

論 說 報 告

第二十卷第三號 昭和九年三月

上水道に於ける二重濾過の實驗的考察

會員 島 崎 孝 彦*

Investigation on the Experimental Double Filtration
Plant at Osaka Water Works

By Takahiko Shimasaki, Member.

内 容 梗 概

本文は曩に報告せる二重濾過試験⁽¹⁾の追補としてその後に至り第一濾過の濾速等を變更して施行した二重濾過試験の結果に就て述べ、併せて第一濾過の條件を異にせるこれ等兩試験の成績を比較概説せるものである。

緒 言

大阪市上水道に於ける二重濾過に關する、昭和4年12月6日より同5年12月26日に至る約1箇年間の試験成績に就ては、既に昭和6年11月土木學會誌第17卷第11號に於て“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”なる題下に發表せる所なるも、その後、に於て第一濾池の濾砂を有效徑1.03 mm、均等係數1.21のものを取り替へ、又濾速を242 m/dに増大して、昭和6年12月15日より同8年5月31日迄の間に於て試験を行ひたるを以て、その結果に就て重ねて茲に記述し前回の報告の補足に資せんとするものである。

本試験に關しては、京都帝國大學名譽教授工學博士大藤高彦氏の懇篤なる指導と相俟つて本市水道部技術課長鈴木義一氏、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所多く、茲に記して深く謝意を表する次第である。

第 一 章 再度本試験施行の理由

本市上水道の原水たる淀川の水質は漸次幾分づゝ悪化するの傾向ある上に、送水量の増加に伴ひ緩速濾過の濾速を増大した爲、濾過持續日數は短縮した。曩に述べた如く濾過持續日數の短縮は濾池の能率を低下して、濾速増大の割合程には濾過水量は増加しない。今後尙ほ濾速の増大を計ればこの傾向は一層著しかるべき故に、第一濾過(急速)によりて水質を改善し緩速濾過に於ける濾速の増大と共に濾過水量も同様に増加すべき可能性ありや否やを検することの最も緊要なるに鑑み、これが具體的解決を計る爲、本實驗を繼續した次第である。而して曩に發表した二重濾過に關する試験は次の方法によりて施行したものである。

- (イ) 原水には可及的凝集劑を加へず
- (ロ) 沈澱時間は約5.5時間、沈澱池内流速は毎分約4.4 cm
- (ハ) 第一濾池の砂層76 cm、濾砂は有效徑0.64 mm、均等係數1.65、濾速121 m/d
- (ニ) 第二濾池の砂層76.2 cm、濾砂は有效徑0.32 mm、均等係數2.24、濾速932 m/d

* 大阪市技師

(1) 土木學會誌第17卷第11號所載“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”

この方法によりて施行せる試験の結果は曩に報告せる通りであつて、第一濾過の濾過効率は今より高く、水質は非常に改善され、従つて第二濾池（緩速）に於ては濾速を 9.32 m/d とさせるに拘らず、その濾過持續日数は實際の緩速濾池の夫に比し著しく延長し、その他の點に於ても良好の成績を示した。然れ共試験はこれにて完了せるに非ずして緩速濾過に供すべき原水が前回の試験の場合よりも今少しく悪い場合、即ち第一濾過効率の今少しく低き場合に於て果して如何なる結果を示すかにつき研究の必要を認め、今回の試験に着手したのである。第一濾過効率低下の方法としては大體次の 3 種が考へらる。

1. 濾砂は従前の儘として濾速を増大すること
2. 濾速はその儘として濾砂の粒子を大にすること
3. 濾砂の粒子及び濾速共に大にすること

然るに第一濾池に關しては第一の方法によれば濾過持續時間は短縮して操作上に不便あり。第二の方法にては濾過持續時間を延長するのみ。第三の方法による時は濾速大なるため濾過面積は減少し、又砂粒大なるため濾速大なりと雖も濾過持續時間の短縮は比較的小である。これ等の點を考慮し第三の方法によりて試験することとした。尤もこの比較は抽象的であつて、實際上濾砂及び濾速を何程にすべきやにつき具體的材料を提供すべきものではないが、今回は濾砂の粒子はその有效徑 1.03 mm、均等係數 1.21、濾速を 242 m/d とした。この選擇の妥當なるや否やは尙ほ今後の實驗の結果に俟つべきものと思ふ。

第二章 試験設備並に試験期間とその方法

1. 試験設備

試験設備は曩に報告せるものゝ内、第一濾池の内部を仕切りて濾過面積を半減し、該濾池の濾砂を粗なるものと取り替へたのみで、その他の部分は舊のまゝであるから茲ではその概略を記することとする。

(a) 沈殿池 内法縦 5 m、横 2.42 m、深さ 2.27 m で、稜壁に併行して 75 cm 間に隔壁を設けて水を環流せしむる。池の容量は水深 2 m のとき 22.654 m³ である。

(b) 第一濾池（急速） 曩の試験に供したるものゝ内部を 0.644 m 角に仕切りて濾過面積を 0.414 m² に半減し、高さ 2.82 m、水深 1.27 m、砂層の厚さ 76 cm（砂は有效徑 1.03 mm、均等係數 1.27）で、洗滌速度は毎分 61 cm、洗滌時間は約 5 分である。

(c) 第二濾池（緩速） 内法 3.28 m の正方形、深さ 3 m で、砂層の厚さ 76.2 cm、又濾砂の有効徑 0.32 mm、均等係數 2.44 で、濾過面積は 10.76 m² である。

2. 試験期間とその方法

試験は昭和 6 年 12 月 15 日より同 8 年 5 月 31 日迄の間に於て行ふたが、その間に於ても緩速試験濾池の模様替へ及び第二濾池の換砂等の爲、昭和 7 年 3 月 11 日より同月 27 日迄、同年 8 月 20 日より同年 9 月 13 日迄及び同 8 年 1 月 22 日より同年 4 月 3 日迄の 3 回に亙りて休止したから、實際の試験延日数は 353 日である。供試水は急速濾過原水の入口より導いたもので薬品は注入しないものである。

