

## 所外発表論文等概要

荷重度変更自航試験システムによる  
船尾形状変化の性能評価についてAn Evaluation of Stern Forms by Means of  
Propeller Loading Test System上田隆康・足達宏之・菅井信夫  
森山文雄

昭和57年11月

日本造船学会論文集 第152号

論文の内容は大別して次の3項目から構成した。

1. 荷重度変更自航試験システムの概要
2. 推進性能向上をねらいとした船尾形状変化
3. 模型試験結果と数値計算との比較

それぞれの内容は次の通り。

1の項目：本試験システムは新しい概念をもとに船研で開発された独自の自航試験法である。船舶の自航特性をプロペラ荷重度の関数としてとらえ、船体、プロペラ、舵相互間の複雑な干渉特性を、理論を背景としながらも、極力簡易に表現するものである。試験自体も、干渉計算によって事前に特性予測を行い、効率よく実施することができる。試験解析では、自航時の抵

抗増加量に対する取扱いが従来の自航解析法より合理的に行われること、舵の存在による干渉項を分離して考察を加えることの2点が大きな特徴となり、従来法より一層の分析が可能となっている。

2の項目：推力減少率の改善をねらいとした船尾形状変化を行うに当たって、本試験システム内に含まれる干渉計算プログラムを応用し、船尾形状に対応する推力減少率の計算を行う。具体的な船尾形状変化は、設定された固定条件のもとに、 $C_p$ カーブ変形係数を導入して行われた。

3の項目：船尾変形船を3隻製作し、すべて荷重度変更自航試験システムによって試験を実施した。試験結果の中に、ねらいとした成績を得ることもできたが、DHPなど最終的な成績として評価した場合必ずしも好結果を得た訳ではなかった。しかし、船尾形状設計に対し、自航性能の主要素と船尾形状の関係を理論計算で結びつけ、従来になかった設計手法を開発した意義は大きい。また、本試験システムの適用により、自航要素の分析が一段と詳細にでき、例えば、舵の存在による自航要素への影響が明確となり、舵干渉の最適化も重要な研究課題であることが判明した。更に本試験システムに含まれる計算によって船殻効率×プロペラ単独効率まで検討が可能となることを示唆した。

## 半潜水船の運動制御に関する実験的研究

## An Experimental Study on the Motion Control of Semi-Submerged Ships

大松重雄・吉野泰平・山本徳太郎

石田茂資・二村 正・菅井和夫

昭和57年11月

日本造船学会論文集 第152号

一般に半潜水船は水線面積が小さいため、通常の船舶にくらべて動揺の固有周期が長く優れた動揺性能を有するといわれている。しかしながら、水線面積が小さいということは次のような欠点もあわせ持つことになる。すなわち、長波長域あるいは追い波状態で出会い周期が固有周期に近くなり動揺が大きくなる。縦方向の復原力および復原モーメントが小さいため高速域では航走姿勢が不安定となりやすい。したがって半潜水船の耐航性向上のためにはフィンによる運動の制御が必要である。

そこで著者等はフィン付没水体について風洞実験、水槽実験を行い、没水体およびフィンに働く3分力を計測した。また双胴型半潜水船に組み上げられた自由航走模型を使って角水槽で平水中、波浪中の運動計測を行った。これらの実験および若干の理論的考察の結果、次のことが明らかにされた。

フィン付没水体に働く流体力はフィンと没水体の干渉、前後フィンの干渉、船速による没水体まわりの流場の変化などを考慮することにより推定できる。

本実験で使用した半潜水船模型はフィン制御をかけないとフルード数0.4付近で大きな船首下げトリムを起こすが、この現象は上に述べた方法で流体力を推定することにより予測することができる。

波浪中動揺に対するフィン制御の結果、ピッチングおよびローリング振幅を1/3~1/4にすることができる。

## 軸力による円筒殻の軸方向防撓材の局部崩壊強度

## On the Strength of Stiffeners Axially Connected with Cylindrical Shells under Axial Compression

松岡一祥・直井 保

昭和57年11月

日本造船学会論文集 第152号

半潜水型船舶は、没水体、上部構造およびその2つをつなぐ支柱の3つの部分に分けられる。上部構造の自重と没水体の浮力、外力や運動により生じる慣性力などの荷重は、この支柱に加わる軸力として、上部構造と没水体との間で伝達される。そこで支柱の軸方向荷重に対する強度が設計上重要となる。特に支柱と上部構造又は、支柱と没水体との結合部についての検討が必要となる。軽量化のため支柱を防撓円筒殻とした場合、円筒に接合された軸方向防撓材を上部構造のガーダーおよび没水体のリングに結合して、軸方向荷重を伝達する。この構造様式では、防撓材がガーダーおよびリングとの結合部で集中的な軸方向荷重をうけて局部崩壊する可能性がある。

