

2) 選定理由

各調査箇所の選定理由を表 3.5.15 に示す。

表 3.5.15 調査箇所の選定理由

調査年度	調査場所	理由
平成 17	Y 市/管路 T	・ 掘上管の採取箇所近傍の管路
	Y 市/管路 M	・ 掘上管の採取箇所近傍の管路
平成 18	Y 市/管路 U	<ul style="list-style-type: none"> ・ DIP (ライニング) 管路における水質変化を調査する ・ SP (ライニング) 管路における水質変化を調査する ・ 常時、流速の遅い CIP (無ライニング) 管路での水質変化を調査する ・ 更新前と更新後の比較を行う
	Y 市/管路 F	<ul style="list-style-type: none"> ・ 常時、流速の速い CIP (無ライニング) 管路での水質変化を調査する ・ 更新前と更新後の比較を行う
	K 市/管路 D	・ 直管は DIP (ライニング) + 異形管は DIP (無ライニング) 管路での水質変化を調査する
	K 市/管路 K	<ul style="list-style-type: none"> ・ 直管は DIP (ライニング) + 異形管は DIP (粉体塗装) 管路での水質変化を調査する ・ 道場との比較により、異形管のライニング効果を検証する
平成 19	Y 市/管路 N	<ul style="list-style-type: none"> ・ CIP (無ライニング) 管路での水質変化を調査する ※ 調査時に直管はモルタルライニング、異形管はライニングなしと判明
	Y 市/管路 K	<ul style="list-style-type: none"> ・ CIP (無ライニング) 管路での水質変化を調査する ※ 調査時に直管はモルタルライニング、異形管はライニングなしと判明

3) 調査項目

実施した調査項目を表 3.5.16 に示す。

表 3.5.16 調査項目

調査年度	調査場所	調査箇所 No.	管内カマ	流速	水質	懸濁物質
平成 17	Y 市/管路 T	①			○	○
		②			○	○
	Y 市/管路 M	③			○	○
		④			○	○
平成 18	Y 市/管路 U	①	○	○	○	○
		②			○	○
		③	○	○	○	○
		④			○	○
	Y 市/管路 F	①			○	○
		②	○	○	○	○
	K 市/管路 D	①	○		○	○
		②	○	○	○	○
	K 市/管路 K	①			○	○
		②	○	○	○	○
		③			○	○
		④	○			
平成 19	Y 市/管路 N	①	○	○	○	○
		②	○		○	○
	Y 市/管路 K	①	○	○	○	○
		②	○		○	○

※ 水質は残留塩素濃度、電気伝道度、水温

4) 残留塩素減少について（残留塩素の減少速度係数）

測定結果より各調査区間ごとに残留塩素の減少速度係数（k 値）を算出した。算出は以下に示す3通りの方法により行った。

①グラフのピーク点を読み取る方法

相対しているピーク点の残留塩素濃度の差を残留塩素の減少量とし、ピーク点の時間的ズレを経過時間として計算する。

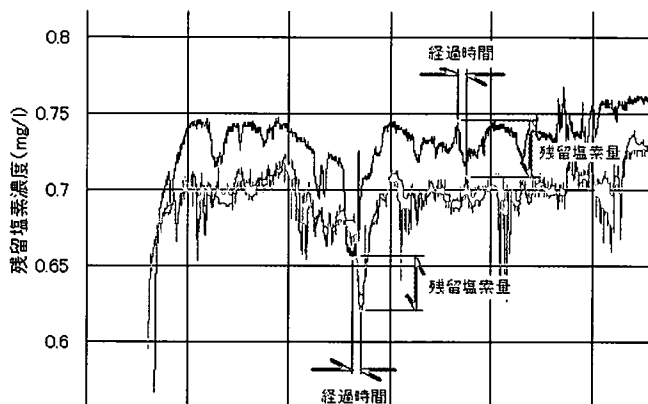


図 3.5.55 ピーク点による方法

②平均流速による方法

各測点の残留塩素濃度の平均値の差を残留塩素の減少量とし、測定した流速および排水量（5m/s、10m/s）から管路内の平均流速を求め、測点間の管路延長を平均流速で割り経過時間として計算する。ただし、一日の平均として計算した。

③管内容積による方法

流量の積算を開始した時点での上流側の残留塩素濃度と、流量の積算値が測点間の管内容積と等しくなった時点での下流側の残留塩素濃度の差を残留塩素の減少量とする。また、流量の積算を開始した時点から、流量の積算値が測点間の管内容積と等しくなる時点までの時間を経過時間として計算する。

通過時刻	5分間流量	積算値	上流残塩	下流残塩
12:55	0.402		0.746	0.593
13:00	0.417		0.745	0.653
13:05	0.395	0.417	0.749	0.680
13:10	0.373	0.811	0.741	0.690
}				
14:50	0.152	7.537	0.744	0.736
14:55	0.249	7.689	0.750	0.745
15:00	0.301	7.939	0.750	0.745
15:05	0.295	8.239	0.750	0.750
15:10	0.286	8.534	0.754	0.745
15:15	0.274	8.820	0.755	0.745
15:20	0.387	9.094	0.755	0.745
15:25	0.277	9.461	0.755	0.741
15:30	0.287	9.758	0.755	0.741
15:35	0.354	10.045	0.755	0.741

経過時間

積算値 = 管内容積 (9.8 m³)

