

工作分野研究企画部会ワークショップ

新塗装基準に関する技術課題と研究開発

2009年12月18日



社団法人 日本船舶海洋工学会



財団法人 日本船舶技術研究協会

工作分野研究企画部会ワークショップ
—新塗装基準に関する技術課題と研究開発—

主催：(社) 日本船舶海洋工学会

共催：(財) 日本船舶技術研究協会

開催の背景と目的：

IMO 第 82 回海上安全委員会 (MSC82) でバラストタンク及びバルクキャリア二重船殻部に対する塗装基準 (PSPC : 2008 年 7 月から強制適用) の採択が、造船業に甚大な影響をもたらすことが予想されています。これに対応して、船舶の防食性能の向上と造船業界の国際競争力の維持を図ることを目的に、産学官協同で塗装関連の基盤技術を整備するとりくみが行われています。また、船殻工作品質と塗膜性能の関係を調査して、高い塗装品質を確保できる鋼船工作精度標準・施工指針を新たに定めるための調査研究が進められています。本ワークショップでは、日本船舶海洋工学会と船舶技術研究協会で開催された技術開発と調査研究の概要を報告して今後の展望を検討するとともに、研究開発の成果物を展示して、ワークショップ参加者が開発者・研究者と個別の技術相談を行える機会を提供します。

開催日時：平成 21 年 12 月 18 日 (金) 10:00~17:30

開催場所

九州大学西新プラザ (<http://www.kyushu-u.ac.jp/university/institution-use/nishijin/infomap.htm>)

プログラム

10:00~10:10	開会挨拶	青山和浩 (東京大学)
10:10~10:35	塗装基準に関する最近の動向	吉田正則 (船舶技術研究協会)
10:35~11:00	実エッジ形状に適応したエッジ膜厚保持率計測法の開発	長野雅浩 (三菱重工業)
11:00~11:25	不完全 R 形状のエッジ膜厚保持率に及ぼす形状パラメタの影響	高田篤志 (海上技術安研究所)
11:25~11:50	船体構造用型鋼エッジ R 部の膜厚保持性能について	矢嶋宏行 (アイ・エイチ・アイマリンユナイテッド)
11:50~12:20	CTF 作成支援システムの開発について	結城保則 (麻生セントラル)
12:20~13:30	休憩・技術相談	
13:30~14:00	IMO 塗装性能基準に対応した塗装前鋼材表面処理基準	藤原治郎 (船舶技術研究協会)
14:00~14:30	NC 切断時のエッジ処理技術	大沢直樹 (大阪大学)
14:30~15:00	混気ジェットを活用したブラスト技術	渡辺二郎 (シブヤマシナリー)
15:00~15:30	休憩・技術相談	
15:30~16:00	SIP 技術による塗膜管理技術	菅原勝也 (日本ペイント)
16:00~16:30	ストライプコート用ツールの開発	櫻木和之 (旭サナック)
16:30~17:00	無機ジンク塗料を用いた新システムに関する調査研究	西澤政武 (中国塗料)
17:00~17:30	技術相談	

貨物油タンク防食基準策定の動向



IMO



財団法人 **日本船舶技術研究協会**

Japan Ship Technology Research Association

吉田 正則

内容

- 基準策定の経緯と今後の予定
- 改正条約案
- 塗装性能基準案
- 塗装試験基準案
- 代替手法性能基準案
- 耐食鋼性能基準案・試験基準案
- おわりに

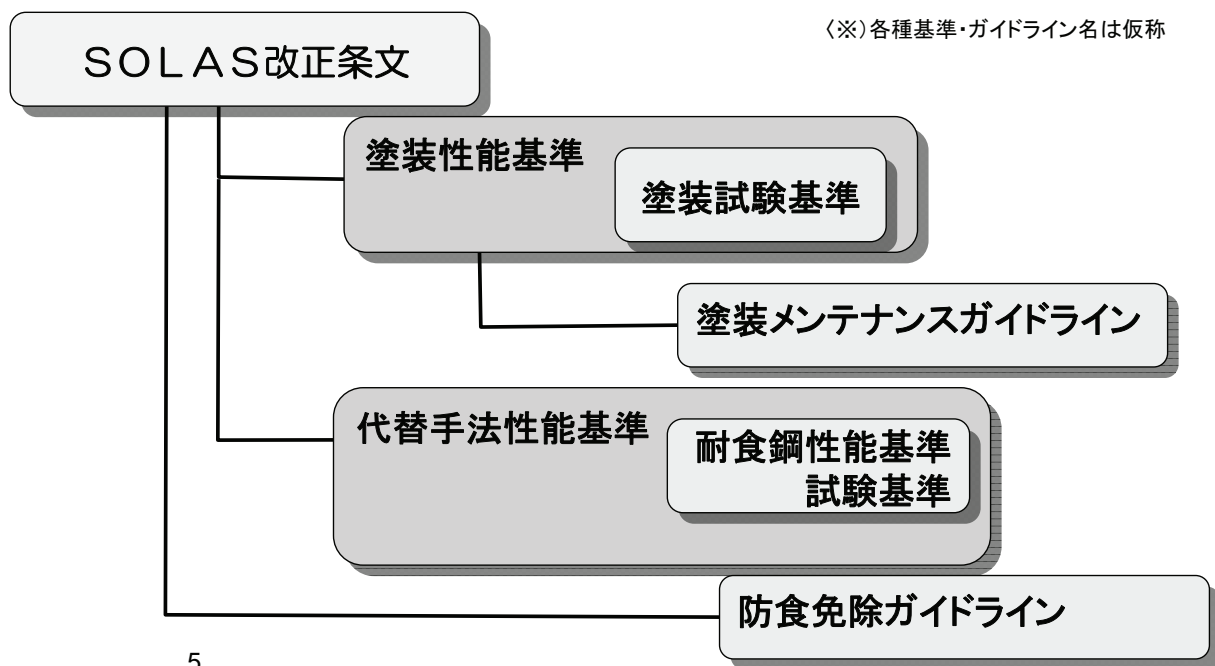
貨物油タンク防食義務化の経緯

1990年後 半～2000 年前半	老朽船タンカーの油流出事故相次ぐ (プレステージ号事故(2002年)等)
2003～ 2005	欧州海事安全庁(EMSA)がパネルを設置し、 対応策につき議論。レポートとして取り纏め
2006. 11	MSC82: 欧州各国及び関係団体(28カ国・団 体)が貨物油タンクの塗装義務化に関する SOLAS改正案を共同提案
2007～ 2009	設計設備小委員会(DE50～DE52)にて議 論
2009. 5	MSC86: SOLAS改正案を承認

貨物油タンク防食義務化の経緯 【今後の予定(最短ケース)】

2010. 2	DE53: 性能基準案の最終合意
2010. 5	MSC87: SOLAS改正案及び性能基準案の 採択
2012. 1	改正SOLAS及び性能基準の発効

貨物油タンク防食義務化 基準の体系



SOLAS改正案の概要(1)

- ・ 対象船: 5,000DWT以上の原油タンカー
- ・ 船舶への適用時期: [未定]
(バラストタンクの塗装基準は、以下船舶が対象
 - * 2008年7月1日(発効日)以後に契約された船舶
 - * 契約のない船舶は、2009年1月1日以後の建造
 - * 2012年7月1日以後に引渡しが行われる船舶)

SOLAS改正案の概要(2)

規制内容(SOLAS II-1/A-1/ Regulation 3-[]):

:原油タンカーの全ての貨物油タンクに以下のいずれかの防食措置を義務化

- (1) 塗装性能基準(Performance Standard for Protective Coating for Cargo Oil Tanks)に従った塗装
- (2) 25年の間、構造健全性を維持するような(塗装以外の)代替手法若しくは耐食材による防食[代替手法性能基準(Performance Standard for alternative means of corrosion protection for cargo oil tanks)を満たす必要有]

7

SOLAS改正案の概要(3)

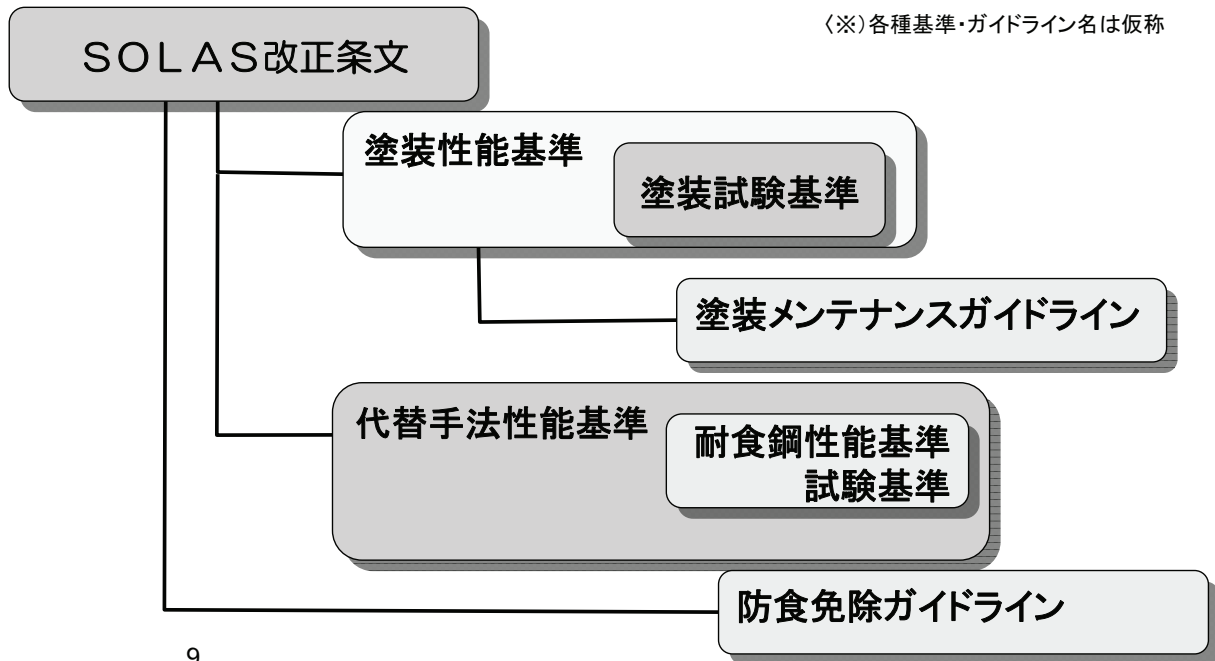
防食義務の免除規定:

1. 主管庁は塗装以外の代替新規技術を試験の目途で使用する場合、一定の条件の下、条約で述べる当該タンクの防食義務を免除可能(免除証書へ要記載)
2. 主管庁は、当該船舶が専ら、①腐食を起こさない貨物を、②腐食を起こさないハンドリングにて、輸送する場合には当該船舶の防食義務を免除可能(適用除外及びその条件は免除証書へ要記載)(*)

(*)今後、IMOにて防食免除ガイドラインを策定予定

8

塗装性能基準案と塗装試験基準案

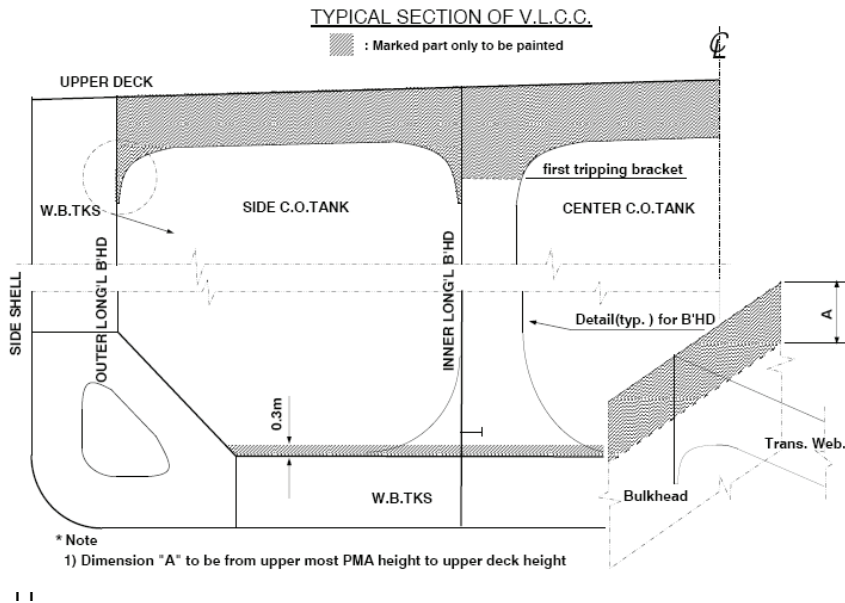


塗装性能基準案の概要(1) (PSPC for COT)

- ✓ 強制要件
- ✓ バラストタンクのPSPCをベースに作成
- ✓ IMOでのこれまでの議論で大部分は既に合意。現在は、IMOに設置された通信グループ(E-mailベースのグループ)にて、主に以下3つの課題を検討。
 - ◆ ショッププライマA+メインコートAで試験を合格している場合、ショッププライマA+メインコートB(試験済)の組み合わせも、簡略化試験(親和性試験)をパスすれば使用可能としていいかどうか(バラストの塗装基準では可)。
 - ◆ エポキシ塗料以外の塗料を実船試験により承認する際、試験で用いる原油をどう定義するか。
 - ◆ 塗装テクニカルファイルの文言上の定義

塗装性能基準案の概要(2) (PSPC for COT)

- 現在の性能基準案で要求される塗装範囲



塗装性能基準案の概要(3) (PSPC for COT)

- ✓ PSPC for COT における主な要件(※IMOの議論で修正される可能性有り)
 - ◆ 名目上の全乾燥膜厚: 320 μ m (90/10ルール)
 - ◆ 2回のストライプ塗装+2回のスプレー塗装
 - ◆ 塗装テクニカルファイル(CTF)の作成・船上保持
 - ◆ 塗装試験に合格したショッププライマは使用可

塗装試験基準案(1)

(Test Procedures of PSPC for COT)

- ✓ 強制要件 - PSPCの一部として強制要件化することを第52回設計設備小委員会(DE52)にて合意
- ✓ 本件を議論するために、通信グループの下に、産業ワーキンググループ(JWVG)を設置(国際塗料印刷インキ協議会:IPPICが議長)
- ✓ 現在、欧州・アジアの塗料業界がJWVGにて作成した試験法案を検証。IMO通信グループ(CG)に最終案を提出
- ✓ 時間がなかったことから、CGでは議論できず。詳細な検討はDE53に持ち越される。

13

塗装試験基準案(2)

(Test Procedures of PSPC for COT)

気密キャビネット試験(チャンバー試験)案

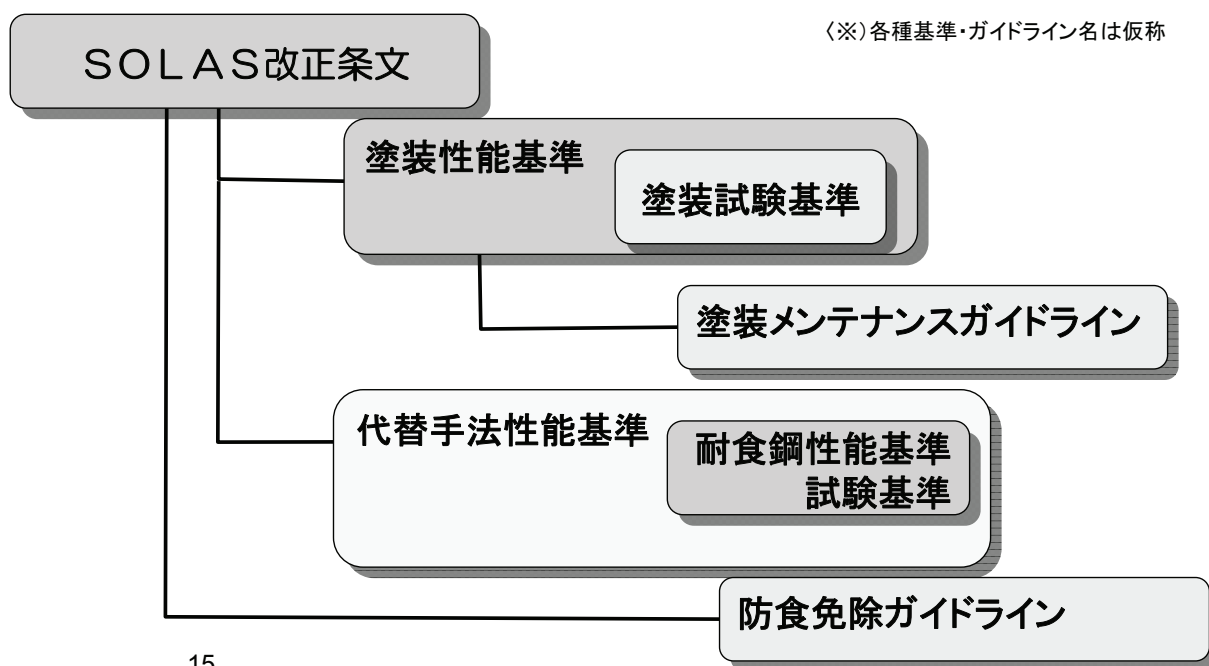
- ・試験期間:90日
- ・気相温度:60°C
- ・湿度:95%±5%
- ・タンク内を模擬した気相成分
- ・ショッププライマは試験前2か月以上暴露
- ・クライテリア:No Blister & No Rust

浸漬試験案

- ・試験期間:90日
- ・試験溶液:燃料油にナフテン酸、ベンゼン/トルエン、海水、H₂Sを付加
- ・試験溶液温度:[40°C±2°C][60°C±2°C]
- ・ショッププライマは試験前2か月以上暴露
- ・クライテリア:No Blister & No Rust

14

代替手法性能基準案と 耐食鋼の性能基準案・試験基準案



代替手法性能基準案と 耐食鋼の性能基準案・試験基準案

- ✓ 強制要件
- ✓ 現在、通信グループにて性能基準についての議論を実施中
- ✓ 現段階で具体化・実用化している代替手法は耐食鋼のみ
- ✓ 耐食鋼の性能基準案及び試験基準案は日本がDE51(2008.3)に提出した案がベース

防食基準に関するJSTRAの取り組み

国際基準(IMO)での議論の主導(構造破壊防止プロジェクト)

▶カーゴオイルタンクの防食基準

- ✓ 耐食鋼を防食措置の1手法として提案・基準化
- ✓ 合理的な試験基準案の提案

▶バラスタンの塗装基準

- ✓ PSPCでショッププライマの使用可能な措置を確保
- ✓ 基準適用を船舶契約日ベースとし、準備期間を確保(これまでのSOLAS条文は建造日ベース)

JSTRA

船体防食総合対策委員会

世界に先駆けた研究開発

(総合的防食性能向上のための研究開発プロジェクト)

現在のPSPCに対応した新技術の開発


- ▶ エッジ処理技術の開発
- ▶ ストライプコート用ツールの開発
- ▶ 混気ジェットを活用したブラスト技術の開発

PSPCの改正も目指した新技術の開発

- ▶ 無機ジンク塗料を用いた新システムの開発
- ▶ SI塗料による塗膜管理技術の開発

おわりに

- ✓ COT防食基準は、防食措置として塗装以外の代替手法(耐食鋼含む)も認めている(バラスタンは塗装のみ)。
- ✓ 早期の基準策定が国際的流れ
- ✓ DE53(2010年2月)にて塗装性能基準、代替手法性能基準を最終合意させ、SOLAS改正条文とセットでMSC87にて採択する必要あり。
- ✓ DE53以降に、塗装メンテナンスガイドライン及び防食免除ガイドラインが議論される予定



実エッジ形状に適応したエッジ 膜厚保持率計測法の開発

三菱重工業(株) 長野雅治

研究の背景

○バラストタンク 塗装性能基準 (PSPC/WBT)

- ・2006年12月IMO-MSC82で採択、2008年7月発効
- ・塗膜性能確保のための厳しい鋼材処理基準の採用
- ・フリーエッジ部の処理
2R処理 (半径2mm以上の円弧形状に仕上げる。)
3パスグライディング
もしくは、それらと同等以上の仕上げ

○エッジ処理された型鋼の使用

- ・R処理された型鋼の使用によるエッジ処理工数の削減
- ・しかしながら、R処理された鋼材であっても完全な円弧形状を
しているわけではない。

船舶海洋工学会「塗装品質と工作品質の関連に関するプロジェクト研究委員会」(塗装PJ委員会)

○エッジ形状の差異が評価できる試験法の開発

- ・評価対象エッジ形状の2Rもしくは3パスとの同等性の評価が必要
- ・既存のエッジ膜厚保持率(ERR)計測法:

塗料の性能評価が目的

ブラストによる下地処理 → 対象エッジ形状が変化

90°のアンクル材に45°方向からスプレー

→ 非対称形状の評価に問題

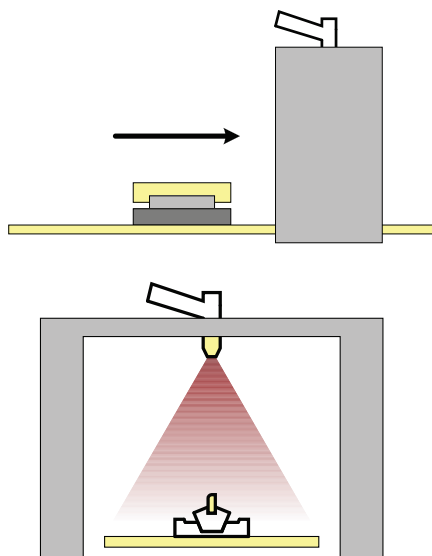
- ・エッジ形状の差異がERRに与える影響を評価できる

新たな試験法の開発

2009/12/18 工作分野研究企画部会ワークショップ —新塗装基準に関する技術課題と研究開発

3

エッジ形状差異影響と再現性向上



- エッジ形状の変化を防止するため、

ブラスト処理を省略

- 機械加工のままの試験片にエポキシ樹脂塗料を塗布

- 塗膜の均一性を確保するため、

自動塗装装置を採用

- 平板試験片を用いた予備試験結果

平均膜厚190.2 μ m

標準偏差2.4 μ m

変動係数0.013

装置に固定されたスプレーガンの下を一定速度で試験片を移動させて塗装を行う

2009/12/18 工作分野研究企画部会ワークショップ —新塗装基準に関する技術課題と研究開発

4

対称噴霧法(M法)

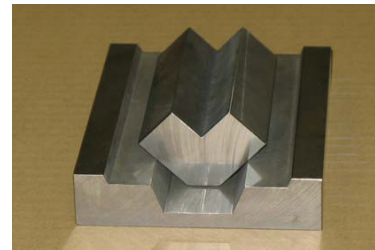
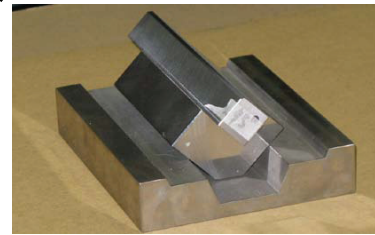
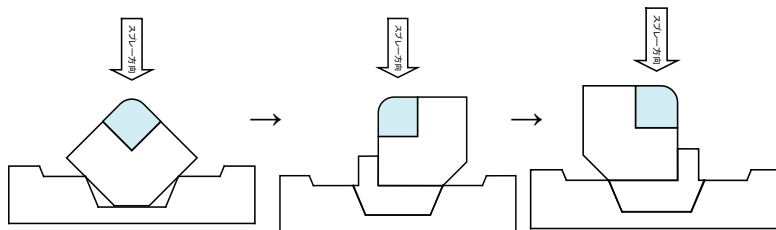
○対称形状エッジを試験片を対象とした試験法

- ・3種類の治具を組み合わせ、エッジ直上方向および側面に垂直な方向から塗装できるように治具を工夫

○塗装順:

- ・エッジ直上方向 → 側面 → 側面

の順で塗装



現場再現法(P法)

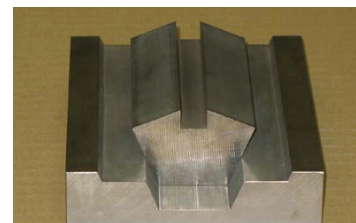
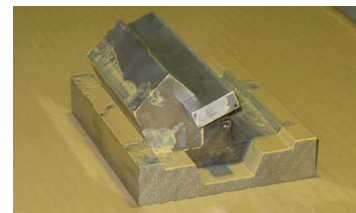
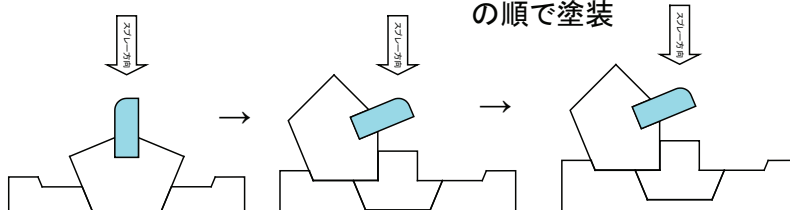
○非対称形状エッジを試験片を対象とした試験法

- ・基準面を決め、基準面と一定の角度で塗装を行う
- ・基準面を試験片側面とし、現場の意見を参考に基準面法線方向から約20°の角度から塗装
- ・3つの治具を組み合わせ固定されたスプレーガンで塗装できるように治具を工夫
- ・コバ面と側面の膜厚が同程度になるよう側面を2回塗装

○塗装順:

- ・コバ面 → 側面(約20°) → 側面(約20°)

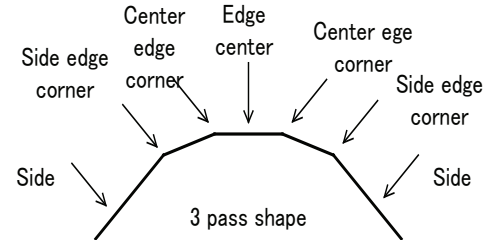
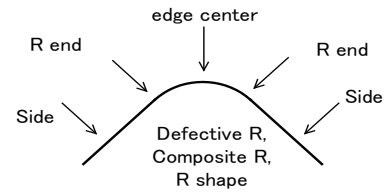
の順で塗装



膜厚計測とエッジ膜厚保持率(ERR)算出

○膜厚計測

- ・平坦部: 電磁膜厚計 (ElectroPhysik MiniTest2100) を用いて各平面4点計測
- ・エッジ部: 試験片より切り出した4~6断面を光学顕微鏡 (KEYENCE VH-800) を用いて50倍 (一部 30倍) に拡大し計測
- ・エッジ部膜厚計測位置
 円弧、擬似円弧形状等: 側面2点、側面R端部2点、エッジ中央部の計5点
 3パス形状: 側面2点、側面エッジ角2点、中央部エッジ角2点、エッジ中央部の計7点



○エッジ膜厚保持率(ERR)の算出

$$\%ERR = \frac{DFT(edge)}{DFT(flat)} \times 100$$

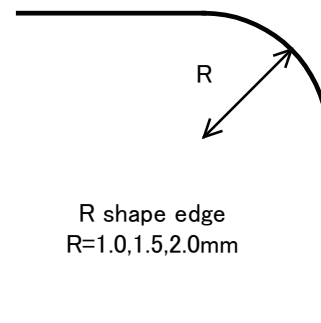
- ・DFT(flat): 電磁膜厚計測定値の平均
- ・DFT(edge): 複数断面の平均値

DFT(edge)として、どの位置のエッジの膜厚を評価に用いるかは、評価対象形状を考慮にいれ、実際の断面写真を見て決定する。

計測法の検証

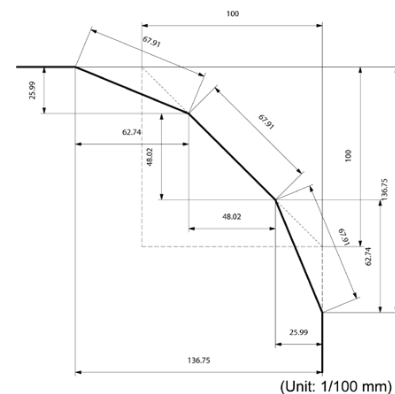
○検証に用いたエッジ形状

- ・2008年1月および2009年2月に塗装試験を実施
- ・使用したエッジ形状は、
円弧形状 (R=1.0, 1.5, 2.0mm)、
理想3パス形状



○塗装条件

- ・供試塗料: 変性エポキシ塗料 (NOVA2000QD赤さび)
- ・シンナー希釈: 7% (重量%), 粘度: 1.7Pa·s
- ・塗装方法: コンベア塗装機による自動塗装
 コンベア移動速度: 40~50cm/sec
 試験片-スプレーチップ距離: 37cm
 エアレススプレー: 圧力比30:1
 1次圧: 0.3~0.4MPa, 2次圧: 9~12MPa
- ・チップ: GRACO #521
- ・塗装環境条件
 2008年1月: 気温7.2~10°C, 相対湿度42~61.1%



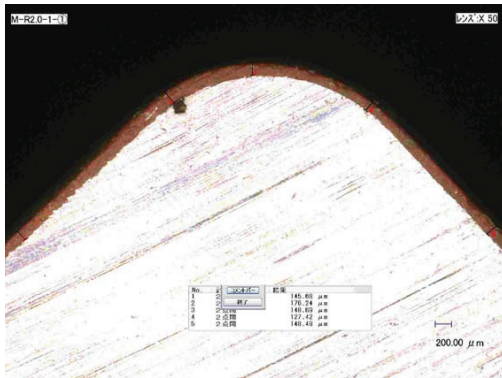
M法で塗装された試験片

OM法で塗装された試験片断面

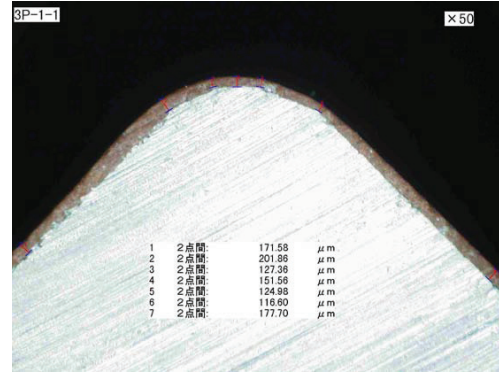
- ・エッジ部膜厚: スプレー噴流の偏りによる若干の左右膜厚の不均一が見られる。
- ・評価対象 → 左右対称形状

エッジ中央部を中心に左右対称に存在する評価点の平均値を用いて評価

- ・DFT(flat): 左右側面の電磁膜厚計の平均値で評価



2R形状断面試験片

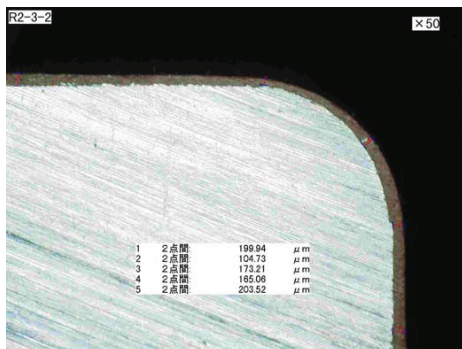


理想3パス形状断面試験片

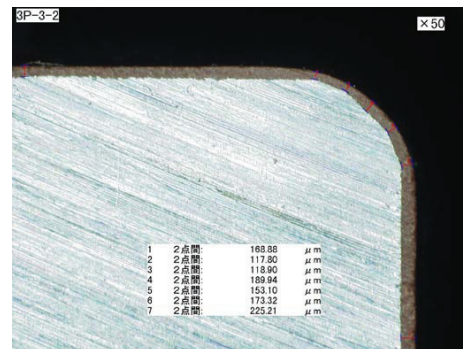
P法で塗装された試験片

OP法で塗装された試験片断面

- ・エッジ部膜厚: コバ面から側面に向かい徐々に膜厚が増加していく傾向。
- ・DFT(flat): 側面とコバ面とで膜厚に差が出る。評価対象に応じて、側面の膜厚を採用するか、コバ面の膜厚を採用するかを決める。



