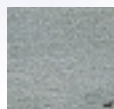


## 特集

# 腐食への挑戦 新S-TEN1

鉄鋼材料の使用環境は、マイルドな状況から極めて過酷な条件までさまざまである。それに対応するための重要な要求性能に、「耐食性」が挙げられる。特に近年はメンテナンスコスト削減や、循環型社会構築への貢献として、長寿命化や3R、環境負荷物質削減等のニーズが強まっており、新日鉄はこれに対応した多くの耐食鋼・表面処理鋼板等を開発し、新商品を市場に提供してきた。本特集では、新日鉄の優れた耐食材料と防食技術、そして今回新しく開発した画期的な高耐食鋼材「新S-TEN1」を紹介する。



### 新日鉄の防食技術の進展

## 高度化する耐食・防食要求

いま日本では、戦後の高度経済成長期から既に30数年が経過し、インフラの効率的な維持メンテナンスや長寿命化の要求が強まっている。一方、耐久消費財、生活用品の分野でも、家電リサイクル法、グリーン購入法などの環境関連法の施行を受けて、リサイクルや廃棄物削減（3R=リデュース、リユース、リサイクル）への関心が高まっている。鉛や六価クロムなど、環境負荷物質の低減・使用禁止要求も強い。従って、鉄鋼製品に対して「防食要求」と「環境対応」が幅広い分野で高まると同時に、より厳しい環境条件下で性能発揮が求められている。

生活用品・耐久消費財分野では、主に“防錆性能”が重視され、表面処理が適用される。一方、長い耐用年数が目標とされる社会基盤/産業基盤分野では主に耐食鋼が適用され、メンテナンス方法も含めた長寿命化が求められている。

## 使用環境で決まる耐食・防食ニーズ

「耐食性」に求められる性能は多様だ。身近な食器のさび防止に始まり、船舶・海洋での板厚の損耗の抑制、そして食品プラントでの食品に害のない耐食材料の選択まで、さまざまである。

耐食性に求められる性能は「使用環境」で異なる。家電、食器等が使用される身近な生活環境に比べ、船舶・海洋や、水の状態としては高温となる温泉・熱水は、当然腐食性が強い。高温の化学工業・石油製品プラント等は、さら

に強い腐食環境である。また、極めて高温の内燃機関排気系統や燃焼炉、熔融金属を扱う溶融めっき槽、溶融塩を用いた燃料電池等も、それに相当する。

耐食ニーズは多岐にわたるが、需要家と一体となった取り組みの結果、現在では、ほぼ全分野でニーズにあった材料選択が可能となっている。

## 新日鉄の優れた耐食・防食技術メニュー

環境負荷が少ない社会の構築に向け、防食技術の世界でも、新日鉄は積極的に取り組んでいる。「資源有効活用」の観点からは、より少ないめっきで長期間の防錆性能と新たな耐食特性が提供可能なダイマジンクやスーパーダイマ。「環境負荷物質低減」の観点からはジンコート21等のクロメートフリー表面処理鋼板。「一層の信頼性向上」の観点からはチタンクラッド鋼やステンレス鋼等の高耐食鋼材を、それぞれ開発してきた。また、「メンテナンスコスト軽減」の観点からは、沿岸地区での長期使用を可能にした海浜耐候性鋼などである。

