

2011
SPRING

海技研ニュース 船と海のサイエンス

NMRI Newsletter Science of Ships and the Sea



MAR CAMINO

特集 耐航性能・波浪荷重評価ツール「NMRIW」
より実現象に近い6自由度の計算を可能に

■海技研の研究紹介 ■新造船紹介 ■新造船写真集



独立行政法人 海上技術安全研究所
www.nmri.go.jp

【特集】

耐航性能・波浪荷重評価ツール
「NMRIW」

より実現に近い6自由度の計算を可能に
船体運動と波浪荷重の評価プログラム…………… 3

海技研の研究紹介

大型コンテナ船の脆性亀裂停止設計…………… 13
吉成仁志

船体構造における疲労設計の質的向上を目指して…………… 16
川野始

新造船紹介

世界で唯一の銅精鉱兼濃硫酸輸送新造船
“MAR CAMINO”…………… 22
今治造船丸亀事業本部技術企画チーム

技術情報

Zベラの紹介と最近の取り組み…………… 25
新潟原動機株式会社技術センター ZP設計グループ
南家芳樹

新造船写真集

BENGANG / TENSU MARU / NORD HERCULES
GLORIOUS WIND / SANKO ODYSSEY
VENUS SPIRIT / 北翔丸…………… 28

TOPIC

船体傾斜再現(ありあけ)…………… 2
船用ディーゼル機関から排出される粒子状物質(PM)
に関するワークショップを開催しました…………… 19

【おしらせ】

第3中期計画の重点課題について…………… 20
春の一般公開、セミナーの中止について…………… 31



表紙写真
世界で唯一の銅精鉱兼濃硫酸輸送
新造船
“MAR CAMINO”

TOPIC

船体傾斜再現(ありあけ)



第一波目で傾斜した状態(25度程度)



荷崩れを起こし第二波目で傾斜した状態(40度程度)

実海域再現水槽で船体傾斜を再現

実海域再現水槽を使用して、フェリーの船体傾斜を再現し、傾斜に至る過程を検証しました。平成21年11月に三重県熊野灘で発生した「フェリーありあけ船体傾斜事故」に関連して、国土交通省海事局「フェリー大傾斜事故防止対策委員会」との連携により成功したものです。

それまでの水槽では、実際の海域での海象等の再現に限界がありましたが、実海域再現水槽の完成により、事故発生時の波浪場などを高い精度で再現できるようになりました。そのため、このような再現実験と過程の検証が可能になったものです。

実験条件は、船速が21ノット相当、友義波高が4.59m相当(事故当時の多方向不規則波)、波の主方向は左舷後方35度からの斜め追波、時間は実船相当にしています。

斜め後方からの追波を受けた模型船は横揺れし、1波目に荷崩れが発生、2波目に大傾斜が発生しました。

実験の様子は、ホームページで公開しています。

<http://www.nmri.go.jp/main/news/press/press23.2.25.html>

特集：耐航性能・波浪荷重評価ツール「NMRIW」

より実現象に近い6自由度の計算を可能に

船体運動と波浪荷重の評価プログラム

船舶は、波の中で前後、上下、左右の3次元の直線運動と回転運動による6つのモードの運動をする(6自由度の運動)。船舶流体力学の研究者たちは、このような複雑な動きを数理モデル化することで、船舶の技術的課題を解決してきた。

船舶工学の歴史はきわめて古い。しかしながら、船は時代の変遷と共に常に変化を続けている。この事は、各時代の船の状況を反映した技術的課題が発生することを意味する。近年は、昔以上に安全性確保や環境保全に対する社会のニーズが益々高まっている。船舶をはじめとする輸送機器は、これらを満足した上で経済的にも最適な機器を設計することにその技術的な難しさがある。

このような背景の中、海上技術安全研究所(海技研)の研究者たちは、常にベストな解決策を提案すべく研究を行っている。ここでは、近年の船舶の変化により発生した技術的課題とそれを解決するために海技研が開発したプログラム「NMRIW」について紹介する。

近年の船舶を取り巻く状況

近年の世界的な輸送量の増大や燃料費の高騰、国際海事機関(IMO)が先般策定した国際条約における目標指向型新船構造基準(Goal-based standards; GBS)による安全規制の強化、環境適合の観点からのグリーンハウスガス(GHG:温室効果ガス)規制やシッパーサイクル、バラスト水管理条約など、船舶を取り巻く環境は大きく変化しつつある。特に、GHG削減に対する社会動向は極めて速く、これに適合するため、新しい形式の船が計画されている。また、運用形態も急速に変化しつつある。安全性確保や環境保全を満足した上で、このような動向に対応して合理的な船舶設計を行うためには、従来以上に定量的に船の性能や安全性を評価しなければならない。

大型化が進むコンテナ船

なかでも、コンテナ船の大型化は、近年著しいものがある。コンテナ船は1956年に登場しており、そ



写真1 世界最大のコンテナ船EMMA MAERSK
(船長397m, Maersk Line社提供)

の歴史は長い。船にもトラックにも積み、海陸一貫輸送できるコンテナを輸送する方法は画期的なものであった。世界中の港湾に荷役設備が普及するとともに、コンテナ船は高速化、大型化していった。

1980年代後半には、大型化が更に進み、パナマ運河を通行できるサイズ(パナマックス:通行最大幅32.2m)よりも大きな船幅のポストパナマックス・コンテナ船が登場し、その後も海外を中心に岸壁及びコンテナを積み降ろしするガントリークレーンの大型化が進んだ結果、今では10,000~14,000個積みみのコンテナ船が設計、建造段階にある。これらの

船の喫水は、スエズ運河での通航が可能な最大喫水(16m) となっており、より一層の大型化が進んでいる。

一方、現行の安全基準は、一般的に基準を策定した当時に存在する船に対応して作られている。このため、新たに出現した大型船に対して既存の安全基準を直接適用することが適切かどうかを評価し、問題があれば基準を改正する必要がある。このほか、大型化に伴い従来考えていなかった技術的問題が顕在化する場合には、この問題の解決も必要となる。海上技術安全研究所の研究者は、このような技術的課題に機敏に対応し、課題解決に向けて鋭意取り組んでいる。

技術的課題 1

大型船の構造強度の問題

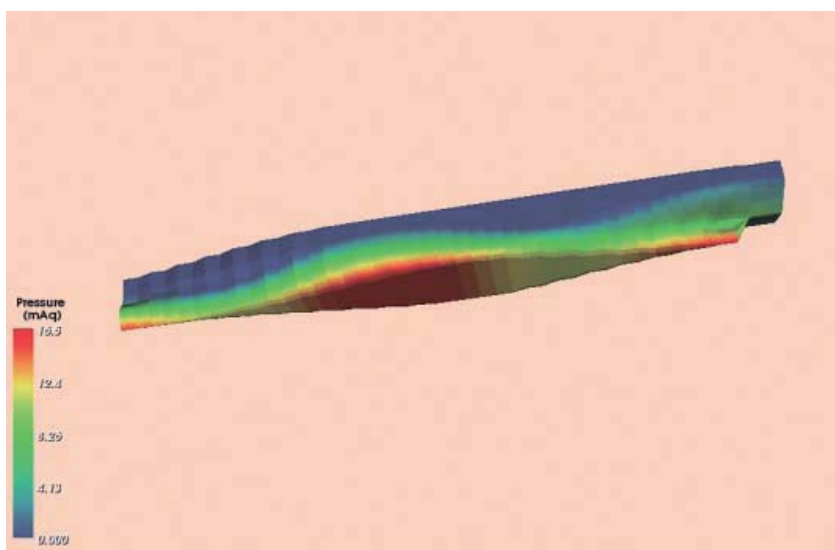
船舶は船体に加わる荷重に対して十分な船体構造の強さをもつ必要がある。これを構造強度という。とりわけ、大型化するコンテナ船が十分な構造強度を持つように設計・建造するためには、従来のコンテナ船よりも板厚の増加あるいは鋼材の高強度化が必要になると考えられている。このため、これまでに使用実績の無い板厚や鋼材の強度についての構造強度評価が必要と考えられている。

一方、適切な強度確保のためには、鋼材強度の確

保、荷重の設定から構造強度評価、ひいては工作の問題まで多岐にわたる検討が必要になる。なかでも、構造強度の評価精度を大きく左右することから、荷重の設定は重要な検討事項となっている。とりわけ、波の中で大型コンテナ船の船体にはたらく下記の荷重については従来以上に注意を払う必要があると考えられている。

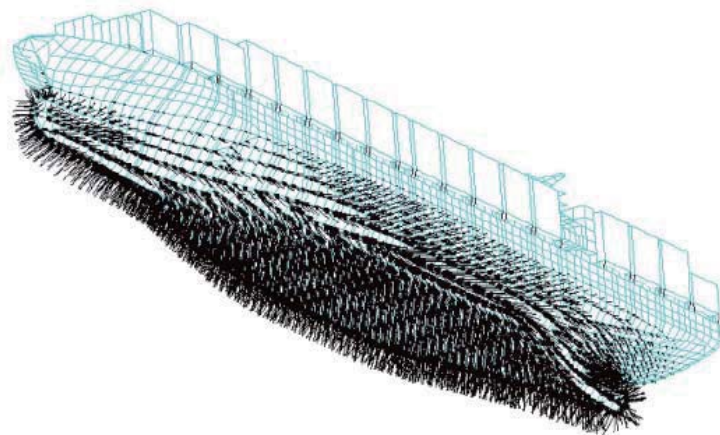
- ・ 荒天中での荷重
- ・ 振り荷重
- ・ 船首船尾における波浪衝撃
- ・ ラッシング荷重（固縛したコンテナにはたらく荷重）
- ・ 主機やプロペラが起振力となる船体振動による荷重

NMRIW による全船荷重構造一貫解析の一例



船体外板のすべての点での船体表面水圧分布の表示が可能

NMRIW による全船荷重構造一貫解析の一例



FEM（有限要素）解析用に船体表面に負荷された水圧

耐航性能・波浪荷重評価ツール NMRIW

このような、技術的課題からも分かるように、荷重を適切に評価することの重要性は一層増している。海技研では、このような動向をいち早く察知し、荷重評価法の高度化に取り組み始めた。この結果、耐航性能・波浪荷重評価ツール NMRIW を開発し、実用に供すると共に、様々な課題解決に活用している。

NMRIW とは、6自由度船体運動・波浪荷重計算プログラムであり、Nonlinear Motion in Regular and Irrregular Wave の頭文字を取った略称である。これは、海上技術安全研究所（National Maritime Research Institute）の略称 NMRI を意識した命名であることは想像に難くない。

ここで、このプログラムの開発者である小川剛孝・構造系構造基準研究グループ長を紹介しておきたい。職名からも分かる通り、小川は構造基準や復原性基準といった安全基準を中心に、これらに関する技術的課題を解決するための研究に従事している。また、2002年から現在に至るまで、国際海事機関（IMO）における国際安全基準の様々な審議に日本代表団の一員として出席し、日本の意見を技術的側面から強く支えている。とりわけ、復原性基準に関しては、EUにおけるプロジェクトのアドバイザーとして招聘されるなど安全基準に関する研究者として国際的にも認知されている。

〈波浪中の船の運動「6自由度」〉

船の重心を原点とし、これに対し三次元の軸をとる。一般的には、重心を通り船の対称面内において水平な線を x 軸、それに直交して水平な線を y 軸、垂直線を z 軸とする。波浪中の船体は、この3軸に対する直線運動と回転運動の6自由度（Six-degrees of freedom）で表される。

直線運動は、前後方向（x 軸方向）の「サージ（surging）」、左右方向（y 軸方向）の揺れ「スウェイ（swaying）」、上下方向（z 軸方向）の揺れ「ヒープ（heaving）」の3運動である。

回転運動は、x 軸に対する回転運動の横揺れ「ロール（rolling）」、y 軸に対する回転運動の縦揺れ「ピッチ（pitching）」、z 軸に対する回転運動の船首揺れ「ヨー（yawing）」の3運動である。

船体運動と波浪荷重を適切に評価

小川は、2002年12月から1年間、オランダ海事研究所（Maritime Research Institute Netherlands；MARIN）において当所との共同研究に従事した。MARINは海上技術安全研究所として初めて研究協力協定を締結した海外研究機関であり、このMARINに小川は海技研独自の在外派遣制度の第1号として派遣された。MARINでは、非損傷時復原性基準に関する共同研究を実施し、その成果はIMO/SLF46（第46回復原性・満載喫水線・漁船安全小委員会）における日蘭共同提案という形で実を結んだ。



写真2 平成14年11月4日MARINと包括的な研究協力協定を締結。握手するGeorge F.M.Remery、MARIN理事長と、中西堯二海上技術安全研究所理事長(いずれも当時)

この共同研究を通じて、小川は世界有数の研究機関のMARINにおいて、所属する研究員達の専門性の広さと機動力の高さや戦略的に研究を実施するその業務体系に大いに刺激を受けた。さらに、先を見越した研究の必要性を実感し、顕在化しつつあった大型船の問題に取り組むことを決意した。この問題に取り組む上で、より定量的に波浪荷重を推定する必要があることを強く認識し、大きな荷重が船体に作用する荒天中での船体運動や波浪荷重をより適切に評価できるプログラムの開発を開始する。

2自由度から6自由度の計算へ

従来から、荒天中での船体運動や波浪荷重を適切に推定するプログラムは、先人達により開発されて広く活用されている。国内では東京大学で開発したT-SLAMや海技研が船舶技術研究所時代に開発したSR-SLAMといったソフトが良く知られている。

しかしながら、これらは、荒天下において船が真正面から波に遭遇する場合に船を縦に曲げようとする波浪荷重を適切に評価することに主眼をおいてモデル化が行われたため、船体運動は主として上下揺れ(ヒービング)と縦揺れ(ピッチング)といった縦運動の2自由度のみを考慮したプログラムであった。

先にも述べたとおり、大型化により、縦荷重だけではなく振り荷重も問題になっていたことや後述するように向波中での不安定な横揺れも問題となっていた。このことから、2自由度のモデルではなく6自由度での計算が可能になるプログラム開発を研究目標とした。



写真3 海上技術安全研究所がオランダMARINと共同実施した復原性試験(大型客船の横風横波中での復原性試験)

物理を勉強した方ならご存知かと思うが、たとえ2自由度であっても6自由度であっても、運動方程式自体を作ることはそれほど難しくはない。しかしながら、方程式で記述された船の運動を計算できるようなプログラムを開発することは必ずしも容易ではない。プログラムを開発するには、様々な解析的手法や数値的な取り扱い、さらにはこれらを的確に表現するプログラミング能力が必要になる。

「一番の難しさは、力の釣りにある。」と開発者の小川は述べる。コンピュータプログラム上で実際の船舶と同じように6自由度の運動を再現するためには、船に作用する波の力や、船体や舵により発生する力を出来る限り忠実に再現する必要がある。しかしながら、現実には何かしらの数理モデル化が必要であり、これが必ずしも実際の現象を完全に表現することが出来ない要因である。この差を如何に巧みに取り扱うかということが、開発の重要な点であった。

