イワタニ水素ステーション東京有明
© 岩谷産業(株)

高圧水素用ステンレス鋼

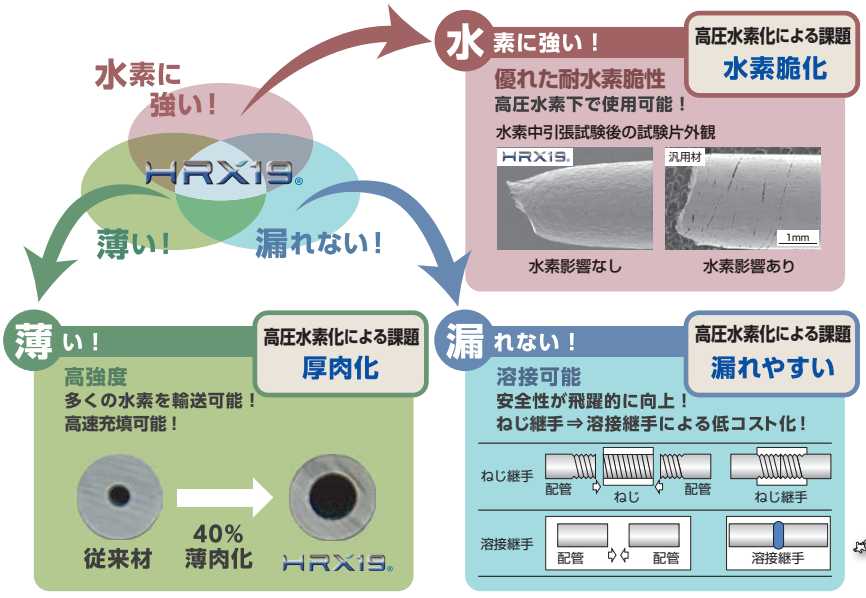
HRX19®

水素社会に欠かせない先進材料

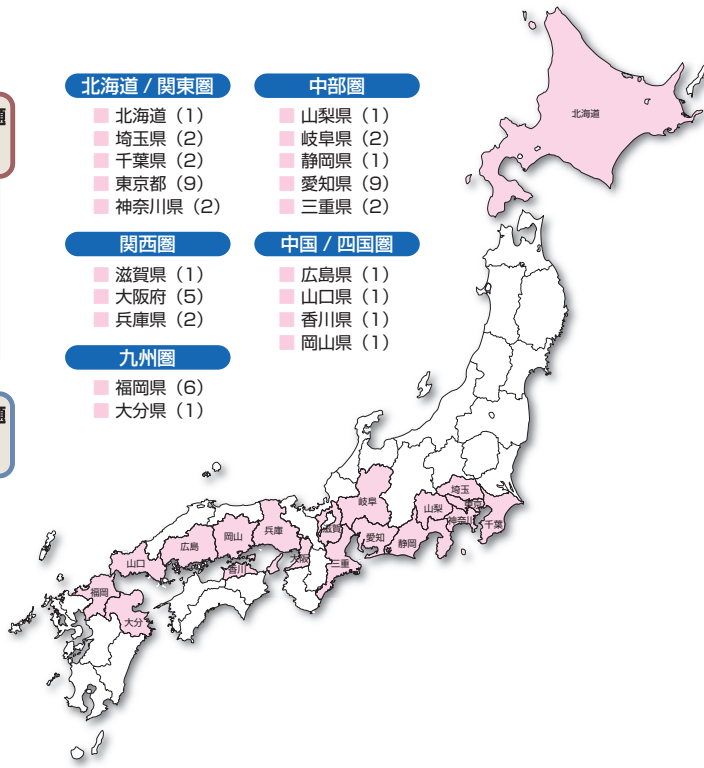
環境負荷の少ない水素を使った燃料電池自動車(FCV)に注目が集まるなか、急速に水素ステーションの整備が進んでいます。新日鉄住金が世界に先駆けて開発した高圧水素用ステンレス鋼HRX19®(※1)は、高圧水素ガス環境下で生じる水素脆化(ぜいか)(※2)を克服し、高強度、溶接施工可能などの特長が評価され、採用実績を伸ばしています。

