

レーザー処理したセラミック溶射皮膜の構造

Laser Melting of Plasma Sprayed Ceramic Coatings

植松 進、高橋千織、千田哲也

平成10年11月

高温学会 第7回溶射総合討論会講演概要

セラミックス材料の溶射では溶射材料を十分に溶融させた場合でも内部にポロシティなどの構造欠陥が含まれており耐食性、耐摩耗性などの用途への適用には問題がある。セラミックスは金属よりも炭酸ガスレーザーのエネルギー吸収率が高いため、セラミックス溶射皮膜をレーザー処理することにより広い範囲の皮膜表面を緻密化することができ皮膜の高性能化が期待できる。本実験ではオシレートビームを照射したセラミック溶射皮膜の構造とレーザー処理の問題点を明らかにした。使用したサンプルは軟鋼板上にプラズマ溶射により皮膜作成し、その皮膜にビームスキャナー装置でミラーで揺動したレーザービームを照射しながら皮膜部分を100mm/secで移動させることにより幅8mm 長さ30mm の再溶融部を作成し皮膜の組織観察とX線回折による評価を行った。レーザー出力は100~400Wの範囲で変化させている。

再溶融処理した皮膜表面は溶融部分の再凝固際の収縮や基材との熱膨張差で生じたと思われる割れが存在するものの、光沢のある平坦な表面が得られており溶射皮膜特有の扁平粒子層は消失しており、本処理による皮膜の剥離は見られなかった。組織観察結果からレーザー処理部分は完全溶融部、焼結部、溶射積層部の各領域に分類することができた。完全溶融部分はコラム状の結晶成長がみられ、その下は溶融部の熱により扁平粒子が等軸晶化し、10 μ m程度にまで成長した部分が存在していた。溶融部と溶射積層部の間には5 μ m以下の微細な粒子が互いによく結合している領域が存在しており、溶融部の熱で積層化皮膜の再結晶化とともに焼結が進行した領域と思われる。

溶融粉碎したアルミナ粒子のプラズマ中での溶融挙動

Melting Behavior of Alumina Particles

in Plasma Spraying

植松 進、高橋千織

平成11年1月

日本金属学会誌 第63巻第1号1999年

溶射粒子のプラズマ中での加熱および冷却、基材上での扁平・凝固過程が非常に短時間でマイクロな現象であるため、これらを直接観察する方法はいまのところ見いだされていない。本研究では、分級したアルミナ粒子を用い、基材上に衝突し扁平・凝固した溶射粒子と基材に衝突させずに途中で捕集した溶射粒子とを比較することにより、主として未溶融粒子の形態を調べ、プラズマジェット中の材料粒子の加熱・溶融状態を推定しようと試みたものである。ワイプテストから得られた粒子の分類から、基材に衝突する前の飛行中に溶射粒子上で分離・合体挙動が生じていると考えなければ説明できない点が多く見いだされた。セラミックス材料では、粒子の加熱・溶融状態は金属材料に比べて著しく悪く、粒子が未溶融、あるいは半溶融状態で基材に衝突するケースでは皮膜品質に大きな影響を与えるため、飛行中の粒子をなるべくその状態を保ったまま捕集する方法を検討した。カーボンテープで捕集された Ar-He プラズマ中の未溶融粒子についての SEM による観察結果を基にセラミック材料のプラズマジェット中での溶融機構を考察し、比較的大きいセラミックス粒子の溶融メカニズムの推察と、基材へ衝突時における粒子の多様性が生ずる原因について明らかにすることができた。本研究で用いたカーボンテープによる飛行粒子捕集観察法は、特別の装置を使わないプラズマ溶射プロセスのチェック方法として有効であると考えられる。

