

所 外 発 表 論 文 等 概 要

<推進性能部>

箱船前方に生ずる船首波について (実験と数値計算)

Breaking Waves Generated in Front of a
Box-Shaped Ship

日夏宗彦、竹子春弥、牧野雅彦

平成5年1月

日本学会議力学研究連絡委員会
第42回応用力学連合講演会講演集

船首部で生ずる波崩れ現象は、抵抗成分の分離の観点からも重要な研究テーマであるが、その流場は極めて複雑で、計測データも少ない。このため、船首部に生じる波崩れを数値的にシミュレートするとしても、現象をどのようにモデル化すべきか明かでない。本報告では、波崩れを伴う自由表面流れの平均的流場をモデル化するための基礎資料を得る目的で、箱船前方に生じる波崩れの流場をLDV (レーザ流速計) により計測し、結果を示した。

一方、数値シミュレーションでは、1方程式乱流モデルを用い、自由表面におけるレイノルズ応力の影響を境界条件に取り入れて、計算を行った。その結果、計算結果では、箱船前方に見られる逆渦をとらえるなど定性的に実験結果をよく表現することが確かめられた。

しかし、自由表面上での乱流エネルギーに対する境界条件の与え方や、波崩れ位置を決定する手法などについては、今回の研究では合理的な方法を示すところまで到っていない。今後の研究課題である。

〈構造強度部〉

シラスバルーンフェロセメント船への利用

Application of Silas-Balloon Mortar
to the Ferrocement Yacht

北村 茂

平成5年1月

V S I 研究会ニュース8(1) 通巻第26号

従来のフェロセメント船は数々の長所があるが、重い、ひび割れが発生しやすい、また局部衝撃に弱く、建造に手数がかりすぎて実用的でなかったと云う経緯がある。金網を硬鋼線に置き換え、船殻の強度を硬鋼線でもたせる新しい工法でフェロセメント船を建造した。

モルタルと鉄（金網）の圧縮強度を比較した場合に鉄の約35 kg/mm²に対してプレーンモルタルでは5～6 kg/mm²に過ぎない。単純に考えても圧縮強度の面でもモルタルは鉄にはかなわない。まして引張強度となると問題にならない。そこではモルタルには強度は期待しないことにした。モルタルは別の見方をすれば、防水と硬鋼線の固定及び防錆効果を期待する。鉄（金網）の数倍の強度を持つ硬鋼線に置き換えることにより船殻の重量を軽くすることができた。1号艇はモルタルと硬鋼線との適合性を調べるために、アクリル系とラテックス系の乳剤で珪砂とシラスバルーンを練ったモルタルを船殻に塗り分けた。2号艇はラテックス系の乳剤でシラスバルーンを練ったモルタル塗り、船殻の重量より比重を計算で求めた。さらに試作艇の吃水線上の数箇所に打撃棒を衝突させ外板の歪の時系列波形を求め動的応答及び損傷状況を比較した。さらにシラスバルーンモルタルの比付着強度及び熱伝導率、線膨張係数等の物性値を求めた。曲げ試験によりシラスバルーンモルタルの曲げモーメントとひび割れ性能を調べた。シラスバルーンモルタルは硬鋼線と金網との複合材料として用いると素晴らしい性能を示した。

衝撃引張りにおけるAFRPおよび

GFRP積層板の機械的特性

Mechanical Properties of AFRP and GFRP
Composite Laminates under Impact Tension

小林佑規、田中義久

平成5年3月

日本材料学会 第22回FRPシンポジウム講演論文集

航行中の船舶は、海上浮遊物体との衝突が想定される。FRP船の高速化では、強度とともに耐衝撃性が一層要求される。強度面では、炭素繊維およびアラミド繊維強化プラスチックなど優れた先端複合材料が種々開発されているが、耐衝撃性に関しては従来よりFRP船に使用されているガラス繊維強化プラスチックを含め未解決の課題が多い。

このため、衝撃を受けるFRP積層板の基礎的な特性を得ることを目的とし、アラミド繊維強化プラスチック（AFRP）、ガラスロービングクロスおよびガラスチョップドストランドマット強化プラスチック（GFRP-R、GFRP-M）の衝撃引張試験を実施した。歪と荷重の応答波形から応力-歪線図を作成し、強度、伸び、弾性係数および吸収エネルギーの歪速度依存性について検討した。この結果、次の結論が得られた。