試験回数は 22 回に及び第一濾池は濾速 242 m/d とし、落差 2.4 m に達する前に壓力水を逆送して砂層の洗滌を行ひ、第二濾池は濾速 9.32 m/d とし落差約 1.0 m 前後に達すれば一旦濾過を中止して削取を行ひて後濾過を更新した。第二濾池の削取後濾過を更新して再び削取を行ふ迄の間を以て 1 回の試験期間とする。各回の試験期間その他は第一表の通りである。

第一表 二重濾過試験期間その他

試験回次	試験期間 年月日 年月日	供試水	浮遊物(%)		細菌増加 有無	試験回次	試験期間 年月日 年月日	供試水	浮遊物(%)		細菌判 定加有無
			第一池	第二池					第一池	第二池	
第一回	7.15-7.23	原水	262	932	ナシ	第十二回	7.13-7.19	原水	262	932	ナシ
第二回	7.18-7.21	"	"	"	"	第十三回	7.14-7.22	"	"	"	"
第三回	7.25-7.28	"	"	"	"	第十四回	7.27-7.10/4	"	"	"	"
第四回	7.29-7.22	"	"	"	"	第十五回	7.25-7.14/3	"	"	"	"
第五回	7.24-7.31	"	"	"	"	第十六回	7.14-7.11/9	"	"	"	"
第六回	7.33-7.39	"	"	"	"	第十七回	7.12-7.13	"	"	"	"
第七回	7.28-7.4.19	"	"	"	"	第十八回	7.215-7.2.21	"	"	"	"
第八回	7.4.21-7.5.11	"	"	"	"	第十九回	8.1.10-8.1.21	"	"	"	"
第九回	7.5.13-7.4.10	"	"	"	"	第二十回	8.4.5-8.4.17	"	"	"	"
第十回	7.6.13-7.7.26	"	"	"	"	第二十一回	8.6.19-8.5.16	"	"	"	"
第十一回	7.8.3-7.8.11	"	"	"	"	第二十二回	8.5.19-8.5.31	"	"	"	"

第三章 原水と沈澱水との水質比較

以上各回の試験に於ける沈澱時間は約 5.4 時間で、沈澱池内の流速は毎分約 4.4 cm である。この間に於ける水質の變化は第二表の通りである。但し表中原水とあるは沈澱池入口、沈澱水とあるは沈澱池出口に於て採酌せる水である。

第二表 原水及び沈澱水の水質

試験回次	原水	沈澱水	濁度			色度			浮遊物(%)			細菌数			細菌数															
			最高	最低	平均	最高	最低	平均	最高	最低	平均	最高	最低	平均	最高	最低	平均													
第一回	原水	沈澱水	2	0.5	13.1	20	5	6.4	36.0	284.4	5656	3120	365	10046	原水	沈澱水	原水	沈澱水	原水	沈澱水	原水	沈澱水	原水	沈澱水	原水	沈澱水	原水	沈澱水	原水	沈澱水
第二回	原水	沈澱水	11	9	4	5.5	6	2	4.4	6.26	284.4	3613	1676	205	619.0	原水	沈澱水	原水	沈澱水	原水	沈澱水	原水	沈澱水	原水	沈澱水	原水	沈澱水	原水	沈澱水	
第三回	原水	沈澱水	11	7.2	6	6.0	5	3	6.2	6.08	2370	3332	478	133	430.3	原水	沈澱水	原水	沈澱水	原水	沈澱水	原水	沈澱水	原水	沈澱水	原水	沈澱水	原水	沈澱水	
第四回	原水	沈澱水	10	10	4	5.3	6	3	3.6	36.36	284.4	3623	595	254	422.6	原水	沈澱水	原水	沈澱水	原水	沈澱水	原水	沈澱水	原水	沈澱水	原水	沈澱水	原水	沈澱水	
第五回	原水	沈澱水	6	6	3	6.3	6	2	3.3	36.0	2828	2805	280	92	422.9	原水	沈澱水	原水	沈澱水	原水	沈澱水	原水	沈澱水	原水	沈澱水	原水	沈澱水	原水	沈澱水	
第六回	原水	沈澱水	6	6	3	3.9	3	2	2.2	36.0	2828	2856	261	92	155.3	原水	沈澱水	原水	沈澱水	原水	沈澱水	原水	沈澱水	原水	沈澱水	原水	沈澱水	原水	沈澱水	
第七回	原水	沈澱水	13	50	6	12.42	40	4	10.0	110.00	284.4	4341	6130	140	631.2	原水	沈澱水	原水	沈澱水	原水	沈澱水	原水	沈澱水	原水	沈澱水	原水	沈澱水	原水	沈澱水	
第八回	原水	沈澱水	15	12	5	8.25	9	5	4.5	62.00	284.4	3416	2610	127	1028.5	原水	沈澱水	原水	沈澱水	原水	沈澱水	原水	沈澱水	原水	沈澱水	原水	沈澱水	原水	沈澱水	
第九回	原水	沈澱水	26	20	5	11.25	60	7	12.0	101.12	2528	6127	6210	603	2327.7	原水	沈澱水	原水	沈澱水	原水	沈澱水	原水	沈澱水	原水	沈澱水	原水	沈澱水	原水	沈澱水	
第十回	原水	沈澱水	36	40	5	15.33	80	7	18.25	6.80	284.4	6025	4530	506	2182.7	原水	沈澱水	原水	沈澱水	原水	沈澱水	原水	沈澱水	原水	沈澱水	原水	沈澱水	原水	沈澱水	
第十一回	原水	沈澱水	9	7	9	10.7	26	12	15.1	50.4	3160	4228	2920	680	1830.6	原水	沈澱水	原水	沈澱水	原水	沈澱水	原水	沈澱水	原水	沈澱水	原水	沈澱水	原水	沈澱水	
第十二回	原水	沈澱水	5	12	13	14.8	15	12	13.9	5.97	4264	4796	1520	613	1186.6	原水	沈澱水	原水	沈澱水	原水	沈澱水	原水	沈澱水	原水	沈澱水	原水	沈澱水	原水	沈澱水	