2R形状断面試験片

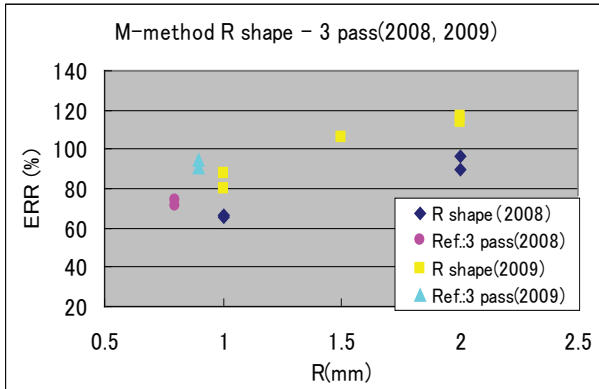


理想3パス形状断面試験片

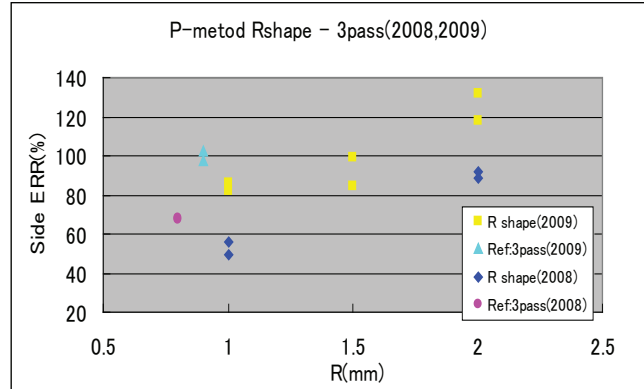
ERR(M法・P法)

○エッジ膜厚保持率(ERR)

- ・評価対象: 2R形状 → エッジ中央部、3パス → 中央エッジ角部2点の平均値
- ・Rの増加に伴い、ERRも一様増加 → 半径Rの変化がERRに敏感に反映
- ・同時に塗装した2本の試験片のERR → ばらつきが少なく再現性 大
- ・M法、P法とも 2008年の結果 < 2009年の結果



M法

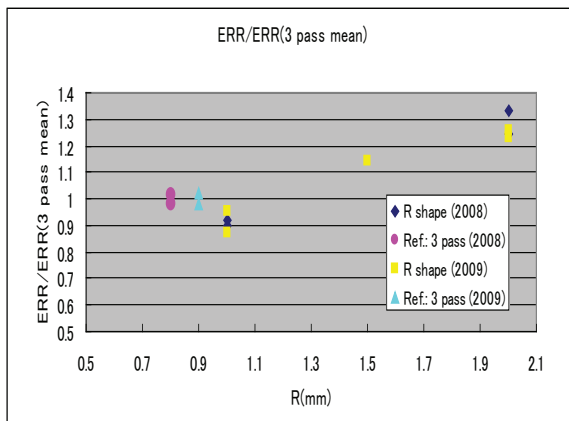


P法

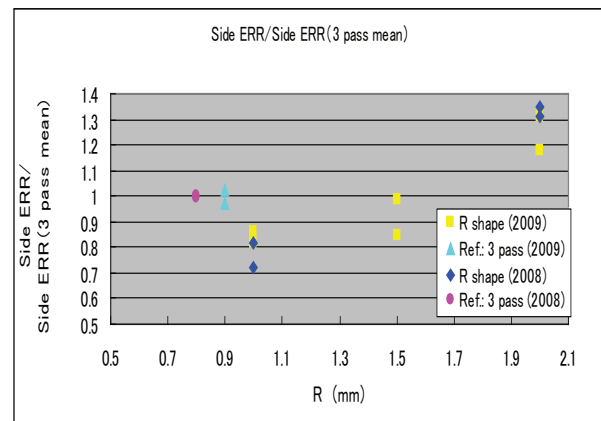
ERR(M法・P法)

○2R形状と3パス形状のエッジ膜厚保持率(ERR)の比

- ・同年度に塗装した2R形状断面のERRと3パス形状断面のERRの比を比較
- ・M法・P法とも2008年度の結果と2009年度の結果が良く一致
- 試験片断面の形状間の相対的な差異を、再現性良く評価できる



2R形状と3パス形状のERRの比 (M法)



2R形状と3パス形状のERRの比 (P法)

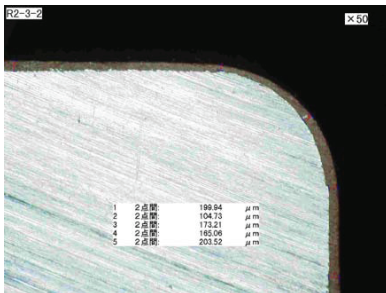
P法の適用

OP法 → 局所的な評価対象点の形状差を敏感にERRに反映。

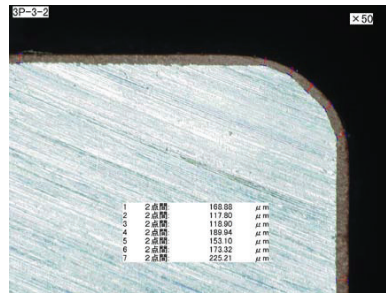
○しかしながら、局所的な形状がほぼ同じ3パス断面と1Cカット断面では、
全体的な塗膜厚分布に差があり、曲線で形作られる円弧形状と3パス
形状では、同様な膜厚分布。

→ P法の適用には、全体的なエッジ形状にも注意が必要。

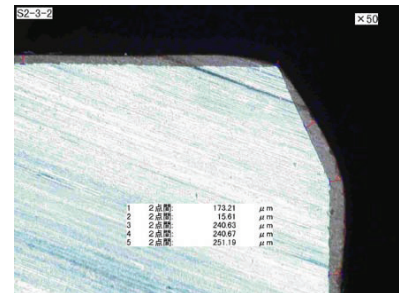
○例えば、円弧形状の一部が欠けたR止まり形状などは、円弧形状と3パス
形状を参照形状とすることにより、良好な評価が出来ることが期待できる。



2R形状断面



3パス形状断面



1Cカット形状断面

まとめ

○エッジ形状が塗装性能に与える影響を評価するためのERR評価法の検討を行った。

○対称エッジ形状を対象としたM法および非対称エッジに対応できるP法の2法を開発した。

○2法ともエッジ形状の差異を敏感にERRに対して反映する。

○特に形状差によるERRの相対的な差異については、実験時の条件によらず高い再現性を持つ。

○評価対象に対して、適切な方法(M法 or P法)を選び、適切な参照試験片を用いることにより、エッジ形状の差異がERRに与える影響を良く評価できる。

謝辞

- 本研究は、日本船舶海洋工学会”塗装品質と工作品質の関連に関するプロジェクト研究委員会”の活動の一環として実施され、試験の実施及び検討に委員の皆様のご多大なご協力を賜った。
- 委員会活動に対して(社)日本造船工業会より多大なご協力を賜った。
- 試験の実施に際して、中国塗料(株)にご多大なご協力を賜った。

- 本論文の終わりにあたり、関係各位に厚く御礼申し上げます。



ご静聴ありがとうございました。



不完全R形状のエッジ膜厚保持率に 及ぼす形状パラメタの影響

海上技術安全研究所 高田篤志

2009/12/18

工作分野研究企画部会ワークショップ ー新塗装基準に関する技術課題と研究開発ー

1



研究の背景

- 2008年7月にバラストタンク塗装性能基準 (PSPC)の発行
- 鋼材フリーエッジ処理に対する規定
2R (R=2mm以上の円弧形状) 処理
3パスグラインディング
もしくは、それらと同等な処理
- 造船現場での大幅な工数増
Rカッターの使用やR処理された型鋼の使用による
工数削減への期待
- 完全なR形状をしていないエッジ形状のPSPC適
応性 ??

2009/12/18

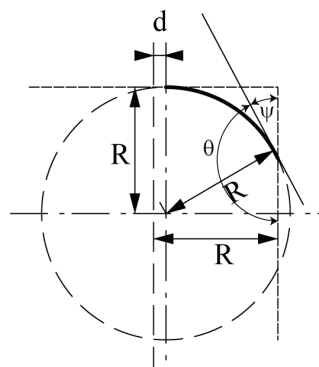
工作分野研究企画部会ワークショップ ー新塗装基準に関する技術課題と研究開発ー

2

- エッジ形状の差異がエッジ塗膜保持率(ERR)に及ぼす影響を評価できる試験法の開発
- 開発された新たなERR試験法を用いて
 - R止まり形状
(Rカッターなどの処理の際に見られる)
 - 複合R形状
(型鋼などに見られる部分的に大曲率を持つ形状)に対する検討を実施

測定対象形状 1

- R止まり形状
 - 半径Rの円弧中心がずれた形状(R=2mmで試験)
 - d=0でR止まりなし、d/Rが大きいほどBevel angleは小さくなる。



d/R	Bevel angle θ
0.02	168.5°
0.10	154.2°
0.20	143.1°
0.30	134.4°

測定対象形状 2

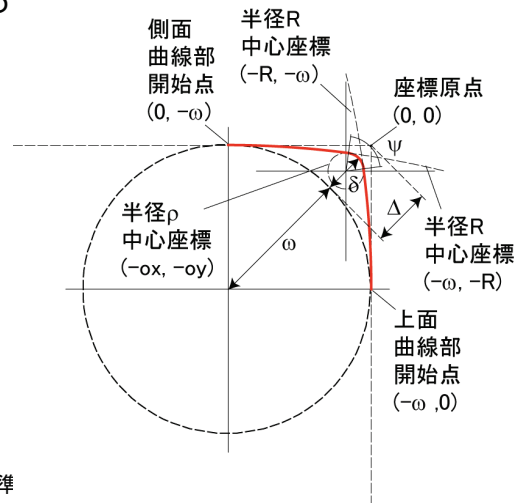
○ 複合R形状

- ・円弧形状中に部分的な大曲率をもつ形状
- ・円弧形状と比べ大曲率部分で尖った形状をしている
- ・尖り具合を以下のパラメータで特徴付ける

δ : 部分的な大曲率部をもつエッジ形状が
半径 ω の円弧形状から張り出している距離

Δ : 90°のシャープエッジのときの δ の値
($\Delta = (\sqrt{2}-1) \times \omega$)

δ/Δ : 尖り度
(完全な円弧で0、シャープエッジで1、値が
大きいほどより尖った形状を示す)



2009/12/18

工作分野研究企画部会ワークショップ ー新塗装基準

測定対象形状 3

○ 複合R形状 2

edge shape	ρ (mm)	R (mm)	Ψ (deg.)	ω (mm)	δ (mm)	δ/Δ
1.0-06-30	1.0	6.0	30	4.170	0.366	21.17%
1.0-08-45	1.0	8.0	45	4.212	0.577	33.06%
1.0-12-60	1.0	12.0	60	4.222	0.804	46.00%
1.0-19-60	1.0	19.0	60	6.272	1.316	50.67%
1.5-04-30	1.5	6.0	30	4.353	0.329	18.25%
1.5-06-30	1.5	9.0	30	6.255	0.548	21.17%
1.5-08-45	1.5	12.0	45	6.317	0.865	33.06%
1.5-12-60	1.5	18.0	60	6.333	1.207	46.00%

2009/12/18

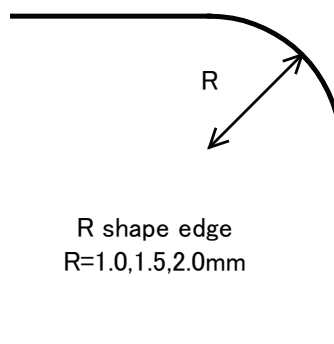
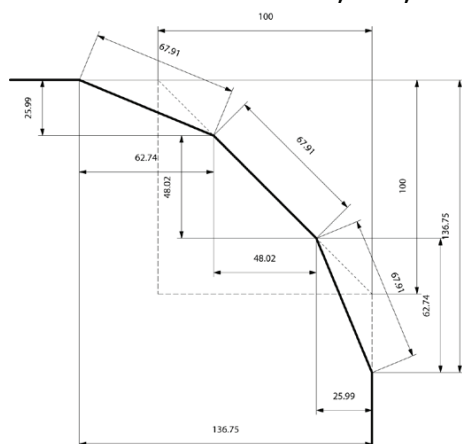
工作分野研究企画部会ワークショップ ー新塗装基準に関する技術課題と研究開発ー

6

測定対象形状 4

○ 参照形状

- ・比較対象として、機械加工された以下のエッジ形状を合わせて試験
理想3パス形状
円弧形状(R=1.0,1.5,2.0mm)



2009/12/18

工作分野研究企画部会ワークショップ —新塗装基準に関する技術課題と研究開発—

7

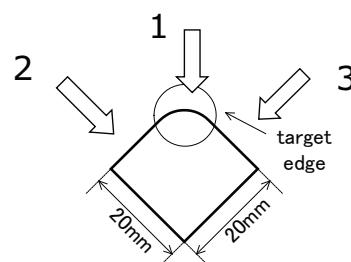
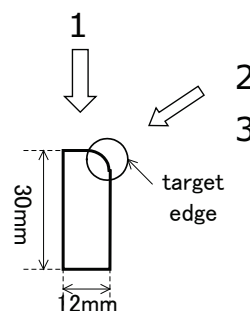
試験条件

○ 試験手法

- R止まり形状(非対称形状): P法を使用
- 複合R形状(対象形状): M法を使用

○ 塗装条件

- ・供試塗料: 変性エポキシ塗料(NOVA2000QD赤さび)
- ・シンナー希釈: 7%(重量%)、粘度: 1.7Pa·s
- ・塗装方法: コンベア塗装機による自動塗装
コンベア移動速度: 40~50cm/sec
試験片-スプレーチップ距離: 37cm
エアレススプレー: 圧力比30:1
1次圧: 0.3~0.4MPa、2次圧: 9~12MPa
- ・チップ: GRACO #521
- ・塗装環境条件
2008年1月: 気温7.2~10°C、相対湿度42~61.1%
2009年2月: 気温14~15°C、相対湿度56~58%



2009/12/18

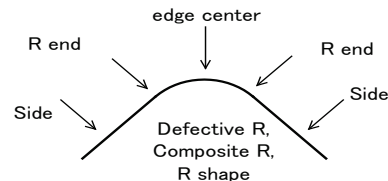
工作分野研究企画部会ワークショップ —新塗装基準に関する技術課題と研究開発—

8

膜厚計測とERR算出

○ 膜厚計測

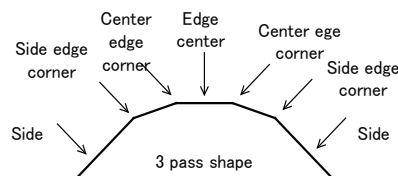
- 平坦部: 電磁膜厚計 (ElectroPhysik MiniTest2100) を用いて各平面4点計測
- エッジ部: 試験片より切り出した4~6断面を光学顕微鏡 (KEYENCE VH-800) を用いて50倍 (一部 30倍) に拡大し計測
- エッジ部膜厚計測位置
 円弧、擬似円弧形状等: 側面2点、側面R端部2点、ツジ中央部の計5点
 3パス形状: 側面2点、側面エッジ角2点、中央部エッジ角2点、エッジ中央部の計7点



○ エッジ膜厚保持率 (ERR) の算出

$$\%ERR = \frac{DFT(edge)}{DFT(flat)} \times 100$$

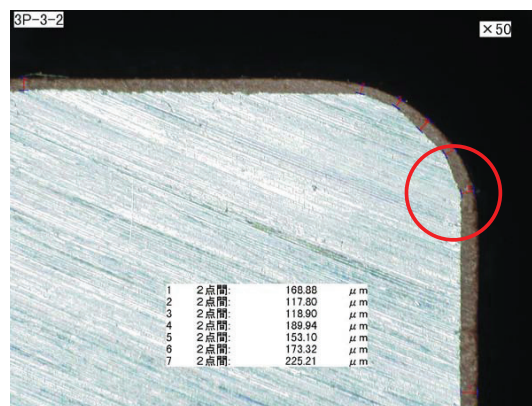
- DFT(flat): 電磁膜厚計測定値の平均
- DFT(edge): 複数断面の平均値



試験結果

○ 塗装された試験片断面 (R止まり)

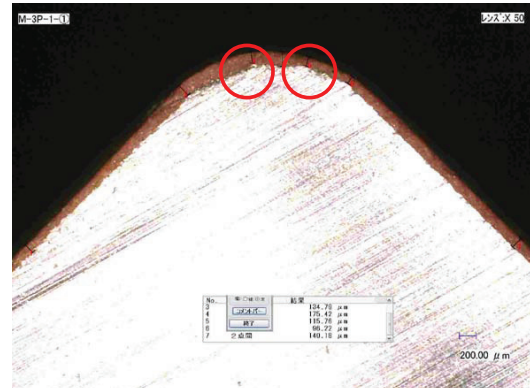
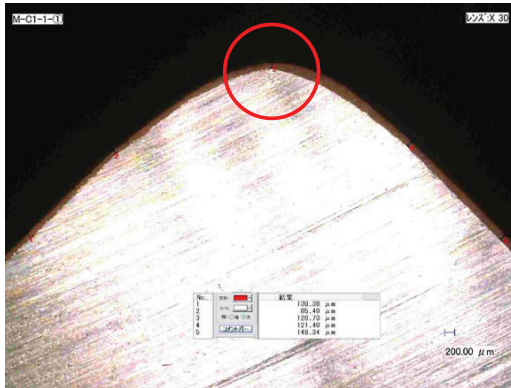
- DFT(flat): 側面の平均膜厚を使用
- DFT(edge): R止まり部および側面側のエッジ角の膜厚を使用



試験結果

○ 塗装された試験片断面(複合R)

- ・DFT(flat): 左右両側面の平均値を使用
- ・DFT(edge): 大曲率部中央(複合RおよびR)およびの2つある中央エッジ角の膜厚の平均(3パス)を使用



試験結果

○ R止まり試験結果

Edge shape Bevel angle $\theta(^{\circ})$	DFT side (μm)	DFT edge (μm)	ERR (%)
168.52	203.5	210.5	103.5
	201.9	199.7	98.9
154.16	203.1	177.5	87.4
	202.5	181.1	89.4
143.13	205.4	192.2	93.6
	193.5	138.0	71.3
134.43	192.7	121.7	63.2
	201.5	125.7	62.4
3pass (157.5)	199.1	160.5	80.6
	202.2	154.4	76.4
R=1.0mm	199.4	114.5	57.4
	199.1	128.8	64.7
R=2.0mm	197.7	157.3	79.6
	196.4	165.9	84.5

試験結果

○ 複合R 試験結果

Edge shape		DFT side(μm)	DFT edge(μm)	ERR (%)
ρ	δ/Δ(%)			
ρ=1.0mm	21.7	140.2	133.4	95.2
		138.5	127.1	91.8
ρ=1.0mm	33.1	144.6	138.3	95.6
		134.1	109.6	81.8
ρ=1.0mm	46.0	146.4	124.1	84.7
		139.3	104.9	75.4
ρ=1.0mm	50.7	143.7	127.2	88.5
		135.6	116.2	85.7
ρ=1.5mm	18.3	135.1	160.5	118.9
		134.8	154.4	114.6
ρ=1.5mm	21.2	134.2	147.8	110.2
		133.3	151.0	113.3
ρ=1.5mm	33.1	137.4	139.9	101.8
		138.1	144.6	104.8
ρ=1.5mm	46.0	141.9	147.8	104.2
		139.6	133.5	95.7
3pass		143.0	127.8	89.4
3pass		135.1	129.4	95.8
R=1.0mm		142.3	114.5	80.5
R=1.0mm		146.5	128.8	87.9
R=1.5mm		141.5	149.7	105.8
R=1.5mm		-	-	-
R=2.0mm		138.2	157.3	113.9
R=2.0mm		142.5	165.9	116.5

2009/12/18

工作分野研究企画部会ワークショップ —新塗装基準に関する技術課題と研究開発—

13

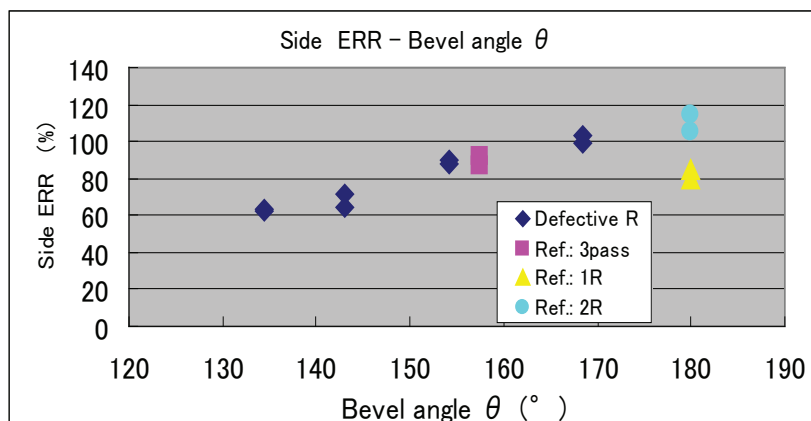
R止まりBevel angle θとERR

- 3パス形状のERRは、Bevel angle θのほぼ等しい、R止まり形状のERRより僅かに小さい
- 2R形状のERRは、R止まり形状の延長上にあり、最良のERRを示す
- 1R形状のERRは、3パス形状のERRより小さい

θ > 150°で

**3パスと同等
のERR**

**(R=2.0mmの
R止まり形状)**



2009/12/18

工作分野研究企画部会ワークショップ —新塗装基準に関する技術課題と研究開発—

14

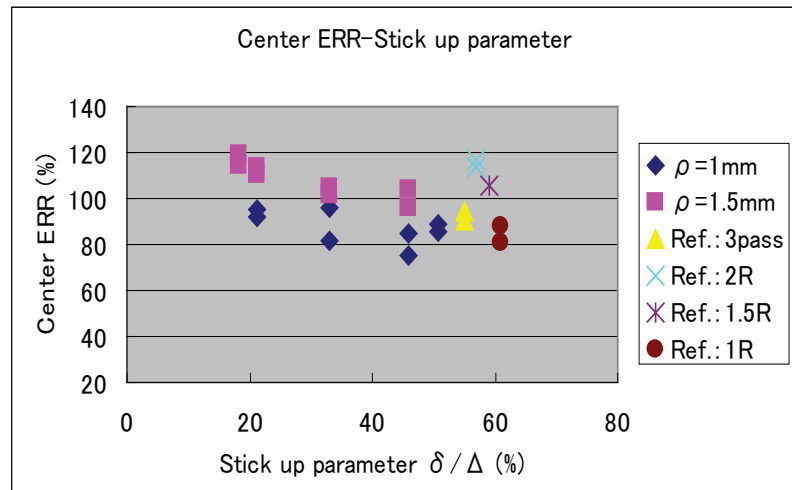
最小曲率半径 ρ とERR(複合R)

- 見かけ上の曲率半径が $R > 2\text{mm}$ 以上ある複合R形状
- 最小曲率半径 $\rho = 1.5\text{mm}$ のエッジ形状では、尖り方によらず、3パス形状より大きなERRを示す
- $\rho = 1.0\text{mm}$ では、尖り方により異なる結果となる

- 最小曲率半径
 $\rho = 1.5\text{mm}$ 以上
の複合R

3パスと同等以上

(見かけ上の
 $R = 2.0\text{mm}$ 以上の
複合R)



まとめ

- R止まり形状・複合R形状といった完全にはR形状をしていないエッジ形状に対するPSPC適合性の検討を行った。
- 学会塗装PJ委員会で開発したERR計測は、上記形状の評価においてエッジ形状の差異が敏感にERRに反映される手法であることが判った。
- $R = 2.0\text{mm}$ のR止まり形状では、R止まり部の **Bevel angle θ が 150° より大きい**と3パス形状と同等かそれ以上の性能が期待できる。
- 見かけ上の曲率半径が 2mm 以上ある複合R形状では、部分的な大曲率部の **最小曲率半径 ρ が 1.5mm 以上**あれば、3パスと同等かそれ以上の性能が期待できる。



謝辞

- 本研究は、日本船舶海洋工学会”塗装品質と工作品質の関連に関するプロジェクト研究委員会”の活動の一環として実施され、試験の実施及び検討に委員の皆様のご協力を賜った。
- 委員会活動に対して(社)日本造船工業会より多大なご協力を賜った。
- 試験の実施に際して、中国塗料(株)に多大な協力を賜った。

- 本論文の終わりにあたり、関係各位に厚く御礼申し上げます。

- 
-
- ご静聴ありがとうございました。

船体構造用型鋼エッジR部の膜厚保持性能 について

アイ・エイチ・アイ・マリンユナイテッド 矢嶋 宏行

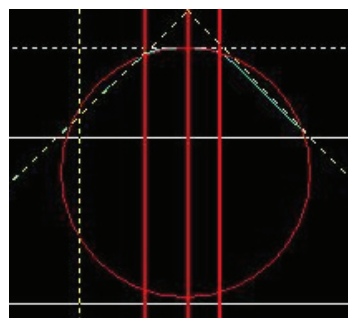
2009/12/18 工作分野研究企画部会ワークショップ—新塗装基準に関する技術課題と研究開発—

研究の背景

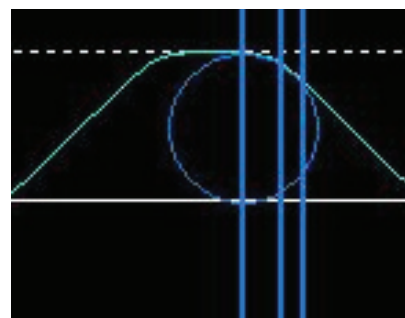
- 2006年12月IMO-MSCにおいてバラストタンク塗装性能基準(IMO/PSPC)が強制基準として採択
 - PSPCエッジ処理基準
 - 2R処理（半径2mm以上の円弧形状），3パスグライディングまたは同等以上
 - R仕上げエッジを持つ型鋼を使用する頻度が高まっている
 - 型鋼エッジR部は完全な円弧形状ではなく，膜厚保持率(Edge Retention Ratio以下ERR)が完全R形状からどの程度低下するかは明らかでない
- 型鋼エッジR部は3pass-equivalentと言えるのか？
- 船舶海洋工学会「塗装品質と工作品質の関連に関するプロジェクト研究委員会」（塗装PJ委員会）
 - 全国の造船所で型鋼エッジ形状を計測
 - 型鋼エッジR部形状の特徴を解析してERRの支配因子を特定
 - 型鋼エッジR部がPSPCエッジ処理基準を満たすための形状仕様を提案

型鋼エッジの形状計測

- **調査対象**
 - 日本造船工業会加盟18社の造船所、型鋼メーカー9社の製品を調査
 - FB, IA, UA材を調査（合計642断面）
- **計測方法**
 - キーエンス製レーザ変位計LJ-G080+専用ソフトKS-Analyzer
- **計測項目**
 - 全体曲率半径R, 最小曲率半径 ρ



Rの計測



ρ の計測

2009/12/18 工作分野研究企画部会ワークショップ—新塗装基準に関する技術課題と研究開発—

3

型鋼エッジ形状の特徴

- R部に明瞭なエッジが存在する型鋼はなかった。
- $R \leq 2\text{mm}$ である断面では、 $\rho \doteq R$ である場合が多い。
- $R > 2\text{mm}$ である断面の多くで、R部の曲率半径は一定でなく、エッジ中に $\rho < R$ であるような大曲率部が存在した。

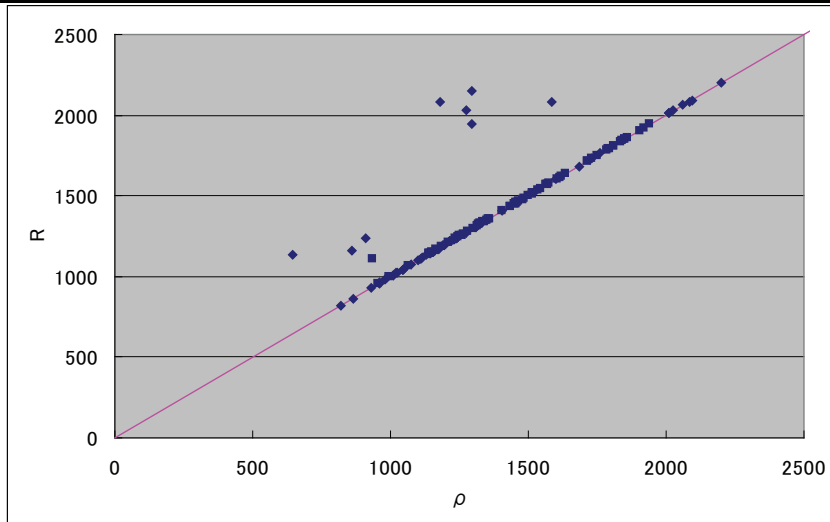
2009/12/18 工作分野研究企画部会ワークショップ—新塗装基準に関する技術課題と研究開発—

4

全体・最小曲率半径の関係(A社)

- 大部分でRが2.0mmを下回る。グラインダ処理が必要
- 大部分の断面で $\rho \doteq R$

R (μm)	mean	stdev	CV	$\mu - 2\sigma$	$\mu - \sigma$	$\mu + \sigma$	$\mu + 2\sigma$
	1418.6	323.5	0.228	771.6	1095.1	1742.1	2065.7
ρ (μm)	mean	stdev	CV	$\mu - 2\sigma$	$\mu - \sigma$	$\mu + \sigma$	$\mu + 2\sigma$
	1386.0	313.7	0.226	758.6	1072.3	1699.7	2013.4



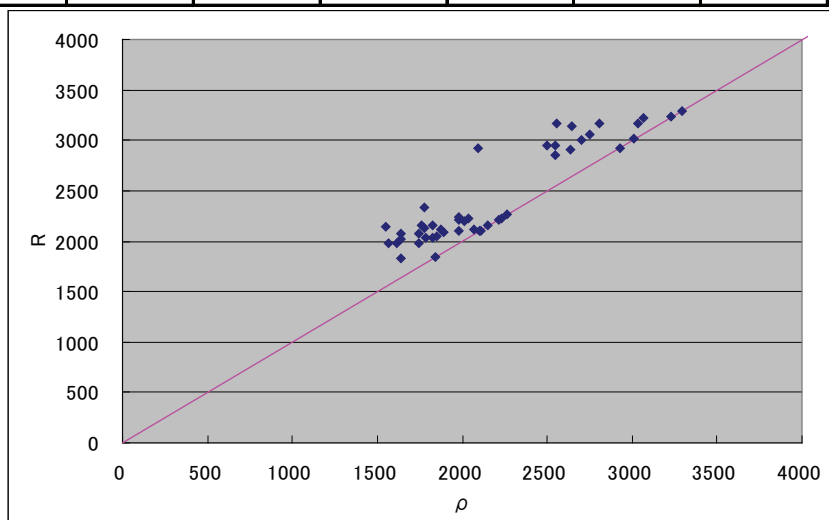
2009/12/18 工作分野研究企画部会ワークショップ—新塗装基準に関する技術課題と研究開発—

5

全体・最小曲率半径の関係(B社)

- $R > 2\text{mm}$ は概ね満足するが、 $\rho < 2\text{mm}$ となる断面が相当数存在

R (μm)	mean	stdev	CV	$\mu - 2\sigma$	$\mu - \sigma$	$\mu + \sigma$	$\mu + 2\sigma$
	2445.4	477.8	0.195	1489.8	1967.6	2923.2	3401.0
ρ (μm)	mean	stdev	CV	$\mu - 2\sigma$	$\mu - \sigma$	$\mu + \sigma$	$\mu + 2\sigma$
	2193.6	498.0	0.227	1197.7	1695.6	2691.6	3189.5



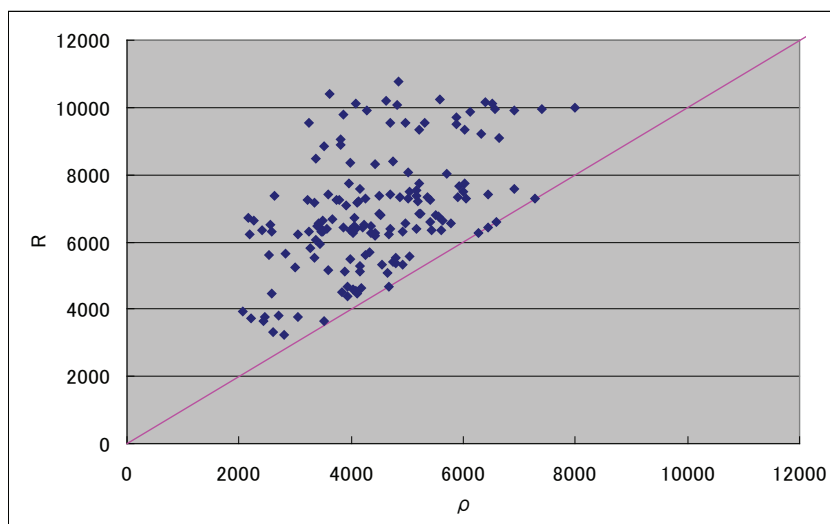
2009/12/18 工作分野研究企画部会ワークショップ—新塗装基準に関する技術課題と研究開発—

6

全体・最小曲率半径の関係(1社)

- R, ρ とも2mmを大きく上回る.
- Rの最大値が10mmを超える

R (μm)	mean	stdev	CV	$\mu - 2\sigma$	$\mu - \sigma$	$\mu + \sigma$	$\mu + 2\sigma$
	6910.1	1727.4	0.250	3455.3	5182.7	8637.5	10364.9
ρ (μm)	mean	stdev	CV	$\mu - 2\sigma$	$\mu - \sigma$	$\mu + \sigma$	$\mu + 2\sigma$
	4438.5	1218.8	0.275	2000.8	3219.6	5657.3	6876.1



2009/12/18 工作分野研究企画部会ワークショップ—新塗装基準に関する技術課題と研究開発—

7

各メーカー製品の全体・最小曲率半径

- A社, D社, H社
 - Rの最小値 ($\mu - \sigma$) が2mmを下回る.
- B社, E社, F社
 - Rは>2mmを満足. $\rho < 2\text{mm}$ 以下の断面が相当数存在
- C社, G社, I社
 - R, ρ とも>2mmを満足.

