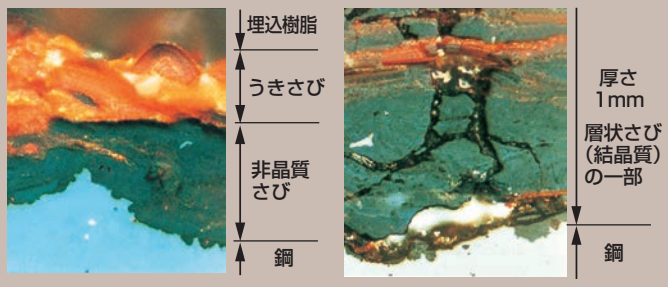
技術図鑑

さびを制するテクノロジー 新日鉄住金グループのものづくり

鉄をさびから守る。この永遠のテーマに対して、新日鉄住金グループは絶え間ない技術革新で挑戦を続けています。さびが発生しやすいさまざまな環境や使用条件に応じて、さびを制して国土強靭化やミニマムメンテナンスに貢献する新日鉄住金グループのテクノロジーを紹介します。

鋼材による防食
さびをさびで制する



保護性の高い良いさびと悪いさびの例

耐候性鋼の保護性さび（左写真）は、普通鋼のさび層（右写真）と異なり２層構造となっています。添加元素の働きによって、内層に緻密な保護性さびを生成し、腐食を抑えています。

新日鉄住金は、鉄に銅やクロム、ニッケル、リンなどの合金元素を使用環境に応じて最適に添加することで、耐食性を向上させた耐候性鋼の基盤技術を構築してきました。耐候性鋼は数年経つと保護性のさびが表面に形成され、母材へのさびの侵入を抑える「さびをさびで制する」という特長を持っています。しかし日本は周囲を海に囲まれていることから、湿度が高く、海からの飛来塩分の影響を受けやすく、必ずしも期待どおりの効果が得られないケースもありました。そこで新日鉄住金は、耐塩害性を高めたニッケル系高耐候性鋼NAW-TEN®（ナウテン）を開発しました。塩害の厳しい沿岸地域の道路橋や鉄道橋で、新日鉄住金の耐候性鋼が優れた効果を発揮しています。

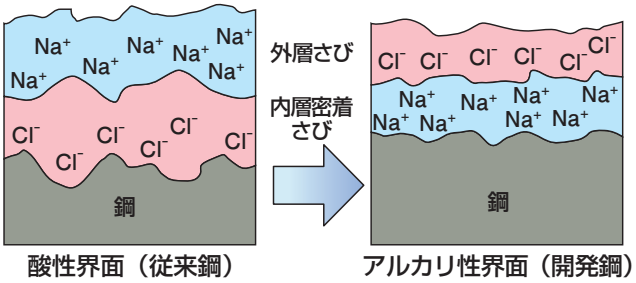
使い分けられる４つの防食方法

Advanced Technology
新日鉄住金グループのものづくり

耐塩害性を高める

ニッケル系高耐候性鋼NAW-TEN®

海からの飛来塩分に強い耐候性鋼



さびは２層構造で、保護性さび形成に有害な塩化物イオン(Cl⁻)が外層さびに濃化し、内層さびが安定してしっかりしていると腐食が進行しません。

従来鋼：塩化物イオン(Cl⁻)が塩酸になり異常腐食が起こる。
NAW-TEN®：ナトリウムイオン(Na⁺)がアルカリ性の水酸化ナトリウムになって腐食の進行を防ぐ。

北陸新幹線北陸道架道橋（新潟県）
橋脚などにNAW-TEN®が採用されています。

新日鉄住金が耐食性に及ぼす合金元素の影響について調べたところ、飛来塩分が多い海浜地区ではニッケルの効果が大きい一方、クロムが有害であることがわかりました。この結果をもとに、従来の耐候性鋼をベースに鋼中のニッケル添加量を増やし、クロムを無添加としたニッケル系高耐候性鋼NAW-TEN®を世界で初めて開発しました。無塗装で優れた耐候性を発揮する開発技術が高く評価され、2009年度ものづくり日本大賞優秀賞などを受賞しています。

優れた意匠性“さ美”

