



近冷工 これからの 技術情報

『これからの技術』を語る……P. 8~27

『新技術・新製品』紹介……P.28~55

近冷工専門委員会報告……P.58~65

第5号

平成29年
1月29日発行

空調用配管材料の最新動向

フェライト系ステンレス鋼管 SUS430LX の可能性について

テイ・エム研究所
代表 松島 俊久
(元 鹿島建設株式会社)

1. はじめに

21世紀は、「環境の世紀」と言われている。

このため、ストック型社会への転換が社会の要請として議論されており、建築設備配管についても、「いいものを作って、長く大切に使う」ことが求められるようになってきている。

このような背景から、衛生設備配管については、長期優良住宅の施策や国土交通省による200年の研究成果¹⁾として、ステンレス配管システムの実用化が進んできた。

ここで検討したステンレス管はニッケルを含むオーステナイト系(SUS304)である。

しかし、空調配管については、「設備は更新するもの」という価値観の中で、経年劣化が進めば取り替えという考えが一般的である。

本稿では、ニッケルを使わないフェライト系ステンレスの特徴や製品仕様、空調・蒸気・雨水等対象用途にフェライト系ステンレス鋼管を採用する場合の留意点を紹介し、建築設備用配管のオールステンレス配管システムの可能性について報告する。

2. オールステンレス配管システムを目指して

一般に、設備や設備機器は建物寿命の間に何度かリニューアルとされている。現在の設備配管の寿命は、15年～30年程度であり、50年を超えて設備配管を検討する事例は少ない。

ステンレス配管システムは、ステンレス協会が、国交省の補助金を受けて実施した『超高耐久ステンレス共用部配管システムに関する技術開発の研究成果』から、ステンレス管の耐久性は、常温では200年以上と報告されている。¹⁾

現在、市場では、衛生系統(給水・給湯)には、幅広くオーステナイト系ステン

レス鋼管が採用されているが、空調系統の配管には、配管用炭素鋼管が一般的に使用されている。

しかし、現在使用されている炭素鋼管は、腐食によるトラブルが多発している。

この対策にフェライト系ステンレス鋼管を採用することにより、このような問題を解決し、建築設備用配管のストック型社会への転換を目指す選択肢が広がってきた。

3. フェライト系ステンレス鋼管 SUS430LX の特徴と仕様 (SUS430LX, SGP, SUS304 の比較)

3-1 化学成分

「SUS430LX」の最大の特徴は、ニッケルを含んでいないことである。

「SUS430LX」は、SUS430のC(カーボン)を低下し、Ti または Nb を添加して、溶接時の組織変化や、クロム炭化物の析出を防止し、耐久性や加工性を大幅に改善したフェライト系ステンレス鋼である。

表1にSUS430LX, SGP, SUS304の化学成分を示す。

表1 化学成分の比較

	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	その他の元素
SUS430LX TP	0.030以下	0.75以下	1.00以下	0.040以下	0.030以下	0.60以下	16.00～19.00	Ti又はNb：0.10～1.00
SGP	—	—	—	0.040以下	0.040以下	—	—	(残分Fe)
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	—

写真1にCr含有量と耐食性の関係を示す。Cr含有量が、15%を超えると明らかに耐食性が優れていることがわかる。

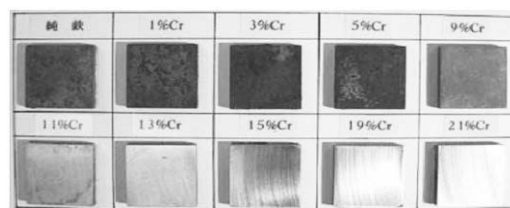


写真1 Cr含有量と耐食性の関係

3-2 機械的性質の比較

SUS430LX, SGP, SUS304 の機械的性質を表 2 に示す。

表 2 機械的性質

管種	引張り強さ(N/mm ²)	耐力(N/mm ²)	伸び(%)
SUS430LXTP	360以上	175以上	20以上
SGP	290以上	—	30以上
SUS304TP	520以上	205以上	35以上

