

第六章 淨水法

第一節 概説

天然に存在する水は、普通の湧水及び或る種の深井水の如き比較的完全に近い自然浄化を経たる水を除いては、多くは物理的、化學的及び細菌學的に不純であつて、其の儘飲用に供し得るものは極めて稀である。茲に於て家庭用を初め、種々の用途に對して人工的に水を浄化する必要が起つて來る所以である。嚴密に云へば浄化の方法は原水の性質により、將又使用の目的により夫々適當の方法を講ずべきであつて、例へば家庭用水としては第一に有害なる細菌類を取除き、併せて種々の浮游及び溶融不純物を除去し、尙適當なる硬度を保たしめ外觀を清澄ならしめなければならぬ。然るに工業用水としては一般に細菌學的の性質は重大視する要なく、軟水であつて有機不純物を混溶せざるをよしとするのであるが、同じ工業用水の中でも、醸造、製糖、及び澱粉工業等にありては寧ろ微生物の關係に重きを置くの要あり、製紙パルプ製造及び染色工業等にありては化學的性質中殊に鐵分、マンガン等を忌むが如き其の一例である。

都市水道としては主として保健、衛生上の目的から家庭用水に重點を置くべきは勿論であるが、一面に於て種々の工業用水をも併せ考慮し、なるべく何れの用途に對しても支障なき浄水を得らるゝ方法を講ずべきである。

今水の浄化に於て取除くべき水中の不純物から大別すれば(1)水中に浮游して居る不純物の除去(2)溶融して居る不純物の除去の二つに分けることが出来るのであるが、之等不純物を取除く方法によつて分けて見ると次の如き種類を擧げることが出来る。

1. エーレーション(曝氣法)
2. 沈澱法

- 淨水法
3. 濾過法
 4. 藥品法
 5. 電氣法

以下順を追ふて之等人工的浄水法を述べる前に、先づ河川の自浄作用に就て一言する處あるであらう。

第二節 河川の自浄作用

古來『一寸流れりや金の水』と云ふ諺がある、即ち停滯水は時を経るに従ひ腐敗するものであるが、流水は然らず寧ろ流下しつゝある間に浄化さるゝものであることを事實に就て知つて居たのである。然り河川の水は事實流下するに従ひある程度の浄化を自ら行ふものである、此の現象は泰西諸國に於て方々の河川で實證せられて居る。ケルンの下流2哩と6哩のライン河に於ける實驗によれば細菌の數は此の4哩の間に於て $\frac{1}{3}$ に減じたとのことである、ウインに於けるダニウブ河、ミュンヘンに於けるイザール河に於ても同様の結果を見、チツデイ氏の説によれば、20%の下水を含む河水は10哩~20哩を流るゝ間に全然浄化したとの事である。然らば此の浄化作用は如何なる程度に如何なる理由によつて行はれるかと云ふに、其の自浄の割合は流速、浮游物質の量、河床及び河岸の状態等種々の條件に關係するものであつて、自浄作用の行はるゝ理由としては大體に於て次の諸因が擧げられる。(1)下流に行くに従ひ支流の合併地下水の湧出により稀釋度が高くなること、(2)沈澱作用により種々の不純物が沈下すると同時に細菌類をも之れに附隨して沈澱せしむること、(3)太陽の光線により化學的にある程度の消毒作用が行はれること、(4)エーレーションが行はれること、(5)水中生物界に於て弱肉強食の生存競争が行はれること等である。勿論之等の諸作用の中でも前記河の状態により程度の大小はあるならんも、要するに之等諸作用の全部又は一部が相伴つて、河川水の自浄作用が行はるゝものと見る

のが妥當であらう。

第三節 エーレーション (曝氣法)

エーレーションとは原水を噴水状、瀧状、簾状となし又は原水中に空気を噴出せしめ或は原水をコークス等の如き多孔性の物質に接觸せしめ、動的、又は靜的によく空気が混交せしむることによつて、水中に存在する鐵、マンガン其他被酸化性有機物を酸化沈澱せしめ一面に於て、水中の有害なる瓦斯體を發散せしめ併せて異臭味を取除く方法である。而して此の方法は一般に深井水の如き上記不純物を含む原水に對し最後處理としての濾過法の前處理として、利用せらるゝものである、河川の表流水、平常酸素を比較的多量に含む原水に對してはあまり効果はないが、井水又は貯水池に對しては甚だ有効である。我國に於ては佐賀市、堺市、富洲原町 (三重縣) 山形縣酒田町の各水道の如き何れも井水を原水とするもので、主として鐵分、アンモニア、其他有機物の除去の爲に此の方法を採用して居る。(附表参照)

酒田町水道水質曝氣試驗表 (昭和6年3月6日)

採水箇所	取水井	沈澱池
氣温	13度	同
水温	13度	13度
色度及濁度	稍透	無色透
臭味	ナシ	ナシ
反應	中性	中性
クロール	17.0	16.5
硫酸	微量	微量
硝酸	檢出	檢出
亞硝酸	檢出	檢出
アンモニア	不檢出	不檢出
過マンガン酸カリウム消費量	5.0	2.6 (離脱率 48%)
硬度	2.2	1.6 (同 27%)
蒸發殘渣	185.0	130.0 (同 30%)
鐵 (Fe)	1.5	0.13 (同 91%)

[備考] 表中の硬度は獨逸硬度にして其他の數字は檢水1リットル中に含有するミリグラム量なり

曝氣は約1mの噴上の後厚さ3米のコークス層を通過せしめたるもの、構造は後章参照のこと

佐賀市水道水質曝氣試驗表

性	水質	原水 (第四水源井)	曝氣後
濁度	度	ナシ	ナシ
色度	度	8.0	6.5
臭味	味	特種臭アリ	異常ナシ
反應	應	弱アルカリ性	弱アルカリ性
クロール	ル	28.4	27.6
硫酸	酸	檢出セズ	檢出セズ
硝酸	酸	〃	〃
亞硝酸	酸	〃	〃
アンモニア性窒素	窒素	0.50	0.014
蛋白アンモニア性窒素	窒素	0.16	0.05
過マンガン酸カリウム消費量	消費量	12	10.5
硬度	度	一時硬度	2.16
		永久硬度	1.90
蒸發殘渣	渣	385	248.5
鉛		檢出セズ	檢出セズ
鐵		0.7	0.6

[備考] 曝氣塔を利用し瀧状として曝氣したるものにて臭及びアンモニアの除去には著しく効能を發揮し居れども、有機物及び鐵分に對しては左程著しからず、構造は後章参照のこと。

堺市水道水質曝氣試驗表

原水は深井水

原水中の鐵分

曝氣後の鐵分

1.12

0.74

[備考] 量は一立中の重量なり、(曝氣塔構造は後章参照のこと)

第四節 沈澱法

沈澱法は河川水の如き浮游不純物を多量に含む原水に對し行ふ方法であつて、

一定の時間原水の流速を著しく緩かにするか、或は全然静止の状態に於て水中に存在する水より、比重の大なる諸種の浮遊不純物を沈澱せしめ、併せて之等に附隨して細菌質の如き微生物をも或る程度迄沈下せしむる方法であつて、曝氣法と同じく濾過法に對して前處理即ち第一次淨水法として利用せらるゝものである。

沈澱法には色々の方法があつて、大體次の様に分けることが出来る。

- 沈澱法
- 1. 普通沈澱法 - { 常流式
 { 間歇式
 - 2. 化學的沈澱法 - { 常流式
 { 間歇式
 - 3. 機械的沈澱法

其一 普通沈澱法 Plain Sedimentation

普通沈澱法は單に浮遊物の多き原水の流速を緩にし、又は静止せしめて水の運動力を一定時間弱むることによつて水より重き諸物質を沈澱せしめて除去する方法である。河川水が降雨出水に際し甚しく濁濁を呈するは其の流域、沿岸から種々の不純物を流掃して來るからであつて、此不純物の大部分は粘土や砂の微細なる粒で、其の比重は大體 2.0 ~ 2.5 の間にあり靜水又は靜水に近き緩速度になれば自然沈澱を來すものである、而して其の沈下の速度は之等不純物質の表面が水に對する抵抗によるものであつて、表面積は微粒になる程體積の割合に大なるものであるから同じ比重のものならば、細粒のもの程沈澱し難い事は勿論である。従つて細粒の不純物を含む程、沈澱に要する時間は多くを要するわけである。

沈澱能率が沈澱時間に比例することは勿論であるが、原水に對して幾何の沈澱時間を見込めば適當であるかと云ふ事は、原水が浮遊不純物により濁濁されて居る程度、不純物の種類によつて一様でなく、又後述藥品沈澱を行ふか否かにより又之れに引續いて行はるべき淨化法との關係に依つて異なるものである。即ち沈澱を出来る丈完全に、次の淨化施設の役目を軽くするか、それとも次の淨化機關の働きを少し重くして、沈澱の役目を少し軽くして置く方が利益であるかどうかに関係し、且又沈澱施設を置く地形、工費用材料を得ることの難易等に關聯

靜水中に於ける砂及び泥の沈下速度

粒 徑 mm	沈下速度 mm/秒 10°C=50°F	粒 徑 mm	沈下速度 mm/秒 10°C=50°F
1.00	100	0.03	1.3
0.80	83	0.02	0.62
0.60	63	0.015	0.35
0.50	53	0.010	0.154
0.40	42	0.008	0.098
0.30	32	0.006	0.055
0.20	21	0.005	0.0385
0.15	15	0.004	0.0247
0.10	8	0.003	0.0138
0.08	6	0.002	0.0062
0.06	3.8	0.0015	0.0035
0.05	2.9	0.0010	0.00154
0.04	2.1	0.0001	0.000154

し一様に律するわけには行かないのであるが、我國の實例に徴すると 24 時間 ~ 48 時間を普通とする。勿論此の時間はすべてが普通沈澱のみを以て如何なる原水汚濁の時に於ても之で充分であると云ふ意味ではなく、一般に普通沈澱のみを以てすれば極度に濁濁せる場合は、著しく沈澱の時間を要し、従つて沈澱池の容積を大ならしめ、築造費に多額の工費を要するにより、普通以上に濁濁せる場合は、後述藥品沈澱を以て沈澱作用を助成し、常時の沈澱時間を節約するを通例とする。然しながら多くの沈澱試験の結果によれば、先づ普通沈澱 24 時間を經過すれば 80 %、48 時間を經過すれば 90 % 以上の沈澱率を擧げ得ることは珍らしくない。

