

所 外 発 表 論 文 等 概 要

Prediction of Oil-Ice Sandwich Formation

オイル-アイス・サンドウィッチ形成予測

泉山 耕、宇都 正太郎、堺 茂樹

平成15年5月

Proceedings of The Thirteenth International
Offshore and Polar Engineering Conference

わが国北方に位置するサハリン島沖の大陸棚における海底資源の開発が本格化している。この開発に関しては、開発現場あるいは輸送途上における事故等による油の流出に対する懸念が表明されている。この海域は、冬季には海氷に覆われる。現在の生産活動は無氷季に限定されているが、数年後には冬季を含めた通年生産が開始の予定である。万が一、氷の存在する海域において油の流出事故が発生した場合、油の挙動・回収方法等について、わが国における研究、技術開発は極めて未発達の段階にある。このような状況に鑑み、当所を含む5研究機関により研究プロジェクト「氷海域における流出油の挙動と回収に関する基礎的研究」が平成12年度より開始された。

上記プロジェクトでは氷海域での油流出について様々な観点からの研究が行われているが、本論文では油の氷の中への取り込み現象についての研究成果を報告する。氷の成長期に油が氷の底面に流出した場合、氷の成長により油が氷の中に取り込まれる。この場合、油の周囲に氷が成長して油層を氷が挟み込む状態となることから、これをオイル-アイス・サンドウィッチと呼ぶ。オイル-アイス・サンドウィッチが形成された場合、油の機械的回収等は実質的に不可能となり、油が氷とともに移動し、全く異なる場所において再出現するというメカニズムによる油汚染領域の移動・拡大が起り得る。

本研究では、低温実験室における実験に基づいてオイル-アイス・サンドウィッチ形成のモデル化を行った。この結果、オイル-アイス・サンドウィッチ形成は、油層下面における氷の様な成長によることが示された。これは、この氷の成長が油層・氷を通じての一次元的な熱伝達によるものであることを示している。また、別の実験により、油層下の氷の成長量がこの熱伝達モデルにより計算されることが示された。このため、このモデルと前述のプロジェクトにおいて本研究に並行して実施された氷の下における油の拡がりについての数値シミュレーション結果とを組み合わせることにより、実際に油流出事故が発生した場合を想定したオイル-アイス・サンドウィッチ形成過程の計算を行った。計算では、粘性係数の異なるがその他の物理的特性が同一の3種類の油を想定し、これらの下面における氷の成長の経時変化を求めた。この結果、油層下面における氷の成長は、粘性係数の低い油ほど早いことが示された。これは、油層内部における乱流熱伝達の寄与によるものと考えられる。

Uniform Irradiation

Using Rotational-linear Scanning Method for
Narrow Synchrotron Radiation beam

小径シンクロトロン放射光ビームへの回転及び
直線走査の適用による均一両者法について

成山 照展、大西 世紀、小田野 直光

平成15年10月16日

日本原子力学会誌別冊

日本最大の放射光施設であるSPring-8では8GeVの電子エネルギーを達成し、電子蓄積リング周回時のシンクロトロン放射から100keVまでの単色光子ビームを得ている。しかしながら一般にはビームサイズは小さく、またビーム断面内にも光子強度分布を持つ。それゆえに照射試料へ均一に光子ビーム照射を行うには二次元的に走査しながら照射を行必要がある。当研究では人体等価熱蛍光シート型線量計の開発及び検証に必要な二次元的照射方法の確立のため、固定照射、直線2方向走査照射、直線一回転走査照射を行ない、その光子ビーム照射結果の比較により照射法の妥当性を検証した。

実験はSPring-8で行われ、偏向磁石によるビーム引き出しを用いているBL20B2ビームラインを利用した。光子エネルギーは30keV、ビームサイズは8mm×8.5mmで照射を行った。TLD(Thermo Luminescence Dosimeter)照射試料としてはLiF:Mg,Cu,Pを用いた。これは主成分のフッ化リチウムにマグネシウム、銅、及びリンを添加したものである。照射方法は、固定照射、XZ二次元直線走査照射、Zθ直線一回転走査照射を行った。照射光子ビーム強度はカロリーメータで較正済みの平行平板自由空気電離箱で測定した。

これら三種類の照射結果をそれぞれ比較した結果、固定照射と直線・回転走査照射を用いて測定した熱蛍光素子の応答曲線(照射線量—TLD素子内電離量グラフ)は同一直線上に乗り、両者が一致すること並びに照射線量に比例することを確認した。しかしながら直線二次元照射を用いて測定したデータの幾つかは回転照射に比べ応答が低くなった。これは直線走査し、端点で転回する時に時間を要するためである。この端点での「速度減少—一時停止—逆方向へ加速」過程は走査を行うテーブルが高速運動する場合には無視することができるが、高速で転回運動を繰り返す速度は架台、走査スキャナ、試料固定台の機械的強度や操作スキャナ制御部の性能に制限される。このため直線二次元走査照射は高線量照射時にしか適さない。それに比べ直線一回転二次元照射では回転速度は自由に選択することができ、その結果シンクロトロン放射小径ビームを用いた一様照射時には非常有用であることがわかる。

Numerical Simulation of a Rising Bubble Near a Wall

壁面近くを上昇する気泡の数値シミュレーション

陳 斌、川村 隆文、児玉 良明

平成15年9月19-20日

第81期 日本機械学会流体工学部門講演会

気泡流はさまざまな産業プロセスにおいて見られる。一例としては、壁乱流境界層への微細気泡の注入により、水中を進む物体に対する摩擦抵抗の低減効果が見られることが実験で証明されている。しかし、残念ながらそのメカニズムは現在に至るまで明らかにされていないために、一定の気泡量における抵抗低減率を改善することは非常に困難である。メカニズムを解明する手段として数値シミュレーションを使い、流れの詳細情報を得ることが有望視されている。しかしながら、高性能のコンピュータを用いても、抵抗低減の過程で重要となる気泡と壁面の相互作用をシミュレートすることは未だ困難である。気泡と固体境界の相互作用を理解するためには、より単純なケース、例えば壁近傍における単一気泡の挙動を研究することが有効な方法のひとつである。その中でも、本研究で調査対象とした壁近傍の単一上昇気泡は、信頼性のある実験データを得ることができるので好適である。

移動している2つの流体間の境界面を示すためには何通りかの方法がある。今回のケースでは界面の衝突や合体が無いことを仮定する。そこで、境界面を直接追跡することで、境界面の計算をより精密に行うことができる界面追跡法を選択した。また、液相、気相をともに非圧縮性流体として扱い、応力の連続性を境界面で実現した。それぞれの相における支配方程式はNavier-Stokes方程式と連続の式である。個々の気泡を中心位置と2次元球面グリッド上に定義される半径の分布によって表現し、球面調和関数に展開することで、少ない格子点数で気泡の変形を取り扱うことを可能とした点が特長である。

計算結果と実験結果の比較をもとに、数値法の有効性および壁近傍における単一上昇気泡周りの流れの詳細な構造を明らかにした。

化学物質輸送船乗組員に及ぼす有害ガス曝露の 健康影響評価 - 非発がん性物質の場合 -

Estimation of Health Condition of Chemical
Tanker Crews Transporting Non-Carcinogens

間島隆博、山口勝治、柴田清、蒲生昌志

平成15年11月

日本航海学会論文集第110号

国際海事機関(IMO)はタンカー乗組員への健康被害を憂慮し、ベンゼンを0.5%以上含む物質を輸送する船上でTWA(Time Weighted Average)が1(ppm)、STEL(Short Term Exposure Limit)が5(ppm)を越える場合、マスクなどの保護具を装着するよう勧告している。

我が国において、ケミカルタンカーは多品目の化学物質を大量に輸送しており、その中にはベンゼン以外にも健康に悪影響を及ぼす物質が多数含まれる。そのため輸送に従事する乗組員や岸壁での作業員、周辺住民への化学物質曝露による健康影響が懸念される。

輸送作業中に船内で蒸発した化学物質の一部は、船舶から排出・漏洩し、環境が汚染される。その環境中で活動する乗組員は主に呼吸により化学物質に曝露される。ケミカルタンカーの輸送品目は多種であり、輸送物質ごとに健康影響の種類や程度が異なる。これら化学物質に多様に曝露される乗組員のトータル健康影響を予防的観点から評価し、対策を立て、管理する必要がある。

前報(化学物質輸送船乗組員に及ぼす有害ガス曝露の健康影響評価 - 発がん性物質の場合 -、日本航海学会論文集、108号、pp.39-46)では海上輸送量が多く発がん性物質であるベンゼン、アクリロニトリルの輸送船乗組員について、曝露濃度の調査結果から損失余命を用いたリスク解析を行った。その結果、ベンゼンによる損失余命は15時間、アクリロニトリルは80時間程度と見積もられ、IMOの勧告にあるベンゼン以上にアクリロニトリルにも注意を払う必要があることが明確になった。

本報告では非発がん性物質であり、化学物質の中で国内海上輸送量が最大のキシレンについて、損失余命の計算を試みた。リスクを表す指標として損失余命を用いる利点は発がん性物質と非発がん性物質、両者の影響を評価できる点にある。すなわち、両物質のリスクを同一の尺度で表すことができ、従来は困難であった発がん性物質と非発がん性物質のリスクの比較が可能となる。また、損失余命を用いるもう一つの利点は曝露の年齢という重要な要素が考慮でき、就業年齢に比較的高濃度の曝露が集中するケミカルタンカー乗組員の解析に有効となる。ここでは、非発がん性物質輸送に従事する乗組員の作業条件を考慮した簡易な損失寿命(0歳での損失余命)推定法を提示し、キシレン、ベンゼン、アクリロニトリルについて損失寿命の比較を行った。その結果キシレンの損失寿命はベンゼンと同程度と評価された。

Initial Results from a 4 km CO₂ Release Experiment

水深4000mにおける二酸化炭素の放出実験について

E. T. Peltzer III, P. G. Brewer, N. Nakayama, P. Walz, I. Aya, R. Kojima, K. Yamane, Y. Nakajima, P. M. Haugan, J. Hove and T. Johannessen
平成16年3月28日～平成16年4月1日

The Proceedings of the 227th International American Chemical Society (ACS) National Meeting of Division of Fuel Chemistry Section

地球温暖化の主要な原因は二酸化炭素であると考えられている。大気中の二酸化炭素は石炭などの化石燃料を使用し始めた18世紀半ばの産業革命以降、徐々に増加しており、その排出抑制が検討されはじめた。

こうした中、二酸化炭素の大気への排出を制御する革新的な技術開発につながるとして、期待されている大規模な二酸化炭素の隔離実験が進められている。二酸化炭素深海貯留法は、海洋を二酸化炭素の膨大な貯蔵庫として利用できる一方、海洋環境に与える影響および技術的実現性など不明な点も多い。

これまで、深海貯留法を目的とする研究は、NMRI、MBARIおよび UoBと協力して1999年から開始されている。これまでに二酸化炭素を深海底まで運搬する研究開発や、実験、二酸化炭素の安定貯留、海洋環境への影響評価などの基礎データが蓄積されてきた。

今回、当所(NMRI)、アメリカ・モンテレー湾海洋研究所(MBARI)、およびノルウェー・ベルゲン大学(UoB)から成る国際共同研究チームOACE(Ocean Abyssal Carbon Experiment)は、水深に達する4000m深海での貯留法を目指した実験を、2003年10月24日から28日までの5日間にわたり実施した。実験場所に選ばれた海域は、目的の実験深度に合致するアメリカ・モンテレー湾の沖合である。

今回はこれまで得られた成果をもとに、MBARI所有の実験船(Western Flyer)やROV(Remote Operated Vehicle)、そして深海実験装置を利用して、耐圧容器に封入した二酸化炭素を、深度3942mの深海底までROV輸送し、海底に設置した実験装置に約100Lの液体二酸化炭素が注入・貯留された。

今回の実験は、二酸化炭素が深海貯留によって安定化されるかどうか、その効果の確認を第一の目的として行い、種々の測定が行われた。この実験は日本初であると同時に、深度3942mでの実験は世界最深のものとなった。

実験の結果、3942mの深度では液体二酸化炭素が海水より十分重くなり、長期間にわたって安定貯留が可能であることが確認された。さらに貯留サイト周辺の海水におけるpH変化を測定し、深海貯留が周囲の環境に与える影響について、その関連するデータが収集された。

Small Scale Field Study of an Ocean CO₂ Plume

二酸化炭素深海貯留における小規模実海域実験

P. G. Brewer, E. T. Peltzer, III, P. Walz, I. Aya, K. Yamane, R. Kojima, Y. Nakajima, P. M. Haugan and R. G. J. Bellerby
平成16年3月28日～平成16年4月1日

The Proceedings of the RITE International Workshop on Advances in Biological Research for CO₂ Ocean Sequestration

地球温暖化対策としてのCO₂海洋隔離の実用化には、まず、陸上実験によって深海を模擬した高圧条件下のCO₂物性等を網羅的に調べる基礎研究、次に小規模な実海域実験によって陸上実験で得られなかった実深海でのCO₂の挙動を調べる応用研究、更に中規模な実海域実験によってスケール効果を調べる開発研究、最後に大規模な実海域実験によって実用可能なことを確認する実証試験が必要である。

平成14年度から始まった「二酸化炭素深海実験・OACE」は、日、米、ノルウェー三国が共同で小規模実海域実験を実施することによって、「CO₂深海貯留法」を総合的に評価するとともに、その実用化に不可欠な大規模実証試験への道筋を付けることを目的としている。今回、米国モンテレー湾内の深度685mにおいて、第1回OACE(2003年2月20～24日)が行われ、本海域の流れ場に置かれた容器に溜められたCO₂からの溶解速度や溶解に伴う海水の酸性度(pH)の変化が計測された。その結果、良好なデータが取得できさらに、CO₂安定貯留に関する実験手法が確立できた。これらの計測結果は、CO₂処理等に関する今後の実験計画に対し、重要な糸口を与えるものである。

今後、OACEチームでは数10リットルのCO₂を使った小規模実海域実験を数回行う。そして、CO₂貯留期間、海底沈殿物との相互作用や溶解CO₂の拡散過程、海水酸性化分布、第2回以降の溶解過程のシミュレーション解析、大型高圧タンクによる模擬実験(CO₂-sediments相互作用実験)のパラメータ選定等、貯留サイト近傍における海洋環境影響を明らかにするための基礎データを取得する予定となっている。今回の実験はOACEで予定されている本格的な小規模実海域実験のための予備的な性格を持つ。

今後、更に深度の深い3500m級海域で同規模の実験が予定されており、大規模実証試験への道筋作りという目的に一定の役割を果たせたものと考えている。

EGS4を用いた光子局所被曝線量の 角度依存性解析

Analysis About Angular Dependence of Doses
by Photon Partial Irradiations with EGS4

大西 世紀、小田野 直光、成山 照展、斎藤 公明
平成16年3月

日本原子力学会2004春の大会

近年加速器による高輝度放射光の利用や医療照射等、放射線利用は多様化しており局所被曝の機会は増加している。しかしながら局所被曝線量に関しての計算例は比較的少ない。そこで複雑形状での輸送計算を精度良く行うことのできるモンテカルロ法を用いた計算コードシステムを開発し、同システムを用いて局所被曝線量の方向依存性を解析した。

モンテカルロ計算コードとしてはEGS4のKEK拡張版を用い、数値ファントムとしては原研で開発された平均的日本人男性のCT画像をベースにした「otoko」ファントムを用いた。ユーザーコードUCBEAMではこれらをつなぎ合わせ、等価線量や実効線量を集計する。

照射条件としては局所被曝の状況を考えて水平ビームを想定し、ビームの入射する鉛直方向の高さとしては代表的な高さを数点選んだ。この代表的な高さは人体の特徴的な断面(肺が大半を占める断面、呼吸器・循環器系混在断面、分泌系・消化器系混在断面;等)に対応している。光子ビームは人体中心へ向けて $0^{\circ} \sim 360^{\circ}$ で入射するとし、またビーム半径の違いによる線量の変化も解析した。

局所照射時の被曝線量は大きく入射角度に依存する結果となった。この依存性は特定臓器の線量が突出することに由来し、ビーム高さ140cmの場合食道が、120cmの場合結腸が特定方向からの光子ビーム入射に対して大きな線量を示す。高エネルギーでは大角散乱が起こりにくいいため、この傾向はさらに強調される。ビーム径を大きくするとこの傾向は緩和され全身均一被曝の結果に近づく。

以上のように局所被曝線量を評価することの出来るEGS4ユーザーコードを開発し、光子被曝線量の角度依存性を評価することにより計算システムの局所被曝線量評価への有効性を示した。今後局所被曝条件下での実験データとの比較を行い、システムの検証を行う予定である。

船舶の確率論的安全評価手法

- その4: リスク評価における不確実さの扱い -

Probabilistic safety assessment method for ships
(Part4: consideration of uncertainty in risk assessment)

金湖富士夫

平成16年3月

日本造船学会論文集 194号

これまで3回に亘りIMO(国際海事機関)MSC(海上安全委員会)において審議されているFSA(Formal Safety Assessment)で用いられる確率論的安全評価の精度を高めるための種々の手法および方法論について報告してきた。本論文では、FSAの最近の問題点を解決するために有効と思われるリスク評価における不確実さを効果的に扱う手法を提案し、事例に適用した結果について報告している。

