

論 說 報 告

土木學會誌 第十七卷第二號 昭和六年二月

重複濾過に依る淨水の研究

會員 工學士 安 田 靖 一

The Study of Water Purification by Multiple Filtration

By Seiichi Yasuïa, C. E., Member.

内 容 梗 概

濾過に依り原水を處理する場合、重複濾過は單一濾過と同一面積乃至幾分狭少なる面積を以てして猶單一濾過に比して濾過効率の上に又經濟的に總て優れる事を學術的に又歐米先進都市の實例に徴して論じ、著者が2箇年餘に亘り、京都市水道原水に就き實地に試験したる結果に基き其の事實を立證し、今後淨水上に重複濾過就中二重濾過を適用する事の最も必要なる旨を唱道し、末尾に參考として著者が親しく視察調査したる歐米の重複濾過水道の實例を紹介せるものなり。

目 次

序 論.....	2
第一章 重複濾過の濾過効率増進及び濾過有效持続期間の延長に就て.....	3
第二章 淨水經費の節約に就て.....	6
第三章 淨水能力の増進に就て.....	8
第四章 建設費の節減に就て.....	9
第五章 如何なる原水をも處理可能なる事に就て.....	9
第六章 二個以上の水源を併せて一水源とする場合の處理に就て.....	10
第七章 重複濾過試験と考察.....	10
第一節 第一次試験 單一濾過と重複濾過面積の同一なる場合.....	11
第二節 第二次試験 單一濾過と重複濾過面積の異なる場合.....	17
結 論.....	21
附 録 歐米都市に於ける既設重複濾過水道の實例.....	23

序 論

濾過方法により水を淨化する場合に於て、周圍の條件が同一なる時、單一濾過と同一面積乃至幾分狭少なる面積の下に重複濾過を適用する時は、單一濾過と重複濾過との間に可なり著しき差違あること、即ち重複濾過は單一濾過に比して次の如き利益あるが如し。

- 1 濾過効率の増進及び濾過有效持続期間の延長
- 2 淨水經費の節減
- 3 淨水能力の増進
- 4 建設費の節減
- 5 如何なる原水をも處理可能
- 6 二個以上の水源を合せて一水源とする場合の處理の容易

以下逐次之れを説明せん。

重複濾過とは 2 回若しくは 2 回以上適當なる同一若しくは不同速度(不同速度を可とす)を以て、原水をして濾床を通過せしむる意味なり、例へば單一濾過に従へば原水を假に一晝夜 10 尺の速度を以て濾過すべきを、重複濾過なれば 20 尺の速度を以て 2 回濾過を行ふか又は第一次に 50 尺、第二次に 12.5 尺の速度を以て濾過するか又は第一次に 200 尺、第二次に 50 尺、第三次に 40 尺、最後に 20 尺の速度を以て 4 回の濾過を重ねるかによりて其の兩者より得たる濾水を比較するに、重複濾過の爲に幾分餘分の濾過水頭を要するとは言へそれに要する濾過面積が同一にして濾水の性質に於て果して後の三者が前者の單一濾過の者より優るとせんか、少なくとも濾過効率に於ては重複濾過が單一濾過に比して優秀なることを知り同時に單一濾過の効率程度迄低下すれば自ら淨水能力の増大を得らるゝことになる。假に濾過効率は同一なりとするも、必ずや濾過有效持続期間に甲乙あり、重複濾過は單一濾過に比して相當濾過持続期間の延長を來さん。従つて淨水作業費に可なり多くの節約を期待し得ることになる。次に第一次に 50 尺、第二次に 15 尺の速度を以て濾過したる上水が速度 10 尺の單一濾過水と水質上に甲乙なしとせば前者は後者に對して濾過水頭の幾分多くを要するも用地積に於ては後者の約 87% にて足り自ら構造物の縮小も期せらる、従つて地形だに數尺若しくは以下の水頭を與ふることを許すの地ありとせば無論のこと、たとひ地形が自然に許さざるも或る程度の土工施行により之れに適する様設置することを得べく、かくして少なくとも濾過施設建設費に大なる節減を招くことゝなるは明かである。故に此の重複式の濾過を研究し之れを實地に廣く適用すること、否少なくとも二重濾過式の適用を全般に及ぼすことは、從來重複濾過式所謂 Pucch-chabal 式が原水の性質上止むなく採用されたといふ理由に止まらず、一般淨水施設上に大なる影響を招致する者と思ふ。

第一章 重複濾過の濾過効率増進及び濾過有効持続期間の延長に就て

何故に重複濾過は単一濾過と同一面積若しくは寧ろより少なき面積を以てして、尙濾過効率が增大せられ、且つ濾過有効持続期間が延長せらるゝ如く推知せらるゝかを吟味するに、次の理由に基く者に非ざるなきかを學術上又は實驗上説明せらるゝ如し。殊に鐵分を含む原水及び藻類又は他の微生物の發生蕃殖甚しき原水に對して、重複濾過は非常なる効果を齎らす。コッペンハーゲン、伯林ウールハイデ浄水設備（以上は鐵分處理）、倫敦バーンエルムス浄水設備（之れは藻類及び他の微生物の處理）の如きは此の著しき實例である。

元來濾過作用に依り水を處理する場合に當り、所謂淨化の機能を完くする所以の者は、濾床の機械的作用と相俟つて、原水中に含む生物より分泌する所謂膠狀性物質より生成せらるる薄膜即ち濾過膜に依り、しかも其の濾過膜の生成に與つて最も力ある者は、藻類にして（無論他の微生物が之れに關與す）特に此の際硅藻類の分泌物が重要な事は Dr. Ad. Kemna 氏の業績、京都帝國醫科大學教授戸田醫學博士の所論及び大阪市立衛生試驗所技師山口醫學博士の實驗報告などによりて立證せらる（昭和5年2月20日發行國民衛生第七卷第二號及び同年3月20日發行同誌第七卷第三號所載、上水道生物學的研究等參照）、尤も明治44年1月20日發行植物學雜誌登載の服部理學博士の上水道微生物論には臺北、基隆の濾池にては夏期はアフリミドロ、ホシミドロの類のみ夥しく發育し硅藻類の類は甚少しとの異例記録もある通り綠藻類の多き原水もあるが要するに上記の如く濾膜は藻類殊に硅藻類によりて形成せらるゝ如し、従つて浄水濾過の目的を達成せん爲には必ず硅藻類を適當に砂層濾床上に齎らす事の必要起る、即ち之れを合理的に齎らす事が濾過機能を完結するの要諦なりといふも過言にあらざるべし、由つて此の事實を單一濾過と重複濾過の場合に適用して兩者を比較考察せん單一濾過にては原水中に含まるゝあらゆる挾雜物も、あらゆる生物も、即ち濾膜生成に必要な者も、必要ならざる者も、又實あつて益なき者も、總てを濾床上に持來たすが故に、たとひ濾過膜が生成せらるとしても比較的厚くして不完全を免れず、しかも之れが生成には可なり長時間を要し且つ濾過進行中往々濾膜の一部破損又は濾床の一部に龜裂を招き、濾過効率を著しく低下するが如き故障が兎角有勝である、従つてかゝる不完全且つ不安心なる濾膜に起因し、濾過効率も充分ならず且つ均等を缺ぎ又自ら濾床の充塞 (clogging) も早く、従つて濾過有効持続期間も比較的長からざるの缺陷を伴ふ可く思考せらる、然るに重複濾過に依れば、先づ豫備濾過 (prefilter) に依りて大形の濾膜生成に不必要乃至有害なる者は多く阻止され、濾膜生成に必要な者を比較的多く通過せしめ、かくして最後の仕上濾過池 (final filter bed) に於ては、比較的理想到近き完全なる濾膜を生成せしむる事、敢て不可能

にあらざる如く考へらる、蓋し今後の研究と實驗を重ねなば、恐らく豫め處理せんとする原水を充分精細に調査し、其の原水中に含む生物中の濾膜生成の主要素たる珪藻類其の他の量を測定し、仕上濾過に於て濾膜生成に必要な其の若干量を、必ず豫備濾過に於て、通過せしむる丈に、又不必要なる有機物乃至浮游物の多くをば、阻止せしむる様に、豫備濾床の構成或は其濾過速度等を推究決定し得可き様考察せらるればなり、即ち今後の調査研究は一に此の點にありといふ可し。然らばかくして單一濾過に優る完全なる濾過膜を生成し得可く、且つ大形乃至比較的重き浮游物は既に豫備濾過に於て相當除去されたるを以て、藻類及び他の微生物の極端なる蕃殖も或る程度迄は抑制せられ、従つて濾膜の一部破損或は濾床一部に龜裂を招くが如き、障害を受くるの懸念の少なくなりたる仕上濾過池に於て處理されたる淨水は自ら單一濾過池に於て處理されたる者よりも比較的濾過効率も高まり、しかも比較的均等となり且つ濾床の充塞も自ら遅く、従つて濾過有效持続期間も單一濾過に比してかなり延長する者ならん事を想像せらるべし。以上述べし事項中、單一濾過なれば濾膜の一部が往々破壊され又濾床の一部に往々龜裂を招くが如き不慮の被害を受くる可能性あるに反して、重複濾過なれば之れ等の懸念は先づ少なき者と想像せらるゝ事は重複濾過の濾過効率増進に關聯して見逃し難き大切なる事柄なるべし。現に大阪、神戸、京都、堺市などに於て、濾水の生物的調査をなしたる記録を見るに綠藻類、珪藻類就中綠藻類の著しき存在は全く自然的侵入にあらずして、多く濾膜の一部破壊或は濾床龜裂の如き不時の故障に乗じて、他動的に侵入せし者ならんと推定せらるゝ事を顧みなば、此の點より見ても重複濾過は單一濾過に優る者にあらざるか(既記國民衛生第七卷第三號参照)、しかして上述の如く理論上よりいへば豫備濾過をば原水の性状に應じて、それぞれ合理的に行はしめ得る事即ち換言せば濾過を二次以上重ねても、猶最後の仕上濾過池に於て適當なる濾膜の生成の可能なる様、豫備濾床の構成、又は其の濾過速度を決定する事に外ならざるも實際問題としてはかく決定する事は、仲々容易ならざる事と信ず、しかし著者が本問題に就て特に論ぜんとする骨子は既述の如く單一濾過と同一面積乃至幾分狭少なる面積の下に重複濾過を適用し、彼我優劣を比較せんとするにあるが故に必ず豫備濾過の速度も、仕上濾過の速度も、單一濾過に比して可なり早急ならざるべからず。況んや豫備濾過の速度は單一濾過に適用すべき速度の十數倍若しくは數十倍の速さを以てし且つ豫備濾床は單一濾床に比して粗大なる濾過材を以て構成するを常とするが故に、仕上濾過池に於て濾膜の生成せざる程に、主要成分を全部豫備濾過池に於て阻止さるゝ等は萬々なかる可き様推考せらる。さりながら濾床の構成と其の速度の割合が淨水の効果及び經濟問題に及ぼすこと甚大なるが故に豫備濾床と仕上濾床の構成又はそれ等の濾過速度の割合を、最も合理的に決定する様、今後の調査研究を要する次第なりと思惟す。従つて以上述べ來れる理論及び推定の下に、次の如く論及せらるゝ如く考察

せらる。

1. 第一次濾過即ち豫備濾過は次の二種に區別して考へらる即ち其の一は比較的急速度にて濾過し之れによりて單に一種の機械的ストレーナーの作用を爲さしむるに止まり、浮游生物の除去及び除菌作用に何等觸れない場合で、此の場合には無論仕上濾過池に於て、濾膜の生成を危む恐れなし。其の二は第一の場合よりも相當速度を低下し、之れに依りて機械的ストレーナーの作用に止めず浮游生物除去及び除菌作用にも幾分關與せしむる場合であるが、此の場合には豫備濾過が可なり淨化機能を發揮する事と爲るが故に仕上濾過池に於ては濾膜生成が危まれるが如く感ぜらるゝも、既に述べし如く此の場合の豫備濾過の速度は如何に低下せしめたと雖も、猶單一濾過の速度よりも早く且つ其の濾床は粗大なる濾過材を以て構成せらるゝこと前述の如し。然るに此の豫備濾過のみにて假に彼の四季を通じて繁生力ある硅藻類其の他の濾膜生成に關與すべき者が全然阻止されて、最早仕上濾過池に於ては、濾膜生成の要素なしとせんか、他の挾雜物も浮游生物も多く阻止せらるべく從て茲に完全なる濾水が得られたといふ事になり、先きに適當として決定したる單一濾過の速度も其の濾床の構成も全く無意味となり、此の意味を際限なく及ぼせば遂には如何に濾過速度を速めても、亦如何に濾床を粗雑に構成しても、濾過效率が低下しないといふ結論となり、甚だ首肯し難き不合理を招く様考察せらる。故に單一濾過面積と同一或は幾分狭少なる面積の下に重複濾過を適用し、且つ豫備濾床の濾材は比較的粗大なる者を以てすとの前提の下に於ては必ず豫備濾過を爲すも仕上濾過池に於て濾膜の生成せざる憂なしと信じて誤りなき様考へらる。しかし此の點は今後猶充分調査研究を要すべき要諦であるが其の孰れの場合を問はず、第一次の豫備濾過に於て、有機物、浮游物、其の他の挾雜物の比較的大なる者は除去され、從て第二次若しくは二次以上の濾過即ち最終の仕上濾過池に於て生成する濾膜は單一濾過池の場合に生成する者よりも完全にして而かも薄き膜を生成する可能性あり、故に第二次以上の濾過に於て其の速度比較的速くとも、其の效果に於て良好なるべき事及び濾過有效持續期間の延長する事は想像に難からず。

