

## 所 外 発 表 論 文 等 概 要

### <構造強度部>

#### Bucklings Strenght of Lightened Aluminum Hull Structures

アルミニウム合金製船体構造部材の座屈強度

田中義照、松岡一祥

平成9年5月

Proceedings of The 7th International Offshore  
and Polar Engineering Conference

近年、アルミニウム合金を使用した大型の軽構造高速船が数多く設計、建造されるようになってきた。我が国では、アルミニウム合金5052、5083、5086、5456、6061、6N01が船用材料として使用が認められている。これらの材料を用いた新形式船舶の設計においては、船体に作用する荷重および船体構造の強度を直接計算により求め、安全性を評価するDBA (Design by Analysis) 手法が採られる場合が多い。そのため、アルミニウム合金の材料強度および構造強度特性を十分に把握しておくことが合理的な設計を行うために必要となる。

アルミニウム合金構造を溶接により組み立てる場合の強度低下要因には、鋼材において発生する初期不整(残留応力、初期撓み等)以外に、溶接熱影響部の軟化域の生成がある。このため、設計段階での座屈強度、あるいは降伏強度の評価においては、母材の0.2%耐力では危険側の安全性評価となるため、溶接軟化域の0.2%耐力を用いた設計強度が必要となる場合があり、種々の検討がなされてきた。一方、アルミニウム合金製船舶の外板構造は、A5083S-H112による押出防撓板(パイセクション)が一般的であるが、近年、軽量化を目的として、押出性の良い6N01S-T5による押出中空材、あるいは、A5083P-H321外板にA5083S-H112バルブプレートを溶接して出荷する防撓板(スカイアルミニウム株式会社製プレリブ)なども用いられるようになってきている。

本研究では、押出防撓板(A5083S-H112)、押出中空材(A6N01S-T5)、および、溶接防撓板(A5083P-H321/S-H112)を用いた外板構造モデルによる座屈実験、および有限要素法解析(FEM)を行った。さらに、これらの構造に対する座屈崩壊強度を簡便にかつ精度良く計算する簡易計算法を提案し、実験およびFEM計算結果と比較することによって、十分に実用性があることを確認した。

また、アルミニウム合金構造において問題となる溶接軟化域を含む構造が、圧縮荷重を受ける場合の座屈強度についても検討し、アルミニウム合金構造に対する現行の設計強度の妥当性を検証した。

#### 水圧を受けるアルミニウム合金製防撓板の強度

Strength of stiffened panels of aluminum  
alloys in water pressure

田中義照、宮本 武、佐久間正明、安藤孝弘

平成9年5月

軽金属溶接構造協会 第27回研究発表会講演概要

船舶用アルミニウム合金製押出形材(パイセクション材)の強度性能を確認するために、水圧負荷試験および有限要素(FEM)解析を行った。水圧負荷試験には、軽金属押出形材(鋼製パイセクション材(A5083S-H112))を用いた他、強度性能を比較するため、スカイアルミニウム(鋼製)プレリブ材(板材A5083P-H321/防撓材A5083S-H112)、および、造船所で一般に用いられている溶接条件で製作した溶接組立板(板材A5083P-O/防撓材A5083S-H112)も供試材とした。これらを用いて試験体を製作し、水圧負荷試験を行うとともに、試験条件に合わせたFEM構造解析を行って、FEM計算結果の妥当性、パイセクション材の強度性能の確認、および、パイセクション材の最適形状寸法について検討した。

その結果、以下の結論が得られた。

- (1)パネル部の板厚が変化するテーパの効果により、パネル部に生じる幅方向の応力集中は緩和されるが、縦方向(リブの方向)の応力はテーパの影響が小さい。
- (2)等分布荷重を受ける不等厚断面の2次元モデルによる簡易計算では、パネル中央の変位(横撓み)については精度が良くないが、応力分布については実用上十分な結果が得られることが確認された。
- (3)パイセクション材の断面積を一定にして、テーパ部の幅および高さ、パネル中央の板厚を変えて設計水圧を負荷し、最大応力を計算した結果、最適なテーパ寸法、パネル部板厚が存在することが確認された。

### Strain Rate Dependence of FRP Laminates under Impact Bending Load

衝撃曲げ荷重におけるFRP積層板の歪速度依存性

小林佑規、田中義久

平成9年3月

U.S. Office of Naval Research Proceedings of US-Pacific Rim Workshop on Emerging Nonmetallic Materials for the Marine Environment, March 1997

FRP船が高速化するのに伴い、船体と海上浮遊物体との衝突が想定されるため、FRP船体の耐衝突強度の安全性を十分検討しておく必要がある。著者らは、FRP積層板の衝撃引張および圧縮強度の歪速度依存性について調査してきた。その結果、衝撃引張や圧縮強度は樹脂の破壊特性に依存することがわかった。特に、衝撃引張では歪速度がある限界値を超えると引張強度が低下する結果が得られており、これはマトリックス樹脂の歪速度依存性によるものであった。衝撃圧縮では樹脂の圧縮強度が歪速度と比例関係を有すること、さらに、積層板の圧縮強度はマトリックス樹脂の歪速度依存性を複合則に適用して計算できることがわかった。

本報告では、FRP積層板の衝撃曲げにおける歪速度依存性について検討した。補強繊維にアラミド繊維およびガラス繊維を用い、積層板はこれら単体のものおよびロービングクロスとガラスマットとのMR構成とした。マトリックスは不飽和ポリエステル樹脂である。衝撃曲げ試験は、スパン90mmの4点曲げとし、試験の歪速度は $50\text{sec}^{-1}$ 以下の範囲である。衝撃曲げ下の応力-歪線図から、衝撃曲げ特性として以下の結果が得られた。

1. アラミド繊維系の曲げ破壊は、白化が一樣モーメント内に限定され、破壊が支点下に限定される傾向にある。ガラス繊維系の曲げ破壊は、積層界面が剥離し、繊維の引き抜けを伴う白化現象が広範囲に及んでおり、歪速度が大きいときは支点下が分離破断するようになる。
2. 衝撃曲げ荷重の挙動から耐衝撃性を評価すると、アラミド繊維とガラスマットまたはガラスロービングクロスとガラスマットから構成されるMR積層板は、アラミドまたはガラスロービングクロス単体の積層板より耐衝撃抵抗性がよい。
3. 積層板の曲げ破壊は、まず引張縁が損傷し、その後最終的に曲げ破壊する。引張縁の損傷強度には衝撃引張の特性が表れ、曲げ破壊には衝撃圧縮の特性が表れた。このため、いずれの積層構成においても、衝撃曲げ破壊強度は、静的曲げ破壊強度より大きくなる。しかし、曲げ破壊エネルギーは、ガラスロービングクロス単体の積層板では、歪速度が大きくなると低下する傾向にある。

(178)

