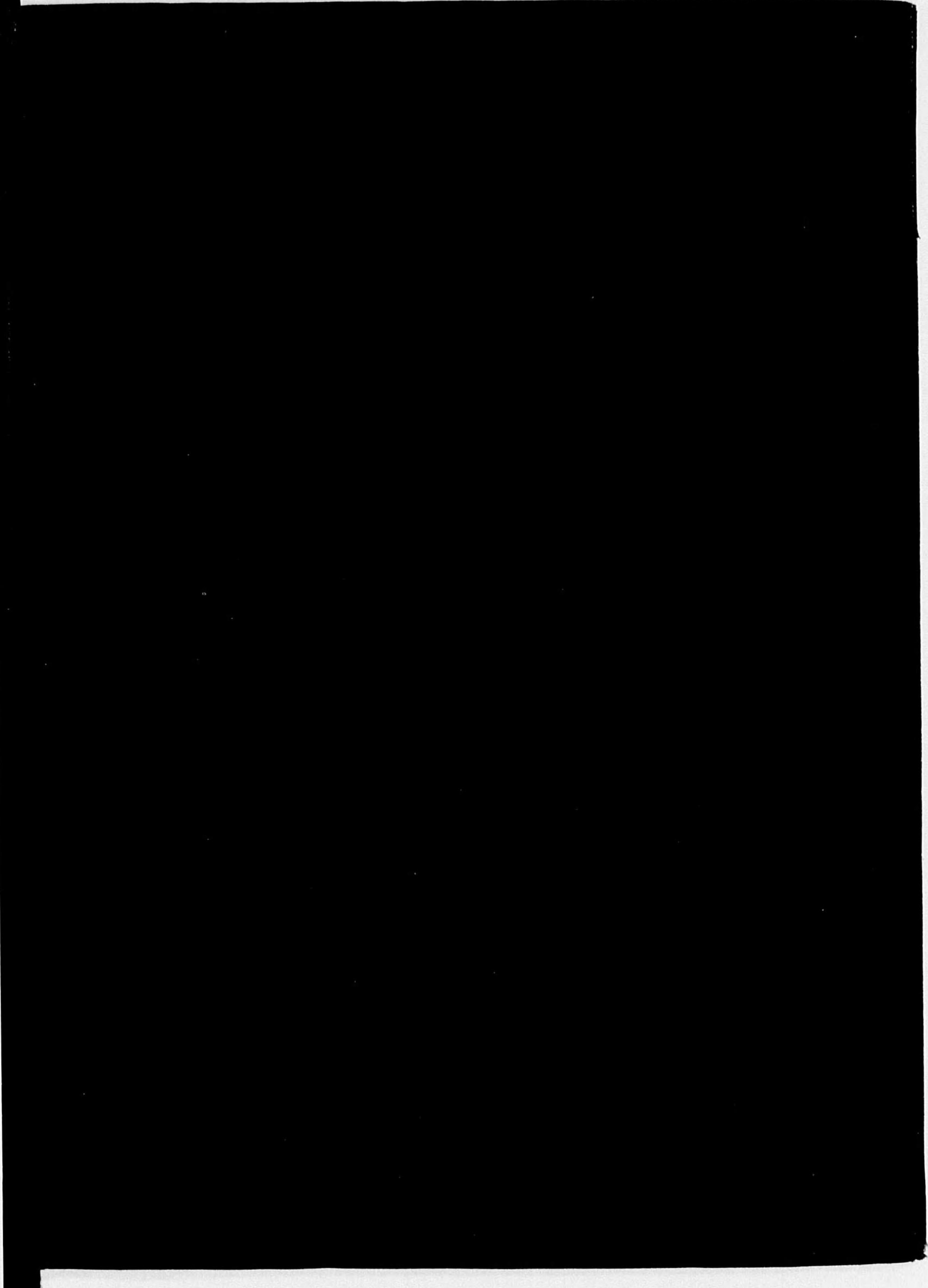
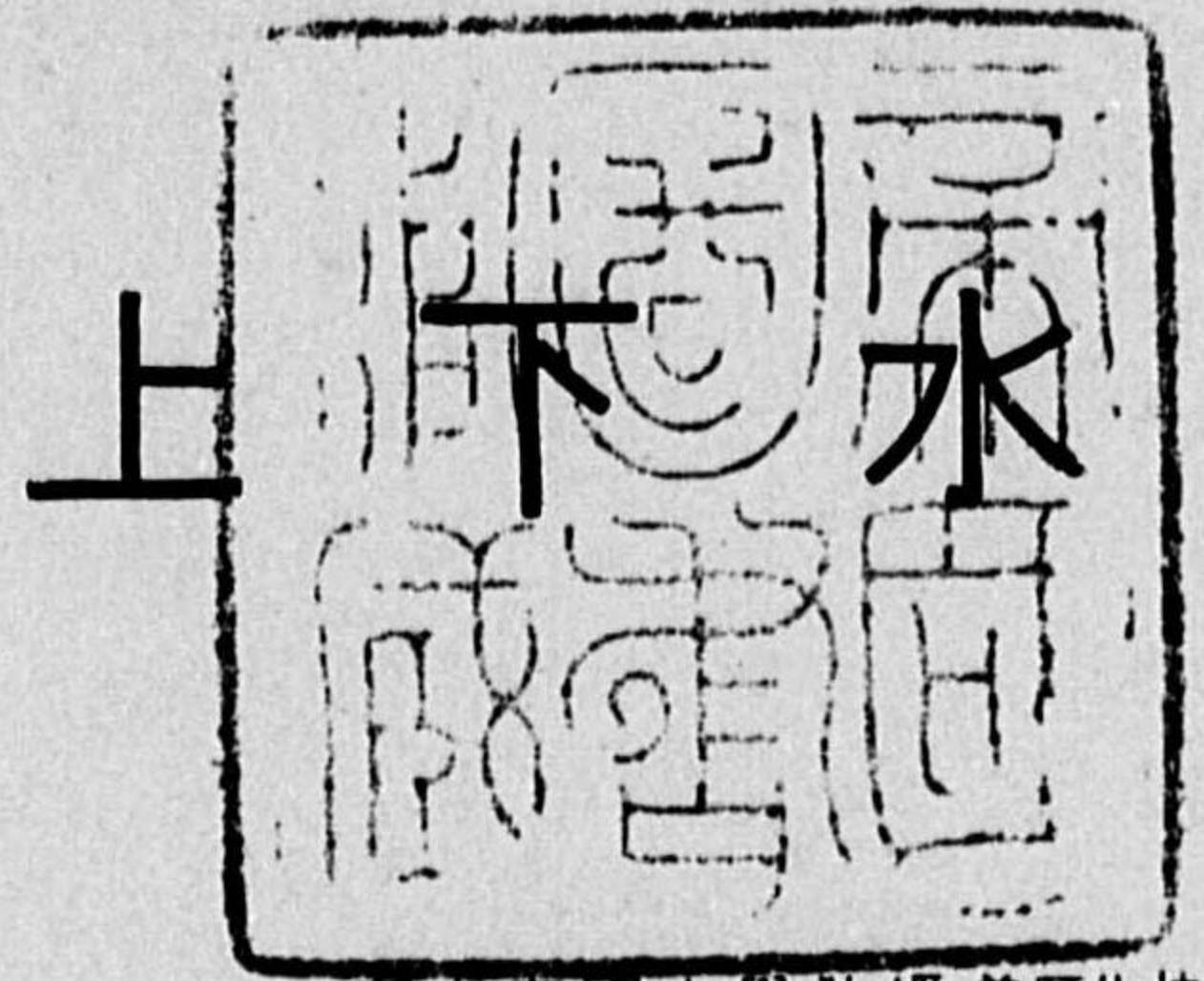


婚



929
101

5-19.1
1472
2



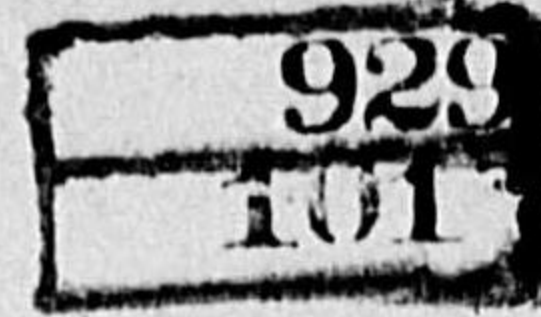
道
納本

東京帝國大學教授兼厚生技師
厚生科學研究所教授

工學博士 醫學博士 廣瀨孝六郎著



東
山 海 堂 出 版 部



自 序

上下水道に関する著書は、本邦に於ても決して少しとしない。併し多くは工學特に土木工學方面に偏して、衛生學方面を殆ど閑却して居る。著者が淺學菲才をも顧みず、敢て小著を公にせんとするの微意は、實に此兩方面より叙述を試み度いといふに外ならぬが、元より著者獨りの微力のよくする所ではなく、東京帝國大學名譽教授故横手千代之助醫學博士、同教授草間偉工學博士、同教授田宮猛雄醫學博士の恩師諸先生の御薫陶を基とし、自らの 10 餘年の研鑽を加味したに過ぎない。但之を以て上下水道の凡ゆる方面を網羅したわけではなく、ポンプを主とする機械工學方面が缺けて居る。併し此方面は其他との關聯が割合稀薄で、判然と區別し得るし、且著者は其任に非る關係から、殆ど之等には觸れて居ない。

本著は厚生省厚生科學研究所に於て講ずる原稿を骨子とし、之に土木工學方面を追加したものである。従つて他く迄教科書であつて、參考書ではない。只工學方面の諸君又衛生學方面の諸君が、一應省略して差支ない部分は、細字を以て記述した。併し之等は相互に關聯し、餘りに錯雜して居るので、今此所に一々兩方面に分けて擧げるの煩に堪へない。宜しく讀者諸君の明敏なる判斷に俟つ次第である。併し之等の部分と雖ども熟讀翫味せらるゝならば、蓋し得る所は少くないであらう。

工學方面としては土木工學の基礎知識に屬する部分、衛生學方面も同學の基礎又は細菌學に屬する部分は、何れも省略して一切觸れて居ない。又水質検査の方法に就ても、記載説明を殆ど省いた。従つて之等に就ては、別に其專問成書を見られ度い。

元來上下水道の如き専ら叙述を主とする學問に於ては、記載を簡潔にする事は即難解ならしめ、程度を高くする事になる。従つて本著の如きでは、

當然多くの事項を省略するの外ない事となるが、徒に取捨選擇に迷つた結果は、餘りに多くの事項を採り入れ過ぎた傾がある。此點は特に讀者の諒解を得度い所で、將來機會を得て訂正するつもりである。

本著は元より公務多端裡になるもの、幾多の過誤と獨斷なきを保し難い。先輩識者各位の叱正を得て、他日の完璧を期し得るならば、著者望外の光榮とする所である。

終に本著に引用若しくは参考に供したる著者著書名其他を擧げて、此所に衷心から感謝の意を表す。又之は當然参考書表と考へてよいわけである。圖表其他記事に就ては特に必要ならざる限り、其都市水道名を明示せず、單に一例として擧げるに止めた事を諒とせられ度い。

尙本著の出版に當つては、山海堂出版部の熱誠により、特に豫想外の短時日で完成を見た事は感謝に堪へない。

昭和 17 年 4 月

東京帝國大學第一工學部土木教室上下水實驗室にて

著 者

引用又は参考に供したる著者著書名 (順序不同)

本邦

- 相 澤 金 吾：上水試験法註解。
 岩 崎 富 久：上水道 (アルス土木工學大講座 18)
 岡 村 雅 夫：衛生工學 上水道。
 小 栗 捨 藏：水。
 草 間 偉：上下水道。
 日 本 水 道 史：(中島工學博士紀念)
 岡 村 雅 夫：衛生工學 下水道。
 北 澤 貞 吉：下水工學。
 柴 田 三 郎：下水試験法註解。
 高 橋 甚 也：下水道 (アルス土木工學大講座 19)
 田 中 寅 男：下水道及下水處理。
 丹 羽 健 藏：下水工學。
 平 山 喬：厚生住宅。

英 米

- Ellms, Joseph W.: Water Purification.
 Turneure, F.E. & Russell, H.L.: Public Water Supplies.
 Whipple, George Chandler: Microscopy of Drinking Water.
 Martin, Arthur J.: The Work of the Sanitary Engineer.
 Steel, Ernest W.: Water Supply and Sewerage.
 Hardenbergh, W.A.: Sewerage & Sewage Treatment.
 Martin, Arthur J.: The Activated Sludge Process.
 Metcalf, L & Eddy, H.P.: Sewerage & Sewage Disposal.

獨

- Bieske, Erich: Rohrbrunnen.

Gross, Erwin: Handbuch der Wasserversorgung.

Lehr, Georg Jakob: Das Trink- und Gebrauchswasser.

Böhm, B.: Gewerbliche Abwässer.

Brix, J., Imhoff, K. & Weldert, R.: Die Stadtentwässerung in Deutschland.

Geissler, Wilhelm: Kanalisation & Abwasserreinigung.

Imhoff, Karl: Taschenbuch der Stadtentwässerung.

其他雜誌, 水道協會制定の各種規格, 諸都市の報告書寫眞, 諸製造所のカタログ
等多數。

目 次

第 1 編 總 論

第 1 章 上下水道の目的……………1

第 1 節 上下水道の必要…………… 1

第 2 節 上下水道の健康に及ぼす影響…………… 2

附. 傳染病の細菌説

第 2 章 各種病原菌の生活力…………… 4

第 1 節 概 論…………… 4

第 2 節 上水中に於て…………… 5

1. チフス菌 2. コレラ菌 3. 赤痢菌及腸炎菌 4. 脾脱疽菌

附. 原虫及寄生虫卵

第 3 節 下水中に於て…………… 8

1. チフス菌 2. コレラ菌 3. 其他の病原菌

附. 原虫及寄生虫卵

第 3 章 上下水道による傳染病の流行…………… 10

第 1 節 概 論…………… 10

附. 其他の病氣

第 2 節 一般的特徴…………… 11

第 3 節 調査方法…………… 13

1. 腸チフス 2. コレラ 3. 赤痢及腸炎 4. 脾脱疽 5. ワイル
氏病

附. アメーバ赤痢及寄生虫病

第4節 原因	15
第5節 實例	17
1. 腸チフス 2. コレラ 3. 赤痢 4. 脾脱疽 5. ワイル氏病	

第4章 上下水道の沿革

第1節 上水道の沿革	19
1. ヨーロッパ 2. アメリカ 3. 日本	
第2節 下水道の沿革	23
1. ヨーロッパ 2. アメリカ 3. 日本	
第3節 教育研究機関	28
第4節 水道関係法令	28

第2編 上水道

第1章 上水道の構成

第2章 水量

第1節 平均使用水量	31
附. 使用水量と給水量	
第2節 使用水量の變化	33
1. 定期的變化 2. 消火用水量	
第3節 將來の全使用水量	34
1. 人口の増加 2. 全使用水量の増加	

第3章 水質

第1節 使用目的と水質	36
1. 家庭用 2. 工業用 3. 消火用及雑用 附 2 元配水系統	

第2節 水質検査	38
1. 目的 2. 意義 3. 方法 4. 結果判定	

第4章 水源

第1節 分類	46
第2節 雨水	47
1. 水質 2. 雨量	
第3節 地表水	48
1. 概論 2. 河水 3. 湖水 4. 河水と湖水との比較	
第4節 地下水	53
1. 概論 2. 浅水 3. 深水 4. 泉水 5. 伏流水	

第5章 取水法

第1節 雨水	56
第2節 地表水	57
1. 概論 2. 河川 3. 湖沼	
第3節 地下水	59
1. 概論 2. 地下水の存在 3. 井戸の水理 4. 井戸の構造 5. 泉 6. 伏流水	
第4節 貯水池	69
1. 概論 2. 容量 3. 水質に及ぼす影響 4. 位置と構造 5. 堰堤	

第6章 送水法

第1節 送水方式	72
第2節 送水路	73
1. 開水路式 2. 管水路式 3. 附屬設備	

第3節 送水路敷設	75
1. 一般設計 2. 位置と構造	
第7章 浄水法	
第1節 水の不純物と自浄作用	76
1. 水の不純物 2. 水の自浄作用	
第2節 浄水法の目的と方法	80
1. 目的 2. 方法	
第3節 普通浄水法	82
1. 理論 2. 普通沈澱池 3. 薬品沈澱池 4. 緩速砂濾過池 5. 急速砂濾過槽 6. 緩速と急速との比較 7. 殺菌装置	
第4節 特殊浄水法	115
1. 生物除去法 2. 2重濾過法 3. 活性炭素法 4. 曝気法 5. 除鐵及除マンガン法 6. 軟化法	
第5節 各種浄水法の組合せ	120
1. 普通の場合 2. 特殊の場合	
第6節 家庭用浄水法	121
第8章 配水法	
第1節 配水方式	123
1. 種類 2. ポンプ	
第2節 配水調節	124
1. 概論 2. 配水池 3. 配水塔	
第3節 配水管の材料	129
1. 鑄鐵管 2. 鋼管 3. 木管 4. 其他の管	
第4節 配水管の設計及敷設	144

1. 設計 2. 敷設	
第5節 附屬設備	151
1. 消火栓 2. 弁類 3. 人孔其他	
第9章 給水法	
第1節 給水管	155
1. 概論 2. 材料 3. 給水工事方式 4. 水質に及ぼす影響	
第2節 附屬設備	157
1. 分水栓 2. 止水栓 3. 量水器 4. 給水栓 5. 水洗装置其他	
第10章 維持及管理	
第1節 水源及流域の保護	160
1. 概論 2. 地表水 3. 地下水	
第2節 浄水法の管理	160
第3節 送水法配水法給水法の管理	161
1. 概論 2. 管の腐蝕 附. 水泳プール	
第3編 下水道	
第1章 下水道の構成と方式	
第1節 下水渠と下水處分	166
第2節 下水の排除方式	166
第2章 下水の種類と量	
第1節 下水の種類	168
1. 家庭下水 2. 工場下水 3. 雨水 4. 地下水	

第2節 下水の量	168
1. 家庭下水 2. 工場下水 3. 雨水 4. 地下水	

第3章 下水渠

第1節 材 料	176
1. 陶管 2. モルタル及コンクリート管 3. 鉄筋コンクリート 4. ヒューム管 5. 煉瓦及石材 6. 特殊材料	
第2節 設 計	182
1. 水理 2. 配置方式 3. 排水区域と下水流量 4. 流速及勾配 5. 埋設深さ 6. 断面形状の選定 7. 荷重	
第3節 敷 設	199
1. 位置 2. 掘鑿 3. 基礎 4. 埋設と埋戻し 5. 伏越	
第4節 附屬設備	201
1. 街渠, 雨水柵, 取付管 2. 私設下水道, 汚水柵 3. 人孔及燈孔 4. 掃除装置 5. 換気装置 6. ポンプ	

第4章 下水の性質

第1節 水 質	208
1. 種類と水質 2. 一般的性質	
第2節 下水検査	214
1. 目的 2. 意義 3. 方法 4. 結果判定	
附 水泳プール	163

第5章 下水處分及處理法

第1節 下水處分法	220
1. 目的と字義 2. 種類	

第2節 下水の分解作用	222
1. 好気性及嫌気性分解 2. 窒素化合物の分解 3. 病原菌の運命	
第3節 下水處理法概論	223
1. 目的 2. 種類 3. 組合せ	
第4節 豫備處理法	226
1. 理論 2. スクリーン 3. 捕油及浮渣遮斷槽 4. 沈砂槽 5. 普通沈澱池 6. 薬品沈澱池	
第5節 高級處理法	235
1. 理論 2. 間歇砂濾床 3. 接觸濾床 4. 撒水濾床 5. 促進汚 泥法 6. 沈澱槽 7. 殺菌装置	
第6節 雜 處 理 法	246
1. 腐敗槽 2. Imhoff槽	
第7節 小規模處理法	247
1. 汚水淨化装置 2. 不完全淨化装置	

第6章 汚泥處理及處分法

第1節 汚泥の種類と性質	249
第2節 汚泥處理法	250
1. 理論 2. 汚泥消化槽 3. 2段消化槽 4. 脱水法	
第3節 汚泥處分法	259
1. 水中投棄法 2. 地上投棄法	

第7章 維持及管理

第1節 下 水 渠	260
1. 監視取締 2. 検査修繕 3. 掃除換気	
第2節 下水及汚泥處理及處分	261

第3節 工場下水の影響	262
附. 工場下水の分類	
第4節 河川汚染	263
1. 河川に及ぼす影響 2. 下水處分に對する要求	
附 尿尿處分	264

第1編 總 論

第1章 上下水道の目的

第1節 上下水道の必要

凡そ水が人類の生活に、1日も缺くべからざる事は、今更いふ迄もない。例へば飲料に、料理に、洗濯に、沐浴に、撒水に、消火に、工業に、其他灌漑に、水力電氣に、水の用途は極めて廣い。最後の2者は上水道の範圍外であるから之を省く。従來は主として井戸水を以て、之等の需要に充てゝ來たが、近世社會の進歩と工業の發達とに伴ひ、人口の都市集中を來し、此傾向は近來益々甚だしい状態にある。従つて先づ水量に於て、井戸水は缺乏を來したが、更に各種下水汚水の排出に伴ひ、地下に滲透して水質を汚し、水量水質の兩方面から、都市の生活を脅すに至つた。之上水道敷設の必要ある所以である。

又人類生活には、必ず固體及液體の廢物を生ずる。其液體廢物が下水の主成分をなし、固體の方は塵芥である。下水は衛生上最も危險なる病原菌を含む可能性があり、上記の通り地下水を汚す恐れがある。尙下水は其他工場下水、雨水、地下水を含むものであるが、之等の滯留は直接間接に人類の健康を脅すものであるから、可及的速かに排除する事が必要である。此關係も人口の都市集中に伴つて惡化した事は、上水道の場合と同様である。要するに都市の保健衛生に對しては、上下水道は車の兩輪の如く、何れの一を缺くも片輪である。又恰かも人體の循環系統即動脈靜脈に比すべきもので、上水道は動脈、下水道は靜脈に相當する。只相違點は、靜脈血は肺で淨化されて、再び動脈血として送られるが、下水は再び上水として用

ひられる事はない。循環系統が完全なる時、人體の健康が保たれる様に、都市の保健衛生も、上下水道の完備をまつて始めて完成するものである。

更に上水道の消火上の利益を忘れてはならない。火災の際は一時に大量の水と、相當の水壓とを要するが、井戸水では不足を來し大火を誘發し易い。故に水量と水壓との大なる上水道を敷設する事により、火災戸數の減少と之に伴ひ火災保険料の低下を來し、間接に都市繁榮の基となる。

第 2 節 上下水道の健康に及ぼす影響

上水道が完成した場合に、種々なる好影響を市民の健康上に及ぼす。即不純な水を止めて、完全な水を供給するから、水による傳染病の減退が著しい。そこで一般にチフス死亡率を以て、上水道の機能の完全さを表す最良の標準として居る。下に一例としてアメリカ Ohio 州 Cincinnati に於ける、上水道による濾水供給前後のチフス患者數と死亡數とを掲げる。

	未 濾 水			濾 水		
年	1904	1905	1906	1908	1909	1910
患者數	1646	746	1,920	235	218	183
死者數	270	155	239	67	45	21

註 1907 年には未濾水と濾水と兩方給水されたから、省略されて居る。

傳染病の種類としては、消化器系統のもの、即チフス、パラチフス、コレラ、赤痢、疫痢、其他腸炎であるが、尙脾脫疽、ワイル氏病、原虫によるアメーバ赤痢の如きも之に入り、廣義には寄生虫病も含める事が出来る。

以上に關聯して Mills-Reincke の現象がある。之は 1893 年 9 月 Massachusetts 州 Lawrence で水を濾過給水したが、Mills, Hiram F. 氏はチフスのみならず、一般死亡率の著しい減退を認めた。1893 年 5 月 Elbe 河水を濾過して、Hamburg に給水したが、Reincke, J. J. 氏は同様にチフスのみならず、一般死亡率の減退を認

めた。此現象に對して Sedgwick と Mac Nutt とは「Mills-Reincke の現象」なる名前を與へた。此理由は水による傳染病がチフスのみに非る事を考へれば、自明の理ではあるが、就中小兒の下痢による死亡率の減退が著しいといふ。

然るに更に下水道が完成すると、チフス等の源たる排泄物が速かに運び去られるから、之等の水による傳染病は一層減退し、殆ど絶滅に近づく事は、歐米諸都市の例が明かに之を示して居る。但下水道は水洗便所と連結したる所謂完全下水道を意味する。之に就きベルリンの例を挙げると第 1 表の如し。

第 1 表 下水道と死亡數との關係

年	下水道に 連結しな い戸數	下水道に 連結した 戸數	人口 1 萬 に對する		年	下水道に 連結しな い戸數	下水道に 連結した 戸數	人口 1 萬 に對する	
			一般腸チフス 死亡數	死亡數				一般腸チフス 死亡數	死亡數
1871	14,829	—	386	9.0	1891	1,455	21,341	209	1.0
1873	15,506	—	300	9.5	1893	741	22,661	210	0.9
1875	17,130	56	329	9.7	1895	116	23,928	201	0.6
1877	16,226	2,014	297	6.0	1897	299	24,524	179	0.5
1879	15,416	3,602	275	2.7	1899	76	25,147	195	0.4
1881	9,597	9,867	272	2.9	1901	—	25,766	180	0.5
1883	7,845	12,235	289	1.8	1903	—	26,720	160	0.4
1885	4,498	15,929	244	1.6	1905	—	27,945	172	0.5
1887	3,050	17,982	218	1.4	1907	—	28,856	156	0.3
1889	2,902	19,072	230	1.9	1909	—	29,304	151	0.3

下水道は其他に

- 1) 常時停滯し勝なる汚水を速かに排除する。
- 2) 雨水を速かに導き、豪雨の際も氾濫の恐れなからしむ。

等の間接の健康上の利益がある。例へば地表水の停滯を防いで、蚊の一種なる Anopheles の繁殖を防ぎ、マラリヤの傳播を防ぐ如き其一例である。

但我國に於て特に考慮を要する事がある。それは料理や食物の點に於て歐米と習慣を異にし、一般に生食料理の多い事、特に尿尿を肥料とする野菜を生食する事である。従つて我國に於て上下水道の完成のみを以て、直に消化器系統傳染病の絶滅を期し得るか否か、多少の疑問が存するが、有力なる方法である事は疑ない所である。歐米では之が唯一無二の方法である事を證して居る。

附 傳染病の細菌説

本説は已に確固たる説で、今更之が説明をこゝに述ぶる必要はあるまい。併し水に限つたわけではないが、一般に傳染病の發生には2條件が必要になる。

- 1) 各傳染病は特定の病原菌を有し、そのみが病氣の原因たり得る事。
- 2) 傳染病の發生は、必ずしも特定の病原菌の侵入に伴はぬ事。換言すれば、身體の條件が病氣の發生に重大なる關係を有する事。

例へば上水道による水の大量汚染に際しては、其水を使用するもの、僅に一部分が病氣にかゝる。それは個人のある者は病氣に對して免疫を有する。又同一個人でも肉體的に強ければ防ぎ得べき病氣も、弱つた際にはかゝる事がある。併し病原菌の侵入が第一條件である事は、如何に個人がかゝり易くとも、病原菌の侵入が防がれば病氣の起らない事で明かである。

第 2 章 各種病原菌の生活力

第 1 節 概 論

- 1) 一旦上水又は下水中に入った病原菌が果して増殖しうるか否か。
- 2) もし増殖しなければ、どの位の期間其生活力と病原性とを保ちうるか。

此2問題に對する満足なる解答を與ふる爲には、數々の條件を考慮せね

ばならない。之等は次の通りである。

- 1) 病原菌自身の條件(數, 年齢, 生活状態等)
- 2) 水の條件(水温, 水の反應, 運動状態, 有機質の量と質, 浮游質か溶解質か, 溶存酸素の量等)
- 3) 周圍の條件(光, 氣温等)

之等の條件は一々の場合で異なるから、或特定の細菌の運命も一定の法則に従はない事になる。従つて各種の實驗の結果が著しく相違しても、何等怪しむには當らない。併し多くの實驗に於ては、上水中の細菌數は時と共に減ずる、然も通常相當速かに減ずる。下水中でも同様速かに減少する。其原因としては、上水では次の如きものが擧げられて居る。

- 1) 沈 澱
- 2) 日 光
- 3) 生物の作用等

即水の自淨作用と、密接な關係がある事が分る。又下水に就ては次の如きものがあげられる。

- 1) 沈 澱
- 2) 生存競争
- 3) 食物の缺乏等

即之も下水の分解作用と關係があるが、何れも後述する。

尙上水と下水とを比較すれば、下水中に於ける方が寧ろ速に死滅する事は、注目すべき現象である。

第 2 節 上水中に於て

1. チフス菌

已に行はれた實驗によると、普通の状態では飲料水中に於て、チフス菌

が著しく増殖する事は不可能であるとされて居る。其水中に於ける生存期間を定める爲には數多くの材料があるが、結果は餘りに複雑で其限界を定むる事は不可能である。

Frankland 氏は汚染された Thames 河水, Loch Katrine の水、(之は泥炭質の軟水) 及深井の硬水の各に就て、原水、濾水、殺菌水の三者を以て、チフス菌の生存期間を検した。結果は

原 水	9 ~ 33 日
濾 水	11 ~ 39 日
殺菌水	20 ~ 51 日

注意すべき事は、菌の生存期間が、原水に於ける方が殺菌水に於けるよりも短い事である。

Jordan, Zeit, Russell 3 氏及 Russell, Fuller 2 氏の實驗によるも、チフス菌を殺す作用は、純粋な水よりも汚染された水に於て、遙に大なる事を示して居る。

Houston 氏は Thames 河水に就て、32°F—98.6°F の溫度で實驗を行つた。結果は低温では 9 週間、高温では 2 週間で、陰性の結果を得て居る。中間の溫度では生存期間も中間である。即水温が高ければ、菌の生存期間は短いといふ事になる。

2. コレラ菌

コレラ菌は一般に、チフス菌よりも、生物學的抵抗力は小なりといはれて居るが、水中に於ける生存期間の實驗の結果は、チフス菌の場合よりも更に複雑である。

Bolton 氏はコレラ菌の成長を促すには、400 ppm の有機質が必要なりといつて居る。故に菌は綺麗な水よりも、汚染された水に長く生存するといふ事になる。

Frankmann 氏はコレラ菌の生活力は、NaCl を含む溶液中で著しく延長されるといつて居る。故に此菌は海水中で生存する事になり、又事實その様である。

一般に實驗の結果は、コレラ菌は飲料水中に於ては、チフス菌程長く生存し得ない事を示して居る。多くの實驗では 1~3 日である。併し一方に於ては、ある人々は數ヶ月生存し得るといつて居る。

Nietleben 及 Altona で 1893 年に起つた流行により、又實驗的にも、コレラ菌は低温に於て、尙生活力を保つといはれて居る。

3. 赤痢菌及腸炎菌

何れも種類が極めて多い爲か、之に關する研究は極めて少い。恐らく赤痢菌の水中に於ける生存期間はチフス菌より幾分小なりと思はれる。腸炎菌は種類が多いから、一概に論じられないが、多くのものは結局死滅するであらう。次の如きものがある。

Bacillus coli communis 大腸菌

Bacillus enteritidis Gärtneri

Staphylococcus 葡萄狀球菌

Bacillus botulinus

4. 脾脫直菌

本菌は芽胞を形成すれば遙に抵抗力は強くなる。但芽胞形成には 30°C を適温とし、酸素の存在を必要とする。水が脾脫直菌により汚染される機會は人による事は先づなく、動物による事も極めて稀である。唯鞣皮工場、刷毛工場等に於ける皮毛等が往々にして菌を有する爲に、水中に之を分布する恐れがある。かゝる際には菌は繁殖形 (Vegetative Form) ではなく、芽胞の事が多いから一層抵抗力は大となる。

繁殖形であれば水中に於ける生存期間は 2~5 日で、冬よりも夏に於ける

方が早く死滅する。但夏の状態で菌が芽胞を作れば翌年迄も生存し得る。

附 原虫及び寄生虫卵

アメーバ赤痢病原體なる *Entamoeba histolytica* は囊胞を形成し、水中では恐らく數週間生活し得る。併し幸にして濾過や鹽素殺菌の如き、普通の淨水法により除かれ又殺される。

寄生虫卵の水中に於ける運命に就いては勿論種類により異なるが、研究に乏しい。先づ寄生虫の一般的性質から上水に關係あるものに及ぶ。

寄生虫を分けて

- 1) 吸蟲類
- 2) 條蟲類
- 3) 線蟲類

の3とし得るが、前2者は多くのものが宿主轉換をなし、中間宿主（第一のみ又は第1と第2と）を必要とし、人體は最終宿主となる。従つて中間宿主を直接食せざる限り罹病しない。之等は飲料水と直接關係なく料理法を注意すれば足る。

水としては排泄物から來る線蟲類の卵、特に蛔蟲と十二指腸蟲とが重大である。之等は何れも世代轉換をなし、全發育中に著しく形態を變ずる。例へば蛔蟲は卵が發育の完了した仔蟲を包む時にのみ感染能力があり、十二指腸蟲では脱殻した仔蟲が感染源となる。従つて感染可能の時期は短い。之等も水中に放置すれば、死ぬ事は確實であるが其、の時間的關係は一概に論ぜられない。又感染徑路も蛔蟲は經口的であるが、十二指腸蟲は經膺が多い。唯之等何れも大きい丈に、原蟲と同じく除かれる機會は多いだらう。

第 3 節 下水中に於て

1. チフス菌

Jordan 氏は袋中に一定量の下水を入れ、チフス菌の培養を植ゑた 16 ケの袋を Chicago の Robey 街の下水渠に、12 ケを Lockport の下水渠に

おいた。別にチフス菌を植ゑない對照をおき、時々試料をとつて培養し、チフス菌の檢出を行つた。其結果チフス菌は 4 日以上は生存しなかつた。之によつてチフス菌が體內を放れて下水に入つてから、3~4 日以上は生存し得ないだらうといつて居る。

Mac Conkey 氏によれば、原下水にチフス菌を入れて後 6 日間は取出し得るが、決して増殖せず速に死滅するといつて居る。

殺菌しない下水中の生存期間は Lawes と Andrewes 兩氏によれば、20°C で 2 週間、Klein 氏によれば 3 週間、もし硝酸鹽を加ふれば 8 週間である。

此時も上水の場合と同様に、菌の生存期間は原下水に於ける方が、殺菌下水に於けるよりも短い事に注意すべきである。

2. コレラ菌

本菌の下水中に於ける運命に就いては、實驗例に乏しいが、相當速かに死滅する事は恐らく間違あるまい。尿尿中の運命は實驗されてゐる。

3. 其他の病原菌

赤痢菌、腸炎菌及び脾脫直菌に就いても、上水の時と略々同様の事がいへる。

附 原虫及び寄生虫卵

之等に就いても、下水中に於ける運命を調査したものは極めて少い。特に線蟲類の蛔蟲卵と十二指腸蟲卵とに就いては、尿尿中の運命が研究されて居るが、それは夏は早く死に、冬は長く生きるといふ。併し十二指腸蟲卵は温度が下ると死ぬともいはれる。又尿尿中の水分が多いと早く殺され、尿は蟲卵に對して有害に働くといはれて居る。

第 3 章 上下水道による傳染病の流行

第 1 節 概 論

上述の様に上下水道の完成により、水による傳染病は減退する筈である。然るに下水其他各種の排泄物が、河川湖沼に流入する事は、上水道の水源に傳染病原菌の侵入する機會を興へる。地下に滲透すれば地下水を汚染する。従つて上水道にして一朝其機能を誤らんか、忽ちにして逆効果を表して傳染病を傳播蔓延せしむるに至る。之によつて傳播される病氣は、恰かも豫防すべき病氣と同じで、主として人體の消化器系統に特有な傳染病である。即チフス、パラチフス、コレラ、赤痢、疫痢、腸炎の如きは、それが地方的なると流行的なるとに拘らず、汚染された飲料水による場合が往々にしてある。

勿論之等の病氣は外の方法によつても傳播し得るが、もし廣く發生した時は、普通何等か共通の原因が存在し、上水道は病氣の傳播には最も好適の條件を備へて居るものである。

下水道も其機能に故障が起つたならば、上水道の場合と同じく、之等諸病の蔓延を來す事になり、更に下水を放流する場合には、其慘害は當該以外の他の市町村にも及び得る事は、充分注意せねばならぬ。

然も最も大なる流行は、一旦放流された病原菌が更に上水道に入つて起るものであるから、以下上水道によるものに就いて述べる。

附 其他の病氣

1) 有機及び無機の水不純物により、直接人體を害する事は稀である。例へば硬度が高くなると、往々にして胃腸を害するが、之と結石形成との關係ははつきり認められず、却つて骨格や齒牙形成に必要ななりとの説もある。

鐵も多くは間接の害に止まる。マンガンは慢性中毒を起し、腦神經症狀を呈する。最近弗素を含む水が、齒の珐瑯質を害する事が認められて來た。米獨に報告されて居る。日本では井戸水によるものがある。

2) 甲狀腺腫の原因は、歐米では夙に飲料水中の沃度の缺乏に歸せられて居るが、又傳染病説を執る人もある。日本では幸に海草を攝取する爲か、本病は少い。滿洲國承德邊に見られる。

3) 鉛と銅とは給水管より來るもので、元來の水中の成分ではない。幸に鉛の急性並に慢性中毒の例は少い。銅は未だ經驗が淺いが、急性中毒は存在するらしい。慢性中毒は動物以外に人間では知られて居ない。

第 2 節 一般的特徴

上水道により傳染病の流行を來した場合には、他の原因によるものと比較して種々の特徴を表す。従つて之により或程度迄は、上水道が果して原因なるか否かを判断し得る。但上水道の汚染には、常時汚染と一時的汚染との 2 種あるが、今一時的のものを主として、次に特徴を列挙する。

1) 地理的分布

汚染された上水道の配水區域に局限される。従つて全都市配水の源即配水池及びそれ以前の汚染であれば、全配水區域に分布されるが、配水管の分岐後であれば、勿論其區域に限局される。併し之は網目式配水系統では餘り明かでない。但之は流行初期の事で、後には他に傳播し得る。

2) 時間的分布

推定汚染機會後潜伏期間丈おいて、爆發的に患者が發生する。2~3 日で極限に達し、其後稍々緩慢に下降する。それは 2 次患者の出現による。従つて下降の程度は防疫措置の如何により、或は緩慢に或は急激に下降する。尙措置を誤れば、3 次 4 次の患者も出現し得る。

3) 致命率低し

即死者對患者の割合が、外の原因による流行に比して低い。それは細菌が水によつて稀釋され、所謂濃度大なる感染が少いからである。大量の感染を來しても致命率の低い事は不幸中の幸である。

(註) 致命率 死者對患者の割合

死亡率 死者對人口の割合

罹患率 患者對人口の割合

4) 汚染の事實

之は必ずしも發見されるものではない。殊に潜伏期丈前に遡るわけであるから、推定は一層困難である。併し其頃の水質検査の成績に變化が見られる事がある。又大雨洪水の如きが原因として擧げられる事がある。

5) 異常月別分布

之は上水道の常時汚染の際に見られる。即正常月別分布では夏多く冬少い患者が、春先に多くなつて來る。此理由に就いては明かでないが、次の如きが考へられる。

I) 冬は水中の病原菌の生存期間が長く淨水機能も低下し、夏は人體の消化器系統傳染病に對する抵抗が低下する。春先此兩作用が重なる爲か。(野邊地慶三醫學博士の説)併しもしそうとすれば、今一つ秋に多數の患者が現るべきかと思はれる。

II) 春先の雪どけによる増水の爲起るとの説がある。但之は寒地で未淨化の水を供給する所に多いわけである。尙單に増水といふ點からいへば、日本では矢張り春秋2回が普通であらう。

要するに異常月別分布に對する説明は、何れも充分ではない。

第 3 節 調査方法

1. 腸チフス

チフス菌は人體内に於て繁殖し、然も尿尿の何れからも排泄せらるゝ事は、注目に値する。菌が人體に侵入するは必ず口を經る。潜伏期間は約2週間(1~3週間)である。

水によるチフスの流行は前記の一般的特徴を有するが、尙其の疑ある場合は次の如き調査を必要とする。

1) 患者發生の位置を示す地圖を作る。次の3の場合に分れる。

I. 患者が都市全體一様に發生した場合は、水源、送水法、淨水法から配水直前迄を、最初の患者發生前1月位迄遡つて、綿密に調査する事が必要である。

II. 配水管の線に沿ふて發生した場合は、其の沿線を調査する。

III. 或方面に群をなす場合は、他の原因の有無をも調査する。

2) 患者の病歴を完全に聴取する。即ち年齢、性、住所、職業、發病の日、續いて飲料水、牛乳、生食物等を前1月位に互つて調べる。此調査は特に宴會、旅行等に注意する。他の腸疾患のものとの接觸の有無を調べる。

3) もし患者の病歴の大部分に共通の因子があれば、之を以て可能の傳染源と考へて特別の注意を拂ふ。例へば牛乳が1ヶ所から供給されて居れば、搾乳場の衛生状態を調べる。

4) 上記のすべての材料が得られたならば、注意して之を再調査し、消去の方法により確實らしい因子を残し最後の結論に到達する。確實なる傳染源を知る事は常に可能ではない。併し注意深く系統的に調査する事により、比較的確實なる結論に到達する事は普通可能である。

以下他の傳染源によるものとの異同を列記すれば

1) 性別年齢別分布

水によるは大人も子供も一様に犯す。然るに牛乳によるは女と子供に多い。

2) 發生時期

水による一時的汚染は夏又は初秋に多く、此點は蠅其の他によると同様である。但常時汚染によるは上記の通り春先に多い。未淨化水を使ふ所も同様春先に多い。併し之は長年月の統計によらねばはつきりしない。

尙傳染源としてチフス患者を追求する事が望ましい。それは水源流域のチフス患者とか、又水源に下水を流す都市の患者等である。併し確實につきとめる事は常に可能ではない。何となれば往々にして健康保菌者と永久排泄者とが存在するからである。

2. コレラ

チフスと同じく腸疾患で、病原菌は腸内で繁殖するから尿中には多数存在する。但尿中には出ない。潜伏期間は數時間～數日で短い。水による流行の疑はれる時の調査方法等チフスの場合と同じ。

3. 赤痢及腸炎

何れも病原菌は尿中に丈現はれ、尿中には出ない。大體上記と同じ調査方法による。赤痢の潜伏期間は 2 日～1 週間位である。

赤痢患者と腸炎患者とは、屢々チフスに先立つて現はれる事が指摘されて居る。之を Hannover 熱又は水道熱といふ。

尙水流行の頻度に於ては、赤痢はチフスの下位にあるにも拘らず、其の規模と罹患率とに於ては著しく高位にある。赤痢菌の人體外生存期間はチフス菌に比して短いにも拘らず、此事實あるのは赤痢が下痢症なる爲に、一患者の排泄する菌量が大なる爲であらう。

4. 脾 脫 疽

人に於ては本病は、肺、腸、皮膚の三型にて來る。肺は稀で皮膚が最も多い。本病の豫後は極めて不良で、特に肺と腸とが悪いが、主に牛と羊との病気で、稀に馬、豚、山羊に見られる。調査方法は上記に準ずる。

5. ワイル氏病

悪性の黄疽を起して 30% の死亡率を有する傳染病であるが、上水道から來る事が稀にある。

附 アメーバ赤痢及寄生虫病

アメーバ赤痢及寄生虫病も水により傳播し得るが、現に前者の例は報告されて居る。

第 4 節 原 因

原因に就ては、必ずしも輕々しく斷ずる事は出來ない。又國により地方によつて、多少の相違があるであらう。

今 1920～36 に至る 17 年間のアメリカ合衆國に於ける原因別統計は第 2 表の如し。但其信頼度に至つて寧ろ疑はしいといつた方が適當であらう。

第 2 表 水による傳染病流行の統計

	流行回数	患者數
1) 地表水汚染 (淨水法を行はず)		
I 小川の水源汚染	27	3283
II 汚染河水	25	668
III 汚染湖水	3	88
IV 涌泉又は集水埋渠の水源汚染	31	1185
V 涌泉又は集水埋渠の洪水による汚染	10	585
2) 地下水汚染 (淨水法を行はず)		
I 淺井の地表汚染	52	3403
II 井壁の不備	11	565
III 深井の河水湖水による汚染	2	15
IV 井戸の下水による汚染	13	731
V 石灰岩地方の井戸又は涌泉の地下汚染	16	1872
VI 原因不明の井戸又は涌泉の地下汚染	16	534
VII 井戸の不用井戸による地下汚染	2	100
VIII 井壁上部よりの下水及び洪水浸入	8	11294

3) 貯水池又は貯水槽汚染		
I 間隙より下水地表水の浸入	8	1504
II 洪水による汚染	1	46
4) 浄水作業の缺陷		
I 濾過作業の缺陷	22	49410
II 鹽素殺菌作業の缺陷	23	4500
III 鹽素殺菌作業の中絶	17	654
IV 雜因	1	6500
5) 配水系統の汚染		
I 工事又は修繕中の配水管汚染	1	13
II 同一埋設溝中の上水と下水との漏出	1	47
III 汚染上水管との連絡	40	10636
IV 配水本管の河水下水による汚染	1	148
6) 取水及び送水系統の汚染		
I 汚染水源の補助取入	5	2374
II 自然流下送水管への地表水下水浸入	13	11354
7) 雜因		
I 汚染私設上水道使用	4	120
II 雑用水の使用	14	989
III 原因不明	20	2351
IV 原因分類不能	8	627

以上はアメリカの場合で、直に日本に適用する事は早計であるが、結論として述べられて居るものゝ内、本邦に共通と思はれる點は下の如し。

1) 異常天候が原因たり得る。例へば旱天による微生物の繁殖、大雨による洪水、酷寒凍結の爲の取入口の變更や鐵管の破裂、春先の雪どけ等。

2) 小都市を十分に監督すべし。

3) 群集生活に割合多い。例へば學校、工場、避暑地等、之は結局人目につき易い爲か。

第 5 節 實 例

實例は内外共に枚舉に暇ない程多數にある。唯本邦の實例は餘りに生々しいから今之を省略し、外國の實例を、各傳染病毎に 1 宛述べるに止める。

1. 腸チフス

Wisconsin 州 Milwaukee, では Michigan 湖から水を引き、其の取水口は市の下水が未處理のまま湖に流入する所から、5 哩程離れて居た。上水殺菌の目的に用ふる鹽素と、或種工場下水(恐らくフェノール含有)との化合による厭ふべき臭味の爲に、不平が多かつたが、或夜 1 現業員が水道又は衛生方面の役人の許可なしに、獨斷で鹽素を遮斷して了つた。8 時間程鹽素殺菌が中止されたが、其の後數日の間に 5 萬乃至 6 萬の腸炎所謂水道熱患者と、次いで 400~500 の腸「チフス」患者を出し、内 40~50 は死亡した。

2. コレラ

Hamburg 及 Altona 兩市で 1892 年に發生した流行が最著名である。Hamburg は當時人口 64 萬、Altona は人口 15 萬であつたが、共に Elbe 河口に位して居る。2 市は實際上 1 市をなして居たが、別な市政を有して居た。Hamburg は水を Elbe 河に求め、市より上流側から取水して居た。Altona は下流側に位するが、水は 8 哩程下流で Elbe 河に求め、緩速砂濾過法で淨化して居た。即ち Hamburg は汚染の機會の多少ある Elbe 河水を未濾過のまま用ひ、Altona は 80 萬人以上の下水を入れた後の河水を、濾過して用ひてゐた。1892 年秋コレラが發生し、17000 の患者が Hamburg に生じ、死者 8600 を出した。其の時 Altona は患者 500、死者 30 に過ぎなかつた。然も、Altona に於ては Hamburg で働く人に多くの患者が見られた。Hamburg の 1 區劃で 400 人程は水を Altona から受けて居たが、コレラにかゝら

なかつた。病院、守備隊、刑務所等で外の水を使つた所は、患者が殆ど發生しなかつた。かくて河水が病氣の原因なる事は明かとなつた。實際コレラ菌は Elbe 河水から、又 Altona 濾過池の濾過以前の水からも發見された。以上は又濾過の効果を明かに示す點で好箇の例である。

3. 赤痢

1918 年正月 New York 洲の Seneca Falls なる人口 7000 の所に於て、600~700 の赤痢患者が發生した。最初の患者は正月 12 日頃發生した。上水道は Cayuga 湖の下端淺い所から取水して居り、氷切りの作業が取水口附近で行はれた。12 月末と正月始とに湖水出口の調節扉が閉ぢられて、元來湖水出口に入つて居た Seneca 河からの汚染水が、湖水に逆流して來た。氷切りと同時に氷を通して對岸に水路が切開かれ、氷を貯藏の爲對岸の水室に送られた。視察の際には著しい逆流が此水路に沿ふて、水の取水口の方に流れて居た。水は壓力式濾過槽を通るが、冬の間は硫酸礬土を加へずに濾過され、爲に充分の淨水が得られなかつた。すべての條件は明かに上水道の汚染による流行なる事を示して居た。

4. 脾脫疽

1899 年 Black 河に於て、Wisconsin 州 Medford の下流 10 哩の間、鞣皮工場下水に汚染された。家畜は河水を飲み、又水の氾濫した低地帯の草を食ひ、氾濫した沼地から集められた枯草を食つた爲に病氣にかゝつた。病家畜を世話した爲に數人が感染した。細菌は支那の皮革を取扱ふ鞣皮工場から來たのであつた。

5. ワイル氏病

Cansas 州のスモランといふ所で、50 人の小學校生徒中 28 人迄が、小學校の上水道によつてワイル氏病にかゝつた例がある。

第 4 章 上下水道の沿革

第 1 節 上水道の沿革

1. ヨーロッパ

太古未開の時代には、先づ第一に涌泉と河湖とに水を求めたものであらう。従つて其附近に集まつて部落を形成した。次に人口の増殖と移動とに伴ひ水の不足を來すに及んで、人工的に水を得た最初の方法が、井戸掘鑿にあつた事は疑ひない。井戸を以て上水道の起原と考ふれば、其歴史は極めて古く、中にも最著名なるはカイロ市のジョセフの井戸である。之は岩石中に深さ約 90 m を掘鑿し、上下二部に分れ、上部は 5.5 m × 7.3 m の矩形断面で深さ 50 m、下部は 2.7 m × 4.6 m で深さ 40 m である。水を汲み上げるには、驢馬を用ひてバケツを取付けた無限鎖によつたものである。其他古代ギリシヤの井戸も有名で、其遺跡はアツシリア、ペルシヤ、インドにある。併し最深井戸は恐らく支那人の手になり、深さ 500 m 位のものが、今日と同一の方法で掘られたといふ。

今上水道本來の目的たる送水配水といふ點から考へると、Jerusalem には地下貯水池を作つて雨水を貯へ、石造水路で水を引いた。其他水路は古代ギリシヤでも作られ、サモスの町に給水した水路は、現在でも尙保存されて居る。水路中には切石積の伏越も残つて居る。

エジプト、アツシリヤ、インドでは、灌漑工事が大規模に行はれ、貯水池や水路が作られた。

古代上水道中ローマのものは、規模に於て數に於て、他に比類を見ない。ローマには紀元前 312 年より前は、Tiber 河の水や近くの泉井の水を使つて居たが、遂に水が汚染されるに及び水源を遠くに求めた。かくて長水

路は山にトンネルを穿ち、谷に拱を架けたが、之等の工事は現在と雖も驚異的である。最初の水路は其建設者 Appius Claudius の名をとつて、Aqua Appia (アピア水道) といふ。長さ 18 km で紀元前 321 年に作られた。之より 305 年に至る迄、總數 14 水道延長 578 km が作られ、拱長は 80 km である。ローマ人はローマのみならず、其帝國內で佛のパリリオン、獨のメツ・スペインの Segovia, Seville にも大工事を行つた。

當時の給水系統は多くの人が公共噴水迄、水を取りに行かざるを得なかつた。水量は可なり豊富で 50 gallons 1 人 1 日と計算されて居る。水質に就ても古代人は或概念を有して居た。Hippocrates 氏は鉛管を通つた水を飲む事の危険を幾分知り、汚染水の煮沸と濾過とをさへすゝめて居る。

中世ローマ帝國の瓦解と共に、水路は破壊され上水道の問題も全く放棄され、甚だしきは之等の工事が何の目的に使用されたかも、忘れらるゝに至つた。其後ペストの大流行を來し、16 世紀に至り始めて一般衛生状態が改良された。併し此間と雖も例外として、多少の上水道工事は諸所に行はれて居た。

パリは 1183 年迄全く Seine 河の水により、ロンドンは 1235 年に少量の泉水を鉛管と石造水路とで市に導いた。世界最初のポンプは 1582 年に配水用として、ロンドン橋上に作られた。獨では 1412 年に初めて上水道を敷設し、1527 年に Hannover でポンプを使つた。

17, 18 世紀間の進歩は微々たるもので、主にパリとロンドンとの兩市に限られて居た。ロンドンでは New River 會社が 1619 年に全市に管を敷設し、New River から水を引いて各戸給水したが、之が各戸給水の最初である。18 世紀にポンプに蒸汽を應用するに至り、水道の發達に寄與したが、1761 年にロンドンで作つたものが最初であらう。

1800 年以來ロンドン、パリ兩市の上水道は、大に各方面の議論的とな

つたが、全體として見る時、19 世紀の前半に於ける進歩發達は遅々たるもので、1864 年にドイツには、僅に 24 の上水道が存在したのみである。後半から 20 世紀にかけて、急激に普及發達したものである。以前は配水管に木管を用ひたが、1800 年頃鑄鐵管が一般に用ひらるゝに至つた。又最初は時間給水であつたが、衛生と便利との爲に 1873 年ロンドンで、初めて連続給水が行はれた。

水質の問題も水量と同様に注意を惹くに至つた。19 世紀の初にパリで、Seine 河の水を淨化する爲に人工濾過を行つたが、大規模の濾過はロンドンの Chelsea 會社で、1829 年に用ひ始めた。1875 年以來其普及著しく、歐洲で地表水を濾過しない都市は稀なるに至つた。

以上で分る様に、上水道の發達には各種の科學が補助的役割をなして居るが、就中ポンプ、鑄鐵管、淨水法等の發見發明により、今日の上水道の基礎を作つたといへよう。従つて上水道の起原といふも見方の相違により、種々なる段階が考へられる。

2. アメリカ

最初の上水道は Boston で、1652 年泉水を自然流下で導いて居る。蒸汽機關は 1800 年 Philadelphia が最初で、鑄鐵管も 1804 年同市で用ひられたが、ロンドンに先立つといはれて居る。19 世紀の後半は上水道の發達著しく、機械や材料の改良と共に、小町への普及が目立つ。西部諸州では地下水及び掘抜井による給水が發達した。1900 年には人口 2000 の村で、上水道のない所は稀なるに至つた。

1900 年以後は専ら水質の改良が企てられ、濾過其他の淨水作業が行はれた。最初に濾過を用ひたのは、1872 年 New York 州 Poukeepsie で、緩速であつたが、別に急速砂濾過なる方法が發達し、現在では歐洲にも逆輸入せられて居る。

擴張工事としては、New York 市の 1906~1918 年 Catskill 水道大工事の如き注目すべきものである。尚計器取付により又検査方法の改良により、水の浪費を減少する事も大なる進歩を遂げた。

3. 日 本

公共上水道の起原は史上明かではないが、東京市の如きは恐らく最古の一であらう。

徳川幕府が江戸に開かるゝに及び、用水の缺乏を告ぐるに至り、天正 18 年 (1590 年) 大久保藤五郎忠行は家康の命を受け、井ノ頭池より導水し、關口に石堰を築き、之より左右に分け、右は江戸川となり左は上水となる。かくて神田日本橋邊一體に給水したが、後の神田上水である。

神田上水の不足により、將軍家光は町奉行神尾備前守元勝に命じ、彼は更に庄右衛門清右衛門の兄弟 (多摩川沿岸の住民) をして之に當らしめた。兩人は羽村より大木戸迄、次に大木戸より虎ノ門迄水路を作つた。途中麴町 12 丁目にて 2 に分れ、1 は麴町と江戸城内、他は虎の門に至る。

其他青山、龜有、三田、千川の上水あり、之を江戸の 6 水道といひ、其内神田、玉川は明治年間迄存在した。他の 4 水道は屢々興廢があつたが、享保 7 年 (1722 年) 同時に廢止せられた。

以上は何れも河川其他の水源から、自然流下で引水するに止まり、沈澱濾過等の浄水法は施されて居ない。従つて之を近代式上水道に比較すれば、其設備構造に隔世の相違はあるが、當時の歐洲と比較する時、決して遜色を見ないのである。即ローマ水道を除いては、ロンドン、パリ等の大都市に僅に上水道があつたのみ、其他には殆ど見るべきものがなかつたにも拘らず、本邦が之等にも優る上水道を有した事は、我上水道史上特筆大書すべき事であらう。

當時諸藩に於ても、幕府に倣ひ簡單なる上水道を設けた所が多い。例へ

ば金澤、水戸、福山、名古屋、仙臺、鹿兒島、高松、福島等の如し。

明治維新後歐米の文化輸入せられ、衛生思想の發達と共に、上水道も近代様式を以て施設せらるゝに至つた。其嚆矢は横濱市である。同市は明治 3 年水道會社により、水源を多摩川に求めて工を起し、明治 7 年一旦通水したが、工事不完全にして全市給水の見込なく解散した。明治 16 年英人陸軍工兵大佐パーマーに依頼し、18 年著工 20 年竣工した。之が濾過水を有壓鐵管で給水した最初である。次に函館、長崎、大阪、廣島、東京、神戸、岡山、下ノ關の各市に敷設せられ、爾來普及發達は目覺ましきものあり、昭和 16 年 4 月 1 日調査によれば、内地上水道は 680 で、之を給水人口別にすると、人口 10000 超過 226、人口 10000 以下 454 である。即所謂簡易水道は全數の $\frac{2}{3}$ を占めて居る。

第 2 節 下水道の沿革

1. ヨーロッパ

最古の記録はバビロン時代に、小規模の下水管渠を用ひた事がある。紀元前 7 世紀頃に拱形下水渠が、バビロンで用ひられたといふが、各戸との連絡はなかつた。尚 Jerusalem, Athen にも下水管があつたといふ。最著名なるはローマの下水道 (Cloaca maxima) である。之は 7 の岡に圍まれたフォーラム谷の排水の爲に、紀元前 615 年に築造された。次第に各戸とも連絡し、便所は水洗装置を備ふるに至つた。ローマの植民地なるパリ、Aosta, Trier, Köln 等も之に倣つたが、帝國の滅亡と共に衛生方面も全く顧られず、上水道と同様暗黒時代に入つた。

其後數百年間雨水は地下に滲透し又蒸發するに任せ、家庭下水は道路上又は道路中央の溝に導いた。其結果は疫病に好適の培養地を與へ、數回ペストに襲はれ恐るべき犠牲を生じた。

更に近代式下水道の勃興を促したものに、工業の發達とそれに伴ふ都市の膨脹とがある。最初に國土の工業化した英國が、組織的に上水道と共に下水道を整備した最初の國であつた。尙 1831 年のコレラ流行はロンドンの暗渠下水道の發展を促進し、1848 年に英國政府は法律により都市の公衆衛生を監督するに至り、衛生上一大革命を齎した。他の獨、佛等大陸の大都市も英に範を取るに至つた。かくてロンドンでは水洗便所の普及と共に、住宅から完全に尿尿を除き、他の下水と共に下水渠に導いて河に放流したが、工業と都市との急激なる發達に伴ひ、下水量を増すと共に質の悪化を來し、他の弊害を來した。即河川汚染の爲に、河水を他の目的に使用し得ざるのみならず、汚物の沈澱、停滯、腐敗を起し臭氣を發散するに至つた。下水問題は一轉して河川汚染迄發展し、訴訟事件を生ずるに至つたので、英國では 1858 年以來法律を以て、都市内河水は一般使用に支障なき様清淨に保つべしと命するに至つた。此爲にロンドンでは 1860~75 年に、テムス河の兩岸に 30 km の遮集渠を設けて、都市内河川の不良状態を一掃したが、それより下流の汚染は除き得なかつた。

パリの下水道は、ロンドンと同じくコレラ流行の結果作られた。最初の下水渠は多くの大都市のものと大差なく、無蓋溝渠に雨水を受ける程度で、1412 年の記録にある **Menilmotant** 下水渠の如きは、1750 年迄無蓋であつた。1833 年以後のものは 6 呎以上の高さで、之は労働者が立つて仕事をした方がよいといふ考へからであつた。其後上水道配水管を入れる爲に、上部を一方又は兩方に擡げた。此複合断面に就いては各種の批評があるが、之は下水雨水と共に流れ込む塵芥をも除く爲に作られたのである。1833 年に始めて遮集渠の考へを採用して實行した。

