

高効率廃棄物発電スーパーヒータ用 ステンレス鋼管QSXの開発

庄 篤史*1・磯本 辰郎*2

Development of Stainless Steel QSX for Superheater Tubes of High-Efficiency Waste-to-Power Plant
Atsushi Show and Tatsuro Isomoto

Synopsis: In recent years, the "recycle" is very important because the waste disposal problems are very serious. The idea of "thermal-recycle" such as waste-to-power generation has become popular.

Under these circumstances, high-efficiency waste-to-power generation is strongly required for one of the most effective thermal recovery approach from the waste. The power generation with 400°C class steam has been carrying forward, and some of the actual results have been already reported. However, the high-temperature corrosion problem attributed usually to the complicated media such as chlorides can take place mainly on the superheater tube as a steam temperature increases. Thus, the "material innovation", which is conducted through the material choice and development under reliable evaluation to the corrosive environment is an important keyword for the material producer.

In this study, a series of corrosive failure analysis was conducted systematically for the superheater tubes of the newly developed QSX stainless steels in an actual MSW incineration plant, as a framework of the Project in Tokyo Metropolitan Government with 9 domestic boiler plant suppliers for establishing the technological strategy toward high-efficiency waste-to-power generation.

It was demonstrated that the newly developed stainless steel grades of QSX had improved temperature capability of the corrosion performance as compared with a conventional SUS310 stainless steel for the 400 to 450°C level steam superheater. It was also found that the superheater of QSX for the range of steam temperatures was desired to be installed under the flue gas temperatures from 620 to 630°C.

Key words: high-temperature corrosion; high-efficiency waste-to-power generation; superheater tube; boiler tube; stainless steel; steam temperature; flue gas temperature; weld; bend

1. 緒言

近年廃棄物処理問題の深刻化によってリサイクルの重要性が強く指摘されている。こうした中で廃棄物発電をはじめとするサーマルリサイクル¹⁾という概念が注目され、焼却処理の際に生じる熱を回収し、エネルギーとして積極的に利用していくことについて関心が高まっているところである。

こうした中現在、廃棄物エネルギーの高度有効利用の一環として高効率廃棄物発電が精力的に推進されている。これまでに、400 クラスの過熱蒸気を利用できる高温高効率型プラントの建設が進み、すでに一部ではその稼働実績が公表されている^{2,3)}。しかし、400 以上の高温化ボイラ

では、スーパーヒータ（以下「SH」と呼ぶ）の腐食損傷の危険性が著しく増大するため、信頼性の高い耐環境性評価の下でSH材料の選定や開発を行い、「材料イノベーション」⁴⁾を推進することが、材料メーカーにとって非常に重要になっている。

東京都では、400～450 クラスの過熱蒸気を利用した高効率発電に適用可能なSH材料の開発・導入を目的として、Table 1に示すような産学官プロジェクト研究を発足させ、1997～1998年度の2年間に及び実炉試験を東京都足立清掃工場にて実施してきた⁵⁾。

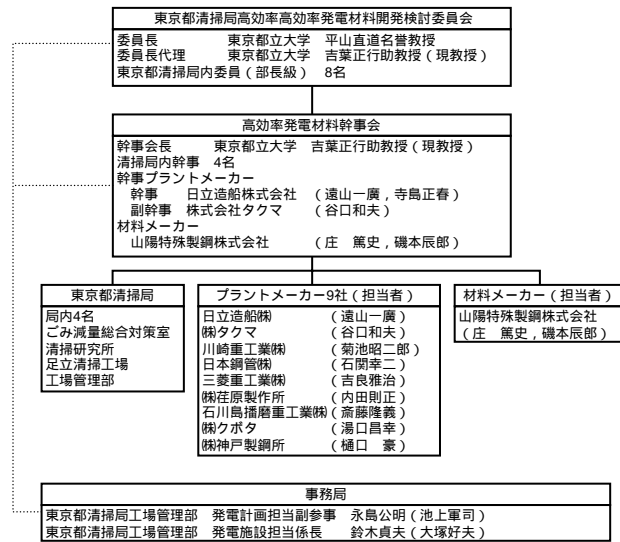
本稿では、その実炉試験で実証の対象とした東京都・当社の共同開発材料QSXの評価結果を報告する。同時に将来の高温化ボイラ設計において重要な指針を与えられ

*1 技術研究所 高合金鋼グループ

*2 技術研究所 高合金鋼グループ, 工博

る幾つかの興味深い知見について報告する。

Table1. The organization of the project



2. 実炉試験

2.1 実炉試験の実施概要

400 と450 の過熱蒸気を得る2次SHとして、400 の蒸気パネル1基、450 の蒸気パネル2基を製作し、東京都足立清掃工場1号炉にて実炉試験を行った。Table 2に実炉試験期間を示す。SHを1996年6月から約2年間稼働させ、その間およそ半年毎（炉の補修による炉停止毎）に合計4回の腐食状況調査を行った。

試験開始から1年経過後の1997年5月までに、蒸気温度

Table2. Test period for the field test.*1.*2

Superheater	1st	2nd	3rd	4th	Test period (month)
400 counter-flow type	DN	D			10.6
450 counter-flow type	DN	DN	N	D	21.0
450 parallel-flow type			N	D	10.4

*1 1st period : Jun. 3, '96 ~ Oct. 12, '96
 2nd period : Nov. 17, '96 ~ May 22, '97
 3rd period : Jun. 6, '97 ~ Oct. 18, '97
 4th period : Nov. 21, '97 ~ May 19, '98

*2 DN : Destructive investigation for specified positions, and nondestructive for the remainder.
 D : Destructive investigation for all positions.
 N : Nondestructive investigation for all positions.

