

平成 13 年 9 月 12 日

水道用ステンレス鋼管土壌腐食試験

---

---

# 10 年間埋設試験結果報告

---

---

---

ステンレス協会

---

---

# 水道用ステンレス鋼管土壌腐食試験 10年間埋設試験結果報告

ステンレス協会

## 1. まえがき

土壌中に埋設された水道管やガス管に用いられている炭素鋼管や鋳鉄管の耐食性についてのデータは数多くあるが、これに代わり得るステンレス鋼管の土壌中における腐食挙動と耐食性に関するデータは米国 NBS で行った試験報告<sup>1)</sup>以外には数少ない。NBS のデータも米国内の特殊な土壌環境に対するもので、土質の異なる日本の土壌環境における配管布設用の資料としては十分とはいえない。

ステンレス協会では、日本各地の土壌環境中における水道用ステンレス鋼管の耐食性を評価するため、水道用ステンレス鋼管土壌腐食試験

小委員会を組織して、昭和54年度より全国25箇所の試験地に数種のステンレス鋼管と、これを各種の継手で接合した管並びに比較のための炭素鋼鋼管、鉛管及び銅管を含む配管材料を埋設し、5年間にわたる土壌腐食試験を開始した。その後、埋設期間をさらに延長した試験も追加する必要性を認め、昭和55年度より一部の試験項目を除き12箇所の試験地で、10年間の長期埋設試験を開始した。

1年、3年及び5年の各埋設期間の試験結果は前報<sup>2)</sup>に報告されているので、本報告では10年間各試験地に埋設した試験管について得られた試験結果を記述する。

表1 埋設場所及び埋設並びに掘起年月日

記号	埋設場所	所在地	埋設年月日	掘起年月日
D	東京都水道局三園浄水場	東京都板橋区三園2-10-1	S 55.12.11	中止
H	釧路市水道部	北海道釧路郡釧路村字鳥通67	S 55. 9.26	H 2.10. 3
I	青森市水道部	青森県青森市大字矢田前字本泉14 原別配水場	S 55. 9.24	H 2. 9.13
J	日本ステンレス㈱	新潟県上越市川原町10-29	S 55.12.11	H 2.11. 2
K	日本弁管工業㈱モルコ事業部 藪塚工場	群馬県新田郡藪塚本町大字六千石 字東浦5	S 55.12.13	H 2.11.16
P	日立金属㈱桑名工場	三重県三重郡朝日町小向200	S 55.12.20	H 3. 3.22
R	住友金属工業㈱和歌山製鉄所	和歌山県和歌山市湊1850	S 56. 1. 8	H 3. 2. 1
U	日新製鋼㈱周南製鋼所	山口県新南陽市大字富田4976	S 55.12.23	H 3. 2.22
V	新日本製鉄㈱八幡製鉄所 中津工場	大分県中津市東浜332	S 55.12.18	H 3. 4.24
W	沖縄県立美里工業高等学校	沖縄県沖縄市字泡瀬1629	S 55.10. 6	中止
X	沖縄県立南部工業高等学校	沖縄県東風平町字富盛1240	S 55.10. 7	H 2.11.21
Y	松山市公営企業局	愛媛県松山市二番町4-7-2	S 55.10. 2	H 2. 9.27

2. 試験方法

2.1 試験地

試験管の埋設場所は表1に示す12箇所である。そのうち、三園(D)と沖繩美里(W)では埋設場所の都合によって試験期間の途中で試験が中止された。各埋設場所では、5年間の埋設試験地に隣接した箇所を試験地とした。

2.2 供試管

供試管には、長さ500mm、25SuのSUS304及びSUS316ステンレス鋼管と5種類の継手を用いて接合したSUS304ステンレス鋼管を用い

た。また、比較材として同寸法の配管用炭素鋼鋼管及び水道用鉛管も試験に供した。各試験管は1.0~1.5mの深さで横並びに埋設した。また、長さ1,800mmのSUS304とSUS316ステンレス鋼管、配管用炭素鋼鋼管及びリン脱酸銅継目無管をその一端を地表より約300mm出して縦方向に埋設した。重量測定用にはSUS304鋼、SUS316鋼、炭素鋼及び鉛の短管を用いた。

これらの供試管の種類と寸法の一覧を表2に示す。

表2 試験管の種類と寸法

(1) ステンレス鋼管

管の種類	規格	寸法 (mm)
SUS 304 TPD-A	JIS G 3448	25Su(28.58φ×1.0t)×500/、1,800/
SUS 304 TPD-E	〃	25Su(28.58φ×1.0t)×500/
SUS 316 TPD-A	〃	25Su(28.58φ×1.0t)×500/、1,800/

A：自動アーク溶接管 E：電気抵抗溶接管

(2) 継手付ステンレス鋼管

継手	規格	管	
		種類	寸法 (mm)
はんだ式	JWWA G 116	SUS 304 TPD-E	25Su(28.58φ×1.0t)×250/
プレス式	〃	SUS 304 TPD-A	〃
圧縮式	〃	SUS 304 TPD-E	〃
伸縮可とう式(A)	〃	SUS 304 TPD-E	〃
伸縮可とう式(B)	—	SUS 304 TPD-A	〃

(3) 比較材管

比較材	規格	寸法 (mm)
SGP・黒 (配管用炭素鋼鋼管)	JIS G 3452	20A(27.2φ×2.8t)×500/、1,800/
PbTW-b (水道用鉛管)	JIS H 4312	28.4φ×4.2t×500/
C1220T-H(M) (リン脱酸銅継目無管)	JIS H 3300	28.58φ×0.89t×1,800/

(4) 重量測定用管

管の種類	寸法 (mm)
SUS 304 TPD-A	25Su(28.58φ×1.0)×130/
SUS 316 TPD-A	〃
SGP・黒	15A(21.7φ×2.8t)×70/
PbTW-2	16.2φ×3.1t×60/