Brittle to Ductile Transition in Sliding Wear of Alumina

アルミナのすべり摩耗における脆性から延性への遷移

千田哲也、矢野不二夫、John Drennan

安田榮一、Richard C. Bradt

平成11年1月

The American Ceramic Society

Abstracts of 23rd Annual Cocoa Beach Conference

舶用機関の耐摩耗性高温構造材料として期待されるアルミナ・セラミックスのすべり摩擦における摩耗メカニズムを、室温から1000℃までの範囲で調べた。摩擦係数は温度の上昇とともに低下するが、その傾きは700℃付近で変化した。また、比摩耗量は600℃と800℃の間で大きく減少し、高温では $10^{-6}\text{mm}^3/(\text{N}\cdot\text{m})$ 以下の低いレベルになった。電子顕微鏡観察によると、室温及び600℃では、摩擦面近傍に高密度の転位網はみられず、摩耗は脆性的な破壊によるものと推測された。このような微細構造の特徴は、転位や双晶が報告されているダイヤモンドによるスクラッチ摩耗面とは異なっている。1000℃では、摩耗量はほぼゼロに低下し、摩擦面は平滑な鏡面となっていた。表面は動的再結晶により形成されたと考えられる微細な結晶から構成されていた。この微細結晶の表面層の下は高密度の転位と双晶がみられた。これらの観察から、高温での摩耗量の低下は、摩擦面の材料挙動が脆性から延性へ遷移することによるものと考えられ、この遷移は、摩擦係数の変化のみられる700℃付近で起きると推測される。

<装備部>

二重船体構造モデルタンクよりの油流出—V

—衝突時の油流出—

Oil Spills from Model Tanks with Double Hull-V

-Oil Outflow from Sideo Damage-

山口勝治、山之内博、間島隆博

平成10年5月

日本航海学会 平成10年度春季講演会

日本航海学会論文集 第98号

タンカー事故が起こると大量の油が海に流出して環境汚染を引き起こし、大きな社会問題となる。このため、事故が起こっても、環境汚染の少ないタンカーの開発が望まれている。そのようなタンカーとして、タンクの外側にもう一重外板を設けて貨物槽を保護した二重構造タンカーが建造されるようになった。しかし、現在建造中の二重構造タンカーでも激しく座礁したり、衝突すると外板と貨物槽壁がともに破壊し、タンカーから油が流出するものと懸念されている。

二重構造タンカーが座礁事故を起こした時の油流出についての資料は整備されつつあるが、衝突時の油流出についてのデータは少ない。二重構造タンカーが増加し、本格的二重構造タンカー時代を迎えつつある現在、事故のうちでも発生頻度の高い、衝突事故時の油流出に関する資料の整備が求められている。

本研究はダブルハルタンカー衝突事故のタンク損傷を模擬した側部模擬破口より流出する油流出速度について、模型タンクを用いて、静水水槽中でシングルハルタンクとの比較において調査したものである。

実験は幅×長さ×深さ=0.8m×5.0m×1.0mの静水試験水槽中で、支持枠に固定された幅×奥行き×高さ=0.3m×0.5m×0.55mのモデルタンクを用い、シングルハルおよびダブルハルの模擬試験を行うことができる構造となっている。ダブルボトム高さは0.06m、ダブルサイドの寸法は0.055m、0.082mおよび0.115mと、三種変えて実験した。模擬破口には、大きさが二種類、形状が四種類、合計八種類の異なるものを用いた。油流出試験中、モデルタンク内の油面高さとお水界面高さの経時変化をフロート式液面計によって計測し、油流出速度を求めた。供試油には粘度30.3cSt (40℃)、密度860kg/m³ (15℃)のタービンオイルを用いた。

実験の結果、(1)衝突時の油流出は破口でのタンク内外の水頭差によって起こった後、破口水深方向のタンク内外の圧力差分布に基づいて起こり、(2)通常、破口でのタンク内外の水頭差は破口水深方向のタンク内外の圧力差より大きいので、前者の流出速度が後者の流出速度より大きいこと、(3)ダブルハルという条件を除き他のすべての条件が同じ時、ダブルハルはシングルハルに比べ換水速度は小さく、ダブルサイドの寸法が大きくなるほど小さくなること等、衝突時の油流出の基本的特性が明らかとなった。しかし、より現実的な事故に対応するためには(4)より複雑な破口形状および破口の寸法効果と供試油の粘性の影響に対するデータの蓄積が望まれる。

ケミカルタンカーにおけるベンゼン荷役、輸送中の作業環境濃度について

Benzene Concentration on Chemical Tankers During Transfer Operations

間島隆博、山口勝治、藤井 忍、山之内 博

平成10年5月

日本航海学会 平成10年度春季講演会

日本航海学会論文集 第98号

ベンゼン等揮発性物質は岸壁での荷役作業中及び海上輸送中に蒸発し、ガスとなって船舶から大気中に漏出・排出されているが、低濃度のベンゼンガスであっても乗組員及び荷役従事者が慢性的に暴露されると白血病の原因になると懸念されている。ここでは、ベンゼン荷役、海上輸送中のケミカルタンカー上でどの程度の濃度となっているのかを実船計測によって調査した。

