

④ボルト・ナットの腐食量調査

受口部のある調査管でボルト・ナットがある場合、ワイヤブラシ、ケレンハンマ等を用いてボルト・ナット表面の付着物や錆等を除去し、これらを取り外してさらに清掃後、目視にてそれぞれのボルト・ナットの老朽度について評価した。評価は、社団法人 日本水道協会発行「水道施設更新指針」の判断基準に従って実施した。老朽度の判断基準を表 3.4.6 に示す。

調査の便宜上、ボルト・ナットのナンバリングは、図 3.4.4 に示すように受口部に向かって、管上より時計回り順に 1,2…とした。

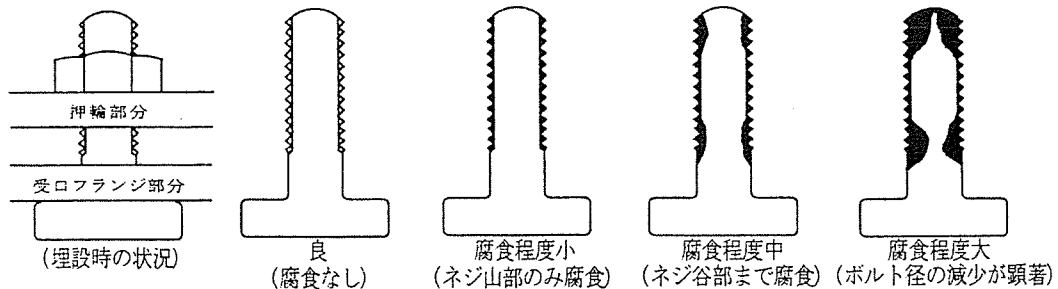
また、重量測定から腐食による重量減率及びネジ部の最小径寸法の測定（参考値）を行った。

表 3.4.6 ボルト・ナットの老朽度ランキングの判断基準

老朽度 ランク	判断基準		対策例
	状 況	定 義	
I	腐食度大	ボルト径の減少が顕著、又はナットが著しく腐食	管路更新を優先的に検討 ^{注1)}
II	腐食度中	ボルトのネジ谷部まで腐食、又はナットの角が全体的に腐食	管路更新を優先的に検討 ^{注2)}
III	腐食度小	ボルトのネジ山部のみ腐食、又はナットの角の一部が腐食	継続的な調査の実施
IV	良 好	腐食なし	同上

注1) ボルト・ナットの腐食が著しい場合は、継手の止水性能が低下していると想定されるため、管路更新の検討が必要である。

注2) ボルト・ナットが腐食している場合は、管体も同様に腐食していることが想定されるので継手部全体を含めた管路全体の調査・診断を行い、管路更新の検討が必要である。



出典：水道施設更新指針 （社団法人日本水道協会発行）

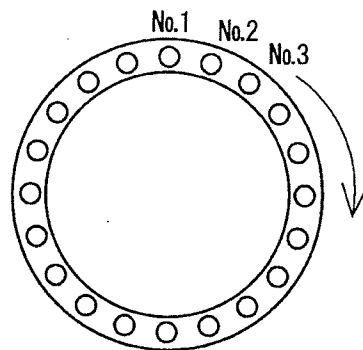


図 3.4.4 ボルト・ナットのナンバリングについて

⑤ 土壌および地下水の採取

福岡市水道局のご協力にて管体周辺の土壌を採取した。土壌採取位置は、管上、管下、管横（どちらか一方）の3箇所とした。また、地下水が認められた場合はこれについても採取した。（いずれとも福岡市水道局によるサンプリング）

⑥ 材質調査

調査管の黒鉛組織を調査し、材質がダクタイル鋳鉄または高級鋳鉄なのかを確認した。調査は、管体の一部をリューターを用いて鏡面に仕上げ、携帯顕微鏡にて黒鉛の形態について目視確認することとした。なお、受口部がある調査管の場合、押輪およびボルト・ナット（代表として管上No.1で調査実施）についても同様の調査を実施した。黒鉛組織例を写真3.4.1および写真3.4.2に示す。