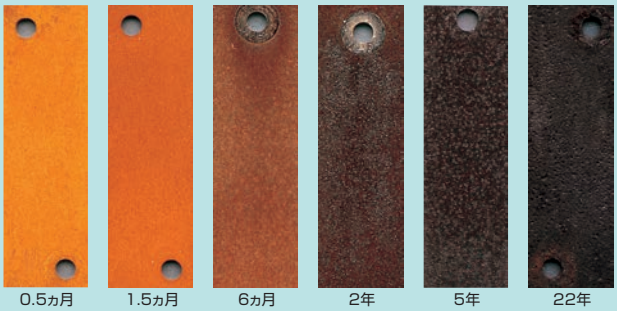
耐候性鋼COR-TEN®※／CORQ®／VINCOR®

全溶接住宅IRONHOUSE（東京都）
100年以上の長寿命化を実現する設計の建築でCOR-TEN®が採用されています。日本の住宅寿命の常識を打ち破る試みが評価され、2011年度大谷美術館賞を受賞しました。

飯山復活教会（長野県）
チャペルエントランスの周りにCORQ®が敷き詰められ、趣のある美しい景観をつくり出しています。

レストランでの活用例
仕切り壁にVINCOR®が採用され、気品あふれる食空間を演出しています。

COR-TEN®の経年変化



使用初期の黄色から徐々に茶色に変色し、一般的な環境では１～２年で落ち着いた黒茶色になり、その後はより深い茶色へと変わっていきます。

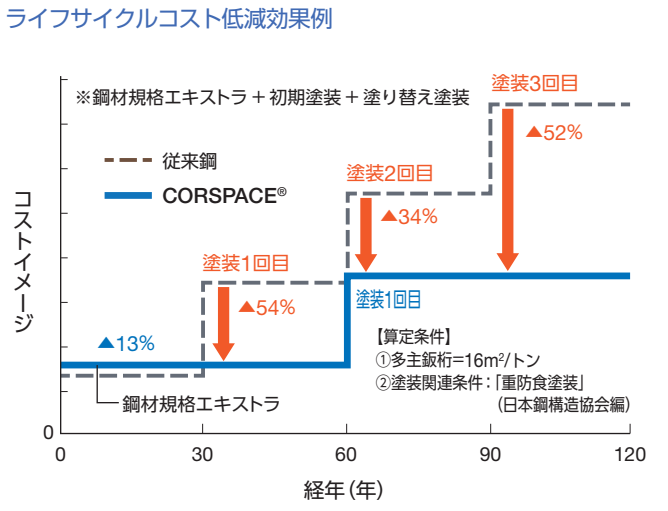
新日鉄住金の耐候性鋼COR-TEN®(コルテン)は、数年かけて緻密な保護性さびが徐々に形成されていくため、時の流れとともに味わい深い“さ美”色へと表情を変えていくことが大きな特長です。重厚で美しいさびの色調は、日本の風土や景観によく調和し、優れた意匠性を発揮することが評価され、近年は建築分野での使用が広がっています。さらにCOR-TENの特長を受け継いだ鋳物製品CORQ®(コルク)やVINCOR®(ビンコ)は、意匠性に優れた床材や壁材として採用されています。風格と趣があり、“さ美”が緩やかに“経年美化”し、時と共に楽しめる点が評価されています。

※ COR-TEN®は、United States Steel Corp.の登録商標です。

鋼材による防食 塗装構造物のライフサイクルコストを低減

塗装周期延長鋼 CORSPACE®

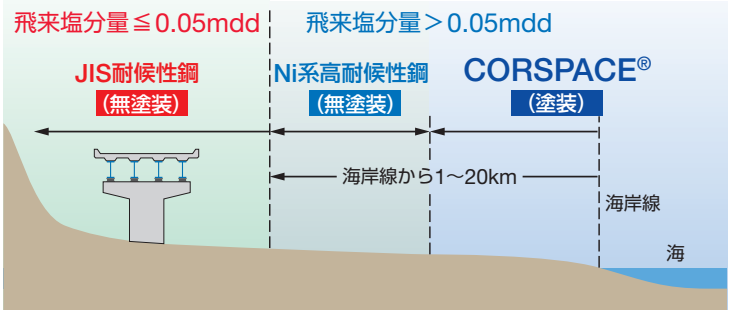
橋梁は通常100年間供用を前提に考えられています。適切な維持管理が求められるなか、塗膜が劣化した部分からのさびが大きな課題となり、定期的な塗り替えが必要となります。新日鉄住金はCORSPACE®を開発し、塗装頻度削減による環境負荷軽減と塗装構造物のライフサイクルコスト低減に貢献しています。



