

## 論 說 報 告

第 28 卷 第 8 號 昭和 12 年 8 月

## 上水道に於ける二重濾過の研究

會員 工学博士 島 崎 孝 彦\*

Investigations on the Experimental Double Filtration Plant  
at Osaka Water Works

By Takahiko Simasaki, Dr. Eng., Member.

## 要 旨

本文は二重濾過法に関する実験的研究であつて、曩に第 1 濾池の濾速を 120 m/d 及 240 m/d とした場合の試験の結果を 2 回に亘り報告したが、尙ほ引続き該濾池の濾速を 180 m/d としたの試験を行つたので其の結果に就て記述すると共に比較研究をなしたものである。

## 緒 言

大阪市水道部では昭和 4 年 12 月以來、上水道に於ける二重濾過の研究に着手し、第 1 濾池（急速）の濾速を 120<sup>(1)</sup> m/d 及 240<sup>(2)</sup> m/d としたときの試験の結果は既に報告した處であるが、尙ほ引続き該濾池の濾速を 180 m/d としたの試験を行つたので、其の結果に就て記述して見たいと思ふ。

本実験に關しては京都帝國大学名譽教授工学博士大藤高彦先生の御指導と大阪市水道部技術課長技師宮北敏夫氏、同課技師谷本清氏、同技師近藤正義氏及水道部浄水所長技師瀧川俊雄氏の助力に負ふ處が尠くないので茲に特記して深甚の謝意を表する次第である。

## 第 1 章 試験設備並に試験期間と其の試験方法

(イ) 沈澱池 内法縦 5 m, 横 2.42 m, 深さ 2.27 m で横壁に併行して 75 cm. 毎に隔壁を設けて水を還流せしめ、池の容量は水深 2 m のとき 22.654 m<sup>3</sup> である。

(ロ) 第 1 濾池（急速） 既設濾池の内部を仕切つて濾過面積を 0.556 m<sup>2</sup> に縮少し、高さ 2.62 m, 水深 1.27 m, 砂層の厚さ 76 cm (砂は有効径 0.7 mm, 均等係數 1.64) である。

(ハ) 第 2 濾池（緩速） 内法方 3.28 m, 深さ 3 m, 砂層の厚さは最初に 76.2 cm. とし、濾砂は有効径 0.32 mm., 均等係數 2.35 で、濾過面積は 10.76 m<sup>2</sup> である。

今回の試験は昭和 10 年 5 月 27 日から同 11 年 5 月 29 日迄の 1 ケ年間に行つたが、故障等もあり實際に試験した延日數は 272 日であつた。

試験に供した水は第 3 回の試験迄は急速濾過に實際使用せる原水で薬品注入前の個所から、又第 4 回以後の試験では實際緩速濾過に使用せる沈澱池への導水溝から引いたものである。従て前のもものでは凝集劑は加はつて居ないが、4 回以後のものは原水濁濁時には凝集劑が加はつてゐる。

濾速は第 1 濾池では 180 m/d. 第 2 濾池では 9.3 m/d で、第 1 濾池の洗滌水の速度は毎分 61 cm., 洗滌時間は約 6 分間である。

\* 大阪市水道部長

表-1. 試験期間, 濾速その他

試験回次	試験期間	供試水	濾速 (m/d)		凝集剤使用の有無
			第1濾池	第2濾池	
第1回	10. 5.27—10. 6.28	急速原水	180	9.3	使用せず
第2回	10. 7. 9—10. 8.10	同上	180	9.3	同上
第3回	10. 8.20—10. 9.23	同上	180	9.3	同上
第4回	10. 9.30—10.11.11	緩速原水	180	9.3	原水濁濁時のみ使用せり
第5回	10.11.19—10.12.24	同上	180	9.3	同上
第6回	11. 2. 6—11. 4.14	同上	180	9.3	同上
第7回	11. 4.22—11. 5.29	同上	180	9.3	同上

## 第2章 原水及沈澄水の水質

茲で原水と言ふは試験用沈澄池入口の水のことである。従て第4回以後の試験では緩速濾池で凝集剤を使用した場合には之にも加はつて居る。沈澄時間は約5.4時間、池内の流速は約4.4 cm/min. であつて、沈澄池通過前後の水質及試験成績は表-2. の通りである。

表-2. 原水及沈澄水の水質

試験回次	供試水	水温 (平均)	濁度			色度			カメルオン消費量			細菌聚落数		
			最高	最低	平均	最高	最低	平均	最高	最低	平均	最高	最低	平均
第1回	原水	22.5	72	4	9.67	72	8	13.43	12.956	2.749	4.889	8640	104	3991.6
	沈澄水		64	4	7.92	64	7	11.84	10.902	2.591	4.292	6520	172	2595.6
第2回	原水	27.8	17	4	7.20	18	7	10.76	13.746	3.331	6.194	11480	352	2107.8
	沈澄水		14	3	5.90	14	7	9.42	5.688	2.844	4.657	3720	304	1178.1
第3回	原水	25.0	75	8	23.23	80	10	25.03	10.428	3.255	4.907	6920	1040	2717.6
	沈澄水		60	6	18.94	65	10	21.15	7.015	2.602	4.190	5920	560	1833.0
第4回	原水	18.5	36	5	6.68	36	6	8.18	11.376	2.496	4.824	6840	424	3545.0
	沈澄水		16	4	5.87	16	5	7.20	6.320	2.212	3.444	5440	560	2240.5
第5回	原水	16.3	22	5	7.34	18	6	8.39	10.112	2.844	4.298	4480	192	1235.9
	沈澄水		9	4	5.83	12	5	7.20	4.424	2.781	3.485	3840	76	806.0
第6回	原水	6.0	60	6	10.02	50	6	9.84	7.900	2.528	4.733	688	88	260.0
	沈澄水		28	5	7.49	28	6	7.93	7.628	2.528	3.921	584	44	181.8
第7回	原水	15.9	38	7	12.61	32	6	11.76	12.640	2.844	3.929	6640	516	2055.2
	沈澄水		16	6	8.82	13	6	8.80	4.582	1.959	3.040	5440	506	1425.6
平均	原水	19.0			10.82			12.49			4.833			2273.3
	沈澄水				8.64			10.51			3.861			1465.8