表3 土壌の化学分析値

埋設地	含水比 (%)	pH	有機物含量 (%)	水溶性成分 (mg/kg) *epm										上段：埋設時		下段：掘起時	
				Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Mアルカリ度	H <sub>2</sub> S	硫化物	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>			
剣路(H)	875.2	4.3	4.0	58.0	2240	-	0.6	0.53	<0.1	<0.1	<0.1	591	86	60	-		
	88.8	4.4	79.6	60.7	4130	-	9.3	0.35	<0.1	<0.1	1140	267	224	9.4			
青森(I)	39.8	5.2	1.6	4.1	37.7	-	<1	0.07	<0.1	-	6	2	2	-			
	28.4	5.4	1.9	4.0	92.0	-	<1	0.02	<0.1	-	10	5	13	-			
直江津(J)	24	7.1	0.4	8	36	44	22	0.6	<1	<1	8	6	23	3			
	22	6.5	0.4	10	6	47	8	0.2	<1	<1	1	1	5	<1			
藪塚(K)	44.8	5.4	2.1	15.6	-	-	115	0.2	<0.03	<0.03	34.4	5.3	8.3	-			
	32.3	6.5	-	18	44	3.4	7.8	0.17	<0.2	<0.2	15.2	1.2	10.4	-			
桑名(P)	39.8	6.9	-	24	80	6.0	0	15	-	0	12	7.4	22	-			
	28.5	6.3	-	3.1	6.3	3.7	1.9	14	<0.1	0.6	0.2	3.9	11	-			
和歌山(R)	-	8.3	-	7.2	28.8	2.9	2.1	39	-	<0.5	62.5	2.6	9.0	7.5			
	6.8	8.5	-	4.0	32.6	28.2	-	38	-	<0.4	47.0	5.0	2.2	2.2			
周南(U)	21.7	6.8	-	28.9	28.0	1218	0.5	0.1	0.3	0.3	13.3	1.7	5.6	4.3			
	15.1	7.2	-	4.2	0.8	30	88.0	0.8	-	-	24.0	4.0	6.0	6.0			
中津(V)	5.6	6.9	-	2.4	4.1	6.2	1.4	11.8	0	0	4.9	1.2	2.1	1.3			
	7.8	7.4	-	8.9	4.3	22.4	4.6	33.0	<0.02	<0.02	19.6	4.1	1.7	1.7			
沖繩(X)	52.1	7.4	-	50	872	-	-	-	-	-	32.5	127	87	-			
	28.6	8.0	-	44	240	101	1.9	8.1	<0.2	<0.2	126	24	22	-			
松山(Y)	20.0	6.9	-	36.0	51.9	tr	529	0.4	0.8	0.7	11.5	3.7	7.0	1.3			
	9.5	7.9	-	7.8	0.6	152	78	3.3	-	-	80.0	6.0	6.0	<4.0			

### 2.3 試験方法

供試験の作製と埋設方法、土壌環境調査、管の外観観察、腐食量測定、電位測定等は、すべて前報<sup>2)</sup>に記載した方法と同じである。

## 3. 試験結果

### 3.1 土壌調査

10箇所の試験地から採取した土壌試料について化学分析を行った。また、土壌の抵抗率及び酸化還元電位を各試験現地で測定した。

#### 3.1.1 土壌の化学分析値

試験管の埋設時と10年後の掘起し時における土壌の化学分析値を表3に示す。

含水比は経時的に若干変化するが、和歌山(R)、周南(U)、中津(V)及び松山(Y)では20%以下の低い値であった。一方、湿原地帯の釧路(H)では非常に高い含水比を示した。

pH値は、大半の試験地で6～8のほぼ中性を示したが、青森(I)及び釧路(H)ではpHが6以下の弱酸性を示した。

水溶性成分のうち、腐食性と関連の深いCl<sup>-</sup>及びSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>濃度は釧路(H)及び沖繩(X)で高いが、その他の箇所ではCl<sup>-</sup>濃度が25mg/kg以下、またSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>濃度が100mg/kg以下であった。硫化物はいずれの試験地でもほとんど検出されなかった。

#### 3.1.2 土壌の抵抗率及び酸化還元電位

試験管の埋設時と掘起し時における各試験地土壌の抵抗率と酸化還元電位の測定値を表4に示す。

土壌の抵抗率は鉄鋼に対する土壌腐食性を判定する一つの尺度とされている。抵抗率が5,000Ω・cm以下の土壌は青森(I)、直江津(J)、桑名(P)及び沖繩(X)で、とくに沖繩は、抵抗率が非常に低く、腐食性の強い土壌環境とみなされる。

酸化還元電位の測定値は大半の試験地で100

(4)

表4 土壌の酸化還元電位及び抵抗率

試験地	測定位置	酸化還元電位 (mV, NHE)		抵抗率 (Ω・cm)	
		埋設時	掘起時	埋設時	掘起時
釧路(H)	a	73	299	19,500	8,500
	b	55	294	15,500	6,300
	c	66	294	18,000	8,000
青森(I)	a	69	211	3,100	4,000
	b	39	66	2,800	4,400
	c	79	106	3,000	4,000
直江津(J)	a	335	507	1,600	4,000
	b	335	527	1,600	4,600
	c	335	417	1,400	7,000
藪塚(K)	a	463	135	7,000	23,500
	b	441	143	7,000	34,000
	c	510	151	6,900	30,000
桑名(P)	a	127	235	2,550	4,800
	b	168	275	2,400	3,300
	c	262	310	2,500	2,900
和歌山(R)	a	355	448	44,000	73,000
	b	375	458	32,000	55,000
	c	345	454	33,000	48,000
周南(U)	a	395	389	14,000	18,000
	b	344	334	16,000	16,000
	c	356	331	14,000	12,000
中津(V)	a	230	280	340,000	170,000
	b	230	220	240,000	91,000
	c	180	160	180,000	180,000
沖繩(X)	a	65	170	5,700	950
	b	80	228	6,300	900
	c	70	245	6,900	900
松山(Y)	a	550	557	4,400	5,100
	b	544	589	8,400	5,200
	c	495	594	4,200	7,600

mV<sub>NHE</sub>以上であり、いずれの土壌環境も好気性にあるものとみなされる。

### 3.2 試験管の腐食状況

SUS304及びSUS316鋼管、5種類の継手で接合したSUS304鋼管並びに比較材としての炭素鋼管、鉛管及び銅管を含む合計168本の試験管を、埋設10年後に掘起し、それらの腐食状況を