備考: 細菌数、原水、沈澱水、平均、最高、最低、平均、以下同。

試験の結果によれば各回の成績は各々相違せるも、それ等の總平均に就て言へば原水に於ては濁度 10.24、色度 9.96、過マンガン酸カリウム消費量 4.077、細菌聚落数 1809.2 であつて沈澱水に於ては濁度 8.93、色度 8.34、過マンガン酸カリウム消費量 3.415、細菌聚落数 1204.0 に減少して居る。第二表の各回の平均値から沈澱による各成分の減少率を算出すれば第三表の通りである。

個々の場合に在つては成績區々なるも總平均値に就て見れば沈澱後に於ては濁度 19.5%、色度 15.15%、過マンガン酸カリウム消費量 14.68%、細菌聚落数 32.95% 減少して居る。

以上の成績によれば濾過持續時間は昭和7年4月(第二十五回試験)より同8年1月(第五十六回試験)の間に於て大體大なる値を示し、同8年4月2日より同月7日(第五十七回乃至第五十八回試験)に一旦短縮し、爾後再び延長した。前述の如く該池の砂は昭和6年12月に入れて繼續使用せるが、砂層は漸次汚染し汚泥塊さへも生ずるに至つた。由つて昭和8年2月に至りてこれを取り出して充分水洗して汚泥塊を除去して入れ替へ、4月2日から再び濾過を開始した。昭和7年4月以降同8年1月迄に於ける濾過持續時間の延長には種々の條件が原因せしならんも、砂層中に汚泥塊の生じたることも一原因であると考へる。以上の總平均値につきて言へば水温 13.01°C、濁度 8.23、落差は最初 0.284 m、最後 1.815 m で、濾過持續時間は 98.54 時間である。砂層の洗滌は前述の如く壓力水の逆流によりて行ふもので、洗滌水の昇速度は砂層表面に於て毎分約 61 cm³ 洗滌時間は5分なる故、濾過水量に對する洗滌水量の割合は約 0.31% に相當する。

2. 第一濾過効率

斯くして濾過したる水は第二濾池に導きて 9.33 m/dの速度にて再び濾過を繼續した。水質試験は休日の外は毎日1回施行したが、第一及び第二濾水の試験成績は第五表の通りである。

第五表 第一濾水及び第二濾水の水質比較

試験面次	濾水回数	濾過速度	色度				細菌数				試験面次	濾水回数	濾過速度	色度				細菌数							
			原水	濾後	平均	最低	原水	濾後	平均	最低				原水	濾後	平均	最低	原水	濾後	平均	最低				
第一回	第一濾水	2.12	2.51	4.2	2.29	4,102	1,580	2,392	116.0	22.5	425.1	第十三回	第一濾水	8.12	4.51	11.5	5.25	4,582	2,370	3,297	1,510	64.6	145.3		
	第二濾水	7.10	0.021	0.0	0.0	2,212	0.29	1,119	15.2	5.1	33.3		第二濾水	7.10	0.012	3.0	10.1	1,976	1,634	1,634	226	19	102.9		
第二回	第一濾水	11.5	1.26	4.0	1.3	2,212	1,580	2,059	389	105	243.1	第十四回	第一濾水	27.5	1.26	3.0	5.55	3,160	1,580	2,179	2,380	401	155.5		
	第二濾水	11.0	0.0	0.0	0.0	1,580	1,740	1,337	207	55	100.9		第二濾水	27.1	0.016	3.0	0.43	1,580	0.29	1,215	187	10	33.2		
第三回	第一濾水	11.3	1.23	2.1	1.52	3,002	1,938	2,470	445	52	210.5	第十五回	第一濾水	12.4	2.23	5.4	4.4	2,528	1,580	1,972	3,010	1120	203.2		
	第二濾水	11.0	0.0	0.0	0.0	2,054	1,244	1,722	165	18	75.0		第二濾水	12.0	0.0	0.0	0.0	1,536	0.29	1,236	77	8	23.3		
第四回	第一濾水	10.2	1.18	2.0	1.6	3,002	1,938	2,021	351	57	144.4	第十六回	第一濾水	5.40	4.12	40.9	21.6	1,952	2,576	4,276	3,260	1,634	183.2		
	第二濾水	10.0	0.0	0.0	0.0	2,054	1,244	1,445	77	35	47.5		第二濾水	5.4	0.16	6.0	24	2,212	1,244	1,734	289	37	153.0		
第五回	第一濾水	6.4	1.23	2.1	1.3	2,212	1,896	2,007	89	30	60.5	第十七回	第一濾水	10.9	1.34	8.1	3.5	3,722	1,896	2,506	2,610	347	370.8		
	第二濾水	6.0	0.0	0.0	0.0	1,580	1,244	1,357	67	25	50.0		第二濾水	10.1	0.006	0.0	0.0	1,826	1,244	1,626	184	9	31.3		
第六回	第一濾水	6.2	1.16	2.1	1.6	2,528	1,938	2,212	64	40	57.3	第十八回	第一濾水	5.3	2.22	4.2	3.4	3,160	2,212	2,622	314	47	205.6		
	第二濾水	6.0	0.0	0.0	0.0	1,580	1,106	1,352	53	32	46.1		第二濾水	5.0	0.0	0.0	0.0	1,436	1,580	1,801	51	23	35.8		
第七回	第一濾水	19.2	2.53	12.2	2.16	5,372	1,896	2,814	1,540	47	414.6	第十九回	第一濾水	10.6	2.33	4.2	3.6	2,344	1,976	2,433	580	127	344.6		
	第二濾水	19.4	0.02	6.0	1.05	3,160	1,244	1,781	346	19	112.1		第二濾水	10.0	0.0	0.0	0.0	1,580	1,244	1,346	122	19	57.6		
第八回	第一濾水	15.4	3.35	7.7	3.34	3,160	1,976	2,412	145	126	522.7	第二十回	第一濾水	11.10	2.427	5.1	2.82	3,722	2,370	2,893	690	47	175.2		
	第二濾水	15.0	0.0	0.0	0.0	1,644	1,896	1,491	43	11	24.8		第二濾水	11.1	0.027	0.0	0.0	2,212	1,244	1,622	195	11	33.0		
第九回	第一濾水	26.20	2.425	15.4	5.12	4,896	1,896	2,706	2,710	481	1,054.5	第二十一回	第一濾水	22.26	2.318	12.1	2.32	4,206	1,896	2,349	1,244	66	332.6		
	第二濾水	26.0	0.0	0.0	0.0	1,644	1,896	1,474	59	8	20.5		第二濾水	22.0	0.0	0.0	0.0	1,896	1,244	1,674	26	9	15.6		
第十回	第一濾水	36.120	2.36	80.5	2.9	6,004	2,054	3,000	3,600	150	977.2	第二十二回	第一濾水	11.4	2.245	5.2	2.22	3,160	1,896	2,531	1,418	464	823.8		
	第二濾水	36.3	0.0	0.0	0.0	1,938	1,201	1,626	116	12	46.2		第二濾水	11.1	0.009	0.0	0.0	2,212	1,244	1,625	51	19	25.2		
第十一回	第一濾水	7.6	3.46	11.6	2.3	3,476	2,528	3,002	1,710	240	1,066.0	平均	第一濾水					4.62					2,610		2,354
	第二濾水	7.0	0.0	0.0	0.0	1,938	1,580	1,634	76	29	45.5		第二濾水					0.15					0.29		1,575
第十二回	第一濾水	5.8	4.62	10.6	8.0	3,272	2,844	3,206	296	408	687.2														
	第二濾水	5.0	0.0	0.0	0.0	2,212	1,244	1,106	60	25	42.6														