このため、プログラムの開発とその検証作業を繰り返し行った。また、自由度も2から6まで段階を踏んで増やしていった。検証結果は段階的に学会等で発表していった。この検証結果に関する論文は、国際ジャーナル(例えば、International Journal of Offshore and Polar Engineering, 2005)に掲載されるなど、手応えを感じながら開発を進めることができた。

Design by RuleからDesign by Analysisへ

開発の方向性が明確になってきた2006年、小川は流体部門から構造部門に異動した。海技研は、これまで以上に課題解決型研究所を目指していた。課

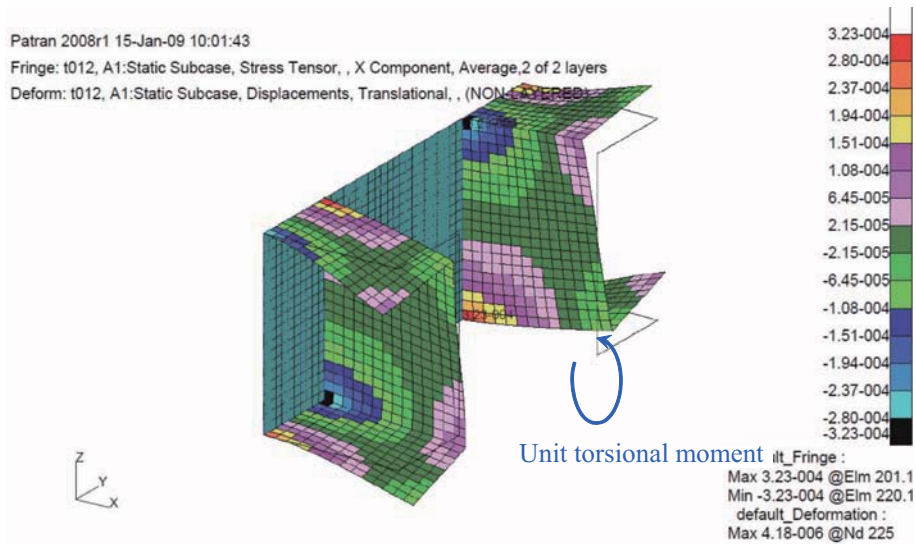


図1 有限要素解析 (FEA) を活用した最新式バックボーン的设计

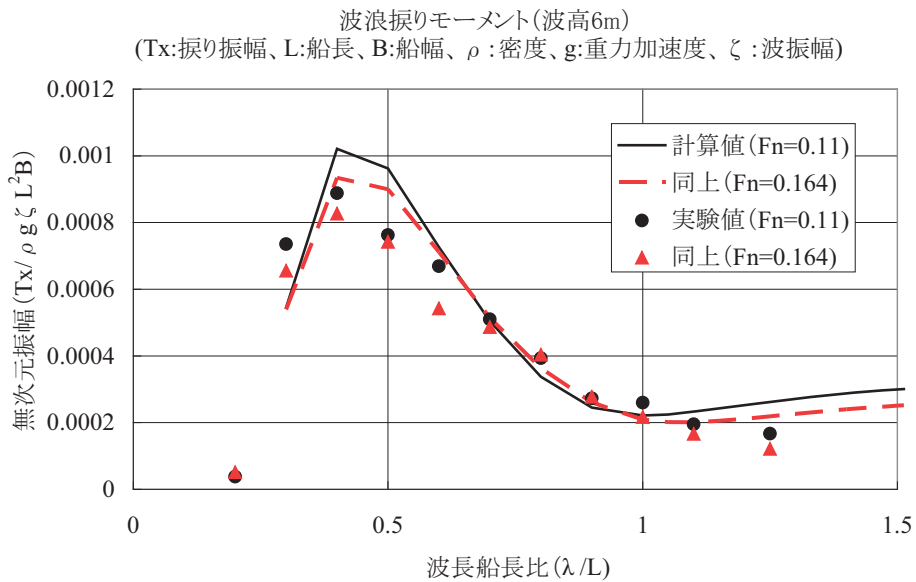


図2 NMRIW による波浪振りモーメントの検証結果例

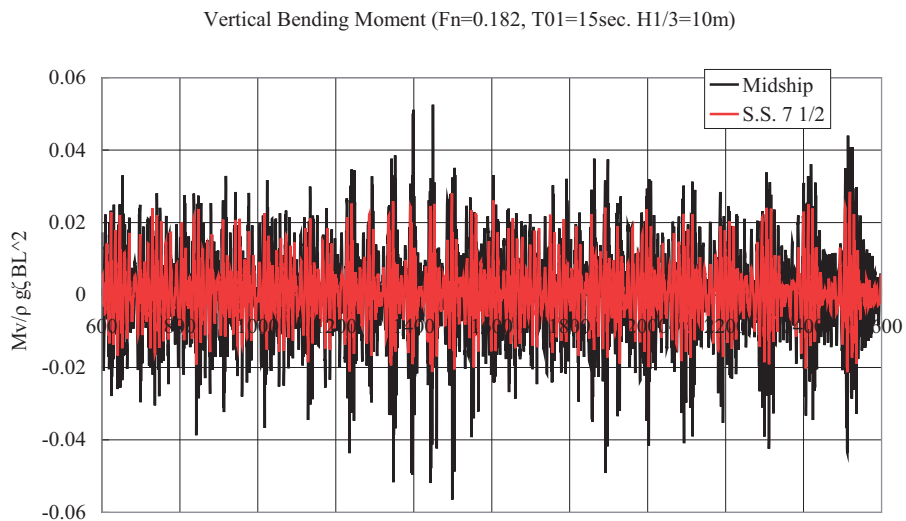


図3 NMRIW による荒天中での波浪縦曲げ振動の計算例(不規則波中)



写真4 最新式バックボーン模型を用いた水槽実験
(海上技術安全研究所海洋水槽)

題解決のために、必要な研究及び研究者とは何かを、常に問うている。

とりわけ、構造強度評価において、荷重と強度評価は表裏一体である。経験則を持たない新形式船や大型船が出現する昨今、荷重推定が従来以上に重みを持つことを海技研は認識していた。小川の流体から構造への異動は、従来分かれて研究していた流体と構造の研究者を一緒に研究させることで、より有機的な研究成果を出すことが目的の一つであった。

船舶工学の分野では古くより、デザイン by ルール (規則に基づく設計) から、デザイン by アナリシス (解析に基づく設計) へ、という目標がある。安全性確保や環境保全を能動的に実現し、運航実績の少ない船舶の性能を適切に評価するためには、デザイン by アナリシスの考え方は非常に重要である。しかしながら、現状ではこれが完全には実現できていないと考えられる。実現に向けて克服すべき課題の一つは、波による船の運動及び荷重と船の安全性能を明らかにすることである。このためにも、荷重から強度評価まで俯瞰的に研究することはとても重要である。

高精度の模型船でプログラムを検証

NMRIWの開発において、とりわけ力を入れたのが、振り荷重と船体曲げ振動の検証である。荒天中では船体が激しく運動するため船首フレア部や船尾部を波面に強く打ち付ける。前者をバウフレアスラミング、後者を船尾スラミングという。このスラミング現象によって船体には波浪衝撃が発生する。

大型化したコンテナ船は、広い船首フレアと長く

「パラメトリック横揺れ」

パラメトリック横揺れは、コンテナ船のようなやせ形の船舶の復原力が波浪の中で大きく変動することにより引き起こされる横揺れ。

写真は、海技研の水槽で模型船を使って再現したパラメトリック横揺れ。



復原力: 大きい
(船の中央が波の谷に乗る)

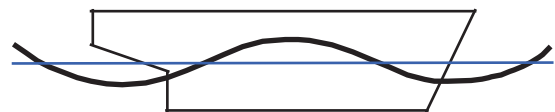


復原力: 小さい
(船の中央が波の山に乗る)



復原力: 大きい
(船の中央が波の谷に乗る)

— 船が静止している場合の水面
— 波の中での船と水面の交線
(波の山が船体中央部にある場合)



波の中での水線面の変化

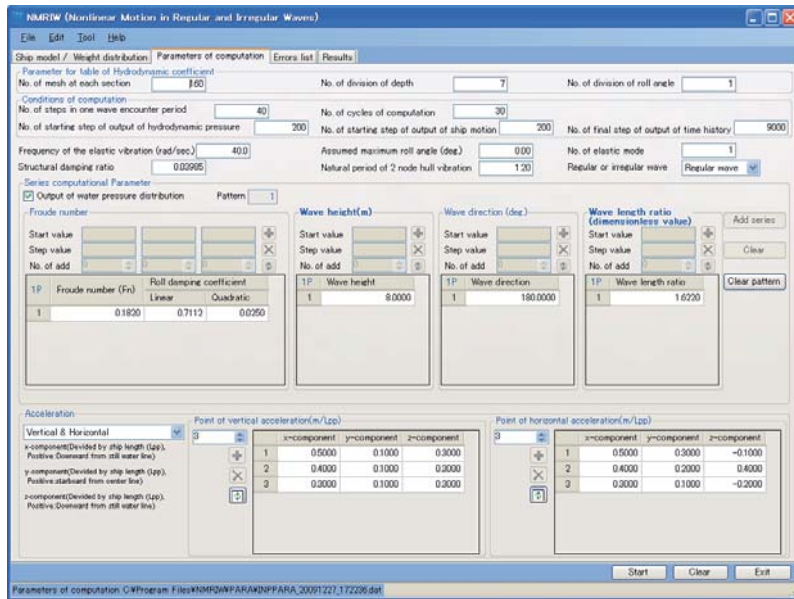


図4 NMRIWの計算条件入力画面

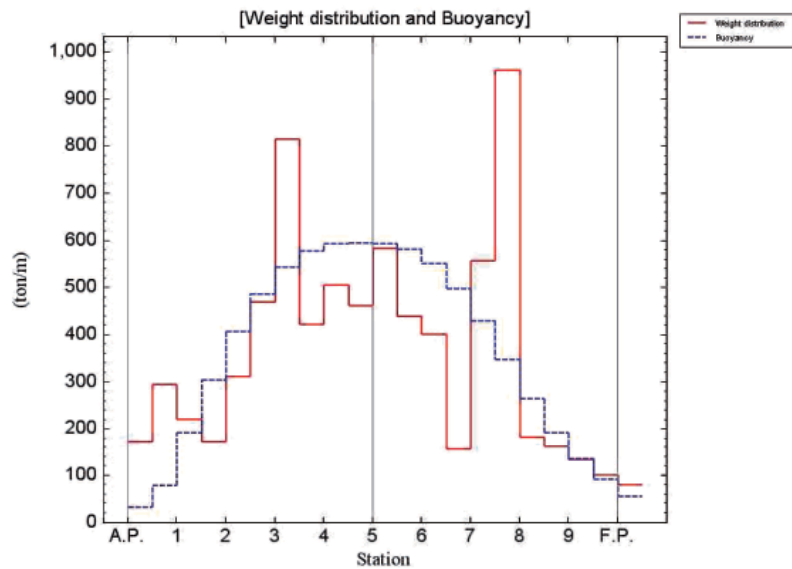


図5 NMRIWの重量分布の入力確認画面

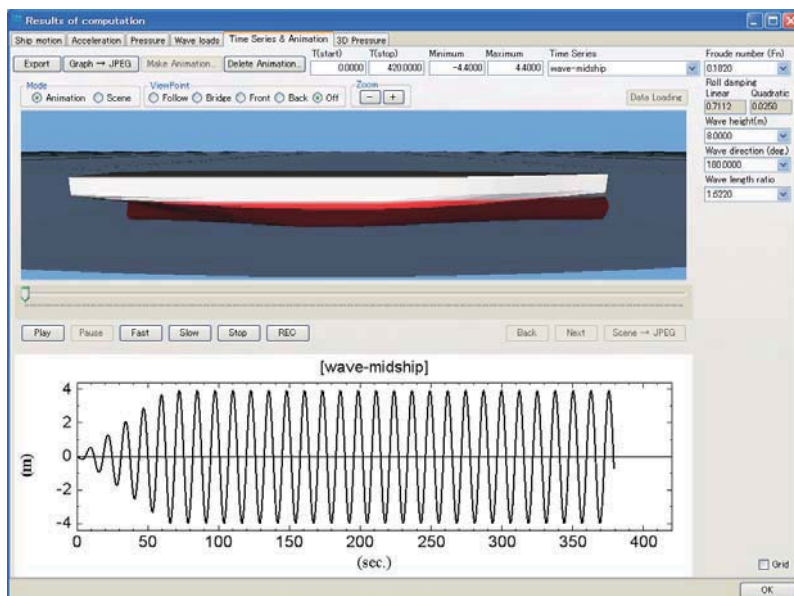


図6 NMRIWによる計算結果のアニメーション表示機能

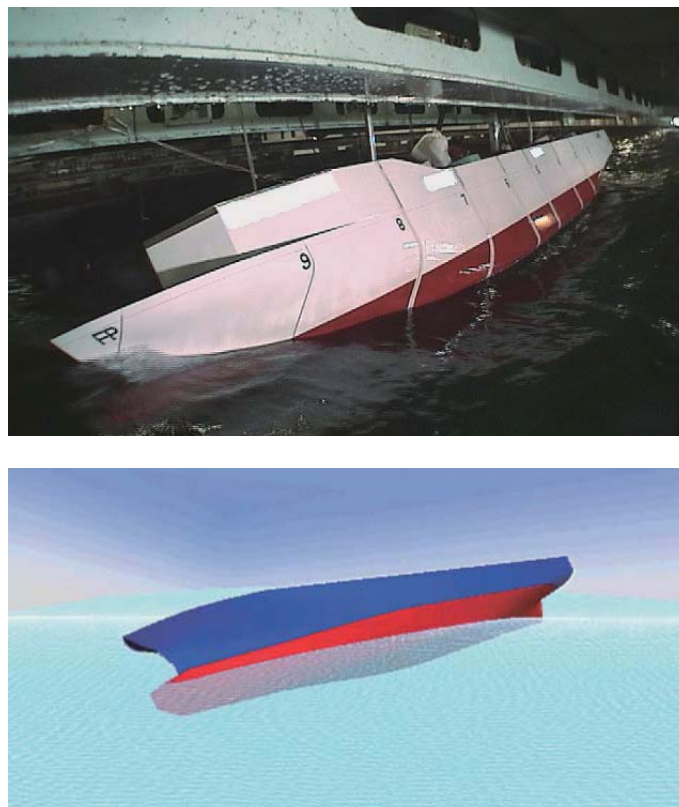


図7 NMRIWによるパラメトリック横揺れの推定(上:水槽実験、下:NMRIWによる計算)

突き出た船尾部を有するため、スラミングによる波浪衝撃が一層顕著になる。この波浪衝撃は、船体の曲げ振動の起振力となる。曲げ振動は船体全体の強度だけでなく、船体の疲労強度にも影響を及ぼすと考えられているため、大型船の疲労強度と曲げ振動の関係には関心が高まっている。

さらに、船体の大型化にともない、振り荷重が強度に及ぼす影響は大きくなると予想されているものの、従来の技術では計算及び水槽試験による計測ともに技術的に困難であった。