備考: 細菌聚落数は 37°C 24h 寒天平板培養の成績を示す、以下之に準ず。

即ち全体の平均値は原水では濁度 10.82, 色度 12.49, カメレオン消費量 4.833, 細菌聚落数 2273.3 個のものが、沈澄水では濁度 8.64, 色度 10.51, カメレオン消費量 3.861, 細菌聚落数 1465.8 個に夫々減少して居る。

次に沈澄に依る之等夾雑物の減少率, 即ち沈澄効率を算出すれば表-3. の通りである。

表-3. 沈澄効率 (%)

試験回次	濁度	色度	カメレオン消費量	細菌聚落数
第 1 回	18.0	11.9	12.2	34.97
第 2 回	18.0	12.4	24.8	44.10
第 3 回	14.8	15.6	14.6	32.92
第 4 回	12.2	14.2	28.6	36.80
第 5 回	20.6	16.3	18.9	34.78
第 6 回	25.3	19.4	22.6	30.08
第 7 回	30.0	25.2	20.1	30.64
平均	19.8	16.4	20.3	34.89

即ち沈澄効率の平均は濁度 19.8%, 色度 16.4%, カメレオン消費量 20.3%, 細菌聚落数 34.89% を示してゐる。

### 第 3 章 第 1 濾池の濾過持続時間及其の効率

1. 濾過持続時間 第 1 濾池では落差が 2.4 m 程度に達する迄濾過を継続する豫定であつたが、試験の都合上 2.4 m. 未滿の場合でも濾過を打ち切つて砂層の洗滌を行つたことが往々あつた。今各回試験に於ける落差及濾過持続時間等を示せば表-4. の通りである。

表-4. 第 1 濾池の濾過持続時間其の他

試験回次	濾過期間 月 日 月 日	平均 水温	未濾水濁度				落差 (m)		濾過持 続時間 (時)	試験回次	濾過期間 月 日 月 日	平均 水温	未濾水濁度				落差 (m)		濾過持 続時間 (時)
			最高	最低	平均	最終	最初	最終					最高	最低	平均	最初	最終		
No.1	5.27-5.30	21.0	6	4	5.3	0.22	2.27	51.8	26	8.3-8.6	29.0	5	3	4.0	0.25	1.70	74.3		
2	5.30-6.1	21.2	6	5	5.3	0.25	2.18	41.3	27	8.6-8.9	28.0	8	6	6.7	0.25	2.30	66.0		
3	6.1-6.2	22.1	4	4	4.0	0.22	2.18	26.6	28	8.20-8.24	28.1	8	7	7.5	0.15	2.18	95.0		
4	6.2-6.4	22.1	6	4	5.6	0.28	2.32	39.6	29	8.24-8.28	27.4	9	6	7.2	0.25	2.22	90.0		
5	6.4-6.5	21.3	14	4	6.5	0.28	2.18	23.8	30	8.28-8.31	25.5	60	12	27.0	0.25	2.34	72.0		
6	6.5-6.6	21.3	14	5	10.0	0.28	2.22	23.0	31	8.31-9.2	23.6	60	16	31.2	0.25	1.76	51.8		
7	6.6-6.7	22.1	5	4	4.8	0.28	2.32	25.0	32	9.2-9.6	24.1	60	11	32.6	0.25	2.08	90.0		
8	6.7-6.8	21.8	5	5	5	0.28	2.16	32.5	33	9.6-9.9	25.1	13	8	10.1	0.33	3.12	75.4		
9	6.8-6.9	23.2	7	5	6.5	0.18	2.08	29.0	34	9.9-9.12	25.7	12	9	10.2	0.30	2.18	68.9		
10	6.9-6.12	23.5	7	6	6.2	0.12	1.80	71.6	35	9.12-9.15	24.8	12	11	11.7	0.30	2.18	71.6		
11	6.12-6.16	23.0	6	5	5.7	0.16	2.18	88.7	36	9.15-9.18	23.8	12	8	9.7	0.25	2.11	71.5		
12	6.16-6.18	23.5	6	5	5.1	0.18	1.98	51.0	37	9.18-9.22	21.0	40	10	22.2	0.28	2.18	95.5		
13	6.18-6.21	24.0	5	4	4.7	0.18	2.14	68.0	38	9.30-10.5	21.1	8	6	7.2	0.25	1.98	127.3		
14	6.21-6.23	23.3	12	5	8.3	0.20	1.78	47.0	39	10.5-10.10	20.3	8	5	6.0	0.25	2.06	119.4		
15	6.23-6.25	22.8	40	5	10.6	0.18	2.14	49.0	40	10.10-10.14	20.3	8	6	6.2	0.25	2.16	93.5		
16	6.25-6.26	22.2	64	18	34.6	0.23	1.30	30.8	41	10.16-10.20	19.1	4	4	4.0	0.25	2.10	71.3		
17	6.26-6.29	23.0	12	7	8.1	0.18	2.00	65.5	42	10.20-10.24	18.5	4	4	4.0	0.24	2.14	88.0		
18	7.0-6.13	26.2	14	8	11.6	0.36	1.88	72.0	43	10.24-10.27	18.0	5	4	4.3	0.24	1.44	79.6		
19	7.13-7.16	26.0	8	6	6.6	0.13	1.68	79.5	44	10.27-10.29	17.9	16	5	12.1	0.24	1.44	43.5		
20	7.16-7.19	26.1	6	6	6.0	0.25	2.22	63.7	45	10.29-11.2	16.7	6	4	5.6	0.40	1.78	49.5		
21	7.19-7.22	26.6	7	6	6.3	0.25	2.22	71.5	46	11.2-11.5	16.8	7	4	6.0	0.24	1.74	72.3		
22	7.22-7.24	27.8	6	5	5.3	0.30	2.30	48.0	47	11.5-11.8	16.5	7	6	6.4	0.24	1.92	71.0		
23	7.24-7.26	28.2	6	5	5.4	0.24	2.12	49.5	48	11.8-11.11	14.8	6	5	5.4	0.25	2.16	71.5		
24	7.27-7.31	28.8	5	4	4.8	0.30	1.98	95.5	49	11.19-11.22	12.2	6	5	5.8	0.22	2.24	71.5		
25	7.31-8.3	29.6	4	4	4.0	0.25	2.00	76.5	50	11.22-11.28	12.7	9	5	7.3	0.24	1.83	54.1		