Hamburg は 1842 年の大火後、燒失區域に對し下水道を作つたが、1853 年に残りの部分にも及ぼし、1871~5 年に更に擴張した。數市の比較的富

有なるものが之に倣つたに過ぎない。例へば **Frankfurt/Main, Danzig** の如きである。

下水處理に就いては、下水による土地の灌漑は、已に古代 **Athen** に於て行はれたらしい。1832~1833 年及び 48~49 年の兩度のコレラ流行後、下水道築造せられる迄は、處理問題も全く注意を惹かず、英國では河川小なる爲、汚染の問題が起つたのは上記の通りではあるが、尙健康に對する脅威よりは、農工業用水に對する支障の方が注意を集めたかにさへ思はれる。1854 年のコレラ流行後、議會は 1855 年に汚物除去法を通過したが、下水處理を強制はしなかつた。

1880 年に獨の **Eberth** 氏によりチフス菌が發見せらるゝや、衛生學にも新紀元を畫するに至り、細菌學を河川淨化と下水處理とに應用するに至つた。1877 年佛の **Shloesing** と **Muntz** 兩氏、又 1882 年英の **Warington, Robert** 氏は、微生物の作用によつてアムモニアや有機質の酸化が行はれる事を證明した。後に米の **Massachusetts** 州 **Lawrence** 實驗所の研究によつて、下水酸化處理の生物學的條件が明かにされた。かくて腐敗槽、撒布濾床、接觸濾床の如きが、例へば獨に於て實際的規模に於て試験されるに至つた。尙之より前にも、灌漑法と藥品沈澱法とは已に行はれ、殊に後者は一般の注目を惹いて居た。

2. アメリカ

米に於ける最初の下水道に就いては餘り知られて居ない。始は矢張り他の國と同じく、必要以上に大なる下水渠を作る傾向があり、時に下流から上流迄同大に作り、爲に急傾斜に非ざれば充分の速度を得られず汚泥が分解して悪臭を發するに至つた。最初の下水渠が單に雨水の排除を目的として作られた事は、米もヨーロッパも同様で、ロンドンでは 1815 年迄、**Boston** は 1833 年迄、パリは 1880 年迄さうであつた。

分流式下水道を始めて設計した人が誰であるかは詳でないが、其考へは 1842 年英の Cladwick, Edwin 氏により主張されて居る。アメリカで研究の結果は、地表排水が合流式大下水渠によらなくても比較的低廉に行はれる所では、先づ分流式を採用する方が利益なる事が分つた。

下水處理に就いては、河川の大なる爲と、土地の廣大なる爲灌溉法や間歇濾過法の差支ない事により、餘り顧みられなかつた。Massachusetts 州衛生局は夙に其重大性を豫想し、祕書の Folson, C. F. 氏は歐の下水處理を研究して、1876年に報告を發表した。Massachusetts 州の數河川が全く汚染されるに及び、最初に Worcester に大規模の處理場が作られ、藥品沈澱法を用ひた。1887 年に Lawrence 實驗所が作られ、其研究の影響は上述の通り大なるものがあつたが、特に英國で土地の狭い爲に顧みられなかつた間歇濾過法の優秀性を認めた事は其 1 である。

3. 日 本

我國は古來農を以て國本とし、屎尿を唯一の肥料として之を有償化し、農家に有料處分をなさしめた習慣あり、従つて便所の構造は汲取式で、溝渠に之を排出する事がなかつた。従つて水路の汚染さるゝ程度は甚だしく輕微であつたが、此 2 者が相俟つて下水渠及下水處理施設の發達を遅延せしめたものであらう。従つて上水道の 300 年の歴史にも拘らず、下水道としては溝渠の疏通、開鑿、濕地の埋立等、主として舟運及防備の目的を以て經營せられ、傍ら排水の必要に應じた程度であつた。

舊幕時代に於ては、江戸に各種排水設備を施し、溝渠の浚泄、下水柵の修繕等に細心の注意を拂つた事は、當時の記録にも表れて居る。

近代式下水道の嚆矢は、明治 5 年東京市銀座大火後、街路修築と共に兩側の溝渠を洋風に改めたるに始まり、下水道施設の必要を痛感したるは、明治 10 年都下にコレラ大流行以後の事である。明治 17~18 年に互り府

はオランダ人デレーケ氏の意見を徴し、神田區内に所謂神田下水の端緒として分流式下水道を敷設し、更に延長して煉瓦及陶管を以て下水渠を作つたが一旦中止した。其後迂餘曲折を経て 40 年合流式下水道設計が成立し、第 1 期工事として 44 年 6 月淺草、下谷、神田、本郷の一部に着手した。大正 11 年 3 月には三河島汚水處分場が作業を始めたが、大正 12 年關東大震火災に遭遇し、一時打切の已むなきに至つた。其後帝都復興計畫の審議せらるゝや、市に於て繼續施行に決し、現在では芝浦及砂町の兩汚水處分場が加はつた。

大阪市も明治 19 年及 23 年のコレラ流行に下水道計畫の端を發し、27~32 年に舊市街に略式下水道を完成した。本式下水道は明治 45 年~大正 11 年で竣工、全部合流式である。其後も引續き施工せられたが、處理場としては大正 13 年市岡抽水所の實驗設備を始として、津守及海老江の兩處理場が完成した。

仙臺市下水道は中島銳治工學博士により、明治 32~大正 2 年に竣工した。之本邦技術者による暗渠式下水道の最初である。又始めてモルタル管を使用し、全部合流式である。

名古屋市も明治 41 年~大正 12 年に全市下水道を完成した。合流式である。尙處理場も昭和 3 年以來相次いでなり、米元晋一氏、草間偉、池田篤三郎兩工學博士、石下朝重氏の 4 人により、促進汚泥法を始めて本邦で使用した。以上に廣島市を加へて 5 都市の下水道は、實に本邦斯業の典型をなせるもので、其他の下水道は皆範を之等に採り、其計畫の全部又は一部を踏襲したといふも過言ではない。

續いて函館、岡山、明石、松山、若松(福岡縣)、福島、大分等起工するに至つたが、上水道に比すれば其發達は遅々たるもので、殊に處理場を有せざる單に雨水排除を目的としたものが多い。此外臺北、大連、青島等に

稍々見るべき施設がある。

昭和 16 年 4 月 1 日現在で、内地下水道の数は 62 である。

下水処理設備の不完全に伴ひ、水洗便所に對する汚水淨化装置即水槽便所は相當の普及を見せ、官公署、學校、會社、病院、工場等を始め個人住宅にも之を備へて居る。

第 3 節 教育研究機關

教育方面は我國では、工學の土木工學科で教へると共に、醫學の衛生學でも重要な一分科として居る。米國の或大學では土木工學より獨立して、建築衛生と合して衛生工學科教室を作つて居る所もある。

衛生工學の内容は、最狭義には上下水道のみを含むが、之に尿尿處分塵芥處分を加へる場合もある。更に廣義には上記建築衛生の外、食品牛乳の衛生迄も含める場合がある。

唯内容は工學醫學に跨がり、尙下水の肥料化を考慮する時は農學迄關聯して來るが、其間に判然たる境界をつけ難く、一方を理解するには他方の知識を或程度迄必要とする。尙化學生物學の如き補助の學問を必要とする關係上、研究には相當の困難がある。我國では工學及醫學の大學専門學校以外に、研究機關としては厚生科學研究所及各大都市の衛生試験所を擧げる事が出来る。水道協會も其實験所を充實して、研究方面に活躍せんとして居る。

第 4 節 水道關係法令

上水道に對しては水道條令あり、明治 23 年發布せられ、水道を敷設するものは市町村たる公共團體に限られたが、其後私設團體又は私人にも許可する様改正された。國庫補助は $\frac{1}{4}$ 迄で、工事は認可を必要とする。

下水道法は明治 33 年發布せられ、國庫補助は $\frac{1}{3}$ 迄、地方費補助は $\frac{1}{6}$ 迄認められる。又都市計畫法を適用すれば、建設費の $\frac{1}{6}$ 迄受益者負擔となす事が出来る。併

し本法の適用を受けない小市町村では、補助以外は起債によるの外ないが、之は殆ど不可能である。一方 6 大都市では財源として下水道使用料を徴収する事を得る様になつたが、之は條件附で監督官廳に其徴収を認められたに過ぎない。かゝる實情は下水道施設の依然普及しない 1 原因をなして居る。

認可は何れも内務省國土局と厚生省衛生局との合議による。府縣では土木部課又は衛生課の監督下にある。

第2編 上水道

第1章 上水道の構成

上水道は一般に次の4部分から構成される。

1) 取水法又集水法

適当な水質の水を必要なる水量丈、集め取入れる方法である。従つて水源としては、常に水量と水質との両方面から調査する事が必要である。取水法は水源が地表水なるか地下水なるか、又地表水でも河水がか水か等に從つて、甚だしく趣を異にする。

水量が1年の或時期缺乏する時、之を調節する爲に貯水池を設ける事がある。之も取水法に含める。

2) 送水法又導水法

水源が都市から遠く離れて居る場合に、水を送らねばならぬ。之が送水法であつて、距離が大であると巨額の費用を要する。もし水源が都市に近接して居れば、送水法は殆ど不用か又は短距離ですみ、費用は著しく省かれる。

3) 淨水法

水質を改良淨化する方法であるから、もし水源から直接清淨水が得られるならば、本法は省略するか又は單に補助として差支ない。主なるものは沈澱、濾過、殺菌等である。

本法は多くは送水法と次の配水法との中間に設けられるが、地形によつては取水法の直後に來る事もある。

4) 配水法及給水法

かくて得られた清淨水を所要水壓の下に所要水量丈、各戸に供給するの

が配水法及給水法である。其際消火に就いて特別の考慮が要る。兩者の區別は、都市で敷設する公道下の上水道管迄が配水で、之から分岐する各戸負擔の管が給水であるが、實際は混同して使はれる事もある。

本法は水量を調節する爲の配水池及配水塔を含め、之に始まり各戸の給水栓で終る。

第2章 水 量

第1節 平均使用水量

使用目的によつて、次の4に大別し得る。

1) 家庭用—飲料、料理、臺所、掃除、洗濯、風呂等に用ふるものであるが、生理的に人體に攝取せらるゝものは極めて僅で、恐らく1日2~3立を出ないであらう。其他の用途としても1人1日當り50立位のものであらう。水洗便所の使用水量は1人1日10~20立である。

2) 工業用—之は目的により千差萬別で、一概に其量を述べられない。

3) 雑用—噴水、撒水、街路掃除水等であるが、之も都市によつて相當違つて來る。1人1日當り20~30立と見てよからう。

4) 消火用—之は臨時のもので、1年に割宛てれば僅であるが、火災に際し其場所で短時間に相當水壓下に大量の水を要する。其影響は小都市に於て殊に大である。

通常1)~3)を含めた1年間の全使用水量を、全人口と365にて除し、人口1人1日當り平均使用水量といふ。此水量は各種の條件で異なる。

1) 人口一大なる程1人1日當り使用水量は増すといはれるが、其原因としては給水普及率の差、工業の状態、文化の程度があげられて居る。

2) 工業の種類—特に水を大量に使用する工場あれば増す。

- 3) 氣候氣温一暑い地方は増すが、寒地も冬季凍結を防ぐ爲増す事がある。
- 4) 浪費の程度一計量制とすれば浪費が防げる。尙水壓が高ければ増す。
- 5) 漏水一工事の粗漏と維持修繕の不完全とによるが、水壓が高いと増す。

一般に米國は歐日洲及本に比して水の使用量多く、中華民國は少い。之は國民性や習慣の相違にもよるが、浪費と漏水とも見逃す事は出来ない。尙空氣乾燥の爲に米國人が大量の水を飲む爲といふは、全く一顧の價値もない謬説である。攝取水量は上記の通りとるに足らぬ程少量である。

次に數例を示す。

日 本	大都市	120~130 立
	小都市	80~120 立
	町	60~100 立
	村	40~60 立
英	55 立	極少量
	90~115 立	あらゆる場合
	135 立	極めて充分
獨	人口 5 萬以下	50~100 立
	人口 5 萬以上	100~150 立
但工業用水を除く		
米	50 ガロン(189 立)	最小
	100 ガロン(378 立)	平均
	155 ガロン(586 立)	最大

附 使用水量と給水量

給水量は使用水量と漏水量との和なりとして、區別する人があるが、今略、同義に解して用ひた。

第 2 節 使用水量の變化

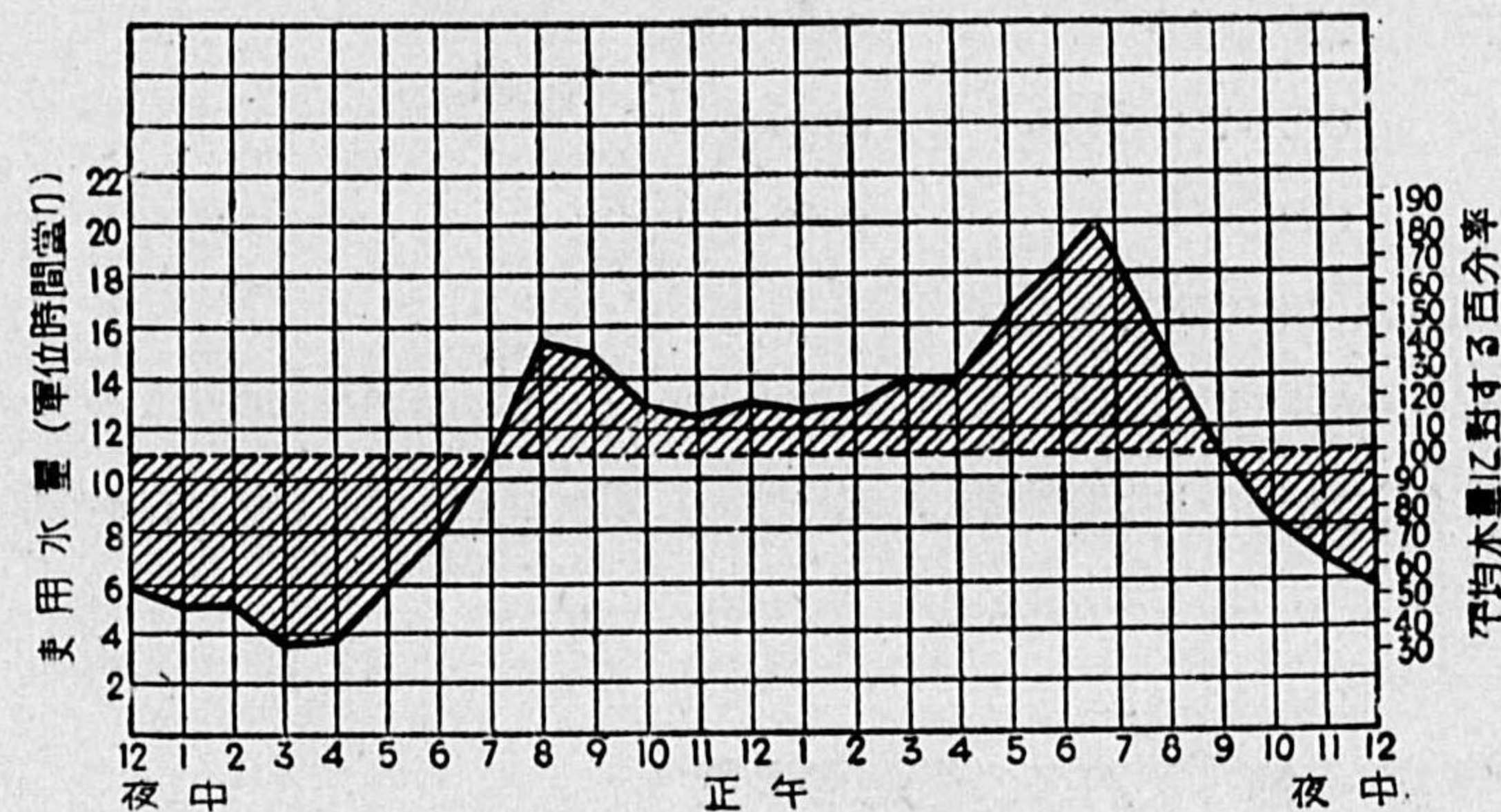
1. 定期的變化

1 年の内月により日により時間により異なる。之を月變化、日變化、時間變化といふ。

月變化は主に氣温による。7~8 月多く、1~2 月少いが、上記の様に極寒地方で冬季閉栓する所では冬増す。變化は平均量の 10~25% に達する。

日變化は夏の暑い日に多いが、外國の如く月曜日を洗濯日とする所では、其日に増す。變化は平均水量の 50% に達し得る。

時間變化は大體朝 4 時頃から使ひ始め、8 時頃最大となり、夕方迄下り、



第 1 圖 使用水量の時間變化

6~7 時頃再び上り、10~12 時頃下り、後は夜の漏水のみとなる(第 1 圖参照)。變化は其日の平均時間水量の 50% 増位になる。従つて日變化を考へに入れると平均の $(1.5)^2 = 2.25$ 位に達し得る。但岩崎瑩吉氏によれば、時間變化の増加率 50% は過少で、50~90% に及ぶが、人口大なれば平均されて小になる傾向があるといふ。

2. 消化用水量

之は臨時のもので、大都市では特に考慮の必要はないが、小都市では計畫の當初に消火用水量を見積つて加算し、配水管を太く設計しなければならぬ。尙水の使用量の少い冬夜に火事の多いのは不幸中の幸である。

消火用水量に関しては次の如き公式がある。

消火栓の距離	100~150 m.
火災時に同時に用ふるホースの數	$2.8\sqrt{x}$
消火用水量	$2700\sqrt{x}$ 立/分.....米國
	$1700\sqrt{x}$ 立/分.....日本

1 本のホースからの水量

950 立/分	商業地域	} 米 國
660~750 立/分	住宅地域	
600 立/分	日本	

但 x は 1000 單位の人口

以上から貯水池の如きは月變化又はそれ以上の長期變化を目標とし、送水法から淨水法は大體日變化、配水池から配水法や直送ポンプは、時間變化に加ふるに消火用水量を見込まねばならぬ。

第 3 節 將來の全使用水量

1. 人口の増加

都市人口の増加と共に、給水人口も將來増加すると考へねばならぬ。將來の都市人口の豫想は次の如し。

1) 分析的方法

I. 等差級數的見積法

毎年の人口増加數が一定であると考へる。即

$$P_n = P + na$$

但 $P_n = n$ 年後の人口

$P =$ 現在人口

$n =$ 計畫年數

$a =$ 毎年の増加數

II. 等比級數的見積法

毎年の人口増加割合が一定であると考へる。

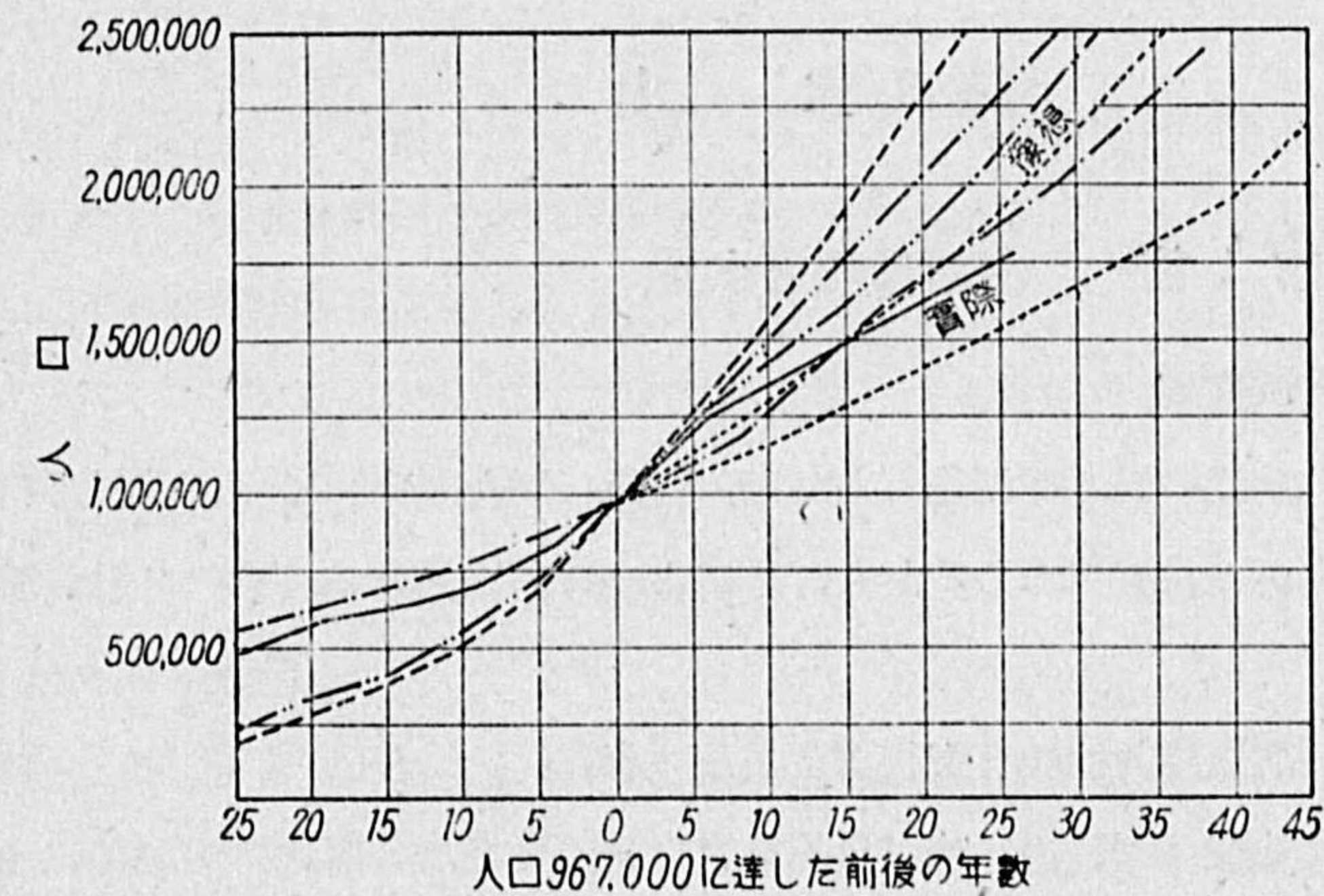
$$P_n = P(1+r)^n$$

但 $r =$ 毎年の増加割合

I. は見積過小 II. は過大になる傾向がある。

2) 圖解的方法

人口増加曲線を畫いて、將來に適宜延長し、又は他の同條件の先進都市を見做つて延長する。併し之は第 2 圖の如く大差が生ずる。



第 2 圖 人口増加豫想の圖解的方法

以上各法があるが、何れも 1 長 1 短あり、豫想は困難である。次に何年後を標準とすべきかは種々の條件により異なるが、普通 10~20~30 年位である。

2. 全使用水量の増加

人口増加の結果として、之が全使用水量に及ぼす影響は次の2方面から考へねばならない。

1) 平均使用水量の増加

之は既記の通り人口増加に伴ふ工業の隆盛や、文化の進歩と共に1人1日當り使用水量が増加する。

2) 給水普及率の増加

給水人口を總人口で除した給水普及率は、給水開始後次第に増加する。又大都市は小都市に比して大である。一般には總人口を以て給水人口と假定して居るが、此普及率の點は將來念頭におかねばならぬ。

要するに人口増加と共に、1人1日當り使用水量も増加するといふ事である。従つて全使用水量は人口増加以上に急増を示す場合が多い。

第 3 章 水 質

第 1 節 使用目的と水質

1. 家庭用

之は前記の通りの用途があるが、水質の點から考へると、飲料と料理との要求が一番嚴重であるから、之によつて制限される。次の2點が重大である。

- 1) 病原菌其他の有害物を含まない事。
- 2) 外觀（濁、色、味、臭等を含む）の良好なる事。

病原菌に就いては今更説明の必要はない。有害物としては、其量少ければ無害でも、大量なれば時に害をなすものもある。次の如きものがあるが、之等と病氣との關係其他直接の影響は、10頁附其他の病氣の所で既に述べ

たから、此所では間接の害のみを記す。硬度は料理用としては豆を煮る際石灰と豆皮の蛋白質とが化合して、内部に水が入らず煮えにくい。洗濯には石鹼を多く要する。併し少量には存在した方が水の味をよくするものもある。

鐵は茶の味を害し、洗濯物を汚す。

マンガンも鐵と似て居る。

弗素症と甲状腺腫とは、既記の通りである。

鉛と銅とも別に附加すべき事はない。

次に外觀の問題は1)程に重大ではないが、往々にして消費者の苦情の種となる。

2. 工業用

個々の工業に就いては、それぞれ要求が違ふが、一般にいへば軟水で有機質の少いものが希望される。例へば汽罐用水としては、特に水垢を生じない軟水が望ましい。醸造、砂糖、澱粉製造工業では、微生物の含有如何が問題になる。それは異常酸酵を起し製品を害するからである。併し日本酒には或種の硬水がよいといふ。

併しかゝる特殊な工業に於ては、適當な水質の上水道を自ら有するか、又は都市上水を更に淨化して使ふのが當然であつて、都市が各種の工業用水に對して一々考慮を拂ふ必要はない。

3. 消火用及雜用

之等は水質に重きをおかず、單に充分なる水量と、消火用には更に水壓が必要である。

以上各種の使用目的によつて、要求する水質を異にするが、上水道を別々に作る事は普通行はず、唯1の上水道を以て包含する事が多い。其時水質は家庭用の飲料乃至料理用水で支配される。

附 2 元配水系統

1 は家庭用水に他は消火又は雑用水にといふ 2 元配水系統が、同時に同所に用ひられる事がある。其時消火其他の急變に應ずる爲には、兩系統間に交叉連結を設ける必要がある。此際常時不純な水が純水の方に入るのを防ぐ爲には、逆止弁其他の器械的方法が行はれるが完全ならず、此交叉連結は屢々チフス其他の傳染病流行の原因であつた。之は特に米國の消火高壓水道に多いが、衛生當局は此交叉連結又進んでは 2 元配水系統を非とし、多くの州では之を禁じて居る。但消防當局は反對意見を有し、財産を人命より重しと見て居る。平素と雖も不注意の爲に、雑用水を飲用せんとする傾向は起し勝ちであるし、又給水工事に際し連結を誤る事もある。例へばパリの雑用水道の如き其例である。

第 2 節 水 質 検 査

1. 目 的

究極の所は最後に得られた水が、使用し得るか否か、普通は家庭用即飲料水たり得るか否かを検するにある。即病原菌の存否が問題である。併し現在に於ては残念乍ら、何れの方法も充分満足とはいはれない。其理由は多くの検査が單に間接に病原菌の存在を意味するもので、直接病原菌の検査が不可能なるによる。従つて決定的の答を與へず、只判断の参考に資する程度である。

尙以上の外に次の如き場合に水質検査が使はれる。

- 1) 水源を原水として利用し得るか否か。
- 2) 各種浄水法の能率を監督する。

2. 意 義

水質検査は廣義に解釋すれば、次の 5 よりなる。

- 1) 現場検査
- 2) 物理的検査
- 3) 化學的検査
- 4) 細菌學的検査
- 5) 生物學的検査

以上の各々に就いて簡単に説明を加へる。

✓現場検査は水の得られる場所の條件を調査するをいふ。之は水質検査の結果が、其正常状態にある時と比較して、始めて意味のある事、又水源の種類により異つた解釋を必要とする事等より見るも、現場調査の必要は明かであるが、尙例へば下水が直接流入する事が觀察されたならば、之は決定的な汚染の證據を示して居る。要するに本検査はそれ自身充分なる意義を有し、其缺點は他の検査を参考とする事なく、不可の結論を下し得るのが特徴である。

地表水に就いては、其集水區域の地質、貯水池、水路、浄水所、ポンプ、配水池、配水管等すべて出来る限り検査すべし。

地下水に於ては井戸の構造が重大であるが、其場所の地質、井戸の深さ、井壁の種類と構造、井戸の位置と蓋、井戸の周圍等を検査すべし。

尙現場検査は併せて試料を自ら採取するといふ大なる長所を伴ふ。

✓物理的検査は温度、濁度、色度、臭味が主なるものである。

温度は衛生學的意義は少く、水源の種類と配水管の埋設深さ等に左右される。

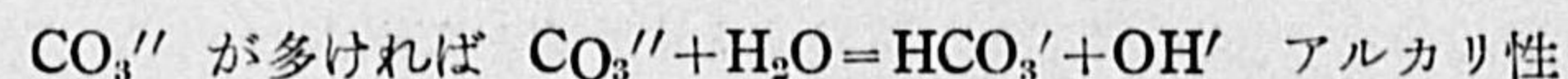
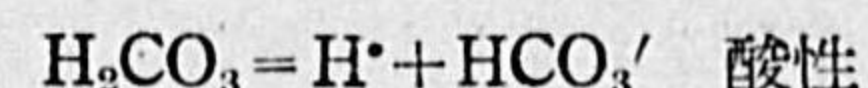
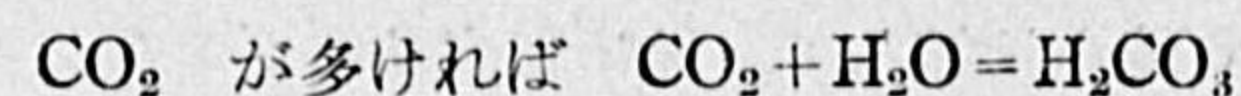
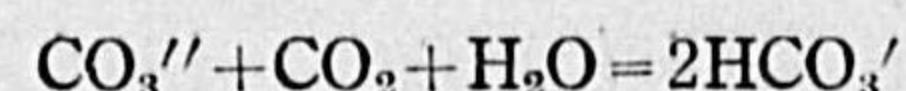
濁度は主に有機無機の浮游質からなり、細菌數と或程度平行するといふ人もあるが疑はしい。

色度は主に膠狀又は溶解性の有機質から來るといふ。沼澤地方の水に特有で、濁度より更に除去しにくい。

臭味も衛生學的意義は少いが、使用者の側では他の如何なるものよりも苦情の種になり易い。原因としては、或種微生物、鐵又は硫黄、鹽素又は之とフェノールとの化合物等色々ある。

化學的検査としては次の如きものがある。

反應は水素イオン濃度即 pH で表す。多くの自然水では CO_2 と $\text{CO}_3^{//}$ との割合で決定される。即



CO_2 を消費する原因は、貯水池藻類の繁殖、地下水の汲上放置等によるもので、アルカリ性をます。 CO_2 を發生する原因は、有機質の腐敗等があり、酸性をます。 $\text{CO}_3^{//}$ の増減は、例へば石灰岩層を通過した水が、 $\text{CO}_3^{//}$ を増してアルカリ性をまし、硫酸礬土を加ふれば $\text{CO}_3^{//}$ を消費して、アルカリ性を減する。一般に地表水は弱アルカリ性、地下水は CO_2 を含んで微弱酸性をなすといふ。pH は淨水法に於て薬品の消費量を決定し、又クロラミン殺菌では pH の一定範囲外では効果が薄い。色度大で pH 小なる水は鐵管を腐蝕する傾向がある。

アルカリ度は、水中に含有するアルカリ分の程度であるが、重炭酸鹽が主體をなす。尙水酸化物と炭酸鹽とによるアルカリ度が、下水特に工場下水に左右される所に意義があるが、又鐵管の保持と沈澄剤の使用に關聯する。即アルカリ度が低いと鐵管を腐蝕し易い。又硫酸礬土を用ふるに、石灰や炭酸ソーダの如き補助薬品を要する。要するにアルカリ度は原因が有害ならざる限り、味覺に感じない程度に於て高い事は差支なし。

酸度は炭酸、鍍酸、有機酸から來るが、一般には CO_2 による。矢張り

下水特に工場下水に支配されるが、主な點は鐵管に及ぼす影響である。鍍酸、有機酸によるは、鐵管腐蝕の點で用ひ得ない。 CO_2 によるも高度なるはよくないが、味覺に對しては寧ろ歓迎すべきものである。

尙 pH とアルカリ度及酸度との關係は、必ずしも比例するものではないが、pH 大なればアルカリ度高く、pH 小なれば酸度高い事が多い。それは pH は實際の OH' 又は H^+ を示し、アルカリ度又は酸度は豫備を含めた OH' 又は H^+ を示すからである。

溶存酸素は主に空氣より來るが、尙藻類の同化作用により過飽和の状態を來す事がある。之の缺乏は水が腐敗に傾かんとして居る事を意味するが、餘り大量にあると鐵管を腐蝕する。

遊離炭酸は酸度の所で述べたが、重炭酸鹽を水中に保持するに必要な所謂從屬性遊離炭酸以外の浸蝕性遊離炭酸が害をなす。

鹽素イオンは多く食鹽の形で含まれる。故に海岸に近い所では地下水の等鹽線は海岸線に略々平行する。家庭下水には必ず伴ひ、尿は 0.75~1% を含む。又地下に滲透して甚だ安定である。之が地方的標準以上に存在しない事は汚染されない證據であるが、以上に存在する事は必ずしも汚染を表さない。尙鹽素イオンは汚染の時期を示さない。それは其安定性による。従つて病原菌や有害物質も必ずしも鹽素イオンに伴はない。それは古い汚染で已に淨化されて居ても、鹽素イオンは變らないからである。又之の多い水は鐵管其他の金屬を腐蝕するといふ。

硫酸イオンは主に土壤中の硫酸イオンから來る。褐炭層や沼澤地方からの水に之が多いのは、有機性硫化物の酸化に基くといはれる。汚染に原因しない限り、多量ならざれば衛生上支障はない。併し多量なれば汽罐の水垢を作り、鐵管やコンクリートを腐蝕し易い。遊離硫酸は痕跡も不可である。

硝酸性、亞硝酸性、アムモニア性、蛋白アムモニア性の窒素の 4 型は相

互關聯して居る。例へば尿尿は蛋白質を含み、従つて窒素を含む。蛋白アムモニア性窒素は其原形のもを、硝酸性窒素は完全に無機化したものを、アムモニア性と亜硝酸性とは中間態を表す。故に硝酸性窒素は過去の歴史即遠き汚染の標示である。但地下水中の硝酸性窒素は往々礫物性沈渣に起因し、更に之が還元されて亜硝酸やアムモニア性窒素に變る事があるが、之等は衛生學的には意味がない。

過マンガン酸カリ消費量は、水中の酸化され得べき還元性物質質量を表す。従つて有機質の内炭素含有の比較的分解され易いものを表すが、尙亜硝酸鹽や 2 價の鐵鹽や硫化物等をも含む。或程度汚染を知り得る。

硬度はカルシウム及マグネシウムの炭酸鹽及硫酸鹽等よりなる。衛生學的意味は少いが、10 頁及 37 頁に述べた直接並に間接の害以外に、汽罐には水垢を生じ、屋内給水工事の修繕を増し、個々の硬水軟化装置を必要とする等の經濟的損失が亦大である。

硬度の効果としては既記の外、日本酒醸造用としては或種の硬水がよいといふ。一部には汚染によつても硬度が高くなるといふ人もある。

蒸發殘渣は檢水を蒸發乾涸した際、最後に殘留する固形質をいふ。之を分けて揮發性と固定性とし得るが、前者は殘渣を白熱したる時失はるゝものをいひ、大體有機質を表す外意義は少い。

鐵は大量なれば不快な臭味を有し、鐵管内に鐵バクテリアの如きを繁殖せしめる事がある。工業用としても多くは不適當である。

鉛は普通給水用鉛管から來り、炭酸ガスを含む軟水に溶け易いから、地下水は注意を要する。併し幸に鉛管内面には次第に保護膜を生ずる。

銅は給水管として鉛に代らんとして居るが、炭酸ガスと酸素を含む水に溶け易く、酸性水も悪い。併し何れは酸化銅の保護膜を生じ、0.1~0.3 ppm

以上は溶けぬといふが、鉛よりは保護膜は出來にくい。

遊離鹽素は鹽素殺菌の際用ふるが、其量を調節する爲に検査が必要である。

細菌學的検査では、一般細菌と遠藤赤變菌と大腸菌との 3 種に就き行はれる。病原菌の検索は最も重大であるにも拘らず、甚だ困難で通常不可能なる爲に、常時は行はれない。

一般細菌は寒天培養基によるが、其培養温度と時間とに 20~22°C 48 時間と、37°C 24 時間との 2 種がある。前者によるは土地又は自然水の無害の雜菌の大部分を表し、水中では常温で増殖し得るから、此數を以て汚染の標示とするは不適當である。後者によるも多くは無害の雜菌であるが、下水や動物排泄物内に存在する細菌の大部分をも含む。併し之が増殖も水中常温で起るから、汚染とは必ずしも平行しない。只一般細菌の増殖し得る如き状態は面白くないといふ點に意義がある。

遠藤赤變菌は大腸菌と尙それ以外の細菌とを含むが、大部分が大腸菌と考へて其價値を認めて居る。

大腸菌は温血動物(鳥獸)の腸内に常在する。尙魚類の腸内にも存在するらしい。普通は動物體外では増殖しないといはれ水中では速かに死滅する。故に此存在は水が高等動物の腸排泄物で汚された證據であるとされて居た。然るに *Bacillus aerogenes* なる廣義の大腸菌の一種が、自然界に廣く分布され、水中では大腸菌よりも長く生存する爲に、兩者の鑑別を行はない限り大腸菌檢出の價値は甚だしく減殺される。併し此鑑別法は餘り容易ではない。最近腸内にも僅に *B. aerogenes* が存在するとの説、又下水中腸内とに於ける兩細菌の比例が割合平行して居るとの説(岡本啓醫學博士)があるが、上水中の大腸菌の種類に就いては未だ研究されて居ない。要するに水による傳染病病原菌は患者や保菌者の排泄物中にあるか

ら、排泄物で汚染される事は不愉快なるのみならず、危険の恐れがあるといふ點に大腸菌検索の意義がある。

生物學的検査は其種類と數とのみならず、顯微鏡により併せて粗大固形質（有機及無機）の種類や含量も分るし、寄生虫卵の發見も時に可能である。將來研究の結果此方面が充分開拓されるれば大なる期待がかけられるが、直接的影響としては次の如きが擧げられる。

1) 下水其他による汚染の標示を得る。之は下水に特有な生物其他が發見されるれば、其證據である。

2) 不快な臭味の原因たる生物を發見し對策を講ずる。間接には砂濾過特に緩速を生物學的に調節する事も、將來は恐らく可能であらう。

3. 方 法

我國に於ては上水試験法(水道協會協定)がある。其外に日本藥局方常水判定標準なるものがあつて、之に水質検査の方法を規定して居る。此兩方法が一致せず、從來屢々議論されて居るが、前者の目的とする所が公共上水道の水にあり、後者は井水にあるから、其間多少の差のあるは止むを得ないと思はれる。一々の方法に就いて説明する事は省略する。詳細は相澤金吾氏著上水試験法註解(水道協會發行)を参照され度い。

4. 結果判定

我國には3種の判定標準がある。上水試験法と、日本藥局方常水判定標準の外に、藥學會協定飲料水の判決といふのがある。之等の間に多少の相違のある事は免れない。今上水試験法の「上水判定標準」を次に記す。

- 1) 濁度 1° を超ゆべからず。
- 2) 色度 2° を超ゆべからず。
- 3) 異常の臭味を有すべからず。
- 4) 反應は中性或は弱アルカリ性又は微弱酸性なるべし。

- 5) 亞硝酸性窒素は定性試験に於て之を検出すべからず。
- 6) アムモニア性窒素は定性試験に於て之を検出すべからず。
- 7) 1l に付き 0.3 mg 以上の鐵 (Fe) を含有すべからず。
- 8) 銅及鉛は定性試験に於て之を検出すべからず。
- 9) 1l に付き 10 mg 以上の過マンガン酸カリを消費すべからず。
- 10) 1l に付き 5 mg 以上の硝酸性窒素を含有すべからず。
- 11) 1l に付き 30 mg 以上の鹽素イオンを含有すべからず。
- 12) 硬度 18° を超ゆべからず。
- 13) 1l に付き 500 mg 以上の蒸發残渣を残すべからず。
- 14) 寒天培養基を用ひ 20~22° に於て 48 時間培養したるときは 1 cc に付き 100 箇、37° に於て 24 時間培養したるときは 1 cc に付き 50 箇の細菌集落を發生するに止まるべし。
- 15) 1 cc に付き遠藤赤變菌を検出すべからず。
- 16) 10 cc 以下に於て大腸菌陰性ならざるべからず。

但上記の標準に適合せざる上水と雖も衛生上支障なしと認めらるゝものは此限に非ず。」

兎に角綜合判斷であるから、1,2 を以て全體を推斷し得ない事と、其間自ら輕重の差ある事を注意すべきである。又但書で例外を認めて居る。此際現場検査の重要な事を忘れてはならない。

歐米各國の現状は、判定標準を設けて居る國と然らざるものとあるが、標準のあるものと雖も、我國に比すれば遙に寛大である。即本邦の良水に恵まれて居る事、従つて上水に對して嚴重なる態度を執つて居る事が分る。尙ドイツ等では水の利用目的によつて、判定標準を変更するは不可なる事を強調して居る。それは單に雑用水に止まり、飲料水として用ひられない水は極めて稀なりといふにある。

尙外の目的例へば水源としての可否や、浄水法の能率監督の如きに對しては一定の標準はない。今参考に各種の水質検査成績の 1 例を第 3 表に示す。

第 3 表 水 質 検 査 成 績 (平均値)

	原 水	沈澱池 流出水	濾過水	給水栓水
氣 温	17.6	17.6	17.6	18.4
水 温	14.2	14.4	14.4	10.8
濁 度	16.9	8.7	0	0
色 度	0	0	0	0
臭 味	0	0	0	0
反 應	中性乃至微弱 アルカリ性	同 左	同 左	同 左
水素イオン濃度 pH	7.0	7.0	7.0	7.0
鹽素イオン	1.4	1.4	1.6	1.4
硫酸イオン	痕 跡	同 左	同 左	同 左
硝酸性窒素	(一)乃至痕跡	同 左	同 左	同 左
亜硝酸性窒素	(一)	同 左	同 左	同 左
アムモニア性窒素	(一)	同 左	同 左	同 左
過マンガン酸カリ消費量	2.38	1.82	0.72	0.66
總 硬 度	1.8	1.8	1.8	1.8
蒸發殘渣	83.5	75.7	65.9	65.0
一般細菌數	殺菌前	49.3	415	4
	殺菌後	—	—	—
遠 藤 赤 變 菌 數	殺菌後	3	1	0
	殺菌前	—	—	—

第 4 章 水 源

第 1 節 分 類

水源は雨水、地表水、地下水の 3 に大別される。但雨水は特別の場合で、

普通は地表水と地下水とである。

従來は水質と水量との兩方面から考察して、水源を選定すれば充分であつたが、最近は防空的見地からも考慮する必要がある。例へば、水源をなるべく給水區域の近くに選び、然も 2 ケ以上の異なる水源や、豫備水源を考慮すべき事、送水は壓送を避けてなるべく自然流下により得る水源が可なる事等である。

第 2 節 雨 水

1. 水 質

雨水は天然の蒸溜水であるから、最も純粹なるべきものであるが、特に降雨の最初には大氣中に浮遊せる微生物、煤烟、塵芥、細菌等を含む。併し降り續くと水質は次第によくなつて來る。又都市と農村とでは可なり性質を異にし、都市の雨水は不純である。併し自然水では最も純粹に近く、然も軟水であるのが特徴である。

2. 雨 量

一般に赤道附近及海岸地方に多く、山地は平地よりも雨が多い。但餘り高くなると却つて減する。又濕氣を含んだ風が地形により遮られて雨量を増す事がある。

今本邦に就いて見ると、雨量は一般に南に多く北に少い。特に表日本の南太平洋岸に多く、東北北海道に少い。併し裏日本でも中部即北陸地方に多く、瀬戸内海に少い。季節的には表日本は夏秋に豪雨が多く、裏日本は冬降雪が多い。

年雨量、季節雨量、月雨量、日雨量、時間雨量等の區別があるが、年雨量に就いて考へると、普通は 1000~2000 mm の間である。或地方では勿論毎年異り、多い年は平均の 50% 増、少い年は平均の 1/3 位である。

之等の變化は長年の觀測により、統計的に或程度迄豫知し得られる。

季節雨量及月雨量は關係が薄いから省く。

日雨量、時間雨量も下水道には必要であるが、上水道では省略する。

雨水を直接水源とする場合もあるが、然らざる場合と雖も地表水、地下水共に間接には其源を雨水に仰ぐ。此意味に於て特に河川の流量推定の參考に缺くべからざるものである。河川流量は雨量から蒸發量と滲透量とを引いたものであるが、實際は流量と雨量とを直接結びつけて考慮する場合が多い。

第 3 節 地 表 水

1. 概 論

最も容易安價便利に水源を求むる方法である。併し水質に於ては割合遺憾な場合が多い。それは近年人口の増殖と文明の發達とに伴ひ、地表水を下水の收容に用ひる傾向にある。かくて上水水源としての價値は減退し、遂に用ひ得ざるに至らんとして居る。但例外として山間の溪流や、高山の湖水の如き汚染の恐れなき水、又多少汚染の危険はあつても、完全なる淨水法を施行し得る所は、水源として使用し得る。併し地表水を水源とする場合に、淨水法を完全にするよりは、寧ろ汚染を避ける事に重點をおくべきで、従つて各種下水は充分に處理した後でなければ、地表水に放流させてはいけない。

地下水に比して水質上の主なる相違點は、一般に有機質の多い事、溶存酸素量の多い事、生物の繁殖し易い事、硬度の小なる事等である。

水量の點では地下水に比較すれば一般に豊富である。且河水の如き渇水期に水の缺乏を來すものと雖も、貯水池を設けて補ひ得る。何れにしる利用し得べき水量の豫定を、相當正確に算出し得る事は長所である。

日本は從來地表水を水源とするものが多かつたが、近來小都市の水源として、伏流水が用ひられて居る。英米に地表水水源が多い。

2. 河 水

河水は湖水と異り、豪雨又は洪水時に、流水が沈澱物と細菌數とを著しく増す。又平時と雖も、河の流域の状態により汚染の程度異り、町や市中を流れる時又下水を受入れる時は、汚染量を著しく増す。又汚染が流水によつて、湖水に比して遙に遠く迄運ばれる事は、河水の特徴である。勿論後述の自淨作用は流水にも認めらるゝが、靜水の方が大なる事を忘れてはならない。

要するに一旦河水が汚染された場合に、自淨作用は幾許の時間又は距離を要するか、其結果河水が再び安全に用ひ得るか否かゝ重大である。從來の經驗によれば、一旦汚染された河水は充分なる淨水法を施すに非ざれば上水道水源として用ふる事は不安であるらしい。又時間や距離によつて、自淨作用に期待をかける事は不安である。何となれば之は個々の場合により異なるからである。如何なる時間又は距離病原菌が其生活力を保持するかは、多年の論争の的であるが明かでない。

河水水質には共通の事項少く、此點が又湖水との大なる相違點であるが、只一般に夏溶解質の量多く浮游質が少いといふ位の事がいへる。

流量としては取水量の決定の爲には、平水量、低水量、渇水量等が必要である。工作物の設計上は洪水量を知らねばならぬ。

之等の流量測定には、量水標に水より水位を知り、同時に流速を測つて流量を出し、水位流量曲線を求めておけば簡単に算出出来る。又規則正しい河川ではバザンやクッター等の公式からも計算出来る。之等の測定結果は長年に亘るものを、更に統計的に扱つて各種の判斷を下すべきである。

今一つの推算法は、流域單位面積當りの平水量、低水量、渇水量等が、各河川別に

算出されて居るから、其地點から上流の流域面積を知れば、流量が推算出来る。

地表水特に河水は往々にして、灌漑、發電水力其他の水利權と利害が衝突し、或は補償し或は讓歩せざるを得ない場合がある。

使用水量を流量の幾許迄許し得べきかは、假に水利權等の關係を除外して考ふる時、其最小流量即渴水量の如きを標準とすれば最安全である。併し貯水池を設くれば、之を或程度大にして差支ないわけである。貯水池容量の所で述べる。

3. 湖 水

上述の如く自淨作用は河水に於けるよりも湖水に於て大である。又汚染の機會も岸のみに限り得る。此汚染は岸に沿ふて運ばれ、時には湖水の中央迄も達し得るが、其流れを起す原因は風が主である。水質では一般に河水に勝る。

湖沼に關しては各種共通の性質あり、現在陸水學は主に湖沼を對象として居るが、今其の一端を次に述べる。

1) 物理的性質

水は 4°C で最大密度を有し、比熱甚だ大で熱傳導度は極めて不良である。粘性は高温になると減ずる。

水層を順逆の2に分つ。順層とは高温層が低温層の上にある場合で、水温が 4°C 以上の時起る。逆層とは低温層が高温層の上にある場合で、水温が 4°C 以下の時起る。然るに水温 4°C 以上なるにも拘らず、深湖に於て逆層が成立し得る。それは1は水深による壓力の爲に水の密度が増す場合、他は各層に於ける溶解質の異なる爲に密度を異にする場合である。

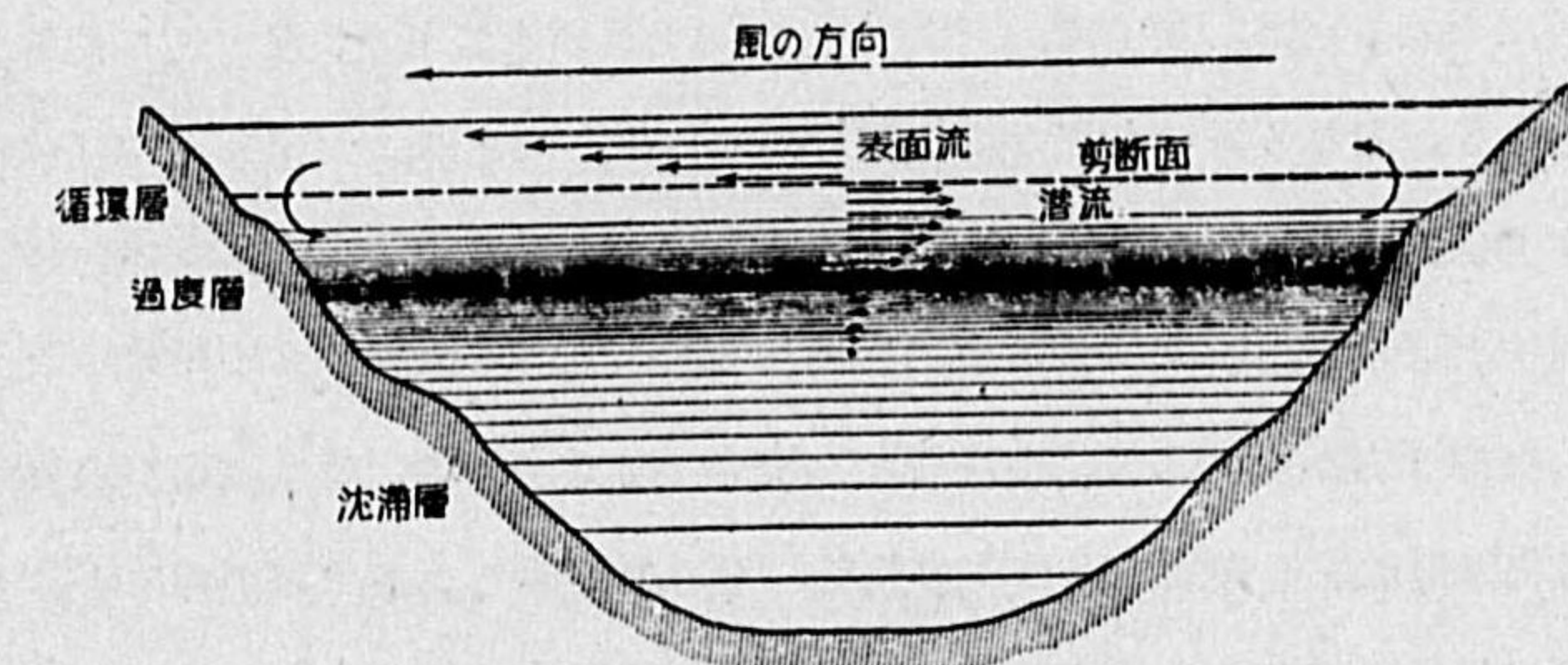
水層の變化は主に温度による密度の變化で起るが、先づ垂直流を起さない沈滞の時期がある。之は冬及夏であるが、冬は逆層、夏は順層をなして居る。春になると氷が溶け表面水は次第に暖くなつて來るが、水温 4°C に達する迄は、温度と共に密度を増すから、水は沈まんとする傾向を示す。之れ春の循環である。垂直方向の水温が一

様になれば、垂直流は水面温度の極微の變化や、風の如き器械的影響で容易に起る。次に夏の沈滞に入り順層をなす。此時期は4月~10月頃に及ぶ。秋になると表面水が冷却し始め、遂に大循環に入る。12月頃に冬の沈滞が始まる。

夏期水深に沿ふて水温を測定するに、水底程低温になるが、其の間に急激に水温の變化する薄層がある。之を過渡層と名づける。之より上方を循環層下方を沈滞層といふ。循環層では風の影響による水平流が起り、又對流により鉛直流も起る。又曝氣により酸化され、炭酸ガスは除かれる。沈滞層では之は行はれない。

以上は水深 7 m 以上位の湖に見られるが、淺湖では表面凍らざる限り、循環は絶えず行はれて居る。

水平流は主に風により起るが、流れの方向は風の方向と略々一致する。風により上層の水が風下の岸に追ひやられると、風下の水面が上昇し水頭増加の爲に、水面下に還流を生ずる、之を潜流と名づける。潜流の大部分は過渡層以上に限られるが、其以下でも幾分の運動がある。此水平流と潜流と上下の2流の境の面を、剪断面と名づける(第3圖参照)。水平流の影響としては、結局表面水を下方に運ぶ事になるから、



第 3 圖 湖水の水平流

酸素が下層に供給され、炭酸ガスは水面で放散される事になる。浮游生物も運ばれ、芽胞や種子も湖水一面に撒布される。

2) 化學的性質

溶存ガスは微生物との關係が密接である。先づ藻類の同化作用によつて炭酸ガスを

吸収し酸素を放散する。之は光の内のみで起るから、湖水では表面に限られる。次に呼吸作用は動植物界共通に起り、酸素を吸収し炭酸ガスを放散する。之は光暗何れでも同様に行はれるが、光中では藻類の呼吸は同化作用に蔽はれる。分解作用は細菌によるが、細菌自身は酸素を探り炭酸ガスを放出して、有機質で生活して居る。水中の溶存酸素がなくなると、細菌は有機質から酸素をとり、之を分解して炭酸ガス、一酸化炭素、メタン等を放出する。之が即ち嫌気性分解又腐敗である。此結果沈滞層では酸素が減少し炭酸ガスが増す傾向がある。

大気中の氣體で水に移動するものは、酸素と炭酸ガスが主であるが、之は表面で溶解したものが、更に対流や擴散によつてひろがつて行く。尙水温が高ければガスの溶存量は減る。

結局水中の溶存ガスとしては、炭酸ガスと酸素とを考へればよい。炭酸ガスは普通 1~2 ppm 以上溶存する事は稀である。主なる源は有機質の分解と、動植物の呼吸とである。大気から來るものは少い。地下水が湖水に流入すると、其の爲に増す事がある。季節的變化としては、夏期過渡層以上で減少し、以下で増加する。之は主に有機質の分解による。酸素の溶存量は 20°C の如き夏の水溫では、冬に比し飽和量が僅に $\frac{5}{8}$ となる。主なる源は大気と綠植物の同化作用とである。大気よりの吸收擴散は曝氣により促進され、例へば波や風による水平流、直垂の對流、人工的攪拌等何れも之を助長する。過渡層以上は普通酸素で飽和されて居る。それは水の循環により絶えず空氣と接觸するからである。沈滞層では酸素の缺乏を來す。時に藻類が過渡層に集中し、同化作用により酸素で過飽和の状態になる事がある。冬水面が凍ると、大気からの酸素の供給が絶たれるのと、同化作用の衰へる爲とにより酸素は缺乏する。春秋の循環に際しては、水は上から下迄曝氣される事になる。

3) 細菌學的性質

一般に湖水は河水よりも細菌數が少い。又汚染に際しても安全度大なる事は既に述べた。

4) 生物學的性質

一部は既述したが、時に湖水には著しい生物の繁殖を來す事がある。其の爲時に水に味臭を與へる。之等は直接病氣とは關係がない。

水量は勿論湖水の大きさにより異なるが、唯天然の貯水池と考へられるから、河水よりも遙に確實である。

4. 河水と湖水との比較

一般に湖水の方が水源として優つて居るが、其長所を列記すれば、

- 1) 水の自淨作用が大である。
- 2) 汚染を速く運ばない。
- 3) 貯水作用を兼ねる。

併し缺點としては、

- 1) 生物が繁殖し、水に味臭を與へるのみならず、濾過池を塞ぐ事がある。之は硫酸銅を加へて殺す。
- 2) 春秋の循環に水が甚だしく濁る。

第 4 節 地 下 水

1. 概 論

水質は地質によつて甚だしく左右されるが一般には良好である。但深水の方が浅水より信頼し得るし、特に第 2 層や第 3 層の地下水がよい。不純物は無機性のものが多く、硬水が多い。又鐵やマンガンを含む事があるのみならず、鐵バクテリアを含んで鐵管を腐蝕閉塞する事がある。何れも淨水法で或程度迄除き得る。

汚染の源としては、便所や下水溜であるが、之が地下水に到達するか否かは、地下水の深さと共に地質の如何による。

元來地層の淨水作用は、所謂自然の濾過作用であるが、大地の淨化作用と考へてよい。大別して物理的、化學的、生物學的の 3 とする。浮游質の

大部分は物理的機械的に除かれるが、純化學的作用としては餘り大なるものはない。寧ろ生物學的化學的作用が最有力である。それは地層の上層では植物性動物性有機質が酸酵分解して、窒素性有機質が漸次溶解質、多くはアムモニア性化合物に變る。炭素性有機質は炭酸ガス、水、有機酸となる。アムモニア性化合物は硝化菌の作用を受けて、亜硝酸鹽を経て硝酸鹽に變る。即窒素の 4 型を經過するわけである。かかる無機化作用は實は酸化であるから、酸素の豊富な表層に於て速かに行はれるが、溫度や地質は變化の速度を左右する。

此作用には一定の限界があつて、汚染作用が斷續的なれば、淨化作用は永續するが、連續的なればたとひ少量宛の汚染でも、淨化作用は阻止される。かくて人口稠密なる都市の地下水は、次第に不良となる。

地質としては一般に細かい砂がよく、粗砂之に次ぐ。地下水が乾燥季に下れば、汚染は原水面に残る傾向があり、又汚染が毛管現象で相當距離を動くか否かは疑問であるが、動くといふ結論を證明する根據はない。

水量は必ずしも不足とは限らないが、幾許の水量が得られるかの豫想が立てにくい。又後になつて著しく水量が減る事がある。即確實性のないのが缺點である。之に對しては、系統を異にする水源を數ヶ所に求めて、有無相補ふといふ方法がある。

2. 淺 水

深水との境は判然としないが、今 10 m 位迄を考へる。雨水が大地に滲透侵入すると、速かに性質の變化を來す。即大氣と地表から得た不純物を失つて、新に地層から他の物質を吸収する。かくて地下水の性質は地表水と著しく異つて來る。

先づ雨水中の溶解ガスが、地層を通過する間に或程度變化するが、大氣から吸収した浮游質（塵芥、細菌）と、上層地層から來る有機質及細菌は

大部分失はれ、他方地下水は或種の無機質を溶解する。特に炭酸ガスを含む水は溶解力を増大する。従つて一般に地下水は無機性溶解質に富み、地表水は有機性浮游質に富む。但腐蝕土を含む地方では、地下水は無機質有機質共に含む。

腐蝕土が存在し酸素の缺乏の場合には、硫酸鹽は硫化水素に、窒素化合物はアムモニアに還元される事がある。又鐵を含む水には往々にして所謂鐵バクテリアが存在し、鐵を 2 價から 3 價の形として沈澱させる事がある。此生物は光を要せぬから、有蓋池や鐵管内でも成長し得る。

要するに地層内の淨水作用は、淺水に於ては進行中又は未完成の場合もある。特に住宅附近で下水等の滲透し易い所では、必ずしも淨水作用に期待出來ない。従つて淺水は往々にして、衛生上危険なる場合がある。