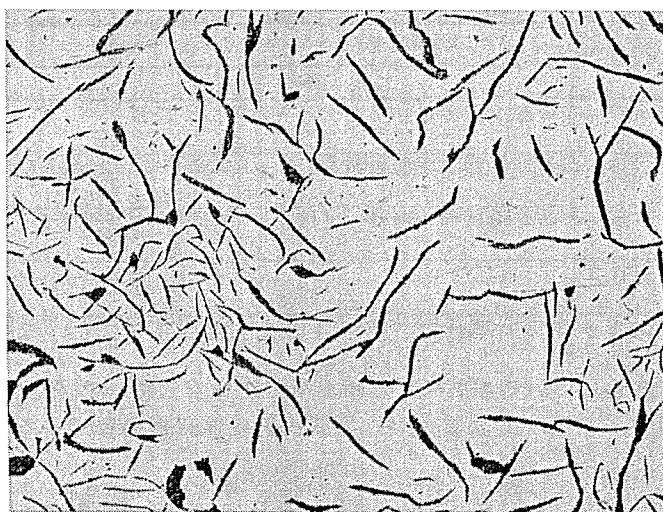


写真 3.4.1 高級鋳鉄管の黒鉛組織例

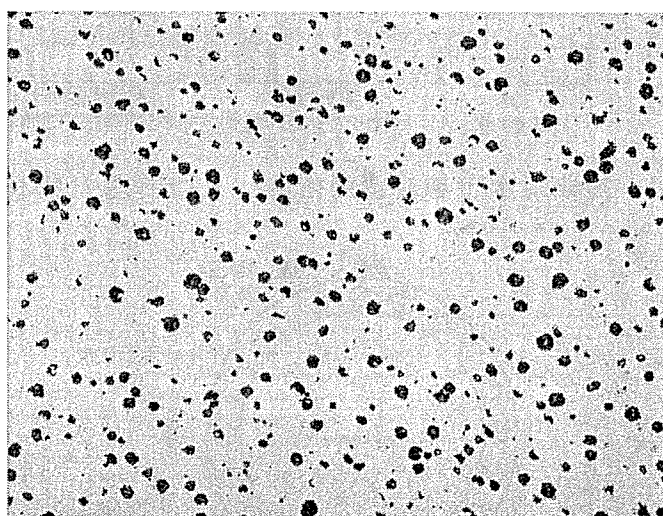


写真 3.4.2 ダクタイル鋳鉄管の黒鉛組織例

2) 土壌調査

①土壌の腐食性調査

サンプリングした土壌について以下の調査を行った。

・土壌分析

i)土壌の種類および土壌の色

土壌の種類は目視により判別し、土壌の色は農林水産省農林水産技術会議事務局監修による標準土色帖を用いて識別した。

※標準土色帖について

標準土色帖は、マンセル式表色法とよばれる方法によって作られた土色のカタログである。

マンセル法における色の表示は、赤、黄、緑…等の色みを表す色相 (Hue)、色の明暗の段階をあらわす明度 (Value)、色みの強さ、鮮やかさの段階を表す彩度 (Chroma) の3つで表される。

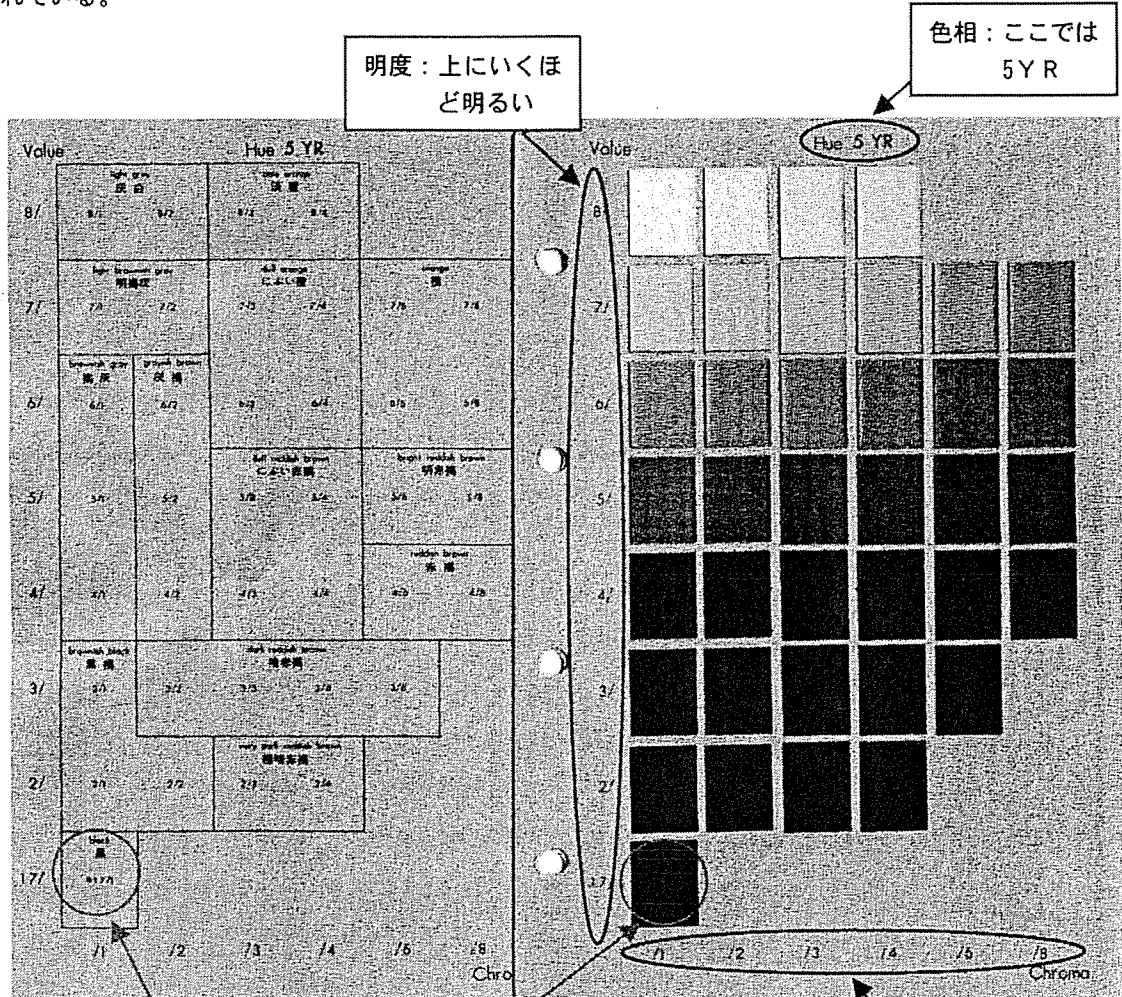
- ・色相：R(赤)、Y(黄)、G(緑)、B(藍)、P(紫)の5主要色とそれぞれの補色を中間にとった、Y R、G Y、B G、P B、R Pの10色を環状に循環させて並べて、それぞれの間を分割したものであらわされる。それぞれの色相については、例えば1 Rとか2.5 Rのように表示される。
- ・明度：色みがなく、鮮やかさを持たない無彩色を基準とし、理想的な黒を0、理想的な白を10として、その間の明るさを分割して等歩度に10/、9/、8/、…のようにあらわす。
- ・彩度：色相、明度が一定の配列において無彩色を0とし、色みの冴えかた、あざやかさの度合いの増加にしたがって等歩度に1/、2/、3/、…のようにあらわされる。

