

④マンガンと鉄

無ライニング鑄鉄管 (T11) の 10℃はマンガンが増加傾向を示した。(T11 の 18℃は減少傾向) しかし、鋼管はその傾向を示しておらず、ブランク水と同値で変化が見られない。鉄系管路の供試管であるが、鉄については傾向がみられなかった。

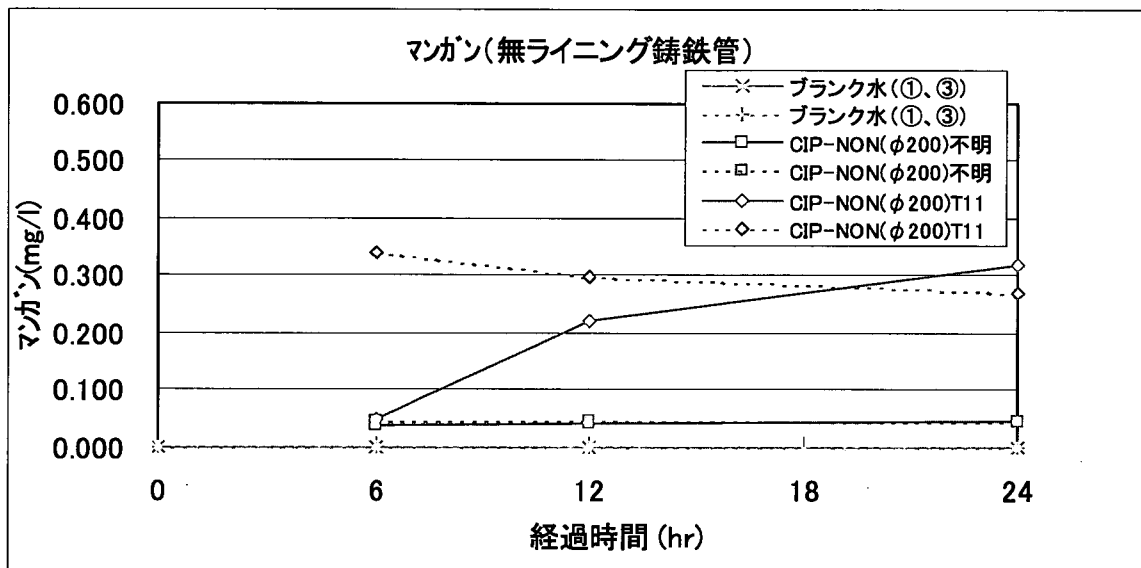


図 3.5.38 マンガン 無ライニング鑄鉄管

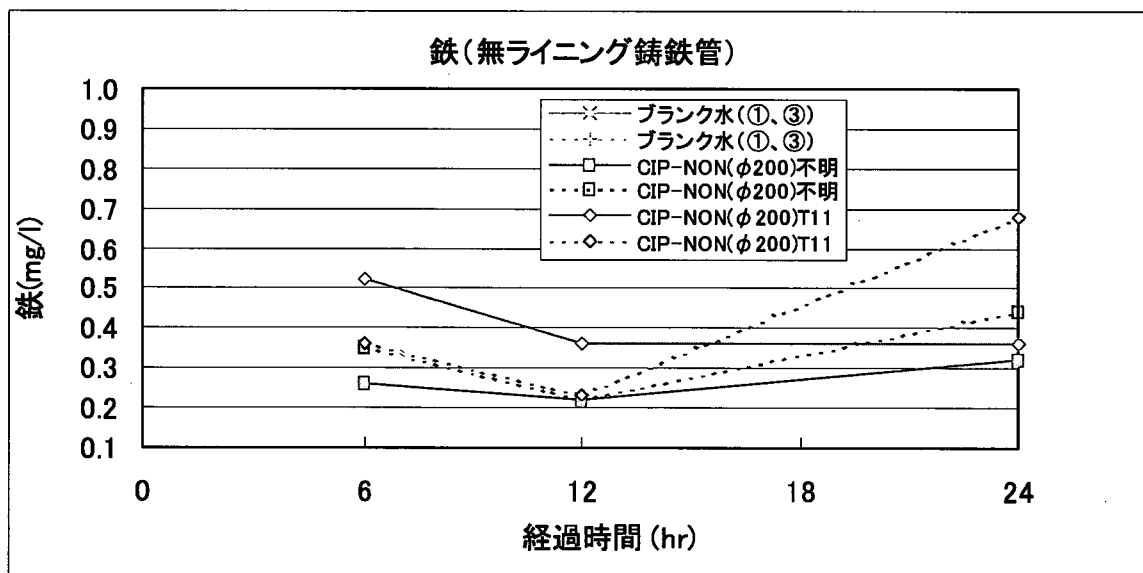


図 3.5.39 鉄 無ライニング鑄鉄管

表 3.5.6 残留塩素濃度の経時変化

管種	内面仕様	口径 (mm)	布設年 (年)	残留塩素濃度 (mg/l)							コメント	
				開始時	1時間	2時間	3時間	6時間	12時間	24時間		
ブランク ①③④		-	-	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	10℃/洗浄後
				1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	18℃/洗浄後
鋳鉄管 (CIP)	無ライニング*	φ 200	不明	1.0	0.90	0.70	0.30	0.15	-※1	-※1	-※1	10℃/洗浄後
				1.0	0.30	0.20	0.10	-※1	-※1	-※1	-※1	18℃/洗浄後
鋳鉄管 (CIP)	無ライニング*	φ 200	T11	1.0	1.0	0.8	0.6	0.4	-※1	-※1	-※1	10℃/洗浄後
				1.0	0.8	0.5	0.4	0.05	-※1	-※1	-※1	18℃/洗浄後
鋼管 (SP)	モルタルライニング*	φ 200	S41	1.0	1.0	1.0	1.0	0.90	0.80	0.70	10℃/洗浄後	
				1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.90	0.70	0.70	18℃/洗浄後
鋼管 (SP)	液状エポキシ樹脂塗料	φ 200	新管	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	10℃/洗浄後
				1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	18℃/洗浄後

※1: 検出せず

参考表 1 残留塩素濃度の経時変化（平成 17 年度 静置）

No.	管種	内面仕様	口径 (mm)	布設年 (年)	残留塩素濃度 (mg/l)							k 値	
					開放時	1 時間	2 時間	3 時間	6 時間	12 時間	24 時間		
-	フランク		-	-	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.90	
①	铸铁管 (CIP)	無ライニング*	φ 75	S41	1.0	検出せず	-	-	-	-	-	-	-
②	铸铁管 (CIP)	無ライニング*	φ 100	S29	1.0	検出せず	-	-	-	-	-	-	-
③	ダクタイル铸铁管 (DIP)	モルタルライニング*	φ 300	S41	1.1	1.1	1.0	0.80	0.60		検出せず	(0.0914)	
④	ダクタイル铸铁管 (DIP)	モルタルライニング*	φ 150	S52	1.1	0.90	0.80	0.80	0.60		検出せず	(0.1128)	
⑤	ダクタイル铸铁管 (DIP)	モルタルライニング*	φ 300	新管	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1		1.1	減少無し	
⑥	ダクタイル铸铁管 (DIP) ※1	エポキシ粉体塗装	φ 150	新管	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1		1.1	減少無し	
⑦	鋼管 (SP)	無ライニング*	φ 100	S14	1.0	検出せず	-	-	-		-	-	
⑧	塩ビ管 (HIVP)	-	φ 100	S46	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0		0.90	0.0102	
⑨	塩ビ管 (HIVP)	-	φ 100	S50	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1		0.80	0.0115	
⑩	塩ビ管 (VP)	-	φ 100	新管	1.1	1.1	1.1	1.1	1.0		1.0	0.0050	
⑪	ポリエチレン管 (PE)	-	φ 100	H9	1.1	1.1	1.1	1.1	1.0		0.80	0.0135	
⑫	ポリエチレン管 (PE)	-	φ 100	新管	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1		1.0	0.0034	

※1 No.⑥のダクタイル铸铁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。)