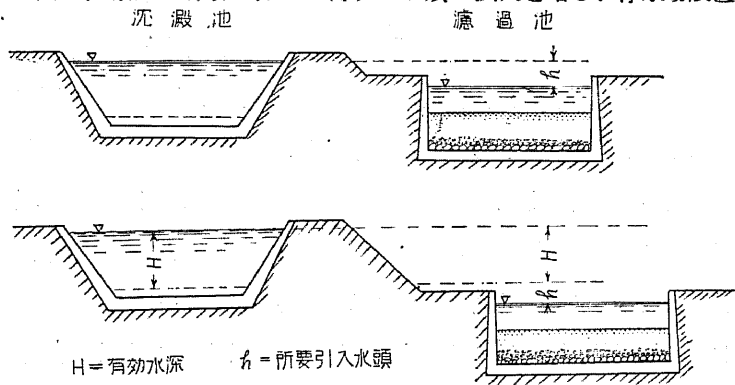
水より重き物質の沈澱により、輕き微生物も亦之れに附隨して沈澱除去されることは前述の通りであるが、一方沈澱池の中に於て太陽の光線の爲めにある程度の殺菌作用が行はれて、細菌が死滅減少することも注目を要することである。然しながら沈澱時間あまりに長きに過ぐる時は池内に於て却つて細菌の繁殖も來すことがあるから警戒を要する。

沈澱法を操作方法により常流式 (Continuous flow method) と間歇式 (Intermittent flow method) との二つに分けることが出来る。

常流式とは沈澱池内に於て速度は著しく緩かになるが決して静止停滞せしむることなく、常に池の一方より連続的に引入れ一方より連続的に其の上澄水を引出す方法である。

間歇式とは一つの沈澱池に満水せしめたる時は、一定時間引出しを中止し、全然池内の水を静止停滞の状態に置き、沈澱完了を俟つて引入れを中止して、全部を引出す方法である。勿論後者の方が沈澱の完全なるは言を俟たないのであるが、それ丈多大の時間と多数の池とを要し且つ第 35 圖にて明かなる如く前者に比して、濾過池との間に沈澱池の有効水深に相當する水頭の損失を増し、淨水場設置の地形に

よつては其の間多大の土工費をも要する等の不利を免れない。



第 35 圖

沈澱と温度との關係 沈澱の速さは水の温度にも關係するものであつて、水温高ければ早く、水温低くければ遅いものである。0°C に較べると 23°C の温度に於ては倍の速さで沈澱すると云はれて居る。故に一般に夏期は沈澱速かに、冬期は之れに反して遅くなるわけであるが、我國に於ては一般に冬期は降雨少なく河川水は比較的清澄なるを以て、實際問題としては差したる影響はない。

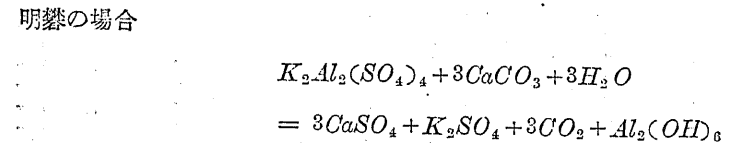
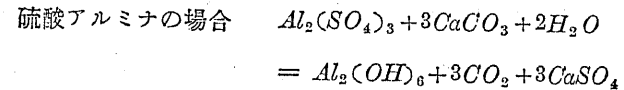
其二 化學沈澱法 (Sedimentation by chemicals)

浮游物質が微粒で、量が多くなると、普通沈澱法のみでは著しく長時間を要

し、或は殆んど沈澱し難い場合がある。斯かる時に薬品を用ひて沈澱を促進する方法である。後述急速濾過法に於て河川水を原水とする場合には殆んど例外なしに常時之れを用ひる。此の薬品を沈澱劑沈澱劑又は凝集劑と稱し、硫酸アルミナ、(又は硫酸礬土と云ふ) (Sulphate of Alumina) 明礬 (Sulphate of Al. 4K) 硫酸鐵 (Ferrous sulphate) 等が用ひられ就中多量に生産せられ價格廉なる硫酸アルミナが最も普通的に用ひられる。薬品の注入量は原水中の浮游物の量、性質、沈澱に要する時間又は淨化の程度等により異なるものであつて、普通大體に於て次の割合に用ふる。

硫酸アルミナ (硫酸礬土) $[Al_2(SO_4)_3]$	10.P.P.M ~ 90.P.P.M.
明 礬 $[2Al. K. (SO_4)_2]$	"
硫 酸 鐵 $(FeSO_4)$	"

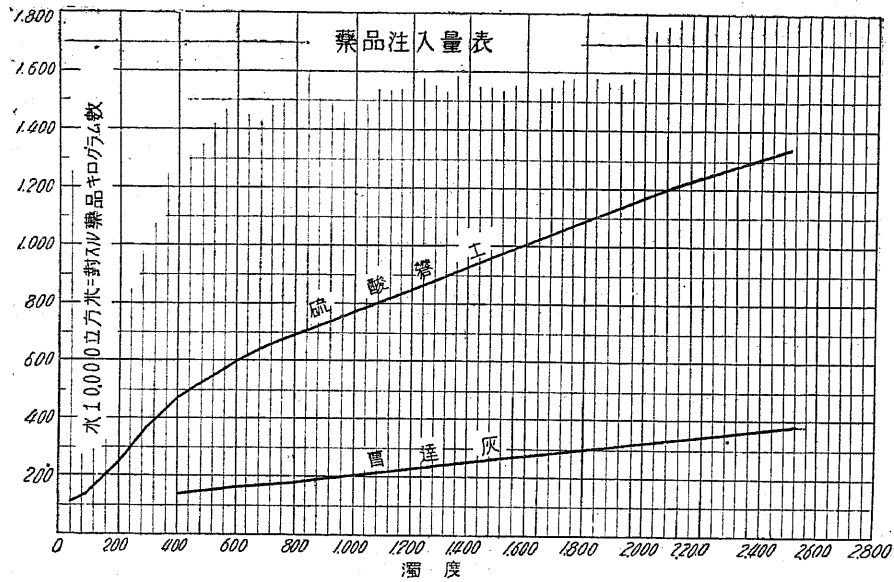
今之等薬品を水中に注入したる時、如何なる化學的變化を起して凝集劑を形成するかを見るに、



上記反應は薬品注入後數分間に於て始り之れにより形成されたる水酸化アルミナ $Al_2(OH)_6$ は凝集性に富む膠狀物質にて、此のものが凝集劑として作用し種々の浮游不純物を抱擁して沈下し併せて細菌類をも沈澱せしむる働きをなすもので其の沈澱率は 45 ~ 75% の間にある。

上記兩化學反應にて知らるゝ通り何れも相當のアルカリ性を必要とするものにて若し之れに缺くる時は石灰、曹達等を注入して之れを補ふを要する。

我國に於ける使用例 江戸川水道



沈澄劑使用量表 (横濱市水道)

原水濁度	硫酸礬土	曹達灰	原水濁度	硫酸礬土	曹達灰
20	378,000分 ¹	曹達灰は原水	2,000	9,200分 ¹	15,330分 ¹
30	257,500 "	濁度 300 度以	2,300	8,300 "	13,830 "
50	189,000 "	上の場合に用	2,600	7,700 "	12,830 "
70	141,750 "	ひ其使用量は	3,000	6,900 "	11,500 "
100	113,400 "	硫酸礬土の60	3,500	6,250 "	10,420 "
130	78,000 "	%とす	4,000	5,700 "	9,500 "
160	71,000 "		4,500	5,250 "	8,750 "
200	56,700 "		5,000	4,900 "	8,170 "
250	47,200 "		6,000	4,400 "	7,330 "
300	40,500 "	67,500分 ¹	7,000	4,000 "	6,670 "
350	35,400 "	59,000 "	8,000	3,700 "	6,170 "
400	31,500 "	52,500 "	9,000	3,500 "	5,830 "
450	28,300 "	47,170 "	10,000	3,300 "	5,500 "
500	23,500 "	39,170 "	12,000	3,000 "	5,000 "
600	22,700 "	37,830 "	14,000	2,750 "	4,580 "
700	20,300 "	33,830 "	16,000	2,600 "	4,330 "
800	18,300 "	30,500 "	18,000	2,400 "	4,000 "
900	16,700 "	27,830 "	20,000	2,300 "	3,830 "
1,000	15,300 "	25,500 "	25,000	2,100 "	3,500 "
1,200	13,500 "	22,500 "	30,000	1,950 "	3,250 "
1,400	12,100 "	20,170 "	35,000	1,800 "	3,000 "
1,600	11,000 "	18,330 "	40,000	1,700 "	2,830 "
1,800	10,000 "	16,870 "	50,000	1,500 "	2,670 "

其三 機械的沈澱法 Mechanical Precipitation

粘土、白堊、コークス、陶土、鐵滓等の多孔性物質を小さく均等大に碎き、之れを沈澱を促進せんとする水中に混じ、充分攪亂したる後静止の状態に放置し置く時には、浮遊せる物質は細菌類と共に沈澱するものである。然しながら此の方法は材料と工法に多額の費用を要し、且つ時に水に不愉快なる味をつけることがあるから、飲用水としては用ひられない。

第五節 濾過法

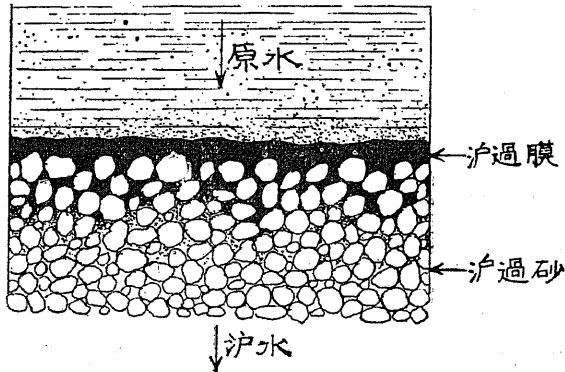
水を砂濾すれば濁りがとれて、外觀上著しく綺麗になると云ふ事は、可なり昔から知られた事柄であるが、之れと同時に如何なる理由で衛生的に其の質が改善せらるゝものであるかと云ふ事に至つては、19世紀の末頃迄には未だ充分究明せらるゝに至らなかつたのである。1,829年は此の砂濾法が都市水道として始めてロンドン水道に應用せられた年であるが、其の目的は單に外觀上の濁りを取つて清澄水とするに外ならなかつたのであつた。即ち濾過と云ふ事は單に砂の目で機械的に原水中の浮遊物を除去するものであると云ふ程度の知識に外ならなかつたのである。

其後濾水はたゞ物理的に濁りが取れて清澄になると云ふ事のみでなく、衛生的にも大いに改善せられるものであると云ふ點から何か他に夫のよつて來る原因があるであらうと云ふ疑が起り、其の結果化學の進歩に連れて水の化學試験が屢々試みられたのであるが、尙未だ満足なる結論に到達するに至らなかつたのである。而して濾過に對する原理が大體今日の様な程度に究明せらるゝに至つたのは、19世紀の中頃歐洲に猛烈に流行した傳染病の刺激を受けて生物學細菌學の發達を促し病原菌の研究が著しく進歩を見た以來の事であつて、1,885年フラン克蘭ド (Frankland) 教授によつて之れが原水濾水等の水質試験に應用せらるゝに至り、濾

過の原理は化學試験、物理試験と併せて生物學的基礎の上に置かるゝに至つたのである。即ち砂濾法は物理的性質、化學的性質の改善のみならず、生物學的細菌學的に著しく水質の改善せらるゝものであつて、此の淨化作用の行はるゝ濾過池内砂層の厚さ全體に亘つてではなく、砂面上に生成せらるゝ膠狀性の所謂濾過膜によるものなることが究明せ