この方法で色を表示するには **色相 明度/彩度** のようにあらわす。例えば色相が7.5 R、明度が6/、彩度が4であるときの色は **7.5 R 6/4** とあらわし7.5アール6の4と読む。

次ページに標準土色帖による判別の仕方を示す。

****標準土色帖の見方****

土壌の色名は、色片を貼ったページの左側のページに、色片に該当する位置を囲んで示されている。



例えばこの色層の土壌について判定する場合は、色片の左ページに該当する所を見て“5 Y R 1.7/1”の黒と判定する。

彩度：右に行くほどあざやか

ii) 土壌比抵抗の測定

ソイルボックス(土壌箱)法により、採取した土壌の比抵抗を電気伝導度計を用いて測定した。測定状況を写真3.4.3に示す。

- ・ 比抵抗未処理：採取した土壌をそのままの状態に測定した値
- ・ 比抵抗水飽和：土壌に雨水あるいは地下水等が浸透した場合を想定し、純水により飽和させた状態で測定した値

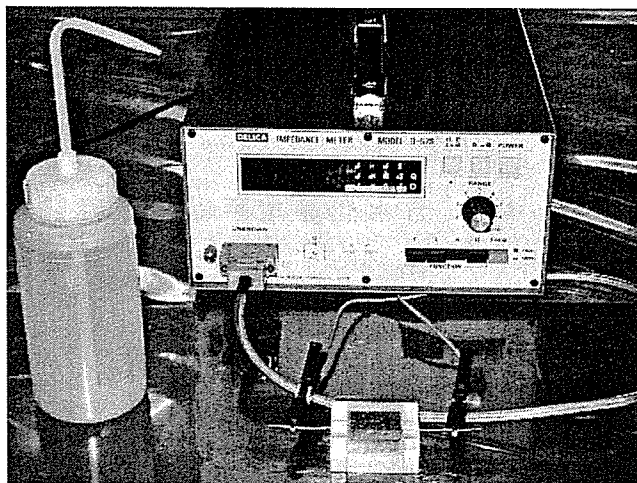


写真3.4.3 土壌比抵抗測定状況

iii) Redox(酸化還元)電位の測定

土壌試料を純水で泥状にした後、銀-塩化銀電極を土壌に挿入し、Redoxメーターを用いて測定した。なお、メーターの直読値は以下の式を用いて水素標準電極電位に換算した。測定状況を写真3.4.4に示す。

「算出方法」

$$E_{\text{Redox}} = E + C + E_{\text{pH}}$$

E_{Redox} : Redox電位 (mV)

E : Redoxメーターの直読値 (mV)

C : 照合電極の水素標準電極への補正值 (mV)

E_{pH} : pH値による補正值 (mV)

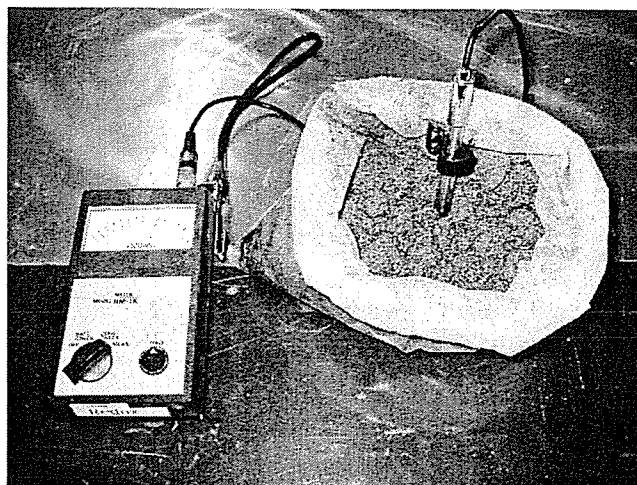


写真3.4.4 Redox電位測定状況

iv)含水比の測定

JIS A 1203 (土の含水比測定方法) により測定した。測定手順を図 3.4.5 に示す。

$$\text{含水比(\%)} = \{(\text{湿潤土の重量}) - (\text{乾燥土の重量})\} \div (\text{乾燥土の重量}) \times 100$$

