

(2) 管路における水質劣化メカニズム

残留塩素及び懸濁物質の捕捉量に着目し、管路における水質劣化メカニズムを明らかにする研究を行った。

水質劣化は、管内面の状態の他、管路の流速に大きく影響されることが確認された。本研究で得られた知見をもとに、管路における水質劣化メカニズムを表 3.5.26 に示す。

これにより、残留塩素の減少程度と濁質 (Fe) 補足量に着目すれば、管内面の状態が推察出来るものと考えられる。

表 3.5.26 管路における水質劣化メカニズム

管内面	ライニングなし	ライニングあり
流速が遅い場合	<ul style="list-style-type: none"> ・ 内面に錆こぶが形成される ・ 堆積物多い ・ 管母材から供給される鉄が存在し、接触時間が長いため、残留塩素の消費量が多い ・ 懸濁物の補足量は大きい (特に流速変化初期) 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 内面に錆こぶは形成されない ・ 堆積物多い ・ 管母材からの鉄の供給がなく、堆積物の錆も酸化されているため残留塩素の消費量は少ない ・ 懸濁物の補足量は少ない
流速が速い場合	<ul style="list-style-type: none"> ・ 内面に錆こぶが形成される ・ 堆積物少ない ・ 管母材から供給される鉄が存在するが、接触時間が短く、残留塩素の消費量は少ない ・ 懸濁物の補足量は大きい 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 内面に錆こぶは形成されない ・ 堆積物少ない ・ 管母材からの鉄の供給がなく、堆積物の錆も酸化されているため残留塩素の消費量は少ない ・ 懸濁物の補足量は少ない

3.6 管路における水質劣化防止対策技術

老朽管路における水質劣化に対し、最も効果的な対策は管路を更新することである。しかしながら、投資の優先順位等から、しばらくは老朽管路を使用しなければならない状況も生じる。

そこで、本研究では、管路更新およびその他の水質劣化防止対策技術の効果を確認するために、図 3.6.1 に示す調査を実施することとした。

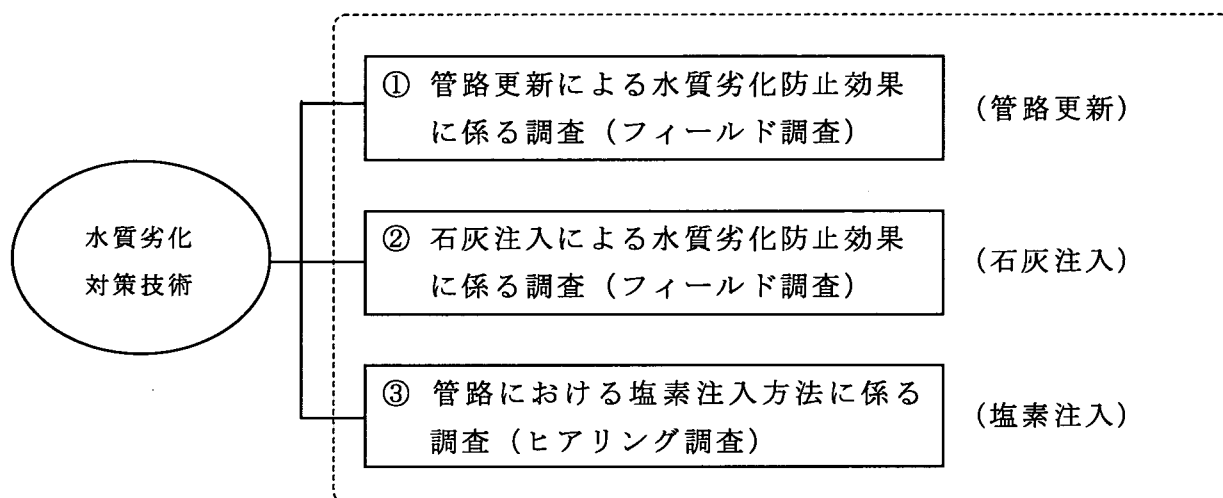


図 3.6.1 水質劣化対策技術に関する調査内容

3.6.1 調査概要

本研究では、管路における水質劣化対策技術について、費用や効果の面から実用に適したものかを確認するために、以下に示す 2 項目について調査を行った。

1) 管路更新による水質劣化防止効果に係る調査（フィールド調査）

水質面において問題を抱えた管路の更新前後で、残留塩素濃度の減少の程度や懸濁物質の量についての調査を行い、その効果を検証した。

2) 石灰注入による水質劣化防止効果に係る調査（フィールド調査）

水質劣化防止対策としての消石灰（及び炭酸ガス）注入による非腐食性化水質改善効果をフィールドにて腐食、溶出速度（以下「腐食度」と称す）試験や管路状態調査から検証した。

3) 管路における塩素注入に係る調査（ヒアリング調査）

老朽管路による水質劣化（残留塩素濃度の減少）に対し、更新を行う必要があるが、投資の優先順位から、しばらくはその管路を使用しなければならない状況も生じる。

更新までの対応策の一つとして、管路（特に、配水池や圧力調整池等の追加注入適地がない場合でも容易に対応できるもの）への直接注入方法に的を絞って、その実態を把握するためにヒアリング調査を実施した。

3.6.2 管路更新による水質劣化防止効果に係る調査結果

(1) 目的

管路の錆と残留塩素の低下に着目して、実管路にて鉄系管路の老朽度を評価する手法の研究のため、実管路における更新前および更新後の残留塩素濃度および懸濁物質量を調査し、管路更新による水質劣化防止効果について検証を行った。

(2) 調査概要

1) 調査箇所

表 3.6.1 調査箇所

事業体名称	調査箇所名称	管種	口径(mm)	布設年(年)	管路延長(m)	備考
Y市水道局	管路U 更新前	CIP	200	不明	277	直・異形管：無ライニング
	更新後	DIP	100	H19	277	直・異形管：モルタルライニング