橋梁の塗装塗り替えの場合、100年で3回必要なとき、CORSPACE®の適用で1回に削減でき、維持管理コストが従来鋼の約半分に低減できます。

牧港高架橋（沖縄県）

新日鉄住金のCORSPACE®は、鋼材に微量のスズを添加したもので、腐食量を大幅に抑制し、塩害の厳しい沿岸地域で効果を発揮します。従来鋼では腐食や塗装の剥がれによる定期的なメンテナンスが必要となる場所でも、CORSPACEの適用によりメンテナンス期間の短縮が見込まれます。塗装の塗替周期延長を可能にし、ライフサイクルコスト低減を実現します。



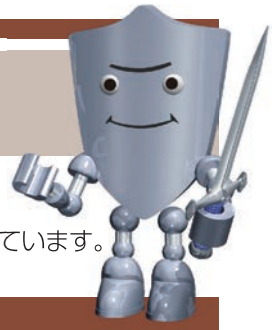
海からの飛来塩分に強い鋼板

インフラの老朽化を防ぐ

耐候性鋼橋梁のさび診断技術

日鉄住金防蝕（株）は、腐食の原因究明・耐久性試験などの知見を活かし、構造物の最適防食と長寿命化を実現するソリューション技術を提供しています。例えば耐候性鋼橋梁のさび診断は、目視による外観評価が代表的ですが、この評価には調査員の熟練度に左右されやすいという課題があります。こうした課題を解決できる定量的な手法を確立し、耐候性鋼橋梁のさび状態などを維持管理する診断技術が高く評価されています。

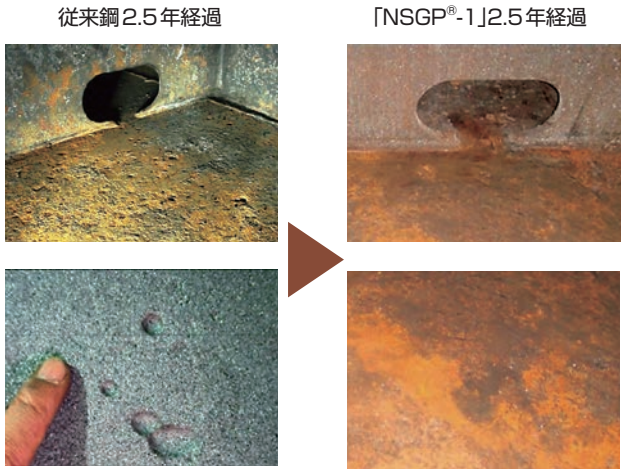
鋼材による防食 船舶を腐食から守る



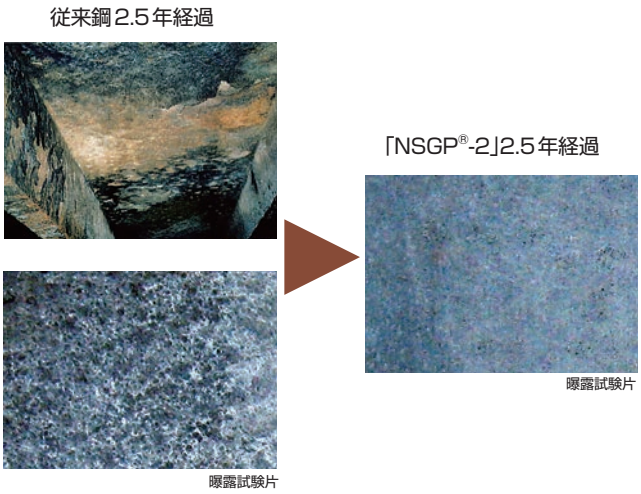
船舶や海洋構造物は海中・海上など鉄にとって極めて厳しい過酷な環境で使われます。
新日鉄住金は防食機能に対する一層の信頼性向上のニーズに応えて、さまざまな耐食性鋼や防食技術を開発しています。

