

所外発表論文等概要

<推進性能部>

「パソコンによるCFD演習」

——その3 演習用FORTRANプログラム——

”CFD Exercise Using a Personal Computer”  
——3: FORTRAN Programs for Exercise——

児玉 良明  
昭和63年4月  
日本造船学会誌

CFD (計算流体力学) において、差分法を用いて流体運動の支配方程式を直接計算する場合には、特別の注意を払う必要がある。

差分法で用いる差分式には数多くの種類があり、計

算すべき流体现象の性質に応じて使い分けなければならないが、初心者は予備知識がないために、しばしば誤った選択をする。ここでは流体運動の支配方程式に類似したモデル方程式を用いて、種々の差分式の使い分けが計算結果にどのような影響をお及ぼすかを容易に検証することができる演習用プログラム5種類を紹介した。これらのプログラムはいずれもFORTRANで記述されており、パーソナルコンピュータ (以下パソコン) の計算能力で充分に対応できる。また、計算結果は逐一画面にグラフによって示される。パソコンがX-Yプロッターを備えている場合は、図形のハードコピーを作ることも可能である。

これらのプログラムをパソコン上で走らせ、数種類の差分式を選択し、パラメータにいろいろな値を設定することによって、CFDの要点を短時間かつ容易に習得することができる。

Some model Experiments on Performance of a Ship in Simplified Ridges

船舶の氷丘脈航海特性に関する一実験

北川 弘光, 小山 鴻一, 泉山 耕  
昭和 63 年 8 月  
9th International Symposium  
on Ice IAHR 1988

北極海域を航行する氷海船舶は、しばしば筏氷、氷丘、あるいは氷丘脈に遭遇し、その航行が妨げられることも少なくない。極言すれば、北極海域エネルギー資源開発利用の可否は、氷海商船の氷丘脈通過航行性能に委ねられているとも言える。氷丘脈通過航行に際しては、推進性能上、安定性能上、保針性及び構造強度の問題を検討する必要がある。

船舶の氷丘脈通過航行特性については、従来、実船試験を主体とした研究が行われ、その概要が理解されつつある。しかし、実船試験はその実態・性質上、氷丘脈の物理的因子、船体パラメータが、氷丘脈航行性能に及ぼす影響を検討することは不向きであり、この点に関しては曖昧な情報しか得られていない。氷水槽における模型実験は、現象の因果関係を検討するに適した研究手段と言えるが、一方、実験手法等についての様々な問題がある。

このため、まず、最重要因子として氷丘脈の凍結度を選び、その影響を検討するに最適氷丘脈模型の開発を行った。次に、氷水槽において、このような氷丘脈を作成し、砕氷タンカー模型による抵抗試験を実施し、氷丘脈凍結度、氷丘脈断面形状、船速、船側フレア等が氷丘脈通過航行性能に及ぼす影響を調査した。

氷丘脈通過航行性能については、従来、定量的評価がない。そこで、有効氷厚、累積抵抗等の新しい評価インデックスを提案し、これによって氷丘脈通過航行性能の定量的評価が可能であることを示した。

また、逆問題として、船舶の氷丘脈通過航行データを用いて、累積抵抗(推力)、船体運動、船体後方の砕氷片分布などの情報から、氷丘脈に関する概況を知る方策を検討した。

Study on Flow Control Using the MHD Effect

MHD 効果を利用した流場制御に関する研究

日夏 宗彦, 児玉 良明, 右近 良孝  
昭和 63 年 8 月  
Proceedings of 17th Symposium  
on Naval Hydrodynamics

流場制御に関する技術は、流体機械の性能の向上という観点から非常に重要であり、実用化された技術も多い。本研究では、流場制御法に新しい技術の応用を試みる観点から、電磁力を利用した流場制御法を、数値流体力学を援用して評価したものである。流場の対象は NACA0012 翼型と、Wingley 船型のまわりの流場を取りあげた。

翼型まわりの流場では、レイノルズ数が  $10^4$  の層流のとき、翼背面に大きな剥離領域が存在する。この剥離は、適切な電磁力の印加によって消滅させることができた。この結果、翼の揚抗比が改善されることを示した。

電磁力を利用した流場制御法の船舶工学への応用の一つとして船尾伴流分布の均一化が考えられる。そこで、Wingley 船型を対象に電磁力によってどの程度伴流分布が均一化されるのか数値解析を行った。その結果、電磁力を船尾部の流水が加速されるように印加すると、船尾で境界層厚さが小さくなり、速度欠損領域が減少することが確かめられた。しかし、海水の電気抵抗が大きいために、境界層を制御するのに要する入力パワーは有効馬力を上回っており、効率は非常に悪い。

本研究を通して、体積力を流場の制御に用いたときの、流場の変化の様子や流体力の変化の様子等、新しい知見を得ることができた。

## &lt;運動性能部&gt;

## 光ファイバLDVによる船尾伴流の計測

A Wake Measurement Using Fiber Optic Laser Doppler Velocimeter in a Towing Tank

角川 明, 武井 幸雄, 竹子 春弥, 堀 利文

昭和63年11月

関西造船協会誌 211号

レーザドップラ流速計(LDV)は、光自身が電氣的、化学的、その他の外的環境に対して非常に独立的であるため計測値の安定性、絶対性に優れる。しかし、定盤の様なしっかりした物の上にLDVの光学系をセットして始めて本来の精度を維持した計測が可能となる。この点曳航水槽では、曳引車の振動、搭載容量等のため、この状態を実現するのは非常に困難である。

さらに、LDVは流体中に浮遊している粒子の速度から流体速度を推定するものであり、流体中に適当な大きさの粒子の存在が不可欠であるが、通常の水槽水には現在LDVシステムの性能に合う粒子はほとんど含まれていないため、人為的に粒子を供給(シーディング)する必要がある。曳航水槽では多量のシーディング材が必要であり、それを均一に分布させる事は現実的に困難な場合が多い。

本報告では、曳航水槽において、シーディング材料としてのアルミニウム粉末の適応性の調査と、LDVの計測技術を確立するために、模型船のプロペラ位置断面における伴流の試験計測を行い、以下の様な結果を得た。

小型ファイバLDVと、模型船搭載型のトラバース装置を組み合わせるにより、曳航水槽における流場計測が容易に出来ることの可能性を示した。

安価なアルミニウム粉末でも、計測点の前方からシーディングすることにより、速度の遅い伴流域においても計測可能なデータを得ることが出来た。また、シーディングの蓄積効果により計測中にシーディングしなくてもよい方法があることが確認された。

得られた主流方向の伴流分布は、5孔ピトー管によるものとほぼ同等かつ多少伴流域が広がる傾向が見られた。

## 波浪荷重の非線形性と船体形状

Non-linear Wave Loads and the Hull Form

渡辺 巖, 深沢 塔一, 溝口 純敏

昭和63年11月

日本造船学会運動性能研究委員会

第5回シンポジウム

造船設計にとって、船舶に働く波浪荷重を正確に知ることの重要性は言うまでもないことである。船体形状と波浪荷重の関係は中でも波浪荷重研究の中心課題として、様々な調査、研究が行われてきた。しかし波浪荷重についての我々の知識はまだ十分とはいえず、解明すべき幾多の課題がある。とりわけ船体構造と波浪の間の非線形的な関係を正確に推定できるようにすることが最近の大きな課題として注目されている。船体荷重に関連した非線形性は、一つには構造的な応答特性も含めた船体運動に含まれるものが挙げられる。もう一つは水線面より上の船体形状と波浪荷重の関係にみられるような衝撃力自体が非線形性を帯びている場合が挙げられる。この二つは言いかえるならば、全体荷重の非線形性と局部荷重の非線形性の問題と要約することができる。

