



## Cr含有率0.99mass%の低合金鋼を用いた気液二相流下での流れ加速型腐食試験

Flow-Accelerated Corrosion Test about the Low Alloy Steel with Chromium Content of 0.99 mass% under Water-Steam Two-Phase Flow

電力中央研究所	佐竹 正哲	Masaaki SATAKE	Non-member
電力中央研究所	森田 良	Ryo MORITA	Member
電力中央研究所	藤原 和俊	Kazutoshi FUJIWARA	Non-member

Flow Accelerated Corrosion (FAC) is one of the pipe wall thinning phenomena. FAC causes pipe wall thinning with large area, and then it causes large pipe rupture. From researches of FAC under water single-phase flow, it is known that the wall thinning rate of FAC decreases when the chromium content of steel increases. However, the effects of the chromium content of steel to the wall thinning rate of FAC is not quantitatively revealed in case of FAC under water-steam two-phase flow. The FAC test under two-phase flow is performed by the low alloy steel with chromium content of 0.99 mass%. From the test, the pipe wall thinning of FAC is not observed. From this result, it is suggested that the wall thinning rate of FAC also decreases when the chromium content of steel increases under water-steam two-phase flow.

**Keywords:** Flow-Accelerated Corrosion, Water-Steam Two-Phase Flow, Water Chemistry, Mass Transfer Coefficient, Chromium Content

### 1. 緒言

発電プラントにおける配管減肉は、原子力・火力を問わず見られる現象であり、プラント保全の観点から適切な管理が必要である。特に、配管減肉現象の一つである流れ加速型腐食(Flow Accelerated Corrosion: FAC)は、水系配管や水-蒸気二相流系統の配管において生じる現象であり、広範囲に減肉を生じて大規模な配管破口を引き起こす可能性があるため注意が必要である。

FACは水化学因子及び材料因子による腐食が流体力学因子により促進される複雑な現象であり、それぞれ鉄の溶解度、材料中のCr含有率、物質移動係数が支配的と考えられている。

水-蒸気の気液二相流条件でのFAC(二相流FAC)は、流動場が複雑なために水単相流でのFAC(単相流FAC)と比較してより複雑な現象となるが、これまでの著者らの実験的な評価[1]から、鉄の溶解度に影響する液膜温度と液膜pH、及び物質移動係数に影響する液膜Re数が各影響因子に与える影響は、単相流FACのメカニズムと概

ね同様と考えられる[2][3]。

Cr含有率については、その増加と共にFACが抑制されるという定性的な影響は知られており、単相流FACについてはその定量的な影響についても研究が進められている[4]。一方で、二相流FACに関しては定量的な影響は明らかでは無く、今後、二相流FACの減肉速度の予測評価を行う上では、Cr含有率と減肉速度の定量的な関係を明らかにする必要がある。

そこで、二相流FACの減肉速度に与えるCr含有率の定量的な影響を明らかとすることを目的として、本速報ではFAC管理範囲から除外される高Cr含有率条件(1%程度以上)での気液二相流FAC試験を実施し、減肉速度の傾向について述べることとする。

### 2. 減肉試験結果

Fig. 1に示す気液二相流FAC試験装置を用いて、Table 1に示す試験条件の下でCr含有率0.99mass%の炭素鋼材のFAC試験を実施した。なお、Table 1の条件における試験体内の流動様式は、世古口の流動様式線図[5]から環状流と判断している。

試験体のCr含有率を含めた化学成分をTable 2に示す。試験体の形状は、長さ300 mm、外径30 mm、内径5 mm

連絡先:佐竹正哲, 〒240-0196 神奈川県横須賀市長坂2-6-1, 電力中央研究所,  
E-mail: m-satake@criepi.denken.or.jp

の中空円筒である。試験体の肉厚は、三菱重工製超音波パルスレシーバ (Pulsar Scope) を用いて計測した。試験体の各流れ方向位置における肉厚の時間履歴を Fig. 2 に示す。計測値は常温での計測結果である。試験体入口から 45, 77, 103, 150, 173, 195, 220 および 250 mm の計 8 か所で計測した肉厚値の変化は、試験期間中は全て計測器の精度以下の値にとどまり、その減肉速度は、ほぼ同じ流動条件での Cr 含有率 0.001mass% の減肉速度のおよそ 1/100 倍以下であった。この Cr 含有率と減肉速度の関係は单相流 FAC と同様の傾向であり、二相流 FAC においても高 Cr 含有率条件では減肉は十分に抑制されると考えられる。