海洋汚染を防ぐ

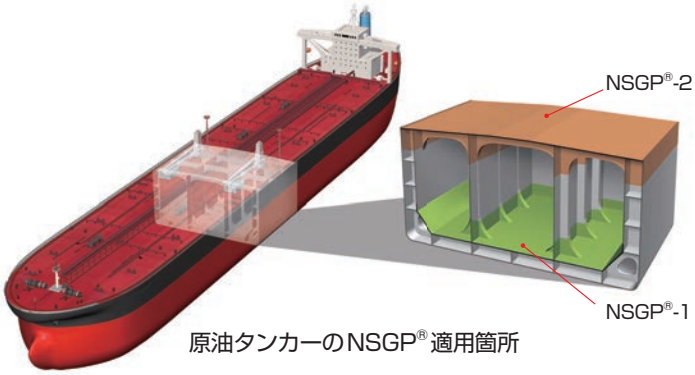
高耐食性厚鋼板NSGP® シリーズ



タンカーの原油タンク底板に生じる局部的な腐食を大幅に低減する NSGP®-1



タンク甲板裏側に生じる腐食を大幅に低減する NSGP®-2



原油タンカーのNSGP® 適用箇所

新日鉄住金の高耐食性厚鋼板NSGP® シリーズは、微量の合金を添加することで、耐食性能を発揮する鋼材です。NSGP-1,2は実船における長期の試験的な適用を経て、世界トップレベルの耐食性能を実証しています。また、溶接・加工性など従来鋼と同様の使用性能が高く評価され、多くの実船適用実績があります。塗装レスによる建造工期の短縮、優れた耐食性によるメンテナンスコスト低減など、原油タンカーの建造時や就航時にさまざまな効果をあげています。NSGP-1は、2011年度に市村産業賞貢献賞、ものづくり日本大賞特別賞を受賞しています。

海水浸漬環境で耐食性を発揮

MARILOY® S-400鋼管

写真提供：共栄タンカー(株)

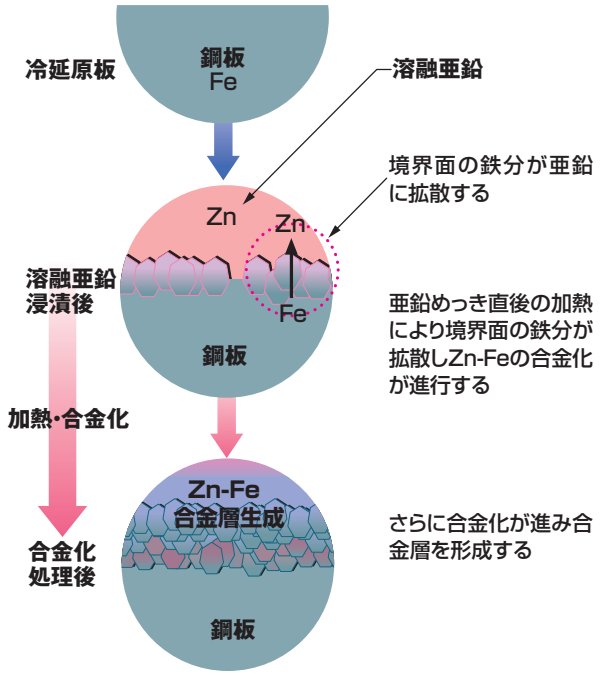
MARILOY® 鋼管はタンカーのバラスト管、荷油管で普通鋼より優れた耐食性を有し、メンテナンスコスト低減に貢献します。

新日鉄住金のMARILOY®(マリロイ)S-400鋼管は、MARINE(海洋)とALLOY(合金)を語源とし、海洋での耐食性を高めるために1%のクロムを添加した鋼材です。クロムの添加により表面のさび層が地金への酸素の侵入を抑制する効果をもたらし、普通鋼に対し腐食の進行を半分以下に抑えます。原油タンカーやFPSO(浮体式生産貯蔵積出設備)の荷油管、バラスト管用途として使用され、販売開始から約25年間で鋼材重量にして6万トン以上の採用実績があり、高いパフォーマンスが評価されています。

