

所 外 発 表 論 文 等 概 要

Shielding Ability of a Modular Shielding House Keeping Spent Fuel Transportable

中間貯蔵施設における輸送可能貯蔵キャスクを収納した
モジュラー型遮蔽庫の遮蔽性能

植木 紘太郎、川上 数雄、清水 大輔、松本 光郎

平成13年9月5日

Proceedings of the 13th International Conference on the
Packaging and Transportation of Radioactive Materials

本論文は、モンテカルロ分割結合計算法を応用し、2 ユニット、4 基の使用済燃料輸送貯蔵兼用キャスクを保管した遮蔽庫の遮蔽性能を詳細に評価したものである。そして、遮蔽庫の周囲および中間貯蔵施設境界における中性子およびガンマ線実効線量率分布を求めた。我が国の中間貯蔵施設境界における放射線実効線量率に関する規準値は 0.05 mSv/y であり、この値は、米国の 1/5 である。

遮蔽庫の基本的な遮蔽構造は「鉄—水—鉄」多重層であが、空気循環用に比較的大きな開口部がある。したがって、中性子やガンマ線がこの開口部をストリーミングするので、そのストリーミング解析が、遮蔽庫の遮蔽性能を評価する上で、最重要課題になる。使用済燃料輸送貯蔵兼用キャスクのガンマ線遮蔽には炭素鋼が、中性子に対してはボロン水が用いられ、また、1 基当たり 21 体の PWR 燃料集合体がバスケットに収納されている。燃料集合体から発生する中性子およびガンマ線の線源強度は燃焼度に大きく依存するので、本計算では、これら燃料集合体の軸方向燃焼度分布が考慮されている。バスケットの内側に収納された使用済燃料の平均燃焼度は 55,000 MWD/MTU、外側は 50,000 MWD/MTU であるが、中央部の 10/12 はピーキング係数 1.15 がそれぞれ考慮されている。これらの使用済燃料から発生する中性子やガンマ線の線源強度計算には ORIGIN 2 が用いられている。そして、この燃料集合体の軸方向燃焼度分布を考慮した線源強度分布および空気循環用開口部の形状がモンテカルロコード MCNP 4C の中に詳細にモデル化されている。また、実効線量率変換係数は ICRP Pub. 74 を採用した。

本計算によると、全実効線量率 (中性子、1 次および 2 次ガンマ線) は 4 基の使用済燃料輸送貯蔵容器を保管し

た遮蔽庫の中心から 50 m の地点で 7.44 (mSv/y) であるが、150 m で 0.625 (mSv/y) に、そして、300 m の地点では 0.083 (mSv/y) に低減する。したがって、遮蔽庫の外壁から少なくとも 300 m 離すように貯蔵施設境界が設定出来れば、およそ 600 基の容器を保管する事が可能になる。

チタンすみ肉溶接継手の疲労強度に及ぼす板厚の影響

Thickness Effect on Fatigue Strength of Fillet Welded Joint of Titanium

岩田 知明、松岡 一祥（材料加工部）

平成 13 年 10 月 11 日

（社）溶接学会

溶接学会平成 13 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、船体構造特有のすみ肉溶接箇所が多く、これらのデータ不足が適用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、チタン薄板溶接構造の基礎資料整備として、突合せ溶接継手・横すみ肉溶接継手の疲労試験を行い、疲労強度に与える板厚の影響を評価した。

突合せ溶接継手の板厚 2mm の結果と板厚 10 mm の結果は、板厚・母材強度に関係なくほぼ同じ範囲に分布している。板厚 10mm の試験片はすべて母材部で破断しており、溶接部は疲労強度にはほとんど影響を与えていないと考えられる。そこで両板厚の結果をまとめた S/N 関係を最小自乗法で求めると、 $\text{Log}N_f = 23.7 - 7.78\text{Log}DS$ 、比例定数の Log の標準偏差は 0.339 となった。これより、- 2 標準偏差の 200 万回疲労強度は 133 MPa となる。本試験の範囲では、応力範囲が母材の 0.2 % 耐力規格値を上回る短寿命側の一部データを除けば、チタンの疲労強度は鋼材の設計用疲労強度より高くなっている。これに対し横すみ肉溶接継手では、板厚 2mm の結果よりも板厚 10mm の結果のほうが、強度が低下していることがわかった。板厚 10mm の試験片はすべて止端部で破断しており、溶接部の影響が疲労強度に現れていると考えられる。板厚 10mm のみの S/N 関係を最小自乗法で求めると、 $\text{Log}N_f = 14.9 - 4.29\text{Log}DS$ 、比例定数の Log の標準偏差は 0.083 となった。これより、- 2 標準偏差の 200 万回疲労強度は 90 MPa となる。今回のチタン試験片は 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。応力範囲が 130 MPa 以上では、鋼材の設計用疲労強度を下回っており、上述の S/N 関係を下限値として用いる必要がある。

