

## 所外発表論文等概要

## 〈船体構造部〉

## 動的COD測定法の一試案

## A Study of Dynamic COD Measurement

北村 茂・佐久間正明

昭和58年10月

溶接学会全国大会講演概要

破壊はき裂先端の局所的な力学的状態を表わすパラメータの一つである開口変位 (COD) で整理できることがすでに報告されている。静的CODを直接計測するには、2、3の方法があるが、動的CODの直接計測は現在のところ不可能である。そこで新しい間接的な動的COD計測法を開発した。まず、試験片の切欠近傍に切欠と平行なけがき線をかいておき、その試験片に荷重を加えると、切欠先端の塑性域は切欠先端より $45^\circ$ の方向にひろがる。このため、けがき線は変曲する。その変曲部の接線より変位置量 ( $\Delta$ ) を求め、次に $\Delta$ と切欠先端の開口変位との相関から較正曲線をつくって求めることにした。このため、アイゾット衝撃

試験の状態を静的に再現するような装置をつくり、適当な荷重を加えたときの切欠先端の変形を写真に撮り200倍に拡大し、 $\Delta$ とCODの関係を求めた。今回用いた試験片のように、切欠先端で非対称に塑性域が形成されるものは、切欠の中心を通る直線の左右別々の変位置量 ( $\Delta$ ,  $\blacktriangle$ ) と切欠先端の開口量の半分との相関を求め、後に合成した。既報 (昭和58年度溶接学会全国大会講演概要 第32集) の高張力鋼の溶接熱影響部のCODを従来のRotational Factorを用いる方法と本方式を用いる方法で求め、比較した。この場合実験パラメータは温度とした。温度が高いところでは、本方式によるものが従来法によるものより、大きめの値となり、低温側で両者はほぼ一致した。

本方式で $\Delta$ を精度よく求めるには試験片を研磨仕上げし、できるだけ細い、均一な太さのけがき線をひくことと、分解能のよい写真を撮ることが必要であるが本方式は動的CODを求めるには有効な測定法であることが、一部実証された。

## 〈機 関 開 発 部〉

### A Tentative Evaluation on Application of Flywheels to Marine Engines

フライホイールの船用機関への応用についての一試算

天田重庚・玉木恕乎・村山雄二郎  
昭和58年10月

### Third International Symposium on Marine Engineering, Tokyo '83

先進諸国のみならず未開発諸国においてもエネルギー問題は解決しなければならない重要課題となっている。その方向はおおよそ、(1)代替エネルギーの開発、(2)省エネルギー機器の開発、(3)余剰エネルギーの貯蔵装置の開発、などに分けられる。このうち、(3)に相当する技術開発は種々の形で進められており、現在では相当の結果をあげつつある。特に、太陽や風力などの自然エネルギー、夜間の余剰電力を貯蔵しておき、必要時に取出すためのフライホイール装置の技術的進展は著しい。

本報告は、現在の技術レベルにあるフライホイールを船用機関に応用する場合の一評価を試みたものである。フライホイール材料としては複合材料と合金鋼をとりあげ、ロータの直径、厚さと船の大きさ、航海距離との関係を求めた。計算結果の一例をとると、800tonの船が10kmの距離を航海するのに、合金製のロータで直径が2.0m、巾が1.65mの大きさとなる。一方、複合材料製のロータでは直径が2.0m、高さが3.73mとなる。

船が波の作用や方向転換などによって動揺すると、船上の高速回転体によって、船にジャイロ効果が生ずる。特に、フライホイールのような幾可学的に大きくて、高回転の場合にはジャイロ効果によって生ずるトルクも大きいと推察される。フライホイールのスピンドル軸を船の長手方向、垂直方向、横方向に配置した時、船がピッチング、ローリング、ヨーイング運動を行う場合に船に働くトルクの各成分を計算し、波の周期とトルクの大きさとの関係を導いた。

本報告はフライホイールの応用を目的として、ロータの大きさとジャイロ効果について検討したが、損失評価や支持装置、シーリングなどの問題も検討する必要がある。

### An Experimental Study on Spray Combustion of Residual Fuel Oil assisted by Gaseous Fuel

気体燃料による低質油の噴霧燃焼の研究

熊倉孝尚・羽鳥和夫  
昭和58年10月

1983国際ガスタービン会議東京大会

原油の重質化および石油精製法の変化に伴ない船用燃料の重油は一段と低質化し、これまでより粘度が高く、かつ残留炭素分や灰分が多く含まれるようになってきている。ガスタービンのような連続燃焼装置でこのような燃料油を使用する場合、燃料油の微粒化と燃焼の安定化を図ることが必要となる。本研究はその一方法として気体燃料との混焼により、低質油の安定燃焼を図ることを目的とした。