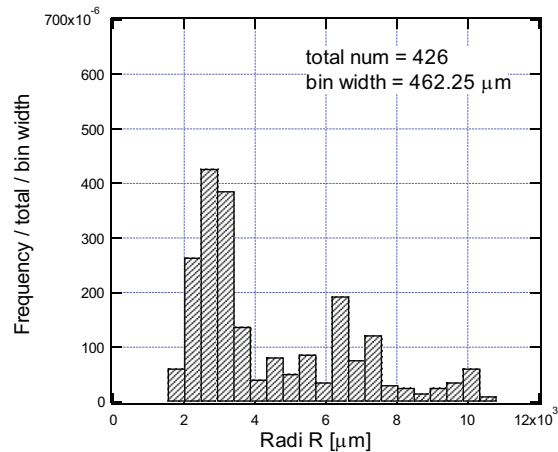
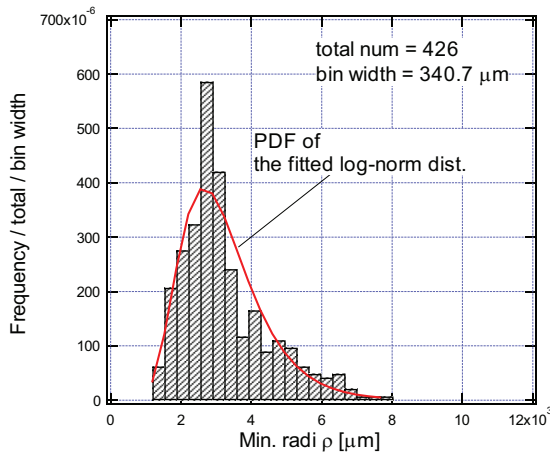
	R (μm)				ρ (μm)		
	mean	stdev	$\mu - \sigma$	$\mu + \sigma$	mean	stdev	$\mu - \sigma$
A社	1418.6	323.5	1095.1	1742.1	1386.0	313.7	1072.3
B社	2445.4	477.8	1967.6	2923.2	2193.6	498.0	1695.6
C社	2875.8	152.2	2723.6	3028.0	2843.7	173.5	2670.1
D社	1864.3	749.7	1114.6	2614.0	1615.0	758.9	856.1
E社	2738.1	639.7	2098.4	3377.8	2320.8	595.1	1725.6
F社	4343.7	1486.4	2857.3	5830.1	2245.9	517.7	1728.2
G社	3038.4	404.0	2634.4	3442.4	2862.2	430.7	2431.6
H社	1948.6	342.7	1605.9	2291.3	1583.8	381.4	1202.4
I社	6910.1	1727.4	5182.7	8637.5	4438.5	1218.8	3219.6

2009/12/18 工作分野研究企画部会ワークショップ—新塗装基準に関する技術課題と研究開発—

8

全体・最小曲率半径の統計的性質

- Rの $\mu-\sigma$ が概ね2.0mmを上回る6社の製品（426断面）について調査
 - $R > 2\text{mm}$ and $\rho < 2\text{mm}$ の状態に注目
- ρ , Rの頻度分布（Rの $\mu-\sigma$ が $>2\text{mm}$ の場合）
 - ρ の分布は対数正規分布で近似できる
 - $\text{Pr}[\rho < 1.5\text{mm}] = 2.6\%$



2009/12/18 工作分野研究企画部会ワークショップ—新塗装基準に関する技術課題と研究開発—

型鋼エッジのエッジ膜厚保持性能

- Rの $\mu-\sigma > 2\text{mm}$ であれば $\rho < 1.5\text{mm}$ となる確率は2.6%以下
- $R > 2\text{mm}$ で $\rho = 1.5\text{mm}$ である場合のERRが2 R or 3passを上回れば、PSPCエッジ処理基準を満足するとみなせる

$$\text{ERR}\% = \frac{\text{DFT}(\text{edge})}{\text{DFT}(\text{flat})}$$

- $R > 2\text{mm}$ で $\rho = 1.5\text{mm}$ である場合のERR \geq 2 R or 3pass のERRを証明する必要がある



- 証明の方法
 - 2mm以上の全体曲率半径を有するR部に、 $\rho = 1.5\text{mm}$ の大曲率部が存在する複合R形状のエッジ膜厚保持性能試験を実施
 - 「複合R形状のERR \geq 3パス形状のERR」を示す
 - 塗装PJ委員会WG1で、複合R形状のERR試験を実施

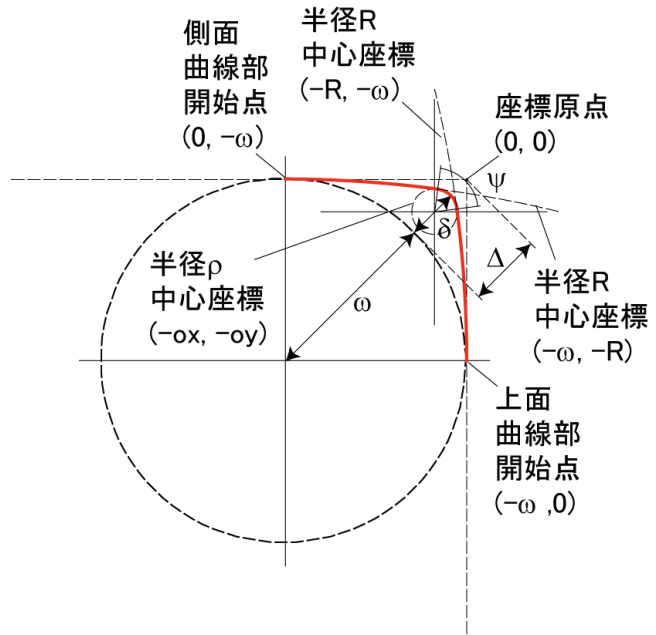
複合R形状

複合R形状の形状パラメタ

- ρ : 最小曲率半径
- ω : R部幅
- R : 緩曲部曲率半径
- Ψ : 大曲率部挟み角
- δ/Δ : 尖り度

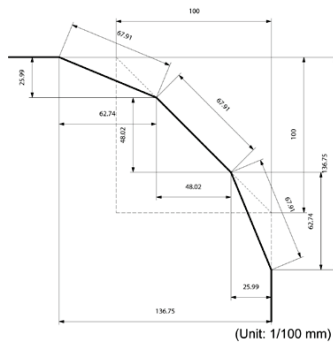
実験条件

- $\rho = 1.0\text{mm}, 1.5\text{mm}$
- $\delta/\Delta = 18\% \sim 46\%$
($\Psi = 30, 45, 60 \text{ deg.}$)

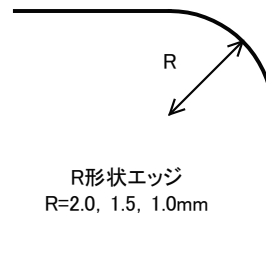


比較形状および膜厚測定箇所

比較形状

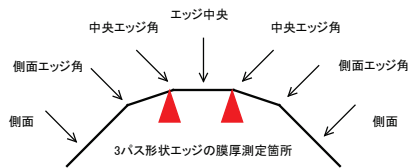


理想3パス

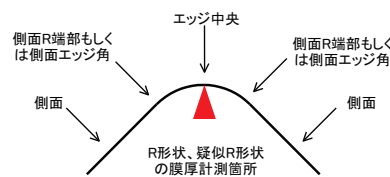


単純R形状 (R=1.0, 1.5, 2.0mm)

DFT(edge)の測定箇所



3パス

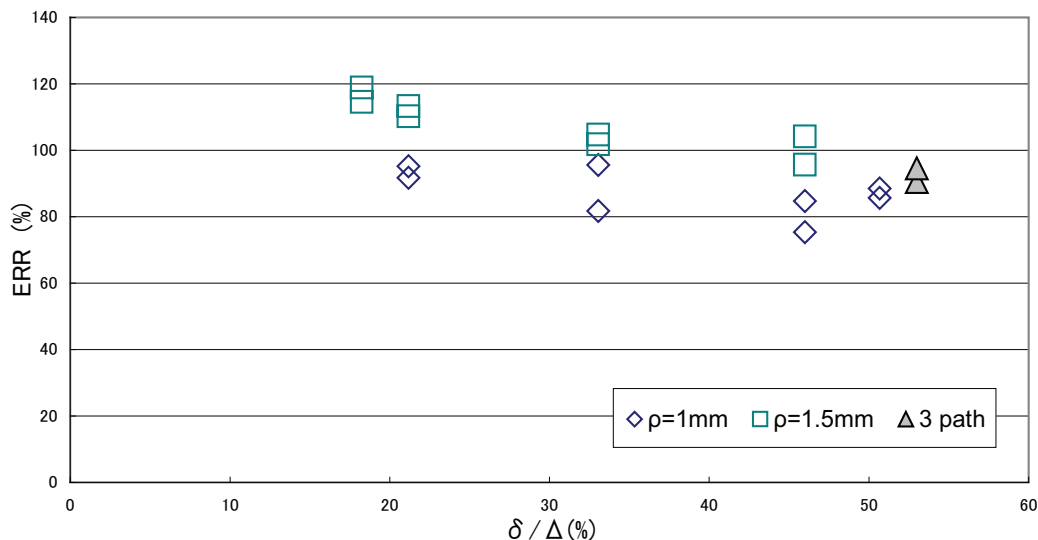


単純R形状, 複合R形状

ERR試験結果

• 複合R形状 vs. 理想3パス

- $\rho=1.5\text{mm}$ なら、 δ/Δ によらず複合R>理想3パス
- $\rho=1.0\text{mm}$ でも、 $\delta/\Delta < 40\%$ なら複合R \approx 理想3パス



2009/12/18 工作分野研究企画部会ワークショップ—新塗装基準に関する技術課題と研究開発—

13

複合R形状ERR試験結果のまとめ

- $R \geq 2\text{mm}$ & $\rho=1.5\text{mm}$ の複合R形状エッジは、3パス形状よりも膜厚保持性能が良い。
- $R \geq 2\text{mm}$ & $\rho=1.0\text{mm}$ の複合R形状エッジは、尖り度が40%程度までは、3パスと同等もしくはそれ以上の膜厚保持性能を持っているといえる。



- 型鋼エッジR部が、全体としては2mm以上の曲率半径を有するが、その一部に最小1.5mmの部分的曲率半径を有する場合のエッジ膜厚保持性能が3パス形状と同等以上である。

2009/12/18 工作分野研究企画部会ワークショップ—新塗装基準に関する技術課題と研究開発—

14

型鋼エッジ形状の仕様

- 型鋼エッジR部が、 $R \geq 2\text{mm}$ & $p = 1.5\text{mm}$ である場合のエッジ膜厚保持性能は3パス形状と同等以上であることが証明された。



- 以下を満足していればPSPCのエッジ処理基準に相当する。
 - 全体曲率半径Rが2mm以上であること
 - R部に部分的な大曲率部を有するときは、最小曲率半径pが1.5mmを下回らないこと
- 第2項の要件は、全体曲率半径Rの68%信頼区間下限が2.0mmを下回らなければ、自動的に達成される。

結言

- 調査対象の型鋼メーカー9社のうち、全体曲率半径Rの68%信頼区間下限が2.0mmを大幅に下回るメーカーが3社あった。これ以外のメーカーの製品でも、最小曲率半径pが2.0mmを下回る場合が多数あった。
- エッジ膜厚保持率試験を実施し、エッジR部が、全体としては2mm以上の曲率半径を有するが、その一部に最小1.5mmの部分的曲率半径を有する場合のエッジ膜厚保持性能が3パス形状と同等以上であるとの結果を得た。
- IMO/PSPCのエッジ処理基準に相当する型鋼エッジ形状の仕様として、「全体曲率半径Rが2mm以上であり、部分的な大曲率部を有するときは最小曲率半径pが1.5mmを下回らないこと」を提案した。

謝辞

- 本研究は、日本船舶海洋工学会” 塗装品質と工作品質の関連に関するプロジェクト研究委員会” WG2の活動の一環として実施され、型鋼エッジ形状計測にあたり委員会参加造船所（18社）より多大なご協力を賜った。
- 委員会の活動に対して（社）日本造船工業会殿より財政的な援助を賜った。
- 本論文の終わりにあたり、関係各位に厚く御礼申し上げます。

塗装テクニカルファイル Coating Technical File

CTF作成支援システム システム構想と概要

2009年12月18日

麻生セントラル株式会社
結城 保則

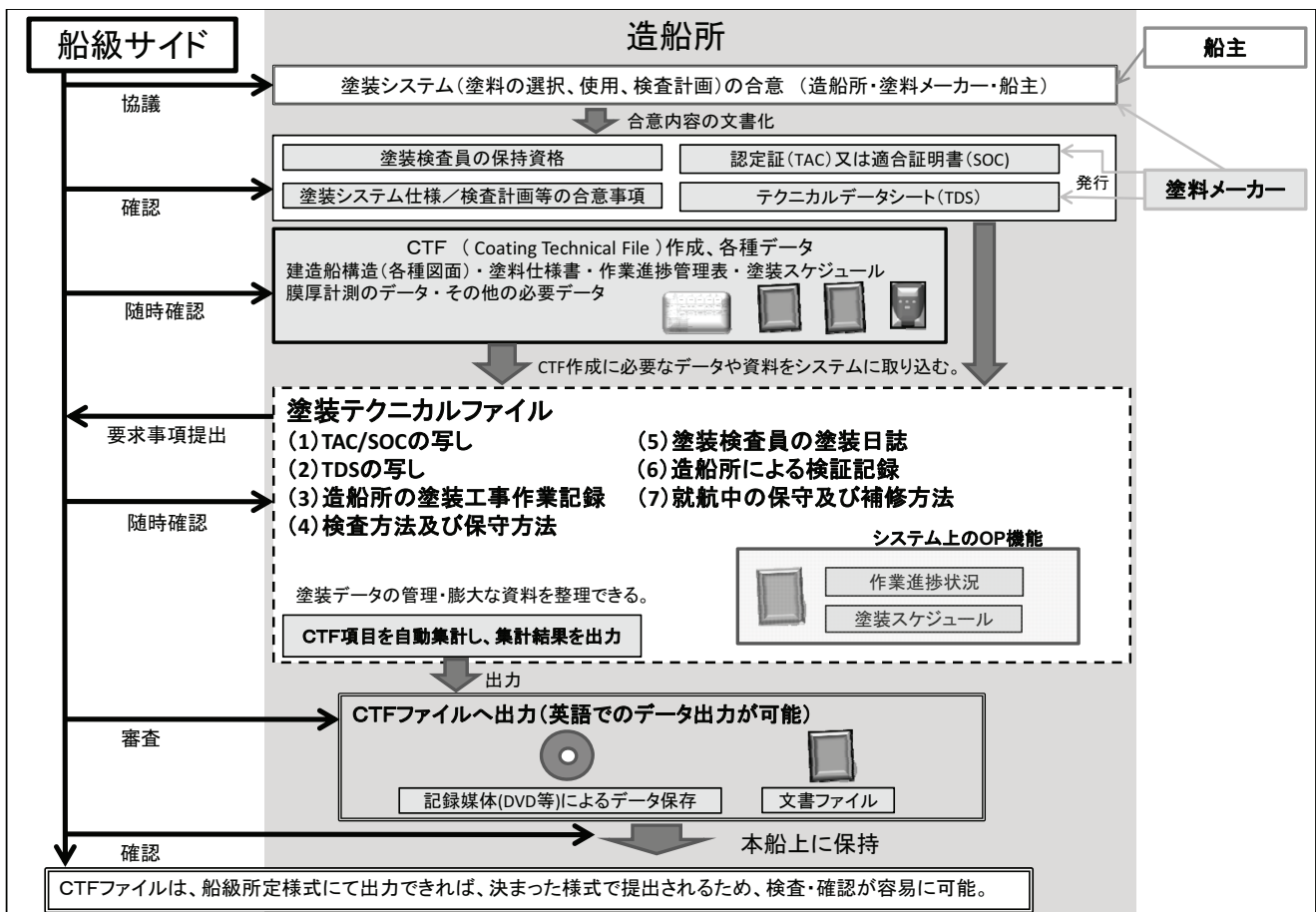
1

CTF作成支援システム

PSPCに於けるIMO規則

Resolutions MSC.215 (82) and MSC.215 (84) -July 08
SOLAS Requirement

2



CTF作成支援システム

本支援システムの目的と設計目標

・膨大な資料／計測データ／複雑な内容

- ➡ ルールでの要求事項を全て満足
- ➡ 誰にでもできる簡易な入力・設定方法
- ➡ 理解しやすい画面設定／デザイン

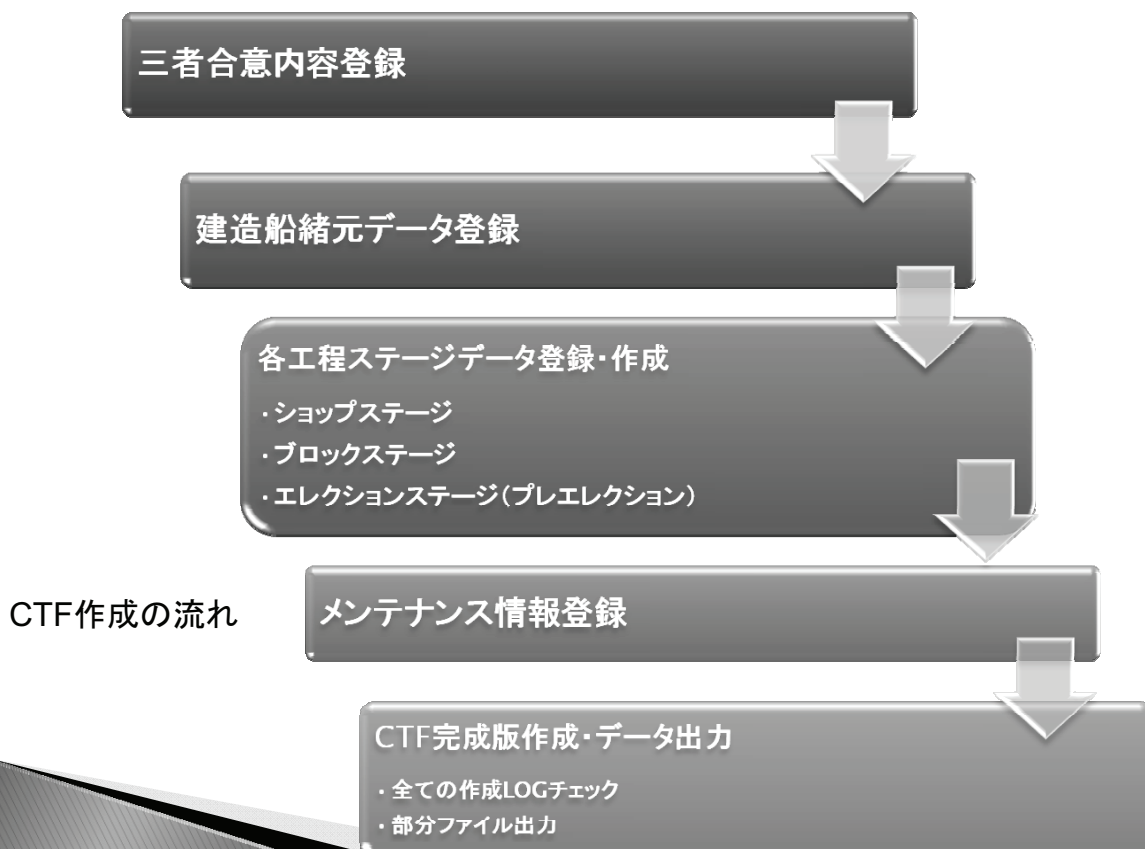
CTF作成支援システム

本支援システムの構成

- ▶ (1) 三者合意項目
 - ▶ ・塗装システム(塗料選択・仕様・検査計画)の合意
 - ▶ ・TAC/SOCの写し ・TDS/SDSの写し
 - ▶ ・塗装検査官の選択
- (2) 新造船諸元データ登録
- (3) 各工程ステージ
 - ▶ ・ショップステージ
 - ▶ ・ブロックステージ
 - ▶ ・エレクションステージ(プレエレクション)
- (4) メンテナンス情報(就航中の保守および補修方法)

5

CTF作成支援システム



6

CTF作成支援システム

三者合意；

船主・造船所・塗料メーカーの三者による事前協議により、施工の確認及び塗装工事詳細の確認。

三者合意の合意事項は書類にして、船級協会に提出し認証を受ける。

三者合意内容はシステムにて作成するのではなく、作成したものをPDFにてファイルへ綴じ込む。

7

CTF作成支援システム

建造船諸元データの利用；

- (1) 必要な基本データの取込み、全てのシステムに反映させる。
- (2) ブロック及びバラスタンの項目をスケジュール表に反映させる。
- (3) ブロックステージではブロック管理
- (4) エレクションステージではタンク別管理
- (5) 全てのステージでLOG項目・システム連動させる。

8

CTF作成支援システム

ショップステージ;

ショップブラストクリーニング

研掃材

種類

サイズ

汚染測定

清浄度(グレード) ISO8501-1

表面粗度 ISO8503-1/2

環境測定

CTF作成支援システム

ショップステージ;

ショッププライマーの適合

塗装プライマーの確認

- ・ジンクシリケートショッププライマー
(インヒビターフリー)

- ・主塗装系との適合

塗料メーカーへの確認

- ・認証マーク/番号
- ・標準乾燥膜厚
- ・硬化時間

CTF作成支援システム

ショップステージ;

ショッププライマー塗装

塩分測定 ISO8502-6/9

ダスト ISO8502-3

その他の汚染物質の有無

環境測定

気温

相対湿度

露点 ISO8502-4(温度差)

鉄板温度

11

CTF作成支援システム

ブロックステージ;

鋼材表面処理(スチールプレパレーション)

塗装下地処理(ブラスト)の施工前の鋼材表面状態
ISO8501-3 (P-2参照)

(1) エッジ処理

(2) 溶接

(3) 鋼材自体の欠陥

(4) 表面汚染(油・グリース / 水溶性塩類)の確認

12

CTF作成支援システム

ショップステージ;

ショッププライマー塗装

(1) ショッププライマーの膜厚測定

サンプル板(みがき鋼板・ガラス板)を自動塗装機に通しサンプル板に塗布された塗膜厚を計測することによって、塗膜を確認する。

(2) プライマーの硬化確認

無機ジンクシリケートプライマーの場合
MEK耐性テストASTMD4275で確認

CTF作成支援システム

ブロックステージ;

(1) 鋼材の品質

ラミネーション
ピッチング
シャープエッジ(ISO)
開口部
溶接
アンダーカット
溶接スパター
全ての異物がないこと

CTF作成支援システム

ブロックステージ;

- ▶ 処理作業(不適合報告)
 - ラミネーション及びその他の表面欠陥は
チップングしグラインダー掛けする
[出来れば溶接する]
 - ピッチングはスポット溶接しグラインダー掛けする
 - シャープエッジは面取りをする[r=2mm以上又3
パス]
 - 溶断エッジは必ず面取りをする
 - 手溶接はグラインダー掛けする[NACE RP0178]
 - スパッターはたがねで除去する

15

CTF作成支援システム

ブロックステージ;

- ▶ 処理作業(続き)
 - 機械溶接で生じたアンダーカットは
補修溶接しグラインダーで仕上げる
 - 溶接スパッターはチップングするか又は
グラインディングで除去する
 - 溶接スラグは除去する
 - 全ての異物は除去する

16

CTF作成支援システム

ブロックステージ;

二次表面処理

塗装下地処理(ブラスト)

溶接箇所・ダメージ箇所・発錆箇所

ISO8501-1 Sa2.5グレードブラスト処理

ショッププライマー健全箇所

ISO8501-1 サンドスリープブラスト処理

- (1) 清浄度(グレード)
- (2) 塩分濃度 50mg/m²
- (3) 表面粗度 30~75 μm
- (4) 環境測定

CTF作成支援システム

ブロックステージ;

エポキシ塗装

1回目(全面塗装)

塗装前の測定(下地処理の検査時)

- (1) 環境測定
 - 気温
 - 相対湿度
 - 鉄板温度
 - 露点
- (2) エアー圧・塗装チップ・シンナー希釈率を確認
- (3) WFTの計測

CTF作成支援システム

ブロックステージ;

エポキシ塗装

1回目(全面塗装)

塗装中及び後

(1)環境測定

気温

相対湿度

鉄板温度

露点

(2)塗膜硬化の状態チェック

CTF作成支援システム

ブロックステージ;

エポキシ塗装

1回目(ストライプ塗装)

エッジ・スカラップ・手溶接部・エッジ部

(1)環境測定

気温

相対湿度

鉄板温度

露点

(2)塗膜硬化の状態チェック

CTF作成支援システム

ブロックステージ;

エポキシ塗装

2回目(ストライプ塗装)

エッジ・スカラップ・手溶接部・エッジ部

(1)環境測定

気温

相対湿度

鉄板温度

露点

(2)塗膜硬化の状態チェック

21

CTF作成支援システム

ブロックステージ;

エポキシ塗装

(1)膜厚測定

計測箇所及び計測数は計測要領に基づいて、膜厚計測を行う。

90/10ルールに適用する塗膜厚分布となるように、標準膜厚の90%以下の値の箇所はタッチアップ塗装工程で補修する。

高膜厚に関しては塗料メーカーの指示に従う。

(2)塗膜の状態チェック

目視で塗膜状態を確認し、塗膜欠陥や硬化不良がない事を確認する。

22

CTF作成支援システム

ブロックステージ;

エポキシ塗装

2回目(全面塗装)

塗装中及び後

(1)環境測定

気温

相対湿度

鉄板温度

露点

(2)塗膜硬化の状態チェック

CTF作成支援システム

ブロックステージ;

エポキシ塗装

タッチアップ塗装

膜厚不足箇所をタッチアップ塗装を施工

(1)環境測定

気温

相対湿度

鉄板温度

露点

(2)塗膜硬化の状態チェック

CTF作成支援システム

ブロックステージ;

ブロックでの最終膜厚計測
エレクション箇所を除いて、規定膜厚で下記を満足すること

- (1) 90/10ルールを満足した膜厚。
- (2) 高膜厚は塗料メーカーの指示に従う。
- (3) 乾燥膜厚の集計
- (4) 各膜厚計測メーカーのソフトを利用する場合はデータをEXCEL又はCVEのデータを本ソフトに吸い込ませる。
- (5) 膜厚不足の箇所はタッチアップ後データ入力

CTF作成支援システム

ブロックステージ;

ブロックでの最終検査

- (1) 90/10ルールを満足した規定膜厚。
- (2) 高膜厚は塗料メーカーの要領での補修確認。
- (3) 足場のある場合は足場解体後のタッチアップ。
- (4) エレクション足場の架設状況の確認。
- (5) 塗膜欠陥の確認。
- (6) グリッドの混入は特にチェックする。
- (7) この検査以後は足場のない高所は確認出来ない
ので時間をかけて検査を行う。

CTF作成支援システム

エレクションステージ;

鋼材表面処理(スチールプレパレーション)

エレクション箇所における塗装下地処理施工の
前の鋼材表面状態

ISO8501-3 (P-2参照)

- (1) エッジ処理
- (2) 溶接
- (3) 表面汚染(油・グリース / 水溶性塩類)
- (4) ブロックと同じ

27

CTF作成支援システム

エレクションステージ;

下地処理方法の要件

基本的にはエレクション箇所における塗装下地処理方
法はパワーツールクリーニング施工

ISO8591-1 St3 の清浄度グレード

但し下記の状況の場合はブラストクリーニング施工

ISO8591-1 Sa2.5 の清浄度グレード

- (1) タンク総面積の2%以上の場合
- (2) エレクション部が連続したダメージ25㎡以上
- (3) 可能な場合

塗り重ね箇所(ブロック既塗装箇所)は目粗を施工

28

CTF作成支援システム

エレクションステージ;

二次表面処理

塗装下地処理(パワーツールクリーニング)

エレクション溶接箇所・ダメージ箇所・発錆箇所

ISO8501-1 St3グレード動力工具処理

境界健全塗膜箇所は塗重のため目粗しをする。

- (1) 清浄度 ISO8501-1 St3
- (2) 塩分濃度 ISO8502-6(サンプリング)/9(測定法)
- (3) 表面粗度 塗料メーカー推奨
- (4) 環境測定 ブロックステージに準ずる

CTF作成支援システム

エレクションステージ

エポキシ塗装

1回目(ストライプ塗装)

エッジ・スカラップ・手溶接部・エッジ部

- (1) 環境測定
 - 気温
 - 相対湿度
 - 鉄板温度
 - 露点

CTF作成支援システム

エレクションステージ;

エポキシ塗装

1回目(全面塗装)

塗装前の測定(下地処理検査時)

(1)環境測定

気温

相対湿度

鉄板温度

露点

(2)エア一圧・塗装チップ・シンナー希釈率ば確認

(3)WFTの計測

CTF作成支援システム

エレクションステージ

エポキシ塗装

2回目(ストライプ塗装)

エッジ・スカラップ・手溶接部・エッジ部

(1)環境測定

気温

相対湿度

鉄板温度

露点

(2)塗膜硬化の状態チェック

CTF作成支援システム

エレクションステージ

足場架設箇所

膜厚測定 タッチアップ塗装

足場上最終検査

足場解体

足場解体に関しては塗膜にダメージが生じないように十分注意して解体工事を施工する。足場によって支えられている(当たり)箇所は出来るだけ解体前にタッチアップを施工。または解体中にタッチアップを施工する。

33

CTF作成支援システム

エレクションステージ

足場の下部の箇所(底部支え箇所)

下地処理・塗装・膜厚測定・タッチアップ塗装



タンク内最終検査



タンクの引き渡し

34

CTF作成支援システム

メンテナンス情報；

就航後の塗装メンテナンス情報取り込み機能

- A) メンテナンス用テクニカルデータシート
(MTDS)
- B) メンテナンス用各種製品情報
- C) その他のメンテナンス用資料

上記は塗料メーカー発行のデータをPDFファイル形式にて本システムに取り込む。

CTF作成支援システム

メンテナンス情報；

就航後の塗装メンテナンス記録

PSPCにて要求されている項目

- A) 就航後の補修(リペア)実施記録
- B) 定期ドックでの修繕記録・施工内容

本システムには機能や目的が異なるため、別システムにて作成となる。

CTF作成支援システム

本支援システムにて作成・管理する各種LOG

- A) 日誌 (Daily log)
- B) 一次表面処理 (Form PSP)
- C) 二次表面処理 (Form SSP(B)(E))
 ブロック・エレクション(プレエレクション)各ステージ
- D) 塗装 (Form CA)
- E) 乾燥膜厚測定 (Form DFT(B)(E)(F))
- F) 乾燥膜厚タンク別集計 (DFT Final)

37

CTF作成支援システム

支援システム;

その他のLOG作成機能

- A) 進捗状況の確認 (Schedule)
- B) 検査記録報告書 (Inspection Report)
- C) 不適合報告書 (Non Conformity Report)

38

CTF作成支援システム開発の体制について

1. NKの支援による共同研究開発

参加団体

(財)日本海事協会

(社)日本造船工業会

(社)日本中小型造船工業会

(社)日本船主協会

(社)日本塗料工業会

(財)日本船舶技術研究協会

2. 開発期間

2009年8月～2010年4月

39

CTF作成支援システム

御清聴ありがとうございました。

40

Standard for the Preparation of Steel Substrates for PSPC JSTRA/SPSS

(2009年12月18日)

Japan Ship Technology Research
Association

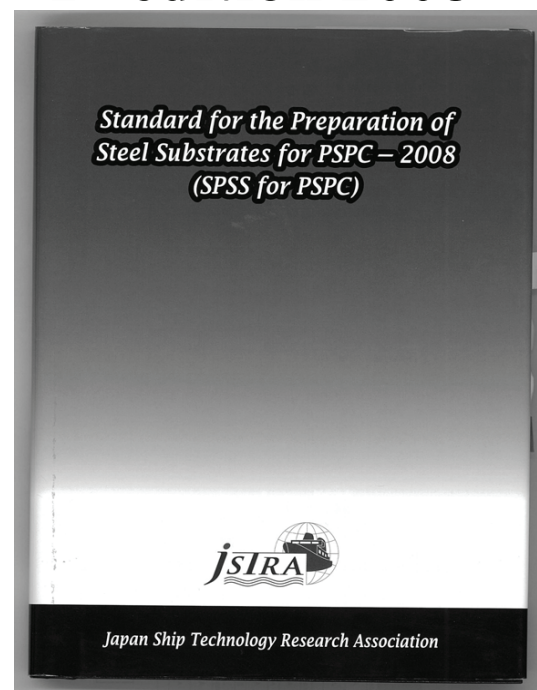
Jiro Fujiwara

JSTRA/SPSS (Standard for the Preparation of Steel Substrates for PSPC)

1st edition 2008

PSPC

- Specified in 2006 IMO developed resolution MSC215(82)
- Applies to BWT in all ships from July 2008.
- Also to COT mandatory for tankers resolution at 2009 IMO/DE52.
- Refers to ISO 8501-1 but
.... Not used for 2nd surface preparation.



