

漁業調査指導船「ほうじょう」について

西村 竜雄

Report of Fisheries Research Boat "Hojo"

Tatsuo NISHIMURA*

はしがき

神奈川県水産技術センター相模湾試験場（以下「相模湾試験場」という）は、神奈川県沿岸漁業の支援及び沿岸水域環境の保全に関する調査研究のため、漁業調査船「うしお」総トン数 19 トン（以下「うしお」という）に代わる新たな漁業調査指導船「ほうじょう」同 19 トン（以下「ほうじょう」という）を建造し、平成 27 年 3 月に竣工した（図 1, 2, 表 1）。

「ほうじょう」は、調査の状況に応じて選択できる 2 種類のウインチや各種の最新調査機器を搭載し、効率的かつ安全に沿岸漁業調査や海洋環境調査を実施するために建造された¹⁾。

以下に本船建造の背景、仕様及び搭載する調査機器、それらの活用状況の概要について紹介し、水産振興に資する調査船の機能のほか、効率的な調査方法や安全性向上のために追加された装備、ランニングコスト削減検証など、運用実態を明らかにしたいと考え、今後の調査船建造の参考になることを目的として報告する。



図 1 漁業調査指導船「ほうじょう」

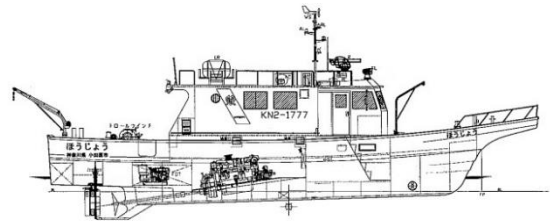


図 2 一般配置図

表 1 諸元表

1	船主	神奈川県水産技術センター相模湾試験場	14	発電機	20KVA×1 60Hz	24	喫水 m	0.585	0.610	
2	造船所	石黒造船株式会社	15	無線通信機	古野 27Mz DR-100 古野 40Mz DM-200	速力等	排水量 t	23.1		
3	漁船種類	漁業調査指導船	16	魚群探知機	古野 FQV1150		魚荷 kt	min ⁻¹		
4	乗組員	15名(船員3×旅客5×その他7)	17	風向風速計	古野 FW250		1/4	12.3	1184	
5	進水	平成27年2月18日	18	レーダー	古野 DRS6A		2/4	16.6	1492	
6	竣工	平成27年2月27日	19	DGPS	古野 GP33		3/4	20.3	1708	
7	総トン数 T	19	20	サテライトコンパス	古野 SC-50		4/4	22.7	1880	
	L×B m	15.60×4.42	21	デジタル水温計	村山 DS-2N		11/10	25.3	2050	
	D ₁ ×D ₂ m	1.50	22	オートパイロット	ユニカス DD-70R		状態	空荷	満載(出港)	
	L/B ₁ /D ₁ B/D ₁	3.53×10.40×2.95	23	リンクラダー	協進鉄工			df m	0.57	0.54
LBD ₁ T/LDB ₁	103.42,0.184	漁播装置	パウスラスター	高澤 TS-T-350PXD	da m			0.48	0.52	
8	魚籠 m ³		1.37	ワイヤウインチ	高澤 S220DAZ	dm m		0.53	0.58	
9	燃料タンク m ³	3.5	船尾ダビット	高澤 200KGF	Trim m	-0.09		0.08		
10	清水タンク m ³	0.85	船首デリック	高澤 150kg	△	18.6		23.3		
11	形式×台数	ヤンマー 6AYP-WGT×1 基	特殊装置	23	リンクラダー	協進鉄工		MTC mt	0.68	0.73
	kW	619		ワイヤウインチ	高澤 TST-350PXD	Midship G m		1.77	2.42	
	min ⁻¹	1880		キャブスター	高澤 KPSS1000D	Midship B m		2.10	2.16	
12	推進器	ナガシマ ミンワ	電動ウインチ	岩崎電機 TI-B型×2	KM m	4.02		3.59		
13	直径等 mm	4×1000×1280	空調装置	ダイキン S36RTEV-W3台	KG m	1.11	1.11			
	形式×台数	ヤンマー YMGN20B×1 基	救命筏	自動膨張式	GoM m	2.92	2.49			
挿機	kW	19.1	26	航行区域 沿海区域	KG/D m	0.74	0.74			
	min ⁻¹	1800	備考	最大搭載人員(漁ろろ・作業以外) 15名(船員3×旅客10×その他2)						