### <機関動力部>

#### SOFC型燃料電池性能に及ぼす海上大気塩分の影響

Effect of airborne seasalt on the SOFC

performance

熊倉孝尚、波江貞弘、汐崎浩毅、川越陽一、千田哲也

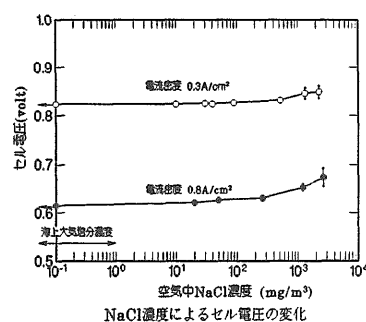
平成9年5月

(株)日本船用機関学会 第58回学術講演会講演予稿集

環境保全を考慮しつつ、エネルギーの有効利用を図るための種々の研究が進められている中で、燃料電池は低公害、高効率の点から注目され、国内外で活発な研究開発が進行している。燃料電池が船用機関として実際に適用されるのはまだ先のことであり、現在は調査研究の段階である。

燃料電池を船舶や沿岸部に設置する発電装置に適用する場合を念頭におき、当研究所では将来性の高い固体電解質型燃料電池(SOFCと略称)について、電池性能に対する問題点の調査を目的として研究を進めている。燃料電池を船の動力源または電源として使用する場合、海上大気雰囲気下の使用という特殊性から電池性能の耐環境性が課題としてあげられる。本報告はそれに関するものである。即ち、電池の作動に必要な空気は陸上型の電池と異なり海塩粒子を含む海上大気を使用することになり、大気中の塩分がSOFCの発電性能に影響を及ぼすことが考えられる。これを調べるため、本研究では小型の平板形単セル試験装置を用い、空気に食塩を添加した実験を実施した。実験に使用した発電体は平板型の単セルで発電部の直径は10mmである。実験では海上大気中の塩分濃度より濃い濃度の試験を行った。空気への食塩添加には、加湿器で食塩水ミストを発生させこれを空気に供給する方法を採用した。実験時のセル部の作動温度は $1000^{\circ}\text{C}$ 、燃料は水素である。

実験から次のことを明らかにした。1) 塩分はセル電圧を増加させる効果を有し、塩分供給中はその効果が長期的に持続する。2) 電圧増加の程度は塩分濃度が高いほど、また取り出す電流が大きいほど顕著になる。3) 海上大気塩分濃度ではセル電圧増加の効果は非常に小さい。(以下図参照) 4) 塩分はセルの空気極の内部に浸透し、電解質との界面まで達するが、電解質内部には浸透していない。



メタノールエネルギーシステム下の  
ディーゼル機関からのCO<sub>2</sub>回収

CO<sub>2</sub> Recovery form Diesel Engines in a Solar  
Methanol Energy System

平岡克英、井亀 優、菅 進、熊倉孝尚  
平成9年5月

日本船用機関学会第58回学術講演会講演予稿集

日本の運輸部門は1994年度全部門エネルギー最終消費量の24.1%、原油換算で9,081万klを消費している。消費量の伸びは、1975年を基準にすると全部門消費量が1.39倍、運輸部門は1.81倍となっており運輸部門の消費の伸びが大きい。特に運輸部門は石油依存率が98%と高く、この傾向は変化していない。今後のエネルギー事情を考慮すると何らかの形で運輸部門に自然エネルギーを導入する必要がある。その方法の一つが海外の自然エネルギーを利用して製造した水素と回収したCO<sub>2</sub>とで製造するメタノールを供給するメタノールエネルギーシステムである。

このメタノールエネルギーシステムにより運輸部門が1994年度に消費した石油燃料をすべてメタノールに代替すると仮定すると、必要なメタノールは低位発熱量基準で換算して18,350万トンとなる。メタノール製造地をオーストラリアの砂漠とすると日射量は0.24 kW/m<sup>2</sup>であり、電池効率を10%とすると必要な太陽電池の面積は8,100km<sup>2</sup>となる。輸送に必要なタンカーは、輸送距離を約8,900km、航海速度を15ktとすると、23.9万DWメタノールタンカー63隻、14.5万DW液化CO<sub>2</sub>タンカー144隻になる。

このメタノールエネルギーシステム下で使用する船用メタノールディーゼル機関からCO<sub>2</sub>を回収する場合、装置の小型化が可能な化学吸収法が適し、吸収液としては再生が可能で吸収効率が高いモノエタノールアミン水溶液が適すると考えられる。小型の充填塔を用いて行ったCO<sub>2</sub>吸収と再生に関する基礎的実験結果、この結果をもとに作成したCO<sub>2</sub>回収装置内のCO<sub>2</sub>移動計算モデルは別に報告している。このCO<sub>2</sub>移動計算モデルを用いて、ディーゼル機関の排気ガス中のCO<sub>2</sub>を回収する場合エンジン出力への影響、CO<sub>2</sub>の回収率、充填層の容積がどの程度になるかを解析した。CO<sub>2</sub>回収に必要な全熱量をエンジン排気ガスから得るためにはエンジン吸気の過給動力を必要とし、エンジン正味出力が低減する。エンジン出力の許容損失を20%とすると、CO<sub>2</sub>回収率の最大値は約80%で、充填層全容積はエンジン本体容積の約1/25である。

船用4ストローク機関の軸トルク変動による  
NO<sub>x</sub>排出特性

Characteristics of NO<sub>x</sub> Emission by Shaft  
Torque Change on 4-Stroke Marine Engine

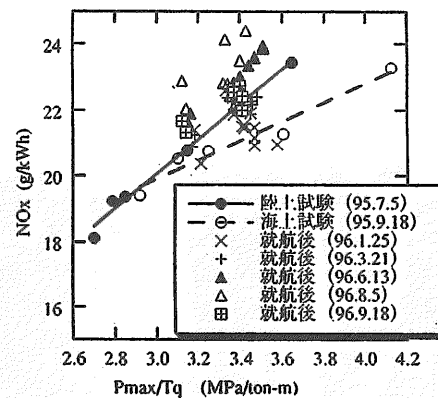
山谷周二、石村恵子、中島康晴、  
桑原孫四朗、菊地正晃

平成9年5月14-15日

日本船用機関学会第58回学術講演会 講演予稿集

IMOにおいて審議されている船舶からの排ガス規制は2000年からの発効が予想されるが、船舶の運航条件に関わるNO<sub>x</sub>の発生及び挙動については十分把握されていない。本稿では、実験機関を使用した種々運転状態における排ガス分析結果、及び共同研究による実用機関の排ガスデータ解析を基に4ストローク主機関を装備する船舶に対して、運航状態における海象変化並びに操舵がNO<sub>x</sub>濃度に及ぼす影響を考察するとともに、陸上試験と海上試験におけるNO<sub>x</sub>排出率の相違原因について推論した。

- (1)軸トルクに対するNO<sub>x</sub>濃度の変化から、NO<sub>x</sub>換算値(13%O<sub>2</sub>下における補正值)は、大洋航行中の海象変化に伴う船体抵抗の増大に対して減少し、港内速力時の転舵に対しては増加すると考えられる。
- (2)負荷変動状態におけるNO<sub>x</sub>濃度の計測にあっては、計器の応答遅れによる影響を考慮する必要があるが、周期的軸トルク変動時のNO<sub>x</sub>濃度は平均負荷状態と同等として評価可能である。
- (3)海上試験と陸上試験におけるNO<sub>x</sub>排出率には、プロペラマージン分として8%程度の差異が生じると考えられる。
- (4)就航船におけるデータの推移から、(筒内最高圧力/軸トルク)の変化がNO<sub>x</sub>排出率の増減傾向を知る上で有用と思われる。(図参照)



