



時津丸 (2011 年 VLCC 載貨重量約30 万トン 全長324m ×幅60m)

# 日本発の国際標準鋼材 原油タンカー用高耐食性厚鋼板 NSGP<sup>®</sup>-1



TANGO (2009 年 VLCC 載貨重量約30 万トン 全長333m ×幅60m)



TSUGARU (2010 年 VLCC 載貨重量約30 万トン 全長333m ×幅60m)

原油タンカー写真提供：日本郵船(株)

油漏れなどの重大事故につながる恐れのある、原油タンカーの底板の腐食を防ぐため、新日鉄は日本郵船(株)と共に、世界に先駆けて原油タンカー用高耐食性厚鋼板「NSGP<sup>®</sup>-1」(Nippon Steel Green Protect-1)を開発・実用化した。NSGP-1 は溶接性・加工性を維持しつつ、塗装することなく鋼材そのもので従来鋼の5倍以上の耐食性を実現。世界的にエネルギー需要が高まる中、新日鉄はNSGP-1の普及を通して、船舶の安全性向上と地球環境保全への貢献に取り組んでいる。



NSGP-1 適用船舶の建造風景



新日鉄 参与  
川崎 博史



日本郵船(株) エネルギー輸送本部  
LNGグループ LNG船計画チーム長  
佐藤 秀彦氏

## 底板に無数の窪み 抜本的な 耐食ソリューション を追求

大量の原油を油田から製油所まで輸送する原油タンカー。1999年12月、フランス沖を航行中に、原油タンカー・エリカ号の船体が真つ二つに折れ沈没し、1万トンを超える重油が流出し、カキやムール貝の養殖地として有名なブルターニュ地方の海岸に大規模な汚染をもたらした。1990年代からタンカーの原油流出事故や油漏れによる海洋汚染リスクが国際的に大きな問題となり、事故の原因の一つとして船体の腐食による強度不足が指摘されるようになった。NSGP-1開発・実用化の背景について、世界第3位(2010年実績)の原油タンカー船隊を持つ日本郵船の佐藤秀彦氏は次のように語る。

「これまで原油タンカーの貨物油タンク底板には、原因不明の最大深さ10ミリ超の腐食によるピット(窪み)が、1タンク当たり数百から数千個発生していました。タンカーの座礁や衝突による油流出事故の被害を最小限にとどめるため、底板や壁面を二重構造にするダブルハル化(図1)を進めてきました。しかしピット(図2)発生は避けられない現象としてとらえていたため、巨大なタンク内部を作業員がハンドライト

片手に  
目視点検  
して、腐食  
の深さなど  
を把握し、塗  
装・溶接補修を  
繰り返し行っ  
てきました。この作  
業は船主にとって時  
間的・コスト的な負  
荷が大きく、二次的な  
対策ではない抜本的な  
耐食ソリューションを求  
めていました」

## 業界の垣根を越えた 腐食ミステリーへの 挑戦

1997年に海外石油メジャーから、タンカー用鋼板の耐食性に関する調査依頼があったことを契機に、日本では1999年(2002年の3年間、(社)日本造船研究協会に「SR242委員会」が設置された。委員会では日本郵船をはじめとする海運各社、三菱重工業(株)など造船各社、新日鉄など鉄鋼各社、(財)日本海事協会(※1)、学識者が一堂に会し、



TAMBA  
(2009年 VLCC  
載貨重量約30万トン  
全長333m × 幅60m)

図2 原油タンカータンク底板に発生するピットの状態

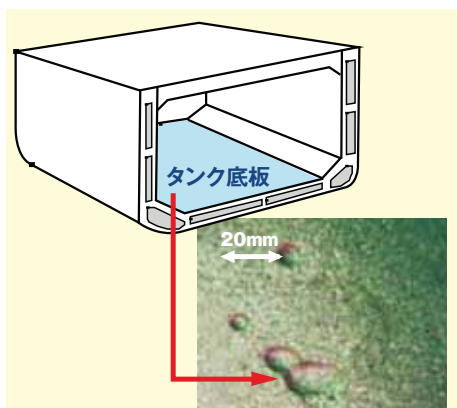
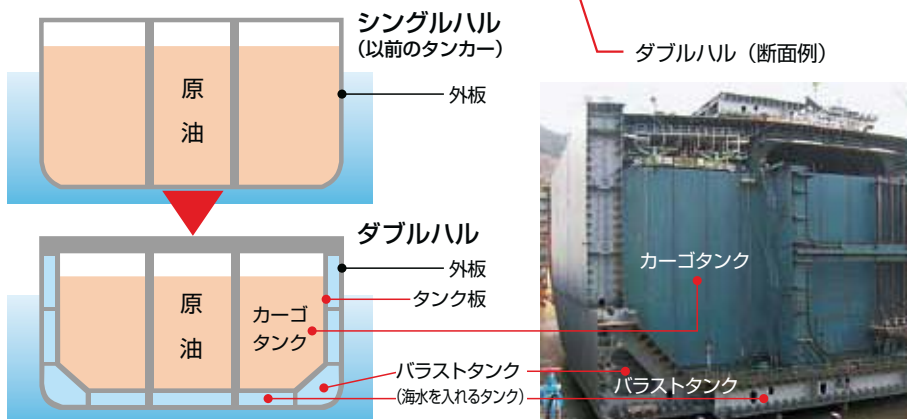