試験回数	濾過期間 月日	平均 水温	未濾水濁度				落差(m)			濾過持 続時間 (時)	試験 回数	濾過期間 月日	平均 水温	未濾水濁度				落差(m)			濾過持 続時間 (時)
			最 高	最 低	平 均	最 初	最 終	最 高	最 低					平 均	最 初	最 終					
51	11.28-12.1	13.5	5	5	5.0	0.22	2.32	69.3	77	3.6-3.7	3.5	7	6	6.2	0.52	2.20	22.7				
52	12.1-12.4	11.8	7	4	6.4	0.22	2.29	68.0	78	3.9-3.10	3.5	6	6	6.0	0.52	2.27	29.4				
53	12.4-12.6	10.3	6	6	6.0	0.22	1.86	53.6	79	3.10-3.11	3.8	6	6	6.0	0.50	2.18	26.2				
54	12.7-12.10	10.2	6	6	6.0	0.22	2.32	66.8	80	3.11-3.12	3.8	6	6	6.0	0.58	2.32	23.8				
55	12.16-12.19	5.8	7	5	6.0	0.30	2.34	69.4	81	3.12-3.13	6.0	6	6	6.0	0.53	2.32	23.3				
56	13.19-12.21	6.0	7	4	5.4	0.25	2.24	50.7	82	3.13-3.14	6.0	28	6	21.0	0.58	2.32	31.9				
57	12.21-12.23	6.5	6	5	5.2	0.30	2.18	47.7	83	3.17-3.19	6.0	8	7	7.3	0.38	2.38	42.0				
58	12.23-12.24	5.6	6	6	6.0	0.36	1.52	26.0	84	3.19-3.20	5.5	7	7	7.0	0.58	1.74	30.0				
59	2.5-2.8	2.3	9	7	8.0	0.20	1.24	71.0	85	3.23-3.25	6.5	8	6	6.3	0.34	2.32	49.7				
60	2.8-2.10	2.9	11	9	10.7	0.20	1.40	24.0	86	3.25-3.27	7.8	7	6	7.1	0.40	2.32	52.7				
61	2.10-2.12	3.1	11	6	8.0	0.24	2.06	47.0	87	3.30-4.1	8.4	8	6	7.0	0.44	2.32	49.1				
62	2.12-2.14	3.6	6	6	6.0	0.26	2.16	47.7	88	4.6-4.8	10.7	8	7	7.7	0.40	2.14	55.5				
63	2.14-2.16	4.1	6	5	5.2	0.30	2.20	42.1	89	4.8-4.10	11.4	10	5	8.0	0.40	2.24	46.0				
64	2.16-2.17	5.3	5	5	5.0	0.40	2.02	29.5	90	4.10-4.13	10.4	14	5	9.4	0.32	2.14	68.0				
65	2.17-2.19	6.0	7	5	5.3	0.38	2.42	40.2	91	4.13-4.14	9.5	26	9	17.5	0.36	1.90	29.7				
66	2.19-2.20	5.2	7	7	7.0	0.36	2.08	31.2	92	4.23-4.25	13.5	12	7	9.6	0.24	2.00	47.5				
67	2.20-2.21	4.4	7	6	7.2	0.36	1.80	23.8	93	4.27-4.28	13.7	16	9	12.5	0.28	1.52	31.5				
68	2.21-2.22	4.3	6	5	5.2	0.36	1.52	23.6	94	5.4-5.6	15.6	10	8	9.0	0.50	2.12	55.5				
69	2.24-2.25	4.4	13	7	9.6	0.36	2.22	31.0	95	5.6-5.9	14.6	14	9	12.0	0.28	2.12	72.3				
70	2.25-2.26	4.3	7	7	7.0	0.38	1.86	23.8	96	5.11-5.14	15.8	7	6	6.5	0.38	2.22	79.7				
71	2.26-2.27	4.1	7	7	7.0	0.44	1.86	23.6	97	5.14-5.16	16.7	6	6	6.0	0.30	1.36	48.0				
72	2.27-2.28	4.7	7	7	7.0	0.44	1.84	23.8	98	5.18-5.20	17.8	12	6	9.0	0.30	2.18	55.6				
73	2.28-2.29	4.2	7	7	7.0	0.44	2.32	21.2	99	5.20-5.23	18.0	12	7	7.8	0.30	2.26	72.0				
74	3.2-3.4	3.1	7	5	5.4	0.40	2.38	43.0	100	5.25-5.28	18.4	11	8	8.5	0.30	2.22	71.5				
75	3.4-3.5	3.2	7	6	6.5	0.49	2.32	31.2													
76	3.5-3.6	3.5	7	6	6.8	0.53	2.04	22.5		平均	15.1			8.3	0.31	2.06	54.0				

即ち個々の場合の成績は区々であるが、平均値では水温 15.1°C、未濾水の濁度 8.3 であつて、落差は最初 0.31 m、最終 2.06 m を示し、濾過持続時間は 54 時間である。又毎回の砂層洗滌水の速度は毎分 61 cm、洗滌時間は約 6 分であつたので、濾過水量に対する洗滌水量の割合は約 0.9% である。