3. 深 水

深水は先づ深さ 30 m 以上位のをいふと考へてよからう。之は大地の淨化作用の完成と共に、元來無菌なるかそれに近いものである。唯例外として間隙を有する地質では、汚染が淨化を受ける事なく長い距離運ばれる。併し實際深井から取出した水が、殆ど常に相當の細菌を含んで居るのは、主として外部から來る原因による。例へば掘鑿機械、井戸壁の接手、ポンプ装置等である。

水汲上げの影響としては、掘鑿による汚染の如きは汲上げにより除かれるが、時に水源が變つて水質が一變する事がある。即ち時によい場合と悪い場合とがある。

一般に貯水を行へば、水質が良くなる。地表水や淺水の如き然り。然るに深水は貯水により悪化する。特に地表水を混じた際に著しい。其原因は地表水は生物を供給し、地下水は其發育に必要な無機質を供給する爲に、生物の著しい繁殖を來すのである。

4. 泉 水

地形の関係で地下水が再び涌出したものが泉水である。之は特に淺水に多い關係上、通俗に盲信する程純良なものではない。反對に甚だしく不純なものがある。特に岩石から涌出する水は危険である。

泉水の源が深いか淺いかを知る 1 の標準は水溫で、氣溫と共に變るものは淺く、略々一定の水溫を有するは深いものが多い。

5. 伏流水

之は河底の砂礫層中に含まれる水の如きをいふ。水質は自然の濾過を経て居るから概ね清良で、沈澱を省略し得る。併し河底が削られると、濁流が其儘入る事がある。水量も純粹の地下水程不確實ではない。

水の系統は直接河水湖水より入る場合が多いが、又全然別系統から地下水が流入する事もあるから、位置の關係のみから、一概に水の源を判断する事は出来ない。

④ 第 5 章 取 水 法

第 1 節 雨 水

建物の屋根、鋪装した庭、岩石地(但割目なきもの)等で少しく傾斜した所が水を集めるにはよい。表面は出来る丈綺麗なるがよいが、飲料水としては最初の雨水は捨てる方がよい。

貯槽の大きさは雨量と使用水量とによるが、豫定水量としては次の如し。

$$Q = cAh.$$

但 Q = 年豫定水量

c = 係數 = 0.5 ~ 0.7

A = 集水面積

h = 年雨量(深さ)

構造は水密とし、蓋を以て密閉する。又同時に濾過槽を兼ねる事もあり、次に濾過槽を設ける事もある。

第 2 節 地 表 水

1. 概 論

次の點を考慮して、取水場所を決定すべきである。

- 1) 水質汚染の恐れなく、魚、砂礫、流木、流水等の流入せざる事。
- 2) 水量を確實に然も調節して取入れ得る事。
- 3) 建設費及維持費の廉い事。

取水法は必ずしも水源の如何によらないが、今便宜上水源の種類に従ひ述べる。

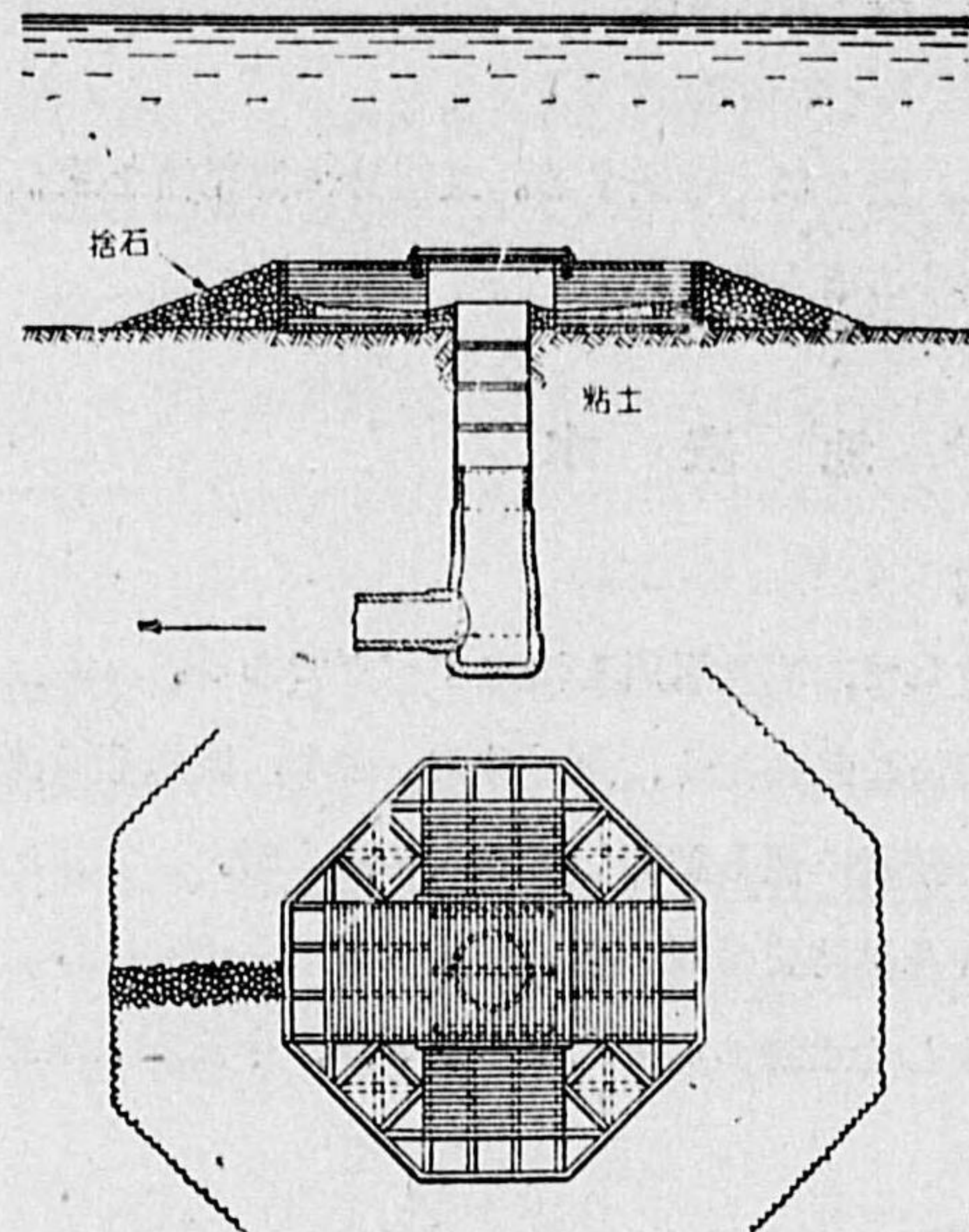
2. 河 川

取水口の位置としては、地質良好、渇水時も相當の水深を有し、下水や海水の侵入の恐れなき所を選ぶ。

上流よりの取水法は取水門による。河を横斷して堰を作り水位を高め、取水門に導く。洪水時には堰の一部なる可動堰又は水門を開放して、水と共に土砂を流す。取水門には鐵格子の芥除を設ける。次に制水門で水量を加減するが、其前に餘水吐と土砂吐とを設ける。

下流で平坦なる場所より取水する際は、水位の變化が少ければ、單に河岸の近くに引入管の口を開き、翼壁とコンクリート基礎とを作り、堤防の斜面を防禦する。開口部には芥除を設ける。町疇にすれば取水室を作り、之を芥除室と制水門室とに分つ。

水位の變化著しければ、低水位に於ても取水し得る様に、河心に木枠及

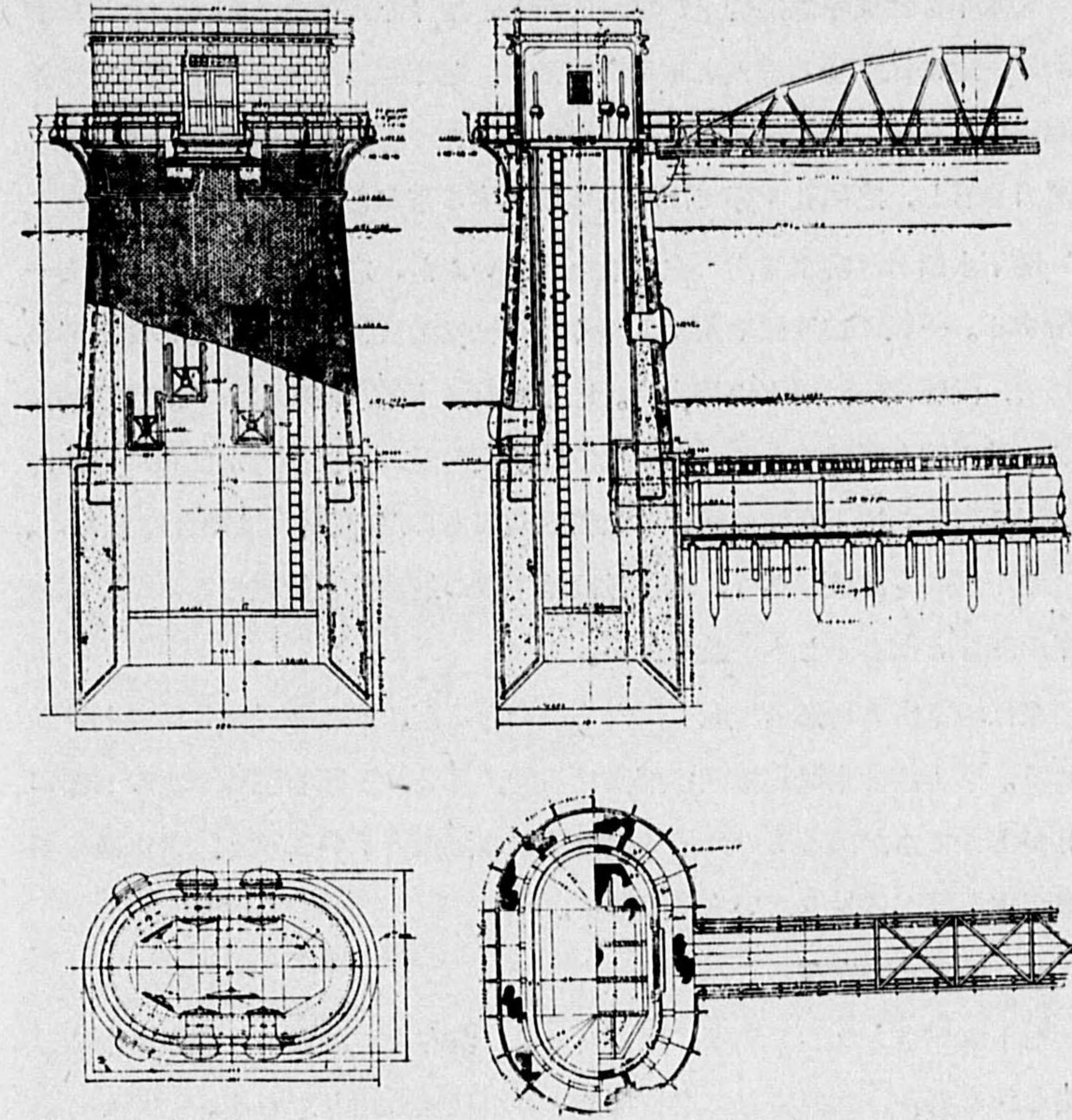


第 4 圖 河 心 取 水 管

捨石をなし、取水管を開口せしむ(第 4 圖参照)。又取水塔により數個の引入管口を各別の高さに設ける。之は次に述べる。

3. 湖 沼

河心より取水する場合に準じ取水管によるものと、取水塔によるものとの 2 がある。取水塔は圓形又は橢圓形の煉瓦又は鐵筋コンクリート塔で、其下部種々の高さに引入管を設け、管内に流入した水を集め、之を鐵管又は水底隧道で湖岸に導く。湖岸とは簡単な橋を設けて交通に便にする。各希望の水位から水を取入れ得るのが特徴である。(第 5 圖参照)



第 5 圖 取 水 塔

第 3 節 地 下 水

1. 概 論

地下水の流れが地表水と異なる點は、流速が甚だ遅く、其勾配が狭範圍で動搖するに過ぎない事である。地下水量、水溫、水質等も一般に變化は少い。併し之を井により汲上げると、水面は漏斗狀に陥没する。

又地中には或不滲透層上に水が貯溜し、地下水の池とも稱すべきものがある。之には矢張り流入と流出とがある。地下水の流れと雖も其流速が極端に小なれば、寧ろ池と考へた方がよい。2 不滲透層に挟まれた地下水は壓力を有し、之に孔を穿てば地上に噴出する事がある。

地下水面とは含水層内で水の最上面をいふが、之は略々地表の凹凸と一致する。一般に山地は地表より深く、谷地は地表に近づく。時に地上に現れて、濕地、泉、河川と連絡する。地下水面にも等水位線がある。即同一高さの點を結んだ線である。地下水流は最大勾配の方向即等水位線に直角の方向に起る。地下水面の變化は比較的僅であるが、高所では割合に著しい。

地下水にも流域があり、其境界は地下水の最高等水位線であるが、地表水の流域とは必ずしも一致しない。

泉は地下水の自然に地表に出たものであるが、水理學的に3種に分けられる。第1は含水層が地表に露出せる時、第2は上記有壓地下水の上部に孔があつて水が出るもの、第3は地下水の溢流ともいふべく、含水層の容量が水を運ぶに足りないものである。

2. 地下水の存在

地下水が泉となつて地表に出る所では、其存在が地表から認識出来る。然らざる場合、如何にして之を推察するかは次の通りである。

土地乾濕の状態から知る。地表が乾いて居れば、土地の滲透性が大で、地下水面が深い事を示す。之に反し濕潤なれば地下水面は高い事が多い。

附近の井戸を調査する。但元來地下水位の高かつた所に、井戸を作つた爲に水位が下る事がある。其時は更に掘下げると、相當の水量が得られる事がある。井戸の水位が自然の状態か、汲上後の状態かも注意する必要がある。

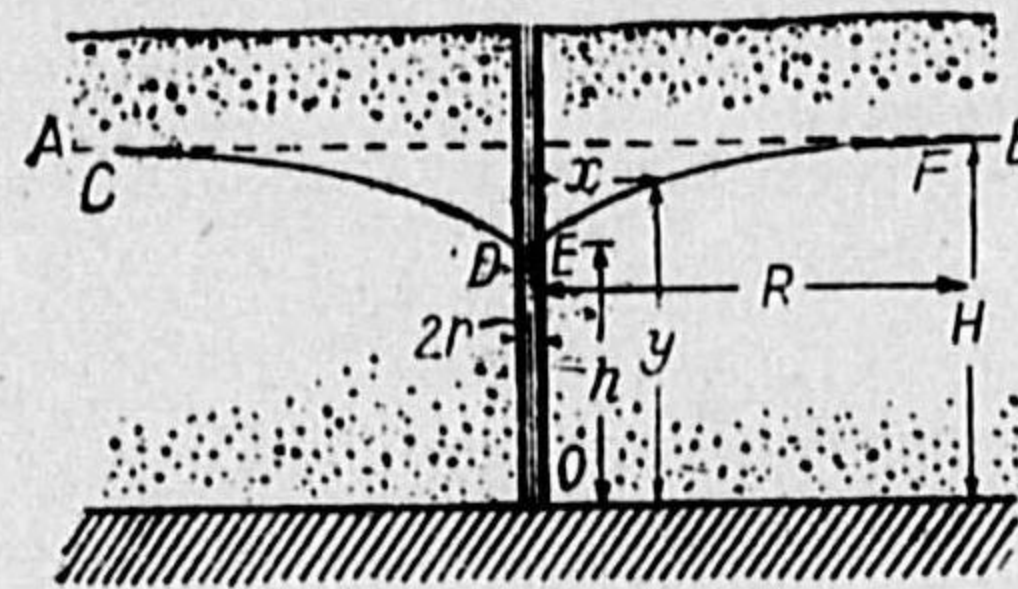
次に地質との關係である。岩石は火成水成に2大別出来るが、大量の水

を供給するのは、水成岩中の砂岩礫岩等である。砂や礫は空隙率の點からも最も水を含むに適して居るが、其存在は限られて居る。火成岩は一般に緻密で不滲透性であるから、水を餘り含まない。

3. 井戸の水理

1) 普通井戸

第6圖に示す如く、地質均一なる含水層に於て、最初の地下水面が AB なる水平面とし、半径 r なる井戸を設けて揚水した爲に、水位が (H-h) 丈低下し水面が CDEF となつたと假定する。此水面降下は井戸を遠ざかるに従ひ減少し、距離 R にて零となる。此 R を半径とする圓を影響圓といふ。



第 6 圖 普通井戸の水理

砂層中を流るゝ水の流速に關しては Darcy の法則がある。

$$V = k \frac{h}{l} = k I = k \frac{dy}{dx}$$

但 V = 流速

k = 透水係數

h = 水頭

l = 流動距離

此法則を適用し、水は圓周から入るとして式を導くと

$$y^2 = \frac{Q}{\pi k} \log_e \frac{x}{r} + h^2 \dots\dots\dots(1)$$

但 Q = 井戸に流入する水量

此式が汲上後の地下水面の曲線である。

$$Q = \pi k \frac{H^2 - h^2}{\log_e \frac{R}{r}} = \frac{\pi k}{2.30} \times \frac{H^2 - h^2}{\log_{10} \frac{R}{r}} = k' \frac{H^2 - h^2}{\log_{10} \frac{R}{r}} \dots\dots\dots(2)$$

$$\text{但 } k' = \frac{\pi k}{2.30}$$

(2) 式では井戸の半径 r が対数で含まれて居るから、其の影響が割合小なる事、水面低下 $(H-h)$ が直接水量 Q に比例する事が分る。唯 R が不明である爲に、實際計算は出来ない。 R の値は

$$R = \frac{H^2 - h^2}{2 \times 2.30 \text{ IH} \log_{10} \frac{R}{r}} \dots\dots\dots (3)$$

但 I = 影響圓の周邊に於ける水面勾配

又 $H+h \div 2H$ と考ふれば

$$R = \frac{(H+h)(H-h)}{2 \times 2.30 \text{ IH} \log_{10} \frac{R}{r}} \div \frac{H-h}{2.30 \text{ I} \log_{10} \frac{R}{r}} \dots\dots\dots (4)$$

(3)(4) 兩式共に、右邊に R が入つて居るから、試算によるの外ない。又 R は對數で影響が少いから、之を假定する事がある。

$$R = (3,000 \sim 5,000) r \text{ 又は } 500 \sim 1000 \text{ m.}$$

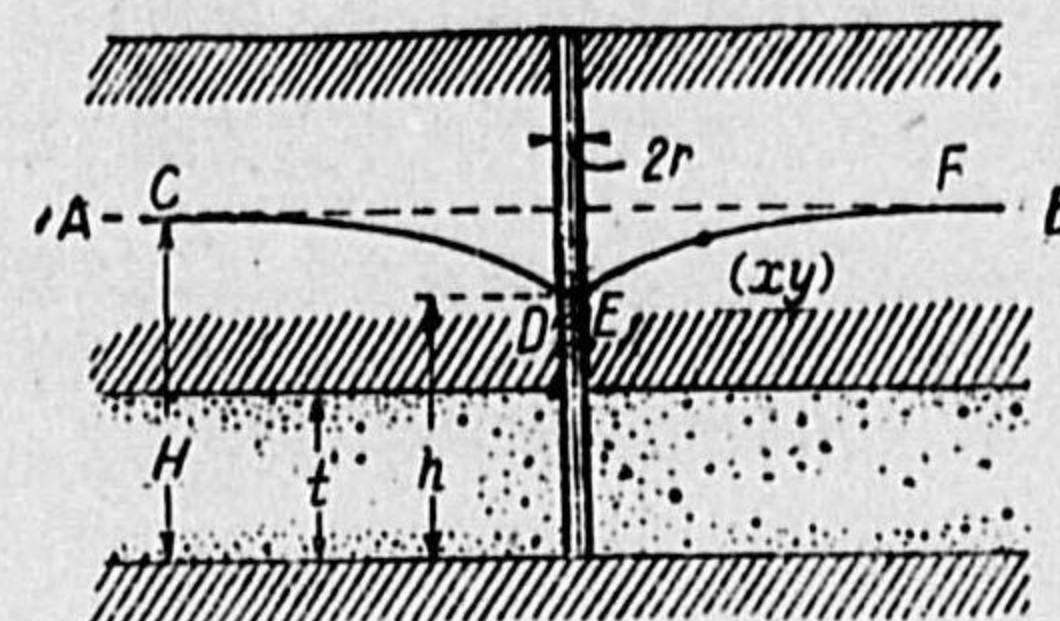
(3)(4) 兩式に於ける I は、理論上零なるべき管であるが、實際は第 4 表に示す如く地下水の流れを生ずる最小勾配なるものがある。

第 4 表 最小水面勾配

種 類	大 小 (mm)	最 小 勾 配
甚だ微細なる砂	0.05~0.10	1/100
微 細 砂	0.10~0.25	1/170
中 粒 の 砂	0.25~0.50	1/210
粗 砂	0.50~1.00	1/260
細 砂 利	1.00~2.00	1/300~1/3300

以上は理想の場合を假定して導いた公式であつて、實際は砂粒の細粗の程度も一樣ならず、地下水面も水平とは限らない。

2) 掘抜井戸



第 7 圖 掘抜井戸の水理

上下二不滲透層の間に、水が壓力を持つて流れる場合之に掘つた井戸をいふ。水が自噴すれば鑿泉とも稱する。其の場合水は少くとも含水層以上に上昇し、時に地上に噴出する事もある。

此場合前式 y の代りに z を代入すれば (第 7 圖参照)。

$$Q = 2\pi k t \frac{H-h}{\log_e \frac{R}{r}} = 2k't \frac{H-h}{\log_{10} \frac{R}{r}} \dots\dots\dots (5)$$

$$R = \frac{H-h}{2.30 \text{ I} \log_{10} \frac{R}{r}} \dots\dots\dots (6)$$

3) 其 他

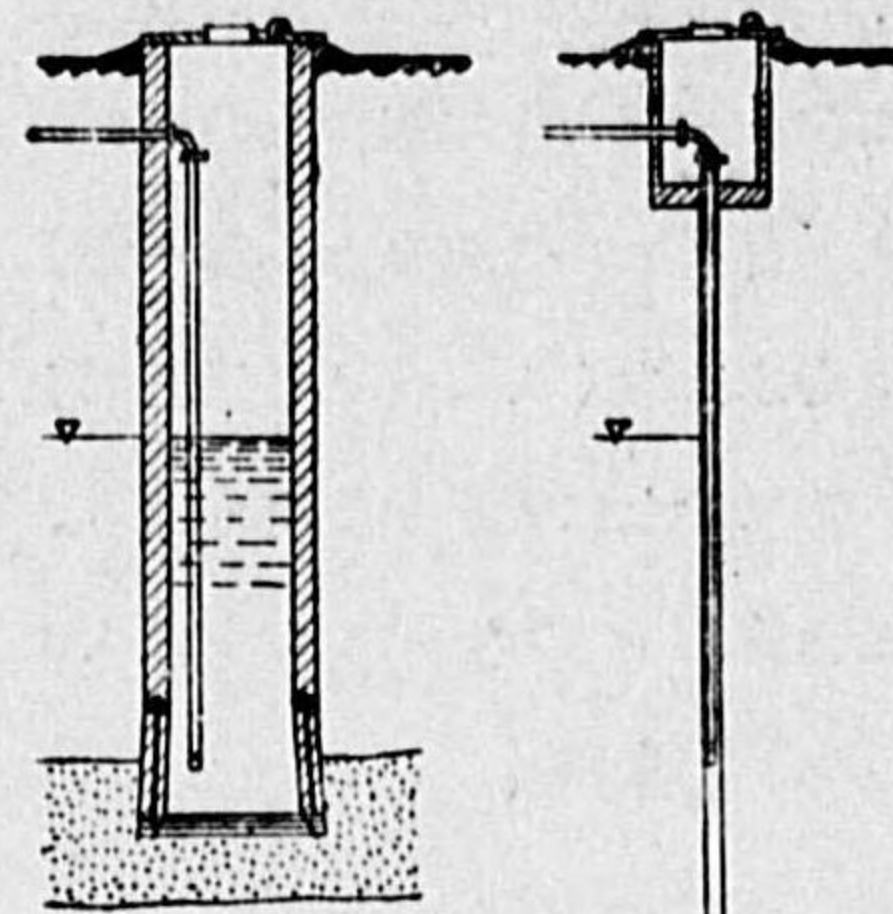
數多の井戸を接近して掘れば、相隣れる影響圓の重なり合ふ爲に、各井戸の容量は減ずる。

損失水頭として、地中に於ける摩擦水頭 $(H-h)$ の外に、井戸の入口の摩擦、井戸自身の管内摩擦、及流速による水頭がある。かくして直徑小なれば、流量は主に井戸の抵抗に支配され、直徑大なれば、地中抵抗による事が分る。従つて井戸の直徑に應じて適當なる流量がある。今井深を 100 m と假定すると略し第 5 表の如し。

第 5 表 井戸の直徑と流量

掘抜井戸の直徑 (mm)	流量 (m ³ /日)
100	180~540
150	360~900
200	700~1800
250	1100~2400
300	1800~7200
350	2700~9000

4. 井戸の構造



掘 井



管 井

第 8 圖 筒井戸と管井戸

深さ約 30 m 位を限界として、浅井戸と深井戸とに分つ。又直径の大小と構造とにより掘井戸と管井戸とに區別する（第 8 圖参照）。

1) 掘井戸

筒井戸ともいひ、日本在來の井戸が之である。即地盤を掘下げ、木材、石材、陶管、コンクリート等を以て井戸壁として土砂の崩壊を防ぎ、水汲上は釣瓶による。之は現在個人給水法の大部分を占めて居るが、中央給水法即上水道に於ても大規模の筒井戸を用ふる事がある。其場合簡單には矢板にて土の崩壊を防ぎつゝ掘下げるが、大規模には沈井法を行ふ。

直径は一般に大で、1~30 m に達する。形は普通圓形、水は底部のみより取る場合、井壁のみより取る場合、底部と井壁との兩方より取る場合とがある。何れの場合も井壁の上部を水密構造として、汚水の侵入を防ぎ、取水希望の部分のみより水を取る事、上部を密閉してポンプ揚水とし、周圍の地面をコンクリート叩きとし、四方に傾斜を與へて排水をよくする等の注意が必要である。

井壁取水部分の構造は、周圍に小孔を穿

ち、其周りは砂利又は碎石を填め、まはり程小なるものとし砂に至る。

2) 管井戸

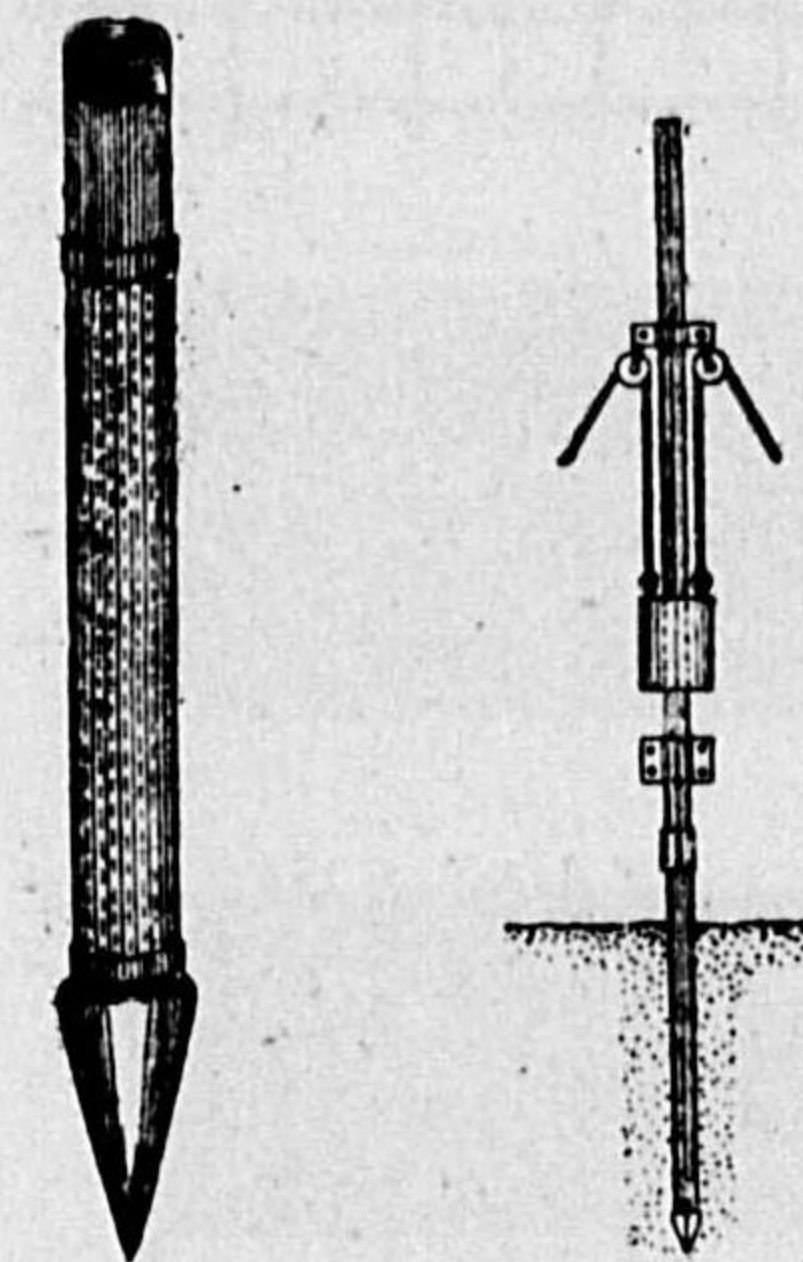
閉端井と開端井とに分ち、前者は多く浅井戸に、後者は深井戸に用ふる。閉端井は直径 50~150 mm 位のガス管に、取水用の小孔を數多穿つたストレーナーを附し、更に尖端を附して、上部から錘又は錘を打下して地

中に打込む(第 9 圖参照)。地質は軟土又は砂で、深さ 20 m 以内位の所に適する。又試験井として行ふ事もある。

開端井は堅固なる地盤に相當深く掘るに適する。之は直径 150~500 mm に及び、下端には種々のストレーナーを用ふる。深さは 40 m 以上に達する。

開端井で特に深いものを鑿井といひ、水が自噴する場合鑿泉といふ事がある。鑿井は内径 100~400 mm、深さ 30~40 m 以上

に達すれば、特殊の技術を要する。井戸管は引抜管又は熔接管を用ひ、接手は捻接手とする。掘鑿法に打撃式と同轉式とがある。



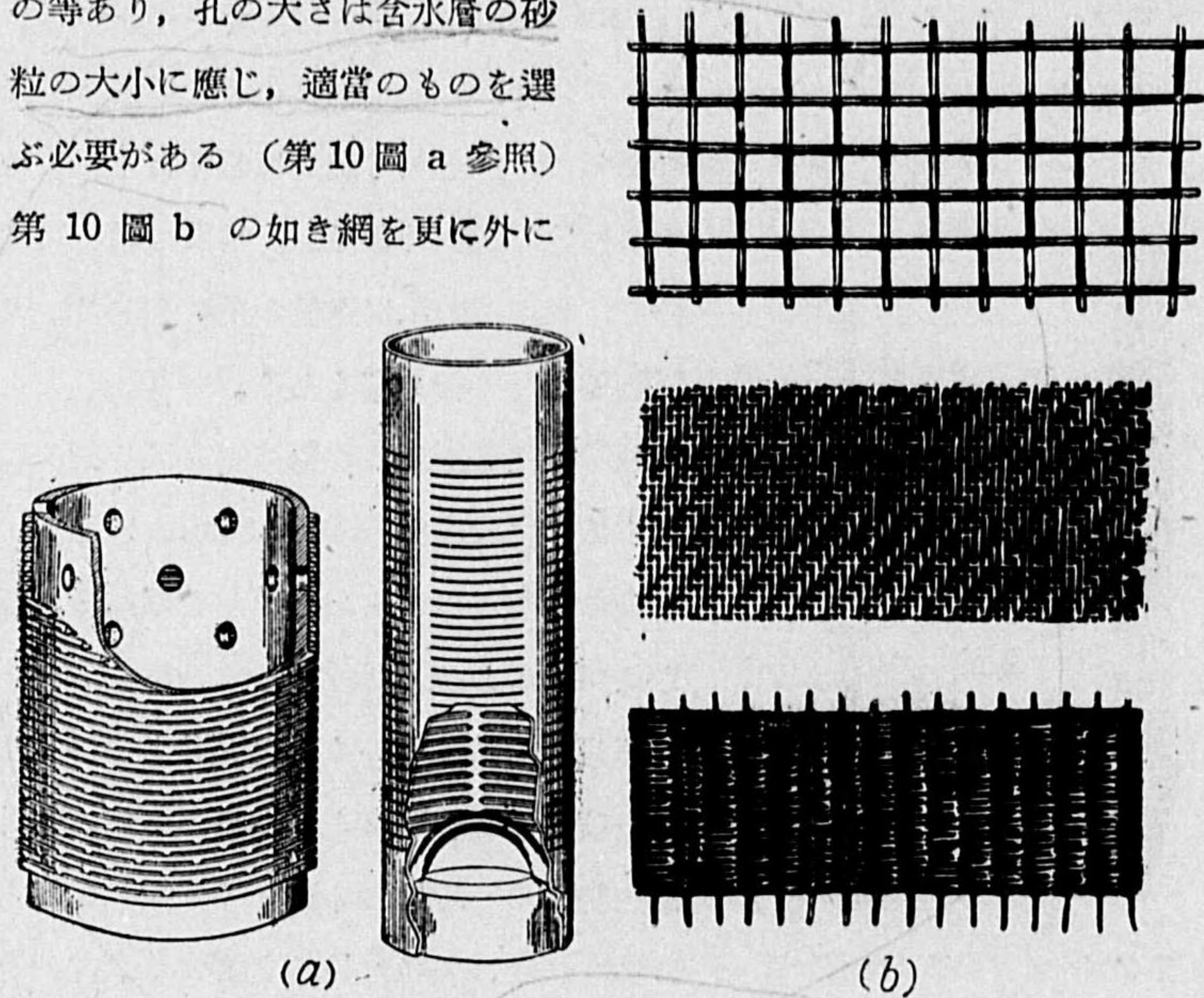
第 9 圖 管井尖端及打込作業

打撃式は特殊の掘鑿器(錘又はサンドポンプ)を、綱又は棒の先に附し、之を引揚げては落下し、土砂を掘鑿採取し乍ら下降する。綱によるを特に綱掘式といふ。掘進するに従ひ管を壓入する、掘鑿し終れば取水用ストレーナー附管を挿入し、周圍の管を引抜いて完成する。

同轉式は錘を最下部に取付けた鐵管を、機械的に同轉し乍ら、管の内部にある小送水管から壓力水を噴出し、地盤を軟かにして沈下を促進すると共に、土砂を井管と地盤及井管と送水管との間隙から、地上に押上げる。

掘鑿終れば少々小径の取水用ストレーナー附管を挿入する。

ストレーナーは種々あり、取水用小孔も小圓形のもの、縦横に線状のもの等あり、孔の大きさは含水層の砂粒の大小に應じ、適當のものを選ぶ必要がある (第 10 圖 a 参照) 第 10 圖 b の如き網を更に外に



第 10 圖 ス ト レ ー ナ ー

巻くものはドイツに多い。

3) 掘井戸と管井戸との比較

掘井戸の利とする所は

- 1) 貯水及沈澱作用を兼ねる。
- 2) 井戸内にポンプが据えられる。
- 3) 水の流入口が砂で塞がる事が少い。

不利益としては

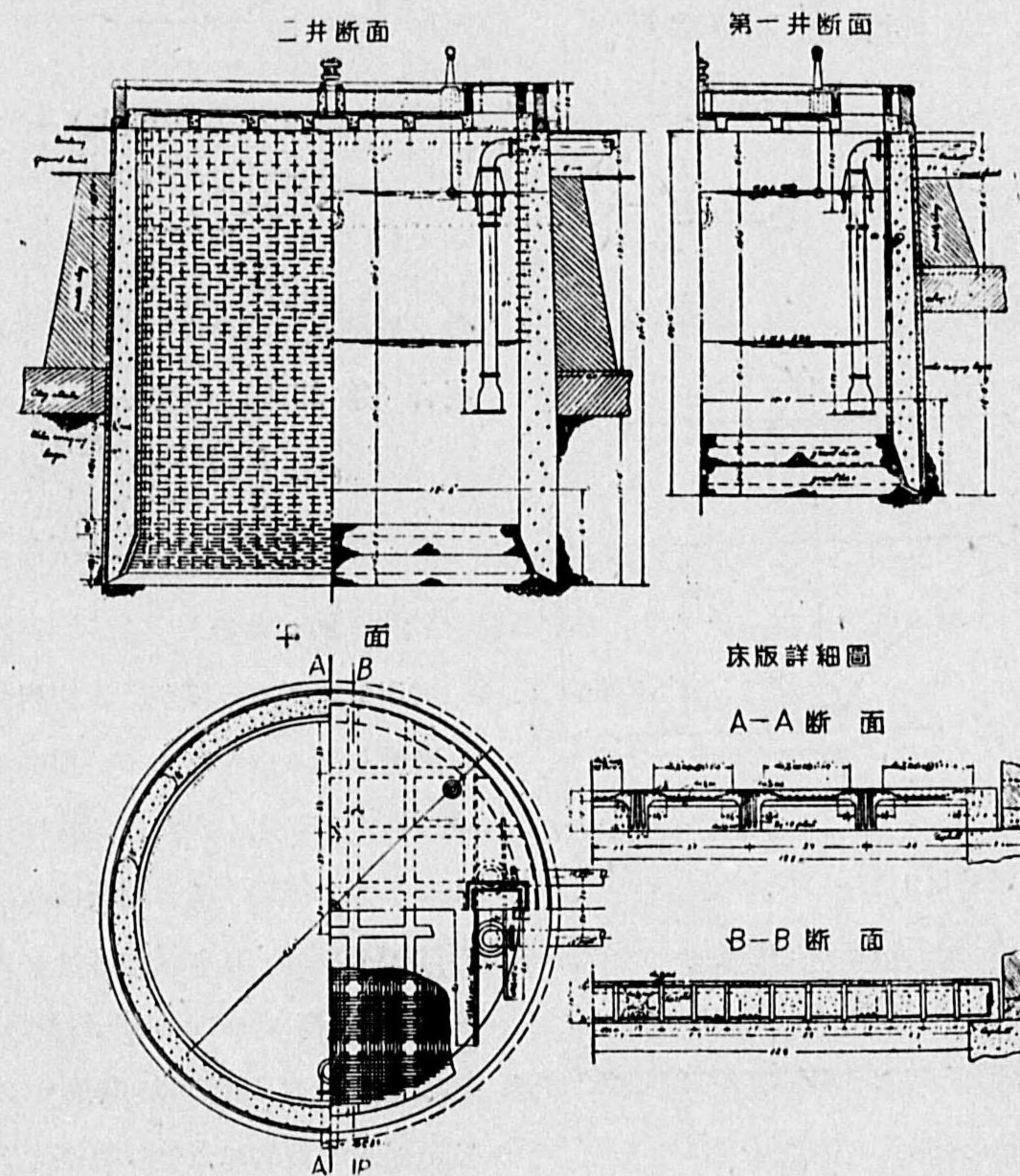
- 1) 水量は直径の割合に増さぬ。

2) 同一揚水量に對して工費が高い。

要するに掘井戸は單一の比較的淺井戸に、管井戸は數多の比較的深井戸に適する。

5. 泉

水が地上に涌出する前に取入れる爲に、泉の出口を圍んで集水井を作り、兼ねて小貯水槽とする。水の汚染と日光の到達とを防ぐ爲に有蓋とし、上



第 11 圖 泉 集 水 井

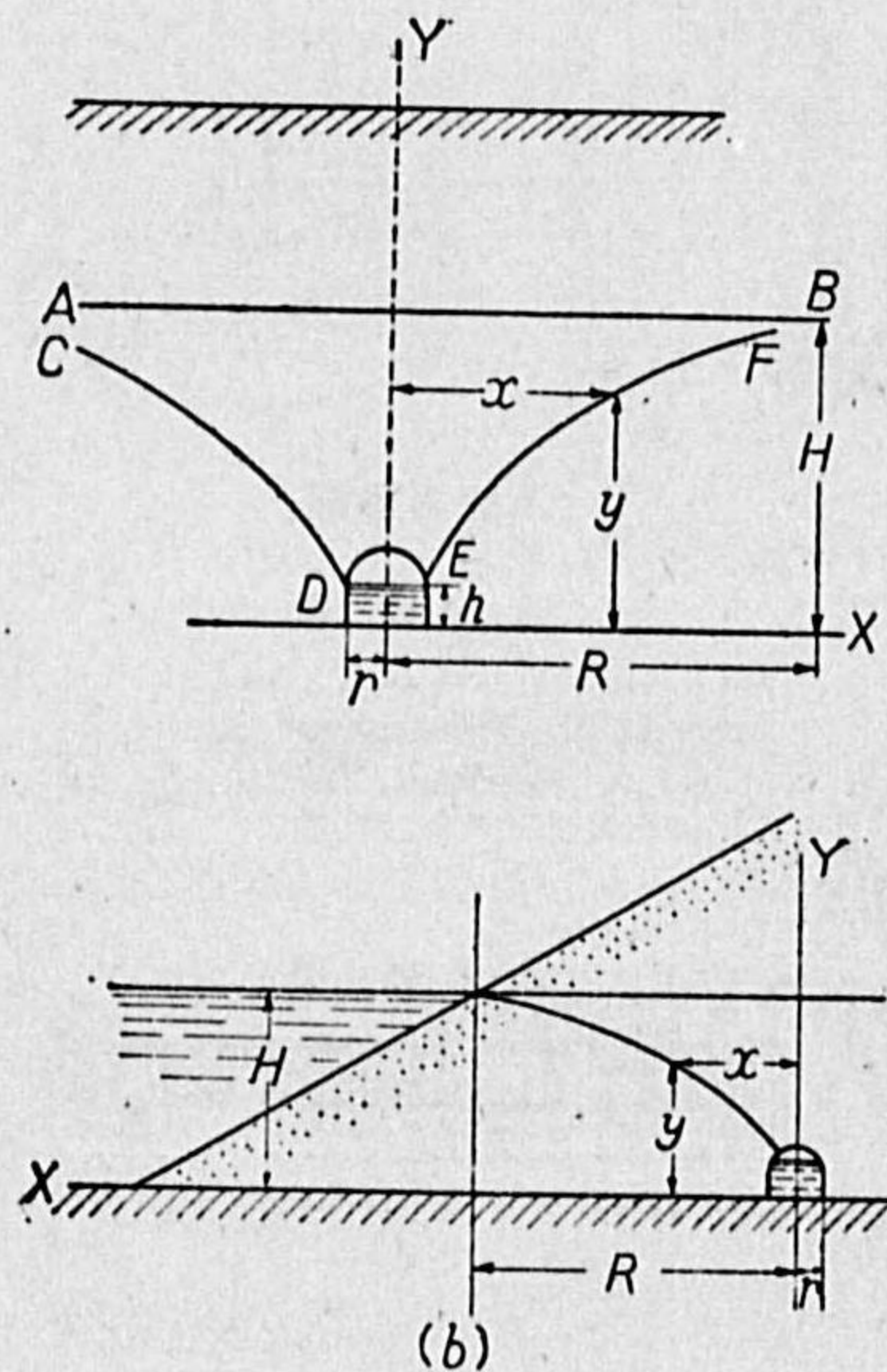
に 50~60 cm 位の土を盛る。日光遮断は生物の繁殖を防ぐ意味である。周壁はコンクリート又は鉄筋コンクリート造とし、出入口即人孔を必ず設ける。集水井から送水管によつて流出するが、之には制水弁を取りつけて水量を調節する。管の入口にはスクリーンを附して粗塵を防ぐ。尚集水井には溢流管、排水管を設ける。第 11 圖に一例を掲げる。

6. 伏流水

1) 水理 (第 12 圖参照)

$$y^2 = \frac{Q(x-r)}{k} + h^2 \dots\dots\dots(1)$$

$$Q = k \frac{H^2 - h^2}{R - r} \dots\dots\dots(2)$$



第 12 圖 伏流水水理

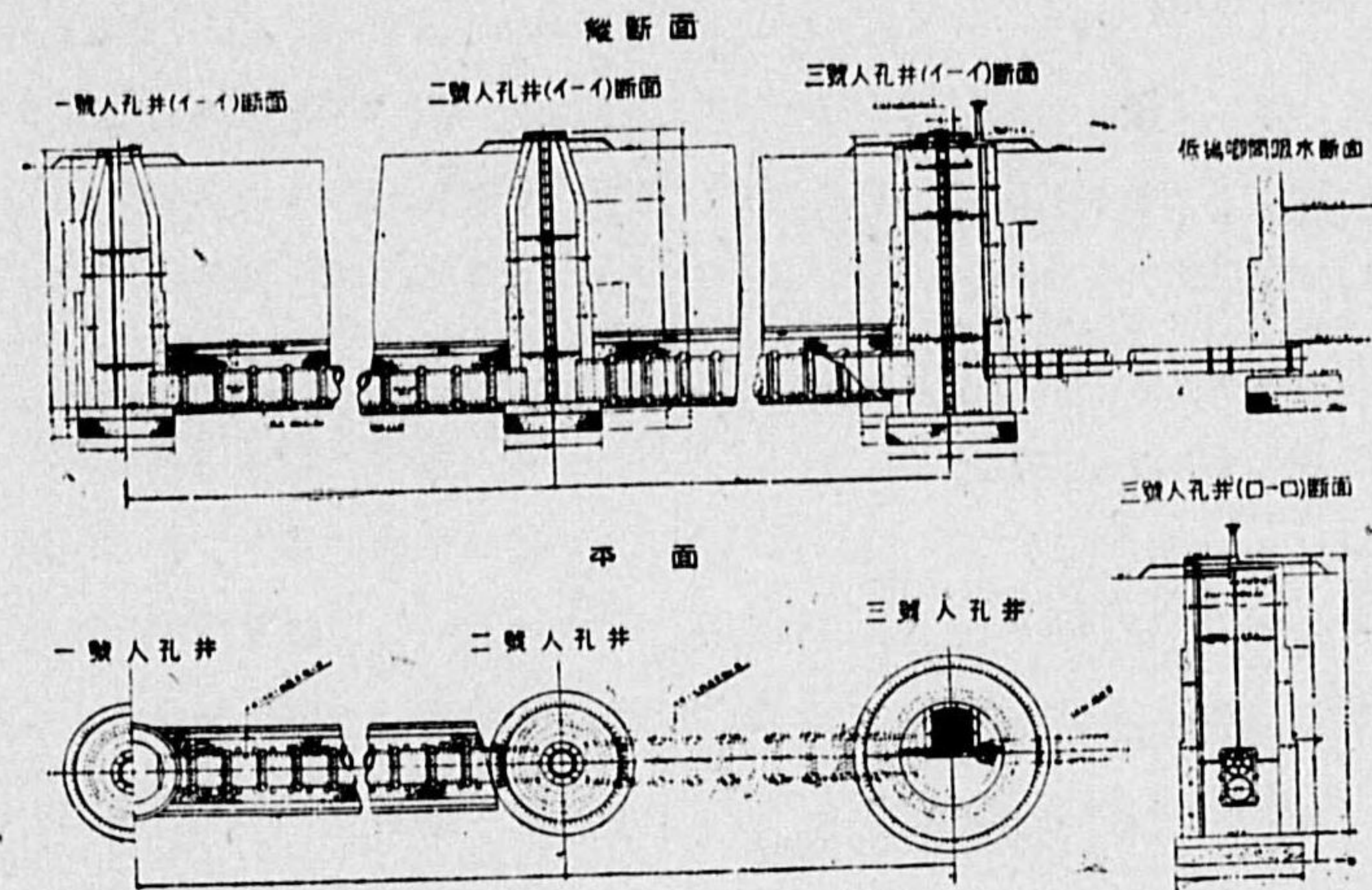
集水埋渠の一方のみから水が来る場合 (第 12 圖 b 参照)

$$Q = \frac{k}{2} \frac{H^2 - h^2}{R - r} \dots\dots\dots(3)$$

2) 集水埋渠

河川の底部又は側部に、河川から滲透し来る水を集める。従つて或は河底下に之と直角に、又は河岸に平行し埋設する。材料は木、石、煉瓦等もあるが、最近はコンクリート、鉄筋コンクリートが多い。形は圓形又は馬蹄形が普通である。集水の目的に、管の周圍で上部と側部とに、10~20 cm² に 1

ヶ位の割合で 10~20 mm 程度の孔を穿ち、かゝる管を突合せ又は承口挿口の空接手で埋設し、周圍は木枠を組み、内より外に玉石、砂利、砂の順に填充して、細砂や粘土の侵入を防ぐ。管の大きさは人の入り得る程度以上



第 13 圖 集 水 埋 渠

が便利で、600 mm なるべくは 750 mm 以上が望ましい。延長大なるは諸所に人孔を設けて、検査掃除に便にする。集めた水は集水井に導き、沈砂兼用としポンプで揚水する。(第 13 圖参照)

第 4 節 貯 水 池

1. 概 論

河川を水源とし、平均使用水量が其河川の湧水量を越ゆる時、之を貯水池を以て補ふのである。

河川との關係から 2 種に區別し、更に 1 を加へて 3 とする事が出来る。

1) 河川を堰止めて、其上流側を貯水池とする。例は神戸、長崎の如し。

2) 河川から水を引いて、別に適当な位置に貯水池を設ける。例は東京市の村山、山口の如し。

3) 河川と関係なく、単に凹所を堰止めて其上流側の雨水を貯へる。例は大連にある。

2. 容 量

容量を決定するには種々の方法がある。

1) 假定法

別に理論的根據なしに、使用水量の 150~200 日分と假定する。又此日数を算出するに、次の如き公式がある。

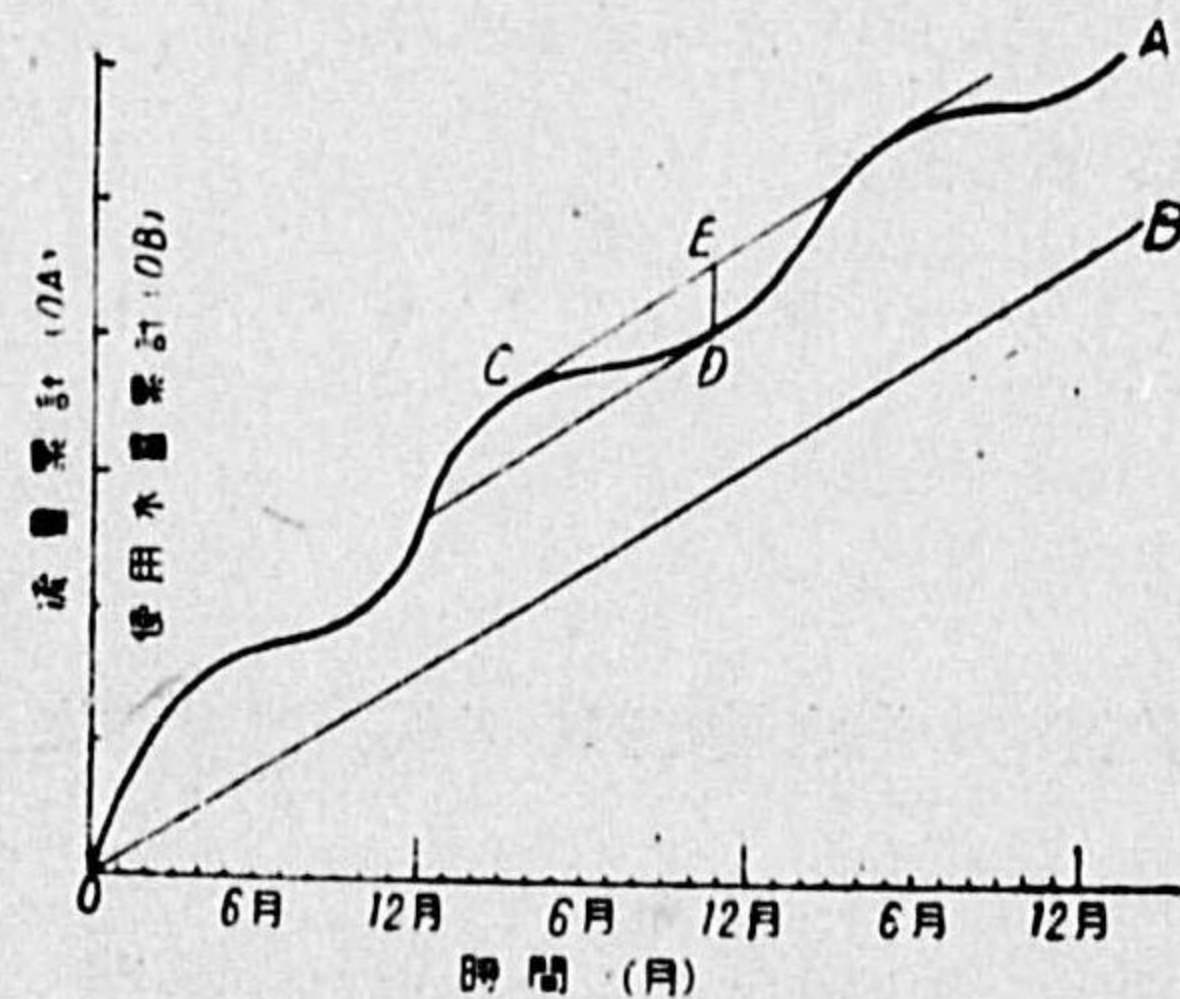
$$C = \frac{5000}{\sqrt{0.8R}}$$

但 C=日数

R=平均年雨量 (mm)

2) 理論法

河川の流量と水道の使用水量とを考慮して、貯水量を理論的に算出せんとするもの



第 14 圖 Ripple 法

である。之が爲には其の河川に就き長年の日々の流量を調査し、特に渇水の最も甚だしき時を知らねばならぬ。

之を圖解により簡単に行ふ方法に Ripple 法がある。第 14 圖は横軸に時間、縦軸に流量又使用水量の何れも累計をとる。之を OA、OB とする。但使用水量は平均を用ふれば直線となる。OA の

切線と OB とが平行なれば、流量と使用水量とが等しく、切線の X 軸となす角が、OB の X 軸となす角より小なる時、流量が使用水量より小なるを示す。故に C→D の如き場合の不足總量 DE が貯水すべき量である。かかる DE の内最大を求め、之に蒸發及漏水の爲 20~30% の餘裕を見て、容量を決定すべきである。

注意すべきは貯水池の容量を徒に大にしても、果して水源に水があるか否かの點であつて、其の爲には上記流量が使用水量より大なる場合と、小なる場合とを長年に亘つて比較し、流量が總計に於て大である丈では不充分で、個々の場合流量が先に来なければならぬ。

3. 水質に及ぼす影響

湖沼と同じく自淨作用が盛になつて、水質は一般に改善される。

然るに生物繁殖により悪化を來す場合がある。それは地表水と地下水の深水とを混ぜて貯水した場合に著しく、理由は地表水が生物の種を供給し、地下水が其營養物を供給するによる。特に植物性生物の繁殖を見る。

4. 位置と構造

高さ、地形、町からの距離、移轉財産の有無、堰堤築造材料の有無等を調査し、位置としては小堰堤で大貯水量を得るのが理想である。特に堰堤地點の地質を調査し、其安定性を期すると共に、貯水池としては土地の滲透性を調べ、漏水の恐れなき所を選ぶ。

貯水池の構造其他に関しては、次の注意が要る。

1) なるべく深い大貯水池がよく、浅く小なるは沼の如く却つて水質を害する。平面形も出来る丈規則正しく、出入の少い方が水の停滯が少くて宜しい。

2) 底部の深さ 20~25% は水質も悪く、將來沈澱物で埋まる恐れがあるから、容量には算入しない。

3) 貯水池完成後貯水直前には、地表面 20~30 cm 位を削り取るのが

理想であるが、止むを得なければ清浄なる土砂、砂利等で表面を蔽ふがよい。

5. 堰 堤

築造材料から分けると、土堰堤と石工堰堤とになる。土堰堤は地盤が岩盤でなくとも差支ないが、築造には多くの経験を要し、漏水を警戒せねばならぬ。尙防空の見地からもなるべく避くべきである。石工堰堤は丈夫な岩盤上に造るを要する。更に又材料により、石材、コンクリート、鉄筋コンクリート等に分つ。

尙設計原理から、石工堰堤を重力式、拱式、扶壁式に分つ事が出来る。すべて専門書に譲つて、こゝには省略する。

第 6 章 送 水 法

第 1 節 送水方式

送水とは水源（貯水池を含む）より都市（多くは浄水場）へ水を送るをいひ、水源が都市より放れて居る時には、巨額の費用を要する。方式は水圧の関係から、開水路式と管水路式とに分れる。

1) 開水路式

水面は大気に接し、重力の作用で勾配により、自然に流下するものである。

2) 管水路式

水が壓力の下に水管を満流するもので、ポンプ送水の場合も之に属する。水路の種類は、開渠、管渠、暗渠、隧道等あるが、密閉した水路でも、開水路式の事がある。但開放した水路はすべて開水路式である。

兩式の利害得失を考へると

1) 開水路式は均一な緩勾配を要するから、地形に恵まれざる限りは、迂

回路をとらねばならぬ。管水路式は動水勾配線以下なれば、地面と共に上下屈曲差支ない。従つて水路の延長からいへば、一般に後者の方が短くてすむ。

2) 管水路式は内部からの水壓が働くから、耐壓管を使用せねばならぬ。故に材料と施工とに注意を要する。

3) 従つて漏水の恐れあり、故障も多いが、一方開水路式ではたとひ密閉しても、周囲から汚水侵入の恐れがある。

4) 防空の見地からは、兎に角地下に埋設する事が第一であるが、一旦破壊後は開水路式の方が修理し易い。

以上種々の點を考慮し、開水路式で地下埋設が理想であらう。

第 2 節 送水路

1. 開水路式

1) 開 渠

断面は梯形を主とし、矩形半圓形等がある。梯形と矩形とでは、半圓に外接するものが、最も經濟的な断面である事は、水理學上證明されて居る。切取の際は比較的安全であるが、盛土の上は沈下漏水の恐れがあるから、充分盛土の沈下を待つ。コンクリート又は鉄筋コンクリート造が多く、内面を滑かにする。

之は地形比較的平坦で、勾配均一なる場所では、恐らく最小工費及期間で築造し得るであらう。併し缺點としては、塵埃侵入、生物發生、水溫變動、蒸發凍結等凡る意味に於て面白くない。たとひ浄水以前の原水と雖も、長距離開渠で送水する事は避くべきである。

2) 暗渠 蓋渠

之は開渠に蓋をしたものと考へられるが、直徑 1.0~15.m を境として、

小なるは鑄鐵管，鋼管，大なるはコンクリート，鐵筋コンクリートが多い。断面は圓形，馬蹄形が多いが，矩形もある。盛土上では沈下を注意すべき事，開渠の場合と同じ。

表面を外氣に曝露する場合と，埋設とがあるが，勿論後者が防空的見地及溫度變化の少い事から宜しい。但其場合土による外壓に對して，充分安全でなければならぬ。

3) 隧 道

圓形又は馬蹄形で，岩盤中は掘放してもよいが，なるべくは卷立が欲しい。以前は煉瓦を用ひたが，現在はコンクリート又は鐵筋コンクリートが多い。何れも内面を滑かにする事が必要である。

4) 水路橋

河川や溪谷を横斷する時に用ふる。構造としては，普通の橋上に水路をのせたもの，水路自身が橋になつたもの，又普通の橋梁の一部に添架するものがある。なるべく軽い材料，例へば鋼管の如きを使ふべきで，又溫度の變化に對する伸縮接手と，寒地では冬季凍結防止とを必要とする。

2. 管水路式

上記開渠以外は，すべて管水路として使ひ得るが，鑄鐵管，鋼管，コンクリート卷鋼管が多い。特に高壓大管は鋼管が用ひられる。壓力が内部から働くから，後に配水管の部で詳述するが，特別なるものを次に述べる。