本論文ではこの二つの課題に関する研究の現状を概括している。すなわち、全体荷重あるいは主船体波浪荷重との関連では、荷重の非線形性を調べるためのシミュレーション計算手法の理論的基礎の解説と計算例の検討をまず行い、現在我々がどの程度まで計算で現象を模擬できるかを概観した。次に非線形局部荷重として代表的な、スラミング、海水打込み スロッシング等の衝撃現象を取り上げ、それらの発生機構に関する考え方の解説と最近の研究方向、成果について述べている。最後に波浪荷重の推定に及ぼす主要船型要素の影響をストリップ法計算によるシリーズ計算で調べ、方形係数、船長幅比あるいは船長喫水比と主船体縦荷重の関係について考察を加えている。

## &lt;構造強度部&gt;

## バージ用 PC スラブの集中面外荷重に対する強度

## Strength of PC Slab under Concentrated Vertical Loading

松岡 一祥, 直井 保

昭和 63 年 11 月

プレストレストコンクリート技術協会

第 28 回研究発表会

火力発電, パルプ製造, コンクリート練り合わせなどのプラントをバージに搭載し, 曳航して, 稼働する場所に設置する例が幾つか見られる。そのようなプラントバージは, 設置されたまま長期間の使用が期待されるため, 高い耐久性が求められる。そこで, 鋼に比べて耐久性のあるコンクリートの使用が考えられる。

コンクリートバージの外板には様々な面外荷重が加わる。着底させて使用するものでは着底作業時の局所接地圧, その他にも浮遊物との衝突などもある。これらの荷重は, 接触面積によって変化したり, 衝突物の運動エネルギーをいかに吸収するかが問題であったりし, 単純に耐力で評価できない場合が多い。ところが, コンクリート板の面外荷重に対する強度については, 道路床版を対象とした柱状物による押抜きせん断強度についての研究しか行われていない。ここでは, 円錐の貫入実験を行い, 接触幅と支持能力との関係, 貫入量と吸収エネルギーとの関係などについて調査した。

実験結果と種々の荷重とを比較して以下の結論を得た。

- (1) 貫入実験における初期破壊形式は, 押抜きせん断であった。コンクリートが破砕するまでは, 載荷領域の周長から貫入抵抗が求められた (JSCE の式の変化)。
- (2) コンクリート破砕後の貫入抵抗は, 貫入物が鋼材の張力で支えられるとして求められた。
- (3) 着底作業時あるいは耐氷壁としての強度は初期破壊で評価されるが, ここで取り扱ったコンクリート板は, 着底作業時の強度は十分だが, 耐氷壁としては強度不足であった。
- (4) 耐衝突強度は吸収エネルギーで評価されるが, コンクリート板の吸収エネルギーは十分に大きく, 鋼製バージに劣るものではなかった。

## PC-鋼合成構造の鋼桁の座屈による崩壊

## Collapse of PC-Steel Hybrid Member due to Buckling of Steel Girder

松岡 一祥, 直井 保

昭和 63 年 11 月

プレストレストコンクリート技術協会

第 28 回研究発表会

ハイブリッド PC バージの船底部構造は, PC スラブに深い鋼製桁を接合したものとなることが予想される。荷重条件によっては, 合成部材の鋼製桁に圧縮力が加わり, 鋼製桁の座屈によって部材の崩壊が支配される場合がある。本報告は, 鋼製桁の座屈による PC-鋼合成部材の崩壊を取り上げる。まず, 鋼製桁に圧縮, PC スラブに引張荷重が加わる曲げ実験を行う。次に, 崩壊モーメントの簡単な推定方法が示される。実験結果と計算結果を比較して, ここで提示された計算方法が, 実用上十分な精度を持つことが確められる。

以下に要点を抜き出す。

- (1) 圧縮力が加わる鋼製桁では, フランジおよびウェブの座屈後挙動が重要である。フランジについては, 強軸方向の弾性座屈応力にジョンソンの修正を加えて最終応力を求める。ウェブの軸力分担については, その座屈応力と縁応力から有効幅を求めて処理する。
- (2) PC スラブ内の引張鋼材の最終応力状態は, 降伏応力あるいは 0.2% 耐力とする。
- (3) PC スラブ内の圧縮鉄筋は無視する。
- (4) 部材断面での軸力を考慮してコンクリートの圧縮力の分担分を求める。コンクリートの応力とその圧縮強度の 85% として, 圧縮応力ブロックを定める。
- (5) 決定された断面力に基づいて, 崩壊モーメントを計算する。
- (6) 以上の計算方法は, 若干安全側の推定値を与えるが妥当なものであることが, 実験結果と比較して確かめられた。

## <機関動力部>

### 燃焼器の性能に関する多変量解析 (第3報：ライナー形状とNO<sub>x</sub>生成量の関係分析)

Multivariate Analysis of Performance of a Gas Turbine Combustor.(3rd.Report:An Analysis of Reciprocal Relation between Liner configuration and NO<sub>x</sub> Concentration)

野村 雅宣, 川越 陽一

昭和63年11月

第3回ガスタービン秋季講演会講演論文集

燃焼器の性能は多くの要因が相互に影響を及ぼし合った結果として現れる。従って、条件を1つだけ変化させても、完全に1つの要因の影響を調べていることにならない場合が多い。本研究では、多変量解析によって燃焼器の性能に及ぼす要因の影響を調べることを試みた。第2報では燃焼器の出口温度を目的変量とした場合について解析した。第3報では目的変量をNO<sub>x</sub>生成量とし、これに主たる影響を及ぼす説明変量を主成分分析によって選択した。さらに、説明変量が目的変量に影響を与える大きさと方向を重回帰分析により調べた。燃料である水素の燃焼効率を表わす残留水素ガス濃度についても併記した。前報より実験点を2倍に増やしたため、温度分析に関しても再度検討を行った。

解析は以下の手順で行った。燃焼器の性能に影響を与える説明変量として特性要因の中から11個を選び、48組のデータを用いて相関を調べた。結果として多重共線性を持たない8個の変量を選定した。主成分分析を行い、寄与率、因子負荷量を調べて4個の主成分を求めた。これらのうち、第1主成分は燃焼器の空気流量、燃焼流量に関するもの、第2主成分はライナー空気孔の位置、第3主成分は空気孔径に関するものであることが明らかになった。次いで重回帰分析を行った結果、NO<sub>x</sub>排出量はライナー空気孔の位置の影響を最も強く受け、位置がスワラー出口より下流に移動するほど増加する傾向をよく表す回帰式が得られた。空気孔径は大きくなるほどNO<sub>x</sub>を低減させるが、影響の大きさは空気孔位置と同程度であることもシミュレートできた。1次空気流量割合が増加するとNO<sub>x</sub>を増加させるが、その大きさは空気孔位置の影響の大きさの約1/6であることも明らかになった。

燃焼効率に最も大きな影響を与えるのは1次空気流量割合で、これが大きになると燃焼効率は悪化することも明らかにした。

### 複合材料の推進軸への適用について(第2報)

Fundamental Evaluation of Composite Shaft  
(2nd Report)

高井 元弘

昭和63年11月

日本船用機関学会第43回講演会

船用推進軸の複合材料化によって、大幅な重量軽減と耐食性向上が可能となり、軸系の簡素化、フレキシビリティの増大、軸受寿命の向上が図られるほか、製造コストの低減、メンテナンスの減少なども期待できる。