2. 原水と濾床を構成する材料即ち濾材との接觸面の大小は、接觸時間の長短よりも濾過作用に良好なる結果を與ふる者の如し、換言せば原水が濾床を通過する時間は短くても深く從つて接觸面の大なる濾床を潜る間に其の清淨度を相當高むる如く思考せらる。

3. 重複濾過は濾過池及び設備の構成上、單一濾過に比して曝氣作用 (aeration) を受くる様施設せらる、此の曝氣作用は濾膜生成に必要な硅藻類の發育に與つて力あるのみならず、或る原水の如きは曝氣作用のみにて淨化を完ふする者さへある位なれば、濾過に伴ひ曝氣作用を與ふことは濾過作用に直接の利益を與ふる以外に副産物として濾水に良好なる影響を

與ふることとなるべきか。

4. 原水は異なるメデイアム (medium) に接する程其の淨化度を増すが如く推定せらる、此の意味に於て濾床を異にする豫備濾過の回収の多き程其の効率を益々増進すべく推定せらる、故に單一濾過をなすよりも、礫層なり、コークス層なり、又はポーライト層なりの異なるメデイアム層を通過する所の重複濾過は、より以上の効果を齎らす者ならんか、倫敦郊外エグハム町私設水道の濾過設備の如き此の適例なり。

以上の外次の二項目は、重複濾過をして効率を高めしむる爲の必然の理由とするには根據薄弱ならんも、それを助成する上には幾分力ある者の如く想像せらる即ち

5. 自然界の一現象として或者を仕上ぐるは、粗より密に、緩より急に、それぞれ序を追ひ所謂緩急宜しきを得て進み、其の間相當の訓練と親しみを要し短刀直入に最後の目的を達せんとするは不利困難なる場合少なからず。水を淨化する場合にも唯一回の仕上濾過池を通過せしむるだけでは其の効率は充分ならざる如く考へらる、先づ豫備濾過を行ひ然る後序を追ふて最後の濾過に移る方が其の効率を高むるにあらざるかの如く考察せらる。

6. 物理学 エクサイテーション (excitation) は化學的變化を誘致することは彼の化學分析を行ふに當り試験管に試薬を投じ沈澱物を生ぜしむるに當り、單に試薬を投じ試験管を振つて混和せしむるだけでは其の沈澱物を見るを得ざる者多々あるも、玻璃棒を以て試験管の内面を摩擦すれば、忽ち沈澱物が現はるゝ事實に徴して證明せらるゝ通り、水の淨化の場合にも豫備濾過の際相當急速に原水をして濾床を通過せしむる時は、所謂原水がエクサイトされ茲に原水の含む鐵分、亜硫酸、マンガーン又は炭酸の類がより多く沈澱して除去されることも全然想像し得られざる事柄にもあらざる如く考へらる。以上各般の事柄は後に報告する實驗の結果が雄辯に物語つて居る如く考察せらる。

第二章 淨水經費の節約に就て

抑も淨水經費の主たる者は凝集劑 (coagulant) を要する者にあつては其の凝集劑費、沈澱池の掃除費、濾床の洗滌及び殺菌費であるが單一濾過と重複濾過の淨水經費の比較を爲すに當りて凝集劑費、沈澱池掃除費は先づ同一と見做さるべく (重複濾過なれば原水によつては沈澱池を廢し又は容量を縮小する事も出来るが先づ茲では是れに觸れない者とす)、隨つて結局濾床の洗滌費と殺菌費の二項目に就いて比較すれば足る、就中濾床の洗滌費が其の主眼の者となる、而して此の費用の要素は洗滌に要する水料と作業費である、よつて此の兩者に就て見るに

其一 洗滌用水節約の事

此の比較を爲すに最も簡單なる場合、即ち單一濾過と重複濾過とが同一の濾過面積を有し、しかも重複濾過が2回なる場合に就いて見るに、第二次即ち仕上濾過に於ては其の濾過の持続期間が單一濾過に比して延長するなることは本編第一章第一項に説明せる如く一旦豫備濾過を爲し、浮游物其の他の挾雜物の大部分を除去せる後を受けたる者なれば、濾床の充塞(clogging)により長き時間を要するは明かなり、随つて一定期間内の掃除回数は減少され而かも此の上濾過面積が幾分狭くなつて居るから一回に要する洗滌用水量も面積の狭小なる丈け少量にて足るべく、必然洗滌用の水量は重複濾過の方遙かに節約せらる、然し一面に於て重複濾過にては豫備濾過池は急速に水を通ず、故に自ら濾床の充塞も早く洗滌明も屢々來り之れに要する水量は可なり多量となる如き感あるも、元來豫備濾過池は比較的粗大なる礫、コークス、スラッグ、ポーライトの類若しくはそれ等の混合物を以て濾床を構成し、而かも水は下より上に早く通過する間に有機物又は挾雜物の可なり多くが除かるゝ構造なるが故に、時々排水管により底部に沈澱せる汚染物を排除することにより濾床全體の掃除回数は減少され、濾床の洗滌も比較的容易で且つ其の面積が第二次即ち仕上濾過面積よりも十數倍若しくは數十倍小さきが普通であるから、洗滌所要水は割合に少量にて足り、結局第二次仕上濾床洗滌に節約さるゝ水量に及ばざること遙かに遠き實情である様見受けらる。是等の事實は後の實驗池の成績により確定的に證明された、沉んや琵琶湖水を原水として試験したる其の實驗に於ては豫備濾床は一箇年餘の間に一回の沈澱物排除も、一回の濾床洗滌も要せざりし事實すら現はれしに於てをや。

其二 作業費節約の事

右の如く重複濾過は一定期間内に於ける洗滌回数が單一濾過に比して少なくなり、従つて洗滌用水が節約せらるゝ上からは其の洗滌回数と常に比例する作業費は當然節約せらるゝこと明かなり、のみならず此の洗滌回数の減少は濾床洗滌の爲に、或は起因する不淨物乃至有害物侵入の憂ひ一層減殺さるゝ上に多大の利益を伴ふ事も、看過し得ざる重要な事柄である、以上は重複濾過の有効持続期間の延長に歸し水量及び作業費の節減を招きたるものなるが、猶重複濾過の齎らす濾過効率の増進に基き重複濾過の面積を單一濾過の効率と同等程度に低下する迄減縮する事が出来る、従つて之れに歸する水量及び作業費の節減も亦當然加算せざるべからず。

其三 殺菌費節約の事

上水の殺菌は濾水に施すを常とするが故に、濾水の淨化度の高き者程、孰れの藥劑を以て殺菌するとしても、之れに要する分量が少量にて足り自ら經費の節約となる、即ち之れに對しても重複濾過は單一濾過に比して節約せらる、但し前記の通り重複濾過の面積を減縮し單復

兩濾過の効率を同一程度に保たしめし場合は、無論此の限りにあらざるべし。

以上の比較は最簡單なる場合の比較に止めたるも濾過面積の相違する場合即ち重複濾過の面積が單一濾過に比して幾分狹小なる場合及び二回以上の濾過を繰返す場合にも同様の説明を下すことの可能なるは恐らく立證せらるべきならん。

浄水經費の節減に對する最も顯著なる適例は獨逸アルトナ市水道である、同水道は元單一濾過式であつて18個の緩速濾過池を有し18800平方メートルの總濾過面積を以て、一日36000立方メートルの浄水能力を保つ者なりしが、1917年に此の濾過面積の約2%に相當する、直徑6.4メートルにて32平方メートルの面積を有する急速濾過機12基を豫備濾過として設置せし以來、毎年の濾床洗滌回数が、從來は270回なりし者が、85回となり、之れを面積にて表示せば、從來280000平方メートルに相當する濾過面積を洗滌した者が、今日にては90000平方メートルに減じ、従つて洗滌砂量も5500立方メートルより1400立方メートルに減じ、1000立方メートルの濾水を得る爲には、平均29平方メートルの濾過面積を洗滌する必要ありし者が、今日にては8.7平方メートルにて足る事となり凡て元の1/3以下に減じた、かくして之れが爲に作業時間に於て毎年19000時間、洗滌用水量に於て12000立方メートルの節減を招くに至つた。固より急速豫備濾過に對する經費は相當入用なるも試みに之れを我國に適用し其の節減金額を見積るに、作業費に於て約4000圓、洗滌用水料に於て約700圓計4700圓なるが、別に汚砂洗滌毎に損失する砂量の節減額其他従業員の被服費の節減などを計算せば悠に5000圓以上に達すべく、恐らく全浄水經費に對する此の節減率は可なり高かるべし、のみならず洗滌回数の著しく減少したるため、洗滌に際して他より汚物或は有害物の侵入する憂ひを減少するが如き無形の利益を伴ふ事は、前述の通りであつて、かゝる比較的小規模の水道で浄水經費がかくも著しく節減せらるゝ事は、全く重複濾過の效績に歸する者といはざる可からず。

第三章 浄水能力の増進に就て

單一濾過と同一面積を以て重複濾過を行へば後者は前者に比して浄水能力を増す者と推定せらる、何となれば第一章に説明せし如く濾過効率に於て重複濾過は單一濾過に優る可能性あり随つて重複濾過の速度は單一濾過に依り得たる濾水の性質に低下する迄増進することが出来る、随つて當然浄水能力は増大される。

猶一面に於て重複濾過の誘致する濾過有效持續期間の延長は單に浄水經費の節減のみならず是又浄水能力の増進を招致す。此の最も著しき適例は米國ヒラデルヒヤ市トレスデール浄水場の實例である、同浄水場の浄水能力は豫備濾過池を設けざる時代の最大は1日1エーカー當り400萬米ガロンにて其の平均は約233萬米ガロンであり、且つ池の濾過有效持續期

間は 19.7 日であつたが、在來濾過面積の約 7% に相當する豫備濾過池を設けて以來其の最大淨水能力は 1 日 1 エーカーに付 600 萬米ガロン平均 396 萬米ガロンとなり、且つ濾過有效持續期間は 46.7 日となり實に 27 日の延長を招いた、即ち淨水能力の増進が最大能力の時に於て 50%、平均時に於て約 70% 増しとなり濾過有效持續期間は 1.4 倍となつた、此の持續期間の増大は又前第二章の顯著なる實例である、後の實驗成績も亦能く之れを證明して居る。

第四章 建設費の節減に就て

既に第一章に述べたる如く少なくとも同一面積内に單一濾過と重複濾過を試みなば、濾過効率に於て重複濾過が優ることを推知せらるゝのみならず後の試驗成績も稍之れを立證した、然らば單一濾過と同一程度の濾過効率迄に低下せば必然重複濾過池の面積は節減せらる、固より一面に於て幾分多くの濾過水頭を要する關係上地形の撰擇又地形をそれに適合せしむる様築造する上に用地費の幾分の割り増しと幾分工費の割り増しとを免れ得ざるも、多くの場合に於て此の費用の増加は濾過面積の節減より生ずる費用を以て相殺し猶餘りあること一般なるべし、又實際問題としては右に適する様の地形を有する場所を淨水場として撰擇することも難事にあらず。猶此の外に重複濾過の齎らす濾過有效持續期間の延長は上述の如く淨水設備能力の増進を招くが故に、自ら濾過面積の縮少と濾床洗滌に處する濾過豫備池數の減少をも來たす、故に以上兩方面より考察して建設費は幾分又可なり多額の節減が出来ると思はる。況んや重複濾過面積が單一濾過面積よりも減縮されて居つて、しかも同一濾過効率を保つ場合に於てをや、建設費の節減は固より明白なるべし（結論第一項參照）。

第五章 如何なる原水をも處理可能なる事に就て

單一濾過は或種の原水には効率低く上水として不合格なる者少なからず、之れ第一章に述べたる如く重複濾過は種々の點に於て濾過効率を増大し得べき理由を存するに不拘單一濾過は之れを缺ぐを以て、或る種の原水には到底單一濾過は適せざるべし。即ち有機物なり鐵分なりを多量に含む者、又藻類なり、微生物なりの發生甚しき者の如きは重複濾過に依らざれば満足なる上水を得ること不可能なるべし。例へば獨逸マグデスブルグの水道にせよ、米國ベスレヘムの水道にせよ、倫敦バーンエラムス淨水設備にせよ、伯林の水道にせよ、是等の水道を單に一次濾過のみで放置せば、必ず彼の如き上水として遺憾なき者を處理し得ざるや明白なり。然るに重複濾過によれば如何に原水が汚染されて居つても亦如何に挾雜物を有して居つても比較的容易に且つ完全に處理し得ることは歐米都市既設の重複濾過式水道に多くの實例を示して居る、如何なる原水をも處理し得ることは固より經濟的見地

を離れても場合によりては大に採用を要することであるが、しかし著者の大に重複濾過を唱道するはかゝる狹義の場合をいふにあらず寧ろ一般的に苟くも濾過を要する原水にはたとひ單一濾過にて足る場合も、經濟的見地からそれと同一面積若しくは夫れ以下の面積に於て重複濾過式少なくとも二次式即ち一旦豫備濾過をなしたる者を仕上濾過にかけける所の所謂二重濾過式 (double filtration system) を適用し、最も經濟的に水の處理 (固より單一濾過と同一程度の効率を保たしむ) を計らんとするにあることは既に序論に述べた通りである。