Table3. Chemical compositions of tested superheater materials. (mass%)

Grade	C	Si	Mn	Ni	Cr	Mo	Nb	N
QXS5	0.02	3.20	0.60	23.85	25.77	1.21	0.13	0.042
QXS3	0.02	3.23	0.63	22.59	25.68	-	0.12	0.049
SUS310J1	0.06	0.41	1.23	20.20	25.55	-	0.47	0.247
High NiCr alloy	0.01	0.12	0.50	41.15	29.15	1.07	-	0.168

Size : OD38.1mm x WT4.0mm (nominal)

Conditions : Cold finished seamless tubes for all grades

400 での発電が実施可能と判断できたので、以降450 パネル2基で試験を行った。本実炉試験において得られた重要な知見のほとんどは、2基の450 パネルの調査から得られたものであるので、本稿では主として450 蒸気パネルでの結果の報告を行う。

2.2 供試材料と溶加材

Table 3に供試したSH管材料の化学成分を示す。試験材料は開発材料2種に比較材料2種を加えた4種の材料とした。比較材料のSUS310J1相当鋼は開発鋼と同じ20Ni-25Cr系のステンレス鋼で実績のあるボイラ材料である。またもう一方の比較材料の高NiCr合金（以後、「Hi-NiCr合金」と呼ぶ）は、他の3材料よりも高合金な材料である。

溶接材料の耐食性を確認するため、各継手をTG82（主用途：NCF800等）とWEL TIG 625（主用途：NCF625）の2種類の溶加材で溶接した。条件はTIGによる3層盛とした。

2.3 スーパーヒータの設置とスーパーヒータ管の挿入位置

Fig.1に足立清掃工場における実炉試験の実施位置を示す。実際のSH設置ガス温度環境を想定して、約600～700 の温度にある第2煙道下にて試験を行った。

450 のSHとして向流型と並流型の2種類の蒸気パネルを設置した。Fig.2に示すSHは、450 向流型SH（以下単に「向流型」と呼ぶ）で、最下段から蒸気を挿入し、上段方

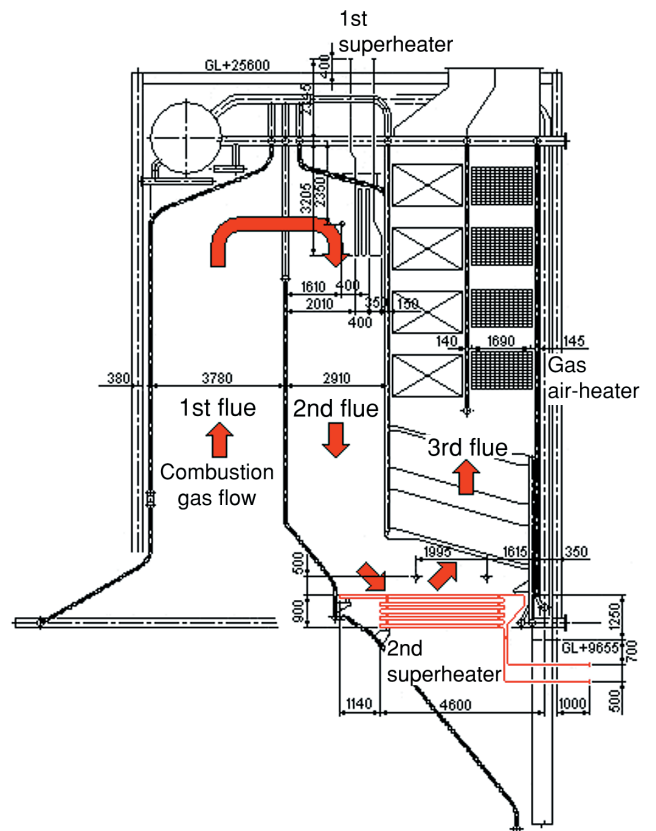


Fig. 1. Location of the superheaters of the field test in the Adachi municipal incinerator plant.

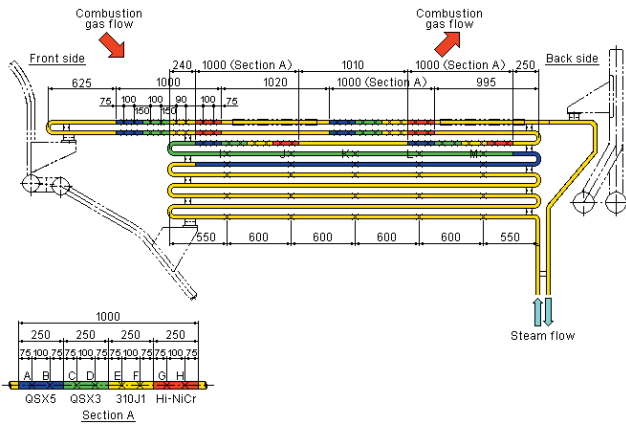


Fig. 2. Schematic diagram of the counter-flow type superheater for 450 steam.

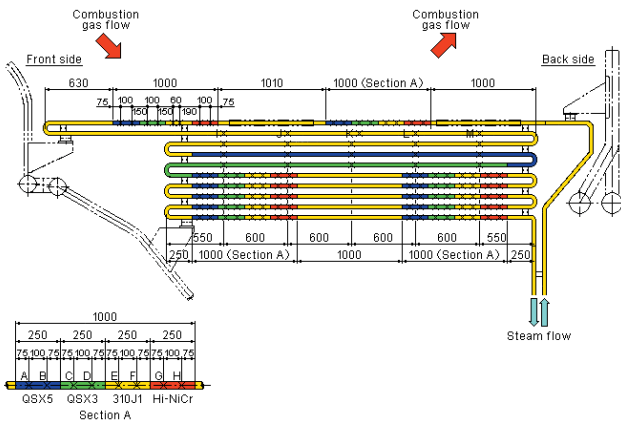


Fig. 3. Schematic diagram of the parallel-flow type superheater for 450 steam.

