

## 第七章 汚水の処理 (Disposal of Sewage)

### 第一節 処理の目的

古くから最も廣汎に各地に行はれ來つた汚水の理論的處理方法は、之を最寄の河海湖沼等に放流し、自然の稀釋(Dilution)に依り清淨せしむることであつた、然れど天然に備はれる水の自淨作用に過負荷を與ふる時は其水も亦汚染し遂には有害となるを以て、汚水の處理は畢竟水質の悪化を防止すべき此天然力を介補することに歸すべく、所謂人工的處理方法なるものも亦天然に行はるゝ作用と類似の手段を講ずるに過ぎぬ様である、汚水の淨化とは汚水をして其原水と殆んど同様な性質に復歸せしむる操作を意味し、其成分中の一部は除却し有機物は鑛物性或は他の安定なる状態に變じ、細菌は之を殺滅する等の方法を各別に施すか又は其數種を組合せて行ふことに依り完成せらるゝのである、要するに汚水處理の根本目的は汚水を無害なる状態に復歸せしめ、保健上脅威を與ふることなくして汚水中の有害物を除去する手段を講ずるにあるべく、畢竟放流すべき河海の汚染度に鑑み處理の要不要並びに淨化の程度を定むべきで、汚水量に對する稀釋作用を爲すべき水量の割合こそ全く之が判定の最大要素たるべき根源である。

汚水處理には浮游物を除却すること、惡臭の發散を防止すること、病原菌を死滅せしむること等最も肝要にして、此目的達成の爲め現今一般的に行はるゝ方法は大体次の通りである。

- (1) 稀釋法(Dilution)
- (2) 除塵法(Grit chamber and Screening)
- (3) 清澄法(Clarification)
  - (イ) 普通沈澱法(Plain Sedimentation)
  - (ロ) 藥物沈澱法(Chemical Precipitation)
  - (ハ) 促腐槽(Septic tank)

- (ニ) トラビス槽 Travis tank
- (ホ) イムホフ槽(Imhoff tank)
- (4) 濾過法(Filtration)
  - (イ) 灌漑法(Broad Irrigation)
  - (ロ) 間歇濾過法(Intermittent Filtration)
  - (ハ) 接觸濾床法(Contact beds)
  - (ニ) 撒布濾床法(Trickling or Percolating beds)
- (5) 促進汚泥法(Activated Sludge Process)
- (6) 消毒法(Disinfection)

以上の様に分類はしたが、儲て實際には單獨に此中の一法にのみ據るが如きは殆んど稀で、大抵は其所要の清淨度に應じて數種の方法を適當に併用して結果の最善を企つるのが普通である、例へば最も完備したものは、先づ汚水を粗い鐵格子を経て沈砂池に導き砂礫其他荒き挾雜物を除去したる後、除塵室で紙片、布片、果實の皮其他の固形物を篩別し、必要あれば計量裝置を通じて液量を測り唧筒にて所用の高さに揚水し、沈澱池に入れて繊細なる浮游物を除き、其上澄水のみを更に濾過床に導き茲に充分なる酸化作用を施して有機物を鑛物性又は他の安定なる状態となし、再び特種の沈澱池に導き其上澄水に消毒を行ひたる後初めて河川等に放流するのである。而して沈澱した汚泥は別に遠く海上に乗つるか或は乾燥して肥料に供するが如き類ひである。

凡そ如何なる事柄でも理論と實際の兩方面から研究することが肝腎で、眞理である限り必ず結局に於て理論と實際とが合致するは當然である、汚水處理の如きは其發達極めて軌近のことに屬し、其方法の如きも頗る多岐に涉るに拘らず、是等が立脚する理論の如きも未だ完全に徹底せるもの少く、況んや其實際的經驗に至りては何れも充分と認め難きものが甚だ多いのである、偶々最善最良の新法として稱讚された考案も數年ならずして殆んど煙滅に歸するものも此缺陷が禍する爲めと思ふ、畢竟稀釋法又は灌漑法の如き天然力に據る自然淨化作用に匹敵し得る

様な、経済的にして且つ完全な人為的汚水処理法は現在の處全く未発見状態にあると云ふ一事に盡さるゝ様である。

## 第二節 稀釋法 (Dilution)

汚水を直接河川湖沼又は海中に放流して生ずる自然の淨化作用なるものは、物理的には主に沈澱及稀釋であるが、尙化學的にも生物學的にも細菌學的にも相應な操作の行はるゝは明瞭で、爲めに腐敗性の有機物は忽ち變じて安定状態となり遂には無機物或は硝酸鹽、二酸化炭素、水等の活力に乏しい化合物に變化し、又浮游する有機物の或物は鳥類、魚類及水中にある微生物の食用として消化し終るは周知の事實である、唯是等の作用は極めて複雑なる爲め斯界の權威者中にも異論が多く、其操作の眞因等に對する正確なる説明が未だ定らずに残るのみである。

水流の自淨作用は稀釋沈澱及酸化に基因し其働きは物理的化學的、並びに細菌學的に進行するもので、有機物の酸化は汚水の流入と同時に硝化菌酸化菌の成長と其活動に依り開始し、此際幾分の化學的變化をも伴ひ而も稀釋度充分なる時は酸素の供給多大なる爲め、有機物の酸化及硝化は完全に行はるゝを以て促腐作用又は嫌惡物を生ずる様な憂はない、唯此作用の進行中流速が餘りに緩なる時は一部有機物の沈澱が生ずる、此沈澱が酸化完了後に起れば何等の害はないが完了以前に起る時は所謂汚泥堤 (Sludge banks) を形成するに至る、又海水の酸素含有量は淡水と比較すれば同一温度で約二割も少く、尙海水中には種々なる溶解物も存在多き爲め汚水成分を分解すべき能力に乏しいのと、汚水成分と化合し沈澱を起し易きが故に汚泥堤を築く機會が一層多大である。要するに河水又は海水中の酸素含有量は放流汚水を處理すべき唯一の要素で、此酸素の含有は主として水面が大氣との接觸に依る吸収並びに瀑布、急流若くは波浪等に依り吸収抱擁されたもの、及水中の浮游生物 (Plankton) の發散に基くものである。

汚水を放流すべき河川又は潮流の流速は自淨作用の効果に著しい影響を及ぼす

ものである、流速が早い程沈澱作用も少く又淨化に必要な酸素吸收量も多大な譯で處理が完全に遂行さるゝ道理である、又温度の關係も其自淨作用に相當の影響を與ふるもので、一般に高温に於ける細菌の働きは低温の場合よりも敏活なるが故に、夏季に於ては冬季に比較し早急に腐敗状態に陥り勝である。

汚水を河海に放流する時は其含有する酸素量は著しく、減少すべく其減少が或る限度を越ゆる場合即ち汚水量が稀釋水量に比して過當なる時は、酸素の供給伴はざる爲め有機物を酸化せしむることが出來ず、嫌氣菌の繁殖漸く旺盛を極め遂には腐敗作用を起する至る、即ち一定した稀釋水量に對する放流汚水の成分並びに其量の限度に就ては、次の公式を適用し其大體を算出し得るのである。

(1) リテール氏公式 (Rideal; 1900)

$$XO = C(M-N)S$$

式中

$$\left\{ \begin{array}{l} X = \text{河川の流量 (毎秒、鎧)} \\ O = \text{水流1鎧中の遊離酸素量 (瓦)} \\ S = \text{放流すべき汚水量 (毎秒、鎧)} \\ M = \text{汚水1鎧中の有機物が吸収した酸素消費量 (瓦)} \\ N = \text{汚水1鎧中硝酸及亞硝酸の含む有効酸素量 (瓦)} \\ C = \text{水流中の原酸素量と汚水の腐敗防止に要する酸素量との比、} C \text{ が1に等しきか又は1より大なれば安全である。} \end{array} \right.$$

(2) ハーゼン氏公式 (Hazen)

$$D = \frac{X}{S} = \frac{4m}{O} \quad \text{式中 } D = \text{稀釋比, } X = \text{流量, } S = \text{汚水量}$$

$m = \text{過満飽和加里に依る五分間煮沸の酸素消費量 (p. p. m)}$

$O = \text{水流中の溶解酸素量 (p. p. m)}$

又酸素の消費量は汚水の量よりも寧ろ其中に含む有機物量と密接の關係あり、汚水中の有機物量は人口に比例するを通常とするが故に、汚水の稀釋所要水量は大體人口を標準に定むることが出来るのである、即ち人口千人の汚水を稀釋するに、Rudolph Hering 博士 (1888) は汚水の性質に依り毎秒時 2.5~7 立方呎の水量を要すと稱へ、Frederic Stearns 氏 (1890) は同 2~8 立方呎を、Goodnough 氏

(1908) は同 6 立方呎を適量と主張した如きは此例である、然し實際に於てシカゴ市の例では千人當每秒 3.3 立方呎の水量は其過小なるを證明し、又紐育市の例では現在紐育灣の稀釋量は千人當每秒 4.7 立方呎を算するに拘らず、其汚濁の増進に對しては當局者も非常に深憂して居る。

海中に汚水を放流せんとするには潮流並びに干満潮位等を十分に調査攻究し如何なる場合に於ても逆流の虞なき様、沿岸を離れて十分に海中に突き出し相當水深ある地點を選び潮流を利用し稀釋作用を完全ならしむる事が肝要である、ポストン市下水道の如き其第一放流口は同灣内ムーン島沖沿岸から七千呎以上も海中に突き出したのであるが現在では灣内の汚染が相當激い爲め問題視されて居る。

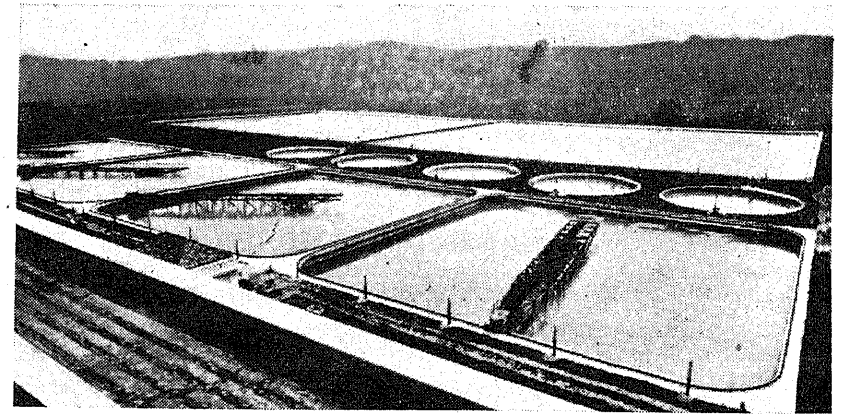
### 第三節 除塵法 (Grit chamber and screening)

私設下水道の取付柵及街路排水の雨水柵を嚴重に監視し掃除を勵行するも、尙下水中には相應な浮游物並びに土砂礫、石炭滓の如き固形體の夾雜を免れぬ様である、従て是等を除却するに非ざれば處理の効果を十分に擧げ得ざるのみならず稀釋放流の場合は排出口附近に推積又は浮游して汚濁を強め、唧筒を必要とする場合等には爲めに機械を損傷し其効率を著しく減退せしむる結果に陥る、依て如何なる處理方法を採用する場合と雖も唧筒又は放流或は處理を實行するに先ち、下水中より是等の粗き浮游物並びに固形體を第一に除却することが肝要である。

**沈砂池 (Grit chamber)** 唧筒場、處理場又は排水口に汚水を誘導するに先ち、下水道の終端に沈砂池を設け下部に沈澱槽を備へ流速を緩めて固形體を沈澱せしめ之を除却することが肝要である、沈砂池に於ける流速は茲で除却すべき物質の性状並びに大き等に依り定まるのであるが、通常は細砂又は粘土を沈澱せしむるに足る様毎秒五寸内外に採るのが多い、然し流速が毎秒一尺以下に降る時は有機物も亦沈澱を開始し、沈滓は甚だ不潔に陥るを以て是等の處理に就ては相當の注意を拂はねばならぬ、依て別に沈澱池を有する場合などでは沈砂池は單に重い砂礫

類を除く丈けに使用し、軽い浮游物等は寧ろ沈澱池に於て汚泥と共に處置する方が遙かに便利な場合も往々生ずるのである、沈砂池の幅員は下水量並びに其流速から定まるが、其深さは長さと同關聯して考ふべきで一定の形狀及重量の固形物を、沈砂池内所定の距離範圍に沈下せしむる爲めには相應の時間を必要とするもの故、固形物が最早移動せざる深さ迄到達するに必要な時間丈け流すことの出来る長さと同深さが肝要なのである、實例に依れば池の長さは普通二十尺から百尺位の程度で其貯水容量は二、三分時に相當するものが多い、又掃除に便宜な様沈砂池は二箇以上に區分するのが普通である。

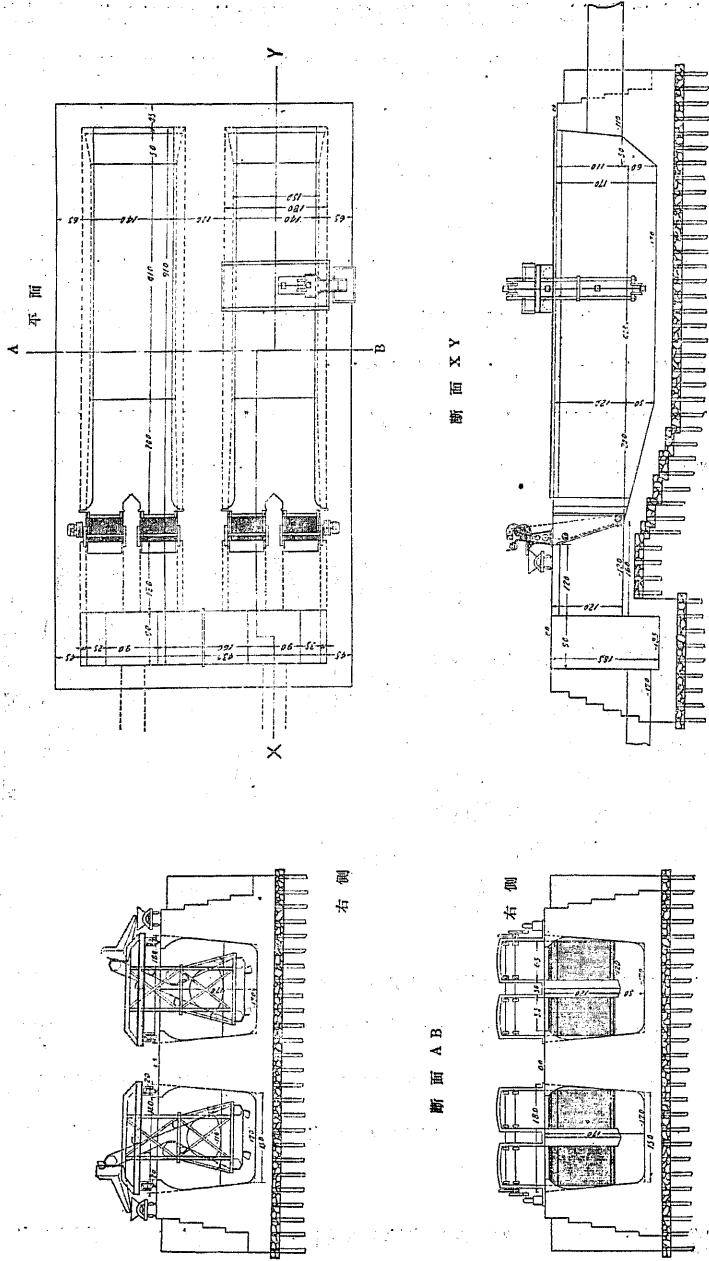
沈滓の除去には小規模のものは鋤鍤の如きを用ひ人力で掻き揚げるのであるが、大規模の所では摺揚式又はバケツト式浚渫機を用ふるのが通常で、最近では沈