3-3 基本質量及び物理的性質の比較

SUS430LX, SGP, SUS304 の基本質量と物理的性質を表 3 に示す。

表 3 基本質量と物理的性質の比較表

鋼種	基本質量 (Kg/mm ² ・m ²)	ヤング率 (kN/mm ²)	比熱容量 (J/g・°C) 0~100°C	電気抵抗 (Ωm) 室温	熱伝導率 (W/m・°C) 20~100°C	平均熱膨張率 (1/°C)(X10 ⁻⁶)	
						0~100°C	0~538°C
SUS430LX	7.70	196	0.46	60	26.4	10.5	12.0
炭素鋼	7.87	206	0.48	13	74.6	12.6	14.2
SUS304	7.93	193	0.50	72	16.3	17.3	18.4

3-4 コスト比較

SUS430LX のコストは、図 1 より SGP とほぼ同じで、耐食性は、SUS304 と遜色ないことがわかる。

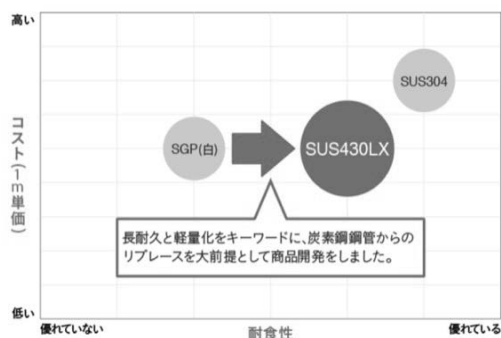


図 1 コスト比較

4. SUS430LX の対象用途と採用上の留意点

従来、各種建築設備用配管に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、不均一腐食でさびこぶ下部が激しく腐食するため、長寿命の要求に対しては難しい問題を抱えていた。

一方、ステンレス鋼配管は、適切な環境

で使用すれば、耐食性がある²⁾ため“腐食しろ”を考慮する必要がなく、錆こぶによる表面粗さ増大による摩擦損失の増加も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える。

このような背景から、給水・給湯を中心とした衛生配管には、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 を多く含有しているため、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管 SUS430LXTP の対象用途と採用上の留意点について述べる。

4-1 密閉循環式冷水・温水・冷温水・冷却水を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、冷却塔での滅菌剤添加や高濃度塩素消毒等が規定されているため、SUS304 でも腐食事故報告があるため、SUS430LX の対象用途から除外している。

図 2 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状況である。また、静止水 (O_2) は、水が循環しない消火設備配管の状況と考えられる。

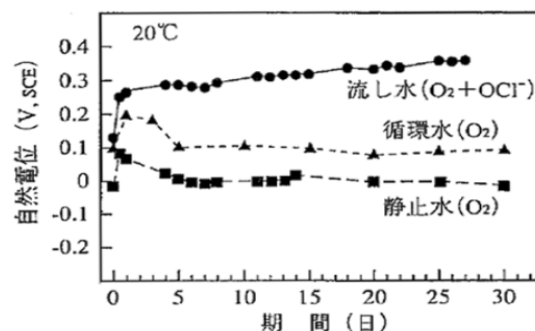


図 2 20°C SUS304TPD 配管の自然電位に及ぼす流動状態³⁾

温度 20℃の場合、流し水状態の自然電位は 0.4V で、循環水の自然電位は 0.1V であることから、腐食発生電位が SUS304 よりも低くても 0.1V 以上であれば腐食は発生しない。

静止水の自然電位は 0.0V であり、消火設備配管の場合は更に、腐食発生電位は卑であって良い。

即ち、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 2)

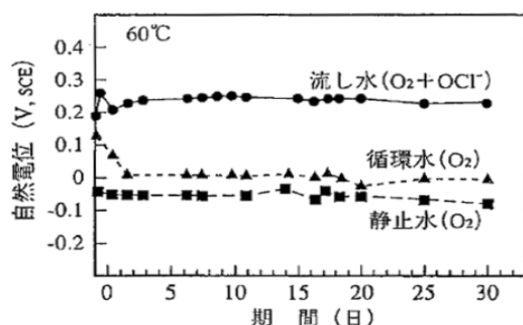


図 3 60℃SUS304TPD 配管の自然電位に及ぼす流動状態³⁾

同様 (図 3) に、温度 60℃の場合、流し水状態の自然電位は 0.25V で、循環水の自然電位は 0V であることから、腐食発生電位が SUS304 よりも低くても 0V 以上であれば腐食は発生しない。