新日鉄の技術論文集「新日鉄技報」の377号では、「新日鉄の防食技術」を特集しています。

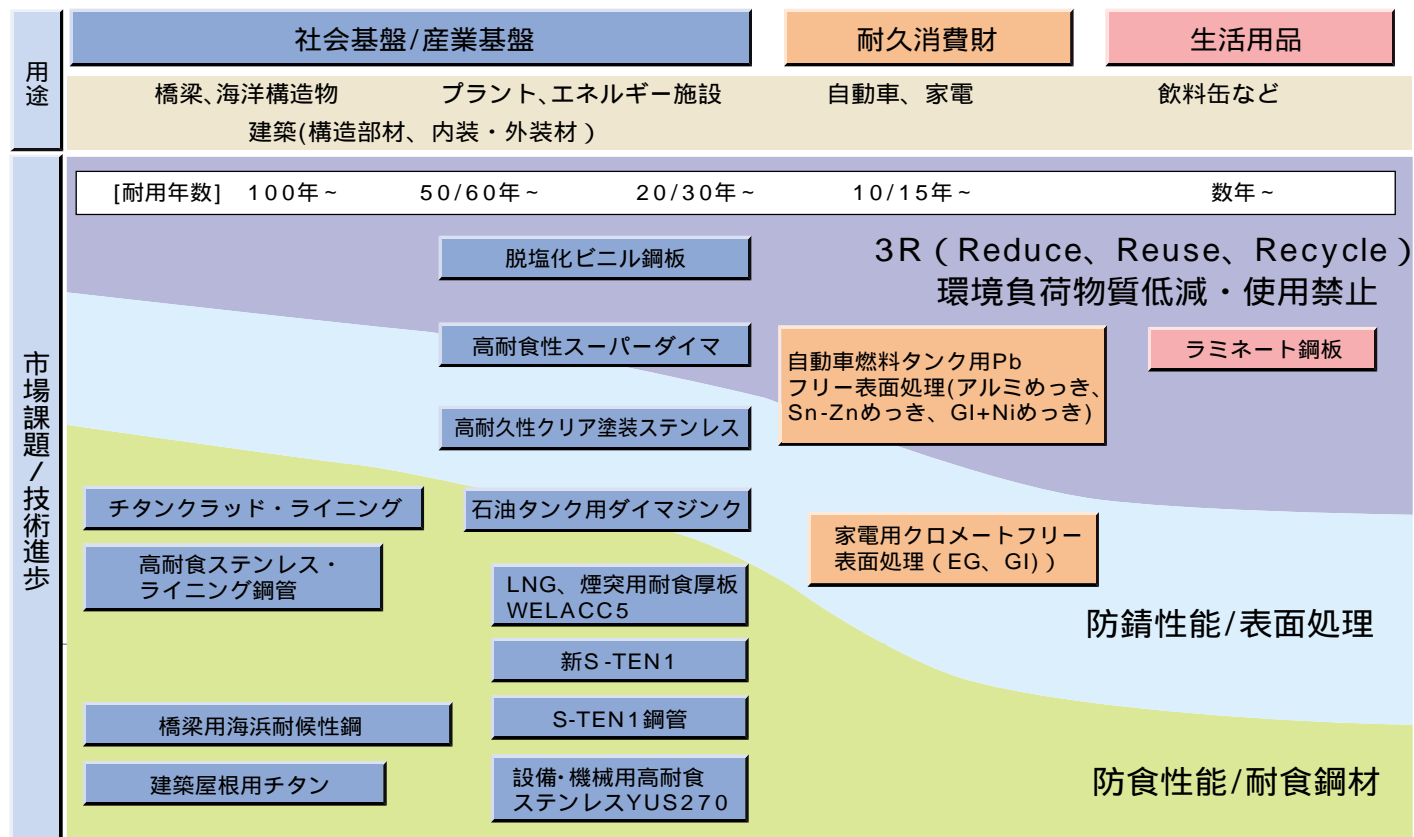
新日鉄がこれまで開発してきたさまざまな耐食材料について品種横断的に紹介したものです。

ご希望の方は、下記までお申し込みください。

技術開発企画部 マネジャー 田巻 耐  
TEL03-3275-5157  
FAX03-3275-5634  
E-MAIL s-tamaki@re.nsc.co.jp



