

所外発表論文等概要

〈推進性能部〉

Numerical Investigation on Submerged Downward Lifting Body and Its Optimization with Low Wave Resistance

鉛直下向き揚力を発生する没水揚力体に関する数値解析および低造波抵抗のための最適化について
長屋茂樹、茂里一紘、土井康明
平成11年7月

Proceedings of Seventh International Conference on Numerical Ship Hydrodynamics

鉛直下向き揚力を発生する揚力体が自由表面近くを没水走行するとき、それによって生じる波は上向き揚力を発生する揚力体による波より小さくなるのがこれまでの研究から示されている。茂里らは船体に取り付けられた翼が発生する鉛直下向き揚力によって主船体を没水させることで造波抵抗を低減し、高速走行を可能とする翼付き半没高速船の研究の中で、翼が発生する下向き揚力によって造波抵抗が軽減されることを実験的に見出した。これはこの高速船にとってメリットとなる現象である。

本研究は下向き揚力を発生する没水体の造波抵抗軽減効果に着目し、それを流体力学的に明らかにすることを目的として、境界要素法による3次元の没水揚力体周りの自由表面流れのシミュレーションを行い、抵抗軽減効果を検証した。本報告では下向き揚力と没水体の抵抗との関係を捉えやすいように、矩形翼を計算の対象とした。自由表面近くに没水させた矩形翼に働く抵抗と下向き揚力の関係について数値計算によって調べた結果、揚力の向きと大きさの違いに対して、浮力に応じた大きさの下向き揚力が生じているときに矩形翼に働く抵抗が極小となることが分かった。これは自由表面との干渉が影響していると考えられる。また抵抗が最小となる矩形翼の形状を求めるために、揚力体に働く抵抗を目的関数とする最適化手法を、矩形翼の断面形状に対して用いた。最適化計算の結果、得られた断面形状は下向き揚力を発生する形状であった。また最適化における初期形状に異なる形状を与えた場合でも、抵抗が極小となるときの下向き揚力の大きさは変わらず、ほとんど変わらない形状が得られた。今後はより3次元性の強い形状の没水体に対して、没水体形状が造波抵抗軽減効果に与える影響について検証することが課題である。

SCP理論設計法の実機プロペラへの応用

Application of a Theoretical Design Method to Full Scale Supercavitating Propellers for High-Speed Boats

右近良孝、藤沢純一、工藤達郎、黒部雄三
平成12年5月
西部造船会会報、第100号

現在、不審船対策として、現状より格段に高速の高速艇の開発に関心が持たれている。この種の高速度艇用プロペラとして、ウォーター・ジェット・ポンプが用いられることが増えているが、スクリュープロペラは効率や価格の点で優れており、この形式の高性能なプロペラの開発の要望は強い。当所で超高速艇用のプロペラとして、高性能なスーパー・キャビテーション・プロペラ (SCP; Supercavitating Propeller) とその理論設計法及び性能解析法SC-VLMを開発し、模型試験で本設計法が有効なことを確認した。その後、このSRI-SCP理論設計法を競艇用プロペラに適用し、在来型プロペラ (CP; Conventional Propeller) や市販のサーフェスプロペラより大幅に高性能なプロペラとして設計できることを競艇場での速力試験で示した。

本論文では、SCP理論設計法を用いて、高速艇用プロペラを試設計し、実機プロペラを製作して建造艇の試運転時に装着し、速力試験を行った。その結果、SCPを装着した建造艇は要求艇速を越える速力で航走したが、プロペラが「軽く」設計されたため、本艇用に設計された在来型プロペラを装着した場合より速くなかった。

試運転後、設計されたプロペラの模型を製作し、当所の大型キャビテーション試験水槽でキャビテーション性能試験を行い、性能を評価するとともに実艇と模型との性能に関する相関を調べた。また、比較のために、本艇用に設計された在来型プロペラについても同様のキャビテーション試験を行った。これとともに、この高速艇の模型を用いて、有効馬力を推定するため当所の三鷹第2船舶試験水槽で抵抗試験を実施した。

この結果、有効馬力を過小評価してプロペラが設計されたが42ノットの艇速が得られたこと、試運転でCPでは生じたルート・エロージョンがSCPでは生じなかったことなど、新しい知見が得られたので報告する。

〈運動性能部〉

On Steady Drifting Motion of a Ship in Waves

波浪中の船の定常漂流運動について

上野道雄、二村 正

平成12年 8月

Proceedings of MCMC2000

(International Federation of Automatic Control)

船の漂流運動を考えるに当たって、最も重要なのはどちらの方向へどの程度の早さで流されるかを知ることであると考えられる。本報告ではこの点を明らかにするために外力として波のみを考えたときの定常漂流状態を求めた。斜航運動による流体力は斜航角が180度までを含む大偏角の斜航試験をおこなって求めた。また、波漂流力に関しては漂流運動の速度が小さいと仮定して、前進速度なしの場合の計算結果を用いた。この方法では定常状態のみを問題とするため、回頭運動に関する流体力特性が釣り合い方程式を解く段階においては必要ではなくなるという特徴がある。

波長船長比0.7、波振幅1 mの条件で釣り合い方程式を解いた例では、解は8つあることがわかった。このような複数解の存在は他の入射波条件においても一般的に予想される。

