

所 外 発 表 論 文 等 概 要

〈推進性能部〉

Effect of vertical shear current on appearance of large-amplitude wave

大波高の波の出現に関する鉛直シアを伴う
流れの効果

富田 宏、Sergei Ilyich Badulin

平成11年6月

Proceedings of the Pacific Congress

海洋における異常波浪とは普通20～30分の観測期間中に見られる最大波高がその間の有義波高の2倍を超える現象を指している。実海域における観測資料や遭難船舶の目撃談等が示すところに依ると、このような意味での異常波浪はかなりの頻度で出現していると思われる。さらにその一部である、いわゆる Freak 波では最大の波峰が前後の比較的小さな波群の中に屹立する形で現れ、海洋物理学的に見ても極めて興味深い現象である。

本報告では数学的観点から異常高波の成因をその収束・回折現象としてとらえ、定性的な評価を試みたものである。一般に、屈折率の変化する媒質中を伝播する光と同様に、非一様な流れの上を伝わる波浪は屈折によって進路を変え、同時にそのエネルギーを一点に収束させることは幾何光学と同様である。そのため本論でもゆっくり変化する流れの上での波動の変化を特異摂動法(WKB法)を用いて計算しているが、波系の収束点では Caustic となって WKB 近似は破綻することとなる。さらにこの解析で特徴的な点は流れのシアのスケールによって収束が波長に選択的な点である。この仮定によって海洋波動と其中での異常波の特性がうまく表現されていると思われる。この課題は現在その緒に着いたばかりであるので、観測の積み重ね、理論の開発相まって現象の実相に迫ることが期待される。

1方程式乱流モデルの船周り流れへの適用 Application of one-equation turbulence models for ship flows

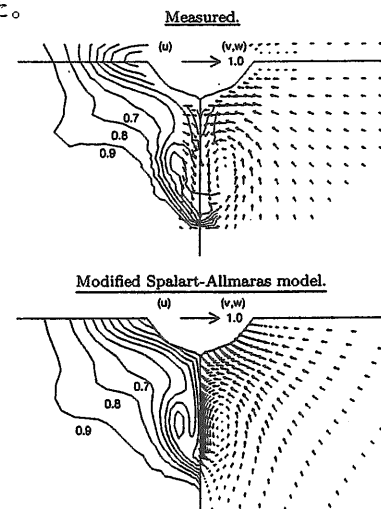
平田信行

平成11年12月

第13回数値流体力学シンポジウム前刷集ならびに
CD-ROM

船周りの流れに対してもCFDの進歩は著しく、抵抗に関して、実験値と数パーセント以内の相関を持つようになってきた。しかし、プロペラを設計し性能を評価する上で極めて重要な肥大船の大きく歪んだwake分布の再現は大変難しい。これは、Baldwin-Lomax(BL)モデルに代表される低次の乱流モデルでは、船尾の渦動粘性係数を過大評価し、船体から剥離した縦渦が完全に発達しないためである。

本研究では、1方程式Spalart-Allmaras(SA)乱流モデルの生成項を縦渦の核近傍で減衰させる修正を施し、2隻の肥大船に対して、従来のBLモデルによる数値計算結果や実験結果との比較を行なった。なお、用いたNSソルバーは当所で開発したNEPTUNEコードである。結果は下図に示すように、今回提案した修正SA乱流モデルは、肥大船に特有なフック形状のくびれが再現できており、本修正モデルが有効であることがわかった。



図：SR196Aタンカー船型のプロペラ面におけるwake分布(左側)と面ベクトル分布(右側)

Experimental Study on Microbubbles and Their Applicability to Ships for Skin Friction Reduction

マイクロバブルとその船舶への摩擦抵抗低減のための適用性に関する実験的研究

児玉良明、角川 明、高橋孝仁、川島英幹

平成12年10月

International Journal of Heat and Fluid Flow

(第21巻、第5、6号)

タンカーなどの船舶の抵抗の80%を占める摩擦抵抗を低減させる抵抗低減デバイスとして、微細な気泡を船体表面に注入するマイクロバブルは、リブレットなどの摩擦速度に基づくデバイスよりもはるかに適している。

マイクロバブルの基礎実験を行うため、回流型の小型高速流路を製作した。気泡は公称孔径 $10\mu\text{m}$ の多孔質板を通して吹き出し、壁面せん断応力を摩擦応力センサーを用いて直接計測した。摩擦応力センサーの較正は、 $1\sim 2\text{g}$ の重りをセンサー部に直接ぶら下げる方法と、流路において計測した圧力損失との比較の2方法を用いて行い、良好な結果を得た。

気泡吹き出し状態で摩擦抵抗低減効果を測定し、吹き出し空気量の増加に伴い低減効果が増え、流速を低速・中速・高速と変化させると低減効果が減少するという結果が得られた。また、摩擦抵抗低減効果の流れ方向の持続性は、低速・中速において良好であった。

流れの局所的なボイド率(水に対する空気量の割合)を吸い込み管式の計測装置を作って計測した。吸い込み圧力は、気泡が無い状態での局所的な流速に応じて調節した。その結果、摩擦抵抗低減率は壁近傍のボイド率と強い正の相関があることが分かった。

