

# 造船用鋼材

## Steel Products for Shipbuilding

鈴木 伸一	SUZUKI Shinichi	JFE スチール	スチール研究所 厚板・形鋼研究部	主任研究員(課長)
村岡 隆二	MURAOKA Ryuji	JFE スチール	スチール研究所 厚板・形鋼研究部	主任研究員(副課長)
小日向 忠	OBINATA Tadashi	JFE スチール	西日本製鉄所 鋼材商品技術部	主任部員(副部長)
遠藤 茂	ENDO Shigeru	JFE スチール	スチール研究所 厚板・形鋼研究部	主任研究員(課長)
堀田 知夫	HORITA Tomoo	JFE スチール	西日本製鉄所 鋼材商品技術部	主任部員(課長)
小俣 一夫	OMATA Kazuo	JFE スチール	厚板セクター部長	

### 要旨

造船用鋼材について、その商品設計の考え方、性能を紹介する。溶接工数の大幅削減で生産性向上に貢献するコンテナ船用新大入熱溶接対応 TMCP (thermo-mechanical control process) 鋼板および LP 鋼板 (longitudinally profiled steel plate, テーパープレート)、腐食の面から船舶の高性能化に貢献する原油タンカー用耐食鋼 NAC5、ケミカルタンカー用クラッド鋼板、原油の積み下ろし時使用される荷油管の腐食磨耗性能の向上を図った JFE-MARINE-COP および TMCP 技術を駆使し厚板並みの溶接性を有する造船用形鋼の 6 種類である。

### Abstract:

Product designs and properties of 6 steel products for shipbuilding are described. They are new TMCP (thermo-mechanical control process) steel plates, weldable with high heat input, for container ships and LP (longitudinal profile) plates, both contribute to the increase in productivity at shipyards through the large reduction of welding time, anti-corrosion steel plates for crude oil tankers NAC5 which contribute to high performance of ships from the viewpoint of corrosion, clad steel plates for chemical tankers, anti-corrosion pipes, JFE-MARINE-COP, used in crude oil tankers for loading and unloading crude oil, and shapes for shipbuilding which are produced using TMCP to realize weldability as good as steel plates.

## 1. はじめに

近年、造船業界では、船舶の多様化(専用船化)にあわせ、船舶の高性能化と建造の生産性向上が強力に推進されてきた。その過程で鋼材に対しさまざまな開発ニーズが提示され、新技術・新商品が生まれてきた。

本稿では、上記のニーズに応えるため開発された次の 6 種類の鋼材について、その商品設計の考え方や性能について述べる。厚板では、溶接工数の大幅削減で生産性向上に貢献するコンテナ船用新大入熱溶接対応 TMCP (thermo-mechanical control process) 鋼板および LP 鋼板 (longitudinally profiled steel plate, テーパープレート)、腐食の面から船舶の高性能化に貢献する原油タンカー用耐食鋼 NAC5、ケミカルタンカー用クラッド鋼板、鋼管では、原油の積み下ろし時使用される荷油管の腐食磨耗性能の向上を図った

JFE-MARINE-COP、形鋼では、TMCP 技術を駆使し厚板並みの溶接性を有する造船用形鋼である。

## 2. 厚板

### 2.1 大入熱溶接用鋼「EWEL」

近年の遠距離物流の増加を背景にコンテナ船の大型化が急速に進んでおり、最近では 8 000 TEU クラスの大型船の建造が進められている。こうした大型コンテナ船においては使用される鋼材の高強度化、厚肉化が著しく、降伏強度 390 N/mm<sup>2</sup> 級、最大板厚 65 mm 以上の鋼板が用いられ始めている。このような厚肉鋼板の溶接には高能率溶接方法であるエレクトロガスアーク溶接 (EGW) による立向 1 パス施工の適用が進んでおり、その際の溶接入熱は 400 kJ/cm を超える超大入熱となる。このため溶接熱影響部 (HAZ) の組織は著しく粗大化し、継手部の靱性が大き

Table 1 Charpy impact energy of KL37 plate

Grade	Thickness (mm)	Welding method	Heat input (kJ/cm)	Charpy impact energy at -55°C (J)					
				FL		HAZ 1 mm		HAZ 3 mm	
				Min.	Ave.	Min.	Ave.	Min.	Ave.
KL37	17	FAB	88	70	128	74	116	264	289

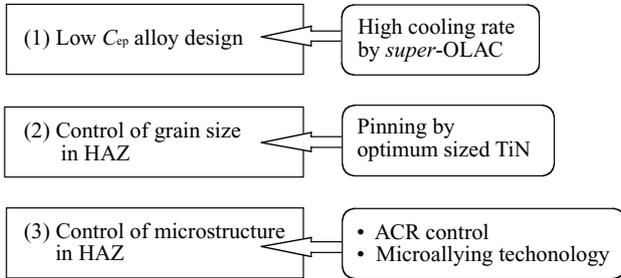


Fig. 1 Concept of developing high strength steel plates, "EWEL", for high heat input welding

