

JFE スチールの鋼管の製造プロセスおよび商品の特徴

Manufacturing Processes and Products of Steel Pipes and Tubes in JFE Steel

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
長浜 裕 NAGAHAMA Yutaka JFE スチール 鋼管セクター部長

要旨

JFE スチールは継目無鋼管および種々の溶接鋼管の製造設備を有し、幅広いお客様の要望に対応している。ラインパイプ用の大径厚肉電縫鋼管、高強度高機能ラインパイプ用の UOE 鋼管、自動車用部品に使用される高機能高加工性溶接鋼管など特徴ある商品とその製造プロセスを有している。本稿では、JFE スチールの製造プロセスの特徴を概説するとともに代表的な製品の紹介を行う。

Abstract:

Manufacturing facilities of seamless pipes and various welding pipes have been in operation in JFE Steel to support a wide range of request by customers. Products with distinctive characteristics are: a large diameter and thick wall ERW pipe for linepipes, a UOE pipe for high strength and high performance linepipes, and a high performance and high workability welding steel pipe for automotive parts. This paper outlines the manufacturing processes and typical pipe and tube products in JFE Steel.

1. はじめに

2003 年 4 月、旧川崎製鉄と旧 NKK の経営統合により、JFE スチールの鋼管製造体制は、東日本製鉄所 千葉地区および京浜地区、西日本製鉄所 福山地区、および、鋼管の製造に特化した知多製造所の 4 地区に展開し、継目無鋼管、また、溶接鋼管では鍛接鋼管、電縫鋼管、UOE 鋼管およびスパイラル鋼管のラインを有し、鋼管の主要品種を供給し、幅広いお客さまの要望に応えられる体制を確立している。

2004 年度では鋼管全体の製造量は年間約 185 万トンの製造実績を有している。

2. JFE スチールの鋼管の特徴

2.1 鋼管の製造体制

JFE スチールは継目無鋼管および溶接鋼管の製造設備を東日本製鉄所、西日本製鉄所および知多製造所に有している。

鋼管の製造工程の概要を Fig. 1 に示す。溶接鋼管は製造方法によって溶接方法によってアーク溶接法、電気抵抗溶接法、鍛接の 3 種類に分かれる。アーク溶接法による鋼管は成形方法の違いによって UOE 鋼管、ベンディングプレス鋼管およびスパイラル鋼管に分かれる。また、溶接管のうち電気抵抗溶接法による電縫鋼管、鍛接管およびスパイ

ラル鋼管は熱間圧延鋼板を用い、UOE およびベンディングプレスは厚板を素材として用いる。

UOE 鋼管の製造設備は東日本製鉄所および西日本製鉄所に各 1 基、電縫鋼管は東日本製鉄所に 1 基、知多製造所に 4 基、スパイラル鋼管の製造設備は西日本製鉄所に 1 基、継目無鋼管の製造設備は知多製造所に 2 基有する。Table 1 に JFE スチールが有する鋼管製造設備を示す。

各種鋼管の製造可能範囲を Fig. 2 に示す。素材および加工、成形方法の違いにより製造可能な範囲が異なっている。用途に応じて使い分けることが重要である。

JFE スチールの鋼管製造技術の特徴について以下に紹介する。

2.2 継目無鋼管

継目無鋼管の製造ラインは知多製造所に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 インチ) までの鋼管を製造し、中径継目無鋼管工場は 177.8 mm (5 インチ) から 426.0 mm (16 インチ) の外径を有する鋼管を製造している。

継目無管用の素材のうち炭素鋼、低合金鋼は西日本製鉄所 倉敷地区で溶解、圧延し知多製造所に供給している。13% Cr 鋼などの高合金は東日本製鉄所の千葉地区で溶解、スラブに铸造したものを西日本製鉄所 倉敷地区で分塊圧延