就航船における(Pmax/軸トルク)とNO<sub>x</sub>排出率

析出CO<sub>2</sub>ハイドレート層の熱伝導率  
Thermal Conductivity of Precipitated CO<sub>2</sub>  
Hydrate Layer

綾 威雄、山根健次、成合英樹

平成9年5月

日本伝熱学会

第34回日本伝熱シンポジウム講演論文集

地球温暖化傾向の緩和策の一つであるCO<sub>2</sub>深海貯留法を評価するには、CO<sub>2</sub>ハイドレートの未知物性を知る必要がある。当所では、ハイドレート生成域（清水中：4.5MPa以上10.0°C以下）におけるCO<sub>2</sub>溶解度は、温度の低下とともに減少するというガス溶解度の温度依存性とは逆の性質のあることを明らかにした。溶解度のこのような温度依存性の下では、放出口で-12°C程度と予想される液体CO<sub>2</sub>の送り込み管外周に余剰CO<sub>2</sub>がハイドレートとして析出する可能性がある。

模擬冷却管回りへのハイドレート析出実験を、30MPa対応のCO<sub>2</sub>深海貯留模擬実験装置を用いて行った。ハイドレート解離温度以上の高濃度CO<sub>2</sub>溶解水中におかれた外径4mmのステンレス管内を1~2°Cの冷水を流した。通水開始から約2時間後、低流速中で熱伝達の悪い冷却管後部からハイドレートの析出が始まり、析出量は数分でほぼ平衡に達した。写真1に示されるビデオ映像から、析出ハイドレート層は針状ハイドレートの集合体であることが分かった。平衡状態では、CO<sub>2</sub>溶解水からハイドレート層への熱伝達量はハイドレート層を通過する熱伝導量と等しくなる関係から、面積比（針状ハイドレート層界面積）/（円滑円筒表面積）を求めたところ、6.7という数値を得たが、これは、析出ハイドレート層の遮熱効果を見積もるための基礎資料となる。

次に、無次元温度差  $\equiv$  (解離温度 - 冷水温度) / (溶解水温度 - 解離温度) をパラメータとして析出ハイドレート層厚みを推定したところ、低Re数ほど、また、CO<sub>2</sub>溶解水温度が解離温度に近いほど、ハイドレート層がよく発達することが判明した。

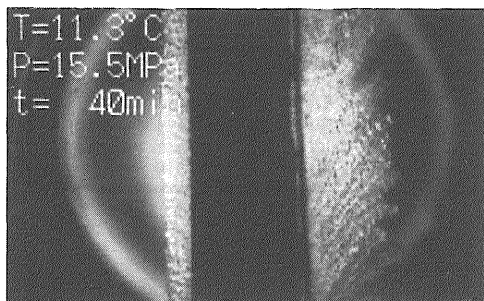


写真1 冷却管外面に析出したCO<sub>2</sub>ハイドレート層

二酸化炭素ハイドレート膜強度の計測

Strength Measurement of CO<sub>2</sub> Hydrate Membrane

綾 威雄、鈴木 亨、山根健次、成合英樹

平成9年5月

日本伝熱学会 第34回

日本伝熱シンポジウム講演論文集

地球温暖化傾向の緩和を目的として、回収CO<sub>2</sub>を3500m以深の深海底窪地に貯留した場合、温度・圧力条件から、ハイドレート膜が海水-液体CO<sub>2</sub>界面に形成されると考えられている。CO<sub>2</sub>ハイドレートの密度は、海溝以外には存在しない6000m以深を除いて、液体CO<sub>2</sub>より大きいので、ハイドレートの膜強度次第では、ハイドレート膜の切断と沈降が繰り返し起きる可能性がある。この問題を解決するため、CO<sub>2</sub>溶解水中に置かれたCO<sub>2</sub>液泡を被うCO<sub>2</sub>ハイドレート膜の強度を、5MPaの圧力下で実験的に調べた。

CO<sub>2</sub>注入管の先端に止まらせたCO<sub>2</sub>液泡の表面にハイドレート膜を生成させた後、さらにCO<sub>2</sub>を液泡に注入することにより膜内圧を高め、膜が破断した瞬間の膜内外の最大差圧を、高圧マノメータのビデオ映像から求めた。1~7重量%のCO<sub>2</sub>濃度は、サンプル水を抽出し、その重量と減圧により気化したCO<sub>2</sub>体積から測定した。

最大差圧 $\Delta P$ からハイドレート膜強度 $T$ への換算は、 $2\pi rT = \pi r^2 \Delta P$  ( $r$ : 液泡半径) の関係を使った。今回の実験では膜厚が計測できなかったため、 $T$ は表面張力と同じ単位(N/m)で与えられる。

実験データを整理した結果、CO<sub>2</sub>ハイドレート膜の強度は、CO<sub>2</sub>濃度の増加とともに強くなる傾向にあるが、高濃度ではバラツキが大きくなっている。この理由として、膜の破断は、平均的強度よりも、欠陥部分の強度に支配され、膜が厚くなる高濃度領域において、欠陥の有無や大小が破断時の差圧に大きな違いをもたらしたことが考えられる。この考えに従えば、膜強度の下限値はCO<sub>2</sub>濃度あまり依存しないことが予測されるが、6%以下の濃度では $T$ の下限値がほぼ一定であるとの実験データと符合している。バラツキを考慮した $T$ の範囲は、0.1~5.1N/mであった。

膜厚さの測定は今後の重要課題ではあるが、水素結合からなるCO<sub>2</sub>ハイドレートと物性が近いと考えられる水の引っ張り強度 ( $0.5 \sim 1.4 \times 10^6 \text{ N/m}^2$ ) を使って、本実験で得られた膜強度 $T$ から膜厚さを推定してみると、0.1~5.1 $\mu\text{m}$ となり、 $\mu\text{m}$ のオーダーとなる。当所が先に表面張力法で計測した $T$ からは、1.3 $\mu\text{m}$ が得られる。

高圧高温水の低圧プール水中へのフラッシング

Flashing of High-Pressure,  
High-Temperature Water in Pool Water

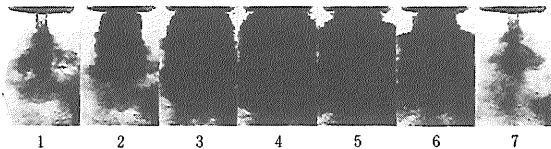
綾 威雄、賞雅寛而

平成9年6月

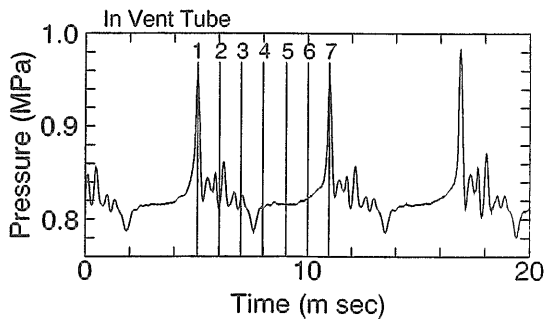
日本混相流学会 混相流 11巻2号

低圧冷水中に放出された高圧高温水は、一部がフラッシングするが、回りの冷水との直接接触により急速に凝縮する。放出圧力 ( $P_H$ )、プール水サブクール度 ( $\Delta T$ )、放出口径 ( $d_v$ ) の一定範囲内では、フラッシング振動が生じる。図 (a) は、2000コマ/秒の高速ビデオカメラによるフラッシング振動の映像記録例である。コマ1から7までが1周期で、蒸気部分は透過光を散乱させるので黒く写っている。1周期の大部分はノズル部からフラッシングしており (Phase A)、フラッシング位置がノズルから離れ、高温水が見える期間 (Phase B) はごく短い。図 (b) は、高圧水放出ノズル上流の圧力変動波形を示しており、図中の数字は図 (a) のコマ番号に対応している。凝縮が勝り、プール水がノズルに押し寄せるPhase Bで圧力が鋭く上昇している。

