

論 説 報 告

土木學會誌 第十七卷第十一號 昭和六年十一月

上水道に於ける二重濾過試験並に 微生物の消長に就ての考察

會員 島崎孝彥

Investigations on the Experimental Double Filtration Plant
and its Microbiological Variations
at Osaka Water Works

By Takahiko Shimasaki, Member.

内容梗概

本文は最近1箇年餘に亘り大阪市水源地内試験設備に依り施行せる二重濾過試験の結果に就き其の得失を論じ、併せて在來の緩速濾池及び二重濾池に於ける微生物の消長に關し概説せるものなり。

目 次

緒 言	1
第一 章 大阪市水道施設の大要並に淀川源水の水質	2
第二 章 在來緩速濾池に於ける濾速と濾過持継日數との關係	3
第三 章 二重濾過試験設備並に試験方法及び期間	6
第四 章 原水と沈澱水との水質比較	7
第五 章 第一濾池の濾過持継時間と其の效率	8
第六 章 第二濾池の濾過持継日數と其の效率	13
第七 章 二重濾過に於ける凝集剤使用の限界	15
第八 章 二重濾過試験の生物學的考察	15
第九 章 緩速、急速及び二重濾過の作業費並に建設費比較	21
第十 章 結 論	23

緒 言

本文は昭和4年12月6日より同5年12月26日に至る約1箇年に亘り、大阪市柴島水源地に於て二重濾過に關する試験的設備に依り實驗せる結果並に在來緩速濾池及び前記二重濾池に於ける微生物の消長に就て調査せる事項を報告し、併せて之れ等に對する所見の一端を述べたものである。

固より本試験は僅かに 1 箇年餘の實驗に過ぎないものであり、又幾多の比較試験の結果に俟たなければならないと思考せらるゝ點多々あり、目下尙實驗の續行中であるが、今日迄の経過に依りて現在の水源たる淀川河水が、二重濾過に對し果して如何なる結論を與ふるかと言ふ當面の問題に關し略窺ひ得たるものがあるので、敢て茲に之れ等の諸點を披瀝して識者の叱正を仰ぎたいと思ふ。

元來淨水法の科學的研究は幾多の歲月と根氣よい努力とを要する極めてデリケートな問題であつて、我國に於ても從來其の必要は認識されて居りながら、今日迄に發表されたものゝ多くを見るのは此處に原因する所以と思はれる。又之れを實際問題として考察するときは、之れ等の研究は同時に經濟價値の比較を伴はねばならぬことは言ふ迄もないが、此の事たる各都市の地方的條件に依りて大いに其の趣を異にするから、之れ等の諸點に關し各地に於ける調査研究の發表こそ、吾等の翹望して已まない處である。

本調査並に實驗に關しては、京都帝國大學名譽教授工學博士大藤高彥氏 及び同理學部教授川村多實二氏の懇篤なる指導と相俟つて本市水道部技術課長竹内理一氏を初め技師藤田弘直氏、技師谷本清氏及び技手近藤正義氏等の不斷の努力に負ふ處勤くないので、茲に記して深く謝意を表する次第である。

第一章 大阪市水道施設の大要並に淀川源水の水質

1. 本市水道施設の大要

本市水道は明治 28 年の創設であるが、當時の水源地は通稱櫻ノ宮(現在は廢止)で、1 日最大配水能力 54 000 立方米、給水人口 610 000 人を目途とせるものであつた。其の後明治 30 年 4 月市域の擴張に伴ひ配水管の増設及び設備の補充を行つたが、市勢の發展は更に甚しいものがあり、斯の如き應急策では到底大勢に應じ得べくないので、明治 41 年に水源地を柴島に移し、新淀川の河水を水源として一大擴張工事を起し、大正 3 年 3 月竣工せるもの、之れ現在水源地の端緒である。爾來市勢の膨脹に應じて大正 8 年より同 11 年迄及び大正 14 年より昭和 5 年 3 月竣工に至る迄の 2 回に亘つて同水源地の擴張工事と市内配水幹枝線の増設を爲し、現在に及んで居るのであつて、現在の給水全能力は緩速濾過により 1 日 482 000 立方米、急速濾過により同じく 96 000 立方米、合計 578 000 立方米で、1 人 1 日最大給水量を 0.21 立方米として給水人口 2 750 000 人、昭和 11 年迄の給水に堪へ得る豫定のものである。

本水源地の設備としての主なるものを舉ぐれば、取水塔 3 基、除砂池 4 個、取水唧筒場 2 棟、硫酸アルミニューム溶解室 3 箇所、沈澱池 10 個(全容量 1 日最大量に對し半日分)、濾池(濾速 1 日 4.84 米、1 日濾過水量 25 440 立方米) 24 個、鹽素殺菌室 3 箇所、淨水池

6 個で、尙急速濾過装置として混和池 2 個、沈殿池 3 個（全容量を以て 4 時間餘の沈殿時間を與ふ）、濾池（濾速 1 日 120 米、1 日濾過水量 9 600 立方米）12 池である。市内への送水は唧筒直送式で蒸気タービン連結離心動唧筒（揚水量毎時 5 580 立方米、揚程 55 米）6 台、電動唧筒（揚水量毎時 760 立方米、揚程 61 米）3 台を有し、配水幹線としては 1 070 精管 3 條、990 精管 3 條及び 660 精管 1 條、合計 7 條より成つて居る。

2. 淀川源水の水質

水源たる淀川は其の源を遠く琵琶湖に發せる宇治川と桂、鳴、木津の諸川、其の他幾多の小流を併せた大河で、其の流域は京都、奈良、滋賀及び大阪の 4 府縣に亘つて居るが、其の最小流量を見るに次の通りである。

最小流量及び流速

河名	観測箇所	最小流量 (每秒立方尺)	最小流速 (每秒尺)	最低水位の起りし年月
宇治川	向島	1 965.4	2.1	大正 2 年 11 月
同	淀	2 801.0	2.1	" 11 年 10 月
桂川	納所	64.5	0.7	" 11 年 6 月
木津川	下八幡	83.1	1.7	" 3 年 8 月
淀川	枚方	4 063.0	2.0	" 11 年 6 月

此の結果に依れば淀川本流に於ては最小流量と雖も 4 000 個を下らないが、水量に於ては何等危惧する處はないのであるが、水質の點より言へば近年上流に於ける都市の發展と工場の増加等の爲に累せられて、年々幾分づゝ汚染せらるゝ傾向にあるが、幸に本市水源地に達する迄には相當の距離があり、其の間豊富なる河水の自淨作用を受くるので、今直ちに憂ふるには當らないが、今後の計畫に關しては此の點に就き細心の考慮を要する問題である。

本市上水道の源水に關する水質調査としては、取入口たる柴島取水塔では平素は 1 週 2 回以上、溷濁の場合は毎日水質試験を行つて居るが、昭和 5 年に於ける其の成績は附表第一に示す通りである。尙淀川上流に於ける水質の調査としては琵琶湖及び宇治、鳴、桂の諸川に就き昭和 2 年以降毎月 1 回宛施行して、其の汚染度を検して居るが、其の昭和 5 年に於ける平均成績を示せば附表第二の通りである。

第二章 在來緩速濾池に於ける濾速と濾過持続日數との關係

本市水源地内急速濾過設備は昭和 5 年 3 月其の竣工を告げたもので、實施後日尙淺く、未だ充分なる實驗を遂ぐるに至らないから、之れに關する發表は後日に譲り、茲には單に在來の緩速濾池に就て述べることとする。

本市に於ける在來の緩速濾池に就て、其の濾速と濾過持続日數との關係を檢するに、固より

原水濁度の程度、季節、濾層砂粒子の大きさ、その他に依り影響を受け、頗る複雑せる關係にあるが、若し條件にして同一なるに於ては、濾速と濾過持続日數との間には一定の基調の存するを知るのである。之れを本市に於ける在來緩速濾過池に就ての統計に見るに次の通りである。

第一表 在來緩速濾池に於ける濾速と濾過持続日數との關係（其の一）

年度	使用池數	濾速 (米)	濾過持続日數	濾過持続日數 と濾速との積
大正 9 年	14	2.58	21.5	55.47
	18	2.29	20.9	47.86
	20	2.35	25.8	60.63
	21	2.35	21.64	50.85
	22	2.24	25.4	56.90
	22	2.44	19.57	47.75
昭和 1	23	2.68	19.37	51.91
	24	2.90	16.0	46.40
	24	3.33	13.9	46.29
	24	3.39	13.84	46.92
平均	21.2	2.66	19.79	51.10