用途・市場ニーズと最近の技術進歩



従来より高濃度の塩が存在しても、耐候性を維持できる鋼

腐食環境に対応する新日鉄の鋼材

分野	建築・土木	エネルギー・化学プラント	自動車	家電・電子機器	海洋構造物・船舶	ライフライン
腐食環境	大気腐食 鉄筋腐食 淡水腐食 塩害腐食	酸、アルカリ、塩類 高温ガス腐食 高温水腐食	大気腐食 塩害腐食 燃料タンク腐食	大気腐食 淡水腐食 塩害腐食	海水腐食 塩害腐食	土壌腐食 (電食) (自然腐食) (微生物腐食)
一般的に適用される鋼材	耐候性鋼 ステンレス鋼 各種表面処理鋼板 塩ビ被覆鋼板	低合金鋼 ステンレス鋼 S-TEN	高耐食表面処理鋼板 ステンレス鋼 クロメート処理めっき鋼板 ターンシート	高耐食表面処理鋼板 ステンレス鋼 クロメート処理めっき鋼板 ターンシート	電気防食 重防食塗装	塗覆装鋼管 (ポリエチレン、塩ビ等) 電気防食
新規開発鋼材	橋梁用海浜耐候性鋼 高耐食ステンレス鋼 スーパーダイマ チタン、チタンクラッド	タンク底・屋根向け Zn-Mg鋼板 S-TEN鋼管 新S-TEN1 高耐食ステンレス鋼	燃料タンク用アルシート Sn-Znめっき GI-Niめっき クロメートフリー表面処理鋼板	鉛フリーめっき鋼板 クロメートフリー表面処理鋼板 プレコート鋼板 クロメートフリー・プレコート鋼板	チタンクラッド、チタンライニング鋼管 YUS270ライニング鋼管	
耐食技術	塩ビ代替鋼板 ハルス塗装鋼板 腐食状態のリアルモニタリング 耐候性鋼腐食予測技術	LNG耐水腐食エレメント鋼板 LNG煙突用耐食鋼板 WELACC5	各種ハイテンめっき鋼板			

## 開発

# 鉄の永遠の課題、“腐食”に克つ新たなソリューション

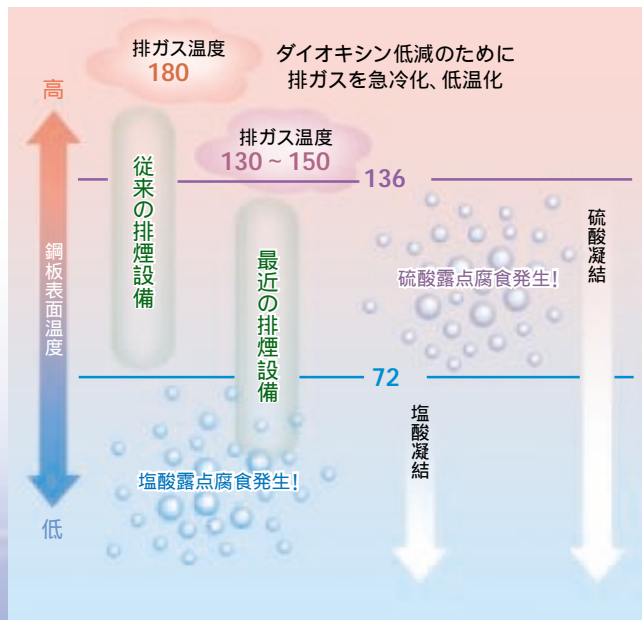
ダイオキシン対策等によって生まれた  
新たな腐食環境

1965年に開発された「S-TEN1」は、もともと重油焚きの火力発電所の排煙設備に使われる低合金耐食鋼として、高度経済成長期の発電所建設とともに市場を拡大してきた。ステンレスに匹敵する耐食性を持ちながら、加工性・溶接性・経済性に優れた、特殊鋼の中でもユニークな鋼材だ。S-TEN鋼には使用環境に応じて複数のタイプがある。耐硫酸性に優れ、低温側の露点腐食に適するS-TEN1、比較的高温強度に優れたS-TEN2などだ。材料指定されるなど高い評価を得て市場に浸透・定着し、その後30年以上にわたる超ロングセラー商品として、確固たる地位を確立した。

バブル崩壊後、エネルギー政策の転換が指向され、重油だけでなくLNG、ごみ発電など、使用されるエネルギー（燃料）が多様化し、設備の使用環境が大きく変化した。なぜなら、エネルギーの転換により排煙の組成が変わり、排煙設備の材料となる鉄鋼製品の腐食環境が変化するからである。

従来の重油燃焼設備の排煙設備では、煙の中に含まれる硫酸が結露する腐食だったのに対し、LNGでは水分による腐食が起こる。一方、ごみ焼却設備では、ダイオキシン規制によって排ガスの急速冷却・低温化が求められたため（従来180 130~150）、食品ごみやプラスチックから生成される塩酸による新たな鋼材の腐食環境が生まれてきた。（塩酸露点腐食）

