

松浦市文化財調査報告書 第10集

松浦市鷹島海底遺跡

—平成27年度から令和元年度までの調査成果—

2020

長崎県松浦市教育委員会

松浦市文化財調査報告書 第10集

松浦市鷹島海底遺跡

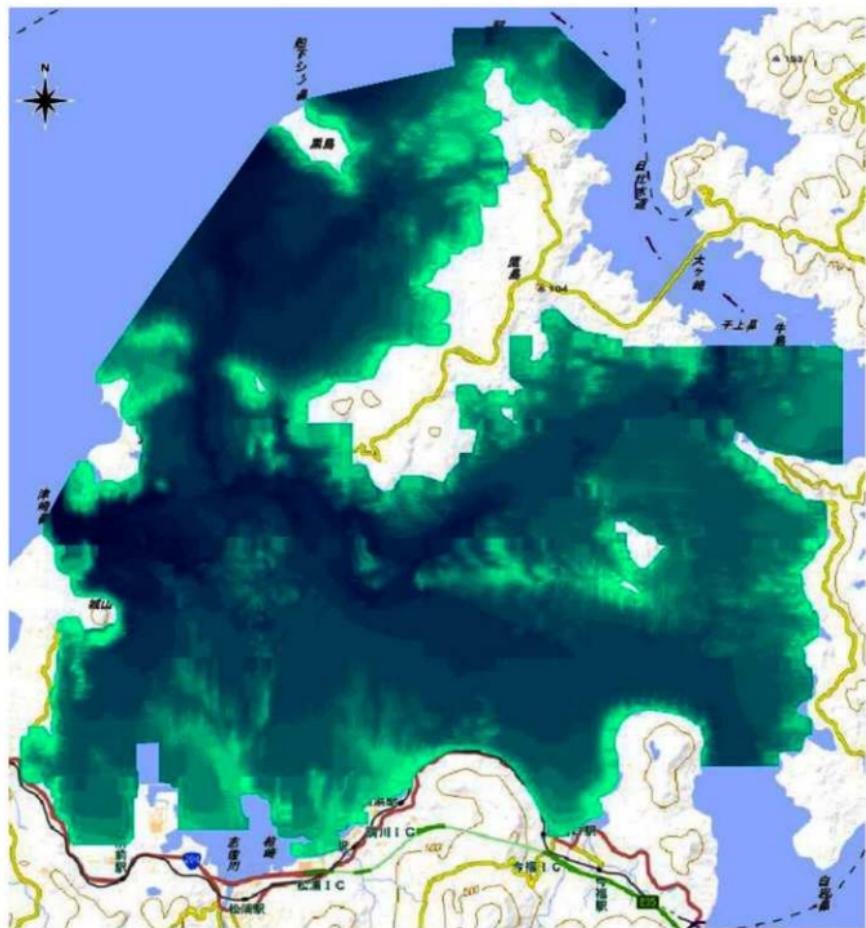


2020

長崎県松浦市教育委員会



鷹島2号沈没船俯瞰画像（撮影・編集：町村 剛）



伊万里湾海底地形図 1 / 90,000 (QGIS にて作成)

(陸域の地図は地理院地図を使用)

発刊にあたって

長崎県松浦市は、長崎県本土北部に位置し、伊万里湾を介して松浦市・北松浦郡福島町・同鷹島町の一市二町で、平成 18 年 1 月 1 日に合併しました。市の面積は 130.13 km²、人口は約 23,000 人です。

また、松浦市は、海を挟み朝鮮半島や中国をはじめとした東アジア地域にも近い位置にあることから、大陸との交流が盛んに行われ、中世に活躍した水軍「松浦党」の発祥の地でもあります。一方、報告を行う鷹島海底遺跡については、蒙古襲来（元寇）に関連する遺跡で、海底から武器・武具類をはじめとする多くの遺物が出土しています。

鷹島沖における最初の調査は、昭和 55 年まで遡ります。文部省科学研究費特定研究「古文化財に関する保存科学と人文・自然科学」の 1 つのテーマとして「水中遺構・遺物の探査並びに保存に関する研究」が 3 カ年実施されます。当時としては画期的であった音波探査や潜水調査が実施され、注目を集めました。その結果、鷹島南岸が鷹島海底遺跡として周知化されることとなります。その後も、地方港湾の床浪港や神崎港の改修工事に伴う緊急調査、科学研究費による調査や、鷹島町（当時）の分布調査などが行われ、それぞれ成果を上げています。

平成 23 年には、琉球大学の池田榮史教授を中心とした研究チームによって、水深 23m の海底から元寇船（鷹島 1 号沈没船）が確認されました。これを契機に、平成 24 年 3 月、鷹島海底遺跡の一部が水中に存在する遺跡としては我が国で初めて、「鷹島神崎遺跡」として国の史跡指定を受けました。平成 26 年 3 月には「国史跡鷹島海底遺跡保存管理計画」を策定し、遺跡の保存管理に努めているところです。

この度、平成 27 年度から 5 ヶ年間で実施した鷹島海底遺跡にかかる調査及び遺物の保存処理等について報告をする運びとなりました。なお、本報告書の作成にあたっては、琉球大学の池田榮史教授、松浦市鷹島海底遺跡調査指導委員会委員・同保存処理専門部会委員・同船舶専門部会委員をはじめ多くの関係者の方々のご協力により刊行することができましたことに対し、深く感謝を申し上げます。

折しも、令和 2 年（2020 年）は、昭和 55 年（1980 年）から始まった調査が、40 年目となる節目の年です。本報告書が水中遺跡を含む埋蔵文化財保護への理解と認識を深める一助となり、学術研究の資料として広く活用されることを願って発刊のご挨拶いたします。

令和 2 年 3 月 31 日
長崎県松浦市教育委員会
教育長 今 西 誠 司

例　言

1. 本書は、平成 27 年度から平成 31 年度（令和元年度）までの 5 年間にわたり、松浦市教育委員会が実施した鷹島海底遺跡及び鷹島島内元寇関連遺跡の調査報告書である。
2. 調査は各年度の文化庁国庫補助金及び県費補助金を受け実施し、本報告書は平成 31 年度（令和元年度）の補助金で作成した。
3. 本書に用いたレベル数値は絶対海拔高による。
4. 遺構・遺物の実測図の縮尺は不統一である。縮尺はそれぞれの挿図内に提示してある。
5. 日本山城跡、龍面庵の現況測量は株式会社大信技術開発に業務委託した。
6. 平成 27 年度の鷹島 2 号沈没船の調査は、琉球大学教授池田栄史氏が研究代表者である日本学術振興会科学研究費補助金基盤研究（S）『水中考古学手法による元寇沈船の調査と研究』と連携し、琉球大学の調査後に松浦市教育委員会が国庫補助および県費補助事業として実施した。
7. 平成 27 年度～平成 29 年度の音波探査および平成 30 年度の海底地形調査は株式会社ウインディーネットワークに業務委託した。
8. 平成 29 年度および平成 31 年度（令和元年度）の海底地形調査は株式会社アーク・ジオ・サポートに業務委託した。
9. 平成 30 年度に実施した発掘事前調査（環境調査）は国際航業株式会社に業務委託した。
10. それぞれの年度における潜水調査は國富株式会社に業務委託した。
11. 第VII章第 6 節「鷹島海底遺跡鷹島 2 号沈没船出土遺物土壤等分析」はパリノ・サーヴェイ株式会社に業務委託した。
12. 第X章に掲載した鷹島海底遺跡出土遺物の実測は株式会社大信技術開発に業務委託した。
13. 第X章の遺物の X 線 C T 調査では、九州国立博物館のご協力を得た。分析結果の画像の報告は九州国立博物館より承認を得て掲載した。
14. 調査及び報告書の執筆にあたり以下の方々に指導・助言・協力を頂いた。氏名を記して謝意を表します。

安達裕之（東京大学名誉教授） 池田栄史（琉球大学国際地域創造学部教授） 伊藤幸司（一般財団法人大阪市文化財協会保存科学室長） 今津節生（奈良大学文学部文化財学科教授） 折尾學 楠原京子（山口大学教育学部准教授） 片多雅樹（長崎県埋蔵文化財センター） 北野信彦（龍谷大学文学部歴史学科教授） 小泉恵英（九州国立博物館学芸部長） 高妻洋成（奈良文化財研究所埋蔵文化財センター センター長） 佐伯弘次（九州大学大学院人文科学研究院院長） 坂井秀弥（奈良大学文学部文化財学科教授） 滝野義幸 寺田正剛（長崎県埋蔵文化財センター調査課課長） 野上建紀（長崎大学多文化社会学部教授） 比佐陽一郎（福岡市埋蔵文化財センター） 町村剛

松井敏也（筑波大学大学院人間総合科学研究科教授） 宮武直人（長崎県教育庁学芸文化課）宮武正登（佐賀大学全学教育機構教授） 柳田明進（奈良文化財研究所埋蔵文化財センター） （五十音順、敬省略）

また、新松浦漁業協同組合（志水正司代表理事組合長）には調査船の手配などご協力いただいた。

15. 平野遺跡の発掘調査は内野義、合澤哲郎、鈴木美奈都が、日本山城跡の平成28年度調査は合澤が、平成29年度調査は早田晴樹が、龍面庵は早田が担当した。
16. 本書の執筆は早田（第I章・第III章・第IV章・第V章・第VII章・第IX章・第XII章）、内野（第I章・第VI章・第VIII章）、安木由美（第II章・第XI章）、合澤（第III章・第VI章・第VII章・第X章・第XI章）が担当した。平野遺跡出土遺物の写真撮影は合澤が行った。また、編集は早田が行った。
17. 第IV章第6節の「海底地形調査総括」は山口大学教育学部准教授樋原京子氏より、第V章第6節の「音波探査総括」は滝野義幸氏より、第VII章第1節～第5節の「鷹島2号沈没船の発掘調査」は琉球大学国際地域創造学部教授池田栄史氏より、第VIII章第4節の「鷹島1号船、2号船が埋没する海底の環境調査」は奈良文化財研究所埋蔵文化財センター柳田明進氏より玉稿いただいた。記して感謝申し上げます。
18. 本書に掲載した遺物や図面類等は松浦市立埋蔵文化財センター（松浦市鷹島町神崎免146番地）で収蔵・保管している。

本文目次

第Ⅰ章 調査の経過	1～8
1. 調査に至る経緯	1～2
2. 調査の組織	3～4
3. 調査の経過	5～8
第Ⅱ章 地理的・歴史的環境	9～14
1. 地理的環境	9
2. 歴史的環境	9～14
第Ⅲ章 鷹島島内の陸上調査	15～26
1. 調査の目的	15
2. 平野遺跡	15～17
3. 日本山城跡	18～22
4. 龍面庵	23～25
5. 小結	25
第Ⅳ章 海底地形調査	27～49
1. 調査の概要	27～29
2. 平成 29 年度の調査	29～34
3. 平成 30 年度の調査	34～42
4. 平成 31 年度（令和元年度）の調査	43～45
5. 小結	46
6. 海底地形調査総括	48～49
第Ⅴ章 音波探査	51～95
1. 調査の概要	51～53
2. 平成 27 年度の音波探査	53～61
3. 平成 28 年度の音波探査	61～74
4. 平成 29 年度の音波探査	74～81
5. 発掘（突き棒）調査地点の選定	81～86
6. 音波探査総括	87～95
第VI章 発掘（突き棒による貫入）調査	97～132
1. 調査の目的	97～99
2. 調査の方法	100～103
3. 調査の実施にあたっての調整	103
4. 調査結果	103～132

第VII章 鷹島2号沈没船の発掘調査	133～163
1. 調査の概要	133～136
2. 船体および遺物の検出状況	136～138
3. 船体に関する検討	138～143
4. 出土遺物に関する検討	143～144
5. 調査のまとめ	144
6. 鷹島海底遺跡鷹島2号沈没船出土遺物土壤等分析	147～163
第VIII章 鷹島1号・2号沈没船、一石型碇の現況確認調査	165～176
1. 発掘後の現地保存状況	165
2. 調査の概要	165～167
3. 埋め戻し方法の再考	167
4. 鷹島1号船、2号船が埋没する海底の環境調査	169～176
第IX章 発掘事前調査（環境調査）	177～265
1. 調査の目的	177
2. 調査の概要	177～182
3. 現地調査	182～192
4. データ整理・解析	193～210
5. 獣り拡散計算	211～245
6. 計算結果	246～259
7. 海底遺跡発掘調査による周辺施設への影響	259～264
8. 小結	265
第X章 鷹島海底遺跡出土鉄製品のX線CT調査について	267～298
第XI章 鷹島海底遺跡出土遺物の保存処理について	299～302
1. はじめに	299
2. 保存処理方法について	299～301
3. 今後の方針	302
第XII章 総括	303～305

挿 図 目 次

第1図 松浦市本土部及び福島町内の 主な遺跡分布図（1/150,000）	10
第2図 鷹島町内の遺跡分布図 （1/60,000）	12
第3図 平野遺跡位置図（1/20,000）	16
第4図 調査区設定図（1/1,500）	16
第5図 調査区土層図（1/40）	17
第6図 出土遺物（1/3）	17
第7図 日本山城跡位置図（1/20,000）	18
第8図 日本山城跡調査区位置図 （1/400）	19
第9図 日本山城跡現況測量図 （1/1,000）	20
第10図 T 2 南壁土層断面図（1/30）	21
第11図 T 1 石積み検出状況（1/40）	21
第12図 石積み立面図（1/40）	22
第13図 龍面庵位置図（1/20,000）	23
第14図 龍面庵調査区位置図（1/1,000）	24
第15図 T 1 北壁土層断面図（1/30）	25
第16図 平成 29 年度～令和元年度 海底地形調査区域図	28
第17図 平成 29 年度地形調査区域図	29
第18図 平成 29 年度海底地形図	31
第19図 鷹島西岸～魚固島海底地形図	32
第20図 魚固島～青島東岸海底地形図	32
第21図 青島南方海底地形図	33
第22図 平成 29 年度海底地形調査航跡図 （1/45,000）	33
第23図 平成 29 年度海底地形調査反射強度図 （1/45,000）	34
第24図 平成 30 年度第 1 回地形調査区域図	35
第25図 平成 30 年度第 2 回地形調査区域図	35
第26図 平成 30 年度第 2 回地形調査区域図	36
第27図 平成 30 年度第 1 回調査海底地形図	37
第28図 平成 30 年度第 1 回海底地形調査航跡図 （1/45,000）	38
第29図 平成 30 年度第 1 回海底地形調査反射強度図 （1/45,000）	38
第30図 平成 30 年度第 2 回調査海底地形図	39
第31図 平成 30 年度第 2 回海底地形調査航跡図 （1/45,000）	40
第32図 平成 30 年度第 2 回海底地形調査反射強度図 （1/45,000）	40
第33図 平成 30 年度第 3 回調査海底地形図	41
第34図 平成 30 年度第 3 回海底地形調査航跡図 （1/45,000）	42
第35図 平成 30 年度第 3 回海底地形調査反射強度図 （1/45,000）	42
第36図 令和元年度調査区域図	43
第37図 令和元年度調査海底地形図	44
第38図 令和元年度海底地形調査航跡図 （1/25,000）	45
第39図 令和元年度海底地形調査反射強度図 （1/25,000）	45
第40図 伊万里湾・鷹島西岸及び北岸海底地形図	47
第41図 音波探査調査範囲図（1/50,000）	52
第42図 平成 27 年度音波探査実施区域図	53
第43図 平成 27 年度音波探査航跡図 （1/8,000）	55
第44図 平成 27 年度異常反射体位置図 （1/8,000）	56
第45図 平成 27 年度異常反射体一覧①	57
第46図 平成 27 年度異常反射体一覧②	58
第47図 平成 27 年度異常反射体一覧③	59

第48図	平成 27 年度異常反射体一覧①	60	第69図	平成 27 年度異常反射体一覧④	81
第49図	平成 27 年度異常反射体一覧⑤	61	第70図	県音波探査No.8反射体	83
第50図	平成 28 年度音波探査実施区域図	61	第71図	県音波探査No.17反射体	83
第51図	平成 28 年度音波探査神崎免地先航跡図 (1 / 8,000)	63	第72図	県音波探査No.91反射体	84
第52図	平成 28 年度音波探査 原免地先航跡図 (1 / 8,000)	64	第73図	県音波探査No.53反射体	84
第53図	平成 28 年度神崎免地先異常反射体位置図 (1 / 8,000)	65	第74図	県音波探査No.5反射体	85
第54図	平成 28 年度原免地先異常反射体位置図 (1 / 8,000)	66	第75図	県音波探査No.18反射体	85
第55図	平成 28 年度異常反射体一覧① (神崎免地先)	67	第76図	県音波探査No.32反射体	85
第56図	平成 28 年度異常反射体一覧② (神崎免地先)	68	第77図	県音波探査No.33反射体	85
第57図	平成 28 年度異常反射体一覧③ (神崎免地先)	69	第78図	県音波探査No.39反射体	86
第58図	平成 28 年度異常反射体一覧④ (神崎免地先)	70	第79図	県音波探査No.48反射体	86
第59図	平成 28 年度異常反射体一覧⑤ (原免地先)	71	第80図	2号沈没船の探査記録（上）とナロー マルチビームを用いた海底微地形調査 による発掘状況図（下）	90
第60図	平成 28 年度異常反射体一覧⑥ (原免地先)	72	第81図	元寇船の埋積モデル	91
第61図	平成 28 年度異常反射体一覧⑦ (原免地先)	73	第82図	2号船周辺に見られる元寇面	92
第62図	平成 28 年度異常反射体一覧⑧ (原免地先)	74	第83図	C-2 '反射体と元寇面の記録'	93
第63図	平成 29 年度音波探査実施区域図	74	第84図	平成 28 年度突き棒調査箇所位置図	98
第64図	平成 29 年度音波探査航跡図 (1 / 8,000)	76	第85図	平成 29 年度突き棒調査箇所位置図	98
第65図	平成 29 年度異常反射体位置図	77	第86図	平成 30 年度突き棒調査箇所位置図①	99
第66図	平成 29 年度異常反射体一覧①	78	第87図	平成 30 年度突き棒調査箇所位置図②	99
第67図	平成 29 年度異常反射体一覧②	79	第88図	突き棒調査作業要領図	102
第68図	平成 29 年度異常反射体一覧③	80	第89図	平成 26 年度音波探査海域区分図	134
			第90図	C海域の音波探査反応分布と鷹島 2号沈没船 (C-2) の位置	134
			第91図	鷹島 2号沈没船実測図（1 / 80）	141
			第92図	鷹島 2号沈没船引揚げ遺物 (天目碗、白磁碗)	145
			第93図	鷹島 2号沈没船引揚げ遺物 (褐釉壺、錫製簡型製品)	146
			第94図	暦年較正結果	148
			第95図	花粉化石群集の層位分布	150
			第96図	粒径加積曲線	159
			第97図	花粉化石	161

第98図 種実遺体	162	第111図 水質調査結果 (水質調査地点2：鷹島1号沈船)	184
第99図 木材・石炭	162	第112図 水質調査結果 (水質調査地点3：鷹島2号沈船)	185
第100図 出土貝類	163	第113図 潜水士による疑似的発掘行動	186
第101図 鷹島1号沈没船埋め戻し状況	165	第114図 疑似的発掘行動における 濁度の時間変化	186
第102図 鷹島2号沈没船埋め戻し状況	165	第115図 流速時系列(潮流調査地点1 上層)	187
第103図 現況確認(モニタリング)調査 実施箇所	166	第116図 流速時系列(潮流調査地点1 下層)	188
第104図 鷹島1号沈没船鋼網再設置状況	166	第117図 流速時系列(潮流調査地点2 上層)	189
第105図 温度およびDOの測定地点の模式図	172	第118図 流速時系列(潮流調査地点2 下層)	190
第106図 鷹島1号船地点、鷹島2号船地点の 温度およびDO濃度	172	第119図 流速時系列(潮流調査地点3 上層)	191
第107図 鷹島1号船地点、鷹島2号船地点の 24時間平均温度およびDO濃度	173	第120図 流速時系列(潮流調査地点3 下層)	192
第108図 鷹島1号船地点、鷹島2号船地点の平均、 最高、最低の温度およびDO濃度	173	第121図 SSと濁度の関係	194
第109図 2016年の月平均温度、DO濃度、 DO飽和度の推移	174	第122図 粒径加積曲線	195
第110図 鷹島1号船地点、鷹島2号船地点での温度、 DO濃度散布図	174	第123図 スカラー平均とベクトル平均	196
第111図 鷹島1号船、および鷹島2号船地点の 2016年7月～9月の低層海水温度および DOの変化	175	第124図 流向別流速頻度(潮流調査地点1)	197
第112図 鷹島1号船、および鷹島2号船地点の ORPおよびpH(a:ORP, b:pH)	175	第125図 流向別流速頻度(潮流調査地点2)	198
第113図 調査範囲及び調査地点	178	第126図 流向別流速頻度(潮流調査地点3)	199
第114図 GNSSによる測位概念	179	第127図 各調査地点の流向別流速頻度と地形の関係	200
第115図 潮流調査係留方法	179	第128図 流況と分潮成分や平均流の関係	202
第116図 時系列図の例	180	第129図 潮流楕円	206
第117図 漪り予測拡散計算の手順	181	第130図 主要4分潮の潮流楕円 (潮流調査地点1 上層)	207
第118図 漪り影響シミュレーション計算範囲	182	第131図 主要4分潮の潮流楕円 (潮流調査地点1 下層)	207
第119図 調査日周辺の潮位(仮屋)、降水量 ・気温(アメダス：平戸)	183	第132図 主要4分潮の潮流楕円 (潮流調査地点2 上層)	208
第120図 水質調査結果 (水質調査地点1：一石型木製柵)	184	第133図 主要4分潮の潮流楕円 (潮流調査地点2 下層)	208
		第134図 主要4分潮の潮流楕円 (潮流調査地点3 上層)	209
		第135図 主要4分潮の潮流楕円 (潮流調査地点3 下層)	209

第16図 M ₂ 分潮潮流指円の分布	210	第66図 流況再現結果（低潮前1時間：表層）	
第17図 黒津浦および神崎沖における底質の 粒度組成と平均粒度	211		224
第18図 海底地形図	212	第67図 流況再現結果（低潮前1時間：中層）	
第19図 漪り影響予測手順	213		224
第20図 計算範囲	213	第68図 流況再現結果（低潮前1時間：底層）	
第21図 漪り拡散シミュレーションで 用いた海底地形	216		225
第22図 境界条件	217	第69図 流況再現結果（低潮時：表層）	
第23図 流況再現結果（高潮後1時間：表層）	218		225
第24図 流況再現結果（高潮後1時間：中層）	218	第70図 流況再現結果（低潮時：中層）	
第25図 流況再現結果（高潮後1時間：底層）	219		226
第26図 流況再現結果（高潮後2時間：表層）	219	第71図 流況再現結果（低潮後1時間：表層）	
第27図 流況再現結果（高潮後2時間：中層）	220		227
第28図 流況再現結果（高潮後2時間：底層）	220	第72図 流況再現結果（低潮後1時間：中層）	
第29図 流況再現結果（高潮後3時間：表層）	221		227
第30図 流況再現結果（高潮後3時間：中層）	221	第73図 流況再現結果（低潮後2時間：表層）	
第31図 流況再現結果（高潮後3時間：底層）	222		228
第32図 流況再現結果（低潮前2時間：表層）	222	第74図 流況再現結果（低潮後2時間：中層）	
第33図 流況再現結果（低潮前2時間：中層）	223		229
第34図 流況再現結果（低潮前2時間：底層）	223	第75図 流況再現結果（低潮後2時間：底層）	
		第76図 流況再現結果（低潮後3時間：表層）	
			229
		第77図 流況再現結果（低潮後3時間：中層）	
			230
		第78図 流況再現結果（低潮後3時間：底層）	
			231
		第79図 流況再現結果（高潮前2時間：表層）	
			231
		第80図 流況再現結果（高潮前2時間：中層）	
			232

第30図 流況再現結果（高潮前2時間：底層）	232	第30図 漪り拡散分布（ケース2：鷹島2号沈船）	250
第31図 流況再現結果（高潮前1時間：表層）	233	第31図 漪り拡散分布（ケース3：一石型木製桟）	251
第32図 流況再現結果（高潮前1時間：中層）	233	第32図 漪り拡散分布（ケース3：鷹島1号沈船）	252
第33図 流況再現結果（高潮前1時間：底層）	234	第33図 漪り拡散分布（ケース3：鷹島2号沈船）	252
第34図 流況再現結果（高潮時：表層）	234	第34図 漪り拡散分布（ケース4：一石型木製桟）	253
第35図 流況再現結果（高潮時：中層）	235	第35図 漪り拡散分布（ケース4：鷹島1号沈船）	254
第36図 流況再現結果（高潮時：底層）	235	第36図 漪り拡散分布（ケース4：鷹島2号沈船）	254
第37図 潮流摺円	236	第37図 漪り拡散分布（ケース5：一石型木製桟）	255
第38図 負荷投入点	238	第38図 漪り拡散分布（ケース5：鷹島1号沈船）	255
第39図 水中ドレッジによる発掘状況	239	第39図 漪り拡散分布（ケース5：鷹島2号沈船）	256
第40図 漪り負荷量算定プロ	240	第40図 漪り拡散分布（ケース6：一石型木製桟）	257
第41図 粒子径と汚濁限界流速の関係	242	第41図 漪り拡散分布（ケース6：鷹島1号沈船）	258
第42図 粒径加積曲線	243	第42図 漪り拡散分布（ケース6：鷹島2号沈船）	258
第43図 鷹島2号沈船実測図	244	第43図 潮流調査地点2におけるSS時系列変化	260
第44図 汚濁限界粒子径（=0.045mm）以下の 粒子の粒径加積曲線	245	第44図 義殖生質	261
第45図 漪り拡散分布（ケース1：一石型木製桟）	247	第45図 主要養殖種別の養殖方法	261
第46図 漪り拡散分布（ケース1：鷹島1号沈船）	248	第46図 粒子拡散分布（沈降速度=0、一石型木製桟）	263
第47図 漪り拡散分布（ケース1：鷹島2号沈船）	248	第47図 粒子拡散分布（沈降速度=0、鷹島1号沈船）	264
第48図 漪り拡散分布（ケース2：一石型木製桟）	249		
第49図 漪り拡散分布（ケース2：鷹島1号沈船）	250		

第20図 粒子拡散分布		第27図 鷹島海底遺跡出土鉄製品実測図	
(沈降速度 = 0、鷹島2号沈船)	264	・X線画像⑦(1/3)	286
第21図 鷹島海底遺跡出土鉄製品実測図			
・X線画像①(1/3)	268		
第22図 鷹島海底遺跡出土鉄製品実測図		・X線画像②(3・7は1/3、6は1/5) ..	269
・X線画像③(8は1/4、9・10は1/3) ..	271		
第23図 鷹島海底遺跡出土鉄製品実測図		・X線画像④(11・12は1/3、13は1/4) ..	272
・X線画像⑤(1/3)	273		
第24図 鷹島海底遺跡出土鉄製品実測図		・X線画像⑥(1/3)	274
・X線画像⑦(1/3)	275		
第25図 鷹島海底遺跡出土鉄製品実測図		・X線画像⑧(1/3)	276
・X線画像⑨(1/3)	277		
第26図 鷹島海底遺跡出土鉄製品実測図		・X線画像⑩(1/3)	278
・X線画像⑪(1/3)	279		
第27図 鷹島海底遺跡出土鉄製品実測図		・X線画像⑫(1/3)	280
・X線画像⑬(1/3)	281		
第28図 鷹島海底遺跡出土鉄製品実測図		・X線画像⑭(1/3)	282
・X線画像⑮(1/3)	283		
第29図 鷹島海底遺跡出土鉄製品実測図		・X線画像⑯(1/3)	284
・X線画像⑰(1/3)	285		

表 目 次

表 1 松浦市本土部及び福島町内の 主な遺跡一覧表	10
表 2 鷹島島内の遺跡一覧表	13
表 3 平野遺跡出土遺物観察表	26
表 4 平成 28 年度発掘調査（突き棒調査）結果①	104
表 5 平成 28 年度発掘調査（突き棒調査）結果②	105
表 6 平成 28 年度発掘調査（突き棒調査）結果③	106
表 7 平成 28 年度発掘調査（突き棒調査）結果④	107
表 8 平成 28 年度発掘調査（突き棒調査）結果⑤	108
表 9 平成 28 年度発掘調査（突き棒調査）結果⑥	109
表 10 平成 28 年度発掘調査（突き棒調査）結果⑦	110
表 11 平成 29 年度発掘調査（突き棒調査）結果①	111
表 12 平成 29 年度発掘調査（突き棒調査）結果②	112
表 13 平成 29 年度発掘調査（突き棒調査）結果③	113
表 14 平成 29 年度発掘調査（突き棒調査）結果④	114
表 15 平成 29 年度発掘調査（突き棒調査）結果⑤	115
表 16 平成 29 年度発掘調査（突き棒調査）結果⑥	116
表 17 平成 29 年度発掘調査（突き棒調査）結果⑦	117
表 18 平成 29 年度発掘調査（突き棒調査）結果⑧	118
表 19 平成 29 年度発掘調査（突き棒調査）結果⑨	119
表 20 平成 29 年度発掘調査（突き棒調査）結果⑩	120
表 21 平成 29 年度発掘調査（突き棒調査）結果⑪	121
表 22 平成 29 年度発掘調査（突き棒調査）結果⑫	122
表 23 平成 30 年度発掘調査（突き棒調査）結果①	123
表 24 平成 30 年度発掘調査（突き棒調査）結果②	124
表 25 平成 30 年度発掘調査（突き棒調査）結果③	125
表 26 平成 30 年度発掘調査（突き棒調査）結果④	126
表 27 平成 30 年度発掘調査（突き棒調査）結果⑤	127
表 28 平成 30 年度発掘調査（突き棒調査）結果⑥	128
表 29 平成 30 年度発掘調査（突き棒調査）結果⑦	129
表 30 平成 30 年度発掘調査（突き棒調査）結果⑧	130
表 31 平成 30 年度発掘調査（突き棒調査）結果⑨	131

表 32 平成 30 年度発掘調査（突き棒調査）結果⑩	132	表 62 批散係数	237
表 33 放射線炭素年代測定結果	148	表 63 船直方向の批散係数	238
表 34 花粉分析結果	150	表 64 沈降速度	245
表 35 樹種同定結果	153	表 65 漪り拡散予測の計算ケース	246
表 36 貝類検出分類群の一覧	155	表 66 水産用水基準	246
表 37 大型貝類同定結果	156	表 67 漪り拡散計算ケース	259
表 38 微細貝類同定結果	156	表 68 水質環境（SS）による水生生物への影響	260
表 39 粒度組成	158	表 69 トラフグの年齢と養殖生薬の深さ	261
表 40 現況確認（モニタリング）調査の実施状況	168	表 70 計算条件	262
表 41 水質分析内訳	180	表 71 鷹島海底遭跡出土鉄製品 X 線調査結果一覧表	288
表 42 数値モデルの計算条件	181	表 72 平成25年度～令和元年度木製品複合製品 保存処理実績	300
表 43 現地調査日	183	表 73 平成 25 年度～令和元年度鉄製品 保存処理実績	301
表 44 調査日周辺の天候（アメダス：平戸）	183	表 74 平成 25 年度～令和元年度銅製品 保存処理実績	302
表 45 水質試料分析結果	193		
表 46 疑似的発掘行動時における採水試料分析結果	193		
表 47 粒度分析結果	194		
表 48 潮流調査結果（潮流調査地点 1）	197		
表 49 潮流調査結果（潮流調査地点 2）	198		
表 50 潮流調査結果（潮流調査地点 3）	199		
表 51 調和定数の諸元	200		
表 52 各潮流調査地点における主要 4 分潮の 潮流振幅	202		
表 53 調和定数表（潮流調査地点 1 上層）	203		
表 54 調和定数表（潮流調査地点 1 下層）	203		
表 55 調和定数表（潮流調査地点 2 上層）	204		
表 56 調和定数表（潮流調査地点 2 下層）	204		
表 57 調和定数表（潮流調査地点 3 上層）	205		
表 58 調和定数表（潮流調査地点 3 下層）	205		
表 59 2010 年～2017 年の平戸における最頻風向	216		
表 60 潮汐調和定数	216		
表 61 最大流速一覧	237		

卷頭図版

廣島 2 号沈没船俯瞰画像

伊万里湾海底地形図（1 /90,000）

図版目次

- | | |
|--------------------------|---------------------------|
| 図版 1 平野遺跡 T 4 完掘状況（西側から） | 図版 5 突き棒調査ターゲット設置状況 |
| 平野遺跡 T 4 東壁土層断面 | ターゲット計測状況 |
| 平野遺跡 T 6 完掘状況 | ダイバー潜降（フーカー式潜水） |
| 平野遺跡出土遺物 | 平成 28 年度突き棒調査実施状況① |
| 日本山城跡 T 1 石積み検出状況（東側から） | 平成 28 年度突き棒調査実施状況② |
| 日本山城跡 T 1 南側石積み検出状況 | 平成 28 年度 KZ 6 シンカー確認状況 |
| 図版 2 日本山城跡 T 1 北側石積み検出状況 | 図版 6 平成 29 年度突き棒調査実施状況① |
| 日本山城跡 T 2 完掘状況（東側から） | 平成 29 年度突き棒調査実施状況② |
| 日本山城跡 T 2 南壁土層断面 | 平成 29 年度突き棒調査グリッド設置状況 |
| 龍面庵 T 1 完掘状況（東側から） | 平成 29 年度 ミーティング風景 |
| 龍面庵 T 1 北壁土層断面 | 平成 30 年度突き棒調査実施状況 |
| 龍面庵 T 3 完掘状況（北側から） | 平成 30 年度突き棒調査箇所②表層石 |
| 図版 3 マルチビーム測深器収装状況 | 図版 7 2 号沈没船船首部分（左舷側から） |
| 形象物（測量旗） | 2 号沈没船船首部分（正面から） |
| 海底地形計測状況 | 2 号沈没船左舷外板材及びパラスト材 |
| 操船状況 | 2 号沈没船錫製筒型製品出土状況 |
| 鷹島西岸定置網設置状況 | 平成 27 年度現況確認調査（1 号沈没船） |
| 鷹島西岸養殖生簀設置状況 | 平成 28 年度現況確認調査（1 号沈没船、触手） |
| 図版 4 音波探査ソナーヘッド収装状況 | |
| 音波探査調査状況① | |
| 音波探査調査状況② | |
| 音波探査調査状況③ | |
| 音波探査操船状況 | |

第Ⅰ章 調査の経過

1. 調査に至る経緯

長崎県本土北部、伊万里湾に浮かぶ鷹島には、「蒙古襲来」に関する遺跡である鷹島海底遺跡及び国史跡「鷹島神崎遺跡」がある。「鷹島神崎遺跡」は、これまでの発掘調査によって、海底に元軍の沈没船が遺存し、また積載品の内容から武器をはじめとする各種道具の実態が判明する等、従来、文献・絵画によってしか知られなかった蒙古襲来という日本史上重大な事件を理解する上で欠くことのできない、きわめて重要な遺跡である。蒙古襲来(文永・弘安の役)は、文永2年(1274)・弘安4年(1281)の二度にわたり元軍が日本に來襲し、鎌倉幕府瓦解の遠因となるなど、我が國の中世の政治・社会に多大な影響を与えた、日本史上著名な事件である。

鷹島は、『蒙古襲来絵詞』、『八幡愚童訓』等にその名が見え、鷹島沖は弘安の役の際に、元軍の船団が暴風雨により沈没した地点として伝えられており、史実を裏付けるように島の南岸では、古くから地元の漁師によって壺瓶や刀剣、碇石などの関連遺物が海底から引き揚げられていた。

鷹島沖における最初の発掘調査は、昭和55年度から3カ年にわたり、文部省科学研究費特定研究「古文化財に関する保存科学と人文・自然科学」(研究代表 江上波夫 古代オリエント博物館長)の一環として行われた。鷹島南岸の沖合における調査の結果、床浪港と神崎港周辺において、鎌倉時代の陶磁器等が出土した。また、この発掘調査と同時に行われた地元住民が保管する探集品の調査によって、元の公用文字であるباسバ文字で書かれた「管軍總把印」が神崎港で採集されていたことも判明した。この調査成果に基づき、昭和56年7月には、鷹島の南岸東の千上鼻から西の雷岬までの約7.5km、汀線から沖合約200mまでの範囲、約150万m²の海域が蒙古襲来に関係する遺物を包蔵する「鷹島海底遺跡」として周知されることになった。

平成元年度以降は旧鷹島町教育委員会により、神崎港の沖合における遺跡の範囲を確認するための発掘調査等が継続的に実施され、遺物の分布範囲や埋没状況が明らかとなった。平成6年度の調査では、4つの木製碇石がいずれも当時のまま、海底に投錨した状態で発見され、神崎港の沖合に船舶が停泊していたことが判明した。出土した遺物には、褐釉陶器、青磁碗、漆製品、矢束や刀剣、甲冑などの武器・武具類、碇石や船体の一部である木材などがある。陶磁器類の年代は、いずれも13世紀後半であり、元軍が出航した中国江南地方で作られた粗製品が大半を占める。また、『蒙古襲来絵詞』に描かれた「てつはう」と考えられる球状土製品が複数出土するとともに、武器・武具類も『蒙古襲来絵詞』に描かれている元軍の装備と類似しており、これらの遺物が弘安の役で沈没した元軍の船の積載品であることが確実となった。

平成23年10月に琉球大学池田榮史氏を中心とした日本学術振興会科学研究費補助金による調査で、元の軍船の構造がわかる竜骨と外板が残る船底が発見され、「元寇の島」鷹島は再び大きな注目をあびるところとなった(この沈船を「鷹島1号沈没船」と呼ぶ)。平成24年3月27日には、これまで

の調査・研究の成果から鷹島海底遺跡の一部である鷹島南岸東部の神崎港沖海域約384,000m²が「鷹島神崎遺跡」として海底遺跡では初めて国史跡に指定されている。この「鷹島神崎遺跡」の国史跡指定に伴い、松浦市教育委員会では平成26年3月に『国指定史跡鷹島神崎遺跡保存管理計画書』を策定している。

国内において、埋蔵文化財の保護を目的とした行政は、これまで陸上の開発行為が主だったこともあり、陸上に所在する埋蔵文化財を対象に進められていたが、元寇船の発見に伴う鷹島神崎遺跡の史跡指定を契機として、水中遺跡保護の機運が高まることとなる。文化庁は、平成25年3月、我が国における水中遺跡保護の在り方について指針を示すことを目的に「水中遺跡調査検討委員会」を設置し、平成29年10月には、『水中遺跡保護の在り方について』(報告)をまとめている。

このような中、本市において、史跡鷹島神崎遺跡を含む鷹島海底遺跡の全容解明と新たな元寇船の発見に結び付くよう平成27年度から5カ年間調査を実施した。なお、調査の実施にあたっては、平成24年に琉球大学と松浦市の間で締結された「鷹島神崎遺跡に関する連携協定」に基づき、日本学術振興会科学研究費補助金基盤研究(S)『水中考古学手法による元寇沈船の調査と研究』(研究代表者 琉球大学法文学部 池田教授)で実施された調査の手法を基本とし、市が事業主体として実施した。

調査の手順については、大まかに、①音波探査を用いた海底地形調査、②音波を用いた海底地層調査による異常反射点の抽出、③異常反射体の分析による調査箇所の選定、④突き棒を用いた貫入調査による反応確認、⑤試掘調査による情報収集、⑥本調査による記録作業、⑦検出構造・遺物の埋戻しの順で行う。その後埋め戻した検出構造・遺物については、保全状況を継続的に確認する現況確認調査(モニタリング)を行う。なお、本書の章立てについては、この調査手順の流れに合わせて行っている。本報告書内で調査実施年度等が前後しているのはそのためである。

また、鷹島海底遺跡の調査と並行し、鷹島島内における元寇関連遺跡の調査を実施した。鷹島島内では元軍の残兵と鎌倉御家の武士たちとの間で、激しい戦いが展開されている。それを裏付けるかのように島内には捕虜の首をはねたと伝わる「首除き」や、血で汚れた刀を洗ったとされる「刀の元」などの伝承がある。しかし、これらについてはあくまで伝承、言い伝えの域を出ず、これまで本格的な調査が実施されていないこともあいまって、鷹島島内における蒙古襲来時の様相は不明であった。このことを踏まえ、蒙古襲来時の実態の把握と解明のため、鷹島島内の元寇関連史跡・遺跡の調査を行うこととした。調査対象としたのは、陣跡としての伝承が残る日本山城跡および龍面庵、中世期の埋蔵文化財包蔵地である平野遺跡の3カ所である。

なお、上記の伝承以外にも鷹島島内には元寇関連の伝承、史跡があるが、その詳細については『松浦市鷹島海底遺跡 総集編』(松浦市教育委員会 2011)等を参照されたい。

2. 調査の組織（敬省略）

平成 27 年度

調査主体 松浦市教育委員会事務局

教育長 松尾 紘（平成 28 年 3 月 31 日まで）

教育次長 黒川 政信

文化財課 課長 中田 敦之

課長補佐 内野 義

係長 小澤 智彦

学芸員 合澤 哲郎

主事補 鈴木 涼華（平成 28 年 3 月 31 日まで）

嘱託 鈴木 美奈都（平成 27 年 9 月 30 日まで）

平成 28 年度

調査主体 松浦市教育委員会事務局

教育長 今西 誠司（平成 28 年 4 月 2 日から）

教育次長 黒川 政信

文化財課 課長 中田 敦之（平成 29 年 3 月 31 日まで）

課長補佐 内野 義（平成 29 年 3 月 31 日まで）

係長 小澤 智彦

学芸員 合澤 哲郎

主事補 浦田 宗平（平成 28 年 4 月 1 日から）

平成 29 年度

調査主体 松浦市教育委員会事務局

教育長 今西 誠司

教育次長 黒川 政信

星野 真嗣（平成 29 年 4 月 1 日から）

文化財課 課長 内野 義（平成 29 年 4 月 1 日から）

課長補佐 坂本 秀樹（平成 29 年 4 月 1 日から）

係長 小澤 智彦

学芸員 合澤 哲郎

主 事 浦田 宗平
学芸員 早田 晴樹（平成 29 年 4 月 1 日から）

平成 30 年度

調査主体 松浦市教育委員会事務局
教育長 今西 誠司
教育次長 宮島 哲郎
教育次長 石黒 修子

文化財課 課長 内野 義
課長補佐 坂本 秀樹
係長 梶川 誠基（平成 30 年 4 月 1 日から）
学芸員 合澤 哲郎
主事 浦田 宗平
学芸員 早田 晴樹

平成 31 年度(令和元年度)

調査主体 松浦市教育委員会事務局
教育長 今西 誠司
教育次長 宮島 哲郎
石黒 修子

文化財課 課長 内野 義
課長補佐 坂本 秀樹
係長 梶川 誠基
学芸員 合澤 哲郎
学芸員 早田 晴樹
学芸員 安木 由美（平成 31 年 4 月 1 日から）

整理補助員 吉野貴子

調査参加者（陸上調査） 梶村大智・角川幸吉・川内由美子・木寺富美雄・桐木ケイ子・久家清・熊谷美保子・熊本美三子・熊本義文・近藤友宏・近藤光敏・坂本靖城・下久保一男・瀬戸秀太・田畠麻湖・中村嘉秀・松崎富子・松永房雄・宮本正行・柳本良満

3. 調査の経過

本書で報告する鷹島海底遺跡および鷹島島内元寇関連遺跡の調査は平成27年度から平成31年度(令和元年度)の5カ年にわたり実施した。年度ごとの実施事業は下記の通りである。

平成 27 年度

- ・史跡指定海域音波探査業務委託
- ・鷹島海底遺跡発掘調査業務委託（2号沈没船発掘調査）
- ・2号沈没船出土遺物土壌等分析業務委託
- ・鷹島海底遺跡現況確認調査（モニタリング）業務委託
- ・鷹島島内元寇関連遺跡確認調査（平野遺跡）

平成 28 年度

- ・鷹島海底遺跡音波探査業務委託
- ・国史跡鷹島神崎遺跡発掘調査業務委託（突き棒調査）
- ・鷹島海底遺跡現況確認調査（モニタリング）業務委託（第1回～第3回）
- ・日本山城跡現況測量業務委託
- ・鷹島島内元寇関連遺跡確認調査（日本山城跡）

平成 29 年度

- ・鷹島海底遺跡音波探査業務委託
- ・鷹島海底遺跡発掘調査業務委託（突き棒調査）
- ・鷹島海底遺跡現況確認調査（モニタリング）業務委託（第1回～第3回）
- ・鷹島海底遺跡関連海底地形調査業務委託
- ・龍面庵現況測量業務委託
- ・鷹島島内元寇関連遺跡確認調査（日本山城跡、龍面庵）
- ・鷹島海底遺跡出土遺物実測業務委託

平成 30 年度

- ・鷹島海底遺跡関連海底地形調査業務委託（第1回～第3回）
- ・鷹島海底遺跡発掘調査業務委託（突き棒調査）
- ・鷹島海底遺跡発掘事前調査業務委託（環境調査）
- ・鷹島海底遺跡現況確認調査（モニタリング）業務委託（第1回～第3回）
- ・龍面庵現況測量業務委託
- ・鷹島島内元寇関連遺跡確認調査（龍面庵）

平成 31 年(令和元年度)

- ・鷹島海底遺跡関連海底地形調査業務委託
- ・鷹島海底遺跡現況確認調査（モニタリング）業務委託（第 1 回～第 3 回）

現況確認調査（モニタリング）

これまで発見された 1 号沈没船、2 号沈没船、一石型木製棺は現在、各種の処理を施し海中にて保存されている。これらの遺物の劣化状況を確認するため、年 3 回のモニタリング調査（現況確認調査）を実施している。調査の実施にあたっては、平成 24 年に琉球大学と松浦市の間で締結された「鷹島神崎遺跡に関する連携協定」に基づき、日本学術振興会科学研究費補助金基盤研究（S）『水中考古学手法による元寇沈船の調査と研究』（研究代表者 琉球大学池田教授、研究分担者 奈良文化財研究所柳田明進研究員）科学研究費に係る事業と連携し、調査機器等の設置や回収を行っている。

音波探査・海底微地形調査・発掘調査（突き棒調査）

音波探査・海底微地形調査に関しては、鷹島海底遺跡での音波探査、海底微地形調査で経験・実績を有する滝野義幸氏と山口大学の楮原京子氏をアドバイザーとして招聘し、指導・助言を仰いだ。

音波探査において確認した異常反射体に対し、どのような物体に反応しているのか確認するため、音波探査を実施した翌年度に発掘（突き棒）調査を実施した。突き棒の実施地点の選定に関しては両氏の助言を参考にし、選択している。

また、平成 25 年度から平成 29 年度まで、長崎県埋蔵文化財センターが海底に認められる遺物の分布調査や音波探査を実施している。そのうち、平成 28 年度及び平成 29 年度は、松浦市と長崎県で海域を分担して音波探査を実施した。確認された異常反射体については松浦市が発掘（突き棒）調査を実施している。長崎県埋蔵文化財センターが実施した調査については、既に報告書が刊行（長崎県教育委員会 2018）されているので、そちらを参照されたい。

漁業関係者との調整

調査を実施するにあたり、漁業関係者との調整を行った。調査対象となる海域は、「漁業法」に基づく区画漁業権と共同漁業権が設定されている。区画漁業権の対象としては、トラフグを中心とした養殖業が行われており、国内有数の生産を誇る。また、調査地付近では、刺し網漁やタコ壺漁なども行われており、漁業者の理解は必須である。調査の実施にあたっては、年度毎に新松浦漁業協同組合担当職員の立会いのもと、調査海域において養殖業を営む漁業者を中心に、調査概要の説明会を開催し同意を得た。

養殖漁業者からは、トラフグに発生する魚病に対し配慮をするよう依頼を受けたため、大量斃死を引き起こす白点病（織毛虫類の白点虫により発生する魚病）に対し細心の注意を払い調査を実施した。特に海底において土砂を巻き上げる可能性のある発掘（突き棒）調査は、水温がおおむね 20 度を下回

る時期に実施するとともに、養殖漁場との距離に配慮した。また、年末、年始のトラフグの出荷時期には作業に支障のないよう、作業船の係留場所も配慮した。

関係機関への届及び許可申請

海上・海底での調査を行うためには、陸上の遺跡とは異なる様々な届が必要である。海底地形調査など海城での調査を行うにあたっては、事前に「水路業務法」に基づく手続きが必要である。これは水路業務法第6条の規定に基づくものであり、海上保安庁の許可が必要となる。鷹島海域の場合は第7管区海上保安本部長より許可を受けた。

発掘（突き棒）調査や現況確認調査など海中での作業を伴う調査を実施するにあたっては、当該海域を管轄する管区海上保安本部の事務所である伊万里海上保安署へ作業届を提出し、調査の内容を事前に報告した。

備船及び安全対策

音波探査や潜水調査など船を使用する際には、「遊漁船の適正化に関する法律」に基づく遊漁船業者の登録を受けた船を、新松浦漁業協同組合を通し備船した。備船した船には、調査の内容に応じ、水路業務法施行規則第6条に定められた標識を掲げるとともに、「海上衝突予防法」における運転不自由船としての灯火又は形象物の表示を義務付けた。特に、発掘（突き棒）調査、現況確認調査などの潜水調査を伴う場合は、海上衝突予防法第27条第5項に定められた国際信号旗「アルファ(Alfa)：本船で潜水夫が活動中。徐速して通過せよ。」を掲げ実施した。

加えて、海上、海中での調査となることから、安全管理においても十分な配慮を行った。海上での作業時には、救命胴衣の着用をはじめ、風速、波高などによる調査の中止基準の設定を行った。本市が行った調査においては、風速10m/秒以上、波高1m以上、視程1海里以下、潮流1ノット以上の場合に中止することとした。

参考文献

- 海上保安庁海洋情報部 『海域での測量と申請－水路測量に関する手続き－』海上保安庁海洋情報部ホームページ
- 水中遺跡調査検討委員会 文化庁 2017『水中遺跡保護の在り方について』(報告)
- 鷹島町郷土誌編さん委員会 1975『鷹島町郷土誌』
- 長崎県教育委員会 2018『鷹島海底遺跡－平成25年度から平成29年度までの調査成果－』長崎県埋蔵文化財センター調査報告書 第25集
- 松浦市教育委員会 2008『松浦市鷹島海底遺跡 平成13・14年度鷹島町神崎港改修工事に伴う緊急調査報告書』松浦市文化財調査報告書 第2集
- 松浦市教育委員会 2011『松浦市鷹島海底遺跡 総集編』松浦市文化財調査報告書 第4集
- 松浦市教育委員会 2014『国指定史跡 鷹島神崎遺跡保存管理計画書』

第Ⅱ章 地理的・歴史的環境

1. 地理的環境

松浦市は長崎県本土北端に位置する北松浦半島に属する本土部と、福島・鷹島・黒島・青島・飛島などの島々から構成される。市域は南に市本土の脊梁となる石盛山や高法知岳、白岳などの山脈が迫り、北に閉鎖性の高い内海である伊万里湾が存在する。福島、鷹島などの島嶼部は河川に乏しいものの、市本土部には志佐川、今福川などの河川が流れしており、いずれも北流し伊万里湾に注いでいる。平地は河川の下流域に僅かに発達するのみである。また、上述の高法知岳、白岳などの山脈が市境となっており、国見山を最高峰とする国見山系が佐賀県との県境となっている。松浦市の西は平戸市、南は佐世保市と接し、東は佐賀県伊万里市及び唐津市と接している。

松浦市本土の地質は溶岩台地・新第三紀層・沖積層・洪積層と大きく4つに分類される。市域は新第三紀層を基盤とし、その上に貫入によって形成された北松浦玄武岩類と呼ばれる玄武岩の溶岩台地が広がっている。この北松浦玄武岩類は、北松浦半島を中心として九州北西部に広く分布している。新第三紀層は砂岩や泥岩の互層からなっており、多くの薄炭層と凝灰岩を間に挟んでいることから、この地域一帯は上位の玄武岩と作用して起こる「北松型地すべり」と呼ばれる地すべりの多発地帯となっている。沖積層は志佐川流域に発達するが、今福川流域においても確認できる。洪積層（段丘）は志佐川流域において確認される。

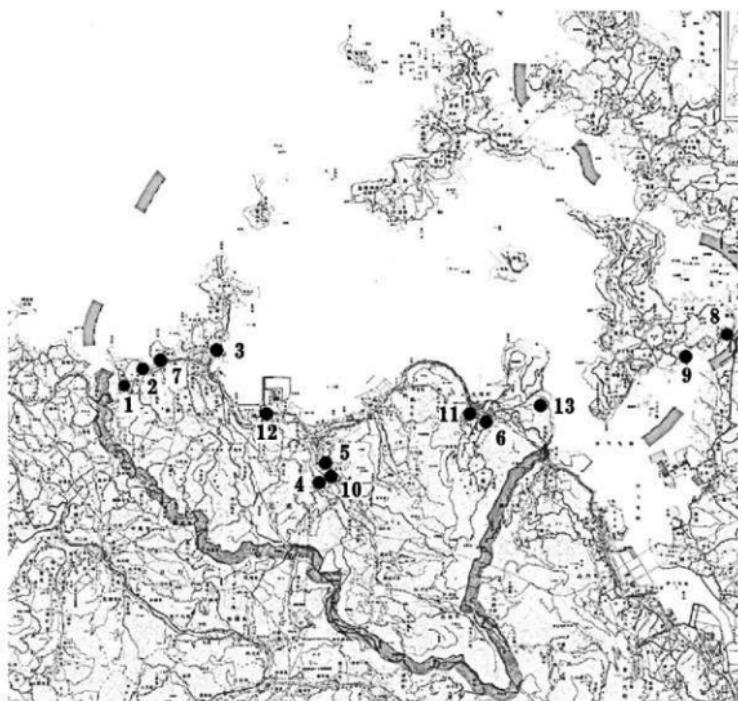
海底遺跡として初の国指定史跡となった鷹島神崎遺跡のある鷹島は、伊万里湾の北側に位置し、面積17.16 km²、周囲約40 kmの島で、島の南端の船唐津地区と東端の神崎地区、北端の阿翁地区を頂点とした三角形を呈する島である。鷹島の西には約2 km隔てて鷹島町に属する黒島が浮かび、この黒島との間には沖ノ島、大小島などの小さな島々や牡蠣瀬、鳥帽子瀬などの瀬が多く存在している。

鷹島を構成する地質構造の基盤は、佐世保市一帯や松浦市本土に広く分布している新第三紀層の佐世保層群中の柚木層・世知原層である。この佐世保層群の上位に、北松浦玄武岩類を主とした比較的低い溶岩台地が広がっている。約1800万年前のものと考えられる野島層群と呼ばれる地層も広く分布しており、これまでにこの地層内から哺乳類の化石や多数の足跡の化石などが発見されている。島内の最高所は西側に位置する牧ノ岳で、標高117mである。

また、島の基盤をなす玄武岩は阿翁石とも呼ばれており、永禄年間以降、鷹島における石工業の発展の基礎となった石である。粘着力に富み、風化作用に耐えるため磨滅度が少なく、石碑・灯籠・仏像等に適した石材として今日も利用されている。

2. 歴史的環境

市域において、最も古い人類の活動の痕跡は旧石器時代まで遡る。旧石器時代の遺跡は、市内では特に星鹿半島の台地上に集中して見られる。また、市域西部御厨町に位置する田口高野遺跡



第1図 松浦市本土部および福島町内の主な遺跡分布図（1/150,000）

番号	遺跡名	時代	種別	立地	所在地
1	田口高野遺跡	旧石器・繩文	遺物包含地	台地	御厨町西木場免
2	下谷遺跡	繩文時代	遺物包含地	台地	御厨町西木場免
3	姫神社遺跡	繩文時代	遺物包含地	平地	星鹿町北久保免
4	柏ノ木遺跡	繩文・弥生・中世	遺物包含地・墳墓	台地	志佐町柏木免
5	久保園遺跡	繩文・弥生・古墳	遺物包含地	平野	志佐町里免・高野免
6	中ノ瀬遺跡	繩文・弥生・中世	遺物包含地	平野	今福町瀬免
7	小嶋古墳群	古墳時代	古墳	平野	御厨町大崎免
8	横島古墳	古墳時代	古墳	台地	福島町喜内瀬免
9	小島古墳	古墳時代	古墳	岬	福島町端免
10	宮ノ下り遺跡	繩文・古墳・中世	集落・墳墓	平野	志佐町高野免
11	今福遺跡	繩文・弥生・古墳	遺物包含地	平野	今福町仮坂免
12	櫻井田遺跡	旧石器・繩文・中世	遺物包含地	丘陵	志佐町白浜免
13	松浦党樅谷城跡	中世	城館跡	丘陵	今福町東免

表1 松浦市本土部及び福島町内の主な遺跡一覧表

ではA T火山灰が確認され、台形石器やナイフ形石器が出土している。

縄文時代では、前述した田口高野遺跡で鬼界アカホヤ火山灰が確認されている。田口高野遺跡にほど近い下谷遺跡では 21 基のドングリ貯蔵穴や土坑が確認されており、鈴桶型刃器技法より産出された腰岳産黒曜石製品が多数確認されている。星鹿半島東岸に位置する姫神社遺跡は昭和 41 年に日米合同調査が行われており、前期の轟式土器・曾畠式土器や石鎌・石槍・石斧・石匙などが報告されている。

弥生時代以降になると、これまでの旧石器・縄文時代に比べ確認できる遺跡は限られる。弥生時代の遺跡としては、志佐川流域の栢ノ木遺跡において前期後半頃の甕棺墓と石棺墓の墓域が形成されている。石棺墓からは副葬品として内行花文鏡やガラス小玉などが出土している。また、志佐川を挟んで対岸には久保園遺跡があり、中期の甕棺墓が確認されている。市城東部に位置する今福川流域の中ノ瀬遺跡では中期の堅穴建物跡が確認されており、今福川を望む丘陵上に集落が営まれていたものと思われる。

古墳時代になると、市本土部に小嶋古墳群、福島に横島古墳や小島古墳が築造される。このうち発掘調査が実施されたのは、小嶋 1 号墳と後述する鷹島の宝ヶ峰古墳群のみである。いずれも円墳であり、横穴式石室が用いられている。築造時期は後期から終末期に位置付けられる。他に宮ノ下り遺跡では 4 世紀後半から 5 世紀代の堅穴建物跡、栢ノ木遺跡では 6 世紀後半、今福遺跡では 4 世紀初頭及び 6 世紀後半の土師器や須恵器が出土している。

古代については明確な遺構が確認されていないが、宮ノ下り遺跡、久保園遺跡、今福遺跡より縄釉陶器碗や越州窯系青磁碗が出土している。

中世になると、樓櫓田遺跡において 12 世紀ごろの墓壙や掘立柱建物跡が、中ノ瀬遺跡では木棺墓や土壙墓が確認されている。また今福川を挟んで対岸の今福遺跡では 11 世紀後半から 14 世紀中ごろの土師器や貿易陶器などが出土している。山城跡としては、県史跡である松浦党梶谷城跡などがあり、遺物は 15 世紀後半から 17 世紀前半の陶磁器類が確認されている。

その一方で、鷹島島内の遺跡は 37箇所が周知されている。縄文時代の遺跡としては、平成 4 年度の床浪港改修工事に伴う鷹島海底遺跡の緊急調査により、水深約 25m の深さから縄文時代早期前葉の押型土器が確認された。開田遺跡からは腰岳産黒曜石製石鎌、滑石製石製品などが採集されている。長畑遺跡からは腰岳産黒曜石製石鎌やサヌカイト製スクレイパーなどが採集されている。鷹島西岸の三代港に隣接する三代（友尻）遺跡からは、縄文中期から晩期にかけての土器や石器などの遺物が多数出土している。その他にも鯨骨・獸骨などの自然遺物も出土していることから三代遺跡の縄文人は漁労生活を基盤としていたことが確認されている。また、西海岸の海辺に面した海蝕の岩陰に位置する秋丸岩陰遺跡からは、縄文後期の鐘ヶ崎式・晩期の黒川式土器や土師器・須恵器が試掘調査で確認されている。この他にも橋坂遺跡・山頭遺跡・神脇遺跡・沖ノ前遺跡がある。

弥生時代の遺跡は鷹島中心部に石川石棺墓が確認されているのみである。

古墳時代では、4 基の古墳が確認されている。薙崎鬼塚古墳は、横穴式石室を内部主体とする



第2図 鳴島町内の遺跡分布図（1/60,000）

表2 鷹島町内の遺跡一覧表

番号	名 称	時 代	種 別	立 地	所 在 地
1	ハゲノ下遺跡	旧石器・縄文	遺物包含地	台地	黒島免ハゲノ下
2	三十手遺跡	旧石器時代	遺物包含地	台地	黒島免三十手
3	山頭遺跡	旧石器・縄文	遺物包含地	台地	阿翁免山頭
4	鷹島遠見番所	近世	番所跡	台地	阿翁浦免遠見
5	薰崎鬼塚古墳	古墳時代	古墳	台地	阿翁免薰崎
6	龍面庵石塔群	中世	石造物	台地	阿翁免羽佐子
7	遠泉岩陰遺跡	縄文時代	岩陰	岬	阿翁浦免遠泉
8	医王城跡	中世	城館跡	丘陵	里免山口谷
9	永光寺跡	中世	社寺跡	丘陵	里免山口谷
10	長田遺跡	縄文・古墳	遺物包含地	台地	里免長田
11	大宮遺跡	縄文時代	遺物包含地	台地	里免大宮
12	橋坂遺跡	旧石器・縄文	遺物包含地	台地	里免橋坂
13	長畑遺跡	旧石器・縄文・弥生	遺物包含地	台地	神崎免長畑
14	神脇遺跡	旧石器・縄文	遺物包含地	丘陵	神崎免神脇
15	後道遺跡	旧石器・縄文	遺物包含地	台地	神崎免後道
16	兵衛次郎の墓	中世	石造物	台地	神崎免渡瀬
17	西方寺跡	中世	社寺跡	台地	神崎免西方
18	石川石棺墓	弥生・古墳	墳墓	台地	神崎免石川
19	対馬小太郎の墓	中世	石造物	丘陵	里免清水川
20	刀の元石塔群	中世	石造物	台地	里免清水川
21	秋丸岩陰遺跡	縄文・古墳・中世	岩陰	丘陵	里免秋丸
22	仲瀬遺跡	縄文時代	遺物包含地	台地	中通免仲瀬
23	三代遺跡	縄文・古墳	遺物包含地	平野	中通免友尻・廣見江
24	宝ヶ峯1号古墳	古墳	古墳	台地	中通免宝ヶ峯526
25	宝ヶ峯2号古墳	古墳	古墳	台地	中通免宝ヶ峯523
26	宝ヶ峯3号古墳	古墳	古墳	台地	中通免宝ヶ峯522
27	沖前遺跡	縄文時代	遺物包含地	台地	原免沖ノ前
28	原糸伽堂石塔群	中世	石造物	台地	原免神ノ前（市杵島神社）
29	日本山城跡	中世	城館跡	山頂	原免黒岩
30	古道遺跡	縄文	遺物包含地	台地	三里免古道
31	古池遺跡	縄文・中世	遺物包含地	台地	三里免古池
32	開田遺跡	旧石器・縄文	遺物包含地	台地	船唐津免開田
33	広久山満福寺跡	平安・中世	社寺跡・石造物	台地	三里免平野（今宮神社）
34	平野遺跡	中世	遺物包含地	台地	三里免平野
35	小浦遺跡	旧石器・縄文	遺物包含地	台地	船唐津免小浦・平山
36	番屋山	平安時代	城跡	丘陵	三里免番屋（番屋山）
37	鷹島海底遺跡	中世	遺物包含地	海底	鷹島町南岸地先水面

円墳であったと考えられているが、後世の開墾により墳丘および石室の大部分が削り取られている。築造時期は7世紀前半と思われる。三代遺跡を見下ろす丘陵の中腹には宝ヶ峰古墳群が位置しており、1号墳は直径約9mの円墳で、両袖式の横穴式石室を持つ。玄室床面からは須恵器壺の脚片や甕の口縁部破片を確認しており、6世紀後半のものと思われる。2号墳は畠の開墾により石室が露出しているが、円墳であると思われ、両袖式の横穴式石室を持つ。副葬品として須恵器の平瓶の胴部片と高杯の杯部分が確認されており、6世紀後半のものと考えられている。3号墳は円墳で横穴式石室を持つ古墳であったと思われるが、後世の開墾により削り取られている。遺物が出土していないため築造年代は不明であるが、1号墳や2号墳より下るものと思われる。

本書で報告する鷹島海底遺跡は鷹島南岸に位置している。蒙古襲来に関係する遺物を包蔵する海底遺跡で、これまでに『蒙古襲来絵詞』に描かれている「てつはう」と考えられる球状土製品や鉄製冑などの武器・武具類、大量の陶磁器などが発見されており、蒙古襲来の様相を明らかにするための重要な遺物であるといえる。また、琉球大学の池田榮史教授らの研究チームによる平成23年10月の調査では、水深20~25mの地点から1隻目の船(鷹島1号沈没船)が検出された。さらに、平成26・27年度調査では、水深15mから2隻目の船(鷹島2号沈没船)が検出されている。他に島内の蒙古襲来関連の遺跡としては、少式景資の陣屋跡と言われている龍面庵がある。また、伝承によれば松浦氏八代松浦久公が築城したとも言われ、元寇の際に十四代松浦答公が奮戦したとされる日本山城跡がある。その他にも兵衛次郎の墓、対馬小太郎の墓などがある。

そして鷹島海底遺跡は、これまでの発掘調査によって、蒙古襲来という日本史上重大な事件を理解する上で欠くことのできない極めて重要な遺跡であるとして、平成24年3月27日に鷹島海底遺跡内の384,073,61m²が「鷹島神崎遺跡」として海底遺跡では国内初となる国史跡として指定された。さらに、平成26年3月には『国指定史跡鷹島神崎遺跡保存管理計画書』を策定し、遺跡の保存活用の取り組みを実施している。

参考・引用文献

- 鷹島町郷土誌編さん委員会 1975 『鷹島町郷土史』
長崎県教育委員会編 2018 『鷹島海底遺跡』 長崎県埋蔵文化財センター調査報告書25集
松浦市史編纂委員会 1975 『松浦市史』
松浦市教育委員会 1989 『宮ノ下り遺跡』 松浦市文化財調査報告書第5集
松浦市教育委員会 2002 『下谷遺跡』 松浦市文化財調査報告書第18集
松浦市教育委員会 2011 『松浦市鷹島海底遺跡 総集編』 松浦市文化財調査報告書第4集
松浦市教育委員会 2014 『国指定史跡 鷹島神崎遺跡保存管理計画書』
松浦市教育委員会 2015 『松浦市内遺跡確認調査(4)』 松浦市文化財調査報告書第6集
松浦市教育委員会 2018 『松浦市内遺跡確認調査(5)』 松浦市文化財調査報告書第8集

第三章 鷹島島内元寇関連遺跡の調査

1. 調査の目的

鷹島島内には元寇に關連する伝承に基づく史跡や遺跡などがあるが、これらはあくまで伝承、言い伝えの域を出ず、その実態については長らく不明であった。このことを踏まえ、松浦市教育委員会では鷹島海底遺跡の調査と並行して、蒙古襲来時の実態の把握と解明のため、鷹島島内の元寇関連史跡・遺跡の調査を行うこととした。調査対象としたのは、陣跡としての伝承が残る日本山城跡及び龍面庵、中世期の埋蔵文化財包蔵地である平野遺跡の3カ所である。調査期間はそれぞれ、平野遺跡が平成27年9月28日～10月7日、日本山城跡が平成29年3月7日～3月17日及び平成29年5月25日～6月12日、龍面庵が平成30年3月12日～3月14日及び平成31年3月20日～3月25日である。日本山城跡は、平戸松浦家第十四代松浦答公が陣を構え、奮戦した地であるとの伝承がある。龍面庵は、鎮西奉行であった少弐経資の弟である少弐景資が本陣を構えた陣屋跡と伝わっている。龍面庵境内には供養塔が祀られており、これらの石塔群は「龍面庵石塔群」として周知の埋蔵文化財包蔵地となっている。

以下、それぞれについて遺跡ごとに述べる。

2. 平野遺跡

(1) 調査の方法

平野遺跡は、鷹島町三里免に所在する遺物包含地である(第3図)。平野遺跡に隣接した北側には松浦党の党祖である源久公を祀る今宮神社と平戸松浦家第十四代答公の墓及び五輪塔、宝筐印塔を祀る広久山満福寺跡が立地している。

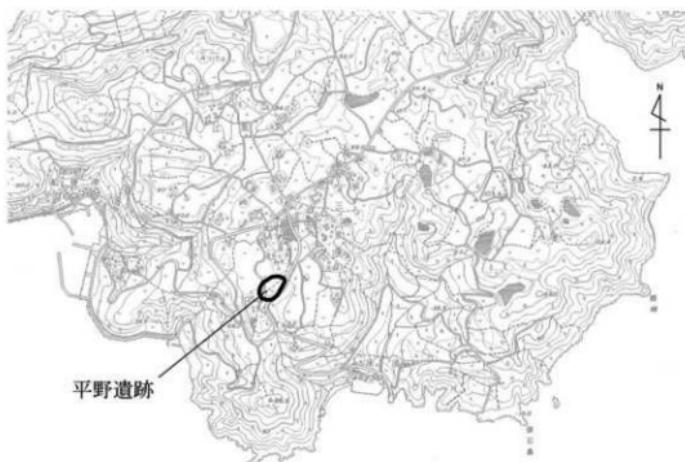
平野遺跡は、表探遺物より中世の遺物包含地と遺跡地図に掲載されていたが、これまで発掘調査は行われていなかった。

範囲確認調査は、平成27年9月28日から10月7日にかけて実施した。調査区の掘り下げは全て作業員の人力によった。調査区は、現在畑地として利用されている4カ所に合計6カ所の36m²を設定した。調査区は2m×3mのトレンチとし、北側から随時設定して、調査終了後は重機による埋め戻しを行った。