く劣化するという問題がある。また、高強度化、厚肉化に対しては、炭素当量 ( $C_{eq}$ ) の増加や合金元素の添加が必要であり、溶接性、溶接継手靱性を劣化させる原因となる。

このような課題に対応するため、当社は Fig. 1 に示すような技術コンセプトにもとづいた大入熱溶接対策技術の開発を行い、大型コンテナ船などに用いられる大入熱溶接用鋼 EWEL を実用化している<sup>1)</sup>。すなわち、(1) 母材の低成分化：高冷却速度を有する Super-OLAC (on line accelerated cooling) を活用して母材および継手強度を考慮した最適成分設計を行い、降伏強度 355 N/mm<sup>2</sup> 級鋼と同レベルの  $C_{eq}$  での降伏強度 390 N/mm<sup>2</sup> 級の達成、ならびに溶接継手靱性を阻害する上部ベイナイト組織の抑制、(2) HAZ の粒径制御技術：TiN の最適利用による HAZ の粗粒化の大幅な抑制、(3) HAZ の粒内組織制御：当社独自の ACR (atomic concentration ratio) 制御およびマイクロアロイング元素の活用による粒内フェライトの生成促進により、優れた母材特性および溶接継手特性の達成が可能となった。Fig. 2 に板厚 80 mm の YP390 N/mm<sup>2</sup> 級鋼板を 1パスエレクトロガスアーク溶接した場合の継手靱性を示す。この大入熱溶接用鋼 EWEL は -40 においても良好な継手靱性を有する。

また、優れた低温靱性が要求される造船用低温用鋼や F 級鋼についても、同様のコンセプトにより開発・実用化を行っている。これらの鋼材の溶接においては入熱の絶対値は必ずしも大きくないものの、片面 1パス溶接である FAB 溶接や FCB 溶接の場合は板厚に対する相当入熱が大きく、かつ低温での靱性も要求される。Table 1 に低温用鋼板の溶接継手靱性の一例を示す。FAB 溶接 (入熱：92 kJ/cm) により作製した継手は、安定した特性を有している。

このように、大入熱溶接用鋼 EWEL は Super-OLAC と

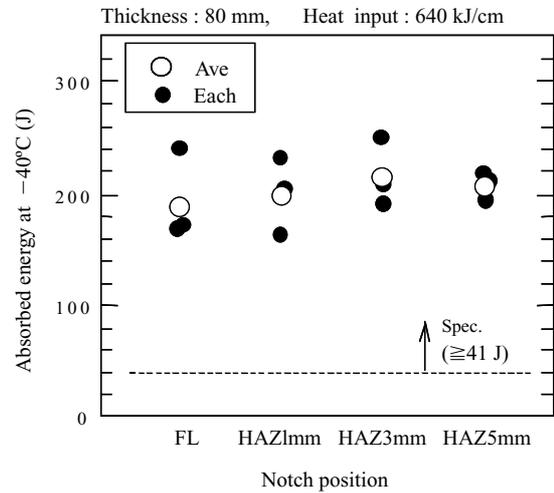


Fig. 2 Charpy impact energy of welded joint of EH40 plate

独自のマイクロアロイング成分設計により母材および HAZ の組織を制御し、優れた特性を実現している。これらの開発鋼は需要家より高い評価を受けており、大型コンテナ船や LPG 船向けなどに数多くの採用実績を有し、今後さらなる需要の拡大が見込まれる。また、ここで紹介した大入熱溶接用鋼のコンセプトは建築分野にも適用され、降伏強度 325 ~ 440 N/mm<sup>2</sup> 級鋼で実用化を進めている<sup>2)</sup>。

## 2.2 原油タンカー用耐食鋼「NAC5」

原油タンカーのアップーデッキ裏は、Fig. 3 に示すように、排気ガスならびに原油から揮発する硫化水素が混在する雰囲気である。さらに、昼夜での乾湿繰り返しを受けるため、vapor space 腐食と呼ばれるデッキ裏特有の腐食が問題となっている。その平均腐食速度は 0.1 mm/y 程度であるが、船舶の寿命を 20 年程度と考えた場合、デッキブ