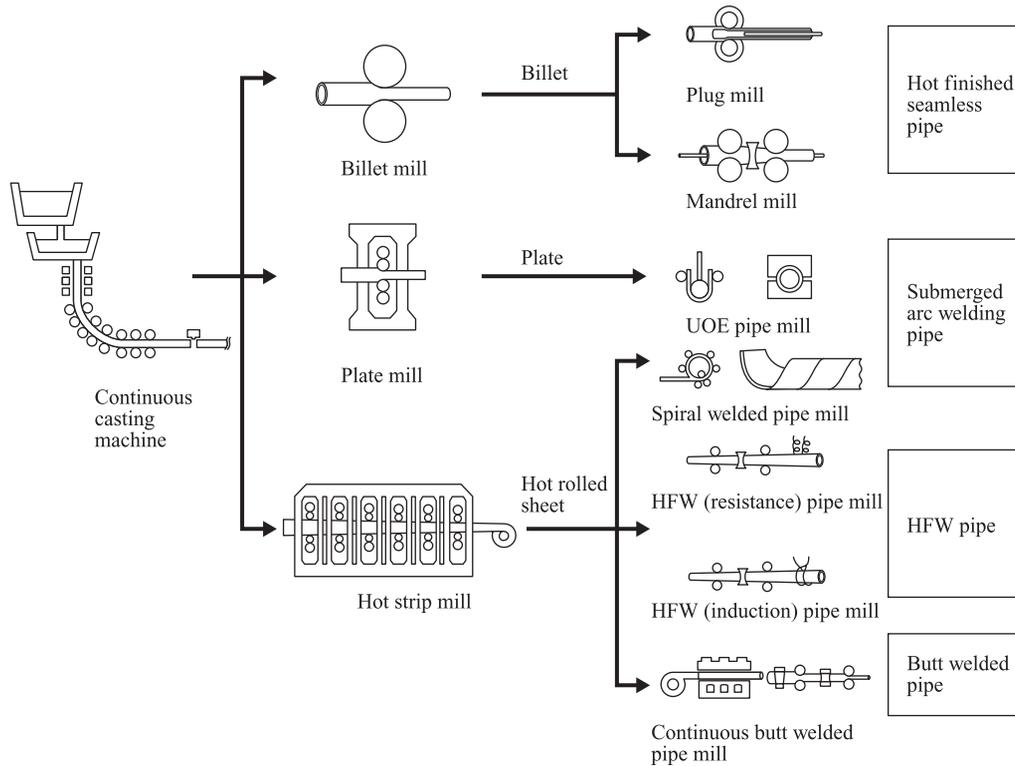


Fig. 1 Manufacturing procedure of pipes and tubes in JFE Steel

Table 1 Manufacturing facilities for pipe and tubes production in JFE Steel

種類	製造所	名称	製造可能範囲 (mm)			備考	
			外径	肉厚	最大長		
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	22 000	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	13 500	プラグミル法	
溶接鋼管	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	18 300	
		西日本製鉄所(福山地区)	福山 UOE 鋼管	406.4～1 422.4	6.0～50.8	18 300	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	35 000	
	電縫鋼管	知多製造所	3”電縫鋼管	28.6～ 76.4	0.6～10.0	18 000	
		知多製造所	6”電縫鋼管	60.5～ 168.3	0.6～10.0	18 000	
		知多製造所	4”HISTORY 鋼管	21.3～ 114.3	1.8～12.7	16 000	
		知多製造所	26”電縫鋼管	318.5～ 660.4	4.0～23.8	20 000	
		東日本製鉄所(京浜地区)	24”電縫鋼管	250 × 250	6.0～25.0	18 000	角管製造範囲
				177.8～ 609.6	3.2～19.1	18 500	外面コーティング
	鍛接鋼管	東日本製鉄所(京浜地区)	鍛接鋼管	200 × 200	4.5～22.0	18 000	角管製造範囲
21.7～ 114.3				2.8～ 4.5	7 000	防食コーティング設備	

しビレットとして知多製造所に供給している。

JFE スチールは、油井管、ボイラー管に使用される高 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。高 Cr 合金鋼やステンレス鋼の継目無鋼管は過去には熱間押し出しプロセスにより穿孔した後に圧延することが一般的であった。JFE スチールは世界に先駆けてこれらの製品をマンネ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、スラブ段階で大きな加工を行うことにより素材の特性を改善するとともに、鋼管圧延技術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初めて実現されたものである¹⁾。