図 3.5.56 管内容積による方法

上記の3通りの計算方法にて求めたk値を以下に示す。

【Y市/管路Tおよび管路M】 ピーク点による方法

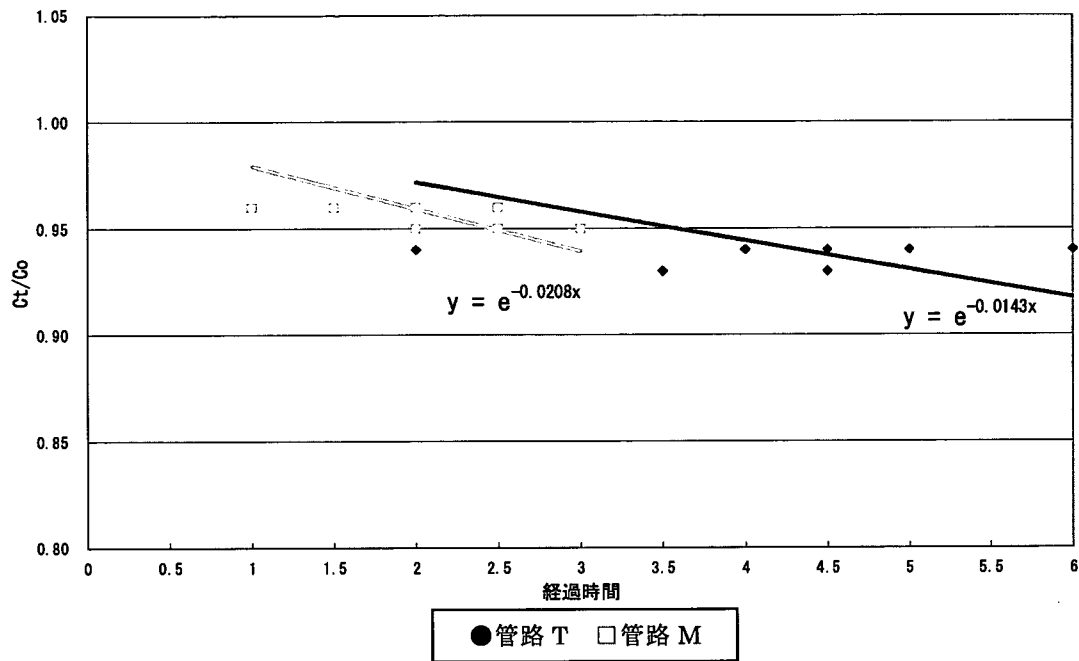


図 3.5.57 ピーク点によるk値

【Y市/管路Uおよび管路F】

Y市/管路F k値算出結果のまとめ

日平均k値

	4月13日	4月14日	4月15日	4月16日	4月17日	4月18日	4月19日	4月20日
グラフ特異点								
平均流速	0.108	0.093	0.083	0.070	0.068	0.127	0.103	0.112
管内容量	0.140	0.068	0.070	0.076	0.072	0.125	0.115	0.110

平均流速による時間平均k値

	4月13日	4月14日	4月15日	4月16日	4月17日	4月18日	4月19日	4月20日
0:00		0.015	0.084	0.054	0.052	0.056	0.064	0.092
1:00			0.057	0.024	0.053	0.037	0.048	0.068
2:00			0.055	0.007	0.048	0.077	0.038	0.058
3:00			0.044	0.019	0.050	0.137	0.048	0.047
4:00			0.059	0.075	0.084	0.234	0.089	0.092
5:00			0.102	0.088	0.147	0.291	0.138	0.184
6:00		0.060	0.111	0.083	0.057	0.160	0.135	0.175
7:00		0.066	0.094	0.082	0.046	0.143	0.121	0.161
8:00		0.052	0.090	0.080	0.062	0.106	0.092	0.127
9:00		0.088	0.093	0.076	0.055	0.129		
10:00		0.056	0.061	0.108	0.052	0.130		
11:00		0.084	0.070	0.085	0.054	0.125	0.083	
12:00		0.089	0.061	0.081	0.047	0.125	0.087	
13:00		0.095	0.081	0.077	0.053	0.112	0.080	
14:00		0.111	0.070	0.069	0.040	0.100	0.089	
15:00		0.128	0.076	0.072	0.084	0.109	0.101	
16:00	0.154	0.128	0.097	0.084	0.076	0.114	0.092	
17:00	0.145	0.115	0.098	0.065	0.085	0.123	0.137	
18:00	0.129	0.132	0.127	0.078	0.102	0.116	0.152	
19:00	0.129	0.121	0.120	0.085	0.095	0.163	0.145	
20:00	0.106	0.121	0.113	0.078	0.099	0.128	0.138	
21:00	0.091	0.107	0.103	0.063	0.077	0.122	0.157	
22:00	0.070	0.119	0.077	0.085	0.058	0.120	0.122	
23:00	0.037	0.084	0.057	0.067	0.045	0.096	0.111	

管内容量による時間平均k値

	4月13日	4月14日	4月15日	4月16日	4月17日	4月18日	4月19日	4月20日
0:00		0.004	0.126	0.061	0.064	0.056	0.073	0.081
1:00		0.003	0.075	0.032	0.068	0.047	0.060	0.090
2:00		0.004	0.061	0.031	0.064	0.088	0.049	0.067
3:00		0.003	0.053	0.037	0.057	0.136	0.069	0.069
4:00		0.006	0.063	0.062	0.088	0.227	0.077	0.091
5:00		0.004	0.041	0.087	0.096	0.250	0.162	0.134
6:00		0.032	0.034	0.084	0.103	0.092	0.168	0.171
7:00		0.059	0.089	0.083	0.076	0.208	0.104	0.248
8:00		0.039	0.058	0.131	0.075	0.086	0.055	0.098
9:00		0.016	0.071	0.088	0.049	0.129		0.093448
10:00		0.059	0.092	0.108	0.035	0.144		0.071
11:00		0.102	0.059	0.067	0.057	0.135	0.087	
12:00		0.095	0.101	0.078	0.073	0.115	0.069	
13:00		0.005	0.063	0.097	0.050	0.113	0.110	
14:00		0.131	0.077	0.065	0.062	0.092	0.073	
15:00	0.497	0.110	0.102	0.080	0.076	0.118	0.107	
16:00	0.139	0.139	0.072	0.067	0.089	0.088	0.102	
17:00	0.124	0.098	0.108	0.053	0.079	0.099	0.150	
18:00	0.087	0.102	0.055	0.079	0.089	0.085	0.254	
19:00	0.116	0.135	0.018	0.109	0.129	0.097	0.248	
20:00	0.110	0.167	0.050	0.076	0.083	0.202	0.091	
21:00	0.083	0.161	0.054	0.057	0.055	0.195	0.211	
22:00	0.062	0.077	0.075	0.072	0.065	0.099	0.104	
23:00	0.041	0.085	0.083	0.122	0.044	0.096	0.107	

