

フェライト系ステンレス薄肉鋼管の 非循環温流水に対する耐食性

On the Corrosion Resistance of Ferritic Stainless Steel Tubes
in Fresh Hot Water Supply System

静 弘* 三原 康 雄**

Hiroshi Shizu

Yasuo Mihara

Synopsis:

Field corrosion tests of SUS 304, SUS 430, R 430LT (Ti stabilized low C-17%Cr steel) and R 434LT (Ti stabilized low C-17%Cr-1%Mo steel) stainless steel tubes have been carried out introducing fresh hot water for max. 12 months. Each material showed good corrosion resistance throughout test duration, and proved to be available for hot water supply system.

In case of jointing these tubes, soldering with SUS 304 fittings is recommended in due consideration of corrosion resistance and joint strength.

1. まえがき

セントラルヒーティングに代表される温水系統の配管材料としてステンレス鋼管が採用される気運にあるが、現在一般に用いられている SUS 304 および SUS 430 鋼管を温水系統に用いる場合、次の点が懸念される。SUS 304 は耐食性、溶接部の靱性に関してはすぐれているが、水道水のように塩素イオンを含む溶液と接触すると応力腐食割れ (SCC) を生じる。一方、SUS 430 はフェライト系ステンレス鋼であるため SCC に対する心配はないが、溶接部の耐食性 (粒界腐食) ならびに靱性が劣るという欠点がある。

当社のリバーライト 430LT (以下 R 430LT)、リバーライト 434LT (以下 R 434LT) は、それぞれ SUS 430 および SUS 434 をベースにして炭素含有

量を著しく低め、さらに Ti を添加することにより母材および溶接部の耐食性ならびに機械的性質の改善を図った鋼である。もちろんこれらの鋼はフェライト鋼であるから、SCC に対しても十分な抵抗力を有しているので温水材料としての利用が期待される。

温水配管にはファンコイルによる暖房などの循環系と浴槽、台所への給湯などの非循環系がある。循環系における R 430LT および R 434LT 鋼管の耐食性に関する調査は、増尾ら¹⁾により、SUS 430、SUS 304 鋼管を比較材としてすでに行われている。今回は実機のボイラーから供給される温流水を用い、SUS 430、SUS 304 鋼管ならびに鋼管を比較材として非循環系に対する R 430LT、R 434LT 鋼管の耐食性を調査した。実際の配管にあたっては継手部の耐食性も重要であるので、この点もあわせて調査した。試験期間は最長12箇

* 西宮工場管理部技術管理室

** 西宮工場管理部技術管理室掛長

月までとし、比較のため常温の水道水に対する耐食性の調査も行った。

本資料は、これらの流水試験の結果についてまとめたものである。

2. 供試材と試験方法

2.1 供試材

供試材は TIG 溶接によって製造した R 430LT, R 434LT, SUS 430 および SUS 304 のステンレス鋼管で、外径 15.88mm, 厚さ 1.2mm の熱処理酸洗仕上材である。鋼管の化学成分を表 1 に示す。また、これらステンレス鋼管の比較材として市販の銅管（継目なし）を用いた。

試験管は管自体の耐食性と継手材料としての適応性を確認するため、直管のままのものと継手として別に準備した継管に接続した状態のものを用意した。1 条件あたりに供される試験管の概略を図 1 に示す。直管の場合は同一材質の 500mm 長さの管 2 本をシリコンゴムホースで接続し、これを 1 組の試験管とした。継手の場合は同一材質の継手を 3 個継管を介して接合し、これを 1 組の試験管とした。継手はソケットタイプで当社が製作したものであり、継管には R 430LT および R 434LT を用いた。継手と継管との接合は主としてはんだづけにより、一部銀ろうによる接合も行った。はんだづけには、日本ウェルディングロッド社の WEL90a(無鉛)のはんだを、フラックスには同社の WEL65 を使用した。銀ろうづけには、ナイス社の BAg7 (56%Ag-22%Cu-18%Zn-5%Sn) の銀ろうを、フラックスには同社の 108 を使用した。なお、接合後の試験管は 1 組ごとにその内面を水道水で洗い、熱風乾燥機で乾燥した。