※無ライニングの铸铁管の閉塞率は、No.①が 47.0%、No.②が 28.5%であった。無ライニングの鋼管の閉塞率は、No.⑦が 18.8%であった。

平成 17 年度は、掘上後の搬送時あるいは加工時に乾燥対策を行っていない。

平成 17 年度は、洗浄の条件として水道水で 1 時間流水洗浄している。

平成 17 年度は、10℃±2℃の温度条件、攪拌せず静置の状態にて分析を行った。

平成 17 年度は、12 時間経過時の計測を行っていない。(0-1-2-3-4-5-6-24-48-72-120-168 時間経過時のうち、24 時間までを表記した。)

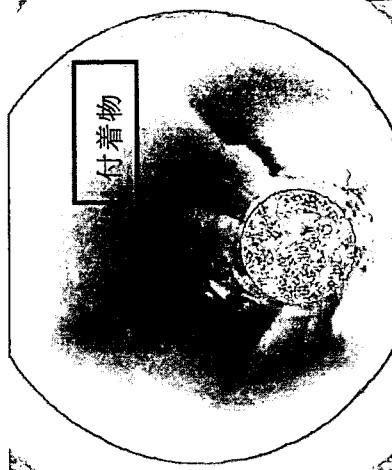
平成 17 年度は、24 時間経過時の k 値を表記した。表中の記号“-”は 1 時間経過時点で検出できなかったもの、() 内は 6 時間経過時の値を表記した。

参考表 2 残留塩素濃度の経時変化 (平成 19 年度 追加)

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	6 時間	12 時間	24 時間
-	配水ポリエチレン管	-	φ100	H9	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

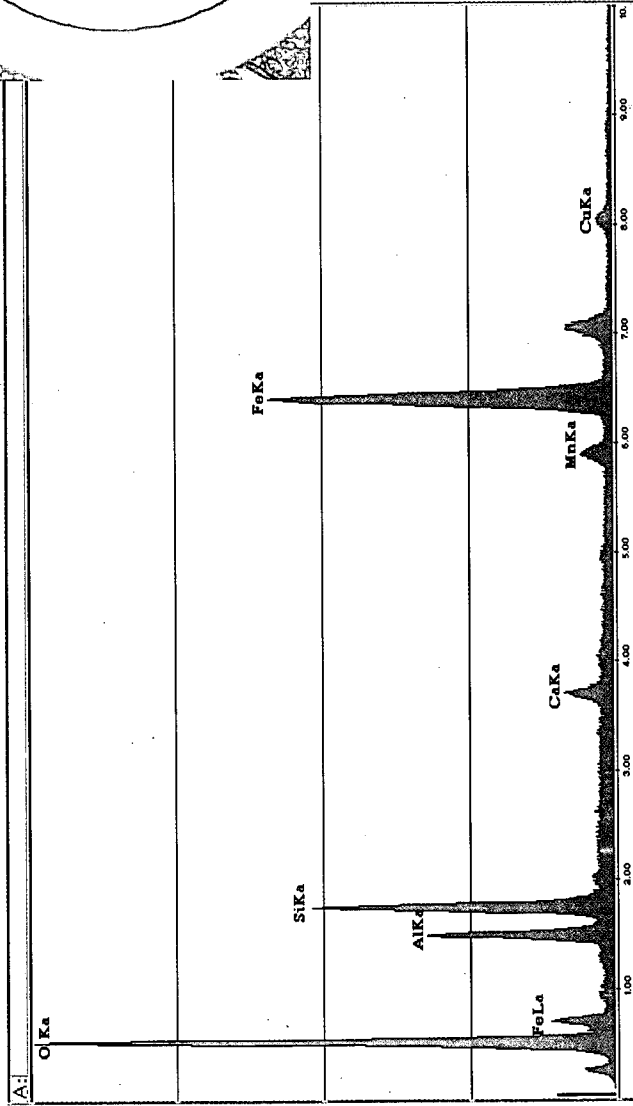
※管内面の鉄系以外の付着物によるk値の算出を目的に行ったが、残留塩素濃度の減少は見られなかった。
試験方法は、平成 18 年度 (本報告書) と同じである。

付着物 (茶色の錆) は、サドル付き分水栓 (鋳鉄製/試作品) の錆が、撤去時に配水ポリエチレン管内部に落下・付着したものと推定される。



配水ポリエチレン管 (PE H9)

※ 水溶性のナトリウムやカリウムが存在せず、沈殿を生じ易い元素が多い特徴を有する。



参考図 1 検体の茶色物質のX線エネルギー分散分析 (配水ポリエチレン管)

表 3.5.7 水質分析の結果 (24 時間後)

管種	内面仕様	口径 (mm)	布設年 (年)	濁度 (度)	色度 (度)	pH 値	電気伝導率 (mS/m)	蒸発残留物 (mg/l)	総アカリ度 (mg/l)	カルシウムマグネシウム (mg/l)	紫外線吸光度	TOC (mg/l)	マンガン (mg/l)	鉄 (mg/l)
ブランク①③		-	-	0.05※2	0.5※2	7.5	18	100	33	42	0.006	0.3	-※1	-※1
				0.05※2	0.5※2	7.6	18	97	31	42	0.006	0.4	-※1	-※1
ブランク④		-	-	0.05※2	0.5※2	7.5	19	120	29	45	0.006	-※1	-※1	-※1
				0.05※2	0.5※2	7.4	18	86	30	42	0.008	-※1	-※1	-※1
铸铁管 (CIP)	無フライニング*	φ 200	不明	0.50	0.6	7.9	17	85	33	42	0.007	0.3	0.046	0.32
				0.76	1.3	7.8	17	78	32	42	0.019	-※1	-※1	0.044
铸铁管 (CIP)	無フライニング*	φ 200	T11	0.88	1.9	7.7	22	140	29	46	0.048	-※1	0.32	0.36
				1.5	3.2	7.6	20	110	33	47	0.016	-※1	-※1	0.27
鋼管 (SP)	モルタルフライニング*	φ 200	S41	0.05※2	0.5※2	7.8	18	120	33	47	0.007	0.3	-※1	-※1
				0.05※2	0.5※2	7.8	18	120	32	43	0.013	0.3	-※1	-※1
鋼管 (SP)	液状エポキシ樹脂塗料	φ 200	新管	0.05※2	0.5※2	7.6	17	87	30	42	0.007	-※1	-※1	-※1
				0.05※2	0.5※2	7.5	18	93	29	45	0.006	-※1	-※1	-※1

上段：温度条件 10℃、下段：温度条件 18℃

※1：検出せず

※2：以下

3) k 値

管材質による残留塩素濃度の減少傾向を把握するために k 値を求めた。経過時間ごと（6、12、24 時間後）の k 値を表 3.5.8 に示す。残留塩素濃度の経過時間による減少傾向を図 3.5.40～図 3.5.43 に示す。

無ライニングの铸铁管（No.①）では、試験温度が 10℃では 12 時間経過時、温度が 18℃では 6 時間経過時に検出できなくなる。試験温度 10℃における 6 時間までの k 値は、表 3.5.8 に示すとおり No.①が 0.3163、No.②が 0.1495 である。同様に 3 時間までのデータで求めると No.①が 0.3165、No.②が 0.1413 となり、この程度の残留塩素濃度の減少傾向であれば、3 時間ほどで十分な k 値が得られると考えられる。ただし、温度条件が 18℃になると 3 時間までの k 値（表中かっこ書き）が一変しているため、十分な注意が必要である。

一方、モルタルライニング鋼管は、試験温度が 10℃では 6 時間経過時、温度が 18℃では 12 時間経過時に、残留塩素濃度の減少が検出できるようになる。10℃の k 値を表 2.3.22 で見ると、0.0126～0.0171 の範囲にある。18℃の 24 時間で k 値は 0.0128 となり、ほぼ同程度の値となる。