タービンメータによる二相流計測

Two-phase Flow Measurement by a Turbine Meter

綾 威雄

平成 13 年 月 日（発行月日未定）

日本原子力学会

「二相流計測技術総覧(仮題)」

管内二相流計測においては、計測データが直接知りたい断面平均量を示す場合がある一方、一つあるいは複数のデータを基に、ある種のモデルを介して、求めたい平均量を推定せざるを得ない場合がある。

後者の例として、一次冷却水破断事故時を模擬したブローダウン実験における管内質量流量をいかに計測あるいは推定するかという問題がある。著者が 1975 年に ORNL(Oak Ridge National Laboratory)に滞在中この問題に携わり、ガンマ線密度計、ドラッグディスクとタービンメータの 3 種の独立したデータから、管内を流れる質量流量を推定する手法を提案した。この手法では、タービンメータの示す流速(回転数)とボイド率やスリップ比などとの関係についてモデル化する必要があった。その後、タービンメータ部分の取り扱い、Aya モデルと言われ、ORNL で行ったブローダウン実験の解析などに使用されたが、Reimann は 1983 年、体積モデルと Rouhani モデルを加えて、各モデルの特徴を調べ、定常状態の既存データとの比較検討を行っている。

流動様式(気泡流、水平層状流、鉛直上昇流、鉛直下降流)、質量流量、クオリティ、流れ方向について、広範なデータとの比較検討の結果、全ての条件に対して優れたモデルはなく、条件によって適応可能なモデルが異なっている。例えば、Aya モデルと Rouhani モデルは鉛直上昇流に対して、良い予測を示すが、鉛直下降流に対しては、むしろ体積モデルがベストとなっている。また、水平層状流については、Aya モデル(Rouhani モデルと類似の結果をもたらす)は、界面がタービンシュラウド内に存在する限り、体積モデルよりタービン速度を正しく予測するが、これより低い液位では、タービンはガス流速に近い値(体積流速)を示すこととなる。

結論的には、定常流に対してはたぶん Rouhani モデルが他のモデルより優れていると言える。しかし、不明な流速とボイド率分布がタービン出力に予測困難な影響を与え、大きなエラーを生むことになる。従って、流れが一樣でない限り、注意深いキャリブレーションが求められる。このことは、断面より小さなタービンメータを使って、断面平均値を求める際には特に注意すべきことである。

避航領域と衝突危険判断に関する考察

Study on Judging Method for Navigation Evasion Area and Collision Risk

有村 信夫、沼野 正義、福戸 淳司、田中 邦彦

平成13年10月25日

日本航海学会論文集 第106号

衝突予防援助装置では、衝突危険度の判断要素にDCPAとTCPAを用いたバンパーモデルで、危険船の判定を行って、警報を発生しているが、輻輳海域では警報の発生頻度が高くなるために、操船者はARPA警報の確認作業を煩雑に感じることもある。更に、ARPAで捕捉を行っても、直ちに正確な情報が表示されない等の理由によって、見張り作業の負担が大きくなる問題がある。

見張り作業負担の問題を改善するためには、①衝突危険判断指標を改良して、警報の発生頻度を低減する対策、②ARPAの他船情報の精度向上、③ARPAの捕捉作業の自動化と、見張りを必要とする船だけをARPA画面上に自動的に表示することが重要である。