継目無鋼管工場には、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。

2.3 電縫鋼管

電縫鋼管の製造設備は知多製造所に 4 ライン、東日本製鉄所京浜地区に 1 ライン有している。

これらの製造設備はそれぞれ特徴を有しており、鋼管の用途に応じて最適なプロセスで製造する体制を整えている。

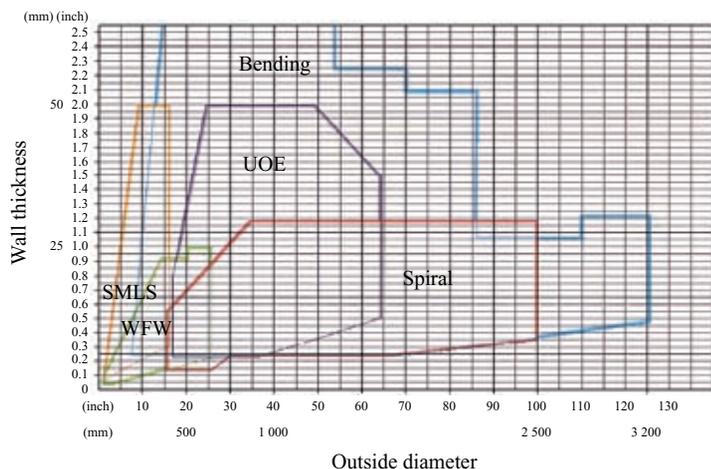


Fig. 2 Size range of JFE Steel's pipe and tubes for products

2.3.1 大径厚肉電縫鋼管

知多製造所の26”ラインは世界で最大の外径を有するミルであり、この特性を活用してラインパイプの製造を得意とし、UOE代替極厚肉ラインパイプ、コンダクターケーシングを商品化している。これらの商品ではUOE鋼管と同等の強度、靱性、溶接性を実現するために、電縫鋼管用熱延鋼板の成分設計の最適化と、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、26”電縫管ミルの造管能力を増強し、シーム溶接部の靱性改善の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。

2.3.2 HISTORY 鋼管

知多製造所の4”HISTORY鋼管ミルはJFEスチール独自の製造プロセス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。

HISTORY鋼管は高強度と高延性の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²⁾。HISTORY鋼管の製造プロセスをFig. 3に示す。

製造方法は通常の電縫溶接の後に加熱して温間縮径圧延を行い、結晶粒微細化、炭化物の微細化と同時に集合組織形成を実現することによって強度、延性を改善し自動車用部品として20~30%の軽量化に貢献できる。また熱間で加工することによって溶接部の硬化を解消している。

2.3.3 外面被覆

東日本製鉄所京浜地区の24”ミルは外面コーティング設備を有しており外面被覆を必要とする鋼管の製造が可能である。

2.4 鍛接鋼管

東日本製鉄所京浜地区の鍛接管工場はJISに規定³⁾されたSGPの製造を主に行っており、都市ガス・水道の配管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。

2.5 UOE 鋼管

UOEミルは西日本製鉄所福山地区および東日本製鉄所千葉地区に各1ミルあり、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スチールのUOE鋼管の素材は大部分を西日本製鉄所福山地区から供給している。福山地区の厚板ミルは最新鋭の加工熱処理設備Super-OLACと世界で唯一のオンライン熱処理設備HOPを有している⁴⁾。

