

所外発表論文等概要

<推進性能部>

最近における船用プロペラキャビテーションの試験法

Several Investigations into the Propeller Cavitation Prediction

門井 弘行・宮田 秀明

昭和53年4月6日

日本学術会議：

キャビテーションに関するシンポジウム (第2回)

船用プロペラの翼面上にキャビテーションが発生した場合、それに伴って生ずる大きな弊害の一つにプロペラ翼の損傷(エロージョン)がある。プロペラが船尾の不均一流中で作動する時に、翼面に発生するシートキャビテーションは、定常状態で主に観測されるような透明で膜状のシートキャビテーションとは異なり、バブルの集合体ともいべき攪乱された、かなり非定常性の強いシートキャビテーションであり、その後方にクラウドキャビテーションを伴うことが多い。このクラウドキャビテーションがエロージョンの発生原因となる。そこで、船用プロペラの翼損傷防止に関連して、種々の手法による研究が実施されている。

その一つにプロペラ翼面上の圧力分布とキャビテーションの関連を検討し、圧力分布などとエロージョンの関係を明らかにしようとする研究がある。しかし、不均一流中で作動するプロペラの、翼面上圧力分布と非定常キャビテーションの関係を直接的に扱うには、理論的にも、実験技術上からもいまだ未解決の問題が多い。そこでまず、二次元翼から出発し、次に直進三次元翼の問題へ拡張し、最終的にプロペラにおける圧力分布特性とキャビテーションの関係を定量的に把握するのが適切であろう。

一方、実船の船尾伴流分布と相似の不均一流れを再現したキャビテーション水槽で、模型プロペラを使用してキャビテーションの発生状況を観測し、伴流分布とキャビテーションの関係を検討し、プロペラ設計資料などを求める実用面を重視した研究がある。最近、船研に模型船舶尾でキャビテーション試験が実施でき

る大型キャビテーション水槽が建設されたが、制限水路である計測部における船尾伴流分布の再現性が検討された。

また、これまで実船プロペラのキャビテーションエロージョンの予測は、模型プロペラのキャビテーション観測結果を基にして行ってきたが、翼面に塗布したペイントの剝離状態からエロージョンを予測しようとするペイントテスト等、新しい実験技術の導入等によって、エロージョン防止の定量的な解明が進められることになろう。

海水打込みに関する実験的研究 (第1報)

Experimental Study on Shipping Water of the Ship in Waves

北川 弘光・角川 明

昭和53年5月19日

日本造船学会論文集 第143号

船舶の甲板上への海水打込みの現象は、船舶の運航性能あるいは安全性を支配する重要な因子の一つであり、古くから関心が持たれている。しかし、海水打込みに関して、実質的な研究が行われるようになったのは近年のことであり、しかも、海水打込み現象そのものに着目した研究は非常に少ない。近時、船体運動等の理論計算法が開発され、ストリップ法による打込み限界等の計算が比較的容易に行えるようになったが、海水打込み現象や打込みと船型要素との対応などについては、不明な点が多い。

もとより、海水打込みは複雑かつ理論的な解明の及ばぬ部分の多い現象であるから、定量的な検討のみならず定性的な研究に対しても模型船等による実験的研究が主要となる。そこで、本論では、先ず、コンテナ船および鉱石専用船船型について斜波中の模型実験を行い、斜波中での海水打込みの概要を明らかにした。

先ず、船首部よりの海水打込みと打込まれた水塊の挙動について検討し、甲板上での打込水位、打込持続時間、流下速度などの様態を明らかにし、打込水塊流

下現象に対する流体モデルについても考察した。その結果、甲板上の打込水の挙動は、最大打込水位によってほぼ支配されるが、打込水塊の流下速度および最大打込水位は、肥大船にあっては、流下に伴って漸減するが、コンテナ船では、stem より船首楼甲板上やや下方で跳水現象を生じ、この位置で打込水位が最大値をとる。即ち、低速肥大船と高速貨物船とでは、船首付近の打込みは異なった特性を有し、肥大船では水位型、高速貨物船では流造型打込みであることが判った。

また、斜波中においても、船首よりの打込みが支配的であり、打込みの初生も船首においてであり、ストリップ法による打込限界の計算は、概ね良好な結果を与えるが、その際、dynamic swell-up の取扱いは、コンテナ船では考慮せず、肥大船では考慮した方がよいことが明らかになった。なお、打込みの激しさを表わす定量的な尺度として、打込まれた水の最大水位をとることを提案し、これによって、斜波中の打込特性が把握でき、最適航法での海水打込みの妥当な取扱いが可能となることを示した。

Study on the Structure of Ship Vortices Generated by Full Sterns

肥大船尾船によって生ずる船尾渦の構造の研究

田中 拓・上田 隆康

昭和53年6月5日

12th Symposium on Naval Hydrodynamics

肥大船の船尾渦は、船尾振動、不安定現象などを理解する上で重要な意味をもっている。しかし船尾渦のプロペラに対する作用は、単に円周方向流速成分の一部として考えられているだけで十分な研究は少ない。現状では、渦度分布、渦度の相似性および渦抵抗について若干の計測例と渦度の計算法があるだけで、渦の全貌は明らかにされていない。

船尾渦についての知識が不足している主な原因は、渦度分布の計測が完全に行われなかったことにある。著者等は、本報告の中で5孔 pitot 管または tuft grid による渦度の計測が十分でないことを説明し、これに代わるものとして rotor 型の渦度計を提案した。

rotor 型の渦度計は、風洞試験技術として発達したものであるが、水槽で使用する場合には、検定用の渦

の発生が不可能なため、検定ができない困難があった。本研究では、この欠点を除いた新型式の渦度計を提案し、精度等を推定した。

この渦度計を用いて、7 m 肥大船模型 (S R159 母型) の渦度分布を、渦発生付近より舵付近まで計測して立体的な構造を示した。特に、渦核の中には渦度分布の強い線状の層があることを見付け、これを vortex sheet と考えてよいことを示した。この vortex sheet 線上にすべての渦度が集中していると考えて誘導速度を計算しても、分布した渦度によるものと実用上の差は見られない。また相似模型(4 m)の渦度も計測し、渦の相似則を検討した。

さらに、渦による誘導速度がプロペラの起振力におよぼす影響を調べたが、この船型の場合、プロペラ軸に若干の上下力と水平曲げモーメントを発生するが、プロペラ推力、トルク変動等への影響は無視できる程度であることがわかった。

Cavitation Erosion Prediction Using A "Soft Surface"

ソフトサーフェス法によるキャビテーションエロージョンの予測

門井 弘行・笹島 孝夫

昭和53年6月

International Shipbuilding Progress

(June 1978) Vol. 25, No. 286

キャビテーション水槽における模型試験から、実船プロペラのキャビテーションエロージョンを予測する方法の一つとして、ソフトサーフェス法があり、多く研究機関で試験が実施されている。ソフトサーフェスの材料は研究機関によって異なり、例えばベイント、純アルミあるいはインク等が使用されている。

Swedish State Shipbuilding Experimental Tank では stencil ink を用いているが、ITTC の Cavitation Committee によって、この stencil ink を用いての比較試験が提案された。そこで、船舶技術研究所と三菱重工長崎研究所の共同研究として、同一の模型プロペラを使用し、stencil ink ソフトサーフェスとして適当かどうかを調べるため、両研究所のキャビテーション水槽で試験が実施された。

