

所外発表論文等概要

〈推進性能部〉

Ships in Ice

氷海中の船舶

北川 弘光, Stephen J. Jones

昭和63年8月

9th Inter. Symp. on Ice, IAHR 1988

国際水理学会氷工学委員会は、氷荷重に関する研究展望を行う分科会を発足させ、人口島、海洋構造物及び船舶に作用する氷荷重についての重要課題を選定し、主要な関係研究者に対して、それぞれの課題についての研究現状報告の作成と、札幌にて開催の9th International Symposium on Iceにおいてその概要を報告するよう要請した。

本論文は、その中の1課題として、書かれたものである。

氷海中を航行する船舶に働く氷荷重は、大別すれば、

- (1) 船長スケールの氷荷重：global ice load,
- (2) 肋骨間隔スケールの氷荷重：ice load
- (3) 氷圧力：ice pressure,

に分けて考えられる。

グローバルな荷重としては、船体抵抗がある。氷中の抵抗については、研究の歴史も比較的長いですが、様々な船型要素の影響を正しく評価、推定できる方法はない。船長・幅比の大きな砕氷タンカー等では、水平及び鉛直方向の曲げモーメントが重要となる。氷による漂流力や氷中での旋回運動時に船に働く力も重要であるが、これらの力については殆ど研究がない。

局所的な氷荷重は、スキヤントリングの検討に重要であり、船級協会等を中心とした実船計測例も少ない。ただし、氷荷重は、基本的には固体力であるが、接触部分の現象は氷の破壊によって複雑となり、また氷と船体との相対運動によって荷重点が移動する。このため船体外板等に生ずる歪み、応力から、真の氷圧力を知ることは容易ではなく、今後の研究が必要である。

このほか、プロペラ、操舵系に作用する氷荷重も問題となる。

本論文では、これらの氷荷重について、研究の現状、問題点を述べた。

Numerical Computation of a Free Surface Flow around a Submerged Hydrofoil by the Euler/ Navier-Stokes Equations

オイラー/ナビエ・ストークス方式による
水中翼まわりの自由表面流れの数値計算

日野 孝則

昭和63年11月

日本造船学会 論文集 第164号

ナビエ・ストークス方程式の有限差分法による粘性流解析が広く用いられるようになってきた。しかし得られた数値解には種々の誤差が混入しており、物理的に妥当な解であるという保証はない。数値解法の妥当性を評価するためには、数値解を解析解や実験値と比較して検討する必要があるが、一方、粘性流場は非線形性が強く一般的な解析解や正確な実験値を得ること自体が容易ではなく、数値解法の妥当性評価を困難にしている。

ここではナビエ・ストークス方程式の有限差分スキームの基本的な精度を評価するための一方法として、支配方程式の粘性項を省略して単純化したオイラー方程式を用いた数値解法を開発し、速度ポテンシャルを用いた他の計算結果や実験結果と比較した。

粘性によるエネルギー散逸効果がない非粘性流れの性質から、オイラー方程式の数値解に含まれるエネルギー散逸は差分スキームの持つ数値誤差によるものと考えられ、誤差を定量的に評価することが可能となる。また、非粘性流れに対してはポテンシャル理論に基づくいくつかの数値解法があり、それらの結果との比較によって、スキームの基本的な特性を明らかにすることができる。

二次元没水翼のまわりの自由表面流れに対して、オイラー解を求め、ナビエ・ストークス解（レイノルズ数10,000の層流）や他の数値解法、実験結果との比較を行った。その結果、有限差分法における境界条件の取り扱い方法が解の精度に大きく影響すること、適切な境界条件のもとで得られたオイラー解は、速度ポテンシャルを用いた解と良く一致することが明らかとなった。これらにより、ナビエ・ストークス方程式の有限差分スキームを改良し、高精度化するための基礎的な知見が得られた。

〈構造強度部〉

使用済核燃料輸送密器の安全性評価について

On the safety evaluation of transport
casks for spent nuclear fuel

青木 元也

昭和63年 8月

日本造船学会誌 第710号

我が国における総電力の27%が原子力発電によってまかなわれており、これに関連して核燃料の海上輸送は今後増大するものと考えられる。核燃料の輸送には、六フッ化ウラン用、二酸化ウラン用、集合体用、使用済燃料用の各専用容器が用いられるが、このうち最も高い放射性物質を収納する使用済核燃料輸送容器が最も大型で構造が複雑であり、また最も厳しい試験条件を安全性評価のために課せられるので、ここでは話題を使用済核燃料輸送容器に限定した。