2. 第 1 濾池の濾過効率 第 1 濾水の水質試験成績は表-5. の通りであつて、總平均値では濁度 172、色度 2.92、カメレオン消費量 2.616、細菌聚落数 187.2 個である。今表-2. の沈澄水と表-5. の第 1 濾水の平均値から第 1 濾過の効率を算出すると表-6. の通りで、全体の平均では濁度 89.7%、色度 74.7%、カメレオン消費量 32.3%、細菌数 85.11% である。

表-5. 第 1 及第 2 濾水の水質

試験回数	検水	試験回数	濁度			色度			カメレオン消費量			細菌聚落数		
			最高	最低	平均	最高	最低	平均	最高	最低	平均	最高	最低	平均
第 1 回	第 1 濾水		2	0	1.6	5	2	4.06	6.038	1.580	2.893	2460	21	377.6
	第 2 濾水		1	0	0.05	2	0	0.84	4.393	1.106	2.108	39	4	13.2
第 2 回	第 1 濾水		5	0	0.84	5	0	2.14	6.790	2.528	3.340	1040	18	212.6
	第 2 濾水		2	0	0.09	2	0	0.14	2.528	1.246	1.980	96	4	11.7
第 3 回	第 1 濾水		11	1	3.9	19	2	6.42	4.424	1.896	2.643	1240	18	213.8
	第 2 濾水		3	0	0.22	8	0	0.81	2.307	1.264	1.768	104	4	17.0
第 4 回	第 1 濾水		3	0	0.66	8	0	1.46	3.476	1.580	2.814	1620	30	247.1
	第 2 濾水		0	0	0	0	0	0	2.275	0.948	2.032	208	1	13.3
第 5 回	第 1 濾水		2	1	1.55	3	1	1.77	2.868	1.864	2.198	986	9	159.4
	第 2 濾水		0	0	0	1	0	0.03	1.928	1.264	1.564	260	3	32.0

試験回次	検水	試験回数	濁度			色度			カメレオン消費量			細菌聚落数		
			最高	最低	平均	最高	最低	平均	最高	最低	平均	最高	最低	平均
第6回	第1濾水		6	0	1.94	5	0	2.11	4.582	1.643	2.507	174	3	34.8
	第2濾水		1	0	0.05	2	0	0.24	2.465	0.948	1.642	96	1	11.2
第7回	第1濾水		4	0	1.52	4	0	2.47	2.528	1.264	1.936	168	10	64.86
	第2濾水		0	0	0	1	0	0.04	1.896	0.948	1.359	14	1	5.86
平均	第1濾水				1.72			2.92			2.616			187.2
	第2濾水				0.06			0.31			1.779			14.9

表-6. 第1濾過の効率(%)

試験回次	濁度	色度	カメレオン消費量	細菌聚落数
第1回	80.1	65.7	32.6	85.45
第2回	85.8	77.3	28.3	81.94
第3回	79.4	79.1	37.0	88.33
第4回	88.8	79.7	18.3	88.97
第5回	73.4	75.4	36.9	80.37
第6回	74.1	73.4	36.1	80.86
第7回	82.8	72.0	36.1	89.85
平均	80.7	74.7	32.2	85.11

#### 第4章 第2濾池の濾過持続日数及其の効率

1. 濾過持続日数 第4回迄の試験は順調に進んだが、第5回以後の試験では第1濾池への揚水ポンプの故障、寒気の爲鉄管の露出部或はゲージグラスの破損等の事故が起り、試験の途中に一時濾過を中止し、修繕後試験を続行するやうなことが往々あつた、即ち第5回以後に於ける第2濾池の濾過持続日数が試験期間の日附から計算した日数よりも短くなつてゐるのは、是等の休止日数を控除した爲である。

濾過に供した水の濁度は平均 1.72°C であつて、濾過持続日数は平均 37 日であつた。又各回に於ける試験成績は表-7. の通りである。

表-7. 第2濾池の濾過持続日数其他

試験回次	水 温 (°C)			未濾水濁度	濾速(m/d)	落 差 (m)		濾 過 持続日数	濾過効力發 生迄に要し たる日数
	最 高	最 低	平 均			最 初	最 終		
第1回	24.5	20.6	22.5	1.6	9.3	0.06	0.86	33	0
第2回	30.3	25.2	27.8	0.84	〃	0.08	0.88	33	2
第3回	28.7	18.3	25.0	3.9	〃	0.08	0.70	34	4
第4回	21.3	13.3	18.5	0.66	〃	0.10	0.84	42	3
第5回	13.2	5.5	16.3	1.55	〃	0.17	0.62	27	3
第6回	10.8	2.0	6.0	1.94	〃	0.16	0.83	50	3
第7回	18.8	13.5	15.9	1.52	〃	0.15	0.87	39	0
平均			18.9	1.72	9.3	0.11	0.80	37	2.1

2. 濾過効力發生迄に要したる日數 茲に濾過効力發生迄に要したる日數と言ふは、濾過開始後濾過水の細菌(37°C, 24h)が1c.c.に付70個未滿になる迄に經過した日數のことである。表-7に見る如く第1及第7回の試験では濾過開始當日から、第2回では2日目から、第3回では4日目から、第4, 5及6回では3日目から濾過水の細菌は70個未滿になつた。即ち濾過發生迄に要した日數は平均2.1日である。

3. 濾過効率 以上各過程を終るに従ひ水の淨化度は高まり、第2濾水は上水の資格を具ふるに至つた、然らば第2濾水は原水、沈澄水及第1濾水(第2濾池未濾水)に比して何程淨化されてゐるかを表-2. 及表-5. の數値から計算すると表-8の通りである。

表-8. 第2濾水の原水、沈澄水及第1濾水に對する淨化率(%)