らるゝに至つたのである。

今原水を濾過池に導きたりせしか、池中に於ては流入速度に比較して著しく緩速度になり、殆んど静止の状態となるが故に水より比重の大なる種々の浮游物質は、水の砂面通過に伴ひ或は之れに先ち漸次砂面上



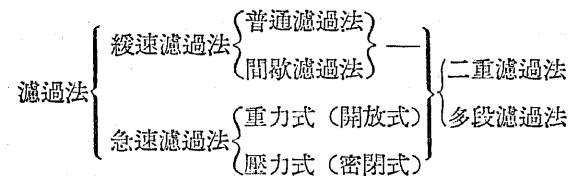
第 36 圖

に沈下又は流達し茲に之等浮游物は一部は直接砂上に沈積し一部は砂面及び浮游物同志の摩擦により段々砂粒間の空隙を詰塞し遂に膠狀性の薄膜を生成するに至るのである。

此の泥狀の薄膜は續いて沈下、流達して來る水中の浮游物質の障碍物となりて之れを阻止、抑留する事になる爲めに、此の泥狀層を通過したる水は殆んど大部分の浮游不純物を此處に留置して著しく其の質を改善する事になるのである。此の薄き泥狀層の事を獨逸に於ては“Schmätz-Decke”と稱し我國に於ては一般に濾過膜と云つて居る、而して此の濾過膜が生成せられて水中の不純物の阻止能率或は留置能率が高まつて來る事を『濾過効力が生ずる又は發生する』と稱へて居る、斯くの如く砂濾による水の淨化は畢竟するに此の濾過膜の働きによるものであつて、決して昔考へられた様に砂層全體に亘り單なる機械的作用によつて阻止抑留

せられるものではないのである、然しながら砂濾による水の淨化が單に此の濾過膜の物理的阻止作用のみのものでなく、其他種々の複雑なる化學作用、植物性的作用、細菌學的作用等生物學的作用の結合によつて結果せられる事が研究せらるゝに至り、此の濾過膜の重大性が一層高調せらるゝに至つたのである。何故ならば水が濾過作用を受けて有機、無機の浮游不純物及び細菌の殆んど全部を滅除せらるゝのみならず、アンモニア其他溶解有機物及び無機物の或物も亦相當に除去せらるゝ事が分明したのであつて、斯の現象は細菌の作用によつて NH_3 が酸化せらるゝものと看做され、或は藻類其他微生物が此の濾過膜の中に發生して濾過膜に吸収されたる前記種々の不純物によつて生活し且つ之れを分解するものと認められて居る、故に濾過前原水を殺菌し又は水中の空氣、酸素等を除去すれば此の作用は起らないとされて居る。之れを要するに新砂層により濾過を開始してある時間を経過して粘性の膠狀濾過膜が生成さるれば物理的による浮游物質の抑留、阻止作用のみならず、種々の化學的生物學的の副作用が行はれて、所期の濾過淨化の作用が行はれるものである。濾過膜は斯くの如く重要な役目を勤めるものであるが、其の生成せらるゝ迄には濾過を開始して相當の時間を要し、従つて此の時間内には濾過作用完全でなく、淨化度が不充分であるから、濾過膜が相當の完全さになるまでは濾過開始後の濾水は之れを飲用に供給しない様にし、濾過効力が充分發生してから之れを給水區域に送る様にしなければならぬ。

濾過法を分類して次の如くする。



其一 緩速砂濾法 Slow Sand Filtration

緩速砂濾法は當初英國に於て創設せられ發達した爲に一名英國式濾過法と稱へ

られて居る。

(イ) 濾過速度 Rate of Filtration

濾過速度とは濾過池砂面上の面積を単位時間内に水の通過する長さを以て云ひ表さるゝものであつて、換言すれば単位時間に於ける濾過量を其の濾過面積で除したものである。

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

$$V = \text{濾過速度 } m/\text{日又は時間}$$

$$Q = \text{濾過量 } \frac{m^3}{m/\text{日又は時間}}$$

$$A = \text{濾過面積 } \frac{m^2}{m}$$

即ち濾過速度「 $V^m/\text{日又は時間}$ 」と云ふ事は1日又は1時間の間に水が濾過砂面上を V^m 通過する速さと云ふ事である。英國及び米國に於ては濾過速度を長さの單位で表さないで、多くは單位時間内に單位面積を通過する水の量を以て云ひ表す、例へば x ガロン/エーカー/日と云ふが如きであつて此場合は或は「濾過率」と云つた方がよいかも知れない、歐洲大陸に於ては一般に前者の例に據り、我國にありても同様一般に長さで表す所の $x^m/\text{日}$ の例に據つて居る。而して茲に云ふ所の緩速砂濾法と稱するは比較的小さい速度で濾過する方法であつて、大體に於て1日10m以下の速度の濾過法を云ふのである。濾過速度は濾過面積と反比例する爲に緩速濾過法にありては比較的大なる濾過面積を要するけれども、一定時間に單位面積の受持つ濾過量が少ない爲に、濾過持続日数が延長せられ、濾過池の掃除に費用を要することが少なく、且つ濾過操作がより簡單であつて、濾過成績も亦確實である。あながち緩速濾過法のみには限らないが、濾過速度の點に於て重要な事柄は、濾過池の全面に亘り濾過速度が均等でなければならぬ事である、濾過速度不均等の爲に水が池の一部に停滯するが如き場合には其の部分に細菌の繁殖を來し濾過成績を損ふ様な事が起らないとも限らない、一般に濾過速度が緩であればある程濾過成績はよく、之れに反し速度が大となれば反對の

結果となるわけである。此の實驗の結果によれば、 $2m/\text{日}$ 以下の濾過速度に於ては其の大小は微生物の除去に著しき影響を及ぼさない。何となれば之等不純物と膠狀性の濾過膜との間に附着力が働いて、此の程度の速度による水の運動に抵抗し得るからであるとの事である。

我國は當初英國の水道方式を模倣した爲めに濾過速度に於ても主として此の緩速濾過法を採用し、輒近に至るまでは $2m \sim 3m/\text{日}$ 程度のものが最も多かつたのであるが、創業時代以來各地水道の實驗に徴し、諸種の原水と質に照し從來よりもより大に濾過速度を増すも濾過成績に支障を來すものでないと云ふ事が知られ、漸次濾過速度は増大せられつゝあり。現在に於ては $3m \sim 5m/\text{日}$ 伏流水の如き比較的清潔なる原水にあつては $6m/\text{日}$ のものも稀でない。

勿論濾過速度の適否は直接濾過せんとする原水の性質、濾過砂の性質、之れを最後處理とするか、又は他に補助淨化法例へば鹽素殺菌等を併用するか否か等により異なるものであるから之等の狀況に應じ經濟上の得失をも考慮して適當の濾過速度を決定すべきである。現在我國の水道に於ける濾過速度に就き種々異なつた原水に應じ大體の標準を擧げて見れば次の様である。

原 水	濾過速度
河 川 水 (前處理として沈澱を經たるもの)	3 ~ 4 m/日
貯水池の水	4 ~ 4.5m/日
淺 井 水 } 埋 渠 集 水 }	5 ~ 6 m/日
深 井 水	多くは急速濾過による (100 ~ 150 m/日)

我國上水協議會にありては原水と濾過速度、濾過速度と水道經濟上との關係に就き水道研究會に依頼し調査を行ふ事になり、昭和6.7兩年度に亘り之れを完了する豫定であるから、我國水道として最も信據し得べき濾過速度の標準を求め得るであらう。

(口) 濾過砂 Filtering Sand

濾過砂が水の濾過に就き重要な役目を受持つ所の濾過膜の生成に缺くべからざるものであつて、其の生成の難易、生成したる濾過膜の安定保持引いては濾過速度に密接なる關係を有する事は之れ迄述べた事柄により明らかであらう。前項に於て述べたる濾過速度の均一と云ふ事の爲には、水が砂層を通過する際の摩擦抵抗が平均して居なければならぬ、摩擦抵抗が平均する爲には、第一濾過砂及び之れを支持する所の砂利、玉石がなるべく均一の大きさを有するものでなければならぬ。即ち砂の有効徑(Effective size)が適當であつて、しかも均等係數(Uniformity Coefficient)は2前後のものがよいのである。

$$\frac{\text{砂を小粒より順次大粒に篩い分けて行つて重量に於て60%を篩分けた時其の60%の内の最大粒徑}}{\text{同上 10%の最大粒徑}} = U \text{ 均等係數}$$

(ヘーゼン(Hazen)氏の方法による)

砂粒の大小が濾過に及ぼす影響

砂粒が粗大に過ぎる時には、従つて其の空隙が大である爲に濾過効力の發生に比較的多くの時間を要し、砂の詰塞せられることが遅い爲に、濾過持續日数は多くなる。併し濾過膜の砂面下に及ぶ根入りの深さが大きくなる爲に掃除の際汚砂搔取りの深さが従つて大となり、搔取の際搔取面以下の砂層に損傷を與へ易く、又洗滌が比較的困難となる。

砂粒が小さくなるに従つて濾過の効力はよくなり、特に細菌の除去は一層有効になるのであるが、有効徑 2~4 mm 以下に於ては著しき差違を認めないと云ふ實驗の結果になつて居る。即ち小粒の砂は空隙が小さい爲に早く濾過膜が生成せられ濾過効力の點では優れて居るが、其の代り比較的速かに詰塞せられ、其上砂層其の物の摩擦抵抗が大きい爲に、濾過持續日数が少なくなり、粗砂のそれに比し頻繁に濾過池の掃除を要することになる。然し濾過膜の砂面下根入りは浅いから掃除の時の搔取り厚は少なくなり又粗粒に比して搔取面以下の砂層に損傷を與へる事も少ないと云ふ利點がある。ヘーゼン氏は沈澱又は荒濾をなしたる水なら