我が国における核燃料の輸送に関する規制あるいは安全性評価は国際原子力機関 (IAEA) の放射性物質安全輸送規則に基づいて行われており、船舶輸送に関しては運輸省海上技術安全局が担当している。我が国の発電用原子炉から生じた使用済核燃料の大部分は、イギリスおよびフランスの再処理工場へ運ばれる。この際用いられる専用運搬船は、難沈 (2区画可浸)、耐衝突 (二重船殻)、耐座礁 (二重底)、耐火災 (非常漲水装置) 等を配慮した構造となっている。

輸送容器は円筒形であり、その直径は2~2.5m、長さは約6m、重量は最大で100t程度となっている。また、原子炉タイプあるいは再処理工場設備等に対応して数種類の型式がある。輸送容器の安全性は、平常の輸送条件に耐える能力を実証する一般の試験条件、および輸送中の事故条件に耐え得る能力を実証するための特別の試験条件のそれぞれのもとにおける落下試験、耐火試験等の経過後において、密封性、遮蔽性、臨界安全性が法令で定める技術基準を満足しているかどうかによって評価される。各試験に対して容器の性能が適合しているかどうかの実証は、実物実験、模型実験、解析計算等の組合せによって行われる。

衝突による船体損傷予測

Damage Assessment of Struck Ships
in Collision有田 喜久雄, 長沢 準
昭和63年11月

日本造船学会 論文集 164号

海難事故統計において、船舶の衝突事故は毎年大きな割合を占めている。船舶交通量の多い沿岸海域に大規模な海上構造物の建造する際に、船舶の航行区域に橋脚などの固定構造物を設置しなければならない場合には、航行区域が狭められ衝突の危険が増加する。特にそのような海域においては、衝突による災害を防止するために、まず海事関係者が危険の認識を十分にもつことが必要である。そこで本研究では、被衝突船の損傷規模を予測することにより、衝突時の危険評価の基準を示すことを目的とした。

被衝突船の大きさを5クラスに分け、それぞれの衝突事故例を海難審判裁決録により調査し、被衝突船の損傷規模を損傷記述にみられる言語表現に対応させて損傷評点で整理した。そして損傷規模に及ぼす要因の中から、衝突船と被衝突船の大きさ比、衝突速度を選び、数量化理論第I類を適用して、それら要因の損傷規模に与える影響を調べ、損傷評点の予測値を一覧表にまとめた。予測からずれるような特殊な衝突事例に対しては、ファジィ推論によって損傷規模を推測していくことを提案した。

本研究で得られた結果は次の通りである。

- (1) Mクラス以下 (699G. T. 以下) の被衝突船については、予測に有意性が認められ、損傷予測ができた。
- (2) 被衝突船の損傷規模の要因として衝突速度の影響が大きいことが実際の損傷でも認められた。衝突船と被衝突船の大きさ比については明瞭な影響は顕れなかった。
- (3) 本予測は、衝突時に衝突回避動作をとるなど一般の衝突状況下に対応したもので、錨泊中の船舶が衝突をうけたような特別な衝突状況では予測にずれが生じる。この場合には、ファジィ推論を適用し、損傷評点のところにピークをもつメンバーシップ関数により損傷規模を推測することができる。

波浪衝撃荷重と船体の応答に関する
実船計測 (第2報)Full-scale Measurements of Wave Impact
Forces and Hull Response of a Ship
in Waves (2nd Report)竹本 博安, 橋爪 豊, 岡 修二, 井上 肇
有川 彰一, 渡辺 勝世

昭和63年11月

日本造船学会 論文集 第163号

著者等は前報において巡視船の実船計測について、その概要および衝突水圧やホイッピング応力等の波浪衝撃現象に関する解析結果を報告しているが、本報告では、スラミング発生時の船体の応力分布、ホイッピングの減衰特性のメカニズム、ホイッピング応力による疲労被害等について検討を行った。

スラミングによる船体縦曲応力は、それがフレアスラミングの場合でも、非常に高いピークを持つことが知られているが、船体の構造応答の面からは、その分布と時間変化が問題となる。計測データによると縦曲げ応力の分布は長さ方向に2つのピークを持ち、上部構造の前方のものが大きい。これは上部構造と主船体の干渉による応力分布の変化と、上部構造の前後方向の貫性力によることが、FEMによる立体構造解析により明らかになった。

また、ホイッピング応力の減衰率は時間的に大きく変動することが知られているが、これは通常の構造減衰では説明できず、まだそのメカニズムは明らかにされていない。著者等はスラミングの計測データを検討してホイッピングの発生過程を推定し、船首部の流体力による減衰のメカニズムを仮定して、簡単なモデルによりシミュレーションを行い、現象を説明できる結果を得た。

本船のように船体中央部に比較的に大きい上部構造を持つ場合には、その端部付近の応力集中が心配されるが、スラミングによって生じるホイッピング応力はそのピーク値の大きさと振動数の高さから疲労の面で無視できない。本報告ではホイッピングの計測データに基づいて応力集中部のホイッピングによる疲労被害について検討を行い、スラミングが疲労強度に非常に大きい影響を持つこと、さらに波との出合角等の航行条件が重要であることを明らかにした。