試験回次	原水に對して				沈澄水に對して				第1濾水に對して			
	濁度	色度	カメレオン消費量	細菌	濁度	色度	カメレオン消費量	細菌	濁度	色度	カメレオン消費量	細菌
第1回	99.48	98.74	56.88	99.67	99.37	92.90	50.90	99.49	96.9	79.3	27.1	96.50
第2回	98.75	98.70	68.03	99.44	98.48	98.54	57.48	99.00	90.0	93.4	40.3	94.49
第3回	99.01	96.57	63.96	99.38	98.84	95.49	57.80	99.08	94.4	88.6	33.1	92.05
第4回	100	100	57.92	99.90	100.0	100.0	40.99	99.40	100	100	27.8	94.60
第5回	100	99.83	63.61	97.41	100.0	99.44	55.12	96.50	100	98.3	24.3	79.48
第6回	99.50	97.40	65.67	95.70	99.33	95.33	58.12	93.78	97.4	88.6	34.5	67.81
第7回	100	99.66	65.26	99.66	100.0	99.55	55.30	99.59	100	98.4	29.3	99.65
平均	99.57	97.99	63.05	98.78	99.43	97.32	53.67	98.12	96.9	92.4	31.0	89.23

即ち各々の場合に於ては幾分異動あるも、總平均値にては第2濾水に對して濁度99.57%、色度97.99%、カメレオン消費量63.05%、細菌98.78%の淨化率を、沈澄水に對して濁度99.43%、色度97.32%、カメレオン消費量53.67%、細菌98.12%の淨化率を、又第1濾水に對して濁度96.9%、色度92.4%、カメレオン消費量31.0%、細菌89.23%の淨化率を示して居る。

第5章 凝集劑使用の限界

前述の如く第4回以後の試験に在つては原水濁濁時の供試水には凝集劑が加はつて居る。若し凝集劑を使用しなければ第1濾水の濁度は何程迄上るかを見るには、第3回以前に於ける原水濁濁時の成績を調べる外はない。今沈澄水の濁度が16度以上に昇つた場合の第1濾過の効率を日誌に就て調べると表-9の通りである。

表-9. 高濁度時の第1濾過効率

採 酌		濁 度			採 酌		濁 度		
月 日	時 刻	沈澄水	濾 水	減少率	月 日	時 刻	沈澄水	濾 水	減少率
6.25	9.20	56	13	71.8%	9.3	1.00	60	15	75.0%
	1.00	72	20	72.3		3.50	60	15	75.0
	4.30	72	20	72.3		9.4	8.00	18	9
6.26	7.40	18	5	72.3	10.0		18	9	50.0
	1.30	18	5	72.3	1.10	18	9	50.0	

	3.40	18	5	72.3		4.00	18	9	50.0
8.31	8.30	16	6	62.5	9.18	9.50	26	4	84.6
	9.40	16	6	62.5		1.40	28	4	84.6
	1.20	16	6	62.5		3.50	26	4	84.6
	4.10	16	6	62.5	9.19	9.50	40	11	71.5
9.1	7.50	32	6	81.4		1.00	40	11	71.5
	9.40	32	6	81.4		4.10	40	11	71.5
	1.00	32	6	81.4	9.22	9.30	24	5	79.2
	3.30	32	6	81.4		1.20	24	5	79.2
9.2	10.00	60	10	83.7		3.50	24	5	79.2
	1.20	60	10	83.7	9.23	9.50	24	5	79.2
	1.40	60	10	83.7		1.10	24	5	79.2
	4.20	60	12	80.0		3.50	24	5	79.2
9.3	8.00	60	15	75.0	平均		34.6	8.2	76.3

茲に言ふ濾水とは第 2 濾池の未濾水であつて前記の各時刻に濾過された第 1 濾水とは異つて居る。即ち第 2 濾池には既に相當量の水が滲へて居り、其の上に第 1 濾池で濾過された水が流入して来るので、刻々に流入する第 1 濾水は其の時刻前に流入してゐる水と混淆される筈であつて、嚴密に言へば表-9. の數字は特定時刻に於ける第 1 濾水の濁度及其の濾過効率を示すものではない。併し第 2 濾池で實際に濾過するのは此の混淆された水であり又原水濁濁時には凝集劑を使用しない限り、沈澄水及第 1 濾水の濁度は刻々変化するものであるから、實際問題としては第 2 濾池の未濾水に就て考察する方が却つて妥當であらう。是に由れば沈澄水の濁度が 16°~60° に上昇した場合の第 1 濾過の効率(濁度についての)は 50~84.6%, 平均 76.3% である。而して沈澄率は沈澄時間 5.4 時間で、凝集劑を加へない場合には平均 19% と見做してよい。今沈澄効率を  $P_1$ , 第 1 濾過の効率を  $P_2$ , 沈澄及濾過の兩過程を経た後の効率を  $P_3$  とすれば

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

なる關係が成立する。従て  $P_1 = 0.19$ ,  $P_2 = 0.76$  とすれば

$$P_3 = 19/100 + 76/100 - 19 \times 76 / (100)^2 = 80\%$$

となる。即ち前の條件の下で處理するときは、第 1 濾水の濁度は原水の夫れの約 20% に低下することになる。故に原水濁濁時に於て第 1 濾水の濁度を 10 度以下に喰ひ止める爲には原水の濁度が  $10/0.2 = 50$  以上になれば適量の凝集劑を注加せねばならぬことになる。

## 第 6 章 處理過程に於ける濁度と細菌との減少率の關係

以上試験の結果を仔細に觀察すると、個々の場合に於ては幾分の差異はあるも濁度と細菌の減少率の間には密接なる關係のあることが判る。尙ほ既に發表せる報告中から濁度、色度、カメレオン消費量及細菌の各平均減少率を拾つて見ると表-10. の通りである。