(1) 破断強度および弾性係数は、歪速度の増加によって大きくなるが、一定の歪速度を超えると著しく低下する。この要因には、樹脂の脆化が最も影響を及ぼしている。強度の低下は、繊維の交錯点や空洞、気泡からの欠陥を起点として樹脂が脆性破壊を生ずることに起因しており、高歪速度になるほど切欠き感受性が高まるためである。

(2) クラック発生伸びは、GFRP積層板が、 $\dot{\epsilon} > 5s^{-1}$ のとき一定の値となるのに対し、AFRP積層板は歪速度の増加とともに低下する。

(3) FRP積層板の衝撃破壊は、マトリックスに不飽和ポリエステル樹脂を用いたとき、樹脂依存型の破壊をする。衝撃破壊は、一定の歪速度を超えると引張りから剪断型に破壊モードが変わる。積層板の破壊様相は、AFRPが積層板の初期形状をほぼ保持しているのに対し、GFRPロービングクロス材は積層板の形状を失い、GFRPマット材は破断部近傍が局所的に損傷し破断する。

組紐状AFRPロッドの衝撃引張特性

Mechanical Properties of AFRP Braided
Composite Rod under Impact Tension

田中義久、小林佑規

平成5年3月

日本材料学会 第22回FRPシンポジウム講演論文集

海洋環境で使用されるコンクリート構造物の耐久性は、補強鋼材の耐食性に支配されるともいえる。そのため、鉄筋コンクリートやプレストレストコンクリート用補強材あるいは緊張材の鉄筋代替材料として、炭素繊維やアラミド繊維強化プラスチックのケーブルが開発され、これらを用いたコンクリート構造部材の設計法が課題となっている。海洋コンクリート構造物では、船舶等の衝突に対する対衝撃設計のための基礎資料が求められている。特に、ひびわれやアンボンド部、コンクリート部材結合部などが衝撃荷重を受けた場合は、補強材に直接衝撃荷重が作用することになる。本稿では、組紐状アラミド繊維強化プラスチック緊張材 (AFRP Rod, $\phi=4.0$) の衝撃引張り試験結果について報告した。試験結果は、破断強度、伸び、弾性係数および吸収エネルギーの歪速度依存性について検討し、次の知見を得た。

- (1) 衝撃引張の応力-歪線図は、比例限界にあたる損傷点が明確に生じた。強度は、 $\dot{\epsilon}=20\text{s}^{-1}$ で最大となり、 $\sigma_u/\sigma_{us}=1.7$ 、 $\sigma_d/\sigma_{us}=1.3$ であった。 $\dot{\epsilon}>20\text{s}^{-1}$ では、歪速度の増加に従って強度が低下し、 $\dot{\epsilon}=43\text{s}^{-1}$ で $\sigma_u/\sigma_{us}=0.3$ となった。衝撃引張での組紐の強度低下は、繊維交錯部の切欠き感受性が高まるためと考えられる。
- (2) 損傷点の伸びは、 $\dot{\epsilon}>15\text{s}^{-1}$ ではほぼ一定値となった。このことは樹脂の伸びが繊維のそれより大きいためであり、破壊が繊維から生じると考えられる。
- (3) 弾性係数は、 $12<\dot{\epsilon}<27\text{s}^{-1}$ の範囲が $E/E_s=4$ 以上の高い値を示した。
- (4) 損傷吸収エネルギーは、 $20<\dot{\epsilon}<40\text{s}^{-1}$ の範囲が直線的に低下し、それ以上の歪速度ではほぼ一定値となった。

$\sigma_{\max}=\sigma_y$ 試験による荷重非伝達すみ肉継手の疲労強度

Fatigue Strength of Non-Load Carrying
Cruciform Welded Joints by $\sigma_{\max}=\sigma_y$ Test

太田昭彦、松岡一祥、鈴木直之、前田芳夫

平成5年4月

溶接学会全国大会講演概要 第52集

溶接構造物の疲労設計法では、降伏応力に等しい引張残留応力が溶接継手に存在することが前提になっている。一方、溶接継手の疲労試験片は一般に小さく、疲労き裂発生個所に必ず降伏応力程度の残留応力が存在する訳ではない。そこで、実構造の応力状態を模擬するために、小型試験片に対しては最大応力基準疲労寿命試験法 ($\sigma_{\max}=\sigma_y$ 試験法) が提案され、実構造を模擬した大型試験片による疲労試験結果とよく一致することが確かめられた。しかし、溶接残留応力に作用応力が加算された場合の試験片内部の応力分布と、作用応力の最大値を降伏応力とした場合の応力分布は異なるので、最大応力基準疲労寿命試験法には疑問が有るとの指摘もある。本報は、この疑問に対し回答を与えるために、溶接残留応力が降伏応力に達している溶接継手に対し、応力比0の従来疲労試験および最大応力基準疲労寿命試験を行い、結果を比較したものである。併せて、溶接残留応力が降伏応力に達しない溶接継手に対しても同様の検討を行った。