「ほうじょう」建造の背景と経緯

水産技術センター及び相模湾試験場は、平成3年度の「うしお」建造以降、同船を用いて、定置網の防災対策に精力的に取り組むとともに、漁場環境保全調査（東京湾・相模湾）、東京湾漁場環境総合調査、東京湾生物相モニタリング調査²⁾、東京湾マアナゴ資源調査、酒匂川濁水緊急対策調査などの各調査を実施してきた³⁾。平成24年度には船舶の一般的寿命に想定される20年⁴⁾を超過し、故障箇所が多くなったことから、調査研究に支障を及ぼした。

一方、平成17年、船舶からの海洋汚染などを防止する国際条約である海洋汚染防止条約（MARPOL条約）が発効され、日本においても船舶に搭載されるディーゼルエンジンの窒素酸化物（NOx）の排出規制（1次規制）が開始された。その後、平成22年には条約の一部が改正され、新たな排出規制（2次規制）が開始されることになった。2次規制はNOxの排出規定値を1次規制より約20%減らす厳しいもので、平成23年1月以降に建造される船舶に搭載するディーゼルエンジンは、2次規制に対応したエンジンが適用になった⁵⁾。

このような状況下、「うしお」の部品供給も乏しくなり、相模湾試験場は平成26年度に「うしお」の後継船を調達する予算を計上し、防衛省からの漁業用施設設置助成事業補助金により「ほうじょう」を建造することになった。

「ほうじょう」の概要

設計・建造の基本コンセプト

「ほうじょう」の建造に当たっては、設計を委託任せにせず、造船所や東京海洋大学工学部准教授などの外部有識者を含めた建造委員会を設置し、調査の実情にあった使いやすい船舶として、以下の点を基本コンセプトとして設計・建造が進められた。

- ・沿岸海域の海洋調査及び操業に関する指導を実施できる機能を確保する。
- ・操縦性、復元性、水密性及び耐久性を有した高い安全性を確保する。
- ・機動性、経済性を兼ね備えた20トン未満の1軸船とする。
- ・地球環境に優しい設計とエンジンを搭載する。

これらのコンセプトに基づいた実際の状況を「海洋調査のための機能」、「安全航行に関する装備」、「機動性・経済性に関する仕様」、「環境性能に関する仕様」として次に概説する。

海洋調査のための機能

「ほうじょう」は、小型船舶でありながら電動ウインチのほか、漁撈機械として2種類の油圧ウインチ（ワイヤウインチ・トロールウインチ）を搭載した。一つは船首右舷側に4mm×1,000mワイヤを巻いたワイヤウインチで（図3）、もう一つは船尾甲板中央に6mm×1,000mワイヤを巻いたトロールウインチである（図4）。ワイヤウインチは、深海部の採水やプランクトン採集調査等に使用し、トロールウインチは、採泥調査や底びき網調査等に使用している。このように、調査の目的や対象によって使い分け、多様な海洋調査に対応できる装備となっている⁶⁾。また、船首デリック、船尾ダビッドやエンドローラーを装備し、底びき網⁷⁾や観測ブイなどの重量物も引き揚げが可能である。



図3 ワイヤウインチ

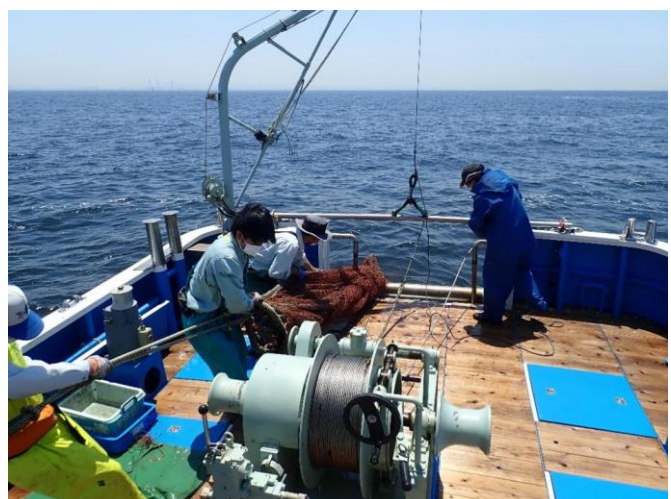


図4 トロールウインチ

漁場環境調査の底質調査で使用するスミスマッキンタイヤ式採泥器（以下「採泥器」という。）は、海底に着底する際、自重の衝撃でバケットが閉じ泥を採取する仕組みになっている。竣工後は「うしお」の採泥方法と同様に電動ウインチを用いていたが、巻上げスピードが