表5 試験管の腐食状況

○腐食なし  
 ◎着色、変色、発錆  
 ●腐食(程度)あり

試験管	埋設場所	H	I	J	K	P	R	U	V	X	Y	
構 理 設 管	304-A	○	○	◎下部褐色	○	◎一部茶色	◎褐色斑点	○	○	◎一部茶色	○	
		○	○	◎下部褐色	◎テーパー下発錆	◎一部茶色	◎褐色斑点	○	○	◎一部茶色	○	
		○	○	◎下部褐色	○	◎一部茶色	◎褐色斑点	○	○	◎一部茶色	○	
設 管	炭素鋼	●全面腐食	●全面腐食	●全面腐食 最大1mm	●全面腐食	●全面腐食	●全面腐食	●全面腐食	●全面腐食	●全面腐食	●全面腐食 最大1.5mm	
		◎灰色 微孔食	◎灰色 白斑点	◎灰色 白斑点	◎白色	◎白色	◎褐色	◎白色 黒斑点	◎灰色 孔食	◎灰色 孔食	◎灰色 孔食 孔食数点	
		○	○	◎褐色	○	○	○	○	●	◎テーパー下	○	
機 手 付 管	はんだ式	◎	◎	◎軽度腐食	◎はんだ部発錆	◎はんだ部灰色	◎はんだ部灰色	◎はんだ部黒変	◎はんだ部孔食	○	◎はんだ部腐食	
		○	○	◎褐色	○	○	○	○	○	○	○	
	アレス式	○	○	◎褐色	○	○	○	○	○	○	○	
		◎	◎	◎褐色	◎前部腐食	◎茶色	◎緑青	◎ナット変色	◎ナット変色	◎緑青	◎緑青、孔食	
	可とう式 (A)	○	○	◎褐色	○	○	○	○	○	○	○	
		◎	◎	◎褐色	◎局部腐食	◎茶色	◎緑青	◎ナット変色	◎ナット変色	◎緑青	◎緑青、孔食	
	可とう式 (B)	○	○	◎褐色	◎接合部腐食	◎接合部茶色	○	○	○	○	◎接合部腐食	
		◎	◎	◎褐色	◎局部腐食	◎局部腐食	◎緑青	◎緑青	◎ナット変色	◎緑青	◎緑青、孔食	
	304-A	○	◎下部褐色	◎下部褐色 表面部孔食	○	◎下部褐色	◎一部褐色	◎一部褐色	◎下部褐色	○	◎下部褐色 テーパー下腐食	◎中央部着色
		○	◎下部褐色 表面部孔食	◎下部褐色 表面部孔食	○	◎下部褐色	◎一部褐色	◎一部褐色	◎下部褐色	○	◎下部褐色	◎中央・下部 着色
設 管	炭素鋼	●全面腐食 貫通孔3	●全面腐食	●全面腐食	◎緑青	◎全面腐食	◎黒褐色 一部緑青	◎緑青	◎緑青	◎全面腐食	◎全面腐食	
		◎全面腐食	◎全面腐食	◎全面腐食	◎全面腐食	◎全面腐食	◎全面腐食	◎全面腐食	◎全面腐食	◎全面腐食	◎全面腐食	