フラッシングによる蒸気泡を球形で模擬し、線形解析からフラッシング振動周波数を求めた結果、 $\Delta T$ 、 $d_v$ 及び $P_H$ の影響が実験データとほぼ一致した。



(a) フラッシング振動1周期分の高速ビデオ画像  
(2000コマ/秒、シャッター速度1/12000秒)



(b) 図 (a) における放出ノズル上流の圧力波形  
( $d_v$ : 5mm,  $P_H$ : 0.84MPa,  $\Delta T$ : 50K)

<材料加工部>

プラズマ溶射粒子の溶融挙動に関する研究

Behavior of Liquid Droplets in  
Plasma Spraying Process

植松 進

平成9年4月

溶接学会平成9年度春期全国大会

講演概要論文集第60集

溶射粒子のプラズマ中での加熱および冷却、基板上での扁平・凝固過程が非常に短時間でマイクロな現象であるため、これらを直接観察する方法はいまのところ見いだされていない。このため粒子の扁平・凝固の挙動に関しては、数値解析的手法により有用な情報が多く得られてきているが、粒子形状が球形であると仮定していること、熱物性値の情報が極めて少ないことなど問題がなお残っている。

本研究では、溶融粉碎したアルミナ粒子を粒径20~38 $\mu$ mに分級して用い、トーチから250~400mm離れた場所で溶射粒子を扁平させずにソフトに捕獲した粒子を走査電子顕微鏡 (SEM) により詳細に観察し、飛行中の材料粒子の加熱・溶融状態を推定しようと試みたものである。

捕獲した溶射粒子を観察した結果、原材料粒子が完全に溶融した場合、相当径に近い28 $\mu$ mの球形で、その外側は飛行中の冷却過程で生じた小さな結晶が見られた。また、表面がキャベツの葉を巻くような形をしていることから薄板状になった粒子が加熱されて曲げられ、最終的に球状化した可能性も考えられる。他方溶融がプラズマジェット中で完了しなかった半溶融粒子では、材料粒子の表面だけが溶融すると、溶融表面は内側の未溶融部分からはがれて浮き上がり、表面張力により角の方へ引かれていくようになる。さらにこれらの現象が何段階かにわたって進行し、溶融部分同士が外側で合体しているものも観察された。また未溶融部分表面には、溶融部分が剥離したときに生じたせん断の跡が存在していた。

これらから、ある程度の大きさ以上のセラミックス粒子は、角から溶融して丸くなる以外に、材料の表面部分に急激な温度勾配が生じ、熱応力で表面層が剥離すると、その部分が局部加熱されて、さらに溶融が進行するメカニズムが考えられる。

## 磁界中の超音波伝搬と疲労試験材

Ultrasonic Wave Propagation in Magnetic Field  
and Fatigue Damaged Steel

勝又健一

平成9年6月

日本工業出版 超音波TECHNo (第9巻、6号)

超音波の減衰は材料の特性変化を表すものの一つと考えられ、減衰量を測定することで材質の非破壊評価が行える可能性がある。鉄鋼材料において、伝搬する超音波は結晶粒界で散乱するために透過量が少なくなり減衰が生ずる。また、強磁性材料は散乱減衰の他に磁区境界、磁壁の振動損失による減衰が加わる。したがって、材料に磁界を加えて超音波の透過量を調べれば、磁壁の振動損失のみの減衰を求めることができる。

本報では、一般的な数種の構造用鋼における磁界中の超音波伝搬の特性を調べるとともに、疲労試験によって損傷した材料の磁界中の減衰について実験した結果について述べる。SM400B、SS400、SM490A材は磁界中の超音波伝搬試験用、SM400Bは疲労試験にも使用した。超音波の伝搬距離及び周波数の影響は、SM400Bの焼鈍した材料を用いた。その結果、超音波の伝搬距離が長くなるに連れて、磁界中のエコー高さが直線的に増加することが分かった。実験した周波数2、5、10及び15MHzにおいて、周波数が高いほどエコー高さが大きくなる。材料によるエコー高さは高い方からSM400B、SS400、SM490Aの順となり、強度が高い材料ほど低い結果を示していた。

疲労試験は荷重制御（公称応力 $\pm 294\text{MPa}$ ）で行った。塑性歪みは $N/N_f$ （ $N$ ：繰返し数、 $N_f$ ：破断回数）で2.5%辺から認められ、4%弱で急増した。その後は特長的な変化は見られず、破断直前で急激に歪む。磁界中のエコー高さは、塑性歪みが急増した $N/N_f$ が4%前で、基準よりも低下した。以後は大きな変化が得られなかった。このように磁界中のエコー高さは塑性歪みに関連した傾向を示すことが分った。より小さな応力の場合では塑性歪みが小さな変化と考えられ、磁界中のエコー高さの変化も少ないと思われる。したがって、実際の適用に際しては精密な測定が必要と思われる。

本手法は試験体が小さい場合には十分な磁場を与えることができるが、実機では材料が大きくなり試験片と同様なエコー高さの変化を得ることが困難となる。これには局部的に強磁界を得るために磁界の加え方を工夫する必要がある。

## 〈装備部〉

膨脹式救命いかだ接着部強度の経年劣化について

—波浪による繰返し荷重が作用した場合—

Adhesive Strength Change of Inflatable

Life Raft with the Lapse of Years

—the Effect of Repeated Load by Waves—

長田 修、土屋正之、板垣恒男

平成8年10月

日本航海学会論文集 第96号

膨脹式救命いかだの経年劣化の調査に際しては、従来いかだの気室耐圧試験や基布および接着部の引張試験などの静的荷重試験を実施し、その有効寿命を推定している。しかし、製造後10数年経過した漂流いかだの破損事故例を調査すると、破損原因の大部分は接着強度の不足によるものであり、その強度は気室耐圧試験などによる静的な引張荷重にたいしては比較的強いが、接着部をはがす方向の力には弱い。また、経年劣化したいかだの接着部は波浪による繰返し外力により揉まれ、静的試験による破断荷重より小さい荷重で破損することが予想される。そのため、経過年数の異なる古いいかだに対して、接着部のはくり試験、漂流中のいかだを受ける変動波浪荷重条件下での繰返し荷重試験を実施し、漂流中の救命いかだの破損事故原因といかだ有効寿命の推定に関する知見を得た。

経過年数が12、15、17、20年、いかだの種類がⅠ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳの甲種膨脹式救命いかだ16台を、就航中の船舶から回収し、製品の耐圧試験等を実施した。続いて、いかだの上気室と下気室間、および下気室と床気室間の接着部を中心に長さ300mm、幅50mmの試験片を採取し、接着部のはくり試験および繰返し荷重試験を実施した。但し、繰返し荷重試験は、実海域でいかだが3日間漂流したとき波浪により受けるであろうと推定される変動応力 $4.8 \pm 0.68$  (kg/cm)、繰返し回数9,250回の条件で実施し、破断回数を測定した。なお、破断しないときは、同試験片で前記のはくり試験を実施し、漂流によるはくり荷重の劣化度を調査検討した。