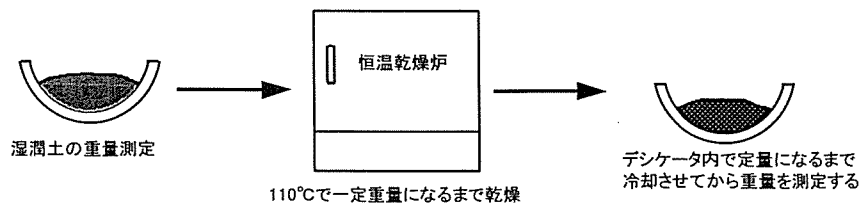


図 3.4.5 含水比測定手順の概略図

v)硫化物判定

ナトリウムアジドよう素溶液を用いて、窒素ガスの発生状況により硫化物の検出、痕跡または無しを定性的に判断した。判定状況の概略図を図 3.4.6 に示す。

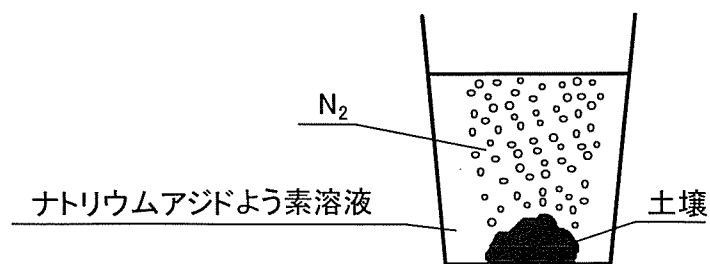


図 3.4.6 硫化物判定状況の概略図

② 土壤抽出水の分析

採取した土壤を乾燥させた後、重量比2.5倍の純水に24時間以上浸漬し、その時の上澄み液を試験水として、以下の分析を行った。土壤抽出水作成

手順の概略図を図3.4.7に示す。

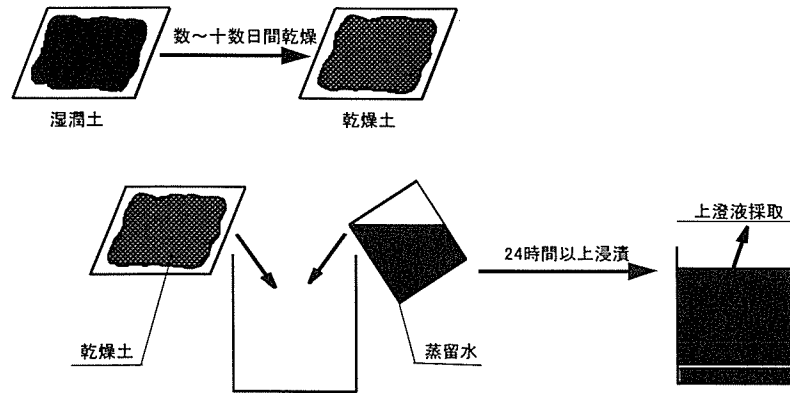


図3.4.7 土壤抽出水作成手順の概略図

i) 比抵抗の測定

(社)日本水道協会「上水試験方法」に規定されている電極法によって電気伝導度を測定しその逆数を求めた。測定状況を写真3.4.5に示す。

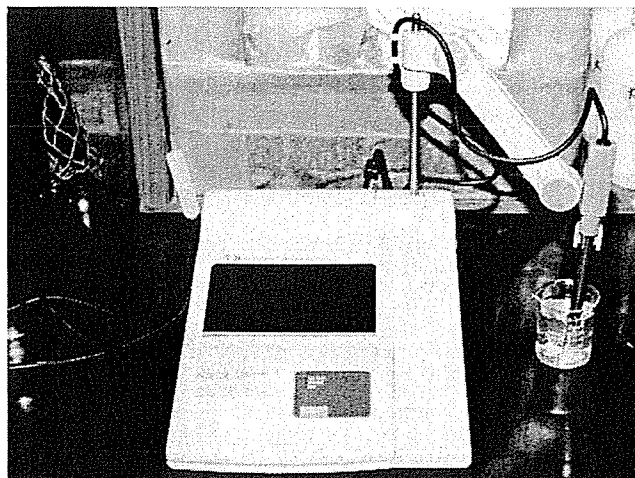


写真3.4.5 抽出水比抵抗測定状況

ii)pHの測定

JIS Z 8802 (pH測定方法) に規定するガラス電極式pH計を用いて、pHを測定した。測定状況を写真3.4.6に示す。

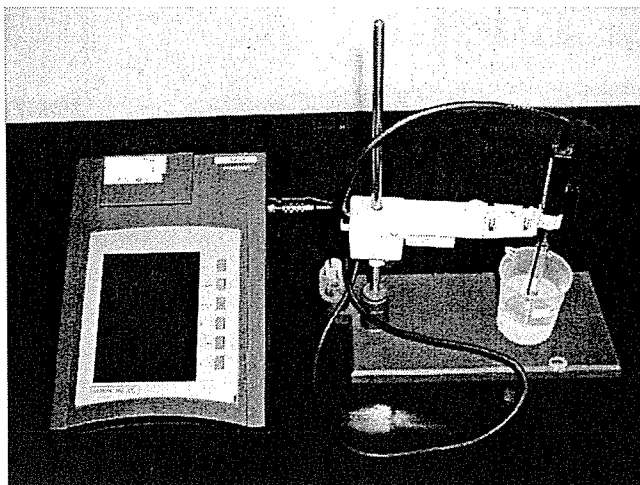


写真3.4.6 pH測定状況

③地下水の分析

地下水が認められた地点では、以下の項目の分析を行った。

i)比抵抗の測定

(社)日本水道協会「上水試験方法」に規定されている電極法によって電気伝導度を測定しその逆数を求めた。

ii)pHの測定

JIS Z 8802 (pH測定方法) に規定するガラス電極式pH計を用いて、pHを測定した。

iii)硫酸イオン(SO₄²⁻)含有量の測定

JIS K 0101 (工業用水試験方法) に規定する重量法により測定した。

iv)塩素イオン(Cl⁻)含有量の測定

(社)日本水道協会「上水試験方法」に規定されているモール法による塩素イオン濃度の試験方法により測定した。

v)蒸発残留物の測定

(社)日本水道協会「上水試験方法」に規定する蒸発残留物の試験方法により測定した。

vi)酸度の測定

(社)日本水道協会「上水試験方法」に規定する総酸度の試験方法により測定した。

vii)アルカリ度の測定

(社)日本水道協会「上水試験方法」に規定する総アルカリ度の試験方法により測定した。

3) 土壌の腐食性評価

ANSI A 21.5 (アメリカ国家規格) に基づいて各項目の腐食性評価基準と、それらについて分析した採取土壌の測定値とを照合して、土壌の腐食性評価を行い、各分析値に対する評価点数の合計に応じて、腐食性土壌であるか否かについて評価した。評価基準を表 3.4.7 に示す。