前報では、FW法により製作した単一の繊維積層角を持つ複合材料推進軸を考え、現用材料(SF材)軸に比べ、同程度の軸径で大幅な軽量化が可能であることを示した。しかし、軸強度が最大になるように設計された単一の繊維積層角よりなる軸は、軸の曲げ剛性、ねじり剛性がSF材軸に比べ著しく低くなり、軸のたわみの増大やねじり振動の発生が予想され現実的ではない。

したがって、本報告では、複合材料化軸を繊維積層角の異なる斜交積層材の多層積層構造とし、軸強度、軸剛性ともに満足する複合材料繊維軸を検討した。また、複合材料推進軸を用いた軸系のアライメント計算を行い、現用軸系と比較し、推進軸の軽量化の効果について検討を行った。

多層積層構造の推進軸の強度解析は、伝達トルク、曲げモーメントのみを考慮し、各層内で歪は一定とし、応力は層内の平均応力を用い、Hoffmanの破壊則を使用して行った。軸系アライメント計算は、伝達マトリックス法により行った。得られた結果を要約すると以下の通りである。

- (1) 多層構造の複合材料推進軸では、各層の積層パターンと積層数を最適化することにより、軸強度、軸剛性をともに満足させることが可能である。
- (2) 複合材料推進軸のアライメント計算によると、曲げモーメント分布、軸受反力とも現用軸系の1/2以下となり、軸系の簡素化が期待できる。

## Development of 2kW Stirling Engine

## 2 kWスターリング機関の研究

塚原 茂司, 桑原 孫四郎, 一色 尚次,  
 玉木 恕乎, 寺田 房夫, 吉川 勝治  
 昭和 63 年 11 月

4th International Conf. on Stirling Engine

試験用 2 kW スターリング機関の性能改善を以下の 3 項について考察した。1) 最適な再生器蓄熱材の選択, 2) 流動抵抗による出力損失を簡単に推定できる式の提案, 3) 有効エネルギー解析によるスターリング機関の性能改善の検討。

- 1) 数種類の蓄熱材の中から粒状のヘリパックと直線状の特殊針金の 2 種類を選択し, エンジンによる性能テストを行った。その結果, 粒状のヘリパックでは良い性能は得られなかったが, 直線状の特殊針金では出力や熱効率に大きな改善がみられた。これは再生器蓄熱材の流動抵抗による出力損失に, その原因があるものと考えられる。
- 2) 一方, 理論式を基に流動抵抗による出力損失を算出できる簡便式を導入し, 実験値と比較した。この簡便式には, ガスの種類, エンジン回転数, ガスの温度比, 平均圧力, 流路面積等が含まれており, 実験との比較の結果は良好であった。
- 3) これまではエンタルピー解析を基に熱勘定を行い, それを基に熱効率向上の考察を行ってきたが, さらに有効エネルギー解析を行い, エンタルピー解析では得られなかった改善点が指摘された。主なものには, 最適空気過剰率の採用, 空気予熱器やヒーター部, クーラ部の熱通過率の改善, 再生器の温度効率向上と流動抵抗の減少がある。

## レーザホログラフィと CT による三次元プラズマ計測

## Measurements of Three-Dimensional Plasma Density Fields by Interferometric Tomography

佐藤 誠四郎  
 平成元年 2 月

第 27 回原子力総合シンポジウム予稿集

レーザ干渉法によるプラズマ計測では光路方向に沿った積分量が得られるので, 測定対象が軸対象分布などの場合に限定される。しかしコンピューター断層撮影法(CT)を用いることによって, 任意の分布形状の場合でも測定可能となり, 局所的な値のみならず広い範囲の三次元空間分布を求めることができる。近年プラズマ診断においても, 軟 X 線の放射強度や三次元速度分布関数などの測定に, CT 法が適用されている。

本報告では, プラズマプロセッシングなど物質の処理や合成に用いられている熱プラズマの電子密度と中性気体の温度の三次元空間分布を測定するため, 多方向の干渉像が同時に得られる二波長ホログラフィ干渉計を用い, その可能性を検討した。

CT に用いる投影データは, プラズマの変動の影響をさけるため同一時刻に得る必要がある。ここでは, 医学診断に通常用いられているスキニング方式でなく, 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方式とした。光学系はトワイミンググリーン干渉計を 8 個組合わせたイメージ型で, 光線はルビーレーザの基本波 (波長 694.3 nm) と第二高調波 (波長 347 nm) を用いた。

プラズマ源は, アーク放電を用い中性気体としての温度を求めた。中性気体の屈折率は高温になると変化が少なくなり, 干渉フリンジの測定にわずかの誤差があると発散値となる。このため再構成計算の際, フィルタ関数を調整することによって発散を防ぎ, 相対的な温度分布が求められることを示した。また各方向の干渉写真から軸対称分布の仮定からアーベル変換により求めたところ, 各方向で温度レベルが異なった結果が得られた。これは回転対称性のプラズマでも, 干渉法による測定 CT が必要であることを示すものといえる。

## &lt;材料加工部&gt;

ZnO と ZnO-Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> セラミックスの結晶粒成長Grain Growth in Sintered ZnO  
and ZnO-Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Ceramics

千田 哲也, R.C.プラット

平成元年1月

第27回セラミックス基礎科学討論会

多結晶セラミックスの諸性質の多くは、結晶粒径に依存する。このため、焼結時の結晶粒成長機構を知ることが諸性質の改善のために重要なことである。結晶粒成長は、 $G$  を結晶粒径、 $n$  を粒成長指数、 $K_0$  を定数、 $t$  を焼成時間、 $Q$  を活性化エネルギー、 $R$  を気体定数、 $T$  を焼成温度 (K) とすると、一般に、

$$G^n = K_0 \cdot t \cdot \exp(-Q/RT) \quad (1)$$

で表される。本報では、ZnO と Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> を添加した ZnO の結晶粒成長について、主として式(1)の  $n$  と  $Q$  の観点から検討した。

ZnO と ZnO に 0.5 w + %, 1%, 2% および 4% の Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> を添加した粉末を成形し、と Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> の融点 (825°C) より高い 900°C から 1400°C で、0.5 h から 8 h の間焼成し、それぞれの平均結晶粒径を求めた。

ZnO の単体については、 $n = 3$  と  $Q = 224 \pm 16$  KJ/mol を得た。これは Gupta と Coble, Dutta と Spriggs の結果と一致し、ZnO の結晶粒成長が Zn イオンの格子拡散に律速されるという Gupta らの結論を支持している。

Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> を添加すると、ZnO 単体にくらべ粒径が大きくなるが、添加量にはほとんど依存せず  $n$  値は 5 であった。1030°C と 1400°C の間で  $Q = 150$  KJ/mol が、やはり Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> の添加量に関係なく得られた。Wong の結果とあわせて検討すると、と Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> の最初の 0.5% 程度の添加までは活性化エネルギーの低下がみられるが、それ以上添加しても一定となることがわかる。このことから、焼結時にと Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> を主とする液相が粒界に存在し、液相を通して ZnO が拡散するときの、液相と ZnO 粒子の間の反応が粒成長の律速過程と考えられる。