第六表 第一濾過の効率(%)

これによれば總平均値は第一濾水に在りては濁度 4.42、色度 4.85、過マンガン酸カリウム消費量 2.610、細菌聚落數 755.4にして、第二濾水に在りては濁度 0.15、色度 0.29、過マンガン酸カリウム消費量 1.595、細菌聚落數 55.9 である。今第二表の洗滌水及び第五表の第一濾水の試験成績の平均値から第一濾過の効率を計算せば第六表の通りである。

これによつて總平均値に就て言へば第

試験面次	濁度	色度	過マンガン酸消費量	細菌聚落數	試験面次	濁度	色度	過マンガン酸消費量	細菌聚落數
第一回	50.9	56.8	4.127	24.51	第十三回	50.6	45.6	12.66	53.15
第二回	56.3	70.5	35.89	36.79	第十四回	4.15	24.3	14.66	102.4
第三回	51.1	58.4	18.88	38.25	第十五回	50.7	36.3	19.70	4.132
第四回	56.2	48.3	26.29	48.34	第十六回	43.2	23.7	44.25	13.23
第五回	46.6	60.7	28.67	62.62	第十七回	47.1	56.6	14.14	17.14
第六回	51.9	27.2	16.65	65.62	第十八回	57.7	51.4	12.62	49.28
第七回	44.8	43.1	21.55	28.36	第十九回	45.0	53.3	17.21	4.41
第八回	47.0	36.3	19.25	19.84	第二十回	46.2	55.9	26.19	76.21
第九回	45.0	45.6	26.25	20.54	第二十一回	51.8	63.2	22.05	70.58
第十回	36.0	32.6	26.17	25.85	第二十二回	57.8	55.9	32.31	62.17
第十一回	35.2	35.7	17.66	6.54	平均	47.53	45.73	22.22	37.59
第十二回	27.1	27.3	5.66	26.10					

一濾過の効率は何度 47.53 %，色度 45.73 %，過マンガン酸カリウム消費量 23.22 %，細菌絮落数 37.59 % である。即ち沈澱水よりも總平均では濁度約 5 割，色度 4.5 割強の減少を示して居る。今回の試験に於ては第一濾池の濾速は前回のそのの 2 倍に増大せるに拘らず，濾過持續時間も約 1.5 倍延長せるが，これは濾砂が前回のものに於ては有効徑 0.64 mm，均等係數 1.65 なるに對し今回のものは有効徑 1.03 mm，均等係數 1.27 なる粗なるものを使用せし結果である。斯く濾速を大にせるに拘らず，濾過持續時間も延長せるは濾層の浮游物抑留能力の小さなためであつて，今回の第一濾池の濾過効率の前回のそれに比して低下せるは全くこの爲であるが，これは最初から斯く計畫して試験したものである。

第五章 第二濾池の濾過持續日數及びその効率

1. 濾過持續日數

第二濾池は昭和 4 年 12 月に新砂を入れて囊に報告せる試験及び尙ほその後昭和 6 年 10 月末迄同様の試験に使用したが，第一濾池の一部模様替へ工事のため使用を中止し，今回の試験に供するため昭和 6 年 12 月 15 日から使用を開始した。爾後翌年 3 月 10 日迄（第六回試験終了迄）使用し來りたるも，換砂を行ふため同 3 月 27 日迄休止し，昭和 7 年 3 月 23 日（第七回試験）から新砂層によりて濾過を繼續したが，同年 8 月 19 日（第十二回試験）後に於ては緩速試験池の改造工事を行ひ試験に支障を來たす處があつたので 9 月 12 日迄試験を中止し，同年 9 月 13 日（第十三回試験）以降同 8 年 5 月 31 日（第二十二回試験終了）迄は引續き使用した。

第一濾過の効率は前回の夫に比し低下して居るが故に，浮游物の第二濾池に流入せる量は夫であつて，従つて第二濾池の負擔は増大した。その結果は第二濾池の濾過持續日數の短縮となりて現はれて居る。第七表は第二濾池未濾水の平均濁度，落差及び濾過持續日數等を表示したものである。

