

②残量塩素濃度測定結果

各浄水場における経過時間毎の残留塩素濃度の測定結果を表 3.5.7 に示す。

表 3.5.7 残留塩素濃度測定結果

浄水場名	原水区分	処理区分	残留塩素濃度 (mg/L)													
			開始時	1時間	2時間	3時間	4時間	5時間	6時間	24時間	48時間	72時間	96時間	120時間	144時間	168時間
①大阪市／柴島浄水場	河川水	活性炭+オゾン	0.43	0.37	0.37	0.39	—	—	—	0.37	0.25	0.20	0.19	0.12	0.12	0.11
②神戸市／千歳浄水場	ダム湖	急速ろ過	0.42	0.40	0.40	0.40	0.38	0.38	0.38	0.34	0.28	0.28	—	0.26	—	0.22
③横須賀市／逸見浄水場	河川水	緩速ろ過	0.72	0.66	0.66	0.64	0.62	0.66	0.64	0.58	0.54	0.54	0.50	0.50	0.46	0.48
④川崎市／生田浄水場	地下水	急速ろ過	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.42	0.42	0.42	—	0.40	—	0.38
⑤大牟田市／四ツ山配水池	地下水	塩素のみ	0.40	0.40	0.40	0.40	0.38	0.36	0.36	0.30	0.26	0.24	—	0.20	—	0.14
⑥新潟市／信濃川浄水場	河川水	活性炭+急速ろ過	0.63	0.61	0.61	0.60	0.58	0.56	0.55	0.45	0.38	0.37	—	0.25	—	0.19
⑦新潟市／青山浄水場	河川水	急速ろ過	0.44	0.44	0.43	0.42	0.42	0.41	0.40	0.34	0.30	0.28	0.27	0.26	—	0.25
⑧新潟市／阿賀野川浄水場	河川水	急速ろ過	0.61	0.64	0.57	0.58	0.53	0.55	0.54	0.59	0.42	0.30	—	0.31	—	0.25

各浄水場における残留塩素濃度の経時変化を図 3.5.2 に示す。残留塩素濃度の経時変化では、初期濃度との差は最小値が新潟市信濃川浄水場の 0.10mg/L で、最大値は神戸市千苺浄水場が 0.44mg/L となっている。また、初期濃度に対する比率では最大値は新潟市信濃川浄水場が 0.79 で最小値は大阪市柴島浄水場が 0.28 となっている。

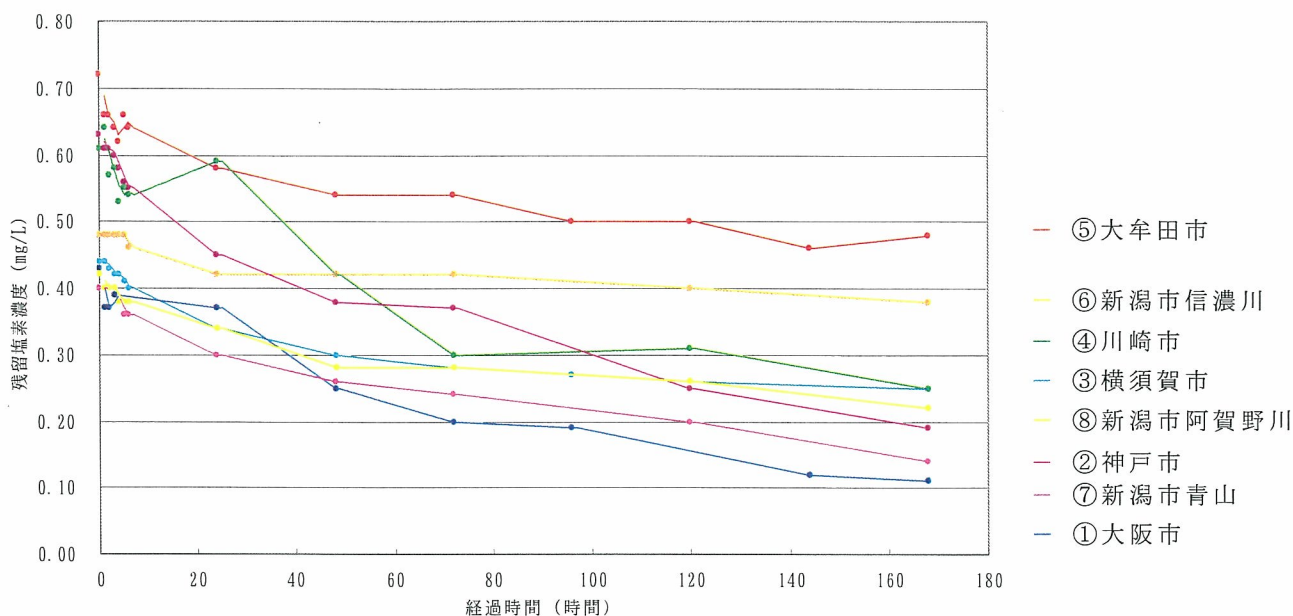


図 3.5.2 残留塩素濃度経時変化

また、 C_t/C_0 (C_t : t 時間経過後の残留塩素濃度、 C_0 : 初期残留塩素濃度) より、初期値を一定にした場合の残留塩素濃度の経時変化を図 3.5.3 に示す。

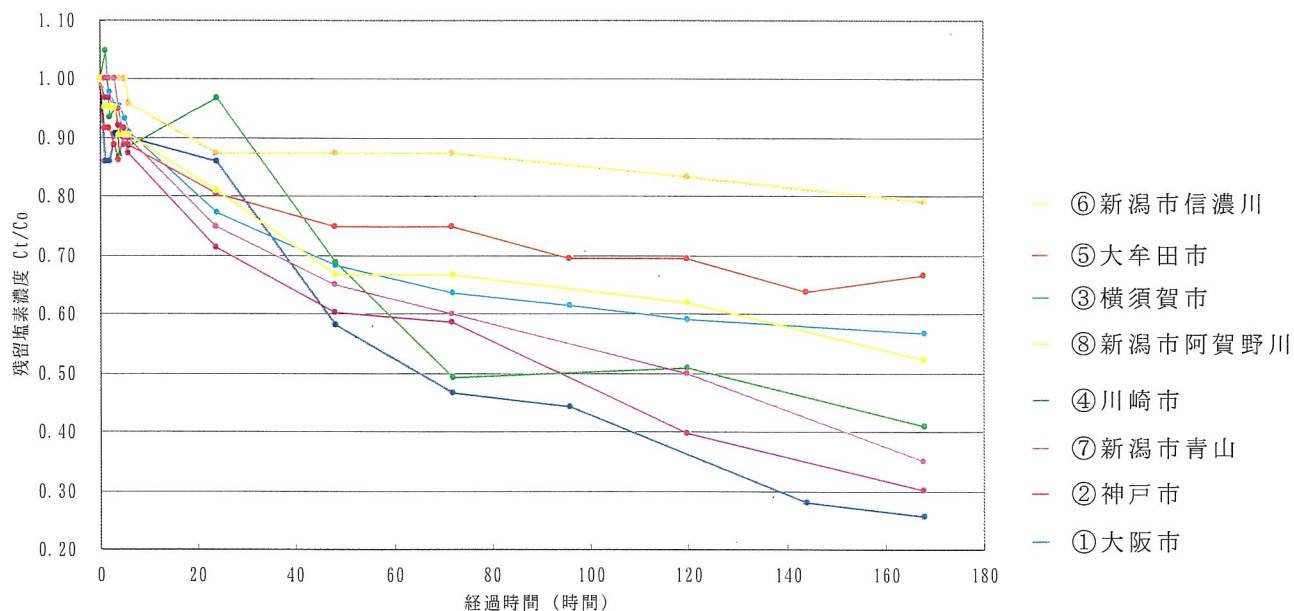


図 3.5.3 残留塩素濃度 (C_t/C_0) 経時変化

③k 値（残留塩素濃度消費速度係数）

水源水質や浄水処理方法による残留塩素濃度の経時変化を把握するために k 値を求めた。経過時間毎（6、24、48 及び 168 時間後）の k 値を図 3.5.4~3.5.7 に示す。