## &lt;原子力技術部&gt;

## 船用炉の横揺れ時自然循環

Natural Circulation of Marine Reactor  
during Rolling

村田 裕幸, 小林 道幸

昭和63年10月

日本原子力学会 昭和63年秋の大会

船用炉は事故時にも動揺・上下動などの船体運動の影響を受けるため、動揺や上下動が自然循環炉心冷却に及ぼす影響を調べることは船用炉の安全性にとって重要である。

船用炉の横揺れ時自然循環性を明らかにするため

船用炉を模擬した実験装置を動揺台に搭載し、横揺れ時自然循環実験を行った。また、これとは別に2種類の子備実験(非加熱動揺実験、定傾斜自然循環実験)を行い、横揺れ時自然循環において一次冷却水に作用する①動揺運動の加速度変動による外力と②一次冷却水の温度差によって生ずる自然循環力の影響を調べた。これらの実験によって次の結果を得た。横揺れ時自然循環におけるホット・レグ、コールド・レグの流量は動揺角と対応して周期的に増減し、A側とB側では位相が180°違う。各レグにおける循環流量の脈動は、動揺運動の加速度変動による外力によって生じる。動揺周期が短くなると流量変動の振幅は大きくなり、動揺角に対する位相遅れが増加する。

炉心部・SG部の一次冷却水温度とは動揺角に対応して周期的に変動し、A側とB側では位相が180°ずれている。これは炉心部・SG部内部の一次冷却水の流れが動揺運動の加速度変動によって時間的に変化するためである。

炉心部の流量は時間的に一定だが、動揺周期によって増減し、その変化は動揺のレイノルズ数によって整理できる。一方、非加熱動揺実験における炉心流量は動揺周期によらず、ほぼゼロである。これより、横揺れ時自然循環における炉心流量の動揺周期による変化は、自然循環駆動力と圧力損失が動揺周期によって変化するために起こることが明らかになった。

GO-FLOW 手法による火災時の  
船用炉炉心冷却系の信頼性解析

A Reliability Analysis by the GO-FLOW  
Methodology : An Analysis of Emergency Core  
Cooling System of Marine Reactor  
under Fire Accident Condition

松岡 猛 ・ 小林 道幸

昭和 63 年 12 月

確率論的安全評価(PSA)に関する  
国内シンポジウム論文集

船舶技術研究所において開発を進めている GO-FLOW 手法を原子力タンカーの火災事故時の安全性評価へ適用し、船用炉炉心冷却系の信頼性解析を実施した。

火災発生確率としては、海難審判裁決録、ロイドの海難統計データ、IMO 火災海難報告、要救助海難統計データ等、過去の記録をもとに推定した。初期消火失敗確率は、消火装置の起動失敗並びに消火作業中の故障率を用いて評価した。火災発生後の室内温度上昇及び継続時間は、COMPBRN III コードを用いて評価した。隣接区画への転移は、統計データにおいて 60 分以上継続した火災は転移を起したと考慮して転移確率を推定する方法と、消火失敗時に転移すると考える二方法により評価した。

火災事故についての検討の結果、発生確率が  $10^{-7}$  / 年・隻以上あるいはそれと同程度で、火災事故時の安全評価において問題となると考えられる五個の事故シーケンスを選定した。解析においては、火災発生後 10 分後に発生区画内の全ての機器の機能が喪失するとし、隣接区画へ転移する場合は 60 分後に転移し、更にその 10 分後に転移先の区画内の機器の機能が失われると仮定した。

更に、工学的安全系の評価のため、火災発生と同時に 100 φ あるいは 40 φ 破断の LOCA が発生すると仮定し、炉心冷却モードとして三段階のフェーズを設定した。

各区画における火災発生確率、LOCA 発生確率、及び今回解析の結果得られた工安系の機能喪失確率より評価した結果、本船の非常用炉心冷却系は火災事故に対して十分に要求を満たす信頼性を有していることが確認された。

< 海洋開発工学部 >

不規則波中におけるウェルズタービンの特性

Characteristics of Wells turbines  
in irregular wave

北村 文俊, 勝原 光治郎

昭和 63 年 5 月

西部造船会会報 76 号

空気室式波浪発電装置は、波浪によって誘起された空気室内の水面の上下動を空気流に変えてタービンを回転させ発電を行なうものである。このような波浪発電装置に用いるタービンの 1 つとして、ウェルズ型エアタービンが注目されている。ウェルズタービンはタービン翼自体の回転による相対的な迎角により生じる空気圧の前進方向成分を利用することにより回転するものである。往復流中でも弁機構が不要という特長をもっている。

このようなウェルズタービンの実海域における性能の推定は今まで規則波を用いて行ってきたがここでは不規則波を用いた。

まず定常流中でのタービンの模型実験を行った。次にタービンの回転数不変、定常流中の特性不変などの仮定を用いて、速度が変動する流れの中での性能を、トルク・空気パワの時間平均を計算することにより求めた。また、実際の計算では空気流速の分布関数を用いることにより、時間のかかる時系列計算を行わずともよいことを述べた。さらに無次元化した運動方程式を解いて、回転数一定の仮定の妥当性を確かめた。

その結果、タービンの不規則流中での性能は規則流中と比べて、効率最大時のトルク係数で約半分、効率で 75~80% に低下すること、波スペクトラムの違いによる性能の差は極めて小さいこと、定常流時のトルクに失速域をもつ扇型翼のタービンでは負荷が適合しない時の性能低下が著しい事などがわかった。

最後にこれらの結果を用いて実海域における波力発電灯標の出力予測について述べる。

## 浮遊式海洋構造物の実海域実験

### At-Sea Experiments of the Proto-Type Floating Platform

矢後 清和 安藤 定雄

昭和 63 年 6 月

'88 日本沿岸域会議研究討論会講演概要集

海洋空間の有効利用を目指し、日本周辺海域の大水深域に展開する浮遊式海洋構造物の建造等にかゝる種々の要素技術の確立を図り、研究をすすめてきたが、これまで蓄積されてきた研究成果を検証する目的で、昭和 61 年度からプロトタイプの実海域実験用海洋構造物「ボセイドン号」(長さ 34.0 m, 幅 24.0 m, 高さ 26.0 m, 排水量 530.8 tons)を建造し、実海域実証実験を実施している。実験構造物「ボセイドン号」は 12 本のフーティング型浮体で上部甲板を支持する半潜水式海洋構造物であり、海洋空間利用に供せられる大規模構造物の一部を切り出したものと考えている。また、実験海域は、冬期に過酷な海象条件の得られる日本海沿岸の山形県鶴岡市由良沖合 3 km の地点を選んだ。本論文では、実験の第一次解析結果の中から①波浪と風②浮体の動揺③構造強度の 3 テーマを選び発表する事とした。

波浪と風に関しては、実験構造物に働く外力を評価する上で貴重なデータが含まれているが、ここでは直線アレイ方式による 2 次元波浪計による方向スペクトルの観測結果と、各方面で提唱されている波スペクトルと実験海域のスペクトルの比較を示している。

浮体の動揺に関しては、入射波と動揺の観測データをスペクトル解析することにより応答関数を求め、理論計算結果との比較を行っている。その結果、粘性減衰影響とそのオーダーが明らかになった。

構造強度に関しては、構造物の主要部材の歪変化について調べた。波浪による歪の応答を従来の統計理論にあてはめ検討している。また、日射による温度変化がもたらす甲板上の歪変化が大である事が判った。