その結果、

- ①いかだの接着部をはがして観察した結果、いかだの保管条件により異なるが、一般的に20年経過したいかだの接着剤は、はくり部に広く変質・硬化が認められた。
- ②耐圧試験による静的引張荷重にたいしては、全てのいかだに異常はなかったが、接着部はくりにたいしては、10年経過したいかだのはくり荷重は、製造初期の値の半分程度になることがある。
- ③繰返し荷重試験による試験片破損程度は、いかだの種類、保管状態により異なるが、全体的にみると、12年で約25%、20年で約60%の試験片が所定繰返し回数で破損した。
- ④③の試験で破損しなかった試験片にたいしてはくり試験を実施し、繰返し荷重の有無とはくり強度値の相関を調査したが、有意差は認められなかった。

〈システム技術部〉

Simulations and Demonstrations  
of Human Escape on Board

船舶における人の避難行動のシミュレーションと  
デモンストレーション

勝原光治郎、亀山道弘、宮田 修、  
高杉喜雄、阪根靖彦  
平成8年10月

THE ROYAL INSTITUTION OF NAVAL  
ARCHITECTS

“RINA INTERNATIONAL CONFERENCE IN  
ASSOCIATION WITH THE NAUTICAL INSTITUTE  
ON ESCAPE, EVACUATION & RESCUE  
DESIGN FOR THE FUTURE”

SOLAS条約の95年改訂により、99年7月1日以降  
建造される、国際航海に従事するRORO旅客船は、  
設計の初期段階で脱出経路の解析・評価を行うべきこ  
とが義務付けられた。本報でその避難解析方法を提案  
した。

この方法は、船舶における避難行動のシミュレーシ  
ョンプログラムを開発し、これをツールとして危険な事  
故のケースについて計算するものである。

まず、シミュレーションは、船内をノード・パス・  
スペースのネットワークで記述し、人の行動を集団心  
理量変数(想像距離と命名した)を含んだ最小避難時  
間経路選択原理で表した。3甲板で3避難経路の場合  
心理量は6個で、計算機CRT上には乗客1人1人が  
それぞれ経路を選択し行動した。次に、約100人の被  
験者による船内避難のデモンストレーションを行い、  
避難時間・選択経路などのデータをとった。そして、  
両者を比較し一致するかを調べた。心理量は予め分か  
った値でないで、これを変化させて計算機実験をした  
結果、デモンストレーションを良く再現することが判  
明した。

心理量は、その集団の構成や船内環境、時間などの  
状況によって変わるので、その値を特定することはで  
きない。デモンストレーションを再現するシミュレー  
ションで得た心理量の値の大小は合理的に解釈できた。  
また、集団が経路を選択する空間的制約から、この心  
理量の上限と下限が得られるので、この範囲で変化さ  
せれば、心理的影響を考慮した避難時間の計算ができ  
る。

また、乗客が避難開始する初期位置は集合場所から  
遠い最下層甲板や最上階甲板あるいは1カ所に集中し  
た場合などが厳しいケースである。乗客の構成員が老  
人、子ども、障害者であることも十分考慮すべきこと  
など、計算条件をどのように設定すべきかを議論した。

船上の避難行動のシミュレーション1

Simulation of Human Escape on Board-1

勝原光治郎、亀山道弘、宮田 修、  
高杉喜雄、阪根靖彦

平成8年10月

(株)日本航海学会

日本航海学会第96回論文集

旅客船が災害に遭遇し、船体放棄せねばならない時、  
乗員乗客はまず救命艇などへの乗り込み場所に集合せ  
ねばならない。この避難行動が良好に実行されるか、  
また良好に実行されるよう船室設計はされているかを  
評価する必要がある。そのために人の避難行動をシミュ  
レーションするツールを開発した。

乗客が自分の居室にいるときや、避難に余裕がある  
場合は自分の居室から定められた避難経路に沿って乗  
員の誘導に従い集合場所まで避難するが、そのような  
余裕のないときは乗客が経路を選択しながら避難する。  
本報は後者の場合について人の行動モデルを立てシミュ  
レーションを行い、実験結果と比較した。

シミュレーションの目的は安全の評価であるから、  
人々がパニックになったときは危険状態であり、シミュ  
レーションの必要はない。そこで人々が通常の理性的  
行動をとることを前提にシミュレーションを行う。次  
に、経路選択の基準は最も早く集合場所まで着く経路  
を選ぶということにした。さらに、自分の居る甲板の  
情報はすべて入手できると仮定した。そして、自分の  
居る甲板以外の情報は各人が想像しているとし、この  
想像は集団心理現象と仮定した。集団心理量というこ  
とは、集団で同一の想像をしているということである。

船内の避難行動領域をノード・パス・スペースとい  
うネットワークで記述し、個々人の刻々の位置をコン  
ピュータの画面上に示し、人が滞留する場所に滞留人  
数に比例した半径の円を描き、避難安全のネックとな  
る箇所を明示した。

航海訓練所の青雲丸の3層の甲板を使って、実習生  
約100人を被験者として避難行動の実験を行った。人  
を押しつけたり、走ったりという危険行為をしないと  
いう条件で経路は選択自由とした。初期配置を変え、  
計6回の実験を行った。ビデオカメラを船内約20カ所  
に設置し、各通過時間を記録した。ルート別の、集合  
場所に到着する時間を求め、シミュレーション計算と  
比べると、良く一致した。

〈原子力技術部〉

Responses of LiF TLD in Different Media  
and Cavity Ionization Theory for Low Energy  
Photons below 200 keV

異なる媒質中におけるLiFTLDの200keV以下の  
低エネルギー光子に対する応答特性と空洞理論

成山展照、田中俊一

平成9年2月

日本原子力学会

Journal of Nuclear Science and Technology

Vol.34, No.2(1997)

吸収線量の測定は、放射線防護および遮蔽などの放射線照射材料の健全性にとって重要である。しかし、そこで用いられる空洞理論の数百keV以下のガンマ線に対する適用性は十分に調べられてきたとはいえない。そこで、本研究では精度よい吸収線量測定法を得るため、同理論の低エネルギー光子（ガンマ線）に対する適用性を調べた。

まず、異なる媒質中での応答特性を測定するため、フッ化リチウム（LiF）熱蛍光線量計（TLD）をテフロン、アルミ、銅、金箔ではさみ、30keV～200keV光子を照射した。この結果を空洞理論に基づく計算値と比較したところ、両者の差異は、テフロン、アルミ、銅で15%以内であったのに対し、金では48%であった。空洞理論では、電子減衰と空洞の大きさに関連した加重係数が用いられているが、その値も光子・電子モンテカルロ輸送計算コードITSによる計算値と大きく異なった。ITS計算の妥当性は、応答特性測定値との比較により確認した。また、ITS計算による箔発生電子の減衰係数は、空洞理論において用いられる値と必ずしも一致しないこと、またその係数は媒質に大きく依存することを明らかにした。