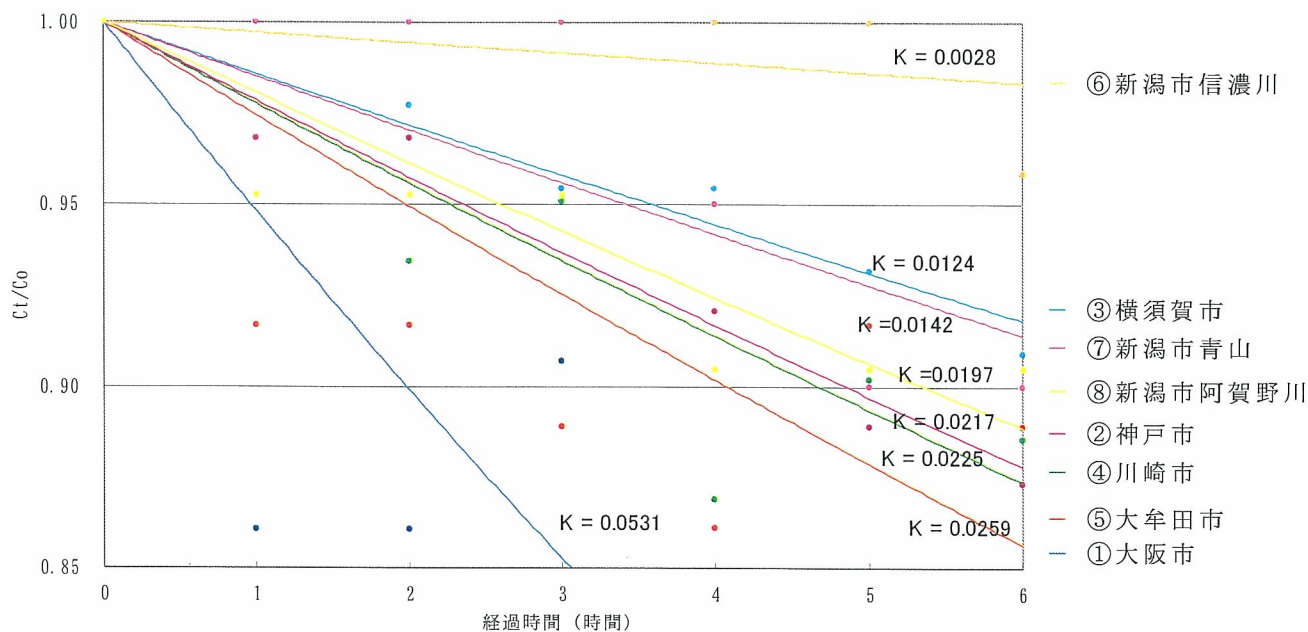


図 3.5.4 k 値（6 時間後）

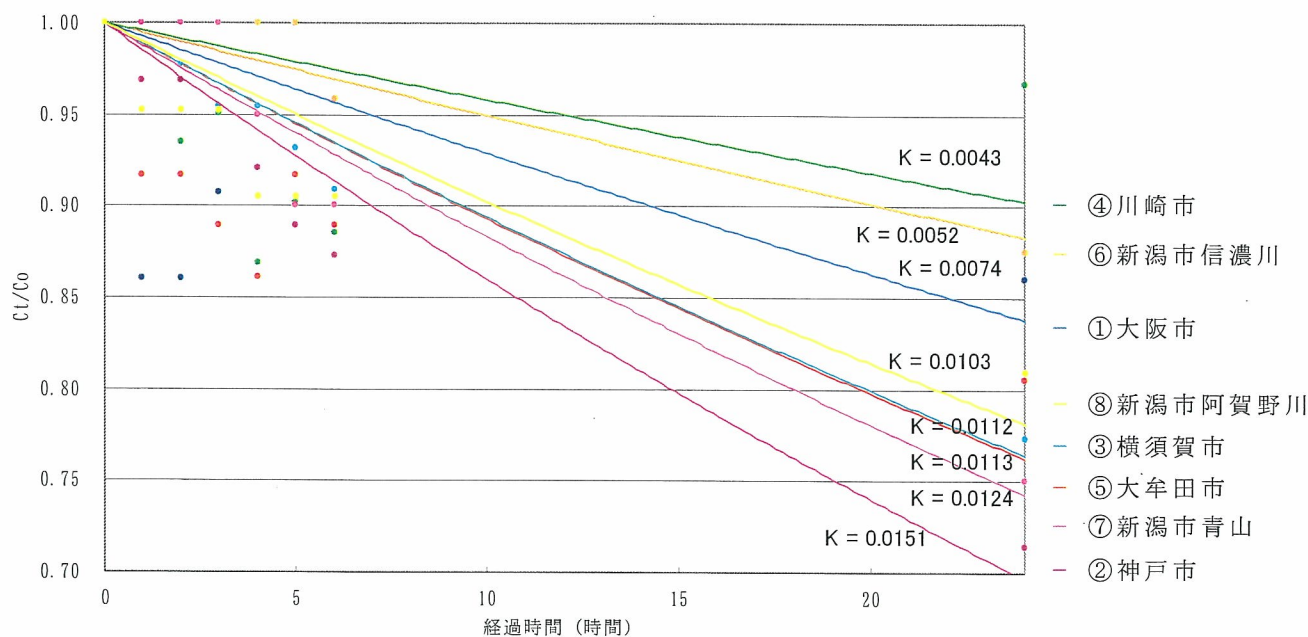


図 3.5.5 k 値（24 時間後）

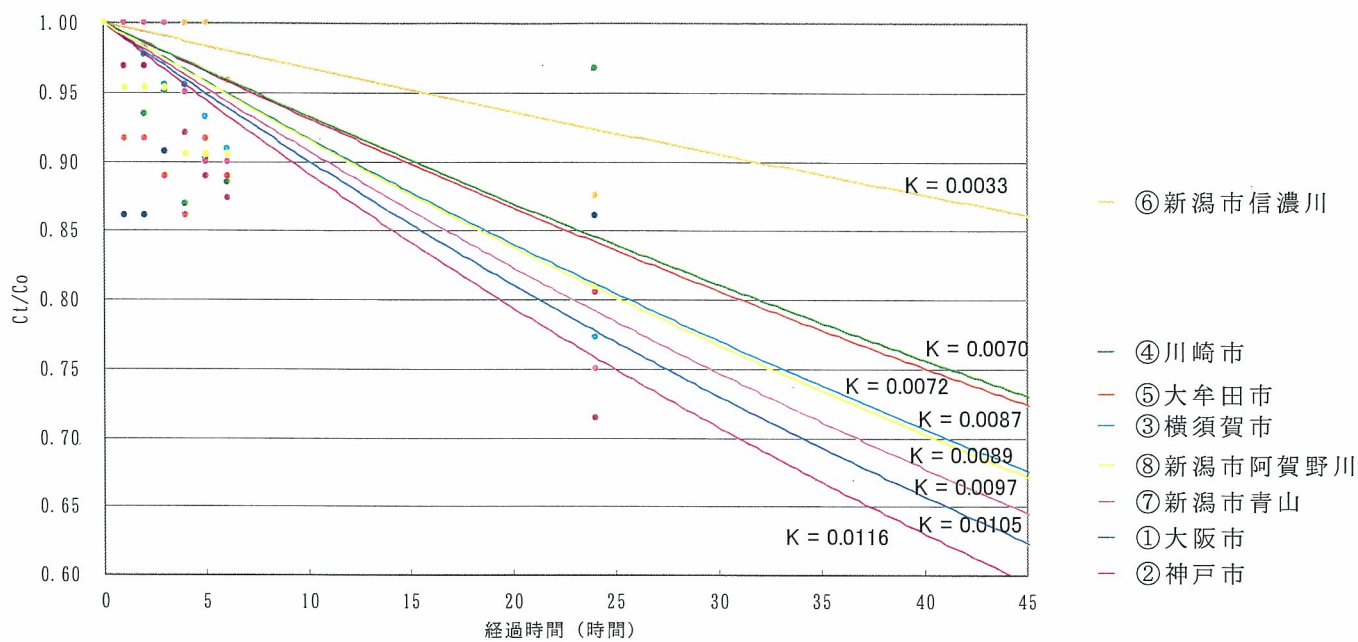


図 3.5.6 k 値 (48h 時間後)