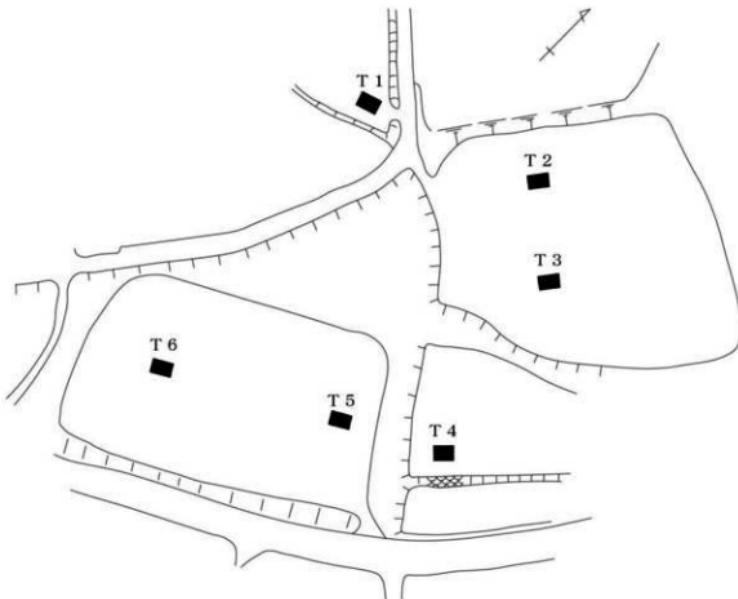
(2) 層位

耕作土を取り除くと、T1・T2・T5・T6では第III層となる地山の黄褐色粘質土層に至る。玄武岩の風化土層である。第II層には茶褐色粘質土層があり、T3・T4の調査区で確認できた。

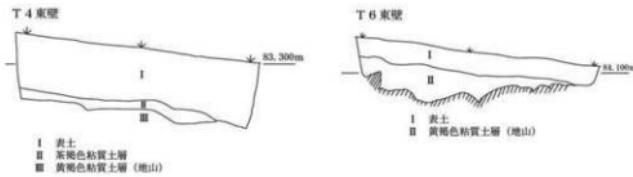
調査区を設定した畑地は、T1からT4に向かって低くなってしまい、古くから畑地として利用されていたことが伺える。この第II層の茶褐色粘質土層からは、中世から近世の陶磁器片が出土している。なお、第I層の耕作土(表土層)及び第II層からは約100点の陶磁器片が出土している。



第3図 平野遺跡位置図 (1/20,000)



第4図 調査区設定図 (1/1,500)

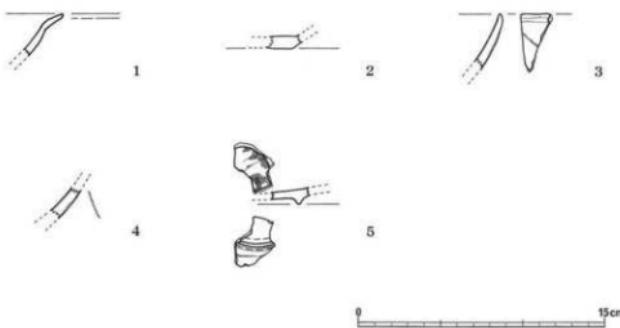


第5図 調査区土層図 (1/40)

(3) 確認された遺構と遺物

調査区全体が擾乱を受けており、柱穴等の遺構は確認できなかった。第Ⅰ層・第Ⅱ層から出土した遺物の中でも実測が可能な遺物は下記の5点であった。その他の中世の遺物では石鍋の破片4点、龍泉窯系青磁の破片4点があった。また、寛永通寶1点も出土している。遺物はT 4・T 6トレチの第Ⅰ層である耕作土からの出土である。第Ⅱ層である茶褐色粘質土層から遺物は出土していない。以下、遺物について記載するが、口径及び器高は不明である。

1はT 4出土の口縁部が外反する白磁碗である。2はT 6出土の白磁皿の底部片である。平底の底部外面まで濃緑色の釉が施釉されている。胎土は灰色を呈している。3はT 6出土の龍泉窯系青磁碗の口縁部分である。体部外面にヘラ彫りの蓮弁文を有している。胎土は灰色を呈している。4もT 6出土の龍泉窯系青磁碗の体部片である。外面にヘラ彫りの蓮弁文を有している。胎土は灰色を呈している。5は青花で明代の染付碗の高台部である。全面に施釉されており、内面見込みに草花文(?)が描かれていている。



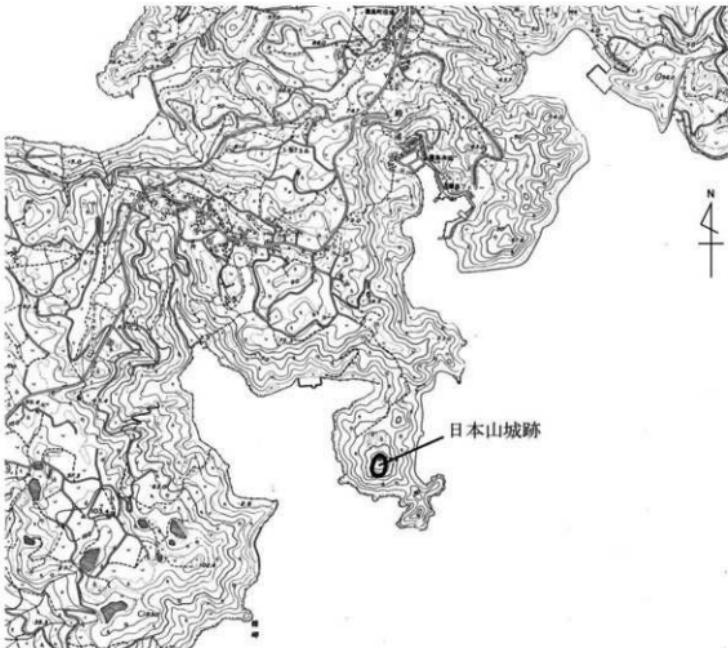
第6図 出土遺物 (1/3)

3. 日本山城跡

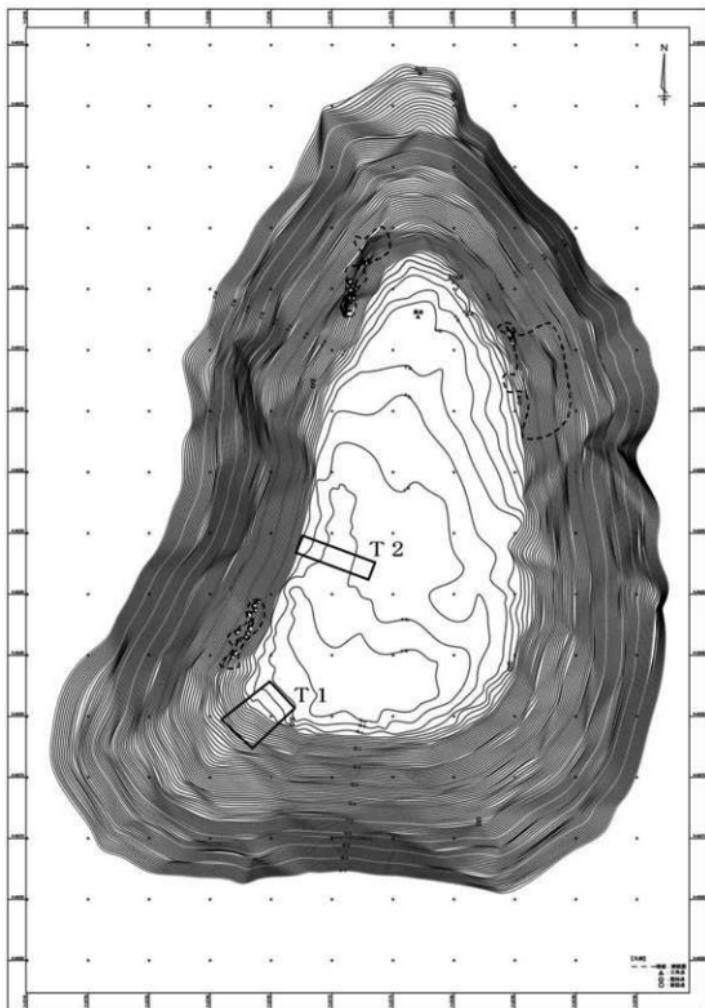
(1) 調査の方法

日本山城跡は、鷹島町原免字黒岩に所在する（第7図）。日本山城跡については、『鷹島町郷土誌』（鷹島町郷土誌編纂委員会 1975）に、日本山はかつて火元山と呼ばれ、白村江の戦いの後、筑肥諸島に置かれた烽火の址ではないかとの記述がある。また、後世には鯨取りの際にのろしをあげる場所としても利用されたようである。伝承によれば松浦党第八代松浦久公が今福梶谷城より日本山に移り住み、文永・弘安の役においては第十四代松浦答公が奮戦した地であるとされている。山頂部の標高は約75mであり、削平され平場が設けてある。発掘調査は行われておらず、その様相は不明であった。

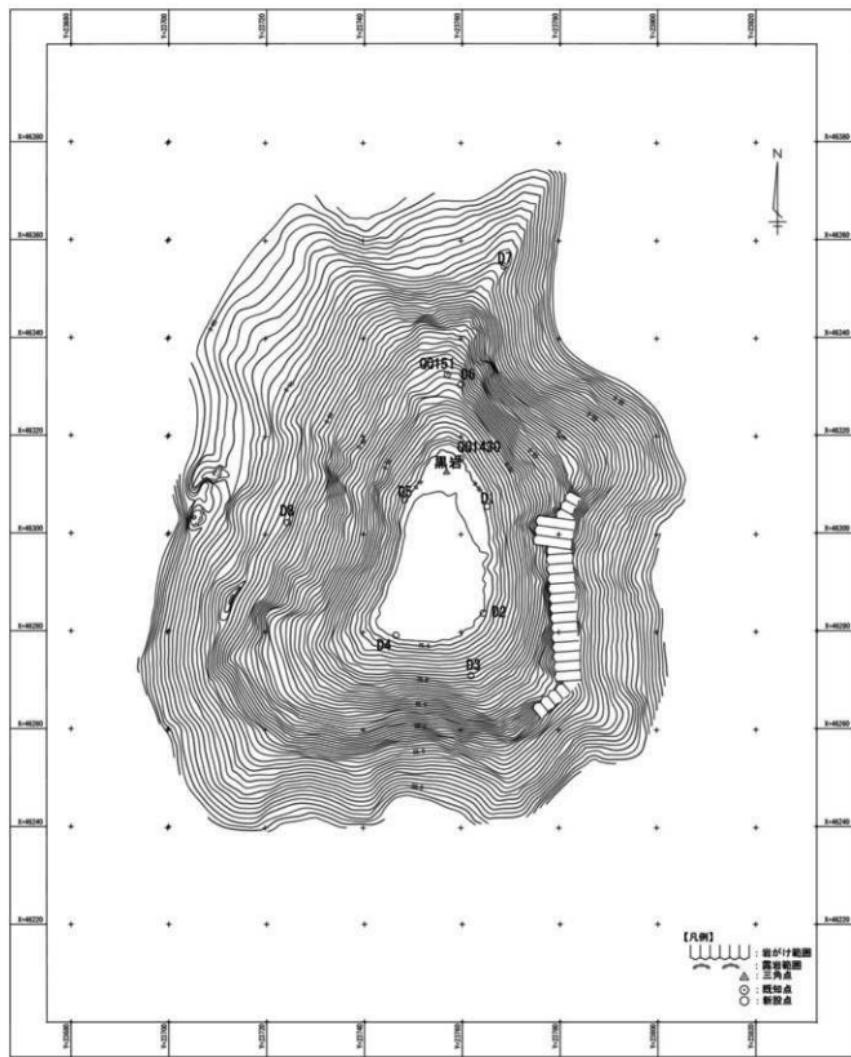
調査に先立ち、日本山の頂部平場を中心に現況測量を行い、地形図を作成した。現況測量は株式会社大信技術開発に業務委託した。発掘調査は平成28年度の3月7日から3月17日及び平成29年度の5月24日から6月14日にかけて実施した。掘削等作業は全て人力による。調査区は頂部平場に2カ所任意でトレッチを設定し、それぞれT1およびT2とした（第8図）。調査終了後は、T1で確認した石積みについては土囊で補強を行った後、両調査区とも埋め戻した。



第7図 日本山城跡位置図（1/20,000）



第8図 日本山城跡調査区位置図（1/400）



第9図 日本山城跡現況測量図（1/1,000）

(2) 層位

T 1について、地表面にて石積みを確認していたため、表土を掘り下げ、石積みの検出を行った。サブトレーナーを設定し、層序の確認を行ったが、堆積状況はT 2と同じであった。

T 2の層序は第10図の通りである。調査区を平場縁辺部ぎりぎりまで設定したため、図右側（実際の方位は西側）の先は急傾斜となる。第II層は玄武岩の小礫を含む層である。第III層も第II層と同じく暗褐色を呈するが、第II層よりやや暗く、拳大の玄武岩礫を含む。第IV層は地山風化層と見られる。玄武岩の小礫を含む層である。

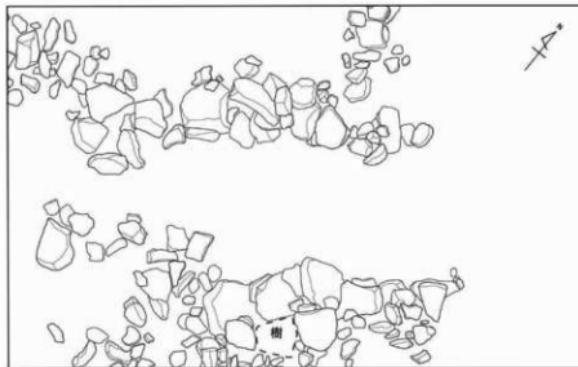


- I : 黒植土。黒褐色。
II : 暗褐色土。5cm程度の小礫を含む。
III : 暗褐色土。拳大の玄武岩礫を含む。
IV : 褐色土。地山風化層。

第10図 T 2 南壁土層断面 (1/30)

(3) 確認された遺構と遺物

T 1において、石積みを確認した（第11図）。石材は自然石を用いている。虎口にあたるものと考えられるが、両石積み間は幅約1mとかなり狭い。調査区南西側（図左端）が斜面となっており、



第11図 T 1 石積み検出状況 (1/40)



第12図 石積み立面図（1/40 左が南側の石積み、右が北側の石積み）

石材が散らばっている状況であった。また、調査区端、北側に向かって伸びる石列を確認した。この石列は平場端を縁取るように巡っていることを確認している。

第12図に石積みの立面図を示した。樹の根の影響もあるが、石材と石材の間はかなり隙間が空いている。間詰石等は充填されていなかった。

なお、T1およびT2のいずれからも遺物は出土しなかった。

4. 龍面庵

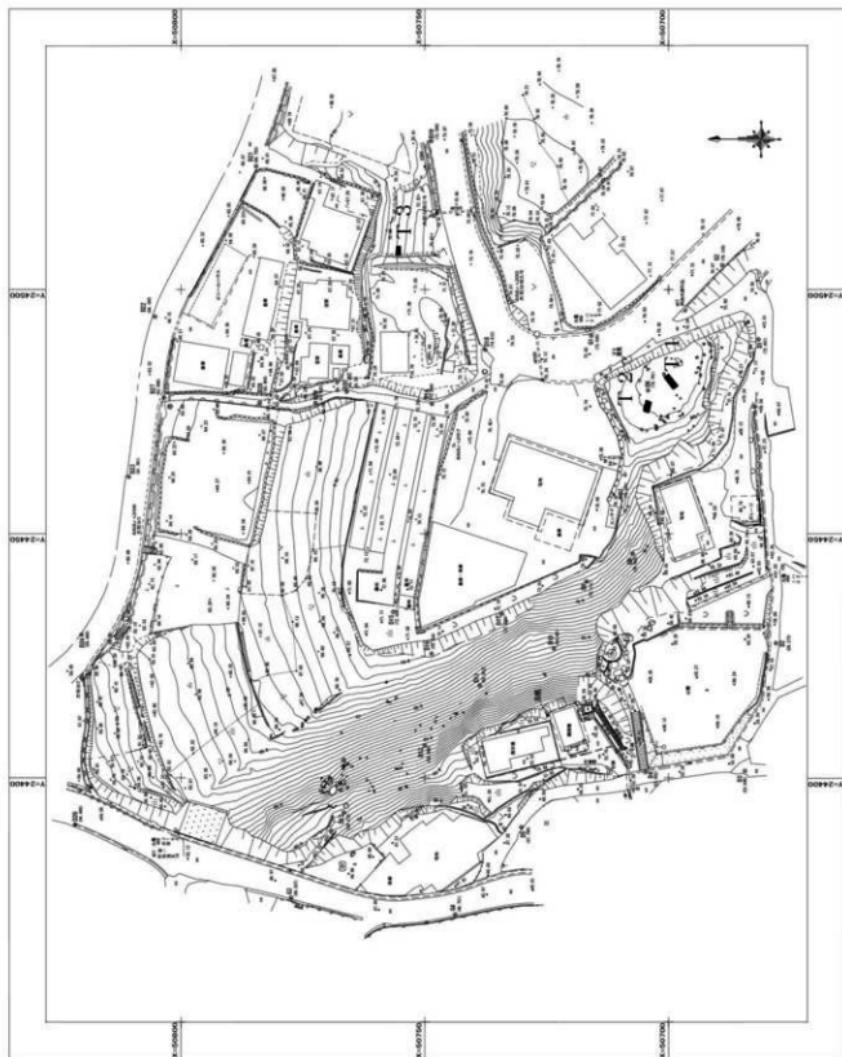
(1) 調査の方法

龍面庵は、鷹島町阿翁免字羽佐子、上宇土に所在する（第13図）。弘安の役の際に、鎮西奉行であつた少弐經資の弟である少弐景資が本陣を構えた陣屋跡と伝えられている。境内には景資に従つて戦死した壱岐の石田五郎為治、西牟田弥五郎の墓やこの戦いで亡くなった多くの人々の供養塔が祀られている。また、『鷹島町郷土誌』（鷹島町郷土誌編纂委員会 1975）には松浦答公は一族の将を里城山・阿翁龍面庵付近に配し防備を固めている、との記述がある。

調査に先立ち、龍面庵の現況測量を行い、地形図を作成した。現況測量は株式会社大信技術開発に業務委託した。発掘調査は平成29年度の3月12日～3月14日および平成30年度の3月20日～3月25日に実施した。平成29年度の調査では2カ所、平成30年度の調査では1カ所の調査区を任意で設定し（第14図）、人力による掘削を行った。調査終了後はいずれの調査区も埋め戻した。



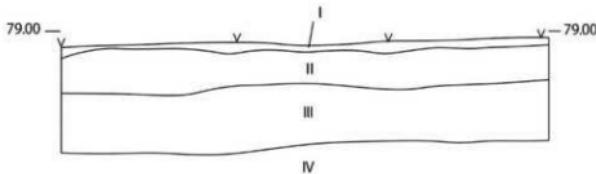
第13図 龍面庵位置図 (1 / 20,000)



第14図 龍面庵調査区位置図（1/1,000）

(2) 層位

T 1 の層序を第15図に示す。T 2 及び T 3 の堆積状況も T 1 と同じであった。第I層(表土)は黒色の腐植土層であり、第II層及び第III層は玄武岩の小礫を含む地山風化層であった。



I : 表土。黒色土。 II : 暗褐色土。玄武岩の小礫を含む。

III : 赤褐色粘質土。地山風化層。玄武岩の小礫を含む。

IV : 地山。赤褐色粘質土。

第15図 T 1 北壁土層断面図 (1/30)

(3) 確認された遺構と遺物

いずれの調査区からも、遺構及び遺物は確認できなかった。

5. 小結

以上、平成27年度から平成30年度にかけて実施した鷹島島内の元寇関連史跡の調査について述べた。調査の結果、残念ながら伝承、言い伝えを確認できるような遺構等を検出することはできなかつた。この要因の一つとして、かつて島内で大規模に行われた圃場整備や道路建設などの開発行為が挙げられる。実際、平野遺跡は層序の大部分が擾乱を受けしており、龍面庵についても、平場の一部らしき箇所は確認できたものの、その他については畑地や住宅、道路建設による削平のため、その全容を知ることはできなかつた。日本山城跡については、石積みを確認したが、遺物が出土していないためその詳細な時期は不明である。また、測量図には表れていないが、平場北西の斜面部に畝状堅堀とおぼしきものを3条ほど確認した。斜面部であったこともあり、発掘調査は断念したため確証はとれていないが、これが畝状堅堀であれば、少なくとも元寇当時の築城ではないものと考えられる。

表3 平野遺跡出土遺物観察表

開発番号	地図番号	出土層位	種別	器種	部位	法量 口径・器高・底 径	分類	胎土	色調	施成	備考
2	1	I	白磁	碗	口縁部	残高2.6cm	IX	黒色粒子 やや精緻	外面2.5Y7/2 灰黄色 内面2.5Y7/3 淡黄色	やや良	
	2	I	白磁	皿	底部	残高0.4cm	IX	黒色粒子 やや精緻	5Y8/1 灰白色	やや良	
	3	I	龍泉窯系青磁	碗	口縁部	残高3.5cm	II	赤色粒子 やや精緻	外面10Y6/2 オリーブ灰色 内面7.5Y6/2 灰オリーブ色	やや良	
	4	I	龍泉窯系青磁	碗	全体部	残高1.8cm	II	赤色粒子 やや精緻	外面5Y5/3 灰オリーブ色 内面5Y6/2 灰オリーブ色	やや良	
	5	I	青花	皿	高台部	残高1.0cm	不明?	黒色粒子 やや精緻	外面5Y8/2 灰白色 内面5Y7/2 灰白色 染5B2/1青黒色	やや良	

参考文献

- 小野正敏「15～16世紀の染付碗、皿の分類と年代」『貿易陶磁研究 No. 2』1982 日本貿易陶磁研究会
- 鷹島町郷土誌編纂委員会 1975 『鷹島町郷土誌』
- 太宰府市教育委員会 2000 『太宰府条坊跡XV—陶磁器分類編—』太宰府市の文化財第49集
- 長崎県教育委員会 2010 『長崎県中近世城館跡分布調査報告書Ⅰ 地名表・分布地図編』長崎県文化財調査報告書 第206集
- 松浦市教育委員会 2011 『松浦市鷹島海底遺跡 総集編』松浦市文化財調査報告書 第4集

第IV章 海底地形調査

1. 調査の概要

(1) 調査の目的

鷹島海底遺跡の範囲は鷹島南岸であり、これまでの地形調査も鷹島南岸沿岸部を中心に、伊万里湾内において実施（東海大学 松浦市教育委員会 2011）してきた。これは、これまでに確認されている遺物の出土状況が鷹島南岸に集中している事や、伊万里湾内の静穏度が高く、古来より良港、暴浪時の避難地として最適と考えられる為である。しかし、肥後の御家人、竹崎季長が奮戦の模様を絵師に命じて描かせたという『蒙古襲来絵詞』には、「たかしまの西の浦」という地名が登場する。この「たかしまの西の浦」は鷹島西岸北部の阿翁浦一帯に比定されている。そのため、鷹島南岸以外にも遺跡範囲が広がる可能性を踏まえ、今後の音波探査、発掘調査を実施する際の基礎資料とするため、これまで詳細な地形調査が実施されていない鷹島西岸及び北岸海域及び青島・星鹿半島間において調査を実施した。なお、海底地形図については、調査において得られた XYZ データより、フリーソフトである QGIS を使用して作成した。

(2) 調査の準備

海底地形調査については、それぞれの年度で測量会社に委託して実施した。その際に鷹島海底遺跡での音波探査等で経験・実績を有する滝野義幸氏と山口大学の椿原京子氏をアドバイザーとして招聘し、指導、助言を仰いだ。

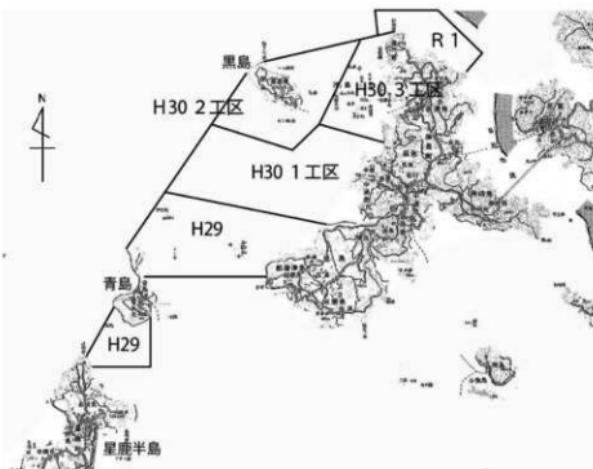
作業を実施するにあたり、新松浦漁業協同組合、鷹島汽船等関係各機関に作業内容・作業方法等を記載したリーフレットを配布し、安全作業のための周知に努めた。また、事前に管轄である伊万里海上保安署に作業届を提出した。添付書類は以下の通りである。

- ・調査計画水域位置図
- ・借り上げ作業船関係書類写（船舶検査証、小型船舶操縦免許証）
- ・緊急連絡体制表
- ・工程表
- ・調査実施計画書

また、水路業務法第6条において、水路測量を国または地方公共団体が実施する場合は水路測量許可申請書の提出が必要とされているが、調査及び研究の場合、申請は不要とされている。管轄する第7管区海上保安本部海洋情報部と協議を行った結果、水路測量許可申請書を提出することとした。

(3) 調査区の設定

調査範囲を第16図に示す。調査は平成29年度に鷹島西岸南部及び青島・星鹿半島間海域、平成30年度に鷹島西岸中部～北部海域、令和元年度に鷹島北岸海域において実施した。総面積は約25 km²である。



第16図 平成29年度～令和元年度海底地形調査区域図

(4) 調査方法

マルチビーム測深機はR2 SONIC 社製 SONIC2024を使用した。マルチビーム装置のソナーへッドは、船の走行で振動、回転、変動しないように調査船舷側に取り付けた。調査船の航行におけるローリング、ピッキング、ヨーイング等の揺れを補正するために3軸動揺センサーを調査船に設置し、調査船の揺れをリアルタイム計測して測深データの補正を行った。調査船の誘導及び海上測位は、調査船に搭載したGNSS受信機を使用して行った。測位精度を確保するため、電子基準点を用いたネットワーク型RTK-GNSS法(VRS方式)を用いた。また、水中での音波伝搬速度の補正を目的として、測定器を用いて水中音速度の測定を実施した。測定は作業期間中毎日及び作業区域が大きく変わることに実施した。調査測線は収集データのオーバーラップ率が30%以上確保できるよう設定した。水深の基準面は、これまで実施した鷹島南岸沿岸域(株式会社セア・プラス 松浦市教育委員会 2011)および、伊万里湾全域調査(東海大学 松浦市教育委員会 2011)などの既存資料との整合性をはかるため、また人の営みの痕跡が海域だけにとどまらず、今後、陸上にも及ぶ事を考慮して標高(東京湾平均海面(T.P. ± 0.00m))を採用し統一している。また、補正に使用する潮位は国土地理院が提供している仮屋駆潮場(T.P. -2.48m)の潮位データを使用した。

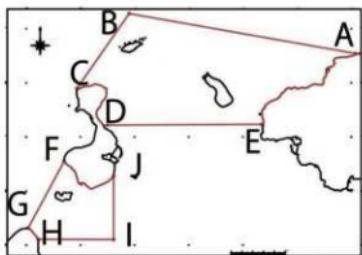
(5) 安全管理

作業中止基準を設定し、下記基準を超える場合は作業を中止することとした。基準以下の場合であっても、調査船船長が作業不能と判断した場合は、現場代理人とも協議の上、作業を中止した。また、作業船には水路業務法第17条の規定に基づき、標識を掲揚した。

- ・波高：目視で1.0m以上
- ・風速：平均風速10m/秒以上
- ・視程：目視で1,000m以下

2. 平成29年度の調査

1. 業務委託先 株式会社アーク・ジオ・サポート
主任技術者 小野透
照査担当者 折橋雅人
現場責任者 山本聰一
担当技術者 大峰慎太郎、山路修平
2. 調査期間 平成30年2月15日～2月24日
3. 調査面積 約8㎢
4. 調査区 鷹島西岸南部海域及び青島・星鹿半島間の海域において調査を実施した。調査範囲は下記のとおりである。



X座標	Y座標	緯度	経度
A 47543.2020	22077.6108	33° 25' 42.55"	129° 44' 14.71"
B 48281.2071	17899.9001	33° 26' 6.79"	129° 41' 33.03"
C 46895.3533	16933.7547	33° 25' 21.86"	129° 40' 55.53"
D 46218.9337	17497.6050	33° 24' 59.87"	129° 41' 17.31"
E 46232.5143	20346.3050	33° 25' 0.13"	129° 43' 7.58"
F 45549.0327	16698.1628	33° 24' 38.17"	129° 40' 46.32"
G 44316.9093	16035.1888	33° 23' 58.21"	129° 40' 20.58"
H 44108.6643	16221.5795	33° 23' 51.44"	129° 40' 27.78"
I 44104.0125	17614.3484	33° 23' 51.21"	129° 41' 21.68"
J 45273.0917	17612.2213	33° 24' 29.16"	129° 41' 21.68"

第17図 平成29年度地形調査区域図

5. 調査結果

海底地形図を第18図～第21図に、航跡図を第22図、反射強度図を第23図に示す。調査範囲内に養殖筏や定置網などが設置しており、漁業者の作業の妨げや安全を考慮して回避したため、一部欠測が生じている。反射強度図では、色の強弱によりある程度の底質が判断可能である。色が濃くなっている部分は反射強度が弱く、泥などの柔らかな物質が堆積しているものと考えられる。逆に色が明るい部分は反射強度が強く、岩などの固いもののが存在するものと考えられる。調査域の最大水深は青島南岸～津崎鼻間で、約62mであった。

以下、調査範囲が広いため、鷹島西岸～魚固島、魚固島西方～青島東岸、青島南方の3区域に分けて述べる。

(1) 鷹島西岸～魚固島の海底地形（第19図）

鷹島西岸では、陸域から続く急斜面が水深15m付近まで広がっている。この傾斜は水深15m以後、次第に緩やかとなり、水深35m以深では勾配がほぼない平坦な地形となっている。鷹島西岸の急斜面部には広く岩礁が発達しており、非常に起伏に富んでいる。魚固島の周囲は水深35m付近まで急斜面となっており、北西部の斜面には岩礁や転石が広く分布している。

鷹島西岸～魚固島の間には、南側より谷状地形が延びているが、鷹島西岸と魚固島東岸を繋ぐ高まりによって遮られている。この高まりは、陸上の稜線と同一方向であることから、陸上地形の延長であるものと考えられる。調査域の北東部、鷹島西岸北側に筋状に延びる地形がいくつか見られるが、これらも陸上地形からの延長であるものと推察される。

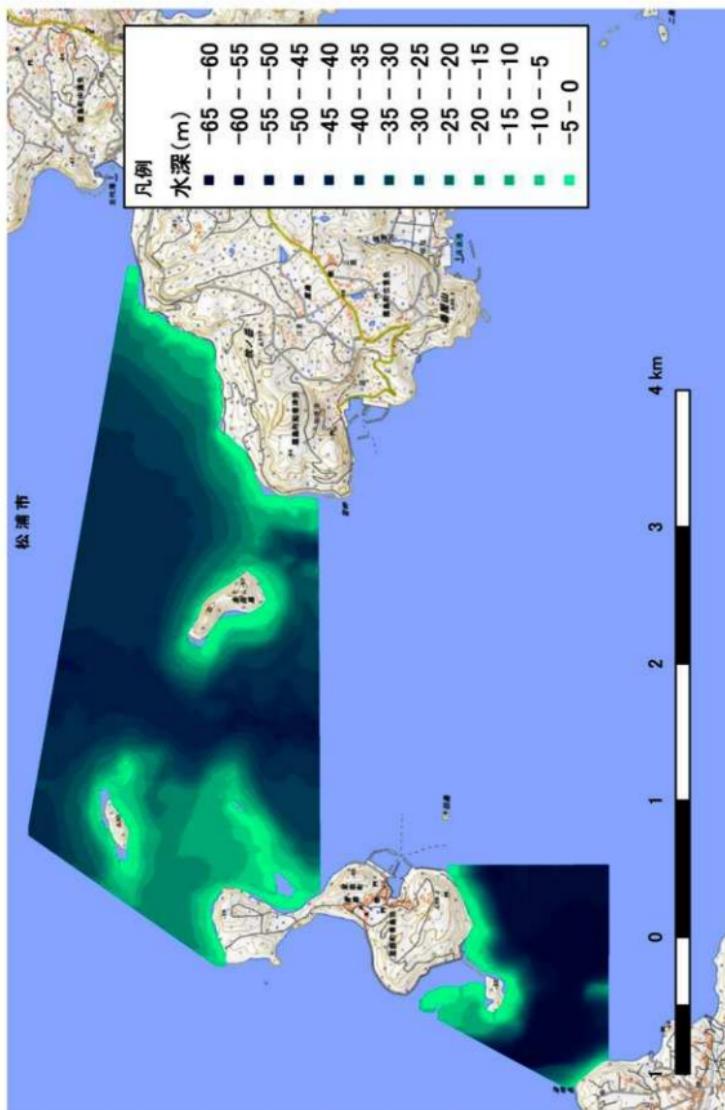
(2) 魚固島西方～青島東岸の海底地形（第20図）

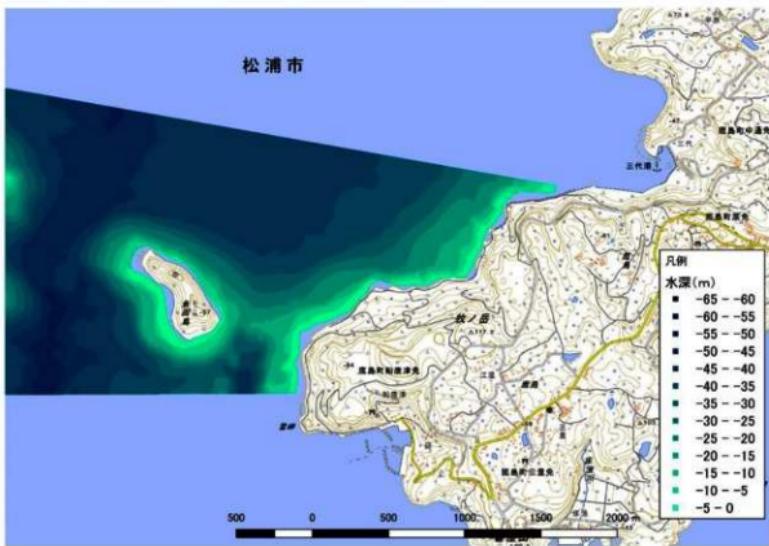
当区域では、南側より延びる谷地形が樹枝状に発達しており、非常に複雑な海底地形となっている。この谷地形の調査範囲における最大水深は約47mであった。伊豆島と青島の間は、水深約15mの平坦な地形となっており、岩礁等もほぼ見受けられないが、伊豆島東方及び青島東方には岩礁が多数存在し、計測が困難であった。特に青島東方の岩礁は範囲が広く、北東方向に長く延びていることを確認した。伊豆島周辺では、島の稜線と同一方向に延びる構造が見受けられた。

(3) 青島南方の海底地形（第21図）

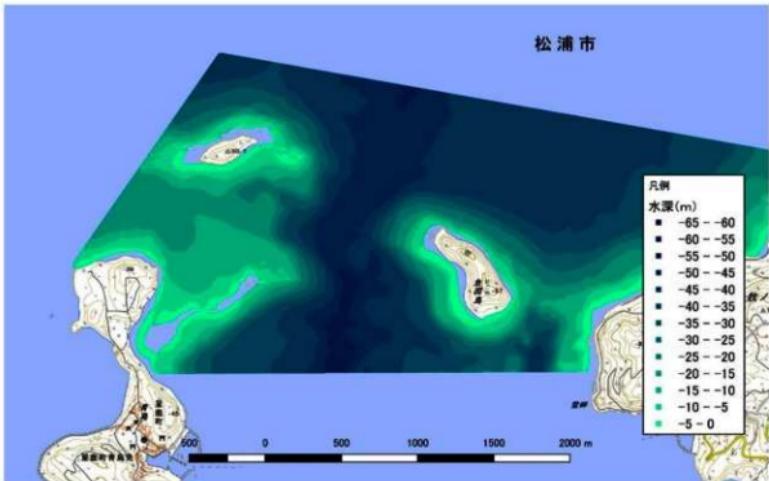
当区域は、青島と星鹿半島の先端、津崎鼻の間を東西に谷地形が発達しており、最大水深は約62mであった。陸域から水深約50mまでは急斜面となっており、谷地形の底部には、転石で生じたと思われる凹凸が存在している。青島南岸には養殖筏が多数設置されており、南岸西方には藻場（海藻の群生）が存在したため、一部欠測が生じている。また、青島南方には干潮時になると歩いて渡ることのできる松島と呼ばれる島があり、その周辺は水深が浅く、船が侵入できなかつたため欠測が生じている。

第18図 平成29年度海底地形図

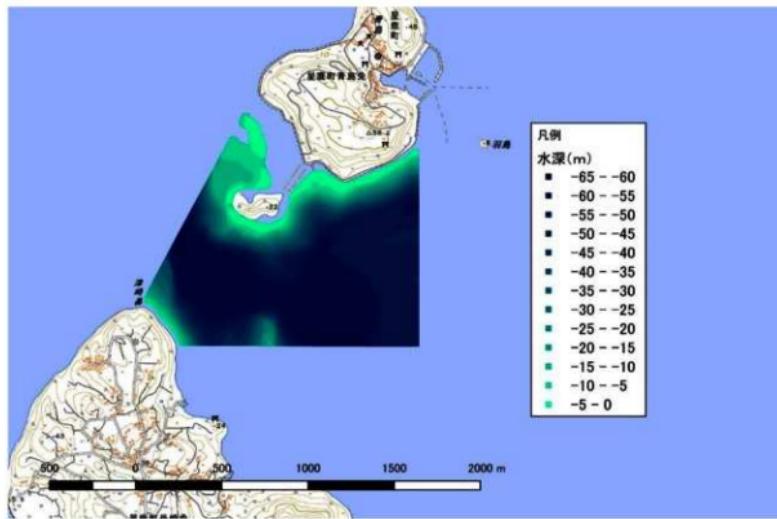




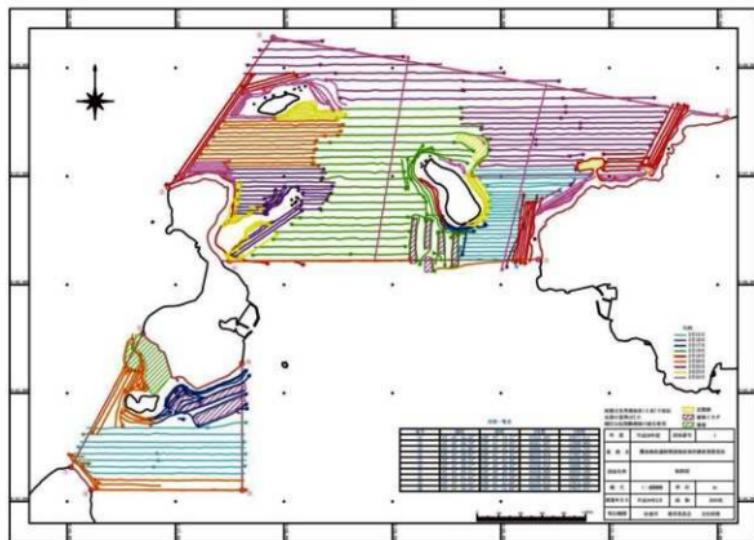
第19図 鷹島西岸～魚固島海底地形図



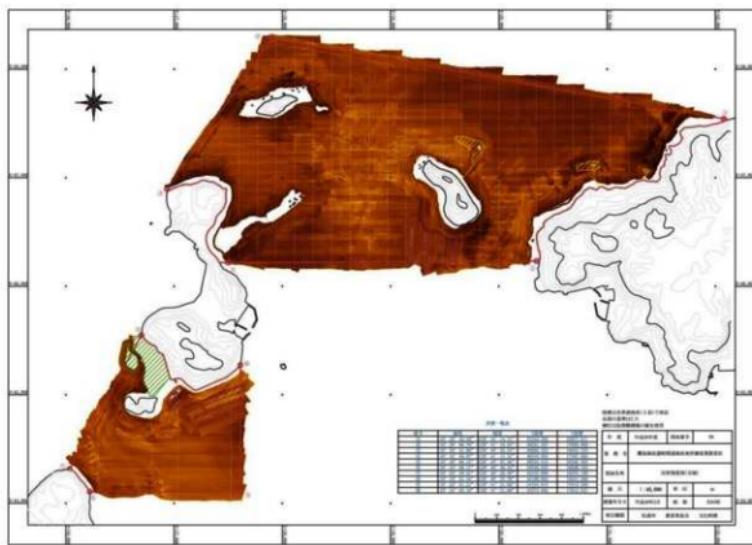
第20図 魚固島～青島東岸海底地形図



第21図 青島南方海底地形図



第22図 平成29年度海底地形調査航跡図（1/45,000）

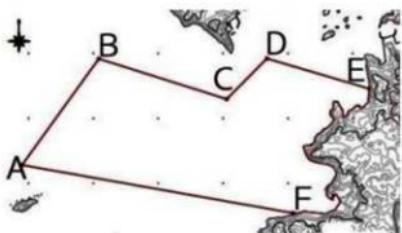


第 23 図 平成 29 年度海底地形調査反射強度図 (1 / 45,000)

3. 平成 30 年度の調査

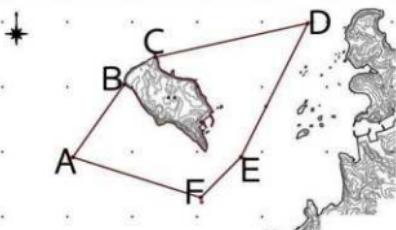
1. 業務委託先 株式会社ウインディーネットワーク
管理技術者 杉本裕介
主任技術者 松本義徳
担当技術者 斎藤貴義、清水秀人
技 術 者 鈴木保宏、松崎康治、阪本真吾、吉長幸男、藤井知徳、藤井清次
2. 調査期間 平成 30 年 10 月 3 日～10 月 14 日（第 1 回）
平成 31 年 1 月 22 日～1 月 30 日（第 2 回）
平成 31 年 2 月 23 日～3 月 1 日（第 3 回）
3. 調査面積 第 1 回調査面積は約 8 km²、第 2 回調査面積は約 4 km²、第 3 回調査面積は約 3 km²である。計約 15 km²となった。

4. 調査区 平成30年度は3回に分けて調査を実施した。それぞれの調査範囲を以下に示す。



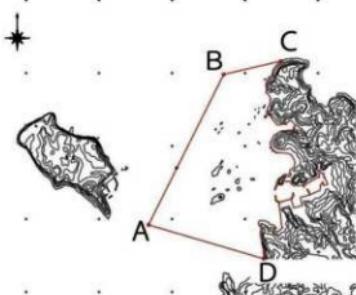
	X座標	Y座標	緯度	経度
A	48281.2071	17899.9001	33° 26' 6. 79"	129° 41' 33. 03"
B	49916.4558	19084.8696	33° 26' 59. 7984"	129° 42' 19. 0326"
C	49295.1736	21056.6666	33° 26' 39. 4974"	129° 43' 35. 3352"
D	49919.0397	21677.1668	33° 26' 59. 7042"	129° 43' 59. 415"
E	49455.0367	23256.7797	33° 26' 44. 523"	129° 45' 0. 5394"
F	47543.2020	22077.6108	33° 25' 42. 5526"	129° 44' 14. 7114"

第24図 平成30年度第1回地形調査区域図



	X座標	Y座標	緯度	経度
A	49916.4558	19084.8696	33° 26' 59. 7984"	129° 42' 19. 0326"
B	51039.8302	19877.5218	33° 27' 36. 2124"	129° 42' 49. 8168"
C	51458.8081	20351.3682	33° 27' 49. 7802"	129° 43' 8. 2014"
D	51982.3067	22706.7662	33° 28' 6. 6036"	129° 44' 39. 4722"
E	49919.0397	21677.1668	33° 26' 59. 7042"	129° 43' 59. 415"
F	49295.1736	21056.6666	33° 26' 39. 4974"	129° 43' 35. 3352"

第25図 平成30年度第2回地形調査区域図



X座標	Y座標	緯度	経度
A 49919.0397	21677.1668	33° 26' 59.7042"	129° 43' 59.415"
B 51982.3067	22706.7662	33° 28' 6.6036"	129° 44' 39.4722"
C 52165.1787	23492.1018	33° 28' 12.4782"	129° 45' 9.9066"
D 49455.0367	23256.7797	33° 26' 44.523"	129° 45' 0.5394"

第 26 図 平成 30 年度第 3 回地形調査区域図

5. 調査 内 容

調査方法は昨年度と同様の手法をとった。また、昨年度実施調査及び平成 30 年度実施のそれぞれの調査との整合性を確認するため、調査範囲を一部重複させるよう測線を設定し、計測を行った。調査範囲内には定置網や養殖筏などの漁業施設が設置されていたため、漁業者の妨げや安全面を考慮し測線を設定した。そのため、一部に欠測が生じている。

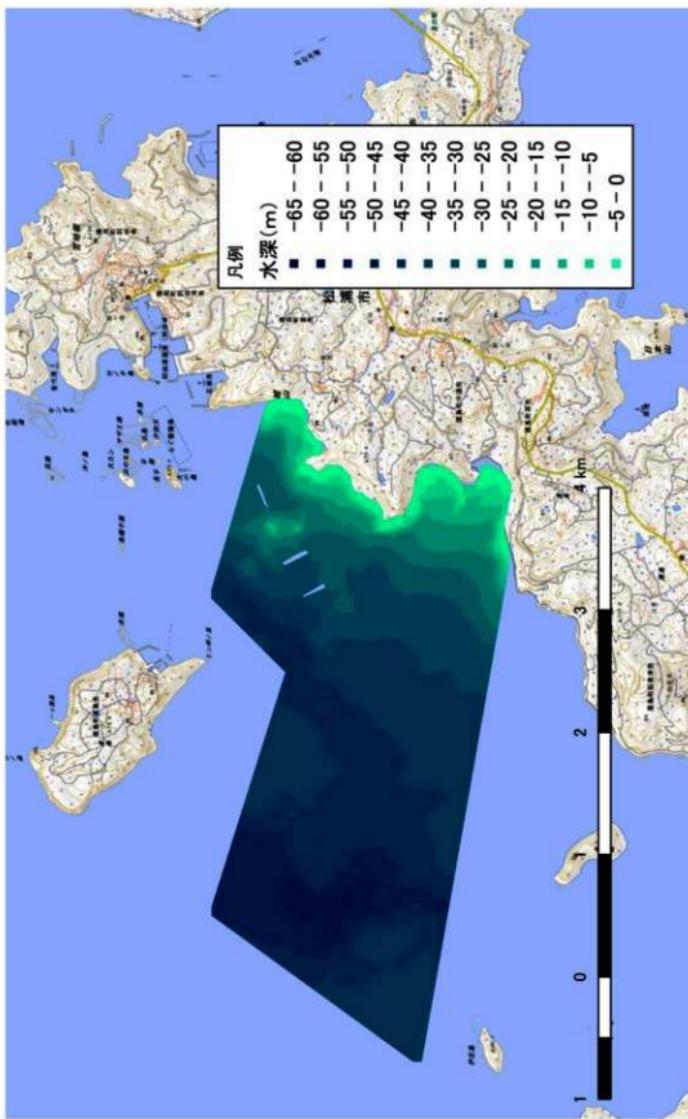
6. 調査 結 果

平成 30 年度は前述の通り、3 回に分けて調査を実施しているため、それぞれの区域ごとに分けて述べることとする。

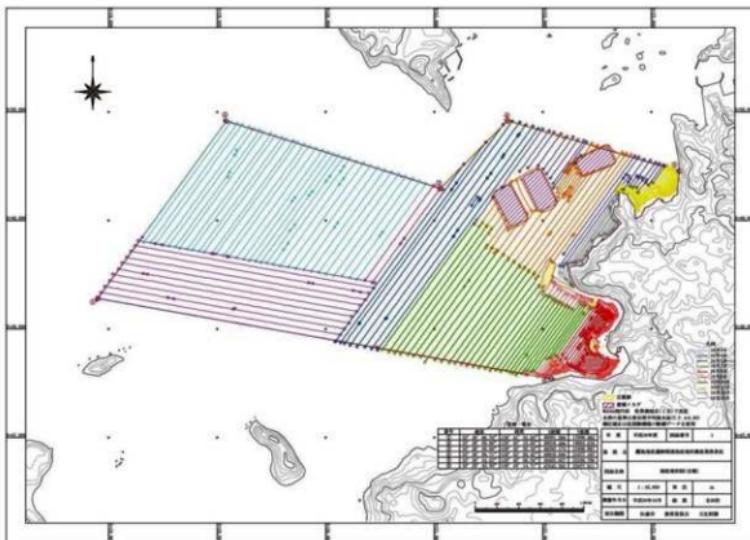
(1) 第 1 回調査範囲

第 1 回目の調査範囲は東西方向の最大幅約 4.7 km、南北方向の最大幅約 2.3 km であり、最深部の水深は約 53m であった。海底地形図を第 27 図、航跡図を第 28 図に、反射強度図を第 29 図に示す。調査範囲西側では、昨年度調査において確認した谷地形がさらに黒島側に向けて延びていることを確認した。谷の最深部は 53m であり、今回調査範囲内で最も深い場所になる。谷地形の南西側は水深約 39m まで浅くなっている、岩礁が確認できる。

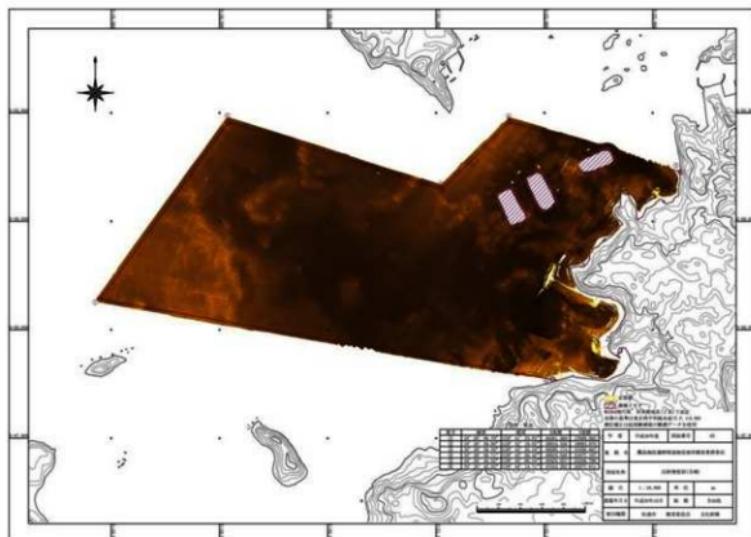
調査範囲の南部、三代海岸付近は陸域に向かって緩やかに傾斜を成しており、露岩域はあまり確認できない。三代海岸は入り江となっており、この入り江の中央付近に沿岸から北西方向に約 300m 冲合まで突堤状に岩礁が延びていることを確認した。この岩礁を境に入り江は二股に分かれていへと続いている。なお、この入り江内には調査船上から、砂が堆積しているのを確認してい



第27圖 平成30年度第1回調査海底地形図



第28図 平成30年度第1回海底地形調査航跡図（1/45,000）

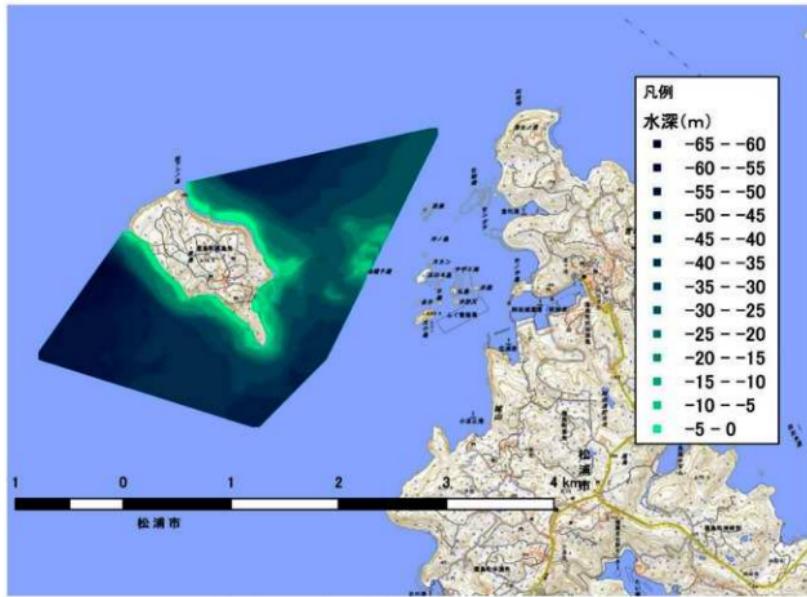


第29図 平成30年度第1回海底地形調査反射強度図（1/45,000）

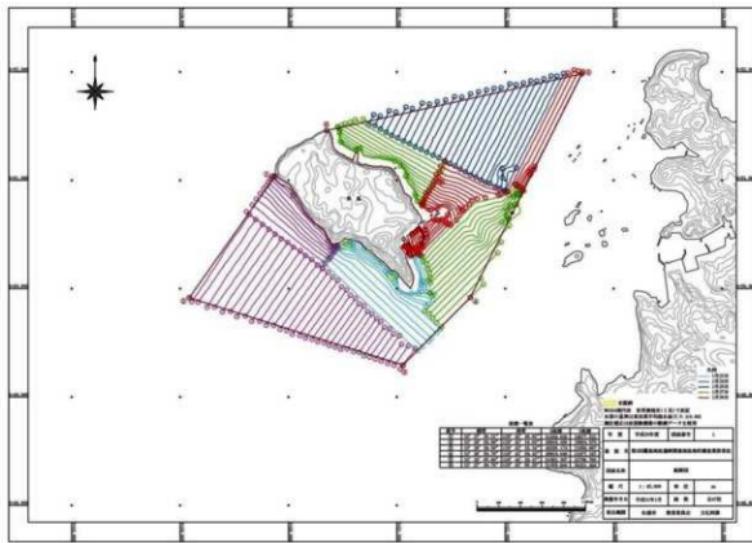
る。三代海岸の北側には大型の養殖筏が設置されている。そのため、100m×300mほどの欠測が3箇所生じている。この養殖筏の周辺には岩礁が複数確認できる。養殖筏の沖合には谷状地形が北東－南西方向に形成されている。この谷状地形は幅150m程であり、最深部は水深約43mである。

(2) 第2回調査範囲

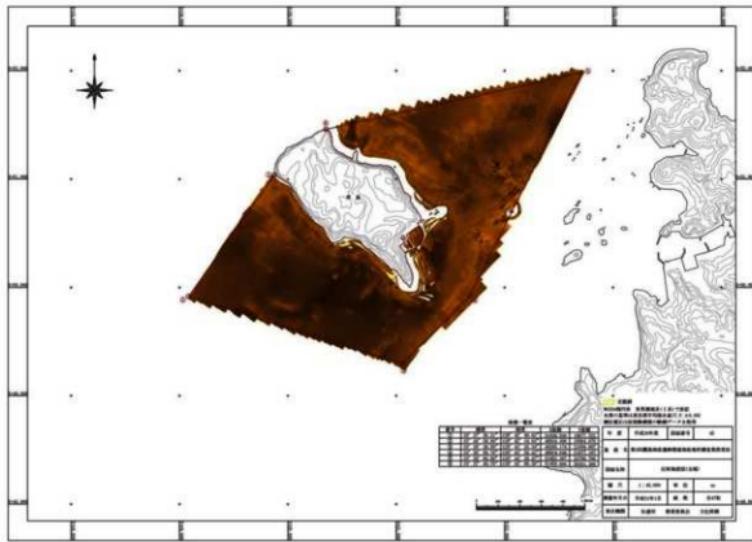
第2回調査は、鷹島沖合に浮かぶ黒島周辺で実施した。航跡図を第31図に示す。黒島南岸に定位網が設置されていたため、一部欠測が生じている。東西方向の最大幅は約2km、南北方向の最大幅は約3.1kmで、面積は約4km²である。黒島の南側には、第1回調査範囲にて確認した谷地形がさらに北西方向に延びていることを確認した。第2回調査範囲における最大水深はこの谷地形部分であり、水深は約56mである。黒島の南岸は水深40mから水深20m付近まで急激に水深が浅くなり、水深20m付近で一度なだらかになるが、水深18m付近から再び急斜面となっている。黒島の北岸は、水深20mから水深3m付近まで急斜面となっている。また、調査範囲東側には北東－南西方向に走向を持つ岩礁が確認できる。反射強度図(第32図)を確認すると、黒島の北側は色が明るくなっていること、反射強度が強くなっている。一方、反射強度の弱い箇所は黒島南部の25～30m以深の海底に確認できる。



第30図 平成30年度第2回調査海底地形図



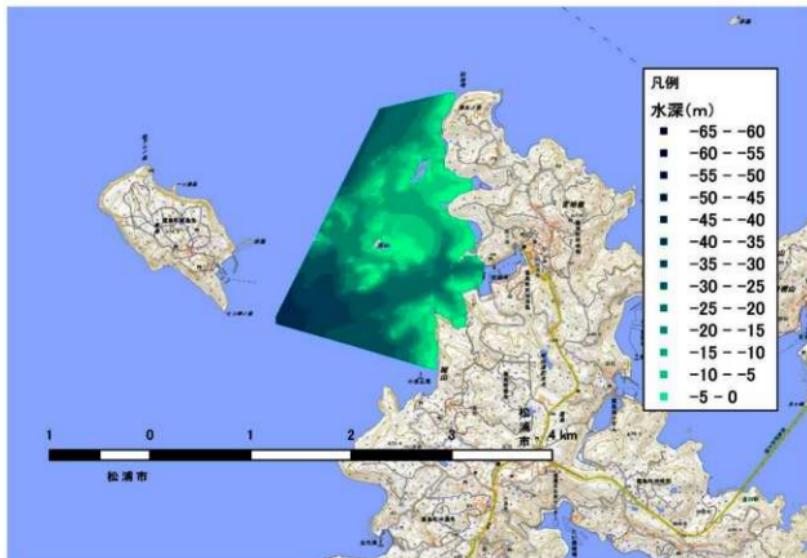
第31図 平成30年度第2回海底地形調査航跡図（1/45,000）



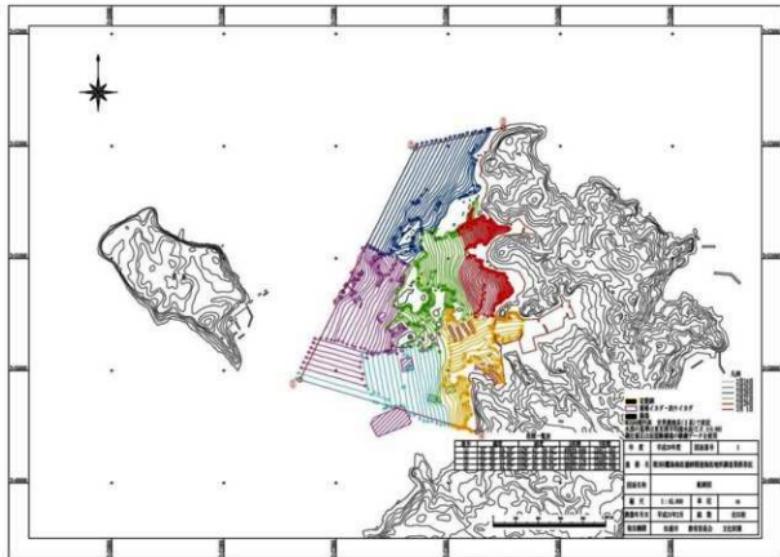
第32図 平成30年度第2回海底地形調査反射強度図（1/45,000）

(3) 第3回調査範囲

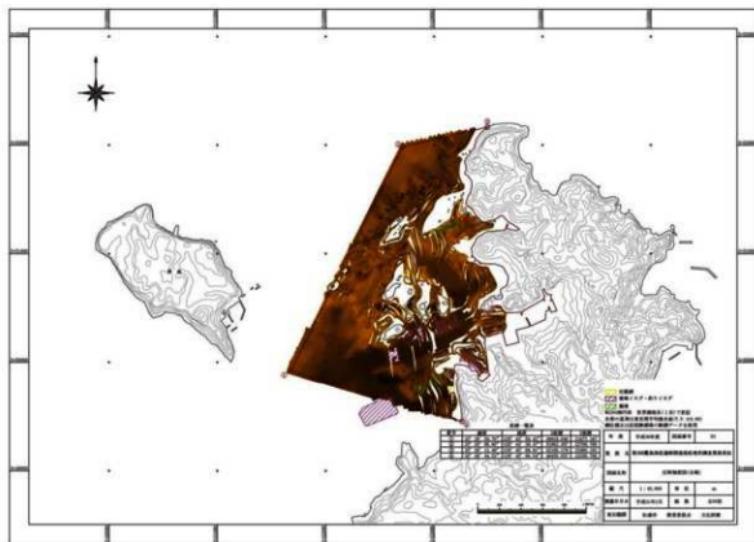
航跡図を第34図に示す。第1回及び第2回調査範囲との整合性を確認するため調査範囲を一部重複させるよう測線を設定し計測を行った。調査範囲内には定置網や養殖筏が設置されており、一部欠測が生じている。調査範囲の東西方向最大幅は約1.6km、南北方向の最大幅は約2.7kmで、面積は約3km²である。今回調査範囲における最大水深は約38mであった。全体的に瀬や水深5m以浅まで隆起している岩礁が多く、調査には注意を要した。調査範囲北端は岸から沖に向かい、緩やかな斜面を形成しているが、調査範囲中央部には瀬や岩礁、小島が形成されている。これら岩礁は北東ー南西方向に走向を持つ。瀬や岩礁の間は水深15~17mの平坦な地形となっている。阿翁浦漁港から南西方向に向かい、幅約300mの谷状地形が形成されている。水深20~33mで南西方向に向かい緩やかに傾斜している。



第33図 平成30年度第3回調査海底地形図



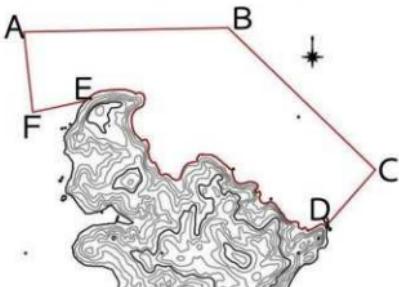
第34図 平成30年度第3回海底地形調査航跡図 (1/45,000)



第35図 平成30年度第3回海底地形調査反射強度図 (1/45,000)

4. 平成 31 年度（令和元年度）の調査

1. 業務委託先 株式会社アーク・ジオ・サポート
主任技術者 小野透
現場代理人 尾城隆紀
担当技術者 三上海人、山崎朱音
2. 調査期間 令和元年 10 月 25 日～10 月 30 日
3. 調査面積 約 2 km²
4. 調査区 鷹島北岸海域を対象として実施した。調査範囲は下記のとおりである。



	X 座標	Y 座標	緯度	経度
A	52624.86	22987.36	33° 28' 27.44"	129° 44' 50.40"
B	52653.81	24484.94	33° 28' 28.26"	129° 45' 48.41"
C	51612.27	25564.79	33° 27' 54.36"	129° 46' 30.13"
D	51196.35	25199.75	33° 27' 40.89"	129° 46' 15.95"
E	52119.20	23444.26	33° 28' 10.99"	129° 45' 8.05"
F	52034.77	23052.54	33° 28' 8.28"	129° 44' 52.87"

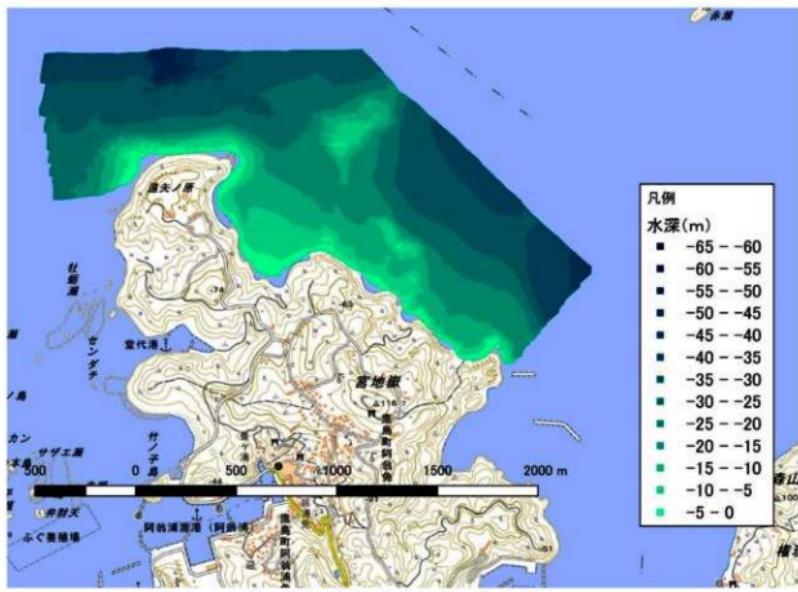
第 36 図 令和元年度調査区域図

5. 調査内容

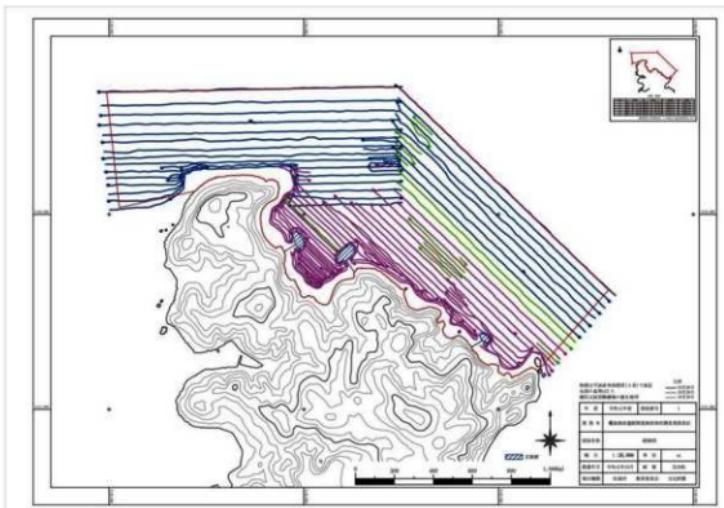
調査方法は平成 29 年度、平成 30 年度と同様の手法をとった。昨年度実施調査との整合性を確認するため、調査範囲を一部重複させるよう測線を設定し、計測を行った。

6. 調査結果

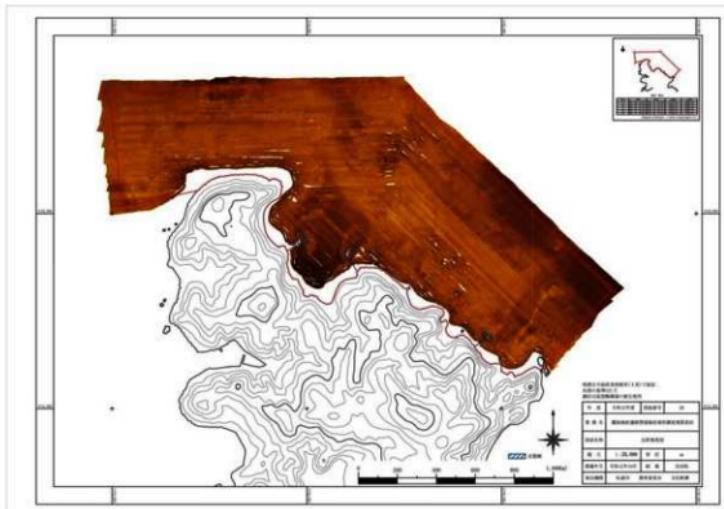
海底地形図を第37図に、航跡図を第38図、反射強度図を第39図に示す。海岸線は全体として岩場及び磯浜であった。北西部の水深30m付近には多数のへこみが存在しているが、これは自然地形ではなく、海砂採取跡と考えられる。調査範囲西部には、北東—南西方向に走向のある岩礁が形成されている。また、調査範囲のほぼ中央には大きさ450m×300m、高さ7m程度の暗礁が存在している。反射強度図を確認すると、調査範囲中央部の入り江と調査範囲東端の反射強度が弱く、色が暗くなっている。この近辺には、調査船上から砂が堆積していることを確認している。



第37図 令和元年度調査海底地形図



第38図 令和元年度海底地形調査航跡図（1/25,000）



第39図 令和元年度海底地形調査反射強度図（1/25,000）

5. 小結

本調査は、前述のとおり、それぞれの年度において業務委託として実施した。本稿で掲載した航跡図及び反射強度図については、業務委託報告書のものを掲載したが、海底地形図については、滝野義幸氏及び山口大学樋原京子氏の指導・助言を受け、オープンソースソフトウェアである QGIS (ver3.0.2) を使用して作成した。なお、陸城の地図については、地理院地図を使用した。巻頭図版及び第 40 図はこれまでの調査データを元に QGIS を用いて作成したものである。

地理情報システム (GIS) を使用したのは、自前でのデータの解析をめざしたものであるが、そのほかに鷹島海底遺跡の 40 年にわたる調査成果を一括管理することをめざしたためでもある。これは、調査主体者が松浦市及び旧鷹島町に限らず、学術調査も多数行われており、それぞれの調査において得られたデータが個別で存在しているため、これらのデータを一括管理し、個々のデータの離散を防ぎ、調査成果を概観、把握できるようにするためである。そのため、自前でのデータの解析や GIS を活用することを念頭に、紙媒体及び PDF 等の報告書だけではなく、解析データや生データ等も提出を求めた。

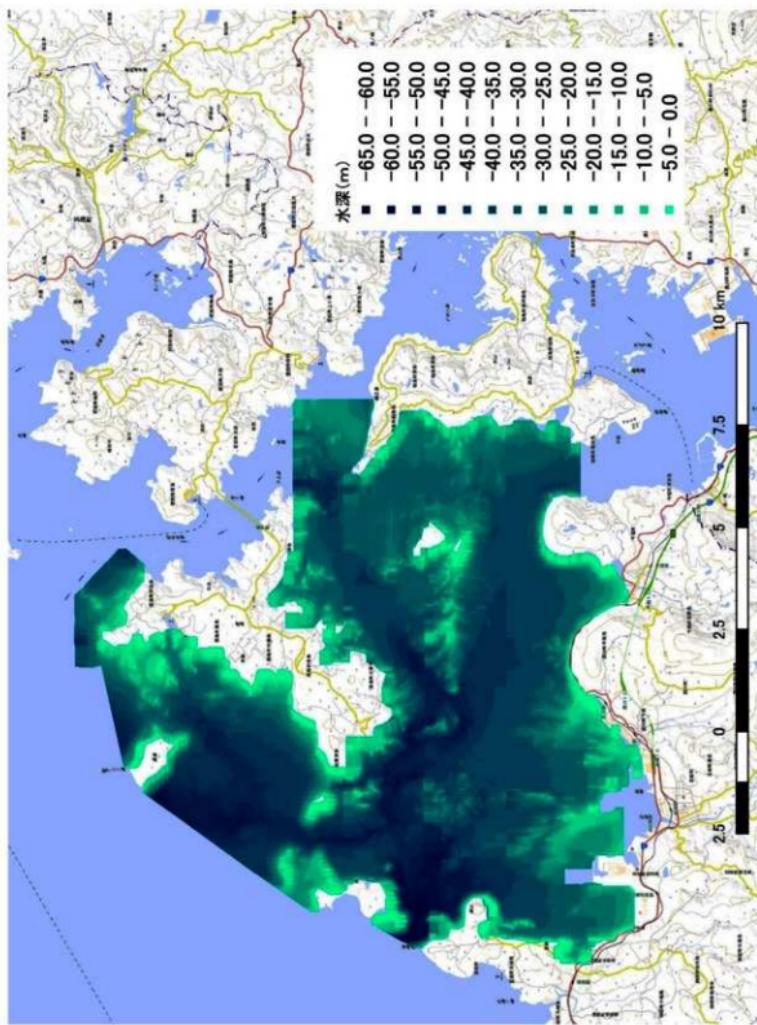
GIS を導入・維持するには、多額の予算が必要となるが、今回使用したのはオープンソースソフトウェアであり、インターネットに接続できる環境であれば誰でも入手できるという利点がある。操作については、不慣れなこともあります、大変苦労したが、これについては今後の課題である。