その結果、stencil ink はソフトサーフェスとし

て良好な材料であることが判った。しかし、stencil ink を標準の材料とするためには、stencil ink の希薄材の種類や希薄度をはっきりと定義する必要がある。さらに、プロペラ翼面にペイントを塗布する場合の周辺の条件、例えば湿度や乾燥方法等、および塗布の手順といった標準手続きを確立しなければならない。

また、模型試験結果を典型的な実船プロペラのエロージョンのパターンと比較、検討し、ソフトサーフェース法の効果を確認した。

<運動性能部>

小型漁船の波浪中転覆とその防止に関する実験的研究

Model Experiments on Capsize and Its
Prevention for a Small Fishing Boat in Waves

高石敬史・吉野泰平・川島利兵衛・
守村慎次・佐々木 寛

昭和53年5月

日本造船学会論文集 第143号

日本の北方海域では小型漁船の転覆海難がしばしば発生し多くの人命が失われている。これらの海難はさけ・ます漁船に多発している。

本論文はこのような海難の原因を解明し、その防止法を実験的に研究したものである。実験では、実船の7分の1の模型船を用い、角水槽において大波高の規則波及び不規則波を発生させ、船を種々の状態で航走させて転覆の発生状況を観察した。模型船は水密に造られ、転覆を起こし易くする荷崩れの模擬装置や、転覆防止に有効と思われる膨張式ゴムバルジ装置等を装備している。実験では波の周期、出会角、GMの値、バルジの膨張、収縮などの諸条件を組合わせ、総数約260回の航走を行い、そのうち約50ケースの転覆が発生した。写真による観察と解析、ストリップ法による船体運動の計算結果との対比などにより、漁船の大波浪中での転覆に最も影響するのは、船体自体の復原性が悪いこと、甲板上に大量の海水打込が起こること、船上で荷崩れが発生すること等であり、これらが複合したときに転覆発生の可能性が特に高くなることが判った。そして、このような現象が発生し易いのは、横波と斜め追波の中であるが、特に斜め追波中航走の危険性が強調された。

転覆防止には船体自体の復原性の確保が最も重要であることが判った。また転覆防止手段として膨張式ゴムバルジは有効であることが示されたが、膨張のタイミングを失わないことが大切であり、また片舷のみの膨張は非常に危険であることなどの点も明らかとなった。

さらに土屋氏の提案になるいわゆる C_1, C_2, C_3 係数の漁船への適用結果と本実験結果とを比較したところ、これら C 係数による安定判別がかなり良く転覆に対する安全性を示すことも判った。

<船体構造部>

KINETIKA RASPROSTRANENIJA USTA-
LOSTNYKH TRESHCHIN V STALJAKH I
SPLAVAKH TITANA I NIKELJA

鋼、チタン、ニッケル合金中の疲労亀裂伝播機構
在田正義・L.I. マースロフ・A.I. ベジェノフ

昭和52年3月

FIZIKO-KHIMICHESKAJA MEKANIKA
MATERIALOV

種々の荷重下での破壊過程の進行は一樣ではなく、不連続になること。この不連続性の間に一定の法則があるとする仮説を、疲労亀裂の伝播速度の場合について適用してみた。

材料は軟鋼 ($\sigma_B=55\text{kg/mm}^2, \sigma_{0.2}=32\text{kg/mm}^2$), チタン合金 (Al 6.5%, M_0 3.5% 残り $T_i, \sigma_B=105\sim 120\text{kg/mm}^2, \sigma_{0.2}=95\sim 115\text{kg/mm}^2$) ニッケル合金 (C_r 19~22%, T_i 2.5~2.9%, Al 0.6~1.0% 残り $N_i, \sigma_B=100\text{kg/mm}^2, \sigma_{0.2}=68\text{kg/mm}^2$) の3種。疲労試験は回転曲げによった。試験片は直径7mmの円柱状のもの。一樣曲げ荷重を与えた。

回転曲げによる疲労亀裂の長さは、亀裂の進展により生ずる荷重点のたわみから推定した。たわみ量と、亀裂長(亀裂先端が直線となる場合)の関係は、

$$d_i = C \left(\frac{I_0}{I_i} - 1 \right)^2 \quad \dots\dots(1)$$

ここで C = 定数

d_i = たわみの増加量

I_0 = 亀裂のない時の試験片の断面二次モーメント

I_i = 亀裂の生じた時の試験片の最小断面

二次モーメント

とし、1～2本の実験値から定数 C を求めた。

亀裂の伝播と共に、亀裂伝播則

$$dl/dN = A \cdot \Delta K^n \quad \dots\dots(2)$$

ここで

$$dl/dN = \text{伝播速度}, \quad \Delta K = \text{応力拡大係数範囲}, \\ A, n = \text{定数}$$

の A, n が段階的に変化するとし、その変化する点の ΔK を ΔK^N とすると

$$\Delta K^{N-1} / \Delta K^N = \Delta c^{1/n} \quad \dots\dots(3)$$

ここで

$$\Delta c = n = \text{材料定数}, 1, 2, 4, 8, \dots\dots$$

の法則がある。

(3)式の関係を、3種の金属に対する実験結果にあてはめると、かなりよい一致をみる。ただし、(3)式から計算される ΔK のスペクトルの全部が実現されるのではなく、いくつかが顕著に現われることがわかる。

<溶接工作部>

面状欠陥の断面寸法の検出及び焦点寸法の検出に及ぼす影響について

Study on Detection Method of Cross Section Size of Planar Defects and on Effect of Focus Size for the Detectability

神尾 昭・榊 昌英・勝又 健一

昭和53年1月

「非破壊検査」誌 第27巻第1号

非破壊検査によって欠陥の存在が認められた鋼材等溶接部の合否には、欠陥種類、寸法、位置等と応力状況、材料劣化等が考慮されなければならないが、現状ではその基本的要素である欠陥寸法、とくに板厚方向の欠陥高さについての非破壊試験的測定方法が確立していない。したがって品質管理的な立場から、欠陥を含む溶接部の合否基準が定められているといえる。より合理的な合否基準を作るためには、欠陥寸法、とくに欠陥の板厚方向高さの測定方法の確立が望まれている。

ここでは放射線透過試験において面状欠陥の高さを検出する方法として、三方向から撮影し、透過写真上の欠陥像の幅をそれぞれ求め、作図により欠陥断面寸法を求める方法を提案し、実験を行った。ただし対象

となる面状欠陥は大きな屈折のないものに限られている。

脆性破面を向け合せて作成した人工割れ試験片を用いて、板厚 50mm 中における種々の傾き角をもった人工割れの高さ測定では、欠陥は20%程度小さ目に得られる傾向を示した。

面状欠陥の検出に対し、放射線源の焦点寸法の効果が大きいとされ、規格では撮影配置が規定されているが、JIS と ASME ではその規定の仕方が異なる。

フィルムカセットと試験体を一体として移動する方式により見掛けの焦点寸法を変化する実験を行い、その検出度に及ぼす影響を調べた。実験結果によれば面状欠陥の識別に及ぼす幾何学的ボケの影響は高エネルギー放射線による撮影の場合の方が大きいことがわかり、ASME の板厚とともにボケ許容値を大きくする方法より、JIS の一定値とする方が適切であると思われる。ただし許容値についてはなお検討する必要がある。