第六章 二個以上の水源を併せて一水源とする場合の處理に就て

二つ又は數多の水源を合併して一水源とする場合 (かくせざれば建設費及び維持費の上に少なからぬ不利益を醸す場合) に於てはそれ等水源の原水の性質に應じそれぞれ適當なる豫備處理を行ひ、然る後之れを混合して仕上濾過池に導く時は濾過効率を高むるのみならず建設費及び維持費の節約上に又全體の能力を増進せしむる上に少なからぬ利益を招く例へば一水源は湖沼による表面水、第二水源は河川による伏流水、第三水源は溪谷の湧泉であるといふ様の場合に於てそれぞれ水質を異にする者を混じて處理するよりも、寧ろ先づ大體水質の同一程度になる迄にそれぞれ豫備處理を施し、然る後之れを混合して最後の仕上濾過をなすことは如上の凡ての點に於て有利である。此の適例は英國エジンバラ市水道の一部水源に於て之れを見ることは後の附録に詳述する如し。

以上を綜合して考察するに重複濾過は單一濾過に比して一點だも優らざる者なきが如く信ぜらる、故に今後上水の淨水上に於ては先づ原水に就て充分調査研究を遂げ此の重複濾過式を適當に採用し以て當初の建設費を節減し、加ふるに淨水經費を減ずるのみならず濾過効率を増進せしめ、必要に應じては淨水能力をも増進せしむる様施設に力むることは水道技術者の執るべき方針ならんと思ふ。

第七章 重複濾過試験と考察

以上第一章より第六章に至る事項を實地に徴する爲京都市蹴上げ淨水池の空地に左記の目的を兼ね特に設けたる試験濾過池を利用し、大正 14 年 2 月より昭和 2 年 2 月に至る 2 箇年餘の期間に亘り實驗を爲したる成績を次に示す。

固より試験期間も短かく且つ施設萬端不充分なりし爲其の結果に於ても萬全なる者とは言ひ得ざらんも、亦大に參考とするの價値なきにしもあらずと思ふ、以下試験の結果並に其の結果に基き考察を加へて記述せんとす。

本試験たるや著者が先年京都市に奉職し水道事業を主管せる時、市外松ヶ崎所在淨水設備の第二次の擴張に際しては二重濾過式を採用せんとするの意志あり。他日實行時の參考資料に充てん爲實地に之れを試み、實際的數字を獲得せんとするにありて此の試験には主として元京都市技手安田卓治氏を當らしめたる者にて従て本記事中統計及び實驗に於て同氏の助力による者多大なり、茲に同氏の勞を謝す。

是より先き京都市は上水設備擴張として、第二淨水池を郊外松ヶ崎に設けんとするに當り先づ原水たる琵琶湖水は果して如何なる濾過式によるを適當とするか、又濾過速度は何程に決定すべきかを試験せんため實地試験用として大正 11 年 5 月に、前記の如く蹴上げ淨水地の空地に 2 個の試験濾過池を設け、在來運用中の急速濾過設備の原水たる第二疏水の水を直接 18 吋鑄鐵豫備管を利用して濾床に導き試験を重ねつゝあつた。此の試験池 2 個の中 1 池は其の儘單一濾過の試験池に當て、他の 1 池には隨時仕切壁を假設して面積の縮小に便ならしめ、以て重複濾過の仕上濾過池に當て、別に豫備濾過槽を設け單複兩者の比較試験を行へり。

第一節 第一次試験 單一濾過と重複濾過面積の同一なる場合

(試験期間 自大正 14 年 2 月 1 年 1 箇月間
至 同 15 年 2 月)

試験濾過池は 2 個共同一構造にして各長さ 15 尺、幅 12 尺、深さ 9.5 尺の煉瓦及びコンクリート垂直壁より成り、其の内面にモルタルを 8 分厚さに塗り漏水に備ふ、豫備濾過槽は鐵板製覆蓋付圓筒形にして 12 平方尺の面積と 4.5 尺の深さを保ち底部より 5 寸離れて徑 4 分の圓形の孔數十個を穿ちたる鐵板製底板を置き原水は底部より噴上せしめ、3 尺厚さの礫層を通して頂部を溢流して後仕上濾過池に導かしむ、仕上濾過池は 2 箇所に煉瓦一枚厚さの仕切壁を假設し(附圖第一參照)、之れによりて單一濾過池よりも 12 平方尺丈面積を減ぜしめ、豫備濾過槽と合せて單一濾床と同一面積を保たしむ、それ等引水、排水、濾過速度調制等の設備及び濾床の構成は下表並に附圖第一に示す如し。

濾過池概要

試験池別	濾過面積 (平方尺)	濾過速度 (每一晝夜尺)	濾過水量 (立方尺)	濾床の周壁に接する面積 (平方尺)	濾過率調制装置
單一濾過池	180	20.0	3600	397.0	量水式
重複	豫備濾過槽	300.0	3600	36.8	量水式
	仕上濾過池				

濾床の構造

試験池別	砂層	礫層	集水溝	濾床全厚	濾床上水深
単一濾過池	3 厘目篩を通過し 1 厘目篩に残留の 砂厚さ 3 尺	8 分目篩を通過し 3 分目篩に残留の 砂利厚さ 2.5 尺	煉瓦敷き並へ幅 3 寸深さ 2 寸の溝造 成 3 通り	5.5 尺	3.5 尺
重複 {	豫備濾過槽	なし	5 分目篩を通過し 2 分目篩に残留の 砂利厚さ 3 尺	3.0 尺	1.0 尺
	仕上濾過池	単一濾過池と同一	単一濾過池と同一	単一濾過池と同一	単一濾過池と同一

上の試験池を用ひ大正 14 年 2 月 17 日試験を開始し以後滿一箇年餘繼續試験したるに此の期間に於て重複仕上濾過池は 4 回、単一濾過池は 6 回汚砂搔取りを爲せり、但し重複豫備濾過槽は此の間濾過不能は認めざりしも 1 回丈け爲念洗滌せり、汚砂洗滌は普通の緩速濾過池と同様に扱ひ、濾過作用を一時休止し、汚染程度により厚さ 3~7 分を搔取り能く均したる上に、放出管より上水を逆送し清澄になる迄溢水せしめ然る後濾過を開始するものにして、此の試験期間中には一回も補砂せざりき。

1. 濾過有效持続期間の比較

単一濾過と重複濾過に於ける濾過有效持続期間を調査すれば附表第一の如し、此の結果によれば重複濾過による濾過有效持続期間は平均 79 日、単一濾過のそれは 59 日にして重複濾過は単一濾過に比して平均 20 日間の延長を示し、其の割合は 100 に對する 75 である。換言せば豫備濾過のため濾過有效持続期間が約 34% 増したことになる（第一章参照）。

2. 濾過有效持続期間と季節との關係

附表第一によれば濾過持続期間は重複濾過に於ては夏季最も長く、秋冬二季之れに次ぎ、春季最も短かし、単一濾過にては第四回試験の例外あるも、大體前者と同様にして夏、秋、冬の 3 季比較的長くして春季最も短かし、而して豫備濾過槽には季節的影響なきが如し。此の事實は京都市設置ジュエル急速濾過設備に於ける多年の實地調査に基く濾過有效持続時間と季節との關係に全く一致して居る。従て僅か一箇年餘の試験なるも試験方法の誤らざることとを證するに足ると思はる。

3. 濾過有效持続期間と濾過水頭との關係

本試験に於て濾過進行中に於ける濾過持続期間と濾過水頭との關係を表示すれば附表第二に示す如し。其の表によれば重複濾過は単一濾過に比して中間孰れの濾過水頭の場合にも 17~26 日間の延長を示し、結局 20 日の延長を示す。此の事實は単一濾過面積と同一なる濾過面積を有する重複濾過に於ては常に濾過有效持続期間は重複濾過の方が単一濾過に比して必ず長く保たれることを確實に立證する者である。

猶参考のため、各濾過水頭 5 寸の差毎に於ける濾過持続期間の關係を見るに附表第三の如し。

之れによれば最初の 5 寸迄に於ては重複の方が著しく延び、5 寸以上 1 尺迄に於ては却て單一濾過の方が延び、1 尺以上終局迄は殆んど變らない、恐らく之れは觀測の誤りにあらざるか、即ち最初 1 尺迄に 17 日間重複濾過の方が延び、其の以後に於ては極めて僅かづゝ延び遂に 20 日の延長を招くにあらざるか、之れは他日實驗を重ねて其の實想を知るの外はないが、要するに此の考察にして誤りなき者とせば、一般の濾過に於て濾過水頭 0.5~1 尺迄の程度に於て既に濾過持続期間の半ば以上を保持するの事實と一致す。故に濾過開始して成可く速かに完全なる濾過膜を生成せしめ濾過効率の大ならんことを欲するに於て、幸に重複濾過は豫め第一次の豫備濾過にて原水の含む有機物、浮游物其の他の挾雜物を可なり多く除去し、第二次若しくは二次以上の仕上濾過池に於て手早く完全なる濾過膜を生成し所期の目的に副ふ。かくして容易に濾過水頭を減衰せず自ら濾過持続期間も延長する者なるべし。

4. 濾過効率の比較

試験期間中許す限り毎日一回の割合を以て、濾水の性質を化學的及び細菌的に検査し得たる成績を示せば附表第四に示す如し。

表中に於ける硫酸、硝酸、亞硝酸、アムモニア、過マンガン酸加里消費量、蒸發残渣等の數は水 1 リットル中に含有するミリグラム量にして、色度及び濁度の數字はカラメル溶液及び白陶土 1 ミリグラムを水 1 リットル中に溶解したる者を 1 度とし、蒸發残渣は攝氏 100 度に乾燥せる者硬度は獨逸法により、鹽基度欄の數字は水十萬分中に於けるアルカリ含有量とす、細菌聚落數は檢水 1 立方糎中の細菌數にて、其の計算には寒天培養基を使用し攝氏 27 度に於て 48 時間培養の成績を示す。

猶参考上試験濾水と同時に水質検査を行ひたる既設ジューエル式急速濾過水の成績及び鹽素殺菌を行ひたる者の成績をも併示せり。表中原水とジューエル急速濾水の欄に於て、上記は重複濾過による試験成績に伴ふ數、下記は單一濾過による試験成績に伴ふ數を示す、鹽素殺菌は單一濾過による濾水に試みたる者にして、其の成績は注加 2 時間後の者、注加率は 0.166 P.P.M (600 萬分ノ一) でワーレス・エンド・チアナン會社の殺菌器を使用せり。

附表第四にて見らるゝ如く、第一回試験成績は重複濾過に於ても單一濾過に於ても化學的試験に於ては第二回以上の試験成績に比して格段に不良なりとも見えす。亦在來のジューエル急速濾過水に比しても左程劣れる者なしと雖も細菌的試験成績は甚だ不良なり。これ新設濾過池運用の當初に起る必然的一般現象なるを以て第一回を除外し、二回以上の者に就て平均價を出し、相互の對照比較をなせば附表第五に示す如し。

此の表に就き考察するに物理的性状は甲乙なく、化學的成績に於ては過マンガン酸加里消費量に於て少量の差違ありとは言へ重複濾過水稍劣り、單一濾水、急速濾水、鹽素殺菌水の順序に優り、蒸發殘渣は鹽素殺菌水最も少なく、單一濾水、急速濾水、重複濾水の順序にて之れに次ぐ、硬度及び鹽基度は急速濾水最も小なるも、鹽基度の小なるは凝集劑として硫酸礬土使用の影響なるべし。要するに化學的成績に於ては敢て優劣を論ずる程の差違を認めないが單一濾過の方稍重複濾過に優る。次に細菌學的成績に於ては重複濾過は原水の 57 に對し濾水は 7.7 を示し、其の細菌除去率は 86.5% なるに、單一濾過は原水の 52.2 に對し濾水 8.4 を示すが故に、其の細菌除去率は 88.9% を示し、重複濾過の方稍優る。急速濾過の方は細菌數平均約 5 にて平均 90% の除去率を示し之れが最も優るも亦當然なるべし。鹽素殺菌にあつては單一濾水 8 に對して 6 に止り、從て其の除去率は僅かに 28.6% に過ぎない、即ち鹽素殺菌は原水の清淨なる者に對しては著しく其の殺菌率を示さざることを此の試験にも證明して居る。

重複濾過に於ける第一次即ち豫備濾過の淨水力に就いては物理及び化學的には可なり認めらるゝも細菌的には餘り大なる效果を示さず、除菌率は僅かに 28.6% に過ぎない、固より之れ豫備濾過其の者の根本義より當然の事ならん、しかし豫備濾過槽の構造、濾床の構成及び濾材の撰擇並に其の濾過速度などに相當の考慮を拂ひなば相當の好成績を擧げ得ることは推定に難からざるも、豫備濾過に於ては細菌も相當通過を妨げざるのみならず珪藻類は必ず若干通過し、仕上濾過池に於ける濾膜生成に關與せしめざる可からず。要するに豫備濾過と仕上濾過と相俟つて、濾過有效持続期間の延長及び細菌除去率の優秀なる結果に導く事は明白なるべし。