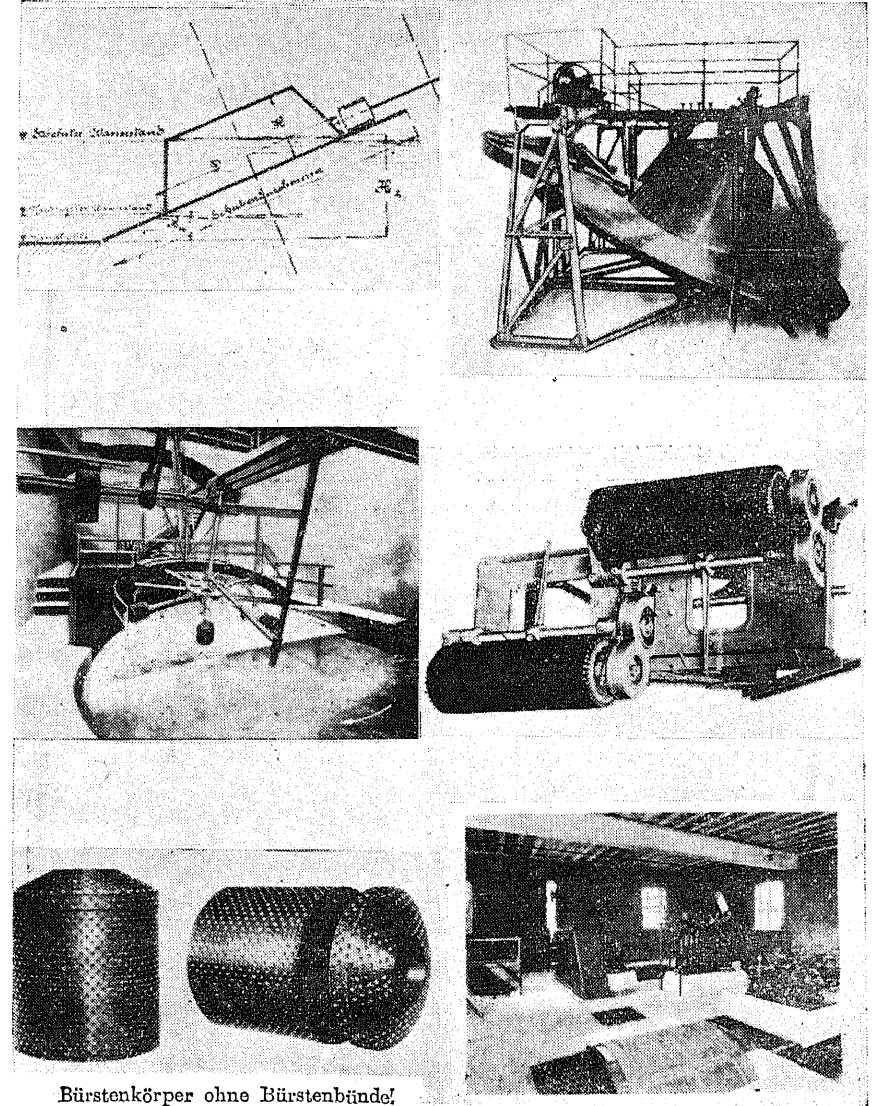
砂池を圓形又は隅取りの方形に作りドーア式クラリファイヤー (Dorr clarifier) を用ふるものが相應に多い、之は自働土砂洗掃装置を備ふる爲め土砂と有機物を完全に分類することが出来、沈澱土砂の掻揚げにも又其始末にも至極便利で寫眞は其一例である、尙沈砂池構造の凡例として第 83 圖に東京市の實例を示して置いた。

**濾格装置 (Screening)** 沈砂池と連絡して同一場所に設くるのが普通である、

東京市三河島污水處分場沈砂槽圖



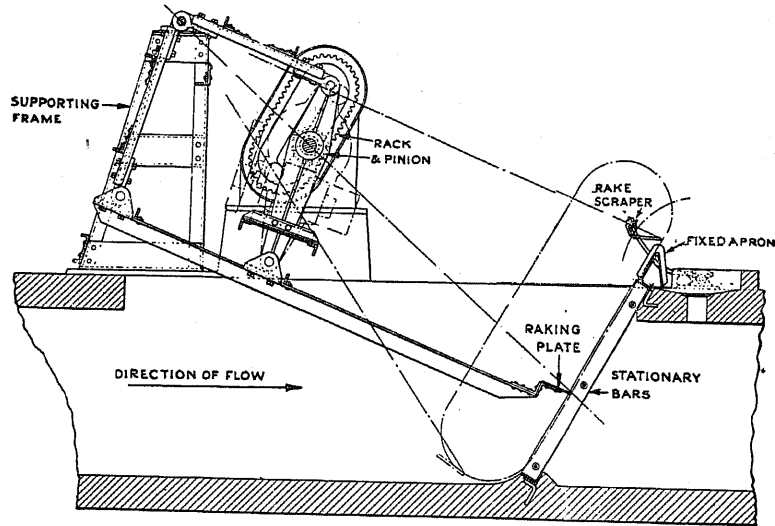
第 83 圖



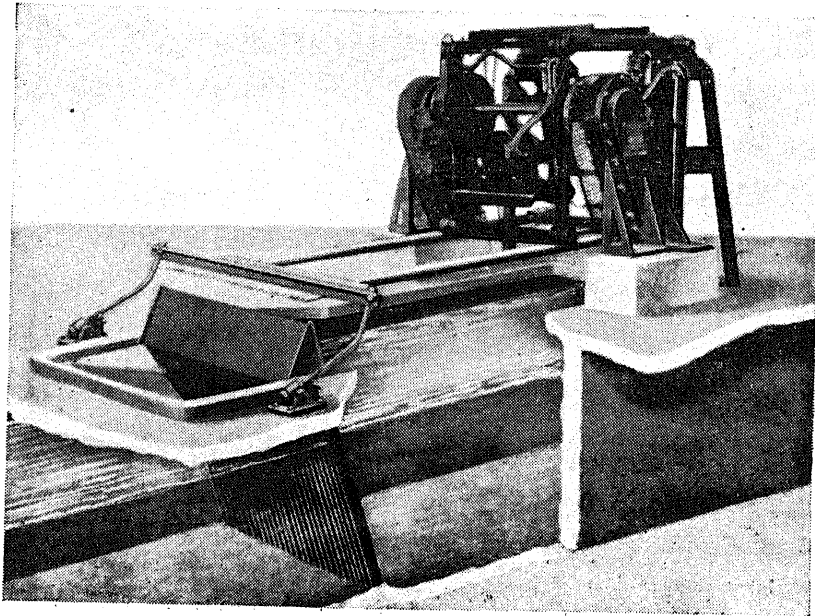
Bürstenkörper ohne Bürstenbündel

Dorco Screen units in the sewage treatment plant at Allentown, Pa.

第 84 圖 (其一)



The Dorcco Bar Screen—Sectional view.



This phantom view shows clearly how the screen operates.

紙片、襪襪切、肉塊毛髪、野菜片、木葉及木片の如きを除去するのが目的で、即ち是等纖維質の浮游物は唧筒機に纏はり沈澱池に入りては其表面に浮び、比較的強靱なる取扱ひ悪き浮渣の發生を助長する憂があるので、濾格に掛けて其幾分を豫め除却せんとする豫備行爲なのである。

濾格装置には其目的に應じて精粗の區別がある、荒目のものは極めて粗大な浮游物のみを除却する意味合から用ふるので、縦に鐵釘を半吋乃至 1 吋位の間隔に簾形(Bar Screen)に配列したるもの、縦横に配列し格子形(Grating Screen)としたるもの、又は金網形(Wire-mesh Screen)に組立てたものなど色々あるが、通常簾形のものゝ極く荒い浮游物を、格子形は稍々細きものを、網目のものは細小の物を除去するに用ふる様である。濾格の目的が單に唧筒の保護位の時ゝ鐵釘の間隔は一寸位でも支障がないが、沈砂池及濾格を通したのみで直接河海に放流する様な場合、又は他的高级處理を必要とする様な場合等には、更に細目の濾格を通して稍々微細なる浮游物迄も除去する方が、河海の汚染を最小にし且つ處理の完璧を期する上に寧ろ得策な場合も決して少くはないのである。

細目の濾格は多孔金屬板或は金網製のものが普通で網目は大抵四分一寸以下である、其様式には翼形、箒形、筒形、帽子形等色々あり、濾格に掛つた浮渣を除却するに小規模の時ゝ熊手の様な道具を用ひ人力で掻き取るが、大仕掛のものは機械力又は壓力水等を利用し濾格自身の廻轉するもの、濾格は動かさずして浮渣を除去する装置の運轉するものなど種々様々で第 84 圖は是等の實例である、尙特別に浮游物の多い場合は濾格を二重又は三重に用ひることもある、兎に角細目の濾格を通せば普通 25~30% の浮游物が除かるゝを例とし、沈滓の量は下水の質に依り違ふが茲で荒塵を充分に取去る方が寧ろ跡始末が良好である。

#### 第四節 清 澄 法 (Clarification)

沈砂池及濾格に依り除き得らるゝ有機物量は前説した通り成績極めて良好の時

と雖も尙全量の三割を出づることは殆んど至難である、依て夫れ以上の有機物を除却せんとするには沈砂地よりも更に容量の大なる沈澱池に導き、一層流速を緩かにして沈澱作用を十分に勵行することが必要になる、特に消毒を行ふ場合などでも浮游物多量なる時は其効果薄弱なるを以て沈澱操作の豫備行爲が肝腎な任務を務むる譯である。

1. 普通沈澱 汚水を完全な静止の状態に放置する時は先づ最も重き浮游物から沈澱を初め次第に軽いものに及び、更に時間を経過すればコロイド状態を呈するもの一部分の如きも、汚水中に行はるゝ種々なる現象に依り次第に凝結して遂には沈澱を開始するのである、然し一般にコロイド状のもの迄沈澱を完了せしむるには非常な長時間を要し、之に充當し得る丈の沈澱池を設くることは經濟上殆んど不可能のことなるのみならず、斯かる長時間に渉る放置は一面に汚水の分解作用を誘起し悪果を招來する虞れ大なるを以て、通常は汚水の連続注入を行ひ沈澱池内の流速を毎秒一寸又は夫れ以下に定め、池中の汚水停留時間は普通 2~4 時間位を適當とし最長の場合と雖も六時間を超ゆることは寧ろ不利益の様である、實例を見るに倫敦市汚水處理場の沈澱池は常に毎秒 0.07 呎の流速を維持し、マンチェスター市では同 0.05 呎を、スットン市は同 0.03 呎を、フランクフルレ市は同 0.01~0.02 呎を標準として居る。

普通沈澱法の効率に就き 1899 年 Bock 及 Schwarz 兩氏が長さ 162 及 243 呎の兩池内での實驗では、毎秒時の流速 .014~.027 呎の時最良の成績を示し、短い池では浮游物の沈澱量 55.7%、長い池では同 61.5% であつたが、流速毎秒 .067 呎の時には長い池での沈澱量 57% に減じ、一晝夜の静止では沈澱量 88.8% に相當した由である、又 1904 年 Steuergel 氏の實驗では全浮游物に對する沈澱量、流速毎秒 .014 呎の時 72.3%、同 .07 呎の時 49.1%、十二時間全く静止せしめたるものは 84% を示して居る、尙 Fuller 氏 (1912) の意見では米國內に於ける種々の實驗を綜合するに、普通沈澱法に依り全浮游物の 50~75% を除却し

得るは明かな様に思ふ、然し實際經濟的な取扱方としては之を 65% 内に止むるを以て最上とする様である云々。

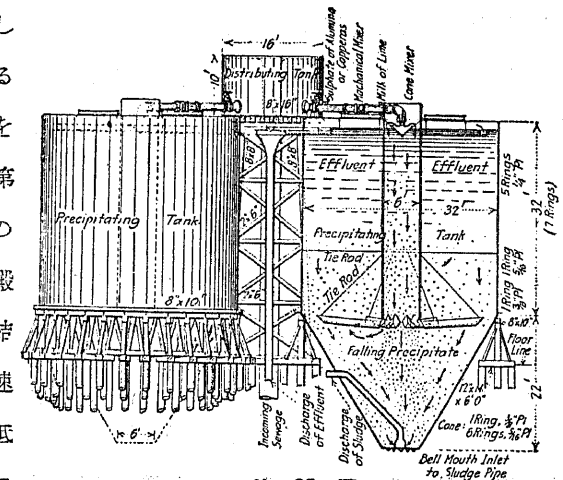
沈澱時間と沈澱量に關する Johnson 氏 (1905) の實驗成績は大體第 43 表の通りである。

第 44 表 浮游物沈澱量と其所要時間

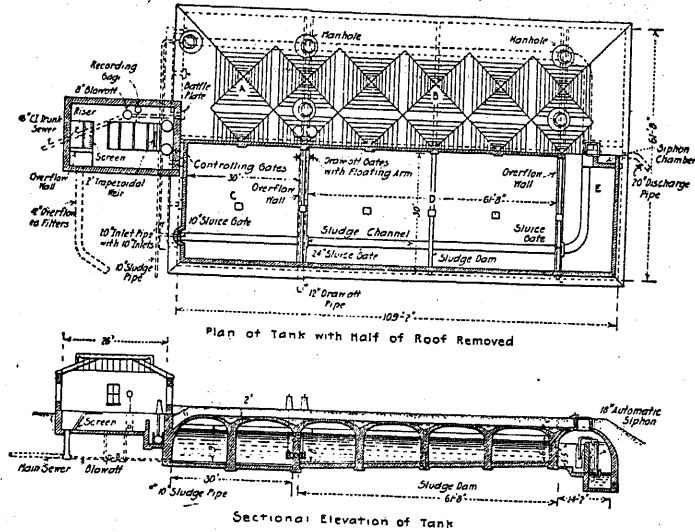
流 速 (呎/時)	流出距離 (呎)	沈澱時間 (時)	浮游物沈澱量 (%)
47 (.013 呎/秒)	40	0.8	35
" "	80	1.7	50
" "	120	2.5	55
" "	160	3.3	57
" "	200	4.2	60

沈澱池の構造には平面式と堅式との兩様があり堅式のもの第 85 圖に示す通り圓形漏斗形のものが多いが、平面式沈澱池の形状は浮游物の沈澱を誘導する爲め細長く作り、長さは幅員の少くとも四、五倍位深さは 6 尺 ~ 9 尺が普通の様

で、底部に沈渣槽を設備し且つ屢々排渣の必要がある故此取扱に好都合な構造を選ぶことが肝要である、第 86 圖及第 87 圖は此構造の一例に過ぎぬ。尙普通沈澱法は氣候の溫暖なる程好結果を表はし、又比較的高速度の下に沈澱せる沈渣は低流速に於て沈澱せるものに