板厚20および40mmのSM50B鋼板を主板とする荷重非伝達すみ肉溶接継手を用いた。載荷方向残留応力を計算により求めると、20mmで170MPa、40mmで降伏応力であった。板厚40mmでは、従来疲労試験法と最大応力基準疲労寿命試験法の結果はよく一致した。一方、20mmでは、従来法で、最大応力が200MPa以上の場合には、40mmの試験結果と一致したが、それ以下では、寿命が長くなった。最大応力基準疲労寿命試験法では、応力範囲が200MPa以下でも40mmの結果とよく一致した。以上の結果から、溶接残留応力に作用応力が加算された場合の試験片内部の応力分布と、作用応力の最大値を降伏応力とした場合の応力分布の違いは、疲労強度に影響を与えないことが確かめられた。

〈機関動力部〉

高クオリティー域、噴霧流域の熱伝達

Heat Transfer in the Ranges of
High Quality and Mist Flow

波江貞弘、棚沢一郎

平成5年2月

日本機械学会編

伝熱工学ハンドブック 第4章第2節

日本機械学会においては、昭和59年に「伝熱工学資料（改訂第4版）」を発行しており、一般的な資料として高い評価を得ている。しかしながら、書かれている内容を現場等で利用するには、記述が詳細すぎ、簡易さに欠けるきらいがある。そこで、同資料に書かれている内容をピックアップし、現場の技術者などにも使いやすいハンドブックを発行することとなった。このため、学会にハンドブック出版分科会が設置され、多くの分野の専門家が執筆を分担した。本報告は、その一部として、気液二相流の一分野である標記の熱伝達について著者が執筆を担当したものである。

内容は、高クオリティー域と噴霧流域に分類される。前者は、沸騰による伝熱現象のうち、強制対流沸騰でしかも全流体流量に占める気相流量の質量割合（クオリティーと称する）が高い状態に対する熱伝達を扱ったものである。そして、加熱熱流束が低く対流蒸発が支配的な場合と、熱流束が高く核沸騰を伴う場合の両者について、この領域における代表的な熱伝達相関式を提示している。

後者は、さらに液連続相が消失し、気相中に多数の液滴が分散相として存在する状態に対する熱伝達を扱ったものである。この噴霧流域については、熱平衡が保たれる場合と熱的非平衡が増加する場合の両者について、代表的な熱伝達相関式を提示している。

それぞれの相関式について、式の型、適用範囲、使用上の注意事項などを記述するとともに、計算例ならびに各相関式による計算結果の比較図などを示し、ハンドブックとしての利便性に配慮した内容となっている。

**Effect of Helical Wires on Liquid Film Structures
in a Two-Phase Annular Mist Flow**

環状噴霧流の液膜構造に及ぼす旋細線の影響

波江貞弘、汐崎浩毅

平成5年2月

International J. of Multi phase Flow

第19巻第1号

蒸気ボイラや原子炉等の蒸気発生器の蒸発管内における多量の液滴発生（エントレインメント）は伝熱管表面のドライアウトを早め伝熱性能を著しく低下させるばかりでなく、発生蒸気の湿度を増加させる要因となる。コージュネーションあるいは海中動力システムに関連して、蒸気発生装置の小型高性能化をはかるためには、上記現象への対策が必要である。著者らは蒸発管内壁に細線をらせん状に挿入する方法によって、この液滴発生を抑制する研究を実施してきた。本論文は、その第3報として、抑制機構の解明を中心に実験的検討を行なったものである。

前報までの検討結果から、エントレインメントは気液界面のじょう乱波波頭から発生すること、らせん細線はこのじょう乱波の波数を低減させていることが判っている。また、らせん回転による遠心力の作用が逆方向となる二重管構造の流路内と円管内での実験結果の比較から、上記じょう乱波の減少に及ぼす遠心力の作用は小さいこと、現象を支配しているのはらせん細線の界面波に対する直接的干渉力であることを指摘している。本文の前半では、これらの結果の要約と議論の整理を行なっている。

