

高耐候性フェライト系ステンレス鋼裝飾管
(NSS445M2裝飾管・NSS447M1裝飾管)

白山 和・榎 幸司・密山 直道

日新製鋼株式会社
日新製鋼技報 No. 84 別冊
平成15年12月

|||||
新製品紹介
 |||||

高耐候性フェライト系ステンレス鋼装飾管 (NSS445M2装飾管, NSS447M1装飾管)

白 山 和* 榎 幸 司** 密 山 直 道***

High Atmospheric Corrosion Resistant Ferritic Stainless Steel Ornamental Pipes
 (NSS445M2 ornamental pipe, NSS447M1 ornamental pipe)

Kazushi Shirayama, Kouji Enoki, Naomichi Mitsuyama

1. 緒 言

ウォーターフロント環境の建築物へのステンレス鋼の適用が増加するに伴い、当社では高耐候性の屋根外装材としてNSS445M2（タフテンⅠ）およびNSS447M1（タフテンⅡ）を開発し対応してきた¹⁻⁵⁾。これまでに両鋼種とも板材では、大型物件や住宅等の屋根材、ビルのフロント周り部材などに数多く採用されている。また、10年間の暴露試験により、NSS445M2板材は塩の洗い流しのある屋根等の部位、NSS447M1板材は塩の堆積する軒下等の部位において、長期間優れた耐候性を有することを把握している⁶⁾。

ステンレス鋼装飾管には、従来よりSUS304が素材鋼種に使用され、手摺、防護柵、パイプシャッター等の建築部材へ適用されている。しかし、SUS304装飾管はウォーターフロント環境や屋内プール等の腐食性の厳しい環境においては発錆が生じる場合があり、板材と同じく、高耐候性の装飾管が要求されていた。高Cr、Moのフェライト系ステンレス鋼装飾管は、これまで造管や研磨工程において適正製造条件が確立されておらず、建築部材への適用が困難であったが、これらの課題を解決し、高耐候性のNSS445M2およびNSS447M1の装飾管を開発した。本報告では、NSS445M2およびNSS447M1装飾管の諸特性を紹介する。

2. NSS445M2およびNSS447M1装飾管の諸特性

2.1 化学成分

表1にNSS445M2およびNSS447M1の化学成分の代表例を示す。NSS445M2、NSS447M1は、各々耐候性を高めるため、22Cr-1.2Mo、30Cr-2Moをベースとし、さらに、Nb、Ti、Alを複合で添加している。これらの安

表1 NSS445M2およびNSS447M1の化学成分例 (mass%)

Table 1 Chemical compositions of NSS445M2 and NSS447M1 (mass%)

鋼種	C	Si	Mn	Ni	Cr	Mo	Nb	Ti	Al	N
NSS445M2	0.01	0.2	0.2	—	22.1	1.2	0.2	0.2	0.1	0.01
NSS447M1	0.01	0.2	0.2	—	30.2	2.1	0.2	0.2	0.1	0.01
SUS304	0.05	0.6	0.8	8.3	18.3	—	—	—	—	0.04
SUS316	0.05	0.5	1.0	11.5	17.1	2.3	—	—	—	0.04

定化元素の複合添加は、不動態皮膜中のCr濃度アップやSの固定等により耐候性向上に寄与していると推察されている^{1,4)}。

2.2 機械的性質および曲げ加工性

表2および表3にNSS445M2とNSS447M1装飾管の機械的性質の例および90度曲げ加工における限界曲げ半径を示す。限界曲げ半径は、板厚減少率30%以下を確保できる最小の曲げ半径と定義した。管は高周波溶接により製造したものである。また、管の曲げ加工は回転引曲法により芯金を用いて行った。

