

CONTENTS — 目次

第3回ふね遺産の認定について

関西設計株式会社 顧問

日本船舶海洋工学会

ふね遺産認定実行委員会 委員長 小嶋 良一 …………… 1～2

深海の環境影響を評価するための乱流観測

国立研究開発法人海洋研究開発機構 地球環境部門

海洋生物環境影響研究センター

海洋環境影響評価研究グループ グループリーダー代理 古島 靖夫 …… 3～4

第3回ふね遺産の認定について

関西設計株式会社 顧問

こじま りょういち

日本船舶海洋工学会 ふね遺産認定実行委員会 委員長 小嶋 良一

日本海洋船舶工学会は歴史的で学術的・技術的に価値のある船舶類*1（せんしゅうるい）およびその関連設備を「ふね遺産」（Ship Heritage）として認定し、社会に周知し、文化的遺産として次世代に伝えるため、一昨年度よりふね遺産認定事業を実施しています。

今年度は5月20日に実施したふね遺産審査委員会での審議により、第3回ふね遺産認定案件として下記7件を決定し、認定式を7月19日に明治記念館（東京都港区）において行いました。所有者には認定証及び認定プレートが贈呈されました。なお、審査委員会委員（順不同、敬称略、所属は当時）は次の通りです。

日本船舶海洋工学会 会長	柏木 正 (委員長)
日本航海学会 会長	織田 博行
日本海事史学会 会長	安達 裕之
日本マリンエンジニアリング学会 会長	大松 哲也
ふね遺産認定実行委員会 委員長	小嶋 良一

1. 雲鷹丸（うんようまる）

— 漁業の発展に貢献した現存する最古の国産鋼船 —

東京海洋大学の品川キャンパスに保存されています（図1）。水産講習所の練習船として活躍しました。大型蟹工船の先駆けでもあり、漁具の改良や人材育成など漁業の発展に貢献した船です。

明治42（1909）年5月に大阪鉄工所（現 日立造船株式会社）桜島工場で2代目の練習船として建造されました。鋼製補助機関付帆装練習船で、総トン数444トン、船長41.2m、幅8.5m、深さ5.0m、速力12.5ノット、最大搭載人数は81名です。世界で初めて船上でのカニ缶詰製造に成功し、大型蟹工船の先駆けとなった船でもあり、3本マストのパーク型米国式捕鯨船では現存する最古の船でもあります。昭和4（1929）年に引退するまでの約20年間で36回の航海を行い、約600人の実習生が乗船しました。昭和37（1962）年に現在地に移設され、平成10（1998）年に有形文化財に登録されました。



図1 雲鷹丸

2. 明治丸（めいじまる）

— 鉄船時代の英国造船技術を今に伝える

我が国に現存する唯一の帆船—

東京海洋大学の越中島キャンパスに保存されています（図2）。明治7（1874）年英国グラスゴーのネピア造船所で建造された補助帆付き双螺旋推進の鉄製汽船で、総トン数1,027.57トン、船長68.6m、幅9.1m、深さ6.9m、速力11.5ノットです。明治8（1875）年に日本へ回航され、明治天皇の御召船や燈台巡廻船として使用された後、明治29（1896）年、商船学校（現 東京海洋大学）に譲渡され係留練習船となり、以後昭和20（1945）年までの間に約5,000人の船員を育てました。船内の明治天皇御座所周辺の豪華な装飾もほぼ当時のまま保存されています。昭和53（1978）年に国の重要文化財の指定を受けました。



図2 明治丸

3. 幕末建造木造帆装軍艦 鳳凰丸（ほうおうまる）

— 我が国の技術官僚である与力と船大工によって

建造された大船建造解禁後初竣工の洋式帆船—

建築物等と異なり、一般に船舶はその役割を終えると解体される場合が多く、歴史的、技術的に価値ある船でも文化財として保存されるケースは極めてまれです。そこで、それらの船も遺産として認定できるよう本年度から認定基準を改めました。非現存船の第1号が鳳凰丸です。

嘉永6（1853）年に建造が開始され、嘉永7（1854）年5月に竣工した、我が国の技術官僚であった与力と舟匠の創意により建造された洋式帆船です。浦賀奉行の監督のもと、船大工が見分した洋式帆船をもとに建造しました。

