

# 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

## Martensitic Stainless Steel OCTG with Premium Connection

### 1. はじめに

石油・天然ガス掘削環境の悪化（高深度による高温・高圧化、 $\text{CO}_2$ ・ $\text{H}_2\text{S}$ といった腐食性ガスの増加、高水深度化など）や掘削技術の進化（水平掘り、ケーシング掘削など）を受け、油井管とねじ継手に求められる性能は高度化・多様化している。JFE スチールはお客様のニーズに応えるべく、さまざまな商品の開発を進めている。

### 2. マルテンサイト系ステンレス継目無鋼管

#### 2.1 商品ラインアップ

当社のマルテンサイト系ステンレス油井用鋼管のラインアップとそれぞれの化学成分を表1に、機械的特性を表2に示す<sup>1)</sup>。

石油・天然ガス井戸で発生する主な腐食問題として、 $\text{CO}_2$ による $\text{CO}_2$ 腐食（ジェネラルコロージョン）と $\text{H}_2\text{S}$ による硫化水素応力腐食割れ（SSC）があげられる。そこで、井戸内の $\text{CO}_2$ 分圧と $\text{H}_2\text{S}$ 分圧に応じて、さまざまな井戸環境に

対応できる鋼材をラインアップしている。

#### 2.2 UHP<sup>®</sup>-15CR-125, UHP<sup>®</sup>-17CR-110

UHP<sup>®</sup>-15CR-125 および UHP<sup>®</sup>-17CR-110 は HP2-13CR よりも高い耐食性を有し、22CR、25CRなどの二相鋼（Duplex）の代替として開発された当社の独自鋼種である<sup>2)</sup>。一般的にステンレス鋼の結晶組織の安定相は、化学成分のCr当量（Cr eq）とNi当量（Ni eq）を用いてシェフラーの状態図で整理される（図1）。

UHP-15CRの主な組織はマルテンサイト相である。UHP-17CRはUHP-15CRをベースに、Crを添加（Cr当量増加）することで230℃と高い耐腐食性を有するとともに（図2）、Ni当量を調整することで強靱なマルテンサイトを安定相として維持している。これにより二相鋼に求められる冷牽処理を施すことなく、低コストかつ比較的短いリードタイムで110-130 ksiという高強度を達成できる。さらに、冷牽を必要としないUHP-15CR-125、UHP-17CR-110は高温における機械的強度（降伏応力）の低下が起こりにくく、井戸設計上自由度が高くなるメリットがある（図3）。

表1 化学成分

Table 1 Chemical composition

Grade	UNS No.	C	Cr	Ni	Mo	Mn	Cu
L80-13Cr	—	0.15-0.22	12.0-14.0	Max 0.50	—	0.25-1.00	Max 0.25
HP2-13CR-95/110	—	Max 0.04	12.0-14.0	4.50-5.50	1.80-2.50	Max 0.60	—
UHP <sup>TM</sup> -15CR-125	S42625	Max 0.05	14.0-16.0	5.0-7.0	1.5-3.5	Max 1.8	0.5-1.5
UHP <sup>TM</sup> -17CR-110	S42825	Max 0.05	16.0-18.0	3.0-5.0	1.5-3.5	Max 1.80	Max 3.0

表2 機械的特性

Table 2 Mechanical properties

Grade	YS	TS	Hardness
L80-13Cr	80-95 ksi (552-655 MPa)	Min. 95 ksi (Min. 655 MPa)	Max. 23.0 HRC
HP2-13CR-95	95-110 ksi (655-758 MPa)	Min. 105 ksi (Min. 724 MPa)	Max. 30 HRC
HP2-13CR-110	110-130 ksi (758-896 MPa)	Min. 120 ksi (Min. 827 MPa)	Max. 32 HRC
UHP <sup>TM</sup> -15CR-125	125-150 ksi (862-1 034 MPa)	Min. 135 ksi (Min. 931 MPa)	Max. 37 HRC
UHP <sup>TM</sup> -17CR-110	110-130 ksi (758-896 MPa)	Min. 120 ksi (Min. 827 MPa)	Max. 33 HRC