【K市/管路Dおよび管路K】

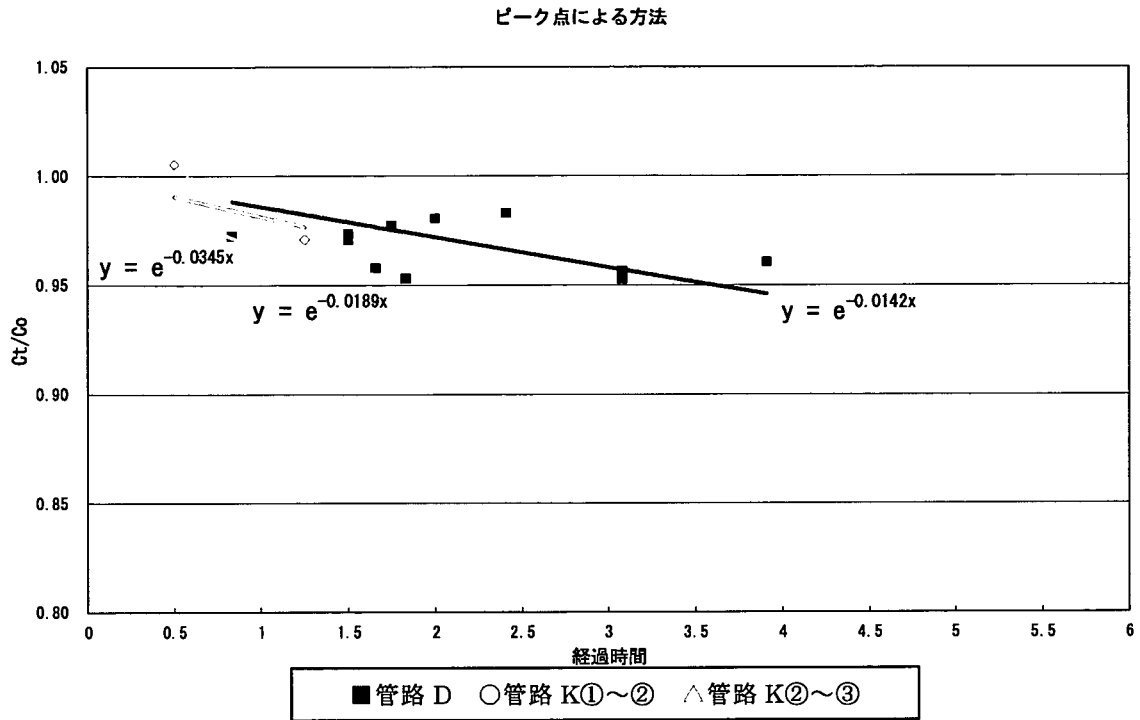


図 3.5.58 ピーク点によるk値

※ 管路 K①~②、②~③は通常流量時には相対するピーク点はなく、排水時のみのデータとなっている

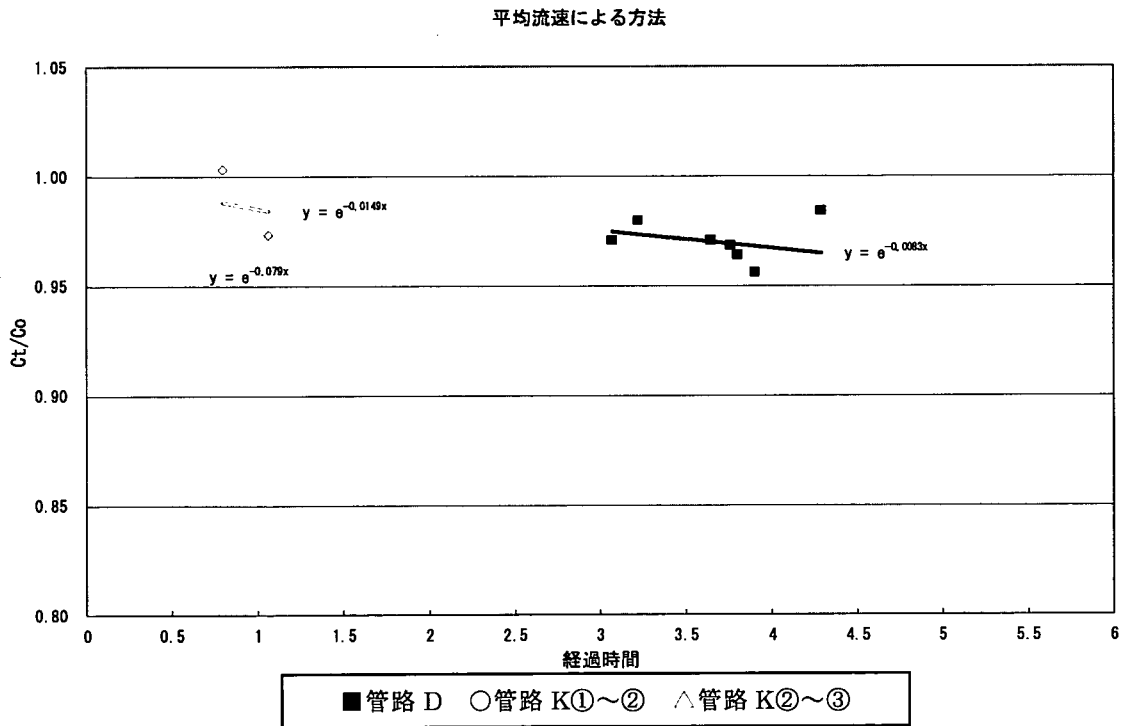


図 3.5.59 平均流速によるk値

※ 管路 K①~②、②~③は通常流量時には管末で停滞しており、排水時のみのデータとなっている

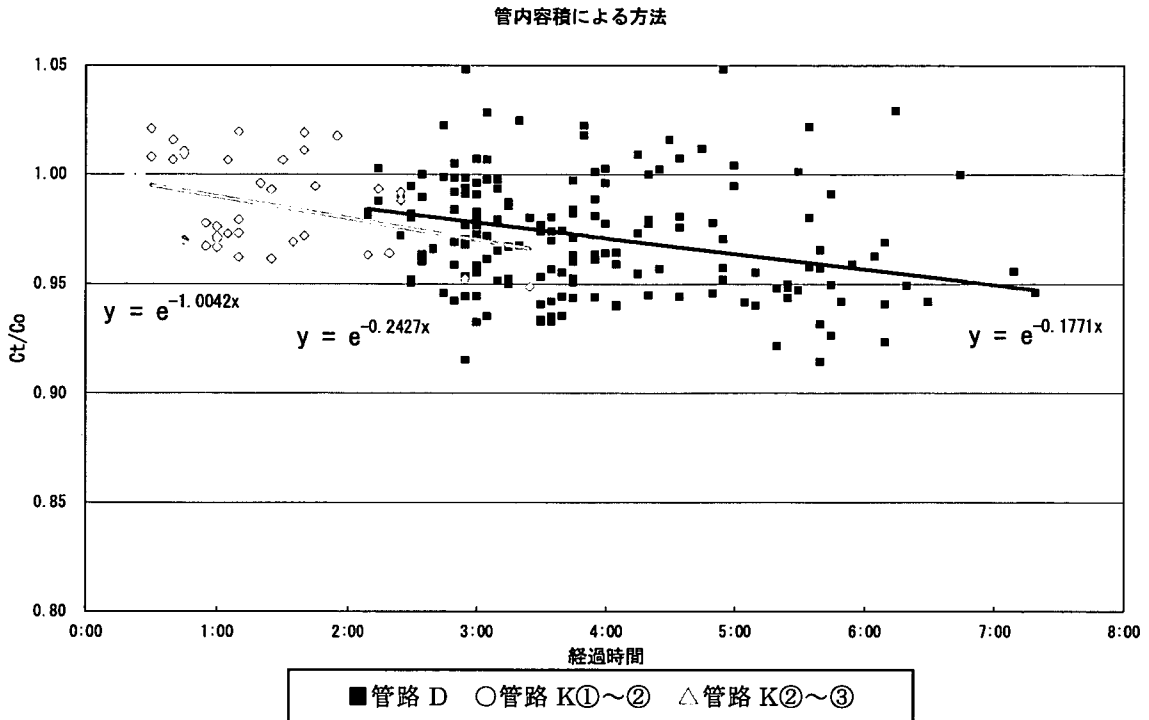


図 3.5.60 管内容積による k 値

※ 管路 K①～②、②～③は通常流量時には管末で停滞しており、排水時のみのデータとなっている

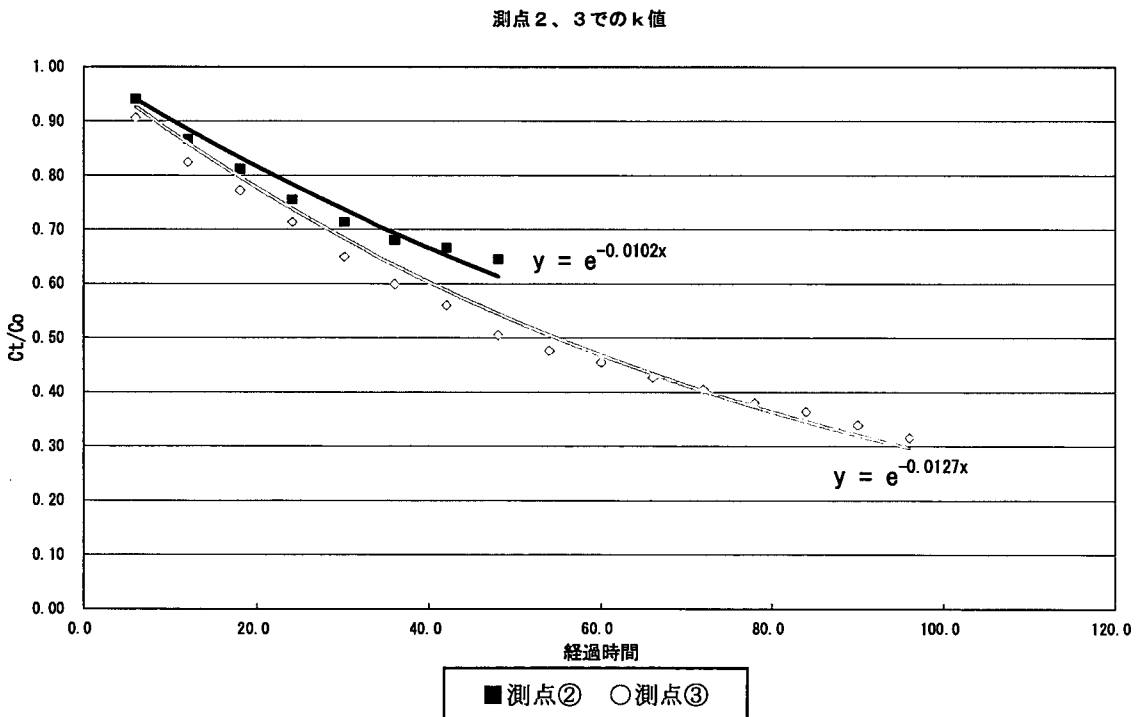


図 3.5.61 測点②および③での k 値

【Y市/管路Nおよび管路K】

Y市/管路N k値算出結果のまとめ

	11月29日	11月30日	12月1日	12月2日	12月3日	12月4日	12月5日	12月6日	12月7日
グラフ特異点									
流速	0.0169	-0.0004	0.0065	0.0100	0.0090	-0.0178	-0.0090	-0.0149	-0.0065
容量	0.0157	-0.0024	0.0037	0.0063	0.0079	-0.0218	-0.0098	-0.0066	-0.0068

:流速10cm/s

:流速5cm/s

平均流速から算出した1時間平均k値

	11月29日	11月30日	12月1日	12月2日	12月3日	12月4日	12月5日	12月6日	12月7日
0:00		-0.004	-0.001	0.005	0.01		-0.007		-0.012
1:00		-0.003	-0.001	0.002	0.00		-0.005		-0.007
2:00		-0.001	-0.003	0.001	0.00		-0.005		0.000
3:00		-0.003	-0.005	-0.002	0.00		-0.006		
4:00		-0.011	-0.011	-0.005	0.00		-0.011		
5:00		-0.007	-0.014	-0.009	0.00		-0.017		
6:00		-0.010	-0.008	-0.003	0.01		-0.016		
7:00		-0.002	0.008	0.002	0.01		-0.007		
8:00		0.003	0.020	0.024	0.01		-0.003		
9:00		-0.002	0.014	0.020	0.01		-0.010		
10:00		-0.010	0.014	0.010	0.01		-0.013		
11:00		-0.002	0.007	0.015	0.02		-0.010		
12:00	0.020	0.002	0.006	0.008	0.01	-0.02	-0.015		
13:00	0.078	0.013	0.003	0.012	0.01	-0.02	-0.013		
14:00	-0.004	-0.002	0.007	0.009	0.01	-0.02	-0.011		
15:00	-0.001	0.001	0.011	0.013	0.00	-0.02	-0.007		
16:00	0.010	0.000	0.008	0.014	0.01		-0.008		
17:00	0.017	0.005	0.007	0.018	0.02		-0.006		
