

# JFE スチールの鋼管事業

## Business Pursuit of Pipes and Fitting in JFE Steel Group

正村 克身 MASAMURA Katsumi JFE スチール 鋼管セクター部 主任部員(部長)・工博

### 要旨

JFE スチールは、グループ企業と協力して、鋼管および鋼管関連製品を製造販売している。その商品は、石油・天然ガスの生産および輸送に使用される油井管、ラインパイプから身の回りのガスや水道を供給する配管、自動車に使用される材料管など多岐にわたる。材料も、炭素鋼から 980 MPa 級の高強度材およびステンレス鋼まで、高炉メーカーである JFE スチールが製造する高品質の鋼を素材として製造している。

### Abstract:

JFE Steel and associated companies have been manufacturing and selling steel pipes & tubes and related products. The products cover piping for gas and water services, mechanical pipes used for automobiles and oil country tubular goods (OCTG), and line pipes which are used for the production and transportation of oil & natural gas. Materials used for pipes & tubes range from carbon steels to high strength steels with 980 MPa as well as stainless steels with total quality control produced by JFE Steel as an integrated steel manufacturer.

## 1. はじめに

1914 年に日本で最初に継目無鋼管を製造した長い歴史を持つ JFE スチールの鋼管事業は、常に技術革新に取り組み、素材から一貫した品質管理のもとに、炭素鋼、合金鋼、ステンレス鋼に至る鋼管を製造している。

本稿では、JFE スチールおよびグループ企業における鋼管商品の品揃えと、製造体制を紹介する。

## 2. JFE スチールグループの鋼管商品

JFE スチールグループの鋼管事業は、エネルギー産業に使用される油井管、ラインパイプ、ボイラーチューブ<sup>1,2)</sup>と国内を中心とした非エネルギー分野である配管用材料、建築土木用鋼管<sup>3)</sup>、自動車用<sup>4)</sup>に代表される材料管などを、それぞれの製造設備の特徴を生かし幅広い品揃えと優れた特性および品質でお客様の要望に応じて<sup>5)</sup>。JFE スチールおよびグループ企業の商品分野を表 1 に示す。JFE スチールはグループ企業との連携の下にそれぞれの製造設備の特長を生かした分業体制を構築し、お客様の要望に応えた商品を提供している。以下に、各商品の特徴を示す。

### 2.1 油井管

石油・ガスの生産に使用する材料である油井管は、高い強度とともに井戸に含まれる硫化水素や二酸化炭素に対する耐食性を要求される。特に、13%Cr 油井管では実用化された早い時期からその量産技術の確立および耐食性の改善に取り組んできた。この結果、13%Cr 油井管では、2006 年度に世界のシェアの 50%弱を占めるトップメーカーとなっている<sup>6)</sup>。

表 2 に JFE スチールの耐食合金油井管の成分を示す。標準的な材料である 13%Cr 鋼の他に、高温における耐食性を改善した HP1 および HP2 を製造している<sup>7-9)</sup>。

### 2.2 ラインパイプ

JFE スチールでは、用途、特性に応じ、UOE 鋼管、電縫鋼管および継目無鋼管の品揃えの豊富さを生かした種々のラインパイプ用鋼管を提供している。表 3 に JFE スチールが製造しているラインパイプの主要商品を示す。

#### 2.2.1 高強度高性能ラインパイプ (UOE)

JFE スチールでは、製鋼から厚板圧延および造管に至るまでの一貫した品質管理体制のもとで、高強度ラインパイプあるいは耐サワー鋼管に代表される高性能大径ラインパイプを UOE プロセスで製造している。近年、パイプラインの設計が強度設計からひずみ設計に移行している。こ

表1 JFE スチールおよびグループ会社の鋼管事業における主な商品分やと製造品目

会社名	製造品目	主な商品分野					
		油井管	ラインパイプ	ボイラーチューブ	材料管	配管	建築土木
JFE スチール	継目無鋼管	○	○	○	○	○	○
	電縫鋼管 / 鍛接鋼管		○		○	○	○
	UOE 鋼管		○			○	○
	スパイラル鋼管					○	○
JFE 大径鋼管	スパイラル鋼管				○	○	
JFE 鋼管	電縫鋼管				○	○	
川崎鋼管	電縫鋼管				○	○	
JFE チュービック	鋼管加工	油井管用ねじ継手					
ガルバテックス	鋼材, 鋼管の亜鉛めっき	配管					
リバーズチール	鋼管の冷間引き抜き	材料管					
JFE 継手	配管用継手	各種継手					