一方、SOLAS条約では500トン以上の船舶に対して、船舶自動識別システム(AIS)の搭載が2002年7月から義務付けられる予定である。AISは識別符号(船名)、他船の位置、針路及び速度、船舶の長さ等の情報をVHFで送受信して、周りの船舶と自動的に情報交換する機能を有しているため、AIS情報はARPAの他船情報の精度向上と、衝突回避等に役立つものとして、運航関係者の期待を集めている。

本考察では、AISで他船の船舶長情報の入手が可能となった場合に備えて、衝突危険度を判定する評価指標「船舶の操縦性能特性を取り入れた避航領域」の改良を行うと共に、衝突危険判断指標に避航領域と、従来のバンパー方式を用いた場合の警報対象船の航過距離と最接近時間、及び、警報対象船隻数の低減効果について検討した。また、避航領域の航行環境評価指標はARPA画面の表示船の選択指標として適用した。

考察の結果、避航領域指標を用いることによって、不要な警報の発生が減少して、操船者の見張り作業の負担が軽減するので、航行の安全性向上に寄与する。また、AISを活用することによって、他船に関する正確な情報が得られるので、危険判断の信頼性が向上するものと考えた。

AN ESTIMATION METHOD OF WIND FORCES AND MOMENTS ACTING ON SHIPS

船体に働く風圧力の推定法

藤原 敏文、上野 道雄、二村 正 (運動性能部)

平成13年10月18日

日本造船学会試験水槽委員会運動性能部会主催

船舶操縦性能推定に関するミニシンポジウム

Proceeding of Mini Symposium on Prediction of Ship Manoeuvring Performance

船の操縦性能に及ぼす風の影響については、強風下での操船限界や港湾域を低速で航行する場合などを対象に多くの研究がなされてきた。通常、これらの研究の中で使われる船体に働く風圧力の推定では、正確な風圧力が必要な場合は、風洞実験結果が用いられる。実験結果を使った回帰分析による風圧力推定法についても提案されているが、推定法を求めるために使われた多くのサンプルは、1970年より前に建造された船のデータであり、超大型タンカー、LNG船等の新形式船に対する良好な推定結果を得ることは困難である。設計段階において風洞実験を行っていない場合でも、容易に精度良く風の影響が評価できる推定手法が望まれるところである。

そこで著者らは、船体形状の外観のみから精度良く風圧力を推定すること目的とし、様々な船の風洞実験データを利用して、回帰分析により新しい風圧力推定式の提案を行った。推定式を求めるにあたり、近年建造された多種多様な船舶の風洞実験データをサンプルとして用いた。それぞれのデータは、異なった鉛直風速分布で実験が行われていることから同一条件下として扱うために、実験データに及ぼす風速分布の影響を補正した。また、推定精度向上のため、従来の推定式では考慮されていない説明変数について取り上げ、構成する項の選択にあたっては回帰分析の一手法である逐次法により合理的に推定式の作成を行った。これにより、回帰式を構成する独立変数を作成者が意図的に選択するのではなく、より精度の高い式を客観的に導いた。前後力、横力、回頭モーメント係数の推定式の提案を行うとともに、今まで推定手段の無かった傾斜モーメント係数の推定式も提案した。

本論文においては、風圧力推定式の導出について紹介を行うと共に、風洞実験結果との比較から本推定法が有効であることを確認した。

反応性プラズマ溶射による SrTiO₃皮膜の創製

Plasma spray synthesis of SrTiO₃

植松 進、大森 明

平成 13 年 11 月

(社)高温学会 第 10 回溶射総合討論会講演概要集

SrTiO₃ は BaTiO₃ とともに高い誘電率を持ち、より絶縁耐力が大きいことから、高耐圧コンデンサーとして広く用いられている。最近、チタニアの光触媒特性が話題となっているが、SrTiO₃ を半導体電極としても水の光分解（本田・藤島効果）が生じることが知られており、環境性素材としてこの材料の新たな応用が期待されている。

本研究では、スプレー造粒法にて作成した SrCO₃ と TiO₂ の複合粉末を、プラズマフレーム中で反応させて、活性度の高い皮膜あるいは反応した粒子を得るための反応性溶射の実験を行い、完全に反応が生じていることを X 線回折、熱分析、組織観察を行い確認した。従来は数ミクロンサイズの原料粉末を用いても、プラズマ溶ではジェット中で反応させることは滞留時間が短すぎて非常に難しかった。今回、サブミクロンサイズの超微細原料粉を適切な方法で造粒することにより、プラズマ中で完全に反応生成物が生ずることがあきらかになり、高活性状態での皮膜創製ができる可能性を示した。