表-10. に於ける減少率の數字は當該試験期間中に於て得た成績の平均値であり、水の種別の欄に試験池緩速或は急速沈澄水とあるは試験用又は實際の緩速或は急速濾過用沈澄池に於て沈澄せしめた水の事であり、又例次 No. 3 No. 4 及 No. 6 は二重濾過試験に於て濾速が 240 m/d, 180 m/d 及 120 m/d のときの第 1 濾水であり、No. 7 は二重濾過の第 1 濾池の濾速が 240 m/d (No. 3) の場合の第 2 濾水である。是等の場合殺菌劑は全然使用しな

かつたが、只凝集剤は No. 3 例及 No. 7 例の場合には使用して居ないが、No. 5 例では常に、其の他の場合には原水が濁濁したときのみ使用したものである。

表-10. 濁色度と細菌の減少率の比較

例示	水の種別	試験期間	原水に対する減少率(%)			
			濁度	色度	カメレオン消費量	細菌
No. 1	試験池沈澄水 * <sup>(2)</sup>	6. 12. 15- 8. 5. 31	19.5	15.2	14.7	32.95
No. 2	緩速沈澄池沈澄水 * <sup>(3)</sup>	8. 6. 1- 9. 2. 28	43.7	40.2	29.0	47.4
No. 3	濾水 (濾速 240 m/d) * <sup>(2)</sup>	6. 12. 15- 8. 5. 31	56.8	53.9	33.6	58.2
No. 4	濾水 (濾速 180 m/d)	10. 5. 27-11. 5. 29	84.1	78.9	46.0	90.0
No. 5	急速沈澄池沈澄水 * <sup>(4)</sup>	5. 7. 10- 6. 5. 31	85.0	88.9	47.0	81.9
No. 6	濾水 * <sup>(1)</sup> (濾速 120 m/d)	4. 12. 6- 5. 12. 26	92.0	91.5	43.3	91.15
No. 7	濾水 * <sup>(2)</sup> (濾速 9.3 m/d)	6. 12. 15- 8. 5. 31	99.1	98.0	60.4	96.9
平均			68.6	66.7	39.1	71.2

表-10. に依れば濁色度及細菌の減少率(従て濁色度と細菌の残留率)の間には密接な關係が現はれてゐて、同一過程を経た水の濁色度と細菌の減少率は非常に接近して居る。

大阪市上水道の原水の色は溶存せる色素或はイオンに起因するものでなく、浮游物の色を反映せるに止まるので浮游物に起因する濁度が減少すれば色度も夫れに応じて減少するは當然である。又濁度と細菌との關係を見るに表-10. に示す如く原水を沈澄、濾過すればカメレオン消費量も減少する。該消費量の多寡は有機物の多少を示すものであつて、此の減少率は濁度(従て浮游物)と歩調を合はして居る。此の點から考へれば原水中の浮游物の或部分は有機物より成つて居ることが判る。そして是等の有機物は細菌が直接に攝取し得る形で存在して居るや否やは遽かに断定し得ないが、少くとも細菌の大部分は夫れを攝取すべく寄棲し或は單なる休息所として夫れに附着して居ることは想像し得られる。然らば浮游物が沈澱或は濾過されて減少すれば、細菌も夫れと共に沈澱或は濾過されるので、夫等の減少率が非常に接近するのは當然と考へられるのである。

## 第 7 章 前後 3 期に亘る試験成績の比較

二重濾過に関する試験として前に報告せるものを合せ前後 3 期に亘る試験成績を比較して見ることとする。

### 1. 試験方法及其の成績

概括的に前後期に亘り試験せる結果を表示すれば表-11. 乃至表-14. の通りである。

表-11. 濾速及濾砂の大きさ

試験期別	沈澱時間	第 1 濾池			第 2 濾池		
		濾砂		濾速 m/d	濾砂		濾速 m/d
		有效径	均等係数		有效径	均等係数	
第 1 期	5.4	0.64	1.65	116.4	0.32	2.44	9.0
第 2 期	"	1.03	1.27	240.0	"	"	9.3
第 3 期	"	0.70	1.64	180.0	"	"	"



表-12. 各期水質試験成績

試験 期別	原 水				沈 澱 水				第 1 濾 水				第 2 濾 水			
	濁度	色度	カメレ オン消 費量	細菌	濁度	色度	カメレ オン消 費量	細菌	濁度	色度	カメレ オン消 費量	細菌	濁度	色度	カメレ オン消 費量	細菌
第1期	9.8	5.4	4.485	3 223.3	8.2	4.96	3.866	1411.8	0.78	0.56	2.503	217.1	0.011	0.016	1.938	35.7
第2期	10.24	9.96	4.077	1 809.2	8.23	8.34	3.415	1 204.0	4.42	4.85	2.610	755.4	0.15	0.29	1.525	55.9
第3期	10.82	12.49	4.833	2 273.3	8.64	10.51	3.861	1 465.8	1.72	2.92	2.616	187.2	0.06	0.31	1.779	14.9

表-13. 沈澱及濾過効率(%)

試験 期別	沈 澱 効 率				第 1 濾 過 効 率				第 2 濾 過 効 率				全 効 率			
	濁度	色度	カメレ オン消 費量	細菌	濁度	色度	カメレ オン消 費量	細菌	濁度	色度	カメレ オン消 費量	細菌	濁度	色度	カメレ オン消 費量	細菌
第1期	15.75	12.95	13.02	57.86	90.47	90.28	34.83	78.99	98.19	98.68	22.84	75.11	99.75	99.78	55.66	97.73
第2期	19.50	15.15	14.68	32.95	47.53	45.73	22.22	37.59	97.83	96.23	39.99	86.97	99.08	98.03	60.38	93.53
第3期	19.80	16.40	20.30	34.89	80.7	74.7	32.2	85.11	96.9	92.4	31.0	89.23	99.57	97.99	63.05	98.78