多孔質板の代わりに配列多孔板(直径 1mm の孔を規則的に多数開けた板)を用いて気泡を注入して摩擦抵抗低減効果を計測し、多孔質板と同等な低減効果を得た。また、計測データのバラつきは、多孔質板のそれよりも小さかった。

マイクロバブル実船への適用性について論じた。上記のような低減効果のデータを、境界層内の平均ボイド率で整理して実船の場合に当てはめると、低い低減効果しか得られないが、長さ 40m の平板を用いて行った実験結果では数倍の低減効果が得られ、マイクロバブルによる摩擦抵抗低減効果には尺度影響があり、大きなスケールになるほど低減効果が大きくなる可能性があることを示した。

〈機関動力部〉

Previews of CO₂ Injection System for CO₂ Ocean Sequestration

二酸化炭素深海隔離のための二酸化炭素投入システムの見通し

中島康晴、川越陽一

平成12年8月

Proceedings of 5th International Conference on

Greenhouse Gas Control Technologies

温室効果ガスの排出抑制手段の1つである二酸化炭素深海隔離法の実現を目的として、二酸化炭素投入システムの概念設計を行い、技術的問題点を抽出した。このシステムは、一時貯蔵能力を持つ海上投入ステーション、投入管、投入ノズル、その他の機器から構成される。二酸化炭素は陸上のプラントで排ガスから分離され、タンカーで海上投入ステーションへ輸送された後、投入管を経て深海へと送り込まれ、深海底で長期間にわたって隔離される。システムの技術的課題としては、海上投入ステーションの構築及び運用、投入管の設置及び運用、液体二酸化炭素の流動制御、投入管内での二酸化炭素ハイドレートの発生防止及び除去、ならびに海中での二酸化炭素液滴の挙動制御などがあげられる。これらのうち、海上投入ステーションの構築などに関する研究は既に相当に進展している。また、二酸化炭素地中隔離法などで利用されている技術も応用できると期待される。

一方、システムの最も基本的な仕様である二酸化炭素の投入深度を左右する投入ノズルの開発は、その基礎的部分においてもまだ十分には検討されていない。これまでの伝熱的検討により、二酸化炭素液滴を直径 1m 以上の大きさとする、比較的浅い水深 500m で放出した二酸化炭素も深海まで自然沈降すると考えられている。しかし、液滴径が小さい場合は、沈降中に周囲からの入熱により液滴が膨張し、反転上昇する可能性が指摘されているため、水圧により比重差が担保される水深 $2,000\text{m}$ 以深での放出が必要となる。ノズルの開発においては、種々の形状のテストピース試験及び流体力学的検討により、ノズル形状及び液体二酸化炭素の流動条件と発生する液滴径との関係を検討する必要があると考えられる。

さらに、要素技術の問題に加えて、システム全体としての問題も存在する。システム全体として本来の目的である気候変動の緩和に対する寄与率の検証、周辺環境へもたらす影響の最小化、ならびに経済性の問題である。これらの問題については、マクロな物質循環などの問題も含めて検討する必要があると考えられる。

(材料加工部)

アルミニウム合金6N01押出材の組織と耐海水性
Microstructure of Al-Mg-Si alloy A6N01 and its

effect on seawater corrosion
高橋千織、松岡一祥、千田哲也

古谷典子、矢野不二夫

平成12年4月

軽金属溶接 38巻、4号

船舶用の実用および実験室レベルで試作された5000系と6000系アルミニウム合金について、期間6ヶ月及び1年の人工海水浸漬試験を行い、それらの耐海水性について組織との関係から考察した。組織の評価についてはX線回折分析装置、走査電子顕微鏡、電子プローブマイクロアナライザ、透過電子顕微鏡などを用いて詳細な検討を行った。以前に報告された結果と同様、同じ規格の範囲内で製造された合金であっても、製造条件の違いにより組織、特にMgの分布状態に様々なパターンのあることが示された。試料表面には試験開始後のかなり初期の段階で腐食生成物が多く生じるものがあったが、この腐食生成物は主にAlとMgの水酸化物であった。1年の浸漬試験後の腐食量はほとんどの試験片で7g/cm²程度であり、合金種類、調質条件の影響は特に見いだせなかったが、実用材の一部に腐食生成物が多量に発生した試料があり、この試料では腐食量も多かった。試験終了後に試料表面の観察を行った結果、腐食形態は大きく3つに分けられた。一つはFe、Si系析出物の周囲が優先的に溶解してできたクレーター状のマイクロ孔食であり、このタイプの腐食形態はすべての試験片で観察された。また、それに加えて粒界腐食に伴うマクロ孔食を生じるタイプと、連続的で浅い粒界腐食の発生するタイプがあった。これらの腐食形態の差は、押出加工以前も含めた加工熱処理条件に依存して、析出物や晶出物および粒界の母相に対する電気化学的な相互作用によって決定されるものと考えられた。

