〈建築設備用フェライト系ステンレス鋼鋼管〉

SUS430LXTP　技術資料

2021年1月

ノーラエンジニアリング株式会社

目　　次

1. はじめに …… 1
2. SUS430LXTPの仕様 …… 2
   2. 1 化学成分値 …… 2
   2. 2 機械的性質 …… 2
   2. 3 薄肉標準寸法 …… 2
   2. 4 最高使用圧力 …… 2
   2. 5 断面性能 …… 3
3. SUS430LXTPの用途 …… 4
   3. 1 対象用途に対する考え方 …… 4
   3. 2 密閉循環式冷水･温水･冷温水･冷却水に採用する場合の留意点
      （開放式冷却水配管を除く） …… 4
   3. 3 蒸気配管に採用する場合の留意点 …… 5
   3. 4 雨水排水管に採用する場合の留意点 …… 6
4. SUS430LXTPプレハブ部材に使用する継手 …… 9
5. 性能試験 …… 10
   5. 1 薄肉標準品の漏れ,耐圧試験結果 …… 10
   5. 2 薄肉標準品の引抜試験結果 …… 10
   5. 3 厚肉標準品の試験結果（参考資料） …… 11
   5. 4 10%しゅう酸エッチング試験結果 …… 12
   5. 5 42%塩化マグネシウム応力腐食割れ試験結果 …… 14
   5. 6 塩水噴霧試験結果 …… 16
   5. 7 大気暴露試験結果 …… 18
6. フェライト･ジョイントⅡの性能試験 …… 19
   6. 1 適用範囲 …… 19
   6. 2 供試材 …… 19
   6. 3 試験内容 …… 19
7. 密閉循環式空調配管に使用したSUS430LXTPの耐久性について …… 21
   7. 1 温水系を想定した腐食試験 …… 21
   7. 2 ステンレス空調配管の水質調査結果 …… 23
   7. 3 JRA-GL-02に基づく水質基準について …… 23
   7. 4 SUS430LXTP周溶接部の腐食発生限界水質判定図及び
      JRA-GL-02への当てはめ …… 24
   7. 5 まとめ …… 26
8. 雨水排水管に使用したSUS430LXTPの耐久性について …… 27
   8. 1 雨水排水管中の水質について …… 27
   8. 2 SUS430LXTP雨水排水管の腐食環境について …… 27
   8. 3 10年間の大気暴露試験からみたステンレス鋼の耐食性について …… 28
9. 施工事例 …… 30
10. おわりに …… 31
11. 参考文献 …… 32

1. はじめに

ノーラエンジニアリング株式会社は、ストック型社会への転換を目指してステンレス配管システムの提案を行い、ステンレス鋼の持つ耐久性を最大限に活用して躯体と同レベルの耐久性をベースとした建築設備配管を提供しています。

本技術資料では、ニッケル（Ni）を使わないフェライト系ステンレス鋼鋼管の特徴や製品仕様、製品性能についてご紹介いたします。

対象用途として、実環境の水質調査結果から腐食リスクの少ない密閉式空調配管と雨水排水管を中心に、配管用炭素鋼鋼管（SGP）からの切り替えを提案しています。

2. SUS430LXTPの仕様

2.1 化学成分値

表2.1　化学成分値(JIS規格値)

種類の記号	化学成分値(%)							
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	
SUS430LXTP	0.030 以下	0.75 以下	1.00 以下	0.040 以下	0.030 以下	—	16.00～ 19.00	Ti又はNb 0.10～1.00
SUS304TP	0.08 以下	1.00 以下	2.00 以下	0.045 以下	0.030 以下	8.00～ 11.00	18.00～ 20.00	—
SGP	—	—	—	0.040 以下	0.040 以下	—	—	—

2.2 機械的性質

表2.2　機械的性質(JIS規格値)

種類の記号	引張強さ N/mm^2	耐力 N/mm^2	伸び　%
			11号、12号試験片
SUS430LXTP	360以上	175以上	20以上
SUS304TP	520以上	205以上	35以上
SGP	290以上	—	30以上(11号)

2.3 薄肉標準寸法

表2.3　JIS G 3459(配管用ステンレス鋼鋼管)SUS430LXTP薄肉標準寸法

呼び径 A	外径 D mm	肉厚 t mm	1mあたりの重量 kg/m
25A	34.0	1.2	0.95
32A	42.7	1.2	1.20
40A	48.6	1.2	1.38
50A	60.5	1.5	2.14
65A	76.3	1.5	2.71
80A	89.1	2.0	4.21
100A	114.3	2.0	5.43
125A	139.8	2.0	6.67
150A	165.2	3.0	11.8
200A	216.3	3.0	15.5
250A	267.4	3.0	19.2
300A	318.5	3.0	22.9

(注1)薄肉標準寸法とは、JIS G 3448(一般配管用ステンレス鋼鋼管)の寸法に合わせた管の寸法のことである。
(注2)薄肉標準寸法以外の寸法については、別途ご相談ください。

2.4 最高使用圧力

呼び径　25A～200A：最高使用圧力 2.0MPa以下とする。
呼び径　250A～300A：最高使用圧力 1.0MPa以下とする。
〈最高使用圧力の考え方について〉
最高使用圧力は、ステンレス協会「建築用ステンレス配管マニュアル」2.2.3項及びJIS G 3448の解説に基づき次の通りとした。

• 許容応力値: SUS430LXTPのJIS規格の引張強さ 360N/mm²の1/4=90N/mm²とする。
• 最高使用圧力(許容応力に対応する管径及び管肉厚ごとの最大許容応力)は上記: 90N/mm²を用い、式(1.1)によって算出した一覧表を表2.4に示す。

但し、式(1.1)の適用範囲は使用温度を0℃～100℃とする。

$$P = 2 \times S \times \eta \times t / D \cdots\cdots\cdots\cdots \text{式(1.1)}$$

P：最大許容圧力 (MPa)　S：許容応力 (90N/mm²=90MPa)
η：溶接効率 (0.85)　t：管の肉厚 (mm)
D：管の外径 (mm)

表2.4　式(1.1)に基づく呼び径別最高使用圧力の計算結果(薄肉標準品)

呼び		外径	厚さ	溶接効率	許容応力	最大許容圧力
(A)	(Su)	D mm	t mm	η	S N/mm²	P MPa
25	30	34.0	1.2	0.85	90	5.4
32	40	42.7	1.2	0.85	90	4.3
40	50	48.6	1.2	0.85	90	3.8
50	60	60.5	1.5	0.85	90	3.8
65	75	76.3	1.5	0.85	90	3.0
80	80	89.1	2.0	0.85	90	3.4
100	100	114.3	2.0	0.85	90	2.7
125	125	139.8	2.0	0.85	90	2.2
150	150	165.2	3.0	0.85	90	2.8
200	200	216.3	3.0	0.85	90	2.1
250	250	267.4	3.0	0.85	90	1.7
300	300	318.5	3.0	0.85	90	1.4

2.5 断面性能表

表2.5　鋼管断面性能表(薄肉標準品)

呼び径	外径 d_2	内径 d_1	肉厚 t	断面二次モーメントI	断面係数 Z	断面二次半径 K	肉厚部の断面積A	管重量W_0	管内水の重量W_1	満水時の配管重量 W
A	mm	mm	mm	$\times 10^4$ mm⁴	$\times 10^4$ mm³	mm	mm²	kg/m	kg/m	kg/m
25	34.0	31.6	1.2	1.67	0.10	11.6	124	0.95	0.78	1.74
32	42.7	40.3	1.2	3.37	0.16	14.7	156	1.20	1.28	2.48
40	48.6	46.2	1.2	5.02	0.21	16.8	179	1.38	1.68	3.05
50	60.5	57.5	1.5	12.1	0.40	20.9	278	2.14	2.60	4.74
65	76.3	73.3	1.5	24.7	0.65	26.5	352	2.71	4.22	6.93
80	89.1	85.1	2.0	51.9	1.17	30.8	547	4.21	5.69	9.90
100	114.3	110.3	2.0	111	1.95	39.7	706	5.43	9.56	15.0
125	139.8	135.8	2.0	206	2.94	48.7	866	6.67	14.5	21.2
150	165.2	159.2	3.0	503	6.09	57.4	1,529	11.8	19.9	31.7
200	216.3	210.3	3.0	1,144	10.6	75.4	2,010	15.5	34.7	50.2
250	267.4	261.4	3.0	2,178	16.3	93.5	2,492	19.2	53.7	72.9
300	318.5	312.5	3.0	3,700	23.2	111.6	2,974	22.9	76.7	99.6

3. SUS430LXTPの用途

3.1 対象用途に対する考え方

従来、各種建築設備用配管には炭素鋼鋼管が幅広く使用されてきた。しかし、炭素鋼鋼管は、建築設備配管のように中性で、水の中に溶存酸素が存在する環境では、一般的に全面腐食を生じ、水質･流速･温度等によって腐食･劣化の程度が変動する。このため、予め"腐食しろ"を考慮して、管の厚さを多めに設定するなどの対応が必要であり、長寿命の要求に対しては難しい問題を抱えていた。一方、ステンレス鋼鋼管は,適切な環境で使用すれば、耐食性が優れる[1)]ため"腐食しろ"を考慮する必要がなく、腐食による表面粗さ増大による摩擦損失の増加を考慮する必要がない。このため、炭素鋼鋼管に比較して管肉厚を薄く、また管のサイズダウンが可能であることから、軽量化が可能で施工性に優れ建築設備用配管材料として優れた材料であると考える。

このような背景から、給水･給湯等の衛生配管には、SUS304TPDを中心としてステンレス鋼の特徴を活かし、約40年前から採用されこの実績も多い。

しかし、SUS304TPDは、高価なNiを多く含有しており、Ni価格変動もあって汎用的に使用していくためには、コスト的に難しいことを経験している。

一方、フェライト系ステンレス鋼鋼管のSUS430LXTPは耐食性はSUS304TPに比較して劣るが、Niを含有しないため価格的に安定しており、管のサイズダウンと合わせれば、炭素鋼鋼管で施工性や腐食事故の問題を抱えている用途に対して、代替が可能と考えられる。

このような視点から、フェライト系ステンレス鋼鋼管SUS430LXTPの対象用途と採用上の留意点について述べる。

3.2 密閉循環式冷水、温水、冷温水、冷却水に採用する場合の留意点（開放式冷却水配管を除く）

開放式冷却水配管は、レジオネラ症対策で冷却塔前での滅菌剤添加や必要に応じて高濃度塩素消毒等が規定されていること、SUS304TPDでも腐食事故報告があるため、SUS430LXTPの対象用途から除外している。図3.1中の流し水（O_2+OCl^-）は給水配管の状況であり、循環水（O_2）は補給水が極めて少ない密閉循環式空調配管の環境であり、静止水（O_2）は水が循環しない環境と同じと考えられる。

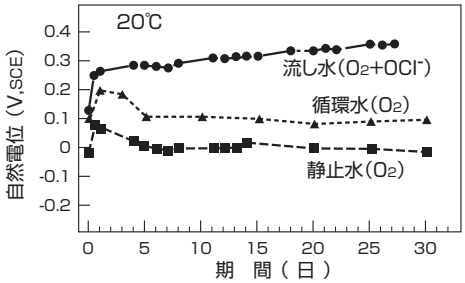


図3.1 20℃SUS304TPD配管の自然電位に及ぼす流動状態の影響[2)]

