

## 所外発表論文等概要

### 〈推進性能部〉

#### On the Time Dependent Potential and Its Application to Wave Problems

時間依存ポテンシャルおよびその  
水波問題への応用

足達 宏之, 大松 重雄

昭和55年10月

13th Symposium on Naval Hydrodynamics

水面上に置かれた2次元物体が、時間  $t=0$  から任意に運動する場合、その流場を計算する方程式は、2次元物体の運動のみならず、3次元物体の波動問題を近似的に扱う場合の基礎方程式となっていることが、最近明らかにされた。しかしながら、この基礎方程式には理論的および数値計算の上に困難さがあり、これまで実際の問題に対して具体的に計算された例は多くない。

本論文では、基礎となる2次元物体の任意運動の理論について、幾つかの問題点を明らかにし、その解決方法を提示した。これにより基礎方程式を応用し、3次元の波浪中の船体動揺問題、また低速理論による船

の造波抵抗問題を細長船理論で扱うことが可能であることを示した。

2次元物体が時間的に任意に運動する問題は、それ自体で重要な応用を持っている。例えば、 $t=0$  で初期変位を与えられた物体の運動、あるいは、パルス状の波が水面にある物体に当たりの物体の受ける力の問題等に直接応用され得る。

さらに、上の問題は、船が波の中を一定速度で進行する場合の運動の解析に応用される。細長船理論により、3次元運動は2次元的に扱うことが可能となる。3次元理論で前進速度を考慮した計算を行うことは、大型の計算機を利用できても容易ではなく、また従来のStrip法による解析では、前進速度が大きくなるとき適当でなくなることが知られている。本論文で述べた理論は両者の中間的な方法として発展する可能性がある。

3次元造波抵抗理論の場合においても、先に述べた基礎方程式は応用を持ち、船の動揺問題の場合と同じく、中間的な方法として考えることができる。

本論文では、以上の応用の基礎を解析的に明らかにし、さらに、2次元物体の任意運動問題については、計算と実験の比較を行い、基礎方程式の有効性を示した。

**An Investigation of the Effects of Blade  
Profile on Cavitation Erosion of  
Marine Propellers**

プロペラ翼断面形状のキャビテーション・  
エロージョンに及ぼす影響

右近 良孝, 武井 幸雄  
昭和56年3月

西部造船会々報 第61号

船用プロペラ・キャビテーションによって生じるエロージョン防止のための設計指針を得ることは、キャビテーションの研究において最も重要な研究課題の一つである。本論文では、このためエロージョンの強さを定量的に知るためのエロージョン試験法の開発と、プロペラ翼断面形状のエロージョンに及ぼす影響が調べられている。

エロージョン試験法としては、従来から広く用いられている。キャビテーションによるペイントの剝れる量を調べる方法、船研において開発された、感圧フィルム（プレスケール）を用いてキャビティの崩壊圧を計測する方法、本論文において初めて試みられた純アルミ板（厚さ0.1mm）をプロペラ翼面上に貼り付け、エロージョンを実際に発生させる方法が用いられた。それらの間には、良い相関性があることが得られた。

プロペラ翼断面形状とエロージョンの強さを調べた論文は今までにない。各翼の断面形状が異なる特殊プロペラ2ヶに対して、各種のエロージョン試験を行った。この時、伴流分布、空気含有率を変えて、それらの影響も同時に調べた。この結果、エロージョンの最も少ないプロペラ翼断面形状は、伴流分布によって大幅に変わる場合がある反面、無難な結果を与える断面形状があることも分った。

本論文の研究により、エロージョン発生を最少にするための理論計算法を開発するための、有益かつ貴重なデータが得られている。

**3 翼可変ピッチプロペラの諸特性**

On the Characteristics of the Three Bladed  
Controllable Pitch Propellers

門井 弘行, 岡本三千朗  
板沢 順, 深沢 正樹  
昭和56年8月

西部造船会々報 第62号

最近、漁船等に可変ピッチプロペラが使用される例が多く、普通型の3翼可変ピッチプロペラの設計資料が利用されている。ところが、近年、漁船の高馬力化に伴い、船尾振動の増大が問題となっている。プロペラによって誘起される船尾振動を軽減させる方策の一つとしてスキューの大きなプロペラを採用する方法がある。今回、普通型とスキューの大きなプロペラのプロペラ特性、キャビテーション性能およびプロペラによって船尾船体表面に誘起される変動水圧力を実験的に比較し、スキューの大きな3翼可変ピッチプロペラの設計資料を作成するための問題点を検討した。

使用したプロペラは、翼数=3、ボス比=0.3、基準ピッチ比=0.4、展開面積比=0.5の普通型プロペラ2個（翼断面形状がSRI・B型とMAU型のもの）と、スキュー角が40°でSRI・B型翼断面形状のもの1個である。プロペラ単独試験結果によると、スキューの大きなプロペラでは、変筋角を大きくすると有効ピッチは普通型プロペラより小さくなる。また、プロペラ効率は普通型プロペラの場合より若干低くなる。

キャビテーション性能は、普通型プロペラとスキューの大きいプロペラの場合とで、ほとんど変わらない。

変筋角+5°の場合について、プロペラによって船尾船体表面上に誘起される変動圧力の計測を行った。

変動水圧の振幅は、キャビテーションの発生していない場合にはスキューの大、小による差はほとんど無いが、キャビテーションの発生している状態では、スキューの大きい場合に、普通型プロペラの場合よりかなり小さくなり、船尾振動の軽減にたいするスキューの効果がはっきりと認められる。

## プロペラ後流におかれた舵に働く力について

On the Forces Acting on Rudder in  
Propeller Ship Stream

森山 文雄, 山崎 隆介

昭和 56 年 8 月

西部造船会々報 第 62 号

船尾に取付けられる舵は船の操縦性の上から重要な船型要素であるが、これがプロペラの極く近傍のプロペラ後流場におかれるために推進性能にも大きな影響を与える。この問題は流体力学的にプロペラと舵の相互干渉問題として定式化され、プロペラと舵に作用する干渉流体力（プロペラスラスト・トルク・舵抗力）については理論的な考察がなされてきている。著者らは舵を不均一なプロペラ後流場におかれた厚い翼として取扱うことによって干渉流体力及び近傍流場を推定する手法の開発及び実験による検証を行ってきたが、舵表面の圧力場及び粘性の効果については問題を残していた。

本論文では、プロペラ後流といった非ポテンシャル流場におかれている舵の表面圧力場を、粘性圧力損失を考慮したベルヌーイの定理の拡張によって定式化し、船研大型キャビテーション水槽を用いて実施した舵表面圧力計測と比較検討した。また得られた圧力分布と境界層理論に基づいてプロペラと干渉している舵に働く抗力を各成分別に推定した。本論文の手法を応用すれば粘性影響も含めた形でプロペラと舵による推進系の最適設計に貢献できるものと考えられる。

## 標準氷質試験法について

On Standardisation of Testing Methods for  
Ice Properties Proposed by IAHR, 1980

北川 弘光

昭和 56 年 10 月

日本造船学会誌 第 628 号

氷に関係する様々な分野で、氷の強度や摩擦係数などの測定は、常に基本的な試験として行われ、河川氷や海水について数多くの氷質試験結果が報告されている。しかし、その試験方法は千差万別であり、測定結果にもかなりの相違が見られる。これには、氷そのものの複雑な性状もさることながら、試験方法の差違、氷質試験実施上の物理的、経済的な制約、実験者の不慣れ、不注意などがあざかっているものと思われる。

国際水理学会 (IAHR) では、早くから氷質試験の標準化の必要性を痛感し、氷工学委員会の中に作業部会を設け、1972 年以来この問題を検討してきた。今回委員会がとりまとめた標準氷質試験法は、氷工学の現状から見ると、むしろ暫定案に過ぎないとも言えようが、実験者がこの試験法に則して氷質試験を行う限りほぼ妥当な試験結果が期待でき、かつ又測定結果相互の比較利用が少くとも容易にはなる。

国際試験水槽会議 (ITTC) においても氷海船舶や氷海用海洋構造物に関する技術課題を取扱う委員会が発足し、氷質試験についても IAHR 同様の討議を重ねたが、当面 IAHR 勧告の標準氷質試験法を準用することとしている。

本報告は、IAHR 勧告の標準氷質試験法の概要を紹介したものである。供試氷の採取、保存法、結晶構造の観察法、氷質試験装置、治具工具、一軸圧縮試験法、一軸引張試験法、曲げ試験、摩擦係数測定法などである。

## On Methods of the Separation of Resistance Components of Thin Ships

薄い船の抵抗成分の分離法について

足達 宏之, 日夏 宗彦

昭和 56 年 12 月

関西造船学会誌 第 183 号

水槽試験において、船の抵抗を粘性に起因するものと、造波によるものとの 2 つの成分に分離することが、約 100 年程前に Froude により創案された。以来 Froude の分離法は水槽試験の基礎として使用されている。しかし、近年船の抵抗をより詳細に調べる必要が、より性能の高い船型を求めるために、高まっており、造波抵抗成分の研究による船首バルブの発明等が抵抗分離による造波抵抗の詳細な研究により成功を収めたことより、抵抗分離の物理的および理論計算の新しい手法が多く提案されるようになった。

本論文の研究は、抵抗分離の手法を理論的に検討し、実験によりその妥当性を調べたものである。また、船の抵抗が境界層理論と造波抵抗理論で与えられると仮定し、計算による抵抗分離法を試みた。

抵抗成分の分離の実験は、波形解析、船尾後方で運動量の計測、船体表面圧力計測および通常の抵抗試験により構成した。計算は、船が薄い場合に良い近似を与える Guilloton 法による造波抵抗理論と、境界層外部流場に波動の影響を考慮した 3 次元乱流境界層理論により行った。

また、理論の基礎としている船の姿勢と実際の船の航走姿勢との違いについて論じられている。

これまで提案されている抵抗分離の実験法および計算法を利用し、船尾剝離、船首碎波現象の生じない薄い、平底のない船について抵抗分離を行い、分離された抵抗間の量的関係、計算により求められた抵抗と実験値との比較等を論じた。