図面は残っていませんが、構造・寸法・用材などについては詳細文書が残っています。一部和船技術も応用し、接合にボルトは使用せず和釘を使用しています。

*1. 一般的に「舟」は手こぎの小型のものをいい、その他は「船」を用いる。船舶類はその総称。

また、塗装として密陀僧（みつだそう・黄色みがかった薄茶色の顔料。成分は一酸化鉛。）を塗り、船底には銅板を貼る等の特徴があります。建造後函館戦争に榎本艦隊の輸送船として参加し、後に明治政府が所有するところとなりました。認定書は鳳凰丸に縁の深い、神奈川県横須賀市に贈呈されました。

4. 幕末建造スクナー型木造帆船 ヘダ

ーロシア人技術者指導の下、我が国の船大工が

建造し、その後の洋式船建造の礎となった帆船ー

これも、非現存船として認定されました。幕末に遭難したディアナ号の乗組員帰国のために建造されました。ロシア技術将校により洋式帆船として設計が行われましたが、建造には日本人船大工が参画しました。

安政2(1855)年3月10日に進水し、帰国航海後幕府に献上され、明治5(1872)年廢艦となって函館に係留されました。バウスプリットを含む全長は約24m、最大幅約7m、デッキ深さ約3mです。ヘダの名称は、建造された君沢郡戸田村(きみさわぐんへだむら(現在の静岡県沼津市))に由来し、その後建造された同型船は君沢型と呼ばれています。

建造技術を学んだ関係者は、その後長崎伝習所に派遣されたり、操船・造船技術の教育や、蒸気船千代田型の建造に携わるなど我が国の造船分野の発展に貢献しました。認定書はヘダに縁の深い、沼津市に贈呈されました。

5. 第十とよた丸

ー我が国初の外洋航型自動車専用運搬船ー

非現存船の第3号として認定されました。

従来の外洋航型自動車運搬船は、ばら積み兼用船で往航は自動車、復航はばら積み貨物を搭載し運航しましたが、初めて復航は空載とする本格的な自動車専用運搬船として誕生したのが本船です。

船主は川崎汽船株式会社、建造は川崎重工業株式会社神戸工場で昭和45(1970)年7月9日に竣工しました。全長は160.0m、総トン数12,517トン、2,082台積みでした。岸壁積込みや船内移動は全て自走方式で、PCC(Pure Car Carrier)と呼ばれる船型の先駆けとなりました。認定書は川崎汽船株式会社に贈呈されました。

6. ボール進水設備

ー進水作業の効率化を実現した日本発祥の設備ー

船舶の建造設備遺産として認定されました。

昭和22(1947)年12月三菱日本重工業株式会社横浜造船所にて考案、実用化されていましたが、三菱重工業株式会社下関造船所に一括移管され、昭和56(1981)年2月以降現在も活用中です。世界で初めて考案された進水方式で、現在国内9造船所の12本の船台で活用されています。ボール進水方式は直径約90mmの鋼製ボールを使用した進水方式で、進水法としては従来ヘット進水等がありましたが、摩擦係数の変動も少なく、作業性も向上し、進水作業の効率化に大きく寄与しました。認定書及び認定プレートが三菱造船株式会社下関江浦工場に贈呈されました。

7. 長崎小菅修船場

ー我が国近代造船業の黎明期に活躍した

最も古い遺構ー

これも船舶の建造設備遺産として認定されました(図3)。

修船場は就航した船の船底修理や清掃のために、船を修船架に載せて、海に向かった斜面に敷設されたレールの上を蒸気駆動などの原動機付きウインチで引揚げる設備です。乾船渠使用に比べ、時間的にも経済的にも利点がありました。本施設は明治元(1868)年12月に竣工し、大正9(1920)年頃まで修船場として、また明治8(1875)年頃から20(1887)年頃までは新造船建造場としても稼働しました。



図3 長崎小菅修船場

初期の状態を良く留め、我が国近代造船業最古の遺構であり、また1800年代の修船架としてほぼ完全な姿で残る世界唯一の遺構です。認定書及び認定プレートが三菱重工業株式会社長崎造船所に贈呈されました。