ここで指摘している問題点の1つはFSAによるバルクキャリアの安全性の議論において、日本によるFSAと英国主導で欧州諸国が実施しているFSAの2つが真っ向から対峙したことである。その理由の1つは、それらで使用されている海難データは同じLMIS(Lloyds Maritime Information Service)によるデータを使用し、それに対応する母集団の大きさは1.5倍ほど英国が大きい、これを考慮しても算出されるリスクは大きく異なっていることである。この主な原因は、原因が特定できない事故の原因の推定法にある。また、他の問題点は、日本側はこれまで実施してきた安全対策が効果的であり、さらに余分な安全対策を強制化する正当性は今のところ存在しないとの立場からESP(Enhanced Survey Program)の導入によりリスクが大きく減少したと指摘したが、この主張の定量的な評価である。

本論文では、これらのFSA実施における問題点の解決策、すなわち、原因不明事故の原因推定法について、および既設の安全対策の効果の統計的検定について論じている。

事故原因の種類が複数あり、種類毎に、原因が明確になっている事故がそれぞれの種類につきある件数存在するが、不明の事故が数件あり、それらの原因の特定は不可能とする場合、原因が明確になっている事故の件数および人命損失数(死者・行方不明者数)と原因不明事故の件数および人命損失数から、原因別の真の事故件数および人命損失数を確率的に予測することが可能であり、その一般的定式化を行い、バルクキャリアの原因不明事故の原因推定に適用した。この結果、英国はバルクキャリアの原因不明事故の原因はすべてハッチカバー損傷であるとの自国の主張を取り下げる結果となった。

また、日本の報告ではESP導入前後で、バルクキャリアのFN(Frequency vs Number of Fatality)曲線とPLL(Potential Loss of Lives)の減少幅が大きくESPの効果があったとしているが、統計的検定を実施してみるとそのようには言えないことが判明した。

なお、本論文は平成15年5月に開催された日本造船学会春季講演会で簡単に結果だけを記した報告「FSAによるバルクキャリア安全評価の問題点」にある手法を詳細に論じたものである。

シリーズ/ヒューマンファクター - 避難時の心理 -

Series/human factor Psychology in escape

金湖富士夫

平成16年1月

関西造船協会誌 第62号

タイタニック号、エストニア号など、稀ではあるが歴史的に大きな海難により多数の人命が失われている。1994年に発生したエストニア号事故の調査報告ではパニックの発生が指摘されている。災害時には、パニックを抑え短時間に安全な場所へ誘導することが必要である。そのためには避難における心理を把握することが重要と言える。災害下の避難等の緊急時の心理についてはこれまで多数の研究がなされている。本稿では、避難時の心理、特にパニックに関する幾つかの興味深い研究を概観するとともに、最近の情報技術を活用した避難時の心理および行動に関する研究を紹介する。

心理学は心を研究対象とする学問であるが、観点の違いにより、心理主義、認知主義、計算主義、行動主義等の幾つかの立場が存在する。池田は、認知主義に基づく避難等の緊急時の情報処理過程をモデル化しているが、福地らは同モデルに基づいた避難時の行動シミュレーションを実施し、避難途中で内的な情動により動けなくなる等の現象を再現した。

また、簡単な道具立てで疑似パニックを生じさせた釘原らによる実験と、その実験を知識ベースシステムで模擬したHasegawaによる研究、安倍らによるネズミを用いたパニック実験と、その実験を質点に働く心理的な力を導入してモデル化しコンピュータプログラムで模擬した研究を紹介している。

さらに、最近、目黒ら、および金湖らは、バーチャルリアリティを用いた実験を実施し、その結果に基づく避難時の心理および行動のモデル化を実施している。目黒らは、これまで実施されてきた緊急時の人間行動の研究は、過去の災害事例調査、被験者実験、コンピュータシミュレーションの3つの手法によるものであるが、より適切に人間行動を分析する手段は、最終的にコンピュータシミュレーションの手法であると明言し、そのモデルは避難者の個人特性あるいは避難環境を細かくモデル化し、過去の災害事例データを用いてキャリブレーションを行うことが良いと述べている。そして、リアリティの高いバーチャルリアリティの技術を用いたシミュレータを構築して、それを用いた実験とコンピュータシミュレーションを有機的に組み合わせた方法を提案している。

このように、避難時の人間の心理とそのモデル化について多くの研究が実施されてきた。提案されたモデルおよびその定量化には検証が必要であるが、まだ不十分の感がある。この分野での今後の進展が待たれるところである。

Evaluation of Occurrence Frequencies of Marine Accidents by Event Tree Analysis イベントツリー手法による海難事故発生頻度の評価

松岡 猛、三友 信夫、金湖 富士夫

平成16年6月14日

第7回確率論的安全評価と管理に関する国際会議

海難事故発生頻度をイベント・ツリー(ET)手法により算出する方法についての発表である。本会議は原子力分野の解析に関する報告が主であるが、確率論の評価手法の船舶分野への応用結果について報告して異なった分野間の情報交換を試みた。

船舶分野の確率論的安全評価としてはIMO・MSC(Maritime Safety Committee)においてFSAという名称のもとに討議されてガイドライン草案が作成されている。これはIMOの規則作成過程において使用する事を目的としている。この様な動きのなか、海上技術安全研究所では、日本造船研究協会との共同研究を通じてFSA関連の研究を進めてきている。

海上技術安全研究所で実施した海難事故発生頻度評価のための手順概要を述べ、それに沿って評価実施内容の紹介を行った。

まず、海難事故の発生状況を海難審判庁の報告書、審判裁決録等を参照して検討し事故を引き起こす要因を調べ上げた。この結果をもとに、衝突事故、乗り揚げ・座礁事故、転覆・浸水事故発生に至る一般化したシナリオを示した。次に、ET形式で表現した一例を示し、ET中に現れる事象(ETのヘディング)の発生確率を算定するために、フォールト・ツリー(FT)を作成した。基本事象(ベイシックイベント)の発生確率の推定には、船舶信頼性データベース(SRIC)を用いる方法、人間信頼性解析手法THERPを用いる方法があること示した。

さらに、ヒューマンファクターに関する事象発生確率は適切なデータがないため、船長等の航行経験者にアンケート調査を3回実施し1000件程の回答を得て、ETの定量解析のための貴重なデータを取得した。

また、海難事故特有な事象の発生頻度の推定には海事分野のデータ、解析手法を用いており、その一例として波浪打ち込み確率、大波遭遇確率、座礁確率の推定方法を示した。

今後、船舶分野における確率論的安全評価方法実施手順としてまとめていく予定である。

Improvement of The GO-FLOW Methodology GO-FLOW手法の改良

松岡 猛

平成16年6月14日

第7回確率論的安全評価と管理に関する国際学会

海上技術安全研究所では、システム信頼性解析手法GO-FLOWを開発し、種々のシステムの信頼性解析、安全性解析に適用してきた。

GO-FLOW手法においては、点検・保守を含めた信頼性解析が実施できるが、従来は点検スケジュール、保守に要する時間が事前に決められている場合の解析であった。しかし、故障発生は確率的な事象であるため、故障発生を検知した時に即座に修理を実施する場合は点検・保守スケジュールを事前に設定しておくわけにはいかない。そこで、GO-FLOW手法において保守を含めた確率的事象を取り扱うように解析体系、解析プログラムを改良した。

単一機器において故障率(λ)、補修率(μ ：単位時間当たりの修理成功確率)を考慮したときの機器の信頼度を導出しこれをプログラム内の機器信頼度推移の定義式に組み込んだ。

解析機能の検証のため、まず3個の同種機器が並列あるいは直列に結合されたシステムを対象にし、故障時にはそれぞれ修理が実施される場合を取り上げ、改良したGO-FLOW手法により取り扱う方法について検討した。この3個の機器のシステムにおいて補修員が1人の場合を連立微分方程式に表現した。1人の補修員は同時には2つの機器故障の修理を実施できないところに問題の難しさがあり、補修率が他の機器の健全状態にある確率の関数となっている。これを等価補修率として定数で近似することによりGO-FLOW手法で精度良く解けることを、連立微分方程式の数値解と比較したグラフを用い示した。

応用例として、原子炉補機冷却系を取り上げて解析を実施した。このシステムは原子炉の主要機器へ冷却水を供給する。万一この冷却水供給が停止すると主要機器の連続運転が不可能となり、重大原子炉事故に至ってしまう。このシステムには高い信頼度が要求されており、A,B二系列が用意され各系列はRCW系(補機冷却系)とRSW系(海水系)との間で熱交換し最終的に海水によって冷却されている。RCW,RSW系とも2台のポンプが用意され常時1台のポンプが稼動するとともに、バックアップとして1台のポンプが待機状態に置かれている。稼動中のポンプが故障したときは待機中のポンプを起動してシステムの機能を維持し、その間故障したポンプの修理を実施する。待機中のポンプと、稼動中のポンプの役割は1ヶ月毎に入れ替えて運転している。

解析の結果、1年間の連続運転後でも 6.5×10^{-4} のシステム機能停止確率が得られた。

Controllable Dynamic System Reliability Models for Risk Assessment of Process Control Systems

プロセス制御システムのリスク評価のための制御
可能な動的システム信頼性モデル

Gueorgui Petkov、松岡 猛

平成16年6月14日

第7回確率論的安全評価と管理に関する国際学会

従来から動的システムの信頼性解析は伝統的なイベント・ツリー、フォールト・ツリーを拡張した種々の解析手法により試みられてきた。それぞれの背景・考え方、モデル化技法、解析手順は種々異なっているが、目的とするとこ

ろは共通である。
それ故、それらの手法を同一の解析対象に適用し結果を比較することにより、手法の欠点、定式化の一般的規則、今後の改善の方向性が見えてくる。

本論では、海上技術安全研究所が開発したGO-FLOW手法とATRD手法(Dr. Petkov により開発された手法)を動的システムの信頼性解析に適用している。

対象とする系が複雑になると系の状態数は急激に増大してくる。それを回避する方法としては、(1)系を階層構造にして取り扱う方法、(2)系の状態を故障、運転可能、制御可能な3種に大別して取り扱う方法がある。それぞれの取り扱い方法を念頭に、ATRD手法とGO-FLOW手法の原理を紹介している。

人間-機械系の解析にはPET手法(Performance Evaluation Teamwork)を用いそれによる動的な人間信頼性解析を実施する方法を本論では採用している。

ここでは、原子力プラントにおける簡単な制御系を動的システムとして取り上げている。タービン故障から出発するシーケンスについて時間経過にともなう制御操作が記述してある。

解析結果の一部を紹介し、この種の異なった手法による解析結果比較の重要性を強調している。人間-機械系の安全性評価には人間、機械の時間依存の信頼性解析が重要であることを述べてまとめている。

ソフィア工科大学のDr. Petkov は短期外来研究者として海上技術安全研究所に滞在した経験があり、その時の研究成果が本報告に反映されている。

分散型小型炉に関する研究(9)

- 臨海立抗立地方式の燃料交換時の放射線安全性 -

Study on Small Reactors for Distributed Energy System (9)

-Radiation Safety of Seaside Pit Siting During Refueling -

小田野直光、石田紀久、澤田健一
平成16年3月

日本原子力学会2004年春の年会要旨集

小規模電力網への電力源、地域熱供給などの分散型エネルギー源に適している分散型小型炉の研究の一環として、エネルギー需要地の大深度地下、洋上、臨海立抗立地などの立地方式が検討されてきた。分散型小型炉はエネルギー需要地に近接して立地されるという特徴を有しており、社会的受容性の観点から、原子炉施設の放射線安全性の検討は重要な課題のひとつである。

臨海立抗立地とは、臨海地の岩盤に立抗を掘削し、原子炉を格納容器ごと設置するものである。立抗内には海水を取り入れ、格納容器の周囲は海水が満たされている。立抗の水深は、仮に格納容器が損傷しても、放射性物質が格納容器外に漏洩しないよう、LOCA時の格納容器の内圧が水圧より低いという条件で決められる。従って、事故時に放射性物質が格納容器外に漏洩することがなく、また原子炉から陸上までの距離が十分にあり海水で満たされているため、事故時に格納容器上部に放出される放射性物質からの放射線は地上では問題にならないという、放射線安全確保の観点から有利な特徴を有している。一方、ここでの燃料交換方法は従来のものとは異なるので、作業時の被曝線量評価などにより放射線安全性を確認しておくことが重要である。

燃料交換時の放射線安全評価として、立抗内の海水を排出し格納容器蓋取り外す際の地上での線量、圧力容器蓋取り外し時の作業員の被曝線量、使用済燃料を炉心から取り出す際の地上での線量、使用済燃料をバージ工場で取り扱う際のバージ工場のコンクリート壁の必要厚さの評価を、それぞれ行なった。評価は300MW炉心について行い、線源項は5年間連続運転後の放射能強度をORIGEN2コードを用いて評価した。放射線被曝評価は、点減衰核積分法による簡易計算コードQAD-CGGP2Rを使用した。燃料集合体が原子炉容器に収納されている状態では、原子炉容器蓋が十分な厚さを有しているため、立抗内の海水を排出した状態で格納容器蓋を取り外してもバージ工場内での線量は非常に小さく、原子炉圧力容器蓋の取り外しを作業員が行うことも可能である。使用済燃料を炉心から取り出す際には、海水排水時においては遮蔽体が存在しないため、運転直後の燃料を格納容器脇のコフィンに移送するには、燃料カスクに封入して作業を行うことが必要である。また、バージ工場内で5年間冷却後の使用済燃料を輸送カスクに移送することを想定し、外壁を施設の敷地境界として扱うように、作業エリアの遮蔽壁及び外壁のコンクリート厚さについて遮蔽設計を行った。

人体組織等価2次元熱蛍光線量計システムの開発 - 全体概要 -

Development of two-dimensional tissue-equivalent thermoluminescent dosimetry system

成山展昭 近内亜紀子 大西世紀

小田野直光 山路昭雄 小笹尚登 石川雄三
平成16年3月

日本原子力学会2004年春の大会 予稿集

放射線の線量分布を簡便かつ詳細に測定できる2次元型の線量計は、放射線管理や医学利用等の分野において有用であるが、最近、放射光などの加速器施設が増加し、局所的な線量分布測定的重要性がますます増大してきた。これら細いビームの放射線に対しては従来の一点型の線量計では対応が困難であるので、2次元線量計が必要とされているが、ガンマ線・X線に関しては、線量計に要求される人体組織等価なエネルギー応答を備えた低・中線量用の2次元型線量計はないのが現状である。そこで、本研究では高感度な熱蛍光素子を用いて、優れたエネルギー特性をもつシート線量計とその読み取り装置を開発した。

蛍光体としては、人体組織等価な熱蛍光体の中でも最も高感度なLiF:Mg,Cu,Pを用い、バインダー材料には、蛍光体のアニーリング温度や人体組織等価性、波長透過性を考慮してETFEフッ素樹脂を用いた。シート製作には蛍光体を大量に必要とするため、安価かつ短期間に製造できる製造方法を考案した上で、バインダー材料とともに厚さ0.2mmの薄シート状に加工した。現在、10cm四方の大きさを試作しているが、最終的には20cm四方を目標としている。

シート線量計の照射線量は、シート全体を加熱して放出される熱蛍光をCCDカメラで検出することによって測定される。正確な線量測定のためには、20cm角を一定の昇温速度で均一に加熱しなければならない。そこで、抵抗加熱法で配線パターンを工夫することにより、位置依存性3%以内、温度上昇の直線性2%以内の性能を達成した。赤外線サーモグラフィを用いて測定した結果を図1に示す。a~dは加熱プレート上の異なる位置を表す。加熱速度は、0.5/秒と1/秒が可能である。加熱の間、放出される蛍光はCCDカメラに電荷量として蓄積され、加熱終了後、コンピュータにデータが転送される。

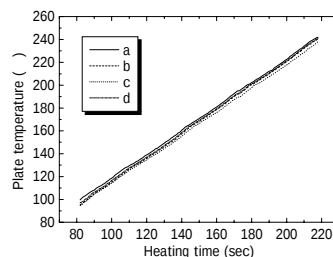


図1 加熱特性

今後は薄シート2次元線量計の線量計に必要な諸性能について調べるとともに、ガンマ・X線をはじめ中性子など多様な放射線に対する応用を進めていく予定である。

人体組織等価2次元熱蛍光線量計システムの開発 - 応答特性評価 -

Development of two-dimensional tissue-equivalent thermoluminescent dosimetry system

近内亜紀子 成山展照 大西世紀

小田野直光 山路昭雄 小笹尚登 石川雄三

平成16年3月

日本原子力学会2004年春の大会 予稿集

放射線の医学利用の多様化や加速器施設の増加に伴い被曝状況も様々に予想される現在、放射線の人体影響が2次元的に測定できる線量計の開発が望まれている。また薄い2次元線量計は、原子力施設等において局所的な遮蔽欠損を早期発見する手段としても有用である。本研究では、人体軟組織の組成に近い元素を用いることによって、人体と等価なエネルギー特性をもつ薄いシート状の2次元線量計の開発を行っている。シート線量計およびその原料として開発した蛍光体 LiF:Mg,Cu,P (NTL-250)の線量特性とエネルギー特性を評価した。