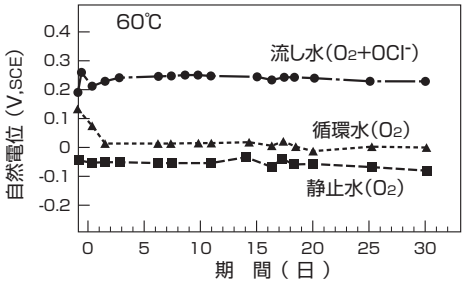


図3.2 60℃SUS304TPD配管の自然電位に及ぼす流動状態の影響[2)]

温度20℃の場合、流し水状態の自然電位は0.4V（vs.SCE）で、循環水の自然電位は0.1V（vs.SCE）であることから、腐食発生電位がSUS304TPDよりも低くても0.1V（vs.SCE）以上であれば循環水環境では腐食は発生しない。

従って、SUS430LXTPの対象用途としては、補給水が少なく、残留塩素がゼロ又は殆どゼロとなる用途を対象とする。（図3.1）

同様（図3.2）に、温度60℃の場合、流し水状態の自然電位は0.25V（vs.SCE）で、循環水の自然電位は0V（vs.SCE）であることから、循環水環境では腐食発生電位がSUS304よりも低くても0V（vs.SCE）以上であれば腐食は発生しない。

〈使用する原水について〉
水道事業体から配水される上水（水道水）を推奨します。
日本冷凍空調工業会の水処理ガイドブック[3)]では、工業用水及び地下水も使用可能との注記が示されていますが、水質のばらつきが大きいこと、場合によっては遊離残留塩素等を使用した殺菌を行うことがあり、このような場合、ステンレス鋼鋼管の腐食に与える影響が懸念されると言われています。
このため、工業用水及び地下水等を使用する場合は、事前に当社担当者にご相談願います。

3.3 蒸気配管に採用する場合の留意点

蒸気配管は、熱疲労破壊に注意が必要である。

SUS304は耐食性に優れるが熱膨張率が大きいため、熱疲労に対しては不利である。

SUS430LXは熱膨張率が炭素鋼よりも小さいため、熱疲労に対しては有利である。

このため、伸縮継手等の挿入個数の低減が期待できる。

表3.1　鋼種別の基本質量と平均熱膨張率[5)]

	基本質量 g/cm³	平均熱膨張率 (×10⁻⁶℃) 0～100℃
SUS430LX	7.70	10.5
SUS304	7.93	17.3
炭素鋼	7.87	12.6

蒸気還水は、主に炭酸水と考えられ炭素鋼では温度60℃において腐食度が最大となる。(図3.3)

温度60℃の飽和炭酸水中の腐食度は、クロム(Cr)添加量の増加に伴って減少し、Cr量約14%のとき、腐食度は約9×10^{-4} g·m²/hrと小さくなる。(図3.4)

60℃飽和炭酸水中において、Fe-Cr合金は、Cr添加量が7%から不動態化現象が認められ、Cr添加量15%では明確な不動態化が認められる。(図3.5)

従って、Cr添加量16%以上のSUS430LXTPは、蒸気還水で十分な耐食性を保持できると判断される。

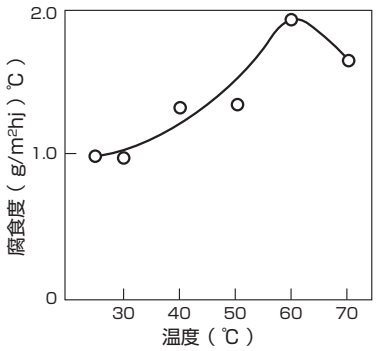


図3.3　SS41の飽和炭酸水中の腐食度[6)]

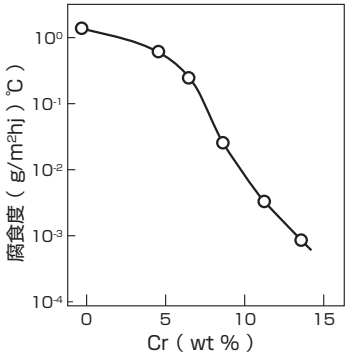


図3.4　60℃の飽和炭酸水中のFe-Cr合金の腐食度[6)]

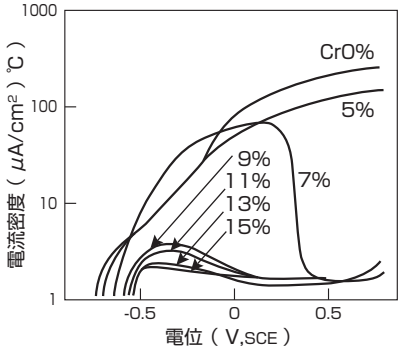


図3.5　飽和炭酸水中のFe-Cr合金のアノード分曲線[6)]

3.4 雨水排水管に採用する場合の留意点

雨水の塩化物イオン濃度は、沿岸地域でも約10mg/Lである。(図3.6)

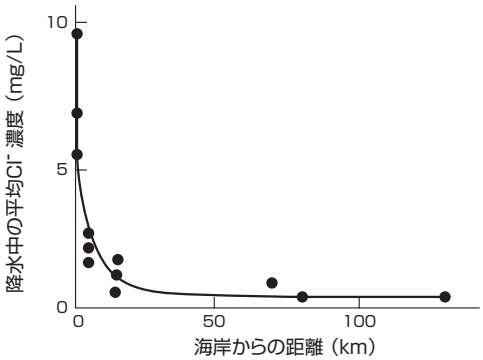


図3.6　海岸からの距離と降水中のCl-濃度の関係[7)]

大気暴露試験(耐候性試験)の結果、SUS430は発銹程度はひどく、外装建材には適用が難しいが、最大侵食深さの40年後の推定値は、最も侵食深さが大きい尼崎で、0.35mmである(図3.7)。

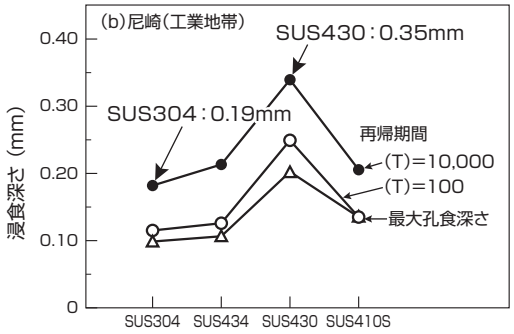


図3.7　侵食深さから見たステンレス鋼の40年後の耐久性[8)]

写真3.1及び3.3に塩化物イオン濃度200mg/Lの3ヶ月腐食試験結果、写真3.2及び3.4に塩化物イオン濃度500mg/Lの3ヶ月腐食試験結果を示す。なお、塩化物イオン濃度200mg/Lを選定した理由は、冷却塔のブロー水が雨水排水管に混入する場合があり、ブロー水の塩化物イオン濃度が最大200mg/Lになる可能性があるとの情報があったことによる。また、塩化物イオン濃度500mg/Lを追加した理由は、継手部での塩化物イオンの濃化の可能性が考えられたことによる。

3ヶ月試験終了後に試験体を解体し、外観観察を実施した結果、継手部に錆等異常は認められなかった。

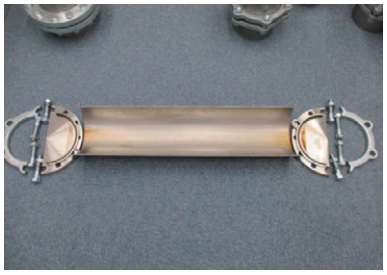


写真3.1　塩化物イオン濃度200mg/L 試験体
3ヶ月腐食試験後の解体状態

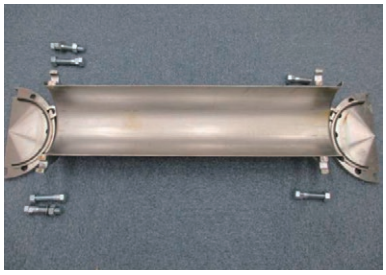


写真3.2　塩化物イオン濃度500mg/L 試験体
3ヶ月腐食試験後の解体状態

写真3.3　塩化物イオン濃度200mg/L 試験体
右側つば面

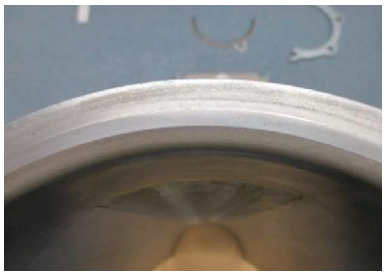


写真3.4　塩化物イオン濃度500mg/L 試験体
左側つば面

雨水排水管の環境は大気暴露条件と類似していると考えられ、降雨時に腐食発生の条件が整い、水滴が乾燥する過程で塩化物イオン濃度が上昇することによって、腐食の危険度が増加する。しかしながら、水滴が乾燥して無くなれば、腐食発生箇所は再不動態化する。

従って、厚さ1.5mmの管であれば、100年以上の寿命を期待できる。但し、大気暴露試験と雨水排水管とでは、晴天時の乾燥速度に違いは有ると考えられる。

雨水排水管の前提条件として、

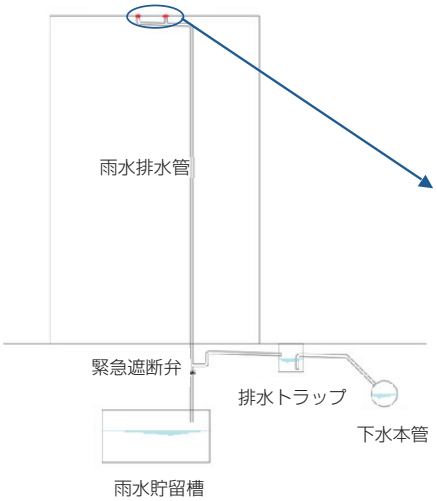
① 海水を被るような条件は検討対象としない。

② 雨水が滞留するような設計を排除し、横引管にはこう配の確保が必要である。

これは、滞留期間が長いと、水分が蒸発し塩化物イオンが濃化することが考えられることによる。

その他の留意点は、鋳鉄製の雨水排水用ねじ込み式排水目皿との接続では異種金属接触となるため、その対策が必要である。

この対策として、当社ではコーティングニップルを用意している。



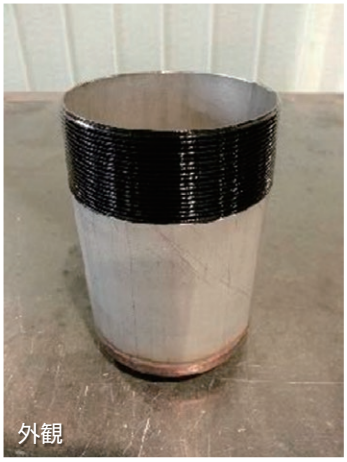


写真3.5.a　コーティングニップルの外観

写真3.5.b　絶縁試験

写真3.5.c　トルク試験

写真3.5　雨水排水管用コーティングニップル

このコーティングニップルは,施工性のみならず、景観的にも優れている特徴がある。
なお、この使用については、次の点に注意が必要である。

① 本製品の接続は、雨水排水用のねじ込み式排水目皿を対象としている。
② ねじ継手、ねじ込み式バルブなどとの接続には、使用できない。
③ 接続の際には、シールテープ又は液状シール材を使用する。
（シールテープと液状シール材は併用しないこと）