## 〈運動性能部〉

### 小型船のプローチングについて

On Broaching-to of Small Boats

菅井 和夫

昭和 56 年 9 月

FRP 漁船

追波中を航走している船が、舵を逆方向に一杯きっているにもかかわらず、針路を大きく曲げられ、波の進行方向に対して直角な方向にそれて行ってしまふ。このような現象をブローチングと称し、操船不能という点からばかりでなく、同時に起る大きな船体横傾斜や海水打込みの危険性という点からも、船の安全上ゆるがせにできない問題である。とくに、最近の小型船にあっては高速化の傾向著しく、この現象がしばしば見られるようになってきている。このため、日本小型船舶検査機構では小型船のブローチングに関する調査研究委員会を設け、3ケ年に亘って研究活動を行って来たが、最近その最終報告書がまとめられるに至った。本稿は、FRP 漁船研究会の依頼により、その要旨について解説したもので、表 3、図 7 を含み刷上り 6~8 頁程度を予定している。その内容は、まずブローチングがいかなる現象であるかを自由航走模型試験や実船試験の計測データを基に説明している。ついで、ブローチングがどんな条件の下で発生するかパラメトリックな実験を行った結果について言及し、波長が船長の 2 倍程度の波を斜め後方から受け、波とほぼ同じ速度で走っている時最もブローチングを起し易い事を強調している。ブローチング発生メカニズムについては諸説ある中で、拘束模型試験やシミュレーション計算の結果から波浪外力説が最も有力であるとしている。ブローチング対策としては、まず、ブローチングを起さないような舵や船型設計のポイントになる事柄について述べ、さらには追波中でブローチングを回避するにはどのような操船法をとるべきかについて言及している。

## 制限水域における船の操縦性

Ship Maneuvering in Restricted Waters

野中 晃二, 貴島 勝郎

昭和 56 年 12 月

日本造船学会第 3 回操縦性シンポジウム

港湾内, 運河海峡などの浅水域や狭水路, いわゆる制限水域においては, 船の操縦性能は, 通常問題としている深水無限水域における性能と異なって来る事は良く知られている。船舶の輻輳する海域は, このような制限水域である事が多く, また, 最近の船型の巨大化に伴い, これまで問題にならなかったような海域においても, 巨大船であるがために制限水域としての影響を受ける場合が出て来た。制限水域においては, 非制限水域に比べて衝突や座礁等の危険性が高くなるため, 危険物積載船や巨大船の増加ともあいまって, 海上交通安全の面から, 制限水域における操縦性の重要性が認識されるようになって来た。

船が, 浅水域や狭水路などの制限水域を航行する場合, 非制限水域に比べて異なる点としては,

- (1) 船体の見掛質量と見掛慣性性能率が増加する。
- (2) 船体の沈下量が増加し, トリムも変化する。
- (3) 船体に働く横力及びモーメントが変化する。

などがある。本論文では, 以上の諸問題に関して現在までに得られた成果をもとに, 船の操縦性能に及ぼす制限水域の影響についての概要をのべる。まず, 制限水域下における船体に作用する流体力の演算方法及びその特性について, 次いで, 浅水域での船の針路安定性, 停止性能, 船体相互間の干渉, おわりに, 狭水路中における操縦性の諸問題について述べる。

## 操縦運動の数学モデルの基礎

The Basis of the Mathematical Model of  
Manoeuvring Motion of Ships

小川 陽弘, 浜本 剛実

昭和 56 年 12 月

日本造船学会第 3 回操縦性シンポジウム

船の操縦性能の解析は, 操縦運動を表す運動方程式を基にして行われるが, いわゆる“応答モデル”は別として, これを流体力学的に扱うには船体に働く流体力を知る必要がある。この力を求める手段として, PMM, RA, CMT 等の拘束模型試験が多く用いられ, 理論的方法と併せて広く利用されている。

ここで先ず問題になるのは, これらの流体力の表現法である。一般に流体力は船の運動状態を表す諸量  $u, v, r$  と制御量  $\delta, n$ , 及びそれらの変動分の関数として表されるが, 運動方程式を解析的に扱うには非線形項を無視できない場合が多く, 特に Prediction や Simulation を行う場合には不可欠である。拘束試験がごく一部でしか行われていなかった初期には, 流体力を諸変数の多項式として表す方法が用いられていた。この方法は, その試験状態の範囲内に於けるその船の特性を表すのに最も近似度を高くすることが出来るという点で, 極めて実際的であると言える。

しかしながら, これら拘束試験が次第に一般化して各所で行われるようになると, データの相互利用の不便さや, 係数の物理的意味のあいまいさ等の多くの欠点が目立って来た。この様な欠点をできるだけ少なくし, 実験法や実験状態等によって変わらず, また理論的な結果とも比較対照できるような, 統一的かつ合理的な数学モデルによって, 船に働く流体力を表現しようとして, MMG モデルが作られ, 実用化された。

本文では, 操縦運動方程式の基礎と理論的展開, 及び MMG モデルの考え方について述べている。

### 外力下の操縦運動

Manoeuvrability of Ships in Wind,  
Current and Waves

不破 健, 藤野 正隆  
昭和 56 年 12 月

日本造船学会第 3 回操縦性シンポジウム

最近の船舶は、用途や就航路に応じて船型も多様化しており、操船者や設計者にとって、その操縦特性を十分に推定し把握することが重要になっている。特にコンテナ船や Ro/Ro 船などのように、上部構造が大きく、重心の高い船が一般化する傾向にあっては、風などの外力の影響、横揺れと操縦運動との連成問題など従来あまり中心的でなかった課題についても十分に研究しておくことが大切である。本論文は、まず、外力下での操縦運動を記述する運動方程式の一般的な取扱いを検討し、次いで、風、潮流、波浪による影響を実際的な場合に調査し、それらの特徴を明らかにしている。前者は、波浪中の操縦運動を念頭におき、いわゆる流体力係数の周波数依存の問題、耐航性研究との対応を考える場合の座標系の問題、流体力や外力を表わす運動方程式の形式およびその意味づけについて述べたもので、耐航性研究との境界領域として将来の研究発展を展望するものである。後者の実用的な問題は、主として第 2 回操縦性シンポジウム以降に行われた研究の実例により、この分野の研究の現状と問題点を述べたものである。今後、ますます船型の多様化がすすみ、操縦性能に対する仕様が具体化することが予想されるので、これらに対応する研究の方向についても十分検討する必要がある。

### 〈船体構造部〉

フェロセメント板の静的曲げ強度

Flexural Strength of Ferrocement

小林 佑規, 井上 肇, 長 沢 準  
昭和 56 年 11 月

日本造船学会秋季講演会

日本造船学会論文集 第 150 号

本報告は、フェロセメントの基本的な 3 種類の構造形式について、補強材の含有量を系統的に変えて静的曲げ試験を行ったものである。フェロセメントは、一般に均質な複合体として扱われることが多いが、ここでの強度計算は、フェロセメントをモルタルと補強材が合体した合成梁に置き換えて行った。また、フェロセメントの曲げ強度、弾性係数、ひびわれ間隔について、補強材含有率及び比付着係数の影響に注目して検討を行い、合わせて DnV 規則に示されたフェロセメント船の基準についても若干の検討を行った。

主な結論は次のとおりである。

(1) フェロセメントの曲げ強度は、モルタルと補強材が合体した合成梁に置き換え、モルタル及び補強材の強度から計算することができる。(2) ひびわれモーメントについては、フェロセメントを均質な複合体として計算することもできる。さらに、ひびわれ及び最大曲げモーメントは、全比付着係数が  $2 \text{ cm}^2/\text{cm}^3$  以上であれば梁の深さのみによってきまる。(3) ひびわれ幅が  $0.02 \sim 0.025 \text{ mm}$  の肉眼で識別できる状態に達したときの可視ひびわれモーメントは、モルタルの最大引張応力を用いて計算した値の約 1.5 倍である。(4) 最適な全比付着係数は  $2 \sim 3.2 \text{ cm}^2/\text{cm}^3$  である。これは、ひびわれモーメント  $M_{cr}$  及び引張側の補強材が降伏する曲げモーメント  $M_y$  と最大曲げモーメント  $M_u$  との比  $M_{cr}/M_u$ ,  $M_y/M_u$  からきめることができる。(5) 初期曲げ弾性係数は織金網を補強材にしたとき、モルタルの曲げ弾性係数より若干高い程度である。Cracked Range の曲げ弾性係数はモルタルのそのほほ  $1/2$  である。これらの弾性係数から曲げモーメントたわみ曲線の定性的な性質が把握できる。(6) 網目間隔  $10 \text{ mm}$  程度の織金網をフェロセメント板の補強材に用いた場合、かぶりは  $3 \text{ mm}$  が適当である。

## 〈溶接工作部〉

## 干渉を利用した欠陥形状判別法の可能性

On Discrimination of Defect Type of  
Interference Figure in Twin  
Probe System

勝又 健一, 榊 昌英, 神尾 昭  
昭和 56 年 3 月

非破壊検査協会春季大会

鋼溶接部の超音波試験において欠陥の位置, 大きさを求めると同時に欠陥の種類を知る必要がある。すなわち欠陥が割れと判断できたときは大きさにかかわらず最も注意しなければならない欠陥として扱われるからである。しかしながら現在の探傷方法で欠陥の種類を判断するのは非常に難しく, また検査技術者の経験と判断にゆだねられている。

我々は比較的簡単に欠陥形状を判断することを目的に干渉を利用することを試みた。この方法は 2 つの探触子を用いて欠陥へのそれぞれのビーム路程が接近したとき生じる干渉を利用するものである。たとえば欠陥がブローホールのような球状であれば 2 つの探触子からの送信波は欠陥で反射してそれぞれの探触子に戻る反射波と相互受信の 3 つの波が干渉して, ビーム路程の微小な差で合成波は大きく変化する。干渉する範囲は反射波の波数に左右される。直線的な割れ, 融合不良等の平面的な欠陥では鏡面反射に近い干渉の度合いが小さいことが予想される。

実験は A2 試験片の縦穴, 開口円弧ノッチ及び粗面のスリット欠陥で行った。探触子  $T_1$  及び  $T_2$  は 4 MHz 45° 及び 70° のそれぞれの組合せにした。縦穴の干渉図形は欠陥を狙う角度が同じであれば直径及び基準となる  $T_1$  のビーム路程にかかわらず変化しない結果となった。円弧ノッチの場合は反射波の考え方は平面状と同一視される。干渉図形は予想通り大きな変化は見られない。粗面のスリット欠陥では粗さが異なると干渉図形は  $\alpha$  によって変化する。したがって適切な  $\alpha$  を求める必要があるが, まず合成波が最大を示す角度で行うことが欠陥形状の判断を行なうステップと考えている。

## 〈船体構造部〉

パイプ円周溶接により生ずる  
残留応力に関する一解法

An Analytical Method on Residual  
Stresses due to Circumferential  
Welds of Pipe