NMRIWにより高度化を図った計算手法の検証には、高精度の水槽試験が必要であった。このため、独自に開発したバックボーンモデル（注1）の模型船を用いて水槽試験を実施した。精緻に曲げ振動や振り荷重を計測するためのバックボーンは、構造系構造基準研究グループ岡正義主任研究員が設計した。模型船の設計では、有限要素法解析も活用し、可能な限り精度を高めた。これまでに構造系で実施した研究の粋を集めた結果であるバックボーンは、設計どおりの性能を発揮し、高いノウハウについての特許も取得できた。

この模型船を使って、水槽試験を繰り返し、検証結果をプログラムにフィードバックしながら、プログラムを改善した。これと同時に広く実用に供するためのグラフィックユーザーインターフェイス (GUI)

も開発し、2009年末に所外に提供できるプログラムとなった。

(注1：バックボーンモデル：模型船を分割し、バックボーンと呼ばれる部材に模型船接続する。この分割部にセンサーを取り付けることで曲げ荷重を計測することが出来る。)

NMRIWのグラフィックユーザーインターフェイス(GUI)機能

NMRIWを外部機関における技術的検討に広くご利用いただくためにはGUIの機能は大変重要であると考えた。このため、NMRIWには様々なGUIを取り付けることで、操作を簡単に行えるように工夫をこらしている。例えば、データ入力時には船型データや計算条件の設定を簡単に行えるようになっている。また、入力データを3D表示等で確認できるようにもした。計算開始前には、船の重量分布や重心位置を計算し、入力データの整合性も確認したうえで、正確な計算を可能にしている。また、計算結果についても、周波数応答関数や荷重分布のグラフ表示や計算結果の時系列やアニメーションを描画できるようにもしている。このような機能を備えたNMRIWは、様々な機関から注目を集めている。

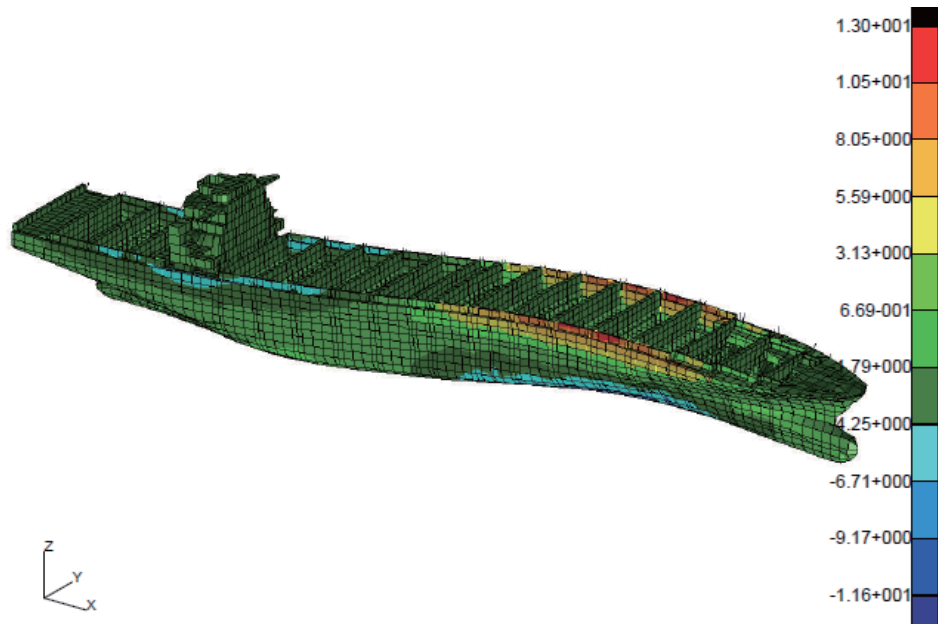


図8 荒天下における全船荷重構造一貫解析の計算例

技術的課題2

パラメトリック横揺れ

ここまでは、波浪荷重と構造強度についての技術的課題について述べたが、NMRIWは耐航性能・波浪荷重評価ツールであり、波浪荷重だけでなく耐航性能や復原性能評価にも活用できる。その一例として、パラメトリック横揺れに関する技術的課題への取り組みを紹介する。

1998年10月下旬、米国のC11クラスと呼ばれる大型コンテナ船（ポストパナマックス・コンテナ船）が、太平洋上に荒天に遭遇した。船体は35～40度の揺れを経験し、積荷のうち数百個のコンテナを喪失し、それ以上のコンテナが損傷を受けた。船長は、嵐の中で操船不能になったと供述している。この事故は、船体の小さな横揺れが増幅して短時間に大きな揺れになったもので、パラメトリック横揺れと呼ばれるものである。

コンテナ船はタンカーやバラ積み船に比べると高速で運航するため、船首、船尾がやせた形になっている。このため、タンカーやバラ積み船に比べると、船体が水面に沈む面は変化が大きくなっている。これに伴い復原力も不安定になる。復原力が不安定になった時に、出会い波周期の約2倍の横揺れ固有周

期が一致するとパラメトリック横揺れが発生する。

パラメトリック横揺れは、古くより追い波中の現象としてよく知られていた。一方、近年の大型コンテナ船では、正面から来る向波中でパラメトリック横揺れが発生したため大きな問題となった。また、大型コンテナ船のパラメトリック横揺れでは、船は転覆しないものの大きな横揺れが発生するために激しいコンテナの荷崩れを引き起こした。

一時期、このような荷崩れ事故が多発したことが、現在国際海事機関（IMO）で審議されている非損傷時復原性コード（ISコード）の見直し作業の契機の一つになっている。現在、安全性を十分に確保した上で、大型コンテナ船のような新形式船の設計に自由度を持たせることができるような合理的な安全基準策定が進みつつある（IMO 第二世代非損傷時復原性基準）。この新基準では、数値シミュレーションも積極的に活用した定量的な安全性評価が求められている。

NMRIWは、この検討においても積極的に活用されている。NMRIWによる正面向波中でのパラメトリック横揺れによる横揺角の発生確率についての計算結果は2010年のIMO/SLF52（第52回IMO復原性・満載喫水線・漁船安全小委員会）での日本の提案文書を技術的に支えている。

今後の活用方策

全船荷重構造一貫解析が重要に

先にも述べた、近年の船舶の大型化及び新形式化やIMOにおけるGBSの導入に伴う基準の技術的背景を説明する責任の増大に伴い、より合理的な構造強度評価が必要となっている。この中で、全船直接強度計算の必要性が増している。

海技研では、NMRIWを更に発展させた全船荷重構造一貫解析ツールNMRI-DESIGNを開発している。このツールは、NMRIWを用いて計算した様々な荒天下での波浪荷重を入力とした全船荷重構造一貫解析を行うことが出来る。

既に、プロトタイプは完成し、様々な検証を行っている。今年4月からの第3期中期計画において、「先進的な荷重・構造一貫性能評価手法の開発及び新構造基準の検討に関する研究」としてこのツールを用いた強度評価技術の研究に鋭意取り組むこととなっている。

操船リスクシミュレーターへの組み込み

NMRIWは実船と同じ6自由度の計算を行うツールであり、操船リスクシミュレーターへ組み込むことで、波浪中での操船を再現するツールとしても活用できる。

これについても、海技研ではプロトタイプを開発している。今後、更なる検証を行うことで、様々な荒天中における操船シミュレーションの実現を目指している。



写真5 操船リスクシミュレーター

大型コンテナ船の脆性亀裂停止設計

(財)日本海事協会では、大型コンテナ船のクラックアレスト設計研究委員会にて、系統的な実験的研究を実施し、大型コンテナ船の脆性クラック(亀裂)アレスト(停止)設計について、指針を2009年に刊行した。海技研も少なからぬ貢献をしたので、その内容について述べる。



吉成 仁志 Hitoshi Yoshinari
生産システム系

脆性、延性、疲労などの各種破壊メカニズムの解明と、その設計への応用
E-mail hitoshi@nmri.go.jp

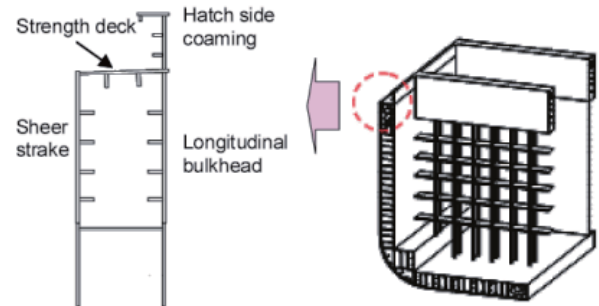


図2 コンテナ船のデッキ構造

はじめに

船舶などの大型構造物における脆性破壊事故は、材料の性能向上や溶接施工の改善によって激減している。しかし、近年、大型コンテナ船の竣工に伴い、新たな危惧が生じてきた。すなわち、図1に示すように、強度・剛性を維持するためコンテナ船の大型化に伴い板厚が大幅に増加してきたのである。

このように70mm超の板厚は、使用実績も少なく、かつ厚板は脆化しやすいという致命的欠点を有する。特に問題になるのがハッチサイドコーミングとデッキの取り合い部である(図2)。委員会では図3に示す2つのシナリオを考え、必要な破壊停止靱性値(破壊に対する抵抗値)の定量化につき検討した。

破壊は、何よりも起こさないことが第一であるが、万が一破壊が発生しても致命的損傷を避けるために、亀裂を停止させる何らかの工夫が必要である。この考え方は損傷許容設計とも呼ばれる。

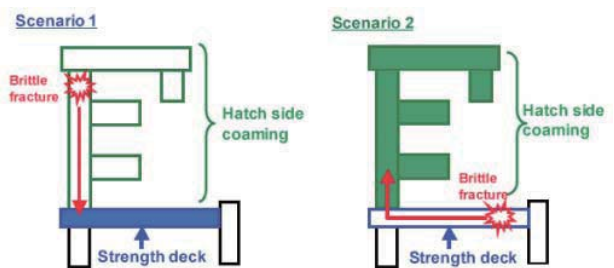


図3 脆性破壊の2つのシナリオ

■要求停止靱性値 K_{ca}

破壊力学では、亀裂の停止のクライテリオン(尺度)として、応力拡大係数 K を用いて議論する。 K は亀裂先端での応力の集中度合いを表すパラメータで、脆性亀裂のように塑性変形が小さいときに有効な量である。停止の条件は、

$$K \leq K_{ca} \quad (1)$$

と書ける。 K_{ca} は、停止靱性値で標準 ESSO 試験で求められ、温度に依存する。さて、実験は、

- 1) 標準試験で K_{ca} の温度依存特性を求める。
- 2) 設計温度 (-10℃) での K_{ca} を求め、設計応力 (257MPa) を負荷した大型モデル試験により、その温度で亀裂が停止するかを確認する。
- 3) 最低限必要な K_{ca} を数体の試験から決定するという手順からなる。

まず、図4は超広幅 ESSO 試験と呼ばれるもので、脆化継手を高速で伝播してきた亀裂が試験板で停止するか否かを判定する。

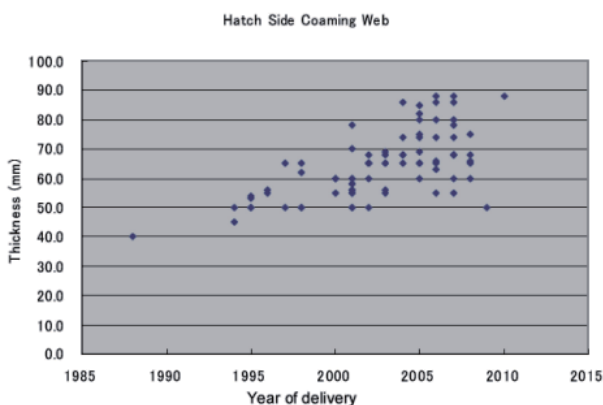


図1 コンテナ船の大型化に伴う板厚の変化

次は、構造を模した棚板式試験で、詳細を図5に示す。さらに、より実体に即した超大型構造モデル試験体を図6に示す。

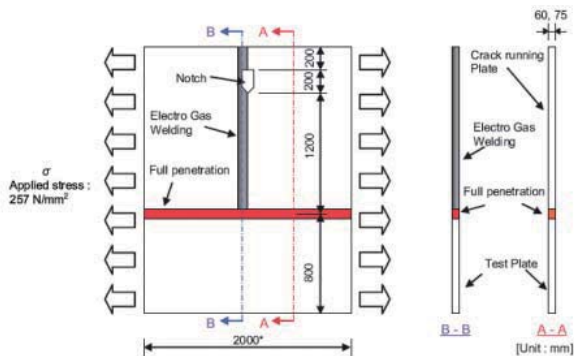


図4 超広幅混成ESSO試験体

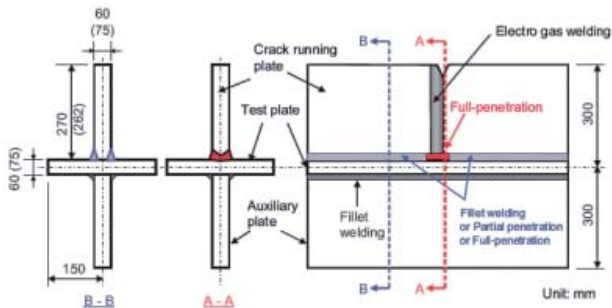


図5 大型構造モデル試験

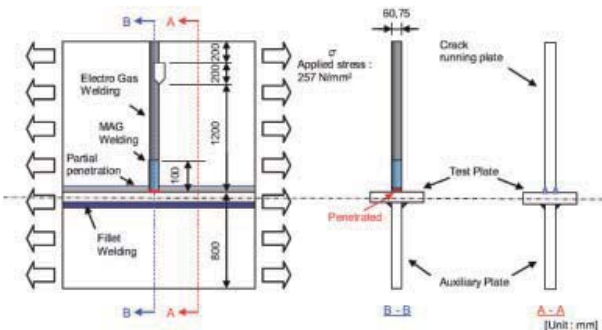


図6 超大型構造モデル試験



図7 構造モデル試験結果の一例

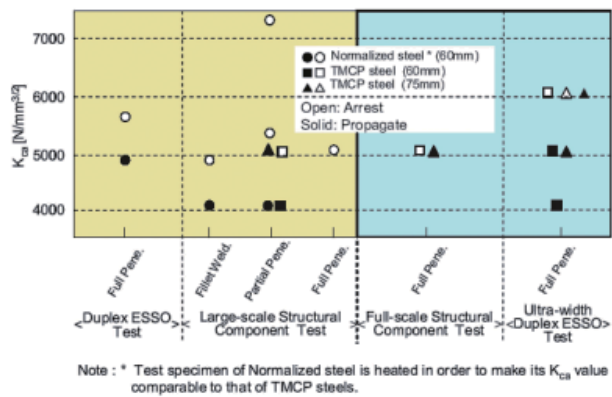


図8 試験結果一覧

■実験結果のまとめ

図7に、構造モデル試験の一例を示す。これはKcaが十分に高くなく、停止しなかったものである。

図8に、全ての試験結果の一覧を示す。これから、ハッチサイドコーミングやデッキに必要なKca値は、ほぼ6,000N/mm³/2あることがわかる。すなわち、極厚鋼板であっても、亀裂を停止させるためには、標準ESSO試験で、6,000 N/mm³/2の性能が保証されれば、亀裂は停止することになる。