廃棄物焼却施設の排煙システムで生じる硫酸・塩酸露点腐食のメカニズム  
排ガス成分(SO<sub>2</sub>:6ppm、HCl:300ppm、H<sub>2</sub>O:30%)のケース



他社の追随を許さない戦略商品を開発

こうした課題にも応えるために開発・商品化されたのが「新S-TEN1」だ。ダイオキシン類に対応している低温化したごみ焼却炉における塩酸露点腐食環境の中で、従来品の3倍以上の耐食性を誇る。

厚板営業部厚板商品技術グループの楠隆マネジャーは「『新S-TEN1』は、『S-TEN1』の従来性能に加えて、特に“耐塩酸露点腐食性”を向上させることを目指し、約1年という短期間で商品化にこぎつけました」と語る。

鉄にとって「腐食」と「疲労」は永遠の課題だ。腐食は、使用環境や耐用年数によって対策も異なる。橋梁や造船、タンク、鉄骨建築、プラント設備などの様々な用途における腐食現象の客観的評価は難しい。新日鉄は、腐食促進や暴露など多彩な試験方法を駆使した、トップレベルの腐食メカニズムの分析技術を誇る。従って、顧客から鋼材の腐食に関する相談・問い合わせを受ける機会も多い。

「お客様から、腐食についてのさまざまな相談を受けます。使用環境によってソリューションは異なりますので、最適な耐腐食商品をお薦めしています。特に最近では、補修技術を駆使していかにも長持ちさせ、メンテナンスコストを下げるかということで、その要請がますます高まっています。ライフサイクルコストの観点から見た材料への信頼性向上がポイントになるでしょう。その意味でも、耐硫酸・塩酸腐食環境下の用途において、『新S-TEN1』は新日鉄として自信を持ってお薦めできる新商品です」（楠マネジャー）

厚板営業部 厚板商品技術グループ  
マネジャー 楠 隆

「ごみ処理設備に関わるお客様に『新S-TEN1』のPRを展開し、着実に実績を積み重ねていきたい。“夢は全国のごみ焼却設備へ”です」



新S-TEN1と他材料との比較サンプル  
(10.5% HCL 60 72時間促進試験)



## 研究者の純粋な探求心から生まれた「新S-TEN1」

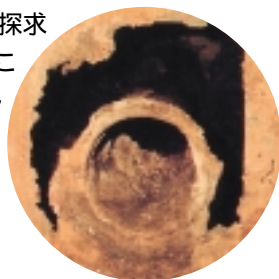
常識への挑戦がはじまった

2000年11月。鉄鋼研究所では、市場で急速に高まった「耐塩酸腐食」ニーズを、「S-TEN」の新たな展開の好機として捉えた。過酷な環境における耐食性を飛躍的に向上させるといふ、明確かつ厳しい制約条件の中で、「新S-TEN1」の研究開発がスタートした。

「新S-TEN1」の開発に中心となって携わった鉄鋼研究所鋼材第一研究部耐食グループの宇佐見主任研究員は、開発の経緯を次のように語る。

「腐食のメカニズムとは、酸化と還元反応における、電子のやり取りで起こる現象です。鋼の腐食は、金属が塩酸中にイオン化して、鋼中に電子を残すことで生じます。塩酸環境下では、塩酸中の水素イオンが、鋼中の電子を水素ガスとして取り出す性質を持っており、腐食速度はこの電子の流れをコントロールすることで制御できます。その現象を左右するのが、各元素量の最適制御であり、『新S-TEN1』開発のポイントです」

「新S-TEN1」は、新日鉄のトップレベルの高耐食鋼材設計技術で化学組成の最適化を図り、飛躍的な耐塩酸性を実現した。1970年代から行われ、すでにやり尽くしたと考えられていた塩酸環境中の耐食性研究において、先入観や既成事実にとらわれない研究者の純粋な探求心が、低合金の分野ではあまり見ることができない現象の発見をもたらした。またさらに、この技術は、すでに他の鋼材製品における耐食性向上への取り組みにも展開されつつある。