松岡 一祥, 直井 保  
昭和 57 年

日本溶接学会 57 年度春季全国大会  
日本溶接学会誌 第 51 巻 第 2 号

パイプの円周溶接は, 鋼管構造物やプラントの配管系によく用いられる組み立て方法である。この円周溶接により生じる残留応力に関しては, 多くの研究が行われてきた。本論文は, 溶接部に働く周方向面内収縮力および肉厚方向で熱収縮量が一定でない場合に生じる軸方向曲げモーメントを考慮した薄肉円筒殻における面外変形の弾性解をもとに, これを面内収縮力が固有応力として分布している場合に拡張し, パイプ円周溶接により生じる残留応力を表現するものとした。得られた式は, 分布する固有応力に影響関数を乗じ積分する形式であり, 数値積分により容易に残留応力を求めることができる。固有応力としては周方向応力と軸方向応力とを考える。肉厚方向で熱収縮量が一定と考えられる場合について, 固有応力の分布形状と溶接条件との関係を, パイプ円周溶接による残留応力の測定結果より求めた。固有応力の分布する幅は, 最終パスの入熱量および降伏応力に関係し, 固有応力の最大値はほぼ降伏応力の 2 倍であること, さらに, 分布する幅が狭い場合は固有応力の分布は正規分布に近く, 幅が広い場合は中心部が平坦となることがわかった。以上で求められた積分式および固有応力の分布と溶接条件との関係を用いて, パイプ円周溶接により生じる残留応力を計算することができる。最終層がパスの場合, 2 パスの場合などについて, 計算結果と残留応力の測定結果とを比較し, ここに提示した方法の正当性を示した。また肉厚方向に固有応力が一定でない場合の例として, 水冷溶接を取り上げ, 水冷溶接法によってパイプ内面での残留応力が減ずる機構を明らかにした。

## 〈機関開発部〉

ひずみゲージを利用したプラスチックの  
熱膨張係数の測定法Measurement of Thermal Expansion  
Coefficients of Plastics Using  
Strain Gauge塚田 悠治  
昭和 56 年 3 月

非破壊検査 第 30 巻 第 3 号

構造物の熱応力解析を行う場合、材料の熱膨張係数のデータが必要であるが、信頼できるデータの入手は困難である。このため、電気抵抗ひずみゲージを利用した測定法の研究を行い、試験装置の簡便さ、試料の形状、寸法、表面仕上に厳しい制限のないことなど、多くの長所を持つ、実用的な方法を得ることができた。この測定法は、特にプラスチックや FRP の線膨張係数の測定に適している。

測定法の原理は、試料に温度変化を与え、熱膨張による長さの変化を、ひずみゲージで測定するものである。この場合、ひずみゲージの出力には、試料の熱膨張成分のほかに、温度変化に伴うゲージ自体の抵抗変化成分が含まれているので、後者を差引かねばならない。このため、膨張係数が既知の銅板に、ゲージを接着した「標準ダミーゲージ」を使用した。試料に、標準ダミーゲージと同一型式のゲージを接着し、両者に等しい温度変化を与え、両ゲージの出力の差を測定すれば、ゲージ自体の抵抗変化成分は打消し合うので、取除かれる。試料の熱膨張量は、これに銅の熱膨張量を加算することにより求められる。

更に、精度を高めるために、いくつかの改良を行った結果、エポキシ樹脂と FRP について行った評価実験に良い成績を得て、この測定法の実用性を示すことができた。また、これに付随して、FRP の熱膨張の特異な性質、たとえば、第 1 回目の加熱の際の収縮、膨張係数の温度による急変を測定することができた。

疲労クリープ相互効果に基づく二・三の  
機関材料の寿命推定Life Estimation based on the Fatigue Creep  
Effect to the Some Engine Materials宗像 良幸, 千田 哲也  
昭和 56 年 10 月日本機械学会第 59 期全国大会  
日本機械学会講演論文集 No. 810

ディーゼル機関、ガスタービン、蒸気タービン、原子力機関など熱機関の高温にさらされる部分は運転中定常的な高い圧力や機械的負荷（例えば遠心力）がかかっている。さらに起動停止に伴う過渡熱応力を生ずることもある。

このように起動停止毎に繰返される負荷の変動と運転中に保持される高い負荷は部材の破損の原因となるもので、これらは疲労、クリープによるものとされている。一般には破損原因となるこれらの現象は相互に影響し合っており、それぞれ単独に得られた推定寿命より短くなるのが普通である。

このような場合の寿命推定に関して、これまで内外で多くの提案があるが、複雑な実験をやらなくては特性値を見出すことができなかったり、あるいは特定の条件下でのものであったりして、どんな場合にも使え、かつ必要な実験も簡単であるようなものはこれまでのところないようである。

一般に実機の寿命推定は温度分布と塑性挙動を考慮に入れた応力分布の計算を要することと、起動停止の繰返し負荷パターンも単純ではないなどにより困難であるが、実際には単純化した温度、応力、負荷パターンのもとで材料試験機によってデータを取得している。

ここで提案した寿命推定の方法は上述のことより試験機による単純形状試験片についてのものであるが、一般に行われているものも普通はこの方法によるものである。

実験はディーゼル機関の燃焼室部材である球状黒鉛鑄鉄 FCD 45 とガスタービン翼材の Ni 基超合金 IN 100 について保持時間のある完全両振りの荷重制御（クリープ相当）、伸び制御（リラクセーション相当）疲労試験を数種の温度について行い、保持時間の長短によって繰返し破断寿命がどのように変るかを調べた。

これより保持時間 0.1 秒程度の疲労試験の結果とクリープ破断試験の結果から任意の保持時間での破断寿命を求めることができる寿命推定式を得た。

また、保持時間 0.1 秒程度の任意の温度、応力下での疲労寿命を求める方法について速度過程に基づく若干の考察を行なった。



〈機関性能部〉

気液対向二相流のボイド率

Void Fraction of Counter-Current  
Two-Phase Flow

山口 勝治, 山崎彌三郎  
昭和 56 年 3 月

原子力学会 56 年年会

これまで気液対向二相流（気相は上向き、液相は下向きの流れ）を用いた工業装置は少かった。従って研究もほとんど行われておらず、実験条件も限られたものである。

原子炉の冷却材喪失事故（LOCA）時には、炉心内で流れの逆転が起り、対向流の発生することが実験的に確かめられている。このため、原子炉の安全解析を行うためには、この条件での熱流力特性を知っておく必要がある。

本研究の主目的は対向二相流の流動特性を明らかにし、ボイド率の整理式を提案することである。このため、まず、内径 40 mm、大気圧での空気-水の実験装置を用い、両相の流速を変えて流れの変化の様子を観察した。フローパターンの基本的な部分は上昇流で観察されているものと同じである。しかし、対向流ではスラグ流が広い流速範囲を占めること、フラッキング現象が起るため、対向流の実現可能な実験条件に制限のあることが明らかとなった。

ボイド率（クイックシャット弁法にて測定）は気相の速度が増加するほど、また液相の下向きの速度が増大するほど、大きな値となることがわかった。

従来上昇流のボイド率を求める際によく用いられてきた Drift Flux Model と実験値との比較を行った。このモデルを対向流に適用することは可能であろうが、式に含まれている係数、定数を一般的に定めるにはデータ不足である。

そこでボイド率に影響を与える変数を定め、次元解析により導かれる無次元数による方法によって、対向流でのボイド率の整理式を求めた。この式はフローパターンに関係しない形になっており、対向流のボイド率を算出するうえで有用であろうと思われる。

電磁型油水界面計について

A Study on Oil-Water Interface Detector  
by Means of Electromagnetic  
Induction Theory

山之内 博, 上田 浩一  
植田 靖夫, 村山雄二郎  
昭和 56 年 5 月

船用機関学会 29 回学術講演会

タンカーが、毎航海中に実施する洗浄作業で発生する洗浄残渣油は、船上スロップタンクに集結される。このスロップタンク内の油水界面の検知は、油の船外排出を防止する上で極めて重要であるが、高粘度の洗浄残渣油が油水界面検出端に固着し、検出性能を劣化させることが、実用上大きな障害である。そこで多少の高粘度油が付着しても油水界面を検出できる電磁誘導型の油水界面計を考案試作し、油水界面の検出特性について実験的に調べた結果について述べている。

主な内容は、試作した電磁誘導型油水界面計の動作原理と検出器の構造にふれ、油水界面計実用化のために行った i) 水の電気伝導度と検出器の応答、ii) 検出端を垂直方向に設置した場合の応答、iii) エマルジョン油に対する性能試験、iv) 水温変化試験、v) 耐久試験結果より成り、他に電気伝導度の低い清浄水の時に問題となる電磁気の影響、外界の状態変化に基づく信号位相の変動に伴って発生するノイズの除去の方法について検討した。

今回開発した電磁誘導型油水界面検出装置では、信号処理の手法として用いた相関方式でも、位相弁別によるゼロメソッドでも良好に油水の界面を検出できる。塩分濃度が 0.01% 以上の時には特に問題はないが、それ以下の水道水等の場合でも、静電シールドを施すことにより充分検出できる。さらにきびしい環境下では、電磁弁等から発生する磁気に対する考慮が必要である。水温の変化も 80°C 位までは悪影響はなく使用できる。実際のスロップタンクの水は 2.7% 相当の食塩水であるので、実用上は、以上のような問題は充分な信頼性を持って油水界面の検出を行うことができる。

## ガス分析 (その 1)

Measurements of the Exhaust Gas from  
Marine Engines塚原 茂司, 吉田 耕一  
昭和 56 年 12 月

日本船用機関学会誌 第 16 卷 第 12 号

船用エンジンの排気ガス中に含まれる有害成分 (主に一酸化炭素, 窒素酸化物, 硫黄酸化物, 未燃炭化水素, 黒煙等) の定量分析を行うための方法として, 主に機器分析法, 湿式化学分析法について解説した。

構成は 1. まえがき 2. ディーゼルエンジンの排気ガス成分とガス分析の概要 3. 機器分析 4. 湿式化学分析法である。

1. まえがきでは, 船用エンジンの排気ガス測定の現状を概説し, 本文執筆上の力点と, (その 1), (その 2) の関係について説明した。

2. ディーゼルエンジンの排気ガス成分とガス分析の概要では, ディーゼルエンジンから排出されるガスの成分と, それらの分析に使用される分析法 (分析計) について概要を述べた。