一般に濾速一定せる時の濾過持續日數は水温，濁度，砂層汚染の程度等に支配されるものであつて，以上の試験中持續日數の小なりしは第五，六回及び第十六，十八回試験の場合である。就中前 2 回の場合に在つては，一は最初より 0.827 m の落差を

第七表 第二濾池濾過持續日數その他

試験回次	水温 (°C)	濁度 (ppm)	砂層汚染 (ppm)	濾速 (m/d)	濾過持續日數	全濾過日數	試験回次	水温 (°C)	濁度 (ppm)	砂層汚染 (ppm)	濾速 (m/d)	濾過持續日數	全濾過日數	試験回次	水温 (°C)	濁度 (ppm)	砂層汚染 (ppm)	濾速 (m/d)	濾過持續日數	全濾過日數		
第一回	20	7.0	226	5.1	0.232	0.244	0.776	8	5	第一三四回	24.5	12.0	237	5.1	0.232	0.112	0.244	8	6			
第二回	20	5.5	67	2.6	-	0.155	0.215	13	7	第五四回	23.0	12.0	229	2.6	-	0.117	0.235	27	1			
第三回	25	6.0	20	2.3	-	0.277	0.215	14	7	第六五回	17.0	12.0	11.0	2.3	-	0.280	0.240	14	2			
第四回	20	5.0	58	1.8	-	0.244	0.215	13	0	第七六回	13.5	11.0	12.1	2.2	-	0.381	0.246	5	0.7			
第五回	20	4.0	51	2.3	-	0.827	0.215	6	0	第八七回	12.0	11.0	10.6	3.5	-	0.254	0.246	13	2			
第六回	20	4.5	71	1.4	-	0.168	0.229	6	0	第九八回	8.5	2.3	2.6	2.1	-	0.483	0.246	6	0			
第七回	12.5	2.0	11.0	3.3	-	0.026	0.215	21	3	第十九回	20	4.0	6.5	3.3	-	0.241	0.246	11	5			
第八回	15.0	12.0	15.2	3.5	-	0.057	0.215	21	0	第二十回	16.0	12.0	13.1	4.27	-	0.112	0.215	12	2			
第九回	21.5	18.0	20.3	4.25	-	0.038	0.215	28	0	第二十一回	20.0	13.0	16.8	3.18	-	0.165	0.246	28	0			
第十回	23.5	21.0	24.5	3.6	-	0.038	0.215	43	0	第二十二回	22.5	12.0	20.8	2.65	-	0.228	0.220	12	0			
第十一回	23.5	27.5	28.3	4.6	-	0.278	0.240	2	1	平均						1.418	4.62	3.32	0.235	0.278	15.0	1.86
第十二回	28.0	27.0	22.5	6.2	-	0.323	0.240	7	0													

示し池の削取り不十分なりしに原因し，他は最後の落差が未だ 0.238 m なるとき濾過を中止せるためである。又後の 2 回の場合に在つては，第十六回には削取りも比較的充分ならざる上に，未濾水の濁度は 19.2 でその濁濁の程度は何れの場合よりも大なりしたため，又第十八回には第五回の場合に次いで削取り不十分なりしたためなりと解せらる。第七回より第十回に至る成績では持續日數は比較的大であるが，これは第六回試験終了後に於て換砂を行ひ新砂と取り替へたるため，砂層の汚染少かりしによるものと考へらる。その他の場合に於ても濾過持續日數には相當變化を示せるも，全體の平均としては，水温 14.18°C，未濾水濁度 4.42，濾速 9.32 m/d，落差は最初 0.235 m，最後 0.878 m で濾過持續日數は 15 日を示して居る。

2. 濾過効力發生迄に要したる日數

濾過効力の發生と言ふは濾過開始後濾水が化學的及び細菌學的に異状なきに至るを言ふのである。本試験に於ける第二濾水は時に低度の濁度を示すことありしも、その他の化學的成份は常に規定以下であつたので、これ等の點は考慮の外に置き専ら細菌聚落數を標準として濾過効力發生の有無を檢定することとした。細菌聚落數が70未滿(37°C, 24h, 寒天平板培養)となる迄に要せし日數を以て濾過効力發生に要したる日數と假定せば、各回の試験に於ける該日數は第七表の通りである。尤も以上の各試験は午前中に池の削取り終り午後4時前後に引水して夜間は極く低い速度で濾過し、翌日午前9時前後に正式に濾過を開始せるものである。而して毎日の檢水採酌もこの時刻になすものであるから第七表に於て濾過効力發生に要する日數が零となり居るものは、引水後翌日午前9時前後に正式に濾過を開始せる時に採酌せる水の細菌聚落數が70未滿になり居ることを示すものである。

以上の成績によれば第十六回の試験に於ては濾過持續日數5日なるが、この間に於て濾過効力は發生しなかつたのである。第二、三回の試験に於ては濾過効力發生迄に7日を要し、その他の場合では5日以内に於て細菌聚落數は70未滿となつて居る。中には細菌聚落數が70以下となりその状態を數日繼續せる後に一兩回突發的に70以上に昇りしこともある。例へば第四回試験では濾過開始後第5日目に只一回細菌聚落數72を記録し、又第十回試験では42日後に116個の細菌聚落數を示せることあるも、これは濾過効力發生云々と言ふよりも他の原因によるものと考へらる。第十六回の場合を除外し他の21回の平均値から見れば濾過効力發生迄に要したる日數は1.86日即ち2日である。

3. 濾過效率

第二濾水の水質試験成績は第五表に示せる通りであるが、今第五表及び第二表の數値より原水、沈澱水及び第一濾水(第二濾池未濾水)に對し第二濾水は如何程淨化され居るか、その率を示せば第八表の通りである。

第八表 第二濾水の原水、沈澱水及び第一濾水に對する淨化率(%)