## 波浪中の係留浮体の全二次応答の確率分布の非正規性について

### Non-Normality of Probability Density Function of Total Second Order Responses of Moored Vessels in Random Seas

加藤 俊司, (生産研)木下 健, (東大)高瀬 悟

昭和 63 年 11 月

日本造船学会論文集 164 号

不規則波中の係留浮体が、波の周期よりもはるかに長い周期の大振幅水平運動を起こすことは良く知られており、この運動を通常長周期運動と呼んでいる。最近では、この長周期運動が係留浮体の設計において重要であると認められている。

Neal はこの問題に初めて確率的手法を導入した。長周期運動を含む非線形応答が、二項までの Volterra 汎関数で展開されるならば、その応答は標準正規型確率変数の 2 次形式に確率収束する。この時、この応答の特性関数は、losed form で与えられ、この関数を求める問題は、積分方程式の固有値及び固有関数に帰着する。

確率密度関数は、特性関数のフーリエ逆変換で定義されるのでこの方法はかなり良い方法であるが、解析的解は見い出せない。そこで、Naess は、slow drift approximation を導入し、高調波の二次の応答を無視すると、固有値問題が縮退し重複固有値を生じることを見出し、純二次応答の確率密度関数の厳密な解析解を求めた。しかし、この方法は同一の値の重複固有値が存在する時は invalid になり、線形応答を含む場合は使用できない。また、新井は時系列計算により、線形応答と二次応答の確率的干渉がかなり大きいことを示している。

本論では、線形応答と二次応答を含む一般の全二次応答の確率密度関数を求める方法を示している。この方法は、数理統計学の分野における連続分布関数の近似理論に基づいており、全二次応答の確率密度関数は 3 パラメータを持つガンマ分布を初項とするラゲール展開で表わされる。この結果を利用して、2 次元係留円柱及び角柱の全二次応答の確率密度関数を求め、さらに、 $1/n$  最大期待値も求めた。その結果、線形応答と二次の応答との確率的干渉は大きく、それぞれの応答の期待値をたし合わせたものよりも大きくなる事がわかった。なお、本論の英語版を Techno-Ocean'88 に発表しており、又、OMAE'89 でも発表の予定である。

〈氷海技術部〉

Study on Applicability of Global Neutron Optical Model Potentials to a Nuclear Mass Range from Sodium to Gold and Energies from 1 to 50 MeV

1MeV から 50MeV までのエネルギー領域、  
ナトリウムから金までの核種領域にわたる、  
中性子のグローバル光学模型ポテンシャルの適用性の検討

山越 寿夫

昭和 63 年 5 月

Proc. of Int. Conf. on Nuclear Data  
for Science and Technology

近年、中性子遮蔽計算手法が精密化されると共に、計算に用いられる種々の核反応断面積データに対する要求精度も高まってきている。さらに原子力基盤技術開発の一環として、各種の材料中に含まれる微量物質や中性子核反応で生ずる微量物質についても、広い中性子エネルギー範囲にわたって、種々の核反応に対する核データの需要が高まりつゝある。これら遮蔽計算で要求される核データの値は、各種核反応の断面積の実験値相互間における整合性を保ちつゝ決定（普通は評価と呼ばれる）されるべきものであるが、光学模型ポテンシャルは、その評価の際の理論的基盤を成している。今回の発表では、ナトリウムから金まで質量数と原子番号の広い範囲で約 20 核種を対象に、最高 50 MeV までの種々の中性子エネルギーにつき、筆者が導いた光学模型ポテンシャルの適用性を他の著者のポテンシャルの場合と比較検討し、その優れた適用性を実証した。比較検討では、各著者のポテンシャルの特性が直接的に計算結果に反映される様な数種類の量を対象として、計算結果と実験値との整合性につき論じた。筆者の導出したポテンシャルは、対象とする核種について非弾性断面積(Nonelastic Cross Section)の実験値を良好に再現できる点と、20 MeV 以上の高エネルギー中性子に対する全反応断面積を良好に再現できる点とで、他の著者のポテンシャルよりも優れていることが大きな特徴である。

Nonelastic Cross Section は、 $(n, 2n)$ 、 $(n, p)$ 、 $(n, \alpha)$ 、 $(n, pn)$  等の二次粒子放出反応の断面積の評価値の妥当性を大きく支配する量であるから、筆者の導出したポテンシャルは、実験値が未だ得られていない核種に対するこれらのデータを評価する際に十分活用できるとの結論に達した。

救命筏の耐寒性能の改善  
(その 2 保温性について)

Improvement of Cold-Proof Performance of Inflatable Liferaft (Part 2 Heat Retaining Property)

桜井 昭男, 上村 晃, 高島 逸男, 前田 利雄  
昭和 63 年 11 月

第 4 回寒地技術シンポジウム講演論文集

膨張式救命筏はその取扱いが簡便で、乗組員は迅速に脱出でき、しかも救助率が高いため、寒冷海域においても有効に使用されてきた。しかしながら、現用筏の天幕は断熱性に乏しいので、厳寒時において乗組員がハイポサーミア状態に陥らないよう、筏に保温性を付与することが必要である。

本報告では、救命筏の保温性能評価するため、人体からの発熱を模擬した簡易な温熱体を試作し、その適合性を検討した。そして、軟質ウレタンラミネート布を天幕の内装に用いた小型模型筏を製作し、温熱体による保温試験によりその有効性を調べた。さらには、10人乗模型筏を試作し、保温性能の評価試験を行った。

試作した温熱体は、筏内の 1 人当たり占有面積の範囲内で人体の発熱形態を近似し、かつ取扱いが簡便なように、一体型で円筒形とし、表面にカーボン面状発熱体を配置した。現用筏を用いて温熱体の性能と筏の保温性を調べた結果、試作した温熱体は簡便に人体からの発熱を模擬でき、筏の保温性能試験に有効であることがわかった。また、温熱体の発熱面積は  $1 \text{ m}^2/\text{人}$  程度とすればよいことがわかった。

小型模型筏の保温性能については、天幕の内装材を軟質ウレタンラミネート布とし、外装材との間に 100 mm の空気層を設け、気室構造により自立できる小型模型筏を製作して、温熱体による保温試験を行った。その結果、供試した小型模型筏は雰囲気気温度  $-60^\circ\text{C}$  においても良好な保温性能を示し、上記の天幕構成は氷海用として有用なものであることがわかった。

また、試作した 10 人乗模型筏は、天幕の構成を小型模型筏に準じて、空気層を設けるように内装材を取付け、気柱により展張する実物大の筏であり、保温試験の結果、筏内外で約  $50^\circ\text{C}$  の温度差を保持した。このため、天幕の内装材を若干厚くすれば氷海域においても十分使用に耐え得る見通しが得られた。

## 0°C～LHe 温度における 繊維強化複合材の諸特性

### Characteristics of Fiber Reinforced Plastics at 0°C～LHe Temperatures

前田 利雄, 上村 晃, 高島 逸男, 櫻井 昭男  
昭和 63 年 11 月, 平成 1 年 1 月  
第 34 回 FRP 漁船講演会講演要旨集,  
FRP 漁船 第 122 号

超電導技術を船用として利用開発するには搭載する超電導推進装置の重量軽減等の問題がネックとなり、中枢となる電磁石を極低温に冷却・保持するクライオスタットの軽量・高性能化が必要となる。このため、金属材料に比べて比強度が大きく、断熱性に優れ、非磁性である繊維強化複合材をクライオスタットへ利用開発することが望まれている。本報告では、新素材のアラミド繊維、カーボン繊維等を用いた繊維強化複合材について、0°C～LHe 温度における強度特性、熱的特性、耐久性等に及ぼす複合構成の影響を明らかにした。また、構造物を形成する際に必要となる簡易な接合方式について、接合強度特性と接合方式との関連について調べた。