<ANSI による評価>

ANSI A 21.5「Polyethylene Encasement for Ductile-Iron Piping for Water and Other Liquids」(水および他の液体用のダクタイル鋳鉄管のポリエチレン被覆) に示される腐食性評価基準を表 3.4.7 に示す。この評価法では、合計点数が 10 点以上になれば腐食性の土壌と判断し、防食対策が必要であるとされている。

表 3.4.7 ANSI A 21.5 による土壌の腐食性評価基準

測定項目	測定値	点数
比抵抗 ($\Omega \cdot \text{cm}$)	<1500	10
	1500~1800	8
	1800~2100	5
	2100~2500	2
	2500~3000	1
	>3000	0
pH	0~2	5
	2~4	3
	4~6.5	0
	6.5~7.5	0*
	7.5~8.5	0
	>8.5	3
Redox 電位 (mV)	>100	0
	50~100	3.5
	0~50	4
	<0	5
水分	水はけが悪く、常に濡れている	2
	水はけは悪くないが、一般に湿っている	1
	水はけが良く、一般に乾燥している	0
硫化物	検出	3.5
	痕跡	2
	なし	0

備考 1) ANSI A 21.5 は、ポリエチレンスリーブのアメリカ国家規格で、その付属書に比抵抗、pH、Redox 電位、水分および硫化物の有無を点数化し、その合計点数が 10 点以上になれば腐食性の土壌と判断してポリエチレンスリーブ法により防食対策を考慮することとされている。なお、pH が中性域(※印)で硫化物が存在し、且つ Redox 電位が低い(100mV 以下)場合は 3 点を加算することとされている。

注 1) 水分量の評価は、含水比の値から次のように判断した。

① 含水比 0% 以上 10% 未満---0 点 ② 10% 以上 20% 未満---1 点 ③ 20% 以上---2 点

注 2) 硫化物の ANSI による評価は次のようにした。

① 無---0 点 ② 微量---2 点 ③ 有---3.5 点

土壌の各分析項目の腐食性に及ぼす影響を表 3.4.8 に示す。

表 3.4.8 土壌分析項目とその影響

分析項目	腐食に及ぼす影響	腐食性判定
土壌比抵抗	腐食速度は電流値に比例する。埋設環境中の抵抗が低い場合は腐食電流が大きくなる。電流値は直接測定できないため抵抗値で推定する。	比抵抗が低い＝腐食性強い
Redox 電位	Redox 電位は酸化還元反応の自由エネルギーの測定値で、埋設環境が酸化雰囲気か還元雰囲気かを電氣的に測定するものである。(酸化還元反応は溶液中のイオン間の電子の交換を伴う化学反応である。) Redox 電位が低い場合は還元雰囲気であり、硫酸塩還元菌のような嫌気性菌が活動が活発と考えられ腐食が促進される。	Redox 電位が低い＝腐食性強い
含水比	土中に埋設された金属は、土壌の含水量が少なれば腐食は緩慢となり、常に湿潤状態にあるような場合には、腐食の起こりやすい環境となる。	含水比が大＝腐食性有
硫化物判定	硫酸塩還元菌は土中の硫酸塩を還元して硫化物を生成するため、硫化物が存在する場合には、明らかに硫酸塩還元菌に起因する問題があると判断する。	硫化物有＝腐食性有
抽出水比抵抗	土中の電解質の総量を知るために抵抗率を測定する。電解質が多ければ比抵抗は低くなる。	比抵抗が低い＝腐食性強い
pH 値測定	水素イオン濃度が高ければ、イオン化傾向が水素よりも強い金属は腐食する。pH 値は水素イオン濃度の逆数の対数値であり、pH 4 程度以下では鉄材は水素ガスを発生して溶解する。	pH4 以下＝腐食性強い
硫酸イオン含有量	硫酸イオンは鉄表面の保護皮膜の形成を妨げ腐食を促進する働きを有する。	含有量多い＝腐食性強い
塩素イオン含有量	塩素イオンも鉄表面の保護皮膜の形成を妨げ腐食を促進する働きを有する。	含有量多い＝腐食性強い
蒸発残留物	蒸発残留物を測定することで溶存塩類の総量を測定する。土中には硫酸イオン、塩素イオン以外にも様々な溶存塩類が含まれており、これらの存在が土壌比抵抗を低下させる。	蒸発残留物多い＝腐食性有
酸度・アルカリ度	<ul style="list-style-type: none"> 酸度は酸性物質の含有量をあらわす。 アルカリ度はアルカリ性物質の含有量をあらわす。 酸度、アルカリ度の両方が高い場合、塩類中に炭酸塩が多いことを示す。炭酸塩は腐食に対して防護する働きがある。 	酸度・アルカリ度が共に高い＝防食性有