シート線量計およびNTL-250の照射はSPRING-8放射光施設において、50~150keVの単色光を用いて行った。今回の実験に用いたシート線量計の大きさは95mm角、厚さは0.2mmである。放射光のビームサイズは5mm角程度と小さいので、シートへの照射はシートを60mm幅で往復移動させることによって行い、粉状のNTL-250については均一に照射するために、試料をポリエチレン製の小袋に詰め回転させながら往復移動させる方法を使った。照射線量は0.01~3Gyである。シートからの熱蛍光は、本研究で開発した測定システムを用いて読みとった。NTL-250はHarshaw製3500型TLDシステムによって熱蛍光量を測定し、単位重量当たりの蛍光量で応答特性を評価した。

図1はシートからの熱蛍光量である。横軸はシートを移動させた方向で、25channelが10mm程度に相当する。蛍光体がシート内に均一に分布していることが確認された。NTL-250は、各エネルギーにおいて線量に線形な蛍光応答を示した。またこの蛍光体が、人体軟組織と近いエネルギー特性を持っていることを確認した。

薄シート2次元線量計は、より高い均一性および再現性を目的に改良中である。シートおよびNTL-250のエネルギー特性については、エネルギー領域を広げた測定を行う予定である。

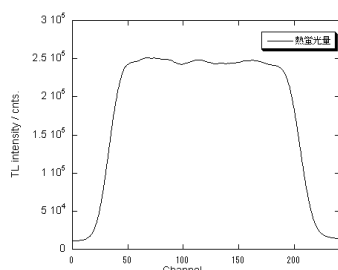


図1 2次元線量計シートからの熱蛍光

Evacuation Simulation for Disabled People in Passenger Ship

障害者を考慮した旅客船の避難シミュレーション

宮崎恵子、勝原光治郎、松倉洋史、平田宏一

平成16年5月

Proceedings of 10th International Conference
on Mobility and Transport
for Elderly and Disabled People

障害をもった乗客も、いわゆる健常者と同様に安全に船舶を利用し、非常時においても、安全に避難ができなければならない。著者等は、障害者を含む乗客の避難安全を評価するための研究を実施しており、避難シミュレーションを一つの評価手段として位置づけている。また、既に、健常者を対象とした旅客船の避難シミュレーションを開発している。この避難シミュレーションは、旅客船の一般配置図と旅客の初期配置に基づき、最短避難時間とそのときの最適避難経路を出力する。現在、この避難シミュレーションに障害を持った旅客の特性も入れられるよう改良しており、その際に必要となる障害者の行動を示すデータ等を収集するための実験を実施している。本稿では、開発している避難シミュレーションを概説し、障害を持った旅客の避難誘導の現状を示すために、バリアフリー化されたフェリーでの操練における模擬車いす利用者を含む旅客の避難誘導について紹介した。さらに、障害者の特性を得るために進めている各種の実験の概要について述べた。

各種の実験は次の通りである。非パニック状態の歩行者の群集と車いす利用者とが共に避難する場合を想定し、相互影響について観測する基礎的な避難実験を実施した。そして、歩行者と車いす利用者の挙動について得たデータに基づき、車いす利用者を歩行者の群集が追い越す際の挙動を表すモデルを開発した。一方、非常時には、エレベータの使用が制限され、場合により、階段を利用して、船員が車いす利用者を移動させる必要が出てくる。そこで、バリアフリー化されたフェリーでの操練の機会を利用して、船員等による模擬車いす利用者の階段移動に関する実験を実施した。また、動揺による避難行動への影響を詳しく見るために、簡易動揺装置を製作し、歩行者に関する実験を実施した。引き続き車いす利用者等の行動特性についてデータを収集する予定である。

改良した避難シミュレーションは、避難者のタイプ別にそれぞれの特性を示す歩行速度等のデータを入れることが可能であり、これらの実験から得られたデータ等を追加することにより、障害者を考慮した避難シミュレーションへと発展させることができる。

多価イオンの電荷移行反応における 偏極励起状態の生成

Alignment of electronic excited states produced by
electron transfer of multiply charged ions

近内亜紀子、田沼肇、小林信夫

平成16年1月

2003年度宇宙空間原子分子過程研究会要旨

多価イオンが束縛電子の古典的速度よりも低速で標的物質と衝突する場合、標的からイオンに電子が移行する電荷移行反応が主要になる。移行する電子がイオンのどのエネルギー準位に捕獲されるかについては、近年よく研究され、その反応過程が明らかになってきている。しかし、各エネルギー準位における磁気副状態の選択則については、理論的にも実験的にも十分な研究がなされていない。その理由の一つとして、磁気副状態間には磁場が加わらない限りエネルギーの差が生じず、通常の分光では状態が区別できないことがあげられる。本研究では、電荷移行反応で生成された励起状態からの発光の偏光度を求めることによって、多価イオンへの電荷移行反応で特定の磁気副状態が選択的に生成されていることを観測することに成功した。

ECR型イオン源で発生させたHe様多価イオン $C^{4+}(1s^2)$ を7.5kV~20kVの電圧で加速し、Ar、Kr、Xeに衝突させ、電荷移行反応により $C^{3+}(1s^23p)$ 励起状態を生成した。励起状態からの発光は、ビーム軸に対して平行・垂直に設置された偏光板を透過し、13本ずつ束ねられた光ファイバーで分光器に運ばれた。分光器の入口スリットに沿ってファイバーの出口を並べ、平行・垂直両偏光成分を同時に分光した。分光された光は液体窒素冷却型CCDカメラに蓄積され、データはPCに送られた。本実験では、 $1s^23s \rightarrow 1s^23p$ 遷移の可視領域発光を観測し、 $1s^23p$ における微細構造の分解を可能にした。 $3s^2S_{1/2} \rightarrow 3p^2P_{3/2}$ 遷移発光の平行・垂直各偏光成分を、無偏光な $3s^2S_{1/2} \rightarrow 3p^2P_{1/2}$ 遷移の発光強度で規格化し同時に測定することで、不確定要素の少ない偏光分光測定を実現したのが、本実験の特徴である(図1)。

$C^{3+}(3p^2P_{3/2})$ における $M_J=3/2$ 状態と $M_J=1/2$ 状態の生成断面積比を偏光度から算出し図2に示す。横軸は、電荷移行が起こると予想される原子核間距離であり、図のような依存性が確認された。近い距離で反応するほど、生成された励起状態は電子

を失った標的が作る電場を強く受けるので、Stark効果による状態混合が予想される。また、標的はいずれも反応後の基底状態が 2P であり、スピン軌道相互作用による状態分裂が考えられる。これらの効果が、電荷移行反応過程に強く関わっていることが示唆された。

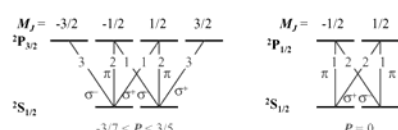


図1 $2S_{1/2} \rightarrow 2P_{3/2}$ 遷移および $2S_{1/2} \rightarrow 2P_{1/2}$ 遷移でのKastler Diagram.

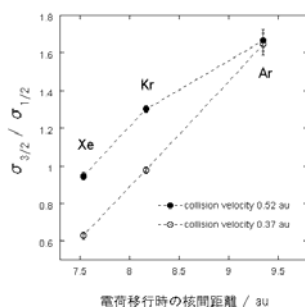


図2 電荷移行反応距離と状態偏極の割合

Ocean Abyssal Carbon Experiments at 0.7 and 4 km depth

700mおよび4000mにおける二酸化炭素深海実験

P. M. Haugan, P. G. Brewer, E. T. Peltzer, III,

P. Walz, I. Aya, K. Yamane, R. Kojima,

Y. Nakajima, N. Nakayama, J. Hove,

T. Johannessen, R. G. J. Bellerby, G. Alendal

平成16年9月5日~平成16年9月9日

The Proceedings of the 7th International Conference
on Greenhouse Gas Control Technologies

地球温暖化対策としてのCO₂海洋隔離の実用化には、まず、陸上実験によって深海を模擬した高圧条件下のCO₂物性等を網羅的に調べる基礎研究、次に小規模な実海域実験によって陸上実験で得られなかった実深海でのCO₂の挙動を調べる応用研究、更に中規模な実海域実験によってスケール効果を調べる開発研究、最後に大規模な実海域実験によって実用可能なことを確認する実証試験が必要である。

平成14年度から始まった「二酸化炭素深海実験・OACE」は、日、米、ノルウェー三国が共同で小規模実海域実験を実施することによって、「CO₂深海貯留法」を総合的に評価するとともに、その実用化に不可欠な大規模実証試験への道筋を付けることを目的としている。今回の発表は、これまで2度に渡り実施された米国モンテレー湾内の実海域実験について総括する。まず深度700~800mでのOACEのCO₂貯留予備実験(2003年2月20~24日)が行われ、本海域の流れ場に置かれた容器に溜められたCO₂からの溶解速度や溶解に伴う海水の酸性度(pH)の変化が計測された。さらに水深4000mに達する深海での貯留法を目指した実験を、2003年10月24日から28日までの5日間にわたり実施した。実験場所に選ばれた海域は、目的の実験深度に合致する、同じくアメリカ・モンテレー湾の沖合である。先の浅海で行われた成果をもとに2度目の実験では、深度3942mの深海底までROVで輸送し、強制流動装置を備えた模擬貯留装置に約100Lの液体二酸化炭素が注入・貯留された。

今回の実験は、二酸化炭素が深海貯留によって安定化されるかどうか、その効果の確認を第一の目的として行い、種々の測定が行われた。実験の結果、

- (1)長期間の液体CO₂安定貯留が可能であるが、今後、よりスケールアップした検討が必要であろう。
- (2)貯留サイト周辺の海水におけるpH変化を測定し、深海貯留が周囲の環境に与える影響について、その関連するデータが収集された。
- (3)過去に報告されている3627mにおいてピーカーに貯留された液体CO₂からの溢れ現象(Overflow phenomenon)が、観察されなかった。
- (4)深海模擬貯留装置の強制流動による、貯留CO₂界面への影響が観察され、ハイドレート生成に関する実験映像を記録した。

この実験は日本初であると同時に、深度3942mでの実験は世界最深のものとなった。

The Difference of Hydrate Nucleation in Distilled and Natural Water 蒸留水および天然水を用いたハイドレート 核生成相違

R. Kojima, C. Oyama, K. Yamane and I. Aya
平成16年9月5日～平成16年9月9日

The Proceedings of the 7th International
Conference on Greenhouse Gas Control
Technologies

人為起因のCO₂を大気から隔離する技術の一つとして、500m以深の海洋にCO₂を溶かす「溶解法」と3,500m以深の深海底窪地に液体CO₂を貯める「貯留法」が提案されている。液体CO₂は、温度8.7℃以下、圧力4.5MPa以上の条件において海水との界面にCO₂クラスレート・ハイドレート(以下、ハイドレート)膜を形成する。その為これらのCO₂海洋隔離法を評価するためには、CO₂ハイドレートの性質を知る必要がある。

ハイドレートはゲスト分子(CO₂)の周りに幾つかのホスト分子(H₂O)が集まった、籠型の多面体が結合した包接水和物であり、液体CO₂の溶解を抑制する働きがあるため、この膜が安定的にCO₂を覆うように存在するならば、CO₂の海洋への拡散抑制効果が期待できる。しかし、ハイドレート生成深度に放出されたCO₂液泡は、強い乱流場に置く等の方法を取らない限り容易にハイドレートが生成しない場合がある。

また、ゲスト物質と、水から成るハイドレート生成系がハイドレート生成の可能な所定の熱力学的条件に保たれてから、実際にその系内でハイドレートが初生するまでの誘導時間は、その系内の水の温度履歴に強く依存することが知られている。

系内の水が、ハイドレート生成の履歴を持つ(ハイドレート生成後、温度を上昇させたり、減圧するなどしてハイドレートが分解した経験を有する水)場合、誘導時間が短くなる現象が観測されている。

これは、ハイドレートが分解後もその構造の一部(疑似籠状クラスター)が水の液相中に残存し、これが次の核生成を容易にする為に、誘導時間が短くなると考えられている。そこで本実験では、ハイドレートクラスターと核生成に着目し、ハイドレート生成領域において、強制的な核生成を行わない場合、核となり得るゲスト分子の溶解水の濃度を変化させ、蒸留水と軟水を用いて、ハイドレート生成機構を実験的に明らかにした。

今回の実験結果では、ハイドレート生成領域における、ハイドレートの核生成に要する時間は、強制的な外因を加えなければ、極めて長い時間がかかることが確認された。また、今回の溶解水濃度においては、濃度以外の要素がハイドレート生成に支配的に働く可能性が示唆された。

人体組織等価2次元熱蛍光線量計の応答特性

The Response of Tissue-equivalent
Two-dimensional Thermoluminescent Dosimeter
近内亜紀子、成山展照、大西世紀、小田野直光、
小笹尚登、石川雄三
平成16年2月

KEK Proceedings

原子力施設や加速器施設における被曝では、全身への均一的な被曝よりも局所的な被曝が一般的に予想される。人体の局所的な被曝を正しく評価するには、人体組織と同様のエネルギー吸収特性を持つ広面積な2次元線量計が必要である。また、原子炉を利用した中性子医療照射が中性子線・ガンマ線混合場によって行われているように、中性子線とガンマ線が混合した場での被曝も少なくない。このような場で照射線量を正しく見積もるためには、中性子線とガンマ線を分けて検出する方法が必要である。

我々はこれまでに、X線およびガンマ線に高感度な熱蛍光(Thermoluminescent; TL)物質LiF:Mg,Cu,P (NTL-250)を開発し、それを利用した人体組織等価なエネルギー特性を持つ2次元熱蛍光線量計(TLシート)を開発した。これは、エチレンとテトラフルオロエチレンの重合体であるフッ素樹脂ETFEをバインダー材料としてNTL-250蛍光体をシート状に成型したものである。最終的には200mm角のTLシート開発を目指しているが、現在95mm角、厚さ0.2mmに成型したものを使ってその特性を調べている。放射光及びガンマ線源を用いた照射実験により、NTL-250蛍光体及びTLシートが、X線・ガンマ線に対して人体軟組織と等価なエネルギー特性を持つことを確かめた。

また、蛍光体に用いられているLiF中の自然同位体比は、⁷Li(92.41%)、⁶Li(7.59%)であるが、⁶Liを94.7%まで濃縮した高濃縮⁶LiFを添加して2次元熱蛍光線量計中の⁶LiF割合を増やし、熱中性子による⁶Li(n,α)t反応を起こさせることにより中性子を検出する線量計も開発中である。この線量計はX線・ガンマ線にも感度を持つが、中性子にほとんど感度を持たない前述の熱蛍光線量計と併用することにより、中性子線量を評価することが可能となる。

中性子用2次元線量計システムの開発においては、線量計素子の使用条件や線量計測定方法を確立するために、中性子線による放射化の程度を把握することが必要である。そこで、TLシートおよび原料の放射化分析を行った。日本原子力研究所原子炉JRR-4の気送管照射設備を利用して試料に中性子線を照射し、照射後試料からのガンマ線スペクトルを高純度Ge検出器で測定して、放射化の程度を確認した。その結果からTLシートの中性子線による放射化の程度が低い、もしくは非常に短寿命であることが確認された。

Propulsive Performance of a Contra-Rotating Podded Propulsor

二重反転ポッド・プロパルサの推進性能

右近 良孝、大橋 訓英、藤沢 純一、長谷川 純

平成16年4月

Proceedings of T-pod; The 1st International
Conference on Technological Advances
in Pod Propulsion

本論文では、新しい概念のポッド・プロパルサの推進性能の実験結果を述べる。ポッドの片方の端部に二重反転プロペラを装着した推進装置であり、通常型ポッド・プロパルサと在来型プロペラを組み合わせたいわゆる「ハイブリッド型」とは異なるものである。本プロパルサは現在、プロペラメーカーとモーターメーカーとで開発中であり、ガスタービンや電気推進システムによるエネルギー損失を回収し、船の推進効率を向上させることが狙いである。

本論文では、二重反転ポッド・プロパルサの単独性能やこれを装着した船の抵抗・推進性能に関する初期的広範な実験的研究の成果を述べる。

まず、第1に本プロパルサの単独性能計測するために、新しく動力計を開発した。本動力計は前プロペラと後プロペラの各スラストとトルクの4分力とポッド全体に加わる抵抗と横力と旋回モーメントを計測できる7分力計である。

この動力計をプロペラポートに取り付けてプロパルサ単独性能試験を実施した。ポッドの前端に二重反転プロペラの付くトラクタ型とポッドの後端に二重反転プロペラの付くプッシャ型について計測を行った。二重反転プロペラ単独の場合と二重反転プロペラにポッドが付いた時のポッド・プロパルサの性能の違いについて、議論した。ポッドが付くと抵抗となり、その分効率が悪くなった。また、ポッドの伴流分、見かけ上前進率が小さくなった。

最後に、このポッド動力計を4,999DWT型内航黒油タンカーの模型船に取り付け、抵抗・自航試験を実施した。2つの試験法(プロペラのみを推進器とするプロペラベース法及びポッド、ストラットとプロペラを推進器とみなすシステム・ベース法)で試験と馬力計算を行ったが、設計プロペラを用いていないこともあり、システム法で得られた馬力が数%大きくなった。プロペラベース法での馬力計算では、在来型船型(ベックツイン舵装備船)と比べて、ポッド・プロパルサ船は推進性能上優位であった。プッシャ型で21%、トラクタ型で17%、在来型船型より伝達馬力が少なくなり、制動馬力ではプッシャ型で15%、トラクタ型で10%、在来型よりポッド船の馬力がそれぞれ小さくなることが予測された。