2) 概要図

今回対象する管路は「3.5.4 管の老朽度・水理特性と残留塩素減少に係る調査結果」および「3.5.5 管の老朽度と懸濁物質捕捉に係る調査結果」で調査を行ったY市/管路Uのうち、管路更新を行った調査箇所③～調査箇所④の区間(277m)について更新前および更新後の残留塩素濃度および懸濁物質量の調査を行った。

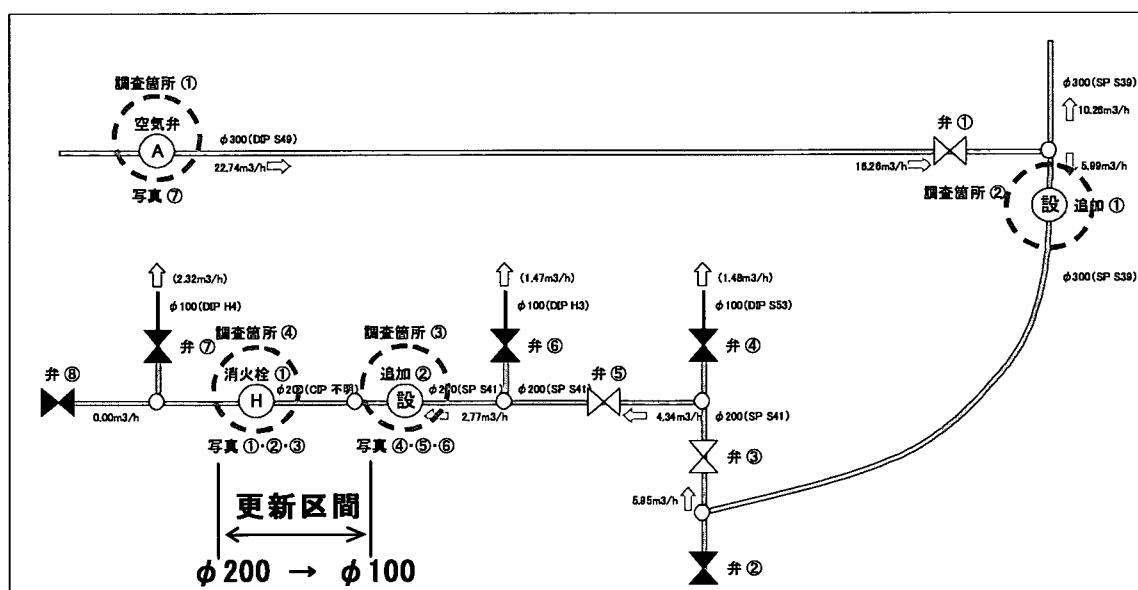


図 3.6.2 調査対象管路模式図

3) 調査方法

残留塩素濃度測定方法および懸濁物質の捕集方法は「3.5.4 管の老朽度・水理特性と残留塩素減少に係る調査結果」および「3.5.5 管の老朽度と懸濁物質捕捉に係る調査結果」に準ずる。また、更新後の調査時期は内面モルタルライニングの慣らしを行うため、更新後1箇月経過した後に調査を実施した。

(3) 調査結果

1) 残留塩素濃度減少速度係数

更新前と更新後において採取条件を変えて残留塩素濃度減少速度係数（k 値）の比較を行った。比較結果を表 3.6.2 に示す。

表 3.6.2 残留塩素濃度減少速度係数の比較

採取条件	減少速度係数 (hr ⁻¹)		
	更新前	更新後	増減
通常流速時	0.096	0.008	-0.088
流速低下時	0.550	0.032	-0.518
流速 5cm/s	0.066	0.006	-0.060
流速 10cm/s	-0.002	0.033	+0.035

※ k 値は、「3.5.4 管の老朽度・水理特性と残留塩素減少に係る調査結果」で用いる方法①～方法③に従い算出し、その平均値とした。

2) まとめ

口径と k 値の関係から考えると更新前の口径 $\phi 200$ に比べ更新後の口径の方が $\phi 100$ と小さくなり、一般的に管内面の残留塩素の接触率が上がるため k 値は増加する傾向にあるが、調査結果では逆に減少しており（流速 10cm/s を除く）、管路更新により k 値が改善されたと思われる。

しかしながら、流速 10cm/s については更新前の k 値がマイナスを示しており、また更新後も流速低下時と同等な k 値を示している。これは更新管路が 277m と短く計測時間が短くなったために、測定の誤差が大きくなったと考えられる。

3) 懸濁物質量

調査箇所 No.3 および No.4 における更新前と更新後の懸濁物質量を表 3.6.3 に示す。また、懸濁物質濃度の絶対量が少なく比較するための濃度の有意性を考え 5 μ g/L を下限値とし、5 μ g/L 未満の計測値は“-”（ハイフン）とした。

①更新前の懸濁物質濃度

表 3.6.3 懸濁物質濃度（更新前）

調査箇所 No.	フィルタ No.	採取条件	積算ろ過 mL	強熱減量濃度 μ g/L	Al μ g/L	Fe μ g/L	Mn μ g/L
3	2	設置時	25162	30.6017	14.8655	14.6511	-
	6	巡回時	315967	5.3487	-	-	-
	10		320919	5.1103	-	-	-
	14	5cm/s	99405	-	-	-	-
	17		169819	-	-	-	-
	24	10cm/s	157924	-	-	-	-
	28		65357	-	-	-	-
4	1	設置時	96703	5.4807	8.5727	22.7155	-
	5	巡回時	309085	11.5826	-	12.8239	-
	9		251550	37.4478	-	61.7708	-
	13	5cm/s	99688	64.2003	-	107.0981	-
	18		174409	5.3896	-	5.9540	-
	21	10cm/s	63827	49.3522	8.2178	67.6660	-
	27		28071	115.7778	65.9094	49.2713	27.5975