供試複合材の強化繊維には平織のカーボクロス、アラミドクロス及びガラスロービングクロスの 3 基材を、また樹脂にはビニルエステル、不飽和ポリエステル及びエポキシの 3 樹脂を選定して使用した。

得られた結果の主なものは次のとおりである。

- (1) 供試複合材の強度特性は種々の傾向を示したが、強度は極低温域においても 0°C の値とそれほど差異はなかった。また、樹脂よりも強化繊維の依存性が大きく、カーボン繊維複合材が比較的良好な特性を示した。
- (2) 熱的特性では、強化繊維の影響が顕著であり、アラミド及びカーボン繊維複合材はガラス繊維複合材の約 1/3 の低熱収縮率を示し、良好なものであった。
- (3) 耐久性では、選定した各複合材は LHe による熱衝撃を 100 サイクルまで加えても曲げ強度及び曲げ弾性率の保持率が 80% 以上を有し、極低温域においても有用なものとする。
- (4) 簡易化した継手では、リベット併用接着及び U 字型の嵌合接着がウェットレイアップによる積層接着に劣らず極低温域においても有望なものであることがわかった。

### Local Ice Pressure Estimation of Offshore Structure for Arctic Use

氷海用海洋構造物における部分水圧力の推定

田村 兼吉, 在田 正義, 前田 利雄, 櫻井 昭男  
昭和 63 年 11 月  
テクノオーシャン'88 国際シンポジウム論文集

氷と海洋構造物表面との接触は、表面全体ではなく接触点とも呼べる数個の小面積部分を通して行われると考えられ、この部分内では平均氷圧力より高い部分氷圧力が発生する。氷海域で用いる海洋構造物の設計では、構造物全体にかかる氷圧力とともに、この部分氷圧力を見積もることが重要となる。本研究の目的は部分的な氷圧力の発生機構を解明することであり、氷構造物との接触部の面積を調べることに重点をおいた。

実験では、平板及び円柱の二種類の模型を用い、氷厚、押し込み速度等を変化させて、種々の実験条件下で模型氷中への押し込み試験を行った。模型表面には、部分氷圧力を測定するために小型のロードセル及び一連の圧力センサーを、表面が平となるように取り付けた。特に平板模型を用いた押し込み試験では、小型ロードセルの受感部面積を変化させて氷圧力を測定し、氷と構造物との接触部面積を調べた。

実験から得られた主な結論は以下の通りである。

- 1) 部分氷圧力及び、氷と構造物との接触部の面積は本論文の方法で測定可能と考えられる。
- 2) 氷と構造物との接触部の面積は非常に小さく、本実験の場合数平方 cm となる。
- 3) 部分氷圧力の最大値は、圧縮氷強度の数倍と非常に高い。実際の構造物では接触部の面積が模型より大きくなることが予想され、設計段階においてこの圧力に注意する必要があると考えられる。

## Corrosion Preventing System of Offshore Structures by Paint Coating

ペイント被覆による海洋構造物の防食システム

在田 正義, 松岡 一祥, 翁長 一彦  
内藤 正一, 柴田 俊明

昭和 63 年 11 月

テクノ・オーシャン'88 国際シンポジウム論文集

海洋は、鉄鋼にとっては極めてきびしい腐食性の環境である。そこで、海洋構造物に用いられる鉄鋼には、防食対策を十分に施しておくことが必要である。ペイント被覆は、防食対策として有効な手段の一つであるが、耐久性に対する信頼性が低いことから、ペイント被覆に全面的にたよることはこれまで困難であった。

著者らは、この信頼性を向上させるシステムの構築を目指して、システムを構成する各要素を研究してきたが、本論文では、システム全体の概観、システムにおける各構成要素の役割及び相互の関係について述べた。

システムの主要構成要素は四つである。すなわち、ペイント被覆の耐用年数に関するデータベース、構造物の細部の形状と被覆の膜厚分布に関するデータベース、被覆の劣化に関するデータベース及び、実験及び実物の検査で得られるデータを、前記三つのデータベースに feed back することによって、ペイント被覆による防食の信頼性が増すことを保証するためのシステム構成の仕方である。

耐用年数に関するデータベースにより、使用環境に応じ、適切な耐用年数をもつペイントの仕様を決定することが出来る。ついで、膜厚分布に関するデータベースにより、適切な構造物の細部構造、(溶接の形状など)をきめ施工する。構造物が稼働状態に入ると定期的な検査を行う。ここでの検査は実物について行うのは困難であるため、モニター用の試験片の検査を行うのが前提である。そして最後に、こうしたデータベースを使用して、被覆の仕様の決定、細部構造づくり及び施工、検査、修理、この過程で得られたデータのデータベースへの feed back をするシステムを示した。feed back により信頼性が増すことを、データ量の異なるデータによる耐用年数の推定を例にとって示した。

## 船用プロペラの流力解析におけるパネル法の応用

Application of Panel Method to Hydrodynamic Analysis of a Marine Propeller

小山 鴻一

平成元年 1 月

日本機械学会シンポジウム

「境界積分法による流れの数値解析」講演論文集

船用プロペラの流体力学的解析においては、現在、揚力面理論の応用が中心となっているが、解析法精密化の観点からの次のステップの実用的手法としては翼の厚みを正確に考慮した揚力面理論を前提においたパネル法の数値計算の応用が有望である。

本論においては、3種類のパネル法の数値計算を直進3次元翼に対して行い、それらの方法の比較検討を行った。それらの中にはポテンシャル場に基づく解析法と速度場に基づく解析法が含まれている。後者の方法は翼面上の速度そのものを未知数にするので計算精度は高い。

次に、翼後縁の kutta の流出条件について、ポテンシャル場に基づく解析法と、速度場に基づく解析法の場合とで、条件の与え方の異なることを検討した。ポテンシャル場の方法においては、翼後縁条件式を導入した境界積分方程式をそのまま、連立一次方程式に変換すれば計算できる。これに対し、速度場を扱う方法では、翼後縁条件の導入により、未知数の数に対して条件式の数が多くなり、最小自乗法等を用いた計算が必要となり、計算が複雑化、長時間化することが分かった。

最後に、プロペラ翼への応用計算の試みを示した。

<大阪支所>

プレストレッシングストランドの  
3% NaCl 環境における腐食疲労強度

Corrosion Fatigue Strength of Prestressing  
Strand in 3% NaCl

小林 佑規, 田中 義久  
昭和 63 年 11 月

プレストレストコンクリート技術協会  
第 28 回研究発表会講演概要

本稿は、PC 鋼より線の疲労強度設計資料を求めるため、空気中および食塩水中での疲労試験を行った結果の報告である。供試材は JIS G 3536 に準拠した PC 鋼より線（7 本より B 種）である。主としてプレストレスト力に繰返荷重が重畳した場合の疲労強度について調査するため、破断応力の 40~60% の平均応力を与えた疲労試験および応力比を一定とした部分片振りの疲労試験を行った。

7 本よりストランドの疲労試験では、素線が順次疲労破壊して行くが、ストランドの素線一本が破断（初断線）すると伸びが著しく生ずる。従って、初断線は、プレストレストコンクリートのひびわれ強度の低下をもたらす。そのため、S-N 線図の破断繰返数（寿命）の基準として、初断線発生繰返数を用いた。このような S-N 線図から、次の結果が得られた。