Calculating Benzene Concentration Emitted during Tanker Loading

ベンゼン積み荷役中の排出濃度計算

間島 隆博、山之内 博、山口 勝治

平成16年3月

Transactions of the ASME
Journal of Energy Resources Technology, Vol.126

ベンゼンは発がん性物質であるが、塗料、薬、殺虫剤などの化学物質の基礎材料となるため大量に生産、消費されている。日本における年間生産量は400万トンを超えており、そのうち30%程度がケミカルタンカーにより海上輸送されている。乗組員の健康被害が懸念されるため、ベンゼンを輸送するケミカルタンカー上における作業環境濃度を把握する必要がある。海上輸送は積み荷役、航海、揚げ荷役、タンククリーニングの4つの作業からなり、各作業でベンゼンの排出形態が大きく異なる。特に積み込み作業は岸壁で行われるため、ベンゼンガスに曝露される対象は乗組員のみならず、岸壁での作業員、事業所職員、周辺住民へと対象が広がる。ここでは積み込み作業時に排出されるベンゼンガス濃度を求めるため、1/10縮尺の模型貨物タンクを用いてタンク内での拡散機構を調査し、物理的な現象、パラメータと関連付けて計算モデルを作成した。考慮した現象は、(1)積み込み初期における、液面の乱れによる渦拡散、(2)渦拡散が影響しない程度の液面高さにおける分子拡散、(3)タンクと排気管接続部付近の3次元的な流れの構造による移流の影響である。模型タンクでは(2)(3)の要素が支配的であり計算結果は実験結果の排出濃度を精度良く予測できることが示された。一方、実船スケールの貨物タンクでは(1)の影響を考慮しなくてはならず、この現象を模擬した模型実験からデータを得てモデル化を行った。本モデルは縮尺効果を考慮していないが、実船計測との比較から、排出濃度のオーダーを求める上で十分な精度であることが示された。さらに、物理的な拡散機構に基づいた計算モデルであるため、物性値を入れ替えればベンゼン以外の化学物質についても適応できる可能性がある。

Two-phase Turbulence Structure in a Microbubble Channel Flow

マイクロバブル流中の二相乱流構造
北川 石英、菱田 公一、児玉 良明
平成16年3月

Proceedings of the 5th Symposium on Smart Control of Turbulence

現在、大型タンカーなどの船舶が水から受ける抵抗は、その大部分が摩擦抵抗であるため、摩擦抵抗の低減はそのまま船舶の輸送効率の向上へとつながる。しかしながら、従来までのLEBUなどの抵抗低減デバイスでは高い軽減率は望めず、また生物付着による汚損などの問題が生じるため適用が困難である。このため、最近では、マイクロバブル(微小気泡)を乱流境界層に吹き込むことによって摩擦抵抗を低減する技術に注目が集まっている。しかしながら、非常に多くの気泡を含んだ系に対する計測の困難さゆえ、現在までのところ、この技術による摩擦抵抗低減メカニズムの包括的な解明がなされていない。

本研究では、マイクロバブルによる摩擦抵抗低減メカニズムを明らかにするために、水平チャンネル内気泡流に対する粒子画像複合計測を行った。その結果、気泡の混入に伴い、液相レイノルズ応力が低下することを示した。これは、壁面せん断応力の低下を導くため、摩擦抵抗低下に直結する。また、気泡の変動速度の相関値は、液体のレイノルズ応力よりも十分に小さいことを示した。さらに、気泡近傍場の液相変動速度相関と気泡変形度合いを算出し、気泡の変形とレイノルズ応力の低下には、密接な関係があることを明らかにした(図1参照)。

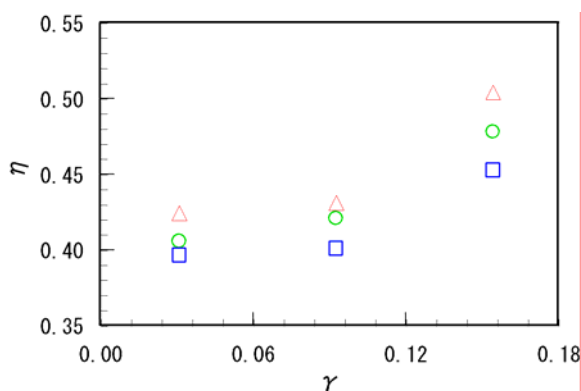


図1 Relationship between bubble deformation ratio and frequency of the occurrence of negative $u'v'$

撓鉄マニュアルに関する研究とその周辺

Research project on plate forming technology
松岡一祥、田中義照、安藤孝弘、勝又健一、林慎也、
岩田知明、富沢茂、砂川祐一

平成16年4月

関西造船協会誌「らん」

海技研と中小造工(日本中小型造船工業会、旧中造工時代を含む)が共同で製作した「撓鉄ビデオマニュアル」2巻の開発の経緯、効果等を中心に海技研の撓鉄関連の研究を紹介している。

撓鉄は造船技能の継承で最も問題となっているものである。

まず、1998年当時の状況について、アンケート結果を整理して示し、次に、現地調査とその分析方法を示している。

分析の結果、特殊事例を除けば、「工場施設が許す限り、大きい曲がりには冷間加工を用い、非可展面の測地測度の調整に熱を用いること。また、熱による調整が最少になるように冷間曲げを行うこと。」が最適作業方針であることが判明したとし、最初の冷間曲げで工数がほぼ定まるとしている。さらに、これらに基づくビデオマニュアルの構成を示している。

ビデオマニュアルの効果については、2003年に実施したアンケート結果と先のそれとを比較し、マニュアルユーザーの撓鉄工数が5年間で減じていることから有効であったとしている。

撓鉄の上流側の問題点として曲面外板を平板にする、いわゆる現図展開を取り上げ、撓鉄と曲面展開が逆作業であり、展開側から情報が適切に伝達されていない現状が撓鉄を技芸としているとしている。

これを打破するための方法として、最適撓鉄作業の逆作業としての曲面展開法について述べ、実船への適用例、現状の外板システムの問題点等について述べている。

最後に、その他の造船技能の継承問題、位置決め/仮止め、歪み取り、配管設計/艤装、機関仕上げ、修繕/解撤などにも技能継承の問題が存在するが、それらの中にも、生産設計システムの不備に起因するものが少なくないとしている。

Hybrid-sail - Hull and Sail - Sail Interaction

Effects for an Ocean-going Sailing Ship

外航帆装船の帆と帆及び帆と船体の干渉影響

藤原敏文、北村文俊、上野道雄、南佳成、

G.E.Hearn

平成16年5月

Proceedings of The Fourteenth (2004)

International Offshore and Polar Engineering

Conference (ISOPE2004)

地球の温暖化に伴う環境破壊の1つの原因とされているCO₂の排出削減を行うことは重要である。船舶からのCO₂の排出削減についても取り組む必要があり、ディーゼルエンジンに変わる新たな推進機関の開発が望まれる。

当所においては、自然エネルギーを利用した環境負荷の少ない推進手段として、外航帆装船の検討を行ってきた。想定する帆装用帆は、高揚力を発生させるために翼型マスト(硬帆)、前部のスラット、後部のセール(軟帆)から構成される複合型帆である。前回までに様々な単独帆の空力特性について調査を行ってきた。本稿では帆を船体に設置する際の高さや幅の制約を考慮し、複数の帆がデッキ上に存在する場合の空力特性の変化(帆と帆及び帆と船体の干渉影響)を風洞実験により調査したので報告する。

設置を想定する船舶は、4機のクレーンをデッキ上に装備した載荷重量約5万トンのバルクキャリアである。それらのクレーンに複合帆の機能を付加させることを念頭に置いた。複合帆には単独帆実験結果から最も推進力を発生する1つの矩形型帆を選択し、実験を実施した。

実験の結果、帆及び船体の干渉影響により、単独帆の推進力と比較した場合の推進力減少量が明らかとなった。また、4機の帆の風向角を様々に変化させることにより、推進力の減少量を緩和させる方策についても検討を行い、有効な帆の設定角度が明らかとなった。

さらに、この実験結果に基づきシミュレーション計算を実施し、帆装船の定常航行性能についても調査した。従来から行われてきた干渉影響を考慮しない定常航行状態の推定値と今回の推定値の比較を行った結果、当舵量に大きな違いのあることが明らかになった。また、本計算結果により帆装時において操船に大きな悪影響を及ぼす航行状態としないことを確認するとともに、エンジンの推進力減少量から帆装船の有効性を証明した。

群遅延を用いた薄膜中を伝搬するバルク波
および薄膜の密度の解析法についてAnalytical method of bulk waves propagating
through thin films and the densities of the
films using a group delay technique

菅澤 忍

平成16年3月

日本音響学会2004年春季研究発表会講演論文集

材料を利用するにあたって、材料表面上に薄膜を形成することによって、応用範囲を広げることができる。例えば、塗膜やメッキを施すことによって耐食性を向上させたり、金属基上に溶射皮膜を作製して、耐熱性、耐摩耗性等を向上させることがあげられる。前報¹⁾においては、基材に密着している薄膜が空気に接している場合を扱ったが、実際に溶射皮膜を作製して理論を適用したところ²⁾、皮膜は音響インピーダンスがわずかに異なる層が積層している可能性が得られた。そのような場合を解析するための予備的検討のために、薄膜(音響インピーダンス Z_2)が有限の大きさの音響インピーダンスを持つ二つの媒質(音響インピーダンス: Z_1 、 Z_3)、に挟まれる場合をモデルとして、群遅延解析を行った。

その結果、1.群遅延時間の最大値、最小値は、周波数に関して、 $v_2/2d$ の周期を持つ(v_2 は薄膜の音速、 d :薄膜の厚さ)、2.群遅延時間は、 $Z_2 \cdot Z_2 = Z_1 \cdot Z_3$ のとき発散する、3.音響インピーダンスによって、群遅延時間は正にも負にもなりうる、等のことが理論的にわかった。以上の性質をもとに、薄膜の音速および密度を解析する方法を示した。

また、上記の場合を解析するために、群遅延時間が急激に変化する場合にも適用可能な解析手法を提案した。従来のphase slope法では、薄膜がない場合とある場合とのバルク波の相互スペクトルの実数成分を $X(\omega)$ 、虚数成分を $Y(\omega)$ とおくとき、 $X(\omega)/Y(\omega)$ から逆正接関数を用いて、いったん位相に変換してから微分して群遅延時間を求める必要があった。さらに、 2π の整数倍の不定性が現れる可能性があるため、正しい値を得るためには、適当な補正をしなければならぬという問題点があった。一方、提案した方法では、群遅延時間 $\Delta\tau_g(\omega)$ は、

$$\Delta\tau_g(\omega) = \left\{ \frac{dY(\omega)/dt}{X(\omega)} - \frac{dX(\omega)/dt}{Y(\omega)} \right\} / \{X(\omega)^2 + Y(\omega)^2\}$$

によって直接求めることができることを示した。

1) 日本音響学会春季講演論文集 (2003.3) p.1231.

2) 第24回超音波エレクトロニクス基礎と応用に関するシンポジウム予稿集 (2003) p.89.

NGH ペレット貨物の倉内特性 - ばら積みメタンハイドレートペレットの 自己保存性及び熱物性値の計測 -

Thermal Properties of Natural Gas Hydrate
Pellets in Ship Cargo Hold

--- Measurements of Dissociation Rate,
Thermal Conductivity and Specific Heat
of Methane Hydrate Pellets in Bulk ---

城田英之、足田賢次郎、中島康晴、

太田 進、岩崎 徹

平成16年3月

国際フォーラム

天然ガスハイドレートペレット輸送船

従来の液化天然ガス(LNG)方式よりも高温・低圧の状態、天然ガスをハイドレートの形態で海上輸送することを目的として、ばら積みメタンハイドレートペレット(MHP)の熱的特性について実験的に調べ、以下の結果を得た。

(1) ばら積みガスハイドレートペレットの自己保存性：ばら積み状態にあるペレットを模擬した状態で、MHPの自己保存性と温度の関係を実験的に調べた。その結果、-20℃付近にMHPの自己保存性の高くなる温度があることが分かった。この結果は、三井造船及び大阪大学で単一ペレットを用いてそれぞれ独立して実施された実験結果と傾向が一致していた。

(2) 圧縮荷重がばら積みガスハイドレートペレットの自己保存性に及ぼす影響：貨物としてのペレットが航海中に船体運動によって荷重を受ける状況を想定し、静的/動的荷重が作用する場合のばら積みMHPの分解挙動を実験的に調べた。静止時に船倉底にかかる想定される荷重に加え、片振幅0.32G(2Hz)の繰り返し荷重を1,000～10,000回かけた条件では、繰り返し荷重の有無によってペレットの分解に有意な差は見られなかった。一方、繰り返し荷重の回数が100,000回に達すると、繰り返し荷重がペレットの分解に影響が無視できないという結果となった。

(3) ガスハイドレートペレットの熱的特性：伝熱解析における入力データを決定する目的で、MHPの熱伝導率及び比熱の計測を行った。ペレット層の熱伝導率は、その充填状況によって大きく異なる結果となった。また、比熱の計測値は、純粋なメタンハイドレートについての文献値とほぼ近い結果となった。

NGHペレット輸送船が実施すべき安全対策

Safety Measures for Natural Gas

Hydrate Pellet Carriers

太田 進、川野 始

平成16年3月

国際フォーラム - 天然ガス

ハイドレートペレット輸送船

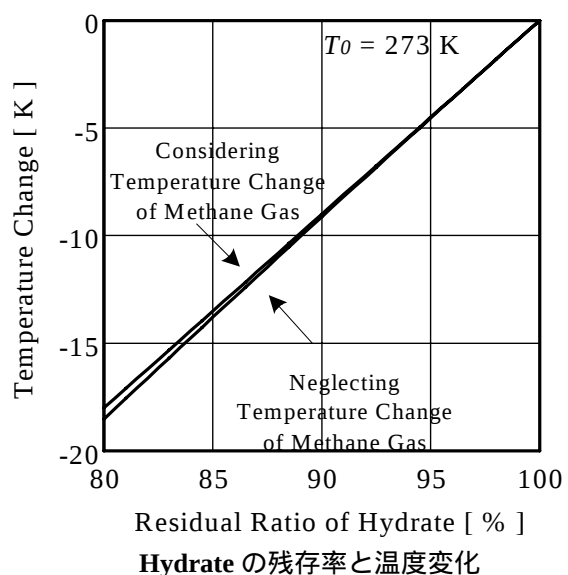
天然ガスハイドレートペレット(NGHP)輸送船は、NGHPをばら積み輸送するための、防熱されたタンクを有する専用船であり、こうした船を設計する際に考慮すべき安全対策を明らかにした。

船舶のばら積み貨物としてのNGHPは、固体ではあるが、危険物としては引火性ガスに分類され、タンク内に空気(酸素)があれば、航海中のNGHPの僅かな分解で爆発性雰囲気形成される。また、分解により、貨物の温度が低下する可能性があり、貨物の設計温度の設定に留意する必要がある。

貨物の性質や輸送時の貨物の温度を考慮すれば、基本的な安全対策は以下の通りである。

- (1) IGC Codeタイプ2G船に倣って、残存性を確保し、貨物倉を隔離する。
- (2) 貨物タンクは、一体型タンク以外の構造とする。
- (3) 船体構造に二次防壁としての機能を持たせる。
- (4) 貨物タンクの酸素濃度を制御する。
- (5) 引火性ガスが侵入する恐れのある区画は、不活性ガスを注入するか、連続通風を行う。
- (6) 電気機器の使用を制限し、用いる場合は防爆型とする。
- (7) 適切なガス探知機を備え、消防設備を備える。

さらに、NGHP輸送船における防爆対策及び貨物の設計温度評価並びに温度管理のあり方を示した。



RTK-GPSを用いた小型滑走艇の操縦運動計測に関する実海域実験

At-sea Measurement of Manoeuvring Motion of a Small Planing Boat Using RTK-GPS

塚田吉昭、二村 正、上野道雄、宮崎英樹

平成16年5月

関西造船協会2004年度春季講演会講演概要集

近年、プレジャーボートに代表される小型滑走艇の数が増加している。しかし、その操縦性能に関する知見は、一般的な船舶と比べて著しく不足しているのが現状と思われる。この原因の一つとして、速度が速く運動状態が急激に変化する滑走艇特有の運動を、滑走状態における船体浮上量を含めて、高速かつ高精度で計測できないことが考えられる。

当所の模型操縦性試験では、小型軽量のRTK-GPS(リアルタイムキネマティックGPS)を導入しているが、このGPSは、高速で高精度に3次元座標を計測することができる。そこで、このRTK-GPSを用いた小型滑走艇(船長6m)の実海域における操縦運動計測実験を実施した。運動の計測にはRTK-GPSと共に光ファイバージャイロを用いた。GPS位置の計測点は船体中心線上の2点として、船の位置と速度だけでなく船首方位や横流れ角も計測した。さらに、本GPSの特徴を活かして従来周期的変動は計測できても絶対変位の計測が困難であった船体上下位置(浮上量)の計測も試みた。GPS機器の通信障害等の問題はあったものの小型滑走艇特有の滑走による浮上量(図参照)等も含めた運動が計測できたので、実海域実験の概要と操縦運動の計測結果を報告する。