に向かって過熱する方式のものである。一方、Fig.3に示すSHは、450 並流型SH（以下単に「並流型」と呼ぶ）で、向流型とは逆の蒸気流れ方式のものである。これら2つの方式の主な相違というのは、SHの過熱最終段（蒸気温度が約450 の部位）における流動ガス雰囲気温度が異なるところにある。並流型過熱最終段の流動ガス雰囲気温度は600～640 であるのに対し、向流型では約650～700 と並流型に比べ、約50 ほど温度が高い。

実炉試験では、Fig.2およびFig.3に示したように、各種のSH材料をそれぞれ250mmずつ直列に溶接、合計1000mmの長さに調整したものを、向流型では1～3段目に計6セット、並流型では1、6～10段目に計12セットそれぞれ挿入した。それら以外の段については、継手のないQSX5、QSX3およびSUS310J1相当鋼の管の何れかを挿入しパネルを製作した。

各期の試験終了後、Fig.2およびFig.3に示す各SHについて、「×」の部位から腐食データの採取を行い、流動ガス雰囲気温度と蒸気温度との関連でデータ解析を行った。溶接継手部およびU字曲げ部の解析では、各SHのすべての部位についてデータ採取を行い、直管部と同様に温度との関連で解析を行った。

3. 試験環境

3.1 ごみ焼却量と排ガス組成

Table 4に実炉試験期間中のごみ焼却実績量と排ガス分析結果（電気集塵器出口に設置された工場計器による実績値）を示す。さらにTable 5に、試験中の任意の時期に第2煙道の1次SH - 2次SHの間位置で行ったガス分析結果を示す。腐食に関与すると考えられるSO_x、HClは期間を通してそれぞれ約30ppm、約250ppmであった。測定座の排ガス流速は平均で6～8m/sであった。ガスの主流側の測定座では約10m/sの非常に速い流速を検出した。なお、流速のFEM解析結果⁶⁾では、ガス分析測定座下部にある2次SH付近の流速は最大約6m/sであった。

Table4. The refuse throughput^{*1} and flue gas compositions through the field test.^{*2}

Item	1st period	2nd period	3rd period	4th period	Ave.
Throughput t/day	236	233	249	202	228
NO _x ppm ³	58.9	57.6	56.8	57.4	57.6
SO _x ppm ³	26.7	25.2	36.3	21.3	26.8
HCl ppm ³	235	263	222	284	254
CO ppm ³	27.3	32.4	38.4	16.2	28.0
O ₂ %	8.2	10.1	9.5	11.7	10.0

*1 Average
*2 Average of operation values at the plant device
*3 Converted to O₂ 12%, dry base

Table5. Flue gas conditions during the field test.

Item	1st period ^{*1}	2nd period ^{*2}	3rd period ^{*3}	
Flow rate	Wet m ³ /h	87,667	78,767	69,767
	Dry m ³ /h	68,400	61,200	58,300
Flow velocity	m/s	7.80	6.93	6.03
Temperature		773.7	766.7	746.3
Static pressure	mmH ₂ O	-26.0	-	-22.7
Composition	O ₂ %	7.77	8.03	9.07
	CO ₂ %	11.63	11.40	10.53
	H ₂ O %	22.00	22.30	16.50
	HCl ppm ^{*4}	333.3	254.3	283.3
	HF ppm ^{*4}	3.80	2.40	5.13
	NO _x ppm ^{*4}	99.0	90.7	81.0
	SO _x ppm ^{*4}	18.0	22.3	20.3
	CO ppm ^{*4}	28.3	30.7	9.7
Cl ₂ ppm ^{*4}	0.13	0.10	1.13	

*1 Sampling on Jan. 26, '96
*2 Sampling on Feb. 7, '97
*3 Sampling on Dec. 24-25, '97
*4 Converted to O₂ 12%, dry base

3.2 流動ガス雰囲気温度と蒸気温度

Fig.4に伝熱解析⁶⁾により求めた450 向流型SHにおける流動ガス雰囲気温度分布を示す。ガス流れ反転前の主流中に置かれたSH上段前側部位は約700 の高温環境にある。一方ガス流れの主流から外れた下段側では、650 以下の温度環境にある。並流型の温度分布は向流型と同様の分布であった。

各SHの出口蒸気はともに450 に制御されていた。ガス温度分布と同様にSH内の蒸気温度分布についても伝熱解析を行い、すべての腐食解析部位について蒸気温度を求めた。

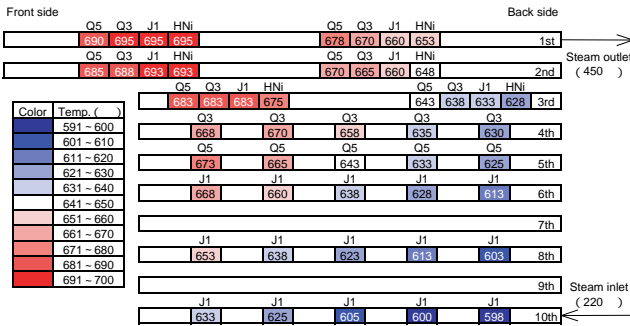


Fig. 4. Flue gas temperatures at the specified position for corrosion analysis on the counter-flow type superheater for 450 steam.

3.3 スーパーヒータ管付着灰の性質

Table 6にSH管に付着したごみ燃焼灰の化学分析結果，示差熱分析結果およびX線回折結果を示す。何れの灰も塩化物もしくは硫酸塩が主体の灰であった。しかし，採取した部位の条件（流動ガス，蒸気温度等）によって灰の組成が異なり，対応して構成される化合物および吸熱ピークの違いがみられた。パネル内で流動ガス雰囲気温度および蒸気温度が最も低い向流型10段目の灰においては，重金属であるZnとPbを含有し，採取した中では最も低温度でDTAピークを検出した。

Table6. Example of chemical and physical analyses of the ash deposited on the counter-flow type superheater for 450 steam.*