### 3. 結言と今後の予定

今回の試験により、環状流での二相流 FAC においても、单相流 FAC と同様に高 Cr 含有率の炭素鋼では減肉が確認されなかった。

今後は、試験体の観察、分析を行うとともに、他の Cr 含有率条件でも試験を実施し、二相流 FAC における Cr 含有率と減肉速度の関係を明らかにする。

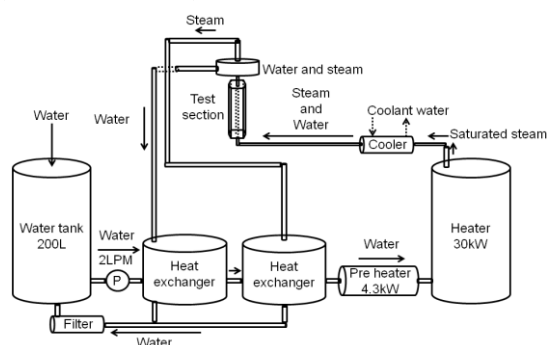


Fig. 1 Experimental device for FAC under water-steam two-phase flow[1].

Table 1. Experimental conditions.

Total mass flow rate [kg/h]	46.1
Test time[day]	142
Void fraction[%]	93.0
Quality[%]	47.1
Pressure[MPa]	2.14
Temperature[°C]	216
Average velocity of liquid film[m/s]	5.98
Reynolds number of liquid file[-]	$3.5 \times 10^3$
Liquid film thickness[ $\mu\text{m}$ ]	81.7
pH[-]	neutral
Concentration of dissolved oxygen[ppb]	0.9

Table 2. Results of chemical component analysis.

Unit:mass%						
C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo
0.14	0.25	0.52	0.013	0.005	0.99	0.48

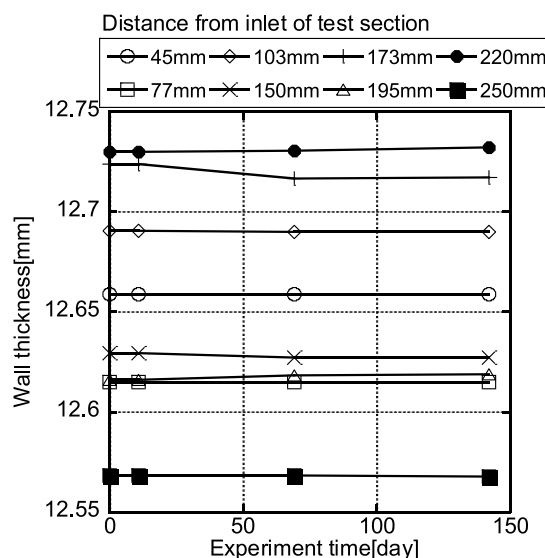


Fig. 2 Time history of wall thickness at various measurements points in flow direction.

### 参考文献

- [1] M. Satake, R. Morita, K. Fujiwara, F. Inada: "Change of phenomena of flow accelerated corrosion with liquid film thickness under water-steam two-phase flow", Proceeding of NPC2018, San Francisco, USA, Sep. (2018)
- [2] 佐竹正哲, 米田公俊, 藤原和俊ら: "気液二相流条件下の流れ加速型腐食に対する流動因子の評価と物質移動係数評価式の構築 (その4) - 流体力学因子と水化学因子の影響評価 -", 電力中央研究所 L14008, 電力中央研究所 (2014)
- [3] 佐竹正哲, 森田良: "気液二相流条件下の流れ加速型腐食に対する流動因子の評価と物質移動係数評価式の構築 (その5) - 温度影響の評価と予測モデルとの比較 -", 電力中央研究所 L18002, 電力中央研究所 (2018)
- [4] 藤原和俊, 内山雄太: "減肉現象の予測精度向上に向けた水化学影響の定量化 - 炭素鋼中の Cr 濃度が流れ加速型腐食に及ぼす影響 -", 電力中央研究所 Q17004, 電力中央研究所(2017)
- [5] 世古口言彦: "伝熱工学の進展 I", 養賢堂, 東京 (1973)

(2021年7月15日受理, 2021年3月25日採択)