船舶に取り付けられた取水口から取水されるサンプル水の 上流起源の推定

Estimation of upstream position of water sampled through inlet
on ship hull

日夏宗彦、塚田吉昭、南佳成、深澤良平（推進性能部）

平成 13 年 11 月 16 日

日本造船学会

日本造船学会論文集

近年、海洋環境保全の重要性が改めて認識される中で、我が国では国立環境研究所を中心にして瀬戸内海航路のフェリーや、東南アジア航路のコンテナ船を利用した海洋健康度のモニタリングが実施されている。そこでは船の取水口から海水を採取し、その中に含まれている栄養塩や汚染度、微小生物等を計測し、海洋環境保全の科学的な調査を行っている。このとき、微小生物等が本来、海洋中のどの位置一特に水深一に存在したかを知ること、結果を評価する上で重要な要素の一つである。

本論文では、この点を定量的に明らかにするため、実験的方法と理論的方法の両方の手法について示した。実験手法は新たに開発したもので、模型船上流から流出させた色素が、模型船に設けた取水口から取水回収された水の中にどの程度含まれているかを分光光度計で計測する方法である。この方法は簡便かつ定量的の評価が可能な方法である。理論的手法は上流の一点から流出させた色素の拡散を表す拡散方程式を数値的に解き、取水口における濃度を計算し、これを上流の流出口位置を空間的に変化させながら、取水口における色素濃度を逐一計算していく。これから、実験と同様、上流の色素流出位置と取水口における色素濃度の関係が得られ、これから取水口に流入する色素の上流起源が定量的に把握できる。理論的研究の目的の一つには、実験的研究で得られる結果が受ける尺度影響の補正もある。

本論文では、上記手法のうち、船体の取水口に流入する流体の上流起源を推定するための模型実験およびそれに対応する模型船レベルでの計算手法の部分について述べ、その結果について報告した。

実験及び数値計算の結果、以下のことが明らかとなった。

- 1) 船体後半部の喫水中央付近に取り付けた取水口からサンプルされる水は船首水面付近から流れてきたものである。
- 2) CFD による結果も色素の拡散係数を渦動粘性係数の定数倍とすることで、実験結果をよく表すことができることが確かめられた。
- 3) 規則波中を航走する場合でも、波高が大きい場合（波高波長比が 1/100 程度）は、平水中とほとんど変わらない結果が得られた。

波による浮体の漂流速度についてOn the drifting speed of floating
bodies in waves

谷澤克治、南真紀子、井本泰司

平成13年11月

日本造船学会論文集第190号

海上技術安全研究所では平成10年度より特別研究「荒天下における航行不能船舶の漂流防止法等に関する研究」を実施し、漂流運動の研究ならびに最適曳航法の研究を行っている。著者らは本特別研究の一環として波による漂流速度の推定法を海上保安庁水路部（以下では水路部と記す）と共同で研究し、水路部で開発・運用している浮体の漂流経路予測システムに波による漂流速度成分を加え、漂流経路の予測精度の向上を目指している。水路部の漂流経路予測システムでは海流・潮流・風による吹送流等の漂流経路予測にとって主要な成分は全て考慮されているが、波による漂流速度成分は厳密には考慮されず、風の影響に含めて Wind Wave Factor として取り扱われている。これは、簡便に利用できる波による漂流速度の推定法が無いためである。そこで、著者らは波による漂流速度推定法の開発に関する基礎データ収集のため、二次元水槽において漂流を許した状態で浮体の波浪中運動と漂流速度を計測した。また3次元浮体として、水路部が漂流経路予測システムの検定に用いている小型漂流ブイの実物を用い、試験水槽で規則波ならびに不規則波中での漂流速度を計測した。本報ではこれらの試験研究で得られた以下の知見