残留塩素濃度の減少が検出されてから、3 時間と 6 時間のように 2 点程度確認することが望ましいと考えられる。

表 3.5.8 経過時間ごとの k 値

No.	管種	内面仕様	口径	布設年	残留塩素濃度減少速度係数 (hr ⁻¹)		
					6	12	24
①	铸铁管(CIP)	無ライニング*	φ 200	不明	0.3163	—	—
					(0.8093)	—	—
②	铸铁管(CIP)	無ライニング*	φ 200	T11	0.1495	—	—
					0.4467	—	—
③	鋼管 (SP)	モルタルライニング*	φ 200	S41	0.0126	0.0171	0.0154
					減少なし	0.0065	0.0128
④	鋼管 (SP)	液状エポキシ樹脂塗料	φ 200	新管	減少なし		

上段：温度条件 10℃、下段：温度条件 18℃

無ライニング铸铁管の下段の () 表示は、3 時間までのデータによる参考値

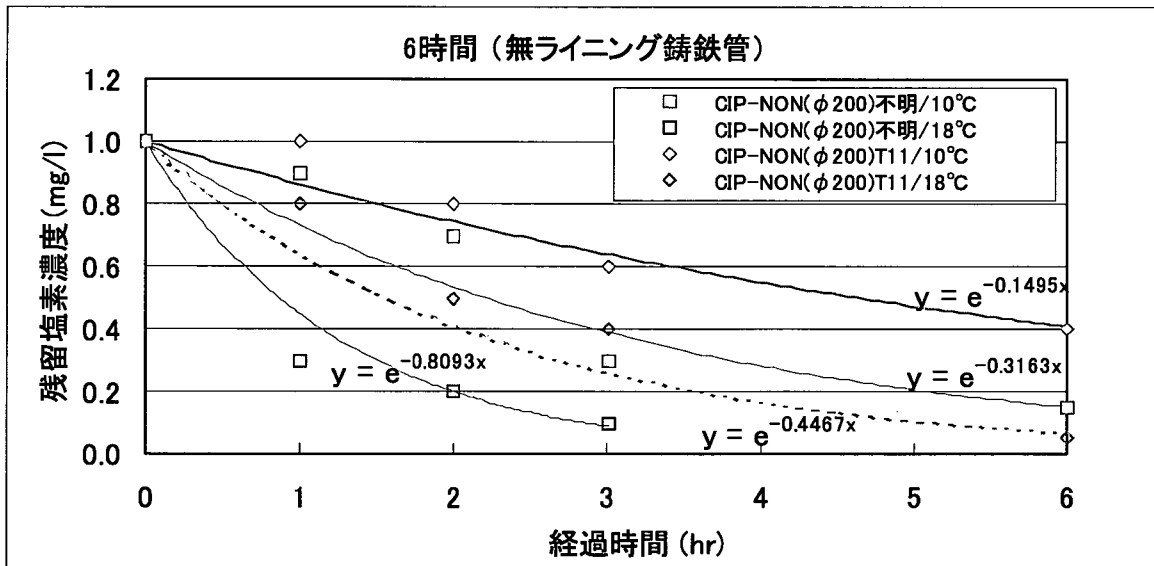


図 3.5.40 残留塩素濃度の減少傾向 無ライニング鑄鉄管（6時間後）

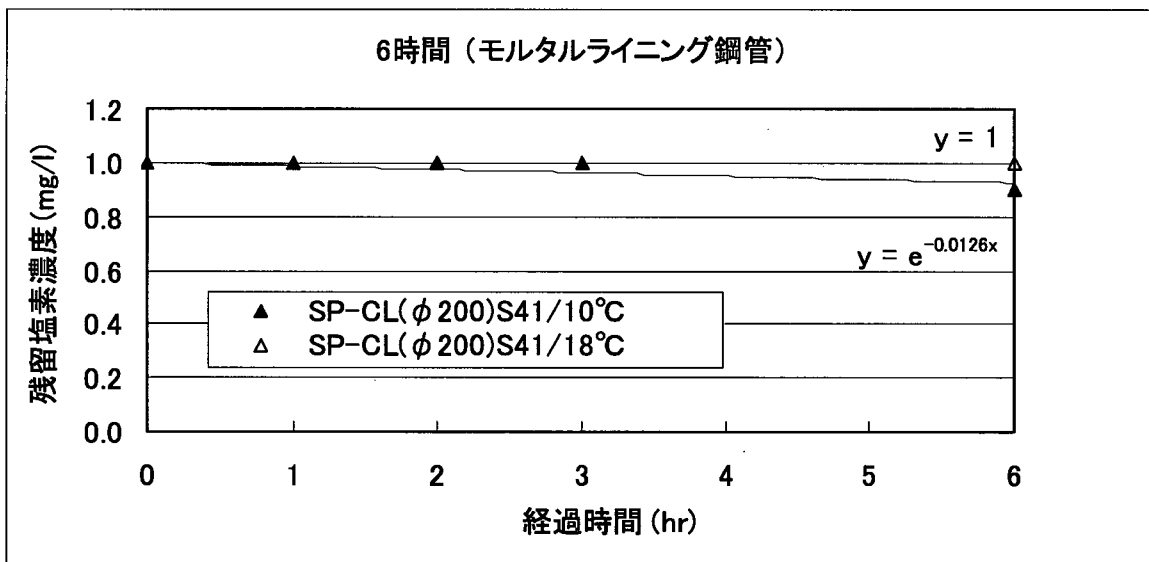


図 3.5.41 残留塩素濃度の減少傾向 モルタルライニング鋼管（6時間後）

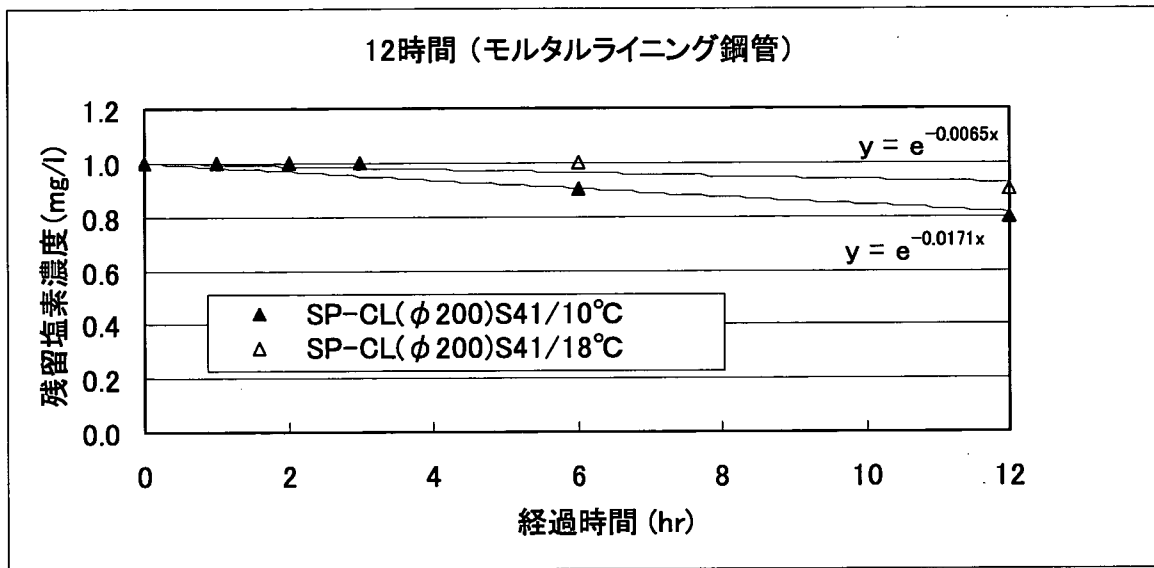


図 3.5.42 残留塩素濃度の減少傾向 モルタルライニング鋼管（12 時間後）

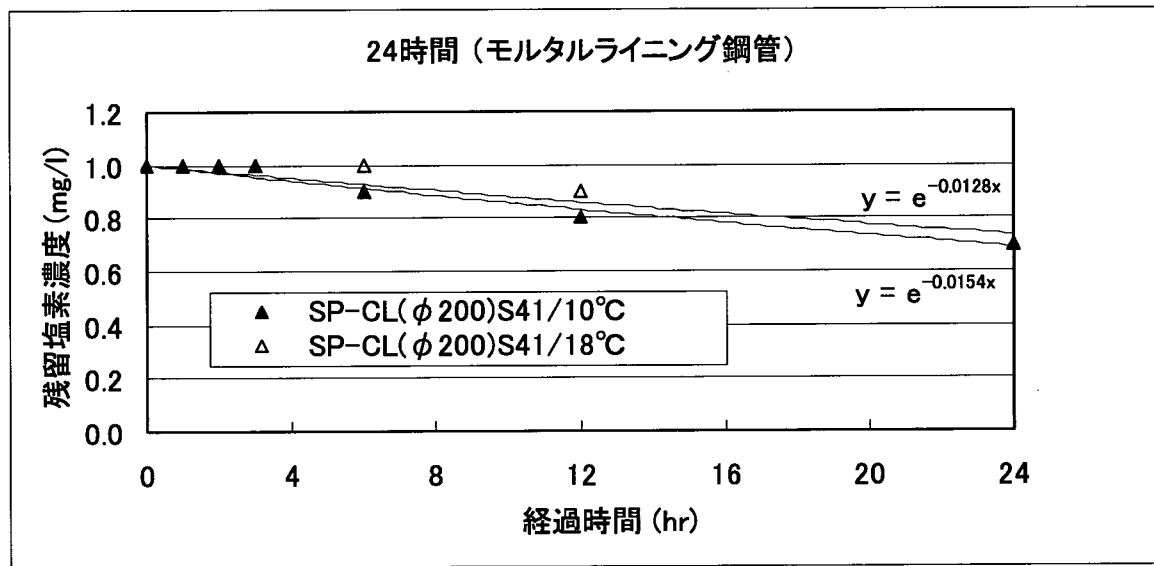


図 3.5.43 残留塩素濃度の減少傾向 モルタルライニング鋼管（24 時間後）

4) 管体調査結果

供試管のうち、経年管について管体の外観調査・寸法測定及び内面閉塞率測定を行った。また、鋼管のモルタルライニングの表面には、シーラコートが確認できなかった。

① 外観調査・寸法測定

供試管外観の調査結果について、表 3.5.9 に示す。

表 3.5.9 外観調査結果

No.	管種	内面仕様	口径	布設年	コメント
①	鋳鉄管(CIP)	無ライニング*	φ 200	不明	外観の状況としては、目立った腐食は認められなかったが、薄い錆、モルタルの付着があり、また、一様に粗い面となっていた。
②	鋳鉄管(CIP)	無ライニング*	φ 200	T11	外観の状況としては、全体的に表面が粗く、凹凸、錆、モルタルの付着があり、管軸方向に筋上の模様が4本みられた。
③	鋼管(SP)	モルタルライニング*	φ 200	S41	外観の状況としては、大きさ φ 10 mm 以下、深さ 1 mm 以下の減肉が、全面一様に無数にあった。

② 管内面閉塞率

供試管の内面閉塞率の調査結果について、表 3.5.10 に示す。

表 3.5.10 管内面閉塞率

No.	管種	内面仕様	口径	布設年	管長 (mm)	内径 (mm)	初期容積 (ml)	実容積 (ml)	閉塞率 (%)