ベンゼンを荷役・輸送するケミカルタンカーの作業を区分すると、ベンゼン生産地での「積み荷役」、ベンゼンを搭載したまま積み地から揚げ地への輸送を行う「航海」、揚げ地でのベンゼンの荷下ろしを行う「揚げ荷役」、ベンゼンを積み込んでいたタンクを洗浄、清浄する「クリーニング」の4つに分けられる。各々の作業におけるベンゼンガスの発生、排出形態が異なるため、計測(大気の採取)は上記した4つの作業で区分して行った。また、タンカー上でも場所によって濃度に差が生じると考えられたため、乗組員が室内で作業及び休養している操舵室及び食堂、濃度が比較的高いと考えられるベンゼンの揚げ荷時に使用されるポンプ室、作業がよく行われる甲板上を代表してベント管直下において大気の採取を行った。また、ガスの採取及び分析方法は平成9年環境庁大気保全局によって示された「有害大気汚染物質測定マニュアル」に従って行われた。

測定の結果を作業形態毎に見てみるとタンククリーニング時が最も高い値を示した。また、採取場所別に見ると操舵室や食堂が甲板上やポンプ室より低い値を示した。

レーザー励起蛍光を用いた油膜厚さの測定
Measurements of Oil Film Thickness by

Laser Induced Fluorescence

山岸 進、樋富和夫、山之内 博

平成10年6月

第19回レーザーセンシングシンポジウム講演論文集

ナホトカ号海難事故などの経験から、流出防除作業には油と水を識別して、夜間も追跡できる監視技術が必要とすることが再認識された。このため汚染画像を実時間表示する小型装置の開発を行っている。本報では、このプロトタイプを用いて、ラマン画像から油膜厚さを測定する実験について報告した。

紫外レーザーにより生ずる水のラマン散乱光またはクロロフィルの蛍光にバンドパスフィルターの通過波長を合わせておけば、油膜層が薄い場合、油膜部分が影として表示され、この減光度合いから膜厚さを知ることが可能である。水の消散係数の測定値は、文献に示された吸収係数に較べて桁ちがいに大きなもので、状態によって大きく異なるため現場測定しなければならない。また、油など汚染物質には特異な吸収帯があるため、波長依存度を知ることが重要であるが、現在のところ十分な資料がないため実測データを集積する必要がある。

実験では、ガラス容器に蒸留水を入れ、資料油をマイクロシリンジで計量滴下して一様に広がった状態を観測して、それぞれの消散係数を求めた。計測は、パルス発生器の内部トリガーにより、YAG レーザの3倍波(最大出力11mj)、高速ゲート操作つき(3 nsec) ICCD カメラ、およびデータ処理 CPU の同期をとった。同期周波数を10Hz、ICCD の解放ゲート幅を13ns とし、遅延時間をナノ秒オーダーで適宜セットした。スペクトル選択には、水のラマン波長に合わせた狭帯域フィルター(405 nm, FWHM: 10nm)を用いた。

油膜のある場合、レーザー入射部では水のラマン光と油膜蛍光が合わさった強い光、より深い部分からはラマン光のみ、また、容器の底面の反射光による水面の油膜蛍光を観測することができる。この画像を用いた方法によれば、幾何学的に光路長が計算でき、消散係数が求まる。得られた水の消散係数は 0.0019mm^{-1} であり、文献から推定した吸収係数(0.00005mm^{-1})よりかなり大きい値であった。油膜については、軽油 1.35mm^{-1} 潤滑油 0.30mm^{-1} などの消散係数が得られた。

今後、油の変質による蛍光分布の変化、表面波の効果等について検討する予定である。

自由落下式救命艇の座席にクッション材を使った
場合の人体に対する衝撃緩和効果について

Shock Absorbing Effect on Human Body by using
Cushion Materials for Free Fall Lifeboat Seats