以上が、本年度のふね遺産認定結果ですが、これまでの認定物件も以下に示します。日本の重要なインフラを支えてきた造船分野の遺産を今後とも発掘し、広く社会に発信したいと考えております。なお、ふね遺産は候補推薦を公募する形式をとっており、毎年10月には応募要領を日本船舶海洋工学会のホームページ(<https://www.jasnaoe.or.jp/>)に掲載しています。「ふね遺産」の発掘にご協力いただけましたら幸いです。

第1~2回に認定されたふね遺産一覧

第1回	1	日本丸(横浜市(帆船日本丸記念財団))	機関搭載浮揚状態で現存する最古の日本建造練習帆船
	2	ガリンコ号1(紋別市)	スクリュープロペラの原型である螺旋スクリュープ推進流氷海域遊覧船
	3	復元菱垣廻船「浪華丸」(大阪市)	江戸時代の海運で活躍した菱垣廻船の唯一忠実な実物大復元船
	4	金華山丸のブリッジ設置機関制御コンソール(株式会社商船三井)	機関自動化の先駆け金華山丸ブリッジ設置制御コンソール
	5	旧浦賀船渠株式会社のドック(住友重機械工業株式会社)	明治期(1899年建設)のユニークな煉瓦積みドック
	6	下関日第四港湾建設局船渠(下関市)	我が国残存の最古級(1914年建設)コンクリート製ドック
	7	東京大学船型試験水槽(東京大学)	我が国最古(1937年竣工)の大学船型試験水槽
	8	船舶搭載型航海性能計測コンテナ(横浜国立大学)	世界に先駆けたオール・イン・ワン型実船計測システム
	9	平賀謙文書(東京大学)	明治・大正・昭和に亘る40,000点に及び造船技術資料
第2回	10	氷川丸(日本郵船株式会社)	昭和初期の技術を今に伝える現存貨客船
	11	海王丸(公益財団法人伏木富山港・海王丸財団)	現存する最古の日本建造練習帆船
	12	徳島藩御召鯨船「千山丸」(徳島市立徳島城博物館)	江戸時代に建造された、現存する唯一の、大名の船
	13	コンクリート貨物船「第一武智丸」および「第二武智丸」(広島県西部建設事務所呉支所)	我が国初の自航式コンクリート貨物船
	14	川崎造船第1ドック(川崎重工業株式会社 神戸工場)	難工事を克服した、日本人技術者による神戸港初のドライドック
	15	大日本海志編纂資料(東京大学駒場図書館)	江戸・明治期の造船、海事に関する歴史的資料
	16	栗崎八幡神社の船絵馬(栗崎八幡神社(石川県金沢市))	舟才船の構造や航行の様態を精緻に描いた船絵馬の秀作
	17	練習船「霧島丸」の遭難碑(鹿児島大学水産学部)	練習船の革新を促した海難事故を今に伝える

深海の環境影響を評価するための乱流観測

国立研究開発法人海洋研究開発機構 地球環境部門 海洋生物環境影響研究センター ふるしま やすお
海洋環境影響評価研究グループ グループリーダー代理 古島 靖夫

1. はじめに

海底鉱物資源開発において、採鉱機を用いた掘削やそれら機器の移動は、海底に生息する生物の生息域や深海生態系に対して直接的に損傷

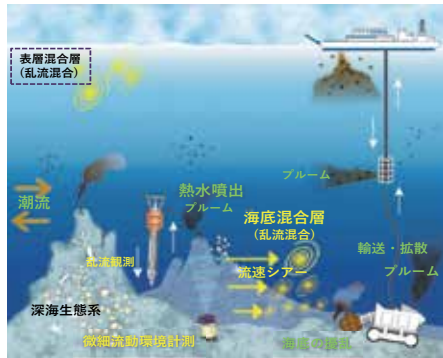


図1 海底近傍における濁質水の動態に関わる模式図

を与える環境影響の1つであることは想像がつくだろう(図1)。さらに、掘削時や揚鉱の過程で発生する濁質水(ブルーム)や懸濁粒子の輸送・拡散、再堆積もまた、開発域周辺の環境に対して負の影響を及ぼすことが懸念される環境要因である。国際海底機構 (ISA: International Seabed Authority) の環境調査指針では、再堆積を想定した調査手法が記述され、1990年代から実証試験が繰り返されてきたが、懸濁物質の再堆積の実測は容易ではなかった。