<機関開発部>

運航障害を生じた事故の分析

An Analysis on Casualties in Ship Operation

玉木恕乎・黒須顕二・鹿子嶋直嗣・飯島 晃

昭和53年4月

日本舶用機関学会誌 第13巻第4号

船舶という輸送機関にとって、運航の安全性と定時性の確保は、運航者が常に留意すべきことであり、運航障害を起さないよう心掛けている。また、万一障害を生じた時は、安全を考慮しつつ早い復旧が必要である。

運航障害を生じた原因はいくつかあるが、大部分を占めるのが機器の故障によって生じた事故による。本報告は運航中に生じた機器故障による事故を信頼性の面から解析したものである。調査対象船はある海運会社の社船であって、調査期間約12年間で総計1029隻・年に達する。解析は主として主成分分析法を用いた。

えられた主要結果はつぎのとおりである。

- (1) 1970年代に入って運航障害事故が激増したが、その激増した第1原因は主機関の高出力率化である。
- (2) 高出力率化が行われてから2～3年後にその効果として事故が増えてきている。

- (3) 同時期にMO化も並行して実行されたが、MO化は事故の頻度を増加させてはいない。
- (4) 現在は減速運転がかなり広く実施されているため、事故の件数が減っているが、減速運転を止めて定格に戻ると事故頻度は増加するであろう。
- (5) 事故の検知と故障対策への判断は、まだ人間に頼っている部分が多く、現在ではその役割りは大きい。今後はこの方面を解決する研究に力を集中し、船舶の安全系を設計する必要がある。
- (6) 船用機関の信頼性については、固有の信頼度をより上げる必要がある。

ガスタービン用燃焼器の排出ガスの研究 (第1報)

Study on Exhaust Emissions from a Gas Turbine Combustor (1st Report)

熊倉 孝尚・羽鳥 和夫

昭和53年6月2日

日本ガスタービン学会

陸上機関にくらべ船用機関における排ガス対策は、船舶がまだ規制の対象になっていないこともあって遅れている。しかし港湾・内海などでは実態はまだ明白でないが、陸上と同様な環境汚染が考えられる。このような観点から船用を対象とした機関のうち、ガスタービンについて燃焼器から排出する大気汚染物質の低減に関する基礎的研究を行った。

大気汚染物質としてNO_xと未燃分(COとHC)に着目し、ガスタービンではNO_x中にNO₂が多いことからこれの測定にはガス採取管の選定(採取管の材質、冷却の程度)が重要であることを指摘した。そして燃焼領域内で発生した高温の燃焼ガスが希釈用空気で急冷される領域でNOがNO₂に酸化されることを実験的に確かめた。

大気汚染物質低減のため二、三の方法を試みた。まずNO_x低減策として燃焼領域に燃焼に不活性な成分を加えて燃焼温度を下げる方法である。ここで不活性成分として水とCO₂ガスを用いた。水は燃料(灯油)と混合してエマルジョン燃料とし、CO₂ガスは燃焼用空気に予め混入した。一方未燃分の低減策として、低負荷時に未燃分が増大することから、燃焼器内の空気配分を変える方法を行った。

その結果は、水添加、CO₂混入ともNO_x低減には効果があり、水添加率30% (エマルジョン燃料に対し

て)、CO₂混入率10% (燃焼用空気に対して)でNO_xは50%の低減がある。しかし未燃分はいずれの方法とも増加し、水添加率40%、CO₂混入率20%を越えると燃焼加不安定になった。なお、水添加およびCO₂混入法におけるNO_xの低減率と未燃分の増加率をガス温度の低下分で整理し、NO_x低減率はガス温度低下分だけでほぼ整理できることを示した。

一方、燃焼領域内の空燃比を常に一定に保つような空気配分を行えば低負荷時の未燃分の低減に非常に効果がある。

<機 関 性 能 部>

水素、炭化水素混焼火炎のスペクトル分布

Spectra of Hydrocarbon Flames Mixed with Hydrogen

山岸 進

昭和52年12月5日

第15回 燃焼シンポジウム

炭化水素炎には特徴的なOH、CH、C₂の発光が観測される。これ等の発生消滅機構は相互に関連して炭化水素炎の性質及び生成物に重要な役割を持つものと考えられ、多数の研究がなされているが未解明な点が多い。ここでは、煙の発生とも関連深いC₂生成機構についての知見を得るため、OH、CH、C₂分布と混入ガスの影響を調べた。ラインプロファイルの相異及びガス温度分布に依って自己吸収に差が生ずるが、これは線強度と火炎構造によってその度合が異なる。この様な自己吸収補正に関して、実験で光路長の異なる吸光度の比として、各ラインの吸光度を調べた。その結果吸光度比はRQ/Rd≒2であり、温度測定に使用する比較的線強度の弱いOH(0-0) R₂枝の1~20については、バンドヘッド近くでわずかにずれているがその差が小さく、温度を求めるための計算法としてIso-Intensity法を用いる場合誤差が小さい事が確かめられた。

空間的な線強度の分布については、OH、CH、C₂のピーク位置は一致せず、火口からC₂、OH、CHの順にピークが現われている事が分かった。C₂H₂/O₂炎に水素及び不活性ガスを混入した場合のC₂光量の変化を見ると、C₂H₂の増加はC₂光量の著しい増加を来

たすが、 H_2 は C_2H_2 に比べて影響は少ない。

又不活性ガス N_2 , Ar と同クエンチ効果は顕著なものでなく、両者の間に差がある事も分った。 CH_4 , C_3H_8 , C_2H_4 についても同様な傾向が見られるが C_2 発光強度は C_2H_2 炎の1/10以下となっている事が分った。

Untersuchungen über die Verbesserung eines Einspritzverlauf-Meßgerätes

噴射率計の改良の研究

堀 保広

昭和53年2月

Motortechnische Zeitschrift

ディーゼル機関における燃料噴射率の、サイクル毎の直視が可能である測定法の一つに長管法があり、高速機関で多用されている。しかし、船用低速機関のように、大きくまた時間の長い噴射率の測定では、それに見合う長大な管が必要となり、計器の製作には困難が伴う。これに対し、他の直視可能の方法である圧力容器法においては、単に噴射量に見合う容積の容器を使えばよく、はるかに製作が容易であり利用し易い。

“Druckindikator” と呼ばれる、この原計器では、圧力容器内に燃料噴射した際の圧力変化をピエゾ水晶変換器で測定し、その出力を時間微分して噴射率を得ている。内部インピーダンスの高い変換器からの小さな出力と微分回路でのその低下のために、測定には高度の技術を必要とし、また高級なチャージ・アンプを使用するために、経費の負担も大きい。この変換器に替えて、フェライトを変換素子とする磁気ひずみ式変換器を使って、それらの欠点を除いた。直流磁化された素子の、圧力による磁束変化を利用する直動変換を行えば、圧力の時間微分値に比例した電圧が直ちに得られる。出力が大きいので、プレ・アンプがなくても、市販のオシログラフでの直視が可能である。内部インピーダンスが小さいので、湿度の影響を受けることがなく、取り扱いが容易である。