この論文は、円筒殻に接合された軸方向防撓材の集中的な軸方向荷重による局部崩壊を取り扱っている。半潜水型船舶の支柱と上部構造および支柱と没水体との結合部に関する模型実験の結果と数値解析結果とを示し、比較検討している。防撓材の崩壊は塑性崩壊と弾性座屈後の崩壊とに分けて取り扱われている。塑性崩壊に関しては実験結果および数値解析結果が、円筒殻の有効幅で整理されることが示されている。実験結果から求められた有効幅は数値解析結果よりも小さいため、安全側の予想をするためには実験結果から求めた有効幅を用いるべきだとしている。弾性座屈後の崩壊に関しては、固有値計算で求められた弾性座屈荷重を整理して簡易推定式を示している。最後に、防撓円筒殻の軸方向防撓材の強度設計法に関する若干の記述がある。

## インプラント試験による多層溶接割れの検討

The Implants Method for Studying  
the Multipass Weld Cracking

西川和美・小林卓也・植松 進

加藤 昇

昭和57年10月

溶接学会全国大会講演概要 第31集

厚鋼板の多層溶接部では、溶接金属の横割れ又はミクロ割れ、熱影響部のトウ割れなどが発生することが知られているが、これらの溶接割れに影響する因子については、多重熱サイクルによる水素分布、組織、応力状態などが極めて複雑なため、まだ十分に解明されていない。本研究では、試験片の挿入位置を多層溶接の各部に変化させてインプラント試験を行い、溶接割れに対する諸因子の影響を検討した。

供試材料としては80キロ級の高張力鋼板及び被覆アーク溶接棒を用いた。T形試験片の溶接開先部にスパイラル切欠き付インプラント試験片を挿入し、溶接後溶接部の温度が150°Cに低下したとき、インプラント試験片に一定荷重を負荷して長時間保持し破断の有無を調べた。以上の実験を負荷荷重を種々変化して行い、破断を生ずる限界応力を求めるとともに、走査電子顕微鏡による破断面の観察と、横断面のマクロ及びミクロ観察を行った。

インプラント試験片をルートパス部に挿入した場合は、その後の積層溶接で水素による遅れ破壊が生じにくく、第2パス部に挿入した場合には、そのうえに2パス程度の積層溶接をした後でも遅れ破壊を生ずる傾向が認められた。また多層溶接における拘束応力を考慮して、インプラント試験片をルートパス部に溶接後比較的低荷重を負荷した状態で第2パスを溶接すると、溶接中の約650°C付近で低応力で粒界破壊を生じた。

以上の結果から、多層溶接部においては、ルート割れの発生傾向が少ないこと、これに対して最終層の前層付近は低温割れ感受性が比較的大きいこと、また溶接冷却過程で低温割れが発生する前の比較的高温で粒界破壊傾向があることが推測され、本研究結果は多層溶接部における溶接割れの発生機構の解明に資するものと思われる。

## 鋼材等の動的破壊靱性に及ぼす

## 試験片寸法の影響

## —環状切欠付丸棒試験片による検討—

Effect of Specimen Size on the Dynamic  
Fracture Toughness of Structural Steel

藤井英輔・太熊 勇・秋山 繁

昭和57年10月

溶接学会全国大会講演概要 第31集

極厚材等の破壊靱性特性を評価するため、環状切欠付丸棒引張試験片を用い、試験片寸法および負荷速度を変えて検討した。

試験片の外径Dは20, 30, 50 mmの3種類、切欠先端は0.1 mm Rの機械切欠および疲労予き裂の2種類、切欠断面の径dは、機械切欠の場合 $d/D = 0.5$ 、疲労予き裂の場合 $d/D = 0.4 \sim 0.6$ である。

試験はD = 20 mmの試験片については負荷速度0.5, 2, 4および8 m/sで、D = 30および50 mmの試験片については0.5, 1および2 m/sで行った。その結果、従来の結果と同様に破壊遷移温度は負荷速度が大となるにしたがって高温側に移行し、上限値に漸近するが、試験片寸法により異った依存性を示し、Dが大となるほど低い負荷速度で一定の上限値に移行する傾向を示した。

また、負荷速度2 m/sの一定で試験片寸法を変えた試験結果から、Dが大となるにしたがって遷移温度が高温側に移行するが、Dが30 mm以上では一定の上限値を示すことが明らかとなった。この場合、負荷時の $K$ は $\sqrt{\pi(d/2)}/l$  (lは試験片の長さ)に比例すると考えられるが、すべての試験片でこの値はほぼ等しい。

したがって本試験結果によれば、動的破壊靱性特性は試験片の受ける負荷速度に依存すると同時に、試験片の外径寸法によってその依存の仕方が異なることが示された。

**R and D of Energy Saving and New  
Energy Utilization in Japanese Marine  
Engineering**

日本の船用機関工学における省エネルギーと  
新エネルギー利用の研究開発

玉木恕乎・村山雄二郎・徳田 仁

一色尚次

昭和57年 8月

**The 17th Intersociety Energy Conversion  
Engineering Conference**

日本の造船、造機工業は、過去 1/4 世紀の間世界の先端にあり、ここ数年は省エネルギーと新エネルギー利用に対して多くの努力を拂っており、その成果による多くの技術的方法を駆使して経済的でしかも省エネルギーの船舶と船用機関を生産し、さらに、石油時代後を旨として有望な研究開発を実施している。