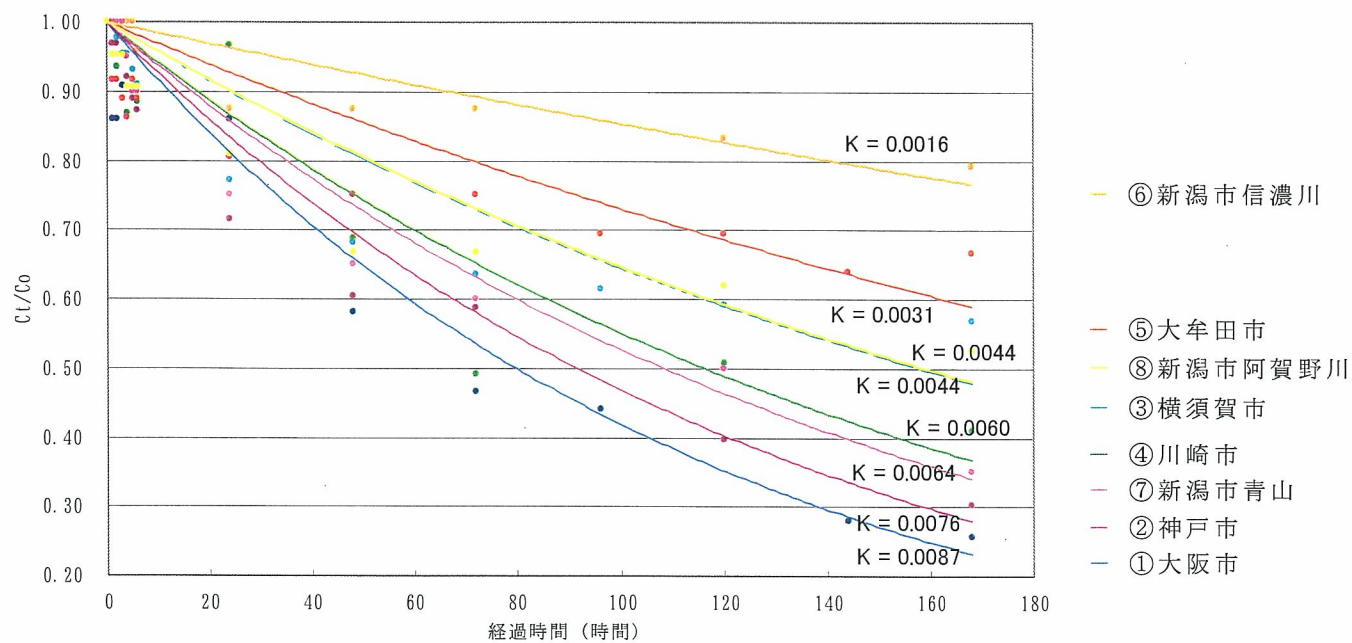


図 3.5.7 k 値 (168 時間後)

また、経過時間毎の k 値を表 3.5.8 及び図 3.5.8 に示す。k 値の経時変化を見ると、新潟市信濃川浄水場は他の供試水と比べると k 値の変化は小さく、塩素の消費量も非常に少ない。また、他の供試水は 6 時間後の k 値が大きくそれ以降は時間が経つにつれて徐々に小さくなる傾向にある。

表 3.5.8 経過時間毎の k 値

浄水場名	原水区分	処理区分	残留塩素減少係数 (k 値)			
			6 時間後	24 時間後	48 時間後	168 時間後
大阪市／柴島浄水場	河川水	活性炭+UV	0.0531	0.0074	0.0105	0.0087
神戸市／千苅浄水場	ダム湖	急速ろ過	0.0217	0.0151	0.0116	0.0076
横須賀市／逸見浄水場	河川水	緩速ろ過	0.0124	0.0112	0.0087	0.0044
川崎市／生田浄水場	地下水	急速ろ過	0.0225	0.0043	0.0070	0.0060
大牟田市／四ツ山配水池	地下水	塩素のみ	0.0259	0.0113	0.0072	0.0031
新潟市／信濃川浄水場	河川水	活性炭+急速ろ過	0.0028	0.0052	0.0033	0.0016
新潟市／青山浄水場	河川水	急速ろ過	0.0142	0.0124	0.0097	0.0064
新潟市／阿賀野川浄水場	河川水	急速ろ過	0.0197	0.0103	0.0089	0.0044

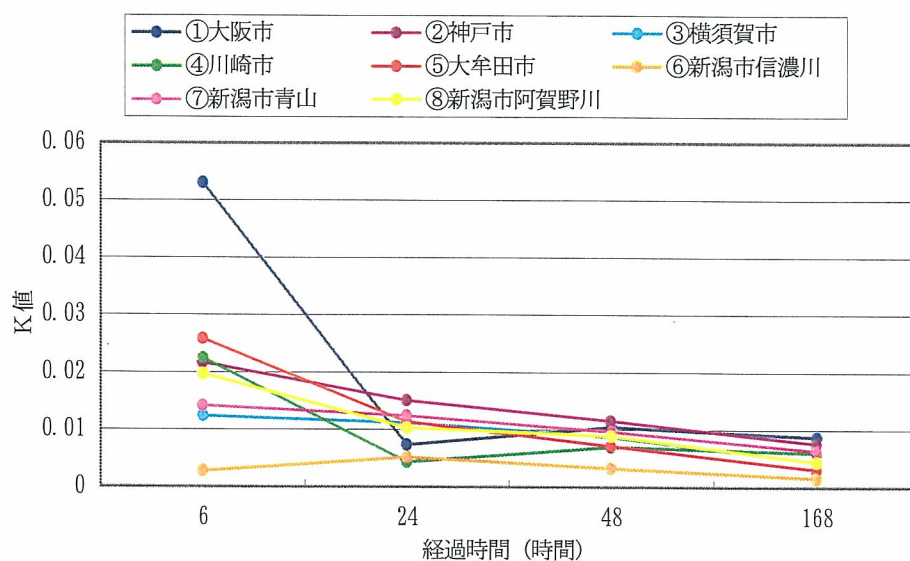


図 3.5.8 経過時間毎の k 値

④経過時間における TOC（全有機炭素量）の変化

図 3.5.9 に示すように供試水によって TOC（全有機炭素量）は大きくバラついている。全体的に 168 時間後まで若干減少する傾向にあるものの数値にほとんど変化はない。

残留塩素濃度との関係では図 3.5.2 の示すように TOC が大きな値をとる供試水ほど、残留塩素濃度の経時変化が大きくなる傾向にあり、TOC と残留塩素濃度には相関関係があると思われる。