当部で高出力化の研究用として製作した。中形、中速実験機関の噴射率の特性調査にこの計器を利用し、応用例としてその一部を示した。

気液並流下降流のボイド率と摩擦損失

Correlations for Void Fraction and Pressure Drop in Cocurrent Two-Phase Downflow

山口 勝治・山崎彌三郎

昭和53年3月30日

日本原子力学会昭和53年年会

原子炉の冷却材喪失事故を模擬した実験によると、ブローダウン直前までの上昇流が液の静止、続いて下降流になる場合(場所)のあることが観測されているので、ブローダウン過程を記述し、原子炉事故時の安全解析を行うには、下降流の流動特性に関する知見が必要である。

ところが、気相、液相ともに下向きに流れる気液並流下降流は、従来その用途が主として下降流型エバポレーターやキャリアアンダーの問題に限られていたため、上昇流に比べるとボイド率や摩擦損失に関する研究は少なく、広い実験条件に適用できるこれらの関係式はまだ提案されていない。

本研究は並流下降流のボイド率と摩擦損失の関係式を求めることを主目的としており、そのための基礎式として、垂直円管上昇流の気体-水系で成立した次の式を用いた。

$$\frac{\alpha}{(1-\alpha)(1-K\alpha)} = \frac{\beta}{1-\beta} \quad \dots\dots(1)$$

$$\sqrt{\Delta P_{TP} / \Delta P_w} = (1-\alpha)^{-Z} \quad \dots\dots(2)$$

ここで、 α : ボイド率、 β : 気体体積流量率、 ΔP_{TP} : 二相流の摩擦損失、 ΔP_w : 水のみが流れた場合の摩擦損失、 K と Z は実験的に決定される値、である。

流速、 β 、熱流束、圧力、管径や流体の物性値が K や Z におよぼす影響(熱流束、圧力は K についてのみ)を、著者らの実験を含む4つの実験者グループのデータを用いて検討した結果、 K は β のみから求まり、 Z は定数になることがわかった。 K はボイド率の、 Z は摩擦損失の誤差がそれぞれ最小となるよう K と β の関係および Z の値を定めた結果、

$$K=1.25-0.25/\beta \text{ for } \beta \leq 0.2; K=-0.25+1.25\beta \text{ for } \beta > 0.2 \quad Z=0.9$$

を得た。これらの関係と式(1)、(2)を用いると、ボイド率は $\pm 20\%$ 、摩擦損失は $\pm 30\%$ 以内の誤差で求まった。

導かれたボイド率と摩擦損失の一般的な関係式は、下降流の広範囲な実験条件に適用でき、精度の面でも十分満足できるものである。

本研究の結果、原子炉の安全解析を行う上での有力な手段が得られた。

A Data Bank of Marine Engine Failures and its Application to Improve Availability

船舶用機関故障データバンクとその応用

村山雄二郎・玉木恕乎・黒須顕二・

稲坂富士夫・菊地正晃

昭和53年11月13日

The International Symposium on Marine Engineering Tokyo '78

船舶の大形化と高速化により、船舶機関は複雑化し、また自動化が大幅に採用されることに伴って、機関故障が及ぼす影響は大きくなっている。その反面、故障の診断と修理は乗組員の削減によって難しくなっており、故障を減らして信頼性を向上することと、万一故障を生じてもそれを大事に至る前に早期に発見し修理して復旧する時間を短くしてアベイラビリティを向上することによって、船舶の安全を確保するシステム工学的試みが重要視されている。

船舶機関の信頼性をアベイラビリティを上げるには、故障診断系と故障回復系を持つ新しい安全系を備えることが効果的であり、本研究はこの新しい安全系を提唱している。この実現には、船舶機関の故障の構造とその要因を把握することがまず必要である。すなわち、船舶機関の故障は、現在、どのような原因で、どの程度の頻度で発生し、どのような影響を与えているか、の情報を知るだけでなく、故障の前徴である異常を何により、どのように検知し判断を加えた結果故障と同定したか、故障箇所が発見され、どのような処置が採られその結果はどうであったか、など故障発生の初期段階から修理効果である最終段階までの過程に対する情報をも知る必要がある。それにより、どのような故障を避ければよいか、どのような徴候を早期に発見すればよいか、どのような対策を考慮すればよいか、が判り、船舶の安全確保に効果的な安全系を設計することができる。

以上の目的のために、船舶機関の故障データを集めて処理し、解析を行うデータバンクが作られた。ここに集積されたデータの特長は上述の内容を包含し、船舶機関を人間-機械系としてとらえていることにある。また、使用目的に合わせて必要な新データを格

納、処理できる柔軟性を持っている。

データの解析としては、故障要因に対して主成分分析法を実施し、船舶機関の故障と処置との関連が明らかになった。船舶機関の安全系の一応用として、ディーゼル主機関の診断系に故障マップを作成し、提唱した。

<共通工学部>

磁気ひずみを利用した応力解析

Measurement of Stress by Magnetostriction Effect

吉永 昭男

昭和52年1月

日本船舶機関学会誌 第12巻第1号

大型船の海難事故の原因の一つに、建造時に船体のブロック継手などの溶接部に生じる残留応力が考えられている。この残留応力を非破壊で実物測定する方法は、現在ではX線応力測定法が一般的であるが、この方法は高価な装置と高い技術が要求される。この論文は、この種の応力を、磁気ひずみ効果を用いて、非破壊で、実物測定する方法について述べた。これまでに、この種の応力のうち、一軸応力および単純な二軸応力の測定については、すでに報告しているので、ここでは、溶接材の残留応力のように、一方から圧縮、他方から引張応力が生じている場合、応力こう配が急な場合、その他複雑な平面応力の場合などについて、理論的検討と実験を行った。

この実験では、コの字形の強磁性体に、コイルを巻いたプローブを用い、これを被測定材に当てて測定を行ったが、平面応力の測定には、プローブを、被測定材に当てるだけで簡単に測定できる。これらの測定法について述べ、溶接材の残留応力の非破壊測定例を示し、ひずみゲージを用いて応力解放して測定した場合と比較し、誤差約±3~4 kg/mm²で測定できることを示した。

最後に、磁気ひずみ計測の特徴を多く持っている、実用計器について述べた。土圧計は、感度が大きく、受圧板の変位を小さくすることができるので、ヒステリシスのないものが作られ、水圧計、波圧計としては、耐湿性がよく、長期測定に適しているので、多く用いられている。また、固有振動数が高く、動的測定に適しており、高周波用磁性フェライトを用いた衝撃

測定, FM型変換器による遠隔測定, スリップリングのいらぬ, 非接触型のトルク計, 応力の非接触測定など, 他の測定法では測定が困難なものについてのみ解説した。

**磁気ひずみ効果を利用した残留応力の測定
(せん断応力差積分法を用いた場合)**

Non-Destructive Measurement of Residual
Stress by Magnetostriction Effect
(In the Case of Measurement
by Shear Difference Method)

吉永昭男・滝沢千嘉子・吉井徳治・
熊谷親徳・山田久俊

昭和52年 1月

日本機械学会論文集 第43巻第365号

荒天時に, 時々起こる, 大型船の事故を考えても, 航行中の実船の応力測定, 波浪荷重や衝撃水圧の測定, 建造時のブロック継手付近に生じる残留応力の測定など, 船体に関する応力測定が, 船舶の安全性向上のために, 重要であることがわかる。ここでは, 磁気ひずみを利用した応力測定法について, 解説する。

