干満帯に耐海水ステンレス鋼を用いた試験体に流入する カソード電流の測定*

北川尚男**, 玉田明宏**, 若菜弘之**, 伊藤壮一***, 朝倉祝治†

** JFE エンジニアリング株式会社

*** JFE テクノリサーチ株式会社

† 横浜国立大学 大学院 工学研究院

Measurement of Cathodic Current to the Test Piece Uses Seawater Resistant Stainless Steel to Tidal Zone*

Takao Kitagawa**, Akihiro Tamada**, Hiroyuki Wakana**, Souichi Ito*** and Shukuji Asakura†

** JFE Engineering Corporation

*** JFE Techno-Research Corporation

† Faculty of Engineering, Yokohama National University

The results of exposure test by using the test piece which simulates cathodically protected marine steel structure are reported. The exposure examination used the test piece which applied seawater resistant stainless steel from splash zone to the upper part of submerged zone. The value of cathodic current to submerged zone after five months was almost equal to carbon steel. But, cathodic current to seawater resistant stainless steel near high water level was smaller than the value of carbon steel. And, the cathodic current to the high water level of spring tide was larger than other parts.

Key words : cathodic protection, tidal zone, marine steel structure, seawater resistant stainless steel, stainless steel lining, calcareous deposit

1. 緒 言

海洋という厳しい腐食環境に曝される海洋鋼構造物を守るために、これまで防食法として各種の塗覆装が用いられている。その一種に耐海水ステンレス鋼ライニングがある。耐海水ステンレス鋼ライニングは、他の有機・無機ライニングに比べて機械的強度が大きく、耐摩耗性に優れ、ほとんどメンテナンスフリーで長期の防食が確保できる長所がある。また、塗装や電気防食法などとも併用できる便利な方法でもある。最近、Life Cycle Cost (LCC) の観点から 100 年という超長期にわたる耐食性を有し、維持管理が容易な防食法が求められるケースが出てきており、耐海水ステンレス鋼ライニングが注目されている。

Fig. 1 に防食をしていない鋼管杭の腐食速度¹⁾と、海洋構造物が設置される環境、およびステンレス鋼ライニングの適用範囲²⁾を示す。環境は海上大気部、飛沫帯、干満帯、海水部、海底土中部に分けられる。最も腐食の激しい飛沫・干満帯に耐海水ステンレス鋼をライニングし、海水部や海底土中部の炭素鋼に電気防食法を適用した場合、飛沫・干満帯から海水・海底土中部まで安価でかつ比較的容易な維持管理で長期耐久性が期待できる。

なお、耐海水ステンレス鋼は海水部の炭素鋼に対してカソードとして作用するため、異種金属接触腐食の恐れがあるものの、この腐食の防止にも電気防食法は有効である。干満帯のステンレス鋼ライニングにも電流が流入するため、適切な防食を行うには海水部や海底土中部だけでなくステンレス鋼ライニングに流入するカソード電流の挙動も把握した上で電気防食法を適用する必要がある。しかし、実際の海洋でステンレス鋼ライニングに流入するカソード電流について詳細に調査されたことがなく、干満帯は電気防食設計上の盲点となっていた。

なお、炭素鋼³⁾や耐海水ステンレス鋼と炭素鋼を組み

Fig. 1 Corrosion rate of steel pipe pile and range of application of stainless steel lining.

* 第 50 回材料と環境討論会 (沖縄, 2003 年) で一部内容を発表

** 〒514-0393 津市雲出鋼管町 1 (1, Kumozukokan-cho, Tsu-city, 514-0393 Japan)

*** 〒210-0855 川崎市川崎区南渡田 1 番 1 号 (1-1, Minamiwataridacho, Kawasaki-ku, Kawasaki, 210-0855 Japan)

† 〒240-8501 横浜市保土ヶ谷区常盤台 79-58 (79-58, Tokiwadai, Hodogaya-ku, Yokohama, 240-8501 Japan)