3. 機器分析では, 3.1 NDIR (非分散形赤外分析計) において測定器の原理とそれにより測定されるガス成分, 分析計の応答速度, 干渉成分の影響, 測定上注意すべき点等について述べ, 3.2 CLD (化学発光分析計) において NO および NO<sub>x</sub> の測定原理, コンバータ使用上の注意, CLD への干渉成分の影響, その他測定濃度範囲, 応答性について述べ, 3.3 HFID (加熱形水素炎イオン化形分析計) において, その構造, 特徴, 測定範囲, 応答速度, O<sub>2</sub> の干渉影響とその補正係数などについて述べ, 3.4 スモークメータでは, (1) 沓紙式 (ボッシュ式, フォンブラウン式) と (2) 透過光式 (ハートリッジ式, ISO 式, PHS 式) の構造や測定原理, 各種スモークメータの濃度と排出量などの関係を示し, 3.5 分析装置の構成では, a) NDIR を用いた CO, CO<sub>2</sub>, NO 分析計による構成例と b) HFID, CLD, NDIR を用いた分析装置の構成例を示し説明した。

4. 湿式化学分析法では, 4.1 硫黄酸化物と 4.2 窒素酸化物の分析方法についてその概略, 測定範囲を JIS に沿って記した。

## ガス分析 (その 2)

Measurements of the Exhaust Gas from  
Marine Engines山岸 進, 塚原 茂司  
昭和 56 年 1 月

船用機関学会誌 第 17 卷 第 1 号

大気汚染防止のための 2 回にわたる講座 “ガス分析” の (その 2) である。

船舶の排出ガスの評価方法は環境基準と関連した基本的な問題で, 船舶の運行状況と汚染の対象となる地域の特異性を考慮してこれから確立されねばならない課題である。ここで対象としている船用ディーゼルエンジンに限ってみても, その種類と規模は多種多様であるから評価方法も測定方法もそれ等に応じたものでなければならない。環境アセスメントが進むにつれて, 一部の地域では船舶も対象とするようになっていくが, 今のところ統一した規則がないため, ここでは一般的事項といくつかの実例を示して解説した。前回の機器連続分析法と湿式分析法の解説に続いて, ここでは分析計にいたるまでの試料の採取法に関する (採取位置, 導管材料, 加熱保温等) 事項と分析精度を維持するための注意事項及び評価法についてふれた後, 船用ディーゼルエンジンの排気ガス測定例を示して特に運転状態によって排気ガス組成がどのような影響を受けるかについて解説した。

## ホログラフィ干渉法による火炎温度分布測定

Measurement of Flame Temperature Distributions  
by Holographic Interferometry

佐藤誠四郎

昭和57年1月

日本機械学会, 研究協力部会, 燃焼に関する  
レーザ計測研究分科会成果報告書 No. 2

光学干渉法を用いた火炎温度測定の特長は, ある瞬間の比較的広い範囲の温度分布が1度に得られることであり, 欠点は従来の1方向からの干渉写真をもとにした方法では, 測定対象とする温度場が2次元性とか軸対称性のような限られた場合しか定量できないことである。測定火炎の温度場が対称性などの規則性をもたない一般の非対称分布をもつ場合の測定には, 医学診断の分野で用いられている計算機トモグラフィ Computed Tomography (CT) の手法が必要となる。

しかし CT 手法の適用には投影像(干渉像)が180°の範囲で必要なこと, 火炎のもつ非定常性のため各方向の干渉像は同じ瞬間に撮影する必要がある, これらの点が本手法適用の1つのネックになっている。

本報では先ず前年度からの研究の関連として, プンゼンバーナのような軸対称性火炎でも正確な温度測定には CT 手法が必要であることを述べ, つぎに多方向干渉像が1度に得られる光学系の検討を行い1つの提案をした。さらにこの光学系を用い小形のアルコール芯火炎に適用し, 得られた干渉写真をもとに投影データからの復元計算法として代数的再生法とフーリエ変換法による屈折率分布の再構成計算を行い, これから火炎温度を求め CT 手法適用の可能性を調べた。

主な結果はつぎの通りである。

- 1) ホログラフィ干渉法による火炎温度分布の測定に CT の手法を適用し可能性を明らかにした。
- 2) 多方向干渉光学系の1つの提案をし, 撮影方向は16方向, 撮影の全視角 165°, 視野は横約 30 mm, 縦 70~80 mm が得られた。
- 3) 層流火炎の温度分布を求めるには, 各方向の干渉写真は同一瞬間に露光時間を 1/250 秒以下で撮影する必要がある。

今後の問題として多方向干渉光学系における横方向の視野を広げること, 投影データからの復元計算法の精度などを検討する必要がある。

## 〈艦装部〉

### 船内騒音測定法とその検討

Measuring Methods and its Discussion of  
Noise on Board Ships

小黑 英男

昭和56年4月

造船技術第20回セミナー「船内騒音対策」  
「造船技術」第14巻第5号

昭和55年初頭に IMCO から船内騒音に関する規定が提案され, 船内各場所および各室に対する許容騒音レベルと共に計測条件および測定法に関する意見を各国政府に求めて来た。この提案内容を基とし, 先に ISO および JIS で規定した騒音測定法との比較検討を行うと共に実船試験結果および経験等を盛り込んで測定法は如何にあるべきか論じた。項目は, 1. 目的, 2. 条件, 3. 方法, 4. 測定器, 5. 場所の5つに分かれ, 3~5 に力点を置いて全体をまとめた。

測定目的は, より安全な作業環境と快適な船内居住性の確保におき, 単に騒音状態を把握するため等ではないことを強調した。

測定条件では, 航海環境の重要性を騒音の変動と結びつけて説明し, IMCO 案に賛成する態度をとった。

測定方法では, マイクロホンの床からの高さ(マイクロホン先端の方向指定, 定常騒音(5 dB(A)以下の変動)と非定常騒音の測定方法の違い, 周波数補正回路使用時の注意事項, 騒音計にテープレコーダや分析器およびレベルレコーダ等を結合して騒音を記録したり分析したりする際の注意事項について述べている。

測定器の項では, 新しい騒音計の規定である IEC Pub. 651 (1979) 要求基準と JIS C 1502 (1977) および C 1505 (1977) 基準との比較検討を行い, 特に IMCO 規定が適用された場合 JIS C 1502 の普通騒音計が使用出来なくなる問題点を指摘してある。また, 変動騒音を測定するための積分形騒音計の内容も解説した。その他, 分析器, レコーダの要求される性能について述べた。

測定場所は, IMCO 規定に沿うと膨大な数になる。その対策を今から十分行うよう進言してある。

## 音響加振をうける平板の振動

Vibration of Panels Excited  
by Air Borne Sound

原野 勝博, 藤井 忍

昭和 56 年 10 月

日本音響学会秋季研究発表会講演論文集

音響加振を受ける平板の振動応答量は船室の合理的防振設計を行う際必要となるが、実際の取付条件に近い状態での測定値は余り公表されていない。そこで通常内装材として用いられる合板等のパネルを、当部残響室内にて吊下げ・グラスウール支持・4 点剛支持・4 点防振ゴム（弾性）支持の各条件下に音響加振したときにパネルに生ずる振動加速度を計測すると共に、振動応答量の予測法について検討した。その概要は次の通りである。なお本文中で用いる振動応答量とは  $L_{AOC}-L_{SP}$  ( $L_{AOC}$ =パネルの振動加速度レベル,  $L_{SP}$ =加振音の音圧レベル) のことである。

(1) 支持条件等による応答の差違, パネルを吊下げて両面加振した場合, 応答曲線は低周波で低く, 周波数の増大につれて高くなる「右上がり」の形となるが, 4 点支持 (片面加振) の場合 31.5 Hz から 100~200 Hz 迄直線的に増加し以後コインシデンス周波数  $f_0$  近く迄平坦 ( $L_{AOC}-L_{SP}=0$ ) で  $f_0$  を越えてピークに達し再び低下する。グラスウール支持の場合応答曲線は吊下げと 4 点支持の中間の値となる。4 点剛支持と弾性支持の差はほとんどなく, パネルの根太付きと根太なしの差は 5.5 ミリ合板では数 dB, 9 ミリ合板では僅かに根太付きの方が高かった。吊下げ 4 点支持の場合とも中間帯域ではパネルの面密度が小さい程応答は大きい共振のためと思われる逆転する帯域もある。

(2) 計算値と実験値の比較 吊下げ時の計測値と S.E.A 法による理論値を比較すると  $f_0$  の近傍以外では両者は大きく食違ふ。この原因はパネル寸法が小さい (50 cm×50 cm) ため低周波域で充分な数の共振モードができない事と, 放射率のとり方が低域で過大となった為と思われる。

片面加振時の応答の計算式として, パネルが無限度でパネルのインピーダンスを質量のみと考えた式とパネルの透過損失と放射率から求める式とで計算してみたが実験値との一致は前者の方が良かった。しかし低周波域での差が大きく, 全般的に云って防振設計時に使う予測法としては不充分である事がわかった。

## ヨーロッパにおける救命関係の研究状況について

Present Situations of Researches for  
Life=Savings in Europe

長田 修

昭和 56 年 12 月

日本航海学会誌「航海」第 70 号

昭和 56 年 3 月 10 日より約 1 ケ月間, ヨーロッパ諸国における救命, 防火に関する研究状況の調査を目的とし, 6 ケ国を訪問したが, その内, 救命関係に重点をおき記述した。

ノルウェーでは, DNV 研究所, Grimstad での自己排水式自己復原艇の海上実験, MTC 研究所 (ノルウェー工科大学の Department of Naval Architecture and Marine Engineering とノルウェー船舶研究所とが合併し, 1977 年にトロントヘイムに設立された研究所), Lavic でのリアル・フリー・フォール式救命艇の落下実験等を見学した。ノルウェーは, 人命尊重の見地より, 救命関係の研究に最も熱心な国の内の一つであり, 官民一体となり, 新しい救命システムに多大の予算と労力を費し精力的に研究していた。

フランスでは, 運輸省の Dr. Penny の案内で, Bretigny のフライト・テスト・セクターを見学した。ここは各種飛行機, 艦装品, パイロットの試験, 訓練をする軍関係の研究所である。ハイボ・サーミアに関連し, 人体とイマージョン・スーツにつき, 医学的, 工学的な研究が 10 年以上前から, 行われており, IMCO 等でも活躍されている Dr. Boutelier より詳細な案内, 説明を受けた。