さて、本稿では、鷹島西岸及び北岸海域、青島・星鹿半島間において実施した海底微地形調査について述べた。青島・星鹿半島間では、伊万里湾全域調査において確認した谷地形がさらに伊万里湾外に向かって延びていることを確認した。最大水深は約 62m で、伊万里湾内で最も深い場所にあたる。陸域から水深約 50m までは急斜面となっている。鷹島西岸では、伊万里湾全域調査において確認した谷地形が魚固島～青島間をとおり、黒島南方まで延びている。この谷地形における最大水深は約 56m であった。黒島の周囲は水深 40m 前後まで急斜面となる。一方、鷹島沿岸では、西岸南部に陸域から続く急斜面が認められるものの、それも水深 15m 前後まであり、黒島沿岸などに比べると比較的緩やかな傾斜となっている。鷹島沿岸北側の阿翁浦近辺では、瀬や水深 5m 以浅まで隆起している岩礁が多く、また、阿翁浦漁港から南西方向に向かい、幅約 300m の谷状地形が形成されるなど、起伏に富む。鷹島北岸海域においては、岩礁や沖合には暗礁が存在するが、水深 30m 付近まで比較的緩やかな傾斜をなしている。

参考文献

- 東海大学海洋学部 海洋学科 2011「長崎県・伊万里湾海底地形図集 縮尺 1/8,000」
東海大学 松浦市教育委員会 2011「松浦市鷹島海底遺跡関連伊万里湾海底調査 2010 年度第
10 次高精度高密度海底地形・地質調査報告書」
株式会社セア・プラス 松浦市教育委員会 2011「鷹島海底遺跡関連伊万里湾海底調査 浅海域
海底探査業務委託 報告書」

第40図 伊万里湾、鷹島西岸及び北岸海底地形図



海底地形調査総括

調査指導 植原 京子

本事業が始まる以前、琉球大学の池田栄史教授を中心とする発掘調査では、「元寇沈船発見に至るまでの過程をみると、伊万里湾を対象として作成した詳細な海底地形図と海底地層図を作成した上で、その分析を踏まえて行った試掘調査によって発見に至った」とあり、その後の調査でも、上記の方法が元寇沈船発掘において有効な手立てであることが示された。このことについて振り返ると、音波探査において元寇沈船の船体等の可能性が高いと認められた「異常反射体」は、滝野義幸氏らが元寇船沈没時の状況やその後の侵食・堆積過程を考慮しながら、本海域においても残存している可能性の高い場所を見極め、抽出されてきたものであった。音波探査の断面を見て、どのような点で異常とみなせるのか、その判断においては、海底地形や堆積過程含めた検討が欠かせなかった。元寇船の沈没時とそれ以後、現在までは、沈船を取り巻く堆積環境や気候は大きく変化していないと考えられるので、現在の状況をみながら、暴風や暴浪時に船を停泊させるのに適した場所はどこか、波によって破壊あるいは沈んだ船が、その後の潮流や波浪による侵食に耐え、残存するためには堆積物に覆われやすい場所の方がよいが、それは海底のどこか、という視点で推察していくのである。そして、結果的にも、鷹島南岸では海底に形成された谷の縁辺部、谷底につながる緩斜面の傾斜変換点部分に異常反射体が多く発見された。その深度は概ね20m以深であった。

海底では波浪と潮流による侵食・運搬・堆積の作用が及んでいる。鷹島周辺の潮位差は大潮でも約2.5m、鷹島南岸地域における海底地形の特徴としては、概ね陸側から水深15~20mまでが急勾配であり、所々、尾根上の高まりがみられた。このことより、通常の波浪作用限界深度は水深15~20mと推定され、鷹島南岸においては、この波浪作用限界深度よりも深い地点で異常反射体が捉えられていると指摘できる。また、遺物を挟む上下の堆積物を調べた結果によると（黒津浦C海域—2）、シルト～泥が占める割合が30%程度の地点もあり、必ずしも細粒分に富む堆積物中だけに遺物が保存されているわけではないことも分かった。これらのことから、船体は斜面上でも定着し、波浪や潮流による侵食よりもやや堆積作用が強い場所であれば、保存されている可能性が高いと推察された。

一方、本事業で整備した海底地形データに基づくと、鷹島西部～北部には小さな離島が点在し、その部分では浅海域が広がるが、魚固島と青島との間を通る海水道は、鷹島東岸よりも深く明瞭な谷地形を呈し、また、外洋に面した地域では、概ね陸側から水深約35mまでが急勾配となっている。すなわち、鷹島南岸とは異なって、海底地形の凹凸が顕著であり、潮流や波浪の侵食力も強いことが伺える。それを踏まえると、鷹島南岸で捉えられたような異常反射体が西岸・北岸で捉えられる場所はかなり限られると想像できる。また、波浪作用限界深度以深になると、発掘作業には困難な海域となる。ただし、離島が分布する地域は海底地形の傾斜変換を有する浅海であり、一部の海岸には陸上から豊富な堆積物が供給されるような場所もみられる。このことから、西岸・北岸地域では、こうした視点で、

再度、元寇沈船が残存されやすい場所をみていく必要があろう。以上のように、鷹島および周辺海域における、水中および海底に眠る遺物に対しては、陸からの土砂の供給、潮流や波浪の営力の強弱や方向など、堆積環境を推定できる情報の蓄積が、今後の発掘においても重要である。

最後に、海底地形データの活用について述べる。本事業では、高精細な海底地形データを整備した。本報告書では、取得仕様と成果図を示すことにとどまっているが、XYZ の数値データであるため、地形解析ならびに潮流や浮遊物質の拡散シミュレーション等にも活用されることが期待できる。

また、本事業では、探査・発掘に資することを目的として取得しており、海底地形データの空間分解能はサブメートルである。そのため、海底の大局的な地形のみならず微地形等の海底の状況を詳細に把握することが可能である。例えば、直接点群処理したデータを用いると海底面状にみられる、特に突起物が、発掘の対象としない人工物であるか否かを検討することができる。音波探査では海底下の様子が分かるが2次元断面であるため、側方への連続性や広がりを把握する場合には難しさが残る。この点を海底地形データが補うのである。これまでに発見された異常反射体の中には、その埋没した範囲の海底が高まっているものもあり、それが海底でどのような形状と広がりをもっているのかが分かれば、間接的に捉えた反射体が漁業関連施設であるのかの判断も可能であろう。

一方、海底の微地形は、現在の底質、潮流・波浪等の状況を反映した形状・分布を示し、例えば、リップルなどは海水の流れを読み解くのに役立ち、潮流計の結果を合わせながら用いれば海底に変更を与える発掘調査・保全事業が漁業施設へ与える影響を評価する際の資料ともなる。

本事業を通じて、利用価値の高いデータが多く蓄積されたことは間違いないが、以上の検討が円滑に行えるようになるためには、自然科学と考古学の両面からの観察が必要であり、こうした人材の育成も今後に期待したいところである。そして、より広く水中考古学発展のためにデータが活用される体制を作る必要がある。

第V章 音波探査

1. 調査の概要

(1) 目的

平成 27 年度から平成 29 年度まで、音響を利用した高分解能の地層探査装置（以下、「音波探査装置」という）を用い、鷹島海底遺跡及びその周辺海域における表層堆積物の堆積構造の把握と潜在する異常反射体の抽出を目的とし、音波探査を実施した。また、抽出した異常反射体がいかなる物質に反応しているのか確認するため、その翌年度に発掘（突き棒）調査を実施している。

なお後述するが、平成 28 年度および平成 29 年度の音波探査は長崎県と協議の上、海域を分担して実施している。長崎県が実施した音波探査については、既に報告書が刊行（長崎県教育委員会 2018）されているため、そちらを参照されたい。

(2) 調査の準備

音波探査については、それぞれの年度で測量会社に委託して実施した。その際に鷹島海底遺跡での音波探査等で経験・実績を有する滝野義幸氏をアドバイザーとして招聘し、指導、助言を仰いだ。

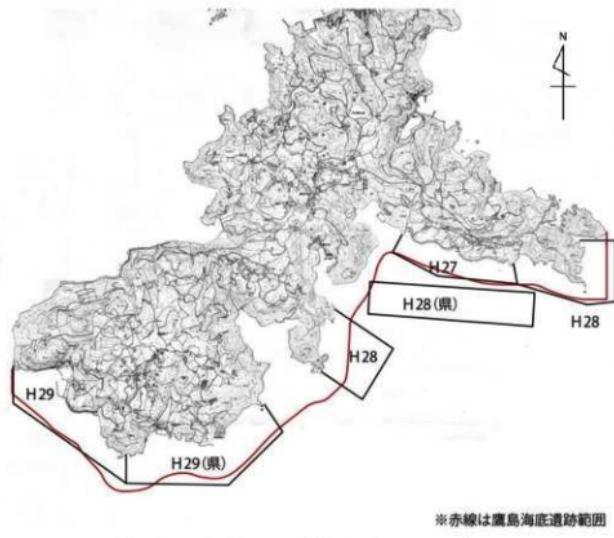
作業を実施するにあたり、新松浦漁業協同組合、鷹島汽船等関係各機関に作業内容・作業方法等を記載したリーフレットを配布し、安全作業のための周知に努めた。また、事前に管轄である伊万里海上保安署に作業届を提出した。添付書類は以下の通りである。

- ・調査計画水域位置図
- ・借り上げ作業船関係書類写（船舶検査証、小型船舶操縦免許証）
- ・緊急連絡体制表
- ・工程表
- ・調査実施計画書

(3) 調査区の設定

現在、鷹島 1 号沈没船を含む神崎港沖合の範囲が国指定史跡となっている。これまでに確認されている遺物の出土状況が鷹島南岸各所に見られることから、国指定以外の範囲の海域でも新たな元寇沈船発見の可能性があるため、史跡の追加指定を念頭に、鷹島南岸沿岸域を網羅する調査地を設定した。

初年度である平成 27 年度は国指定史跡鷹島神崎遺跡範囲内の音波探査を実施した。平成 28 年度および平成 29 年度は長崎県と協議し、海域をそれぞれ分担して実施した。平成 28 年度は松浦市が神崎免地先東側（国指定史跡東側）及び原免地先を、長崎県が国指定史跡の沖合、平成 29 年度は松浦市が船唐津免・三里免地先、長崎県が床浪港沿岸域をそれぞれ実施した（第 41 図）。



第41図 音波探査調査範囲図（1/50,000）

(4) 調査方法

音波や超音波を利用し、海底下の地層の状態を確認する探査技術を地層探査、あるいは音波探査という。対象域の表層堆積物の堆積構造を明らかにし、元寇遺物の可能性がある対象物（異常反射体）の形態を的確に捕捉するために、動揺補正により波の影響を軽減することができ、分解能が高く指向角の狭いパラメトリック方式の音波探査装置を使用した。パラメトリック音響技術は、100kHz の一次周波数と異なる周波数の音波を同時に発信することにより、互いに干渉しない、高周波の二次周波数を発生させる方式である。さらに、その後の突き棒調査による異常反射体の確認に際し、位置精度の向上が求められるため、従来のワイドビームの探査システムと異なり、指向角の狭いシステムを用いることで、トランステューサー直下の探査が可能で、また、動揺補正装置（ダイナミックモーションセンサー）を用いて波の動揺補正（ヒーブ）を行うことにより、波浪の影響を排除した明瞭な記録を取得することができる。

設定された探査測線と調査船位置、航跡を操船台に設置したディスプレイにリアルタイムで表示し、調査船を測線上に誘導して探査を実施した。また、水路測量ソフトウェアで時刻、位置データ、動揺データ等の計測データを収録し、音波探査データを収録した。

調査船の速度は、良好な音波探査データが取得できるよう、2～3ノットで航走した。音波探査データは水深の変化に伴い、適宜レンジを変更して良好なデータが取得できるよう努めた。

(5) 安全管理

作業中止基準を設定し、下記基準を超える場合は作業を中止することとした。基準以下の場合であっても、調査船船長が作業不能と判断した場合は、現場代理人とも協議の上、作業を中止した。また、作業船には水路業務法第17条の規定に基づき、標識を掲揚した。

- ・波高：目視で1.5m以上
- ・風速：平均風速10m/秒以上
- ・視程：目視で1,000m以下

2. 平成27年度の音波探査

1. 業務委託先 株式会社ウインディーネットワーク

管理技術者 杉本裕介

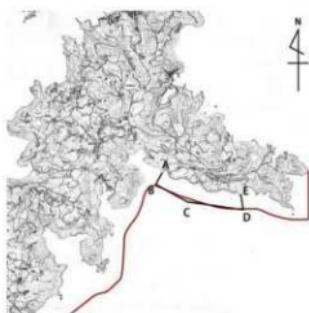
主任技術者 松本義徳

技術者 勝田俊輔、松崎康治、吉岡勇哉、蓑和雄人、清水秀人、飛渡和也

2. 調査期間 平成27年6月10日～平成27年6月16日

3. 調査面積 約384,000 m²

4. 調査区 国指定史跡鷹島神崎遺跡の範囲内（第42図）について調査を実施した。



	X座標	Y座標	緯度	経度
A	47738.73	24874.75	33° 25' 48.67983"	129° 46' 03.01887"
B	47536.00	24763.10	33° 25' 42.10831"	129° 45' 58.67631"
C	47221.20	25331.90	33° 25' 31.84176"	129° 46' 20.66465"
D	47163.40	26188.10	33° 25' 29.89150"	129° 46' 53.80401"
E	47365.53	26149.18	33° 25' 36.45626"	129° 46' 52.31849"

第42図 平成27年度音波探査実施区域図

5. 調査内容

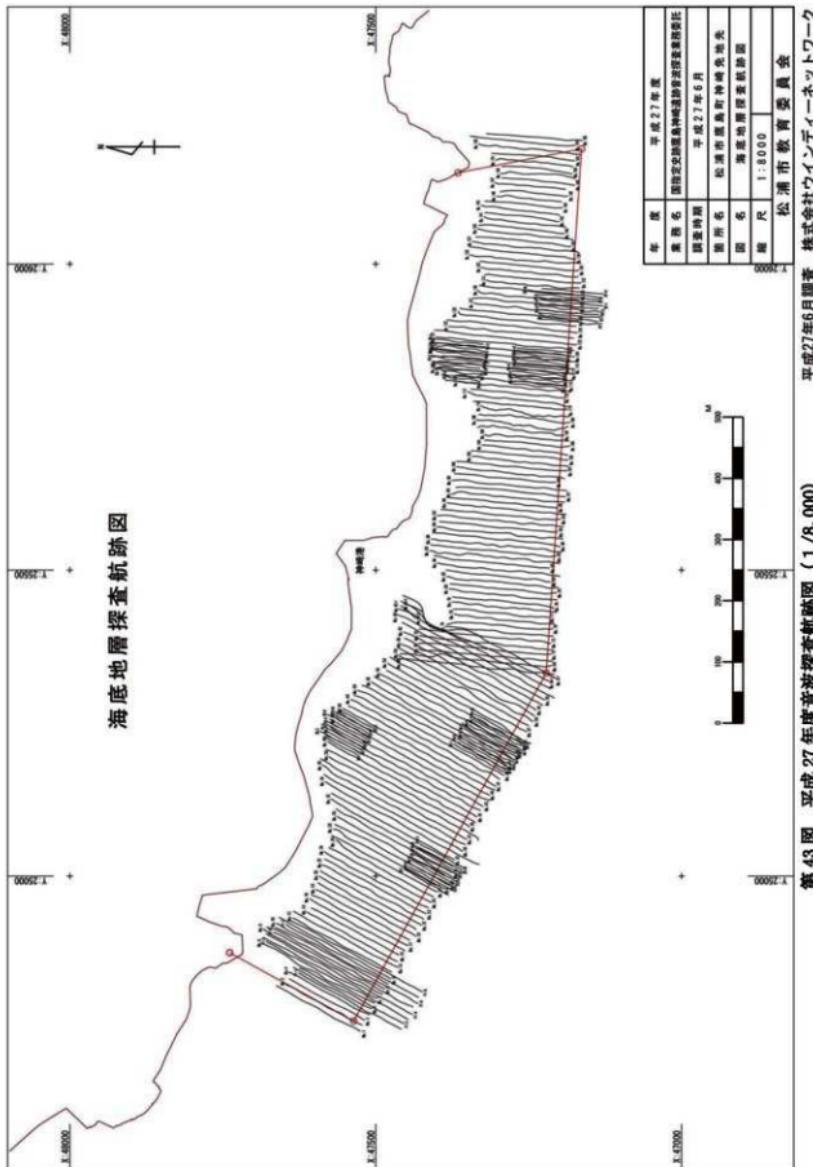
航跡図を第43図に示す。探査測線は等深線に概ね直交するように設定した。国史跡指定範囲を東西に分け、西側は北東～南西方向、東側は北～南方向に設定し、測線間隔は10mとした。特異な反応が認められた箇所については、新たに5m間隔の測線を設定し、補測を実施した。10m間隔の測線が155本、補測測線が81本、合計236本、総航行距離は約39kmとなった。なお、調査範囲のほぼ中央には神崎港があり、沖防波堤が設置されているため、その付近の測線については一部蛇行及び中断しているものがある。

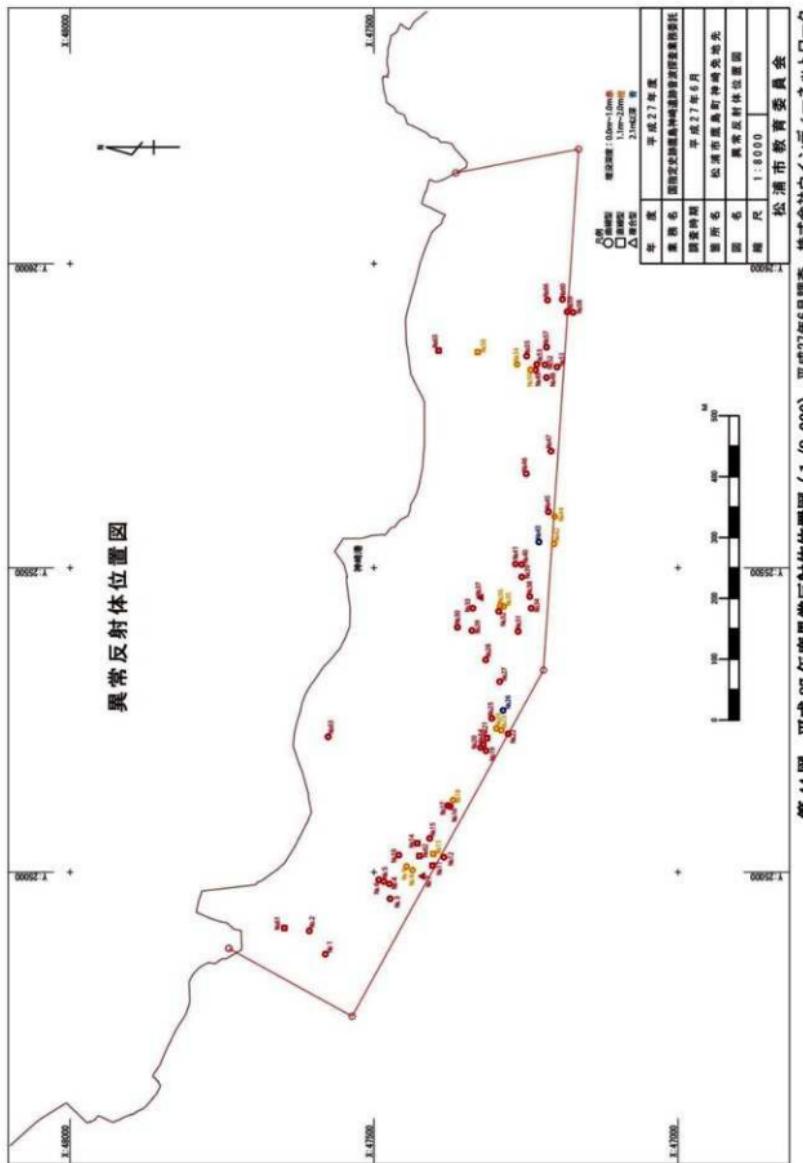
6. 調査結果

調査の結果、66 地点において異常反射体を確認した。異常反射体の分布を第 44 図に、異常反射体一覧を第 45 図～第 49 図に示す。確認された異常反射体はそれぞれに番号を振り、位置、埋没深度、規模、形状を記載した。

異常反射体はその形状と埋没深度で分類を行った。分類に関しては『水中考古学手法による元寇沈船の調査と研究』平成 23 年度～平成 27 年度科学研究費補助金基盤研究（S）研究成果報告書 第一冊（海底音波探査成果報告書）（池田・根元 2013）を参考にし、形状に関しては、曲線型の反射体（○で図示）、直線型の反射体（□で図示）、複数の反射体で形成されている複合型（△で図示）の 3 種類に分類した。また、反射体の埋没深度に関しては、0.0m～1.0m を赤色、1.1m～2.0m を橙色、2.1m 以深を青色として 3 つに分類した。この分類方法により、反射体を 9 種類に分け、異常反射体位置図を作成した。

反射体は調査域に広く分布しているが、特に水深 20～25m 前後の谷底部や陸域からの傾斜の変換点に認められた。特に曲線型で、埋没深度が 1m 以浅の反射体が大半を占め、埋没深度 2m 以深のものについては反射体 No.26 及び反射体 No.43 の 2 つのみであった。また、調査範囲の西側は「鷹島 1 号沈没船」の発見箇所周辺であるが、今回の調査では特徴的な反射は認められなかった。

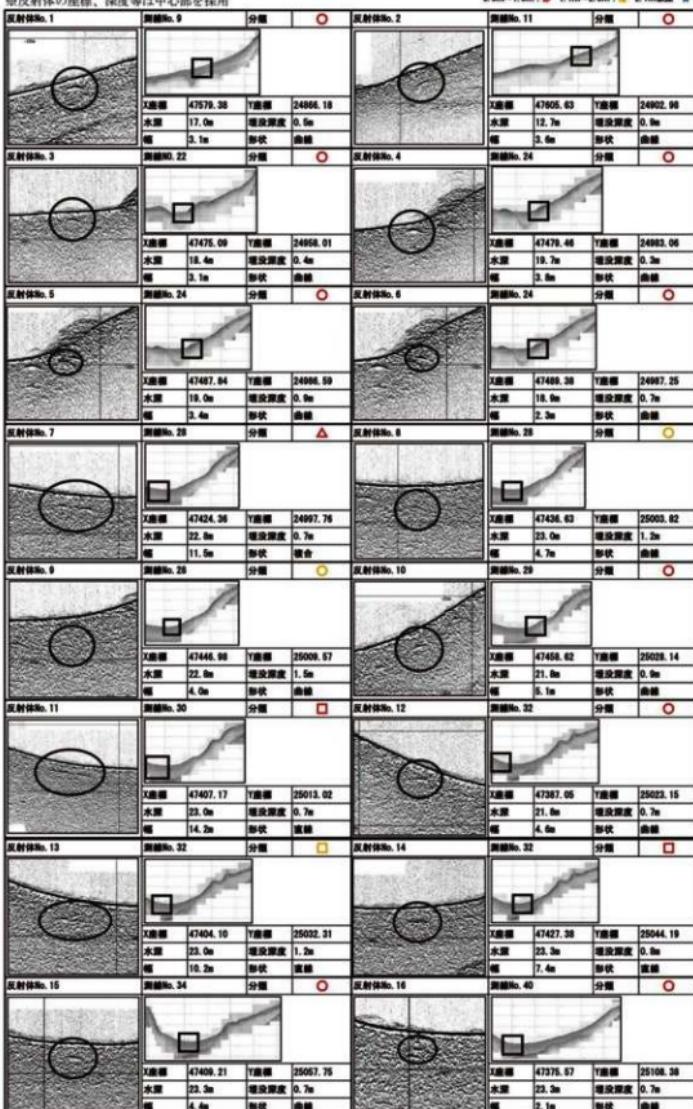




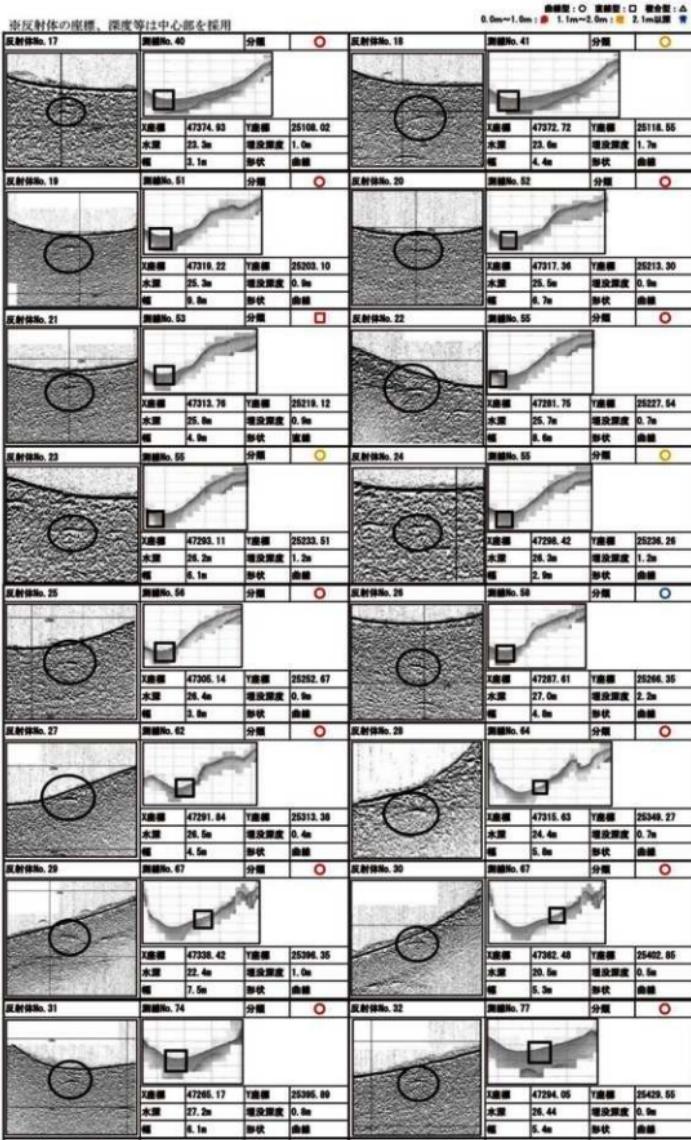
第44図 平成27年度異常反射体位置図(1/8,000) 平成27年6月調査 株式会社ウインディネットワーク

※反射体の座標、深度等は中心部を採用

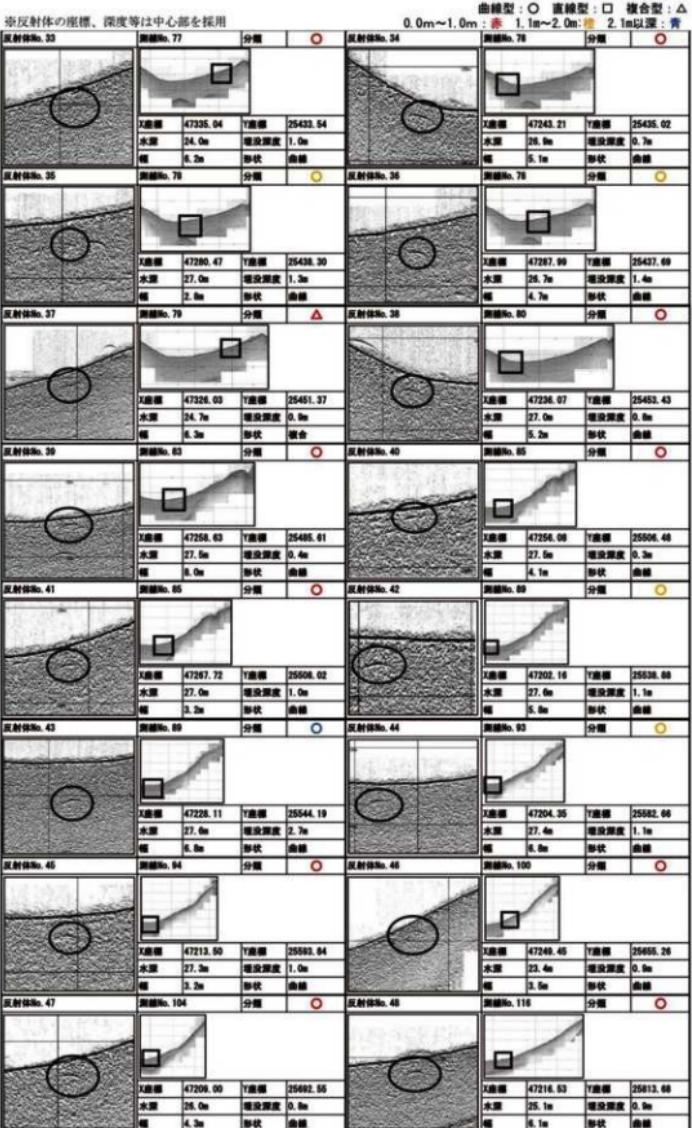
曲線型：○ 直線型：□ 合成型：△
5.0m～1.0m：● 1.1m～2.0m：■ 2.1m以上：△



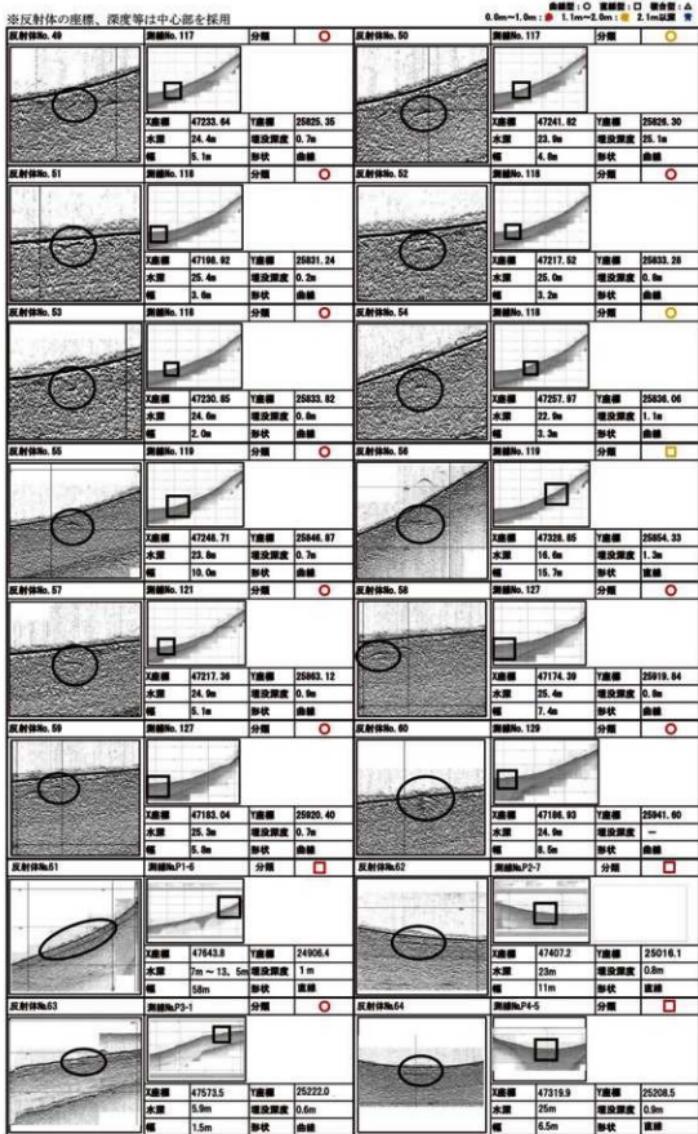
第45図 平成27年度異常反射体一覧①



第46図 平成27年度異常反射体一覧②



第 47 図 平成 27 年度異常反射体一覧③



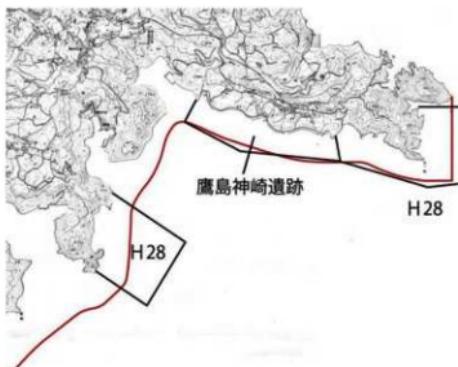
第48図 平成27年度異常反射体一覧④



第49図 平成27年度異常反射体一覧⑤

3. 平成28年度の音波探査

1. 業務委託先 株式会社ウインディーネットワーク
管理技術者 杉本裕介
主任技術者 松本義徳
技術者 勝田俊輔、松崎康治、齊藤貴義、蓑和雄人、清水秀人、飛渡和也
2. 調査期間 平成29年1月31日～2月20日
3. 調査面積 1,213,300 m²
4. 調査区 国指定史跡鷹島神崎遺跡の東側から南ヶ崎を経て干上鼻までの海域（神崎免地先西側、東側）と殿ノ浦出口南側（原免地先）の2箇所（第50図）



第50図 平成28年度音波探査実施区域図

5. 調査内容

測線間隔は10mを基本とした。神崎免地先海域での測線は、等深線に概ね直交方向の測線と平行方向の測線を設定した。神崎免地先の西側（鷹島神崎遺跡東側から南ヶ崎付近）では南西—北東方向から北西—南東方向に、東側（南ヶ崎から干上鼻付近）では東西から南北方向に測線を設定し、格子状に探査を実施した。原免地先においては、等深線と概ね直交するように岸から沖（南

東から北西) 方向に測線を設定し、探査を実施した。また、本測線中に特異な記録が認められた箇所については 5 m 間隔の測線を設定し、補測を実施した。

航跡図を第 51 図および第 52 図に示す。神崎免地先西側では、南西—北東方向に 94 測線(航行距離約 18.5 km)、北西—南東方向に 27 測線(航行距離約 19 km)、神崎免地先東側では東西方向 79 測線(航行距離約 27 km)、南北方向 37 測線(航行距離約 25 km)の計 237 測線を設定した。神崎免地先では、西側、東側ともに漁業施設(養殖用筏)が設置されていたため、その付近では漁業者の作業の妨げにならないよう十分注意し作業を進めた。そのため、養殖用筏付近の測線については一部蛇行しているものや中断している測線がある。原免地先では、北西—南東方向に 81 測線(航行距離約 64 km)を設定した。両海域を合わせた補測は 52 測線(航行距離約 4.5 km)となり、合計で 370 測線、総航行距離は約 158 km となった。なお、沖から岸へ向かって航行する際は、安全を考慮し、水深 10m 以浅でかつ露岩域であることが判明した時点でその測線における探査を終了している。

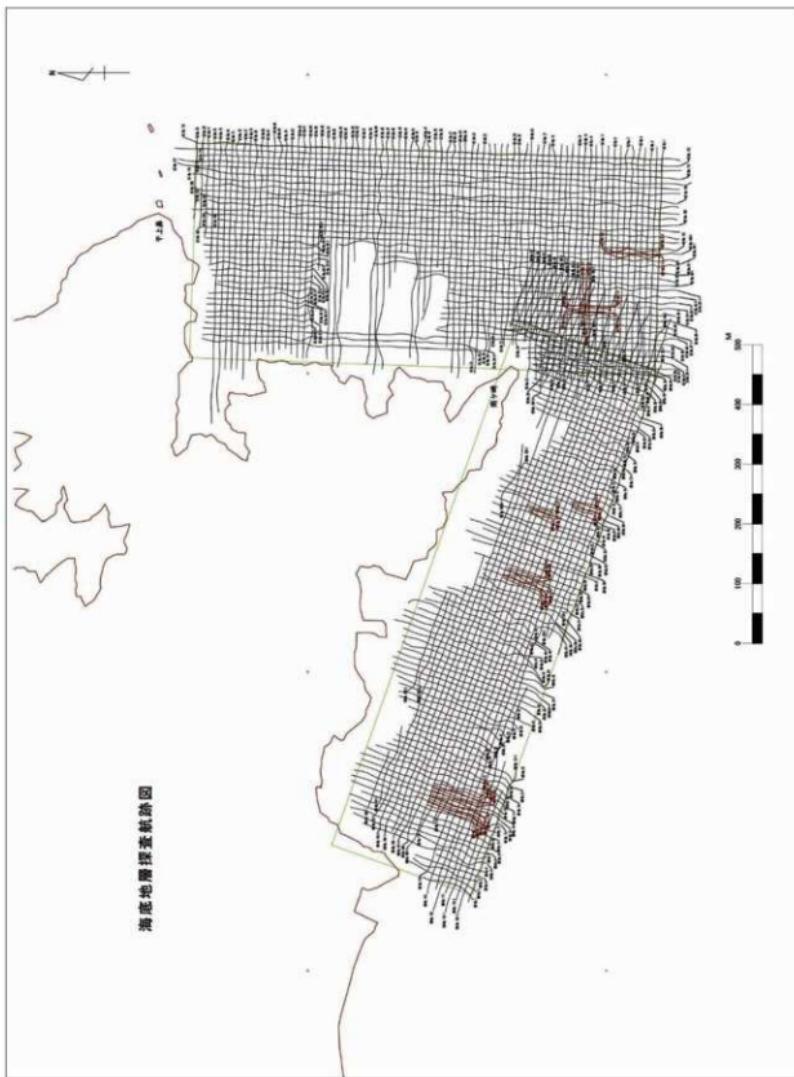
6. 調査結果

調査の結果、神崎免地先西側及び東側、原免地先合わせて 114 地点において異常反射体を確認した。平成 27 年度と同様の分類を行い、一覧表(第 55 図～第 62 図)と異常反射体位置図(第 53 図、第 54 図)を作成した。

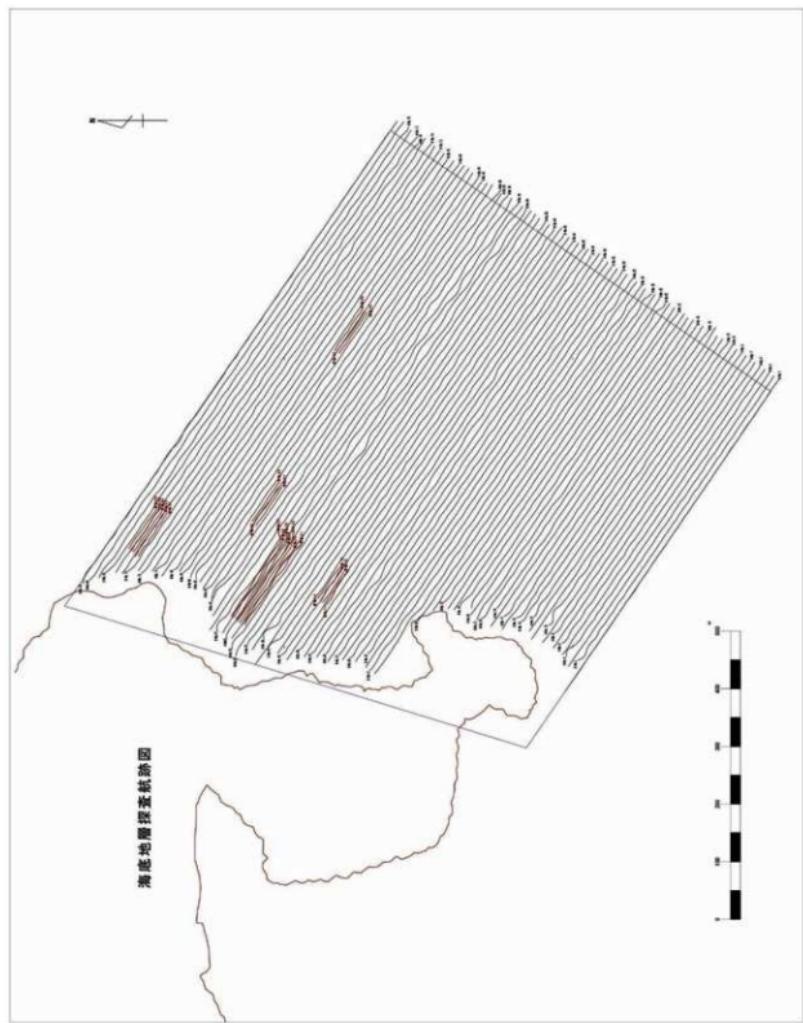
神崎免地先では養殖用筏が多数設置されており、その付近ではシンカーと思われる異常反射体が認められた。異常反射体位置図に示した No.1 反射集合体、No.2 反射集合体は、2 号沈没船の神合に位置している。No.1 反射集合体は、『水中考古学手法による元寇沈船の調査と研究』平成 23 年度～平成 27 年度科学研究費補助金基盤研究(S)研究成果報告書 第三冊(池田ほか 2016)において C-2 「反射体として、船体が眠っていると思われる地点として報告されている。

原免地先では、曲線状の反応が多数認められた。以前は養殖用筏が設置されていた海域でもあるため、シンカー等の漁業関連物である可能性が高いと思われる。

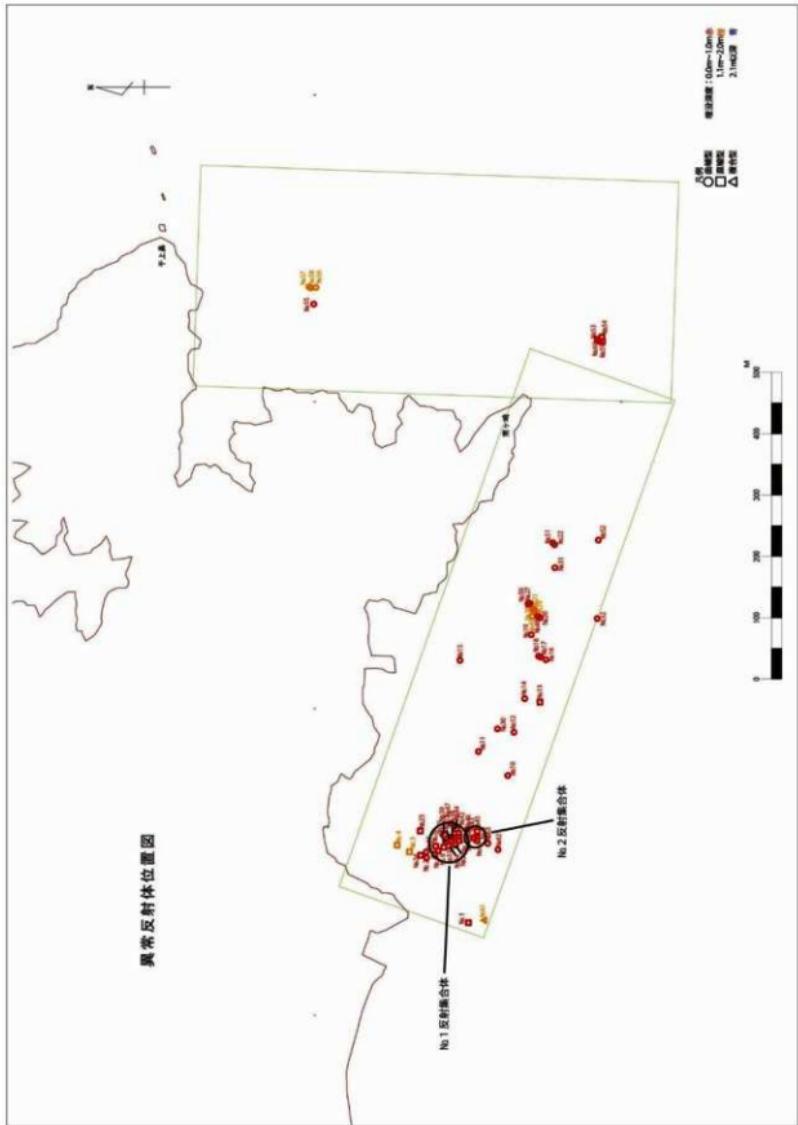
神崎免地先、原免地先の両者とも傾斜の変換点や谷状地形の底部等に多く反射体が認められた。また、埋没深度が 2 m 以深のものは今回調査では認められなかった。



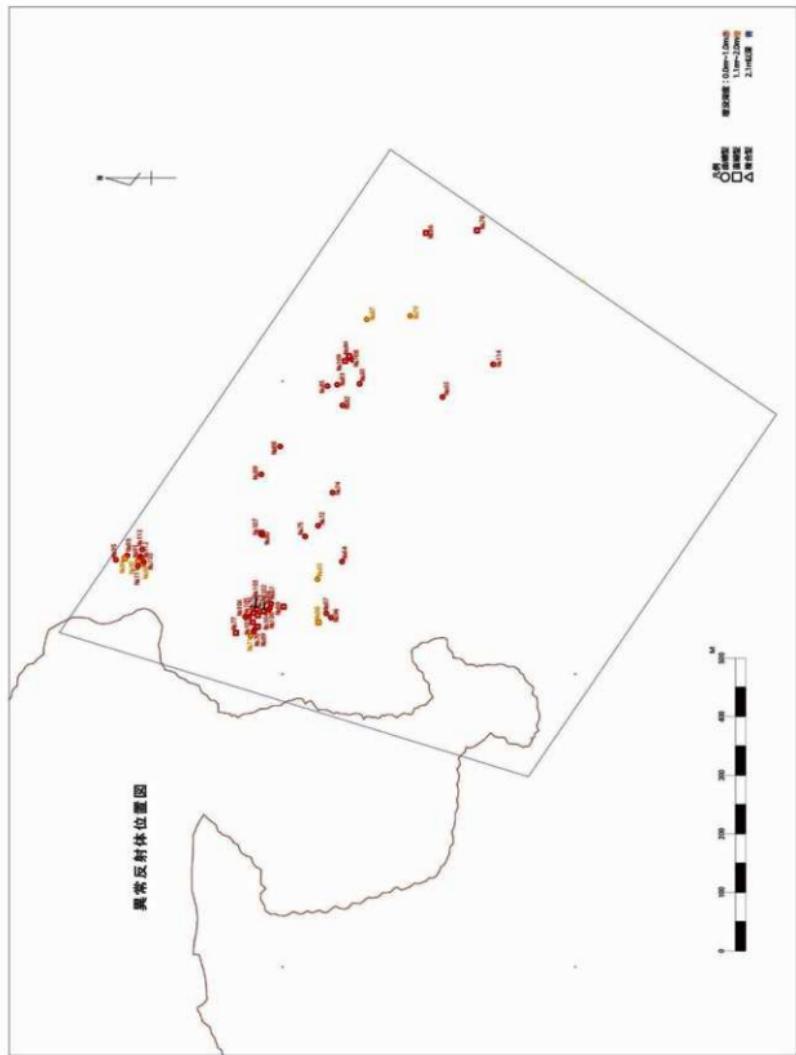
第 51 図 平成 28 年度音波探査 神崎免地先航跡図 (1 / 8,000)



第52図 平成28年度音波探査 原免地先航跡図 (1/8,000)



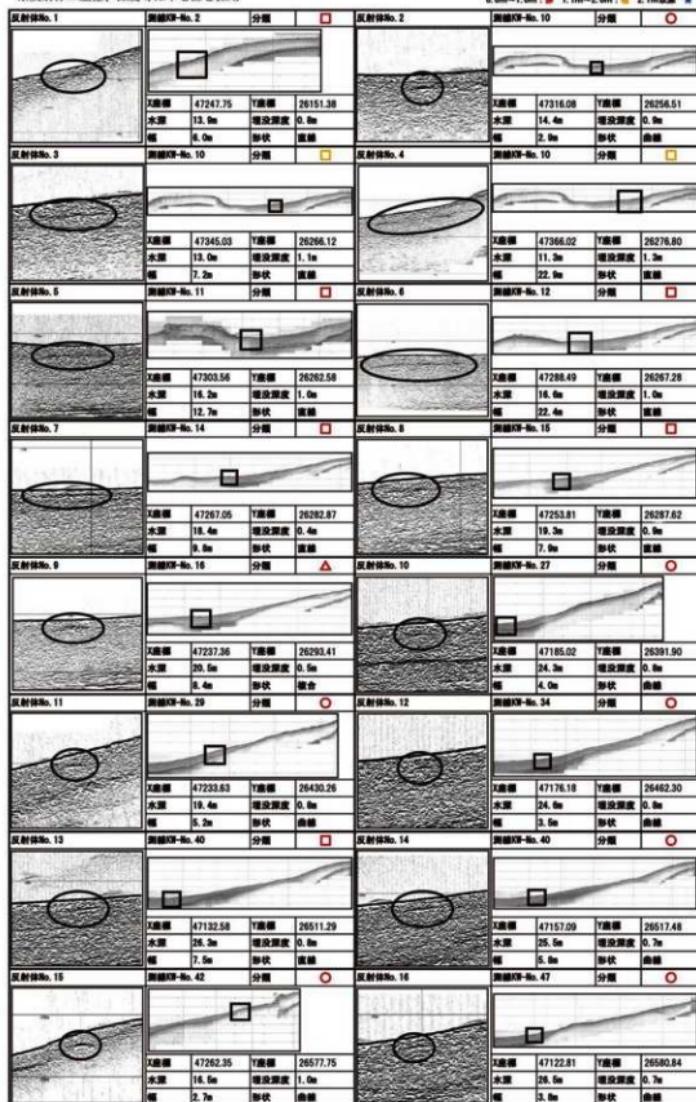
第53図 平成28年度神崎免地先異常反射体位置図(1/8,000)



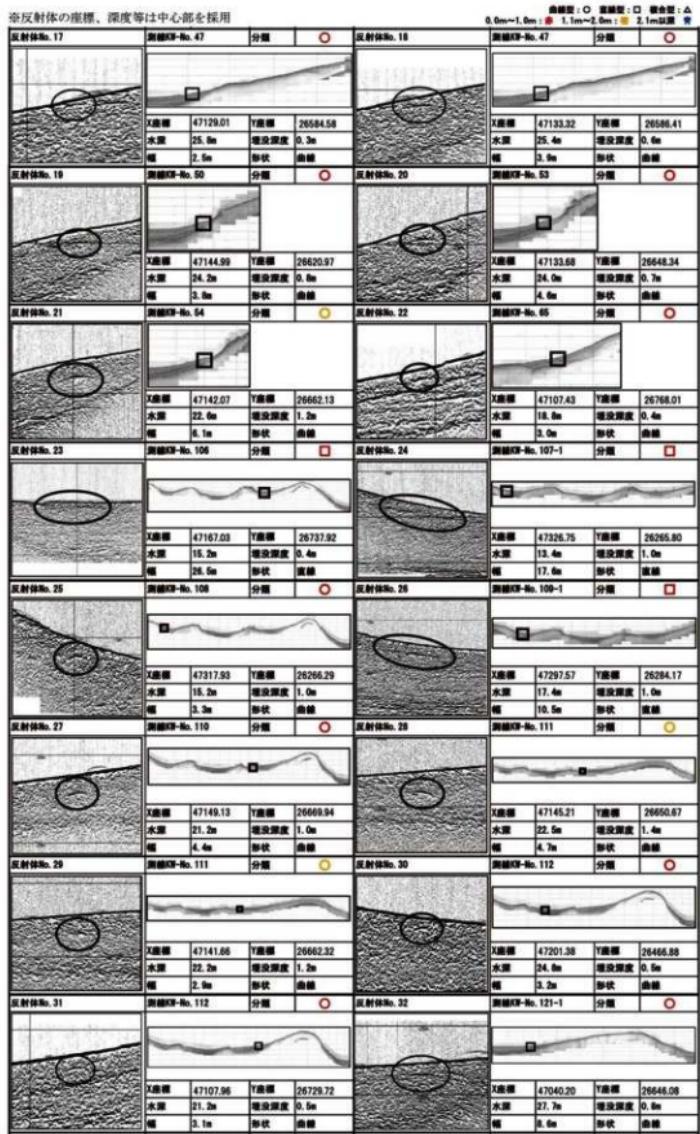
第 54 図 平成 28 年度原免地先異常反射体位置図（1 / 8,000）

*反射体の座標、深度等は中心部を採用

曲線型：○ 直線型：□ 混合型：△
0.0m～1.0m：● 1.1m～2.0m：■ 2.1m以上：◆



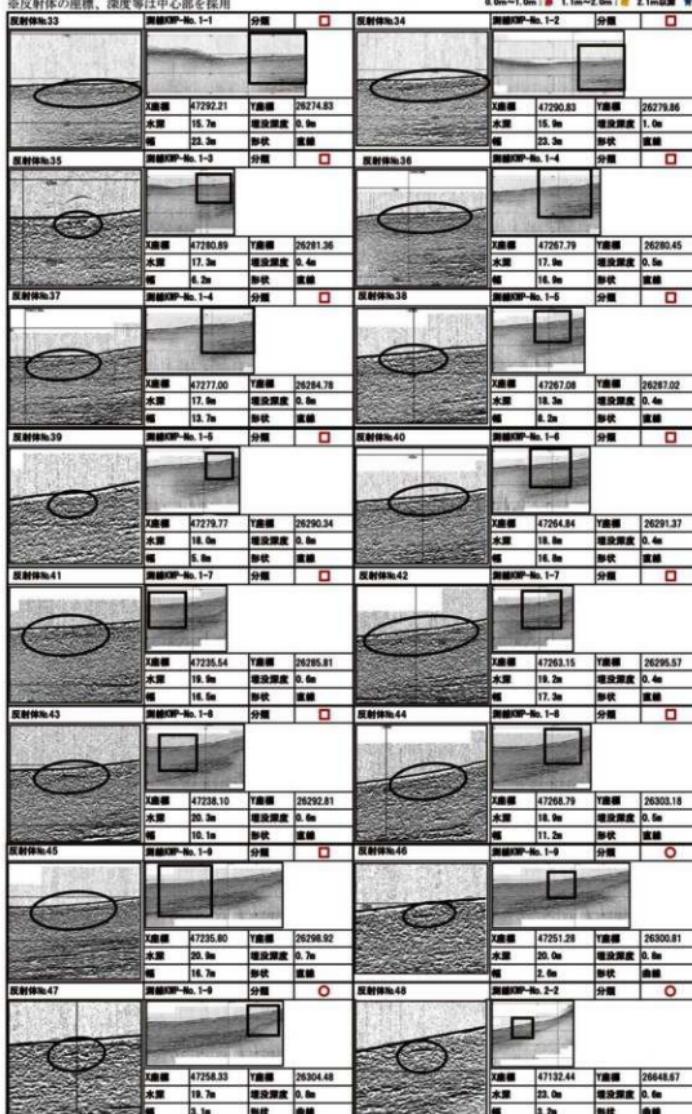
第 55 図 平成 28 年度異常反射体一覧①（神崎免地先）



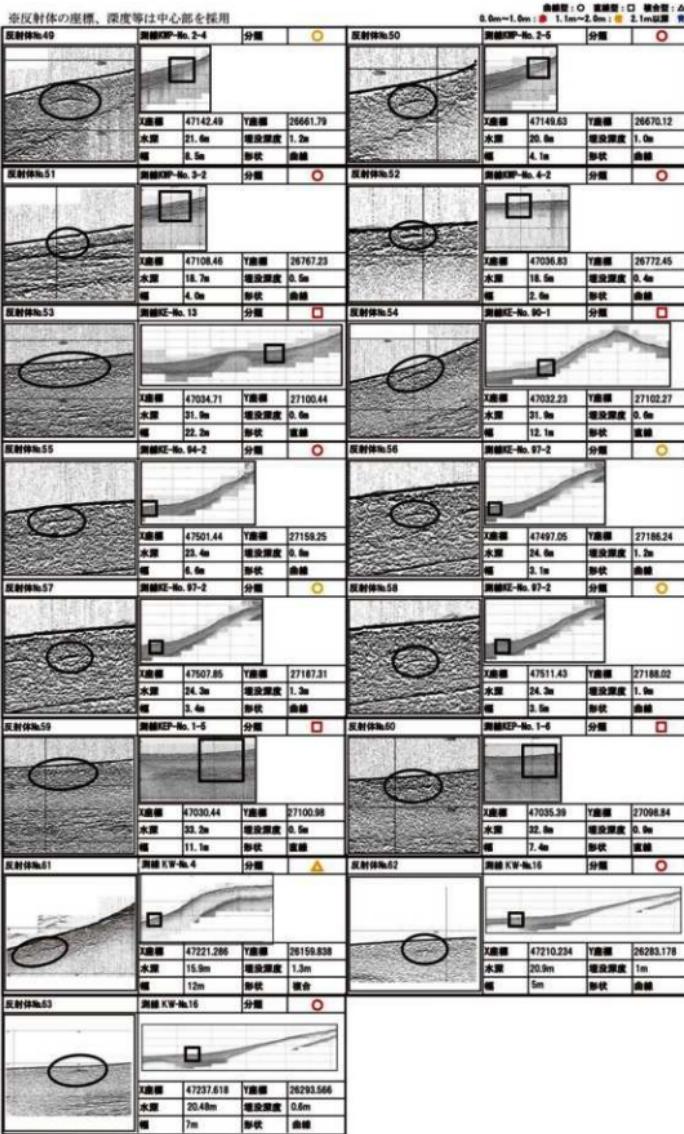
第 56 図 平成 28 年度異常反射体一覧②（神崎免地先）

反射体の座標、深度等は中心部を採用

面積型：○ 高度型：□ 総合型：△
0.6m~1.0m：● 1.1m~2.0m：▲ 2.1m以上：◆



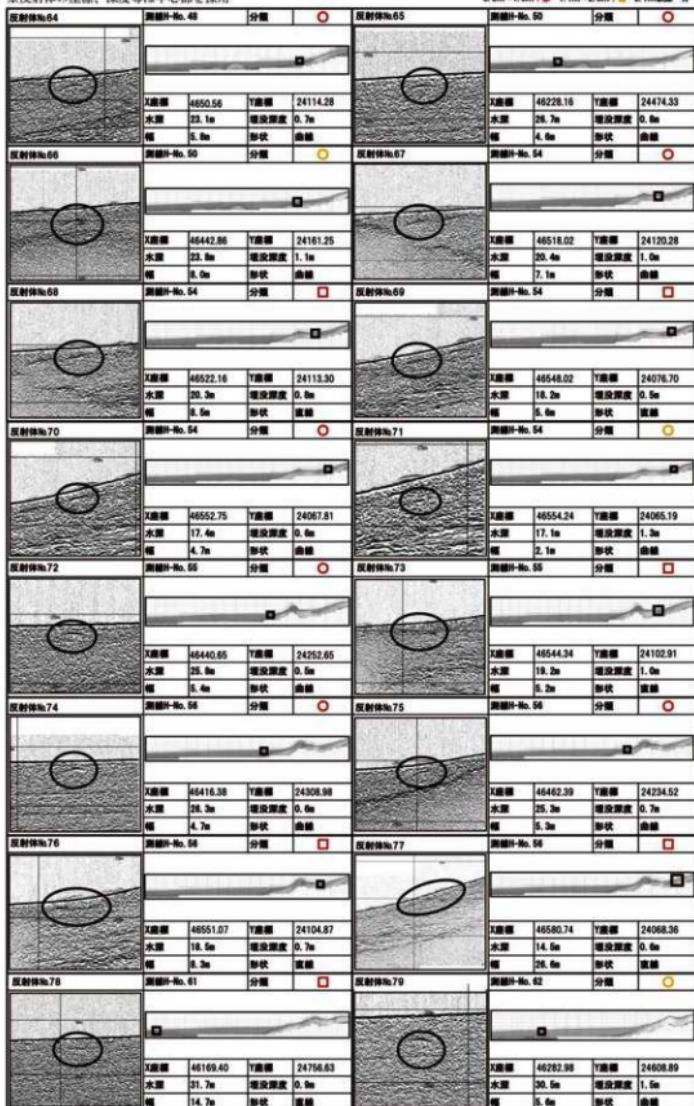
第 57 図 平成 28 年度異常反射体一覧③（神崎免地先）



第 58 図 平成 28 年度異常反射体一覧④（神崎免地先）

※反射体の座標、深度等は中心部を採用

曲線型：○ 直線型：□ 総合型：△
5.0m～1.0m：■ 1.1m～2.0m：▲ 2.1m以上：△

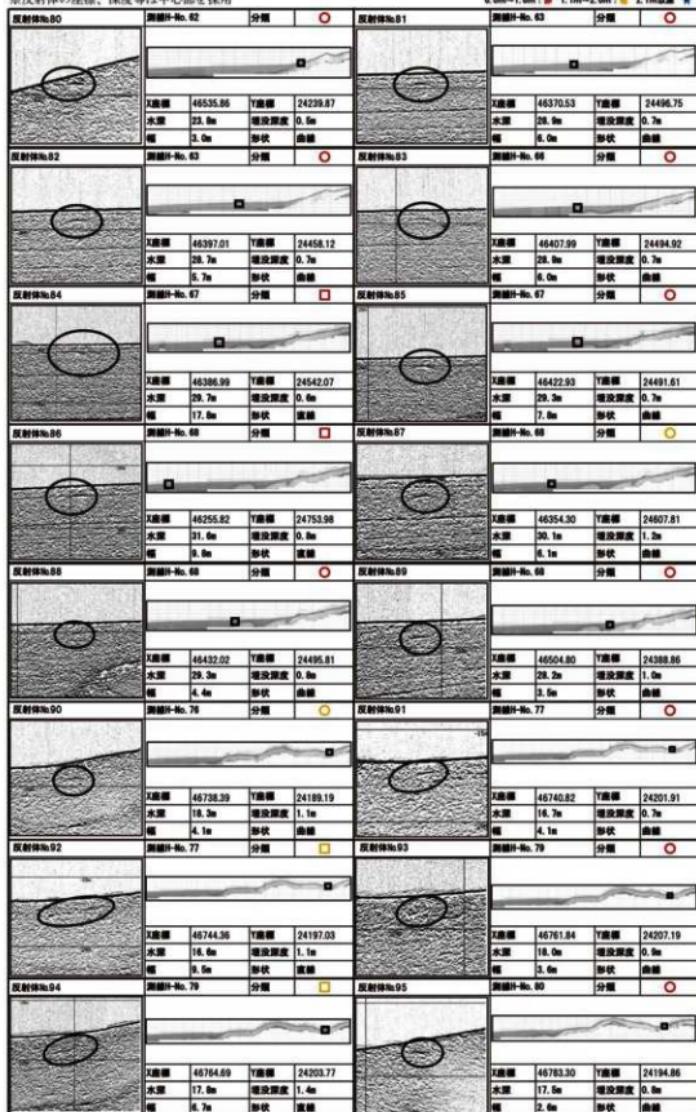


第 59 図 平成 28 年度異常反射体一覧⑤ (原免地先)

※反射体の座標、深度等は中心部を採用

曲線図：○ 直線図：□ 合成図：△

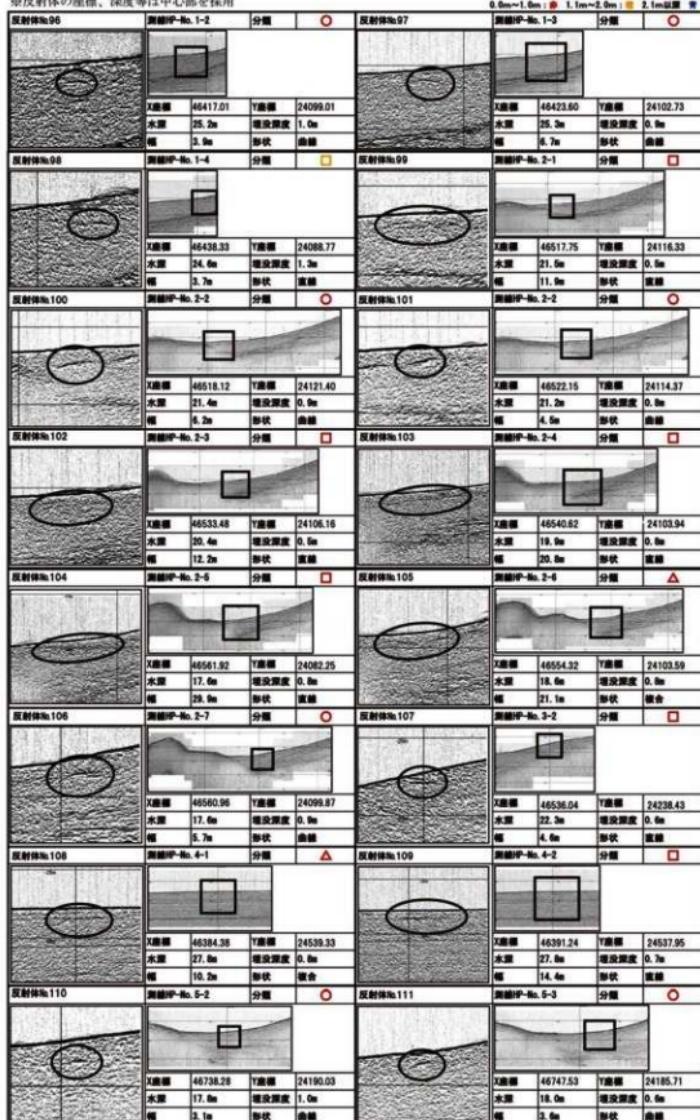
0.5m~1.5m ■ 1.5m~2.5m ▲ 2.5m以深 ▲



第 60 図 平成 28 年度異常反射体一覧⑥ (原免地先)

※反射体の座標、深度等は中心部を採用

距離度：○ 実線型：□ 線合型：△
0.6m<1.0m ■ 1.1m~2.0m ▲ 2.1m以上 ▲



第 61 図 平成 28 年度異常反射体一覧⑦（原免地先）

※反射体の座標、深度等は中心部を採用

反射体No.112		測線HP-No.5-4 分幅		反射体No.113		測線HP-No.5-5 分幅	
		○				○	
X座標	46745.41	Y座標	24194.80	X座標	46740.63	Y座標	24213.05
水深	16.2m	垂直深度	0.7m	水深	16.2m	垂直深度	1.0m
幅	3.0m	形状	曲線	幅	3.0m	形状	曲線
反射体No.114		測線HP-No.5-4 分幅	○				
X座標	46184.055	Y座標	24486.297				
水深	29.8m	垂直深度	0.8m				
幅	10m	形状	曲線				

第62図 平成28年度異常反射体一覧⑧(原免地先)

4. 平成29年度の音波探査

1. 業務委託先 株式会社ウインディーネットワーク

現場代理人 杉本裕介

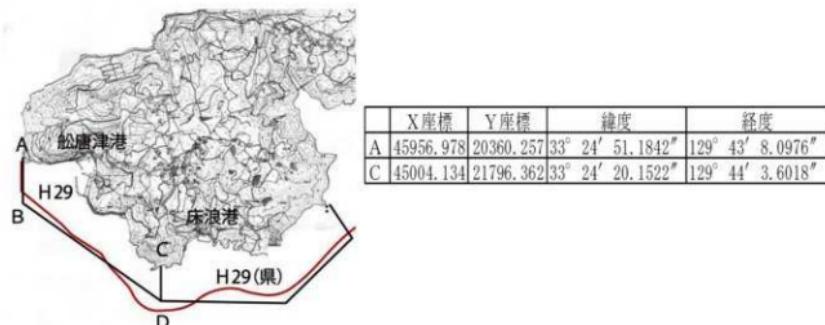
主任技術者 松本義徳

技術者 松崎康治、齊藤貴義、阪本真吾、清水秀人、杉山巧基

2. 調査期間 平成29年11月5日～11月22日

3. 調査面積 約550,000 m²

4. 調査区 鷹島南岸西端の船唐津漁港沖合。A及びCの座標値は下記に示したとおりだが、B及びDはそれぞれA、Cより南に300m延長した地点である。



第63図 平成29年度音波探査実施区域図

5. 調査内容

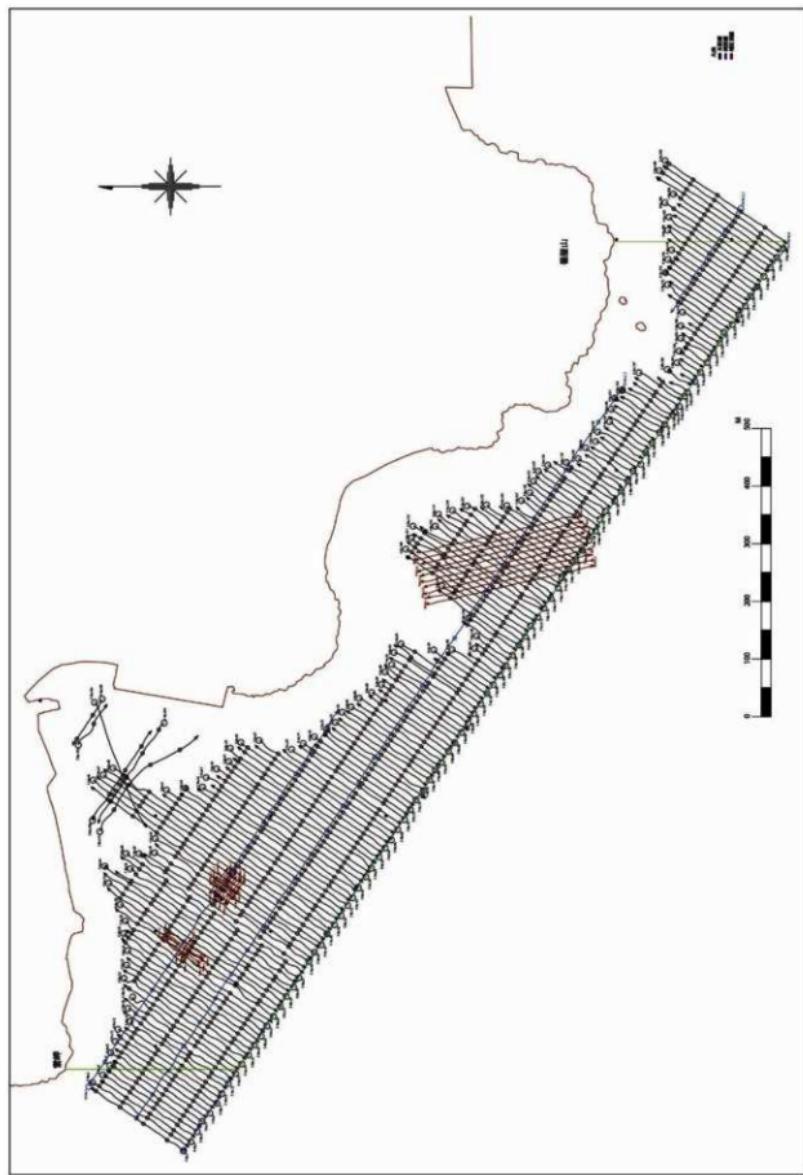
測線間隔は10mを基本とした。探査測線は、等深線に概ね直交方向となるよう、北東-南西方向に190本設定した。ただし、船唐津漁港の防波堤内側は北東-南西方向の測線では探査が困難であったため、北西-南東方向の5測線とそれに直行する北東-南西方向の1測線を新たに設定し、探査を実施した。