防撓材の局部座屈を伴う防撓板の圧縮強度

Ultimate Strength of Stiffened Plates with
Their Stiffeners Locally Buckled in
Compression

田中 義照, 遠藤 久芳

昭和63年11月

日本造船学会 論文集 第164号

圧縮を受ける防撓板の強度に関しては、これまで多くの実験および理論解析がなされてきた。本報告ではパネル座屈との連成を考慮したフラットバー防撓材の崩壊モードの形状および座屈・崩壊強度を求めるのに有用な簡易解析法を提起し、その解析結果を用いてフラットバー防撓材を用いた防撓板の挙動の特徴について検討した結果を報告した。

圧縮を受ける連続した防撓板の解析を念頭に置き、その最小単位を計算モデルとして取り上げて、崩壊モードおよび境界条件を設定する。崩壊のメカニズムおよび崩壊強度を解析的に求めるために、弾性大撓み解析および塑性関節線を仮定した塑性解析を併せ用いる。この解析法の妥当性を有限要素法による弾塑性大撓み計算と比較した結果、パネルの細長比 $\beta (=b/t \cdot \sqrt{\sigma_r/E})$ が1.5~3.0の範囲で十分な精度を示すことが確認された。

解析および実験結果からフラットバー防撓材付き防撓板の特性に関して以下の結論が得られた。

- (1) 弾性状態ではパネルのアスペクト比(α)に近いモードで座屈を始めるが、塑性化が進行するに従い、徐々に $\alpha \approx 0.5$ のモードに移行していく。
- (2) 始めにパネル座屈が生じ、引き続き防撓材の振り座屈がパネル座屈長で生じるモードが、船体等に使用される連続した一様な防撓板の典型的な崩壊メカニズムであるが、1スパン模型を用いた実験では、連続した防撓板と異なる崩壊モードを示す場合がある。
- (3) 防撓材の形状が、崩壊強度に及ぼす影響を検討し、防撓材の振り強度に関係する細長比 h/t_s が、防撓材の形状を規定する上で主要な要因となり、急激な強度低下を生じない限界値が $h/t_s = 18$ であることを確認した。

浮遊式および軟着底式構造物の免震性

Seismic Response of Floating in
closed Shallow Water

松岡 一祥, 中井 毅, 藤田 譲

昭和63年11月

土木学会 海洋開発論文集 第4巻

浮遊式構造物は一般に免震構造物であると信じられているが、浮遊式構造物であっても震害を免れない状況がある。例えば、海底面の鉛直震動に対しては浮遊式構造物といえども免震性はない。また、防波堤、護岸などに囲まれた閉鎖水域では、水平震動も浮遊式構造物に何らかの影響を与えるであろう。

本報告は、理論的研究がほとんど行われていない閉鎖水域における浮遊式構造物の地震時挙動を明らかにしようとするものである。まず、速度ポテンシャル理論に基づく、閉鎖水域における浮遊式構造物の地震応答解析手法を示す。この手法は具体的には、自由表面のスロッシングと浮体の運動(RollとSway)を含む時刻歴有限要素法である。公表されている実験結果と比較して、本手法の適用性が検討される。本手法が適用できる条件としては渦があまり発生しないことがあげられる。この場合、本手法はスロッシングによる同調を含め、実用に耐えることが示される。最後に、1,100MWe規模の原子力発電バージを想定した試設計例が示される。Roll, Swayの応答倍率および動液圧の分布が、浮体と境界との関係でどのように変化するか示される。さらに、Rollによるバージ底縁部の海底面との接触および姿勢不安定についてふれる。

以下に要点を抜き出す。

- (1) 速度ポテンシャル理論に基づき、浮体の運動と自由水面のスロッシングを含むFEMを提示した。
- (2) 上記手法は渦無の仮定が満される時、適用性がよい。
- (3) スロッシングによる同調現象を検討する場合、スロッシングの可能性のある総ての水面区画について検討する必要がある。
- (4) 試設計例を示し、種々の問題点について概説した。

PC バージ底版の着底時強度

Bottom slab strength of PC barge while
alighting on sea bed

松岡 一祥

昭和63年11月

日本造船学会 論文集 第164号

着底作業時の PC (プレストレストコンクリート) バージの底版の強度について、実験的および解析的に検討した。縮尺1/5程度の3つの模型に対し、円錐型治具の貫入実験を行い、貫入量—貫入抵抗関係を求めた。最初の破壊モードは、押抜きせん断によるコンクリートの破壊であった。コンクリートの破砕領域が小さな状態では、貫入抵抗は土木学会の押抜きせん断強度の設計式とよく一致した。コンクリートの破砕領域が大きくなると、鉄筋、プレストレングスストランドなどの鋼材の張力により貫入治具が支えられると仮定して、貫入抵抗を精度よく求めることができた。