合わせた試験体^{4)~6)}を用いて、海水部から干満帯を再現した海水水槽中で行った試験が報告されている。しかし、実際の海洋では大潮や小潮のような満潮と干潮の水位差(潮差)の周期的な変化があり、循環装置を用いた干満帯と海水部を模擬した水槽試験ではこのような潮差の変化が再現されていない。そこで、実際の海洋において、電気防食された海洋鋼構造物に流入するカソード電流の挙動を把握するための研究を行った。

著者らは干満帯を模擬し、空気および周期的に溶存酸素濃度が変化する3%NaCl溶液に交互に曝される条件で炭素鋼の定電位カソード分極試験を行い、干満帯に流入するカソード電流には海水中の溶存酸素濃度とさびの生成が関係することを報告した⁷⁾。次にさびが生成した鋼材が、干満にともない周期的に海水に曝される際に流入するカソード電流密度について調査し、カソード電流には海水中の溶存酸素濃度とさびの生成が関係することを実際の海洋でも確認した⁸⁾。さらに実際の海洋において、電気防食された試験体の干満帯に流入するカソード電流を計測し、潮差の周期における平均電流密度を計算し、その長期経時変化と気温や水温との関係を検討した。また、アルミニウム合金陽極の重量減少量と平均電流密度の関係について報告した⁹⁾。

ステンレス鋼ライニングに流入するカソード電流を調査するため、海洋鋼構造物を模擬して飛沫帯から海水部に耐海水ステンレス鋼を用い、電気防食を適用した試験体を実際の海洋で暴露した。また、比較のためすべて炭素鋼を用いた試験体も同時に暴露した。本報告では、試験体に流入するカソード電流密度を測定し、耐海水ステンレス鋼と炭素鋼に流入するカソード電流密度の比較およびカソード電流に及ぼす潮差の影響の検討を行った。これらの結果について報告する。

2. 試験方法

2.1 海洋暴露試験

200×200 mm厚さ6 mmに切断し、表面をベルトサンダ(MINE製RMB-E)で180番まで研磨し、アセトンで脱脂を行ったステンレス鋼板を海水部から飛沫帯にかけて17枚、海水部に炭素鋼板3枚をFig. 2のように並べて試験体とした。耐海水ステンレス鋼としてはSUS836L、炭素鋼はSS400を用いた。比較として20枚すべて炭素鋼を使用した試験体も同時に試験に供した。鋼材の化学成分をTable 1に示す。

海水部から飛沫帯にかけて鋼板20枚をプラスチック製パネルにはめ込んで並べた。鋼板同士が

接触しないようにそれらの間にはプラスチック製の仕切りを入れた。アノードの裏面に被覆リード線をつなぎ、プラスチック製パネル裏面の穴からリード線を通した後、パネルに絶縁して試験体の最下部に取り付けた。鋼板にも裏面に被覆リード線をつなぎ、パネル裏面の穴からリード線を通した後、パネルに1枚ずつ絶縁してはめ込み、周囲をシーラント(信越化学(株)製(シーラント45))で約10 mm幅でシールした。リード線を1Ωのシャント抵抗を介してアノードと短絡し、抵抗にかかる電圧を1時間ごとに自動計測しデータロガーに記録した。シャント抵抗にかかる電圧から各鋼板に流入する電流を計算し、鋼板の露出面積で除して電流密度を計算した。アノードにはアルミニウム合金陽極(日本防蝕工業(株)製:アラノード)を用いた。陽極の寸法は、上面70 mm、下面101 mm、高さ57.5 mm、長さ125 mm、重量は約1.6 kgである。陽極はプラスチック製の板に底面(101×125 mm)を密着させて固定した。

暴露試験はJFEエンジニアリング(株)津製作所の岸壁にて行った。岸壁は北東に向いており、防波堤で囲まれている。試験体を浸漬してから約2.5時間後から抵抗にかかる電圧の測定を開始した。試験期間中に飽和銀・塩化銀電極(Ag/AgCl)を用いて電位測定を行った。2002年7月から12月までの約5カ月の暴露試験を行った。

水位の計算は「潮時表WSIO21」を用いた。この潮時表は、海上保安庁発行の「潮汐表」のデータを基に水位の計算を行う。潮汐表は、略最低低潮面(Nearly lowest low water level: NLLWL)を基準としている。津の平均

Fig. 2 Exposed position in seawater level.