(4) 調査結果の詳細

調査管No.1(呼び径100 ダクタイル鋳鉄管)の調査結果を一例として以下に示す。

1) 管の外面状況調査結果

調査管の外面状況について以下に示す。

- ・ 管表面に赤茶色の粘土を含む土壌がしっかりと固着していた。
- ・ 管表面は黒鉛化腐食の進行が認められた。
(黒鉛化腐食に関しては、添付資料を参照とする。)
- ・ 外面塗装は全面に剥がれていた。
- ・ 調査管に福岡市 昭和50年 水道管と記されたテープが貼られていた。

2) 管の腐食量調査結果

管外面の腐食量調査結果を表3.4.9、腐食深さ測定結果を表3.4.10に示す。調査の結果、腐食の発生状況に特に傾向は見られなかった。

表 3.4.9 調査管No.1の腐食状態

●各エリア単位での最大腐食深さと腐食箇所数 (調査管の管長：約960mm)								
	A				B			
	管上	管右	管下	管左	管上	管右	管下	管左
最大腐食深さ(mm)	2.5	3.6	4.1	4.4	2.7	3.2	2.4	3.6
腐食箇所数	2	7	5	7	4	10	5	4
●全腐食箇所数：44箇所 (管上：6箇所、管右：17箇所、管下：10箇所、管左：11箇所)								
●最大腐食深さ：4.4mm (管左 A)								
●最多腐食箇所数：10箇所 (管右 B)								

表 3.4.10 腐食深さ測定結果 (No.1)

単位:mm

	腐食深さ () 内の数値は広さを示す				
管 上 A	2.5(30×30)	1.3(25×30)			
管 右 A	3.6(20×20) 1.8(15×20)	3.2(40×75) 1.7(25×25)	2.8(25×30)	2.8(20×25)	2.1(25×30)
管 下 A	4.1(35×40)	3.4(30×35)	1.7(20×20)	1.6(25×30)	1.5(45×70)
管 左 A	4.4(30×55) 1.7(20×35)	3.3(30×65) 1.1(15×15)	2.3(35×50)	1.8(20×25)	1.8(10×15)
管 上 B	2.7(20×30)	1.9(20×20)	1.7(30×35)	1.7(15×20)	
管 右 B	3.2(50×50) 1.8(20×25)	2.4(100×190) 1.6(30×35)	2.2(40×55) 1.2(25×20)	2.2(25×25) 1.2(15×25)	1.9(20×35) 1.0(10×25)
管 下 B	2.4(70×75)	1.8(15×20)	1.2(25×30)	1.1(5×10)	1.1(5×5)
管 左 B	3.6(30×35)	2.4(25×35)	1.9(15×20)	1.6(35×45)	

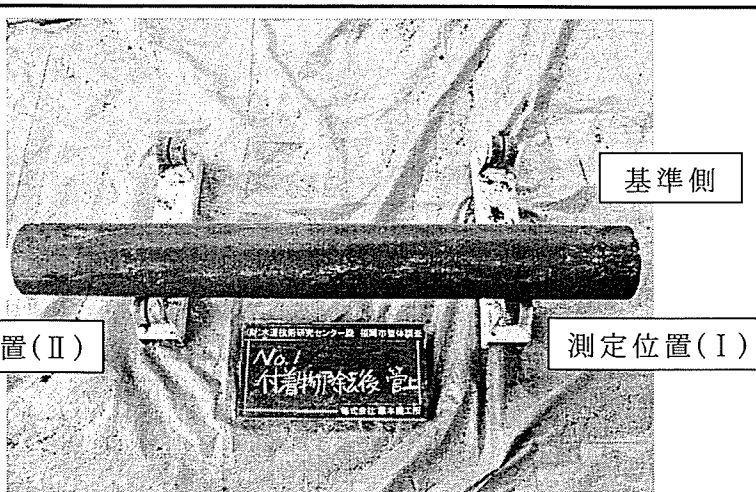
※ 赤字：最大腐食深さ

3) 管厚調査結果

管厚測定結果および管厚測定位置を表3.4.11に示す。調査管の管種は不明であるが、最も厚い1種管の規格値と比較しても、いずれの管厚とも当時の規格管厚を上回るため、規格管厚は満足していると判断できる。

表 3.4.11 管厚測定結果 (No.1)

単位:mm

	管上	管右	管下	管左
測定位置 (I)	8.2	8.1	8.1	7.9
測定位置 (II)	7.8	7.7	7.7	7.6
規格管厚：1種管	7.5mm ^{+制限しない} _{-1.0mm}		3種管 6.0mm ^{+制限しない} _{-1.0mm}	
(JIS G 5526-1974 水道用遠心力球状黒鉛鑄鉄管)				
				

4) 材質調査結果

調査結果を表 3.4.12 に示す。顕微鏡組織より、調査管の材質はダクタイル鋳鉄管であることが判明した。

表 3.4.12 材質調査結果

調査箇所	材質判定
管体	ダクタイル鋳鉄

5) 土壌の腐食性評価結果

土壌および土壌抽出水の分析結果を表 3.4.13、ANSI の腐食性評価結果を表 3.4.14 に示す。ANSI の評価結果では、いずれの土壌とも「10 点未満：腐食性なし」となるが、硫化物を含むことから腐食性が全くないとは言い切れない土壌であると思われる。

表 3.4.13 土壌および抽出水分析結果 (No.1)