壓力隧道は漏水の恐れがあるから，岩盤の堅固なる所に，加ふるに充分の卷立が必要である。

伏越は道路，鐵道又は他の水路等の下を潜る時に用ふる。管内の沈澱を避ける爲に，入口に土砂溜を設け，又管内流速を大にする等の方法を講ずる。

3. 附屬設備

1) 沈砂池

之は河川より取水する時，取水口の直後，送水路の始端に設け，原水の土砂礫を沈澱させる目的である。單に水路を廣くして流速を小にし，沈澱を促すに過ぎない。

2) 接合井

管水路式なれば，水路が動水勾配線に近づき，壓力小なる所に接合井を設け，調節検査を行ふ。

第 3 節 送水路敷設

1. 一般設計

送水路の容量は，次に配水池があれば，平均使用水量でよいわけであるが，多少の安全を見込めば，1 日最大即ち平均の 50% 増とするも一法である。

何年後の擴張に備へるかは，難しい問題であるが，要するに水源より取水し得る最大量以上には出ない。防空的見地よりは複線にして分散敷設が望ましい。

断面積の決定は，落差より水面勾配を求め，断面を假定して，公式から平均流速を求める。之に假定断面積を乗じて，所要流量が得らるればよい。流速公式としては Chézy 型と指數型とがあるが，水理學に譲る。

2. 位置と構造

開水路式と管水路式とで，著しく變る。1 の送水路で 1 部開水路式 1 部管水路式といふ工合に，併用するのは勿論差支ない。

開水路式であれば，略々均一なる勾配を得る爲に，迂回せねばならぬ事がある。構造は内壓が働かないから，漏水の恐れ少く簡單で宜しい。

管水路式では地面の高低に沿つて上下し得るが，低所で餘り高壓に過ぎない様に，高所で動水勾配線以上に出ない様に注意する。理想は高低を避け一方傾斜とするにある。

第 7 章 浄 水 法

第 1 節 水の不純物と自浄作用

1. 水の不純物

水は雨として空中を降下し、地表を流れ地下に達する間に、各種の溶解質浮遊質其他生物を得る。之を自然の不純物と考ふれば、他に下水等による汚染がある。此 2 に大別して考へる。

1) 自然の不純物

I. 溶解性不純物

水の溶解性は甚だ大である。尙加ふるに侵蝕性によつて、地殻をこまかくする爲に、溶解を助長する。例へば長石はナトリウムとカリウムとを供給する。石灰石はカルシウムとマグネシウム、粘土は鐵、アルミニウムを供給する。之等と結合して居る酸としては、炭酸、鹽酸、硫酸、珪酸等がある。炭酸は其の外直接大氣から、又有機質の分解により生ずる。硝酸は窒素化合物の酸化により生ずる。鍍物中の硫黄の酸化は硫酸を生ずる。要するに炭酸鹽、鹽化物、硫酸鹽、硝酸鹽、珪酸鹽等は地殻に大量に存在し、水と接觸して溶解する。

之等の溶解質は少い程上水としてはよいが、其の種類の多少により、水を軟水硬水に分つ。尙アルカリ水を入れる事がある。軟水、硬水は既記の通りであるが、アルカリ水といふのは硫酸ナトリウムと鹽化ナトリウムとを含むもの、又重炭酸ナトリウムを含むものをいふ。滿洲方面に見られるが、上水としては使用し難い。

II. 膠質性不純物

珪酸鹽は多くの自然水で膠質状態にあり、特に炭酸ナトリウム及カリウムを含む水に於て然り、鐵やマンガンを往々にして膠質状態をなす。有機質も多少此形で存在する。腐蝕土により生じた植物性色度は地表水の特色であるが、除去し難いので浄水作業に困難を來す。

I. 浮遊性不純物

主に砂と粘土とである。多く河川で運ばれ、一旦沈澱したものが、洪水の際に又移動する。湖水では風の作用により沈澱物を攪亂し、特に岸の水に濁濁を與へる。

IV. 生 物

河水、湖水では 1 年の或時期に、Algae と Diatomaceae とが著しく繁殖する事がある。特に湖水で味臭の原因となる事がある。味臭は成長に際し或は死滅分解に際し發生するもので、人體に害はなくとも甚だ厭ふべきものである。又時に濾過池を速に充塞する事がある。

V. 細 菌

地表水に多く地下水に少い。大多數は無害で中には有益な役割を勤めるものもある。病原菌は主に下水から來るから、次に論ずる。

以上各種の自然の不純物があるが、大量に存在せざる限り、特に飲料水に不適當とは限らない。鐵マンガンを、硬度に就いては、既記の通りである。

2) 下水より來る不純物

I. 家庭下水より

處理した下水を、最後に地表水中に放流する事は一般に行はれる。病原菌は患者の尿尿から來るから、下水によつて病原菌を水中に運ぶ危険がある。

地下水に於ては、便所や下水の溢流漏洩が、地層の裂目を通つて直接侵入する事がある。又下水を地表に放流處分する時も、同様の危険がある。

II. 工場下水より

工場下水は個々の工業の種類により性質が異なるが、大量の物質を浮遊又は溶解して居る。中には有害なる藥品もあるが、之を近くの水中に導くのが、最も容易な處分法である。病原菌としては脾脱疽が問題となる。

2. 水の自浄作用

此作用は主に地表水に見られ、河水と湖水とを問はないが、何れかといへば湖水の方に大である。季節による變化は主に温度の影響で、夏季は冬季よりも盛である。

大別すると次の 2 となる。

- 1) 見かけの自浄作用, 稀釋, 沈澱の如し。
- 2) 實際の自浄作用, 日光, 生存競争の如し。

以下個々に就いて説明する。

1) 稀 釋

全く物理的作用で, 汚染物質が大量の水中に入つて稀釋される。勿論之に伴つて水中の溶存酸素による酸化が起るが, 之は後述する。

2) 沈 澱

之は自浄作用中最有力なりと考へられて居る。河水に於ては此作用は流れの緩かなる時盛で, 急になると衰へる。のみならず洗掘により一旦沈澱したものが更に運ばれる。此點静かな湖水の方が有利であるが, 春秋の 2 循環が沈澱を妨げる。細菌はそれ自身又は浮游質と共に沈澱するが, 後者の方が寧ろ有効で特に河水に於て然りと考へられる。

沈澱による細菌の除去は, 必ずしも殺菌を意味しない。此意味では見かけの自浄作用である。併し沈澱後の運命も究極の所は, 病原菌は死に腐敗菌の如き雑菌が榮える事にならう。

3) 日 光

直射日光は殺菌作用を有する。此作用は熱ではなく, 紫外線による。どの位の水深迄達するかは議論があるが, 水の濁度により異り, 此點でも湖水が有利である。併し日光の作用は水に於ては, 従來過度に評價された傾向がある。

4) 酸 化

曝氣により水の溶存酸素をまし, 有機質を酸化により浄化するに役立つが, 細菌には何等の作用を及ぼさない。山間の激流や, 湖水の波浪は曝氣作用を助長する。

2 價の鐵化合物は地下水に多いが, 之は酸化により 3 價の化合物となつて沈澱する。

5) 化學的沈澱

溶解質は一般に, 水の溶解性の大きなる爲に容易に除かれない。然るにカルシウムの重炭酸鹽は, もし餘分の炭酸が除かれれば, 炭酸鹽となつて沈澱する。例へば地下水が地表に出ると, 壓力を減じ炭酸を失ひ, 上記の變化が起り, 其結果硬度を減する。工場下水が侵入する時は, 相互に化學作用を起して好結果を來す事があるが, 之は異例に屬する。又沈澱ではないが, 工場下水中の藥品が殺菌作用を及ぼし, 水の細菌や生物を殺す事がある。例へば鑛山下水の如し。

6) 生物の作用—生存競争

無機より有機逆に有機より無機の循環には, 生物が重大なる役割をして居る事いふ迄もない。之等は動植物兩界に屬し, 顯微鏡的生物であるが, 動植物の限界は不明瞭である。

水中の浮游性微生物をすべて浮游生物(Plankton)と名づける。之等は多少の運動力を有するが, 主に流れと風とに依て動かされる。之を 2 に分つ。

I. 植物又は食物を作るもの, *Algae, Diatomaceae* の如く, 葉綠素を有するものは, 無機質を同化して有機質とする。

II. 動物又は食物を食ふもの, *Protozoa, Rotifera* より大は魚に至る。即植物の或ものは, 糖質や蛋白質を合成する。其際酸素を遊離して酸化を助け腐敗を防ぐ。細菌は特別で主に死んだ有機質を食とし, 之を分解して簡單なる化合物とする。細菌の活動には酸素を消費する。

細菌は他の動物の食物となる。即之等動物の存在する所, 細菌と其食物とが存在する。従つて逆に動物性生物の存在を以て, 水の汚染の標示と心得るわけである。即食物がなければ彼等も死滅する。

更に小動植物は魚の食物となり、魚は人間の食物である。かくして人から其排泄物を通じて、無機質を経て人に戻る循環が完成する。

次に地下水でも矢張り自浄作用が見られるわけであるが、之は地下水の部で既記の通り、地層の浄水作用又自然の濾過作用又大地の浄化作用ともいふべきもので、水自身といふよりは寧ろ大地の作用である。此意味で水の自浄作用からは除外して居るが、結果に於て水質が改善される事は同様である。

第 2 節 浄水法の目的と方法

1. 目的

浄水法の目的とする所は、使用目的に従つて要求される程度の浄化度を得るにある。従つて各種用水別に考慮する。

1) 家庭用

飲料水の要求は既記の 2 点にある。其他硬水や鐵マンガン含有の水等がある。唯すべての水が浄水を必要とするわけではなく、直に飲料水とし得る水も存在する。

2) 工業用

之も既述の通り、一般に軟水で有機質がない事が希望される。

3) 消火用

水質は嚴重ならず、水量と水壓とを要する。

4) 雑用

水量が充分なればよい。

従つて都市の上水道としては、飲料水の要求する浄化度を目的とすべきである。

2. 方法

浄水法を大観する時、水の自浄作用又は大地の浄化作用の應用が多い。全く人工的の浄水法は割合少い。此意味に於て浄水法の改良とは、如何にして自然の巧妙さを模倣利用せんとするかにあるをといへる。

除去さるべきものによつて、浄水法を分類すると、化學的には浮游質、膠狀質、溶解質がある。生物學的には細菌と生物とがある。即下の如し。

1) 浮游質除去法

沈澱と濾過とが用ひられるが、薬品を用ふるか否かにより、次の 2 組に分つ。

普通沈澱と緩速砂濾過

薬品沈澱と急速砂濾過

薬品は硫酸礬土が普通で、濾過は砂による。尙此兩法により細菌が有効に除去されるが、溶解質が殆ど除かれない事は注目すべきである。

2) 溶解質除去

之は各種薬品其他により、化學的變化を起させる。例へば軟水法、除鐵、除マンガン法等である。詳細は其部にゆづる。

尙膠狀質は除去し難いものであるが、上記 1) 2) により幾分は除かれる。

3) 細菌除去

上記沈澱濾過の外に殺菌法がある。之は鹽素を用ふるが、尙最近アムモニア鹽素法又クロラミン法がある。其他オゾン、紫外線は今日餘り用ひられない。

4) 生物除去

特に植物性のものを殺す爲に、硫酸銅が用ひられる。

次に浄水法各論に入るが、便宜上普通浄水法と特殊浄水法とに分ち、前者に沈澱、濾過、殺菌を入れ、其以外を後者に含ませる。

尙浄水設備の大きさ容量としては 次に配水調節が行はるれば、1 日平均

を標準としてよいわけであるが、安全の爲1日最大即 50% 増位で設計するのが普通である。

第 3 節 普通浄水法

1. 理 論

1) 沈 澱

水を広い池に導いて、其流速を緩にするか、又は静止の状態とすれば、水より比重大なる浮游質（無機質は比重 2.6 位）は漸次沈澱して池底に達する。之が普通沈澱の原理である。併し非常に微細なる直径 0.003 mm 以下位の粒子や、有機性で比重 1.2~1.4 位のもは、薬品により凝集作用を起し沈澱を促す。之薬品沈澱である。沈澱を妨げる力としては、粒子大なれば摩擦、粒子小なれば粘性が主である。今主に小粒子に就いて次に述べる。

沈澱に関しては有名なる Stokes の法則がある。之は粒子の大きさ 85 ミクロン以下位に當はまるといはれる。今半径 a なる球體が静止せる水中に於ける沈澱速度 v は次式で表される。

$$v = \frac{2}{9} \frac{\rho - 1}{\mu} a^2 g.$$

但 ρ = 球體の比重

μ = 水の粘性係數

g = 重力の加速度

之が Stokes の法則を表す式であるが、粘性は温度により異なるから、粘性係數を温度を以て置換する事が出来る。

水中の無機性浮游質即ち泥土粘土の如きは、比重=2.6 位であるから、當然沈澱すべき筈であるが、微粒子なる爲に容易に沈澱しない。上記の法則を當はめると、直径 1 mm 以下で 10°C の場合に第 6 表の如くなる。即ち径が小になると沈澱速度が著

第 6 表 微粒子の沈澱速度 (水温 10°C)

徑 (mm)	沈澱速度 (mm/秒)	徑 (mm)	沈澱速度 (mm/秒)	徑 (mm)	沈澱速度 (mm/秒)
1.0000	100.0	0.0800	6.0	0.0060	0.055
0.8000	83.0	0.0600	3.8	0.0050	0.0385
0.6000	6.0	0.0500	2.9	0.0040	0.0274
0.5000	53.0	0.0400	2.1	0.0030	0.0138
0.4000	42.0	0.0300	1.3	0.0020	0.0062
0.3000	32.0	0.0200	0.62	0.0015	0.0035
0.2000	21.0	0.0150	0.35	0.0010	0.00154
0.1500	15.0	0.0100	0.154	0.0001	0.000154
0.1000	8.0	0.0080	0.098		

しく減少する事が分る。又温度が 23~4°C では、0°C の 2 倍の沈澱速度を生ずる事となる。

實際は水が流れて動揺する爲に沈澱を妨げると共に、粒子は下流に押流される。此場合水底の流速が沈澱速度以上であると、再び上昇し始める。今水底流速を平均流速の $\frac{1}{3}$ とすれば、次の関係が必要になる。

$$V_m \leq 3v$$

但 V_m = 沈澱池内平均流速

v = 最小微粒子の沈澱速度

水深に関しては、微粒子が早く水底に達する爲には浅い方がよいが、一方浅い爲に水流の断面積が減り平均流速は大になり、此傾向は沈澱物により更に助長される。

Hazen の理論は之等の関係を論じたものである。之には次の 2 假定がある。

- I. 水底に達した微粒子はそこに止まる。
- II. すべての微粒子は同一沈澱速度 v を有する。

記號 t = 微粒子が水面から水底に達する時間。

e = 間歇作業なれば沈澱時間即ち滞留時間。

$$\text{連続作業なれば} = \frac{c}{e}$$

但 e = 池の容量

e = 単位時間に入出する水量即ち流量

x = 最後に尚浮遊せる微粒子の率

$y = 1 - x$ = 除去された微粒子の率

各種の場合を論じて居るが、次の 3 結果を記すに止める。

I. 1 池間歇作業

$$y = a/t \quad x = 1 - \frac{a}{t}$$

II. 1 池連続作業

$$x = \frac{1}{1 + \frac{a}{t}}$$

III. n 池連続作用

$$x = \frac{1}{\left(1 + \frac{a}{nt}\right)^n}$$

$n \rightarrow \infty$ ならば $x = \left(1 - \frac{a}{nt}\right)^n$ 之は完全なる導流壁を設けた場合となる。

IV. 浅い池連続作業

b = 池の面積

$$\frac{a}{t} = \frac{bv}{e}$$

$\frac{a}{t}$ が池の深さに無関係なる事に注意すべし。

要するに Hazen の理論は同大微粒子のみよりなる理想の場合を考へて居るから、之が實地適用に當つては各種の制限を附せねばならぬ。

I. 水底速度が沈殿を妨げる事は上述の通りであるから、沈殿が深さに無関係とはいへない。之は連続作業の時に限る。尚渦流、風による流、温度による対流は何れも垂直流の性質を有し沈殿を妨げる。

II. 沈殿速度 v の相違は、微粒子の大きさと比重とが異なるに従つて甚だしい。即

ち微小輕粒子は流出水中に残る割合が多い。

III. 凝集沈殿は薬品によらずとも沈殿の途中で起る傾向がある。此所に深さが又沈殿の問題に入つて来る。

IV. 滞留時間は即沈殿時間であるといへるが、一方流過時間とは水が流入口から流出口に達する實際の時間をいふ。両者は理論的に一致するが實際は異り、流過時間/滞留時間の割合は、水の分配状態を表す 1 標準であるが、0.5 位の事がある。

V. 總括、要するに次の如く考へられる。

- (1) 重い砂の如き粒子の沈殿には、Hazen の理論はよく適合する。
- (2) 沈殿池の面積は深さより重大である。
- (3) $\frac{a}{t} > 1.5$ なる時好結果が得られる。
- (4) 導流壁を設ける事が大切で、25% 位能率が上昇する。
- (5) 水温及風の作用を注意すべし。

例 $V_m = 0.3^m$ /秒

$$h(\text{有効深}) = 1.7^m$$

$$b = 80^m$$

$$l = 25^m$$

$$w(\text{幅}) = 3.2^m$$

とすれば

$$\text{滞留時間 } a = \frac{l}{V_m} = \frac{25}{0.3} = 83 \text{ 秒}$$

$$e = V_m \times h \times w = 0.3 \times 1.7 \times 3.2 = 1.63^m \text{ / 秒}$$

$$\frac{a}{t} = \frac{bv}{e} = \frac{80 \times v}{1.63 \times 1,000} = 0.049v$$

1 池連続作業ならば、最小微粒子の沈殿速度 v を假定して、 $\frac{a}{t}$ を算出して後

$$x = \frac{1}{1 + \frac{a}{t}}$$

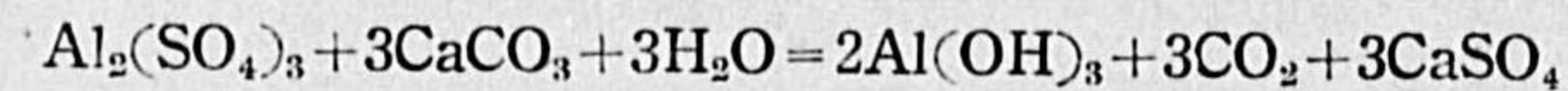
から残留微粒子の割合が分る。(第 7 表参照)

第 7 表 残留微粒子の率

除去された 微粒子 y %	$\frac{a}{t}$	沈澱速度 v mm/秒	微粒子の直径 mm		残留せる 微粒子 x %
			無機性 比重=2.65	有機性 比重=1.2	
10	0.11	2.25	0.06	0.2	90
20	0.25	5.1	0.075	0.45	80
30	0.43	8.8	0.14	0.8	70
40	0.67	13.7	0.15	1.0	60
50	1.00	20.4	0.24	2.4	50
60	1.50	30.7	0.3	3.3	40
70	2.33	47.7	0.4	>6	30
75	3.00	61.2	0.5	—	25
80	4.00	81.8	0.8	—	20
85	5.67	116.0	1.1	—	15
90	9.00	184.0	2.2	—	10
95	19.00	388.0	4.0	—	5
99	99.00	2020.0	>10.	—	1

薬品沈澱の原理は上に述べたが、単に大塊とするに止まり、比重を増すわけではない事は注意すべきである。

薬品としては硫酸礬土、消石灰、曹達灰が用ひられるが、後 2 者は少しく目的が異なる。硫酸礬土を加へると次の反応が起る。



もし水中のアルカリ分が欠如せる時は、消石灰や曹達灰を以て補ふ。之等は又硬水軟化の爲用ふるからそこに譲る。

かくして生じた水酸化アルミニウムが次第に凝集して、絮状の凝集物 (Floc) を形成する。同時に細菌其他微粒子を伴つて沈澱する。尙他説として水中の微粒子は多く陰電氣を帯びた膠質である。従つて 3 價の陽イオンなる Al が之と結合して凝集する。此兩説がある。水質としては適度のア

ルカリ度と共に pH=6.5 (5.5~7.5) 位が至適である。

薬品沈澱の結果としては、濁度と細菌とが著しく除去される。薬品量としては 5~35 ppm, 沈澱時間は 2~5 時間位で充分であるが、10 時間位にする事もある。薬品使用量例を第 8 表に掲げる。

第 8 表 薬品使用量例

原 水 濁 度	硫酸礬土及石灰併用		硫酸礬土及曹達灰併用	
	硫酸礬土 ppm	消石灰 ppm	硫酸礬土 ppm	曹達灰 ppm
5	8	—	—	—
10	9	—	3	—
20	12	—	5	—
40	15	—	9	—
60	17	—	12	—
80	19	—	16	—
100	21	—	20	—
150	25	—	—	—
200	28	—	36	21
300	33	5	50	30
400	38	7	—	—
500	42	8	74	44
600	46	9	83	50
800	52	11	97	58
1000	58	13	110	66

尙以上の凝集作用を完結させる爲には、よく混和攪拌する事が必要であるが、之は次の混薬装置にゆづる。

最近アメリカで硫酸礬土の凝集に、珪酸鹽例へば珪酸ナトリウムの如きが有効なりとして居る。本邦にも「クリーナ」(珪酸アルミニウム)がある。

2) 砂濾過

原水を人工的堆砂層を通じて滲透流下せしめるもので、緩速と急速との

2 種がある。何れも浄水法に於ては最重大なる位置を占め、其王座に位する事は變りない。今各別に原理を述べる。

I. 緩速砂濾過

本法は 1829 年 Simpson, James 氏が、London の Chelsea 水道會社の爲に創設したのが嚆矢である。爲に本法を英國式砂濾過ともいふ。

當時は水の濁度即ち主に浮游質を除くのが目的で、此點に於ては大成功であつた。然るに其の後水の化學的検査の實施と共に、本法の化學的無力即ち溶解質特に有機性のものが除去されない事が分り、一旦絶望視されたが、1885 年 Frankland, P.F. 氏が水の細菌學的検査を試み、細菌學的能率の優秀なる事が發見され、此處に確固たる科學的根據を有するに至つた。従つて地表水に對しては、缺くべからざる浄水法の 1 となり、歐洲大陸からアメリカに普及し、明治 20 年横濱市上水道以來、日本各地でも廣く採用實施されて居る。

緩速は名の示す如く、其濾過速度は甚だ遅く、3^m/日位を標準として來た。其結果濾水は浮游質と細菌との殆ど全部を失ひ、肉眼的には濁度がよく除去されるが、色度も或程度除かれる。之等の作用を説明する爲に、濾過膜なるものを考へて居る。

元來浮游質及細菌の大きさの點からいへば、浮游質は或程度機械的に篩はれると考へてよいが、細菌は當然砂粒の間隙を通過する筈のものである。今濾過速度を一定にして濾過を繼續すると、砂層の表面に漸次堆積する有機及無機質が、一種の膠質膜を形成する。之は砂表面一帯に生じ、之を濾過膜と名づけ、此作用により細菌が抑留されると考へて居る。此作用は單なる機械的作用のみではなく、物理化學的生物學的作用が假定されて居る。何となれば細菌より遙に大なる生物の如きが、或程度濾水に出現する事は、以上の假定なくしては説明し得ないからである。かゝる作用の本態をなす物質は判然としないが、濾過膜内の膠狀質細菌及生物と考へられて居る。

併し乍ら表面以下の砂層が單に支へをなし、何等作用に與らないとするのは當らない。

濾過を繼續すると漸次砂層が閉塞し、抵抗を増して來る。之は濾過水頭を大にして調節するが、其時負水頭即引出水面を砂面以下に下げる事を許さず、此限度に達すると濾過を中止して、表面 1~2 cm の濾過膜の部分を作り取り、更に濾過を開始する。其時 10 時間位は細菌の除去が不完全であるが、之に反して始めて濾過を開始する時は、濾過効果の發現に數日~數週を要する。此相違は表面以下の砂層の作用に歸すべきものと思はれる。

I. 急速砂濾過

緩速砂濾過はアメリカでは 1872 年 Poukeepsie, N.Y. で始めて用ひられたが、其の後 20 年程は餘り顧られなかつた。それは次の 2 點による。

- (1) 大量の水を濾過するには大面積を要するが、アメリカは水の濫費甚だしき事。
- (2) 濁度大なる水を濾過するには不適當であるが、アメリカは元來清澄なる水源に恵まれない事。

之等の缺點を補ふ爲に考案されたものが本法であつて、別名アメリカ式又機械砂濾過ともいふ。

本法も最初は製紙工場で豫備處理なしに水中の浮游質を除き、紙質を損傷しない水を得る爲に用ひられたが、微細なる粘土や細菌は除き得なかつた。然るに豫備處理として、藥品沈澱を試みるに及んで好結果を得、1893~1901 年に至る幾多の貴重なる實驗的研究によつて、基礎が確立するに至つた。其の後歐洲にも逆輸入せられ、本邦でも明治 41 年京都市で始めて採用して後餘り普及しなかつたが、近年に至つて 6 大都市を始め比較的小都市に至る迄、争つて急速を採用せんとするに至つた。尙本法の普及を助けた事情として上記 2 點の外に、殺菌消毒の如き補助浄水法の發達の爲、砂濾過に對する要求が緩和された事を擧げる事が出來よう。

原水は藥品による凝集沈澱を施し、其上澄水を 120^m/日位の急速度で濾

過すると、細菌と濁度とがよく除かれる。特に浮游質及膠状質の除去は緩速に勝るので、濁濁甚だしい水に用ひて効果がある。此作用は矢張り砂表面上に堆積して生じた人工濾過膜を以て説明されて居る。

本法は豫備處理なる薬品沈澱と相俟つて、始めて其機能を發揮するものであるが、此點より考ふるも人工濾過膜は物理化學的作用を主とするものゝ様である。尙人工濾過膜は凝集物の堆積であるが、後から來る細菌や浮游質が矢張り已に凝集されて居る事が必要である。砂の充塞は遙に早く、濾過水頭の増加も従つて速であるが、緩速と異り負水頭即濾水面を砂面以下に低下する事を許すのである。1日1回位洗滌を要するが、それは各種の方法で砂層全體を攪亂洗滌し、再び濾過を開始する。濾過効力は數十分で表れる。

3) 殺 菌

1910年頃から水の殺菌法が重大視されるに至つた。目的は細菌特に病原菌を殲滅するにある。

鹽素系統では最初に漂白粉が用ひられ、現在上水道では専ら液體鹽素が使用されて居る。鹽素の作用に就いては定説がなく、次の3説が行はれて居る。

I. $\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{HCl} + \text{HOCl}$ ——鹽酸説

II. 上式に加ふるに

$2\text{HOCl} = 2\text{HCl} + \text{O}_2$ ——酸化説

III. 鹽素自身が細菌を殺す。

殺菌作用は多少選擇的で、大腸菌系統のもの即消化器系統傳染病原菌に、特に有効に働くものである。尙復活現象なるものがあつて、一旦減退した細菌數が時間が経過すると、又殖ゑる現象がある。其原因は判然しないが、芽胞を有するものは殺されないから、之が後に増殖する事は一因であらう。

又大腸菌系統のものは復活しないともいはれる。

鹽素の味臭を生ずる事、特にフェノール化合物と合して強烈な味臭を出す缺點を除く爲に、最近クロラミン法が行はれて居る。尙本法には低温でも殺菌が有効なる事、作用が長く持續する事の特徴がある。

其他オゾンは發生機の酸素により殺菌性を表すといふが、多少効果に疑はしい點がある。長所は水に雜物の加はらない點にあるが、短所は高價なる事があげられる。

紫外線の殺菌作用はよく知られて居る。但水が透明で薄層なる事を必要とする。現在は餘り行はれない。

2. 普通沈澱池

1) 種 類

流れの状態から分けて常流式と斷流式とがある。

常流式は常時緩速度で池中を流れるもの、斷流式は原水を池に満したならば一定時間静止させ、沈澱作用の完了を待つて後之を引出す。其の時池は殆ど空となり更に又原水を満す。

兩者を比較すると

I. 沈澱効果は斷流式の方が大であるが、引入引出の際一旦沈澱したものを攪亂する恐れがある。

II. 水頭の關係は斷流式は池底迄空とする爲に、池の深さ即ち3~5m丈餘分の水頭を要する。常流式では僅に數cmに過ぎない。

III. 池數の最小限度—斷流式では流入、沈澱、流出に加ふるに豫備と合計4個を要する。常流式では2個で宜しい。

IV. 貯水作用—之は斷流式で多少認められる。

要するに最近では常流式が多く、斷流式は跡を絶つに至つた。

流れの方向からいふと、水平流式と垂直流式とになる。

2) 設 計

容量又は面積を決定するには、先づ沈澱時間を決める。それにはどの位の微粒子をどの位の率迄除去するかから略々決定される。

$$A = \frac{pq}{24} \times \frac{a}{h}$$

但 A=所要面積

p=給水人口

q=1人1日當り最大使用水量

a=沈澱時間即ち滯留時間(數時——數日に及ぶ)

h=池の有効水深

池の深さの大小による利害得失は色々あるが、普通有効水深を 3~4~5m とし、尙 0.6m 位沈澱物堆積の爲餘裕を見る事が多い。

數は 1 池の面積を決めて之で總面積を割ればよい。然るに引入口、引出口等の附屬設備は池數丈必要であるから、池數と共に之等の費用も増す。併し豫備池の面積は減ずるから、結局總面積は幾分減ずるかも知れない。本邦の實例は (50~100)m × (100~200)m 位ではないかと思はれる。

形は矩形が普通で扇形もある。矩形で 1 列に並べた場合、長さ (l) と幅 (w) との割合を経済的に決定すると

池の數 = n = 2 ならば $w = \frac{3}{4} l$

” 3 ” $w = \frac{2}{3} l$

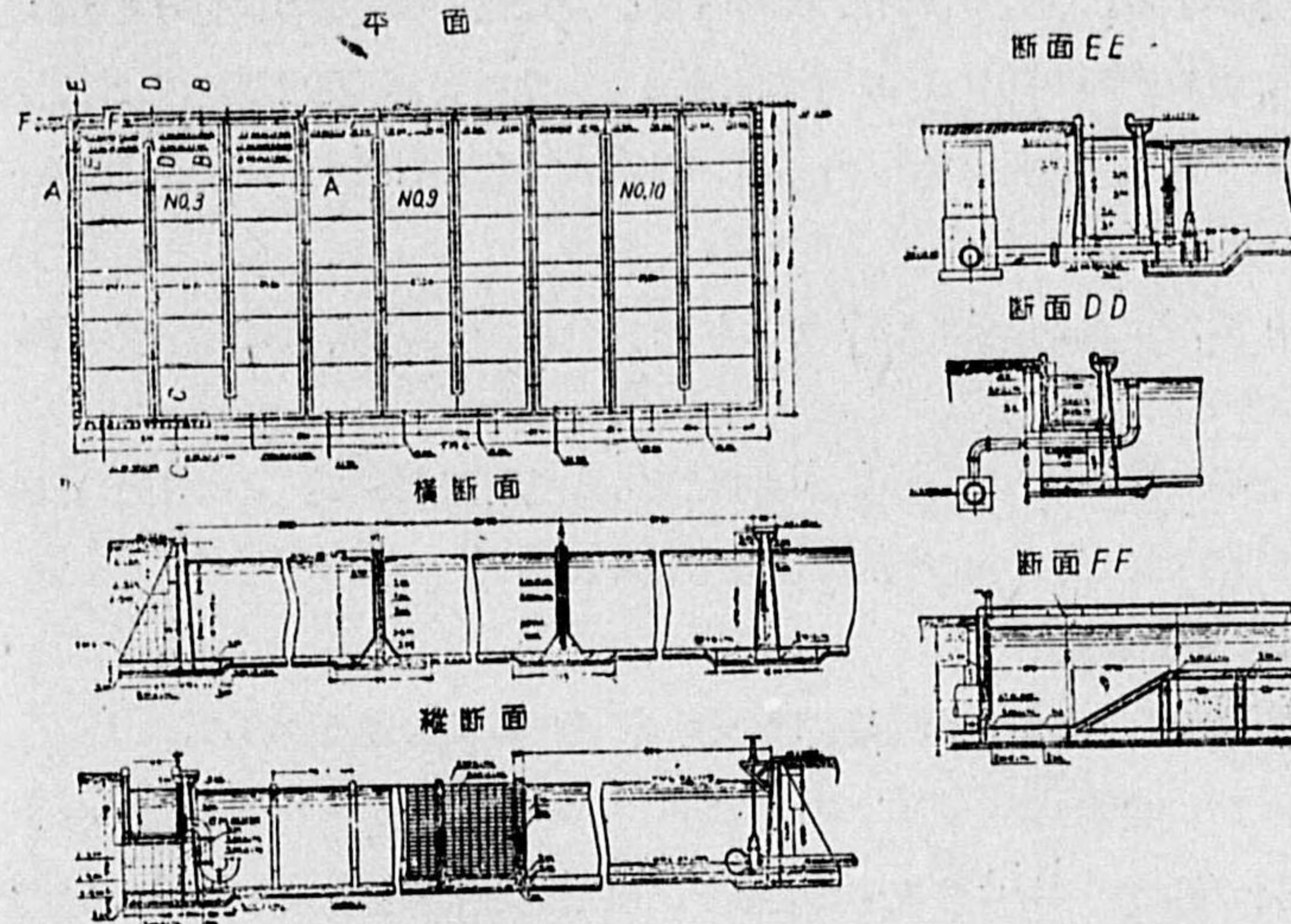
” 4 ” $w = \frac{5}{8} l$

又圓形や角を圓くした正方形で、中央に汚泥掻寄機を有するものがある。

3) 構造

常流式矩形池を主として述べる。(第 15 圖参照)

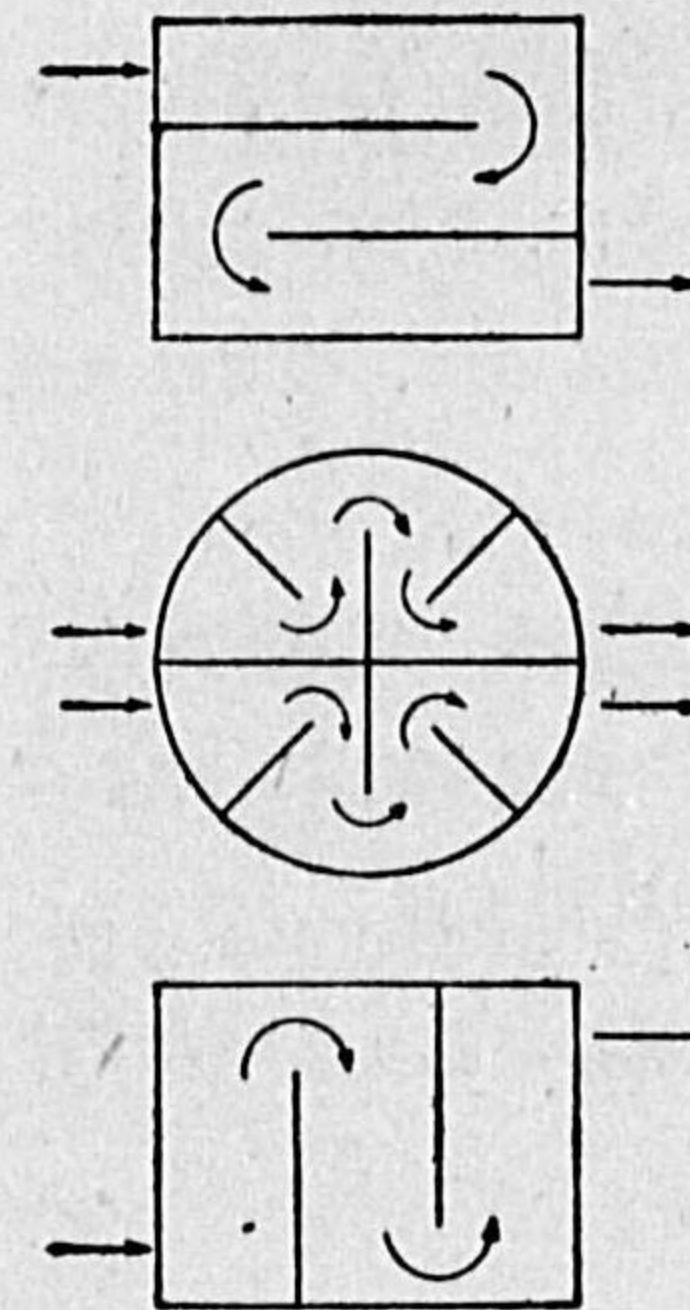
水密構造なるを要し、材料は煉瓦や石もあるが、近來はコンクリート又は鐵筋コンクリートが多い。側壁は斜面をなすものもあるが、垂直壁で差



第 15 圖 常流式矩形池

支ない。其際水壓なしに擁壁として土壓に堪へる事を要する。

池底は 30~45 cm 位の盛土又は良質粘土工を施し、其上に 20~30 cm 厚さの基礎コンクリートを打ち、上にアスファルト又はアスファルトフェルトを張り、更に均しコンクリートを打つ。地質に應じ適宜簡略にし得る。大池なれば側壁も池底も伸縮接手を必要とする。池底は $\frac{1}{200} \sim \frac{1}{300}$ 位の勾配を附し、排泥に便にする。入口を深くし出口を浅くする。それは入口に於て沈澱物が多いからである。



第 16 圖 導流壁

導流壁を設けて第 16 圖の如く水を迂流させ

る事がある。流入口は引入管が多いが、之はなるべく數ヶに分ける方がよい。池の底部に開口させ、周圍を亂さない様に堰や阻流壁等を設ける。流出口も數ヶ設置が望ましい。上部満水面近くから引出す。浮子により水面下一定の所から引出すものもある。

附屬設備としては流入管流出管の弁の外、池内に溢流管、排水管、排泥管を設ける。

普通無蓋であるが、寒地では凍結防止の爲有蓋とする。之は日光の直射を防ぎ、植物性生物の繁殖も防止し得る。

3. 薬品沈澱池

豫備設備として先づ混薬装置を述べ、次に薬品沈澱池に移る。

1) 混薬装置

先づ薬品を水中に注入する装置と、注入された薬品を水と混合する装置とに分けられる。

I. 薬品注入装置

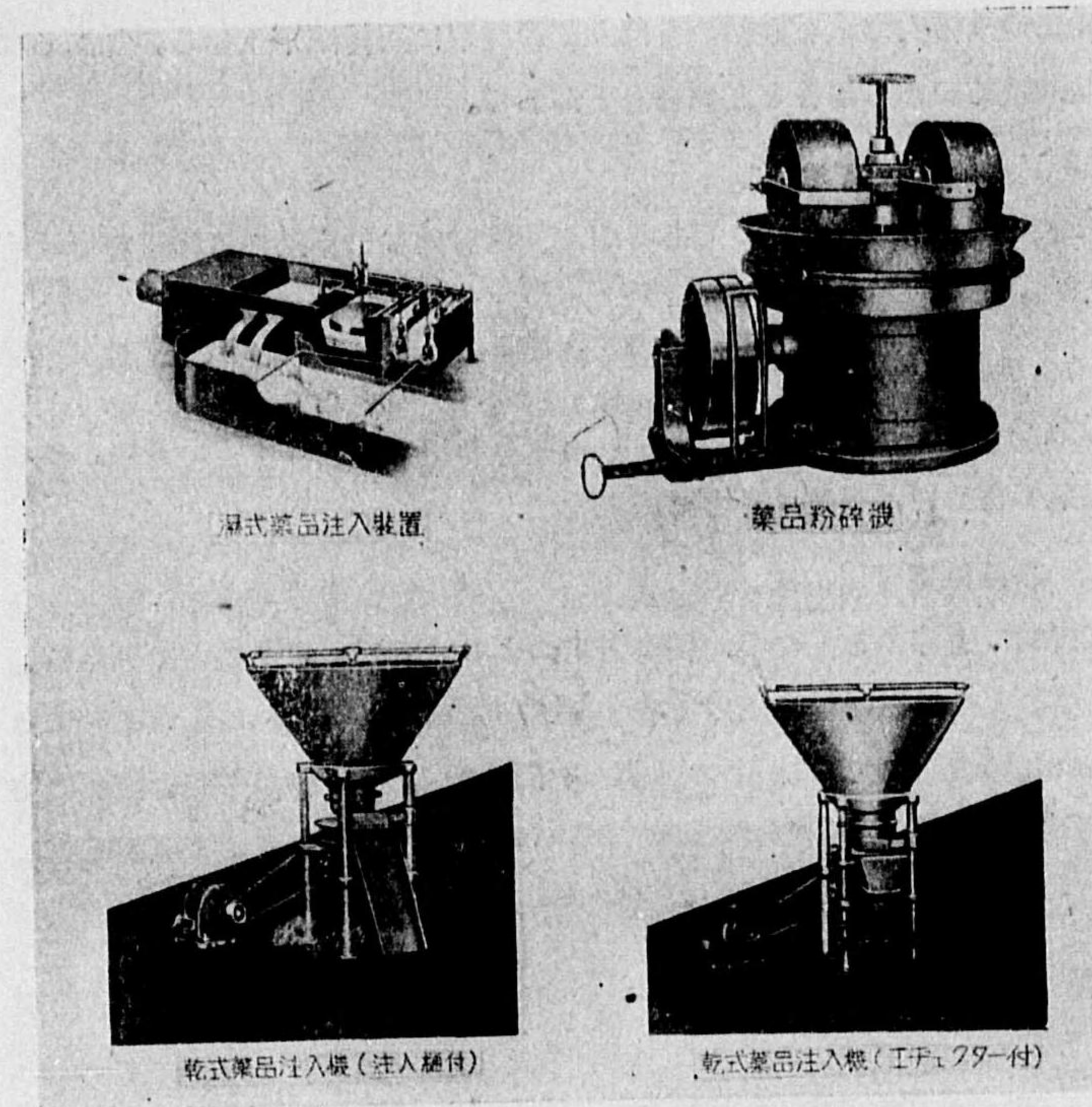
濕式と乾式とがあるが、前者は薬品を溶液として、後者は粉末をそのまま加へる。濕式は溶液とせる丈、水とはよく混和するが、乾式は水が加へられないから装置は簡単ですむ。従つて前者は小規模のものに、後者は大規模のものに用ふる。

濕式では薬品溶解槽、調節槽を経て、一定濃度の溶液を一定量宛注入する爲の注入槽がある。乾式では先づ薬品を粉碎し、一定量宛粉末を水中に投入する爲には、自動的薬品注入機を用ふる。(第 17 圖参照)

日本で乾式の餘り使はれないのは、濕度の關係で薬品が濕り易いのではないかと思はれる。

II. 薬品混和槽

之は薬品を水とよく混合する槽である。混和の目的は單に機械的に止ま



第 17 圖 濕式及乾式薬品注入装置

らず、膠質化學的に凝集作用を助けるにある。

色々あるが、次の如き分類法も 1 法である。

(1) 迂流型

細長い矩形槽に左右交互に導流壁を突出させたものを水平流型といひ、之に反し上下より突出する迂流壁により、鉛直面内で水が上下に迂回するものを、上下流型といふ。

兩型共に水頭損失大で、水量の増減による調節を行ひ得ない缺點がある。

(2) 螺旋流型

圓筒形水槽内で水を縦軸のまはりに螺旋形に回轉流下させる。加ふるに器械的攪拌のある場合とない場合とがある。

(3) 跳水型

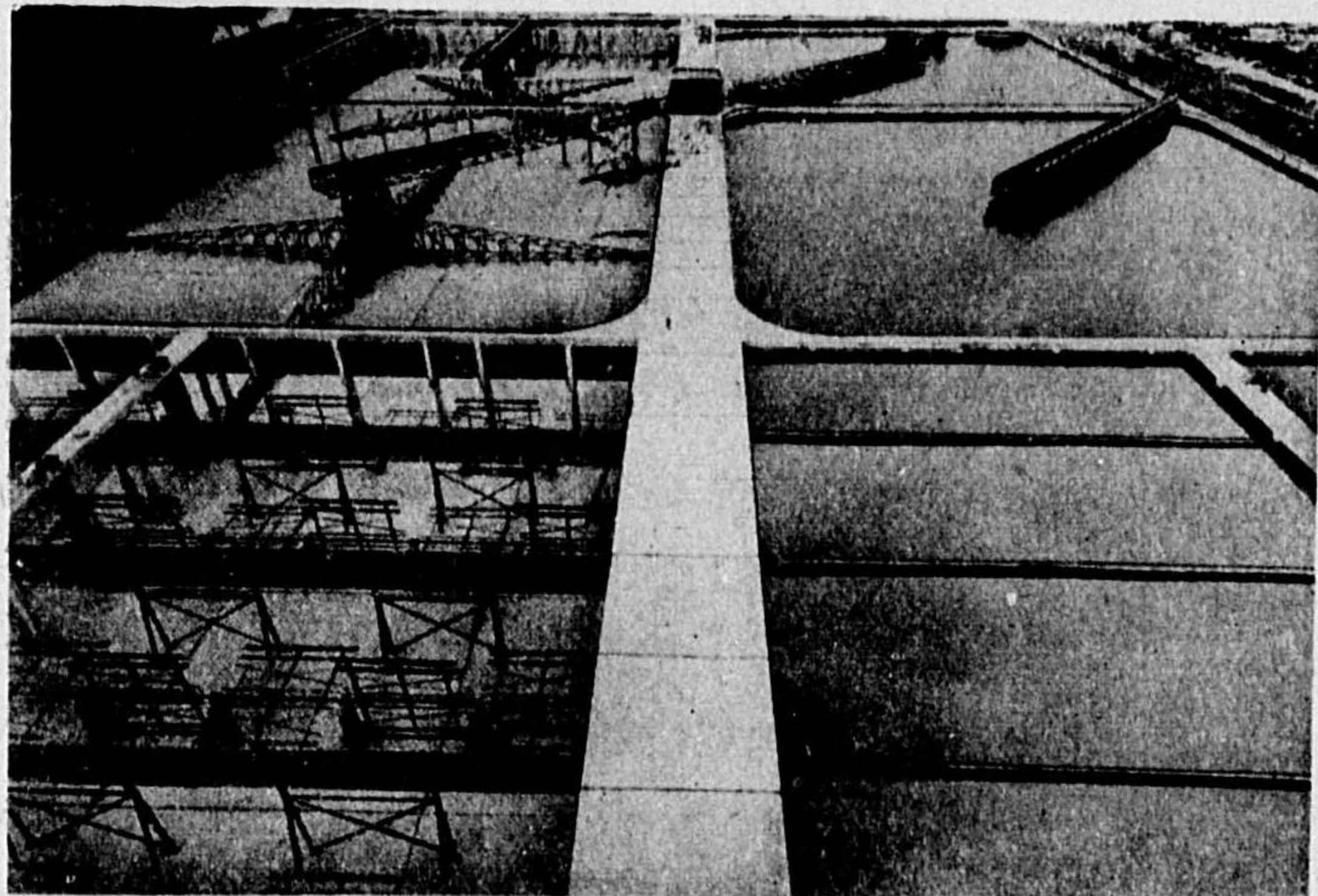
跳水現象を利用したものであるが、一見有効らしく見える程確實ではないといふ。

(4) 曝氣型

曝氣の目的が同時に達せられる。装置は射水管によるものが多い。本法は曝氣を併せ行ふ目的に非ざる限り推奨し難い。

(5) 器械型

器械的に攪拌するもので、軸の方向により鉛直型と水平型とに分れる。鉛直型の 1 は前記器械的攪拌を有する螺旋流型が擧げられる。水平型では Flocculators といふのがある (第 18 圖参照)。水平軸の方向と流れの方



第 18 圖 Flocculators 及汚泥掻寄機

向とが直角か平行かにより、直角型と平行型とに分れる。此特徴は已存の

凝集沈澱池の入口に簡単に取付けられるにある。

本邦では薬品混和槽に關し、餘り考慮が拂はれて居ないが、急速砂濾過の發達普及と共に、今後は充分注意すべきである。

2) 凝集沈澱池又は薬品沈澱池

普通沈澱池と設計原理に於ては何等變りはない。主なる相違は、沈澱時間を短縮し 2~6 時間位とし得る事と、沈澱汚泥量の多なる事とである。従つて掃除の手数を省く爲に、汚泥掻寄機を有する池が利用される。以下本機を備へた圓形又は正方形池に就いて述べる。(第 18 圖参照)

原水は中央から上昇流入し、周邊に向つて流れ、そこで溢流して集水路に入り、之を集めて他へ導く。水深は中央が大で周邊程小であるが、水流斷面積は矢張り中央程小である。従つて粗大で比重大なるものから順序よく沈澱する事になる。汚泥掻寄機は池の周圍に取付けたレール上を徐々にまはつて、絶えず汚泥を中心に向つて集める。之は運轉方法により、牽引型と軸轉型とに分れる。汚泥は排泥管で排除する。

圓形と正方形とを比較すると、土地面積利用の點からは正方形がよいが、流れの状態は圓形がよい。名古屋市に於ける池田篤三郎工學博士の研究の結果によれば、尙汚泥掻寄機取付の點からも圓形が可なる事、中央流入筒自身の周圍又は其のまはりの阻板に、一面に穴を設けて水を池内に一樣に流入させる方がよい事等を擧げて居る。

4. 緩速砂濾過池

1) 濾 材

細砂を用ひるが、補助として其下に砂利を敷く。其大きさと厚さとは略々次の如くである。

	上より	大き mm	厚さ mm
細 砂		0.2~0.4 (有効大)	700~900
粗 砂		3 位	150 位

細砂利	5~10 位	150 位
粗砂利	10~20 位	150 位
玉石	20~30 位	300 位

細砂の大きさは有効大を以て、均等性は均等係数で表す。それは砂を大小の順に篩ひ分け、其重量に対する関係を曲線で表し、小なる方から10%の境の大きさを有効大といひ、60%の境の大きさと有効大との比を均等係数といふ。均等係数は2以下なるがよいとされて居るが、實際の例を第9表に示す。

第 9 表 有効大と均等係数

市 名	有 効 大 (mm)	均 等 係 数
ハンブルグ	0.31	2.30
ベルリン	0.35	1.70
リバープール	0.32	2.50
ワシントン	0.32	1.64
ピッツバーグ	0.29	2.10
東京市	0.27	2.78
大阪市	0.35	2.72
神戸市	0.42	2.00
横濱市	0.55	2.35
長崎市	0.24	2.08
広島市	0.32	3.66

細砂の原料は、川砂、海砂、山砂等があるが、要するに質堅く、容易に碎けないものであれば宜しい。其爲には石英又は珪酸鹽のものがよく、石灰石やマグネシウムは宜しくない。粘土や有機質を含有してはいけない。砂の規格は本邦にはないが、アメリカでは作られて居る。

細砂の厚さの理論的根拠は未だ確然たるものはない。上記位が一般の例で、砂削取結果の最小厚限度は、原厚の半分即ち 350~450 mm 位である。

粗砂以下は單に上部細砂の支へで、細砂の下部へ侵入するのを防ぐにあるから、其厚さは出来る丈減少してよいものであらう。原料は砂と同様で

ある。尙粗砂以下に代ふるに、厚さ 5~10 cm 位の多孔板又濾床板を以てする場合がある。之により水頭損失を減じ得る。

2) 設 計 .

濾過面積は濾過速度を假定し、所要濾過水量が分れば次式から得られる。

$$A = \frac{Q}{V}$$

但 A = 濾過池總面積

Q = 所要濾過水量 = 1 日最大使用水量

V = 濾過速度

尙以上の面積に對して掃除の爲の豫備池を設ける。

數は最小 2 池を要する。池數が増せば豫備池も數個を要するが、掃除回數が 20~30 日に 1 回位なる關係上、5~8 個に對し 1 個位の豫備池を要する。1 池の面積は 1000~4000 m² 位で、沈澱池に比すれば小さい。有蓋なれば尙小さくする。

形は矩形が普通である。之を相接して配列する時、沈澱池の場合と同様にして、長さとの割合を經濟的に決定出来る。

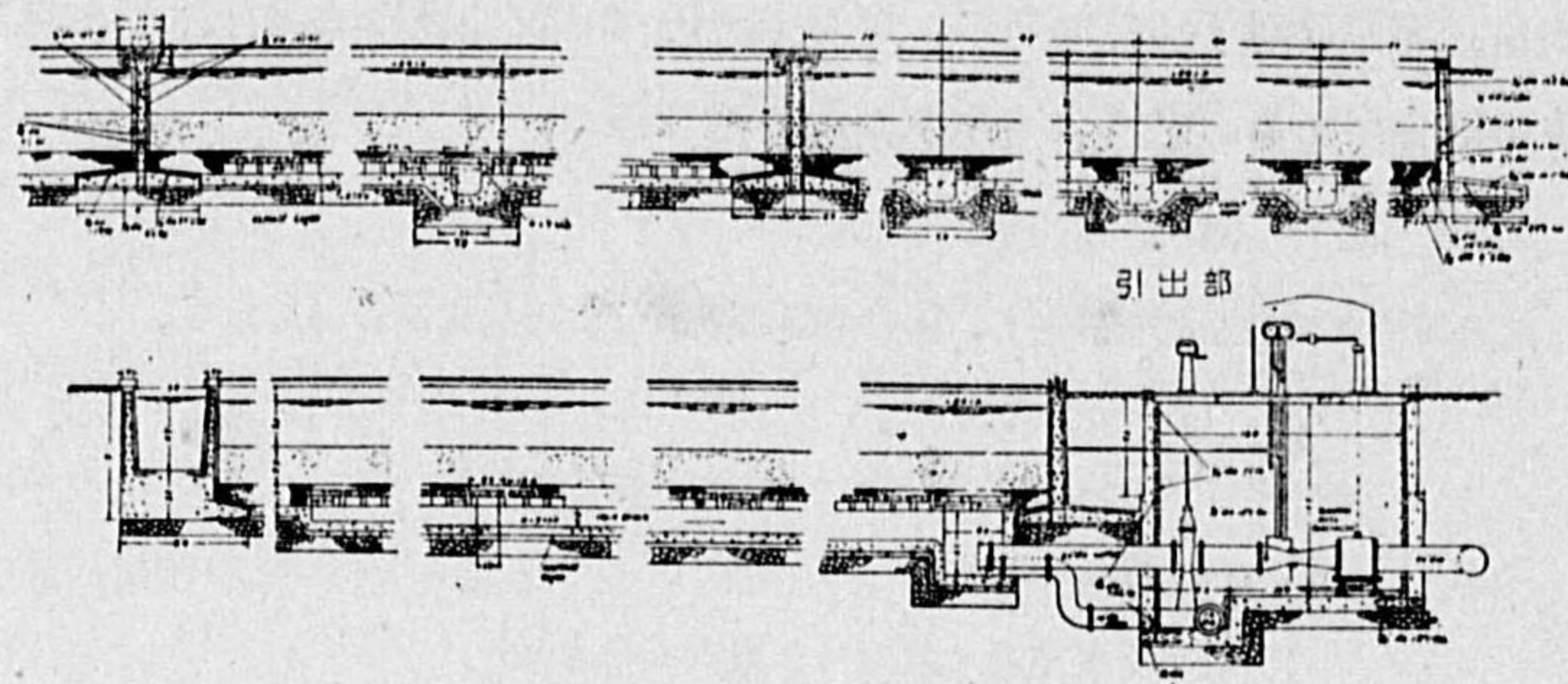
外に扇形や圓形の濾過池が稀に用ひられる。

深さは前述の濾材と補助材との下に集水渠が来るから、合計 150~170 cm 位である。砂面上の水深は 1 m 以内位で、其上に 30 cm の餘裕を見るとき、總計 280~300 cm 位である。

3) 構 造 (第 19 圖参照)

周壁及底部は、水密構造なる事が必要である。周壁は傾斜式と鉛直式とがあるが、後者で差支ない。底部は沈澱池と異り、下迄掃除する事が少いから、充分の施工をなすべきである。伸縮接手は沈澱池の場合と同様である。

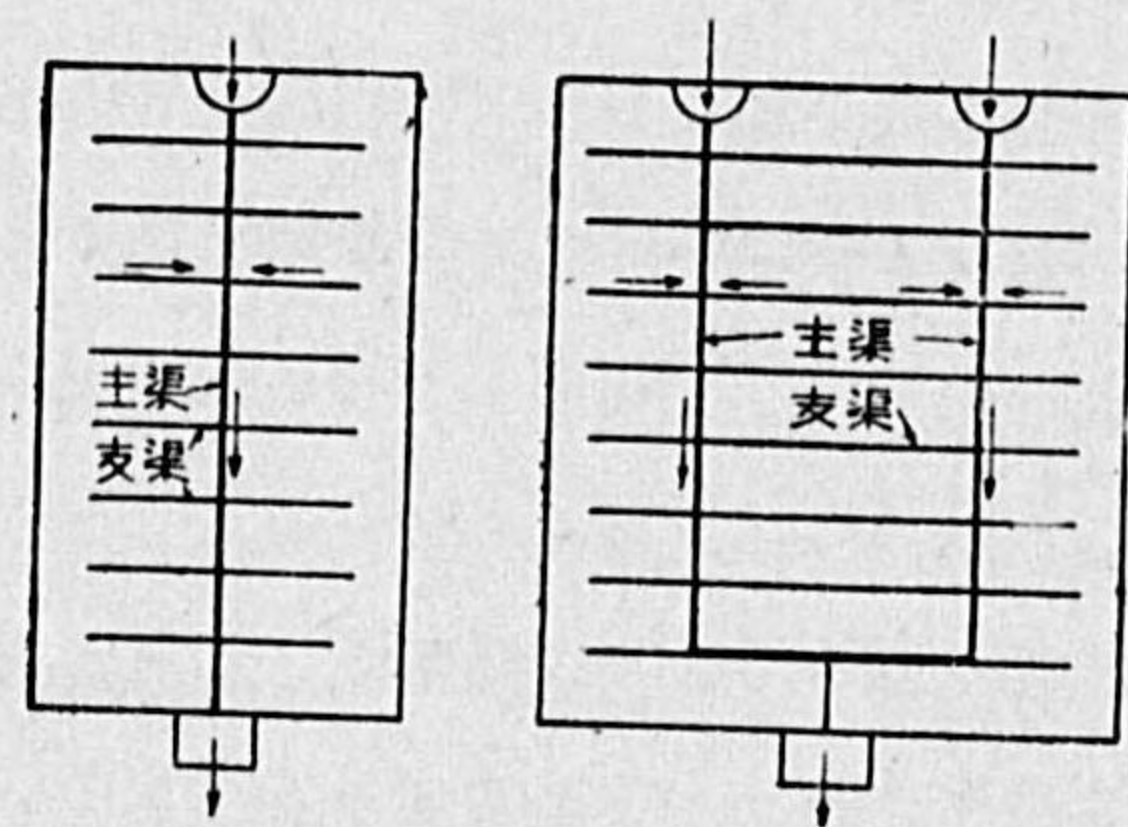
蓋は寒地で冬季凍結の恐れある所の外は必要がない。蓋上には更に土砂を 60~90 cm 位の厚さに蔽ふ。但空氣抜を設ける。



第 19 圖 緩速砂濾過池

集水渠は濾水を集めるもので池底に設ける。濾過池のすべての部分から、出来る丈均一に集水する様に配列する。其爲には全く對稱の位置に配列し、各始點からのみ流入させる方法があるが、普通は集水渠全體から水が流入するのである。