IMO/PSPC Surface preparation Grade

1. Primary Surface Preparation

Sa 2.5 (ISO 8501-1)

2. Secondary Surface Preparation

1) Intact shop primer (incompatible SP) = *>70% Removal*
(ISO8501-1) = Sa 2 ???

2) Intact shop primer (compatible SP) *Sweep Blast or High Pressure Water Washing*

3. After Erection(After fabrication)

ButtsSt 3 or better or Sa2½

Small Damages up to 2% of total area St3、

Contiguous damages over 25m² or over 2 % of total area of the tank Sa2½

3

World Photographic Standards

ISO ¹⁾	SIS ²⁾	SSPC ³⁾	BS-4232 ⁴⁾	DIN ⁵⁾	JSRA-SPSS
国際標準	Sweden	USA	UK	Germany	Japan
Sa3	Sa3	SP5	First	Sa3	Sd3,Sh3
Sa2.5	Sa2.5	SP10	Second	Sa2.5	Sd2,Sh2
Sa2	Sa2	SP6	Third	Sa2	Sd1,Sh1
Sa1	Sa1	SP7		Sa1	Ss
St3	St3	SP3		St3	Pt3
St2	St2	SP2		St2	Pt2

1) ISO(International Standard Organization) , 2)SIS(Swedish Standards Institute) , 3)SSPC, 4)BS(British Standard), 5)DIN(Deutsche Institut fur Normung), 6)JSRA(Japan Shipbuilding Research Ass.)

4

Enough Standards to sink a ship!



ISO 8501-1/JSRA (SPSS) /JSTRA

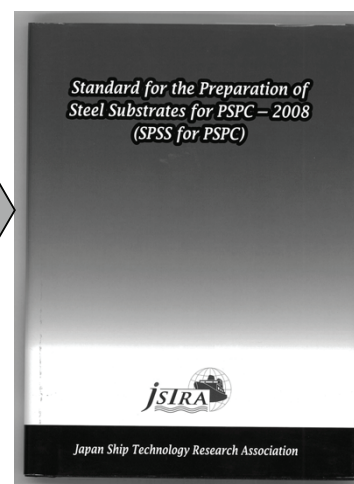
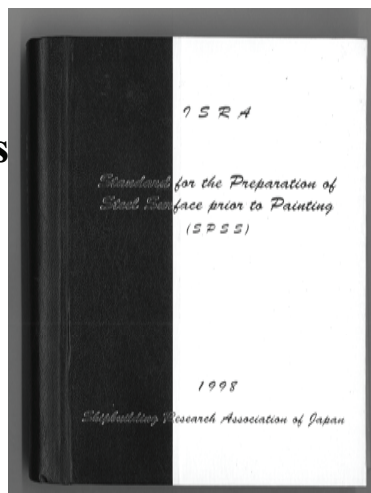
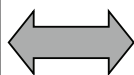
1st Edition 1988

1st Edition 1975

1st Edition 2008



vis- -vis



ISO 8501-1:2007



ISO 8501-1:2007(E)

Rust Grade 4

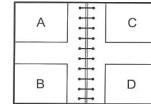
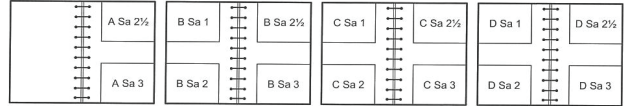
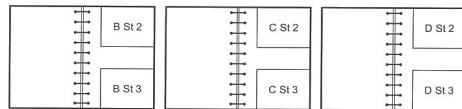


Figure 1 — Layout and sequence of the appended representative photographic examples for rust grades

Blast Grade 14

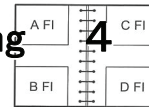


Power Tool Grade 6



b) Hand and power tool cleaning

Flame cleaning 4



c) Flame cleaning

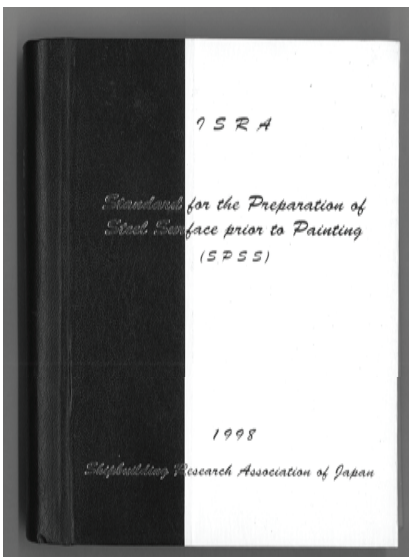
Figure 2 — Layout and sequence of the appended representative photographic examples for preparation grades

Total 28

14

© ISO and SIS 2007 – All rights reserved

JSRA (SPSS)



1. 鋼材の表面状態

JA JB

Page 1

2. 一次表面処理における調整グレード

JASh1 JASh2 JASh3
 JBSh1 JBSh2 JBSh3
 JASd1 JASd2 JASd3
 JBSh1 JBSh2 JBSh3
 JBPt1 JBPt2 JBPt3

Steel Grade 2

Pages 2-3

1st Surface Preparation 14

4-5

6-7

8-9

10

3. ショッププライマー塗装鋼材の表面状態

WQ ZO IO

Pages 11-12

4. 二次表面処理における調整グレード

WHO WHPt1 WHPt2 WHPt3 WHSd2
 WAO WAPt1 WAPt2 WAPt3 WASd2
 WFO WFPt1 WFPt2 WFPt3 WFSd2
 WRO WRPt1 WRPt2 WRPt3 WRSs WRSd2
 ZHO ZHPt1 ZHPt2 ZHPt3 ZHSd2 ZHSd3
 ZDO ZDPt1 ZDPt2 ZDPt3 ZDSs ZDSd2
 ZRO ZRPt1 ZRPt2 ZRPt3 ZRSs ZRSd2
 IHO IHPt1 IHPt2 IHPt3 IHSd2 IHSd3
 IAO IAPt1 IAPt2 IAPt3 IASd2 IASd3
 IFO IFPt1 IFPt2 IFPt3 IFSd2 IFSd3
 IDO IDPt1 IDPt2 IDPt3 IDSs IDSd2 IDSd3
 IRO IRPt1 IRPt2 IRPt3 IRSs IRSd2 IRSd3

Pages 13-15

16-18

19-21

22-24

25-27

28-30

31-33

34-36

37-39

40-42

43-45

46-48

49-52

53-56

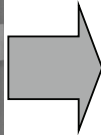
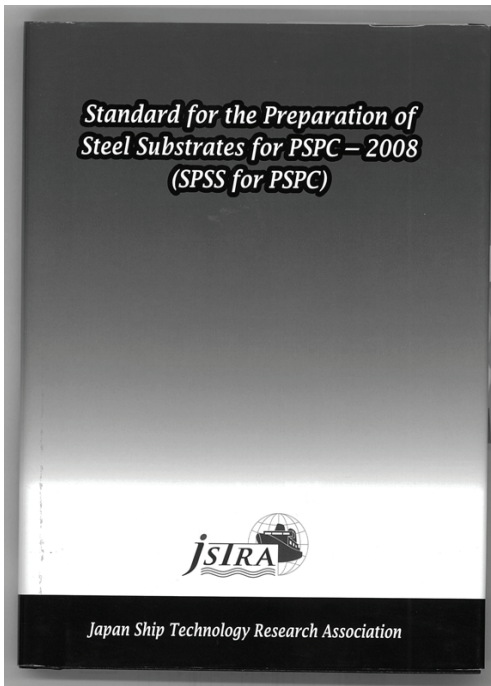
Shop primed surface 3

2nd Surface Preparation 83

合計 102

JA	ミルスケール鋼材	H	手溶接部	O	無処理
JB	JAを1.5ヶ月暴露した鋼材	A	自動溶接部	1	下級処理
Sh	ショットブラスト処理	F	垂取部	2	中級処理
Sd	サンドブラスト処理	D	白錆発生部	3	上級処理
W	ウォッシュプライマー	R	点錆発生部		
Z	有機ジंकフライマー	Pt	パワーツール処理		
I	無機ジंकフライマー	Ss	スリーアサンドブラスト処理		

JSTRA (SPSS)



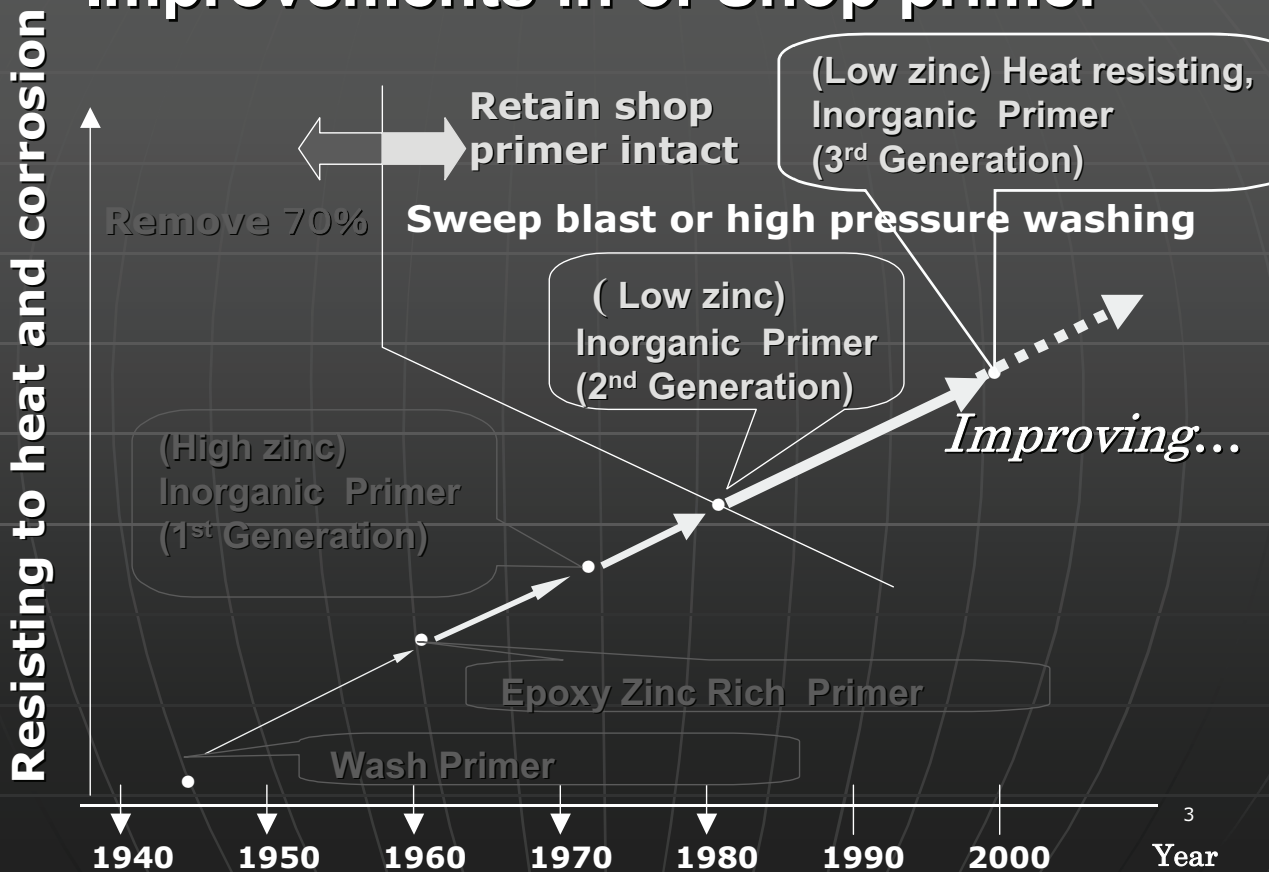
One rust grade & One shop primer (鋼材、シヨッププライマー 1種類)

A. Blast Cleaning	
Damaged primer, welds	27
Undamaged primer	10

B. Power Tool Cleaning	
Damage & weld	27
Defect & contamination	6
Main Coat damage & defect	12
Other cleaning	2

Total 84

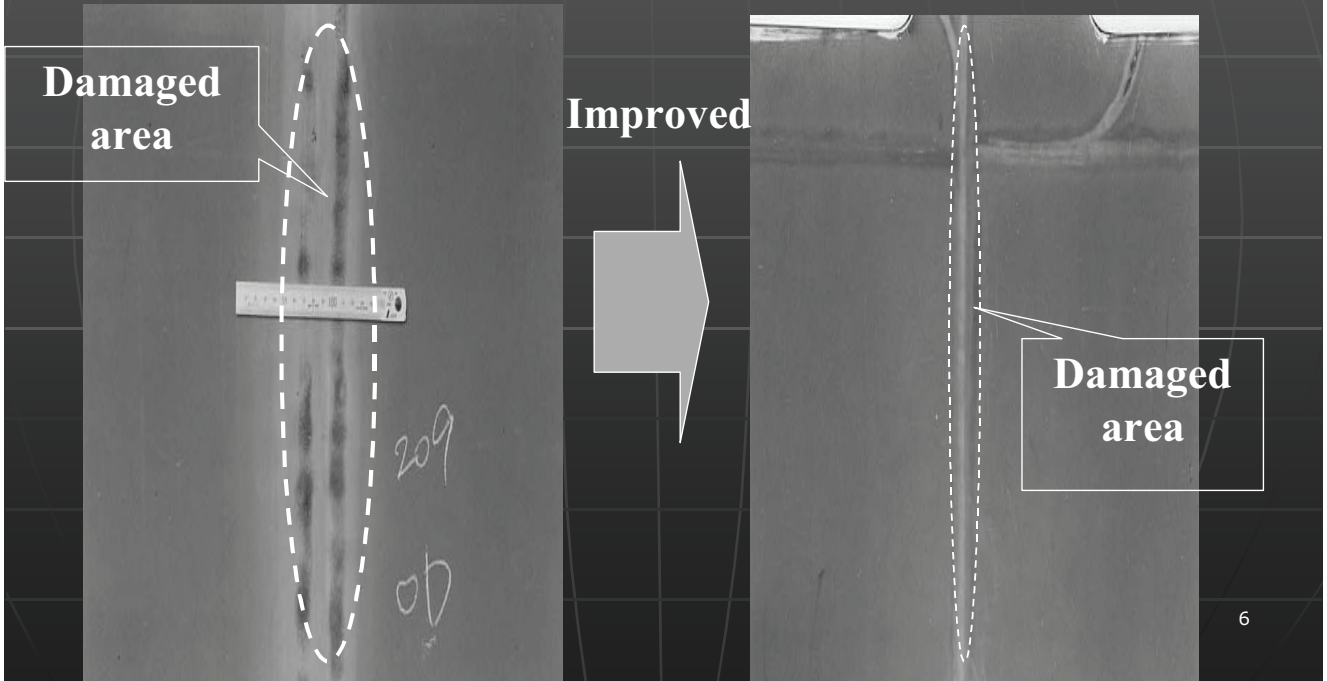
Improvements in of Shop primer



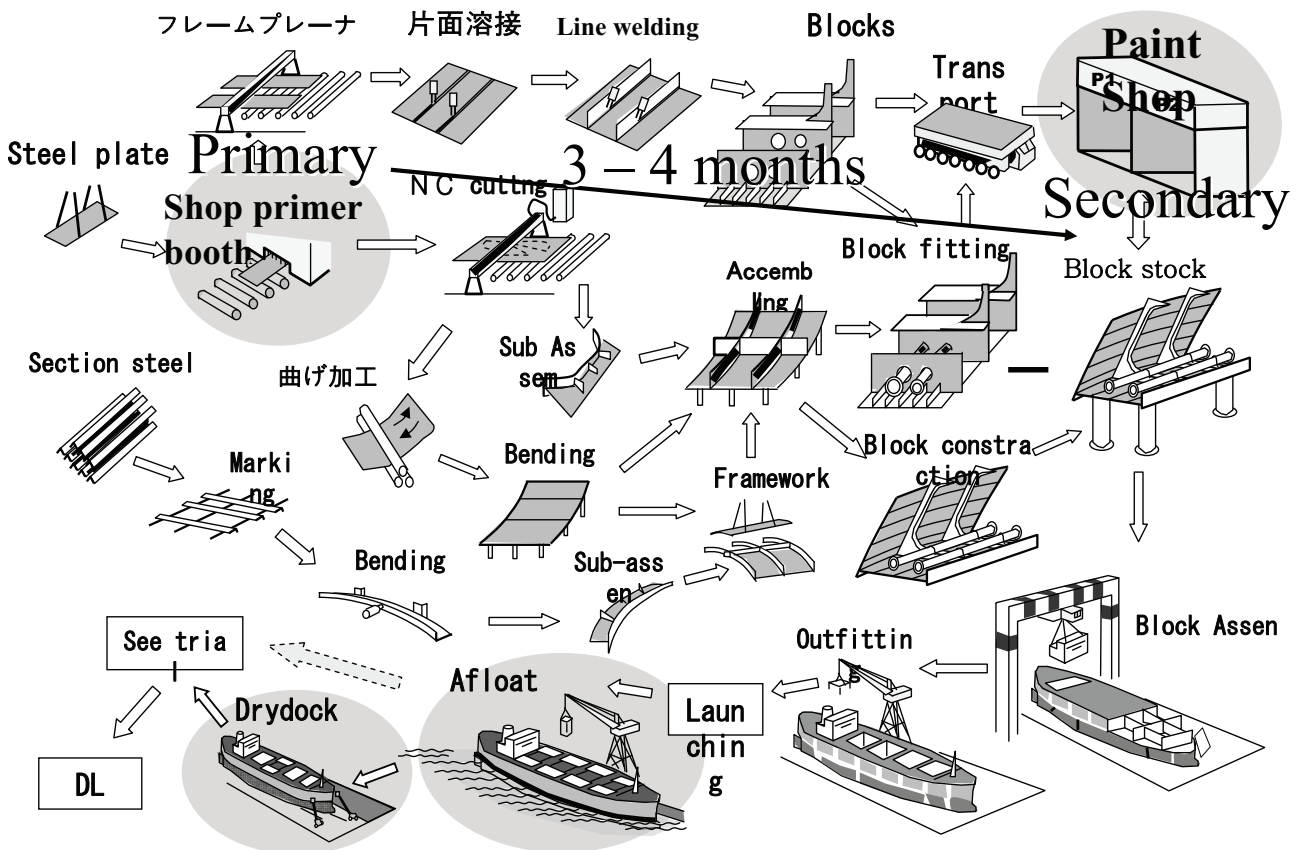
Improvement in heat- and corrosion-resistance (Back-burning damage)

2nd Generation I Z primer

3rd Generation I Z primer



Building Process & Surface preparation for Paint



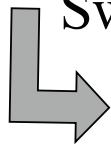
Future Technical Tasks

PSPC: Secondary Surface Preparation

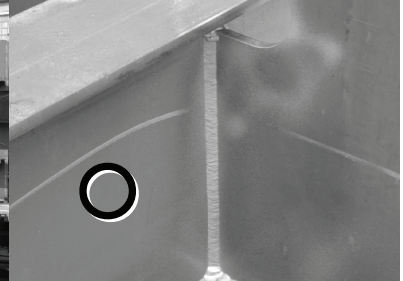
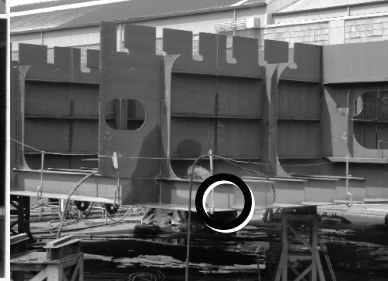
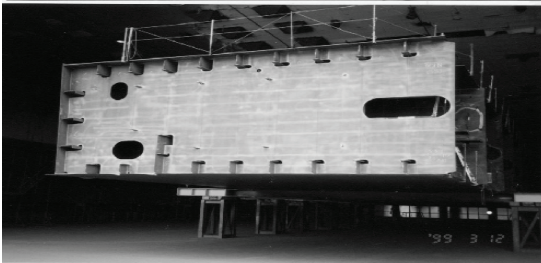
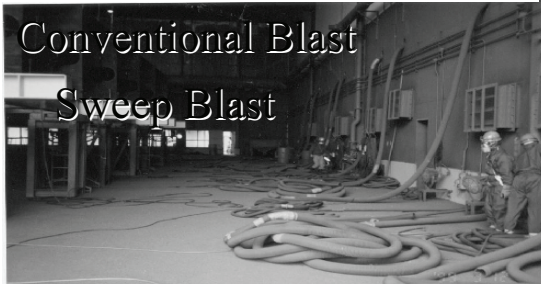
ISO 8501-1

Sweep blasting or High pressure water washing

ISO 8501-4

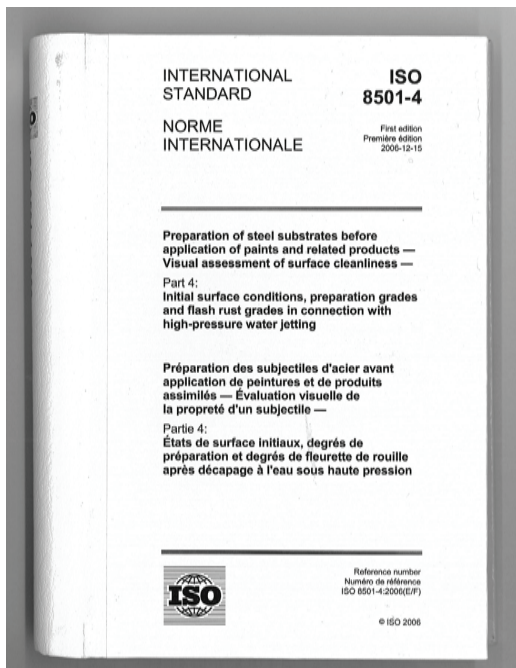


Appropriate Machine & Standard



ISO 8501-4

高圧洗浄、フラッシュラスト 標準



3種類・A, B, C 多層塗り塗膜

2種類・ショウブライマー

DC A Wa 1 DC A Wa 2½

3種類・洗浄グレード

DC B Wa 2 DC B Wa 2½

Wa1, Wa2, a2.5

DC C Wa 1 DC C Wa 2½

DP I DP I 1/2

DP I Wa 1 DP I Wa 2½

写真 20枚

DP Z DP Z Wa 2

DP Z Wa 1 DP Z Wa 2½

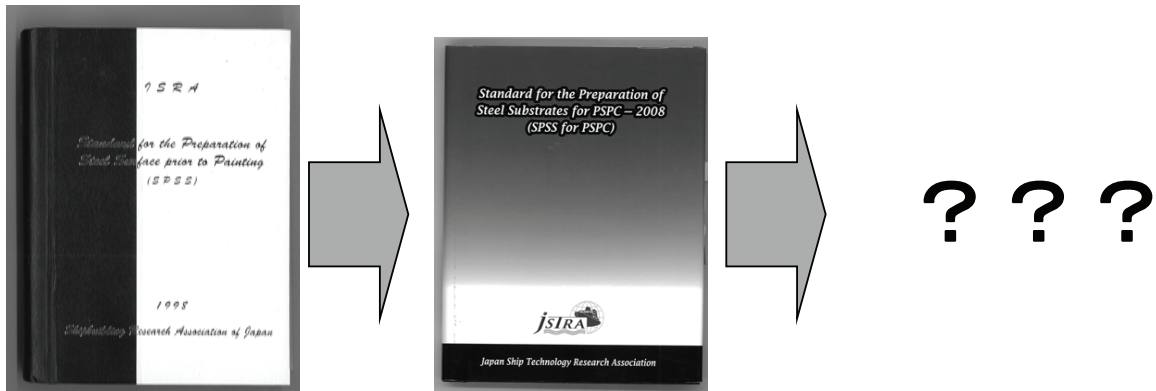
3種類・戻り錆グレード

Figure 1 — Position et ordre des exemples de représentations photographiques de la présente partie de l'ISO 8501

写真 3枚

業界の現状

- 海外で評価され世界の造船業界に通用する標準であるにもかかわらず、日本造船業界の標準としては十分活用されず個社はそれぞれの社内標準を作成し対応

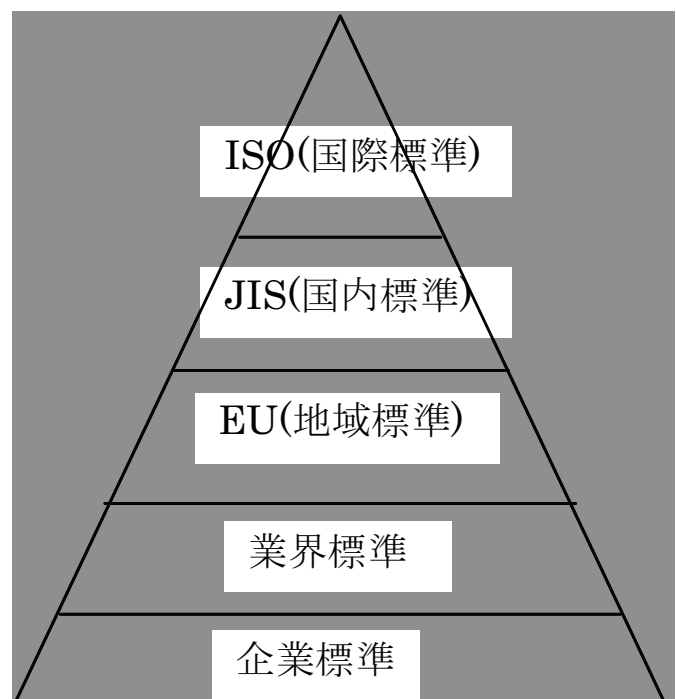


- 標準は定期的に見直すことが必要、業界規格／標準の階層制度(ハイアラーキー)に基づき、業界標準→国内標準→地域標準→国際標準と進化を目指すべき

15

最後に

- 造船の二次表面処理基準は長年議論されてきた。このJSTRA-SPSSが業界標準として使用され、技術革新と共に標準の階層制度(ハイアラーキー)に沿って継承されることを望む。
- JSTRA・SPSSは国内標準→アジア地域標準にするべく改訂を検討しています。



Many Thanks

Japan Ship Technology Research Association

Jiro Fujiwara
fujiwara@jstra.jp

NC切断時のエッジ処理技術の研究開発

大阪大学
大沢 直樹

2009年12月18日



目的と背景

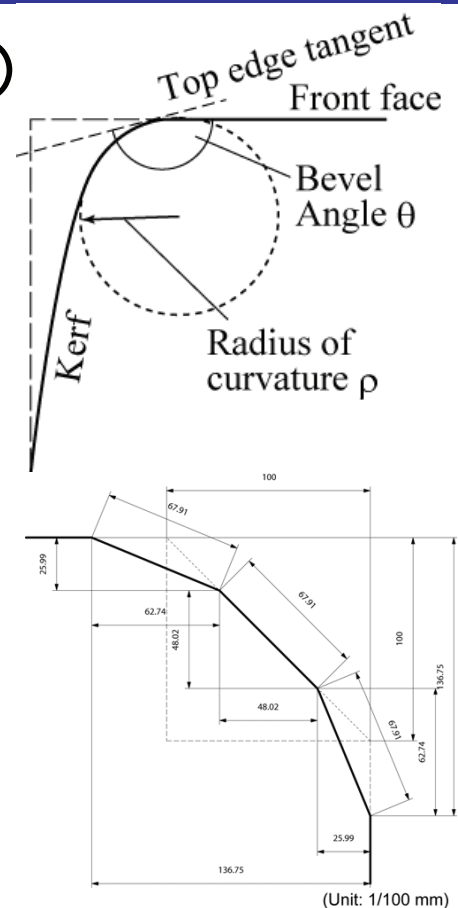
- 2006年12月IMO-MSCにおいてバラスタタンク塗装性能基準(IMO/PSPC)が強制基準として採択
 - PSPCエッジ処理基準
 - 2R処理（半径2mm以上の円弧形状），3パスグライディングまたは同等以上
 - エッジ処理工数が大幅に増大
- WBT構成部材の大部分はプラズマ切断機で切断される
 - 切断面の「上縁の溶け」を意図的に生じさせる
 - 切断ままでWBT内構材に使用可能。エッジ処理工数の半減が可能
- 日本船舶技術研究協会「総合的な防食性能向上のための研究開発」
 - Edge-Preparing Plasma Arc Cutting (EPPAC, R処理機能付プラズマ切断機)を開発
 - 国内造船所の切断装置の大部分を占めている切断装置メーカー2社（小池酸素工業、日酸TANAKA）に現在の装置を大幅に改造することなく処理できる技術開発を委託
- 本報告
 - 開発したEPPACシステムの概要を説明
 - 開発機による切断面上縁がPSPCエッジ処理基準に適合していることを証明

開発機の要求仕様

- 処理対象エッジ
 - 裏面エッジ：切断機の大改造が必要，切断速度の大幅低下が必至
 - 表面エッジのみを処理対象にする
- フリーエッジと垂直断面（溶接線）の区別
 - 従来のNC切断では，開先の有無しか区別していない。
 - 垂直断面とフリーエッジを区別するNCデータの生成に付加的な工数が必要
 - フリーエッジ・溶接線ともにR処理をしても下流工程に悪影響を及ぼさないよう配慮が必要
 - 過大なRがつくと溶接性・工作性が悪化
 - 上縁の溶け（M）以外はWES2801の1級を保障

R処理機能付切断機の開発(1)

- プラズマ切断面上縁形状
 - エッジが不可避免的に発生：上面交差角 θ
 - エッジの下方はR形状：曲率半径 ρ
- Kharlamov et al (1976)
 - 上面交差角大，曲率半径大
→ERR（エッジ膜厚保持率）が改善
- PSPCエッジ処理基準：2R or 3-Pass
 - エッジが存在 ⇒ 3-Passが基準
 - 3パス形状： $\theta = 157.5^\circ$
- 従来機で $\theta \geq 155^\circ$ となる切断条件を探索
 - トーチ高さ $H \geq 25\text{mm}$ とすることが必要
 - 過大なH：散乱光により労働安全性が悪化，切断面精度が低下