貫入実験に用いたコンクリート板に対して、以下の3種の荷重についての検討を行った。

- (1) 着底作業時に、粘土又は砂の凸部から局所接地土圧が加わる場合の強度
- (2) 局所水圧力が加わる耐氷壁としての強度
- (3) 船舶などが衝突した場合の耐衝突性能

着底作業時あるいは耐氷壁としての強度は、押抜きせん断破壊が生じるか否かで評価される。ここで検討した PC 板では、着底作業時の強度は十分であると判定された。しかし、耐氷壁としては、著しい強度の不足が認められた。耐氷壁としては、PC 板よりむしろサンドイッチコンポジット構造の方が適していると思われた。

耐衝突性能に関しては吸収エネルギーによる評価を行った。同じ程度の縮尺の鋼製バージの模型および3,000DWT級鋼船の1/5船首部模型の貫入量—吸収エネルギー関係との比較を行ったところ、ここで検討した PC 板の吸収エネルギーは、この2つのいずれよりも大きく、耐衝突性能は十分であると判定された。

Combustion Characteristics of Stoichiometric Hydrogen and Oxygen Mixtur in Water

酸水素理論混合気の水中燃焼特性

熊倉 孝尚, 森下 輝夫, 菅 進

平岡 克英, 井亀 優

昭和63年9月

7th World Hydrogen Energy Conference

Hydrogen Energy Progress 3号

水素は熱機関の燃料として、現用の化石燃料に比べ特殊な雰囲気中で利用できる可能性を持っている。

本論文は、筆者等が提案した水中作業船の動力となる特殊な熱機関“内燃式蒸気タービン”において、蒸気を発生させるための酸水素燃焼の安定性および燃焼効率の基礎データを得るために行った実験的研究について述べたものである。

即ち、酸素・水素の理論混合気を燃焼させると生成物は水(蒸気)となるので、通常のボイラのような伝熱面を介さずに直接作動流体である蒸気を効率よく発生させることができる。ここでは燃焼場の雰囲気が水蒸気あるいはこれらの混相となるので、この雰囲気中で水素火災が消えることなく安定に、かつ供給した水素が完全に燃焼することが望ましい。

本研究は燃焼にとって最も厳しい条件になる水中での燃焼について行った。実験は大気解放の円形水容器(直径600mm, 高さ900mm)内で、既存の予混合ガスバーナの一部を改良したものをを用いて行った。酸素・水素はそれぞれのガス容器から供給した。水素流量は0.3~1.3 m³/h, 水温は室温および飽和温とした。また、水素への点火は水面上で行い、火炎を浸水させた。水中燃焼中に発生した未燃の水素および残存酸素については容器上部に取り付けた円すいダクト部からガスを採取してガス分析を行い、それぞれのガス濃度を求めた。これから水素の燃焼効率を算出した。

飽和水中では99%の燃焼効率が得られ、これは内燃式蒸気タービン機関の実現を図る上で望ましい結果である。また水中での火炎の安定性と燃焼効率は水温に大きく影響されることがわかった、更に火炎の安定化を図るにはバーナ構造に工夫が必要である。

〈機関動力部〉

Measurements of Three-Dimensional
Density and Temperature Profiles
in an Inductively Coupled Plasma
by Interferometric Tomography

干渉断層撮影法による誘導プラズマの密度と
温度の三次元空間分布測定

佐藤 誠四郎, 天田 重庚, 植松 進, 千田 哲也

昭和63年10月

第1回プラズマ化学合同シンポジウム論文集

プラズマ場全体を利用した効率的で再現性のある新材料創製のため、プラズマの条件設定およびプラズマ状態の評価などを精度良く行う必要があり、広い範囲の三次元的な空間分布の計測技術の開発が期待されている。

本報では、高周波誘導プラズマの三次元的な密度と温度プロフィールを測定するため、レーザ干渉法とコンピュータ断層撮影法(CT)を用いた計測法の開発を行い三次元空間分布測定の可能性を実証した。

高周波誘導プラズマは、通常石英円筒管内でプラズマが発生し保持されている。したがってレーザ干渉法を適用する場合、円筒管内での測定上の問題を解決する必要がある。問題の一つとして、円筒内ではレーザ干渉法による撮影視野が限られることである。この原因の検討を行い、レーザ光線として通常の平行光を用いる代り収束光を用いれば良いことを明らかにした。この結果から使用光学系は、4方向からの干渉写真が一度に得られる収束光を用いるシステムとし、光源はアルゴンイオンレーザ(波長514.5nm)を用いた。高周波プラズマは、石英管外径26mmφ、出力3kWのもので、作動ガスはアルゴンガスを用いた。