Proof Strength of Aluminium Alloy 6N01/6005A-T5
Extrusion Butt Welded Joint

アルミニウム合金6N01/6005A押出材つき合わせ
溶接継手の耐力

松岡一祥、岩田知明、養田和之、藤田 謙

平成12年5月

Proceedings of The Fourth International Forum
on Aluminium Ships

Al-Mg-Si合金 JIS 6N01 および ISO 6005A は中強度熱処理合金で、押出性が良好なため幅広く薄い断面を形成できる。幅広く薄い押出部材は、(1)断面積の割に曲げ剛性が大きい、(2)防撓材の溶接が省略できる、(3)曲げ剛性が大きいと溶接変形が少ないなどの特徴がある。6N01と6005Aの最も大きな相違点は、Mn+Cr量の下限值で、6N01はMn+Crを含まなくてもよいが、6005Aでは0.12%以上含有することが求められている。

6N01/6005A合金は押出用の優れた合金であるが、熱処理材であるため、溶接部には熱影響軟化部が生じ、設計強度は母材より弱い溶接継手の強度を用いることとなる。

本報告では、30種類の6N01/6005A合金の溶接継手の引張試験結果に基づき、0.2%耐力に及ばず諸因子の影響を調査して以下の結論を得た。

- (1)入熱量 $Q(\text{J/m}=\text{N})$ 、板厚 $T(\text{mm})$ およびゲージ長 $GL(\text{mm})$ の影響は $Q/(T \cdot GL)$ で整理できる。
- (2) $Q/(T \cdot GL)$ の増加につれて0.2%耐力は減少するが、2500N/mm²以上では耐力が一定になる。この状態では、完全に軟化した領域の耐力を計測していることになる。
- (3)耐力を向上させる化学成分は過剰珪素(+Si)とMg₂Siである。特に+Siの効果は大きく、0.25%で40MPa程度の改善効果がある。しかし、この効果も0.3%以上では減少して行く。
- (4)Mn+Crは劇的に耐力を低下させる。Mn+Cr量0.3%以下の範囲では、0.15%程度で30MPa以上と減少が最も大きい。高い溶接継手の耐力を得るためには、Mn+Cr量を出せるだけ減少させることが望ましい。
- (5)溶接継手の耐力の観点からは、制約の少ない6N01合金の方が6005A合金より有利で、その値は20MPa以上である。

6N01/6005A合金継手耐力に及ぼすMn+Crの影響
Effect of Mn+Cr on Proof Strength of Aluminium
Alloy 6N01/6005A Welded Joint

松岡一祥

平成12年5月

軽金属溶接構造協会第30回研究発表会講演概要

船舶用6N01開発委員会では、平成10年度から船体に適用できる実用的な6000系合金の開発を目標にして、溶接継手耐力の保証値の向上および耐海水性の保証についての調査研究を実施している。日本海事協会はこれまで船舶用として6061および6N01の6000系合金を認めていたが、アルミニウム合金船の国際統一規格との整合性を図るために、6N01合金を外し、6005Aおよび6082合金を追加した。これにより、今までの6N01合金は、6005A合金として使用されるため、母材強度の保証値を増す必要がある。また、溶接継手の強度の保証値もノールウェイ船級協会等と同じ、耐力115MPa、耐張力165 MPaが採用されるものと考えられる。現在の6N01合金の実績から、母材強度を6005A合金の規格範囲にすることは容易であると考えられるが、要求される継手耐力115 MPaは実績標準値にほぼ等しい値であり、これを保証するのは困難な状態であると考えられる。また、造船所からの継手耐力に対する要望は125 MPaとノールウェイ船級協会よりさらに高い。6N01合金から6005A合金へのシフトには強度のみならず合金成分の問題もある。6N01合金ではMn+Cr量の最低含有量は規定されていないのに対し、6005Aでは0.12%以上必要である。本報は上記の背景の元に、30種類の6N01/6005A合金の溶接継手の引張試験結果に基づき、0.2%耐力に及ぼす諸因子の影響を調査して以下の結論を得た。

- (1)入熱量 $Q(J/m=N)$ 、板厚 $T(mm)$ およびゲージ長 $GL(mm)$ の影響は $Q/(T \cdot GL)$ で整理できる。 $Q/(T \cdot GL)$ の増加につれて0.2%耐力は減少するが、2500 N/mm^2 以上では耐力が一定になる。
- (2)耐力を向上させる化学成分は過剰珪素(+Si)と Mg_2Si である。特に+Siの効果は大きく、0.25%で40 MPa程度の改善効果がある。しかし、この効果も0.3%以上では減少して行く。
- (3)Mn+Cr は劇的に耐力を低下させる。Mn+Cr 量0.3%以下では、0.15%程度で30 MPa以上と減少が最も大きい。高い溶接継手の耐力を得るためには、Mn+Cr 量を出来るだけ減少させることが望ましい。
- (4)溶接継手の耐力の観点からは、制約の少ない6N01合金の方が6005A合金より有利で、その値は20 MPa以上である。

(492)