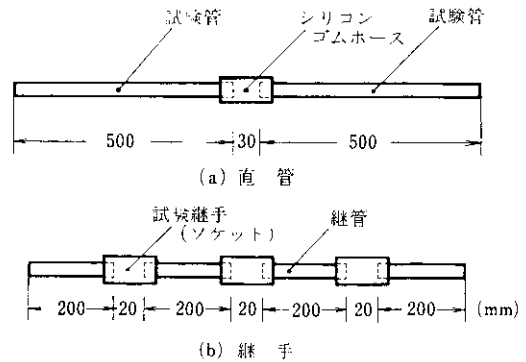


図 1 試験管の接続(1条件分)

2.2 試験方法

試験条件を表 2 に示す。温水の供給には温水ボイラー(サンヨー-VN501SK 型)を使用し、水温 70°C を目標とした。その実績を図 2 に示す。温水試験の配管を図 3 に示す。同一材質の試験管(直管、継手とも)を 1 系統とし、木製の枠にとりつけて通水した。各組の試験管どうしの接続にはシリコンゴムホースを用い、試験管をグラスウールで保温した(写

表 2 試験条件

温 度	温水(温水ボイラー使用, 目標 70°C) 冷水(常温)
水 質	水道水(西宮市の水道)
流 量	2.5~3.5l/min
試験時間	8h 運転-16h 休止 (ただし、日曜、祭日、その他の休日は 全面休止)
試験期間	温水: 1, 2, 6 および 12 箇月 冷水: 12 箇月

表 1 供試管、継手の化学成分

鋼 種	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	Ti	N
R 430LT	0.014	0.45	0.53	0.018	0.009	0.02	0.11	16.59	0.01	0.40	0.0073
R 434LT	0.011	0.39	0.47	0.029	0.009	0.02	0.11	16.20	0.90	0.55	0.0075
SUS 430(低C)	0.016	0.37	0.09	0.018	0.009	0.02	0.11	16.19	0.01	-	0.0139
SUS 304	0.050	0.74	1.47	0.031	0.005	0.09	9.10	18.37	0.08	-	0.0169

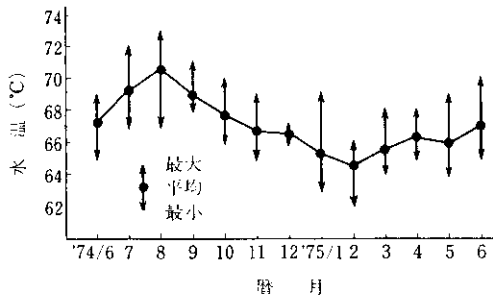


図2 試験管から排出された温水の温度 (测温時刻11'30'~13'00')