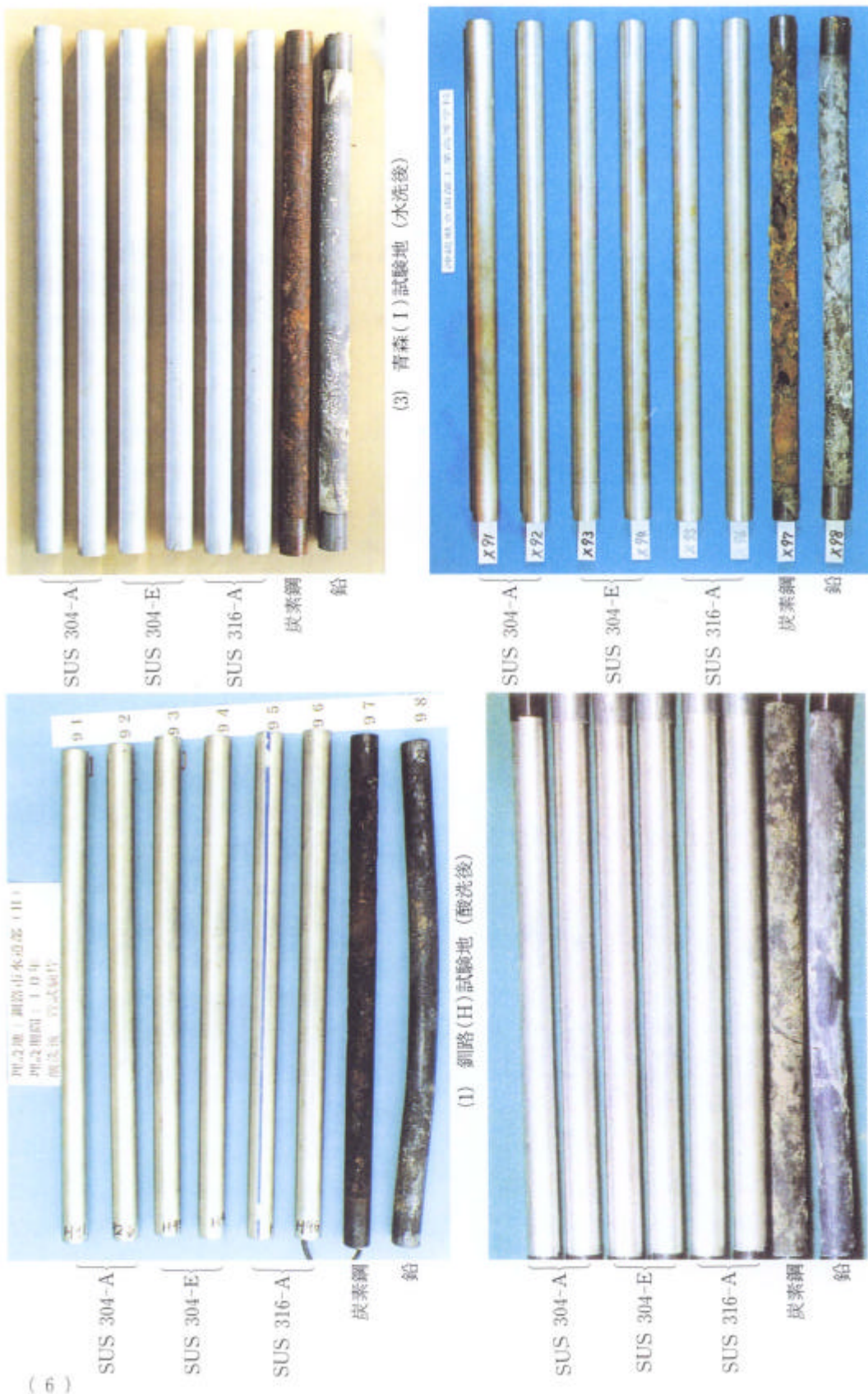
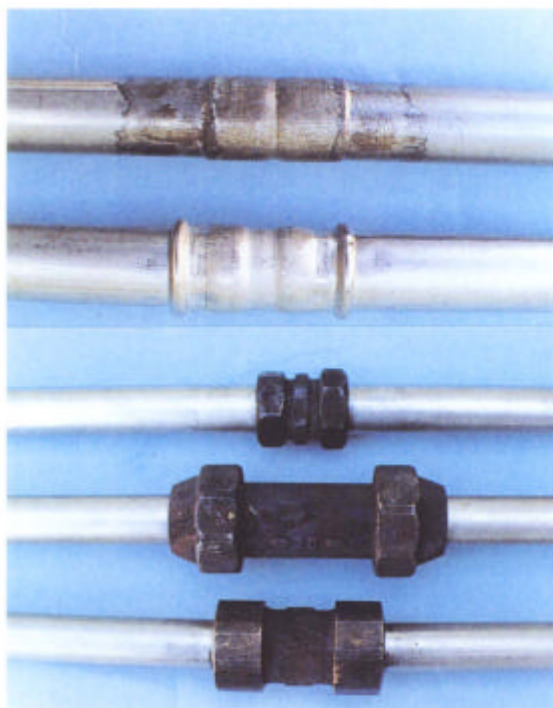
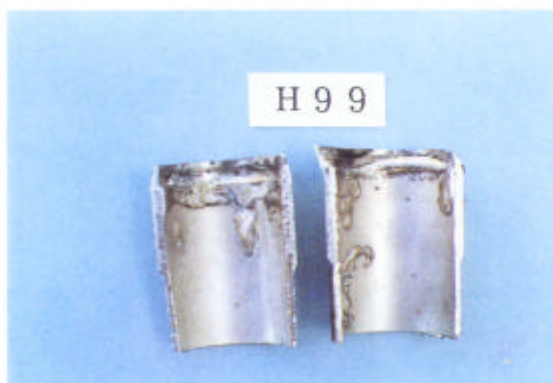


写真 1 横埋設管の外観



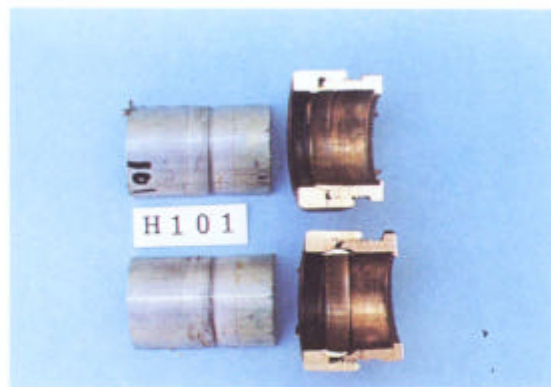
(1) 外観 (酸洗後)



(2) はんだ式継手 (酸洗後)



(3) プレス式継手 (酸洗後)



(4) 圧縮式継手 (酸洗後)



(5) 可とう式(A)継手 (酸洗後)



(6) 可とう式(B)継手 (酸洗後)

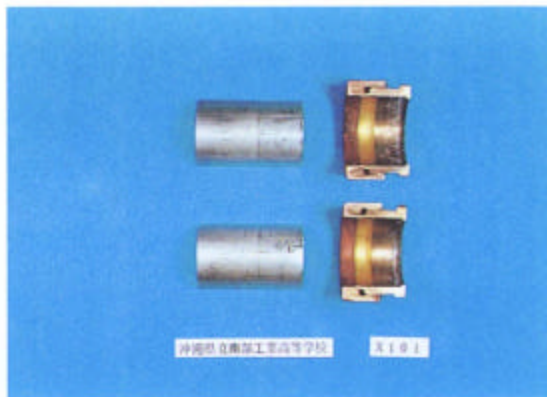
写真2 継手付管の外観 (鋼路(H)試験地)

(7)





(1) 外 観 (水洗後)



(4) 圧縮式継手 (酸洗後)