そこで、より精度よい応答特性を得るため、200keV以下のガンマ線照射下では、TLDに入射した電子は完全に吸収されることに着目した新しい方法を提案している。その方法では、TLD中の線量を箔中で発生した電子によって与えられる線量とTLD中で発生した電子によって与えられる線量に分け、前者に対してはエネルギー透過、反射係数を用いて、後者に対しては質量エネルギー吸収係数を用いて計算する。この方法による応答特性の値は、ITS計算値と6%以内で一致した。また、発生電子の実効エネルギーを用いて、光子エネルギーとTLD厚さに関する同方法の適用範囲を明示した。

Li<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub>:Cu, BeO, CaSO<sub>4</sub>:TmTLDの  
10-40keV光子に対する応答測定

Response measurements of Li<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub>:Cu,  
BeO and CaSO<sub>4</sub>:Tm TLDs to 10-40keV  
monoenergetic photons

成山展照、田中俊一、中根佳弘、浅野芳裕、  
中島 宏、平山英夫、伴秀一、波戸芳仁

平成9年3月

日本原子力学会「1997年春の年会」予稿集

近年、シンクロトロン放射光、自由電子レーザー施設の増加にともない、低エネルギー光子に対する被曝線量あるいは光学材料、試料中の吸収エネルギーを測定する必要性が増大してきた。線量計としては、熱蛍光線量計（TLD）がエネルギー特性などの点から優れている。しかし、いくつかのTLDについて、低エネルギー領域における発光効率や線量応答の光子エネルギー依存性が指摘されてきた。そこで、本研究では、放射光の10-40keV単一エネルギー光子を用いて、Li<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub>:Cu、BeO、CaSO<sub>4</sub>:TmTLD（松下電器製）のエネルギー応答、直線性を測定した。

実験は、高エネルギー物理学研究所の放射光実験施設にて、Si(111)モノクロメータにより単色化した10、15、20、30、40keV X線をを用いて行った。Li<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub>:Cu、CaSO<sub>4</sub>:Tmは、粒径90μmの素子が厚さ120μmのポリイミドフィルム上に付着した形状をしており、BeOは、径1.2mmのガラスロッド中に粉末素子が封入されている。TLDの読みとりには直線加熱方式のリーダーを用い、グロー曲線の面積を全積分することによりTLD線量を得た。

その結果、Li<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub>:Cuのエネルギー応答は空洞理論値より8～20%小さい、すなわち発光効率の低下が観察された。逆に、BeOのエネルギー応答は、空洞理論値より70%大きく、CaSO<sub>4</sub>:Tmも、6～37%大きい値を示した。BeOの場合、ガラスからの2次電子の影響と蛍光の自己吸収が過大な応答値の原因として考えられたが、モンテカルロコードEGS4による計算およびBeO中における蛍光の減衰係数値より、その影響は無視できることを確認した。線量応答も同様に光子エネルギー依存性を示した。すなわち、Li<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub>:Cuの場合、Co-60γ線に対して650Gyまで直線性を示したのに対し、10keV光子に対しては300Gyでsaturationを起こした。また、BeOは2.6Gyまでエネルギーに依らず直線性を示したが、CaSO<sub>4</sub>:Tmの直線領域は、Co-60γ線に対し0.5Gyまで、40keV光子に対しては1Gyまで観察された。



〈海洋開発工学部〉

超大型浮体式海洋構造物に作用する風抗力の推定法  
An Estimation Method of Wind Force Acting on  
Very Large Floating Structures

北村文俊

平成9年3月

(社)日本作業船協会「作業船」(第230号)

超大型浮体式海洋構造物では、乾舷に対して長さ、幅が極めて大きいため、風抗力は潮流力や波漂流力と比較しても同じオーダーになり、風抗力の評価は係留システムの設計や安全性評価の上でも重要である。また、風抗力の成り立ちも、側面の圧力抗力だけではなく、広大な表面積のため摩擦抗力の寄与が大きくなる。本論文では、風洞模型実験の結果を基に、風向が変化した場合の風抗力の簡便な推定法について述べた。

本推定のベースとなる実験は、船舶技術研究所変動風水洞で長さ1.5mの全体模型を用いて行った。風向の影響を把握しやすくするため、長さ、幅に対して、乾舷の寸法を大きくした。模型は変動風水洞計測洞内のターンテーブル上に取付けられ、6成分の荷重および側面の圧力分布を測定した。その結果、側面圧力分布で、コーナーの影響を受けるのは、コーナーから乾舷の10倍程度の距離までであることがわかった。

実機の風抗力推定の手法は、浮体の側面をコーナーの影響のある部分と一定の部分に分け、実機の長さ乾舷の比に応じて、各側面ごとに圧力抗力を推定して、全体の和を求めるといものである。また、ヨーモーメントについては、模型実験の圧力の積分結果を整理して、長さ乾舷の比に対して定式化した結果を用いて推定した。側面の圧力抗力係数、モーメント係数に関しては、境界層風速分布の指数に対する補正を施した。摩擦抗力の推定は、大松らの方法を応用した。計算例として長さ5,000mの超大型浮体式海洋構造物と、300mのメガフロート実証実験構造物について、風速は50m/sの場合を示した。水平方向の回転モーメントは、ほとんど無視できる大きさであることが判った。

本手法によって試算した結果、超大型浮体式海洋構造物では、摩擦抗力がかなり大きいこと、ヨーモーメントは無視できる程度に小さいことが判った。実際の構造物では、上部構築物の存在や、水平方向の風速風向の不均一性などのため、複雑なものになり、これらの現象の解明が求められる。

Towing Experiment of Box-shaped Floating  
Structure with Shallow Draft

浅喫水箱型浮体構造物の曳航実験

原 正一、山川賢次、國分健太郎、岩井勝美

平成9年4月

16th International Conference on  
Ocean Mechanics and Arctic Engineering  
Proceeding of OMAE 1997

メガフロート技術研究組合では、平成7年度に4つの浮体構造物ユニットを、近隣のそれぞれの製造所から設置海域である横須賀市追浜まで曳航設置し、平成8年度には3つの浮体構造物ユニットを長距離輸送して設置した。そのうちの1ユニットはドライ曳航であり、あとの2つのユニットはウェット曳航であった。

船舶技術研究所では、平成7年度に千葉から、平成8年度には水島からのそれぞれの曳航時に曳航索張力、甲板のひずみ、浮体の運動などの計測を実施する機会を得た。前者は、東京湾内の曳航であり、波浪の影響は少なかったが、後者は沿岸域ではあったが太平洋上の曳航であり、波浪域でのデータを取得できた。また、寸法および曲げ剛性を相似化した模型による浮体構造物ユニットの曳航実験を実施し、波浪中における曳航抵抗の増加、浮体ユニットの挙動および構造強度等に関する安全性を検討するデータを取得した。これらの結果から、以下のことがわかった。