①	鋳鉄管(CIP)	無ライニング*	φ 200	不明	403	197	12,284	9,650	21.4
②	鋳鉄管(CIP)	無ライニング*	φ 200	T11	385	205	12,707	10,300	18.9
③	鋼管(SP)	モルタルライニング*	φ 200	S41	400	191	11,461	11,550	0

$$\text{閉塞率} = 1 - \frac{\text{実容積}}{\text{初期容積}} \times 100 (\%)$$

ここで、実容積：管内に充水して計測した容量

初期容積：錆瘤が無い場合の内径より算出した容量

各供試管の内面の状況については、写真 3.5.1 並びに上表にも示すように、無ライニングの鋳鉄管の内面は錆瘤が発生しており、どちらも閉塞率 20%程度となっている。モルタルライニング鋼管は写真に示すように点錆が見受けられるが、閉塞率を求めると 0%である。

(7) まとめ

管材質と残留塩素減少に係る調査によって得られた結果をまとめると、表 3.5.11 の通りである。

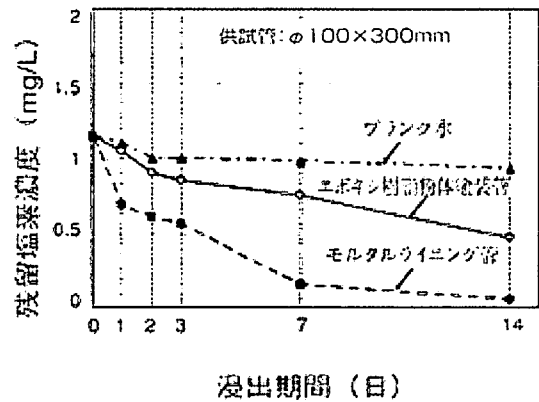
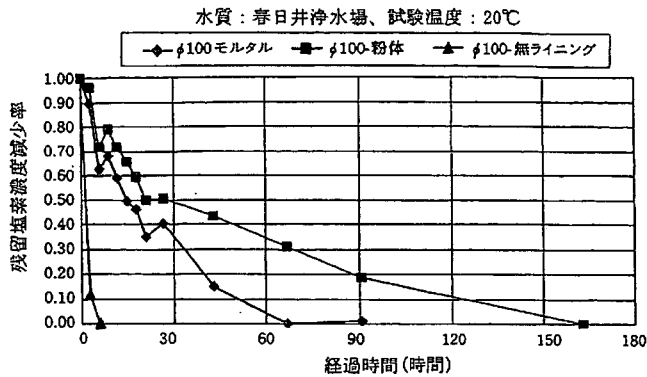
表 3.5.11 管材質と残留塩素減少に係る調査結果

調査項目	経年管			新管
	铸铁管 (CIP) 無ライニング φ 200 布設年不明	铸铁管 (CIP) 無ライニング φ 200 布設年 T11	钢管 (SP) モルタルライニング φ 200 布設年 S41	钢管 (SP) 液状エポキシ樹脂塗料 φ 200 新管
①濁度	傾向なし	傾向なし	ブランク水と同値	ブランク水と同値
②色度	増加傾向	傾向なし	ブランク水と同値	ブランク水と同値
③pH 値	ブランク水と同傾向	傾向なし	ブランク水と同傾向	ブランク水と同傾向
④総アルカリ度	傾向なし	傾向なし	傾向なし	傾向なし
⑤有機物 [□]	10℃増加傾向	傾向なし	ブランク水と同傾向	ブランク水と同値
⑥カルシウム・マグネシウム等(硬度)	傾向なし	傾向なし	傾向なし	ブランク水と同値
⑦蒸発残留物	傾向なし	傾向なし	傾向なし	傾向なし
⑧電気伝導率	傾向なし	傾向なし	傾向なし	傾向なし
⑨鉄及びその化合物	傾向なし	傾向なし	ブランク水と同値	ブランク水と同値
⑩マンガソ及びその化合物	傾向なし	10℃増加傾向	ブランク水と同値	ブランク水と同値
⑪紫外線吸光度 (E260)	増加傾向	10℃増加傾向	18℃増加傾向	傾向なし

※全有機炭素(TOC)の量

残留塩素濃度の減少速度を比較すると、無ライニングの铸铁管とモルタルライニングの钢管のk値で1桁の開きがある。内面ライニングが施されている場合は、経年管においても残留塩素濃度の減少速度は小さいといえる。このモルタルライニングの供試管には、シールコートが確認できず、写真 3.5.1 に示すような小さな錆瘤があり、この影響を受けたものと推定され、錆瘤がなければやや小さいk値となったものと考えられる。