本文では、まず、船舶による輸送がエネルギー効率の上で他の輸送機関よりも格段に良いことを示し、原油と石油を含む大量で長距離の貨物輸送は将来も船舶輸送以外になく、その重要性を述べている。次いで、日本で製造される船用機関、とくにディーゼル機関が高効率であり、その熱効率は50%に近づいて他の熱機関の追従を許さないところにある上、廃熱利用が行われて総合熱効率をさらに高めている。ディーゼル機関以外では、船舶技術研究所が実施している新形式のタービン内再熱ガスタービン機関の研究状況を説明するとともに、省エネルギーを狙いとした貫流式過給ボイラの研究、複合機関の研究、スターリング機関の研究(IECECの他の論文に発表)が実施されていることを述べている。

石油時代以後を旨とした研究開発としては、自然エネルギーを利用する機主帆従の帆船商船「新愛徳丸」を紹介し、その運航データから将来の帆船を実用化する際の技術的評価をするとともに、風力を動力的に利用する風車推進の研究を紹介している。風車推進法は、風洞実験の結果によれば、風力利用の効率が他の方法よりも高く、風を利用できる範囲も広い。しかし、重心位置の点、風車の大きさと船の幅との関係など、問題も多く、これらを解決して実現化へ進めることが必要であろう。

**船用機関により発生する固体伝播音の  
船内騒音に与える影響**

**Influence of Solid-borne Sound Caused by  
Marine Engines on Noise in Ship**

木原 洸・勝原光治郎・青木修一

昭和57年 9月

1982年 日本騒音制御工学会

技術発表会講演論文集

船舶の居住環境改善の一つとして船内騒音の減少は重要な課題となって来ている。船内騒音の要因は種々考えられるが、主機関および発電機によって発生する振動が船体構造物を伝播し、二次、三次の固体音として居住空間に影響する要因が大きいと考えられる。

本報告は運航中の船内の騒音と主機および発電機直下の振動のスペクトル分析を行った結果である。

主機および発電機の振動の基本周波数はあらかじめ回転数、気筒数で予測され、船舶特有の Surface Force による振動の基本周波数も、主機回転数、プロペラ翼枚数で予測される。今回の計測で主機および発電機直下のスペクトル分析によって、これらの基本周波数およびその高調波が確認された。この高調波群と航行中の船内騒音のスペクトル分析結果の比較検討の結果、以下の事が解った。

- ◎ 主機と離れた断面上では下層において、Surface Force や発電機による振動の高調波成分の方が主機振動による高調波成分より大きい場合がある。
- ◎ 既述の3種の高調波以外の周波数成分が騒音の要因となる場合もある。これはローカルに他の騒音要因が計測点付近に存在したのか、海上の波やプロペラキャビテーション等の基本的要因によるものかはさらに調査の必要がある。

停泊中の騒音要因は発電機が大部分であるが、今回の計測で、発電機直下の振動と上部構造での騒音をスペクトル分析した結果、明白に相関関係が得られ、固体伝播音の存在が確認された。

本報告では定性的な要因分析にとどめたが、今後各振動が主機および発電機を離れるに従い、どのように減衰あるいは増幅するか、船体構造との関係において定量的に分析する必要がある。

海洋汚染防止のための船内設備  
及び機器について

Equipments and Instruments on Board for  
Marine Oil Pollution Prevention

植田靖夫

昭和57年 5月～10月

機関長コース, '82, 5～10

1, 国際条約に基づく規制の動向

海洋汚染防止の現行法は1969年改訂国際条約を実施するためのものであるが, 73/78条約が間もなく発効の予定であり, 国内法もこれに切換えられるので, 十分な対応が必要である。新条約の内容は油に関するもののほか, ばら積み有害液体物質等5項目からなり, これらに関連して, 船内設備の新設が必要になる。わが国政府は具体的対応策を建てつつあるが, 未だ条約の批准には到っていない。

2, 油水分離器の規制

新条約により, 船用油水分離器の設置区分, 排出許容条件が大きく変ることになり, また型式承認のための試験方法が強化される。特に既存船に対する扱いが統一されている。条約批准はされていないが, 新条約に対応する施策が, すでに実施されつつある。

3, 油水分離器の現状

現在, 新条約に対応できる油水分離器が, すでに型式承認されているので, それらの機構, 特徴等について解説する。

4, 油水分離器の問題点

実船のビルジ処理に際して, 油以外の混入物が原因して, 性能が大幅に劣化することがあり, 実船計測の結果, 或は実験研究の成果からこれを実証して, 対応策を解説する。