「塩化物を含む酸」に圧倒的な強み

実は、この技術の本質であり大きな強みは、塩酸（HCl）に強いということだけでなく、塩化物（Cl）を含む酸に強いということにある。例えば、石炭焚きの火力発電所では、石炭に海水をまくことがあり生成する硫酸に塩化物が入っている。ごみ焼却炉では、塩酸や硫酸、塩化物が生成するほか、鉄塔や橋、建材に必要な垂鉛めっきの事前処理で使用される塩酸洗槽にはピュアな塩酸が存在する。

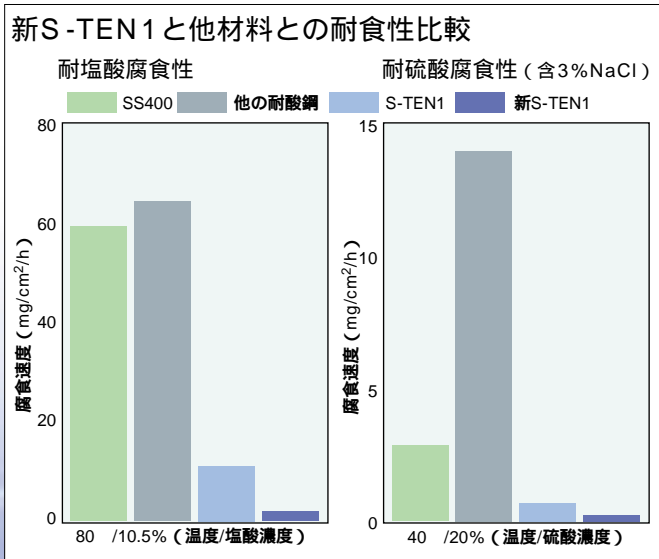
「いままでの『S-TEN1』は硫酸環境での耐食性をターゲットにしていたが、『新S-TEN1』はさらに進化させ、火力発電やごみ処理分野だけでなく、塩化物が存在するさまざまな腐食環境に用途が広がる可能性を秘めています」（宇佐見主任研究員）（次頁図：「新S-TEN1の耐食性」参照）

また、日鐵住金溶接工業株が取り組んだ溶接材の開発も競争力向上のポイントとなった。「S-TEN」では溶接金属部の方が早く減肉し、耐食性が必ずしも十分ではなかった。そこで、溶接金属の材料設計も「新S-TEN1」の鋼材と同じ思想で行い、溶接部も鋼材と同様の耐食性を有することとなり、選択腐食を解消する新たな溶接材料を開発し、溶接後の構造物の信頼性を向上させた。特に、めっき処理等の塩酸洗槽の顧客からも、大きな期待が集まっており、リサイクル性の良さなどから従来材料であるFRP、セラミックスからの代替需要が今後見込まれている。

技術開発本部 鉄鋼研究所

鋼材第一研究部（耐食）主任研究員 宇佐見 明

「塩酸や塩化物が存在するさまざまな腐食環境に広げていきたいと思います」



ごみ溶融炉



火力発電所のボイラー、空気予熱器

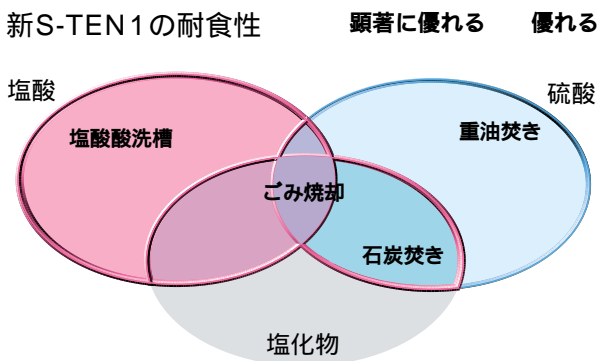
## 商品化

### 「S-TEN」のブランドイメージをさらに高める

最適なポイントを追求めし短期間に商品化

今回の「新S-TEN1」の開発における製鉄所の役割は、開発段階の材料を安定的に量産し商品化することだった。「新S-TEN1」は、極めて限られたレンジでのつくり込みが必要となる。耐食性だけでなく強度、溶接性、加工性などを満足させるバランスに仕上げていかなければならない。