HRX19®の特長

高圧水素化に適応した唯一の材料 ⇒水素社会の実現を下支え



水素ステーションでの HRX19® 採用実績



※1 Hydrogen Revolutionary X19

※2 水素脆化(ぜいか)：鋼材中に吸収された水素により、鋼材が極端に脆(もろ)くなる現象。それにより亀裂やワレを引き起こす。

コンパクト化も可能にしたHRX19®

採用されたHRX19®の配管（蓄圧器ユニット）（水素ステーション静岡）　静岡ガス（株）提供

ENEOS横浜綱島水素ステーション
JXTGエネルギー（株）提供

加速する商用水素ステーションの普及

水素ステーションとは、燃料電池自動車（FCV）に水素を充填する設備である。2011年より商用化が始まり、19年3月末では商用の水素ステーションが全国113カ所、25年には320カ所となる予定である。

商用化に伴い、水素の充填時間を短縮するために高圧化が必要となり、実証試験では35MPa（※3）だった常用圧力が現在は70MPaとなり、将来的には100MPaまで視野に入れられている。このような高圧水素環境で充填時間の短縮を実現させるために、耐水素脆性のみならず高強度化による配管の薄肉化（ガス流量の拡大）のニーズが高まってきた。

従来使われてきたステンレス鋼SUS316LではこれらのSUS要求は満たせないため、SUS316Lを冷間加工して強度を高めた配管が採用されてきたが、溶接施工の際に軟化して溶接継手強度が大幅に低下することから、SUS316Lの機械式継手を数百個用いて配管をつないでいた。これでは、継手一つ一つにコストがかかる上、点検時には継手をすべて外さなければならず、膨大な手間とメンテナンスコストがかかる。また、継手を繰り返し使用することで緩みが生じ、水素ガス漏れのリスクが高まる。そうした課題から、溶接による施工が求められた。

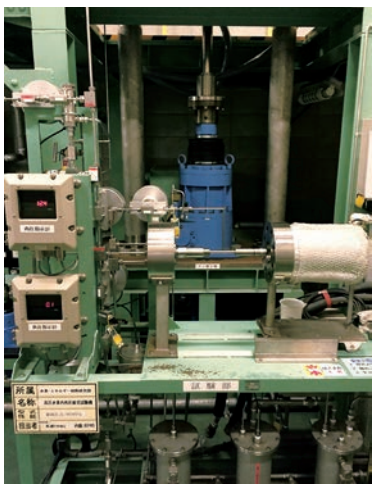
短期間で開発を実現。他社にはない水素試験設備でお客様の品質保証にも寄与

高強度のステンレス継目無鋼管で実績のある新日鉄住金に、水素ステーション向けの高強度材ができないかという依頼があったのは、水素ステーションの商用化目前の2010年。技術開発本部では通常5～10年かかる鋼材開発を約2年という短い間でやり遂げた。

「短期間でゼロからの開発は難しいと判断し、ASME（米国機械学会）規格の『XM-19』という鋼種をベースに改良・最適化しました。これにより、長期間を要する規格登録というハードルを越えたことで、あとは性能をいかに高め、かつ、その技術的根拠を立証していくかに専念できました。強度を高める窒素を添加すると水素脆化しやすくなるため、窒素と何を添加すれば安定して水素脆化が起こらなくなるのか検討することが一番の課題でした」（中村潤主幹研究員）

結果として、HRX19は既存材料であるSUS316Lより優れた耐水素脆性を達成し、理論上1000MPaの水素ガスにも耐えられる試験結果も出ている。新日鉄住金の技術開発本部に水素試験設備は6基（尼崎4基、富津2基）あり、特に尼崎にはNEDO（国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構）のプロジェクトで投入した低ひずみ速度引張試験機（SSRT）や外圧疲労試験機、内圧疲労試験機がある。これらを駆使して設計寿命の5倍に当たる約100万回の圧力変動をかけた性能評価を行った。また、母材の鋼種決定後、従来材では不可能だった高強度、耐水素脆性かつ溶接欠陥防止を満足する溶接条件を見出すことにも成功した。材料をソリューション提案するとともに、溶接部にも母材同様のきめ細かい性能評価を行っている。HRX19の母材については日本金属学会技術開発賞、HRX19の溶接技術は日本溶接協会技術賞（本賞）を18年受賞している。