集水渠を主渠と支渠とに分け、流速は主渠 15 cm/秒支渠 10 cm/秒を越さぬ様に断面を決め、勾配は主渠は 1/200 支渠は 1/150 位とする。配列の



第 20 圖 主渠と支渠

普通なるは第 20 圖の如く、單に直角に主渠から支渠を分つにある。

主渠支渠の構造は單に池底に凹溝を設け、上部はコンクリート又は天然石を以て覆ふもの、陶管を空接手としたもの等色々ある。何れにしる蓋石は上部

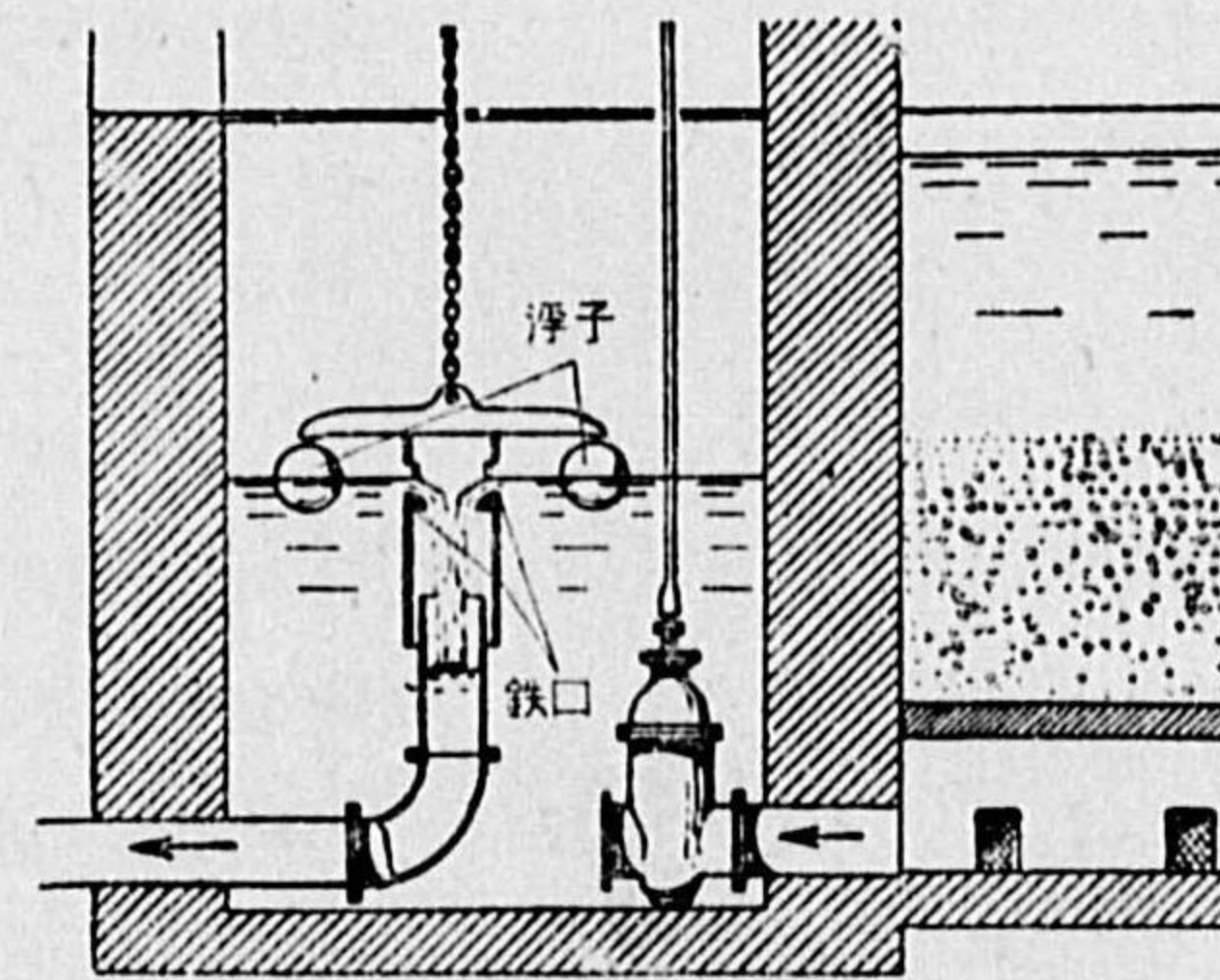
を平にして、砂利層中に突出せしめず、即集水渠を下げた方がよいといはれる。

前記多孔板又濾床板は、粗砂以下の層と集水渠の蓋とを兼ねたものであ

るが、豆砂利鐵筋コンクリートの如きで多孔性に作る。之は濾池の深さを減する事が出来る。

引入口は水が砂表を攪亂しない様に注意する。従來は砂表面上に向いて開口させ、其周圍を保護するものが多かつたが、近來は半圓形の小室を作り、此中に一旦水を入れ、次に靜かに砂面上に至るものがある。流入量は弁で加減するが、溢流管は必ず設け、砂面上の水深を常に一定にする。

引出口は濾過水頭を徐々に増す爲に、濾水水位を徐々に下げる調節装置を設ける。可動堰を設け、其上の溢流水深が常に一定なる様、徐々に堰を降下するものがある。浮子付缺口として、上部に缺口を有する上下可動堅管あり、缺口は浮子を介して水面と一定の高低差にある。従つて水位の變化に應じて浮子は上下するから、缺口上の水深は不變で、一定量が堅管内に流入する(第 21 圖参照)。之を缺口の代りにサイフォンとしたものもある。ベンチュリメーターによるものは、急速砂濾過槽に多く用ふるから、



第 21 圖 浮子附缺口

そこで述べる。

其他濾過池間の連絡管が要る。之は砂削取後濾過開始前の水逆送に用ふる。又砂面排水管を設けて、池を空にする場合に使ふと、時間が節約される。此外水質検査用採水設備があれば尚よく、沈澱池から濾過池を

通らず配水池に直行する管が要る。

4) 作 業

砂面上の水深は 1.0 m 以内であるが、砂削取と共に此深さは少し宛増

すわけである。濾過水頭の最大限度は砂面上の水深で制限されるから、之を幾分深くせんとする試みが、アメリカで行はれて居るが、其結果砂削取直前の排水時間を増すから、上述砂面排水管を設けねばならぬ事となる。

濾過速度は最初は 2.4~3.0 m/日位を原則としたが、最近之を増大せんとする傾向にある。勿論濾過速度は原水水質、砂粒の大きさ、濾過の目的即所要濾水水質等で異なるべきであるが、3 m/日より幾分増大した方がよいのではないかと思はれる。(廣瀬孝六郎)

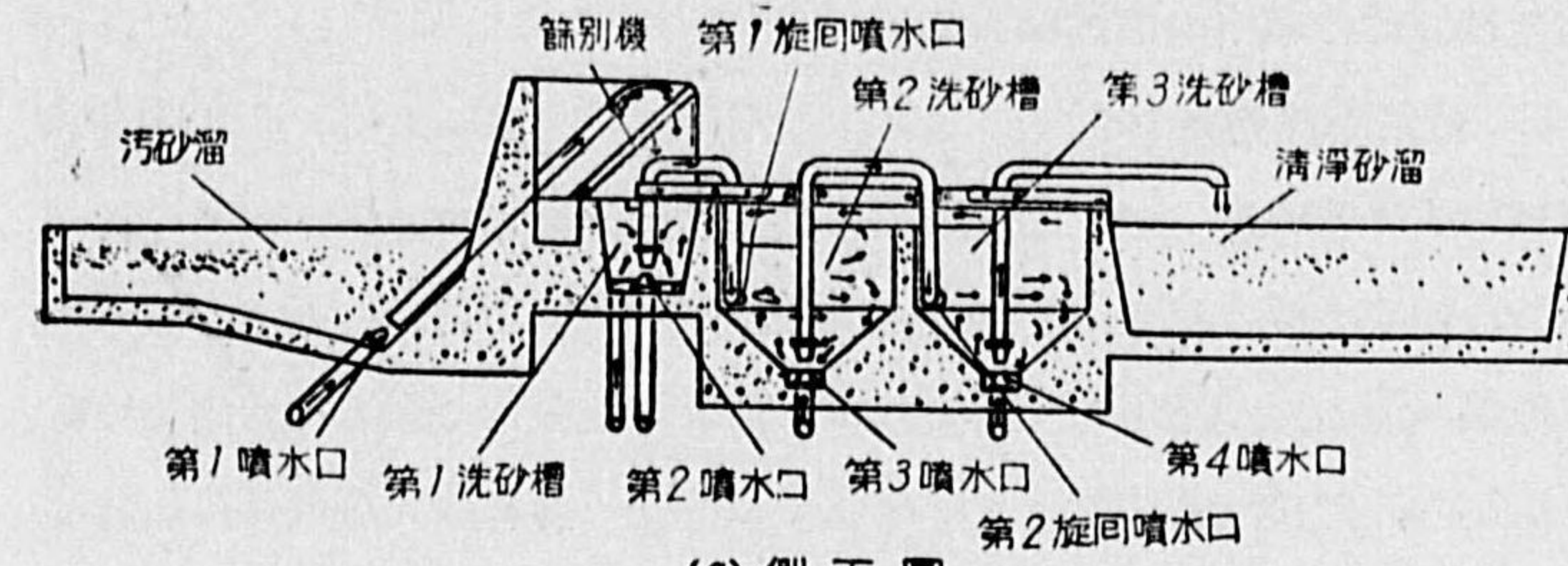
濾過水頭は一定の濾過速度が得られる様に調節するものであるが、此増加は主として表面濾過膜の肥厚による事が分つて居る。濾水面を下げる引出装置に就いては既述した。濾過水頭の限度は負水頭を起さざる程度、即濾水面は砂面迄下げるのを限度とする事も上記の通りである。

濾過を開始するに當つては、清水を逆送し砂面上 5 cm 位に達せしめて後、原水を送るのである。其理由は砂中の空気を追出すにある。初めて濾過を行ふ時は、表面濾過膜が完成して濾水が清浄になる迄に数週を要するが、砂削取後は 1 晝夜足らずの短時間で濾過効果が表れる。

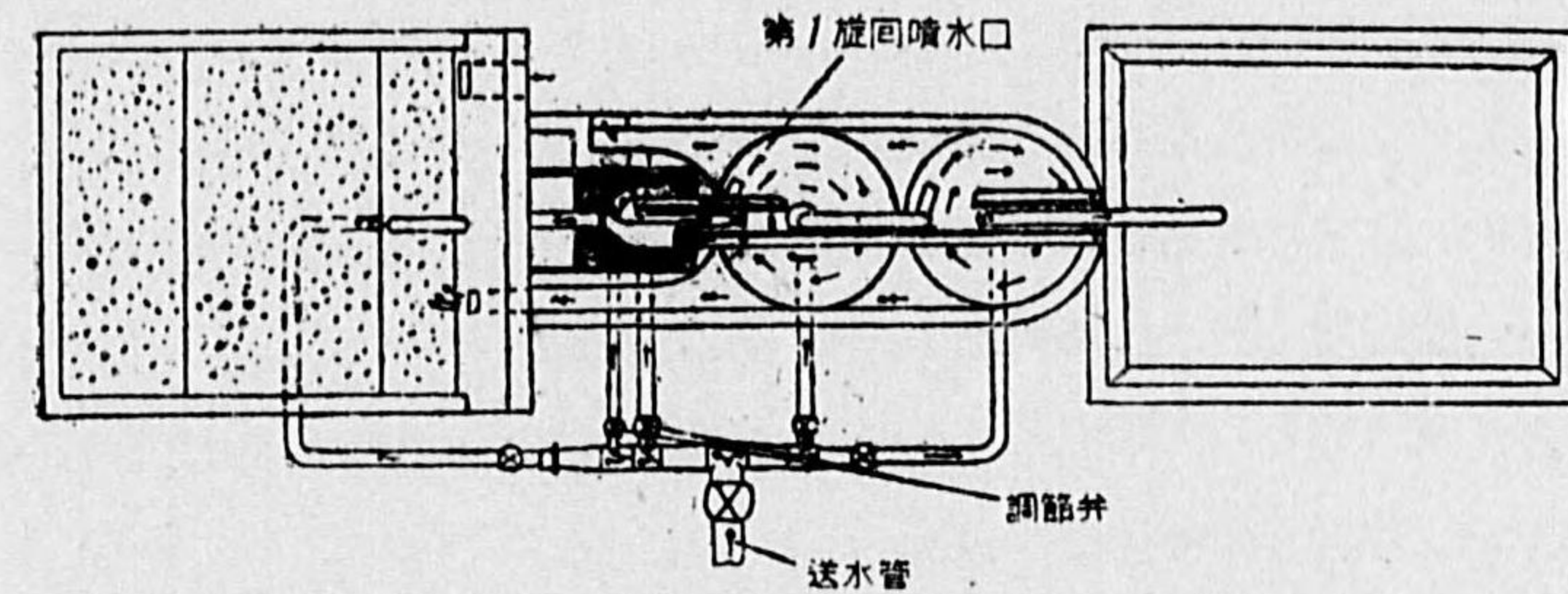
5) 掃 除

砂削取は濾過水頭が最大限度に達すれば行ふ。濾過を中止して砂面上の水を除き、砂面下 20 cm 位迄下げる。かくして砂表面 1~2 cm を平均に搔取り、池外砂洗場に運ぶ。砂上は板を敷いて通路とし、出来る丈汚染をさける。運搬は手押車、モツコ、軽便レール等によるか、水圧射水器で壓力水による。

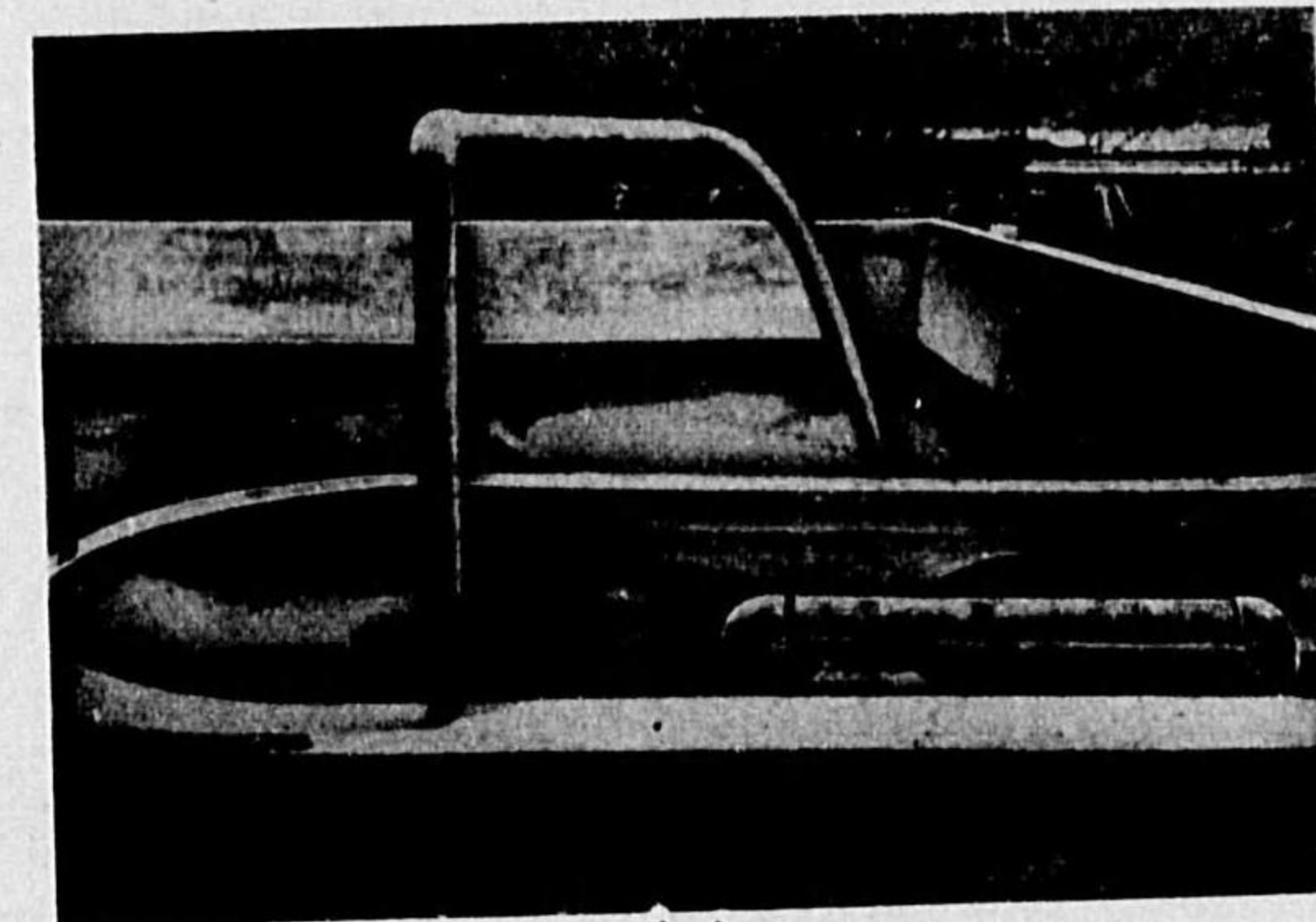
砂洗滌は人力によると、機械力によるとがある。洗滌による損失は 10~20%位である。人力によるのは、單にコンクリート又は煉瓦等の小柵を作り、之に汚砂を入れ壓力水で洗ふ。機械力によるものは色々ある。獨式英米式等があるが、我國では専ら松田式及山本式洗砂機を用ふる。第 22 圖は山



(a) 側面圖



(b) 平面圖



(c)

第 22 圖 山本式洗砂機

本式であるが、壓力水によるもので、水量が在來の 50% にて足るといふ。

(c) は洗砂作業中の寫眞である。

5. 急速砂濾過槽

重力式と壓力式との二種がある。重力式は濾過を自然流下の形で行ふもので、緩速と變りはない。壓力式は水壓下で濾過を行ふもので、濾過水頭は濾過前後の水壓差として得られる。前者が開放槽で後者は密閉槽で行はれるから、開放式密閉式とも呼ばれる。一般に前者は大規模に、後者は小規模のものに用ひられる。

壓力式の長短は下の如くあげられる。

- 1) 水頭を利用し得る事は長所である。
- 2) 短所は密閉されて居る關係上操作に不安が多く、加ふるに凝集沈澱が巧く行はれない。

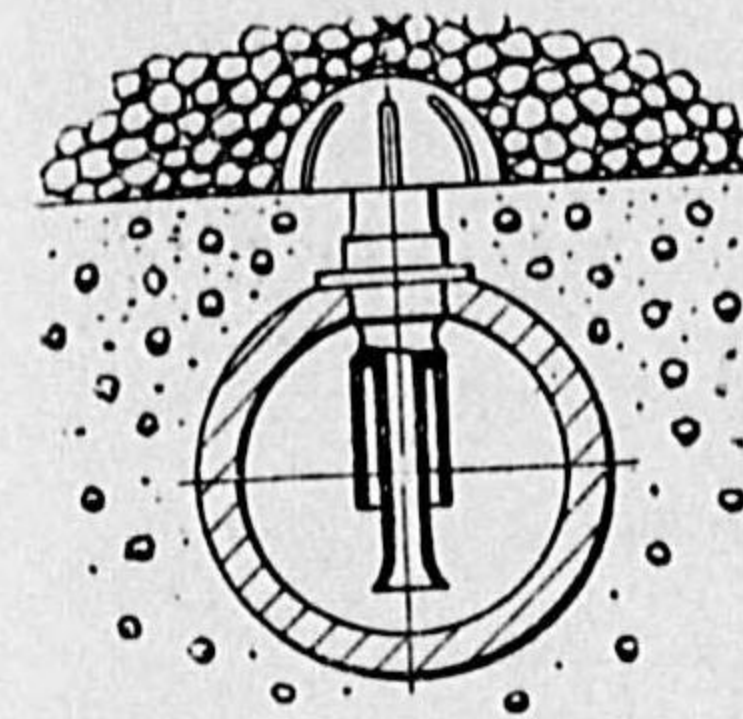
以下重力式を主として述べる。

1) 濾材と底部構造

濾材の砂は緩速に比して稍々粗く、且均一なるものを用ふる。即有効大 0.3~0.5 mm, 均等係數 1.7 以下がよい。大きさと厚さとの 1 例をあげる。

上より	大き mm	厚さ mm
細 砂	0.3~0.5 (有効大)	750 位
粗 砂	0.9~2.0 位	100 位
細砂利	2.0~5.0 位	100 位
粗砂利	5.0~12.0 位	100 位

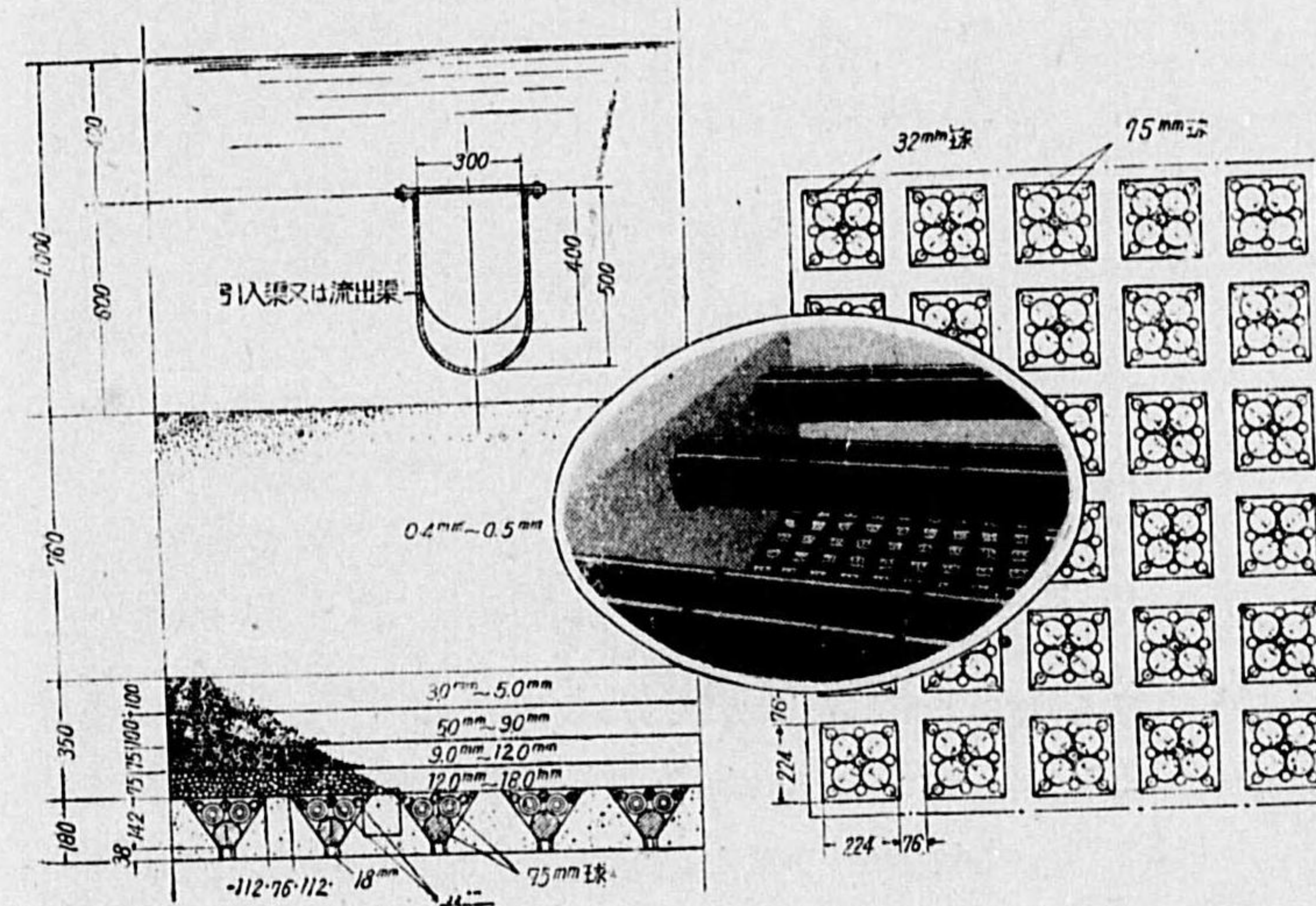
粗砂以下は急速式に於ては、集水と同時に洗滌に對して考慮されねばならない。此目的の爲に又底部構造が特に考案されて居る。底部構造としては、ストレーナーを使ふものが多い。それは第 23 圖の如き小半球狀其他の形の Nozzles 又は Caps に、或は小圓孔を備へ或は細長孔を有するもので、下から噴出する洗滌水を一樣に分配して噴水作用の起るのを防ぐと



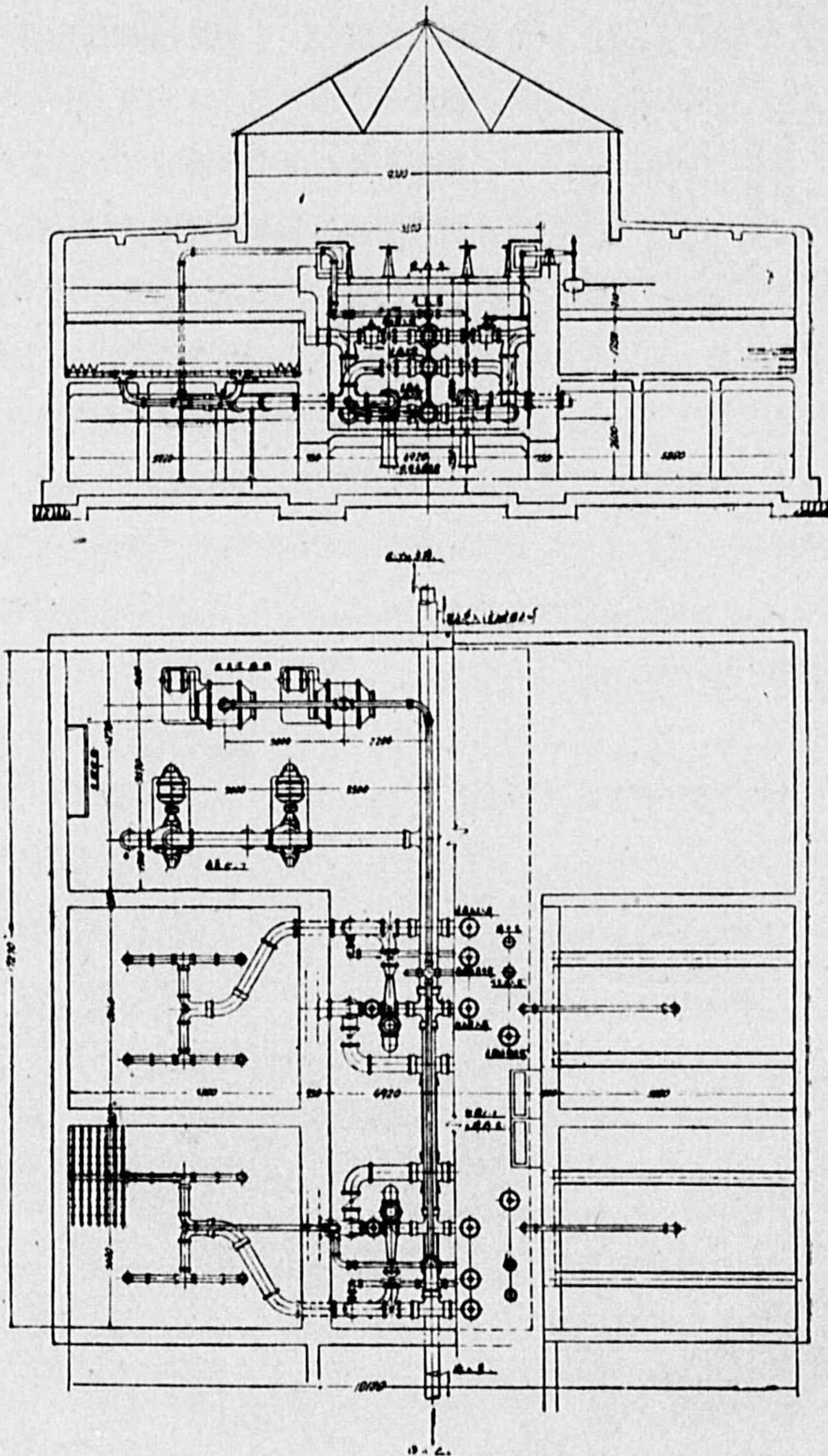
第 23 圖
荏原式ストレーナー

共に、豫め壓搾空氣を用ふる洗滌方法では、空氣通路に對しても考慮が拂はれねばならぬ。即洗滌方法としては、先づ壓搾空氣を用ひて砂層を弛め、次に洗滌水を送るもの、又アメリカで發達した高速度洗滌とて、水のみによるもの等がある。又水洗滌では有孔橫管式とも稱すべきものがあり、之は濾過槽の縱

横の方向に有孔管を配列するに過ぎないものである。其他 Wheeler 式といふのは第 24 圖に示す通り、コンクリート底に逆截頭角錐狀の孔を設け、其頂點が管に取付けられて集水管に至る。角錐内にはセメント又は磁器製の球を入れる。ストレーナーを全く使用せず、多孔板又濾床板を用ふるものもある。



第 24 圖 Wheeler 式



第 25 圖 急 速 砂 濾 過 槽

2) 設 計

總濾過面積の算出は緩速式の場合と同様であるが、濾過速度は平均 120 m/日 (100~150 位である。

一槽の大きさは砂洗滌を均一に行ふ關係上、最大限度があり、矩形で 10×15 m 位ではないかと思はれる。洗滌回数は 1 晝夜に 1 回位、洗滌時間はすべて含めて 1 時間と見て豫備槽を備へる。以上から必要槽数が分る。

形は以前圓形もあつたが、近來は矩形が多い。之を相接して配列すれば、

緩速式の場合と同様にして長さと同様の割合が決定される。

深さは濾材補助材底部構造を合計し、砂面上水深 60~90 cm と、水面上餘裕 20 cm 位を見込むと、總計 250~300 cm 位となる。

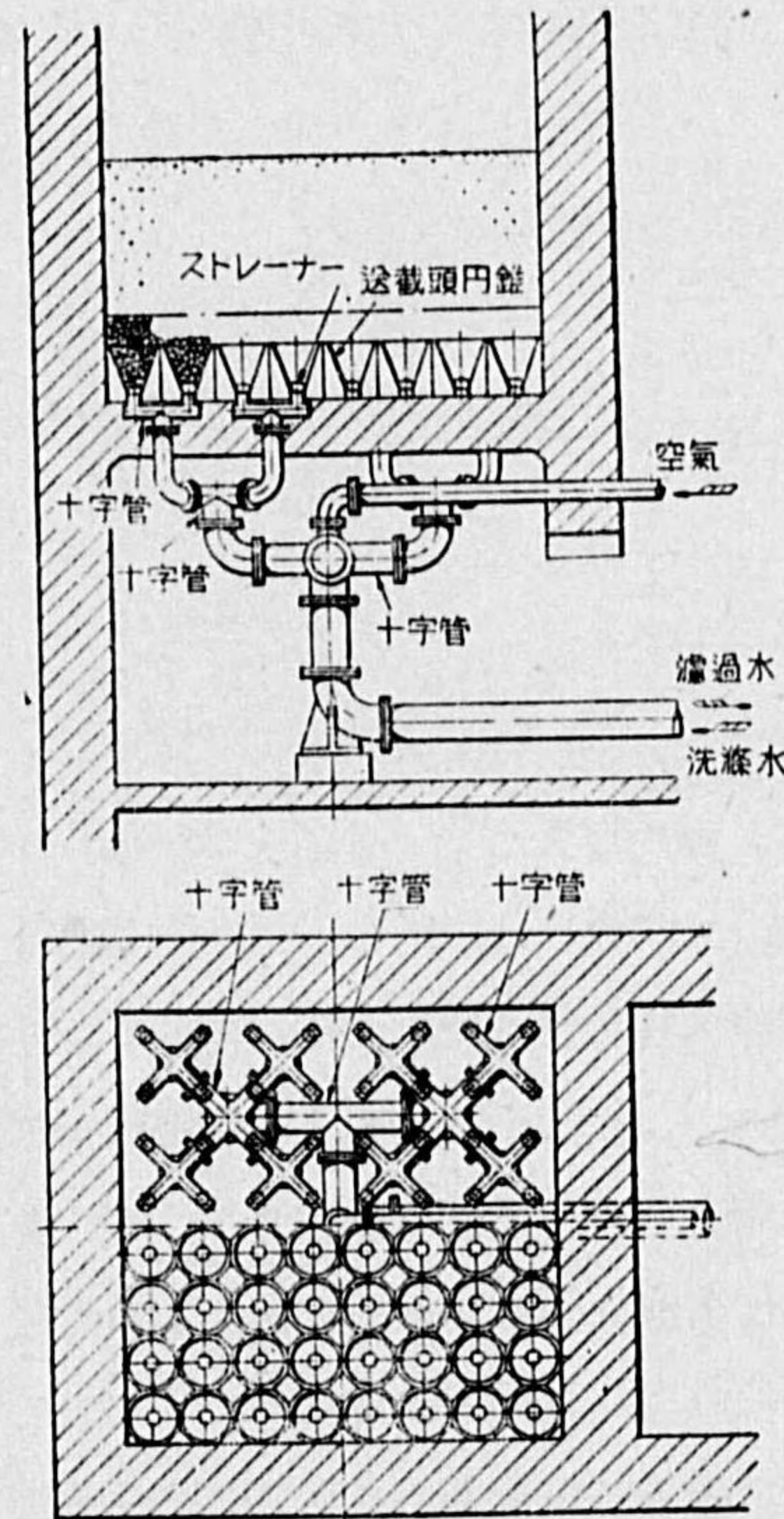
3) 構 造 (第 25 圖参照)

周壁と底部は木製、鋼製、鐵筋コンクリート製等あるが、何れも水密性を絶対必要とする。

蓋は個々に設けず、全體として屋内に配置するものが多い。中央を通路とし作業臺をおき、兩側に濾過槽を列べておく。

集水装置は底部構造の所で述べたが、洗滌装置を兼ねて居る。ストレーナー其他が之である。

ストレーナーは 15 cm 間隔位



第 26 圖 集水管及支管

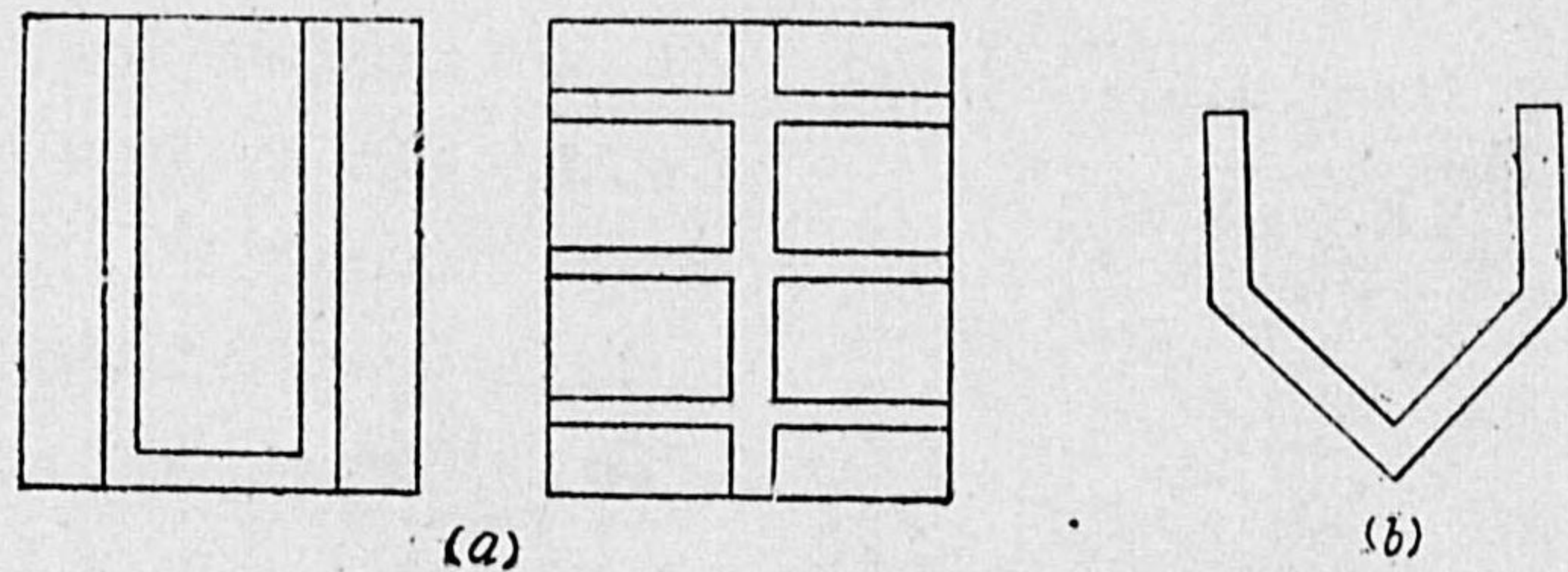
で、全體に分布して集水管に取付けられ、支管は集つて本管となる。(第 26 圖参照)

抵抗を出来る限少くする様、即流速が小なる様に断面及勾配を決定する。何れも鐵管を使ふ事が多い。Wheeler 式と多孔板とは少しく構造が異なる。

洗滌装置は上述集水装置と兼ねた部分以外に就き述べる。但水洗滌であれば殆ど兩装置共通である。

器械的攪拌は圓形濾過槽に適用するが、垂直軸のまはりに回轉する熊手様攪拌器を取付ける。

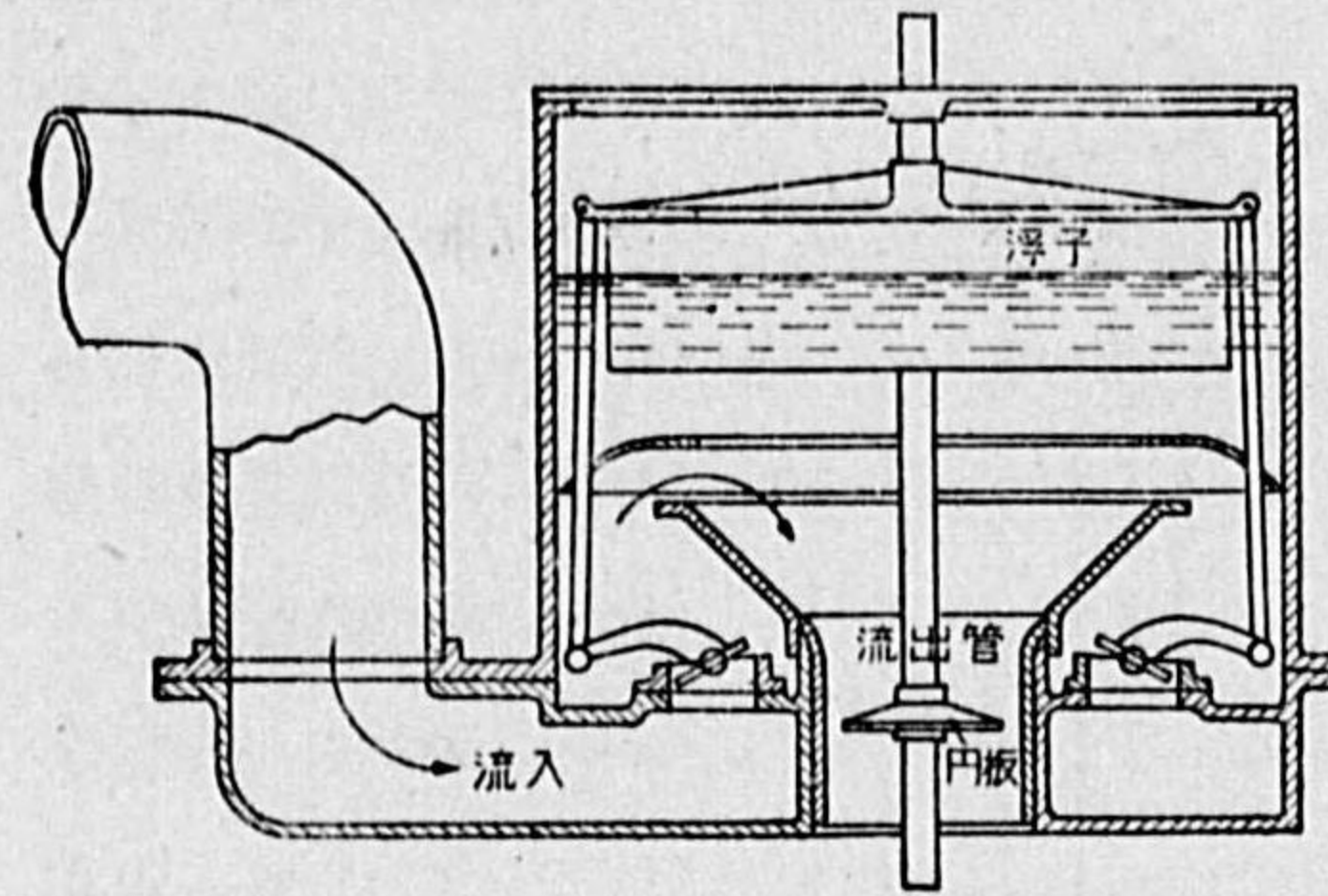
壓搾空氣を前以て使用する場合は、空氣壓搾器から空氣を壓入し、末端はストレーナーから吹かせるものと、全く別系統にするものがある。



第 27 圖 引入渠及流出渠

引入渠は亦洗滌水の流出渠を兼ねる。槽内に入つては砂面上 30~60 cm 位の高さにある溝に連絡する。此引入渠は鐵製又は鐵筋コンクリート製で、間隔は最大限度 130cm 迄とし、大きさは寧ろ洗滌水の流出に對し充分でなければならぬ。其配置は第 27 圖(a)の通りで、左は小規模のものに右は大なるものに用ふる。断面は矩形の底部を圓又は角〔第 27 圖(b)参照〕とし、多少の縦斷勾配をつける。溢流管を設けて砂面上の水深を一定とする事が望ましい。

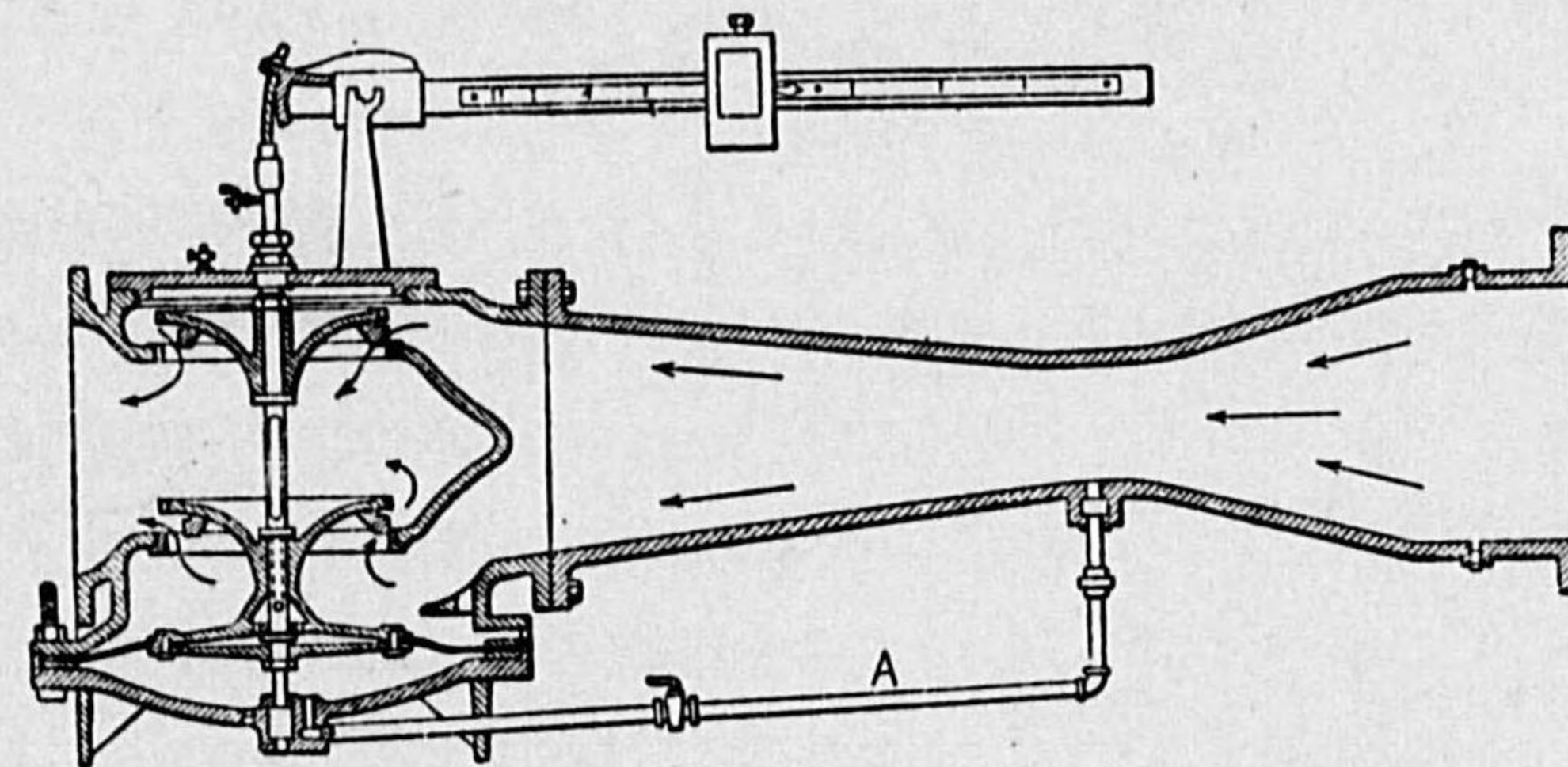
引出管は濾過速度調節を兼ねて居る。浮子によるものは第 28 圖の通りであるが、之は古い型である。ベンチュリメーター式が新しく、壓力差を



第 28 圖 浮子式引出管

利用して流出弁を調節するものである。(第 29 圖参照) 外に原水引入管と濾水引出管とは、各、排水管を附屬させ、洗滌水の排除と最初の濾水の排棄とに用ふる。

其他作業臺(第 30 圖参照)を中央通路上におき、

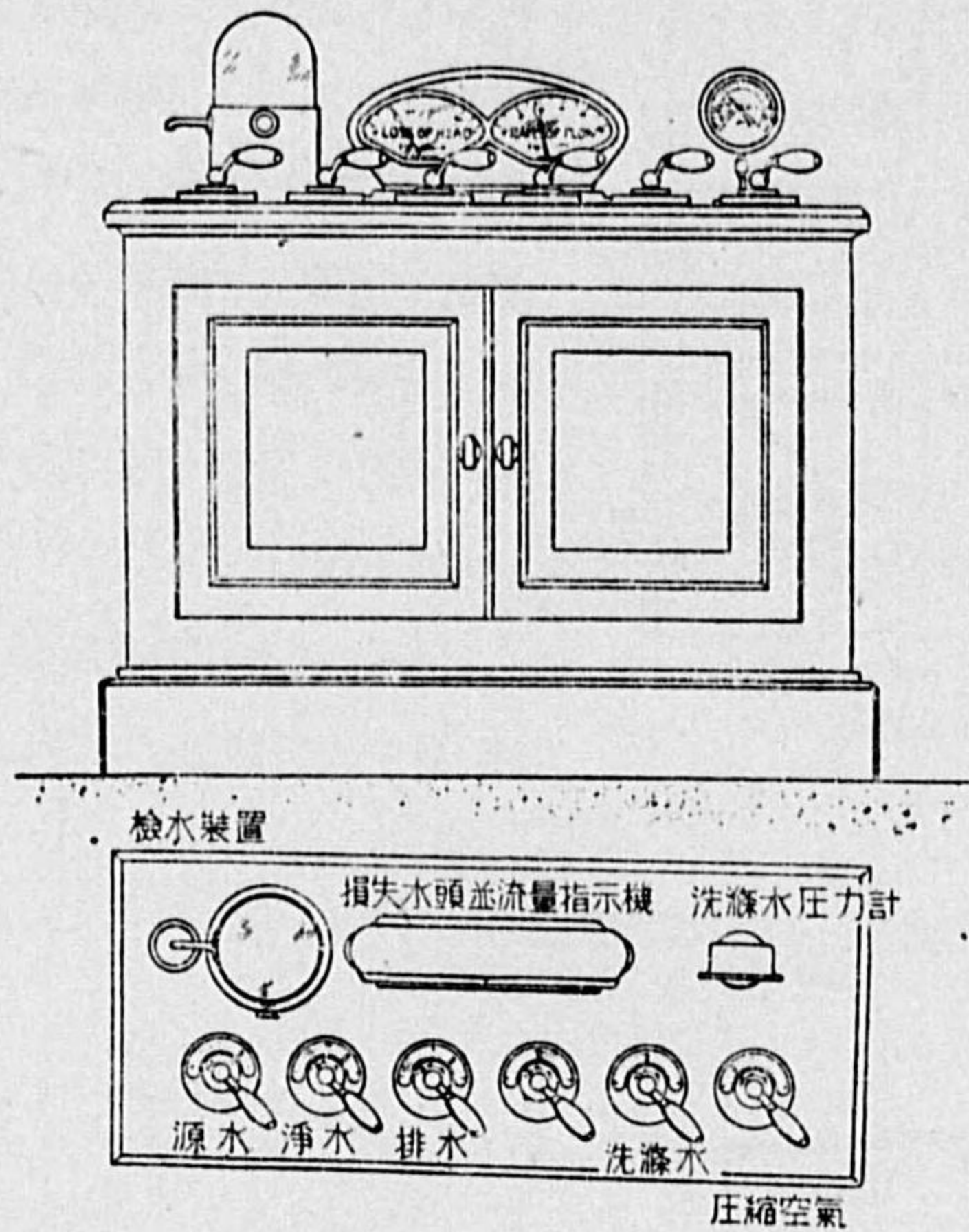


第 29 圖 ベンチュリメーター式引出管

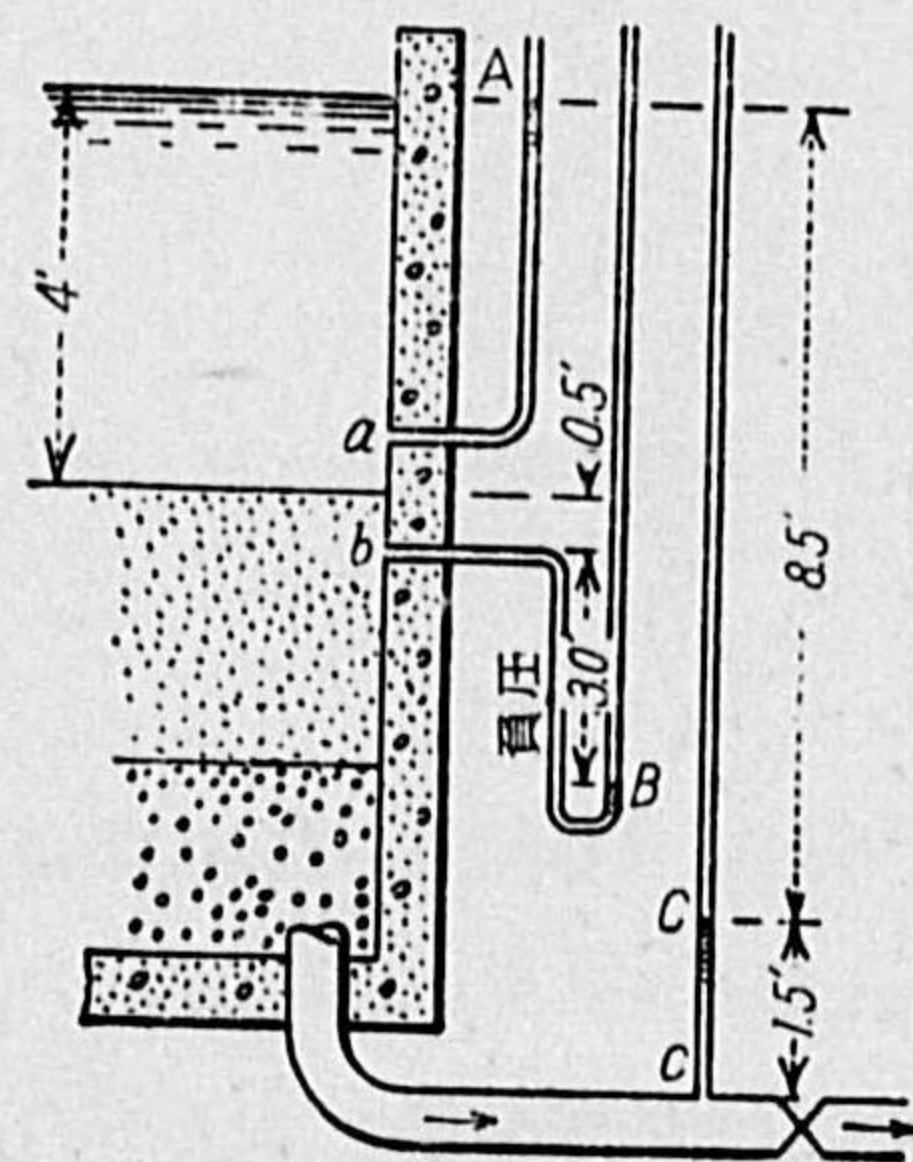
損失水頭計、濾過速度(流量)指示器、壓搾空氣及洗滌水の壓力を示す計器等を適宜備へる。

4) 作 業

砂面上の水深は 60~90 cm で、緩速に比すると浅い。其理由は負水頭を許す爲に、總濾過水頭として別に砂面上水深を大にする必要を認めない爲であらう。併し後述の如く負水頭の増大に色々缺點が伴ふとすれば、正水頭の増大が考慮されねばならない。但其爲に周壁の高さを増すから、



第 30 圖 作 業 臺



第 31 圖 負 壓

費用が大になる。濾過速度は既述の通り平均 120 m/日 (100~150) 位である。濾過水頭を増大して濾過速度を維持するが、其際濾過水頭特に負水頭の許容限度は不明である。現在は所期濾水量が得られなくなる迄、増大するものゝ様であるが、其前に第31圖に示す如く砂層内が負圧となり、水中の溶存空気が遊離蓄積すると共に、外部

からも気密を破つて大気が侵入せんとするに至る。かゝる状態で濾水水質が異状ないか否かは甚だ疑問である。

濾過の開始に當つては洗滌を終り、其水位は原水引入渠兼洗滌水流出渠の高さに止め、次に原水を引入れつゝ濾過を開始するのであるが、濾過膜形成迄數十分位の濾水は棄てた方がよい。

5) 掃 除

濾過水頭が許容限度に達したら、弁を

閉ぢて濾過を停止し、引入管附屬の排水管を開き、原水水位を引入渠の頂き迄下げる。

砂洗滌の方法は大別して三種とする。

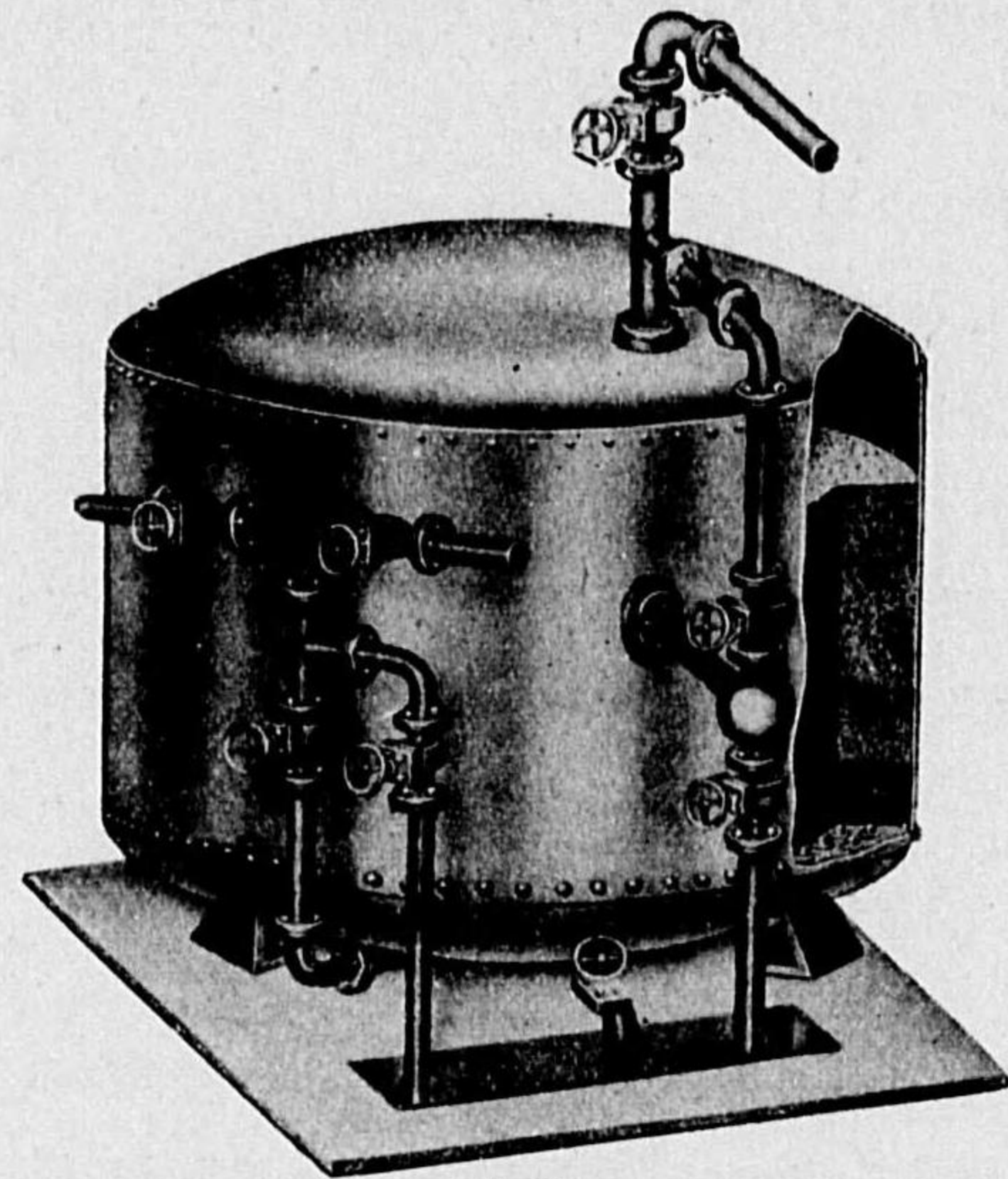
- I. 器械的攪拌を與へつゝ、水を以て洗滌するもの、既記回轉攪拌器を以て砂を攪拌しつゝ洗滌する。京都市では Jewell を使つて居る。圓形槽に限る。
- II. 空氣と次に水を以て洗滌するもの、東京市神戸市で之を用ひ、矩形槽でも差支なく、Duel, Candy, Reybold, Wheeler, Paterson 等種類が多い。
- III. 水のみを以て洗滌するもの、大阪市 名古屋市で採用し、Wheeler, Paterson 等がある。

現在は II, III が主に用ひられるが、兩者の利害得失は從來から種々論ぜられて居る。勿論之に影響する因子も數多く、原水水質は勿論、濾過槽の特に底部構造、作業方法等々は最も重大なるものであらう。要するに洗滌効果のみを考ふれば、恐らく空氣水併用の方が優るであらうが、砂層内空氣残留による種々の缺陷を伴ふを免れない。併し洗滌用水量は常に水のみによる方が大である。従つて空氣水併用洗滌は、一般に原水が高度に汚濁せられ、且水量豊富ならざる場合に適し、長短を兼備へ融通性を有するに對し、水のみ洗滌は寧ろ常法といふべく、簡單にして一般に經濟的なる、然も濾過全體として頗る堅實なる方法なりと結論し得る。(廣瀬孝六郎)

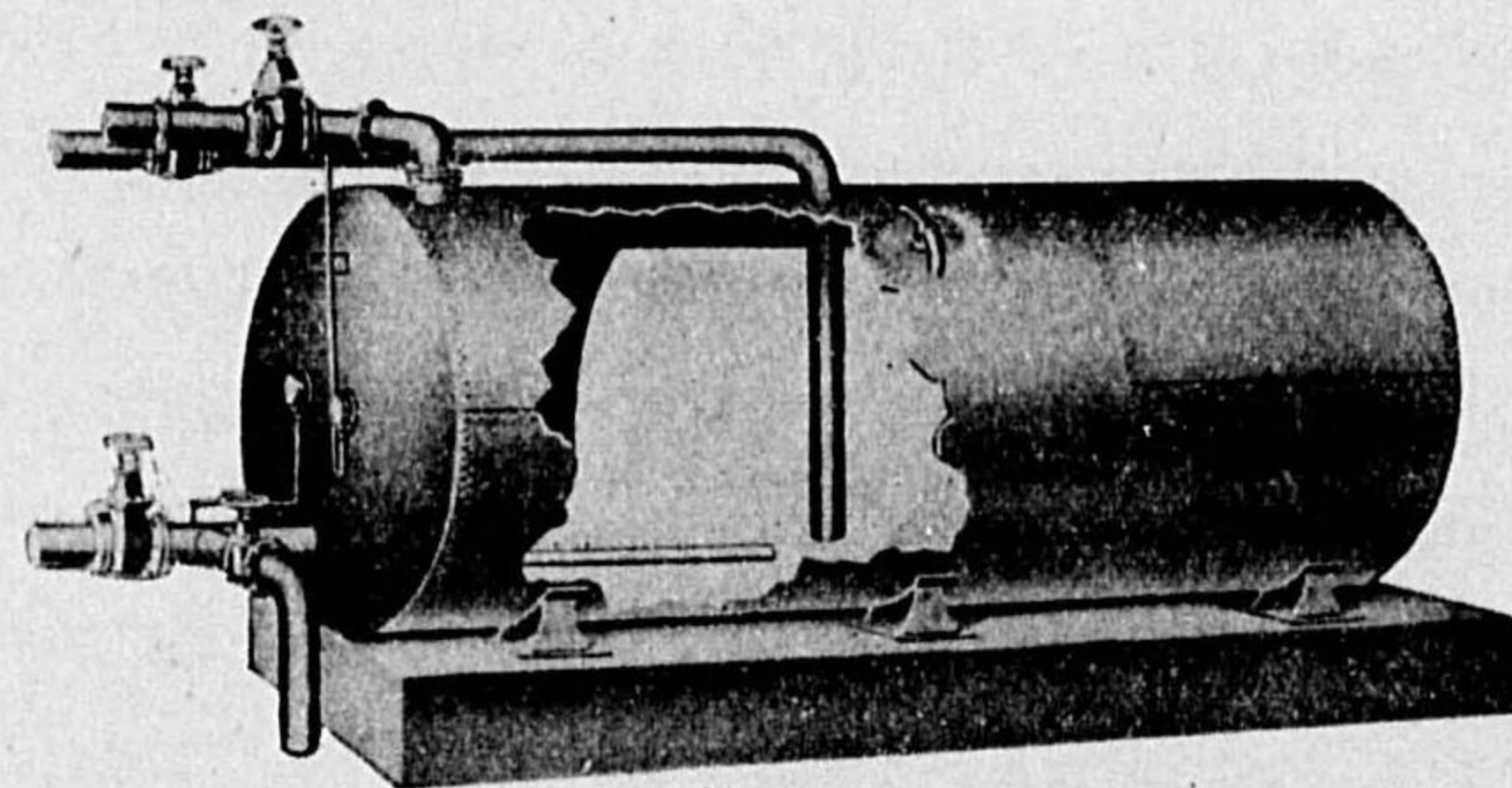
6) 壓力式急速砂濾過槽

面積、數、大きさの決定法は重力式の場合と同じく、1 槽の容量は 2000 m³/日 以下のものが多い。形は圓形で、豎型と横型との二種類があるが、内部の配置は同様である。(第 32 圖参照)