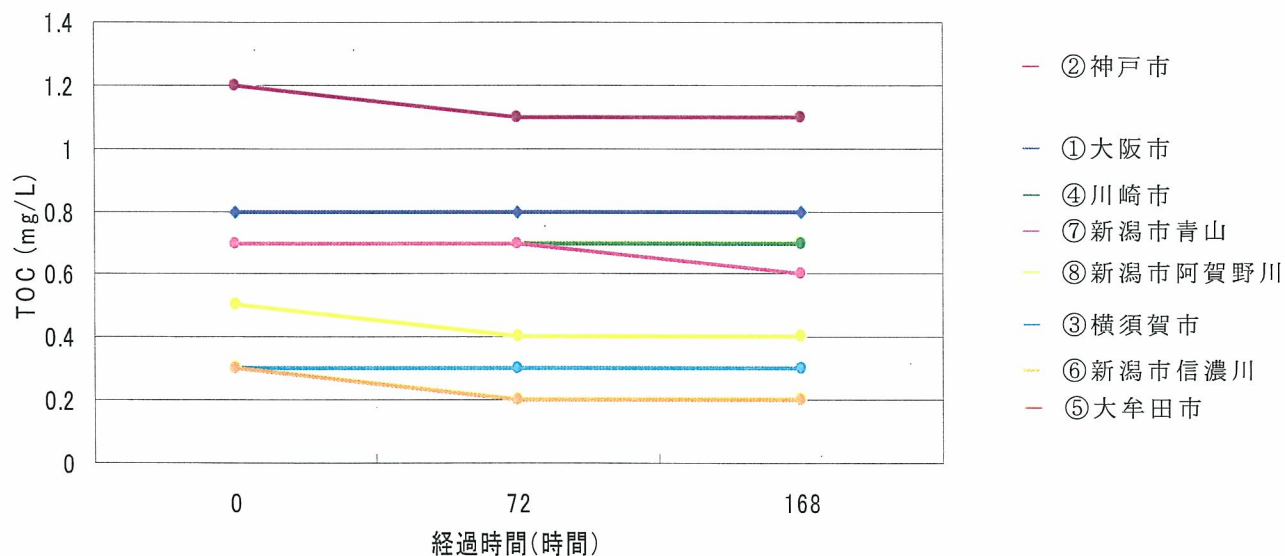


図 3.5.9 経過時間における TOC（全有機炭素量）の変化

2) 管材質と残留塩素減少に係る調査（ラボ実験）

(1) 目的

管材質の違いによる残留塩素濃度や各種水質の経時変化を把握する。

(2) 供試管

平成 17 年度に調査を実施した供試管を表 3.5.9 に示す。また、供試管の写真を写真 3.5.1 に示す。

表 3.5.9 供試管

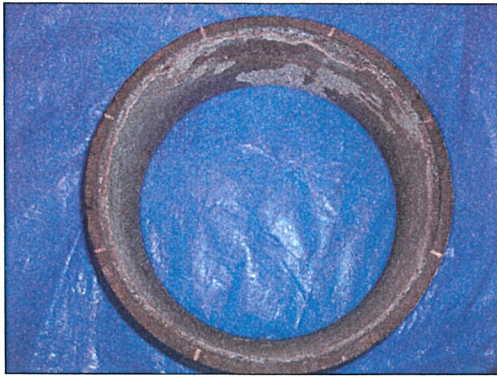
No.	管種	内面仕様	口径	管長	布設 時期	入手先
①	無ライニング 鋳鉄管 (CIP)	—	φ 75	L=1630	S41	横須賀市上下水道局
②	無ライニング 鋳鉄管 (CIP)	—	φ 100	L=1715	S29	川崎市水道局
③	タタイル 鋳鉄管 (DIP)	セメントモルタルライニング*	φ 300	L=300	S41	横須賀市上下水道局
④	タタイル 鋳鉄管 (DIP)	セメントモルタルライニング*	φ 150	L=685	S52	川崎市水道局
⑤	タタイル 鋳鉄管 (DIP)	セメントモルタルライニング*	φ 300	L=500	新管	(株)ケホタ
⑥	タタイル 鋳鉄管 (DIP)	エポキシ粉体塗装	φ 150	L=500×2	新管	(株)栗本鐵工所
⑦	鋼管 (SP)	無塗装	φ 100	L=1035	S14	川崎市水道局
⑧	塩ビ管 (HIVP)	—	φ 100	L=1100	S46	神戸市水道局
⑨	塩ビ管 (HIVP)	—	φ 100	L=1100	S50	神戸市水道局
⑩	塩ビ管 (VP)	—	φ 100	L=700×3	新管	ケホタシーアイ(株)
⑪	ポリエチレン管 (PE)	—	φ 100	L=800	H9	防府市水道局
⑫	ポリエチレン管 (PE)	—	φ 100	L=800	新管	積水化学工業



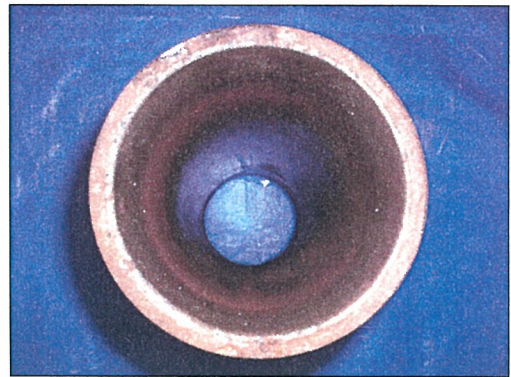
①無ライニング 鋳鉄管 (S41)



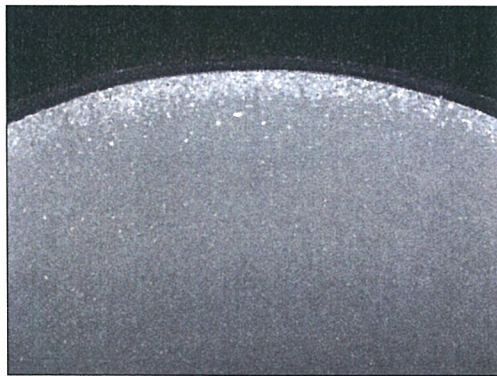
②無ライニング 鋳鉄管 (S29)



③ダクタイル鋳鉄管 (S41)
(モルタルライニング)



④ダクタイル鋳鉄管 (S52)
(モルタルライニング)



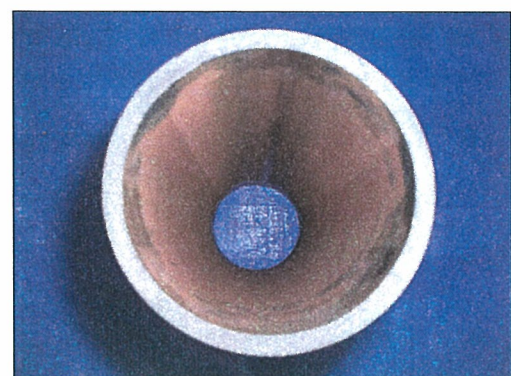
⑤ダクタイル鋳鉄管 (新管)
(モルタルライニング)



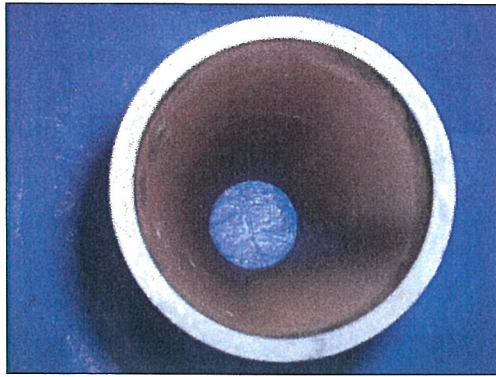
⑥ダクタイル鋳鉄管 (新管)
(エポキシ粉体塗装)



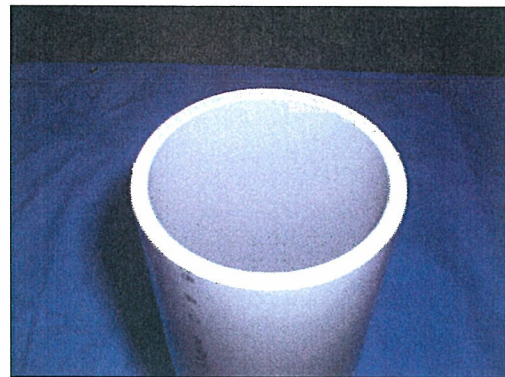
⑦鋼管 (S14 無塗装)



⑧塩ビ管 (S46)



⑨塩ビ管 (S50)



⑩塩ビ管 (新管)



⑪ポリエチレン管 (H9)



⑫ポリエチレン管 (新管)

写真 3.5.1 供試管

(3) 調査項目

①残留塩素濃度経時変化

②各種水質分析

- ・濁度 ・pH ・総アルカリ度 ・硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素
- ・TOC ・総硬度 ・蒸発残留物 ・電気電導率 ・鉄 ・マンガン
- ・溶存酸素

③管体調査

- ・外観調査 ・管内面閉塞調査 (閉塞が認められた場合)

(4) 調査方法

① 供試水

供試水には、JWWA Z 108:2004 に規定される「浸出溶液」を用いた。

② 水質分析

- ・ 供試管を水道水で 1 時間流水洗浄した後、浸出溶液 (pH: 7.0、硬度: 45 ± 5mg/L、アルカリ度: 35 ± 5mg/L、残留塩素: 1.0 ~ 1.2mg/L) を充填し、10℃ ± 2℃ で静置し、残留塩素濃度および各種水質の経時変化を調査した。
- ・ 静置開始から 6 時間後までは 1 時間おきに、その後は 24 時間、48 時間、72 時間、120 時間および 168 時間経過時に浸出溶液の一部を採水して、各種水質の分析 (上水試験方法に準じる) を行った。
- ・ 水質分析時に採水する際には、管内に充たした水を軽く攪拌した。
- ・ 調査間隔、分析に必要な液量は表 3.5.10 の通り。

表 3.5.10 調査間隔および必要液量

調査項目	必要液量 (ml)	調査間隔 (時間)											液量小計 (ml)		
		0	1	2	3	4	5	6	24	48	72	120		168	
1) 残留塩素濃度	100	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	1,200
2) 各種水質分析															
① 濁度	100	○	—	—	—	—	—	—	○	○	○	○	○	600	
② pH 値	100	○	—	—	—	—	—	—	○	○	○	○	○	600	
③ 総アルカリ度	200	○	—	—	—	—	—	—	○	○	○	○	○	1,200	
④ 硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素	50	○	—	—	—	—	—	—	○	○	○	○	○	300	
⑤ 有機物 (全有機炭素 (TOC) の量)	100	○	—	—	—	—	—	—	○	○	○	○	○	600	
⑥ カルシウム・マグネシウム等 (硬度)	200	○	—	—	—	—	—	—	○	○	○	○	○	1,200	
⑦ 蒸発残留物	200	○	—	—	—	—	—	—	○	○	○	○	○	1,200	
⑧ 電気伝導率	100	○	—	—	—	—	—	—	○	○	○	○	○	600	
⑨ 鉄及びその化合物	50	○	—	—	—	—	—	—	○	○	○	○	○	300	
⑩ マンガン及びその化合物															
⑪ 溶存酸素	200	○	—	—	—	—	—	—	○	○	○	○	○	1,200	
合計液量 (ml)													9,000		