航跡図を第64図に示す。本測線は計196測線となった。ノイズ等によって明瞭なデータが取得できなかった測線や、データが欠損してしまった測線に関しては再測を実施した。本測線の探査中に特異な記録が認められた2カ所と、探査範囲の中央付近に存在する谷状地形において、補足測線を設定し探査を行った。補足測線は計31測線となった。また、地層探査データが正常に取得されているか確認するため、本測線に直交するよう4本の測線を設定し、検測を行った。測線は計231本、総航行距離は48.8kmである。本調査範囲には養殖筏は設置されておらず、予定範囲のほぼ全域の探査を実施することができたが、瀬や露岩域が多く、岸付近については安全を考慮し、測線を途中で終了している。

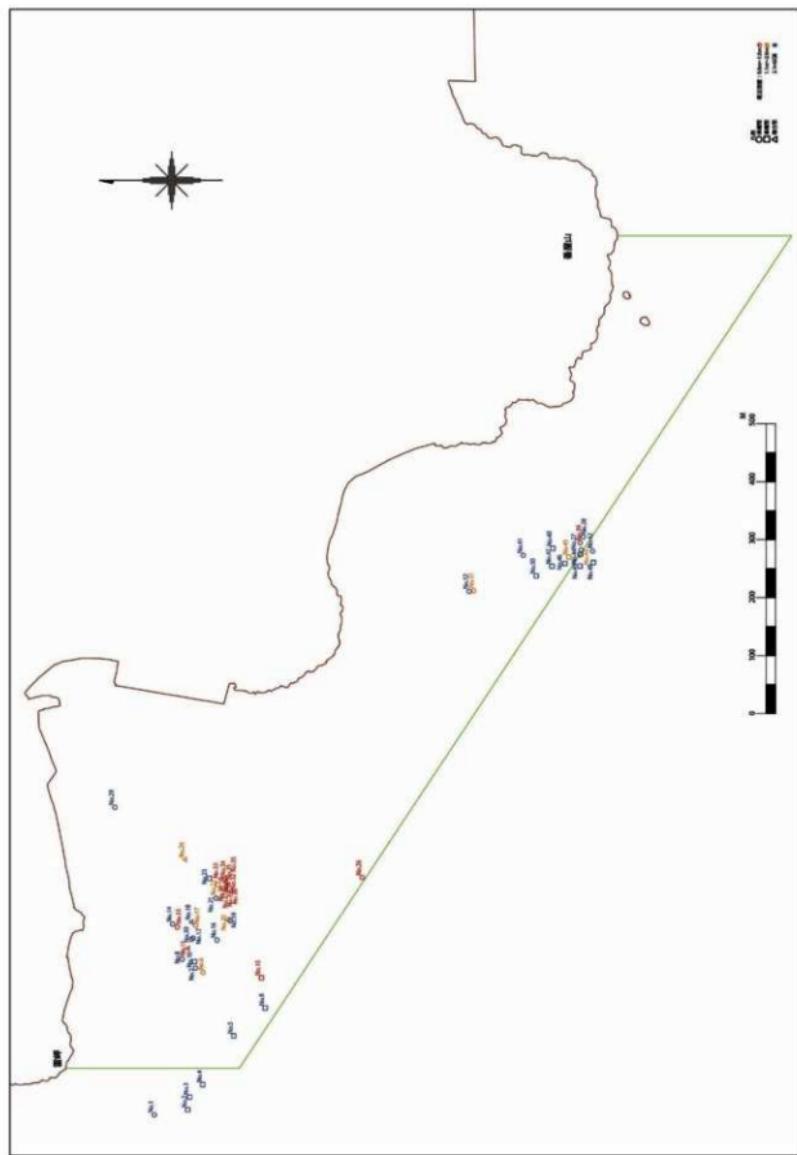
6. 調査結果

本調査で検出した異常反射体は52カ所であった。平成27年度と同様の分類を行い、一覧表(第66図～第69図)と異常反射体位置図(第65図)を作成した。

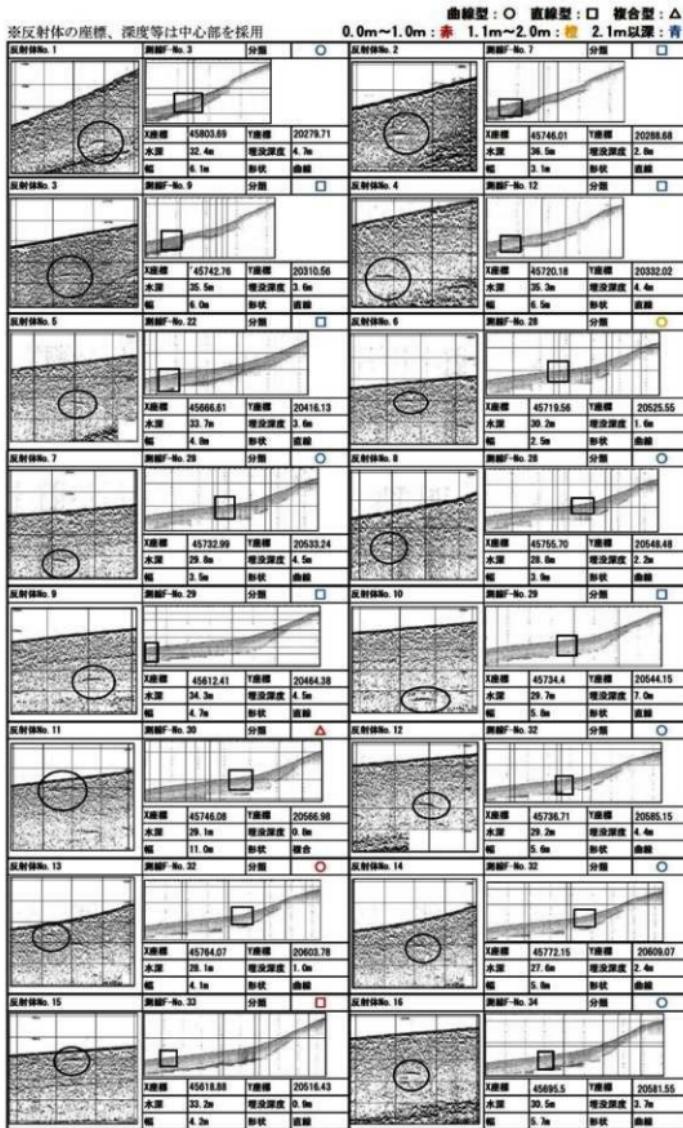
今回調査範囲はほぼ全域にわたり、露岩域の多い起伏に富んだ海底地形であった。そのため、堆積層の分布は非常に限定的であり、岩盤の起伏を埋めるように狭い範囲で分布している状況であった。厚い堆積層が確認できたのは船唐津漁港沖合の谷状地形部分のみである。そこでは谷底に7m以上の堆積層が形成されていることを確認した。今回抽出した反射体は、平成27年度、平成28年度調査に比べ、埋没深度が2m以深のものが大半を占める状況であった。また、幅3～5m前後の直線型の反射体が多く認められた。



第 64 図 平成 29 年度音波探査航跡図（1 / 8,000）

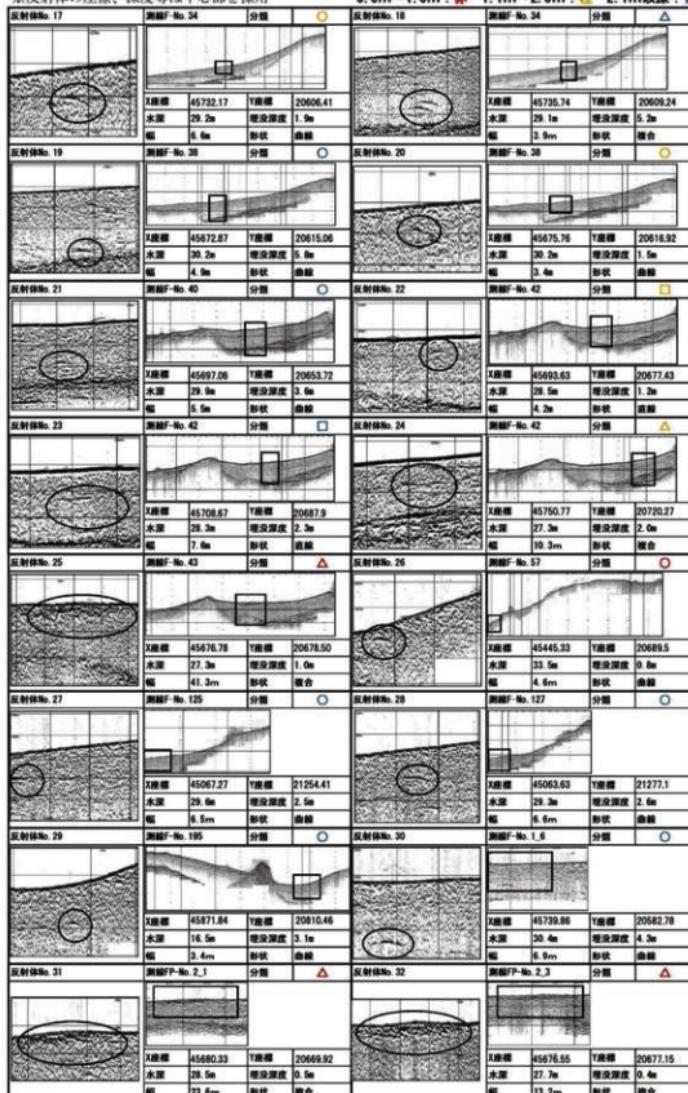


第65図 平成29年度異常反射体位置図（1/8,000）



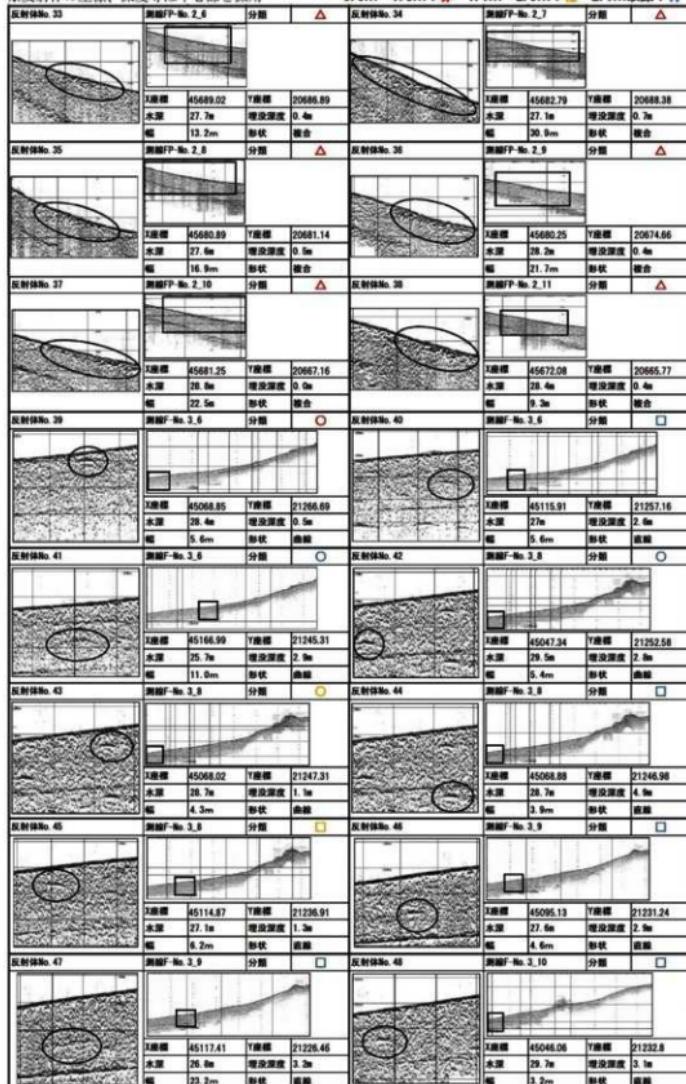
第 66 図 平成 29 年度異常反射体一覧①

※反射体の座標、深度等は中心部を採用
 曲線型：○ 直線型：□ 複合型：△
 0.0m～1.0m：赤 1.1m～2.0m：緑 2.1m以上：青

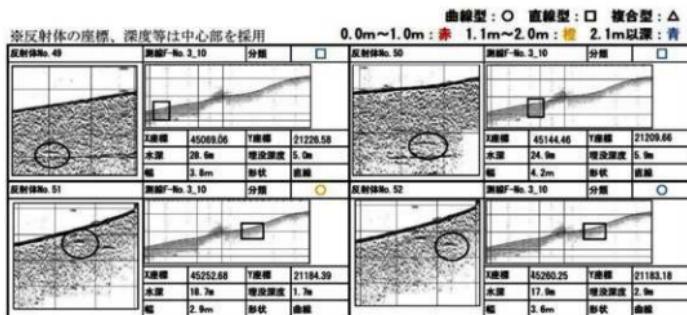


第 67 図 平成 29 年度異常反射体一覧②

※反射体の座標、深度等は中心部を採用
0.0m~1.0m: 赤 1.1m~2.0m: 橙 2.1m以上: 青



第 68 図 平成 29 年度異常反射体一覧③



第 69 図 平成 29 年度異常反射体一覧④

5. 発掘（突き棒）調査地点の選定

前述の通り、抽出した異常反射体がいかなる物質に反応しているのか確認するため、その翌年度に発掘（突き棒）調査を実施している。調査地点は水深、埋没深度、養殖筏の有無やフェリーの航路などを考慮し選定した。これまでの調査で元寇関連遺物は海底下約 2mまでの堆積物中に検出されていることも踏まえ、特徴的な反射を選定している。選定に際しては、鷹島海底遭跡での音波探査で経験・実績を有する滝野義幸氏と山口大学の椿原京子氏の助言を参考にし選択した。

以下、それぞれの年度における選定した異常反射体について述べる。なお、突き棒調査を実施するにあたり、本章で掲載した異常反射体Noではなく、新たに番号を振り直している。また、括弧で示した異常反射体Noは、それぞれの年度の異常反射体一覧のNoに対応する。それぞれの位置図及び結果等については次章を参照願いたい。

1. 平成 28 年度突き棒調査選定箇所

平成 27 年度の音波探査の結果を受けて、6 箇所（7 ポイント）を選定した。それぞれの反応について、以下に述べる。

突き棒調査箇所 KZ1（異常反射体No.61）

水深約 7m～13.5m、海底下約 1mに認められる。反射は連続的で幅約 58mにおよび、平坦な反射形状を示す。KZ1 反射体は、これまで元寇遺物として木材の発見がなされていた谷底部と異なり、極浅海部の小規模な谷の底（小規模な入り江）に位置する。極浅海域におけるこのような連続的な反応は、これまで明らかとなっている元寇船の反応（滝野, 2015）と異なるが、陶磁器等、断片化した元寇遺物の集合体に反応している可能性があり、確認を行う必要があると考えられる。

突き棒調査箇所 KZ2－1、2－2（異常反射体No62）

水深約22.8m～23.2m、海底下約0.8mに認められる。反射は幅約11mで反応が強い平坦な反射面が連続している。反射体は、神崎沖の北西～南東方向に伸びる大きな谷の底部に位置している。隣接する測線でも確認でき、分布範囲は約45m×約50mにおよぶため試掘確認地点を2カ所設定した。

突き棒調査箇所 KZ3（異常反射体No63）

水深約5.9m、海底下約0.6mに認められる。反射は幅約1.5mで強い反射を示す。KZ1と同様極浅海域の小規模な入り江内に認められた反応である。

突き棒調査箇所 KZ4（異常反射体No64）

水深約25m、海底下約0.9mに認められる。反射体は幅約6.5mで反応が強く平坦な形状を示す。神崎港から沖合に向けて北西から南東方向に伸びる谷の底部に認められる。これらの反応は広い範囲に分布（約25m×約16m）しており、最も反応の強い箇所を中心に試掘地点の位置を抽出した。

突き棒調査箇所 KZ5（異常反射体No65）

水深約4.7m～6.7m、海底下約0.4m～0.7mに認められる。反射は幅約20mで反応の強い連続した反射を示す。KZ1、KZ3と同様極浅海域の小規模な入り江内の堆積物中に認められた反応である。

突き棒調査箇所 KZ6（異常反射体No66）

水深約25mの海底面に認められる。反射は幅約4mに特徴的な反射を示す。これまで元寇船発見の手がかりとなった石積み（滝野、2013）の可能性もあるが反射が二重、三重と散乱しているため、シンカーの反応の可能性もある。

2. 平成29年度突き棒調査選定箇所

平成28年度の音波探査の結果を受けて、10箇所を選定した。うち4箇所については、県が実施した音波探査結果を受けて選定している。それぞれの反射体について、以下に述べる。

突き棒調査箇所①（異常反射体No61）

水深15.9m、海底下1.3mに認められる。幅12mであり、直線的な形状をなす反射である。

突き棒調査箇所②（異常反射体No62）

水深20.9m、海底下1mに認められる。南北に伸びる谷の底部に位置し、反射体No63と一連の反射である可能性がある。

突き棒調査箇所③（異常反射体Na63）

水深 20.48m、海底下 0.6m に認められる。南北に延びる谷の底部に位置し、反射体Na62 と一連の反射である可能性がある。

突き棒調査箇所④（異常反射体Na114）

水深 29.6m、海底下 0.8m に認められる。沖合約 200m の谷状地形の底部に位置する。

突き棒調査箇所⑤（異常反射体Na67）

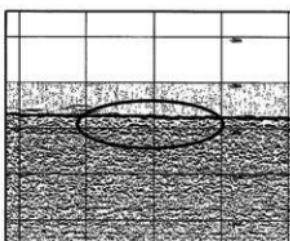
水深 20.4m、海底下 1m に認められる。陸域からの傾斜の変換点に位置している。隣接する測線において検出した反射体Na73 と一連の反射体とみられる。

突き棒調査箇所⑥（異常反射体Na76）

水深 18.6m、海底下 0.7m に認められる。南北方向へ形成されている谷部分の底部に位置する。

突き棒調査箇所⑦

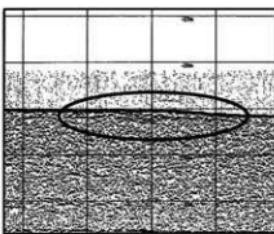
県が実施した音波探査にて検出した異常反射体である。
県報告書（長崎県教育委員会 2018、P60 第 32 図参照）
では反射体No.8 として報告されている。水深 29.7m、海
底下 0.4m に認められる。弱い反射であるが、広く層状に
分布しており、海底面上に比高約 0.5m の高まりが存在し
ている。石積みの反応の可能性がある。



第 70 図 県音波探査No.8 反射体

突き棒調査箇所⑧

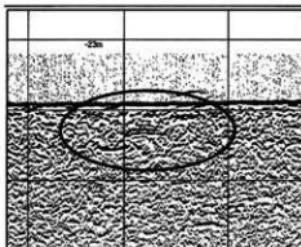
県が実施した音波探査にて検出した異常反射体である。
県報告書（長崎県教育委員会 2018、P62 第 34 図参照）
では反射体No.47 として報告されている。水深 31.1m、海
底下 0.4m に認められる。漁網などの漁具に反応したもの
かと見られるが、その上に厚い堆積物が存在しているた
め、確認を行う必要があると考えられる。



第 71 図 県音波探査No.47 反射体

突き棒調査箇所⑨

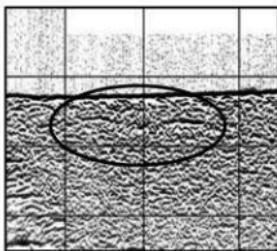
県が実施した音波探査にて検出した異常反射体である。県報告書（長崎県教育委員会 2018、P65 第 37 図参照）では反射体No.91 として報告されている。水深 24.8m に認められる。幅約 3.0m の反射が複数まとまって、階段状に存在しており、海底面上に比高約 0.5m の高まりが存在している。シンカーの可能性もあるが、確認を行う必要があると考えられる。



第 72 図 県音波探査 No.91 反射体

突き棒調査箇所⑩

県が実施した音波探査にて検出した異常反射体である。県報告書（長崎県教育委員会 2018、P63 第 35 図参照）では反射体No.53 として報告されている。水深 24.5m、海底下 0.8m に認められる。幅約 9.0m の反射体が並んでいる。



第 73 図 県音波探査 No.53 反射体

3. 平成 30 年度突き棒調査選定箇所

平成 29 年度の音波探査の結果を受けて、8 箇所を選定した。うち 6 箇所については、県が実施した音波探査結果を受けて選定している。それぞれの反射体について、以下に述べる。

突き棒調査箇所 No.1 (異常反射体No.11)

水深 29.1m、海底下 0.8m に認められる。幅約 11m で反応の強い反射を示す。陸上からの傾斜の変換点に認められる。

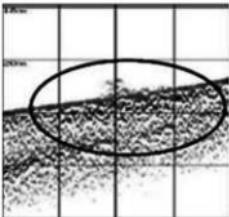
突き棒調査箇所 No.2 (異常反射体No.32)

水深 27.7m、海底下 0.4m に認められる。幅 13.2m であり、異常反射体No.25 及びNo.32 との一連の反射体とみられる。

突き棒調査箇所 No.3

県が実施した音波探査にて検出した異常反射体である。県報告書（長崎県教育委員会 2018、P73

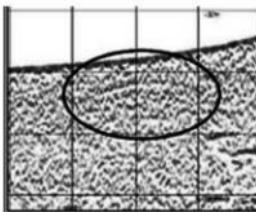
第42図参照)では反射体No.5として報告されている。水深21.3m、海底下0.5mに認められる。幅28.1mと広範囲に分布している。



第74図 県音波探査No.5反射体

突き棒調査箇所 No.4

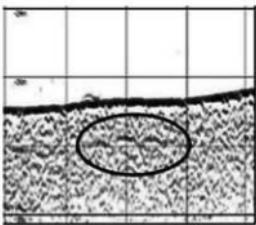
県が実施した音波探査にて検出した異常反射体である。県報告書(長崎県教育委員会2018、P74 第43図参照)では反射体No.18として報告されている。水深33.6m、海底下0.7mに認められる。隣接する測線においても確認できる(異常反射体No.20)ことから、これらは一連の反射体とみられる。



第75図 県音波探査No.18反射体

突き棒調査箇所 No.5

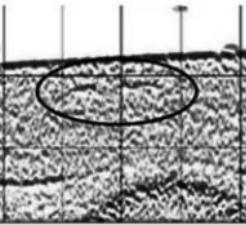
県が実施した音波探査にて検出した異常反射体である。県報告書(長崎県教育委員会2018、P75 第44図参照)では反射体No.32として報告されている。水深26.7m、海底下1.1mに認められる。曲線状の反射が3つ連続している。



第76図 県音波探査No.32反射体

突き棒調査箇所 No.6

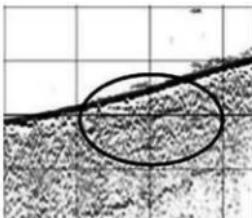
県が実施した音波探査にて検出した異常反射体である。県報告書(長崎県教育委員会2018、P75 第44図参照)では反射体No.33として報告されている。水深32m、海底下0.9mに認められる。幅18.7mと広範囲に反射が認められる。



第77図 県音波探査No.33反射体

突き棒調査箇所 No. 7

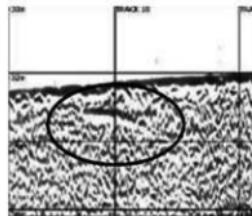
県が実施した音波探査にて検出した異常反射体である。県報告書（長崎県教育委員会 2018、P75 第 44 図参照）では反射体 No.39 として報告されている。水深 19m、海底下 1.3m に認められる。No.40、41 と一連の反射体とみられる。なお、この反射体の陸側には磚の集積が確認されている。



第 78 図 県音波探査 No.39 反射体

突き棒調査箇所 No. 8

県が実施した音波探査にて検出した異常反射体である。県報告書（長崎県教育委員会 2018、P76 第 45 図参照）では反射体 No.48 として報告されている。水深 32.3m、海底下 1m に認められる。強い反射を示し、No.45、46、47、49 と一連の反射体とみられる。



第 79 図 県音波探査 No.48 反射体

参考文献

- 池田栄史・根元謙次 2013『水中考古学手法による元寇沈船の調査と研究』平成 23 年度～平成 27 年度科学研究費補助金基盤研究(S)研究成果報告書 第一冊(海底音波探査成果報告書)
- 滝野義幸 2013「水中考古学における物理探査手法」『月刊考古学ジャーナル』第 641 号
- 滝野義幸 2015「これまでの音波探査と平成 26(2014)年度の音波探査について」『水中考古学手法による元寇沈船の調査と研究』平成 23 年度～平成 27 年度科学研究費補助金基盤研究(S)研究成果報告書 第二冊
- 滝野義幸 2016「平成 27 年度音波探査調査とこれまでの元寇遺物の反応について」『水中考古学手法による元寇沈船の調査と研究』平成 23 年度～平成 27 年度科学研究費補助金基盤研究(S)研究成果報告書 第三冊(最終報告書)
- 長崎県教育委員会 2018『鷹島海底遺跡－平成 25 年度から平成 29 年度までの調査成果－』長崎県埋蔵文化財センター調査報告書 第 25 集

音波探査総括

調査指導 滝野義幸

はじめに

平成23年10月、鷹島南岸黒津浦において堆積物中に眠る元寇船(1号沈没船)を確認(池田ほか, 2011)し、平成27年には船体の形状をほぼとどめた元寇船(2号沈没船)を発見している。これらの発見にいたる経緯は、広域な範囲で音波探査を実施し、周辺の地質構造を把握した後、さらに精査を実施し可能性の高い地点を絞込み、その地点での突き棒調査から石材、木材等の感触があった地点を中心に発掘調査を実施するという手法である。この手法により間接的な手法である音波探査と直接的な手法である突き棒調査、試掘、発掘との整合性を確認する為に、繰り返し検証をおこない、本海域における元寇沈船の反応の特性(滝野, 2016a)を明らかにした。また未発掘ながら船体の可能性が高い2地点で同様の反応を確認している(滝野2016b)。

湾内の大陸棚堆積物中には海水が浸入した約12,000年前以降の自然環境の変化等、様々な歴史が刻まれている。大波・洪水・高潮・津波など特殊な自然現象によって運ばれてきた砂や泥が静穏時の堆積物中に認められるものをその時の環境、時期が記録されていることからイベント堆積物とよぶ。元寇関連遺物も明確な時期および環境を示すことからイベント堆積物のひとつとしてとらえることができる。これまで探査で確認した元寇船の反応は、このような通常の堆積下では認められない痕跡を探しだす過程において確認したものであり、その結果、船体の反応を明らかにしたもので、船体の反応だけを追い求めた結果ではない。何故ならば正確な年代を示す古環境の復元や沈没時の状況をも推測できる痕跡などが周辺の堆積物中に保存されている為、当時の状況を示唆する多くの有益な情報を堆積物中よりいかに見いだすかが重要であり、それが歴史をひも解くことに繋がると考えているからである。また、1号沈没船発掘時、木材や陶器を含み表面が灰石化した堆積物を確認している(滝野, 2016a)。つまり長い年月を経て周辺の堆積物と遺物の境界が不明瞭となっており、反応の類型化にはおのずと限界がある。

この限界は、これまで確等の反応を探査で確認していないことからも明らかで、船体などある程度の大きさの遺物に関しては認識できるが、陶器の集積、碇など、より小さな遺物に関しては、間接的な手法では認識することは難しいことを示している。これは探査機器の分解能の限界だけではなく、海中において直接的な手法で全ての反応が確認できるかという現実的な問題も含む。しかしながら、黒津浦の谷内部で確認された1号沈没船および船体が眠っているであろう未発掘地点(No. 2反射点)がいずれも谷の東側斜面基部に認められることから、遺物の保存に適した環境が谷底の東に存在すると仮定し、谷底から斜面に移行する明瞭な地形変換点に沿って、潜水による突き棒調査を行った結果、碇を確認した(池田ほか, 2011)という経緯も存在し、探査結果を軸により小さな遺物にいたる手法を模索している。この模索は現段階では、探査の分解能を追求し

て、高精度な可視化を求ることより、考古学の知見、探査による周辺の堆積構造の把握および堆積物の採取（楮原・滝野, 2016）など海洋地質学の知見、地形学的な海城の特徴や旧汀線の推測など多角的な視点をもって遺物に至る手がかりを探す事が有効と考えている。この為、本事業における探査の目的は船体の反応の有無、遺物の反応の確認に至るまでに必要な周辺の地質、地形情報も含めた基礎的な情報の収集にある。また、完全に堆積物に埋没した船体が探査によって確認された例はこの2例しかないことから、経験を有する人材がおらず、本事業を通じ、観測者および発注者の育成も大きな目的といえる。

測線の設定と仕様機器の選定

本調査で実施された10m間隔の調査測線は、これまで大陸棚上で実施されてきた高分解能の音波探査の測線に比べ高密度の測線間隔といえる。通常、大陸棚の堆積物を確認する探査では、断層調査などの一部を除き、そこまでの密度を必要としない。しかしながら遺物の確認探査においては、この10mという間隔は、見つかった船体の大きさから判断しても、一部の反応を得られるかどうかの間隔である。このため、観測時には船速を可能な限り低速航行し、水平方向の探査密度を高めている。使用した周波数は遺物の確認に適した10～12kHz（滝野, 2015）を使用し、調査時の記録の状況より適宜選択するなど、遺物探査に適した手法で探査を実施している。

これまでに元寇遺物は海底下約2mまでの堆積物中に確認されている。この垂直方向の密度にあわせ、水平方向の探査密度を同様に設定するならば約2m間隔の測線の設定が理想であるが、単純計算でも約5倍の労力が必要となり、予算的にみても現実的ではない。この為これを概査と位置づけている。また、受信機を等間隔に設置し、水平方向の密度を高め、立体的な形状より認識する3次元音波探査が開発されているが、分解能を追求した高周波を用いた表層探査では、水深による制限があったり、調査船船尾より架台を曳航するなど大掛かりで、養殖筏などの障害物が多く分布する沿岸域では適さない。このため、概査で得られた特徴的な反応および堆積構造に関しては、さらに周辺を数m間隔で航行する精査を実施する事で対応している。つまり2次元の断面も量を増やすれば3次元に近づけられるだろうという考え方である。平成28年度の調査では実験的に格子状に探査を行っている。船体がどの方向を向いて眠っているのかわからない為、理想的な測線であるが、予算的な問題とこれまでの調査と定量的な判断ができないため翌年より原則的には10m間隔の探査となっている。

表層を対象とした音波探査では現在、チャーブ方式またはパラメトリック方式の音波探査器が主流となっている。チャーブ方式では、時間とともに連続的に変化する波（チャーブ波）を音響信号として送信し、その送信波形と受信波形との相互相関処理によりノイズの影響を減らす方式で、パラメトリック方式は、送波器から周波数の異なる音波を同時に発信し、非線形相互作用によって生じた差周波数成分（差音）を利用する。1次波の音源よりはるかに低い周波数を形成することで音波の減衰が少なく、分解能が高い記録が得られる（藤井・野木, 2018）。このうち

遺物探査には後者のパラメトリック方式を採用している。チャーブ方式よりもシャープな反射面を捉える為、遺物の形状をより鮮明に捕捉でき、従来の機器と比較して指向角が狭いため、その後の突き棒等による直接的な調査に必要な位置精度の向上が見込まれる為である。現状においては遺物探査に最適な方式の探査機器と考えられるが、元寇船発見の発端となった船のバラストと思われる磚の集合体の反応等は、従来の1次波方式の探査機器でも確認はでき、その後の直接的手法での調査の範囲を広げるなど機器の特性を理解した上で解析、調査を設定すれば、従来の探査機器でも、ある程度の遺物の確認は可能と考えられる。

上記のように概査では遺物の反応を捉えられない可能性があるため、現場において概査記録より通常の大陸棚上の堆積構造と異なる構造、つまり、イベント堆積物を、周辺の堆積物より確認し精査ができるかが重要となる。これまでの研究により、船体が沈むという現象は周辺の堆積物に影響を与える事（滝野, 2016a）が明らかになっており、いかにその痕跡をみつけだす事ができるかである。この為、観測者、発注者に堆積物中より遺物の反応を抽出した経験と大陸棚堆積物の堆積構造の知見が求められる。

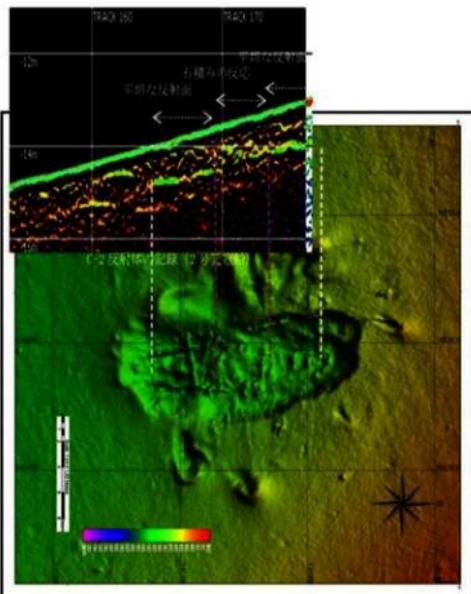
異常反射について

本事業でも異常反射もしくは異常反応という用語が多く用いられている。その定義は漠然としているが、何に反応しているか未確認であり、周辺の堆積物とは異なる反応に対して用いている。つまり、自然の環境下では認められない堆積構造や単独の反射を示し、通常の大陸棚堆積物の構造を熟知した者が探査記録の解析により、明らかに異質と考えられる反応に対して用いる。厳密にいえば、鷹島における元寇船の反応はこれまでの研究により明らかになっているため、この異常反応には本来は含まれない。

本報告で示されている異常反応は、単独で双曲線状の反応が多い。これらの反応は双曲線状の物体が存在するのではなく、対象とする物体の急激な形状変化に対応できず、音があらゆる方向に反射する回折によるものであり、実際にはその頂部に存在する物体に反応している。また、音の振幅が小さな周波数を使用しているといえ、音が堆積物を透過するには音の減衰を少なくする必要があり、どうしても指向角が生じる為、直下以外の不明瞭な情報も含まれる。これらの反応の中には陸域および基盤の隆起域からの転石やシンカーなどの漁業関連物など、近年の人工物の反応も含まれている。つまり、全ての反応が元寇遺物である事を示しているわけではない。これら無数に存在する反応のひとつひとつが何に反応しているか、長い年月、自然の環境下にさらされている物体が単純な物性で区分することは困難であり、さらに同一の物体でも探査する部位により反応は変化する。また、直接的な手法で確認する事は現実的にも難しい。特に単独に存在する反応は正確にその位置に至れなければ明らかにはならず、現段階における海域での位置精度や突き棒調査に個人差がある事を考慮しても、船体などある程度の平面的な広がりをもつ対象物に対しては可能であるが、単独の物はそこに至っているかどうかの判断も困難である。

ではこれらの異常反応を抽出する意義はどこにあるのかである。海底下1～2mまでの分解能を追求した地層探査は、これまで海底ケーブルの敷設や最新活動時期を特定する活断層調査など限定される調査において実施されている。しかしながら、それらの調査で対象としている反応は、地層境界あるいは時間面などの広域に連続する反射面であり、このような単独に分布する異常反応を対象とした調査は皆無といえる。凡例が少ない為、また対象を捉える周波数が異なるため、定量的には示すことは難しいが、筆者が長年、日本各地の探査記録を見てきた経験上、鷹島南岸域はこの異常反射が特に多い。本事業でも黒津浦から神崎にかけての沿岸域で多く見られる結果となっている。この量は異常といえる。多くの元寇船が停泊し沈没した地域か、あるいは元寇関連遺物が堆積物中に残りやすい環境であったのか、現段階では両方の状況が整った海域であると考えているが、全てが元寇遺物ではないものの、この異常反応の平面的な分布を定量的にあらわす事が重要であり、これらの分布も元寇遺物の痕跡を示していると考えられる。その後の精査、試掘、及び発掘にいたる海域を絞り込む重要な条件となる。

探査記録とナローマルチビームを用いた発掘状況の比較



2号沈没船の探査記録（第80図上）とナローマルチビームを用いた海底微地形調査による発掘状況（第80図下）を示す。微地形図には堆積物を掘り下げた中央に幅約3.5m、長さ約13mの船体の輪郭が見て取れる。船体の中央にはバラストと思われる石積みが凹凸のある高まりとして表現されている。また横材と思われる直線上の高まりが船首で二本、船尾で同じく二本東西方向に直線的に伸びる高まりとして確認する事ができる。探査記録は南北方向の測線であるが、同一スケールで発掘状況図と比較すると、記録はほぼ船体の中央部を縦断した測線のものである事が

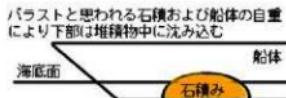
第80図 2号沈没船の探査記録（上）とナローマルチビームを用いた海底微地形調査による発掘状況図（下）（滝野, 2016a）

わかる。中央の石積みは凹凸のある強い反射を持つ高まりとして、船体は直線上の強い反応として記録では表現される。また横材の部分は強い反射の上方あるいは下方の撓みとして表現されており、船体の微細な形状も捉えている。

しかしながら、船体の反応が木材のみに反応しているのであれば、顕著な凹凸が確認できるはずで、このような直線上の反射にはならないはずである。このため船体の埋積モデル（瀧野, 2016a）を作成した（第81図）。沈没時、船体は中央に認められるバラストと思われる石積みの自重により、船体の下部が、本地域に広域に分布する非常に軟弱な通称ガタとよばれるシルト質堆積物に大きく潜り込んだと考えられる。これは、発掘された船体の側面にみられた牡蠣殻等の着床状況に明瞭な境界が存在する事からも明らかで、船体上部はその後堆積および浸食、生物による擾乱、捕食により長い時間をかけて消失したものと考えられる。船体内部に堆積物が侵入す

る時期はこの上部の消失後である。上部を消失した船体は海底面上の崖となり、そこに沿岸漂砂により運ばれてきた堆積物が侵入する。これらの堆積物には多くの貝殻片も含まれており、波による搅拌によって細粒な堆積物は吐き出され、粗粒な堆積物が船内に淘汰されていく。これらの過程は埋積が完了するまでつづき、一様なレベルで落ち着く。このため船体の反応が直線上に分布すると考えられる。つまり船体の反応は木材の反応も含まれるが、貝殻や粗粒堆積物の集積を多く含み、沈没後のある時期の海底面を示している。地滑り等大量の堆積物によって被覆される以外、自然界において材木の上面がそのままの状態で長い年月を経て存在する事は考えられず、表面には底棲生物や牡蠣殻等の着床が進行する。鷹島における船体の反応とは船体だけではなくその後の堆積物も含んだものである。

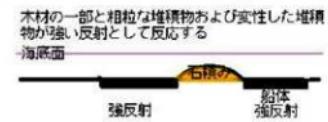
沈没時



海底面上の船体消失時



現在

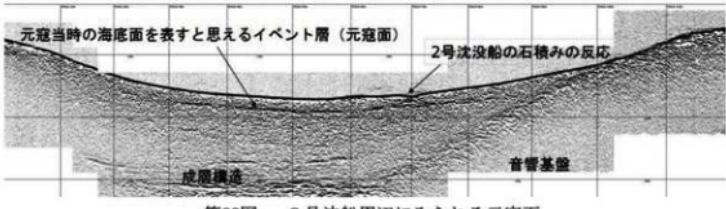


第81図 元寇船の埋積モデル（瀧野, 2016a）

元寇面について

イベント堆積物の一例として、元寇面（瀧野, 2016b）を第82図に示す。元寇面は2号沈船（C-2反射体）および未発掘ながら船体が眠っていると考えられる黒津浦のNo.2反射体の周辺の海底下0.7~1.0mにかけ広域に連続する反射面である。これらの反射は伊万里湾全域に認められる反

射ではなく、谷内部の谷底の一部にその分布が限定される。東北地方太平洋沖地震により陸域より運ばれた多くの瓦礫が、津波によって形成された溝筋や海底の凹地に集積されること(横山ほか, 2013)は知られている。同様な起源、性質を持つ反射面と考えられる。元寇船沈没時、その周辺には木片などの大量の有機物が同時に堆積するため、それら堆積物中の有機物に反応してい



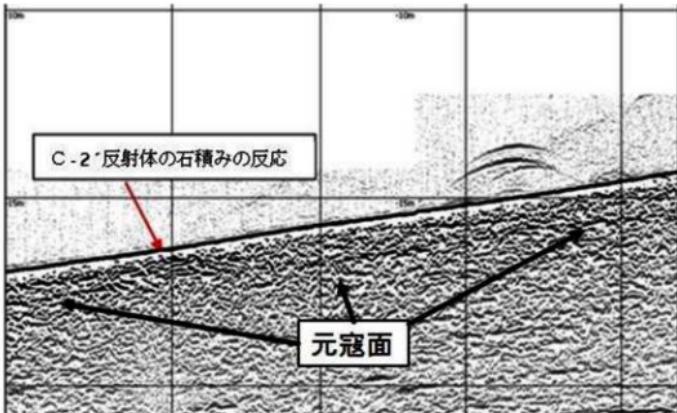
第82図 2号沈船周辺にみられる元寇面

るものと思われる。また、発掘過程において、周辺より表面が炭酸カルシウムによって石灰化した陶器や木材を含む堆積物が見つかっている(滝野, 2016a)。これらは、大きな物体が海底に存在するとき、その周りは流れによって洗掘され、それらの産みに粗粒堆積物の堆積や貝殻等の集積、遺物への着床が進行することによって形成されるものであろう。元寇船の沈没という局地的なイベントによって形成された反射面と考えられる。また、この反射面は石積み基部より反射の連続が確認されること、発掘された元寇船の牡蠣殻の着床状況、着床部と未着床部の境界深度と調和的であることから、元寇船沈没時の海底面を表す反射面であると推定される。これまでの元寇船の発掘状況より、堆積物に埋没した部位は残りやすく、海底面上に露出した部位はナクイムシなどの生物による分解が進行するため、船体の上面は当時の地形面を示すこの面と同一深度に存在する。このため、この反射面が認められる海域においては元寇当時の海底環境が良好な状態のまま広域に保存されていることを示唆し、元寇遺物の発見に繋がる重要な反射面である。

探査結果の考察と試掘地点の選定について

平成27年度～29年度の3カ年の音波探査で、探査結果より明らかに元寇遺物であると思われる反応は、28年度に神崎免地先で確認されているNo. 1反射集合体およびNo. 2反射集合体の反応である。これらの反応は、2号沈没船の沖合に位置する反応で、このうちNo. 1反射集合体は、平成23年度～平成27年度科学研究費補助金基盤研究(S)研究成果報告書(滝野義幸, 2016b)においてC-2「反射体(第83図)」として、その反射形態と簡易の突き棒調査により船体が眠っていると思われる地点として報告し、中央に分布するバラストと思われる石積みの規模より、2号沈船と同規模の船体が眠っている可能性を示唆(滝野義幸, 2016a)したが、今回、周辺においてさらなる探査を実施した結果、反応の分布範囲が約40mと広がりがみられた。おそらく船体とその周辺に同時期に堆積した有機物や積載物が広範囲に分布し保存されている地点と予想している。さらに

興味深いのは、その沖合に確認されたNo. 2反射集合体の反応である。反応はこれまで確認した2隻の船の石積みの反応に類似するが、その規模が小さく、より小さな船体が眠っているとも考えられるが、さらに沖合にも小規模ながら同様の反応がみられる為、何らかの硬質な積載物が潜在する可能性がある。これらの反応が元寇関連遺物である根拠は、2号沈船周辺から連続する元寇面上に分布している事から、同時期に堆積したものである事はほぼ間違いではない。船体より



第83図 C-2'反射体と元寇面の記録（滝野, 2016a）

小さな遺物を探査によって確認した例はこれまでなく、これら沖合の反応が元寇船の積載物であれば、元寇面を追う事によって、より小さな元寇関連遺物をみつけだす手がかりとなるのではと期待している。今後の本格的な発掘がまたれる。

このように探査結果より明らかに元寇関連遺物と思われる反応は、これまでがそうであったよう多くはない。毎年、その後の調査である試掘地点として十数地点、探査結果をもとに選定をしているが、その多くは元寇関連遺物が確認される事を期待して選定しているわけではない。遺物を対象とした潜水従事者の育成という面もあるが、直接海底の状況を観察する機会は稀な事から、それぞれの海域における状況確認が目的となっている場合もある。例えば周辺に漁業関連物が存在するのかや、海域毎の表層を構成する堆積物の変化はどうなのか、底棲生物の巣穴や底質より、その海域のwave base（波浪限界深度）を推定する事もでき、一見、遺物確認には遠回りのようだが遺物にいたるまでの有益な情報が得られる事が多い。また、通常探査は、直接確認できない大深度を対象とした探査をのぞき、直接な観測による資料とあわせて解析を行う。もちろん特異な反応をもとに選定を行っているが、元寇関連遺物の痕跡と思われるが既に有機物は分解し、それに着床した貝殻や集積した粗粒な堆積物に反応しているパターンも存在し、突き棒を刺した感覚だけではなくガスなどの気体が発生するかを確認することもある、全ての突き棒調査が

遺物の確認を目指して実施しているわけではない。

平成30年度の突き棒調査では、特に顕著であり、長崎県が音波探査を実施した床波沖では探査では侵入できなかった極浅海域に突き棒による予備測線を設定し（設定理由は長崎県埋蔵文化財センター調査報告書 第25集、音波探査総括の項を参照）、調査を実施している。探査結果より基盤隆起域が広域に分布し、船体等の有機物が残りづらい環境である事は明らかであるが、船が沈んだ痕跡である磚の集積が確認されている以上、分解されない積載物や碇が全面の谷内部に潜在する可能性があるためである。この調査は、水深による底質の変化、wave base（波浪限界深度）の確認、地形変換点における粗粒堆積物の混在の確認を目的としていたが、その過程で谷内部水深13mの海底より碇石と木材が確認された。現在これらが元寇問連遺物であるか不明であり、本格的な発掘の結果がまたれる。前段階の状況調査のつもりで実施した調査でみつかることにも驚いたが、暴浪時、たえず波に洗われていると考えられる極浅海域で、沿岸流等で最も移動すると考えられる砂質堆積物に被覆された状態でみつかっており興味深い。

おわりに

2005年に伊万里湾内鷹島南岸域でのナローマルチビームを用いた微地形調査を実施する以前の日本の水中考古学には海洋機器を使用した海域の微細な地形の取得や分解能を追求した地層探査などの概念は存在しなかった。それ以前でも局地的な地層探査機による調査がおこなわれているが、単に機器を利用し遺物の反応を探す事ではなく、考古学を学び、微細な地形や大陸棚堆積物の堆積構造や形成の意味を理解して遺物にいたることは大きな違いが存在する。日本においては水中考古学を専門に教育する機関が少ない。ましてやこのような海洋機器を使用し、堆積構造より遺跡の研究を実施している機関は皆無といえる。現在においても、専門の企業に委託してデータを取得するという方法がとられている。委託された企業にしてみれば探している物がどういった物なのかわからなければ探しようがなく、発注する側からすれば音波探査や大陸棚の構造を理解しなければどのような反応が遺物であるのかわからない。科研において元寇船にいたれた最大の理由はこの専門外を超えた相互間の理解にある。本事業は、長崎県が実施した音波探査（長崎県教育委員会2018）とならび、地方自治体で探査による遺物の確認を目指した日本ではじめての公共事業であり、堆積物中に眠る船体の確認の経験を有する受託者もおらず、また、発注者側も音波探査や大陸棚堆積物の知識等、白紙の状態で、仕様書の作成から全ては手さぐりの状態ではじまっている。得られたデータの有効な活用はまだまだこれからである。調査の指導は、双方の理解がすむように、またできるだけ現行の大陸棚堆積物の調査に則した内容で、筆者が元寇船に至った経験を盛り込むよう心がけた。

これらの機器もしくは調査を最新鋭という言葉であらわす事を時々見かける。GPSによる位置精度、処理速度等、性能は年々向上し、扱える音響ビームも増えたが、日本においてナローマルチビーム測深器が登場したのが1983年に海上保安庁海洋情報部の測量船「拓洋」に搭載されたシ

一ピームであり、実用的に音を使って海の深さを測る事は1925年（Submarine Signal社）にまでさかのぼる。地層探査機においてはBeckman et al (1959年) やCaulfield (1962年) により、最初の実用的な音波探査装置に関する論文が発表されており、そもそもの原理は古く、決して新しい技術ではない。多くの先人達が修練し構築して現在に至っている。陸上の遺跡調査に浸透している地中レーザーやレーザースキャナーなどと同様にこれらの海洋機器を使用した調査が広く浸透し、日本の水中考古学の発展に大きく寄与する事を願い、これらの手法から得られたデータを用い多角的な視点をもって歴史を紐解く多くの人材が育つ事を願う。

参考文献

- ・Beckman, et al. (1959) : Sub-bottom depth recorder, Geophysics, No. 24 (4),
- ・Caulfield, D. D. (1962) : Predicting sonic pulse shapes of underwater spark discharge, Deep-sea Research, No. 9 (4),
- ・池田栄史・根元謙次・滝野義幸・中島達也・後藤雅彦・佐伯弘次(2011)：「長崎県北松浦郡鷹島周辺海底に眠る元寇関連遺跡・遺物の把握と解明」「平成18年度～22年度科学研究費補助金基盤研究(S)最終報告書」第3冊
- ・滝野義幸(2013)：水中考古学における物理探査手法,『月刊考古学ジャーナル』第641号
- ・横山由香・坂本泉・八木雅俊・井村理一郎・飯島さつき・金井辰樹・水野怜・梶史明・柴達太郎・根元謙次・鬼頭毅・藤巻三樹雄・笠谷貴史・藤原義弘(2013)：広田湾における表層堆積物から見た津波起源堆積物の特徴,日本地質学会第120年学術大会講演要旨
- ・滝野義幸(2015)：これまでの音波探査と平成26(2014)年度の音波探査について「水中考古学手法による元寇沈船の調査と研究 平成23年度～27年度科学研究費補助金基盤研究(S)研究成果報告書」
- ・楮原京子・滝野義幸(2016)：元寇沈船を覆う堆積層の特徴と堆積過程,2016年度日本地理学会春季学術大会講演要旨
- ・滝野義幸(2016a)：海底音波探査手法と元寇沈船の発見,海底に眠る元寇沈没船の謎：モンゴル帝国の沈没船は何を語るのか？：プログラム・資料集：平成23～27年度科学研究費補助金基盤研究(S)「水中考古学手法による元寇沈船の調査と研究」研究成果報告講演会
- ・滝野義幸(2016b)：平成27年度音波探査調査とこれまでの元寇遺物の反応について：水中考古学手法による元寇沈船の調査と研究平成23年度～平成27年度科学研究費補助金基盤研究(S)研究成果報告書(最終報告書)
- ・長崎県教育委員会 (2018) :『鷹島海底遺跡－平成25年度から平成29年度までの調査成果－』長崎県埋蔵文化財センター調査報告書 第25集
- ・藤井昌和・野木義史 (2018) : 音波探査で海底を見る：海底地形に記録された地球環境変動 低温科学, 76, 269–284

第VI章 発掘（突き棒による貫入）調査

1. 調査の目的

この発掘（突き棒による貫入）調査（以下「突き棒調査」）は、音波探査によって取得した異常反射体の確認を行うものである。

第V章で報告のとおり、平成 27 年度から平成 29 年度にかけて表層堆積物の堆積構造の把握と潜在する異常反射体の抽出を目的とし、音波探査を実施した。この探査によって得られたデータより堆積物中の異常反射体を抽出し、突き棒調査の候補地とした。

音波探査を実施した結果、多くの異常反射体が確認された。鷹島海底においては、間接的な手法である音波探査の反応と直接的な手法である突き棒調査、試掘、発掘との整合性を確認するために繰り返し検証が行われており、本海域における元寇沈没船の反応の特性が明らかとなっている。

調査箇所の選定にあたっては、その特性を参考にするとともに、定期船の航路や養殖筏の有無、水深を考慮した。

調査箇所として、平成 27 年度に実施した音波探査の結果を基に平成 28 年度に 6 箇所（7 ポイント）、平成 28 年度の音波探査の結果を基に平成 29 年度に 10 箇所、更に平成 29 年度の音波探査の結果を基に平成 30 年度に 8 箇所を選定した。

年度ごとの調査における業務場所及び業務期間等については次のとおりである。

①平成 28 年度

業務名 平成 28 年度 国史跡鷹島神崎遺跡発掘調査業務委託

業務場所 松浦市鷹島町神崎免地先

現地調査期間 平成 29 年 2 月 19 日～平成 29 年 2 月 28 日（10 日間）

調査箇所 6 箇所（7 ポイント） 第 84 図

②平成 29 年度

業務名 平成 29 年度 鷹島海底遺跡発掘調査業務委託

業務場所 松浦市鷹島町神崎免及び原免地先

現地調査期間 平成 29 年 11 月 6 日～平成 29 年 11 月 15 日（10 日間）

調査箇所 10 箇所 第 85 図

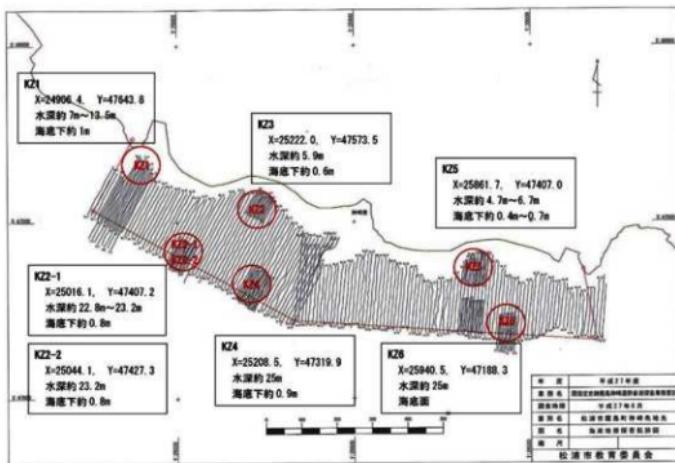
③平成 30 年度

業務名 平成 30 年度 鷹島海底遺跡発掘調査業務委託

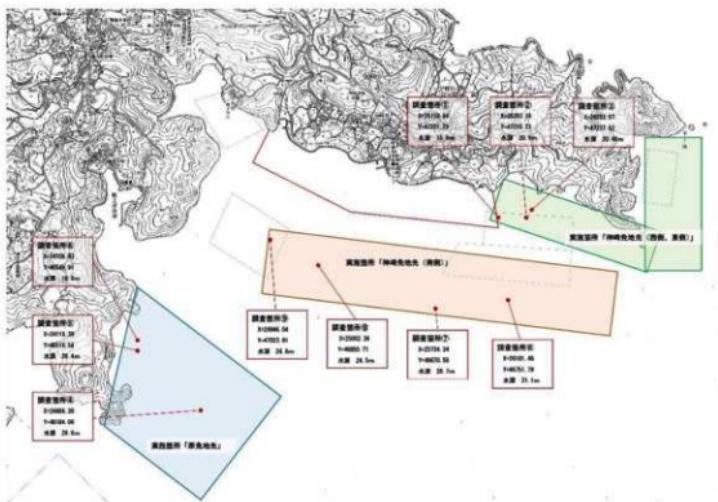
業務場所 松浦市鷹島町神崎免及び原免地先

現地調査期間 平成 31 年 1 月 28 日～平成 31 年 2 月 6 日（10 日間）

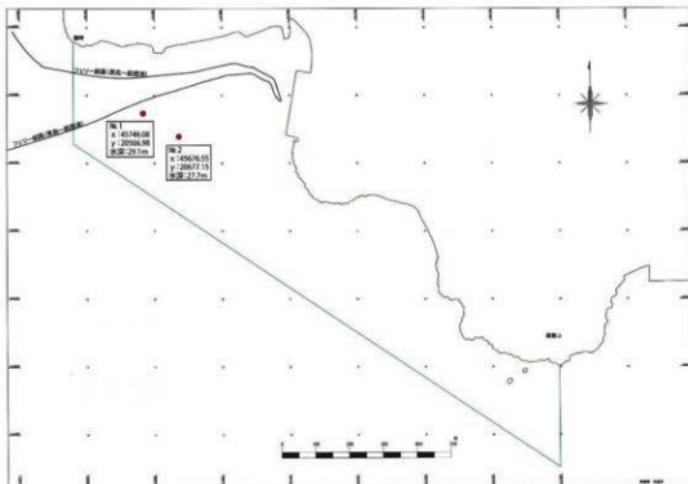
調査箇所 8 箇所（追加調査ライン 4 本） 第 86 図・第 87 図



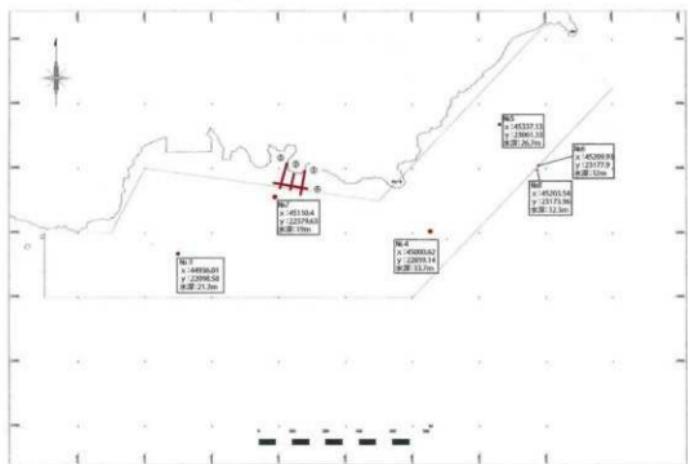
第 84 図 平成 28 年度突き棒調査箇所位置図



第 85 図 平成 29 年度突き棒調査箇所位置図



第 86 図 平成 30 年度突き棒調査箇所位置図①



第 87 図 平成 30 年度突き棒調査箇所位置図②

2. 調査の方法

(1) 作業内容

当該調査に係る作業要員は、1日あたり潜水士8人とし（うち1人は潜水管理責任者）、1チームあたり2人体制の4チームにより午前、午後各1回の潜水調査を原則として実施した。潜水作業に関しては、潜水可能時間や作業内容を十分考慮し、適宜チームの編成も変更した。

突き棒調査は、指定する座標の基点より10m×10mの調査区を設定し、突き棒により区画内を縦横1m間隔で海底面下堆積物の確認調査を行うものである。堆積物に特徴的な反応があった場合は、調査区内外の分布状況の確認を行うこととした。

(2) 基準点の設置の手順

突き棒調査を実施するにあたり、異常反射体の箇所を基準点として、高い精度で海底に復元するため、次のような手順をとっている。

- ①GPS測位をし、調査箇所に船上から目印ブイを投入する。
- ②目印ブイからダイバーが潜降し、海底にターゲットを設置する。この際使用するターゲットはプラスチック製コンテナ（高さ約30cm）に金属製網（92cm×80cm）を取り付けたものを使用する。直上に目印ブイが浮いていると、探査船の航行の妨げになるため、ターゲットを海底に設置した後、目印ブイは20m潮下へ移動させる。この際、目印ブイとターゲットはPPロープで結び、再び潜降する際の補助とする。ダイバーは、移動させた目印ブイから浮上する。
- ③ダイバー浮上後、ナローマルチビームを使用しターゲットの正確な位置を計測し、目的地点と一致するか確認する。一致していないければ、現在のターゲットから東西南北でどれだけ補正が必要か確認する。この際、5mを超える大幅な補正が必要な場合は再度ターゲットを設置し直すこととする。
- ④ダイバーは目印ブイから再び潜降し、ナローマルチビームの結果に基づいて任意の点に鋼管杭を打ち込む。
- ⑤20mずらしていた目印ブイを鋼管杭に結び直し、これを調査箇所の基準点とする。

(3) 突き棒調査の流れ

異常反射体の位置を復元した基準点周辺に突き棒による貫入試験を行い、堆積物の種別・範囲を確認する。基準点を中心に、方位・距離を明確にした上で作業を行っている。手順については次のとおりである。

- ①基準点から南北方向に5mずつメジャーを設置する。
- ②1mごとに目印を付けた5m×1mの長方形形状の補助ロープをメジャーから東（または西）に向かって伸ばすよう設置する。この補助ロープに沿ってピンポールで海底面を突き刺し、海面下堆積物の感触を確認していく。調査の際、平成29年度まではダイバーが装着した通話用ケーブルを通

して船上の記録員と会話し、詳細を記録した。平成30年度はダイバーが水中ノートを持ち、各自で記録する方法をとった。

③南北に張ったメジャーの東側または西側範囲50m²（10m×5m）終了後、反対側50m²へ補助ロープを展開し、調査範囲100m²（10m×10m）を完了とする（第88図「作業要領図」参照）。

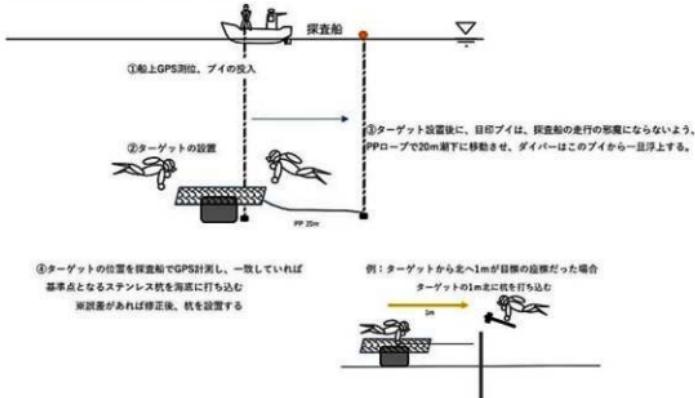
（4）突き棒調査の判断

突き棒調査は、各調査区画を担当したダイバーの個々の感覚に依るところが多く、「石」「木」「貝」「泥」「粘土」等の感触の判断は個人の経験則に基づいて判断するものであり、定量化して感覚を統一、明示することは不可能である。実際に海底で突き棒調査、或いはそれに類似する潜水作業を行なわない限り、これらの感覚を理解することは不可能であると言える。

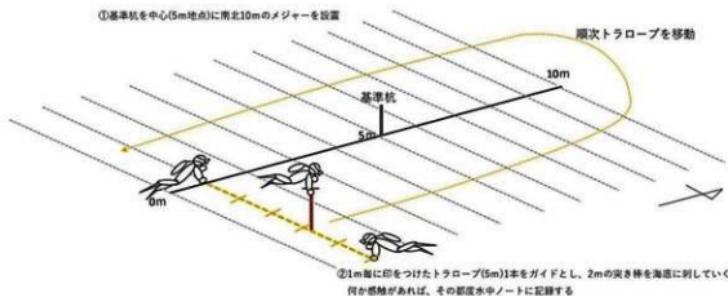
しかしながら海底下堆積物に対する「感触」とそれに対するダイバーの「判断」に共通する部分があるため、ここに記載する。

種別	得られる感触
石	貫くことができない。当たった際の跳ね返りが強く、衝撃がある。棒と当たった際、金属音がする。周囲を突くことで形状が確認できる。形状により碇石や、パラスト材としての石材など推測できる。
岩盤	石の反応と同じであるが、広がりがあるため、周囲を突いても形状が確認できない。深さも変化せず、範囲が広い。陸上の地形から推測することができる。
木	貫くことができない。ただし、対象の腐食が著しいものや、薄いものは貫いてしまう場合がある。強く突くと刺さった状況になり、抜けにくい。石と比べて跳ね返りが弱い。周囲を突くことで形状が確認できる。形状や範囲から船材など推測できる。
泥	ゆっくりと刺さり、止まることが無い。
粘土	感触は木に似ているが、貫く際と引き抜く際に粘りを感じる。周囲を突いても形状が確認できない。
貝殻	いったん突き棒が止まるが力を入れて、複数回突くことにより貫ける。様々な厚みがあり、突き棒が貫けた際の深度で計測している。固いこぶしだ以上の貝に当たると、石と判別しにくい場合がある。

1. 調査箇所8地点の基準点を海底に設置



2. 設置した基準点を中心に10m×10m範囲の突き棒調査を実施



第 88 図 突き棒調査作業要領図

(3) 安全対策

安全対策については次のとおりである。

- ①潜水作業中は、作業船上に警戒員を配置して、他船の接近の有無について、双眼鏡等を使用し警戒する。また、接近する船舶については、ハンドマイク・手旗等でダイバーが潜水中である旨を伝える。

- ②海上衝突予防法第27条第5項に定められた形象物及び国際信号旗A旗板を掲げる。

- ③風速10m/秒以上の風、波高1m以上の波（うねりを含む）視程1海里以下、潮流1ノット以上ある場合は作業を中止する。
- ④日々作業の実施前に打ち合わせを行ない作業員に安全対策について周知を行なう。
- ⑤潜水士は、水中電話を装着し、作業船上の連絡員と常時連絡を密に行い当該作業を実施する。
また、潜水士は設定した作業範囲より遠くへ行かないようにする。
- ⑥万一船舶の接近などがある場合は作業を一時中断し、作業船上に退避する。
- ⑦責任者及び緊急時の連絡体制を整備する。
- ⑧事故発生の場合は、直ちに作業を中止し、連絡体制に基づき関係先に連絡する。

加えて、単独潜水は禁止とし、二人一組または三人一組での潜水とした。上記⑤については、調査状況に応じ水中スピーカーを使用し、潜水作業中のダイバーへ潜水時間と減圧停止時間、その他の危険等を知らせる手段とした。調査の進捗状況を踏まえ「必要最低限の減圧停止時間」に留めつつ「可能な限り長い作業時間」を確保できるよう、潜水チーム毎に最良な潜水時間を算出した。

潜水計画は日本潜水協会が推奨する「NSK減圧表」を使用し、予定より潜水時間を超えた場合は、水中電話や水中スピーカー等で必要な減圧時間の連絡を行なった。また、作業状況によりチーム内で浮上開始時間にばらつきが発生した場合などは、各個人着用のダイビングコンピュータ（「高気圧作業安全衛生規則」に定められたZH-L16モデル搭載型）に従い、適切な減圧停止を実施した。

作業の実施判断については、天気予報、波浪予報などから作業海域の状況を確認し、安全対策の作業条件に適さないと判断した場合は現地調査を休止した。

3. 調査の実施にあたっての調整

平成28年夏に調査対象海域周辺に赤潮が発生し、養殖業を行う漁業者が大きな被害を受けた。

そのため、平成28年度調査の実施にあたっては、漁協や養殖業者などの漁業関係者と十分協議を行い、調査時の海水温を考慮し2月に実施する運びとなった。

以後、調査を行うにあたっては、漁業関係者と協議を行いながら調査の時期を決定している。調査海域の水温がおおむね20度を下回る時期に実施するとともに、養殖魚場との距離に配慮することとしている。加えて、養殖されているトラフグの出荷時期が年末から年始の時期に集中することから、出荷作業に支障の無いよう、作業船の係留場所についても配慮を行っている。

4. 調査結果

個別の調査地点については、別表のとおりである。

表4 平成28年度発掘調査(突き棒調査)結果①

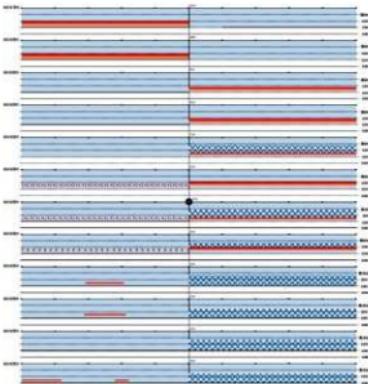
事業年度	平成28年度	調査箇所	松浦市鷹島町神崎免地先
反射体ポイントNo.	KZ1	座標	X=47643.8, Y=24906.4
調査結果			
基準杭を中心に、南西と北東に貝殻層の当たりが連続して確認された。貝殻層が位置する深さは、最浅部で0.9m、最深部で1.4mであった。音波探査で確認された反射体(幅約58m 海底下約1m)は深さに若干の差があるが貝殻層の反応であったと推測される。			
調査地平面図		調査地断面図	
			
<ul style="list-style-type: none"> ● 調査地基準GPS点(ステンレス杭) ● 突き棒調査実施点(当たりあり) ● 突き棒調査実施点(当たりなし) 		<ul style="list-style-type: none"> ● 調査地基準GPS点(ステンレス杭) ■ 土層 ■ 貝殻層 ■■ 密土層 ■■■ 貝殻層(疊々) 	

表5 平成28年度発掘調査(突き棒調査)結果②

事業年度	平成28年度	調査箇所	松浦市鹿島町神崎免地先
反射体ポイントNo.	KZ 2-1	座標	X=47407.2, Y=25016.1
調査結果			
基準杭から北側と南東に貝殻層の当たりがあり、南西では途切れる部分がある。貝殻層の深さは、最浅部は1.0m、最深部は1.5mであり、音波探査で確認された反射体(幅約11m、海底面下0.8m)と比較すると多少深い所に位置している。			
調査地平面図		調査地断面図	
<ul style="list-style-type: none"> ● 調査地基準GPS点(ステンレス杭) ● 突き棒調査実施点(当たりあり) ● 突き棒調査実施点(当たり無し) 		<ul style="list-style-type: none"> ● 調査地基準GPS点(ステンレス杭) ■ 上層 ■ 貝殻層 ■ 固い土層 ● 石 ■■■ 貝殻層(有り) ■■■ 貝殻層(無) 	

表6 平成28年度発掘調査(突き棒調査)結果③

事業年度	平成28年度	調査箇所	松浦市鷹島町神崎免地先
反射体ポイントNo.	KZ 2-2	座標	X=47427.3, Y=25044.1
調査結果			
基準杭の北側及び東側に貝殻層の当たりが確認された。深さは最浅で0.6m、最深が1.9mであった。音波探査で確認された反射体(幅約5m海底面下約0.8m)とは、広がり・深度ともに異なる当たりとなっている。			
調査地平面図 調査地断面図 			
<p>● 調査地基準GPS点(ステンレス杭) ● 突き棒調査実施点(当たりあり) ● 突き棒調査実施点(当たり無し)</p> <p>● 調査地基準GPS点(ステンレス杭) ■ 上層 ■ 目的地層 ■ 固い土層 ■■ 特記層(所々)</p>			