得られた解が物理的に安定な漂流状態を表しているかどうかを判定するためには、回頭運動に関する流体力特性がわからなくてはならないため、それが不明な現時点では安定不安定を判定することができない。しかし、得られた釣り合い点を調べると、波下側からかなり左右にずれた方向にしかもかなり速い速度で流されるという状態を示している点が含まれており、これらの釣り合い点が物理的に安定な漂流状態を意味するとすれば、漂流運動の推定にとっては非常に重要な問題になると考えられる。本報告では局所線形化による安定判別の方法のみを示したが、最終的にここで得られた解がどのような意味を持つかは、回頭運動による流体力特性を考慮してより詳細に検討をおこなう必要があると考えられる。

本報告で用いた定常漂流状態を求める方法による計算例が示すように、ある海象における漂流状態は複数存在する可能性がある。これは時間シミュレーションの方法では初期値の取り方によって漂流経路等が異なってくることに対応すると考えられる。本方法によれば漂流予測は複数の可能性を示すことになると考えられ、時間シミュレーションによる漂流予測とは異なる、複数の可能性を示す漂流予測の方法のあり方も検討されるべきと思われる。

The State of The Art on Numerical Wave Tank

数値造波水槽の最先端

谷澤克治

平成12年10月

Proceeding of OC2000

本論文は過去20年間の数値造波水槽に関する著者の研究ならびに国内・海外の研究成果を整理・解説したものである。数値造波水槽とは波浪、波浪荷重、波浪中浮体運動等を時間領域で非線形計算するコンピュータプログラムの総称で、英語ではNumerical Wave Tankの頭文字をとってNWTと呼ばれている。本論文では過去の研究成果を時間を追って解説するのではなく、計算法の基礎理論、数値計算上の種々の要素技術等に分類整理し、これからNWTを開発しようとする研究者・技術者が手引き書としても活用できるように、できるだけ具体的に数式を交えて記述した。従ってかなり専門的で盛り沢山の内容となっている。基礎理論関連では速度ポテンシャルと複素ポテンシャルによる境界積分方程式の定式化と境界要素法によるその離散化、混合オイラー・ラグランジェ法による自由表面の非線形計算法、加速度場において理想流体と浮体の連成運動を解くための4つの方法、安定性解析や精度検証法について解説した。また数値計算技術関連では、ルンゲ・クッタ等の高次時間積分法、二重・三重節点による自由表面と浮体との交線・交点の処理、スプラインによる曲線と曲面のフィッティング、メッシュ関数を用いた節点再配置、計算時間の節減法等について解説した。さらに、NWTに不可欠な要素技術として、造波方法ならびに水槽端での波吸収方法等についても解説した。論文の後半ではNWTと周波数領域の理論計算や数値計算との関連を明確にするため、NWTで計算した3次までの高次流体力を理論計算ならびに実験結果と比較した研究例を紹介した。本論文は耐航性能の分野の専門家にも興味深い内容が多く含まれていると考える。なお、本論文は会議主催者より依頼を受けて執筆したもので、会議では招待講演を行うことになっている。

Probabilistic Estimation on Ship Performance in Actual Seas

確率論に基づく実海域船舶性能推定法について

辻本 勝、日夏宗彦、塚田吉昭、南 佳成

矢吹英雄、斉藤重信、野田英夫

平成12年10月

Proceedings of the 4th Osaka Colloquium on Seakeeping Performance of Ships

本論文では船内にLANを持ち、自動的に航海データを収集するシステムを備えている運輸省航海訓練所練習船青雲丸の航海データを用いて、船速、燃料消費量、主機馬力の変化について確率論を基にした理論推定法の有効性を調べた。これからの航海データは10分に1度自動収集されたものであり、1998年及び1999年の世界一周航海並びに1998年4月から1999年12月の間の4時期に日本近海を航海して得られたデータの3種類に分類して解析を行った。

実海域における性能低下の主な要因は(1)経年劣化、(2)生物汚損、(3)波浪、(4)風、(5)海・潮流の5つが考えられる。このうち、青雲丸は平成9年に竣工した新造船であること、半年に1度入渠することから、経年劣化、生物汚損の影響は小さく、主要因から除くことができる。そして船速、燃料消費量、主機馬力の変化について理論推定して得られる確率密度関数と青雲丸航海データを統計処理して得られる確率密度関数との比較を行い、理論推定手法の検証を行った。その結果、両者が良く一致することから、確率論を基にした理論推定法の有効性が確認できた。

さらに船速、燃料消費量の確率密度関数から、定時性及び運航経済性に係る指標として船速維持率並びに航海時間及び総燃料消費量の期待値を求め、実海域性能を評価する手法を提案した。

Bow Submergence Phenomenon during Surf-riding

波乗り中の船首没水現象について

田口晴邦、石田茂資

平成12年10月

Proceedings of the Fourth Osaka Colloquium Seakeeping Performance of Ships

高速船が追い波中を航行する際に問題となる可能性のあるBow Diving現象に関連して、波乗りを起こした船の船首相対水位を数値シミュレーションで調べた。波乗り状態では船体に働く力が静的に釣り合っているため、波乗り中に船首が没水すると、船は船首没水のまま航走することとなり、船の安全性にとって非常に危険な状態が長時間続くことになる。

今回の数値シミュレーションでは、surge方向に関しては、波乗りを記述できる非線形運動方式を用いた。そして、波乗りを起こすような状況では船と波との出会い周波数が低くなることを考慮して、時時刻刻の上下揺れ、縦揺れは船体重量と浮力を含めたフルードクリロフ力の静的釣り合いから求めた。このようなモデルを用いると、波乗り中の船首没水の発生は、波乗り中の船体と波との相対位置とその位置での静的な力の釣り合いから求まる船の姿勢によって決まることになる。