- (1)実験に使用したアルミハニカム模型は、アルミ材の厚みとコアの厚みの関係で曲げ剛性が決定でき、弾性浮体模型の材料として有効である。
- (2)浅喫水箱型浮体の平水中曳航抵抗の計測を行い、船首部にカットアップを有する場合、標準型と比較して40%程度抵抗が減少することがわかった。また、喫水を2倍にした場合、抵抗係数は20%程度減少した。
- (3)弾性浮体の波浪縦曲げモーメントの推定のために、圧力分布法を用いた計算を行い、曳航速度0の場合について実験値と良く一致した。また、浮体を剛体と仮定したストリップ法の計算値は、ピーク値で実験値よりも50%程度大きめの推定となる。
- (4)曳航速度の波浪曲げモーメントに対する影響は、6kt程度であれば非常に小さく曳航速度0の場合の結果とほとんど差がみられなかった。
- (5)斜め追波中の実機の実験から求めた波浪曲げモーメントの応答関数は、理論計算と良く一致した。したがって、模型実験と実機実験の相関は非常に良かった。
- (6)実機実験で得られたブライドル張力は、ワイヤロープが没水するため動的張力の影響により大きな変動張力を発生する。索張力の瞬時値分布は、弱非線型である。

〈水海技術部〉

船舶の氷丘脈突破性能に関する模型実験

Model Testing of Ship Performance in a Ridge

若生大輔、泉山 耕

平成8年11月

第12回寒地技術シンポジウム論文集

海水は様々な形態で存在するが、氷丘脈とは氷板の一部が厚くなった状態であり、中には海面下数十メートルに達するものも報告されている。従って、氷丘脈は氷海域における船舶の航行という観点から最も大きな障害の一つである。しかしながら、氷丘脈中における船舶の航行性能についての研究例は非常に限られている。本論文では、氷海水槽における模型実験に基づいて、船舶の氷丘脈突破性能について考察した。本研究では、①予め所定の寸法に切り出した氷片を母氷板の下に積層させる手法（積層法）、②氷板の一部を人為的に砕水し砕氷片を一部に堆積させる手法（砕水法）の2種類の手法により水槽内に模型氷丘脈を作成し、模型実験に供した。また、模型実験としては、氷丘脈内を模型船を一定速度で曳航し、その抵抗を計測する抵抗試験、一定の初速を持った模型船を氷丘脈に突入（ラミング）させ、進出距離、船体運動等を計測するラミング試験の2種類の試験を行った。

氷丘脈の凍結度と間隙率は、その機械的特性に影響を与える。積層法による氷丘脈の場合は原理的に間隙は無く、凍結度はほぼ100%であったが、砕水法によるものについては、氷丘脈の断面積が大きいほど間隙率が高まり凍結度が下がるという計測結果を得た。抵抗試験結果より、氷丘脈中における消費エネルギー及びエネルギー消費率を求めた。エネルギー消費量は、基本的には氷丘脈断面積の増加に伴って増加する。また、氷丘脈側面の傾斜が急な程消費エネルギーが高まる傾向にある。ラミング試験では、ラミング回数に伴って進出距離が増加し、最終的には氷丘脈の突破に至るケースと、一定の進出距離以上は進出せず、突破不能に至るケースがあるが、この両者は氷丘脈中におけるエネルギー消費率により分けることができる。また、氷丘脈突破に至ったケースについて、氷丘脈中における消費エネルギーと模型船の持つ運動エネルギーから推定した、氷丘脈突破に要するラミング回数は、一般に実際のラミング回数を下回るという結果が得られた。

砕氷型巡視船「てしお」の氷中航行性能について  
(その1)

氷中推進性能に関する実船実験と模型実験結果の比較  
Performance of the Patrol Icebreaker “TESHIO”  
in Ice-Covered Waters Model vs. Full-Scale  
Comparison of Propulsive Performance in Ice  
岸 進、宇都正太郎、加納敏幸、上園政裕、

川島義伸、泉山 耕

平成8年11月

日本造船学会論文集第180号

北海道東部沿岸海域は、冬期は流水に覆われて様々な船舶の航行が阻害され、時には海難事故を見ることがある。また、沿岸には多数の港湾が存在するが、湾内が結水するために経済活動が一時的に停滞する。海上保安庁は平成5年度に根室海峡沿岸海域と羅臼湾海域を対象とした中型砕氷巡視船「てしお」の建造計画に着手した。本船の設計・建造と並行して一連の模型試験による性能確認が行われた。氷海船舶試験水槽を用いた模型試験は、一般の水槽試験に比して歴史が浅く試験技術そのものが発展段階にあるため、実船性能推定精度の向上の余地は十分に残されていると思われる。このためには精度の良い実船試験結果との比較検討が必要不可欠であるが、砕氷船の建造実績が乏しい我が国では、このような機会は極めて限られていると言わざるを得ない。そこで、今回の「てしお」建造の機会を捉え、当所及びNKKエンジニアリング研究所津研究センターの持ち回り試験として各種氷中模型試験を計画実施した。

本船は平成7年秋に竣工し、北海道羅臼港に配属された。翌年春にはオホーツク海において海上保安庁装備技術部船舶課が「てしお」の他の2隻の巡視船を用いて我が国では前例のない規模の氷海中実船試験を実施し、「てしお」の氷中性能が検証された。本論文では、実船試験及び模型試験結果の概要を示すとともに、本船の平坦氷中直進性能及びラミング性能を取り上げ、模型試験及び実船試験の結果を比較し考察を加えた。本研究で得られた結論は以下の通りである。

- 1) 平坦氷中直進航行時の推進係数を、平水中荷重度変更試験結果を介して定式化した。
- 2) 平坦氷中自航試験法として荷重度変更法を採用することによって、スラスト減少係数を合理的に推定できることを示した。
- 3) 推進係数の尺度影響を表す相関係数として氷と推進器の干渉項を導出した。
- 4) 実船馬力推定に氷中模型実験結果から求めた干渉項を用いると、実船実験結果と良く一致する結果を得た。
- 5) エネルギー的手法によってラミング砕氷進出距離の簡易推定式を導いた。

氷板による不規則波の変形に関する実験  
Experimental Study on Deformation of Random  
Waves by Ice Sheet

堺 茂樹、笹本 誠、片山潤之介、平山健一  
金田成雄、泉山 耕  
平成8年11月  
土木学会 海岸工学論文集(第43巻(1))

北極と極東を結ぶ最短航路として北極海航路の開発が注目されている。北極海航路の開発に当たっての海岸工学上の問題としては、氷海域における波浪特性の解明がある。これは航路沿いに建設される港湾の耐氷設計、あるいは氷海域を航行する船舶の安全性及び航行性能の検討に必要となる。従来の研究の内、現地観測によるものでは当然のことながら不規則波が観測され、スペクトル解析による検討がなされてきた。一方、理論及び実験では、規則波と氷板の干渉が対象とされてきた。いずれの研究においても、開水域から氷板下に進入する際の波高変化、あるいは氷板下での波浪減衰に関して、これらの特性が氷厚、氷の物性及び入射波周期に依存することが明らかにされている。しかし、規則波における周期依存性と不規則波での周波数依存性が定量的にも同一であるか否かについては、これまで明らかにされていない。そこで、本研究では不規則波が氷板下に進入する際の波浪変化特性及び氷板下を伝播する間の変形特性を実験により明らかにし、これまで多く行われてきた規則波での実験結果を現地での現象へ適応することの妥当性を検討した。

実験は長さ26m、幅0.8m、深さ1mの岩手大学の造波水路を用いて行った。模型氷板としては、5、10、20mmの3種類の厚さのポリエチレン板を使用した。この板は長さが2mのため5枚の板を接続して10mの連続板とし、水路中央に設置した。入射波のスペクトル形状としてJONSWAP型を用いた。開水域での水位変動は容量線式波高計を用いて測定し、連続板の鉛直変位は超音波式変位計により板上の10点で測定した。サンプリングタイムを0.01秒として、8192個のデータをスペクトル解析した。