「試作段階では、耐塩酸腐食性能を求めたために諸性能が悪くなったり、『S-TEN1』の基本性能である耐硫酸腐食性が劣化してしまうこともありました」と語るのは、名古屋製鉄所厚板工場厚板管理グループ奥島マネジャーだ。最適なポイントを追求めし、性能の均一化を図ることが「新S-TEN1」商品化のカギを握っていた。「こうした課題に対し、名古屋製鉄所では鉄鋼研究所と共に、用途に対する諸特性をさまざまな角度から検証して性能を確認し、成分バランス・圧延の最適条件を迅速に導き出すことに成功しました。ニーズとシーズの最初の出会いから約2ヵ月という短期間で製造条件を確立し、各種評価を完了できました」(奥島マネジャー)。こうした短期間の量産体制の確立は、製鋼段階における成分設計を知り尽くした新日鉄だからこそ可能であったと言える。



### 新日鉄の耐腐食ソリューションの強力なアイテムとして

30年のロングセラー「S-TEN1」のブランド力を活かす

火力発電やごみ焼却の排気設備の分野で30年以上のロングセラーを誇る「S-TEN1」。その性能をさらに向上させた「新S-TEN1」には高い期待が寄せられる。

厚板事業部厚板営業部厚板第一グループの近藤マネジャーは、「もともと『S-TEN1』は、大型設備から、補修用の切り板1枚に至るまで対応可能な商品です。特殊鋼の中でこのような幅広さを持つ商品は他にはありません。そこで今回、先人が築いてきた『S-TEN1』の“品質・ブランド力”をいかに活かすか、知恵を絞りました」と、新商品開発のきっかけとなった思いを語る。

同グループの尾上マネジャーは、「新日鉄では、全国の支店や「ハイテン会」という特殊鋼店売り販売網などを通じて、きめ細かく物件等のフォローを行っています。こうしたメンバーに、新商品を自信を持って売ってほしいと思ったのです」と語る。

### 腐食にお困りの際はぜひ新日鉄へ

尾上マネジャーは、「『新S-TEN1』は、耐塩酸腐食性など、競合材料や他社製品と明確に差別化できます。評価は採用されて2~3年後であり、いまはまず、『新S-TEN1』を知っていただくことが大切です。“スチール化”を含め、潜在市場に挑戦していきたいと考えています」と、今後の抱負を語る。近藤マネジャーも、「高い技術力を持つ材料のトップメーカーとして、例えば、“新日鉄の耐腐食シリーズ”という名称などで、お客様に対して、当社の耐腐食のさまざまなソリューションを提示することが重要だと思います。使用環境に適した材料を選択いただく上で、『新S-TEN1』を積極的に提案していきます。腐食にお困りの際は、まず新日鉄にご相談ください」と呼びかけている。



名古屋製鉄所  
厚板工場厚板管理グループ  
マネジャー 奥島 基裕

「成分の最適なポイントを短時間で追求することができたのは、まさに社内の連携プレーの賜です。今後も社一体となって顧客満足度を向上させていきます」



厚板営業部  
厚板第一グループ  
マネジャー 尾上 聡

「各支店や流通特約店等を通し塩酸腐食に強いことに加えエコプロダクツの観点からもPRし、『新S-TEN1』のアドバンテージを明確化しています」



厚板営業部  
厚板第一グループ  
マネジャー 近藤 聖

「同商品の高い付加価値を、お客様にご理解いただくために、きめ細かくソリューション営業を展開していきます」



八幡製鉄所 薄板部  
薄板管理グループ  
マネジャー 西村 哲

「『新S-TEN1』は品種横断的な製品ですから、社内はもちろんグループ会社を含めた連携を強め、広がりが予想されるマーケットに対応していきます」



鋼管営業部  
プラント鋼管グループ  
マネジャー 岡本 潤一

「これからも社内の連携プレーで、『新S-TEN1』の優れた性能をお客様に広めていきます」

## 新たな展開

薄板・鋼管品種にも  
「新S-TEN1」を展開

ニッチ商品として独自性を追求

「新S-TEN1」は厚板に加え、薄板、鋼管を合わせた3品種を提供しており、厚中板は名古屋製鉄所、薄中板は八幡製鉄所、鋼管は君津製鉄所で製造されている。

八幡製鉄所ではそのうち、薄板（冷間圧延鋼板）と中板（熱間圧延鋼板）を製造している。「S-TEN1」は特定分野をターゲットとするニッチ商品であるが、普通鋼では対応できない腐食環境への対応が可能である。