重油の微粒化には二流体式噴射弁がすぐれており、その噴霧媒体として空気または蒸気が用いられる。ここではこれらの媒体の代りに可燃性気体を用いるところに特徴がある。使用した気体燃料は現在および将来の液化気体タンカーでのボイルオフガスを想定し、プロパン、メタンおよび水素である。使用燃料油は現在の船用燃料としては低質なブレンド重油である。なお気体燃料の混焼割合は重油に対し供給熱量で20~60%の範囲に変えた。燃焼実験は小形たて型燃焼筒内で混焼を行い、噴霧火炎の安定性、COおよびすすの排出量また窒素酸化物(NOx)の生成量をしらべた。

〈結果〉

1. 火炎の安定性：3種の気体とも上記の混焼割合の範囲では燃焼が持続できた。このうち水素との混焼が最も安定し、ついでプロパン、メタンの順となった。
2. COの排出量：気体燃料の割合を増すとCOは低下し、気体燃料の供給熱量を等しくしたときは水素およびメタンとの混焼において排出量は少ない。
3. すすの排出量：気体燃料のちがいによる差は小さく、噴霧粒径のちがいによる影響が大きい。
4. NOxの排出量：気体燃料の割合を増すと増加するが、気体燃料のちがいによる差はない。
5. 燃焼効率：COおよびすすによる燃焼効率の低下に与える影響は最小で0.7%程度とみられる。
6. 従来の空気微粒化方式にくらべ、火炎の安定性はすぐれ、COおよびすすの排出量は少ない。

## 合成火花点火における間欠放電の効果

Effect of Multiple Discharge  
on Ignition by Composite Sparks

羽鳥和夫・河野通方・飯沼一男

昭和58年11月

第21回燃焼シンポジウム，前刷集

現在，内燃機関等に広く用いられている点火装置は電流遮断形のもので，その火花放電は燃焼室の流動混合気中において間欠放電になることが知られている。このような間欠放電は火花径路が吹流されて放電電圧が上昇し，それが上流の火花間隙における火花破壊電圧以上になって次の放電が発生し，それを繰返すことによるものである。間欠放電の火花の点火能力に関して，最初の放電エネルギーが最も大きいので点火に対する寄与も支配的であるとする推測もなされている。

そこで本研究では間欠放電の点火に及ぼす効果を知るために，連続して2回の火花放電が発生可能な装置によって流動混合気の点火実験を行い火花放電の時間間隔が火花の点火能力に及ぼす影響について調べた。

この結果火花間隔と点火率の間には最適値が存在し，この値は放電径路の吹流される距離によって決まることが明らかになった。またシュリーレン写真によって初期の火炎核の生長についても観察することができた。

これらの結果から2回の火花の放電径路などが点火に及ぼす効果として明らかにされ，間欠放電の火点機構と関連づけられた。

## 〈機 関 性 能 部〉

## ホログラフィ干渉法

## Holographic Interferometry

佐藤誠四郎

昭和58年6月

日本ガスタービン学会誌 11巻41号

本稿はホログラフィ干渉法を用いた火炎温度測定法の現状，問題点などを解説したものである。

ホログラフィ干渉法による火炎温度測定によれば，広い範囲の温度が一度に得られ高・低温領域の分布の形状とか拉がりのような全体の情報を非接触で計測することができる。しかしガス密度とガス組成が一緒になったものとして得られ，火炎の場合は通常組成変化を伴うので，温度を求めるにはガス組成を知る必要があるが，組成変化の影響は比較的小さいことが明らかにされており，精度をそれほど必要としない場合や，空間分布の測定には十分適用できる手法と思われる。

従来のマッハツェンダ干渉法による測定では適用対象が二次元場あるいは軸対称性をもつ場合に限定されていたが，ホログラフィ法によれば，多方向から見た干渉像が得られることから計算機トモグラフィ (Computed Tomography, 略称CT) の手法を用いて，一般の規則性のない三次元分布をもつ火炎に対しても適用可能であり，任意空間の温度を求めることができる。

ホログラフィ法による温度測定の原理，計測方法として干渉縞の解析，火炎のガス組成の取扱いについて述べ，適用例を紹介した。

結論として，本測定法による温度測定では，ある一点の正確な値よりも広い範囲の空間分布などの測定に適しており，絶対値よりも相対値が得られることから他の分光学的な測定と組合せて使用することにより，これらの特長を生かすことができる。

今後の問題として，光学干渉法では屈折率の温度依存性から高温になるほど精度が低下するが，これにはより高感度の干渉法を用いることにより精度向上が期待できること，また実機適用の場合の振動対策，観測窓による影響除去，干渉縞の自動解析処理などがあり，この分野の今後の研究が期待される。

Flame Temperature Measurements From  
Multi-Directional Holographic Interferograms  
Using Computed Tomography Technique

ホログラフィ干渉法を用いた断層撮影法  
による火炎温度測定

佐藤誠四郎  
昭和58年8月

Proceeding of 5th Task Leaders Conference

光学干渉法を用いた火炎温度測定によれば、非接触で高い時間分解能で測定可能であり、さらに各点における測定のほか広い範囲の情報を一度に得ることができるなどの特長がある。しかし得られる干渉写真が1つの方向のみに限られる場合は、適用対象が二次元場あるいは軸対称性などの温度分布が規則性をもつ場合しか定量測定ができないなどの問題がある。火炎温度が3次元の任意の分布をもつ場合は、多数の方向から撮影した干渉写真が必要となり、さらにこれら全ての干渉写真は火炎のゆらぎなどの影響を除くため、同一瞬間に撮影する必要がある。他方、光学干渉法で求まる火炎の屈折率は、火炎の密度とガス組成の両方の変化によって影響されるので、火炎温度を求めるには組成についての仮定やまたは光学干渉法とは別個の測定が必要とされる。