ば 0.21 mm の砂にても充分なりと云つて居る。大體に於て 0.4 mm 内外のものを宜しとする。今諸都市に於ける濾過砂の有効徑を挙げると次の通りである。

各種濾過砂比較表

番號	提出地	産地	單位容積重量 ^{g/cm³}	比重	空隙率	有効徑	均等率	
0	樺太	豊原	樺太榮濱郡榮濱村産	103.5	2.670	0.398	0.510	2.780
1	北海道	小樽	北海道磯谷郡磯谷村精進川口海邊産	93.5	2.620	0.425	0.800	1.390
2	北海道	函館		103.4	2.780	0.401	0.285	1.320
3	宮城縣	仙臺	仙臺市廣瀬川上流産	83.5	2.575	0.480	0.465	1.740
4	新潟縣	長岡	長岡市長生橋下流信濃川中洲産	85.7	2.584	0.465	0.290	1.620
5	東京府	淀橋		101.7	2.630	0.376	0.300	1.970
6	東京府	境		99.3	2.635	0.393	0.390	1.820
7	神奈川縣	横濱	房州富津産東京府多摩川産混合	101.7	2.520	0.349	0.360	2.250
8	愛知縣	名古屋		91.0	2.540	0.425	0.280	2.160
9	京都府	京都	甲	87.4	2.600	0.401	0.515	1.214
10	京都府	京都	乙	87.5	2.770	0.440	0.340	1.618
11	大阪府	大阪		97.3	2.637	0.408	0.500	2.400
12	和歌山縣	和歌山		95.2	2.536	0.383	0.250	1.520
13	岡山縣	岡山		90.5	2.610	0.443	0.295	1.630
14	廣島縣	廣島		87.4	2.542	0.448	0.420	1.765
15	山口縣	宇部	宇部市岬通海岸砂丘産篩精選品	91.6	2.600	0.435	0.410	1.330
16	山口縣	宇部	宇部市同所産現場搬入品	93.5	2.630	0.430	0.410	1.404
17	福岡縣	福岡	大分縣別府産	94.1	2.490	0.395	0.410	1.610
18	福岡縣	福岡	福岡縣早良郡産	104.0	2.530	0.349	0.375	1.760
19	長崎縣	小倉	福岡縣粕屋郡西戸崎産	97.4	2.550	0.387	0.300	2.220
20	長崎縣	西山	長崎縣南高來郡加津佐村産	97.3	2.529	0.343	0.510	1.900
21	長崎縣	本河内	長崎縣西彼杵郡高濱村産	115.0	2.050	0.301	0.900	1.890
22	朝鮮	釜山	慶尙南道東來郡日光面三聖里海濱産	87.4	2.550	0.450	0.365	2.360
23	朝鮮	京城	京畿道高陽郡義島面漢江江岸砂	88.0	2.620	0.463	0.500	1.320
24	朝鮮	元山	咸鏡南道德源郡赤田面赤田川上流	90.4	2.600	0.442	0.625	2.177
25	朝鮮	平壤		92.4	2.685	0.450	0.300	1.585
26	滿洲	安東	急速濾過用砂	90.0	2.506	0.462	0.495	1.590
27	滿洲	大連	急速濾過用砂	91.0	2.625	0.444	0.460	1.434

28	滿洲大連	緩速濾過用砂	94.2	2.630	0.426	0.625	1.400
29	滿洲撫順	急速濾過用砂	88.8	2.720	0.475	0.475	1.600
30	平均		94.0	2.608	0.418	0.433	1.759

(大正15年9月水道第1號草間博士久保學士)

英獨及日本水道濾砂比較

有効徑	最高	最低	平均
英國イーストロンドン外4水道	0.40	0.34	0.37
獨國アルトナ外4水道	0.37	0.31	0.34
日本東京外29水道	0.90	0.25	0.439
均等係數	最高	最低	平均
英國イーストロンドン外4水道	3.6	2.0	2.6
獨國アルトナ外4水道	2.3	1.6	2.0
日本東京外29水道	2.78	1.21	1.759

砂の質が濾過に及ぼす影響

砂の性質は第一堅くて緻密でなければならぬ。掃除や洗滌の際に碎ける様なものはいけぬ。石灰分を含むものは硬度を増し、アルミナ鹽類、カルシウム鹽類を含む砂は濾過に對する抵抗を増して、水頭の損失を大にする缺點がある。粘土や其他塵埃類を含んで居る様な汚ない砂を使つてはならぬ事は勿論である、若し産地や運賃等の關係上已むを得ないならば、清浄な水で充分洗滌して後に使用すべきである。

要するに濾砂は其の質が堅緻で、0.4mm 前後の有効徑、2前後の均等係數を有し粘土其他の夾雜物及び濾過水に悪い影響を及ぼす様な物質を含まない優良のものでなければならぬ。一般に海岸砂丘及び海に近い河川の砂は大きさが恰好で、粒が都合よく揃つて、濾砂として適當して居るものが多い。

砂層の厚さ

水道に於ける濾過砂の厚さに就ては一定の標準はない。既に濾過の作用の項で述べた通り、濾過効力の大部分は濾過砂の表面に生成せられる濾過膜によつて

發揮せらるゝものであるから、濾過砂の厚さは寧ろ濾過膜が相當の厚さに達する前、換言すれば濾過効力が未だ不充分の間に於て、砂面下に浸入して來る原水中の不純物を、又は何かの原因で濾過膜が一部破れた際に、此處を濾過して突入して來る不純物を相當喰ひ止める位の深さが最小限度として必要なわけである。一面又砂層の厚さをあまりに薄くして置くと濾過池の掃除毎に新砂を補充しなければならぬと云ふ不經濟を伴つて來る。又反對に厚くして置けば濾過上の安全確實を期する點、及び濾過砂を補充する期間を延長し得る利益はあるけれども、これが爲に濾過池の深さを増し又初め多量の濾砂を購入して置かねばならぬ。従つて築造費を増加する不利及び濾過に際し砂層の摩擦による損失水頭を増す缺點がある。之等の色々の點を考へて見ると、先づ濾過池の砂層の厚さは最小 0.5m を下らない様にして最大 1m 程度を適當と考へられる。今我國に於ける實例に徴すると殆んど全部が申合せた様に 0.75m となつて居る。

(ハ) 其他の濾過材料

砂以外に濾材として用ひらるゝものに、砂利、コークス、木炭、棕相皮等があるけれども、多くは特種の場合に於て用ひらるゝものであつて都市水道の如き大規模の水道には殆んど用ひられない。砂利は一般濾過池に用ひられるけれども、其の目的は砂を支持して流出させない爲と、濾過水を圓滑に濾過溝に導く役目を行ふものである。コークス、木炭等は主として其の多孔性を利用して一種の靜的氣曝作用を併せ行はせる爲に利用せらるゝものであるが、價格の低廉ならざる關係上大規模の水道にはあまり使用せられない、棕相皮は家庭用の濾桶等に於て砂面を攪亂されない爲の緩和材料として用ひられる。

(ニ) 濾過に要する全水頭

原水が濾層を通過し清浄水となりて池外に出づる迄に要する水頭は、既述濾過膜の摩擦によるものと、濾過層及び池底濾過溝の摩擦等によるものとの二つに區分することが出来る、而して濾過に要する水頭、一方から云へば濾過により失は

る、全水頭の内前者によるものは濾過開始の瞬間に於ては 0 であつて、濾過膜が成熟の限度に達し、濾過池掃除の爲濾過閉止の時に最大損失水頭に達するのである。即ち濾過膜の成熟するに連れて之れにより失はるゝ損失水頭は増大して行くのである。濾層其他による損失水頭の内大部分は砂層を通過する際に失はるゝものであるが、其の値は、濾過膜の爲に失はるゝものに比較すれば、其の實用損失水頭の最大限度の 5% にも達しないのである。砂層によつて失はるゝ水頭は砂層の厚さ、濾過速度に正比例し、砂の有効径の自乗に反比例するものであるから、一定量の濾過量に對しては一定の砂層厚であり、濾砂を換へない以上、若し濾過膜の成熟を度外視するならば、終始一定の値を保持すべきである。此の値は前記の如く比較的小なるものであつて、今 $h = \frac{vl}{cd^2}$ より濾過速度を 5 m/日、砂の有効径を 0.35 mm とし砂層 1 m につき失はるゝ水頭を求めて見ると、0.058 m となり實用砂層厚 0.80 m とせば僅かに 0.0464 m に過ぎないのである。勿論此の損失水頭は濾過速度に正比例するものであるから後述急速濾過法にあつては相當考慮を拂ふ必要が起つて來るのである。

濾過膜による損失水頭は濾過膜の性質、其の成熟状態によりて異なり、従つて原水の性質、濾砂の性質に關係し、濾過開始より時日を経過するに従つて増加するものであつて、濾過による損失水頭の殆んど全部を占めるものであり、之れを如何なる程度に許容すべきかは後述濾過池の構造、及び濾過操作に最も重大なる關係を有するもので、引いては濾過操作費等の經常費に影響を及ぼすものである、即ち此の水頭損失を大きくすると云ふ事は、濾過池持續期間を長くする利益はあるけれども、一方掃除の際掻取る汚砂の厚さを増し又濾過池の深さを大にし、若しポンプを用ふる場合の如きは其の揚程を増加することとなり、種々の不利を伴ふのである、マサチューセツツ、ボードに於ける實驗の結果によれば 2 m 迄は充分好結果を得られたとの事であるが、一般には 1.5 m 前後を最大とし普通は砂面上の水深と同じ位に實施して居る。

(ホ) 砂面上の水深

緩速濾過法に於ける砂面上の水深は、普通 1 m 前後とし我國に於ては 0.9 m のものが最も多い。砂面上の水深があまり浅きに失するときは、風の爲に波立つ際に濾過膜を損傷されることあり、砂面に日光直射の影響著しくして藻類の發生を促し、早く砂面の詰塞を來し場合によつては、繁茂せる藻類が浮力、又は波力の爲め浮上つて、漸く成熟して來た濾過膜を共に持ち上げることあり、従つて時に濾過効力を損傷することがないとも限らない。其他日光の直射による色々の水中生物の發生を助け、之等の爲にも濾過膜を破られる事があるから注意を要する、尙且濾過水頭は砂表面に生成せらるゝ濾過膜によること前述の通りであつて、従つて適當なる最大限度の濾過水頭は砂面上の水深にも左右せらるゝこと勿論である。故に浅きに失する時は、それ丈濾過水頭を利用せられぬ憾があるからして、此の點からも相當の深さにする必要がある、併し一方あまりに深きに過ぐる時は直接に濾過池全體の深さを増大し、池の築造費を多額に要することになり、經濟上の不利益を伴ふことになる。之等色々の點を考慮して、砂面上の水深は大體 1 m を標準とすれば適當である。

(ヘ) 間歇濾過法 Intermittent Filtration

濾砂の中を不斷に水を通して濾過を行ふ普通の濾過方法に對し、間歇的に水を通して一定時間濾過を行ひては又一定時間濾過池を休ませる式である。而して休憩中は充分濾床に空氣を補充して曝氣の用意を整へて置くのである。此の式には普通の濾過池の如く濾砂の上に水を漉へて濾過する式と、下水處分に於ける撒布濾床の様に、濾砂上に水を噴射せしめて濾過する式とある。併し一般に上水道の原水は下水の如く潭山の有機不純物を含むものは稀であつて、普通の常流式濾過法で充分間に合ふものであるから、濾過池の面積を大きく要し、且又操作上不便を伴ひ冬期には氷結の虞がある此の式の濾過法は歐米諸國に於てもあまり用ひられない。我國に於ても未だ其の例を見ないのである。

(ト) 二重濾過法 Double Filtration.