さらに、後半ではらせん細線周辺の液膜構造について、液膜電気抵抗法による詳細な計測、ならびに油膜塗布法による流れの可視化計測を実施し、流動状況を調べている。これらの実験結果から、らせん細線の上流側において、液膜厚さならびに波数が急激に増加すること、管壁面近くにおいて液膜内の二次流れが観測されることを明らかにしている。最終的に、この二次流れに起因する大きな速度勾配によって界面波のエネルギーが散逸され、じょう乱波が小さな波に碎波されるものと推測している。

〈材料加工部〉

**Fatigue Strength of Non-Load-Carrying Fillet
Welded Joints : Effects of Weld Residual
Stresses and Stress Concentrations**

荷重非伝達すみ肉溶接継手の疲労強度
—溶接残留応力と応力集中の影響—

高橋一比古、吉井徳治、飯高洪男、藤井英輔、
松岡一祥

平成5年1月

Fatigue & Fracture of Engineering Materials
& Structures 第16巻第1号

KE36 (TMCP) 鋼板を用いた荷重非伝達すみ肉溶接継手の疲労強度について、主板厚、板幅および1パス当たりの入熱量をパラメータとして変化させた試験片および応力除去焼鈍を施した試験片に対する残留応力測定と疲労試験を実施し、実験的な検討を行った。

まず、町田の式による応力集中係数 K_t の推定値を、止端部R止まりにおける歪測定値から求めた $K_{t(exp)}$ と比較したところ、両者の間にはほぼ良好な相関が得られ、 K_t が2以下と比較的小さい場合に対する同式の有効性が確認された。また、止端部R止まりにおける応力-歪応答をみると、降伏応力程度の残留応力の存在によって載荷直後から非線形挙動を示し、第2サイクル目以降はシェークダウンして大きな平均塑性歪のもとでの弾性挙動となることが分かった。

次に、試験片の板幅 (50mm~300mm) は継手疲労強度に影響を与えなかった。これは、止端部における溶接線直角方向残留応力が板幅の影響を殆ど受けないためである。一方、1パス当たりの入熱量は疲労強度に影響を与え、特に繰り返し数が 10^6 回を超えるような長寿命域において有意な差異が生じた。また、試験片の主板厚は疲労強度に影響し、本研究における板厚効果はいわゆる1/4乗則による推定よりもはるかに大きく、ほぼ1/2乗則に合致するものであった。応力除去焼鈍を施すと、止端部残留応力はほぼ完全に除去され、継手疲労強度は著しく向上した。特に、長寿命域においてその効果は大きかった。

結論として、板厚効果は応力集中と溶接残留応力の複合効果であり、特に後者の影響は繰り返し数が 10^6 回を超えるような長寿命域において現れることが分かった。

WC-Co溶射皮膜の摩耗試験

Wear Tests of Thermally Sprayed

WC-Co Coatings

千田哲也、大森 明

平成5年2月

第2回溶射総合討論会

耐摩耗性コーティングとして広く応用されている高速ガス炎溶射によるWC-Co皮膜について、すべり摩耗とエロージョン摩耗試験を行い、その結果の比較から耐摩耗性の評価法について検討した。2種類のWC-Co粉末を軟鋼基材上に溶射して作成したほぼ100%WCの皮膜 (皮膜I) および W_2C 、W、Co-W-C化合物などの不純物を多く含んだ皮膜 (皮膜II) を試料とした。すべり摩耗試験では、軟鋼およびアルミナを相手材として、面圧0.5~1MPaの範囲で、大気中無潤滑で摩擦し、すべり距離1~2km後の重量変化を測定した。エロージョン摩耗では、噴射角度 30° および 90° の場合について、70gのアルミナ研磨材を0.32MPaの空気で噴射したときの重量減少量を測定した。

すべり摩耗では、概ね皮膜Iのほうが摩耗量は少なかったが、2種の皮膜の間の差は小さかった。アルミナ摩耗の場合には摩耗減量は摩擦距離に比例して増加し、皮膜と相手材の双方の摩耗量が、0.5MPaに比べ1MPaでは10倍以上増加した。軟鋼摩耗ではWC皮膜の重量減少はわずかで、逆に重量が増加する場合があった。一方、軟鋼側の摩耗量は多かったが、面圧による変化は少なかった。エロージョン摩耗試験による重量変化では、皮膜IのほうがIIより重量減少が若干少なく、プラスト角度については 90° の場合には 30° より摩耗量が増加した。