本研究では、多方向の干渉写真が一度に得られるホログラフィ干渉光学系の1つの提案を行ない、小形のアルコール芯火炎の3次元の温度分布測定に適用した。本光学系は、光源としてアルゴンイオンレーザを用い、必要とするビーム数は通常のホログラフィ干渉計の約半分ですむ配置を考え、特殊な光学部品を必要とせず、一度に16方向の干渉写真を得ることができる。火炎の任意断面の温度分布の計算には、代数的再生法を用い、断層撮影法適用の可能性を明らかにした。

火炎温度測定におよぼすガス組成変化の影響を定量的に調べるためベンゼンバーナ火炎を用い、そのガス組成をガスクロマトグラフにより測定した場合と、ガス組成を空気とした場合に求まる温度の比較を行ない両者の温度の相違は未燃分の多い領域などで最高5%程度であり、他の領域では大きな差はないことを明らかにした。

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58年9月

高温学会誌 9巻5号

光に対する気体の屈折率が密度の関数であることを利用して、従来から光学干渉法を用いた気体の密度、温度、圧力などの測定が行われている。干渉法を火炎温度測定に用いた場合、局所の温度と同時に広い範囲の温度が一度に得られ、高・低温領域の分布の形状とか拡がりのような全体の情報を非接触で計測することができる。しかし干渉法ではガス密度とガス組成が一緒になったものとして得られ、火炎の場合は通常組成変化を伴うので温度を求めるにはガス組成を知る必要があるが、組成変化の影響は比較的小さいことが明らかにされており精度をそれほど必要としない場合や、空間分布の測定には十分適用できる手法と思われる。

また干渉法では光路に沿う積分量が得られるので、従来のマッハツェング干渉法などを用いる場合は温度が光路方向に変化のない二次元場や、軸対称場などの限られた場合しか定量測定ができないなどの問題があった。しかしホログラフィ干渉法によれば、多方向からの干渉写真が得られ易いことから計算機トモグラフィの手法を用いて、任意の分布をもつ火炎に対しても適用可能であり特定空間の温度を求めることができる。

本稿では、ホログラフィ法による火炎温度測定例を中心に、測定原理、干渉縞の解析法、ガス組成の取扱いなど測定上の基礎的事項を述べた。

ホログラフィ法による温度測定では、ある一点の正確な値よりも広い範囲の空間分布などの測定に適しており、絶対値よりも相対値が得られることから他の分光学的な測定法と組合せて使用することにより特長を生かすことができる。

今後の問題として、本法ではガスの屈折率の温度依存性から高温になるほど精度が低下するが、これにはより高感度の干渉法の適用により精度向上が期待できること、また実機適用の場合の振動対策、干渉像の自動解析処理などがあり、この分野の今後の研究が期待される。

### 船用中小形ディーゼル機関と排ガス

#### Exhaust emission of Marine Medium / small size Diesel Engine

山岸 進・塩出敬二郎

昭和58年9月

内燃機関 10月臨時増刊

船用機関の燃費低減は、エネルギー利用効率を高める努力と、より低価格燃料を使用するための努力によって成し遂げられてきた。燃費低減のトレード・オフの一つは、主としてNO<sub>x</sub>の発生に関する排ガスの問題である。船用機関の排ガスについては、世界的にみても、現在は目視による排煙濃度の監視だけである。

しかし、NO<sub>x</sub>総量規制が制度化されるようになったため、排出源の大気汚染への寄与率について精密な調査検討が要求されるようになった結果、船舶に対しても何らかの対策が迫られる時期が近いと予想される。船用機関の排ガス調査は、昭和48年以來各方面で行われてきた。その結果、重要港湾における主な荷役量は石油を主体とするものが全貨物の46%にあたる事が明らかにされている。また、船舶排ガスの陸上への寄与率についても各種の調査が行われたが、明確な値は得られなかった。一つには、地域的特殊性を含めた拡散のシミュレーションとこれを裏付ける三次元的測定が困難なため、今後この分野の技術的發展が必要とされる。また発生源として中小形ディーゼル機関についての実験結果、排気タービンを含めた総合的調整によりNO<sub>x</sub>の発生は大巾に変る事が示された。

一方船用粗悪燃料は機関の故障を誘発し、船用機関の信頼性を低下させる大きな原因となって、燃費低減に伴う一つのトレード・オフと考えられる。これ等低質油については、燃焼改善のために未だ多くの研究が必要である。また、それ等の燃焼特性を評価する新たな方法の確立も望まれる。