■バットシフト量

コンテナ船の構造上、さらに検討しておくべきは、伝播してきた脆性亀裂を母材に突入させる必要があることである。このため「亀裂が伝播してきた部材の突合せ溶接継手」と「亀裂が突入しようとする部材の突合せ溶接継手」は一定の距離以上離す必要がある。(バットシフト：図9) そのため、海技研では、2次元脆性亀裂伝播シミュレーションモデルを開発し、バットシフト量の定量化に取り組んだ。

モデルは2次元であるため、ハッチサイドコーミングとアッパーデッキの部分を開いた形にし、シフト量を変えた計算を系統的に実施した。溶接残留応力、継手部の低靱性なども考慮している。

これらの計算結果によって、シフト量が300mm以上あれば、亀裂は継手に乗り移ることはない。図10は計算の一例である。

クラックアレスター設計指針

以上をまとめると、大型コンテナ船の脆性亀裂停止要件は図11のようになる。

すなわち、

- 1) 停止靱性は、6,000N/mm³/2以上であること
- 2) バットシフト量は300mm以上であること

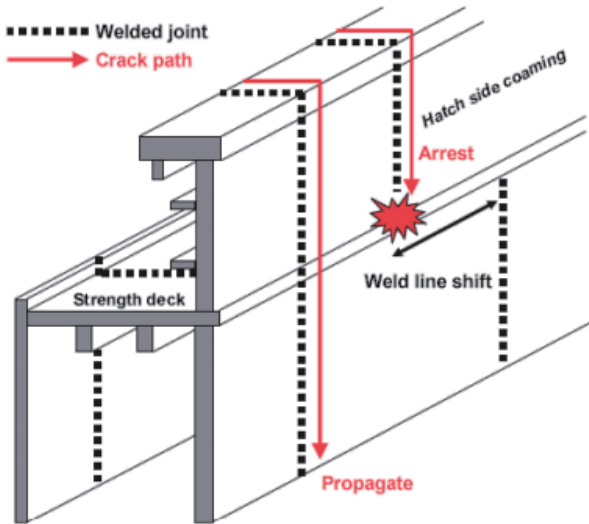


図9 バットシフトの概念

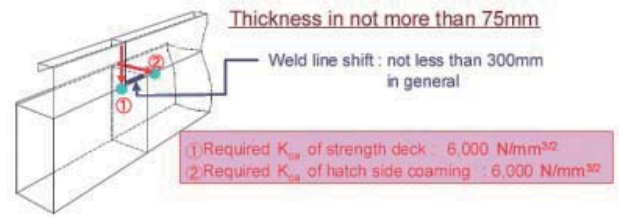


図11 アレスト設計

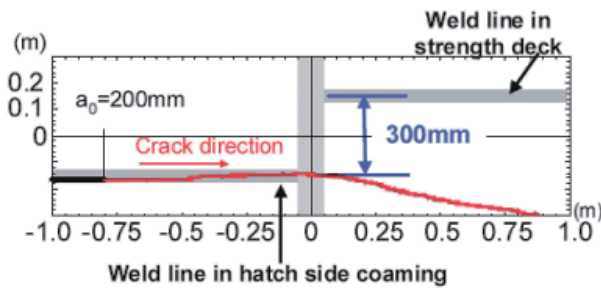


図10 亀裂伝播経路の一例

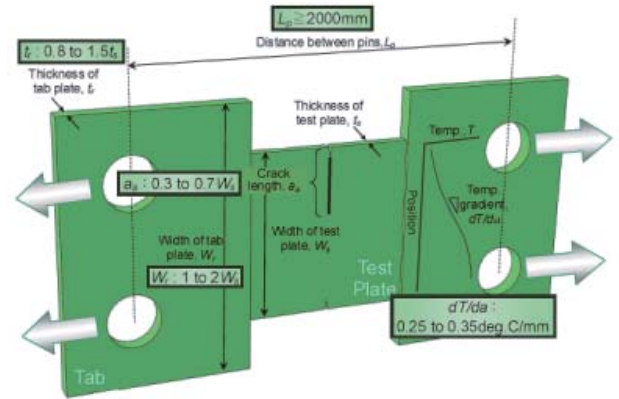


図12 脆性亀裂伝播停止靱性 Kca 試験方法計

いて、世界で初めて明確な機能要件と具体的要件を規定したものである。これに、海技研が少なからず貢献できたことを感謝する。

■標準 ESO 試験要領

指針では、代表的な脆性亀裂アレスト設計の要として、最小脆性亀裂伝播停止靱性値（Kca 値）を規定している。そこで、要求される Kca 値を有する材料を選定することが必要となるが、Kca 値を評価する試験方法として標準化された試験方法が存在しない。そこで、タブ板厚さ、タブ板幅、ピン間距離、試験温度勾配等の種々の試験条件の変化の試験結果（Kca 値）への影響について実験的に検討した。これらの結果を基に、異なる試験機関であっても共通の試験結果が得られ

るように試験方法を標準化し、「脆性亀裂伝播停止靱性 Kca 試験方法」を作成した。

図12に同試験法の概要を示す

おわりに

本稿では、日本海事協会脆性亀裂アレスト設計研究委員会が取りまとめた「脆性亀裂アレスト設計指針」について、その概要を紹介した。

同指針は、これまで船体構造設計において明確な形では規定されていなかった脆性亀裂伝播停止につ

船体構造における疲労設計の質的向上を目指して

船体の構造設計では有限要素法 (FEM) の利用技術が進化していますが、疲労設計への展開については合理的な安全裕度の設定とその理論的説明など課題が残されており、FEM との接続に留意した疲労計算法の改善努力が持続的に進められています。



川野 始 KAWANO Hajime

構造系・専門研究員

船舶・海洋構造物の構造解析、構造強度安全性評価、材料の疲労・破壊強度診断や損傷調査

kawano@nmri.go.jp

はじめに

船体の設計ルールは重大事故を契機として変わる、と言われます。重大な疲労き裂事故として、1980年代建造の大型タンカー (VLCC) 船側縦通材に生じたき裂損傷が有名です。

高張力鋼を多用した当時の VLCC に共通的に生じた損傷であり (図1参照)、船側縦通材を破断し外板に達して油流出の可能性があっただけに大きな関心を集めました。この損傷を教訓にして、設計荷重に疲労評価のための変動荷重が規定され、また縦通材交差部の応力集中効果を考慮することになりました。

重大な損傷に至らずとも、船体には疲労き裂が生じることがあります (図2)。その場所は、応力集中がある部分ですが、多くの場合は溶接線の端から生じて、ゆっくりと時には何年もかけて成長することが知られています。実験室での再現試験によっても、同様の成長過程が確認できますが (図3)、溶接トウに沿った微小寸法の段階では肉眼では特定することが困難です。

油漏洩や大規模破壊の前兆になるのが疲労き裂です。致命的な事態に至る前に検査・補修が行われるよう疲労設計はなされますが、十分安全で合理的手法とは言い切れない面が残っています。

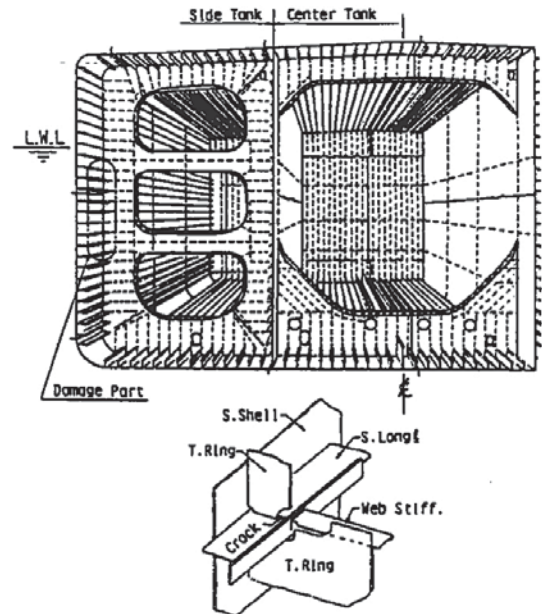


図1 大型タンカー (VLCC) 船側縦通材の疲労損傷

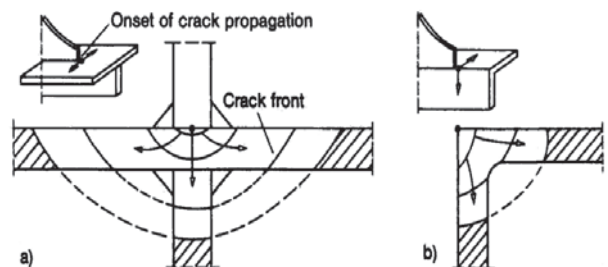


図2 疲労き裂の成長パターン

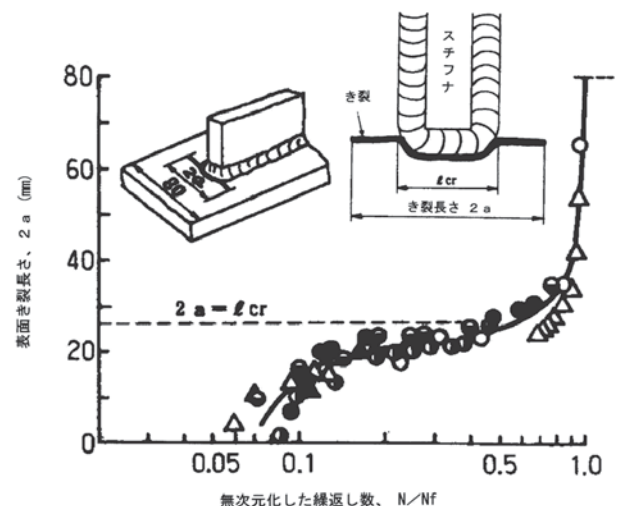


図3 疲労き裂成長の実験データ例

■従来からの疲労強度計算法

構造計算の中核をなす応力計算については、有限要素法(FEM)の長足の進歩により、以前では不可能であった大規模計算が可能となり、詳細部分の応力分布が普通に得られるようになりました。

しかし、あえて言えば梁理論からFEMへと応力計算技術は大進歩しましたが、応力から疲労強度へ繋ぐ手法が古い枠組のまま、寿命推定の質的向上に結実していない、と考えています。

従来からの疲労強度計算には、大別して、疲労SN線図による方法と疲労き裂伝播計算による手法の2つがあります。

前者は、一定繰返し応力下の疲労試験結果を集積したSN線図と、有限要素法(FEM)と長期予測理論により計算される実船部材での遭遇応力(範囲の頻度分布)を組み合わせ、線形損傷則(マイナー則)により寿命推定するものです。この手法は、

現在の船級ルールにも用いられており、梁理論による応力をベースとする場合(公称応力法)と、FEM出力をベースとする場合(ホットスポット法)に大別されます。公称応力法では、図5のように疲労SN線図が継手クラスの種類だけ必要です。

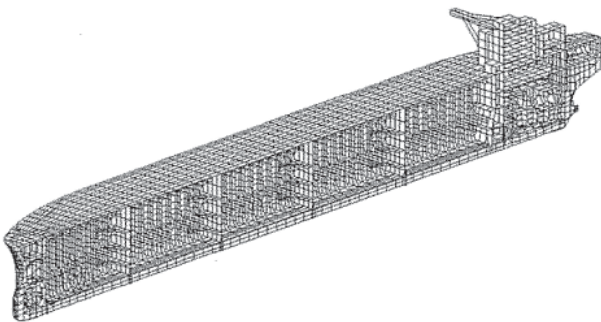


図4 船体FEMモデルの例

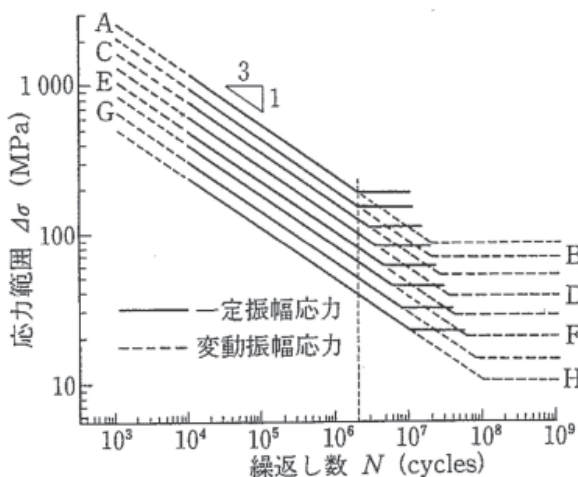


図5 疲労SN線図(設計線図)の例

FEMベース(ホットスポット法)では、SN線図は1本ですが、き裂発生点(ホットスポット)に対応する応力は、FEM出力を外挿して求めるため誤差が大きく、しかも外挿法の理論的根拠が必ずしも明確ではありません。また、SN線図の破断と実機損傷の量的な対応付けが曖昧(疲労被害の限界値)、など手法に潜む不十分さが多くあります。

後者は、き裂伝播速度則(Paris則)を基本式として、周辺境界条件の影響を勘定しながら、数値積分によりき裂寸法と繰返し数(就航年数)の関係を求めるものです。基本的にき裂成長が予想されるパスに沿った応力情報が必要であり、前者より手間と時間がかかります。従って、事故解析や深冷船での安全余裕検証など、限られた場面でのみ、実用化されている状況です。

■新しい疲労強度直接計算法の提案

提案法は、FEM応力計算と疲労き裂伝播の計算手法を繋ぎ合わせたもので、その為に必要となる応力場の理論解を中心に据えたものです。

即ち、新しい疲労計算法では、ホットスポット周りの局部応力(の特異項)は理論解から導かれる、という大前提をおきます。

板表面での応力分布が何らかの手段により決定されれば、同時に板表面以外の全ての応力成分表示が定まる、ということです。

応力場の理論解としては、図7にその境界条件を示しますが、単純で一般性のある半無限板の応力場(Williams解)を想定します。

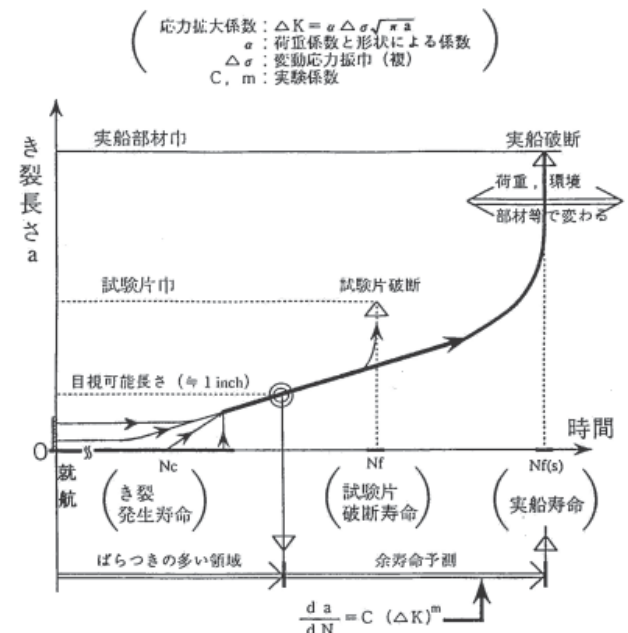


図6 疲労き裂伝播計算の概念図

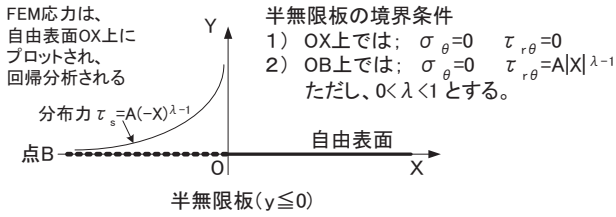


図7 二次元応力場の理論解が満たす境界条件

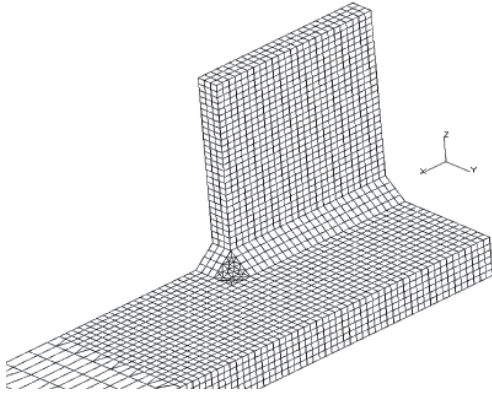


図8 対象とした継手のFEMモデル (1/4対称モデル、図3試験片に同じ)