イギリスでは Feltham にある NMI 研究所を訪問した, NMI でも当部と同じく膨張力救命筏の模型試験等を継続的に実施しており, お互に意見交換をし, 得ることが多かった。

IMCO に関連し, 日本でも造船の RR 721 (荒天下における救命設備の要件), RR 722 (イマージョンスーツの原型試験法), HK の「シーアンカー性能基準調査委員会」, JCI の「救命設備調査研究委員会」, 日本船舶品質管理協会の「法定船用品の耐用年数に関する調査研究」等, 救命関係の研究が, 最近とみに意欲的に行われるようになった。本報告が前記関係者等の研究遂行上, 少しでも役に立てば幸いである。

## 貨物船の艤装

Equipment of Cargo Vessel

翁長 一彦

昭和57年1月

応用機械工学 57年1月号

(船舶技術のすべて特集号)

貨物船の艤装の特色について一般技術者向けの解説を行ったものである。

かつての貨物船の代表的な船型は三島型とも言われたライナー船型であり、一般雑貨を始めペースカーゴとしての撒積貨物等あらゆる荷姿の貨物を積載するのに適した船型であった。しかし、海上貨物輸送量の増加にともない輸送単位量も増大し、また荷姿の異なる一般雑貨はコンテナ化されて単一大量貨物として取扱われるようになり、それぞれに適した船型の貨物船——すなわち各種の専用船が普及することとなった。その代表的なものがバルクキャリア、コンテナ船、自動車運搬船等である。これらの各貨物に適した専用船とすることにより、荷役作業が簡単になりまた単純化され、荷役能率が向上し、停泊時間は短縮され、船の運航スケジュールの乱れが減少し、船舶乗組員の負担が軽減され、船の輸送コストの改善につながったといえる。

ここでは、代表的な上記三専用船について、それぞれの荷役装置、船艙、艙口閉鎖装置等を中心として、それぞれの特色や機構を概説した。すなわち、バルクキャリアはパラスト用としてのウィングタンク及びショルダータンクを持ち、荷役に便利なよう長大な艙口を要するのが特色であり、また鉍石のような高荷重の貨物に耐えるよう船艙の底板と隔壁の強度を大きくする必要があるのである。コンテナ船は独特なセルガイド構造と甲板積のための固縛装置、及び冷凍コンテナに対する配慮等が必要である。また自動車運搬船はランプウェイとその閉鎖装置、及び艙内における荷縛りのためのランプや昇降装置、シフティングプラットフォーム、換気装置の性能等が特色あるものである。いずれの荷役装置類についても油圧機器の採用により遠隔制御や自動化が容易となり乗組員、作業員の省力化に役立っている。

## 〈原子力船舶〉

### モンテカルロ法による遮蔽問題の解析

Monte Carlo Analysis for Shielding Problems

植木紘太郎

昭和55年8月

日本原子力学会誌 22巻8号

放射線遮蔽解析におけるモンテカルロ法は粒子の発生から消滅までを確率統計的に追跡する方法である。粒子の物質中の運動を支配する式はボルツマン輸送方程式であるが、モンテカルロ法はこの輸送方程式を忠実に解くことができること、および複雑な幾何学的境界条件がそのまま計算できるという特徴がある。

今日、汎用あるいは特定目的のモンテカルロコードが開発され、整備が進み、電子計算機の高速度とあいまって、モンテカルロ法が遮蔽問題を解析する基本的かつ実際的手法になりつつあると言って良いであろう。しかし、電子計算機がいかに高速化しても追跡できる粒子数には限りがあり、モンテカルロ法特有の技法を採用しなければ、深層透過問題並びに、細隙に沿った放射線の流れを扱ういわゆるストリーミング問題の解析においては膨大な計算時間を使っても実測値を何桁も下回るといった結果になる場合がある。

本稿は原子炉、キャスク、核融合炉等の遮蔽あるいは核的問題で重要な深層透過問題およびストリーミング問題を中心に、計算時間の短縮と算出量の統計値に対する分散の低減を図るためのいくつかの技法を取り上げ、そのいくつかについては実測値と計算値とを比較しながら説明する。計算時間と分散の低減の技法にはインポートランス・サンプリング法、Forward-Adjointくりかえし計算法、モンテカルローモンテカルロ・カップリング計算法がある。さらに、二次ガンマ線の透過計算についても紹介する。

本稿のモンテカルロ計算結果は全て汎用モンテカルロコード MORSE で計算したものであり、一部は当所の電子計算機 Tosbac-5600 を使用して計算を行った。

三次元中性子透過ベシチマーク計算 (I)  
 —MORSE によるスリットおよび  
 二重円環ダクト計算—

Calculations of Three-Dimensional  
 Neutron Streaming

植木紘太郎, 炉物理委員会遮蔽専門部会  
 モンテカルロ WG (原研)  
 昭和 55 年 9 月

日本原子力学会秋の分科会

スリットおよびダクトが線源 (炉心) からかなり離れている場合の中性子透過問題をモンテカルロ法で解析した。このような問題では, 線源バイアスや Exponential Transform による粒子の飛程伸長程度で, スリットあるいはダクト中に置かれた検出器への粒子の寄与が極端に少なく, モンテカルロ計算が意味のない結果に終る事が多い。

そこで, この問題を解決するために線源とスリットあるいはダクト入口との間に仮想的円板検出器を設け, この検出器を介在させ, 2回のモンテカルロ計算を行うモンテカルロ-モンテカルロ・カップリング計算法を開発した。MORSE コードを使用し, このカップリング計算法をスリットおよび二重円環ダクト問題に適用した結果, 両者とも満足すべき計算結果が得られた。

モンテカルロ-モンテカルロ・カップリング計算法の最初の計算は実際の線源から粒子の追跡を開始する。スリットあるいはダクトを含んだ全体系を計算し, 検出器としてはスリットあるいはダクト入口から, やや線源 (炉心) より仮想的円板検出器を置く。この検出器においてエネルギー, 位置および角度に依存したフラックス  $\phi_0(\vec{r}, \vec{\Omega})$  を求め, この値から次のモンテカルロ計算の線源条件を作る。第2のモンテカルロ計算はこの仮想的検出器を面線源とし, ここから計算を開始してスリットあるいはダクト中に置かれた実際の検出器のレスポンスを計算し, 最初の計算で求めた仮想的検出器のフルエンスを乗じて最終的計算結果を得る。

本計算の一部は当所の Tosbac-5600 を使用した。

STRGLD-A Computer Program for the  
 Transient Analysis of Waterlogged  
 Fuel Rods Under the RIA Condition

WTRLGD-反応度事故時の浸水燃料  
 過渡挙動解析用計算コード

落合 政昭  
 昭和 56 年 8 月

Nuclear Engineering and Design, Vol. 66, No. 2

計算コード WTRLGD は反応度事故時の浸水燃料の燃料内圧の過渡挙動を記述し, 被覆管の内圧破裂型の燃料破損の有無を予測することを目的として作成された。

本コードの特徴は, 浸水量の多少, 貫通欠陥の有無にかかわらず, あらゆる種類の浸水燃料を計算対称としうる点にある。

本コードの主要な計算モデルは, 燃料の過渡温度挙動を計算する 1 次元軸対称モデルと, 燃料内部の水の熱水力的過渡挙動を計算する volume-junction モデルとにわけうる。ただし, volume-junction モデルを次の 2 点に関して修正した。

1. 燃料内部の水の熱力学的状態量は被覆管の弾塑性変形を考慮して決定する。
2. 流力的保存則は後進差分近似により計算する。

これらの修正はいずれも燃料内部の水の圧縮性が小さいために必要となる。即ち, 被覆管の僅かな変形によっても水の圧力が緩和されるため, 水の圧力を決める時には変形を考慮しなければならないことから第 1 次の修正が必要となる。圧縮性の小さい流体の運動を, 前進差分近似法により計算すると計算は発散し易いので, 収束計算を要し繁雑となるが後進差分法が必要となる。本コードに採用された計算モデルでは, この 2 点が主たる特徴である。

本コードによる計算結果を, 反応度事故条件を模擬した原研 NSRR における浸水燃料破損実験の結果と比較した。その結果, 計算結果と実験結果は良く一致し, 本コードが反応度事故条件下における浸水燃料の破損挙動の予測にあたり十分有効であることを検証できた。

SS 304 鋼の中性子 V-I 欠陥生成断面積と  
スエリング損傷函数

Neutron V-I Defect Production Cross  
Section and Damage Function for  
Swelling of SS 304 Steel

野間口道義

昭和 56 年 10 月

日本原子力学会秋の分科会

鋼材の中性子 V-I 欠陥生成断面積  $G(E)$  の相対値を求める。ここに相対値とは真の値に比例している値を意味する。この相対値は中性子照射による鋼材の機械的特性の変化と V-I 欠陥の増分との関係を研究するのに役立つと思われる。 $G(E)$ , 中性子エネルギー  $E \leq 10$  MeV について報告する。

$$G(E) = \sum_i n_i \int_T f_i(E; T) \nu_f^i(T) dT, \quad (1)$$

(1) 式によって  $G(E)$  を求める。ここに  $n$  は原子密度,  $f_i$  は  $i$  原子が鋼内で運動エネルギー  $T$  を得て PKA になる確率密度函数,  $\nu_f$  は鋼内で PKA 当たり生成される V-I 欠陥個数,  $i$  は鋼の構成原子核種を示す。 $f_i$  には ENDF/B-IV を用いる。 $E \leq 10$  MeV であるから  $(n, \gamma)$ ,  $(n, n)$ ,  $(n, n')$ ,  $(n, p)$ , および  $(n, \alpha)$  反応の寄与の和を求め,  $(n, 2n)$  反応の寄与は無視する。 $\nu_f$  には, 相対値を求めているのであるから,  $E_I$  を用いるモデルを適用して, どんな鋼の場合にも次の(2)式を用いてよい。 $\nu_f^i$  は  $T \leq E_I^i$  においては原子核種  $i$  に依存しないからである。

$$\begin{aligned} \text{If } T \leq E_I^i; \quad \nu_f^i(T) &= 0.006T, \\ \text{if } T > E_I^i; \quad \nu_f^i(T) &= 0.006E_I^i. \end{aligned} \quad (2)$$

$T$  および  $E_I$  の単位は eV である。 $p$  および  $\alpha$  当りの V-I 欠陥数はこの  $\nu_f$  を用いて  $p$  または  $\alpha$  のエネルギーに関する微分係数をモンテカルロ法により計算する。

上記方法で得られた SS 304 の  $G(E)$  は  $E \leq 10$  MeV では McELROY et al. のスエリング損傷函数 (SS 304, 450°C)<sup>1)</sup> に比例している。彼らの実験では SS 304 に保持される空孔増分は V-I 欠陥生成数に比例しているとしてよい。また 450°C では He スエリングは無視してよくスエリング量は空孔増分に比例している。したがって, 上記方法で得られる鋼材の  $G(E)$  は  $E \leq 10$  MeV では, よい相対値を与える。

1) W. N. McElroy, et al., Trans. Am. Nucl. Soc., 1, 249 (1972).