Table 1 Chemical composition of seawater resistant stainless steel and carbon steel (mass%).

Material	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Cu	N
SUS836L	0.009	0.14	0.22	0.021	0.001	24.30	22.98	5.50	0.09	0.20
SS400	0.09	0.17	0.37	0.024	0.016	-	-	-	-	-

水面 (Mean sea level : MSL) は 1.3 m であり, 略最高高潮面 (Nearly highest high water level : NHHWL) は 2.6 m, 大潮期の平均高潮面までの高さ (Spring rise : SpR) は 2.2 m である。

3. 結果と考察

3.1 外観観察

5 カ月後の耐海水ステンレス鋼と炭素鋼を組み合わせた試験体 (試験体 A) を上, 炭素鋼のみの試験体 (試験体 B) を下になるように Fig. 3 に示す。

海水部は試験体 A, B 共に海洋生物が付着し鋼板は全く見えない。干満帯には常時カソード電流が流入しないものの, 試験体 B の表面には 1.7 m まで乳白色のエレクトロコーティングが付着していた。1.1~1.7 m の範囲にはエレクトロコーティングの欠損や亀裂, 剥離が見られた。試験体 A の耐海水ステンレス鋼には, 試験体 B と異なり NLLWL から MSL までは厚くて緻密なエレクトロコーティング, MSL から 1.5 m までは薄いエレクトロコーティングが付着していた。

3.2 干満とカソード電流密度の関係

2 つの試験体の干満帯・海水部に流入する電流を調査した。試験開始直後の干満帯中央部 (1.1 m) と NLLWL 直下の海水部 (-0.3 m) の試験体 A, B に流入する試験開始後のカソード電流密度を Fig. 4, 5 に示す。試験体 A の海水部のカソード電流密度は, 耐海水ステンレス鋼に流入した値である。試験開始時の水位の変化を Fig. 6 に

示す。

次に, 干満帯中央部と NLLWL 直下の海水部の試験体 A, B に流入する 5 カ月後のカソード電流密度を Fig. 7, 8 に示す。試験開始 5 カ月後の水位の変化を Fig. 9 に示す。

試験開始時の干満帯中央部のカソード電流密度は $0.22 \sim 0.42 \text{ A/m}^2$, 海水部は $0.18 \sim 0.38 \text{ A/m}^2$ と試験体 A, B 共にほぼ同じであった。また満潮面近傍でも $0.20 \sim 0.44 \text{ A/m}^2$ であり, これらの値とはほぼ同じであった。干満帯では上げ潮と下げ潮の際にカソード電流密度が大きくなり, 満潮時に電流密度は減少した。また, 上げ潮と下げ潮の際のカソード電流密度はほぼ同じであった。海水部では干潮時に最もカソード電流密度が大きくなり, 満潮時に最もカソード電流密度が小さくなった。この間, 最高水面は 3 日間で 2.35 m から 2.20 m へ 0.15 m 減少した。電位は, 試験体 A, B 共に試験開始直後はアノードに近い部分で -0.83 V (vs. Ag/AgCl), 最も遠い部分でも -0.81 V であり, 防食電位 (-0.78 V vs. Ag/AgCl)¹⁰⁾ より卑であった。試験開始 15 日後, 電位は $-1.00 \sim -1.05 \text{ V}$ であり, 試験体 A, B 共に電位はほぼ同じであった。以降, 電位は $-1.00 \sim -1.05 \text{ V}$ の範囲であった。