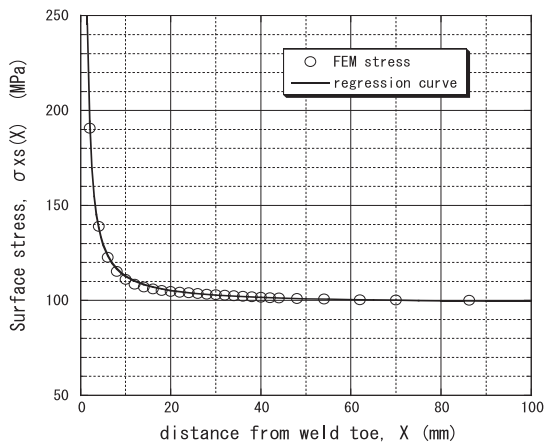


図9 FEM表面応力と回帰式へのcurve fitting

また、表面応力分布を決めるには、ホットスポット周り板表面FEMの応力(離散値)に対して、理論解から導かれる関数形を回帰式とした、(汎用PCソフトによる非線形)カーブフィッティングを実行します。これにより、理論解に含まれる未定定数が定まる訳です。

ホットスポット周りの局部応力場が定まれば、き裂の成長方向は概ね図7における-Y軸方向ですので、-Y軸上の σ_θ 分布を用いて疲労き裂伝播寿命の計算ができます。理論解ベースですから、き裂伝播計算に含まれる積分操作が一部解けるなど、従来のき裂伝播計算よりも簡素化され、エクセル表などで寿命計算できるようになります。

提案手法を、疲労試験データの存在する溶接継手へ試行適用した例について、以下に示します。

対象は基礎継手であり、図3データを採取した試

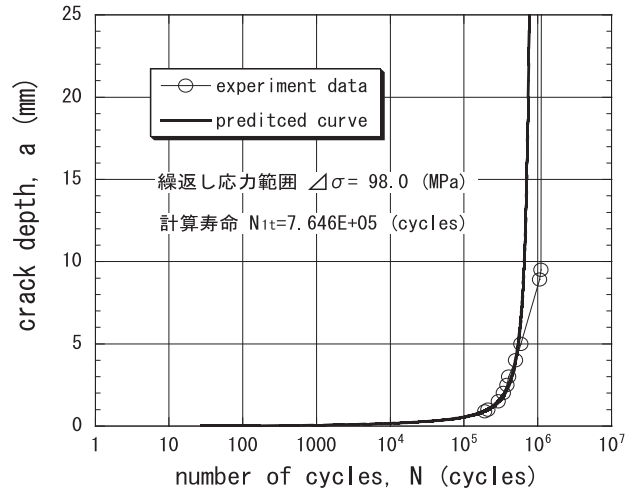


図10 実験でのき裂成長と予測寿命

験片です。FEMモデルは、対称性を利用して1/4体とし、やや粗いソリッド要素でモデル化しています (Fig.8参照)。また、主板の引張り負荷により生じる、ホットスポット周りの板表面応力 σ_{xs} の計算出力を、Fig.9中に○印で示しました。

疲労試験により得られたき裂成長の結果と提案法による予測を比較したものを、Fig.10に示します。図中の○印は、疲労試験でのき裂(深さ)成長データであり、破面の貝殻模様の情報から換算して求めています。

予測値は実験結果に良い対応を示しています。また、予測は図10のようなa vs.N線図として得られますが、従来法との形式を整えるには、例えばき裂深さが主板厚さに達する寿命 N_{1t} (Fig. 10中を参照)などが指標として適当と考えられます。

提案法を用いて、広範な疲労実験データが直接計算によりの確に説明できるかどうか、絶対強度としての疲労強度予測ツールたりうるかどうか、引き続き調査中です。

さいごに

大規模なタンカー油流出事故の反省から、構造基準が体系化され、共通構造規則が構築され改訂が重ねられています。

疲労の設計寿命25年で、最も厳しい北大西洋航路を標準想定とし、応力計算用の鋼材厚さは新造時の値でなく腐食代の半分を消費した状態とすべきこと等々、疲労設計の実務においても今日大きな曲がり角を経つつあります。

ルール改訂がblack box化を助長することにならぬよう、基礎的な技術の持続的発展により、絶対値としての構造安全性の向上がもたらされるよう、今後も注力の所存です。

船用ディーゼル機関から排出される粒子状物質(PM)に関するワークショップを開催しました

三鷹本所で2月23日(水)、「船用ディーゼル機関から排出される粒子状物質(PM)に関するワークショップ」を開催しました。聴講者は130名に達し、PM問題への関心の強さがうかがわれました。

ディーゼル機関から排出される粒子状物質(PM)は、自動車においては既に厳しく規制されていますが、船舶の分野では燃料油中の硫黄分の削減によりPM削減を担保する規制強化が始まったところです。船舶は自動車と比べ硫黄分が高く高沸点炭化水素分を多く含む燃料油を使用しているため、船用ディーゼル機関から排出するPMの成分構成、排出特性等が自動車のそれとは大きく異なります。このため、PMの計測もISO(国際標準化機構)の方法をそのまま適用できません。また、PM対策も自動車とは異なった方法で取り組む必要があります。

海技研は、船舶排ガス中のPMの実態解明と計測手法に関する研究を実施してきました。本ワークショップは、現時点における船舶のPM問題の現状と課題を明らかにし、将来を展望することを目的として開催しました。

ワークショップでは、九州大学総合理工学研究院の高崎講二教授が「船用機関を取り巻く環境問題の全体像とPM問題の現状」と題して基調講演を行いました。

高崎教授は、船舶用ディーゼルエンジンが燃料として使用するHFO(重質油)から排出するPM中の主成分はサルフェート(硫酸分)であるが、SOOT(すす)、SOF(可溶性有機分)もあり、硫黄分規制だけではPM問題は解決しないことを強調しました。さらに、規制が強化されているNO_x対策とPMの関連を解説し、海技研に対し、PMがSCR(脱硝装置)性能に与える影響に関する研究に期待を表明了。

高崎教授の基調講演の後、「PM計測法とPMの性状の解明に関わる研究の最前線」として、それぞれの専門分野の研究者が成果を発表しました。

海技研の大橋厚人主任研究員が、「PM計測実施例と計測技術上の問題」(注)、井亀優グループ長が「PMの性状、組成に及ぼす機関運転条件等の影響」(注)、さらに水産大学校海洋機械工学科の前田和幸教授が「実船におけるPM計測」について、発表しました。

大橋主任研究員は、自動車で事実上の国際標準となっている「全量希釈トンネルを用いた」PM測定は、排気量が多いことから船用ディーゼルエンジンには事実上適用できないことから、それに代わる「マイクロトンネル」を使用する際の捕集性能の評価手法につ



いての研究および実験結果を発表しました。

井亀グループ長は、燃料の硫黄含有率とPM排出率、水和した硫酸分との関係やSOFと燃料油の高沸点分と潤滑油との関係などを、実験データを基に発表しました。そのうえで、今後の海技研の研究として燃焼/排ガスの詳細成分把握、燃焼技術の高度化のための噴霧特性/拡散燃焼の改善、難燃性燃料の対応などの燃焼改善等を計画中であることを発表しました。

水産大学校の前田教授は、水産大学校の練習船2隻、航海訓練所の練習船2隻を用いたPMの実船計測結果を発表しました。これまで実船で精度の高い測定が難しかったのですが、前田教授は「高精度可搬式PM計測システム」を作製し、実船実験を実施し、計測精度が±2%以内という結果を得たことを紹介しました。

PM問題の将来展望について、愛媛大学農学部の若松伸司教授が「大気環境規制の現状と展望」について講演しました。若松教授は、平成21年9月の大気微小粒子(PM_{2.5}:2.5μm以下の粒子)に関する環境基準の設定を受けて、全国で測定・モニタリングの準備が進められていることや、米国環境保護庁(EPA)の新基準を紹介しました。そのうえで、PM_{2.5}大気汚染問題の総合的な対策のため国内及び国際間の研究協力が重要と指摘しました。

講演、研究発表の後、講演者・研究者による総合討論が行われ、PM排出削減に向け活発な意見が交換されました。

注:国土交通省から受託した「船舶排ガス中における粒子状物質の実態解明と計測手法の確立に関する研究」(環境省地球環境保全等試験研究費)として、実施しました。

第3中期計画の重点課題について

平成23年度から5年間の第3中期計画を設定し、基本理念を実現するため、次の4つの重点研究分野を設定しました。

- ・海上輸送の安全の確保
- ・海洋環境の保全
- ・海洋の開発
- ・海上輸送を支える基盤技術開発（海上輸送の高度化）

4分野は、第2期中期計画でも重点研究課題として取り組み、研究成果をあげています。第3中計では、国際的なニーズの高まりを踏まえ研究を深化促進させていきます。

〈海上輸送の安全の確保〉

国際条約等において技術的合理性に欠ける安全規制が導入されてしまうことを避け、真に船舶の安全性向上に資する安全規制体系の構築が求められています。また、大型船舶の衝突、異常波浪による小型船舶の沈没等の海難事故は依然として高い頻度で発生しており、海難事故原因を迅速に解明するとともに、適切な事故再発防止対策の立案とその費用便益効果・社会合理性の検証が求められています。

海技研は、第3期中期計画において以下のような研究を実施し、海難事故の大幅削減と先進的な安全基準の構築への貢献を目指します。

〈海洋環境の保全〉

深刻化する地球環境問題に対応するため、世界的な規模で地球温暖化の防止、大気汚染の防止、海洋生態系被害の防止等が進められています。このため、新たな環境規制の導入、更なる規制の強化が行われるとともに、これら規制等に対応する環境技術開発（グリーン・イノベーション）等に対する社会的要請が極めて高



実海域再現水槽

まっています。これらの社会的要請に対応して、船舶の分野においても船舶からのCO₂、NO_x等の大幅な削減強化に向けた議論が国際的に進められています。

海技研は、第3期中期計画において以下のような研究を実施し、環境インパクトの大幅な低減と社会合理性を兼ね備えた環境規制の実現への貢献を目指すとともに、ゼロエミッション（環境インパクトゼロ）」を目指した基盤的技術の開発を行います。

〈海洋の開発〉

海洋資源・エネルギー開発は我が国の成長を支える基盤であるとともに、資源・エネルギー安全保障等、今後長期にわたり継続する構造問題への有効な解決手段として期待されており、政府の新成長戦略では「海洋資源、海洋再生可能エネルギー等の開発・普及の推進」が掲げられています。一方で、実際の海洋開発は民間での開発リスクが過大であるため、海洋開発推進、海洋産業の育成に向けた国と民間の連携が重要となっています。

海技研は、内外の関係機関の連携のもと、第3期中期計画において以下のような研究を実施し、海洋立国を目指したナショナルプロジェクト・政策への技術的な貢献を目指します。

〈海上輸送を支える基盤技術開発（海洋輸送の高度化）〉

地球環境問題の深刻化、少子高齢化や地域人口の過密化・過疎化の進展、近年の大幅な為替変動による事業環境の悪化等の社会環境の変化が進む中、我が国経済の持続的発展を図るため、その基盤を支えている海上物流の効率化、海上輸送システムを含む物流システムの総合的な改善、海事産業の競争力の強化が求められています。

海技研は、第3期中期計画において、海上輸送を支える造船、海運、物流分野の基盤的技術開発を実施し、海上物流政策支援、海上輸送の新たなニーズへの対応を行います。

中期計画とは：

5年を期間として国土交通大臣から海技研に示される「中期目標」、中期目標を達成するため海技研が作成し国土交通大臣の認可を受ける「中期計画」により、業務運営を中期的に実施することとなっています。

2010年度で第2期中期目標・中期計画が終了し、2011年4月から第3期中期目標・中期計画（2011年度～2016年度）が始まりました。

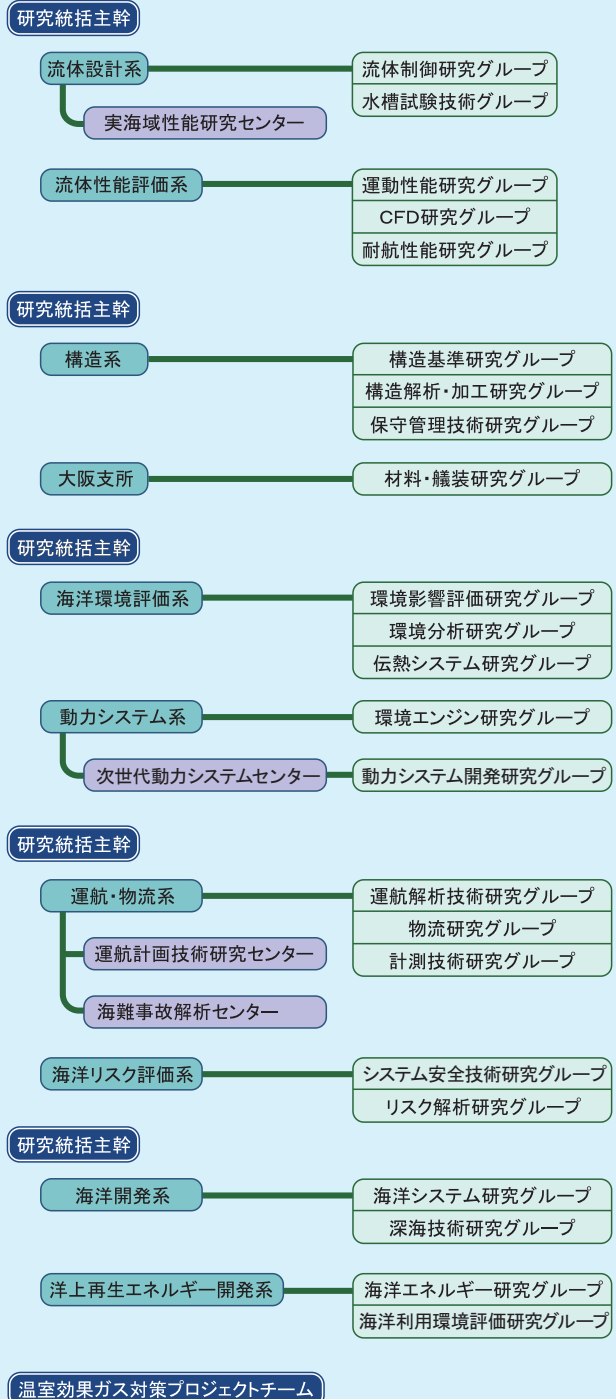
第3中期計画に向け新組織でスタート

第3期中期計画（平成23年度～27年度）において定める重点研究の実施に対応した研究体制とするとともに、外部連携、成果の普及、独法見直し基本方針等を踏まえた民間等ではできない研究への特化、大阪支所の三鷹本所への統合による廃止の検討に対応するため、組織改正を4月1日付で実施しました。