第一表の濾速と濾過持続日數との積は年に依りて多少の差異はあるは免れない處であるが、大體に於て近似数を示すを見る。又大正 12 年 9 月より同 13 年 9 月迄満 1 箇年に亘り第 2, 11, 16, 17, 23 號の各濾池に就き濾速 3.64 米及び 5.45 米として濾過持続日數を試験せる結果は第二表の通りである。

第二表 在來緩速濾池に於ける濾速と濾過持続日數との關係（其の二）

濾池番號	試験回數	濾速(米)	濾過水頭(米)		濾過持続日數	濾過持続日數 と濾速との積
			最初	最後		
No. 2	20	5.04	0.20	1.10	12.05	60.73
No. 11	29	5.00	0.47	1.11	10.83	54.15
No. 16	36	5.03	0.45	1.19	8.33	41.90
No. 17	27	3.69	0.33	1.17	11.96	44.13
No. 23	33	5.62	0.54	1.29	9.36	52.60
平均	29	4.88	0.40	1.17	10.51	50.70

此の場合に於ても各池に就き濾速と濾過持続日數との積は多少の相異あるも、其の平均値は略第一表と同様である。

以上の統計に依り本市緩速濾池の濾速と濾過持続日數との積の 1 箇年平均値は之れを 51 と假定するも大差ない様である。然るときは今假に濾速を 9 米に増大するときの 1 箇年平均濾過持続日數は如何といふに

$$\text{濾過持続日數 (濾速 9 米)} = \frac{51}{9} = 5.6 \text{ 日}$$

即ち約 6 日となるが、毎回濾過を開始するに當りては、干水、掃除及び濾過効力發生迄の排水等のため約 2 日間休止を要するが故に、濾過持続日數が x なるとき濾池の能率は $x/(x+2)$ となり、 x の小なる程換言すれば濾過持続日數の短き程低下する。今濾速を 9 米に増大し、濾過持続日數を 6 日とすれば、其の能率は 75% となる。従つて現在の濾池 24 個の中 1 日平均使用數は 18 個となり、残餘は休止の状態に置くを要し、濾速増大の割合に濾過水量を増加し得ないことになる。

謂ふ迄も無く濾過持続日數の短縮は濾層面充塞度のスピード・アップを意味する。而して此の充塞度は源水中に含まる々々雜物並に生物等の質量如何に依るものであるから、之れ等のものを適當なる方法に依り源水中より除去するを得ば、濾過持続日數を延長し得べきは自ら明かである。之れ等々雜物及び生物の大部分は濾過の行進に伴ひ濾層表面に堆積して所謂汚泥層を形成するのであるが、其の量は同一の源水に在りては略濾過水量に比例し茲に濾過水頭即ち落差の増大を招來するのである。尙落差は堆積物の量のみでなく、其の質にも關係を有し、徑の小なるもの又は膠状質に富むもの程濾層面を充塞することが速かである。然らば之れ等の濾層充塞の原因となるものを除去する方法如何と言ふに、沈澱時間を延長すること若しくは硫酸アルミニューム、其の他の凝集剤を注加して沈澱池に於て沈積せしむる等の方法も考慮されるのであるが、前者は其の程度に就き考究の餘地が多く、又後者は薬剤費の高價なるため之れを常用することの不經濟を伴ふ許りでなく、當時の濁度 9 以下の如き比較的低い場合に在りては全然其の必要がないのである。現に大正 12 年 4 月より同年 8 月迄の本市試験濾池に於ての實験に依れば、上述の如き源水濁度の場合硫酸アルミニューム 5/1 000 000 程度を繼續注加せるものと然らざるものとの比較試験の結果は、第三表に見る如く薬剤注加の場合の沈澱水濁度は、非注加水よりも低きに拘らず、濾池に於ける落差増加の状態は殆んど差異を示さないのである。

第三表 源水に凝集剤常用の可否試験 (自大正 12 年 4 月 21 日)
至同 8 月 3 日)

試 驗 回 次	第一回	第二回	第三回	第四回
濾 過 期 間 (月:日)	4:21-5:3	5:7-5:24	5:31-7:4	7:12-8:3
濾 速 (米)	4.85	4.85	3.64	3.64
濁 度				
源 水	9.7	6.2	5.2	5.2
沈澱水	8.0	5.0	4.6	4.8
	4.2	2.6	2.0	2.0
濾 池 内	最初 10.2	5.1	4.1	5.1
	最後 76.2	77.7	55.9	39.1
落 差(釐)	最初 8.9	6.4	3.3	5.1
	最後 109.2	81.3	45.7	38.1
凝集剤を注加せざる時				
凝集剤を注加の時				

茲に於てか本市現在の源水を以て沈澱後先づ第一濾過(急速)に依つて源水中に含まるゝ夾雜物の大部を除き、次で第二濾過(緩速)に依りて淨化の完成を期せんとする、所謂二重濾過法の採否が考慮される譯で、本實驗を企圖せし所以も亦茲に其の理由の大半を置くのである。

第三章 二重濾過試験設備並に試験方法及び期間

1. 試験設備

柴島水源地内に設置せる在來の試験濾過設備に一部模様替並に増設を施したものである。其の設備としては沈澱池、第一濾池(急速)及び第二濾池(緩速)等であつて、各部の構造、容量等は次の通りである(附圖第一参照)。

(a) 沈澱池 内法縦 5 米、横 2.42 米、深さ 2.27 米のコンクリート槽で、横壁に併行して 75 縮間に隔壁を設け環流せしむるもので、池の容量は水深 2 米のとき 22.654 立方米である。

(b) 第一濾池(急速) 内法 91.4 縮の角型、高さ 2.62 米、水深 1.27 米で、底は複床式とし、上床は厚さ 76 縮の砂層(有效径 0.64 縮、均等係數 1.65)の下に厚さ 45 縮の砂利層を配せる濾層を設け、之れを支持して心々 30 縮に配列せる漏斗形窓に因る集水装置を形成し、下床との間に深さ 30 縮の壓力水室を設けたもので、濾層の洗滌は壓力水を逆流せしむるものとし、其の上昇速度は濾層面に於て毎分 61 縮、洗滌時間約 4~6 分とする。濾速は濾過水の流出口に装置せるモニュールに依り自働的に調節され、濾過水頭は流出管に挿置せる硝子管内の水位と濾池水面との差に依り測定せらる。本池の濾過面積は 0.836 平方米である。

(c) 第二濾池(緩速) 内法 3.28 米の正方形、深さ 3 米で濾層は 45.7 縮の砂利層上に 76.2 縮の砂層(有效径 0.32 纪、均等係數 2.44)を配置せるもので、濾速はフロート附圓筒昇降式調節機に依りて調整せらる。本池の濾過面積は 10.76 平方米である。

(d) 試験方法及び期間 試験は昭和 4 年 12 月 6 日より同 5 年 12 月 26 日迄約 1 年 1 筒月に亘つて施行したものであるが、尙繼續試験中である。本試験に供した原水は成るべく河水の儘とし、凝集剤を注加しないものを主眼としたが、河水濁濁し緩速濾過作業上、原水に凝集剤を使用するの必要ある場合は本試験にも同一原水を使用せねばならぬ状態にあつた日が若干あつたが、其の日数は全試験延日数 328 日の中僅かに 11 日に過ぎない(附表第一参照)。

本期間中の試験は前後 8 回であるが、第一濾池は濾速を 109 米及び 121 米とし、濾過水頭約 2.4 米を限界に濾層の洗滌を行ひ、第二濾池は濾速を 8.5~9.32 米とし、濾過水頭最大 1 米を限界として濾過を更新せるもので、各回の試験期間、其の他は第四表の通りである。

第四表 二重濾過試験期間其の他

試験回次	濾過期間	供試水	濾速(米)		凝聚剤 注加日數	摘要
			第一濾池	第二濾池		
第一回	4, 12, 6-5, 1, 23	{緩速、沈殿池導水溝水	109	8.5	5	
第二回	5, 1, 27-5, 3, 4	"	109	8.5	4	
第三回	5, 3, 23-5, 5, 1	"	109	8.5	0	
第四回	5, 5, 8-5, 6, 30	{6月1日迄同上以後急速、混和池水	121	9.32	2	エーレーションを行ふ
第五回	5, 7, 3-5, 7, 26	急速、混和池水	121	9.32	0	"
第六回	5, 8, 15-5, 11, 1	"	121	9.1	0	"
第七回	5, 11, 12-5, 12, 9	{11月24日迄同上以後緩速、沈殿池導水溝水	121	9.1	1	
第八回	5, 12, 10-5, 12, 26	{緩速、沈殿池導水溝水	121	9.1	0	