5 カ月後の試験体 B の干満帯中央部に流入するカソード電流密度は, 試験開始時と比較してカソード電流密度はやや小さくなった。しかし, 上げ潮時に一時的にカソード電流密度が大きくなることもあり, 上げ潮と下げ潮のカソード電流密度は異なった。例えば, 12 月 6 日の午前中は上げ潮時は 0.50 A/m^2 , 下げ潮時は 0.25 A/m^2 であった。5 カ月後の 3 日間の測定中に最高水面は, 2.20 m から 1.90 m へ 0.3 m 減少した。この間, 空気に曝される時間が長い程, 試験体 B に流入するカソード電流密度が大きくなる傾向があった。また, 上げ潮時に一時的に流入するカソード電流密度も大きくなる傾向があった。一方, 試験体 A の干満帯中央部に流入するカソード電流密度は, 試験開始時と比較して約 1/3 以下と小さくなり, 上げ潮と下げ潮の際の大きさはほぼ同じであった。また, 試験体 A は空気に曝される時間が長くても流入するカソード電流密度に大きな変化は見られなかった。

海水部は, 干潮時にカソード電流密度が大きくなり, 満潮時に小さくなる傾向はわずかに見られるものの, 試験体 A, B に流入するカソード電流に対する干満の影響は小さかった。

鋼板に流入する電流が流れる抵抗にかかる電圧は, 試験体 A, B 共に試験開始時に $10 \sim 20 \text{ mV}$ であった。数カ月後, 抵抗にかかる電圧は, 2 つの試験体共に海水部で $2 \sim 3 \text{ mV}$ であった。しかし, 試験体 A の干満帯上部で最大約 16 mV , 試験体 B の干満帯上部で最大約 45 mV であった。

3.3 干満帯のカソード電流密度の変化

干満帯の流入電流の変化に影響を及ぼす因子として, 海水中の溶存酸素とさびの生成が考えられる。まず, 試験開始時にはさびの影響は小さいと考えられるため溶存酸素濃度に着目して検討する。海水中の溶存酸素濃度は海面近傍が最も高く, 深くなるに従って減少する傾向がある⁷⁾。干満帯は干潮時に空気中に露出しており, 水位が試験片位置まで上昇すると最も溶存酸素濃度の高い海水と接し, その後水深が深くなるにつれて溶存酸素濃度

Fig. 3 Test pieces after five months of exposure.

Fig. 4 Cathodic current to tidal zone at the beginning of examination.

Fig. 5 Cathodic current to submerged zone at the beginning of examination.

Fig. 6 Water level at the beginning of examination and measurement position.

は減少する。満潮を過ぎて水位が下がり始めると再び溶存酸素濃度が増加すると考えられる⁷⁾。

試験開始時の干満帯に流入するカソード電流密度は試験体 A, B 共に同じ変化を示した。試験開始時に試験体 A, B 共に同じような挙動が現れたのは、耐海水ステンレス鋼、炭素鋼の電位が $-0.81 \sim -0.83$ V の範囲にあり、カソード電流が酸素の拡散限界電流により支配されていたことと、周囲の海水中に含まれる溶存酸素濃度が水位に応じて変化したためと考えられる。

本研究で測定した試験開始時のカソード電流密度は、静止水中における酸素の拡散限界電流 (0.2 A/m^2) よりも大きい¹¹⁾。カソード電流密度が大きな原因として潮流、水の還元による水素発生電流¹²⁾、暴露してから測定を開始するまでの時間¹¹⁾の影響が挙げられる。

潮流が大きいとカソード電流密度が増大することが報告されており、設定電位 -0.9 V (vs.SCE)、流速 5 m/sec の条件でカソード電流密度は 0.5 A/m^2 であった¹³⁾。潮汐

Fig. 7 Cathodic current to tidal zone after five months.

Fig. 8 Cathodic current to submerged zone after five months.

Fig. 9 Water level after five months and measurement position.