- ①短波長域においては波漂流力による速度成分が支配的である。漂流速度は波漂流力と流体抗力との釣り合いから決定され、波高に比例して増加する。
- ②砕波を伴う大波高中においては、砕波による流れ成分により漂流速度が加速するものと予測していたが、それは瞬間的なもので、平均的な漂流速度への影響は予想外に小さいことが分かった。短波長域においては砕波する場合にも漂流速度は概ね波高に比例する。
- ③長波長域においては、波の質量輸送速度成分が支配的である。漂流速度は波の質量輸送速度で与えられ、ほぼ波高の二乗に比例して増大する。
- ④短波長域の不規則波中での漂流速度は、有義波高と目視波周期に対応する波数を不規則波の特性を表す量として用いると、規則波による漂流速度の推定式で近似することができる。

について報告するとともに、これらの知見を総合して波による浮体の漂流速度推定式を提案した。

高性能遮蔽材の開発 ―熱硬化法と物性測定―Development of High-Performance Shielding Material
- Heat Curing Method and Measurement of Physical Properties -

三浦 俊正、平尾 好弘、林 隆行

平成14年3月29日

日本原子力学会2002年春の年会要旨集

著者等はこれまで紫外線硬化モノマー、鉛、硼素化合物等の混合液に紫外線を照射することにより得た薄い遮蔽材を積層化することにより高性能遮蔽材を作成する手法を開発した。しかしながら、実用化に際しては積層化作業がかなり煩雑であること、遮蔽材作成専用の紫外線照射装置を開発する必要がある等問題点がある。そこでそのような問題点を解決できる熱硬化法による作成法を開発した。まず、鉛粉の分散性を上げるために、紫外線硬化モノマーに過酸化物を適量加えて加熱する方法で粘度が向上したオリゴマーを作成した。次に、過酸化物、硬化促進剤の選定と配合量の最適化を行い、60℃で硬化が進行するようにした。さらに、多官能基モノマーの選定および配合量の検討を行い、オリゴマーに加えることで、温度変化に伴う樹脂の形状保持性を向上させた。この結果、鉛や硼素を混合した状態で、700 cm³ 相当の大きさの硬化体を一回の作業で作成した。次に熱硬化法による硬化物の物性を調べた。まず、モノマーの硬化率は97%であった。密度は2.35程度で温度に伴う変化も1%以下であった。また、測定におけるばらつきも1%以下で小さくサンプリング箇所による鉛粉の分散が均一であることを示した。次に、熱重量-ガスクロマトグラフィー/質量分析法で発生するガス成分を測定した。発生ガスとしては水、脂肪族系炭化水素、フタル酸ジブチル、メタクリル酸エステル等が観測された。一方200℃における重量減少量は0.16%であった。紫外線硬化物の場合、最も良い値でも1.4%であったので、それに比べ熱硬化物は一桁程度少なく紫外線硬化物に比べてより高い耐熱性を持っていることが確認された。また、組成分析を行ったが組成には温度を変化させても特に変化は見られなかった。試料中の水分量は室温、100℃放置品ともに約0.5重量%であった。以上熱硬化手法より高性能遮蔽材実用化の見通しがついた。今後は実用的な大きさの遮蔽材を用いて遮蔽性能を実験的に確かめるとともに原子炉照射による放射化及び放射線損傷を明らかにする予定である。

Support for Cooperative Control and Maintenance Operation in Advanced Nuclear Power Plant from Generalized and Intuitive Viewpoints

原子力プラントの運転・保全共同作業への

大局的・直感的支援

沼野 正義、丹羽 康之、宮崎 恵子、福戸 淳司、

田中 邦彦、岡崎 忠胤、伊藤 博子、松岡 猛

平成 14 年 1 月

Proceedings of AIR'02

(International Symposium on Artificial Intelligence, Robotics
and Human-Centered Technology in
Nuclear Applications)

原子力発電プラントのような大規模かつ複雑なシステムの安全かつ効率的運転や保全作業を実現するためには、人間と自動化システム、ロボットとが協調することが不可欠である。この運転・保全作業を、人間・マシンエージェントの共同作業としてとらえて、これに基づく運転・保全支援システムを提案する。人間と機械との適切な役割分担を設定し、これに基づく作業計画の策定、計画の実行、ならびに作業結果の蓄積、ノウハウの抽出・配信等を円滑に行うための支援システムの概念を構築し、これを実現するための機能要件を検討した。