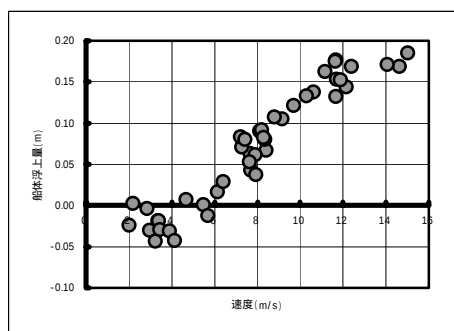


図 直進試験における船体浮上量

次世代型帆装船用ウェザールーティングシステムの開発とその評価

Development and Evaluation of Weather Routing System for a Novel Sail Assisted Ship

辻本 勝、上野 道雄、藤田 裕、廣岡 秀昭

平成16年5月

関西造船協会論文集第242号

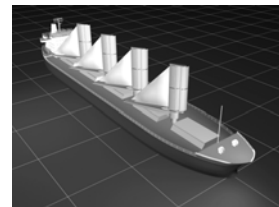
船舶からのCO₂排出量の削減を目的とした次世代型帆装商船の研究開発の一環として、高揚力複合帆を装備した船のウェザールーティングシステムの開発を行った。

従来のウェザールーティングシステムが航行の障害となる波や風の強い海域を避けるように行われているのに対し、次世代型帆装船用ウェザールーティングシステム(sWR)は風のエネルギーを効率的に利用できる海域を航行するためのルーティングである点が異なる。

sWRでは、風、波による定常力を考慮して、船速、偏角、舵角、横傾斜角に関する平衡方程式を解き、応答データベースを事前に作成する。次に、これを用いて非線形計画法によりCO₂排出量最小値なる航路、主機回転数を、スケジュール一定の条件で求めるものである。

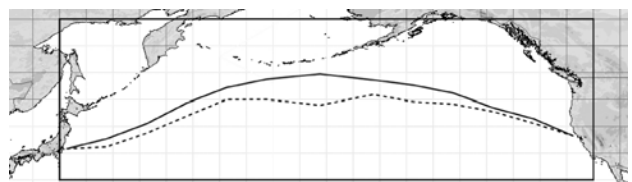
今回、ハンディー型バルクキャリア(BC)が北太平洋を航行する場合を対象としてケーススタディを行った結果、次世代型帆装船用ウェザールーティングシステムの効果が6.5%、高揚力複合帆と組み合わせた総合効果が17.4%となり、CO₂排出量を十分削減することが可能であることが明らかとなった。

CO₂ 排出量削減効果



次世代型帆装BC

項目	効果
高揚力複合帆の効果	11.7%
sWRの効果	6.5%
高揚力複合帆とsWRによる総合効果	17.4%



選定航路の例：春季東航時
(実線：次世代型帆装BC、点線：従来型BC)

Dissolution Measurements of Microbubble Plume by ILI and PIV-LIF

干渉画像法と粒子画像速度計測・レーザー誘起蛍光法によるマイクロバブルプルームの溶解計測

伊藤 博展、杉山 和靖、川口 達也、菱田 公一、
児玉 良明
平成16年5月

Proceedings of the 5th International Conference on
Multiphase Flow, ICMF'04

気泡の溶解現象は化学反応プラントや水質浄化装置など広範囲の産業分野で利用されている。また、CO₂の海洋固定化の研究で注目されている。近年、径が1mm以下であるマイクロバブルの発生法の開発が進められている。マイクロバブルは、比表面積が大きく、滞留時間が長い、溶けやすいという特徴があり、様々な分野での有効活用が期待されている。本研究では、マイクロバブルを含むプルームを対象とした実験を行い、溶解特性に関する知見を得ることを目的とする。そのため、気泡分布や速度場の詳細データを取得する。本論文では、非接触で高精度な光学計測を行い、ガス溶解速度に対する気泡周囲の液相速度の影響を定量的に評価し、解析した。

実験は、海上技術安全研究所 上下動揺実験棟に設置された気泡噴流実験装置を用いて行った。作動流体には水道水を使用し、実験の再現性をはかるために、真空脱気装置で溶存気体を除去した。気泡発生には、竹村・松本(2000)によって開発されたノズルを用いた。気泡径の供給気体はCO₂、N₂であり、気体流量は $15 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{min}$ とした。また、液流量は $100 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{min}$ とした。発生気泡径は150 μm 程度である。

気泡径の計測には光学的に画像圧縮を行うILI法(Maedaら、2000; Kawaguchiら、2002)を適用した。この方法により、多数の気泡径を高精度に取得した。また、PIV-LIFによる速度分布計測を行った。気泡径と速度分布のデータから気泡の溶解速度量を求め、無次元数であるシャーウッド数 Sh を用いて溶解度を評価した。例として、CO₂気泡に対する Sh の分布を図示する。図中の x は気泡発生ノズルからの高さ、 y は噴流方向軸からの距離を表す。ノズルに近い位置での Sh は、一般的な溶解量の推算式であるRanz-Maesha式を用いた Sh よりも数倍も大きいことを確認した。従来の実験式から類推した噴流中のエネルギー散逸率分布から、溶解の促進が乱流中の微細渦のせん断によってもたらされうことを確認した。

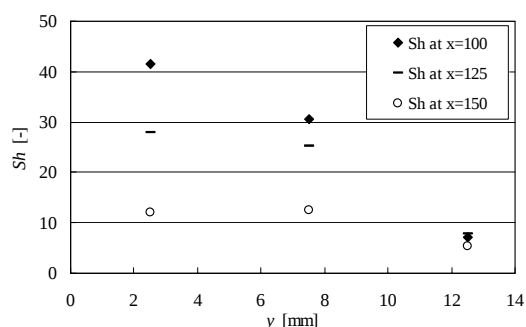


図1 Sherwood number Sh profile

測定面の凹凸に起因する超音波厚さ測定誤差の一補正法

Method of correcting the ultrasonic thickness measurement error caused by roughness of test surface

成瀬 健、島田 道男、吉井 徳治
平成16年5月

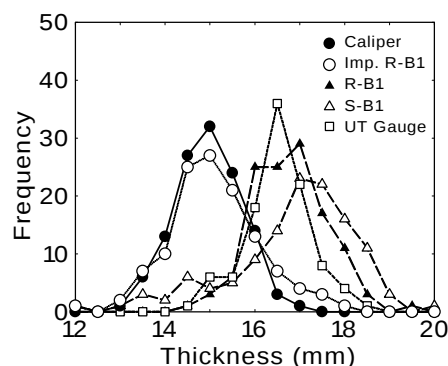
非破壊検査 53巻5号

船舶・海洋構造物において、構造部材の腐食衰耗は、構造物全体の強度低下をもたらすことから安全性を確保する上で大きな問題となっている。そのため、衰耗状況を調べるために行われる厚さ測定は重要な検査項目と認識されており、国際的な船舶検査強化の流れの中で適用拡大が図られている。

通常、厚さ測定は超音波厚さ計により行われている。しかし、腐食した構造部材の表面は、腐食生成物に覆われていること、または、大きな凹凸を生じているなどの理由から、グラインダー等による測定面の前処理が必要となり、そこに多くの費用と労力を要することが問題となっている。また、測定者が前処理を行う際に、削りやすい箇所を測定点に選定することによる測定結果の偏向も懸念されている。

本研究では、グラインダーによる測定面の前処理を省略した超音波厚さ測定方法の開発を目的に、ブラシ等により錆を落としただけの腐食鋼板を用いて超音波と機械式の厚さ測定とを比較する実験を行った結果、厚さ測定に必要な超音波底面エコーは十分に検出できるものの、厚さの平均値として、プラス側に0.6mmから2.2mmの測定誤差が発生することが分かった。その対策として、表面エコーの持続時間による補正方法を考案し、厚さ分布の平均値を0.2mm以内で機械式の測定値と一致させることができた。

また、この補正方法の妥当性を確認するため、測定面における超音波の多重反射をモデル化した数値シミュレーションを行い、表面の凹凸に溜まった接触媒質層の厚さと表面エコー持続時間の相関を確認して、本補正方法の理論的な妥当性を示した。



腐食鋼板厚さ測定値の頻度分布

(●: 機械式測定値、○: 本補正方法による測定値、▲, △: その他の超音波測定値)

次世代型帆装商船の基礎研究

Basic Study on Advanced Sail-assisted Merchant Ships

上野道雄、藤原敏文、辻本勝、北村文俊、
南佳成、二村正、平田宏一、宮崎英樹
平成16年5月

マリンエンジニアリング学術講演会講演集

石油ショック時代に省エネ目的で研究開発され、現在ではほとんど姿を消してしまった帆装商船は、今日、地球温暖化ガスの削減手段の一つとしての新たな意義を持ちつつある。本論文では海上技術安全研究所における次世代型帆装商船に関する以下の研究成果を報告した。

海上技術安全研究所ではスラット・硬帆・軟帆からなる複合帆を改良し矩形軟帆の状態硬帆と軟帆の間に隙間を設ける等の工夫によって最大揚力係数約2.6の高揚力複合帆を開発した。また、複数の高揚力複合帆を船体上に装備したときの性能を調べるための風洞実験もおこない、帆と帆および帆と船体の干渉によって推力係数が減少することや傾斜配列によってその影響を最小限に抑えることが可能であることを明らかにした。

帆走による斜航角を小さくするための水中フィンに関する実験をおこなうと共にその特性の推定式を求め、その推定式が実用的な精度を有することを示した。さらに、水中フィンと高揚力複合帆の効果を評価するために定常帆走性能解析をおこない、水中フィンを付けた場合が付けない場合に比べて有効馬力を約4.6%小さくできるという結果の例を示した。

ばら積み船のクレーンをブームとし兼用する実用型高揚力複合帆を装備した次世代型帆装船の研究も実施した。風洞実験によって三角形軟帆を持つ高揚力複合帆が単独で最大推力係数2.46の性能を持つことが明らかとなった。

帆装船は従来型船舶とは異なりある程度風を求めて航海する方がその効果を発揮できると考えられるため、従来船以上に航路選定が重要となる。帆装船用のウェザールーティングシステムを開発して、上記クレーン兼用型の高揚力複合帆を備えたばら積み船が北太平洋航路でどの程度CO₂削減効果があるかを推定した。航海時間を314時間とした場合の4季4往復の推定計算結果から、従来型ばら積み船に比べて帆装ばら積み船は約16%のCO₂削減効果があることが明らかとなった。その内訳は、クレーン兼用型の高揚力複合帆の効果が約10.1%、帆装船用ウェザールーティングシステムの効果が約6.5%である。

本研究を通じて次世代型帆装商船のCO₂削減効果が定量的に示された。今後さらに改良を重ねることで一層その効果を高めることが期待される。

ここで報告した研究の一部は(独)鉄道建設・運輸施設整備支援機構の助成を受けた(社)日本造船研究協会「次世代型帆装船の研究開発」の一部として実施したものである。

推進機関の省力化と最適保全のためのシステム

System for Labor Saving and Optimum Maintenance on Marine Engine Plants

西尾澄人、沼野正義、塚原茂司
平成16年5月

マリンエンジニアリング学術講演会講演論文集

船舶は海上では孤立した状態であり、事故が起こると逃げ場がなく、大惨事につながる可能性があるため、安全性は重要である。昨今の船員の高齢化・減少の中、経済性や省力化も考慮した新しい高度な安全管理方法が求められている。

このようなことから、内航船の推進機関の状態等を陸上から遠隔で監視・診断・指示対応することにより、機関の安全管理の高度化、最適保守管理及び省力化を図る高度船舶安全管理システムについて検討を行った。

本システムは外航船と違って陸に近い海域を航行する内航船を対象としており、突発的重大故障(航行中に突然発生し近くの港まで自航できなくなる重大故障)の防止・損傷軽減、機関保全計画の合理化(経年損耗の管理)、安全管理業務の陸上移管・実行支援、を主な目的としたものであり、船内のシステム、陸上のシステム、それらを結ぶ通信システムにより構成される。

船内システムは、機関の状態を入手するための装置(センサー、ハンディターミナル)、航海情報を入手するシステム、これらのデータを表示・監視するための状態監視装置等で構成される。

通信システムは、センサー等から入手したデータを状態監視装置まで送信する船内通信システム、また、これらのデータを低コストで確実に陸上に送信するための船陸間通信システムで構成される。

陸上システムは、機関の状態を監視し、適切なメンテナンス時期等を指示する支援システム、より詳細な故障診断やトラブルシューティングを行う装置、突発的な故障時に適切な支援を行うシステム等で構成される。

平成13年度から国土交通省で開始された「高度船舶安全管理システムの研究開発」において開発された電気推進船(ディーゼル発電-電気推進)用システム、ディーゼル推進船(プロペラ直結)用システムの2種類を対象にして、陸上における実験も含め、突発的重大故障の防止、経年損耗の管理、診断・トラブルシューティング等の対応について検討を行った。

検討の結果、開発されたシステムを実用化するために今後補完すべき項目は、下記のとおりである。

船上における簡易故障診断装置とこれとリンクした警報システムの設置

船内・船陸間通信(マンマシン・インターフェイス)の改良

重大故障を未然に防止するためのアルゴリズム、監視・診断項目等の再チェック

船内・陸上が協調したトラブルシューティング作業を行うための手順および実行に必要な機能の抽出、導入

船用玉形弁の正逆流圧力損失の比較と圧力損失低減方法

Techniques to Reduce Pressure Loss of Marine Globe Valves

伊飼通明、畑中哲夫

平成 16 年 5 月

第 72 回日本マリンエンジニアリング学会講演会

造船業界から船用玉形弁の逆流での使用要望があり、逆流が正流の使用に対してどの程度の圧力損失の増加となるかが問題となった。そこで、正逆流の圧力損失の比較実験を船用玉形弁 10K-65A を用いて行った。弁の開度 100 % の場合の正流の損失係数は 4.09 であるのに対し、逆流の損失係数は 4.56 であり、逆流が 11.4 % 増加することが分った。この実験結果から、圧力損失は弁体と弁座の開口部の後方(2 次側)の弁内形状に左右されることが分り、圧力損失の低減方法として、2 次側の弁内形状(図-1 の矢印)を変更して圧力損失を低減できる形状を数値解析より求めた。数値流体解析の変更モデルは図-1 に示す 3 種類であり、その解析結果である。玉形弁の 2 次側を球状に形状変更することにより損失係数で原型の 6.02 から変更モデルⅢの 4.90 に改善することができた。一方、1 次側を球状に形状変更すると圧力損失が増加することも分った。この圧力損失低減方法は、船舶等一つの配管系で多くの玉形弁を使用する場合には、省力化につながると考える。

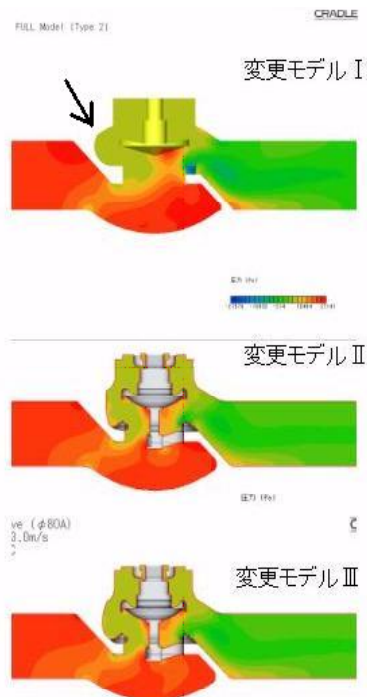


図-1 圧力損失低減モデル

Numerical Simulations of Flows around a Ship with Podded Propulsor

ポッド型推進器を装備した船体周り流場の数値計算

大橋 訓英、日野 孝則

平成16年4月

第1回ポッド推進の技術促進に関する国際会議(T - POD)

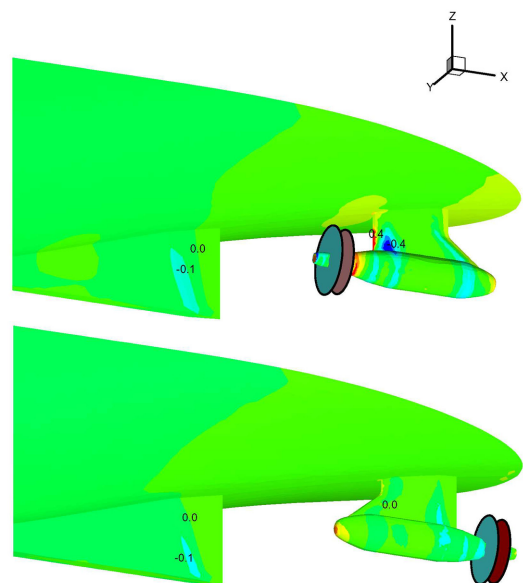
近年、ポッド型推進器を装備する船舶の建造が増加しているが、その場合、電気推進による総合効率低下が避けられない問題となる。この問題を解決する方法として、二重反転プロペラの利用が挙げられる。

非構造格子法を用いたCFD(Computational Fluid Dynamics)は、ポッド型推進器付きの船体のような複雑形状周りの流場計算に適しており、船体計画時の推進性能推定に非常に有効な手法であると考えられる。