図1 二重船殻(ダブルハル)の断面図



※1 船級に関する検査・登録、技術サービスなどを行う。公益法人制度改革に伴い、2011年4月に一般財団法人に移行。





新日鉄 技術開発本部 鉄鋼研究所 主幹研究員

金子 道郎



元新日鉄 技術開発本部 鉄鋼研究所 主幹研究員

(現 ロイドレジスター勤務)

加藤 謙治

タンカー貨物油タンクの腐食問題について幅広く検討した。SR242委員会の参画意義について、新日鉄参与の川崎博史は次のように語る。

「日本には海運、造船、鉄鋼がそろって、他国にはない強固な海事クラスターが存在し、国際競争力の源泉となっています。しかし従来鉄鋼メーカーは、船舶の実態を一番知っている船主と直接的な接点がほとんどありませんでした。業界の垣根を越え自由な議論を交わす機会を持てたことで、技術革新による新鋼材開発だけでなく、海運と鉄鋼との間に新たなビジネスモデルを構築する大きなきっかけとなりました」

SR242委員会は数十回にわたり開催され、シンガポールやマレーシアの修繕ドックにも調査団を派遣。実船調査をもとにピットの発生状況や航行実績など膨大なデータの収集整理が行われた。調査団に新日鉄から参加して、これまで未知の領域だったタンカー底板の腐食メカニズムの解明に奔走した加藤謙治は次のように振り返る。

「海水に含まれるバクテリアが鋼板の腐食原因であるという話が当初流布されており、大変驚きました。それにしても、なぜピットが発生するのか。暗闇の船底に2時間ばかりしゃがみこみ、大小さまざまなピットを眺めて途方に暮れたこともありました。毎晩、シンガポールの屋台に調査団メンバーが集まり、さまざまな立場から思いつくことを自由に議論しましたが、こうした時間を共有できたこ

とが良かったと思います。さらに、当社独自に昼夜問わずピット発生の原因究明に取り組んだ結果、原油に含まれる高塩分濃度と強酸性の塩水によって腐食することが明らかになりました」(図3)。

### 技術者魂が 船舶史上初の 高耐食性厚鋼板を 生み出す

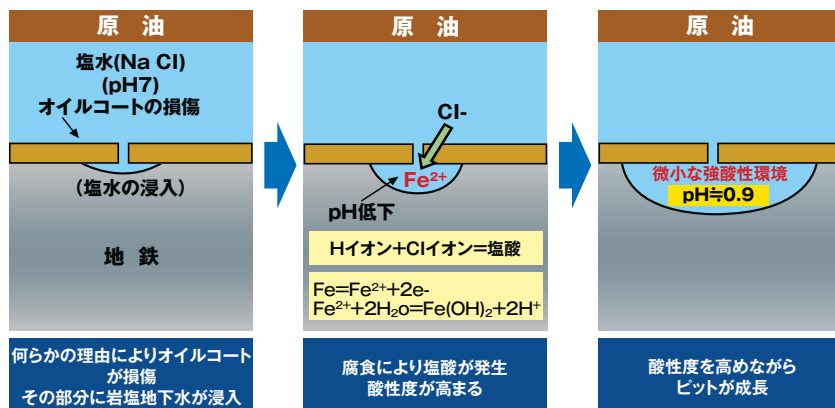
新日鉄は2002年12月、SR242委員会の知見に基づいて、腐食メカニズムの科学的な解明と耐食性に優れた新鋼材の開発に着手した。ステンレス鋼に使用しているクロムやニッケルを使えば耐食性の高い鋼材開発は容易ではあるものの、溶接性が悪化する上に、コスト増につながる。日本の海運業界の国際競争力向上に寄与するためには溶接性・施工性が良くコスト競争力も備えた材料開発が求められた。