表2 JFE スチールの高耐食油井管の成分

Grade	C	Cr	Ni	Mo	Cu max.
13Cr	0.15~0.22	12.0~14.0	max. 0.5	—	0.25
HP13Cr-1	max. 0.04	12.0~14.0	3.5~4.50	0.8~1.5	—
HP13Cr-2	max. 0.04	12.0~14.0	4.5~5.5	1.8~2.5	—
UHP15Cr	max. 0.04	14.0~16.0	6.0~7.0	1.8~2.5	0.25

表3 ラインパイプの主要商品

商品	グレード	製造方法
高強度ラインパイプ	-X100	UOE 鋼管
	-X80	電縫鋼管
耐サワーラインパイプ	-X65	UOE 鋼管 電縫鋼管
高変形能パイプ	-X100	UOE 鋼管
MSS12Cr 耐食ラインパイプ	X80	継目無鋼管

れにともない、これまで求められていた強度だけではなく、破壊に対する安全性も要求されるようになり、これに対応する材料として高変形能鋼管を開発した<sup>10)</sup>。

次世代の材料として期待される降伏強度が690 MPa (100 ksi) および830 MPa のX100, X120 グレードの高強度ラインパイプ (UOE) を開発した。X100は、世界に先駆けて量産レベルの製造を行い、パイプラインへの施工試験を実施した。

JFE スチールの優れた製鋼技術の適用例として、高度の介在物制御を要求される耐サワーラインパイプがあげられる。これは、硫化水素の存在する環境において鋼中に水素が侵入して割れを生じる現象を防止するもので、パイプラインの安全性を確保する上で非常に重要な技術である。

### 2.2.2 厚肉、高強度高靱性 ERW ラインパイプ

UOE では、生産性が低い小径のラインパイプを ERW (電縫鋼管) で置き換えることを目指して、世界で最大の外

径の電縫鋼管を製造できる26" ERW ミルを活用した高強度厚肉 ERW ラインパイプの開発を行っている<sup>11,12)</sup>。

### 2.2.3 MSS12Cr 高耐食 SML ラインパイプ

フローラインと呼ばれる、石油の井戸からガス処理設備までの間のパイプラインは、油井管と同じ腐食環境にさらされる。継目無鋼管 (SML) で12%Cr を含む耐食性のラインパイプを開発した。低C, Ni, Mo 添加し耐食性を向上させると同時に溶接性を改善し、通常の13%Cr 鋼と比較すると溶接がしやすい材料となっている<sup>13,14)</sup>。

## 2.3 配管用鋼管

### 2.3.1 配管用鋼管

ガス、水道用鋼管は樹脂管、ステンレス鋼管などの使用は増えているが、依然として鋼管の使用比率は高い。配管用材料としては、JIS (日本工業規格) に規定されるSGP およびSTPGを中心に各種JIS材を製造している。用途に応じて、継目無鋼管、電縫鋼管およびUOE鋼管を提供している。

また、腐食を防止するための亜鉛めっき鋼管、溶接部の選択腐食を防止する耐溝状腐食鋼管の製造を行っている。これらの鋼管を接続するための各種継手類を、グループ企業であるJFE継手が製造している。

### 2.3.2 防食管

内面あるいは外面に樹脂被覆を行った防食管は、ガス管、

表4 JFE スチールの主な防食鋼管

商品名	用途
水道用ポリエチレン粉体ライニング鋼管	給水用内面防食鋼管
水道用硬質塩化ビニルライニング鋼管	
排水用硬質塩化ビニル鋼管	排水用内面防食鋼管
排水用ノントールエポキシ塗装鋼管	
ポリエチレン被覆鋼管	ガス用外面被覆鋼管
密着一層型ポリエチレン被覆鋼管	
硬質塩化ビニル被覆鋼管	

給水管などに広く使用されている。表4にJFE スチールの防食管とその特徴を示す。防食鋼管は、主に給水配管に使用される内面防食鋼管と、ガス管に使用される土中や大気中における腐食を防止する外面防食鋼管がある。