軟鋼摩耗では、摩耗粉のほとんどが鉄および鉄の酸化物であり、鉄のWC皮膜側への移着と酸化による摩耗であった。アルミナ摩耗での面圧による極端な摩耗量の変化は、アプレシブ摩耗における切削モードから脆性破壊モードへの移行によると考えられる。摩耗条件によりメカニズムの変化がみられたが、皮膜の種類による差は摩耗試験の方式によって変わることはなく、本試験の範囲では試験方法間の相関関係は良かった。

ホウ化チタンセラミックスの高温摩擦摩耗試験

Friction and Wear Test of Titanium Boride
Ceramics at Elevated Temperatures

千田哲也、山本陽一、越智保雄

平成5年4月

日本セラミックス協会学術論文誌 第101巻第4号

高融点、高硬度であり、耐摩耗性が期待される材料であるホウ化チタン (TiB_2) の焼結体を用いて室温から1000℃までの範囲で、大気中での摩擦摩耗試験を行った。温度、荷重(接触面圧)およびすべり速度を変えて摩擦係数を測定し、また、摩耗の評価のため各温度において一定条件下で摩擦した後の試料の重量変化を調べた。

摩擦摩耗特性について、室温、400℃付近、および800℃以上の3つの特徴的な温度領域にわけることができた。室温では、摩耗による重量減少量が最も多く、摩擦係数は約0.8で面圧やすべり速度の影響はあまりなかった。これは、 TiB_2 の直接接触による摩擦であると考えられる。400℃前後では摩耗量は温度の上昇にともなって減少し、600℃で重量減少はゼロになった。摩擦係数は、特に面圧の低い場合に室温より高かった。この温度域では、摩擦面上に TiB_2 の酸化によるとみられる B_2O_3 が生成していた。 B_2O_3 は融点が低く摩擦面では熔融状態にあると考えられる。このために固体の直接接触が妨げられ摩耗は低減するが、粘性がかなり高いために摩擦係数は室温より高くなるものと推測された。600℃付近で摩擦係数は急激に減少したが、それは酸化物の生成量の増加と粘性の低下によると思われる。800℃から1000℃の領域では、X線回折パターンにおいて B_2O_3 と TiO_2 の強いピークがみられ、試料重量は酸化により増加した。摩擦係数は800℃で最も低くなった。摩擦係数は、面圧が低いほど、またすべり速度が高いほど大きくなり、このような傾向から、熔融酸化物による流体潤滑状態にあることが示唆された。

〈装備部〉

油吸着剤の性能試験

Oil Absorbent Test by Packed Bed

藤井 忍、山之内 博、長田 修

平成5年3月

(社)日本水環境学会第27回講演集

石炭、靱殻活性炭、泥炭ゴケ並びに木材チップの油吸着剤4種類について油吸着性を調べた。

実験には、50mm Φ ×1000mm^hの亚克力製円筒に吸着剤を詰めた充填槽を用い、これに油水を通水した。

油水は、清水中に軽油を添加し、2台のホモミキサーにて激しく攪拌し油を微細化したものを用いた。

油水の通水方向は、『上向流』と『下降流』、流量は約40、100mm^l/minの2種類とした。

油分濃度測定のため、充填槽入口及び出口より10分及び60分毎に試料を約100mm^l採取し、これに四塩化炭素溶液と少量の塩酸を添加・抽出し、フェリー変換赤外分光光度計(分析吸収波数:3200~2600cm⁻¹)にて求めた。

吸着剤の油吸着性は、充填槽の出口と入口の油分濃度比によって表した。

実験結果の概要を以下に示す。

- 1) 油吸着性は、通水流量が小さく、体積充填率が大きい繊維質が最も良い。
- 2) 活性炭A、Bの場合、上向流に較べ下降流の方が吸着性は良い。

今後、新しい材料を追加し実験する予定である。また、JIS K1474に基づいた油吸着等温線を求める実験を行う予定である。

〈システム技術部〉

機関部近代化と信頼性

Advanced Marine Engine System
and its Reliability

桐谷伸夫、村山雄二郎

平成4年11月

日本船用機関学会誌 平成5年2月

近年、自動化機器の開発によって船舶の少人数化が可能となり、船内業務の合理化を推進するための船舶近代化実験が開始された。その結果、現在では乗員数11名によるバイオニアシップの運航も実現されている。このような社会背景のもと、「船舶信頼性調査委員会」の過去10年にわたる活動によって船用機器に関する故障と警報発生情報は約10万件の規模となり、有用なデータベースとして機能している。一方、最近ではデータベース・システムに関するハード・ソフト両面における発展も著しいことから、新たなシステムの構築への試みとして、新しいコンピュータ技術やデータベース技術を導入したシステムのデザインを実施した。この新たな「船舶信頼性データベース」において具備すべき要件とした主な項目としては、