新日鉄では、研究開発・製造技術・営業部門が一体となり、タンク底板で腐食が進む環境を再現し、鋼材に添加する合金元素の種類と添加量の最適な組み合わせを発見することで、極めて厳しい環境下でも優れた耐食性を発揮する新鋼材「NSGP-1」の開発に成功した。開発経緯について、鉄鋼研究所の金子道郎は次のように語る。

写真1 大分製鉄所厚板製造ライン



図3 原油タンカータンク底板のピット発生メカニズム





日本郵船(株) 技術本部  
技術グループ 造船技術チーム 技師  
**令官 史子氏**



新日鉄 大分製鉄所  
生産技術部厚板管理グループ マネジャー  
**本田 貴之**

「当所では250サンプルにも及ぶラボ実験を行い、合金元素の種類と添加量の最適な組み合わせを得ることができました。また通常、造船用厚鋼板では耐食試験は行いませんが、当社の耐食鋼に対する知見を遺憾なく発揮し、技術の体系化を図ることで、シンプルな耐食試験方法を創出しました」

NSGP-1の特長は、微量の合金添加で従来鋼の5倍以上という極めて高い耐食性を実現し、塗装ではなく鋼材そのもので腐食を防止することにある。これにより船舶の安全性と信頼性を向上させるだけでなく、塗料や有機溶剤の使用が不要となり、タンカー建造時や修繕時の塗装コスト低減とともに環境負荷の低減にも貢献。また、溶接・加工は従来鋼と同様に施工することが可能で、建造時に特別な施工管理を必要としないなど、ランニングコストで大きなメリットを生み出す。NSGP-1の実機生産(写真1)について、大分製鉄所の本田貴之は次のように語る。

「当所が長年培ってきた造船用厚鋼板の製造ノウハウを最大限に活かし、NSGP-1の量産化を図りました。耐食性を発揮する合金元素が、材質にどのような影響を及ぼすか確認することが、今回最大の焦点になりました。合金元素を添加すると、通常、強度は高まりますが、靱性は劣化し溶接性が低くなってしまう。耐食性を保持しながら、造船用厚鋼板としての要求スペックを満たす製造プロセス構築に注力しました」

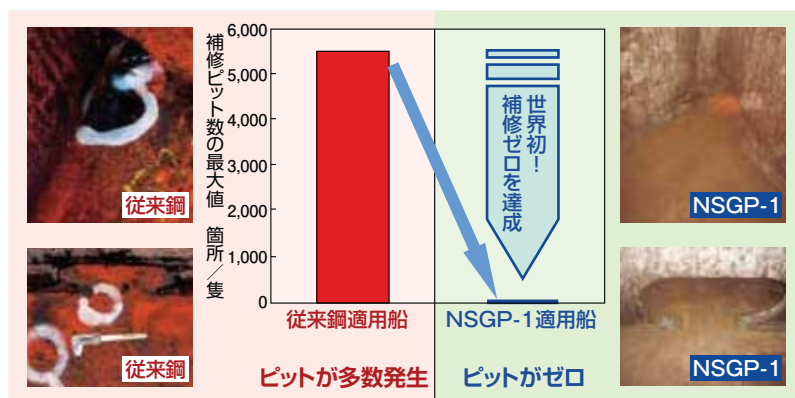
**新技術は  
勇気を持って  
使わなければ  
進歩はない  
—日本郵船の英断**

開発したNSGP-1を新造原油タンカーに採用してもらうには、実船に適用してその耐食性を実証しなければならぬ。2004年、日本郵船は超大型原油タンカー「TAKAMINE」(三菱重工業(株)建造)にNSGP-1を適用し、耐食性を検証することを決断した。従来は2年半ごとの定期点検時に、数千箇所ものピット補修が必要であったが、NSGP-1を使用したTAKAMINEでは補修箇所がゼロ(図4)。現在、TAKAMINEは就航後7年を経過し、2回目のドック検査でも修理を要する腐食は発見されず、良好な性能が確認されている。

「新しい技術は勇気を持って使わなければ進歩はありません。熾烈な国際競争の中で差別化を図っていくためには、チャレンジが必要だと改めて思いました。SR242委員会での取り組み以来、新しい技術を生み出したいという両社の強い意志が、解決不可能と思われていた問題を解決に導いたと実感しています」(佐藤氏)。