サンプル		土壌分析							抽出水分析	
		土壌		比抵抗 (Ω -cm)		含水比 (%)	Redox 電位 (mV)	硫化物	比抵抗 (Ω -cm)	pH
		種類	色	未処理	水飽和					
管上	分析結果	砂	にぶい黄褐色	9,130	8,560	11.4	531	あり	9,260	8.2
	ANSI 点数	—	—	—	0	1	0	3.5	—	0
管横	分析結果	砂	にぶい黄褐色	11,900	9,820	11.3	537	あり	8,730	8.4
	ANSI 点数	—	—	—	—	1	0	3.5	0	0
管下	分析結果	粘土混じり砂	にぶい黄褐色	7,860	7,060	10.8	560	あり	9,140	8.6
	ANSI 点数	—	—	—	0	1	0	3.5	—	3

含水比 20%以上 : 2点
 含水比 10%以上 20%未満 : 1点
 含水比 10%未満 : 0点

備考1) 土壌の種類は目視にて判断した。

備考2) 土壌の色は農林水産省農林水産技術会議事務局監修の標準土色帖を用いて識別した。

表 3.4.14 腐食性評価結果【ANSI 点数合計】(No.1)

	管上	管横	管下
ANSI	4.5	4.5	7.5

(5) まとめ

9本の調査管の調査結果を以下に示す。

1) 管の外面状況調査結果

各調査管の外面状況調査結果の一覧を表3.4.15に示す。

表 3.4.15 各調査管の外面状況調査結果一覧

調査管No.	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.8	No.10	No.11
土被り(m)	1.1	1.4	1.1	1.5	1.9	1.3	1.2	1.2	1.2
地下水位(m)	なし	1.8	なし	1.5	2.9	なし	なし	なし	なし
外面塗装	全面剥離	一部剥離	全面剥離	一部剥離	全面剥離	全面剥離	一部剥離	全面剥離	全面剥離
外面状態	一部黒鉛化	一部黒鉛化	一部黒鉛化	一部黒鉛化	一部黒鉛化	一部黒鉛化	一部黒鉛化	全面黒鉛化	全面黒鉛化

※土被り、地下水位は福岡市水道局で測定

※黒鉛化腐食については、添付資料を参照

2) 管の腐食量調査結果

各調査管の腐食量調査結果の一覧を表3.4.16に示す。

表 3.4.16 各調査管の腐食量調査結果一覧

調査管No.	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.8	No.10	No.11
呼び径	100	250	150	200	400	300	100	200	200
供用年数	32	36	42	35	44	42	35	39	40
管長(mm)	960	670	840	1010	1010	830	950	1020	940
最大腐食深さ(mm)	4.4	3.0	4.1	3.1	6.0	3.7	4.4	4.0	貫通
全腐食箇所数	44	47	63	124	168	31	22	65	63
管上腐食箇所数	6	10	18	30	26	11	7	14	23
管右腐食箇所数	17	8	18	26	48	4	0	19	18
管下腐食箇所数	10	9	15	33	45	1	4	18	4
管左腐食箇所数	11	20	12	35	49	15	11	14	18
単位面積当たりの腐食箇所数(箇所/m ²)	146	89	159	195	132	40	74	101	107
腐食速度(mm/年)	0.14	0.08	0.10	0.09	0.14	0.09	0.13	0.10	0.21

※腐食速度は毎年均一に腐食が進行すると仮定して以下の式で算出した。

$$\text{腐食速度} = \text{最大腐食深さ} \div \text{供用年数}$$

※No.11の貫通腐食については、以下の式により腐食速度を算出した。

$$\text{腐食速度} = \text{最厚管厚(実測値)} \div \text{供用年数}$$

3) 管厚調査結果

各調査管の管厚調査結果の一覧を表 3.4.17 に示す。

表 3.4.17 管厚調査結果一覧

単位:mm

調査管No.	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.8	No.10	No.11
呼び径	100	250	150	200	400	300	100	200	200
規格管厚	7.5	6.0	8.0	7.5	7.5	7.5	7.5	8.8	8.8
最薄管厚	7.6	5.8	8.1	7.0	6.7	7.3	7.4	8.4	8.1
最厚管厚	8.2	6.2	8.6	7.5	8.1	7.7	7.9	9.3	8.4

※いずれの結果とも許容差範囲内にあり、当時の規格管厚を満たしている。

4) ボルト・ナットの腐食量調査結果

各調査管におけるボルト・ナットの腐食量調査結果の一覧を表 3.4.18 に示す。

表 3.4.18 ボルト・ナットの腐食量調査結果一覧

調査管No.	No.3	No.5	No.6	No.8	No.11
BN 本数	6	12	8	4	6
腐食度大 (ランクI)	1	4	0	2	6
腐食度中 (ランクII)	5	3	1	2	0
腐食度小 (ランクIII)	0	5	7	0	0
良好 (ランクIV)	0	0	0	0	0

5) 土壌の腐食性評価結果

各調査管における土壌の腐食性評価結果の一覧を表 3.4.19(土壌分析)、表 3.4.20 (抽出水分析)、表 3.4.21 (地下水分析)、表 3.4.22 (ANSI の腐食性評価結果) に示す。

表 3.4.19 土壌の腐食性評価結果一覧 (土壌分析)