18:00	0.018	0.000	0.017	0.020	0.01		-0.001		
19:00	0.017	0.008	0.015	0.023	0.02		-0.014		
20:00	0.011	0.003	0.018	0.024	0.02		-0.011		
21:00	0.016	0.007	0.016	0.023	0.02		-0.009		
22:00	0.012	0.003	0.018	0.011	0.01		-0.007		
23:00	0.009	0.001	0.011	0.005	0.01		-0.003	-0.015	
1日平均k値	0.017	0.000	0.007	0.010	0.009	-0.018	-0.009	-0.015	-0.006

管内容量から算出した1時間平均k値

	11月29日	11月30日	12月1日	12月2日	12月3日	12月4日	12月5日	12月6日	12月7日
0:00		0.001	-0.005	0.004	0.00		-0.009		-0.008
1:00		-0.003	-0.001	0.006	0.00		-0.006		-0.004
2:00		0.001	-0.002	0.000	0.01		-0.002		-0.008
3:00		-0.003	-0.003	0.002	0.00		-0.004		
4:00		-0.004	-0.007	-0.002	0.00		-0.011		
5:00		-0.008	-0.013	-0.012	0.00		-0.016		
6:00		-0.039	-0.006	-0.016	0.00		-0.020		
7:00		-0.011	-0.011	-0.003	-0.02		-0.026		
8:00		0.000	0.030	0.009	0.01		-0.009		
9:00		0.015	0.000	0.014	0.02		-0.012		
10:00		0.007	0.021	0.012	0.01		-0.009		
11:00		-0.007	0.011	0.009	0.02	-0.04	-0.015		
12:00	0.080	-0.015	-0.003	0.001	0.02	-0.02	-0.016		
13:00	-0.003	0.001	-0.001	0.009	0.00	-0.02	-0.013		
14:00	0.006	-0.005	-0.001	0.002	0.00	-0.01	-0.011		
15:00	0.005	-0.002	0.012	0.015	0.01	-0.02	-0.003		
16:00	0.005	0.004	0.008	0.016	0.00		-0.007		
17:00	0.012	-0.006	-0.004	0.016	0.01		-0.025		
18:00	0.015	0.006	0.016	0.019	0.01		-0.005		
19:00	0.024	0.008	0.021	0.037	0.02		-0.001		
20:00	0.017	-0.002	0.010	-0.002	0.03		-0.012		
21:00	0.022	0.010	0.008	0.029	0.02		-0.007		
22:00	-0.001	-0.014	-0.002	-0.007	0.00		0.004		
23:00	0.008	0.005	0.012	-0.004	0.02		-0.001	-0.007	
1日平均k値	0.016	-0.002	0.004	0.006	0.008	-0.022	-0.010	-0.007	-0.007