NSS445M2およびNSS447M1装飾管はフェライト系

*技術研究所 ステンレス・高合金研究部 材料第三研究チーム 主任研究員

**技術研究所 加工技術研究部 加工第二研究チーム 主任研究員 (現;日研ステンレス継手(株))

***尼崎製造所 技術チーム 主任部員

表2 NSS445M2およびNSS447M1装飾管の機械的性質の例
Table 2 Mechanical properties of NSS445M2 and NSS447M1 ornamental pipes

鋼種	寸法 (mm)	耐力 (N/mm ²)	引張強さ (N/mm ²)	伸び (%)	断面硬さ (HV5)	へん平性 ¹⁾
NSS445M2	42.7φ×2.0t	515	550	43	178	H≦2/3D
NSS447M1	42.7φ×2.0t	560	610	37	205	H≦2/3D
SUS304	42.7φ×2.0t	455	720	57	191	H≦2/3D

1)H:溶接部をへん平方向に対し垂直としたときのへん平高さ, D:外径

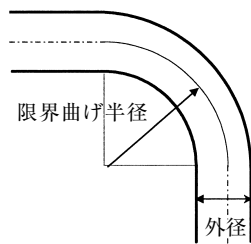
表3 NSS445M2およびNSS447M1装飾管の90度曲げ加工における限界曲げ半径

Table 3 Limited radius of bending after 90° bending for NSS445M2 and NSS447M1 ornamental pipes

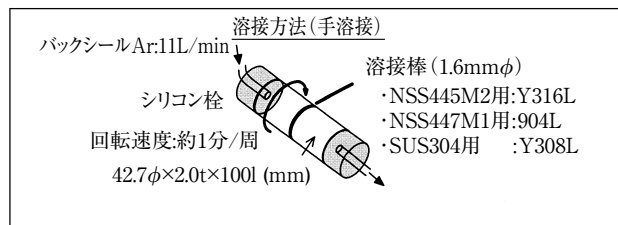
鋼種	寸法 (mm)	限界曲げ半径 (mm)	限界曲げ半径の外径に対する比
NSS445M2	42.7φ×2.0t	70	1.6
NSS447M1	42.7φ×2.0t	70	1.6
SUS304	42.7φ×2.0t	50	1.2

注1) 曲げ加工は回転引曲法により, 芯金を使用して実施。

注2) 限界曲げ半径は板厚減少率30%以下を確保できる最小の曲げ半径。



ステンレス鋼であるため, SUS304装飾管に比べてやや硬質である。また, 曲げ加工性もSUS304装飾管に比べやや劣るが, 限界曲げ半径の外径に対する比は1.6であり, 一般的な手摺等の用途における曲げ加工は十分可能である。



鋼種	60	80	100	120
NSS445M2	×	○	○	○
NSS447M1	×	○	○	○
SUS304	×	○	○	○

溶接電流 (A)

図1 TIG溶接時の適正溶接電流
Fig.1 Appropriate welding current for TIG welding

2.3 TIG溶接性

図1にNSS445M2およびNSS447M1装飾管のTIG溶接時における適正電流を示す。NSS445M2およびNSS447M1装飾管は, SUS304装飾管よりも適正電流範囲が若干狭いものの, 現地施工にて溶接可能な比較的広い適正範囲を有するといえる。

2.4 耐候性

2.4.1 直管

図2にNSS445M2とNSS447M1装飾管, および比較材のSUS304, SUS316装飾管の塩乾湿複合サイクル試験における発錆の経時変化を示す。発錆レベルの評価はステンレス協会発行の標準写真⁷⁾と比較し, レイティング