今後、船用ディーゼル機関は排ガス対策と共に低質油使用に伴う故障等の自己診断機能を持つより信頼性の高い機関の開発が要求され、新たな発展段階を迎えることとなる。

### Energy Saving of Marine Diesel Engine by Computer Control System

コンピュータ制御による船用ディーゼル機関の省エネルギー

村山雄二郎・塚原茂司・沼野正義・桑原孫四郎

昭和58年10月

3rd International Symposium on Marine Engineering, Tokyo '83 (ISME Tokyo '83)

従来の船用ディーゼル機関ではカム軸に固定されたカムにより燃料噴射状態が定まり、機関の広い負荷範囲では効率最良点の運転をしていない。そこで本システムではマイクロコンピュータを用い、機関の全負荷範囲で、燃料噴射のタイミング、噴射期間、噴射圧力等のパラメータを変化させて常に効率最良点で運転を行って船用ディーゼル機関の省エネルギーを図ろうとするものである。本システムは、前述の燃料噴射パラメータを油圧等により機械的に設定する直接制御システムと効率最良点を検索し、それを維持する効率設定システムおよび効率曲面探査システムから成る。

直接制御システムは当所の3シリンダー船用ディーゼル機関(350PS/420rpm)に装備するよう設計製作され、電動モータ駆動により上記パラメータを変えデータを採取した。一方3シリンダ機関の噴射系パラメータを実験から求め、上記の電動モータによるテスト結果と比較しこのシステムがシリンダ内の燃焼を改善し得ることを示した。効率設定システムおよび効率曲面探査システムについてはその制御系の概念を示した。効率設定システムとは、機関の運転状態が変わった時予め求められた効率曲面の最良点において機関を運転できるよう前述の直接制御システムのパラメータを設定するもので、制御は1回転毎には行わず、比較的広い時間間隔で行うようにした。効率曲面探査システムとは、長い時間間隔で時々燃料噴射パラメータを変え効率最良点をチェックし機関の経時変化、船舶の運航条件変更等に対し改めて効率曲面を手直しするシステムである。このシステムには運転に関する諸警報等も含まれる。

本システムは原則として既に使用実績のある技術を採用し、そのために高性能、高信頼性そして低コストが期待できる。また、コンピュータ故障時も、エンジンは正常に運転することができ、停電等の事態にあっても、機関の運転はある程度状態可能となるように考慮してある。

## Study on Marine Stirling Engines

船用スターリング機関の研究

塚原茂司・一色尚次

高橋四郎

昭和58年10月

3rd International Symposium on Marine Engineering, Tokyo '83 (ISME Tokyo '83)

船用スターリング機関の研究は運輸省を中心として、1976年から1980年まで行われ、スターリング機関の問題点として、作動室からのガス漏れや機械摩擦による損失、ガスの流動損失、熱損失その他を指摘した。

そこでその後、ピストンリングについては船研が、高温部へのセラミックスの適用について旭硝子(株)が、また内燃式スターリング機関について東工大が研究を行なった。本報はそれら三研究の報告である。

ピストンリングの研究では、リングの種類や本数と摩擦力、漏れの関係を求め、摩擦力減少のためには1本のリング高さを少なくすること、漏れ減少にはリング突き合わせ部のガス通路面積を少なくすることとリング本数を多くすることが効果的であることを示した。ベローズをピストンとする装置によりピストンリングからのガス漏れと機関出力減少の関係を実験的に求め、それを簡単な解析結果と比較した。その結果、漏れに関係する無次元量  $L_N=0.2$  では漏れない場合の出力の約60%も減少することを示した。一方、逆T字型スターリング機関に2種類のピストンリングを装置し、ピストンリングの出力に与える影響の大きいことを確認した。

スターリング機関の高温部には2種類のセラミックスを使った。一つはSicのような耐高温高压材であり、もう一つはコーディライトのような低熱膨張材である。本文ではこれらセラミックスの使用に関する検討が述べられている。

最後に火花点火機関のシリンダ内に蓄熱器を組み込んだディスプレイサを持つ内燃式スターリング機関について述べた。問題点はこの蓄熱器の材料にあるが、現在では出力約1.5kW、図示熱効率30%程度であり、機械効率の低いことも問題の一つである。

## 船室用浮床の防振効果 について(その2)

On Vibration Reduction Effect on Floating Floors of Cabins

原野勝博

昭和58年9月

日本騒音制御工学会技術発表会講演論文集

クッション方式の船用浮床の防振効果については、マサースプリング系の一次元モデルによる計算値と船室モデルによる実験値との比較を行ったことがあるが、今回はその後発表された計算法等を調査し、実験パラメータも上板4種、クッション材のバネ定数2種、床鋼板の板厚2種、床鋼板の防撓材間隔2種と多くしてそれらの防振効果への影響を80cm×80cmの寸法の浮床モデルについて実験的に調べると共に計算式による値と比較してみたもので、その概要は次の通りである。

- ・防振効果の計算式は低周波域ではマサースプリング系の振動伝達率の式に、また高周波域では浮床の梁モデルによる Nilsson の計算値にそれぞれ実験値に近いが、かなりはずれる点もあり防振効果の予測式としてはなお不十分な精度であった。インピーダンス法による床衝撃力の伝達率の計算法は、そのままでは船用浮床の予測には使えないことがわかった。