構造は鋼製で 1ヶ宛密閉されて居る。洗滌は壓力水のみによるのが多か



(a) 縦型



(b) 横型

第 32 圖 壓力式堅型及横型

つたが、空気を使ふものもある。又器械的攪拌を行ふものもある。引入管、引出管、排水管(引入管には洗滌水排除用、引出管には最初の濾水排棄用)を設備する。作業臺は設けず、一々弁を開閉して行ふ。

作業、掃除何れも重力式と大差なし。

7) 重力式と壓力式との比較

壓力式の利益とする所は次の如し。

- 1) 小型で既製品があり、設置場所を自由に選擇出来る。
- 2) 壓力を中斷せずに用ひ得る。
- 3) 密閉せるから、外からの汚染を少くし得る。

壓力式の不利とする所は次の如し。

- 1) 藥品量の調節や、凝集沈澱何れも不完全である。
- 2) 濾過速度の調節が困難である。
- 3) 内部の検査が行届かず、作業に不安があり、洗滌に際し砂の流出も多い。

従つて壓力式は都市上水道には餘り用ひないが、イギリスでロンドン始之を用ひて居るのは、奇異の感を起させる。

6 緩速と急速との比較

急速式の有利なる場合は次の如し。

- 1) 原水濁濁又は色度甚だしき場合。
- 2) 土地面積小なる場合。
- 3) 寒地で凍結の恐れある場合。
- 4) 原水が鐵を含み又藻類發生し易き場合。
- 5) 濾過用砂と砂利との採集困難なる場合。

又急速の缺點としてあげられる點は次の如し。

- 1) 濾水水質が劣るとの説もあるが、之は専ら操作の良否に係はり一概にはいへない。
- 2) 建設費は廉いが、經常費は藥品費、動力費等多額を要する。

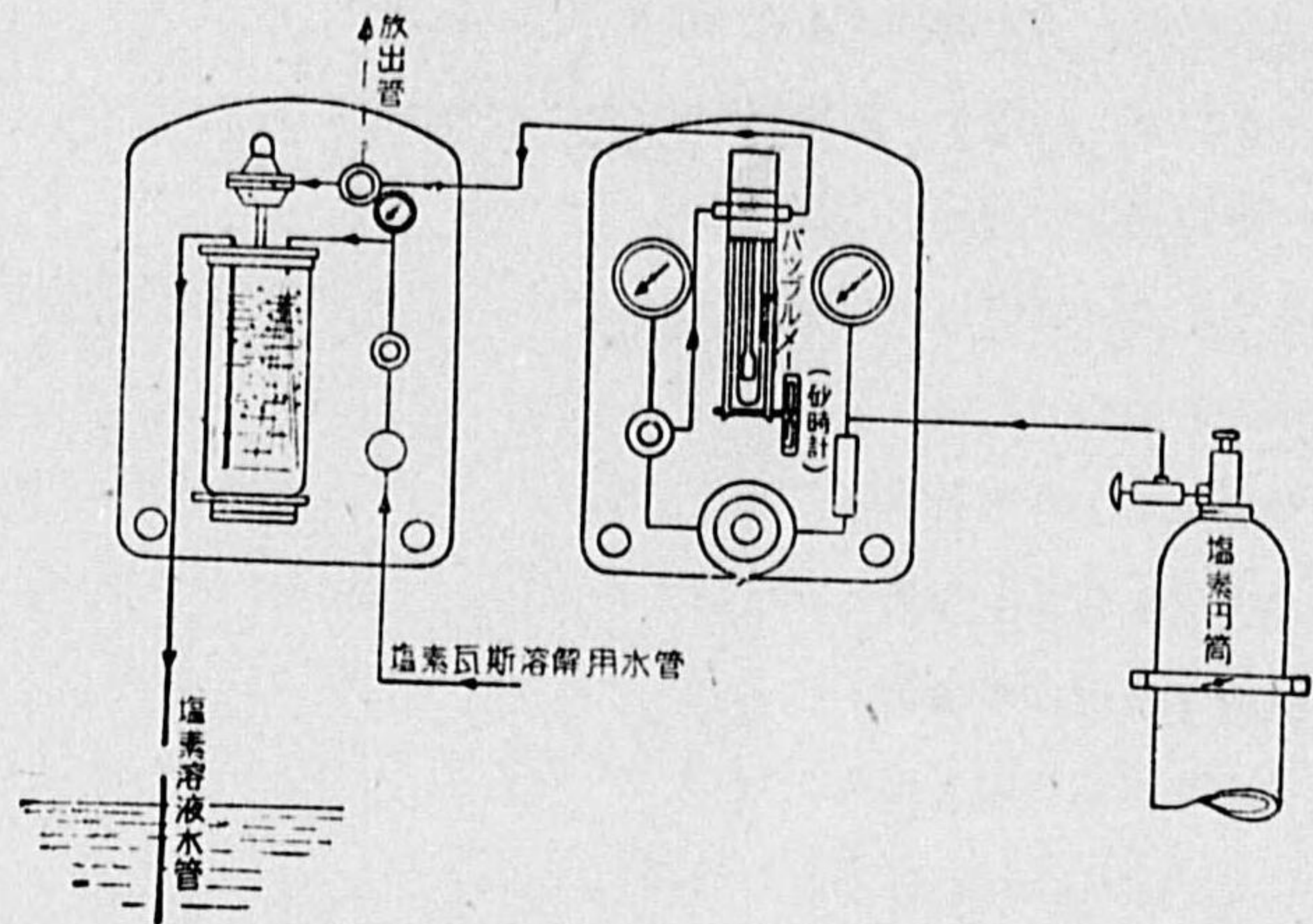
我國では従來緩速が多かつたが、近來は小都市に至る迄、急速を採用せんとする傾向がある。

7 殺菌装置

1) 鹽素殺菌法

鹽素は食鹽の電氣分解によつて作られ、壓縮液化して圓筒に入れ賣出されて居る。之を最初に水の殺菌に適用したのは米の Darnall 氏である。

注加量は 0.2~0.5ppm 位で濾水に加ふる方が有効である。原水に加ふる



第 33 圖 濕式鹽素殺菌装置

時は有機質其他と結合して浪費される。注加方法は乾式と濕式とあるが、専ら濕式が用ひられる。即鹽素を一旦水溶液として後水中に導く。本式には Reybold, Wallace & Tiernan, 磯村等種々あるが、第 33 圖は Ornstein 氏特許のものである。

クロラミン法はアムモニアを鹽素より先に $\frac{1}{4} \sim \frac{1}{2}$ の割で加へる。氣體・溶液、硫酸アムモニウム、鹽化アムモニウムとして加へる。

2) 鹽素以外の殺菌法

オゾンは空中で高壓の電氣放電により得られ、之を水中に氣泡として混するか、又は水の通過する砂利層底から、オゾンを出させる。

紫外線は石英ガラスよりなる水銀蒸氣ランプで、高壓電流により發生させる。透明なる水を薄層として、ランプの附近を繰返し通過させ、數回照射させる。

何れも高價なる關係上、都市上水道としては歴史的のものである。

第 10 表 硫酸銅及鹽素量

生 物	臭 の 種 類	硫 酸 銅 ppm	鹽 素 ppm
Diatomaceae			
Asterionella	芳 香 臭, 魚 臭	0.10	0.5~1.0
Melosira	—	0.30	2.0
Synedra	土 臭	1.00	1.0
Navicula	—	0.07	—
Chlorophyceae			
Conferva	—	1.00	—
Scenedesmus	—	0.30	—
Spirogyra	—	0.20	0.7~1.5
Ulothrix	—	0.20	—
Volvox	魚 臭	0.25	0.3~1.0
Xygnema	—	0.70	—
Coelastrum	—	0.30	—
Cyanophyceae			
Anabaena	微臭, 草臭, 汚穢臭	0.10	0.5~1.0
Clathrocystis	草 臭, 汚 穢 臭	0.10	0.5~1.0
Oscillaria	—	0.20	1.1
Aphanizomenon	微臭, 草臭, 汚穢臭	0.15	0.5~1.0
Protozoa			
Euglena	—	0.50	—
Uroglena	魚 臭, 油 臭	0.05	0.3~1.0
Peridinium	魚 臭	2.00	—
Chlamydomonas	—	0.50	—
Dinobryon	芳香臭, 薑臭, 魚臭	0.30	0.3~1.0
Synura	胡瓜臭, 魚臭, 苔臭	0.10	0.3~1.0
Schizomycetes			
Beggiata	腐 敗 臭	5.00	—
Crenothrix	腐 敗 臭	0.30	0.5

第 4 節 特殊淨水法

1 生物除去法

生物の除去に硫酸銅及鹽素を用ふるが、硫酸銅は特に藻類に、鹽素は特に動物性のものに有効である。

硫酸銅の分量は區々であるが、多くは 0.5 ppm 以下で目的を達する。(第 10 表参照)貯水池で加へ、下流側では用ひない。方法は硫酸銅を入れた粗布袋又は籠の如きを、舟を以て曳き乍ら往復する。混和後數日間は藻類の殘骸の爲に、却つて臭氣を増す事がある。

鹽素は硫酸銅程普及されて居ない。

2 2 重濾過法

之は 2 回異なる濾過池で濾過する。原水が極めて不良なる時に用ふる。普通第 1 が粗砂濾過で急速、第 2 は細砂濾過で緩速とする。イギリスで多く用ひられる。

アメリカでは此第 1 濾過池を特に“Scrubbers”といつて居るが、次第に單一の急速砂濾過に變りつゝありといふ。

本邦でも京都市大阪市で、實驗的に二重濾過を行つた事があるが、實現には至らない。

3 活性炭素法

之は味臭を除くのに使はれるが、尙有機質、鹽素、硫化水素、鐵等をも吸着するから、脱鹽素や脱フェノール臭にも用ひる。又色度も除かれる。

活性炭素には粒状と粉末状とがあり、用法も 2 ある。粒状のものは濾材として、重力式又は壓力式の急速濾過を行ふ。但前以て浮游質を除く事が必要である。炭素は活性を失ふから、3 月~1 年に 1 回位再活性化する。

粉末状は濾過前の水に加へ、次に濾過にかける。粉末は混する前に濕しておかないと、長く浮游してまざらない事があるから注意を要する。

日本では活性炭素を使用する所は殆どない。

4 曝氣法

目的はアムモニアや硫化水素の如き溶存ガスの除去、鐵やマンガンの酸化等である。原理は出来る限り水と空氣との接觸をはかるにある。其結果は酸素が吸収され、炭酸ガスや其他のガスが放出される。

方法は噴水状として空中に噴上げるもの、水を薄層として堰上、階段上、斜面上を流下せしむるもの、コークスや粗礫中を滴下させるもの等がある。第 11 表に曝氣効果の例を示す。

第 11 表 水滴の落下距離と酸素含量

落 下 距 離 (cm)	酸 素 含 量 (cm ³ /立)
10	3.15
25	3.50
50	4.01
100	6.80
200	7.38

5 除鐵及除マンガン法

鐵が第 1 鐵の形で溶解せる時、曝氣を行ふと酸化されて第 2 鐵に變り、不溶解性沈澱を生ずる。かくて沈澱又は濾過を行へば容易に除かれる。硫酸礬土又は石灰を加へ、急速砂濾過を行ふ事も有効である。

マンガンは鐵と共存する事が多く、鐵の赤色なるに對し、マンガンは暗褐の汚れを生ずる。マンガンの除去は困難で、曝氣しても後の沈澱が遅い。ドレスデンでは生物學的方法とて、マンガン を貯へる生物の附着せる 3 mm 位の大きさの砂利層を壓力下で濾過させる。25 m/時 位の急速度でよい。時に逆洗滌で餘分のマンガン汚泥を除去する。此外パームチットによる法がある。

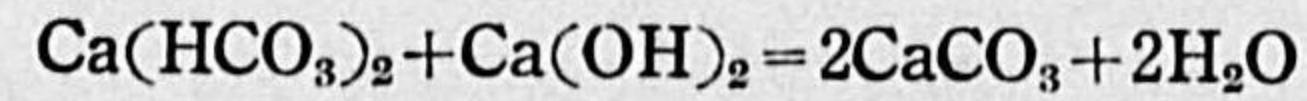
6 軟化法

硬度の種類としては、既記の通り炭酸硬度と非炭酸硬度、又は一時的硬度

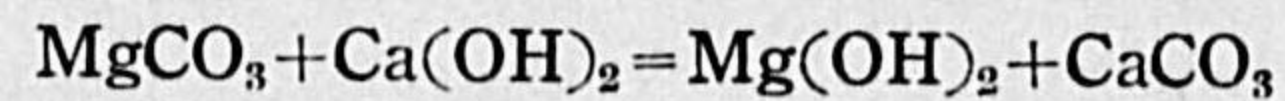
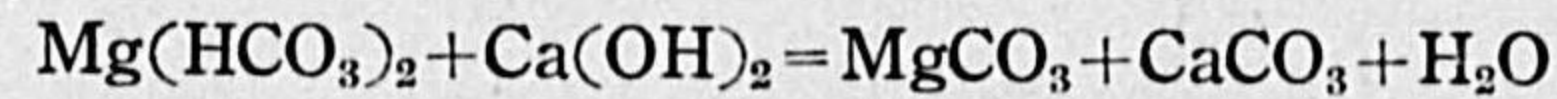
と永久的硬度とがある。何れにしるカルシウムとマグネシウムとの鹽類により生ずる。

1) 化學沈澱法

炭酸硬度を除く爲に消石灰を加へる。何となれば、炭酸鹽は水中の炭酸ガスにより重炭酸鹽として溶解して居るから、消石灰を加へると炭酸鹽となり沈澱するに至る。

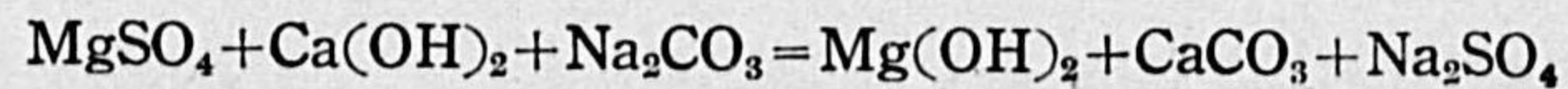
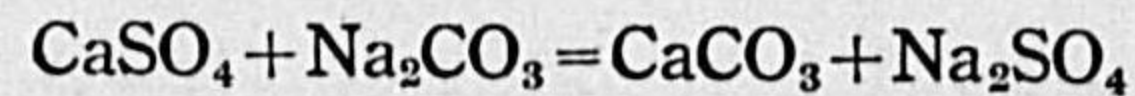


炭酸マグネシウムも同様であるが、之は可溶性である爲に大量の消石灰を加へて、水酸化マグネシウムとして沈澱させる。



以上が Clark 氏法である。

硫酸鹽を除くには曹達灰 (Na_2CO_3) を加へる。硫酸マグネシウムであれば消石灰をも併せ加へる。



Na_2SO_4 は可溶性であるが、此位の量では別に害をなさない。鹽化物や硝酸鹽も同様にして除かれる。

以上は藥品沈澱と略々同様に行ひ、次に急速砂濾過にかけるのが普通である。

石灰法によつて細菌も著しく減少するものであるから、軟化法ではなく單に凝集沈澱法として、硫酸礬土の代りにも用ひられる。又アルカリ度を與へる爲に、硫酸礬土投入前に使はれる事もある。之は曹達灰も然り。

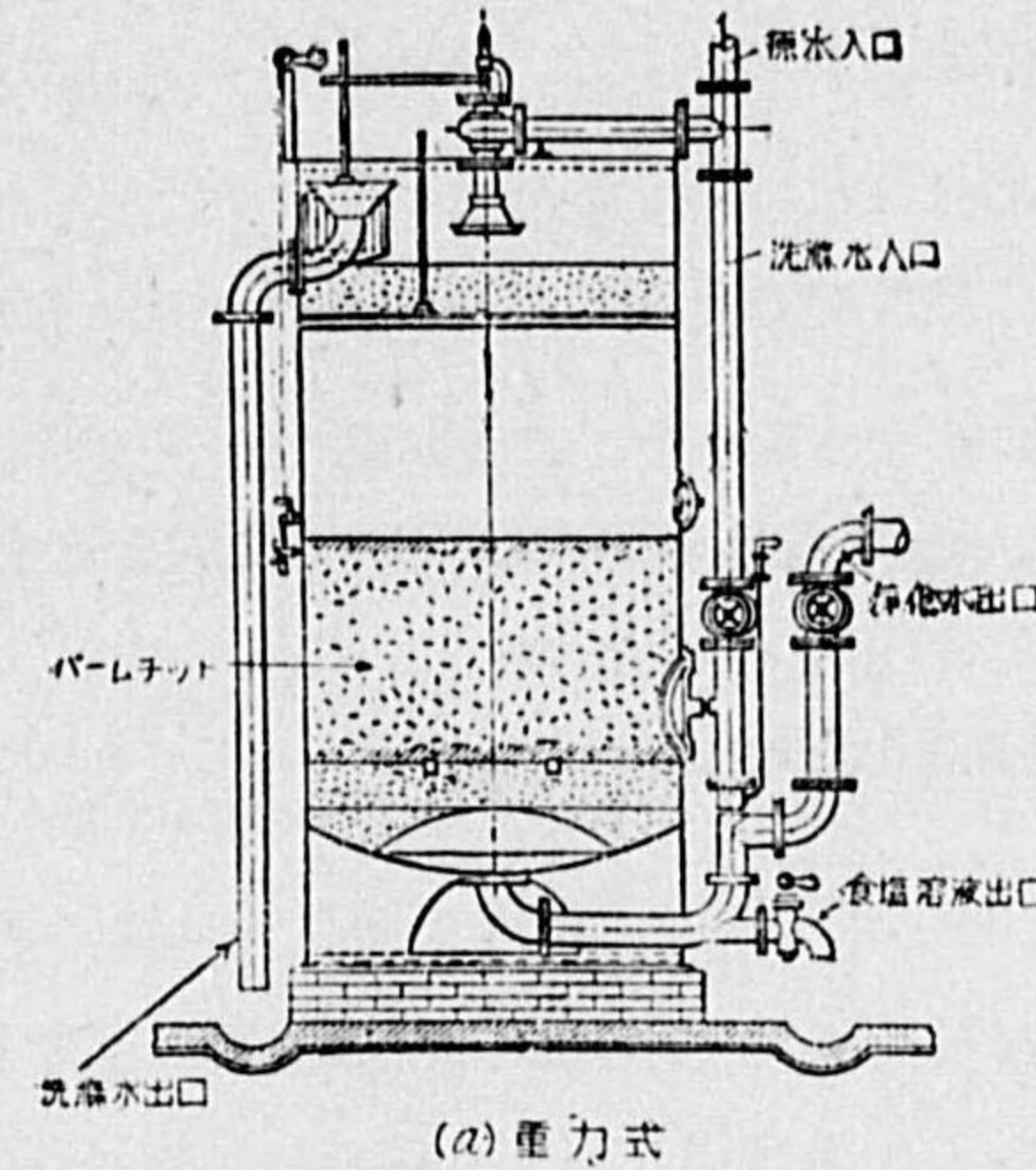
2) ゼオライト又はパームチット法

ゼオライトは主として、アルミニウムとナトリウムとの珪酸鹽からなる。

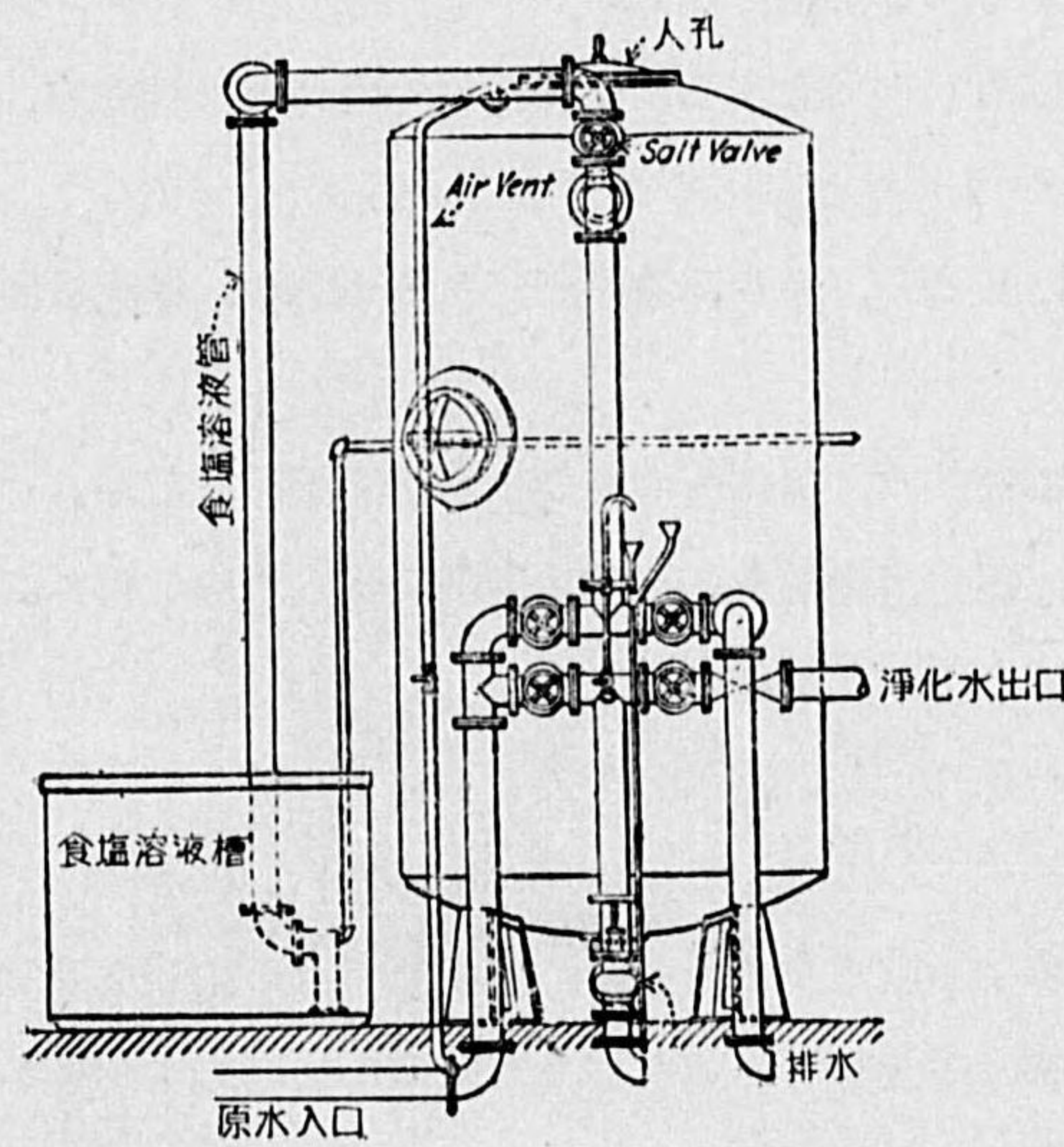
天然又は合成化合物の總稱である。パームチットは人工的のものである。

兩品共組成は略々 $\text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ といはれ、之を硬水に接觸させると、Ca と Mg とが Na と置換し、炭酸ソーダや硫酸ソーダを生ずるが、之は無害である。もし軟化力を失へば、食鹽で處理し清水で洗つて、何回でも使用する事が出来る。方法としては粒状のものを、重力式又は壓力式の濾過槽様にして、水を上又は下に向つて通過させる。(第 34 圖参照)

此方法は工場用家庭用の如き小規模のものには使用されるが、都市上水道には餘り用ひ



(a) 重力式



(b) 圧力式

第 34 圖 ゼオライト又はパームチット法

られない。それは主に高價なる爲である。又汽罐用水としては、本法による水は炭酸ソーダが泡立つ爲に不適なりといふ。

3) 其他の軟化法

水酸化バリウムを用ふる時は、硫酸鹽の除去に効果ありといふ。硫酸鹽の除去は汽罐用水では必要である。

煮沸も一時的硬度を除去する。家庭用井水の如きは之にて目的を達する。

第 5 節 各種浄水法の組合せ

1 普通の場合

上述各種の浄水法の組合せは、最小費用を以て最大能率を得る事为目标とすべきである。勿論原水の性質と使用目的とにより異なるが、飲料水为目标とする場合に、次の如きも亦1分類である。

- 1) 山間の河川又は湖沼を水源とする、全く汚染の恐れなき地表水、浄水法を要せず。
- 2) 1)と同じ水源ではあるが、多少汚染の恐れある地表水、鹽素殺菌のみを行ふ。
- 3) 充分清澄ならざる地表水、但細菌の汚染は不明、濾過を行ふ。
- 4) 濁濁せる河川水、通常汚染せり。沈澱、濾過、鹽素殺菌を行ふ。
日本には此種浄水法を行ふ所が多い。
- 5) 地下水にて汚染の恐れなし、浄水法を要せず。

2 特殊の場合

特殊の水質を有する水源より引水する場合は、第4節特殊浄水法を適宜適用すればよい。唯之と普通浄水法との組合せ及其順序を如何にすべきかが問題である。今特殊浄水法の方面から考察する。

1) 生物除去法

貯水池で硫酸銅を加へるが、其後の普通浄水法には何等變りはない。

2) 2重濾過法

之は緩速又は急速の砂濾過の代りに行ふもので、特殊の目的はない。

3) 活性炭素法

粒状のものを濾材として濾過を行ふ時は、沈澱と砂濾過との間に行ふ事が多く、粉末状のものは沈澱に際し用ひて、次に砂濾過を行ふ。

4) 曝氣法

鐵やマンガンを除く爲には濾過前に行ふ。此際には粗砂又は砂利を用ひ急速とする。其他の目的なればどこに行つても差支ない。

5) 除鐵及除マンガン法

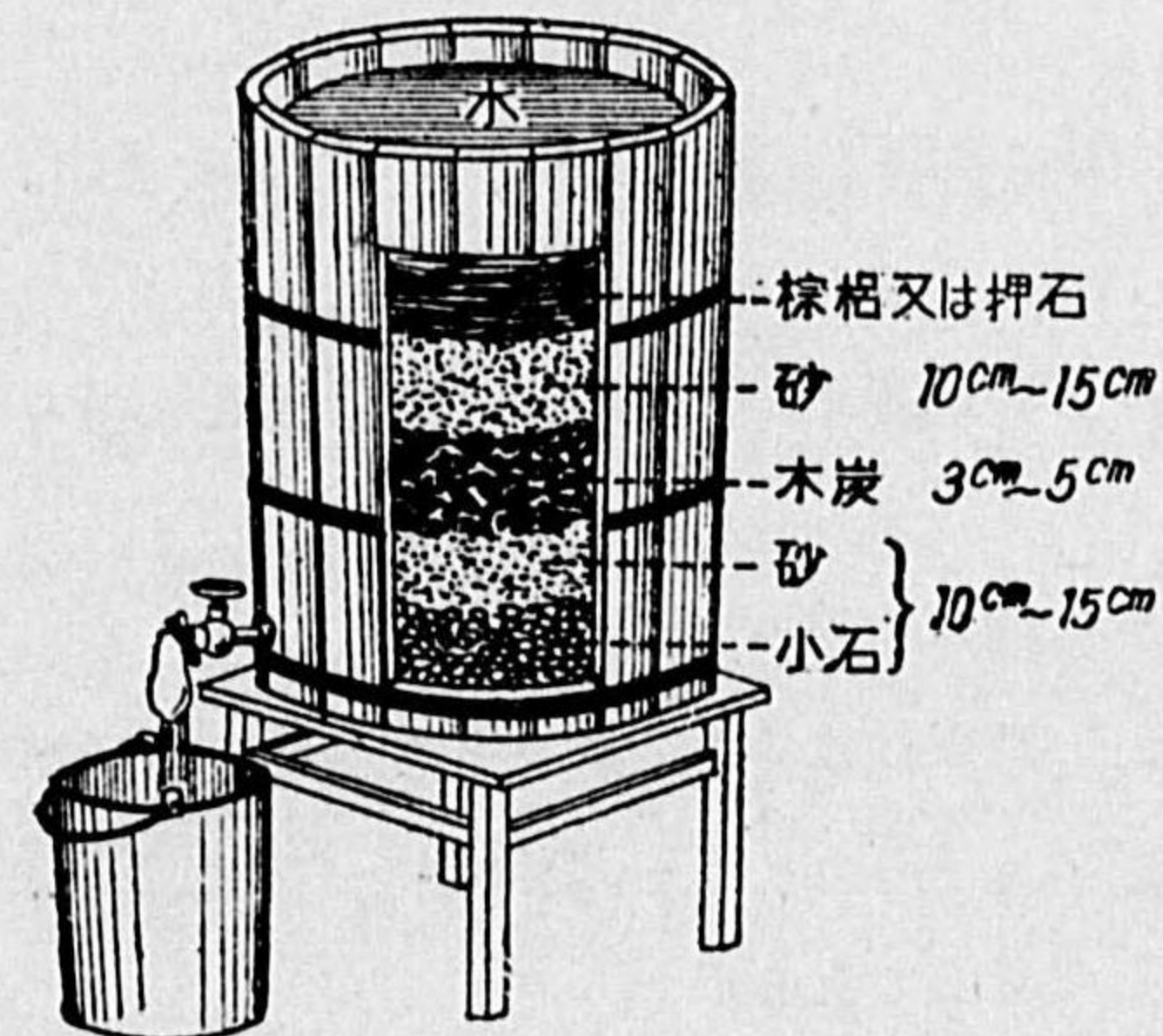
之は4)に述べた。

6) 軟化法

化學沈澱法による場合は、藥品沈澱の一種と見做し次に急速砂濾過を行ふ。要するに我國の例を見ると、次の組合せが多い。

地表水—沈澱、濾過、殺菌。

地下水—濾過のみ。鐵を含むは曝氣後濾過。



第 35 圖 家庭用濾過槽

第 6 節 家庭用浄水法

家庭では素人なる關係上、煮沸以外に簡便に行ひ得る完全浄水法のない事は遺憾である。原理としては都市上水道と共通なるものが多く、單に規模の大小が異なる。又2,3を

併用して目的を達する場合もある。

1) 濾過法 (第 35 圖参照)

桶内に濾材を重積し、桶の底に流出口を設け、上から原水を注加する。濾材は第 35 圖の如く、上から砂、礫、木炭等を用ひる。之は上水道の砂濾過と似て居るが、濾過水頭と濾過速度とが不定である爲に、濾過膜を生ずる事困難である。従つて澄明な濾水が得られるが、浮遊質が器械的に除去されるに過ぎず、細菌除去は期待出来ない。

素焼製の各種濾過器が発賣されて居る。大小色々あるが、何れも細菌除去に効果ありといはれて居る。但壓力水を以て濾過するのであるが、近來はポンプ附で井水を汲上げ、次に濾過するものがある。洗滌及掃除は刷毛で簡単に外面を摩擦し又は煮沸する。

其他パームチット、クラリットの如き薬品を用ひて後濾過する濾水器が発賣されて居る。

2) 薬品沈澱法

消石灰一水 1立に石灰水 40~60 c.c. の割合に混ざると、沈澱を促し綺麗な水を得る。

明礬一水 10 立に明礬 4 gr の割合に混じ、強く攪拌すると沈澱を促す。

3) 殺菌法

漂白粉一水に對し 1~2 ppm の有効鹽素を必要とする。有効鹽素は 25% と考ふ。

蒸溜法—船舶で止むを得ない時に海水を用ひて行ふ。

煮沸法—煮沸5分で病原菌は死ぬ。缺點は水中の炭酸ガスを追出す爲に清涼味がなくなる。蒸溜水は更に著しい。茶、コーヒー、麥湯等とするとよい。

カタゲン—銀の殺菌性を應用したものである。

其他活性炭 (エドコール) 等々がある。

第 8 章 配 水 法

第 1 節 配水方式

1 種 類

配水法は送水法と異り、すべて壓力下に送水するのであるが、實際自然の落差を利用し得るか否かにより、次の 2 種に區別する。

1) 自然流下式

之は自然の落差によつて壓送するのをいふ。普通は配水池を經過する。

2) ポンプ式

之は自然の落差が得られず、ポンプで揚水するのであるが、更に分つて次の 2 とする。

I. 配水池式

II. 直送式

配水池式は一旦配水池に水を揚げ、次は自然流下によるものである。

直送式はポンプで直接配水するものである。

以上を比較すると、記載の順で安全性が低下する。ポンプ直送式の如きは、一旦動力停止せんか、直に全市斷水し、實際不幸にして火災と烈風でも來れば、全市は烏有に歸するに至る。故に動力源は少くとも異系統の 2 種とする。此點はポンプ式配水池式でも同様である。

ポンプ式直送式の實例の多くは、配水池を求めんとすれば、相當遠隔の地迄水路を設ける事が必要となり、之には巨額の建設費と維持費とを要する爲に、止むをえず本式によつて居る状態である。

2 ポンプ

揚程の大小から分けると次の 3 となる。

- 1) 低揚ポンプ—軸流ポンプ等
- 2) 中揚ポンプ—渦巻ポンプ等
- 3) 高揚ポンプ—タービンポンプ等

動力は主として電動機直結式であるが、2系統の電力を用ふるか、自家発電を行ふか、又はディーゼルエンジンの如きを豫備に用ふる事が萬全の策である。

ポンプの動力馬力等に関しては、下水道に譲る。

第 2 節 配水調節

1 概 論

配水調節としては、一旦浄水を配水池に入れ、之を貯へて後配水する。其理由は次の通りである。

1) 使用水量に対する調節—水の消費は決して一様ではなく、時間的變化の激しい事は上述の通りである。然るに浄水法の設備は、1日最大使用水量即平均の 50% 増位のものもあるが、絶えず一様に作業を行ふべきものである。そこで消費の少い夜間に其剰餘水を貯へ、消費の多い晝間又は火災時に補給する爲に、配水池を設けるのである。

2) 上流側の調節—之は寧ろ附隨的に生ずる利點であるが、上流側に故障の起つた場合に、一定時間は断水せずに配水が出来る。

水質に及ぼす影響は、多少の沈澱作用がある外は、浄水作業に無理を與へないといふ點で、消極的に有効である。

2 配水池

1) 位置と高さ

位置は理想としては、配水區域の中心に近い方が、市全體に壓力の平均する事及小徑管にて配水出来る事等から希望される。

配水區域の地形が比較的平坦なれば、配水池は 1ヶで差支ないが、高低差甚だしき場合は、高區低區に分け、又は高中低 3 區に分つ。例へば高低差 30 m で共に多くの人口を有する場合の如き然り。此例は我國には甚だ多い。

配水池の所要高さは、所要水壓と關聯するから後に述べる。但所要水壓に損失水頭を加へた高さを必要とする。

實際問題としては、配水池は濾過池に續き、同一浄水所内に設ける事が多い。併し又別に山や丘の上に設ける事もある。

2) 設 計

容量は 2 方面から決る。即晝間の使用に不足なからしむる爲と、火災其他の不時の要求に應ずる爲とである。之は同時に起り得るから、其和を見込めば充分であるが、何れか大なる方に多少の餘裕を見ても略々差支ない。

前者の目的に向つては、少くとも 1日最大使用水量の 5 時間分位を要する。之に餘裕を見て 6~12 時間分位、普通 6~8 時間分位が多い。最近幾分容量を小にする傾向が見える。然るに小都市に於ては消火用水量が大なる率を占めるから、寧ろ之によつて決定される。

形は矩形で圓形もある。1ヶのみなれば隔壁を以て 2 分し得る様にして掃除に備へる。2ヶ以上なれば此必要はない。

深さを經濟的に導いた公式もあるが、大體は 3~6 m 位である。深過ぎると水頭の爲に水漏が多く、市内の有効水頭は減じ、且壓力の變化が大になる缺點がある。有効水深としては、配水管が底部にあるとして、總水深から其直徑の 2 倍位を引いたものと考へなくてはならない。

3) 構 造

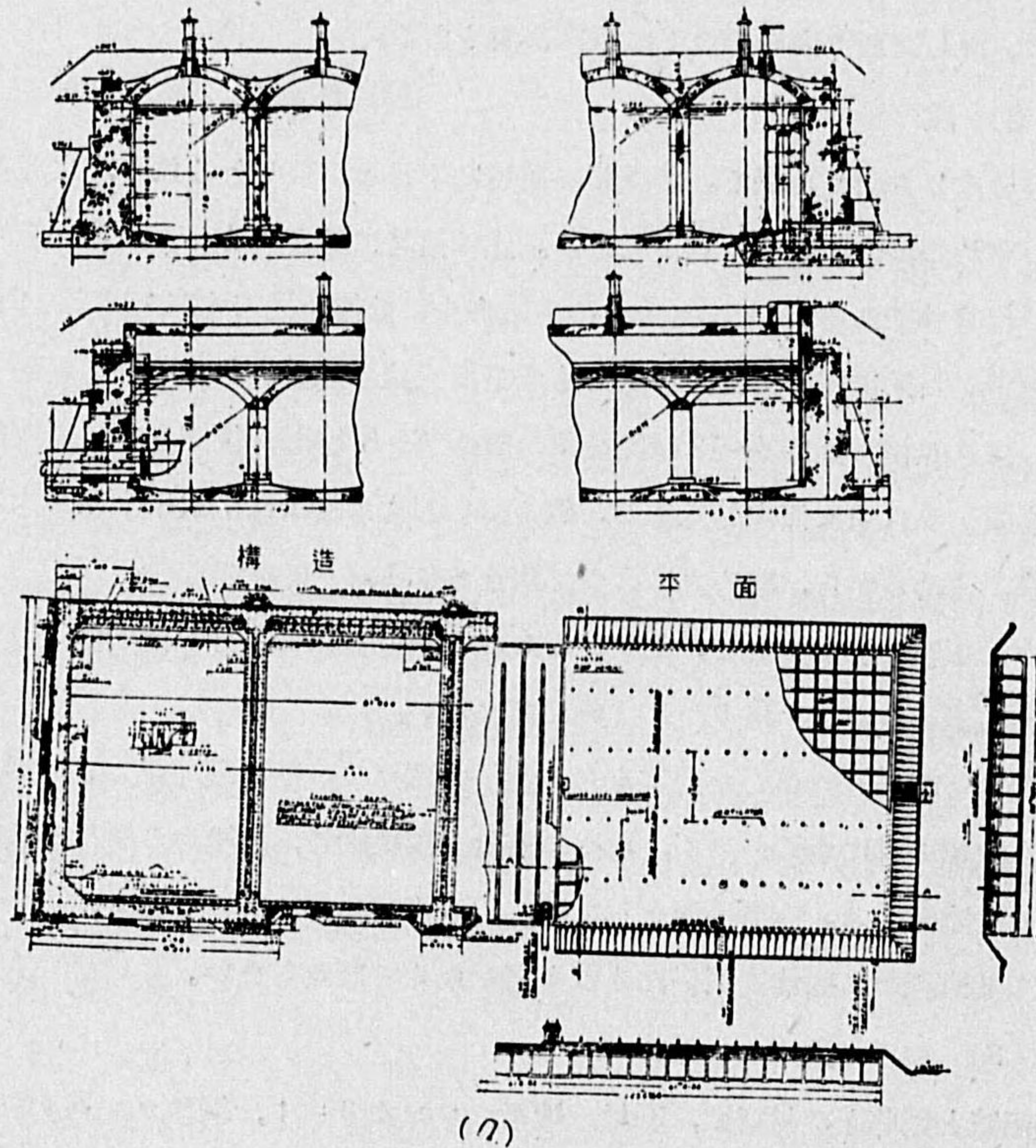
側壁と底部との材料は、石材、煉瓦、コンクリート、鐵筋コンクリート等であるが、近來は鐵筋コンクリートが多い。多くは多少土中に掘込んで

築造する。構造は水密を第一とし各種の防水材を施す。

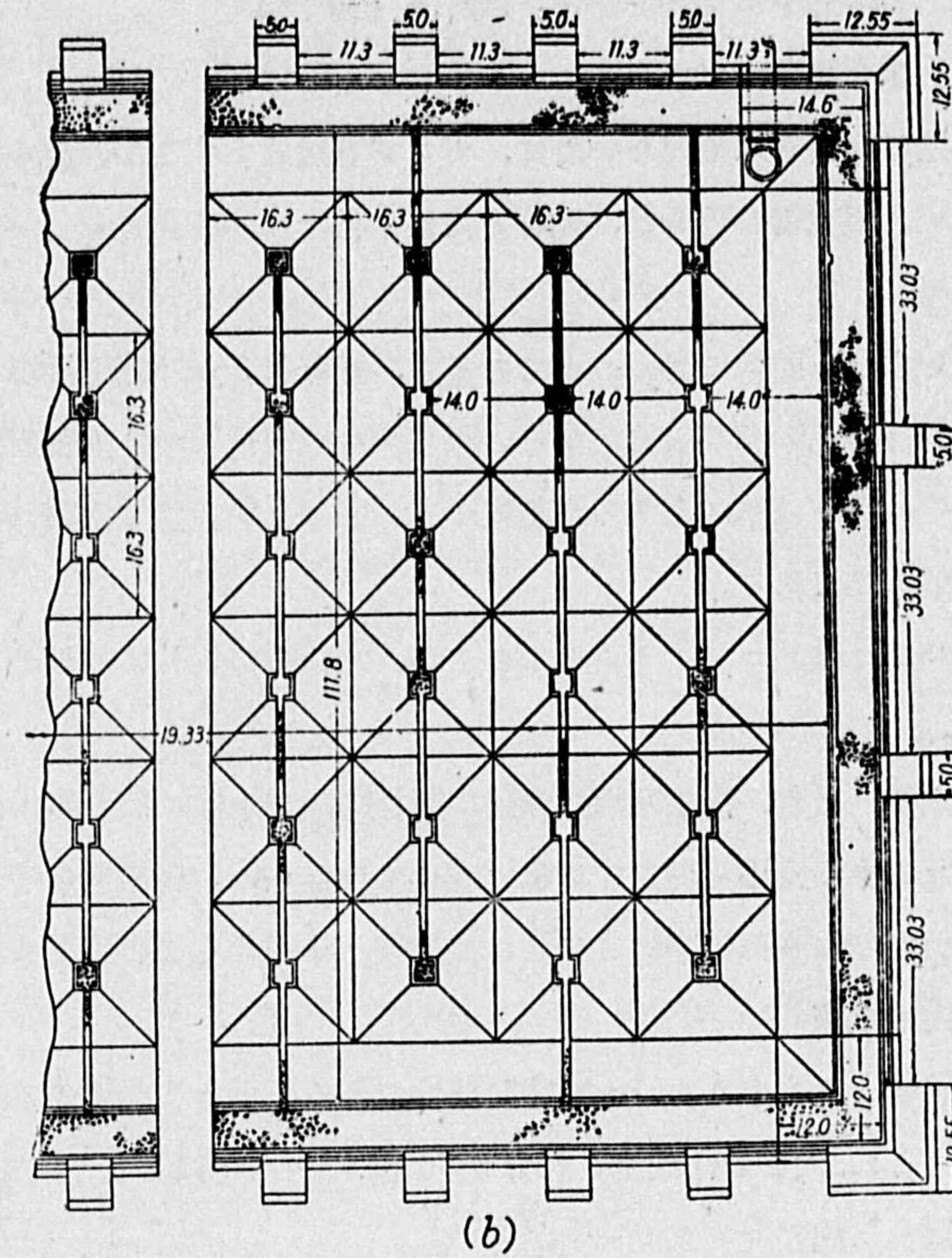
側壁は鉛直とし、底部は池を空にした場合の浮壓を充分考慮せねばならぬ。伸縮接手は土中にある關係上省いても差支ない。

導流壁を設けて池内の水が停滞しない様に導く。之は上部蓋の支柱ともなる。

蓋は必ず設けるが、其理由は外部からの汚染防止の外に、日光を遮り生



第 36 圖 配 水 池



第 36 圖 配 水 池

物の繁殖を防ぐ事、寒地では冬季の凍結を防ぐ意味もある。

蓋の上には 60~90 cm 位の厚さに土砂を盛り、陶管又はコンクリート管の換氣孔を設ける。之は池を空にする場合に、負壓の生ずる事を防ぐ意味がある。

引入管は底部より入り、満水面以下僅の所迄立揚らせるものが多い。引出管は底部からと、今一つ上部にも設ければ尚よい。其他溢流管、排泥管、

池を通らない側管等が必要である。(第 36 圖参照)

3 配 水 塔

市の附近に高所を求め得ない時は、ポンプ直送式とするか、配水塔による外はない。配水塔を分つて、堅管と高架水槽とにする。

1) 堅 管

容量は配水池と同様に考ふべきであるが、實際は 3~6 時間分位が多い。高さは直径の 1.5~3.0 倍位とする。但水深は全部使へず、上部有効水深のみで、それ以下は單に上部の水を支へるに過ぎない。之を支臺に換へたものが高架水槽である。

材料は鋼又は鐵筋コンクリートであるが、水密性に對しては鋼の方が確實である。

構造上水壓、風壓、自重及水の作用に對し安全でなければならぬ。特に内部空虚なる際の風壓を考慮する事を忘れてはならぬ。尙地震を考へる。

引入管引出管は底部に開口させる。溢流管、排泥管も必要である。

2) 高架水槽

容量は堅管よりも小さく 1~2 時間分位である。小なるは深さを直径より少しく大とし、大なるは淺くした方が外觀上經濟上有利なりといはれる。

材料は鋼又は鐵筋コンクリートが多い。

構造上は周壁と底板及支脚との接合箇所に弱點が生じ易い。支脚は最小 3 本を要する。6~8~12 本位迄ある。相互間を水平に連絡する。力は水壓、風壓、自重等であるが、堅管と同じく内部空の際の風壓を忘れてはならない。水密性を特に注意する。

引入管、引出管は槽底より導く、溢流管も必要である。

堅管、高架水槽何れも寒國では保温設備が要る。

第 3 節 配水管の材料

1 鑄鐵管

最も廣く上水道配水管として使用せられて居る。材質は耐久性に富み、價格低廉で直管や異形管を自由に鑄造し得るといふ特長を有する。

1) 種 類

普通鑄鐵管と高級鑄鐵管とに分れる。前者は古くより用ひられ、後者は之に 10~20% の鋼を混せて鑄造したもので、其結果炭素の含有量が減り、強度が強くなる。従つて管厚を薄くし、材料費と運搬費とが節約される。現在では鑄鐵管といへば、高級鑄鐵管を意味する。水道用鑄鐵管規格に續いて、水道用高級鑄鐵管規格が水道協會の手で制定されたが、全文を次に掲げる。

水道用高級鑄鐵管規格

第一章 總 則

第一條 本規格ハ水道ニ使用スル高級鑄鐵直管及異形管(以下總括シテ單ニ管ト稱ス)ニ之ヲ適用ス

第二章 種 別

第二條 直管ハ之ヲ 2 種ニ分チ靜水頭 45m 乃至 75m ニ對スルモノヲ普通壓管ト稱シ 45m 未滿ノモノヲ低壓管ト稱ス
異形管ハ總テ靜水頭 75m 以下ニ對スルモノトシ前項ノ種別ヲ設ケス

第三章 製造法

第三條 管ハ良質ノ銑鐵ニ鋼ヲ配合シタルモノヲ用キテ砂型ニ依リ鑄造シ組織均一且強靱ニシテ錐モミシ易キモノナルコトヲ要ス
第四條 管ハ鑄込ミタル後急激ナル冷却ニ依リテ生スル不等收縮其ノ他ノ障礙ヲ避クルタメ必要ナル時間鑄型ヨリ取出サ、ルコトヲ要ス

第五條 印籠直管ハ承口ヲ下ニシ管周全體ニ互リ相當ノ押湯ヲ附シ垂直ノ位置ニ於テ鑄造スルモノトス

押湯ノ部分ハ冷却ノ後丁寧ニ之ヲ切取ルモノトス

第四章 抗折試験・抗張試験及化學試験

第六條 管ノ鑄造ニ用フル鑄鐵ニ付テハ抗折試験及抗張試験ヲ行フモノトス

注文者又ハ其ノ指定シタル検査員（以下單ニ検査員ト稱ス）ニ於テ必要ナシト認メタルトキハ前項ノ試験ヲ省略スルコトヲ得

第七條 抗折試験片及抗張試験片ハ1鑄鐵毎ニ各3個ヲ作り之レカ試験ヲ行ヒ3個ノ平均ニ依リ其ノ成績ヲ定ムルモノトス

1 鑄鐵トハ同一配合ニシテ且連續鑄造シタルモノヲ謂フ但シ100趟ヲ超ユル場合ニハ100趟及其ノ端數毎ニ1試料ヲ採取スルモノトス

2 個以上ノ爐ヨリ抽出シタル鑄鐵ヲ1取瓶ニ集メタル場合ハ之ヲ1鑄鐵ト看做ス
注文者又ハ検査員ニ於テ必要ト認メタルトキハ前項ノ試験ヲ2回以上行ハシムルコトヲ得

第八條 抗折試験ニ在リテハ徑37mm長350mmニ鑄造シタル丸棒ヲ徑30mmニ仕上ケタル試験片ヲ用キ支點距離300mmトシテ試験ヲ行ヒ次表ノ規定ニ合格スルコトヲ要ス

荷 重 kg	撓 み mm
1600 以上	3.0 以上

第九條 抗張試験ニ在リテハ砂型ニ依リ徑30mmニ鑄造シタル丸棒ヲ平行部ノ徑20mm長25mmニ仕上ケタル試験片ヲ用キ抗張力25kg/mm²以上ナルコトヲ要ス

第十條 化學試験ハ注文者ニ於テ特ニ必要ト認ムルトキ之ヲ行フモノトシ次ノ各號ニ依ル

(一) 管ノ成分中磷及硫黃ノ含有量ハ次表ノ制限ヲ超過スルコトヲ得ス

磷 %	硫 黃 %
0.4	0.1

(二) 前號成分ノ檢定ハ製造所ニ於テ1鑄鐵毎ニ採取セル試料ニ付キ之ヲ行フモノトス

(三) 化學試験以外ノ試験及検査ノ成績良好ニシテ注文者又ハ検査員ニ於テ使用ノ目的ニ適スルモノト認メタルトキハ第1號規定ノ磷及硫黃ノ含有量ハ其ノ1割以内ヲ超過スルコトヲ得

第十一條 抗折試験抗張試験及化學試験ノ成績カ本規格ニ合セサルトキハ其ノ試験片ノ代表セル鑄鐵ヲ用キテ鑄造シタル管ヲ總テ不合格トス

第五章 形狀寸法

第十二條 管ノ内外面ニ於ケル内外周ハ實用的同心圓タルヘク又直管ハ其ノ管體實用的眞直ナルコトヲ要ス

管ノ形狀寸法ハ總テ附表ニ依ルモノトス

第十三條 印籠接手ノ承口内徑及挿口外徑ノ公差ハ次表ニ依ルモノトス

公 稱 内 徑 mm	公 差 mm			
	直 管		異 形 管	
	承 口	挿 口	承 口	挿 口
350 以下	+ 3 - 1	+ 1 - 3	+ 4 - 1.5	+ 1.5 - 4
400—900	+ 3.5 - 1.5	+ 1.5 - 3.5	+ 5 - 2.5	+ 2.5 - 5
1000 以上	+ 4 - 2	+ 2 - 4	+ 6 - 3	+ 3 - 6

第十四條 管厚ノ公差ハ直管ニ在リテハ負ハ10%トシ正ハ挿口寸法ニ影響ナキ限リ制限ヲ附セス但シ管厚15mm以下ノモノニ在リテハ負ノ公差ヲ1.5mmトス

異形管ニ對シテハ前項ノ公差ニ其ノ50%ノ増加ヲ許スモノトス

第十五條 管ノ有效長ノ公差ノ負ハ15mmトシ正ハ制限ヲ附セス

第十六條 管ノ實内徑ノ公差ハ次表ニ依ルモノトス

種 別	公稱内徑 mm	公 差 mm			
		直 管		異 形 管	
		正	負	正	負
普通壓	500 以下	3	5	4.5	6.5
低 壓	800 以下				
普通壓	600 以上	管厚公差ノ 2倍	管厚公差ノ 2倍+3	管厚公差ノ 2倍	管厚公差ノ 2倍+3
低 壓	900				

第六章 記 號

第十七條 管ニハ外側一定ノ場所ニ ㊦ 製造所ノ記號製造ノ年及楕圓座（都市刻印及番號打込用）ヲ高サ 3 mm 以上ニ鑄出スルモノトス

前項ノ外普通壓管ニハ㊧低壓管ニハ㊨ノ記號ヲ又曲管ニハ角度ヲ鑄出スルモノトス

第七章 檢 査

第十八條 管ハ内外面共ニ滑カニシテ疵・瘤・鑄張・巢其ノ他有害ナル缺點ナキコトヲ要ス

疵巢等ニ對シ詰め金又ハ填め金ヲナスコトヲ許サス但シ輕微ナルモノニシテ註文者又ハ検査員ニ於テ支障ナシト認ムル場合ハ電氣銲接ヲ許スコトアルヘシ

第十九條 管ハ註文者又ハ検査員ニ於テ特ニ必要ト認ムルトキハ小型ノ錠ヲ以テ輕ク錠打シ鑄物ノ良否ヲ検査スルコトアルヘシ

第二十條 試験検査ノ結果カ本規格ニ合セサルトキハ記號㊦ヲ削リ落スモノトス

第八章 塗 裝

第二十一條 管ハ總テ内外面共ニ精製「タール」及亞麻仁油ノ混合塗料又ハ瀝青塗料其ノ他註文者ニ於テ指定シタルモノヲ以テ塗裝スルモノトス

塗裝面ハ滑カニシテ光澤ヲ有シ寒暑ニ依リテ異狀ヲ呈セサルモノタルコトヲ要ス

第二十二條 塗裝ヲナスニハ管ノ内外面ヲ掃除シ 錆ヲ完全ニ除却シタル後全體ヲ加熱シ前條塗料ノ加熱シタル液ニ浸シ液槽ヨリ引上ケ十分ニ液滴ヲ去リ 空氣中ニ放置乾燥セシムルモノトス

前項加熱ノ溫度ハ精製「タール」及亞麻仁油ノ混合塗料ノ場合ニ在リテハ 150°C ヲ以テ標準トシ其ノ他ノ場合ニハ註文者ノ指定ニ依ルモノトス

第九章 水壓試験

第二十三條 水壓試験ハ管ノ塗裝前 1 個毎ニ之ヲ行フモノトス

註文者又ハ検査員ニ於テ特ニ指定シタルトキハ管ノ塗裝後水壓試験ヲ行フコトヲ得

水壓試験ニ在リテハ次表ノ規定ノ水壓ヲ加ヘ 相當ノ時間ヲ保タシメツ、輕ク錠打ヲナシ漏洩其ノ他ノ缺點ナキコトヲ要ス

種 別	公 稱 内 徑 mm	水 壓 kg/cm ²
低 壓 管	500 以上	10.5
	450 以下	17.5
普通壓管及異形管	500 以上	14.0
	450 以下	17.5

前項ノ錠打ニ用フル錠ハ軟鋼製ニシテ重量 1 kg 以内柄長約 450 mm トス

第十章 重 量

第二十四條 管ノ重量ハ塗裝シタルモノニ付キ之ヲ測定シ總テ附表ニ依ルモノトス

重量ノ公差負ハ次表ニ依ルモノトシ正ハ制限ヲ附セス

公 稱 内 徑 mm	公 差 %	
	直 管	異 形 管
350 以下	- 4	- 8
400-900	- 3	- 6
1000 以上	- 2	- 4

附 表 (省略)

管厚は水圧により普通圧管(静水頭 45~75 mm)と低圧管(静水頭 45 m 未満)とに分れる。公式は次の如し。

普通鑄鐵管 $T=0.022 D+8.5$ (普通壓管)

$T=0.016 D+8.5$ (低 壓 管)

高級鑄鐵管 $T=0.013 D+7.5$ (普通壓管)

$T=0.009 D+7.5$ (低 壓 管)

但 $T=$ 管厚(mm)

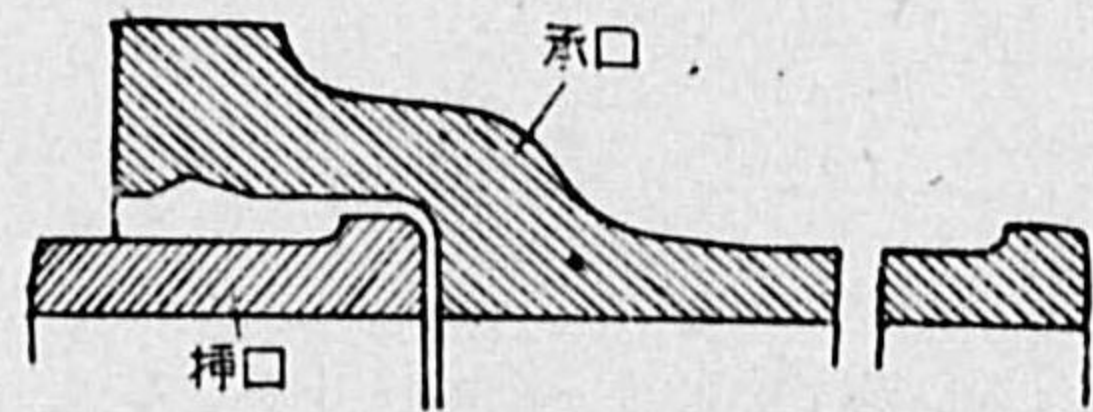
$D=$ 管徑(mm)

上式の 8.5 又は 7.5 といふのは偏肉、破損、打撃等に対する餘裕である。

異形管はすべて静水頭 75 m 以下のものとして居る。

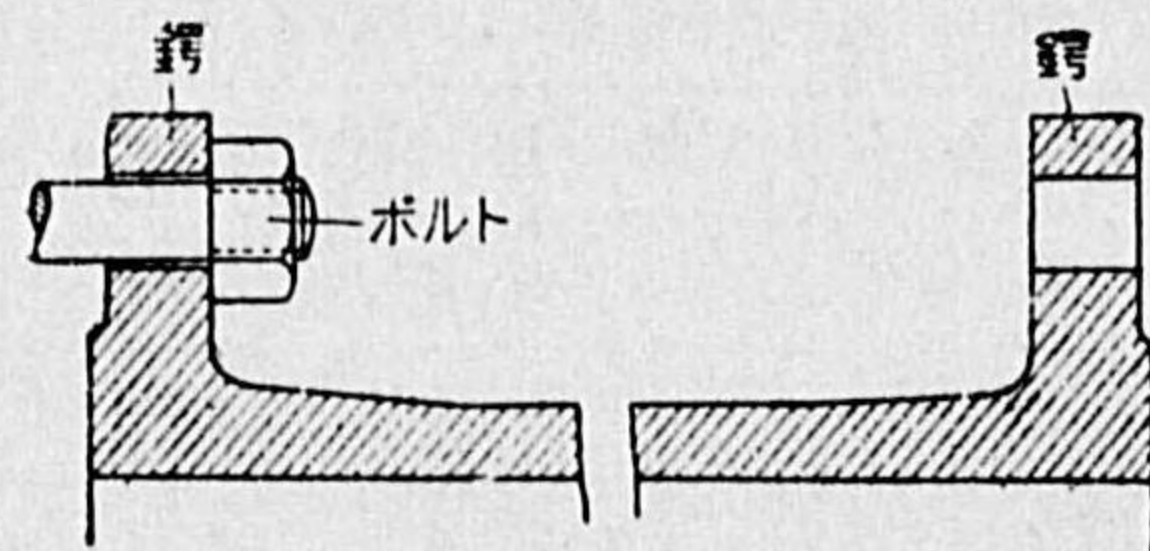
尙其後、水道用高級鑄鐵薄手管規格及水道用高級鑄鐵管臨時規格によつて、改正が加へられたが、之等は小管が安全過ぎるから、幾分緩にしたのである。