プラズマの密度、温度の再構成計算の際、ここで得られる干渉写真は、波長一種類のみでありまた可視光域にあるので、プラズマの電子の影響を無視し、また計算値の発散を防ぐため、先に提案した修正フィルタ関数を用いた。大気中に噴出したプラズマのいくつかの断面における温度プロフィールを求め、空間的な温度場の構造を明らかにした。コンピュータシミュレーションを用いて、円周方向データ数が再構成精度に及ぼす影響を明らかにし、また高周波コイルで影になった部分の測定の可能性について検討を行い、測定の見通しを得た。

(46)

レーザ干渉法とCT法による火炎温度測定
(第4報、乱流火炎への適用)

Measurement of Flame Temperature
Distributions by Holographic
Interferometry and computed
Tomography

(4th Report, Application of Turbulent Flame)

佐藤 誠四郎, 熊倉 孝尚, 川越 陽一

昭和63年11月

第26回燃焼シンポジウム

火炎温度の三次元的な空間分布を測定するため、筆者らはレーザ干渉法とコンピュータ断層撮影法(CT)を組み合わせた計測法を提案し、これまで主として層流火炎を対象として、フリッジの解析法、熱電対法との比較、円筒容器内火炎の測定などを行い、本手法の有用性を明かにしている。乱流火炎の場合は、温度、密度変化が速い領域で、露光中にフリッジが流れて撮影され測定できないなどの問題がある。

本研究では、レーザ干渉法とCTによる乱流火炎の温度分布を測定するため、ルビーレーザを光源とした8方向干渉光学系を用いて測定上の問題を調べた。

火炎温度測定にCT法を適用するには、火炎のゆらぎなどの影響をさけるため、X線CTで通常用いられているスキヤニング方式でなく、円周方向からの干渉写真が全て同時に得られるマルチプルビームを用いる瞬時方式とした。光学系は、トワイマングリーン干渉計を、円周方向に8個組み合わせた配置とした。火炎は文部省特定研究「燃焼現象」の予混合標準バーナを用い、作業条件は乱流標準条件とした。

ルビーレーザを用いた乱流火炎の干渉写真は、全てのフリッジが静止して撮影されており、これから温度を定量することができる。温度計算では、8方向の干渉写真およびこれらの中間の方向のデータを補間して16方向としたデータから求めた。

乱流火炎温度の空間分布を測定するため、レーザ干渉法とCT法を適用し、レーザ干渉法による温度測定では、軸対称分布が成り立っていると思われる円錐状乱流火炎の場合でも、温度測定にはCT法が必要なこと、CTの再構成計算の際、投影データの変化が複雑な場合は、入力データの補間計算精度に注意する必要があることなどを明らかにした。

〈装備部〉

廃 FRP の熱分解による資源化について

The recycling of waste FRP by
thermal decomposition

林 慎也, 山根 健次, 道前 清治, 天宮 明
昭和63年11月

39回廃棄物処理対策全国協議会講演論文集

FRP 船廃船の再利用の1手段として熱分解による油, ガス, ガラス繊維の回収を検討している。本報告では, 船用 FRP 材をバッチ式熱分解炉で熱分解し, 油, ガス, を回収し, 残渣としてガラス繊維を回収し, その回収効率並びに回収物質の性状を調べた結果について検討している。

30mm 角の船用 FRP 材 1kg (樹脂 60%, ガラス繊維 40%) をバッチ式熱分解炉に入れ, 外部からヒーターにより加熱し, 約 5 時間 50~400°C の温度で熱分解を行い, ガス並びに油を回収した。また, 残渣としてガラス繊維を回収した。

回収量: ガス 83.8 l, 油 344g, 残渣 (ガラス繊維 + カーボン) 524g で, 油の回収率は 57% であった。

回収ガスの性状: 発熱量は 8.939kcal/Nm³ で燃料として十分な熱量を有している。しかも, CO₂ の含有が 40% 以上であり, CO₂ を分離すれば CO, H を主成分とする熱効率の良いガスエンジン用の燃料として使用可能である。

回収油の性状: 総発熱量は 9.240kcal/kg で, アセトンからアントラセンまでの広範囲の化合物を含有しているが, 沸点が 50~170°C の成分が 60% を占めている。オクタン価の高い芳香族が多く含有されていることから他の油と混ぜることにより内燃機関の燃料に使用できる。燃料としての欠点は①酸性である (硫黄化合物または塩素化合物によるものと推定), ②引火点が零度以下である, ③セタン価が低い, こと等であるが, 回収油を分溜することによりそれらの問題点を解消できることが判明した。