4. SUS430LXTPのプレハブ部材に使用する継手

フェライト系ステンレス配管に使用する継手を表4.1に示す。

表4.1　フェライト系ステンレス配管(SUS430LX)接続継手　一覧表

	メカニカル形管継手 フェライト･ジョイントⅡ		管端つば出しステンレス鋼管継手 CFジョイント		管端つば出しステンレス鋼管継手 ルーズフランジ	
継手形状						
管端部形状						
ガスケット形状						
サイズ	25A～ 50A		65A～300A		65A～300A	
常用圧力	25A～50A	2MPa	65A～200A	2MPa	1MPa～2MPa	
			250A～300A	1MPa		
ガスケット材質	フッ素ゴム	蒸気用途は 検討中	耐塩素EPDM SUS補強リング	耐熱シリコン SUS補強リング	PTFE包みノンアスベスト シートガスケット	セミメタル ガスケット
最高使用温度	80℃		60℃	130℃	100℃	350℃
継手材質 (屋内用一般仕様)	SCS13(SUS304相当)		FCD450 溶融亜鉛めっき		SS400 溶融亜鉛めっき	
立管振れ止め支持	1～2フロアに1箇所 ※サイズにより異なる		1～2フロアに1箇 ※サイズにより異なる		1～2フロアに1箇所 ※サイズにより異なる	
立管固定支持	最下階に1箇所		最下階に1箇所		最下階に1箇所	
施工確認	目視確認可能 確認リングによる管理		目視確認可能 隙間ゲージによる管理		特になし ボルトのトルク管理による	
施工講習会	メーカーが現場にて実施 ※受講証明シールあり		メーカーが現場にて実施 ※受講証明シールあり		特になし	
電動インパクトレンチ	使用不可		使用可能 ※コーティングフランジは使用不可		使用可能 ※ボルト共回り止めが必要 ※コーティングフランジには使用不可	

	ハウジング形管継手 グルービング		ハウジング形管継手 転造リング
継手形状			
管端部形状			
ガスケット形状			
サイズ	65A～150A		65A～ 200A
常用圧力	65A～80A	2MPa	2MPa
	100A～150A	1MPa	
ガスケット材質	耐塩素EPDM/通常EPDM		耐塩素EPDM/通常EPDM
最高使用温度	60℃		60℃
継手材質 (屋内用一般仕様)	FCD450 1次防錆塗装		FCD450 溶融亜鉛めっき
立管振れ止め支持	各階に1箇所		各階に1箇所
立管固定支持	最下階、最上階 中間階の5～7フロアごと		最下階、最上階
施工確認	目視確認可能		目視確認可能
施工講習会	メーカーが現場にて実施 ※受講証明シールあり		メーカーが現場にて実施 ※受講証明シールあり
電動インパクトレンチ	使用不可		使用不可

5. 性能試験

5.1 薄肉標準品の漏れ，耐圧試験結果

SUS430LXTPとCFジョイントの組み合わせで、SAS363：2018（管端つば出しステンレス鋼管継手）の試験方法に基づき、耐圧試験を実施した。

試験項目と試験内容を表5.1に示す。

表5.1　試験項目と試験内容

試験項目	試験内容
漏れ試験	加工管に0.1MPaの水圧を3分間加える試験において、漏れが生じないことを確認する。
耐圧試験	管継手漏れ試験に合格した管継手等に対して、内部に空気が残らないように水を満たし、65A,100A:2.0MPaの場合、3.5 MPaを、300A:1.0 MPaの場合、2.0MPaの水圧力を2分間加える。

試験結果を表5.2に示す。

表5.2　試験結果のまとめ

試験項目	65A	100A	300A
漏れ試験（試験体数3）	異常なし	異常なし	異常なし
耐圧試験（試験体数3）	異常なし	異常なし	異常なし

100Aの漏れ試験の状況の一例を表5.3に、100Aの耐圧試験の状況の一例を表5.4にそれぞれ示す。

表5.3　100A の漏れ試験結果

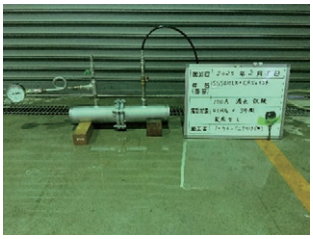
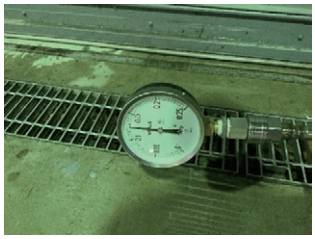
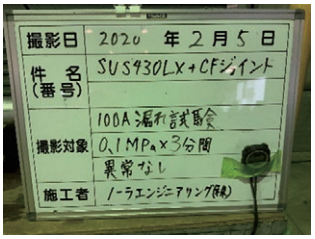
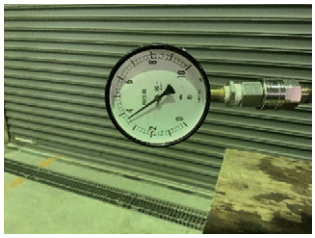
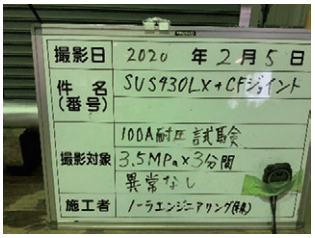
サイズ	漏れ試験状況
100A	  

表5.4　100Aの耐圧試験結果

サイズ	耐圧試験状況
100A	 

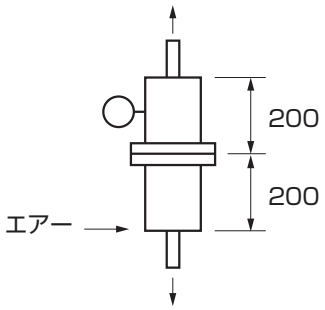
5.2 薄肉標準品の引抜試験結果

SUS430LXTPとCFジョイントとの組み合わせで、SAS363：2018に基づいて引抜試験を実施した。

・引抜試験内容（SAS363試験基準）…表5.5

・試験対象サイズ:65A、100A、200A、300A

表5.5　試験項目と試験内容

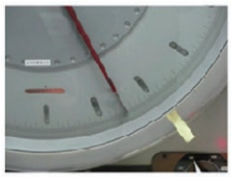
<table>
<tr><th>試験明細</th><th>試　験　内　容</th></tr>
<tr><td rowspan="2">引抜試験</td><td>管内に0.2MPaの空気を封入し、次表に示す引抜条件で引抜いたとき、引抜阻止力が次表に示す以下で漏れがあってはならない（1.0、2.0MPa形共通試験）</td></tr>
<tr><td>
<table>
<tr><th>サイズ</th><th>引抜条件
mm/min</th><th>引抜阻止力（最小値）
kN</th></tr>
<tr><td>65A</td><td>2.0</td><td>19.8</td></tr>
<tr><td>100A</td><td>2.0</td><td>39.7</td></tr>
<tr><td>200A</td><td>2.0</td><td>112.8</td></tr>
<tr><td>300A</td><td>2.0</td><td>165.2</td></tr>
</table>


</td></tr>
</table>

【試験結果】

65A、100A、200A、300Aの各サイズについて、表5.5に示す引抜条件で引抜いたとき、引抜阻止力はすべて合格。（100Aの試験結果を代表して表5.6に示す）

表5.6　100Aの引抜試験結果

<table>
<tr><th>サイズ</th><th>引抜試験状況</th></tr>
<tr><td>100A</td><td>  </td></tr>
</table>

5.3 厚肉標準品の試験結果(参考資料)

各種試験条件及び試験結果を表5.7に示す。この表は参考表とする。

表5.7　各種試験条件及び試験結果(参考資料)

試験の種類	試　験　方　法	SUS430LXTP　Sch10S (65A、80A、100A)		
		JIS形20K ルーズフランジ	CF フランジ	バーリング加工部材
気密試験 (社内試験)	直管の管継手又はバーリング加工管に0.3MPaの空気圧力を3分間加える試験において、漏れが生じないことを確認する。	合 格	合 格	合 格
漏れ試験 (消防認定試験規準)	管等に0.1MPaの水圧力を3分間加える試験において、漏れが生じないことを確認する。	合 格	合 格	合 格
耐圧試験 (消防認定試験規準)	漏れ試験に合格した管等に対して、内部に空気が残らないように水を満たし、最高使用圧力(2.0MPa)の1.5倍(2.0MPa×1.5=3.0MPa)の水圧力を3分間加える試験において、ひび、割れ又は脱管を生じないことを確認する。	合 格	合 格	合 格
破壊試験 (消防認定試験規準)	漏れ試験と耐圧試験に合格した管等に対して、管等の内部に空気が残らないように水を満たし、最高使用圧力の4倍(2.0MPa×4=8.0MPa)となる水圧力を1分間加える試験において、当該管等にひび、割れ又は脱管を生じないことを確認する。	合 格	合 格	合 格
曲げ試験 (消防認定試験規準)	正常に組み合わされた当該試料に空気が残らない様に水を満たし、最高使用圧力(2.0MPa)の水圧力を加えた状態で、次に掲げる要領により試験を行う。 試料(試験体及び管をいう)の両端又は片端を支持し荷重を加え,曲げモーメント、規定荷重の曲げモーメントになったとき、又は管が座屈変形するまで荷重を加えたとき試験体に漏れがなく、かつ試験体各部に異常がないことを確認する。	合 格	合 格	合 格
水撃圧試験 (消防認定試験規準)	管継手等の内部に空気が残らない様に水を満たし、当該管継手等を固定(締結)した状態で0.1MPa以下から最高使用圧力の3.5倍(2.0MPa×3=7.0MPa)の圧力となるまで1秒で昇圧し、その後0.1MPa以下まで減圧する水撃圧の繰り返しを100回加えた後において、0.1MPaの3分間の漏れ試験及び最高使用圧力の1.5倍(2.0MPa×1.5=3.0MPa)の耐圧試験を3分間行なう。	合 格	合 格	合 格

5.4 10%しゅう酸エッチング試験結果
(JIS G 0571：2003(ステンレス鋼のしゅう酸エッチング試験方法)に準拠)

1) 電解エッチング時間60秒、90秒の金属顕微鏡観察結果を下記に示す。

表5.8　10%しゅう酸エッチング試験結果

材　質	エッチング時間	
	60秒	90秒
SUS430LXTP	鋭敏化なし	鋭敏化なし

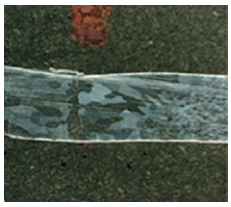
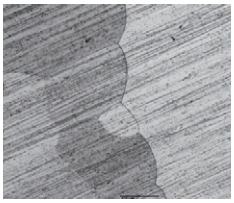
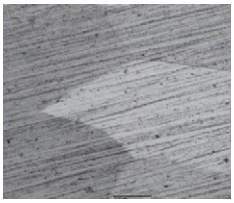
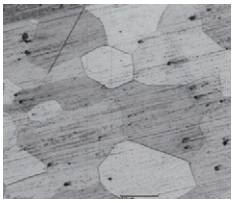
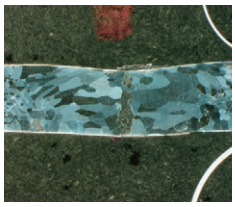
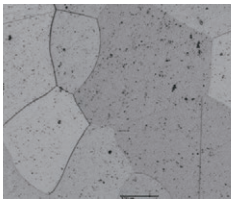
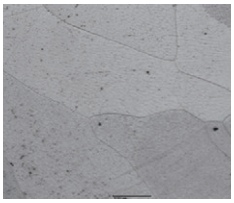
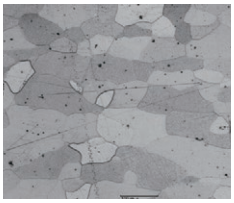
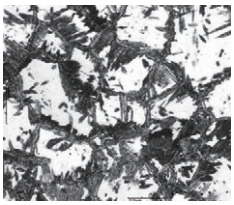
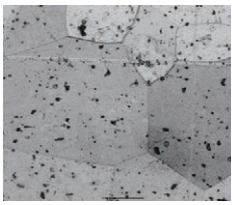
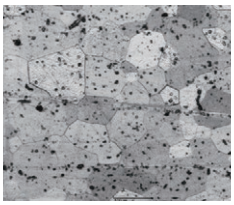
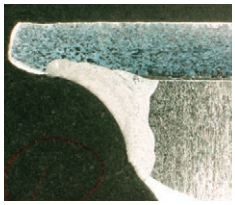
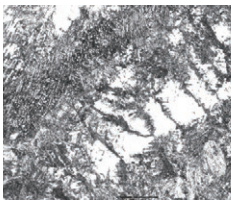
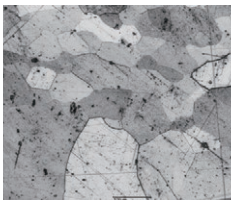
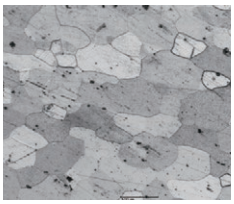
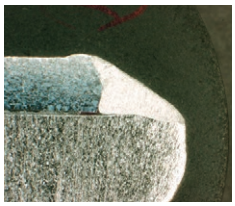
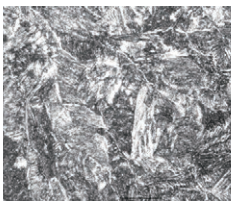
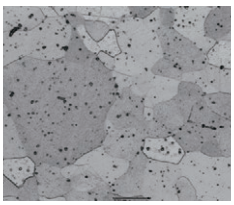
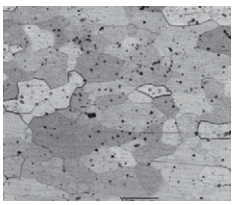
2) 試験部材詳細と試験No.を表5.9に示す。