原野勝博、今里元信

平成10年9月

日本航海学会論文集 第99号

自由落下式救命艇 (FFLB) が海面に突入する時、艇体は時には10Gを超える衝撃加速度を受ける。この衝撃加速度の作用時間は0.1秒程度で人体に傷害を与える程度ではないが、座席で衝撃を緩和できれば、突入時の姿勢が悪い場合でも乗員の安全を確保できるし、艇体の許容加速度を大きくとれるから経済的な艇体の設計ができる等の利点が考えられる。現在 FFLB の座席は硬質ウレタンなどの硬い材質で作られており緩衝材は使われていない。本研究は、経済性の面から最も実用性がありそうなスポンジシート等の緩衝材を使った場合の緩衝効果とその評価法について実験的に検討し以下の結果を得た。

- ① 実艇での緩衝効果は、緩衝材の周波数領域での緩衝効果と実艇の衝撃波形から推定できる。
- ② クッション材が有効か否かは、実艇の受ける衝撃波形のスペクトルに拠っている。厚さ20mm~30mmのクッション材で緩衝効果が現れる周波数は10Hz以上で、実艇の計測波形に適用した例では、ピーク値が約20%減少する結果を得た。
- ③ ダミーの表皮部やクッション材は加速度振幅によりその特性がかなり変化するので実験は実際に艇にかかる衝撃に近いレベルで行う必要がある。
- ④ 本実験を通じ、ハイブリッドⅢ型人体ダミーの衝撃緩衝特性を把握できた。ダミー自体は、座位状態では、腰一頭方向は1自由度の振動系と見なせ、そのばね定数は $4.5 \times 10^5 \text{N/m}$ と比較的小さいから挿入する緩衝材もそれに見合う材質を選ぶ必要がある。

ベンゼン輸送船の環境ガス濃度測定
—積み込み時のガス濃度—

Measurement of Gas Concentration on
Benzene Transfer Vessels

-Gas Concentration during Loading Operation-

山口勝治、藤井 忍、間島隆博

山之内 博、坂本慎二

平成10年10月

日本労働衛生工学会第38回学会抄録集

ベンゼンは化学製品の基礎材料として幅広く使われており、大量のベンゼンがケミカル船によって海上輸送されている。ベンゼンガスは数 ppm の低濃度でも慢性的に暴露されると癌の原因になりうると懸念されているため、船舶からのベンゼンガス排出量やベンゼンガス濃度を計測することにより実態を把握し、健康被害を未然に防止するための対策を検討する必要がある。本報告では、ベンゼンを輸送する船舶の積み荷時に排出口から大気中に排出されるベンゼンガス濃度および船内作業場所でのガス濃度を計測した結果について述べた。

計測対象船舶として最も数が多く、よく用いられる、総トン数499トンの液体化学薬品バラ積み船を選定した。ターミナルからタンカーへの積み荷中、タンクで発生したガスは通気管を通して、ベント管から大気中に排出される。排出されたガスは船上に拡散する。荷役作業は甲板上、居住区 (食堂・操舵室) ポンプ室において行われるため、計測場所は食堂、操舵室、ポンプ室、ベント管下とし、また、積み荷中のベンゼンガス排出口であるベント管出口でガスを採取した。採取されたガスをガスクロマトグラフ質量計にて分析し、濃度を求めた。

貨物タンクから排出されたベンゼンガスの濃度は、液面高さ2m位までは低く、その後、急激にガス濃度は増加し、タンク内でガスは層状をなし、液面近くで濃度が高くなっていることが分かった。ベント管出口での平均ガス濃度は貨物温度とともに上昇し、積み荷時の排出ガス濃度を減少させるには貨物温度を下げるのが効果的であることを明らかにした。

船内作業場所での積み荷中の平均ガス濃度は、排出ガス濃度が高いほど高く、排出口から離れるほど低くなる。ベント管から最も離れている居住区での値は低く、居住区よりガス排出口に近いポンプ室は居住区より幾分高い値を示した。風速が大きいとベント管直下の値は低くなり、排出口の風下では濃度が高いことが判明した。

以上の結果、積み荷時の間の船内平均ガス濃度は比較的低く、1 ppm を超える場所はないこと、積み荷時貨物から発生するガスの濃度を低減し、排出ガスを減少させるためには、貨物の温度を下げるのが効果的であることが明らかとなり、ベンゼン貨物積み荷時の船内ガス濃度管理のための有力な資料が得られたものと思われる。