第 85 圖

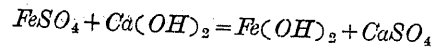


第 86 圖

比すれば、一般に水分少く密度も大なる故排渣等の取扱は著しく簡便である。

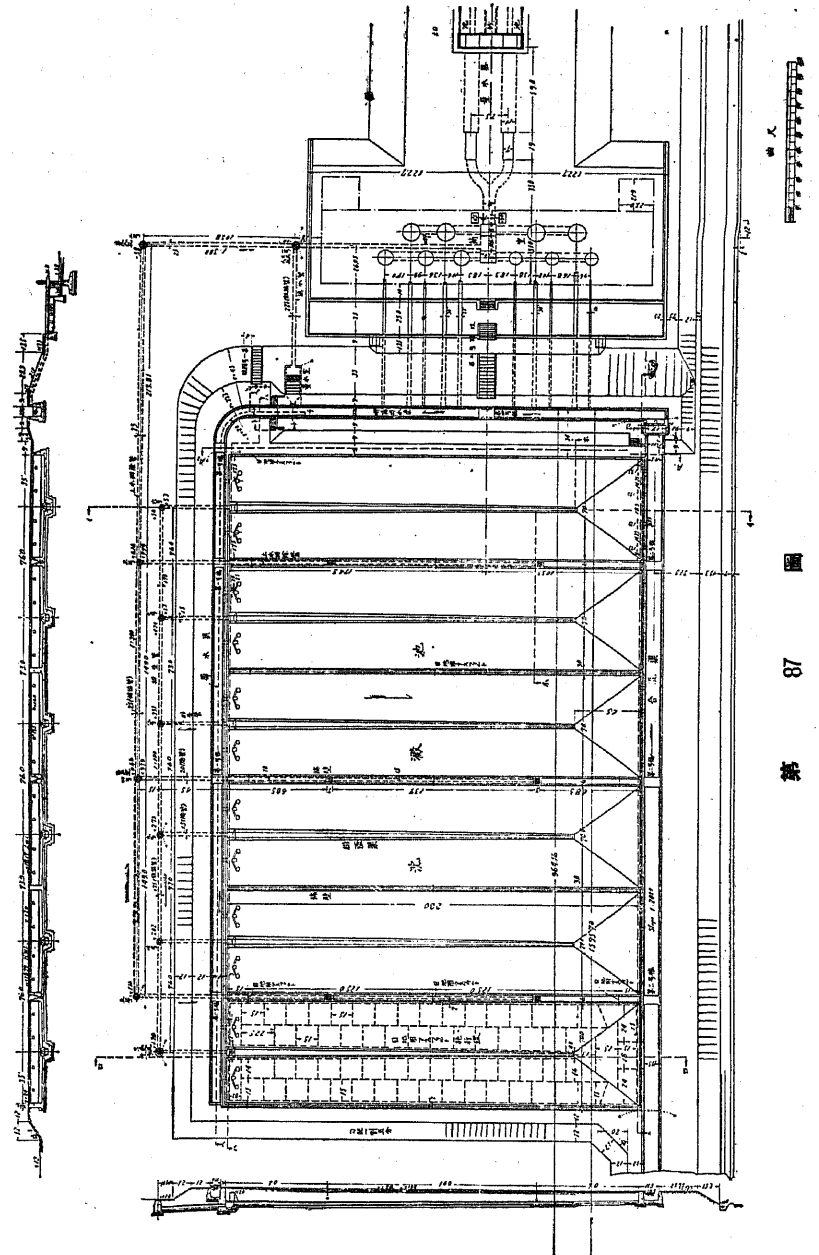
□. 薬物沈澄法 助沈剤の効果は普通沈澱池のみに依り除却し得ざる所謂コロイド状有機物を沈澄せしむることで、前述の通り普通沈澱池にては通常浮游物の50~70%を沈澱せしめ得るに比較し、薬物沈澄法を用ふる時は浮游物の80~90%、最も成績の良好なる場合は95%位迄沈澄し得たる實例も聞くのである、助沈剤として最も普通に用ひらるゝは石灰乳として加ふる石灰(CaO)、硫酸アルミニウム(Al<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)、硫酸鐵(FeSO<sub>4</sub>)、硫化鐵[Fe<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>]、等であるが、尙浮游物に重量を與へ沈澱を助成する意味で粘土の粉末又は細砂などを加ふることあり、又防臭の目的から木炭屑を用ひることもある。

石灰は汚水のアルカリ度を増加するのみならず同時に加へらるゝ綠礬又は硫酸鐵と化合して次の反應を生ずる。



即ち溶解性硫酸鐵は溶解し難き水酸化鐵に變化し暫くしてコロイド状浮游物を

東京市三河島汚水沈澱場分設圖



第 87 圖



包圍集成し沈澱を促進せしめるのである、然し薬物沈澱法に依り實際除き得るものは單に浮游有機物のみであつて、溶解性有機物の大部分は殘溜するので汚水を非腐敗性のものに導くことは殆んど至難である。

此方法は發明の當初即ち 1800~1890 年頃には、汚水を處理すると同時に其沈渣を肥料として販賣し相應な實益を得たので、當時英國では多年の八ヶ間敷い宿題も茲に解決したと稱し、大悦びで倫敦市は勿論各都市共皆此方法を採用し遂には米國に迄及んだのであつたが、其後此方法に據る流出水は腐敗し易き爲め結果も完全とは云ひ難く、且つ沈渣の量も割合に多く之に壓搾を加へ乾燥の上肥料に仕上ぐる迄の手数は尋常ではない、特に藥劑の騰貴に伴ひ到底他の人造肥料と競争する事は出来なくなつた、従つて經濟上收支が償はない爲め能率の上る他の新法に變替したるものが多く、現在之を最後の處理法として用ふるものは英國でも倫敦グラスゴー及リーズの三市、米國では僅かにプロビデンス市、ウースター市位のもので、他は漸く之を豫備處理程度に利用して居る現況に過ぎぬ。

尙薬物沈澱法には色々な專賣特許が流行したが就中主要のもの三、四を例示すれば次の如くである。

Spencer Alumino-Ferrie Process; 鐵鹽類に明礬又は石灰を加へて汚水中に混じ沈澱せしむるものである。

International Process; Ferrogone と稱する化合物を汚水中に混じ、其上澄水を更に Polarite を通し濾過する方法である。

A. B. C. Process; 一時は非常に宣稱されし方法であるが A. B. C なる名稱の起りは Alum, Blood, 及 Clay の三種を混合した薬液を混ぜる爲めであつたが實際には明礬と粘土及炭素の混合液を作り汚水一ガロンに付 50 グレンの割に混じしたものをらしいのである。

Webster Process; 汚水渠中に鐵板を配置し之に陰陽兩極の弱い電流を通じて水酸化鐵を發生せしめ之に依り沈澱作用を促進せしめんとする方法であつた、併し此方法は經費が莫大なので小規模な試験設備のもの以外、實際の應用は殆んどなかつたもの、様である。

ハ、促腐槽 1895 年英國エキスター市の技師カメロン氏 (Mr Cameron) が、全く外氣と遮斷されたる小さき實驗槽を造り徐々に汚水を通じ入口及出口を水中に設ける様装置し、此暗い槽内に於て活動すべき嫌氣菌を利用し浮游有機物を液化する機會を與ふべく考案したもので、即ち汚水が嫌氣菌分解を遂げ同時に沈澱を促す操作を Septicization と稱し、斯くして沈澱した汚泥は促腐槽 (Septic tank) と稱する槽内に殘溜するのである、促腐槽の第一の役目は沈澱にして汚水の停留時間は其性質に依り區々なれども、先づ 8~24 時間を普通とし此間にコロイド状浮游物も亦嫌氣菌作用と汚泥及槽壁面等との接觸に依り次第に其沈澱を遂ぐるのである。

促腐槽内に於ける細菌の作用は下水管渠内に行はるゝものと殆んど變化なく、槽が最初汚水を以て充滿したる時は其中の細菌は急激に繁殖する故汚水中の溶解酸素及窒素は忽ち消費せられ、次で嫌氣菌作用の誘起せらるゝと同時に有機物は分解してアンモニア二酸化炭素及他の比較的單純なる化合物に變ずるのである、汚泥として槽底に沈澱せし浮游物も亦微生物の働きに依り固形物は分裂し粗大な物も微細物に變じ、且つ固形有機物は炭酸、メタン、窒素及水素の如き瓦斯となりて放散し若くは溶解性の物質に變じ槽外に排除せらるゝのである、促腐槽に於ける最も顯著なる事實は汚泥中に生ずる多量の瓦斯で、常時泡沫となり汚泥を破り上澄水を通過して水面に出づ、此作用の激しき時は槽を爆發せしむる如き危険に遭遇したこともあつた程である、次で汚泥の大部分は水面上昇して多量の瓦斯を發生し、其結果汚泥の浮力消失して再び沈澱を開始するに至る、攝氏 15~20 度位の溫度では此作用は 3~6 週間毎に起るが常で、新設槽などは古い活動の旺盛なる槽内から汚泥を取り出し混入すれば新槽の成熟を著しく促進せしめ得る由である。

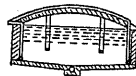
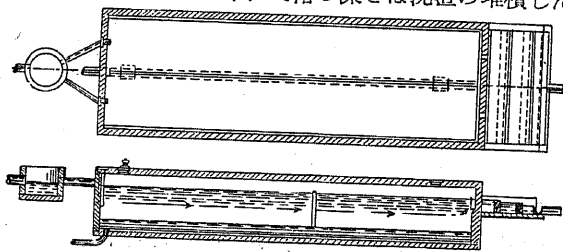
促腐槽の普通沈澱池に優る主なる特長は其沈渣量が極めて僅少で除去を屢ゝする必要のない事で、促腐槽に於ては其瓦斯の發生より見て明かなる如く汚泥中に



存在する有機物は分解して著しく其量を減ずる爲である、發明當時は此方法により汚泥の總てが液了するもの、如く誤信し非常に宣傳されたが、實際の結果は普通沈澱池に於て除き得る汚泥量の二割～二割五分を増加するに過ぎず、即ち浮游物除却に對する促腐槽の効率は 60～80 %位の程度である、又促腐槽から出づる流出水は汚水の性質、溫度及槽の構造、操作の方法等に依り相違すれども、動もすれば酸化細菌の働きを阻害するが如き物質を發生し、新鮮なる汚水よりも溶解性酸素を頗る多量に吸収し且つ屢々有害なる惡臭を發散する虞れがある、特に夏季の如き氣溫の高き場合には醗酵作用激烈にして普通よりも瓦斯の發生頻りなる爲め、浮游物を水面上上昇せしむること多く浮渣の厚さは殆んど二尺に及び三、四寸も水面上に突出することあり、促腐作用の効率を低下するのが此方法の顯著な缺點である。

促腐槽の構造は水密なるを必要とし覆蓋あるものと無蓋のもの、兩様が行はれて居る、覆蓋は臭氣の發散を防ぎ風雨に依る水面の搔亂を防止する等多少の効果はあるが、覆蓋なきも浮渣が發生して忽ち池面を覆ふて空氣の接觸を停止し且つ臭氣の發散を緩和するを以て左程の不都合なく、又槽の深さは沈渣の堆積した時

でも操作に支障なき様多少深くして置く必要がある、第 88 圖はカメロン式促腐槽の一例であるが、此方法は當初評判された程の成績も擧らず且つは忌むべき特許權の争ひの爲め



カメロン氏管槽

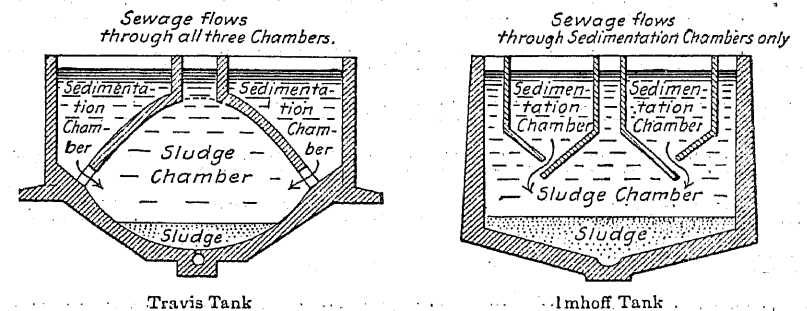
第 88 圖

人氣を落し、今日では豫備装置位の程度に止まり餘り發展はして居らぬ様である。

ニ. **トラビス槽** 1903 年英人トラビス博士 (Dr. W. O. Travis) に依り考案せ

られたもので、成るべく汚泥と汚水の接觸を回避して嫌氣菌作用の活躍を旺盛ならしめんとする目的から、促腐槽を上下二室に分ち上室を沈澱に下室を汚泥の硝化に充て、上室で沈澱を了した沈渣は小孔を通じて下室に降り此所に嫌氣菌分解を起し汚泥を硝化せしめんとするのである。

ホ. **イムホフ槽** 1907 年獨人イムホフ博士 (Dr. Karl Imhoff) の考案に成り促腐作用を最も有効に利用したものである、即ち汚水は上部の沈澱室を靜に流れ沈渣は其底の小孔を通じて下の沈渣硝化室に集まり、嫌氣細菌の分解作用を受け發生した瓦斯は浮渣室を通り空氣孔から逸出する爲め沈澱室を阻害することはない、而して沈渣は水位差を應用するか又は唧筒を用ひて排除し之を沈渣乾燥場に送るのである、イムホフ槽は獨逸型は多く圓形をなし中心より入つて四方に流出し、米國型は矩形をなし汚水は一方より入り平行に流れて他方に出づ、汚水の滯溜時間は其強度に依り相違すれども普通一時間～三時間位である、沈渣乾燥場は砂利又は燼滓の厚さ一尺位の層上に砂を薄く撒布し下に排水管を埋設したもので、沈渣を約一尺厚に廣げて自然乾燥を行ふ、斯くして得たる乾渣は殆んど無臭で肥料に適當なのである、唯此方法の缺點は數十尺の深さに達するを以て工費高く之を促腐槽に比するに同一汚水量に對し約二倍の費用を要すと云ふ、又トラビス槽と異なる點は汚泥硝化室には少しも汚水を通ぜしめぬことで第 89 圖は兩者



Travis Tank

Imhoff Tank

第 89 圖

の區別を圖示したものである。

### 第五節 濾過法 (Filtration)

**1. 灌漑法** 汚水を田畑に灌漑して穀物野菜其他の肥料に供し、天然に備はる浄化能力を利用し汚水の処理を解決せんとするもので、粗鬆の土地には最も理想的な効果ある昔から行はれ來つた大自然の方法である、汚水の肥料價値に富める事實は其化學的の成分に鑑みるも頗る明瞭で已に人口に膾炙することなれども、灌漑法に於ける施肥は通例の耕作とは全然其目的を異にし、汚水の處理が其第一義であつて植物の栽培は第二義である、従て其根本を没却して枝葉に偏し收得のみを希ふ如き所爲は此場合大禁物である。