(1) 空気中疲労試験における応力範囲についての S-N 線図では、異なる平均応力の試験および応力比一定の試験に対する傾斜はいずれもほぼ等しい。傾斜部の寿命は、平均応力の増加により短寿命となる傾向が見られるが、この傾向は平均応力が最大引張応力の 50~60% までである。また、 $2 \times 10^6$  回疲労強度は、平均応力の増加によって低下する。

なお、Conrad らの 270 k ストランドについて提案している破壊確率 5% の S-N 線図を本実験のそれと比較すると、傾斜はほぼ一致しているが、傾斜部の寿命は本供試材のほうが長寿命となっている。

(2) 腐食疲労における破断繰返数はバラツキが少ない。また、ある応力範囲以下において、腐食疲労寿命は空気中のそれより短くなる。なお、空気中疲労寿命に対する腐食疲労寿命の低下は、平均応力および応力範囲が小さいときに著しい。

消化装置における静電気問題

Electrostatic Phenomena of Fire Extinguishers

吉田 紘二郎, 山根 健次  
昭和 63 年 12 月

(社) 電子情報通信学会技術研究報告「安全性」

船舶の消火装置において使用される消火剤は、水、泡などに加え、粉末消火剤および二酸化炭素やハロゲン化合物など多岐にわたる。静電的に問題となるのは、前記の内、水、泡を除く消火剤の場合で、固定配管式の二酸化炭素消火装置における竣工検査時の大規模な爆発火災事故例等が知られている。また、近年増加しているカーフェリーの車両甲板で見られるような中規模の半固定式の消火装置においても、操作員が電撃を受ける事故が報告された。これらはいずれも高速で噴出する消火剤により引き起こされる静電気帯電によるもので、検査時の予備操作、なんらかの理由による誤動作、あるいは火災時に隣接区画への延焼予防を目的とした消火剤の放出が、可燃性ガスの存在とあいまって新たな火災の原因となる可能性がある。また操作員が電撃を受ける事による二次災害も指摘されている。

これら消火剤の、噴出時における静電気発生について、帯電量、帯電部位、周辺条件の影響等について、実規模装置による実験、あるいは模擬実験装置を用いて検討を行った。

粉末消火剤、あるいは噴出時にドライアイスを生じる条件での二酸化炭素消火剤においては特に大きな帯電を示し、二酸化炭素消火装置の帯電部位としては噴出ホーン部が著しい事が分かった。なおこの部位での帯電量は、噴出ホーンの構成材や表面材質などによる違いよりも、噴出した消火剤がホーン壁と衝突するスピードに影響するホーンの形状の差により大きく変化した。

半固定式の消火装置の場合、設置されている床の状態によっては噴出時に消火装置自体の帯電電位が上昇し、操作員が電撃を受ける事があるため、装置の接地抵抗が  $10^7 \Omega$  以下となるよう設置する必要がある。

## 制御爆破による FRP 構造体の解体方法

Breaking Method of FRP Construction  
by Controlled Blasting吹上 紀夫  
昭和 63 年 12 月

第 33 回 FRP 総合講演会

FRP 材は比強度、耐食性、成形性等に優れているため、主として小型漁船の船体材料に多く用いられるようになった。しかし、FRP 船が廃船となった場合の処理方法については各方面で調査・研究が行われたが、特に適した切断法や処理方法がなく再考の必要があるとの意見が出された。そこで、効率の良い切断方法として制御爆破による切断方法の調査・研究を行った。

爆薬はダイナマイト等数種類の中から、爆発力が高く、かつその取扱いが容易なペンスリット系シート爆薬を使用した。

実験は FRP 単板及び軽量芯材を内挿したサンドイッチ材を用いて、切断に必要な最小爆薬量の決定とこのデータをもとに大型 FRP 漁船 (59 G/T 型) の 2 重底構造体の解体を行った。

切断に必要な最小爆薬量の実験では、厚さ  $t$  (cm) の FRP 単板における最小爆薬量  $w$  (gr) は  $w=0.52t^{1.3}$  で表わすことができ、サンドイッチ材ではこの実験式を多層板用に拡張した形の式で適用できることが明らかになった。

一方、2 重底構造体の解体実験では、前述の単板におけるデータにもとずいて各部の切断を行ったが、いずれも計算通りの爆薬量で良いことが確認できた。

以上の結果から、厚さ 45 mm 程度の FRP 材まで切断可能であり、切断形状も直線、円形と任意の形状とし、多くの箇所を総て瞬時に切断することが出来た。

本実験により、FRP 単板の最小爆薬量を与える実験式が得られ、更に、サンドイッチ材への応用式も得られた。このことにより、各種 FRP 構造体の解体が可能となり、かつ、経済的な最小爆薬量の算出も可能となった。

## コインタッピング法による CFRP の非破壊試験

Non-Destructive Testing of CFRP  
by Coin Tapping Method吹上 紀夫, 津島 〇  
昭和 63 年 12 月

第 2 回新素材及びその製品の非破壊評価シンポジウム

コインタッピング法は古くから使用されている方法であり。その簡便さは目視検査に次ぐものである。昔は打音を耳で聞きその材料を判断したが、現在は機器により検出・解析してこの判断を行う。

使用した CFRP (カーボン繊維強化プラスチック) 試験材は繊維を一方向、直角二方向および一部の層のみ角度を変えた各種積層構成で、一層 0.3 mm を 8 層重ねた。仕上り寸法は板厚が 24 mm、縦横が 150×150 mm である。(繊維含有量は 54.6 V%)。

試験は、取付部長さを 20 mm とし、その部分を定盤に固定して他端を自由にした状態で、端部を軽くハンマーでたたき振動させた。振動は 1 次から 3 次程度まで加速度計で計測し、この振動波形 (共振点) を FFT アナライザーで分析し共振周波数を求めた。

この共振周波数からその材料の弾性係数を求め、更に弾性係数から CFRP 材の積層構成、繊維の方向、含有率を求めた。

一方、これらコインタッピング法で求めた材料特性と実際の材料特性とを比較するため、引張、圧縮および曲げ試験も行った。

以上の結果、振動特性から求めた弾性係数と曲げ試験から求めた弾性係数は比較的よく一致した。また、1 次振動と 2 次振動の周波数を縦軸と横軸にとり、各試験材の値をプロットしたところ、一方向、直角二方向および一部積層構成を変えたものとの違いが顕著に現れた。このことから CFRP 材の強度特性や欠陥 (特に繊維の方向) 等の検出に十分利用できることがわかった。

## 〈東海支所〉

Exposure Buildup Factors for Slant  
Penetration Through Slab Shields  
from Point Isotropic Gamma-Ray Source

点等方ガンマ線源による平板斜め透過の再生係数

金井 康二, 成山 展照, 竹内 清  
昭和 63 年 9 月

7th International Conf. on Radiation Shielding

最近米国の原子力学会のANS 6. 4. 3 委員会でガンマ線の再生係数を抜本的に改訂し、標準的なデータベースを作成した。この成果の一部は簡易計算コードQAD-CGGP及びG-33GPに反映されわが国を始め世界各国で利用されている。しかしながらこの再生係数は点等方線源に対する無限媒質という条件の下に編集されたものなので遮蔽計算を簡易計算コードで行う場合、平板斜め透過となる幾何学的条件ではこのデータを利用した結果は透過角度によって過大評価から著しい過小評価となる可能性がある。この難点はかなり以前から指摘されていた課題であるが、簡易計算に応用できる点等方線源・平板遮蔽体に対する再生係数のデータは今のところ見当たらない。この研究はこの穴を埋めることを目標として開始したものである。