まず, 磁気ひずみ効果の原理について, わかりやすく説明し, 応力測定に用いられる磁気ひずみの4つの効果について図解した。つぎに, 変換器素子と磁気ひずみ材料および測定回路など, 測定法について述べた。

磁気ひずみ効果を利用した応力測定のうち, もっとも特徴のある, 残留応力の非破壊測定について, 詳細に説明した。磁気的な方法では, 主応力方向と主応力差がはっきり測定できるので, 一般的には, せん断応力差積分法を用いて解析するが, 単軸残留応力の場合において, 主応力方向は, 測定点を中心に, このプローブを, 回転させると, その出力最大, 最小の方向として求めることができ, 主応力差は, 主応力方向の出力電流差に比例することがわかった。また, このことは, 平面応力状態の鋼板上に, プローブを当てた場合について求めた理論式からも証明された。

そこで, この論文では, 光弾性実験などでよく利用されている, せん断応力差積分法を用いて, 主応力を分離する方法を用いた。

その結果, 従来, 測定困難とされていた, 不均一応力場の平面残留応力の測定が可能となり, 実験の結

果, ひずみゲージで測定した場合との差は, 約 $\pm 2 \text{ kg/mm}^2$ であった。また, 溶接材の残留応力を, この方法で, 非破壊で測定し, その後, ひずみゲージをはり, 破壊して応力解放して測定した場合との比較を行い, $\pm 3 \sim 4 \text{ kg/mm}^2$ ぐらいの差で測定でき, 十分に応力状態をはあくすることができた。以上のことより, 磁気ひずみ効果を利用した, この方法は, 実用的な構造物の残留応力の非破壊測定に適していることがわかった。

磁気ひずみ効果を用いた鋼材のねじり疲労検出法

Detection of Torsional Fatigue in Structural
Steel by Magnetostriction Effect

吉永 昭男・吉井 徳治

昭和52年 5月

日本機械学会論文集 第43巻第369号

鋼材の疲労の程度を早期に, すなわち微視亀裂発生以前に, 非破壊で検出することは, 疲労破壊を予測することができ, 船舶等交通機関の保守安全上, きわめて重要である。また疲労機構を根本的に解明するためにも必要であるが, 現在では, 微視亀裂発生以前に, 非破壊で, 疲労を検出する簡単な方法がない。

この論文では, 磁気ひずみ効果を用いて, 鋼材のねじり疲労を早期に, 非破壊で検出する方法について述べている。

丸棒に交流電流を流し, これを静的にねじると, 逆 Wiedemann 効果により磁化が変化するので, 円周方向に, サーチコイルを巻くと誘起電圧を生じる。丸棒を静的にねじると, この出力は, 弾性域のねじり応力に対しては殆んど直線的に変化し, 左右に振っても, 履歴を生じないが, 塑性域では履歴を生じる。これを磁気ひずみヒステリシスと呼んでいるが, 疲労も一種の塑性現象とみなすと, この磁気ひずみヒステリシスが疲労と共に, 増大することが予測される。実験の結果, そのことが証明され, 未疲労の場合は, 履歴を生じないが, 疲労の増大とともに, 磁気ひずみヒステリシスが増大し, これを測定することによって, 疲労の程度, 損傷度がわかり, 破断繰返数, 耐久限度を予測することができた。

また, この磁気出力の変化と, いわゆる疲労の三断階との関係が明らかになり, 機械的に求めた被害曲線が, 磁気的な出力の, 第三段階の始めと一致し, この

点は、微視亀裂形成開始曲線と、よく似ていることが判明した。磁気的な出力は、それ以前に変化があるので、疲労の早期検出に適していると思われる。

金属顕微鏡での、同時観察によっても、磁気的な出力の三つの段階では、すべり線の状態が、それぞれ異なっており、磁気的な出力が材料の疲労状態のちがいを、はっきりと示していることがわかった。

The Behaviour of Ships in Limited Waters The Effective Domains and Their Hard Cores as Functions of Size and Other Factors

制限水域の船舶航行実態

船の長さなどの要因の関数としての閉塞領域・
限界領域

田中健一・山田一成・藤井弥平・
山内宏之・奥山育英・平野新太郎

昭和52年9月

Proceeding of 24th International Navigation
Congress

制限水域における船舶航行実態から、一船の周りにあって他船がこれに近づくことを避ける領域の存在を確認して、閉塞領域 (Effective domain) の概念を導入し、「先行船に対する後続船の相対位置の密度分布を求め、この密度最大の点をつらねる曲線で囲まれた領域」と定めた。同航する2船同士の数多い観測結果から、この領域は、先航船を中心とし、進行方向を長軸とする楕円形で近似されることが分かった。その進行方向の長さ (長軸の1/2) r 、幅 (短軸の1/2) は、それぞれ船の長さの関数として、

$$r = (7 \pm 1) L, \quad s = (3 \pm 0.5) L$$

で表わされるという結果を得た。

研究の進展によって、十分狭い水域における3船以上の群の小型船の観測結果から、ちゅう (稠) 密状態の場合 (Close-packed case) の閉塞領域は前同様楕円形で近似され、この場合の r, s はそれぞれ前の場合のほぼ1/2であることが示された。この調査では、同時に、この r, s に及ぼす船の速度や水路幅など他の要因の影響も明らかにされた。

一方、港の入口などで、少々の危険性とそれに伴う心理的圧迫感に逆らっても、前途を急ぐため、過渡的に2船間の路離が縮小する場合があるが、このような場合の閉塞領域を特に限界領域 (Hard Core) と名付け

た。この場合の値はほぼ $r=6L, s=1.5L$ であった。

以上の閉塞領域は、同航を対象としたものであったが、この概念は、反航や横切りの場合、さらに、一船の代わりに固定物を設けた場合に拡張されて研究が進められている。

また、これらの実態観測は、レーダ連続撮影法や俯瞰写真撮影法によっているが、これらの観測技術や観測データ処理法も現在長足の進歩を遂げている。

さらに、閉塞領域の概念は、水路や海上交通管制システムの設計に役立つことが示唆されている。

<東海支所>

^{60}Co ガンマ線によるスカイシャインの解析

Analysis of Skyshine due to ^{60}Co γ rays

竹内 清・笹本 宣雄・田中 俊一

昭和53年3月28日

日本原子力学会 昭和53年年会

最近環境における放射線量をできるだけ低くすることが原子力の安全性の上から要請されている。そこで原子力施設から漏洩した放射線の空気散乱 (スカイシャインという) が環境の放射線量をどの程度高めるかが問題となって来た。これらの放射線量算出方法は遮蔽計算法であり、したがって遮蔽計算法 (遮蔽計算コード) の精度が問題となって来たわけである。今回の報告は放射線源を ^{60}Co ガンマ線点線源にした場合のスカイシャイン計算の精度についてである。