遅いうえ、使用する繊維ロープは水深の深い場所だと潮流の影響を受けて斜めになり、バケットが上手く閉じず、何度も作業を繰り返し長時間作業を余儀なくされていた。そこで、採泥を効率的に行うためには、油圧式のトロールウインチを用いれば、巻き揚げ速度が上がると同時に、繊維ロープより細いワイヤロープを使用することになり、潮流による影響が少なく、作業効率が良くなると思った（表2）。この組み合わせで適切に採泥が行えるか確認するため、採泥器上部のワイヤロープに小型カメラ（図5）を取付けて、「電動ウインチと繊維ロープ」、「トロールウインチとワイヤロープ」の組み合わせで採泥器が泥を採取する海底画像を検証した（図6）。その結果、ワイヤロープの方が垂直に降下し効率的に採泥できていることがわかり、採泥調査時の運用方法はトロールウインチを用いることとした。

電動ウインチとトロールウインチの採泥調査の効率性を確認するために、国府津養浜影響調査時の所要時間、調査人数、航行距離、使用燃料を比較検討した。なお、同調査地点は合計8か所、最大水深50m、1箇所で3回の採泥を行い合計24回実施した（図7）。

比較した結果、表3のとおり調査手法改善後は、調査人員を減じても所要時間は大幅に短縮されていたほか、航行距離、使用燃料のいずれも減少していた（表3）。

表2 電動ウインチとトロールウインチ性能表

電動ウインチ 株式会社岩崎電機工業製		トロールウインチ(油圧) 株式会社高澤製作所	
型番	ヤングローラーTI-B型	型番	高澤THW1060×1
電圧	24V	油圧モーター	ME350B
巻取速度	47m/min	巻取速度	60m/min
出力	750W	圧力	20Mpa
回転数	110RPM	回転数	66RPM
定格負荷	毎分42m110kg	減速比	1/3
瞬間最大負荷	750kg	巻取力	9.8KN