<システム技術部>

赤外線画像を用いた航行船舶の観測

Observation of the Navigating Vessels

with Infrared Ray Sensor

松倉洋史、桐谷伸夫、室原陽二

平成10年5月

日本写真測量学会平成10年度年次学術講演会論文集

確率論的安全評価手法

Probabilistic Safety Assessment

松岡 猛

平成10年11月

電気学会 大規模システム安全管理支援の
高度化協同研究委員会技術報告書

航行中の船舶において現在用いられている海上監視の主な手段は、船橋からの目視観測と、レーダー・ARPA等の計器観測である。目視は有効な監視方法であるが、夜間もしくは視野制限時には十分な情報を得ることが出来ない。また、ARPAによって提供される情報は周囲の船舶の位置とその速度ベクトルを基本としており、操船判断を行うために有効となる相手船の船種とその状態を把握することが困難である。これらの情報を提供し、かつ人間との親和性の高いインターフェースを持つ海上監視の支援システムが求められている。そのため、各種画像センサ情報を複合的に利用して情報を提供する船舶搭載型の海上監視支援システムを開発中である。

本論では夜間や霧中における海上監視を支援するため、センサーとして赤外線カメラを利用することを提案した。そして東京湾において収集した航行船舶の赤外線画像を分析したうえで、画像処理によって有益な情報提供の行える海上監視支援システムが可能であることを確認し、その問題点を整理した。

今後の課題としては、①ヨー・ロール方向の揺れも吸収できる機構の付加、②対抗・追い越し・斜行船舶等の様々な位置関係にも対処できるような改良、③水温・気温・風・位置関係等を変化させた、様々な状況下での実船実験による有効性の検証、などが挙げられる。将来は、船種・状況の自動判断を行う方向へ発展させ、また、他のセンサーとの連携、ARPAとのデータリンクを行う予定である。

大規模複雑なシステムの安全管理のためには確率論的安全評価 (PSA) が有用な手法と考えられる。本報告書では PSA において主要な位置を占めるシステム信頼性解析手法 GO-FLOW についてサンプル問題を用いての解析手順を示し、基本概念の説明を行っている。次に現在までに備えられた主要機能、解析支援システムについての説明が与えられている。

解析実施例として JR 新幹線の自動列車制御装置 (ATC) を取り上げ、その解析の実施方法を詳細に記述するとともに、解析結果についての検討を行った。

自動列車制御装置 (ATC) とは、先行列車との間隔および進路の条件に応じて、運転室内に列車の許容速度を表示するとともに、列車がその制限速度以上となれば自動的にブレーキが働いて、列車を安全に停止させるものである。許容速度の決定、列車上における制限速度の検出には冗長系を用い信頼性の向上を図るとともに、万一制限速度が得られない場合はフェイル・セーフによりブレーキが働く機構となっている。

ATC の制御回路図をもとにシステム動作・故障を GO-FLOW チャートにモデル化した。システムを構成する機器・部品の故障率は、主として平成8年度の山陽新幹線における関連事故情報に基づき推定した。

解析の結果、ATC のシステム信頼度の時間に伴う推移が GO-FLOW 手法により容易に求められることが示された。信号処理系は十分な信頼度を有していると考えられ、電源系、ブレーキ系、地震・降雪等の外部的要因のシステム信頼度に対する影響は大きいと考えられる。

事故を引き起こさない安全確保のためにはブレーキ系の動作の信頼度が重要であることが判明した。

シミュレータを用いた内航船舶の
運航の安全性評価について
Safety assessment for navigation of
coastal tanker using simulator
伊藤泰義
平成10年6月
電気学会 交通・電気鉄道研究会講演集
TER-98-15~21

内航海運の業界は、いわゆる3Kの職場で若年労働者から敬遠されている状況のため、人手不足と高齢化高齢化が進み、常に慢性的な労働不足の状態にある。

こうした状況の改善のため、船舶技術研究所（船研）と全国内航タンカー海運組合（内タン）は、共同で内航タンカーを対象とした、航海支援システムの開発研究を実施した。

目標としては、若年労働者からは、魅力ある職場として認められるように、また、積み荷の危険性のため社会からは、厳しく一層の安全性の向上を求められていることを認識し、安全性の確保を最優先の課題として、一人当直（いわゆるOMBO）で船橋業務を十分に余裕を持ってかつ操作も容易に出来るような、航海支援システムの開発である。