R処理機能付切断機の開発(2)

- R処理実現のための技術開発
 - R処理と通常切断の両方を行うためのノズル開発
 - R処理を行う切断条件の作成
 - 突合せ溶接する部分とフリーエッジを有するスロット部が混在するような部材の切り出しのための切断トーチの動作および切断条件を制御するシステム開発
- R処理装置の試作
 - アシストガスの切り替えトーチ
 - アシストガスの切替え装置
 - 切断条件の切替え装置（トーチ高さ、トーチ角度）
- 試作装置による切断試験
 - 最適切断条件選定
 - 造船現場での試行、評価
 - 試作装置の改良
- 切断面精度の確認試験
 - 切断面形状の計測
 - 塗装膜厚の計測

R処理機能付切断機の開発(3)



(a)アシストガスの切り替えトーチ



(b)アシストガスの切り替え装置



(c)トーチ高さの切り替え装置



(d) R処理装置改造したNC切断機(1)



(e) R処理装置改造したNC切断機(2)

図 R処理装置の外観

R処理切断面の断面形状

板厚 (mm)	断面写真	トレース 結果	上面交差角 (度)	上面幅 (mm)	上側面幅 (mm)	へベル角度 (度)	ドロス (有無)
9			155.4	1.43	4.66	+1	無
16.5			151.2	1.4	4.75	-0.5	無
24			159.7	1.53	4.25	-1	無

R処理切断面のエッジ膜厚保持性能(1)

非対称エッジ形状に適合した膜厚保持率試験

- EPPAC切断面
 - 上面交差角 $\theta \geq 155^\circ$: 3-pass断面と同等以上
 - エッジの片面が平板でなく曲面
 - 上縁部の曲率半径 $\rho < 1\text{mm}$
 - θ の値のみで膜厚保持性能を判定できない
- EPPAC切断面と3-pass試験片のERRを比較して, PSPCエッジ処理基準を満たすことを示す
- 船舶用塗料のERR試験規格: MIL-PRF-23236C
 - 直角アングルに対称にスプレーしてERRを計測
 - EPPAC切断面: 非対称エッジ形状
 - スプレー噴射方向とエッジ頂点のなす角が変化
 - ERRとエッジ形状の精密な評価が困難

R処理切断面のエッジ膜厚保持性能(2)

非対称エッジ形状に適合した膜厚保持率試験

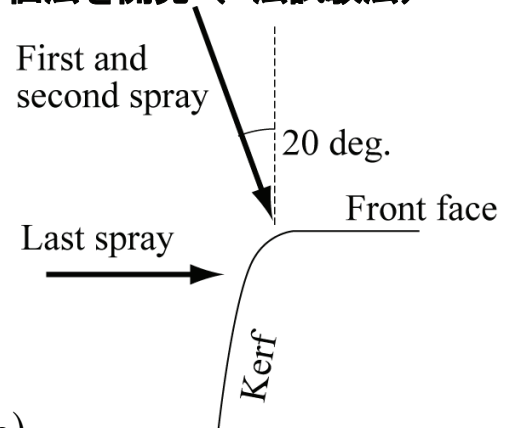
- 長野ら(2009)：非対称エッジ上縁角のERR評価法を開発（P法試験法）

- 板表面と20度の方向から2回スプレー
- 切断面方向から1回スプレー
- 現場スプレーマンの施工要領を再現
- 板表面，切断面で概ね等しいDFT

- ERRの評価

- dft (edge on the plate face) 上縁エッジ頂点
- dft (flat) 板表面
- 側面ERR (Side ERR)

$$\% \text{Retention} = \frac{\text{dft}(\text{edge on the plate face})}{\text{dft}(\text{flat})} \times 100$$



- 高田ら(2009)：P法試験法により，R止り形状のERRと上面交差角の関係を精密に評価できる
- EPPAC断面：R止り形状に類似 ⇒ P法試験法を採用

R処理切断面のエッジ膜厚保持性能(3)

計測対象

- ショッププライマ鋼板，t=8mm, 12mm, 16mm
 - EPPAC断面（切断機メーカーA，Bの開発機で切断）
 - 切断速度：メーカー推奨値(V2), ±10%(V1, V3)
 - 一部試験片は1パスグラインディングを施工
 - 試験片番号：(A|B) tt V v [G]-# ex: A08V2-2, A08V2G-1
 - 3-pass grinding edge（C造船所，D造船所で手作業で作成）
 - 試験片番号：(C|D) 3P-# [-#] ex: C3P-1, C3P-1-2
 - ブラストを打つとエッジ形状が変化して，上縁形状差の影響が不明確になる
 - エッジ部に当るブラスト量を定量的に評価するのは困難
- ↓
- ブラストを省略し，ショッププライマに直接上塗りを行った

R処理切断面のエッジ膜厚保持性能(4)

試験条件

- 塗料, 塗装装置

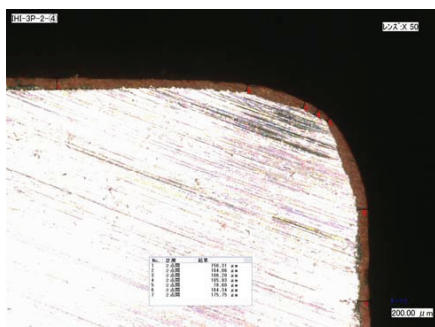
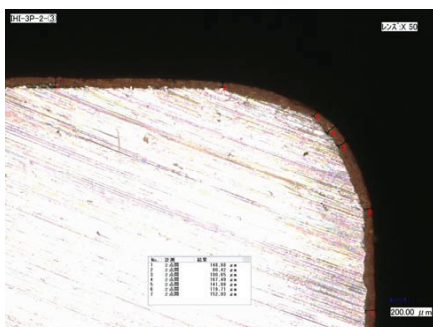
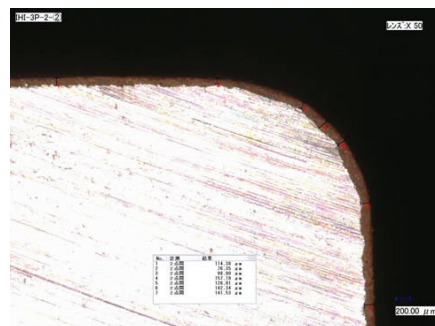
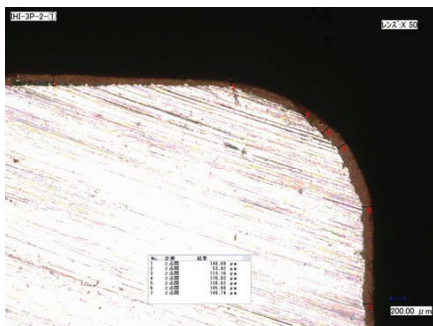
Applied coating material	
Type of binder	modified epoxy
Viscosity	1.7 Pa·s
automatic painting apparatus	
Airless pump pressure (the 2nd stage)	90~120 MPa(g)
Working distance	370 mm
Trip transfer velocity	450 mm/sec
Spray nozzle tip	#521

- 面膜厚：電磁膜厚計 Eleko Physik MiniTest2100
 - エッジから10mm位置で計測
- 上縁エッジ膜厚：KEYENCE VH8000, ×50
 - 試験片から4断面を切出し, 砥石で研磨して計測

R処理切断面のエッジ膜厚保持性能(5)

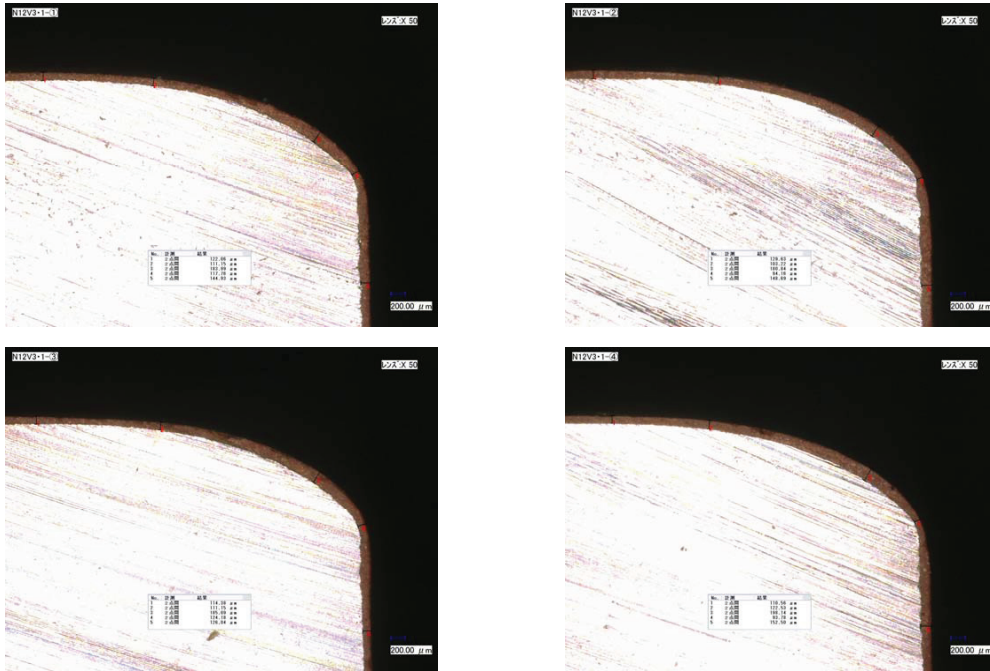
3-pass 試験片C-3P-2の断面写真

- 同一試験片でエッジ形状が大きく変化
- 各断面のERRを個別のデータとして扱う



R処理切断面のエッジ膜厚保持性能(6) EPPAC断面試験片B12V3-1の断面写真

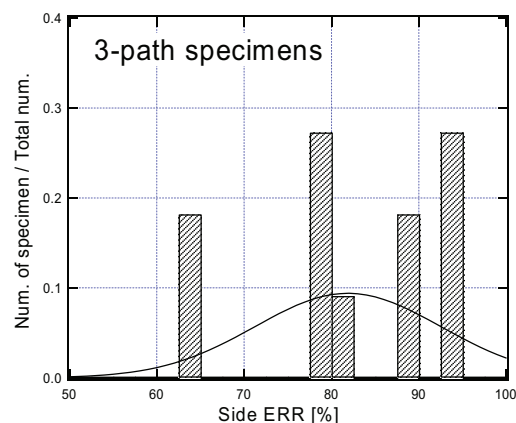
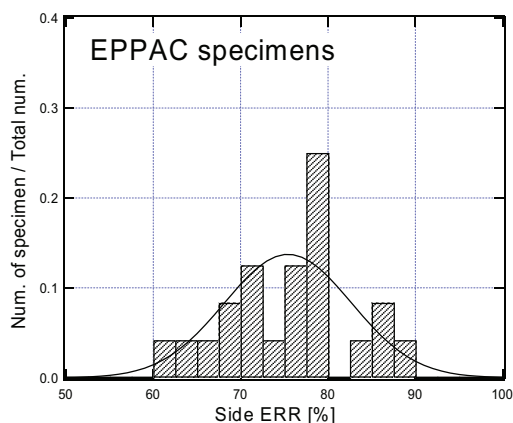
- 試験片内でほぼ同一の断面形状
- 4断面の平均を試験片ERRの代表データとする



R処理切断面のエッジ膜厚保持性能(7) ERRの頻度分布:EPPAC vs. 3-pass

- ERRの平均値：EPPAC < 3-pass, $\mu - 2\sigma$: EPPAC \approx 3-pass
- エッジ膜厚の最小値はEPPAC \approx 3-pass
- EPPAC断面のエッジ膜厚保持性能は3-passと同等
- EPPAC断面は, PSPCエッジ処理基準に適合している

Name	μ	σ	C.V.	$\mu - 2\sigma$
EPPAC	75.40%	7.30%	9.60%	60.90%
3-pass grinding	81.90%	10.60%	13.00%	60.60%

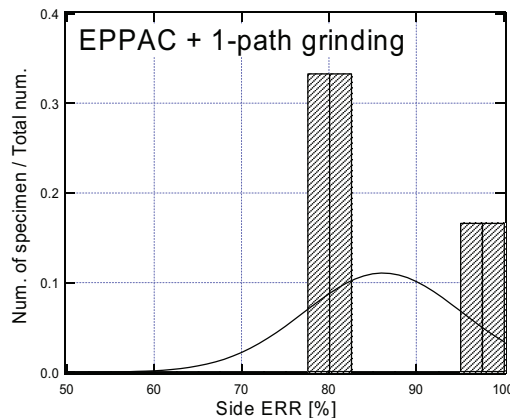


R処理切断面のエッジ膜厚保持性能(8)

側面ERRの頻度分布:EPPAC + 1-pass

- ERRの平均, $\mu-2\sigma$ とも, EPPAC+1-pass >> 3-pass
- EPPACシステムを使用すれば, 3-passの1/3の工数で, PSPCエッジ処理基準を大幅に上回るエッジ膜厚保持性能が得られる

Name	μ	σ	C.V.	$\mu-2\sigma$
EPPAC	75.40%	7.30%	9.60%	60.90%
3path grinding	81.90%	10.60%	13.00%	60.60%
EPPAC + 1path grinding	86.20%	9.00%	10.50%	68.20%



研究開発の成果

- 上面交差角を3パスグラインダ処理に相当する157.5度にすることを目標とし、各板厚毎に最適条件を設定した結果、目標値に近いエッジ角を得ることが可能となった。
- 既設の切断機を大幅に改造することなく、NC切断時のエッジ処理が可能な装置の開発を行い、実際の改造は切断条件の自動切替等の簡単な改造のみ。尚、エッジ処理時の切断速度は、通常の切断速度と同等である。
- エッジ処理したR部の膜厚保持性能を長野ら(2009)の側面ERR法でエッジ膜厚保持率を評価した結果、側面ERRの平均値はエッジ処理<3パスグラインダ<エッジ処理+1パスグラインダの順に大きいが、95%信頼区間下限はエッジ処理が3パスグラインダより僅かに大きくなる好結果が得られた。
- エッジ処理したフリーエッジは、グラインダ処理なしでIMO/PSPCに適合していると思われるが、エッジ処理+1パスグラインダは、IMO/PSPCの定める3パスグラインダを大幅に上回るエッジ膜厚保持率を有する。
- エッジ処理が溶接作業に与える影響について試験を行った結果、作業性及び溶接性能については、特に重大な問題が無いことが確認された。

波及効果および今後の課題

- 今後の造船業における工数増を抑制し、品質の高い船舶を建造するために、切断と同時にフリーエッジ部上面をR形状に切断するための上面エッジ処理技術が確立された。
- 期待される波及効果
 - IMO/PSPC塗装基準で要求される大幅な工数の増大を抑制できる。
 - フリーエッジ作業の個人差が無くなり、塗装品質の向上が図れる。
- 今後の課題
 - PSPCのエッジ処理要件として、本技術のオーソライズが必要であり、IMO等への提案や技術普及の広報活動が必要である。
 - 現場での実績データの蓄積により、技術の向上を図っていくことが重要である。
 - 上面のエッジ処理だけでは工数削減効果が半分であり、将来的には下面のエッジ処理技術の開発が重要な課題である。

おわりに

- 本研究開発は、IMOにおけるPSPCの強制化に伴い、防食性能の向上とわが国造船業の国際競争力の維持を目的として、日本財団の助成事業として実施した。
- 本研究の塗装試験は、中国塗料（株）大竹研究センターで実施され、実験・計測にあたって古本悟氏（中国塗料（株））および日本船舶海洋工学会“塗装品質と船殻工作品質の関係に関する研究委員会”WG1委員各位のご助力を賜った。
- 今後は、本技術の普及に努め、切断精度向上のための継続的な技術向上や下面側エッジ処理技術の開発を行う必要がある。

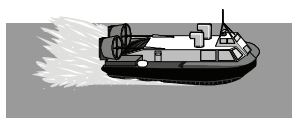
本プロジェクトは、日本財団の情勢事業として実施しました。

「総合的防食性能向上のための研究開発」

混気ジェットを活用したブラスト技術の研究開発

シブヤマシナリー株式会社
エコ設備本部 洗浄設備技術部
渡辺 二郎

2009年12月18日



IMO塗装基準で要求される下地処理の

条件を満足し、コンパクトで粉塵・騒音等の

環境問題を生じない効率的なブラスト技術

を確立するにあたり、混気ジェットによる

ブラスト装置の研究開発を行う。

陸上の洗浄技術 造船のブラスト作業への応用

研究開発の経緯

2006年度(自主事業)

◎既存の洗浄装置による目粗し、洗浄試験により、造船の下地処理への適用の可能性を確認するためのFSを実施

2007～2008年度(財団助成事業)

◎造船現場に適用可能なブラスト装置、及び、目粗し用、洗浄用ノズルの開発

◎現場での評価試験を行いつつ、PSPCの要件を満足する造船用ブラスト装置のプロトタイプの開発

◎作業手順の確立



技術的課題:

- ①溶接ビード部の粗度の確保(35～70 μm)
- ②洗浄度 Sa2.5 の確保(下地処理のグレード)
- ③戻り錆の防止

考慮すべき事項:

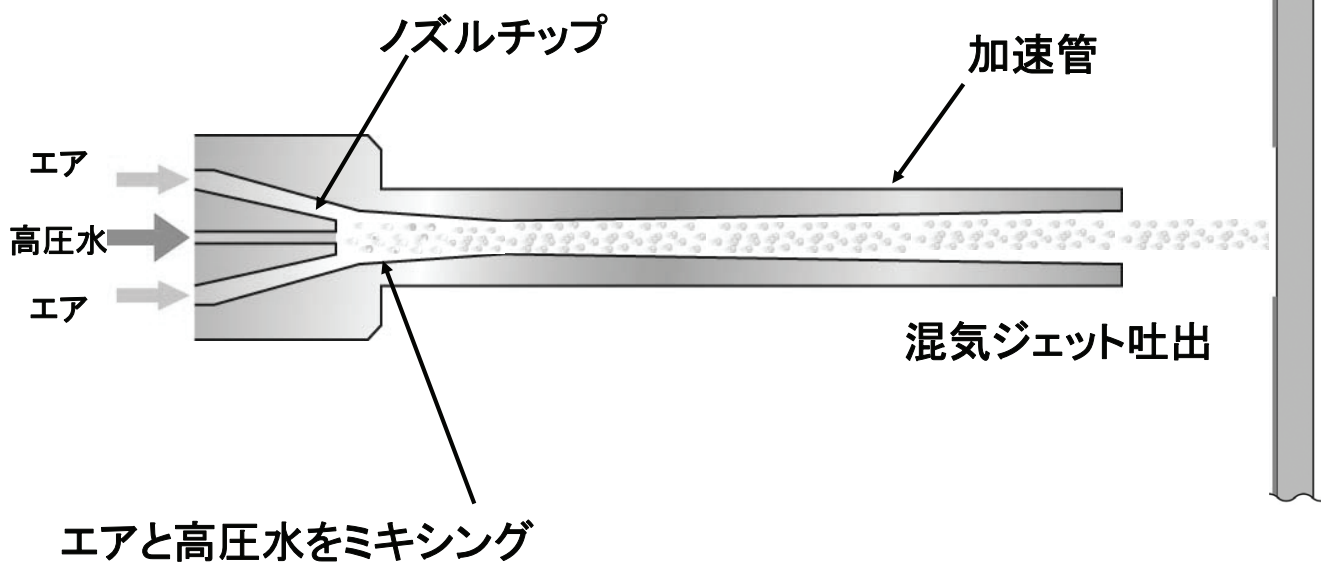
- ①環境負荷を低減しつつ、ドライブラストと同程度の作業性
- ②設備投資、ランニングコスト等の経済性
- ③屋外でのブラスト作業の可能性

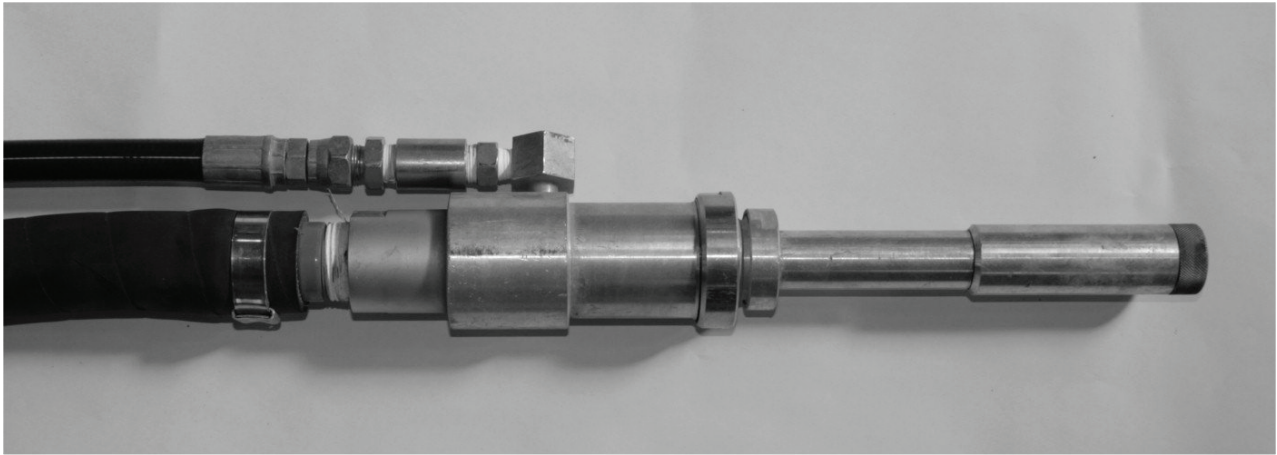


SAMACS 混気ジェット の原理

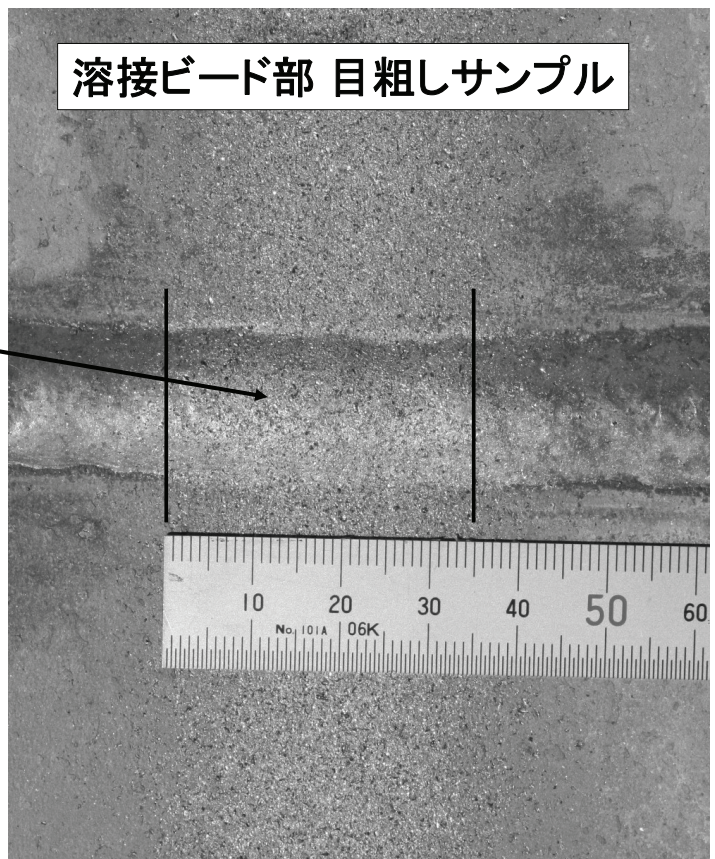
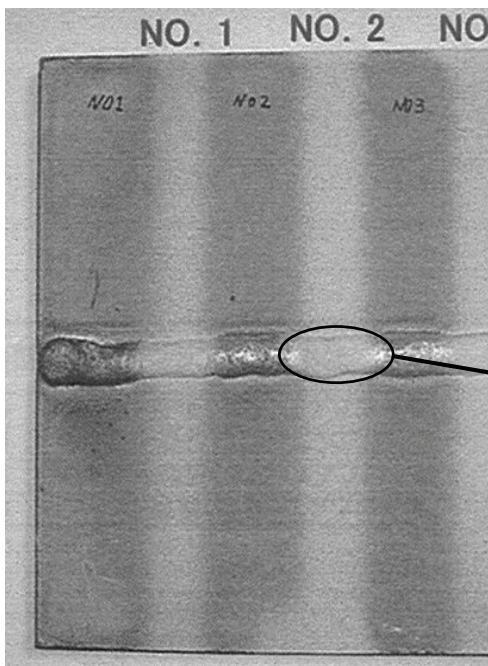


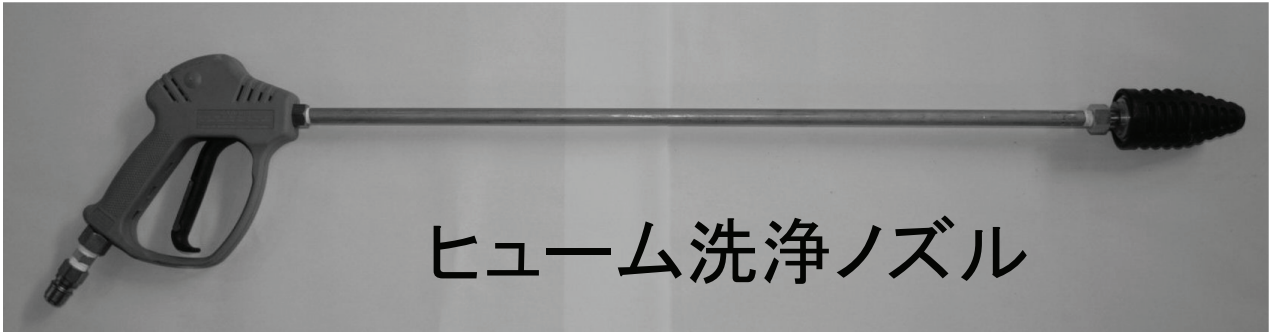
混気ジェットの原理説明



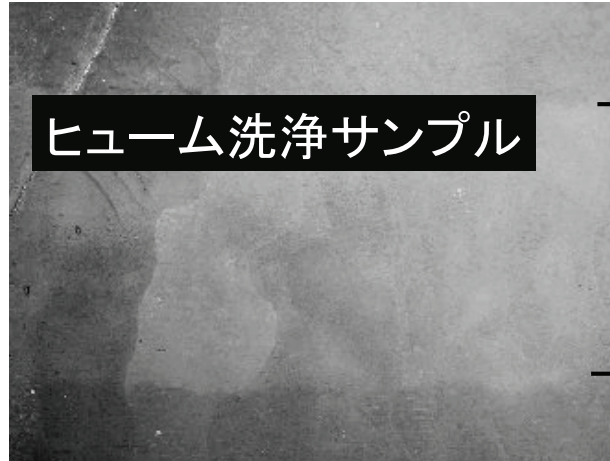


目粗し用ノズル





ヒューム洗浄ノズル



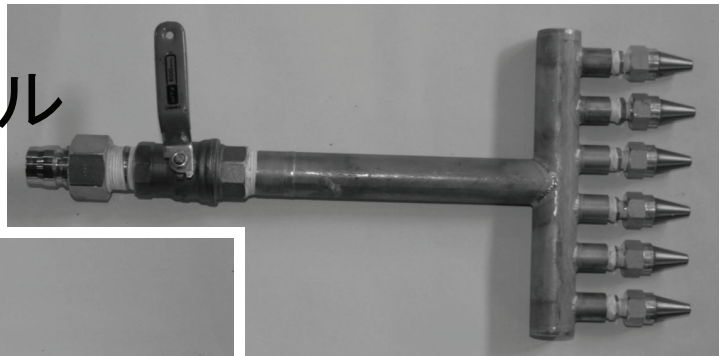
ヒューム洗浄サンプル

200mm



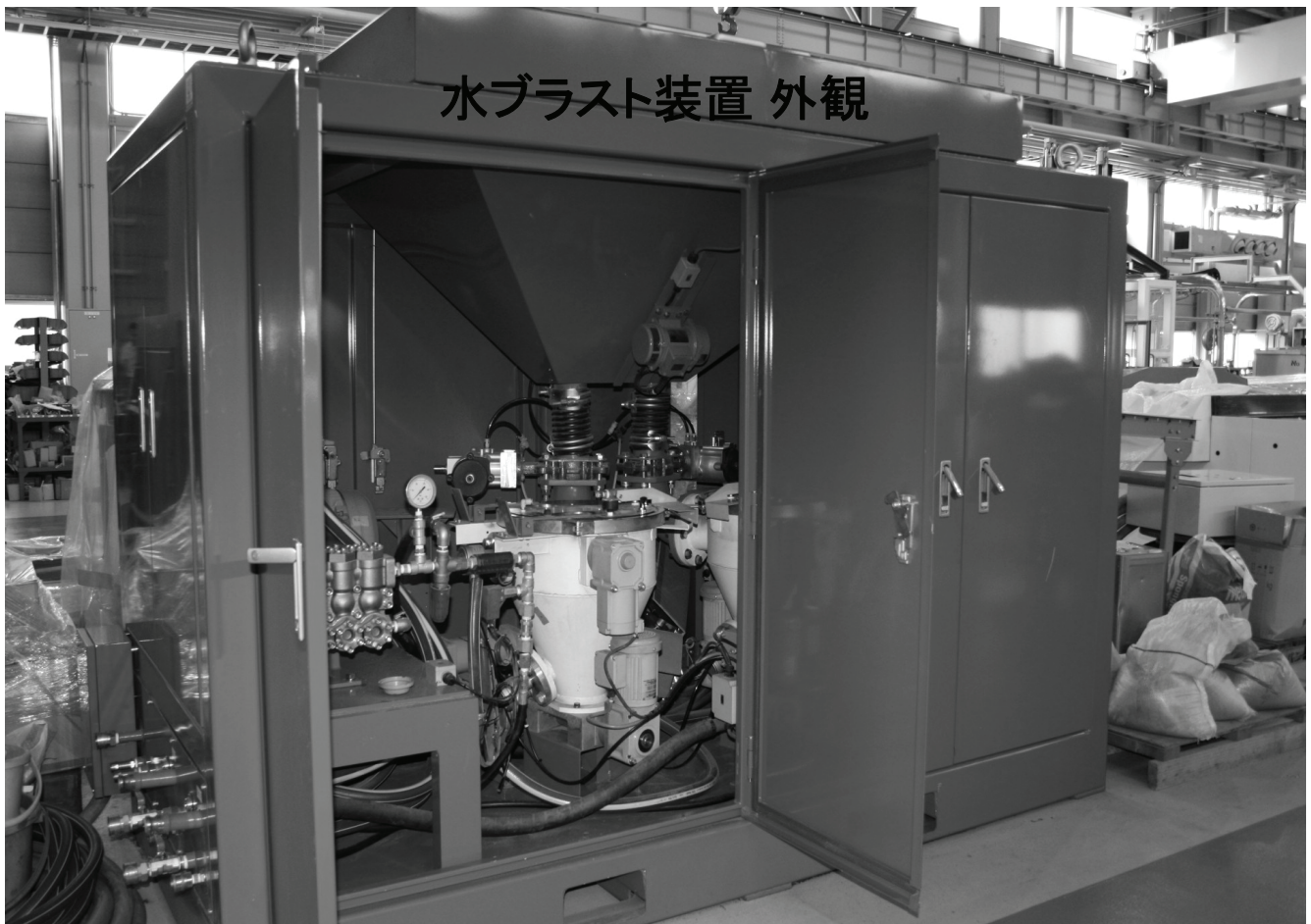
水洗ノズル

エアブローノズル





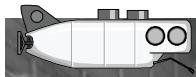
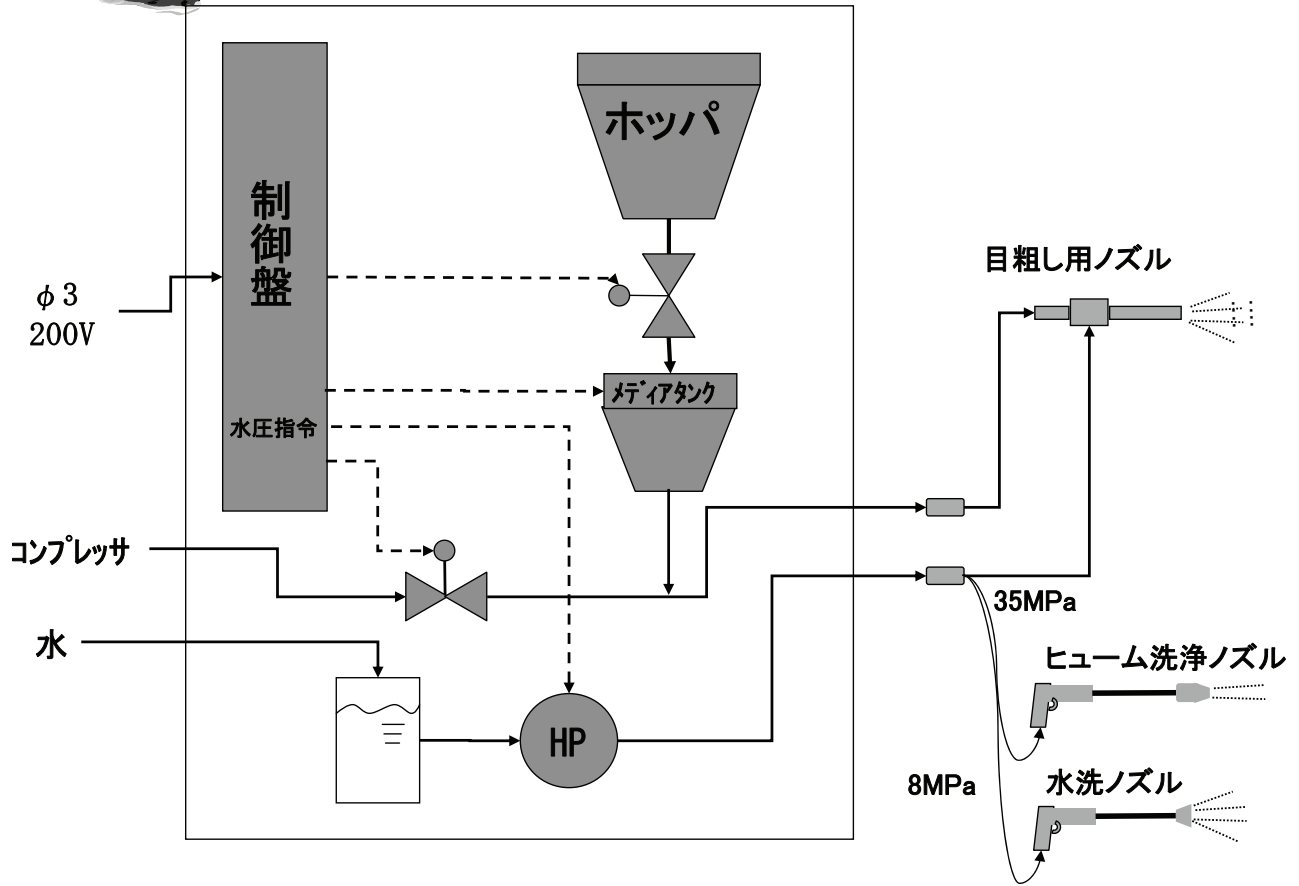
水ブラスト装置 外観