2024年4月18日受付

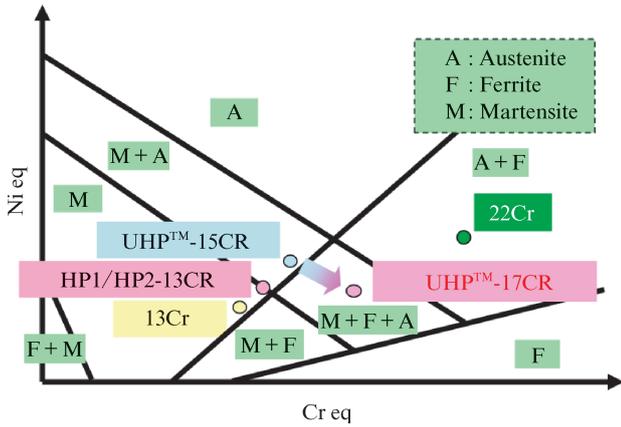


図1 シェフラーの状態図  
Fig. 1 Shefflar diagram

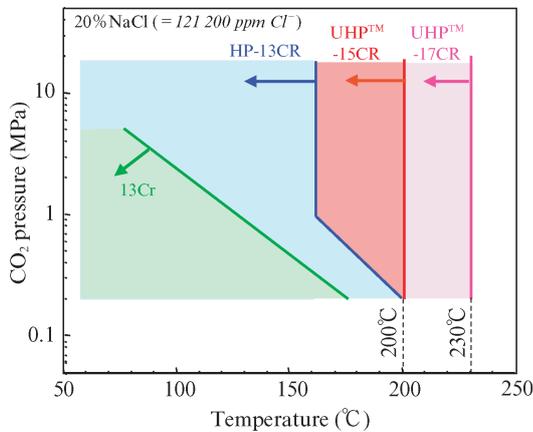


図2 CO<sub>2</sub> 腐食マップ  
Fig. 2 CO<sub>2</sub> corrosion map

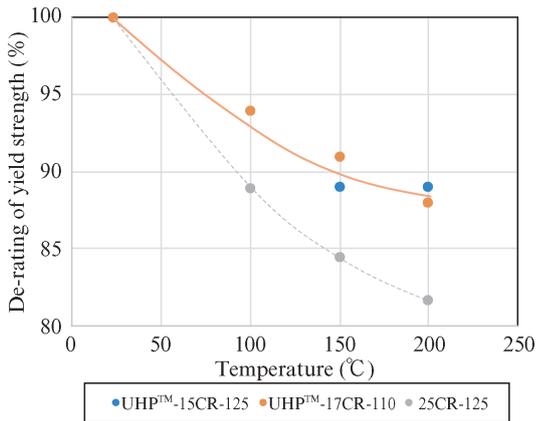


図3 温度と降伏応力の関係

Fig. 3 Correlation between yield strength and temperature

### 2.3 HP2-13CR-95M, HP2-13CR-110M

井戸環境が多様化する中で、UHPグレードほどの耐CO<sub>2</sub>腐食性能は不要であるが、HP2グレードよりも高い耐SSC性能が求められるケースがある。そのような環境に対応すべ

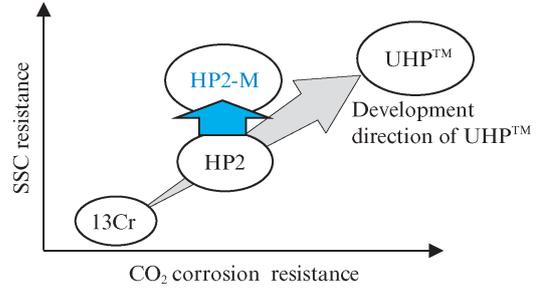


図4 HP2-13CR-95M, HP2-13CR-110M 開発の方向性  
Fig. 4 Development direction of HP2-13CR-95M and HP2-13CR-110M

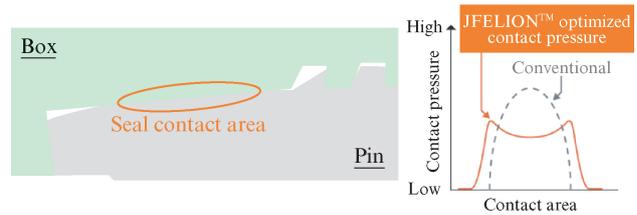


図5 JFELION<sup>®</sup>のねじ継手の組図とシール接触圧分布  
Fig. 5 Figure set and seal contact pressure of JFELION<sup>™</sup>

く当社は既存のHP2グレードをベースにMn, Ni成分を調整し、95ksiでは30HRCから28HRCに、110ksiでは32HRCから31HRCに硬さ上限を制御することで耐SSC性能を向上させたHP2-13CR-95M, HP2-13CR-110Mを開発した(図4)。

### 3. 高性能特殊ねじ継手 JFELION<sup>®</sup>の基本設計と特徴

石油・天然ガスは可燃性で油井管から漏洩すると大事故につながる可能性があるため、掘削時には油井管をつなぐねじ継手部の気密性能が非常に重要である。従来は、ねじ部が気密性能を維持できる耐荷重は油井管本体の耐荷重よりも低いことが一般的であったが、当社の開発したJFELION<sup>®</sup>は、油井管本体の限界荷重(引張・圧縮)、限界圧力(内圧・外圧)環境においても気密性が維持される高気密性能ねじである。また前章で紹介したUHP-15CR-125, UHP-17CR-110といった高合金鋼は、ねじ継手の締め付け過程におけるシール部の摺動により焼付きが発生しやすいことが一般的に知られているが、接触面圧のピークを抑えるように最適化した当社独自のシール形状を採用することで、耐焼付き性と気密性の両立に成功した(図5)。

### 4. おわりに

当社のマルテンサイト系ステンレス油井管とJFELION<sup>®</sup>の組み合わせは、22CR, 25CRなどの二相鋼より安価で、耐腐食

性、気密性に優れ、焼付きリスクの低い、お客様に高い敷設効率を提供できる商品として、石油会社各社から高い評価をいただいている。今後もお客様のニーズに応えるべく、商品開発を進めていく。

参考文献

- 1) 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™」. JFE 技報. 2007, no. 17, p. 56-61.

- 2) Ishiguro, Y. Enhanced Corrosion-Resistant Stainless Steel OCTG of 17Cr for Sweet and Sour Environments. NACE Corrosion. 2013, Paper no. 2436.

〈問い合わせ先〉

JFE スチール 鋼管センター エネルギー鋼材輸出部 油井管・特殊管室  
TEL: 03-3597-3205 FAX: 03-3597-4710

JFE スチール 知多製造所 商品技術部 第1商品技術室

TEL: 0569-24-2432 FAX: 0569-24-2032

ホームページ: <https://www.jfe-steel.co.jp/products/koukan/oilwell.php>