Effect of Loading History on Fatigue Crack
Initiation Life of Welded Joint

溶接継手の疲労亀裂発生寿命に及ぼす荷重履歴の影響

松岡一祥、高橋一比古

平成12年7月

IIW Document XIII-1883-2000

荷付け状態により疲労亀裂発生箇所の平均応力が大きく変動する船種がある。例えば、二重殻タンカーの貨物槽のビルジコーナーでは、満載状態で引張の、バラスト状態で圧縮の平均応力が加わる。波浪外力変動が疲労挙動に影響を与える第一因子ではあるが、この荷付け状態で変動する平均応力も疲労挙動に影響を与える。

この平均応力変動の影響については、幾つかの研究が行われたが、それぞれの荷付け状態を想定した疲労試験が行われただけで、平均応力変動を模擬した試験は行われていない。そこで、平均応力変動の影響は未だ明確ではない。

本論文は、縦リブ角回し溶接継手試験片を用いて、

- ・最小応力零の定荷重範囲疲労試験
- ・最大応力零の定荷重範囲疲労試験
- ・最大応力170 MPaの荷重ブロックと、最小応力170 MPaの荷重ブロックを交互に負荷する疲労試験

の3シリーズの疲労試験を実施した。

それらの結果を修正 MIL-HDBK-5法とマイナー則で評価し、以下の結論が得られた。

- (1)荷付けにより平均応力が正負大きく変動する場合、平均応力が圧縮となる荷付け状態における疲労被害は非常に少なく無視できる。
- (2)上記の平均応力変動の影響は、溶接残留応力の変化、修正 MIL-HDBK-5法の等価応力およびマイナー則で評価できる。

(装備部)

船舶用避難シミュレータによる避難者モデルの開発
Development of Evacuee Models using Evacuation
Simulator

池本義範、金湖富士夫、戴暁旬

平成11年9月

日本バーチャルリアリティ学会第4回大会論文集
VOL. 4

当所では海難事故時の乗客の安全性を評価するために確率論的安全評価システムの開発を行っている。このシステムの目的は遭難者の“判断・行動モデル”を遭難シミュレーションに組み込み、人命損失確率を計算し、これを評価関数として船舶の設計段階での安全評価に役立てることである。

ここで、“判断・行動モデル”とは船舶の乗客があらかじめ設定された条件下で、避難経路選択において、如何に判断するかを確率として表現したものである。筆者らは前報でこの“判断・行動モデル”の構築ツールとして船舶用避難シミュレータを試作した。そこで、本報では客船内の典型的な分岐部において、被験者がどのように避難経路を選択するかの“判断・行動モデル”を構築する手法を考案した。

客船においては避難者は各部屋から廊下・階段を伝って救命ポートのあるデッキへ移動することとされている。そこで避難者が、分岐部において、どの接続空間(扉、開口等のノードにより、分岐部に接続されている空間)を選択するかは、それらの接続空間の属性が遭難者の選択に及ぼす影響により、各接続空間の選択確率が決定され、その確率により選択が行われると仮定する。接続空間の属性として、目標甲板に接近するか/しないか、階段か/階段以外か、滞留有りか/無しか、等を考慮した。ここで各属性に一つの数値を対応させ、それらの数値の関数により接続空間の選択確率が決定させるように定式化を行った。まず、上記の属性を、積極的に選択を促進すると考えられるものと、そうでないものに分類する。次に、接続空間毎に、選択を積極的に促進すると考えられる項目の数値の総和 (ai) と選択を妨げると考えられる項目の数値の総和 (bi) より、 ai/bi を作り、これらの数値の比を各接続空間の選択確率とする。この定式化により避難シミュレータ実験を行って、選択確率を求めることで被験者ごとの属性値が得られる。この方法で得られた属性値は、どの船舶でも適用可能と考えられる。

上記の属性値を求めるために試計算対象船舶よりB、Dデッキの各々1つの分岐部を用い、船内の構造に不案内な20代後半と40代前半の男性各1名を被験者として避難シミュレータ実験を行ったところ、求めた選択確率と比較して良好な結果を得た。

Application of Oil Gelling Powder in Water

水中での粉末油ゲル化剤の応用

上田浩一、藤井 忍、山之内博、北村正美

平成12年6月

Enviromental Canada, Emergencies Science
Division 23rd Arctic and Marine
Oilspill Program Technical Seminar

船舶等の油流出事故で、破損したタンク内に油が残留している場合、タンク内の油と水の界面に存在している油をゲル化し固化して、さらなる流出を防止する方法が考えられる。この場合粉末油ゲル化剤を水中から散布・固化することになる。従来の粉末油ゲル化剤は油面に散布して油を固化して回収することが検討されてきたが、本研究では粉末ゲル化剤を水中から散布し、浮上させ水面に浮上している油を固化する方法を実験的に検討した。

実験は、試験油としてA重油及びC重油、ゲル化剤は6種類を用い以下の試験を行った。海水と粉末油ゲル化剤との馴染みについては、海水にゲル化剤を添加し、1~3分間振とうして水中の挙動及び濡れ性を観察した。その結果、ゲル化剤は本来疎水性であることから、振とう後直ちに浮上するが、一部振とう時間によっては水に馴染むものもあった。