Item	Position	1st row		10th row	
		Front side	Back side	Front side	Back side
Chemical compositions (mass%)	C	0.02	0.02	0.02	0.04
	Na	8.00	7.56	7.18	6.82
	Al	4.94	2.14	2.44	2.28
	Si	3.19	3.10	2.85	3.16
	S	7.97	10.5	11.1	9.91
	SO ₄ ²⁻	27.9	47.7	39.3	43.2
	Cl	15.0	10.0	6.47	4.56
	K	10.4	10.9	11.6	11.5
	Ca	12.9	14.2	10.7	10.5
	Cr	0.28	0.22	0.07	0.07
	Fe	0.43	0.37	0.32	0.34
	Ni	0.16	0.12	0.01	0.01
	Zn	0.80	0.87	2.25	2.28
	Sn	0.02	0.03	0.05	0.05
	Pb	0.07	0.02	1.27	1.36
DTA peak (°C)	Endothermic	538, 573	534		397
	Exothermic	498, 558	550	478	479
X-ray diffraction	strong	CaSO ₄ , KCl	CaSO ₄	CaSO ₄	CaSO ₄
	medium	NaCl	NaCl	(K,Na) ₂ SO ₄	(K,Na) ₂ SO ₄
	weak		KCl	NaCl	NaCl
			(K,Na) ₂ SO ₄	KCl	

*Sampling in October, '97

4. 試験結果

Fig.5に焼却炉停止直後の450 向流型SHの状況写真を示す。薄肌色のごみ焼却灰がSH管表面に多量に堆積しているのがわかる。

これらの灰を除去，脱スケールを行った後に肉厚を測定し，最大肉厚減量（Maximum Thickness Loss，以下「MTL」と呼ぶ）と局部腐食最大長さ（Maximum Length of Localized

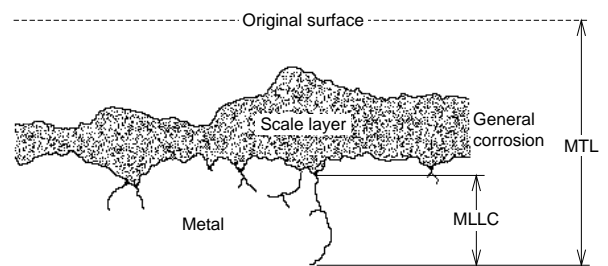
Corrosion，以下「MLLC」と呼ぶ）を求めた。これらに関する定義をFig.6に示す。

本報の最大肉厚減量MTLは各解析部位1断面における測定点8点中の減肉量最大値で，元肉厚（精度0.1mmの超音波肉厚測定器による測定）と試験後の肉厚（精度0.01mmのポイントマイクロメータによる測定）から算出したデータである。定義のように本来ならMTLは光学顕微鏡で断面を観察して測定される値でなければならないが，ポイントマイクロメータで測定したデータと顕微鏡で測定したデータを同時に比較した結果，2つのデータが同等の値を示していたので，本報ではポイントマイクロメータで測定したデータをMTLとした。

局部腐食最大長さとは，MTLの部位とは無関係な解析部位1断面中の局部腐食長さの最大値で，抜管後の断面を切り出して，光学顕微鏡（×400）によって観察を行い，測定した値である。



Fig. 5. Appearance of the counter-flow type superheater for 450 steam at the incinerator run down. (May '97)



MTL (mm) : Maximum Thickness Loss
MLLC (mm) : Maximum Length of Localized Corrosion

This figure indicates the case in which the corrosion type is intergranular corrosion. MLLC can be also applied to the type of pitting or deeply attacked general corrosion. The location at MTL may not correspond to the one at MLLC.

Fig. 6. Definitions of MTL and MLLC.

4.1 直管部の腐食解析結果

4.1.1 1年経過後の最大肉厚減量

Fig.7，Fig.8にそれぞれ1年経過後（正味10.4ヶ月の稼動）450 向流型SH，450 並流型SHのMTL分布を示す。向流

型のMTL分布は、上述のFig.4に示したガス温度分布によく対応しており、ガス温度と蒸気温度が高い組み合わせにある部位の腐食量が特に大きい。流動ガス雰囲気温度が約700℃、蒸気温度が約430℃の向流型1段目前側では、1mm/year（1年間の実質的な炉の稼動すなわち実質的な試験期間は約10.4ヶ月、本稿では1year = 10.4monthとする）以上の腐食速度を示していた。一方、過熱最終段が向流型よりも低温側にある並流型では、向流型のように偏ったMTL分布ではなく、概ね様なMTL分布を示していた。並流型過熱最終段では向流型の約半分以下の腐食速度であった。すなわち、蒸気温度とガス温度双方の温度条件が、材料の高温腐食に対する重要な影響因子であることが示唆される。

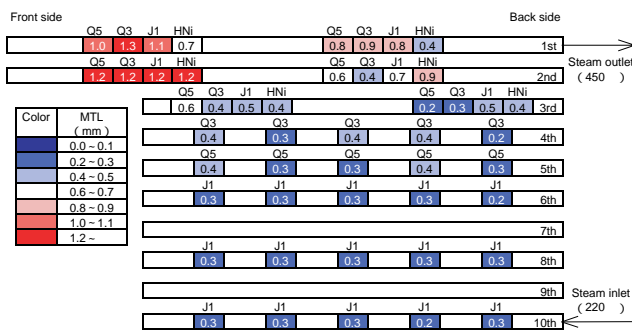


Fig. 7. Maximum thickness loss (MTL) at the specified position for corrosion analysis on the counter-flow type superheater for 450℃ steam after one year. (Test period : 10.4months)