しかし、初期補給水の溶存酸素や遊離炭酸などがステンレス管では消費しにくいいため、系統内に鉄部や鉄との異種金属の部分が、存在するため、それらの部分で溶存酸素や遊離炭酸など消費され腐食する。異種金属となる部分は、鉄単独よりも腐食が進行するため注意が必要である。特に圧力計・温度計の口径の小さい配管のねじ部は肉厚がうすいため問題で銅管ではなく銅管又はステンレス管とする必要がある。また、密閉冷温水配管系統の密閉度を確保するために特に次の内容を考慮する。

- ①フラッシングは、連続ブローによる方法ではなく、テンポラリのフィルタを設置し、密閉の状況で行う。
- ②配管内のエア抜きを十分行う。エア抜きが容易に行えるようにエア抜き配管を施工計画に反映させる。
- ③表 4 に示すように密閉冷温水に酸素が補給されないように対策を事前に実施する。

表 4 密閉系冷温水に酸素が補給される原因と対策

原因	内容	対策
ポンプ軸受けの劣化	循環ポンプのグランドパッキングが劣化し、軸封部分からの漏洩量が多い、	メカニカルシールの採用
水替え回数過多	冷温水の水替え(水抜き・水張り)を頻繁に実施	水替え回数の削減
開放式膨張水槽の水の循環	圧力逃がし管の返し部の高さが不足している場合及び複数系統の冷温水の膨張水槽を兼用している場合、冷温水が膨張水槽に流入するとともに、溶存酸素濃度の高い膨張水槽の水が冷温水に流入する	密閉式膨張水槽の採用
開放式クッションタンク	クッションタンク水面で、酸素が冷温水に溶け込む	密閉式クッションタンクの採用
自動エア抜き弁からの空気吸い込みと水漏れ	冷温水配管系内に負圧部分が形成されると、負圧部分に設置されている自動エア抜き弁から空気が配管系内に侵入する。また、フロートが固着すると水漏れを生じる	圧部分の削減(圧力分布の確認) 手動エア抜き弁の併用で常時閉とする

また、当然、プレハブ加工が必須である。

4-2 蒸気配管を採用する場合の留意点

蒸気配管用途は、熱疲労破壊に注意が必要である。SUS304 は耐食性が優れるが、熱膨張率が大きいいため、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。(表 5)

このため、伸縮継手の挿入個数の低減が期待できる。

表 5 鋼種別の基本質量と平均熱膨張率⁴⁾

	基本質量 (g/cm ³)	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

* ; 0.06C

蒸気還水の水質は、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 4)

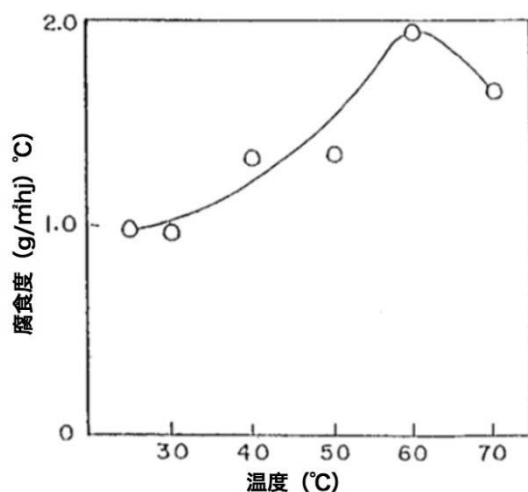


図 4 SS41 の飽和炭酸中の腐食度⁴⁾

温度 60℃の飽和炭酸水中の腐食度は、Cr 添加量の増加に伴って減少し、Cr 量約 14%の時、腐食度は約 9×10^{-4} g/m²/hr と小さくなる。(図 5)

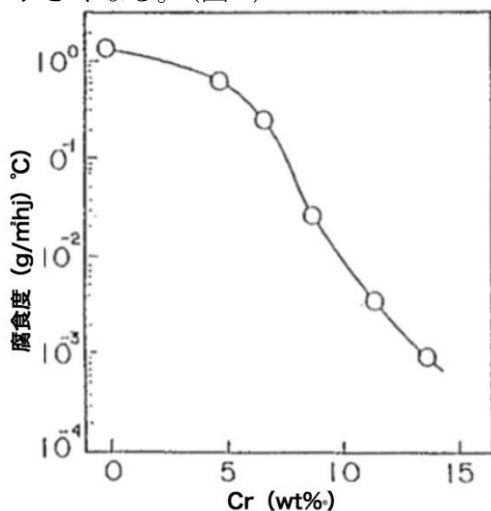


図 5 60℃飽和炭酸水中の Fe-Cr 合金の腐食度⁴⁾

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、Cr15%では明確な不動態化が認められる。(図 6)