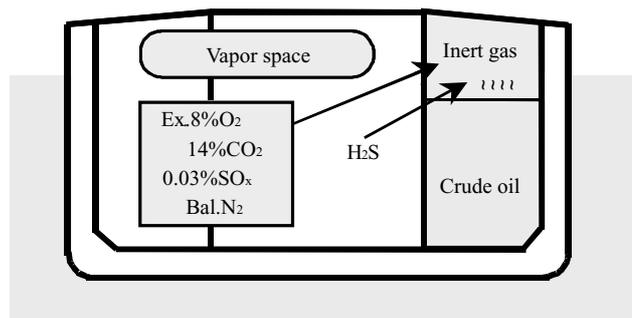


Fig. 3 Illustration of corrosion under upper deck plate in crude oil tanker

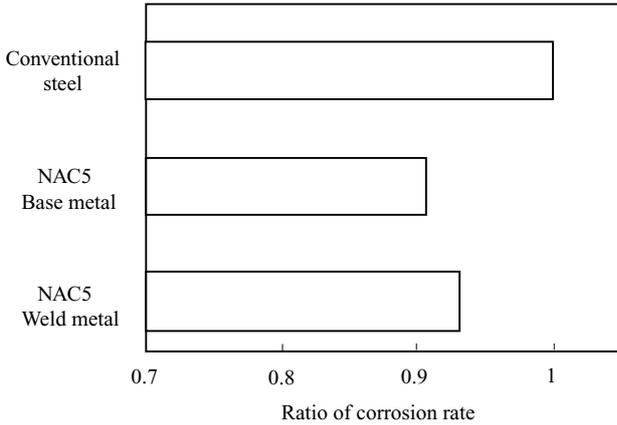


Fig. 4 Corrosion test results of NAC5 and conventional steel (Gas : CO<sub>2</sub>-SO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>S-O<sub>2</sub>-N<sub>2</sub>, 720 h)

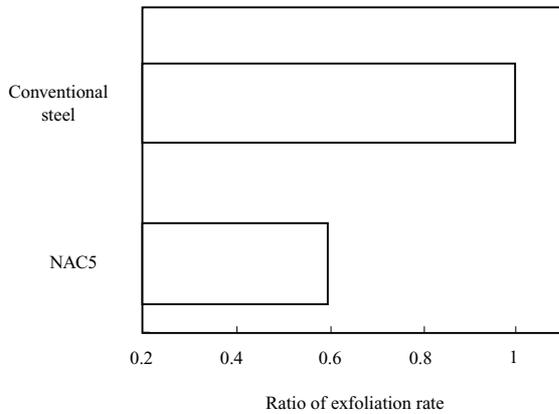


Fig. 5 Corrosion test results of cross cut specimens coated by shop primer

レートの切り換えが発生する可能性が増加し、船舶の信頼性が低下する恐れがある。当社では、ショッププライマーの適用を前提とし、造船材として重要な溶接性を損なうことなく、デッキプレートの耐用寿命を約5年延長することが可能と考えられる、原油タンカー用耐食鋼 (NAC5 : new anti-corrosion No.5) を開発した。造船用厚板ならびに形鋼の商品として、降伏強度 235 ~ 355 N/mm<sup>2</sup> 級の A, D グレードを製造している。

デッキプレート裏での腐食環境を模擬した乾湿繰り返し腐食試験により、NAC5 ならびに現用鋼の裸使用での耐食性を調査した結果を Fig. 4 に示す。NAC5 の裸使用での腐食速度は母材、溶接部とも現用鋼に比べて約 10% 低減し、裸使用での耐食性が向上した。さらにクロスカット付き腐食試験片を用いた乾湿繰り返し腐食試験を行い、ショッププライマーの塗膜寿命について調査した結果を Fig. 5 に示す。NAC5 での剥離速度は現用鋼に比べて 40% 程度低減しており、NAC5 の適用によりショッププライマーの寿命を約 2 倍に延長することが可能と考えられる。また、NAC5 は TMCP 技術の適用により現用鋼と同等の炭素当量に抑えてあるため、現用溶接材料の使用が可

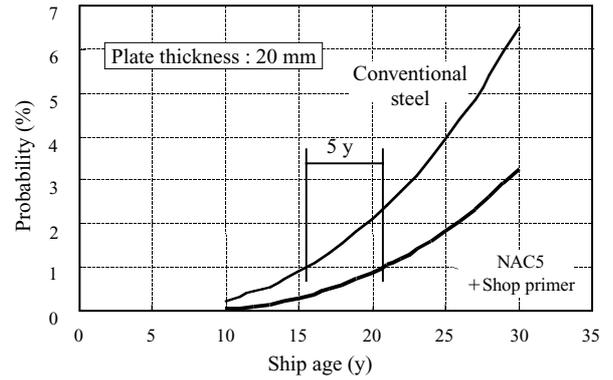


Fig. 6 Estimation of life of deck plate

能であり、現用鋼と同等の溶接施工性を有している。

デッキプレートの耐用寿命について、山本によるアッパーデッキ裏の腐食損傷に関する調査結果<sup>3)</sup>に基づき、NAC5 を用いた場合の耐用寿命を予測した結果を現用鋼と比較し Fig. 6 に示す。切替確率 1% の評価において、NAC5 にプライマーを併用することによりデッキプレートの耐用寿命は現用鋼に比べて約 5 年延長すると推定される。