第四章 原水と沈殿水との水質比較

沈殿池内の流速、水深及び沈殿時間等が沈殿の効率に及ぼす影響に関する研究は後日に譲り、茲には前記第一濾池の濾速109米及び121米の時、本沈殿池の有する効率、換言せば沈殿池の入口（以下原水と稱す）及び出口（以下沈殿水と稱す）に於ける水質の淨化に就き化學的並に細菌學的試験の結果を述ぶる事とする。

第五表 原水、沈殿水水質比較

		濁 度				色 度			
		最高	最低	平均	試験回数	最高	最低	平均	試験回数
第一回	原水	32	6	10.2	45	18	2	4.8	45
	沈殿水	25	6	8.5	45	14	1	3.67	45
第二回	原水	30	5	8.3	37	20	1	3.0	37
	沈殿水	13	5	7.3	36	6	1	2.7	35
第三回	原水	20	5	8.2	33	10	1.5	3.4	33
	沈殿水	15	5	7.2	33	7	1	2.71	33
第四回	原水	400	4	17.3	47	200	3	11.2	47
	沈殿水	300	3	14.4	47	120	2	9.34	47
第五回	原水	30	8	13.8	21	30	3	5.4	21
	沈殿水	20	7	11.5	21	20	3	5.38	21
第六回	原水	32	3	7.6	66	20	3	6.24	66
	沈殿水	30	3	5.9	65	20	3	5.47	65
第七回	原水	50	4	8.1	23	30	2	6.2	23
	沈殿水	30	3	6.3	23	20	1	5.35	23
第八回	原水	8	4	4.9	13	8	4	5.46	13
	沈殿水	7	4	4.5	13	7	3	5.07	13

		過マンgan酸カリウム消費量					細菌聚落數		
		最高	最低	平均	試験回数	最高	最低	平均	試験回数
		原水	沈殿水						
第一回	原水	7.110	2.212	3.546	15	4 640	130	2 031	13
	沈殿水	6.004	1.896	3.108	14	—	—	—	—
第二回	原水	5.846	2.370	3.200	21	2 560	235	686	19
	沈殿水	3.980	1.422	2.522	22	—	—	—	—
第三回	原水	8.416	1.896	4.695	18	6 400	245	1 194.0	26
	沈殿水	7.900	1.580	4.325	20	1 340	69	461.3	28
第四回	原水	30.652	4.424	6.747	44	11 310	480	2 943.2	44
	沈殿水	3.804	3.108	5.687	42	6 040	184	950.0	44
第五回	原水	8.532	4.424	6.350	18	15 060	3 430	9 180.5	21
	沈殿水	6.636	3.160	4.860	14	8 510	580	2 648.5	21
第六回	原水	8.848	1.580	3.867	62	21 600	1 200	7 536.0	62
	沈殿水	7.111	2.212	3.615	52	11 700	700	2 602.4	62
第七回	原水	10.586	2.212	4.054	23	5 880	816	2 089.6	22
	沈殿水	9.322	2.149	3.579	23	4 450	228	1 384.4	23
第八回	原水	3.950	2.528	3.420	13	1 460	520	811.9	12
	沈殿水	3.950	2.212	3.229	13	824	224	424.3	12

但し第一濾池の濾速109米及び121米の時の沈殿時間は夫々5.9時間及び5.4時間で、沈殿池内流速は毎分4種及び4.4種である。

第五表から各種成分の減少率を算出すれば次の通りである。

第六表 沈殿池内各種成分の減少率(%)

試験回次	濁度	色度	過マンガニ酸カリウム消費量	細菌聚落數
第一回	15.63	23.12	12.35	—
第二回	12.05	20.30	21.19	—
第三回	12.22	10.00	7.88	61.36
第四回	16.76	16.60	15.71	67.72
第五回	16.66	0.40	23.47	71.15
第六回	22.37	12.34	6.26	65.47
第七回	22.22	13.71	11.72	33.74
第八回	8.01	7.14	5.58	47.75
平均	15.75	12.95	13.02	57.86

第五章 第一濾池の濾過持続時間とその效率

1. 濾過持続時間

第一濾池の濾速を前述の如く109米及び121米とし、濾過に要する最大損失水頭1.22~2.7米の範囲に於て毎回の濾過を更新せるものであつて、本試験期間中の毎回濾過持続時間、

濾過水頭（最初及び最後）等は第七及び八表の通りである。

第七表 第一濾池濾過持続時間（其の一）（濾速 109 米）（自昭和 4 年 12 月 至同 5 年 4 月）

試験回次	濾過期間 月 日 - 月 日	平均水温	未濾水濁度			濾過水頭(米)		濾過持続時間	硫酸アルミニウム
			最高	最低	平均	最初	最後		
1	12, 6-8	10.5	8.0	8.0	8.0	0.19	2.46	49.5	
2	12, 8-10	10.8	8.0	7.0	7.5	0.18	2.51	48.0	
3	12, 10-12	10.5	17.0	7.0	13.0	0.18	2.29	52.0	
4	12, 12-14	11.0	15.0	7.0	10.0	0.15	1.84	48.0	
5	12, 14-16	12.0	7.0	7.0	7.0	0.18	1.41	45.5	
6	12, 16-20	13.4	8.0	6.0	7.0	0.14	2.22	89.5	
7	12, 21-23	10.5	16.0	7.0	10.3	0.14	1.22	54.5	注 加
8	12, 25-27	7.9	7.0	6.0	6.6	0.19	2.26	75.0	
9	1, 7-10	6.5	9.0	7.0	8.0	0.15	1.96	79.0	
10	1, 7-10	5.0	8.0	6.0	7.0	0.18	2.26	70.0	
11	1, 11-14	4.8	8.0	7.0	7.5	0.18	2.69	66.5	
12	1, 14-16	6.0	13.0	7.0	10.0	0.18	2.29	48.0	
13	1, 16-18	6.4	10.0	7.0	8.0	0.18	2.06	52.8	
14	1, 18-21	6.3	7.0	6.0	6.8	0.18	2.51	66.0	
15	1, 21-24	5.5	6.0	6.0	6.0	0.25	2.51	70.0	
16	1, 26-30	6.3	7.0	5.0	6.0	0.20	1.91	74.5	
17	1, 30-2, 2	6.1	7.5	6.0	6.5	0.20	2.44	65.0	
18	2, 4-7	5.9	12.0	5.0	7.0	0.20	2.41	70.0	
19	2, 8-10	5.6	13.0	6.0	9.0	0.23	1.91	48.0	
20	2, 10-13	5.3	13.0	7.0	9.0	0.23	1.85	71.5	
21	2, 13-16	4.8	8.0	6.0	7.3	0.23	2.46	67.0	
22	2, 16-18	5.4	6.0	6.0	6.0	0.23	2.21	54.0	
23	2, 18-21	7.0	7.0	5.5	6.0	0.23	2.29	65.5	
24	2, 21-23	7.8	5.5	5.0	5.3	0.25	1.40	68.0	
25	2, 24-26	9.8	6.0	5.0	5.6	0.25	2.06	51.0	
26	2, 26-27	9.5	9.0	6.0	7.5	0.24	2.44	27.5	注 加
27	2, 28-3, 1	8.2	13.0	6.0	9.5	0.22	1.37	28.0	注 加
28	3, 1-4	8.8	13.0	7.0	9.7	0.23	2.69	66.0	注 加
29	3, 4-5	9.3	12.0	9.0	10.5	0.24	2.57	24.0	
30	3, 23-26	11.0	8.0	6.0	7.0	0.23	2.11	77.5	
31	3, 26-29	13.3	7.0	6.0	6.3	0.23	2.15	72.5	
32	3, 29-4, 1	12.5	7.0	5.0	6.0	0.23	2.24	65.5	
33	4, 1-4	11.0	9.0	5.0	7.0	0.23	1.83	76.5	
34	4, 4-8	14.0	9.0	6.0	7.3	0.20	2.26	90.5	
35	4, 8-10	15.2	7.0	6.0	6.3	0.20	2.13	47.0	