以上比較成績中、特に單一濾過水と重複濾過水に就て比較するに、化學的成績は上述の如く單一濾過の方が重複濾過に比して稍優り、細菌的成績は其の反對を示し結局優劣なし。尤も試験池の構造に就て既に説明せる如く重複濾過の仕上濾過池の面積を狹小にする目的を以て、中央に 2 箇所の煉瓦仕切壁を假設し、從て濾床の垂直壁面に接觸する面積が著しく増大せし爲と（濾過池概要参照）且つ此の假設工事の施行上濾床を覆へし濾床を新にする爲の濾材入れ替程度が、單一濾過池よりも甚しかりし嫌（既に述べし如く濾過様式並に速度決定調査の爲大正 11 年 5 月以來試験用に供しつゝありし池を此の試験に襲用したる爲）ありしため濾過効率の幾分減殺さるゝ事は必然避け難き事なれば、假に若しそれ等の缺點なき様兩者を全く同一の狀況に保たしめ、試験を遂行したる者とせば、必ずや其の成績に於ては重複濾過に依る者は右表に優る成績を擧げ、單一濾過に比して相當優る成績を擧ぐるなるべし、又概して試験池の成績が在來の急速濾水に比して劣るは全く此の原因と今一つは濾床の年代の經過せざる爲なるべし。

5. 重複濾過と単一濾過が藻類並に他の微生物の發生繁殖に及ぼす關係

本試験中猶見逃し難き事柄は試験濾過池に發生する藻類並に他の微生物の發生及び繁殖状態なり。試験期間中藻類の發生を肉眼的に認めたるは冬季は濾過開始約2週間後、春秋二季は一週間後にして春秋の兩季節は殊に蕃殖を極め盛夏の候衰へて濾床を曝露す、色は初め黄褐色なるが波紋状をなして綠藻が繁殖し漸次濃色となり蕃殖其の極度に達せば褐色に變じ糸狀の藻が側壁に附着す、かくして褐色の間に新たに發生する綠藻と枯死して水面に浮ぶ黄褐色の塊とが現はれ此の状態を持続す、而して此の發生蕃殖の状態が重複仕上濾過池に於けると、單一濾過池に於けるとに著しき差違あり。即ち前者には密にして薄く、暗綠色の絨氈を敷くが如き状態に蕃殖し變化少なく、後者には粗にして厚く淡綠色の大塊となりて浮揚状態に變化多く繁殖し其の厚さ一尺に及ぶ。試みに大正年15年6月中旬濾過開始後20日目に重複仕上濾過池に於て採取したる藻の種類を検査したるに、壁面には糸狀濃綠色のフシナシミドロ (Vaucheria)、ホシガタミドロ、(Zignema) 蕃殖し、濾床砂層面には褐色の前記綠藻の枯死褪色せる者が層をなして密着する外、フラギラリア (Fragilaria)、タベラリア (Tabellaria) などの珪藻類が眞田紐狀に蕃殖し、水面に接してはフシナシミドロ、ホシガタミドロの外アオミドロ (Spirogyra) が時に黄褐色を呈して浮揚して居つた、單一濾過池に於て採取した藻類も種類に於ては殆んど上記重複仕上濾過池の者と同様であるが、アミドロ (Hydrodictyon) が濾床上に特に大群をなして浮揚状態に蕃殖して居つた點は前者と大に趣を異にして居る、かくの如く蕃殖状態を大に異にするは全く豫備濾過のため原水の性状を變じ、藻類の發生及び蕃殖状態を變じたるにありて、豫備濾過の機能又大なりといはざるべからず。今回は他の微生物に對する發生調査はなさざりしも、藻類と同様、單一濾過と重複濾過の間には相當著しき相違あることは推定せらる。固より是等の點は今後猶充分調査研究を要するも、豫備濾過に依り大形の藻類は比較的多く除去せられ濾膜生成に必須なる珪藻類が通過して仕上濾床面に適當なる濾膜を生成せる者の如く觀察された。此の試験中に於ては藻類及び他の微生物の發生及び蕃殖が何程の利害を浄水作業上に與へしかを充分説明するの材料を得ざりしも、一般に藻類が他の微生物と共に濾過膜の生成に關與し、第一には其の構造を緻密にし、第二には其の營養上多少の有機物を消費するの點に於て、浄水作用に少からざる好影響を與へつゝあること及び其の同化作用によりて遊離する酸素の浄水作用に幾分の好果を齎すことの利益ある反面に、藻類の枯死期には少なからぬ害を浄水作用に及ぼすことは吾々の信する所なるが、是等藻類及び他の微生物の發生蕃殖も其の程度を超れば無論益なくして害のみとなることは争はれぬ事實にして就中濾床上に蕃殖浮揚せるアミドロの如きは濾過作用に害あつて益なき者なるが故に、藻類並に他の微生物の生物的研究を遂げなば、之れ等に對する抑制及び處理より言ふも、當然豫備濾過が必要となり、此の點より言ふも重複濾過法は或種の

原水處理に對しては最必要なることを知るべし(第五章参照)。末尾に記述せる倫敦バーンエールムス浄水設備は大に之れが参考となるべし。

6. 細菌數と季節との關係

細菌數の季節的關係を知るために試験期間中の各月に於ける平均數を見るに附表第六に示す如し。

細菌は元來攝氏 10 度以下にては其の發育充分ならざるか又は全然發育中止され、攝氏 20 度以上の氣温にて發育、蕃殖共旺盛を極むる者なり、從て細菌數は氣温に關聯する季節と密接なる關係ある外、降雨其の他の原因による汚水の注入は、氣温的關係を没却して細菌を増す、即ち細菌數は氣温と降雨に大なる影響を受くる者なるが故に地表水を原水とする水道に於ては其の關係一層顯著なるべし。しかし其の氣温及び降雨が細菌數に大なる影響を與ふるは主として原水のみにして、濾過水には其の影響少なく、寧ろ原水と全く正反するの結果を招く實例少なからず。換言せば原水の含菌數は大に季節的關係を有するも、濾過水には其の關係薄く寧ろ濾過膜構成の完否状態に左右せらるゝ者なるも、濾過池の汚砂搔取り回數が季節と可なり密接なる關係を保つを以て、自然其の影響を受け濾過水に於ても、細菌數と季節的關係が間接的に現はるゝに過ぎないことは一般原則として、又各地の實驗に徴して確認せらるゝ所なり。從て我が國各都市に於ける緩速濾過式水道に於ても、氣温の最高き夏季に於ける濾過水の細菌數が、氣温の最も低き冬季の細菌數より多數なる所あり、又少數なる所あり。即ち神戸、長崎、横濱、下關、甲府の如きは前者に屬し、東京、大阪、廣島、岡山、新潟、門司の如きは後者に屬す。京都市も其の前者に屬するが、今回の試験並に濾過様式及び濾過速度決定に關する試験にても、試験池の濾水は大體同一の現象を示して居る、しかし茲に述ぶるは以上の如き關係の有無を短期間の試験によりて極めんとするにあらず、又之れを知るの材料に乏しきも、特に茲に求めんとするは重複濾過水と單一濾過水の細菌數の季節的關係が並行状態に進むや否やを知るにあり。之れは前節に述べたる藻類並に生物の發生蕃殖状態が、濾過効率に及ぼす影響の有無を考察する上に至大の關係を與ふるものならん。

附表第六中二月に細菌數殊に多きは全く濾過床新設運用當初に於ける現象なれば此の月を除外して考察すること至當ならん、尤も偶々同月原水及び在來の急速濾過水にも、同様の事實あるは、常に起る現象と認められず、これは恐らく其の當年一月の候より着手したる琵琶湖第二疏水取入口の浚渫工事に伴ふ原水汚染に起因する者なるべし。猶表中原水よりも試験濾水の細菌數が多數なる月の往々あるは恐らく試験池への原水は既記の如く沈澱池入口と唧筒井とを連絡する(此の間約 500 尺) 18 吋バイパス鑄鐵管より導きたる者なれば、試験池に入る頃には可なり細菌數が増加して、原水としての第二疏水取入口附近に設けたる除砂

井の檢水よりも増加する場合起りしならん。

表によれば原水の細菌数は概して夏季少なく、春秋多きに反し重複豫備濾過水は夏季最も多く他の季節に減ず、夏季に於て原水よりも多數となれるは原水の豫備濾過槽に入るに先立ち特別の事情存せしならんも其の原因不明なり。而して重複仕上濾過水も單一濾過水も細菌数は單一濾過水に於て6月を除けば季節的には餘り觸れざる者の如く、寧ろ濾過池の運用經過と共に濾過効率を漸次高めんとする傾向を示すが如く見ゆ、即ち濾過水の細菌数は大體に於て季節的關係を伴はないといふ原則と一致するが如し。しかし猶仔細に之れを考察するに春季稍少なく夏季稍多く秋季に至りて再び減ずることは重複豫備濾過水、在來急速濾過水の現象と同一なるべく認めて誤りなかるべきか、これも上述の如く京都市在來の濾水細菌数は夏季に多く冬季に少なき事實と一致す。重複仕上濾過水と單一濾過水の細菌数の季節に伴ふ消長は略同一なることは以上述べし如くなるも、ただ茲に最も注意を要すべきは6月の成績に著しき差違あること、即ち此の月に限り單一濾過水の細菌数が著しく重複濾過水のそれに比して多きことである。これは全く綠藻の蕃殖の最も旺盛なる季節たる6月に於て其の藻類が濾過膜生成の上に至大なる關係を及ぼしたる者と見るの外なし。前節に述べし如く綠藻の蕃殖状態が兩池に於て著しく異なり、しかも過度の藻類が淨水作用上に不良なる影響を及ぼす者なりとの事實と一致することを確實に證明する者なるべし。

7. 細菌數と濾過水頭との關係

濾過進行中細菌數と濾過水頭との間に何等かの關係あるやを調査し、進んで重複濾過と單一濾過の間に兩者の關係を異にするや否やを研究することは、濾過池運用上重要なことと考へ濾過水頭5寸の變化毎に細菌數を數へ附表第七を作製せり。表中第一回は前述の如く、新設濾過床運用の當初にして異常の結果を與ふるが故に、第一回試驗中濾過水頭1尺迄の數は平均數を取る際除外せり。

此の表によれば重複濾過、單一濾過孰れの場合にも濾過進行中に於て濾過効率の最も高きは濾過水頭0.5~2尺迄の間にして、其の前後は幾分低下するを見る、これ砂濾緩速式の濾過に對する一般の通有性なるべし。故に2個以上の濾過池を運用する水道（これが一般）にあつては、淨水作業従事者は宜しく此の點に注意し適當の運用を行ひ、常に濾過効率の平均せる者を市中に給水することに努力せざるべからずと思考す。猶殊に濾過開始當初は一層濾過効率の低きは表に示す通りであるから、事情が許すなれば濾過開始暫くは濾水を放流するの必要なることも既に水道従事者の熟知せる事柄である。

第二節 第二次試驗 單一濾過と重複濾過面積の異なる場合

(試驗期間 自大正15年2月 1年1箇月間)
至昭和2年2月

使用試験池は第一次試験に用ひたるものと全く同一なるも、重複濾過池の面積を単一濾過池よりも20%減縮せしむる爲、仕上濾過池に附圖第二に示す如き仕切壁を假設し、前回の時よりも36平方尺の面積を減じ、有效濾過面積を132平方尺に保たしめた以外、全然第一次試験の場合と同一條件の下に試験を行へり。濾過面積、濾過速度等の關係は次の如し。

濾過池概要

試験池別	濾過面積 (平方尺)	濾過面積比	每一晝夜の濾過 速度 (尺)	濾過水量 (立方尺)	濾床の垂直池壁 に接する面積 (平方尺)
単一濾過池	180	10	20.0	3600	297.0
重複	豫備濾過槽	144	8	300.0	36.8
	仕上濾過池				
			27.3 強	3600	385.0

大正15年2月25日濾過を開始し、翌昭和2年2月18日に至る迄満1年1箇月間に亘り試験を行ひたるに、此の期間に於て単一濾過池も重複仕上濾過池も共に6回宛の汚砂搔取を行ひたるも、重複豫備濾過槽のみは第一次試験の場合の如く1回の洗滌をも行ふの必要を認めざりしも念の爲1回丈け洗滌を行へり。

1. 濾過有效持続期間の比較

単一濾過と重複濾過に於ける濾過有效持続期間を調査すれば、附表第八の如し。此の結果によれば重複濾過の有効持続期間は最長83日最短29日にして、単一濾過のそれは最長74日最短28日にして、平均は共に54日間にして同一なり。尤も茲に異常の現象として注意すべきは、今回の試験中単一濾過池の方には鮒が可なり澤山水源より送水管を通りて這入り込み、5寸大に迄生長し（無論重複式豫備濾過槽には構造上入ることを得ず）、濾過殆んど不能に近き迄に濾過水頭も終極に進みし者が俄然濾過水頭を回復し、數日間も引続き濾過を持續せし場合數回起れり。之れ恐らく濾過膜を破らざる程度に鮒が濾膜生成の要素たる膠狀質の一部を己が食物として攝取し、濾膜の再生を招きたるによるならんか。かくして前回の試験に起らざりし此の現象は少なくとも數日間若しくはそれ以上の平均濾過有效持続期間の延長を単一濾過の方に與へたる者と思惟せらる。猶且つ藻類の發生蕃殖は前回の試験期間より一層甚しかりし、従つて今回の試験も周圍の狀況が前回同様でありしならば、濾過持続期間は双方共稍延長し、且つ重複濾過の方が矢張り単一濾過に比して幾分延長ありしものと認めて誤りなき者の如く信ぜらる。