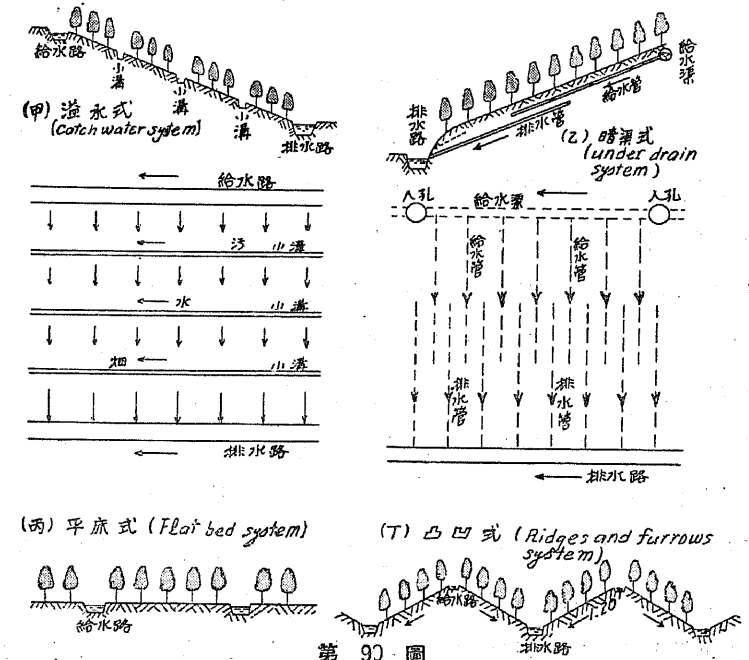
高級植物の營養分は云ふ迄もなく水であるが汚水の成分中の殆んど九割九分九厘迄は此水分なのである、汚水畑に汚水を灌ふれば其一部は植物に吸収せられ一部は蒸發するも、残る大部分は恰も砂濾床に於けると同様浮游物は地表に残存し水分のみ漸次滲透し、其間に細菌作用を助成すべき新鮮なる空氣に接觸するを以て自然に淨化せられ、遂には地層中を貫流し排水管又は地下水脈を通じて附近の水流に到達するのである、従て下水畑の土質如何は灌漑法の効率を絶対に左右する要素と云ふべく、例へば堅質粘土の如き不滲透土壤は勿論普通の壤土及亞壤土と雖も水分の貫流並びに空氣の循環不十分なるものは、假令排水設備を良好なる状態に置ても原汚水が殆んど生の儘で裂目又は罅隙より流出するに止まり濾過作用行はれざる爲め淨化上の効果は皆無に近いのである、之に反し土質が粗砂又は砂礫層より成り空隙多きものなる時は、常に多量の水分を吸収するのみならず空氣の循環自由なるを以て酸素の供給充分なるを得、汚水の處理には最も適合する譯である。

汚水は植物に同時に飯と汁兩様の好滋を饗するものである、即ち常時適量の水を與へ且つ土壤に窒素、磷酸鹽、加里鹽等を供給して居る、寡雨地方又は涸渇の

季節等には汚水より得らるゝ此水分は植物に取り實に貴き寶である、植物は窒素化合物、磷酸鹽類、加里鹽類及他の營養素を吸收する能力を自ら備へて居る、汚水が齎らす是等の物質は必ずしも攝取し易き形のみには限らないが、細菌と酸素の働きは常に是等を分解し營養に適する状態に變化するのである、然し灌漑すべき汚水量が植物の攝取する量に比較し餘りに過大なる時は、植物に有害なるは勿論流出水も亦充分に淨化を遂げ得ざる結果に陥る虞ある故其加減が必要である、又植物の攝取量は季節や温度に依つても大變動がある即ち汚水處理を目的とした場合、植物が蒙る恩惠の如きは操作の關係上餘程制限されて仕舞ふ、従て汚水畑に植付くる植物の如きは發育の早い水に強い無理の利く種類を選ぶことが肝腎で、通常裸麥類、黍類、牧草類、柳類、水草類、菖蒲類、キヤベツ蕪菁大根等の蔬菜類各種の草花などが珍重せらるゝ様である。

汚水畑に汚水を灌漑する方法には地形に應じ色々な工夫が講ぜられて居る、勾配のある

土地では第90圖の(甲)の如く地形を應用して極めて緩勾配に給水路及排水路を設け畑の幅が廣ければ其間に



第 90 圖

適宜小溝を幾本か開鑿し給水路より直接地表に汚水を溢流せしむる仕方もあり、又(乙)の様に給水及排水の爲め徑五、六寸位の陶管又はモルター管を盲暗渠に埋設し全く暗渠式に據る場合もある、平坦地に於ては(丙)の様に畑中に數尺又は十數尺毎の間隔に溝渠を開鑿し、此溝へ汚水を流して周圍に徐々に滲透せしめて植物の根を潤す方法、又は地表を(丁)の如く凹凸形に地均らし、峯には給水渠を谷には排水渠を設けて給水渠よりの溢流により灌漑を行ふものもある、尙汚水の注入方法は成るべく緩かに行ひ長時間大氣に曝露せしむるか、又は濾過の働きを最も有効に酸化を充分ならしむる様工夫し、時折休息を與へ間歇的に汚水を灌注することが處理の効果を最大ならしむる上に肝要である。

灌漑法は其設備並びに取扱が至極簡便で効果も亦頗る顯著ではあるが、何分にも面積を要することが莫大なる爲め河川の三角洲、海岸の砂丘、特種な礫礫地、又は砂漠地方の様な、砂礫を主とする滲透性の地層で而かも大廣袤の土地でなければ應用が至難である。

Royal Commission の調査報告に依れば、最も灌漑に適應する砂礫に富んだ滲透性の地層でも、毎エーカー 30,000 ガロン即ち約 1,000 人分の汚水處理が極度で、最も不良なる不滲透性に近き土地では以上の十分一、即ち毎エーカー 300 ガロン即ち約 100 人分の汚水處理が最大限である、又 Rideal 氏(1906)の説では壤土交りの礫礫地では面積 1 エーカーに付最良の状態に於て五百人分、普通状態に於ても尙百人分の汚水を處理し得れども、粘土地方では其量僅かに二十五人分に低下する場合も起るとの事である、之を實例に徴するに巴里市下水の灌漑畑は 1905 年の調査で大小四箇所、此總面積 13,597 エーカーで 1 日 185,000,000 ガロンの汚水を處理し得るを以て其効果は毎エーカー 12,000 ガロンに相當する、而も是等の下水畑は殆んどセーヌ河の古い沖積層から成り灌漑には極めて適應する土地柄で、尙汚水は唧筒場で沈澱池を通過し充分に除塵されたものである、伯林市下水の灌漑畑は市の南北に散在し 1907 年の調査では其數凡そ八箇所、此總面積 39,

000 エーカーに達し土質は概して輕鬆なる砂質に屬し下水畑には克く適合し、其効率は 1 日 1 エーカーに付 3,000 ガロンを完全に處理して居るが、驚く勿れ下水畑の總面積は實に伯林市廣袤の一倍半に當り恰も人口一人に付約二十四坪を占むる割合に相當するのである。

其他獨逸に於てはダンチツヒ市の下水畑は 1 日 1 エーカー 7,000 ガロンを處理し、ブルンスヅツク市では同 2,000 ガロンを、又英國に於てはレーミングトン及レクサム市の下水畑は同 2,000 ガロン、シルテンハムでは同 15,000 ガロンの汚水を處理して居る、以上を綜合すれば下水畑の効率は實際 1 日 1 エーカー當最大 15,000 ガロンから最小 2,000 ガロンに相當する譯で、其平均量を 4,000 ガロンと看做すも人口一人に付約十坪の面積を必要とする次第である。

□. 間歇濾過法 灌漑法の効果は前述した通り良好ではあるが、廣大なる滲透質の大地積を要することが缺點で、殊更都會地の附近に斯かる地層の大地積を求むることは殆んど不可能の場合が多い、依て人爲的に砂又は礫を用ひて濾床を造り灌漑法に代へんとするのが間歇濾過法である、實驗の結果一定の大きさ及均一性に篩別した粗砂又は礫を厚四、五尺の層に作り、汚水を濾過する時は極めて清澄となり細菌的にも他の何れの方法より成績が勝れ、其所要面積も亦灌漑法の約十分一にて足ることが證明されて來た、間歇濾過床は成る可くは自然に従ひ天然の砂丘或は砂利層の場所を利用し、上部に堆積する不滲透性の表土を完全に除き平坦に敷き均したる後、適當に篩別した粗砂及礫を用ひて少くも四尺厚以上の濾床を築き、其底に盲目式の排水渠を適宜敷設し濾床の周圍には堤防を廻らすのであるが、萬一天然に斯かる地勢を求め得ざる場合は全く人工的に敷上の施設を行ふ必要がある、普通の濾床は其一池分有効面積 0.25~1.00 エーカー位の程度で必要に應じ、是等を連接して適當に配置すべきである、又濾床の下が砂利又は礫層等より成り自然排水が可能で且つ地下水位が遙かに低い様な場合は格別に排水路を設けぬこともあるが、觸氣を助長せしむる必要上濾床中の汚水滯溜は絶対に避

ければならぬ、即ち濾過後の排水に關しては最も完備した施設を行ふことが肝要である。

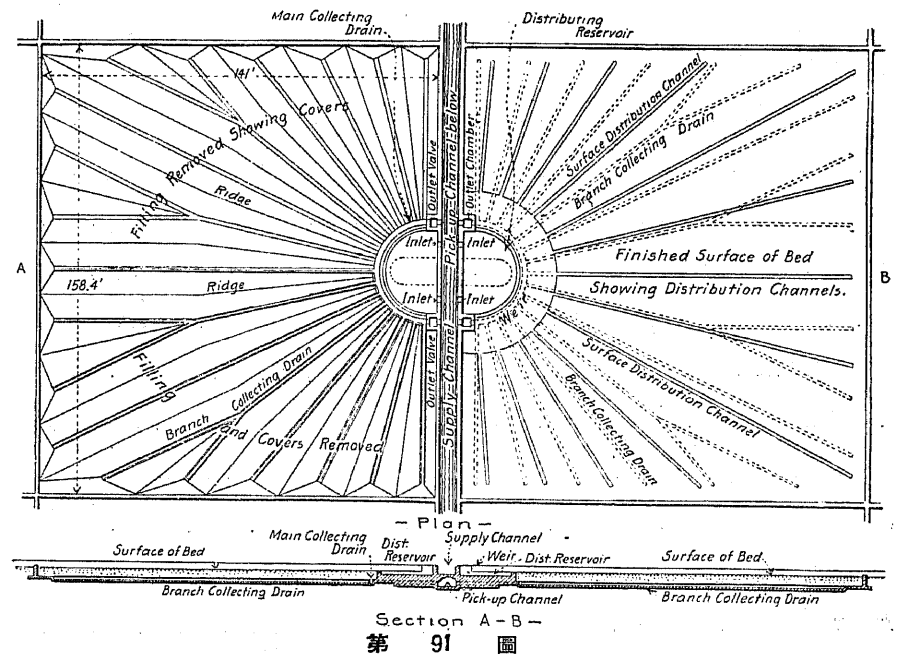
濾床上に汚水を注げば浮游物中の粗大なるものは先づ其表面に止まり自然に濾過膜の薄層を形作るのである、然し餘りに過大なる浮游物又は固形物の沈澱は膜の發生を妨げ且つ之を破損する虞ある故、豫め沈砂並びに除塵の装置を完備して床の保護に努むべきは云ふ迄もなく、濾床表面の掃除を時折施行して濾床の働きを敏活ならしむる事が肝要で此注意は後説の他の濾床の場合も同様である、細菌作用は濾過膜並びに表面に近き砂層に棲息する好氣菌が充分なる空氣の供給の下に活動し、淨化を遂ぐるものなれば空氣の循環補充を自在にする爲め濾床は成るべく乾燥状態に存置する必要がある、依て連続して汚水を流注する時は著しく其効率を減ずるを以て間歇的に注入を行ふ、即ち先づ汚水を濾床上一、二寸の深さに流し三十分内外で是等は砂面下に沈み、尙濾過せられて排出を終る迄新に汚水を加へず充分休息せしめ五六時間毎に一回位の割合に汚水を漲らす如く操作するのが常で、汚水處理に關する其効率は1日1エーカー當 50,000~70,000 ガロン即ち人口一人に付約一坪あれば充分事足ると稱せられて居る。

ハ、接觸濾床法 間歇濾過法に據るも尙ほ相當の大面積を要し砂層又は礫層の如き滲透性地盤を必要とするが故に、英國の如き砂の少い土地に應用することは中々至難であつた、依て英人デブデン氏(W. J. Dibdin) は 1893~1904 年に互り之が代法に就き色々研究の結果、遂に考案したのが此接觸濾床法なので又細菌床法(Bacteria bed) とも稱へられて居る、接觸濾床は普通混凝土等で造られた水密無蓋の濾池を使用し恰も上水道の濾過池の如く、池の底部中央に排水主溝を設け尙排水を均等ならしむる様盲目式の排水支管を取付け主溝には穿孔した覆蓋を施し排水管渠の大きさは三十分乃至一時間半位で完全に全池を空にする程度の能力を備ふる事が取扱上必要である、濾池の深さは最小二尺五寸最大六尺を限度とし三四尺位が普通で、一池の容量は大低乾天時汚水量の二時間分位を取入れる程度に

採り、其數即ち總容量は操作の關係で色々相違して居るが先づ一日分總汚水量の半量乃至全量を收容する位が通例の様である。

濾床の厚さは通常三尺前後で之を形作る材料は堅牢で非碎脆質な而して空氣の出入に自由な様空隙の多いものが最上である、今日迄主として用ひられた材料は、碎石、砂利、燃滓、コークス、石炭、鑛滓、煉瓦屑、陶器屑等であるが、是等の大きさは其品質並びに濾床層の上下などの區分で多少は違ふが大體 0.25~3 吋位が普通の様である、又如何なる材料が淨化上最も有効であるか、バーミングアム市で行つた流出水に對する酸素吸收量減を基とした調査では、碎石の場合吸收酸素の減少率 64%、鑛滓では同 71%、石炭は同 93%と云ふ成績で石炭が最良の結果を示し、之に次ではコークスが一般に有効と認められて居る。

接觸濾床の毎日取扱ふ操作回数は正直に其効率を表明するものである、即ち最善の成績を示せる標準として、ハンブルグ市では毎日二回宛、バーミングアム市



第 91 圖

では毎日三回宛、倫敦市のバーキング処理場では毎日二回宛、同クロスネス処理場では同四回宛が最も有効であつたと報告され、如何なる場合でも一晝夜一回未満の操作は格別効果なきに一致する様である、要するに接觸濾床の操作は流入及排出を最も迅速に行ひ、接觸には少くも二時間以上を與へ、濾床の休養には成るべく長時間を採る様心掛けることが肝腎で、此方法に據る所用面積は人口 1,000 人當 300 坪位だと稱されて居る、第 91 圖はマンチェスター市に於ける接觸濾床の略圖である。

二. 撒布濾床法 接觸濾床法の酸化力は専ら其休養中に吸収せらるゝ大氣の酸素量に基因するものなれば、濾床の淨化能力は全然此休養の長短に左右せらるゝのみならず、満水の際でも汚水の收容力は濾材等に遮られ池の全容積に比し其半ばにも達せぬ場合が多い、是等の缺陷及制限を撤廢する爲めの考案が即ち撒布濾床法にして、其構造に於て著しく異なる點は濾池を水密的に築造する必要なきこと、及汚水を池に間歇的に満たす代りに之を上方から殆んど連続的に撒布又は點滴することである。