②更新後の懸濁物質濃度

表 3.6.4 懸濁物質濃度（更新後）

調査箇所 No.	フィルタ No.	採取条件	積算ろ過 mL	強熱減量濃度 μ g/L	Al μ g/L	Fe μ g/L	Mn μ g/L
3	68	設置時	218894	-	-	-	-
	72	巡回時	288675	-	-	-	-
	76	5cm/s	136498	-	-	-	-
	80	10cm/s	124496	-	-	-	-
	84	撤去時	249944	-	-	-	-
4	67	設置時	215141	-	-	-	-
	71	巡回時	335085	17.9656	-	41.7978	-
	75	5cm/s	67123	5.9592	-	7.6896	-
	79	10cm/s	64927	11.7055	-	16.9995	-
	83	撤去時	270755	12.8899	-	26.4620	-

※ 強熱減量濃度：

フィルターで捕集した懸濁物質を乾燥機等により 105~110℃で蒸発乾固したときに残る物質を蒸発残留物という。さらに 600℃で強熱灰化して残った物質を強熱残留物といい無機物の量を示し、この蒸発残留物と強熱残留物の差を強熱減量といい、水中の有機物の量を推定する指標として用いる。

③更新前と更新後の比較

採取した懸濁物質量の比較を行うため、更新した管路の上流側と下流側とに分
け、各採取条件下における更新前後の懸濁物質量の比較を行った比較結果を表
3.6.5 に示す。

表 3.6.5 懸濁物質量の更新前と更新後の比較

調査箇所 No.	採取 条件	更新状況	フィルター No.	積算ろ過 mL	強熱減量濃度 μg/L	Al μg/L	Fe μg/L	Mn μg/L
3 (上流側)	設置後	更新前	2	25162	30.6	14.9	14.7	-
		更新後	68	218894	-	-	-	-
	巡回時	更新前	6	315967	5.3	-	-	-
			10	320919	5.1	-	-	-
		平均値			5.2	-	-	-
	5cm/s	更新前	14	99405	-	-	-	-
			17	169819	-	-	-	-
		平均値			-	-	-	-
	10cm/s	更新前	72	288675	-	-	-	-
			76	136498	-	-	-	-
		更新後	24	157924	-	-	-	-
			28	65357	-	-	-	-
	平均値			-	-	-	-	
	4 (下流側)	設置後	更新前	1	96703	5.5	8.6	22.7
更新後			67	215141	-	-	-	-
巡回時		更新前	5	309085	11.6	-	12.8	-
			9	251550	37.4	-	61.8	-
		平均値			23.2	-	37.5	-
5cm/s		更新前	71	335085	18.0	-	41.8	-
			75	67123	6.0	-	7.7	-
		平均値			26.8	-	42.7	-
10cm/s		更新前	13	99688	64.2	-	107.1	-
			18	174409	5.4	-	6.0	-
		更新後	21	63827	49.4	8.2	67.7	-
			27	28071	115.8	65.9	49.3	27.6
平均値				69.6	25.8	62.0	11.8	
更新後		79	64927	11.7	-	17.0	-	

※ フィルターの目標排水量を 200L/枚となっており、更新前の調査では途中で目標排水量を越えたためフィルターの交換を行った。しかしながら更新後の調査ではフィルター交換を行っていないため、更新後と更新前の比較をするため更新前のデータを平均値とした。

$$\text{平均値} = \Sigma (\text{強熱減量濃度} \cdot \text{積算ろ過量}) / \Sigma \text{積算ろ過量}$$

④まとめ

表 3.6.6 は流速設定時における管路更新区間の上流側（調査箇所 No.3）と下流側（調査箇所 No.4）での更新前と更新後の差を表したものである。表 3.6.6 の示すように上流側（調査箇所 No.3）では更新前と更新後で懸濁物質量の検出はないが、下流側（調査箇所 No.4）では更新後の方が懸濁物質量が減少している。このことから管路を更新することで懸濁物質量を抑えることができ水質劣化防止に効果があったと判断できる。

表 3.6.6 更新前と更新後の懸濁物質量の比較

調査箇所 No.	採取条件	強熱減量濃度 μg/L	Al μg/L	Fe μg/L	Mn μg/L
3 上流側	5cm/s	-	-	-	-
	10cm/s	-	-	-	-
4 下流側	5cm/s	-20.8	-	-35.1	-
	10cm/s	-57.9	-25.8	-45.0	-11.8

また、口径をφ200 からφ100 へ更新した際に流速をφ100 の口径に合わせて設定したため、調査箇所 No.3 よりもさらに上流側である調査箇所 No.2 での流速が変化したことによる懸濁物質への影響が懸念される。表 3.6.7 は調査箇所 No.2 における調査箇所 No.3～No.4 区間における更新前と更新後の懸濁物質量の調査結果である。この表 3.6.7 が示すように更新後に 1.25cm/s で強熱減量濃度が検出されているものの数値は 6.6 μg/L と非常に小さく更新前と更新後において懸濁物質量の変化はないと判断できる。このため、調査箇所 No.2 の流速の変化による調査箇所 No.3～No.4 区間への懸濁物質への影響はないものと思われる。

表 3.6.7 調査箇所 No.2 における懸濁物質量

調査時期	採取条件	フィルター No.	強熱減量濃度 μg/L	Al μg/L	Fe μg/L	Mn μg/L
更新前	5cm/s	15	-	-	-	-
		19	-	-	-	-
	10cm/s	23	-	-	-	-
		25	-	-	-	-
更新後	1.25cm/s [※]	77	6.6	-	-	-
	2.5cm/s [※]	81	-	-	-	-

※ 更新後の流速は、調査箇所 No.3～No.4 の更新区間において 5cm/s、10cm/s に流速を設定した際の推定値である。

3.6.3 石灰注入による水質劣化防止効果に係る調査結果

水道水に消石灰（及び炭酸ガス）を注入することにより水道水の腐食性（ランゲリア指数）を改善することが出来る。本調査では、腐食速度、残留塩素濃度、懸濁物質、各種水質等からランゲリア指数の影響を掘上配管での（ラボ）実験や実管路での（フィールド）実験を行い検証した。