2. 濾過有效持続期間と季節との關係

附表第八によれば、濾過有效持続期間は重複濾過も単一濾過も大體に於て春夏の季節に短かく、秋冬季に長くして、第一次の試験に於て夏季に最も長かりき事實と相反せり。これ本試

験中には前回に比して藻類の發生蕃殖著しかりし以外に、生物の發生蕃殖状態が大いに異なり（鮎の濾過池生長の如き之れを證せらる）、濾過作用上に前回と異なる影響を與へしならん。しかし前回の試験も今回の試験も濾過有效持続期間は冬季に可なり長く、春季に最も短かき事實丈は相一致して居るが、一般の緩速濾過式水道の濾過有效持続期間が春季最も長しといふ事實と相反するは、全く琵琶湖原水が或る特質を有するか、藻の發生蕃殖季なるが故か、或は周圍に特別の事情の存するが爲ならんか、今後の研究調査を要す。

3. 濾過有效持続期間と濾過水頭との關係

濾過進行中に於ける濾過水頭に對し、濾過有效持続期間が如何なる關係を保つかを見ん爲、濾過水頭5寸増加毎に濾過有效持続期間を調査するに附表第九の如し。而して此の關係を知ることには濾過率調整施設上又は浄水作業運用上、大いに資する所あるべし。況んや重複濾過と單一濾過の場合を對照比較するに於てをや。

附表第九によれば濾過水頭3尺迄は孰れの時にも重複濾過は單一濾過に比して濾過有效持続期間が6~11日間短縮して居り、最後に同一になつて居る。従つて重複濾過は水頭3尺以上に至つて單一濾過よりも著しく濾過持続期間の延長を來す、猶能く此の間の消息を考察する爲に濾過水頭各5寸の差毎に起る濾過持続期間を調査するに、附表第十に示す如し。

附表第十の示す如く、最初の5寸迄の水頭に於て單一濾過の方が重複濾過の方より却て長く持続することは第一次試験の場合と大いに趣を異にす。これ固より重複濾過面積が單一濾過面積よりも20%減縮され自ら濾過速度も増進して居る以外(1)に既に述べ如く單一濾過池のみに鮎が生長せし爲、之れが單一濾過の浄水作用に及ぼす影響が茲に至らしめしか、或は重複濾過に於ける豫備濾過の速度と仕上濾過の速度との割合が當を得ざりしによるものならんか、之れ等の點に就ては長期間種々の割合に對する實驗を繰返し、最も適當なる速度の割合を斷定し、濾過持続期間の延長を計るの外道なしと思考す。

4. 濾過効率の比較

試験期間中隔日乃至3日目に1回の割合を以てそれぞれ濾水を検査したる成績を示せば附表第十一の如し。表中原水欄と急速濾水欄に於て上記は重複濾過に依る試験成績に對する數下記は單一濾過による試験成績に對す數を示す。

此の表によれば、化學的にも細菌的にも兩者に著しき優劣を認めないが、強いて甲乙を附しなば、過マンガン酸加里消費量、蒸發殘渣、クロール、鹽基度に於て重複濾過水は單一濾過水に比して幾分多量或は高度であり、硬度は單一濾水の方高く、かくて化學的には單一濾水の方稍優る。次に細菌數に於ても重複濾水の方が單一濾水よりも4倍多く、原水に對する細

菌除去率に於て4%許り劣つて居る。故に總括的に兩者の成績を比較せば、濾過效率は重複濾過の方が單一濾過に比して稍劣る。さりながら此の點に就ては第一次試験の場合にも述べし如く、重複仕上濾過池の構造及び新濾床入れ換への際單一濾過池よりも缺點ありしことを考慮して比較せば、濾過效率に就ても重複濾過水が單一濾過水よりも劣る者とは断定出來ない。要するに濾過面積を20%減縮して猶且つ前表に示す如き濾過成績を挙げ得る者とせば、重複濾過の特點が一層強く認めらるゝ如し。次に重複豫備濾過の浄水力は今回も前回と同様化學的には可なり認め得らるゝも、細菌學的には大なる効果を示さず、僅かに23%強の細菌除去率を示すに過ぎないが、之れも濾過槽の大きさ、構造、濾材の撰擇などに意を用ひなば、除菌率を遙かに高め得ることゝ信ずるも寧ろ高むるの必要もなき事は第一次試験の場合に述べた通りである。

5. 重複濾過と單一濾過が藻類及び他の微生物の發生繁殖に及ぼす關係

第二次試験期間中、藻類の發生及び繁殖状態が重複仕上濾過池と單一濾過池の間に於て嚴然異なる點は第一次試験期間中に於ける觀測と大差なきも、只其の繁殖程度が双方共より以上高かりし點及び特に既に述べし如く魚類が單一濾過池のみに這入り込み生長せし事は、濾過有效持續期間及び濾過效率の上に幾分の影響を與へたらんことは想像に餘りあることにして、而も單一濾過の方は少なくとも濾過持續期間の延長に對しては重複濾過の受けざる好影響を受けしことは觀測中目撃せし所なるにも不拘(第二次試験1, 参照)、重複濾過は前記の如く濾過持續期間に於ても濾過效率に於ても好成績を示すは、之れ全く藻類及び一般生物の發生及び繁殖上に重複濾過と單一濾過とは大いに異なる影響を及ぼすに起因する者と思ふ。

6. 細菌數と季節との關係

試験期間中各月に於ける細菌聚落數を附表第十二に示し、重複濾過水と單一濾過水の細菌數の季節に伴ふ消長を比較するに次の如し。

附表第十二によれば3月、4月の季節に於て原水の細菌數少なきに拘はらず、重複濾水も單一濾水も夏季に比して細菌數の多きは第一次試験の結果と異なれり。これ外部に特別の事情の存したるが爲ならんも、概括的には季節に餘り大なる關係なきが如し。しかし強いて之れを吟味するに3、4月を除けば矢張り夏季に比較的多く、他の季節に少なく、此の點は第一次試験の結果と略一致す次に重複濾水と單一濾水の細菌數の季節に伴ふ消長も大體平行状態を以て進退して居ることは第一次試験の結果と同様なり。

7. 細菌數と濾過水頭との關係

第一次試験の場合の如く、同一の目的に資するため濾過水頭を5寸毎に區劃し、其の間に於ける細菌数を調査するに附表第十三に示す如し。

附表第十三の結果によれば、今回の試験に於ては前回の試験と異なり、重複濾過に於ては濾過水頭1~1.5尺迄の間が細菌数少なく、其の前後に多し。然るに單一濾過にては濾過水頭1~1.5尺迄の間が細菌数多く、其の前後が少なく全く前者と反對の現象を呈す、即ち濾過水頭對細菌数の關係が重複濾過と單一濾過と併行状態を破つて居る。これ恐らく既に述べし如く、單一濾過池に鮒の棲息せし如き異状を起したるに歸因する者ならんか。

結 論

以上第一次試験及び第二次試験の結果に基き、重複濾過と單一濾過の優劣を比較するに、第一次試験即ち濾過面積を等しくする場合の成績に就ては、濾過効率殆んど優劣を争ふ程の差違なかりしも、濾過有效持續期間に於ては、重複濾過は單一濾過に比して著しく異なり34%弱の延長を見た。尤も濾過効率に於ても、重複濾過池は其の構成上其の他に於て缺點ありしを以て、單一濾過池と同一條件の下に試験したらんには必ず重複濾過の方が幾分たりとも優るべきことの信ぜらるべきは既に述べたる所にして、此の實現により淨水能力を増進し得べく、又濾過有效持續期間の延長は淨水經費の上に大なる節約を齎らすのみならず、濾過池の能率増進となるが故に自然此の方面より淨水能力の増進を招くことになる。但し此の比較は豫備濾過池と仕上濾過池の單位面積に對する建設費は先づ同額と見做したる假定の下になせり。元來豫備濾過池は其の導水設備及び濾床構成上には仕上濾過池に比して幾分工費を嵩むならんも、濾過池の深さに於ては一般に仕上濾過池よりも淺くて足るを以て双方相殺して先づ建設費單位面積當りは同額と見做したるなり。

次に第二次試験即ち重複濾過面積を單一濾過面積より20%減縮せし場合に就ては、濾過効率に於ては單一濾過の方幾分優り、濾過有效持續期間は全く同一であつた。しかし濾過面積が20%減縮されて猶濾過率も左程劣らず、濾過有效持續期間も短縮せざるは其の建設費に於ける節約は固より牽いて淨水經費の節約に迄及ぶは即ち重複濾過の單一濾過に優る所以である。而も既に説明せる如く重複濾過に於ける仕上濾過池は其の構造上又濾床の構成上に單一濾過池に比して不利の條件の下にありたるのみならず、豫備濾床も極めて簡単に過ぎ、しかも覆蓋ありしこと(覆蓋のため曝氣作用を妨げしかの嫌ひあり)及び試験期間中豫備濾床は何時迄も濾過可能なりとして僅かに1回の洗滌に止めたるは藻類及び他の微生物、其の他有機物などの發生蕃殖上に可なり大なる影響を與へ、従つて淨水作用上に不利を及ぼしたるの嫌なきにあらざりしこと、且つ水源より來る魚類が單一濾過池のみに生長し、豫期せざる

利益を興へし事などを想像し、是等の不利なる點を除去したる状況の下に試験を行ふか、若しくは一步進んで豫備濾床構成の上に相當の工夫をこらしたる者なりとせば、濾過効率に於ても或は重複濾過の方が秀で、従つて重複濾過面積の減縮を 20% 以上に高めしめ得ざるにあらざることを豫想せば、如何に重複濾過は單一濾過に比して卓越せるかを推定せらる。猶且つ重複濾過が藻類及び他の一般生物の著しき發生并に蕃殖を阻むの事實は時に例外あるも、一般原則として是等の者が淨水作用に及ぼす不利を除去するに力あることをも認めらる。沉んや本試験は單に二重濾過に就て試み、しかも豫備濾過池と仕上濾過池との面積の割合、即ち濾過速度の割合に對しても唯一比例を採りしに過ぎないのであるから、之れを更に濾過を重ねて二重以上とし、しかも濾過面積の割合關係を色々に試み且つ豫備濾床の構成及び濾材の撰擇に大なる注意を拂ひ最も良好なる成績を齎らす迄實驗を重ね、然る後兩者の優劣比較を爲したらんには、恐らく豫想以上の結果を招き、重複濾過は上水處理上に必ず適用すべき者ならんことを一層切實に語るべしと思考す。著者は此の信念の下に色々の場合を實地に試み、聊か淨水上に貢献し度き意志を以て進みたりしも不幸試験中途、水道事務に直接携はらざることとなり、續いて京都市を退職したる爲遂に初志を貫き得ざるに至りしを憾む、尤も他日時機を得、又所を得て、重複濾過に關する試験を重ね、今回の結果を補足せんとす。

とも角以上述べし如く、重複濾過に關する研究は極めて長期に亘り種々の原水に就き種々異なる場合を考慮し折角試験を重ねるに非れば、決定的斷案を下すことは固より早計なりと信ずるも、僅か 2 箇年餘の實驗の成績より推定し、しかも京都市水道の原水の如き比較的清澄なる者に就いてすら、以上の如き實驗成績を擧げし程なれば、之れを一般の比較的清淨ならざる原水に就いて試みなば一層良好なる成績を示すべきは疑を容れざるべし。此の點を考慮するときは重複濾過は單一濾過に比し建設費然らざれば維持費若しくは兩者を節減し又は淨水能力の増大を招致し、しかも濾過効率の同等若しくはより以上高かるべき事并に濾過進行中濾膜及び濾床に不慮の障害を招致するの危険少なき推定に誤りなかるべしと信ぜらるゝ事及び之れ以外に單一濾過にて全然處理し得ざる原水をも容易に且つ比較的經濟的に完全に處理し得るの得點を有するが故に、須らく將來の淨水計畫には此の重複濾過に對する考察を必ず等閑に附せざらんことを望んで止まざる次第である。

猶最後に單一濾過にて處理可能なる原水を特に二重以上に濾過する事は、皮相的には如何にも不經濟なる如しと雖も、決して然らざる様推定せらるゝ事は以上縷々説明せる通りである事を繰返して擧筆す。

附 録 歐米都市に於ける既設重複濾過水道の實例

歐米都市の中重複濾過式により上水を處理して居る實例中下記の水道は著者が先年歐米へ出張の際親しく實地に就て調査觀察をなしたる者なるが、就中特に参考となるべき者の概要を記述するも徒事ならずと思考す。

米國	ベスレヘム市	ヒラデルヒヤ市水道		
英國	バーミンハム市	エジンバラ市	エケハム町私設	倫敦水道
獨逸	伯林市	マゲスブルク市	ハンブルグ市水道	
丁抹	コツベンハーゲン市水道			