試驗 回次	原 水				沈 澱 水				第 一 濾 水			
	濁度	色度	細菌 聚落數	過マン ガン酸消費量	濁度	色度	細菌 聚落數	過マン ガン酸消費量	濁度	色度	細菌 聚落數	過マン ガン酸消費量
第一回	2339	100	7121	26.67	2728	100	6501	85.77	2538	100	4464	81.15
第二回	100	100	6077	75.21	100	100	5837	73.77	100	100	3507	54.49
第三回	100	100	4832	82.57	100	100	4341	78.64	100	100	3028	43.37
第四回	100	100	5334	38.88	100	100	4307	33.00	100	100	3089	43.60
第五回	100	100	4610	81.84	100	100	5112	79.34	100	100	3714	72.35
第六回	100	100	5322	87.57	100	100	4623	74.61	100	100	3888	73.55
第七回	26.64	82.86	5235	82.61	32.29	85.12	80.62	84.64	74.74	37.60	72.74	79.24
第八回	100	92.23	5335	37.74	100	92.41	5369	36.19	100	98.83	41.21	25.84
第九回	100	32.17	4549	33.79	100	35.21	5269	36.13	100	91.01	47.52	38.22
第十回	38.71	36.84	5206	37.32	38.16	36.33	5258	36.78	37.87	34.49	37.38	36.44
第十一回	100	100	4153	33.29	100	100	5534	36.63	100	100	4506	36.32
第十二回	100	100	4637	36.32	100	100	5464	36.18	100	100	4623	32.15
第十三回	22.22	32.25	5229	37.57	22.83	32.24	4609	35.34	22.82	32.25	32.25	32.25
第十四回	22.25	36.19	5384	33.18	22.00	34.08	4580	32.97	22.17	32.25	32.25	32.25
第十五回	100	100	5832	33.39	100	100	4173	32.14	100	100	3257	34.54
第十六回	32.27	33.63	31.71	32.21	25.84	32.22	77.51	35.24	22.71	32.25	32.25	32.25
第十七回	100	100	5620	38.62	33.09	100	44.29	37.34	28.60	100	35.17	26.81
第十八回	100	100	4219	36.15	100	100	36.67	31.17	100	100	25.01	32.53
第十九回	100	100	6248	32.25	100	100	44.20	34.02	100	100	44.68	32.29
第二十回	37.28	100	4238	35.49	37.23	100	34.61	35.01	32.67	100	41.78	37.28
第二十一回	100	100	5833	33.29	100	100	54.21	36.81	100	100	32.22	35.52
第二十二回	35.52	100	4578	32.65	38.45	100	42.71	36.36	53.33	100	44.62	36.29
平均	226.9	32.23	4638	32.63	33.88	27.48	53.64	33.26	32.83	36.28	32.29	36.27

即ち時により淨化率は異なるも平均値に就て見れば原水に對しては濁度99.09%, 色度98.03%, 過マンガン酸カリウム消費量60.38%, 細菌聚落數93.53%, 沈澱水に對しては濁度98.88%, 色度97.68%, 過マンガン酸カリウム消費量53.45%, 細菌聚落數89.95%で、第一濾水に對しては濁度97.83%, 色度96.23%, 過マンガン酸カリウム消費量39.99%, 細菌聚落數86.07%である。以上の成績を見るに細菌聚落數の淨化率小なる場合は、第二濾水の細菌聚落數が大なりと言ふよりも處理される水即ち原水、沈澱水及び第一濾水の夫れが他の場合に比して比較的なる時である。このことは沈澱及び第一濾過の效率の場合にも同様に言ひ得ることである。故に效率(或は淨化率)のみを以てその成績の良否は斷定し難いと言はなければならぬ。

第六章 凝集劑使用の限界

本試験に於ては原水の濁濁せる場合にも凝集劑を使用せざりし故、或る場合には第二濾水に於ても濁色度を検出せることあるが、第二濾水の濁色度に異状を認めし場合、原水及び第一濾水の濁度は何程なりしかを試験日誌より抜抄すれば第九表の通りである。

これに由つて見れば濾過開始後兩三日の間に於ては第一濾水の濁色度低き場合でも第二濾水に濁色度の出現することあるも、第七回試験以外の場合、濾過開始数日後に於ても尙ほ第二濾水に濁色度を検出せる場合は第一濾水の濁色度が 8 以上の時である。第七回の試験では第一濾水の濁色度低きに拘らず第二濾水に濁色度出現せるが、前述の如く該試験は第二濾池の換砂直後のものである。實際作業中の緩速濾池に在つても換砂直後に於ては濾過効力發生迄には長時間を要するものなるが、それは新砂層中に含まれたる夾雜物の洗滌並に汚泥層の形成に時間を要するためであつて、砂層の

第九表 第二濾水の濁色度を検出せる場合の原水及び第一濾水の濁色度

試験日次	試験時間	原水濁度	第一濾水濁度	第二濾水濁度	試験日次	試験時間	原水濁度	第一濾水濁度	第二濾水濁度
第一回	12.15-12.23	12.15	12	4	12.23	12.23	2.5	20	16
全	全上	12.15	12	8	10	全	全上	2.6	8
第二回	12.28-1.10	3.20	25	8	1.10	1.10	2.7	15	5
全	全上	3.20	13	11	4	全	全上	2.8	10
全	全上	3.31	9	5	4	全	全上	2.9	10
全	全上	4.1	7	6	3	全	全上	2.10	10
全	全上	4.2	5	4	2	全	全上	2.11	11
全	全上	4.3	5	4	2	全	全上	2.12	11
全	全上	4.4	25	20	12	全	全上	2.13	11
全	全上	4.5	10	7	5	全	全上	2.14	12
全	全上	4.16	50	40	20	全	全上	2.17	12
全	全上	4.18	9	7	4	全	全上	2.18	12
全	全上	4.19	10	5	3	全	全上	2.19	12
全	全上	4.20	10	5	3	全	全上	2.20	12
第八回	12.28-1.11	4.30	9	9	7	1.11	1.11	3.20	5
全	全上	4.2	12	8	6	全	全上	10.1	5
全	全上	4.3	7	6	3	全	全上	10.2	5
全	全上	4.4	7	6	3	全	全上	10.3	5
全	全上	4.5	7	6	3	全	全上	10.4	5
第九回	1.13-1.20	4.23	7	8	4	1.20	1.20	11.15	13
全	全上	4.27	6	3	1	全	全上	11.25	6
全	全上	4.3	16	20	8	全	全上	11.26	6
全	全上	4.4	40	30	20	全	全上	11.27	6
全	全上	4.6	16	16	8	全	全上	11.28	6
第十回	1.23-2.2	7.4	40	20	40	2.2	2.2	12.1	13
全	全上	7.4	40	20	40	全	全上	12.2	13