主要な結論を以下に示す。

- 1) 規則波の伝達特性(氷板端での波高伝達率及び氷板下での減衰率)は、周期及び氷厚に依存する。
- 2) 不規則波の周波数成分の伝達特性は、規則波でのものと量的にも一致している。
- 3) 不規則波の伝達特性は、そこに含まれる周波数成分の伝達特性の線形和で表現できる。

Experimental Approach to the Interaction  
between Nozzle-Propeller and Ice Block  
ノズルプロペラと氷片の干渉に関する実験的アプローチ  
田村兼吉、加藤洋治、山口 一  
平成9年4月  
Proceeding of OMAE '97 Yokohama

氷片とプロペラの干渉に関する研究では、従来、破壊力学的な面のみが注目されてきたが、最近の研究により、流体力学的な力が無視できないことがわかってきた。そこで、本研究では氷海用プロペラとして採用される機会が多くなってきたノズルプロペラについて、破壊力学、流体力学両面から氷との干渉課程を解析することとした。

研究のアプローチとしては、最初に干渉課程のシナリオを検討し、これを基に模型実験からプロペラ翼にかかる荷重を、1) 氷の破壊による成分、2) 氷片の運動量変化による成分、3) 付加質量による成分、4) 流体力学的な成分、の4つに分離するという、実験的な手法を採用した。

模型実験は、直径267mmの模型ノズルプロペラを使用し、船舶氷海水槽内で、1) 氷片の圧縮強度を変化させた水中氷流し込み、2) 氷片の圧縮強度を変化させた空気中氷流し込み、3) プロペラ直前に氷片を固定するブロック、の3種の実験を行い、この組み合わせにより、トルク、スラスト、スピンドルトルク等プロペラに作用する荷重について、4つの荷重成分への分離を行った。

この結果、以下の様な結果を得ることができた。

- 1) 氷の破壊による成分は氷片の圧縮強度に比例する、
- 2) スラストにおいては、運動量変化による成分が卓越しており、破壊による成分は小さい。他の成分がスラストを減少させるのに対し、流体力学的な成分は大きくする。
- 3) トルクにおいては、氷片の圧縮強度に比例する、破壊による成分が卓越する。流体力学的な成分が2番目であり、運動量変化による成分はその約半分である。
- 4) スピンドルトルクでは、運動量変化による成分と破壊による成分が大きく、同程度の割合を占める。流体力学的な成分は運動量変化による成分の約半分であった。

ノズルプロペラにおいては、運動量変化や流体力学的な成分は、破壊による成分と同程度またはそれより大きいことがわかった。このように、氷片とプロペラとの干渉成分の分離が可能となったため、各成分ごとの尺度影響を調べることにより、実船のプロペラ荷重成分について、模型実験から議論することが可能となった。

〈大阪支所〉

氷海域での油汚染について 第2報  
On the Oil Pollution at Ice and Cold Sea  
2nd Report

在田正義、上田浩一、小山鴻一、高島逸男、  
前田利雄、桜井昭男、泉山 耕、宇都正太郎、  
田村兼吉、下田春人、藤井 忍、山之内博  
平成9年2月

第12回北方圏国際シンポジウム・プロシーディング

氷海域及び寒冷海域での油汚染対策を立てておくことが、我が国にとって緊急に必要な背景について説明し、IMOの活動、関係する研究の動向を述べた。ついで、我が国として備えるべき体制の概要を提案した。

緊急に対策をとるべき背景として、1996年内に報じられたつぎの2つの出来事がある。サハリン沖での石油開発に向けての事態の進展、アメリカのアラスカ原油輸出解禁決定である。さらに、シベリア沖を通る北方航路の開発研究継続、西シベリアでパイプラインから流出した原油が北極海へ至る可能性があることにも言及した。

IMOの活動としては、1995年5月開催の第2回油濁研究開発会議で実施された「限りある研究費を有効に利用するための研究優先度に関するアンケート」の結果について述べ、考察を加えた。優先度が高いとされた研究項目には、流出油のバイオ処理に関係したものが多く、他は対応戦略の比較、海岸線の自然回復、分散剤の使用条件があった。会議への参加者の多くが氷海・寒冷海域に面した国々からの研究者、汚染対策責任者、研究資金提供者であったから、こうした事項は、氷海・寒冷域対策に関しても研究優先度が高いと解釈した。

研究の動向としては、カナダで開催された極域・海洋油汚染プログラム技術セミナーでの報告から最近の傾向を示した。極域を環境の一つとして含む形で油汚染処理の研究が広く行われていること、事故とその処理が環境に与える影響については、息の長い調査研究が必要で実際に実施されていることを述べた。

我が国として備えるべき対策としては、対象海域をオホーツク海とし、対象事故をサハリン沖での流水期における油田事故及び北海道北方のオホーツク海におけるタンカー事故とした。さらに、流出油の形態を氷との関係で想定した。その上で、環境評価、監視体制、拡散予測、最適処理の決定、こうしたことに必要な各種のデータベースについて、考慮すべきことを述べた。

ナホトカ号油流出事故に関連して  
On the Oil Pollution by Russian Tanker Nakhodka

在田正義  
平成9年5月  
日本科学者会議 日本の科学者

1997年1月2日に日本海で発生したロシアタンカー・ナホトカ号油流出事故に関連して、事故の経過、これまでに発表された関連論文、流出油の回収方法、事故処理体制、事故防止方法について述べた。

事故の経過については、船体折損、後部船体の沈没、船首部の福井県三国町海岸への漂着と大量の油流出、海岸汚染、海岸汚染油の回収、その過程で指摘された問題点について触れた。

関連論文以下の項目については、質疑応答の形式で記述した。油流出事故関係での総括的な論文としては、新聞紙上での論説として掲載された「海洋汚染事故を防ぐには」をあげ、この論文で示した、安全を保証された船を技量優秀な船員が運航すること、画期的な油回収技術の確立が、今なお急務であることを強調した。

流出油の回収については、オイルフェンスの役割、ベルト式やディスク式のスキマーの特徴、焼却処理の利点と限界、流出油の含水量の変化等を示した上で、C重油の場合には、用いるべき手段が極めて限られてしまう現状を述べた。またバイオ処理の研究の現状に触れ、盛んに研究され、有望視されているが、直ちに適用して有効であるという段階には至っていないことを、IMO（国際海事機構）によるアンケートの結果をもとに示した。事故処理体制については、日本における油流出事故とその対策についての流れや、アメリカ合衆国でのエクソン・バルディス号事故とOPA 90（1990年の油濁法）成立との関係に触れた。また、流出油の処理体制としては、事故の規模を想定する必要がある、その規模としては、年数回起こる程度の事故、過去日本で起こった最大級の事故、過去世界で起こり日本近海でも起こりうる最大級の事故が考えられること、どれを想定するかによって、備えるべき体制が大幅に違うことを示した。

対策を立てる際に必要な研究として、事故防止や流出油回収等に直接必要な研究の他に、海洋の汚染物質負担能力の推定、環境評価の基準となるぜい弱沿岸海域図の整備も必要であることを述べた。