さらに、NAC5 の適用により、メンテナンス費用の低減ならびに船舶の信頼性向上が図れると考えられる。

### 2.3 造船用 LP 鋼板<sup>4 ~ 6)</sup>

LP 鋼板は長手方向に連続的に板厚を変化させた厚板で、構造物の溶接箇所減少や鋼材重量低減を可能とした高性能鋼である。

Fig. 7 に造船用に使用されている代表的な LP 鋼板の形状を示す。LP1, LP2 は長手方向一方向に板厚が変化する LP 鋼板で、LP2 は先端、尾端に等厚部を設けている。この等厚部により溶接継ぎ手部の板厚の一定化を図ることができる。また、LP7, LP8 は長手方向一方向に 2 段階に板厚が変化する鋼板である。

LP 鋼板の製造は、圧延中にロール開度を連続的に変化させて板厚差を付与する方法で行っている。

LP 鋼板の造船への適用効果を、バルクキャリアーのトランスバルクヘッド (船倉の横方向隔壁) を例に、Fig. 8

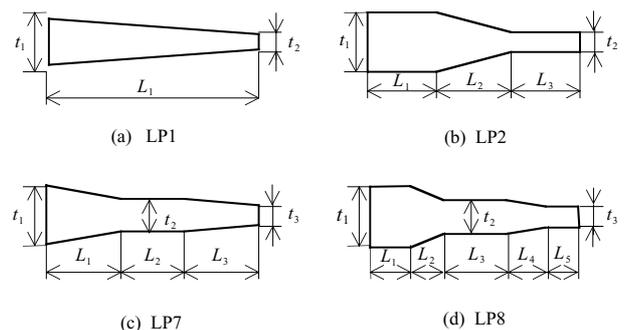


Fig. 7 Various thickness profiles of LP plates

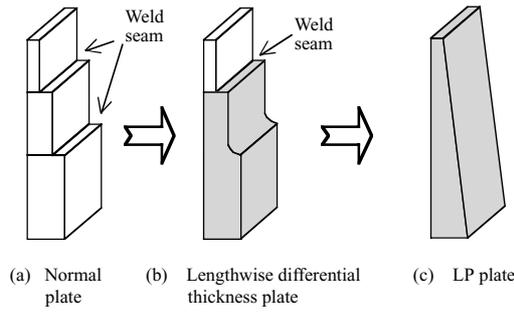


Fig. 8 Example of an omission of weld seams and reduction of weight by using LP plate

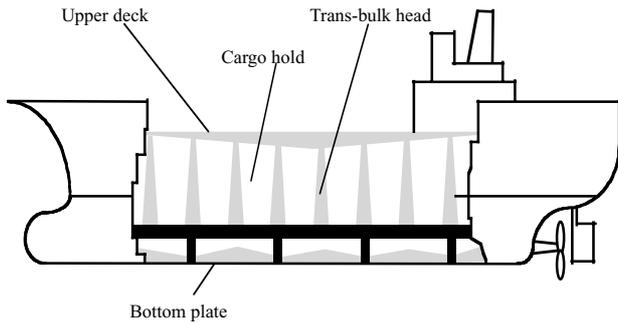


Fig. 9 Examples of typical application of LP plate for shipbuilding

に示す。トランスバルクヘッドにおいては、船底から上部に向かって板厚を薄くする必要がある。従来は、軽量化を図るべく、応力が小さくなるにつれて板厚が薄くなるよう、Fig. 8 (a) に示すように、厚さの異なる多数の鋼板を溶接で板継ぎして施工していた。この部分に Fig. 8 (b) のように差厚鋼板を適用すると、溶接個所の削減が可能となる。差厚鋼板とは、長手方向で厚さの差を設けた鋼板である。さらに、Fig. 8 (c) に示すように LP 鋼板を適用することで、さらなる鋼材重量の削減と板継ぎ個所の減少が可能となった。

Fig. 9 に造船への LP 鋼板の適用箇所を示すが、トランスバルクヘッド以外に、アッパーデッキ、ボトムプレートなど、多くの箇所に LP 鋼板は使用されている。造船規格において、LP 鋼板は造船用 40 k (A, B, D) 級鋼および 50 k (A, D, E) 級鋼で製造可能である。

Fig. 10 に、1993 年以降の LP 鋼板の出荷実績と LP 鋼板の形状に関するレベルアップ項目を示す。当初一方向 LP 鋼板のみであったが、二方向 LP 鋼板 (1996 年)、最大板厚差勾配 8 mm/m LP 鋼板 (2000 年)、2 段階 LP 鋼板 (2001 年) の開発を行ってきた。