残渣: 炭化した樹脂が付着したガラス繊維が減容されないで積層時と同じ状態で回収された。

ケミカルタンカーの荷揚後の管内残留
貨物量の低減について (第 5 報)
定圧弁で背圧を維持した時の
水平管内の流動解析

Minimization of Residual Cargo in Piping
Arrangements for Ship Carrying Noxious
Liquid Substances by Air Blowing
(5th Report)

山口 勝治, 綾 威雄, 山根 健次,
波江 貞弘, 小野 正夫
昭和63年11月

日本船用機関学会 第43回
(63年秋季) 学術講演会

船舶から海中に排出される有害液体物質の量を規制する MARPOL73/78 条約付属書 II および P&A 基準には, タンク吸引点近傍およびタンクの関連管系内の荷揚後の貨物残留量の要求値が規定されている。この値を確認するための試験方法として, カーゴラインの荷揚げ最終位置にある貨物管マニホールドで, 陸上の貨物貯蔵施設における貨物液によるヘッドや, それらの施設と貨物管を接続するための流路の抵抗等によって発生する背圧を維持するため, 高さ 10m の垂直吐出管または 1 バールに設定された定圧弁をマニホールドに装置することが要求されている。

本報告は, 定圧弁で背圧を維持した時エアパージ操作中配管系に残留する貨物液量を評価するために行った流動解析の結果について述べたものである。管内流動のモデル化の方法, 解析方法, 計算方法は, 10m 垂直吐出管によって背圧を維持した時の方法に従って行った。

口径 4 インチ及び 6 インチ管系での空気タンク圧力, 水平管圧力, 背圧の過渡変化, エアブロー終了時の水平管残水率について, 実験データと解析値の比較を行った。両者は空気タンクの初期圧力, 容積, 管径, 操作弁操作時間の広い範囲にわたってよく一致しており, 本解析はエアパージ全体の過渡変化をよく模擬できていることがわかった。更に水平管残水率に関し, 定圧弁と 10m 垂直吐出管解析の結果を比較したところ, 違いは僅かであり, 実用上定圧弁は 10m 垂直管と等価な機能を有することを実験で既に確認してあるのと同様, 解析からも裏付けることができた。

過燃料火炎の紫外パルスレーザによる 温度濃度計測

Temperature and Concentration Measurements
of Fuel Rich Flame by UV Pulse Laser

山岸 進, 土屋 正之

昭和63年11月

第26回 燃焼シンポジウム

ラマン散乱断面積は、一般に周波数の4乗に比例し、周波数の高い紫外領域の励起光が感度も高くして有利である。これまでYAG Laserの3倍波、Excimer Laserの観測例がある。紫外領域には分子の吸収帯が多くあり、共鳴ラマンや蛍光を利用した燃焼ガスの微量成分検知として既にOH等の報告がなされているが、燃焼ガス測定への適用例はまだ少なく、他の微量成分についても利用できると考えられる。

本報告では、紫外パルスレーザによってスポンティニアスラマン法で過燃料エチレン炎の多成分同時観測を行った結果、紫外高出力パルスレーザ、YAG Laserの3倍波(355nm)で励起すると、ホルムアルデヒドによる蛍光が生ずる。これを石英セルに常温のホルムアルデヒド(CH₂O)を入れ、YAG THG(355nm)で励起した場合、火炎中と同じスペクトルが観測されることによって確認した。同一波長で励起した場合の窒素のラマンに比べると非常に強く、CH₂Oの紫外外部吸収、3530ÅバンドのpQ(K'=5, J'=16)ブランチに励起光の吸収があったため蛍光が生じてたものと考えられる。これを使って炭化水素炎中の微量成分であるホルムアルデヒドの分布を他の主要成分と同時に観測し、精度の向上を図った。

また酸素には紫外領域に広く分布した吸収帯があることが知られている。ここで行ったYAG 4倍波(266nm)で励起した場合、散乱断面積は窒素の約3.8倍と増加しており、周波数の4乗に比例する関係式が適用できない。

〈原子力技術部〉

CASTOR型モデルキャスクの遮蔽実験・解析

Experiment and Analysis of CASTOR Type
Model Cask for Verification of
Radiation Shielding

植木 紘太郎, 服部 清一

昭和63年8月

電力中央研究所報告 U87065

再処理廃棄物の輸送、貯蔵容器として西独で開発された乾式のCASTORキャスクは、各種の安全性実証試験の結果が良好なこともあって、使用済燃料の輸送・貯蔵への適用も検討されている。我国でも経済性に優れていることから、返還廃棄物の輸送、中間貯蔵用のキャスクとしての採用が検討されており、安全性に対する技術的な試験が行なわれている。

本研究は電力中央研究所が実施しているCASTOR型キャスクの安全性評価に関する研究の一環として、遮蔽性能を評価することを目的に、実験とその解析を実施したものである。

