

## 高飛来塩分環境で使用可能な新しい高耐候性鋼の開発

|              |     |        |
|--------------|-----|--------|
| JFE スチール (株) | 正会員 | ○三浦 進一 |
| JFE スチール (株) | 非会員 | 村瀬 正次  |
| JFE スチール (株) | 正会員 | 加藤 真志  |

## 1. 緒言

耐候性鋼は適切な環境下では無塗装で使用する事ができるためにライフサイクルコストを低く抑えることができる。従来の耐候性鋼は表面に緻密な保護性の高いさび層が形成されることで腐食の進行を抑制することが知られている。ただし、飛来塩分量が多い環境では保護性の高いさび層が形成されにくく、飛来塩分量が  $0.05 \text{ mg} \cdot \text{NaCl}/\text{dm}^2/\text{day}$  (以降 mdd と表記する) 以下を適用の目安としている。一方、海岸近傍などの高飛来塩分環境で無塗装使用可能な鋼材として、種々の合金元素、特に Ni を多量に添加した鋼材(ニッケル系高耐候性鋼)が鉄鋼各社により商品化されている。各社のニッケル系高耐候性鋼はいずれも 1.0~3.0%程度の Ni を含有している。これらの鋼材は SMA の適用の目安である飛来塩分量の 0.05 mdd を超える地域でも適用が可能とされている。しかし、近年の世界的な鉄鋼原料価格の高騰により合金元素低減技術の開発が求められており、著者らは新しい耐候性鋼の開発を進めてきた。本報では、高飛来塩分環境において裸使用可能な省合金型の新しい耐候性鋼<sup>1)</sup>の耐食性能および鋼材の機械的特性、溶接特性について報告する。

## 2. 開発鋼の耐食性能

実験室腐食試験により種々の合金元素の耐食性に及ぼす影響を調査し、Cu、Ni を JIS SMA と同等程度としたままでも、その他の合金元素を適切な組み合わせで微量含有することで高飛来塩分環境における耐食性が向上することを見出し、その結果をもとに本開発鋼の化学成分を決定した。次に、実環境での開発鋼の耐食性を評価するため、千葉(飛来塩分量 0.26mdd)で暴露試験を行った。図1に腐食量の経時変化を示す。時間経過とともにさびの保護効果が現れ、本暴露環境では開発鋼は JFE-ACL-Type1 (ニッケル系高耐候性鋼)<sup>2)</sup>とほぼ同等の腐食速度を示すことが明らかとなった。

次に、飛来塩分量の異なる種々の地域で暴露試験を実施し、開発鋼の飛来塩分量に対する適用可能限界について検討を行った。図2に一年間の暴露試験後の平均板厚減少量と飛来塩分量の関係を示す。1年間の暴露試験で 0.03 mm以下の板厚減少量であれば JIS SMA を適用可能と報告されている<sup>3)</sup>ことから、本検討でも 0.03 mm以下であれば適用可能とした。暴露試験結果より、開発鋼は 0.2mdd 程度の飛来塩分量の地域まで適用可能と推定できる。今後更なる長期の暴露試験結果から本開発鋼の耐塩性能を評価していく予定である。

図3に千葉県で 2.5 年間暴露試験を実施した開発鋼のさび層断面の EPMA による元素マッピング像を示す。ここでは、腐食に大きな影響を及ぼすと考えられる Cl の分布挙動に着目した。

キーワード 耐候性鋼, 高飛来塩分, 大気腐食

連絡先 〒712-8511 倉敷市水島川崎通り 1 丁目 JFE スチール (株) TEL. 086-447-3976 E-mail : shin-miura@jfe-steel.co.jp

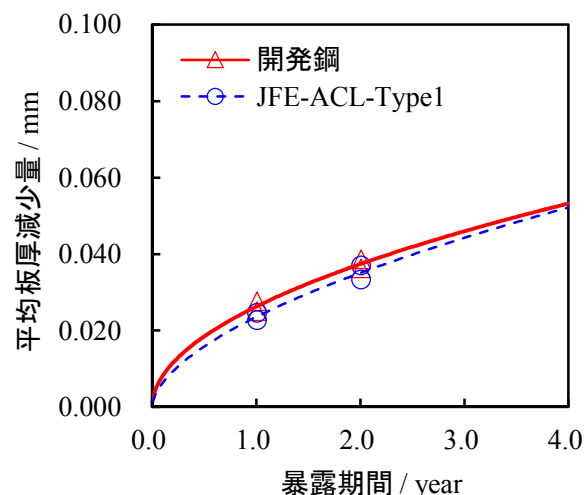


図1 板厚減少量の経時変化

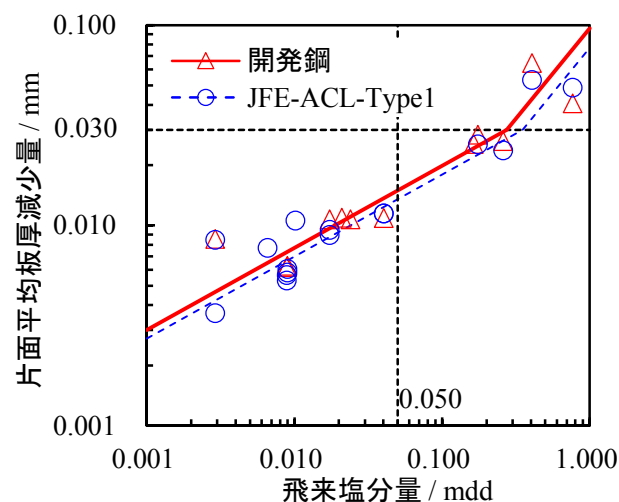


図2 飛来塩分量に対する開発鋼の耐食性能

図3より、Clは主にさび上層側に分布し鋼界面まで到達していない。図4に示すように、本開発鋼はClのさび下層への透過を抑制することが示唆される。さび層がClの透過を抑制する理由として、緻密なさび層形成による物理的な透過抑制効果などが考えられる。本開発鋼では添加元素により上記の効果が得られClのさび層/地鉄界面への透過が抑制されていると考えられる。