1993 年以降、2002 年末までの出荷実績は 58 000 t 強であり、1993 年に造船用鋼板として初適用されて以来、着実にその使用実績を増やしている。特に、1999 年以降 LP 鋼板の使用実績が急増している。これは LP 鋼板を造船に適用した場合、溶接個所の減少や鋼材使用重量の軽減を可能とし、施工コストを低減できる鋼板として広く認知され

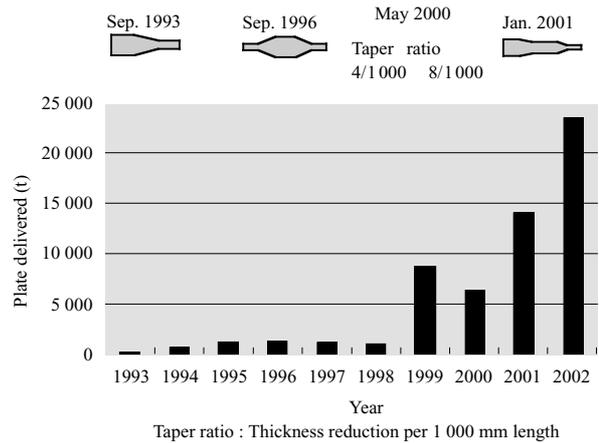


Fig. 10 Supply record of LP steel plates for shipbuilding

たことを示している。17 万 t 級バルクキャリアーに LP 鋼板を約 2 500 t 使用し、700 m の溶接長削減と 218 t の鋼材使用重量削減を達成した事例がある。

#### 2.4 ケミカルタンカー用クラッド鋼

クラッド鋼板は、炭素鋼または低合金鋼の鋼板 (母材) の片面または両面に、ステンレス鋼板など (合せ材) を接合した複合鋼板である。したがって、クラッド鋼板は構造部材として必要な強度を持つ (母材部分) と同時に、耐食性などの機能 (合せ材部分) も兼ね備えており、単一の材料では実現困難な特性を有する高機能材料である。

近年、ケミカルタンカーの船殻材としてステンレスクラッド鋼板を使用するケースが増えてきている (Fig. 11)。ケミカルタンカーに使用するステンレスクラッド鋼板の合せ材 (ステンレス鋼) には、積荷となる多種類の薬品に対する耐食性が要求され、母材 (炭素鋼) には、高比重の積荷と厳しい荷重条件に耐え得る優れた機械的性質が要求される。また、建造に際して合せ材を剥ぎ取らないで隔壁用のステンレス鋼を溶接することが多いので、母材と合せ材との接合強度も要求される。このようにケミカルタンカーは、ステンレスクラッド鋼板の用途として最も厳

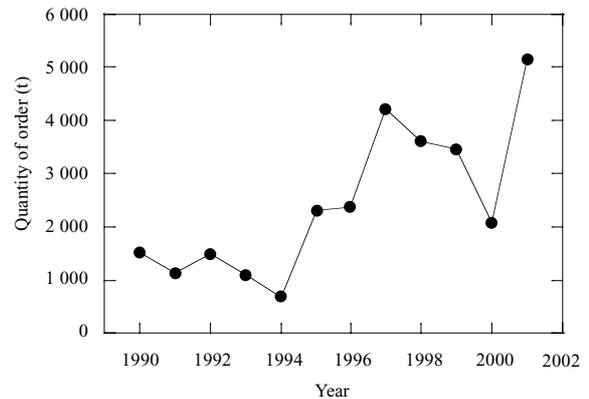


Fig. 11 Change in quantity of order of clad steel plates for chemical tankers

Table 2 Corrosion resistance of stainless clad steel

	Pitting corrosion JIS G0578 50°C, 24 h (g/m <sup>2</sup> h)	Intergranular corrosion JIS G0575 16 h, 1t-bend	SCC (U-bend) Boiling 20%NaCl 500 h, 8t-bend
KA+316L	27.1 24.1 Ave. 25.6	No crack	No crack

Table 3 Corrosion rate in phosphoric and sulfuric acids

	Phosphoric acid 75°C (mm/y)	98% sulfuric acid 50°C (mm/y)
KA+316L	0.160 0.158	0.25 0.25

Phosphoric acid : 44%P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>+8.3%SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>+1.6%Fe<sup>3+</sup>  
+0.8%Al<sup>3+</sup>+1.3%F<sup>-</sup>+0.2%Cl<sup>-</sup>

Table 4 Tensile test and V-notch Charpy impact test results

	Tensile test*			Impact test**
	YS (MPa)	YS (MPa)	El (%)	vE <sub>-20°C</sub> (J)
KA+316L t=(9+3)mm Direction : T	276	473	34	82