散布実験についてはゲル化剤と海水を混合して散布するため、水の中に粉末であるゲル化剤を挿入し激しく攪拌を行い放出する小型装置を試作した。実験は高さ1mの亚克力製円筒水中下部から試作した装置を用いてゲル化剤を放出し、上部の試験油をゲル化させた。その結果、円筒上部の試験油をゲル化・拘束することができ、下部の水中に油が流出する事を防ぐことが可能であることが明らかとなった。さらに、油をゲル化するには油の重量の20~30%の粉末油ゲル化剤が必要であるので、粉末ゲル化剤を浮遊している油に多く到達させる必要がある。そこで水と混合した粉末油ゲル化剤を水中に噴出させた場合の水面上に浮上する粉末油ゲル化剤の位置による割合を調べた。この場合比較的均一に浮上することがわかった。

この粉末ゲル化剤を水と混合し水中から散布する方式により、海難事故後の船舶に残留している貨物および燃料油を粉末油ゲル化剤によって処理することができ、再流出による海洋汚染を未然に防ぐことができる。また沈没している船舶からの流出防止にも応用が可能である。対象物質は油だけでなく、化学物質にも適用が可能である。

ベンゼン積み込み作業中にケミカルタンカーより排出されるガス濃度予測のための模型実験

Experiment Using Scale Model of Cargo Tank to Estimate the Concentration of Benzene Gas Emitted from Chemical Tanker During Loading Operation

間島隆博、山口勝治、山之内博、藤井 忍 坂本真二
平成12年 6月

Proceedings of the Fifth SEP International conference on Health Safety and Environment

ベンゼンは岸壁での荷役作業中及び海上輸送中に蒸発し、ガスとなって船舶から大気中に漏出・排出されているが、低濃度のベンゼンガスであっても乗組員及び荷役従業者が慢性的に暴露されると白血病の原因になると懸念されている。ここでは、ベンゼン積み込み作業中のケミカルタンカー貨物タンクから排出されるベンゼンガス濃度を1/10縮尺の模型貨物タンクによる実験によって調査した。

積み込み作業中のタンク内におけるベンゼンガス拡散と排出濃度について、主に次の3つの要因が影響を及ぼすことが確認できた。

- (1)積み込み初期では液面が乱れ、これにより誘発される渦拡散が助長される。
- (2)液面が高くなると、液面上の乱れが小さくなり、垂直方向に関する一次元的な分子拡散が支配的となる。
- (3)タンク水平断面積と排出口断面積との差により排出口付近では三次元的な流れの構造ができ、移流が起こる。

模型タンクレベルのレイノルズ数では(1)の効果は排出濃度に対して影響を及ぼさなかったため、(2)、(3)の現象について検討した。排出濃度の実験結果と垂直方向に一次元的に進行する分子拡散による計算結果を比較すると、積み込まれる液体ベンゼンの流量が低いほどその差が大きくなった。この差をレイノルズ数と液面高さとの関数とした補正係数を用いてモデル化を行い、排出濃度のオーダーの予測では十分な精度を持つ解析が可能となった。

〈システム技術部〉

第7章 操船シミュレータを用いた操船支援システム評価

—ヒューマン・マシン・システムの正しい評価のために—
Chap.7 Evaluation of navigation support system utilizing ship handling simulators For the evaluation of human-machine system

長谷川和彦、福戸淳司、石橋 篤

平成12年 2月

第2回操船シミュレータシンポジウム 講演集

操船シミュレータが開発されて4半世紀を過ぎた現在、世界各国にて100基以上のシミュレータが稼働し、実用に供している。欧米を中心とした国々では、訓練を主たる目的とするところが多く、すでに海上履歴換算を認めている国がある。特に、2000年には操船シミュレータ訓練を国際的に認定しようとする動きが進められている。また、船員不足への対応や安全性のより一層の向上を目指した航海支援システムの開発が多くの機関で成されており、その開発の際にも、操船シミュレータが広く利用され、大きな成果を出しつつある。

本稿では、操船支援システムの開発評価における操船シミュレータの利用に関して、操船システムの現状、人間の特性把握と支援システムへの要望、ヒューマンマシンシステムの評価の考え方、および、操船シミュレータを利用した、操船支援システムの開発事例について解説する。

海上輸送へのモーダルシフト推進

Modal Shift of Domestic Transportation to Maritime Transport

勝原光治郎、岡崎忠胤、李 永雨

平成12年6月

エネルギー・資源学会第19回研究発表会論文集

運輸部門の二酸化炭素排出量の約9割は自動車からである。一方、交通機関毎の燃料消費原単位は、物流分野では鉄道・海運が自動車のそれより小さいことが知られている。そこで自動車輸送の貨物を鉄道・海運に回し、運輸部門の燃料消費を押さえるのがモーダルシフトの主要な狙いである。

国内物流における各輸送機関の特性を検討するために、道路・鉄道・フェリーによるネットワークモデルを作成し、ルート選択要因として輸送時間と輸送コストに着目し、犠牲量モデルによる都道府県間の最適輸送ルートを各時間価値別に算出した。各輸送機関の特性として、以下の結果を得た。