## 2.4 特殊管

JFE スチールのボイラーチューブは、スーパー 9Cr に代表される高 Cr の高強度ボイラーチューブを中心に製造販売している<sup>15)</sup>。近年は、W を添加しさらに高温強度を高めた T92, T23 などの商品化した。

## 2.5 構造管

土木建築に使用される、鋼管杭や鋼管鋼矢板ならびに鋼管柱を UOE, 電縫鋼管およびスパイラル鋼管で製造している。

## 2.6 材料管

自動車の足回り部品に使用される高強度高加工性の電縫鋼管や History<sup>®</sup> 鋼管の分野において、JFE スチールは材料技術、製造技術および2次加工技術などを常にリードし、新しい材料の開発を進めている。History<sup>®</sup> 鋼管は、高強度と高延性を両立させた機械構造用素材として、自動車用足回り部品などの高加工を想定した用途に開発されたものである<sup>16~18)</sup>。強度、延性に優れ、自動車用部品として使用すれば20~30%の軽量化に貢献できる。

## 3. 鋼管の製造体制

鋼管の種類は、大別して、継目無鋼管(シームレス鋼管)、UOE ないしはスパイラル (SP) 方式の大径溶接鋼管、電縫鋼管 (ERW)、鍛接鋼管 (BW) に分けられる。JFE スチールは、東日本製鉄所 (千葉, 京浜地区)、西日本製鉄所 (福山地区)、および、知多製造所にその製造拠点を有している。

グループ企業として、JFE 大径鋼管がスパイラル鋼管、JFE 鋼管および川崎鋼管が電縫鋼管の製造を担当している。配管用鋼管のめっきを行うガルバテックス、配管の継手を製造する JFE 継手、油井管用の特殊ねじ継手の製造と鋼管

の加工を行う JFE チュービック、材料管の冷間引き抜きを実施するリバースチールがある。グループ企業を含め鋼管の主要品種を網羅し、幅広いお客様の要望に応えられる生産体制を確立している。表5にJFE スチールとグループ会社の鋼管製造設備を示す。

### 3.1 東日本製鉄所

鍛接鋼管工場および24"電縫鋼管工場は京浜地区に、UOE 鋼管工場は千葉地区に位置している。また、油井管に使用される13%Cr 鋼のスラブ/ビレットの casting をしている。

#### 3.1.1 鍛接鋼管 (京浜地区)

京浜地区の鍛接鋼管工場は、外径114.3 mm までの鋼管が製造できる。JIS に規定された SGP の製造を主に行っている。また、ここで製造された鋼管を素材として、ガス・水道の輸送に使われる亜鉛めっき鋼管や樹脂を被覆した防食管の製造を行っている。鋼管の亜鉛めっきはグループ会社のガルバテックで実施している。

#### 3.1.2 電縫鋼管 (京浜地区)

電縫鋼管製造設備は、最大外径24" (609.6 mm) の鋼管の製造可能であり、ラインパイプ、建築用鋼管、配管などの製造を行っている。また、防食用の外面被覆ラインを持ち、ラインパイプの外面防食を行っている。

#### 3.1.3 UOE 鋼管 (千葉地区)

UOE 鋼管工場は大口径の高強度ラインパイプ、構造管などを主に製造している。

千葉地区の UOE 鋼管の工場の製造可能な外径64" (2540 mm) は世界最大径であり、プレス能力も世界最大級である。

### 3.2 西日本製鉄所

UOE 鋼管工場と、スパイラル鋼管工場が福山地区に位置している。

倉敷地区では電縫鋼管用素材の圧延、13%Cr 鋼のビレット圧延を行っている。また、UOE 鋼管に使用される厚板の製造を福山地区あるいは倉敷地区の厚板工場で行っている。

#### 3.2.1 UOE 鋼管

UOE 鋼管ミルは主に高級ラインパイプの製造を行っている。

高品質のラインパイプを製造するためには、素材となる厚板の特性・品質が重要である。JFE スチールは、東日本製鉄所の京浜地区および西日本製鉄所の倉敷地区と福山地区に厚板工場を有している。これらの厚板工場には、高強度材料を製造するために不可欠な加工熱処理設備 (Super-OLAC) を設置している。この中でも福山地区の厚板ミルは最新鋭の加工熱処理設備と世界で唯一のオンライン熱処理設備 (HOP) を有している。これらの設備を活用するこ