車体防錆ニーズに応える

合金化溶融亜鉛めっき鋼板NSシルバーアロイ

合金化処理プロセス

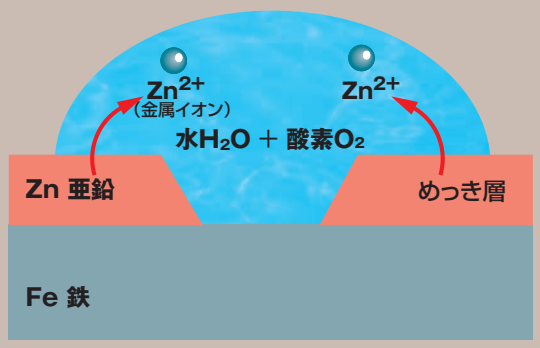


溶融亜鉛めっき鋼板を自動車メーカーがプレス加工する際、金型に亜鉛が付着しやすいため、複雑な形状の車体を成形できませんでした。また車体の塗装に疵が付いたとき、塗膜が膨れて外観を損なうという課題を抱えていました。こうした課題を克服するため、新日鉄住金は合金化溶融亜鉛めっき鋼板NSシルバーアロイを開発しました。合金化溶融亜鉛めっきは、亜鉛めっき直後に鋼板を加熱し、母材の鉄を亜鉛めっき層に拡散させて亜鉛-鉄合金をつくることで、耐食性が良好な上に、塗装性にも優れ、なおかつプレス成形性や溶接性が高まり、日本の自動車車体材料の主流となっています。

被覆による防食

めっきで“化粧”を施す

犠牲防食のメカニズム



犠牲防食型皮膜

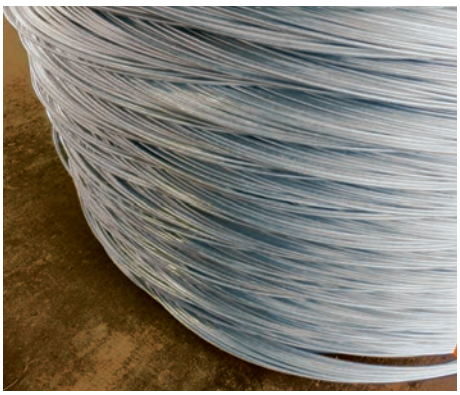
亜鉛めっき鋼板は、化粧を施すように亜鉛の酸化物(保護皮膜)で表面を覆っているため、腐食の原因となる酸素や水を通しにくくし、さびを防いでいます。そして万一、保護皮膜が疵ついて素地の鉄が現れても、疵のまわりの亜鉛が鉄よりも先に溶け出す犠牲防食作用によって、鉄を守っています。

さびを防ぐため材料の表面に“化粧”を施すめっきの代表例として、鋼板への亜鉛めっきがあります。亜鉛めっきは鉄に対する犠牲防食作用と安定的な白さびによって保護皮膜をつくり、優れた耐食性で鉄の腐食を防ぎます。亜鉛は大気中での腐食速度が鉄よりも小さいため、少量のめっきで長期的に鉄を守ることができます。さらに亜鉛の融点はアルミニウムよりも低いため、少ないエネルギーで溶融めっきできることが大きな特長です。

新日鉄住金は亜鉛系めっき鋼板の防錆メカニズムの知見を深めるとともに、腐食評価方法に関する基盤研究を絶え間なく続け、さらに耐食性を高めたさまざまな亜鉛系めっき鋼板を開発。土木・建築や自動車、電気機器など幅広く使われています。

約５倍の高耐食性

タフガード® シリーズ



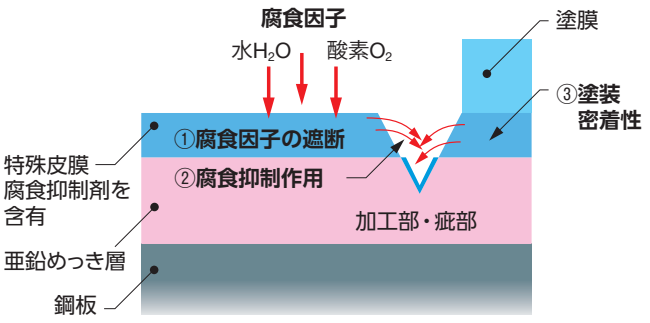
新日鉄住金のタフガード®シリーズは、亜鉛アルミニウム合金めっきにマグネシウムを添加することで、耐食性を約５倍向上※させた新しいめっき線です。河川護岸用かごマットでは川水による腐食を、送電線や配電線などの電力・通信・鉄道分野向けでは酸性雨などによる腐食を防ぎ、関連製品・設備の飛躍的な長寿命化に役立ち、ライフサイクルコスト低減や産業廃棄物の排出量削減にも貢献します。