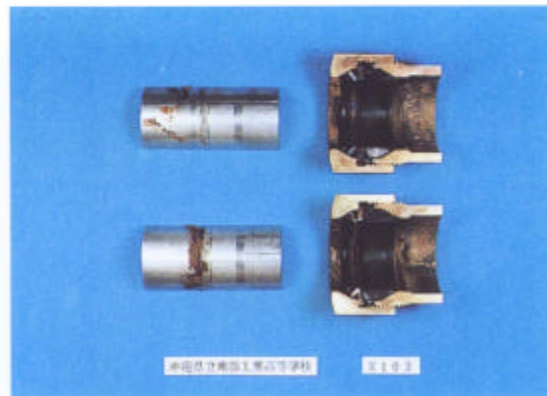
(2) はんだ式継手 (酸洗後)



(5) 可とう式(A)継手 (酸洗後)



(3) プレス式継手 (酸洗後)



(6) 可とう式(B)継手 (酸洗後)

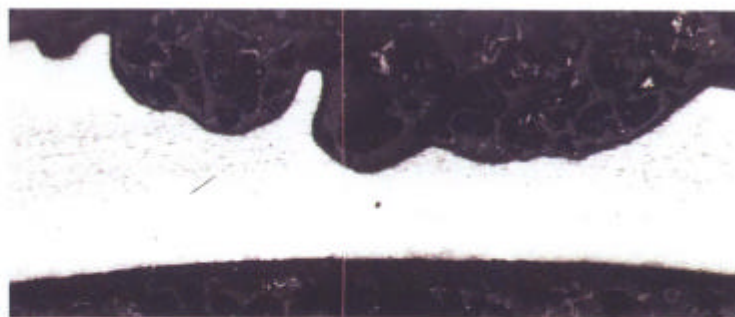
写真3 継手付管の外観 (沖縄(X)試験地)

深さ (cm)	SUS304-A		SUS316-A		銅		炭素鋼	
	水洗後	酸洗後	水洗後	酸洗後	水洗後	酸洗後	水洗後	酸洗後
0								
20								
地上								
40								
60								
80								
100								
120								
140								
160								
180								

写真4 縦埋設管の外観 (周南(U)試験地)



(1) 外観



(2) 断面 (×50)

写真5 ビニルテープ被覆の下に発生したすきま腐食  
(沖縄(X)試験地, 縦埋設管)

調べた。それらの結果を総括して表5に示す。また、掘起し後の管の外観の代表例を写真1～5に示す。

#### (1) ステンレス鋼管

横に埋設した SUS304及び SUS316鋼管は、数か所の試験地で管表面の一部に茶色の着色や茶褐色の斑点を生じたが、管の水洗または酸洗後の観察ではいずれも腐食の発生は認められなかった。

縦に埋設した SUS304及び SUS316鋼管は、多くの試験地で試験管の下方部のほぼ全面が茶褐色に着色し、しかも着色の程度は横埋設管の場合より著しかった。また、縦埋設の SUS304鋼管は、直江津(K)で、試験地が道路に面しており、凍結防止剤の路面散布によって管の地表面付近に多数の孔食を発生し、また、沖縄(X)でテープ巻きの下部にすきま腐食を生じた。しかし、SUS316鋼管は外観変化が少なく、SUS304鋼管より優れた耐食性を有していた。

#### (2) 継手付ステンレス鋼管

継手付試験管を管と継手本体に分けると、表5に示すように管部では藪塚(K)の可とう式継手(B)で接合した SUS304鋼管のみが腐食し、

(10)

沖縄(X)では可とう式継手で接合した管が腐食を生じた。一方、継手本体ははんだ式、BC製の圧縮式及び可とう式のものに腐食が多くみられた。沖縄では管、継手ともに孔食が多かったのに対し、本土では広がりをもった局部腐食であった。

#### (3) 比較材管

炭素鋼管は全試験地において横埋設及び縦埋設の両者とも全面腐食が激しく、数試験地では貫通孔や欠損を生じた。一方、横埋設の鉛管は局部腐食を呈している地区が多く、また縦埋設の銅管は緑青を生じて侵食された。

#### 3.3 自然電位

土壌中における供試管の腐食挙動を観察するため、横埋設の各供試管に電位測定用導線を取付けて埋設し、照合電極と高抵抗電圧計を用いて管の自然電位を測定した。埋設10年後における各供試管の自然電位を表6に示す。

#### (1) ステンレス鋼管

前報に記したように、ステンレス鋼の電位は、埋設後数か月間は全般に変化が大きいが、その後次第にほぼ定常値に達する傾向がある。しかし、青森(I)及び松山(Y)のように土壤環境の変動に伴い経時的に大きな電位変化を繰返す箇所があった。ほぼ定常値に達した10年後の測定値

表6 試験管の自然電位

単位：mV(SCE)

試験地	鉏路	青森	直江津	藪塚	桑名	和歌山	周南	中津	沖繩	松山	
試験管	(H)	(I)	(J)	(K)	(P)	(R)	(U)	(V)	(X)	(Y)	
304-A	-349	263	-338	450	-138	530	-627	379	-371	284	
	-363	-425	-16	446	-110	520	-397	300	-127	280	
304-E	-390	-214	-411	456	-201	530	-417	-40	-393	-23	
	-360	-499	194	453	-113	485	-341	398	-124	409	
316-A	-369	-440	389	442	-181	498	-391	-164	-376	-105	
	-377	-399	-293	457	-165	505	-402	382	-330	378	
炭素鋼	-434	-562	-531	-332	-299	-215	-525	-254	-486	-422	
鉛	-402	-552	-484	-388	-228	-415	-529	-458	-393	-390	
継手付管	はんだ式	-364	-459	-336	461	-107	435	-503	413	-186	-63
	プレス式	-369	-445	179	477	-161	495	-402	441	-198	441
	圧縮式	-369	-272	-146	35	-137	65	-409	261	-134	0
	可とう式(A)	-241	-235	-78	65	-59	8	-413	90	-37	78
	可とう式(B)	-376	-207	-146	108	-190	75	-450	158	-390	49