- (1) 鉄道輸送は時間価値の低い貨物に対し多く選択され、長距離輸送において有利である。
 - (2) 道路輸送は、時間価値が低い場合の近距離輸送に有利であり、時間価値が高くなるに従い、長距離輸送にも大きく有利になるとの結果を得た。
 - (3) 時間価値が中価格以上の場合の北海道・四国・九州に対する長距離輸送では、フェリー輸送が有利に利用される。また、(4) 輸送コストをパラメータとして変化させネットワーク計算を行い、道路輸送から鉄道・海上輸送へ最適輸送ルートをシフトすることが可能であるとの結果を得た。
 - (5) 輸送時間をパラメータとして変化させネットワーク計算を行い、高価格時間価値帯の貨物に対し、モーダルシフトの可能性があることがわかった。ただし、1つの航路の高速化を考えた場合、他の高速化されていない航路の貨物を取ってくる場合がある。
- さらに、(6) 船舶の高速化が地球温暖化への影響を検討するため、船舶の船種毎の燃料消費関数を求めた。
- (7) 高速カーフェリーは地球温暖化防止の観点からは幹線トラック輸送に劣る。

交通事故調査のあり方に関する学術会議の提言

A Suggestion by the Science Council of Japan about Accident Investigation Method

松岡 猛

平成12年7月

日本学術会議第30回安全工学シンポジウム講演集

日本学術会議主催第28回安全工学シンポジウム(1998年)において信楽高原鉄道事故の事故調査のあり方に関する報告(1)があり、活発な質疑応答・議論が持たれた。ここでは安全確保についての貴重な論議がなされ、今後の交通事故調査方法についての問題提起がなされた。

これを受けて、「人間と工学研究連絡委員会 安全工学専門委員会」は、交通事故調査のあり方、調査結果の情報公開、第三者的な交通事故調査機関の必要性等について広く論議してきた結果、社会の中におけるこの問題の重要性を認識するに至った。そこで、安全工学専門委員会の下に「事故調査方法検討会」を置き、安全工学の視点からの交通事故調査方法のあり方について検討を重ねてきた。

その間、第29回安全工学シンポジウム(1999年)ではオーガナイズド・セッション「安全工学の観点からの交通事故調査」を設け、広くこの問題に関心を持っている方々の意見が交わされた。

事故調査方法検討会での検討結果は「人間と工学研究連絡委員会安全工学専門委員会」の対外報告「交通事故調査のあり方に関する提言—安全工学の視点から—」として2000年3月27日にまとめられた。本稿では、その対外報告の内容について紹介し、交通事故調査のあり方について再度問題提起をしている。

本報告では、まず交通事故調査の意義、「提言」の構成について述べた後、特に人間要因の考え方を紹介している。

提言として下記の9項目を簡単な説明を付けて紹介している。

1. 調査機関の設置
2. 事故調査の性質
3. 責任追求のあり方
4. 刑事免責制度
5. 初動調査体制
6. 事故情報の公開
7. 交通事故対策研究費
8. 道路交通事故への対応
9. 非職業運転者対策

最後に、今後に残された問題をやや詳しく記述している。

〈原子力技術部〉

Experimental Investigation of Natural Convection
in a core of a marine Reactor in Rolling Motion

横揺れする船用炉炉心部における自然対流に関する
実験的研究

村田裕幸、澤田健一、小林道幸

平成12年

日本原子力学会

The Journal of Nuclear Science and Technology

横揺れ運動が船用炉の自然循環炉心冷却モードにおける炉心熱伝達に及ぼす影響を明らかにするため、動揺台に搭載した模擬船用炉を用いた単相自然循環実験を実施して、炉心部における平均ヌセルト数を求めた。

正立状態における炉心部熱伝達率はレイリー数で整理でき、類似の体系で実施されたEl-Genkらの自然対流の熱伝達整理式よりも僅かに低かった。また、El-Genkらによる複合対流の熱伝達整理式とも比較したところ、本実験結果との一致は自然対流整理式の場合よりも悪いことが明らかとなり、炉心部を局所的に取り扱うことにより生ずる強制対流の効果は、本実験範囲では特に考慮する必要のないことが分かった。また、本実験の傾斜角範囲 ($\alpha \leq 22.5^\circ$) は炉心部における一次冷却水の流動様式に顕著な変化を起こすほど大きくなかったため、炉心部熱伝達は傾斜による影響を受けなかった。

炉心部熱伝達は横揺れ運動によって促進され、本実験範囲では横揺れ効果が増大するにつれ炉心部熱伝達率は単調に増大する傾向を示した。これは、横揺れ運動によって誘起される炉心部の一次冷却水流れによるものと考えられる。

横揺れ炉心熱伝達は動揺のリチャードソン数 (Ri_r) によって整理され、以下の3領域に分類される。

- (1) $0.05 < Ri_r \leq 0.3$ の領域では、熱伝達は横揺れの慣性力によって支配され、動揺のリチャードソン数とプラントル数によって整理される。
- (2) $0.3 < Ri_r \leq 2$ の領域では、熱伝達は横揺れの慣性力と自然対流の複合効果によって支配され、動揺のリチャードソン数、動揺のレイノズル数とプラントル数によって整理される。
- (3) $Ri_r > 2$ の領域では、熱伝達は自然対流のみに支配され、レイリー数で処理される。