航海支援システムの設計に反映するため、内航路の航行における問題点を抽出する事を目的にして、内航船が航行する輻輳海域や狭水道の航行及び沿岸海域における長時間の一人当直の状況等を船舶技術研究所にあるシミュレータで再現し、操船者がそれぞれの状況でどのような情報、機能を欲しているか、また、どうあって欲しいか等をシミュレータ実験で求めた。

この航海支援システムは、人に優しいことをキーワードとして、経験ある航海士として、居眠りをしない有能な見張りとして、また熟練した操舵手の役割と一人3役を同時に果たして、人間の操船者を補助し、負担を大幅に軽減してくれるものである。

このシステムの特徴は、音色の全面的採用である。操船者は、航行中見張りに専念しながら音声により情報を入手し、かつ音声で、操舵等の指令を発することが出来ることである。さらに、避航航路の提案など種々の航海業務を軽減する機能も数多く有している。

この人に優しい航海支援システムの実船搭載の第1号は、新ぶろばん丸に搭載され、平成9年の9月1日に竣工した。

この新ぶろばん丸に装備された航海支援システムについて、一人当直で船橋業務を十分に余裕を持って行えるかどうかの評価と次の段階の改善、研究の目標を明らかにすること目的として、システムの安全性および有用性について評価を半年かけて、種々の自然環境や航行条件に遭遇した実際の航海において実施した。その結果、この航海支援システムは、一人当直で複数人の当直と同等または、それ以上の安全性を有していることが明らかになった。

交通事故調査における問題点
—日本学術会議第28回安全工学シンポジウムでの議論—
Problems on the investigation of transportation accidents
-Discussions held in the 28th Safety Engineering Symposium of the Science Council of Japan-
松岡 猛
平成10年10月
安全工学協会 安全工学 37巻5号

平成10年7月2～3日、日本学術会議主催の安全工学シンポジウムが開かれそのなかのセッションにおいて信楽高原鉄道事故の事故調査のあり方に関する報告とそれに関連した提言があった。これらの発表の後、活発な質疑応答・議論が持たれた。そこでは安全確保についての貴重な議論がなされたので、取り上げられた意見の要約を紹介し、当日セッションに参加していなかった方々にも事故調査のありかた、調査結果の情報公開方法等を考えていく上での参考になればと思い本報告をまとめた。

私達が日常生活を送っていく中で交通事故に巻き込まれる危険性は無視できないものがあると考えられる。不幸にして発生してしまった事故を貴重な教訓として活かしていくシステムを確立しておくことは社会的な責務であろう。

安全工学シンポジウムにおいて、我が国における鉄道事故調査の現状、分析すべき内容、専門家の必要性、中立専門的な事故調査機関の必要性、警察の捜査との関連、調査結果の情報公開のあり方、外国における現状等について種々の意見が出され活発・熱心な討議がなされた。本報告はまとめた結論を述べたものではないが、当日のシンポジウムの雰囲気を感じ取って頂けたことと思う。今後の事故調査のあり方、交通機関の安全性向上を考えていく上で本報告が何らかの参考になれば幸いと思う。

フェリー航路の国内物流ネットワーク分析
Analysis of Ferry Routes by Networking
of Main Cities and Harbors

勝原光治郎

平成10年10月

日本海運経済学会 海運経済研究 第32号

地球環境問題や道路渋滞などのため、自動車から海運・鉄道への輸送貨物の移動（モーダルシフト）が要請されている。そのためにまずモーダルシフトが進む条件を明らかにする必要がある。

そこで、モーダルシフトの対象船であるフェリーの航路がどのような特性を持ち、どのような条件で経路として選択されるかを明らかにするために、日本国内のトラック物流をネットワーク分析することを考えた。ネットワークとしては、主要幹線道路と主要フェリー航路をノードとパスで結んだ。パスに距離と種別番号（一般・有料・高速道路・フェリー航路）を与え、都道府県間のすべての輸送経路を算出し、経路選択モデルにより最適経路を選択した。経路選択モデルとしては、費用と所要時間を考慮した犠牲量モデルを採用した。