従って、17%Cr の SUS430LX は、蒸気還水系で、十分な耐食性を保持出来ると判断される。

なお、蒸気還水管に採用する場合の留意点は以下のとおりである。

- (1) プレハブ加工配管とする。
- (2) つば出し加工及びグルーピング加工は、採用しない。

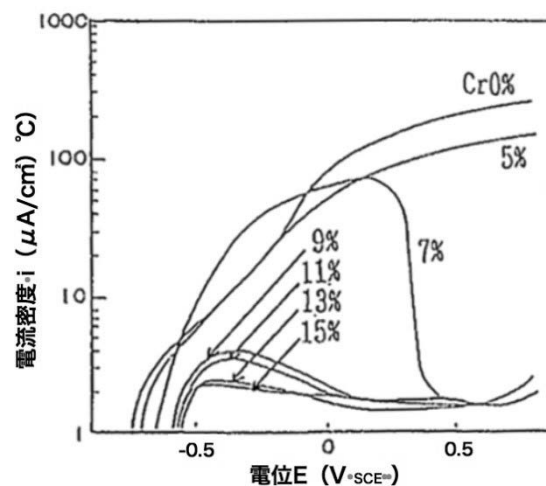


図 6 飽和炭酸水中の Fe-Cr 合金のアノード分曲線⁴⁾

4-3 雨水配管を採用する場合の留意点

雨水の塩化物イオン濃度は、海岸近傍でも約 10mg/L である。(図 7)

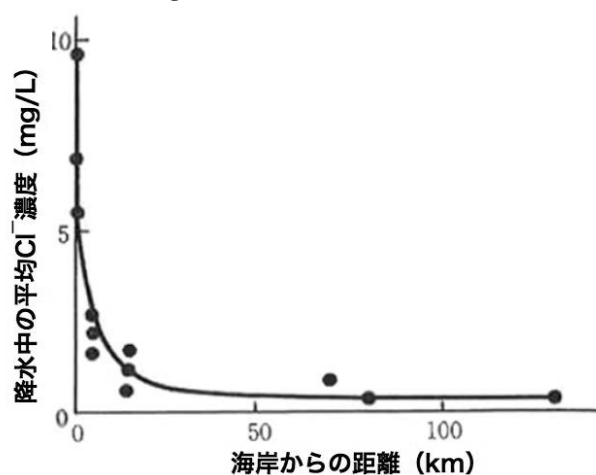


図 7 海岸からの距離と降水中 Cl⁻濃度の関係⁵⁾

大気暴露試験(耐候性試験)の結果、SUS430 は、発錆程度はひどく、外装建材

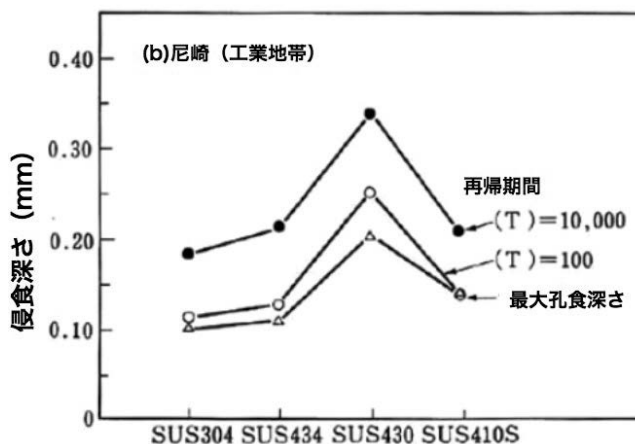


図 8 侵食深さからみたステンレス鋼の 40 年後の耐久性⁶⁾

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 8）

写真 2 及び 3 に、雨水配管環境を想定した塩化物イオン濃度 500mg/ℓCl⁻の 3 ヶ月腐食試験結果を示す。

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



写真 2 実験開始時



写真 3 3 ヶ月後

雨水排水配管の環境は、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配管とでは、晴天時の乾燥速度に違いは有ると考えられる。