5, 油分濃度計

条約の要求する油分濃度計の適用内容, 規制内容の解説とともに, 油分濃度計の技術的問題点を指摘する。

6, タンカーの油排出規制

条約の大きな内容を占める油タンカーの排出規制を解説するとともに, タンク洗浄機, 油水界面計, 油排出監視制御装置等の機器について, 技術問題を指摘する。

On Marine Stirling Engine  
Development in Japan

日本における船用スターリング機関の  
研究について

塚原茂司・一色尚次

昭和57年 8月

The 17th Intersociety Energy Conversion  
Engineering Conference

船用スターリング機関の研究が, 1976年から1980年まで, 運輸省の主導のもとに行われた。

1)大型船用スターリング機関の研究では, 単動2シリンダ, 147kW/720(360)rpm 実験機関が設計製作され, それを中心に研究が行われた。実験機関の性能は, 図示出力66kW, 正味出力44kW, 図示効率30%, 機械効率81%そして正味熱効率21% (それぞれ最大値)であった。ピストンリング, ロッドシールからのガス漏れや摩擦損失, 熱交換器内の流動損失そして熱伝導やふく射による熱損失等が予想以上に多く, 初期の目標値を得ることはできなかったが, 貴重なデータがいくつかが得られ, 今後のスターリング機関の研究に寄与する所が大きいと思われる。一方サイクルシミュレーションも実験結果と良い一致が得られた。

2)ピストンリングの摩擦力と漏れに関する研究が, ピストンリング試験機と逆T字型スターリング機関で行われた。ピストンリング試験機では, 三種類のピストンリングを使用し, 摩擦力と漏れを測定した。その結果, 摩擦力は1本のリングの高さに比例し, リング本数はリングの自己張力の項にのみ関係すること, ガス漏れはリングの突き合わせ部通路を少なくするか, リングの本数を多くすることにより減少することが解った。上記三種類のピストンリングのうち二種類を逆T字型スターリング機関に装着して出力に与える影響を調べた。実験結果から摩擦力と漏れの減少が機関出力に大きな改善を与えていることを確認した。

3)内燃式スターリング機関は, 通常の内燃機関より熱効率が高くなることを期待して設計, 製作された。本機関ではディスプレイサピスト内の再生器の材質構造が機関の円滑運転に大きな影響を与えている。現在出力は約1.5kW, 燃料消費量は小型2サイクルガソリン機関並みであるが, 将来はもっと改良されるものと思われる。

小型ディーゼル機関による低質重油の  
燃焼実験について

On the Burning Test of Low Grade Fuels  
by the Small Diesel Engine

塩出敬二郎・辻 歌男

昭和57年 8月

日本船用機関学会誌 17巻 8号

近年船用燃料の高粘度化，低質化は進んでおり，このためと思われる機関の障害例が多く報告されるようになってきた。一方，燃料油の価格が上昇したため従来はA重油を使用していた中型機関でもC重油を使用するものが多くなっている。このような燃料事情に対処するために，低質重油の利用技術の研究を始めた。まず，低質重油の燃焼性能を調べるために現在世界の各地で入手できる燃料油（C重油）について燃料性状の分析および小型ディーゼル機関による燃焼実験を行った。また低質重油の燃焼と比較するためにA重油およびA/Cブレンド油についても燃焼実験を行い，これら燃料油の燃焼性能についてのデータを得た。外国の港で日本の船舶が補油した油（バンカーC）の性状についてみると比重では0.962～0.996（15/4°C），粘度では1300～3300秒RW.No.1/50°C，残留炭素分8.16～18.0%と大きなバラツキがある。低質重油の燃焼性能についてみると，A重油の燃焼に比較して着火遅れが大きくなるために，着火と同時に爆発的燃焼をする。そのために最高圧力上昇率，最高熱発生率等はA重油のそれよりも大きな値を示す。そして，燃焼初期の爆発的燃焼に続く定常燃焼期間が短くなる傾向を示している。低質重油利用方法の1つとして利用されているA/Cブレンド油の燃焼では，A重油の混合割合が大きくなると燃焼性能は良くなるが，A重油の混合割合が25%程度以上であれば，A重油の燃焼性能とはほとんど同じような値を示す。これはA重油の混入により着火時期が早くなり，A重油が低質重油の燃焼を助けるためと思われる。低質重油の燃焼性能は，性状にも大きなバラツキがあるように，油によってかなり異なっており，利用する場合には性状，組成について充分注意することが必要である。

代替燃料について

Alternative Fuels

山岸 進

昭和57年 9月

日本船用機関学会誌 17巻 9号

第4次中東戦争以来明確となった産油国，巨大石油資本，大消費国のいわゆる三極関係により石油価格は複雑に推移するであろうが，長期的に見て，石油高価格は解消する様子はなく，安定供給も困難と予想されるため消費国は代替エネルギー確保に懸命である。

本文はこの様な状況下で，燃料コストに最も敏感な反応を示すものの一つである船用機関に使用されようとしている二次エネルギー（エネルギーキャリア）とその資源について概説したものである。

日本のエネルギー需給計画（1982.4）では1990年に石油依存度を49.1%に落とそうとしているが，このためには省エネ率を15.5%とし石炭，原子力等の代替エネルギーに大きな期待を寄せている。

エネルギー節約のためには，有効率の高い利用方法の開発と資源の有限さを認識してエネルギー消費自体を抑制することが必要となろう。

代替エネルギー資源としては化石燃料，バイオマス，原子力，太陽エネルギーといった様々なエネルギー形態についてその量と利用方法が検討されている。

その中でも石炭，オイルシェール，オイルサンド等の化石燃料は液体燃料又はスラリーといった二次形態に近い将来船用燃料として供給されるであろう。他のエネルギーはアルコール，水素といった二次エネルギーの形態に変換され，総合的な工業製品として供給されるであろう。