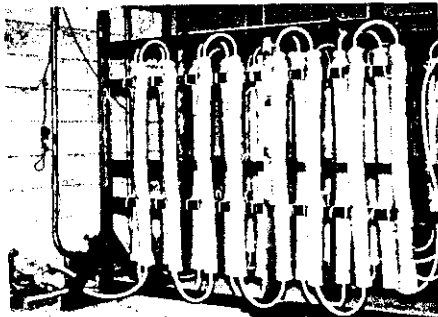


写真1 試験管の配管状況

真1参照)。冷水の場合は、図4に示すようにマニホールタイプとした。

3. 試験結果

3.1 管の耐食性

試験後の管を管軸方向に2分割してその内面を

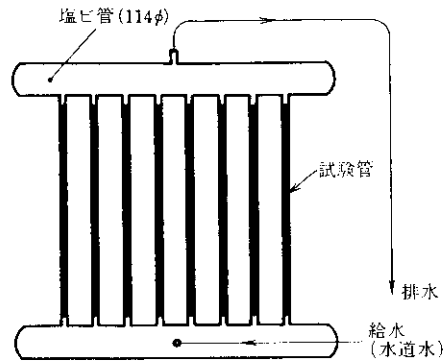


図4 冷水試験の配管

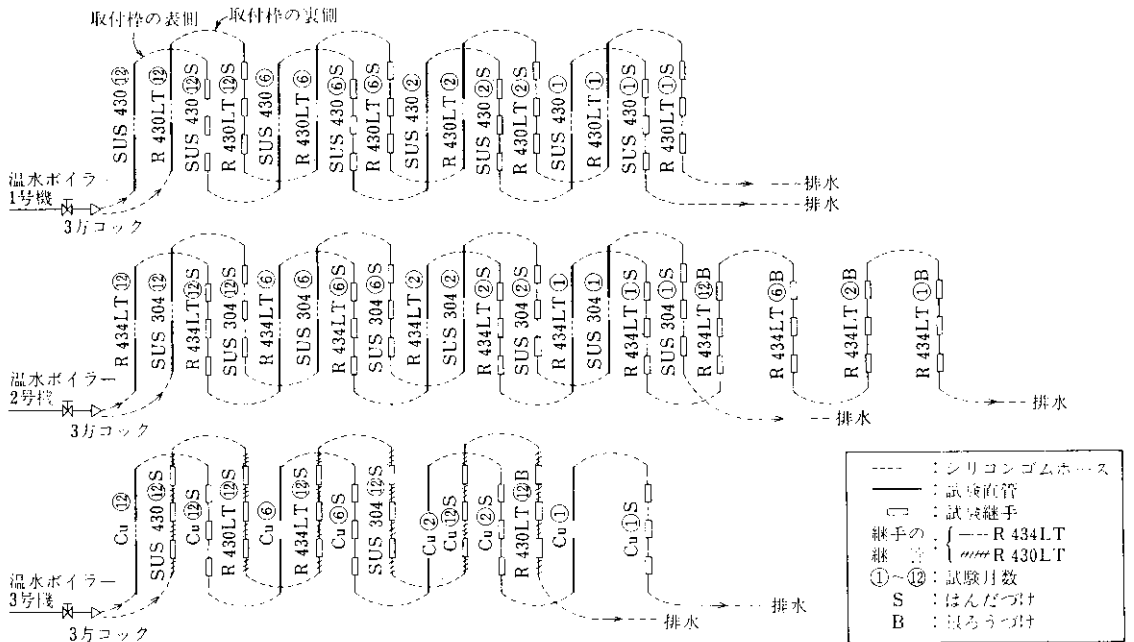


図3 温水試験の配管

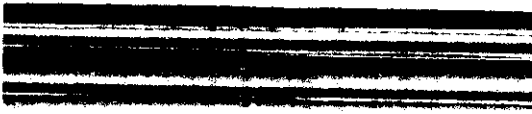
目視観察した。管内面の発しゅう観察結果を表3に、温水試験12箇月後の発しゅう状態を写真2に示す。

温水の場合ステンレス鋼管はいずれの鋼種とも良好であり、まったく発しゅうしないか、発しゅうしてもごく軽度であり、孔食には至っていないとくに注目して観察した試験管の溶接部分（TIG溶接）でも発しゅうはほとんど認められなかった。

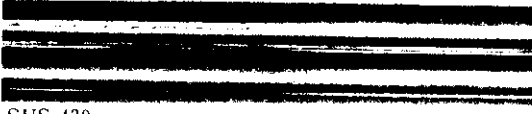
また、1～12箇月の試験期間の長さによる発しゅう程度の差は認められなかった。比較材の銅管は全期間とも茶色あるいは茶褐色に変色しただけで、孔食の発生は認められない。