1. ベスレヘム市水道

本市はヒラデルヒヤ市の西北に位し、人口僅か6萬人に過ぎざる鋼鐵業の盛なるを以て著名なり。水道は市を貫流し工場放水を以て極めて汚染されたる河水を水源とするに不拘、ブシユシヤバール式の二重濾過法を採用し稀に見る好成績を示してゐる。一旦沈澱池に揚水し之れに礬土を加へて沈澱したるものを二つの濾過設備に配分す。其の一つは普通の急速濾過式であつて何等特色はないが、他は次に述ぶる様な濾床を有する第一濾過槽に導かれ一晝夜に付250尺の速度を以て濾過され、更に第二濾過槽に入り1晝夜50尺の速度を以て濾過され、最後に鹽素殺菌を施して居る。第一次濾床は最下層9時は3吋大の礬で、中層9時は鵝卵大のコークスで、其の上層は胡桃大のコークスが24吋厚さにスレート層に狭まれて置かれる、スレート層は4枚厚さで其の一層と次の層とが互に反對の方向に並べて或る角度を保たしめて居る、此の目的は濾床に通る水が迂廻して流れしむる爲である。此の上に更に18吋厚さに海綿を廣げて最上層を造り水は下から上に濾される、第二次濾床は礬層26吋、砂層26吋の二層から成立つて居る。浄水容量は1日約12萬石である、此の市の水道にして尙し重複濾過式を採用せざりしとせば到底あの原水を處理し得ざりし者と認められた。

2. バーミンハム市水道

本市の一水源たるエラン原水に對して二重濾過を採用して居る。これ此の原水にはクレノトリックス即ち鐵バクテリアを含み之れが鐵類に興ふる害少なからざるを以て、豫め原水に硫酸曹達の適量を混じ(建設當初は白亜を混ぜり)1晝夜に35尺の速度を以て第一の豫備濾過をなしたる者を78.5哩の水路を流してフランクレーに設けたる仕上濾過池に導き、最大1晝夜12尺の速度を以て最後の處理を施してゐる。此の原水處理も全く重複濾過の賜物といふべし。

3. 倫敦バーンエルムス浄水設備

バーンエルムス水源の水は先づ豫備濾過にかけたる者を第二次の仕上濾過にかけて居る、豫備濾過の速度は最大1日562呎強平均423呎で仕上濾過の速度は1日約9呎なるが、豫備濾過の濾過有效持続時間は80~4時間、仕上濾過のそれは6箇月に及んで居る、豫備濾過池は1日744萬ガロン容量の者9個ありて、仕上濾過池は3個なり。豫備濾過池の濾床は次に示す如く礬層1呎6吋、砂層2呎で、全3呎6吋であるが、砂層のみは3種類になつて居つて9個中3個は粗砂、3個は中砂、3個は細砂を用ひて成績を比較して居る。

礬 層		砂 層		濾過池數
礬の大きさ	厚 さ	大 小	厚 さ	
2.0—1.5 吋	5 吋	1 時に付 14—30 孔	24 吋	3 個
1.5—0.5 "	3 "	同	20—40 "	"
0.5—1/4 "	4 "	同	20—50 "	"
3/8—1/8 "	4 "			

1/4—1/10 時	2 "		
計	18 時	各 24 時	9 個

豫備濾過前後の水質試験成績を見るに、細菌聚落数は平均原水 1 c.c. 中 424 個が豫備濾過池を經過せば 144 個に減じ 66% の除菌率を示し、仕上濾過池を經ば 87.7% の除菌率を示し、從來豫備濾過池なき時代の除菌率 73.1% に比して著しき好成績を示すに至つた。

元來此の原水に二重濾過を爲す所以は原水にプランクトンの發生多く、爲に濾床が充塞され浄水能力を減殺し、非常に水道當事者を苦めた結果豫備濾過池を後日施設し、浄水能力を増したる上濾過効率迄も高むるに至つたのである。

濾過抵抗の試験を行ふて見ても如何に豫備濾過が効果を示して居るか分かる。濾過抵抗を判定する方法として實驗に供する水 100 c.c. を標準リンネルにて濾し 1 分間に濾過された水量を c.c. にて表はすのであるが、此の試験によれば、原水 129 の者が豫備濾過池を經過せば平均 276 に増し、最後の仕上濾過池を經過せば 299 に増した。原水 129 のものが豫備濾過のみで 276 に増したことは如何に豫備濾過が浄水能力増進並に仕上濾過の濾過有効持続期間延長に大なる力を興ふるかを示す。次に顯微鏡の外観試験に於ても原水には常に生物が蕃殖し、且つ無結晶の浮游物を多く含んで居りアステリヲネラ、フラギラリアが澤山發生し、殊にサイクロテラには大いに惱まされた者であるが、豫備濾過池の施設以來前二者は抑留され後者も細小細胞のみは抑留し得ないが大なる者は抑留し得るに至つた、而して此れ等の試験の結果、細砂濾床と粗砂濾床との成績を比較するに無論細砂濾床の方幾分良好なるも實地上には粗砂濾床にて充分なることも認められた。

尙此の原水にはホリゾア、スポンジ、メツセルスの如き生命の極めて短かき生物が細菌より遙かに澤山棲息して居るが、此の豫備濾過によりて其の 84% 迄は除去することを得た。

此の水道を見て藻類及び他の一般清水生物の除去のため如何に重複濾過の效果の偉大なるかを知るに足る。尤も經濟的見地より此の設備を遠觀的に批評するなれば、豫備濾過の能力を餘り發揮せしめたるの嫌ひあり、せめて豫備濾過の濾過持続期間を前記の 2 倍位に延長し仕上濾過のそれを前記の期間より幾分短縮せしめる位に、豫備濾過と仕上濾過の速度の割合を適當に保持する様濾床の構成に或は濾過面積の増加を計れば、たとひ建設費の上には幾分の増額あらんも維持費は大いに節減せらるゝ者の如く考へらる。又別案として、此の豫備濾過池を 2 階段に分ち、其の一部を第一次豫備濾過に當て、他を第二次豫備濾過に向け結局三次式の重複濾過とするなれば建設費支出に増加なくして濾過効率も高まり、且つは維持費は一層減額さるゝ者の如くにも考察せらる。固より上述の如く全くの遠觀的考察に過ぎざるも、本原水の如く一旦豫備濾過池を經過したる者が仕上濾過池に於て猶り呎といふが如き緩速濾過を要する程に藻類及び他の一般生物の發生蕃殖の著しき者にあつては、少なくとも猶一段の考慮研究を要する様に思惟せらる。

4. エチンバラ市水道

本市水道も急速と緩速の兩濾過設備によりて二重濾過をして居る。元來本市は數箇所の溪流を集めて水源として居るが、それ等溪流水は以前程には着色を帯びないが、各方面の原水を混合して適當なる色度と硬度を保たしむる爲に少なからぬ努力を拂つて居る。即ちグリーンコースとクローレーの水源に於ては、前者はグリーンコース貯水池の水を引水し別にタラ方面の水をも受入れるので全くの地表水なるが故可なり着色をして居るが後者は湧水であるから、其の地質を大いに異にす。由つて之れ等を混合するに當つてグリーンコースの水は其の貯水池畔に設けたる豫備濾過池により荒濾しをなし、着色を或る程度迄除き、然る後兩者を混合してアルンウィックホルに設けたる仕上濾過池に導き最後の處理をして居る。

此の水道は原水を異にする者を併せて大いに經濟的に處理せんとする場合を實際に示す適例であること

は前述の通りである(第六章参照)。

5. エグハム町私設水道

此の町は倫敦の西郊外にある一小都市であつて、本町並に周圍の町村を併せて8萬人に給水する爲に設立したるサウス・ウエスト・サバーン・ウラター・コンパニーの所在地なるが、此の会社經營の水道浄水法は所謂ブシニャバル式の一つであつて豫備濾過として四次の濾過池を通過して最後に仕上濾床を通す、其の上漂白粉を用ひて殺菌して居る所の極めて丁寧なる道方である、此の水源はテームス河の一支流であつて可なり汚染されて居る、豫備濾過池の中第一、第二は全く礫層濾床であつて、底面に特許品たる一種の曝氣器を並べ、原水は底より上に抜け、同時に水中に含む浮游物は其の濾床の下に設けてある溜に沈澱する様になつて居る。同じく第三、第四の豫備濾過池はポーライト濾床であつて、水は矢張り下より上に抜ける、最後の仕上濾過池は普通の緩速濾過式の濾床である。猶漂白粉が過剰に這入り鹽素分の多量となることを避くる爲、木炭層を別に通す事になつて居る。其の構造は最下に礫層3時、次に酸化鐵層3時、次に亜鉛板、次に木炭層10時、次に又亜鉛板、最上層に7~8時大の礫層がある、かくして水が下から上に抜ける間に過剰の鹽素分を脱却さす。

此の水道は極めて小規模であるが、他と趣を異にする水道であつて、四段の豫備濾過を行ふことは如何にも煩多の様であるが、巧みに僅小の水頭を利用し、數次の重複濾過により濾過効率を高め且つ經濟的に運用しつつあることは本水道の特色である。しかし施設が可なり古く、漂白粉殺菌設備の如きは改善を加へ、鹽素過剰分脱却装置の如きは廢して可然であると感じた。

6. 伯林ウールハイデ浄水設備

ウールハイデ浄水設備は脱鐵分に對し最も有效なる新工夫を講じて居る。此の水源は市の東7哩にある森林地帯でスプレー河に并行して、154個の鑿井を穿ち集水して居るが、原水の含む鐵分は可なり多量であつて之れを清淨にする爲、曝氣と二重濾過を採用して居る。鑿井の6~10個を一群として相連絡し、本集水管に集め集水室に導き、之れを揚水して豫備濾過場の二階に設けてある2個の曝氣室に送り、ノzzleより水を噴出して空氣に晒す、かくして水中に溶解せる第一鐵は急に酸化して沈澱し、猶亞硫酸と炭酸は同時に除去される、曝氣器より落下する水滴は階下に設置せる10個の豫備濾床に受けらる、此の濾床の大きさは各422平方呎で24時の厚きに6~10時大の礫を、有孔銅板床の上に載せらる。此の豫備濾過率は1日1エーカーに付16800000米ガロン即ち1晝夜約510呎の割合で、其の濾過有效持続時間は約100時間に達す。かくして此の濾床で鐵分の50%を除く事が出来る、此の礫層が鐵分を以て充塞された時は水を逆流すると同時に壓搾空氣を送つて洗掃す。濾過された水は更に此の濾過場と連絡して設けたる砂濾過場へ導かる。砂濾過場にはホルマン型壓力式の急速濾過機60基を据え、10~11.5呎の水壓の下に作用して各槽平均1日に317000米ガロンを處理す。濾過面積は各67平方呎で濾過率は1エーカーに付1日20600000~24000000米ガロン即ち1晝夜に付約625~730呎の速度である、之れに用ひたる砂は0.8~1.5時大である。此の濾過持続時間は100~120時間であつて濾過率が1エーカーに付1日14400000米ガロン迄減ずる時を砂の洗滌期と心得前同様逆水によりて洗滌するが、之れに8~10分間を要す。此の洗滌の程度は6~8回間即ち3~6週間有効であつて、此の次は砂層全部を洗滌するの必要起る、之れには槽の圓錐形底に裝置したるインセクターを用ひ目的を達す、之れに要する時間は1~1.5時間洗滌に要する水量は濾水の2.2~2.5%を超えない。

かく曝氣と二重濾過を施したる效果に就て見ると、元來原水は無色であるが、鐵分のため猫眼石様の色を呈し、且つ亞硫酸のため微弱なる臭氣あり、硬度も可なり高く、尤も細菌は皆無であるが、以上の處理により鐵分とマンガース分は殆んど完全に除かれ色も無色となり、臭もなくなった。作業開始5箇年後の

成績を見るに原水の鉄分量が 1 リットルに付 4 厘のものが 8 厘となり、他の礦物質を増した処理水には何等變化を見ない、又濾砂の損失も 0.1% に過ぎず、槽を形成せるセルも何等腐蝕して居ない、尤も砲銅製の排水管は一部稍腐蝕して取換を要する者も出来たと云ふが、概括的に極めて好成績を示して居る。

元來伯林市のテゲルにせよミニツグル水源にせよ又コツベンハーゲン市の水源にせよ、孰れも原水に可なり鐵分を含むため孰れも豫備處理として脱鐵装置を講じて居るが、此のウールハイデ新浄水設備の如く完全に處理されて居ない。これ全く曝氣に加ふるに二重濾過を行ひたる爲であつて、しかも其の設備に於ては却て他より簡單に出来て居る。

7. マグデスブルグ市水道

本市水道の浄水方法は三重濾過に由り好成績を示して居る。設備能力は 1 日 200 000 石で其の水源はエルベ河である。第一次濾過に際しては 1 米宛の三階段を設け更に其の各階段を三段に落して曝氣作用を逞くせしめて居る、第一次の濾過速度は 1 時間 0.5~1.5 米、即ち 1 晝夜約 40~120 尺、第二次は 1 時間 250~500 耗、即ち 1 晝夜約 20~40 尺、第三次は 1 時間 60~150 耗、即ち 1 晝夜約 4.8~12 尺であつて、總平均速度は 1 晝夜約 4~8.5 尺である。第一次濾床は面積約 1210 坪で 30 厘厚さの礫層、第二次濾床は面積約 2118 坪で 30 厘厚さの礫層の上に 0.5 米厚さの砂層、第三次濾床は面積約 5536 坪で粗砂利 0.5 米の上に細砂利 30 厘、其の上に 1 米の砂層を保つて居る。第一次濾床の濾過有效持続期間は平均 640 日、第二次のそれは 2 週間、第三次のそれは 1 箇年間である。原水の細菌聚落数は 1 cc に付平均 1400 個であるが、濾過が進むに従ひ第一次濾過の後には 900 個、第二次濾過の後には 100~200 個、最後の濾過後は 4~5 個となる。