3.6.3.1 ラボ実験

（1）目的

鉄系老朽管における残留塩素濃度減少へのランゲリア指数の影響を調査する。

（2）実験方法

K市水道局から掘り上げた無ライニング铸铁管を供試管とし、JWWA Z108の浸出溶液を用いたランゲリア指数が-1.9の溶液（以下「浸出溶液」と称す）と、消石灰飽和溶液と炭酸ガスを注入したランゲリア指数が-0.2の溶液（以下「ランゲリア指数調整水」と称す）を充填して、残留塩素濃度測定と各種水質分析を行なった。

表 3.6.8 供試管仕様

No.	管種	内面仕様	口径	管長	布設年	掘り上げ先
1	無ライニング*铸铁管（CIP）	-	φ100	L=1715	S29	K市水道局

表 3.6.9 分析項目と頻度及び必要液量

調査項目	必要液量 (mL)	分析間隔 (時間)										液量小計 (mL)	
		0	1	2	3	4	5	6	24	72	168		
1) 残留塩素濃度	100	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	1,000
2) 各種水質分析													
①濁度	100	○	-	-	-	-	-	-	○	○	○	○	400
②色度	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○	○	100
③水温	-	○	-	-	-	-	-	-	○	○	○	○	-
④pH値	100	○	-	-	-	-	-	-	○	○	○	○	400
⑤総アルカリ度	200	○	-	-	-	-	-	-	○	○	○	○	800
⑥硬度	200	○	-	-	-	-	-	-	○	○	○	○	800
⑦蒸発残留物	200	○	-	-	-	-	-	-	○	○	○	○	800
⑧鉄及びその化合物	50	-	-	-	-	-	-	-	○	○	○	○	150
⑨溶存酸素	200	○	-	-	-	-	-	-	○	○	○	○	800
⑩ランゲリア指数	-	○	-	-	-	-	-	-	○	○	○	○	-
合計液量 (mL)													5,250

注) 水質分析方法について

- ①初めに、水道水で管内面からの固形物剥離がなくなるまで供試管を流水洗浄した（アク抜き：コンディショニング実施）。その後、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）と浸出溶液に消石灰飽和溶液および炭酸ガスを注入したランゲリア指数調整水を充填し、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。
- ②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時間及び168時間経過時に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。
- ③水質分析時に採水する際には、管内に満たし水を軽く攪拌した。

(3) 結果

1) 残留塩素濃度経時変化

残留塩素濃度測定結果を表 3.6.3.3 及び図 3.6.3.1 に示す。

ランゲリア指数改善水の方が、残留塩素濃度の消失までの時間において約 4 割改善された。

表 3.6.10 残留塩素濃度経時変化

管種	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	7 時間	8 時間	9 時間	10 時間	24 時間		
ブランク	-	-	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
無フイニグ* 铸铁管 (CIP) (浸出溶液)	100	S29	1.1	0.70	0.50	0.35	0.25	0.10	検出 せず	-	-	-	-	-	-	-
無フイニグ* 铸铁管 (CIP) (ランゲリア指数調整水)	100	S29	1.1	0.80	0.70	0.70	0.50	0.30	0.20	0.20	0.15	0.05	検出せず	検出せず	-	-

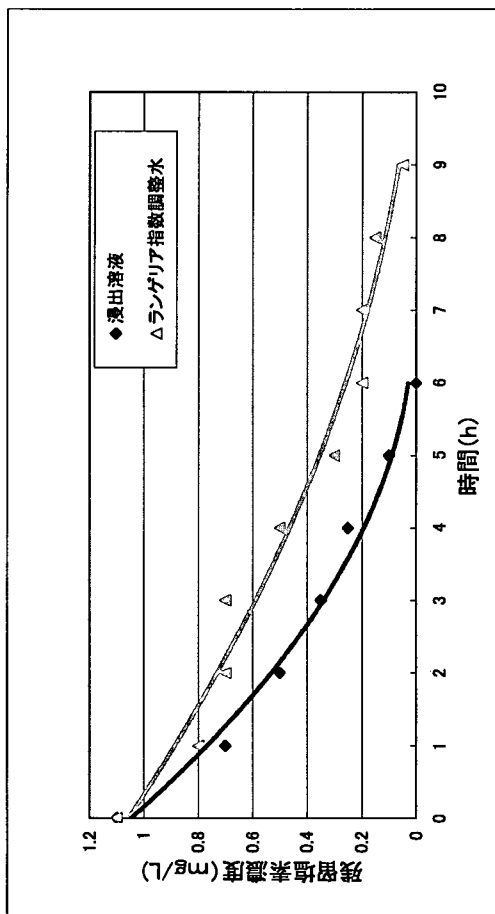


図 3.6.11 残留塩素濃度経時変化

2) ランゲリア指数経時変化

ランゲリア指数測定結果を表 3.6.11 に示す。

時間が経過するとランゲリア指数が悪くなった。

表 3.6.11 ランゲリア指数経時変化

	口径 (mm)	布設年 (年)	ランゲリア指数			
			開始 時	24 時間	72 時間	168 時間
ブランク	—	—	-0.2	-0.1	-0.1	-1.9
無ライニング* 鑄鉄管 (CIP) (浸出溶液)	100	S29	-1.9	-1.7	-1.6	-2.4
無ライニング* 鑄鉄管 (CIP) (ランゲリア指数調整水)	100	S29	-0.2	-1.0	-0.9	-1.7

注)ランゲリア指数計算は、ノーデル法により算出した。

注)カルシウム硬度は、総硬度に 0.8 を乗じた値を用いた。

3) 水質分析

表 3.6.12 から表 3.6.14 に各種水質分析結果を示す。

①浸出溶液について

ア) 鉄、マンガン、カルシウム、マグネシウム等の濃度及び濁度は増加していた。

イ) pH、アルカリ度、溶存酸素は低下していた。

②ランゲリア指数調整水について

ア) pH 値と溶存酸素は低下していた。

イ) 濁度は増加していた。

③ランゲリア指数調整水ブランク水について

ア) カルシウム、マグネシウム等、電気伝導率、総アルカリ度は低下していた。

表 3.6.12 浸出溶液水質分析結果

分析項目	単位	開始時	24時間	72時間	168時間
鉄及びその化合物	mg/L	*	1.7	1.7	9.5
マンガン及びその化合物	mg/L	*	0.040	0.056	0.29
カルシウム、マグネシウム等	mg/L	42	40	39	78
蒸発残留物	mg/L	99	120	110	240
有機物 (全有機物炭素TOCの量)	mg/L	*	0.4	0.5	0.6
pH値	—	7.2	7.4	7.5	6.6
水温	℃	12	12	10	12
濁度	度	<0.05	22	23	63
電気伝導率	mS/m	20	20	21	29
総アルカリ度	mg/L	33	31	33	18
溶存酸素	mg/L	9.8	5.3	2.5	2.9
水温	℃	13	12	13	15