表7 平成28年度発掘調査(突き棒調査)結果④

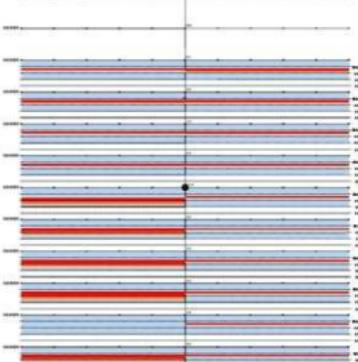
事業年度	平成28年度	調査箇所	松浦市鷹島町神崎免地先
反射体ポイントNo.	KZ 3	座標	X=47573.5, Y=25222.0
調査結果			
調査範囲全体に貝殻層の当たりが確認された。深さは最浅で0.7m、最深で1.4mであった。音波探査で確認された反射体(幅約5m海底面下約0.6m)と、基準点の東側(10m×5m範囲深さ0.7m)の貝殻層が、一致しており、反射体はこの貝殻層であったと推測される。			
調査地平面図		調査地断面図	
			
<ul style="list-style-type: none"> ● 調査地基準GPS点(ステンレス杭) ● 突き棒調査実施点(当たりあり) ● 突き棒調査実施点(当たり無し) 		<ul style="list-style-type: none"> ● 調査地基準GPS点(ステンレス杭) ■ 土層 ■ 貝殻層 ■■■ 布い土層 ● 石 	

表8 平成28年度発掘調査(突き棒調査)結果⑤

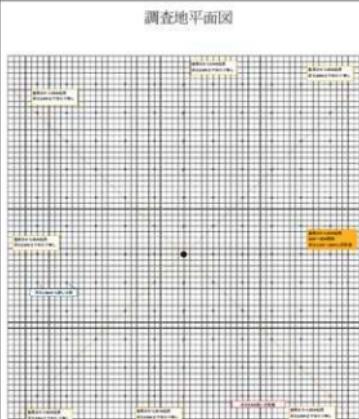
事業年度	平成28年度	調査箇所	松浦市鷹島町神崎免地先
反射体ポイントNo.	KZ4	座標	X=47319.9, Y=25208.5
調査結果			
<p>基準杭から南東0mラインに、貝殻層が確認された。幅5m、深さ0.9mの限られた当たりであったが、音波探査で確認された反射体(幅約6.5m海底面下0.9m)と、大きさ、深さともほぼ一致しているため、反射体はこの貝殻層であると推測される。当たりの範囲が非常に少なかったため、念のため調査範囲を基準杭から放射状に15m拡大した。結果、基準杭から真西12m~15m範囲、深さ1.5mから1.9mの位置に貝殻層が確認された。</p>			
 <p>● 調査地基準GP5点(ステンレス杭) ■ 調査地突き棒調査実施点(当たりあり) ● 突き棒調査実施点(当たり無し) ● 突き棒調査実施点(当たり無し)</p>	 <p>● 調査地基準GP5点(ステンレス杭) ■ 土層 ■ 貝殻層 ■ 貝殻層(厚さ)</p>		

表9 平成28年度発掘調査(突き棒調査)結果⑥

事業年度	平成28年度	調査箇所	松浦市鷹島町神崎免地先
反射体ポイントNo.	KZ 5	座標	X=47407.0, Y=25861.7
調査結果			
調査範囲全体に貝殻層の当たるが確認された。深さは最浅が0.4m、最深が0.7mであり、音波探査で確認された反射体(幅約20m海底面下0.4m~0.7m)と一致しているため、反射体は貝殻層であると推測される。			
<p>調査地平面図</p> <p>調査地断面図</p>			
<p>● 調査地基準GPS点(ステンレス柱) ● 実き棒調査実施点(当たりあり) ● 実き棒調査実施点(当たり無し)</p> <p>● 調査地基準GPS点(ステンレス柱) ■ 土層 ■ 貝殻層 ■ 固い土層 × 固い土、または石</p>			

表10 平成28年度発掘調査(突き棒調査)結果⑦

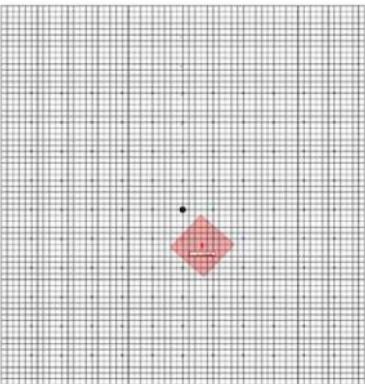
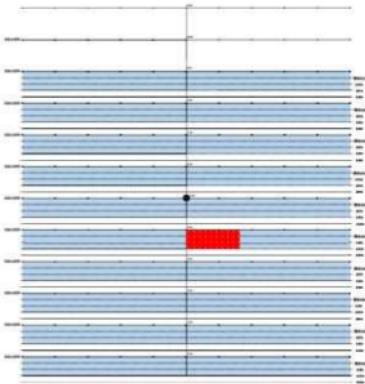
事業年度	平成28年度	調査箇所	松浦市鷹島町神崎免地先
反射体ポイントNo.	KZ 6	座標	X=47188.3, Y=25940.5
調査結果			
基準杭の南東脇海底面すれすれに、コンクリート製シンカーの埋没が確認された。音波探査の特徴的な反射は、シンカーであることが断定された。			
調査地平面図		調査地断面図	
			
● 調査地基準G.P.S点(ステンレス机) ● 突き棒調査実施点(当たりあり) ● 突き棒調査実施点(当たりなし)		● 調査地基準G.P.S点(ステンレス管) ■ シンカー	

表11 平成29年度発掘調査(突き棒調査)結果①

事業年度	平成29年度	調査箇所	松浦市鷹島町神崎免地先
反射体ポイントNo.	調査区画①	座標	X=47221.29, Y=26159.84
調査結果			
調査区画はほぼ全域が、海底表面から深さ2.0mまで貝殻層の堆積地帯であった。また、調査区画の南東端から外は、海底表面に天然の転石が広がっていた。所々に石や、固い手応えがあったが、東端の南北範囲に連なる部分や、南東端の石は「瀬」である可能性が高く、その他は単独の当たりとなっていた。			
調査地平面図		調査地断面図	
<ul style="list-style-type: none"> ● 調査地基準GPS点(ステンレス杭) ◆ 突き棒調査実施点(当たりあり) ▲ 突き棒調査実施点(当たり無し) 		<ul style="list-style-type: none"> ● 調査地基準GPS点(ステンレス杭) ■ 上層 ■ 貝殻層 ■ 青い土層 ● 石 ◆ 転石 	

表12 平成29年度発掘調査（突き棒調査）結果②

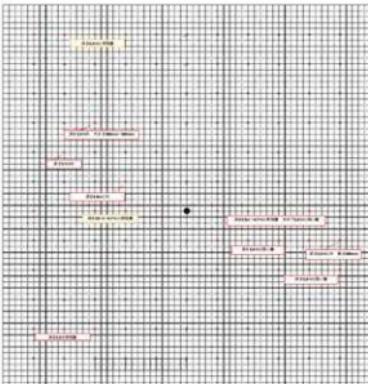
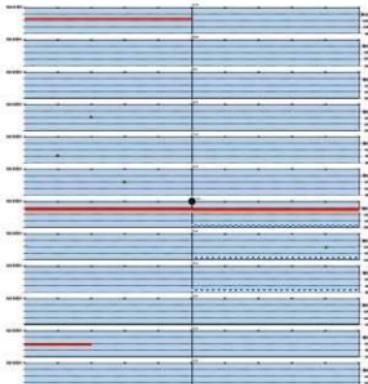
事業年度	平成29年度	調査箇所	松浦市鷹島町神崎免地先
反射体ポイントNo.	調査区画②	座標	X=47210.23, Y=26283.18
調査結果			
調査区画の中心(基準杭)から東西に向かって、深さ0.5~0.7m範囲に貝殻層が確認された。西側に石、東側に固い層と木の手応えがあったが、それぞれ単体となっており、大きな当たりは確認されなかった。			
調査地平面図		調査地断面図	
			
● 調査地基準G.P.S点（ステンレス杭） ● 実き棒調査実施点(当たりあり) ● 実き棒調査実施点(当たり無し)		● 調査地基準G.P.S点（ステンレス杭） ■ 土層 ■ 貝殻層 ■ 固い土層	

表13 平成29年度発掘調査（突き棒調査）結果③

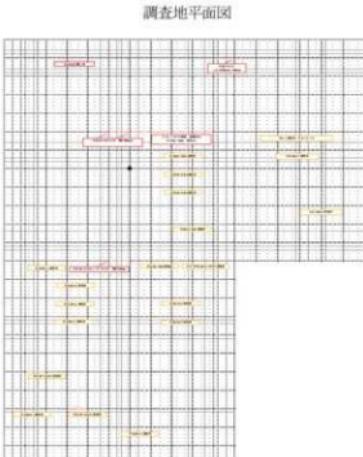
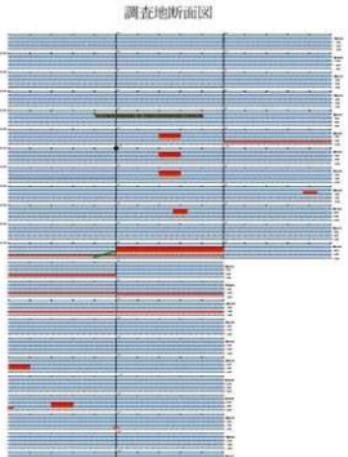
事業年度	平成29年度	調査箇所	松浦市鷹島町神崎免地先
反射体ポイントNo.	調査区画③	座標	X=47237.62, Y=26293.57
調査結果			
基本の $10m \times 10m$ (100m 2)範囲から、さらに東～ $5m \times 10m$ (50m 2)と南～ $10m \times 10m$ (100m 2)、北～ $10m \times 10m$ (100m 2)拡大調査を実施した。基本調査区画の基準杭北側に、深さ0.5～0.8m長さ東西5m幅南北1mの範囲に石の集積が確認された。石の西端には、僅かに木の手応えも確認された。基準杭の南側にも他とは異なる貝殻層と、バラバラとした木のような当たりが確認されている。北へ拡大した範囲では、西側にのみ、貝殻層や固い手応えの層が見つかった。			
  <p>調査地平面図</p> <p>調査地断面図</p> <p>● 調査地基準点GP5点 (ステンレス杭) ● 実き棒調査実施点(当たりあり) ● 実き棒調査実施点(当たりなし) ● 土層 ● 石 ■ 表現層(柱) ■ 表現層(柱+土層) ■ 石</p>			

表14 平成29年度発掘調査（突き棒調査）結果④

事業年度	平成29年度	調査箇所	松浦市鷹島町神崎免地先
反射体ポイントNo.	調査区画③北側	座標	X=47237.62, Y=26293.57
調査結果			
基本の10m×10m(100m ²)範囲から、さらに北へ10m×10m(100m ²)拡大調査を実施した。北へ拡大した範囲では、西側にのみ、貝殻層や固い手応えの層が見つかった。			
<p>調査地平面図</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 調査地基準G P S点 (ステンレス製) ● 発掘調査実施点 (当たりあり) ● 突き棒調査実施点 (当たり無し) 	<p>調査地断面図</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 調査地基準G P S点 (ステンレス製) ■ 土層 ■ 貝殻層 ■ 固い土層 		

表15 平成29年度発掘調査（突き棒調査）結果⑤

事業年度	平成29年度	調査箇所	松浦市鷹島町原免地先
反射体ポイントNo.	調査区画④	座標	X=46184.06, Y=24486.30
調査結果			
今回の突き棒調査では、海底表面から深さ2.0mまで特に当たりは認められなかった。			
調査地平面図		調査地断面図	
<ul style="list-style-type: none"> ● 調査地基準G P S点（ステンレス杭） ● 突き棒調査実施点(当たりあり) ● 突き棒調査実施点(当たり無し) 		<ul style="list-style-type: none"> ● 調査地基準G P S点（ステンレス杭） ■ 上層 ■ 中層 ■ 下層 ■ 良知層(所々) ● 石 ■ 木 	

表 16 平成 29 年度発掘調査（突き棒調査）結果⑥

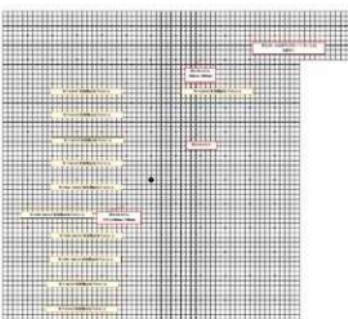
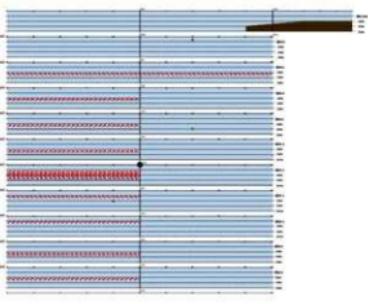
事業年度	平成 29 年度	調査箇所	松浦市鷹島町原免地先
反射体ポイントNo.	調査区画⑤	座 標	X=46518.54, Y=24119.39
調査結果			調査区画の南東に、岩礁の広がり確認された。全体的に、所々貝殻層が含まれる 堆積層となっていた。
 ● 調査地基準 GPS 点 (ステンレス杭) ● 突き棒調査実施点 (当たりあり) ● 突き棒調査実施点 (当たり無し) ● 石			 ● 調査地基準 GPS 点 (ステンレス杭) ■ 土層 ■ 貝殻層 ■ 青い土層 ■■ 貝殻層(堆積) ● 石 ● 穴

表17 平成29年度発掘調査（突き棒調査）結果⑦

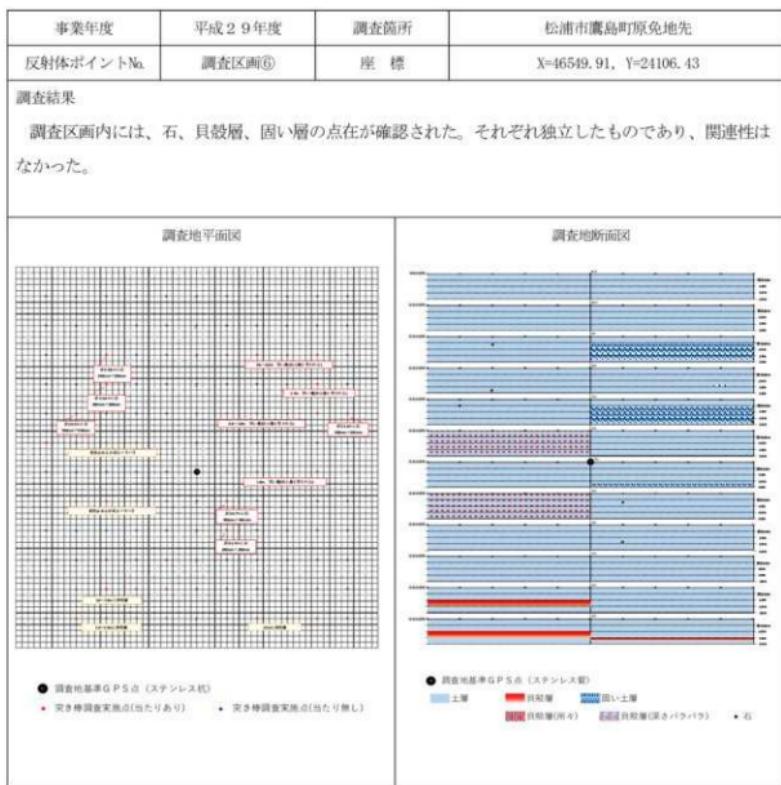


表18 平成29年度発掘調査（突き棒調査）結果⑧

事業年度 反射体ポイントNo.	平成29年度 調査区画⑦	調査箇所 座標	松浦市鷹島町神崎免地先 $X=46670.58, Y=25734.34$
調査結果			
今回の突き棒調査では、海底表面から深さ2.0mまで特に当たりは認められなかった。			
調査地平面図		調査地断面図	
<ul style="list-style-type: none"> ● 調査地基準GPS点（ステンレス杭） ● 突き棒調査実施点(当たりあり) ● 突き棒調査実施点(当たり無し) 		<ul style="list-style-type: none"> ● 調査地基準GPS点（ステンレス杭） ■ 全面 当たり無し ■ 土層 ■ 黒鉛層 ■■■ 黒鉛層(6+) ● 石 ● 木 	

表19 平成29年度発掘調査（突き棒調査）結果⑨

事業年度	平成29年度	調査箇所	松浦市鷹島町神崎免地先
反射体ポイントNo.	調査区画⑧	座標	X=46751.79, Y=26181.46
調査結果			
事前の音波探査結果が、海底表面からの反応であった為、今回は10m×10m(100m ²)範囲について、海底表面の目視調査のみ実施した。ダイバーによる円形捜索では、特に変わった反応を示すようなものは発見されなかった。			
調査地平面図		調査地断面図	
目視調査のみ		目視調査のみ	

表 20 平成 29 年度発掘調査（突き棒調査）結果⑩

事業年度	平成 29 年度	調査箇所	松浦市鷹島町神崎免地先
反射体ポイントNo.	調査区画⑨	座標	X=47023.91, Y=24946.04
調査結果			
今回の突き棒調査では、海底表面から深さ2.0mまで特に当たりは認められなかった。			
調査地平面図		調査地断面図	
<ul style="list-style-type: none"> ● 調査地基準GPS点（ステンレス杭） ● 突き棒調査実施点(当たりあり) ● 突き棒調査実施点(当たり無し) 		<ul style="list-style-type: none"> ● 調査地基準GPS点（ステンレス杭） ■ 土層 ■ 枯れ葉 ■ 枯れ葉(所々) ● 石 ■ 木 	

表 21 平成 29 年度発掘調査（突き棒調査）結果⑪

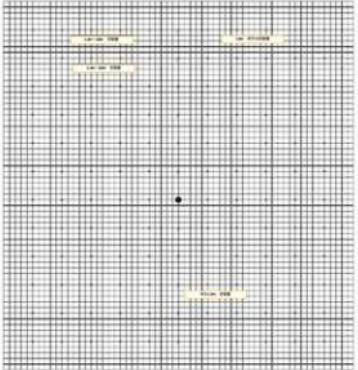
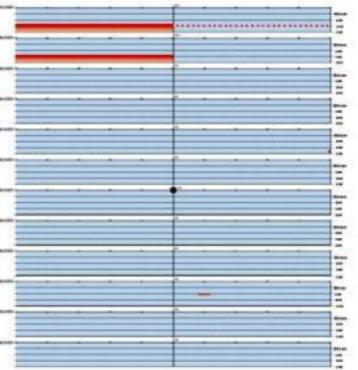
事業年度	平成 29 年度	調査箇所	松浦市鷹島町神崎免地先
反射体ポイントNo.	調査区画⑩	座 標	X=46850.71, Y=25002.36
調査結果			
調査区画の北側に貝殻層が確認された他、当たりは無かった。			
調査地平面図		調査地断面図	
			
<ul style="list-style-type: none"> ● 調査地基準GPS点(ステンレス板) ■ 実き棒調査実施点(当たりあり) ● 実き棒調査実施点(当たり無し) 		<ul style="list-style-type: none"> ● 調査地基準GPS点(ステンレス板) ■ 土層 ■ 狹い土層 ■■■ 貝殻層(何層) 	

表 22 平成 29 年度発掘調査（突き棒調査）結果⑫

事業年度	平成 29 年度	調査箇所	松浦市鷹島町神崎免地先
反射体ポイントNo.	調査区画② 延長	座標	
調査結果			
ダイバーによって発見された石の集まりを基準として、その周辺10m×20m（200m ² ）範囲の突き棒調査を行なった。深さ0.3mを中心として、なだらかな円錐状（外周深さ0.5~0.6m）に石の集積が確認された。また、石の集積に接する形で北西側に木の大きな広がりが見つかった。木は、東西7m幅約1m（幅は狭まる部分、広がる部分があり一定ではない）、深さ平均0.7m（最深1.0m）となる。			
調査地平面図		調査地断面図	
<ul style="list-style-type: none"> ● 調査地基盤 sondage 点（ステンレス柱） ● 実き棒調査実施点（立たれ穴） ● 実き棒調査実施点（立たれ穴L） 		<ul style="list-style-type: none"> ● 調査地基盤 sondage 点（ステンレス柱） ■ 地上層 ■ 地中層 ■ 地下層 ■ 地下層（深さ1.0m） ■ 地下層（深さ0.5m） ■ 地下層（深さ0.3m） ● 木 	

表23 平成30年度発掘調査（突き棒調査）結果①

事業年度	平成30年度	調査箇所	松浦市鷹島町船唐津免地先
反射体ポイントNo.	調査箇所①	座標	X=45746.08, Y=20566.98
調査結果			
<p>海底表層面は泥であり、周囲に漁網等の人工物は確認されなかった。また底棲生物の生活痕である小規模なマウントが僅かに見られた。突き棒の結果、調査区画内の海底下1.5m全域に、まばらに貝殻の感触が確認できた。これらは密集した貝殻層ではなく、「バラバラ当たる」という程度の感触である。局地的に基準杭西側海底下約1.3mで、基準杭東側海底下約1.0～1.2mで別の貝殻層があり、特に基準杭から東へ2.5m～4.0mの範囲では他の場所と比べて、貝殻の密度が若干高めであった。音波探査の情報では、埋没深度0.8mに、幅11mで広範囲の異状反射体として表現されているが、突き棒の結果からは木や石の感触は認められなかった。埋没深度に若干の誤差はあるが、調査範囲全体に確認されたまばらな貝殻層に対する反応であったと考えることも可能である。</p>			
<p>● 調査地基準 G P S 点（鋼管杭）</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 海底下1.5m所々に貝殻 ■ 海底下1.3m所々に貝殻 ■ 海底下1.0～1.2m所々に貝殻 ■ 海底下1.0～1.2mに貝殻の密集 			

表24 平成30年度発掘調査（突き棒調査）結果②

事業年度	平成30年度	調査箇所	松浦市鷹島町船唐津免地先
反射体ポイントNo.	調査箇所②	座標	X=45676.55, Y=20677.15
調査結果			
<p>基準杭を設置するためのターゲットを設置した時点で、調査地点一帯の表層に多数の石が確認された。こぶし大の物から、両手で抱えられる程度の大きさの物まであり、石の形状に関しては付着物が多く判別できていない。ダイバーが持って上がる事が可能なサイズの石を一点引き上げており、大きさは20cm×15cm×厚さ13cmである。基準杭位置の確定後、石の分布を確認する為その周辺を調査したところ約25m×10m範囲で限定されており、海岸への連続は確認できず、このため調査区画内に広がる石は人為的要因で投棄されたものであると推測される。転石の間から、可能な範囲で突き棒を実施したが下部に基盤の海底部の露出である岩礁は認められなかった。音波探査では埋没深度0.4m、0.5m、1.0mで一連の異常反射体として表現されているが、これらの石の反応と考えられる。</p>			

表25 平成30年度発掘調査（突き棒調査）結果③

事業年度	平成30年度	調査箇所	松浦市鷹島町三里免地先
反射体ポイントNo.	調査箇所③	座標	X=44936.01, Y=22098.58

調査結果

海底表層面は細かい貝殻が混じった砂であり、周辺の海底表層には所々石が見られ、底棲生物の生活痕である小規模なマウントも僅かに見られた。また、ターゲット設置の際に、基準点から20m範囲内の表層にアンカーと漁網の切れ端が確認された。簡易の突き棒によると、海底下0.2~0.3mで小石混じり（こぶし大より小さいもの）の層があり、この部分の石をダイバーが3点引き上げている。さらに、その下部0.8mには岩礁が確認できた。音波探査では埋没深度0.3mに異状反射体となっており、小石混じりの層と埋没深度は一致している。

簡易平面図



● 調査地基準G P S点（鋼管杭）

■ 海底下0.2m~0.3mに小石混じりの層、その下部0.8mに岩礁

表 26 平成 30 年度発掘調査（突き棒調査）結果④

事業年度	平成30年度	調査箇所	松浦市鷹島町三里免地先			
反射体ポイントNo.	調査箇所④	座標	X=45000.62, Y=22859.14			
調査結果						
<p>海底表層面は泥となっており、周辺に石やその他の人工物は見られなかった。基準杭の北西を除いた全域海底下約0.7m～1.0mに低密度の貝殻層の感触が見られた。基準杭の真西では海底下1.3mと少し深いところに貝殻層が認められた。また、基準杭から南へ2m、西へ4mの地点で表層にこぶし大の石が一つ確認されたが、その下や周辺には他に石、木材などは見られなかった。音波探査では、埋没深度0.7m、1.1mで一連の異常反射体として表現されており、これは突き棒調査で確認した貝殻層の深さと矛盾しない。よって、この異状反射は貝殻層を捉えたものと推測される。</p>						
<p style="text-align: center;">簡易平面図</p> <p>● 調査地基準 G P S 点（鋼管杭）</p> <p>● 石</p> <table border="1"> <tr> <td>海底下1.3mの所々に貝殻</td> <td>海底下1.0mの所々に貝殻</td> <td>海底下0.7～1.0mの所々に貝殻</td> </tr> </table>				海底下1.3mの所々に貝殻	海底下1.0mの所々に貝殻	海底下0.7～1.0mの所々に貝殻
海底下1.3mの所々に貝殻	海底下1.0mの所々に貝殻	海底下0.7～1.0mの所々に貝殻				

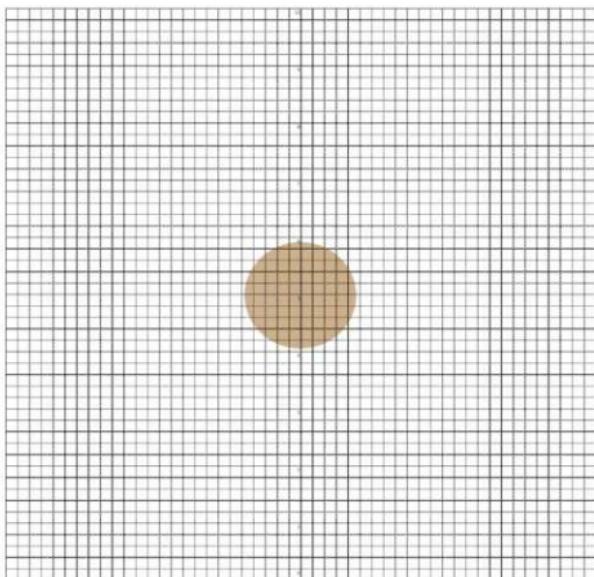
表 27 平成 30 年度発掘調査（突き棒調査）結果⑤

事業年度	平成 30 年度	調査箇所	松浦市鷹島町三里免地先
反射体ポイントNo.	調査箇所⑤	座 標	X=45337.13, Y=23061.33

調査結果

海底表層面は泥となっており、周辺に石やその他の人工物は見られなかった。基準杭の北西を除いた全域海底下約0.7m～1.0mに低密度の貝殻層の感触が見られた。基準杭の真西では海底下1.3mと少し深いところに貝殻層が認められた。また、基準杭から南へ2m、西へ4mの地点で表層にこぶし大の石が一つ確認されたが、その下や周辺には他に石、木材などは見られなかった。音波探査では、埋没深度0.7m、1.1mで一連の異常反射体として表現されており、これは突き棒調査で確認した貝殻層の深さと矛盾しない。よって、この異状反射は貝殻層を捉えたものと推測される。

簡易平面図



● 調査地基準 G P S 点（鋼管杭）

● 土壌

表 28 平成 30 年度発掘調査（突き棒調査）結果⑥

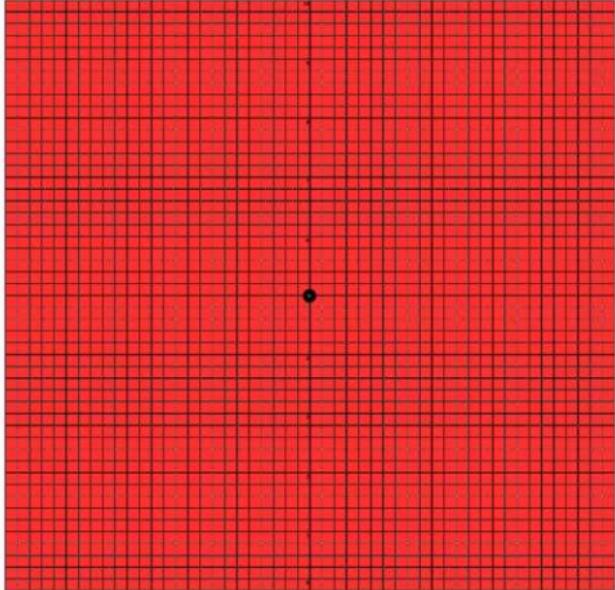
事業年度	平成 30 年度	調査箇所	松浦市鷹島町三里免地先
反射体ポイントNo	調査箇所⑥	座 標	X=45209.93, Y=23177.90
調査結果			
基準杭設置地点に、土嚢の山が確認された。海上に設置されている生簀まで、係留ロープが伸びていたため、近傍に設置されている生簀のシルバーであることがわかった。調査区画内は泥質の表層からその海底下2.0mまで、抵抗なく突き棒が刺さる状態で、貝殻、石、木や堆積物の変化などの手応えは全く認められなかった。音波探査では、埋没深度1.1mで異常反射体として表現されているが、突き棒調査ではそれと一致するものは確認されなかった。また、表層より上に見える反応は土嚢を掘えたものである可能性が高い。			
<p style="text-align: center;">簡易平面図</p>  <p style="text-align: center;">● 調査地基準 G P S 点（鋼管杭）</p> <p style="text-align: center;">■ 海底下1.0mで所々に貝殻</p>			

表 29 平成 30 年度発掘調査（突き棒調査）結果⑦

事業年度	平成30年度	調査箇所	松浦市鷹島町三里免地先
反射体ポイントNo.	調査箇所⑦	座標	X=45110.40, Y=22379.63
調査結果			
<p>海底表層面は小さな貝殻と砂を僅かに含む泥となっていた。また、周辺には、底棲生物による生活痕である小規模なマウントが多く認められた。その他、表層面に石や人工物などは認められなかった。調査区画内全域に粘土層が見られた。この層は、基準杭の北5m付近で深さ1.5m～1.8mに広がり、南側へ向かって海底下1.4mと浅く分布する。基準杭から東に2m（イ）と、北に3m（ロ）、さらにその東3m（ハ）地点の計3カ所に木が確認された。これらの試掘は行なっていないが、突き棒による大きさの特定で、（イ）と（ロ）の木は大きさが約10cm×10cmで、海底下0.8m～1.0mに認められた。（ハ）については海底下0.8mに確認されているが、大きさの特定にまでは至っていない。また、粘土層上に極稀に貝殻層のような感触が見られた。音波探査では、埋没深度1.3m、1.2m、1.2mで一連の異常反射体として表現されているが、突き棒調査では基準杭の南側5mの西側で、深さ1.3mに貝殻層が認められるのみで、反応に対応する堆積物の感触は確認できなかった。</p>			
<p style="text-align: center;">簡易平面図</p>			
<p>● 調査地基準 G P S 点（鋼管杭） ■ 海底下1.5m～1.8mに粘土層 ■ 海底下1.4mに粘土層 ■ 海底下1.3mの所々に貝殻層 ■ 木</p>			

表30 平成30年度発掘調査（突き棒調査）結果⑧

事業年度	平成30年度	調査箇所	松浦市鷹島町三里免地先
反射体ポイントNo.	調査箇所⑧	座標	X=45023.54, Y=23173.96
調査結果			
<p>海底表層面は泥であり、周辺には底棲生物による生活痕である小規模なマウントが見られた。その他、表層面に石や人工物などは認められなかった。基準杭から南へ1.0mの西側のみで、深さ0.8m～0.9mに所々、貝殻層の感触が見られた。その他の部分では、表層の泥質堆積物から海底下2.0mまで感触が変わることなく、変化がみられない柔らかい底質であった。音波探査では埋没深度0.8mから1.1mで一連の強い反射体として表現されているが、突き棒調査では反応に対応する堆積物の変化は確認できなかつた。</p>			
<p style="text-align: center;">簡易平面図</p> <p style="text-align: center;">● 調査地基準G P S点（鋼管杭）</p> <p style="text-align: center;">■ 海底下0.8~0.9mで所々に貝殻</p>			

表31 平成30年度発掘調査（突き棒調査）結果⑨

事業年度	平成30年度	調査箇所	松浦市鷹島町三里免地先
反射体ポイントNo.	追加調査ライン①	座標	—
調査内容			
調査箇所⑦の北側の海岸線から南に向かうラインを設定し、周辺海底面の目視確認及び、突き棒調査を実施した。			
水深0～0.9mの表層は、石と細かい貝殻混じりの砂で、表面が固く突き棒が刺せない状態であったが、所々刺せた部分では、海底下0.3mに貝殻層の感触があり、その下部1.5mにも別の貝殻層の感触が見られた。どちらも低密度の薄い層が継続的に存在している状況であった。水深10m付近から、表層の細かい貝殻が減り始め、14mになると砂混じりの泥質堆積物となる。海底下1.3mに低密度の貝殻層の感触があった。水深12m地点で、海底下0.3m～0.4mに木と石の感触があり、この地点を⑦'として簡単な試掘を実施した。水深20mになると表層は泥質のみとなり、底棲生物による生活痕である小規模なマウントが多く認められる。海底下1.5mまで突き棒を刺しても堆積物の変化が認められない状態となる。			
反射体ポイントNo.	追加調査ライン②	座標	—
調査内容			
調査箇所⑦の北側の海岸線から南に向かうラインを設定し、周辺海底面の目視確認及び、突き棒調査を実施した。			
水深0～0.9mの表層は露岩域と転石の分布域であり、突き棒は全く刺さらない状況であった。水深9mを超えると、水深15mくらいまで行くと、表層は粒の粗い砂、細かい貝殻、泥が混ざったものになり、海底下0.1m～0.2mまでは細かい貝殻の感触があり、突き抜けたその下部0.5m～0.6mにも貝殻の感触が見られた。水深18mからは粒の細かい砂と細かい貝殻が僅かになり、20mでは泥質のみとなり、底棲生物による生活痕である小規模なマウントが多く認められる。表層から海底下1.5mまでは特に抵抗なく突き棒が入り、堆積物の変化が認められない。			
反射体ポイントNo.	追加調査ライン③	座標	—
調査内容			
調査箇所⑦の北側の海岸線から南に向かうラインを設定し、周辺海底面の目視確認及び、突き棒調査を実施した。			
水深0m～9mまでは石、貝殻、砂で、表面が固く突き棒は刺さらない状態である。水深10m～15mはほぼ砂地となり、細かい貝殻も見られ、深さ0.3mに貝殻の感触がある。水深16m～17mは小さな貝殻混じりの細かい砂となり、海底下1.0mに低密度の貝殻の感触がある。水深18m～20mになると泥質のみとなり、海底下1.0mで低密度の貝殻層がある。			
反射体ポイントNo.	追加調査ライン④	座標	—
調査内容			
追加調査ライン①の終点から、追加調査ライン③の終点付近まで、水深19m～20mを維持しながら東から西に進み、表層面の目視確認と突き棒調査を行なった。			
途中の、座標X-45083.745 Y-22430.941付近（※但し海況上、石の直上ではない）に、深さ0.7m～0.8mに石があり、その周辺に僅かに貝殻のような感触も認められた。			

表32 平成30年度発掘調査（突き棒調査）結果⑩

事業年度	平成30年度	調査箇所	松浦市鷹島町三里免地先
反射体ポイントNo.	調査箇所⑦*	座標	X=45132.491, Y=22462.349
調査内容			
<p>木と石の感触が見られた箇所の試掘調査を実施した。突き棒で木の端部を探し、その上層の砂をダイバーが手作業で掘り、木の詳細を確認した。木の西側に石の感触があり、さらにその石の南側にも石の感触があったため、試掘と詳細確認を行なったが、底質上、砂が掘った端からなだれ落ちて来るため、ダイバーの手作業のみで掘り下げる事が難しく、あくまで存在を確認するための簡易的試掘となつた。これらの木と石はその配置から棟ではないかと推測される。</p>			
試掘調査後は目印にピンボールを残し、銅網で被覆して埋め戻しを行なった。			
調査状況・出土状況写真			
			
木と石の範囲確認及び試掘			
		確認した木材の端部	
		確認した白い付着物が残る石	

第VII章 鷹島2号沈没船の発掘調査

琉球大学国際地域創造学部 池田栄史

1. 調査の概要

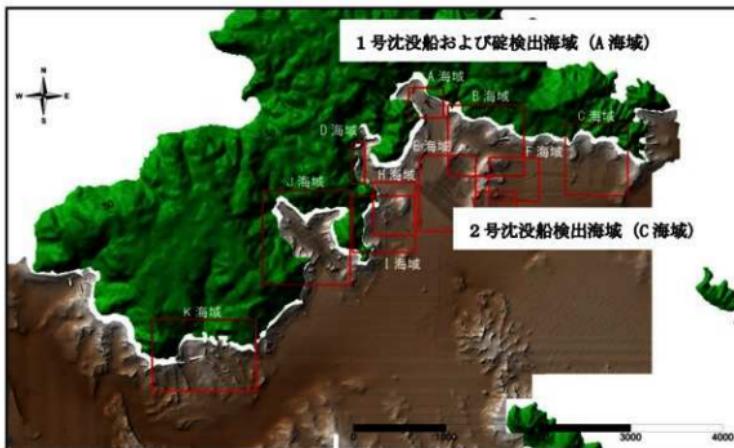
鷹島2号沈没船は平成26(2014)年9・10月に実施した音波探査と突き棒調査によって存在を確認し、平成27(2015)年6・7月の調査で船体の残存状況を確認した沈没船である。検出の際に基準とした座標位置はX=47326.4、Y=26299.5を中心とする。なお、平成26年に行った音波探査の際には、鷹島2号沈没船が検出されることとなる反応をC海域C-2地点と呼んでいた。

平成27年3月に刊行した科学研究費による音波探査報告書(池田・滝野ほか2015)にはC-2地点の音波反応について、「入り江の極浅海部、水深約13.5m、海底下約1.0mに認められる。反射は幅約10mで、(中略)No.3(鷹島1号沈没船を検出した地点の音波探査時の呼称番号=池田補注)の磚の反応に類似した高まりが認められ、その両側にあまり起伏が認められない二つの強い平坦な反射面が分布する。沖の反射と岸の反射では分布する高度が異なる。黒津浦のNo.2反射体および周辺に認められる反射に類似する」としていた。音波探査の際の調査船は南北方向に航行しており、上記文章の沖が南側、岸が北側となり、南北方向に約10mの範囲で反応物が存在すると予測されていた。

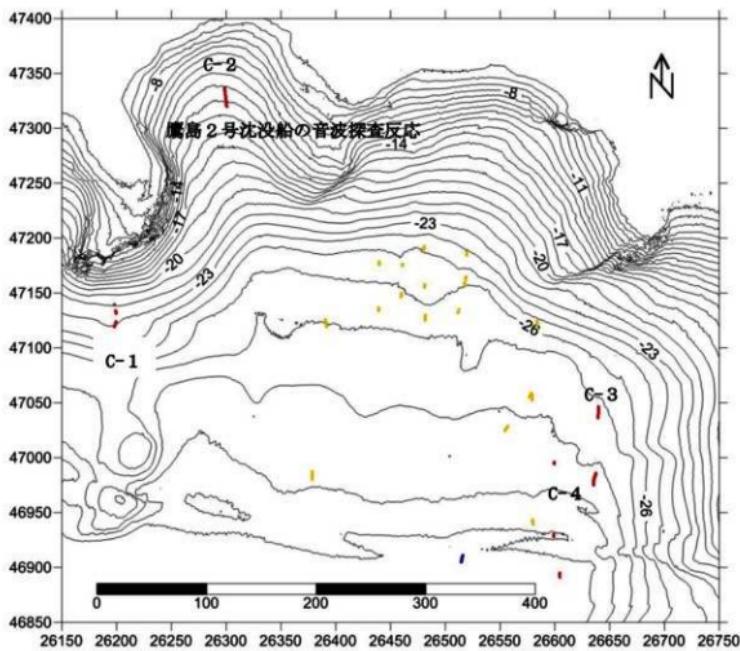
そこで、音波探査装置を用いて測位した海底の座標点を中心として、北に5m、南に6mの基準線を設け、東西それぞれ5mの範囲、計110m²について、1mおきの突き棒調査を実施した。その結果、基準座標点を中心として南側に木材や石材の反応が得られたことから、さらに南へ基準線を11m延長し、東西それぞれ5mの範囲、計110m²について、1mおきの突き棒調査を追加実施したところ、延長した11mの基準線に沿って、北側に木材や石材らしき手応えが得られた。

これを受け、基準点の周辺と南に延長した基準軸の北側(基準点から5~10m南側周辺)の2カ所に試掘地点を絞り、掘り下げを行なった。掘り下げの際には水中ドレッジを用い、突き棒調査によって木材反応があった部分を集中的に掘り下げた。すると、基準点より5m南側の地点で外板と思われる木材が姿を見せはじめた。そこで、その広がりを確認するため、基準点より5mの地点で東西方向に向けて、幅1mの範囲でトレーナー状に掘り下げを進めたところで、石材の集中部分の下に外板と船底と考えられる木材が船首部分の構造を示す状態で検出された。また、基準点の西側では外板と隔壁と思われる板材の一部が検出され、本調査区内には沈没船が間違いなく存在することが明らかとなった。しかし、掘り下げを行なった部分からは蒙古襲来(元寇)に関連する遺物は全く確認できなかったことから、本沈没船が考古襲来の際の沈没船であることを確認できない状態で、平成26年度の調査を終了せざるを得なかつた。

このため、平成27年度の調査では蒙古襲来の際の沈没船であることを確認すること、また船体の規模や構造を明らかにすることを課題として取り組むこととなつた。なお、平成26年度調査終



第89図 平成26年度鷹島海底遺跡音波探査海区分図



第90図 C海域の音波探査反応分布と鷹島2号沈没船(C-2)の位置

了前には調査区の設定のために打ち込んだ鋼管に水中温度計、酸素濃度計、塩分濃度計、照度計などの年間を通じた観測を行うモニタリング機器を設置した。

このような平成26年度の調査成果に基づき、平成27年度調査計画を立案することとなったが、平成27年度は科学研究費採択期間の最終年度であり、本来の計画ではそれまでの4年間の補足調査のみを実施することとなっていた。しかしながら、前年度に掘り残した沈没船の規模や構造を確認するには本格的な発掘作業が必要となることから、鷹島海底遺跡を管轄する松浦市教育委員会と協議の上、沈没船の分布範囲確認調査と沈没船詳細確認調査について、それぞれ分担して実施することとした。また、松浦市教育委員会では発掘調査に並行して、沈没船が確認されたC海域について改めて詳細音波探査を実施することとした。

調査では前年度確認していた船首部分と、船体右舷側外板および隔壁の検出位置を踏まえながら、船体の全容を把握するため、突き棒調査の際に設定していた基準点を中心として、南側に5m四方の調査区を4区画設定し、掘り下げを進めた。掘り下げには前年度と同じく水中ドレッジを用いたが、船体周辺の堆積層は硬く締まった砂質層であり、掘り下げにかなり手間取った。前半（6月11～19日）と後半（6月22日～7月2日）に分けた調査期間の中で、後半の中頃まで船体を確認する作業に追われたことから、4つの調査区全面にわたって均等に掘り下げることができず、船体の広がりを確認した上で、図化と映像記録の撮影を行なうこととなった。この際、映像記録については、静止画像と動画画像、さらに三次元映像を作成することを前提とした写真撮影を行なっている。

また、船体は船底の構造把握を念頭に置いていたが、船内に積み込まれていた大型の石材を除去する時間的余裕がなくなったことや、これを除去した場合の船体の保全、特に隔壁の現位置での保全が危ぶまれたことから、船体内堆積土の除去を断念し、残存する船体の外周となる外板の位置を確認した段階で、掘り下げを止めている。

調査終了後、船体木材の周辺を砂嚢袋で50cm以上の厚さになるように覆い、その上に松浦市に工場を持つ中興化成工業株式会社が製作し、自動車のエアバックやドーム形野球場の天井シートに用いられているシリコン樹脂塗付のナイロン織物シートを被せ、これをさらに砂嚢袋の重石で押さえて、現地での保全を図った。

また、保全作業と並行して、研究分担者の柳田が作成した長さ115cmと100cm、直径15cmのビニール管に、3cm角、厚さ3mmの鉄板、銅板、木板試料をそれぞれ単体の場合と鉄板+木板、銅板+木板の5種類に作り分けて取り付けた保全状況モニタリング調査キットを埋置した。長さ115cmのビニール管は調査区脇の掘り下げを行なっていない海底面に打ち込んでおり、上部15cmを海底面から露出させ、ここに先述した5種の鉄板、銅板、木板の組み合わせ5種を取り付けてある。この5種は打ち込んだビニール管の海底面から-1.5cm、-20cm、-60cm、-100cmの位置にも同様に取り付けてある。長さ100cmのビニール管には上部から-1.5cm、-20cm、-60cm、-100cmの位置にやはり5種の組み合わせ試料を取り付け、ビニール管の中に粘土を充填したものと空洞のままのものを用意して、掘り下げた調査区に設置し、砂嚢袋で完全に覆って埋置した。

この3本のモニタリング調査キットによって、海底堆積層内に打ち込んだ場合と砂嚢袋によつて埋め戻した場合の海底面からの深度による保全状況の違いを確認することとする。

また、モニタリングについては、平成27年10月に行なった調査機器の計測データ記憶媒体の更新に際して、やはり柳田が製作したマツ科とアカガシ科の2種の木材に限定した新たなモニタリング調査キットを今回調査した2号沈没船の近くに設置した。このモニタリング調査キットは2.5cm角、厚さ3mmの木材片を長さ115cmのアクリル板を発掘で掘り下げた調査区床面に設置し、上部15cmのみを露出した状態に砂嚢袋で覆う仕様である。アクリル板には海底面から露出した部分と、砂嚢袋で埋置した部分から-1.5cm、-20cm、-60cm、-100cmの位置に木材片が取り付けられており、やはり砂嚢袋による埋置深度ごとの木材保全状況を調査することを目的としている。このモニタリングキットは同じ構造のものを6セット製作しており、今後の経年変化を見ながら、最長で5~10年を念頭に適宜1セットずつを引き揚げ、木材種と埋置深度による保全（劣化）状況変化の確認を継続的に行うこととしている。

2. 船体および遺物の検出状況

鷹島2号沈没船の検出位置は鷹島南海岸から海底に向かって延びる尾根筋に挟まれた海底の谷間である。海岸線までは約200m、水深13~15mの位置にあり、海底地形の上ではほぼ南北方向に形成された谷斜面の途中に埋もれている。音波探査による反応が南北方向で捕捉されていたことから、調査に際しては南北方向を意識して実施したが、やはり船体は南北方向に埋もれていた。検出状況からは船首部が南側、船尾が北側となる。

船首部分は外板を船首竜骨に向けて狭めた仕上げた構造が確認できる。しかし、船首竜骨材が残存していない。ここから北側に向かって次第に船幅が広がり、残存する船首部材の先端から5mほど北側では船体外板の残存部幅が3.0mとなる。また、船首部材の先端から9mで残存部幅が最大の3.2mとなり、10mほどまで残存部幅3mが続く。そこから次第に狭まり、先端から約12mまでは船体の木組み構造が確認できる状態で外板や隔壁などの部材が確認できる。その北側では木材が多く検出されるものの、鷹島2号沈没船の部材と明確に判断できる状況ではなく、また船体のどの位置の部材となるのかについても海底での観察では判然としない。また、これらの部材は南北方向を示す鷹島2号沈没船の残存部材の向きとは異なる方向で揃っているように見え、あるいは鷹島2号沈没船の下に別の沈没船が存在する可能性が考えられる。

残存する船体部材は右舷、左舷をなす外板材と船内を仕切る隔壁材が本来の船体構造を保った状態で残存する。隔壁は9か所で確認でき、これによって仕切られた空間8区画（韓国新安船では「船」とする）が明瞭に確認される。隔壁で仕切られた空間の奥行は船首および船尾部分の空間を除き、南側から約85cm、100cm、105cm、140cm、150cm、145cm、110cm、70cmを測る。

船首部分の空間を第1室とすれば、上記空間は第2室から第9室となり、構造が不明瞭となる船尾部分の空間を第10室と仮称することができる。この仮称によれば、第6室の奥行が最大の150cmとなり、その前後の第7室が145cm、第5室が140cmで、さらにその前後となる第8室が

110cm、第4室が105cm、第3室が100cm、第2室が85cm、第9室が70cmの順となり、次第に奥行長が短くなる。また、隔壁間の奥行きが第6室から第9室に向けて狭まっていき、第9室が70cmとなる状況と、第9室と第10室の間に設けられた隔壁の北側には次の隔壁材が見当たらないことを合わせて考えれば、船尾部分の造作は第10室の先には施されていなかったことも想定される。

調査ではじめに船首部分の構造に関する情報の収集を念頭において、第1室と第2室の船室内部を掘り下げた。しかし、船室内堆積土を除去すると、船内壁面や床面に配されていた木材が遊離してバラバラになる可能性があったことから、船室内床面に近い部分の堆積土については敢えて除去しなかった。また、船首竜骨が無くなっている船首部分については、その構造を観察するため、船外部分をかなり掘り下げ、外板の木組みを確認した。その結果、船首部分の外板は下部板材の上端に上部板材の下端を重ね、釘留めしながら積み上げる手法をとるとともに、内底側には外板の上に内壁となる板材を配置した2重構造となっていることが確認された。ただし、今回の調査でこの構造が確認できたのは、船首部分に限られる。

第3・4・5室には船底に積んだバラスト材と考えられる大きさが20~60cmを測る不定形の石材で満たされており、これを取り除いて内底部を確認する作業は行っていない。石材は第3~5室の船外まで広がって分布していることからすれば、第3~5室内に置かれていたバラスト材が船体の腐食に伴って船外にこぼれ落ちたことが考えられる。

第6・7・8室については隔壁材が外板材の内底面から遊離していることから、船内堆積土の掘り下げを行なえば支えをなくし、現位置から動いてしまうことが推測された。このため、隔壁材と外板材の上端を確認した状態で掘り下げを留めている。最も奥行が長かった第6室の船首側隔壁の残存部上端幅は250cm、船尾側隔壁の残存部上端幅は260cmである。

第9室と第10室との間には直径25~30cm、幅約80cmの丸太状木材があり、これを両室の間の区切りとした。しかし、この丸太材の中央部分は摩耗による凹みが見られ、あるいは船尾部分に配置された帆柱の基底部木材とも考えられる。帆柱の基底部とすれば、外側もしくは内側に隔壁が配されるのが一般的であるが、現況では隔壁となる板材を検出できない。帆柱の基底部の可能性がある丸太材が現位置を移動していることも考えられるため、ここでは取り敢えず第9室と第10室を区画する目安とする。

この丸太材の下に、船の主軸方向に沿った板材2枚が重なって検出され、船底を構成する外板材もしくは船底板と推測される。しかし、丸太材の下に潜り込んでいることから、掘り下げての確認が難しく、上面からの観察を行なったのみで、それより下部の掘り下げを行なっていない。船体の下部には基底部をなす竜骨がなければならないが、第10室とした部分で確認した板材2枚の下に現状では竜骨材を確認することができなかった。あるいはもう少し掘り下げれば竜骨を検出した可能性もあるが、これについては今後の課題とする。

隔壁材は厚さ9~15cmの板材を用い、船内壁間の幅に応じ、船底部に向かって逆台形状に狹まる。隔壁材は船底部から積み上げたと推測されるが、隔壁に使用した板材の枚数については船内の掘り下げをほとんど行なっていないため確認できない。また、外板材は厚さほぼ5cm程度、

幅20～50cmの板材を用いるが、掘り下げによって外板材1枚の形状を明確に確認できるところがなく、長さについては不詳である。ただし、これまで長年にわたる鷹島海底遺跡の調査で検出されている船材には、厚さは3～18cmの間で約3cmを単位とした違いが見られる板材があることが知られている（池田 2012）。ことからすれば、鷹島2号沈没船ではこの中の中型に当たる木材を主に使用していることとなる。

鷹島2号沈没船の遺物としては、第5室のバラスト材の下から完形の天目碗が得られた他、第10室とした船体北端部の外板材の下から錫製筒形製品が検出された。また、周辺の掘り下げ作業中にやはり完形の白磁碗と褐釉壺が得られている。この他、船内堆積土の中から磚、青磁壺、白磁碗、陶器壺などの破片が出土している。しかし、検出した遺物量は鷹島1号沈没船に比較すればかなり少ない。

3. 船体に関する検討

鷹島1号沈没船が竜骨を中心として両舷を構築していた外板材が海底面に倒れた状態で検出されたのに対して、鷹島2号沈没船は船体下半部の構造をほぼ維持した状態で確認された。この点においては、船体を構築する木組みの技術や内底部の構造を知る良好な資料となることが明らかである。

前段で船体内部を仕切る隔壁の存在を手がかりとして、船首から船尾までを第1室から第10室と仮定した。これに基づけば、船首部分となる第1室では第1室と第2室を仕切る隔壁に接して、船首に向かって台形状となる厚めの部材を敷き、その前に隔壁状の横板を立て置く。台形の板材は隔壁側の幅51cm、船首側の幅38cm、奥行33cm、厚さ20cm、その前の横板は幅36～38cm、厚さ8cmである。この2枚の部材は第1室床面に嵌め込まれており、船首に向けて次第に幅を減じる。この2枚の部材の下に幅20cm、厚さ8cmほどの床板があり、その一部が20cmほど姿を見せており、船首側となる板の先端部分は欠損している。

台形状の部材とその前の隔壁状の横板およびその下の床板とを間に挟む形で残る右舷、左舷の板材は厚さ5cmほどで、左右とも隔壁の位置で縦に目地が通っている。これは船首に向けて、船体を狭くするための構造を反映していると推測される。なお、この板材のさらに外側を覆う形で別の外板材が存在することからすれば、船首部分は内壁材と外板材の二重構造になっていたと考えられる。船底から内壁材と外板材が広がる角度は約65°を計る。船首の竜骨は無くなっているものの、船首に近い部分まで、外板材が船幅を狭めていく状態が確認され、船首部分における船首竜骨と外板材の接合部分の構造について推測する手がかりとなる。第1室と第2室の間の隔壁材は現存する上端幅67cm、厚さ15cmで、船底に向けて逆台形状を呈し、現存高は約70cmである。

奥行85cmを計る第2室では室内の堆積土を掘り下げ、内底部の木組み状況を確認した。幅30cmほどと推測される板材が竜骨脇から船縁方向に向けて、一部を重ねながら打ち付けられており、船体断面形が「V」字形に立ち上がる状況を確認できる。現況で観察できる板材は右舷、左舷とも3枚ずつであるが、船首部分の板材との関係からすれば、船の内底側で確認できたこれらの板

材の外側に外板材を打ち付けて、船体壁材を2重にしていたことが推測される。船底内には幅約12cm、長さ70cm、厚さ3cmほどの板材を船体の主軸方向である南北方向に沿って2枚並べ置き、船底板としている。

また、第1室側の隔壁の左舷内側には隔壁を支える肋材が残存する。肋材は厚さ8cmほどで、隔壁と左舷側内壁に接する。第3室との間の隔壁と内底に接する部分にも、幅3cmほどの板材があり、これを床面に敷いた幅40cm、奥行10cm、厚さ3cmほどの板で固定している。隔壁と内底に接した板材は隔壁を支える肋木と考えられる。

この他、右舷、左舷の内壁に沿って、船底板に押さえられた状態で、地上建物の屋根に見られる垂木のような幅3~6cm、厚さ3~4cmの小材木が10本ずつほど配される。この小材木は船内側から内底材に釘留めされていたと考えられるが、錆によって釘が腐食し、簡単に遊離して外れてしまう状況にある。本来は内壁材を固定、あるいは補強する役割を果たしていたものと考えられる。

第2室と第3室の間の隔壁材は2材に分かれ、上部の隔壁材は確認面での上端幅115cm、厚さ12cmを図る。隔壁が倒れることを危惧して、隔壁近くの堆積土を除去しなかったため、上部隔壁材と下部隔壁材の接合部分については確認していない。

第3室の奥行は100cmであり、内部にバラストと思われる石材が大量に残っていたこともあり、これを取り除いた掘り下げを行なっていない。このため、内底の構造は観察できない。ただし、左舷、右舷とも第2室から続く外板の上端を検出しておらず、やはり船底に近い外板の上端近くにその上の外板の一部を重ねながら打ち付けて船体を構築する技法が確認できる。また、左舷側では船首側から延びる外板と船尾側から延びる外板が交錯する部分が見られることからすれば、この辺りから船首へ向けて外板と内底材の二重構造となる可能性が考えられる。第3室と第4室の間の隔壁はバラストと考えられる石材の下で確認される。厚さ9cmほどで、現況の上端部幅は160cmである。

奥行105cmの第4室にはやはりバラストと考えられる石材が大量にあるため、第3室と同様に掘り下げを行なっていない。ここでも右舷・左舷の外板上端部が確認される。

第4室と第5室の間の隔壁は厚さ9cmほどで、やはりバラスト材と考えられる石材の下に横たわっている。現況での上端幅は210cmで、左舷側では第4室側に同じ厚さを持つ板材が並行して確認される。上端のみで掘り下げを行なっていないため、全体の形状を確認することはできないが、隔壁を支える肋材と考えられる。

第5室は奥行140cmで、やはり室内にバラスト材と考えられる石材がある。第3・4室と同様に内部の掘り下げを行なっていない。左舷側の外板の残存部上端と右舷側の外板の一部を検出したが、右舷側については上に乗った石材と硬い堆積土に阻まれ、外板上端を確認していない。ともに外板を重ね打った状態が観察される。室内の左舷に沿って、石材の下に直径40cmほどの丸太材の一部が確認される。ほぼ室内の奥行に近い長さになる可能性もあるが、全体を確認していない。第9室と第10室を区分する目安とした丸太材と木質が類似する。第9室と第10室を区分す

る目安した丸太材は、後述するように船体後部に設置した帆柱の基底部に用いた材木の可能性があることから、本丸太材も同様の可能性がある。しかし、現在の検出位置は外板材の近くであることから、帆柱の基底部をなす木材とすれば、沈没後に浮遊して移動したと考えなければならない。船体構造からすれば、第5室に帆柱を配置する可能性は充分に考えられることから、今後の確認が望まれる。

第5室と第6室の間の隔壁は厚さ約12cmで、現存上端部幅は250cmを計る。右舷の第6室側内底に接して、厚さ10cmほどの肋材の上端が確認できるが、下半部は掘り下げを行なっていないため、不詳である。

第6室は奥行きが150cmを計り、鷹島2号沈没船の中では最長となる。室内には砂質の硬い堆積土があり、その上にパラストと考えられる石材がわずかに散在する。船室内の掘り下げは行なっておらず、左舷側の外板が3枚重なった状態で確認される。本船の中心をなす船室であり、今後の確認が望まれる。

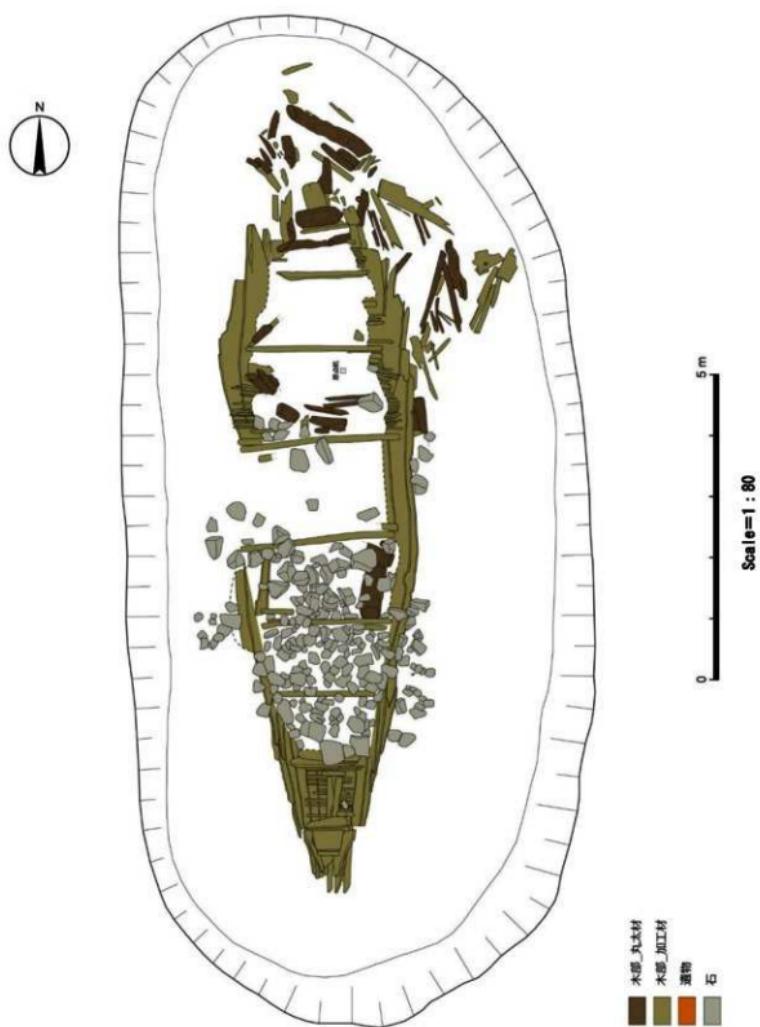
第6室と第7室の間の隔壁は厚さ約12cm、幅現存上端部で260cmを計る。第7室右舷側に隔壁材と接して、厚さ10cmほどの木材がもう一枚あり、肋材と考えられる。

第7室は奥行きが145cmを計る。右舷、左舷両側の外板材が確認され、それぞれ複数の外板材を重ね打った状況が観察される。外板上端部間の幅は最長部分で330cmを計り、本沈没船の現存部分ではもっとも幅広の部分となる。両舷の内面に接して、第2室で見られた地上建物の屋根に見られる垂木のような幅3~6cm、厚さ3~4cmの小材木がほぼ連続的に並んでいる状況が確認される。船室内の堆積土中にも数個の石材とともに大小さまざまな木材が多く混じっており、第7室の船室内の構造や機能に関係する可能性が考えられる。第8室との隔壁側には厚さ8cmほどの板材の一部が観察され、肋材と考えられる。

第7室と第8室の間の隔壁は厚さ9cmほどで、現存部分での幅220cmを計る。左舷側の厚さが約5cmとやや薄くなってしまっており、ここに並行して厚さ約5cmの板材があることからすれば、左舷側は2枚の板材を合わせて隔壁としているかも知れない。

第8室は奥行き110cmで、やはり左舷、右舷両側の外板材の残存部上端が確認できる。両舷外板材上端間の最大幅は290cmであるが、第9室に向けて次第に幅が減じる。また、両舷とも船尾側に向かって、残存する外板材数が船底部に近い部材へと次第に数を減じる状況が確認できる。鷹島2号沈没船は南に向かって深度を増す海底斜面で検出されており、船尾側は傾斜面の上部に当たることからすれば、船尾側の埋没部分が船首側よりも浅く埋もれていることが考えられる。なお、左舷側外板内面に接して、第2・7室で見られた地上建物の屋根に見られる垂木のような幅3~6cm、厚さ3~4cmの小材木がまばらに認められる。

第8室と第9室の間の隔壁は厚さ9cmほどで、現存部上端幅は150cmを計る。左舷側に比べて右舷側が外板から大きく離れ、遊離した状態で残存する。この原因としては、隔壁材が本来の位置から浮き上がった場合と、逆に外板材が隔壁材から離れて海底面側に開いた場合が考えられる。後者であったとすれば、第8室で残存する外板材が次第に船底部に近い部材へと数を減じている



第91図 鷹島2号沈没船実測図（1/80）

ことと船体の開き度合いが大きくなることが関係しているかもしれない。

第9室と第10室を区分する目安は丸太材である。これで仕切られた第9室の奥行は70cmである。丸太材および第8室と第9室の間の隔壁材と平行に数本の丸太材が埋もれており、この船室の構造と関係すると考えられるが、掘り下げる全体の確認をしていない。左舷側の外板内面には第2・7・8室で見られた地上建物の屋根に見られる垂木のような幅3~6cm、厚さ3~4cmの小材木も數本見られる。左舷・右舷の外板材上面が視認でき、最大幅は約200cmである。

仕切りの丸太材は直径約30cm、幅最大部で約90cmを計る。上面中央に別の部材置かれたことによる凹みがあり、このことが船体後部に設置した帆柱の基底部に用いた材木の可能性を指摘することに繋がった。この丸太材の船首側に接して直径10数cmの丸太材がもう1本あるが、凹みのある丸太材との関連については良く解らない。丸太材を挟んで残存する左舷、右舷外板材の上端の幅は約130cmであり、ここから船尾側に外板の並びは見られない。

丸太材から北側を第10室としたが、第10室は丸太材の下で検出された板材の突出部分と右舷側の外板材数枚が残る状態である。この点からすれば、やはり第9室に含めて理解することが妥当かもしれない。丸太材の下で検出された板材は幅約40cm、厚さ約5cm程度で、丸太材から50cmほど突出し、そこで切れている。この板材の下にもう一枚、幅20cm、厚さ約5cmの板材がある。これらの板材は船底に配置された床板、もしくは外板材と考えられるが、掘り下げによって他の部材との関係を確認していないため、明確ではない。

隔壁材と外板材の組み合せが良好に観察される鷹島2号沈没船の構造は基本的に鷹島1号沈没船に類似する。ただし、鷹島1号沈没船の場合、竜骨材と外板材は残るもの隔壁材は外板材に接した一部が残るのみであり、船首、船尾の部材もほとんどが無くなっているのに対して、2号沈没船では隔壁と外板の船底に近い部分が木組みの構造を良く残した状態で残存している点が大きく異なる。2号沈没船では船室内部および船外を完全に露出させていないため、船底の基礎をなす竜骨と船室内床面に設けられたさまざまな施設の配置や構造が明らかにできていない。

また、1号沈没船と2号沈没船では船体に用いた木材の厚さや隔壁間の奥行に若干の相違が見られ、2号沈没船がやや小型となることが考えられる。これは残存する船体長約12mの範囲内に船体の基礎部分をなす竜骨が確認できることによっても首肯される。1号沈没船では竜骨の復元長は最短でも13.5mと推定されているのに対して、2号沈没船では残存長12mの中に基底部の竜骨に連結されていたと考えられる船首部分が含まれており、船首方向の竜骨端部は残存する船体の下に存在すると考えられること、また船尾部の残存部材の中に竜骨材が見当たらないことなどから、竜骨は現存する船体長12mの内に納まる可能性が高い。このことも2号沈没船が1号沈没船よりも小型であることを示しているとする判断理由となる。仮に竜骨長を10mとした場合、復元船体長は20m前後となり、1号沈没船に比べて小型となる。

いずれにせよ、2号沈没船が検出されたことによって、1号沈没船との比較検討が可能となり、これとともに中国泉州船や韓国新安船など、海外を含めた同時期の船舶調査例との比較検討が大きく展開することとなった。今後の継続的な調査により、新たな沈没船の検出事例が増加すれば、

1・2号沈没船と合わせた比較検討から当該時期の沈没船に関して得られるさまざまな情報が飛躍的に増加すると考えられる。この点においては、鷹島海底遺跡における調査を今後も積極的に進めることができ研究の進展に大きく寄与することが明白である。

なお、これまでの鷹島海底遺跡における沈没船調査は船体確認調査に止めており、さまざまな調査情報は海底での観察および記録作業によってのみ獲得してきた。しかしながら、海底での観察および記録作業には、水深の違いによる潜水時間の制限、調査中の海底面掘り下げの際の泥土混濁による視界の劣化、検出した船体の保全を前提とした船体や遺物の現位置からの移動を行なわない発掘手法の限界などがあり、陸上調査で行なう通常の観察および記録作業に比べて取得できる情報の質と量に大きな違いがある。このことからすれば、鷹島海底遺跡において複数の沈没船の存在が確認された将来には、海底での観察では取得が難しい情報の取得、確認が望める沈没船を選び出し、引き揚げた上で観察および記録作業を実施するとともに、その後の活用に向けた保存処理作業と実際の活用実践を念頭に置くべきであると考えられる。

4. 出土遺物に関する検討

鷹島2号沈没船の遺物の中から、第5室のパラスト材の下から出土した完形の天目碗、第10室とした船体北端部の外板木材の下から出土した錫製筒形製品、周辺の掘り下げ作業中に出土した完形の白磁碗と褐釉壺については、参考のため引き揚げを行なった。特に錫製筒形製品については、堆積層中から海底面に露出させたことから、海底での保全環境の変化が避けられなくなつたため、引き揚げた上で素材の分析とこれに基づく保存処理を施すこととした。また、この他に、磚、青磁壺、白磁碗、陶器壺などの破片が出土したが、これらについては基本的に現地に止めてある。

① 天目碗

完形品であるが焼き歪みがあり、高台を水平に据え置いた時、口縁部は斜めとなる。口径10.7cm、器高は焼き歪みのため4.4~5.1cm、高台径3.4cm、高台高0.3~0.4cmを計る。器壁は口縁部で4mm、胴部で6mmを計り、やや厚めに仕上げられる。ロクロ回転を利用して直角に削り出された高台から胴部が直線的に広がった後、口縁部を直立させ、口唇部分をやや外反気味に仕上げる。高台内の削りは浅く1mm程度である。白色の石粒を含んだややザラツキのある生地は桃褐色であり、天目特有の黒釉はやや茶色がかった色合いを示す。器内面全面と器外面上半部に黒釉を掛け、器外面疊付から腰部まで露胎とする。器外面の黒釉の下に、発色を良くするための鉄釉下地掛けが見られる。内底見込みの茶溜りに切れがあるが、実際に使用には差し支えなかったと考えられる。

② 白磁碗

口径17.5cm、器高6.4cm、高台径6.0cm、高台高0.7cmを計る。ロクロ回転を利用して垂直に削り出した高台から胴部が大きく開き、途中からやや内窓気味となって、口縁部は外反気味に仕上げる。高台内の削りは粗く、蛇の目状に削り、中央部分が接地する。ロクロ挽きの後、外面を

削り出して、器形を整える。見込み口縁下に1条の沈線が施され、見込みもロクロ削りによる段がある。器内面と高台を除いた器外面に淡い緑灰色の釉薬が掛けられる。露胎部分の色調は白桃色で、生地は緻密でやや軟質である。焼成は釉薬が発色する程度の焼き縮まり状態で、高台脇に重ね焼きの目痕が観察できる。高台疊付および突出した底部は使用による摩耗が顕著である。