表より、津港沖の大潮期の潮流は最大 0.15 m/sec 、平均 0.10 m/sec であり、潮流は小さいので津港沖においてカソード電流に及ぼす潮流の影響は小さいと考えられる。次に鋼表面で起こるカソード反応は、溶存酸素の還元反応と水の還元による水素発生反応である。試験片の電位は $-0.81 \sim -0.83 \text{ V}$ であり、水素発生電流は小さいと考えられる。さらに試験体を暴露してから測定を開始するまでの時間は、酸素の拡散層が形成されるまでの時間 (100 sec)¹¹⁾ よりも十分長いため、この影響も小さいと考えられる。従って、本研究で測定したカソード電流密度が、静止水中における酸素の拡散限界電流よりも大きい原因の究明については今後の課題である。

次に、5 カ月後の試験体 A の干満帯に流入するカソード電流密度は試験開始時より小さく、試験体 B は大きくなった (Fig. 7)。試験体 B の干満帯には炭素鋼が使用されているため、炭素鋼表面には $\alpha\text{-FeOOH}$ 、 $\beta\text{-FeOOH}$ 、 $\gamma\text{-FeOOH}$ 、 Fe_3O_4 、非晶質さびなどの化合物から成るさ

びが生成する^{14), 15)}。上げ潮時に水位が上昇してカソード電流が流入すると、さびの中の γ -FeOOH や β -FeOOH が還元されるためカソード電流密度が大きくなると考えられる¹⁵⁾。しかし、干潮時に新たに γ -FeOOH や β -FeOOH が生成するため¹⁵⁾、再び水没した際にこれらの化合物が還元される。よって、試験開始 5 カ月後の干満帯の炭素鋼に流入するカソード電流密度は、上げ潮の際に大きくなったと考えられる。一方、耐海水ステンレス鋼は腐食しないため、炭素鋼より電流密度が小さかったと推測される。

3.4 海水部のカソード電流密度の変化

試験開始時の海水部に流入するカソード電流密度は試験体 A, B 共に同じ変化を示した。しかし、電流密度に及ぼす干満の影響は干満帯と反対であった。すなわち、海水部のカソード電流密度は、干潮時に大きく、満潮時に小さかった (Fig. 5)。これは海水部では干潮時に水深が浅くなり、溶存酸素濃度の高い海水と接するため電流密度が増加し、逆に満潮時は水深が深くなるため周囲の溶存酸素濃度が減少するので電流密度が減少したと考えられる。

干満帯と同様に、海水部でも試験開始時に試験体 A, B のカソード電流密度がほぼ同じであったのは、耐海水ステンレス鋼、炭素鋼の電位が $-0.81 \sim -0.83$ V (vs. Ag/AgCl) の範囲にあり、カソード電流が酸素の拡散限界電流により支配されていたことと、周囲の海水中に含まれる溶存酸素濃度が水位に応じて変化したためと考えられる。

次に、5 カ月後の海水部の試験体 A, B のカソード電流密度はほぼ同じであった (Fig. 8)。これは海水部から干満帯中央部にかけて共に電位は約 -1.00 V であり、2つの試験体の表面には同質の電極コーティングが付着したためと考えられる。電極コーティングが付着すると、溶存酸素濃度の影響を受け難くなるとともに電流密度は小さくなる⁷⁾。5 カ月後の電流密度は 0.04 A/m² であった。この値は、内湾性一般海域における海水部の定常防食電流密度 (0.05 A/m²) とほぼ同じであった¹⁶⁾。

3.5 潮差とカソード電流密度

実際の海洋では大潮や小潮のように潮差が周期的に変化する。そこで、カソード電流密度に及ぼす潮差の影響を調査した。試験開始時には耐海水ステンレス鋼と炭素鋼に流入するカソード電流密度に大きな差が見られなかったため、試験開始 5 カ月後のカソード電流密度について検討した。Fig. 10 に 5 カ月後の大潮の満潮時におけるカソード電流密度、Fig. 11 に 5 カ月後の小潮の満潮時におけるカソード電流密度を示す。

大潮の満潮時にはカソード電流は 2.4 m まで流入した。そして炭素鋼に流入するカソード電流密度は最大 1.4 A/m² であり大きかった。大潮の満潮時に海水と接する部分は電極コーティングが付着していない (Fig. 3)。そして、海水と接する時間が短く、炭素鋼表面でさびの生成が進行し、没水するとその中の γ -FeOOH や β -FeOOH が還元されるため、カソード電流密度が大きくなったと考えられる。