表 3.6.13 ランゲリア指数調整水分析結果

分析項目	単位	開始時	24時間	72時間	168時間
鉄及びその化合物	mg/L	*	3.5	5.6	2.1
マンガン及びその化合物	mg/L	*	0.13	0.14	0.13
カルシウム、マグネシウム等	mg/L	100	82	71	92
蒸発残留物	mg/L	170	170	150	120
有機物（全有機物炭素TOCの量）	mg/L	*	0.5	0.6	0.8
pH値	-	8.0	7.5	7.6	6.9
水温	°C	12	12	10	9
濁度	度	<0.05	25	24	120
電気伝導率	mS/m	30	27	23	29
総アルカリ度	mg/L	91	68	56	37
溶存酸素	mg/L	9.7	3.6	1.3	1.7

表 3.6.14 ランゲリア指数調整ブランク水分析結果

分析項目	単位	開始時	24時間	72時間	168時間
鉄及びその化合物	mg/L	*	*	*	*
マンガン及びその化合物	mg/L	*	*	*	*
カルシウム、マグネシウム等	mg/L	100	100	97	40
蒸発残留物	mg/L	170	170	170	120
有機物（全有機物炭素TOCの量）	mg/L	*	*	0.5	0.4
pH値	-	8.0	8.1	8.2	7.7
水温	°C	12	12	10	10
濁度	度	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
電気伝導率	mS/m	30	30	28	18
総アルカリ度	mg/L	91	93	87	28
溶存酸素	mg/L	9.7	9.5	8.6	10.8

注)※印は検出せず。また、残留塩素濃度は、10時間変化ないことを確認した。

(4) 考察

1) 残留塩素濃度について

一般的な残留塩素濃度減少速度式から残留塩素濃度減少速度係数を計算すると下

図 3.6.12 の様に k 値は時間に関わらず一定となり、一次反応と考えられる。

$$\frac{dC}{dt} = -k \times C_0 \quad \dots \dots \dots \text{残留塩素の減少速度式}$$

$$C = C_0 \times e^{(-kt)}$$

$$k = 1/t \times \ln(C_0 - C)$$

C : ある時間後の残留塩素濃度 (mg/L)

C₀ : 初期の残留塩素濃度 (mg/L)

k : 残留塩素濃度減少速度係数 (hr⁻¹)

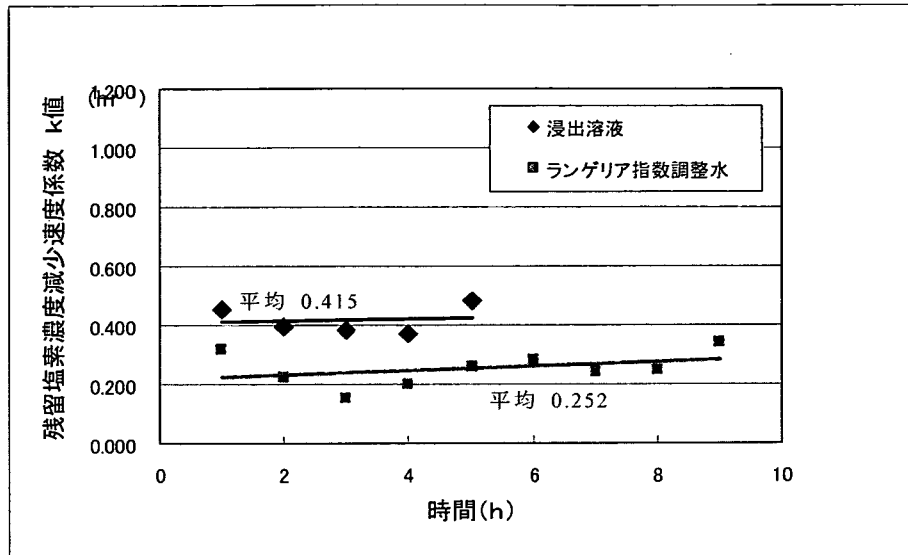


図 3.6.12 残留塩素減少係数経時変化

2) ランゲリア指数と各種水質について

pH、溶存酸素が低下しているので何らかの酸化反応がおきて変化していると考えられる。

(7) まとめ

ランゲリア指数を改善することで残留塩素濃度の減少が抑制できた。

また、今回の残留塩素濃度減少反応は、一次反応と推測された。

フィールド実験においては、このラボ実験結果を踏まえ調査を行う事とした。

3.6.3.2 フィールド実験

(1) 目的

消石灰（及び炭酸ガス）注入によるランゲリア指数改善での非腐食性化による効果をフィールドにて腐食速度（以下「腐食度」と称す）試験や実管路内の観察、水質分析から検証する。

(2) 試験期間

平成 18 年 11 月 ～ 平成 19 年 11 月（約 1 年間）

(3) 調査箇所

消石灰注入をしている M 市 C 浄水場の水道水と消石灰注入をしていない I 市 T 浄水場の水道水に用いて、それぞれの浄水場出口と任意の配水地点等を調査箇所とした。

表 3.6.15、図 3.6.13 および図 3.6.14 に調査箇所及びフローを示す。

表 3.6.15 調査箇所

区分	事業体名	調査箇所	備考
消石灰注入前	M 市水道部 (N 川)	① N 取水口	河川水原水
消石灰注入有り (ランゲリア指数改善水)	M 市水道部	② C 浄水場	河川水 + 急速ろ過
	N 市水道室	③ M 配水池	C (浄) から 約 15km の配水池
消石灰注入なし (ランゲリア指数未改善水)	I 市水道局	④ T 浄水場	河川水 + 急速ろ過
		⑤ N 運動場	T (浄) から 約 15km の配水地点