獨逸ブレン水道のゲツツエ氏の考案により始めてブレン水道に適用されたものである。即ち同じ水を二度濾過する方法であつて濾過池二面を以て一組とし一つの濾過池にて濾過したる水を更に他の一つの濾過池にて、濾過する方法である。初めブレンの水道に於ては原水の質の関係上濾過池汚砂搔取後又は新砂補充後、濾過効力の發生迄2日乃至7日間の日子を要し、此の間の濾水は、廢水として使用出来なかつたものが二重濾過にした爲に充分清淨水となつて、飲用に供し得る程度になつたのである。濾過効力の不完全なる時のみならず原水が降雨出水等に著しく濁濁して、普通の緩速濾過法にては十分に濾過する事が出来ない様な場合に於ても、此の二重濾過法は頗る有効である。其の後此の二重濾過法は原水の性質、濾過効力、濾過工費併せて前處理としての沈澱其他の處理費節約の能否等の點より種々研究せられ、前濾過(荒濾し)を後述急速濾過式とし後濾過(仕上げ濾し)を緩速濾過式とするもの、兩者共急速濾過式とするもの等經濟上の利益と相俟つて漸次普及されんとして居る。而して一般に前濾過には比較的粗粒の濾材を用ひて居る。

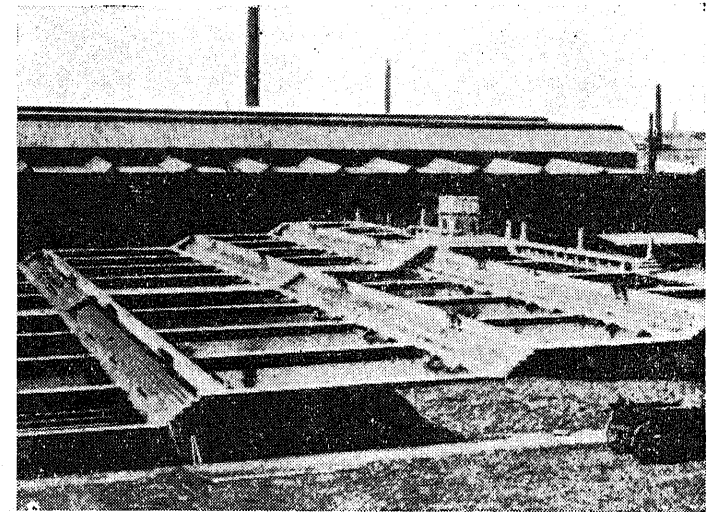
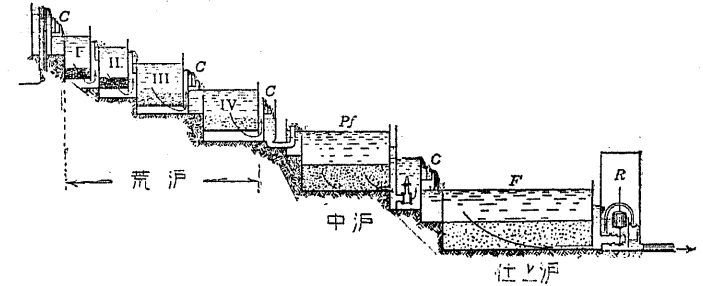
現今歐米に於て二重濾過法を採用して居る主要都市を擧げて見ると歐洲に於てはロンドン、パリ、チューリツヒ及びコペンハーゲン、アメリカにあつてはフィラデルフィヤ及びピッツバーグ等がある。我國に於ても河川の表流水を水源とするものにあつては、沿岸の發展に伴つて洪水時は勿論平時と雖も漸次水質の變化を増進しつつある状態に鑑み、將來或は此の二重濾過法も淨水上の重大事項として考慮せられる時期が来るのではないかと考へられる。大阪市水道の如き既に本濾過法の試験に取り掛つて居る状態である。

(子) 多段式濾過法

同じ原水を三重以上に濾過する方式であつて、ピユエヒ、シュバール式(Puech-chval system)の如きは此の代表的のものである。即ち此の式に於ては濾材を異

にする色々の濾過池を通して、濾過するものであつて平たく云へば荒濾、中濾、仕上濾と云ふ工合に處理し、荒濾が又二段三段に分れ結局數段に分けて濾過する式である。濾材は粗粒の砂及び砂利を用ひ、荒濾のものに最も粗粒を使用し、後段に及ぶに従つて細粒のものを用ひる。濾過速度は荒濾に於て早く後段に及ぶに従つて順次遅く、仕上濾に於て普通の緩速濾過速度になつて居る、目的とする所は荒濾に於て主として浮游物質と一部の細菌を除去し、中濾に於て殘部の浮游物質を濾過し、仕上濾に於ては主として殘存する細菌を除去するにある。斯の如く數回に分ちて濾過する爲に、仕上濾にありては殆んど一定の濾過成績を擧げることが出来て、

濾水の性質は時によつての不同がなく常に優良の成績が得られると云ふのが其の特徴である。之れによつて普通の緩速濾過法にありては、充分の成績を擧げ得ない原水に對しても



第 37 圖 ピユエヒ・シュバール式濾過池

良好なる結果を得られると云ふて居る。(第 37 圖 参照)

其二 急速濾過法 Rapid Sand Filtration

1 日 100 m ~ 150 m の高速度にて濾過する式であつて、當初アメリカ合衆國に於て發達した爲に、アメリカ式濾過法とも稱へられ、又汚砂の洗滌を機械的操作を以て行ふことにより、機械濾過法とも呼ばれて居る、濾過の原理に關しては大體緩速濾過法のそれと同じであるけれども著しく高速度で濾過する爲に、其處に色々の特異性を持つて来る。

1. 濾過膜生成を助ける爲めに凝集劑 (Coagulant) を用ふること、即ち此の急速濾過法に於ては前處理として沈澄劑の注入を普通とし、従つて之れに要する藥品注入裝置、混和池、沈澄池の設備を伴ふものであつて、大要は前述藥品沈澱法に準ずる。只沈澄池の容量に於て緩速砂濾法の前處理の様に完全沈澱を要しないのであるから、比較的小さい容量でよろしいわけである。然らば如何なる程度の沈澱時間を見込めば適當であるかと云ふ事は、勿論各都市の使用する原水の性質により又注入する藥品量との關係もあり、一概に律するわけには行かないのであるが、普通 2 ~ 6 時間の容量とするものが多い様であつて、藥品としてはやはり硫酸アルミナが最も多く用ひられる。併し急速濾過法には例外なしに沈澄劑を用ひるかと思ふと然らず深井水や浅井水等を濾過する場合には沈澄劑を用ひないものが普通である。

2. 汚砂洗滌方法に於ける特色、高速度で濾過すると云ふ事は、即ち單位濾過面積が單位時間に受持つ濾過量が多いと云ふ事換言すれば急速濾過にあつては緩速濾過に比し單位面積の受持つ濾過量が 30 ~ 50 倍にも達する爲に、時間から云へば緩速濾過法に較べて 30 ~ 50 倍も早く濾砂が詰塞さるゝことになるのである。故に緩速濾過に於て 30 日又は 50 日に一度池の掃除をするものとすれば若し同じ原水を扱ふものとするならば、急速濾過にあつては一日に一度の掃除を必要とする事となる。實際問題として急速濾過法に於ては、汚砂の掃除回数は一日

一回又は二回又は一週間に二、三回を普通とする。斯の如く汚砂の掃除回数が著しく頻繁である爲に、汚砂洗滌能率を出来る丈高めると云ふ事、即ち短時間に容易に、操作費を最少に、而して最も完全に洗滌の出来る方法を講じなければならぬと云ふ事が最も重要な問題となり、機械濾過法の名の如く、機械的操作による洗滌方法が考案せられた所以であつて、引いては濾層の下部に裝置されてあるストレーナーに之等の目的に適ふ様色々の考案工夫が費されてある譯である。其の詳細に就ては構造の項に於て述べることにする。

急速濾過法に於ける濾砂

急速濾過法に於ける濾砂は藥品により濾過膜の助成される點から比較的粗粒のもので、粒の揃つたもの即ち有効徑が大で均等程度の小さいものが用ひられる、又後述の掃除方法の如く頻繁に壓力水等で攪亂洗滌せられる爲に一層堅緻のものでなければならぬ。此の點が緩速濾過法の濾砂に比して、特に注意を要する點であつて、中には石英粉末砂を使用して居る所もある。

我國の實例としては神戸市水道奥平野急速濾過の一部に此の石英末を用ひ、其の有効徑 0.72 mm 層厚 0.75 m 細菌の濾過能率は普通砂と大差なくして濾過繼續時間は平均約其の 1.5 倍に當ると云つて居る。然し價格の廉ならざるは勿論である。

特種の濾材

急速濾過法に於ては、鐵分、マンガ、有機物質等の被酸化性不純物を曝氣しながら濾過する爲めに特種濾材としてポーラライト、オキシデイウム、コークス等が用ひられる場合がある。ポーラライト、オキシデイウムは主に酸化鐵、シロカ、石灰、アルミナ、マグネシア等の化合物であつて其の質多孔性で、化學的親和力の爲に其の有孔部に澤山の酸素を抱有して居りそれが水中の溶融無機有機物に働いて酸化作用を起し、殊に鐵分、アンモニアの除去其他泥炭地方を流れ來た水の淨化に適し細菌類の濾過にも有効であるとされて居る。然しながら使用を繼續する間に有孔部の酸素が消費し果される時には、酸化能力が減退するものであるから、時に水を空にして空氣を壓入し酸素の補充を行はねばならぬ、實地使用上

の問題としては其の効能の割合に價格が頗る不廉であるが故に廣くは用ひられて居ない様である。

急速濾過法に於ける濾過水頭

濾過水頭が直接其の速度及び砂層の厚さに正比例し、濾過砂の有効徑の自乗に反比例する事は既に緩速濾過の項で述べた通りである。急速濾過にあつては其の速度が緩速濾過に比し 30~50 倍にもなつて居るのであるから、特に多大の濾過水頭を要するのは勿論であつて、砂の有効徑を 0.4mm とせば濾過速度 100 m/日に於て層厚 1 m に就き 0.9 m の損失水頭となり、150 m/日に於て同じく 1.34 m の濾過水頭を要する事となる。之れに加ふるに濾過膜及びストレーナー等の抵抗があるから最大損失水頭を最大 3 m~3.5 m の程度に見込んで置かねばならぬ。あまりに水頭を多く取る時には従つて濾過機の建設費を増し且浮游不純物の砂層中への突入度を増すことになり、又あまりに小に失する時には濾過槽洗滌の回数が頻繁となり、従つて洗滌費を多く要するのみならず急速濾過としての濾過能率を減殺することとなる。

急速濾過法に於ける洗砂方法

急速濾過法に於ける洗砂方法は之れが爲に一名機械濾過法とも呼ばれる位であつて本法に於ける主要なる特異點である。其の方法を分ちて四つとすることが出来る。而して洗滌は濾過機中に於て其儘に行ふものであつて其の主要操作は壓力ある淨水をストレーナーを通じて逆流せしめ、汚砂を攪亂洗滌して砂層の表面及び表面近く沈積せる濾過膜を微細に分壞し機中に設けられたる樋又は機の内周に沿ふて作られたる樋を通じて汜溢流掃せしむるものである。此の逆流流掃の効果をよりよくする爲に、此の流掃に併せて汚砂の攪亂を助ける方法が色々講じられ居る。