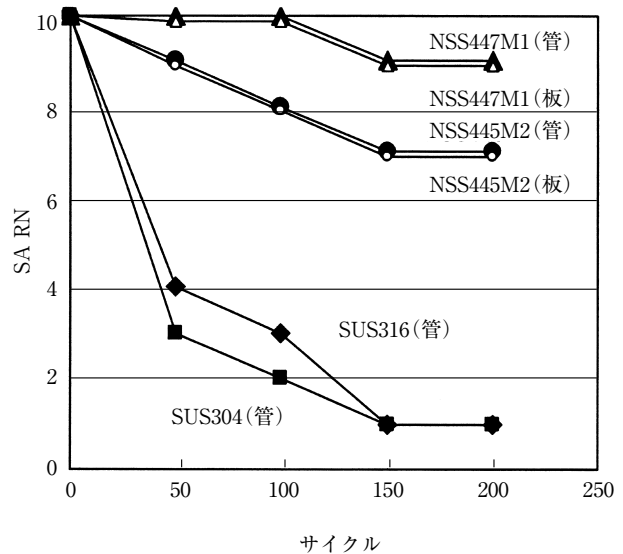
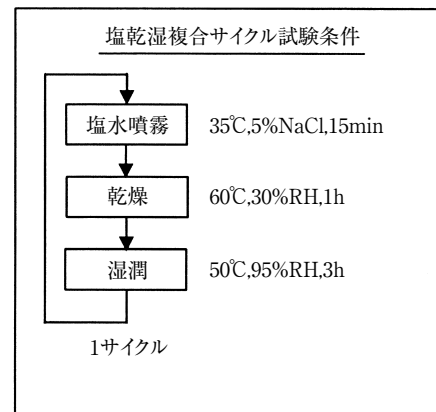


図2 NSS445M2およびNSS447M1装飾管の塩乾湿複合サイクル試験におけるSA RNの経時変化
Fig.2 Change of SA RN of NSS445M2 and NSS447M1 ornamental pipes with cycles in cyclic corrosion test