冷水の場合ステンレス鋼管、銅管とも12箇月間の温水試験結果とほとんど同じである。

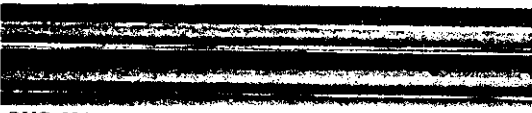
R 430LT



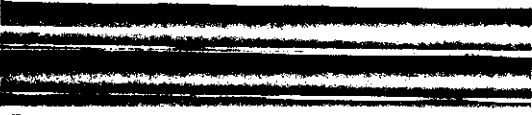
R 434LT



SUS 430



SUS 304



Cu



写真2 試験後の管内面の発しゅう状態（温水12箇月後）

3・2 継手部の耐食性

3・2・1 はんだによる接合

管内面の発しゅう観察結果を表4に、温水試験12箇月後の発しゅう状態を写真3に示す。

温水の場合、SUS 304の継手はごく軽度の発しゅう

表3 直管内面の発しゅう状態

試験期間 材質	温 水				冷 水
	1 箇月	2 箇月	6 箇月	12 箇月	12 箇月
R 430LT	○	◎	◎	◎	◎
R 434LT	○	○	○	○	○
SUS 430 (低C)	◎	○	◎	◎	◎
SUS 304	○	◎	◎	○	○
Cu	茶色に 変 色	茶色に 変 色	茶褐色 に変色	淡紫色 に変色	茶色に 変 色

注) 発しゅう程度の評価

◎：なし ○：ごく軽度(孔食なし)
△：軽度 ×：やや多い XX：多い

ゅうで良好であり、R 430LT、R 434LT および SUS 430 の継手は軽度に発しゅうした。SUS 304 の場合、そのほとんどが継手自体に存在していたきず（継手製作時に生じたきず）部分からの発しゅうである。ほかの材質の継手は、継手と継管とのすきまからの発しゅうおよび継手自体に存在していたきずからの発しゅうである。試験期間と発しゅう程度とは直管の場合と同様ほとんど関係がない。

比較材の銅の継手は継手内面にはみでたはんだ部分に緑青がみられるだけで、それ以外の異常は認められなかった。

なお、継管には主として R 434LT を用いたが、一部の試験管に用いた R 430LT との間に差は認められない。

冷水の場合、ステンレス鋼および銅のいずれの継手とも温水試験 12 箇月後の成績とほとんど同じである。

3・2・2 銀ろうによる接合

管内面の発しゅう観察結果を表5に、温水試験12箇月後の発しゅう状態を写真4に示す。いずれの場合も継手の内面にはみでた銀ろうおよびそれと継管との境界部から著しく発しゅうしている。

また、銀ろうづけの場合は接合温度が 650°～750°C と高いため、接合部近傍の管に著しいスケールが発生している。

表4 はんだづけにより接続した場合の継手内面の発しゅう状態

継手材質	継管材質	温 水				冷 水 12 箇 月
		1 箇 月	2 箇 月	6 箇 月	12 箇 月	
R 430LT	R 434LT	△ (b, c, d)	△ (b, c, d)	△ (b, d)	○ (b, c, d)	△ (b, d)
	R 430LT	—	—	—	△ (b, c, d)	○ (b, d)
R 434LT	R 434LT	△ (b, c, d)	△ (b, c, d)	△ (b, c, d)	△ (b, c, d)	△ (b, c, d)
	R 430LT	—	—	—	△	△
SUS 430 (低C)	R 434LT	△ (b, c)	△ (b, c, d)	△ (b, c, d)	△ (b, c, d)	△ (b, d)
	R 430LT	—	—	—	△ (b, c, d)	△ (b, c, d)
SUS 304	R 434LT	○ (d)	○ (d)	○ (d)	○ (d)	○ (d)
	R 430LT	—	—	—	○ (b, c)	○ (d)
Cu	R 434LT	緑青発生	緑青発生	緑青発生	緑青発生	緑青発生
	R 430LT	—	—	—	—	緑青発生