問題は米国で ^{60}Co 点状線源を地上 8.23m 上空に設置し、線源から 800m の距離まで地上で測定した実験である。計算は地面を考慮に入れる必要があるので二次元形状計算で実施した。使用したコードは PALLAS および DOT-III コードである。エネルギー群数は前者が18群で後者が10群、また角度分点数は前者が28分点で後者は S_8 (48分点) である。DOT-III のルジャンドル展開次数は P_3 であり、PALLAS はルジャンドル展開近似していない。

両計算コードともに二次元計算で大きな誤差発生となるレイ・エフェクトを取り除くために、点線源からの非散乱線計算を1回衝突線源法によって解析的に算出する方法を適用した。

計算結果は $4\pi r^2 \times$ 線量率の形で線源からの距離に対し求められ、実験値と比較された。その結果、点線

源の近くの100m位置では両計算値ともに実験値よりも20~40%低く出ているが、距離が大きくなるにつれて実験値に一致するようになる。近い距離の実験値は ^{60}Co を保管するための鉛キャスク自身や支持装置などからの散乱線の影響で大きく出ている可能性がある。計算同士の比較ではPALLAS計算の方がDOT-III計算値よりも20%位大きく出ている。計算時間はPALLASが300秒であり、DOT-IIIが1850秒(FACOM-230/70のcpu時間)であった。

結論としては点線源からのガンマ線スカイシャイン計算はおおよそ20%以内の精度で計算できることがわかった。これは非散乱線を解析的に算出したからであり、体積線源の場合も非散乱線を解析的に算出できるように両計算コードを改良することが要請される。

Discrete Ordinates コードにおける空間メッシュ効果の評価

Assessment of Effect of Spatial Mesh Intervals on Calculational Accuracy in Discrete Ordinates Codes

竹内 清・笹本 宣雄

昭和53年3月28日

日本原子力学会 昭和53年年会

直接積分法によるPALLASとSn法によるANISNを用いて、空間メッシュ幅のとり方が計算精度に及ぼす影響を研究した。ANISNコードの場合空間について輸送方程式を積分するのに、ダイヤモンド差分法と指数関数近似の差分法の両方法を適用した。一方、PALLASコードの場合空間積分するのに散乱線源分布を線形関数で近似した従来の方法と指数関数で近似した改良方法を適用した。

計算問題は中性子およびガンマ線遮蔽体透過問題である。中性子の計算は水200cm厚さの平板体系に核分裂中性子が等方に入射する問題についてであり、ガンマ線の計算は鉛50cm厚さの平板体系に1.0MeVガンマ線が垂直入射する問題と核分裂ガンマ線が等方に入射する問題についてである。

計算結果は標準計算(最も細かい空間メッシュ幅で行った計算値)に対する比の形で整理した。すなわち、中性子計算の場合ANISNコード計算ではダイヤモンド差分法および指数関数近似差分法ともに1.8cm幅の空間メッシュでは8%以内の誤差であったが、

7.7cm幅のメッシュでは前者は最大で18倍の誤差が発生したが、後者は最大で2.7倍の誤差であった。一方、PALLASの場合2cmメッシュ間隔では適用した両方法ともに5%以内の誤差であり、また12.0cmメッシュ間隔では線形近似の場合最大で3.4倍の誤差が発生し、指数関数近似の場合最大で1.4倍の誤差であった。ガンマ線透過計算の場合1.0MeV垂直入射計算ではANISNコードのダイヤモンド差分法使用は1.0cmメッシュ間隔でも11倍の誤差が発生し、また指数関数近似差分法では2~3倍の誤差であった。核分裂ガンマ線計算では2.0cm間隔の場合前者の方法で2.2倍、後者の方では1.3倍の誤差であった。一方、PALLASコードの線形近似の場合1MeV垂直入射計算では1.0cm間隔に対し1.5倍の誤差であり、指数関数近似では22%の誤差であった。核分裂ガンマ線計算では2cm間隔に対し前者の方法では20%、後者の方では19.6%の誤差であった。以上のことからPALLASおよびANISNコードによる放射線透過計算の場合の空間メッシュ間隔の選び方が計算精度に及ぼす影響を明らかにすることができた。

Discrete Ordinates コードによる点線源-空気-コンクリート体系放射線透過計算の精度

Calculational Accuracy of Discrete Ordinates Codes for Radiation Transport through Air-Concrete Media from Point Sources

竹内 清・笹本 宣雄

昭和53年3月28日

日本原子力学会 昭和53年年会

最近14MeV中性子線源や ^{60}Co ガンマ線源に対する遮蔽設計計算Discrete Ordinatesコードで計算する場合がしばしばある。その場合にSnコードは負の角度分布やスカラー束を算出し、これが世界的に問題とされている。この頁の線束算出の原因を調べ、これが計算精度に及ぼす影響を明らかにするのが本報告の目的である。遮蔽問題は14MeV中性子あるいは ^{60}Co ガンマ線の点線源がコンクリート遮蔽体の中心にある問題である。点線源からコンクリート壁内側までの半径は650cmであり、コンクリートの厚さは100cmである。

まず、中性子計算はANISNコードで S_{16} , S_{32} , S_{64} と P_1 , P_3 , P_5 の組み合わせで空間メッシュ間隔はコン

クリート中が 1.0cm, 2.0cm, 4.0cm の場合で、コンクリート内側の空気中が 10cm から 20cm である。比較のために PALLAS 計算も実施した。この場合角度分点数は16と20であり、空間メッシュ間隔は空気中が 20cm でコンクリート中は 2.5cm である。計算結果は ANISN の第1および第2群(14MeV~12.5MeV)では負の角度分布を算出したがスカラー束は負にならなかった。第3群以降は負の線束算出はなかったが、1回散乱ピークは角度分布に現われなかった。PALLAS 計算との比較では約30%以内の差で線量率減衰曲線は一致した。差の原因は現在調査中である。

次にガンマ線計算の場合、やはり ANISN は中性子計算の時と同じ条件で計算を行った。PALLAS 計算も同様に実施した。なお群構造は中性子計算では両コードともにレサジー0.1間隔であり、ガンマ線計算では 0.1MeV 間隔である。計算結果は 0.35MeV まで ANISN 計算は負の角度分布を算出し、スカラー束の負の算出は 0.55MeV までであった。また、ガンマ線の場合顕著な1回散乱ピークがコンクリート入射面に現われる筈であるが、ANISN 計算では全く算出されなかった。一方、PALLAS 計算は解析的に計算できる角度位置に1回散乱ピークが算出され、負の角度分布もスカラー束も算出することはなかった。両コードによる線量率計算の比較の結果は、ANISN コードによるコンクリート壁内空気中ではかなり問題になる大きな誤差の発生がみられた。しかしコンクリート中の減衰計算の一致はかなり良かった。

NSRR 実験 (22)

冷却水温パラメータ実験 (1)

NSRR Experiments (22)

Experiments with a Parameter of Cooling Water Temperature

落合政昭・大西信秋・丹沢貞光・北野照明

昭和53年3月28日

日本原子力学会 昭和53年年会

これまでの NSRR 実験の結果、燃料破損のメカニズムの一つとして、熔融破損が考えられている。冷却水温が膜沸騰熱伝達率に影響を及ぼすことが知られているので、冷却水温を変えれば、燃料温度も変わり、熔融破損限界にも影響を与えることになろう。今回の実験では、冷却水温を60℃と90℃とに設定し、これまで