本市の浄水方法は原水に對して可なり成功せる者にて假に此の重複濾過式に依らざりしとせば必ず失敗したらんことを想像せらる、縱令失敗せざるにせよ其の設備費並に維持費に多大の費用を要したる事と思はる。

以上は極めて大要であるが、それぞれ重複濾過によつて如何に好成績を示しつゝあるかの事實を推知せらるべし、但し孰れも重複濾過によらざれば原水を淨化し得ない者のみなるを遺憾とす。(終)

附表第一 單一、重複、濾過有效持續期間表

試験回数	重複			單一		
	試験期間	濾過持続日数	汚砂量取り厚さ(分)	試験期間	濾過持続日数	汚砂量取り厚さ(分)
第1回	自大正14-2-17 至 " 7-7	140	3	自大正14-2-17 至 " 4-18	60	3
第2回	自 " 7-7 至 15-1-5	182	3	自 " 4-20 至 " 6-7	48	3
第3回			7	自 " 6-9 至 " 10-19	132	7
第4回			3	自 " 10-22 至 15-1-5	75	3
第5回				自 " 8-10 至 " 9-24	45	7
第6回				自 " 9-27 至 " 12-7	71	3
平均				自 " 12-11 至 15-2-20	71	3
					79	4

附表第二

(表中重複とあるは重複仕上濾過池, 單一とあるは單一濾過池)

濾過水頭 試験回数	5寸迄		1尺迄		1尺5寸迄		2尺迄		2尺5寸迄		終極	
	重複	單一	重複	單一	重複	單一	重複	單一	重複	單一	重複	單一
第1回	23 ^日	8 ^日	40 ^日	30 ^日	45 ^日	37 ^日	49 ^日	39 ^日	51 ^日	40 ^日	60 ^日	49 ^日
第2回	36	24	40	30	43	34	44	34	45	34	48	35
第3回	96	53	104	75	113	77	116	78	119	79	132	84
第4回	39	24	47	32	51	33	53	34	58	34	75	45
第5回		20		45		47		48		49		71
第6回		11		29		47		55		66		71
平均	49	23	58	40	63	46	66	48	68	50	79	59
差	26		18		17		18		18		20	

附表第三

(表中(+), (-)は重複濾過を基数として算出したる區別)

濾過水頭	0-5 ^寸	5-10 ^寸	10-15 ^寸	15-20 ^寸	20-25 ^寸	25-終極	計
重複仕上濾過池	49 ^日	9 ^日	5 ^日	3 ^日	2 ^日	11 ^日	79 ^日
單一濾過池	23	17	6	2	2	9	59
差	(+)26	(-)8	(-)1	(+)1	0	(+)2	(+)20

(江米農學部第十七卷第二號附表)

附表第四 水質試験成績比較表

(表の原水及びジニエル急速濾水二欄中上記は重複濾過に對し下記は單一濾過に對する數を示す)

試験期間	種別	試験回数	色度	濁度	臭味	反應	硫酸	硝酸、亞硝酸 アムモニア、鉛	過マンガン 加里消費量	蒸發 殘法	クロール	硬度	鹽基度	細菌聚 落數
第 1 回	原水	49	6.08	2.7	無し	微アルカリ性	痕跡	検出せず	3.632	58.76	4.916	1.269	37.5	73
		39	6.18	2.7	"	"	"	"	3.664	58.80	4.902	1.274	37.1	74
	ジニエル 急速濾水	49	無色	澄明	"	"	"	"	1.322	51.49	4.016	1.219	34.0	5
		39	"	"	"	"	"	"	1.321	52.21	4.920	1.224	"	5
	重複 { 豫備 仕上	49	5.43	2.1	"	"	"	"	3.540	58.56	4.916	1.266	36.9	73
		"	無色	澄明	"	"	"	"	1.393	52.23	"	1.219	34.4	45
	單一濾水	39	"	"	"	"	"	"	1.377	51.93	4.902	1.224	34.2	61
第 2 回	原水	36	5.20	2.0	"	"	"	"	3.442	58.71	4.986	1.247	36.0	65
		25	5.58	2.1	"	"	"	"	3.469	58.21	4.992	1.246	37.4	70
	ジニエル 急速濾水	36	無色	澄明	"	"	"	"	1.457	49.37	4.986	1.197	33.6	4
		25	"	"	"	"	"	"	1.492	49.64	4.992	1.195	34.8	4
	重複 { 豫備 仕上	36	4.84	1.8	"	"	"	"	3.476	58.72	4.986	1.248	35.9	49
		"	無色	澄明	"	"	"	"	1.527	47.44	"	1.203	34.0	10
	單一濾水	25	"	"	"	"	"	"	1.502	47.52	4.992	1.199	34.8	7
鹽素殺菌水	"	"	"	"	"	"	"	1.492	46.78	"	1.195	34.6	4	
第 3 回	原水	169	7.35	2.3	"	"	"	"	3.566	59.68	5.005	1.249	35.0	56
		71	6.08	1.9	"	"	"	"	3.437	58.75	4.983	"	34.3	49
	ジニエル 急速濾水	169	無色	澄明	"	"	"	"	1.477	49.77	5.005	1.197	32.8	7
		71	"	"	"	"	"	"	1.417	49.72	4.983	1.196	32.0	6
	重複 { 豫備 仕上	169	6.85	2.0	"	"	"	"	3.440	59.04	5.005	1.244	35.0	96
		"	無色	澄明	"	"	"	"	1.467	49.33	"	1.200	33.1	7
	單一濾水	71	"	"	"	"	"	"	1.342	47.85	4.983	1.208	32.5	16
鹽素殺菌水	66	"	"	"	"	"	"	1.251	46.75	4.969	1.211	32.9	9	
第 4 回	原水	52	8.09	2.0	"	"	"	"	4.632	59.53	4.959	1.225	37.1	50
		29	7.85	3.2	"	"	"	"	3.745	59.97	5.023	1.252	35.0	43
	ジニエル 急速濾水	52	無色	澄明	"	"	"	"	2.165	45.64	4.959	1.135	34.4	5
		29	"	"	"	"	"	"	1.362	48.50	5.023	1.202	32.9	7
	重複 { 豫備 仕上	52	7.17	1.8	"	"	"	"	3.533	57.27	4.959	1.188	36.5	35
		"	無色	澄明	"	"	"	"	2.482	48.17	"	1.150	34.8	6
	單一濾水	29	"	"	"	"	"	"	1.362	45.75	5.023	1.203	33.0	6
鹽素殺菌水	"	"	"	"	"	"	"	1.242	45.43	"	1.202	32.9	5	
第 5 回	原水	57	7.82	1.8	"	"	"	"	3.900	59.57	4.978	1.234	37.8	59
	ジニエル 急速濾水	"	無色	澄明	"	"	"	"	1.935	47.51	"	1.153	34.6	6
	單一濾水	"	"	"	"	"	"	"	1.931	48.54	"	1.158	34.8	6
	鹽素殺菌水	41	"	"	"	"	"	"	1.744	49.62	4.949	1.169	"	5
第 6 回	原水	11	10.83	3.2	"	"	"	"	4.226	61.00	4.965	1.218	38.5	40
	ジニエル 急速濾水	"	無色	澄明	"	"	"	"	2.214	44.45	"	1.143	35.0	2
	單一濾水	"	"	"	"	"	"	"	2.474	48.09	"	1.148	35.1	7
	鹽素殺菌水	"	"	"	"	"	"	"	2.214	46.45	"	1.143	35.0	7

(土木學會誌第十七卷第二號附表)

附表第五

種別	色度	濁度	臭味	反應	硫酸	硝酸、亞硝酸 アムモニヤ、鉛	過マンガン酸 加里消費量	蒸發殘渣	クロール	硬度	鹽基度	細菌數
原水	重複	6.88	3.4	ナシ	微アルカリ性	痕跡	3.680	59.31	4.983	1.240	36.0	57.0
	單一	9.63	2.4	"	"	"	3.742	59.50	4.988	"	36.6	52.2
重複	豫備	6.29	1.8	"	"	"	3.483	58.34	4.983	1.227	35.8	42.0
	仕上	無色	澄明	"	"	"	1.825	48.31	"	1.184	34.0	7.7
單一濾水	"	"	"	"	"	"	1.722	47.55	4.988	1.183	"	8.4
急速	重複	"	"	"	"	"	1.700	48.26	4.983	1.176	33.6	5.3
	單一	"	"	"	"	"	1.684	47.96	4.988	1.178	33.9	5.0
鹽素殺菌水	"	"	"	"	"	"	1.595	46.89	4.980	1.184	34.0	6.0

附表第六 月別細菌聚落數表

檢水別	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	平均 2月除外	
原水	100	57	68	78	34	57	45	75	62	58	43	57.7	
急速濾水	55	5	4	5	4	7	9	6	8	5	3	5.6	
重複	豫備	162	54	44	56	85	123	76	77	83	31	44	67.5
	仕上	157	22	7	12	10	8	7	4	5	6	7	8.8
單一濾水	178	22	7	11	29	8	8	4	5	8	5	10.7	
鹽素殺菌水	—	—	4	5	12	7	6	4	5	5	7	6.1	

附表第七

試驗回数	檢水別	水頭	水頭					
			0-5寸	5-10寸	10-15寸	15-20寸	20-25寸	25-終極
第1回	重複	原水	75	63	46	137	112	63
		濾水	92	21	8	8	9	6
	單一	原水	118	54	69	48	—	85
		濾水	238	29	10	12	—	13
第2回	重複	原水	73	52	55	15	30	39
		濾水	10	10	6	7	6	9
	單一	原水	59	84	—	—	—	220
		濾水	7	4	—	—	—	34
第3回	重複	原水	47	132	61	129	45	59
		濾水	8	3	3	2	2	5
	單一	原水	47	53	25	63	55	41
		濾水	21	6	5	10	7	4
第4回	重複	原水	55	34	66	20	25	64
		濾水	6	5	5	7	14	5
	單一	原水	41	33	185	—	—	12
		濾水	8	4	1	—	—	2
第5回	重複	原水	76	51	62	282	—	38
		濾水	6	10	3	4	—	4
第6回	單一	原水	31	83	—	—	—	—
		濾水	6	7	—	—	—	—
平均	重複	原水	58.3	72.7	57.0	75.3	53.0	56.3
		濾水	8.0	6.0	5.5	6.0	7.8	6.3
	單一	原水	50.8	60.8	85.3	131.0	55.0	79.2
		濾水	9.6	6.2	4.8	8.7	7.0	11.2
除菌百分率	重複	濾水	86.2	91.7	90.4	92.0	85.3	88.8
		單一	81.1	89.8	94.4	93.4	87.3	85.6

(土木學會誌第十七卷第二號附誌)

附表第八

試験回数	重複濾過				単一濾過池			
	豫備濾過槽		仕上濾過池					
	試験期間	濾過持続日数	試験期間	濾過持続日数	汚砂掻取り厚さ(分)	試験期間	濾過持続日数	汚砂掻取り厚さ(分)
第1回	自大正15-2-25 至" 11-14	262	自大正15-2-25 至" 4-3	37	3	自大正15-2-25 至" 4-17	51	3
第2回	自" 11-20 至昭和2-1-24	65	自" 4-4 至" 5-23	49	3	自" 4-19 至" 5-17	28	3
第3回			自" 5-25 至" 7-23	59	5	自" 5-22 至" 7-30	69	5
第4回			自" 7-24 至" 8-22	29	10	自" 8-3 至" 9-18	45	5
第5回			自" 8-23 至" 11-14	83	5	自" 10-6 至" 12-2	57	7
第6回			自" 11-20 至昭和2-1-24	65	5	自" 12-6 至昭和2-2-18	74	5
平均				54	5		54	5

附表第九

(表中重複とあるは重複仕上濾過池, 単一とあるは単一濾過池, 差の欄に-を附するは重複濾過を基数としたる爲なり)

濾過水頭	5寸迄		1尺迄		1尺5寸迄		2尺迄		2尺5寸迄		3尺迄		終極	
	重複	単一	重複	単一	重複	単一	重複	単一	重複	単一	重複	単一	重複	単一
第1回	16 ^日	20 ^日	24 ^日	26 ^日	27 ^日	29 ^日	28 ^日	33 ^日	30 ^日	35 ^日	31 ^日	38 ^日	37 ^日	51 ^日
第2回	13	12	18	22	22	25	35	26	41	26	45	27	49	28
第3回	38	25	46	26	49	58	52	68	53	68	53	-	59	69
第4回	23	30	26	33	26	35	27	39	27	40	28	42	29	46
第5回	13	44	19	49	22	51	25	51	26	52	31	53	88	57
第6回	12	16	23	34	30	42	38	47	44	51	46	55	65	74
平均	19	25	26	32	29	40	34	44	37	45	39	43	54	54
差		-6		-6		-11		-10		-8		-4		0

附表第十

(表中差の欄にある(+)(-)號は重複濾過を基数として算出したる區別)