- (1) 既存データを取り込んだリレーショナル・データベース形式
- (2) 利便性の高いデータベース管理システム
- (3) 高機能なデータ処理ツールとアプリケーション
- (4) ワークステーション等の利用
- (5) 容易なアクセスの実現

これらの要件を満足して、船用機器の信頼性解析が容易に実行できるようなシステムの構築を目的としている。

〈原子力技術部〉

**Experimental and Analytical Study for
Demonstration Program on Shielding
of Casks for High-Level Wastes**

高レベル廃棄物輸送キャスクの遮蔽に関する
実証プログラムにおける実験とその解析

植木紘太郎、中沢正治、服部清一、

尾崎幸男、玉置廣紀、他

平成4年9月

Proceedings of the PATRAM'92

高レベル廃棄物輸送キャスクに果せられる安全輸送実証試験の一部として、遮蔽試験を科学技術庁の委託により電力中央研究所が実施している。本遮蔽試験の課題は、高レベル廃棄物を輸送するために製作された実証試験用キャスクの遮蔽性能を評価すること、およびIAEA（国際原子力機関）安全輸送規則で定めた線量レベルを満すかどうかを判定することである。

本試験のために用意されたキャスクは高レベルガラス固化体を28基収納するように設計している。また、ガンマ線に対する主な遮蔽は厚い炭素鋼であり、中性子に対してはシリコンラバーが使用されている。このシリコンラバーの外側は薄い炭素鋼が覆っており、シリコンラバーで発生する二次ガンマ線を遮蔽している。

輸送キャスクの遮蔽実験には、もし可能であれば実際のガラス固化体を放射線源として用いることが望ましい。しかし、電力中央研究所の遮蔽実験施設ではガラス固化体を用いた実験は非常に困難なため、本遮蔽実験にはガンマ線源として⁶⁰Co、中性子源としては²⁵²Cfを用い、キャスク周囲の線量当量率分布を測定した。

実験結果はディスクリットオーディネイトコードDOT 3.5および連続エネルギーモンテカルロコードMCNPを用いて解析した。MCNPコードによるモンテカルロ計算においては円筒面検出器用のNESX（Next Event Surface Crossing）エスティメータが試作され、使用できるようにサブルーチンTALLYDを改訂した。MCNPコードは主に中性子輸送計算に、DOT 3.5コードはガンマ線の計算に使用した。

キャスク周囲の線量当量率分布をDOT 3.5およびNESXエスティメータを採用したMCNPコードで解析した結果、計算は実験で得られた分布の性状を良く再現しており、計算値も実験と良い一致を示した。したがって、本計算手法は今後の実験解析に十分適用でき、さらに実際の高レベルガラス固化体を収納した場合に対しても高い計算精度が期待できる。

**Shielding Test of a Model for
FBR Irradiation Fuel Transport Cask**

FBR照射後燃料輸送模擬キャスクの遮蔽実験

大橋厚人、植木紘太郎、伊従 功、
岩永 繁、宇留鷺真一、高橋三郎

平成4年9月

Proceedings of the PATRAM'92

高速増殖炉原型炉「もんじゅ」において、臨界後、燃料照射後試験を動力炉・核燃料開発事業団（PNC）が行う。この実施に当たり、「もんじゅ」のサイトである敦賀から茨城県大洗まで、燃料を輸送する必要がある。この輸送に使われる照射後試験燃料輸送容器（PIEキャスク）は、高速炉の照射済み燃料を集合体規模で輸送する輸送容器としては、我国はじめてであり、重要な開発事項の一つである。そのため1/2スケールモデルを用い、輸送規則への適合性を評価するために各種試験が実施された。これらの試験のうち、遮蔽実験及び解析評価を当所において実施したので報告する。

なお、本研究はPNCとの共同研究である。

PIEキャスクは、ガンマ線遮蔽用に鉛、中性子遮蔽用にエチレングリコール水が用いられ、主な構造材は、SUS304である。

中性子線源として²⁵²Cf、ガンマ線線源として⁶⁰Coを用い、キャスクの中心に線源案内管で固定し、キャスクまわりの線量率分布を測定した。ここでは、線源の位置を19ヵ所、検出器の位置を9ヵ所確保した。