洗滌及び汚泥層の形成充分ならざるときは濾水は不良なるを免れない。第七回試験に於ける第二濾水に濁色度の出現せるはこの理由によるものと認められる。これに反して第十六回試験に於ける昭和 7 年 11 月 16 日の記録は第一濾水の濁色度共に 40 なるに拘らず第二濾水にはそれ等の出現がないが、その理由を考ふるに一般に、濁濁水が濾池に流入すれば濾水が直ちに濁濁するやと言ふに、元來濾池の水が砂層を通過するにはそれ相應の時間を要する。故に砂層の濾過能力不充分なる時に於ても濾水に濁色度が出現し初めるのは或る時間の経過後である。この理によりて考ふれば、當試験に於ける濾水採取時に於ては第一濾水中の浮游物は未だ第二濾水に混入し居らざりしものと解するが適當であらう。果して翌 11 月 17 日に至りては第一濾水の濁色度共に 20 に低下せるに拘らず第二濾水に於ては濁度 4、色度 6 を検出せるはその關係を示すものと見ることが出来る。

要するに以上の結果よりして沈澱劑を使用せざるとき、第一濾水の濁色度が 10 以上に上昇すれば第二濾水にも濁色度の出現する可能性ありと言ふことが出来る。然るに第一濾水は原水を沈澱及び第一濾過して得たるものであつて、本試験に於ける沈澱及び第一濾過の濁度平均除去率はそれぞれ 19.5% 及び 47.53% である。今沈澱及び第一濾過の濁度除去率をそれぞれ P_1 及び P_2 とし、兩過程を経た後の除去率を P_3 とせば、その間には次の關係が成立する。

$$P_3 = P_1 + P_2 - P_1 P_2$$

本試験に於ける平均値では

$$P_1 = 0.195, \quad P_2 = 0.4753$$

$$\therefore P_3 = \frac{19.5}{100} + \frac{47.53}{100} - \frac{19.5 \times 47.53}{(100)^2} = 57.77\% = 60\%$$

即ち前述の條件の下で處理する際に、第一濾水の濁色度は原水のその約 40% に低下するものとせば、第一濾水の濁色度が 10 以上を示すは沈澱池入口に於ける原水の濁色度が $25 \left(= \frac{10}{0.4} \right)$ 以上なる時である。故に第二濾水に微量の濁色度をも許さざる爲には、沈澱池入口に於て原水の濁色度が 25 以上に上昇せば凝集劑を注入して適當に處理することが必要である。

第七章 總括

以上述べし所を要約すれば次の通りである。

1. 供試水には濁濁の如何に拘らず凝集劑を注入しなかつた。
2. 沈澱時間は 5.4 時間、沈澱池内流速は毎分約 4.4 cm とした。
3. 第一濾池の濾砂は有效徑 1.03 mm、均等係數 1.27、濾速 242 m/d で、濾過持續時間は平均 98.5 時間（落差最初 0.284 m、最後 1.815 m）、洗滌水量は 0.31% である。
4. 第二濾池の濾砂は有效徑 0.32 耗、均等係數 2.44、濾速 9.32 m/d で、濾過持續日数は平均 15 日（落差最初 0.235 m、最後 0.878 m）、濾過效力發生迄に要したる日数は平均 1.86 日即ち約 2 日である。
5. 原水濁濁せる場合には第二濾水にも濁色度の出現することがある。これを防止するためには原水の濁色度が 25 以上なるときは凝集劑を注入せねばならぬ。
6. 原水より第二濾水に至る迄の試験成績の平均値は次の通りである。

第十表

事 項	水 種			
	原 水	沈 澱 水	第一濾水	第二濾水
水 温 (°C)	14.18	—	—	—
濁 度	10.24	8.23	4.42	0.15
色 度	9.96	8.34	4.85	0.29
過マンガン酸カリウム消費量	4.077	3.415	2.610	1.525
細菌聚落數	1809.2	1204.0	755.4	55.9

7. 各過程に於ける淨化率 (%) の平均値は次の通りである。

第十一表

事 項	效 率			
	沈 澱	第一濾過	第二濾過	全 過 程
濁 度	19.50	47.53	97.83	99.09
色 度	15.15	45.73	96.23	98.03
過マンガン酸カリウム消費量	14.68	22.22	39.99	60.38
細菌聚落數	32.95	37.59	86.97	93.53

第八章 第一濾池の濾速 121 m/d 及び 242 m/d なる二重濾過の比較考察

本市に於ける緩速、急速及び二重濾過の作業費並に建設費の比較につきましては大體曩に（昭和 6 年 11 月土木學會誌）述べし所であるから、茲には二重濾過に就てのみの比較を試みて見やう。