本論文では、海上技術安全研究所で開発された非構造格子用CFDコードにより、二重反転プロペラ式ポッド型推進器を装備した船体周りの流場計算を行い、計算結果と実験結果を比較することにより本手法の有効性を検討した。

対象とした船型はポッド型推進器を装備できるよう船尾形状変更が行われた内航タンカーである。トラクタ型とプッシャ型のポッド配置について、曳航状態の計算結果と実験結果の比較を行った。その結果、トラクタ型の形状影響係数がプッシャ型より大きくなる傾向を計算でも捉えていることを確認した。

次に、二重反転プロペラ影響を体積分布で表すことにより、自航状態における比較を行った。トラクタ型の推力減少係数及び有効伴流係数が、プッシャ型より低くなる傾向を計算においても再現でき、本手法の有効性を確認した。また、二重反転プロペラの後プロペラが、前プロペラの旋回流を回収する様子を再現できた。



自航時船体表面圧力分布(上:トラクタ型, 下:プッシャ型)

Life Cycle Inventory Analysis on FRP Fishing Boat

FRP漁船のライフサイクルインベントリ分析
櫻井昭男、亀山道弘
平成16年6月

Proceeding of The Sixth China-Japan-US Joint
Conference on Composites

近年、環境問題への関心が高まるにつれ、FRP船の廃棄やリサイクル性に対する問題がクローズアップされているが、今後FRP船が環境調和性の要求に応えていくためには、全ライフサイクルを通じた環境負荷を評価し、改善することが求められる。本研究ではその手がかりとして、FRP船の環境負荷の概略を把握するために、過去に製造されたFRP漁船の実績値に基づいてCO₂排出インベントリ分析を実施した。

解析の対象としたFRP漁船は総トン数14トンの外海ホタテ桁曳き漁船である。FRP漁船の使用年数は20年とし、期間中の主機の交換は1回、船底塗装は年1回とした。廃船処理は、破碎分別し、鉄スクラップはリサイクルされ、FRP廃材等は管理型処分場へ埋め立てるものとした。

解析の結果、FRP漁船の建造に関するCO₂排出量は79(ton)であった。その内訳は、鋼材の生産に係わるものが全体の30%、電力の生産が20%、回航が17%、ガラス繊維の生産が13%を占めた。部品の製造プロセスを素材の重量のみで考慮したため、CO₂は主として電力の製造等のエネルギー及び素材の製造に関するプロセスから排出される結果となった。

また、運航年数20年でのCO₂の排出量は4,620(ton)であった。その内訳は、主機関の運転に係わるCO₂の排出が全体の約96%を占め、重油製造のCO₂排出量の4%を加えると、運航ステージでのほとんど全てのCO₂排出は主機関の運転に係わるものであった。

廃船処理ステージでのCO₂排出量は1.4(ton)であった。内訳は処理工場への回航に関わるもの65%、鉄スクラップの運搬21%等運送に伴うものが大半を占めた。

したがって、ライフサイクル全体でのCO₂排出量、約4,700(ton)のうち98(%)が運航ステージから排出されることがわかった。

Prediction of cumulative fatigue damage of mooring dolphins

係留ドルフィンの疲労被害予測
難波康広、加藤俊司、岩井勝美、佐藤宏、
國分健太郎、正信聡太郎
平成16年6月

Proceeding of The 23rd International Conference
on Offshore Mechanics & Arctic Engineering

メガフロートシステムを、公共施設として使用する場合、特に厳しくその安全性を追及することが求められる。その要求にこたえるためには、建設後供用時の挙動モニタリングや、その健全性の予測診断も重要となる。

このような観点から著者らは、まず係留装置の非線形な係留反力特性や、長周期変動漂流力も考慮に入れて、メガフロートの水平面内挙動を求める係留時系列シミュレーションプログラムを作成した。これとは別に、係留ドルフィン格点にかかる荷重と許容繰返し回数関係(F-N特性)を求めておき、上述の係留時系列シミュレーションの結果と、このF-N特性から、係留ドルフィンの短期疲労被害予測を行った。さらに、対象海域の長期波浪頻度表と、上述の短期疲労被害予測結果から、係留ドルフィンの長期疲労被害予測を行った。

係留装置の非線形反力特性や、長周期波浪外力の非線形性などを考慮に入れるため、非線形係留時系列シミュレーションを実施し、これを介して疲労被害の予測を行っているところに、本研究の特徴がある。

図-1に、今回疲労被害予測の対象とした係留ドルフィンの概観図を示す。この係留ドルフィンは8本の係留杭とブレースからなり、上部3箇所にフェンダーを備えている。そのうち2つはラバーフェンダー2個を縦につないだタンデムフェンダー、1つはラバーフェンダーと空気フェンダーを組合せた、ハイブリッドフェンダーである。

疲労被害予測の結果、例えば、図-1のNo.443格点の、メガフロートからハイブリッドフェンダーにかかる力に起因する100年後の疲労被害度は0.12程度と予測された。

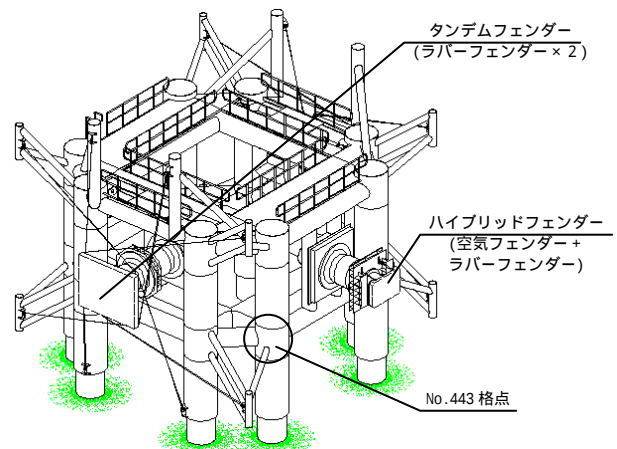


図-1 今回疲労被害予測の対象とした係留ドルフィンの概観図

ぎょう鉄作業と曲面の展開

New Plane Development Method Considering
Plate Forming Process

松岡一祥、砂川祐一、田中義照、富澤茂、高木英治、
浅利栄二

平成16年5月

日本造船学会平成16年春季講演会

ぎょう鉄作業は、曲面外板の平板への展開の逆作業である。そこで、最適化されたぎょう鉄作業の方法が定まると、展開方法も定まる。最も工数が少なく、間違いの少ないぎょう鉄作業の方法は、大きな曲率をプレス等の冷間曲げで施工し、これに交叉する方向の小さな曲率を熱絞りで施工することである。曲面幾何学では、最大曲率の方向と最小曲率の方向が直交することが知られており、この最大及び最小曲率の方向(主方向)の2つの接続線(曲率線)は曲面上では直交している。展開された鋼板上で、曲率線的一方をプレス等の曲げ施工線とし、これに交叉する方を熱絞りの施工線とすると、曲げと絞りの干渉が最小となる。以上から、曲面上の2組の曲率線を一方は実長で展開し、これに交叉する組の曲率線の現図伸ばし量を最適化しながら、曲面を平面に展開すると、最適化されたぎょう鉄作業の逆工程としての展開が可能となる。

本論文では、上記の展開方法を示すと共に、この展開法を可能とする曲面の定義方法、曲げ工数算定法について板割りの方法と併せて示す。

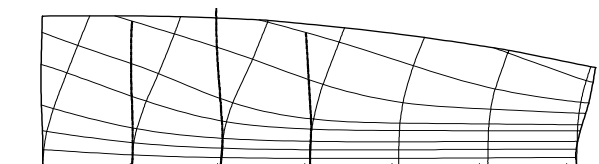


図 本方法でステムを展開した例

ぎょう鉄データベース

Data Bases for Plate Forming Process

田中義照、松岡一祥、林慎也、安藤孝弘、勝又健一、
岩田知明、高木英治、浅利栄二

平成16年5月

日本造船学会平成16年春季講演会

ぎょう鉄技能の継承問題に対処するための手段として、これまで基本とされてきたベテラン作業者の「経験と勘」によるぎょう鉄技能を排除し、これからの作業者に合わせた全く新しいシステムを構築する方法が考えられる。この新しいぎょう鉄システム構築を目的として、(独)海上技術安全研究所及び(社)日本中小型造船工業会では、「ぎょう鉄作業の最も効率的な手法の抽出(曲げ方案)」及び「ぎょう鉄作業の逆作業としての外板展開法の開発」について、平成14年度より共同研究を実施してきた。

本論文では、まず、上記のシステムを構築するために必要となる熱曲げデータベース、すなわち、板厚や入熱量(火口の番手、ガス流量)等のパラメータと鋼板の変形(角変形、収縮)との関係を定量化したもの(図1及び図2)、次に、ぎょう鉄の対象となる板の現図展開法、並びに作業指示書に基づいて作業すれば誰でも目的形状が達成できる曲げ方案の作成方法について概説する。また、本システムにより実施した2種類のぎょう鉄実証実験について、その概要を示すと共に、本手法を用いた場合の工数を従来の展開法及び作業方法による場合と比較した結果を併せて示す。

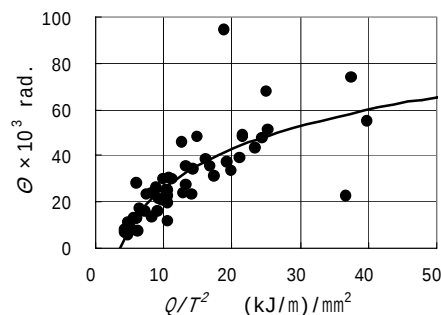


図1 角変形量と入熱パラメータの関係

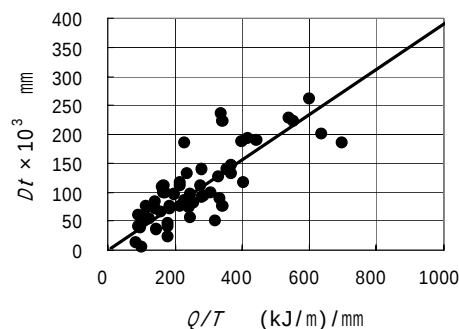


図2 横収縮量と入熱パラメータの関係

ぎょう鉄作業機械化システムの開発

Development of Man-Machine System
for Ship Plate Forming

砂川祐一、松岡一祥、林慎也、田中義照、安藤孝弘、
勝又健一、丸山要一

平成16年5月

日本造船学会平成16年春季講演会

現存する外板のぎょう鉄作業は、ビルジ外板等の一部を除きいずれも機械とガストーチをもつ人との共同作業で行われていて、全自動曲げ加工装置は未だ実用化されていない。

自動化を阻んでいる要因のひとつに投資効果問題がある。機械化装置が高価になる要因は、以下のように考えられる。

加工に伴って鋼板自体の形状が変化するため、加熱装置の移動、位置決め機構が複雑になる。

曲がり度の自動計測装置：現用曲げ型にくらべ、利便性に欠け高価。

また根本問題として、所要の曲げ形状をえるための加熱位置とスピードを的確に算出する技術が確立されていない。

現在、加熱位置と加熱スピードを外板展開の曲げ方案として出力し、NC切断機またはNCマーキング装置で鋼板にマーキングする機械化システムを開発中であり、その中には、ガスで熱しても焼ききれない特殊なマーキング材料、及び、曲がり形状計測装置の開発も含まれている。本システムが開発されれば、仕事量、会社方針に応じて、人手、簡易型複数トーチ器具、緩曲であれば簡易な自動追従加熱装置など、いろいろな合理化方法が考えられる。

ぎょう鉄技術・施工の現状

State-of-the-art of Plate Forming in Japan

林慎也、砂川祐一、松岡一祥、富澤茂、勝又健一、
岩田知明

平成16年5月

日本造船学会平成16年春季講演会

造船業界の重要テーマ「造船特有の技能の伝承」の取組みの一環として、(社)日本中小型造船工業会「ぎょう鉄マニュアル作成委員会」は平成10年、委員会参加14社に対してぎょう鉄技能者の人数、経験年数、技能レベル及び曲げに要する工数(曲がり形状 9種類)に関するアンケート調査を実施した。さらに5年を経過した平成15年、フォロー調査として、企業合併を行った1社を除く同じ13社に対し全く同じアンケートを行い、5年前と比較した。その結果を以下に示す。

技能者総数は1割減少している。ぎょう鉄技能者確保の難しさからか、外注に頼ることが多くなる傾向にある。

熟練を要する形状に時間の短縮が見られるが、比較的単純な曲げに時間が増加している。

熟練者特に親方の定年退職が生じた場合、熟練後継者が居ない場合は作業遂行に大きな影響がでる。

工場によりぎょう鉄技能に差がある。

下図は、アンケート調査を行った14社における加工所要時間の5年間の変化を示したもので、技能は全般的に向上が見られるものの、D社のように熟練技能者の退職により、技能継承に失敗した例も見られる。

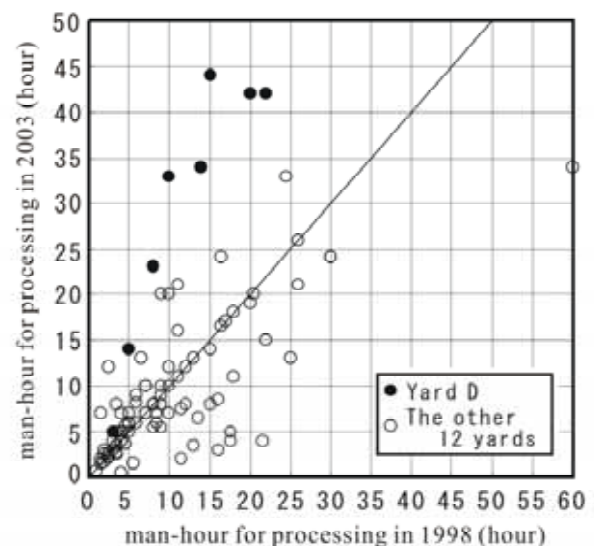


図 加工所要時間の5年間における変化

ぎょう鉄技能の継承

Visual Method for Education on
Plate Forming

富澤茂、松岡一祥、砂川祐一、林慎也、岩田知明、
前田崇徳

平成16年5月

日本造船学会平成16年春季講演会

中小型造船業の抱える課題として技能者の高齢化による技術継承問題と、中間層の労働力不足問題があり、これは製造・設計部門を問わず全職種に渡っている。特に、造船業特有の鋼板の熱曲げ加工作業(ぎょう鉄作業)は、口頭で作業内容を説明しにくいこともあって少数の熟練高齢者によって技能が維持され、後継者育成に困難をきたしている。このため(社)日本中小型造船工業会では、ぎょう鉄技能継承の一策として「ぎょう鉄作業ビデオ教本」の作成に取り組んだ。

教本作成で採用した方法は、中小造工会員造船所のぎょう鉄技能者の作業を詳細に観察・録画し、技能のエッセンスを抽出して、これを理論的に解析した上で、再編成する方法である。

本教本では、基礎技能(ガス取り扱い、鋼板の置き方等)、曲がり形状と種類、加熱の仕方、曲げ型合わせの方法、曲がり形状毎の見通し線・ロール線・プレス線・捻れ芯の関係と加熱位置の求め方、精度管理について解説した。

本教本を教育訓練に使用した造船所では、ぎょう鉄の作業時間が低減し、ぎょう鉄作業技能向上に極めて有効であることが判明した。

表 ぎょう鉄技能継承ビデオ教本の構成

基礎編の構成

- | | |
|----------------|----------------|
| 1. ぎょう鉄の原理 | 5. ガスの取り扱い |
| 2. 曲がり形状の分類 | 6. 温度管理 |
| 3. ぎょう鉄に使われる道具 | 7. 各変形に及ぼす影響因子 |
| 冷間加工機器 | 8. マーキング線 |
| 補助機器 | 9. プレスによる粗曲げ |
| 計測治具 | 10. 曲げ型合わせ |
| 4. 焼き方・冷却 | 11. エンディング |

応用編の構成

- | | |
|--------------|-----------------|
| 1. いろいろな基準線 | 4. システム・鞍形形状の加工 |
| 正面線図 | プレス・鞍形形状の加工 |
| 見通し線 | 腹絞り |
| ロール線とプレス線 | 5. 皿板の加工 |
| 捻れ芯 | 皿板の特徴 |
| 2. 曲がりの形状と特徴 | 耳絞り位置の決め方 |
| 横曲がり | 仕上げ作業 |
| 縦曲がり | 6. 捻れ板の加工 |
| 捻れ | 7. 仕上げと精度管理 |
| 3. ビルジ外板の加工 | シーム長さの調整 |
| | 精度管理 |
| | 8. エンディング |

m-SHELモデルを用いた船舶運航の ヒューマンファクター分析

Extension of the m-SHEL Model for
Analysis of Human Factors at Ship Operation
伊藤博子、三友信夫、松岡猛、室原陽二

平成16年3月

日本航海学会論文集 第110号

船舶運航の安全について考える場合、操船者のヒューマンファクターを理解する必要がある。ヒューマンファクターとしては、周囲の要素と操船者との関わりが操船者に及ぼす影響を考えることになる。ここでいう要素とは、航行支援機器、関係する規則、周辺環境の状態、航行に関わる人間等、操船者と接点をもつ物理的、非物理的なもの全てが対象となる。ヒューマンファクターの観点からは、このような様々な要素と操船者との境界を適切な状態に保持することが安全航行上重要である。従って、与えられた操船局面で各要素がどのような影響力を持ち、それぞれの状態が適切かどうかといった状況を総合的に表現するためのモデルが求められる。

本論文では、一般的なヒューマンファクターのモデルとして用いられているm-SHELモデルを、船舶運航における操船者のヒューマンファクターの分類に適用するための拡張を提案する。m-SHELで定義されている各インターフェース、すなわち人間(Liveware)自身、および人間とソフトウェア(Software)、ハードウェア(Hardware)、環境(Environment)、別の人間(Liveware)、マネジメント(management)との境界において、衝突回避と乗揚回避の局面を想定した場合に存在しうる接点を考慮して分類項目を定義する。分類項目としては、m-SHELのインターフェースをレベル1とした上で、「操船者としての基本的資質」、「労務環境」といった13の項目をレベル2として定義し、さらに53の詳細な項目をレベル3として定義した。船舶運航におけるヒューマンファクターの特徴として、見合い関係にある他船のように直接的なコミュニケーションを基本としない他者が周囲の要素として存在し、しかも強い影響を持つことが挙げられる。他船との接点には航行規則や操船者としての資質といった複数の要素が存在し、それらの関係は一般に複雑なものであるが、ここで定義した分類方式に従って分類すれば要素の組合せとして表現することができる。次に、操船者が実際の操船における安全確保のために重要と認識している事項がこのモデルに従って整理されることを確認した。また、衝突回避における操船者の認識を年代別、船種別にプロファイルとして作成して現れる特徴を分析し、得られたプロファイルが操船者の感覚を良く表現していることを確認した。今後、船舶運航におけるヒューマンファクターの理解を進めるために、船橋以外の人間関係、あるいは実際に発生した衝突や座礁等にモデルを適用、拡充していくことが必要と考える。

有機スズ(TBT)系塗膜のキャラクタリゼーションと塗膜検査方法

Characterization and
Inspection Method of TBT containing
Anti-fouling Paints.