「S-TEN1」は、いま国内だけでなく、海外市場、特に東アジアでも注目を集め始めている。

「アジアで日本は環境技術の“先生”的な立場にあり、特に韓国、台湾、中国などが日本の環境技術に注目しているからです。いずれは耐硫酸露点腐食に加え、耐塩酸露点腐食への対応も必要になる時期がきますので、『新S-TEN1』も近い将来に必要とされてきます」（八幡製鉄所薄板部 薄板管理グループ 西村マネジャー）

## ごみ焼却設備の鋼材市場に挑む

「S-TEN」は、煙道や排煙脱硫装置の構造部材におもに使われており、それぞれ腐食環境や温度に応じたソリューションを提供している。

「『S-TEN』は品種横断的な製品であり、これまでも社内の厚板・鋼管部門と情報を共有化するなど、連絡を密にして顧客対応してきました。今後はより一層、技術・製造・営業など社内組織はもちろん、グループ会社を含めた連携を強めて、大きなマーケットとして期待されるごみ焼却設備分野などに挑みたい」（西村マネジャー）



フィンチューブ

他品種との組み合わせで  
顧客サービスを強化

鋼管分野での「S-TEN」製品の実績は約15年。主として重油焚きボイラの空気予熱器や、コークスガス燃焼炉のレキュペレーターなど、熱交換器の硫酸露点腐食対策として適用されている。最近、ボイラ自体も常温近くまで廃熱回収するケースが増え、節炭器などの耐圧部まで酸露点腐食対策が必要となっている。そこで2年前、同材料を発電用火力設備の技術基準に規格化し、耐圧部への適用も容易にしたため、この分野での採用も拡大している。

鋼管事業部鋼管営業部プラント鋼管グループの岡本マネジャーは、次のように語る。

「鋼管製品全体から見れば数量的には少ないのですが、鋼管営業としては、同商品をニッチな分野への戦略品種として位置づけています。特に今回の『新S-TEN1』については、鋼管製品も合わせて商品化しておかないと、機器全体の耐久性が得られない可能性があるため、鋼板部門、研究部門との連携が不可欠でした。鋼管製品でそれを象徴する事例が、極小径フィン巻チューブ用フィン材「S-TEN1-EX」だ。フィンチューブとは伝熱面積を増やした鋼管のことで、鋼管の回りに薄板を羽根のように螺旋状に取り付けたものだ。厳しい加工性を要求されるお客様のニーズに即応して開発されたもので、「S-TEN1」鋼管とのセットで実績を伸ばしている。発電プラントやごみ焼却プラントの排ガス処理設備には、ほとんどチューブ式熱交換器が使用されるため、国内のみならず海外の同様なプラント向けにも営業を展開している。

新日鉄ではいま、「S-TEN」について薄板、厚板、鋼管の各部門間で一層の情報交換と共有化を図り、相乗効果による最適なソリューションの提供に積極的に取り組んでいる。

「今後も積極的にお客様に足を運びます。先方のニーズを把握して情報収集に努めるとともに、こちらからも積極的に製品情報を提供しています。技術営業や技術サービスの役割は極めて大切です」（岡本マネジャー）

「新S-TEN1」は、まさに新日鉄ならではの総合力を結集した商品だ。技術サービスや鉄鋼研究所、各製鉄所、鋼管営業・技術部門、および専用の溶接材を開発した日鐵住金溶接工業(株)など、グループ会社を含めた横断的連携が、顧客に他社の追随を許さない高度なソリューションの提供を可能にしている。

新日鉄は今後も、環境保全に考慮した防食技術を進化させ、鋼材の優れたリサイクル性を活かし、幅広い社会ニーズに積極的に応えていく。

お問い合わせ先：厚板事業部 TEL03-3275-7162