③ 褐釉壺

器高 20.9cm、口径 10.0cm、胴部最大径 11.9cm、底径 7.9cm を計る。底部から胴部がやや開き気味に立ち上がり、途中から直立し、頸部で強く内側に折れて、三角形状の口縁部に至る。全体にロクロ挽き上げによって成形し、胴下半部外面から底部にかけて削り仕上げする。口唇部分は生地土を折り返しまたは生地土の補填によって三角形状に仕上げており、口縁部上面は外側が低く、外見は算盤玉状となる。口唇内径は 7.2cm である。底部外面に 4ヶ所の凹みがあり、施釉の際の持ち手の指痕と考えられる。胎土は淡い小豆色で、白色の石粒を含むが、緻密である。焼き上がりはしっかりとしており、釉薬は茶褐色に発色する。窯詰めの際に用いる白色離間剤が底面に付着している他、一部に焼成時の灰被りによる黄白色の自然釉が付着する。

④ 錫製筒型製品

器高 6.4cm、胴形 7.2cm、器壁の厚さ 1.2mm 程度の錫製筒状製品である。筒状の胴部から口唇部を如意状に内傾させ、端部を丸く仕上げる。口唇部内径は 6.7cm である。筒型の胴部に高さ 0.9cm の輪状脚もしくは切れ目を持つ周脚を取り付けていたと考えられるが、一部を除いて欠損し、底部外面に脚部を接合した痕跡が残る。輪状脚部は胴体部の外径より一回り小さく、径 6.8cm を計る。検出時、筒内に炭化物が入っており、これについては別途、分析中である。形態的特徴や筒内の炭化物の存在などから、香炉と推測される。

5. 調査のまとめ

鷹島海底遺跡での考古学的調査によって検出した 2 艘目の沈没船は鷹島 2 号沈没船と命名された。鷹島 2 号沈没船と鷹島 1 号沈没船は両船とも竜骨、隔壁、外板によって船体の基本構造を構成する中国宋・元代の船舶船と特徴を有しており、1 号沈没船は復元船長 27m 前後、2 号沈没船は復元船長 20m 前後と推測される。ただし、この復元船長は中国泉州船や韓国新安船を主な参考例とし、船体構造や使用木材などの比較検討から導き出した数値であり、船舶工学や船舶史を専門とする研究者の検討を得たものではない。あくまでも考古学的調査成果に基づく目安であり、詳細な復元については今後の検討が必要であることを付記しておきたい。

なお、これら 2 艘の沈没船は船体の周辺から検出された遺物の検討によっても元軍船と判断される。ただし、鷹島 2 号沈没船は船体内部の堆積土を除去しない状態で発掘を留めており、遺物は陶磁器数点に止まっている。このため、元軍船団内の鷹島 2 号沈没船の役割については判然としない。この点については今後の引き揚げを含む調査研究の進展に委ねるところが多い。鷹島海底遺跡全城を含む今後の調査研究の進捗が重要であることを改めて確認しておきたい。



第92図 鷹島2号沈没船引揚げ遺物（天目碗、白磁碗）



第93図 鷹島2号沈没船引揚げ遺物（褐釉壺、錫製筒型製品）

鷹島海底遺跡鷹島2号沈没船出土遺物土壤等分析

バリノ・サーヴェイ株式会社

はじめに

元寇の際に海に没したとされる遺物の埋積状況や時代性、当時の環境を知る目的で、放射性炭素年代測定、花粉分析、種実同定、樹種同定、貝同定、粒度分析を実施する。

1 放射性炭素年代測定

1-1 試料

放射性炭素年代測定は、天目碗内表層の二枚貝、天目碗内表層1cmの種実、天目碗内下層の貝、筒型金属製品表層の木片、筒型金属製品表層の貝の5点である。

1-2 分析方法

植物遺体は、メス・ピンセットなどにより、根や土壌など後代の付着物を、物理的に除去する。塩酸(HCl)により炭酸塩等酸可溶成分を除去、水酸化ナトリウム(NaOH)により腐植酸等アルカリ可溶成分を除去、HClにより、アルカリ処理時に生成した炭酸塩等酸可溶成分を除去する(Alkaline treatment)。これらの試料を燃焼させて二酸化炭素を発生させる。

貝は、メス・ピンセット、超音波洗浄などにより、根や土壌など後代の付着物を、物理的に除去する。約30%の重量分を塩酸で溶かし、汚染された可能性のある部分を除去する(Edg treatment)。残った炭酸カルシウムにリン酸を加えて二酸化炭素を発生させる。

発生した二酸化炭素を真空ラインで精製する。その後鉄を触媒として還元し、グラファイトを得る。得られたグラファイトをカソードにプレスしてターゲットを作成する。タンデム加速器のイオン源に装着し、¹³Cの計数、¹³Cの濃度(¹³C/¹²C)、¹⁴Cの濃度(¹⁴C/¹²C)の測定を行う。測定時に、標準試料である米国国立標準局(NIST)から提供されるシュウ酸(HOX-II)とバックグラウンド試料の測定も行う。

放射性炭素の半減期はLIBBYの半減期5,568年を使用する。また、測定年代は1950年を基点とした年代(BP)であり、誤差は標準偏差(One Sigma:68%)に相当する年代である。

暦年較正に用いるソフトウェアはCALIB ver.7.1である。また、このソフトウェアで用いられる較正曲線の最新のものは2013年に発表されたものである。今回は北半球の陸域を対象としたIntcal13、海域を対象としたMarine13(共にReimer et al., 2013)を用いる。なお、年代測定値は、国際的な取り決めにより、測定誤差の大きさによって値を丸めるが(Stuiver and Polach 1977)、将来的な較正曲線ならびにソフトウェアの更新に伴う再計算ができるようにするために、丸めない値(1年単位)を記す。

1-3 結果

結果を表33、第94図に示す。同位体補正を行った年代値は、天目碗内表層の二枚貝 1010 ± 20 yrBP、天目碗内の表層 1 cm の種実は 650 ± 20 yrBP、天目碗内下層の貝は 820 ± 20 yrBP、筒型金属製品表層の木片は 804 ± 20 yrBP、筒型金属製品表層の貝は 1080 ± 20 yrBP である。

表 33 放射炭素年代測定結果

試料採取位置・部位	試料状態	分析方法	測定年代 yrBP	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	確正年代 (測年較正用)	曆年較正年代			Code No.
						年代値	相対比	中央値	
天目碗内 表層	一枚貝 ガラフタガイ	Edg	540 ± 20	-3.91 ± 0.31	1010 ± 20 (1009 ± 24)	a cal AD 1330 - cal AD 1392 Z e cal AD 1289 - cal AD 1416 2 e cal AD 1292 - cal AD 1309 e cal AD 1361 - cal AD 1388 cal AD 1284 - cal AD 1321 2 e cal AD 1348 - cal AD 1392	cal BP 820 - 556 641 - 534 658 - 641 569 - 563 666 - 629 602 - 558	1.000 1.000 0.910 0.910 0.431 0.569	calAD IAAA- 132711
天目碗内 表層1cm	種実 ツブノコスズメ	AAA	680 ± 20	-26.75 ± 0.25	650 ± 20 (646 ± 23)	a cal AD 1292 - cal AD 1309 e cal AD 1361 - cal AD 1388 cal AD 1284 - cal AD 1321 2 e cal AD 1348 - cal AD 1392	cal BP 658 - 641 569 - 563 666 - 629 602 - 558	0.380 0.610 0.431 0.569	calAD IAAA- 132712
天目碗内 下層	貝 ハナツヨウ	Edg	370 ± 20	2.50 ± 0.25	820 ± 20 (816 ± 22)	a cal AD 1467 - cal AD 1516 2 e cal AD 1449 - cal AD 1537 e cal AD 1221 - cal AD 1256 2 e cal AD 1192 - cal AD 1199 cal AD 1203 - cal AD 1220	cal BP 483 - 440 301 - 413 729 - 694 758 - 753 247 - 680	1.000 1.000 1.000 0.917 0.983	calAD IAAA- 132713
筒型金属製品 表層	木材	AAA	770 ± 20	-23.09 ± 0.25	800 ± 20 (804 ± 23)	a cal AD 1221 - cal AD 1256 e cal AD 1192 - cal AD 1199 cal AD 1203 - cal AD 1220	cal BP 729 - 694 758 - 753 247 - 680	1.000 1.000 0.983	calAD IAAA- 132714
筒型金属製品 表層	貝 カキガイ	Edg	610 ± 20	4.08 ± 0.33	1080 ± 20 (1084 ± 22)	a cal AD 1283 - cal AD 1319 2 e cal AD 1290 - cal AD 1302	cal BP 667 - 631 700 - 598	1.000 1.000	calAD IAAA- 132715

1)表33には、RADIOCARBON CALIBRATION PROGRAM CALIB REV7.1を使用。

2)yrBP年代値は、1950yrを基準として算年法であると示す。

3)測定した測定誤差、測定誤差の90%が入る範囲を年代値に換算した値。

4)IAAA-1, 鋼, アルカリ, 酸处理, Edgは輪によるエッティング処理を示す。

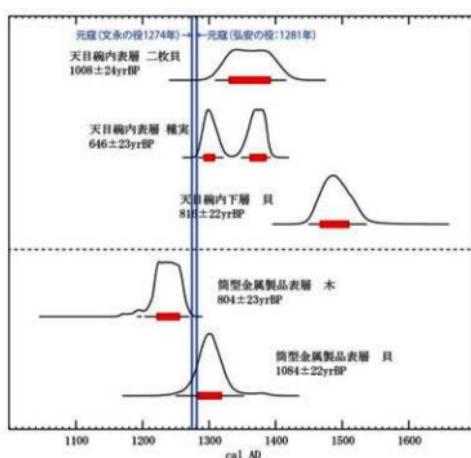
5)測年計算には古に引いた丸の前の値を使用している。

6)相手を失うのが慣例だが、測年較正曲線や測年較正プログラムが改正された場合の再計算や比較が行いやすいように、1桁目を失めてない。

7)統計的に真的値がある確率は(3686, 2σ)12%である。

8)相対比は、 a , 2σ のそれぞれを1とした場合、確率的に真の値が存在する比率を相対的に示したものである。

9)中央値は、確率分布図の面積が二分される値を年代値に換算したもの。



第94図 历年較正結果

曆年較正とは、大気中の¹⁴C濃度が一定で半減期が5568年として算出された年代値に対し、過去の宇宙線強度や地球磁場の変動による大気中の¹⁴C濃度の変動、及び半減期の違い(¹⁴Cの半減期5730±40年)を較正することによって、曆年代に近づける手法である。 $\delta^{14}\text{C}$ の結果より、貝3点はMaline13、植物遺体2点はIntcal13を用いて補正する。その結果、天目碗内の表層二枚貝がcal AD 1310~1420、表層1cmの種実はcal AD 1280~1390、下層貝がcal AD 1450~1540を示す。筒型金属製品の表層の木片がcal AD 1190~1270、表層貝がcal AD 1250~1350である。

1-4 考察

元寇の年代は、文永の役がAD1274年、弘安の役がAD1281年である。得られた曆年代のうち、貝類は元寇の年代より新しい年代を示しており、沈没後に混入したことが推定される。筒型金属製品表層の貝の年代値はほぼ元寇の年代に近似するものの、天目碗内の貝はバラツキがあり、新しい年代を示している。底生生物や潮流によってあるていどの擾乱を受けていることが想定されることから、そのことが関係している可能性がある。

これに対して天目碗内表層の木材は、元寇以前の年代を示している。後述するようにこの木材は日本産のスギに似ているが、中国産のスイショウにも似た木材組織を有していることから、スギ科と同定されている。本木材が中国産木材だとすると元寇船の部材や持ち込まれていた木製品に由来する可能性が考えられる。

以上の結果から、今回の調査で得られた年代値は元寇の年代と大きく矛盾するものではないと考えられる。

2 花粉分析

2-1 試料

花粉分析試料は、天目碗内の表層（上部）、中層（内部）、下層（下部）、筒型金属製品の表層（上部）、中層（内部）、下層（下部）の6点である。試料の粒度については後述するが、細粒砂を主体とする堆積物からなる。

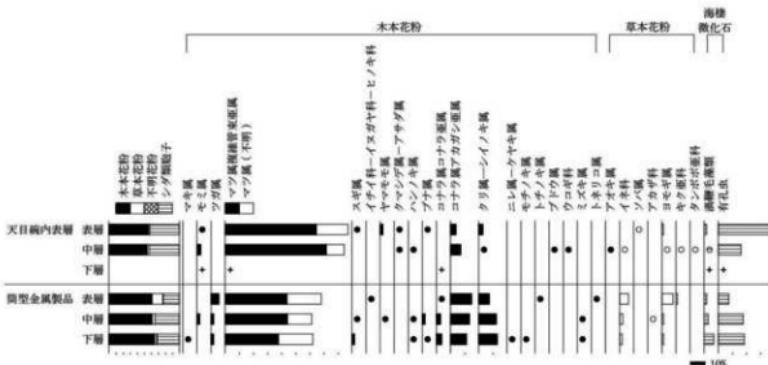
2-2 分析方法

分析は、試料約10gを秤量し、水酸化カリウムによる腐植酸の除去、0.25mmの篩による篩別、重液（臭化亜鉛、比重2.2）による有機物の分離、フッ化水素酸による鉱物質の除去、アセトトリシス（無水酢酸9：濃硫酸1の混合液）処理による植物遺体中のセルロースの分解を行い、花粉を濃集する。残渣をグリセリンで封入してプレパラートを作成し、400倍の光学顕微鏡下で、出現する全ての種類について同定・計数する。同定は、当社保有の現生標本はじめ、Erdman (1952, 1957)、Faegri and Iversen (1989)などの花粉形態に関する文献や、島倉(1973)、中村(1980)、藤木・小澤(2007)、三好ほか(2011)等の邦産植物の花粉写真集などを参考にする。

結果は同定・計数結果の一覧表、及び花粉化石群集の層位分布図として示す。図表中で複数の

表 34 花粉分析結果

種類	上段: 地点 下段: 層位					
	天日綱内			箇型金剛製品		
	表層	中層	下層	表層	中層	下層
木本花粉						
セキスイ花粉	-	-	-	-	-	1
モミジ花粉	1	3	1	-	2	-
ツバメ花粉	-	-	-	6	2	2
ツブツブ花粉管束花粉	66	29	16	47	46	40
ツブツブ花粉(不明)	23	14	11	26	18	26
スギ花粉	1	-	-	-	1	2
イチイ科一イスガヤ科ヒノキ科	-	-	-	1	-	-
ヤマモモ花粉	2	-	-	-	1	-
クマシナ花粉-アサダ属	1	1	-	-	-	-
バンジノ属	-	1	-	-	1	1
ブナ花粉	1	-	-	-	2	1
コナラ花粉コナラ花粉	-	-	1	1	3	4
コナラ花粉アカシヤ花粉	4	8	-	16	14	12
クリ花粉-シノノキ花粉	3	1	-	8	13	14
ニレ花粉-ケヤキ花粉	-	-	-	-	-	1
モチノキ花粉	-	-	-	-	-	1
トチノキ花粉	-	-	-	1	-	-
ブク花粉	-	1	-	-	-	-
クロギ科	-	1	-	-	-	-
ミズキ花粉	-	-	-	-	1	1
トネリコ花粉	-	-	-	1	-	-
アオノ花粉	-	1	-	-	-	-
草本花粉						
イネ科	-	2	-	11	4	3
ソバ属	1	-	-	-	-	-
アカザ科	-	-	-	-	-	-
ヨモギ花粉	32	2	-	14	2	12
ムクゲ科	-	1	-	2	-	-
ラン科-酢浆草科	-	1	-	-	-	-
不明花粉						
不明花粉	1	-	-	1	-	2
シダ類孢子						
イモモトク属	1	1	-	-	3	-
他のシダ類孢子	7	51	6	24	21	10
合計						
木本花粉	102	110	29	107	104	106
草本花粉	3	6	0	27	7	5
不明花粉	1	0	0	1	0	2
シダ類孢子	8	52	6	24	24	10
合計(不明を除く)	113	168	35	158	135	121
その他						
海綿毛藻類	3	2	5	3	5	11
有孔虫	67	33	5	13	30	30



第 95 図 花粉化石群集の層位分布

種類をハイフォンで結んだものは、種類間の区別が困難なものを示す。図中の木本花粉は木本花粉総数を、草本花粉・シダ類胞子は総数から不明花粉を除いた数をそれぞれ基数として、百分率で出現率を算出し図示する。

2-3 結果

結果を表34、第95図に示す。有機物残渣はいずれも少なく、 $50\mu\text{ l}$ 以下である。したがって、検鏡は残渣全体の1/2~1/4を検鏡する。花粉化石は全体的に少なく、天目碗内の下層では木本花粉が30個程度、他も100個をようやく越える程度である。このことから、全ての残渣を計数しても、天目碗内の下層は木本花粉総数が50個程度、他で300個程度であり、堆積物中の花粉含有率は低い。花粉の保存状態は良いものと、悪いものが混在する。プレパラート中に見られるケロジエンの形態は、摩耗した coaly-woody型や、Amorphous型のものが多いが、筒型金属製品の方は、天目碗内ではほとんど見られないHerbaceous型を含んでいる(崎崎、1986の分類による)。

花粉化石群集は、花粉化石が少なかった天目碗内の下層も含め類似する。木本花粉が多く全体の半分以上を占める一方、草本花粉はほとんど検出されない。いずれの試料もマツ属(特に複維管束亜属)が高いが、天目碗内の方が筒型金属製品に比べて多少多い。特に筒型金属製品資料では、木本花粉のクリ属-シイノキ属、アカガシ亜属や草本類のイネ科やヨモギ属が天目碗内に比べて多い。その他渦鞭毛藻類や有孔虫といった海棲微化石のバリノモルフも見られる。

2-4 考察

検出された花粉化石群集は、全体的にみると、草本花粉が少なく、風媒花であるイネ科やヨモギ属などがわずかに認められただけである。草本類は丈も低く、虫媒花が多いことから、局地的な植生を反映しやすい。このため今回のような周辺に草本が生育しない海底堆積物の分析では、草本花粉がほとんど検出されるのが普通である。調査地が海域であるため、渦鞭毛藻類や有孔虫といった海棲微化石が検出されるほか、海域で多産するとされるAmorphous型のものが多い(大村・池原、2006)。海域堆積物の花粉群集の分布決定の主要因は、花粉・胞子の搬入経路と浮遊力とされる(松下、1982)。今回の結果でも浮遊力の高いマツ属やシダ類胞子が多産している。ただし、細かく見ると、天目碗内より筒型金属製品で草本花粉がやや多く、開けた場所に多いヨモギ属等を含む。また、陸域に多いHerbaceous型を含むほか、海岸沿いの植生に由来するとみられるクリ属-シイノキ属(保存が悪いため一括したがほとんどがシイノキ属であろう)も多い。このことから、筒型金属製品付近の堆積物は陸水の影響を天目碗内より強く受けているといえる。

木本花粉ではマツ属が多い。マツ属は風媒花であり花粉生産量も多い。一方、水に浮きやすいため、海洋では陸域に比べてマツ属花粉の割合が相対的に高くなることが多い。また、マツ属は土地条件の悪い場所でも生育可能なため、主要な海岸林の構成要素である。さらに、調査地付近は古くから開けた場所であるが、伐採地などで広範囲に森林が失われた区域には、マツ属が先駆的に侵入して森林を構成することが多い。これらの要因が複合して、マツ属花粉が高率になった

と考えられ、玄界灘の海岸沿いや、伐採地には、マツの海岸林や二次林が存在していたことが伺える。また、ヤマモモ属、アカガシ亜属、シイ属などの常緑樹は、現在でも自然度の高い場所において森林を構成している種類であり、海岸沿いの山野等で常緑広葉樹林を形成していたと考えられる。九州北部で人間の植生干渉の影響が花粉化石群集に現れ始めるのは、約1500年前と考えられている(Hatanaka, 1985)。陸域の堆積物においてマツ属花粉化石が高率になるのは、Hatanaka (1985) から推測すると中世以降であることから、今回の堆積物も中世にあたる可能性が高く、元寇の時代と調和的である。ただし、海域の場合はマツ属花粉が陸域に比べ高率になる傾向があるから(理由は先述したとおりである)、花粉化石の割合ほど沿岸部にマツ林が優占していたのではなく、シイ、カシ類などの常緑広葉樹もあるていど分布していたものと思われる。

3 種実同定

3-1 試料

種実同定用試料は、天目碗内の表層1cmより出土した種実遺体(年代測定と共に)の他に、貝同定試料(天目碗内下層貝)より確認された種実遺体1個も同定対象とする。

3-2 分析方法

双眼実体顯微鏡下で観察し、面相筆を用いて表面に付着する砂泥を種実が壊れない程度に除去する。種実遺体の同定は、現生標本や岩田・草下(1959)、中山ほか(2010)、鈴木ほか(2012)等を参考に実施する。同定後は、マツ属複維管束亜属の球果の一部を放射性炭素年代測定対象試料とし、残りを容器に入れる。

3-3 結果

天目碗内の表層1cmより出土した種実遺体1個は、木本のマツ属複維管束亜属の球果に同定された。また、天目碗内の下層より貝とともに出土した種実遺体1個は、草本のナス属の種子に同定された。

以下、形態的特徴を述べる。

・マツ属複維管束亜属 (*Pinus* subgen. *Diploxyylon*) マツ科

球果は灰褐色、残存長29.39mm、径18.58mmの円錐状広卵体で、頂部をやや欠損し、表面も摩耗している。球果は木質で、長楕円状矩形の種鱗が覆瓦状、螺旋状に配列する。種鱗外面は不規則な四～五角形で肥厚し、横の稜線とその中央部に短く突起する臍点がある。

・ナス属 (*Solanum*) ナス科

種子は灰黄褐色、長さ1.3mm、幅1.4mm、厚さ0.2mmの扁平で歪な腎臓形を呈し、基部はやや肥厚し、くびれた部分に臍がある。種皮表面には微細な星型網目模様が臍から同心円状に発達する。出土種子は小型であることから、ナス等の栽培種とは区別される。

3-4 考察

天目碗内より出土した種実遺体は、マツ属複維管束亜属の球果である。マツは花粉化石でも大量に検出されており調和的といえる。炭素年代値も他の試料と大きくずれておらず、当時の沿岸部より潮流によって流されてきたものとみられる。また、天目碗内の下層より貝とともに出土した種実遺体1個は、ナス属の種子に同定された。ナス属は山野や草地に生育する草本であり、沿岸部から潮流によって流されてきたものと見られる。

4 樹種同定

4-1 試料

樹種同定試料は、筒型金属製品の表層から採取された木片および炭の2点である。このうち木片は、年代測定試料と同一の破片である。

4-2 分析方法

木片は、剃刀を用いて木口（横断面）・柾目（放射断面）・板目（接線断面）の3断面の徒手切片を直接採取する。切片は、ガム・クロラール（抱水クロラール、アラビアゴム粉末、グリセリン、蒸留水の混合液）で封入し、プレパラートとする。プレパラートは、生物顕微鏡で木材組織の種類や配列を観察する。炭は、自然乾燥させた後、3断面の割断面を作製して実体顕微鏡および走査型電子顕微鏡で木材組織の種類や配列を観察する。各試料の観察で確認された特徴を現生標本と比較して種類（分類群）を同定する。なお、木材組織の名称や特徴は、島地・伊東（1982）やWheeler他（1998）を参考にする。

4-3 結果

樹種同定結果を表35に示す。木片は、表35 樹種同定結果

針葉樹のスギ科に同定された。一方、炭は黒色を呈し、重く硬い。表面の観察では、層状の構造が見られるが、植物組織は認められない。以上の状況から、炭化

試料名	位置	試料名	状態	形状	種類
筒型金属製品	表層	木片	生木		スギ科
		炭	石炭	破片	石炭

材ではなく、石炭と思われる。スギの解剖学的特徴等を記す。

・スギ科 (Taxodiaceae)

軸方向組織は仮道管と樹脂細胞で構成される。仮道管の早材部から晩材部への移行はやや急で、晩材部の幅は比較的広い。樹脂細胞はほぼ晩材部に認められる。放射組織は柔細胞のみで構成される。分野壁孔はスギ型で、1分野に2~4個。放射組織は単列、1~10細胞高。

日本産ではスギに似ているが、中国産のスイショウにも似た部分があり、スギ以外の可能性もあるため、スギ科とした。

4-4 考察

筒型金属製品の表層木片は、放射性炭素年代測定により、 800 ± 20 BP の補正年代が得られている。表層木片は、針葉樹のスギ科に同定された。スギ科は、日本にはスギのみが分布するが、中国ではスギの他、コヨウザンやスイショウ等のスギ科針葉樹が分布する。スギ科の木材は、木理が直通で割裂性と耐水性が比較的高い。有用材として利用される種類が多いことから、今回の木片も何らかの木製品に由来する可能性がある。一方、表層の炭試料は、炭化材ではなく石炭であった。周辺地域では、鷹島の南東にある飛島の飛島炭鉱など、かつての炭鉱跡が分布しており、そうした鉱脈に由来する石炭の可能性がある。

5 貝同定

5-1 試料

貝同定は、天目碗内表層の二枚貝、天目碗内下層の貝、筒型金属製品表層の貝、天目碗内中層の不明破片の4点を分析する。

5-2 分析方法

貝類に付着した砂分は、乾いた筆、竹串等を用いて静かに除去する。肉眼で観察し、その形態的特徴から、種と部位の同定を行う。計測はデジタルノギスを用いる。なお、天目碗内で採取された試料の内、表層二枚貝と下層貝の2試料は、除去した砂分を実体顕微鏡下で観察し、微小貝の確認も行った。

5-3 結果

検出分類群の一覧を表36に、同定結果を表37・38に示す。以下、試料ごとに結果を記す。

・天目碗内表層の二枚貝

完形のカブラツキガイである。左右殻がみられる。殻長 36.48 mm、殻高 32.76 mm を計る。殻厚は、左殻が 9.61 mm、右殻が 10.19 mm である。

なお、砂分を観察したところ、有孔虫類、ウニ類、腹足綱（ノミカニモリ？・ヌノメモツボ？・ケモノツボ？・サナギツボ？・シラギク？・イトカケガイ科・チャイロフタナシシャジク？・トウガタガイ科？・マメウラシマガイ？・トサクダタマガイ？・スイフガイ科？・コウシボリコメツブガイ・ヒメコメツブガイ・マメヒガイ）、二枚貝綱（ウメノハナガイ・マルスダレガイ目）、フジツボ類などが観察される。

・天目碗内中層 不明

イタボガキ科の破片である。

・天目碗内下層の貝

ハナイタヤである。完形の右殻と左殻の破片がみられ、おそらくは同一個体と思われるが、左殻が破片となっているため断定できない。右殻は、殻長 38.66 mm、殻高 36.12 mm、殻厚 10.76 mm

表 36 貝類検出分類群の一覧

原生動物門	Phylum	Protozoa
形走蟲門	Subphylum	Plasmodrota
内質綱	Class	Sarcodines
根足虫藻綱	Subclass	Rhizopodia
有孔虫目	Order	Foraminiferida
		有孔虫類 Fam. et. gen. indet.
棘皮動物門	Phylum	Echinodermata
ウニ綱	Class	Echinoidea
		ウニ類 Ord. et. fam. indet.
軟體動物門	Phylum	Mollusca
腹足綱	Class	Gastropoda
前鰓腹足綱	Subclass	Prosobranchia
古腹足目	Order	Vetigastropoda
スカシガ科	Family	Fissurellidae
チドリガサ		<i>Montfortista oldhamiana</i>
盤足目	Order	Discospoda
オニノツノガイ科	Family	Cerithiidae
ノミカニモ?		<i>Bittium glareosum?</i>
ヌメモツボ?		<i>Cerithidium fusca?</i>
ケモノツボ?		<i>Cerithidium perparvulum?</i>
スナモチツボ科	Family	Scallopidae
サンガツボ?		<i>Pinella papoides?</i>
チグサカニモリ科	Family	Plesiotrochidae
チグサカニモリ?		<i>Plesiotrochus acutangulus?</i>
タマキビ科	Family	Littorinidae
ヒメウラタマキビ?		<i>Littoraria (Littorinopsis) intermedia?</i>
イソコハクガイ科	Family	Vitrinellidae
シラギク		<i>Pseudoliotia pulchella</i>
カリバガサガイ科?		<i>Calyptraeidae?</i>
異種不明	Gen. et. sp. indet.	
翼舌目	Order	Ptenoplossa
イトカケガイ科	Family	Epitonidae
異種不明	Gen. et. sp. indet.	
新腹足目	Order	Neogastropoda
クダマキガイ科	Family	Turridae
チャイロフタナシヤジク?		<i>Etrema (Etremopsis) gainesi?</i>
異旋目	Order	Heterostrophidae
トウタガガイ科?		<i>Pyramidellicidae?</i>
異種不明	Gen. et. sp. indet.	
後鰓腹足綱	Subclass	Cephalaspidea
頭楯目	Order	
マメウラシマガイ科	Family	Ringiculidae
マメウラシマガイ?		<i>Ringiculina dollaris?</i>
スイフガイ科?		<i>Cyllichnidae?</i>
トサクダマガイ?		<i>Adammostia rimata?</i>
ヘコミツララガイ科	Family	Ketuidae
コウシボリコムツアツガイ		<i>Retusa (Coleophysis) concentrica</i>
ヒメコムツアツガイ		<i>Retusa (Salcoretusa) minima</i>
マメヒガイ		<i>Rhizorus ebureus</i>
二枚貝綱	Class	Bivalvia
翼形亜綱	Subclass	Pteriomophia
カキ目	Order	Ostreida
イタヤガイ亜目	Suborder	Pectinimina
イタヤガイ科	Family	Pectinidae
ハナイタヤ		<i>Pecten siliensis punctulatus</i>
カキ亜目	Suborder	Ostreina
イタボガキ科	Family	Ostreidae
異種不明	Gen. et. sp. indet.	
異齒亜綱	Order	Heterodontida
マルスダレガイ目	Order	Veneroida
ツキガイ科	Family	Lucinidae
ウメハナツガイ		<i>Piliolina pilidium</i>
カブラツキガイ		<i>Andontia edentula</i>
マルスダレガイ科	Family	Veneridae
異種不明	Gen. et. sp. indet.	
節足動物門	Phylum	Arthropoda
甲殻亞門	Crustaceae	
強脚綱	Class	Maxillopoda
精甲壳綱	Subclass	Thecostraca
無柄目	Order	Sessilia
フジツボ目		Balanina
フジツボ科	Family	Balanidae
フジツボ類	Gen. et. sp. indet.	

表 37 大型貝類同定結果

試料	種類	部位	状態等	個数	計測値(mm)			重量(g)	備考
					殻長	殻高	殻厚		
天日編内 表層二枚貝	カブツガイ科	左殻	完形	1	36.48	32.76	9.61	1.78	同一個体
			右殻	1			10.19	1.76	
天日編内 中層 不明	イタボガキ科	殻	破片	1	-	-	-	1.93	
天日編内 下層貝	ハナイタヤ	左殻	破片	1	-	-	-	0.79	
			右殻	1	38.66	36.12	10.76	2.20	
簡型金属製品 表層貝	イタボガキ科	殻	破片	1	-	-	-	1.44	

表 38 微細貝類同定結果

試料	分割重量(g)	種類			部位	状態	数量等	
		有孔虫類	ウニ類	有孔虫類				
天日編内 表層二枚貝	11.33g	内質層	有孔虫類		有孔虫類	殻	略完 14	
		ウニ類			ウニ類	殻	破片 4	
		腹足類	盤足目	オニノゾノガイ科	オニノゾノガイ科	殻	略完 17	
					スルメソウ科?	殻	略完 4	
					アモノガイ?	殻	略完 16	
					スナモチホ科	殻	略完 6	
					サナギツバ科?	殻		
					イソフタガガイ科?	殻	破片 1	
			腹舌目	イカケタ科?	イカケタ科?	殻	略完 1	
				クラゲウタ科?	チャイコフタナシヤンク?	殻	略完 1	
				ハゼガイ科?	シケタタケ科?	殻	略完 10	
				イソフタガガイ科?	シロクランシガイ?	殻	略完 1	
				ルイフタガ?	シラタガタガガイ?	殻	破片 1	
				ヘコヒラガイ科?	スルメソウメタガイ?	殻	略完 3	
					ニホンメタガイ?	殻	略完 1	
					ヒメガイ?	殻	略完 1	
			頭足類	ツキガイ科	マルスダレガイ?	殻	略完 65	
					腹足類	殻	破片 0.07 g	
		二枚貝側	マルスダレガイ目	ツキガイ科	ウメハナガイ	左殻	略完 4	
						殻	破片 2	
						右殻	略完 3	
						右殻	破片 1	
						左殻	略完 1	
						右殻	破片 5	
						右殻	略完 1	
						右殻	破片 7	
						右殻	破片 8	
						右殻	破片 8	
			堅物層	無核目	フジツボ科	フジツボ類	殻	略完 7
		その他				肉塊		
天日編内 下層貝	10.55g	内質層	有孔虫類		有孔虫類	殻	略完 2	
		ウニ類			ウニ類	殻	破片 2	
		腹足類	古腹足目	スクシガイ科?	スクシガイ科?	殻	略完 4	
			盤足目	オニノゾノガイ科	オニノゾノガイ科	殻	略完 1	
					スルメソウ科?	殻	略完 22	
					アモノガイ?	殻	略完 13	
					シダカニヨリ科?	殻	破片 2	
					タキモビ科?	殻	略完 1	
					ヒメズタタキモビ?	殻	略完 1	
					イソフタガガイ科?	殻	略完 1	
					ルイフタガガイ?	殻	略完 1	
					ヘコヒラガイ科?	殻	略完 1	
					マルスダレガイ科?	殻	略完 1	
					ツキガイ科?	殻	略完 1	
					ウメハナガイ?	殻	略完 1	
					二枚貝側	殻	略完 1	
						左殻	破片 2	
						右殻	略完 2	
						右殻	破片 2	
						右殻	略完 1	
						右殻	破片 1	
						右殻	破片 2	
						右殻	破片 8	
						右殻	0.17 g	
		堅物層	無核目	フジツボ科	フジツボ類	殻		
						堅物遺体		
		その他				肉塊	1.57 g	

を計る。

なお、砂分を観察したところ、有孔虫類、ウニ類、腹足綱（チドリガサ・ノミカニモリ？・ヌメモツボ？・チグサカニモリ？・ヒメウズラタマキビ？・シラギク・カリバガサガイ科？・マメウラシマガイ？・トサクダタマガイ？・スイフガイ科？・コウシボリコメツブガイ）、二枚貝綱（ウメノハナガイ）、フジツボ類などが観察される。

・筒型金属製品表層の貝

イタボガキ科の破片である。

5-4 考察

今回調査で確認された貝類の生態性等は、奥谷ほか（2000）、奥谷編著（2004）を参考にすると次の通りである。天目碗内下層から出土したハナイタヤは、北海道南部～九州まで分布し、水深10～18mの砂底に生息するとされる。天目碗内中層および筒型金属製品表層より出土したイタボガキ科は、内湾の砂礫底、潮間帯直下の岩礁、内湾の潮間帯～潮下帯の砂礫底、などに棲息するとされる。天目碗内表層から出土したカブラツキガイは、紀伊半島以南、東南アジアに分布し、潮間帯直下～水深20mの砂泥底に棲息するとされる。

以上のような生態性から、ハナイタヤとカブラツキガイは調査地点付近に生育していても矛盾しない貝類である。沈没船が海底砂に埋没した後、付近に棲息していた可能性がある。一方、イタボガキ科は、完形をとどめていない破片であり、岩礁域や砂礫底に棲息することを考えると、潮流によって別の場所からもたらされた可能性が高い。

6 粒度分析

6-1 分析試料

粒度分析用試料は、天目碗内 表層（上部）、天目碗内 中層（内部）、天目碗内 下層（下部）、筒型金属製品 表層（上部）、筒型金属製品 中層（中部）、筒型金属製品 下層（下部）の6点である。

6-2 分析方法

新版碎屑物の研究法（1998）の方法を参考に礫・砂粒子画分はふるい分け法、シルト・粘土粒子画分はビベット法で行った。また粒径区分はWentworth（1922）に従った。以下に分析操作工程を示す。

試料を乾燥して $2\text{ mm}\phi$ 筋でふるい分ける。 $2\text{ mm}\phi$ 筋上粒子は水洗・乾燥後、64、32、16、8、4、 $2\text{ mm}\phi$ 筋でふるい分け、筋上残留物の重量を測定する。一方、 $2\text{ mm}\phi$ 筋下粒子は10.00gをピーカーに秤量し、蒸留水と30%過酸化水素水を加え、熱板上で有機物分解を行う。分解終了後、蒸留水と分散剤（4%カルゴン）を加え、攪拌しながら30分間音波処理を行う。沈底瓶にこの懸濁液を移し、往復振とう機で1時間振とうする。振とう終了後、水で全量を1000mlにする。この

沈底瓶を1分間手で激しく振り、直ちに静置する。ビベット法に準じて所定時間に所定深度から粘土・シルト画分(0.063mm>)、粘土画分(0.0039mm>)を10ml採取し、105°Cで24時間乾燥させた後、重量を測定する。ビベット法終了後、懸濁液を63μm筒で水洗し、筒上残留物105°Cで5時間熱乾後、1.0、0.5、0.25、0.125mmの筒でふるい分け、筒上残留物の重量を測定する。ビベット法およびふるい分け法によって求められる各粒径区分における残留質量(通過質量)から粒径区分範囲ごとの質量百分率(%)を算出する。

6-3 結果

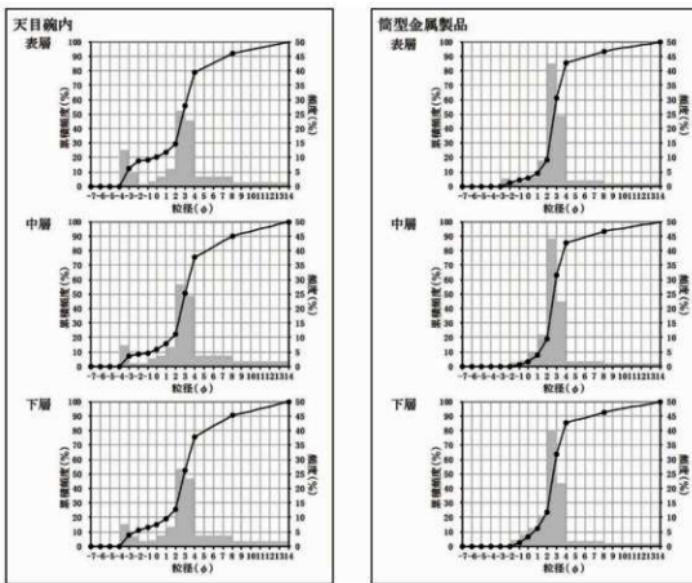
粒度分析結果を表39、粒径加積曲線を第96図に示す。

6-4 粒度特性

天目碗内堆積物と筒型金属製品内の堆積物は、いずれも細粒砂を中心値とする堆積物であるが、天目碗内堆積物は筒型金属製品内堆積物に比べ、尖度(平均値付近への集中の度合)が小さく、淘汰が悪く、差異が確認される。この差異が何に起因するのかは、出土地点の状況と合わせた評価が必要である。

表39 粒度組成

地点・層位	粒度組成(%)										粘土 %<0.001	
	細					砂						
	大粒	中粒	細粒	無粒砂	粗粒砂	中粒砂	細粒砂	無粒砂	粗粒砂	シルト		
-0.0 天目碗内 表層	0.00	0.00	0.00	12.64	5.10	0.82	1.82	3.41	5.91	26.03	22.84	
-0.0 天目碗内 中層	0.00	0.00	0.00	7.26	1.20	0.96	2.59	3.69	6.58	28.51	24.52	
-0.0 天目碗内 下層	0.00	0.00	0.00	7.61	3.46	1.70	2.21	3.84	6.62	26.73	23.62	
筒型金属製品 表層	0.00	0.00	0.00	0.00	2.70	1.55	1.78	3.35	9.01	42.55	24.42	
筒型金属製品 中層	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.30	2.07	4.69	11.13	44.19	22.37	
筒型金属製品 下層	0.00	0.00	0.00	0.00	2.24	3.99	6.35	10.77	40.17	21.86	7.35	
粒度特性												
地点・層位	中央値(Md)		平均値(M)		偏度(σ)		尖度(Sk)		尖度(E)			
	2.78 (織粒砂)	2.03 (織粒砂)	4.11 (織粒砂)	4.11 (織粒砂)	0.10 (極めて悪い)	0.10 (非常に悪い)	0.10 (非常に悪い)	0.10 (非常に悪い)	2.17 (非常に突出)	2.17 (非常に突出)	2.17 (非常に突出)	
天目碗内 表層	2.97 (織粒砂)	3.44 (織粒砂)	3.47 (織粒砂)	3.47 (織粒砂)	0.19 (非常に悪い)	0.19 (非常に悪い)	0.19 (非常に悪い)	0.19 (非常に悪い)	3.08 (非常に突出)	3.08 (非常に突出)	3.08 (非常に突出)	
天目碗内 中層	2.02 (織粒砂)	3.11 (織粒砂)	3.65 (織粒砂)	3.65 (織粒砂)	0.12 (非常に悪い)	0.12 (非常に悪い)	0.12 (非常に悪い)	0.12 (非常に悪い)	2.87 (非常に突出)	2.87 (非常に突出)	2.87 (非常に突出)	
天目碗内 下層	2.74 (織粒砂)	2.81 (織粒砂)	2.06 (織粒砂)	2.06 (織粒砂)	0.21 (非常に悪い)	0.21 (非常に悪い)	0.21 (非常に悪い)	0.21 (非常に悪い)	2.87 (非常に突出)	2.87 (非常に突出)	2.87 (非常に突出)	
筒型金属製品 表層	2.70 (織粒砂)	2.78 (織粒砂)	1.96 (織粒砂)	1.96 (織粒砂)	0.30 (悪い)	0.30 (悪い)	0.30 (悪い)	0.30 (悪い)	2.73 (非常に突出)	2.73 (非常に突出)	2.73 (非常に突出)	
筒型金属製品 中層	2.66 (織粒砂)	2.64 (織粒砂)	2.20 (織粒砂)	2.20 (織粒砂)	0.19 (非常に悪い)	0.19 (非常に悪い)	0.19 (非常に悪い)	0.19 (非常に悪い)	2.82 (非常に突出)	2.82 (非常に突出)	2.82 (非常に突出)	
筒型金属製品 下層	2.66 (織粒砂)	2.64 (織粒砂)	2.20 (織粒砂)	2.20 (織粒砂)	0.19 (非常に悪い)	0.19 (非常に悪い)	0.19 (非常に悪い)	0.19 (非常に悪い)	2.82 (非常に突出)	2.82 (非常に突出)	2.82 (非常に突出)	



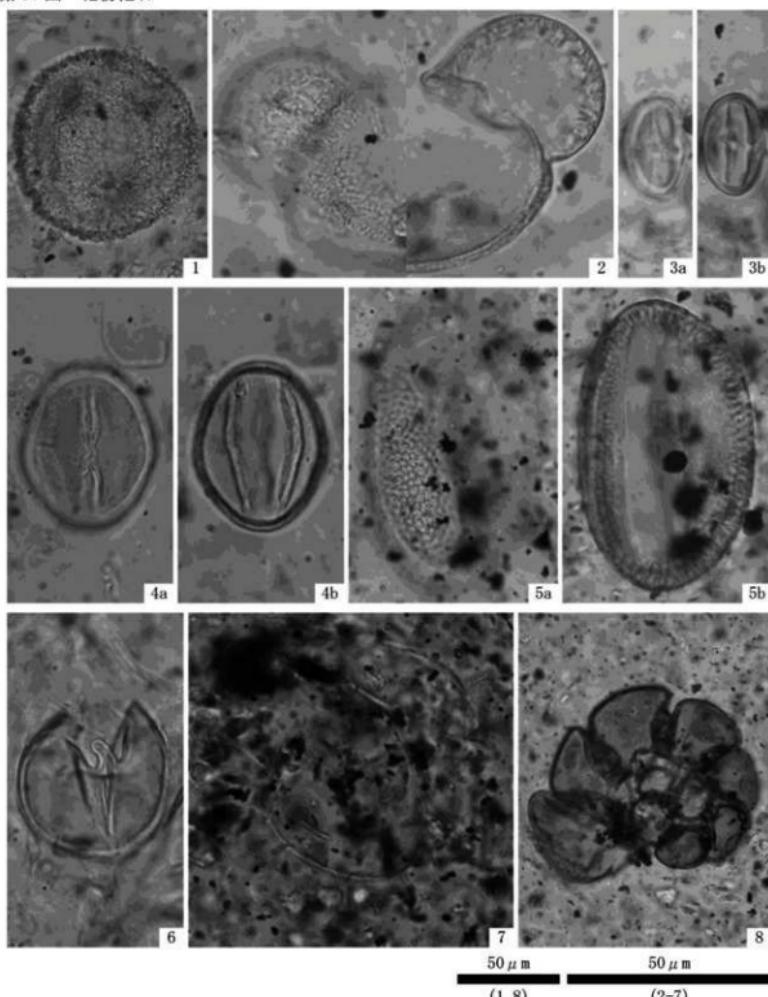
第96図 粒径加積曲線

引用文献

- Erdtman G., 1952, Pollen morphology and plant taxonomy:Angiosperms(An introduction to palynology. I). Almqvist&Wiksell, 539p.
- Erdtman G., 1957, Pollen and Spore Morphology/Plant Taxonomy:Gymnospermae, Pteridophyta, Bryophyta(Illustrations) (An Introduction to Palynology. II), 147p.
- Feagri K. and Iversen Johs., 1989, Textbook of Pollen Analysis. The Blackburn Press, 328p.
- 藤木利之・小澤智生, 2007, 琉球列島産植物花粉図鑑. アクアコーラル企画, 155 p.
- Hatanaka Ken'ichi, 1985, Palynological studies on the vegetational succession the Wurm Glacial Age in Kyusyu and adjacent areas. Journal of the faculty of Literature, Kitakyusyu University(SeriesB), 18, 29-71.
- 岩田利治・草下正夫, 1959, 増訂邦産松柏図説, 産業図書, 247 p.
- 松下まり子, 1982, 播磨灘表層堆積物の花粉分析 内海域における花粉・胞子の動態. 第四紀研究, 21, 1, 15-22.
- 三好教夫・藤木利之・木村裕子, 2011, 日本産花粉図鑑. 北海道大学出版会, 824 p.

- 中村 純, 1967, 花粉分析. 古今書院, 232 p.
- 中村 純, 1980, 日本産花粉の標徴 I II (図版). 大阪市立自然史博物館収蔵試料目録 第 12, 13 集, 91 p.
- 中山至大・井之口秀希・南谷忠志, 2010, 日本植物種子図鑑 (2010 年改訂版). 東北大出版会, 678p
- 奥谷喬司・窟寺恒己・黒住耐二・齋藤 寛・佐々木 猛智・土田英治・土屋 光太郎・長谷川 和範・濱谷 巖・速水 格・堀 成夫・松隈明彦, 2000, 日本近海産貝類図鑑. 奥谷喬司編, 東海大学出版会, 1173 p.
- 奥谷喬司編著, 2004, 改定新版世界文化生物大図鑑 貝類. 世界文化社, 399 p
- 大村亜希子・池原 研, 2006, 海底盆への堆積物運搬過程と海水準上昇に伴う沿岸環境変化の関連—後氷期の熊野トラフと伊勢湾の例. 地質学雑誌, 112, 122-135.
- Reimer PJ, Bard E, Bayliss A, Beck JW, Blackwell PG, Bronk Ramsey C, Buck CE, Cheng H, Edwards RL, Friedrich M, Grootes PM, Guilderson TP, Haflidason H, Hajdas I, Hatté C, Heaton TJ, Hoffmann DL, Hogg AG, Hughen KA, Kaiser KF, Kromer B, Manning SW, Niu M, Reimer RW, Richards DA, Scott EM, Southon JR, Staff RA, Turney CSM, van der Plicht J., 2013, IntCal13 and Marine13 radiocarbon age calibration curves 0-50,000 years cal BP. Radiocarbon , 55, 1869-1887.
- 島倉巳三郎, 1973, 日本植物の花粉形態. 大阪市立自然科学博物館収蔵目録 第 5 集, 60 p.
- Stuiver Minze and Polach A Henry, 1977, Radiocarbon 1977 Discussion Reporting of 14C Data. Radiocarbon, 19, 355-363.
- 鶴崎統五, 1986, 石油採鉱におけるビジュアル・ケロジェン分析法とその応用. 田口一雄教授退官記念論文集, 269-302.
- 鈴木庸夫・高橋 冬・安延尚文, 2012, ネイチャーウォッキングガイドブック 草木の種子と果実－形態や大きさが一目でわかる植物の種子と果実 632 種一. 誠文堂新光社, 272 p.
- Richter H.G., Grosser D., Heinz I. and Gasson P.E. (編), 2006, 針葉樹材の識別 IAWA による光学顕微鏡的特徴リスト. 伊東 隆夫・藤井 智之・佐野 雄三・安部 久・内海 泰弘 (日本語版監修) , 海青社, 70 p. [Richter H.G., Grosser D., Heinz I. and Gasson P.E. (2004) IAWA List of Microscopic-Features for Softwood Identification] .
- 島地 謙・伊東 隆夫, 1982, 図説木材組織. 地球社, 176 p.

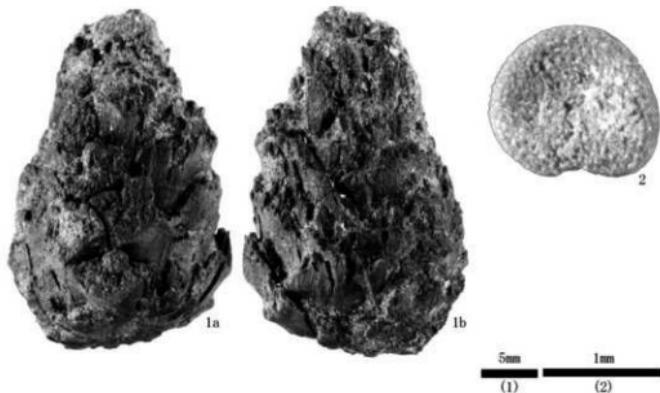
第97図 花粉化石



1. ツガ属(筒型金属製品表層)
2. マツ属(筒型金属製品表層)
3. クリ属—シノキ属(筒型金属製品表層)
4. アカガシ亜属(筒型金属製品表層)
5. ソバ属(天目椀内表層)
6. スギ属(筒型金属製品表層)
7. 湧鞭毛藻類(天目椀内表層)

8. 有孔虫(天目椀内表層)

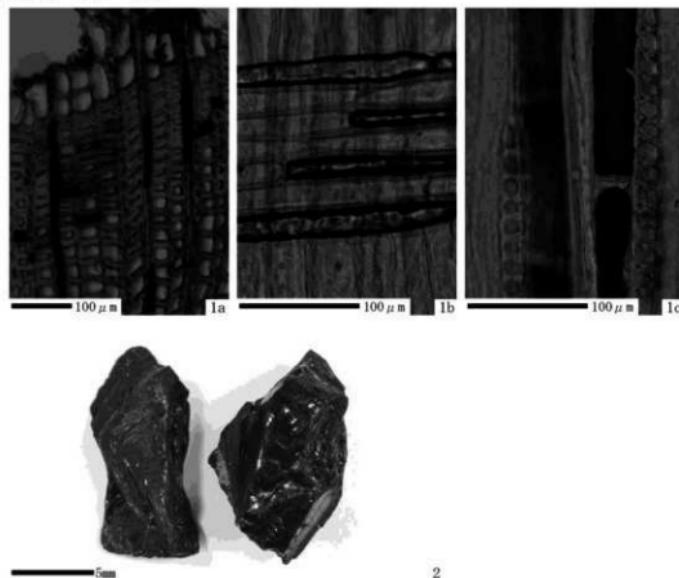
第98図 種実遺体



1. マツ属複維管束亞属 球果(天目碗内 表層1cm)

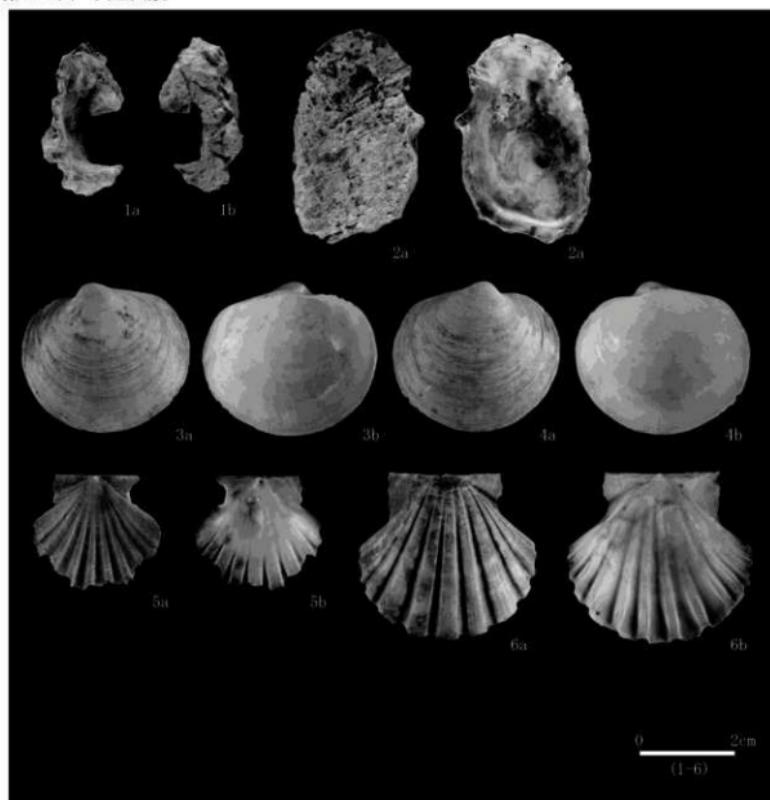
2. ナス属 種子(天目碗内 下層貝)

第99図 木材・石炭



1. スギ科(筒型金属製品;表層木片) a: 木口, b: 柱目, c: 板目
2. 石炭(筒型金属製品;表層炭)

第100図 出土貝類



1. イタボガキ科殻（天目碗内；中層不明） 2. イタボガキ科殻（筒型金属製品；表層貝）
3. カブラツキガイ左殻（天目碗内；表層二枚貝） 4. カブラツキガイ右殻（天目碗内；表層二枚貝）
5. ハナイタヤ左殻（天目碗内；下層貝） 6. ハナイタヤ右殻（天目碗内；下層貝）

第VII章 鷹島1号・2号沈没船、一石型桟の現況確認調査

1. 発掘後の現地保存状況

発掘調査終了後は船体等を現地で保存すべく埋め戻しが行われている。船体を保存するにあたっては、材料として用いられている木材をいかに保存するかが課題となる。海底での木材の劣化に関して、最も影響があるのは、二枚貝科の生物であるナクイムシによる蚕食、微生物による分解による劣化である。現在、鷹島ではこれらの劣化対策として、ナクイムシや微生物が活動しにくい環境をつくることを検討し実践している。

鷹島1号沈没船並びに一石型桟においては、発掘調査終了後、北海道江差町で発見された開陽丸の現地保存方法を参考に、銅製の網で覆った上に砂嚢袋を乗せて固定し、掘り下げた堆積土を埋め戻して保全した。銅製の網は海水と反応し、銅イオンを発生させる。これをナクイムシが嫌う性質を持つと言われていることからこの手法を探った。

鷹島2号沈没船の保存にあたっては、砂で埋め戻すことによって酸素を断つ方法を採った。埋め戻しには、砂嚢袋を遺物の面から約50cmの高さになるように設置し、その上にシリコーンをコーティングしたシートで覆い、保全している。



第101図 鷹島1号沈没船埋め戻し状況

(平成26年3月)



第102図 鷹島2号沈没船埋め戻し状況

(平成28年3月)

2. 調査の概要

平成23年度に確認された鷹島1号沈没船、平成25年度に確認された一石型桟、平成27年度に確認された鷹島2号沈没船の3地点について、船材の劣化状況を把握するために現況確認（モニタリング）調査を継続的に実施している（表40）。

現況確認調査は、平成25年度から平成27年度は年に1回、平成28年度からは年に3回実施しており、平成25年3月から令和2年3月までに計15回の調査を行っている。

調査手法としては、目視による現状の確認及び写真・動画の撮影を各調査箇所で実施し、鷹島1号

沈没船の基準杭付近のキール及び一石型桟の中央部について、触手による劣化状況の確認を行った。

また、調査の実施にあたっては、平成24年に琉球大学と松浦市の間で締結された「鷹島神崎遺跡に関する連携協定」に基づき、日本学術振興会科学研究費補助金基盤研究（S）『水中考古学手法による元寇沈船の調査と研究』（研究代表者 琉球大学法文学部 池田教授）科学研究費に係る事業と連携した。鷹島1号沈没船には環境データを収集するためのデータロガー（照度計、溶存酸素計、塩分濃度計、水深計、温度計）を設置した。一方、鷹島2号沈没船にはデータロガーの設置に加え、木材の劣化状況を確認するため、複数の木材劣化試験用のサンプル等の設置を行うとともに、一定期間の経過の後に回収を行った。



第103図 現況確認（モニタリング）調査実施箇所

発掘調査終了後から定期的に調査を行っているが、木材に大きな変化は見られない。

しかしながら、保全環境が乱される事例も発生した。原因は特定できないが、平成28年度第3回のモニタリング調査時において、鷹島1号沈没船の保全のために船体を覆っている銅製の網が約1m×1mの範囲において一部剥がれていることが確認された。船体の木材に異常が無いことを確認した後、対応策として新たに



第104図 鷹島1号沈没船銅網再設置状況
(平成28年3月)

銅製の網と固定用の砂囊4体を設置し、埋め戻しを行った。

3. 埋め戻し方法の再考

目視及び触手による確認において、木材の変化は見られないものの、同時に行っていた科学研究費助成事業による海底環境データやサンプル木材の劣化試験などの調査結果から、現状の埋め戻し方法では、船体を安定的に保全できないことが判明したため、新たな手法を検討することとなった。なお、この調査結果については、次項の奈良文化財研究所の柳田明進氏の報告を参照願いたい。

平成30年度から令和元年度にかけて、琉球大学池田教授を代表とする科学研究費助成事業「蒙古襲来沈没船の保存・活用に関する学際研究」の一環として、「海底における元軍船の保存手法」が実施されることとなり、鷹島1号沈没船及び鷹島2号沈没船の埋め戻し方法を変更することとなった。

1号沈没船が確認されて以降、継続的にモニタリング調査を行ってきた結果、海底面下50cm以浅の堆積土中には酸素が溶存しており、フナクイムシや微生物が生存しやすい環境にあることが明らかとなつた。そこで、酸素不透過シートを用いた溶存酸素を排除した環境での保存手法がとられることになった。1号沈没船の再埋め戻しは平成31年2月に、2号沈没船の再埋め戻しは令和2年2月に実施されている。

表40 現況確認（モニタリング）調査の実施状況

年 度	業務名	調査期間	調査日	調査箇所	調査内容
25	鷹島神崎遭跡モニタリング調査業務委託	H26.3.10～3.28	H26.3.11～3.12	No.3 ポイント (1号沈没船) 碇ポイント (一石型桟)	・保存状態の目視及び写真・動画撮影
26	鷹島海底遭跡モニタリング調査業務委託	H27.3.16～3.27	H27.3.18～3.20	鷹島1号沈没船 一石型桟 鷹島2号沈没船	・保存状態の目視・触手及び写真・動画撮影 ・データロガー回収・設置
27	鷹島海底遭跡モニタリング調査業務委託	H28.3.15～3.25	H28.3.16～3.17	鷹島1号沈没船 一石型桟 鷹島2号沈没船	・保存状態の目視・触手及び写真・動画撮影 ・欠損杭打ち直し及びグリットロープ張り直し
28	鷹島海底遭跡モニタリング調査業務委託	H28.5.14～5.27	H28.5.15	鷹島1号沈没船 鷹島2号沈没船	・保存状態の目視及び写真・動画撮影 ・データロガー回収・設置 ・モニタリングキットの回収(H27.6 設置分)
28	第2回鷹島海底遭跡モニタリング調査業務委託	H28.12.5～12.19	H28.12.11～12.12	鷹島1号沈没船 鷹島2号沈没船	・保存状態の目視及び写真・動画撮影 ・データロガー回収・設置 ・モニタリングキットの回収(H27.10 設置分) ・モニタリングキット(実験系1～3) 設置
28	第3回鷹島海底遭跡モニタリング調査業務委託	H29.3.15～3.28	H29.3.21～3.22	鷹島1号沈没船 一石型桟 鷹島2号沈没船	・保存状態の目視・触手及び写真・動画撮影 ・1号沈没船の鋼網がはがれた部分の再設置
29	鷹島海底遭跡モニタリング調査業務委託	H29.6.13～6.30	H29.6.18	鷹島1号沈没船 鷹島2号沈没船	・保存状態の目視及び写真・動画撮影 ・データロガー回収・設置
29	第2回鷹島海底遭跡モニタリング調査業務委託	H29.12.6～12.22	H29.12.9～12.10	鷹島1号沈没船 鷹島2号沈没船	・保存状態の目視及び写真・動画撮影 ・データロガー回収・設置
29	第3回鷹島海底遭跡モニタリング調査業務委託	H30.2.19～3.2	H30.2.20～2.21	鷹島1号沈没船 一石型桟 鷹島2号沈没船	・保存状態の目視・触手及び写真・動画撮影 ・1号沈没船へデータロガー追加設置 ・グリッドロープ設置替え
30	鷹島海底遭跡モニタリング調査業務委託	H30.6.4～6.15	H30.6.10	鷹島1号沈没船 鷹島2号沈没船	・保存状態の目視及び写真・動画撮影 ・データロガー回収・設置
30	第2回鷹島海底遭跡モニタリング調査業務委託	H30.11.26～12.28	H30.12.4	鷹島1号沈没船 鷹島2号沈没船	・保存状態の目視及び写真・動画撮影 ・データロガー回収・設置 ・モニタリングキットの回収(H27.10 設置分)
30	第3回鷹島海底遭跡モニタリング調査業務委託	H31.3.11～3.26	H31.3.18	鷹島1号沈没船 一石型桟 鷹島2号沈没船	・保存状態の目視・触手及び写真・動画撮影
1	第1回鷹島海底遭跡現況確認調査業務委託	R1.6.6～6.11	R1.6.4	鷹島1号沈没船 鷹島2号沈没船	・保存状態の目視及び写真・動画撮影 ・データロガー回収・設置
1	第2回鷹島海底遭跡現況確認調査業務委託	R1.12.2～12.20	R1.12.8	鷹島1号沈没船 鷹島2号沈没船	・保存状態の目視及び写真・動画撮影 ・データロガー回収・設置
1	第3回鷹島海底遭跡現況確認調査業務委託	R2.3.10～3.18	R2.3.14	鷹島1号沈没船 一石型桟	・保存状態の目視・触手及び写真・動画撮影

鷹島1号船、鷹島2号船が埋没する海底の環境調査

独立行政法人国立文化財機構
奈良文化財研究所 埋蔵文化財センター
研究員 柳田 明進

1. はじめに

鷹島海底遺跡で発見された2隻の元軍船は、現状では直ちに引き上げることは難しく、埋め戻しをおこない現地の海底で保存が図られている。海底では、溶存酸素（DO : Dissolved Oxygen）を含む好気的環境において、船体を構成する木材に関しては好気性微生物の代謝による腐朽、海底遺跡の特有の現象としてフナクイムシの食害によって顕著に劣化が進行する。船体を構成する鉄釘などの金属製遺物においても、DOが酸化剤となることで、著しく腐食が進行する。また、DOに加えて、温度も微生物活動および劣化の反応速度に影響を及ぼす重要な因子である。元軍船は埋め戻しをおこない、DOが欠乏した還元環境で維持されることでその保存が図られている。しかし、埋め戻しに用いた材料の経年による劣化の可能性などを考慮すると、埋め戻しの状況について長期的なモニタリングが必要であり、その際には海底のDOや温度などの環境を継続的に把握する必要がある。また、今後おこなわれる可能性がある発掘や船体の引き上げを想定した場合、作業にともなう船体の劣化の影響を予測する観点から、現状の海底環境を把握しておくことは重要である。ここでは、鷹島1号船、鷹島2号船が発見された地点で実施した底層海水および堆積物の環境調査について報告する。

2. 調査方法

2.1 調査地

環境調査は第105図で示した鷹島1号船の南西側、鷹島2号船の南東側において実施した（以後、それぞれを鷹島1号船地点、鷹島2号船地点と表記する。）。鷹島1号船地点の水深は約22m、鷹島2号船地点は約14mである。

2.2 調査方法

調査では底層海水の温度、およびDO濃度ならびに堆積物の酸化還元電位（Oxydation-Reduction Potential）、およびpHを測定した。鷹島1号船および2号船地点の温度、DO濃度の測定はOnset Computer Corporation製U-26を用いた。鷹島1号、および2号船地点とともに、海底面から約20cmの低層海水中にU-26を設置し、30分間隔で温度とDO濃度を測定した。DO濃度は解析ソフトウェアであるHOBO ware Proを用いて、海水の塩分を35‰として塩分補正をおこなうとともに、飽和度に変換した。また、堆積物の分析では柱状試料を鷹島1号、および2号船地点で採取し、ORP、pHを深度ごとに測定した。柱状試料は塩化ビニル製の円筒管を用い、鷹島1号船地点での採取は2012年10月10日、鷹島2号船付近では2016年5月15日に実施した。ORPおよびpHは土壤用pH/ORP計（藤原製作所社製）を用いて現地において測定した。ORPは作用極に白金、参照電極に飽和銀・塩化銀電極を用いて測定した。なお、以下では標準水素電極（SHE）に対する値としてORPを表記する。

3. 結果および考察

3.1 低層海水温度およびDOの挙動

2015年10月1日から2017年10月31までの鷹島1号、2号船地点の温度およびDOの測定値、その24時間移動平均をそれぞれ第106図、第107図に示す^{注1}。鷹島1号、2号船地点ともに、温度は日周期の変動を示す一方で、DO濃度の変動は日周期ではないことが認められた。鷹島1号、および2号船地点の平均、最高、最低の温度およびDO濃度を第108図に示す。なお、第108図では、2014年10月1日から2016年9月30日を解析の対象期間とした。温度の平均値は鷹島1号、および2号船地点でそれぞれ18.1℃、18.3℃、最高温度はそれぞれ、25.9℃、27.2℃を示しており、鷹島2号船地点の方が、平均温度が0.2℃、最高気温では1.3℃高いことが認められた。なお、最低温度は鷹島1号船地点、鷹島2号船地点でそれぞれ11.1℃、11.2℃であった。一方で、DOは平均、最高、最低濃度とともに鷹島1号船地点、鷹島2号船地点で同等の値を示した。第109図に2016年の月平均の温度、DO濃度、DO飽和度の推移を示す。松浦市の外気温²⁾に対して、鷹島1号および2号地点の低層海水の変化は約1ヶ月の位相差を有する。また、低層海水温度の変動は外気温に比べて、8月では約3℃低く、1月では6℃高いことから、海水が熱的な抵抗となることで外気に比べて低層海水の温度変化が緩慢になったと考えられる。一方で、冬期において、DO濃度は低層海水の温度が最も低くなる2月に最高を示し、飽和度に換算すると約100%に達した。また、DO濃度は7～10月において低下し、鷹島2号船地点に比べて、鷹島1号船地点が低い傾向が認められた。

第110図に鷹島1号、および2号船地点の低層海水の温度とDO濃度の散布図、およびそれぞれの回帰式を示す。第110図では鷹島1号船、鷹島2号船とともに、負の相関が明確に認められた。すなわち、低層海水中の温度の上昇にともないDO濃度は低下する。これは、低層海水の温度が上昇する夏期においては、微生物活動が活発となることで、その呼吸によるDOの消費速度が上昇するためと考えられる。一方で冬期では微生物の活動が停滞することで、DO濃度が上昇したと考えられる。また、夏期では成層化の影響もDO濃度の低下に影響を及ぼすと考えらえる。夏期では表層の海水の温度が上昇し、低層海水との密度差が生じることで、鉛直混合が抑制される。その結果、表層から低層海水へのDOの供給が抑制されることで、DO濃度が低下したと考えられる。第111図に鷹島1号、および2号船地点の低層海水温度およびDOの変化を示す。この時期は夏期の成層化によってDO濃度が低下した時期と考えられ、温度が上昇した際（第111図の矢印）に、DO濃度が上昇した。これは、風や潮汐などの影響によって夏期に成層化した海水の鉛直混合が促されることで、表層のDOに富む温度が高い海水が低層に供給されたことに由来する可能性がある。

3.2 堆積物の化学的性状

鷹島1号、および2号船地点のORP、pHを第112図に示す。鷹島1号船地点では表層のORPは約200mVを示し、深度が増加するにつれて急激に低下した。また、深度40cm以深のORPの値は顕著な変動を示さず、-150～0mVに収束した。鷹島2号船地点では表層で+100mVを示し、深度の増加にともなって上昇する傾向を示し、深度20～30cmでは+200mVを示した。さらに深度が増加するにつれ

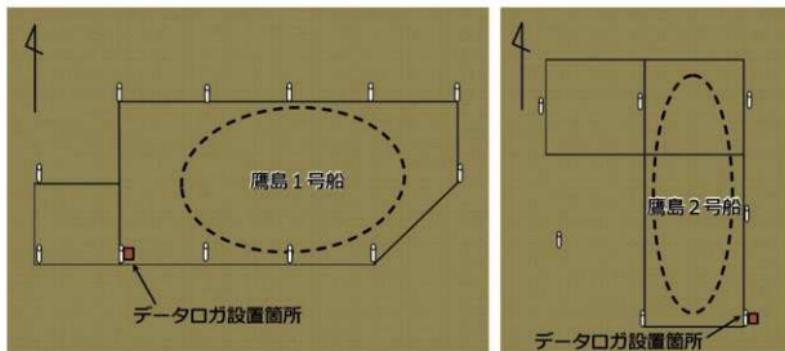
て、ORP は緩やかに低下した。pH は鷹島 1 号、および 2 号船地点とともに 7~8 の弱塩基性を示した。水分飽和した土壤で分子状酸素が消失する電位は +600 から +300 mV、また、消失の臨界電位は 332 mV とされている（若月：1997）。したがって、海底の堆積物中は DO が枯渇した酸素欠乏環境が形成されており、DO が含まれるとしても堆積物のごく表層のみと考えられる。また、深度の増加にともなう ORP の低下は鷹島 1 号船地点で顕著であり、鷹島 2 号船地点に比べてより強い還元環境が形成されていると推測される。楮原は、鷹島 1 号船地点の堆積物を構成する土粒子はシルトから泥が主であるのに対して、鷹島 2 号船地点では砂を主とする粗粒な土粒子から構成されていることを報告している（楮原：2016）。砂質およびシルト質の堆積物では有機物の量、空隙率、透水性、生息している底生生物の種組成や存在量等が異なるとされている（左山：2014）。鷹島 1 号船付近でより還元的な状態が認められる要因として、一般にシルト質では有機物量が高く生物活動が活発であること（左山：2014）、ならびに堆積物中の DO の移動が緩慢であることが要因と考えられる。