人間に対する情報提示に関して、遠隔作業において大局的な把握支援、直感的な現場感覚を与えることを考慮し、作業全体の 3 次元的なオーバービューならびに作業計画のオーバービューとエージェント間の直接的情報交換のためのインタフェース技術を開発する。これらの技術基盤として、VR (Virtual Reality) 空間内のウォークスルーを基にした情報共有システムを設計し、基本的な機能を実現した。

有害物質、

拡散させて薄めるべきか、集めて隔離すべきか

Disposal Materials, to be Diluted, or to be Stored

綾 威雄

平成 14 年 3 月

日本機械学会関西支部第 77 期定時総会講演論文集

我々人類は、これまで生産活動等を通して発生する様々な廃棄物を処理してきたが、開発途上国におけるエネルギー消費の急拡大が予想される 21 世紀では、処理すべき物質の種類と量が飛躍的に増加するとともに、環境保全の重要性が益々認識され、それらを適正に処理することが強く求められるものと考えられる。有害廃棄物が少量であれば、化学処理により毒性を和らげることが有効となるが、温暖化の主因と考えられている CO₂ のように大量な場合の処理方法は、大気や海洋へ拡散希釈させる方法[希釈法]と、陸上や海洋の貯留サイトに溜め続ける方法[貯留法]とが考えられる。個々の大量廃棄物についていずれの方法が適当かをその都度判断する従来の対応では、非効率で時間もかかることから、手遅れとなることが予想される。この判断に役立つ一般的なルールや基準があれば、様々な廃棄物に対して統一的で迅速な処理を促すことになるのではなかろうか。

このような考えの下に、代表的な大量廃棄物である CO₂ を対象とした海洋処理で考えられている希釈法と貯留法に対して、社会的受容性に関わるキーワードとして、大気からの隔離期間、可逆性と影響評価の難易性の 3 項目について比較した。その結果を示すと、下表のようになる。

隔離期間では、海洋の鉛直循環周期の 2000 年以上が期待できる貯留法の方が約 1 桁長い。溶解拡散という不可逆過程に基づく希釈法には可逆性(安全弁)がない。また、環境影響評価は、無限に希釈させる希釈法では $0 \times \infty$ という不定形の形となり、困難となるが、貯留法では有限 $\times$ 有限となり、可能となる。これらの結果、CO₂ 海洋処理においては、社会的受容性の観点から貯留法が有利となる。

また、テロの対象性など、ここで取り上げたキーワード以外にも考慮すべき社会的受容性に関連するものがあるように思われる。本考察が、大量廃棄物処理法の選択基準一般化に向けた議論のきっかけとなればと願っている。

表 社会的受容性から見た希釈法と貯留法の比較

	隔離期間	可逆性 安全弁の有無	環境影響評価
希釈法	50～300 年	×	$0 \times \infty$ 困 難
貯留法	2000 年以上	○	有限 $\times$ 有限 可 能

船内滞留水を考慮した船体横揺れ運動に関する一検討A Study on Estimation Method of Ship Rolling Motion with
Flooding Water on Deck

藤原 敏文、原口 富博 (運動性能部)

平成13年11月15日

関西造船協会

関西造船協会論文集第237号

1994年に起きたRo-Ro客船エストニアの事故以来、損傷Ro-Ro客船の安全性が検討されてきた。Ro-Ro客船は大きな車両甲板を有することから、大量の水が損傷口から船内に流入し、甲板上に滞留した場合には転覆という重大事故につながる恐れがある。したがって、このような状況下における船の安全性を評価するためには船内滞留水の船体運動への影響を十分に把握する必要がある。

現在までに損傷Ro-Ro客船の浸水時復原性を検討するために多くの実験的研究が行われてきた。しかし、実験においては対象船舶も限られる上、様々な船体条件、海象条件下での浸水時の危険性を網羅することは困難である。そこで、いくつかの研究機関では浸水時の船体運動をモデル化し、系統的に浸水時の船体運動を推定するための研究を進めている。