水ブラスト装置 外観

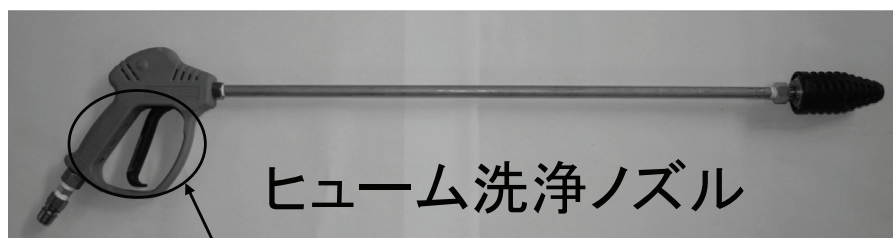


水ブラスト装置 ブロックダイアグラム



造船現場での作業風景





ヒューム洗浄ノズル



有線式リモコン

トリガー操作


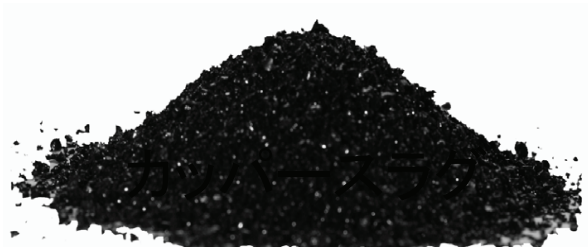

パネル操作

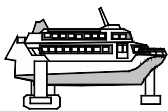


水洗ノズル



溶接ビード部目荒らし用メディア

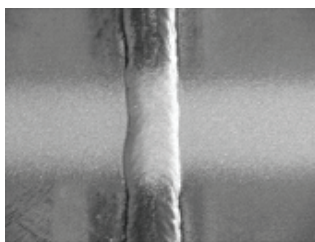
	硬度	回収性	価格
 <p>ガーネット</p>	7.5~8	良	△
	6.5~7	良	○
 <p>NSサンド</p>	5~6	泥状	×



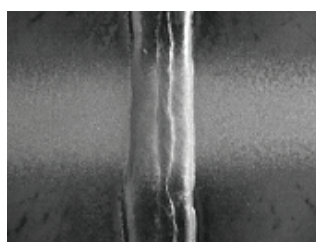
戻り錆防止対策

	塗膜への影響	経済性	危険度
アルカリイオン水	影響有	装置高価	低い
アルカリ還元水	影響なし	装置高価+酸性水廃棄	低い
特殊メディア	影響なし	メディアに混入使用	低い

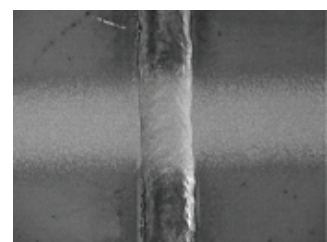
戻り錆 試験例(カッパースラグ + 添加剤)



ブラスト直後



ブラスト後、1時間経過後



ブラスト後、2時間経過後



研究開発の成果



今後の課題

：混気ジェットを活用したブラスト技術の実用化と普及

- ①造船現場での効率的な作業方法を確立
- ②作業性が高い75～100MPa 高圧ポンプ搭載機の開発

第1段階
ブラスト技術の開発
完了

④戻り錆防止
技術の開発

①混気ジェットによる
溶接ビードの目粗し
技術を開発

②高圧回転ノズルに
よるヒューム洗浄
技術を開発

③造船現場に適合し
得る水ブラスト装置
プロト機を開発

本プロジェクトは日本財団助成事業として実施しました。

総合的防食性能向上のための 研究開発

S-I-P技術による膜厚管理技術に関する研究

日本ペイントマリン株式会社
技術本部 技術三部 東京グループ
菅原 勝也

2009年12月18日

総合的防食性能向上のための研究開発

◆目的と背景

- ・IMO塗装基準ではWBTの防食効果を高めるため、2stripe coats and 2spray coatsにより膜厚 $320\mu\text{m}$ 、90/10ルールの確保や、塗膜厚の詳細の計測・記録が要求されており、(1)塗装作業や膜厚検査に伴う工数の増大、(2)塗膜厚の基準不適合による戻り作業の増大で、建造工程に甚大な影響が懸念されている。
- ・そこで、S-I-P技術を利用した塗料での施工により、膜厚の管理と膜厚計測工数の軽減の可能性について検討した。

◆目 標

- ・S-I-P塗料の効果を検証する。
- ・S-I-P塗料の優位性をIMOへ提案し、①1stripe coats and 1spray coats、②膜厚計測点の削減を認知してもらうこと。

◆研究検討項目

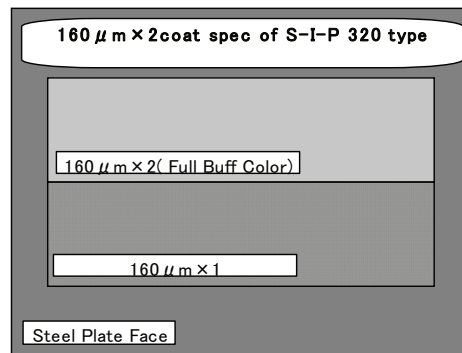
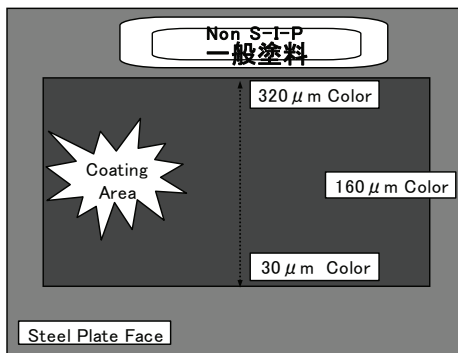
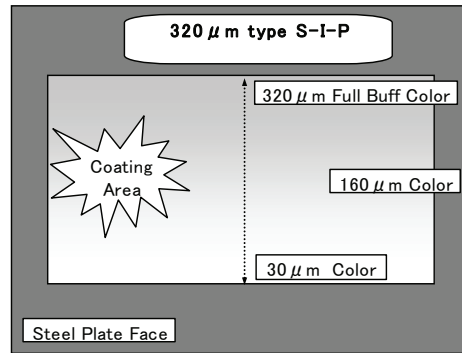
- ・ブロック実証試験による膜厚制御と省力化の検証。
- ・実績船調査による防食性の確認。

◆S-I-P塗料とは

(S-I-Pのイメージ図)

規定膜厚に達すると下地が隠蔽され、
目標とする膜厚が得られる機能を有した
塗料である。

- ・塗装しながら目標膜厚に達したことが
判る。
- ・検査時に塗り残し部や過小膜厚箇所
が容易に発見できる。

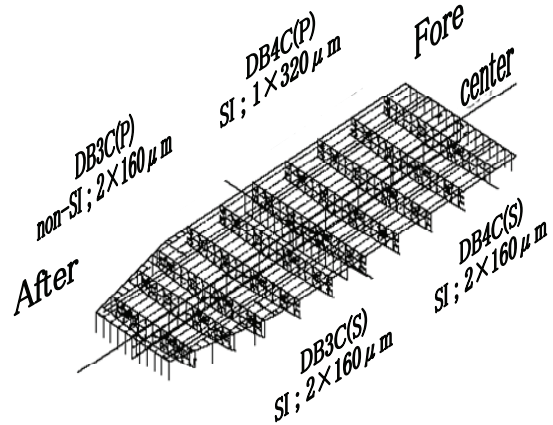


(S-I-P塗料での塗装状況)



◆ブロック実証試験(試験の概要)

1) 供試ブロック



2) 下地処理

PSPCに準じた処理とした。

◆ブロック実証試験(試験の概要)

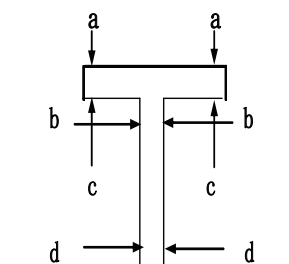
3) 供試塗料と塗装仕様

Block No.	DB3C		DB4C		
	DB3C(P)	DB3C(S)	DB4C(P)	DB4C(S)	
Area	Flat	≒366m ²	≒390m ²	≒386m ²	≒408m ²
	Longe	≒173m ²	≒173m ²	≒200m ²	≒200m ²
Paint type	Non S-I-P	S-I-P	S-I-P	S-I-P	
Product name	Epomity600HS-LT	NOA60HS-LT 320	NOA60HS-LT 320	NOA60HS-LT 320	
Painting scheme	160μm×2	160μm×2	320μm×1	160μm×2	
	Gray+Buff	See Through Buff+Buff	Buff	See Through Buff+Buff	
Stripe Coat	②	②	①	②	

4) 膜厚計測

・平面部
5m²に一点の計測

・Tロンジ部

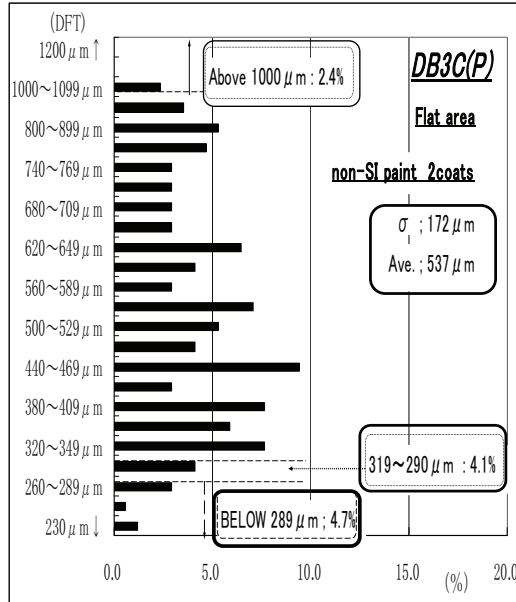


◆ブロック実証試験(試験結果／膜厚分布)

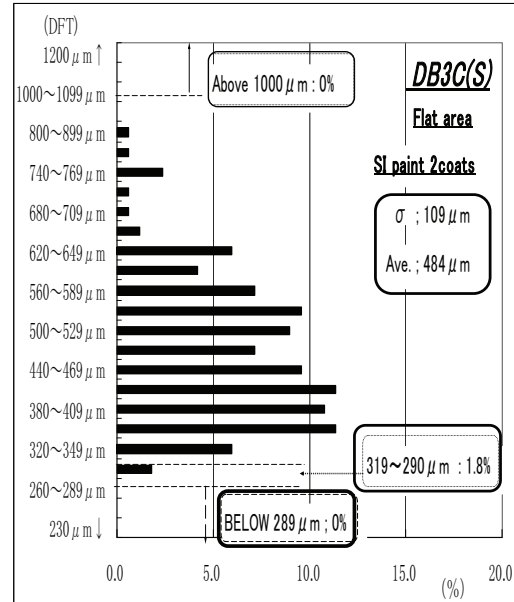
※膜厚分布はタッチアップ前の膜厚計測値である

1) 一般塗料とS-I-P塗料の比較 [平面部]

一般塗料, 2回塗り



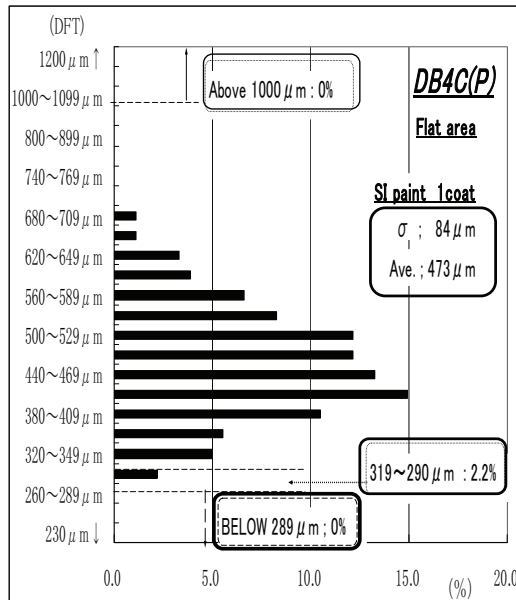
S-I-P塗料, 2回塗り



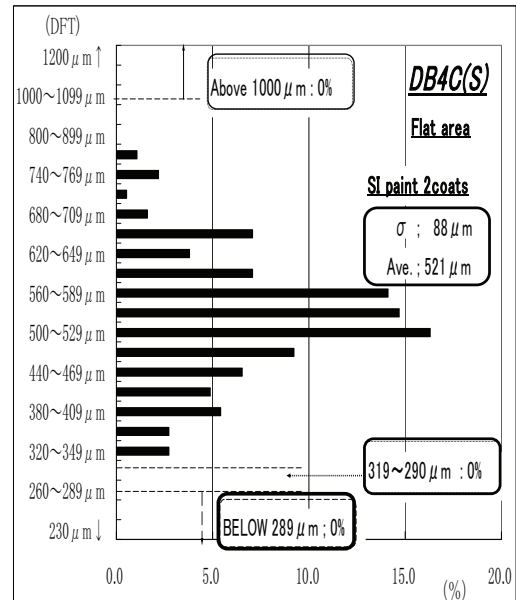
◆ブロック実証試験(試験結果／膜厚分布)

2) S-I-P塗料の1回塗りと2回塗りの比較 [平面部]

S-I-P塗料, 1回塗り

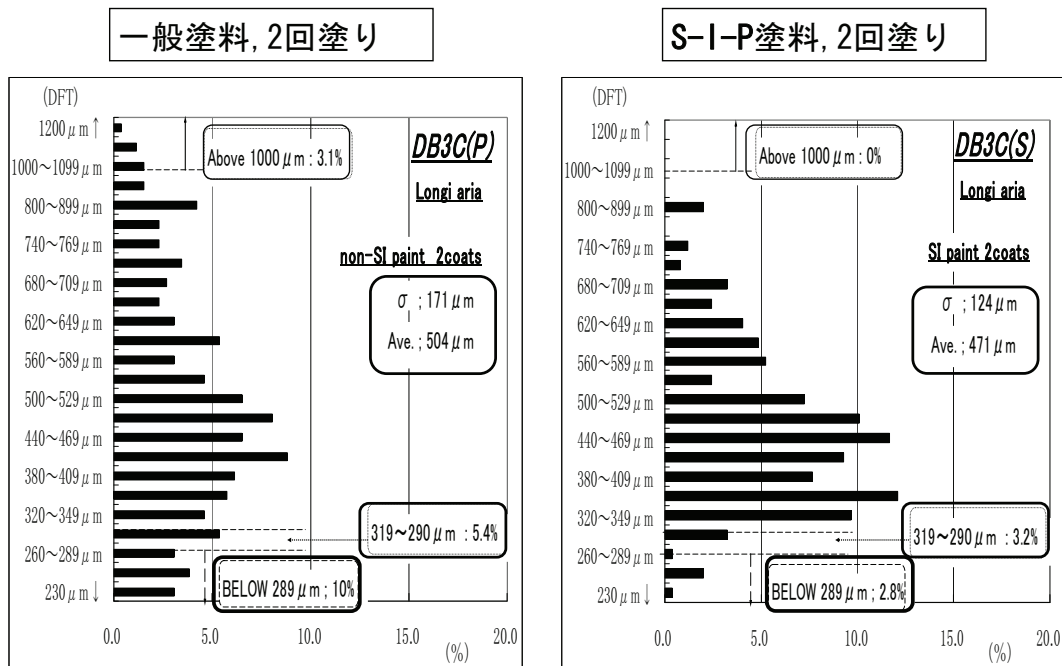


S-I-P塗料, 2回塗り



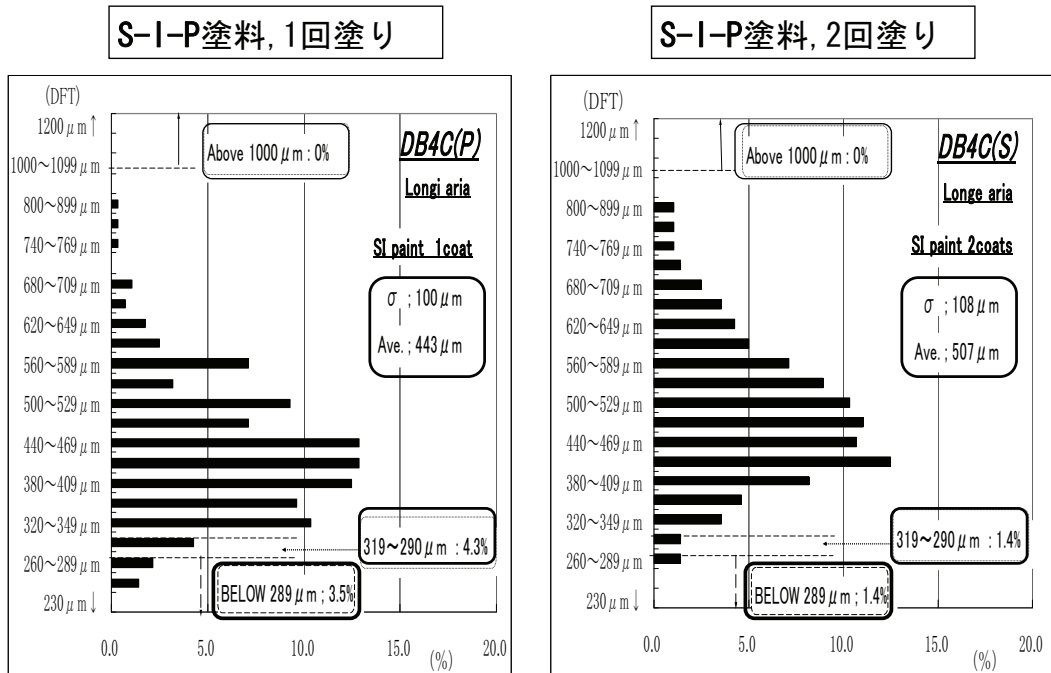
◆ブロック実証試験(試験結果／膜厚分布)

3) 一般塗料とS-I-P塗料の比較 [ロンジ部]



◆ブロック実証試験(試験結果／膜厚分布)

4) S-I-P塗料の1回塗りと2回塗りの比較 [ロンジ部]



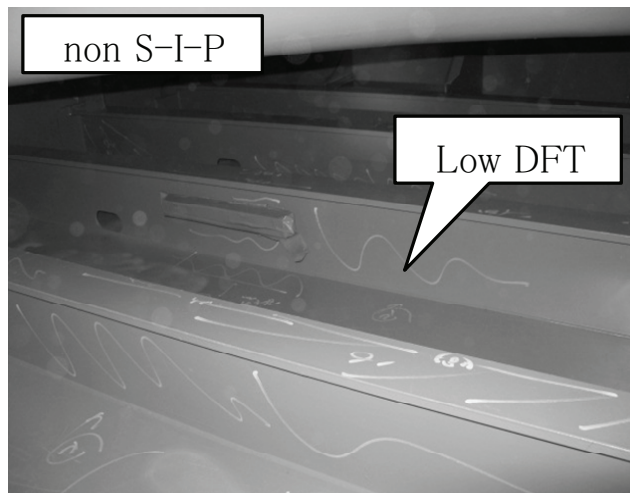
◆ブロック実証試験(試験結果／塗膜検査)

1) 一般塗料での膜厚確認



※膜厚計測による“点管理”

- ・ 計測点以外の確かな膜厚は不明。
- ・ フリーエッジ部、隅肉や突合せ溶接部、及びくり穴やロンジ部材のエッジ等の膜厚計測が不可能。



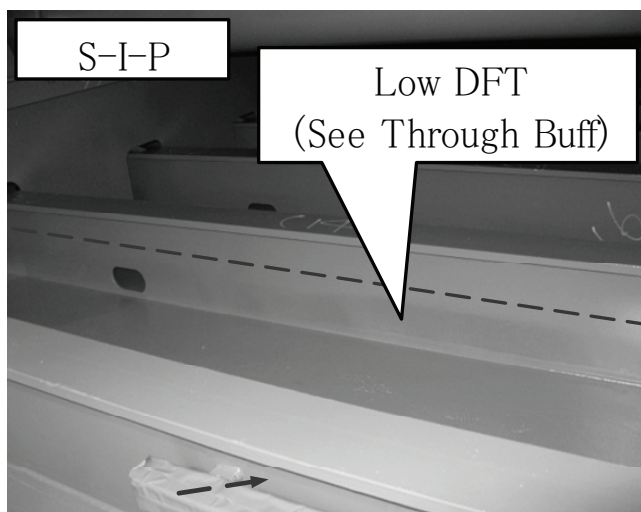
◆ブロック実証試験(試験結果／塗膜検査)

2) S-I-P塗料での膜厚確認



※目視による“面管理”

- ・ 規定膜厚の確保が容易。
- ・ 精度の高い膜厚管理。

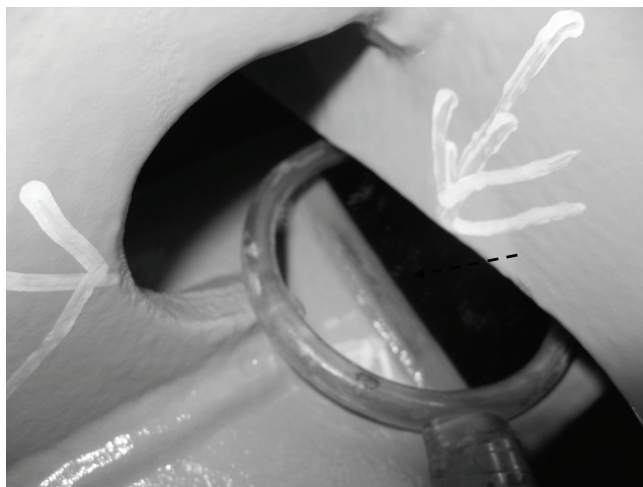


◆ブロック実証試験(試験結果／塗膜検査)

3) S-I-P塗料での狭隘部の膜厚確認

狭隘部①

※手鏡にて確認



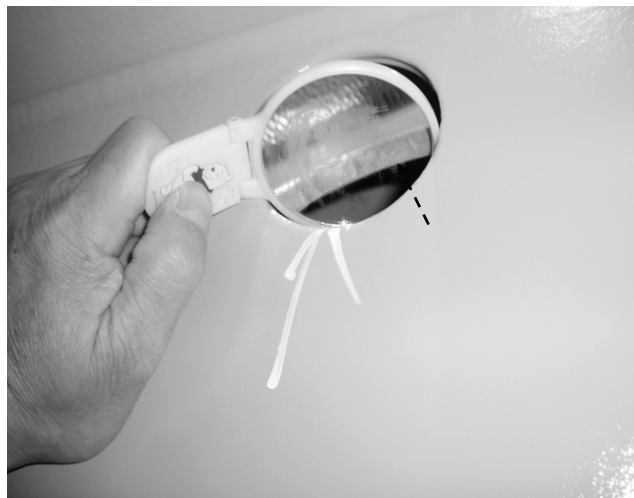
- ・ 過小膜厚部(下地がスケて見える箇所)を容易に確認できる。
- ・ タッチアップで規定膜厚が得られる。
- ・ 一般塗料では薄膜を発見することが出来ず発錆の原因となる。

◆ブロック実証試験(試験結果／塗膜検査)

3) S-I-P塗料での狭隘部の膜厚確認

狭隘部②

※手鏡にて確認



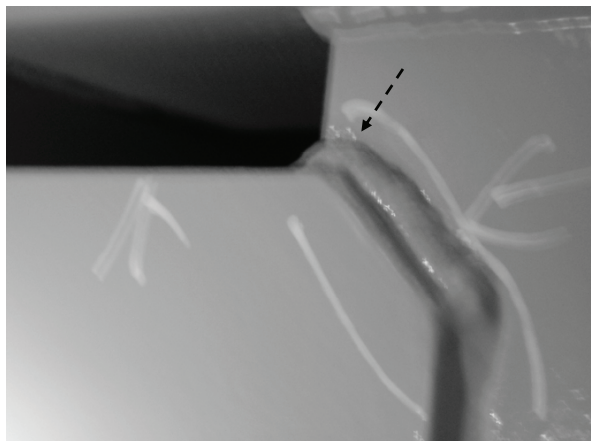
- ・ 過小膜厚部(下地がスケて見える箇所)を容易に確認できる。
- ・ タッチアップで規定膜厚が得られる。
- ・ 一般塗料では薄膜を発見することが出来ず発錆の原因となる。

◆ブロック実証試験(試験結果／塗膜検査)

3) S-I-P塗料での狭隘部の膜厚確認

狭隘部③

※目視確認



溶接線やスティフナー端部に過小膜厚部（下地がスケて見える箇所）が確認できる。

◆ブロック実証試験(試験結果／塗膜検査)

4) ピンホールの確認



S-I-P塗料 1回塗り (DFT320 $\mu\text{m} \times 1\text{coat}, 1\text{stripe}$) 区画の確認状況

- ・ S-I-P塗料 1回塗りでも、2回塗り同様ピンホールの発生は認められず良好な塗膜状態であった。

◆ブロック実証試験(試験結果／削減効果)

塗装仕様 ブロック 面積等	ブロックNo		DB3C (P)	DB3C (S)	DB4C (P)	DB4C (S)	
	塗料種		non S-I-P	S-I-P	S-I-P	S-I-P	
	塗装仕様		160 μm×2	160 μm×2	320 μm×1	160 μm×2	
	ストライプコート		2回	2回	1回	2回	
	実塗装面積		493㎡	516㎡	535㎡	557㎡	
塗 装 作 業 時 間 (分/㎡)	ストライプコート		3.0分	3.2分	1.2分	3.2分	
	エアレス塗装		0.8分	0.9分	0.5分	0.8分	
	手直し	エアレス塗装		0.1分	補修箇所、面積が多いためエアレスにて補修		
		刷毛		—	0.4分	0.4分	0.2分
	総時間		3.9分	4.5分	2.1分	4.2分	
検 査 作 業 時 間	膜厚 測定数	平面	170	167	181	185	
		ロンジ	260	248	280	280	
	平面部の測定割合		39.5%	40.2%	39.3%	39.8%	
	1ポイント 当りの 計測時間	区画毎		0.27分	0.23分	0.21分	0.25分
		平均	おおよそ0.24分(すべてPSPCに準じ計測)				
塗料の 使用量 削減量	総使用量		670kg	670kg	710kg	790kg	
	平米当り		1.359kg/㎡	1.298kg/㎡	1.327kg/㎡	1.418kg/㎡	
	削減量		0.061kg/㎡		0.091kg/㎡		

◆ブロック実証試験(試験結果／まとめ)

S-I-P 塗料では

(1) “面” 管理により精度の高い膜厚管理ができる。

- ・ 標準偏差が小さい
- ・ 平均膜厚が小さい
- ・ 過小膜厚の抑制
- ・ 過大膜厚の抑制

(2) 1回塗り(1stripe coat and 1spray coat)でもピンホールの発生はなく、さらに精度の高い膜厚管理および塗装作業時間の削減と塗料使用量の削減が期待できる。

◆実績船の調査(一般塗料施工船)

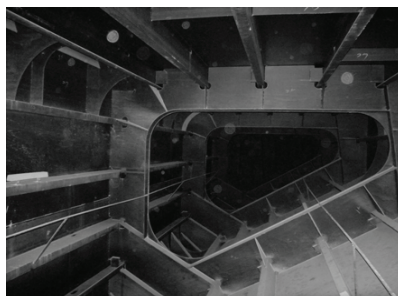
1) 施工船の概要

調査船種	一般塗料施工船		
	調査船Ⅰ	調査船Ⅱ	調査船Ⅲ
塗装仕様	ターレボ [®] キ塗料	ターレボ [®] キ塗料	ターレボ [®] キ塗料
	(220 μ m \times 1)	(220 μ m \times 1)	(不明)
船種	BC	BC	BC
トン数	28,390 D/W	9,200 D/W	53,020
就航	2006.2	2005.3	2003年10月1日
調査日	2008.9.27	2008.11.9	2008.8.10
経過年数	30ヶ月	44ヶ月	60ヶ月

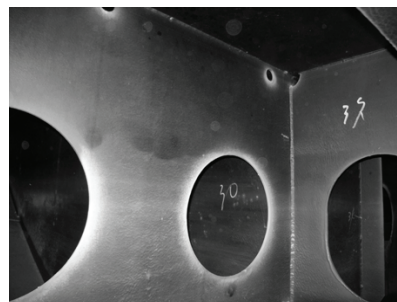
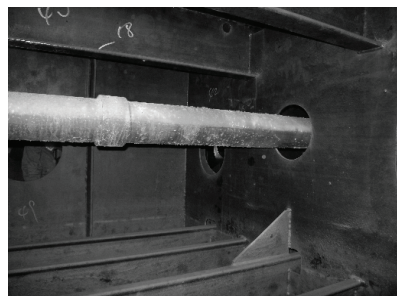
◆実績船の調査(一般塗料施工船)

2) 施工船の状況

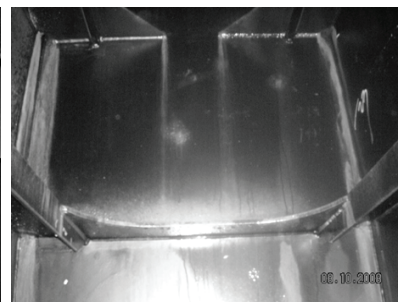
施工船 - Ⅰ



施工船 - Ⅱ



施工船 - Ⅲ



◆実績船の調査(S-I-P塗料施工船)