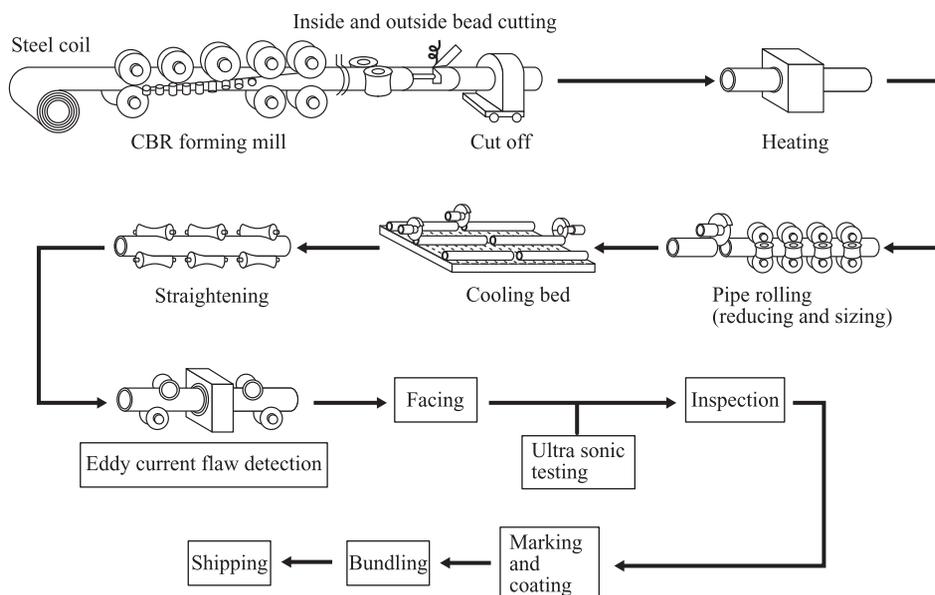


Fig. 3 Schematic manufacturing procedure of HISTORY pipe

これらの設備を活用することにより、高強度で溶接性に優れた非調質型高級鋼を製造し UOE の素材としている。

3. 鋼管商品

鋼管はエネルギー産業に使用されるラインパイプや油井管⁵⁾、建築用に使用されるコラム鋼管や鋼管杭、自動車の部品用の材料管までさまざまな用途に使用される。**Table 2** に鋼管の用途と主な製造方法および主要商品を示

Table 2 Major products of pipe and tubes and their manufacturing procedures in JFE Steel

種類	製法	用途
構造・建築用鋼管	UOE, SP, ERW	海洋構造物, 鋼管杭, コラム鋼管
一般配管用鋼管	ERW, BW	黒ガス管, 白ガス管, 塗覆装鋼管
油井用鋼管	SML, (ERW)	油井掘削用ドリルパイプ 石油ガス生産チュービング・ケーシング
ラインパイプ	SML, ERW, UOE	石油, 天然ガス, 水などの輸送
ボイラー鋼管	SML, (ERW)	火力発電用熱交換器用鋼管
材料管	SML, ERW, HIS	自動車部品用鋼管, ボンベ材

SML: 継目無鋼管
ERW: 電縫管
BW: 鍛接管
UOE: UOE 鋼管
SP: スパイラル鋼管
HIS: HISTORY 鋼管

す。最適な成分と製造方法の組み合わせることによって広範な用途に種々の商品を提供している。以下に代表的な商品を紹介する。

3.1 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。JFE スチールが提供する油井管のグレードを **Table 3** に示す。API (アメリカ石油協会) 規格に規定されるグレードのほかに JFE スチール独自のグレードとして、高深度油井用の高強度油井管、土圧による崩壊に強い耐コラプス性鋼管、腐食環境に使用される耐サワー鋼管および CO₂ 環境に使用される 13% Cr 合金を製造している。特に 13% Cr 油井管が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、現在では世界のトップ・メーカーとなっている。

Table 4 に JFE スチールの耐食合金油井管の成分を示す⁶⁾。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。HP2 の使用限界は 160°C であり、これを改善した UHP15CR の開発を行っている。

Table 3 Available grades of oil country tubular goods

Yield strength (ksi)	API Standard	Deep well service	High collapse	Sour service		Arctic service	Wet CO ₂ service	
				General/Special	High collapse		General	High temperature
40	H40							
55	J55, K55							
65	M65							
80	N80, L80/Type 1 L80/13Cr		JFE-80T	JFE-80S	JFE-80TS	JFE-80L	JFE-13Cr80	
85				JFE-85S JFE-85SS			JFE-13Cr85	
90	C90			JFE-90S JFE-90SS				
95	C95 T95		JFE-95T	JFE-95S JFE-95SS	JFE-95TS	JFE-95L	JFE-13Cr95	JFE-HP1-13Cr95 JFE-HP2-13Cr95
110	P110		JFE-110T	JFE-110S JFE-110SS		JFE-110L		JFE-HP1-13Cr110 JFE-HP2-13Cr110
125	Q125	JFE-125V				JFE-125L		JFE-UHP 15Cr125
140		JFE-140V						