試験 回次	濾過期間	平均 水温	未濾水濁度			濾過水頭(米)		濾過持 續時間	硫酸アル ミニウム
			最高	最低	平均	最初	最後		
36	4, 10-14	15.0	7.0	6.0	6.5	0.23	2.29	70.0	
37	4, 14-18	15.0	12.0	5.0	8.5	0.20	2.31	95.5	
38	4, 24-28	17.3	8.0	5.0	6.2	0.18	2.57	93.0	
39	4, 28-30	17.3	15.0	6.0	9.0	0.19	2.03	48.0	
平 均		9.7	—	—	7.8	0.21	2.23	63.9	

第八表 第一濾池濾過持續時間 (其の二) (濾速 121 米) (自昭和 5 年 5 月 至同年 12 月)

試験 回次	濾過期間	平均 水温	未濾水濁度			濾過水頭(米)		濾過持 續時間	硫酸アル ミニウム
			最高	最低	平均	最初	最後		
1	5, 7-11	17.4	10.0	6.0	8.6	0.18	2.13	95.5	注 加
2	5, 11-15	19.0	10.0	4.0	6.8	0.18	1.57	97.5	
3	5, 17-21	19.7	8.0	7.0	6.0	0.13	2.34	124.5	
4	5, 21-27	19.9	8.0	4.0	5.4	0.18	2.26	139.0	
5	5, 27-31	20.0	6.0	5.0	5.5	0.23	1.24	99.5	
6	5, 31-6, 6	21.6	40.0	3.0	10.0	0.20	2.46	138.0	
7	6, 6-7	21.0	40.0	10.0	25.3	0.20	2.21	23.3	
8	6, 7-11	22.8	6.0	4.0	5.4	0.15	1.98	102.0	
9	6, 11-16	23.2	4.0	3.0	3.5	0.18	2.57	114.0	
10	6, 16-21	22.6	8.0	5.0	6.5	0.20	2.26	127.5	
11	6, 21-26	24.6	7.0	4.0	5.5	0.18	2.34	118.0	
12	6, 26-28	24.2	220.0	5.0	112.0	0.18	2.74	18.5	
13	7, 2-5	25.9	40.0	10.0	26.0	0.18	2.44	54.5	
14	7, 5-8	26.7	20.0	7.0	8.6	0.15	2.31	74.5	
15	7, 8-10	25.8	10.0	7.0	8.3	0.18	2.21	53.0	
16	7, 10-12	25.3	20.0	9.0	12.7	0.20	1.22	46.0	
17	7, 12-14	26.6	20.0	9.0	12.0	0.20	1.96	48.5	
18	7, 14-17	27.5	10.0	9.0	9.5	0.20	1.96	71.5	
19	7, 17-19	29.0	11.0	10.0	10.3	0.20	2.26	46.0	
20	7, 19-22	29.0	15.0	11.0	13.6	0.20	2.26	71.5	
21	7, 22-25	29.5	15.0	10.0	12.7	0.20	2.16	67.0	
22	7, 25-26	29.9	18.0	13.0	15.5	0.20	1.40	24.5	
23	8, 15-19	29.3	8.0	5.0	6.7	0.18	1.50	74.0	
24	8, 19-23	29.6	5.5	5.0	5.2	0.15	1.27	72.5	
25	8, 23-27	30.0	5.0	3.0	4.0	0.17	1.55	92.5	
26	8, 27-30	29.2	7.0	5.0	6.0	0.17	1.35	72.0	
27	8, 30-9, 2	28.9	13.0	4.0	7.7	0.18	2.31	68.0	
28	9, 2-4	28.9	13.0	9.0	10.3	0.18	2.13	53.0	
29	9, 4-8	28.3	9.0	6.0	6.8	0.18	2.26	91.5	
30	9, 8-10	28.3	8.0	7.0	7.6	0.18	2.18	51.0	

31	9, 10-12	26.9	8.0	6.0	6.6	0.18	2.29	51.0	
32	9, 13-15	25.2	9.0	6.0	7.7	0.18	2.21	46.0	
33	9, 15-17	24.5	9.0	6.0	7.7	0.18	2.26	45.0	
34	9, 17-19	24.5	9.0	6.0	7.3	0.18	2.34	47.5	
35	9, 20-22	23.0	6.0	4.0	5.0	0.20	2.87	42.0	
36	9, 27-29	22.3	5.0	5.0	5.0	0.23	1.45	48.5	
37	9, 29-10, 2	21.6	5.0	4.0	4.8	0.22	2.31	64.7	
38	10, 2-4	21.3	10.0	5.0	7.7	0.20	2.34	52.5	
39	10, 4-7	20.5	10.0	4.0	6.0	0.20	2.31	73.0	
40	10, 7-10	20.3	4.0	3.0	3.8	0.18	2.21	71.2	
41	10, 10-13	20.0	4.0	4.0	4.0	0.18	2.31	68.0	
42	10, 13-16	19.2	4.0	3.0	3.5	0.18	2.34	61.2	
43	10, 16-18	19.0	4.0	4.0	4.0	0.20	1.57	52.6	
44	10, 18-20	19.5	4.0	4.0	4.0	0.20	1.91	49.7	
45	10, 20-22	19.8	4.0	4.0	4.0	0.25	1.91	47.0	
46	10, 22-25	19.2	4.0	4.0	4.0	0.25	2.29	64.8	
47	10, 25-27	19.5	5.0	4.0	4.5	0.25	1.22	53.7	
48	10, 27-30	18.8	5.0	4.0	4.2	0.30	2.21	70.0	
49	10, 30-11, 1	18.3	30.0	4.0	12.3	0.25	2.01	42.0	
50	11, 12-14	12.2	20.0	5.0	10.6	0.36	1.30	52.0	
51	11, 14-17	10.9	7.0	5.0	6.3	0.25	2.06	70.0	
52	11, 17-20	10.4	5.0	4.0	4.5	0.33	1.98	67.2	
53	11, 20-21	11.2	30.0	4.0	17.0	0.25	1.98	28.5	
54	11, 21-22	11.4	30.0	10.0	20.0	0.33	2.36	17.7	注 加
55	11, 24-27	10.6	6.0	5.0	5.8	0.25	2.21	73.5	
56	11, 27-29	10.4	5.0	3.0	4.0	0.28	2.18	50.4	
57	11, 29-12, 2	10.8	5.0	3.0	4.0	0.30	2.18	68.0	
58	12, 2-5	9.9	5.0	4.0	4.2	0.30	2.16	76.0	
59	12, 5-8	9.1	6.0	4.0	4.3	0.33	2.11	45.0	
60	12, 10-13	10.2	7.0	5.0	6.0	0.33	1.45	69.7	
61	12, 13-16	8.8	5.0	4.0	4.6	0.30	1.93	49.3	
62	12, 16-18	8.0	4.0	4.0	4.0	0.30	1.61	47.7	
63	12, 20-23	8.8	4.0	4.0	4.0	0.30	1.93	47.7	
平 均		21.1	—	—	9.6	0.22	2.04	65.7	

而して濾層の洗滌は既述の如く壓力水の逆流に依るもので、其の上昇速度は濾層表面に於て毎分 61 粹として約 4~6 分を要し、洗滌の濾水に対する割合は平均 1.15% に相當する。

2. 濾過効率

第一濾過水は 1 日 1 回採酌試験を爲し、淨化の程度を驗せるもので、其の成績は第九表の通りであつて、第五表及び第九表より濾過効率を算出せば、第十表の通りである。

第九表 第一過池濾過水、第二濾池濾過水水質比較

	濁 度				色 度				
	最高	最低	平均	試験回数	最高	最低	平均	試験回数	
第一回	第一濾過水	5	0	0.92	45	2	0	0.36	45
	第二濾過水	0	0	0.00	44	0	0	0.00	44
第二回	第一濾過水	4	0	0.73	37	1	0	0.03	36
	第二濾過水	0	0	0.00	36	0	0	0.00	36
第三回	第一濾過水	4	0	0.25	40	2	0	0.16	40
	第二濾過水	0	0	0.00	40	0	0	0.00	40
第四回	第一濾過水	5	0	2.25	47	2	0	1.55	47
	第二濾過水	0	0	0.10	47	1	0	0.05	47
第五回	第一濾過水	2	0	0.50	19	2	0	0.30	19
	第二濾過水	0	0	0.00	20	0	0	0.00	20
第六回	第一濾過水	6	0	0.61	65	7	0	0.81	65
	第二濾過水	0	0	0.00	65	0	0	0.00	65
第七回	第一濾過水	10	0	0.80	23	11	0	1.10	23
	第二濾過水	0	0	0.08	23	2	0	0.08	23
第八回	第一濾過水	1	0	0.20	13	1	0	0.20	13
	第二濾過水	0	0	0.00	12	0	0	0.00	12
平 均	第一濾過水	—	—	0.78	—	—	—	0.56	—
	第二濾過水	—	—	0.011	—	—	—	0.016	—