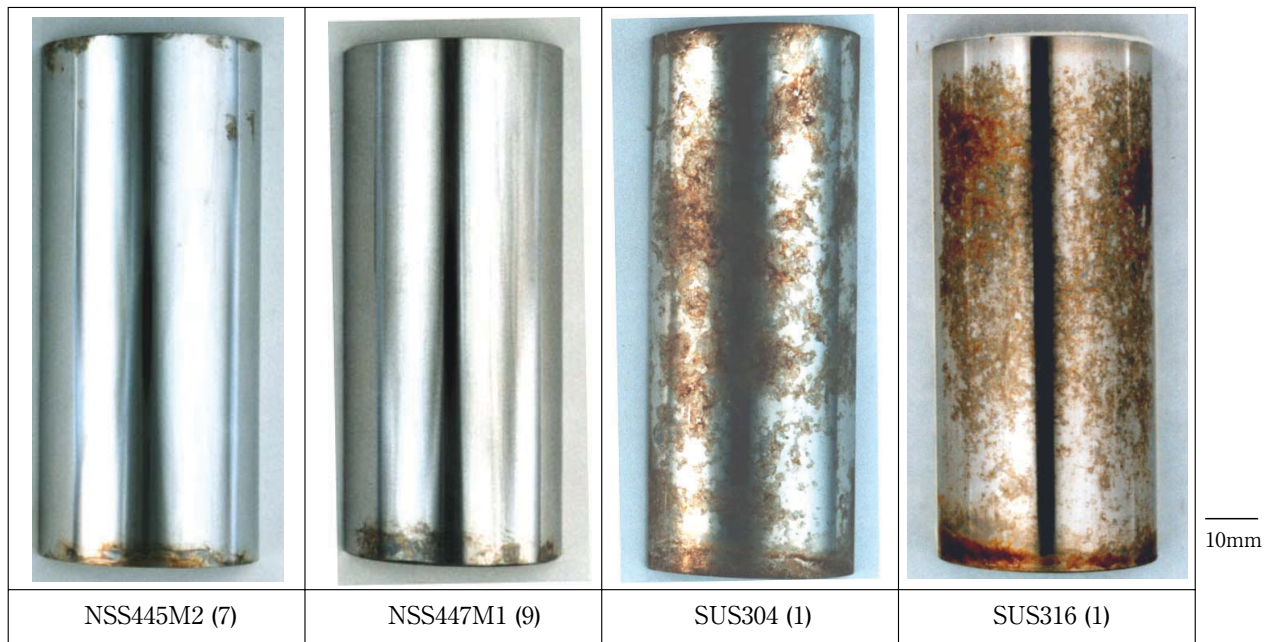


図3 NSS445M2およびNSS447M1装飾管の塩乾湿複合サイクル試験200サイクル後の外観
注：()内の数値はSA RN。

Fig. 3 Rust appearances after 200cycles of cyclic corrosion test for NSS445M2 and NSS447M1 ornamental pipes

ナンバー (SA RN) にて行った。ここでさび発生面積率が、約0.1%、1%および10%のときにSA RNはそれぞれ、8、5および3である⁷⁾。SUS304およびSUS316装飾管は早期より発錆が生じ、200サイクルではSA RNは1まで低下した。NSS445M2およびNSS447M1装飾管では200サイクル時点でSA RNはそれぞれ、7および9で発錆は非常に少なかった。

図3に塩乾湿複合サイクル試験200サイクル後のNSS445M2およびNSS447M1装飾管の外観を示す。NSS445M2装飾管はわずかに点さびが生じたが、NSS447M1装飾管はほとんど発錆はなかった。一方、SUS304およびSUS316装飾管は顕著に発錆した。

以上のようにNSS445M2およびNSS447M1装飾管はSUS304およびSUS316装飾管より耐候性は著しく優れるが、NSS447M1装飾管の方がNSS445M2装飾管より優れる。塩乾湿複合サイクル試験はサイクル進行に伴い塩が堆積する試験であり、この結果より塩の堆積しやすい部位へはNSS447M1装飾管の適用が推奨される。

図4に国内では最も腐食性が厳しい沖縄⁸⁾の海岸環境における大気暴露試験後の外観を示す。沖縄においてもNSS445M2およびNSS447M1装飾管はほとんど発錆せず、良好な耐候性を示した。一方、SUS304およびSUS316装飾管は赤さびが顕著に生じた。これまでに板材の大気暴露試験では2~3年経過後の発錆の進行は緩やかであることを把握しており⁶⁾、NSS445M2および

NSS447M1装飾管は長期的にも耐候性は優れると予想される。ただし、板材の場合、NSS445M2は塩が堆積する軒下等のような部位においては、発錆が生じた^{2,6)}ので、NSS445M2装飾管の下側面では長期暴露にて発錆する可能性がある。今後、これらの継続評価を行っていく。

従来より貯水槽内部のような残留塩素により腐食性が極めて強い環境へはSUS329J4L等(孔食指数: Cr+3Mo=約33)の高Cr, Moステンレス鋼が使用されている⁹⁾。屋内プール建屋内も貯水槽内部と同じく、残留塩素により腐食性が強い環境であり、SUS304装飾管は発錆する場合があった。そこで、今回、開発した装飾管のうち、孔食指数が約36のNSS447M1装飾管を屋内プール建屋内にて暴露した。

NSS447M1装飾管の屋内プールにおける暴露試験後の外観を図5に示す。同期間、暴露したSUS304装飾管サンプルおよび施工されているSUS304装飾管製手摺は発錆が生じたが、NSS447M1装飾管はほとんど発錆は生じなかった。

2.4.2 曲げ加工後およびTIG溶接後の手直し研磨部

手摺等の用途においては、曲げ加工後や溶接後に手直し研磨が施されるので、手直し研磨部の耐候性を調査した。手直し研磨は、溶接部の酸化皮膜や乾式研磨時の酸化皮膜の残存による耐候性低下を防止するため、図6、図7に示した手順で入念に行った。図6お