調査管No		No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.8	No.10	No.11
土壌種類	管上	砂	粘土混じり砂	砂	粘土混じり砂	粘土	砂	砂	砂	粘土混じり砂
	管横	砂	粘土混じり砂	砂	粘土混じり砂	砂	粘土混じり砂	砂	粘土	砂混じり粘土
	管下	粘土混じり砂	粘土混じり砂	砂	砂混じり粘土	砂	粘土混じり砂	砂	粘土混じり砂	粘土混じり砂
土壌の色	管上	にぶい黄褐色	灰黄褐色	黒褐色	灰黄褐色	灰褐色	黄褐色	にぶい黄褐色	明褐色	にぶい黄褐色
	管横	にぶい黄褐色	暗青灰色	褐色	灰黄褐色	灰褐色	にぶい赤褐色	灰黄褐色	黒褐色	灰黄褐色
	管下	にぶい黄褐色	緑灰色	褐色	暗灰黄色	灰褐色	にぶい赤褐色	にぶい黄褐色	褐色	橙色
比抵抗 (Ω・cm) 上段：未処理 下段：水飽和	管上	9,130 8,560	3,220 3,010	22,000 8,110	3,260 3,160	652 648	61,400 7,010	24,700 11,200	69,700 18,600	3,020 2,990
	管横	11,900 9,820	4,060 3,950	28,700 15,600	3,280 3,240	80,300 36,700	3,800 2,120	4,450 4,400	10,800 10,400	3,460 3,410
	管下	7,860 7,060	3,900 3,880	22,100 11,000	2,760 2,670	42,700 32,500	6,690 5,300	26,700 10,100	7,360 6,730	2,120 2,080
含水比 (%)	管上	11.4	11.5	10.7	13.7	24.9	4.4	9.2	6.0	7.9
	管横	11.3	14.2	9.1	16.0	6.3	12.0	11.8	30.5	24.8
	管下	10.8	19.2	9.1	15.7	12.2	11.3	9.0	17.8	22.9
Redox 電位 (mV)	管上	531	545	553	525	632	509	537	518	769
	管横	537	540	594	539	510	524	509	586	678
	管下	560	516	580	526	542	551	579	568	600
硫化物	管上	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり
	管横	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり
	管下	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり

※赤字：腐食に影響を与える可能性のある項目

土壌種類：粘土質、土壌の色：明度 4 以下、比抵抗：2000Ω・cm 未満、含水比：20%以上、Redox 電位：100mV 以下、硫化物：あり・微量

表 3.4.20 土壌の腐食性評価結果一覧 (抽出水分析)

調査管No		No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.8	No.10	No.11
比抵抗 (Ω・cm)	管上	9,260	5,830	6,070	5,220	8,300	6,800	4,520	8,550	7,560
	管横	8,730	8,730	24,800	4,020	32,100	2,780	1,780	18,900	6,160
	管下	9,140	6,020	12,300	4,480	35,100	8,780	1,830	3,330	3,660
pH	管上	8.2	8.3	10.4	7.4	8.0	7.7	11.1	7.3	8.7
	管横	8.4	8.2	9.0	7.8	7.8	7.8	11.6	7.2	8.1
	管下	8.6	8.0	8.6	7.9	8.0	7.9	11.6	9.7	7.8

※赤字：腐食に影響を与える可能性のある項目

比抵抗：2000Ω・cm 未満、pH：5 未満・8.5 以上

表 3.4.21 地下水の分析結果一覧

調査管 No.	No.2	No.4	No.5
比抵抗 ($\Omega \cdot \text{cm}$)	1,560	1,290	2,600
pH	7.7	8.2	7.4
SO_4^{2-} (mg/l)	110	170	72
Cl^- (mg/l)	13	83	19
蒸発残留物 (mg/l)	442	536	334
酸度 (mg/l)	7	<1	8
アルカリ度 (mg/l)	610	110	79

※赤字：腐食に影響を与える可能性のある項目

比抵抗：2000 $\Omega \cdot \text{cm}$ 未満、pH：5未満・8.5以上、 SO_4^{2-} ：200mg/l以上、 Cl^- ：100mg/l以上、蒸発残留物：300mg/l以上、酸度：50mg/l以上、アルカリ度：20mg/l以下

表 3.4.22 土壌の腐食性評価結果一覧 (ANSI の腐食性評価結果)

調査管 No.	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.8	No.10	No.11	
ANSI	管上	4.5	4.5	7.5	4.5	15.5	3.5	6.5	3.5	7.5
	管横	4.5	4.5	6.5	4.5	3.5	6.5	15.5	5.5	5.5
	管下	7.5	4.5	6.5	5.5	4.5	4.5	11.5	7.5	10.5

※赤字：腐食性あり

(6) おわりに

本調査管の埋設環境は、ANSI の評価では「腐食性あり」となる土壌サンプルは 27 検体中、わずか 4 検体であった。しかし、粘土と砂が混ざり合った土壌を主とする環境が比較的多いことから、このような地点は通気差腐食を生じさせやすいなど管路に対してはあまり良い環境とは言えない。また、いずれの土壌サンプルとも硫化物を含んでおり、地下水の存在が認められた No.2、No.4、No.5 では、土壌中の硫化物と地下水中の溶存酸素が反応して硫酸を生成し、管路へ悪影響を及ぼすことが考えられる。また、地下水が認められなかったその他の地点においても硫酸塩還元バクテリアに起因する問題が伴うため注意が必要である。

このような環境下でいずれの調査管とも 1 m 以内の管長にも関わらず、比較的多くの腐食が生じており、貫通腐食していた管も認められた。また、ボルト・ナットも土壌と接触する部分を主として形状が変形しているものが多くあった。

本調査管は供用開始から 40 年近く経過した管路から採取されたものも多くあり、調査結果から判断して、引き続き管路の調査を継続して現状把握をすると同時に更新検討について準備が必要な段階に来ている地点もあると考えられる。

〈写真集〉

— 調査手順 —