CASTOR型キャスクの主な放射線遮蔽は、ガンマ線に対しては本体を構成する球状黒鉛鋳鉄で、中性子は本体中に千鳥足状に同心円上に2列に配列された直径5.9cmのポリエチレンロッドで遮蔽している。

遮蔽実験は中性子源として²⁵²Cfを用い、ガンマ線源として⁶⁰Coを用い、キャスク周囲の線量率を測定し、線量率分布を求めた。また、実験解析には二次元輸送計算コードDOT-3.5を用いた。

CASTOR型キャスクの遮蔽構造は上記のように三次元的に複雑な形状をしているので、実験解析もモンテカルロ法等によって三次元計算が必要になる。本実験では2列に配列されたポリエチレンロッドと等価な断面積を持つポリエチレン層をモデルキャスクの一部に設け、線量率を測定した結果、ポリエチレン層はロッド体系と比べ中性子線量率は+15%、ガンマ線は逆に-20%の値を示したが、その差は比較的小さい。したがって、計算時間や費用のかかる三次元計算を行わなくても、本体系については等価断面積を持つポリエチレン層を仮定し、二次元計算によっても、千鳥足状に配列されたロッド体系を透過する線量率を±20%以内で推定できることが分かった。

本研究をさらに発展させるためには、実際の使用済燃料を用いた遮蔽実験とその解析が必要である。

〈海洋開発工学部〉

GO-FLOW 手法による信頼性解析(7)
—PWR ECCS のフェーズド
・ ミッション解析—

Reliability Analysis by the GO-FLOW
Methodology (7)
—Phased Mission Analysis of the
PWR ECCS—

松岡 猛, 小林 道幸

昭和63年10月

日本原子力学会 63年秋の分科会

GO-FLOW 手法によるフェーズド・ミッション問題の解析例としては、既に BWR ECCS, 船用炉 ECCS, 等について報告してきたが、本報告では、PWR ECCS について解析した。

解析対象とする系は、LOCA 等の事故時における炉心からの除熱を目的としており、高圧注入系 (HPPS) 二系統、中圧注入系 (IPPS) 二系統、余熱除去系 (RHRS) 二系統、蓄圧注入系 (UHS) 二系統、蓄圧タンク、燃料取換用水タンク (RWST) より構成されている。解析においては、LOCA 発生後の事故の進展に伴い、三段階のフェーズにより炉心冷却が実施されると仮定した。各系統は、個々のバルブレベルの機器まで分解して取り扱ったため、GO-FLOW チャートとしてはオペレータ総数244個の比較的大規模なものとなった。更に、通常の運転状態から非常用炉心冷却へ切り換える際の通常系統の隔離の成功/失敗もモデル化し、GO-FLOW チャート中に表現し、考慮した。

本解析実施の結果、GO-FLOW 手法により比較的大規模な系を個々の機器レベルまで分解して解析することが十分可能である事が示され、今後、実規模の複雑な系の信頼性解析実施のための基礎的知見が得られた。

Development of the Air-bubble
Type of Oil Barrier

気泡噴流型オイルフェンスの開発

原 正一, 伊飼 通明, 波江 貞弘

昭和63年11月

Proceedings of the TECHNO-OCEAN'88
Symposium

本報告は、水中気泡噴流カーテンを油拡散防止装置として利用する型式について、波浪及び潮流の共存時の適用性の検討を行うものである。対象とする装置は気泡噴流型一次フェンス及び在来型二次フェンスで構成される。気泡噴流によって海面付近に生じる水平流を利用して流出油量の大部分を阻止することにより、二次フェンスへの負荷を低減させることを主眼としたものである。

まず、二次元鉛直上昇噴流について、分布形状を仮定した解析を実施するとともに噴流の流速分布及び噴流幅などの計測を行って、流れを特徴づける実験定数を求めその基本特性を示した。さらに、潮流が存在する場合へ解析を拡張して数値計算を行い、噴流の軌跡について計算結果と実験値との比較考察を行った。

一方、噴流の潮流中及び波浪中の挙動に関して、噴流周辺の流れの状況の検討から流体力学的な拡散防止限界流速の考察を行い、消波効果の検討も行った。また、大型試験水槽を利用して実際の油を用いた潮流及び波浪共存中の実験により滞油限界流速の確認を行った。