撒布濾床に行はるゝ各種の作用は接觸濾床に於て行はるものと殆んど酷似し、浮游物固有の粘着及吸着力が其固體及液體成分を濾床の表面に引留め、斯くして自然に作らるゝ濾過膜中の細菌が肝腎の淨化作用を営むのである、然し細密に論究すれば化學的作用に於て接觸濾床の方は分解の結果遊離アンモニアは發生すれども、撒布濾床に於ては硝酸鹽及安定なる有機物を形成するのである、又此方法に依れば接觸濾床の短時間なるに比し長時間引續き酸素を吸収せしめ得る故嫌氣菌作用の危険も著しく減ずる、尙撒布濾床の働きは一面自己淨化とも云ひ得べく即ち豫備沈澱等丈けでは除き得ざる、コロイド状又は溶解性浮游物を濾床の間に機械的に引留め或は吸収附著せしめ、是等を細菌ゼリーに吸収せしめ其作用に委すべき機會を提供する譯である、酸化作用は殆んど接觸濾床と等しく有機物は腐蝕土様物質に變じて炭酸瓦斯を分解し、或は他の溶解性又は瓦斯状となり其含有

窒素分は酸化を受けてアンモニア、硝酸鹽及亞硝酸鹽を生ずるのである、濾床内に存在する各種の微生物の働きは主として好氣菌作用に基くもので、空氣の供給を減すれば是等の活動は著しく減退し淨化の程度に影響するに至る、微生物中には顯微鏡のみに依り見分け得べき微細のものより大は二、三寸大の地虫等が生存し是等は又細菌と共に腐敗性有機物を無害化する働きをなして居る、而して是等の作用は常に氣候溫度及其他の情況に應じて變化するは素より當然の歸結である。

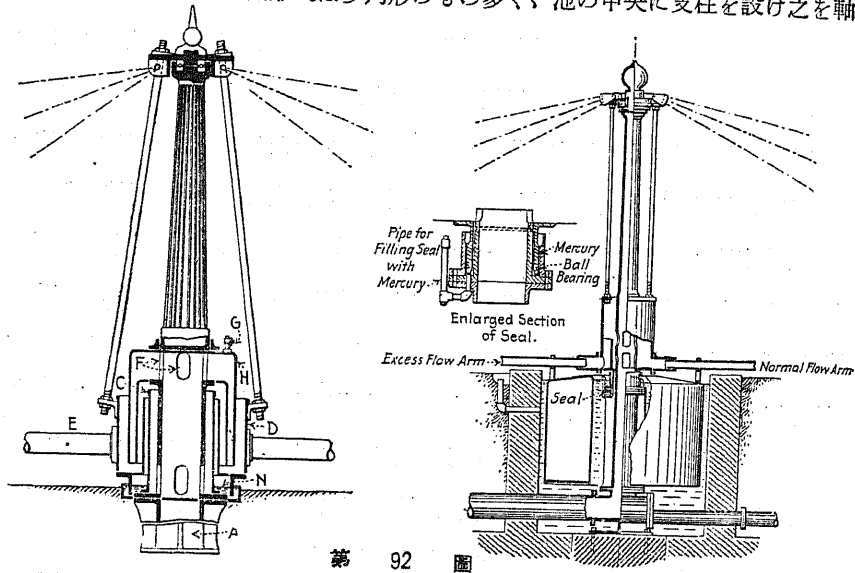
撒布濾床法は 1893 年スタッグード氏(Stoddard)の考案に成り、大氣の流通を充分ならしむる爲め多孔性の周壁で廻らされた濾池内に、通常コークス、石炭、鑛滓、煉瓦屑、又は砂利碎石の類を用ひて厚さ五尺~九尺位の濾床を築き、下層程粗大のものを用ひ空氣の流通を完全にし縦横に排水管を設備して濾床の濕潤を避けしむ、濾材の大きさは 0.25~3 吋位が通例で其材種に依り濾床厚を相應に加減し得るものゝ様である、即ち各種濾材の均等能率を比較したクリフォード氏(Mr Clifford)の實驗成績は第 44 表の如くであつた。

第 45 表 撒布濾床に於ける各種濾材の均等能率 (100 分時繼續實驗)

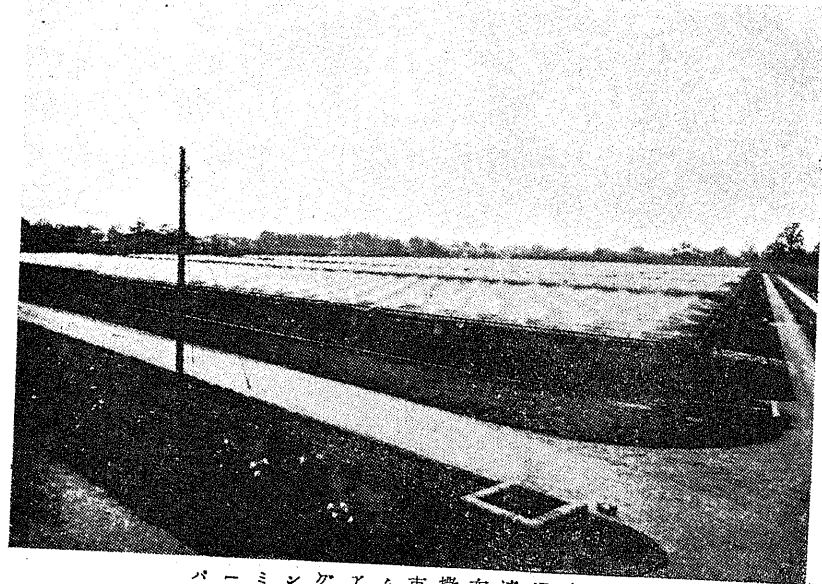
砂 利		石 炭		鑛 滓		煉 瓦 屑	
濾材の大きさ (吋)	濾床の厚さ (呎)	濾材の大きさ (吋)	濾床の厚さ (呎)	濾材の大きさ (吋)	濾床の厚さ (呎)	濾材の大きさ (吋)	濾床の厚さ (呎)
1- $\frac{3}{4}$	8' 3"	3/4-5/8	7' 2"	1 $\frac{1}{4}$ -3/4	6' 1"	1-3/4	6' 1"
3/4-5/8	7' 3"	1/2-3/8	5' 2"	3/4-5/8	5' 4"	5/8-3/8	3' 9"
5/8-1/2	6' 7"	3/8-1/4	4' 5"	5/8-3/8	4' 9"	—	—
1/2-1/4	4' 4"	1/4-1/8	4' 0"	3/8-1/4	4' 0"	—	—
—	—	—	—	1/4-1/8	3' 10"	—	—

汚水を濾床に撒布するには噴水法又は點滴法を採用し常時均一に床面を潤すのであるが、給水管及放出蛇口の閉塞等を防ぎ濾床中の空隙填充を避け、常に空氣の疏通を善良にし處理の効果を完全ならしめんとするには、必ず沈砂除塵の方法を講じ沈澱操作を遂行せしむる等充分なる豫備行爲が必要である、濾池の形状は

汚水撒布の仕方に依り圓形、矩形、三角形、六角形等頗る區々だが、廻轉式自動撒布機を用ふるものは圓形又は多角形のもの多く、池の中央に支柱を設け之を軸

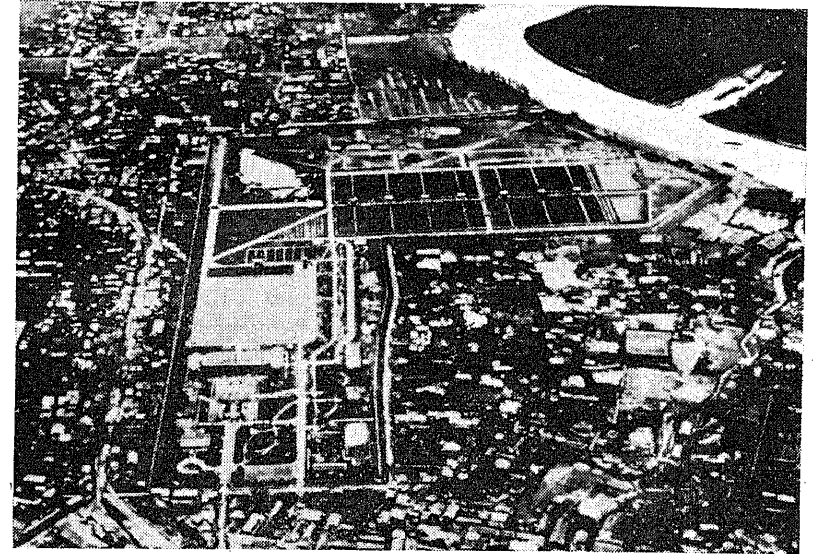


第 92 圖

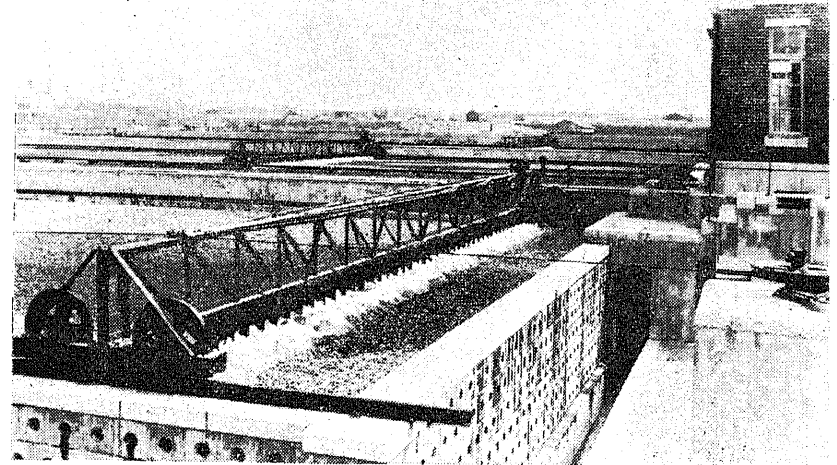


バーミンガム市撒布濾過床

とし廻轉する水平管を取付け此水平管から一方にのみ水平に汚水を迸出し其反力を利用し自動的に廻轉せしめ、一定した速力で萬遍なく濾床上に撒布するので主

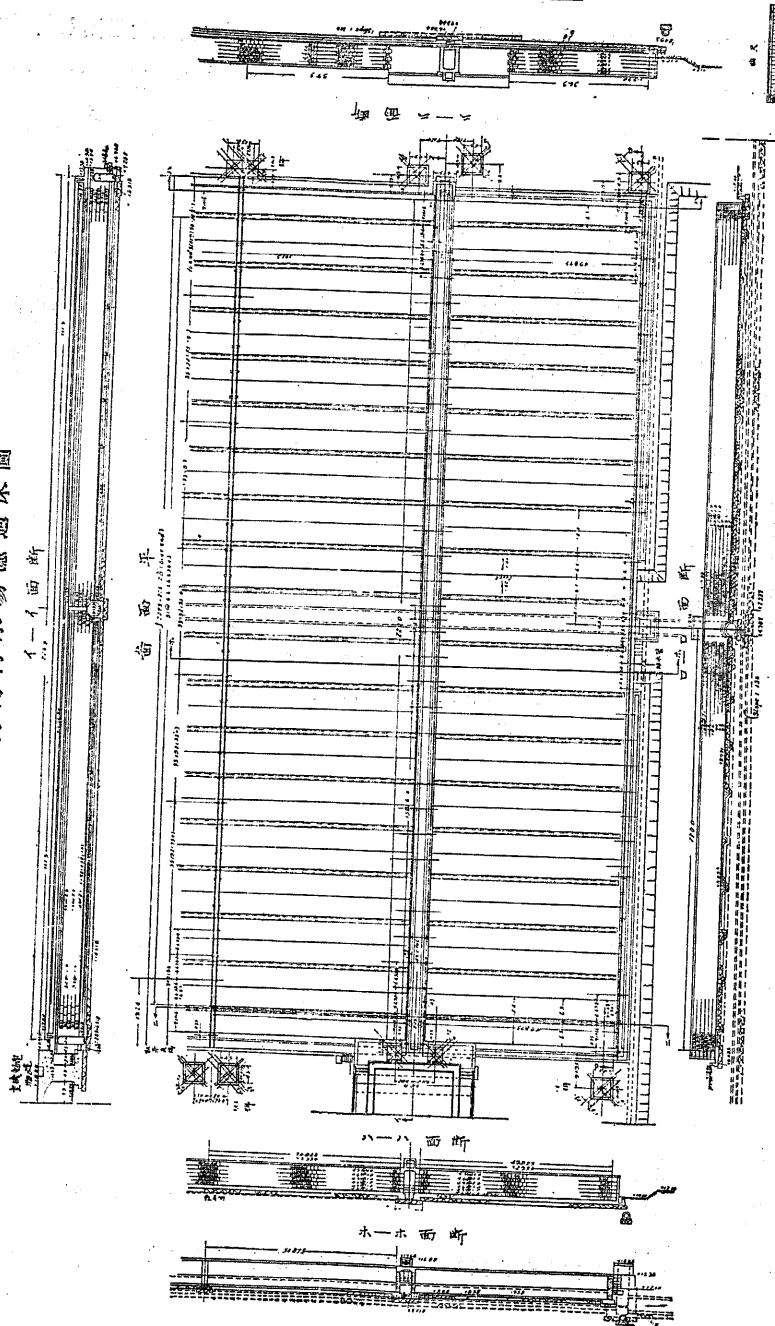


東京市下水道 三河島汚水處分場  
右より隅田川、濾過床、沈澱池、ポンプ場等見ゆ



東京市下水道 三河島汚水處分場撒布濾過床

東京市三河島污水場濾過床圖



として小規模のものに多い(第92圖参照)噴水法に據るものは、矩形が普通で給水管を濾床中又は其底部に配置し十尺前後の間隔毎に豎管を出だし其先きに蛇口を取付け、水壓に依り濾床面上五尺から八尺位の高さに噴霧状に放出せしむ、英のパーミングアム市米のバルチモア市等に此方法に基く大設備がある、又水頭の充分ならざる時は可動式点滴機を使用する機会が多い、濾池の形は普通細長い矩形で兩側に軌道を設け電力又は自個水勢の反動等にて移動せしめ、床上に汚水を普遍的に点滴撒布せしむるので第93圖は東京市三河島污水場撒布濾床圖である。

英國に於ける過去十數年の實績等を綜合するに、其地勢が稀釋法又は灌溉法、間歇濾過法等を採る能はざる場合、効率並びに經濟上の見地から此撒布濾床法は最も優秀なる高級處理法と認め得べく、即ち所用面積も接觸濾床の1/2~1/3即ち人口1,000に付100~150坪位あれば充分で、又酸化が充分なる結果細菌も七割は減少し特に大腸菌の如きは83%も除かれた場合もある、唯此方法に據る最後の流出水は稍々混濁して色彩を帯び多少の臭氣を伴ふこと、及蠅の發生夥だしく其害の顯著なるは缺點と云へば缺點とも認めらるゝ次第である。