注) 発しゅう程度の評価は表3参照

() 内は発しゅう箇所を示す

b: 継手と継管の境界での発しゅう

c: 継手内での発しゅう

d: 継手製作時に生じたきず部分からの発しゅう

温水試験期間と発しゅう程度との間には関係が認められず、また試験期間12箇月後の温水と冷水との間にも差がない。

3-3 継手強度の経時変化

はんだ接合した場合の継手強度の経時変化を引張試験によって確めた結果を表6に示す。いずれの材質の継手とも試験期間1~12箇月間で明りような強度変化は認められなかった。継手強度は銅製の継手がかもっとも高く、SUS 304製の継手がこれにつぐ。銅がはんだづけ性にすぐれていることは周知のとおりであるが、試験したステンレス鋼の中ではSUS 304がかもっともはんだのなじみ性がよい。このため、SUS 304製の継手を使用した場合がかもっとも継手強度が高くなると同時に、継手と継管の間のすきまも小さい。3-2-1において銅、SUS 304以外の継手の場合、継手と継管の

すきまから発しゅうすることを述べたが、これは上述したはんだのなじみ性のちがいにともなうすきまの相違によるものと考えられる。

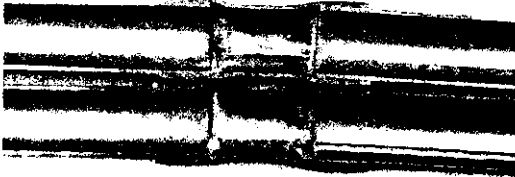
3-4 水質

ステンレス鋼管による温水の水質汚濁の有無を調べるため、通水前後の水質を分析した。この結果を表7に示す。これから明らかなように、ステンレス鋼管内を通水することによる水質の変化はまったく認められない。

4. 温水配管材料としてのステンレス鋼管の適応性

12箇月間の温流水による実地腐食試験において、管自体はいずれのステンレス鋼管においてもまったく発しゅうしないが、ごく軽度の発しゅうにと

継手材質：R 430LT



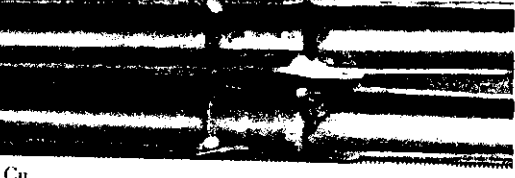
R 434LT



SUS 430



SUS 304



Cu

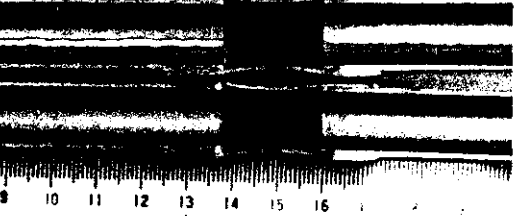


写真3 はんだづけにより接続した場合の継手内面の発しゅう状態（温水12箇月後、継管は R 430LT）

表5 銀ろう接合した継手内の発しゅう状態

継手材質	継管材質	試験期間				冷水
		温水				
		1箇月	2箇月	6箇月	12箇月	12箇月
R 430LT	R 430LT	-	-	-	XX	XX
R 434LT	R 434LT	XX	XX	XX	XX	XX

注) 発しゅう程度の評価は表3参照

継手材質：R 430LT



R 434LT

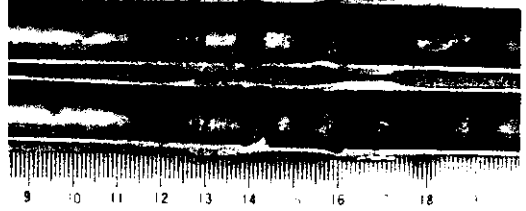


写真4 銀ろうづけにより接続した場合の継手内面の発しゅう状態（温水12箇月後、継管は R 430LT）

表6 はんだづけ継手の引張強度の経時変化 (kg)