- ・床鋼板の面密度を考慮した浮床の共振周波数及びクッション材が導波管として縦波を伝搬するために防振効果が低下するとされる周波数の計算値と実験値との明確な対応は認められなかった。

- ・防振効果は上板の面密度のみでなくその損失係数にも大きく影響される。油粘土を塗って損失係数を増加した鋼板は同じ面密度の鋼板よりかなり高い効果を示した。

- ・面密度が10kg/m<sup>2</sup>程度(21mm厚合板)の場合1.25 kHz以上では上板の振動レベルが鋼板からの放射音により決定されるので軽量床の場合は音響加振の影響に注意すべきである。

- ・高周波域における防振効果は今回の実験で、50 dB以上あったことから、浮床の防振効果の上限値は床鋼板→クッション材間の縦波のエネルギー透過率約35 dBではなく床鋼板クッション材→浮床上板層のエネルギー伝達率(約70 dB)になるものと思われる。

## 船用浮床のモデル実験について(その2)

Experiments on Floating Floor Models for  
Marine Use(Part2)

原野勝博

昭和58年10月

日本音響学会 昭和58年度秋季研究発表会  
講演論文集

クッション材を浮床の振動緩衝材として用いる場合その動バネ定数はクッション材自体の弾性によるバネ  $k_c$  と空気層の圧縮によるバネ  $K_a$  との和として考えるべきとされている。その  $K_a$  の値はクッション層が密閉された条件下におけるものであり、通常の使用条件では  $K_c$  よりかなり大きな値となるから、クッション層の周囲から空気の出入りがある場合にそのまま適用するのに疑問が残る。又 JIS には振動緩衝材の動バネ定数の測定法が規定されているがこの方法が  $K_c$  の測定法であるのか否かについてのコメントがない。そこでクッション材を加振板により上下方向の圧縮を動電型加振機で加えたときの共振周波数をインピーダンス法により求め、加振板やクッション材寸法の変化によるクッション材の動バネ定数がいかに変化するかを実験的に調べた。

又動バネ定数の選び方を変えたときの振動伝達率(%)による防振効果の計算値と測定値を数種の寸法の浮床モデルについて比較した。その結果は以下の通りである。

クッション材の動バネ定数( $K_d$ )は加振板、クッション材の寸法により大きく変化する。供試体がロックウール板(密度150kg/m<sup>3</sup>, 5cm厚)の場合、 $K_d$ は加振板寸法が5cm程度で一定値に近づきこの値が  $K_c$  と考えられる。又空気のパネがフルに効いてくるのに必要な浮床の寸法があり、本実験の場合それは83cm位と推測される。

浮床の供試体が十分に大きい場合、防振効果( $\Delta L$ )は動バネ定数を  $K_d = K_c + K_a$  にとった時に計算値は測定値に最も近くなり、かつ実用上重要な共振周波数も一致する。供試体寸法が50cm以下の場合、同じ寸法で加振した時の動バネ定数の測定値  $K$  を  $K_d$  とした時に  $\Delta L$  の計算値は測定値に最も近い。

JIS の測定法によるバネ定数の値は既に空気のパネ作用を一部含んでいるから  $K_c$  の値よりかなり大きく、 $K_c$  の値を求めるには本報告で示した様な別の方法で測定する必要がある。

## &lt;原子力船部&gt;

## 船用炉の定傾斜時自然循環模擬実験

## その4. 炉心内の層化

Model Experiment on the Natural Circulation of  
Incline Marine Reactors  
(Part 4. Stratification of Flow in Core)小林道幸・伊従 功・綾 威雄・松岡 猛  
近藤正和・成合英樹

昭和58年3月

日本原子力学会 昭和58年年会要旨集

定傾斜した船用炉の自然循環時における炉心内冷却水の熱流動様子を調べる目的で、高さ方向には実寸大の寸法を持ち、幅方向にはある程度の二次元効果を有する可視模擬炉心を用いた実験を行った。

本報では、炉心内の流れのパターンと炉 S の幅方向の温度分布について報告する。

実験に用いた模擬炉心は、直径10.5mm、有効発熱長1500mmのシース・ヒータをピッチ15mmで5本(奥行き)×24本(間口)に配列したもので、このうち6本はタイ・ロッドである。ヒータ表面温度は、シース径0.5mmの非接地型 CA 熱電対(ヒータ・シースに埋込)で、また流体温度は、シース径1.0mmの非接地型 CC 熱電対で測定した。実験は、この模擬炉心を前報で述べた。2ループ自然循環実験装置に組み込み、大気圧下でボイドが発生しない温度範囲について行った。測定は定常状態について行い、パラメータは炉の傾斜角とした。