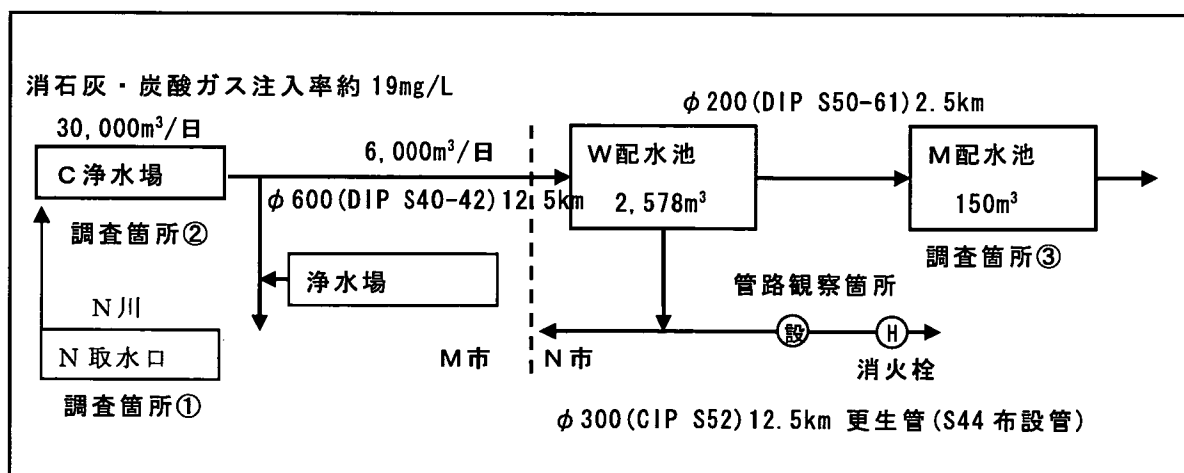


図 3.6.13 消石灰注入あり調査箇所フロー

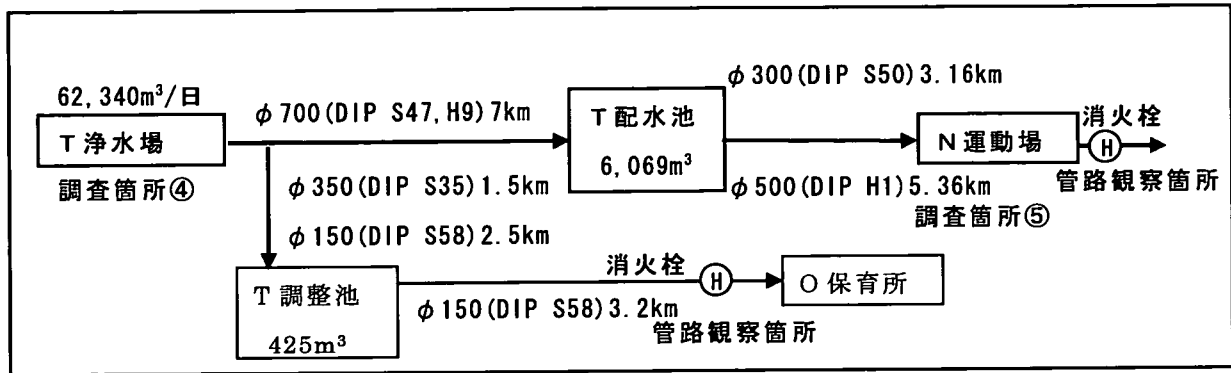


図 3.6.14 消石灰注入なし調査箇所フロー

(4) 試験項目及び頻度

表 3.6.16 に示すように 5 項目を 6 ヶ月かけて調査を行った。

ただし、管路内観察と懸濁物質分析は、機器の調達及び各市の都合を調整し行った。

1) 水道配管材の腐食度経時変化

- ①水道配管材である鋳鉄試験片とモルタル試験片の腐食度測定
- ②水道配管材である鋳鉄試験片とモルタル試験片の表面状態観察

2) 管路状態調査

- ①管内カメラ撮影観察
- ②管内懸濁物質成分分析

(5) 水質分析項目

- ・水温 ・pH 値 ・総アルカリ度 ・カルシウム硬度 ・総硬度
- ・蒸発残留物 ・電気伝導率 ・鉄 ・アルミニウム ・溶解性シリカ
- ・塩素イオン ・硫酸イオン ・溶存酸素 ・遊離炭酸 ・残留塩素濃度

注) 残留塩素濃度測定は現場で行い、他は採水し持ち帰り分析を行なった。

残留塩素濃度測定器：DPD 発色吸光光度法 波長 525nmLED 精度±0.02ppm

表 3.6.16 試験項目及び頻度

No.	項目	設置時	1ヶ月	2ヶ月	4ヶ月	6ヶ月
①	腐食度測定	—	○	○	○	○
②	試験片表面元素分析	—	—	—	—	○
③	管路内観察	—	—	—	—	○
④	管路内懸濁物質分析	—	—	—	—	○
⑤	水質分析	○	○	○	○	○

(6) 水道配管材の腐食度測定方法

水道配管であるダクタイル鋳鉄管から鋳鉄とモルタルの部分をもつ試験片を内径40mmパイプ内にセットし、水道水を流速0.6m/sec^{※1}で通水し適時各試験片を取出して、通水前後の試験片重量を測定し下式より腐食度を求めた。(JIS K0100に準拠^{※2})

$$\text{腐食量 (mg/dm}^2\text{)} = (\text{試験前試験片重量} - \text{試験後試験片重量}) / \text{試験前試験片表面積}$$

$$\text{腐食度 (mg/(dm}^2 \cdot \text{d))} = \text{腐食量} / \text{経過日数}$$

$$\text{侵食度 (mm/y)} = \text{腐食量} \times 365 \times 10^{-4} / (\text{経過日数} \times \text{試験片密度}^{\text{※3}})$$