以上により、下記の結論を得た。

- ① 噴流中心の軌跡について数値計算を行い、潮流速が小さい範囲で実測値の傾向を説明し得る結果を得た。
- ② 気泡噴流がつくる表面流の流体力学的な拡散防止限界流速は $0.4 \sim 0.5$ (m/sec) であり、一般に波浪によって限界流速は低下する。
- ③ 気泡噴流による波の透過率は、空気流量 0.01 ($\text{m}^3/\text{sec} \cdot \text{m}$) の場合、波長 3 (m) の波に対して最大 27% である。潮流の増加につれ消波効率は低下する。
- ④ 気泡噴流の油拡散阻止性能に関しては、波長 10 (m) 波高 0.5 (m) の波浪中において、 0.3 (m/sec) の潮流速に対して油膜遮断効果を有している。 0.4 (m/sec) 以上ではほぼ一定の割合で漏油が生じる。

プール水中での蒸気凝縮振動における
熱の仕事への変換

Conversion of Thermal Energy to Mechanical
Work in the Oscillations at Steam
Condensation in Pool Water

綾 威雄, 成合 英樹

昭和63年10月

日本機械学会論文集 B編 54巻506号

プール水中への蒸気流入に伴う圧力や流体の振動は、沸騰水型原子炉の圧力制御型格納容器における冷却材喪失事故時に発生する現象として関心が持たれている。筆者らはこれまで、プール水温と蒸気流量の関数として発生する振動様式の分類と振動発生限界、チャギングや凝縮振動の発生機構と振動周波数などの研究を行ってきた。本報では、特に、周期的な振動である凝縮振動とチャギングを取り上げ、蒸気凝縮時における熱エネルギーの仕事への変換について検討する。

気体を含む体系が自励振動を行う時の圧力と比容積の関係が右回りのループを描く時(但し、比容積を横軸にとる)、機械的エネルギーが生成されて振動が持続する。ループが左回りの時振動は生じず、ループ面積が零の時振動発生限界となる。

凝縮振動は、プール水温が低く、蒸気流束が $30\text{kg}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 以上の時にベント管出口で蒸気泡が圧力と気泡径の平衡値のまわりを微小変動している現象である。この振動の一サイクルについて蒸気が外部に対してなす仕事は、上述のループ面積であり、それを蒸気泡のマスバランスや気泡の運動方程式を使って求めた。ループ面積零から得られる振動発生限界は、振動発生限界近くの振動数を使えば、筆者らが先に公表した線形振動論による限界値と一致した。

チャギングは、プール水温が低く、蒸気流束が小さい条件で発生するもので、ベント管内へプール水が周期的に逆流する現象である。この際の蒸気圧力と比体積の関係も右回りのループを描き、機械的仕事を生成するが、これを数値シミュレーションにより調べた。その結果、蒸気流束が零から増大するとループ面積も増大し、最大値をとり再び零になることが分かった。そして、チャギング運動に特徴的なベント管内を往復するいろいろなタイプの振動における熱エネルギーの仕事への変換をシミュレートできることが示された。

粉体空気輸送管内の粒子分布に及ぼす
静電気帯電の影響の解析

Analysis of Electrostatic Effect on the
Particle Distribution at Pneumatic
Solid Transport

山根 健次, 綾 威雄

昭和63年11月

粉体工学会 昭和63年度秋季研究発表講演要旨集

粉体を空気輸送する際、管壁などとの摩擦により粉体粒子は静電気帯電する。帯電量は粉体と配管材料のほか湿度の影響を強く受け、アクリル製管内にポリスチレン粒子を流した場合には、湿度の高い夏季と低い冬季とで管内の流動状態が大きく変わるとい報告がなされている。従来、粒子群を一つの連続体と見なした流体モデルに基づいた解析から、このような静電気帯電の流動特性への影響を明らかにする試みがなされてきた。しかしながら、帯電粒子群を連続体と見なす近似が成り立ちにくい場合も多く、これまで十分な説明がなされたとは言い難い状況にある。

一方、近年の計算機の発達に伴い粒子一つ一つを追跡するラグランジュ型数値シミュレーションの手法が開発され、種々の空気輸送特性の解析が進められるようになった。しかし、静電気効果をラグランジュ型数値シミュレーションを使って調べられたことはこれまでにない。そこで、公表された数値シミュレーションの手法に静電気効果を付加し、粒子の帯電が空気輸送特性に及ぼす影響を調べることにした。今回は、その第一歩として、重力効果のよくでる水平管内の粒子密度分布に与える静電気帯電効果について計算を行い以下の結果を得た。

無帯電では、粒子は跳躍頂部あたりに集中して存在し、気流とともに平行移動している。これに対し、一定帯電時には、帯電量が大きくなるほど粒子間の斥力により粒子は分散し、壁面近傍に集まるとい従来の実験データと定性的に一致した。また、粒子間の斥力は先頭粒子群を加速し、後方粒子群を減速させるため、無帯電時の定常輸送状態を再現させることは困難であった。分布帯電する時は、異符号に帯電した粒子間の引力が衝突や接合を生じさせるため、管内分布と粒子の運動軌跡に大きな影響が現れることが判明した。