図5 採泥器上部へ取り付けられた小型カメラ

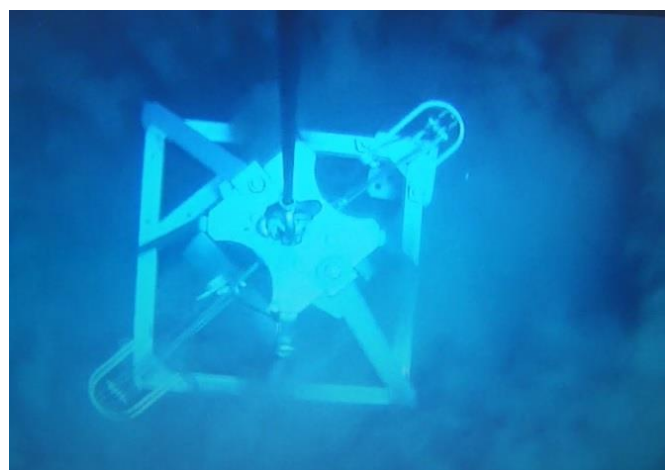


図6 トロールウインチとワイヤロープを使用した採泥器着底状況

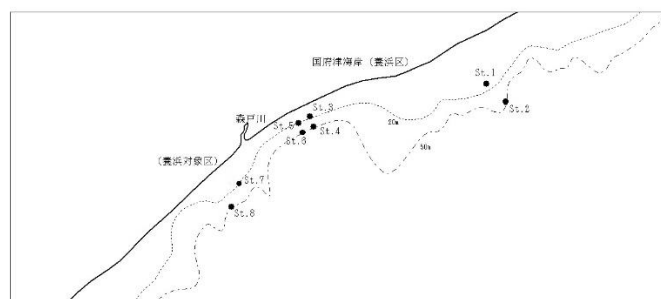


図7 国府津養浜調査箇所

表3 使用ウインチ別の養浜調査結果

使用ウインチ別の国府津養浜影響環境調査結果		
観測地点数8点（水深20m 4地点、水深50m 4地点）		
採泥方法：スミスマッキンタイヤ採泥器を使用した採泥を1地点3回		
調査年月日	平成27年9月16日	令和2年2月10日
調査人数	6人	5人
ウインチ使用状況	電動ウインチ	トロールウインチ
巻取速度	47m/min	60m/min
航行距離	15.3マイル	14.6マイル
調査所要時間	5時間40分	3時間30分
燃料使用量	100ℓ	70ℓ

以上のように、運用方法を見直すことで「ほうじょう」の海洋調査機能を最大限発揮できるようになった。

安全航行に関する装備

「ほうじょう」には、船長、機関員、甲板員の3名が船舶職員として配置されている。船舶交通が輻輳する海域では短時間で調査を完了させることが望ましく、調査によっては、トロールウインチとワイヤウインチを同時に操作する必要があり、操船者以外は各種作業に専念せ

ざるを得ない。このため、操船者は一人で様々な状況を監視する必要があり、その負担を軽減出来るように、レーダーやGPS、魚群探知機等の複数機器は、一元管理可能な「NavNet TZtouch」（古野電気製）が搭載されたほか、オートパイロット機能も備えた。また、後方と機関室にモニターを配置し、調査作業を可視化して安全性を向上させている。特に後方モニターについては、各種機器を吊り下げておこなう調査時に、ワイヤロープがプロペラに絡むことを避ける必要があり、後方作業の確認には有効である。

水産資源や漁場環境の調査を行うためには、対象生物や海底地形などに合せた適切な調査海域及び調査地点の設定が求められる。一方で、東京湾内の海域は船舶交通の輻輳が多く海上交通の制約も多いため、安全な航行や調査が求められている。底びき網調査等の操縦制限を伴う航行を安全に行うためには、自船の識別を他の船舶へ知らせる能力が効果的である。そこで、相模湾試験場は「ほうじょう」に簡易型船舶自動識別装置(AIS Class-B方式)を追加装備する有効性を検討し⁸⁾、漁船保険加入者に対する国の助成制度を活用して追加配備した。AIS Class-B方式は、目的地等の航行に関する情報を入力する手間もなく、電源を入れさえすれば常時自船の位置情報を発信するため、特別な操作は不要で、東京湾内での試験操業を負担なく安全に行える。装備後は、巨大船のエスコートボートや東京湾海上交通安全センターから無線呼び出しを度々受けるようになり、船舶の目的地や変針地点などの航行に関する情報を提供してくれるようになった。また、他の船舶や東京湾海上交通安全センターがレーダー画面と重複して「ほうじょう」の位置を確認できるため、衝突等の事故リスクは極めて軽減されている。このように、調査目的に合わせた調査地点設定と航行上の安全性との両立は必要不可欠であり、航行及び調査作業時の安全性に関する装備や機能は、事故防止対策として有効である。

その他、相模湾は午後から海風が吹き、風が強くなることもあるため、その対策として15m/sの定常風を横から受けても安全性が確保されるよう、C係数1.0以上の復元性基準を満たしている。水密基準や排水口面積基準、安全強度と言った各基準もクリアしており、操縦性、復元性、水密性、耐久性上の安全も合わせて確保されている。

機動性・経済性に関する仕様

機動性を高めるため、2段式舵やサイドスラスタを装備している。「うしお」にはサイドスラスタはなか

ったが、スパンカーが装備されていた。「ほうじょう」は船体軽量化の目的と、船尾甲板上の作業スペースを確保して、安全性と作業効率を高めるために、スパンカーは搭載されなかった。図4でもわかるように甲板上のスペースを広く確保することで、底びき網作業や採泥作業等が円滑におこなえるようになった。その他、空中ドローンの着船スペースも確保できている。

サイドスラスタの装備は、潮流と風向の軸が一致しない場合でも容易に船を一定位置に定位することを可能とした。一例として、右舷側を風上として透明度やCTD計測を行ったあと、サイドスラスタを用いて船尾を風上にすることで、精度良い定位で海底の泥を採取することが可能となった。他に、観測機器やプランクトンネットを深いところまで降下させる場合など、サイドスラスタを適宜使用して船首方位を保持することで、降下したワイヤロープの角度を小さくすることができた。これらのことは、作業時間の短縮や使用燃料の軽減にも繋がる利点である。