上記の線量分布を解析するために、モンテカルロ計算コードMORSE-CG、断面積ライブラリNGCP9-70、CASK-LIB-50を用いた。また、半径方向の線量減衰の様子を模擬するため、連続エネルギーモンテカルロ計算コードMCNPを用いた。これらの計算では、エスティメータとしてNext event surface crossingを使用した。

計算結果は、実験で得られた分布の性状を良く再現しており、計算値は実験値と良い一致を示した。したがって、本計算手法は、PIEキャスクに照射済み燃料を収納した場合の遮蔽計算に対しても、十分信頼性のある結果を与えるものと考えられる。今後フルスケールモデルを対象とし、キャスクの性能を評価する予定である。

〈東海支所〉

**Experimental Assessment of Point Kernel
Shielding Calculation Codes : QAD and G33**

点減衰核遮蔽計算コードQADとG33の実験的評価

三浦俊正、小野田直光、進藤裕二

平成4年9月

シンポジウム報告書

我国においては、原子力発電所等で発生する低レベル放射性廃棄物は、平成4年以降各原子力発電サイト港から貯蔵施設側の港湾まで専用船にて大量輸送することが計画されている。輸送に際しての放射線安全性を確立するには、輸送に携わる者や一般公衆の放射線被曝量をできるだけ低く抑えることが必要である。輸送されるほとんどの廃棄物の放射線レベルは低いが一部の物は遮蔽を付けて輸送する必要がある。このためには廃棄物の詰まったドラム缶数個が収納できる適当な厚さの鋼製容器が考えられる。このような容器の遮蔽性能を評価するために、しばしばQADやG33のような点減衰核コードが使用される。しかしながら、これらのコードの計算精度問題によって変わってくる。

本研究においてはこれらの計算コードを評価するためいくつかの実験を実施した。それらは(1)円筒形コンクリート透過実験、(2)4つの円筒形コンクリートを収納した鋼製箱遮蔽実験、(3)平板アルベド実験、および(4)斜め透過実験である。線源としてはコバルト60およびセシウム137の点状線源を使用した。測定器は熱蛍光線量計を用いた。線源強度および線量計の校正は3%の精度で校正された電離箱を用いて行った。実験の解析はQAD-CGGP2およびG33-CGGP2を用いて行った。実験(1)に対しては両者とも30~60%過大評価であるが、幾何形状効果を考慮すると満足のいく結果であった。(2)に対しては線源からの直接線が多い領域では比較的良好な計算結果が得られたが散乱線の多い領域では1回散乱を計算するG33でも過小評価するが多かった。散乱効果がどの程度評価できるか(3)のアルベド実験とG33の計算を比較したところコンクリート遮蔽板に対しコバルト60の場合で35~50%、セシウム137の場合で40~45%過小評価となり散乱計算に問題があることが判明した。

**Cross Section Measurement for the Neutron
Induced Reactions on Ni and Au above
12 MeV by Activation Technique**

放射化法によるNiとAuの12MeV以上の

中性子誘起反応断面積の測定

岩崎 信、佐久間正剛、梶山一典、小田野直光

平成4年11月

Japan Atomic Energy Research Institute, Proceedings
of 1992 Symposium on Nuclear Data, JAERI-M
Report.

高エネルギー加速器によって生成される中性子場における加速器構成材の損傷、放射化レベルの評価、あるいは、高エネルギー中性子ドシメトリにおいて、15 MeV以上の中性子反応断面積が要求されるが、その領域では、高精度の実験データが依然不足している。また、この領域での断面積データは、原子核反応理論に基づく断面積計算の高エネルギー領域への拡張を行うために有益な情報をもたらすものである。

本研究では、東北大学ダイナミロン加速器を利用したT (d, n) 中性子源により、12MeV以上における反応断面積を多重箔放射化法によって測定した。測定は、 $^{58}\text{Ni}(n, p)^{58}\text{Co}$, $^{58}\text{Ni}(n, np + pn + d)^{57}\text{Co}$, $^{60}\text{Ni}(n, p)^{60}\text{Co}$, $^{197}\text{Au}(n, 3n)^{195}\text{Au}$ の各反応については17~20 MeVで、 $^{197}\text{Au}(n, 2n)^{196}\text{Au}$ 反応については12~20 MeVにおいて行った。断面積の絶対値は、国際原子炉ドシメトリファイル (IRDF-90) に納められている。 $^{93}\text{Nb}(n, 2n)^{92m}\text{Nb}$ 反応断面積を基準にして決定した。 $^{93}\text{Nb}(n, 2n)^{92m}\text{Nb}$ 反応の参照反応断面積としての妥当性は、筆者らによってすでに実験的に確認されている。