本論文においては、大きな車両甲板を有するRo-Ro客船の損傷時復原性を検討する上での一助として、船内に滞留水が存在する場合の横揺れ運動推定法の妥当性を実験結果と比較することにより検討した。運動のモデルとしては、滞留水と連成した2自由度の横揺れ運動方程式で表現し、甲板上滞留水は船体中央部で2次元的に移動すると仮定した。実験は、2種類の滞留水量で実施し、波周期、波傾斜の影響について調査した。

その結果、限られた条件下での検討ではあるが、以下のことが明らかになった。

- (1) 船体と滞留水の運動を連成させた2自由度横揺れ運動方程式による本推定計算の結果は、およそ実験結果と一致した。
- (2) 実験結果に見られる同調横揺れ付近での滞留水の影響による非定常運動についても本推定計算より確認した。
- (3) 同調横揺れ付近で波高波長比が大きい状態では滞留水の変動も大きく、船体運動に大きな影響を及ぼすことがわかった。Ro-Ro客船等の損傷時における船の安全性を検討する際には、滞留水の変動についても十分考慮する必要がある。

Ni基超合金の高温サンドエロージョン特性Sand Erosion of Ni-base Superalloys at Elevated
Temperature

佐々木康裕、新井和吉、

千田哲也、古谷典ゆき

平成14年3月

日本機械学会東北支部第37期講演会

サンドエロージョンは、高速ガス流路で使用される部材にみられる損傷であり、ガスタービンの耐久性向上のためには高温材料のエロージョン特性が重要である。本研究では、ガスタービン用材料として開発されている単結晶Ni基超合金の900℃までのサンドエロージョン試験を行い、その損傷機構を検討した。

電気炉で加熱された試験片に、加熱された圧縮空気と固体粒子の混相流を噴射する試験を行い、損傷体積を質量変化から求めた。試験片には第三世代に属する2種類のNi基超合金TMS-75とCMSX-10の単結晶材を用い、厚さ3mmの円板を直径10mm (TMS-75) または12.7mm (CMSX-10) の丸棒から切り出した。衝突粒子には平均粒径360 μ mのアルミナ粒子を用い、粒子衝突速度を50~120m/sの範囲で変化させ、衝突角度は75°とした。衝突粒子の単位質量あたりの損傷体積を損傷速度と定義した。

まず温度の影響を調べたところ、損傷速度は800℃までは温度の上昇とともに増加した。損傷量は2つの合金ではほぼ同じであり、窒化ケイ素とはほぼ同じ、アルミナと比較するとすべての温度で損傷量は低かった。つぎに室温における衝突速度の影響を調べたところ、損傷速度は2つの合金ではほぼ同じであり、衝突速度のべき乗に比例した。その指数はTMS-75で2.57、CMSX-10で2.71であり、これらの値は脆性損傷でみられる典型的な値である2.8に近い。損傷面近傍の断面の反射電子像観察によると、 γ 相と γ' 相により形成される格子構造の変化から塑性変形が起きていることがわかったが、高温になるほどその程度は激しく範囲は広がった。また、800℃の損傷面近傍の透過電子顕微鏡観察と分析により、Reを多く含むTCP (Topologically-Close-Packed) 相の形成が観察された。損傷は塑性変形を伴うき裂発生・進展によるものと推測される。

Numerical Simulations on Drag Reduction Mechanism by Microbubbles

マイクロバブルによる抵抗低減機構に関する
数値シミュレーション

杉山 和靖、川村 隆文、高木 周、松本 洋一郎

平成 14 年 3 月

Proceedings of the 3rd Symposium on Smart Control
of Turbulence

タンカーなどの推進時に周囲の水から受ける抵抗の約 80% は摩擦抵抗である。摩擦抵抗低減は、燃料の消費や CO₂ などの地球温暖化ガス排出の低減に貢献する。抵抗低減デバイスには、リブレットやマイクロマシンなどさまざまなものが挙げられるが、中でも、マイクロバブルは 80% もの摩擦低減効果があることが実験的に確認されており、期待を集めている。マイクロバブルを含む流れは様々な要因によって支配される現象であるが、実用化のためには、まず、抵抗低減に対して最も重要な要因が何であるかを明らかにする必要がある。しかし、20 年来、抵抗低減機構の解明に向けた理論的な研究が行われているが、その多くは大胆な仮定に基づかれており、未だに、抵抗低減機構ははっきりしていない。