\*Full thickness, W=25 mm, GL=200 mm

\*\*3/4 size V-notch Charpy impact test of base metal

しい性能を要求されるものの一つと言える。

クラッド鋼板の製造方法には種々あるが、当社では圧延クラッド法により製造している。以下に、圧延クラッド鋼板の優れた性能の一部を示す。

クラッド鋼板の合せ材の耐食性を加速試験により評価した結果を Table 2 に示す。耐孔食性、耐粒界腐食性、耐 SCC 性のいずれも、ステンレス鋼の無垢材と同等の性能を有している。また、実際の積荷のなかで、特に強い薬品の代表として挙げられる、粗製リン酸と硫酸について、耐食性を評価した結果を Table 3 に示す。加速試験とするため、試験温度をそれぞれ 75、50 と高目にしてはいるが、良好な耐食性を有していることが確認できる。

機械的性質の評価結果として、クラッド鋼の全厚引張試験結果と炭素鋼部のシャルピー衝撃試験結果を Table 4 に、また各種曲げ試験の結果を Table 5 に示す。いずれの試験結果とも、船殻材として十分な特性であることが認められる。

圧延クラッド鋼は、今後のさらなる需要拡大にも、上記のような高性能材料として対応できるものとする。

Table 5 Bend test results

	Bend test*		
	Face bend r=1.5 t	Root bend r=2.0 t	Side bend r=2.0 t
KA+316L t=(9+3)mm Direction : T	Good	Good	Good

\*JIS G 0601

### 3. 鋼管

#### 3.1 オイルタンカー内配管荷油管 「JFE-MARINE-COP」

荷油管と呼ばれる原油や海水の積み降ろしに用いるタンカー内配管は、内外面ともに原油を含んだ海水環境にさらされるため、通常、塗装した 400 MPa 級鋼管「STPY400」や Cr を含んだ鋳鉄管が用いられている。荷油管には、耐海水性に加えて、耐腐食摩耗性などが求められているが、当社では、400 MPa 級鋼管の溶接性と鋳鉄管の耐食性、耐腐食摩耗性を兼ね備えた耐海水鋼管「JFE-MARINE-COP」を開発し販売している。ここでは、JFE-MARINE-COP の特徴と使用性能について紹介する。

#### 3.2 JFE-MARINE-COP の特徴

Table 6 に JFE-MARINE-COP の化学組成ならびに製造方法を示す。耐海水腐食性を向上させるために、Cu, Ni, Cr を添加し、さらに溶接部での選択腐食を防ぐために Ca を添加している。鋼板の製造方法として、均一なベイナイト組織とするために制御圧延と加速冷却「Super-OLAC」を適用している。

50 の人工海水中での腐食速度は、Cr 含有量の増加にともなって低下する傾向が認められ、1%の Cr を含む JFE-MARINE-COP は、Cr を含まない 400 MPa 級鋼に比べて 50%前後の腐食速度となる (Fig. 12)。

3 年間、荷油管として実船 (船名 BENETIA) で使用した JFE-MARINE-COP の鋼管断面の外観を Fig. 13 に示す。鋼管母材部、溶接部ともに、全面腐食や局部腐食に起因する減肉はほとんど認められなかった。これは均一な母材溶接熱影響部のミクロ組織と Cu, Ni, Ca の添加の効果により、溶接熱影響部の選択腐食が抑制された結果である。

含有炭素量が低い JFE-MARINE-COP は、y 割れ溶接割れ試験で予熱なしの条件においても、溶接低温割れは認められない (Fig. 14)。JFE-MARINE-COP の円周溶接用溶接材料として下記銘柄の手溶接 (SMAW) など各種溶接

Table 6 Chemical composition and manufacturing process of JFE-MARINE-COP

Chemical composition				Process
C (mass%)	Si (mass%)	Mn (mass%)	Others	
0.06	0.25	1.0	Cu, Ni, Cr	Super-OLAC

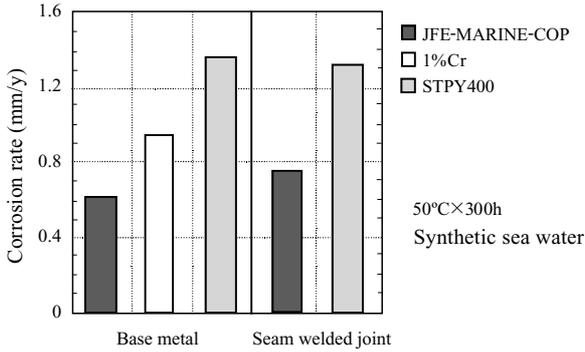


Fig. 12 Corrosion rate of JFE-MARINE-COP in synthetic sea water in comparison with those of 1% Cr, high C steel and STPY400