1. 攪亂器 (Rake) を併せ使用する方法

此の方法は急速濾過法が實用に供せらるゝ様になつた初期に於て主として用ひ

られたものであつて、逆流水による洗滌が均等に完全に行はれる様に、砂層を成るべく細分に攪亂し壓力水が萬遍なく行き渡る様にする装置である。濾槽の中央に縦軸を設け之れに腕木を取付け之れより鐵棒等を簾狀に垂下し砂層の八分目位に挿入して置き、洗滌の際、壓力水を逆送すると共に手又は動力を用ひて水平に廻轉するのである（構造編参照）此の水平廻轉運動の關係上、圓形槽に多く用ひられる方法である。

2. 壓搾空氣 (Compressed air) を利用する方法

壓力水を逆流せしむる前に、同じストレーナーから壓搾空氣を逆送して砂層を攪亂し、砂を微細なる部分に緩解せしめ、然る後に壓力水を送つて洗滌するのである。此の方法は機の圓周を問はず、又ストレーナーの構造さへうまく出来て、砂層に均等に空氣を送る事が出来れば、前の攪亂器を用ふるものに勝るものと思はれる。

3. 壓力水のみによる方法

之れは攪亂器も使用せず、壓搾空氣をも利用せず、單に壓力水を逆流せしむるのみで、砂層を緩浮、洗滌する方式であつて比較的洗滌効力も優良である上に装置の簡單化と、操作の輕便との爲に近來漸次此の方法が採用せられんとする傾向にある。我國に於ても最近完成を告げた大阪市擴張水道の急速濾過の如き、此の方法によつて居る。

4. 濾過槽其のものを廻轉し汚砂を攪亂して洗滌する方法

此の方法は後述密閉式濾過槽の或る種に用ひらるゝ方法であつて、濾過槽其のものを水平軸の周圍に廻轉しながら、清淨水を送つて洗滌する方法であるが、其例は比較的少ない。

以上各種の方法があるが、從來最も普通のものは第二の壓力水と壓搾空氣とを併用する式であつて、最近では第三の方法も漸次採用の傾向にある。洗滌に要する時間は 30 分以内を普通とし使用する水の量は其の機による濾過水の 1%~5%

を要する。

急速濾過法の二つの様式

急速濾過法には(1)重力式或は開放式(Gravity type. Open type)と(2)壓力式或は密閉式(Pressure type. Closed type)の二つがある。前者は普通用ひられて居る方式であつて、濾過槽中の水位による水壓即ち重力によつてのみの壓力により濾過せらるゝ方法である。此の方法によるものは濾過槽は一般に開放式であつて、例へば蓋を有する事があつても、濾過槽内の水面上には相當の空間を有するのである。

第2の壓力式又は密閉式と稱するのは、密閉したる濾過槽に水を充滿して一定の壓力を加へて濾過する方式であつて、小規模の水道等にて、源井から高揚ポンプ一段を使用し其の壓送管の途中に置いて、濾過しながら直接高所の配水池又は高架水槽等に送る様な場合は、低揚ポンプを節約することを得て便利の場合もあるけれども内部の検査が困難で操作上不安が伴ひ、工場用水等の淨化以外には大規模の水道としてはあまり用ひられないが、我國に於ては最近補助水源を増設した小倉市の水道に於て、紫川の伏流水を濾過しながら直接既設配水池に揚水する爲めに、源井に接して此の方式の急速濾過法を採用して居る。

急速濾過法を採用するを有利とする場合

急速濾過法は其の濾過速度が著しく大である爲に、濾過成績殊に細菌の濾過効力は、緩速濾過に比して劣るものであるとされて居たのであるが、近來原水を本濾過にかける爲め前處理との關係等研究せられ、原水の性質、之れに對する前處理の方法等を慎重に研究して操作上萬全の方法を盡すならば、前處理を用ひない緩速濾過法に劣る様な事はないとされて居る。殊に急速度の爲に緩濾法に比較して非常に小面積内に設備が出来ると云ふ事は、本濾過法の最も利益とする所で、輒近都市及び都市郊外の發展は誠に目覺しく、従つて地價の騰貴は素晴らしい高率を示して、たとへば緩濾法による濾過池を置く餘地は充分あつても用地費の關係

上、經常費を比較的多く要するも本濾過法を採用して用地費を節約する方却つて利益とする場合が見られるのである、殊に擴張を豫想せられて買収されてある用地内に、見込以上の規模の淨水設備を實施しなければならぬと云ふ様な場合に、緩速濾過池に比し30~50分の一で済む此の式は誠に好都合である。今本濾過法の利點を擧げて見るならば、

1. 設備の規模が小さくてすみ、狭小なる敷地にて足ること、従つて築造費が少なくてすみこと。
2. (1)の利點に關係することであるが、小面積で足る爲に上家内に施設することが出来、又上家内に設置せずとも、池面積が小さいから蓋をするに便利であつて、其の爲に氣候寒冷で氷結の虞のある所に適して居る。
3. 濾過速度が早く且又(2)の如く日光の直射を防ぐことが出来る故に藻類の發生を防ぎ得ること。
4. 原水の溜濁が輕き微細なる不純物からなり、緩速濾過法では充分其の濁りを除去し難い場合にも、濾過効力を發揮し得ること。
5. 鐵、マンガ、アンモニア其他有機不純物を含み、又原水に色を持つて居る場合、之等を比較的容易に除去し得ること。
6. 砂利、砂、セメント其他築造材料の採取、運搬等が困難なる場合に都合よきこと。
7. 人間が直接濾槽内に入る機會がない爲に濾槽汚染の虞なきこと。

斯くの如く擧ぐれば色々の利點があるけれども、一般的に云へば機械的操作が多い爲に、緩速濾過法に比較して操作が複雑になり、動力を使用する部分多き故に經常費を多く要すると共に、濾過作業の確實安全さが劣る傾きがある。故に原水の性質は勿論、淨化の階程である前處理後處理(前述鹽素殺菌等)設置箇所の地形、地勢、動力施設の難易、都市の經濟狀態等を彼是考慮研究して其の選擇を誤らぬ様にせねばならぬ。

第六節 藥品淨水法

藥品淨水法とは種々の藥品を用ひて、水中の不純物主として細菌類、藻類、硅藻類等の有機物を殺滅し或は其の發生を豫防し其他溶融無機物を變形除去することを云ふのであつて、廣義に云ふならば、沈澱の項に於て述べた所の藥品を用ひて助成する沈澱の如きも、勿論一種の藥品淨水法に外ならないのである。池水の性質が飲用に差支なく、單に藥品處理の點だけに於てのみ不純の水ならば、他の淨水法を應用する迄もなく此の藥品淨水法のみを以て單一最後處理としてよいのであるが、我國の實狀よりすれば地下水は兎も角として地表水にあつては、單に藥品處理のみを以て飲料適水となるものは殆んど無いと云つてよろしい。

一般に用ひらるゝ藥品淨水法を順を追ふて述べて見よう。

1. 硫酸アルミナ、明礬、硫酸鐵等を凝集劑として沈澱促進に用ひる方法。

此の方法は、濾過法の前處理として用ひらるゝものであつて、既に沈澱の項に於て述べたから茲には省略する。

2. 鹽素を用ひて淨水する方法。

鹽素を用ひて水中の細菌類及び其他の有機不純物を殺滅、除去する方法であつて、此の方法は近時長足の發達普及をなしつゝあるもので、鹽素化合物即ち晒粉 (Bleaching Powder, Hypochlorite of lime) を用ひる方法と純鹽素 (Pure Chlorine) を用ひる方法と二つがある。

(イ) 晒粉法

晒粉は硝石灰に鹽素を吸収せしめて製造したもので、色々の形の鹽素化合物から出來たるが、就中其の主成分は鹽素酸カルシウム $Ca O Cl_2$ であつて市場に販賣さるゝ晒粉は $4 Ca O Cl_2, 2 Ca (OH)_2, 5 OH_2$ の構成を有すとせらる。此の晒粉の中には普通 30% 内外の純鹽素を含み此の鹽素が殺菌其他有機物の酸化除去に役立つのである。抑々鹽素が殺菌の効力を發揮する原理に就ては、鹽素が

水と化合して酸化力の強い遊離酸素即ち發生期の酸素を生じ、此の酸素の酸化作用によるものであると云ふ説即ち $Cl_2 + OH_2 = 2HCl + O$ の化學變化が起つて此の酸素 O が酸化力を發揮して殺菌其他の淨水作用を營むとするものと、鹽素が直接殺菌其他の淨化作用を行ふものであると云ふ説と、二つの説があるのであつて、一般には前者の方が認められて居る様であるけれ共要するに徹底的には未だ究明されて居ないと見るが妥當であらう。

使用鹽素の量は、原水の性質、効力を發揮せしめる迄の時間及び水溫によつて異なるのであるが、普通 100 萬分の 1 (1.P.P.M.) 以内で充分であるとせられて居る、故に若し 30% の純鹽素を含む晒粉ならば 33 萬分の一以内にて有効なわけである。晒粉を原水に注入するには先づ其の 0.5~1.0% の濃溶液を作つて置いて、之れを前記の割合で原水の性質に應じて注入するのである。併し晒粉は不愉快なる鹽素の臭氣を發散し、且つ金屬、モルタル等を腐蝕する性質を有し、取扱に不便でしかも前述の様に鹽素含有量が品質により異なり一定の割合に注入する事が困難である爲に都市水道等の大量の水を常時淨化する爲には用ひられない、各戸井戸水等の如き少量水を淨化するには、價が廉で市場で得易き爲によく用ひられる。

然し一時的には貯水池、沈澱池等に發生せる藻類の死滅又は其の發生豫防の爲に、大量の水に對して用ひらるゝことが往々あるのであつて、我國にあつても嘗つて東京市水道の村山貯水池、及び江戸川水道の沈澱池に硅藻類の發生した際に晒粉を主藥として其の 0.3 P.P.M を注入し硫酸銅と併せ用ひて好結果を得た實例がある、(水道第一卷第一號、第二卷第一號)

次に注入鹽素量を 1.P.P.M とし晒粉含有有効鹽素を 30% のものゝ 3% 溶液を作り井戸水を消毒するものとして、其の水量に應ずる使用量を示せば次の通りとなる。

井戸水消毒用晒粉液定量表

井戸の 口径 水深	0.60 m (2尺)		0.80 m (2.64尺)		1.00 m (3.30尺)		1.20 m (4.00尺)	
	水量	3% 晒粉液	水量	3% 晒粉液	水量	3% 晒粉液	水量	3% 晒粉液
0.50	0.141	15.510	0.251	27.610	0.393	43.23	0.566	62.26
0.75	0.212	23.320	0.377	41.470	0.589	64.79	0.848	93.28
1.00	0.283	31.130	0.502	55.220	0.785	86.35	1.131	124.41
1.25	0.354	38.940	0.628	69.080	0.982	108.02	1.414	155.54
1.50	0.425	46.750	0.754	82.940	1.178	129.58	1.697	186.67
1.75	0.495	54.450	0.880	96.800	1.374	151.14	1.979	217.69
2.00	0.565	62.150	1.005	110.550	1.571	172.81	2.262	248.82
2.25	0.635	69.850	1.131	124.410	1.767	194.37	2.545	279.95
2.50	0.707	77.770	1.256	138.160	1.964	216.04	2.828	311.08
3.00	0.850	93.500	1.508	165.880	2.356	259.16	3.393	373.23