表5 JFE スチールグループの鋼管製造設備と製造可能範囲

製法	製造所	名称	製造可能範囲 (mm)		備考	
			外径	肉厚		
継目無鋼管	知多製造所	小径継目無鋼管	25.4 ~ 177.8	2.3 ~ 40.0	マンドレルミル法	
	知多製造所	中径継目無鋼管	177.8 ~ 426.0	5.1 ~ 65.0	プラグミル法	
UOE 鋼管	東日本製鉄所 (千葉地区)	千葉 UOE 鋼管	508.4 ~ 1 625.6	6.4 ~ 44.5	世界最大外径	
	西日本製鉄所 (福山地区)	福山 UOE 鋼管	400.4 ~ 1 422.4	6.0 ~ 50.8	外面, 内面コーティング	
スパイラル鋼管	西日本製鉄所 (福山地区)	スパイラル鋼管	600 ~ 2 540	6.0 ~ 30.0	ハッシュタイプ 鋼管加工設備	
	JFE 大径鋼管	1号機	400 ~ 1 100	4.5 ~ 16	ハッシュタイプ (外面拘束式)	
		2号機	700 ~ 2 600	4.5 ~ 30	ハッシュタイプ (外面拘束式)	
溶接鋼管	知多製造所	3" 電縫鋼管	28.6 ~ 76.3	0.6 ~ 10.0		
		6" 電縫鋼管	60.5 ~ 168.3	1.8 ~ 12.7		
	知多製造所	4" History <sup>®</sup> 鋼管	21.7 ~ 114.3	1.6 ~ 7.5		
	知多製造所	26" 電縫鋼管	318.5 ~ 660.4	4.0 ~ 23.8	世界最大外径	
			250□ ~ 550□*	6.0 ~ 25.0*		
	東日本製鉄所 (京浜地区)	24" 電縫鋼管	177.8 ~ 609.6	3.2 ~ 19.1	外面コーティング	
			200□ ~ 500□*	4.5 ~ 22.0*		
	JFE 鋼管	1号機	19.1 ~ 50.8	1.0 ~ 4.5		
			2号機	19.1 ~ 60.5	1.0 ~ 4.5	
		3号機	50.8 ~ 114.4	1.2 ~ 6.0	フレキシブルフォーミング	
			50□ ~ 75□*			
		4号機	114.3 ~ 267.4	2.3 ~ 12.0	リニアフォーミング	
	100□ ~ 200□*					
	川崎鋼管 (伊勢原地区)	1号機	17.3 ~ 21.7	1.2 ~ 3.5	内面ビード切削	
		2号機	17.3 ~ 27.2	1.2 ~ 3.5	内面ビード切削	
		3号機	21.7 ~ 34.0	1.2 ~ 7.0	内面ビード切削 小径極厚肉鋼管 シームアニール	
	川崎鋼管 (磐田地区)	1号機	12.7 ~ 31.8	1.2 ~ 4.5	ストレッチレデューサ方式 内面ビード切削 シームアニール	
		2号機	10.0 ~ 17.3	1.2 ~ 3.0	ストレッチレデューサ方式 パイプインコイル可	
	鍛接鋼管	東日本製鉄所 (京浜地区)	鍛接鋼管	21.7 ~ 114.3	2.8 ~ 4.5	防食コーティング設備

\* 角管製造範囲

とにより、高強度で溶接性に優れた非調質型高級鋼を製造し、UOE 鋼管の素材としている。HOP の適用により、高強度鋼靱性ラインパイプ、および、高強度耐サワー用鋼管の製造を行っている。

### 3.2.2 スパイラル鋼管

スパイラル鋼管製造設備は主に建築用の鋼管を製造している。また、NT コラムなどの製造を行う鋼管加工設備を有している。

### 3.3 知多製造所

知多製造所は、中京工業地帯に立地し、石油や天然ガス

の開発などに使われる油井管やラインパイプを始めとして、水道・ガス管、建材用鋼管、自動車用部材などを製造する鋼管専門工場である。製造設備としては、2ラインの継目無鋼管製造設備と4ラインの電縫鋼管製造設備を有している。電縫鋼管製造設備のうち1ラインは、ホットレデューサーを有する JFE スチール独自の History<sup>®</sup> 鋼管を製造できるラインとなっている。