点等方線源・平板遮蔽に対する再生係数の正確なデータを編集するに当り充分大きな半径をもつ円柱形状で平板遮蔽を模擬し2次元直接積分コードPALLAS-2DCY-FXを利用することにした。まず同コードの精度を検証するため点線源としてコバルト-60を使い平板(アルミニウム、鉄及び鉛)の後方で線量率を測定し透過角度の関数としてまとめられた照射線量再生係数の実験値と比較検討した。また点等方線源無限媒質の再生係数を利用したQAD-CGGP及びG-33GP両コードと実験値とを比較することによって適用限界を明らかにした。PALLASの計算結果は薄い平板に対してはレイエフェクトが散見されるがかなり良く実験値を再現している。簡易計算に利用できる点等方線源・平板遮蔽に対する再生係数として普通コンクリートの例をPALLASで計算し表にまとめた。また一部はモンテカルロコードMCNPでも計算した。

Estimation of Radiation-Dose Distribution  
within and around Linear Acceleration  
Medical Room

線型加速器医療室内外の放射線線量分布評価

竹内 清, 高久 祐二

昭和 63 年 9 月

7th International Conference on  
Radiation Shielding

癌の放射線治療のために線型加速器を用いて電子を4 MeVに加速し、これを1mm厚の金箔に入射させて4 MVpの制動放射線を発生させて利用する。強力な放射線を照射するので室は厚いコンクリート壁で囲まれ、かつ天井も床もコンクリートの治療室である。治療室へ入る入口は放射線に直接照射されないように厚いコンクリートの衝立壁が設けられ迷路構造を構成する。これまでこのような照射治療室内外の正確な放射線の線量分布評価は行われなかった。しかし、そこに働く医療関係社の安全性確保の上から精度のよい線量分布評価手法の確立が望まれていた、そこで今回当研究所で開発した放射線輸送計算コードPALLASの本問題への適用性を検証するために治療室内の線量空間分布の評価計算を行い、同時に実施した線量分布測定実験によりPALLAS計算の妥当性を調べた。

計算の第1は加速器で発生した4 MeVの電子が1mm厚の金箔で制動放射線を発生させる計算およびこの放射線のエコライザー(主に銅製で放射線を均一なビーム状にするため、平均9.3mmであった)透過後のエネルギースペクトル評価である。次にはこの放射線ビームが患者を14×14cm<sup>2</sup>の照射野で照射するケースで治療室を2次元円柱空間形状でモデル化して2次元のPALLASコードを用いて計算を行った。照射は患者の真上からの第1のケース、患者の東側からと西側からの第2と第3の3つのケースで行われたので計算も3ケース実施した。

実験はイオン・チェンバーを使用して治療室内10点および外側3点で実施したが、コンクリート壁外側の線量は弱くて測定誤差内に入ってしまったので除外した。計算と実験との比較から室内の線量分布はかなり良い精度で計算できることがわかったが、コンクリート衝立の後の入口の位置では1桁程の差が出た。これは本来の3次元直角形状を2次元円柱形状でモデル化したためと思われ、今後の課題とした。

## Design Method of Compensational Shield for Shield Irregularities of Reprocessing Plant

再処理施設等の不規則形状遮蔽部に対する  
補償遮蔽体の設計手法

山路 昭雄

昭和 63 年 9 月

7th International Conference on Rodiation Shielding

再処理施設、船用炉等のコンクリート遮蔽壁に設けられる直ダクト、直スリット、段付きスリット、段付き円柱プラグ、斜ダクト、斜スリットによるガンマ線遮蔽性能の低下を補うため、遮蔽壁内に組み込む鉄製補償遮蔽体の設計手法を提案する。次に、同手法を実験と多群 1 回散乱コード G33 で検証する。本手法は、直ダクトと直スリット付き遮蔽壁については定められた最小入射角以上の角度について適用でき、段付きスリットを段付き円柱プラグ付き遮蔽壁については全ての入射角に対して適用でき、斜ダクトと斜スリット付き遮蔽壁については壁に垂直入射するガンマ線に対して適用できる。本手法の特徴は、コンクリート壁厚を増さずに遮蔽性能の低下を補償できることと、補償遮蔽体の寸法を、入射ガンマ線のエネルギーには依存せずに、コンクリートと鉄の密度、ダクト直径、スリット幅および壁厚を使って決定できることにある。本手法の実験的検証は研究用原子炉 JRR4 を用いて行われた。実験によると、これらの不規則形状部付き遮蔽壁背面の線量率は補償遮蔽体によって効果的に減衰し、不規則形状部のないバルク遮蔽壁での値より高い領域はダクト出口等に限定され、その線量率はバルク壁より僅かに高い値となった。実験は G33 コードの検証に用いられ、これらの不規則形状部に対する同コードの適用性が明らかにされた。さらに、同コードで種々の遮蔽壁厚、ダクト直径、スリット幅、ガンマ線ビームの入射角および入射エネルギーについて、本手法による補償遮蔽体付き不規則形状部の遮蔽計算を行ない、これらの遮蔽壁の遮蔽性能はバルク遮蔽壁のそれと同程度であることを示した。これらの結果から、本手法は不規則形状部の遮蔽設計に適用できることが明らかにされた。

## 鋼壁スリット内速中性子束分布の測定と解析 —簡易経験式—

Simple Empirical Formula of Fast Neutron  
Flux Distributions in Steel-Walled Slits

成山 展照 三浦 俊正

昭和 63 年 10 月

日本原子力学会秋の分科会

原子炉遮蔽体に存在する複雑形状部の 1 つであるスリットを漏洩する中性子束を精度よく計算できる簡易経験式を導出するため、スリット幅、中性子入射角度をパラメータにスリット内の速中性子束分布を測定し、その解析を行った。

実験は JRR-4 で行った。実験装置はスリット、架台、回転板、ポイドボックス等からなる。周辺物質は水でありスリット壁は鋼からなる。中性子入射角度  $\theta = 0^\circ, 45^\circ, 90^\circ$ 、に対しスリット内の中性子束を  $^{58}\text{Ni}(n, p)^{58}\text{Co}$  反応による放射化検出器で測定した。検出器の照射はスリット入口から 0.5, 20, 40, 80, 120, 160, 200 cm の 8 ヶ所で行った。測定した中性子反応率に含まれる誤差としては NaI 検出器の効率に含まれる誤差、計数時における統計誤差および照射位置の不確定さによる誤差などが挙げられる。それらは各々 2%, 1%, 2% 以内であった。なお多数の検出器を同時照射することによるシャドウ効果(中性子束の減少)は断面が  $3 \times 100$  cm のスリットの場合で最大 4% 程度であった。

$\theta = 0^\circ$  および  $45^\circ$  におけるスリット幅 1.3 および 10 cm のスリット内で測定した中性子束分布を解析した結果スリットの断面形状にかかわらず中性子束分布は次式で表わすことができることが明らかとなった。

$$F(x) \equiv f(x) + \{1 - f(x)\} \cdot T(x) \quad (1)$$

$$\text{ただし } f(x) = 1 / \{1 + (x/\alpha / \sqrt{HW})^B\} \quad (2)$$

ここで H および W はスリット断面の各辺の長さ、T(x) はスリットのない場合の中性子束相対分布、 $\alpha$ 、B は定数である。 $\theta = 0^\circ$  の場合に対し式(1)で計算した値は実験値とファクター 1.5 以内で一致した。