このネットワーク計算の変数はトラック車種・車長・荷役時間・無人／有人航送・高速道路料金体系・フェリー料金体系・フェリー船速・航路の新設廃止などである。まず、基準ケースについて都道府県発着貨物がフェリー航路か陸路かどちらを選択するかを調べ、次に変数を変えてその影響を調べた。

結論は、①都道府県発着貨物の最適経路および、最適フェリー航路を得た。また、②フェリー航路の市場圏を明示した。次に、変数を変えて計算し、フェリー航路選択の加減から、③荷役時間が小さいこと、航路料金が低く、高速道路料金が高くすることによってモーダルシフトを推進でき、その度合いを知ることができた。とくに、④フェリー運賃の割引の効果は大きいことが分かった。⑤高速船にリプレースして、市場圏が大きくなる航路としない航路があることが分かった。

<原子力技術部>

深海調査船用原子炉 DRX の貫流型

蒸気発生器の流動安定性解析

HYDRAULIC INSTABILITY ANALYSTS OF
DEEP-SEA REACTOR DRX'S ONCE-THROUGH
STEAM GENERATOR

安達雅樹、石田紀久

平成10年9月

日本原子力学会1998年秋の大会予稿集

深海調査船用原子炉 DRX は大型船舶用原子炉 MRX と同様に貫流型蒸気発生器（以下 SG と呼称）を採用している。このとき二次冷却水が流れる伝熱管内では相変化に伴い密度波不安定などの流動不安定現象が発生する。そこで水力学的安定化対策のために解析評価を行った。さらに DRX は崩壊熱除去に SG を用いるので自然循環による崩壊熱除去性能への影響を検討した。解析手法は、一般的な線形安定性解析法に従った。このときの仮定は、・一次元流・均質流、・一様熱負荷、・圧力変化に伴う物性値の変化無視である。両ヘッダー間の圧力差一定という境界条件のもとに、特性方程式を導き、これを使って系の安定判別を行うが、各パラメータが安定限界に及ぼす影響を調べるためにネイマルクの D 分割法を用いた。本解析の前に、昭和56年に船研で行った貫流型蒸気発生器の実験結果と比較することで解析の精度を検証した。一例として、実験番号“IN-5-31-194-1200”のでの解析の場合、安定化する絞係数の最小値は、実験結果では1420であるのに対し、本解析では1627となった。振動周期は、実験では11.4秒、解析では10.53秒（5次）である。他の実験条件の場合も同程度であり、本解析は概ね妥当な精度と言える。工学設計の段階では二次水の流れは密度波不安定に陥る可能性があることから、想定される炉の出力に対して伝熱管の挙動を安定させるのに必要な入口での最小絞係数（ k_{in} ）を評価した。 k_{in} の値はおおむね管内圧力損失の30%から50%であり、管内の圧力損失の見積もり計算へ影響を与えていることを確認した。これは飽和部（二相流）における摩擦力による圧力損失の評価方法及び圧力と流量に対する評価方法の適用範囲に原因があると考えられる。従って k_{in} もこの影響を受けることがいえる。以上の解析結果を基に安定化対策として、オリフィスを給水入口に設ける。このオリフィスを給水入口に設ける。このオリフィスを設置することで、SG 内の流動圧力損失が増加する。これと関連して崩壊熱除去時に十分な流量が確保されるかを検証した。例えば定格出力の5%に相当する崩壊熱を除去するのに必要な流量が定格時の5%とすると、SG の全圧力損失がオリフィスにより1.76kPa から1.84kPa に増えるが、自然循環の駆動水頭が30kPa であるので5%流量が確保でき崩壊熱除去性能への影響は問題ない。以上の結果から DRX の SG の水力学的安定性を解析評価し、給水入口にオリフィスを設置することにより、安定な運転が出来ることを明らかにした。また、崩壊熱除去性能への影響がないことを確認した。さらに、解析精度について実験との比較により妥当であることを確認した。

チャンネル流路内円柱列を過ぎる脈動流の可視化実験
Flow visualization of oscillating flow in a channel
obstructed by an array of circular cylinders