表5.9　試験部材詳細

試験No.	試験部材	溶接条件	溶接形状
TP-1	SUS430LXTP(3.0mm)+SUS430LXTP(3.0mm)	TIG溶接(自動)	突合せ溶接
TP-2		TIG溶接(自動)+YS308L	突合せ溶接
TP-3	SUS430LXTP(2.0mm)+SUS304TP(3.0mm)	TIG溶接(自動)+YS308L	突合せ溶接
TP-4	SUS430LXTP+SUS304製溶接フランジ	TIG溶接(自動)+YS308L	隅肉溶接

3) 試験結果:10%しゅう酸エッチング　金属顕微鏡観察結果(代表例　エッチング時間90秒)

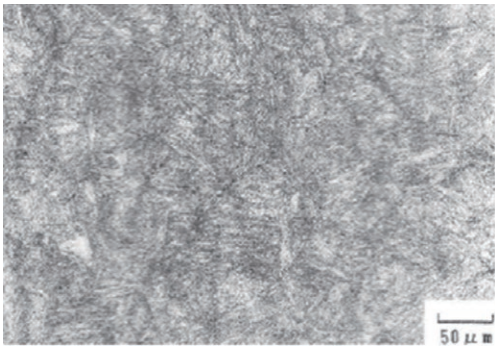
表5.10　金属顕微鏡観察結果　写真一覧

試験No.	溶接形状全体	溶接ビード部	熱影響部（HAZ）	管本体母材部
TP-1				
TP-2				
TP-3				
TP-4 (外面)				
TP-4 (内面)				

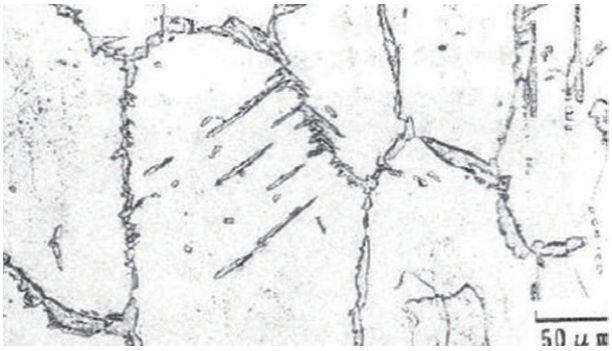
金属顕微鏡観察結果において、すべての金属組織で、鋭敏化は認められなかった。

金属組織写真の黒い斑点は材料成分のチタン(Ti)系の析出物である。

TP-3、TP-4の溶接部組織はマルテンサイト組織が確認された。



マルテンサイト組織



粒界に生成したマルテンサイト相

写真5.1　マルテンサイト組織写真(ステンレス鋼便覧より引用)

5.5 42%塩化マグネシウム応力腐食割れ試験結果
（JIS G 0576：2012（ステンレス鋼の応力腐食割れ試験方法）に準拠）

5.5.1 試験方法

1) 試験体は、SUS430LXTP管端つば出し加工継手、TIG突合せ周溶接部2検体で実施。
2) 試験溶液は、JIS G 0576：2012の3.1項による。
JIS K 8159（塩化マグネシウム六水和物（試薬））に基づき、42%塩化マグネシウム水溶液を使用する。
3) 試験は、JIS G 0576 A法3.2.1e)の項に準じて実施した。
4) 試験時間は、表5.11及び図5.1の参考図による。
5) 記録は、試験開始前の外観写真、試験時間と割れの有無、割れ発生後の浸透探傷試験写真と試験時間（累積時間）とする。

表5.11　試験体の試験時間

No.	試験体	試験時間
1	管端つば出し加工継手	試験開始後10分、20分、30分、40分、60分、120分実施
2	TIG突合せ周溶接	

<試験時間の根拠>; SUS304（オーステナイト系）では30分程度で応力腐食割れが発生するため、この4倍程度の試験時間で応力腐食割れが発生しないことを確認。

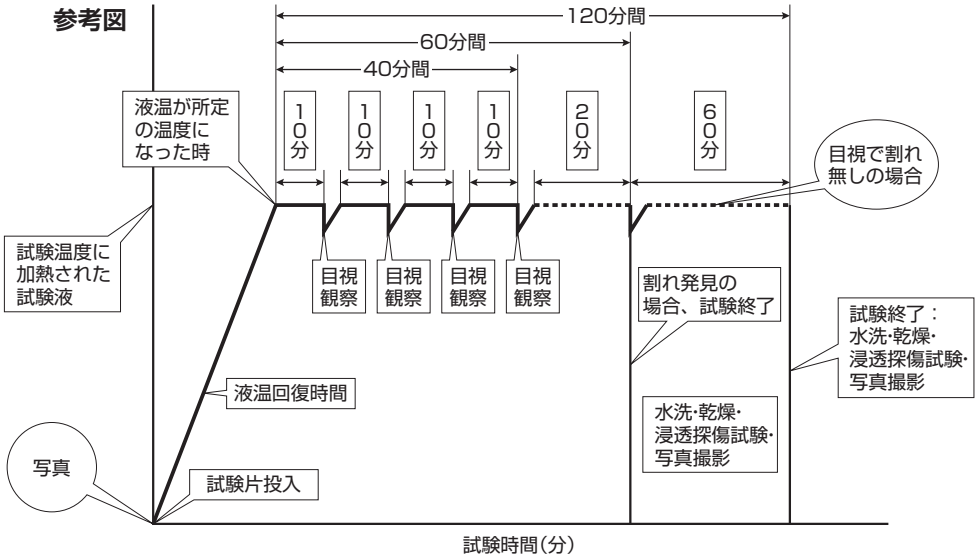


図5.1　42%塩化マグネシウム応力腐食割れの試験サイクル

5.5.2 応力腐食割れ試験結果

1) 各試験体の42%塩化マグネシウムにおける応力腐食割れ試験結果を表5.12に示す。
2) 応力腐食割れ試験結果の外観写真を写真5.2に示す。
3) 試験結果
応力腐食割れ試験完了後に外面においては,浸透探傷試験を実施したが,応力腐食割れに相当する割れは確認されなかった。
内面においても,目視検査を行い,応力腐食割れに相当する割れは確認されなかった。

表5.12　42%塩化マグネシウム応力腐食割れ試験結果

試験サイクル	管端つば出し加工継手		TIG 突合せ周溶接部	
	試験時間（分）	割れの有無	試験時間（分）	割れの有無
1	10	なし	10	なし
2	10	なし	10	なし
3	10	なし	10	なし
4	10	なし	10	なし
5	20	なし	20	なし
6	60	なし	60	なし
合計	120	なし	120	なし

<応力腐食割れ試験完了時の浸透探傷検査状況>

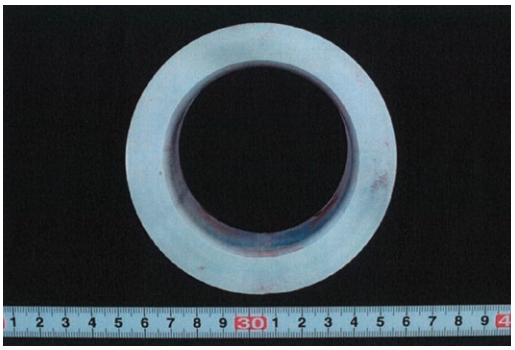
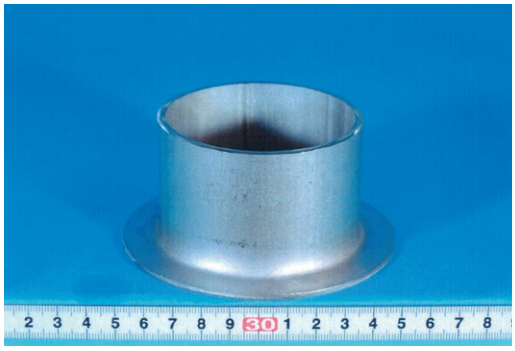
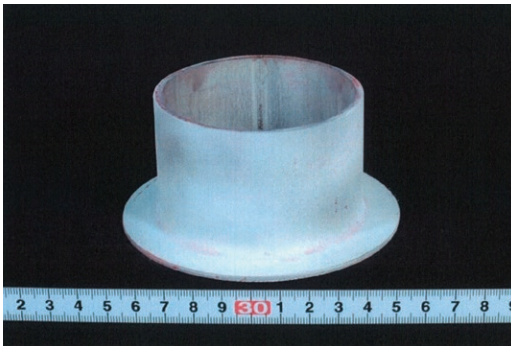
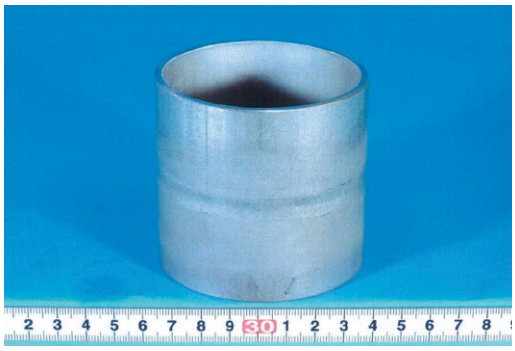
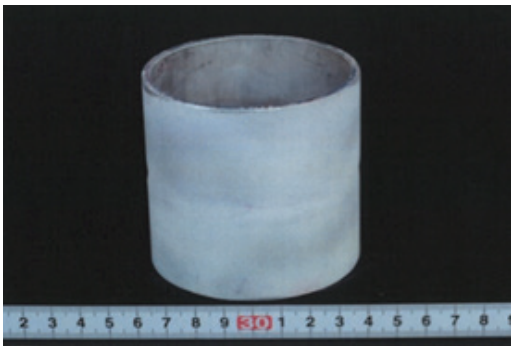
	試験前外観状況	応力腐食割れ試験完了後浸透探傷検査
管端つば出し加工継手(つば部)		
管端つば出し加工継手(側面部)		
突合せ周溶接部(側面部)		