	過マンガン酸カリウム消費量				細菌聚落數				
	最高	最低	平均	試験回数	最高	最低	平均	試験回数	
第一回	第一濾過水	3.329	1.422	2.254	15	625	12	132	11
	第二濾過水	2.681	1.212	1.569	15	80	8	38	13
第二回	第一濾過水	3.097	0.889	1.481	21	320	15	62	18
	第二濾過水	2.212	0.520	1.310	21	90	6	25	19
第三回	第一濾過水	4.740	1.260	3.111	18	361	19	107	26
	第二濾過水	3.792	1.254	2.304	17	94	8	34	26
第四回	第一濾過水	5.160	2.528	3.474	43	439	51	113.8	44
	第二濾過水	3.476	1.896	2.595	43	129	4	20.9	44
第五回	第一濾過水	3.476	1.896	2.738	18	238	106	178.7	20
	第二濾過水	2.844	1.580	2.174	18	121	13	30.2	21
第六回	第一濾過水	3.476	1.404	2.434	61	2800	65	268.0	62
	第二濾過水	2.686	0.800	1.812	62	219	11	31.0	61
第七回	第一濾過水	3.988	1.422	2.815	22	3520	72	809.8	23
	第二濾過水	2.846	1.264	1.863	22	291	19	101.5	22
第八回	第一濾過水	2.844	1.833	2.219	12	75	49	65.3	12
	第二濾過水	2.528	1.146	1.873	12	29	21	24.3	12
平 均	第一濾過水	—	—	2.503	—	—	—	217.1	—
	第二濾過水	—	—	1.938	—	—	—	35.7	—

第十表 第一濾過効率 (%)

試験回次	濁度	色度	過マンガン酸カリウム消費量	細菌聚落數
第一回	89.18	90.19	27.48	—
第二回	90.82	98.89	41.23	—
第三回	96.53	94.09	28.07	76.80
第四回	82.29	83.40	38.91	88.02
第五回	90.56	94.42	43.66	93.25
第六回	91.52	85.19	32.69	89.70
第七回	87.30	79.44	35.31	41.57
第八回	95.56	96.59	31.28	84.61
平均	90.47	90.28	34.83	78.99

第六章 第二濾池の濾過持続日数とその効率

1. 濾過持続日数

第二濾池の濾速は本試験中第一回乃至第三回は 8.5 米、第四回乃至第八回は 9.32 米とし、最大濾過水頭約 1 米を限界に濾過を更新せるものである。毎回の濾過持続日数、濾過効力発生迄に要せし日数及び濾過水頭等は第十一表の通りである。

第十一表 第二濾池濾過持続日数其の他一覽表

試験回次	水温(℃)	濁度	濾速(米)	濾過水頭(米)		濾過持続日数	濾過効力発生迄に要せし日数
				最初	最後		
第一回	8.40	0.92	8.50	0.05	0.81	49.0	12.0
第二回	8.37	0.73	8.50	0.12	1.07	37.0	3.0
第三回	14.20	0.25	8.50	0.08	1.07	39.0	5.0
第四回	21.70	2.25	9.32	0.14	0.91	54.0	3.0
第五回	27.50	0.50	9.32	0.07	0.87	24.0	3.0
第六回	23.81	0.61	9.32	0.07	0.92	78.0	7.0
第七回	10.40	0.80	9.32	0.17	0.91	27.0	16.0
第八回	8.50	0.20	9.32	0.47	0.92	17.0	3.0
平均	15.36	0.78	9.01	0.15	0.87	40.6	6.5

之れに依れば濾過持続日数の最大は第六回の 78 日、最小は第八回の 17 日で、全期間の平均は 40 日強である。又濾過効力発生迄に要せし日数は最大 16 日、最小 3 日で、其の平均は 6.5 日である。

濾過持続日数の長短は砂層の汚染度如何に依るものであるから、此の場合在來の緩速濾過に比し濾過持続日数の延長せらるべきは論なき處であるが、茲に最も注目すべき點は濾池掃除方法の良否が持続日数に大なる影響を與ふるの事實である。今之れを第十一表に就きて見

るに、第八回の場合其の濾過水頭は當初より 47 毫を示し、其の濾過持続日數僅かに 17 日に過ぎないが、第六回の場合は當初の濾過水頭 7 毫にして、其の濾過持続日數 78 日の多きを示して居る、之れは第六回の場合は、試験開始に當り濾池干水後 7 月 26 日より 8 月 15 日に至る間濾過を休止せしため、砂層表面が乾燥し汚泥分子の膠状性を失ひたるに依る事は争ふことの出來ない主因である。されば一般に濾過持続日數は季節、水温並に原水の水質、其の他に依りて勿論差異あるが、濾池の掃除の際に於ける汚砂削取の程度が濾過持続日數に密接なる關係を有することは明かである。

2. 濾過效力發生迄に要せし日數

濾過開始後濾水の細菌聚落數（攝氏 37 度、24 時間寒天平板培養）が 70 以下となる迄に要せし日數を以て濾過效力發生迄の日數と假定すれば、本實驗に於ては第十一表に掲げた通りで、其の平均は 6.5 日、最大は第七回の 16 日、最小は 3 日である。之れは前述せる如く主として濾過水中の細菌數を減少する爲に必要であつたのであるが、一般に淨水作業としては濾過を以て最終とすべきでなく、更に濾過水に對し殺菌法を併用するを合理的と考へ得るを以て、僅かの細菌聚落數の過大は左程重要視するの要はないやうである。現に本市に於ては昭和 5 年 4 月以降濾過水に對し鹽素殺菌を行つて居るが、其の結果によれば昭和 5 年 8 月以降同年 11 月迄使用せる本市急速濾過に依る濾過水の細菌聚落數 100 以上を算したことも偶にはあつたが、鹽素殺菌後に於ける實驗では第十二表に見る如く最高 52、最低 4、平均 22.1 を示すに過ぎない。

第十二表　急速濾過水に對する鹽素殺菌の影響

年　月	細菌聚落數						鹽素注加量 (p. p. m.)		
	殺菌せざるもの			殺菌せるもの					
	最高	最低	平均	最高	最低	平均	最高	最低	平均
昭和 5 年 8 月	480	58	167.7	52	9	17.4	0.214	0.152	0.174
9 月	590	52	181.3	20	8	12.0	0.214	0.171	0.191
10 月	452	34	160.1	20	6	10.1	0.204	0.165	0.189
11 月	560	19	83.3	20	4	8.9	0.204	0.172	0.185
平均			148.1			12.1			0.185

3. 濾過效率

第二濾過水の水質は 1 日 1 回の割合に採酌試験せるもので、其の成績は第九表に示す通りであるが、今第五表及び第九表に依り第二濾過水の原水、沈殿水及び第一濾過水に對する淨化率を算出すれば第十三表の通りである。

第十三表 第二濾過水の原水、沈殿水及び第一濾過水に対する淨化率

試験回次	原水				沈殿水				第一濾過水			
	濁度	色度	過マンガ ン酸カリ ウム消費 量	細菌 聚落 數	濁度	色度	過マンガ ン酸カリ ウム消費 量	細菌 聚落 數	濁度	色度	過マンガ ン酸カリ ウム消費 量	細菌 聚落 數
第一回	100.00	100.00	55.75	98.13	100.00	100.00	49.51	—	100.00	100.00	30.43	71.21
第二回	100.00	100.00	59.06	97.05	100.00	100.00	48.06	—	100.00	100.00	11.54	59.68
第三回	100.00	100.00	50.98	97.07	100.00	100.00	46.73	92.41	100.00	100.00	22.72	67.29
第四回	99.05	99.55	61.53	99.29	98.82	99.46	54.37	97.90	95.55	96.76	25.30	81.63
第五回	100.00	100.00	65.76	99.67	100.00	100.00	55.26	98.86	100.00	100.00	20.59	83.10
第六回	100.00	100.00	53.14	99.59	100.00	100.00	49.88	98.81	100.00	100.00	25.55	87.68
第七回	99.01	98.72	54.04	94.01	98.73	98.50	47.95	92.66	90.00	92.72	19.52	87.47
第八回	100.00	100.00	45.09	97.01	100.00	100.00	41.84	94.27	100.00	100.00	15.36	62.79
平均	90.78	99.73	55.66	97.73	99.89	99.66	49.20	95.82	98.19	98.68	22.84	75.11