2) 接 手



第 37 圖 挿込接手

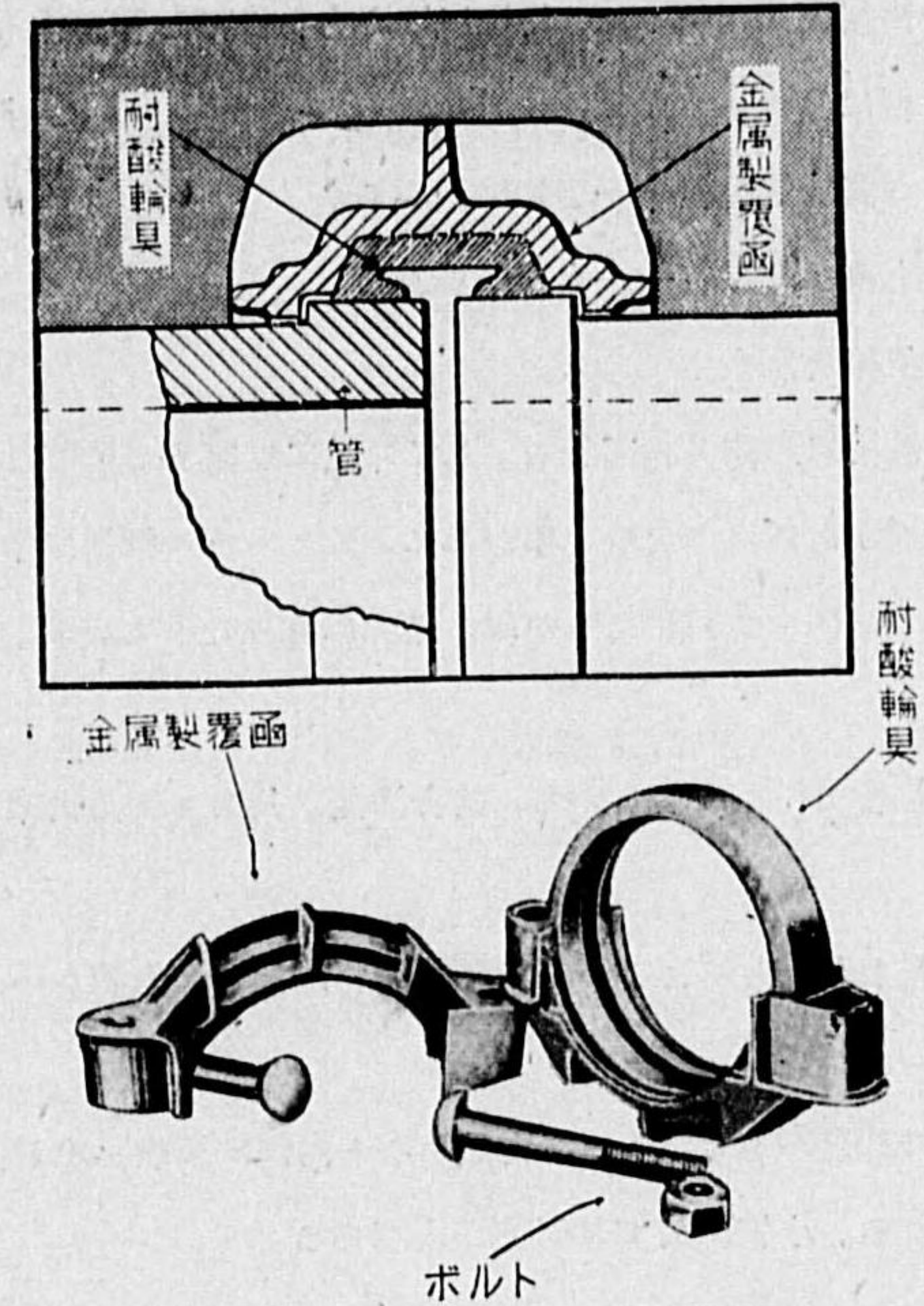
挿込接手又印籠接手(第 37 圖参照)は最も普通に用ひられる。挿口を承口中にはめこみ、其間隙の奥約 $\frac{1}{3}$ は麻をつめ、残りの約 $\frac{2}{3}$ は鉛鉛又絲鉛を充す。此接手は水密で横の力にも抗し、地震の際多少拔出しても水漏れがない。伸縮接手の必要なく多少の彎曲を與へ得る。鉛の代用品としては、レダイト、クボタイト等がある。



第 38 圖 鋳接手又はボルト接手

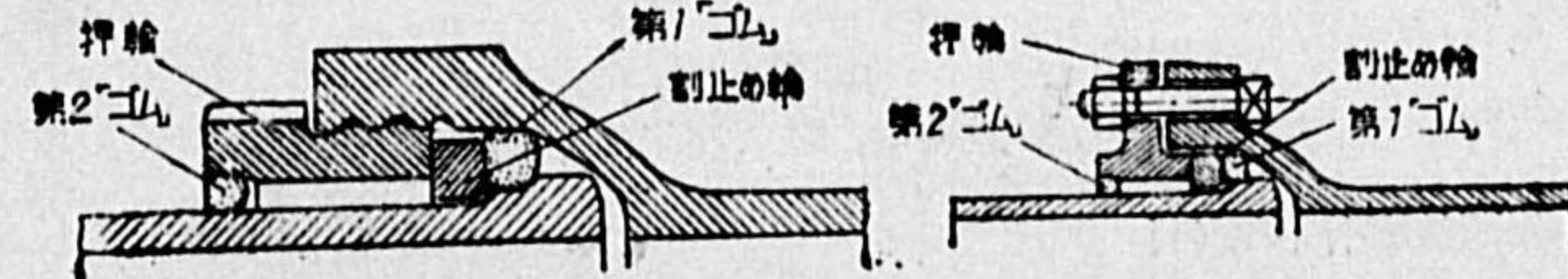
鋳接手はボルト接手ともいひ、振動を受ける所、將來取外しを要する所、鉛の充填困難なる所等に用ひられる。鋳をすり合せ 3mm 位のゴムのパッキングを施し、ボルトで締付ける。(第 38 圖参照)

ビクトリック接手は第 39 圖の如く、特長は耐震性にありとされて居る。



第 39 圖 ビクトリック接手

東京接手は第 40 圖の如く、ネジ式と鋳式との 2 種類がある。之は可撓性、耐震性で水中でも簡易に接合し得るのが長所である。



第 40 圖 東京 接 手

3) 製 法

規格に記載されて居るから、今詳しく述べない。

今一つ遠心力高級鑄鐵管なるものがある。歐米では中小徑管の大部分が之によつて

居る。其方法は鐵管の外徑に相當する中空圓筒狀の鑄型を水平の位置におき、其中に鎔鐵を入れ鑄型を高速度に回轉して、鎔鐵に遠心力を及ぼし管を作るものである。鑄型の材料により2種に分つ。

I. 金型遠心力高級鑄鐵管——小管に用ふる。

II. 砂型遠心力高級鑄鐵管——大管に用ふる。

目下後者に對する規格を制定中である。

塗裝に關しては規格に記載されて居る。更に外氣に曝露する所では、此上にアスファルトやタールに漬けたズックを巻く事がある。又ヒューム鋼管に準じて、鐵管の内側に遠心力に依りモルタル塗裝したものは、錆止に有效なりといふ。

4) 検査

検査は最近水道協會で行つて居るから、其合格品は其まゝ使用出来る。

5) 壽命

塗裝の良否、水質と土質とによるが、尙電蝕問題がある。大體50~100年の壽命と見るべきではないか。

尙將來流量減少の問題がある。それは腐蝕すると内側に錆瘤を生じ、斷面積の減退と摩擦の増加とによる。小管に於て其影響が大である。

2 鋼 管

鋼管は上水道管として歴史が新しいが、特に大口徑の管に使用される。長所は

I. 強度大なる故、肉薄に又長さを大にする事が出来る。然も重量は輕減する。

II. 震動、衝撃に對し抵抗大である。

短所とする所は

I. 肉薄なる丈腐蝕による影響大で、耐久性に乏しい。

II. 異形管が作れない。

1) 種類

縦方向の接合方法によつて之を分けると、次の如くなる。

I. 電氣熔接鋼管

規格が制定されて居るから次に記す。電氣熔接法は最近の發達に係り、從來の銲結

法を驅逐して代らんとする形勢さへ見える。製法は規格にある。大徑管に適する。

水道用電氣熔接鋼管規格

第一章 總 則

第一條 本規格ハ鋼板ヲ用キテ電氣熔接セル水道用ノ直管及異形管（以下總括シテ管ト稱ス）ニ適用ス

第二章 種 別

第二條 公稱内徑 500 mm ヲ超ユル直管ハ高壓管及普通壓管ノ2種トス

高壓管ハ靜水頭 110 m 乃至 150 m ニ對シ普通壓管ハ靜水頭 110 m 未滿ニ對シ使用スルモノトス

公稱内徑 500mm 以下ノ直管及總テノ異形管ニハ種別ヲ設ケス總テ靜水頭 150mm 以下ニ對シ使用スルモノトス

第三章 材 料

第三條 管ニ用ウル鋼板ハ日本標準規格第 20 號構造用壓延鋼材規格ニ適合スルモノナルコトヲ要ス

第四條 管ノ熔接ニ使用スル熔接棒ハ品質優良ノモノニシテ其ノ成分ハ次表ノ標準ニ依ルモノトス、但シ特ニ註文者ノ承認ヲ得タルモノハ此ノ限ニ在ラズ

炭 素%	珪 素%	マンガン%	磷 %	硫 黄%
0.12以下	0.05以下	0.35-0.55	0.04以下	0.04以下

第五條 塗裝ニ使用スル塗料ハ瀝青質ノモノニシテ引火點低キ油分及水ニ可溶性ノ物質或ハ惡臭ヲ與フル物質ヲ含有セス分解又ハ析出ノ虞ナク且寒暑ニ對シテ龜裂又ハ熔融ノ憂ナキモノタルコトヲ要ス

第六條 覆裝ニ使用スル麻布ハ良質ノ麻ヲ用キテ製造セルモノニシテ前條ノ塗料ヲ

合ミ得ルモノナルコトヲ要ス

第四章 製 造 法

第七條 管ノ熔接ハ炭素電弧熔接又ハ金屬電弧熔接ニ依リ行フモノトシ熔接機ハ自動熔接機ヲ使用スルモノトス

自動熔接機ヲ使用シ得サルモノニ在リテハ注文者又ハ其ノ指定シタル検査員（以下單ニ検査員ト稱ス）ノ承認ヲ經テ手動熔接ヲ行フコトヲ得

第八條 管ハ鋼板ノ熔接スヘキ端ヲ適當ナル型ニ正確ニ加工シタル上適當ナル機械ニ依リ所要ノ圓形ニ輾壓シ兩端ヲ衝合セタル後熔接スルモノトス

第九條 管ノ受口ハ適當ニ加熱シタル後受口製作機ニ依リテ押擴ケ製作スルモノトス

第十條 受口ノ補強環及挿口突部ヲ有スル管ニ在リテハ之ヲ外面ニ密着セシメタル後各其ノ兩側ヲ管體ニ熔接スルモノトス

第十一條 熔接箇所ニハ總テ累積、喰込、氣泡、熔滓其ノ他有害ナル缺點ナキコトヲ要ス

第十二條 受口製作ノタメ其ノ熔接部ニ龜裂ヲ生ジタルトキハ其ノ部分ヲ鑿ニテ除去シタル後熔接ヲ爲スコトヲ得

第十三條 公稱内徑 800 mm 以上ノ管ノ熔接ハ内面ヨリノ補修熔接ヲ併セ行フモノトス

第十四條 電氣熔接ハ特ニ信頼スヘキ技能ヲ有スル熔接工ニ依リ加工セラレタルモノナルコトヲ要ス

第五章 熔接部ノ試験

第十五條 熔接部ノ試験ハ次ノ各號ニ依リ之ヲ行フモノトス、但シ注文者又ハ検査員ニ於テ必要ナシト認ムルトキハ其ノ全部又ハ一部ヲ省略スルコトヲ得

- 一、試験片ハ熔接部ヲ中心トシ管體ヨリ之ヲ採取スルモノトス
- 二、試験片ハ公稱内徑ヲ異ニスル毎ニ任意ノ數ヲ 1 組トシ各組ヨリ各試験毎ニ 1 個ヲ取リテ之ヲ行ヒ其ノ組ノ良否ヲ決定ス

若試験ノ結果本規格ニ合セサルモノアルトキハ其ノ試験片各 1 個ニ付更ニ 2 個ノ試験片ヲ取リテ再試験ヲ行フコトヲ得此ノ場合ニ於テ其ノ内 1 個タリトモ合格セサルトキハ其ノ試験片ニ依リ代表セラル、組ハ全部之ヲ不合格トス

三、抗張試験 抗張力ハ 33 kg/mm² 以上トス

試験片ノ形狀寸法ハ日本標準規格金屬材料第一號試験片ニ依ルモノトシ試験片ノ熔接部ハ原板ト同一平面トナル迄研磨機ニ依リ仕上ヲナスモノトス

第六章 形狀寸法及重量

第十六條 管ノ斷面ハ實用的正圓ニシテ直管ハ其ノ管體實用的眞直ナルコトヲ要ス直管ノ形狀寸法ハ附表ニ依ルモノトス

第十七條 管ノ各部ニ於ケル寸法ノ公差ハ次表ニ依ルモノトス

公稱内徑 mm	受口内徑 mm	挿口外徑 mm	直管ノ長 mm	管 厚 mm
450 以下	+4 -1	+1 -2	+ 20 -	日本標準規格第 24 號壓延鋼材ノ寸法及重量ノ公差ニヨル
500—800	+5 -2	+2 -3	+ 20 -	"
900—1200	+5 -3	+3 -3	+ 20 -	"
1350—1500	+5 -4	+4 -3	+ 20 -	"

第十八條 管ハ受口小口ノ一定箇所ニ製造所ノ記號、製作ノ年及番號ヲ刻スルモノトス

第十九條 直管ノ重量ハ附表ニ依ルモノトス

第七章 水壓試験

第二十條 試験水壓ハ次表ニ依ルモノトス

種 別	水 壓 kg cm ²
普 通 壓 管	17.5
高 壓 管	21.0

第二十一條 水壓試験ハ前條ノ水壓ヲ加ヘ 5 分間放置シ次ニ同水壓ヲ保タシメツ、

輕ク錠打ヲナシ漏洩其ノ他缺點ナキコトヲ要ス

前項ノ錠打ニ用キル錠ハ軟鋼製ニシテ重量 1kg 以内、柄ノ長約 450mm トス

第二十二條 水壓試験ノ結果漏水箇所アル場合其ノ狀況ニ依リ 註文者又ハ検査員ニ於テ承認スルトキハ修理ノ上再試験ヲ行フコトヲ得

第八章 塗 装

第二十三條 管ハ内外面ヲ清掃シ錆ヲ除去シ良質ノ防錆塗料ヲ以テ管體ニ密着塗装セシムルモノトス内面ノ塗装ハ特ニ注意シ砂其ノ他固形物ノ附着セサル 様之ヲ行ヒ光澤ヲ有シ滑カナルモノトス

第二十四條 麻布卷ヲ爲ス場合ニ於テハ 管ニ前條ノ塗装ヲナシタル 後防錆塗料ヲ溶解セルモノニ麻布ヲ浸シ之ニ均一ナル張力ヲ加ヘツ、管ニ卷キ付ケ完全ニ管ノ外側ヲ包装シ外部ヨリ麻布ヲ認メサル程度ニ爲スモノトス

第九章 檢 査

第二十五條 形狀寸法、重量ノ検査及水壓試験ハ管一個毎ニ塗装前之ヲ行フモノトス但シ重量検査ハ註文者ノ指定アル場合ニ限り之ヲ行フモノトス

第二十六條 註文者又ハ検査員ニ於テ必要ト認メタルトキハ 隨時製造工場ニ於テ管ノ製作方法ヲ検査スルモノトス

第二十七條 管體ハ内外面共滑カニシテ有害ナル缺點ナキコトヲ要ス

附表 (省略)

II. 縦目無鋼管

引抜鋼管の名がある。縦方向の縦目は全くない。餘り徑の大なるものは出来ない。之は寧ろ給水管の代用として；鉛管に代らんとする傾向にある。

III. 瓦斯鍛接管

瓦斯管といつて居る。鋼鐵板を赤熱し管の形に曲げて、兩縁を水ガス又はアセチレン瓦斯で鍛接するものである。接手は衝頭と重ね接ぎの2種類ある。徑 3~300mm 位迄ある。内外面に亜鉛鍍金又はコールタールを塗つて使ふ。

IV. ロックバー鋼管

濠洲アメリカ等で使ふが、我國では殆ど例がない。

以上鋼管の塗装に關しては、特に水道用鋼管塗装規格がある。

2) 接 手

横方向の接手には各種のものが用ひられる。

電氣熔接鋼管——挿込接手、熔接接手。

縦目無鋼管——挿込接手、銲接手、ビクトリック接手。

瓦斯鍛接管——捻子付環接手。

ロックバー鋼管——鉸子結接手。

以上の内、熔接接手、捻子付環接手、鉸子結接手では、特に外氣に曝露する所で伸縮接手が必要である。

3) 壽 命

鋼管の使用が最近の事に屬する爲に、實例による壽命の判斷は未だ早計である。併し一般には管厚の薄關係上、鑄鐵管よりは耐久力に乏しいと考へられて居る。尙鋼共ものが鑄鐵に比して腐蝕に弱いとの説もある。それは鑄鐵が 20 倍以上の珪素を含有する爲とされて居る。

3 木 管

1) 特 徴

木管は歴史的のものであつて、鐵管の普及發達以前に盛に用ひられた。長所は

- I. 内面平滑、年と共に抵抗は却つて減ずる。
- II. 化學的に腐蝕に耐へる。電蝕作用も受けない。
- III. 輕くて運搬に便である。
- IV. 熱の不良導體なる故、凍結の恐れ少し。
- V. 弾性に富む故、水衝作用小なり。

短所は

- I. 水壓に耐へぬ事。
- II. 壽命短き事。

III. 漏水多き事。

IV. 異形管が作れない事。

従つて下の如き特殊の場合に用ふる。

I. 低圧で温泉輸送に。

II. 木材豊富なる所。

III. 低圧大型管。

2) 種類

刮抜管と組子管との2種がある。

用材は松が普通で、檜は最も耐久である。

4) 其他の管

1) 鉄筋コンクリート管

管としての長所は、耐震性が挙げられるが、尙短所としては、

I. 水密性に乏しい。

II. 従つて高圧に堪へない。

III. 異形管が出来ない。

IV. 各戸給水管の取付が難しい。

従つて上水道用としては、浄水所用排水排泥管として、陶管と共に用ひられる程度であつた。近來は大径のものを現場打として使用する傾向にあるが、小管は後述ヒューム管を用ふる。

接手は大管は接輪、小管は挿込を用ひ、間隙にモルタルを充填する。現場打ちで外気温にふれるものは伸縮接手を設けるが、地中に埋没するものは其要なし。

横鉄筋の配置としては、中心に1列に、内外に2列にの2種類の外、上下は内側に左右は外側にといふのがある。何れも一本宛の環状筋又は連続した螺旋筋としてもよし

2) ヒューム管

豪洲人 Hume 兄弟の發明せるもので、遠心力を利用して製造する一種の鉄筋コンクリート管である。

長所は内面滑かに質緻密で、空気及水を遠心力で壓出するといふが、短所は骨材が

遠心力で分れ、外側粗骨材内側セメントとなる。高水圧には矢張り堪へない。

種類は普通管、壓力管、下水管とあるが、水道協會でも昭和 14 年 9 月、水道用ヒューム管臨時規格が制定された。接手はカラー接手が普通である。

3) エタニット管

原料はアスベスト(石棉)繊維とポルトランドセメントとである。其長所は

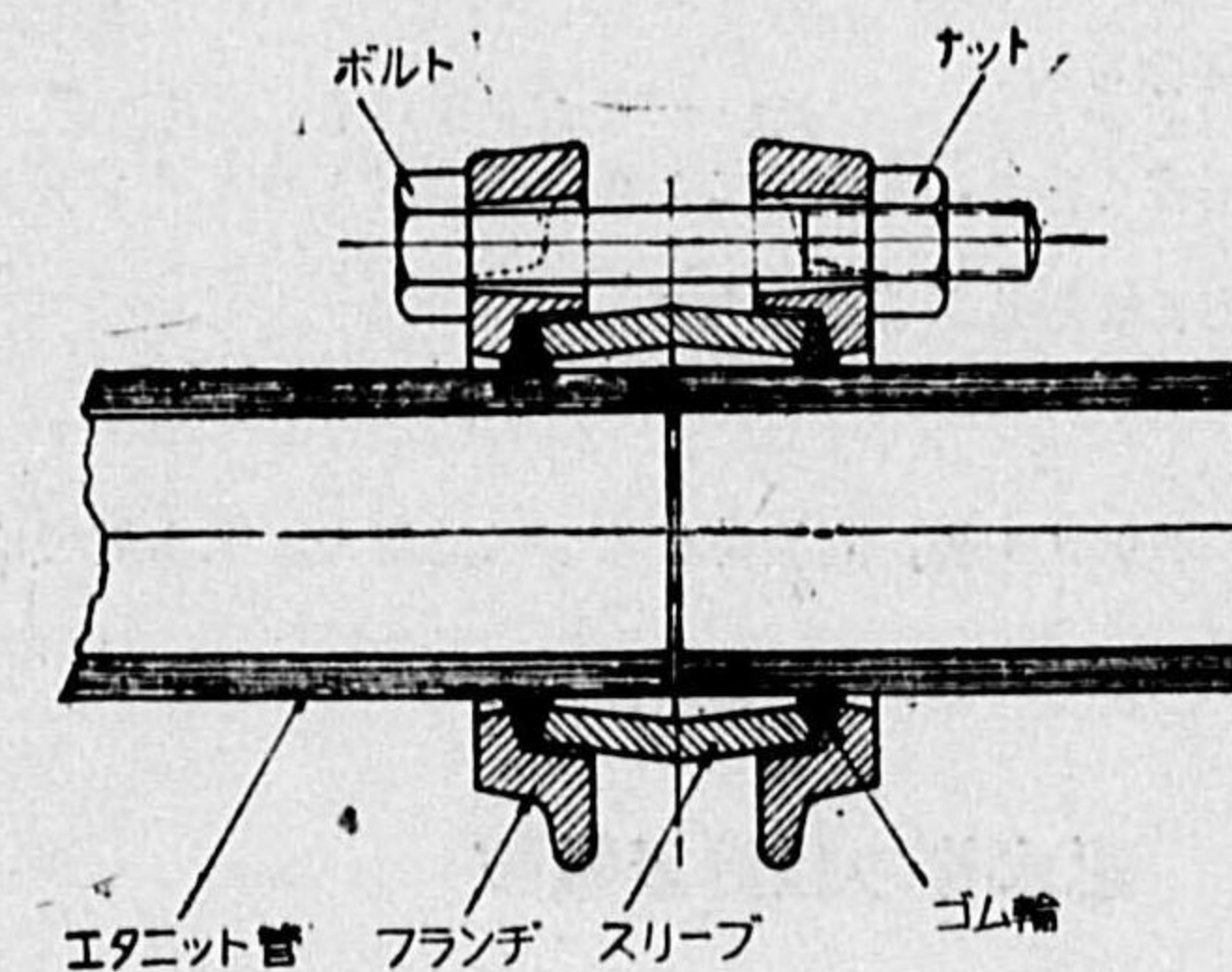
I. 組織均等緻密で、高圧に堪へる。

II. 化學作用、電蝕作用を受けない。

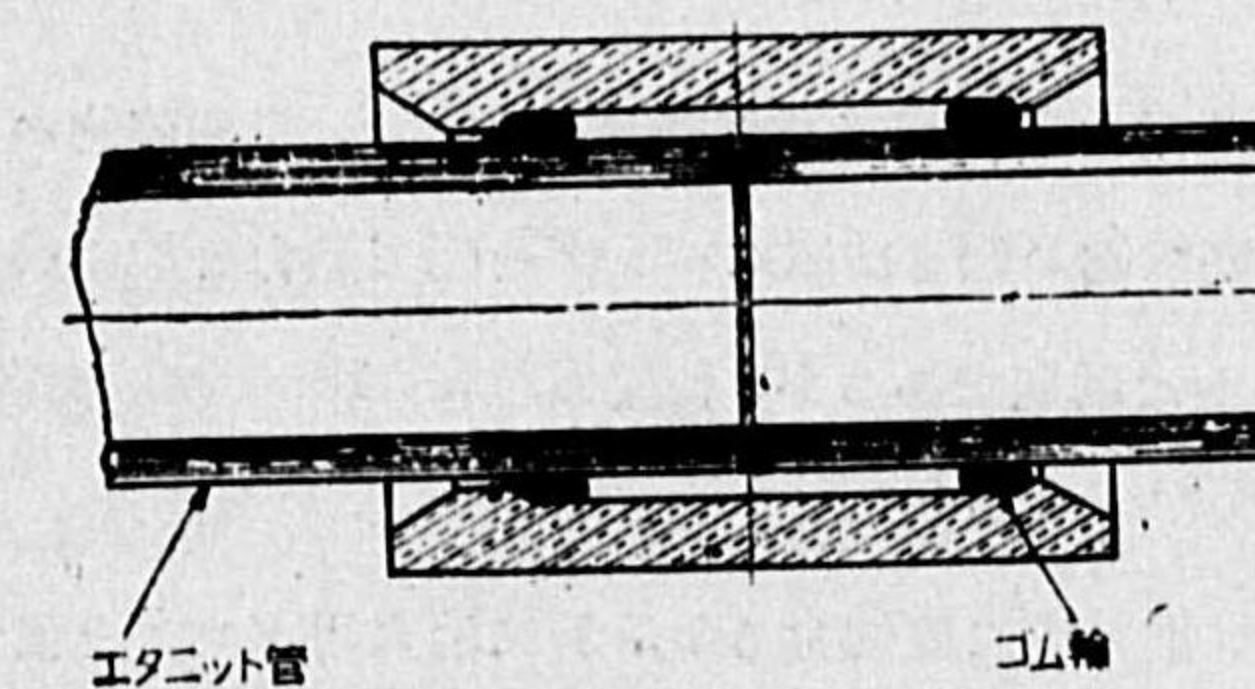
III. 接合作業が簡単である。

IV. 重量軽く運搬に便である。

缺點としては



第 41 圖 ギボルト接手



第 42 圖 シンプレックス接手

I. 異型管を作り得ない。

II. 耐震性に欠ける。

水道用エタニット管規格が昭和 14 年 10 月制定された。接手はギボルト(第 41 圖参照)が多く、又シムプレックス(第 42 圖参照)もある。

4) ヒューム鋼管

ヒューム管を發明した Hume 氏が、更に研究を進めて完成したもので、鋼管の強さとコンクリート管の耐久性とを兼備へて居る。即長所としては

I. 高壓に耐へる。

II. 重量比較的軽い。

III. 化學作用と電蝕作用とに耐へる。

IV. 異形管の製作可能。

製法は電氣熔接鋼管を作り、遠心機により必要の厚さのセメントモルタル内張を施したものである。接手は挿込が普通である。

5) 其 他

コンクリート管、モルタル管、陶管何れも下水道用で、上水道では小規模のもの以外には用ひない。

第 4 節 配水管の設計及敷設

1 設 計

1) 水 壓

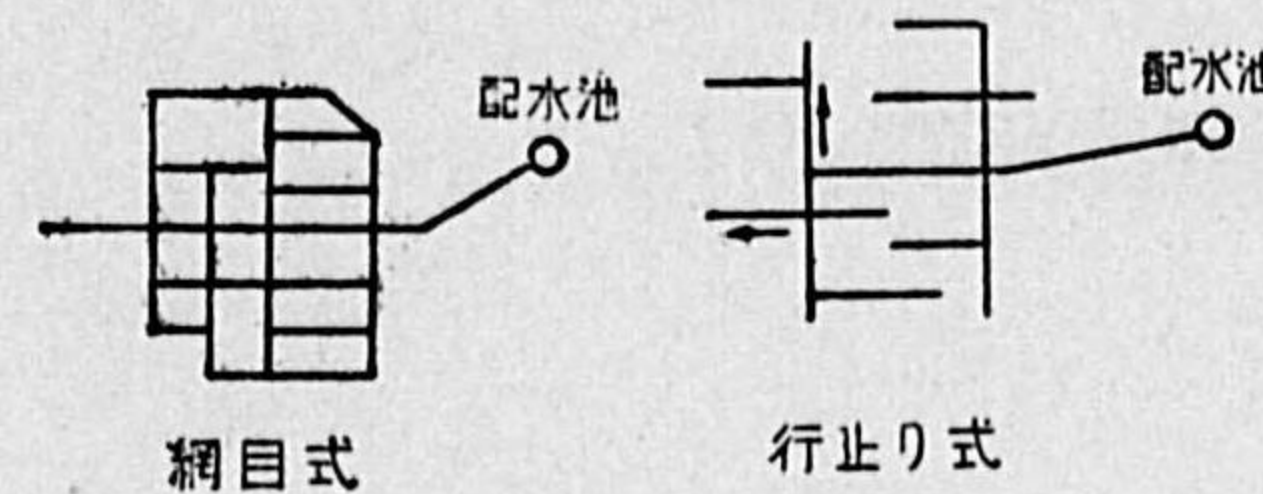
普通用水即消火用以外の家庭用工業用雑用としては、通常建物の最高階で給水が出來れば宜しい。併し摩天樓の如きは別にポンプを以て壓力を加ふべきで、従つて凡そ何階を標準とすべきかは問題であるが、住宅區域で 15~20m 商業區域で 20~30m 位あればよからう。

消火用水としては、消火栓に直結するか、別に消火用ポンプを備へるかによつて所要水壓が異なる。前者は小都市に多く 40~70m の水頭が欲しく、後者は大都市に多く

20~30m で宜しい。

2) 配水管の配置

網目式と行止り式にと分ける。



第 43 圖 網目式と行止り式

網目式は第 43 圖の如く、設計に際し計算が厄介で正確にはゆかないが、管内の水の停滯を防ぎ、水壓も割合に高い。

行止り式は計算が正確に行はれ、制水弁の數も少くてすむ。併し幹線に故障があれば、それより末端は全部断水する。水壓は相互補はないから、低下が甚だしい等々の缺陷がある。従つて此式でも管端を連絡した方が宜しい。

要するに網目式が普通であるが、行止り式は給水區域が細長い時に採用する。又兩者併用も差支ない。

3) 配水管の直径

水理學の公式を用ふれば

$$h = \left(1.5 + f \frac{l}{d}\right) \frac{v^2}{2g}$$

但 h = 全損失水頭 (速度水頭, 流入損失水頭, 摩擦損失水頭以外は省略せり)

f = 摩擦係數

l = 管長

d = 管徑

v = 流速

g = 重力による加速度

$\frac{l}{d} > 3750$ 位なれば 1.5 を省いても 1% 位の誤差となる。

$$\therefore v = \sqrt{\frac{2g}{f}} \sqrt{\frac{h}{l}} d = C \sqrt{RS}$$

但 C = 係數

R = 徑深

S = 動水勾配

かくて Chézy の公式が得られるが、流量(Q)及直徑(d)は

$$Q = \frac{\pi d^2}{4} v = \frac{\pi}{4} \sqrt{\frac{2gh}{fl}} d^3$$

$$d = \left(\frac{8flQ^2}{\pi^2 gh} \right)^{\frac{1}{3}}$$

此公式から次の事が分る。

- I. 面積は d^2 に比例するが、流量は d^3 に比例するから流量は面積以上に増す。
- II. f も d の増すと共に減ずるから、大管は有利になる。
- III. 重量は d の 1.6~1.7 乗に比例して増すに過ぎないから、一層大管が有利になる。

流速公式としては、上記 Chézy の公式以外に色々あるが、水道協會では鑄鐵管に對する流速及流量圖表として、Hazen 及 William の公式と Kutter の公式とを採用した。

Hazen 及 William の公式

$$v = KCR^{0.63}S^{0.54}$$

$$= 0.84935 CR^{0.63}S^{0.54}$$

但 C = 100(80~130)

Kutter の公式

$$v = \frac{23 + \frac{1}{n} + \frac{0.00155}{S}}{1 + \left(23 + \frac{0.00155}{S} \right) \frac{n}{\sqrt{R}}} \sqrt{RS}$$

但 $n = 0.01 \sim 0.015$

欠

之は Hagen 及 William の公式で C の値を、又 Kutter の公式では n の値を變へる事により計算する。例へば

$$C_y = C \left(1 - \frac{2.68}{1,000} \frac{\sqrt{y}}{D} \right)^{2.63}$$

但 $C_y = y$ 年後の C の値

4) 配水管の外力

外力としては、水壓、土壓、其他温度の變化による力、運搬又は埋設中に受ける衝撃等である。

I. 水 壓

水壓は静水壓と水衝壓との 2 がある。

静水壓は配水池の満水の場合と其管の位置との水位差、又はポンプを使用の場合は其最高水頭から出す事が出来る。

水衝壓は管の長さ、弾性率、水の流速等によつて異り、又制水弁の閉ち方、安全弁の有無により變つて来る。

水道協會の高級鑄鐵管の厚さを決めた公式は Fanning による。

$$T = \frac{(P+P')D}{2W} + 7.5 \left(1 - \frac{D}{2125} \right)$$

但 $T =$ 厚さ (mm)

$$P = \text{静水壓 (kg/cm}^2) = \begin{cases} 7.5 (\text{普通壓}) \\ 4.5 (\text{低 壓}) \end{cases}$$

$$P' = \text{水衝壓 (kg/cm}^2) = 5.5$$

$$D = \text{公稱内徑 (mm)}$$

$$W = \text{許容強度} = 4 \text{ (kg/mm}^2)$$

以上の數値を代入すれば前記の如く

$$\text{普通壓管 } T = 0.0127 D + 7.5$$

$$\text{低 壓 管 } T = 0.0090 D + 7.5$$

尙 7.5 なる係數を、普通鑄鐵管では 8.5、高級鑄鐵薄手管では 6.5 として居る。

II. 土 壓

之は土壓に加ふるに其上を通る各種の路面荷重がある。土壓は深い大管に考慮すべ

欠

きで、路面荷重は浅い場合に重大である。併し一定度以上深くなれば、土壓は全部がかかるわけではない。要するに配水管では普通水壓によつて決めた厚さで充分である。土壓に就いては下水道に譲る。

III. 温度の變化による力

$$S = ETC$$

但 $S = \text{應力}$

$E = \text{弾性率}$

$T = \text{温度の變化}$

$C = \text{膨脹率}$

以上の應力は、熔接接手の鋼管、又は銲接手で然も伸縮接手のない場合これを考慮すべきで、普通の接手であれば考へなくて宜しい。

IV. 運搬又は埋設中に受ける衝撃

鑄鐵管コンクリート管陶管に於ては相當に注意を要し、厚さに餘裕を見る。

2 敷 設

1) 位 置

街路の中央下に埋設すれば、兩側各戸からの給水管が等距離となり、公平である。幅員の狭い所や、地下埋設物、軌道等の關係で中央に敷設し得ない場合は、一方に偏するか、又は兩側に 1 本宛 2 本敷設する。地下埋設物との位置の關係は、豫め協定しておく都合がよい。

2) 深 さ

内地では先づ管頂上 1m は必要であらう。それは路面荷重、其場所の地質、既埋設物との關係等を考慮せねばならぬが、尙寒地では冬季凍結の恐れがあるから、2~3m 位とする。理想としては、管は一定の勾配を保ち、土地の高低とは必ずしも平行させぬのが望ましい。何れの場合も動水勾配線以下とする。

3) 工 事

以上計畫せる平面圖と縦断面圖とにより掘鑿を行ふ。溝幅は管の外徑に餘裕を見て、小管ならば 30~50cm、大管ならば 50~60cm 位廣く掘る。特に接合部は幅のみなら

ず深さも餘分に掘る。土質悪ければ土留工をなす。

溝底は杭打、割栗又は枕木を以て基礎工をなす。岩石の所では平に均し、土砂を 5~10 cm 敷き、管が直接岩角に接しない様にしなないと、桁として働く爲に折損した例がある。

管の埋設には内部を清掃後、大管は起重機で、小管は人力で溝中に吊下げる。低地より高地に向ひ、埋設を終りし承口に挿口を入れる。接手の奥には麻を詰込み、残りは鉛を注ぎ、更にかしめる。かくて 15cm 内外の層毎に埋戻して、道路面迄平に固める。

以上鑄鐵管の場合であるが、其他の管の場合も之に準ずる。但接手の異なるに従ひ難易を生ずる。

4) 横 断

配水管が鐵道河川等を横切る時、上を通る場合は橋梁となるが、下を潜る場合は特に防護を嚴重にすればよい。

橋梁の場合は既設の橋梁に添架するのと、配水管専用の橋梁を設置するのがある。後者も管自體を橋とするものと、橋は別に作り其上に管をのせるものがある。何れにしる管に對しては、温度の變化を少からしめる様設備を施すか、然らざれば伸縮接手を設ける。寒地で冬季凍結の恐れある所では、其防止が必要である。即管の周圍を木又は鐵で包み、其間に鋸屑や石棉の如き不良導體を入れ、又は間に空氣層を設ける。

下部横断の場合は管を丈夫にし、コンクリートの基礎と被覆とを施し、又大管は 2 小管に分つ。兩端には制水弁を設ける。尙暗渠又は隧道を作つて其中に管をおき、重量が直接かからぬ様にし、修繕検査の餘裕をおけば一層宜しい。管の水底埋設工事は時に行ふが、上水道工事中最も困難なるもので、慎重の注意を要する。

第 5 節 附屬設備

1 消火栓

消火栓の數は其市の状態、道路の幅、建物の性質、密集程度等により異なるが、其相互の間隔は我國の例では、大體 100~250m 位、平均は 150m 位である。此間隔から

逆に全数が計算される。位置は歩車道の區別ある所では、其境界に地上式を、歩道のない所では地下式を設ける。尙十字路には必ず設けるがよい。

種類は地上式と地下式とに分ち、後者はホースを接着する口の數により、單口と双口とに分つ。地上式にも双口はある。單口なれば 100mm 程度の小配水管でもよいが、双口なれば 150mm 以上の大管なるを要する。

地上式は交通の支障となり、寒地では使用後栓内の水が凍結する恐れがあるから、不凍式消火栓を用ひ残留水を栓外に排出する。長所は火災時に其所在を發見し易い事である。

地下式は交通妨害とならず、寒地で凍結の恐れも少ないが、暗夜や雪中に其所在を探すのに少からざる時間を要し、爲に徒に消火の機会を逸する事がある。

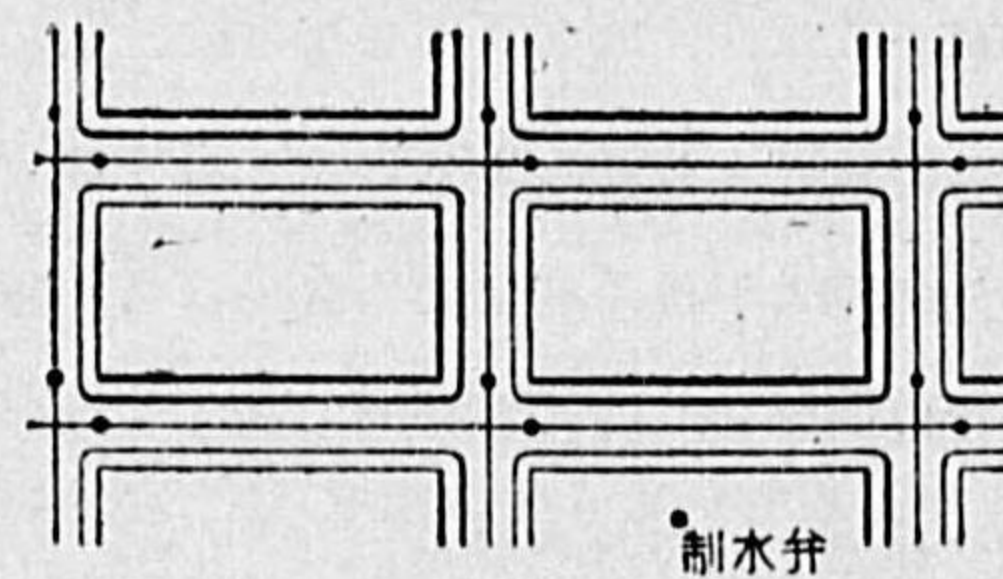
消火栓口金は現今町野式を最も多く用ひ、規格が制定された。

消火栓は尙消火の目的以外に、撒水や不用水の放出に、又水を満す時は排氣弁の代用ともなる。

2 弁 類

1) 制水弁

送水管なれば 1.5~3.0km 毎に検査修繕の爲に設ける。又重要な線の高所と低所とに設ける。

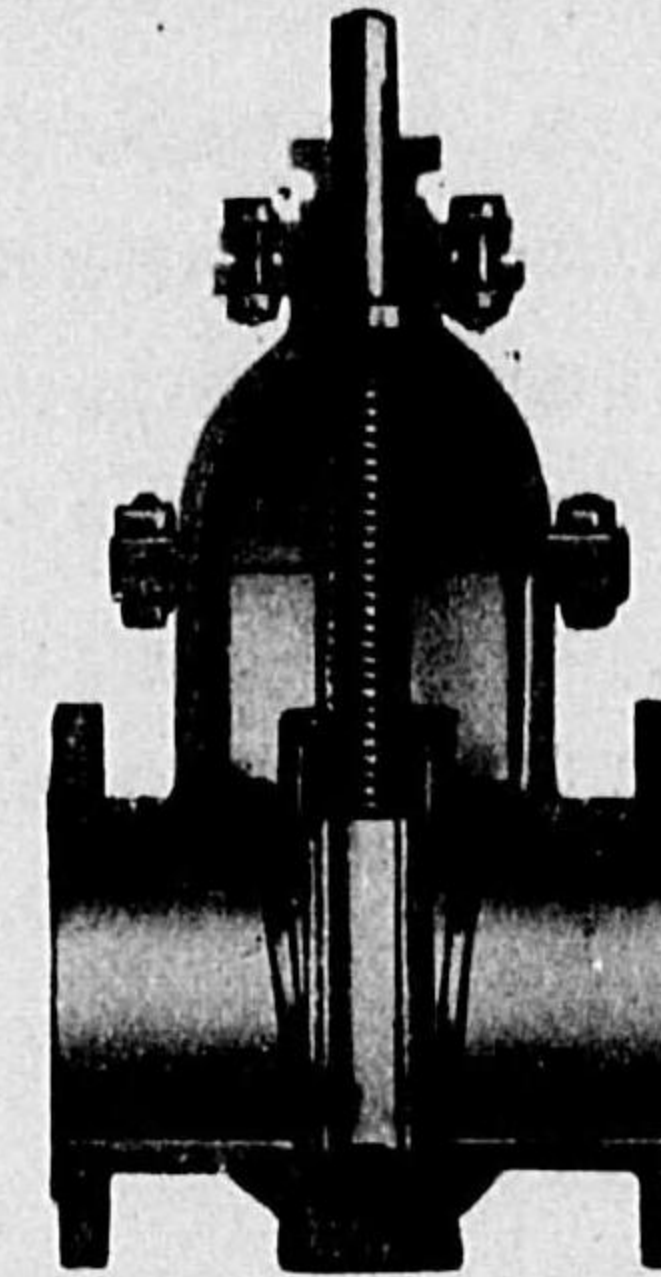


配水管では起點、交叉點(第 44 圖參照)分岐點、終點の如き要所に設け、又一定距離毎に設置する。目的は通水を止めて、故障の際に便し、斷水區域の廣大ならざる様にするにある。

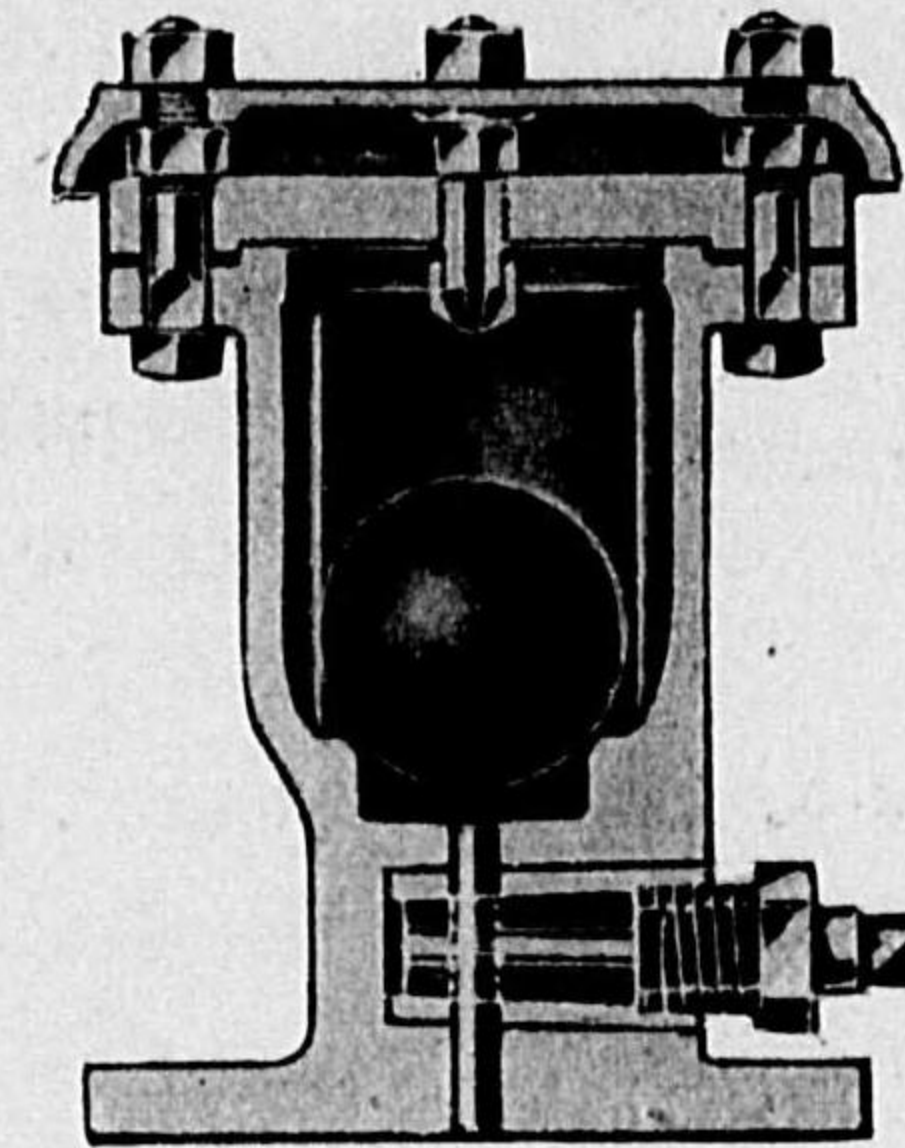
弁は大小によつて、價格と操作の難易とが甚だしく相違する。其爲に弁丈を管自身より小にし其前後に片落管を用ふる事がある。徑 250mm 位迄は路面に被覆を有する箱内に設置すればよいが、之以上は特別の弁室を設け、又は弁軸を水平にする事がある。400mm 以上になると一人で開閉が困難となるので、齒車聯動によるか、水壓力電力に依る。又水壓の高い所では側管を附

し開閉に先立ち之より水を通し、兩側の水壓を平均せしめて水衝作用を減ずる。

構造上分類する時は、普通制水弁(第 45 圖參照)の外に、ジョンソン弁とウシホ弁とがある。後 2 者は開閉が急速に行はれる丈、水衝作用は大である。



第 45 圖 普通制水弁



第 46 圖 排氣弁

2) 排氣弁

管の高所や橋梁による横斷箇所には必ず排氣弁を設置する。之は水を充す時は空氣の逃出口となり、水を空にする時は空氣の入口となり、自動的に働く。此外消火栓や水栓も排氣弁の代用となり得るが、人工を要する。構造は第 46 圖に示す如くエボナイト、ゴム又は木製の球があつて、管が満水すれば、其浮游力で空氣孔を閉塞するが、空氣が集れば球は水面に落ちて空氣を排除する。

3) 排泥弁

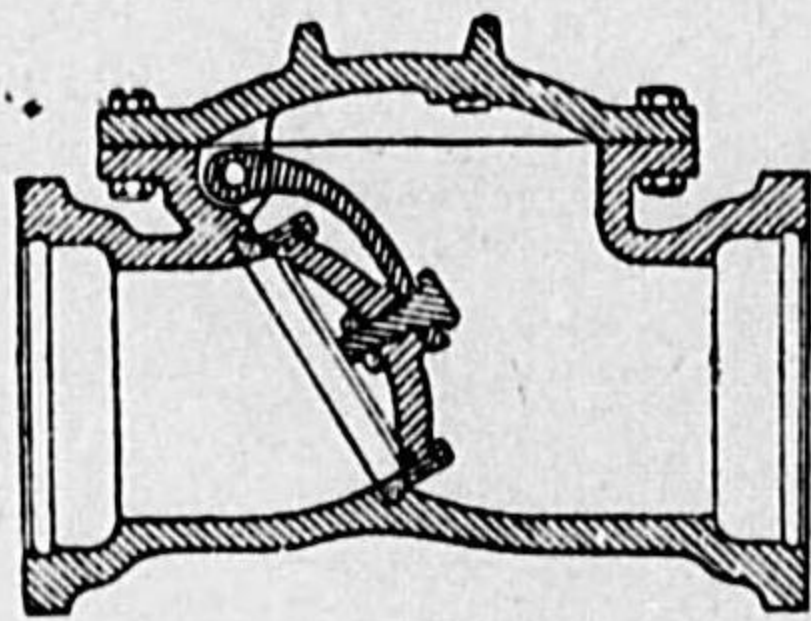
之は排水口を兼ねる。管の底部に設け、新通水の際又は既設管掃除の際、停滯水や泥砂を吐かせる。簡單なるは管から丁字管を出し、之に泥吐弁を設ける。吐口の直徑は管の $\frac{1}{2} \sim \frac{1}{3}$ 位でよい。

4) 安全弁

之は水衝作用を減ずる爲に用ふるものである。故に高架水槽下の長い管線の終、制

水弁の前，加圧ポンプの下流等に設ける。構造は弾條又は對重によつて弁が閉ぢて居るが，異常の水壓が生ずる時は，弾條又は對重に逆つて弁を開き，水は逸出する。

5) 逆止弁 (第 47 圖参照)



第 47 圖 逆止弁

水の逆流を防ぐ弁で，設置場所は高貯水池の入口，ポンプ流出管の始點，長き上勾配の始點等である。構造は管を太くして，蝶番の片開きの弁扉を設ければ，平常は弁を押開き流入するが，下流の水壓が高まれば，弁を閉ぢて逆流を阻止する。

6) 減壓弁

管内の水壓が高過ぎる時，一定壓に之を減ずる爲に用ふる。弁前の水壓が高くなれば，自動的に通路が狭められ，弁後の壓力を減ずるものである。

7) 自動止水弁

管内流速が一定度を越ゆる時に，自動的に弁が閉ぢて氾濫を防止するものである。配水池より出て壓の小なる所に設置し，鐵管の破裂した時に閉づる様にする。

3 人孔其他

1) 人 孔

長大なる管は 500m 位の距離毎に，管の低所又は制水弁の附近に人孔を設ける。目的は管の掃除である。大きさは最小限度長さ 50cm 巾 35cm 位を要し，蓋はボルトで締付け漏水のない様にする。

2) 掃除口

500mm 以上の管には所々に掃除口を設ける。之は人孔の代用と考へてよい。

第 9 章 給 水 法

第 1 節 給 水 管

1 概 論

給水管とは公設の配水管から分岐して，各戸の給水栓に至る迄をいふ。以前は鉛管が最も多く用ひられたが，近來銅管其他が使はれ始めた。給水管は直接各戸に至り，時に其中に水が湛へられる關係上，水質との關係を特に考慮する必要がある。

2 材 料

1) 鉛 管

古くから各國で使用されて居るが，其特長は次の通りである。

- I. 粘性に富み，屈曲切斷接合何れも容易なる事。
- II. 要するに敷設工事が簡單である。

併し缺點は次の如し。

- I. 高壓に堪へない。
- II. 特にコンクリートの内部にある時腐蝕性がある。
- III. 水質により溶解する。

鉛管は良質の鉛を以て，引拔法で製作する。水道用鉛管規格がある。

接手は從來半田が多かつたが，近來プラスチック接手が表れた。何れも鉛と錫とを用いたものである。

2) 合金鉛管

規格が制定せられて居るが，鉛に少量の他金屬例へば錫，アンチモン，銅，亜鉛等を加へて一般に強度を増し，腐蝕性を減じたもので，鉛管より管厚と重量とを減じ得る。

3) 亜鉛鍍鋼管

上述瓦斯鍍接管の内外面に亜鉛鍍金を施して，腐蝕や錆を防いだものである。地下

埋設管としては、土質によつては外部からの腐蝕が早い。接手は所要長に切り捻子を立て、から、各種の接手用短管を捻込み接続する。

4) 銅 管

給水管としては最近の事に屬し、規格が制定されんとして、先づ衛生的害否の研究が水道協會で試みられたが、事變勃發の爲規格は延期されて居る。

特長は次の如し。

- I. 屈曲性に富み取扱便である。
- II. 管厚を薄くし重量を軽減し得る。
- III. コンクリート内で腐蝕しない。

缺點としては

- I. 水質に対する影響。
- II. 接手の問題。

併し缺點は略々解決されて居る。

接手としてはアイデアルがある。之は挿込と壓縮との2種がある。前者は半田により、後者は捻子による。水質に関しては後記する。

5) 高力陶管

之は目下は代用品の範圍を脱しない。材料は陶磁器の素焼に合成樹脂を浸著せしめて熱處理を施したものである。

3 給水工事方式

1) 直結水壓式

之は最も普通の方式で、配水管から分岐した給水管を直接屋内に引込み、各室に給水する。

2) 高置水槽式

之は配水管の水壓が低い場合、特に高層建築や一時に多量の水を要する所で用ふる。屋上に水槽を設置し、揚水ポンプを給水管に直結して水槽に水を貯へ、之から自然流下で各階に給水する。此場合は建設費維持費は共に互額となる。

3) 高壓水槽式

之は屋上水槽の代りに氣壓水槽を用ふるのである。高所でなく一階に水槽を設置し得るが、家屋は高くない大住宅や大工場の場合に適する。

4 水質に及ぼす影響

鉛と銅と高力陶管とが、水質に及ぼす影響如何を考慮する。之等は同時に水質の如何を考へねばならぬ。

1) 鉛

之は特に酸素と炭酸とを含む軟水に溶け易い。又夏よりは冬に餘計水中に見出されるといふ。

鉛は慢性並に急性の中毒を起す金屬であるが、之に対する豫防としては、使用者側で早朝第1の水を飲料に供せず、雑用とする事が擧げられる。即鉛管に停滯した湛水を警戒せねばならぬ。

2) 銅

炭酸含量の多い水や酸性の水がよく銅を溶かすといはれる。

銅の急性中毒は確實にあるが、慢性中毒は其存在が確認されない。豫防法は鉛の場合と同様である。

3) 高力陶管

之は最近のもので、何れとも判断し兼ねる。

第 2 節 附 屬 設 備

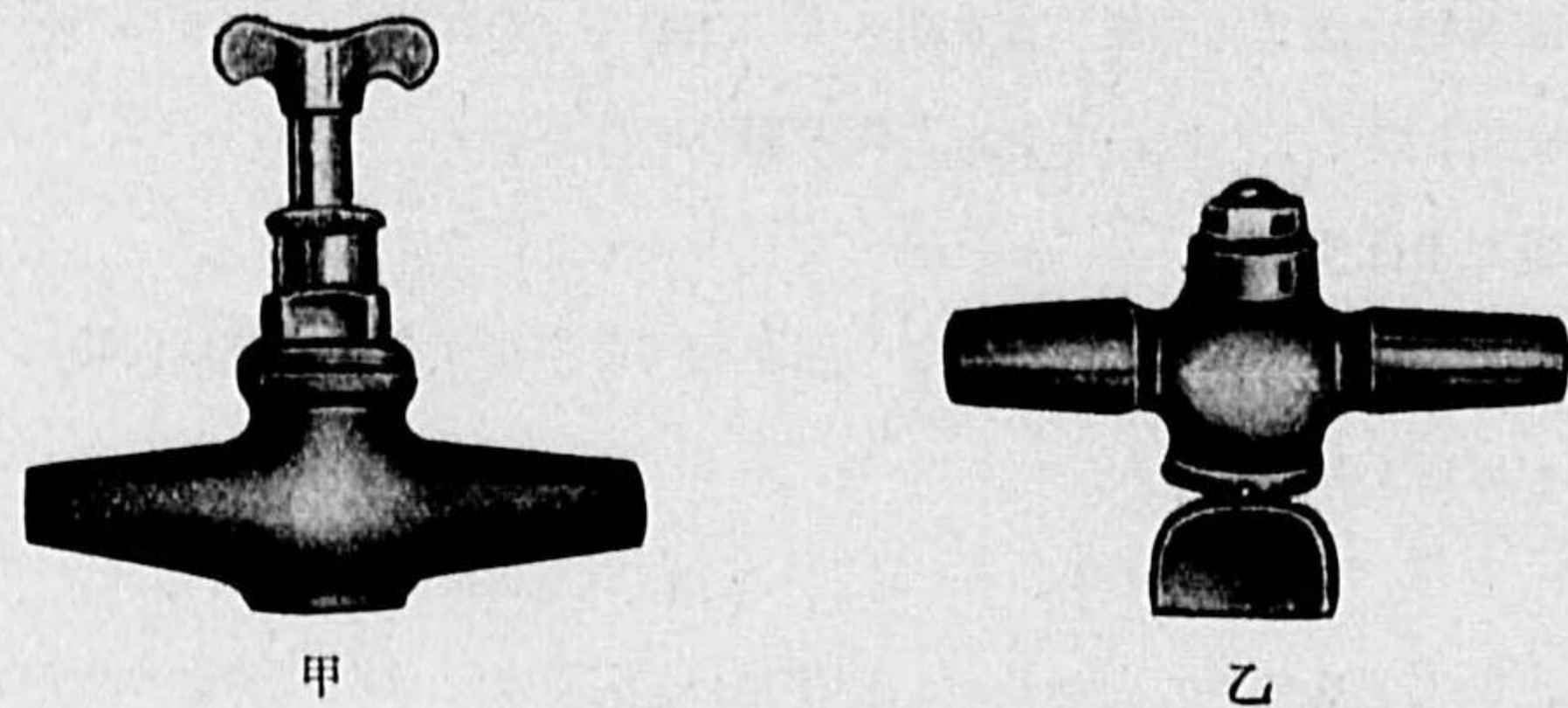
1 分水栓

之は配水管より給水管を分岐する時、兩者の接合部に取付けるものである。水道協會では水栓として總括した規格がある。何れも砲金又は眞鍮で作る。

2 止水栓

給水管の各戸に至る途中に設ける。故障修繕の際斷水する爲、又料金怠納の制裁や、空家となつて給水停止の際に使用する。

止水栓は筐内に設け、上に被蓋をおく。規格は甲乙二種あり。甲は使用者が任意に開閉加減し得るもので、之は噴水、泉水、又は2階3階の立上り本管の下部に取付ける



第 48 圖 止 水 栓

が、乙は經營者のみが開閉し得るものである。(第 48 圖参照)

3 量水器

1) 目 的

使用水量を正確に計量するにあるが、之と關聯して使用料金徴收の問題がある。

計量制とは各戸に量水器を取付け、使用水量の多寡に應じて料金を徴收する。放任制は人数や水栓數等で料金を一定にする。公平を期する爲にも、水の濫費を防ぐ爲にも、計量制がよく次第に之に代らんとして居る。