3.3 調査地の埋蔵環境が元軍船の劣化に及ぼす影響

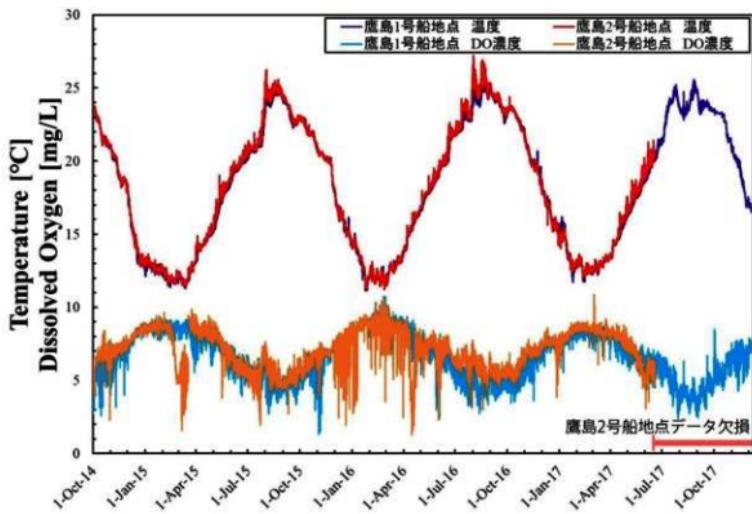
鷹島海底遺跡では、低層海水中では DO が夏期に低下し、冬期に上昇するものの、夏期においても 4 ~ 5 mg/L を維持している。したがって、発掘によって元軍船が海水中に暴露された場合、木材に関しては好気的微生物による腐朽やフナクイムシの食害の影響を受け、金属製造物に関しては DO の還元反応をカソード反応とした腐食が生じると考えられる。また、発掘後の鷹島 1 号、2 号船の現地保存の実施にあたっては、埋め戻しにより低層海水中の DO が供給されない環境を作り出すことが重要である。一方で、堆積物中では概ね DO が枯渇していることが認められた。鷹島海底遺跡で発見された 2 隻の元軍船は、沈没直後に酸素欠乏状態の堆積物に埋没したため、約 740 年を経過したにもかかわらず、当初の形状を保つことができたと考えられる。

4.まとめ

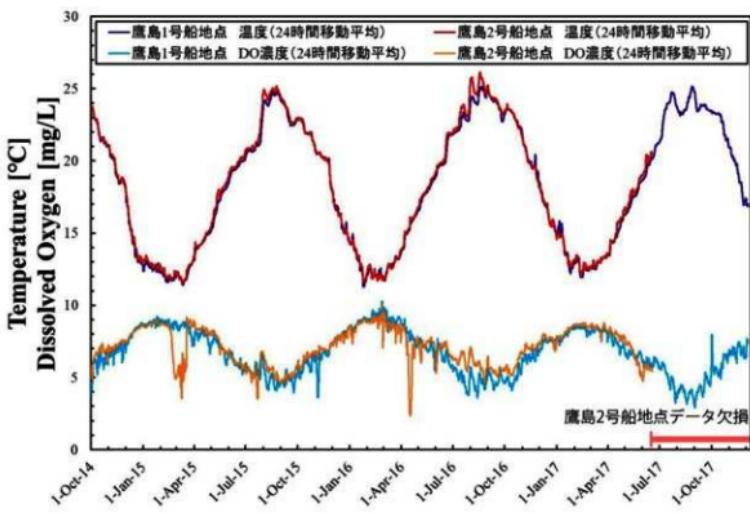
鷹島海底遺跡において低層海水の温度および DO の継続した計測および堆積物の ORP および pH の測定を実施し、以下の結果が得られた。（1）鷹島 1 号船、2 号船地点とともに、DO は夏期に低下し 4 ~ 5 mg/L を示し、冬期に上昇して概ね飽和した状態が維持された。（2）低層海水の温度変化は、外気に対して約 1 カ月の位相差を示し、夏期の低層海水温度は鷹島 1 号船地点に比べて鷹島 2 号船地点でやや高い。（3）ORP の値に基づくと、鷹島 1 号船地点、鷹島 2 号船地点ともに概ね堆積物中では DO が枯渇した状態が形成されていると推察される。（4）低層海水中は年間を通じて DO が含まれていることから、海水中に元軍船が暴露された場合、顕著にその劣化が進行する推測される。



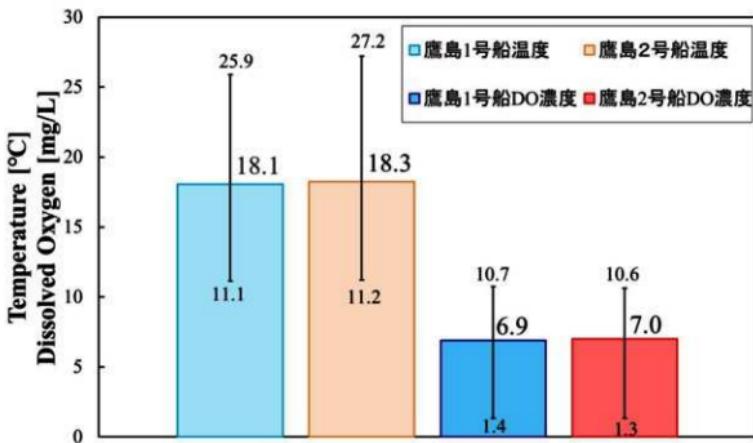
第105図 温度およびDOの測定地点の模式図（左図、鷹島1号船地点、右図、鷹島2号船地点を示す。）



第106図 鷹島1号船地点、鷹島2号船地点の温度およびDO濃度

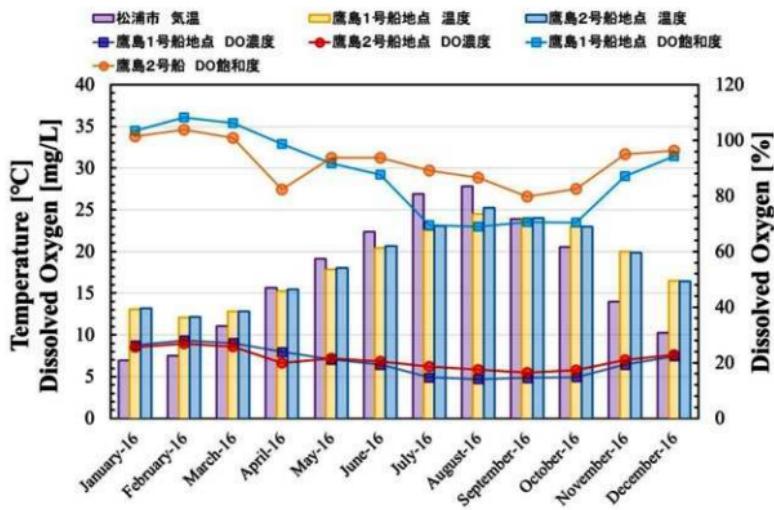


第107図 鷹島1号船地点、鷹島2号船地点の24時間平均温度およびDO濃度

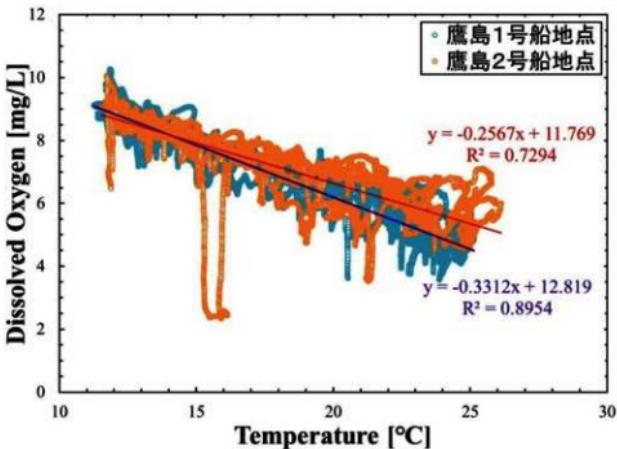


第108図 鷹島1号船地点、鷹島2号船地点の平均、最高、最低の温度およびDO濃度

2014年10月1日から2016年9月30日までの測定結果より算出した。

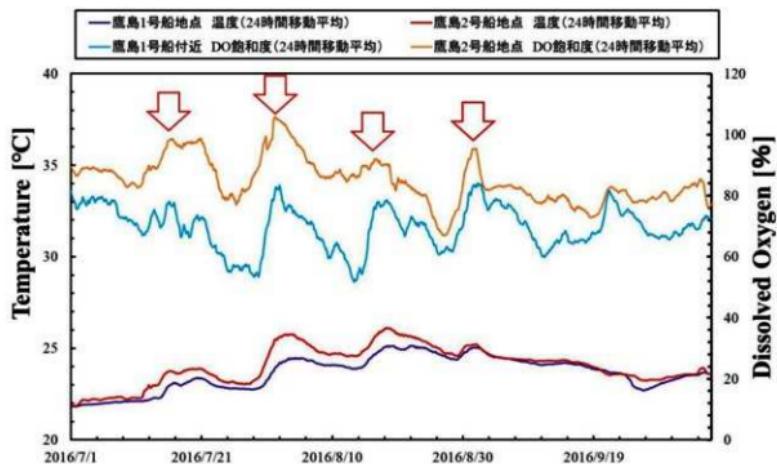


第 109 図 2016 年の月平均温度、DO 濃度、DO 飽和度の推移²⁾

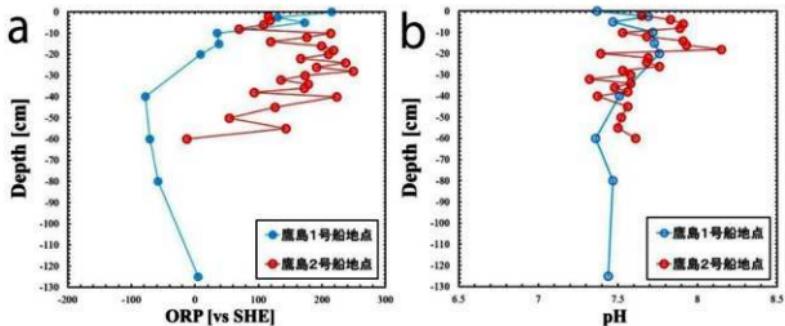


第 110 図 鷹島 1 号船地点、鷹島 2 号船地点での温度、DO 濃度散布図

温度、DO 濃度は 24 時間移動平均値を使用した。



第111図 嶺島1号船、および嶺島2号船地点の2016年7月～9月の低層海水温度およびDOの変化



第112図 嶺島1号船、および嶺島2号船地点のORPおよびpH (a:ORP、b: pH)

註

- 1) 鷹島2号船地点で認められた2015年2月のDO濃度の低下は、底生生物の付着の影響と考えられる。機器のメンテナンスのために、DO計を回収した際、センサ部に底生生物が付着していることを確認した。
- 2) 外気温は松浦市の気象情報を用いた（気象庁）。

謝辞

本研究をおこなうにあたり、國富株式会社長崎営業所の潜水士の方々の多大なるご協力を頂きました。末尾になりましたが、厚く御礼申し上げます。

引用文献

- 楮原京子 2016 「遺物を取り巻く堆積層の堆積過程」『水中考古学手法による元寇沈船の調査と研究 平成23年度～平成27年度科学研究費補助金基盤研究(S)研究成果報告書 第3冊(最終報告書)』琉球大学法文学部考古学研究室 pp. 65-78
- 左山幹雄 2014 「第10章 沿岸堆積物における酸素の動態」日本海洋学会 沿岸海洋研究会 編 『群論 沿岸海洋学』恒星社厚生閣 pp. 190-207
- 気象庁「過去のデータ検索」<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>
- 若月利之 1997 「たん水下の水田土壌における酸化還元関連する生物・化学的諸過程」久馬一剛編 『最新土壤学』朝倉書店 pp. 157-178

第IX章 発掘事前調査（環境調査）

1. 調査の目的

本調査は、平成 30 年度に「鷹島海底遺跡発掘事前調査業務委託」として実施した。海底における発掘調査では、陸上における発掘調査と違い、海底を掘削することにより、底質にもよるが周囲に渦りが発生する。また、当然のことながら、発生した渦りは潮流等の影響により発掘調査箇所だけでなく、その周囲に広がることが予想される。鷹島海底遺跡の所在する伊万里湾はトラフグやマグロなどの養殖漁業が盛んであり、鷹島南岸にも養殖漁場が多数存在することから、発掘調査を実施した場合の渦りによる周辺への影響を把握するため、現地海域において潮流等の海況調査を実施し、拡散シミュレーションを行った。業務委託先等は下記のとおりである。

・業務委託先 国際航業株式会社

 管理技術者 石田和敬

 照査技術者 井下恭次

 担当技術者 藤家亘、村岡芳郎、米澤泰雄、恒岡徹、小濱智之、森口夏帆

・実施期間 平成 30 年 9 月 10 日～平成 31 年 3 月 15 日

 うち現地調査期間 平成 30 年 10 月 11 日～平成 30 年 10 月 30 日

・業務実施場所 松浦市鷹島町神崎免地先（1号沈没船、2号沈没船、一石型木製棧）

2. 調査の概要

泥土移送装置（以下、水中ドレッジ）を用いた発掘調査において、水中で発生する浮遊砂（渦り）による周辺への影響を把握するため、現地海域における潮流等、海況調査を実施し、拡散シミュレーションを行い、今後の鷹島海底遺跡における発掘調査計画に資することを目的とした。調査実施場所は松浦市鷹島町神崎免地先である。調査範囲及び調査地点を第 113 図に示す。

実施にあたり、諸手続き（海上作業届など）を行った。地元漁業協同組合等に調査概要について説明を行うとともに、広く漁業者及び海面利用者に周知した。

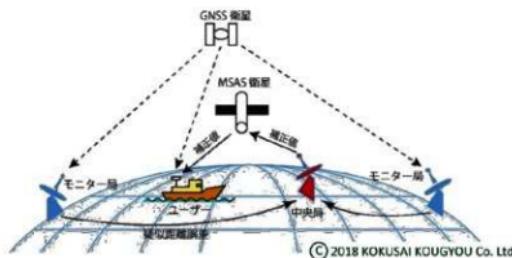
海上での位置決定は、GNSS を使用した衛星航法により実施した。GNSS（Global Navigation Satellite System）は、地球上での現在位置を測定するためのシステムであり、MSAS（運輸多目的衛星用航法補強システム）衛星を探査し、ユーザーが受信した GNSS 衛星信号の誤差を修正するための補正值を、中央局より受信することにより、高精度の測位を行うシステムである（第 114 図）。



地点名	X 座標	Y 座標	緯度	経度
一石型木製碇 (水質調査地点 1)	47634.00m	24784.00m	33° 25' 45.28"	129° 45' 59.49"
鷹島 1 号沈没船 (水質調査地点 2)	47557.80m	24803.13m	33° 25' 42.81"	129° 46' 00.22"
鷹島 2 号沈没船 (水質調査地点 3)	47326.40m	26299.50m	33° 25' 35.17"	129° 46' 58.13"
潮流調査地点 1	47378.85m	24607.06m	33° 25' 37.02"	129° 45' 52.62"
潮流調査地点 2	47113.63m	25681.82m	33° 25' 28.32"	129° 46' 34.20"
潮流調査地点 3	47244.80m	26347.93m	33° 25' 32.52"	129° 46' 47.00"

※X・Y 座標（平面直角座標系）は 1 系で表記した。

第 113 図 調査範囲及び調査地点



第114図 GNSSによる測位概念

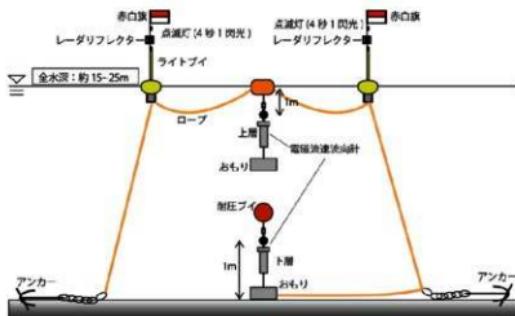
調査方法を以下に示す。

(1) 水質調査

第113図に示す各水質調査地点において、採水および観測を行った。採水は、バンドーン型採水器を用いて、表層（海面下1.0m）及び下層（海底面上1.0m）の採水を行った。観測は、多項目水質計を用いて、表層から底層まで10cm間隔に濁度等の鉛直観測を行った。現地測定に使用する測定機器は、鉛直観測が可能な多項目水質計（AAQ-RINKO:JFE アドバンテック社製）を用いた。

(2) 潮流調査

潮流調査は、現場海域の流れ場を把握することを目的として、第113図に示す3地点で実施した。第115図に示すように、海面下1.0mと海底上1.0mの2層に電磁流速計を設置し、流向流速の観測を行う。係留系には、夜間点灯する標識ブイ（4秒間に1閃光する）を設置した。観測期間は15昼夜連続観測とし、計測間隔は10分間隔とした。



第115図 潮流調査係留方法

(3) 水質分析

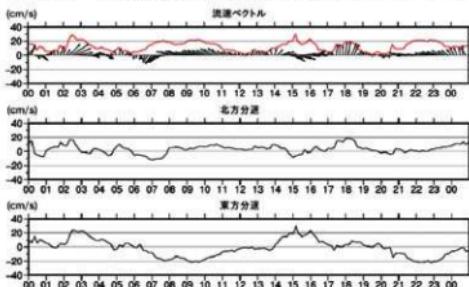
採水した試料は、表 41 に示す分析試験項目及び方法により分析を行った。

表 41 水質分析内訳

試験項目	試験方法	地点数	層数	検体数	内訳
浮遊物質 (SS)	JIS K 0102(2008) 17	3	2	6	3 地点×1期

(4) 潮流調査記録解析

潮流調査で得られた各地点各層の流速、流向について、10 分毎の数値データ及び時系列図（流速ベクトル図、東西成分・南北成分分速曲線図等：第 116 図参考）を作成した。



第 116 図 時系列図の例

また、潮位変動に伴う流れ（潮流）を把握するために、流速データの調和分解を行った。調和分解は、各地点各層について 10 分毎に流速、流向を北方及び東方分速の 2 成分に分解し、主要 4 分潮 (M_2 、 S_2 、 K_1 、 O_1) 及び M_4 分潮について、その振幅と位相を計算した。これらの調和分解結果を用いて、潮流摺円及びホドグラフを作成した。

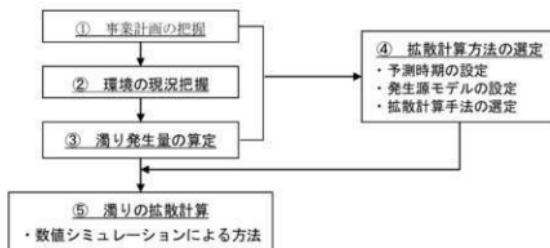
(5) 現地調査結果とりまとめ

現場測定結果、水質分析結果及び潮流記録解析結果は、調査期間の気象・海象データを踏まえて整理及び解析を行った。

また関連資料として、採水前日及び当日の天候、気温、風速、波高、採水日の雲量、潮汐状況、位置、採水地点の水深、資料の外観（懸濁物質、色調）、汚濁負荷源の状況の記録を収集し整理した。

(6) 漏り拡散影響シミュレーション

漏り拡散計算に必要な漏り発生量の算定については、国土交通省港湾局「港湾工事における漏り影響予測の手引き」に基づき、漏りの発生メカニズム等について発掘調査手法等を考慮し、諸条件等について決定した。漏り予測拡散計算の予測手順について第117図に示す。



第117図 漏り予測拡散計算の手順（国交省：港湾工事における漏り影響予測の手引き）

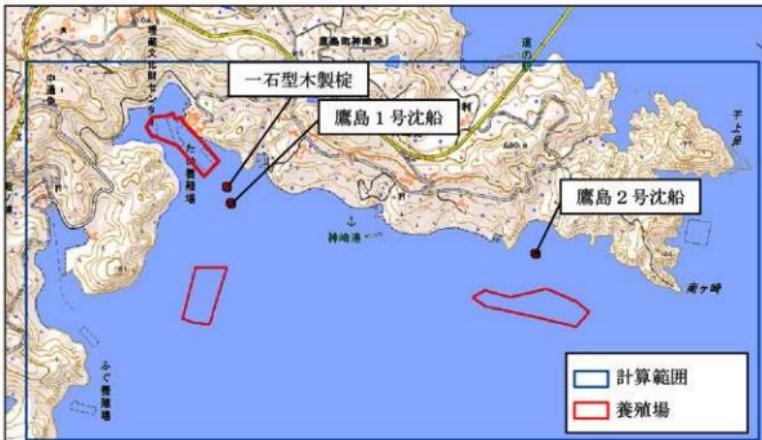
事業に関する概要を整理し、漏り拡散シミュレーションに必要な海底地形や現地底質データ等について既存資料を収集した。

漏り拡散シミュレーションにおける漏りの負荷地点は、第118図に示す鷹島1号沈没船、一石型木製桟、鷹島2号沈没船とし、その影響を評価するための計算対象範囲は図に青色枠で示す海域とした。使用する数値モデルは、水平2次元・鉛直3層の計算格子を持ち、計算格子サイズは水平10mである。表42に数値モデルの計算条件を示す。

泥土移送装置（水中ドレッジ）等からの漏り発生量については、原単位を用いて算定した。漏り発生原単位は、既往資料や発掘に用いる泥土移送装置の1時間当たりの土砂移送量等から算定した。

表42 数値モデルの計算条件

項目	内容
使用モデル	水平2次元・鉛直2層のナヴィエ・ストークス方程式
水平格子サイズ	10m 水平格子
鉛直層数	3層
地形データ	対象範囲において、平成23年時点の海底地形図より読み取る。
外力	潮汐：開境界上に潮位を与える。
計算対象時期	10月～11月のうち、15日間



第118図 漪り影響シミュレーション計算範囲

(7) 現況再現・拡散計算

数値モデルにより、対象海域周辺の流れについて15昼夜準定常計算を行った。また、流れについて現地調査結果（調和分解結果）と比較し、モデル計算の再現性について検証した。

拡散計算は数値モデルにより、泥土移送装置（水中ドレッジ）等を用いた発掘調査に伴い発生する渦りの拡散範囲と濃度を予測した。この渦り拡散計算結果を用いて、周辺海域（増・養殖場等）へのSS負荷量などの影響について評価を行う。

3. 現地調査

水質及び潮流調査は、表43に示す期間に行った。水質調査は、10月11日の1日間で行った。潮流調査は10月11日に潮流計を調査地点に係留し、15日間の連続観測を行ったのち、10月30日に撤収した。

水質調査を行った平成30年10月11日周辺の天候及び、水質・潮流調査を行った平成30年10月11日～10月26日の降水量・気温・潮位について整理した。本業務において水質調査は渦りの測定を対象としており、海域の渦りの高さは、調査日までの降雨及び潮期等によって左右されると考えられる。そこで、天候、降水量及び潮位については、調査日の5日前（10月7日）から整理した。天候、気温、降水量（以下、アメダス：平戸）及び潮位（仮屋駿潮場）を、それぞれ表44、第119図に示す。水質調査が行われた10月11日までは、降水は記録されていなかった。潮流調査期間中の10月19日と10月22、23日及び26日には10mm以下の降雨が記録され、特に10月26日には10mm程度の雨量であった。潮期については、設置時と15昼夜連続観測終了時の

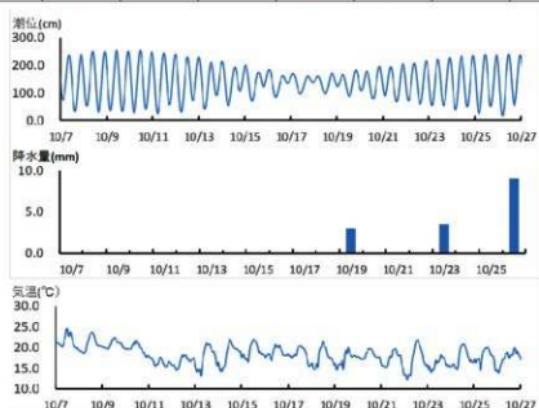
10月26日は中潮期にあたり、途中10月22日～10月25日が大潮期であった。

表43 現地調査日

	10月11日	12日	13日	14日	15日	16日	17日	18日	19日	20日	21日
潮期	中潮	中潮	中潮	中潮	小潮	小潮	小潮	長潮	若潮	中潮	中潮
水質調査	○										
潮流調査	設置	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
	10月22日	23日	24日	25日	26日	27日	28日	29日	30日		
潮期	大潮	大潮	大潮	大潮	中潮	中潮	中潮	中潮	小潮		
水質調査											
潮流調査	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮					撤収	

表44 調査日周辺の天候（アメダス：平戸）

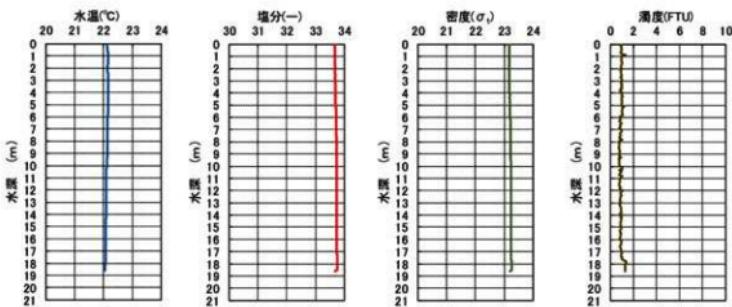
10/7	10/8	10/9	10/10	10/11	10/12	10/13	10/14	10/15	10/16
曇り	晴れ	晴れ	曇り	曇り	晴れ	晴れ	晴れ	曇り	曇り
10/17	10/18	10/19	10/20	10/21	10/22	10/23	10/24	10/25	10/26
曇り	晴れ	晴れ	曇り	曇り	晴れ	晴れ	晴れ	曇り	曇り



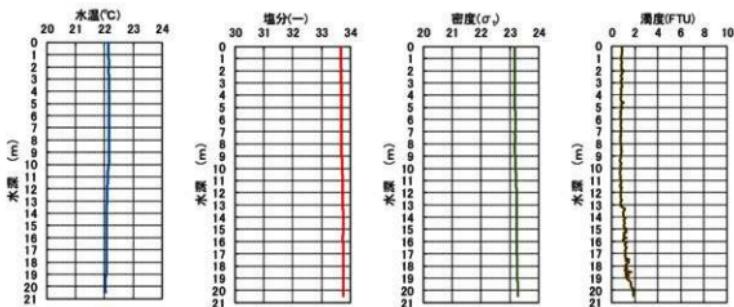
第119図 調査日周辺の潮位（仮屋）、降水量・気温（アメダス：平戸）

水質調査は第113図に示す3地点で行った。各水質調査地点における水質鉛直測定結果を第120図～第122図に示す。水温および塩分・密度については、いずれの地点も海面から海底まで、概ね一定の値であり、鉛直構造は均一であった。これは、水温（約22°C）に対して、気温が20°Cを下回っていた結果、海面が冷却されたために海面の海水密度が大きくなつたため鉛直循環が起きたためと考えられる。

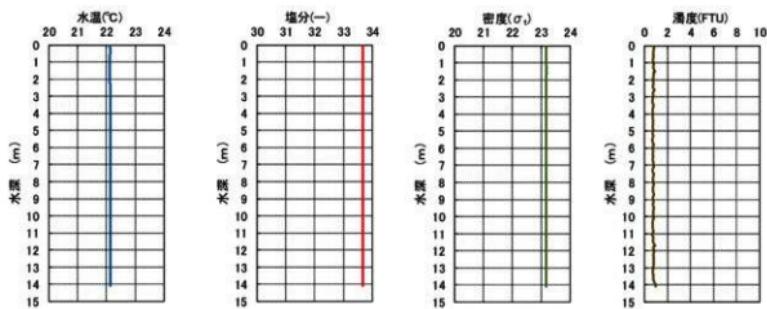
濁度については、概ね鉛直的に一様であった。各地点の水質調査は、10月11日の午後2時～4時にかけて行ったが、この時間帯は下げ潮にあたり（満潮時刻10:39、干潮時刻16:32）、中秋潮ではあるが潮流が動いている時間帯であった。しかしながら各調査地点において、海底上で流れにより巻き上がっていいる傾向は見られなかった。



第120図 水質調査結果（水質調査地点1：一石型木製桟）



第121図 水質調査結果（水質調査地点2：鷹島1号沈船）



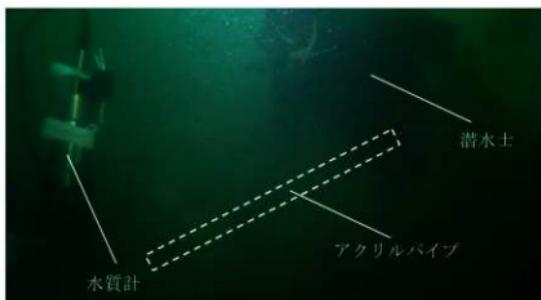
第122図 水質調査結果（水質調査地点3：鷹島2号沈船）

水質調査及び水質分析により、平常時における対象海域の渦りについて、概ね把握することができた。本業務では、海底遺跡発掘時における渦り拡散を推定計算する必要があるため、発掘時における渦り発生量を推定する必要がある。

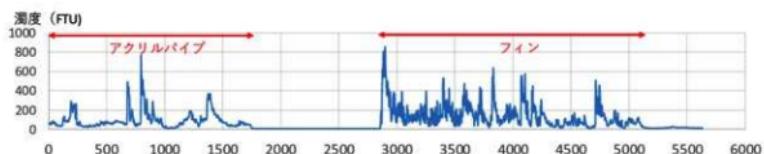
本来ならば、実際に発掘調査を行っている時に、水質計による渦り測定や採水を行うところではあるが、本業務履行期間内に對象海域で発掘調査が行われないことから、潜水士による疑似的な発掘行動を水中で行い、この時の渦り発生量を測定することとした。

潜水士による疑似的発掘行動を第123図に示す。潜水士は水中ドレッジのパイプを模したアクリルパイプ（直径15cm、長さ60cm）を持って潜水し、発掘調査地点と同様な底質環境下（シルト質が多い海底）において、アクリルパイプ海底面をかき乱すことで、渦りを発生させた。潜水士の近くには水質計を設置し、疑似的発掘行動の開始時から終了時までの渦り時系列変化を測定した。また、海底発掘時には、水中ドレッジを操作することで発生する渦り以外に、フィン等で海底上を移動する際にも渦りが発生することが考えられるので、これを模して、潜水士によりフィンで海底面を仰ぐことで発生する渦りについても測定した。

以上のような潜水士による疑似的発掘行動による渦り発生量を第124図に示す。アクリルパイプで海底面をかき乱した場合は、最大800FTUの渦りが発生した。また、フィンにより海底面を仰いだ場合にも、最大820FTUの渦りが発生しており、アクリルパイプによる場合と概ね同程度であった。



第123図 潜水士による疑似的発掘行動



第124図 疑似発掘行動時における濁度の時間変化

潮流調査は第113図に示す3地点で行った。潮流調査地点1～3で行った15昼夜連続調査について、北方分速、東方分速および流速ベクトルを第125図～第130図に示す。流速ベクトル図における赤線は流速値を示す。また、参考として松浦観測所における風ベクトルおよび仮屋駆潮所における潮位を同図に示す。

潮流調査地点1上層では、概ね南下する流れが卓越しており、潮流成分はやや弱い傾向がみられた。平均的な流れは概ね風向きと一致するようであったが、風向きが北向きであっても、流れは南下していた。ただし、ここに示した風ベクトルは、鷹島の対岸の松浦における観測結果であるので、調査地点で同じ風向・風速であったかは分からないので注意する必要がある。

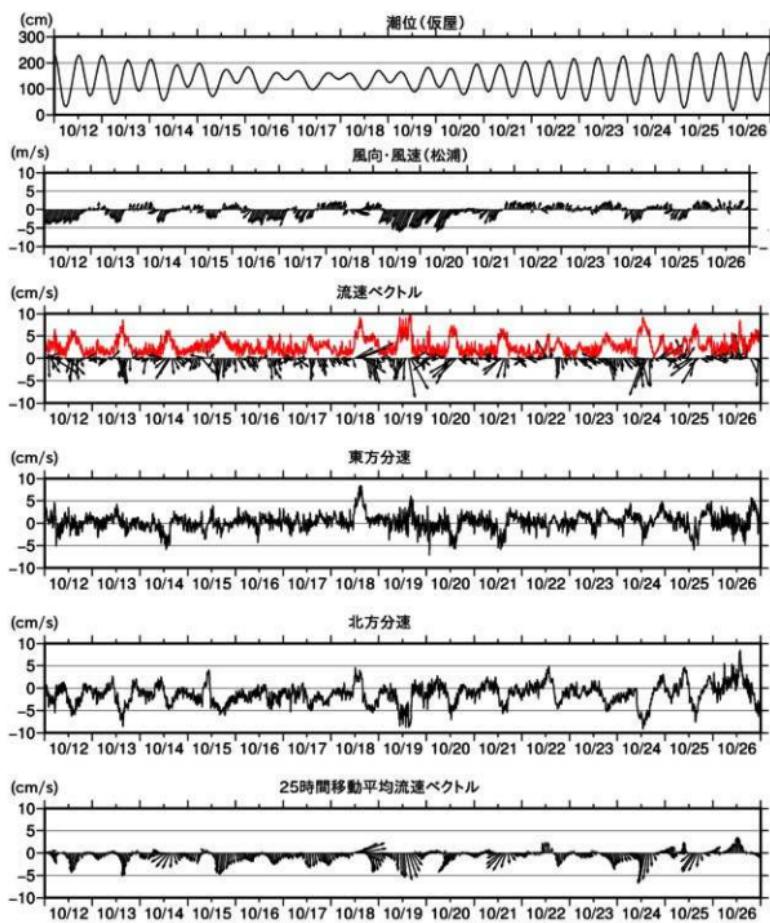
潮流調査地点1下層では、概ね東南東に向かう流れが卓越しており、潮流成分はやや弱い傾向が見られた。平均的な流れは、風向きとは一致しない。

潮流調査地点2上層では、潮流による往復流が卓越しており、大潮期に流速が大きくなる傾向が見られた。平均的な流れは、風向きとは一致しない。

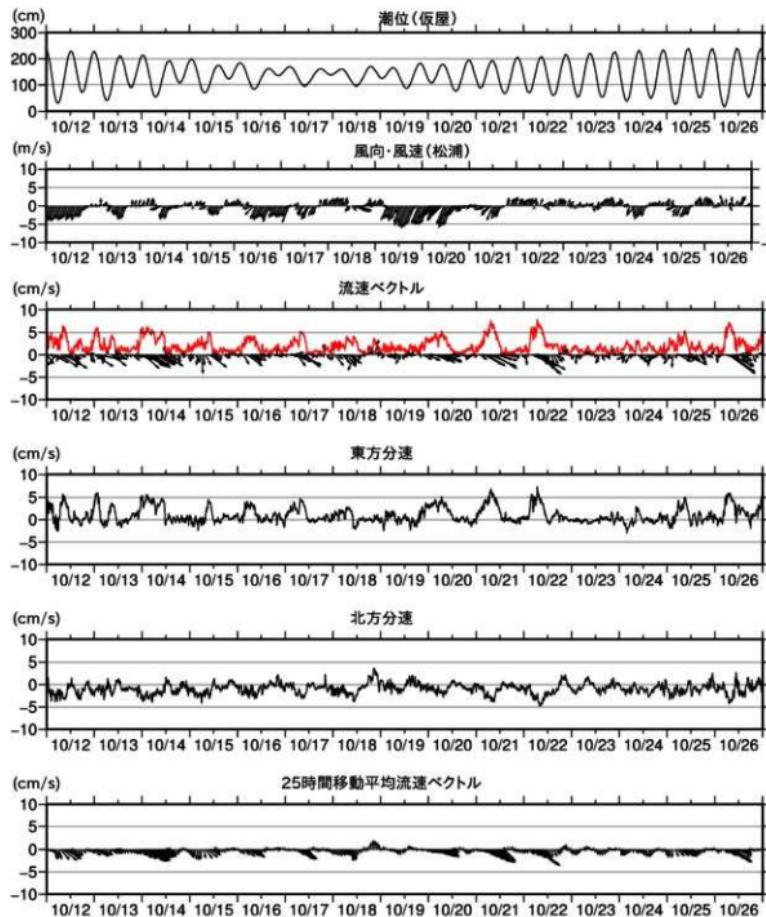
潮流調査地点2下層では、潮流による往復流が卓越しており、大潮期に流速が大きくなる傾向が見られた。平均的な流れは、風向きとは一致しない。

潮流調査地点3上層では、潮流による往復流が卓越しており、大潮期に流速が大きくなる傾向が見られた。平均的な流れは、風向きとは一致しない。

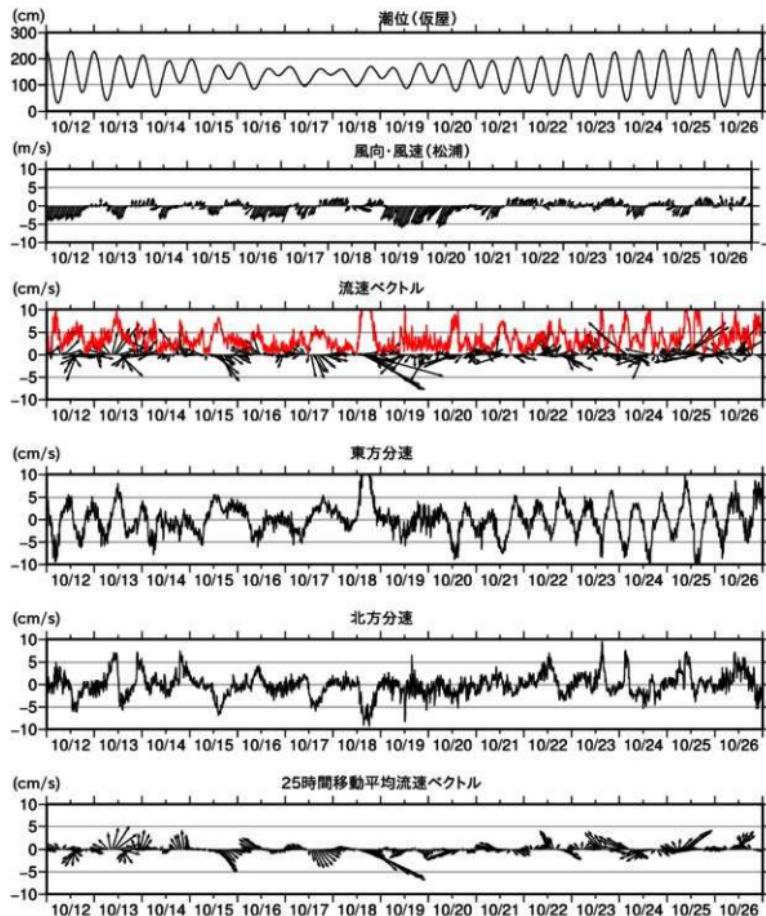
潮流調査地点 3 下層では、潮流による往復流が卓越しており、大潮期に流速が大きくなる傾向が見られた。平均的な流れは、風向きとは一致しない。



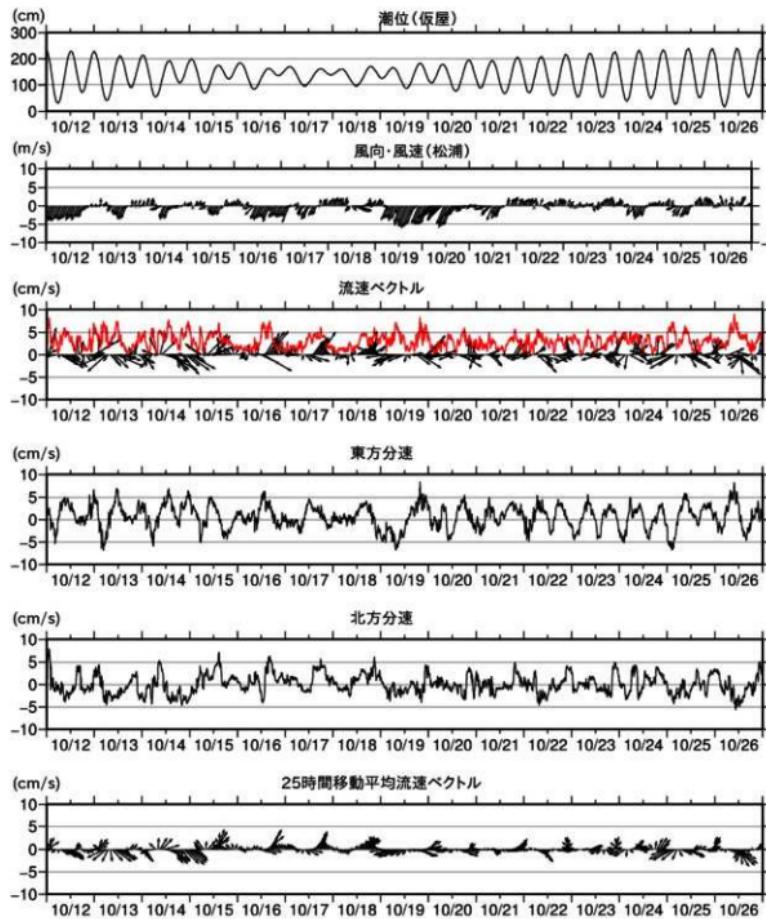
第 125 図 流速時系列（潮流調査地点 1 上層）



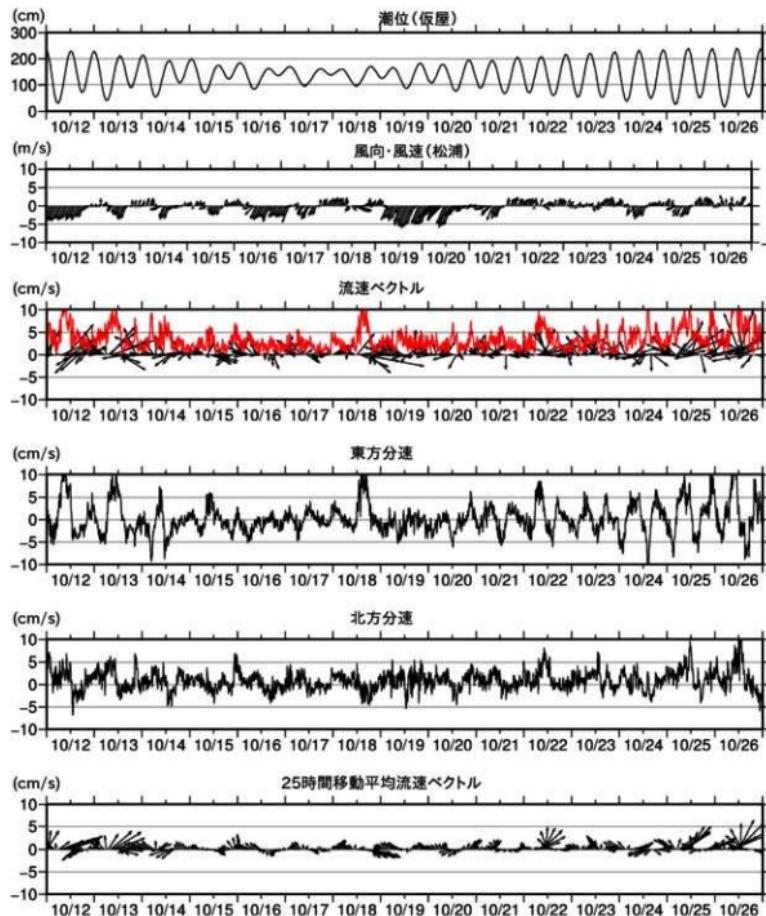
第 126 図 流速時系列（潮流調査地点 1 下層）



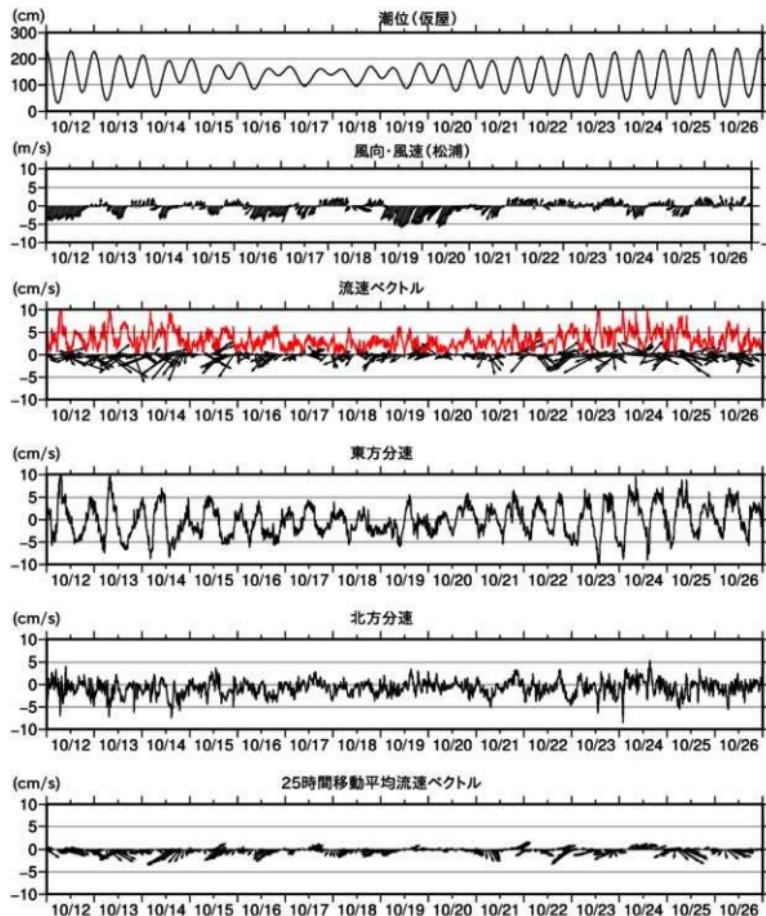
第 127 図 流速時系列（潮流調査地点 2 上層）



第 128 図 流速時系列（潮流調査地点 2 下層）



第 129 図 流速時系列（潮流調査地点 3 上層）



第 130 図 流速時系列（潮流調査地点 3 下層）

4. データ整理・解析

(1) 水質分析結果

各水質調査地点で採水した試料について、SS と濁度(FTU)を測定した。結果を表 45 に示す。各地点ともに濁度については水質調査結果と同様な値を示した。また、SS については水質調査地点 1 および 2 では 2 ~ 3 mg/L を示し、水質調査地点 3 では 1 mg/L 以下であった。

表 45 水質試料分析結果 ※SS の定量下限値 : 1mg/L

試料名		SS(mg/L)	濁度(FTU)
水質調査地点 1 (一石型木製桟)	上層	2	1.0
	下層	2	1.2
水質調査地点 2 (鷹島 1 号沈船)	上層	2	1.0
	下層	3	1.8
水質調査地点 3 (鷹島 2 号沈船)	上層	定量下限値未満	0.8
	下層	1	0.9

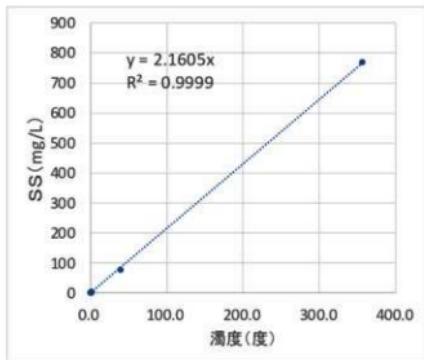
濁度試験において疑似的発掘行動を行った際に、潜水士により濁り発生下における海水を採水し、水質分析を行った。結果を表 46 に示す。また、表 45 と表 46 の結果を用いて、SS と濁度の関係を調べた。結果を第 131 図に示す。

表 46 疑似的発掘行動時における採水試料分析結果

試料名		SS(mg/L)	濁度(FTU)
濁度試験	1	770	356.0
	2	78	39.7

第 131 図において、すべての点が 1 本の直線上 ($y = 2.1605x$) に分布していることから、水質調査地点における採水試料における SS と濁度の比例関係と、疑似的発掘行動時の採水試料の SS と濁度の比例関係は同一であるといえる。

SS とは水中に懸濁している物質の重さを示し、濁度とは水中に物質が懸濁することにより低下する透過度を示しているといえる。SS と濁度の比例関係が異なるということは、懸濁している物質が異なることを意味する。反対に、比例関係が同じであるということは、同様な（光の透過性や密度が概ね同じ性質を持つ）物質が懸濁していると考えることができる。したがって、濁度試験を行った地点は、水質調査地点すなわち発掘事業が行われる地点と異なるが、底質環境は同様であり、今回の濁度試験により発掘時の濁り発生量を把握することの妥当性が確認できた。



第 131 図 SS と濁度の関係

(2) 粒度分析結果

拡散影響シミュレーションでは、底質を水中ドレッジで吸い込み、数～数十m離れた場所に排出した場合の濁りについて推定する。底質は様々な粒径の土砂が含まれており、それぞれの沈降速度（比重により降下する速度）が異なるため、対象となる海域の底質に含まれる粒径分布をシミュレーションに組み込む必要がある。そこで、濁度試験を行った場所において、アクリルパイプによる柱状採泥を行い、海底面下 0～20cm および 20cm～40cm の底質粒径分布（粒度分布）について分析した。結果を第 132 図に示す。

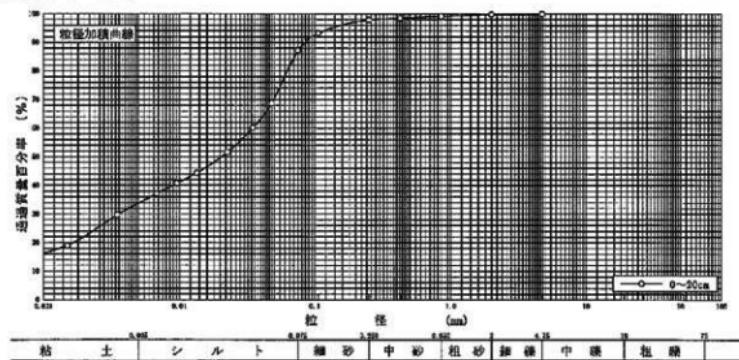
第 132 図は粒径加積曲線とよばれ、粒径階級（粒径の段階。本試験では 21 段階）ごとにその質量百分率（試料の全質量に対する割合）を求め、粒径階級の小さいものから質量百分率を積み上げたグラフである。第 132 図を見ると、海底面下 0～20cm のグラフは、20～40cm に比べて、シルト域での曲線の立ち上がりが急であることから、ややシルトの含有率が多いことが分かる。

0～20cm および 20～40cm の粒度分析結果を表 47 にまとめた。双方を比較すると、礫分有無などに違いがあるが、0～20cm の礫分質量も全体質量の 0.2% に過ぎず、砂分やシルト・粘土分の割合も概ね同程度であるため、海底面下 0～40cm は均一な底質であるといえる。

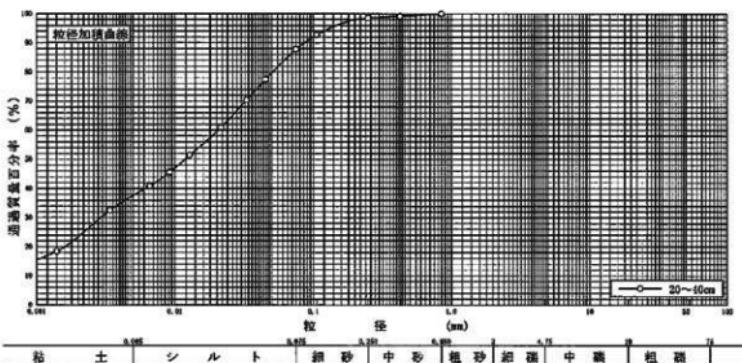
項目	0～20cm	20～40cm
礫分（粒径 2mm 以上）	0.2%	0%
砂分（粒径 0.075～2mm）	12.5%	12.1%
シルト・粘土分（0.01～0.075mm）	87.3%	87.9%
最大粒径	4.75mm	0.850mm
中央粒径	0.0205mm	0.0118mm
土粒子の密度	2.639g/cm ³	2.658 g/cm ³

表 47 粒度分析結果

海底面下 0~20cm



海底面下 20~40cm



第132図 粒径加積曲線

(3) 潮流調査記録解析

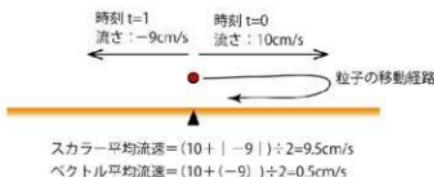
電磁流速計と超音波流速計は、機器内の磁石によって流向を決めている。したがって、両機器によって得られる流向は、磁北を基準としており、磁北から流向までの角度として記録されている。

磁気偏角は、時間と場所によって異なる。本業務の対象海域は鷹島南部であり、磁気偏角は 6.59 度西偏であった。そこで、電磁流速計で得られた流向は、真北を基準とした方向に修正した。

潮流調査結果を用いて統計解析を行った。統計解析の内容は、平均流速（スカラーハー平均流速及びベクトル平均流速）の算定、期間最大流速とその流向及び起時の抽出である。

スカラー平均流速とは、流れの瞬間的な大きさの絶対値の時間平均である。また、ベクトル平均流速とは流れのベクトル的（流れの速さと向きを考慮する）な平均流速である。第133図にスカラーアンドベクトル平均の概念図を示す。図は、ある場所において、時刻t=0には右向きに10cm/sの流れがあり、時刻t=1には左向きに9cm/sの流れがある状況を示している。この場合、スカラーアンドベクトル平均流速は、流速の絶対値を平均するので、時刻t=0からt=1までの平均値は9.5cm/sとなる。一方、ベクトル平均では流向を考慮して平均するので、図中に示したように平均値は0.5cm/sとなる。実際には流速ベクトルを東方成分と北方成分に分け、それぞれの平均値からベクトル合成して求める。

第133図の赤丸は粒子を示すが、時刻t=0からt=1までの間に、図に示した矢印のような移動経路で移動すると考えられる。時刻t=0とt=1では流向が正反対であるので、粒子は一度遠くへ移動するが、再度元の場所の近くへ戻ってくる。この移動の速さは流速の差から1秒間に0.5cmと計算できる。したがって、ある場所の粒子の移動に着目した場合は、ベクトル平均を用いる方が適していると言える。



第133図 スカラーアンドベクトル平均

各地点・各層におけるスカラーアンドベクトル平均流速とベクトル平均流速および最大流速とその起日を表48～表50にまとめた。また、第134図～第136図には流向別（16階級）に流速階級（0～12cm/sまでを2cm/sごと6階級）ごとの出現頻度を風配図として示した。

風配図とは、同心円を16方位に分け、各方位の出現頻度を、同心円の中心からの距離によって表したものである。さらに、流速階級を色分けすることで、流向別流速出現頻度を表現することができる。

潮流調査地点1の上層においては、流速は最大9.9cm/s（起日：2018年10月19日16時10分）、スカラーアンドベクトル平均流速は2.7cm/sであった。また、ベクトル平均流速は1.4cm/sで南南東（167.4°）に流れしており、周辺の入り江地形に沿った流れであった。

潮流調査地点1の下層においては、流速は最大8.0cm/s（起日：2018年10月22日6時40分）、スカラーアンドベクトル平均流速は2.0cm/sであった。また、ベクトル平均流速は1.4cm/sで南東（131.5°）に流れしており、概ね周辺の入り江地形に沿った流れであった。

統計期間平成 30 年 10 月 12 日～10 月 27 日

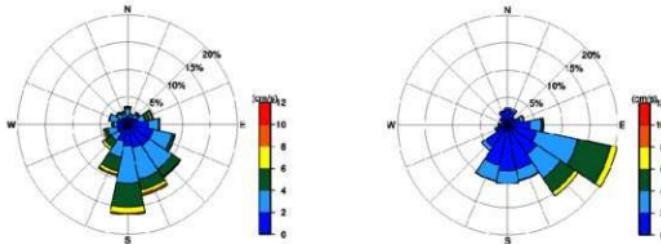
上層（海面下 1 m）

スカラー平均流速	2.7cm/s			
ベクトル平均流速	流速	1.4 cm/s	流向	167.4°
	東西成分	0.3 cm/s	南北成分	-1.3 cm/s
最大流速	9.9cm/s	起日	平成 30 年 10 月 19 日 16 時 10 分	

下層（海底上 1 m）

スカラー平均流速	2.0cm/s			
ベクトル平均流速	流速	1.4 cm/s	流向	131.5°
	東西成分	1.1 cm/s	南北成分	-0.9 cm/s
最大流速	8.0cm/s	起日	平成 30 年 10 月 22 日 6 時 40 分	

表 48 潮流調査結果（潮流調査地点 1）



第 134 図 流向別流速頻度（潮流調査地点 1）

潮流調査地点 2 の上層においては、流速は最大 18.0cm/s（起日：2018 年 10 月 18 日 15 時 50 分）、スカラー平均流速は 3.6cm/s であった。また、ベクトル平均流は 0.1cm/s で南東（134.7°）に流れしており、概ね岸地形に沿った流れであった。

潮流調査地点 2 の下層においては、流速は最大 9.2cm/s（起日：2018 年 10 月 26 日 9 時 50 分）、スカラー平均流速は 3.1cm/s であった。また、ベクトル平均流は 0.6cm/s で東（81.4°）に流れしており、概ね海底地形に沿った流れであった。

統計期間平成 30 年 10 月 12 日～10 月 27 日

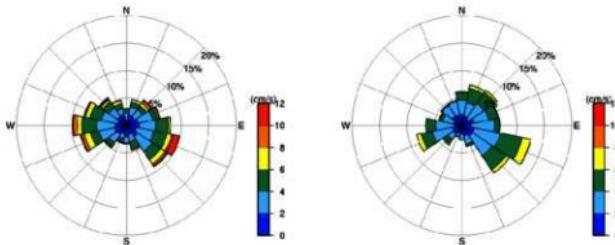
上層（海面下 1 m）

スカラー平均流速	3.6cm/s			
ベクトル平均流速	流速	0.1cm/s	流向	134.7°
	東西成分	0.1 cm/s	南北成分	-0.1 cm/s
最大流速	18.3cm/s	起日	平成 30 年 10 月 18 日 15 時 50 分	

下層（海底上 1 m）

スカラー平均流速	3.1cm/s			
ベクトル平均流速	流速	0.6 cm/s	流向	81.4°
	東西成分	0.6 cm/s	南北成分	0.1 cm/s
最大流速	9.2cm/s	起日	平成 30 年 10 月 26 日 9 時 50 分	

表 49 潮流調査結果（潮流調査地点 2）



第 135 図 流向別流速頻度（潮流調査地点 2）

潮流調査地点 3 の上層においては、流速は最大 15.1cm/s（起日：2018 年 10 月 26 日 10 時 20 分）、スカラー平均流速は 3.4cm/s であった。また、ベクトル平均流は 0.9cm/s で北北東（14.3°）に流れしており、概ね海底地形に沿った流れであった。

潮流調査地点 3 の下層においては、流速は最大 12.7cm/s(起日:2018 年 10 月 12 日 6 時 50 分)、スカラー平均流速は 3.3cm/s であった。また、ベクトル平均流は 0.8cm/s で南南西（190.1°）に流れしており、概ね海底地形に沿った流れであった。

統計期間平成 30 年 10 月 12 日～10 月 27 日

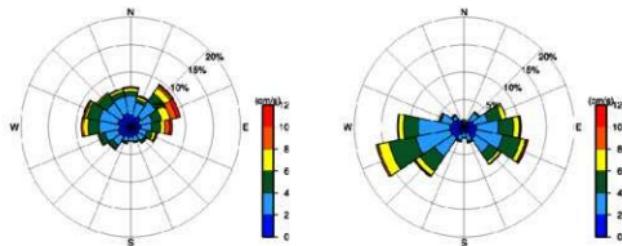
上層（海面下 1m）

スカラー平均流速	3.4cm/s			
ベクトル平均流速	流速	0.9cm/s	流向	14.3°
	東西成分	0.2 cm/s	南北成分	0.9 cm/s
最大流速	15.1cm/s	起日	平成 30 年 10 月 26 日 10 時 20 分	

下層（海底上 1m）

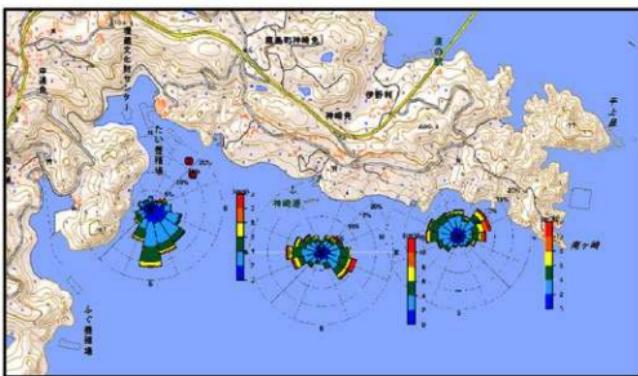
スカラー平均流速	3.3cm/s			
ベクトル平均流速	流速	0.8 cm/s	流向	190.1°
	東西成分	-0.1 cm/s	南北成分	-0.8 cm/s
最大流速	12.7cm/s	起日	平成 30 年 10 月 12 日 6 時 50 分	

表 50 潮流調査結果（潮流調査地点 3）

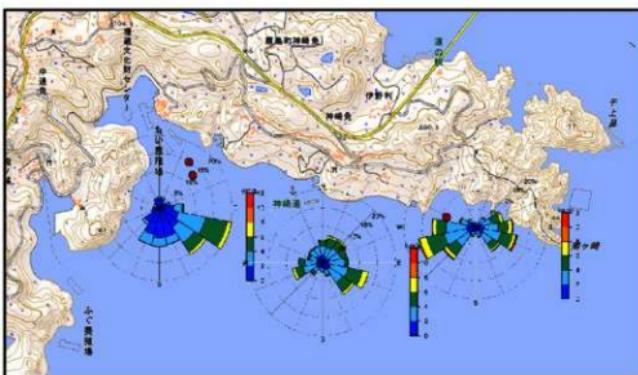


第 136 図 流向別流速頻度（潮流調査地点 3）

上層（海面下 1 m）



下層（海底上 1 m）



第 137 図 各調査地点の流向別流速頻度と地形の関係

(4) 調和分解

潮流の現象は、月や太陽の運行と密接な関係にある。月や太陽による海洋への作用は、これら天体の位置などにより複雑に変化する。しかし、現象の大部分は周期的変動が重なったものであり、個々の周期変動がそれぞれ仮想天体によって生じると考え、この一つの周期成分を分潮という。厳密に考えれば分潮は無数に存在すると考えられるが、観測資料から分離できる分潮の数は観測資料の期間によって異なり、15 日間の資料からは 10 分潮、30 日間の資料からは 13 分潮、1 年間の資料からは 60 分潮が分離できる。60 日間の流れのデータから分離できる 13 個の分潮の名

称、記号名、周期、角速度を表 51 に示す。

表 51 調和定数の諸元

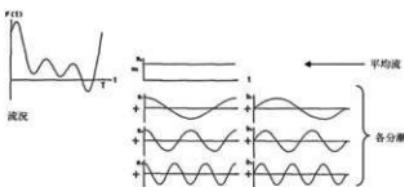
周期	記号	名称	角速度	周期(時間)
日周潮	K ₁	日月合成日周潮	15.04	23.93
	O ₁	主太陰日周潮	13.94	25.82
	P ₁	主太陽日周潮	14.96	24.07
	Q ₁	主太陰梢率潮	13.40	26.87
半日周潮	M ₂	主太陰半日周潮	28.98	12.42
	S ₂	主太陽半日周潮	30.00	12.00
	K ₂	日月合成半日周潮	30.08	11.97
	L ₂	副太陰梢率潮	29.53	12.19
	v ₂	主太陰出差潮	28.51	12.63
	N ₂	主太陰梢率潮	28.44	12.66
倍潮	M ₄	太陰1/4日周潮	57.97	6.21
複合潮	MS ₄	複合潮	58.98	6.10
	μ ₂	太陰二均差潮	27.97	12.87

調和分解は、東方成分及び北方成分の2成分について行う。それぞれの成分の流れ $U_{(t)}$ は、以下の式で表すことができる。

$$U_{(t)} = U_0 + \sum f_n U_n \cos(V_{0,n} + \sigma_n t - K_n)$$

ここで、 n 、 U_0 、 f_n 、 $V_{0,n}$ は、それぞれ各分潮を示す添え字、平均流速、月の昇降点運動による約 18.6 年を周期とした僅かに変化する 1 に近い数および紀元時における各分潮の天文引数を示す。また、 $\sigma_n t$ 、 t 、 U_n 、 K_n は、それぞれ各分潮の角速度、紀元時からの時間、観測データから求められる各分潮の振幅および観測データから求められる各分潮の逕角を示す。特に、観測データから求められる各分潮の振幅と逕角は、これらが分かれれば分潮を予測できるので、調和定数と呼ぶ。

観測結果からこれらの調和定数を算出することを調和解析(harmonic analysis)と呼ぶ。この内、振幅が大きく実用上重要とされているのは、M₂分潮、S₂分潮、K₁分潮、O₁分潮であり、主要4分潮と呼ばれている。ここで、逕角とは、各分潮の仮想天体が子午線上を通過してから、流速が最大となるまでの時間の遅れを表している。



第 138 図 流況と分潮成分や平均流の関係

(引用文献：柳哲雄(1987)：潮汐・潮流の話，創風社出版)

各潮流調査地点における調和分解結果を表 53～表 58 に示す。また、各潮流調査地点における主要 4 分潮の潮流振幅を表 52 に示す。

各分潮成分を比較すると、潮流調査地点 1 を除いて、 M_2 分潮が卓越する傾向が見られた。潮流調査地点 1 については、潮流成分が他の 2 地点に比べて小さく、 K_1 分潮振幅が、 M_2 分潮振幅と同程度もしくはやや大きい傾向が見られた。

表 52 各潮流調査地点における主要 4 分潮の潮流振幅 (単位 : cm/s)

潮流調査地点		M_2		S_2		K_1		O_1	
		北方	東方	北方	東方	北方	東方	北方	東方
1	上層	0.6	0.6	0.7	0.4	0.9	0.5	0.1	0.4
	下層	0.3	0.4	0.2	0.5	0.7	1.1	0.2	0.3
2	上層	0.8	3.0	0.4	1.7	1.0	0.9	0.5	1.2
	下層	0.3	2.2	0.1	1.0	0.8	1.1	0.6	0.7
3	上層	0.2	2.5	0.6	1.6	1.0	0.7	0.2	1.1
	下層	0.4	2.8	0.2	1.9	0.2	0.7	0.3	0.8

調査点：潮流調査地点1
 観測層：上層(海面下1m)
 緯度：北緯 33° 25' 37"
 経度：東經 129° 45' 52"
 解析期間：2018年10月12日00時00分00秒 ~ 2018年10月27日01時00分00秒
 方位：6.6° TRU

分潮	北方分速		東方分速		横円要素			主流向 72°		
	流速 (cm/s)	遡角 (°)	流速 (cm/s)	遡角 (°)	軸	流向 (°)	流速 cm/s	遡角 (°)	流速 cm/s	遡角 (°)
K ₁	0.9	23.7	0.5	284.3	L S	171.9 81.9	0.9 0.5	-84.1 5.9	0.8	12.5
O ₁	0.1	101.9	0.4	54.2	L S	76.5 346.5	0.4 0.1	58.2 148.2	0.2	78.1
P ₁	0.9	142.7	0.5	37.7	L S	348.3 258.3	0.9 0.5	81.4 171.4	0.8	131.9
Q ₁	0.5	222.0	0.2	218.8	L S	19.6 289.6	0.5 0.0	-23.4 66.6	0.6	221.6
M ₂	0.6	202.6	0.6	221.4	L S	-133.8 136.2	0.9 0.1	-67.2 22.8	0.8	207.4
S ₂	0.7	278.7	0.4	224.1	L S	199.8 109.8	0.7 0.3	-89.1 0.9	0.7	271.4
K ₂	0.8	317.3	0.4	279.9	L S	203.5 293.5	0.7 0.2	-78.5 11.5	0.8	312.1
N ₂	0.8	18.2	0.3	318.4	L S	190.8 100.8	0.9 0.3	29.6 119.6	0.9	12.8
M ₄	0.1	244.1	0.1	11.6	L S	314.9 44.9	0.2 0.1	18.6 108.6	0.1	262.4
MS ₄	0.1	109.0	0.2	271.7	L S	114.9 204.9	0.2 0.0	-4.8 85.2	0.0	140.9
平均流 (恒流)	-1.3		0.3			-77.6	1.4		-1.2	

表 53 調和定数表（潮流調査地点1 上層）

調査点：潮流調査地点1
 観測層：下層(海底上1m)
 緯度：北緯 33° 25' 37"
 経度：東經 129° 45' 52"
 解析期間：2018年10月12日00時00分00秒 ~ 2018年10月27日01時00分00秒
 方位：6.6° TRU

分潮	北方分速		東方分速		横円要素			主流向 232°		
	流速 (cm/s)	遡角 (°)	流速 (cm/s)	遡角 (°)	軸	流向 (°)	流速 cm/s	遡角 (°)	流速 cm/s	遡角 (°)
K ₁	0.7	223.2	1.1	27.9	L S	304.0 34.0	1.3 0.2	-79.7 10.3	0.2	154.2
O ₁	0.2	115.3	0.3	257.3	L S	128.0 218.0	0.3 0.1	-87.3 2.7	0.1	3.3
P ₁	0.8	344.3	1.1	149.1	L S	124.3 214.3	1.3 0.2	86.4 176.4	0.2	274.2
Q ₁	0.1	60.2	0.4	301.6	L S	100.7 10.7	0.4 0.1	53.2 143.2	0.2	148.5
M ₂	0.3	217.1	0.4	237.6	L S	-123.1 146.9	0.5 0.1	-48.2 41.8	0.4	48.2
S ₂	0.2	325.6	0.5	249.5	L S	443.6 -6.4	0.5 0.2	72.0 162.0	0.4	93.0
K ₂	0.2	5.5	0.6	295.1	L S	441.1 171.1	0.5 0.2	89.1 179.1	0.5	137.2
N ₂	0.2	359.9	0.1	295.3	L S	204.2 114.2	0.2 0.1	0.7 90.7	0.2	158.1
M ₄	0.1	148.6	0.1	290.7	L S	311.8 41.8	0.2 0.1	-71.5 18.5	0.1	27.8
MS ₄	0.2	263.0	0.1	9.7	L S	333.6 63.6	0.2 0.1	-35.6 54.4	0.1	119.8
平均流 (恒流)	-0.9		1.1			-41.6	1.4		0.1	