※塩水噴霧5,000時間における、めっき種別腐食減量評価に基づく

より環境にやさしくさびを防ぐ

クロメートフリー処理・クロメートフリー型プレコート鋼板

クロメートフリー皮膜の防食機構

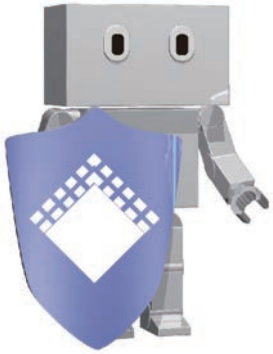


クロメート皮膜の特長であるバリア効果、自己修復機能、塗装密着性を代替できる物質を選定し、特殊皮膜でクロメートフリーを実現しています。

冷蔵庫、洗濯機、AV機器などの家電製品には、電気亜鉛めっき鋼板が使用されています。電気化学反応によって亜鉛めっきで鋼板を被覆してさびを防ぎますが、亜鉛めっきは亜鉛表面が酸化して白さびを形成し見栄えが悪くなるため、長年にわたって防錆目的のクロメート処理が施されてきました。

クロメート処理で形成される皮膜(クロメート皮膜)は、①腐食因子を遮断するバリア効果、②皮膜に疵が付くと自己修復し、腐食を抑制する機能、③塗料密着性の3つの機能を単一の皮膜で併せ持つ優れた特性があるものの、特定有害物質の6価クロムが含まれることから、新日鉄住金は6価クロムに代わる物質でクロメート皮膜の機能を代替できるクロメートフリー皮膜の開発を他社に先駆けて取り組み、クロメートフリー処理やクロメートフリー型プレコート鋼板を開発しました。

プレコート鋼板とは、あらかじめ塗装を施した鋼板のことで、家電メーカーや建材メーカーではプレコート鋼板を使用することで自社での塗装工程を省略することができ、揮発性有機化合物(VOC)問題の解決や塗装設備に使用していたスペースの有効活用などのメリットが得られるため、広く用いられています。クロメートフリー型プレコート鋼板の開発によって、より環境にやさしい防錆を実現しました。



複合作用で腐食抑制効果をより高める

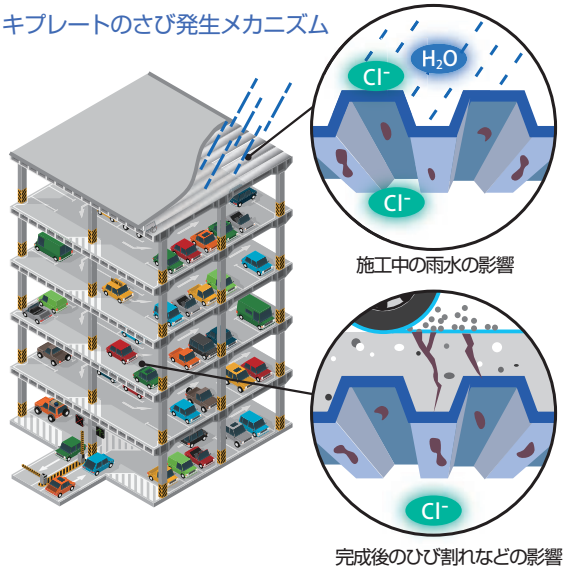
スーパーダイマ®

中部国際空港立体駐車場(愛知県)

デッキプレートにスーパーダイマ®が採用されています。

新日鉄住金のスーパーダイマ®は、従来の溶融亜鉛めっき鋼板にアルミニウム、マグネシウム、シリコンを加え、これらの複合効果で耐食性を従来よりも大幅に向上させました。シリコンはマグネシウムとの複合作用によって腐食抑制効果をより高めています。さらに耐食性を担保しつつ鋼板の厚みを薄くすることで、鋼材使用量の飛躍的な削減(約1/3)を実現し、省資源化にも寄与。2013年度エコプロダクツ大賞でエコプロダクツ大賞推進協議会会長賞(優秀賞)を受賞しました。建材をはじめ家電製品、自動車部材や太陽光発電の架台など、さまざまな用途に幅広く活用されています。