③ 管体調査

- ・ 外観調査・寸法測定

目視による内外面の外観調査 (写真撮影) 及び内外径測定、管厚測定を実施した。

- ・ 管内面閉塞率

管内面に閉塞が認められた場合には、水質分析終了後、管内に充水し容量を計測した。錆こぶが無い場合の内径より求めた容量との比から閉塞率を求めた。

(5) 調査結果

測定した供試管の記号を表 3.5.11 に示す。

表 3.5.11 供試管記号

No.	管種	内面仕様	口径	布設期間等	記号
①	無ライニング 鑄鉄管 (CIP)	—	φ 75	S41	CIP-NON (φ 75) S41
②	無ライニング 鑄鉄管 (CIP)	—	φ 100	S29	CIP-NON (φ 100) S29
③	タタイル鑄鉄管 (DIP)	セメントモルタルライニング	φ 300	S41	DIP-CM (φ 300) S41
④	タタイル鑄鉄管 (DIP)	セメントモルタルライニング	φ 150	S52	DIP-CM (φ 150) S52
⑤	タタイル鑄鉄管 (DIP)	セメントモルタルライニング	φ 300	新管	DIP-CM (φ 300) 新管
⑥	タタイル鑄鉄管 (DIP)	エポキシ粉体塗装	φ 150	新管	DIP-EP (φ 150) 新管
⑦	鋼管 (SP)	無塗装	φ 100	S14	SP-NON (φ 100) S14
⑧	塩ビ管 (HIVP)	—	φ 100	S46	HIVP (φ 100) S46
⑨	塩ビ管 (HIVP)	—	φ 100	S50	HIVP (φ 100) S50
⑩	塩ビ管 (VP)	—	φ 100	新管	VP (φ 100) 新管
⑪	ポリエチレン管 (PE)	—	φ 100	H9	PE (φ 100) H9
⑫	ポリエチレン管 (PE)	—	φ 100	新管	PE (φ 100) 新管

① 残留塩素濃度経時変化

残留塩素濃度経時変化を表 3.5.12 に示す。また、濃度変化に特徴が見られた供試体を図 3.5.10~3.5.13 に示す。

a) 無ライニング鑄鉄管・無塗装鋼管

経過時間 1 時間で残留塩素濃度は 0mg/L に低下した。

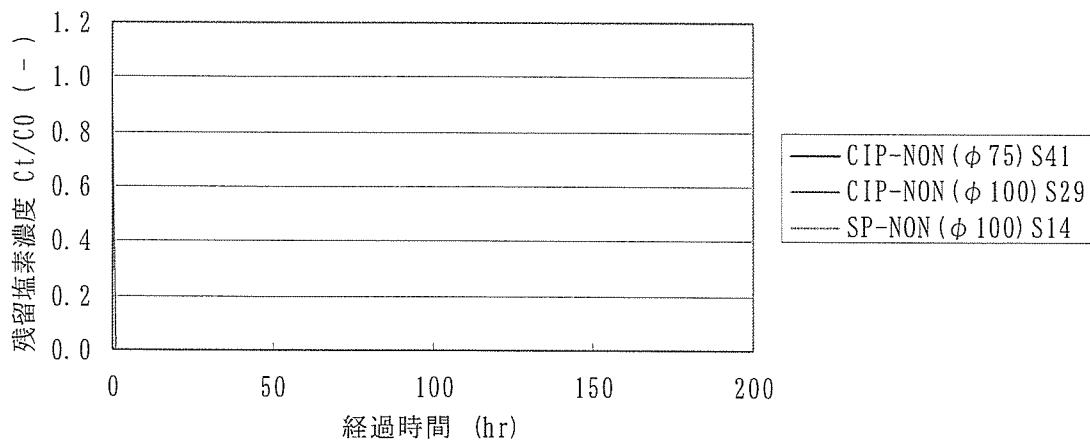


図 3.5.10 残留塩素濃度経時変化 (無ライニング鑄鉄管・無塗装鋼管)

b) ダクタイル鉄管（経年管・新管）

- ・ダクタイル鉄管セメントモルタルライニングの経年管は、24 時間後に残留塩素濃度が 0mg/L となった。
- ・新管では、粉体エポキシ塗装はセメントモルタルライニングよりも残留塩素の減少率が低い。

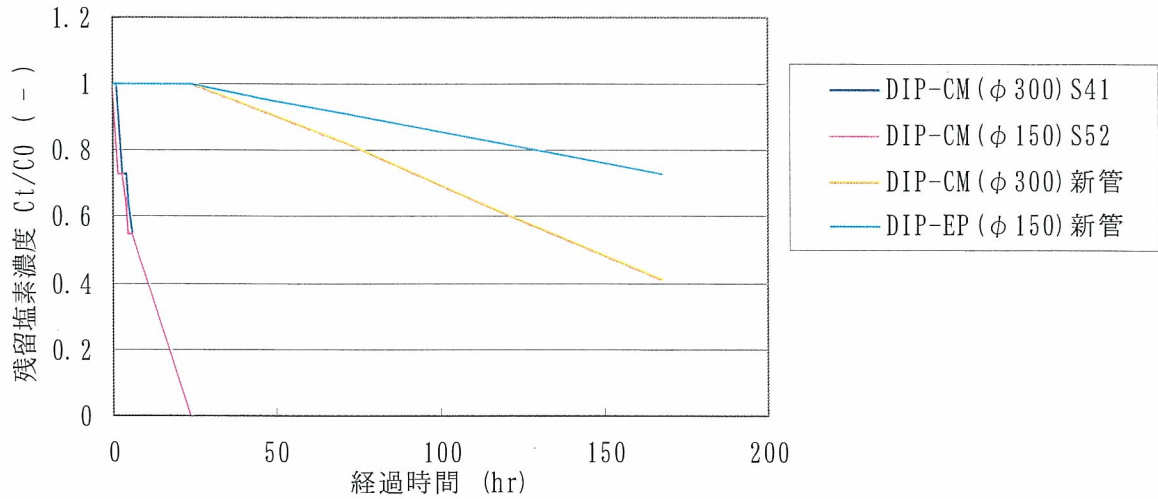


図 3.5.11 残留塩素濃度経時変化（ダクタイル鉄管（経年管・新管））

c) 塩化ビニル管（経年管・新管）

- ・経年管毎に違う減少傾向が見られた。
- ・新管は経過 4 時間後に減少し、その後は残留塩素の減少は見られない。

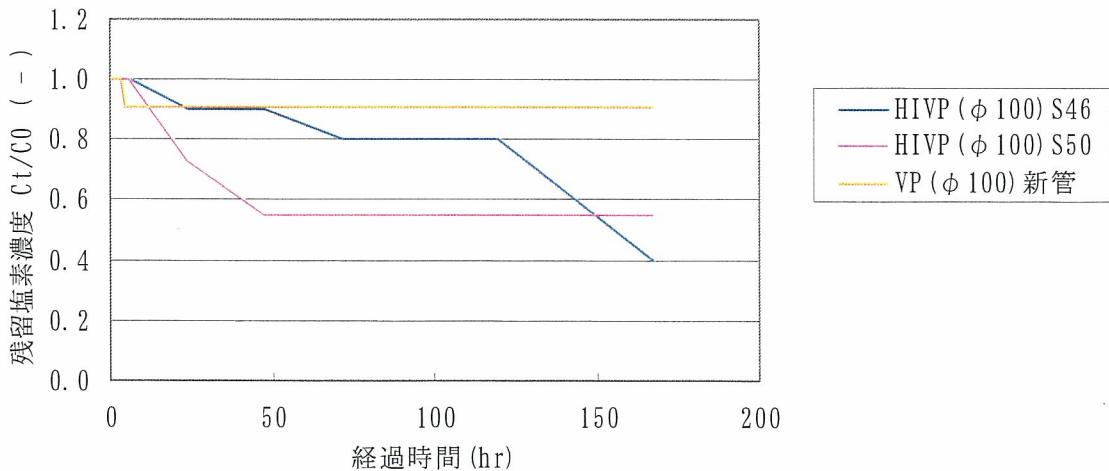


図 3.5.12 残留塩素濃度経時変化（塩化ビニル管（経年管・新管））

d) ポリエチレン管

- ・ 経年管、新管ともに 24 時間後までは減少し、その後の減少は見られない。
- ・ 経年管の残留塩素減少量は、新管よりも大きい。

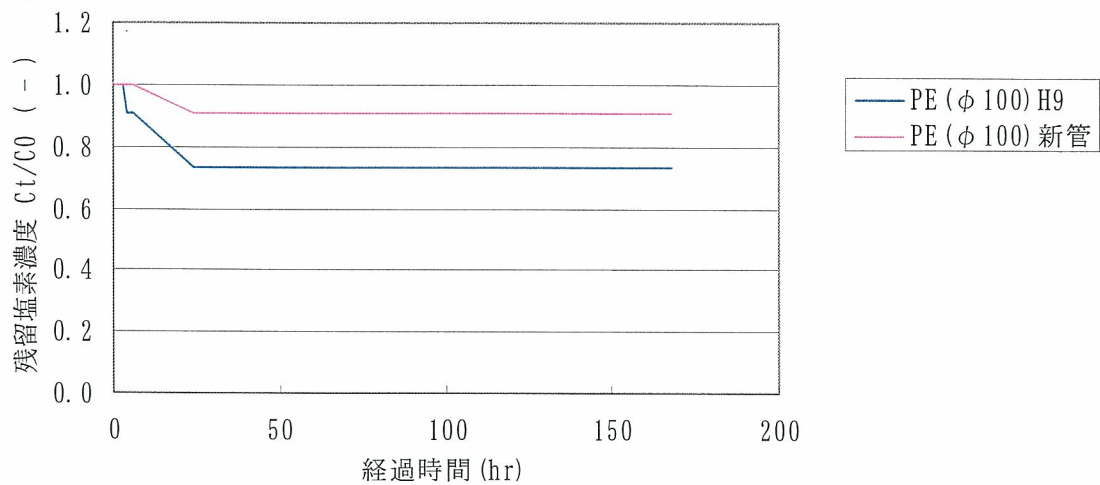


図 3.5.13 残留塩素濃度経時変化 (ポリエチレン管 (経年管・新管))