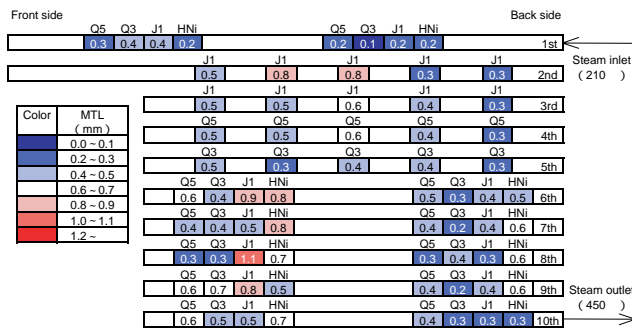


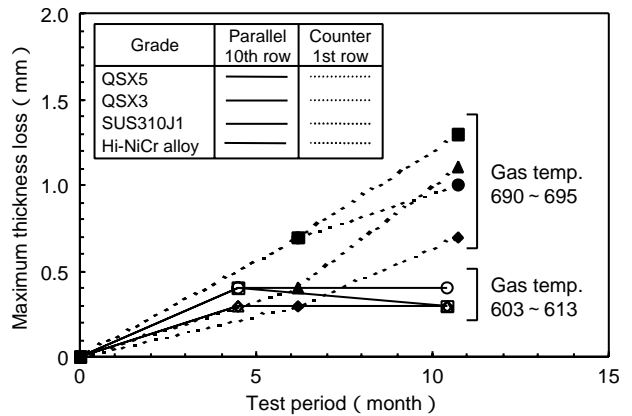
Fig. 8. Maximum thickness loss (MTL) at the specified position for corrosion analysis on the parallel-flow type superheater for 450℃ steam after one year. (Test period : 10.4months)

4・1・2 最大肉厚減量の経時変化

SH管のMTLの経時変化におよぼす流動ガス雰囲気温度の影響の一例をFig.9に示す。Fig.9は各SHの過熱最終段（蒸気温度420℃以上）に関する比較である。蒸気温度420℃以上の高温過熱蒸気の場合でも、ガス温度が約600℃であれば、材料の腐食は放物線則にしたがい、低レベルに抑えられることがわかった。

Fig.9のような経時変化データから各解析部位の減肉が直

線則あるいは放物線則にしたがっているかを判断し、各々のガス温度ならびに蒸気温度に対応させてプロットした結果をFig.10に示す。何れの材料においても、腐食の進行が放物線則にしたがうと予想されるガス温度は、過熱蒸気が約380℃をこえる温度から急激に低下していることが明白である。



* Steam temperature : Counter-flow type 427 ~ 431
Parallel-flow type 444 ~ 447

Fig. 9. Effect of the flue gas temperature on maximum thickness loss (MTL) of the superheater tubes.

Grade	Corrosion rate law	
	Linear	Parabolic
QSX5		
QSX3		
SUS310J1		
Hi-NiCr alloy		

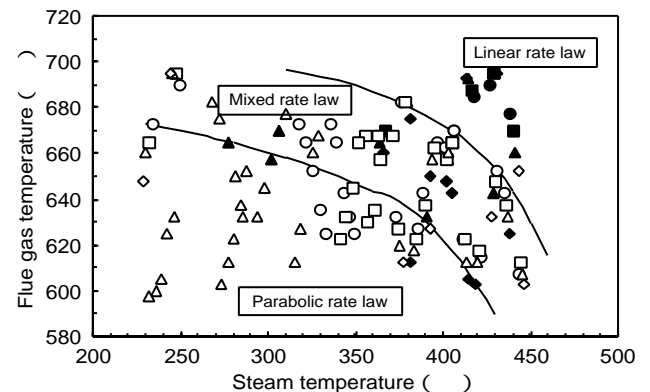


Fig. 10. Effect of the flue gas and steam temperatures on corrosion rate law of the superheater tubes.

4・1・3 局部腐食長さの経時変化

Fig.11にMLLCの経時変化を示す。MLLCのデータは材料を破壊しなければ採取できないので、データがまとまって採取できる第4期の抜管材について調査を行った。その都合でFig.11では、後述する図のように流動ガスや蒸気温度の条件を層別を行わずに、プロットを行っている。

Fig.11によると、材料によって値は異なるものの、何れの材料においてもある試験期間を境にMLLCが飽和する傾

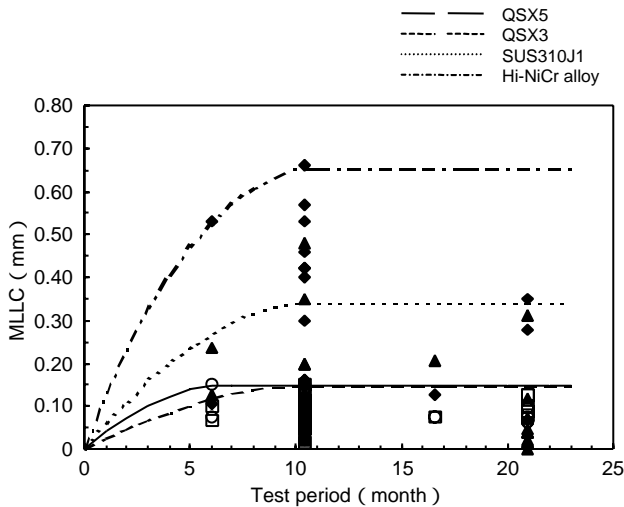


Fig. 11. Time dependence of maximum length of local corrosion (MLLC) for the superheater tubes.

向にあった。これは、材料の腐食が挿入初期には局部腐食が優先して腐食が進行するが、ある時期になると、全面腐食的な侵食の速さと局部腐食による侵食の速さが競合しているためと考えられる。

局部腐食形態に関して言えば、本試験においては開口部の大きな孔食型がほとんどで、粒界腐食長さが直接MLLCとなるケースは見られなかった。また材料から見れば、QSX5及びQSX3のMLLCがもっとも小さく、次いでSUS310J1相当鋼、Hi-NiCr合金の序列でMLLCが大きくなる傾向を示していた。すなわちこれらは、試験後のQSXの腐食表面は比較的平滑で、SUS310J1相当鋼およびHi-NiCr合金の腐食表面が比較的凸凹な表面を呈していた外観観察結果に合致している。

4・1・4 腐食環境と腐食量

SH管の腐食におよぼす流動ガス - 蒸気温度条件の影響をFig.12に示す。本試験では、0.6mm/year (腐食しろ3mmで寿命5年が見込める腐食速度) に相当するMTLを基準とし、基準以下の腐食速度が予想される温度条件を適正なSH設置条件とみなした。データの整理においては、各