写真5.2　42%塩化マグネシウム応力腐食割れ試験結果　外観写真

5.6 塩水噴霧試験結果(複合サイクル試験)(JIS H 8502：1999(めっきの耐食性試験方法) 8.1 に準拠)

建築設備用配管として従来使用されている炭素鋼鋼管(SGP)をフェライト系ステンレス鋼鋼管(SUS430LXTP)へ置き換えるため、耐食性の比較試験を実施する。比較試験はめっきの耐食性試験として広く普及している,塩水噴霧試験(複合サイクル試験)とする。試験体は,炭素鋼鋼管(SGP黒、白)とフェライト系ステンレス鋼鋼管(SUS430LXTP)の3種類とする。

5.6.1 試験方法

1) 試験方法：複合サイクル試験(JIS H 8502：1999 8.1に準拠)

中性塩水噴霧サイクル試験装置を使用して、中性塩化ナトリウム溶液の噴霧、乾燥、湿潤の雰囲気に順次暴露することを繰り返して、耐食性(発錆性)を調べる。

30サイクル(塩水噴霧ー乾燥ー湿潤)実施後の外観(発錆)状況で確認する。

表5.13　複合サイクル試験条件

条　件		1サイクル (　8Hr　)
1.塩水噴霧温度	35±1℃、　NaCl　50±5　g/L	2Hr
2.乾燥温度	60±1℃、　20～30%RH	4Hr
3.湿潤温度	50±1℃、　相対湿度　95%RH以上	2Hr

2) 試験依頼機関:東京都立産業技術研究センターに委託した。

5.6.2 試験部材明細及び試験結果

1) 試験部材

表5.14　試験部材明細

試験No.	試験部材	溶接条件(溶加材使用)	溶接形状
SP-1	SGP(黒)(4.5mm)+SGP(黒)(4.5mm)	TIG溶接+MAG溶接	突合せ溶接
SP-2	SGP(白)(4.5mm)+SGP(白)(4.5mm)	TIG溶接+MAG溶接	突合せ溶接
SP-3	SUS430LXTP(3.0mm)+SUS430LXTP(3.0mm)	TIG溶接(自動)+YS308L	突合せ溶接

2) 試験結果

・外観状況(腐食、発錆状況)観察

表5.15　塩水噴霧試験(複合サイクル試験)後の外観観察状況

試験部材 No.	試験結果(試験後の外観状況)
SP-1	著しく、赤さび(腐食生成物)が発生
SP-2	著しく、赤さび(腐食生成物)が発生
SP-3	若干の赤さびが発生

SP-1、SP-2の炭素鋼鋼管のSGP(黒、白)は、著しく赤さび(腐食生成物)が発生していたが、SP-3のSUS430LXTPにおいては、若干の赤さびが発生していた。

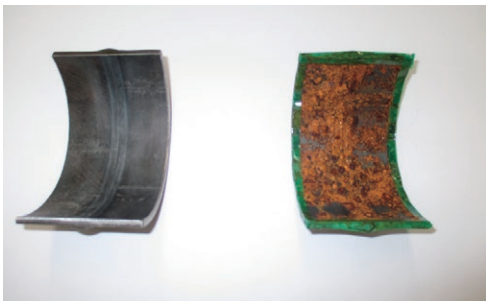
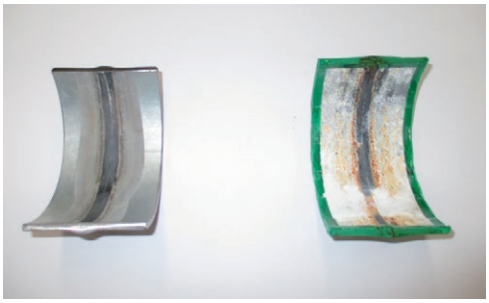
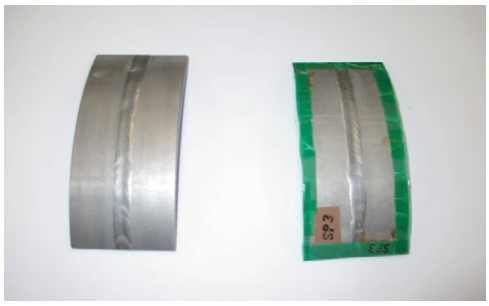
試験No.	噴霧面	噴霧背面
SP-1		
SP-2		
SP-3		

写真5.3　外観観察写真　（写真左：無噴霧、写真右：噴霧後）

重量変化：腐食生成物による増量、腐食減量把握のため、試験前後の重量変化を測定。
試験後重量−試験前重量=腐食生成物重量

表5.16　腐食生成物による重量変化

試験部材 No.	腐食生成物による増量(g)	増量(%)
SP-1	373.8−370.0=3.8	1.0
SP-2	355.8−354.5=1.3	0.4
SP-3	244.3−244.3=0.0	0.0

SP-1のSGP(黒)は腐食生成物による1.0%増量となり、またSGP(白)も0.4%増量しているが、SP-3のSUS430LXTPに関しては、若干の赤さびは認められるが、重量変化は認められなかった。
※計測機器は0.1gピッチで計測可能。

炭素鋼鋼管(SGP)は、複合サイクル試験において溶接部に全面腐食が確認されたが、SUS430LXTPにおいては外観上赤さびの発生は認められたが、重量変化がないことから厚さ方向への腐食がほとんどないことが確認された。よってSUS430LXTPへ置き換えた場合は配管寿命の優位性が認められる。

5.7 大気暴露試験結果　(JIS Z 2381：2001(大気暴露試験方法通則)に準拠)

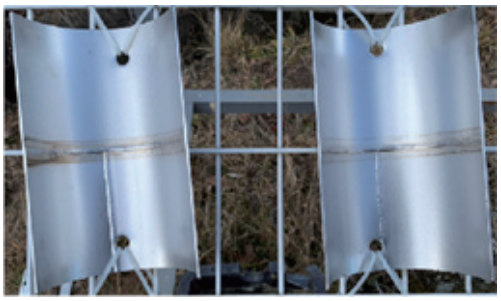
塩害環境(融雪剤及び凍結防止剤が飛散してくる環境)における大気暴露試験を実施している。

1) **試験場所**：東北ノーラ株式会社　二本松工場(福島県二本松市)
2) **試験期間**：2017年1月31日　試験開始
3) **供 試 材**：SGP及びSUS430LXTP

暴露開始後、36ヶ月経過したサンプルの外観を写真5.5に示す。
SUS430LXTPは、ほとんど変化がないのに対し、SGPは溶接部及び端面に赤さびが見られる。

写真5.4　暴露試験状態

SGP(白)



SUS430LXTP

写真5.5　大気暴露36ヶ月経過後の外観(2020年1月31日撮影)

6. フェライト・ジョイントⅡの性能試験

6.1 適用範囲

6.1.1 適用管種

フェライト系ステンレス鋼鋼管SUS430LXTP薄肉標準品

6.1.2 適用サイズ

表6.1　適用サイズと最高使用圧力･最高使用温度

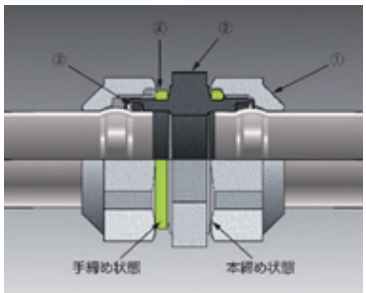
呼び径	管外径 mm	管肉厚 mm	最高使用圧力 MPa	最高使用温度 ℃
30Su相当	34.0	1.0	2.0	80
40Su相当	42.7	1.2	2.0	80
50Su相当	48.6	1.2	2.0	80
60Su相当	60.5	1.2	2.0	80

6.1.3 用途

密閉循環式空調設備配管（冷水,温水,冷温水）

6.2 供試材

フェライトジョイントⅡ30Su、40Su、50Su、60Su



品　番	名　称	材　質
①	袋ナット	SCS13（SUS304相当）
②	継手本体	SCS13（SUS304相当）
③	ゴムリング	フッ素ゴム
④	確認リング	ポリアミド

図6.1　フェライト･ジョイントⅡ半断面図

6.3 試験内容

試験内容を表6.2に示す。

なお、フェライト･ジョイントⅡはメカニカル形管継手であるため、各試験条件はSAS322（一般配管用ステンレス鋼鋼管の管継手性能基準）を参考にして実施した。

表6.2　各種試験内容

試験の種類	試験方法
水圧試験	SUS430LXTPを継手に接合し、3.5MPaの水圧を掛ける。2分間静置し、水圧の変化及び接続箇所からの漏れがないことを確認する。その後、漏れが発生するまで加圧し、破壊圧力を調べる。
引抜試験	SUS430LXTPを継手に接合し、空気圧0.2MPaを封入する。2mm/minの引抜速度で管を引抜き、空気が漏れるまでの最大荷重を測定する。
負圧試験	SUS430LXTPを継手に接合し、真空ポンプにより内部を−96kPaまで減圧して、そのまま2分間保持した後、空気の吸い込み、その他の異常の有無を確認する。
振動試験	SUS430LXTPを継手に接合し、振動試験機に取り付けて水圧2.45MPaを加えた状態で振幅±2.5mm、振動数600回/minにて100万回の振動を与え、漏れ、その他の異常の有無を確認する。
内圧繰返し試験	SUS430LXTPを継手に接合し、0MPa→5.0MPa→0MPaの水圧を1サイクル4秒～10秒間で10,000回の繰り返し加圧を行い、漏れ、その他の異常の有無を確認する。
冷温水繰返し試験	SUS430LXTPと継手に指定の形に接合し、温度80℃以上の温水及び常温の冷水を10分ごとに交互に通水する。これを1,000回繰り返した後、常温で5.0MPaの水圧を加え2分間保持し、漏れ、その他の異常がないことを確認する。

試験結果を表6.3に示す。

表6.3　フェライト･ジョイントⅡ試験結果

		30Su相当	40Su相当	50Su相当	60Su相当
水圧試験	規格値	3.5MPa			
	結　果	合 格	合 格	合 格	合 格
引抜試験 引抜阻止力	規格値	7.0kN	8.8kN	10.1kN	15.8kN
	結　果	合 格	合 格	合 格	合 格
負圧試験	規格値	−96kPa			
	結　果	合 格	合 格	合 格	合 格
振動試験	規格値	100万回振動　水圧2.45MPa　振幅±2.5mm　振動数600回/分			
	結　果	合 格	合 格	合 格	合 格
内圧繰返し試験	規格値	0←→5.0MPa　1サイクル4～10秒　10,000回			
	結　果	合 格	合 格	合 格	合 格
冷温水繰返し試験	結　果	合 格	合 格	合 格	合 格

7. 密閉循環式空調配管に使用したSUS430LXTPの耐久性について

7.1 温水系を想定した腐食試験

空調設備配管システムの中でも温度が高く、腐食条件の厳しい温水系の環境を想定し試験条件を設定した。

7.1.1 試験方法

管継手を接続した状態で、次の試験条件で試験溶液を管内に満たした後、継手又は管に有害な孔食、すき間腐食又は応力腐食割れなどの有無を調べる。

試験溶液：JIS K 8150（塩化ナトリウム「試薬」）に規定する特級品と水道水によって、60±10mg/L Cl^-の溶液に調整した。

試験温度：55±2℃

試験期間：30日間　試験溶液を満たす。ただし、試験溶液は15日目に交換した。

試験溶液は、スタート時及び交換時に塩化物イオン濃度を確認した。

7.1.2 試験体

100AのJIS形10Kルーズフランジ、CFジョイントの2種類で実施した。

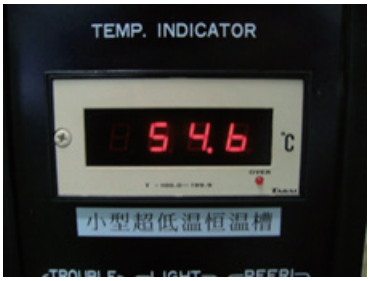
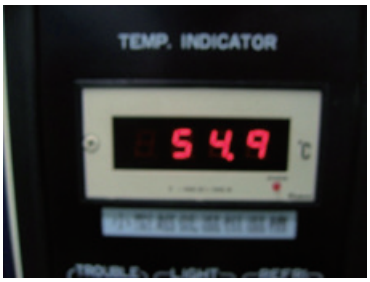
7.1.3 試験結果