### 第六節 促進汚泥法(Activated sludge process)

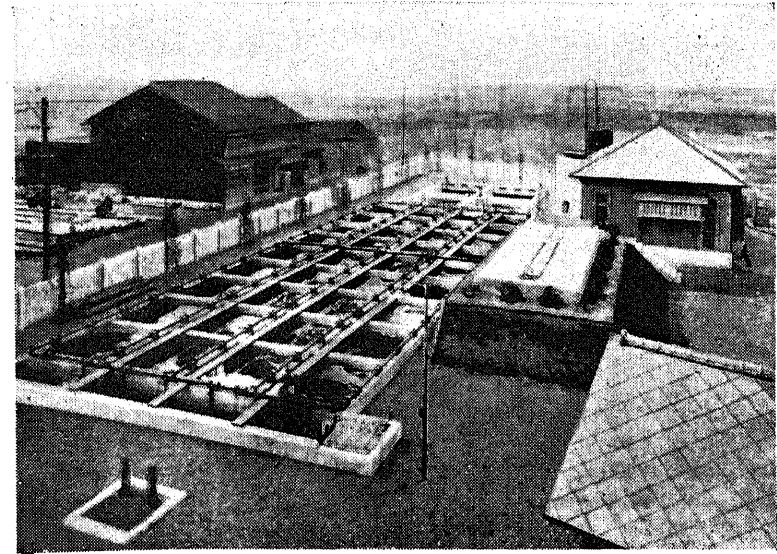
最も斬新なる污水處理方法の一つで未だ大規模に廣く用ひられて居る譯ではないが、各都市に行はれた試験の成績は何れも良好で他の方法に比し著しく處理場の面積を縮小し得ること、淨化の効率が高いこと等に於て殆んど匹敵するものなく、今後滓渣の處置其他取扱上に不便不利を伴はざる限り將來の研究と相俟ち、相應に權威ある處理方法として發展すべき趨勢を示しつつあるは、實に促進汚泥に據る此新らしき處理方法なのである。

沿革 本法は細菌學者化學者並びに土木學者の綜合的研究の賜であるが、其基準に至りては細菌學上の研鑽に負ふ所實に大なるものがある、彼の濾過法に據る

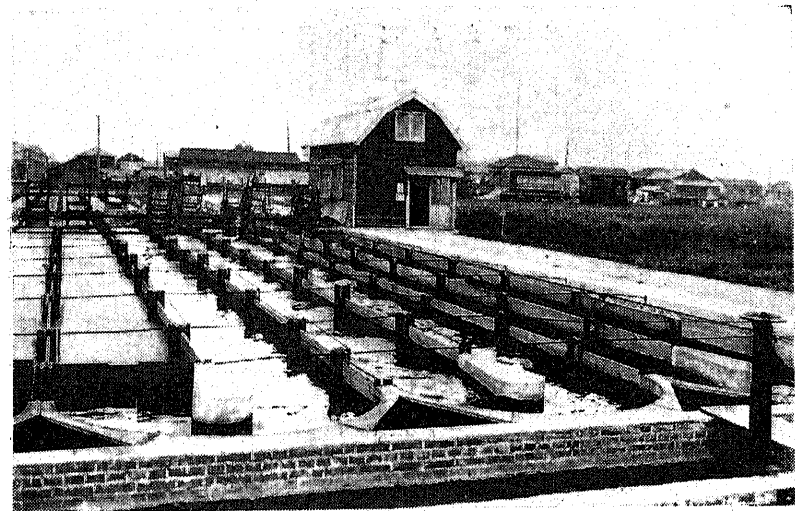
第 93 圖



汚水清淨は主として細菌の活動に依るものなるは 1895 年英人デブデン氏の指摘したことで、超えて 1902 年デューンバー氏 (W. P. Dunbar) は汚水の清淨は濾床上の汚泥に依るものなるを力説し、次で 1912 年米國ローレンス下水實驗所に於てクラーク氏 (H. W. Clark) は汚水通風の實驗を遂げ本法進展の素因を作つた、偶々マンチェスター市のフアウラー博士 (Dr. Fowler) 米國を訪問し此實驗から暗示を得、歸英後直に研究に着手し翌 1913 年汚水に酸化菌を混入すれば通風六時間にして其清淨を遂げらるゝことを發表し、翌年更にアルダーン及ロツケット (Arderern and Lockett) 兩氏は、汚水に空氣のみを送入し完全硝化を期する爲めには五週間を要するも、充分曝氣して得たる活勢に富む汚泥 (Sludge) を汚水に加へ空氣を送入する時は、硝化作用は頗る促進せられ之を實驗の結果に見るに、促進汚泥を汚水量の 20~25% 程混入して曝氣攪拌すれば僅かに六時間にして目的を達し、汚水は完全に硝化し同時に有害菌の大部分は除去せられ流出水は殆んど清淨に復歸した旨を詳細に報告した、爾來英國では 1917 年以降ウイシントン、サルフォード、ウースター及スタンフォールド等の諸市に於て本法を實地に應用し好結果を収めし爲め、リーディング、ストックポート、セフィールド、ハンレー、バーミンガム、プユリイ、倫敦、ブラツトフォールド等の諸市に於ても夫々實驗を開始して居る、更に米國に就て見るに 1915 年以降ミルウオーキー、クリーブランド、フューストン、シカゴ等の諸市に稍々大規模なる試験設備を實施し何れも好成績を示したので、最近ミルウオーキー市の如きは全市の汚水を此方法に據り處理するの計畫を敢行した、處理人口約六十五萬人、日々處理汚水量八千五百萬米ガロン、總工費四百三十萬弗、實に現今に於ては世界最大の施設である、我國に於ても七、八年以前より名古屋、東京、大阪の三市に於て此方法に據る實驗を試み何れも相當の好成績を得たので、名古屋市の如きは本法に據る堀留下水處分場 (同市の中樞流域約四百萬坪、處理人口三十萬人に對する施設) 及熱田下水處分場 (熱田方面流域約百六十二萬坪、處理人口十三萬人に對する施設) 工事を、昭和三年



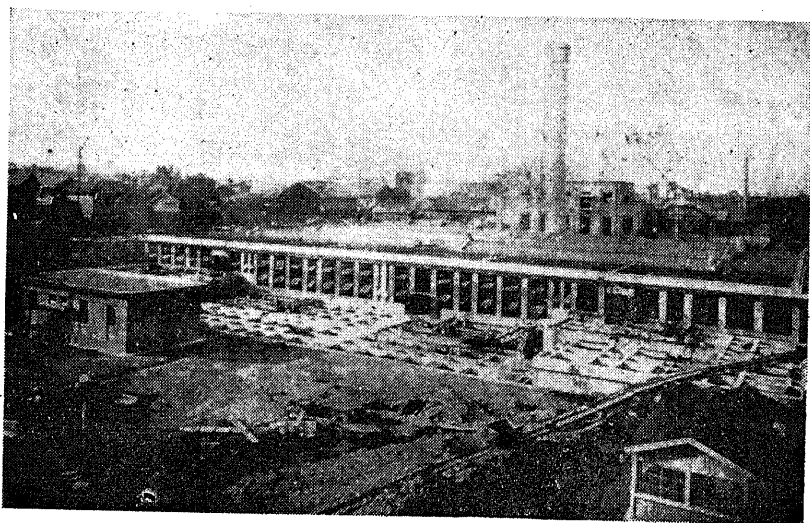
大阪市下灘道 市岡 汚水處分場  
促進汚泥法採用の先驅



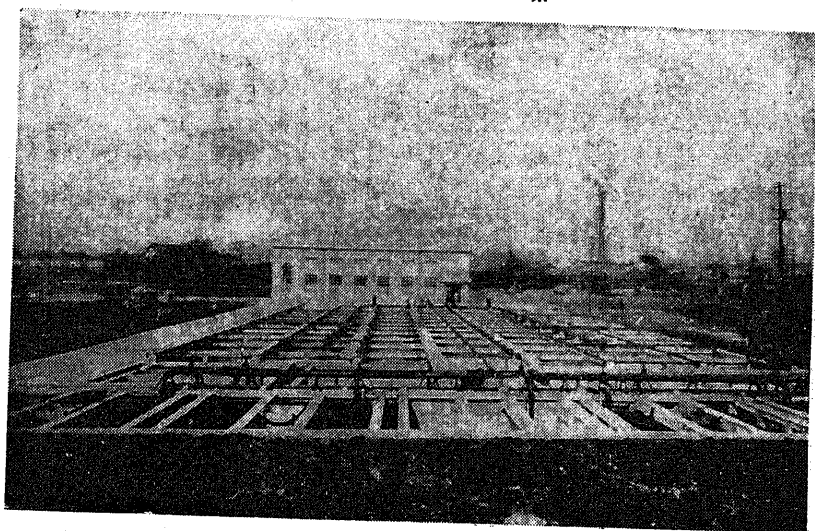
東京市三河島汚水處分場 促進汚泥法試験設備

七月から起工同五年十月竣功した此總工費百八十九萬圓である、又大阪市に於て

も同市の中央部約千四十六萬坪の流域内に屬する汚水を處理する爲め、本法に據る處分場を設置せんとし已に其筋の認可を得現に起工中で、總工費額は實に一千六百九十三萬餘圓と稱せられて居る。



堀留處理場全景



熱田處理場全景

**原理** 促進汚泥法の目的を略述すれば、豫め汚水中に長時間空気を送入し熱化せしめて得たる所謂促進作用を有する汚泥の適量を新鮮汚水に混和し、更に機械的攪拌又は壓搾空氣の吹込みを行ひ酸化並びに好氣菌の活動を促進して汚水中の浮游物並びに溶解有機物を完全に硝化分解せしめんとするにある、從て其原理は濾床の場合と同様汚水が清淨菌を保有する濾材の空隙間を潛行しつつ、是等に接觸して淨化せらるゝが如く、本法にありても亦清淨菌を有する汚泥が攪拌又は空氣吹込みにより汚水中を上下左右する間に淨化せらるゝもので、硝化及酸化が完全に行はるゝ爲め生産汚泥沈澱後の流出水は高度に透明となり含有する細菌も亦略々除去せらるゝを以て、完全に汚水淨化の目的を達成するのみならず、沈澱せる汚泥は水分多く腐敗性に富み乾燥には少々困難だが窒素の含有量多きが故に肥料としての價値は充分である。

**設備概要** 促進汚泥法に據る處理場設備としては他の處理法に於けると同じく先づ豫備處理の爲め沈砂及除塵の方法を講じ、次に本法を行ふに必要な曝氣槽、沈澱槽、汚泥槽、汚泥再曝氣槽及剩餘汚泥處分装置等の設備を施せば充分で此外には所用に應じて送水唧筒、汚泥唧筒及空氣壓搾機、各種の配管設備、送風管排氣筒などの施設を行ふ必要がある。

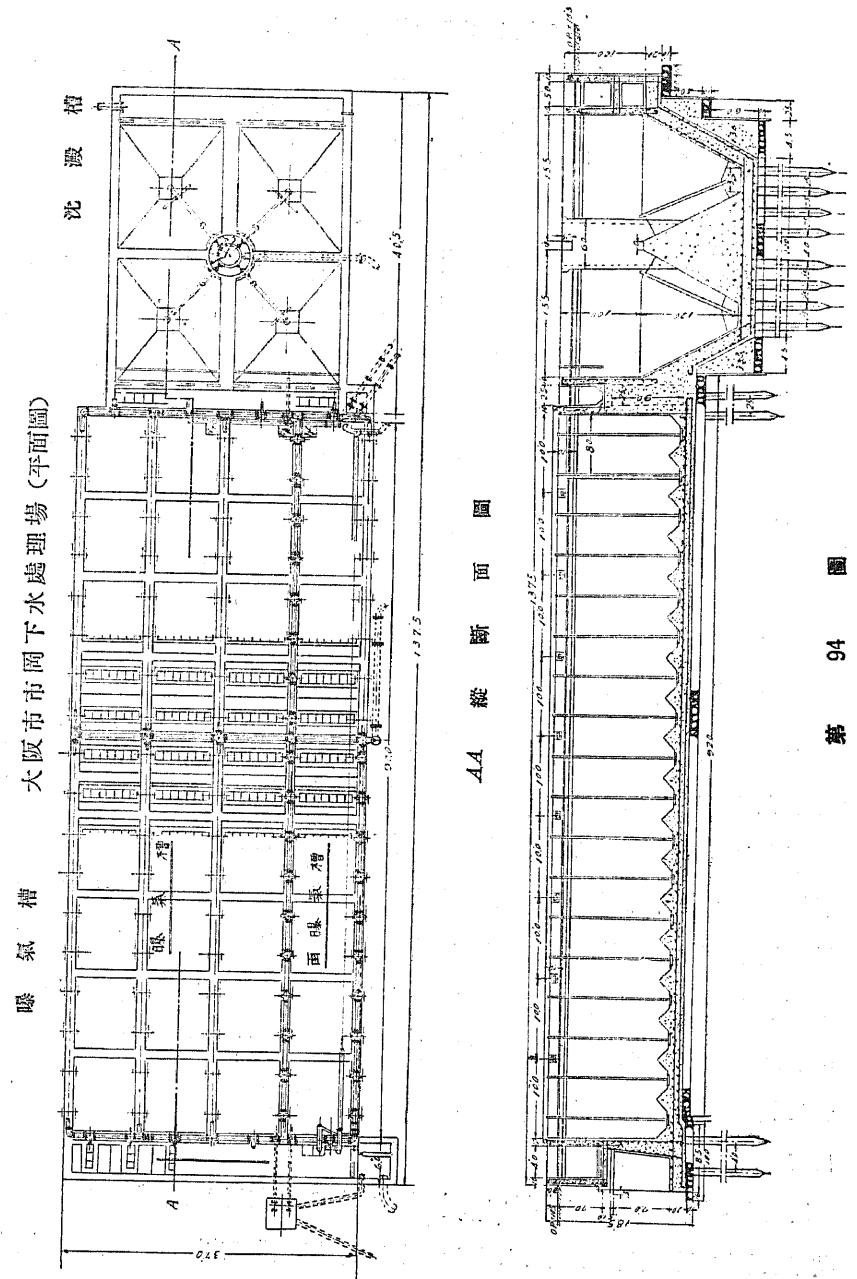
**曝氣槽(Aeration tank)** 曝氣槽は本處理場設備中最も重要な位置を占むるもので、曝氣を空氣吹込法(Blowing air)に依つて行ふ場合と機械攪拌法(Mechanical Agitation)で行ふ場合とに依り多少は違ふが、其容量は處理すべき汚水量及必要な曝氣時間の長短に依つて定まる譯で、槽の深さは通常 6~15 尺位、幅員は規模の大小に依り異なるも大抵 6~20 尺程度、長さは長い程都合がよいが建設の具合や敷地の恰好などから制限を受け折廻式を用ひ循環水路とする場合が多い、底は攪拌法の場合は簡單でよいが空氣吹込法を採用する時には畝溝式(Ridge and valley type)又は螺流式に造るのが普通で、水流に直角に畝溝を設け谷間に撒氣装置(Air Diffuser)を配置するのである、撒氣装置には一尺角厚一寸五分位の多