主な改正内容

- (1) 研究系の改廃、プロジェクトチームの廃止等
 - ・海洋分野では海洋資源開発及び洋上再生エネルギー開発の2本立てで技術支援を行う等、研究業務の増加に対応するため、海洋開発系を分割し、新たに洋上再生エネルギー開発系を設置。
 - ・大阪支所統合を見据え、研究統括主幹（構造系、生産システム系）を研究統括主幹（構造系、大阪支所）に変更。
 - ・海上安全イニシアティブプロジェクトチームの成果を運航・物流系が引継ぐ。
 - ・基盤技術プロジェクトチームは、運航・物流系の研究グループとする。
- (2) 研究センター及び研究グループ等の新設・改廃
 - ・実海域運航性能評価手法の開発のため、海の10モードセンターを発展的に解消し、実海域性能研究センターを新設。
 - ・水槽試験技術の集中化と技能伝承のため、水槽試験技術グループを流体設計系に移管し、要員を集中配置。
 - ・海難事故対策を常設の組織で恒常的に対応するため、流体性能評価系に耐航性能研究グループを新設等。

23年4月1日以降の研究組織



世界で唯一の銅精鉱兼濃硫酸輸送新造船 “MAR CAMINO”

世界で唯一の銅精鉱兼濃硫酸輸送新造船の“MAR CAMINO”。往路で濃硫酸を、復路で銅精鉱というまったく異なった貨物を輸送する兼用船という専用船です。往復航の貨物が決まっており、バラスト航海が無く高い経済性を有する本船は、バルクキャリアとケミカルタンカーの両方の装備が必要です。

今治造船丸亀事業本部 技術企画チーム

はじめに

本船は愛媛県に有る今治造船の本社工場で建造しました51,500 M.T.の銅精鉱兼濃硫酸輸送船で、平成22年9月13日に引き渡しました。

今では珍しくなった兼用船のコンセプトを持つ理由はその航路にあります。日本の銅製錬業界にとってチリ国は原料となる銅精鉱の主要調達先であり、また、銅精錬での副産物である濃硫酸の主要販売先でも有ります。

この点に着目し日本とチリ間の往航・復航それぞれ異なる貨物を同じ船で輸送することにより、バラスト航海を無くし、常に貨物を運ぶ高い経済性を実現しています。

銅精鉱と濃硫酸といった全く異なる貨物の組み合わせと、濃硫酸のその特異な性状の対策を要することから通常のバルクキャリアやケミカルタンカーとは異なる構造や設備を持つ船となりました。

■本船の積み荷 銅精鉱と濃硫酸

銅精鉱とはチリ国にて、銅を含んだ鉱石を粉碎・選鉱したもので、鉄分や硫黄分などの不純物を含んだ粉末状の鉱物です。

一方、硫酸は規則上ケミカルに分類され、本船は



写真2 艙内の銅精鉱



写真1 MAR CAMINO



写真3 濃硫酸サンプル

船籍国	MARSHALL ISLANDS
船級	NK
全長	189.95 m
型幅	32.26 m
型深さ	17.90 m
満載喫水	12.638 m
総トン数	30,454
主機関	6S50MC-C
連続最大出力	9,480 kW
航海速力	15.0 knots

表1 主要目

濃度が98%程度の濃硫酸を積載します。硫酸といえば劇薬として有名ですが、腐食の観点からは濃度50%程度が最も反応しやすく、濃度が高くなるとかえって反応しにくくなる性質を持っています。従ってカーゴタンク壁や梯子は全て無塗装の鉄としています。また濃硫酸は非可燃性液体ですので、発火の危険性が有りません。

■重要な水分の除去

これだけだと意外と扱い易い液体のようですが、水の存在が曲者となります。硫酸は大量の水に対しては溶けますが、逆に大量の硫酸に水を加えると強く反応します。これは親水性が高い為で、ひいては空気中の水分を取り込んで自ら希硫酸に近づこうとします。従ってタンク内で空気に触れる部分は濃度が下がり易く、接触するタンク壁などの鉄と反応が進むと硫化鉄と水素を生成します。この反応によって部材の板厚は薄くなり、強度が下がることとなります。

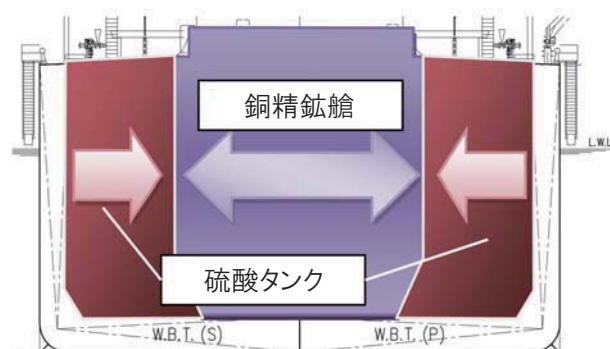


図1 中央断面図

また生成される硫化鉄はバルブの固着や配管の詰りを招き、水素は発火の危険性が高い気体です。金属容器である限りその反応を止めることは難しく、反応の進み具合を遅らせるために本船のカーゴタンクには、水分を出来るだけ除去した乾燥空気を送り込む装置を設備しています。

また、本船の運航にバラスト航海は有りませんが、姿勢制御用のバラスト海水の積載は必要です。規則にて水と濃硫酸の非接触対策が要求されており、硫酸タンク周囲は空所、又は、隣接するバラストタンクは空の状態でご本船の姿勢を制御可能な区画配置としています。

■中心に固体貨物艙、サイドに硫酸

船首楼、及び、船尾に居住区を持った平甲板船で、ばら積み固体貨物艙と濃硫酸のタンク配置は船体中心線上に貨物艙を5艙、その船側に硫酸タンクを両舷で合計6タンク配置しています。

貨物艙には銅精鉱だけでなく、多種多様なばら積み固体貨物の積載も可能となるような消防用設備などの対応を行っています。それらばら積み固体貨物は貨物艙上に配置されたハッチカバーを通じ荷役されます。各ハッチカバー間に4基のデッキクレーンを装備しており、荷役設備の無い港湾でもばら積み固体貨物の荷役が可能です。

濃硫酸は上甲板上の船体中央部付近に配置されたマニフォールドを通じて荷役されます。濃硫酸荷揚げ用ポンプはステンレス製のサブマージドポンプを採用し、ポンプルームを無くすことによる貨物エリアの容積増大を計っています。濃硫酸タンクの液面計は、非接触計測であるレーダー式としています。

銅精鉱・濃硫酸いずれも比重が1.8程度で、往航の銅精鉱積みの場合は濃硫酸タンクが空、復航の濃硫酸積みの場合は銅精鉱艙が空、往航の濃硫酸積みの場合は銅精鉱艙が空、復航の銅精鉱積みの場合は濃硫酸タンクが空となります。貨物艙とタンクの間仕

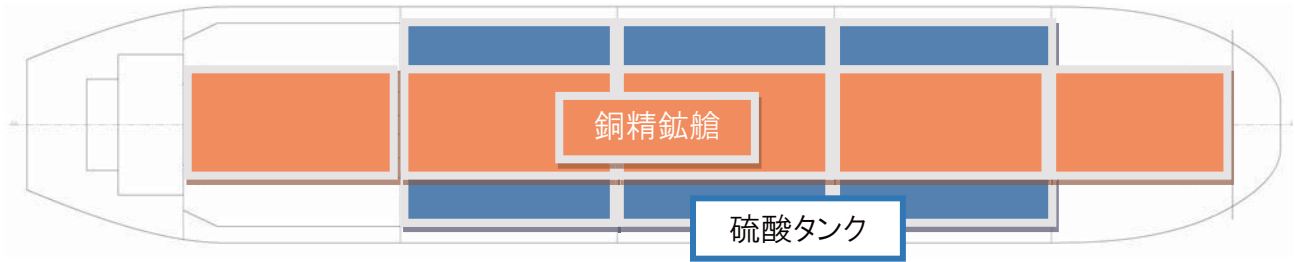


図2 貨物艙とタンク配置

切り壁には常に片側からの荷重（図1）となるため、その対策には多くの検討時間を要しました。

■艙装品配置・配管を詳細に検討

また、上甲板には貨物艙のハッチカバーやクレーン、濃硫酸のカーゴポンプ、荷役・通風配管が配置されるためにバルクとタンカーの双方を合わせた艙装品を配置する必要があります。従って、計画初期の段階からバルクとタンカーそれぞれの荷役を考慮した精度の高い配置図面を作成し、それを基に船主殿と打合せを繰り返して検討を行うことで詳細設計段階での後戻り作業が発生しないようにしました。特に濃硫酸配管については配管内に溜まりが出来ることと硫化鉄の発生を促すため、配管の経路はシンプル且つ上下しないように注意しました。

チリでは波避け堤防の無い太平洋に面した離棧バースが多く、波やうねりの影響を直接受けやすいため、同サイズのバルク船と比べるとスプリングライン用のウインチを船首尾に追加しており、係船力を強化しています。

■本船の概要

船首楼、及び、船尾に居住区を持った平甲板船で、ばら積み固体貨物艙と濃硫酸のタンク配置は船体中心線上に貨物艙を5艙、その船側に硫酸タンクを両舷で合計6タンク配置しています。

さいごに

往復航の貨物と輸送経路がほぼ決まっており、バラ航航海を必要としないので、単純計算として一般運航形態船の半分の燃料消費であり、CO2排出が削減され非常に環境に優しい船となっています。

兼用船は過去多数建造され現在では減少していますが、船舶に汎用性が求められる一方で環境意識が高い昨今においては、本船の様な専用船の存在価値は非常に高いと言えます。

本船はバルクとケミカルの両規則に対応していますが、両規則に当てはまらない（規則対応していない）部分の対応も必要とし、建造においては船主殿、船籍国殿関係各所、並びに船級殿に大変お世話になりました。この場を借りて厚く御礼を申し上げますとともに、本船の今後の航海の安全と活躍を心から祈念いたします。

Zペラの紹介と最近の取り組み

新潟原動機株式会社

技術センター ZP 設計グループ 南家 芳樹

はじめに

新潟原動機の前身である新潟鐵工所が開発したZペラは、1969年に初号機を納入してから40余年間に、国内のみならず海外へも拡販され、今日までに生産累計3200台を超えた当社のヒット商品の一つである。

ここではZペラの紹介と当社の最近の取り組みについて紹介する。

■製品紹介とこれまでの歩み

Zペラは商品名である。一般名称はZ形推進装置、全旋回式推進装置あるいはアジマススラスタとも言われている。コルトノズル付プロペラの推力方向を360度全方向に自由に変えられる構造を持ち、通常の舵を必要としない推進装置である。

Z形推進装置は、1950年にドイツで初めて開発された。当社は1969年(昭和44年)ハーバータグ用に、1000PSのZペラ(型式ZP-2)を開発した。Zペラを2台装備(写真1)することで操船性能(前後進、緊急停止、一点旋回、横すべり移動など)が格段に向上するので、タグボートの作業には最適な推進装置といえる。

Z形推進装置は、プロペラを回す動力伝達部とノズルを360度の全方向に変える旋回部で構成されている。装置の内部は潤滑油で満たされているが、上部のギヤ歯面及び軸受は、本体付の潤滑油ポンプで強制潤滑されている。また、潤滑油が海水中に漏れないように回転部分にはシールが組み込まれている。



写真1. Zペラ搭載タグの船尾部



写真2. Zペラを搭載したタグボート

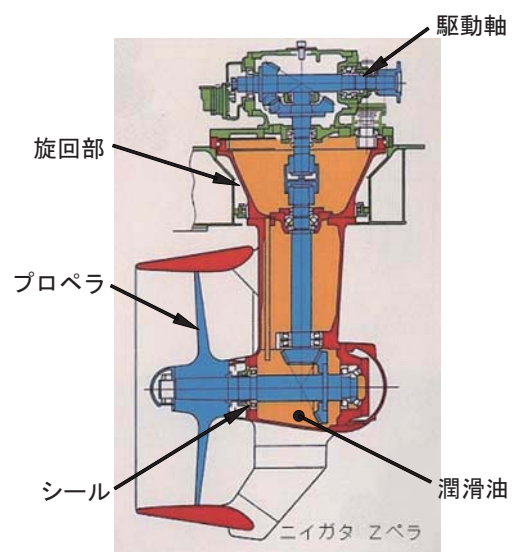


図1. Zペラの断面図

■タグボート以外の市場

イタグボート用推進器のイメージが強いZペラだが、タグボート以外に、サプライボート、浚渫船、観光船及びフェリーなどへも多く採用され、近年その数は増加傾向にある。その理由は、離着岸時や作業時などの操船性を求められるもの、DPS(注1)制御への適用を求められるものなど様々なのである。

注1) DPSとは、Dynamic Positioning Systemの略で、日本語では自動船体位置制御装置と呼ばれる。DPSは、GPS(衛星による全地球測位システム)や陸上からの位置の信号及び波浪・風の影響をセンサにて感知して、一定の位置(緯度/経度)及び方位に船を維持するシステムである。DP制御中は、一定の船体姿勢を保つ為、バウスラスト、主機、舵(アジマスラスト)、プロペラ(CPP)等を自動制御している。また、保持位置を変更する為にJOY-STICKが装備されている。



写真3. (上) サプライボート (下) フェリー

■性能向上への取り組み

①新型ノズル及びプロペラによる曳航力向上

タグボートの性能の代名詞とも云えるボラードブル(静止推力)向上のため、新型ノズル及びプロペラ等の開発に取り組み、水槽試験ベースで5.5%の改善、更にPBCF(Propeller Boss Cap Fin)の採用なども合わせて実施し、3000PSのZペラ2軸でボラードブル80トンを達成することができた。そのZペラの外形を図2に示す。2008年から現在製造中分も含めて29隻の実績がある。

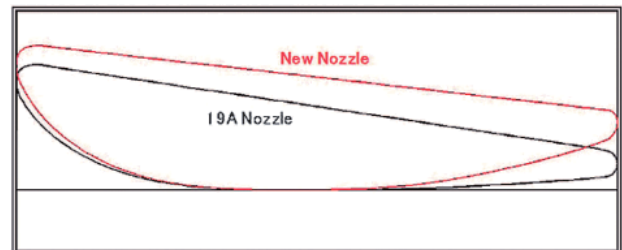


図2. Zペラ 新型ノズル外形図



写真4.