Table 4 Chemical composition of corrosion resistance material for OCTG

Grade	C	Si maximum	Mn	P maximum	S maximum	Cr	Ni	Mo	Cu maximum
JFE-13Cr	0.15–0.22	1.00	0.25–1.00	0.020	0.010	12.0–14.0	maximum 0.5		0.25
JFE-HP1-13Cr	maximum 0.04	0.50	maximum 0.06	0.02	0.01	12.0–14.0	3.50–4.50	0.80–1.50	
JFE-HP2-13Cr	maximum 0.04	0.05	maximum 0.06	0.02	0.01	12.0–14.0	4.50–5.50	1.80–2.50	

3.2 ラインパイプ

JFE スチールでは、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。

3.2.1 高強度高性能ラインパイプ (UOE)

UOE では主に大径の高強度ラインパイプあるいは耐サワー鋼管を製造している。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。これにともない、ラインパイプにも高変形能が要求されるようになり、これに対応する材料として HIPER パイプを開発している。

次世代の材料として期待される X100, X120 グレードの高強度ラインパイプ (UOE) を開発している。特に、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⁷⁾。

3.2.2 厚肉、高強度鋼靱性ラインパイプ (ERW 鋼管)

UOE では、生産性が低い径の小さなラインパイプを ERW 鋼管で置き換えることを目指して、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い、現在大量受注につながっている。

3.2.3 MSS12Cr 高耐食ラインパイプ (SML)⁸⁾

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。この用途の鋼管は比較的小径であるため、継目無鋼管で 12% Cr を含む耐食性のラインパイプを開発した。低 C 化, Ni, Mo 添加し、耐食性を向上させると同時に、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。

3.3 特殊管

当社の高 Cr 合金の製造技術を活用して、火力発電ボイラーに使用される 9% Cr 鋼の T91/P91 や W を含む T23/P23 の開発製造を行っている。特に、JFE スチールでは最大 22 m までのチューブを製造することが可能である。

3.4 建築用鋼管

社会のインフラを支える土木・建築分野においても鋼管の特性を活用した材料が多く使用されている。Table 5 に JFE スチールが製造している建築・土木用の鋼管商品を示す。

土木・建築構造物の基礎を支える鋼管杭とこの施工性を改善した先端翼付き回転貫入鋼管杭 (つばさ杭), 中掘鋼管杭工法 (KING 工法) を開発している。

コラム鋼管は鋼管の製造過程においてロールによって角

Table 5 Major products pipes and tubes for construction

用途	形状	商品名
建築用	角形鋼管	ロールコラム JFE コラム-ER (STKR400/490)
		ロールコラム JFE コラム-BCR (BCR295)
		プレスコラム P コラム-BCP (BCP235/325)
		高性能プレスコラム P コラム-BCP325T (BCP325T)
		590 N/mm ² プレスコラム PBCP440 (PBCP440)
	熱間成形継目無角形鋼管 JFE カクホット (STKR490-SH)	
円形鋼管	JIS 規格材 (STK, STKN)	
	高強度・厚肉円形鋼管	
	リングダイヤフラム付円形鋼管柱 NT コラム	
土木用	鋼管杭	鋼管杭
		ソイルセメント合成鋼管杭
		大径回転鋼管杭 (つばさ杭工法)
		中掘回転鋼管杭 (Super King 工法)
		プレボーリング鋼管杭 (KING 工法)
		耐震最終打撃鋼管杭 (KSD 工法)
	ドリル工法杭	
矢板	鋼管矢板	
	ソイルセメント柱別壁用鋼管矢板 (JFESW)	

形に仕上げるものであり、豊富なラインアップを誇る角形鋼管には電縫鋼管を素材とする「JFE コラム」と継目無鋼管による「JFE カクホット」がある。特に「JFE カクホット」は JFE スチール独自の商品で、意匠性を要求される建築物に採用されている。

3.5 自動車用鋼管⁹⁾

自動車の軽量化を目指して足回り部品への鋼管の採用例が増えている。JFE スチールでは素材・商品開発に加えて鋼管 2 次加工技術、性能評価技術を連携した取り組みを行っている。自動車用足回り部品の素材として、高加工性電縫鋼管¹⁰⁾ および HISTORY 鋼管が採用されつつある。