モルタルライニングの残留塩素の減少について、参考データの例を以下に示す。どちらも 24hr 後に、おおよそ半減していることが分かる。今回の調査では試験温度 10℃ 及び 18℃において 24hr までの計測としている。下図の例では試験温度が 20℃あるいは 23℃であり、14 日までの計測を行っているが、温度の影響で減少が大きくなっていると推定される。



a) 日本水道協会 水道施設更新指針 b) 日本ダクティル鉄管協会 HP Q&A
 参考図 2 モルタルライニングにおける残留塩素濃度の減少傾向

内面の錆の状況に関する指標として、容積による閉塞率を求めている。無ライニングの铸铁管はどちらも閉塞率 20%程度となっており、N 数が少なく k 値を比較できるほどではない。モルタルライニング鋼管は閉塞率 0%であり、k 値は小さい。

調査項目のうち、紫外線吸光度は、多数の経年管で増加傾向がみられるといえる。TOC は増加や減少の傾向をほとんど示していない。

また、平成 17 年度と以降の調査では、供試管になる前の掘上管の運搬方法（昨年度：水道水浸漬なし、今年度：水道水浸漬あり）、コンディショニングの条件（昨年度：流水洗浄 1 時間、今年度：流水洗浄 3 日間）、試験の方法（昨年度：攪拌なし（静置）、今年度：攪拌あり）が異なるため、直接の比較が難しい。昨年の運搬方法では、管内の錆が乾燥により、変化していることが懸念される。そのため、参考として表記するにとどめた。

平成 17 年度から残留塩素濃度等の減少要因の研究を進めるなかで、水源水質（原水と処理方法）、管材質の他に、鉄系以外の内面付着物が減少要因と成り得るかの議論があった。そこで、敷設後 10 年経過した内面付着物を有する配水ポリエチレン管を用いて同様の実験を行ったが、24 時間経過しても塩素濃度の減少は見られなかった。このことから減少要因とは考え難い結果となった。

さらに、錆の度合いによる残留塩素濃度の減少度合いも確認できている状況とはいえない。管内の錆による閉塞率などとの相関関係が明らかとなっておらず、錆の度合いをパラメータにできるような調査の実施が望ましい。

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結果

(1) 調査目的

管路の錆発生と残留塩素の低下に着目し、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、水質および水理状況、残留塩素の減少量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

老朽管路において水質の変化がどの程度発生しているかを把握するために、老朽管路の上・下流部にて以下のような調査を行った。

1) 管路の属性調査 (資料調査)

- ① 管路の仕様 管種、口径、内外面塗装、継ぎ手、等
- ② 埋設状況 布設年度、周辺管路の布設替え状況
- ③ 苦情等の情報

2) 管路の現状調査 (フィールド調査)

- ① 水理状況 流速、水圧
- ② 水質状況 残留塩素濃度、懸濁物質濃度、電気伝導度、水温
- ③ 内面状況 管内カメラによる管路の内面観察

3) 供給拠点の配水状況 (資料調査)

- ① 配水状況 配水系統、送配水量
- ② 水質状況 残留塩素濃度、等

また、調査の手順は以下に示すとおりとした。

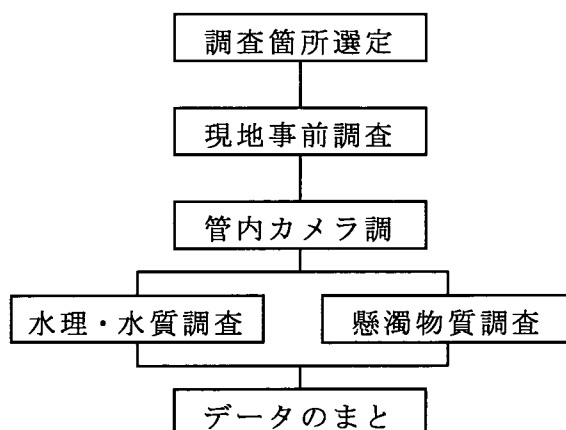


図 3.5.44 調査フロー

(3) 調査方法

1) 調査箇所を選定

配管図および管網計算結果などを資料として、老朽管の上・下流にて測定機器を設置できる消火栓もしくは空気弁を選定する。適当な弁類がない場合には割り T 字管等を設置する。

また、通常時の管内の流速が速い・遅い管路の両方を対象とすること、流速を任意に変化させての測定が可能であること、管路更新が予定されている管路では更新後に再測定を行うこと、等を条件とした。

2) 現地事前調査

計測する消火栓または空気弁の補修弁の有無、構造、止水性能の確認やボルト・ナットの径、腐食の状況等を確認した。

3) 管内カメラ調査

老朽管掘上位置付近の計測箇所において管内カメラを挿入し、管内面の状況、砂・錆等の堆積、付着物の有無等を確認する。(所要約 1 時間)

なお、消火栓縦管等の内面に大量の錆瘤が付着している場合には、消火栓から排水しながら専用の治具を用いてカメラ等(φ40)が挿入できる程度まで錆瘤を除去する必要がある。(所要約 30 分)

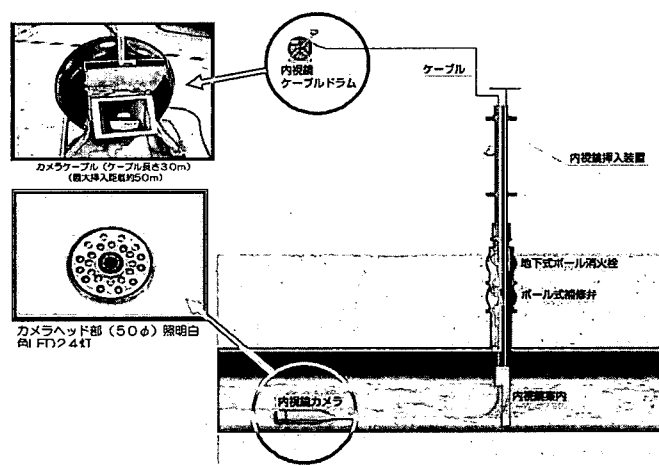


図 3.5.45 挿入式管内カメラ

4) 水理・水質調査

計測機器は全て消火栓および空気弁室内に収容し計測を行った。消火栓上部（空気弁の場合には、補修弁上部）を計測用フランジに交換し、採水管を挿入する。内面設置型超音波流量計は、管内で開いた状態にした超音波センサにより流速を継続的に計測する。

配水管中心部に設置した採水管からは、30ml/min を採水し、残留塩素濃度、電気伝導率、水温を連続的に計測した。（計測した後のサンプル水は弁室内に排水した。）また、水圧センサについては、調整フランジの立ち上がり管に取り付け、水圧を連続的に計測した。

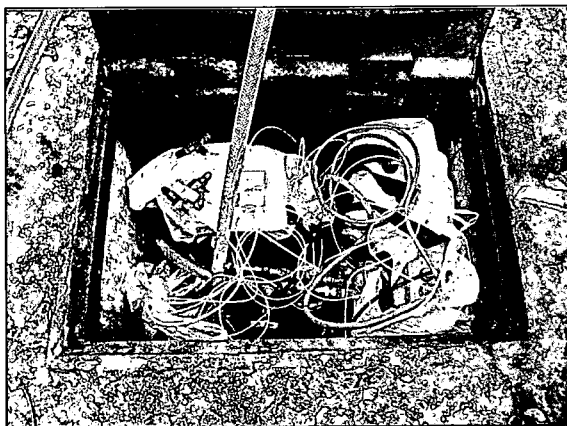


写真 3.5.7 水理・水質計測機器設置状況

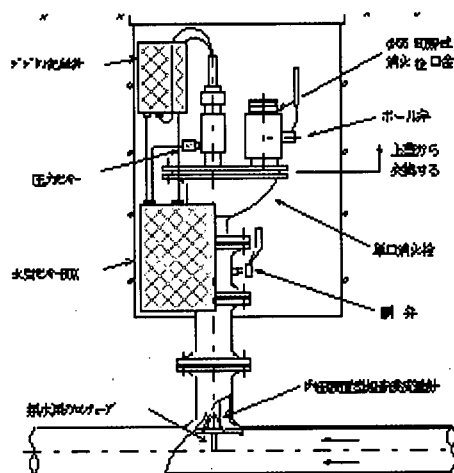


図 3.5.46 計測機器設置状況（消火栓）

また、本調査での測定の間隔および期間は以下に示すとおりである。

表 3.5.12 測定の間隔および期間

調査項目	計測項目	計測期間	計測間隔	備考
水理状況	①流速	連続3日間以上	10秒	
	②水圧	〃	〃	
水質状況	③残留塩素濃度	〃	5分	
	④電気伝導度	〃	〃	
	⑤水温	〃	〃	
	⑥懸濁物質	〃	連続	目標排水量：200L/枚
内面状況	⑦管内カメラ	機器設置時	—	