計算は、コンテナ船を対象に、平水中の船速、波長、波高をパラメータとして行い、波乗りを起こした船の船首相対水位に及ぼすこれらパラメータの影響を調べた。更に、船首楼の高さを変えた場合についても調べた。

その結果、

- (1) 平水中の船速が速くなると、波乗り状態で船首が没水する危険性が高くなること
- (2) 波乗り状態で船首が没水する危険性は、船長の1.2倍程度の波長の波が最も高いこと
- (3) そのような波長の波では、波乗りを起こして船首が没水した状態は、プロペラ回転数を下げて減速してプロペラ推力が0となった場合でも続くことがあること
- (4) 又、波乗り中の船首没水を防止する観点から見ると、船首楼は予備浮力としての役割より船首高さを確保することの意義のほうが大きいことが分かった。

Assessment of Domestic Rule on Load Lines from the Viewpoint of Deck Wetness

海水打ち込みを指標とした内航船の満載喫水線の設定に関する研究

小川剛孝、田口晴邦、渡辺 巖、藤野正隆
平成12年10月

Proceedings of 4th Osaka Colloquium on Seakeeping Performance of Ships

内航海運の効率率を図る観点から、近年、限定近海船というカテゴリーが設けられた。これらの船舶の満載喫水線規則は近海のものに適応されているため、海象の違い等を考慮した合理的な基準の策定が望まれている。

そこで合理的に満載喫水線基準を検討するためのツールとして、技術的な検討事項の一つである海水打ち込みによる甲板荷重の長期予測法を開発することを目的に内航貨物船及び内航タンカーを用いて波浪中模型実験を行なった。内航貨物船については母船型とフレア形状を変えた場合の2状態について実験を行った。船型要素の影響について、フレア形状の違いが甲板荷重等に及ぼす影響は極端に形状を変化させない限りあまり大きくないことがわかった。

さらに、これらの結果を用いて甲板荷重及び甲板水量の超過確率の推定法を提案し、不規則波中実験結果と比較を行ったところ、よく一致することがわかった。この超過確率を用いて長期予測計算を行ない、従来の方法と比較した結果、合理的に甲板荷重等の予測を行なうためには本研究で示した超過確率を用いる必要があることがわかった。

このように本研究で開発を行った推定手法等を用いて現行の内航船の打ち込み確率及び甲板荷重の長期予測計算を行い、航行区域の違いが及ぼす影響について検討を行った。さらに、これらの結果をもとに限定近海の船首高さの設定を行った。その結果、海水打ち込みの観点から限定近海を航行する船舶が必要となる最小船首高さは近海船に対する基準に船長の関数で表わされる修正係数を乗じることで設定が可能であることがわかった。

Practical Prediction Methods for the Shipping Water Load

海水打ち込みにより甲板及び甲板上構造物に作用する荷重の実用的な推定法に関する研究

小川剛孝、田口晴邦、石田茂資
平成12年10月

Proceedings of 4th Osaka Colloquium on Seakeeping Performance of Ships

満載喫水線基準を合理的に規定するためには、基準が担保している安全性を定量的に評価する必要があり、著者等は、現在行われている基準の見直し作業において、海水打ち込みに関連する安全性の評価について検討を行っている。海水打ち込みはよく知られているように、船体及び甲板上構造物への損傷や作業性の低下を引き起こす可能性がある。海水打ち込みに関する安全性を評価するためには、甲板水位及び甲板荷重を定量的に求める必要があるが、打ち込み水の挙動は複雑であり、これに関連する諸量を精度よく求めることは難しい。

そこで合理的に満載喫水線基準を検討するツールとして海水打ち込みにより甲板及び甲板上構造物に作用する荷重の実用的な推定法を開発することを目的に内航貨物船及び内航タンカーを用いて波浪中模型実験を行なった。内航貨物船については船首部形状の違いが甲板荷重等に及ぼす影響について調べることを目的として母船型、フレア形状を変えた場合及び乾舷高さを変えた場合の3状態について実験を行った。その結果、船首高さの違いは甲板荷重等に及ぼす影響は大きいものの、フレア形状の違いが甲板荷重等に及ぼす影響は極端に形状を変化させない限りあまり大きくないことがわかった。

さらに、これらの結果を用いて甲板上水位分布の実用的な推定法を提案した。これは、洪水の解析に用いるモデルを海水打ち込みに拡張したもので、このモデルを用いることにより従来のモデルと比べてかなり精度よく甲板上水位分布を推定することが可能となった。

また、甲板上水位分布を用いた甲板荷重の推定法について検討を行った。その結果、甲板水の運動量変化に考慮することで甲板荷重のピーク値を精度良く推定できることがわかった。

さらに打ち込んだ水塊が甲板上を流下することにより甲板上構造物に作用する衝撃水圧の推定法の開発も行った。これは、Wagnerの衝撃理論を拡張したもので、この手法により甲板上構造物に作用する衝撃水圧を精度良く求められることがわかった。