船用機関で最もエネルギー利用率の高いものは，現在のところディーゼル機関であるが，代替燃料のうちディーゼル機関で利用できるものも多くあり，テストがされている。それらに不適なものには再び連続燃焼が取り入れられて燃料及び利用形態は多様性を増すことになるだろう。

ケミカルタンカーの荷揚げ後の  
船内貨物残量について

The Cargo Residues on Board for Unloaded  
Chemical Tanker

植田靖夫・山口勝治・山之内 博

昭和57年10月28日

日本船用機関学会第32回講演会

海洋汚染防止国際条約の規制の一環として、有害液体物質を輸送するケミカルタンカーからの貨物或はこれの水混合液の排出が規制される。これは航跡中の拡散濃度規制となるので、排出液の濃度、すなわち船内に残留する貨物液の量が確認される必要が生じた。そこで、船内残液量の中で最も大きな量になるところの、カーゴポンプ配管系の残液量について、模型配管装置を使用した実験研究により、その傾向を把握した。

実験装置としては実船に多く使用される歯車ポンプを中心にして、吸引側配管及び吐出側配管とし、管の長さ、高さ、管系等を変えたシリーズ試験を実施した。また供試液体の粘度を変えるために、水、エチレングリコール及び両者の等量混合液を準備して、粘度による影響を調べた。実験はいずれも管系内の残液量を実測することによって比較検討した。

試験の結果、ケミカルタンカーが容積型の歯車ポンプをカーゴポンプとする場合は、配管内残液量に関して以下のような傾向のあることが確認された。

1)ポンプ吸引側水平管部はストレーナーの約1/3容量のほか、全く空になることが確認された。またタンク底から吸上げる垂直管部に、若干の液が残るが、ポンプ容量に対して管径を十分に細くする場合には、垂直管部も全く空になることがわかった。

2)ポンプ吐出側管内残液量は、垂直管の高さ、水平管長さ、水平管の傾斜(船のトリム)によって変るが、実験装置の諸元を実船の約1/3模型として設定すると、水の場合は吐出側配管容積の約55%が、また動粘度20前後のエチレングリコールでは約40%が残留することがわかった。

多くの試験データを得たが、この現象は多くの関連要因を持った、複雑な過渡現象であるため、一般的な解を得るには至らなかった。しかしこの成果はIMOに報告され、条約実施細則の作成に寄与した。

模型実験による衝突船の挙動と荷重

Dynamics of Collision Ships by Model Test

小黒英男・翁長一彦

昭和57年5月

日本航海学会論文集第67号

大型タンカー等による災害発生時の物的・人的損失を最小とす目的で、災害過程の時系列研究の第1段階として、衝突時の船の挙動と衝突荷重に関しての一連の研究を実施した。実験は2隻の模型船と荷重計を取り付けた箱船を用いて行い、各船の位置の追跡は、当部救命器具落下試験水槽の塔上約20mに設けたビジコンカメラ装置で行った。実験条件として、両船の衝突角度を90°、60°、30°とし、種々の速度で被衝突船の中央、船首寄りおよび船尾寄りに衝突させた。

衝突実験結果の解析により次の結論が得られた。

衝突船の衝突位置が中央付近のときは、被衝突船は平行移動するのみであるが、中央以外のときは先ず回転運動を行い、数秒後平行移動に変わる。この際の移動速度および回転角速度は衝突後数秒間に対しては衝突理論の各式に実験係数を1.0とし、約5秒後からの運動に対しては実験係数の計算式を用いて計算すればよいことが確認された。

衝突時の衝撃荷重の最大値は、ほぼ衝突船に対するフルード数の1.5乗に比例したが、最大値を衝突船の質量で除した最大加速度の値は両船の質量比(衝突船/被衝突船)が大きい程小さな値となった。

衝突時生ずる力積は、両船の質量比が小さいと理論式とよく合うが、質量比が大きくなると或る一定値以上にならない。

運動量保存則を基とした各計算式は実験係数を適当にとることで十分実用に供し得る。

以上の結論は、次段階の船体に対する破口の計算とか、破口からの油の流出拡散の計算等の入力データとして活用されよう。

**Problem in Temperature Estimation from  
Remotely Sensed Thermal IR Data**

熱赤外面像からの温度推定における問題

樋富和夫・藤村貞夫・豊田弘道

昭和57年8月

**Fourth Symposium on Remote Sensing for  
Environmental Sciences**

リモートセンシングによって得られる情報を利用して種々の解析を行う場合にデータのもつ誤差を見積っていないければデータの有用性を評価することができない。一般には地上で実測した温度とリモートセンシングで得た推定温度を対応づけるが必ずしも一致しない。その原因として、赤外線を吸収する大気中の水蒸気や観測対象物を加熱する太陽ならびに熱の吸収あるいは放出を促進させる風等が存在するためと考えられる。そこで、それらの各要因（風、日射、風と日射）を水面に作用させることにより推定温度（表層水温）と実測温度（水中温度）の誤差を見積るために室内実験を行った。以下に結果の要約を示す。