解析部位の流動ガス - 蒸気温度条件の組合せがそれぞれ異なっていることから、ガス温度20 毎(一部10 毎)にデータを整え、各温度毎にプロットを行った。

ガス温度が620 以下の条件(1)においては、蒸気温度の上昇にともなう腐食速度の増加は少なく、450 の蒸気条件においても基準以下の腐食速度に抑えられていた。これに対して、条件(2)のように、ガス温度が660 以上の高温側に移行すると、蒸気温度の上昇にともなう腐食速度の増大が著しくなり、基準以下の腐食速度が期待できる最高の蒸気温度は、QSX系で約350 , SUS310J1相当鋼では約310 となる。

Fig.13に腐食速度0.6mm/yearが予想される流動ガス - 蒸気温度条件を示す。Fig.13はFig.12のような各ガス温度範囲における図の中の最大値のトレンド線とMTL0.6mmとの交点と、層別した範囲温度の値を用いて作成したものである。QSXが0.6mm/yearの腐食速度を期待できる条件範囲は、これまで実績のある高耐食性SH材料よりも上位に位置することから、QSXは既存の高耐食性材料よりも同等以上の耐食性を有していることが示唆される。さらにこの解析結果により、400 と450 クラス蒸気のSH設置に対する適

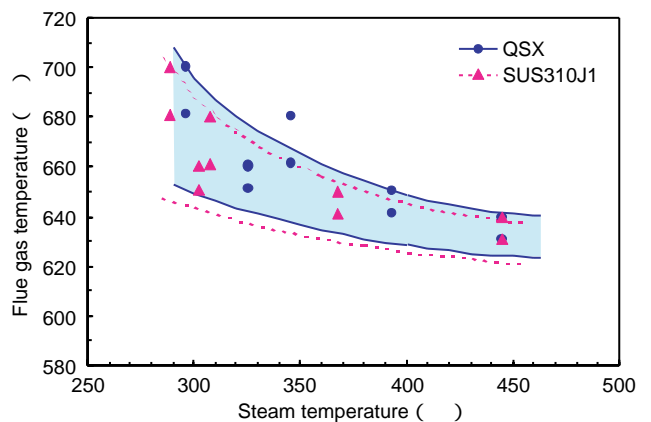
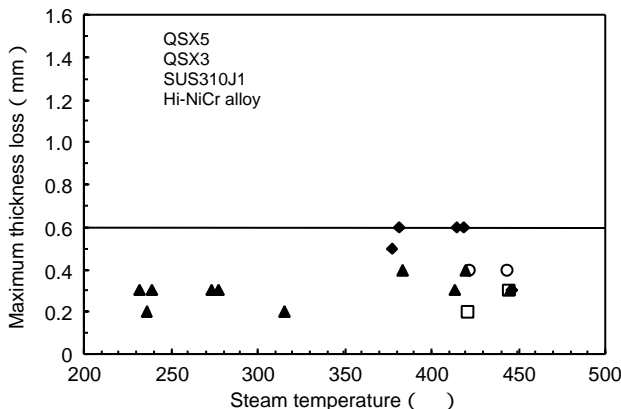


Fig. 13. The flue gas and steam temperature ranges predicted for the rate 0.6mm/y for the superheater tube maximum thickness loss.

(1) Flue gas temperature : 597 ~ 620



(2) Flue gas temperature : 661 ~ 680

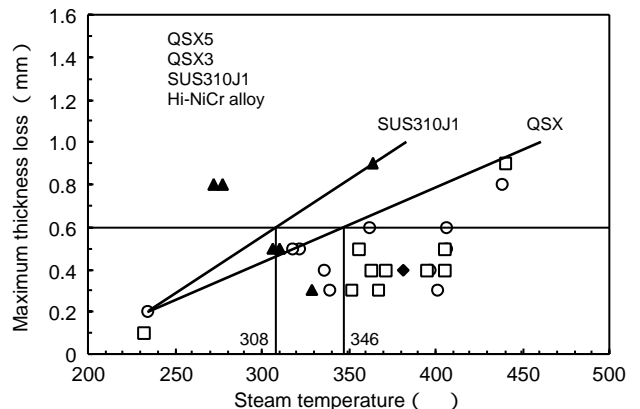


Fig. 12. Effect of the flue gas and steam temperatures on maximum thickness loss of the superheater tubes. (Test period : 10.4months)

正な流動ガス雰囲気温度条件はそれぞれ、630 以下、620 以下と見積もることができる。

4・2 溶接継手部の腐食解析結果

4・2・1 溶接継手部の腐食事例

SH管溶接継手部における腐食事例をFig.14に示す。本実炉試験では、溶接継手部に生じた腐食を2つのタイプに分類することができた。それらは、溶接熱影響部（以下「HAZ」と呼ぶ）における腐食と溶接金属部における腐食である。

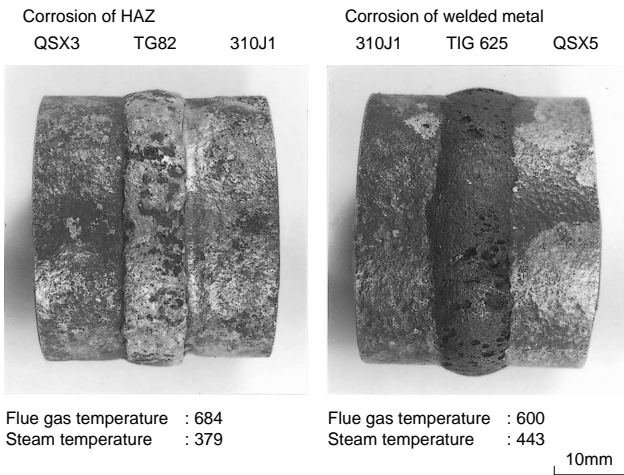


Fig. 14. Examples of corrosion at the weld joints.