表-14. 落差及濾過持続時間その他

試験期別	第 1 濾 池				第 2 濾 池			
	落 差 (m)		濾 過 持 続 時 間	洗 滌 水 量 (%)	落 差 (m)		濾 過 持 続 日 数	濾 過 効 力 發 生 迄 の 日 数
	最 初	最 終			最 初	最 終		
第 1 期	0.32	2.14	65.0	1.15	0.15	0.87	40.6	6.5
第 2 期	0.29	1.82	98.5	0.31	0.24	0.88	15.0	1.9
第 3 期	0.31	2.06	54.0	0.90	0.11	0.80	37.0	2.1

備考：洗滌水量(%)は洗滌に要したる水量を濾過水量で除した商である。

以上に依り考察すれば原水の性状及沈澱率は大同小異であるが、第1濾池の濾過持続時間は濾速 240 m/d の第2期が最も長い。此の持続時間は濾速が大であつても、使用した濾砂が粗であれば短縮しないであらう、其の代り濾過効率は低下する、即ち第2期試験に於ける第1濾過の成績は他の試験の夫等に比して遜色を示して居るのである。

第1濾水の水質の良否は濾速其の他を同じくする第2濾池の濾過持続日数に影響を及ぼすことは明かであつて第2濾池の濾過持続日数は第1期に於て最も長く、第2期に於て最も短いのは各々の場合に於ける第1濾過効率を反映せるものである。第2濾水の水質に在りては其の間幾分の相違はあるも、此の程度のものであれば浄水過程の最後に鹽素殺菌を行ふ場合には取り立てて論じなくてもよいと思ふ。

2. 所要濾過面積 實際の設計に際しては種々の條件を考慮すべきであるが、茲では濾池の濾過持続時間、濾層の掃除等に要する休止時間及第1濾池の洗滌に要する水量の3因子を考慮に入れ所要濾過面積を算出して見やう。

(a) 第1濾池に就て：濾速を  $x$  m/h、濾過持続時間を  $T$  時間、砂層の洗滌等に依る濾過休止時間を  $t$  時間、単位濾過面積に對する毎回所要の洗滌水量を  $q$  m<sup>3</sup> とする。今該濾池で濾過する水量の内で毎時間断なく市内に配給する水量を  $Q$  m<sup>3</sup> とすれば  $(T+t)$  時間に配給する水量は  $Q(T+t)$  m<sup>3</sup> である。此の場合の所要濾過面積を

$A$   $m^2$  とすれば 1 回の洗滌に要する水量は  $qA$   $m^3$  である。然るときは  $A$   $m^2$  で  $T$  時間に濾過せねばならぬ水量は  $\{Q(T+t)+qA\}$   $m^3$  となる。

$$\text{即ち } AxT = Q(T+t) + qA, \quad \therefore A = \{Q(T+t) + qA\} / xT$$

濾過水量に対する洗滌水量の比を  $w$  とすれば

$$w = qA / AxT = q/xT$$

$$\therefore A = \{Q(T+t) + AwxT\} / xT = Q(T+t) / xT(1-w) \dots\dots\dots \text{式-1.}$$

第 1, 2 及 3 の各期試験に於ける第 1 濾池の濾過持続時間は夫々 65 h, 98.5 h 及 54 h で、其の時の濾速は夫々 116.4 m/d, 240 m/d 及 180 m/d であつて、濾過水量に対する洗滌水量の割合は約 1.2%, 0.8% 及 0.9% に相當し、砂層洗滌等の爲に濾過を休止する時間は 0.5 h 以内である。之等の數値を式-1. に代入して各々の場合の所要濾過面積を算出すると

$$\text{第 1 期試験の場合 } A_1 = 24Q \times 65.5 \times 100 / 116.4 \times 65 \times 98.8 \doteq 24Q \times 0.0088$$

$$\text{第 2 期 同 上 } A_2 = 24Q \times 99 \times 100 / 240 \times 98.5 \times 99.7 \doteq 24Q \times 0.0047$$

$$\text{第 3 期 同 上 } A_3 = 24Q \times 54.5 \times 100 / 180 \times 54 \times 99.1 \doteq 24Q \times 0.0056$$

となる。即ち第 1 濾池の所要濾過面積は第 1 期試験の如き條件で最大となり、第 2 期試験の如き條件で最小となる。

(b) 第 2 濾池に就て：濾速を  $y$  m/d, 濾過持続日数を  $D$  日, 砂層の掃除等に要する休止日数を  $d$  日とする。第 2 濾池の掃除には洗滌水量は要らないが、第 1 濾池の洗滌に使用する水は上水即ち第 2 濾池で濾過したものであるから第 2 濾池の濾過面積を計算するに當つては此の水量をも考慮せねばならぬ。今前の場合と同じく毎時  $Q$   $m^3$  の水を間断なく市内に配給するとせば、 $(D+d)$  日間に配給する水量は  $24Q(D+d)$   $m^3$  であり、此の期間に第 1 濾池の洗滌に費す水量は  $24Aq(D+d)/(T+t)$   $m^3$  である。 $D$  日間に之等の水量を濾過するに要する第 2 濾池の面積を  $B$   $m^2$  とすれば

$$ByD = 24(D+d) \{Q + Aq(T+t)\}$$

$$\therefore B = 24(D+d) \{Q + Aq(T+t)\} / yD \dots\dots\dots \text{式-2.}$$

然るに  $Aq$   $m^3$  は第 1 濾池を 1 回洗滌するに要する水量であり、第 1 濾池の 1 回濾過持続時間に第 1 濾池で濾過する水量は  $AxT$   $m^3$  であつて、其の濾過水量に対する洗滌水量の割合は  $w$  である故に、

$$Aq = AxTw = \{Q(T+t) / xT(1-w)\} xTw = Q(T+t)w / (1-w) \dots\dots\dots \text{式-3.}$$

此の關係を式-2. に代入すれば

$$B = 24(D+d) \{Q + Q(T+t)w / (T+t)(1-w)\} / yD = 24Q(D+d) / yD(1-w) \dots\dots\dots \text{式-4.}$$