表層水温と水中温度の対応づけは回帰直線（相関係数0.99以上）で表わすことができる。

日射の影響を考慮すれば水深が100 mm以上の水中温度と対応づけることが誤差を少なくする。

水面に風及び日射を作用させた場合の回帰直線の勾配は1より小さくなり、風速ならびに日射強度を強くすれば勾配は緩くなっていく。

また、風速を強くすれば回帰直線は下がる（回帰直線と勾配1との交点が下がる）が、日射の強度を強くすれば逆に上昇する。

日射の影響は、風の場合よりも回帰直線の勾配が小さくなることにより、その誤差が大きくなる。

風速を定量的に扱うことにより回帰直線の勾配ならびに勾配1との交点温度（表層水温と水中温度が等しい）と気温の比に飽和する状態（ $2\text{ m/s}$ 以上の風速）が見られる。

**原子炉照射室—迷路の中性子ストリーミングの  
最初のモンテカルロ解析**

**Primary Monte Carlo Calculations of Neutron  
Streaming through the Irradiation-Room  
and the Labyrinth**

植木紘太郎・播磨良子・相沢乙彦

昭和57年10月

日本原子力学会 昭和57年秋の分科会

放射線遮蔽解析の大きな課題の一つに、複雑な形状で、かつ大きな体形のダクトストリーミング問題がある。この例題として、武蔵工大トリガ炉の照射室と、それに続く迷路中で中性子線量率分布が測定された。

本報告は、この中性子ストリーミング実験をモンテカルロ法によって解析したものである。

武蔵工大のトリガ炉周辺の遮蔽構造は、複雑でかつ大きな体形をしている。本報告では、幾何学的形状はほとんど近似なしにモデル化を行って計算に乗せたが、炉心を含めすべての構造材は普通コンクリートでできているものとした。また、照射孔出口に置かれたビスマス層が、その先の照射室—迷路に入射する中性子の量を大きく左右する要因になると考えられたので、コンクリートに置き換えた場合と、ボイド（真空）にした場合の二通りについて、計算を実施した。モンテカルロ計算をより効率的に行えるように次のような技法を採用した。(1)高速中性子から熱中性子まで効率良く計算できるように、熱中性子群（第22群）の Russian roulette の重みを他の群より $\sim 5$ 倍大きく取った。(2)炉心で発生した粒子が有効に照射室に入射するように、線源バイアスを行った。(3)それぞれの衝突点で方向を定めた exponential transform を実施した。計算結果は以下のようなものであった。第1脚中（照射室）では、ビスマス層をボイドおよびコンクリートに置き換えた計算値は実験値を挟むようになっており、fsdも0.2~0.4程度である。第2脚になると、ビスマス層をボイドにした計算値が実験値に近づき、コンクリートにした場合は1桁程度小さい値になり、fsdも0.2~0.8とかなり悪い値もある。第3脚になるとfsdが0.5~0.95と悪く、計算値は評価に耐えない。本計算は、東大のHITAC M-200 Hで、2500~8000ヒストリー追跡し、15分以内であった。

信頼性解析プログラムの開発  
 共通原因故障および事故時の状態の取扱い  
 A Development of a Reliability Analysis  
 Program for the Common Cause Failure  
 and Accident Conditions

松岡 猛

昭和57年10月

日本原子力学会 昭和57年秋の分科会

系の信頼性解析においては、通常時における解析のみでは不十分であり、各種の事故状態における故障発生確率もあわせて求める事が必要となる。更に系の信頼性に影響する、共通原因故障の推定も重要な事柄となる。これらを目的とした、信頼性解析プログラムの開発を行った。

従来の解析においては、Failure Rateの値として、過去の運転実績等より統計的に得られた一定値を用い、通常時における系の故障確率を求めている。しかし、事故時の状態および共通原因の存在の影響を取り扱うためには、Basic Event発生確率がそれらにより増大すると考えなくてはならない。そこで、今回 Failure Rateが、故障原因、故障原因の作用時間あるいは回数、故障原因の程度、の関数としてあらわされるモデルを考え、事故時の状態および、共通原因故障を取り扱った。

故障原因としては、20種類を考え、故障原因の程度は、5段階表示とした。プログラム中、DATA部にはFailure Rateの値が与えてある。EVENT部において、解析対象の系についての情報を処理し、Fault Treeを構成するBasic Eventを定める。FAILU部においては、通常の意味でのFailure Rateを求める。COND部においては、事故時の系の状態を指定する。例えば、火災の場合は（原因＝温度、程度＝5、発生場所＝機関室）の様指定する。CAL部において、COND部において与えられた条件下における系の故障発生確率が得られる。AUTO部においては、（故障原因、発生場所）の組み合わせを最小単位とし、これらの任意の組み合わせで指定される条件下の系の故障確率を求め、一定基準値以上を出力する。これにより共通原因故障の探索が実行できる。

このプログラムにより、各種状態下に置かれた系の故障発生確率が容易に得られる事がわかった。また、共通原因故障の探索にも有効であり、更に、操作、保守、点検、設置等の原因による信頼性への影響も容易に考慮できる。