1）試験の実施状況

試験は、2018年1月16日～2月15日の間で実施した。

試験開始時及び溶液交換時それぞれの試験溶液濃度の測定結果を表7.1に示す。

表7.1　試験開始時及び溶液交換時それぞれの試験溶液濃度の測定結果

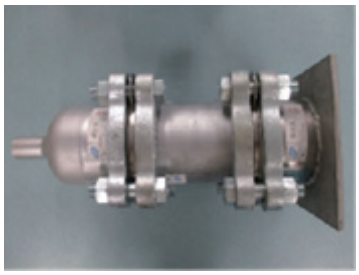
腐食試験スタート状況		スタート時溶液濃度
		66mg/L
腐食試験溶液交換時状況		**交換時溶液濃度**
		66mg/L

腐食試験において、JIS形10Kルーズフランジ、CFジョイント共に継手及び管に有害な孔食、すき間腐食及び応力腐食割れは認められなかった。

2) 試験後の試験体

30日後の試験体の状況を表7.2に示す。

表7.2　30日後の試験体の状況

試験体形状	試験体腐食状況	
JIS形10K ルーズフランジ		
CFジョイント		

3) まとめ

試験結果から、日本冷凍空調工業会「JRA-GL-02：1994（冷凍空調機器用水質基準ガイドライン）」（以降、JRA-GL-02と呼ぶ。）に基づき塩化ナトリウム60±10mg/L　Cl^-の溶液において、55±2℃の条件下で問題ないことが確認できた。

7.2 ステンレス空調配管の水質調査結果

ステンレス配管を使用した空調配管内の水を採取し水質の分析を行った結果を表7.3に示す。
残留塩素濃度はいずれも検出限界未満（0.01mg/L未満）であり、ほとんどゼロと推定される。
このことは,前項で述べた用途別の考え方が、きわめて現場の実態に近いと判断される。

表7.3　空調配管の水質調査結果

No.	物　件	系　統	温　度（℃）	pH	塩化物イオン	酸消費量（pH4.8）	残留塩素（mg/L）注2	鋼　種	凡例
1	国会図書館	冷温水	−	7.4	24.0	52	<0.05	SUS304	①
2	経済産業省	冷温水	−	7.7	21.0	38	<0.05	SUS304	②
3	****ビル	冷却水	28.0	8.8	−	−	0.0	SUS304	③
4	***ビル	冷温水	19.0	8.1	17.5	(28.5)注1	0.0	SUS304	④
5	**区 文化センター	冷却水密閉式	25.1	7.9	26	42	<0.01	SUS430LX	⑤
6		冷水	16.7	7.7	25	57	<0.01	SUS430LX	⑥
7	**工場	冷温水	−	7.9	13	45	<0.01	SUS430LX	⑦
8	**町駅ビル	冷温水夏季	27.4	8.3	23	45	<0.01	SUS430LX	⑧
9		冷温水冬季	17.0	8.1	20	48	<0.01	SUS430LX	⑨
10	**歯科大学	冷水	17.5	8.2	14	39	<0.01	SUS430LX	⑩
11		温水	24.6	7.8	9	43	<0.01	SUS430LX	⑪
12	****銀座	冷水	14.0	8.9	26	24	<0.01	SUS430LX	⑫
13		温水	38.5	9.1	26	30	<0.01	SUS430LX	⑬
14		冷温水夏季	19.7	9.1	26	27	<0.01	SUS430LX	⑭
15		補給水	22.8	7.8	19	35	0.25	−	⑮
16		冷温水冬季	33.4	9.3	24	25	<0.01	SUS430LX	⑯
17	**競馬場	冷温水	−	8.1	19	35	<0.01	SUS430LX	⑰
18		冷温水	19.3	7.9	17	37	<0.01	SUS430LX	⑱
19	**テレビ	冷温水蓄熱槽	25.3	8.1	8	57	<0.01	SUS430LX	⑲
20		温水	32.9	7.0	8	21	<0.01	SUS430LX	⑳

注1：No3及びNo4の水質調査結果では、塩化物イオン、及び酸消費量のデータがなかった。冷温水系統の管内水は入れ替えることがほぼないという当社のヒアリングの結果と、冷温水の冬季と夏季の水質分析結果に大差がないことから、源水として使用されている水道水の水質データ（東京都水道局の水質データ）を使用した。
注2：残留塩素濃度について、No.1～No.4はステンレス協会の開示データを引用した。いずれも検出限界未満である。No.5～No.20は当社が現地測定を行った。No.15の補給水以外はいずれも検出限界未満（0.01mg/L未満）である。
注3：No.8、No.9は想定を行った場所が屋上であり、水を採取したときにはポンプは停止状態であった。
注4：水質分析は、クリタ分析センター株式会社に依頼し実施した。

7.3 JRA-GL-02 に基づく水質基準について

水処理薬剤を使用しない条件での冷凍空調機器の水質基準や水質管理方法については、日本冷凍空調工業会のJRA-GL-02で定められている冷却水、冷水、温水及び補給水の水質基準値を表7.4に示す。

なお、密閉式冷却塔を使用する冷却水系において、閉回路循環水及びその補給水は温水系の、散布水及びその補給水は循環式冷却水系の、それぞれの水質基準による。

表7.4　冷却水･冷水･温水･補給水の水質基準値[3)]

単位　mg/L

項目		冷却水系			冷水系		温水系			
		循環式		一過式			低位中温水系		高位中温水系	
		循環水	補給水	一過水	循環水（20℃以下）	補給水	循環水（20℃～60℃）	補給水	循環水（60℃～90℃）	補給水
基準項目	pH(25℃)	6.5～8.2	6.0～8.0	6.8～8.0	6.8～8.0	6.8～8.0	7.0～8.0	7.0～8.0	7.0～8.0	7.0～8.0
	電気伝導率（mS/m）	80以下	30以下	40以下	40以下	30以下	30以下	30以下	30以下	30以下
	塩化物イオン	200以下	50以下	50以下	50以下	50以下	50以下	50以下	30以下	30以下
	硫酸イオン	200以下	50以下	50以下	50以下	50以下	50以下	50以下	30以下	30以下
	酸消費量（pH4.8）（$CaCO_3$）	100以下	50以下	50以下	50以下	50以下	50以下	50以下	50以下	50以下
	全硬度（$CaCO_3$）	200以下	70以下	70以下	70以下	70以下	70以下	70以下	70以下	70以下
	カルシウム硬度（$CaCO_3$）	150以下	50以下	50以下	50以下	50以下	50以下	50以下	50以下	50以下
	イオン状シリカ（SiO_2）	50以下	30以下	30以下	30以下	30以下	30以下	30以下	30以下	30以下
参考項目	鉄	1.0以下	0.3以下	1.0以下	1.0以下	0.3以下	1.0以下	0.3以下	1.0以下	0.3以下
	銅	0.3以下	0.1以下	1.0以下	1.0以下	0.1以下	1.0以下	0.1以下	1.0以下	0.1以下
	硫化物イオン	検出されないこと	検出されないこと	検出されないこと	検出されないこと	検出されないこと	検出されないこと	検出されないこと	検出されないこと	検出されないこと
	アンモニウムイオン	1.0以下	0.1以下	1.0以下	1.0以下	0.1以下	0.3以下	0.1以下	0.1以下	0.1以下
	残留塩素	0.3以下	0.3以下	0.3以下	0.3以下	0.3以下	0.25以下	0.3以下	0.1以下	0.3以下
	遊離炭酸	4.0以下	4.0以下	4.0以下	4.0以下	4.0以下	0.4以下	4.0以下	0.4以下	4.0以下
	安定度指数	6.0～7.0	–	–	–	–	–	–	–	–

7.4 SUS430LXTP 周溶接部の腐食発生限界水質判定図及び JRA-GL-02 への当てはめ

SUS430LXTPを二重溶接した溶接部の孔食電位の測定を実施した。

（JIS G 0577「ステンレス鋼の孔食電位測定方法」に準拠した動電位法にて測定）

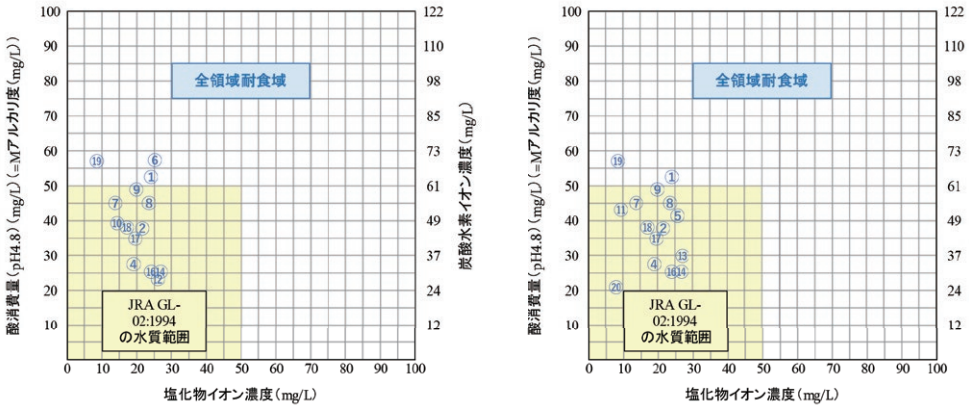
このデータをもとに、ステンレス協会の技術報告「建築設備用ステンレス配管の水質指針ー改訂版1」の手法と同一の方法で,水質判定図を作成した。

① 密閉系が維持されている場合（遊離残留塩素濃度がゼロ又はほとんどゼロの場合）

水質判定図は、空調配管内の遊離残留塩素濃度を測定した結果,密閉循環式空調配管で補給水が少ない場合は、残留塩素濃度がゼロ又はほとんどゼロとなることが確認できたため、残留塩素濃度測定器の検出限界である0.01mg/Lで作成を行った。

冷水の温度は20℃で、温水は60℃を想定して水質判定を行った。

なお、水質範囲について、日本冷凍空調工業会のJRA-GL-02を参考にした。



（1）温度20℃（冷水を想定）　　（2）温度60℃（温水を想定）

図7.1　SUS430LXTP周溶接部の水質判定図（残留塩素がほとんどゼロの場合:0.01 mg/Lを想定）

図7.1にプロットした点は表7.3のデータを参照した。（1）温度20℃の図には冷水系のデータだけではなく、冷温水系のデータをプロットをした。これは表7.3の注1に記載した通り、冷温水系統の管内水は入れ替えることがほぼないという当社のヒアリングの結果と、冷温水の冬季と夏季の水質分析結果に大差がないことを考慮したためである。

同様に、図7.1（2）温度60℃の図には温水系のデータだけではなく、冷温水系及び冷却水系のデータをプロットした。冷却水系は水温20℃を超えているデータのみであることから、60℃の図にプロットする方がより安全である。