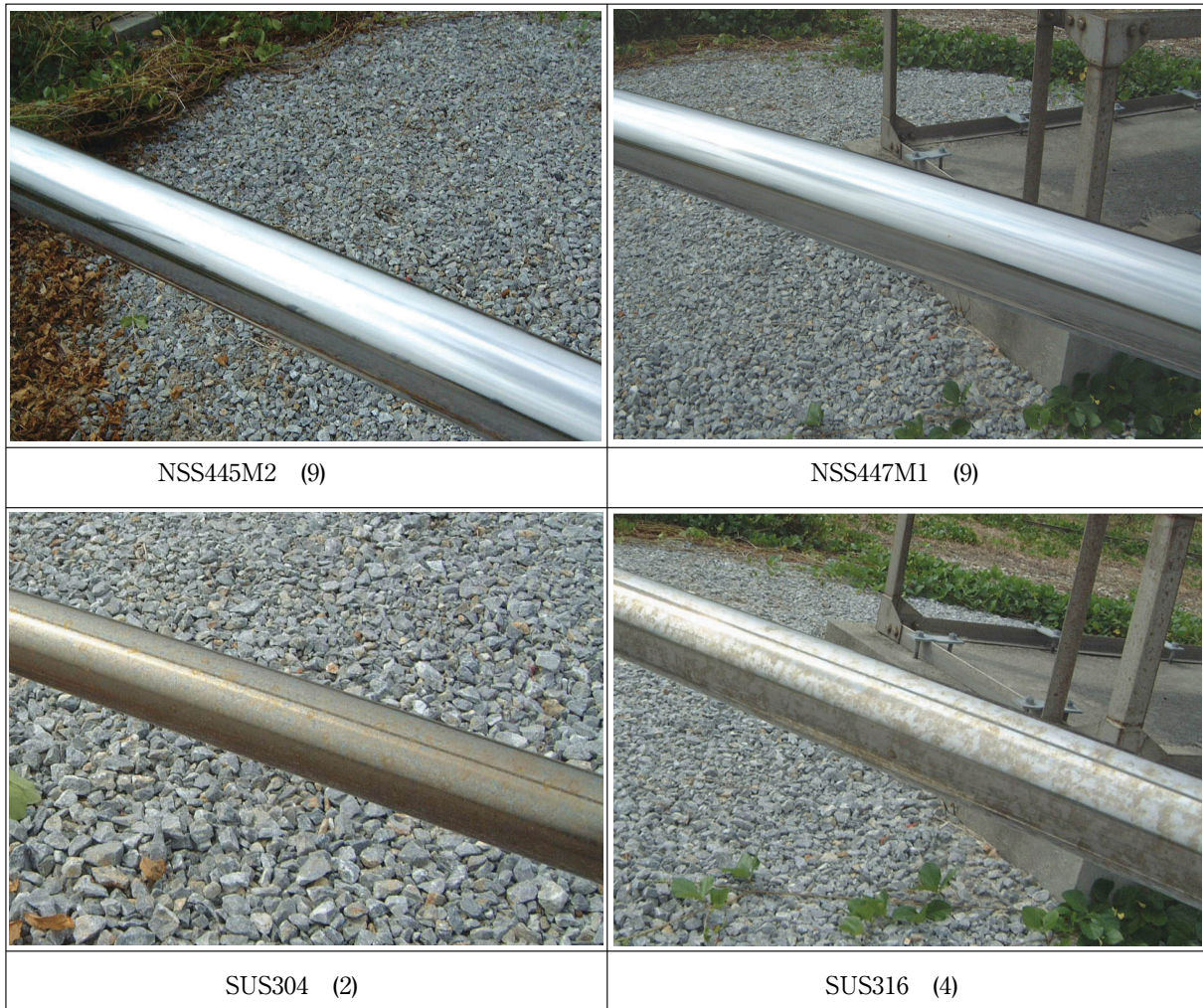


図4 NSS445M2装飾管およびNSS447M1装飾管の大気暴露試験後の外観（沖縄，海岸から30m，2年）

注：()内の数値はSA RN。

Fig. 4 Rust appearances after atmospheric corrosion test for NSS445M2 and NSS447M1 ornamental pipes (Okinawa, 30m away from the sea, 2 years)

