

## (2-6) 美國密歇根州 Muskegon 之廢水管理系統

### The Muskegon Waste Water Management System in Michigan, U.S.A.

臺灣糖業研究所植物營養系主任

王 傳 釗

工廠廢水之有機化合物含量甚高，此種廢水施於土壤後，土壤可吸着一部份之有機化合物，成爲粘粒——有機複合體 (Clay-organic complexes)。土壤中之微生物分解有機物，放出二氧化碳，產生有機氮素，再經微生物之作用，轉變爲硝態氮，故施用廢水亦可有利於作物。

Muskegon 之廢水管理系統 (使用「管理」一詞，而不用「處理」)，其主要工作，係將該地區之紙漿工廠及城鎮所排出之廢水，經處理後再轉施於農田，作爲灌溉之用。此一耗資四千二百萬美元之廢水再利用系統，爲全美國最大之廢水管理及利用工程 (據謂可能亦爲全世界最大者)，係由美國環境保護局，密歇根州政府及密歇根州立大學合作計劃下而建立者，管理系統包括六大步驟：

1. 收集及運送：此地區工廠及都市廢水，全部抽送至三個生物處理池。

2. 生物處理 (第一級處理)：

每一生物處理池，面積爲 3.2 公頃 (8 英畝)，深 6.1 公尺，如注水深達 4.9 公尺時，可容納四千二百萬加侖之水，每池各配置 12 具送風機，總馬力達 1020 匹，及六具攪拌機，經三天之處理後，BOD 可減少 70-90 %。

3. 儲存及殺菌 (第二級處理)：

經生物處理之廢水，爲配合灌溉時間，乃流送至沉澱池，使固體部份沉底，液體部份則流入二個儲存池。每池面積廣達 340 公頃，深三公尺，二池計可儲放 51 億加侖水量 (約合 1930 萬噸)，此水於抽送灌溉前，則加氯以殺菌，使大腸菌之含量，降低至 100ml 水含 1000 個以下。

4. 灌溉：

處理及消毒後之廢水，用於灌溉 2,400 公頃之玉米田 (全爲入滲率高之砂地，12-25cm/hr)，以移動式噴雨方式行之，設計之灌溉量爲每週 100mm。

5. 天然過濾體 (Living filter) (第三級處理)：

以通氣性之土壤爲過濾體，作廢水之第三道處理。廢水經過土壤後，其所含之有機物，爲細菌所分解，所含養分，則爲作物吸取利用或被土壤所吸着。廢水之中懸浮物質及雜色，均可藉土壤之清除及脫色。砂土對除去廢水中之毒素 (Virus) 甚爲有效。因毒素係帶正電荷，當廢水之 pH 爲 6-9 時，一旦通過帶有負電荷之土粒，毒素即被除去。

6. 排水及排放：

處理後之廢水灌溉農田後，多餘之水即排入埋設之暗管中，利用排水網控制地下之飽和水位及移動。因此，由於長期使用廢水灌溉所造成之土壤飽和及不易控制之鹽分積集之可能性，大爲降低。所有經土壤過濾後所排出之水質，均符合甚至超過美國公共衛生署所訂之標準。

經排水系統所排出之清水 (已不是廢水)，收集後排放入河流中，可不用擔心污染問題。

爲觀察此廢水管理系統之效果，另在灌溉區域內設置 302 個觀察井，定時採取水樣分析其是否合格，以此種方式處理廢水之費用，每一千加侖約爲美金一角，而同年美國其他區之廢水處理費用爲：Grand Rapids, Mich. 0.29~0.48 元；Lansing, Mich. 0.41~0.53 元；E. Lansing, Mich. 0.85 元；Washington, D.C. 0.36~0.56 元；及 Maryland 郊區 0.95 元。