孔質人造石版又は同様の陶器版を用ふるのが普通だが稀に有孔細管を採用する場合もある、要は撒氣装置を通じ空気が氣泡となり汚水を萬遍なく攪拌せしむることが肝腎である。

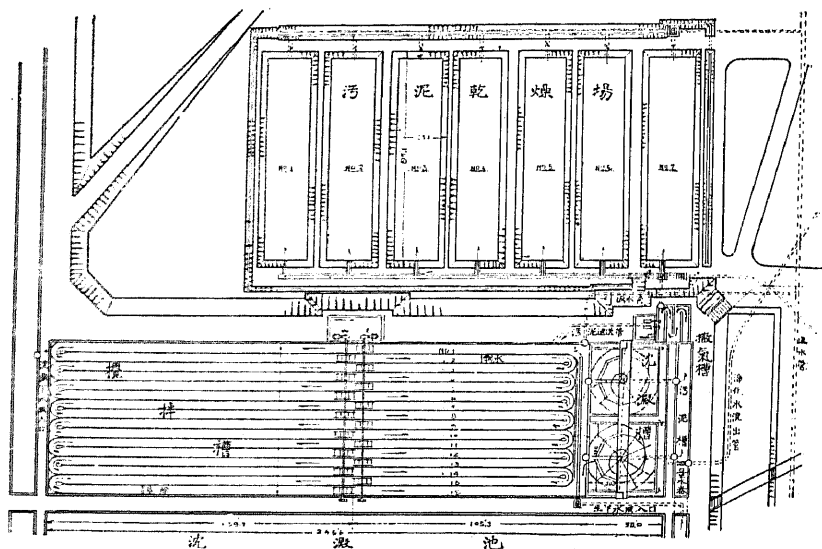
**沈澱槽**(Settling tank) 曝氣槽内の汚水は曝氣後と雖も尚多少の固形物を含有するが故に、之を沈澄せしむる爲めに沈澱槽を設備する必要が起る、沈澱槽の構造は掃除に便宜な様底部を倒錐形となし最深部に汚泥汲揚管を設置するものが多く、有効容量は普通乾天時汚水量の 1~3 時間位あれば充分で、曝氣槽からの汚水はノツチを通じて本槽に入り更に沈澱を了した上澄水のみを同じくノツチを通じて槽外に流出せしむる様装置するのが普通である。

**汚泥槽**(Sludge tank) 沈澱槽内に沈澱したる汚泥は汚泥唧筒に依り一旦本槽に汲揚し更に沈澱せしめたる後、底部の濃厚なる部分より促進汚泥として必要なる量を鐵管に依り汚泥再曝氣槽に導き、他は過剰汚泥として處分するのである、汚泥槽の構造は大體沈澱槽と同じく底部を漏斗形となし汚泥掻寄機等を装置するものが多い、汚泥再曝氣槽は促進汚泥として汚水に加ふべき汚泥の熟化に供する爲めの所用で普通曝氣槽に隣接して設く、而して其構造等は殆んど曝氣槽と同様であるが、再曝氣は三時間位を標準とし此所で充分に曝氣され活氣に富んだ汚泥は、揚水唧筒に依り鐵管を通じて汚泥混和槽に導かれ再び新鮮汚水中に混入して其淨化を助成するのである、第 94 圖は大阪市市岡下水道処理場に於ける是等施設の一例である。

**還送汚泥量**(Return sludge) 處理すべき汚水に依るもの故頗る區々で一定することが出来ない、歐米の實驗では普通強度の汚水に對し混和すべき促進汚泥量は其含水量を 98% と看做し、先づ處理汚水量の 20~25% を以て適量と認めて居る様であるが、我國の汚水は尿尿の混入が少い爲めか大阪市の實驗等では、島崎同水道部長の報告に依るも僅に 8.5~12% 位で充分だと云ふことである、然し工場廢水等を多量に含む強汚水では、シカゴ市に於ける實驗に見るも促進汚泥



東京市攪拌式促進汚泥法試験設備



第 95 圖

の混和量が 5% 以上に及ぶ場合も往々有り勝な様に思ふ。

**曝気時間 (Period of Aeration)** 処理すべき汚水の性質、強軟、浮游物の大小其含有状態などに依り著しく相違して居る、普通の家庭汚水などでは三乃至四時間の曝気で充分だが、工場廢水を相應に含む強汚水では先づ六乃至八時間位の曝氣を必要とし、最も強度の高い汚水などでは十時間又は夫れ以上の曝氣を要する場合も稀ではない、然し經濟上の見地から米國の都市では其標準曝氣時間を四乃至八時間に選ぶのが通例の様である、曝氣後の沈澱時間も亦含有汚泥の量及性質に準るので頗る區々であるが、普通汚水では毎分三尺前後の流速を標準とし先づ三十分乃至一時間位、強汚水でも一層流速を緩め最大二時間位を沈澱せしむれば充分だと報告されて居る。

**所要空氣量 (Quantity of Air required)** 空氣の供給は汚水を攪拌すると同時に其好氣菌作用を敏活に遂行せしめんが爲めで、單に攪拌作用のみなれば機械的方

法に依り容易に其目的が達成せらるゝのであるが、他面には充分に溶解した酸素を供給し其好氣菌作用の發現を促す爲めに通氣が極めて重要な意義を有する譯である、然し細菌發生を促す爲めに必要な酸素量は比較的僅少なもので、通常曝氣中に吸収せらるゝ酸素總量の 5~10% に過ぎぬ、即ち普通汚水では 5% 内外あれば充分で製革工場の廢水の様な強汚水でも 10% を利用し得れば満足な様である、要するに本法に據る空氣の所要量は、(イ) 処理すべき汚水量、(ロ) 所要の處理高級度、(ハ) 曝氣時間、(ニ) 還送汚水量、(ホ) 曝氣中の溫度、等から定むべきもので無論如何なる場合でも汚水の性質に依り違ふが、空氣吹込法に據り壓搾空氣を數時間に渉る曝氣作業中絶えず連続して供給する時には、処理すべき汚水 1 ガロンに付大氣 1~6 立方呎を充つれば先づ充分と認められて居る、第 45 表は六時間の連續曝氣を標準とした 所要空氣量の大體を例示したものである。

第 46 表 所要空氣量の大體標準

汚水の性質	汚水 1 ガロンに對する 所要空氣量
(1) 普通家庭のみの都市の弱汚水では	1.0 立方呎
(2) 多少の工場廢水を含める都市の強汚水では	1.5 "
(3) 相應なる工場廢水を含める都市の弱汚水では	2.0 "
(4) 同上 強汚水では	3.0 "
(5) 織維工場、製鞣工場等を有する都市の強汚水では	4.0 "
(6) 織維工場、製鞣工場等の廢水では	5.0 "
(7) 同上コロイド狀浮游物を多量に含む強廢水では	6.0 "

**所要氣壓** 空氣吹込法に據り空氣を汚水中に送入するには曝氣槽の底から人工的に作った撒氣版を通じて吹き込むのが普通で、此場合空氣の所要壓力は槽の水深に應じ相違すべきは當然で、通常一平方時に付 2.5~10 封度位が最も適當の様である、即ちミルウォーキー市では曝氣四時間沈澱約三十分汚水 1 米ガロンに

付壓力 7 封度の空氣 1.5 立方呎、クリーブランド市では曝氣二時間沈澱三十分氣壓 9 封度、フューストン市では曝氣二時間沈澱三十分汚水一米ガロンに付氣壓 5.5 封度のもの 1.4 立方呎、シカゴ市では汚水一米ガロンに付壓力 6~8.5 封度のもの 1.5~2 立方呎、英國マンチェスター市ヴァインシングトン處理場では曝氣三~四時間、沈澱二時間、汚水一英ガロンに付氣壓 3.5 封度のもの 1.35 立方呎を標準に其汚水處理を實行し、名古屋市では現に 9 封度(最大 10)の空氣を用ひ大阪市では最大 8.5 封度の空氣を使用せんとして居る如きは此好例と思ふ。

**機械攪拌法 (Mechanical Agitation)** 原理は空氣吹込法と異ならざれども唯促進汚泥法に於ける汚水攪拌作業を、空氣を以て行ふ代りに機械的に蹠輪 (Paddle wheel) を廻轉せしむる装置である、本法は英國セフィールド市の化學者ハウオース氏 (Mr. Haworth) の考案に成り、1921 年 11 月始めて同市の汚水處理に採用されたもので、ハウオース氏は促進汚泥法に於ける酸素の有効消費量を化學上から研究した結果、其量の極めて僅少なるに鑑み此程度の酸素量は攪拌中水面に接觸する空氣からで充分と思ふ、然らば吹込法に依る大部分の空氣は單に汚水の攪拌に用ひらるゝ丈けで非常に不經濟である、壓搾空氣を以て間接に攪拌するよりも直接機械的に攪拌を行ふ方が遙かに得策なりと主張し、1914 年以來兩者を實際的に且つ經濟上から比較研究し遂に本法の實施を見るに至つた譯である、セフィールド市の曝氣槽は長 201 呎幅 75 呎にして之を縦壁に依り 18 箇の縦溝に分ち幅深共四呎總延長 3,544 呎(約  $\frac{3}{4}$  哩)の循環水路となし、汚水の攪拌作用は槽の中央を横切り装置されたる 18 箇の蹠輪の廻轉に據るもので、2 馬力の電動機二臺を以て運轉し汚水に毎秒 1.7 呎の流速を與ふるものである、本槽の容量は約 354,000 英ガロンなれば汚水の貯溜時間は約八時間に當り、其間水面の空氣に接觸しつゝ約 11 哩の人工水路を流れ淨化を遂ぐるのであつて、此外に約二時間の沈澱に匹適する倒錐形沈澱槽三箇及汚泥槽を備へて居る、東京市でも三河島污水處分場内に大正十五年以來本法に依る試験設備を設け、實驗を繼續して居るが、

其設備は在來の沈澱池一箇(長 280 尺幅 70 尺)を改造して幅四尺延長 3,910 尺の循環水路を作り、一日 112,000 立方尺の汚水を處理し得る規模のものであるが同市廣中技師の報告に見るも相當の効果を示して居る様で、第 95 圖は此試験設備の概況である、要するに機械攪拌法は空氣吹込法に比し設備が簡單故建設費經常費共に頗る安價ではあるが、汚水量の變化に應じ空氣吹込法の如く動力の加減をなし得ざること、同一清淨度を期する爲めには曝氣時間の延長を要すると共に槽の深さ浅き爲め、汚水の貯溜量が少く従て所要面積を擴大する必要のあることなどが先づ缺點である。

**本法の得失** 促進汚泥法の他の處理法と比較し一般に優越せる點は大體次の事項と認められて居る。

(1) 流出水の清淨度高く且つ所要設備の簡易なることは處理上の要諦であるが、本法は浮游物の除却率 95%、細菌の減少率約 90% と云ふ高度の淨化率を示し、而も其處理設備としては曝氣槽沈澱槽汚泥槽位のもので比較的單純である。

(2) 本法に據る處理場敷地は現に行はるゝ處理法中最小面積で済む様である、即ち通常撒布濾過法の約三分一程度で事足ると稱せられて居る故、人口 1,000 人の汚水處理には 30~50 坪位の敷地があれば充分な譯である。

(3) 本法に據る清淨は全然生物學的作用に基くものなるが故に、他の處理法に於けるが如く作業中惡臭又は蠅害に依る附近の迷惑は殆んど皆無である。

(4) 撒布濾床其他の方法に在りては其作業は酸化槽等に於て多大なる水頭の損失を免れざれども、本法に在りては其損失は最小限度を以て足り従て唧筒動力の節約となる。

(5) 運轉開始後に於ける掃除の必要鮮少なるのみならず、本法に據る汚泥は硝化充分なるを以て肥料としての價値は最大である。

次に本法の缺點を擧ぐれば大體次の様な事柄である。

(1) 空氣吹込法に據るも機械攪拌法を用ふるも曝氣の爲めに要する動力費は、

可なり高價に達し従て經常費の昂上する不利益が伴ふ。

(2) 消毒劑又は特種の工場廢水は促進汚泥を破壊する傾向がある、従て是等の處理を行ふには促進汚泥量を増加し且つ曝氣時間を延長する必要が往々である。

(3) 操作上特に周到なる注意と諸準備が必要である。

(4) 本法に據る汚泥は多量の水分に富み、其含水量は通常 99.5 ~ 97 % 平均 98 % に相當するを以て、乾燥に容易ならざるのみならず其量も亦頗る多く、普通藥物沈澱法等に比すれば約二倍にも及ぶことあり、其處置には甚だ困難を感じる。

(5) 本法は淨化能力に及ぼす季節的影響極めて著しく攝氏 5~6 度の低溫に降れば硝化作用僅微又は皆無に陥り、同 40 度以上の高溫では硝化作用停止せらる。

叙上の如く本法は得失相半ばし、特に工場廢水の處理並びに過剰汚泥の處理に就ては尙研究の餘地頗る多く、未だ満足し得べき域に到達せず従て多少の不便不利なきに非ずと雖も、一般汚水の處理法としては地勢上稀釋法又は灌溉法に據る能はざる限り、現今行はれつゝある處理法中先づ王座を占むるものと認むべきと思ふ。

## 第七節 汚泥の撤去 (Sludge removal)

汚水處理の操作に依り生産する汚泥量は、主として汚水中に含有せらるゝ浮游及膠狀物質の量から定まるのであるが、斯かる物質の含有量は又汚水の成分及濃度の差異並びに晴雨の如何に依りて、著しき變化を來すものなれば汚泥量に於ても亦時所を替ふることに依り常に顯著な相違を生ずる譯である、是等沈澱汚泥並びに處理槽の表面に浮ぶ浮渣(Scum) の處分に就ては、汚水處理の最後に残る重要事項として今日迄歐米斯業當局者の最も苦慮しつゝある難題である、即ち之が經濟的解決を期すべく或は實驗所に於て或は實地に試みて幾多の研鑽を重ね、其情況に依りては相應の効果を收むるものなきにあらざると雖も、之を一般的に察す

れば尙未だ研究時代を脱せずと斷するより外致し方なき現状なのである。

今日运行はれ來つた汚泥處分の方針は大體次の三種に區分することが出来る様に思ふ。

1. 河海投棄 海岸に位置する都市に在りては汚泥を船に依り海上又は海岸を汚漬せざる程度の沖合迄搬出し、其儘投棄することは最も簡單で且つ經濟的な方法である、倫敦市は現に千噸級汽船六艘を備へて汚泥を處理場から約五十哩の沖に投棄し、グラスゴー市及サルフォード市では之を 40 ~ 60 哩の沖合に、其他マンチエスター市、サウザンプトン市、デユブリン市、ハンブルグ市、プロビデンス市、ボストン市等でも海上遠く之を投棄しつゝあるのである。

相當の流速を有し水量豊富なる大河に在りては汚泥を投棄して支障のない場合もある、然し其流量が投棄汚泥量に對し 1,500 ~ 2,000 倍を超ゆるに非ざれば不安心だと稱せられて居る。

2. 地上埋棄 汚泥を其儘地上に堆積又は埋込み専ら土壤の硝化力と蒸發とに依頼し、併せて施肥に利用せんとする方法であるが、土質如何に依り其能率に著しい相違が生じて來る、砂地其他良好なる土地では所謂ラグーン(Lagoons) なる方法を用ひ、地上に 1 ~ 1.5 尺厚に汚泥を流し込み空氣と日光に依りて自然に乾燥せしむることが出来る、此方法に據るバーミングアム市の例では水分 90 % の汚泥年額每一噸に付 1 ~ 1.2 坪を要し、又フーラー氏の説では此方法に依り人口一人分の汚泥所分に 0.35 ~ 0.7 平方尺の土地を備ふれば充分で、ハウオース氏の報告ではセフィールド市人口二萬人分の促進汚泥水分 99 % を、人口一人當四平方呎の滲透性耕作地に施肥したが其成績は良好であつた、其他ウースター市の處分場では一人當 1.2 坪を要して居る由である。

粘土質其他不滲透の土地では地面を深さ二尺位に掘割り之に汚泥を流し込み、其上に少くも厚一尺の土を覆ふのであるが容易に乾燥せず廣大な地積を要するので大規模の施工は困難である、キン=カット氏の説では 1 エーカーの面積で汚泥