〈構造強度部〉

楔形物体の水面衝撃における限界速度の模型実験

On Critical Velocity in Water Impact of Wedges

竹本博安、岡 正義、佐久間正明

平成12年 5月

西部造船会会報 第100号

船舶に作用するスラミング荷重は、船体の局部損傷や全体強度に影響を及ぼすような損傷を引き起こすこともあり、構造設計においてスラミング荷重の推定、評価は依然重要な問題である。スラミング荷重は、船体が波面に突入する場合に生じ、荷重の大きさは波浪中での船体運動と波面の相対的關係により左右される。物体表面と水面のなす角度、相対速度が与えられる時、スラミング衝撃圧を計算することができるが、現象が衝撃的かどうかは相対速度が衝撃速度の限界値を越えているかどうかで決まる。

この論文は上記のような背景の下に水面衝撃の限界速度に注目して、水面衝撃現象の最も基本的なモデルである2次元楔形物体の水面衝撃における限界速度を実験的に検討したものである。デッドライズアングル 30° 、 45° 、 60° の3種類の2次元模型を用いて、水面落下試験を行い、水面の盛り上がり、模型底部の水圧、落下速度を調べた。その結果、落下速度が速い場合、水面の盛り上がりとスプレーを生じ、圧力が上昇すること、限界速度以下になると水面の盛り上がりは波となって模型から離れて行くことなどが観察された。この実験の観察、解析から限界速度を求めた。

さらに、Sellars等に従い「水面に物体が突入した場合、これにより生じる波が水面を伝播するが、この波の伝播速度より物体の接水幅の水平方向への広がりの速度が速い場合に、衝撃現象が起こる。」ものと考え、その限界速度の相似則を求めた。上記の実験から求めた限界速度は、この相似則と非常によく合うことが確認された。

- (1) この実験解析から楔形物体の水面衝撃のメカニズムが改めて確認された。
- (2) 2次元楔形物体の水面衝撃は、Wagner型と呼ばれる水面の盛り上がり考えたモデルにより表すことができる。
- (3) 相対速度が限界値以下では衝撃は起こらず、現象はいわゆるKarman型モデルとなり造波を伴うことになる。
- (4) 2次元楔形物体の水面衝撃の限界速度の相似則が明らかになった。

Corrosion Fatigue Crack Initiation Life of a Ship Structural Steel in Dilute Sulfuric Acids

希硫酸環境における船体構造用鋼の
腐食疲労き裂発生寿命

小林佑規、田中義久、後藤英信

平成12年 8月

The Fourth International Conference on Fracture & Strength of Solid Fracture and Strength of Solid, Key Engineering Materials Vol. 183~187

ばら積み石灰船倉の腐食は、石灰からの蒸発気体が船側外板で結露し、その結露液が希硫酸になっているためである。この環境は、船倉に激しい腐食を与え、船体腐食衰耗の大きな要因となっている。

本稿は、希硫酸環境における腐食疲労試験を実施し、腐食疲労き裂発生寿命および腐食衰耗と疲労き裂発生との関係について報告したものである。腐食疲労試験は、硫酸を蒸留水に希釈してpH4およびpH2とし、その酸性環境を切欠き試験片に付与した。繰返し負荷は正弦波の荷重制御であり、応力比0.1の部分片振り引張である。繰返し速度は0.17HZ、試験温度は 25°C である。疲労き裂の発生(き裂発生寿命、 N_c)は、直流電位差から求め、切欠き底の板厚貫通き裂深さが1mmの繰返し数とした。試験結果は、既報の海水腐食疲労試験結果と比較して検討した。以下に、本論文の要点を示す。

- (1) 希硫酸環境における切欠き底の等価応力 Seq とき裂発生寿命との関係は、pH4およびpH2環境ごとに1本の折れ線で表される。折れ曲がりの等価応力は、最大応力が下降伏点に相当する等価応力 Lly であり、この傾向は海水腐食疲労試験結果と同様の傾向にあった。 $Seq > Lly$ では、 $Seq-Nc$ 関係の勾配が、大気中、海水中および希硫酸中でほぼ等しく、腐食疲労き裂の発生は表面傷に腐食溶解が加わって生じるものと見られる。また、 $Seq < Lly$ では、き裂発生が腐食ピットの成長から生じるため、 $Seq-Nc$ 関係の勾配は腐食環境が厳しいほど大きくなった。
- (2) 腐食衰耗を考慮した疲労き裂発生寿命については、き裂発生に対する応力拡大係数範囲 ΔK と N_c の関係でまとめた。 $\Delta K-Nc$ 関係の勾配は、き裂進展試験におけるParis則の指数から求め、腐食疲労の下限値を腐食疲労き裂発生の腐食ピットの形状に対する ΔK とした。さらに、環境に支配される腐食速度を考慮した $\Delta K-Nc$ 関係からは、腐食が進行するか疲労き裂が進展するかの ΔK を推定することができる。

構造安全性のための船体モニタリングシステムと
採取データ分析活用法に関する提案

Proposal on Advanced Monitoring System and Data
Analysis for Ship Structural

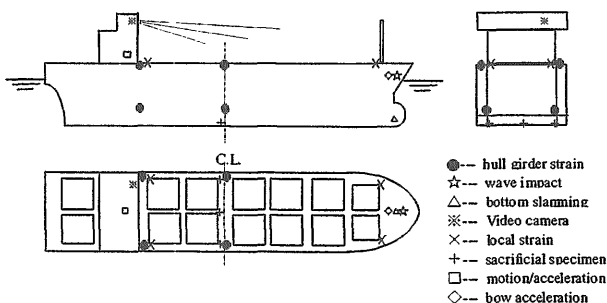
川野 始、末岡英利

平成12年9月

「海事工学と港湾工学Ⅱ」WITプレス社

船舶の安全運航を確保するための有力手段として、船体モニタリングを実施しながら、遭遇環境条件や応答データを採取分析して、航行支援や保守支援のために利用する手法が考えられている。特に、'93年11月のISMコード採択に伴い、船の運航者はSafety Management Systemの機能要件の充足を求められることとなり、航行支援や保守支援のための手段手法の必要性が強く認識される状況となった。そこで、運航支援のための船体モニタリング実現に向けた技術課題として下記を掲げ、実船テストを含む基礎研究を実施した(SR233共同研究)。