第七章 二重濾過に於ける凝集剤使用の限界

二重濾過に於て原水に凝集剤の注加を要する限界は、本實驗の結果に徴すれば第一濾水の濁色度 10 以上の場合には必ず原水に凝集剤の注加を必要とするを示して居る。今附表第三、四、五水質試験成績につき見るに、第四回試験に於ては濾過開始後 52 日及び 53 日目（6 月 28, 29 日）に、第七回試験にありては開始後 10 日目（11 月 21 日）に第二濾水に濁色度を検出して居る。前記各日の水質を摘記すれば次の通りである。

試験回次	濾過期間	第二濾水に 濁色度を検 出せる月日	原水 (沈殿池入口)		第一濾水		第二濾水		摘要	
			濁度	色度	濁度	色度	濁度	色度	濁度	色度
第四回	5, 8-6, 30	6, 28	400	200	50	18	10	3	原水に凝集剤 を注加せず	
同上	5, 8-6, 30	6, 29	60	30	20	6	0	1	"	
第七回	11, 12-12, 9	11, 21	50	30	10	11	2	2	"	

されば二重濾過に於ても在來の緩速濾過に於て凝集剤の注加を要する程度の原水に對しては凝集剤を注加するを適當と爲すもので、本實驗に於ても第一回試験の昭和 4 年 12 月 21 日、28 日、29 日、第二回試験の 5 年 2 月 27 日、3 月 4 日、第四回試験の 5 月 10 日、第七回試験の 11 月 22 日（附表第三、四、五参照）の成績に徴すれば極めて明かである。

而して淀川河水の色度は有色イオンの存在に原因する所以なくして、浮遊粒子の色に因由するものなれば、濁度にして除去し得ば色度も自ら除き得るのである。

第八章 二重濾過試験の生物學的考察

1. 採集器具並に採集方法

- (a) 原水 在來緩速濾池所屬沈澱池導水溝の原水をプランクトン・ネットに受け採集せるものである。
- (b) 第一濾水 第一濾池の濾水を一定時間プランクトン・ネットに受け採集せるもので、その検水量約 1000 リットルである。
- (c) 第二濾池未濾水 岸筒により汲揚せる水約 500 リットルをプランクトン・ネットに受け、又は同ネットを一定回数投曳して採集せるものである。
- (d) 第二濾池濾膜 濾過作業中は握泥器に依り表層の砂を採集し、濾層削取時には表砂層を探出し汚泥を砂と分離して検した。
- (e) 第二濾水 濾池節制井内の濾水を岸筒に依り汲揚し、その約 500 リットルをプランクトン・ネットに受け採集した。

2. 試験成績

本試験は正確なる定量調査でないから、附表第六の指數は單に概數の比較であるが、只第一濾水及び第二濾水は共に略定量的近いので、貧毛環蟲類についての算數表を附した。尙生物屬種の同定の疑問に属するもの及びまだ同定し得ないものが多々あるが、之れ等は暫くSP. (Species 種) を以て示すことにした。

(1) 原水中の生物 原水中の生物の屬種、數量並にその季節的變化等は一般に除砂池に於けるものと殆んど同様である。その屬種名と概數とは附表第六の通りである。

總種 198 の内浮游生物の繁殖は其の環境好適でないため一般に甚だ僅少で、その多くは底棲生物である。即ち河底面に接し又は河底植物上に棲息せるものゝ游離し来れるもの及び夾雜物に包藏され、若しくは附着せるものだが、夾雜物と共に導かれるもので昆蟲類、水蛭類、貧毛環蟲類、輪蟲類の過半數、線蟲類、單陽渦虫類、原生動物の大半、綠藻の約半數、硅藻の殆んど全部は此の底棲生物である。

緩速濾池に在りては之れ等の底棲生物は砂層面に繁殖して濾膜の形成を助けるのであるが、溫度比較的高い時には生活環境の好轉に伴つて浮游生物の繁殖を促すに至るのを通例とする。然るに二重濾過の場合第一濾池未濾水にありてはその滞留時間の少ないこと、濾速大にして濾過持続時間の短い等のため特に生物増殖の見るべきものなく、たゞ原水中に含有された生物の堆積するゝに過ぎないものと思はれる。之れを第一濾池洗滌污水検査の結果に見るも、生物の種類に於ては緩速濾池の削取汚泥に於けると殆んど同様であるが、その量に於ては著しく僅少である。殊に夾雜物の量に比較して遙かに少量である。

(2) 第一濾水中に出現する生物 第一濾池の濾速 109~121 米にて、濾過する時は附表第六、第七、及び第八に見る如く、原水中の生物の殆んど總ての種屬は砂層を通過して濾水中に出

現するの觀がある。但し之れ等生物の砂層通過の狀態は種屬に依りて差異あり、比較的大形のものにも拘らず。

Cyclops (けんみじんこ 0.8~1.5 mm), *Bosmina* (ざうみじんこ 0.6~1.2 mm) 等の浮游生物、其の他比較的運動活發なる生物は通過する種類及び數量共豊富であるに反し、小形とは云へ運動力殆んど無いものは著しく少量である。而して原水に在りては浮游性でない輪蟲類、原生動物、綠藻類、珪藻類等運動の比較的緩慢なるもの、又は殆んど運動力無く、且つ小形な生物が著しく多量であるに拘らず、第一濾水中に出現する生物は其の種類及び量に於て甚だ少量である。此の事實は第二濾池の濾膜形成に關する重要な問題である。之れは尙正確なる定量調査と生物獨自の性質に關する研究を遂げた上でなければ斷定し得ないが、略次の理由に依るものと推斷される。

珪藻中には自ら運動するものが多いが、その運動たる頗る緩慢で殆んど無に等しく、原水中では多くは夾雜物内に包藏され、若しくは附着の状態にあるから、砂層中に入る際も夾雜物に附着して、之れと共に包藏された形となり多くは砂層上に、一部は砂層中に抑留せらるるものと推測される。此の事實が濾膜の形成に對し珪藻類が最も多く役立つて居る所以であり(殊に緩速濾池に於て然り)、又細菌上より考ふるも、本實驗に示す如く 121 米の濾速を以てして尙平均 79% の淨化効力を挙げ得るのは、全くこの性質によるものと云ふことが出来るのである。かくの如くして第一濾池の濾層を通過する状態には次の如き差異を生ずるやうである。

(イ) 第一濾過砂層を最も通過し易きもの

- (a) 砂層を潛行し得るもの.....[I]...*Chironomus larva* (孫蚊幼生), *Oligochaeta* (貧毛環蟲類), *Nematoda* (線蟲類)
- (b) 運動迅速なるもの
- (b₁) 浮游性なるもの
- (b₁') 運動甚だ迅速なるもの(主として大形種).....[II].. *Nauplius larva* (けんみぢんこ幼生), *Cyclops* (けんみぢんこ), *Bosmina*, *Bosminopsis* (けんみぢんこ類)
- (b₁") 運動比較的迅速なるもの(主として小形種).....[III]....*Polyarthra*, *Brachionus*, *Ploesoma* (輪蟲類), *Synura*, *Glenodinium*, *Trachelomonas* (鞭毛蟲類), *Eudorina* (綠藻類)
- (b₂) 徒歩性なるもの
- (b₂') 運動甚だ迅速なるもの(主として大形種).....[IV].. *Cypridopsis* (かひみぢんこ), *Canthocamptus* (けんみぢんこ), *Macrothrix*, *Olona*, *Chydorus* (みぢんこ類), *Rhabdocoelida* (單陽渦蟲類)
- (b₂") 運動比較的迅速なるもの(主として小形種).....[V]....*Dinocharis*, *Euchlanis*, *Cathypna*, *Monostyla* (輪蟲類)
- (ロ) 第一濾過砂層を通過し得ることあるもの
- (c) 運動甚しく迅速ならざるも附着包藏され難きもの..[VI]....*Macrobiotus* (くまむし), *Rotifer*