傾斜時の炉心内における冷却水の流れの様子を目視観察した結果、主な流れは、炉心入口側では下側に変位した炉心容器側壁側を、出口側では逆に、上側に変位した壁に沿って、S字状に流れ、入口側の上部及び出口側の下部では流れが弱く、各々、高温流体及び低温流体のよどみがみられる。この傾向は傾斜角60°~75°のあたりで顕著になる。また、大傾斜時には、炉 S の有効発熱部よりも上流側でも大きな温度勾配ができ、層化が、ここまで及んでいることを示し、大傾斜の特徴が現われている。なお、炉心部中流では、ヒータ・ピン群のために層化が遅れる傾向にある。

以上、傾斜時の炉心内の冷却水の流れの様子が、定性的には理解できたが、これの定量化が今後の課題であらう。

船用炉の定傾斜時自然循環模擬実験  
その3 流量の傾斜角依存性

Model Experiment on the Natural Circulation of  
Inclined Marine Reactors  
(Part 3. Angle Dependence of Flow)

伊従 功・小林道幸・綾 威雄・松岡 猛  
稲坂富士夫・近藤正和・成合英樹  
昭和58年3月  
日本原子力学会 昭和58年会要旨集

IMOにおいて原子力商船の新しい国際安全基準が採択されたことにより、将来の原子力商船の事故解析には高度の解析手法が要求されるようになってきた。

本報告は、こうした状況に鑑みて実施した「船用炉の事故解析の研究」のうちの定傾斜時の自然循環模擬実験について、その後の実験結果を前報に引続いて報告したものである。

本報告では、船体定傾斜に伴って船用炉が定傾斜した場合に船用炉の余熱（崩壊熱）の除去能力を支配する自然循環流量がどのように変わるか（流量の傾斜角依存性）についての詳しい実験結果を中心として、蒸気発生器の位置や炉の形状、寸法の影響などについて併せて報告する。

流量の傾斜角依存性については、前報までの実験では実験データが少なかったこととデータのばらつきが大きかったことから大掴みの傾斜角依存性を示すに留まっていたが、その後、実験の方法を改善するなどして、傾斜角-流量曲線に2つの山ができる傾向のあることを見出し、山から次の山へ移る谷の附近に変曲点ないしは屈曲点の存在することを確めた。谷の現れる傾斜角度は、傾斜の際に下方に変位する冷却ループの循環が止まる手前である。このような谷や屈曲点の存在することは、すでに前報において理論的に示したところであるが、その存在は一見不自然のようにも思われ、実際に確めるよう望まれていた。本報はこの点を実験的に解明し、傾斜角-流量曲線の詳細形状を明らかにしたものである。

蒸気発生器の位置の影響については、炉心と蒸気発生器との相対位置を4通りに変えた場合の傾斜角-流量曲線を実験的に求め、解析コードの改良に役立てた。

炉心の形状・寸法の影響については、長さ60cmの短い炉心と幅36cmの幅広炉心とに変えた場合の傾斜角-流量曲線を求め、解析コードの改善に供した。

本実験の結果に基づいて解析コードの作成も完了した。

Data Library and Method of Economizing  
Radiation Shielding Calculations for Laminar Shields

層状遮蔽体の放射線遮蔽計算を効率よく行なう方法  
並びにその為のデータライブラリ

山越寿夫・植木紘太郎・中田正也  
昭和58年5月

6th International Conference of Radiation Shielding

平板、円柱形状の層状遮蔽体を透過する中性子、ガンマ線に対する遮蔽計算を簡略化する為の理論並びに計算技法を開発し、その結果を使用済核燃料輸送容器遮蔽性能評価に適用した。

計算理論は、多群表示した各層の反射、透過応答行列を用いて遮蔽体全体としての反射、透過線の線束を合成する理論であり、各層間の反射、透過の相互作用を考慮してある。

今回開発した合成法は以下の特徴があり、その基礎データとして、特定の幾何学的形状に対する遮蔽物質層の多群反射、透過行列の行列要素をライブラリー化した。このライブラリーデータを活用することで、一層、計算効率が向上することも示し得た。

(1)中性子、ガンマ線は、多群の反射透過行列に於ては、あたかも、それら粒子を成分とする仮想粒子のごとく、統一的、かつ同等に扱うことが出来る。

(2)円筒中空形状の遮蔽体が与えられた場合、内径のみが異なる同一厚さ、同一物質の遮蔽体を透過、反射した放射線のエネルギースペクトルと、もとの遮蔽体のそれとの間に見い出された簡単な対応関係式を用い、基礎データライブラリーの値から、与えられた遮蔽体に対する反射、透過行列を求めることが出来る。

(3)上記反射、透過行列を求める際は、円柱形状効果を空間の歪みとして扱い、その効果が考慮されている。平板状遮蔽体の場合は、かような空間の歪みの効果は存在しないことを示した。

電中研で行なわれた使用済核燃料輸送容器の中性子遮蔽実験の実験値の解析に今回開発した計算手法を用い、良好な解析結果を得た。基礎データライブラリー中に、電中研の50 ton 輸送容器に対する於射線反射、透過行列の行列要素も収録した。



〈海洋開発工学部〉

多胴船型浮消波堤について(第2報)

On the Multi-Body-Type Floating Breakwater  
(2nd Report)