(口) 純鹽素による方法

20世紀の初め液體鹽素の製造が普遍化せられて以來、價格も漸次低廉となり取扱も亦便利の爲めに爾來都市水道の淨化用としては主として此の液體鹽素が用ひられる様になつた。殊に我國に於ては補助淨水法として年々液體鹽素による殺菌法が常時用として、又臨時用として採用の傾向にある。當今最もよく用ひられて居るのは、アメリカ合衆國であつて、ニューヨーク市及びミルウォーキー市の如きは、貯水池及び湖水水源に於ける原水を單に鹽素殺菌法のみによつて使用して居る状態である。

鹽素の注入量

注入量は前項の如く原水に注入するか處理水に注入するかによつて異なる、同じ原水でも其の性質に應じて異なるのは勿論である。若し濾過法を行つて居る場合は濾過の前よりも、濾過の後に注入する方が經濟的で且つ効果的であるとせられて居る。原水に注入する時は量を多く時間を長く要する上に、濾過膜を生成して濾過効力の發揮に役立つ所の、細菌や他の有機物を死滅せしむる憂がある。濾

過水に注入すれば此の憂はなく、且つ殺菌効力を發揮する時間が短縮せられ 10分~60分間にて足るのであるが、然らざる場合に於ては 10時間~24時間を要する事さへある。注入量は晒粉の場合に述べたる如く 1.0 P.P.M. 以内であつて普通 0.2~0.5 P.P.M. 位を適當とする場合が多い。此位の量ならば人體には決して害をなさない。量が多きに過ぎると、水に鹽素の臭味を與へることがあるから注意を要する。

今原田醫學博士の大阪市水道に於ける實驗の結果を擧げて見ると次の如き成績を示して居る。(原田醫學博士著、水の鹽素消毒法)

濾過水の鹽素殺菌作用其一 (有効鹽素 0.2 P.P.M.)

接觸時間 月次	鹽素混入前細菌數	混入後各時間に於ける檢水 1 mm ³ 中の生活細菌數								
		10分間	30分間	1時間	2時間	3時間	5時間	7時間	24時間	48時間
1月	62	11	13	5	7	9	13	8	9	16
2月	51	6	3	3	3	5	4	3	1	6
3月	48	18	10	9	6	10	4	4	9	30
4月	42	10	8	10	6	13	8	10	1	5
5月	189	46	33	20	15	9	6	12	15	215
6月	85	14	8	6	37	6	6	8	426	1,064
7月	41	22	9	8	2	5	1	3	47	1,426
8月	41	10	7	7	6	6	10	5	162	313
9月	35	17	16	11	7	14	22	21	750	934
10月	40	9	7	11	7	7	8	6	66	619
11月	43	13	9	7	7	5	6	7	1	91
12月	71	19	16	11	9	5	2	4	3	6
平均成績	62	16	12	9	9	8	8	8	125	399

濾過水の鹽素殺菌作用其二 (有効鹽素 1.0 P.P.M.)

接觸時間 月次	鹽素混入前細菌數	混入後各時間に於ける檢水 1 mm ³ 中の生活細菌數								
		10分間	30分間	1時間	2時間	3時間	5時間	7時間	24時間	48時間
1月	62	6	3	2	1	2	1	1	1	2
2月	51	6	5	5	4	2	1	1	1	2

3月	48	16	5	4	1	1	1	1	1	4
4月	42	8	7	3	3	6	4	2	0	1
5月	189	14	5	6	2	2	1	6	11	143
6月	85	9	7	7	4	2	3	3	628	750
7月	41	7	4	2	1	0	1	2	250	428
8月	41	9	4	4	4	5	6	2	4	5
9月	43	10	8	6	4	4	3	3	1	0
10月	40	9	3	6	1	2	4	3	2	2
11月	43	12	4	3	2	1	1	7	1	2
12月	71	5	2	2	2	1	2	0	1	7
平均成績	62	9	5	4	3	2	2	3	13	120

河水の鹽素殺菌作用其一 (有効鹽素 1.0 P.P.M.)

月次	接觸時間 鹽素混入前 細菌數	混入後各時間に於ける檢水 1mm ³ 中の生活細菌數								
		10分間	30分間	1時間	2時間	3時間	5時間	7時間	24時間	48時間
1月	14,150	25	24	10	9	31	10	11	1	13
2月	9,520	32	18	7	6	6	4	2	4	4
3月	9,423	48	18	22	13	38	9	7	199	387
4月	12,613	89	67	60	51	65	38	45	12	235
5月	11,993	52	32	21	20	11	15	7	6	42
6月	11,563	120	57	60	39	57	45	28	99	146
7月	10,352	83	57	61	21	224	343	457	767	5,052
8月	6,688	91	75	54	41	37	38	30	47	25
9月	8,328	39	34	21	25	25	23	3	180	282
10月	9,898	87	37	28	19	16	16	10	76	121
11月	15,630	36	13	10	12	21	5	5	3	45
12月	9,625	19	10	10	4	1	6	3	3	3
平均成績	10,810	60	37	30	22	44	46	5	116	530

河水の鹽素殺菌作用其二 (有効鹽素 2.0 P.P.M.)

月次	接觸時間 鹽素混入前 細菌數	混入後各時間に於ける檢水 1mm ³ 中の生活細菌數								
		10分間	30分間	1時間	2時間	3時間	5時間	7時間	24時間	48時間
1月	14,150	19	7	5	1	60	3	2	0	4
2月	9,520	18	10	4	4	1	2	1	2	1

3月	9,423	32	19	5	3	3	1	1	4	61
4月	12,613	60	48	32	17	9	6	10	2	681
5月	11,993	28	15	9	9	2	3	1	51	1,312
6月	11,563	47	46	20	17	25	12	13	21	40
7月	10,352	60	39	25	21	18	4	10	33	22
8月	6,688	43	32	13	17	11	8	13	11	6
9月	8,328	55	28	20	17	12	10	5	30	260
10月	9,838	45	31	30	15	10	8	4	7	16
11月	15,630	32	9	5	3	19	2	3	2	1
12月	9,625	15	7	7	1	1	8	1	1	1
平均成績	10,810	38	24	10	11	17	6	5	14	201

細菌の復活現象

前掲の成績表に明かなる如く、鹽素注入後長時間を經過するに伴ひ却つて細菌數を増加する場合がある。之れは當初鹽素の爲に假死状態に陥りしものが、時を経るに従ひ漸次生活力を恢復して來た爲と、初めから死滅を免れて居た細菌が鹽素の消滅に従つて繁殖を來した故と云はれて居る、而して此の復活現象は處理水の性質としては汚染度の高きものは、低きものに比較して著しく、又同じ性質の處理水に對しては鹽素の注入量の少なき時は、多き時よりも比較的盛に行はれ、一方又水の温度に關係し温度の高き時期に於ては低温の時よりも著しいのである。此の細菌の復活現象は鹽素の適量を使用するに於ては多くの場合 20 時間以上を經過しなければ起らぬ様であるから、實際問題としては、さしたる重大性を有しないかも知れないけれども、鹽素を注入すれば永久に細菌の死滅を結果するものとして漫然と安心するわけには行かないのであつて、鹽素の注入量に就ては其の水質、氣候等と相俟つて豫め充分なる研究を必要とすると同時に殺菌操作開始後と雖も常に水質の試験を勵行して量に過、不足を來さない様に心掛けねばならぬ。而して此の細菌の復活現象を防ぐ爲には後述の、鹽素アンモニア法が適當して居ると云はれて居る。

鹽素殺菌と温度との關係

鹽素殺菌の効率は處理せんとする水の温度と密接なる關係を有するものである。即ち水温高ければ殺菌作用急激で強烈で、少量の鹽素にて短時間に好成績を挙げ得られるけれども、一面又鹽素の消費量も増加し従つて汚染の甚しき水を持続的に處理せんに多量の鹽素を要することとなる、之れに反し低温に於ける殺菌作用は一般に緩漫にして微弱であるが、持続性は強く、従つて細菌の復活及び増殖現象は起らない。されば低温に於て短時間内に急激に強烈なる殺菌作用を營ましめんが爲には普通の濾過水ならば 0.1 ~ 0.3 P.P.M. 位の鹽素量にて有効であるけれども、汚染度の高い原水等にあつては 0.5 P.P.M. 以上を使用せざれば効力を發揮し難いとされて居る。

鹽素淨化法の利害得失

先づ其の利點を擧ぐれば

- (i) 設備及び注入操作が比較的簡單であつて、之れに要する費用が少なくすみ、且つ經常費も亦低廉であること。
- (ii) 設備簡單で比較的價格低廉なる爲め 傳染病の流行時等に臨時的に使用し易きこと。
- (iii) 設備が簡單である爲に、他の淨化法を併せ行ふに便利であつて、且つ併せ用ふる事によつて、他の淨化設備の能力を著しく高めることが出来ること。
- (iv) 場合により溶融有機物による臭味を除去し將又藻類を死滅せしめ、又は其の發生を防ぎ得ること。

缺點としては

- (i) 之れはあながち鹽素のみに限らるゝわけではないが、すべて藥品を使用する場合に於ては原水の性質に應じて其の量の加減が六ヶ敷しい事である。若し量が適量を過ぎると不快なる鹽素の臭氣を發散し、殊に温度の高い時そうである。
- (ii) 鹽素の爲に鐵、コンクリート等は腐蝕を受けることがあること、但し一

搬に上記の量を超さない場合は此の虞は少ないのであるが一應注意を拂ふ必要がある。

- (iii) 游離鹽素は人體に害を及ぼすにより鹽素處理の際には特に注意して之れなき様に注意を要すること。
- (iv) 若し原水に石炭酸成分を含む時には、之れに鹽素を注入すると頗る不愉快なるヨードホルムの臭氣を發すること。

(ハ) アンモニア鹽素法(クロールアミン法)

純鹽素と共にアンモニアを注加して殺菌作用を行ふ方法であつて、アンモニア鹽素法(Ammonia-Chlorine Process) 又はクロールアミン法(Chloramine process) と稱へられて居る。此の現象は既に 1,907 年ラーシツヒ氏(Raschig)により發見せられ 1,910 年リディール氏(Rideal)により殺菌價値を認められたるものであるが實用に應用し始められたのは最近の事である。

鹽素にアンモニアを加ふる時はクロールアミン (NH_2Cl , $NHCl_2$) と稱し鹽素と著しく性質及び働きを異にする化合物を生成し此の化合物が特種の殺菌作用及び防臭作用を營むものとせられて居る。而して此のクロールアミンは鹽素に比較して其の作用が持続性に富み、鹽素の行ふ働きを一層有効化し、且つ鹽素の如く殺の復活現象を見る事なく、又過剩鹽素の爲に水に不愉快なる臭味を與ふる様な障害を防ぐ効能を有し、注入装置も鹽素同様簡單である。1915 年レース氏(Race)の實驗によれば有効鹽素量 0.2 P.P.M. の晒粉液にアンモニア 0.1 P.P.M. を加ふる時は其の殺菌力は有効鹽素量 0.6 P.P.M. の晒粉液に等しかつたと云ふことである。此の兩者を如何なる割合に混合すれば最も有効の結果が得られるかと云ふ事を徹底的に決定することは頗る難事とされて居るが、有機物を比較的多く含む原水に對しては $Cl_2:NH_3 = 1:2$ 又は $1:3$ 位が最も満足なる結果を得られるとの事である。