Notommata (輪蟲類), Paramecium (纖毛蟲), Ceratium, Euglena (鞭毛蟲類)

(d) 他の通過生物に附着し通過し得るもの..... [VII]... Vorticera, Zoothamnium (纖毛蟲), 硅藻の通過する場合, 浮游性綠藻の通過する場合

(e) 第一濾過砂層を通過し難きもの

(e) 運動緩慢にして附着包藏され易きもの..... [VIII]... Ciliata (纖毛蟲類), Rhizopoda (根足蟲類), Flagellata (鞭毛蟲類)

(f) 運動力殆んどなく且つ附着包藏され易きもの..... [IX]... 緑藻類, 硅藻類, 藍藻類

今數例につき表示すれば次の通りである。

第十四表 第一濾池砂層を通過せる生物の量の比較

運動の程度	生 物 名	大さ (mm)	12月		1月		2月		3月		4月		5月		6月		7月	
			原第	濾水	原第	濾水	原第	濾水	原第	濾水	原第	濾水	原第	濾水	原第	濾水	原第	濾水
			一	一	一	一	一	一	一	一	一	一	一	一	一	一	一	一
II	Nauplius larva (けんみぢんこ幼生)	0.5	1	1	1	2	1	2	2	3	2	2	1	2	1	3	1	2
II	Cyclops (けんみぢんこ)	1.5	1	1	1	1	1	1	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
II	Bosmina (さうみぢんこ)	0.7		1		1					1	1	1	2	1	1		
III	Polyarthra (浮游性輪蟲)	0.2	2	2	2	2	1	2	1	1	1	1	1	1	2	1	2	
III	Pleosoma (〃)	0.3											1	1	3	3	2	2
III	Synura (鞭毛蟲)	0.1	2	2	1	2	2	2	1	1		2			1			
III	Eudorina (綠藻)	0.15	1	2	1	2			2	1	2	1	2	1	1	2	3	1
IV	Alona (みぢんこ一種)	0.4	1	1	1	2	1	2	1	1	1	2	2	2	1	2		2
IV	Chydorus (〃)	0.3			1	1	1			1	2	1	3	1	2	1	2	1
V	Dinocharis (游泳輪蟲)	0.2	1	1	1	2			2	1	3	1	2	1	1	2	1	2
VI	Rotifer (絶形輪蟲)	0.3	2	1	1	2	1	1	1		2	1	2	2	1	1	1	2
VI	Ceratium (鰐鞭毛蟲)	0.2	2	2	1	1				2	1	1	2	1	2	1	2	1
IX	Staurastrum (綠藻)	0.06	2		2	1	1		1		1	1	1					
IX	Spirogyra (絲狀綠藻)	0.01	1		1		1		1		2	1		1	1			
IX	Melosira (絲狀硅藻)	0.01	2		1		1		1		1	2	1	2				
IX	Atheya (硅藻)	0.02	3		3								2					
IX	Asterionella (星形硅藻)	0.07	3		3	1			1		3		2		1			
IX	Surirella (硅藻)	0.2	2		1	1	1		1		1	1	1	1	1	1	1	1

註：表中数字 3, 2, 1 は夫々夥多, 比較的多數, 比較的少數を示す

(3) 第二濾池未濾水中の生物 第一濾水中には前述の如く多種の生物が含まれて居るが, 之れが第二濾池に湛へられることによつて浮游生物は次第に増殖し, 又砂層上に於ては第一濾池を通過せる屬種の種類及び量共比較的少數なるに拘らず, 環境好轉に伴ひ硅藻類, 緑藻類, 原生動物, 輪蟲類等は漸次發育繁殖して次第に一般緩速濾池に於ける未濾水の場合の生物相に近づくに至る。され共通常の緩速濾過と根本的に相違せる點は, 第一濾池によりて

水質の改變せられたのみでなく、生物的には或る種屬をより多く抑止せるため、相對的數量には相當差異があり、同時に生物の繁殖状態、相互關係等に於ても多少その趣を異にして居ることは認められる。

(4) 第二濾池濾膜内の生物 第一濾水に依りて導かれる生物は一般緩速濾池原水中の生物と其の相對的數量を異にするが、種屬に於ては或る種のもの以外は殆んど同様であるから、單に種屬の比較のみでは一般緩速濾池汚泥と大差ないが、數回の第二濾池未濾水中の浮游生物と濾膜内生物との採集試験に基いて推論すれば次のやうである。

(a) 第二濾池未濾水中に於ける浮游生物の繁殖は一般緩速濾池の場合に比して可なり差異ありてその量も少い。

(b) 第二濾池未濾水のプランクトン・ネット採集に當り、浮游生物と同時に採集される非浮游性生物即ち砂層、壁面又は夾雜物上に棲息する所謂底棲生物及び飼飄性生物の量並に其の繁殖は一般緩速濾池に比して著しく少い。

(c) 線状綠藻類 (*Vaucheria Chaetophora*)、絲狀藍藻類 (*Oscillatoria*) 等の著しき發生を見たが、之れは緩速濾池に於ても比較的新しき池には屢々見る處である。

(d) 第二濾池未濾水は緩速濾池の場合に比し生物屬種の相對的數量が著しく少く、又種々の夾雜物、細菌類等も甚だ減少するから、濾膜形成の状態も従つて變化を來し、濾過開始の當初に在りては濾膜形成の主成分である珪藻類も著しく乏しいため濾膜形成迄に相當の時日を要する。

(e) 濾速が 8.5~9.32 米の如く比較的大なる場合には、濾膜形成汚泥が砂層中に侵入することの普通濾速 (3~5 米) の場合に比し大であることは明かに推測し得られる處であつて、第二濾池の濾層も遂には緩速濾池の濾層と全く同程度に汚染されるかも知れないが、在來の緩速濾池に見る様な魚介類によりて受くる濾膜の被害は除去することが出来る。

(5) 第二濾水中に出現する生物 附表第六乃至附表第八に見る如く、第二濾池濾層を通過してその濾水中に出現せる生物は約 70 種で、一般緩速濾水の同時期に於ける成績に比し幾分少數であるが、之れは第二濾池未濾水、砂層面及び砂層中に繁殖せる數が緩速濾池の原水に比し比較的少數なるに起因するは明かであつて、濾池の使用年代に於て兩者間に著しき相違あるによるることも見逃すことの出來ない事實である。

尙茲に注目すべきは主として貧毛環蟲類の如き砂層中に棲息し得る生物はその繁殖頗る速かなことである。即ち之れ等生物が第一濾水に依りて導かれる量は一般緩速濾池の場合に比して著しく少いに拘らず、第十五表に示す如く第二濾水に出現する量は第一濾水に於けるよりも遙かに多量であることである。

第十五表 二重濾過試験に於て濾過水中に出現せる Oligochaeta (貧毛環蟲類)

種名	月 日	試験第一濾過水					試験第二濾過水					7 8
		12 13 23	1 6 10 25	2 25	3 25	4 16 12 20 27	5 8 13 18 26	6 17	2 16 12 20 27	4 3 13 18 26	5 3	
Schmardeella fil.	2 2			2 2						6		
Chaetogast. lim.				3					15			
Paranais naidi.		1	2							2		
Nais variabilis				3	1	2	1	8	3	1	170	32 34 16 8 4 2
Pristina rosea					1				2	4		2 4
Pristina Foreli									/	2		
Aeolosoma hem.		2			2	3	1		6	2	4	

註：表中數字は濾過水約1立方米中に存せし個體數を示す

以上の事實及び一般緩速濾池に於ける之れ等貧毛環蟲類の試験に依るときは、此の種屬の砂層中に於ける繁殖は極めて速かなることを知るのである。即ち第二濾池に於ては砂層新しく汚染度低き間は著しい發生を見ないが、漸次汚染度の高まるに従ひ貧毛環蟲類の繁殖の状況は普通緩速濾池に於けると殆んど同様の結果を招來するものと想察し得るのである。