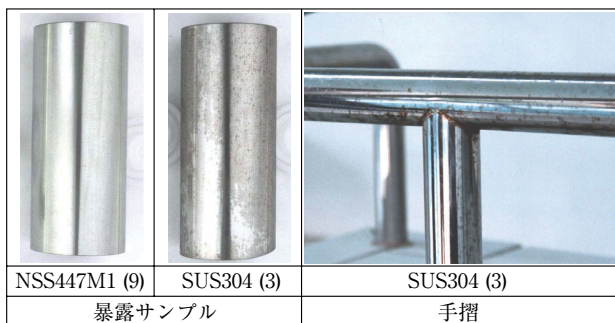


図5 NSS447M1装飾管の屋内プール暴露試験後の外観（東京都内プール，3年）

注：()内の数値はSA RN。

Fig. 5 Rust appearances of NSS447M1 ornamental pipe after corrosion test at indoor swimming pool for 3 years

および図7にNSS445M2とNSS447M1装飾管の曲げ加工後およびTIG溶接後の手直し研磨部の大気暴露試験結果を示す。曲げ加工後およびTIG溶接後のいずれの手直し研磨部とも素管部と同様に発錆はほとんど生じなかった。

3. 用途例

図8に沖縄地区の物件へのNSS447M1装飾管の適用例を示す。従来，沖縄ではSUS304装飾管は早期に発錆する事例が多くあったが，NSS447M1装飾管は施工後3年経過でも良好な耐候性を有している。

NSS445M2およびNSS447M1装飾管の適用部位は，前

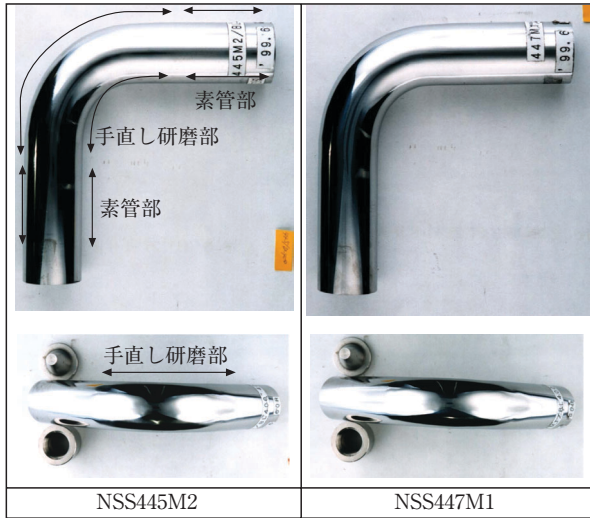
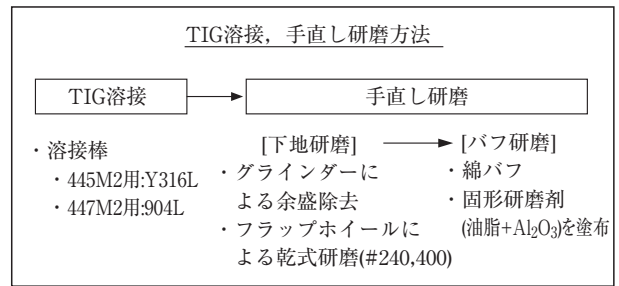
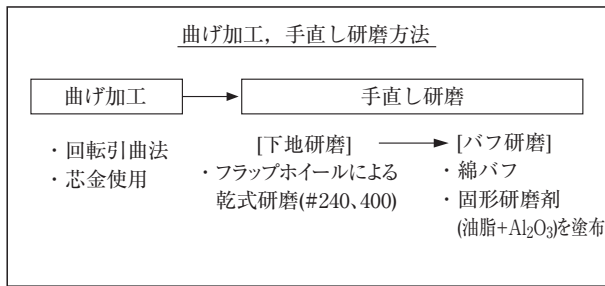