表7 腐食度

試験地	304鋼		316鋼		炭素鋼		鉛	
	mdd	mm/y	mdd	mm/y	mdd	mm/y	mdd	mm/y
鉏路(H)	0.000	0.000	11.00	0.051	0.40	0.001	0.000	0.000
	0.000	0.000	9.40	0.044	0.70	0.002	0.000	0.000
青森(I)	0.000	0.000	1.86	0.009	0.75	0.002	0.000	0.000
	0.000	0.000	2.06	0.010	0.89	0.003	0.000	0.000
直江津(J)	0.000	0.000	2.29	0.011	0.33	0.001	0.000	0.000
	0.000	0.000	2.31	0.011	0.58	0.002	0.000	0.000
藪塚(K)	0.000	0.000	2.15	0.010	0.05	0.000	0.000	0.000
	0.000	0.000	1.82	0.008	0.05	0.000	0.000	0.000
桑名(P)	0.000	0.000	1.83	0.008	0.76	0.002	0.000	0.000
	0.000	0.000	1.55	0.007	1.11	0.004	0.000	0.000
和歌山(R)	0.002	0.002	2.80	0.013	0.21	0.001	0.000	0.000
	0.003	0.003	2.76	0.013	0.20	0.001	0.000	0.000
周南(U)	0.000	0.000	1.00	0.005	0.10	0.000	0.000	0.000
	0.000	0.000	1.01	0.005	0.23	0.001	0.000	0.000
中津(V)	0.001	0.001	3.03	0.014	0.07	0.000	0.000	0.000
	0.001	0.001	3.03	0.014	0.06	0.000	0.000	0.000
沖繩(X)	採取不能	採取不能	採取不能	採取不能	採取不能	採取不能	採取不能	採取不能
松山(Y)	0.000	0.000	2.95	0.014	0.22	0.001	0.000	0.000
	0.000	0.000	3.54	0.016	0.25	0.001	0.000	0.000

(11)

からみると、藪塚(K)、和歌山(R)及び中津(V)では+400～+500mV(SCE)の高い(貴な)電位を示し、ステンレス鋼が安定な不動態を保っているが、釧路(H)、青森(I)、周南(U)及び沖縄(X)では-300～-420mV(SCE)の低い(卑な)電位を示し、ステンレス鋼の不動態がやや不安定となる傾向がみられた。

(2) 炭素鋼管及び鉛管

炭素鋼管と鉛管の電位は、経時的变化が少なく、-400～-550mV(SCE)を示すが、一部の地区では、これより貴な値となるものもあった。また、鉛管の電位は全般的に炭素鋼管の電位より30～100mV 貴な値であった。

(3) 継手付ステンレス鋼管

はんだ式及びプレス式継手付管の電位はすべての試験地でステンレス鋼管の電位に近い値を示した。

圧縮式、可とう式(A)及び(B)継手付管の電位は、数試験地でステンレス鋼管の電位にほぼ近い値を示したが、その他の試験地ではそれらは、ステンレス鋼管の電位と炭素鋼管の電位の中間の値を示し、銅合金製継手とステンレス鋼

管との組合せによる影響を受けた可能性が考えられる。

3.4 腐食度

供試材の腐食量測定には秤量が可能な重量測定用試験管を用いた。2種類のステンレス鋼、炭素鋼及び鉛の重量測定用試験管を各試験地に埋設し、10年後に掘出してそれらの腐食減量を測定し、腐食度(mdd及びmm/y)を算出した。その結果を表7に示す。

SUS304鋼及びSUS316鋼の両者はすべての試験地で埋設10年後も腐食減量がなかった。

4. 全試験結果の総括

25箇所の試験地における1年、3年及び5年間の埋設試験結果(前報)と10箇所の試験地における10年間の埋設試験結果(本報)を総括すると、次のとおりである。

4.1 供試管の表面状況

1, 3, 5及び10年間埋設後に掘起した975本のステンレス鋼管について、孔食、すきま腐食、その他の局部腐食を発生した状況を試験地別に表8に示す。

SUS304及びSUS316鋼管は、若干の着色を生

表8 ステンレス鋼管の表面状況

		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y
横 管	304A				C																				P	P
	304E				C																					C
	316A																									P
縦 管	304A															P					C				P	P
	316A																									C
備 考	C:すきま腐食	東 京 都								北 海 道	青 森 県	新 潟 県	群 馬 県	埼 玉 県	神 奈 川 県			三 重 県	兵 庫 県	和 歌 山 県	広 島 県	山 口 県	大 分 県	沖 縄 県	愛 媛 県	
	P:孔食	曙 海	豊 住	金 町	三 園	杉 並	和 田 堀	砧 下	釧 路	青 森	直 江 津	藪 塚	熊 谷	相 模 原	川 崎	足 柄	桑 名	西 宮	和 歌 山	福 山	光	周 南	中 津	美 里	南 部	松 山

注) 1, 3, 5, 10年間の総括

(12)

表9 継手付試験管の表面状況

継手材質	継手の種類	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y		
管	SUS 304	はんだ式																						P	P			
		プレス式																							P			
	BC-6	圧縮式																								P		
		伸縮可とう式(A)										C															P	
		伸縮可とう式(B)											P														P	
継手	SUS 304	はんだ式	L			L	L					L												P	P	L		
		プレス式																							P			
	BC-6	圧縮式	L	L		L				L			L														P	L
		伸縮可とう式(A)	L	L	L	L				L			L	L				L									P	L
		伸縮可とう式(B)	L	L	L	L	L			L	L		L	L			L	L						L	L		P	L
備考	C：すきま腐食		P：孔食		L：局部腐食		東京都		北海道	青森県	新潟県	群馬県	埼玉県	神奈川県	千葉県	三重県	兵庫県	和歌山県	広島県	山口県	大分県	沖縄県	愛媛県					
	晴海	豊住	金町	三園	杉並	和田	荏原	砧	目黒	青森	直江津	蕨塚	熊谷	相模原	川崎	足柄	桑名	西宮	和歌山	福山	周光	中津	美里	南	松山			