多重層中の中性子反射, 透過率の合成

Synthesis of Neutron-Transmission and  
Reflection Matrices for Slab Layers

山越 寿夫

昭和 56 年 10 月

日本原子力学会炉物理炉工学分科会

特定の物質層からなる平板多重層に, 充分大きな中性子源から中性子が入射, 透過する場合につき, 中性子遮蔽計算を簡便化する方法を検討した。

この方法は, 各物質層の基準厚さに対する中性子透過率並びに反射率を各エネルギー群別にモンテカルロ法で行列形成として算出しておき, 各物質層の厚さが異なった場合や物質層の組み合わせかたが異なる場合, それらに応じて, 全体としての中性子反射率, 透過率を行列演算から簡便に合成することにあり, 特に, 多群への拡張と多重層への合成式の一般化に今回の研究の特徴がある。

今回の発表では, この合成式の妥当性を検証する為, 最も簡単な例として, 数枚の鉄板層から成る平板の, 全体としての中性子反射率, 透過率の合成結果を, あらかじめ一体としてモンテカルロ法で求めた結果と比較した。

全体厚さが 4 cm, 8 cm, 16 cm, 32 cm のそれぞれの場合につき, その半分の厚さの板に対する透過率, 反射率行列を用いた, いわゆる二枚板合成の結果は, モンテカルロ計算の統計誤差範囲内で, 良好な合成結果を与える。この事から, 多群の合成法の妥当性が示された。2 cm, 4 cm, 8 cm, 16 cm の板を基本とし, その 4 倍の厚さの板に対する透過率, 反射率行列を合成した結果も, 良好な結果が得られた。この場合, 基本板相互間の中性子相互作用が考慮の対象として重要な役割を果たしているが, 合成結果の良好な再現性から相互作用の取扱いの妥当性をも示すことが出来た。

Three-Dimensional Neutron Streaming  
Calculations Using the Monte Carlo  
Coupling Technique

モンテカルロ・カップリング法を用いた  
三次元中性子ストリーミング計算

植木紘太郎

昭和56年10月

Nuclear Science & Engineering, Vol. 79

三次元中性子ストリーミング問題を解析するために、モンテカルロ・カップリング法を調べ実用化を図った。そして、二つの中性子ストリーミング実験のモンテカルロ解析に使用し成功を収めた。一つはJRR-4原子炉を線源とした中性子のスリットをストリーミングする問題であり、もう一つは同じく、JRR-4原子炉による二回屈曲ダストをストリーミングする中性子の問題である。モンテカルロ・カップリング法は、計算を2回に分割して行うが、この分割の最大の利点は、線源(JRR-4炉心)から仮想検出器(ここまでの1回目の計算)までの計算は、ダクトやスリットの形状が変わっても繰り返して行う必要がない所にある。2回目の計算は1回目の仮想検出器を境界線源とし、ダクトやスリット中のストリーミングを解析する。

このモンテカルロ・カップリング法による解析の結果は、測定値と比較し満足すべき一致と、標準偏差の著しい改良をもたらした。二回屈曲ダストストリーミング問題では、 $\text{In}(n, n')$ ,  $\text{Ni}(n, p)$  しきい検出器に対し、測定値と比較して2倍以内、スリットストリーミング問題では、 $\text{In}(n, n')$ ,  $\text{Ni}(n, p)$ ,  $\text{S}(n, p)$  しきい検出器に対し測定値と比較して3倍以内で一致した。しかしながら、二回屈曲ダクトストリーミング問題では、カドミカバーの  $\text{Au}(n, \gamma)$  反応検出器に対し、測定値との一致性および標準偏差とも良くない。

破壊吸収エネルギーと照射脆化

Fracture Absorption Energy and Neutron  
Irradiation Embrittlement

野間口道義

昭和56年11月

日本金属学会56年度秋期大会

破壊吸収エネルギー  $E_a$  について一つのモデルを立て、フェライト系鋼の照射脆化の実験データを説明する。ここで採り上げる実験データは(I) R. G. Berggrenの実験<sup>1)</sup> から得られる  $vT_{rE}$  における  $E_a$  と  $nut$  との関係のデータと(II) C. Z. Serpan, Jr., et al. の実験から得られる V-I 欠陥生成数と  $\Delta\text{NDT}$  との関係のデータである。 $E_a$  として原子間結合を破壊するのに要するエネルギー  $E_b$  だけを考えていたのでは実験データ(I)のような照射による大きな  $E_a$  の変化を説明できない。そこで著者は原子間結合の破壊の際に周囲から自由エネルギー  $F$  の一部が解放されると考えた。すなわち、(1)  $E_a = E_b - \alpha \cdot F$ , ここに  $\alpha$  は長さの次元を持つ因子である。実験データ(I)では  $nut$  は照射後 V 欠陥の増分にほぼ比例している。したがって、 $vT_{rE}$  における  $E_a$  の V 欠陥数に関する微分係数は一定である。すなわち、(2)  $dE_a/dn = \text{const.}$ , (at  $vT_{rE}$ ).  $n$  は単位体積当り V 欠陥数である。 $F$  としてヘルムホルツの  $F$  を用い、 $\alpha$  を材料定数とし、 $E_b$  に対する  $n$  の効果は無視して(2)を  $vT_{rE}$  について解き、 $\Delta\text{NTD}$  を  $vT_{rE}$  の上昇分で近似すると、(3)  $\Delta\text{NDT} = A \ln(n/n_0)$  を得る。ここに  $n_0$  は非照射材のは  $n$ ,  $A$  は温度の次元の定数である。一方、実験データ(II)では  $250^\circ\text{C}$  以下で、照射による V 欠陥増分は  $G_f$  にほぼ比例しているとしてよい。したがって、実験データ(II)は  $\Delta\text{NDT}$  が(3)と同一の函数形をしていることを示している。

以上のことから著者の  $E_a$  のモデルはフェライト系鋼の照射脆化の実験データをよく説明している。

- 1) R. G. Berggren, USAEC CONF. Chicago, '59.
- 2) C. Z. Serpan, Jr., et al., NRL-6415.



**Heat Transfer Coefficients of Steam  
Condensation on Containment Vessel  
Wall during Blowdown**

格納容器壁面のブローダウン時蒸気凝縮熱伝達率

綾 威雄, 小林 道幸, 成合 英樹

昭和56年11月

Journal of Nuclear Science and Technology

Vol. 18, No. 11

冷却材喪失事故時における原子炉格納容器内の熱流力的応答特性を解析する際、圧力・温度の過渡変化に大きな影響を与える因子である格納容器内壁面での蒸気の凝縮熱伝達率について調べた。

定常熱伝達率としては、日立製作所で実験的に得られ Uchida により公表されたものより若干小さい Sagawa のデータが Mori-Hijikata の理論解に近いことが判った。

過渡熱伝達率は、この定常熱伝達率に強制攪乱効果を表わす係数を乗ずることによりうまく表わされることを見出した。この係数に影響を及ぼす要因として、ブローダウンの持続時間と流出した蒸気の格納容器壁面での強制流動効果を考えた。前者は、格納容器へのエネルギー投入速度を代表するもので、換算時間（破断口面積×ブローダウン開始後の時間）で整理できる。後者は、破断口面積と格納容器内表面積の比が流体の速度を表わす指標とすることができる。このようにして、ブローダウンに伴う強制攪乱項が時間とともに減少していくことがうまく表わされる。以上の考察から、定常熱伝達率に乗ぜられる係数を定める実験式を求め、Sagawa の過渡熱伝達率を基に実験式に含まれるパラメータの値を定めた。

一方、この熱伝達モデルを当所で行なった一体型船用炉の模擬実験装置による実験結果の解析に適用し、格納容器壁面の温度変化をうまく再現できる上記パラメータの値を求めた。

その結果、Sagawa の実験に基づくパラメータの値とかなりの差のあることが判明した。この相違について、両実験での圧力容器内初期圧力と破断口の相対的高さの違いなどから考察を行った。

**〈海洋開発工学部〉**

**仮設斜面板内における波浪の変形と  
円柱浮体に働く波強制力**

On the Wave Deformation and Wave Exciting  
Forces acting on Cylinder in the  
Inclined Bottom

星野 邦弘, 安藤 定雄

昭和56年8月

西部造船学会々報 第62号

近年、海洋空間の有効利用、海洋エネルギー利用および海底資源開発等に関連した計画が数多く見受けられる。その例としては各種の洋上プラント、沖合中継基地、洋上備蓄基地、海上空港等があるが、これらの利用計画は当面大陸棚の浅海域を対象とするものが多い。したがって、大陸棚斜面内における波浪の変化過程を解明することは、各種海洋構造物の可能性や安全性の検討および設計・建造する場合の基礎資料となる。

そこで、海洋構造物試験水槽内に大陸棚斜面を仮設した仮設の斜面板を設置し、その斜面板内における波浪の変化過程と、その場所に固定した円柱浮体に働く波強制力を実験的に求め、浅海域における既存の理論計算結果と比較検討した。

波浪の変形については、波高および波周期を系統的に変化させ、斜面板内における波の峰と谷の高さの変化を求め、海底勾配を考慮しない通常のストークス波の5次近似による相当水深についての計算結果との比較・検討を行った。また、今回の実験においてはストークス波の5次近似の適用できる範囲も示すことができた。

また、斜面板内に固定した円柱浮体に働く波強制力については、前後方向成分力、上下方向成分力、縦揺れモーメントの3成分について計測し、実験状態に対応する水深での有限要素法による理論計算結果と比較した。その結果、線形計算で推算しては不十分であることが判った。そこで、波および波強制力をフーリエ解析し、波高と力およびモーメントの一次の項を用いて波強制力を表わすと計算結果とよく一致することが判った。また、2次、3次の項の波強制力についても、波周期を単純に2倍、3倍することによって求めた計算値と概ね一致し、斜面板内における波強制力の概算値が線形重ね合せによって推算できることが判った。