耐海水ステンレス鋼に流入するカソード電流密度も他の部分より大きかった。干満帯に設置した耐海水ステンレス鋼は腐食しない。しかし、干満帯上部にはエレクトロコーティングが付着しないため、他の部分と異なり溶存酸素の拡散が抑制されない。よって、大潮の満潮時に耐海水ステンレス鋼の干満帯上部に流入するカソード電流密度は他の部分よりも大きくなったと考えられる。満潮面近傍の耐海水ステンレス鋼に流入するカソード電流密度は、浸漬開始時の満潮面近傍に流入するカソード電流密度の範囲内 ($0.20 \sim 0.44$ A/m²) であった。浸漬開始時と 5 カ月後のカソード電流密度がほぼ同じことから、5 カ月後でも干満帯上部には耐海水ステンレス鋼表面にエレクトロコーティングが付着していないと推測される。これは外観観察の結果と一致していた。

小潮の満潮時の試験体 B に流入するカソード電流密度は、海面近傍で 0.90 A/m² であり大きかったが、この部分にはエレクトロコーティングが付着していた (Fig. 3)。暴露試験後に干満帯中央部から採取したエレクトロコーティングの表面は乳白色をしており、裏面は黒褐色のさびとエレクトロコーティングの混合物であり、その性状は海水部と異なった⁸⁾。そして、エレクトロコーティングには欠損や亀裂、剥離部分があった。これは、干満帯にもエレクトロコーティングが付着するものの、その付着力は小さいという報告と一致している¹⁷⁾。カソード電流は主にこのエレクトロコーティングの欠陥部に流入したと考えられる。また、エレクトロコーティングの生成には最適な電流密度の範囲があり¹⁸⁾、カソード電流密度

Fig. 10 Cathodic current density at high water of spring tide after five months.

Fig. 11 Cathodic current density at high water of neap tide after five months.

がこの範囲を外れたためエレクトロコーティング自体の防食性が低くなりさびが生成した可能性がある。これらの原因により海面近傍でカソード電流密度が大きくなった可能性がある。

一方、試験体 A は、海水部から小潮の満潮面までほぼ同じ電流密度であった。耐海水ステンレス鋼は干満帯でも腐食せず、そして表面にエレクトロコーティングが付着したため電流密度がほぼ同じになったと考えられる。

4. 結 論

飛沫帯から海水部に耐海水ステンレス鋼を用い、電気防食を適用した試験体を実際の海洋で暴露した。また、比較のためすべて炭素鋼を用いた試験体も同時に暴露した。試験体に流入するカソード電流密度を測定し、耐海水ステンレス鋼と炭素鋼に流入するカソード電流密度の比較およびカソード電流に及ぼす潮差の影響の検討を行った。その結果以下のことが明らかになった。

- (1) 試験開始時は耐海水ステンレス鋼、炭素鋼共に海水部や干満帯に流入するカソード電流密度はほぼ同じであり、干満に対しても同じ挙動を示した。
- (2) 試験開始 5 カ月後の干満帯の耐海水ステンレス鋼に流入するカソード電流密度は、上げ潮と下げ潮の際のカソード電流密度はほぼ同じであった。一方、炭素鋼は上げ潮の際、水位が上昇して海水と接すると、干潮時に形成されるさびが還元されるためカソード電流密度は大きくなった。
- (3) 試験開始 5 カ月後の海水部の耐海水ステンレス鋼や炭素鋼に流入するカソード電流密度は大きく減少し、さらにカソード電流密度に及ぼす干満の影響も小さくなった。
- (4) 試験開始 5 カ月後の耐海水ステンレス鋼に流入する大潮の満潮面近傍のカソード電流密度は、他の部分よりも大きかった。しかし、その値は、浸漬開始時の満潮面近傍に流入するカソード電流密度の範囲内であった。