濾過水頭	0-5 ^寸	5-10 ^寸	10-15 ^寸	15-20 ^寸	20-25 ^寸	25-30 ^寸	30-終極	計
重複仕上濾過池	19 ^日	7 ^日	3 ^日	5 ^日	3 ^日	2 ^日	15 ^日	54 ^日
単一濾過池	25 ^日	7 ^日	8 ^日	4 ^日	1 ^日		9 ^日	54 ^日
差	(-)6	0	(-)5	(+)1	(+)2		(+)8	0

土木學會雜誌第十七卷二期附誌

附表第十一

(表の原水及び急速濾水二欄中上記は重複濾過に下記は単一濾過に對する數を示す)

試験期間	種別	試験回数	色度	濁度	臭味	硫酸	反應	硝酸、亞硝酸 アムモニヤ銨	過マンガン 加里消費量	蒸發 殘渣	クロール	硬度	鹽基度	細菌聚 落數
第1回	原水	15	8.5	2.3	ナシ	痕跡	微アルカリ性	檢出セズ	4.217	57.83	5.035	1.185	38.5	32
		21	8.4	2.2	"	"	"	"	4.222	56.93	5.032	1.187	38.7	32
	急速濾水	15	無色	澄明	"	"	"	"	2.108	43.67	5.035	1.108	35.1	3
		21	"	"	"	"	"	"	2.184	43.95	5.032	"	35.3	3
	重複 豫備 仕上	15	3.3	1.0	"	"	"	"	3.184	51.46	5.035	1.130	36.5	29
		21	無色	澄明	"	"	"	"	2.476	45.63	"	1.108	35.1	14
第2回	原水	18	9.67	2.8	"	"	"	"	4.164	55.72	4.985	1.204	39.2	33
		9	10.14	2.7	"	"	"	"	4.181	57.11	4.965	1.211	39.1	33
	急速濾水	18	無色	澄明	"	"	"	"	2.319	43.72	4.985	1.126	35.8	4
		9	"	"	"	"	"	"	2.248	43.32	4.965	1.133	"	4
	重複 豫備 仕上	18	1.9	0.5	"	"	"	"	3.514	50.58	4.985	1.163	37.5	29
		9	無色	澄明	"	"	"	"	2.389	44.89	"	1.129	36.0	12
第3回	原水	25	9.54	3.0	"	"	"	"	4.288	56.90	5.036	1.223	38.8	149
		28	9.52	2.9	"	"	"	"	4.337	56.84	5.028	1.222	"	154
	急速濾水	25	無色	澄明	"	"	"	"	1.999	43.20	5.036	1.153	35.9	4
		28	"	"	"	"	"	"	2.033	43.46	5.028	1.160	"	4
	重複 豫備 仕上	25	1.23	0.4	"	"	"	"	3.340	51.28	5.036	1.189	37.2	64
		28	無色	澄明	"	"	"	"	2.124	45.52	"	1.159	36.0	9
第4回	原水	11	6.85	2.0	"	"	"	"	4.370	57.45	5.125	1.227	38.5	135
		19	8.6	2.3	"	"	"	"	4.278	57.89	5.187	1.226	34.1	121
	急速濾水	11	無色	澄明	"	"	"	"	1.984	42.45	5.125	1.163	34.9	5
		19	"	"	"	"	"	"	1.883	42.26	5.187	1.174	30.4	4
	重複 豫備 仕上	11	1.6	0.3	"	"	"	"	3.594	51.09	5.125	1.193	36.5	125
		19	無色	澄明	"	"	"	"	2.358	44.73	"	1.168	34.9	10
第5回	原水	21	8.1	2.1	"	"	"	"	4.202	58.19	5.116	1.226	30.5	81
		13	6.3	1.5	"	"	"	"	3.917	57.08	5.046	1.227	30.3	57
	急速濾水	21	無色	澄明	"	"	"	"	1.915	42.86	5.116	1.178	27.4	3
		13	"	"	"	"	"	"	1.800	43.00	5.046	1.181	27.2	3
	重複 豫備 仕上	21	2.3	0.8	"	"	"	"	3.539	53.86	5.116	1.203	28.5	66
		13	無色	澄明	"	"	"	"	1.988	44.10	"	1.178	27.5	5
第6回	原水	14	2.7	0.6	"	"	"	"	3.749	55.50	4.990	1.214	29.8	86
		17	4.9	1.0	"	"	"	"	4.052	56.25	4.965	1.217	"	113
	急速濾水	14	無色	澄明	"	"	"	"	1.694	42.43	4.990	1.175	27.0	5
		17	"	"	"	"	"	"	1.748	41.76	4.965	"	"	4
	重複 豫備 仕上	14	0.5	0.1	"	"	"	"	3.001	50.50	4.990	1.189	27.6	83
		17	無色	澄明	"	"	"	"	2.123	44.78	"	1.175	27.0	8
平均	原水	104	7.5	2.1	"	"	"	"	4.165	56.93	5.048	1.213	35.9	86
		107	8.0	2.1	"	"	"	"	4.165	57.02	5.037	1.215	35.1	85
	急速濾水	104	無色	澄明	"	"	"	"	2.003	43.05	5.048	1.152	32.7	4
		107	"	"	"	"	"	"	1.983	42.94	5.037	1.155	31.9	4
	重複 豫備 仕上	104	1.8	0.5	"	"	"	"	3.362	51.46	5.048	1.178	34.0	66
		107	無色	澄明	"	"	"	"	2.242	44.94	"	1.153	32.7	10
單一濾水	104	"	"	"	"	"	"	2.020	43.16	5.037	1.155	32.0	6	

(土木學會誌第十七卷第二號附表)

附表第十二

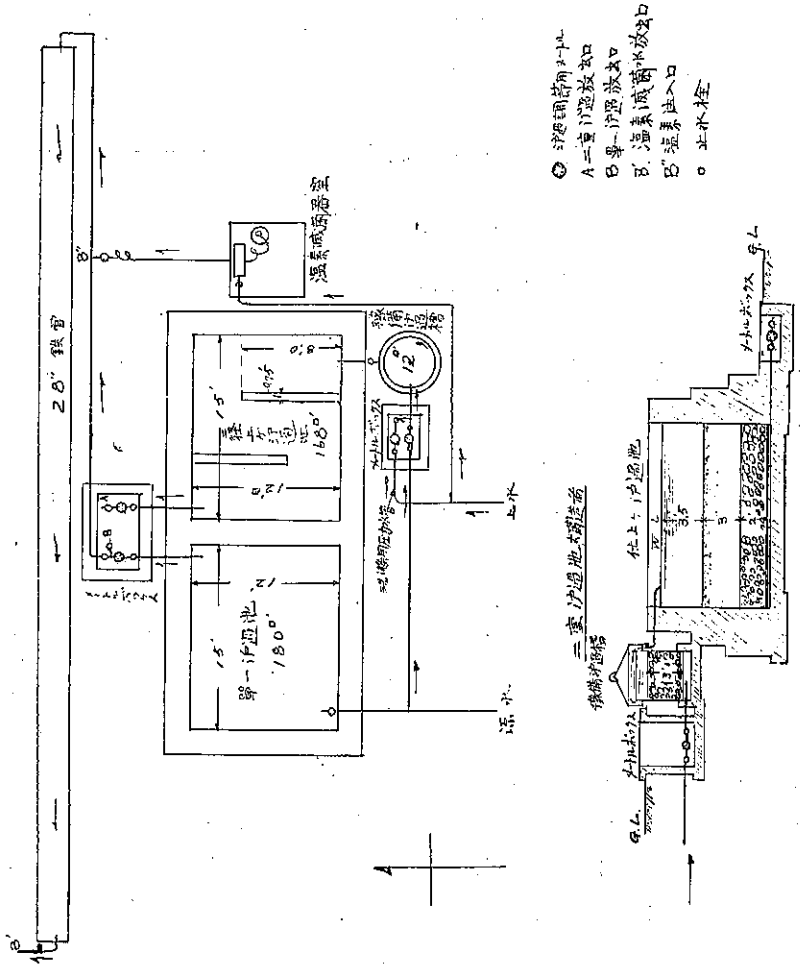
檢水別	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	平均
原水	30	32	34	31	57	315	145	58	23	85	107	22	78.2
急速濾水	3	3	4	3	4	5	5	3	1	4	4	2	3.4
重複	豫備	5	30	34	24	30	123	54	18	178	51	20	59.8
	仕上	3	15	13	11	9	9	8	3	5	9	6	8.2
單一濾水	6	12	8	5	5	6	5	4	2	4	4	6	5.6

附表第十三

試驗回数	檢水別		水頭		0-5寸	5-10寸	10-15寸	15-20寸	20-25寸	25-終極
	重複	單一	原濾水	水						
第 1 回	重複	單一	原濾水	水	27	48	10	30	53	22
			原濾水	水	10	14	11	26	33	15
第 2 回	重複	單一	原濾水	水	28	40	30	34	29	31
			原濾水	水	12	11	20	12	7	8
第 3 回	重複	單一	原濾水	水	31	40	43	32	20	38
			原濾水	水	15	17	7	10	6	12
第 4 回	重複	單一	原濾水	水	35	30	—	—	—	—
			原濾水	水	7	4	—	—	—	—
第 5 回	重複	單一	原濾水	水	59	622	57	76	33	244
			原濾水	水	9	12	2	5	5	6
第 6 回	重複	單一	原濾水	水	68	15	171	267	—	—
			原濾水	水	5	3	5	3	—	—
第 7 回	重複	單一	原濾水	水	123	—	—	128	240	—
			原濾水	水	9	—	—	7	25	—
第 8 回	重複	單一	原濾水	水	149	240	36	24	—	15
			原濾水	水	5	3	3	5	—	4
第 9 回	重複	單一	原濾水	水	213	28	—	11	20	34
			原濾水	水	4	12	—	—	4	4
第 10 回	重複	單一	原濾水	水	39	42	248	—	15	74
			原濾水	水	2	3	14	—	6	2
第 11 回	重複	單一	原濾水	水	112	169	78	61	—	19
			原濾水	水	10	7	5	12	—	6
第 12 回	重複	單一	原濾水	水	111	61	16	22	—	203
			原濾水	水	5	4	2	5	—	7
平均	重複	單一	原濾水	水	94.2	181.4	47.0	56.3	73.2	71.4
			原濾水	水	9.5	12.4	6.3	10.5	14.6	8.6
除菌百分率	重複	單一	原濾水	水	71.7	71.3	100.2	86.8	22.0	80.8
			原濾水	水	6.0	4.7	8.8	6.3	6.5	5.3
除菌百分率	重複	單一	原濾水	水	90.0	93.1	86.6	81.3	80.3	88.0
			原濾水	水	91.6	93.4	91.2	92.7	70.5	93.4

土木學會誌第十七卷第二號附誌

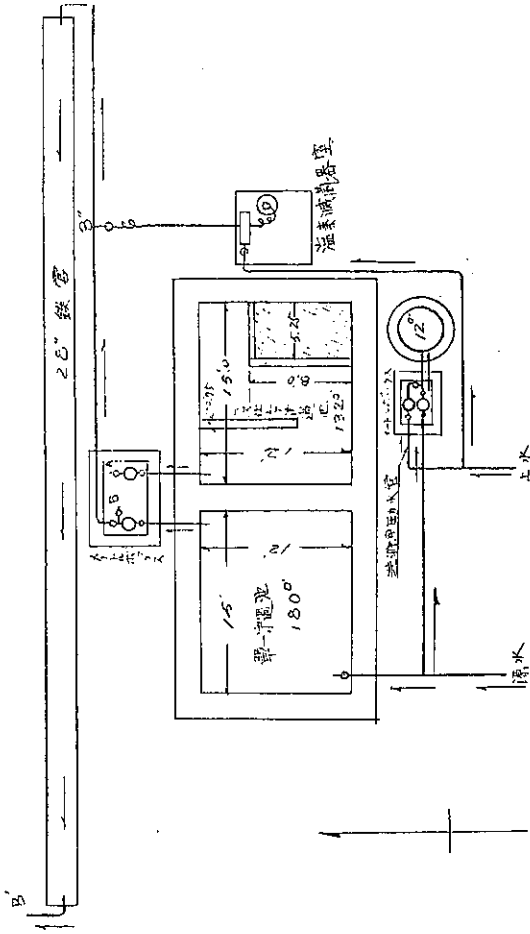
附圖第一 試驗池一級平面圖 (濾過面積同一の場合)



- 煤油燈
- A 第一濾過池出口
- B 第二濾過池出口
- 溫度調節器入口
- 止水栓

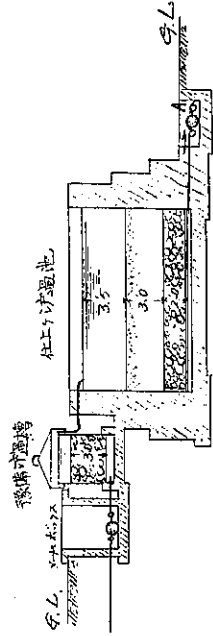
(此圖係根據試驗池之構造而繪)

附圖第二 試驗池一般平面圖 (濾過面積不同的場合)



- 溢流管開口
- 二重濾池出口
- 單一濾池出口
- 溢流減壓器出口
- 溢流入口
- 止水栓

二重濾池構造圖



(土木學會雜誌十七卷第三圖附圖)