表 3.5.12 残留塩素濃度経時変化

No.	管種	内面仕様	口径 (mm)	布設年 (年)	残留塩素濃度 (mg/l)												
					開始時	1時間	2時間	3時間	4時間	5時間	6時間	24時間	48時間	72時間	120時間	168時間	
-	ブランク		-	-	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
①	無フライング 鋳鉄管 (CIP)	-	φ75	S41	1.0	検出せず	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
②	無フライング 鋳鉄管 (CIP)	-	φ100	S29	1.0	検出せず	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
③	ダクタイル鋳鉄管 (DIP)	セメントライニング*	φ300	S41	1.1	1.1	1.0	0.80	0.80	0.70	0.60	検出せず	-	-	-	-	-
④	ダクタイル鋳鉄管 (DIP)	セメントライニング*	φ150	S52	1.1	0.90	0.80	0.80	0.70	0.60	0.60	検出せず	-	-	-	-	-
⑤	ダクタイル鋳鉄管 (DIP) ※1	セメントライニング*	φ300	新管	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	-	0.90	-	0.45
⑥	ダクタイル鋳鉄管 (DIP)	エポキシ粉体塗装	φ150	新管	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	-	1.0	-	0.80
⑦	鋼管 (SP)	無塗装	φ100	S14	1.0	検出せず	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
⑧	塩ビ管 (HVP)	-	φ100	S46	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.90	0.90	0.90	0.80	0.80	0.40
⑨	塩ビ管 (HVP)	-	φ100	S50	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	0.80	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
⑩	塩ビ管 (VP)	-	φ100	新管	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
⑪	ポリエチレン管 (PE)	-	φ100	H9	1.1	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
⑫	ポリエチレン管 (PE)	-	φ100	新管	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

※1) No.⑤のダクタイル鋳鉄管の新管については、再試験結果を示す。(初回調査を「アク抜き (コンディショニング)」とした。)

②水質分析結果

経過時間 168 時間後の水質分析結果を表 3. 5. 13 に示す。また、水質変化に特徴が見られた水質項目の経時変化を図 3. 5. 14～3. 5. 21 に示す。

a) 鉄及びその化合物

- ・無ライニング铸铁管及び無塗装鋼管は、鉄及びその化合物が著しく上昇。
- ・セメントモルタルライニングダクタイル铸铁管は、経年管・新管ともに鉄及びその化合物は殆ど上昇しない。

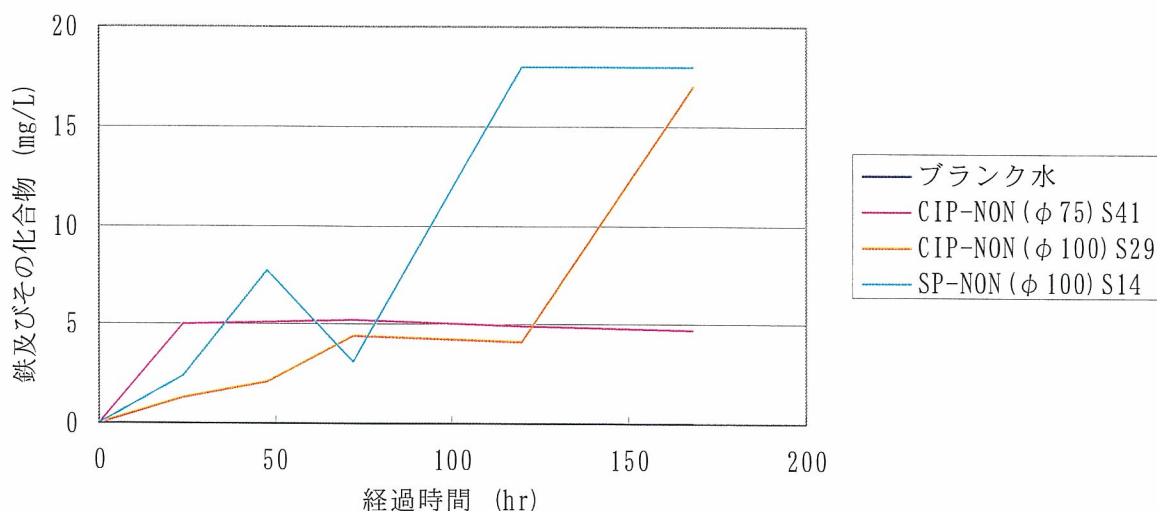


図 3. 5. 14 鉄及びその化合物（無ライニング铸铁管・無塗装鋼管）

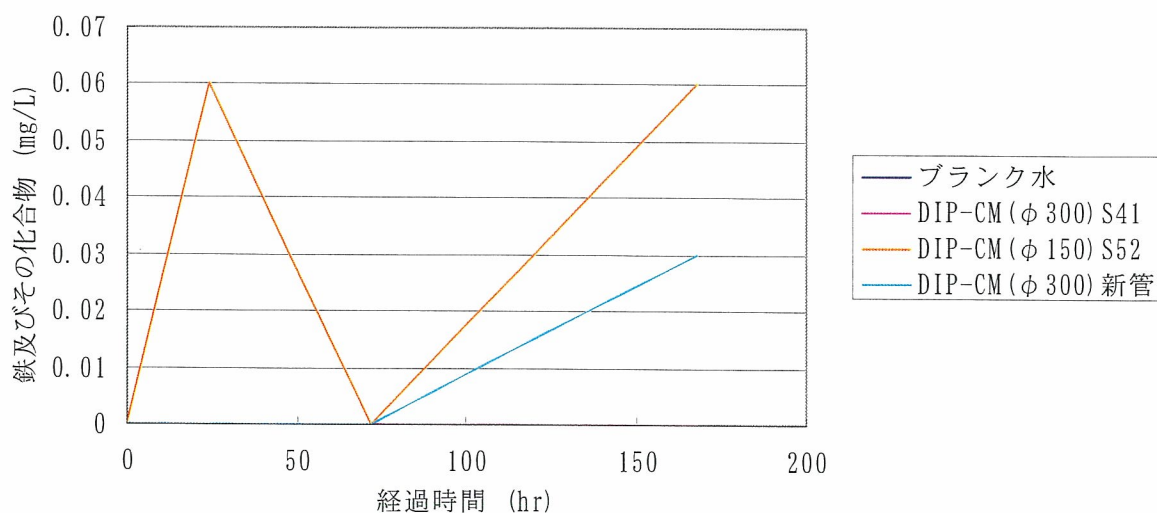


図 3. 5. 15 鉄及びその化合物（セメントモルタルライニング管（経年管・新管））

b) 濁度

- ・無ライニング铸铁管及び無塗装鋼管は、濁度が著しく上昇。
- ・セメントモルタルライニングダクタイル铸铁管、塩ビ管、ポリエチレン管ともに濁度は殆ど上昇しない。

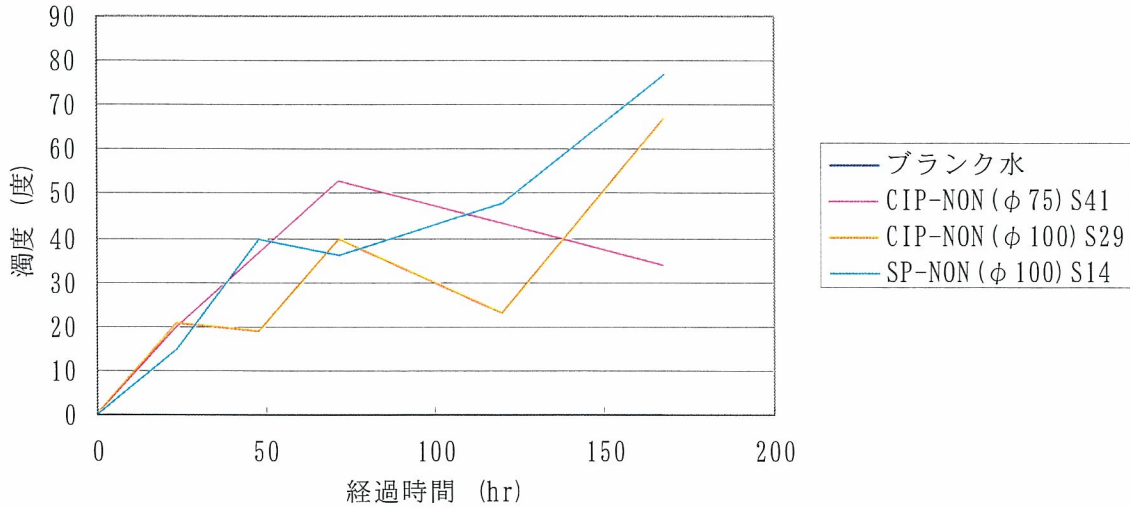


図 3.5.16 濁度 (無ライニング铸铁管・無塗装鋼管)