- (1) 無人遠隔監視システムにおけるセンサー設計と船陸データ通信の試行： コンテナ船を対象に、特徴ある先進センサーの効果的活用を含めて、センサー配置要領として下記の模式図の内容を提案した。また、毎夜の本船から陸へのデータ通信を含めて、大型コンテナ船による約1年間のフィールドテストを実施し、船載システムの有効性や機器の作動性について実地に確認した。
- (2) 採取データの分析活用法の研究： フィールドテストで得た本船データを題材に、計画的な保守メンテナンスへの採取データ活用法および航行中の構造破損などを防止する観点からの分析評価法に関して考察検討を加え、試案として提示した。



〈機関動力部〉

船用ディーゼル機関から排出される粒子状物質の
新規計測法の検討

Study on New Measurement Method of Particulate
Matter from Marine Diesel Engines

中島康晴、高杉喜雄、菊地正晃、桑原孫四郎

西尾澄人、石村恵以子、張 潔

平成11年10月

日本船用機関学会 第63回マリンエンジニアリング
学術講演会 講演論文集

船用ディーゼル機関から排出される粒子状物質(PM)の計測法として、高速応答型の水素炎イオン化検出器(FID)を利用した計測方法(高速FID法)を採り上げ、ISOにより規定された部分希釈法(PDM)との比較を行った。

実験では、4サイクル船用ディーゼル機関をA重油及びC重油を用いて運転し、高速FID法と部分希釈法によりPM計測を行い、その結果を比較した。

実験の結果、両者の間には正の相関関係の存在が伺え、概ね、比較するデータを細かく分類するにつれて両者の間の相関性が向上することがわかった。しかし、異なる運転特性で測定した場合、回帰直線の傾きが大きく異なる結果となった。このため、FIDの出力値を評価する上では、運転特性による影響を考慮する必要性が示唆される。また、いずれの計測方法においても、機関負荷率25%において高いPM排出濃度を示したが、負荷率50%以上ではPM排出濃度が低下し、負荷率による相違は顕著ではなかった。このため、低負荷域におけるPM排出濃度を正確に捉えることが、評価係数を求める上で特に重要になると考えられる。一方、PMには燃料中の硫黄分に応じて硫酸ミスト及び硫酸塩が含まれており、C重油を用いた場合には、これらの硫酸分の影響が無視できないほど大きくなると考えられる。しかし、FIDでは硫酸分は検出できないため、燃料中の硫黄分からPM中に含まれる硫酸分を推定し、これを元にFID出力値に適当な値を加えて補正する必要があると考えられる。

太陽水素エネルギーシステムの展望
Prospect of Solar-Hydrogen-Energy System
平岡克英

平成12年9月

日本船用機関学会誌2000年35巻9号

人類はCO₂等の温室効果ガスによる地球温暖化という未曾有の環境問題に直面し、今や温室効果ガス排出低減は国際的政治問題になっている。化石エネルギーの中でも石油はその有限性と偏在性を石油危機において認識させたが、現在は需給がゆるみ今後しばらく20年程度は安定して供給されるとも考えられている。しかし、今後はアジアでの経済成長とともにエネルギー需要が相当たかまることとアジア域内の石油エネルギー自給率の急速な低下もあって、エネルギーの安定供給確保は楽観視できないともされている。従って、石油代替エネルギー導入の必要性は依然下がっていない。

CO₂排出量低減と石油代替エネルギー導入という課題に対しては、天然ガス、原子力、自然エネルギーという選択肢がある。原子力はCO₂を排出しないエネルギー源であり、天然ガスは石炭や石油に比べればCO₂排出係数が小さいエネルギー源であり、枯渇性エネルギー源ではあるが現在の妥当な選択肢であろう。一方、自然エネルギーは、エネルギー密度が低く、その導入には大きな初期投資と長い時間を必要とするなど多くの不利な条件を有している。しかしそれ自身はCO₂を排出せず再生可能であり、究極的には選択しなければならないものである。

筆者らは運輸部門の省化石エネルギーとCO₂排出低減を目的に、太陽エネルギーを利用して水素を製造し、火力発電所の排気ガスから回収したCO₂とでメタノールを合成して運輸部門の自動車用燃料として供給する太陽水素メタノールエネルギーシステムを提案している。本稿では太陽水素エネルギーシステムの概念の背景となる地球温暖化・エネルギー資源問題および水素エネルギーシステム研究開発の現状を概観するとともに運輸部門用水素エネルギーシステムの概念設計を通して水素エネルギーシステムの将来展望を試みた。

本システムはライフサイクルで見れば省化石エネルギーとCO₂排出低減が可能であり、CO₂排出低減はCOP3目標の「-6%」がクリアできるレベルである。しかしエネルギー密度の低い太陽エネルギーを利用するため、巨大なシステムとなる。その構築には長期間を要すると考えられるので、残存化石エネルギーの余裕のある内に選択肢として考慮すべきであろう。また、システムを維持するためには最終的には廃棄物となる大量の素材をリサイクルすることも視野に入れておく必要がある。