この結果から、一部の酸消費量でJRA-GL-02の水質基準値から外れているものがあるが、当該水質基準を満たしていれば、補給水量のほとんどない密閉循環式冷温水配管用途は、冷水、温水共に耐食域のために腐食リスクは少なく適用可能と判断される。

② 密閉系が維持されていない場合

次に、なんらかの理由で補給水が増加して遊離残留塩素濃度が増加した場合の腐食リスクについて検討を行った。

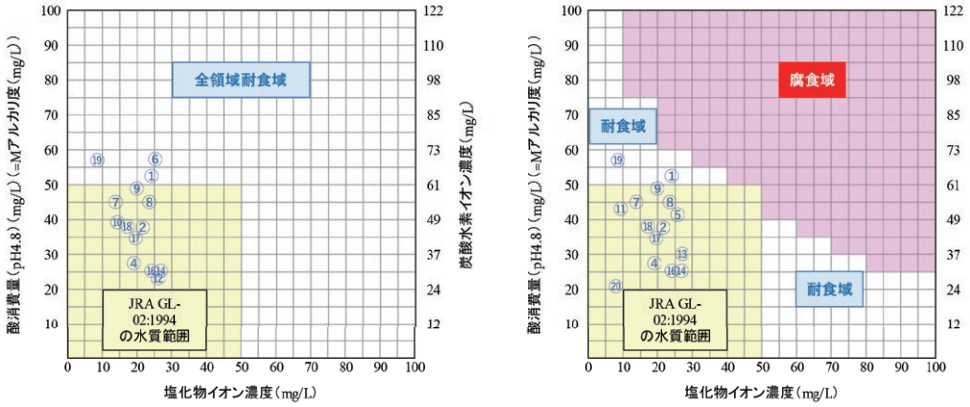
遊離残留塩素濃度の増加を残留塩素濃度測定器の測定濃度検出限界0.01mg/Lの3倍と想定して、0.03mg/Lで水質判定を行った。

参考
補給水量による残留塩素の濃度への影響
計算の簡単化のため、冷水系統内の水量を1,000Lと仮定する（比重を1とすると1,000kg）。
補給水が少ない事例として、漏水量を1%以下と仮定すると、補給水量は10L以下となる。
水道水中の遊離残留塩素濃度は、おおむね0.5mg/Lであることから、補給水10L中の遊離残留塩素量は5mg/Lである。
配管系内の全体水量に均一に溶け込んでいると仮定すれば、配管系内の遊離残留塩素濃度は、
5mg/1,000L=0.005mg/L<0.010mg/Lとなる。
従って、漏水率が1%以下であれば、残留塩素濃度0.01mg/L未満を維持できると考えられる。
同様に、漏水率が5%の場合、配管内の残留塩素量は25mg/Lとなる。
この結果、配管系内の遊離残留塩素濃度は、
25mg/L/1,000L=0.025mg/L<0.03mg/Lとなる。

密閉系が維持されずに、5%の漏水があると想定した場合の残留塩素濃度は、0.03mg/Lとなる。

図7.2から今回調査を行った水質は、①項の密閉系が維持されている場合（遊離残留塩素濃度がゼロ又はほとんどゼロの場合）の残留塩素濃度0.01mg/Lと同様,一部を除きJRA-GL-02の水質基準値をほぼ満足している。

この結果、冷水系統ではJRA-GL-02の水質基準値の一部が腐食域となっており、温水系統の水質のばらつきによっては腐食リスクがあると判断される。



（3）温度20℃（冷水を想定）　　（4）温度60℃（温水を想定）

図7.2　SUS430LXTP周溶接部の水質判定図（密閉系が維持されず,残留塩素濃度を0.03 mg/Lを想定）

7.5 まとめ

水質調査を実施した冷水、温水いずれの系統も、表7.3の水質分析結果から、密閉循環式空調配管で補給水が少ない場合は、遊離残留塩素がゼロ又はほとんどゼロとなることが確認できた。また、各水質はpHは7.4～9.3、塩化物イオン濃度は8mg/L～26mg/L、酸消費量（pH4.8）は21mg/L～57mg/Lであることが確認できた。水質調査を行った結果を水質判定図にプロットした結果、水質調査の結果はJRA-GL-02の水質基準値をほぼ満足しており、同時に冷水及び温水いずれも当社の水質判定図の耐食域にあることが確認できた。

しかし、密閉系が維持されずに補給水が補給される環境では、残留塩素濃度が高くなるため腐食リスクが高くなることが推測される。

このため、密閉循環式空調配管にSUS430LXTPをご採用いただく場合、薬注管理に使用する薬剤の成分や水道水の水質、環境側のステンレス鋼の腐食に影響する残留塩素及び塩化物イオン濃度等に十分留意していただきたい。

供給及び補給される源水は水質が安定している水道水（上水）を使用することを推奨する。

同時に、補給水管理のために積算流量計の設置にも配慮していただくことが有効である。

8. 雨水排水管に使用したSUS430LXTPの耐久性について

8.1 雨水排水管中の水質について

雨水排水管用途におけるSUS430LXTPの適用を検討するため、雨水排水管内の水を採取し水質の分析を行った。結果を表8.1に示す。

表8.1　雨水排水管の水質調査結果

No.	物　　件	pH	塩化物イオン mg/L	酸消費量(pH4.8) mg/L	海からの距離 km	建物用途
1	某ゴルフクラブハウス	6.3	1	4	20.00	クラブハウス
2	鹿児島本線黒崎駅**ビル	7.1	3	11	2.00	駅舎
3	北九州市　某民家	5.1	12	2未満	3.00	民家
4	東京都　飯田橋　商業ビルA	7.0	22	11	7.00	商業ビル
5	東京都　飯田橋　商業ビルB	7.1	10	12	7.00	商業ビル
6	千葉県　印西市　公共施設	6.4	1未満	2未満	22.00	市役所分館
7	千葉県　印西市　大型商業施設	6.2	1未満	2未満	21.00	商業施設
8	東京都　富士見　商業ビル	6.9	1未満	8	8.00	商業ビル
9	東京都　霞ヶ関　中央官庁舎	8.6	1未満	30	9.00	中央官庁舎
10	東京都　日比谷　公共施設	6.8	1未満	2	10.00	公共施設
11	船橋市　海浜公園施設 (ベイエリア)	7.2	29	11	0.05	公園施設
12	江東区　若洲地区 (ベイエリア)	6.6	1未満	4	0.05	公園施設
13	港区　区役所公共施設 (ベイエリア)	6.6	1未満	6	0.05	公園施設

注1：水質分析は、クリタ分析センター株式会社に依頼し実施した。

8.2 SUS430LXTP 雨水排水管の腐食環境について

雨水排水管の水質調査を行った結果、塩化物イオン濃度が最も高いと想定される沿岸地域（海岸から50m程度）でも、30mg/L程度であることが確認できた。

しかし、箇条7で検討した空調配管の水質のように、同一の水質の水が流動状態にある場合と、大気に暴露された状態で不安定な水質の水が不定期に流れる場合とでは腐食環境が異なっている。

雨水排水管の腐食環境は大気暴露状態と類似していると考えられ、降雨時に腐食発生の条件が整い、水滴が乾燥する過程で塩化物イオン濃度が上昇することによって腐食のリスクが増加するが、水滴が乾燥してなくなれば、腐食発生個所は再不動態化すると判断される。

このため、今回調査した雨水排水管の大気暴露環境にある外面と内面の腐食状態について観察を行った。

写真8.1　ステンレス雨水排水管の内外面の腐食状況（SUS304）

	某ゴルフクラブ	黒崎駅	みなとみらい歩道橋
外　面			
内　面			

写真8.1からわかるように、配管の内面は底部に最後まで雨水が残り塩化物イオンが濃縮されるにもかかわらず、外面と比べると腐食が少ないように観察された。これは、雨水排水管の内面側は屋根全体から集水された水で洗い流されている影響と推察される。

以上の結果から、雨水排水管の腐食リスクは、沖縄における10年間の暴露試験で観察された最大侵食深さを超えないと判断される。

8.3 10 年間の大気暴露試験からみたステンレス鋼の耐食性について

写真8.2に全国で実施したSUS430 とSUS304の10年間大気暴露試験片の外観写真を示す。

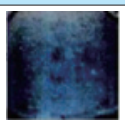
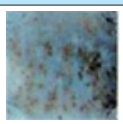
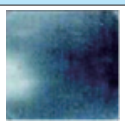
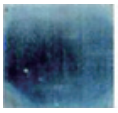
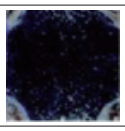
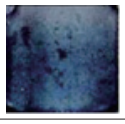
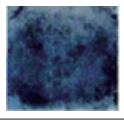
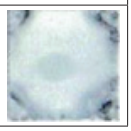
	勝　浦	広	東　京	尼　崎	呉	宮　崎	帯　広	深　谷
SUS430（2B仕上）								
SUS304（2B仕上）						–	–	

写真8.2　SUS430、SUS304の大気暴露試験結果10年間[7)]

図8.1及び図8.2にSUS304及びSUS430の10年間の大気暴露試験における食孔の最大食孔深さ、腐食量、表面の発銹程度を表すR.N.(レイティングナンバ、JIS H 8502)の経時変化を示す。

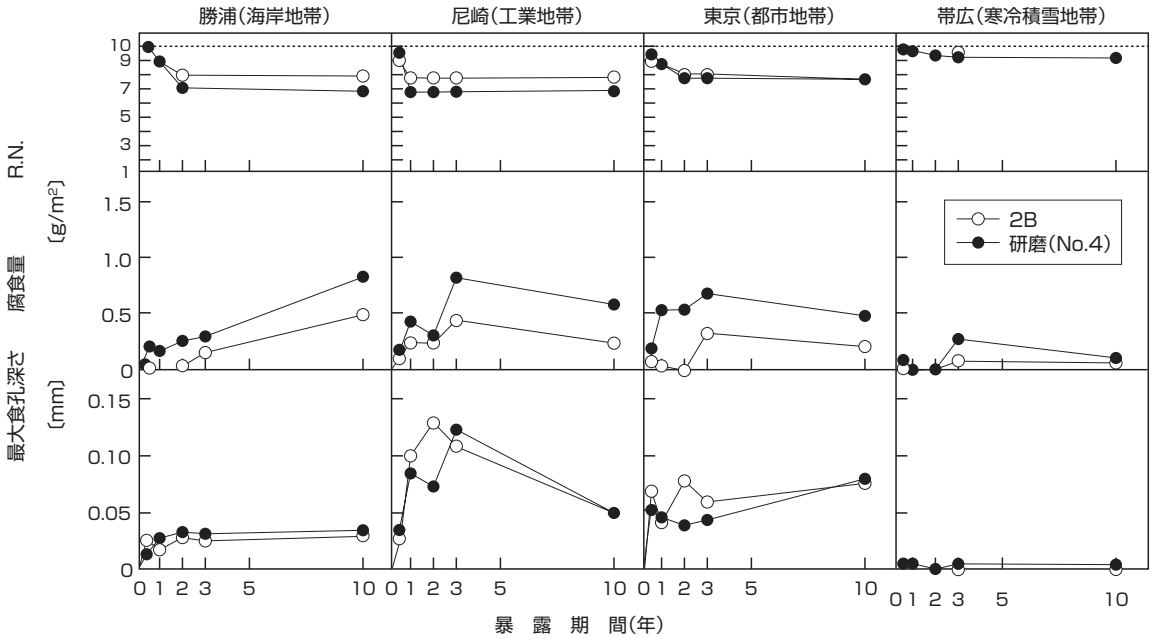


図8.1　SUS304の10年間の大気暴露試験結果[7)]

