------|-------|-------|
| 生<br>理<br>差<br>異 | 能 源   | 光合作用  | 有機物質  |
|                  | 葉綠素   | 有     | 無     |
|                  | 主要儲存物 | 澱 粉   | 肝醣、脂肪 |
|                  | 活動性   | 不 能   | 能     |
| 結 構<br>差 異       | 細胞壁   | 有     | 無     |
|                  | 生長型態  | 無 限 制 | 有一定型態 |

當然，以上這些區別亦有例外，例如 *Parasitic Flowering Plants* 缺乏光合作用之能力，但却有許多類似植物之特性，故亦歸為植物界。自一般觀點來看，微生物與其他生物之關係如下：



但是，有一些微小生物如 *Slime molds*，動物學家把它歸類於動物，而植物學家却將之歸類為植物，於是就有第三界（*Third Kingdom*）之說，稱為原生生物（*Protista*）界，此為 1866 年德國動物學家 *Haeckel* 所提，乃是將原生動物、菌類、藻類與細菌歸為原生生物，其與高等動植物之區別可由它們非常簡單的生物組織來分辨，下表為有機體三界說之分類：（註 1）

|                          | 植 物                   | 動 物           |
|--------------------------|-----------------------|---------------|
| 多細胞，有<br>很大的組織<br>差異     | 種子植物<br>羊齒植物<br>苔蘚與錢苔 | 脊椎動物<br>無脊椎動物 |
| 單細胞或多細胞，<br>無組織上的<br>差異。 | 原生生物                  |               |
|                          | 藻類，原生動物，菌類，<br>細菌     |               |

### 1-1-2 微生物在自然界的地位

在圖 1-1 中（註 2），毛蟲吃葉子，甲蟲吃幼蟲，老鼠吃甲蟲，狐狸吃老鼠，每次的代謝作用都耗損了熱力，同時也產生廢產品，而動物本身也會死亡。廢產品及屍骸則被細菌分解，這些分解細菌把餘下來的熱能抽取了，而當這些細菌本身死去時，合成這些有機物的

基本元素便進入土壤、空氣和水中，於是植物又可再吸收它們，藉光合作用再變為熱能而循環不息。因此若缺乏分解細菌，則所有生命元素均將固存在無生命的機體中，使循環系統的連續中斷，即食物環無法完成，最後整個生物界將致崩潰。

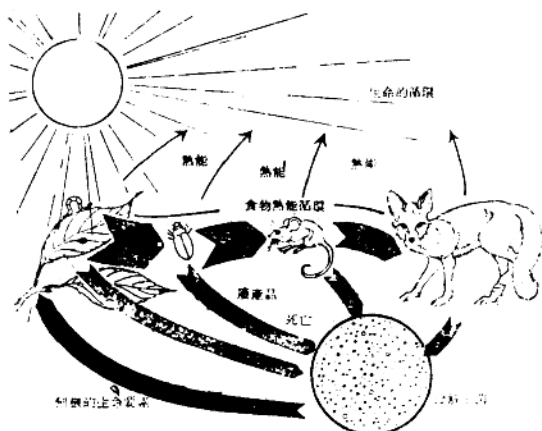


圖 1-1 分解細菌在食物環中的角色

在未來，吾人可利用微生物來處理污水，以使污水達到循環利用的目的。例如工業上產生的熱水是種浪費了的能量，吾人可設計圖 1-2 的系統來循環利用這些能量。熱水可以用來養溫水魚及貝殼類，溝渠內的營養鹽可供藻類及浮游生物生長，而做為魚類及貝殼類的食物，動物也可以吃食藻類，原子爐的電力又可幫助藻類進行光合作用，於是人類可從牛畜、魚貝類獲取養料，此即解決了污水問題。

## 1-2 微生物之命名

生物分類學家將已發現的各種生物依其進化程度及類緣關係加以分類。此種系統分類 (Classification) 之依據標準為：(註 3)

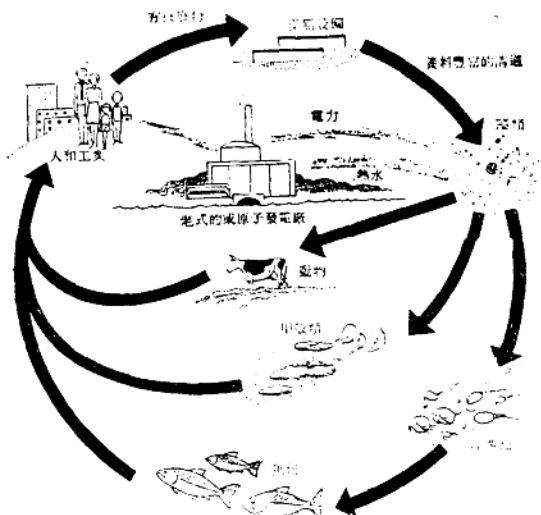


圖 1-2 微生物（藻類）在污水處理上的角色

種 (Species) 一個及其相似的有機體

屬 (Genus) 相關種的集合體

族 (Tribe) 相關屬的集合體

科 (Family) 相關族或屬的集合體

目 (Order) 相關科的集合體

綱 (Class) 相關目的集合體

門 (Phylum) 相關綱的集合體

界 (Kingdom) 相關門的集合體

在各分類中間並設有變種 (Variety, 簡書為 Var.), 亞屬 (Sub-genus), 亞門 (Sub-phylum) .....等。

所謂命名 (Nomenclature) 是指應用在知識領域上的名字和稱呼系統。分類學 (Taxonomy) 是將已經命名過的有機體加以分