#### 3.3.1 継目無鋼管

継目無鋼管の製造ラインは、マンネンスマン穿孔-マンドレルミル方式の小径継目無鋼管工場と、マンネンスマン穿孔-プラグミル方式の中径継目無鋼管工場の2ラインあ

る。小径継目無鋼管工場は外径 177.8 mm (5") までの鋼管を製造し、中径継目無鋼管工場は 177.8 mm (5") から 426.0 mm (16") の外径を有する鋼管を製造している。

JFE スチールの継目無鋼管は、油井管、ボイラ管に使用される高 Cr 継目無鋼管を主要な商品の 1 つとしており、これらの圧延技術に高いノウハウを有している。JFE スチールは、世界に先駆けてこれらの製品をマンネンスマン穿孔プロセスで製造することにより、安定した品質を得ることに成功した。これらは、鋼管圧延時のビレット温度制御技術、穿孔条件の最適化、マンドレル圧延におけるパススケジュールの最適化などを確立することによって実現されたものである<sup>19)</sup>。

継目無鋼管工場は油井管用のねじ継手を製造するための加工設備を有している。また、カップリングはグループ企業である JFE チュービックで製造している。

### 3.3.2 中径電縫鋼管

26" 電縫鋼管ラインは、世界で最大の外径の鋼管を製造するミルであり、この特性を活用してラインパイプの製造を得意とし、極厚肉ラインパイプ、コンダクターケーシングを製造している。UOE 鋼管と同等の強度、靱性、溶接性を実現するための電縫鋼管用熱間圧延鋼板を開発するとともに西日本製鉄所倉敷地区の熱間圧延ラインの冷却能力の強化を行った。これと並行してシーム溶接部の靱性を改善するための酸化物抑制技術、シーム熱処理技術の開発、厚肉材の溶接部品質保証技術を開発した。

### 3.3.2 小径電縫鋼管

知多製造所の 4" History<sup>®</sup> 鋼管ミルは、JFE スチール独自の製造設備であり、電縫溶接の後に温間で縮径加工を加えることにより高強度、高延性の材料を製造している。

3", 6" の電縫鋼管ミルは、History<sup>®</sup> 鋼管とともに高機能自動車用鋼管の主力ミルとなっている。

## 3.4 JFE 大径鋼管

スパイラル鋼管製造設備 2 ラインを有し、このうち 2 号機は業界最大級である。鋼管杭、鋼管矢板、水道用塗覆鋼管の製造を行っている。

## 3.5 JFE 鋼管<sup>20)</sup>

2" から 10" の合計 4 ラインの電縫鋼管ミルを有し、JFE スチールの熱間圧延コイルを使用して 250A、200 mm 角までの丸、角、矩形角鋼管の製造加工を行っている。構造用鋼管を主として製造しているが、配管用炭素鋼管の製造もを行っている。

## 3.6 川崎鋼管<sup>21)</sup>

5 ラインの電縫鋼管製造設備を有し、外径 10 ~ 34 mm までの小径管の製造している。全製品の 8 割以上を機械構造用鋼管 (STKM) が占め、主として自動車部品用の素

材を製造している。小径厚肉の高  $t/D$  管および国内最小内径の内面ビード切削設備を有し、高い寸法精度や高加工性鋼管を製造することにより、お客様より高い評価を得ている。

## 3.7 JFE 継手<sup>22)</sup>

水、ガス、空調などの各種配管用継手の製造と販売を行っている。近年大型化・高層化する建築物に対応した配管資材の開発に積極的に取り組み、設計段階において空調配管、消火設備配管のシステム提案も行っている。

## 3.8 JFE チュービック<sup>23)</sup>

本社・工場とも JFE スチール知多製造所内に位置し、主に油井管用の炭素鋼、13Cr ステンレス鋼の鋼管継手 (カップリング) の製造を行っている。

また、国内の温泉・地熱用の特殊管分野では、地下から温泉を温度降下させることなく地上まで揚湯する断熱二重管 (サーマルチューブ) を始め、特徴あるネジ継手のケーシング、スクリーンパイプなどを製造販売している。