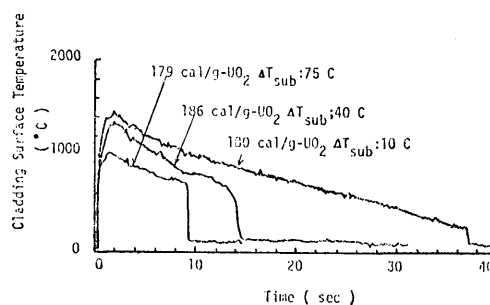


Fig.-1

の室温での実験結果と比較検討した。

実験の結果、冷却水温が上昇するに伴って燃料破損のしきい値は低下した。この理由は、冷却水温上昇につれて、膜沸騰熱伝達率が低下し、低い発熱量でも被覆管の熔融や脆化が開始するためである。図-1は、冷却水温を変えた場合の被覆管表面の温度変化を示したものである。図から明らかのように、冷却水温が高い程、すなわちサブクール度が低い程、被覆管表面の最高温度は高く、高温の持続時間も長い。また急冷開始温度は、サブクール度が低下する程低くなる。

実験後の燃料の外観は、常温の実験と比較して破損状況、酸化および変形等がかなり激しい事を示していた。

NSRR 実験 (23)

流路模擬実験およびバンドル燃料実験

NSRR Experiments (23)

Flow Shroud Experiments and Rods Bundle Experiments

吉村富雄・藤城俊夫・小林晋昇・岩田耕司

昭和53年3月28日

日本原子力学会 昭和53年年会

NSRR による各種のパラメータ実験は、単一の試験燃料を大量の冷却水中に置いて行っている。この実験条件は実用炉燃料の冷却条件と異なるので、このような冷却条件の違いが燃料挙動にどのように影響するのかを調べることを目的として、流路模擬実験とバンドル燃料実験を行った。これらの実験で得られた結果の概略を報告する。

流路模擬実験は、寸法の異なる円形および四角形断面の流路管の中に燃料を置き、冷却水の量を制限して

行った。またバンドル実験では、中心1本、外周4本の5本バンドル体系とし、中心燃料と外周燃料の平均発熱量を等しくするために、中心および外周燃料の濃縮度をそれぞれ20%および10%とした。

実験結果は以下のようにまとめられる：

- 1) 温度挙動。被覆管温度の最高値は標準燃料実験と差異はなかったが、流路模擬、バンドル燃料実験ともに膜沸騰継続時間が長くなり、被覆材はより長時間高温にさらされた。この継続時間は、燃料有効部の上方、即ち自然対流の下流側になる程長くなり、流路の存在により、対流の影響が顕著になる事が明らかになった。またバンドルの中心燃料では、膜沸騰は流路模擬実験よりもさらに長く続き、周辺燃料の発熱による影響が認められた。
- 2) 破損しきい値、冷却水量が制限された結果、本実験の範囲では。破損しきい値が標準燃料実験よりも約 $30\text{cal/g}\cdot\text{UO}_2$ 低下することが分った。
- 3) バンドル実験の燃料破損状態、発熱量 $220\text{cal/g}\cdot\text{UO}_2$ で中心燃料のみが分析した。外周燃料中の発熱量はバンドルの外側が高く内側は低く、この比が1.8にも達する。この結果、外周燃料は、外側では被覆材が溶融しても内側は健全という特殊な結果が得られた。

NSRR 実験 (24) 擦過腐食燃料実験

NSRR Experiments (24) Defected Cladding Fuel Experiments

吉村 富雄・落合 政昭・石川 迪夫
昭和53年3月28日
日本原子力学会 昭和53年年会

NSRR 計画では反応度事故条件下における燃料の振舞いを实际的に把握することを目的として、健全燃料および欠陥燃料についての燃料破損実験を行っている。ここでは被覆管にフレッティング腐食による損耗欠陥をもつ燃料についての実験結果を報告する。

原子炉燃料棒は冷却水の流れによって力を受け、小さな振動を繰返している。この微小振動はスペーサーとの接点で被覆管にフレッティング腐食を生じさせる原因となる。本実験ではこれを模擬するものとして、実験用燃料棒に上下支持板とスペーサーを組合せて集合体を作り、それを圧力容器中にセットして、振動台に

より容器ごと振動させ、被覆管にフレッティング腐食による損耗部をもつ供試体燃料を作成した。

燃料破損実験は、発熱量 $210\sim 342\text{cal/g}\cdot\text{UO}_2$ の範囲で、7回行った。発熱量 $240\text{cal/g}\cdot\text{UO}_2$ 近くの実験では、損耗の度合いが小さい場合は破損しなかったが、損耗度が大きい場合は、損耗部に貫通破損が生じた。発熱量 $342\text{cal/g}\cdot\text{UO}_2$ の高発熱量実験では、カプセル内圧 11kg/cm^2 と水塊移動速度約 10m/sec が計測された。このような機械的エネルギーの発生を伴う破損挙動は、内圧破損モードの時にみられるもので、健全燃料の発熱量 $408\text{cal/g}\cdot\text{UO}_2$ 以上の場合に対応している。

これらのことから、被覆管損耗燃料の破損しきい値は、損耗度が小さい場合は健全燃料と変わらないが、損耗度が大きくなると弱体化した損耗部の局所破損で低下すること、および圧力パルスを伴う激しい壊れ方が健全燃料より低い発熱量で生ずること等が確かめられた。

NSRR 実験 (25)

浸水燃料の燃料内圧挙動 (II 報)

NSRR Experiments (25) Behavior of a Fuel Rod Internal Pressure of a Waterlogged Fuel Rod

落合 政昭・大西 信秋
昭和53年3月28日
日本原子力学会 昭和53年年会

前報において、完全浸水燃料（燃料内部の空隙部にほぼ完全に水を充満させた燃料）の内圧挙動に関して解析し、実験結果との良い一致を確認した。

しかしながら、より実際の浸水状況を実現するために、燃料内部に部分的に水を入れた場合（部分浸水）には、前報で報告した解析モデルは適用できない。その為、浸水燃料内圧挙動解析コード「WTRLGD」を作成した。このコードは、主として、燃料内部の温度分布を計算する部分と、燃料内部の水の軸方向の流動を、いわゆる volume-junction モデルによって取り扱う部分とから構成されている。本コードの解析対象は、浸水状況や貫通欠陥の有無に依らずに、凡ての浸水燃料を含む。Fig.-2 に、浸水量 3.12g (約85vol%)、投入反応度量 $1.50\text{\$}$ の場合の燃料内圧の測定値と、解析結果とを示す。同図に見られるように、解析結果は