②大型推進器の開発(ZP-51CP)

オフショア市場の大型化に応えるべく静止推力100トン超の推進器ZP-51CPの初号機を現在製作中である。

既に4隻8台の受注があり、来年度出荷、再来年度に据付、海上運転及び引渡しの予定で進んでいる。タグボート及びサプライボートが主な用途となると予想される。

定格入力馬力	3,089 kW
定格入力回転数	750 min ⁻¹
プロペラ直径	3,200 mm
静止推力	105 トン

③二重反転(CRP)

2006年に海外まき網漁船に搭載された電動モータ駆動のラダー付二重反転推進装置ZP-41RPを紹介する。

主推進装置はペラ直径 3600 mm の可変ピッチプロペラで、ZP-41RP はペラ直径2800mm可変電動モータで駆動される。

このZP-41RP は、二重反転による省エネ効果、単独でも航行ができる冗長性による安全性に加え、舵をスラストとして使用可能なことによる操船性の向上が高く評価され、日本マリンエンジニアリング学会によって船用機関・機器に関連するマリンエンジニアリング分野の優れた技術に対して授与される第3回マリンエンジニアリング・オブ・ザ・イヤー・2006に選ばれた。

海上運転でのCRP効果確認後も、更なる燃料消費量低減のため、負荷変動幅低減やスラスタモードと称するZP-41RP単独運転時の旋回速度アップによる操船性向上などの改良を加え、現在好評に稼働している。CRPの省エネ効果と高い操船性を兼ね備えたこの技術をフェリーや内航船にも展開すべく準備中である。



写真5. 二重反転推進装置

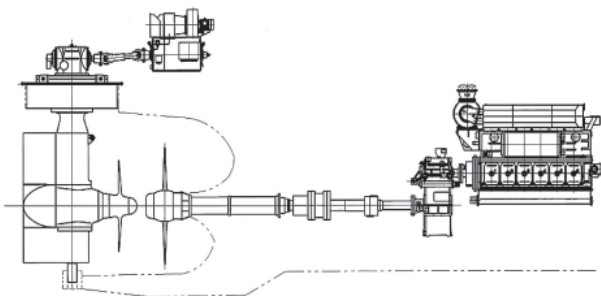


図3. CRP軸系の配置

■将来への取り組み

世間では温室効果ガス削減や省エネが声高に語られ、自動車や家電製品に止まらず建設機械などの産業機器も大きな変化を遂げつつある。

当社も電気推進やハイブリッドなどの電動化に取り組んでおり着実に対応していく。本年度に初号機を納入予定の電気旋回システム（油圧レスでのZペラ旋回システム）もその一環で開発したものである。

また、ダクトプロペラという優れたシステムの更なる性能向上のためにタンクテストなど地道な努力も継続していく。当社の努力不足もあるのかダクトプロペラは特定の船に用いる製品との認識も一部にあるようだが、その可能性は特に国内においてはまだ発展途上であると考えている。

当社はZペラだけでなく、エンジンからコントロールシステムまで一貫した開発・生産を行っている会社である。独自の技術とハード及びソフトを含めた自力生産にこだわりながら日本国内のみならず海外も含めて舶用の世界に今後も貢献していきたい。

ベン ガン BENGANG		Ore Carrier 鉱石運搬船	
建造所 Builder	ユニバーサル造船株式会社 津事業所		
船主 Owner	IERICA NAVIGATION S.A.		
運航者 Operator			
国籍 Liberia	船番	123	
起工年月日 Keel laid			
進水年月日 Launched			
竣工年月日 Delivered	2011/3/16		
船級等 Class	NK		
航行区域 Nav. Area	Ocean Going		
全長 L _{oa}	327.00 m		
垂線間長 L _{sp}	318.00 m		
型幅 Breadth	55.00 m		
型深 Depth	29.25 m		
満載喫水(計画) Draft (d _{mid} (design))			
満載喫水(夏期) Draft (d _{ext})	21.430 m		
総トン数(国際) GT	151,094 T		
純トン数 NT	53,787 T	載貨重量(計画) Deadweight	載貨重量(夏期) Deadweight 297,171 t
貨物艙容積(グレーン) Cargo Hold Capacity (Grain) m ³		燃料油槽 Fuel Oil Tank	清水槽(含む、飲料水) Fresh Water Tank
試運転最大速力 Max. Trial Speed		航海速力 Sea Speed 14.5 kn	航続距離 Endurance
燃料消費量 Fuel Consumption		主機関 メーカー形式×基数 Main Engine	MAN-B&W 6S80MC-C × 1
出力(連続最大)kW×min ⁻¹ Output (M.C.R.)	22,700×76	出力(常用)kW×min ⁻¹ Output (N.O.R.)	19,300 × 72 min.-1
プロペラ 翼数×軸数 Propeller		プロペラの種類 (CPP etc.)	SOLID KEYLESS TYPE 主補汽缶 形式×台数 Main Aux. Boiler
発電機 Electric Generator	原動機(メーカー形式×出力×台数) Engine 発電機(メーカー形式×出力×台数) Generator		
船型 Type of Ship	Flush Decker with Forecastle, Aft Bridge and Aft Engine	乗組員数 Officer & Crew No.	25
同型船 Same Ship	106		
特記事項	SURF-BULB, SSD, AX-BOW		



天秀丸 TENSHU MARU		Bulk Carrier ばら積運搬船	
建造所 Builder	ツネイシハビーインダストリーズ(セブ)		
船主 Owner	CHIJIN SHIPPING S.A.		
運航者 Operator			
国籍 PANAMA	船番	SC185	
起工年月日 Keel laid	2010.3.3		
進水年月日 Launched	2010.7.29		
竣工年月日 Delivered	2010.11.10		
船級等 Class	NK		
航行区域 Nav. Area	Ocean Going		
全長 L _{oa}	291.90 m		
垂線間長 L _{sp}	286.90 m		
型幅 Breadth	45.00 m		
型深 Depth	24.50 m		
満載喫水(計画) Draft (d _{mid} (design))	16.5 m		
満載喫水(夏期) Draft (d _{ext})	18.068 m		
総トン数(国際) GT	92,379 T		
純トン数 NT	60,235 T	載貨重量(計画) Deadweight	載貨重量(夏期) Deadweight 180,630 t
貨物艙容積(グレーン) Cargo Hold Capacity (Grain) m ³	200,988	燃料油槽 Fuel Oil Tank 5,296 m ³	清水槽(含む、飲料水) Fresh Water Tank 363 m ³
試運転最大速力 Max. Trial Speed		航海速力 Sea Speed 15.2 kn	航続距離 Endurance 27,800
燃料消費量 Fuel Consumption		主機関 メーカー形式×基数 Main Engine	MITSUI MAN B&W 7S65ME-C
出力(連続最大)kW×min ⁻¹ Output (M.C.R.)	17,690 × 90.5	出力(常用)kW×min ⁻¹ Output (N.O.R.)	15,040 × 85.7
プロペラ 翼数×軸数 Propeller	4 × 1	プロペラの種類 (CPP etc.)	Fixed Pitch Propeller 主補汽缶 形式×台数 Main Aux. Boiler Composite type Aux. Boiler × 1
発電機 Electric Generator	原動機(メーカー形式×出力×台数) Engine Daihatsu 5DK-20 × 580kW × 3 発電機(メーカー形式×出力×台数) Generator TAIYO 540kW × 3		
船型 Type of Ship	Flush decker with F'cle deck	乗組員数 Officer & Crew No.	28
同型船 Same Ship			
特記事項	<p>本船は“CORE”=Customer's Operation, Revenue, Environment & Safetyのデザインコンセプトのもとに開発を行った、18万トン級のばら積み貨物船です。</p> <ol style="list-style-type: none"> ダンケルク港を含むケープサイズバルカーの主要航路に適した船型。 ばら積み貨物の共通構造規則(CSR)、バラストタンクの新塗装基準(PSPC)を適用した安全性の高い船体。 主機関に電子制御機関を採用しているほか、船尾に省エネデバイス及び風圧を低減した居住区形状を採用することで燃料消費量及びCO₂排出量の削減を図っています。 海洋汚染防止対策として、電動甲板機、電動ハッチカバー、船尾管エアシール等を装備しています。 各バラストタンクに独立ストリップングライン装備及びAuto Debballasting Systemを装備し、デバラスト時間の短縮を図っています。 		



ノルド ハーキュレス
NORD HERCULES
 Bulk Carrier ばら積み運搬船

建造所 Builder	三井造船株式会社 千葉事業所		
船主 Owner			
運航者 Operator			
国籍	Panama	船番	1817
起工年月日 Keel laid			
進水年月日 Launched			
竣工年月日 Delivered	2011.1.21		
船級等 Class	NK		
航行区域 Nav. Area			
全長 L _{oa}	240.00 m		
垂線間長 L _{pp}	233.00 m		
型幅 Breadth	43.00 m		
型深 Depth	20.70 m		
満載喫水(計画) Draft (d _{mid} (design))			
満載喫水(夏期) Draft (dext)			
総トン数(国際) GT	60,997 T		
純トン数 NT		載貨重量(計画) Deadweight	
貨物艙容積(グレーン) Cargo Hold Capacity (Grain)		燃料油槽 Fuel Oil Tank	
試運転最大速度 Max. Trial Speed		清水槽(含む、飲料水) Fresh Water Tank	
燃料消費量 Fuel Consumption		航海速度 Sea Speed	航続距離 Endurance
出力(連続最大)kW×min ¹ Output (M.C.R.)	13,560 × 105.0	主機関 メーカー形式×基数 Main Engine	MITSUI-MAN B&W 6S60MC-C×1
プロペラ 翼数×軸数 Propeller		出力(常用)kW×min ¹ Output (N.O.R.)	
発電機 Electric Generator	原動機(メーカー形式×出力×台数) Engine	プロペラの種類 (CPP etc.)	主補汽缶 形式×台数 Main Aux. Boiler
船型 Type of Ship	発電機(メーカー形式×出力×台数) Generator		
同型船 Same Ship		乗組員数 Officer & Crew No.	25



特記事項

1. パナマ運河拡張を視野に入れ船幅をオーバーパナマックス幅とし、更に汎用性を重視し主要な石炭揚荷港の制限を考慮した船型としつつ、載貨重量の最大化を図っている。
2. 主要想定貨物を鉄鉱石、石炭に加え穀物類とし、十分な船体強度と貨物倉容積を有し、貨物に合わせた効率的な配船が可能となっている。
3. 最新の船首形状及び船尾形状の採用、高効率プロペラ、省エネ装置装備により、省エネルギー化を図っている。
4. 国際船級協会連合(IACS)のばら積み貨物船のための共通構造規則(CSR-B)に沿って設計され、オペレーションの自由度の確保と構造安全性の向上を両立している。
5. 船首様の設置および船首部予備浮力に関する新規規への対応により、安全性の向上を図っている。
6. 貨物倉とバラストタンク内は、SOLAS条約に基づき設置している固定点検設備と可搬式梯子を組合せることで、安全で効率的な点検を可能としている。
7. ブラジルの鉄鉱石積出港に対応した係船設備を採用している。
8. MARPOL条約の燃料油タンク保護規則に対応し、また汚水溜タンクを設置するなど、環境保護に配慮している。
9. 主機関には、コンパクト・高出力でIMO排ガス環境基準を満たした三井-MAN B&W6S60MC-C型を搭載している。

グロリアス ウインド
GLORIOUS WIND
 Bulk Carrier ばら積み運搬船

建造所 Builder	株式会社サノヤス・ヒシノ明昌 水島製造所		
船主 Owner			
運航者 Operator			
国籍	PANAMA	船番	1319
起工年月日 Keel laid	2010.1.20		
進水年月日 Launched	2010.6.18		
竣工年月日 Delivered	2010.8.26		
船級等 Class	NK		
航行区域 Nav. Area	Ocean Going		
全長 L _{oa}	229.00 m		
垂線間長 L _{pp}	224.00 m		
型幅 Breadth	32.24 m		
型深 Depth	20.20 m		
満載喫水(計画) Draft (d _{mid} (design))			
満載喫水(夏期) Draft (dext)	14.598 m		
総トン数(国際) GT	44,306 T		
純トン数 NT	27,174 T	載貨重量(計画) Deadweight	
貨物艙容積(グレーン) Cargo Hold Capacity (Grain)	96,103 m ³	燃料油槽 Fuel Oil Tank	2,907 m ³
試運転最大速度 Max. Trial Speed	16.10 kn	清水槽(含む、飲料水) Fresh Water Tank	586 m ³
燃料消費量 Fuel Consumption		航海速度 Sea Speed	abt. 14.0 kn
出力(連続最大)kW×min ¹ Output (M.C.R.)	10,740 × 95.0	航続距離 Endurance SM	abt. 20,000
プロペラ 翼数×軸数 Propeller	4 × 1	主機関 メーカー形式×基数 Main Engine	MITSUI-MAN B&W 6S60MC-C×1
発電機 Electric Generator	原動機(メーカー形式×出力×台数) Engine	出力(常用)kW×min ¹ Output (N.O.R.)	9,130 × 90.0
船型 Type of Ship	発電機(メーカー形式×出力×台数) Generator	プロペラの種類 (CPP etc.)	主補汽缶 形式×台数 Main Aux. Boiler
同型船 Same Ship			Composite type × 1



特記事項

新たに国際船級協会連合の共通構造規則(CSR)と国際海事機関が定めたバラストタンク塗装性能基準(PPSPC)の両方を適用した船型の当社第三船目で、“サノヤスパナマックス”シリーズとしては、世界最大級の載貨重量、貨物艙容積を誇る83,000トン型の第十五番船となります。省エネルギー対策として、低回転・大直径プロペラの採用や当社が独自に開発したシンプルな平板構造で費用対効果に優れたSTF(サノヤスタンデムフィン:最大で6%の省エネ効果)を装備し、推進効率の向上並びに低燃料消費率を実現し、その結果としてCO₂の排出削減にも貢献しております。

サンコー オデッセイ
SANKO ODYSSEY
 Bulk Carrier ばら積み運搬船



建造所 Builder	株式会社大島造船所		
船主 Owner	ODYSSEY BULKSHIP LIMITED		
運航者 Operator			
国籍	Monrovia	船番	10556
起工年月日 Keel laid			
進水年月日 Launched			
竣工年月日 Delivered	2010.11.16		
船級等 Class	DNV (ICE - 1A)		
航行区域 Nav. Area	Ocean Going		
全長 L _{Loa}	225.00 m		
垂線間長 L _{SP}			
型幅 Breadth	32.26 m		
型深 Depth	19.39 m		
満載喫水(計画) Draft (d _{mid} (design))			
満載喫水(夏期) Draft (d _{ext})	14.119 m		
総トン数 (JG)	40,142 T		
純トン数 NT	25,265 T	載貨重量(計画) Deadweight	75,603 t
貨物艙容積(グリーン) Cargo Hold Capacity (Grain) m ³	89,551	燃料油槽 Fuel Oil Tank	2,237 m ³
試運転最大速力 Max. Trial Speed		航海速力 Sea Speed	14.5 kn
燃料消費量 Fuel Consumption		主機関 メーカー形式×基数 Main Engine	KAWASAKI MAN B&W 6S60MC-C7 × 1
出力(連続最大) kW×min ⁻¹ Output (M.C.R.)	12,210 × 105	出力(常用) kW×min ⁻¹ Output (N.O.R.)	8,495kW × 89.9
プロペラ 翼数×軸数 Propeller		プロペラの種類 (CPP etc.)	主補汽缶 形式×台数 Main Aux. Boiler Vertical cylindrical composite boiler × 1 set
発電機 Electric Generator	原動機(メーカー形式×出力×台数) Engine 発電機(メーカー形式×出力×台数) Generator	Daihatsu 5DK-20 × 492kW × 3sets Nishishiba NTAKL-VE x 562.5kVA[450kW] × 3 sets	
船型 Type of Ship	Flush decker with f'cle deck	乗組員数 Officer & Crew No.	27
同型船 Same Ship			
特記事項	1) ICE-1A (DNV) の適用 ・海水による舵の損傷を防ぐアイスナイフを装備。 ・バラスト水凍結対策にはエアバブル方式を採用。 ・海水吸入口にはヒーティングパイプ付きアイスシーチェストを採用。 ・その他 2) 規則外の寒冷地対策 ・各機器は-25℃までの低外気温に対応。 ・暴露部の主要な部品に耐低温の材料を採用することにより、極寒地で発生する低温脆性を防止。 ・ブリッジウイングは完全閉鎖型で外気温を遮断。 ・独自のガイドラインを設けているロシア海域の航行証書を取得。 3) 省エネ対策 ・船尾付加物「Flipper Fins」採用により画期的な低燃費を実現。 ・荒天時のスピードロスを抑えるための、大島造船独自開発の船首形状「Seaworthy Bow」の採用により、実海域に於ける低燃費も実現。		