An Experimental Study on Internal Hydrogen Reheat Gas Turbine and Combustion Characteristics in Reheat Process

タービン内再熱水素ガスタービンと再熱燃焼特性の実験的研究

平岡克英、井亀 優、春海一佳、城田英之

平成12年10月

Proceedings of The 4th JSME-KSME Thermal Engineering Conference

作動流体がタービン内で加熱されながら膨張するガスタービンをタービン内再熱ガスタービンと名付けている。作動流体の加熱はノズル翼の冷却に使用した水素を翼後縁から吹き出し、翼後流で燃焼させて行う。この加熱によりコンパクトに再熱が実現できるとともにロータ翼で回収される動力が増大する。さらに再生サイクルやコンバインドサイクルを採用することにより熱効率も大きく改善される。

タービン内再熱という概念は単段の試験タービンを運転して実現が可能であることを示した。試験条件はタービン入り口温度が900℃と現状のタービンとしては比較的低い温度でしかも再熱負荷が100℃上昇程度での実験であった。今後のタービンの高性能化を考慮すればより高温下でより再熱負荷の高い再熱器燃焼特性を把握しておくことが必要である。また、本ガスタービンの比較的早い実現性を考慮するならば水素の他にメタン燃料の利用も視野に入れなければならない。そのため1,200℃までの水素-空気燃焼ガスを発生できる高温風洞を使用して、高温燃焼ガス流中の水素およびメタン噴流拡散燃焼(再熱)を行い、再熱器の燃焼効率およびNO_x排出特性を調べた。

水素は200℃上昇という再熱負荷条件でほぼ100%の燃焼効率が得られた。NO_xはタービン入り口温度の上昇とともに増加するのが主熱燃器のNO_x排出係数より大幅に少ないことが示された。NO_x中のNOの割合は再熱によって小さくなるが、タービン入り口温度が低いほど小さくなる。

メタンは入り口温度が800℃程度では着火せず、1,200℃程度では着火するが燃焼効率が70~94%と不安定である。水素20% (vol)加えると燃焼効率がほぼ100%に改善された。NO_xの排出係数は主熱燃器と同レベルの高い値を示した。

Assessment and Treatment for Harmful Exhaust Emissions from Marine Diesel Engines

船用機関から排出される有害排ガスの評価及び処理

西尾澄人、高杉喜雄、桑原孫四郎、石村恵以子

中島康晴、張 潔、菊地正晃

平成12年10月

Proceedings of Sixth International Symposium on Marine Engineering Tokyo 2000

今日、酸性雨、地球温暖化等地球環境問題が世界的に重大な関心事となっている。船舶から排出される酸性雨の原因物質については、国際海事機関 (IMO) において検討され、その規制内容が決定された。一方、地球温暖化物質については気候変動枠組条約締約国会議において検討され、日本においては、2008～2012年に1990年レベルより6%削減することとなっている。このような状況の中、下記の4つの環境対策の研究を行ったので、これらを報告する。

1. 船用燃料は一般に残さ油が使用され、燃料性状が広範囲にわたっている。そのため同じ機関においても使用する燃料の性状が異なれば排ガス組成も大きく変わってくる。そこで、燃料性状が排ガス組成に与える影響を性状の異なる船用燃料を用いて燃焼実験を行ったところ、NO_xは燃料性状より燃焼状態 (筒内圧力) に大きく影響を受けること、Sootは燃焼中の硫黄分に大きく影響を受けることが分かった。

2. エマルジョン燃料は船用機関から排出されるNO_xを低減する有効な手法であるが、これの使用により他の排ガス成分がどのように影響されるかについては不明な点がある。そこで、エマルジョン燃料が排ガス組成に与える影響を調べた結果、低負荷機関運転では他の有害排ガス成分 (パティキュレート、CO、HC) を増加させるが、高負荷機関運転ではこれらを増加させないことが分かった。

3. 脱硝装置の使用は、大幅なNO_x排出量の削減が可能であるばかりでなく、機関は燃費の良い状態に調整できるためCO₂の削減にもつながる有効な手法である。しかし、脱硝装置の使用により他の有害排ガスがどのように影響されるかについては不明な点がある。そこで、脱硝装置を使用してこれらの有害排ガスがどのように影響を受けるかを実験により調べた結果、NO_xに加えN₂O、HCの低減も可能であることが分かった。

4. ディーゼル機関の燃料噴射系及び吸排気弁系の電子制御化は、機関の運転状況や使用燃料に応じて最適な燃焼が実現できるため、大気汚染物質の低減および燃費改善に有効な手法である。現在、3気筒全ての燃料噴射系及び吸排気弁系の電子制御装置を取り付け、試運転を完了した。

Measurement and Analysis of Particulate Matter (PM) from Marine Diesel Engines

船用ディーゼル機関から排出される粒子状物質 (PM) の計測及び分析

中島康晴、高杉喜雄、菊地正晃、桑原孫四郎

西尾澄人、石村恵以子、張 潔、西川和美

平成12年10月

Proceedings of 6th International Symposium on Marine Engineering (ISME2000)