維持費削減を目的として、「ほうじょう」の艤装品は船用品カタログにある汎用品を多く使用している。また、搭載装備品に関しては、時代と共に海洋調査や試験操業の内容が変化することから、品目を厳選し建造時のコスト抑制を図っている。建造設計者への聞き取り調査により、サイドスラスタやエアコン、デリックなど、多くの装置に関しては、汎用品を用いて15%以上のコストを削減している。しかし、このデメリットとして、船に合わせた特注品ではないので、設置するための船側工事や加工を施す必要があった。

燃料消費量の軽減に着目すると、FRP構造内部に木材ではなくウレタン材を用いるなど、船体を軽量化して滑走時に上方向へ揚力を発生する設計で、巡航速度20knotを出せる滑走性の高い船型となっている。（「うしお」の巡航速度11knot）巡航速度が早くなったことで、調査項目を増やせるようになったほか、急な天候悪化にも安全に帰港することが可能となった。

「うしお」と「ほうじょう」の使用燃料を比較するため、それぞれの航海日誌から「稼働日」「運行時間」「航行距離」「消費燃料」などの運航データを全てエクセルに入力し、運航基礎統計資料を作成して分析をおこない、その結果を表4に示した。「ほうじょう」の1年間当たりの平均航行距離は、「うしお」に比べて約10%増加したのに対し、1日当たりの燃料使用量は約16%減少しており、燃料コストは大きく軽減していた（表4）。

このように、建造時経費の削減や、使用燃料の削減に

よる維持費削減は、限られた予算を有効に活用し、研究の進展に寄与することが可能である。

表4 「ほうじょう」と「うしお」の運航統計比較

船名	ほうじょう	うしお
統計年数	H27~R2	H7~H26
1年間の平均稼働日数(日)	141日	156日
1年間の平均航行距離(NM)	3,126NM	2,843NM
1年間の平均燃料使用量(ℓ)	17,718ℓ	23,464ℓ
1日当たりの平均燃料使用量(ℓ)	126ℓ	150ℓ

環境性能に関する仕様

「ほうじょう」の主機エンジンは、ヤンマー製ディーゼルエンジン 6AYP-WGT×1基(619kW)で、国際海事機構が定める環境高度2次規制に対応している。同機は「うしお」に搭載していた、三菱製ディーゼルエンジン S6Y-MTK×1基(700馬力)より129馬力増の性能を有し、エンジン1基でも最大船速25knot、巡航速度20knotを出せるため、沿岸調査活動をする性能は十分である。馬力は増加したが千鳥型2段式燃料噴射ノズルの構造により、燃焼効率が良く、使用燃料の抑制効果が大い⁹⁾。

「ほうじょう」の特色ある活用状況について

「ほうじょう」は、相模湾から東京内湾まで海域の水質や底質等の環境調査、生物採取調査など、その活用項目は多岐にわたっている。その中でも相模湾においては定置網漁業が盛んなことから、定置網敷設状況や台風の大規模化等による漁具被害の状況調査や、近年同湾で顕在化している磯焼け対策のための藻場調査は重要な業務となっている。これらの調査を進めるために、「ほうじょう」は複数の空中・水中ドローンを運用し、海上における機動力を高め、空中と海中での調査を可能とした¹⁰⁾、¹¹⁾。また、船橋内に40インチ型テレビモニターを壁掛け設置し、ドローン操縦者しか見られなかった小型画面を操縦者以外の研究員や乗組員が確認できるようにした。画面には、ドローンの飛行高度や位置、水深等の情報が映し出され、研究員等が操縦者に対して具体的な指示を出しやすいうように工夫された(図8)。また、操縦者の小型画面では確認できなかった定置網の損壊を、複数の者が大型画面で確認して発見するなど、必要な調査箇所への誘導が適確になり、効率的な調査が可能となった。