注) 1, 3, 5, 10年間の総括

じたが、腐食の発生はなく、良好な耐食性を保っていた。しかし、横埋設の SUS304鋼管は三園(D)と沖繩(W及びX)で腐食が発生し、横埋設の SUS316鋼管は沖繩(X)のみで腐食を生じた。一方、縦埋設の SUS304鋼管は川崎(N)、福山(S)及び沖繩(W及びX)で腐食を生じたが、縦埋設の SUS316鋼管は沖繩(W)でのみ腐食を生じた。

つぎに、130本の継手付 SUS304鋼管の掘起し後の表面状況を、管部と継手本体に分けて表9に示す。

ステンレス鋼管は大半の試験地で良好な耐食性を保っていたが、青森(I)及び蕨塚(K)の可とう式継手で接合した管のみに孔食とすきま腐食の発生がみられ、また、沖繩ではすべての継手で接合した管に局部腐食が発生した。一方、継手本体ははんだ式や BC 製の圧縮式や可とう式

のものに緑青の発生が多くみられた。

#### 4.2 腐食形態と腐食発生部位

単独のステンレス鋼管及び継手接合管のステンレス鋼管部に発生した腐食の形態とその発生部位を表10に示す。

沖繩を除いた本土の試験地での腐食形態は縦埋設 SUS304鋼管の下方に生じた孔食とビニルテープの下に生じたすきま腐食である。また、縦埋設管と横埋設管の腐食発生本数の割合は4対1で、前者が多かった。

縦埋設管は掘起しと埋め戻しによって乱された上方の土壌層と管の打込みのまま乱されていない下方の土壌層とを通して布設されているので、土壌層の上下間での通気差により鋼表面にマクロセルが形成され、これが土壌中の腐食性因子と相まって管の下方部に着色や腐食の発生を促すものと思われる。森らが分割管で行った

表10 ステンレス鋼管の腐食状況

試験地	鋼種	埋設年数	腐食形態	腐食発生部位
D 三 園	304	5	C. C	横管, テープ下
I 青 森	304	5	C. C	可とう式A接合管, 接合部で貫通孔
K 藪 塚	304	10	P. C	可とう式B接合管, 接合部
N 川 崎	304	1	P. C	縦管, 中央
S 福 山	304	1	P. C	縦管, 下端より500mmに貫通孔
S 福 山	304	3	C. C	縦管, テープ下
S 福 山	304	5	C. C	縦管, テープ下, 最大深さ0.3mm
V 中 津	304	10	P. C	はんだ式接合管, 直管部
W 沖縄美里	304	3	P. C	横管, 最大深さ0.2mm
W 沖縄美里	304	3	C. C	横管, テープ下
W 沖縄美里	304	5	P. C	横管, 最大深さ0.5mm
W 沖縄美里	304	1, 3, 5	P. C	はんだ式接合管, 直管部に貫通孔
W 沖縄美里	304	1	P. C	プレス式接合管, 直管部
W 沖縄美里	304	1	P. C	縦管, 下端より1200mm
W 沖縄美里	304	5	P. C	縦管, テープ下
W 沖縄美里	316	1	P. C	縦管, 下端より900mm
W 沖縄美里	316	5	C. C	縦管, テープ下
X 沖縄南部	304	1	P. C	横管, 中央
X 沖縄南部	316	1	P. C	横管, 中央
X 沖縄南部	304	1	P. C	圧縮式接合管, 直管部
X 沖縄南部	304	10	P. C	可とう式A接合管, 直管部
X 沖縄南部	304	10	P. C	可とう式B接合管, 直管部
X 沖縄南部	304	10	P. C	縦管, 発生箇所不明

注) C: すきま腐食 P: 孔食

通気差マクロセル腐食試験<sup>3)</sup>の結果によると、縦埋設のSUS304鋼管表面には、土壌湿潤差に基づく通気差によって数百mVの大きな電位差を生じ、酸素濃度の低い湿潤性土壌に接する管の下方部がアノードとなって腐食電流が流出し、腐食を生ずることが認められている。

腐食を発生したステンレス鋼管の大半は海洋

性環境下の沖縄地区に埋設されたものである。この地区での腐食形態の特徴は、孔食がすきま腐食の約4.5倍で、腐食した横埋設管と縦埋設管の本数は同数を示すことである。このような特徴は、表3に示すように沖縄地区の土壌はCl<sup>-</sup>濃度とSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>濃度が高いことによるものと思われる。そこで、NBSで行われた土壌腐食試験

結果に基づいてステンレス鋼の孔食発生と土壌のCl<sup>-</sup>濃度及び抵抗率との関係を示すと、図1のとおりである。同図にみられるように、ステンレス鋼における孔食発生傾向は土壌の抵抗率よりもCl<sup>-</sup>濃度と相関性が高く、またSUS304鋼は300mg/kg以上のCl<sup>-</sup>濃度で孔食が発生しやすくなるが、SUS316鋼はかなり高いCl<sup>-</sup>濃度でも孔食を発生しにくいことがわかる。これに対し、本試験で行われた各試験地の土壌は、沖縄地区を除きCl<sup>-</sup>濃度が100mg/kg以下であるので、ステンレス鋼に対する腐食性が低いものといえる。

4.3 腐食度

重量測定用試験管について求めたステンレス鋼、炭素鋼及び鉛の平均腐食度を埋設期間別に表11に示す。

SUS304及びSUS316鋼の腐食度はいずれも零である。炭素鋼及び鉛の平均腐食度は年数の経過とともに減少し、埋設10年後の値はそれぞれ

0.013及び0.001mm/yである。また、最大腐食度は両者とも平均腐食度の5～6倍である。

5. 結 論

上述の長期埋設試験結果から得られた結論は次のとおりである。

- 1) 横埋設したSUS304ステンレス鋼管は、

表11 重量測定用試験管の平均腐食度 (mm/y)