Y市/管路K k値算出結果のまとめ

	12月21日	12月22日	12月23日	12月24日	12月25日 (5cm/s)	12月25日 (1cm/s)	12月26日 (1cm/s)	12月26日 (10cm/s)
グラフ特異点								
流速	0.027	0.024	0.025	0.040	0.046	0.014	0.010	0.100
容量	0.028	0.026	0.026	0.038	0.025	0.014	0.013	0.090

:5cm/s設定

:1cm/s設定

:10cm/s設定

平均流速から算出した1時間平均k値

	12月21日	12月22日	12月23日	12月24日	12月25日 (5cm/s)	12月25日 (1cm/s)	12月26日 (1cm/s)	12月26日 (10cm/s)
0:00		0.019	0.023	0.018			0.014	
1:00		0.015	0.011	0.016			0.012	
2:00		0.011	0.017	0.016			0.011	
3:00		0.008	0.013	0.014			0.010	
4:00		0.009	0.012	0.024			0.007	
5:00		0.007	0.025	0.027			0.010	
6:00		0.012	0.005	0.024			0.007	
7:00		0.014	0.015	0.039			0.007	
8:00		0.026	0.049	0.032			0.011	
9:00		0.036	0.030	0.036				
10:00		0.053	0.041	0.026				
11:00		0.046	0.027	0.038				
12:00		0.056	0.047	0.049	0.032			
13:00		0.057	0.041	0.039	0.027			0.098
14:00		0.044	0.033	0.072	0.027			0.088
15:00	0.025	0.027	0.027	0.062	0.098			0.115
16:00	0.031	0.027	0.034	0.054				
17:00	0.022	0.017	0.012	0.068		0.017		
18:00	0.018	0.019	0.021	0.076		0.012		
19:00	0.025	0.019	0.026	0.027		0.014		
20:00	0.032	0.020	0.021	0.053		0.014		
21:00	0.037	0.013	0.022	0.060		0.016		
22:00	0.022	0.012	0.022	0.049		0.012		
23:00	0.031	0.015	0.027	0.041		0.014		
1日平均k値	0.027	0.024	0.025	0.040	0.046	0.014	0.010	0.100

管内容量から算出した1時間平均k値

	12月21日	12月22日	12月23日	12月24日	12月25日 (5cm/s)	12月25日 (1cm/s)	12月26日 (1cm/s)	12月26日 (10cm/s)
0:00		0.015	0.015	0.018			0.011	
1:00		0.015	0.014	0.022			0.013	
2:00		0.016	0.020	0.025			0.012	
3:00		0.021	0.020	0.022			0.014	
4:00		0.026	0.021	0.025			0.011	
5:00		0.020	0.023	0.025			0.007	
6:00		0.016	0.033	0.026			0.011	
7:00		0.033	0.033	0.030			0.017	
8:00		0.034	0.034	0.039			0.017	
9:00		0.042	0.040	0.032			0.018	
10:00		0.049	0.048	0.042				
11:00		0.061	0.037	0.039				
12:00	0.032	0.045	0.037	0.062	0.020			0.091
13:00	0.021	0.043	0.028	0.049	0.026			0.104
14:00	0.030	0.026	0.028	0.077	0.027			0.099
15:00	0.029	0.030	0.023	0.060	0.026			0.064
16:00	0.030	0.026	0.031	0.053				
17:00	0.029	0.024	0.020	0.055		0.013		
18:00	0.033	0.021	0.022	0.054		0.017		
19:00	0.045	0.020	0.022	0.050		0.014		
20:00	0.034	0.011	0.024	0.040		0.013		
21:00	0.016	0.011	0.021	0.033		0.016		
22:00	0.026	0.007	0.021	0.027		0.012		
23:00	0.016	0.010	0.020	0.021		0.014		
1日平均k値	0.028	0.026	0.026	0.038	0.025	0.014	0.013	0.090

表 3.5.17 k 値の計算結果

調査年度	調査場所	調査区間	k 値			備考
			方法 1	方法 2	方法 3	
平成 17	横須賀市田浦	①—②	0.0143	—	—	流量測定なし
	横須賀市馬堀 (CIP 含む)	③—④	0.0208	—	—	流量測定なし
平成 18	横須賀市浦賀 更新前 (CIP 含む)	①—②	—	—	0.0347	平均値
		②—③	—	—	0.0050	
		③—④	—	—	0.1547	平均値
	横須賀市富士見 (CIP のみ)	①—②	—	0.0955	0.0970	
	神戸市道場 (異形管ライ ニングなし)	①—②	0.0142	0.0083	0.1771	
	神戸市鹿の子台 (全管路ライ ニングあり)	①—②	0.0189	0.0149	0.2427	
		②—③	0.0345	0.0790	1.0042	
		測点②	—	—	—	k 値 0.0102
測点③		—	—	—	k 値 0.0127	
平成 19	横須賀市久比里 (異形管ライ ニングなし)	①—②	—	0.0106	0.0084	正值のみ採用 した平均値
	横須賀市舟倉 (異形管ライ ニングなし)	①—②	—	0.0290 0.0120 0.0140 0.1000	0.0295 0.0135 0.0140 0.0900	通常時 1cm/s 時 5cm/s 時 10cm/s 時

※ 平成 18 年度神戸市鹿の子台の測点②、測点③は通常時には停滞しており、時間経過と共に残留塩素濃度の低下が見られたため、測点単独での k 値を試算した。

3 通りの方法にて実管路の k 値の算出を行なったが上流測点からと下流測点までの到達時間に関して、「平均流量による方法」では水使用により流速が一定していないことの影響、「管内容積による方法」では測定点間での管路分岐や水使用により水量が消費されることの影響が考えられ、最も正確に到達時間を求められるのは方法 1 の「グラフのピーク点を読み取る方法」であった。一方、残留塩素濃度の変化が少なく特徴のあるピーク点が存在せず、利用できない場合もあった。

神戸市鹿の子台は管路全体（直管はセメントモルタルライニング、異形管はエポキシ粉体塗送）がライニングされている管路であったが、k 値はライニングなしであった管路と比較して残留塩素の消費が高い結果となった。そのような結果となった要因として、常時滞留している管路であり、管底には堆積物なども見られたことから、管路の老朽度ではなく滞留の影響を受けたと考えられる。

5) まとめ

管種（管内面の状況）と k 値の関係をみると、「表 3.5.18 管路の内面状況と k 値」のとおりであり、内面が無ライニングである管路(CIP)での k 値が $0.1255(\text{hr}^{-1})$ で最も高く、その他の管路では大きな違いは見られなかった。