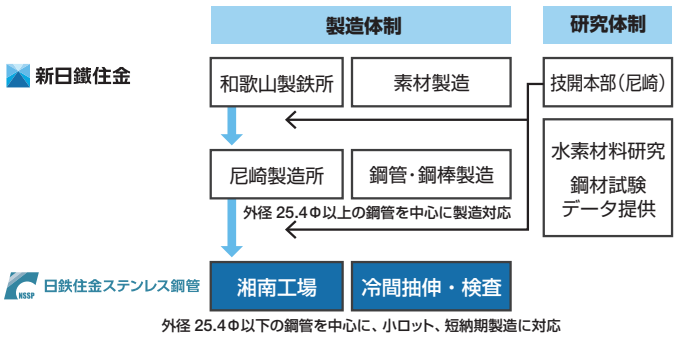
新日鉄住金（株）技術開発本部
鉄鋼研究所 鋼管研究部
材料信頼性研究部 兼務
中村 潤 主幹研究員


外圧疲労試験機

SSRT試験機
（Slow Strain Rate Test）

※3 MPa：メガパスカル。引張強さや圧力の単位。1MPa（=1N/mm²）：1mm²当たり1N（≒0.1kg）の力が作用する圧力。

HRX19®の製造体制



SUS316L との比較

特長・効果	材料 Spec.	SUS316L（例示基準材） 溶体化	SUS316L（例示基準材） 冷間加工まま	HRX19® 溶体化
耐水素脆性 ●オーステナイト系ステンレス鋼で最高レベル ●ステーション配管の長寿命化および安全性向上を実現	Ni 当量 ≧28.5%	○	○	◎（≧32%）
高強度材料 ●SUS316L に比べ、約1.5 倍の強度 ●薄肉設計可能による軽量化と材料コスト削減を実現	TS≧ 800MPa	×	△	◎
溶接施工性 ●優れた溶接性を有する材料 ●施工およびメンテナンスコストの削減に貢献	溶接部 TS≧ 800MPa	○	×	◎

「水素社会は未来の技術と捉えられがちですが、もうすでに始まっています。いち早く顧客ニーズに応えた新製品・新商品を開発しHRX19のみならず、水素社会に必要な当社製品をPRできるよう鋼種を横断して連携していきます」（中村主幹研究員）

お客様と一緒に働きかけ、新材料として認められる

厳格な管理を必要とする高圧水素ガスに対して、高圧ガス保安協会（KHK）は一般の高圧ガス保安法に加えて例示基準を発行しており、SUS316LとSUH660の使用のみ認めている。そのため新材料であるHRX19を使用するためにはKHKから材料使用に対する認可（事前評価申請）を取得しなければならなかった。

「事前評価申請に必要な膨大な資料は、お客様が実施する必要があり、HRX19採用には事前評価申請に対するお客様の多大な不安を解消する必要がありました。そのため、KHKからの要望データ取得や専門的な質問に対し、技術開発本部と一体となってスピーディに対応することで、お客様の不安を払拭する技術サポート体制を構築することに尽力しました」（小薄孝裕主幹研究員）

従来まではSUS316Lの冷間加工材が主に採用されていたが、さまざまなお客様のKHK事前評価申請をサポートしてきた結果、現在オープンしている水素ステーション約100カ所のうち半数以上にHRX19が採用されている。またHRX19の溶接施工を確立している会社も10社を超え、確実にHRX19を採用するステーションが増えてきている。

「尼崎製造所は、さまざまな特殊管の新材料を開発し、いろいろな用途のKHK事前評価申請を支援してきた経験がありました。水素分野においても、商用水素ステーション設計が始まるタイミングにHRX19を採用していただけるよう、事前評価申請のサポートを行ってきました。このなかでお客様と直接対話でき、信頼関係が築けたことも、HRX19の普及に役立ったと思っています。今後ともお客様と親密な関係を維持するとともに、きめ細やかな技術サポートを継続し、HRX19に対する高い信頼に応えていきたいと思っています」（照沼正明）

製造体制の強みを活かし、お客様が求めるメニューを提供

HRX19の配管は、主に日鉄住金ステンレス鋼管（株）（NSSP）の湘南工場で製造している。同工場は、半導体製造用ガス配管（クリーンパイプ）の国内ほぼ100％のシェアを有しており、その技術力と徹底した品質管理体制でHRX19製造を担っている。