〈大阪支所〉

Strength of CO₂ Hydrate Membrane in Sea Water
at 40 MPa

40 MPa 海水中のCO₂ハイドレート膜強度

山根健次、綾 威雄、波江貞広、成合英樹

平成11年7月

Ann. NY. Acad. Sc. Vol. 912 GAS HYdrates :
challenges for the Future

地球の温暖化傾向を緩和する手段として注目されている二酸化炭素深海貯留法を評価するためには、液体二酸化炭素と海水との界面に生成するハイドレート膜の性質を明らかにする必要があるが、中でも、膜強度は貯留法における膜破断や溶解法における液泡径制御の問題に直結する物性値として、詳細なデータが求められていた。著者らは、先に、清水中の二酸化炭素ハイドレート膜強度の計測に成功した「押し込み式表面張力法」を用い、種々の塩分濃度中のハイドレート膜強度を計測した。

その結果、下図に示すように、ハイドレートの解離温度 (清水の場合、12.7°C) 直前で膜強度が低温時の10倍にも達するという、強度異常現象の存在を確認した。このような異常現象を説明するため、解離温度近傍では、ハイドレートを構成する水素結合が弛むことにより、二酸化炭素と海水との相互拡散が促進され、結果として膜厚が増加し、強度が増すというモデルを提案した。膜強度がピークに達する温度は、塩分濃度に比例して低温側へシフトするが、そのシフト量は、海水中に含まれる種々の塩類による解離温度低下効果の総和として見積もることができる。また、ピーク強度が塩分濃度の増加とともに若干低下する傾向が見られるが、この現象の解明は今後の課題である。

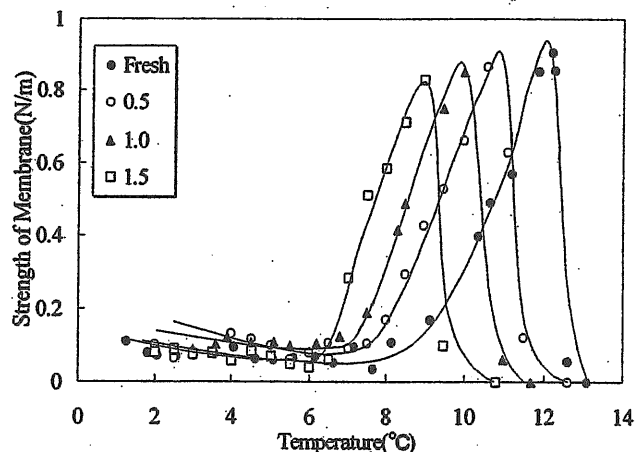


図 塩水中二酸化炭素ハイドレート膜強度のデータ
(括弧内の数値は、標準海水を1とした無次元塩分濃度)

異材接合部界面の強度に関する研究

A study on the strength of a bonded dissimilar materials interface

千秋貞仁、村川栄一

平成11年9月

大阪大学 接合科学研究所 共同研究報告(1998年度)

異材接合(接触)部界面は、船舶・航空・宇宙・自動車その他の広い分野に存在し、構造物や部材の強度及び寿命を決定する重要な要因である。このため、繊維-樹脂、金属-樹脂、あるいはセラミックス-金属等の組み合わせによる複合材料や各種接合部界面の破壊挙動が盛んに研究されている。

(船研大阪支所における近年のGFRP研究)

先ず新材の船用MR積層材について、繊維含有率と積層プライ数(板厚)をパラメータに採り、片側引張り、及び片側圧縮疲労試験を行った。それらの結果をS-N線図にまとめて破断寿命評価を行うと共に、疲労試験中の割線係数(応力-歪ループの傾き)の変化により、疲労蓄積過程を実験的に評価した。また、近年GFRPの疲労寿命予測用に提案されたモデル(ツーパーラメータモデル)の適応性を検証した。さらに、17年間運航後のGFRP船の船底より切り出された試験片を用いて、片側圧縮疲労試験を行い、新材の試験結果との比較を行った。

(異種材接合部界面の強度に関する研究)

この研究では異種材の組み合わせとして先ず、船舶構造物材料用の鋼材と不飽和ポリエステル樹脂を接着接合した場合を対象とされており、接着界面の静的・動的強度特性を把握すること、及び接合部の強度向上を目的とした理論的研究が行われている。