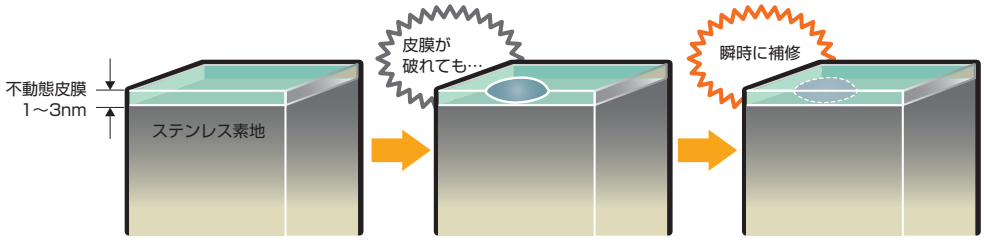
デッキプレートのさび発生メカニズム



立体駐車場の施工中に塩分を含んだ雨水がデッキプレートに降ったり、完成後コンクリートの打設状況が悪いとひび割れが発生して、車が運んできた海水や融雪剤の塩素がそのひび割れから浸透し、デッキプレートのさびの原因となります。このような環境下でもスーパーダイマ®は優れた耐食性で腐食抑制効果を発揮します。

鋼材による防食　自己修復する不動態皮膜

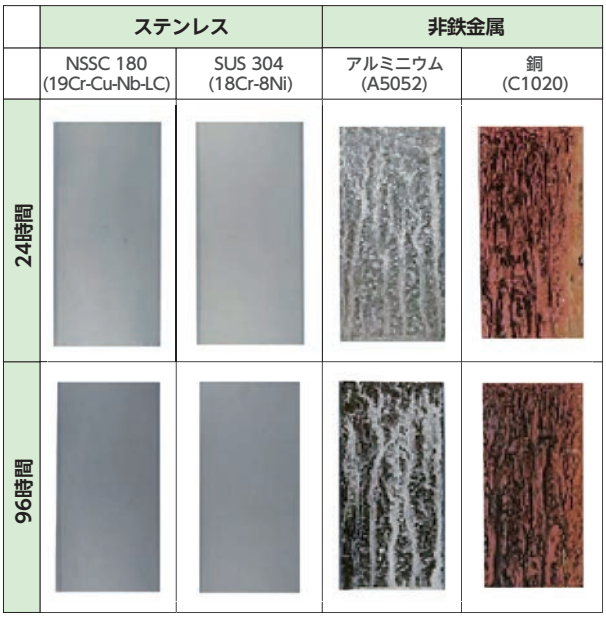
不動態皮膜のメカニズム



ステンレス鋼とは鉄にクロムまたはクロムとニッケルを加えた合金で、一般にはクロムを11%以上含有しています。ステンレスの最大の特長である「さびにくい」という性質は、クロムによってつくられる表面皮膜によるもので、不動態皮膜と呼ばれています。

不動態皮膜は主としてクロムと酸素との反応によってつくられた酸化物で、100万分の1～3mm(1～3ナノメートル)と非常に薄いものの、緻密で化学的に安定しています。表面をコーティングのように覆うことで、金属を防食しています。不動態皮膜の最大の特長は、自己修復機能を持っている点にあります。たとえ加工中や使用中に不動態皮膜が破れても瞬時に再生し、何度でも繰り返し発揮されます。

このように優れた耐食性により、ステンレス鋼の用途は身近なフォーク、ナイフ、スプーンなどの食器類から家電製品、自動車のエンジンからマフラーに至る排気系部品、建築物、発電設備まで広がっています。新日鉄住金グループでは厚板、薄板、形鋼、棒線、ステンレス箔、クラッド鋼板など、幅広い用途分野別に豊富なバリエーションの製品を供給しています。