浮遊式海洋構造物の洋上接合に関する技術開発  
(その 2 相対運動と衝撃荷重)

A Study on Various Problems to Connect  
Offshore Structures on the Sea  
(Part 2 Relative Motions and Impact Loads)

影本 浩, 安藤 定雄  
昭和 56 年 8 月  
西部造船会々報 第 62 号

海洋構造物の寸法が大きくて既存の建造ドックで一体建造できない場合には、構造物をいくつかの建造ユニットに分割して建造し、それらの建造ユニットを洋上で接合する方法が合理的である。しかし、洋上接合の際には、構造物が風・潮流・波などの自然環境外力にさらされるために様々な問題が生ずる。

本論文では、多数のフーティング型要素浮体によって支持された浮遊式海洋構造物模型を用いて、洋上で建造ユニットの引き寄せ時の波浪による建造ユニット間の接合部における相対運動、および接合治具に加わる衝撃的な荷重について実験的研究を行なった。

実験結果としては、規則波中における接合部の相対運動は、建造ユニットの縦揺れの固有周波数と同じ周波数の場合に最大となり、その前後の周波数では急激に小さくなることがわかった。相対運動の最大値は、単体の建造ユニットの波浪中動揺応答特性を用いて大略推算できる。また、相対運動は、縦揺れの固有周波数に近い周波数の波に対しては波高の  $3/4$  乗に比例するが、それ以外の周波数の波ではほぼ波高に比例することがわかった。

接合治具に加わる衝撃荷重は、浮遊式海洋構造物の上部構造の剛性の小さな場合には、静的な波浪荷重と比べてあまり大きくならないことがわかった。特に、一方の建造ユニットの運動が小さい場合には、接合治具に加わる荷重は、静的な計算でも定性的にも定量的にもかなりよく一致することがわかった。

Fundamental Research on Absorbing  
Energy from Ocean Waves  
(3rd Report)

波浪発電装置に関する基礎的研究 (第 3 報)

加藤 俊司, 前田 久明  
木下 健, 鈴木 文博  
昭和 56 年 11 月  
日本造船学会秋季講演会

海洋資源、海洋空間、海洋エネルギーの有効利用が唱えられて久しいが、現状は海底油田の掘削技術を除いてさしたる進展をみていない。しかし、ソフトエネルギーの観点より波浪発電が注目を集め出している。

本論は、そうした背景を基に不規則波中において、波浪発電装置により吸収されるパワーの特性をスペクトラム論的かつ確率論的に調べる方法を提示し、実験との比較も示した。又、吸収パワーの変動成分を平滑化するのにアキュムレーターを用いその効果について理論及び実験と比較することによりたしかめた。

今回、対象とした波浪発電装置は、Salters Duck と呼ばれるもので、負荷システムには油圧システムを用いている。

結果は次の通りである。

i) 不規則波中での吸収パワーの定常成分は負荷系のダンピング項のみにより表わされ、負荷系のばねの影響はない。

ii) 吸収パワーの変動成分には負荷系のダンピング及びばねの影響が入ってくるが、もし負荷特性、Rolling スペクトラムさえ既知であれば、この成分は理論的に推定できる。

iii) 変動成分の分散と定常成分との間に成り立つ関係式を見出した。

iv) 吸収パワーの確率密度関数は簡便な方法で導びかれ、又、確率論的に導いた分散とスペクトラム論的に導いた分散とが一致することを示した。

v) Salters Duck 型波浪発電装置の負荷システムに、油圧システムを用いれば、吸収パワーの確率密度関数及び吸収パワースペクトラムを推定するのに負荷系のばねの影響は無視することができ、又、アキュムレーターを装備することにより吸収パワーの変動成分を平滑化することができる。

## 〈共通工学部〉

## 磁気ひずみ効果を用いた残留応力の非破壊測定

Non-Destructive Measurement of Residual  
Stress by Magnetostriction Effect

滝沢千嘉子, 吉井 徳治, 吉永 昭男  
安部 二郎, 遠藤 和芳  
昭和56年3月

非破壊検査協会春季講演会

著者らは、これまでに磁気ひずみ効果を利用して鋼材の残留応力を非破壊で測定する方法を開発した。しかし磁気を用いた計測法では磁束が被測定材内に広がるため磁束の広がる範囲に関する問題がある。この問題は補償片や校正用試験片の寸法を決定する際重要な要素となっている。本講演ではストレススタの応力測定範囲について検討したものである。

はじめに、加重点からの距離と測定応力との関係をしらべるため長方形試験片の定めた位置に集中荷重を加え数種類のストレススタと抵抗線ひずみゲージで同時測定し、このストレススタの磁化電流特性、出力電流特性および磁束密度について実験をおこなった。その結果、測定点から磁極間距離だけ離れると磁束密度及び出力電流は急速に減少し、磁極間距離以上離れた点からの出力への影響が少ないことを確認した。

また、以前解析した理論式

$$H = \frac{2ma}{\sqrt{\eta\xi\mu_\eta}} \cdot \frac{\sqrt{(\cos\theta/\mu_\xi)^2 + (\sin\theta/\mu_\eta)^2}}{(\mu_\xi + a \cos\theta)^2/\mu_\xi + (\eta - a \sin\theta)^2/\mu_\eta}$$

$m$  ; 磁極  $2a$  ; 磁極間距離

$\mu$  ; 透磁率  $\eta, \xi$  ; 主応力方向

$\theta$  ; テスタと主応力方向との交角

を用いて、平面応力の生じている平板上へストレススタをあてた場合の磁極間中央部下の磁界強度を計算した。この理論値と各測定値とはよい一致を示した。従って、理論、実験の両面から、例えば、測定点から  $2a$  離れると磁界の強さが約  $1/5$  に減少する等の実証を得た。

以上の結果から、ストレススタでは測定点を中心に磁極間距離を半径とする円内の応力の平均を計測していることがわかった。尚、応用例としては溶接材の残留応力を測定し、この場合もストレススタの応力測定範囲が磁極間距離を半径とする円内である事を確認した。

## 重力波の非線形な変調について

On the Nonlinear Modulation of Gravity Waves

富田 宏

昭和56年10月

海洋学会

水面波の変調を弱い非線形効果を含めて記述する方程式を漸近的な方法により求めた。

i) 非定常な波(波群)の緩ゆっくりした時間的、空間的変動を記述する Whitham の平均法を用いて、波の運動を支配する方程式を書き下すと、

$$\mathcal{L}a=0, \quad \frac{\partial}{\partial t}\mathcal{L}a - \frac{\partial}{\partial x_j}\mathcal{L}k_j=0, \quad \frac{\partial k_j}{\partial t} + \frac{\partial \omega}{\partial x_j}=0 \quad (\text{A})$$

となって、線形理論の場合と類似の取扱いが可能である。ここで非線形効果は、 $\mathcal{L}$  (平均ラグランジアン) の内にくりこまれていることになり、

$$\mathcal{L} = \frac{1}{2}(\omega^2/gk - 1)E - \frac{1}{2}k^2/\rho g \cdot E^2 \quad (\text{B})$$

で与えられる。

(B)を(A)に代入することによって、発展方程式が得られる。これを静水中に進入する波群の振幅の発達の計算に用いて、Longuet-Higgins (1979) の実験結果と比較し、定性的な一致を見た。

ii) 深水重力波の変調を調べるために、方程式を、Krylov-Bogoliubov-Mitropolskii の方法を用いて、摂動展開を行った。それには、

$$\zeta^{(1)} = ae^{i\phi} + c, \quad \phi^{(1)} = F(y)[iae^{i\phi} + c, c]$$

$$\phi = \varepsilon\phi^{(1)} + \varepsilon^2\phi^{(2)} + \dots, \quad \zeta = \varepsilon\zeta^{(1)} + \varepsilon^2\zeta^{(2)} + \dots$$

$$\left\{ \begin{aligned} \partial a / \partial t &= \varepsilon A_1(a, \bar{a}) + \varepsilon^2 A_2(a, \bar{a}) + \dots \\ \partial a / \partial x &= \varepsilon B_1(a, \bar{a}) + \varepsilon^2 B_2(a, \bar{a}) + \dots \end{aligned} \right.$$

とにおいて、特異摂動を実行する。結果は、

$$i \frac{\partial a}{\partial t} - \frac{g^2}{8\omega^3} \frac{\partial^2 a}{\partial x^2} - \frac{2gk^3}{\omega} |a|^2 a = 0$$

となり、Zakharov (1968), Hasimoto (1972), Kawahara (1975) 等の他の方法による結果と一致した。

## 磁気的方法による鋼材の曲げ疲労検出の試み

Magnetic Measuring Method of  
Bending Fatigue

滝沢千嘉子, 吉永 昭男

昭和 57 年 1 月

日本非破壊検査協会

鋼材疲労の早期, 非破壊検出法の開発は, 金属の疲労強度および疲労機構を研究するうえで重要な意義をもつ, 本報告では曲げ疲労に関して磁気的手段を用いて疲労の非破壊検出を試みた。磁気的出力は引張時と圧縮時とは異なっており, 曲げ試験の場合は, これらの合成されたものが出力されるので大変複雑である。シェンク式荷重形ねじり曲げ疲労試験機を使用し軟鋼の両振り曲げ疲労試験をおこなった。疲労させる試験片と, 補償用として他の試験片とにコイルを巻いたボビンをはめ, これらをブリッジ回路の 2 辺に接続して, ブリッジの平衡をとる。曲げ疲労試験によって測定用試験片側のインピーダンスが変化するのでブリッジ回路の平衡が破れて不平衡電流が流れる。これを X-Y レコーダに出力させその形状と疲労による形状の変化を観察し, 出力値  $h$  とリレキ幅  $a$  の変化をしらべた。

実験の結果  $h$  は殆んどの場合疲労にともなって減少した。各応力振幅において  $h/h_0$  が急に下降しはじめた時の繰返し数は, 微視き裂形成開始曲線と一致するのではないかと考えられる。破断時の  $h$  は一定の曲線上に乗る傾向を示した。また,  $a$  は疲労にともなって増大し, 応力振幅が大きい程増大する割合は大であった。応力振幅が  $24 \text{ kg/mm}^2$  以上の場合は, 試験途中から波形が乱れて  $a/a_0$  は急速に低下した。

本実験の結果から, 疲労にともなって  $h/h_0$  が減少し始める時期と  $a/a_0$  が増大していく現象を併せて観察することにより, 曲げ疲労の早期非破壊検出は可能ではないかと思われる。