加藤俊司・木下 健・高岩千人  
根角幸明・増田光一  
昭和58年11月  
日本造船学会論文集

海洋開発や養殖漁業の沖合化に伴い、近年さまざまな消波機構を有する浮消波堤が開発され、その中には実海面に設置されて実績を上げているものもある。しかし、実際に浮消波堤を設置する場合には、係留コストの大きいものがほとんどで、係留コストの低減化が強く望まれている。今回開発した、多胴船型浮消波堤は、優れた消波性能を有し、又、波強制力及び波漂流力も小さいのが特徴である。そこで、本船の実用化を目的として、本報では、従来の浮消波堤に比べてどの程度係留コストを低減できるかを検討した。さらに、不規則波中の消波性能についても、検討を加えた。

その結果、次の結論を得た。

- (1) 本消波堤の消波性能は、長波長の成分波に対しては、不規則波中の方が規則波中より優れている。
- (2) 従来の浮消波堤に比べて係留ラインの鎖の重量を $\frac{1}{6}$ に低減できる。即ち、係留コストを大幅に低減できる。

可搬式粉末消火装置の噴出帯電

On the Electrification by powder Discharged  
from Portable Fire Extinguishers

吉田紘二郎・山根健次  
昭和58年10月  
静電気学会講演論文集 '83

船用としては比較的小型の手動式消火装置を使用するに当って、操作員が噴出帯電によるものと思われる電撃を受けるケースがある。それから引き起される事態として、直接的には電撃によるショックや恐怖感、間接的には放出ノズルを取り落したり、飛びのく等の動作につながり、これらが二次的な災害を生じるおそれもある。そこで内容量40kgの第1 磷酸アンモニウム系粉末消火装置を用い、発生静電気の定量的計測と、電撃防止対策の検討を目的として噴出帯電実験を実施した。

まず実験準備として、絶縁パレット上に設置した消火装置の対地絶縁状態と、静電容量を計測した。静電容量の値として170 pFを得、これと漏えい時定数の計測とから絶縁抵抗は $1.4 \times 10^{12} \Omega$ 以上と計算できるため、十分な絶縁状態にあることが確認された。

噴出実験では、絶縁パレット上の消火装置の発生静電気を極微電流計で計測すると共に、噴出ノズルの前方500mmの所に金属ネットを置いて、帯電粉末の電荷を捕捉することを試みた。その結果、消火剤噴出時間約90秒、発生総電荷量 $8 \sim 9 \times 10^{-4} C$ 、金属ネットによる捕捉電荷量約 $6 \times 10^{-4} C$ 程度となった。次に、消火装置の電流計測結線を取りはずし、高絶縁状態での電圧上昇が発生電荷にどう影響するかを調べた所、金属ネットに捕捉された電荷は $1.2 \times 10^{-3} C$ 程度となった。

以上の実験データより、計算上本実験装置の電圧上昇は4.6MV となったが、別に行った内容量90kgの二酸化炭素消火装置の電圧計測の結果(電圧上昇大35KV)をも参考とすると、周囲近接物体への放電や、空中コロナ放電等のため、実際の電圧が計算値まで達することは無いと考えられる。

消火装置の接地抵抗を変えた場合の電圧上昇値を計算した所、 $10^7 \Omega$ 程度の接地抵抗を確保することにより、電圧は約100Vとなり、操作員が電撃を受ける可能性が無くなることが判った。

## 〈東海支所〉

Shielding Modification  
Design of the N.S.Mutsu

原子力船「むつ」遮蔽改修設計

山路昭雄・宮越淳一・景山輝久・二村嘉明

昭和58年5月

Proceedings of the Sixth International  
Conference on Radiation Shielding

1974年に生じた原子力船「むつ」の放射線洩れ以降、「むつ」遮蔽設備を改修するため、遮蔽改修設計およびこれに関連した研究・開発が行われた。改修設計では、特に次の点に留意して、設計基準放射線量率を満足するよう、遮蔽体の一部変更を行った。(1) 遮蔽設計を満足する遮蔽性能を有し、放射化が少なく、使用温度に耐える材料を用いる。(2) 船体の加速度、衝撃および振動に耐え、かつ保守・点検が容易な構造とする。(3) 原子炉または船体事故時に、改修遮蔽体が安全上重要な設備、機器に損傷を与えず、かつ改修によって既に確保されている安全性が損われない構造とする。なお、船内居住区における設計基準放射線量率は、居住区で受ける乗組員等の被ばく線量を低減させる目的で、改修前の基準の $\frac{1}{2}$ とし、 $0.028 \text{ mrem/h}$ 以下とした。遮蔽改修により、原子炉一次遮蔽、原子炉二次遮蔽およびその他の遮蔽体の一部を変更した。原子炉一次遮蔽では、上部一次遮蔽体の交換および原子炉容器蓋部遮蔽体と格納容器内下部遮蔽体の新設を行った。原子炉二次遮蔽では、格納容器上部遮蔽体の交換および二重底上部遮蔽体と二重底内部遮蔽体の新設を行った。原子炉運転時における遮蔽解析は、一次遮蔽体解析、一次・二次遮蔽体間の空間部解析、二次遮蔽体解析および船内各区域の解析に分けて、TWOTRAN, ANISN, MORSE, QAD, SPACETRAN等の計算コードを用いて行った。このうち、一次遮蔽体および二次遮蔽体を透過する放射線束の解析では、配管貫通孔等の不規則形状部がないとした構造での遮蔽解析と不規則形状部遮蔽解析に分けて行った。この他、遮蔽計算値の精度を確認するため、原子力船「オットハン号」遮蔽タンク実験、英国ハーウエル原子力研究所で行われたベンチマーク実験等を改修設計で用いた計算コードで解析した。