雨水排水配管の前提条件として、

- ① 海水を被る様な条件は検討対象としない。概略、海岸線から 1km 以上内陸側と推察する。
- ② 雨水が滞留する様な設計は除外する。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。この場合、微生物腐食の可能性も否定できないため、SUS304 でも適用できない可能性が考えられる。

また、空調設備に付属する冷却塔は屋上に設置されることが多いため、冷却塔のブロー水が雨水配管に混入するケースが想定される。冷却塔のブロー水の塩化物イオン濃度が 200mg/L Cl⁻になる可能性があるとの情報があつたこと及び継手部での塩化物イオンの濃化の可能性が考えられることから、200mg/L 及び 500mg/L Cl⁻の水を添加し、3 ヶ月間の腐食実験結果、継手部でのすき間腐食は認められなかった。

雨水の水質は、空気中の炭酸を含んでおり、都市部では、硫酸・硝酸を微量に含んでおり、pH は酸性を示す。また、海岸付近では海塩粒子の影響があり塩化物イオンも考慮する必要がある。

- (1) 溶接部の酸化スケールの除去
- (2) 鋳鉄製のルーフドレンとの接続で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、メーカーでは、コーティングニップルを試作し、トルク試験、水圧試験で良好な結果が得られたとのことである。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ので採用を検討していただきたい。

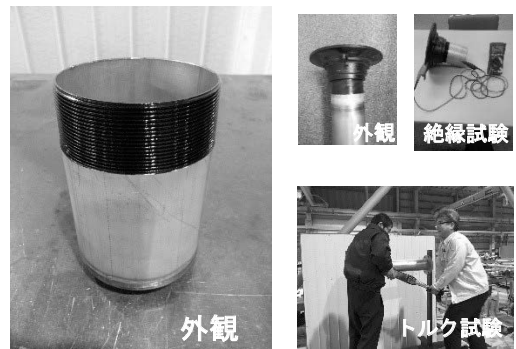


写真 4 雨水配管用コーティングニップル

- (3) 施工的には、異物を停滞させないように横引管の勾配確保が必要である。
- (4) プレハブ加工配管とする。

4-4 消火配管に採用する場合の留意点

スプリンクラー消火配管の水源は、地下ピットの水槽で一般に上水を使用しているため、塩化物イオンは、数十 mg/L ぐらいである。しかし、連結送水管の放水試験の水源は、上水を確保すれば問題ないが、河川水や防火用水などを使用すると塩化物イオンが 200mg/L を超える場合があり、ステンレス管が配管の下部で孔食が発生する事例があるので注意が必要である。連結送水管は、ステンレス管を採用する場合、部分的に鋼管や鋳鉄弁などを使用しているが、今後、オールステンレス化が望まれる。

5. 採用実績

フェライト系ステンレス鋼管 SUS430LX は、平成 27 年 4 月に営業生産されて以来、すでに

30 件を超える採用実績があり施工性改善に大きな反響を得ている。

代表的な施工事例を写真 5 ～ 写真 11 に示す。



写真 5 空調配管



写真 6 空調配管



写真 7 雨水配管

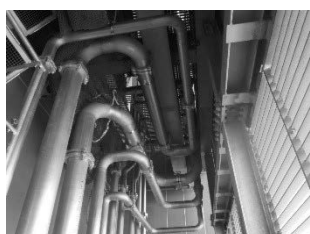


写真 8 雨水配管



写真 9 空調配管



写真 10 空調配管



写真 11 空調配管

6. おわりに

本稿では、ニッケルを含まないフェライト系ステンレス鋼管 SUS430LX の特徴と採用する場合の留意点を中心に紹介を行ったが、環境に応じ、正しく使用すれば、軽量化による作業性改善や耐久性が得られ、また、環境負荷低減など優れた特徴を有している。

今後、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 SUS430LX は、ますます市場納入実績の増加が期待される。

本稿が、建築設備用配管のストック型社会への転換に少しでもお役にたてれば幸いである。

参考文献

- 1) 坂上ら：国交省住宅・建築関連先導技術開発助成事業技術開発報告書，(2010)，P150
- 2) ステンレス協会：配管マニュアル改訂版，P202
- 3) 西川ら：日新製鋼技報，77(1998)，P25
- 4) 池澤ら：日本建築学会大会講演梗概集，(1998)，P1037
- 5) 半沢高久の作成データ，(1951)から引用
- 6) 吉井ら：日新製鋼技報，59(1988)，P54