日本郵船は実証結果を受け、すべての新造原油タンカーにNSGP-1を採用する方針を決定。2007年以降、現在ま

図4 NSGP-1 の実船適用結果



NSGP-1 を初めて採用した原油タンカー「TAKAMINE」  
(2004年 VLCC 載貨重量約 30 万トン 全長 333m × 幅 60m)

従来の厚鋼板を塗装したタンカー底板では腐食によるピットが多数発生していたが、NSGP-1 適用船では補修の必要なピットがゼロとなった。



新日鉄 厚板営業部長  
藤井 清澄新日鉄 厚板営業部  
厚板商品技術グループ マネジャー  
西村 誠二

で1万5千トン以上(超大型原油タンカー10隻分に相当)を使用してきた。

そして2011年4月、新日鉄と日本郵船は第43回(平成22年度)市村産業賞貢献賞を受賞した。市村産業賞は、日本の産業の発展に貢献・功績のあった国産技術の開発者を表彰する伝統と権威ある賞で、世界で初めてNSGP-1を開発・実用化した実績が高く評価された。日本郵船の令官史子氏は、次のように期待を寄せる。

「次の課題は、もっと厳しい環境にチャレンジしていくことです。例えば海水を入れるバラストタンク(※2)用の鋼板は、塗装に依存していますが、耐食鋼の適用に向けて課題を解決する道筋は必ずあるはずです。バラストタンクに耐食鋼が使えるようになると、船種を越えてより広範囲な適用が可能になります。まだ誰もチャレンジしたことのない新技術を開発していく良きパートナーとして、共に歩んでいきたいと考えています」

## 日本の 鉄鋼・造船・海運の 力を示す 国際標準化で 新たな扉を開く

NSGP-1の有効性は国際的にも認められた。従来、原油タンカー用鋼板の腐食防止対策は、塗装が唯一の有効手段とされており、国連の国際海事機関IM

O (International Maritime Organization) で義務化が検討されてきた。これに対し、新日鉄と日本郵船は、塗装の代替手段として耐食鋼の適用を提案することを国に働きかけた。2010年5月、ロンドンで開催されたIMO第87回海上安全委員会で、原油タンカーの貨物タンクの腐食防止措置を規定した条約改正が採択され、塗装とともにNSGP-1を含む耐食鋼が有効な耐食技術として認められた。この採択の意義について、厚板営業部の西村誠二は次のように語る。

「鉄鋼業界として海事関係への国際条約化への働きかけは初めての試みであり、どこにどうアプローチしたら良いのかもわかりません。その中でIMOメンバーと広く交流のある日本郵船殿の力が大変大きいものでした。また、すでにEU主導の下、塗装強化が世界の潮流となっている中で、耐食鋼が認められたのは、日本の産官学連携で国際認知活動を行った成果です。NSGP-1が日本発の国際標準鋼材として、新たな扉を開いたことを誇りに思います」

この国際条約により、2013年以降に契約・建造される5000DWT(載貨重量トン)以上の原油タンカータンクに対し、塗装性能基準に従った塗装または耐食鋼の使用などによる防食対策が義務付けられる。そして2011年4月、NSGP-1は世界で初めてIMO耐食鋼性能基準を満たす原油タンカーの貨物タンク底板用鋼板として日本海事協会から承認された。今後の事業展望について、厚板営業部の藤井清澄は次のように抱負を語る。



市村産業賞受賞者と宗岡正二 新日鉄社長

「造船用鋼材は厚板品種の中でも生産量の多くを占めている極めて重要な分野です。これまでも当社はお客様と一体となって競争力強化・技術革新に努めてきましたが、NSGP-1はこれまで接点の少なかった海運会社と共同開発したところに大きな意義があります。また資源の高騰や、不公平な国際競争を強いる為替・税制など、日本の製造業にとって逆風が吹く中、『環境に貢献する製品』『一歩先を行く技術』を商品化したことは、非常に価値あることと考えています。今後とも鉄鋼・造船・海運会社が一体となって国際競争力の強化を継続し、一歩先を行く鋼材を世界中の船舶にお届けしていきます」

新日鉄は日本郵船と共にNSGP-1の適用拡大を図るとともに、今後とも高能鋼材の開発・提供を通じて、船舶のより一層の安全性向上と地球環境への貢献に取り組んでいく。

※2 船体の安定性やプロペラ効率を確保するために、荷物を積んでない空船時に海水を注入するタンク。