宮田 修、柴田 清、菅澤 忍、千田 哲也、
山田 康治郎、長澤 進

平成16年5月

第71回マリンエンジニアリング学術講演会
講演論文集

過去に多く使用された有機スズ(TBT)系船底塗料(以下TBT系塗膜)は、その有害性が指摘され、国内においては使用が中止されている。一方、IMO(国際海事機関)ではTBT系塗膜の使用を禁止するAFS条約(船舶の有害な防汚方法の規制に関する国際条約)を採択し、各国によって批准され発効すれば、2008年以降TBT系塗膜を塗った船舶は条約批准国への寄港が出来なくなる。この条約の実効性を確保するためには、塗膜の検査方法の確立が必要である。

そこで、TBT系塗膜に含まれるSn含有率に着目した塗膜の特性
現場で行う1次検査(XRF：蛍光X線分析)
AFS条約の閾値を超える塗膜の2次検査
(GC-MS：ガスクロマトグラフ質量分析)の手順について示した。

1次検査に必要な塗膜の採取量は、XRF装置の分析面積(φ10mm)が固定であることから、塗膜採取量(塗膜厚さ)を変えXRFによるSn-Lα線強度(Sn原子のM殻とL殻の電子の軌道エネルギーの差に基づく蛍光X線)の変化から求めた。図1に示すようにTBT系塗膜2種のSn-Lα線強度が塗膜採取量4mg以上で一定になることから1次検査(XRF)に必要な塗膜は4mg以上になることや、閾値付近の検量線を作成し定量することによって、非TBT系塗膜が閾値を超えないこと等を示した。

また、1次検査でSn量が閾値を超えた場合、それが条約で禁止される有機スズであるかどうかを調べる2次検査として、GC-MSについて検討し、塗膜からの抽出方法及びGC-MSの分析条件を示した。

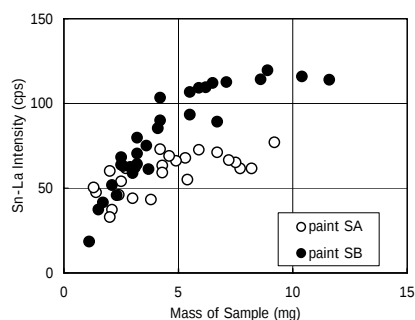


図1 塗膜採取量と蛍光X線強度(Sn-Lα線)の変化

Development of fire risk assessment method caused by earthquake (III)

地震誘起火災の確率論的安全評価手法の開発(3)

三友 信夫、松岡 猛、岡崎 忠胤

平成16年6月

PSAM 7

海上技術安全研究所では、平成11年度より5ヵ年計画で、地震誘起による同時多発火災リスク評価手法の開発・整備を行なう事を目的とした研究を実施している。本研究開発は(1)火災発生シナリオの検討、(2)地震時火災損傷評価手法の開発、(3)火災実験による火災進展解析コードの検証、(4)サンプルプラント評価、について5ヵ年計画で実施するものである。

本報告では、各研究項目について、現在までに得られた結果と今後の展望について報告を行った。

火災シナリオについては、これまでに得られた原子力プラントにおける火災事例とそれらに対する検討の結果、最終的にシナリオとして用いる発火源候補として、地震によるタービンポンプの回転部の軸のずれ等の候補を示した。(2)については、本研究で開発した地震時機器損傷解析コードについて、従来のコードでは、各機器の評価対象となる点は全て中心部として取り扱っていたが、実際には機器により異なるため、この評価対象点を機器毎に設定できるものとした。(3)では、本研究で開発した火災進展解析コードについて、解析コードの検証を行なうために火災実験を行なった。特に本報告では、火災実験室内にプラント内の信号線を模擬したケーブルを配置し火災実験を行ない、ケーブル周辺の温度と電圧変化を測定した。測定した温度については、火災実験の結果と計算結果の比較を行なった。その結果、さらに検討が必要な点が見つかった。また、電圧変化の測定の結果からは、実験中にケーブルが短絡してしまうものが見られた。最後に、各研究項目に関して、今後の展望について述べた。

Development of Natural Gas Liquefaction FPSO

天然ガス液体燃料化FPSOの開発

正信 聡太郎、加藤 俊司、中村 新、
坂本 隆、吉川 利夫、坂元 篤志、
上谷 秀雄、蛙石 健一、佐尾 邦久
平成16年6月

Proceeding of OMAE (International Conference of
Offshore Mechanics and Arctic Engineering) 2004

天然ガスは埋蔵量が豊富で、石油と比べてクリーンであるため、今後需要が大幅に増大すると予想されている。一方、現在天然ガスの輸送手段はパイプラインとLNGタンカーに限られているので、ガス田規模、水深、離岸距離、マーケットからの距離等の制約により、現状では開発困難なストランディッドガスが多く賦存する。これらの開発には、経済的で信頼性の高い新たな開発方式、あるいは輸送手段を確立することが必要である。

開発コスト削減を可能にする一手段として、天然ガス液体燃料化FPSOに係る調査を、経済産業省、石油公団、民間企業と共同で行った。本論文は、本FPSOの適用可能性について得られた知見を報告するものである。

本調査では、天然ガス液体燃料化FPSOの開発のための条件設定及びシステムの基本計画を行うとともに、設計したシステムの水槽試験・数値動揺解析、安全性の検討、技術的並びに経済的な実現可能性の評価を行った。

本調査によって、275MMscfdの天然ガスを液化するDME、GTL、LNGの各プラントを搭載し、20日分の貯蔵能力をもつ天然ガス液体燃料化FPSOをシステムとして構築することは技術的に十分可能であり、経済的にも実現可能性が十分あることを確認した。

また、プロジェクト実現化に向けて、次の設計段階(FEED、詳細設計)に応じて検討すべき課題の抽出を行った。

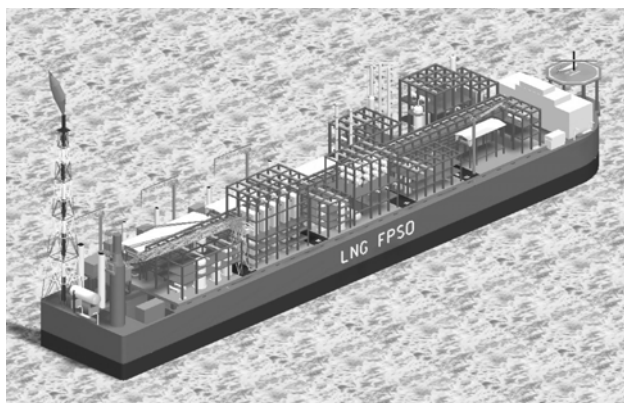


図 LNG-FPSOのイメージ

シーマージンの設定法について - 内航コールドール油槽船 -

On a Setting Method of Sea Margin
-An Example of Coastal Chemical Tanker-

辻本 勝、武隈 克義
平成16年6月

日本造船学会論文集第195号

船舶の機関計画を行うときには、実海域において所要の速力を維持するために、船底清浄かつ外乱のない状態での所要馬力にある一定比率の馬力余裕(シーマージン)を加え、機関馬力を決定している。

このシーマージンについて理論的に検討を行うため、まず、当所で整備している日本近海の局所波浪データを用い、計画航路である鹿島 - 新潟航路について気象・海象解析を行った。これから、津軽海峡西部海域で波高・風速が大きくなる特徴が定量的に得られた。

次に、検討の対象として698総トンの内航コールドール油槽船を取り上げ、船体応答、馬力推定を行った。

波、風によるシーマージンの推定は短期予測により行い、波周期、波向、風向は抵抗増加量が最大となる値を選定し、波高、風速は、気象・海象解析結果から、通年平均値の航路上での最大値を用いた。このときの波、風により必要となるシーマージンを推定した。また、時間とともに進展する経年劣化・生物汚損による影響は、船体外板粗度の増加で代表させ、抵抗増加量を推定しシーマージンの推定を行った。

以上により得られたシーマージンと、航海実績をアドミラルティ係数を用いて解析することにより得られるシーマージンを比較し、両者がよく一致することを示した。また、この結果は運航時の経験にも良く対応すると本船運航者の評価であった。

これらより、波、風、経年劣化、生物汚損との関係でシーマージンが有する物理的意味について定量的に検討を行うことが可能となった。

対象船のシーマージンの推定結果(鹿島 - 新潟航路)

Item	Parameter	Sea margin
Sea margin due to time progress (SM_t)	$t = 12$ [year]	13.1 [%]
Sea margin due to waves (SM_{wave})	$H = 1.75$ [m]	25.0 [%]
Sea margin due to winds (SM_{wind})	$V_w = 7.0$ [m/s]	7.7 [%]
Sea margin due to waves & winds (SM_{wv})	$H = 1.75$ [m] $V_w = 7.0$ [m/s]	33.0 [%]
Sea margin (SM)	$t = 12$ [year] $H = 1.75$ [m] $V_w = 7.0$ [m/s]	46.9 [%]

remarks: from the calculation of ship response
wave period and direction are selected as $T = 6.0$ [s], $\chi = 180.0$ [deg]
wind direction is selected as $\gamma = 180.0$ [deg]

船舶による災害時物資輸送シミュレーター

Simulator for Transportation by Ship under
Disaster Conditions

間島隆博、勝原光治郎、服部聖彦

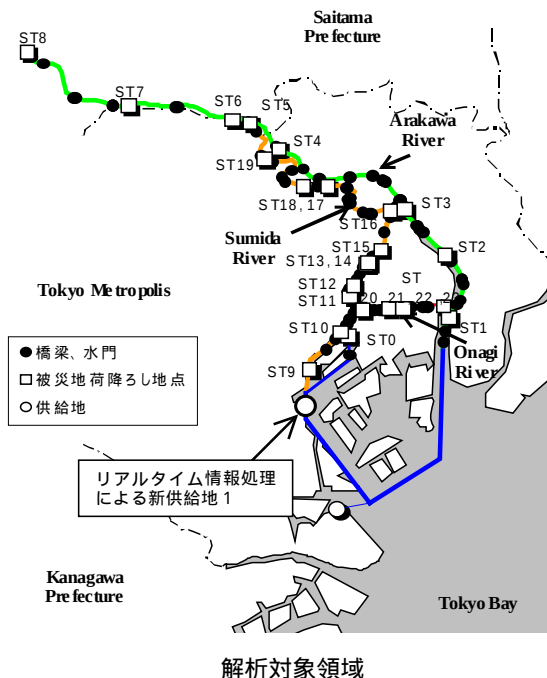
平成16年6月

日本マリンエンジニアリング学会誌 第39巻6号

トラック等の代替輸送手段として河川・運河を活用した船舶輸送が期待されている。特に、災害時では輸送体制の多重化、代替緊急輸送手段の確保についてその重要性が認識されており、船舶が果たす役割は大きいと考えられる。

災害時を対象とした船舶輸送シミュレーションの利用方法は2つ考えられる。1つは災害が起こる前に行う事前評価である。これにより、輸送量の概算やそれを抑制するボトルネックの存在を特定でき、対策を講じる情報が得られる。もう1つは発災後の船舶配船計画の立案である。利用できる船舶数が多くなると、手計算では対応が困難になるため、即座に輸送計画が得られるシミュレーションは必須となる。ただし、招集された船舶1隻1隻に対して指示を与えるため、事前評価シミュレーターより、細かな計算条件への対応が求められる。

本報告では後者の発災後におけるシミュレーターの利用を中心に記述し、効率的な輸送が行える配船計画を計算するアルゴリズム、計算条件、計算例等を紹介した。



タンカー二重船殻構造の効果について

Effectiveness of Double Hull Structure of a
Tanker

金湖富士夫

平成16年5月

日本造船学会講演会論文集第3号

最近の単船殻タンカー(SHT: Single Hull Tanker)による大規模油流出事故が契機となり、MEPC50において600DWT以上の単船殻タンカーのフェイズアウトの前倒し等が決定した。これまで徐々に二重船殻タンカー(DHT: Double Hull Tanker)の隻数が増加しており、種々の海難において油流出防止効果が単船殻タンカーと比較して高いかどうかの統計的検討が可能となっている。

本報告は、タンカーの海難データの統計解析を行い、二重船殻構造の油流出防止効果を示すとともに、二重船殻タンカーの事故の記述から問題点を指摘している。なお、この解析ではMARPOL 13Gの対象船舶である重質油を輸送するタンカーを対象としており、ケミカルタンカーおよびLPG船、LNG船は対象外としている。また、大きさとして5,000DWT以上のタンカーを考慮した。

LRF(Lloyd's Register Fairplay)海難および船舶データより、5000DWT以上のタンカーの船殻構造毎の事故発生頻度および油流出事故比率を算出しそれらの違いについて統計的検討を行ったところ、二重船殻構造はこれまでの実績データより単船殻構造と比較して油流出事故防止性能が良いことが確認された(表1)。しかし、衝突発生頻度は二重船殻タンカーの方が有意に大きく(表2)、今のところ衝突により二重船殻が突き破られることは生じていないが、燃料タンク等からの流出事故の発生頻度が高くなっていることに注意すべきであり、ヒューマンエラーの調査および防止を考慮する必要がある。また、岸壁への衝突による二重船殻の損傷により、1件貨油の漏洩が生じているため、注意深い着岸時の操作が重要と言える。

表1 5000DWT以上のタンカーの事故種類毎の船殻構造の違いによる流出事故発生比率の違い(1978-2002)

Hull Structure Type	Single Hull		Double Hull		Normalized Difference (Bsf-Asf)	Normalized Difference (Bsc-Asc)	Threshold Value(2.5%)
Kind of Casualties	Spill from Cargo, Fuel and Bunker Tank(Asf)	Spill from Only Cargo Tank(Asc)	Spill from Cargo, Fuel and Bunker Tank(Bsf)	Spill from Only Cargo Tank(Bsc)			
Collision	0.324	0.291	0.115	0.000	-2.915	-43.710	2.325
Contact	0.340	0.340	0.333	0.333	-0.024	-1.057	2.379
Foundered	0.471	0.471	0.000	0.000			
Fire/Explosion	0.119	0.107	0.000	0.000	-6.568	-16.169	2.379
Wrecked/Stranded	0.379	0.324	0.000	0.000	-12.497	-48.606	2.364
Broke	0.525	0.425	0.000	0.000			

表2 5000DWT以上のタンカーの事故種類毎の船殻構造の違いによる事故および流出事故発生頻度の違い(1978-2002)

Hull Structure Type	Single Hull		Double Hull		Normalized Difference (Bcr-Acr)	Normalized Difference (Bsr-Asr)	Threshold Value(2.5%)
Kind of Casualties	Casualties annual rate(Acr)	Spill annual rate(Asr)	Casualties annual rate(Bcr)	Spill annual rate(Bsr)			
Collision	1.527E-03	4.949E-04	4.436E-03	5.119E-04	3.191	0.056	2.241
Contact	8.389E-04	2.852E-04	5.119E-04	1.706E-04	-1.060	-0.645	
Foundered	1.426E-04	6.711E-05	0.000E+00	0.000E+00	-4.122	-2.829	
Fire/Explosion	2.676E-03	3.188E-04	1.194E-03	0.000E+00	-3.085	-1.777	
Wrecked/Stranded	2.148E-03	8.137E-04	3.412E-03	0.000E+00	1.585	-9.853	
Broke	3.356E-04	1.762E-04	0.000E+00	0.000E+00	-6.326	-0.717	

内航不定期輸送シミュレーション手法の研究 - 荷主・オペレータ間のe-ビジネスの評価 -

Study on Simulation Method of Domestic
Tramper Transport System - Estimation of
E-business among Shippers and Carriers -