また、内面が無ライニングである管路（CIP）とその他の管路と比較すると k 値は 4.7～7.11 倍であり、一桁高い値であった。

このことから、老朽管路として更新対象となる CIP 管路での k 値が $0.1(\text{hr}^{-1})$ 以上に対し、その他の管路では $0.02(\text{hr}^{-1})$ 程度であり、明らかに CIP 管路では残留塩素の消費が早いことが確認できた。

表 3.5.18 管路の内面状況と k 値

管内面の状況	k 値					平均
無ライニング(CIP)	0.1547	0.0963				0.1255
異型管のみ無ライニング (一般的な DIP)	0.0347	0.0050	0.0142	0.0095	0.0293	0.0185
全体にライニング有り (新しい DIP)	0.0189	0.0345				0.0267
他（複数の管種）	0.0143	0.0208				0.0176

※ ピーク点を読み取る方法での k 値を採用（ピーク点を読み取る方法が利用できない場合は、平均流速と管内容積による方法の平均値とした）

※ 舟倉地区は通常時の k 値を採用した

以上のことから、管路の老朽度を判定するにあたり残留塩素の消費速度を一つの指標とすることが可能と思われた。

3.5.5 管の老朽度と懸濁物質捕捉に係る調査結果

(1) 調査目的

管路の錆と濁り水等の発生に着目し、鉄系管路の老朽度を評価する手法の研究のために、実管路での管路状況、水理状況、懸濁物質濃度についての基礎的なデータを収集することとした。

(2) 調査概要

調査箇所は「3.5.4 管の老朽度・水理特性と残留塩素減少に係わる調査」と同一とし、懸濁物質の捕捉調査も同時に実施した。

※ 調査箇所は、次項「表 3.5.19 調査箇所一覧」を参照

(3) 調査方法

配水管内に挿入した採水管から配水圧を利用して 20ml/min を採水し、メンブレンフィルター(φ47、公称孔径 0.7μm)にてろ過を行い、水中に含まれる懸濁物質の捕集を実施した。フィルター1枚当たりの通過水量は 200L を目標とした。なお、本調査には、図 3.5.62 に示す弁室内設置型の懸濁物質捕集装置を使用した。

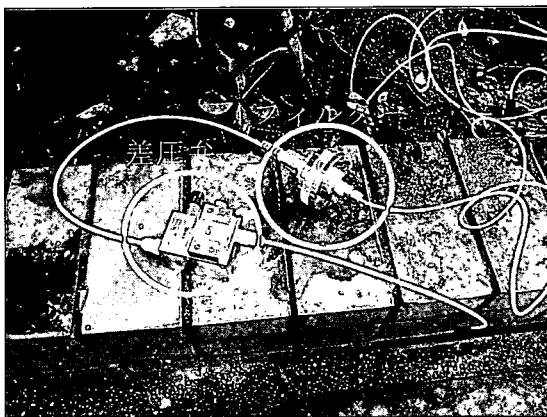


図 3.5.62 弁室内設置型懸濁物質捕集装置

捕捉後のフィルターは乾燥質量、強熱減量、強熱質量および成分 (Al、Mn、Fe、Zn) の測定を行い、それぞれの濃度を求めた。

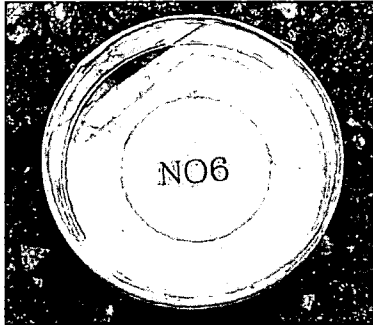
表 3.5.19 調査箇所一覧

調査年度	調査場所	調査区間	管種	内面仕様	口径	布設年度	管路延長	備考
平成 17	Y市/管路 T	①—②	SP	不明	250	不明	10	仮設配管
			DIP	モルタル	300	1966	322	
			VP	—	100	2006	10	
	Y市/管路 M	③—④	SP	不明	100	1966	243	残塩問題原因管路
			DIP	モルタル	500	1960代	81	
			CIP	無	300	不明	239	
DIP			モルタル	150	1971	109		
平成 18	Y市/管路 U	①—②	DIP	モルタル	300	1975	490	更新対象管路
			SP	モルタル	300~200	1965~66	307	
	Y市/管路 F	①—②	CIP	無	200	1922	114	
			DIP	モルタル	100	1966	1,250	直管はモルタルライニング 異形管はライニングなし 異形管延長 13.580m
平成 19	K市/管路 K	①—②	DIP	モルタル	400~100	1991~93	220	直管はモルタルライニング 異形管はエボキシ粉体塗装
			DIP	モルタル	100	1991~93	170	
	Y市/管路 N	①—②	CIP	無	250	1956	200	
			CIP	無	250	1956	203	