## 〈東海支所〉

Transient Cooling Process of Fuel Rod in  
Reactivity Initiated Accident

反応度事故時の燃料棒過渡冷却過程の研究

落合 政昭, 森 治 嗣

戸田 三朗, 齊藤 伸三

昭和 55 年 6 月

Journal of Nuclear Science and Technology

Vol. 17, No. 6

軽水炉の反応度事故時における燃料要素の過渡冷却過程を明らかにすることを目的として模擬実験を行なった。すなわち, ジルカロイ-4 製中実丸棒を電気炉で高温に加熱してからサブクール水中に投入して冷却し, その冷却過程を試験体の表面温度の測定および高速度カメラによる写真観察によって詳細に検討した。

その結果反応度事故時の燃料棒表面の冷却過程はクエンチング温度  $T_q$  とリウエッティング温度  $T_r$  とによって 3 領域に分けうることが判明した。表面温度が  $T_q$  より高い場合は (第 I 領域), 安定な膜沸騰状態の伝熱が観察された。また,  $T_r$  より低い場合は (第 III 領域), 遷移沸騰または核沸騰と見なしうる伝熱様式であった。しかしながら, 表面温度が  $T_q$  と  $T_r$  との間にある場合には (第 II 領域), 従来の沸騰伝達の知識では十分に解明できない伝熱現象が見られた。すなわち, この領域では試験体の表面温度は水の過熱限界をはるかに超えた高温であるにもかかわらず, 表面熱負荷は表面温度の上昇とともに降下した。本実験結果をスプレイ冷却実験やミスト冷却実験の結果と比較すると, 第 II 領域での伝熱特性は両実験と良く似た傾向を示した。本領域での伝熱には蒸気膜の崩壊に伴う激しい流体の乱れが大きく寄与しているものと考えられる。

$T_q$  は冷却水サブクーリングに大きく依存するが,  $T_r$  はほとんど影響されずほぼ水の過熱限界と一致することも判明した。

また, 反応度事故時の燃料棒急冷過程ではクエンチングフロントの前後で大きな温度差が軸方向に発生するにもかかわらず半径方向の熱伝達が支配的であり, 再冠水過程の伝熱過程とは異なる。

**Transport Calculation of Gamma Rays  
Including Bremsstrahlung by the  
Discrete Ordinates Code PALLAS**

ディスクリット・オージネート PALLAS  
コードによる制動放射線を含む  
ガンマ線の輸送計算

竹内 清, 田中 俊一, 金野 正晴  
昭和 56 年 6 月

Nuclear Science and Engineering, Vol. 78

制動放射線を含むガンマ線の輸送計算を実施するために、ディスクリット・オージネート直接積分コード PALLAS-PL, SP に改良を加えた。コンプトン散乱、電子対生成および光電効果によって発生する電子の数およびエネルギーを計算できるようにした。制動放射線発生は連続減速モデルを適用して計算することにし、そのためには電子阻止能および制動放射線発生の微分断面積の評価が必要となり計算を行なった。

PALLAS による計算結果を実験結果と比較することにより、本計算法およびコードの妥当性を調べた、その結果、PALLAS 計算は実験値とかなり良い一致を示すことがわかった。しかし、6.2 MeV ガンマ線の平板等方入射線源の場合、鉄および鉛透過のガンマ線エネルギースペクトルにおける 0.7 MeV 以下の低エネルギー領域で計算は実験と一致しなかった。さらに、8 MeV ガンマ線の平板垂直入射線源の場合の鉛透過線量減衰に関する実験との比較、および 2 次ガンマ線を含まない場合の 8 MeV ガンマ線の平板垂直入射線源に対する鉛中におけるモーメント法による計算結果との比較を行なったところかなり良い一致が得られた。

計算例として、8 MeV ガンマ線の平板垂直入射線源に対する鉛とタングステンにおける制動放射線を含んだ場合のエネルギースペクトルおよび再生係数の計算を与えた。

**原子力船「むつ」遮蔽改修のための詳細遮蔽解析**

Detailed Shielding Analysis of N.S. Mutsu

山路 昭雄, 岩谷 義明, 壺 阪 晃  
昭和 56 年 8 月

JNS-T-Report 1034

本報告は原子力船「むつ」遮蔽改修詳細設計の内、遮蔽設計に関するものであり、遮蔽設計条件、遮蔽設備、遮蔽材料、遮蔽解析手順及び手法、原子炉運転時、停止時、事故時における放射線源及び放射線分布解析、放射化解析、高速中性子束照射量解析、ガンマ線発熱解析、計算精度確認のための関連実験解析等の内密を含む。

まず、設計基準放射線量率等の遮蔽設計条件を示し、遮蔽設備の目的及び構造、遮蔽材料等について述べる。次に、原子炉運転時、停止時、事故時における解析手順及び手法を示す。使用した主な計算コードは、TWOTRAN, ANISN, QAD, MORSE, ORIGEN, CTAM, SPACETRAN である。輸送計算及びモンテカルロ計算で使用する群定数は RADHEAT-V3 コードシステムから求める。断面積には ENDF/B-IV, POPOP-4 ライブラリー等を用いる。解析には、計算コード以外に簡易計算法による計算及び実験データも用いる。さらに、使用する計算コードにおける空間メッシュ幅、エネルギー群数等に関するサーベイ及び比較計算を行い、これらの条件設定について述べる。

遮蔽設計は計算コード等で求めた計算値を単に用いるのではなく、計算値の評価を個々の計算に対して行い、得られた評価値に対しさらに安全余裕を考慮して行う。即ち、計算値の評価は、西独の原子力船「オートハーン号」遮蔽タンク実験、遮蔽改修のためのモックアップ実験、英国ハーウェル原子力研究所での <sup>16</sup>N ベンチマーク実験、米国オークリッジ国立研究所での鉄層透過ベンチマーク実験、原研 JRR-4 炉での遮蔽実験等を改修設計で用いる計算コードで解析し、計算精度を明らかにすること等により行う。

原子炉運転時の遮蔽解析では船内各区域の放射線量率が設計基準放射線量率を十分満足すること、遮蔽体に対する累積照射量が許容値以下であること等を示す。原子炉停止時における遮蔽解析では格納容器内等へ保守点検等のため立入ることが可能であること等を示す。原子炉事故時における遮蔽解析では乗組員等の被ばく線量が緊急作業に係る許容被ばく線量以下であること等を示す。

## 原油洗浄に関する研究 (第2報)

### 付着条件および洗浄効果

Study on the Crude Oil Washing (2nd Report)

Adhering Condition and Cleaning Effect

横村 武宣, 渡辺 和夫

加藤 寛, 山之内 博

昭和56年10月

日本船用機関学会, 第30回学術講演会

原油を輸送するタンカーに原油洗浄方式を採用することは海洋汚染防止に効果があるとされ、国際規制により、その実施が義務づけられる。そこで、まだ十分に解明されていない原油洗浄技術に関する基礎研究を行い、タンク洗浄効果および海洋汚染防止効果を定量的に把握しておく必要がある。このような観点から実施している一連の実験的研究のうち、本報ではタンク壁面への原油の付着の状況を明かにするとともに、これらの付着油に対する原油洗浄および水洗浄の洗浄効果を定量的に評価したものについて発表する。

タンカーのタンク壁面を構成する基本的な形状を1/10~2/20に縮尺した溶接構造の供試体11種類、および原油をノズルから噴出させて壁面に付着している原油を洗い落とす実験装置を製作し、供試体への原油の付着実験およびその洗浄実験を行った。

鋼板に付着する原油の量は、供試体の形状、原油への浸漬時間と引き上げ後の経過時間(付着油の滴下および揮発)、原油の性状および温度条件により大きく左右される。これらの影響因子と付着量の関係は次の通りである。(1)垂直平板からの付着油の滴下は1~1.5時間で終了し、水平天井面ではその約2倍の時間を要する。(2)垂直平板および水平床面からの滴下率は時間の経過とともに指数関数的に減少する。(3)水平天井面からの滴下率はかなり長時間にわたりほぼ一定値である。(4)原油の付着量は温度条件に大きく左右される。常温における垂直平板の付着率は20~60 $\mu\text{m}$ の厚さに相当する。(5)水平面を含む複雑な形状の供試体の付着率は垂直平板の2~10倍に達する。(6)平板への原油の付着量は水平に近い角度で急激に増大し、水平面では垂直面より約1桁多い量となる。(7)原油の付着量は浸漬時間とともに増大し、30~40日で2倍に達する。

上記の供試体が壁面の一部となるように取付けた場合、および周囲から浮かした状態で洗浄実験を行い、原油洗浄および水洗浄の特徴を明かにするとともに、次の事柄を明かにした。(8)水洗浄の効果はノズルの口径が大きい程(洗浄流量、衝撃圧力共に大)よく、残留率比は或る関数形で表わされる。(9)実験した範囲では原油洗浄の洗浄効果は水洗浄の場合より劣り、残留率比には或る限界値があるように見える。(10)洗浄効果は独立壁面と連続壁面で異り、水洗浄では連続壁面の方がよい。

## 浸水燃料の燃料内圧挙動 (IV)

The Internal Pressure Behavior of a  
Waterlogged Fuel Rod

落合 政昭

昭和56年11月

日本原子力学会炉物理・炉工学分科会

反応度事故条件を模擬した原研 NSRR における浸水燃料実験の結果、部分浸水燃料の破損しきい値は145 cal/g $\cdot\text{UO}_2$ であることが分った。しかしながら、同実験の実験条件は必ずしも実炉事故条件を厳密に模擬しているものではない。特に、燃料スタック長が135 mm と実炉燃料(3,700 mm)の約1/30しかなく、および、炉出力のバルス幅が10~20 msec であって実炉事故条件(140~160 msec)より、はるかに短いことが特徴である。本報告は、この様な NSRR 実験の特殊性が浸水燃料の破損しきい値に及ぼす影響を確認する目的で、浸水燃料内圧挙動解析 WTRLGD コードを用いて燃料破損挙動解析を行なった結果を述べるものである。

解析の結果、以下の事項が明らかになった。

1. スタック長が長い場合程、部分浸水燃料の破損しきい値は低くなる。
2. 実炉条件を十分に模擬するためには、1,000 mm 程度のスタック長の試験燃料棒を用いなければならない。
3. NSRR 試験燃料棒のように、スタック長が短い場合には、バルス幅が長くなると破損しきい値は大きく増加する。
4. スタック長が実炉燃料程度に長い場合にはバルス幅の破損しきい値に対する影響は顕著でない。