澤田健一、村田裕幸、小林道幸

平成11年3月

日本原子力学会「1999年春の大会」要旨集

船用炉が自然循環により炉心冷却を行う場合、横揺れ等の船体運動を受けると一次冷却水流は脈動流となることが知られている。このため、受動安全型船用炉の蒸気発生器のような複雑流路における脈動流の熱水力挙動を明らかにすることは重要である。本研究ではチャンネル流路内に円柱列を配した脈動流実験装置を制作して可視化実験を実施した。実験装置には回流式流水槽を用いた。測定部は、高さ $H=50\text{mm}$ 、幅 $W=400\text{mm}$ として流れの二次元性を保ち、長さ $L=4000\text{mm}$ として流れを十分に発達させるようにした。またチャンネル流路中に直径 15.4mm の円柱を流路高さ中心面上に流れに直交して配置した。流れの脈動は測定部上流に設置した可変ピストンによって制御した。その結果、流量 $Q=Q_1+Q_2\sin\omega t$ で表される周期的な脈動流を発生させた。流れの可視化には、直径 $30\mu\text{m}$ のナイロン粒子を流れ場に懸濁させ、スリット光を照射して流れ場を撮影する方法を採った。可視化画像は3時刻法を用いたPTVによって画像処理した。

はじめに定常流におけるカルマン渦のストローハル数 St の特性を調べたところ、 St 数は円柱列のピッチが大きくなるにしたがって増加すること、レイノルズ数 $Re_a=163,320$ の間においては St 数に有意な変化は見られないことがわかった。次に流れに脈動を加えたときの流れの様子を調べた。ただし、脈動の平均レイノルズ数 $Re_a=160$ 、脈動周期 $\gamma=15s$ 、脈動振幅 $Q_2/Q_1=0.57$ とした。流れ場の等渦度線図を定常流と比較したところ、脈動流の加速時には定常流に比べて剥離点が下流に移りし円柱後流の y 方向動揺が小さくなり、逆に減速時には剥離点が上流に移りし円柱後流 y 方向動揺が大きくなることわかった。今後は、流れの熱水力特性についても検討する予定である。

<海洋開発工学部>

初期設計時における針路安定性の推定に関する研究

An Estimation of Course Stability at
Initial Design Stage

湯川和浩、貴島勝郎

平成10年11月

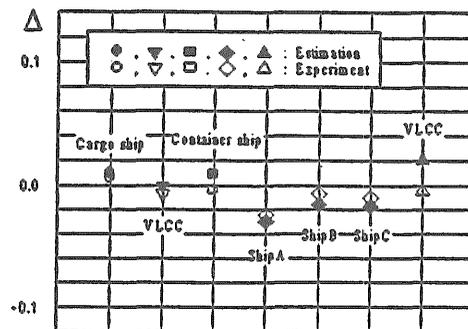
日本造船学会 平成10年度秋季講演会

日本造船学会論文集

近年発生したいくつかの大型タンカーの海難事故および原油流出による環境汚染を契機に、IMOでは1993年11月に操縦性暫定基準 A.751 (18) が採択された。これは操縦性能が劣悪な船を排除するためのものであるが、正式に条約として採択されれば、今後の建造船については、操縦性能がこの基準を満足することが必要になるため、初期の設計段階で船の操縦性能を正確に把握しておくことが大切なこととなる。

現在では、コンピュータの発達と相まって、数値シミュレーションを行なうことで船の操縦性能を評価する方向へと向かいつつあるが、数値シミュレーションで用いる数学モデルを構成する流体力の表現が問題となる。従って、数値シミュレーションを行なって船の操縦性能を正確に評価するためには、流体力を精度良く推定することが重要であるが、その中でもとりわけ支配的であると考えられる、主船体に作用する流体力（以下、船体流体力と呼ぶ）を精度良く推定することが必要不可欠なこととなる。

そこで本研究では、ある程度取り扱いが簡便であり、短時間で船体流体力を推定することが可能であると思われる細長体理論に基づいた不破の方法をベースに、船体形状を考慮した理論的な船体流体力の推定法を提案した。さらに、船体流体力の推定結果をもとに針路安定判別を行なうことで、初期の設計段階における本計算法の適用の可能性を検証し、局所的な船体形状の違いに起因すると考えられる針路不安定現象を検討するうえで、実用的な観点から有効な手法であることを示した。



Model ships
針路安定判別