また、得意とする鋼管への特殊加工技術で、土木・建材用途などの市場ニーズにも対応している。

## 3.9 リバースチール<sup>24)</sup>

一般鋼材、土木道路建材商品の販売、厚板の溶断、溶接、機械加工、鋼管の冷間引抜加工などを事業内容としている。引抜鋼管は、自動車、自転車、電気、産業機械、建設機械などあらゆる分野に使われている。

## 3.10 ガルバテックス<sup>25)</sup>

JFE スチールグループで溶融亜鉛めっきを業とし、鋼構造物と鋼管のめっきを中心にポリエチレン粉体ライニングや塗装などの鉄の防食を専業に事業を展開している。

## 4. 研究開発

図 1 に JFE グループの研究開発体制を示す。

鋼管に関連した材料開発およびプロセスの研究は、JFE スチールのスチール研究所<sup>26)</sup> が中心となって実施している。

スチール研究所では、継目無管、UOE 鋼管、電縫鋼管などの商品開発および製造プロセスの研究に加えて、鋼管用素材の製造プロセス、および、鋼管の施工、加工性また使用した時の安全性を評価するための、破壊や腐食の研究を実施している。

商品開発に当たっては、研究所と製造所の技術チームが協力して試作、商品の確信などを実施した後に、市場に新しい商品を提供している。

品質保証のためのセンサー、検査設備の開発、パイプラ

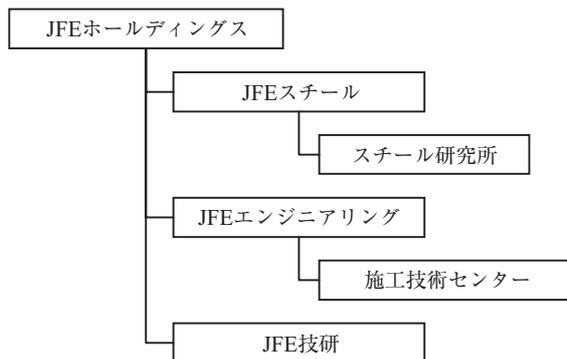


図1 JFEグループの研究開発体制

表6 最近の主な研究開発成果

品種	商品名
継目無鋼管	UHP15CR 油井管 <sup>8)</sup>
	T92 (W 添加 9%Cr 耐熱鋼管) <sup>30)</sup>
	T23 (W 添加 2.25Cr 耐熱鋼管) <sup>30,31)</sup>
	角ホットコラム鋼管 (建材) <sup>32)</sup>
電縫鋼管ラインパイプ	厚肉サワー X65 ラインパイプ
	ERW X80 ラインパイプ <sup>12)</sup>
	厚肉高強度ラインパイプ <sup>11)</sup>
自動車用鋼管 <sup>4)</sup>	80K ロアアーム
	耐遅れ破壊自動車足回り用超高強度電縫鋼管
	スタビライザー素管
防食鋼管	外面非塩ビ鋼管 (PLS-F) <sup>33)</sup>
UOE ラインパイプ	高強度高変形能鋼管 <sup>34,35)</sup>
	高強度 X100 ラインパイプ <sup>36)</sup>

インや建築物構造物の安全性評価、各種の数値解析を JFE 技研で実施している<sup>27-29)</sup>。また、ラインパイプの溶接技術の開発に関しては、JFE エンジニアリングの施工技術センターとも連携して実施している。

表6に最近の研究成果を示す。継目無鋼管、電縫鋼管、UOE 鋼管の各品種で、最新のニーズに応える高品質の商品開発を実施している。

## 5. おわりに

JFE スチールおよびグループ会社の鋼管に関する商品の品揃えと製造体制、研究開発体制を紹介した。JFE スチールは、グループ会社との密接な連携の下に、お客様の高度なご要望に応えられる商品の開発と供給を行っていく。

### 参考文献

- 1) 弟子丸慎一ほか、エネルギーの生産、輸送、貯蔵に使用される鋼材。JFE 技報。2003, no. 2, p. 51-62.
- 2) 林謙次ほか、建設・産業機械、プラント用鋼材。JFE 技報。2003, no. 2, p. 45-50.
- 3) 橋本修身。JFE の土木・建築建材の概要。JFE 技報。2003, no. 11, p. 1-7.
- 4) 豊田俊介。高機能性自動車用鋼管。JFE 技報。2005, no. 9, p. 30-35.