具体的な事例としては、平成29年の台風21号通過直

後、定置網敷設状況の空撮を行い、被災状況を把握し、漁業者への情報提供を実施して漁具の被害復旧作業支援を行った。また、藻場調査においては、令和元年から同2年にかけて、国立研究開発法人水産研究・教育機構水産工学所(現国立研究開発法人水産研究・教育機構水産技術研究所水産工学部)と共同で藻場調査手法の開発研究を行い、その成果は、水産庁「広域藻場モニタリング手引き」として取りまとめられた¹²⁾。平成30年6月には、相模湾試験場が開発の協力をしている株式会社 FullDepthの小型水中ドローンを「ほうじょう」から潜航させ、相模湾の深海983mの海底撮影に成功した¹³⁾。また、同社との水中ドローン調査では、海底障害物の発見や人工漁礁の現状確認¹⁴⁾などが可能であるため、水産業に活用できる水中ドローンの開発に寄与するための調査試験を実施している(図9)。

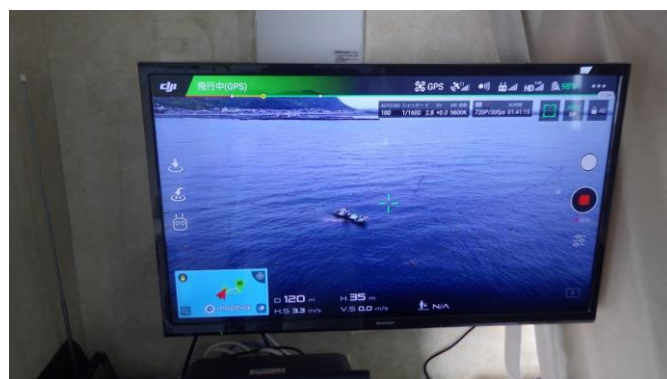


図8 空中ドローン操縦モニターのテレビ画面映像



図9 民間企業との水中ドローン試験の様子

おわりに

神奈川県は海岸線は総延長431km¹⁵⁾、全国第27位の長さで、水深1,000mを超える深海域を含め、その海域には多様な生物が豊富に存在している。しかし、海中の状況は陸上と違い十分に把握されていない。自然災害による漁場環境の急変や漁具の被災、磯焼けによる藻場の消

失など様々な課題が存在することから、最先端の調査機器を用いた調査を推進し、神奈川県の水産業が持続的に発展することが期待されている。

海洋調査を実施するには、調査に見合った多くの調査機器を効率的かつ効果的に用いる必要があることから、単に作業船を傭船すれば事足りると言うわけにはいかず、調査に必要な知識と技術を兼ね備えた研究員と船員、そして調査船の存在が必要不可欠である。

「ほうじょう」は、地球環境に優しく経済性も高いが、船体を軽くしているため、風浪にはどうしてもやや弱い。そのため、沖合での広範囲な活動には適しているとは言えず、沖合を展開する場合には、その海域に見合った調査船の活用が望ましい。

また、近年は地方自治体の財政難もあって、後継船建造が困難な傾向にある^{16, 17)}。新たな調査船を建造する際には、時代ニーズに対応した真に必要な船舶建造が求められており、搭載して使用する調査機器や漁撈装置なども慎重に検討を重ね、必要で使いやすいものを選択する必要がある¹⁸⁾。さらに、調査船はランニングコストも高額となるため、搭載する主機関や補機関、電気系統においても、燃料消費量などを考慮して、維持運営に支障を生じないように努めなければならない¹⁹⁾。

調査船の耐用年数が過ぎ、後継船を建造する時には、予算要求等に携わる者が次の世代へ様変わりしているため、代船建造に至る経緯²⁰⁾や船舶概要を残しておくのは非常に大きな意味がある^{21~23)}。調査船の活用で得られた成果や実績報告書^{24, 25)}なども次に繋がる貴重な基礎資料になり、理解を得ながら後継船建造が円滑に進めるために必須であると考えられる。

「ほうじょう」の耐用年数が経過し、後継船を建造する際には、本稿が少しでも有効に活用されることを切望している。また、「ほうじょう」はいつの時代においても、神奈川県沿岸域の水産工学調査を推進し、神奈川県水産業の振興を目指す船舶であると期待したい。

謝 辞

東京海洋大学木船弘康教授には本稿をまとめるきっかけを示していただいた。水産課石黒雄一水産振興担当課長、水産技術センター一色竜也栽培推進部長、同照井方舟船舶課長、同栽培推進部櫻井繁主任研究員には数々の有益な助言をいただいたことに感謝申し上げます。