Study on Additional Shields for Gamma-Rays  
Streaming through a Ductダクト漏洩ガンマ線に対する  
追加遮蔽に関する研究

三浦俊正・竹内 清・金野正晴

昭和58年5月

第6回遮蔽国際会議論文集

原子炉遮蔽には多くのダクトが貫通しており、これらの部分を通して大量の放射線が漏洩する。従って、ダクトを含む複雑形状部は遮蔽設計者にとって極めて重要な問題を提示する。これらの漏洩放射線はダクトの経路に屈曲部等と挿入することにより著しく減少させることができる。しかしながら、場合によっては追加遮蔽が必要となる。ダクトは元来、放射線場と遮蔽を施した場所を何らかの目的で連絡するために設けられたものであるため、通常追加遮蔽はダクト出口を完全に覆うようには設置できない。従って、ダクト出口壁と追加遮蔽の間には隙間が存在するのが普通である。例えば、追加遮蔽が矩形の場合、遮蔽体の表面で反射した放射線はこの隙間を通して遮蔽の周囲の空間に漏洩する。この様に、この問題は反射、漏洩および透過問題を同時に含むので追加遮蔽の効果を精度よく評価するのは極めて難しい。

本研究では、このような複雑形状部に対する遮蔽計算の精度評価を行うため実験的研究を行った。実験を実施するため、日本原子力研究所 JRR-4 号炉の散乱実験室に一辺約3mのほぼ立方体をしたコンクリート製空洞室を設けた。コンクリート壁の厚さは20~30cmである。空洞室の前面には直径36cmの穴があいており、ここを通してガンマ線は内部に入射する。空洞室の内部には1m角で奥行75cmのコンクリート、鉄および鉛から成る追加遮蔽を設置した。追加遮蔽と空洞室前面の壁との間隙は10~90cmの間で変化させた。また追加遮蔽の配列順序は4種類のものを取り、遮蔽効果の違いを調べた。測定はNaI(Tl)シンチレーション・カウンターと熱蛍光線量計を用いて行った。測定の結果、4種類の配列の中では、鉛-鉄-コンクリートとならべた場合が最も遮蔽効果があることがわかった。

**Development of a Series of PALLAS  
Discrete-Ordinate Direct-Integration Codes**

一連の PALLAS 離散座標直接積分コードの開発

竹内 清・金井康二

昭和58年5月

Proceedings of the Sixth International  
Conference on Radiation Shielding

遮蔽体透過放射線の精度の良い計算を目的として、一般の座標形状における定常の積分型輸送方程式を解く直接積分法をすでに開発した。この方法は遮蔽計算の精度向上のために幾つかの特長を有している。すなわち、非等方散乱の厳密な取り扱い、放射線の進行方向に輸送方程式を直接に積分して解く、さらにレイ・エフェクト軽減のために非散乱線を解析的に計算することもできる等である。

本解法にもとづいて計算コードがすでに作成されており、1次元平板・球形状用の PALLAS-PL, SP-Br, 2次元 (R, Z) および (R, O) 形状用の PALLAS-2D CY-FC および-2DRT である。PALLAS-PL, SP-Br コードは1次ガンマ線から発生する制動放射X線も1次ガンマ線と同時に計算できる点で優れている。最近この手法を2次元コードにも取り入れ実験との比較により精度検証が行われた。2次元以上の多次元形状における大きな計算誤差の原因となるレイ・エフェクトが特にスカイシャイン計算や狭小間隙ストリーミング計算で顕著になり問題となっているが、これを前述の非散乱線の解析計算のオプションを2次元コードに付加したことにより首尾良く解決した。

3次元コード、PALLAS-XYZ および-RTZ を最近 (X, Y, Z) および (R,  $\theta$ , Z) 形状用に開発した。これらのコードには1次元および2次元コードで有用な技法を全て導入してあり、さらに3次元特有の問題を解決するために幾つかの技法を取り入れた。すなわち、エネルギーメツシュを粗く選んでも誤差が大きくなる方法や線束および線源項の空間メツシュ間の補間に在来の線型補間のみでなくラグランジェ補間法を適用する等である。PALLAS-XYZ コードの屈曲ダクトストリーミング計算適用は他で発表するので、PALLAS-RTZ コードによる1次系ダクトストリーミングおよび使用済核燃料輸送容器の詳細な線量評価計算への適用について実験との比較によりコードの評価を行った。