本研究では、大胆な仮定に基づくのではなく、質量や運動量などの輸送現象を詳細に取り扱うことのできる数値シミュレーションを用いて、マイクロバブルによる抵抗低減機構を解明することを目的としている。本論文では、密度ゆらぎ、気泡界面での速度滑り、気泡を含む液体の圧縮性、気泡の変形の影響を調べるための計算手法の開発や、各種要因の抵抗低減に対する影響について述べた。

巨視的な密度ゆらぎの影響を調べるために、ボイド率の増大に伴う平均密度の低下や実効粘性の増加を考慮して、気泡流の平均化方程式を用いたシミュレーション手法を開発した。そして、層流状態でのボイド率分布や平均速度分布に対する実験結果と本計算結果がよく一致するには、気泡に働く揚力モデルを適切に選択することが必要であることを確認した。

また、多数の気泡と乱流の間の小さなスケールの相互作用を調べるために、矩形格子を用いた直接数値シミュレーション(DNS)手法を開発した。そして、気泡を含む 2 次元クエット流や 3 次元低レイノルズ数チャネル乱流の計算を行い、気泡とせん断流との相互作用が正しく計算できること、気泡による乱流変動が定性的に実験と一致することを確認した。

現時点では、マイクロバブルによる摩擦抵抗低減機構の原因を同定することはできていないものの、気泡と層流的なせん断流との相互作用や、気泡流の圧縮性からは、摩擦抵抗低減が説明できないという結果を得た。この結果から、気泡の変形や気泡と乱流との相互作用が摩擦抵抗低減に効くのではないかという示唆を得た。

Use of Hydrate Pellets for Transportation of Natural Gas - III

- Safety Measures and Conceptual Design of Natural Gas Hydrate Pellet Carrier -

天然ガス輸送におけるハイドレートペレットの利用- III

- 天然ガスハイドレートペレット輸送船の
安全対策及び概念設計 -

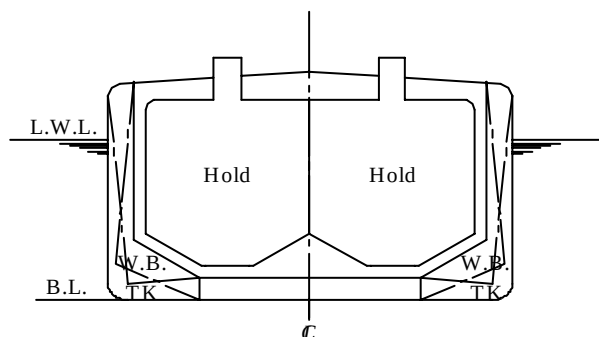
太田 進、川野 始 (海上技術安全研究所)、
上谷秀雄 (三井造船 (株))

平成 14 年 5 月

Proceeding of ICGH 4 (Fourth International
Conference on Gas Hydrates) 2002

天然ガスハイドレートペレット (NGHP) は様々な規模のガス田から天然ガスを輸送する手段になり得ると考えられる。そのため、運輸施設整備事業団の委託により、三年計画で研究を実施している。この研究における重要な課題の一つは NGHP の自己保存性の評価であり、別の重要な課題は、NGHP 輸送船の概念設計である。NGHP 輸送船は、断熱された船倉と特殊な荷役設備を有する専用船と考えられる。ここでは、安全対策に関する調査と概念設計の暫定的な結果を示す。

NGHP は固体ばら積み貨物とみなすことができる一方、国際連合危険物輸送専門家委員会の定めるクラス 2.1 の危険物、即ち引火性ガスに分類されると考えられる。よって、NGHP は、たとえ冷凍用の船倉が備えられていたとしても、特別な安全対策無しに運送することはできない。即ち、NGHP 輸送船の概念設計を行うには、事前に安全対策を明らかにする必要がある。そのため、NGHP の既知の性状に基づき、各種国際安全規則や基準の NGHP 輸送船への適用の可能性について検討し、NGHP 輸送船の安全対策の概要をまとめた。さらに、各種荷役方法や貨物の格納方法について調査し、概略の主要目を検討した。そして、NGHP 輸送船の概念を示した。



NGHP 輸送船のイメージ