海底近傍におけるブルームの拡散、懸濁粒子の巻上や再堆積は、海底付近の平均的な流れはもちろん、その他に海底付近における鉛直混合(乱流)の強度や海底混合層の動態の影響も受けると考えられる。海底付近の平均流は、ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler: 超音波ドップラー多層流向流速計)等の流速計を用いることで概ね把握できる。しかしながら、これらの計測から海底付近の鉛直的な混合状態を把握するのは難しい。したがって、どこかの深さ・範囲で、どのくらいの強度で鉛直的な混合状態が発達しているのかを詳細に知るためには、海底近傍における鉛直混合の強さ、すなわち乱流強度を深海底において直接(現場)計測することが必要不可欠となる。これまで、海洋における乱流を計測する装置は多種開発されてきたが、表層から海底直上までの乱流を直接計測できる乱流計は、近年ようやくその技術が確立されたばかりである。これにより、乱流観測が活発に行われると同時に、海洋物理学の分野において未解明な課題が多く残されている深海乱流の素過程が明らかになることが期待されている。

一方、海底近傍における懸濁粒子の動態評価や予測は、海底鉱物資源開発を実施する上での環境影響評価に必要な不可欠な技術研究である。この評価では、開発前と開発後における環境回復や予測の結果が求められるため、物理モデルに基づく数値シミュレーションによる解析がその手法として有力であると考えられる。この数値シミュレーションに必要な動態予測モデルの開発に関する取組みは1980年代頃に国内・外で活発に進められ、1990年代に多くの成果が報告されている。しかしながら、懸濁粒子の動態(拡散、再堆積など)を支配する重要な素過程である海底近傍における乱流のモデル化には、鉛直渦拡散係数を固定値やRichardson数の関数で与えているなど改善すべき点が残されていた。したがって、深海乱流の直接計測の結

果は、上述した鉛直混合の効果を検証するための重要な基礎データとなる。

以上の背景のもと、我々は、海底鉱物資源開発におけるブルームの拡散や懸濁粒子の巻上・再堆積の動態評価・予測のための環境影響評価手法の技術開発を行い、技術プロトコルを構築することで実用化を目指している。そのために、①深海乱流の直接計測によるデータ収集と解析、②超高解像度モデルを用いた乱流場と懸濁粒子の動態解析、③領域モデルによる懸濁粒子の拡散評価・予測解析、の研究を進めている。ここでは、深海の環境影響を評価するための調査の一環として、乱流計(投下式乱流微細構造プロファイラー VMP-X)を用いて実施した深海乱流の直接計測の事例を紹介する。

2. 投下式乱流微細構造プロファイラー-VMP-X (乱流計)

投下式乱流微細構造プロファイラー VMP-X¹⁾は、データロガー部 (VMP-X、Rockland Scientific International Inc. (RSI) 社製、カナダ) と錘が内蔵された投下センサー部 (Micro-XM、JFE Advantech 社製、日本) から構成される(図2)。VMP-Xは、船上から自由落下させることで、海洋表層から海底直上までの乱流を計測することができる装置で、降下速度は0.6~0.8m/secである。投下センサー部には、シアセンサー(2個)、水温センサー(1個)、圧力センサー(1個)、振動センサー(2個)、圧力センサー(1個)が搭載されている。データロガー部と投下センサー部のデータ通信は、光ファイバーで行われる。VMP-Xは海底に到達(着底)した後、錘と本体を切り離す機能(バーンワイヤーシステム)が作動し、本体から投下センサー部が切り離され、1.0~1.2m/secの上昇速度で海面まで浮上する(図3)。また、バーンワイヤーシステムが作動しなかった場合を想定し、VMP-Xには、海水の電食を利用した切り離し機能(ガルバニックリンク)も搭載されており、確実に浮上する構造になっている¹⁾。VMP-Xは海面に到達すると、浮体上部に取り付けられたラ

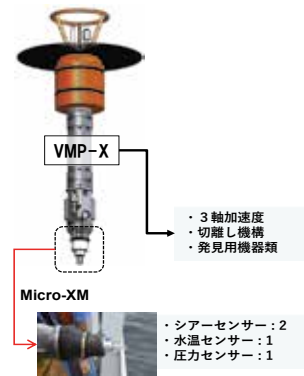


図2 投下式乱流微細構造プロファイラー (VMP-X: Expendable vertical microstructure profiler)