3. 開発鋼の機械的特性

表1に開発鋼の引張特性およびシャルピー衝撃特性を示す。開発鋼はJIS G 3114のSMA400CW、490CW、570Wの機械的性質の規格値を満足する。表2に開発鋼を用いた溶接継手の機械的特性を示す。開発鋼を用いた溶接継手はJIS SMAと同等の機械的特性を有する。

4. 結言

- 1) 適切な合金元素の微量添加によって、高飛来塩分環境での耐食性が良好な新しい耐候性鋼を開発した。
- 2) 開発鋼はJIS SMAと同等の機械的特性、施工性を有する。

参考文献

- 1) 省ニッケル高耐候性鋼 NETIS 登録番号：CB-160011-A.
- 2) JFEのニッケル系高耐候性鋼板：<http://www.jfe-steel.co.jp/products/atuita/catalog/clj-012.pdf>
- 3) 日本鋼構造協会，耐候性鋼橋梁の可能性と新しい技術，テクニカルレポート，2006，No. 73，pp. 155-166.

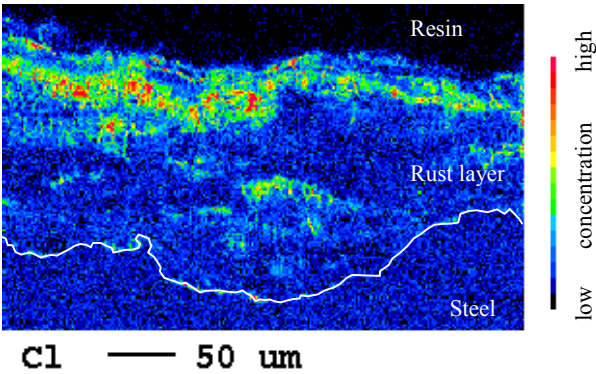


図3 千葉に暴露したサンプルのさび層断面のCl元素分布（白線：さび層/地鉄界面）

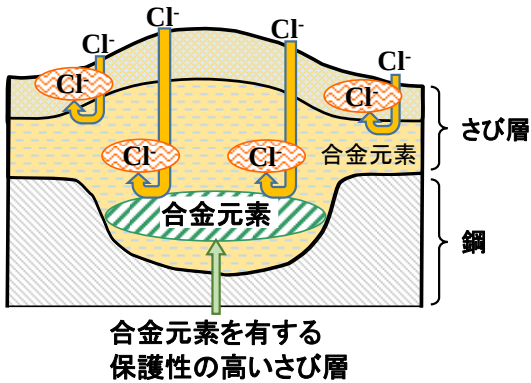


図4 腐食抑制機構の模式図

表1 開発鋼の機械的特性

|                 | Grade   | Ceq* | P <sub>CM</sub> ** | Thickness (mm) | Tensile test   |                         |                         |        | Charpy impact test |                                       |           |
|-----------------|---------|------|--------------------|----------------|----------------|-------------------------|-------------------------|--------|--------------------|---------------------------------------|-----------|
|                 |         |      |                    |                | Position       | YS (N/mm <sup>2</sup> ) | TS (N/mm <sup>2</sup> ) | El (%) | Position           | vE <sub>0</sub> , vE <sub>5</sub> (J) | vTrs (°C) |
| Developed steel | 400 MPa | 0.38 | 0.20               | 50             | 1/4t           | 422                     | 517                     | 39     | 1/4t               | 344                                   | -72       |
|                 | 490 MPa | 0.38 | 0.20               | 25             | Full thickness | 471                     | 549                     | 31     | 1/4t               | 312                                   | -80       |
|                 | 570 MPa | 0.36 | 0.19               | 25             | Full thickness | 523                     | 642                     | 39     | 1/4t               | 218                                   | -37       |

1. \*Ceq=C+Si/24+Mn/6+Ni/40+Cr/5+Mo/4+V/14  
2. \*\*P<sub>CM</sub>=C+Si/30+Mn/20+Cu/20+Ni/60+Cr/20+Mo/15+V/10+5B

表2 開発鋼の継手機械的特性

| Thickness (mm) | Welding process | Welding consumable | Heat input (kJ/mm) | Tensile test            | Charpy impact test                   |      |      |      |
|----------------|-----------------|--------------------|--------------------|-------------------------|--------------------------------------|------|------|------|
|                |                 |                    |                    |                         | Notch position & vE <sub>0</sub> (J) |      |      |      |
|                |                 |                    |                    | TS (N/mm <sup>2</sup> ) | W.M.                                 | Bond | HAZ1 | HAZ3 |
| 25             | GMAW            | MX-50WCL           | 2.0                | 558                     | 121                                  | 160  | 257  | 308  |
| 50             | SAW             | USW-52CL×MF-38     | 6.0                | 533                     | 79                                   | 189  | 204  | 302  |

\*GMAW: gas metal arc welding, SAW: submerged arc welding, TS: tensile strength, vE: absorbed energy

\*Welding consumable: MX-50WCL(1.2mmφ), USW-52CL × MF-38, KOBE STEEL, Ltd.