改良型塩水噴霧腐食試験(MST)後の各材料の外観

・試験条件：0.5%NaCl+0.2%H2O2　35℃連続噴霧　その他JIS Z 2371

・試験片配置：水平から85度傾斜

代表的なステンレスと他素材との比較例

塩水噴霧試験でさびの発生状況を比べると、アルミニウムや銅は比較的短時間でさびが発生しましたが、ステンレスはさびが発生しません。

省資源に寄与する

省合金型二相ステンレス鋼

陸閘門（岩手県）

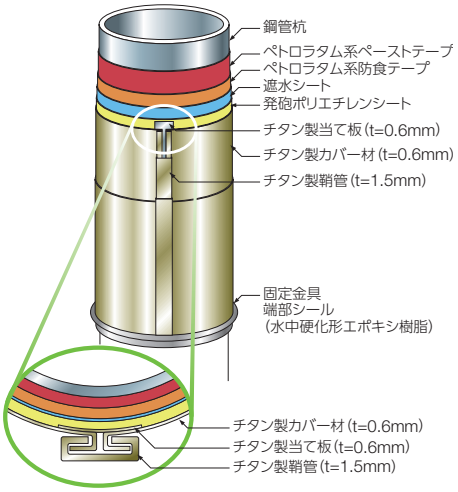
新日鉄住金ステンレス(株)の二相ステンレス鋼は、高い強度と優れた耐食性を持つステンレスの1つです。特に新たに開発した省合金型は、クロムを21%程度にまで増やし、窒素を有効に活用して、ニッケルを2%程度に減らすことにより、高耐食性に加えて高強度と低コストを実現しています。ダムや水門、ケミカルタンカー、大型ポンプ、海水淡水化プラントなどに適用され、日本のものづくり産業の競争力を下支えしています。

被覆による防食　白金並みの優れた効果 チタン

新日鉄住金と日鉄住金防蝕(株)は、金属のなかでも白金並みに耐食性に優れるチタンを用いて、鋼材表面に巻きつけたり、貼り付けたりして被覆する防食工法の開発で、過酷な腐食環境にある海洋鋼構造物や橋梁などインフラの長寿命化に貢献しています。

海洋構造物を守り続ける

チタンカバー・ペトロラタム被覆工法(TP工法)



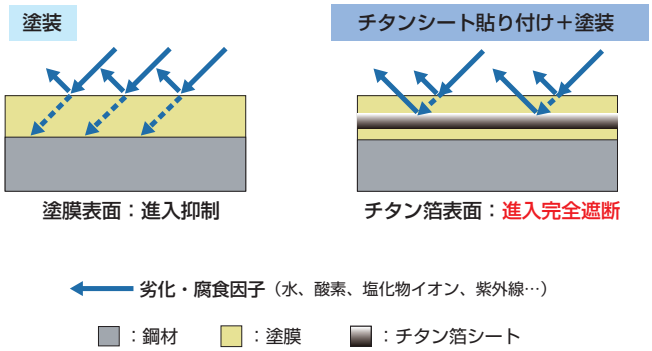
鞘管固定部詳細断面図

港湾空港技術研究所波崎観測桟橋（茨城県）

チタンカバー・ペトロラタム被覆工法(TP工法)は、チタン製保護カバーとペトロラタム系防食剤を用いた鋼管杭の防食工法です。橋梁基礎鋼管杭や桟橋基礎鋼管杭、岸壁鋼矢板などの干満帯・飛沫帯における激しい腐食環境に適用されています。従来技術の耐用年数が30年程度といわれているのに対して、紫外線による劣化や腐食の影響のないチタンを保護カバーに用いたTP工法は50年以上の耐用年数を可能としました。加えてチタンは、従来保護カバーに使用されているFRP(繊維強化プラスチック)材などに比べて軽量であるため、現場でのハンドリングが容易となり作業効率の向上も図れます。

エッジ部の塗膜寿命を延ばす

チタン箔防食工法



チタン箔防食工法は部材端部にチタン箔と基材テープから成るチタン箔シートの貼り付けと塗装を複合施工するものです。チタン箔で水分や塩分を完全に遮断して、塗膜劣化と鋼材腐食を抑制することにより、橋梁などの部材端部の防食性能を向上させます。

施工前　施工後６年経過

チタン箔による防食の試験施工例(新潟大橋)

海上に浮かぶ空港滑走路を守る

多摩川河口域に設置され厳しい腐食環境となる海上部に建設された羽田空港D滑走路の桟橋部に、新日鉄住金のジャケット鋼管杭、新日鉄住金エンジニアリング(株)のNSカバープレート(チタン薄板と塗装鋼板の間に不燃ウレタン芯材をサンドイッチしたパネル状のカバープレート)、新日鉄住金ステンレス(株)のステンレスライニングジャケットが採用されています。チタンやステンレスといった耐食性金属を用いた鋼材の被覆と除湿システムの組み合わせにより、海上の厳しい腐食環境にさらされるジャケット式桟橋の期待耐用年数を100年とする防食工法技術で、長期防食を実現し、メンテナンス費用の大幅削減を可能にしました。2011年度ものづくり日本大賞で内閣総理大臣賞を受賞しました。

羽田空港D滑走路（東京都）