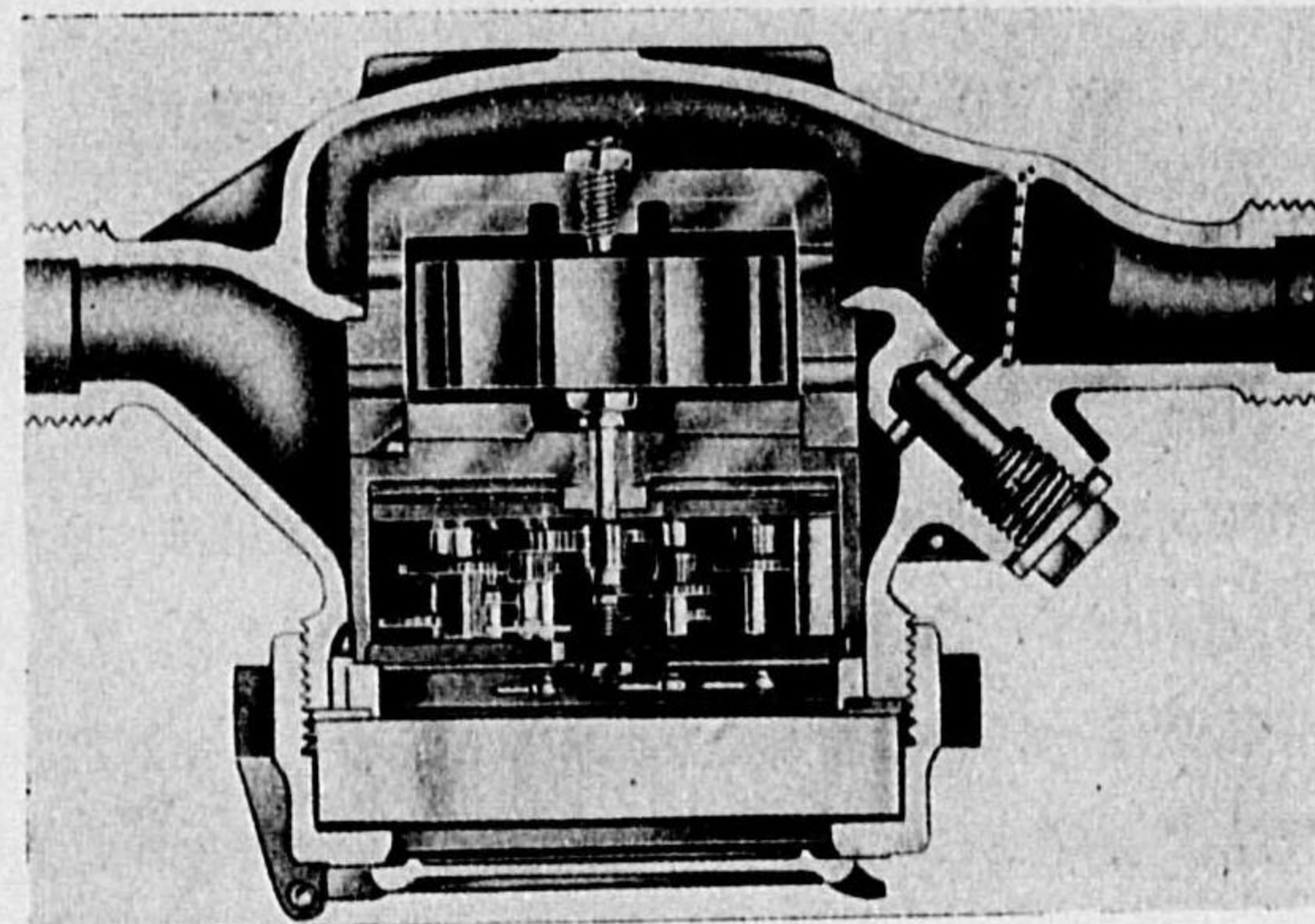
2) 種 類

直接式、間接式の分ち方もあるが、濕式、乾式とも分ける。濕式とは水が指針部の表示器装置迄來るもので、乾式とは水が計量室外には出ないものである。我國では間接式(翼車式ともいふ)乾式量水器を従來用ひたが、此缺點は水を少しく使用する場合に誤差が出、然も水量が少く出る爲に使用者が悪用する事がある。近來は濕式に統一せんとして、水道協會も水道用翼車型濕式單匣量水器規格(公稱徑 13mm)を制定した。第 49 圖に本式の一例を示す。

4 給水栓

之は水道使用者が各自開閉して、所要の水量を得る装置である。今日迄に考案されたものは 50~60 種に及ぶ。眞鍮製でニッケル鍍金がしてある。直接壁から又は水栓柱に取付ける。専用栓と共用栓とがあるが、構造上特に差別はない。

寒地では耐寒不凍給水栓が要求される。之は保温装置を施して凍結を防ぐものと、



第 49 圖 翼車式濕式量水器

地上部分の給水管を空にするものがある。

此外に公衆水呑栓や、手洗専用の水栓例へば便所の手洗の如きがあるが、之等は足を以て開き手をふれぬのが理想である。

5 水洗装置其他

主に水洗便所に用ふる。

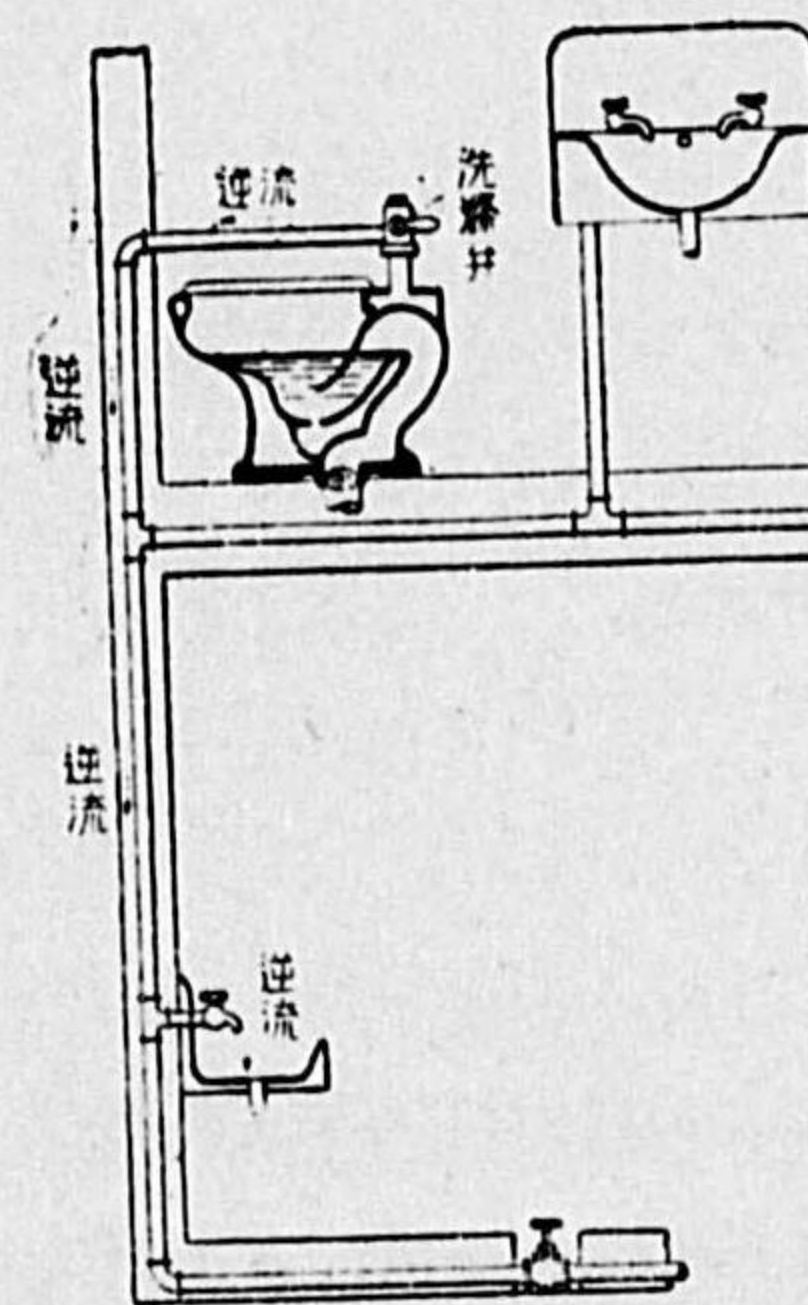
1) 洗滌弁

給水栓と弁とを組合せた型式のもので、弁を開けば水が出る。缺點は第 50 圖の如く、萬一の場合合點線の如き逆流の恐れがあるから、便器の構造に留意する。

2) 洗滌水槽

之は水が出るのに手動式と自動式と 2 種類がある。何れも中のボールタップが下ると水が入り始め、一定水位に達すると止まる。

此式の方が洗滌弁よりは餘計水を要するが安全である。



第 50 圖 洗滌弁よりの逆流

第 10 章 維持及管理

第 1 節 水源及流域の保護

1 概 論

本邦に於ては水源及流域の保護は比較的閑却されて居る。水源選擇は如何に慎重に行はれても、當時適當なるものも、後に不適當となる事がある。特に水源の汚染防止は、常時監督を怠つてはならない。之に關しては水道條令の改正が夙に要望されて居るが、其關係する範圍の餘りに廣大なる爲か、實現の運びに至らないのは甚だ遺憾である。

2 地 表 水

近來人口の増加都市集中と共に、地表水は下水の收容に用ひんとする傾向がある。其他偶然の機會による汚染（例へば登山や森林伐採等）も起り易い。一旦汚染後は湖水の方が自淨作用が大なる事、又汚染を遠く迄運ばない事により、安全度は大である。

3 地 下 水

汚染の源は地上より來る。即下水溜や便所の如きであるが、之が侵入する途中の地質が重大關係を有する。深水が淺水に比して安全なる事はいふ迄もない。水汲揚げや貯水の影響等既述の通りである。

第 2 節 淨水法の管理

要するに沈澱、濾過、殺菌其他の淨水法に就いて、相當の知識を有するものが、水質検査に頼りつゝ之が管理を行へば宜しい。特に注意すべきは急速砂濾過である。之は平均1日1回位は洗滌せねばならぬが、其前後に汚水を排水せねばならぬ。又豫備處理なる藥品沈澱に就ても、藥品の分量と凝集沈澱に對する各種條件とを充分に注意せねばならぬ。

水質検査の結果は何れも直接水質の良否を示すものは少く、多くは綜合的間接的の判斷である。従つて此判斷にも知識と經驗とを必要とする。

之等の點は特に小都市に於て注意すべきで、最初の設計工事に大家を聘するのみでなく、落成後と雖も慎重を期して、水質検査を怠らず維持管理につとめねばならない。

第 3 節 送水法配水法給水法の管理

1. 概 論

修繕及掃除が主であるが、之を水理學上の開水路、管水路並に附屬設備の3に就き考へる。

1) 開 水 路

之は壓力の作用しない水路であるが、1年に1回位使用水量少き時を選び、水路を空にし器械類を使つて沈澱物を搔取るがよい。特に盛土上に設けた時に弱點となり易いから注意を要する。

2) 管 水 路

之は壓力下の水路であるが、掃除を勵行して流量の減退を防ぐ。特殊の搔取器もあるが、之は給水管の分水栓の取付けてある所では、同器の推進が阻害される。

配水池や配水塔も時々掃除し、ペンキ塗替を行ふ。管の腐蝕は別に記載する。

3) 附 屬 設 備

消火栓や弁類は何れも責任者以外は開閉出來ない様にする。制水弁の開閉は平素から訓練する事が必要である。それは給水區域の變更、水壓の調節、鐵管工事や破裂による斷水其他は、制水弁の開閉操作による事が多いからである。

使用者側に促す注意としては、早朝最初の水は鉛や銅の中毒を豫防する意味で飲料とせず、雑用水とし度い事である。尙給水栓からゴム管其他で延長した場合、其先端を汚水中に放置してはならない。それは断水の際又は高地で壓力の小なる所では、屢々負壓を生じて吸引される恐れがあるからである。

2. 管の腐蝕

1) 原因

大體3に分けられる。

I 自働腐蝕。

II 電流腐蝕。

III 電解腐蝕。

腐蝕には元來2因子が作用する。濕氣又は水、空氣又は酸素である。

自働腐蝕は金屬が酸素を含む水と接觸した時に起る。今鐵が酸素を含む水と接觸すると、鐵イオンが水中に析出する。其代りに水中の H イオンは鐵に陽電氣を與へて、鐵上に水素ガスの膜を生じ、更に鐵の溶解するのを防ぐ。然るに酸素が存在すると水素と化合して水を生じ、爲に保護膜が除かれて以上の反應は更に繰返して行はれる。

電流腐蝕は一名接觸腐蝕ともいふ。2種の接觸せる金屬が水中にある時に起る。此作用は蓄電池に似て居る。此際水の電導性が大なれば、電流に對する抵抗が減じて、腐蝕は更に速かに起る。鐵管に於ては鐵と各種金屬よりなる附屬設備との接觸、金屬の不純物、塗裝の不完全、埋戻し材料の不良等が原因となる。

電解腐蝕は電蝕と略稱するが、鐵管中に侵入した電流が、更に濕地や抵抗の少い導體に逃れる時に起る。尙電流の逃れる場所に限り起る事、及電流は管中で發生するものではなく外より來る點で、電流腐蝕と異なる。原因は殆ど大部分が單線架空式電氣鐵道が近くに敷設せられて、軌條を通つて回歸する電流が、接手から漏電して鐵管を通るによる。

之等の被害は主に鐵管其他の金屬管に限られ、外の材料では輕微であるが、木管を

しめる環や、鐵筋コンクリートの鐵筋にも同様にして起る。即鑄鐵管、鋼管、亜鉛鍍鋼管、鉛管、銅管等に主に起る。

2) 對 策

I 金屬の保護

塗裝材料としては、タール、アスファルトの如き非金屬性のものと、亜鉛の如き金屬性のものがある。併し之等は不完全で、取扱、敷設、掃除に際して破損する事があり、又捻子接手では保護されない。

内服といふのは矢張り非金屬性と金屬性があるが、塗裝に比すれば厚い丈有効である。併し高價である。

更に管其物の材料を選択すべしとの議論もあるが、之は現在では大體限られたものである。

II 水の處理

水の酸度又水素イオン濃度を減ずる。例へば曝氣を行へば遊離炭酸は除かれるが、同時に酸素を追加する缺點がある。消石灰、曹達灰によればよい。

硬水は管壁に化學的保護塗裝を作り易いが、軟水は消石灰で處理する。

酸素の除去は上水道では費用を要するが、温水では熱と眞空とを利用して行つて居る。

III 電蝕防止

電蝕側で行ふべき漏洩電流の輕減方法と、埋設金屬管側に於ける防止とがある。前者には軌條の接手を傳導度の大きな銅板でつなぐ事、電車軌道と大地との絶縁抵抗を砂利や碎石を以て増大する事、後者にはコールタール、アスファルト或はコンクリートで管を塗裝して絶縁する事等があげられる。

附 水泳プール

水泳プール用水としては飲料程嚴重なる水質を必要としないから、自ら別個の觀點に立つ事が大切である。唯淨水法が上水道のものを簡略にして使用して居る關係上、此所に述べる。

1) 汚 染

主に水泳者より来る。毛髪、皮膚、粘膜、尿等がある。其他鼻汁、唾液、汗、垢等は如何に清潔なる水泳者からも来る。之を次の如く分けて考へる。

I. 浮游質 水に濁濁を生じ、薄膜が表面を蔽ひ、悪臭を發するに至る。

II. 溶解質 硝酸鹽と鹽化物とが主で、之は汚染の標識となる。

III. 細菌 種類は枯草菌、靈菌の如きもの、便に源を有する大腸菌、ビオチアネウス菌、腸炎菌、變形菌、皮膚より来る葡萄狀球菌、連鎖狀球菌等であるが、攝氏 21~22° の水温で或は多少或種の細菌の發育を助けはしないか。

2) 傳染病の媒介

I. 消化器系統 割合少い。

II. 呼吸器系統 肺炎の報告はあるが、恐らく抵抗力の低下による自家傳染ではないか。

III. 皮膚系統 化膿症、疥癬、虱等は寧ろタオルや衣服等によるものではないか。

IV. 結膜炎 之は確に水によるが、尙器械的刺戟と眼の過勞とが誘因となる。連鎖狀球菌による。

V. 耳鼻咽喉系統 中耳炎はある。

其他、猩紅熱、麻疹、水痘、デフテリア等が報告されて居るが、水ならず密集といふ事を考ふべし。

要するに水以外の因子が重大なる爲に、プールに起因する流行は結膜炎以外は明確なる證明を缺く。併し病原菌も相當時間水中に生存し得る事は確實である。

3) 淨 水 法

水の自淨作用は待出来ない。常流式換流は、河川、大湖の如き水源があれば別であるが、温度が問題となれば、温泉地方に限られる。斷流式換流は免角不完全になり勝である。

人工的淨水法（即水の循環）は上水道の規模小なるものと考へてよい。

I. 急速砂濾過

壓力式は屋内プール、重力式は屋外プールに多い。全水が濾過槽を通過する時間は

4 時間位がよいが、實際は 8 時間のものが多い。薬品は硫酸礬土が普通で、アルカリ度の補充として曹達灰又は消石灰を加へる。

II. 鹽素殺菌

濾過後漂白粉や液體鹽素を用ふる。殘餘鹽素は 2 ppm 位とする。クロラミン法も宜しい。

III. 微生物が繁殖すれば、硫酸銅 1.0 ppm 位を加へる。

第 3 編 下 水 道

第 1 章 下水道の構成と方式

第 1 節 下水渠と下水處分

下水道は次の 2 部分から構成される。

1) 下 水 渠

各種下水を出来る丈速に排除し、處理又は處分場に送る渠である。其源は下水の種類により異なるが、或は家庭から、工場から、又雨水ならば地表から、地下水ならば地下から来る。要するに下水を速に排除するのが目的である。

2) 下 水 處 分

下水をそのまま河海に放流し、又は地上に導いて自然作用に任せる如きは處分である。處理とは人工的に物理學、化學、生物學等の原理を應用して、或程度迄下水を安定無害化する事をいふ。兩者合せて廣義の處分である。

第 2 節 下水の排除方式

汚水汚物を水を以て流し去る方法が水運式で、暫時住宅内に保留し、時々搬出するのが保留式である。現在の下水道は水運式に基くもので、保留式は、附 尿尿處分で簡単にふれる。其外に桶式、乾燥式、壓力式等があるが今之を省略する。

水運式を大別して 2 とする。雨水と家庭下水とを同一の渠で導くのを合流式といひ、兩者を別々の渠で導くのを分流式といふ。

兩式の優劣を比較すると、合流式の長所とする所は次の如し。

1) 雨水は大量であるから、合流式の渠は分流式の雨水渠と大差なし。但合流式は各戸と連絡の爲に、埋設深さを増し土工費は大となるが、全工費は分流式の兩渠合計よりも遙に廉い。

2) 他の地下埋設物（上水道、ガス、電信、電話等）との関係は、1 本の渠にてすむ合流式の方が施工容易である。

3) 合流式は雨水により、時々渠内の自然流掃が行はれる。

4) 1 本の大渠なるが爲に、検査修繕掃除等にも便である。

合流式の短所は次の如し。

1) 合流式は下水量の變化著しく、晴天時流速を減じ沈澱物多量となり、渠壁に汚物を残し腐敗悪臭を發する事あり。

2) 雨水を混する爲に、最後處理場の容量大となる。併し或程度以上稀釋された場合は、河海にそのまま放流する事も出来る。

3) 道路上の雨水の流入口から、悪臭ガスが逆に出る機会が多い。

要するに都市の状況と地勢等に左右されて、一般的優劣を斷じ難い。之を衛生學的に考慮すれば、分流式が優れりといふ人もある。分流式は已に雨水渠を有する都市、又は小都市にて家庭下水の排除を急務とし、小額の經費で起工せんとする場合に適する。之に反して合流式は、新しく下水道を設備せんとする都市に適する。1 都市で兩者を地域別に併用する事は差支ない。我國では立遅れた爲か、合流式又は兩式併用によるものが多く、分流式は比較的少いが、岐阜市は之を採用して居る。

第 2 章 下水の種類と量

第 1 節 下水の種類

1. 家庭下水

之は住宅、商業建築、其他公共建築等から出る液状廃棄物で、内容は人類生活の結果当然生ずるものである。即ち臺所、浴場、洗濯等の废水と、水洗便所から出る尿尿とを含む。家庭下水を亦汚水ともいふが、汚水に就ては種々の字義がある。

2. 工場下水

各種工業の結果生ずる液状廃棄物であつて、同じく工場から出ても、従業員の生活から生ずるものは家庭下水に属する。

以上 2 が狭義の下水で、之を汚水といふ人もある。

3. 雨水

街路洗濯水の如きは此内に含ませて差支ない。不定期で大量なる事が、雨水の特徴である。

雨水以外の全下水を汚水とする人もある。此汚水量を晴天時下水量といふ。

4. 地下水

之は元來の下水の種類ではないが、下水渠の外部から多少なりとも侵入するものであるから、全く無視するわけにはいかない。

第 2 節 下水の量

1. 家庭下水

1) 1人1日當り家庭下水量

之は上水の平均使用水量に等しとするのが普通である。勿論上水は一部蒸發し一部地下に滲透するから、それ丈減るわけであるが、井水河水等上水以外の水が使はれるから、相殺すると考へてよい。

時間的變化の割合も上水と略々同様と考へて差支ない。即ち日變化は 50%、時間變化は更に其 50% 位増す。

尙尿尿の量に就ては次の通りである。

	1人1日	1人1年
尿	90 gr	33 kg
尿	1200 "	438 "
	1290 "	471 "

2) 人口の増加

都市將來の人口の増加、面積の擴大等、上水道の時述べたと全く同じ。

3) 人口密度

人口密度と其他和状態とは、其地區が商業か工業か住宅か等により異なる。現在の状態は國勢調査其他で分るが、將來の事は之を推定せねばならぬ。

以上は定住人口であるが、尙浮動人口がある。それは通勤者や旅行者の如きである。之を單に汚水量から算出すれば 40~50% 増といはれて居る。各都市及東京市の下水道計畫人口密度は第 13 表及第 14 表の如し。

4) 家庭下水量の算定

1人1日當り下水量	100 (立)
人口密度	400 (人/ヘクタール)
排水面積	A (ヘクタール)

とすれば

$$1 \text{ 日 最大下水量} = \frac{100 \times 1.5 \times 400 \times A}{24 \times 60 \times 60} \text{ (立/秒)}$$

$$1 \text{ 時間最大下水量} = \frac{100 \times 2.25 \times 400 \times A}{24 \times 60 \times 60} \text{ (立/秒)}$$

第13表 各都市下水道計画人口密度(人)

都市名	1000坪當り		ヘクタール當り	
	最高	最低	最高	最低
名古屋市	286	80	865	242
東京市	250	70	756	211
津市	250	67	756	202
大阪市	200	—	605	—
静岡市	200	100	605	303
広島市	200	30	605	91
明石市	190	100	575	303
仙臺市	165	—	499	—
大崎町	120	—	363	—
王子町	50	—	151	—
ドレスデン	364	50	1100	150
ベルリン	264	33	800	100
ロンドン	60	22	182	67
ボストン	51	—	154	—
シカゴ	40	—	121	—

第14表 東京市下水道計画人口密度(人)

區名	1000坪當り	ヘクタール當り	區名	1000坪當り	ヘクタール當り
麴町	70	212	牛込	100	303
神田	200	605	小石川	100	303
日本橋	250	756	本郷	100	303
京橋	200	605	下谷	200	605
芝	120	363	浅草	250	756
麻布	100	303	本所	180	545
赤坂	100	303	深川	180	545
四谷	150	454			

2. 工場下水

之は工業の種類により違ふわけであるが、元來上水使用量は工業用水を入れて算出して居るから、之から來る家庭下水には當然工業用水から來るものも含まれて居る筈である。又工業用水が工場下水と變る迄に失はれる量が、上水以外の水で補はれる事も同様である。従つて工業用水を都市上水以外に仰ぐ如き例外を除き、特に工場下水の量を考慮する必要はない。

3. 雨水

雨水は全部下水渠に流入するものではなく、必要なるは雨水流出量である。降雨強度、流出係數、流達時間等を考慮して算出するのが、所謂合理的方法である。今1は實驗公式により直に雨水流出量を計算し得る。

1) 合理的方法

I. 降雨強度、

雨量は長時間のもの(年、月、日を單位とするもの)よりも時雨量又は分雨量の如く、短時間のものである。之等は長年の記録により始めて知り得るものであるが、資料は一般に少い。

一般に降雨強度は短時間に就て考へる程大であるが、其状態で1時間繼續するものとして、毎時何mmで表す。降雨強度と繼續時間との關係を表した式を、降雨強度公式といふが、之は地方により、又1地方でも何年に1回位の大雨を考へるかで相違する。公式の形として次の如きものがある。

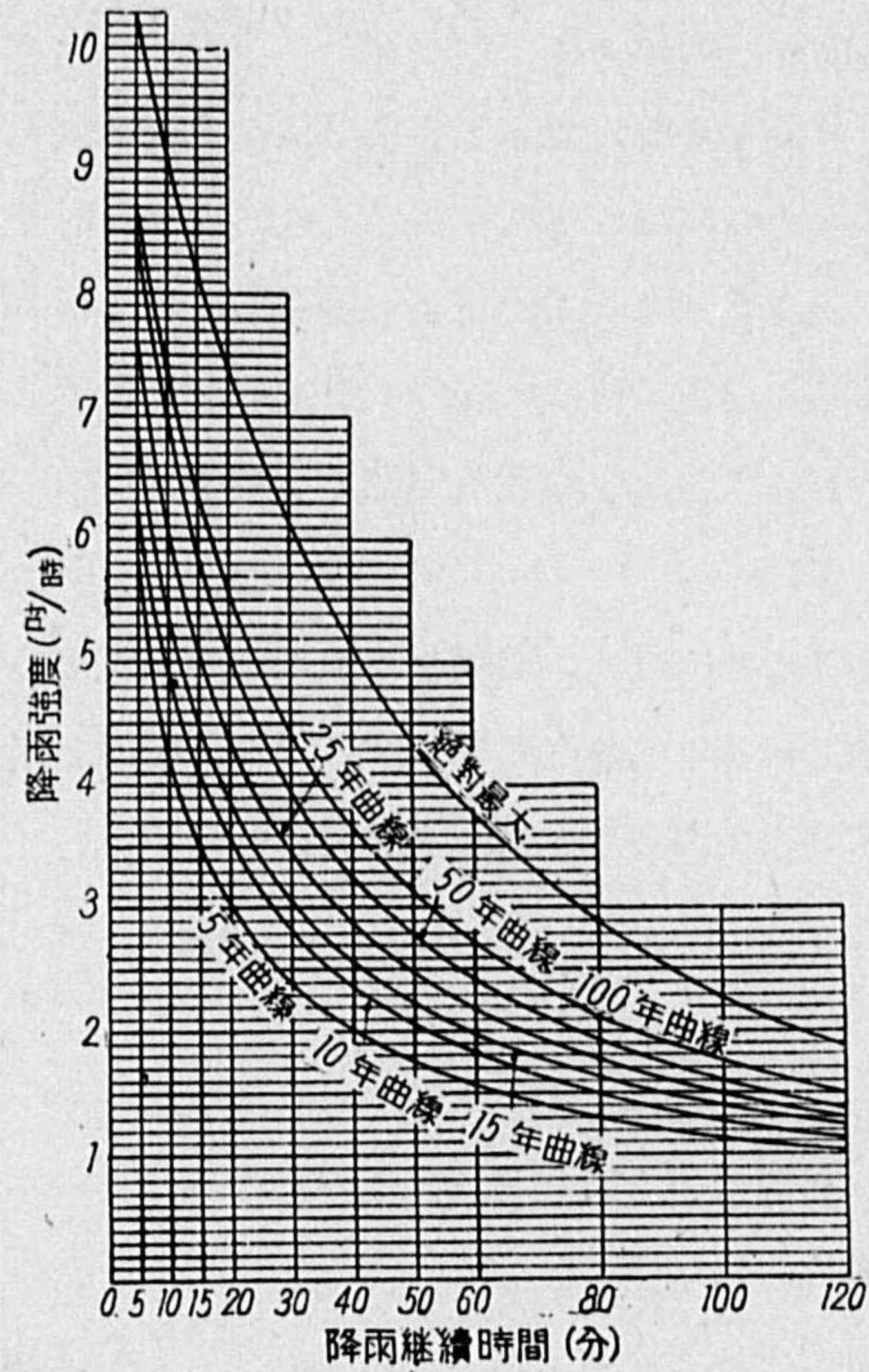
$$i = \frac{a}{t+b}$$

但 i = 降雨強度 (mm/時間)

t = 降雨繼續時間 (分)

a, b = 係數

長年の記録によつて 10 分、20 分、30 分の如き繼續時間の降雨強度を



第51圖 降雨強度曲線

$$i = \frac{5500}{t+50} \quad (\text{第一期})$$

$$i = \frac{5000}{t+40} \quad (\text{第二期}) \quad \text{現設計基準 (第52圖参照)}$$

共に1時間繼續の降雨強度は50mmである。

其外數多の公式があるが、すべて省略する。

以上から降雨量を出すには

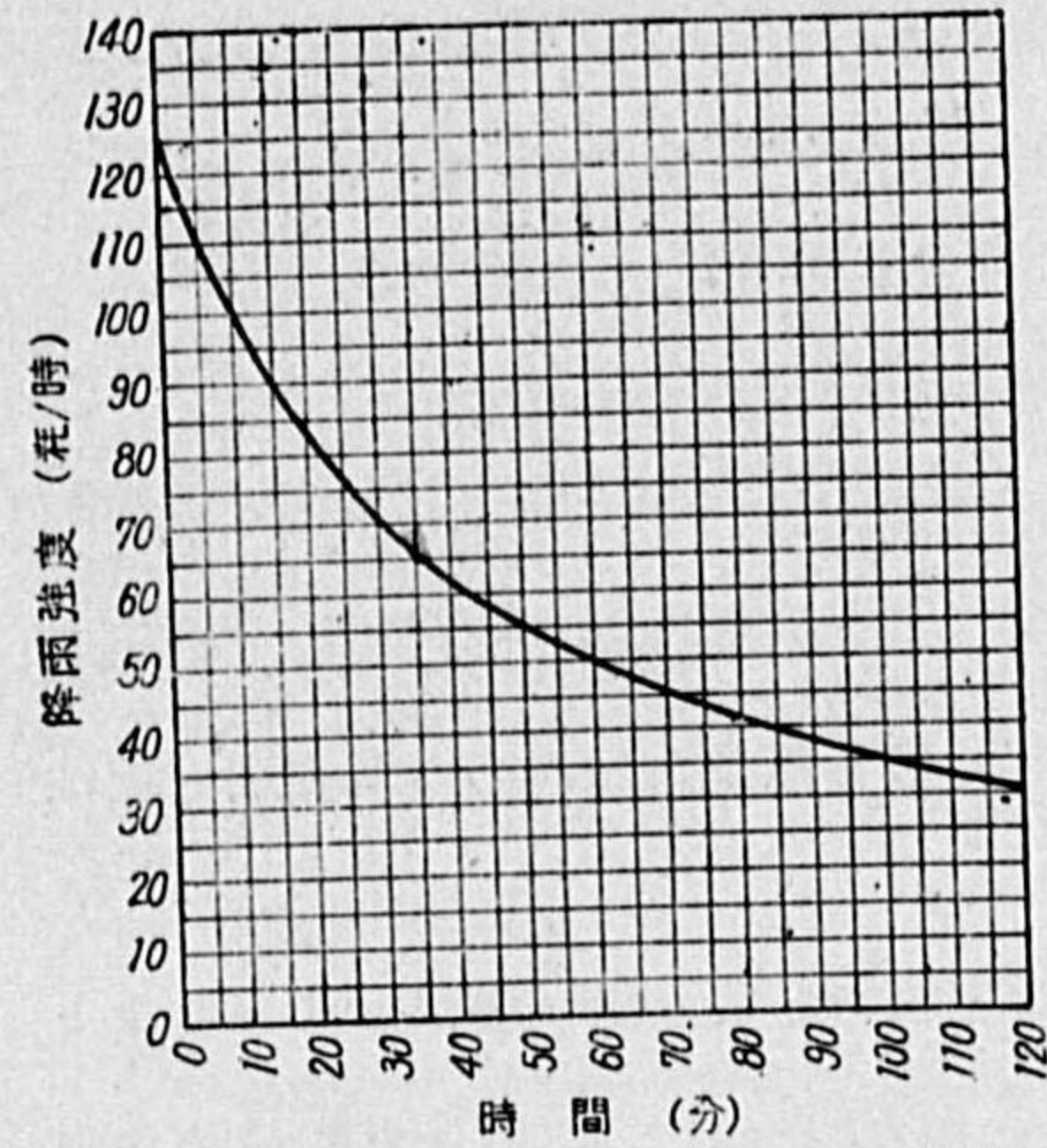
$$q = i \times \frac{t}{60} = \frac{t}{60} \times \frac{a}{t+b} \quad (\text{第53圖参照})$$

大さの順に記録する。假に5年間の記録で、 t を異にする各々第一位のものとすれば、それは5年に1回の割合のものとなる。

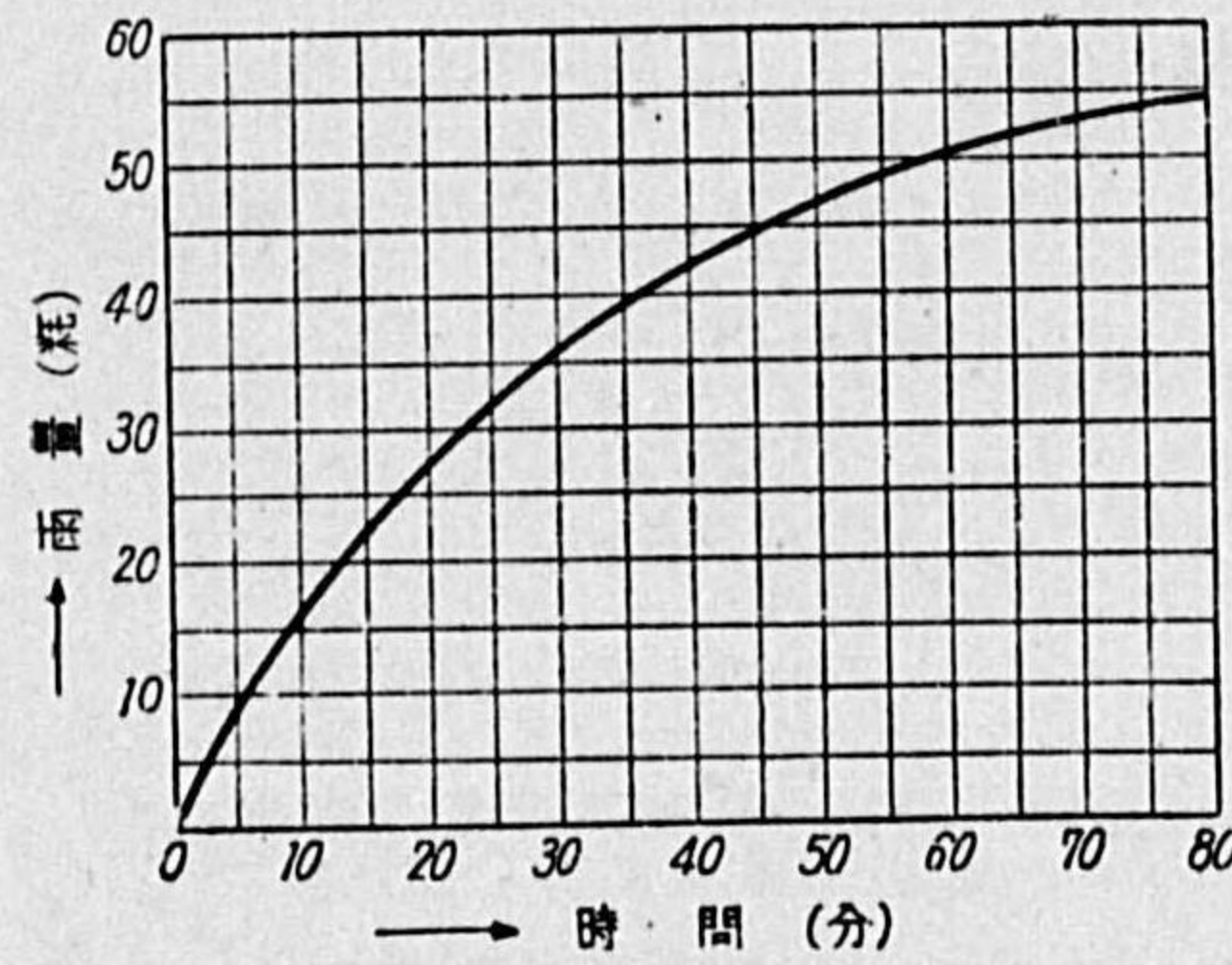
かくて観測値を圖上に書いて、最小次乗法で a, b が決定する。實際問題としては、重要な地域では、5~10年に1回位の大雨を以て設計の標準とし、普通は1~3年に1回位を採るのが穩當であらう。New Yorkの降雨強度曲線は第51圖の通りである。

東京市の公式を次にあげる。

但 $q = \text{降雨量 (mm.)}$



第52圖 降雨強度曲線 $i = \frac{5000}{t+40}$



第53圖 降雨量曲線

II. 強雨の分布状態

以上は雨の時間的關係であるが、更に降雨面積即分布の問題がある。即豪雨と雖も廣大なる地域に一樣に降下するものではない。併し排水面積が特に大なる場合の外は、面積を考慮の必要もなからうし、此現象を省みない爲の誤差は安全側になるから、本邦各都市では別に考慮して居ない様である。

III. 流出係數

降雨量は全部下水渠内に流出するものではない。一部は蒸發し一部は地下に滲透して、殘餘が下水渠内に集る。此下水渠に入る量の降雨量に對する割合を、流出係數又は流下係數といふ。

蒸發量と滲透量何れも、各種の條件により異り、之が解決は至難である。故に滲透を主に考へて、降雨表面の工種別、例へば屋根や舗装の種類による數値も與へられて居るが、寧ろ地域別例へば家屋や道路等の別によつて、流出係數を與へる方が實用的である。今或排水區域を考へて其全體の平均流出係數を算出する。例へば或區域で

	流出係数	面積百分率
家 屋	0.90	30
道 路	0.80	20
空 地	0.20	50

$$\text{平均流出係数} = 0.9 \times 0.3 + 0.8 \times 0.2 + 0.2 \times 0.5 = 0.53$$

かくの如くして区域別平均流出係数が得られる。

更に流出係数を定める公式があるが、それは降雨量、降雨強度、地表面の状態等を變數として函数を以て表す。併し無理な點があり現在殆ど使はれない。

今 1 は流出係数を最初から假定する方法である。例へばベルリンの如き $\frac{1}{3}$ とし、仙臺市では大管 $\frac{1}{2}$ 、小管 $\frac{3}{4}$ の如くした。之は甚だ亂暴の様であるが、實際は複雑な計算を行つたと大差ない結果を與へる。

要するに流出量は次の公式から得られる。

$$Q = CiA$$

但 $Q = \text{流出量}$

$C = \text{流出係数}$

$i = \text{降雨強度}$

$A = \text{排水面積}$

流出係数は尙降雨繼續時間により異り、次第に増加するものであるが、之を基礎流出係数と考へ、更に滲透不滲透兩面の割合を考慮に入れて、帶狀法 (Zone method) 又は等時間分析 (Time contour analysis) なるものが、アメリカで提議されて居るが、本法も理論的に整然たるに比して、實用的には困難多く、従つて勞力大なるに比して其信頼度は疑問である。

IV. 流達時間と遲滯

排水區域の最も遠い所から、雨が下水渠に入る迄の時間を流入時間といひ、普通 5

分位である。下水渠に流入した雨水が一定の距離流れる時間を流下時間といふ。兩者の和が即流達時間である。之を T とし降雨繼續時間 t との關係を考へると

$T \leq t$ 全排水面積の雨が同時に下水渠の其點に達する時がある。

$T > t$ 全排水面積の雨が同時に來る事はない。

何となれば最遠隔の地點からの雨水が最後に其點を通過する時は、それより下流側の地點よりの雨水は、已に其地點を通過後である爲である。此現象を遲滯と名づける。

此場合最大流量を生ずるものが、遲滯現象を起しても短時間の強度大なる雨であるか、又は此現象を起さない程度の繼續時間大なる雨であるかを、比較決定せねばならぬが、實際問題としては $T = t$ として計算を進めて差支ない。

V. 雨水量の算出例

$$\text{公式 } Q = CiA = CA \frac{a}{t+b}$$

$$\text{例 } C = 0.45 \quad A = 10000 \text{ (m}^2\text{)} = 1 \text{ (ヘクタール)}$$

$$i = \frac{5000}{t+40} \quad t = 20 \text{ (分)} \text{ (流達時間 } T \text{ を考ふ)}$$

とすれば

$$Q = 0.45 \times \frac{5000}{20+40} \times 10000 \times \frac{1}{60 \times 60} \times \frac{1}{1000} \text{ (m}^3\text{/秒)}$$

$$= 0.104 \text{ (m}^3\text{/秒)}$$

2) 實驗公式

多年に亘る觀測の結果、其地方の雨量、土地の勾配等を考慮して作られたもので、其地方では信頼し得るであらうが、之を他の都市に適用する事は、慎重の注意を要する。我國で最も多く用ひられる所の Bürkli-Ziegler 公式のみに就て述べる。

$$Q = CrA \sqrt{\frac{S}{A}}$$

但 $Q = \text{雨水流出量 (立/秒)}$

$C = \text{係数 平均 } 0.5$

r = 降雨量 (立/ヘクタール/秒)

A = 排水面積 (ヘクタール)

S = 地表の平均勾配 (%)

C を流出係数と考ふれば、 $\frac{4}{\sqrt{\frac{S}{A}}}$ を遅滞係数と考へてよい。之はスイス Zürich に於て作られたもので、我國と比較的地勢の似て居る點から、大阪市、京都市、名古屋市等之によつた。但合理的方法に比較すると常に其値は小になるといはれるが、兩方法の何れを用ふるにしろ、此點を特に注意すべきである。

其他 Hawksley, Mc Math, Brix 等の公式がある。

4. 地下水

之は元來下水の種類たるべきものではないが、上水道に於ける漏水と同様に、完全に防止する事は不可能である。

下水渠内に侵入する地下水量は、下水渠の材料、施工、接手の構造仕上、維持方法、地下水面の高さ等によつて異なる。従つて其量の推定は甚だ困難で、假定による事が多い。例へば下水渠長さ 1 km に就き 0.2~0.4 立/秒、汚水量の 10~15%、1 人 1 日に就き 17~25 立等の如し。

第 3 章 下 水 渠

第 1 節 材 料

下水渠材料として具備すべき條件は下の如し。

- 1) 強度大
- 2) 腐蝕侵蝕されず
- 3) 内面平滑

4) 水 密

5) 價格低廉

等である。現在使用されて居るものは、陶管、モルタル及コンクリート管、鐵筋コンクリート管、煉瓦及石材渠等である。

1. 陶 管

古來土管と稱したもので、日本標準規格第 59 號を以て、陶管の規格が定められた。之によると肉厚により、並管、厚管、特厚管の 3 種あるが、下水渠としては厚管が適當する。徑は 5~90 cm 迄あるが、下水渠には 45 cm 以下位を用ふる。

特徴は耐酸耐アルカリ性を有し、腐蝕磨滅の憂少く、内面平滑にして敷設容易なる點にある。缺點としては、品質脆弱、大徑のものは製作困難なる事があげられる。

接手としては挿込接手とて、挿口承口の間隙を横肌又はヤーン(麻)でつめて後、配合 1:3 位のモルタルを填充する。

製造法に就き簡単に述べると、原料は陶土で、珪酸及礬土に富む良質の粘土よりなる。之を水で練合せ、手作り又は成形機により形を作り、乾燥後釉薬を施し、窯に入れ點火する。徐々に高温とし 1200~1500°C で 4 晝夜位保つ。次に冷却 1 週間後位に搬出する。

主産地は愛知縣常滑町、高濱町、岡山縣伊部町等である。

2. モルタル及コンクリート管

之は圓管以外に卵形、馬蹄形、矩形等種々の形が作られる。場所詰と工場製とがある。

下水道用コンクリート管臨時規格が、水道協會により昭和 16 年 9 月に制定せられた。之によると、内徑 30~80 cm の 7 種で、有効長は 100 cm、但内徑 70 cm と 80 cm とは有効長 75 cm である。接手は特に定めて居ない。上置荷重は後述の乙種によつて居る。

特徴としては任意の形狀とし得る事、内面を平滑にし得る事、敷設、施工容易なる事等であるが、缺點は脆弱にして運搬や施工に破損多き事と、耐酸性に乏しき事とであらう。

3. 鐵筋コンクリート

水道協會制定の下水道用鐵筋コンクリート管規格がある。下に全文を掲げるが、之によると埋戻土の深さと上置荷重とにより、甲乙二種に分れて居る。内徑30~150 cm、長さはすべて 1m である。何れも工場製である。

此外場所詰としては内徑 150 cm 以上のものや、各種断面形状のものが作られる。特徴としてモルタル及コンクリートと違ふ點は、強度大に耐震性に富む事である。接手は規格によれば、管端に凹凸を附し、突合せてモルタル目地を施すものとなつて居る。

下水道用鐵筋コンクリート管規格

第一條 本規格ハ下水道ニ使用スル普通製管法ニ依リ製作シタル鐵筋コンクリート

圓形管(以下單ニ管ト稱ス)ニ之ヲ適用ス

第二條 管ハ甲種管乙種管ノ二種トシテ稱呼 内徑有効長及耐壓試驗ノ荷重ハ第 1 表及第 2 表ノ如シ

第 1 表 甲 種 管

稱 呼	内徑 D cm	有効長 L m	管厚 T cm	鐵 筋 量		耐壓試驗ノ荷重		備 考
				主 鐵 筋 kg/m	補助鐵筋 kg/m	龜裂荷重 kg/m	破碎荷重 kg/m	
30 糎管	30	1	3.8	單式 1.0以上	0.9以上	1200	1700	1. 主鐵筋トハ輪鐵筋ヲ謂ヒ補助鐵筋トハ縱又ハ斜ノ鐵筋ヲ謂フ 2. 主鐵筋ノ中心間隔ハ5糎乃至10糎トス
38 糎管	38	1	4.4	" 1.6 "	1.2 "	1300	2000	
45 糎管	45	1	5.0	" 2.3 "	1.7 "	1400	2200	
52 糎管	52	1	5.6	" 3.2 "	2.1 "	1500	2400	
60 糎管	60	1	6.2	" 4.6 "	2.5 "	1700	2800	
70 糎管	70	1	6.9	" 6.3 "	3.1 "	1900	3200	
80 糎管	80	1	7.6	" 8.2 "	3.7 "	2100	3800	
90 糎管	90	1	8.3	" 10.0 "	4.3 "	2400	4500	
100 糎管	100	1	9.0	" 14.0 "	4.9 "	2800	5200	
110 糎管	110	1	9.7	複式 30.0 "	7.6 "	3200	6000	
120 糎管	120	1	10.4	" 36.0 "	8.4 "	3600	6800	
130 糎管	130	1	11.1	" 42.0 "	9.4 "	4000	7700	
140 糎管	140	1	11.8	" 49.0 "	10.6 "	4500	8600	
150 糎管	150	1	12.5	" 56.0 "	11.8 "	5000	9500	

第 2 表 乙 種 管

稱 呼	内徑 D cm	有効長 L m	管厚 T cm	鐵 筋 量		耐壓試驗ノ荷重		備 考
				主 鐵 筋 kg/m	補助鐵筋 kg/m	龜裂荷重 cg/m	破碎荷重 kg/m	
30 糎管	30	1	3.3	單式 1.8以上	0.7以上	1000	1400	1. 主鐵筋トハ輪鐵筋ヲ謂ヒ補助鐵筋トハ縱又ハ斜ノ鐵筋ヲ謂フ 2. 主鐵筋ノ中心間隔ハ5糎乃至10糎トス
38 糎管	38	1	3.7	" 1.2 "	1.0 "	1100	1600	
45 糎管	45	1	4.2	" 1.8 "	1.4 "	1100	1700	
52 糎管	52	1	4.8	" 2.7 "	1.8 "	1200	1900	
60 糎管	60	1	5.4	" 3.6 "	2.3 "	1300	2200	
70 糎管	70	1	6.0	" 5.0 "	2.8 "	1400	2500	
80 糎管	80	1	6.6	" 7.0 "	3.4 "	1600	2900	
90 糎管	90	1	7.2	" 9.0 "	4.0 "	1800	3400	
100 糎管	100	1	7.8	" 12.0 "	4.6 "	2100	3900	
110 糎管	110	1	8.4	複式 24.0 "	6.4 "	2400	4400	
120 糎管	120	1	9.0	" 29.0 "	7.2 "	2700	4900	
130 糎管	130	1	9.6	" 34.0 "	8.2 "	3000	5400	
140 糎管	140	1	10.2	" 40.0 "	9.4 "	3300	6000	
150 糎管	150	1	10.8	" 48.0 "	10.6 "	3600	6600	

耐壓試驗ニ於テ龜裂荷重トハ管體ニ幅 1/4 耗以上ノ龜裂長サ 30 糎ニ及ヒタル時其際ノ荷重ヲ謂ヒ破碎荷重トハ管ノ最大負荷重ヲ謂フ

第三條 管ハ土木學會鐵筋コンクリート標準示方書ニ準據シテ製作スヘシ

但シ鐵筋ニハ冷間引拔鋼線ヲ使用スルコトヲ得

第四條 管ノ内外周ハ實用的同心圓ニシテ 其兩端面ハ管軸ニ對シ 實用的直角タルヘシ

第五條 寸法ノ公差ハ管徑ニ於テハ $\pm \frac{1}{150}$ 有効長ニ於テハ $+\frac{1}{100}$ トス

第六條 管ハ製作後 28 日以上ヲ經タルモノトシ其質緻密ニシテ有害ナル疵無ク特ニ内面ハ平滑ナルコトヲ要ス

第七條 耐壓試驗ハ供試管ヲ堅固ナル臺上ニ横タヘ頂部及底部ニ厚サ 20 耗ノ優良ナル板「ゴム」ヲ當テ頂部ニハ更ニ適當ナル角材ヲ載セ管ノ全長ニ亘リ略ボ均等ノ荷重ヲ遞加シ之ヲ行フモノトス

第八條 耐壓試驗ニ用フル供試管ハ管ノ種別稱呼ヲ異ニスル毎ニ 200 本又ハ其ノ端

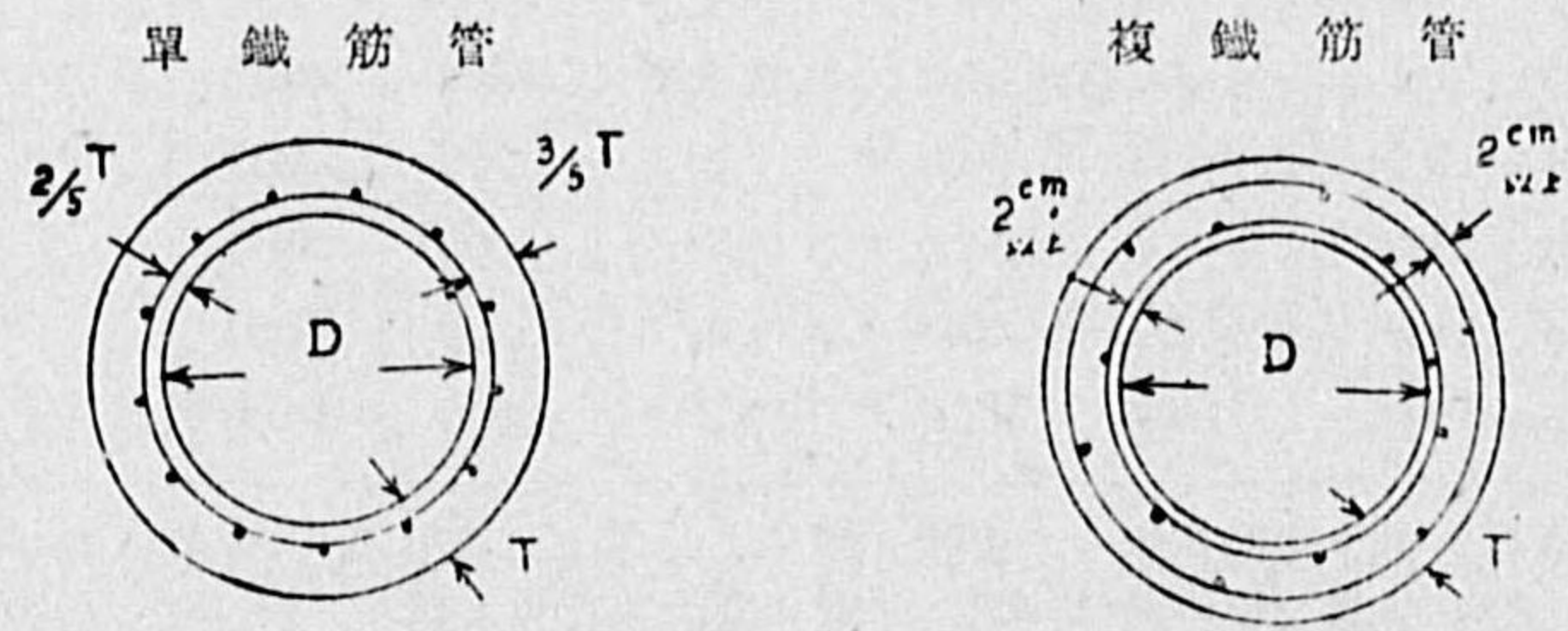
數ヲ一組トシ各組ヨリ任意ニ一本ヲ取ルモノトス但一組ノ數ハ註文者ノ指定ニ依リ増加スルコトヲ得

第九條 第七條ノ耐壓試験ニ合格セサル場合其組ニ付再試験ヲ行フ事ヲ得再試験ニ在リテハ不合格トナリタル組ヨリ更ニ強度ノ不足 10% 以内ノ場合ハ 2 本 20% 以内ノ場合ハ 4 本ノ供試管ヲ取り試験ヲ行ヒ其組ニ屬スル各供試管全部合格スルコトヲ要ス

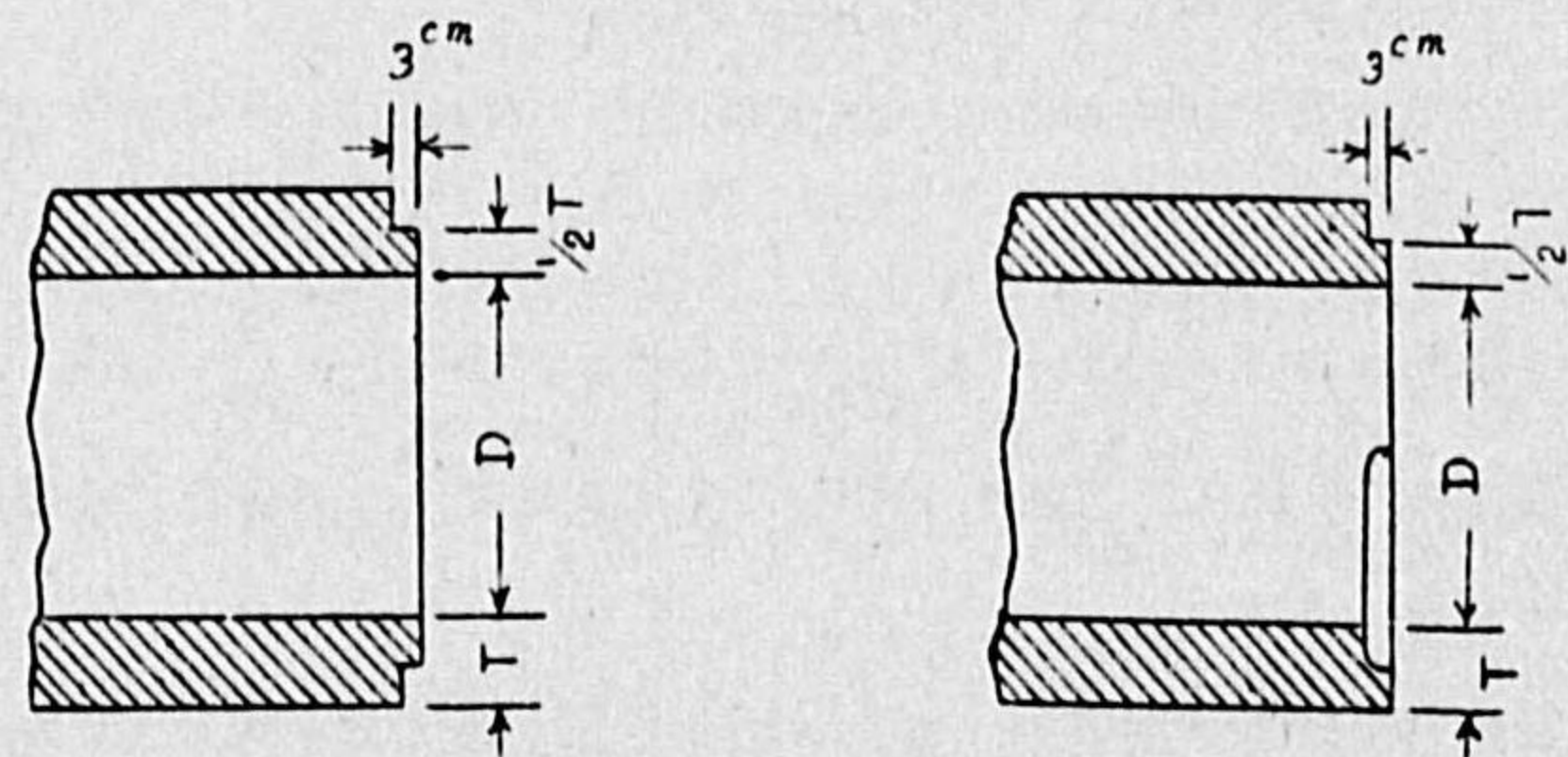
第十條 管ニハ其種別稱呼製作年月日及製作者ノ記號ヲ記入スルモノトス

参 考 圖

管 配 筋 圖



管 接 合 部 構 造 圖



備 考

1. 本規格ニ於テ甲種管ト稱スルハ 1/3 圓周ノ基礎面ニテ支ヘタル場合濕潤ナル埋戻土ノ管頂迄ノ深サ 3 米ノ垂直土壓ト同時ニ上置荷重毎平方米ニ付 2000 珎

ノ荷重ニ耐ニルモノ又乙種管ト稱スルハ同シク埋戻土 2 米ノ垂直土壓ト同時ニ上置荷重毎平方米ニ付 1000 珎ノ荷重ニ耐ニルモノトス然レトモ管埋設ニ當リテハ基礎面ヲ加減シ又ハ管ノ防護工ヲ適當ニ行フコトニ依リ實際ノ荷重状態ニ應セシムルコトヲ得

2. 配筋ノ一例次ノ如シ

種 別 稱 呼	甲 種 管				乙 種 管			
	輪 鐵 筋 徑 mm	縱 鐵 筋 數 本	輪 鐵 筋 徑 mm	縱 鐵 筋 數 本	輪 鐵 筋 徑 mm	縱 鐵 筋 數 本	輪 鐵 筋 徑 mm	縱 鐵 筋 數 本
30 糎管	3	16	4	8	3	13	3	11
38 糎管	4	11	4	10	3	16	4	8
45 糎管	4	13	5	10	4	11	5	8
52 糎管	4	15	5	12	4	13	5	10
60 糎管	5	12	5	14	4	15	5	12
70 糎管	5	14	5	17	5	12	5	15
80 糎管	5	16	5	20	5	14	5	18
90 糎管	6	13	5	23	5	16	5	21
100 糎管	6	15	5	26	6	13	5	24
110 糎管	6	2-15	5	40	6	2-13	5	34
120 糎管	7	2-12	5	44	6	2-14	5	38
130 糎管	7	2-13	5	50	6	2-15	5	44
140 糎管	7	2-14	5	56	7	2-12	5	50
150 糎管	7	2-15	5	62	7	2-13	5	56

3. セメントハ出來上リコンクリート 1 立方米ニ就キ 300 珎以上ヲ使用シ水量ハセメントニ對シ重量比ヲ以テ大體 60% ヲ用ヒ軟練トス
4. 養生ハ藪布等ヲ以テコンクリート外部ヲ覆ヒ之ニ撒水シテ尠ク共 7 日間常ニ濕潤状態ヲ保タシメ型枠取外シハ最低溫度 15°C 以上ノ場合ハ 2-3 日間 5°C 以上ノ場合ハ 3-6 日ヲ大體ノ標準トス

4. ヒューム管

之は元來鐵筋コンクリート管ノ一種で上水道で已に述べた。普通管、壓力管、下水