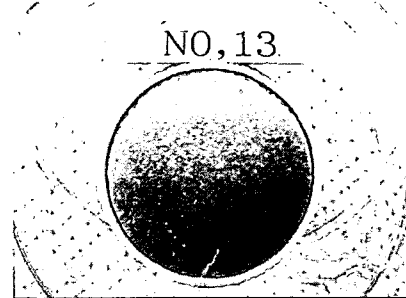
(4) 調査結果

全ての測定箇所で懸濁物質が捕捉され、回収したフィルターは茶褐色に着色されている状況であった。以下に回収したフィルターの例を示す。

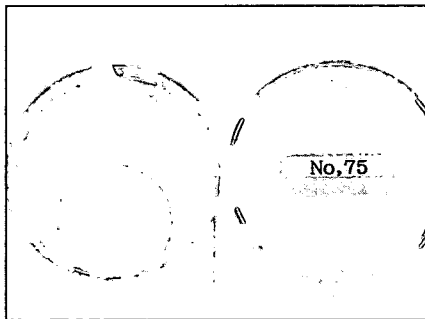
【Y市/管路M】



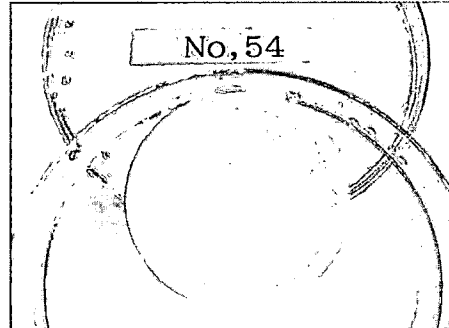
【Y市/管路U 更新前】



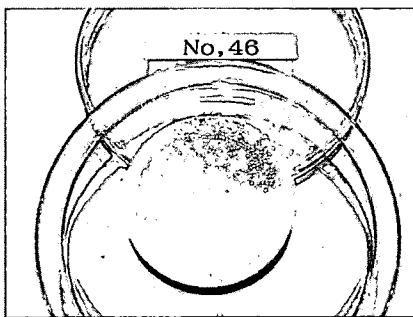
【Y市/管路U 更新後】



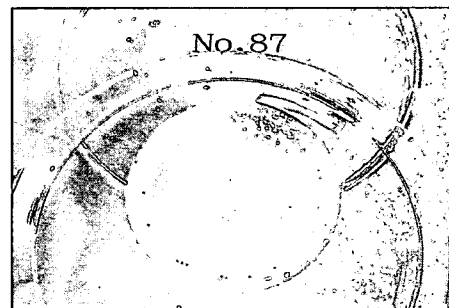
【Y市/管路F】



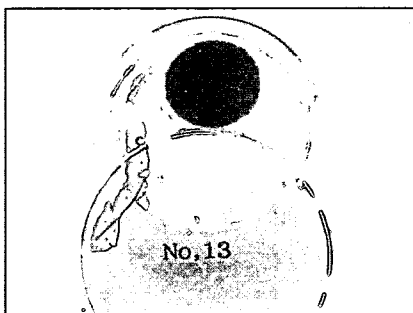
【K市/管路D】



【K市/管路K】



【Y市/管路N】



【Y市/管路K】

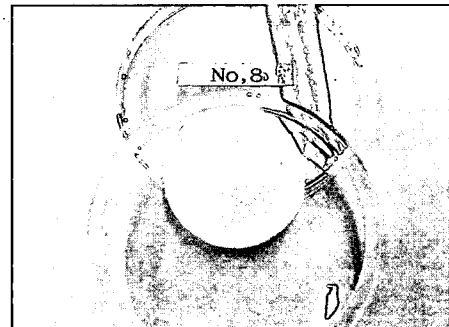


表 3.5.20 懸濁物質分析結果

調査場所	調査箇所 No.	強熱減量濃度 μg/L	強熱質量濃度 μg/L	A1濃度 μg/L	Mn濃度 μg/L	Fe濃度 μg/L	Zn濃度 μg/L
横須賀市 田浦	①	5.254	6.460	1.784	0.027	0.959	0.005
	②	10.490	25.874	3.462	0.097	6.297	0.018
	③	7.737	19.530	1.829	0.116	6.458	0.013
	④	3.662	6.182	0.936	0.047	2.641	0.006
横須賀市 浦賀	①	2.834	1.762	1.469	0.038	0.719	—
	②	8.578	—	3.041	0.173	2.927	—
	③	7.464	3.681	3.006	0.129	3.664	—
	④	41.318	82.44	13.154	5.119	46.757	—
横須賀市 富士見	①						
	②						
神戸市 道場	①	1.879	3.406	0.404	0.214	0.697	—
	②	3.466	6.164	0.476	0.213	4.301	—
神戸市 鹿の子台	①	1.669	1.043	0.311	0.168	0.377	—
	②	7.770	3.986	0.507	0.503	4.556	—
	③	32.546	7.626	0.721	0.537	19.225	—
横須賀市 舟倉	①						
	②						
横須賀市 久比里	①						
	②						

(5) まとめ

横須賀市馬堀を除き、懸濁物質の濃度は下流の測定箇所の方が高く、また神戸市鹿の子台を除き強熱減量で測定される有機物質より、強熱質量で測定される無機物質（金属など）の濃度が高い結果であった。特に Fe の濃度が高くなっており、管路内で錆などの発生が考えられた。

横須賀市浦賀の更新対象となっている CIP 管路（測定箇所③～④）では、Fe の濃度が 12.7 倍（ $3.664 \mu\text{g/L} \Rightarrow 46.757 \mu\text{g/L}$ ）となっており、他の区間と比較しても濃度の上昇が著しい結果であった。

一方、神戸市鹿の子台は全管路にライニングが施されており、管路内で懸濁物質が発生する懸念のない管路であったが測定結果では下流の懸濁物質の濃度が高くなっていった。このような結果となった原因として、調査を行った管路は通常では停滞している（行き止まりで、給水取り出しがない）管路であり、調査時に流速を与えるために排水を行った影響で管路内の堆積物を巻き上げたことが考えられた。

懸濁物質と残留塩素消費速度との関係をみると、Fe 濃度の高かった横須賀市浦賀③～④の CIP 管路では k 値も高くなっており、懸濁物質と残留塩素消費速度には関係があると思われた。

表 3.5.21 懸濁物質と残留塩素消費速度

調査箇所	Fe 濃度差	k 値	備考
横須賀市田浦	5.338	0.0143	k 値はピークによる方法
横須賀市浦賀③～④	43.093	0.1547	k 値は管内容積による方法
神戸市道場	3.604	0.0142	k 値はピークによる方法

以上のことから、老朽管として更新対象となる CIP 管路では濁り水の原因となる Fe に代表されるような懸濁物質の発生が多いといえ、管路の老朽度を判定するにあたり懸濁物質の多少を一つの指標とすることが可能と思われた。

3.5.6 管路における水質劣化メカニズムのまとめ

(1) ラボ実験及びフィールド調査結果からの管路における水質劣化メカニズムの考察

1) 残留塩素の低減から見た水質劣化メカニズムの考察

①水質と残留塩素減少に係る調査結果

水温 10℃に調整した試料をもとに測定した k 値を、浄水方法及び水源種別毎に整理した結果を示す。

地下水を水源とする急速ろ過（除マンガン処理）の k 値が 0.0034 と最も低く、ダム湖を水源とする活性炭処理+急速ろ過の k 値が 0.0116 と最も高い。

水源と浄水方法の組合せによる大まかな k 値としては、河川を水源とする高度処理（オゾン+粒状活性炭）で 0.006 程度、ダム湖を水源とする高度処理が 0.012 程度、その他は 0.010 程度である。

表 3.5.22 浄水方法及び水源種別毎の k 値の平均値 (hr⁻¹)

浄水方法	水源種別	データ数	平均値	標準偏差
塩素のみ	地下水	30	0.0104	0.0080
オゾン+活性炭	河川水	10	0.0054	0.0027
	湖沼水	3	0.0051	0.0018
	ダム湖	2	0.0113	0.0025
	ダム湖+河川水	9	0.0072	0.0029
活性炭+急速ろ過	河川水	13	0.0084	0.0036
	ダム湖	3	0.0116	0.0015
	ダム湖+河川水	15	0.0073	0.0043
急速ろ過	河川水	20	0.0095	0.0051
	ダム湖	30	0.0088	0.0043
	ダム湖+河川水	12	0.0077	0.0021
	ダム湖+地下水	3	0.0042	0.0011
	地下水	12	0.0034	0.0019
緩速ろ過	ダム湖	3	0.0097	0.0013

②管材質及び管内面状態と残留塩素消費に関する考察

a. 管材質と残留塩素消費の関係

铸铁管、ダクタイル铸铁管、鋼管、塩ビ管、ポリエチレン管の 5 種類の管材質の堀上げ管又は新管を用いて、残留塩素の消費状況を観察する基礎実験を行った。

その結果を表 3.5.23 に示す。残留塩素の消費が激しい管種として、無ライニングの铸铁管（堀上管）、無ライニングの鋼管（堀上管）、モルタルライニングのダクタイル铸铁管（堀上管）が抽出された。