3. 結論

以上の實驗よりして二重濾過に於ける生物の消長に就て概観するに次の様である。

- (a) 第一濾池によりて塵芥、夾雜物並に運動緩慢なるもの若しくは運動力殆んど無き生物は除去されるが、運動比較的迅速なる生物は除かれることが多い。
- (b) 第二濾池濾膜の主要成分として必要なる珪藻類は第一濾過によりて著しく抑止せられ甚しく減少する。
- (c) 第二濾池濾膜は濾過開始當初にありては夾雜物少きため生物的に純粹であるが、濾膜の形成不充分なるため濾過開始と同様に汚染物を砂層内部に押し入るの虞れなきを保し難い。
- (d) 第二濾池濾膜にありては、濾過作業の経過と共に生物の繁殖を伴ひ、漸次當初の状態より遠ざかり、緩速濾膜汚泥に比し幾分性状を異にするも、略同様なる汚泥の堆積を來し、砂層内部を汚染するに至る。
- (e) 第二濾池濾層汚染の進行は第一濾池を経過せし結果として一般緩速濾池の場合に比し遅速の差はあるも、長年月使用後に於ては殆んど同様の結果を來すものと思はれる。
- (f) 貧毛環蟲類、線蟲類の如き生物は砂層中に廣く分布し、次第に深部迄侵入し、此の種生物の濾水中に出現するに至るは免れない處であらう。
- (g) 第二濾水中にも幾多の生物を見るも、之れを一般緩速濾水に比すれば、その屬種並に

数量に於て可成り減少してゐる。

(h) 一般に濾水中に生物の出現するは生物が濾過砂層を直接通過するに依るものと認めらる。而して從來の砂濾過法では生物の通過を全然阻止することは困難であるから、今後の問題としては生物の砂層通過の状態につき生物獨自の性状より研究を進むると共に、濾膜形成促進等に關する考究が重要ではあるまいかと思はれる。

第九章 緩速、急速及び二重濾過の作業費並に建設費比較

元來作業費及び建設費の比較は地方的實情に應じて非常な差異があるから、之れを一般的に論する譯にはゆかぬが、茲には本市に於ける現況を基礎として考察して見やう。

1. 作業費の比較

本市の實績より基本單價を硫酸アルミニューム 1 斛 11 錢、液體鹽素 1 斛 29 錢、電力 1 基時 2 錢とし、沈澱池及び濾池の掃除費は本市從來の統計による單價を探り、1箇年 1 億立方米の淨水を得るに要する經費を算出すれば次の通りである(但し各濾過法に共通の費用は除外す)。

(a) 緩速濾過の場合(數量は過去 5 箇年間の平均を基本とす)

費　　目	數　　量 (立方米)	單　　價 (円)	金　額 (円)	摘　　要
濾　　池　汚　土　削　取	11 280.00	1.00	11 280.00	[掃除 1 回の汚土量 24 立方米、年 470 回分]
濾　　池　補　砂	5 931.40	2.00	11 862.80	1 回の補砂量 12.62 立方米
沈　　澱　池　汚　土　掃　除	2 180.00	0.43	937.40	
硫酸アルミニューム	86 060.00	0.11	9 466.60	
液　　體　鹽　素	15 000.00	0.29	4 350.00	注入量 0.15/1 000 000
電　　力　料	2 654 150.00	0.02	53 083.0	
合　　計			90 979.80	

(b) 急速濾過の場合(昭和 5 年 6 月以降の實績を基本とす)

費　　目	數　　量 (立方米)	單　　價 (円)	金　額 (円)	摘　　要
沈　　澱　池　汚　土　掃　除	12 430.00	0.55	6 836.50	
硫酸アルミニューム	1 000 000.00	0.11	110 000.00	平均注加量 1/100 000
液　　體　鹽　素	18 400.00	0.29	5 336.00	注入量 0.184/1 000 000
電　　力　料	3 288 800.00	0.02	65 776.00	
合　　計			187 948.50	

但し此の場合、濾池の洗滌水として濾過水量の約 3.0% を要するから、之れを換算すれば實際經費は約 193 760 圓となる。

(c) 二重濾過の場合

未だ實際の經驗がないから、本實驗成績を基礎として算定することとする。此の場合硫酸アルミニューム 注加量及び沈澱池掃除費は緩速濾過の場合と同率とし、鹽素注加量は急速濾

過の場合と同率と假定する。

費 目	數 量	單 價	金 額	摘 要
	(立方米)	(円)	(円)	
濾池汚土削取	1 488.00	1.00	1 488.00	{掃除1回の汚土量24立 方米、年62回分}
濾池補砂	782.44	2.00	1 564.88	1回の補砂量12.62立方米
沈澱池汚土掃除	1 930.00	0.43	829.90	
硫酸アルミニューム	86 060.00	0.11	9 466.60	
液體鹽素	18 400.00	0.29	5 336.00	注入量 0.184/1000 000
電力料	3 960 400.00	基準 0.02	79 208.00	
合計			97 893.38	

但し此の場合第一濾池の洗滌水は濾過水量の約1.15%を要するから、之れを換算すれば實際経費は99 032円となる。

以上の結果より淨水1億立方米に要する経費を比較すれば次の通りである。

	緩速濾過 (円)	二重濾過 (円)	急速濾過 (円)
淨水1億立方米に要する経費	90 979.80	99 032.00	193 760.00
緩速との差額		8 052.20 ^(a)	102 780.20 ^(a)

2. 建設費の比較

便宜上前記1億立方米の淨水を1箇年の所要水量として、その1日平均量274 000立方米に對する淨水設備費につき共通部分を除き緩速、急速及び二重濾過の三者を概括的に比較すれば次の通りである。

緩速、急速及び二重濾過設備費比較

種別	緩速濾過			急速濾過			二重濾過		
	數量	單價	金額	數量	單價	金額	數量	單價	金額
沈澱池費	6 池	135 000	810 000	6 池	100 000	600 000	6 池	80 000	480 000
濾過池及 濾過場費	14 //	111 000	1 540 000			1 320 000	第一濾池 第二濾池		1 200 000 770 000
水管費	一		1 450 000			600 000			1 150 000
小計	一		3 800 000			2 520 000			3 600 000
用地費	60 000 〃	30 〃	1 800 000 12 000	12 000 〃	30 〃	360 000 30 000	面坪 〃	30 10	900 000 300 000
土工費	60 000	10	600 000	12 000	10	120 000	30 000		1 200 000
小計			2 400 000			480 000			
合計			6 200 000			3 000 000			4 800 000
急速濾過 との差額			3 200 000 ^(a)						1 800 000 ^(a)

第十章 結論

本調査並に實驗の概要是以上述べた通りであつて、尙今後の調査研究に俟たねばならぬ點が多々あり、未だ確たる結論を得るに至らないが、今上述の結果から之れを概括的に考察すれば略次の諸點を指摘することが出来る。

(1) 原水が極めて清冽であつて、その濁色度が常時3~1以下の如き場合に於ては單一緩速濾過を以て充分であつて、敢て二重濾過となすの必要はなく、寧ろ濾膜生成上策の得たものではあるまい。

(2) 原水の濁色度が常時6~10程度の場合に於ては、單一緩速濾過では濾池の濾過持続時間が短縮し、その能率が著しく減退するから、之れが對應策として二重濾過若しくは單一急速濾過の兩者が比較考慮されるのであるが、此の場合に、二重濾過が相當の效果を挙げ得ることは本市の實驗に徴しても明かである。而して二重濾過と急速濾過と何れを可とすべきかは敷地の關係、築造の難易、其の他經濟上の比較に俟つべきものと思ふ。

(3) 緩速濾池に於ける汚土削取の良否は、單一と二重との何れの場合を問はず、濾過持続日數に關係することの大なる要素である。

(4) 原水の濁色度常時相當高く殆んど常に凝集剤の注加を要する如き場合にありては、二重濾過よりも單一急速濾過に依る方が經濟上有利であらう。

(5) 濾水中に現はるゝ微生物の點より云へば、二重濾過が緩速濾過よりも種類及び量共甚だ少いが、之れは濾池使用年數の経過と共に次第に増加するものと思はれる。勿論二重濾過の場合、第一濾池に依りて或る種の微生物は除去されるが、大部は通過し得るのであるから、第二濾池が微生物の繁殖に對し好適の環境にある以上、單一緩速濾過の状況に接近するのは已むを得ない處である。然るに單一急速濾過の場合は、常に凝集剤を使用して濾膜の形成が速かであるのと、20時間内外の短時間を以て濾過が更新される點から見て微生物の繁殖に對しては最も不適の状況にあるものと云ひ得る。

(6) 緩速、急速及び二重濾過の何れの方法に依るも、最後の濾水に對し常に適量の鹽素を注加し殺菌法を勧行することは淨水の萬全を期する上に於て必要のことである。

(以 上)

附圖 大阪市水道柴島水源地內試驗濾過設備圖