4サイクル船用ディーゼル機関から排出される粒子状物質 (PM) の排出特性及び化学的組成を検討した。PMは低負荷域で高い排出率を示すが、負荷率の上昇とともに低下し、負荷率75%において最小となった。この傾向は燃料油種や機関の運転特性が異なる場合でもほぼ同様である。さらに、PMの化学的組成の変化を検討するため、PM中の可溶性有機分 (SOF) を抽出し、SOF/PM比を調べたところ、機関負荷率の上昇とともにSOF/PM比も低下することがわかった。一部の試料についてより詳細な分析を行った結果、機関負荷率の上昇とともにSOFの比率が低下するのに対して、スート、硫酸分 (サルフェート) 及び結合水の比率は増大すること、SOF中の成分分布の中心が重質な方向へと変化していくことがわかった。このように、機関負荷率はPMの排出率のみならず化学的組成にも影響を与えることが示された。また、ガスクロマトグラフ (GC) 及びガスクロマトグラフー質量分析計 (GS-MS) により、SOFの成分として、パラフィンに加えて芳香族炭化水素や複素環化合物も検出された。

次に、実験機関の燃料噴射装置を噴射タイミングの調整が容易な試作機に変更し、噴射タイミングを少しずつ変化させて燃料着火タイミングとPM排出率との関係を検討した。この装置では、従来のカム駆動方式に代えてコンピュータ制御による油圧駆動方式を採用している。低負荷域において燃料着火タイミングを上死点後0～10度の範囲で調整した結果、8度において排出率は最小となった。上死点から遅れたタイミングでPM排出率が最小となったことから、着火タイミングの適度な遅れにより、噴射された燃料が燃焼前に吸入空気と十分に混合し、PM排出率の低下をもたらすと示唆された。また、低負荷域から高負荷域まで燃料消費率が最小となるように着火タイミングを調整した結果、通常のカム駆動形式の燃料噴射系を用いた場合と比較して大幅にPM排出率が低下し、かつ機関負荷率に対してほぼフラットなPM排出特性が示された。この結果から、着火タイミングの調整によりPM排出率の低減が可能であることが示唆された。

〈材料加工部〉

Effect of Prior Particle Size on Spraying Behavior of Al_2O_3 during Plasma Spraying

粒子径が異なるアルミナ粒子のプラズマ溶射特性

李 鋼、植松 進

平成11年11月

高温学会誌 Vol. 25 Supplement

プラズマ溶射中に溶射粒子が受ける加熱と冷却、基材上での偏平・凝固は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のが現状である。

本研究ではプラズマ溶射に用いる原材料の粒度分布が溶射皮膜の品質に与える影響を調べるため、粒度分布が異なる3種類のアルミナ粉末を用いてその溶融状態を調べている。飛行粒子の捕集は、トーチ出口から100、150mm離れた位置の鋼基板(表面を研磨)とカーボン粘着テープ上で飛行粒子を捕らえ、それらの粒子状態をSEM観察した。なお、捕集テープの溶融を防ぐための熱遮蔽用スリット板を捕集装置の7mm前方に設けている。

実験結果は、いずれの粒度分布も溶融球形粒子の7割以上が原料粉末の相当径と比べて、1桁小さい球形粒子になっていた。10~20 μ m粉末はほとんど完全溶融しており、基材に衝突時の粒子径は10 μ m程度であるのに対して、38~63 μ mあるいは20~38 μ m粉末を用いた場合にはかなりの量の未溶融粒子が混在し、基材に衝突時の粒子径は20 μ m程度であった。表面を研磨した鋼基板では、完全溶融した粒子だけが捕集されるため、粒子の溶融度を調べるには有効であるが、基材到達までに表面の凝固が始まってしまった粒子、たとえば150mmの溶射距離では微少球形粒子のほとんどは基材に衝突する前に凝固していて、たとえ基材に到達しても跳ね返されてしまい、それらの粒子情報は基板を用いた場合には得られないことが明らかになった。一方、カーボン粘着テープ上で飛行粒子を捕らえた場合は、未溶融粒子、半溶融粒子であっても捕集することができ、しかも基材上で扁平して跳ね返された粒子をも捕らえることができること特徴を持つが、表面が球状粒子で覆われてしまうと、大きな粒子は捕らえにくいことがわかった。

船舶用チタン溶接継手の疲労強度

Fatigue Strength of Welding Joint of Titanium for Ship

岩田知明、松岡一祥

平成12年9月

溶接学会平成12年度秋期全国大会講演概要

チタンの、高い耐食性による維持コスト削減、高比強度による燃費向上などの、環境・経済効果が船舶分野で近年注目されて来ており、検査規準の緩い漁船においては、既に構造部材に使われ始めている。しかし、検査規準の厳しい客船・貨物船においては、実績が乏しく、設計、製造及び検査方法が確立されていないため、規準化のための基礎資料整備が望まれている。特に船舶では、船体構造特有の隅肉溶接箇所が多く、これらのデータ不足が検査基準の確立の妨げになっている。本研究では、チタン船開発を促進するため、溶接製チタン薄板構造の基礎資料整備として、突合せ溶接継手・横隅肉溶接継手の疲労試験を行った。

疲労試験結果からS/N関係を最小自乗法で求めると、母材 $\Delta S=517N_f^{0.07}$ 、突合せ $\Delta S=599N_f^{0.0876}$ 、横隅肉 $\Delta S=822N_f^{0.115}$ となった。ただし、突合せにおいて、溶接部から破断した試験片は除いてある。試験結果を200万回疲労強度で示される疲労等級FAT値を用いて鋼材と比較する。鋼材においては、突合せ溶接継手のFAT値は100、荷重非伝達型横隅肉溶接継手のFAT値は80となっている。これに対し今回のチタンでは、突合せは134、横隅肉は123となり、本試験の範囲では、鋼材の設計用疲労強度より強い。ただし、突合せの場合、溶接欠陥により疲労強度が低下する場合が存在している。