なお、本研究の結果は特定の海洋環境における結果と結論であるが、干満帯に設置し電気防食を適用した耐海水ステンレス鋼と炭素鋼に流入するカソード電流密度の比較を行った。また干満帯の耐海水ステンレス鋼に流入するカソード電流に及ぼす潮差の影響を検討した。潮差は全国で違いがあり、さらに波浪や飛沫の影響もあるため、他の海洋環境における試験データの蓄積も必要と考えられる。

参 考 文 献

- 1) A. Tamada, S. Fujita, Y. Shimizu and N. Shoji *Zairyo-to-Kankyo*, **41** [2] 89 (1992).
- 2) S. Ito, M. Suwa and T. Kitagawa, *JSSC*, **No.50**, 19 (2003).
- 3) B. R. Hou, J. Lzhang, H. Y. Sun, Y. Li and B. Xiahg, *Br. Corros. J.*, **36** [4] 310 (2001).
- 4) M. Yamamoto, Y. Ito, K. Masuda, Proc. 40th Japan Conf. Materials and Environments, p.557, JSCE (1993).
- 5) N. Sasaki, H. Sato, M. Ishida and M. Abe, *Bosei Kanri (Rust Prev. Control)*, **46** [3] 86 (2002).
- 6) M. Higa, H. Sudo, M. Abe, H. Hamada and T. Yamaji, Proc. 49th Japan. Conf. Materials and Environments, p.383, JSCE (2002).
- 7) T. Kitagawa, A. Tamada, M. Todorobaru and S. Asakura, *Zairyo-to-Kankyo*, **54** [4] 158 (2005).
- 8) T. Kitagawa, A. Tamada, H. Wakana, M. Todorobaru and S. Asakura, *Zairyo-to-Kankyo*, **54** [6] 288 (2005).
- 9) T. Kitagawa, A. Tamada, H. Wakana, M. Todorobaru and S. Asakura, *Zairyo-to-Kankyo*, **55** [9] 413 (2006).
- 10) JSCE Ed., Corrosion Databook (Jpn.), p.518, Maruzen, Tokyo, Japan (2000).
- 11) Q&A on Metallic Corrosion Electrochemistry (Jpn) p.311.
- 12) T. Tsuru, J. Dau-Hi and S. Haruyama, *Boshoku-Gijutsu (presently Zairyo-to-Kankyo)*, **34** [1] 36 (1985).
- 13) H. Fukuzawa, *Bosei Kanri (Rust Prev. Control)*, **43** [9] 355 (1999).
- 14) T. Misawa, *Boshoku-Gijutsu (presently Zairyo-to-Kankyo)*, **32** [11] 657 (1983).
- 15) T. Nishimura, K. Tanaka and Y. Shimizu, *Tetsu-to-Hagane*, **81**, 1079 (1995).
- 16) JSCE Ed., Corrosion Databook (Jpn.), p.782, Maruzen, Tokyo, Japan (2000).
- 17) T. Uchibori, *Boshoku-Gijutsu (presently Zairyo-to-Kankyo)*, **14** [2] 21 (1965).
- 18) F. L. LaQue, *Corrosion*, **6** [5] 161 (1950).

(Manuscript received March 28, 2006;
in final form June 27, 2006)

要 旨

電気防食された海洋鋼構造物を模擬した試験体を用いた暴露試験の結果について報告する。暴露試験には、飛沫帯から海水部上部に耐海水ステンレス鋼、海水部に炭素鋼を適用した試験体を用いた。試験開始 5 カ月後の海水部に流入するカソード電流は、炭素鋼とはほぼ同じ値であった。一方、満潮面近傍の耐海水ステンレス鋼に流入するカソード電流は、炭素鋼よりも少なかった。そして、大潮の満潮面に流入するカソード電流は、他の部分よりも大きかった。

キーワード 電気防食, 干満帯, 海洋鋼構造物, 耐海水ステンレス鋼, ステンレス鋼ライニング, エレクトロコーティング