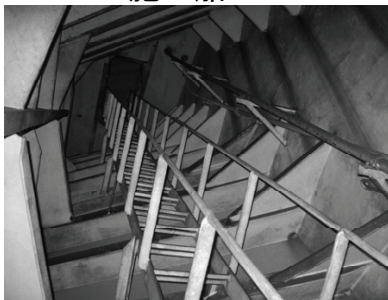
1) 施工船の概要

調査船種	S-I-P塗料施工船		
	調査船IV	調査船V	調査船VI
塗装仕様	NOA60HS	NOA60HS	NOA60
	(250 μ m \times 1)	(250 μ m \times 1)	(150+250 μ m)
船種	BC	ケルタンカー	LNG
トン数	32,500 D/W	25,441 D/W	67,300 D/W
就航	2005.6	2006.5	2003.9
調査日	2008.8.5	2008.10.11	2008.8.27
経過年数	36ヶ月	29ヶ月	60ヶ月

◆実績船の調査(S-I-P塗料施工船)

2) 施工船の状況

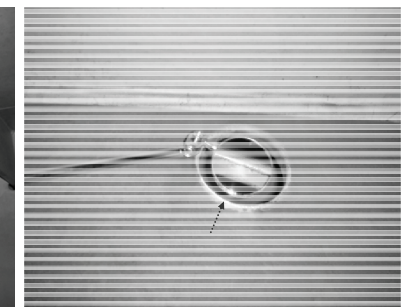
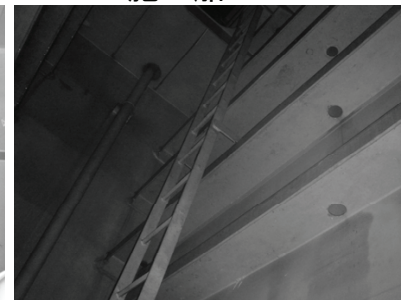
施工船 - IV



施工船 - V



施工船 - VI



◆実績船の調査(まとめ)

(1) 一般塗料施工船

- ・ 平面部やロンジ部等の過小膜厚箇所に発錆。
- ・ 特に、ロンジ・くり穴等多く生じている。

(2) S-I-P塗料施工船

- ・ エッジ等での発錆が全く認められなく良好。
- ・ 1回塗りでも発錆が全く認められなく良好。

◆研究開発の成果

S-I-P塗料の効果が検証できた。

一般塗料の“点での膜厚管理”に対し、S-I-P塗料は“面での膜厚管理(目視管理)”により、精度の高い膜厚管理ができることで、

バラスタククの防食性の向上が図れる

期待効果として

検査作業時間の短縮の可能性

後戻り作業が軽減され工数抑制の期待

**1stripe coat and 1spray coatによる
工程の短縮および塗料使用量削減の期待**

◆課題と今後の予定

- ・S-I-P技術をわが国の塗装技術として、国際的に普及を図っていくことが課題。
(1stripe coats and 1spray coats、膜厚計測点の削減／IMOの認知)
- ・PSPCの改正も視野に入れた実績の蓄積と国際的な認知活動。

◆おわりに

- ・本研究開発は、IMOにおけるPSPCの強制化に伴い防食性能の向上と我が国造船業の国際競争力維持を目的に、日本財団の助成事業として財団法人日本船舶技術研究協会より委託され実施した。
- ・今後の造船業の国際競争力強化の一つとして、S-I-P技術による工数低減や環境負荷を低減し品質の高い船舶を建造するために、塗料メーカーの立場として貢献できればと考える。

◆謝 辞

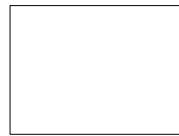
本研究は日本財団の助成事業として実施いたしました。実施にあたっては多大なるご協力を頂きました今治造船株式会社殿、独立行政法人 海上技術安全研究所殿に、この場を借りて厚くお礼申し上げます。

ご清聴ありがとうございました

「ストライフコート用ツールの開発」



圧送刷毛とハンドバルブ



ストライフコータ専用
ポンプユニット

 **旭サナック株式会社**
大塚刷毛製造株式会社



ストライフコートワーキンググループ



日本財団・2008年度 助成事業

- (独)海上技術安全研究所
- (財)日本船舶技術研究協会
- (社)日本造船工業会
- (社)日本中小型造船工業会
- (社)日本塗料工業会
- (株)アイ・エイ・アイ マリンユナイテッド*
- (株)川崎造船
- (株)ヤマニシ

NKMコーティングス(株)

大塚刷毛製造(株)

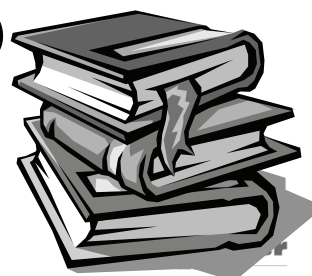
旭サナック(株)

(敬称略・順不同)



発表の内容

1. スライフコートツール開発の目的と目標
2. 実施内容
3. 開発機器のご紹介
4. テスト結果と成果(特許)
5. 今後の課題と予定(普及活動)



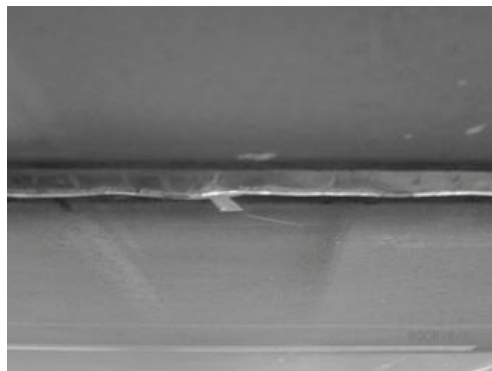
1-① スライフコートツール 開発の背景

塗装基準 (PSPC) の適用によりバラスタタンの作業工数が大幅に増加！

- ・全ての船種のバラスタタンク
- ・バルクキャリアーの二重船殻構造部
- ・フリーエッジ部 = 2回
- ・溶接ビード部 = 1回



バラスタタンク部のフリーエッジ



溶接ビード部

1-② ストライプコートツール 開発の目的

ストライプコート

工数5~10倍増



現状:タッチアップ部分

新基準:ストライプコート×2回

作業工数の削減!

塗装品質確保

省人化

1-③ ストライプコートツール 開発目標

開発ツールの要件

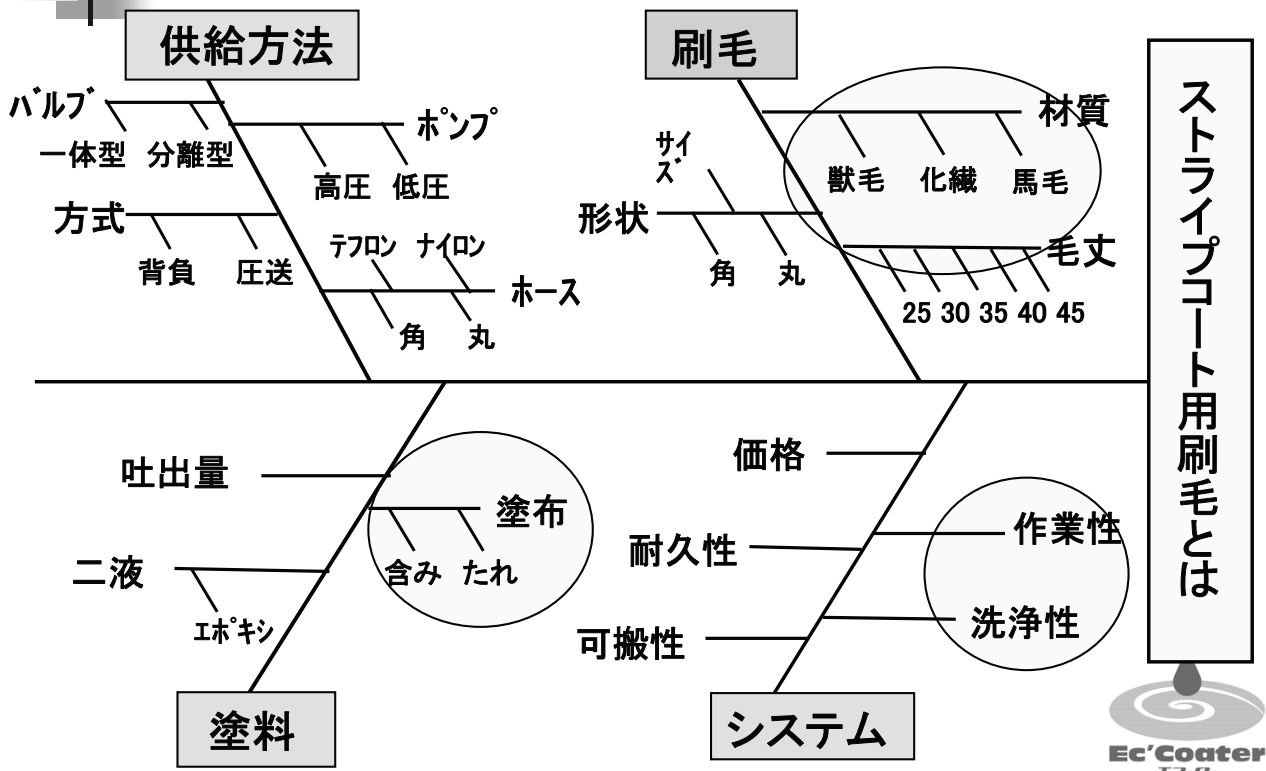
現状のタッチアップツール



作業性の向上

- ・膜厚: 約50 μ m
 - ・パターン幅: 20~30mm
 - ・塗料供給: 連続圧送
 - ・作業性: 小型・軽量化
 - ・メンテナンス性: 詰まり無し
 - ・塗料: WBT用エポキシ
- 品質確保/省人化

2-① ストライプコートツール 開発にあたり



2-② ストライプコートツールの基本設計と試作

1. ツール(刷毛部)について

① 各塗布部位に共通して使用可能なこと。

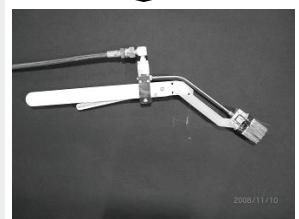
- ・フリーエッジ部
- ・溶接ビード部
- ・小穴部 (スカラップ、ラットホール)

② 連続塗布が可能なこと。

③ 刷毛先端部は消耗品とし、簡単に着脱・交換が可能なこと。



現状のツール


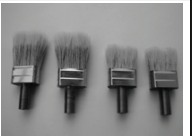





試作のツール



2-③ ストライプ コートツールの基本設計と試作

2. 刷毛部の材質・形状・サイズについて

									
材質		化繊		獣毛		化繊ウェーブ		馬毛	馬毛
形状・サイズ		角(18×30)		角(18×30)		角(18×30)		丸(Φ27)	角(18×30)
毛丈(mm)		40	25	40	25	40	25	35	40
評価	柔軟性	○		○		○		△	△
	ふくみ	○		○		◎		○	○
	耐久性	○		△		○		◎	◎

2-④ ストライプ コートツールの基本設計と試作

3. 必要塗布量の計算

(作業条件)

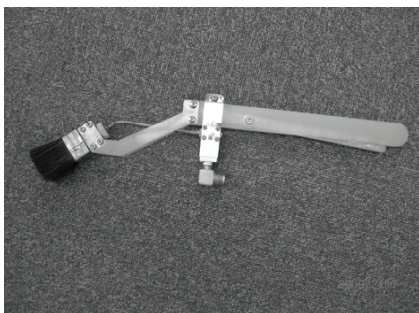
- ・ストライプ幅=0.03(m) ・刷毛移動速度=0.4(m/sec)
- ・乾燥膜厚=50(μm) ・塗料不揮発分=70%
- ・塗着効率=100%

$$\begin{aligned}
 \text{必要塗布量} &= \frac{\text{塗布面積} \times \text{膜厚}}{\text{塗料不揮発分} \times \text{効率}} \\
 (\text{CC/sec}) &= \frac{0.03 \times 0.4 \times 50}{0.7 \times 1} \\
 &\doteq \text{約 } 50 (\text{CC/min})
 \end{aligned}$$



2-⑤ ストライプ コートツールの基本設計と試作

4. 試作ツール (刷毛・バルブ一体型)



長柄刷毛タイプ(試作ツール)	
重量	299g
刷毛形状	角型(25×30)
材質・毛丈	化繊40 馬毛40



ガンタイプ(比較機)	
重量	480g
刷毛形状	丸(Φ27)
材質・毛丈	馬毛45

3-① 造船現場における試作ツールの評価



- ① 作業性・操作性に関する評価
- ・ロジのエッジ部・溶接部等 直線部の作業性・操作性は良い。
 - ・ドレンホール・エアホール等の小穴エッジ部は小回り性が必要である。
 - ・丸型刷毛は角型刷毛と比べ小回りがきく



- ② 作業速度に関する評価
- ・通常刷毛に比べ直線部の施工速度は2倍程度速い。
 - ・自動供給であるため刷毛に塗料を含ませる手間やブロック外に塗料を取りにくい手間は省ける。

- ③ 仕上がり感に関する評価
- ・ストライプの幅は良い。

3-② 開発機（商品化）の検討

項目	評価・指摘事項	改善案
刷毛・柄	小穴部等 小回りがきかない	刷毛柄の小型・軽量化
	握り方が「グリップ(ガン)握り」	「鉛筆握り」
	刷毛とバルブ機能が一体	→刷毛部 バルブのセパレート
刷毛形状	丸刷毛は動作方向が自由	Φ27 Φ20(小穴)
材質・サイズ	白毛は刷毛目が目立たない	白毛も検討
供給ホース	塗料供給ホースが硬い (エアレスホース)	手元柔軟ホースと スイベルジョイント(より戻し)

3-③ ストライプ コートの開発・成果

商品化:「ストライプコーター“刷毛”シリーズ」

ユニバーサルジョイント
(ホースより戻し)

分割式ハンドバルブ

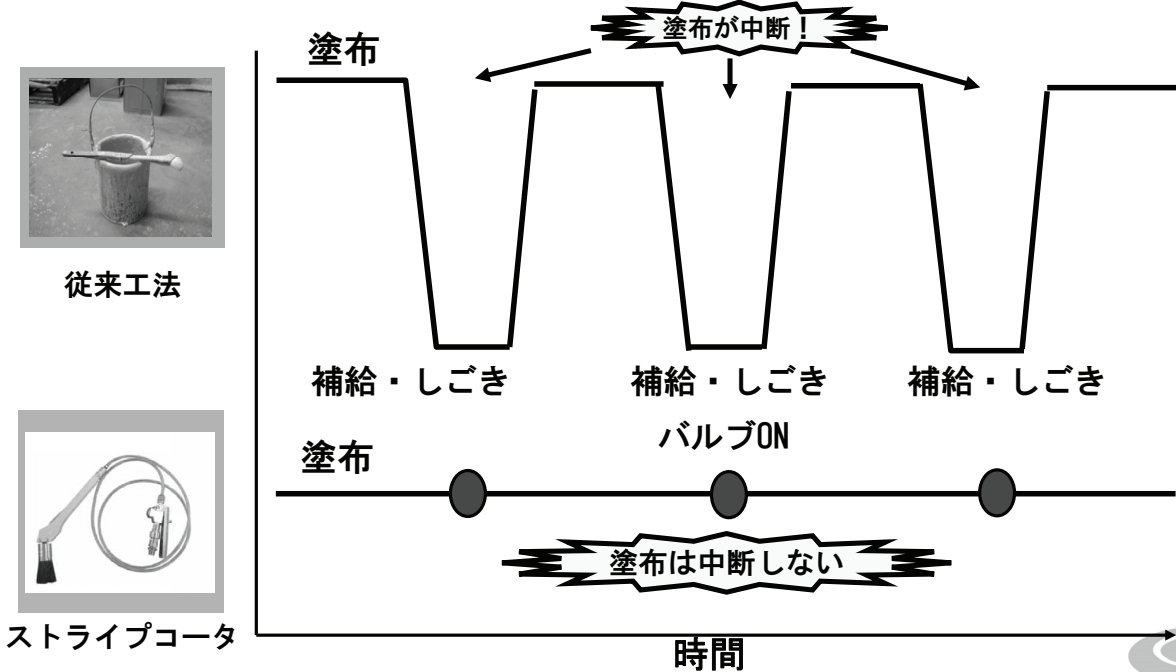
(塗料充填・洗浄時間短縮)

手元チューブ(軟質)
(内径4mm×外径6mm)

ストライプコート(開発機)	
重量	230g
刷毛形状	丸(Φ20・Φ27)
材質・毛丈	白毛

3-④ ストライプ コートツールの開発・成果

作業時間の比較



3-⑤ ストライプ コートツールの開発・成果

商品化: 「ストライプコータ“刷毛”シリーズ」

ストライプコート専用圧送刷毛ユニット
ストライプコータ“刷毛”シリーズ

塗料(PSPPO)の適用により
プラスチックの作業工数が大幅に増加！
ストライプコータの操作性により、
塗料利用率が飛躍的に向上！

※ 日本船舶技術研究協会
大塚刷毛製漆株式会社
横手ナック株式会社
共同開発！
(特許申請中)

- 専用圧送ポンプで送らされるため連続的作業が可能となり、従来の手作業によるストライプコートに比べ塗料の作業量を削減します。
- 従来の塗布された圧送刷毛とハンドルにより、従来の塗布と同じ刷毛さびが可能なため、作業性が向上します。
- ハンドルから圧送刷毛までの塗料供給チューブは柔軟性に富んでいるため、上向き・後側部分でも塗料供給が可能です。
- 圧送刷毛の先端に付ける刷毛部分はワンタッチ交換ができ、容易に洗浄が可能です。
- スprayユニットで最大4層（300μm程度）の圧送刷毛が可能に塗布できるため、作業性が向上します。
- 刷毛はすべて実業用の刷毛サイズ（φ20×50）をご用意しています。
- ナース延長はご要望に応じます。

ストライプコート専用圧送刷毛ユニット
ストライプコータ“刷毛”シリーズ

建築事例

圧送刷毛とハンドル

仕 様	タイプ1	タイプ2	タイプ3
型式	SC1000	SC1000	SC1000
圧送ポンプ	27mm	27mm	47mm
圧送チューブ	φ20mm	φ20mm	φ20mm
圧送刷毛	27mm	27mm	47mm
ハンドル	27mm	27mm	47mm
手元ユニット	27mm	27mm	47mm
塗料ホース	27mm	27mm	47mm
圧送距離	27mm	27mm	47mm

旭サナック株式会社

〒105-0001 東京都港区六本木6-10-10

TEL: 03-5561-1111

ホームページ: http://www.ec-coater.jp



3-⑥ ストライプ コートツールの開発・成果

商品化:「ストライプコータ“刷毛”シリーズ」



圧送刷毛とハンドバルブ



ストライプコータ



3-⑦ ストライプ コートツールの開発・成果

商品化:「ストライプコータ“刷毛”シリーズ」

仕 様				
型式	SC10442	SC10443	SC16543	SC16544
	2丁取り	3丁取り	3丁取り	4丁取り
圧送ポンプ	NP1044 専用架台搭載型 圧力比 1:6 適正使用圧力 1.5MPa以下		NP1654 専用架台搭載型 圧力比 1:9 適正使用圧力 1.5MPa以下	
圧送刷毛	2セット	3セット	3セット	4セット
ハンドバルブ	2セット	3セット	3セット	4セット
手元チューブ	2本	3本	3本	4本
	低圧二重チューブ (外装:ウレタン 内装:テフロン) 内径4mm×外径6mm×1.3m 耐圧 0.5MPa			
塗料ホース	2本	3本	3本	4本
	ナイロンホース NSR06300 30mホース			
しごき缶	2セット	3セット	3セット	4セット

4-① ストライクコート用ツールのデモ開催



主催：日本船舶技術研究協会様

第1回（7月16日）

・川崎造船・坂出工場様

第2回（8月28日）

・ユニバーサル造船・有明事業所様

第3回（9月・予定）

・アイ・エイチ・アイ マリンユナイテッド

横浜工場様



4-② ストライクコート用ツールのデモ開催



5. 今後の課題と予定

特許出願済み:

共願(船技協・大塚刷毛・旭サナック)

造船所の皆様に、ご評価をいただき 更にお役に立てるツールとして 改善・改良を進めて参ります。

よろしくお願い申し上げます。



造船会社様・塗料メーカー様と一緒に・・・

new coating technology

U
USER

M
MATERIAL

夢
E
ENGINEERING



成果報告会「スライブコート用ツール開発」



ご清聴ありがとうございました

総合的防食性能向上のための 研究開発

無機ジンク塗料を用いた新システムに関する調査研究

中国塗料株式会社 技術本部
西澤 政武

2009年12月18日



総合的防食性能向上のための研究開発

● 目的と背景

- IMO「塗装基準」は、WBTにエポキシ樹脂塗料多層塗りで、従来の約1.3倍(250 μ →320 μ)の塗膜厚を要求。
- 塗装品質が競争力に直結するような規制が導入された状況下において、塗装関連の工数は大幅に増大する。
- 一方、電気防食を利用した無機ジンク塗料の技術開発は塗装方法等の難易度は高いが、水系化、単膜化(150 μ)の可能性があり、造船塗装の防食性向上、VOC対策、安全性、作業環境改善及び工数削減に寄与できると考えられる。



- 無機ジンク系塗料をWBTへ適用する場合の技術的課題の抽出と解決策について検討する。

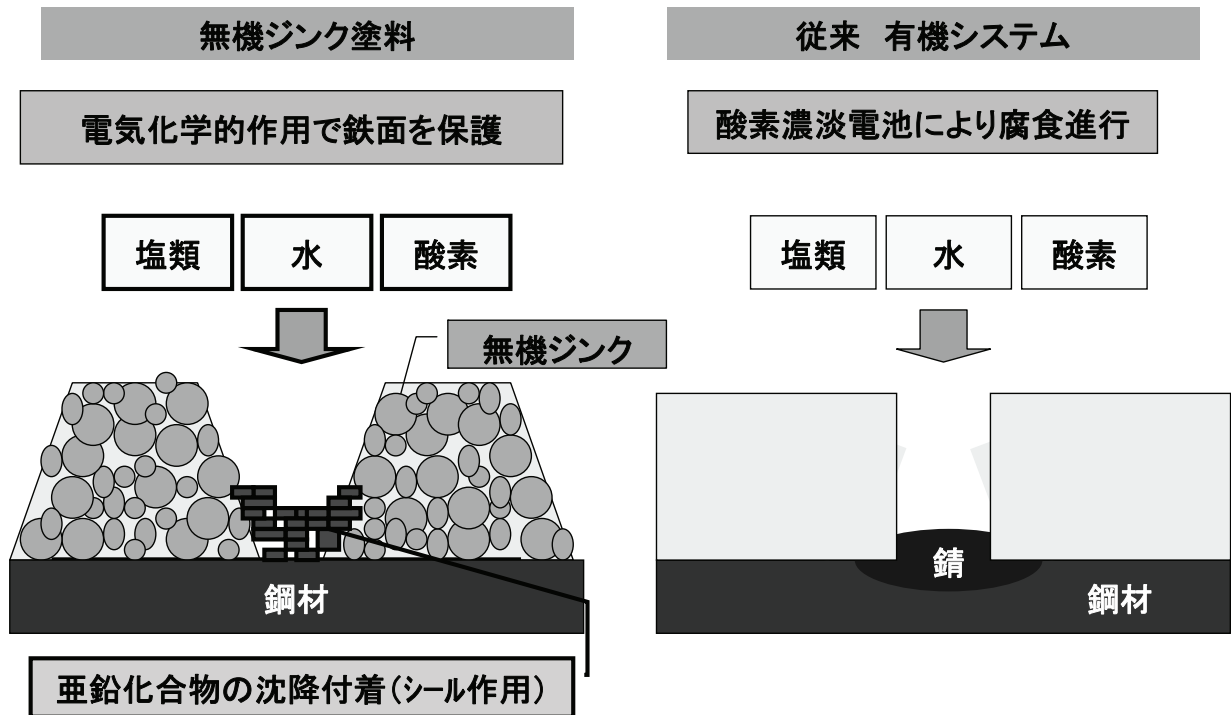
●研究検討項目

- ①省人化及び代替防食技術に関する調査研究
効果的な防食法、あるいは防食性能の向上のための技術について調査し、省人化に資する塗装システムが検討を行う。
- ②無機ジンク塗料の塗装施工における課題の検討
塗装現場で起こる施行上の問題点を調査し、ラボでの試験にて検討を行う。
- ③現用エポキシ樹脂塗料との比較
- ④水系無機ジンク塗料の性能確認
環境への負荷は溶剤系より水系が優位。
- ⑤模擬ブロックにおける塗装
模擬ブロックにおいて無機ジンク塗料の塗装を行い、現行システムとの比較及び施行面での問題点の確認を行う。

●無機ジンク塗料の種類と防食機構

分類	無機ジンク塗料			エポキシ塗料
	水溶性		アルコール溶性	溶剤型
	後硬化型	自己硬化型	自己硬化型	2液反応硬化型
	アルカリシリケート系		エチルシリケート	エポキシ系
溶媒	水	水	アルコール類 有機溶剤	有機溶剤
後処理	硬化液(酸)	不要	不要	不要
乾燥	水の蒸発	水の蒸発	溶剤の蒸発	溶剤の蒸発
硬化反応	酸溶液による中和反応によりアルカリ生成塩析出	空中の水分とCO2吸収によりアルカリ生成塩析出	空中から水分(湿気)の吸収によりアルコール生成→蒸発	エポキシとアミンの硬化反応
防食作用	電気防食作用			シールド効果
現状	廃止	僅かに残存	ケミカルタンク用	WBTの主流

▶ 塗膜損傷部の防食機能



▶ 作業性能の比較

	水系無機ジンク	溶剤系無機ジンク	エポキシ塗料
	アルカリシリケート	エチルシリケート	エポキシ系
標準膜厚/coat	75 μ	75 μ	250 μ
下地処理	Sa2.5~Sa3.0	Sa2.5	Sa2.5 or St3
温度	5°C以上	-5°C以上	5°C以上
塗装中湿度	30~85%	85%以下	85%以下
塗装後湿度	30~85%	50~95%	85%以下
取り扱い安全性	引火性無し	引火性あり	引火性あり
塗装機	圧送式エアースプレー (エアレス×)	専用エアレス	通常エアレス
ダスト	ダスト多い	ダスト多い	少ない
厚塗り性	厚塗りでクラック発生	厚塗りでクラック発生	可能
換気	不足でクラック・タレ	不足でクラック・タレ	不足でタレ

➤PSPC Annex-1 判定基準

	エポキシシステム	代替システム
フクレ	0	0
錆	Ri0 (0%)	Ri0(0%)
ピンホールの数	0	0
層間剥離強度	>3.5MPa 層間破壊60%以上	>5MPa 層間破壊60%以上
凝集剥離強度	>3.0MPa 凝集破壊40%以上	>5MPa 凝集破壊40%以上
カソード防食ホリデーからのクリープ幅	<8mm	<5mm
スクライブからのクリープ幅	<8mm	<8mm

●実施内容

- 1) 無機ジンク塗料の適応性試験(性能確認)
 - ①各種下地処理への対応
 - ②付着力
 - ③耐海水防食性
- 2) PSPCルールへの適否
 - ・付着力(凝集力)
- 3) 作業性の確認
 - ①エアレス作業性
 - ②タレ性
 - ③耐クラック性
- 4) 無機ジンク塗料塗装船の調査
 - ・船齢30年のWBTの調査
- 5) 模擬ブロックでの試験塗装

●無機ジンク塗料の適応性試験結果(まとめ)

項目		溶剤系無機ジンク		水系無機ジンク	エポキシ系		
		エチルシリケート HB	エチルシリケート HP+HB	アルカリシリケート	PSPC対応		
付着性	下地処理適応性	プラスト	○	○	○		
		PT処理	△	□	▲→△*1		
		インタクトシヨップ	○	○	□		
	付着力 (凝集力) Mpa	初期	2.3	1~3	1~3	1~2.5	>3
			6	>5	>5	>5	>8
		塩水浸漬 (1ヶ月)	12	>5	>5	>5	>8
			6	>5	>3.5	>5	>5
		塩水浸漬 (3ヶ月)	2.3	<1	<1	<1	>5
			6	>3	>5	>2	>8
	耐海水防食性 (塩水浸漬3ヶ月)	12	>5	>5	>2	>8	
		2.3	<1	<1	<1	>3.5	
		6	>5	>2 *2	>2	>8	
12	>5	>5	>2	>8			
防食性	耐海水防食性 (塩水浸漬3ヶ月)	プラスト板	2.3	○	○	○*2	○

HB=ハイビルド、HP=ホールディングプライマー

評価: ○ > □ > △ > ▲ > ×

←良

*1:経時で回復の傾向あり。

*2:試験誤差で不良(フクレ)のケースあり。

➤無機ジンク塗料の問題点(まとめ)

	水系無機ジンク	溶剤系無機ジンク
	アルカリシリケート	エチルシリケート
下地処理適応性	・プラスト>PT処理(表面粗度が少ないと付着性劣る) →薄膜タイプのエチルシリケートの先行TUで改善傾向。 ・インタクトシヨップの清浄面へは無処理で対応可能。	
付着強度	・PSPC代替システムの付着強度(5Mpa)確保は不可。 ・試験鋼板の板厚が厚い(6mm以上)と付着強度がアップする。	
耐海水防食性 (塩水浸漬40°Cx3M)	・白さび発生 ・没水部は特に問題なし。 ・気中/没水境界で塗膜溶解。	・白さび発生 ・特に問題なし。
塗装作業性	・DFT200μでタレ発生。	・DFT300μでタレ発生。
VOC (g/L)	0	462

環境への負荷は溶剤系より水系が優位であり性能向上を行う。

●水系無機ジンク塗料の実船調査(WBT)



➤ 実船調査概要:

- ・LNGC、75,000cbm、1980年建造 船齢30年
- ・調査場所:Spain Ferrol
- ・調査日: 2009年8月20日及び21日
- ・建造時に水系無機ジンク塗料を採用。
- ・定期的に補修が行われ、補修後5年以上経過したバラスタンを調査。
- ・#3(P)、#4(P&S)、#6(P&S)、#8(S)の6タンクを調査。

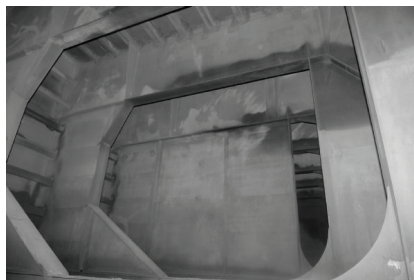
➤ 調査結果:

- ・ごく一部に発錆が認められるが、非常に良好な状態であり無機ジンク塗料の長期耐久性を確認。
- ・膜厚測定結果: $130\mu\text{m}$ ~ $220\mu\text{m}$
- ・採取塗膜解析より無機ジンク塗料(水系?)であることを確認。

➤調査結果:デッキ裏



➤調査結果:中段



➤調査結果：下段



➤調査結果：欠陥箇所（ごく僅かであった。）



●水系無機ジンク塗料の性能改良

水系無機ジンク系で性能向上および性能確認を、
下記3点の樹脂系統で開発を行った。

- ・アルカリシリケート系(改)
- ・水系ハイブリッド-1
- ・水系ハイブリッド-2

➤エアースプレー塗装試験結果

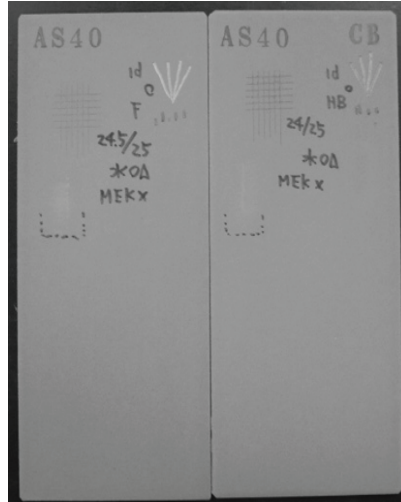
樹脂系	アルカリシリケート	水系ハイブリッド-1	水系ハイブリッド-2
パッケージ	2 パック	3 パック	3 パック
霧化性	良好	良好	良好
クラック限界 (水平面)	350 μ (D.F.T)	> 300 μ (D.F.T.)	> 300 μ (D.F.T.)
タレ限界 (垂直面での塗装)	800 μ (D.F.T.)	250-300 μ (D.F.T.)	250-300 μ (D.F.T.)
塗料の詰り	ない	ない	ない
容量NV(%)	45	49	55
塗料密度(g/cm ³)	2.8	2.6	2.9
VOC(g/L)	0	30	88