3.6 配管用鋼管

ガス、水道などの配管用材料として樹脂管、ステンレス鋼管などの使用は増えているが、依然として亜鉛めっき鋼管、防食鋼管に代表される鋼管の使用比率は高い。

また、内面あるいは外面に樹脂被覆を行った防食管はガス管、給水管などに広く使用されている。Table 6 (次のページ) に JFE スチールの防食管とその特徴を示す。

4. おわりに

JFE スチールは、お客様のさまざまな要望にこたえられる商品と製造設備を有している。また、現在もさまざまな技術開発を精力的に実施している。本特集号では最近の技術開発の成果を紹介する。

Table 6 Major products of coated pipes

品名	特徴
配管用炭素鋼管 (白管)	内外面に亜鉛めっきを施した、加工性に優れた鋼管
水配管用亜鉛めっき鋼管 (SGPW)	内外面に厚めっきを施した、加工性に優れた鋼管
PFPP (水道用ポリエチレン粉体ライニング鋼管)	新しいタイプの給水管 品質面、衛生面で優れた特性を発揮
NK-LP (水道用硬質塩化ビニルライニング鋼管)	鋼管の内面に硬質塩化ビニル管を接着剤でライニングした水道用の防食鋼管 耐食性を要求される場所に最適
NK-DLP (建築排水用硬質塩化ビニルライニング鋼管)	排水の多様化、建築部の高層化にともなう柔構造化、軽量化等に対応する硬質塩化ビニルをライニングした軽量の排水用鋼管 WSP-042 (排水用硬質塩化ビニルライニング鋼管) 適合品
CLP 配水管 (タールエポキシ塗装鋼管)	内面にタールエポキシ樹脂塗料した、一般住宅の雑排水、厨房排水、洗濯排水などのさまざまな排水用鋼管 WSP-032 (排水用タールエポキシ塗装鋼管) 適合品
PLP-P2S (ポリエチレン被覆鋼管)	外面にポリエチレン樹脂を押出法により継目なく被覆することで、高度な耐食性能を実現した地下埋設用の防食鋼管 JIS G 3469(2002) の P2S の規定を満足
PLP-P1H (密着一層型ポリエチレン被覆鋼管)	鋼管とポリエチレン被覆が強固に密着した密着一層型ポリエチレン被覆鋼管 埋設に適しており、JIS G 3469(2002) の P1H に適合
PLS (密着一層型ポリエチレン被覆鋼管)	小径サイズ PLP の防食性能をそのまま引き継ぎ、被覆をそのままでねじ切りできる小径サイズの密着一層型ポリエチレン被覆鋼管 JIS G 3469(2002) の P1H に適合
PLV (硬質塩化ビニル被覆鋼管)	鋼管と硬質塩化ビニルが完全に密着した一体成型品で、被覆を剥がすことなく切断、ねじ切り実現 耐候性の高い硬質塩化ビニルを使用しており、埋設部および露出部いずれにも配管可能
消火管 PS, VS (消火栓用外面被覆亜鉛めっき鋼管)	消火管 VS は、WSP-041 (消火用硬質塩化ビニル外面被覆鋼管) に、消火管 PS は WSP-044 (消火用ポリエチレン被覆鋼管) に適合

参考文献

- 1) 盛岡信彦ほか、マンネン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、vol. 29, no. 2, 1997, p. 57-63.
- 2) 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、vol. 33, no. 4, 2001, p. 145-150.
- 3) JIS G 3452.
- 4) 藤林見夫ほか、JFE スチールの厚板製造プロセスと商品展開、JFE 技報、no. 5, 2004, p. 8-12.
- 5) 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、no. 2, 2003, p. 51-62.
- 6) 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、vol. 29, no. 2, 1997, p. 84-89.
- 7) 三浦寛ほか、次世代ニーズに対応する高品質高性能鋼管、NKK 技報、no. 179, 2002, p. 63-68.
- 8) 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、vol. 29, no. 2, 1997, p. 90-96.
- 9) 豊田俊介ほか、サスペンション、シャシー部品用高強度鋼管—軽量化

- ニーズに貢献する高加工性鋼管と加工技術—、JFE 技報、no. 2, 2003, p. 28-32.
- 10) Toyoda, S. et al. SAE Technical Paper Series. 2004-01-0829, 2004.



正村 克身



長浜 裕