原子力船の非常用崩壊熱除去系の信頼性解析  
 「むつ」と「サバンナ」との比較

A Reliability Analysis of the Emergency  
 Decay Heat Removal System of a Nuclear  
 Ship; Comparison between Mutsu  
 and Savannah

小林道幸・松岡 猛

昭和57年10月

日本原子力学会 昭和57年秋の分科会

原子力船の船体事故時の状態が、非常用崩壊熱除去系の信頼性へ及ぼす影響を、「むつ」と「サバンナ」について調べ、比較、検討を行った。「むつ」の非常用崩壊熱除去系においては、崩壊熱は、二基の蒸気発生器を用いて除去され、片ループのみでも、十分な冷却能力が保持できる。非常時の二次側冷却水は船内に設置された非常用水タンクより供給され、熱交換の後、蒸気となり船外へ放出される。また万一、一次系の循環ポンプが、停止した場合も自然循環により、崩壊熱の除去は、可能である。解析方法は、FMEA、Fault Treeの手法を用いた。

解析の結果、通常時における系の故障確率は両船ほぼ同一であるが、「むつ」の方が除熱系統が、二系列であるためやや高い信頼性を示している。

一方、事故時の状態の影響は両船の間で異なっている。「サバンナ」号における非常用崩壊熱除去系は、大部分、格納容器内にある。「むつ」においては、格納容器、原子炉室、補機室の三ヶ所に分散配置されている。この分散配置の効果により、爆発、火災の場合の系の故障確率は「むつ」の方が小さくなっている。

更に「崩壊熱の除去」に着目すると、事故発生確率の高い機関関係機器が、「むつ」の場合、機関室、補機室に分散されているため、これら二ヶ所で同時に事故が発生しない限り崩壊熱除去に支障は生ぜず、信頼性は、「サバンナ」に比較して高くなる。

各種船体事故を想定した信頼性解析の結果、「むつ」の非常用崩壊熱除去系は、「サバンナ」より全般的に高い信頼性を持っている事がわかった。また一般に、系の信頼性解析を行う場合には、通常時における解析のみでは十分とは言えず、各種の状態下における解析もあわせて行い、総合的に判断する事が望ましい。

プール水中での蒸気凝縮に伴う  
圧力および流体の振動

—チャグギング現象の特徴と発生限界について—

Pressure and Fluid Oscillations due to  
Steam Condensation in Pool Water

—Characteristics and Occurrence

Threshold of Chugging —

綾 威雄・成合英樹

昭和57年10月

日本原子力学会 昭和57年秋の分科会

圧力抑制型格納容器において、冷却材喪失事故時にプール水中で蒸気が凝縮する際発生する振動現象の内、プール水のベント管内への逆流を伴う Chugging 現象は、しばしば高いピーク圧を伴うため特に関心が持たれてきた。この Chugging 発生限界については実験的に研究されてきたが、その限界についての考察或いは理論的研究は、球状蒸気泡の不安定限界から求めた水温の上限に関するもの以外はない。本報では、模擬実験の圧力・温度および高速度写真による観察を基に、Chugging 現象の特徴および特にその限界についての考察を行った。

Chugging 現象はヘッダー容積に依存して周期がランダムになったり規則的になったりする。ベント管内へ大きくプール水が逆流する Large Chugging では周期が規則的になる体系条件があり、また Small Chugging は一般にランダム性が強い。

プール水のサブクーリングが60k以上では、Chugging 限界は低周波界面変動 (Small Chugging) の発生限界と一致する。これは、凝縮速度が大きいため低周波発生限界の蒸気流量でも界面が常にベント管出口近くにあるためである。サブクーリングが低下するとベント管外での気泡の膨脹収縮が行われる範囲がふえ、界面が、ベント管内にまで戻る蒸気流量は減少する。これらを考えると、Chugging 限界は、蒸気流量がほぼベント管断面積に相当する界面の凝縮能力より小さい時に生ずると言える。さらにサブクーリングが減少し高周波振動が発生しなくなると、界面の熱伝達率が小さくなるため気泡が急激に拡大し、蒸気流量のいかによらず Chugging は生じなくなる。以上により、プール水のサブクーリングと蒸気質量流束 ( $\text{kg}/\text{m}^2 \text{ S}$ ) で表わした Chugging 限界は装置の寸法には余り依存しない。本研究で得られた限界をこれまでに発表された Chugging 限界と上述の座標と比較したところ、いずれもほぼ同一の領域で発生することが判明した。

パラメトリック送波を用いた  
パルス圧縮信号処理方式について

One the Signal Processing an Pulse  
Compression Using Parametric  
Acoustic Array

有村信夫・山田一成

昭和57年10月

日本音響学会 昭和57年度秋季研究発表会

前回、線形 FM 波の Matched-filter によるパルス圧縮処理法を用いて、水中音響実験を行い、信号の処理利得が改善されることを認めた。

今回は、この方式を水中音響計測で用いる為に、周波数偏移による指向幅変化の問題と、送受波器の狭通帯域の問題を考慮して、新たに、パルス圧縮方式の低周波 LFM 波音源にパラメトリック送波を用いる方式で検討を行った。