一方、海底近傍における懸濁粒子の動態評価や予測は、海底鉱物資源開発を実施する上での環境影響評価に必要な不可欠な技術研究である。この評価では、開発前と開発後における環境回復や予測の結果が求められるため、物理モデルに基づく数値シミュレーションによる解析がその手法として有力であると考えられる。この数値シミュレーションに必要な動態予測モデルの開発に関する取組みは1980年代頃に国内・外で活発に進められ、1990年代に多くの成果が報告されている。しかしながら、懸濁粒子の動態(拡散、再堆積など)を支配する重要な素過程である海底近傍における乱流のモデル化には、鉛直渦拡散係数を固定値やRichardson数の関数で与えているなど改善すべき点が残されていた。したがって、深海乱流の直接計測の結

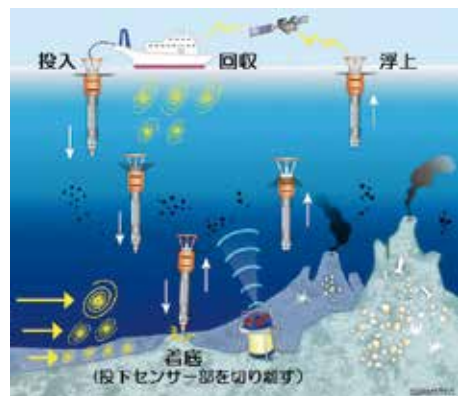


図3 VMP-Xによる深海乱流計測の模式図 (船上から投入し着底すると投下センサー部を切り離し浮上する)

ジオピーコン、LED 発光器、イリジウムビーコンが作動し浮上位置を知らせる。VMP-X の空中重量は約 50kg、水中重量は約 5kg で、水深 1,000m 程度の海域における観測時間は、投入から浮上まで 40 分程度を要する。

3. 深海乱流の直接計測結果の例

相模湾伊東沖と沖縄トラフ (伊平屋小海嶺) で得られた海洋表層から海底直上における乱流強度と水温の鉛直分布を図 4 (a)、(b) に示した。乱流強度は、VMP-X により計測された流速シアのデータから計算された乱流エネルギー散逸率 ϵ (W kg^{-1}) の値を用いた。

相模湾伊東沖 (図 4 (a)) では、海底直上から 20m 上層 (水深 1,040m) 付近において、非常に強い乱流が観測された (乱流強度: $\epsilon = 10^{-6}$ (W kg^{-1}))。この乱流強度の値は、海洋表層における混合層の混合レベルに匹敵する。この結果は、海底近傍においても表層と同程度の混合 (乱流) が発生することを示唆した。

一方、沖縄トラフの熱水噴出域 (伊平屋小海嶺) においても相模湾の結果と同様に、海底から 30m 上層 (水深 1,610 m) 付近に比較的強い乱流強度 ($\epsilon = 10^{-7}$ (W kg^{-1})) の分布が見られた (図 4 (b))。さらに、この乱流強度の分布と同期するように海底直上付近では水温が僅かに上昇する分布が見られた。この結果は、付近の海底に熱水噴出孔が存在することから、海底熱水の噴出に伴う鉛直混合の影響ではないかと推察された。しかしながら、乱流を引き起こす原因として、熱水噴出域を形成する急峻で複雑な海底地形や、熱水噴出の直接的な影響 (熱水負荷量) も今後は考慮する必要があると考えている。

一方、相模湾伊東沖の海底近傍で計測された強乱流の再現を試みるための流動シミュレーション実験も行ったが、現状のモデルではその現象を再現することは難しかった。なぜなら、海底付近の鉛直混合は、深海の潮汐流で大きく変動するため、ここで得られた単発の乱流強度のデータは、時間的な代表性が非常に小さいと考えられたからである。したがって、深海乱流強度の計測値の有用性を確保し、深海底近傍の鉛直混合 (乱流強度) の動態を把握するためには、潮汐周期に対応した複数回の乱流計測の実施と、それと同期した海底近傍における流れや水温・塩分、濁度といった物理環境データの計測が必要であると考えられた。