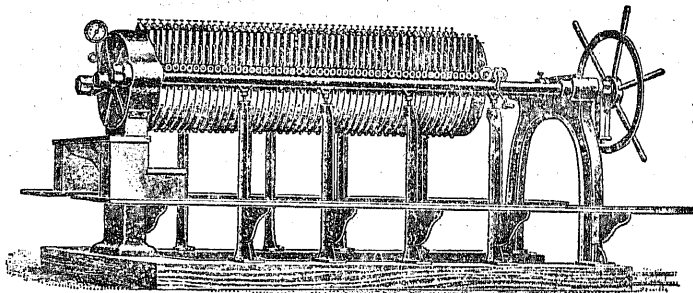


五十噸を處分し得べしと稱して居るが之には時々切り返しを行ふ必要がある故其勞力は容易ではない、然し我國の如き田畑の多い土地柄では施肥兼用として汚泥を利用する研究は相當妙味ある問題かと思ふ。

3. 人工乾燥 汚泥より水分を除去する時は其容積を減少し水分 75% に達すれば鋤又はショベル類で容易に取扱ふことが出来る、斯かる程度迄乾燥することは焼却又は施肥を行ふ上に最も必要な手段と云ふべく、此乾燥方法には汚泥乾燥床(Sludge Drying beds)又は汚泥壓搾機(Sludge pressing machines)等を用ふるのが普通である、汚泥乾燥床は恰も間歇浮過床の如く排水を完備した床上に、粗砂を用ひて厚さ 2~2.5 尺の砂層を設け其上に汚泥を注ぎ自然の乾燥を待つのであるが、イムホフ槽汚泥は此方法を用ひて乾燥するも分解作用を起さず又輕粗にして排水良好なる爲め操作も早く最も適當すと稱せられて居る、即ちイムホフ槽汚泥は水分 85% のもので人口千人分に付 10 坪の地積で充分だが、促腐槽汚泥は同 50 坪其他の處理方法に據つたものは同 180~280 坪を要する由である、然もイムホフ槽汚泥は天候佳良の節には二週間位で水分 50~60% 程度に乾燥することが出来る。

汚泥壓搾機には Filter press, Roller press, Centrifugal Machines 等色々な式があるが、共に普通沈澱法や薬物沈澱法などで生じた嵩張つた汚泥の水分を抽出するに適し、汚

泥を壓力每平方吋 50~100 封度の下に、15~30 分間位操作を續くるときは、取扱易き汚泥塊



Filter press for sewage sludge (Bushnell).

(Sludge cakes)が出来る、本機の濾布(Press cloths)には軍用帆布の大幅厚ものを用ひざる限り忽ちほろほろになつて仕舞ふ、又壓搾の際に生じた廢水は腐敗性に富み有害なる故直に處理場に返還せしむる事が肝要で第 96 圖は汚泥壓搾機の一例を示したものである、遠心力乾燥機は高速度廻轉に依つて生ずる遠心力を利用し水分を分離するものなれども、細微なる汚泥の固結は殆んど不可能なる爲廣く應用されては居ない、又脂肪分を多量に含む汚泥は壓縮の不便と肥料價値の降下を防ぐ意味から石灰を混することが多い、米國では薬物沈澱法に依れる汚泥 1,000 ガロンに付石灰 20~30 封度を加へ促腐槽汚泥には同 100 封度を加ふる慣習がある、又ミルウオーキー市の實驗では促進汚泥は壓搾前酸類を以て豫備處置を施すことが利便多く、即ち無水亞硫酸を加へて壓搾機に掛くれば却て經濟的に壓縮が行はれ 78% 位の水分迄乾燥容易の様に報告されて居る、尙促進汚泥法の殘留汚泥に硫酸銅を加ふる時は其表面に約 86% の水分を含める浮渣が浮び除去に便利だと稱せられて居る。

汚泥を肥料として市場に販賣するには其含有水分を 10% 以下に乾燥せしめねばならぬ、然し前記何れの方法に據るも此程度迄に乾かすことは不可能なるを以て、更に火力其他の加熱に依り完全な乾燥を行ふことが必要である、然し火力に依り水分一割程度に乾燥するには少くも水分十封度に對し石炭一封度を要すと稱され、操作に要する費用も亦莫大なる爲め他の人造肥料と競争し之を經濟的に經營するは決して尋常でない至難の仕事である。

叙上を綜合して考ふるに工業振はず人口密ならざる小中都市の處理場に於ては河海に投棄するか又は地上埋棄に依り施肥等に應用するを最も得策となすべきも大規模の處理場にして海岸に近きものは海上遙かに之を投棄するは經濟にして且つ比較的安全なる處分法なるべく、唯以上に適せざる場合人工乾燥法を用ひて其量を減じ之を肥料として農家に給するか、埋棄するか或は隔離せる低地を埋め立つるか、萬已むを得なければ他の塵芥に混じ之を燒棄する等の方法を講ずるより



外致し方はない様である。

## 第八節 消毒法 (Disinfection)

汚水処理法の主眼は有機物を酸化して安定なる状態となし以て汚水の腐敗を防止害毒の発生を未然に止めんとするに在る、従て各種の細菌を滅滅せんとすることも亦其目的の一半ではあるが、其結果は到底完全なる細菌の根絶迄に到らざること前述した通りである、即ち原汚水中には極めて多数の細菌が棲息するのであつて、清浄後は其數一般に著しく減少するとは云ひ尙相當の細菌を残存するは明かな事實である、而して其大部分は人體に無害ではあるが若しチフス赤痢又はコレラ等の病原菌を含む時には、假令其數が非常に僅少であつても危険は實に夥しい譯である、従て斯かる悪疫が流行した際又はせんとする季節、或は下流に上水の水源、養魚場、養貝場、漁場、水泳場などが存在する地方では、消毒法を行ひ萬全を策することが最も肝要と思ふ、消毒法は殺菌法又は滅菌法とも稱へ色々な手段方法が行はれ來つたが顯著なものは大體次の數種である。

### 1. 硫酸消毒 (Sulphuric acid as a Disinfectant)

十九世紀の末葉倫敦市のコレラ大流行に際し其撲滅を期せんが爲め、汚水中に硫酸を流して消毒した事實がある、汚水百萬ガロンに付硫酸 6,650 封度の割合に投入し約十五分間接觸せしむれば、チフス、コレラの如き病原菌は全部死滅すると稱へられて居た、其後英國及佛蘭西の都市では悪疫流行毎に此消毒法を採用したが何分にも経費が莫大に嵩むので日常の實用には到らなかつた、今日でも鑛山其他酸類を多量に取扱ふ工場廢水中の細菌數は非常に少ない、此事實は明かに酸類の殺菌力の偉大を表明するものである、其後 1906 年頃から米國諸都市では消毒劑に硫酸銅 (Copper sulphate) を試用し出したが、之れ又經濟上非常な不利が伴ふので藻類 (Algae) の退治以外餘り發展はしない様である。

### 2. 熱氣消毒 (Heating)

汚水中に蒸気を通じ又は之を加熱して消毒する方法も嘗て試みられたことがある、攝氏 60 度以上の溫度を相當時間保持せしめんとするのであるが費用の點で實用には至らなかつた。

### 3. オゾン消毒 (Ozonization)

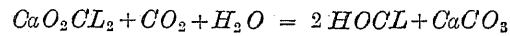
オゾン消毒法が實際に應用されたのは 1913 年以後のことであるが、其経費が嵩むのと水に溶け難く取扱が六ヶ敷い爲め、汚水の消毒用には試験設備だけで實際には用ひられて居らぬ。此他紫外光線消毒法などもあるが同上の理由で汚水には適用するに至らないのである。

### 4. 電氣處理 (Electrolytic Treatment)

1890 年水の淨化に電氣を應用する實驗が倫敦市に試みられし以來、電氣なる神秘的勢力に幻惑せし爲めか、通俗には驚くべき大衝動を與へ又科學者を斯く迄白熱化せしめしことは空前と思はるゝ程、一時は盲目的な歓迎を受け熱心に研鑽されたのであつた、然し時を経るに従ひ次第に凋落して未だ一として實際的利用に到達したるものなく、最近では歐米の著書中已に此名稱をすら抹殺したるものも往々見受けらるゝ様である、電氣處理法の目的は汚水中に電流を通ずることに依り各種の浮游物を分解して化學的に沈澱を促し、他面には殺菌劑を發生せしめて自然的に消毒を遂行せんとするにあつた、即ち汚水槽中に二條の鐵板を併列せしめて電氣の兩極を繋ぎ強電流を通ずる時は、汚水を電解すると共に鹽素を分離するが故に殺菌劑の働きをなし同時に浮游物は酸化せられ、溶解せる酸素及硝酸鹽等の量増加し爲めに汚水は安定の状態となり爾後の分解又は腐敗を防止するを以て更に沈澱池に導き汚泥を除きたる後河海に放流すれば何等支障なしと云ふにあつた様である、然し其後各地に於ける實驗の結果は何れも完全の域迄此方法を以て處理を實現せんとするには、莫大なる強電流と石灰鐵材等可なり補助劑を要し他の何れの處理方法よりも高價なるが故に不經濟にして實用に適せぬのである。

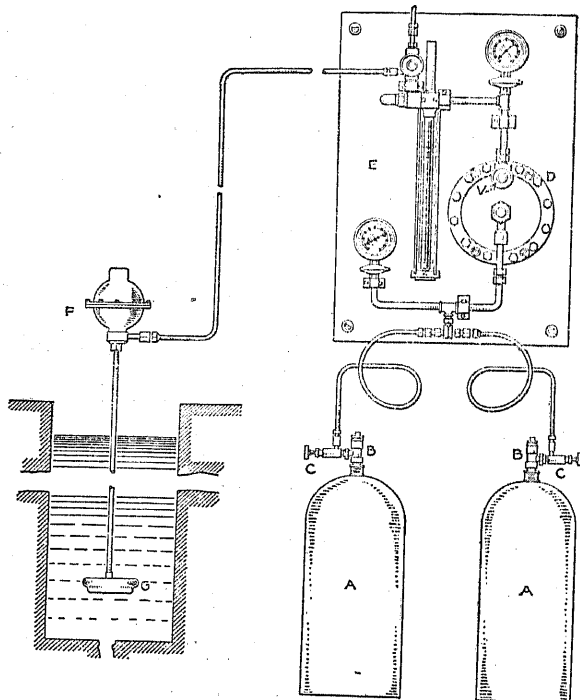
### 5. 鹽素消毒 (Disinfection by chlorine and its Compounds)

、鹽素の殺菌作用に就ては或は其毒性に據ると云ひ或は發生酸素の働きに依ると稱へ區々として今尙定説はないが、其効果に至りては現今唯一の實用的汚水消毒劑として普く珍重さるゝ消毒法である、注劑の方法は液體鹽素又は漂白粉(Bleaching powder) の形で加ふるのが通例である、鹽素化合物なる漂白粉の殺菌は1908年米國に於て上水の消毒に利用せられしに創まり、漂白粉はCO<sub>2</sub>の存在の下に



となり亞鹽素酸(HOCL)を生じ直に分解して酸化作用極めて旺盛なる發生酸素を分離する結果克く水中の有機物を分解し細菌を死滅せしむるのだと解せられて居る、然れど市場に在る漂白粉の有効鹽素分は僅かに 35~40% に過ぎぬのみか、漂白粉は貯藏中に變質し易く之が溶液を造るにも溶解槽、混和槽を要し手数が中々に煩しく、且つ沈澱した残滓の始末にも面倒が多いので近來は漂白粉の代りに液體鹽素を使用する傾向が増加して來た。

液體鹽素(Liquid chlorine)は漂白粉に比し比較的高價ではあるが効率高く其用法頗る簡單で僅かに使用量を調



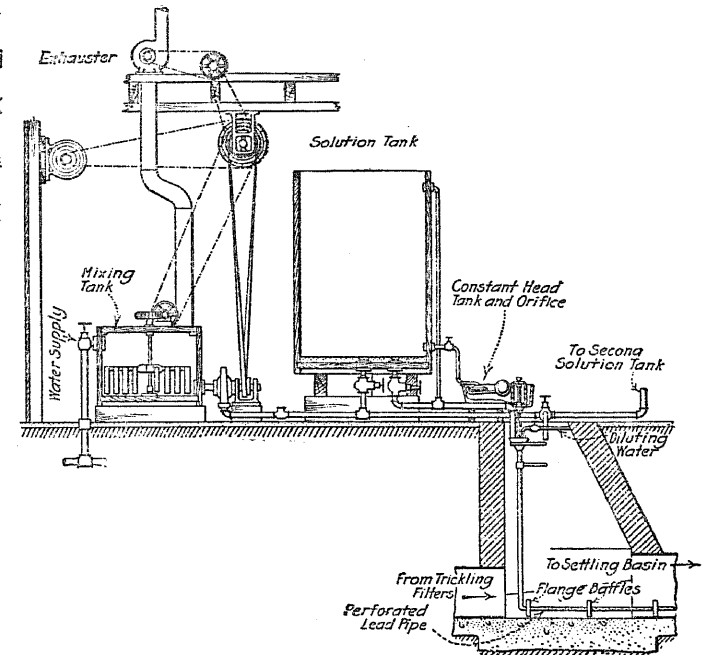
Manual control direct feed chlorinator (Wallace & Tiernan Co.).

第 97 圖

節すべき鹽素注入器(第97圖参照)を備ふれば充分で、藥劑は普通氣壓五、六十封度の 100~140 封度鐵罫入りとして市場に販賣されて居る、其用法は液體鹽素入りの鐵罫から取出した鹽素を一定の氣壓に下げ稀釋水を混じて適當な濃度の溶液を作り、處理すべき汚水量に應じて適量を注加するのであるが、英國のバターソン式、米國のワアレス・テアナン式等整備したものは自働的に常時適量を注入し得る様出來て居る。

漂白粉又は液體鹽素の注入量は汚水の成分、性質、強度、殺菌程度、接觸時間、溫度等に依り相違はあるが、普通程度の汚水でも其接觸に 15~30 分位の時間を猶餘せねばならず、其混入量も上水道の使用量から見れば殆んど十數倍を必要とするのである、即ち漂白粉では攝氏十五度の溫度に於て百萬分の 15~20 を加へ接觸三十分間に

して漸く全細菌數の 99% を減じ得る程度らしく、液體鹽素なれば効率大なるを以て漂白粉の約三分一量で済む譯だが、然し汚水の古い時、濃厚な時、接觸短き時、溫度高き時には前記よ



Disinfecting apparatus, Pennypack Creek disposal works, Philadelphia.

第 98 圖

りも一層の多量を要すべく、特に促腐槽を通過したものは酸素消費量大なる爲め更に多くの鹽素量を要する様である、漂白粉は容易に濕氣を呼び空氣に曝露すれば其効力を減退するもの故密閉した容器に貯藏し、其溶液は五十分一乃至百分一位に溶き自働又は手働等何れかの裝置に依り其適量を汚水に加ふるので、第98圖は漂白粉液注入迄の手段方法を示した一例である。

汚水中に鹽素を注入した後數時間にして細菌が著しく増加するのが常である、這是所謂後期發生即ち二種細菌増殖の爲めで各種の病原菌の如きは殺菌劑には極めて弱く鹽素消毒の爲め忽ち死滅して仕舞ふ、從て後には比較的抵抗力の強いもののみが残され、是等が後期繁殖を遂げるので、一般に好氣菌の様な無害のものが多く却て汚水の細菌作用を助長する爲め非常に有益である。

—(完)—