➤水系無機ジンク塗料 試験板写真

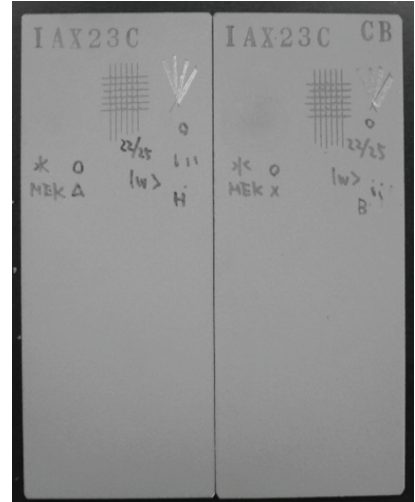
アルカリシリケート



水系ハイブリット-1

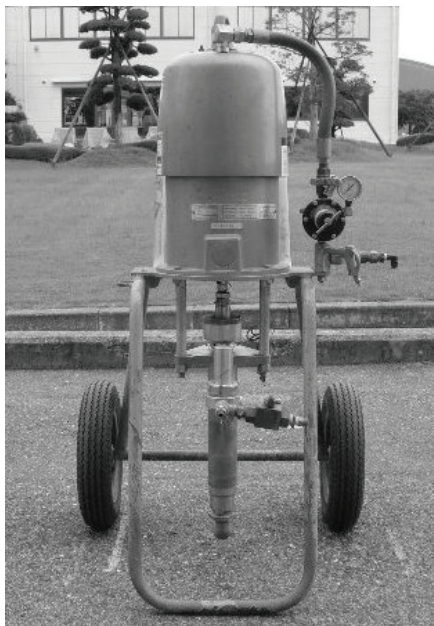


水系ハイブリット-2



➤使用エアレス

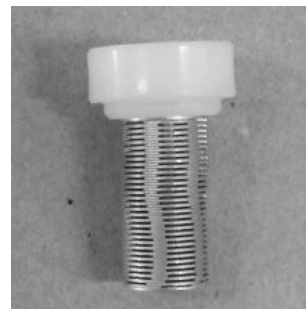
エアレス塗装機:GRACO社製 30:1



チップサイズ:419



チップフィルター:60メッシュ



➤エアレス塗装試験結果 1

樹脂系	アルカリシリケート	水系ハイブリッド-1	水系ハイブリッド-2
パッケージ	2 パック	3 パック	3 パック
塗装霧化性	○△	○△	○△
タレ性	400 μ (DFT)	100-125 μ (DFT)	400-500 μ (DFT)
塗料の沈降性	△ 常時攪拌が必要	○	○
塗料の皮張り	3-4時間 ○	約30分	3-4時間 ○
エアレス洗浄性	△	○	○
臭気	○	○△	△
VOC(g/L)	0	30	88

➤エアレス塗装試験結果 2

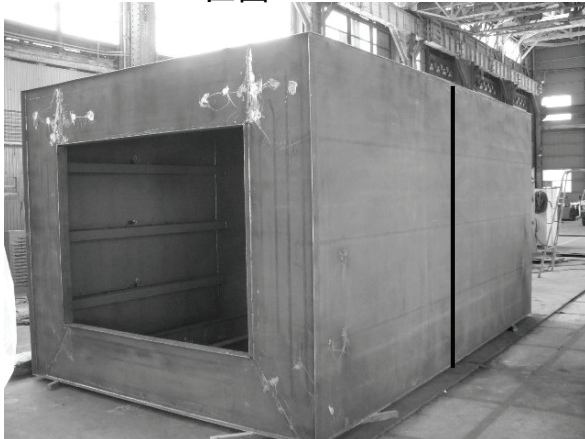
樹脂系	アルカリシリケート	水系ハイブリッド-1	水系ハイブリッド-2
塗膜外観	ゆず肌	○ (DFT150 μ)	ゆず肌、ヘアクラック DFT100-400 μ
初期付着性 (基盤目カッ、ナイフ)	○	○	○
耐水ラビング性	○	○'	○
耐MEKラビング性	○	△	△
耐塩水 人口海水浸漬 (1カ月)	塗膜の溶解	フクレ、発錆なし	フクレ、発錆なし

●模擬ブロックにおける試験塗装

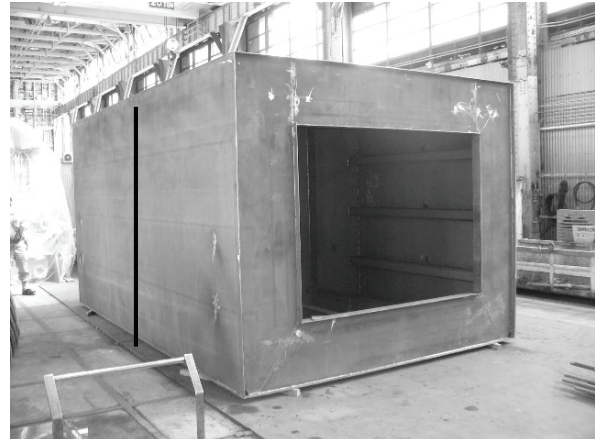
➤模擬ブロック

- ・日時:2009年9月11日-12日に実施
- ・場所:IHIアムテック(相生)
- ・大きさ:5.1(長さ)x2.5(縦)x3.0m(横)、内面:142.7m²・外面:56.5m²

A区画



B区画



➤塗装仕様

項目\区画	A区画 (内面)	B区画 (内面)	C区画 (外面)
塗料系	水系無機ジンク		エポキシ系タンク用
塗料符号	試作品A (アルカリシリケート)	試作品B (ハイブリットタイプ)	PSPC対応 変性エポキシ塗料
一次表面処理	ブラストSIS Sa2.5 ショットライン		
ショッププライマー	CERABOND 2000 (15μm)		
二次表面処理	①ブラスト処理(タイト壁を除く) ・一般部: スイープブラスト(除去率30~40%) ・溶接線・ダメージ部・マーキング: Sa2.5 ②パワーツール処理(タイト壁) ・PT処理(ST3) (ディスクサンダー処理+パワーブラシ処理)		ブラスト処理 (同左)
先行ストライプライコート	①パワーツール処理部(タイト壁) 刷毛でT/U専用のGALBON SP(15μm)を穴 ・コバ・シーム部など鋼板露出面に先行塗装		なし
本塗装(1stCoat)	試作品A (150μ)	試作品B(150μ)	NOVA2000 (160μ)
塗装機	圧送式エアースプレー	一般用エアレス (30:1)	一般用エアレス

総合的防食性能向上のための研究開発

➤環境・下地処理

項目\区画	A区画	B区画
塗料系	水系無機ジンク	
塗料符号	試作品A (アルカリシリケート)	試作品B (ハイブリットタイプ)
天候(9/11)	晴れ/雨	
気温(9/11)	24℃~29℃/47%~54%	
鋼板温度	24℃~27℃	
ブラスト研掃材	スチールグリット	
塩分濃度	0 mg/m ²	6 mg/m ²
表面粗さ(Rz)	一般部 :43~60 μ ロンジ裏 :30~35 μ	
換気(風速)	噴出し(30cmの距離):3.4~3.7m/s タンク内:0~0.2m/s	噴出し(30cmの距離):6.3~6.4m/s タンク内:0~0.2m/s
塗料ホース長	10m	20m

総合的防食性能向上のための研究開発

➤塗装作業性

項目\区画	A区画	B区画
塗料系	水系無機ジンク	
塗料符号	試作品A (アルカリシリケート)	試作品B (ハイブリットタイプ)
塗装機	圧送式エアースプレー (エアレスでガンつまり→切り替え)	一般用エアレス(30:1) (チップ:419)
一次圧	0.25Mpa	0.5Mpa
塗料温度	28℃	31℃
塗料粘度 (リヨン粘度計)	13 ホイス*	65 ホイス* (高粘度のため水で希釈1.8%)
混合性	攪拌性	○
	沈殿性	×(常時攪拌必要)
スプレー霧化性	○(エアレスではテール発生)	ややテール気味
タレ性(WET μ)	400 μ ○、500 μ △、600 μ ×	400 μ ○、500 μ △、600 μ ×
塗料の詰まり	なし	なし
スプレーダスト	多い	少ない(床面にダストあり)
刷毛塗り性	-	○
工数(指数)	100	50

総合的防食性能向上のための研究開発

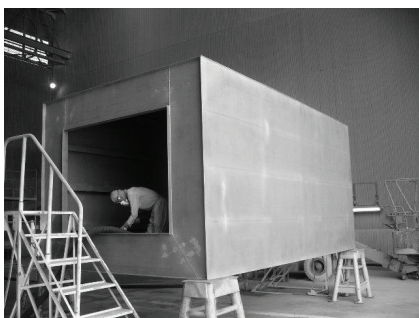
➤ 塗膜状態(1日後)

項目\区画		A区画	B区画
塗料系		水系無機ジンク	
塗料符号		試作品A (アルカリシリケート)	試作品B (ハイブリットタイプ)
乾燥性	指触	0.5~1時間	1~2時間
	半硬化	2~3時間	4時間
乾燥膜厚(μm) (部位別平均)		・フラット(底面) : 268 μ ・フラット(側壁) : 266 μ ・フラット(天井) : 221 μ ・フラット(タイト壁) : 268 μ ・ロンジ裏 : 158 μ	・フラット(底面) : 344 μ ・フラット(側壁) : 321 μ ・フラット(天井) : 358 μ ・フラット(タイト壁) : 334 μ ・ロンジ裏 : 37 μ*
塗膜状態		○~△ (やや柚子肌)	○
クラック 限界 (μm)	一般部	300 μ ○、400 μ △	500 μ ○
	シーム部	150 μ ○ (200 μ 以上でクラック発生)	○ クラックなし
付着性		未実施	未実施
耐水ラビング性		未実施	未実施
耐溶剤ラビング性		未実施	未実施

* ガンの安全装置(バー)が邪魔してロンジ裏が塗りにくかった。

総合的防食性能向上のための研究開発

➤ 下地処理



総合的防食性能向上のための研究開発

➤PT処理部の先行ストライプコート

A区画



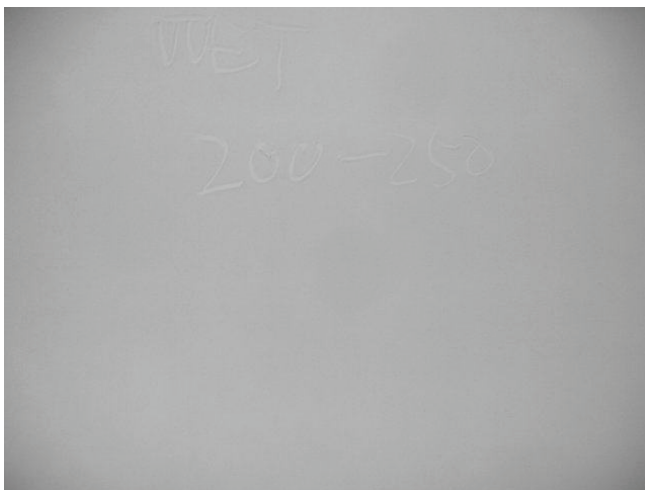
B区画



総合的防食性能向上のための研究開発

➤塗装作業性の確認(A-アルカリシリケート)

A区画／圧送エアースプレー



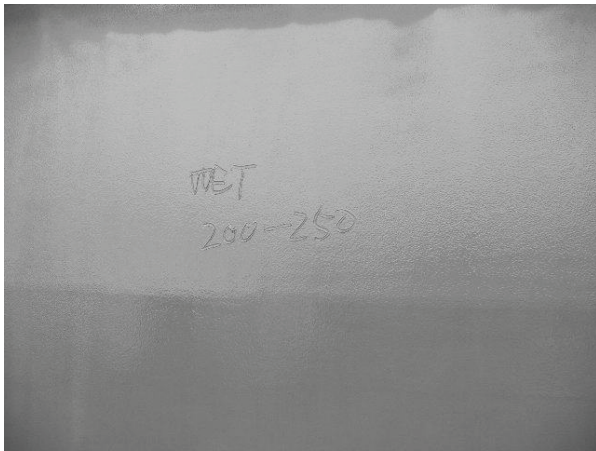
WET 200-250 μ



総合的防食性能向上のための研究開発

➤作業性の確認(B-ハイブリット)

B区画／一般エアレス30:1(シリコンパッキン)



WET 200-250

WET 700 μ
でタレ



総合的防食性能向上のための研究開発

➤本塗装(A-アルカリシリケート)

A区画／圧送エアースプレー



総合的防食性能向上のための研究開発

➤ 本塗装(B-ハイブリッド)

B区画／一般エアレス30:1(シリコンパッキン)

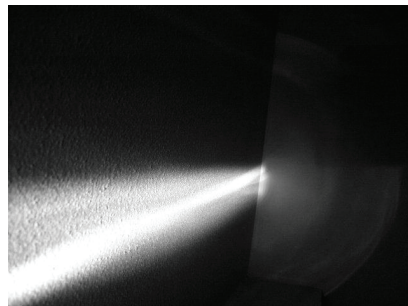


換気は吹き込み

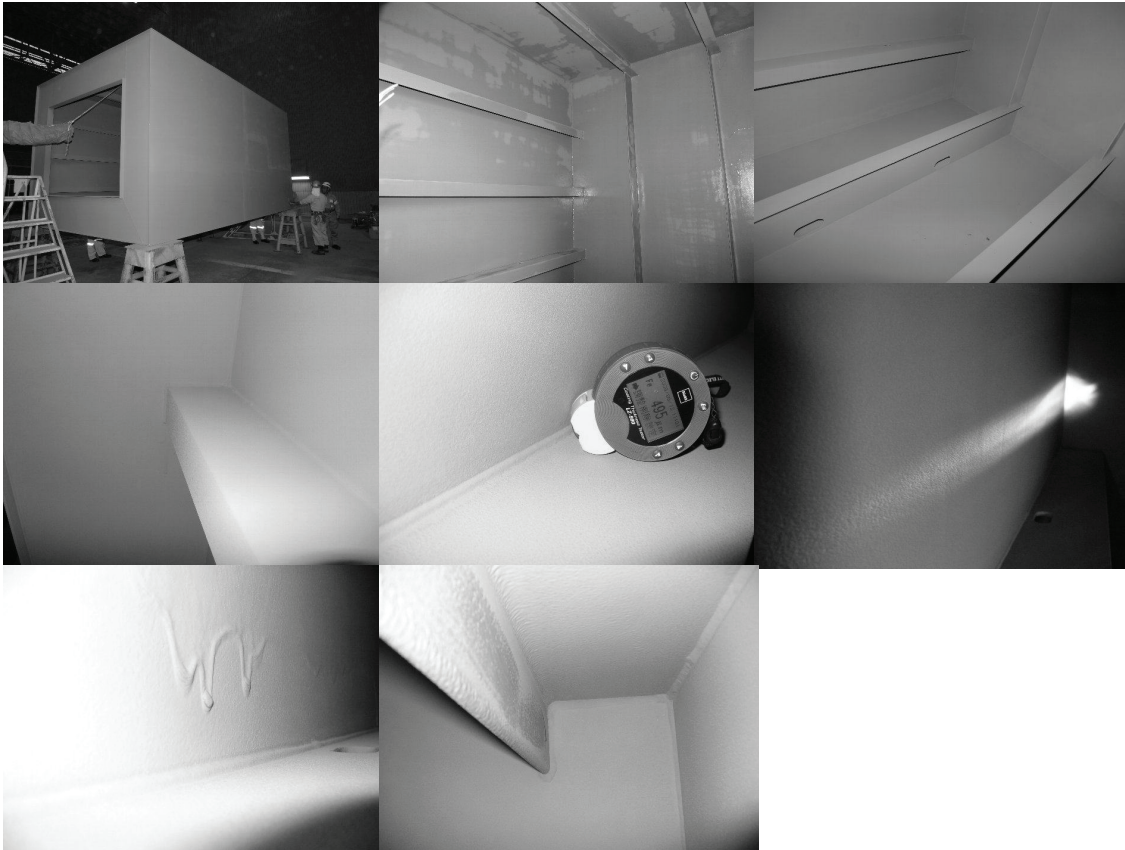
総合的防食性能向上のための研究開発

➤ 塗装後(A-アルカリシキート)

A区画／圧送エアースプレー



▶ 塗装後(B-ハイブリッド) B区画／一般エアレス30:1(シリコンパッキン)



● 研究開発の成果

- ・環境対策より水系への移行が必要であり、性能改良により水系無機ジンクシステムのWBTへの適用の可能性は十分ある。(ハードルは高いが・・・)
- ・性能改良により、これまでの耐クラック性・タレ性・エアレス作業性などの向上は可能であり、ただし、VOCは増加の傾向となる。
- ・PSPCルールにある健全ジョップ上への適用は可能。ただし、現時点では溶接線へは何らかの方法で表面粗度をつける必要がある。
- ・PSPC代替システム規定にある層間剥離強度、層内破壊強度に対応できないため、規定の変更が必要になる。

● 波及効果

- ・1回塗り仕様による工数低減。
- ・電気防食作用による防食性の向上。

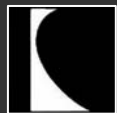
●今後の課題

- ・既存の水系無機ジンクでは高グレードの下地処理と作業性に問題があるが、性能改良で解決できる可能性が高い(PT処理への適応性)。
- ・長期防食性の確認。亜鉛の消耗速度・耐用年数・規定膜厚の設定。
- ・塗装方法の確立、エアレス化による塗装効率の向上
- ・PSPCの代替塗装システムとしての試験
- ・バラスト水条約に基づく処理剤への適合確認
- ・補修方法の確立。

無機ジンク塗料を用いた新システムに関する調査研究

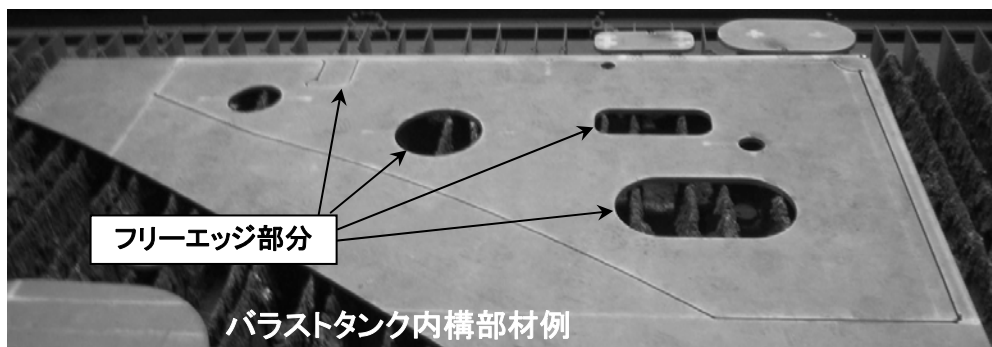
ご清聴ありがとうございました。

本プロジェクトは、日本財団の助成事業として実施しました。

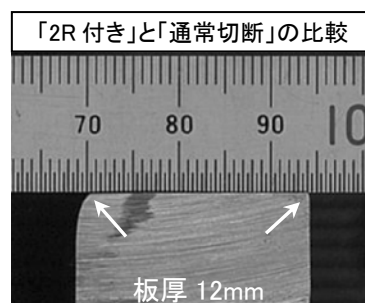
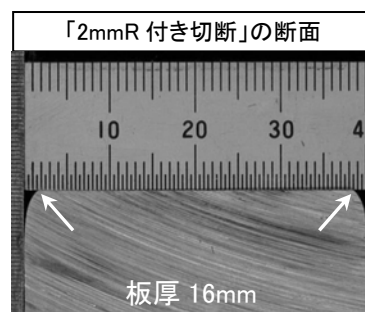


バラスタック塗装基準 (PSPC) 対応のフリーエッジ切断技術完成！ …… NC プラズマ切断時に 2R 処理が可能 (特許出願中) ……

バラスタック内構材のフリーエッジ部分には、2mmR、スリーパスグラインディング、または同等の前処理が義務付けられていますが、造船の第1工程である鋼板部材の生産現場において、NC プラズマ切断機による部材生成と同時に、自動的に 2mmR の加工が可能になりました。



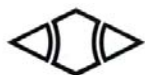
- ◆ NC プラズマ切断機により内構部材を生産するときに、部材のフリーエッジ該当部分上縁に 2mmR 加工が同時に処理できます。
- ◆ この加工法は、NC プラズマ切断可能な部材であれば、直線、曲線、ホールなど、あらゆる切断形状に対応できます。
- ◆ フリーエッジ部分の切断速度は、現状のプラズマ切断と同等です。
- ◆ この 2mmR 加工機能は、ご使用中の NC プラズマ切断機 (弊社の切断諸元コントローラ・ドクターエレクトック搭載機種) に追加することができます。



※ 本技術は、財団法人日本船舶技術研究協会からの委託研究 (日本財団助成事業) により、研究開発いたしました。

…………… 営業品目 ……………

- | | |
|--------------|---|
| ◇ ガス及びガス関連機器 | ・工業用ガス及び機器 ・医療用ガス及び機器 ・レーザガス ・吹管、調整器、溶断機器 |
| ◇ ガス・プラズマ切断機 | ・ポータブル自動切断機 ・NC切断機 ・プラズマ切断機 ・NC 印字マーキング装置 |
| ◇ レーザ切断機 | ・2kW/4kW//6kWCO ₂ レーザ切断機 ・レーザ開先切断機 |
| ◇ 溶接用省力化機器 | ・プラズマ溶接機 ・ポジショナ ・ターニングロール ・マニプレータ ・全自動溶接装置 |
| ◇ 溶接・切断関連商品 | ・溶接機 ・溶接材料 ・集塵機 ・乾式安全器 ・継手 ・安全保護具 |
| ◇ 環境関連機器 | ・医療廃棄物プラズマ熔融処理システム ・分析用クリーンガス供給システム |

ガス・溶接・切断のトータルシステムサプライヤー
 **小池酸素工業株式会社**
 ホームページ <http://www.koikeox.co.jp>

機械販売部 〒272-0035 千葉県市川市新田2-3-1 TEL:047-379-4611(代) FAX:047-379-5405

サマックス
SAMACS 洗浄・剥離システム

Shibuya

新造船のバラストタンク下地処理に最適

プラスト専用建屋不要

IMO 塗装性能基準対応

溶接ビード目粗し



溶接等のヒューム洗浄



本装置は、日本財団の助成により(財)日本船舶技術研究協会と共同開発した、水・空気・メディアの混気ジェットにより新造船のバラストタンク等の下地処理を行う水プラスト装置です。IMO(国際海事機構)塗装性能基準の要件を満足する、溶接ビードの目粗し、溶接等のヒューム洗浄、低圧水洗浄が行えます。



特徴

- ▶ 初期設備のコストダウンに
バラストタンク下地処理専用の建屋が不要
- ▶ 1台の機械でビード目粗し、ヒューム洗浄が可能
- ▶ コンパクトで移動可能
エア供給が可能な場所であれば容易に移動可能

混気ジェット式水プラスト装置

修繕船部品を洗浄する、小型のマルチ洗浄機も製作しています。

 **シブヤマシナリー株式会社**

エコ設備本部 洗浄設備営業部

〒921-8006 金沢市進和町6番地 TEL076-292-3131 FAX076-292-2463

www.shibuya-smc.co.jp/

TANAKA LMX VII

TF4000 / TF6000

発振器搭載型レーザー切断機の最高峰！
連続運転が従来比2倍に！



レーザー開先切断

オプションとして、レーザー開先切断装置を搭載することが可能です。

開先角度 $\pm 45^\circ$ 、無限旋回機能により造船部材切断などに威力を発揮、更にLMXVIIの用途が広がります。



特長

- メンテナンスピッチの長期化。
(レンズクリーニングやミラークリーニングなど)
- 省人化機能の充実。
(スケジュール運転時の自動微い校正機能や発振器自動校正機能)
- 軟鋼黒皮材32mmを切断可能。
- ランニングコストの低減。
(電気消費量の10%削減、
レーザーガス消費量を50%削減)
- 機体構造の見直しや光学関連部品の見直しを行い光軸ズレを少なくした。
- 新型チラー採用による設置スペース50%削減。



日酸TANAKA株式会社

FA事業部 営業部 / 〒354-8585 埼玉県入間郡三芳町竹間沢11

TEL. 049(258)4412 FAX. 049(258)4858

<http://www.nissantanaka.com>

SI Paint NOA

SI (Self-Indicating)

SI機能によって作業者が塗装中に、その場で規定膜厚に達したことを目視で容易に判定できます。

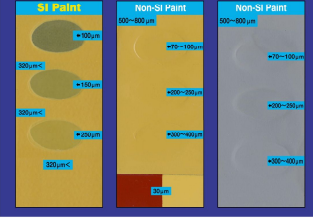
SI機能は、次のようなコスト削減に貢献します。

1. 膜厚検査コスト
2. 膜厚検査/マーキング作業
3. 補修塗装/タッチアップなど後戻り工程
4. トータル塗装コスト

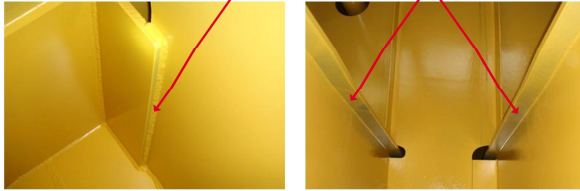
SI機能は、下記を確保することができます。

1. プロクジョイントや、溶接部などで、クラックの無い均一な塗膜
2. 規定膜厚の確保
3. 過剰膜厚を最小限にする
4. 膜厚検査コストの削減
5. 内部応力に対応する弾性のある塗膜
6. 船体の腐食からの長期防食

SI Paint のコンセプト



まだ色が透けた“シーズルー状態”=規定膜厚に達していない事が目視で判断できます。
※当社ではこの“シーズルー状態”の色相をLucent (ルーセント) 色と呼びます。

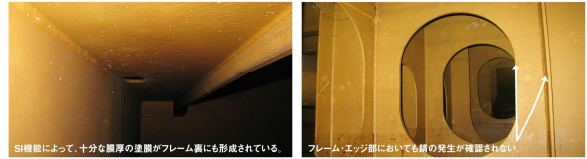
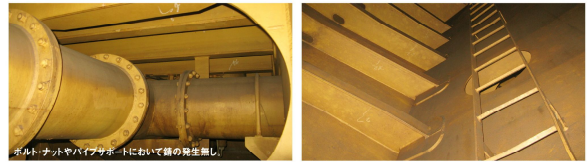


NOA 60 HS

Self-Indicating Paint

“EAGLE TUCSON” (Tanker) 60ヶ月後のWBTの塗膜状態

NOA60 (HS) 1 × 250mic



“ANSAC LEGACY” (Bulk Carrier) 42ヶ月後のWBTの塗膜状態

NOA60 (HS) 1 × 250mic

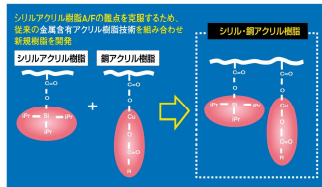


Ecoloflex SPC HyB series

エコフレックス SPC HyB シリーズ
(150HyB, 250HyB)

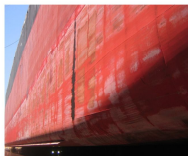
シリル銅アクリルコポリマー

革新的な特許テクノロジーを有し、金属アクリレートコポリマーとシリルアクリレートコポリマーの技術を組み合わせることにより、長期にわたり安定した塗膜消耗性で新鮮な塗膜活性面を維持し、優れた防汚性能を発揮します。



* N-S
* LNG
* 15 knots
* In-service period : 30 months

* JM
* LPG
* 15.8 knots
* In-service period : 30 months



* TB
* VLCC
* 16 knots
* In-service period : 30 months

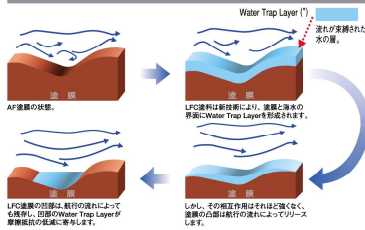
* TMH
* VLCC
* 14 knots
* In-service period : 30 months

* S-maru
* LNG
* 19 knots
* In-service period : 30 months

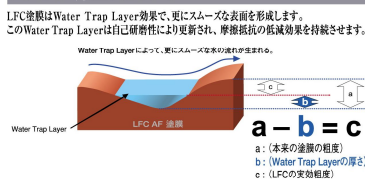
LF-Sea

省燃費型 防汚塗料 (錫フリー自己研磨型)

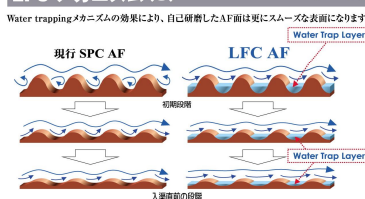
LFC メカニズム (1)



LFC メカニズム (2)



LFC メカニズム (3)



日本ペイントマリン株式会社
NIPPON PAINT MARINE COATINGS CO., LTD.




(財)日本船舶技術研究協会
大塚刷毛製造株式会社
旭サナック株式会社
共同開発!

ストライプコート専用圧送刷毛ユニット

ストライプコート“刷毛”シリーズ

**新造船の塗装工程を
飛躍的に効率アップ!**

※本ユニットは  日本財団の助成事業により開発されました

特許出願中

造船塗装基準(PSPC)の変更によりバラスタンの作業工数負荷が大幅に増加!
ストライプコートの抜群の操作性により、塗装作業が飛躍的に向上できます。

特長

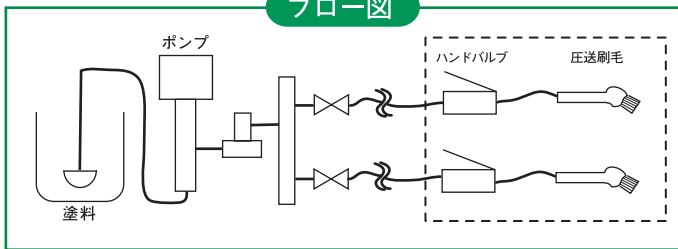
- 塗料は圧送ポンプで送られるため連続的作業が可能となり、下げ缶での塗装に比べ約3倍の作業量を実現します。
- 軽量設計された圧送刷毛とハンドバルブにより、従来刷毛に近い刷毛さばきができ作業性向上に貢献します。
- ハンドバルブから圧送刷毛までの塗料供給チューブは柔軟性の高いチューブを採用しているため、上向き・狭小部分でも疲れることなく、連続作業が可能です。
- 圧送刷毛の先端に付ける刷毛部分はワンタッチ交換ができ、洗浄も容易です。
- 1ユニットで最大4丁（SC16543タイプ）の圧送刷毛が同時に使用できるため、作業性向上に貢献します。
- 用途にあわせて2種類の刷毛サイズ（Φ20とΦ27）をご用意しています。



ストライプコート専用ポンプユニット

圧送刷毛とハンドバルブ

フロー図



型式	SC10442 (2丁取り仕様)	SC16543 (3丁取り仕様)
圧送ポンプ	NP1044専用架台搭載型 ポンプレシオ 1:6 適正使用圧力 1.5MPa以下	NP1654専用架台搭載型 ポンプレシオ 1:9 適正使用圧力 1.5MPa以下
圧送刷毛	2セット (手元チューブ付)	3セット (手元チューブ付)
交換刷毛セット	径φ27 5本 φ20 5本	
手元チューブ	低圧二重チューブ 外装チューブ ウレタン 内装チューブ テフロン 内径4mm×外径6mm×1.3m 耐圧力 0.5MPa	
ハンドバルブ	2丁	3丁
しごき缶	2個	3個
塗料ホース	NHR06-30 2本	NHR06-30 3本



塗装現場風景