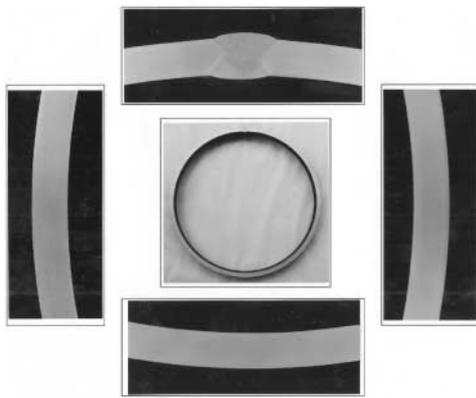


Fig. 13 Cross sections of the MARINE-COP after 3 years of service as a cargo oil tank in the BENETIA

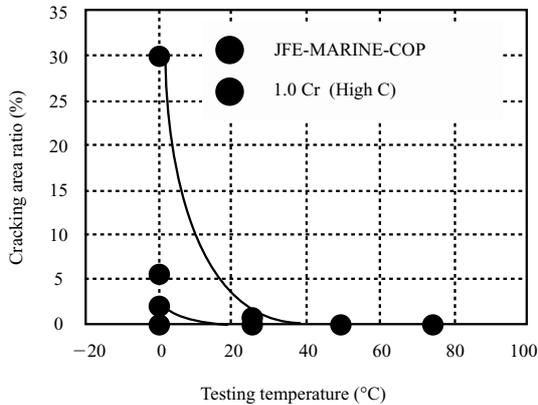


Fig. 14 Results of weld cold cracking evaluation test or Tekken test of JFE-MARINE-COP in comparison with 1% Cr, high C steel

材料が(株)神戸製鋼所との共同研究により開発されている。これらの溶接材料を用いた溶接部において良好な耐食性と耐腐食摩耗性も確認されている。

- (1) SMAW 用 /LBK52
- (2) GMAW 用 /MGK-52
- (3) TIG 用 /TGSK-52

### 3.3 製造実績

JFE-MARINE-COP は、JISSTPY400, STPY500 相当の強度レベルで外径 76.3 mm から 1 016 mm まで製造可能である。現在国内外向けに年間 5 000 t 前後の製造を行っている。

## 4. 形鋼

### 4.1 造船用形鋼

JFE スチールおよびグループ会社のエヌケーケー条鋼(以下 NKBS) は、形鋼分野への参入以来、船体に使用される形鋼の商品・プロセス開発に努めてきた。代表的な造船用形鋼である不等辺不等厚山形鋼 (NAB) および球平形鋼 (BP) をわが国で初めて製造、形鋼専用ショットプラスト設備、形鋼専用熱処理炉などの設備化、形鋼初の水冷型 TMCP 技術の開発など、常に造船用形鋼分野をリードしてきた。ここでは、造船用形鋼の商品および製造技術について紹介する。

### 4.2 造船用形鋼の種類

#### 4.2.1 形鋼の断面種類

JFE スチールおよび NKBS で製造している主な造船用形鋼を Table 7 に示す。NAB, BP, 不等辺山形鋼 (ABS), 平鋼 (FB), 山形鋼 (AB) など、JFE グループは造船用形鋼として豊富な品種を取り揃えている。さらに、サイズでは、JIS で規定された標準断面寸法以外に中間板厚サイズの形鋼も製造しており、船殻設計の自由度向上、最適設計に寄与してきた。

#### 4.2.2 製造規格

主要船級協会より、NKBS は DH36 まで、JFE スチールは次項で紹介する TMCP 技術を適用して EH40 までの軟鋼および高張力鋼の製造承認を取得している。さらに、JFE スチールでは、液化ガスばら積み船などで使用される -60 での衝撃特性を保証した低温用鋼についても製造承認を取得している。

### 4.3 造船用形鋼の製造プロセス

#### 4.3.1 造船用形鋼の圧延方法

造船用形鋼は、上記の材質設計とともに、NAB に代表されるようにその断面が上下左右非対称であり、熱間圧延での造形設計が重要である。長年蓄積された孔形設計技術に加えて FEM 解析により、2Hi ロールによる高精度孔型圧延を実現している。代表的な NAB について、圧延での造形プロセスを Fig. 15 に示す。

#### 4.3.2 造船用形鋼の TMCP 技術

溶接性に優れた低炭素当量型の高靱性高張力鋼の要請に対し、非水冷型および水冷型 TMCP 技術を開発し実用

Table 7 Dimensions of shapes for shipbuilding

Shape	No. of size	Section dimensions (mm)			Unit weight, $W$ (kg/m)	Moment of inertia, $I_x$ (cm <sup>4</sup> )	Brand
		A×B	$t_1$	$t_2$			
NAB	28	200× 90 - 450×125	8 - 12.5	14-18	21.8 - 60.8	1 120 - 16 600	JFE
BP	4	180 - 250	9.5- 12	—	16.5 - 29.9	671 - 2 360	JFE
ABS	6	100× 75 - 150× 90	7 - 12	—	9.3 - 21.5	118 - 619	NKBS
AB	30	20× 20 - 150×150	3 - 14	—	0.9 - 41.9	0.4 - 1 090	NKBS
	7	175×175 - 250×250	12 - 35	—	31.8 -128.0	1 170 - 9 110	JFE
FB	108	25 - 150	4.5- 25	—	0.9 - 29.4	—	NKBS