その他樹脂系管やライニングのある鉄系管の新管では大幅な残留塩素の消費は見られなかった。

この実験では試料とする管の堀上後の内面養生が不十分で乾燥状態になっていたことから、養生方法などを改善し、無ライニングの铸铁管、無ライニングの鋼管、モルタルライニングのダクタイル铸铁管に着目し再度実験を実施した。

表 3.5.23 管種別の残留塩素消費状況

管 種	管状態	内面塗装仕様	検体数	残留塩素消費状況 C_{24h}/C_0 (平均値)
铸铁管(CIP)	堀上管	無ライニング	2	0.00 (1 時間後に消失)
ダクタイル铸铁管(DCIP)	堀上管	モルタルライニング	2	0.00 (6 時間後に消失)
	新管	モルタルライニング	1	1.00 (減少なし)
	新管	エポキシ粉体塗装	1	1.00 (減少なし)
鋼管	堀上管	無ライニング	1	0.00 (1 時間後に消失)
塩ビ管(HIVP・VP)	堀上管	—	2	0.81 (平均値)
	新管	—	1	0.91
ポリエチレン管(PE)	堀上管	—	1	0.73
	新管	—	1	0.91

b. 管内面状態と k 値の関係

無ライニングの铸铁管（堀上管）、モルタルライニングの鋼管（堀上管）、液状エポキシ樹脂塗装の鋼管（新管）の 3 種類の管を用い、実験を行った。その結果を表 3.5.24 に示す。

無ライニングの铸铁管の k 値は、0.1495～0.3163（水温 10℃）、0.4467～0.8093（水温 18℃）で、水質由来の k 値の平均値 0.01 と比較すると、著しく大きい結果となった。

モルタルライニングの鋼管の k 値は、0.0154（水温 10℃）～0.0128（水温 18℃）で、水質由来の k 値とほぼ同程度となった。養生方法の改善により、残留塩素の消費量が著しく改善したことから、埋設の通水環境では k 値は極端に大きくないと考えられる。

以上から、内面に錆こぶが生じている無ライニング管路は k 値の計測により見分けられる可能性があることが示唆された。

表 3.5.24 管内面状況と k 値の関係

管 種	内面塗装	管状態	k 値 (hr ⁻¹)	
			水温 10℃	水温 18℃
鋳鉄管(CIP)	無ライニング	堀上管	0.1495~0.3163	0.4467~0.8093
鋼管(SP)	モルタルライニング	堀上管	0.0126	減少なし
	液状エポキシ	新管	減少なし	減少なし

③フィールド調査での水質劣化に関する考察

a. 管内面状態による残留塩素への影響

- ・全路線無ライニング管路における k 値の測定結果は、ライニングのある管路と比較し、1桁大きい値となっている。全線無ライニング管路は残留塩素消費に対する影響が大きいと考えられ、ラボ実験の結果と同様な結果が得られた。
- ・直管ライニング、異形管無ライニング管路における k 値の測定結果は、全路線ライニング管路と大きな違いは見られなかった。異形管のみ無ライニング路線の場合は、残留塩素消費に対する影響は小さいと考えられる。
- ・流速と k 値の関係については、Case 1 と Case 6 で相違が見られ、Case 1 では流速が小さいほど、Case 6 では流速が大きいほど k 値が大きくなる傾向が見られた。文献では流速が大きくなるほど k 値は大きくなるとの知見がある。今回のフィールド調査の場合、Case 1 では流速が大きい場合に、接触時間が短く、残留塩素の減少量が小さくなったことが、過去の知見との相違の原因であると考えられる。

b. 管内面状態による濁質 (Fe) 補足量への影響

- ・全路線無ライニング管路における Fe 補足量は、ライニングのある管路と比較し、大きい値となっている。全線無ライニング管路は Fe 補足量が大きいと考えられる。
- ・全路線無ライニング管路で、流速別に Fe 補足量を見ると、流速が速い方が補足量が大きくなった。流速の上昇により管壁の鉄が巻き上げられ補足量が増加すると考えられる。
- ・直管ライニング、異形管無ライニング管路における Fe 補足量は、全路線ライニング管路と大きな違いは見られなかった。異形管のみ無ライニング路線の場合は、Fe 補足量に対する影響は小さいと考えられる。

表 3.5.25 ファイールド調査結果のまとめ

Case	調査場所	着目項目	k 値	捕捉 Fe 量 (µg/l)	総合評価
1	横須賀市補賀	①CIP(無ライニング)とDCIP(CL)及びSP(CL)との水質劣化影響の比較 ②CIP(無ライニング)での流速変化による水質劣化影響の調査	① k 値平均値 a.DCIP(CL) : 0.0347 b.SP(CL) : 0.0050 C.CIP : 0.1547 ② 流速状態別 k 値平均値 a.滞留状態 : 0.517~0.582 b.5cm/s 設定 : 0.061~0.071 c.10cm/s 設定 : 0.004 ・ 通常状態による実験 ・ 流速条件 最大 39cm/s、最小 6cm/s 平均 16cm/s ・ k 値 最大 0.254、最小 0.003 平均???	① 捕捉 Fe 濃度 a.DCIP(CL) : 2.927 b.SP(CL) : 3.664 C.CIP : 46.757 ② 流速状態別 a.滞留状態 : 97.3/10day b.5cm/s 設定 : 113.1/5hr c.10cm/s 設定 : 117.0/3hr	① 内面状態の水質影響 ・ 無ライニング CIP は k 値・濁質補足量が極端に大 ② 流速変化での水質影響 ・ 流速が上がると捕捉 Fe 量が増加 ・ 流速が上がると平均 k 値は低くなる (Case6 と相違) ・ k 値は他のケースのライニング管路と比較し極端に大
2	横須賀市富士見	・ CIP(無ライニング)の水質劣化影響の把握	・ k 値 0.0142	・ 捕捉 Fe 濃度 4.301	・ 異形管無ライニングによる k 値・Fe 補足量の増加は見られない。
3	神戸市道場	・ DCIP 異形管無ライニング路線の水質劣化影響の把握(全面無ライニング、全面 CL との比較)	・ k 値 低流速区間 0.0189 滞留区間 0.0345 ・ k 値試算不可 ※ 下流側の残塩測定値が大きい	・ 捕捉 Fe 濃度 低流速区間 4.556 滞留区間 19.225	・ 滞留の影響により k 値、Fe 補足量とも Case3 より大
4	神戸市鹿の子台	・ DCIP(全面 CL)の k 値・濁質補足量の比較	・ 流速状態別 k 値平均値 a.通常状態 : 0.007~0.077 b.1cm/s 設定時 : 0.007~0.018 c.5cm/s 設定時 : 0.020~0.027 d.10cm/s 設定時 : 0.064~0.104	—	・ 流速が上がると k 値は大きくなる (Case1 と相違)
5	横須賀市舟倉	・ CIP 異形管無ライニング路線の水質劣化影響の把握※1	—	—	—
6	横須賀市久比里	・ CIP 異形管無ライニング路線の水質劣化影響の把握※1	—	—	—

※1) 当初は全面無ライニングと想定していたが、管内カメラ調査の結果、内面にモルタルライニングが施されていた。