- 5) 正村克身。JFE スチールの鋼管の製造プロセスおよび商品の特徴。JFE 技報。2003, no. 9, p. 1-6.
- 6) 高深度油井・ガス井における腐食と高耐食油井管。JFE 技報。2007, no. 17, p. 42-46.
- 7) 木村光男。耐食性に優れた油井用高強度高 Cr 鋼管。JFE 技報。2003, no. 9, p. 7-12.
- 8) 高性能特殊ねじ継手付きマルテンサイト系ステンレス油井用鋼管「HP13CR」, 「UHP15CR」, 「JFEBEAR」, 「Clear-Run<sup>TM</sup>」, JFE 技報。2007, no. 17, p. 59-61.
- 9) 木村光男ほか、耐食性に優れた油井用高強度マルテンサイト系ステンレス鋼管の開発。川崎製鉄技報。1997, vol. 29, no. 2, p. 84-89.
- 10) 石川信行ほか、ラインパイプ用高性能 UOE 鋼管。JFE 技報。2003, no. 9, p. 19-24.
- 11) 小出竜男ほか、ラインパイプ用高強度高靱性 ERW 鋼管。JFE 技報。2003, no. 9, p. 25-29.
- 12) 低温靱性に優れた X80 電縫管ラインパイプ。JFE 技報。2007, no. 17, p. 37-41.
- 13) ラインパイプ用マルテンサイト系ステンレス継目無鋼管。JFE 技報。2007, no. 17, p. 62.
- 14) 宮田由紀夫ほか、ラインパイプ用マルテンサイト系ステンレス継目無鋼管の開発。川崎製鉄技報。1997, vol. 29, no. 2, p. 90-96.
- 15) 佐々木晃史ほか、ボイラ用改良 9Cr-1Mo 継目無鋼管の製造と特性。川崎製鉄技報。1990, vol. 22, no. 4, p. 257-265.
- 16) 豊岡高明ほか、新機能創製を可能とした次世代電縫鋼管製造プロセス「HISTORY」の開発。川崎製鉄技報。2001, vol. 33, no. 4, p. 145-150.
- 17) 西森正徳ほか、加工性に優れた高 $\sigma$ 値 HISTORY 鋼管の開発。川崎製鉄技報。2001, vol. 33, no. 4, p. 151-154.
- 18) 河端良和ほか、加工性に優れた高炭素 HISTORY 鋼管の開発。川崎製鉄技報。2001, vol. 33, no. 4, p. 155-158.
- 19) 森岡信彦ほか、マンネスマンプロセスにおける高合金継目無鋼管製造技術の開発。川崎製鉄技報。1997, vol. 29, no. 2, p. 57-63.
- 20) JFE 鋼管。http://www.jfe-wp.co.jp/
- 21) 川崎鋼管。http://www.kawasakikokan.co.jp/
- 22) JFE 継手。http://www.jfe-pf.co.jp/
- 23) JFE チュービック。http://www.tubic.com/
- 24) リバーsteel。http://www.river-steel.co.jp/
- 25) ガルバテックス。http://www.gtx.co.jp/
- 26) スチール研究所。http://www.jfe-steel.co.jp/research/index.html
- 27) JFE 技研。http://www.jfe-rd.co.jp/
- 28) JFE 技研。JFE 技報。2003, no. 1, p. 32-33.
- 29) 飯塚幸理ほか、鋼管商品を支える非破壊検査技術。JFE 技報。2003, no. 9, p. 40-45.
- 30) 火力発電ボイラ用フェライト系シームレス鋼管。JFE 技報。2007, no. 17, p. 63.
- 31) 2.25%Cr-1.6%W フェライト系ボイラ鋼管。JFE 技報。2003, no. 9, p. 51-52.
- 32) 意匠性に優れた小断面極厚肉角形鋼管「JFE カクホット」。JFE 技報。2003, no. 9, p. 53.
- 33) 最近の防食鋼管。JFE 技報。2003, no. 9, p. 59.
- 34) 鈴木信久ほか、高強度パイプラインの安全性評価。JFE 技報。2007, no. 17, p. 14-19.
- 35) 岡津光浩ほか、耐ひずみ時効特性に優れた高強度高変形能ラインパイプの開発。JFE 技報。2007, no. 17, p. 20-25.
- 36) 石川信行ほか、超高強度高変形ラインパイプの開発。JFE 技報。2007, no. 17, p. 26-30.



正村 克身