(ニ) 硫酸銅による方法

硫酸銅 (丹礬) (Copper Sulphate) も亦細菌類を殺滅せしめ、藻類其他の微生物の成長を阻止し發生を豫防する効能があるので、淨水方法の一階程としてよく用ひられる。既に藻類の發生したるものに硫酸銅を注入する時は、藻類の種類によつては其の成長がとまつて腐敗を招き腐敗する時に油狀物質を分泌し不快の臭氣を發散して、水質を悪くするばかりでなく、濾過池等に於ては其の爲に濾過膜の密度を増して濾過率を損ずる虞があるから注意を要する。併し此の障害は永続的のものではなく、一週間位で舊に復し、藻類の發生も根絶すると云ふ事である。硫酸銅は殺菌よりも寧ろ貯水池又は濾過池等に於ける藻類發生の豫防劑又は阻止劑として用ふるを得策とする、其の使用量は原水中の有機物の量によるけれども 0.5 P.P.M. 即ち水 1 リットルに就き 0.5 mg を超さない程度ならば人體に影響なくして充分其の効力を發揮し得るとされて居る。兎も角此の藥品は固々人體に有害のものであるから、其の適量に就ては充分なる調査試験を行はねばならぬ。之れを貯水池等に注入するには一定の濃度に作られたる溶液を槽等に入れて船に積み込み之れを有孔管に導き噴射をさせながら船を航走せしめて注入するがよろしく、濾過池等に注入するには其の入口の處で一定量を注入する様にして置くのである。藻類絶滅用としての從來の重なる實驗の結果を擧げて見ると、0.125 P.P.M. でアステリオネラ (Asterionella) 及び アナバネナ (Anabanena) を死滅せしむるには充分であり、ハンノパーに於ては 0.25 P.P.M. を使用した結果 24 時間の後 1 cm³ 中 600 の微生物が 60 に減じ 60 時間の後には全く消滅したと云ふ事である。我國の實例に於ては蘇谷町水道が濾過池内の藻類發生を阻止する爲めに夏季臨時的に之れを 0.05 P.P.M. ~ 0.10 P.P.M. 使用し、一時的に使用したる例としては嘗て東京市水道の村山貯水池及び江戸川水道の沈澱池に硅藻類の發生した際に晒粉と併せて硫酸銅を 5,000 萬分の一即ち 0.02 P.P.M. の割合で使用した事がある。

第七節 電氣による淨水法

茲に所謂電氣による淨水法とは、直接電氣によつて淨化するのではなくして、電氣の力を用ひてオゾンガス (Ozone) 又は紫外光線を發生せしめ其の強烈なる殺菌作用酸化作用を利用して水を淨化することを云ふのである。

1. オゾン法 Ozone method

乾きたる空氣中に高壓の電氣を通ずる時にはオゾンガス O₃ を生ずる。此のオゾンガスは強烈なる酸化力を有するを以て殺菌能力強大であると共に、色々の溶融有機物を酸化し且又色々の臭氣を消滅せしむる働きを持つて居る。オゾン發生に用ひられる電壓は普通 15,000 ボルト以上であつて使用量は 1.6 ~ 1.8 P.P.M. 位を普通とし此の程度の割合に於けるオゾン 1 kg を作るに 17 ~ 25 kw/H の電力を要する。此の方法は前記鹽素法に於ける如く原水の性質による量の調整が微細を要することなく又悪臭を發散することがないのであるが、設備費に多額の工費を要するのと、製造に高壓の電氣を多量に要する爲めに電氣代の高價なる地方に於ては従つて多額の經常費を要する缺點がある上に、近時鹽素殺菌法の發達の爲にあまり新らしく採用せられないのである。我國に於ては最近完成したる八幡市及び戸畑市兩水道に於て始めて急速濾過と併せて此の方法を採用して居るが、其の主要理由は原水たる筑豊炭田を流域とする遠賀川の水中に鹽素殺菌に適しない石炭酸成分を含有する虞ありと云ふにある。オゾン發生器にもシイメンス型、オットース型等色々あるのであるが、八幡市に於てはシイメンス型を、戸畑市にありてはオットース型を用ひて居る。

八幡市水道オゾン殺菌成績表

細菌數	濾過水		備考
	殺菌前	殺菌後	
最高	140.	5.0	オゾン殺菌はキャンテイ 式急速濾過機にて濾過した るものに適用して居る。 自昭和6年1月5日分平均 至 " 7月
最低	34.	0.0	
平均	57.6	3.2	

2. 紫外光線法 (Ultraviolet ray method)

石英の水銀蒸気ランプに電氣を通ずる時には、紫外光線を放射する。此の紫外光線は強大なる殺菌力を有するものであつて、之れに原水を接觸せしむる時には二、三秒の短時間内に細菌類は死滅するものである。太陽の光線が水の浄化に効能のあるのは其の光線中に此の紫外光線を有するによるのである。併し水の他の性質即ち物理的、化學的性質を改良するには殆んど効力はないのであつて、却つて濁度の爲に水の透明を欠き光線の射入を妨げる時には此の殺菌力も亦大に減少せられるのであるから、處理せんとする水は豫め其の濁りを取り去つて澄明にして置かねばならぬ。故に細菌的性質のみが不良である水を浄化するには適して居るわけであるが價格も不廉にして、大量の水を處理するに適せず、従つて都市水道の如きには適當しないのである。(構造圖参照)

第八節 軟水法

硬水が必ずしも人體に有害でない事は、既に水の性質の項で述べた通りであるが、洗濯其他日常の使用につき、又は或種の工業用水として適當でない爲に、原水の硬度を引き下げること、即ち軟水の方法を講ぜねばならぬ事が往々にして起つて来る。

煮沸法—一時的硬水は之れを煮沸すれば、炭酸を遊離して酸化カルシウム及び酸化マグネシウムとなつて沈澱性のものに變化するから容易に軟化させることが出来るのであるが大量の水を處理するには適しない。

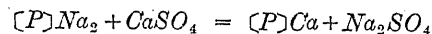
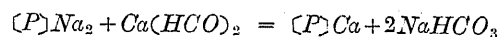
ゼオライト法 (Zeolite Process) パームチツト法 (Permutit process)

之れはゼオライト (Zeolite) と稱する、アルミナ、シリカ及びソデウム等の礦物性の混合物質で以て軟化せんと水を濾過して硬度を取り去る方法である。

ゼオライトは之れに接する水中からカルシウム及びマグネシウムを取り去り自分の持つて居るソデウムと置き換へる性質を持つて居る。ゼオライトは天然にも

存在するものであるがガイツ氏が人工的に作り始めてからパームチツトと稱し單に軟水の目的のみでなく、鐵分、マンガン及び細菌類の除去にも利用せられ、後述パームチツト濾水器の如きは此のゼオライトを主濾材として考案せられたものである。

今此のパームチツトが如何にして軟水に役立つかをカルシウムの炭酸鹽類及び硫酸鹽類に就て見ると、



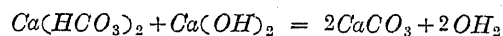
$[P]Na_2$ は $Al_2Si_2O_8Na_2$ (パームチツト) に於ける $Al_2Si_2O_8$ を $[P]$ にて表したるものである。

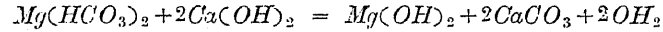
此の化學反應の結果に於て出来るカルシウム・パームチツト又はマグネシウム・パームチツトは食鹽の溶液で洗へば再び食鹽中のソデウムを取つて其の軟水機能を恢復する。此の方法は極めて効果的であつて、各家庭用水、又は工場用水等の軟水法としては歐米諸國に於ては廣く行れて居るものであるが、都市水道の如き大量の水を軟化するには次の化學沈澱法を適當とする。

化學沈澱法 (Process by Chemical Precipitation)

此の方法は石灰又は炭酸曹達を用ひ、硬水中に含まるゝカルシウム又はマグネシウムの鹽類を化學反應によつて、沈澱性の物質に變化除去せしむるものであつて、一時的硬水、永久的硬水に就き夫々軟化の順序を述べて見ると次の通りである。

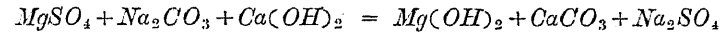
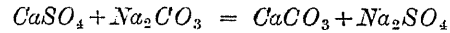
一時的硬水の場合 一時的硬水即ち「カルシウム」又は「マグネシウム」の炭酸鹽類を含む水を軟化するには石灰水を加へて行ふのである。石灰水を加ふる時には夫々次の如き化學變化を起して沈澱性の $CaCO_3$ 及び $Mg(OH)_2$ を生じ原水の硬度は除去せられるのである。





此の石灰を加ふる方法は、1841年英國のクラーク氏により考案されたるものでクラークスの軟水法として知られて居る。

永久的硬水の場合 永久的硬水即ちカルシウム又はマグネシウムの硫酸鹽類を含む水を軟化するには前者に對しては炭酸曹達を用ひ、後者に對しては炭酸曹達と共に石灰水を加へるのであつて、其の化學變化は次の通りである。



我國都市水道の實狀より見ると、原水は其の地表水たると地下水たるとを問はず殆んど全部が軟水に屬するものであつて、特に軟水法を必要とするものは殆んどないと云つてよろしい。

第九節 鐵分及びマンガン除去法

地表水に鐵分を含むことは極めて稀有のことであるが、地下水殊に深井水に鐵分を含むことは決して珍らしき現象でなく、其の除去作業は深井水源に伴ふ一つの煩しき作業と云つてもよい位である。

水中に溶融せる鐵は多くの場合 $Fe(HCO_3)_2$ の形を有し空氣に接觸すれば酸化せられて沈澱性の Fe_2O_3 又は $Fe_2(OH)_6$ を生ずることは既に水の性質の項でも述べて置いた通りで、此の空氣接觸酸化操作に就ては本章第三節エーレーション曝氣法の項に於て一般的に説きたれば茲には繰返さない。エーレーションは鐵分及びマンガンの除去には最も有効であつて少量の水の場合は第八節軟水法中パームチット法に準じ酸化性の強大なるマンガン・パームチットを濾材として濾過するのも一つの方法である。

第十節 家庭に於ける水の淨化法

一般に水道によらざる家庭に於ける用水は主として淺井水、溪流水、河川水等によるものであつて、原水が不純である時には小規模の淨化法を講ぜねばならぬ就中最も多く用ひらるゝは濾過法であつて、小規模の濾過法に就ては後章淨水構造の項に於て併せて述べることにする。濾過法以外に熱を加へて淨化する方法即ち煮沸淨水法及び前述晒粉利用による鹽素淨水法等も各家庭用の小規模の淨水に應用して適當なるは言を俟たない。