松倉洋史、勝原光治郎、渋谷 理、

久保 登、小林 充

平成16年5月

日本造船学会講演会論文集第3号

国内企業は内外との厳しい競争にさらされており、利益確保のために物流費の削減を強く求められている。有効とされる対策の1つに荷主とオペレータ間のe-ビジネスがある。これは、従来のピラミッド型の元請け・下請け関係にとらわれず、インターネット等を利用したオープンな電子商取引によって、荷主-オペレータ間で最も経済合理性の高い相手と運送契約を結ぶというものである。しかし、商慣行を変えることが難しいことに加え、効果を適切に評価するのが難しく、効率化推進の障害となっている。そこで、本研究では国内セメント輸送を題材にコンピュータシミュレーションを用いて上記e-ビジネスの効果を物流コスト削減の観点から検討した。解析では、企業規模がe-ビジネスの効率化効果に与える定性的な傾向を見るために条件を単純化した円モデルと、現実に近い条件下ではどの程度の効果があるのかを評価するための列島モデルの2種類を対象とした。

円モデルでは、大中小3つの会社が合同でe-ビジネスを行った場合と、単独に輸送活動を行った場合の必要隻数と総航行時間を評価した。その結果、各会社ともe-ビジネスに参加することで必要隻数及び必要総航行時間を大きく削減することが可能であるが、個別に見ると、小会社が隻数・総航行時間共に他の規模の会社と比べて最も大きな効果を得ることができ、次いで中会社、大会社の順となることが分かった。小会社は全国規模のe-ビジネスに参加することで、「規模の経済」を他の大きさの会社より享受できるからと推察される。

列島モデルでは、調査対象企業を便宜的に4社に分割し、それらの会社が独立に輸送を行った場合とe-ビジネスを行った場合の必要隻数と総航行時間を評価した。この設定下では、輸送に必要な隻数が約2割、総航行時間が約6%削減されることが分かった。

本研究により、荷主とオペレータ間のe-ビジネスを実施した場合の効率化効果を定量的に評価することが可能となった。ただし、効率化の効果には多様な条件が影響するうえ、必要隻数の削減効果はある程度の効率化努力を行わなければ得られないことから非連続であり、高精度の評価を行うにはシミュレーションで個別に評価する必要がある。

荒天中での船舶の安全性評価について

Assessment of safety of ships in rough seas

小川剛孝

平成16年5月

平成16年度日本造船学会春季講演会

現在、国際海事機関(IMO)において満載喫水線条約の見直し作業が行われている。この作業では、最小船首高さ、船首予備浮力、ハッチカバー荷重の見直しが実施されており、今後は主に乾舷表が見直される予定である。乾舷の高さは、船舶の安全性や貨物の積載量に大きく影響するために様々な観点からの検討が必要とされている。よって、単に経験則だけではなく耐航性理論を用いた論理的な検討も求められている。

現行条約策定時の検討において、満載喫水線条約が果たす役割は、(1)船内浸水の防止、(2)甲板作業時の安全性確保、(3)船体強度の確保、(4)海水打ち込み荷重からの甲板機器の保護、(5)通常航海中での十分な予備浮力の確保、(6)復原性の確保であると定義されている。これにより、(1)から(3)を満足した上で、(4)から(6)に基づき乾舷を設定する事が条約の基本的な構成である。このうち(1)と(2)については、具体的に規定されているものの、(3)については、船級協会の定める要件に従うものとして具体的な規定はない。そのため、乾舷を評価する指標の一つである冠水確率と波浪荷重の相関が明らかではない。

これらのことを背景として本論文では、この見直し作業の中で実施している技術的検討について報告する。安全性評価の考え方を整理するとともに、冠水確率及び波浪荷重の長期予測値を指標として乾舷が保証する安全性の評価を行なった。

大型肥大船の波浪縦曲げモーメントと相対水位変動の長期予測計算を行った。ここでは、乾舷を夏季満載喫水線で規定される乾舷とこれから上下した場合の3状態について計算した。波浪縦曲げモーメントの長期予測値は、船級協会の国際組織(IACS)の統一要件UR-S11で規定される波浪縦曲げモーメントと比較した。相対水位変動の長期予測値は、乾舷と比較することで冠水確率を求めた。

この結果、波浪縦曲げモーメントの長期予測値は、乾舷が変わっても大きく変化しない一方で、乾舷が異なることにより冠水確率は大きく変化することが明らかとなった。また、波浪荷重の長期予測値は、いずれの乾舷でもURS-11で規定する荷重よりも低いレベルであることがわかった。このことから、冠水確率だけではなく、波浪荷重の両方を指標とした長期予測計算により乾舷が保証する安全性を定量的に調べることで合理的な乾舷の評価が可能であることがわかった。

船舶バラスト水による有害水生生物の移動防止に関する調査

Investigation on Prevention of Introduction of Harmful Aquatic Organisms in Ballast Water
上田浩一、山根健次、山之内博、柴田清、吉田勝美
平成16年5月
日本マリンエンジニアリング学会
第71回マリンエンジニアリング学術講演会

船舶は貨物の運搬後に空船状態となり喫水が極端に浅くなるため、荒天時の安定性の保持、推進性能の確保等の目的から、バラストタンクに海水(バラスト水)を張り喫水を深くする必要がある。また逆に、貨物を積載する際には、張水したバラスト水をその海域において排出することとなる。この船舶に取り込んだバラスト水には様々な海洋微生物が混入しており、船舶の移動に伴いこれらの生物もその本来の生息地を大きく超えて移動し、バラスト水の排出先の海洋で生態系への影響を与える等の社会的な問題を引き起こしている。そのため、バラスト水を排出する船舶に対して、沿岸で張水したバラスト水を比較的影響が小さいといわれている洋上の海水と交換すべきことを要求する等の規制が、米国、豪州などの国ですでに実施されている。2004年2月に船舶のバラスト水及び沈殿物の管制及び管理のための国際条約が採択された。この条約を現実的なものとするには、処理装置ができることが前提になっている。以上のことから、他の海域からの有害海洋性生物による地域的な被害状況、バラストタンク内の状況、規制、処理方法について調査した。

他の海域からの有害海洋性生物による地域的な被害についてはカワホトギスガイの異常繁殖により発電所や工場取水口をふさいだ被害、牡蠣などの毒化による食中毒、コレラの発生による1万人の死亡被害などがある。

バラストタンク内の状況については最近バラスト水洋上交換が行われているためバラストタンク内に沈殿している汚泥の量は少ないが、バラストタンク底から採取した汚泥中に渦鞭毛藻等の休眠胞子が観察された。

船舶に対するバラスト水の排出の主な規制内容は次のようになっている。サイズが50 μ mより大きい生物の生存数が1 m^3 あたり10個未満、かつサイズが50 μ mより小さく10 μ mより大きい生物の生存数が1mlあたり10個未満。さらに指標微生物の病毒性コレラ菌(O1及びO139)が100ml中1cfu未満、腸球菌が100ml中250cfu未満、大腸菌が100ml中100cfu未満である。

処理方法の検討ではバラスト水交換、特殊パイプ処理、薬剤等による動力等の負担について検討した。

洋上交換によりバラスト水中の海洋性生物を95%以上除去することと処理装置の性能基準のサイズが50 μ mより大きい生物の生存数が1 m^3 あたり10個未満の基準との差は大きい。またバラスト水は処理量が多いため、検出装置等の開発により必要時のみ処理するエネルギー消費等の負担を軽減する事も必要であると考えられる。

Development of Towing Support Tool Named Optimum Towing Support System 曳航支援ツール(最適曳航支援システム)の開発に関する研究

原正一、山川賢次、星野邦弘、湯川和浩、
長谷川純、谷澤克治、上野道雄
平成16年5月
Proceedings of ISOPE 2004

荒天下において機関故障等により航行不能に陥った船舶(損傷、折損・分離、転覆により異常形状となった船舶またはその一部)の漂流を阻止し、安全な場所に曳航する技術を確立することによって、大きな二次的災害を引き起こす危険性を未然に防止することが本研究の目的である。ここでは、パソコン上で航行不能船舶の漂流運動、曳航索張力、曳航操船および曳船の曳航馬力を予測して操作者に最適な曳航支援が可能な情報を提供する最適曳航支援システムを開発した。

本報告では、最適曳航支援システムの概要および計算例を紹介した。まず、システムの有する相似処理機能、上部構造物入力機能、重量重心計算機能、船体メッシュ作成機能、船体最終姿勢予測機能、転覆・折損時の復原性計算機能、縦強度計算機能、流体力、運動計算機能、定常漂流力計算機能、操船シミュレーション計算について述べた。次に、15万トンタンカーを例にとり、船首より2/3の長さの点で折損した場合を想定して、想定された船内区画に連続的に浸水するシナリオにより船体姿勢の推定、復原性能計算を実施した。残存部が船首および船尾の場合と、満載状態とバラスト状態の2種類について計算を行い、折損時の縦強度計算についても行った。

また、7種類の船型で、船首および船尾にそれぞれ3°トリムした場合について、波漂流力と縦運動を計算して比較し、タンカーと貨物船については、イーブンキールを含めて船首尾に3°と6°トリムした場合についても同様な計算を行った。また、タンカーの場合に、船首から船長の1/3の箇所まで折損した場合を取り上げ、計算結果を示した。これより、甲板が没水するほど船体が傾くと、船体運動に大きな変化が生じ、船型によってはある波長範囲で極端に波漂流力が大きくなり、曳航時の索切断に注意する必要があることを指摘した。

折損船体の運動応答は残存船尾部のピッチ、ヒープが長波長域で、波漂流力の応答は全波長域でそれぞれ非折損船体の応答と比較して大きくなった。

Dissolution of CO₂ from CO₂ Drops in Simulating Experiments of CO₂ Ocean Storage

CO₂深海貯留の陸上模擬実験における
CO₂液滴からのCO₂の溶出

中島康晴、城田英之、小島隆志、山根健次、
綾 威雄、波江貞弘
平成16年6月

Proceedings of 23rd International Conference on
Offshore Mechanics and Arctic Engineering

化石燃料から排出される二酸化炭素(CO₂)を排ガス中から分離・回収し、水深3500m以深の深海底に貯留するCO₂深海貯留は、地球温暖化を抑制する革新的技術の一つとして注目され、海技研において研究を行っている。これまでの研究から、貯留したCO₂の溶出による周辺海水のpHの低下、及びそれによる海洋環境への影響を評価する必要性が認識されたため、2002年から海技研は米国及びノルウェーの研究機関とともに海洋環境影響評価を目的とする国際共同研究を実施している。本研究では、国際共同研究の一環として、海技研が所有する大型高压タンクを用いて少量の液体CO₂を貯留する陸上模擬実験を実施し、pHの変化を計測することにより、CO₂液滴からのCO₂の溶出特性について検討した。

実験に使用した大型高压タンクは、内径1.1m、深さ3.0mの円筒型高压容器であり、高压ガスを使用する場合の最大耐圧は40MPaである。この装置には、液体CO₂投入装置、加圧装置、温度調節装置、回流発生装置等が付属している。また、内部には熱電対、pHセンサ、モニターカメラ等が設置され、圧力、温度、pH、内部映像等のデータを収集、記録することが可能である。

実験では、圧力30MPa、温度5～7 及び8～12 の温度域において約2kgの液体CO₂を2日間にわたって清水中に静置し、液滴の周辺におけるpHの変化を計測した。いずれの温度域においても液滴の表面にはCO₂ハイドレート膜が生成し、実験期間中を通じてこの膜が存在することを確認した。

実験の結果、いずれの温度域においてもpHは低下したが、低温度域におけるpHの変化は高温度域における変化よりも小さかった。固体球における溶解速度式をCO₂ハイドレートに適用して解析し、pH変化の温度による違いが、CO₂ハイドレートの溶解度における温度依存性と定性的に一致することを確認した。

特徴曲線の制御による船型生成法(第一報)

A Hull Form Generation Method by Control of Characteristic Curves (1st Report)

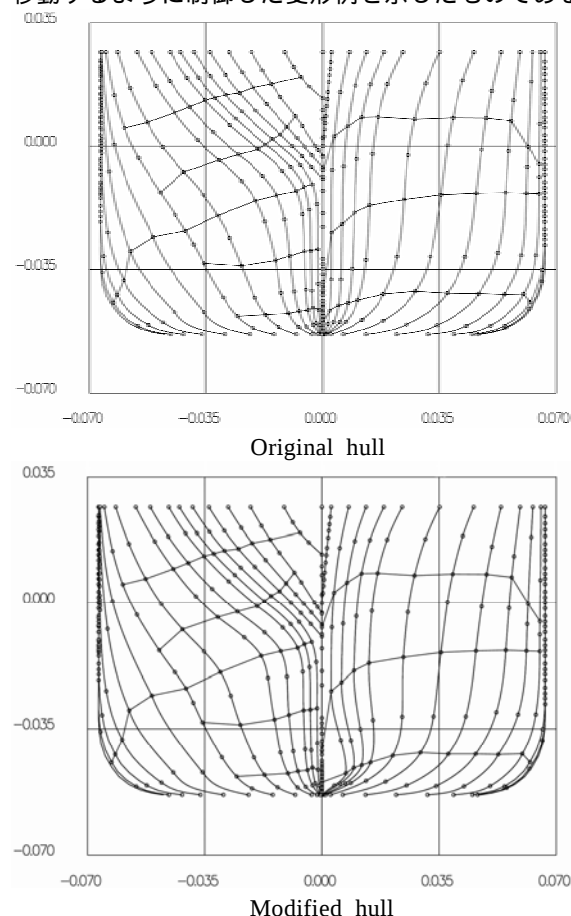
川島 英幹、日野 孝則

平成16年5月

日本造船学会講演会論文集 第3号

現在、船舶の初期計画における主要目の検討は主として既存船のデータベースを用いて行われ、船型開発は、主要目の類似した既存の母船型を出発点とすることが多い。一方、CFD(計算流体力学)によるシミュレーションを用いた計画/設計では、主要目選定の段階から、船型が定義されている必要がある。また新型式船の計画時など、適当な母船型が無い場合もある。このような場合には、船型の特徴を表現できる簡便な船型生成法が有用である。

本論文では、プロファイル、デッキサイドライン等の輪郭線と船体表面の特徴を抽出した曲線を制御することで、船型を生成する手法を提案し、既存の船型から抽出した特徴曲線によって原船型が良く近似されること、および特徴曲線の制御によって任意の主要目に適合する船型が得られることを示した。下図は、Series60船型を対象として、特徴曲線による船型の近似表現と、lcbが前方に移動するように制御した変形例を示したものである。



Measurements of Elastic Properties of Plasma-Sprayed Coatings Using Bulk Ultrasonic Pulses

バルク超音波を用いたプラズマ溶射皮膜の弾性的性質の測定

菅澤 忍

平成16年5月

Japanese Journal of Applied Physics Vol.43, No.5B

溶射皮膜を評価するにあたって、皮膜中の弾性波の伝搬速度や密度は重要なパラメータの一つである。これらのパラメータを求めるために、筆者が提案した群遅延時間の周波数依存性を解析する方法(海技研報告第3巻6号概要参照)を適用した。方法自体の有効性を確認するために、数種の膜厚の試料を用意し、膜厚とバルク波の伝搬時間の間の比例関係を評価した。

測定には、中心周波数6MHzを持つ、縦波用広帯域超音波センサーを用いた。試料は、SUS304上にアルミナ粒子をプラズマ溶射することによって作製した。一定の溶射条件のもとで、同一の基材上に厚さを0.16mmづつ、3段階に変えたもの(A)と一度に0.45mmの厚さに積層したもの(B)の2系列を用意した。

群遅延時間の解析の結果、理論から予想されるように、膜厚が大きくなるに従って、群遅延時間のピークが低周波数側にシフトした。第1ピークから求めた伝搬時間と皮膜の厚さとの関係を下図に示す。図からわかるように、伝搬時間と厚さは直線的な関係を示し、群遅延時間を用いる方法が有効であることを示している。直線の傾きから、音速を求めた結果、 $2,920 \pm 30$ (m/s) が得られた。また、厚さ0.16mm以外で第2ピークまで得られたが、鋭い正または負のピークが得られた。これは、理論を導出するにあたって行った、皮膜はエネルギーの吸収がないという仮定が、溶射皮膜では皮膜の不均一性から、一般に成立しないためと考えられる。

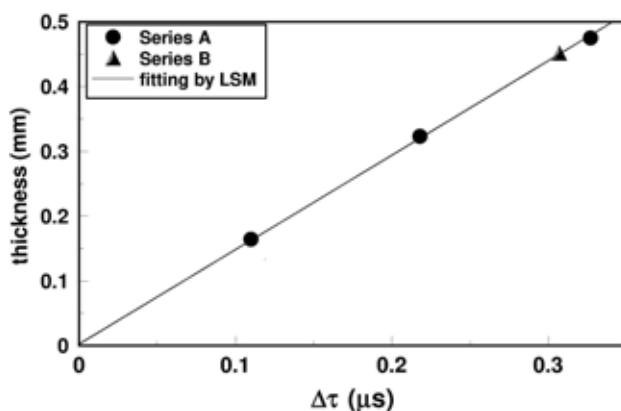


図 皮膜中のバルク超音波の往復時間と皮膜の厚さとの関係