ヴィーナス スピリット
VENUS SPIRIT
 5,000 UNITS PURE CAR & TRUCK CARRIER 自動車運搬船



建造所 Builder	内海造船株式会社		
船主 Owner	日産専用船株式会社		
運航者 Operator	日産専用船株式会社		
国籍	Liberia	船番	S.No.736
起工年月日 Keel laid	2010.4.6		
進水年月日 Launched	2010.9.7		
竣工年月日 Delivered	2011.1.28		
船級等 Class	NK NS* (VC, EQDG), MNS* (MO)		
航行区域 Nav. Area	Ocean Going		
全長 L _{Loa}	183.00 m		
垂線間長 L _{SP}	170.00 m		
型幅 Breadth	30.20 m		
型深 Depth	28.80 m		
満載喫水(計画) Draft (d _{mid} (design))	8.45 m		
満載喫水(夏期) Draft (d _{ext})	8.968 m		
総トン数 (JG)	20,681 T		
純トン数 NT	13,788 T	載貨重量(計画) Deadweight	11,756 t
車輛搭載台数 Car & Truck No.	5,007	燃料油槽 Fuel Oil Tank	2,294.95 m ³
試運転最大速力 Max. Trial Speed	22.229 kn	航海速力 Sea Speed	19.0 kn
燃料消費量 Fuel Consumption	45.80 t/day	主機関 メーカー形式×基数 Main Engine	HITACHI-MAN B&W 6S60MC-C × 1
出力(連続最大) kW×min ⁻¹ Output (M.C.R.)	12,210 × 105	出力(常用) kW×min ⁻¹ Output (N.O.R.)	10,380 × 99.5
プロペラ 翼数×軸数 Propeller	5B × 1	プロペラの種類 (CPP etc.)	FPP 主補汽缶 形式×台数 Main Aux. Boiler Vertical, forced draft, smoke tube, composite type × 1
発電機 Electric Generator	原動機(メーカー形式×出力×台数) Engine 発電機(メーカー形式×出力×台数) Generator	Drip-proof, self-ventilated and brushless type × 1,025kVA(820kW) × 3 vertical 4-cycle, single acting, trunk piston type × 880kW × 3	
船型 Type of Ship	Single screw motor driven pure car carrier	乗組員数 Officer & Crew No.	28
同型船 Same Ship			
特記事項	1. 自動車倉は合計13層から構成されています。内2層はリフトアップ式甲板です。No.6およびNo.8デッキには重車両の積載が可能です。 2. 水中部の最適船型/風抵抗軽減を配慮した船首形状/大直径プロペラの採用により優れた推進性能を有しています。 3. 高効率プロペラ-NHV(ノン・ハブ・ボルテックス)プロペラを装備しています。 4. 万が一の衝突や座礁による海洋への油流出防止のため、燃料油タンク周りの船体を二重にしています。		

北翔丸 HOKUSHO MARU		一般貨物船				
建造所 Builder	新高知重工株式会社					
船主 Owner	独立行政法人 鉄道建設・運輸施設整備支援機構 北星海運株式会社					
運航者 Operator	北星海運株式会社					
国籍	日本	船番	SNO.7251			
起工年月日 Keel laid	2010.8.4					
進水年月日 Launched	2010.11.25					
竣工年月日 Delivered	2011.2.21					
船級等 Class	NK					
航行区域 Nav. Area	限定近海 (非国際)					
全長 L _{oa}	108.98 m					
垂線間長 L _{pp}	101.95 m					
型幅 Breadth	17.80 m					
型深 Depth	8.70 m					
満載喫水 (計画) Draft (d _{mid} (design))	6.60 m					
満載喫水 (夏期) Draft (d _{ext})	6.614 m					
総トン数 (JG)	4,675 T					
純トン数 NT			載貨重量 (計画) Deadweight	6,350 t	載貨重量 (夏期) Deadweight	6,350 t
貨物艙容積 (グリーン) Cargo Hold Capacity (Grain)	8,639.18 m ³	燃料油槽 Fuel Oil Tank	381.37 m ³	清水槽 (含む、飲料水) Fresh Water Tank	163.37 m ³	
試運転最大速度 Max. Trial Speed	16.45 kn	航海速度 Sea Speed	約 12.7 kn	航続距離 Endurance	約 7,800海里	
燃料消費量 Fuel Consumption	約 13.1 t/day	主機関 メーカー形式×基数 Main Engine	マキタ - 三井 -MAN B&W 6L35MC Mark6 × 1			
出力 (連続最大) kW×min ⁻¹ Output (M.C.R.)	3,900 × 210	出力 (常用) kW×min ⁻¹ Output (N.O.R.)	2,950 × 191			
プロペラ 翼数×軸数 Propeller	CPP: 4翼 × 1, ポッド型プロペラ: 5翼 × 1	プロペラの種類 (CPP etc.)	CPP、ポッド型プロペラ	主補汽缶 形式×台数 Main Aux. Boiler	排気併用式立形横煙管ボイラ × 1	
発電機 Electric Generator	原動機 (メーカー形式×出力×台数) Engine		ダイハツディーゼル機 6DL-16A × 441kW × 3			
	発電機 (メーカー形式×出力×台数) Generator		主: 大洋電機機 FE540L-6 × 400kW × 3 補助 (軸): 大洋電機機 FEK50D-6 × 1200kW × 1			
船型 Type of Ship	船首楼、船尾楼付一層甲板型船尾機関船、球状型船首、トランサム型船尾		乗組員数 Officer & Crew No.	14		
同型船 Same Ship	新船					
特記事項	<ol style="list-style-type: none"> ポッド型プロペラと可変ピッチプロペラによる二重反転効果により推進効率の向上を図り、従来船よりも大幅な燃料消費量の削減を実現しております。 電気推進システムの採用により複数の発電機及び2組の推進装置を装備しており、運航状態や船内電力需要に合わせた最適な発電機、推進装置の組み合わせが可能となっております。 ポッド型プロペラにスタンスラスターの役割を持たせ、パウスラスターと共に使用することにより離着陸時の操船性が格段に向上しております。 本船の居住区全域、機関室等へのLED照明の採用、居住区内浴室、調理室の給湯にエコ給湯システムを採用するなど、環境負荷の低減に配慮した仕様となっております。 					



お知らせ

春の一般公開、セミナーの中止について

海上技術安全研究所は毎年4月下旬、科学技術週間の行事の一環として、研究所の一般公開を実施してきました。しかし、今年の開催は東日本大震災（東北地方太平洋沖大震災）の甚大な被害の状況を受け、やむを得ず中止することを決定しました。

また、水産総合研究センターと海技研の共同で、3月11日に公開セミナー「水産と工学の連携によるイノベーションを探る」の開催を予定しておりましたが、震災の影響を鑑みて中止いたしました。参加申し込みをいただいた皆様には大変ご迷惑をおかけしました。

このたびの震災により被害を受けられました皆さまに心からお見舞いを申し上げます。一日も早い復旧と被災者の方々のご健康をお祈り申し上げます。

お知らせ

人事異動 平成23年4月1日付 独立行政法人海上技術安全研究所

発令事項	氏名	現職(3月31日現在)
退任	井上 四郎	理事長
理事長	茂里 一敏	広島工業大学学長
理事(総務・企画担当)(再任)	橋本 雅方	理事(総務・企画担当)
理事(研究担当)(再任)	松岡 一祥	理事(研究担当)
退任	大久 九美雄	監事
監事	伊藤 昌孝	日鉄パイプライン(株)取締役常務執行役員営業本部長
退任	三島 久	監事(非常勤)
監事(非常勤)	戸井 正明	(株)JALエンジニアリング常勤監査役
辞職(3月31日付)(国土交通省海事付)	石原 彰	企画部経営計画主管(企画部企画課長併任)
企画部企画調整官	宮武 宜史	国土交通省総合政策局技術安全課技術開発推進官
辞職(3月31日付)(国土交通省海事付)	白井 精一	総務部長(総務部施設安全課長事務取扱)
総務部長(総務部施設安全課長事務取扱)	濱田 哲	国土交通省海事局検査測度課登録測度室長
研究連携主管(研究戦略主管、運航・物流系海難事故解析副センター長併任)	園田 敏彦	基盤技術プロジェクトチームリーダー(研究連携主管、研究戦略主管、運航・物流系海難事故解析副センター長併任)
定年退職	佐々木 紀幸	研究統括主幹(流体設計系長、流体性能評価系海の10モードセンター長併任)
流体性能評価系長(運航・物流系海難事故解析センター上級海難分析研究員併任)	谷澤 克治	流体性能評価系長(海上安全イニシアティブプロジェクトチームリーダー、運航・物流系海難事故解析センター上級海難分析研究員併任)
研究統括主幹	戸澤 秀	研究統括主幹(構造系長)
構造系長	田中 義照	生産システム系長
海洋リスク評価系長	小田野 直光	海洋リスク評価系長代理
研究統括主幹(海洋開発系長、海洋開発海洋システム研究グループ長併任)	加藤 俊司	研究統括主幹(海洋開発系長)
洋上再生エネルギー開発系長	井上 俊司	海洋開発系付上席研究員
運航・物流系運航計画技術センター長	加納 敏幸	運航・物流系物流研究センター長
流体設計系実海域性能研究センター長	宇都 正太郎	海洋開発系深海技術研究グループ長
定年退職	山根 健次	大阪支所副支所長
構造系付上席研究員	村上 健児	生産システム系付上席研究員
動力システム系付上席研究員	福田 哲吾	動力システム系次世代動力システムセンター上席研究員
運航・物流系付上席研究員	三友 信夫	海洋リスク評価系リスク解析研究グループ長
洋上再生エネルギー開発系付上席研究員(企画部産業連携センター併任)	大松 重雄	海洋開発系付上席研究員(企画部産業連携センター併任)
運航・物流系付上席研究員	樋富 和夫	基盤技術プロジェクトチームプロジェクトチーム上席研究員
運航・物流系付上席研究員	白土 徹	基盤技術プロジェクトチーム主任研究員
流体性能評価系CFD研究グループ長	平田 信行	流体設計系推進・氷海性能研究グループ長(流体設計系CFD研究開発センター併任)
流体設計系水槽試験技術グループ長	星野 邦弘	流体性能評価系水槽試験技術グループ長(流体性能評価系海の10モードセンター併任)
流体性能評価系耐航性能研究グループ長(運航・物流系海難事故解析副センター長併任)	田口 晴邦	流体性能評価系運動性能研究グループ上席研究員(運航・物流系海難事故解析副センター長、海上安全イニシアティブプロジェクトチーム併任)
構造系構造加工・解析研究グループ長	秋山 繁	生産システム系生産技術研究グループ長
構造系保守管理技術研究グループ長	丹羽 敏男	生産システム系保守管理技術研究グループ長
海洋環境評価系環境影響評価研究グループ長(温室効果ガス対策プロジェクトチーム併任)	城田 英之	海洋環境評価系環境影響評価研究グループ上席研究員(温室効果ガス対策プロジェクトチーム併任)
力システム系環境エンジン研究グループ長	井亀 優	海洋環境評価系大気環境保全研究グループ長
海洋環境評価系伝熱システム研究グループ長	春海 一佳	動力システム系機関伝熱システム研究グループ長
運航・物流系運航解析技術研究グループ	福戸 淳司	運航・物流系運航支援技術研究グループ長(海上安全イニシアティブプロジェクトチーム併任)
運航・物流系物流研究グループ長	間島 隆博	運航・物流系物流研究センター主任研究員
海洋リスク評価系リスク解析研究グループ長(企画部研究連携主管付併任)	森 有司	運航・物流系付上席研究員(企画部研究連携主管付、運航・物流系海難事故解析センター併任)
海洋開発系深海技術研究グループ長	正信 聡太郎	海洋開発系海洋資源開発研究グループ長(企画部研究連携副主管併任)
洋上再生エネルギー開発系海洋エネルギー研究グループ長	石田 茂資	海洋開発系洋上浮体技術研究グループ長
運航・物流系計測技術研究グループ長(運航・物流系海難事故解析センター上級海難分析研究員併任)	桐谷 伸夫	基盤技術プロジェクトチームセンシング技術研究グループ長(運航・物流系海難事故解析センター上級海難分析研究員併任)

PRESENT★プレゼント 縦じ込みハガキにてご応募下さい。

「船と海のサイエンス」オリジナルファイル(10名様)



「船と海のサイエンス」2011-Winter プレゼント当選者

「船と海のサイエンス」オリジナルファイル

- ◆吉田 好博氏 ◆岡本 日出男氏 ◆守山 良樹氏 ◆柴崎 壮氏
- ◆向井 善嗣氏 ◆渡邊 紀一郎氏 ◆林 敏昭氏 ◆村瀬 和彦氏
- ◆高部 淳夫氏 ◆桂川 武久氏

海技研ニュース「船と海のサイエンス」2011 - Spring

発行日:2011年4月26日 発行人:井上四郎 編集責任:知的財産・情報センター

■問い合わせ先

独立行政法人海上技術安全研究所企画部
 知的財産・情報センター広報・国際係
 ホームページアドレス: <http://www.nmri.go.jp/>
 E-mail: info2@nmri.go.jp
 TEL:0422-41-3005 FAX:0422-41-3247

独立行政法人 海上技術安全研究所

本 所: 〒181-0004
 東京都三鷹市新川 6-38-1
 大阪支所: 〒576-0034
 大阪府交野市天野が原町 3-5-10

※本誌は、グリーン購入法(国等による環境物品等の調達の推進等に関する法律)に基づく基本方針の判断の基準を満たす紙を使用しています。

※リサイクル適正の表示:紙リサイクル可

本誌はグリーン購入法に基づく基本方針における「印刷」に係る判断の基準に従い、印刷用の紙へのリサイクルに適した材料[Aランク]のみを用いて作製しています。