また、本調査で用いる測定機器の仕様は以下に示すとおりである。

表 3.5.13 測定機器の仕様

調査項目	計測項目	計測期間	計測間隔	備考
水理状況	①流速	連続3日間以上	10秒	
	②水圧	〃	〃	
水質状況	③残留塩素濃度	〃	5分	
	④電気伝導度	〃	〃	
	⑤水温	〃	〃	
	⑥懸濁物質	〃	連続	目標排水量：200L/枚
内面状況	⑦管内カメラ	機器設置時	—	

5) 懸濁物質調査

水理・水質計測機器の採水管から20ml/minを採水し、水圧を利用してメンブレンフィルター（φ47、公称孔径5.0μm）でろ過を行い、水中に含まれる懸濁物質を捕集した。（排水量も測定する）

なお、本調査には、写真3.5.8に示す弁室内設置型の懸濁物質捕集装置を使用した。

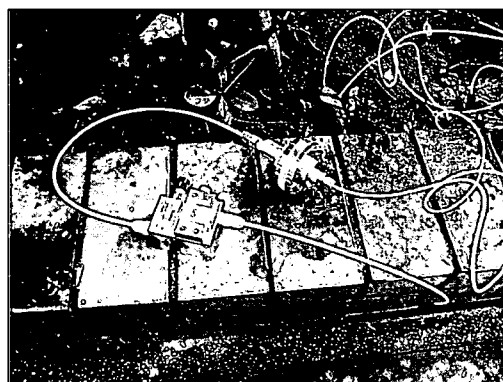


写真 3.5.8 弁室内設置型懸濁物質捕集装置

6) データのまとめ

一連の調査結果から管路の老朽度・水理特性と残留塩素等の水質との相関性を検討するとともに、残留塩素の減少速度係数（k値）を算出する。

(4) 調査結果

1) 調査箇所

フィールド調査は平成17年から平成19年までに11路線にて実施した。調査箇所の一覧を表3.5.14に示す。

表 3.5.14 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 (mm)	布設年度 (年)	管路延長 (m)	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	
平成 18	Y市/管路 U	①—② ②—③ ③—④	DIP	モルタル	150	1971	109	更新対象管路
			DIP	モルタル	300	1975	490	
			SP	モルタル	300~200	1965~66	307	
	Y市/管路 F	①—②	CIP	無	200	不明	277	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
			CIP	無	200	1922	114	
			DIP	モルタル	100	1966	1,250	
平成 19	K市/管路 K	①—② ②—③	DIP	モルタル	400~100	1991~93	220	直管はモルタルライニング 異形管はエポキシ粉体塗装
			DIP	モルタル	100	1991~93	170	
	Y市/管路 N	①—②	CIP	無	250	1956	200	
Y市/管路 K	①—②	CIP	無	250	1956	203	直管はモルタルライニング 異形管はライニングなし	