1. 第二濾水の水質比較

濾の第一濾池の濾速 121 m/d なる試験 (A 試験と呼ぶ) に於ける第二濾水では平均濁度 0.011, 色度 0.016, 過マンガン酸カリウム消費量 1.938, 細菌聚落数 35.7 で、今回の第一濾池の濾速 242 m/d の試験 (B 試験と呼ぶ) に於ける第二濾水の水質は總括 6. に示した通りである。即ち A 試験と B 試験の成績を比較すれば、過マンガン酸カリウム消費量は後者に於て小なるも、濁色度及び細菌聚落数は前者に於て小であつて、全體的に見れば水質は B 試験の方が稍々低下して居る。然れ共濁色度につきましては原水濁濁時に際しては凝集剤を注入して第二濾水に出現するを防止し得べく、又本市に於ては昭和 5 年度以降は全濾水に鹽素殺菌を行つて居るから、濾水に於ける少許の細菌数の増加は大して問題とする必要がない。この點より考ふれば兩者に於ける第二濾水の差異はこの際重要視する必要はない。

又同様の見地よりして第二濾池の濾過効力發生迄に要する時間の長短も問題の外に置いて宜からう。

2. 作業費の比較

A, B 兩試験に於ける洗滌池汚土堆積量, 藥品注入量及び電力量は同一なるも、第二濾池の濾過持續日数は前者に在つては 40 日、後者に在りては 15 日であつて、従つて第二濾池の汚土削取り及び補砂の回数相違し茲に作業費の差異を生ずる。そしてこれ等兩者は

第十二表

濾過持續日數に逆比例する理であるから、1 箇年 1 億 m³ の水を淨化するに要する費用は第十二表の通りである。但し A 試験に於けるものは前報告その儘を掲げたものである。

費目	單位	數量		金額	
		A 試験	B 試験	A 試験	B 試験
濾池汚土削取	1.00 ^(m³)	1,488.00 ^(12.4%)	326.80 ^(10.3%)	1,488.00 ^(m)	326.80 ^(m)
濾池補砂	2.00	782.44	2,086.50	1,564.88	4,173.00
沈澱池汚土掃除	0.43	1,330.00	1,930.00	829.90	829.90
硫酸アルミニウム	0.11	86,060.00 ^(m)	86,060.00 ^(m)	9,466.60	9,466.60
液体塩素	0.29	18,400.00	18,400.00	5,336.00	5,336.00
電力料	0.02	3,960,400.00 ^(kWh)	3,960,400.00 ^(kWh)	79,208.00	79,208.00
合計				97,893.38	102,981.50

然るに洗滌水量は A 試験では 1.15%, B 試験では 0.31% を要するが故に 1 億 m³ の淨水を得るに要する經費は前の場合では 99 032 圓、後の場合では 103 300 圓となり、B 試験に於て 4268 圓高となる。

3. 建設費の比較

第一濾池の濾速は A 試験では 121 m/d, B 試験では 242 m/d なる故に、同一水量を處理するに要する第一濾池の濾過面積は、B 試験による時は A 試験による場合の 1/2 と見てよからう。然るに第二濾池では兩者の濾速は同一なるも、濾過持續日數及び第一濾池の洗滌水量の相違から濾過面積も亦異なることとなる。即ち第一濾池の洗滌には上水を使用する關係と、又濾過持續日數の長短は濾池の能率に關係するため、同一量の淨水を得るにはこれ等の點を考慮して比較する必要がある。而して第二濾池の濾過持續日數と能率との間には次の關係あることは既に述べた通りである (昭和 6 年 11 月土木學會誌 1089 頁)。

$$\text{池の能率} = \frac{x}{x+2}, \quad (x: \text{濾過持續日數})$$

第二濾池の濾過持續日數は A 試験では 40 日, B 試験では 15 日なりし故、それ等の能率は 40/42 及び 15/17 となる。又洗滌水量は A 試験では 1.15%, B 試験では 0.31% なりし故、兩者に於ける單位面積にて得る平均淨水量の比は次の如くなる理である。

$$A \text{ 試験} : B \text{ 試験} = \frac{40 \times 98.85}{42 \times 100} : \frac{15 \times 99.69}{17 \times 100} = 1.0711 : 1$$

故に同一淨水量を得るに必要な第二濾池の濾過面積は B 試験に於ては A 試験に於ける 1.0711 倍となる。

第一及び第二濾池以外の建設費は兩者同一なりと假定し、又淨水設備につき共通なる部分はこれを除外すれば、1 箇年 1 億 m^3 、1 日平均 274 000 m^3 の淨水を得るに對する A、B 兩二重濾過法の建設費は概略第十三表の通りである。但し該數字は裏に報告せるものを踏襲し、B 式に於ける第一及び第二濾池建設費は濾過面積に比例するものとして計算した。

第十三表

費 目	種 別	
	A 式	B 式
沈 澱 池 費	480 000 ^(円)	480 000 ^(円)
濾過池及び濾過揚費	第一濾池	600 000
	第二濾池	824 747
水 管 費	1 150 000	1 150 000
用 地 費	900 000	900 000
土 工 費	300 000	300 000
合 計	4 800 000	4 254 747

以上は大略の計算であるが、これによれば A 式による時は B 式に於けるよりも 545 253 圓高となる。この差異は主として第一濾池の大きさに關係するものである。

B 式による時は第一濾池の濾過面積は小となるも第二濾池の濾過面積は大にして以上の試驗成績を基礎として計算すれば、第一及び第二、兩濾池の濾過面積の合計は A 式によるよりも約 1.03 倍大となる。

第九章 結 論

1. 前報告に於て述べた結論はそのまま今回にも適用することが出来る。
2. 第二濾水の性質は A 試験によるものが良好の結果を示して居る。
3. B 式に於ては第一濾池の濾過面積は縮少するも第二濾池の濾過面積は増大することになる。
4. B 試験にありては第一濾池の砂粒の大きさが幾分過大なりしたため、A 試験に比較して第二濾池の負擔を重加せし嫌がないでもない。されば第一濾池の砂粒子の大きさの選定に關しては相當の考慮を要するものである。
5. 二重濾過を採用するに當りても原水の濁色度 20~25 の場合には適量の凝集劑注加の要あるは勿論であるが、同時に第一濾水の濁色度をして少くとも 8~10 以下に喰ひ止め得るやう第一濾池の濾層その他につき考慮するの要あるものである。(完)