4. 深海乱流計測の必要性と課題

これまで直接計測が難しかった海底直上までの深海乱流の直接計測が、投下式乱流微細構造プロファイラー VMP-X を用いることで可能になった。これにより、深海底直上に存在する興味深い乱流の存在を捉えることが出来た (図 4)。この成果は、未解明な課題が多く残されている深海底近傍における鉛直混合の動態を把握するための基礎データになると考える。その一方で、深海底近傍における鉛直混合に関する数値シミュレーション結果に対しては、その妥当性を検証するための現場データが少ない、すなわち深海における観測データが決定的に不足しているとの指摘がある。深海乱流の計測技術は、先にも述べたように近年開発されたものであるため、今後、多くの観測が実施されることが期待される。ところが、VMP-X による乱流観測は、一般的な環境計測に比べると観測コストがやや高価で、多くの観測を実施するには予算的な問題が生じる。この問題を払拭 (軽減) するためには、これまで得られた深海乱流の実測データなどから懸濁粒子の拡散・再堆積の動態が明らかになるのか、さらには、数値シミュレーション (モデル解析) にどのように応用され、従来のモデルと比較してどのくらいの効果 (予測精度の向上) をもたらす可能性があるのかを明確にする必要があるだろう。そのため、深海乱流および環境の連続観測を実施し、潮流の変化、海底地形、海底混合層 (鉛直混合) の影響などとの関わりを明らかにする解析を進めている。

参考文献

- 1) Xiaodong S. et al. (2017), An Expendable Microstructure Profiler for Deep Ocean Measurements. J. of Atmospheric and Oceanic Technology, vol.34, 153-165.

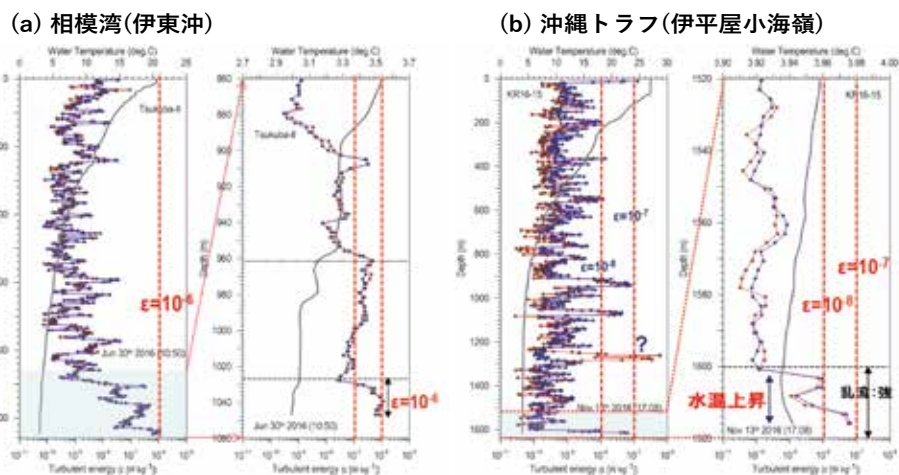


図4 相模湾と沖縄トラフにおける乱流強度 (ϵ : 乱流エネルギー散逸率) と水温の鉛直分布
 (a) 相模湾伊東沖の海底から20m上層付近では、表層混合層の混合レベルと同程度の乱流強度 ($\epsilon = 10^{-6} \text{Wkg}^{-1}$) が観測された
 (b) 沖縄トラフ (伊平屋小海嶺) では、海底付近に強い乱流 ($\epsilon = 10^{-7} \text{Wkg}^{-1}$) が観測され同時に僅かな水温上昇が見られた

編集室から

先日、船上から、北九州市沖の浮体式洋上風車を見学する機会に恵まれました。「ふね」に乗り込み、目的地まで移動する中、気持ちの良い風を肌で感じ、海上を往来する船や海からの風景を目にして、短い時間でしたが船旅を存分に楽しむことができました。船酔いや荒天等の心配もありますが、やっぱり「ふね」はいいものだなと実感しました。(貫)

Techno-Ocean News No.72 2019年10月発行 (年4回)

発行: テクノオーシャン・ネットワーク (TON)

〒650-0046 神戸市中央区港島中町6丁目9-1

(一財) 神戸観光局内

☎078-303-0029 ☎078-302-6475

URL: <http://www.techno-ocean.com>

e-mail: techno-ocean@kcva.or.jp