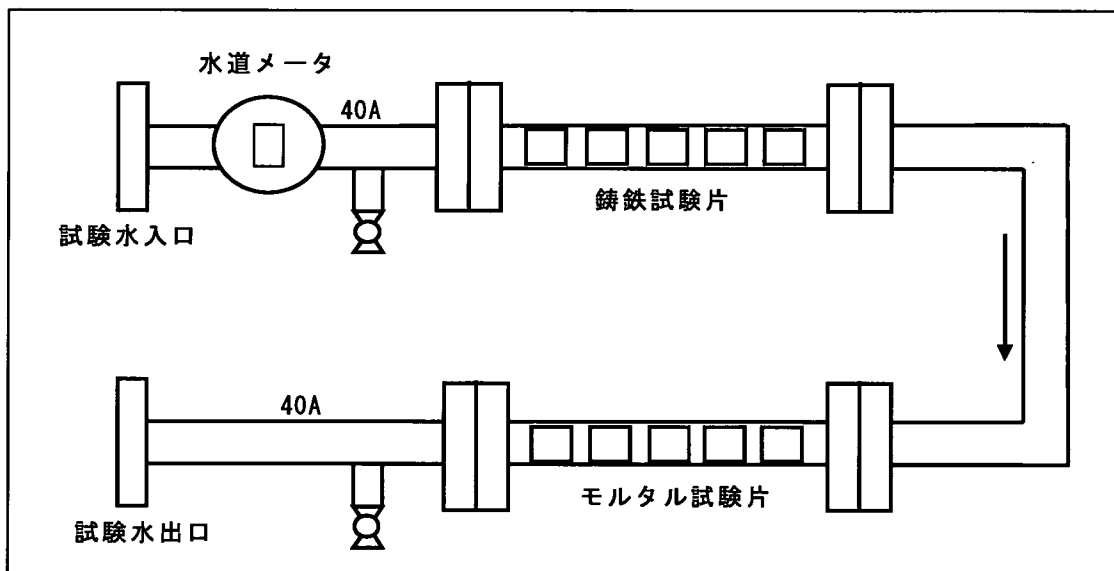


図 3.6.15 腐食度測定装置

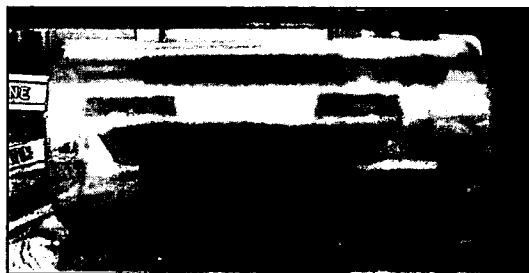


写真 3.6.1 試験片セット状況

※1：炭酸カルシウム被膜形成に有効な流速

(Corrosion Control By Deposition of CaCO₃ Films 1978 by AWWA)

※2：試験後の試験片の処理として、鋳鉄は物理的に錆を取り除いた後に希塩酸でさらに錆を落とすが、モルタルについては組成上の考慮から簡単な水洗のみとした。また、モルタル試験片は、105～110℃で15時間加熱乾燥して水分を蒸発させてから秤量した。

※3：鋳鉄片密度 7.2g/cm³、モルタル片密度 2.2g/cm³

(7) 管路状態調査方法

管内カメラ撮影及び懸濁物質捕捉・分析方法は、3.5.4章及び3.5.5章と同じ手法で実施した。ただし、流速調整での測定や残留塩素濃度、流量、電気伝導度、水圧等の連続測定は機器の管理面等の点から行わなかった。

尚、管内カメラ撮影時に流量と水圧は数分間測定を行った。

(8) 調査結果

1) 水道管材の腐食度試験（6ヶ月後）結果

① 鑄鉄試験片について

ア) 消石灰・炭酸ガス注入により、N取水口の腐食度が、C浄水場では約半分に抑制された。

イ) ラングリア指数改善水の方が、約2割腐食が抑制されていた。

ウ) C浄水場でのラングリア指数改善水が十数km先の配水池でも維持されていた。

② モルタル試験片について

ア) ラングリア指数改善水の方が、約1/8に腐食が抑制されていた。

イ) C浄水場でのラングリア指数改善水が十数km先の配水池でも維持されていた。

表 3.6.17 鑄鉄試験片腐食度

鑄鉄試験片	調査箇所	mdd	mm/y
ラングリア指数改善前	N取水口	36.1	0.183
ラングリア指数改善水	C浄水場	17.2	0.087
	M配水池	17.4	0.088
ラングリア指数未改善水	T浄水場	21.5	0.109
	N運動場	19.9	0.101

表 3.6.18 モルタル試験片腐食度

モルタル試験片	調査箇所	mdd	mm/y
ラングリア指数改善水	C浄水場	0	0.0
	M配水池	1.0	0.016
ラングリア指数未改善水	T浄水場	9.9	0.164
	N運動場	7.4	0.123