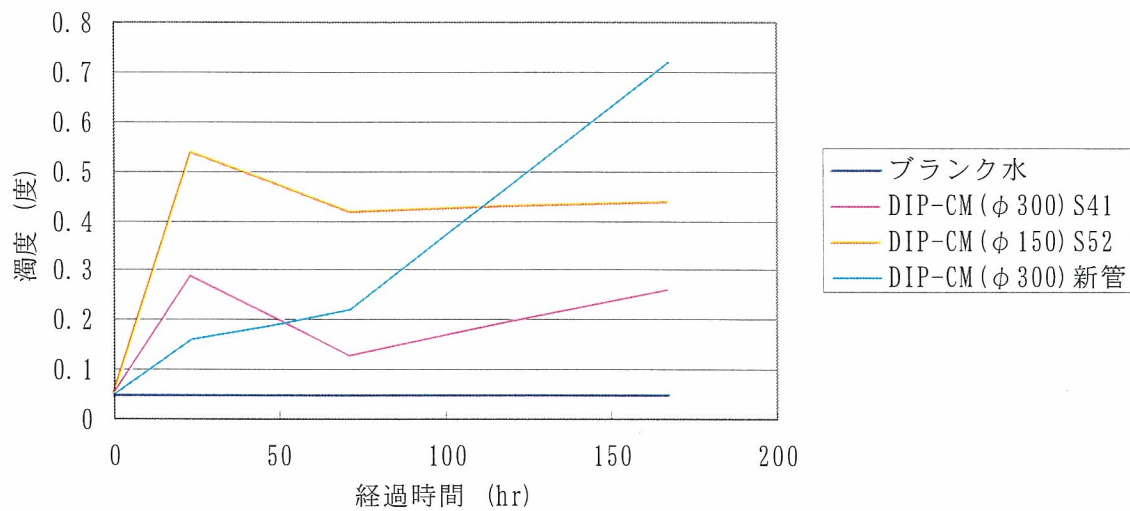


図 3.5.17 濁度 (セメントモルタルライニング管 (経年管・新管))

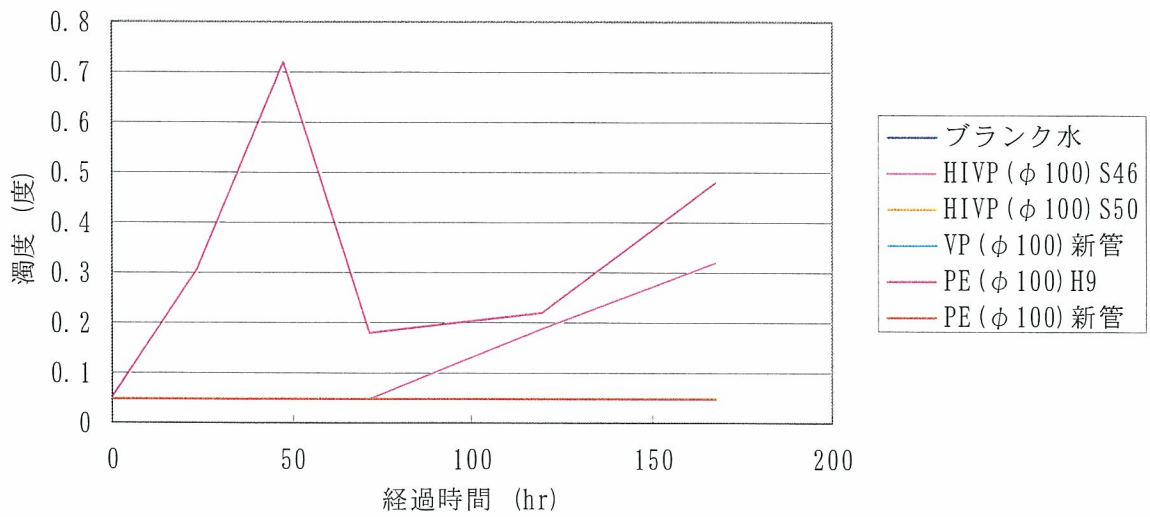


図 3.5.18 濁度 (塩ビ管・ポリエチレン管)

c) 溶存酸素

- ・無ライニング铸铁管及び無塗装鋼管は、溶存酸素が著しく減少。
- ・セメントモルタルライニングダクタイル铸铁管、塩ビ管、ポリエチレン管ともに溶存酸素は殆ど変化しない。

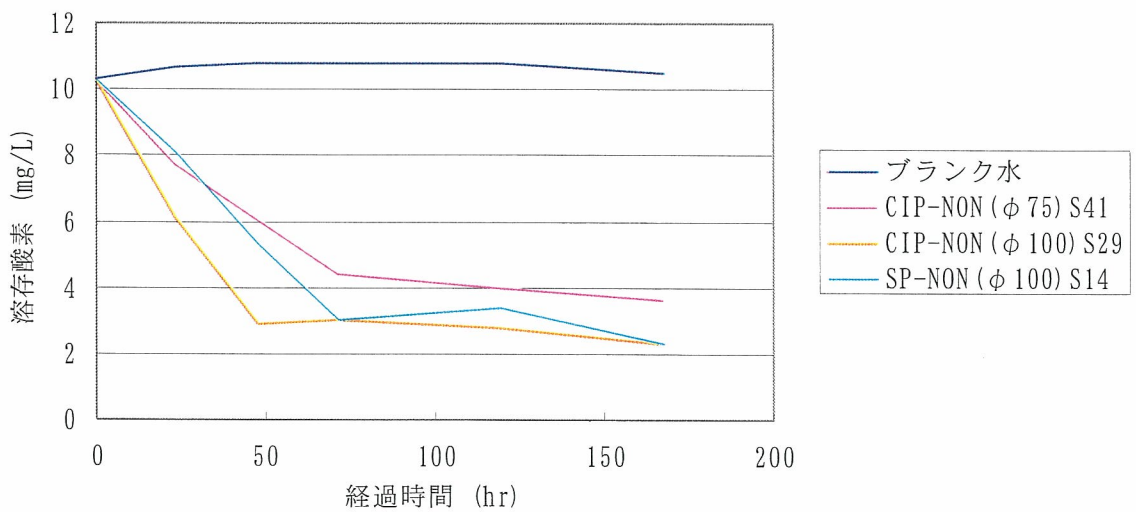


図 3.5.19 溶存酸素 (無ライニング铸铁管・無塗装鋼管)

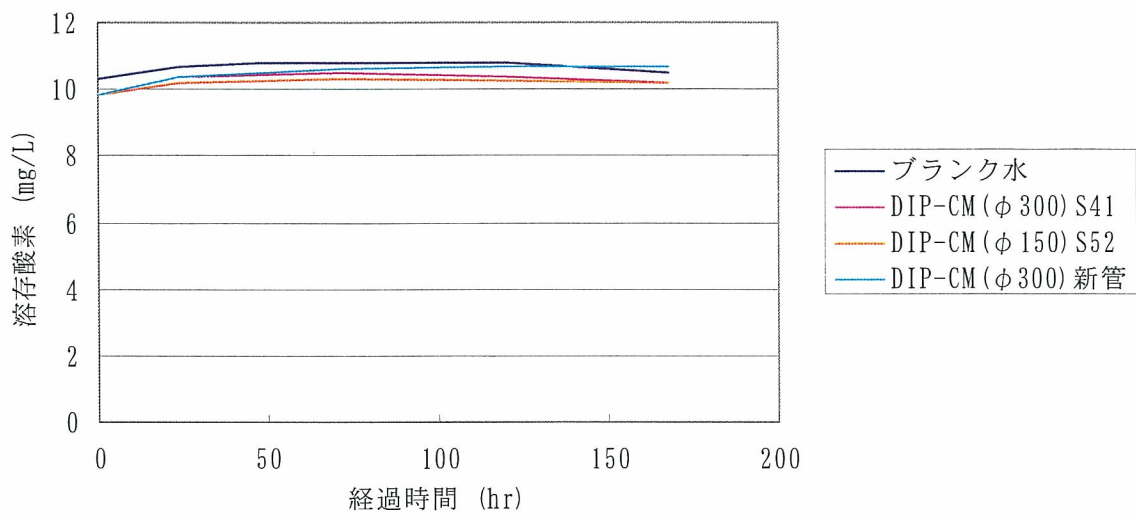


図 3.5.20 溶存酸素 (セメントモルタルライニング管 (経年管・新管))