4・2・2 腐食環境とHAZの腐食

腐食環境に対するHAZの腐食損傷解析結果をFig.15に示す。HAZの腐食のような局部腐食を生じた部位の肉厚を非破壊で測定することは非常に困難なので、データの採取は、向流型SHおよび並流型SHの全てを抜管した第4期試験終了後に行った。またTable 2に示したように途中でパネルの一部を抜管し新管と入れ替えていたり、向流型と並流型ではトータルの試験期間が異なっているので、各解析部位の試験期間が1year（10.4month）となるように各腐食データの換算を行った。本来ならばデータの換算においてはFig.10に示したように、各解析部位の環境によって腐食速度則が

異なるのでデータ個別に速度則を対応させなければならないが、放物線則についてはそれぞれの条件で速度式を求めることが困難であるので、すべて直線則にしたがうと仮定して換算を行った。

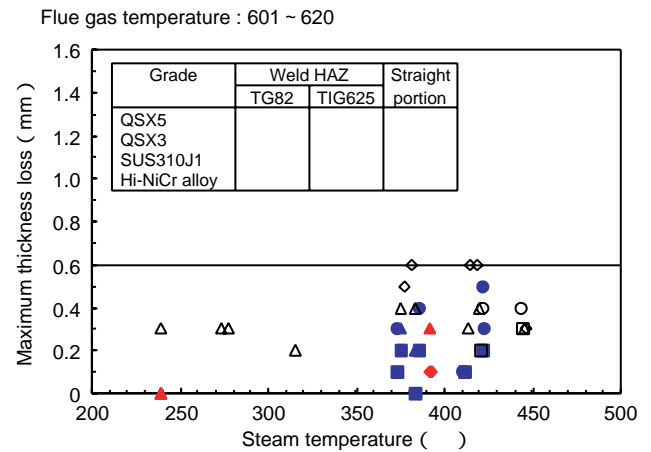


Fig. 15. Comparison of corrosion loss at the weld HAZ and straight portions of tubes. (Evaluation period : 10.4months)

620 以下のガス温度環境では直管部と同等の腐食速度を示しているの、先に提案したガス温度ではHAZの腐食はあまり問題にならないものと考えられる。また溶加材料による違いも認められなかった。しかし、680 をこえる

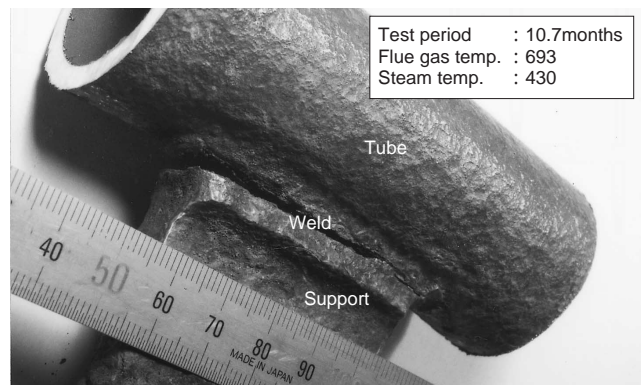


Fig. 16. General appearance of the welded joint corroded severely.

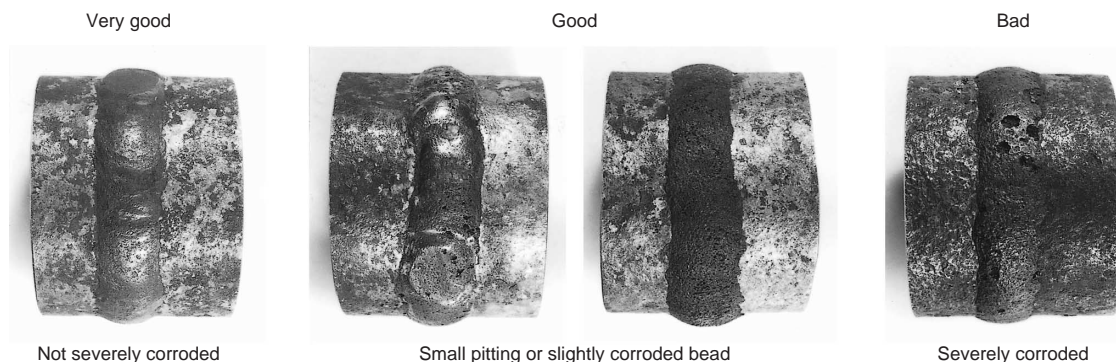


Fig. 17. The judgment standard for corrosion at the weld metals.

高いガス温度環境ではFig.14で示した事例のように、直管部よりも大きな腐食減肉を示す部位も認められるので、溶接線の配置は特に注意しなければならない問題であると考えられる。また、Fig.16に示すSH管を固定するサポートの腐食事例のように、冷却能がなくある程度の大きな熱容量をもつ部品と接続される部位においては、特に著しい腐食減肉が認められるので、これらの配置も非常に重要である。

4・2・3 腐食環境と溶接金属部の腐食

溶接金属部は正確な肉厚測定が可能な部位ではないので評価を定性的に行った。Fig.17に示すような3段階に解析部位の腐食状況を分類し、これまでと同様に温度条件に関連させてデータを整理した。Fig.18に溶接金属部（WEL TIG 625を用いた溶接部）の腐食損傷状況を示す。これによれば、蒸気温度が420 以上になるとガス温度とは無関係に腐食が著しくなる傾向にあった。また、450 蒸気部位の溶接金属部を健全に維持させるためには、当該の溶接継手

部の流動ガス雰囲気温度を560 以下にまで抑えなければならないことが推定される。なおデータ数がWEL TIG 625よりも少なかったものの、TG82についてもほぼ同様の傾向を示していた。