金 属		1年	3年	5年	10年
SUS304	最大	0.000	0.000	0.000	0.000
	最小	0.000	0.000	0.000	0.000
	平均	0.000	0.000	0.000	0.000
SUS316	最大	0.000	0.000	0.000	0.000
	最小	0.000	0.000	0.000	0.000
	平均	0.000	0.000	0.000	0.000
炭素鋼	最大	0.240	0.140	0.094	0.047
	最小	0.002	0.001	0.003	0.004
	平均	0.033	0.024	0.019	0.013
鉛	最大	0.022	0.009	0.009	0.003
	最小	0.000	0.000	0.000	0.000
	平均	0.004	0.002	0.002	0.001

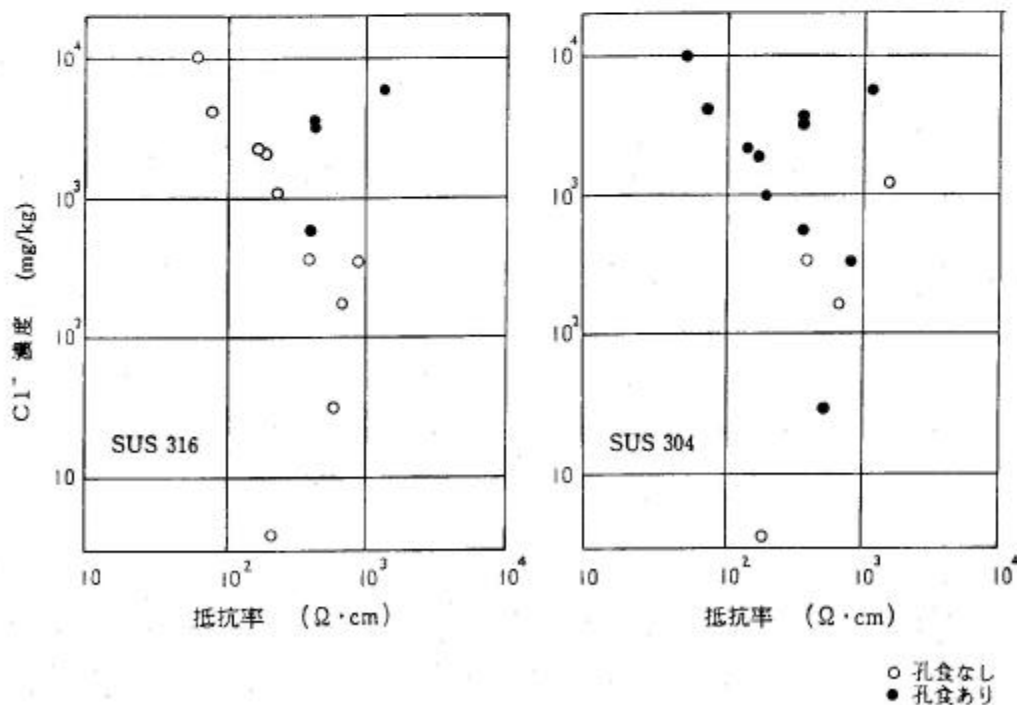


図1 ステンレス鋼の孔食発生と土壌のCl<sup>-</sup>濃度及び抵抗率との関係



多くの試験地で孔食その他の腐食を発生せず、表面に多少の着色をみる程度で、良好な耐食性を示す。ただし、海洋性環境下の試験地でビニルテープ被覆の下にすきま腐食が発生した。

2) 横埋設した SUS316 ステンレス鋼管は、沖縄地区の 1 例を除くすべての試験地でほとんど着色や腐食を発生せず、SUS304 ステンレス鋼管より優れた耐食性を示す。

3) 土壌中における上記のステンレス鋼管の自然電位は +500 ~ -450mV (SCE) の広い範囲にわたり、土壌環境条件により著しく相異なる。

4) 縦埋設した SUS304 ステンレス鋼管は、数試験地で管の下方部に孔食やすきま腐食を発生した。縦埋設管には土壌層の上下間での通気差によってマクロセルが形成され、土壌の腐食性と相まって腐食を発生することがある。また、ステンレス鋼管は、乱されない土壌中に埋設すると、乱された土壌中に埋設するよりも腐食を発生する確率が高い。

5) 青銅製継手やはんだ式継手は腐食を発生することが多かった。ステンレス鋼製プレス式

継手は良好な耐食性を示した。

6) 炭素鋼及び鉛の平均腐食度はそれぞれ 0.013mm/y 及び 0.001mm/y である。最大腐食度は両者とも平均腐食度の約 5 倍である。これに対して、ステンレス鋼の腐食度は SUS304 及び SUS316 の両者とも零である。

#### 参考文献

- 1) W. F. Gerhold, E. Escalante and B. T. Sanderson: NBSIR, 81-2228 (NBS) (1981).
- 2) ・ステンレス協会開発委員会屋内配管専門委員会水道用ステンレス鋼管土壌腐食試験小委員会：水道用ステンレス鋼管土壌腐食試験 1 年間埋設試験片の調査結果報告「ステンレス」26巻12号, 1 頁(1982)  
・同上：水道用ステンレス鋼管土壌腐食試験 3 年間埋設試験片の調査結果報告(1985.4)  
・同上：水道用ステンレス鋼管土壌腐食試験 5 年間調査報告(結果報告書, 写真集)(1988).
- 3) 森英臣, 神余隆義, 西川光昭, 小林豊治, 山本悟: 83腐食防食春期講演会予稿集, B-103(1983).

(文責 元・科学技術庁金属材料技術研究所  
小林豊治)