継手材質	試験前	温水				冷水
		1箇月	2箇月	6箇月	12箇月	12箇月
R 430LT	870	520	490	920	700	1 140
	1 060					
R 434LT	380	380	500	670	700	900
	530					
SUS 430 (低C)	360	595	1 280	500	420	1 320
	640					
SUS 304	940	1 740	1 620	1 600	1 500	2 120
	1 140					
Cu	1 700	2 060	2 200	2 070	1 800	1 700
	2 100					

注) (1) いずれもはんだづけ部分で破断
(2) 継管はすべて R 434LT

表7 水質分析値（昭和49年6月～50年6月の平均）

	原水	温水
pH	7.13	7.15
Cl ⁻ (ppm)	29	28
Cr ⁺⁶ (ppm)	0.02 以下	0.02 以下
Zn(ppm)	0.27	0.30
その他	原水、温水とも Mn, Cu, T.Cr, T.Fe, Ni, Pb はすべて 0.1ppm 以下	

どまった。

また、試験期間1箇月と12箇月との間に発しゅう程度に差がないことから、ステンレス鋼管の発しゅうはごく初期に起こり、その後進行しないことがわかる。

したがって、今回の試験に供したステンレス鋼管を非循環系の温水系統に長期間使用しても耐食面での心配はないことが確認された。

継手の材料としては、今回試験したステンレス鋼の中では SUS 304 が推奨される。ほかのステンレス鋼は SUS 304 にくらべはんだとのなじみ性が悪く、このため継手強度が SUS 304 継手にくらべ低い。さらに、継手と継管の間にすきまができやすいために、その部分からの発しゅうがある。

今回の試験では継手を当社で自作したため継手の内面にきずがつき、この部分からの発しゅうが認められたが、これは製造方法の改善によって回避可能である。

接合方法としては、はんだづけが好ましい。銀ろうづけの場合には、ろうづけ温度が高いため、継手、継管にスケールが生成し、さらに銀ろう自体および銀ろうと継管の境界部からの発しゅうが著しい。

またステンレス鋼管内に温水を通すことによる水質汚濁はないことも確認された。

したがって、SUS 304 継手を用いてはんだ接合すれば、今回対象にしたステンレス鋼管を非循環温水系統に適用することは、耐食性、継手強度、

水質汚濁のいずれの面からも問題ないといえよう。

5. まとめ

リバーライト 430LT およびリバーライト 434LT ステンレス鋼の非循環系温水配管材料としての耐食性を確認するために、これらの鋼種に SUS 430, SUS 304 および銅を加えた 5 種の管について、実機のボイラーを使用した温水による 12 箇月間の実地腐食試験を行った。この結果をまとめると次のとおりである。

- (1) 実際の使用環境を想定した非循環温流水による 12 箇月間の実地試験において、いずれの材質とも良好な耐食性を示した。
- (2) はんだづけによる接合の場合、いずれのステンレス継手も良好な耐食性を示したが、なかでもはんだのなじみ性の良い SUS 304 が継手と継管の境界の耐食性および接合強度の面から継手材料としてもっとも適している。
- (3) 比較のため常温の水道水による 12 箇月間の通水試験を行ったが、いずれの材質とも温水の場合とほぼ同じ結果であった。
- (4) ステンレス鋼管内に温流水を通すことによる水質汚濁は認められない。

以上の結果を総合して、R 430LT, R 434LT, SUS 430, SUS 304 の各ステンレス鋼は、非循環温水系統の配管材料として十分適用可能であると判断される。

参 考 文 献

- 1) 増尾, 小野, 大橋: 川崎製鉄技報, 8 (1976) 1, 90