引用文献

- 1) 神奈川県：海洋調査（海の環境調査），

- <https://www.pref.kanagawa.jp/docs/jx3/cnt/f533624/p952773.html>（2020.2.19 最終アクセス）
- 2) 田島良博・久保島康子（2013）：東京湾生物相モニタリング調査—2 マアナゴ(Conger myriaster)の餌生物の動向について，神奈川県水産技術センター研究報告，**6**，25-35.
- 3) 神奈川県(2011):調査船「うしお」のしごと,水産技術センター情報,148,1-4
- 4) 町田進・的場正明・吉成仁志・新村豊（2020）：船舶の寿命に関する基礎考察，日本造船学会秋季講演会，605-614.
- 5) 日本小型船舶機構：NO_x放出量確認，<http://jci.go.jp/jci/nox.html>（2021.9.24 最終アクセス）
- 6) 海洋水産エンジニアリング（2016）：ほうじょう，（一社）海洋水産エンジニアリング，126，10-11.
- 7) 神奈川県：東京湾生物相モニタリング調査，<https://www.pref.kanagawa.jp/docs/jx3/cnt/f533624/p210219.html>（2021.2.19 最終アクセス）
- 8) 松本浩文・古莊雅生・下岡尚捕・小野昌也（2014）：漁船搭載のA I S有効利用に関する考察，日本航海学会論文集，**130**，69-75.
- 9) 古東文哉・森一広・久保憲太郎・千田二郎・藤本元（2004）：高拡散型燃料噴射ノズル（千鳥噴射ノズル）における噴霧特性の基礎的解明，日本液体微粒化学会誌，**13(44)**，134-140.
- 10) 神奈川県：ドローン調査（空中ドローン・水中ドローン），<https://www.pref.kanagawa.jp/docs/jx3/cnt/f533624/p1192216.html>（2020.8.6 最終アクセス）
- 11) 神奈川県：ドローンと見守る定置網，<http://www.pref.kanagawa.jp/docs/jx3/cnt/f532586/index.html>（2017.11.24 最終アクセス）
- 12) 水産庁（2021）：広域藻場モニタリングの手引き，1-70.
- 13) FullDepth：ROV 相模湾深海調査 FullDepth2018 0604，<https://www.youtube.com/watch?v=2-MQg4JxDHU>（2018.6.20 最終アクセス）
- 14) 神奈川県：ドローンの様々な活用方法，https://www.pref.kanagawa.jp/docs/k8d/drone/uav_pr.html（2020.10.27 最終アクセス）
- 15) 環境省（2016）：都道府県別海岸延長，環境省環境統計集，3章，3.24.
- 16) 東京大学大気海洋研究所（2013）：淡青丸代船建造に向けての努力，東京大学大気海洋研究所 50 年史，4

章, 4-1-2.

17) (独) 石油天然ガス・金属鉱物資源機構 (2011) : 新海洋資源調査船の建造について, 801-822.

18) 胡夫祥・東海正・萩田隆一・林敏史 (2017) : 練習船神鷹丸IV世に装備された漁撈装置について, 水産工学, 54(2), 107-113.

19) 酒井久治・北野庸介 (2017) : 東京海洋大学練習船神鷹丸の機関部・電気部の概要, 水産工学, 54(1), 55-60.

20) 宮繁啓司 (2017) : 五代目土佐海援丸の代替船建造に当たって, 水産工学, 53(3), 171-172.

21) 矢吹英雄・倉持貴好 (1998) : 航海訓練所練習船「青雲丸」の概要, 日本造船学会誌, 826, 262-267.

22) 藤里宜丸 (2012) : 海洋資源調査船「白嶺」について, 日本船舶海洋工学会誌, 45, 20-24.

23) 酒井久治 (2017) : 東京海洋大学練習船神鷹丸の建造概要, 水産工学, 54(1), 35-40.

24) 島澤雅 (2010) : 試験調査船おやしお丸成果報告会, 北水試だより, 80, 29-34.

25) 飯田敏夫 (2016) : 帆船日本丸の建造背景と55年間の航跡について, 日本船舶海洋工学学会論文集, 22, 1-6.