この方式は、二周波の一次波を大振幅で送波し、音場媒質の非線形性により形成される二次波の差音をパルス圧縮するものである。

水槽実験では、200 kHz と、 $205.5 \pm 4 \text{ kHz}$  の二周波を電氣的に加算した後、単一の振動子で送波する複合型励振法を用い、二次波差音は、周波数偏移 8 kHz ( $1.5 \sim 9.5 \text{ kHz}$ )、パルス幅 12.5 ms の LFM 波パルスとする条件で、圧縮比 100 の能動素子型パルス圧縮用 Matched-filter を用い、伝播距離 50 m 内の相互作用領域で、音圧レベルの距離特性、指向幅距離特性、周波数低減比特性、変換効率等について検討を行った。

この測定結果から、直径 13 cm の 200 kHz 帯送波器を用いた場合でも、二次波差音の -3dB 指向幅は  $5.5^\circ$  の鋭いビームとなり、低周波広帯域 LFM 波音源として、指向特性、及び、送波帯域の点で有利であることがわかった。また、この方式は、パラメトリック・アレーだけを用いた場合に比べて、処理利得の分だけ、低変換効率の改善がなされることを認めた。

## 重水蒸気の回転分散について

Dispersion of Ultrasonic Velocity  
in Heavy Water Vapor

山田一成・有村信夫

昭和57年10月

日本音響学会 昭和57年度秋季研究発表会

重水蒸気では分子の振動比熱と回転比熱に関する緩和現象が互いに分離しているものとして、超音波の吸収特性から、これら比熱に対する緩和時間を得てきた。しかし、音速測定では、重水蒸気の分散が 100 MHz/atm (緩和周波数) 付近から現れ、この分散は振動比熱による分散量よりも大きく、他に回転か或いは並進分散を含むことが示された。

本発表は、この分散に含まれている回転分散について検討したものである。すなわち、今回の測定は前回より高周波領域の 250 ~ 1350 MHz/atm 帯で行い、50°C における重水蒸気の分散特性を得た。なおこの測定精度の確認はアルゴンガスの並進分散特性で行っている。重水蒸気の分散特性の解析では、並進と回転の比熱を用い、並進分散量を算出し、この値と実測値から回転分散量を得た。その結果、回転比熱に関する緩和時間は  $7 \times 10^{-10} \text{ sec} \cdot \text{atm} \pm 23\%$  となり、この値は吸収特性から得た回転緩和時間と近い値であるが 2 ~ 3 倍と大きく、回転分散特性上の変曲点が 2500 ~ 3000 MHz/atm にあることが推定された。したがって、振動分散が 100 MHz/atm 付近からはじまる点を考慮すれば振動分散領域と回転分散領域は互いに重なっていることが今回確認された。なお、振動分散については吸収特性の測定結果から 500 MHz/atm 以上の領域で殆ど終了したものとして取扱っている。

 $^{16}\text{N}$  からの高エネルギーガンマ線  
透過実験と解析Measurement and Calculation on  
the Penetration of High Energy  
Gamma-Rays from  $^{16}\text{N}$ 

三浦俊正・竹内 清・布施卓嘉

昭和57年 4 月

昭和57年 日本原子力学会年会要旨集

原子炉冷却水が炉心を通過する際  $^{16}\text{O} (n, p) ^{16}\text{N}$  反応により生成される誘導放射能  $^{16}\text{N}$  は主として 6.13 MeV の高エネルギーガンマ線を放出し、これが遮蔽設計上重要な線源となる。高エネルギーガンマ線の透過実験としてはこれまで G.B. Bishop ら及び W.R. Johnson らの一次元体系におけるものが報告されているが、ここではより実的な体系である二次元体系における  $^{16}\text{N}$  からのガンマ線透過実験を行った。 $^{16}\text{N}$  線源は JRR-4 炉の一次冷却系配管より冷却水を取り出し JRR-4 炉室一階に導いて作成した。装置は  $^{16}\text{N}$  線源、配管、配管遮蔽体、ポンプ、流量計、流量調整弁等の弁類及び遮蔽試験体から成る。配管遮蔽体は鋼及び鉛から成りバックグラウンドを低減させるのに十分な厚さを取った。冷却水の流量は 5 ~ 3.5 l/min で可変である。線源強度は原子炉出力に比例する。測定器は透過スペクトルを測定する目的で  $3'' \phi \times 3'' \text{ NaI}$  検出器を使用した。測定器はバックグラウンドを低減させるため鉛の遮蔽体の中に納めた。得られた波高分布からスペクトルを求めるには精度の良いレスポンス・マトリックスが必要である。レスポンス・マトリックスは実験的に決定するのが理想的であるが本実験のデータ解析に必要な約 8 MeV までのマトリックスを実験的に求めるのは容易ではない。ここではこれまで報告されているレスポンス及びいくつかのエネルギー点で測定したレスポンスを比較検討することにより決定した。遮蔽試験体としては鉛及び鉄を選んだ。試験体の形状は円筒形でその厚さは鉛の場合 5 及び 10 cm、鉄の場合 10 及び 20 cm である。得られた波高分布は FERDO コードで unfolding した。計算は PALLAS 一次元、二次元コードを用いて鉛 5 cm の場合について行った。