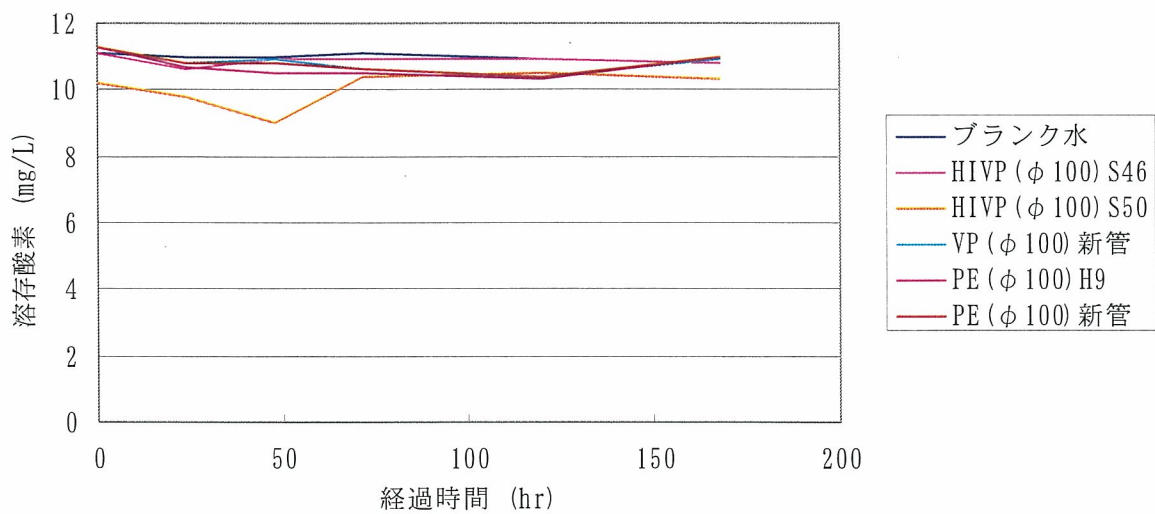


図 3.5.21 溶存酸素 (塩ビ管・ポリエチレン管)

表 3.5.13 水質分析結果 (168 時間後)

No.	管種	内面仕様	口径 (mm)	布設 年 (年)	濁度 (度)	pH 値	総アクリ 度 (mg/l)	硝酸・亜硝 酸態窒素 (mg/l)	TOC (mg/l)	カルシウム マグネシウム (mg/l)	蒸発 残留物 (mg/l)	電気 伝導率 (μS/cm)	鉄 (mg/l)	マンガン (mg/l)	溶存 酸素 (mg/l)
—	ブランク		—	—	<0.05	7.8	38	検出せず	検出せず	—	130	22	—	—	10.5
①	無イオン鋼鉄管 (CIP)	—	φ75	S41	34	7.8	32	検出せず	3.3	22	18	18	4.7	0.20	3.6
②	無イオン鋼鉄管 (CIP)	—	φ100	S29	67	7.2	39	検出せず	5.0	58	190	26	17.0	0.50	2.3
③	ゲウアル鋼鉄管 (DIP)	セメントポリマー	φ300	S41	0.26	7.7	41	実施せず	4.3	53	130	22	検出せず	0.014	10.2
④	ゲウアル鋼鉄管 (DIP)	セメントポリマー	φ150	S52	0.44	7.9	41	実施せず	1.2	50	130	21	0.06	0.009	10.2
⑤	ゲウアル鋼鉄管 (DIP)	セメントポリマー	φ300	新管	0.72	9.0	37	実施せず	1.9	42	120	23	0.03	検出せず	10.7
⑥	ゲウアル鋼鉄管 (DIP)	エポキシ粉体塗装	φ150	新管	<0.05	7.8	33	実施せず	検出せず	46	100	21	検出せず	検出せず	10.6
⑦	鋼管 (SP)	無塗装	φ100	S14	77	7.2	32	検出せず	3.8	59	240	30	18.0	1.70	2.3
⑧	塩ビ管 (HVP)	—	φ100	S46	0.32	7.6	34	検出せず	0.3	45	110	21	検出せず	検出せず	10.8
⑨	塩ビ管 (HVP)	—	φ100	S50	<0.05	7.7	31	検出せず	0.3	46	110	21	検出せず	検出せず	10.3
⑩	塩ビ管 (VP)	—	φ100	新管	<0.05	7.4	33	検出せず	0.5	46	130	22	検出せず	検出せず	10.9
⑪	ポリエチレン管 (PE)	—	φ100	H9	0.48	7.5	32	検出せず	検出せず	45	130	21	検出せず	検出せず	11.0
⑫	ポリエチレン管 (PE)	—	φ100	新管	<0.05	7.4	32	検出せず	0.6	45	130	21	検出せず	検出せず	11.0

③k 値（残留塩素濃度消費速度係数）

管材質による残留塩素濃度の低減傾向を把握するために k 値（残留塩素濃度消費速度係数）を求めた。経過時間毎（6、24、48、168 時間後）の k 値を表 3.5.14 及び図 3.5.22～3.5.25 に示す。

表 3.5.14 経過時間毎の k 値

No.	管種	内面仕様	布設期間	残留塩素減少係数 (k 値)			
				6 時間後	24 時間後	48 時間後	168 時間後
①	無ライニング [*] 鑄鉄管 (CIP)	—	S41	—	—	—	—
②	無ライニング [*] 鑄鉄管 (CIP)	—	S29	—	—	—	—
③	ダクタイル鑄鉄管 (DIP)	セメントモルタルライニング [*]	S41	0.0914	—	—	—
④	ダクタイル鑄鉄管 (DIP)	セメントモルタルライニング [*]	S52	0.1128	—	—	—
⑤	ダクタイル鑄鉄管 (DIP)	セメントモルタルライニング [*]	新管	減少なし	減少なし	減少なし	0.0048
⑥	ダクタイル鑄鉄管 (DIP)	エポキシ粉体塗装	新管	減少なし	減少なし	減少なし	0.0018
⑦	鋼管 (SP)	無塗装	S14	—	—	—	—
⑧	塩ビ [*] 管 (HIVP)	—	S46	0.0220	0.0102	0.0055	0.0042
⑨	塩ビ [*] 管 (HIVP)	—	S50	減少なし	0.0115	0.0124	0.0062
⑩	塩ビ [*] 管 (HIVP)	—	新管	0.0115	0.0050	0.0027	0.0008
⑪	ポリエチレン管 (PE)	—	H9	0.0157	0.0135	0.0082	0.0027
⑫	ポリエチレン管 (PE)	—	新管	減少なし	0.0034	0.0023	0.0008

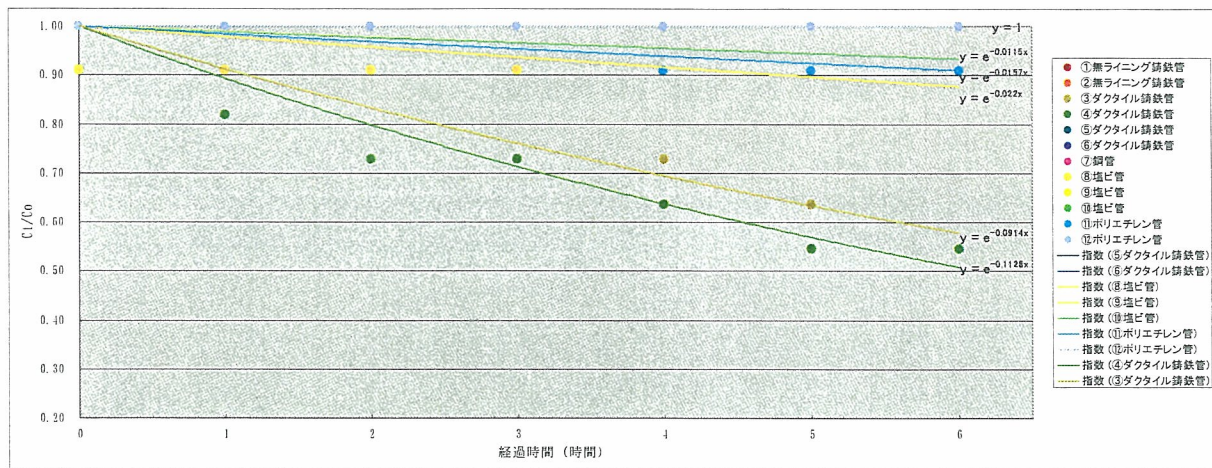


図 3.5.22 k 値（6 時間後）