尚、C浄水場 mdd が、-0.2であったので0とした。

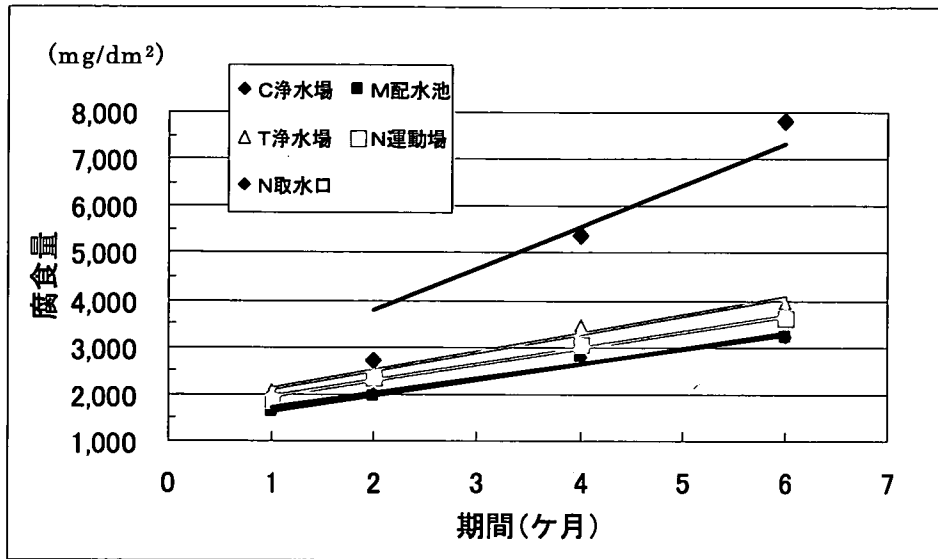


図 3.6.16 鋳鉄試験片腐食量

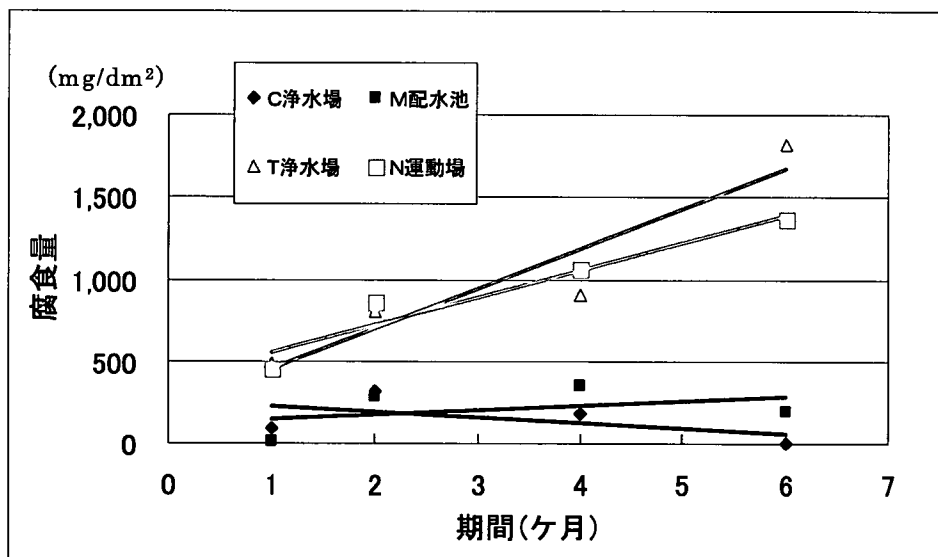


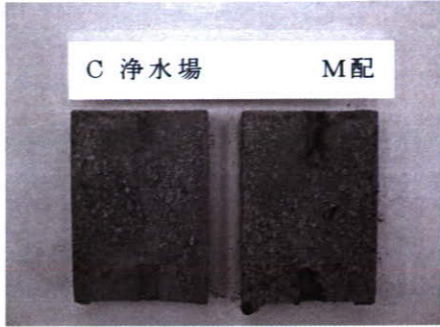
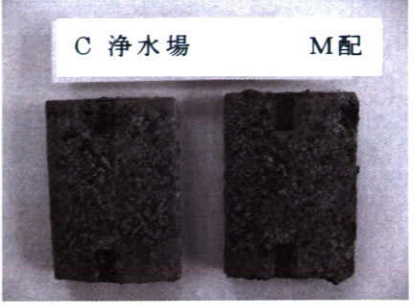
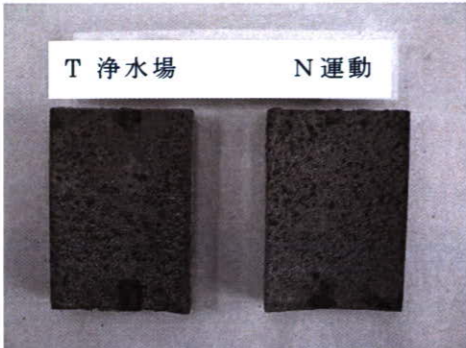

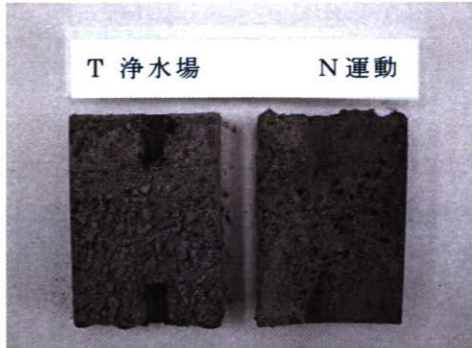

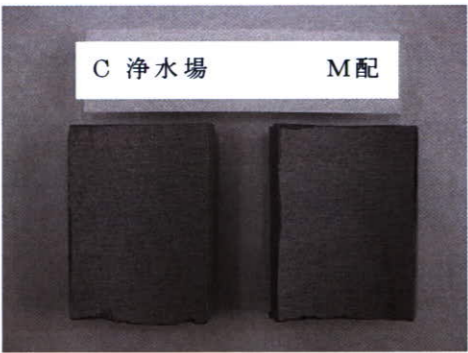

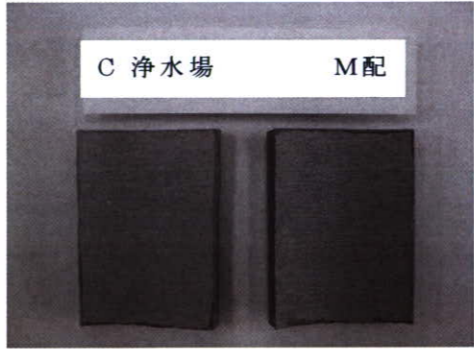



図 3.6.17 モルタル試験片腐食量

写真 3.6.2 腐食試験片外観

		1ヶ月目	2ヶ月目	4ヶ月目	6ヶ月目
鑄鉄試験片	ランゲリア指数改善水				
	ランゲリア指数未改善水				
モルタル試験片	ランゲリア指数改善水				
	ランゲリア指数未改善水	