本試験では、板厚が2mmと薄いため残留応力が小さいと考えられること、及びTIG溶接で止端半径が大きく局所的応力集中が小さいことから、鋼材の場合とS/N曲線の勾配が異なっていると思われる。よって、今後は、更に厚い板の試験および角回し溶接継手のように構造的応力集中のある試験片での試験が必要である。チタンの疲労強度は、本試験の範囲では、突合せ溶接継手、横隅肉溶接継手共に、鋼材の設計用疲労強度を上回った。ただし、S/N曲線の勾配が異なった。その理由としては溶接残留応力や応力集中の違いが考えられる。これらについては更に試験が必要である。

〈装 備 部〉

ケミカルタンカーにおけるベンゼン輸送中の環境濃度
Workplace Concentration of Benzene Gas during Marine
Transfer Operations

山口勝治、藤井 忍、間島隆博、山之内博、坂本真二
平成11年10月

日本船用機関学会

第63回マリンエンジニアリング学術講演会講演前刷

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おり、また健康への影響は遅れて現出するため事後の対処は難しく事前の予防的対策が有効となる。このため、船舶でのベンゼンガス環境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作業を「積み荷役」「航海中の作業」「揚げ荷役」「タンククリーニング作業」に区分し、それぞれの作業区分において船内作業場所での環境ガス濃度を計測した結果および環境濃度における乗組員の健康影響を評価した結果について述べた。

計測対象船舶としては最も数が多く、よく用いられる、総トン数499トンおよび399トンの船を選定した。航海当たりのベンゼン輸送量は499GT船では約1000トン、399GT船では約500トンである。計測場所は乗組員が作業をよく行い、長時間過ごす甲板上(ベント管下)、居住区(食堂・操舵室)、ポンプ室とした。作業形態ごとに作業中一定流量で容積15Lのキャニスターにサンプリングし、採取し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。500トン積み船6隻、1000トン積み船6隻について計測し、総作業形態数は19回であった。作業内容、発生源や暴露要因等に関する情報を入手するため、現場調査、調査票による書面調査およびヒアリングによる調査を行った。

計測の結果、作業形態のうちではクリーニング中が最も濃度が高く、揚げ荷役中がこれに続き、航海中と積み荷役中は0.1ppm程度以下の低い濃度であった。また、計測場所と作業形態平均濃度は1ppmをやや超え、作業時保護具装着濃度と同程度であることが明らかとなった。乗組員の健康リスクの大きさは船上での作業方法、作業時間、輸送従事回数等によって大きく変わり、環境濃度以外のこれらの条件によってもリスクをコントロールできることが分かった。

これらの成果はベンゼン貨物海上輸送中の船内ガス濃度管理を行う上で役立つと期待される。

Minimization of Tank Washings on Chemical Tanker

ケミカルタンカーのタンク洗浄廃液の低減

上田浩一、山之内博

平成12年10月

第6回 船用機関国際シンポジウム東京2000

ケミカルタンカーのタンク洗浄廃水は海洋汚染防止上、有害性に依りて処理される。その処理の負担の軽減のため効率よく洗浄し、必要な洗浄水量の低減が望まれる。通常タンク内は水噴流によって洗浄されるが、タンク内の垂直壁面は直接の衝突水噴流でなく落水膜流によっても十分洗浄される。落水膜流で洗浄できることから、衝突噴流が液滴噴流の状態になっても洗浄できる。そこで細いノズルからの噴流についても射程距離を変えて、液滴流による洗浄状況を調べた。また落水膜流によってどの程度洗浄されるか把握することは、洗浄機の設計上必要である。落水膜流による洗浄効果について、着色した水、グリセリン、エチレングリコールおよびこれらの水溶液の供試液を付着液として用いて実験的に調べた洗浄除去効果について調べた。

口径 $\phi 2.5\text{mm}$ の細いノズルを用いて、ノズルからの近距離65cmの射程距離及び5mの射程距離での洗浄状況の違いを調べた。ノズルから5m離れたところでの液滴の分布状況についても調べた。さらに壁面としては外径 $\phi 60\text{mm} \times 2\text{m}$ の垂直円筒の外周を使用し、供試液の粘性係数は水の 1.1mPas からグリセリンの 1500mPas の範囲で実験を行った。粘性係数が 1.1mPas から 1500Pas まで大きくなるに従って供試液の付着膜の厚さは $15\mu\text{m}$ から $52\mu\text{m}$ 程度まで増加する。安定した落水膜流による洗浄効果を調べるため、比較的水量の多い単位幅当たりの流量 q が $2.2 \times 10^3 \text{m}^3/\text{s}$ 、液膜流のレイノルズ数 $Re_l = q/v = 1.9 \times 10^3$ で実験を行ったが、平均して $18 \sim 29 \mu\text{m/s}$ 程度の割合で付着膜が洗浄された。この条件による洗浄では水のような低粘性の付着液の場合には約0.6秒で洗浄除去され、グリセリンのような高粘性で付着膜の厚い場合には約1.6秒程度の洗浄時間を要した。

水溶性の付着膜を水で洗浄する場合について、細いノズルを用いて、液滴状の流れになっても充分洗浄できることがわかった。付着膜の粘性係数と洗浄除去率の関係を実験的に求めた。