$^{197}\text{Au}(n, 2n)^{196}\text{Au}$ 反応については、IRDF-90の断面積値をよく再現する結果となり、ENDF/B-VIの評価値 (理論計算に基づく) は過大評価となっていることが明らかになった。他の断面積についても、高エネルギー領域でのドシメトリ反応断面積の高精度化のための有益な情報が得られた。

**コンクリート平板体系における γ 線の
反射・透過に関する実験及び解析**

Experiment on γ -Ray Reflection and Slant
Penetration by Concrete Plate and Its Analysis
Using Shielding Calculation Codes

三浦俊正、小田野直光、進藤裕二

平成5年3月

日本原子力学会 1993年春の年会 要旨集

低レベル放射性廃棄物の処理に関連する輸送容器及び施設等の遮蔽設計には、しばしば、簡易計算コードが用いられる。しかし、計算コードの計算精度は、対象とする問題によっては明らかではない、著者らは、 γ 線に関する簡易計算コードの精度検証のための実験を行ってきたが、ここでは、コンクリート平板体系での γ 線の反射及び斜め透過に関する実験結果を一回散乱コードG33-GP2及びモンテカルロ計算コードMCNP-3Aを用いて解析した。

両体系の実験において、 γ 線源として約 1.6×10^{10} Bqの ^{60}Co を用い、照射線量率はナショナルのUD-200S熱蛍光線量計 (TLD) で測定した。TLDの校正は標準線源により行い、コンクリート試験体の成分は化学分析により決定した。

G33による解析では、コンクリート表面近傍で散乱した成分の寄与を精度よく評価するため、表面付近で空間メッシュ間隔を細かくとった。照射線量率の値は、build-up因子を考慮しない直接線の寄与と一回散乱の寄与の和として評価した。実験結果と計算結果を比較したところ、反射体系においてはG33の計算結果は過小評価となるが、MCNPによる計算結果は比較的一致がよいことが明らかになった。これは、G33の計算では試験体内での多重散乱の効果を無視しているためと考えられる。斜め透過体系では、傾斜角度が大きくなるにつれて、G33、MCNPともに計算結果は過小評価となる。この原因については現在解析中である。

深海調査船用原子炉DRXの遮蔽設計に関する
光中性子輸送計算の評価

Analysis of Photoneutron Transport in the
Shielding Design of the Deep-Sea Reactor DRX

三浦俊正、小田野直光、山路昭雄

平成5年3月

日本原子力学会 1993年春の年会 要旨集

DRXの遮蔽設計では居住区を周辺監視区域とし、通常運転時における設計許容線量当量率を $1.8\mu\text{Sv/h}$ 以下としている。DRXの遮蔽構造には厚い水層があるので炉心からの中中性子は早く減衰し、この区域では主にガンマ線が問題となる。しかしながら、ガンマ線が水中の重水素と光中性子反応を起こすことにより発生する中性子がある。通常この中性子量は少ないが、遮蔽構造によっては無視できなくなる場合も有り得る。そこで、既存の実験データの解析を行うことにより光中性子の計算法ならびに精度の評価を行った。すでに行われたJRR-4の特性試験においてプール実験設備の水中での熱中性子束分布が測定されている。測定結果から炉心中心から約2m以上離れると熱中性子束の減衰傾向がゆるやかとなり、ガンマ線の減衰傾向と一致することがわかる。これは、この領域で光中性子反応が主な中性子源であることを意味している。この測定結果の解析をDLC-23E断面積ライブラリーを用いANISNで行った。すなわち、エネルギー群数が中性子22群、ガンマ線18群、散乱断面積展開項数が P_3 の計算である。角度分点セットは S_{16} とした。また、空間メッシュ幅は全領域で約1cmとした。計算手順としては、まず1次ガンマ線の計算および中性子と2次ガンマ線の計算を行った。つぎに1次+2次ガンマ線スペクトルと重水素の光中性子反応断面積を用いて光中性子発生量を計算し、これを線源とする光中性子輸送計算を行った。線源の角度分布は等方とした。1次+2次ガンマ線量率の計算結果は、C/Eが0.7~1.1程度で、実験値と比較的よく一致しているが、光中性子による熱中性子束はかなり過少評価している。