新日鉄住金（株）
尼崎製造所 カスタマー技術部
照沼 正明

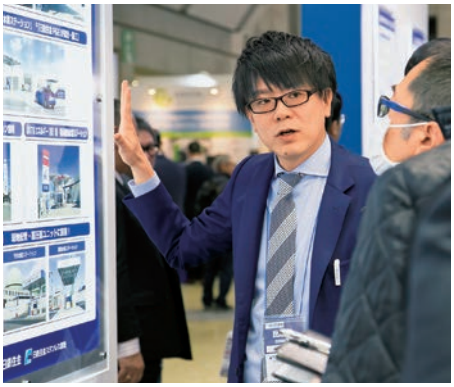
新日鉄住金（株） 技術開発本部
鉄鋼研究所 鋼管研究部
小薄（おすき） 孝裕 主幹研究員

日鉄住金ステンレス鋼管（株）湘南工場

日鉄住金ステンレス鋼管（株）湘南工場
左から 横山 千晃、大塚 昭男 製造課長

検査

抽伸（ちゅうしん）



『第15回 国際水素・燃料電池展 FC EXPO 2019』に出展したときの様子

NSSPでは新日鉄住金の尼崎製造所から購入する素管を戦略在庫として常に一定量保有しており、1~2週間単位の短納期や小ロットニーズ(1本から対応可)に柔軟に対応している。

「NSSPが取り扱っているオーステナイト系ステンレス鋼に比べ、2倍の強度を有するHRX19の安定供給に向け、抽伸(ちゅうしん)技術の確立および高強度材に対応した矯正機の導入に取り組んできました。今後とも、お客様の多様なニーズに対応し、HRX19の拡販に貢献していきたいと思っています」(大塚昭男製造課長)

「水素ステーションの高圧水素ガス環境下でHRX19の材料特性を最大限に引き出すためには、NSSPでの製造・最終検査が大変重要であり、責任を感じています。これからも新日鉄住金グループの一員として、徹底した品質管理体制と製造技術のさらなる向上を図り、お客様からより信頼していただけるものづくりに取り組んでいきます」(横山千晃)

新日鉄住金グループ一体で精力的にお客様を訪問。HRX19®ブランド戦略を展開

水素ステーションの建設には、施主、元請、施工会社に加え、圧縮機、蓄圧器、熱交換器メーカーなど、さまざまなお客様がかかわっている。企業規模の大小を問わず、これらすべての会社を対象に新日鉄住金とNSSPが共同して全国各地で営業活動を行ってきた。

「新日鉄住金グループの営業・製造・技術担当者が一緒にお客様を訪問し、HRX19を説明してきました。水素ステーションにかかわる鋼材を一括して頼まれることも多く、配管だけではなく、バルブや継手用途のステンレス丸棒や形鋼なども納めるなど、柔軟に対応しています」(上山翔太)

また、直接訪問以外にも、積極的に展示会に出展し、PR活動や関係者との情報交換を行っている。

「展示会では多くの方々が訪問してくださり、昨年は溶接デモの実演、今年はバス対応水素ステーションの採用実績や本田技研工業(株)の『スマート水素ステーション(SHS)70MPa』内部の模型を展示するなど、HRX19の幅広い用途をご紹介しました。水素ビジネスの展開を検討している自治体から説明会開催の要望も多く、HRX19への関心と期待の高さがひしひしと感じられます。日本金属学会技術開発賞や日本溶接協会技術賞を受賞できたことも光栄で、今後の活動の励みになります」(上山)

「新エネルギーの供給基地として期待される水素ステーションにおいて、安全面が第一のため、慎重かつ堅実に実績を重ねています。お客様がHRX19のことを知れば知るほど、一層その高機能性を理解していただけるのが最大の強みです。最近ではHRX19を使っていることが会社のPRになると、展示会のパネルにHRX19の名前を入れていただいたり、鋼材サンプルを飾ってくださったケースもあります」(住友要グループ長)

「HRX19を使ってもっとお客様に喜んでいただけるよう、丸棒でのご提供から、お客様の必要とする形により近い形鋼の商品開発なども進めています。HRX19のブランド力強化も知的財産部と連携して進めており、今後、広く一般消費者の皆様にも、水素社会の安全・安心な材料として認知されるようにしていきたいと思います」(上山)

新日鉄住金(株)
鋼管事業部 特殊管営業部
プラント鋼管室
上山 翔太

日鉄住金ステンレス鋼管(株)
営業本部 営業部
東京営業第二グループ
住友 要グループ長

第48回日本溶接協会技術賞(本賞)を受賞
左から小薄孝裕主幹研究員、大村朋彦上席主幹研究員リーディングリサーチャー、平田弘征部長、浄徳佳奈主任研究員