第 1, 2 及 3 の各期試験に於ける第 2 濾池の濾過持続日数は夫々 40.6 日, 15 日及 37 日で、濾速は夫々 9.0 m/d, 9.3 m/d 及 9.3 m/d, であり、第 1 濾池の濾過水量に対する洗滌水量の割合は前述の如く夫々 1.2%, 0.8% 及 0.9% である。

而して第 2 濾池に於ては濾層の掃除等の爲に濾過を休止する期間は約 2 日である。今之等の數値を夫々式-4. に代入して第 2 濾池の所要濾過面積を算出すると次の通りである。'

$$\text{第 1 期試験の場合 } B_1 = 24Q(40.6+2) \times 100 / 9 \times 40.6 \times 98.8 \doteq 24Q \times 0.1179$$

$$\text{第 2 期 同 上 } B_2 = 24Q(15+2) \times 100 / 9.3 \times 15 \times 99.7 \doteq 24Q \times 0.1221$$

$$\text{第 3 期 同 上 } B_3 = 24Q(37+2) \times 100 / 9.3 \times 37 \times 99.1 \doteq 24Q \times 0.1144$$

即ち第 2 濾池の所要濾過面積は第 2 期試験の如き條件で最大となり、第 3 期試験の如き條件で最小となる。

(c) 第 1 及第 2 兩濾池の合計面積に就て：第 1 及第 2 兩濾池の濾過面積を合計すると次の通りである。

$$A_1 + B_1 = 24Q(0.0088 + 0.1179) = 24Q \times 0.1267$$

$$A_2 + B_2 = 24Q(0.0047 + 0.1221) = 24Q \times 0.1268$$

$$A_3 + B_3 = 24Q(0.0056 + 0.1144) = 24Q \times 0.1200$$

即ち兩濾池面積の和は第 3 期の試験成績から計算したものが小であつて、第 1 及第 2 期の試験成績から計算したものは同じである。

**3. 3 種試験方法の優劣** 以上試験の範囲内で何れの方法が優れて居るかを検討して見よう。此の場合優劣の標準となるは濾池の能率及第 2 濾水の良否であるが、第 2 濾水は各々の場合に於て大差なく、殊に濾水に殺菌を行ふ場合其の差は問題とする必要がないので、茲に検討すべき點は濾池の能率即ち一定供給量に對して必要な濾過面積の大小である。前述の如く濾速、濾過持續時間及洗滌水量の 3 者を考慮して毎時  $Q \text{ m}^3$  の水量を濾過する爲に必要な濾過面積は第 1 濾池に就ては第 2 期、第 3 期及第 1 期の順序に、又第 2 濾池に就ては第 3 期、第 1 期及第 2 期の順序に増大して居るが、第 1 及第 2 兩濾池面積の和は第 3 期の試験成績から計算したものが小であつて、他の兩期は同等である。元來第 1 及第 2 兩濾池は相俟つて濾過の一体系をなすものであるから、能率判定には兩濾池の綜合的能力を検討すべきである。換言すれば兩濾池面積の和が小なる程能率的である。即ち以上の試験の範囲内では第 3 期試験方法で濾過するのが最も能率的であると言ひ得る。

## 第 8 章 原水濁濁時に於ける二重濾過の能率

緩急兩濾池に於ける砂層の掃除方法は異つて居るので、原水が濁濁して砂層の抵抗が急激に増大する場合には掃除時間の著しく短い、急速濾過の方が緩急濾過よりも能率的であることは既に報告された處である<sup>(6)</sup>。二重濾過設備に在つても緩急兩池から成つて居る様式であれば、原水濁濁時に適量の凝集劑を使用することに依り第 1 濾池の機能を十分に發揮せしめて平時と異らない低濁度の第 1 濾水を得られるので第 2 濾池の運用に異常を來たさないのである。此の場合第 1 濾池に於ては洗滌回数は平時よりも増加して濾過休止の延時間は幾分増加するが、毎回の洗滌時間は短いので、濾過能率に及ぼす影響は單一急速濾過に於けると同様に輕微である。即ち原水濁濁時に在りても二重濾過設備に於て適量の凝集劑を使用することに依り運用を妨ぐることがないので濾過能率の低下は敢て懸念する必要はない。

## 第 9 章 結 論

以上を要約すれば、如上の原水に對し二重濾過を行ふには沈澄時間を 5.4 時間とし、第 1 濾池（濾砂は有效径 0.7 mm 均等係數 1.64）の濾速を 180 m/d、第 2 濾池の濾速を 9.3 m/d とするが適當である。此の場合第 1 濾池の濾過持續時間は平均 54 時となり、濾過水量に對する洗滌水量の割合は約 0.9% であり、第 2 濾池の濾過持續日数は平均 37 日となる。而して各過程を経た後の水質は平均値にて表-12. の第 3 期欄に示す通りである。又原水濁濁時に第 1 濾水の濁度を 10 以下に喰ひ止める爲には原水の濁度が 50 以上になれば適量の凝集劑を注加せねばならぬ。斯くすれば原水が濁濁しても濾過能率に及ぼす影響は輕微である。尙ほ 3 期に互り施行した試験の結果から判断すれば今期即ち第 3 期の如き條件で濾過するのが最も能率的である。

## 参 照 文 献

- \* (1) 島崎孝彦：上水道に於ける二重濾過試験並微生物の消長に就ての考察（土木学会誌第 17 卷第 11 號）
- \* (2) 島崎孝彦：上水道に於ける二重濾過の實驗的考察（土木学会誌第 20 卷第 3 號）
- \* (3) 谷本 清：大阪市上水道緩速濾過に於ける濾過前鹽素消毒試験成績（水道協會雜誌第 29 號）
- \* (4) 島村孝彦：大阪市急速濾過作業成績に就て（水道協會雜誌創刊號）
- \* (5) 谷本 清：昭和 10 年 6 月 29 日淀川出水當時の大阪市上水道原水濁濁の状態に就て（水道協會雜誌第 28 號）