図6 NSS445M2およびNSS447M1装飾管の曲げ加工部の大気暴露試験後の外観(山口県周南市, 海岸から5m, 3年)
 Fig. 6 Rust appearances after atmospheric corrosion test for bended NSS445M2 and NSS447M1 ornamental pipes (Syunan City,5m away from the sea,3years)

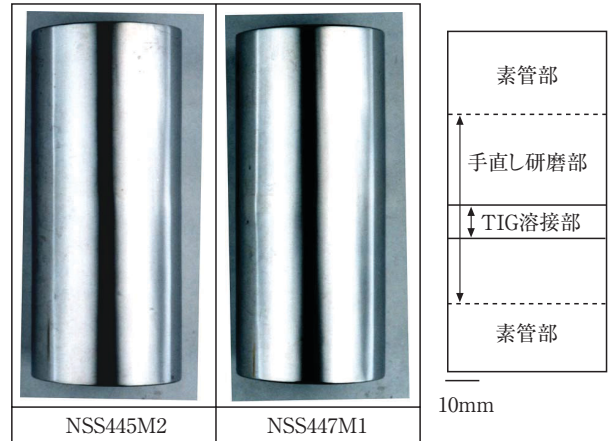


図7 NSS445M2装飾管およびNSS447M1装飾管TIG溶接部の大気暴露試験後の外観(山口県周南市, 海岸から5m, 3年)
 Fig. 7 Rust appearances after atmospheric corrosion test for TIG welding joints of NSS445M2 and NSS447M1 ornamental pipes (Syunan City,5m away from the sea,3years)



図8 NSS447M1装飾管の施工例(沖縄県,3年)
 Fig. 8 Applications of NSS447M1 ornamental pipes for fences and handrails (Okinawa,3years)

述したように板材の暴露試験結果⁶⁾ および塩乾湿複合サイクル試験結果(図2, 3) から, NSS445M2装飾管は雨水等により塩の洗い流しのある部位, NSS447M1装飾管は軒下等の塩の堆積する部位や屋内プール環境などのさらに厳しい環境への適用が推奨される。

4. 結 言

高耐候性装飾管として開発したNSS445M2およびNSS447M1装飾管の諸特性を紹介した。両鋼種の装飾管は、従来よりSUS304装飾管の発錆が問題となっていた海岸近傍の環境や屋内プール環境において優れた耐候性を有する。今後は、これらの腐食性環境の手摺、防護柵、パイプシャッター等の用途への適用拡大が期待される。

参考文献

- 1) T.Utsunomiya, I.Sugimoto, T.Adachi and Y.Uematsu : *Nisshin Steel Technical Report*, 70 (1994), 45.
- 2) K.Shirayama, T.Utsunomiya and T.Nagoya : *Nisshin Steel Technical Report*, 75 (1997), 46.
- 3) K.Shirayama, T.Utsunomiya and T.Nagoya : *Nisshin Steel Technical Report*, 81 (2001), 42.
- 4) T.Utsunomiya, K.Shirayama, T.Adachi and Y.Uematsu : *CAMP-ISIJ*, 9 (1966), 899.
- 5) K.Shirayama, T.Utsunomiya and T.Nagoya : *CAMP-ISIJ*, 10 (1997), 560.
- 6) K.Shirayama, T.Adachi, T.Nagoya and T.Utsunomiya, : *CAMP-ISIJ*, 14 (2001), 1198.
- 7) ステンレス協会技術委員会腐食専門委員会：ステンレス鋼の表面さび発生程度評価のための標準写真研究報告, (1995)
- 8) 中田潮雄, 森田大, 述川茂男：第47回材料と環境討論会, (2000), 17.
- 9) 日新製鋼技術資料：高耐食性2相系ステンレス鋼NSS329M2, (1995)