したがって溶接継手部には、単に溶接材料の高級化（高耐食性合金の適用）をはかるだけでは不十分で、設計と組み合わせた腐食対策が必要であると考えられる。

4・3 U字曲げ部の腐食解析結果

U字曲げ部の溶接継手部における調査と同様に第4期の試験終了後に調査を行ったので、溶接継手部と同様の手順で評価を行った。Fig.19にU字曲げ部の腐食状況を示す。U字曲げ部の腐食もHAZと同様な腐食状況で、4.1.4で提案した630 以下の流動ガス環境では直管部と同様の腐食速度を示していた。

5 . 結言

東京都足立清掃工場での2年間における400-450 SHの実炉試験により、

- (1) 新開発のQSX鋼は400-450 の過熱蒸気対応の既存耐食性SH材料と同等以上の耐食性を有する材料であることが実証された（QSX5, QSX3とも現在、蒸気温度400 クラスの発電用火力設備材料として認定されている）。
- (2) 400～450 クラスの蒸気による高効率廃棄物発電を実現する上で重要な指針を与えるSHの適正な設置温度環境条件を見出した。直管部の腐食速度を考慮した場合、QSXを用いたSHは620～630 程度以下の燃焼ガス環境に設置されることが望ましい。
- (3) 蒸気温度が420 をこえる溶接継手部には、継手部を炉外に配置するか、あるいはガス温度を560 程度以下に抑えるなどの設計面からの腐食対策が重要と考えられる。

Grade	Evaluation		
	Very good	Good	Bad
QSX5			
QSX3			
SUS310J1			
Hi-NiCr alloy			

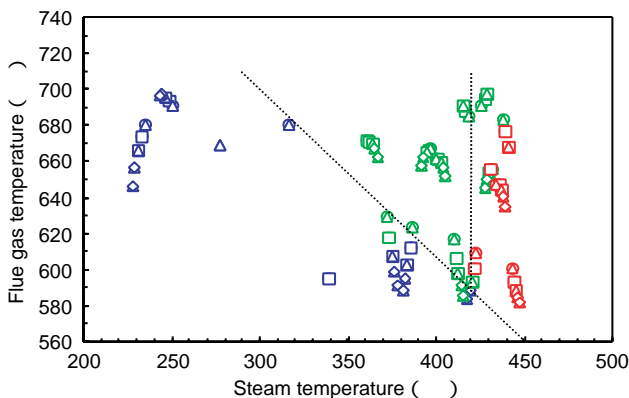
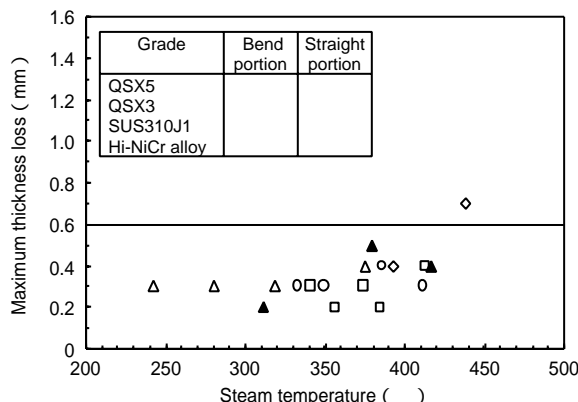


Fig. 18. Effect of the flue gas and steam temperatures on corrosion of weld metal portions of the WEL TIG 625.

(1) Flue gas temperature : 621 ~ 630



(2) Flue gas temperature : 661 ~ 680

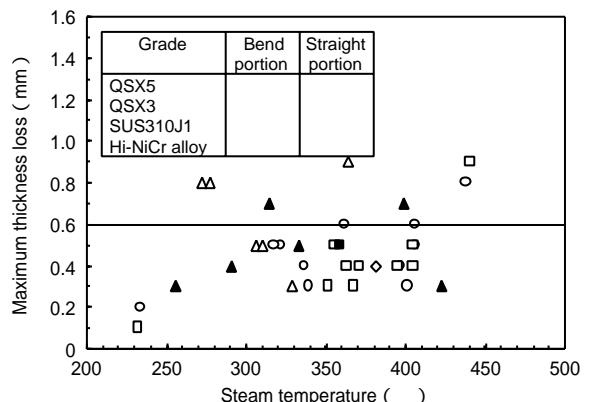


Fig. 19. Comparison of corrosion of the bent and straight portions of tubes. (Evaluation period : 10.4months)

謝 辞

試験実施にご協力いただいた足立清掃工場の方々、試験遂行のイニシアチブを執られた元東京都清掃局工場管理部参事永島公明様、東京都清掃局工場管理部係長鈴木貞夫様、東京都清掃研究所主任研究員占部武生様ならびに、試験の実施をご担当された各プラントメーカーのご担当方々様に深い感謝の意を表します。

そして、本プロジェクトを成功する方向へ導き、常に適切なお助言をいただきました千葉工業大学教授平山直道様、東京都立大学教授吉葉正行様、正幹事として実地で試験を熱烈・強力に進められてきた日立造船株式会社環境事業本部遠山一廣様、瀬川敦永様、試験環境の解析結果をご提供いただいた同社技術研究所安田俊彦様、重政祥子様、ならびに副幹事を務められた株式会社タクマ谷口和夫様に格別の敬意と感謝の意を表します。

文 献

- 1) ごみ発電の技術開発動向と実用化, NTS, (1995)
- 2) 遠山一廣, 吉田卓史, 芦刈貞了, 伊東祐宣, 友野裕, 山田勝弘: 日立造船技報, 59, No.4, (1998), 56.
- 3) 横野光憲, 松本昭成, 野口学, 八嶽浩, 宮坂松甫, 三好慶, 小坂勝治, 福田裕治: 材料と環境99講演集, (1999), 107.
- 4) 吉葉正行: Sanyo Technical Report, 6, No.1, (1999), 10.
- 5) 永島公明, 鈴木貞夫, 吉葉正行, 平山直道: 第10回廃棄物学会研究発表会講演論文集, (1999), 743.
- 6) 遠山一廣, 安田俊彦, 瀬川敦永, 吉葉正行, 平山直道, 永島公明: 第10回廃棄物学会研究発表会講演論文集, (1999), 746.