Table 8 Available TMCP shapes approved by certifying organization

Standard		Classification of ships							Chemical composition	
YP (kgf/mm <sup>2</sup> )	Grade	NK	AB	LR	NV	BV	KR	Cr	Steel	$C_{eq}$ (LR)
32, 36	A, D								Si-Mn	≤0.36
	E								Si-Mn	
40	A, D								Nb	
	E								Nb	

: JFE has the general approval

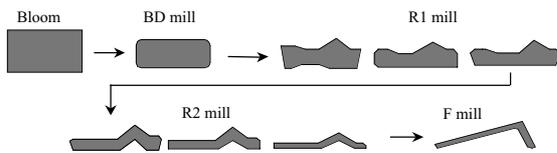


Fig. 15 Kaliber rolling process of NAB

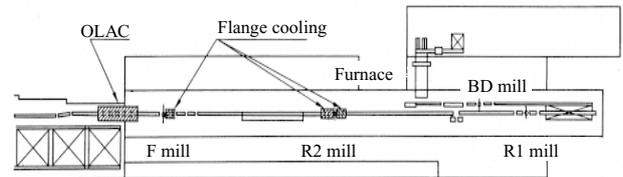


Fig. 16 Location of water cooling equipment

化してきた。TMCP 技術は厚板製造において先行開発された技術であるが、形鋼製造に適用するにあたっては、形鋼の断面形状の複雑さおよび孔型ロール圧延に起因して、厚板と比較して圧延条件に難しい制約を受ける。たとえば、異なった板厚断面内の均質性確保、寸法・形状精度の確保、孔型ロールの耐荷重制約などが挙げられる。したがって、形鋼独自の非水冷型 TMCP 技術、さらに形鋼初の水冷型 TMCP 技術を順次開発実用化してきた。

(1) 形鋼の水冷型 TMCP

非対称である NAB の圧延においては、その断面形状（フランジ部が厚く、ウェブ部が薄い）から、圧延途中および仕上りで、フランジ部の温度がウェブ部より高くなっている。したがって、TMCP 技術を NAB に適用するにあたって、上記圧延特性を効果的に利用し、ウェブは低温域での十分な圧下、フランジは仕上げ圧延後の加速冷却により、全断面にわたる均一な強度特性を得る方法を採用している。

(2) 形鋼 TMCP 用冷却装置

造船用形鋼の TMCP 用の冷却設備配置を Fig. 16 に示す。圧延後の加速冷却用として、仕上圧延機後面

に OLAC 設備、各部位の均質性の向上および TMCP の能率向上を目的に、中間および仕上圧延機のガイド内に冷却装置を設置している。それぞれの冷却装置は、圧延材の部位別温度特性を考慮して温度制御できるように設計されている。

(3) TMCP による製造可能規格

JFE スチールは、TMCP を適用した低炭素当量型高張力鋼の製造承認を主要船級について Table 8 のとおり取得している。

5. おわりに

造船業界のニーズに即応し、当社は世界標準になった水冷型の TMCP 鋼など、常に最先端商品を開発実用化してきた。今後も、造船業界のニーズ、たとえば、船の衝突安全性、耐腐食性、耐疲労性などの高性能化並びに生産性向上に寄与する Only 1, No.1 商品の開発を推進し、造船業界とともに社会の発展、地球環境の保全に貢献していく考えである。

参考文献

- 1) 小俣一夫, 吉村洋, 山本定弘. 高度な製造技術で応える高品質高性能厚鋼板. NKK 技報. no.179, 2003, p.57-62.
- 2) 木村達己, 久田光夫, 藤沢清二, 横山幸夫, 香取修治. 超大入熱溶接部靱性に優れた建築構造用厚鋼板. 川崎製鉄技報. vol.34, no.4, 2002, p.158-163.
- 3) 山本規雄. 腐食損傷に関する最近の調査結果とその強度検討. 構造シンポジウム. 2001-12, p.3-15.
- 4) 弓削佳徳, 堀紀文, 西田俊一. 川崎製鉄技報. vol.30, no.3, 1998, p.137-141.
- 5) 谷川治, 郡山猛, 天野虔一. 川崎製鉄技報. vol.32, no.3, 2000, p.198-204.
- 6) 楠原祐司. 第 159・160 回西山記念講座. 1998, p.1-18.



鈴木 伸一



村岡 隆二



小日向 忠



遠藤 茂



堀田 知夫



小俣 一夫