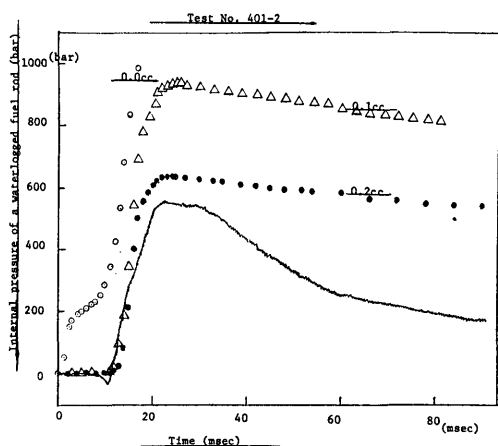


Fig-1 Internal pressure of a waterlogged fuee rod

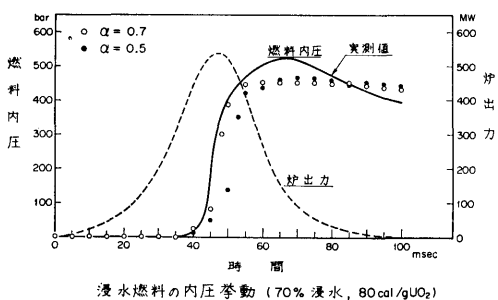


Fig-2

実測値と比べると、圧力上昇開始時刻、圧力上昇速度はほぼ一致し、最高到達圧力もまた10%以内の精度で一致した。

解析結果によると、圧力上昇開始時刻は、ほぼギャップ部の温度が100℃に達した時刻に対応し、その後ギャップ部の温度の上昇につれて圧力が上昇する。その間、上部プレナム部の圧力はほとんど上昇していない。従って上部プレナム部に大きな貫通孔のある場合の浸水燃料実験で、破損の様相が標準的な場合とほぼ同様であった事が理解できる。

急冷時の温度挙動に関する研究

Study on the Behavior of Temperature at Quenching

落合政昭・森治嗣・戸田三朗・斉藤伸三

昭和52年3月28日

日本原子力学会 昭和53年年会

NSRR 実験で見られる 自由対流下での 燃料棒冷却

過程時の過度温度挙動を明らかにするため、炉外において高温に加熱した Zry-4 中実丸棒を急速に純水中に落下させて実験を行った。

直径10mm 長さ100mm の試験体表面に線径0.1mm の Pt-Pt-Rh13% の熱電対を点溶接し、表面温度過渡挙動を記録した。試験体は電気炉中で約1000℃に加熱した後、急速に落下させ水槽中に固定した。また高速カメラによる撮影記録を温度記録と同期させ行った。サブクール度は0~90℃の範囲で変化させた。

図-1 にサブクール度の異なる 種々の 表面温度過渡記録を示す。サブクール度の減少に伴い冷却時間が長くなり、急冷開始温度が低くなるのが分る。

次に表面温度を境界条件として、一次元非定常熱伝導方程式を前進差分法により解き、表面熱流束を求めた。図-2 は、得られた表面熱流束と表面温度との関

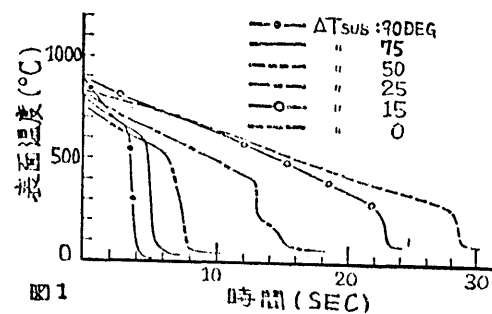


図1

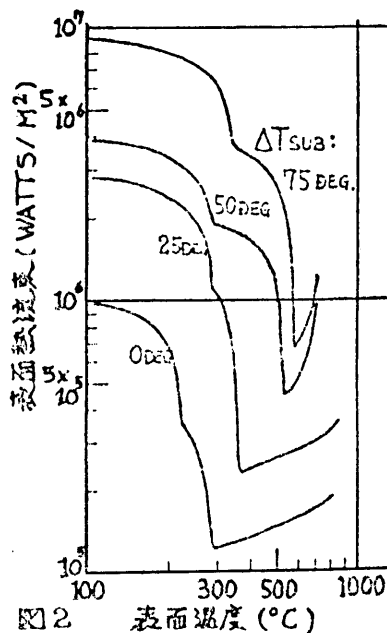


図2

係を示したものである。同図から明らかなように、サブクール度の増加に伴い熱流束は増加し、かつ最小熱流束に対応する温度は高温側へ移る。この温度は冷却曲線において急冷開始点に対応し、サブクール度の違いによって、約300~600°Cの範囲にある。また、いずれの場合も 300 ± 50°C の比較的狭い範囲に、再び熱流束が急激に増加する温度が存在する。

観察によると、サブクール度が大きい時は、rewetting front から上部は、rewetted 領域とは対照的に赤熱した状態にあり、軸方向に急激な温度勾配が形成されていた。サブクール度が小さい時は、表面が一様に暗黒色化してから rewetting が開始した。

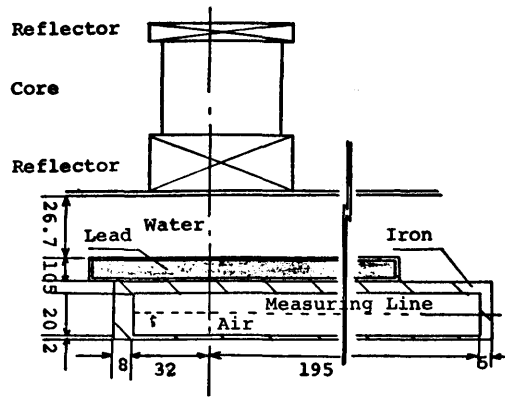


図-1

円環ダクト 2次元輸送計算の実験による評価

The Assessment of Two-Dimensional Transport Calculations on Annular Duct Streaming with Experiment

三浦 俊正・竹内 清・笹本 宣雄

昭和53年 3月28日

日本原子力学会 昭和53年年会

2次元輸送コードの評価を行うことを目的として原子炉の圧力容器と1次遮蔽体間に存在する様な円環状の空隙部（以下円環ダクト）を漏洩する放射線分布を測定した。実験は JRR-4 NO. 1 プールで行った。実験配置を図に示す。円環ダクト模擬した鋼製の供試体は n/γ 比を良くするための鉛板と共に炉心タンク前に設置した。鉛の厚さは8 cm、ボイド幅は20cm、ボイドの高さは炉心上方部で195cmである。測定器は放射化箔（裸、Cd 被覆、 ^{10}B 被覆）、球型水素比例計数管、 ^3He 比例計数管、 BF_3 カウンタおよび TLD であ

る。放射化箔で求めた反応率は SAND-II コードを用いてスペクトルに変換した。またカウンタによるパルス波高分布からスペクトルの変換には SPEC-4 あるいは FERDO コードを用いた。計算は PALLAS-2D および DOT コードを用いて行った。計算条件は PALLAS の場合は、核定数は ENDF/B-IV よりとり、エネルギーグループは最大グループ平均エネルギーが 14.2MeV、レサジー幅が0.2で13グループとした。空間メッシュ幅は 3.3~5cm、角度分点数は半球面上に等方28点である。PALLAS の計算結果と実験値をボイドの中心線にそってしきい検出器の反応率の形で比較を行ったところ、炉心中心と等しい高さで計算と実験の規格化を行うと、炉心中心より180cm上方の点で、実効しきいエネルギーがそれぞれ約 1 MeV および 8 MeV の $^{115}\text{In}(n, n')^{115\text{m}}\text{In}$ と $^{27}\text{Al}(n, \alpha)^{24}\text{Na}$ 反応では In で約4倍、Al 約10倍、実験値が高く実験と計算ではボイド中の速中性子束の減衰傾向に差があることがわかった。