【Y市/管路T】

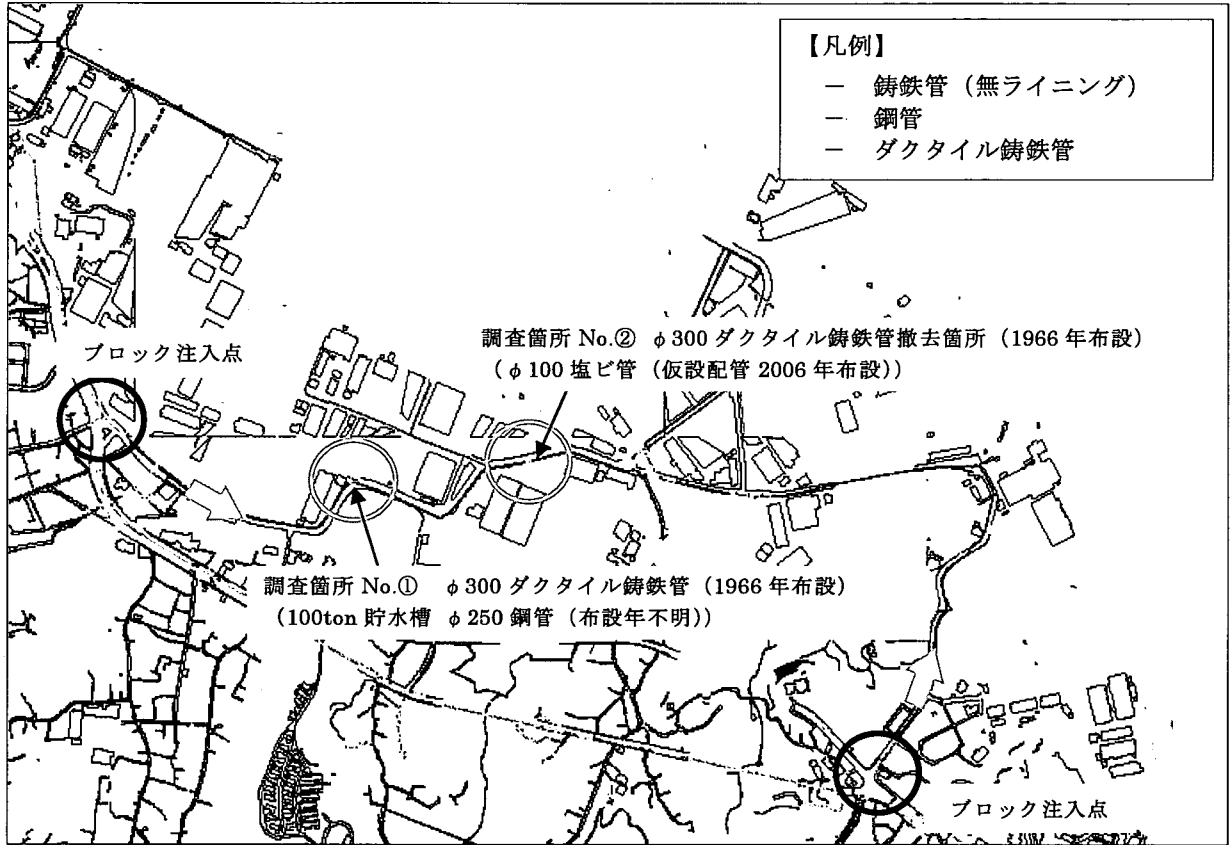


図 3.5.47 Y市/管路U概要図

【Y市/管路M】

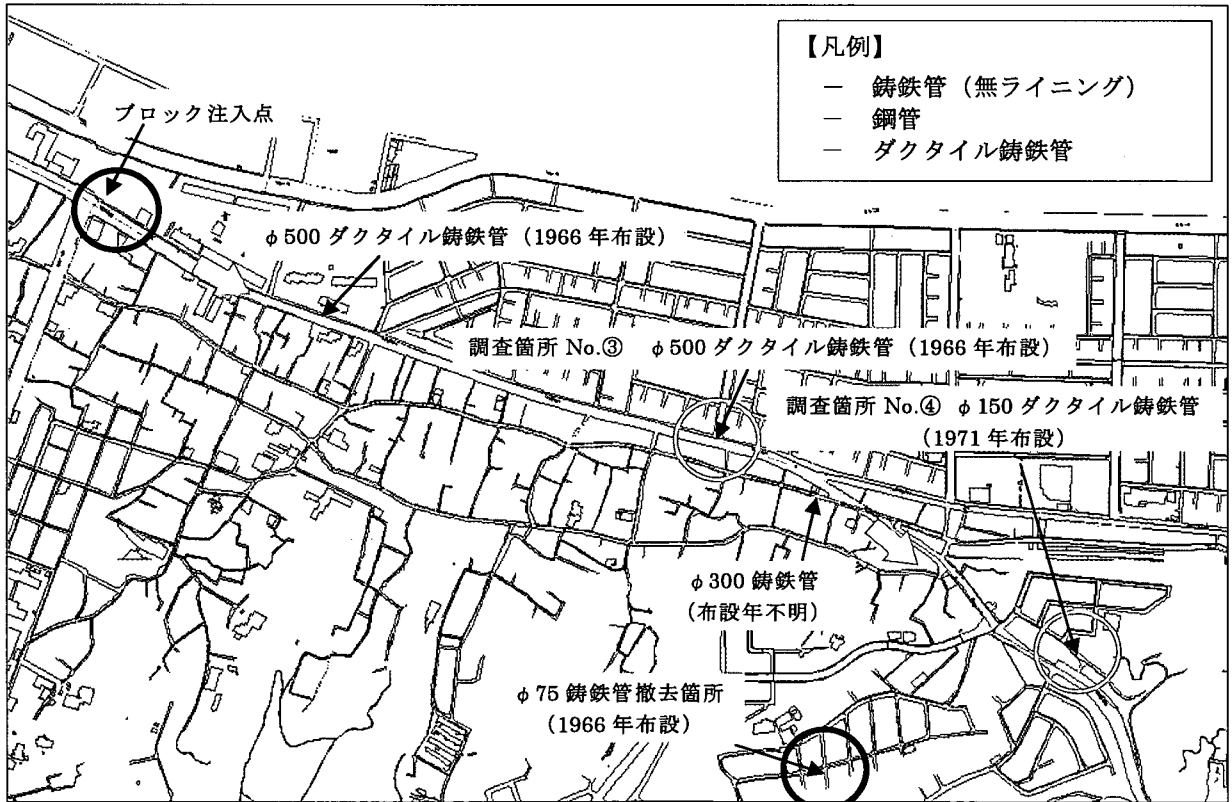


図 3.5.48 Y市/管路M概要図

【Y市/管路U】

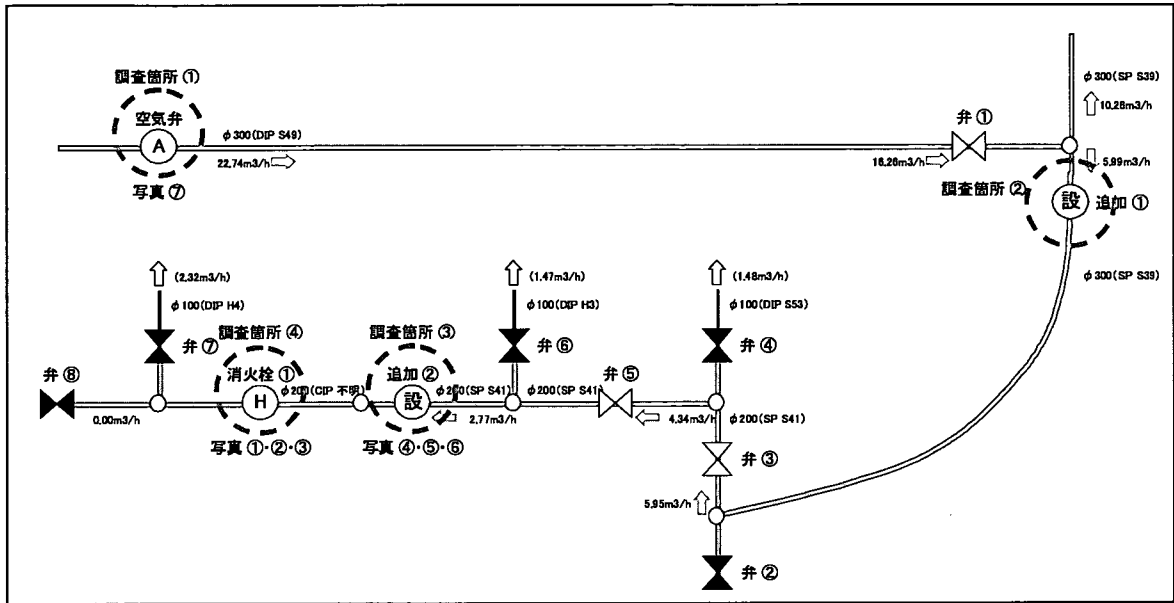


図 3.5.49 Y市/管路U概要図

【Y市/管路F】

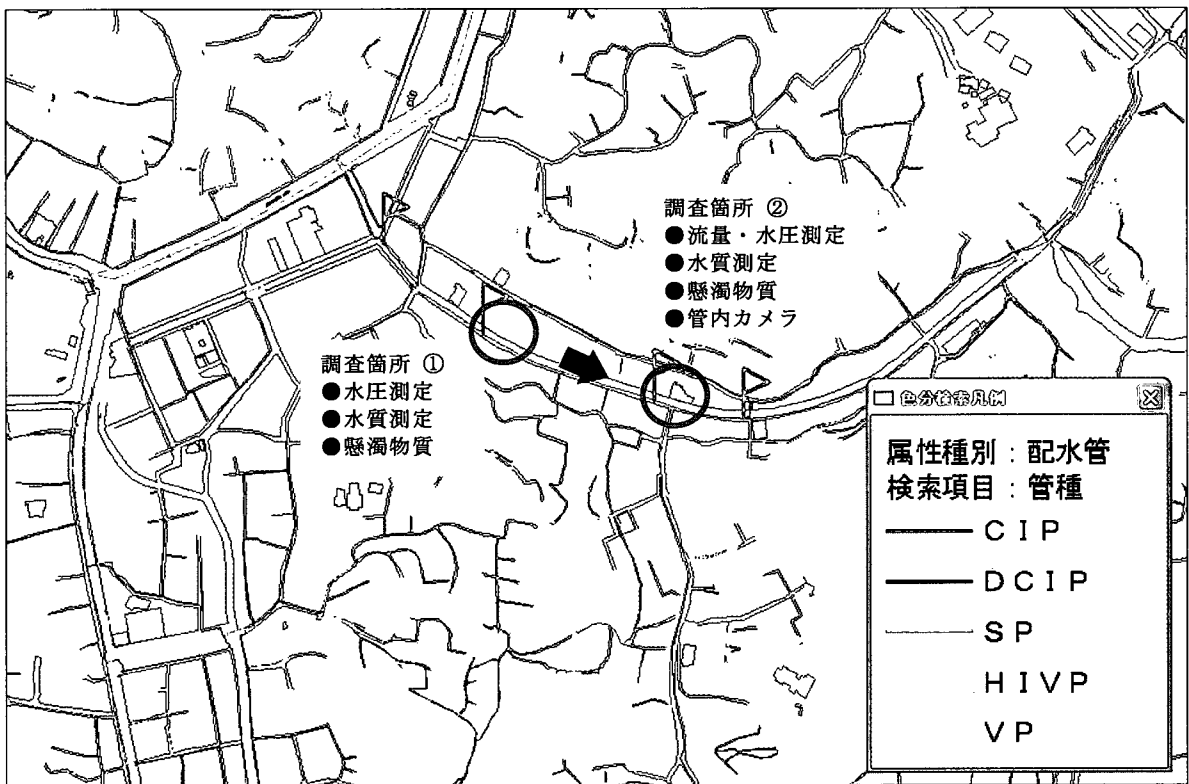


図 3.5.50 Y市/管路F概要図