異種材接合端部の応力特異性は、等方、均質、線形弾性体の静的平面境界値問題について、D. B. Bogyが応力関数に基づく数学的厳密解を与えた。その後の彼の研究により応力 σ_{ij} は(1)式に従い、その特異性を決める定数Pは(2)式の特異方程式の根より定まることが明らかにされた。

$$\sigma_{ij} \propto 1 / (r^{1-P}) \quad (1)$$

$$A\beta^2 + 2B\alpha\beta + C\alpha^2 + 2D\beta + 2E\alpha + F = 0 \quad (2)$$

ここに、A~Fの係数は材料と接合端部の幾何学形状による定数で、それぞれがPと材料1, 2の接合端部角度 θ_1, θ_2 の関数であるが、紙面の都合により具体形は省略する。また、 α, β はDundersのパラメータである。以上より接合界面が平坦な場合の応力場が求められるので、これを基本解として接合界面に微小粗度が存在する場合の攪乱変位場が満足すべき接合条件を線形重ね合わせの手法に基づいて求めた。これを満足する変位場を求めることにより、現実には粗度を有する異種材接合端部の応力特性、破壊靱性値、応力拡大係数等が精度良く求められると期待される。

A Fatigue Strength Prediction Model for Steel-Resin Co-cured Jointed Interfaces

接合界面に粗度を有する鋼材-樹脂コキュア-

ジョイントの疲労強度予測モデル

千秋貞仁、富田康光

平成12年5月

第10回国際海洋及び極地工学会議講演論文集

鋼材と樹脂を接着接合する場合、両方の材料の表面に化学的処理を施し、これに適した接着剤を用いる方法が採用されてきた。この方法では、両被着体の表面処理を行う必要があることと、接着剤を含めた3体接合になるため2つの界面が生じる。近年、例えばエポキシ樹脂そのものを直接鋼材に接合する手法(コキュア-ジョイント)が研究開発されている。この場合は鋼材表面のみを被着処理すればよい。また接着接合と比較して、静的・疲労強度が向上する例も報告されており、接着接合と比較して作業性と強度の両方に優れた接合が期待されている。

本論文では、複合材料の疲労寿命予測モデル(2Pモデル)を拡張し、鋼材と樹脂の直接接合部の鋼材表面粗度を接合部長さが疲労強度に与える影響を予測した。その結果に基づき、鋼材-樹脂接合部の疲労強度を最適化する手法について考察した。その結果、疲労強度予測について以下の傾向が見られた。

- (1) 2Pモデル鋼材-樹脂コキュア-ジョイントのねじり疲労寿命予測に適応可能である。
- (2) 鋼材表面粗度の増加は疲労強度を減少させる傾向にある。
- (3) 接合部長さの増加は、静的強度と疲労抵抗感度の両方を向上させる。

また、鋼材-樹脂コキュア-ジョイントのねじり静的強度は、鋼材表面粗度と接合部長さが増加すると向上する一方、疲労抵抗感度は粗度の増加により増加することから、実際の接合部を強度とコストや作業性などの制限の基で最適化する場合への本予測モデルの適応可能性についても考察した。

CO₂深海貯蔵技術の開発**Development of CO₂ Storage in the
Deep Ocean Floor**

綾 威雄、山根健次、小島隆志

平成12年6月

月間エコインダストリー（第5巻第7号）

平成9年12月に京都で開かれた気候変動枠組条約第3回締約国会議（COP3）以来、従来にも増してCO₂海洋処理法に熱い眼差しが注がれるようになった。CO₂海洋処理法は、深度2,000m以浅の海中に溶解拡散させる「溶解法」と3,500m以深の深海に溜める「貯蔵法」とに分類でき、それぞれ、気体溶解法と液体溶解法、及び深海底窪地貯蔵法やハイドレート置換法などに細分できる。溶解法は、貯蔵法に比べて浅海処理が可能であることから、技術・コスト的に有利と考えられてきたが、CO₂を大気から隔離する期間は高々200年と短いことが懸念材料となっている。一方、貯蔵法は、処理深度の深いことにより、技術・コスト面で不利ではあるが、隔離期間として海洋の鉛直環境である2000年以上が期待できるという大きな利点がある。

CO₂を海上輸送する際には、タンク圧力をできるだけ下げたいという、CO₂タンカー設計上の要請から、3重点に近い-55℃程度に冷却する必要がある。このような低温CO₂は、500mの深海でも海水より十分重くなる。放出液泡径を1m程度にすると、表面を覆う水層とハイドレート膜により保護されたCO₂液泡は、沈降途中の海水からの受熱にも関わらず、(海水と同温度のCO₂が海水と同密度となる)密度平衡深度の2700mを通過し、貯蔵サイトまで自然沈降する。当所は、平成11年3月、このようなCO₂の性質に着目した新たな投入法COSMOS（CO₂ Sending Method for Ocean Storage）の国内特許を取得した。

COSMOSの実現は、貯蔵法のコストを大幅に削減できる可能性があるため、当所は、平成10年度から米国のモンテレー湾海洋研究所（MBARI）と、平成11年度から温暖化対策技術の開発に熱心なノルウェーのベルゲン大学とそれぞれ共同研究を開始した。MBARIとは、貯蔵法開発に不可欠な海洋環境影響の評価を含む様々な実海域実験を行い、ベルゲン大学とは、COSMOS開発のブレイクスルー技術である低温放出ノズルの開発に関連した基礎研究を行っている。

行政的課題として、リバースリスト化の決議案が採択されたロンドンダンプン条約において、CO₂を投棄可能物質として承認を得るために必要な技術資料の整備が求められる。