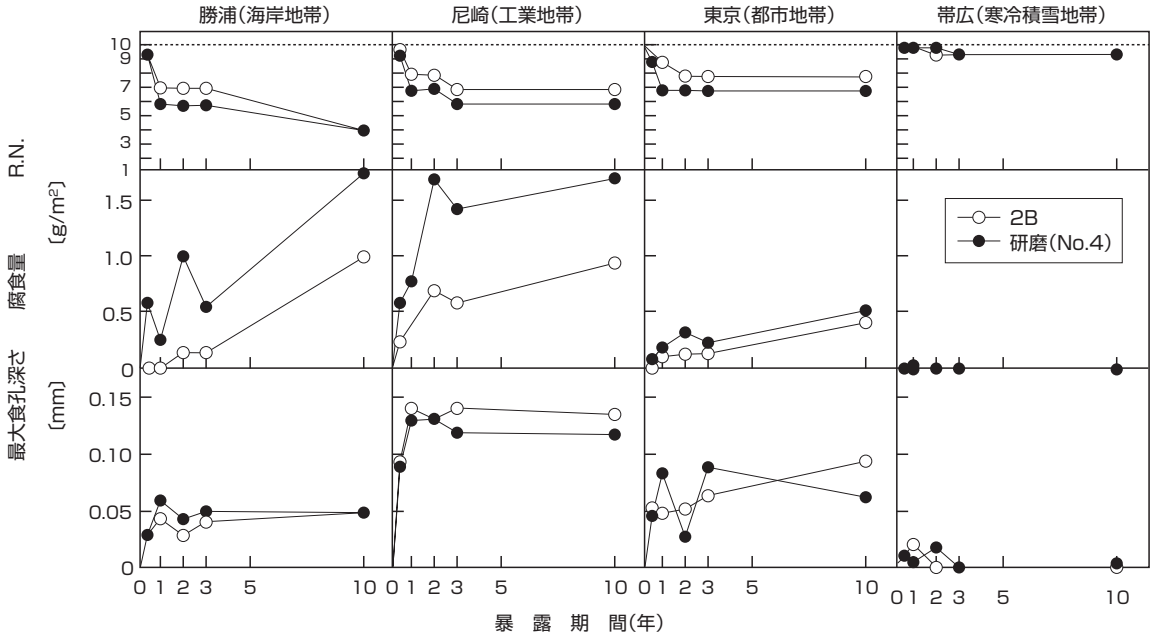


図8.2　SUS430の10年間の大気暴露試験結果[7)]

SUS304及びSUS430ともに、最大食孔深さは試験開始後1年から3年程度までの間に急激に進行するが、その後は進行しないか、進行が遅くなっていることがわかる。

そこで、腐食は期間のn乗根に比例して推移すると仮定し、40年後の最大侵食深さを最小二乗法による回帰直線から推定した結果を表8.2に示す。

表8.2　40年後の最大孔食深さ推定値[7)]

単位（mm）

	帯　広	深　谷	銚　子*	勝　浦	東　京	尼　崎	広	呉	徳　山*	宮　崎
SUS304	0.006	0.016	0.058	0.045	0.084	0.101	0.034	0.114	0.129	0.010*
SUS430	0.007	0.006	0.117	0.061	0.121	0.205	0.042	0.190	−	0.038

* 印は2～5年間の結果から推定。

SUS430の孔食深さを環境別にみると、腐食性の大きい工業地帯では0.190mm～0.205mm、海岸地帯では0.042mm～0.117mm、都市地帯では0.121mmであるが、環境の良い田園、山間及び寒冷積雪地帯では0.006mm～0.007mmと非常に小さい値となっている。

図8.3に沿岸地域の沖縄において、10年間大気暴露試験に供した平板試験片の最大侵食深さと孔食指数の関係を示す。図8.3から、SUS430の沖縄における10年間大気暴露試験と最大侵食深さは、0.14mmであることがわかる。

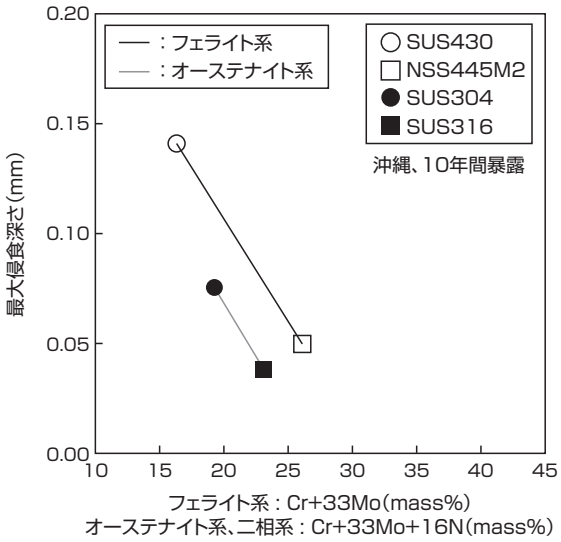


図8.3　沖縄における10年間大気暴露試験後の最大侵食深さと孔食指数の関係[8)]

この結果から、腐食環境が最も厳しいと判断される沖縄の10年間の大気暴露試験後の最大侵食深さ0.14mmが、今後も孔食が同一の腐食速度で進行すると仮定し、雨水排水用途に最も多く使用される標準薄肉品150A（＝板厚3.0mm）の場合に貫通するまでの期間を求めた。

沖縄　　3.0mm ÷（0.14mm ÷ 10年）＝ 214年

以上でSUS430の暴露試験結果について述べてきた。図8.4にSUS430及びSUS430LXの素材とTIG溶接部の孔食電位の比較を示す。

なお、図8.4中のNSS430M4がSUS430LX 相当のステンレス鋼である。

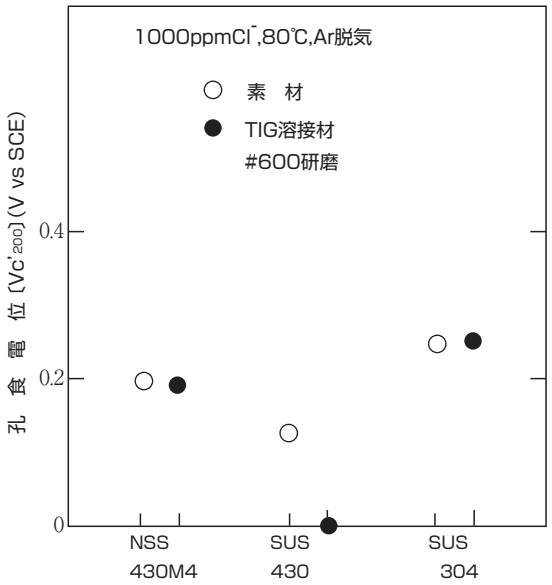


図8.4　SUS430及びSUS430LXの素材とTIG溶接部の孔食電位[9)]

安定化元素を含有するSUS430LXはSUS430よりも素材の耐食性も優れ、TIG溶接部の耐食性は明らかに優れる。SUS430LXはSUS430と比較して耐食性は優れているので、長寿命化を期待できる。

従って,実用上躯体と同レベルの耐久性が期待できると考えられる。

ステンレス鋼は、優れた耐候性を活かし屋根材や外装材などの建材用途に用いられている。近年のウォーターフロント開発等に伴い、海岸近くの屋根材や外装材にステンレス鋼が採用されるケースが増加している。

このような海塩粒子が飛来する沿岸地域では、しみ状の発銹や孔食の成長とともに生じる赤さびにより見栄えが損なわれることがある。(写真8.1参照)

しかし、この孔食の板厚方向への進行は緩やかであり、機能性の面では貫通して漏水するような問題はないと判断され、雨水排水管の長寿命化が期待される。

9. 施工事例

施工年月日:2016年11月

■ なんばスカイオ

概要

■ 系統：雨水　■ 管種：SUS430LXTP

全体写真

施工写真

施工年月日:2016年2月

■ アトレ大井町 空調改修工事

概要

■ 系統：冷水·冷温水·冷却水　■ 管種：SUS430LXTP

全体写真

施工写真

施工年月日:2016年3月

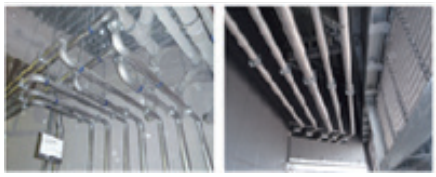
■ さいたま赤十字病院

概要

■ 系統：雨水　■ 管種：SUS430LXTP

全体写真

施工写真



施工年月日:2015年12月

■ 日本歯科大学歯学部1号館空調設備改修工事

概要

■ 系統：冷水·温水　■ 管種：SUS430LXTP

全体写真

施工写真

施工年月日:2015年3月

■ 新川防災公園·多機能複合施設（仮称）機械設備工事

概要

■ 系統：冷温水·雨水　■ 管種：SUS430LXTP

施工写真

10. おわりに

本技術資料では、Niを含まないフェライト系ステンレス鋼鋼管SUS430LXTPの特徴と採用する場合の留意点を中心に紹介をおこないましたが、当該鋼管は環境に応じて正しく使用すれば、軽量化による作業性改善や耐久性の向上が得られ、さらに環境負荷低減など優れた特徴によるメリットを得ることもできます。

今後、配管工の高齢化や技能伝承が問題となるなか、軽量で施工性の優れたSUS430LXTPは、ますます市場納入実績が期待されます。

本技術資料が、建築設備配管のストック型社会への転換に少しでもお役に立てれば幸いです。

11. 参考文献

1) ステンレス協会(2011)：改訂版 ステンレス配管マニュアル
2) 西川光昭、原田和加大、足立俊郎、名越敏郎(1998)： ステンレス鋼屋内配管の耐食性、日新製鋼技報No.77、25−40頁
3) 日本冷凍空調工業会(2016)：吸収式冷凍機･ターボ冷凍機の水処理ガイドブック第2 版
4) ステンレス協会(1995)：ステンレス鋼データブック建材編
5) 池澤守、金子智、松島俊久、工藤正(1997)：蒸気還水系におけるステンレス鋼管の耐食性、日本建築学会大会学術講演梗概集D、1037−1040頁
6) 小野山征生(1995):1)淡水、ステンレス協会編：ステンレス鋼便覧第3版、313−316頁
7) 吉井紹泰、西川光昭、林公爾(1988)： 10年間の暴露試験から見たステンレス鋼の耐候性、日新製鋼技報No.59、54−67頁
8) 汐月勝幸、溝口太一朗、原田和加大(2010)： 高Crフェライト系ステンレス鋼を含む各種ステンレス鋼の長期暴露試験による耐候性、日新製鋼技報No.91、25−33頁
9) 日新製鋼株式会社(1995)、月星印ステンレス鋼のフェライト単相鋼シリーズ、25−33頁

ご注意ならびにお願い

- 本技術資料に記載された情報は、技術資料作成時点における当社製品における一般的な特性や性能を説明するためのものであり、それによって何らかの保障をするものではありません。また、個別の使用目的･環境･条件等によってあてはまらないことがありますのでご注意ください。
- 本カタログの情報や製品･サービスは、今後予告なしに変更される場合がありますので、最新の情報につきましては、ノーラエンジニアリング株式会社にお問い合わせください。

ノーラエンジニアリング株式会社

東京本社　〒102-0072　東京都千代田区飯田橋4-8-4　TEL：03-3221-1682　FAX：03-3221-3391
関西支店　〒533-0004　大阪府大阪市東淀川区小松4-10-30　TEL：06-6815-1890　FAX：06-6815-1891
中部営業所　〒460-0002　愛知県名古屋市中区丸の内3-20-2 第17KTビル4階　TEL：052-746-9195　FAX：052-746-9196

http://www.nowla.co.jp/

2021.1.2000