【K市/管路D】

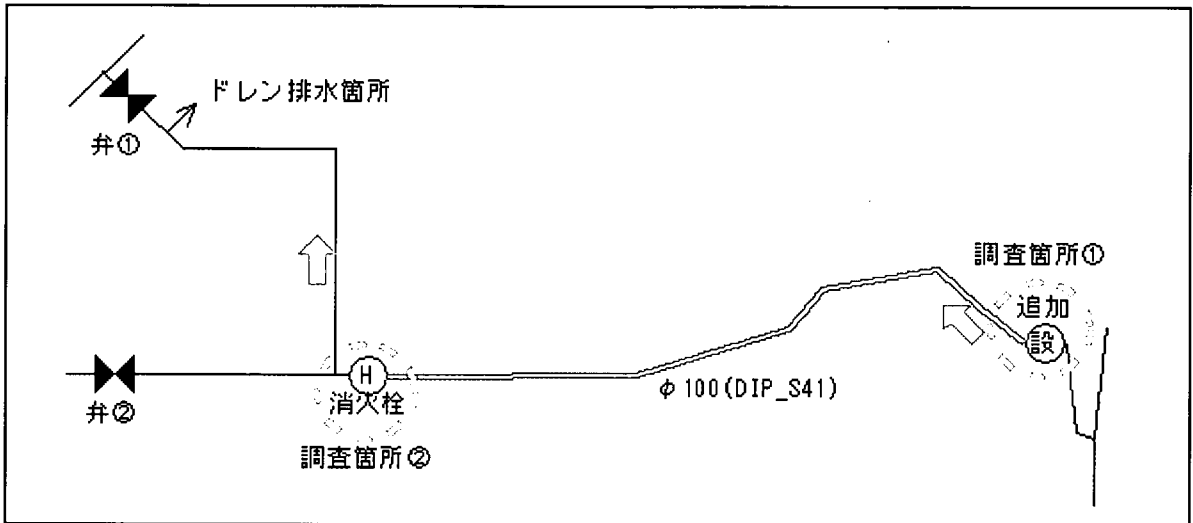


図 3.5.51 K市/管路D概要図

【K市/管路K】

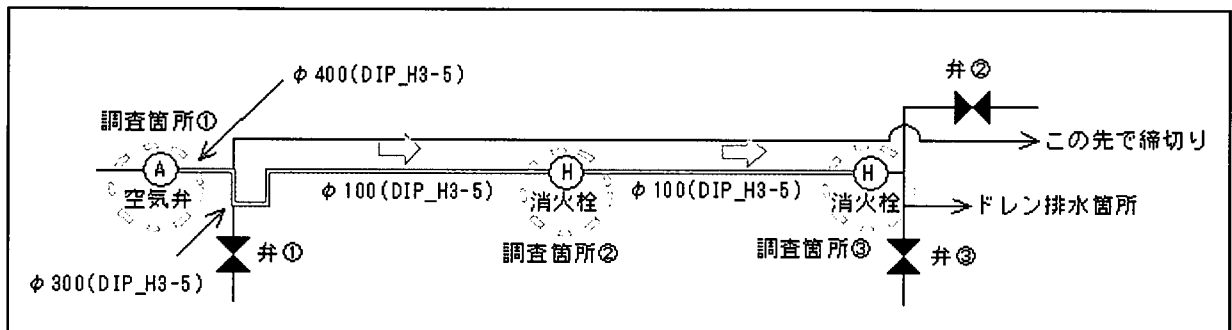


図 3.5.52 K市/管路K概要図

【Y市/管路N】

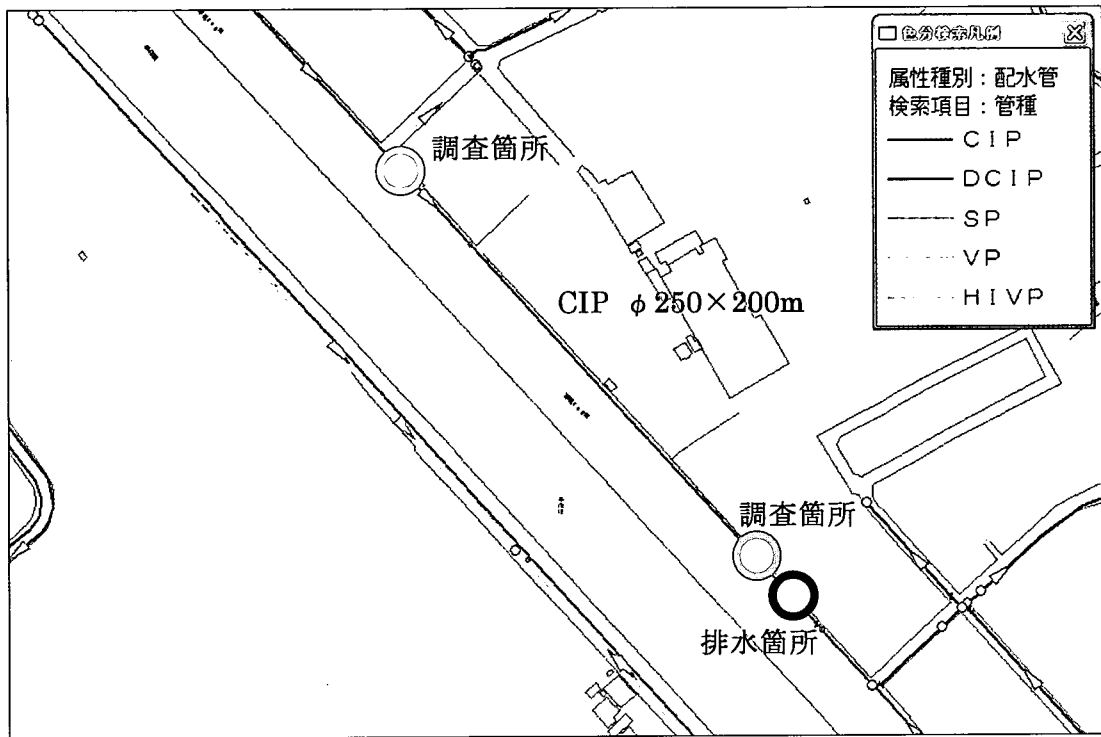


図 3.5.53 Y市/管路N概要図

【Y市/管路K】

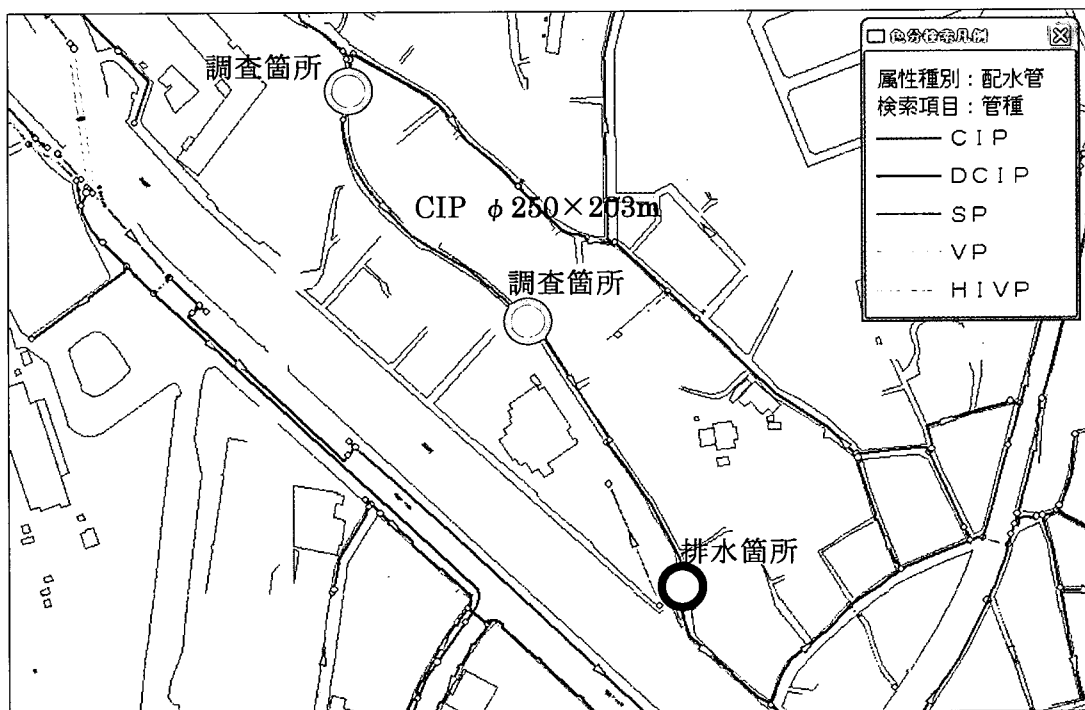


図 3.5.54 Y市/管路K概要図