表 54 調和定数表（潮流調査地点1 下層）

調査点：潮流調査地点2
 観測層：上層(海面下1m)
 紋度：北緯 32° 25' 28"
 経度：東経 129° 46' 34"
 解析期間：2018年10月12日00時00分00秒 ~ 2018年10月27日01時00分00秒
 方位：6.6° TRU

分潮	北方分速		東方分速		横円要素			主流向 97°		
	流速 (cm/s)	運角 (°)	流速 (cm/s)	運角 (°)	軸	流向 (°)	流速 cm/s	運角 (°)	流速 cm/s	
K ₁	1.0	33.8	0.9	231.6	L S	138.6 48.6	1.3 0.2	-70.8 19.2	1.1	35.6
O ₁	0.5	256.8	1.2	130.4	L S	286.9 196.9	1.2 0.4	-54.7 35.3	0.6	267.5
P ₁	1.1	154.6	1.0	353.9	L S	138.9 48.9	1.5 0.2	-84.6 5.4	1.2	156.4
Q ₁	0.2	148.7	0.7	298.7	L S	102.3 192.3	0.6 0.1	55.1 145.1	0.2	138.8
M ₂	0.8	115.1	3.0	239.0	L S	-81.4 188.6	3.1 0.7	-38.8 51.2	1.0	97.8
S ₂	0.4	291.6	1.7	272.7	L S	258.0 168.0	1.8 0.1	-86.5 35	0.2	312.0
K ₂	0.4	315.8	2.1	321.3	L S	259.1 169.1	1.9 0.0	-68.2 21.8	0.2	306.3
N ₂	0.2	316.2	1.6	103	L S	265.1 355.1	1.6 0.2	24.4 114.4	0.2	261.6
M ₄	0.1	197.7	0.1	272.3	L S	14.9 104.9	0.1 0.1	74 97.4	0.1	193.3
MS ₄	0.3	214.7	0.4	356.7	L S	310.9 40.9	0.5 0.2	-86.4 3.6	0.3	210.3
平均流 (恒流)	-0.1		0.1			-45.3	0.1		-0.1	

表 55 調和定数表（潮流調査地点2 上層）

調査点：潮流調査地点2
 観測層：下層(海底上1m)
 紋度：北緯 32° 25' 28"
 経度：東経 129° 46' 34"
 解析期間：2018年10月12日00時00分00秒 ~ 2018年10月27日01時00分00秒
 方位：6.6° TRU

分潮	北方分速		東方分速		横円要素			主流向 76°		
	流速 (cm/s)	運角 (°)	流速 (cm/s)	運角 (°)	軸	流向 (°)	流速 cm/s	運角 (°)	流速 cm/s	
K ₁	0.8	255.3	1.1	161.0	L S	279.5 189.5	1.1 0.8	41.0 131.0	0.8	237.7
O ₁	0.6	61.7	0.7	102.9	L S	48.7 138.7	0.8 0.3	85.5 175.5	0.7	70.2
P ₁	0.9	11.1	1.0	282.1	L S	266.8 176.8	1.0 0.9	37.3 127.3	0.9	355.0
Q ₁	0.5	283.8	0.5	244.8	L S	44.3 314.3	0.7 0.2	19.8 109.6	0.6	276.4
M ₂	0.3	311.5	2.2	222.7	L S	-90.2 359.8	2.3 0.3	-56.9 33.1	0.6	252.9
S ₂	0.1	270.6	1.0	279.3	L S	262.4 -7.6	1.0 0.0	-80.8 9.2	0.4	276.2
K ₂	0.1	338.1	1.4	326.2	L S	264.0 354.0	1.2 0.0	-62.9 27.1	0.5	329.8
N ₂	0.1	297.8	1.2	8.6	L S	268.5 358.5	1.2 0.1	23.1 113.1	0.3	353.6
M ₄	0.1	232.2	0.3	260.8	L S	65.1 155.1	0.3 0.1	56.3 146.3	0.2	241.6
MS ₄	0.2	27.0	0.2	306.4	L S	194.3 104.3	0.2 0.2	-82.9 7.1	0.2	17.0
平均流 (恒流)	0.1		0.6			9.1	0.7		0.3	

表 56 調和定数表（潮流調査地点2 下層）

調査点：潮流調査地点3
 観測層：上層(海面下1m)
 緯度：北緯 33° 25' 32"
 経度：東経 129° 46' 59"
 解析期間：2018年10月12日00時00分00秒 ~ 2018年10月27日01時00分00秒
 方位：6.6° TRU

分潮	北方分速		東方分速		横円要素			主流向 155°	
	流速 (cm/s)	運角 (°)	流速 (cm/s)	運角 (°)	輪	流向 (°)	流速 cm/s	運角 (°)	流速 cm/s
K ₁	1.0	21.5	0.7	94.7	L	199.5	1.0	-78.3	0.6
					S	289.5	0.6	11.7	312.5
O ₁	0.2	200.9	1.1	111.1	L	270.0	1.0	-68.1	1.0
					S	180.0	0.1	21.9	287.2
P ₁	1.1	143.0	0.7	220.3	L	11.0	1.1	81.7	0.7
					S	101.0	0.6	171.7	82.9
Q ₁	0.4	229.2	0.6	287.4	L	63.6	0.6	28.7	0.5
					S	153.6	0.3	118.7	125.1
M ₂	0.2	317.2	2.5	210.1	L	-88.5	2.6	-69.8	2.3
					S	15	0.2	20.4	27.9
S ₂	0.6	304.2	1.6	260.3	L	433.3	1.7	84.6	1.3
					S	-16.7	0.4	174.6	72.2
K ₂	0.7	347.8	2.0	306.5	L	255.3	1.8	-79.7	1.6
					S	345.3	0.4	10.3	119.9
N ₂	0.4	21.1	1.5	348.7	L	257.2	1.6	5.1	1.2
					S	167.2	0.2	95.1	164.6
M ₄	0.1	0.4	0.4	259.5	L	95.0	0.4	58.4	0.4
					S	50	0.1	148.4	69.7
MS ₄	0.2	19.2	0.3	296.3	L	79.9	0.4	23.8	0.3
					S	349.9	0.2	113.8	97.4
平均流 (恒流)	0.9		0.2			76.1	0.9		0.2

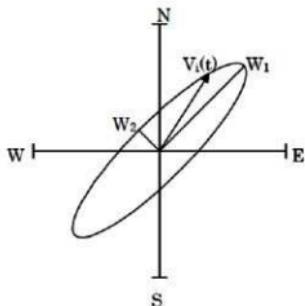
表 57 調和定数表（潮流調査地点3 上層）

調査点：3
 観測層：下層(海底上1m)
 緯度：北緯 33° 25' 32"
 経度：東経 129° 46' 59"
 解析期間：2018年10月12日00時00分00秒 ~ 2018年10月27日01時00分00秒
 方位：6.6° TRU

分潮	北方分速		東方分速		横円要素			主流向 131°	
	流速 (cm/s)	運角 (°)	流速 (cm/s)	運角 (°)	輪	流向 (°)	流速 cm/s	運角 (°)	流速 cm/s
K ₁	0.2	175.6	0.7	63.7	L	277.5	0.7	-51.0	0.6
					S	187.5	0.2	39.0	226.8
O ₁	0.3	351.2	0.8	33.9	L	71.9	0.8	29.8	0.4
					S	161.9	0.2	119.8	240.4
P ₁	0.3	283.0	0.8	189.0	L	271.4	0.8	-59.1	0.6
					S	181.4	0.3	30.9	349.4
Q ₁	0.3	226.1	0.7	230.8	L	69.6	0.7	-14.8	0.3
					S	159.6	0.0	75.2	54.3
M ₂	0.4	184.4	2.8	192.0	L	-97.3	2.9	-87.7	1.6
					S	172.7	0.0	2.3	13.3
S ₂	0.2	87.5	1.9	255.5	L	456.3	1.9	75.6	1.4
					S	-173.7	0.0	165.6	76.9
K ₂	0.2	128.3	2.3	300.4	L	275.3	2.0	-88.9	1.7
					S	185.3	0.0	1.1	121.1
N ₂	0.3	323.8	2.0	338.2	L	261.4	2.1	-7.5	1.1
					S	351.4	0.1	82.5	161.3
M ₄	0.1	45.3	0.5	253.8	L	102.0	0.5	53.2	0.4
					S	12.0	0.1	143.2	67.7
MS ₄	0.3	189.3	0.5	309.4	L	109.9	0.5	38.9	0.5
					S	199.9	0.2	128.9	152.5
平均流 (恒流)	-0.8		-0.1			-99.9	0.8		-0.5

表 58 調和定数表（潮流調査地点3 下層）

潮流の調和分解により得られた東方成分と北方成分の調和定数から、それぞれ分潮別に1周期の流速ベクトルを作成し、その先端を結ぶと橢円形状になる。これを潮流橢円と呼び、各分潮の強さや流向を視覚的に把握することができるものである。潮流橢円は、下図に示すように潮流ベクトル($V_{t(t)}$)の先端を1潮時間結んだものである。長軸長 W_1 が最大流速、短軸長 W_2 が最小流速を表し、原点と橢円上の任意の点を結ぶベクトルは、その時刻における各分潮流の流向・流速を示している。例えば、 $t=0$ となるときの流速ベクトルは、仮想天体が南中したときの流速を示す。



第139図 潮流橢円

潮流調査地点1の上層については、 M_2 分潮と K_1 分潮及び S_2 分潮が概ね同程度の長軸長を持ち、海岸地形に準じた方向を向いていた。一方、 O_1 分潮は 0.5cm/s 以下の長軸長であった。

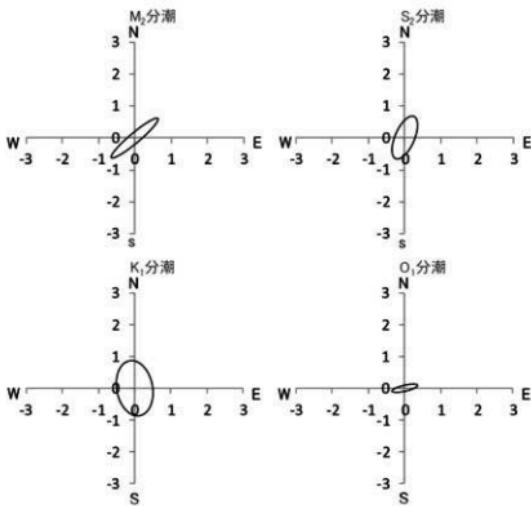
潮流調査地点1の下層については、 K_1 分潮が最も大きな長軸長を持っていた。また、半日周潮(12時間程度の周期を持つ分潮。ここでは $M_2 \cdot S_2$ 分潮を指す)は海岸地形に概ね平行な長軸方向であったが、日周潮(24時間程度の周期を持つ分潮。ここでは $K_1 \cdot O_1$ 分潮を指す)は岸に向かう方向へ橢円長軸が傾いていた。

潮流調査地点2の上層については、 M_2 分潮と S_2 分潮が概ね同程度の長軸長を持ち、海岸地形に準じた方向を向いていた。一方、 K_1 分潮と O_1 分潮は 1.0cm/s 程度の長軸長であった。

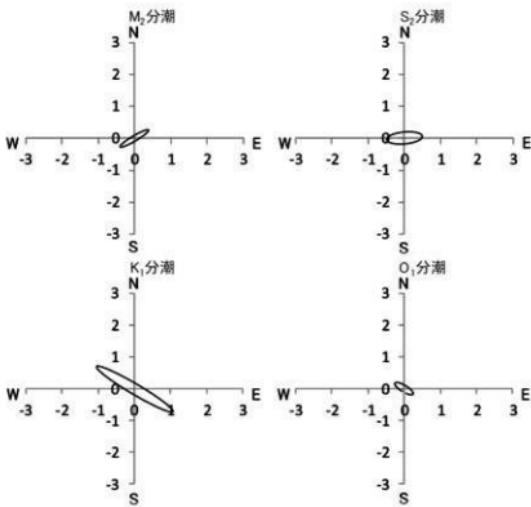
潮流調査地点2の下層については、 M_2 分潮と S_2 分潮が概ね同程度の長軸長を持ち、海岸地形に準じた方向を向いていた。一方、 K_1 分潮と O_1 分潮は 1.0cm/s 程度の長軸長であった。

潮流調査地点3の上層については、 M_2 分潮と S_2 分潮が概ね同程度の長軸長を持ち、海岸地形に準じた方向を向いていた。一方、 K_1 分潮と O_1 分潮は 1.0cm/s 程度の長軸長であった。

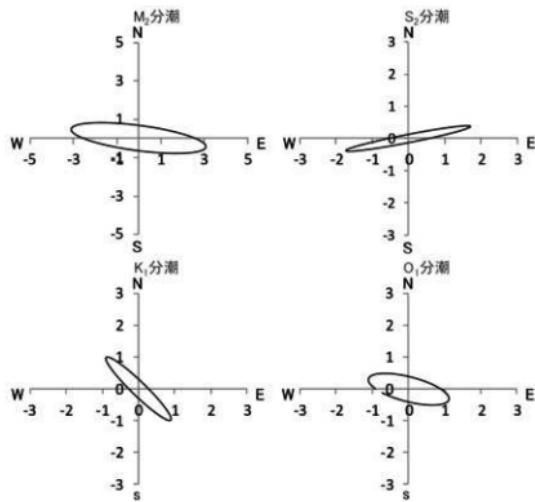
潮流調査地点3の下層については、 M_2 分潮と S_2 分潮が概ね同程度の長軸長を持ち、海岸地形に準じた方向を向いていた。一方、 K_1 分潮と O_1 分潮は 1.0cm/s 程度の長軸長であった。



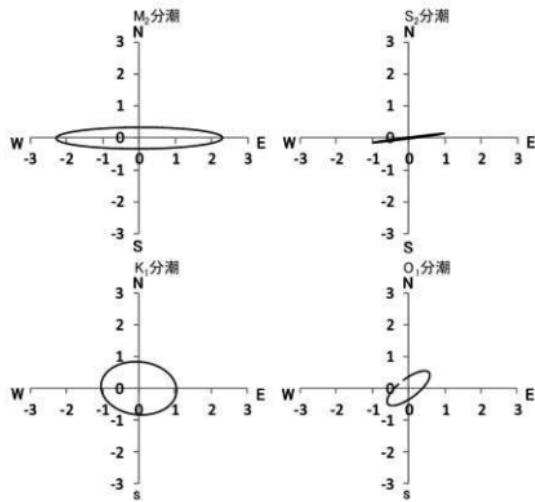
第140図 主要4分潮の潮流椭円（潮流調査地点1 上層）



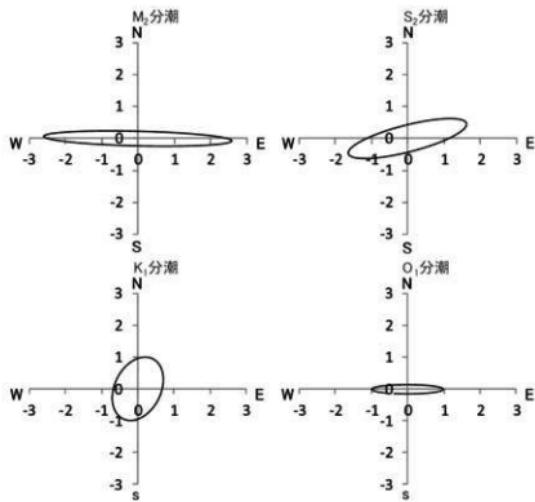
第141図 主要4分潮の潮流椭円（潮流調査地点1 下層）



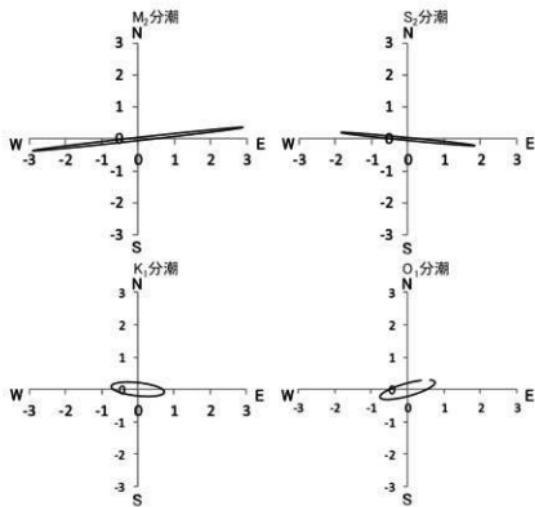
第142図 主要4分潮の潮流楕円（潮流調査地点2 上層）



第143図 主要4分潮の潮流楕円（潮流調査地点2 下層）

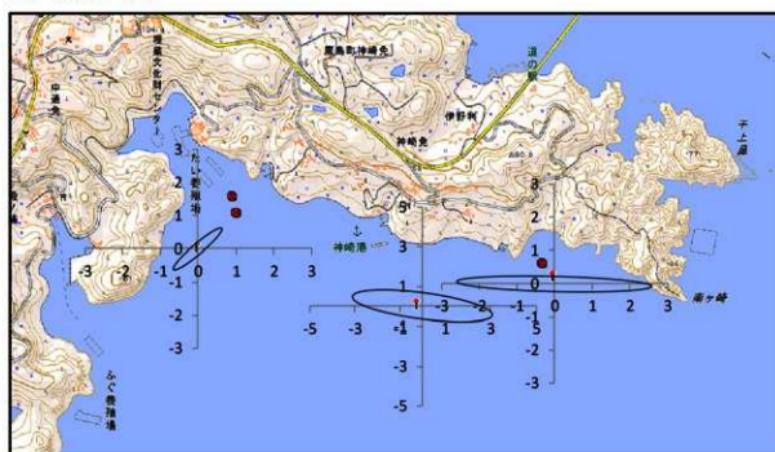


第144図 主要4分潮の潮流楕円（潮流調査地点3 上層）

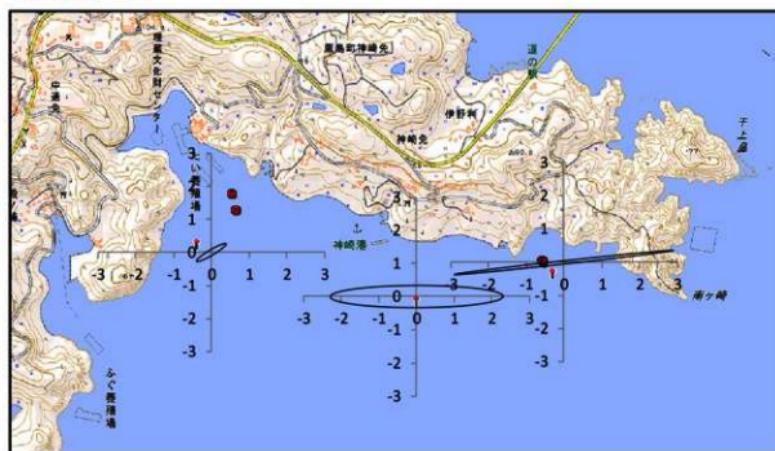


第145図 主要4分潮の潮流楕円（潮流調査地点3 下層）

上層（海面下 1m）



下層（海底上 1m）



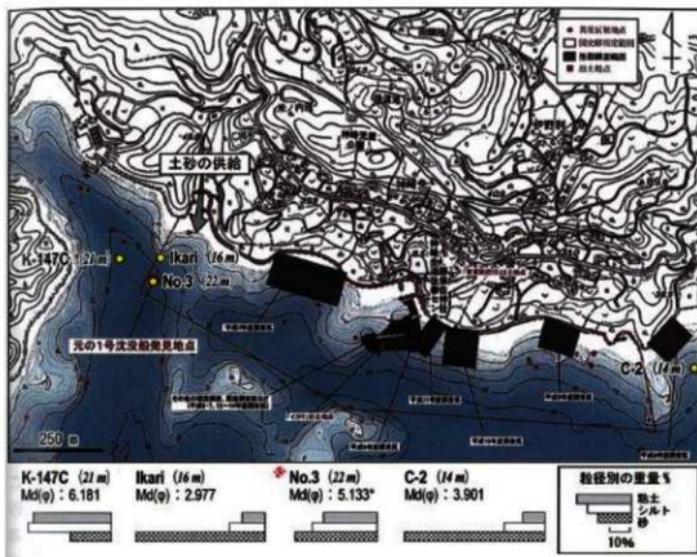
第 146 図 M_2 分潮潮流椭円の分布

5. 漪り拡散計算

事業に関する概要や、渪りの拡散影響シミュレーションに必要な海底地形や現地底質データ等についての資料を収集し整理した。

(1) 対象海域周辺の底質

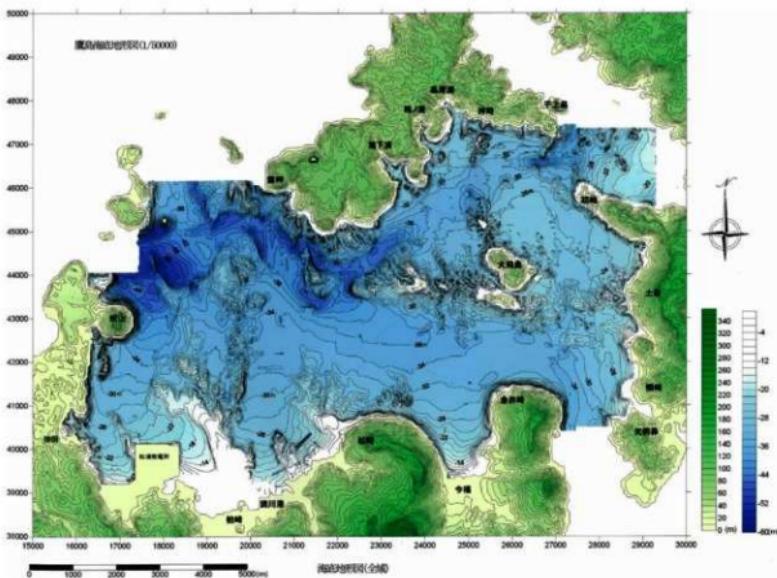
平成 27 年に、それまでに異常反射体が認められた地点を含める異常反射体 No.3（平成 20 年度探査における異常反射体）、異常反射体 K-160A および K-147C（平成 23 年度探査における異常反射体）、桟の一部が発見された地点および C 海域 - 2（平成 26 年度探査における異常反射体）において底泥採取を行った。底泥採取は直径 8 ~ 10cm、高さ 1m のアクリルパイプを用い、潜水士が直接アクリルパイプを海底面に突き刺す柱状採泥法により行われた。各調査地点の位置と各地点における水深、底質中央粒径値を第 147 図に示す。



第 147 図 黒津浦および神崎沖における底質の粒度組成と平均粒度（池田 2015, P. 67）

(2) 対象海域周辺の海底地形

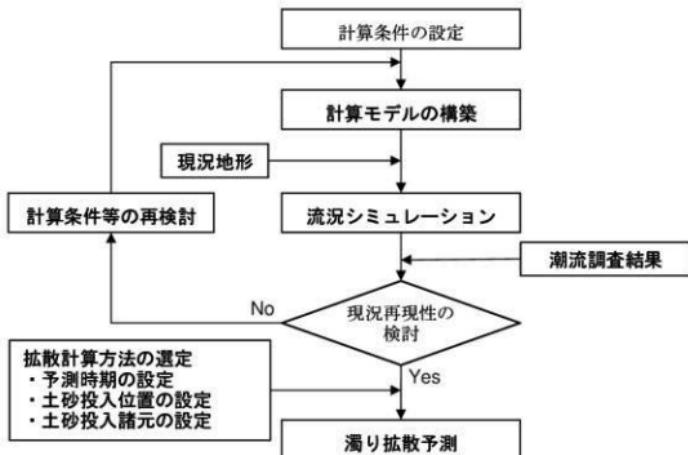
平成 23 年度 長崎県・伊万里港海底地形図集（東海大学海洋学科 2011）に掲載された海底地形図を第 148 図に示す。神崎免地先周辺は 30m 以浅の比較的平らな海底地形を擁している。



第 148 図 海底地形図（東海大学海洋学科 2011, P. 4）

鷹島における海底遺跡発掘調査は、周辺の養殖場への影響を配慮し、水温が 20°C を下回る頃に実施され、概ね 10 月～11 月の 2 か月間である。また、遺跡発掘調査において、渦りが高くなるのは調査期間の最初の 1 週間である。また、調査は月齢や潮位と関係なく行われる。以上の事から、予測対象時期を 10 月の 1 週間とした。

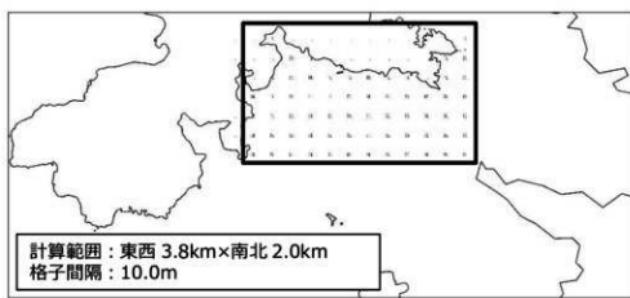
予測にあたっては、第 149 図に示すように、計算範囲の設定、水深データおよび流況計算の現況再現性を確認後に、遺跡発手法等に基づいて渦り (SS) の発生量を算出し、渦り (SS) の拡散計算を行った。



第149図 涡り影響予測手順

(3) 流況シミュレーション

潮流予測の計算領域は、第150図に示す範囲とした。



第150図 計算範囲

潮流予測モデルは、非圧縮性粘性流体に関する Navier-Stokes の運動方程式と流体の連続式を基礎式とした二次元 3 層非定常モデルとする。基礎方程式は、以下に示すとおりである。

(連続式)

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0$$

(運動方程式)

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} = fv - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + A_H \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) + A_z \frac{\partial^2 u}{\partial z^2}$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} = -fu - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} + A_H \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right) + A_z \frac{\partial^2 v}{\partial z^2}$$

第 k 層の連続方程式

$$w_{k-\frac{1}{2}} - w_{k+\frac{1}{2}} + \frac{\partial}{\partial x}(u_k D_k) + \frac{\partial}{\partial y}(v_k D_k) = 0$$

ただし、第 1 層では、

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} - w_{-\frac{1}{2}} + \frac{\partial}{\partial x}(u_1 D_1) + \frac{\partial}{\partial y}(v_1 D_1) = 0$$

第 k 層の u に関する運動方程式

$$\begin{aligned} \frac{\partial u_k}{\partial t} + u_k \frac{\partial u_k}{\partial x} + v_k \frac{\partial u_k}{\partial y} + w_{k-\frac{1}{2}} \frac{u_{k-1} - u_k}{2D_k} + w_{k+\frac{1}{2}} \frac{u_k - u_{k+1}}{2D_k} \\ = fv_k - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + A_H \left(\frac{\partial^2 u_k}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u_k}{\partial y^2} \right) + \frac{A_z}{D_k} \left[\left(\frac{\partial u}{\partial z} \right)_{k-\frac{1}{2}} - \left(\frac{\partial u}{\partial z} \right)_{k+\frac{1}{2}} \right] \end{aligned}$$

ただし最下層では、

$$\begin{aligned} \frac{\partial u_k}{\partial t} + u_k \frac{\partial u_k}{\partial x} + v_k \frac{\partial u_k}{\partial y} + w_{k-\frac{1}{2}} \frac{u_{k-1} - u_k}{2D_k} \\ = fv_k - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + A_H \left(\frac{\partial^2 u_k}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u_k}{\partial y^2} \right) + \frac{A_z}{D_k} \left[\left(\frac{\partial u}{\partial z} \right)_{k-\frac{1}{2}} \right] - \gamma_b^2 \frac{u_k \sqrt{u_k^2 + v_k^2}}{D_k} \end{aligned}$$

第 k 層の v に関する運動方程式

$$\begin{aligned}\frac{\partial v_k}{\partial t} + u_k \frac{\partial v_k}{\partial x} + v_k \frac{\partial v_k}{\partial y} + w_{k-\frac{1}{2}} \frac{v_{k-1} - v_k}{2D_k} + w_{k+\frac{1}{2}} \frac{v_k - v_{k+1}}{2D_k} \\ = -fu_k - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} + A_H \left(\frac{\partial^2 v_k}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v_k}{\partial y^2} \right) + \frac{A_z}{D_k} \left[\left(\frac{\partial v}{\partial z} \right)_{k-\frac{1}{2}} - \left(\frac{\partial v}{\partial z} \right)_{k+\frac{1}{2}} \right]\end{aligned}$$

ただし最下層では、

$$\begin{aligned}\frac{\partial v_k}{\partial t} + u_k \frac{\partial v_k}{\partial x} + v_k \frac{\partial v_k}{\partial y} + w_{k-\frac{1}{2}} \frac{v_{k-1} - v_k}{2D_k} \\ = -fu_k - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} + A_H \left(\frac{\partial^2 v_k}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v_k}{\partial y^2} \right) + \frac{A_z}{D_k} \left[\left(\frac{\partial v}{\partial z} \right)_{k-\frac{1}{2}} \right] - \gamma_b^2 \frac{v_k \sqrt{u_k^2 + v_k^2}}{D_k}\end{aligned}$$

ここで、 u, v, w は、それぞれ x, y, z 方向の流速 (cm/s) を示す。また、 $\omega, \phi, g, p, \rho, A_H, A_z$ は、それぞれコリオリ係数 ($= 2\omega \sin \phi$)、地球自転の角速度 (1/s)、緯度、重力加速度 (980 cm/s²)、圧力 (g/cm/s²)、海水密度 (g/cm³)、水平・鉛直方向の渦動粘性係数 (cm²/s) を示す。

(4) 計算条件

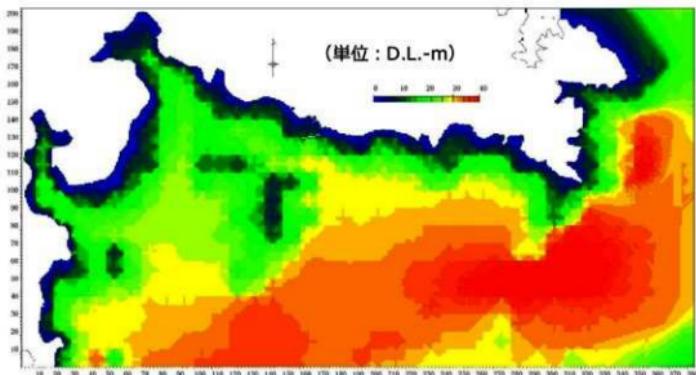
1) 海底地形

渦り拡散計算に用いた海底地形は、以下に示す収集資料から作成した。作成した海底地形図を第151図に示す。計算格子は地形が流況シミュレーションに反映できるように 10.0m × 10.0mとした。

- 平成23年度 長崎県・伊万里港海底地形図集 湍り影響シミュレーション計算範囲の海底地形データ
- 2010年度 第10次高精度高密度海底地形・地質調査報告書 湍り影響シミュレーション計算範囲の海底地形データ
- 平成23年 浅海城海底探査業務委託報告書 湍り影響シミュレーション計算範囲の海底地形データ
- 平成23年 浅海城海底探査業務委託成果品 湍り影響シミュレーション計算範囲の海底地形データ

2) 境界条件

沿岸域の流れには、潮汐に伴う流れ（潮流）、風に駆動される流れ（吹送流）および淡水流入等の密度差に伴う流れ（密度流）が含まれる。対象海域においては大きな河川はないため、密度流はごく小さいと考えられる。



第151図 漪り拡散シミュレーションで用いた海底地形

吹送流について検討するために、対象海域に最も近い長崎県平戸における2010年～2017年の月別最頻風向を調べた。結果を表59に示す。

海底遭跡発掘が行われる10月～11月は北北東の風が最も頻繁に吹く。本業務における渦り拡散計算範囲は鷹島の南側に位置し、海上は島影となるため、沿岸の流れに含まれる吹送流はごく小さいと考えられる。

表 59 2010 年～2017 年の平戸における最頻風向

	1	3	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
最頻風向	NW	NW	NW NNE	S	S	NNE	S	S	NNE	NNE	NW	NW

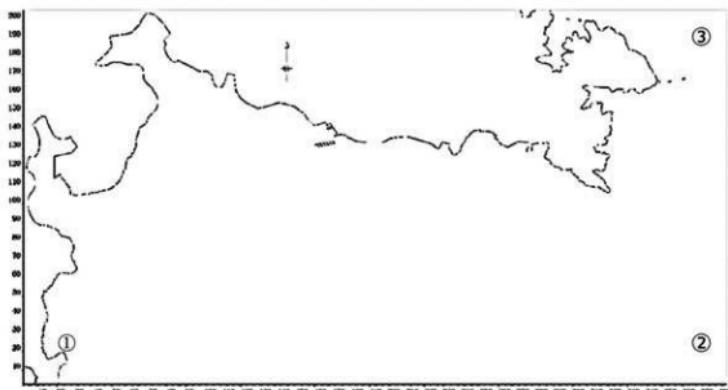
以上のことから、流況シミュレーションにおいては潮流成分のみを考慮した。

潮汐の振幅は近傍の仮屋検潮所より設定し、遅角は潮流の再現性から設定した。潮汐振幅は流れの変化が顕著となる平均大潮期とした。検潮所の潮汐調和定数を表60に示し、境界条件図を第152図に示した。

検潮所名	仮屋
位置	N33° 28' E129° 51'
標準基準面 DL+cm	127.0cm
M ₂ 分潮(振幅、遅角)	64.71cm, 267.95°
S ₂ 分潮(振幅、遅角)	30.34cm, 292.26°

表 60 潮汐調和定数

(引用：気象庁)



境界	振幅	遅角
①	95.11cm	-0.1°
②	95.11cm	0.0°
③	95.11cm	0.1°

第152図 境界条件

3) コリオリ係数

コリオリ係数 f は以下の式により求めた。

$$f = 2\omega \sin \varphi$$

ω : 地球自転の角速度 ($= 7.29 \times 10^{-5} \text{ sec}^{-1}$)

φ : 緯度 (計算範囲の中心の緯度の $33^{\circ} 28'$ とした。)

$$\text{コリオリ係数 } f = 8.02 \times 10^{-5} \text{ (sec}^{-1}\text{)}$$

4) 湍動粘性係数

湍動粘性係数は、リチャードソンの $4/3$ 乗則および再現性より $5.0 \times 10^{-5} \text{ (cm}^2/\text{s})$ とした。

5) 海底摩擦

海底摩擦係数は一般的な値である 0.0026 とした。

6) 層厚

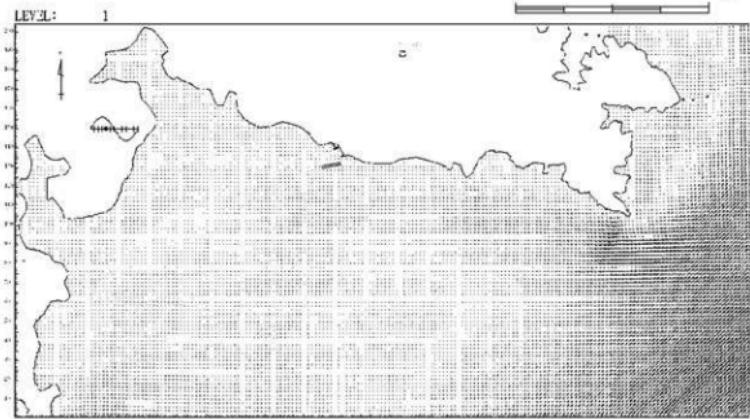
流況予測と同じ (上層) 海面～海面下 2m、(中層) 海面下 2m～10m、(下層) 海面下 10m～海底面とした。

7) 流況再現結果

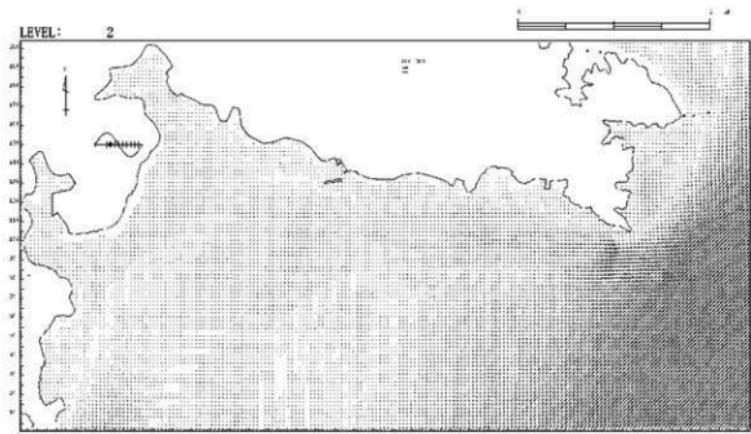
潮流の計算結果として、1時間毎の潮流ベクトル図、流速分布図を第153図～第188図に示す。

8) 流況再現性の検討

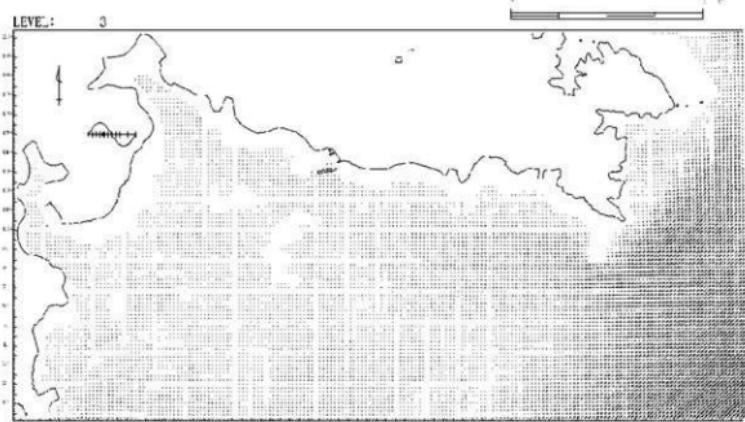
潮流構造図を第189図に示す。これによると、流向・流速ともに概ね一致している。よって、現況の潮流を再現していると判断した。



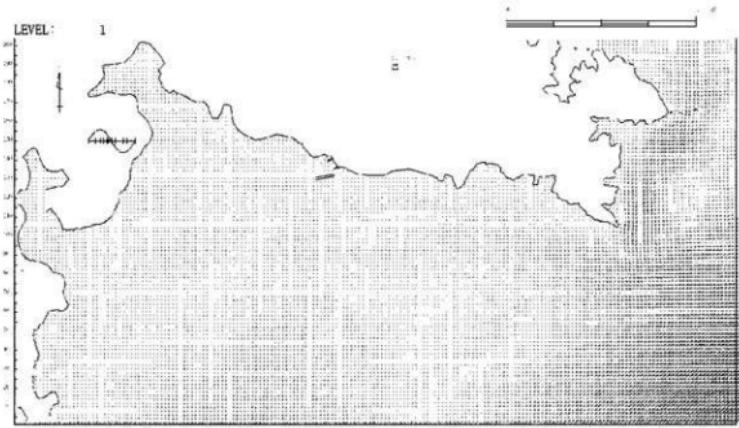
第153図 流況再現結果（高潮後1時間：表層）



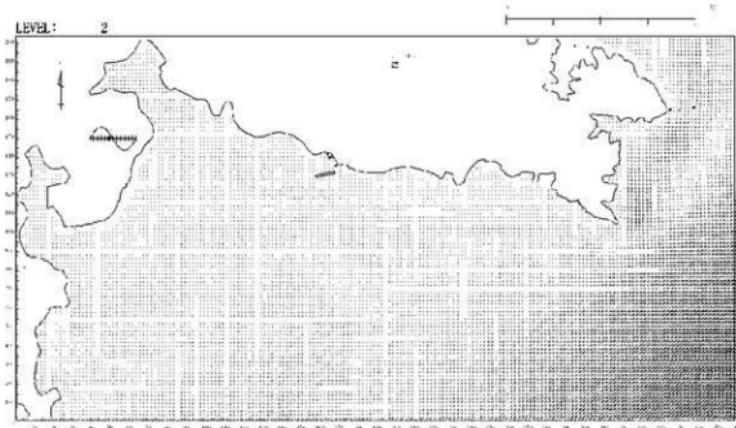
第154図 流況再現結果（高潮後1時間：中層）



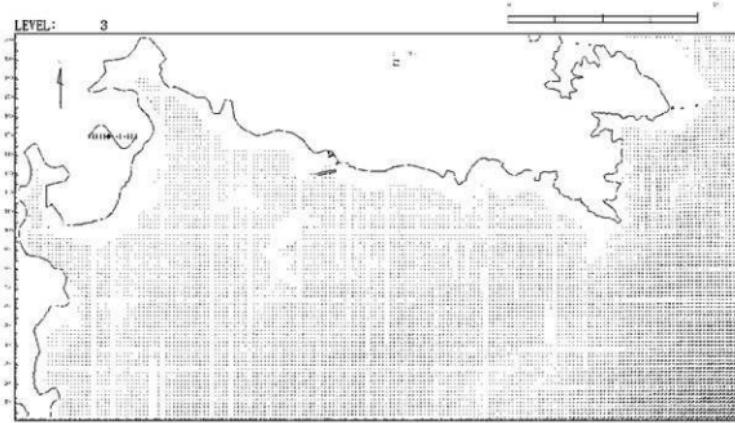
第 155 図 流況再現結果（高潮後 1 時間：底層）



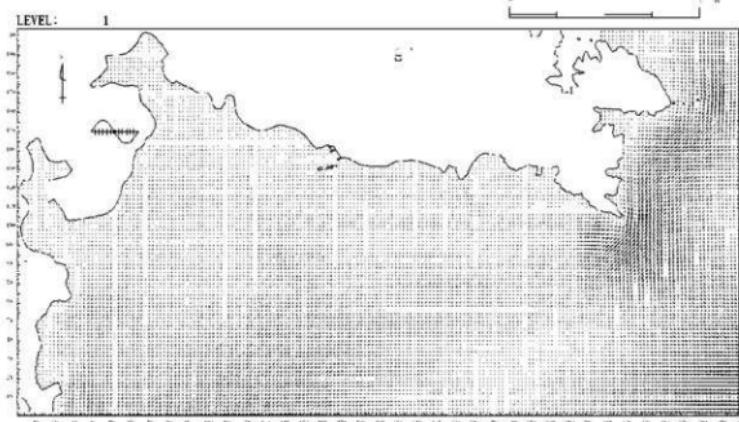
第 156 図 流況再現結果（高潮後 2 時間：表層）



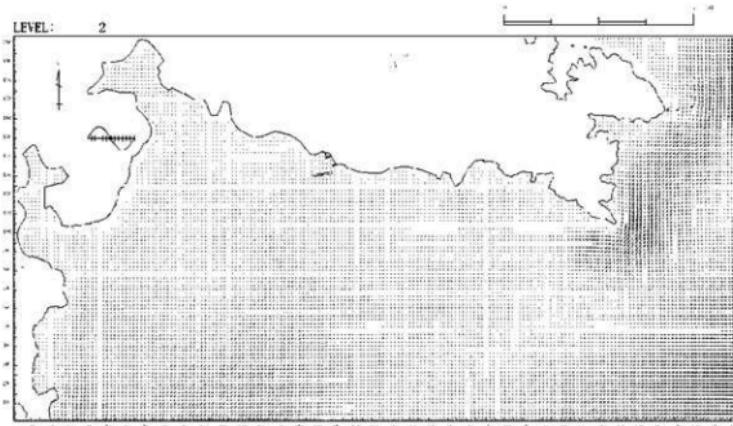
第157図 流況再現結果（高潮後2時間：中層）



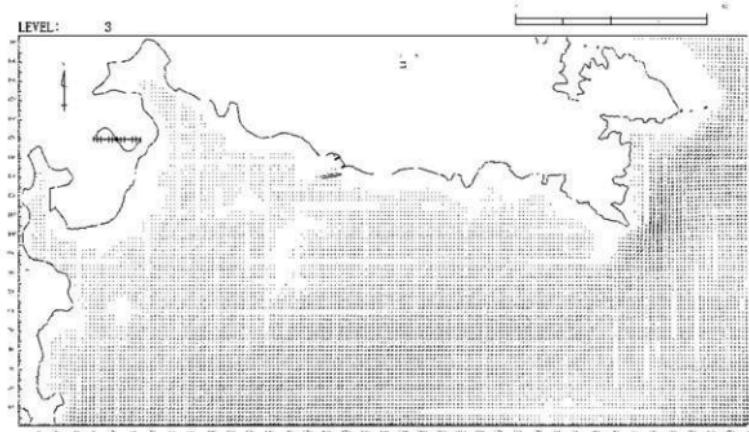
第158図 流況再現結果（高潮2時間：底層）



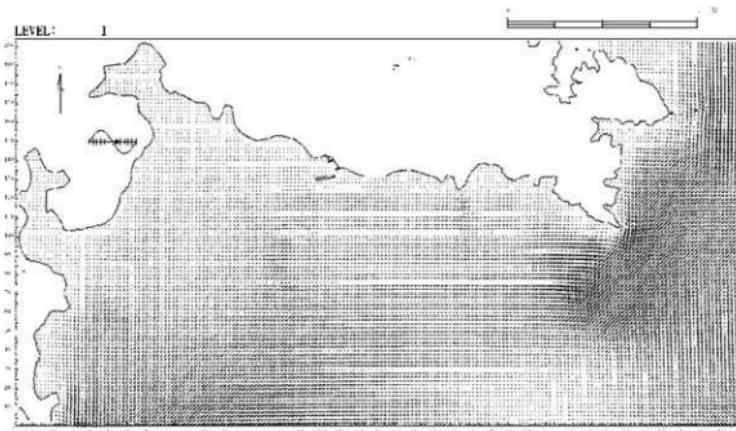
第159図 流況再現結果（高潮後3時間：表層）



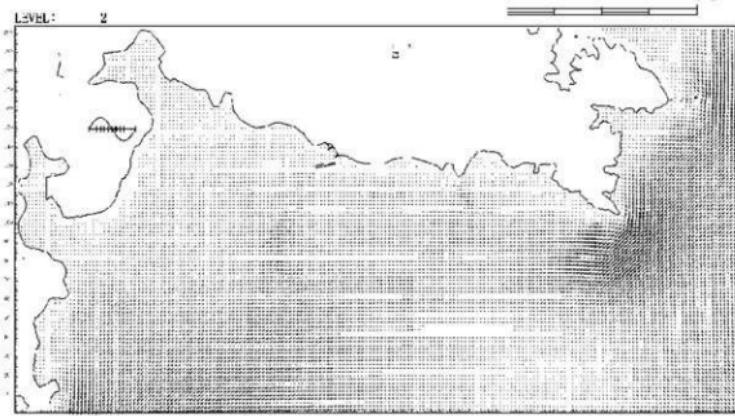
第160図 流況再現結果（高潮後3時間：中層）



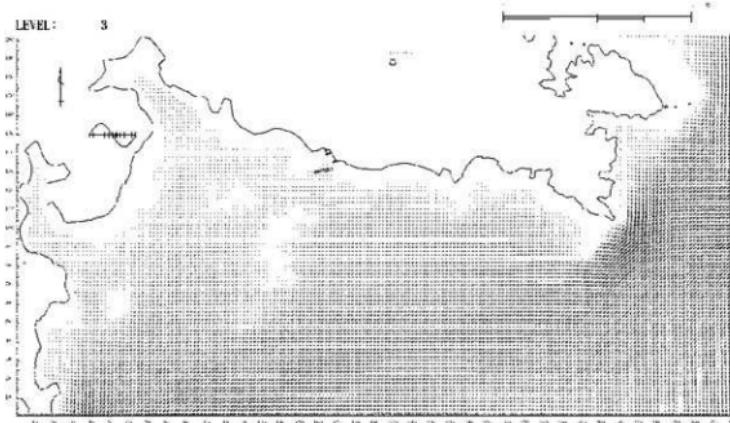
第 161 図 流況再現結果（高潮後 3 時間：底層）



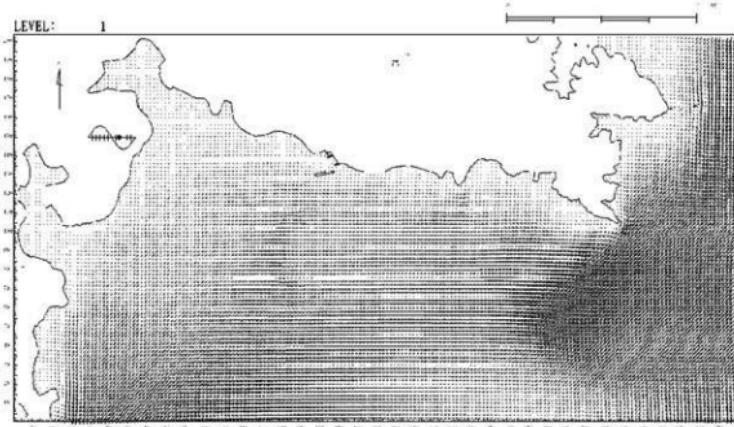
第 162 図 流況再現結果（低潮前 2 時間：表層）



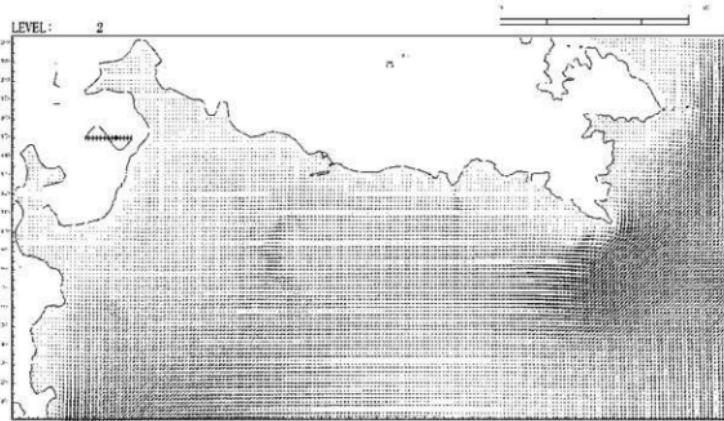
第 163 図 流況再現結果（低潮前 2 時間：中層）



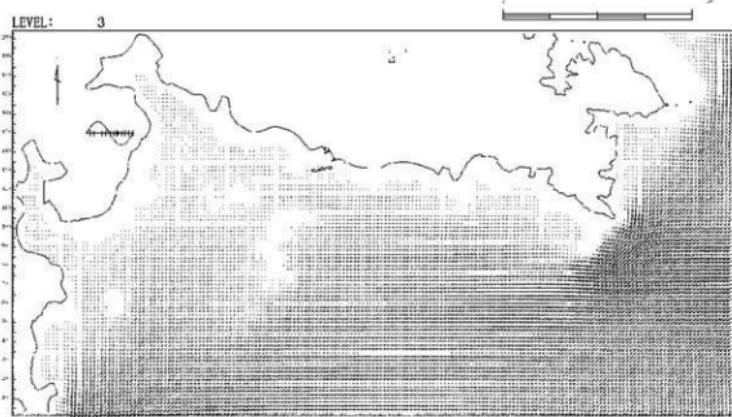
第 164 図 流況再現結果（低潮前 2 時間：底層）



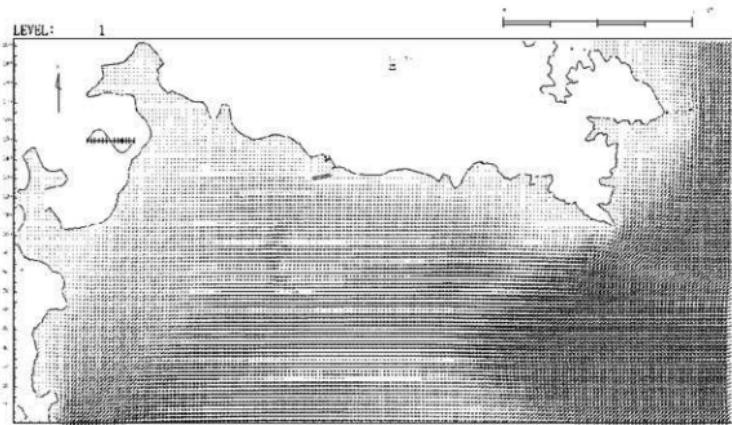
第 165 図 流況再現結果（低潮前 1 時間：表層）



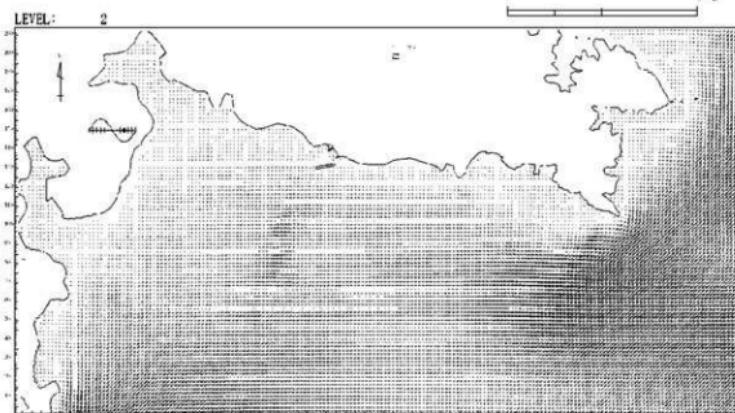
第 166 図 流況再現結果（低潮前 1 時間：中層）



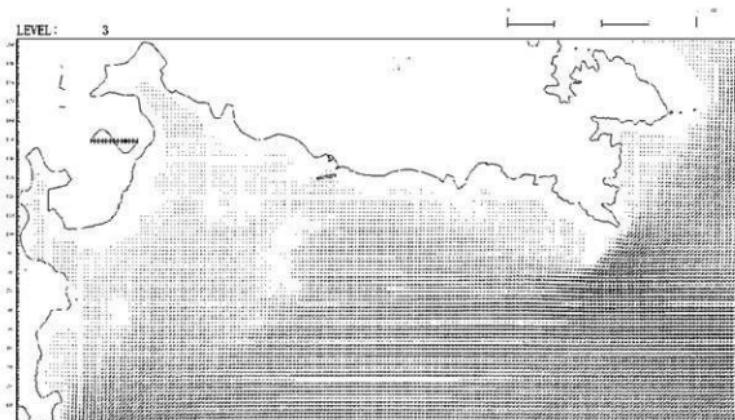
第 167 図 流況再現結果（低潮前 1 時間：底層）



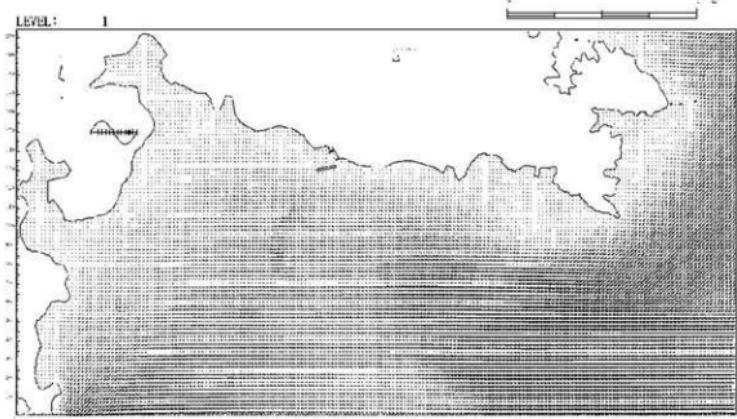
第 168 図 流況再現結果（低潮時：表層）



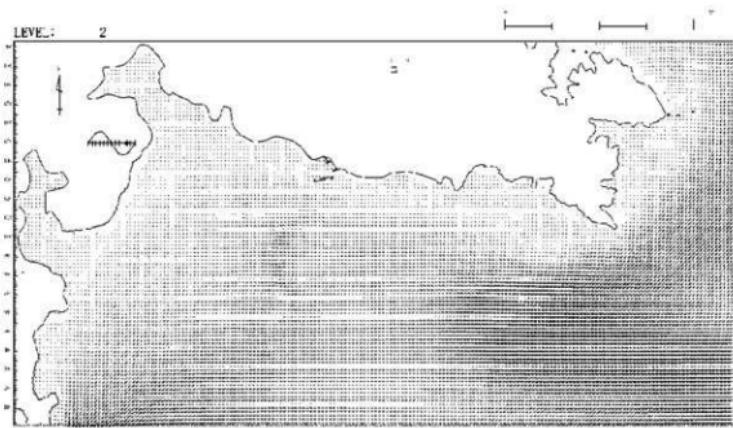
第 169 図 流況再現結果（低潮時：中層）



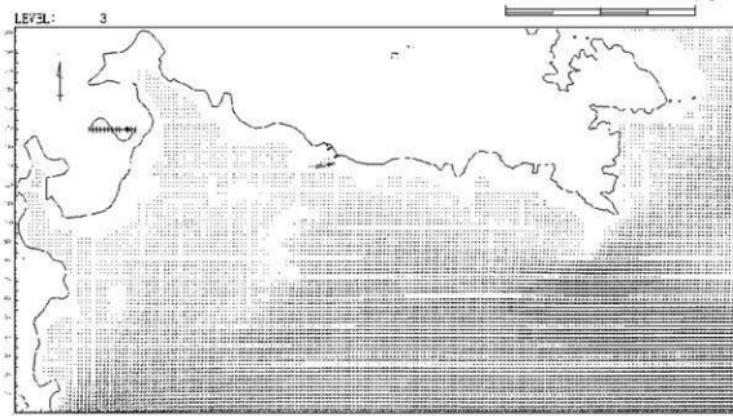
第 170 図 流況再現結果（低潮時：底層）



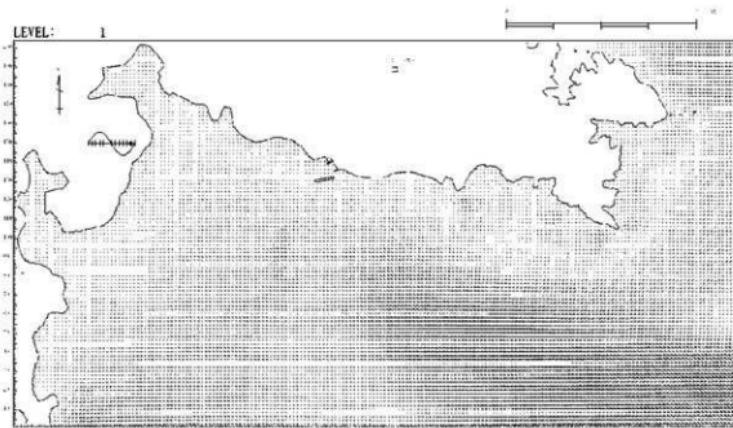
第 171 図 流況再現結果（低潮後 1 時間：表層）



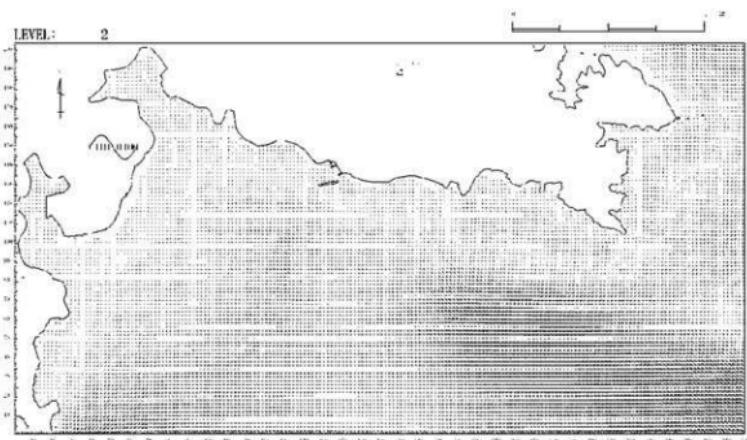
第 172 図 流況再現結果（低潮後 1 時間：中層）



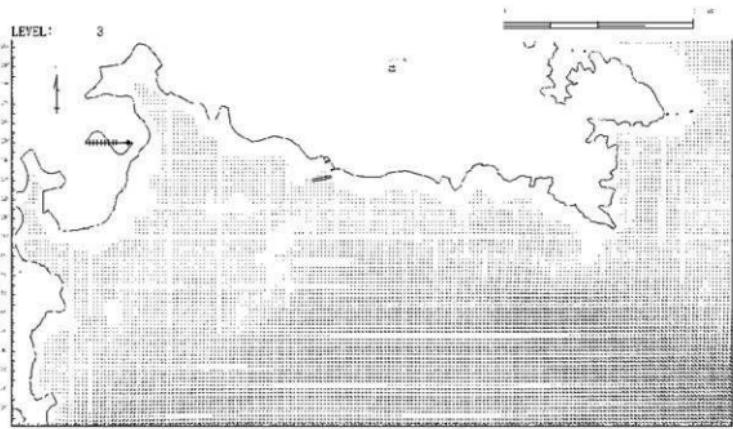
第 173 図 流況再現結果（低潮後 1 時間：底層）



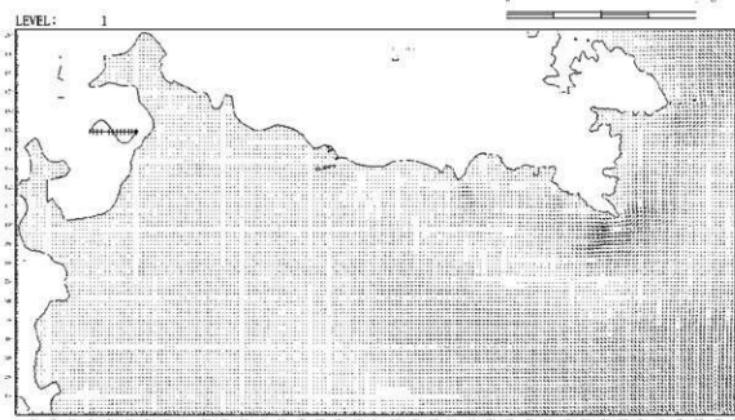
第 174 図 流況再現結果（低潮後 2 時間：表層）



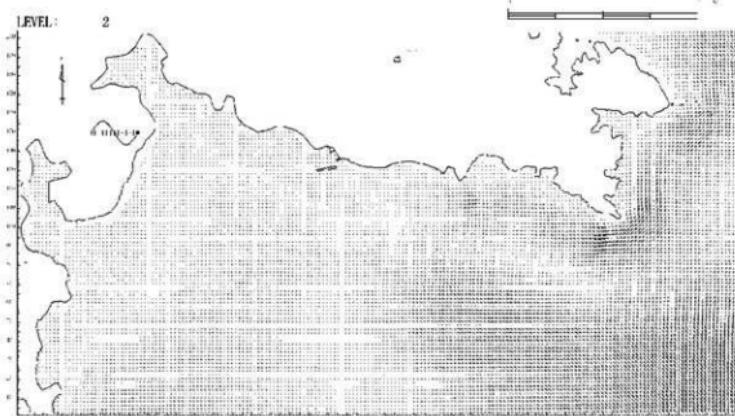
第 175 図 流況再現結果（低潮後 2 時間：中層）



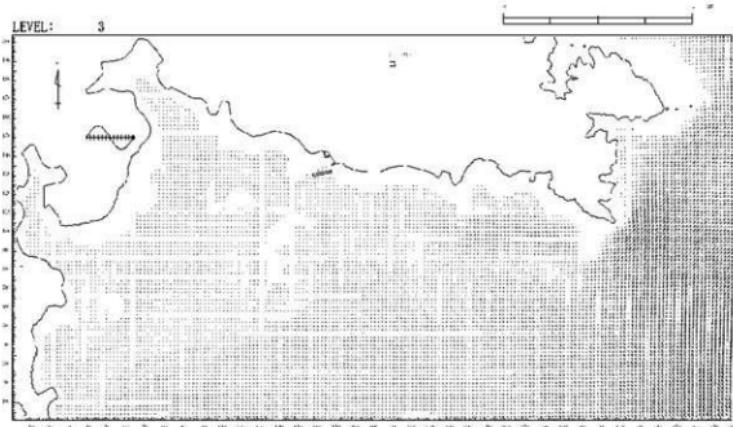
第 176 図 流況再現結果（低潮後 2 時間：底層）



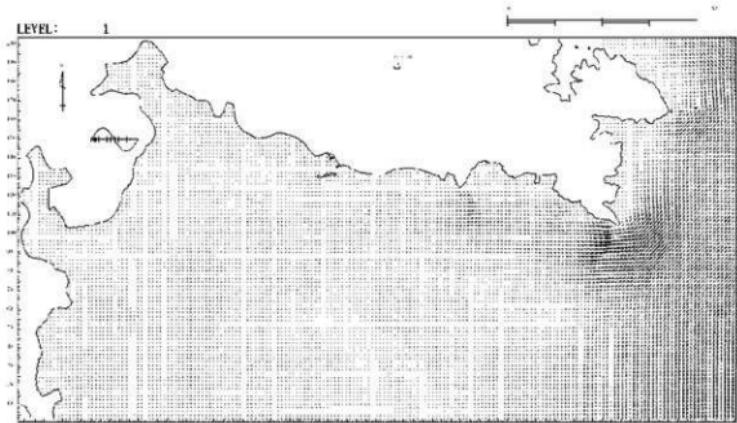
第 177 図 流況再現結果（低潮後 3 時間：表層）



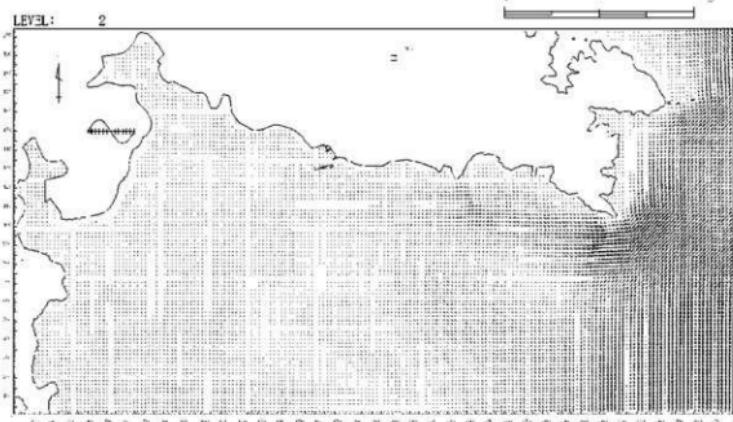
第 178 図 流況再現結果（低潮後 3 時間：中層）



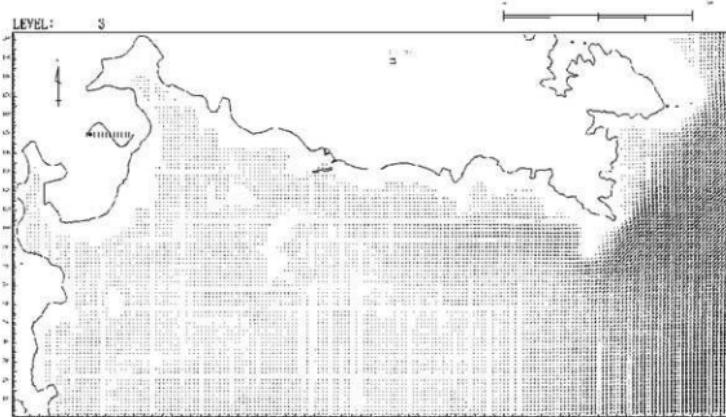
第 179 図 流況再現結果（低潮後 3 時間：底層）



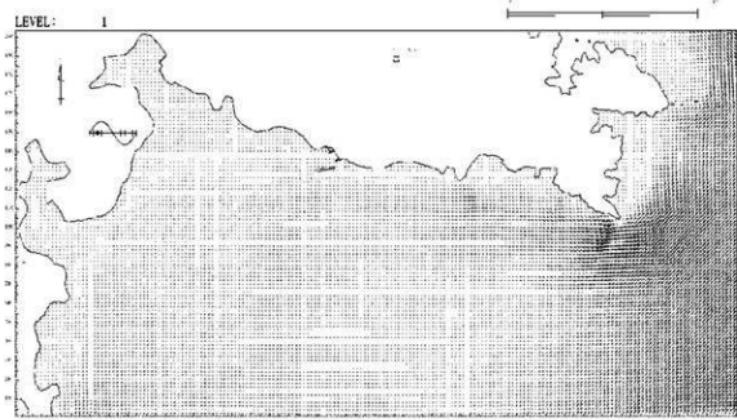
第 180 図 流況再現結果（高潮前 2 時間：表層）



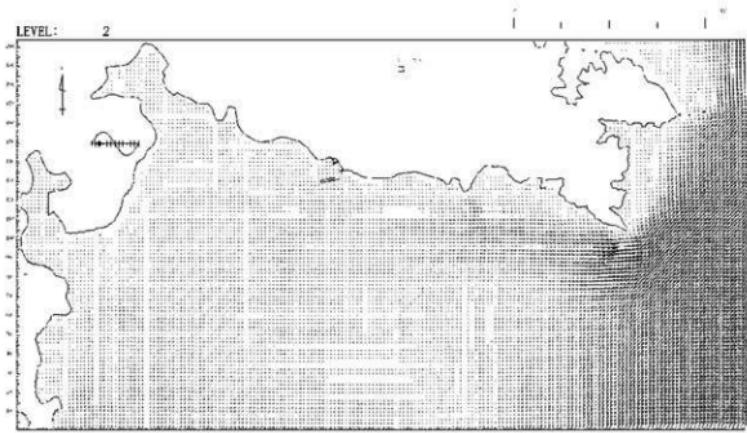
第 181 図 流況再現結果（高潮前 2 時間：中層）



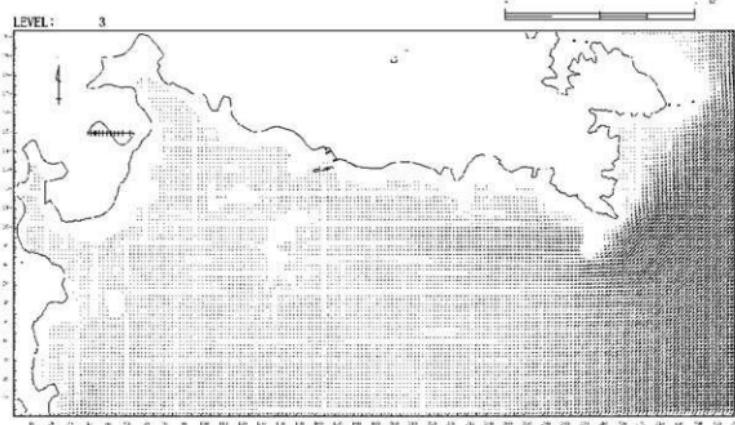
第 182 図 流況再現結果（高潮前 2 時間：底層）



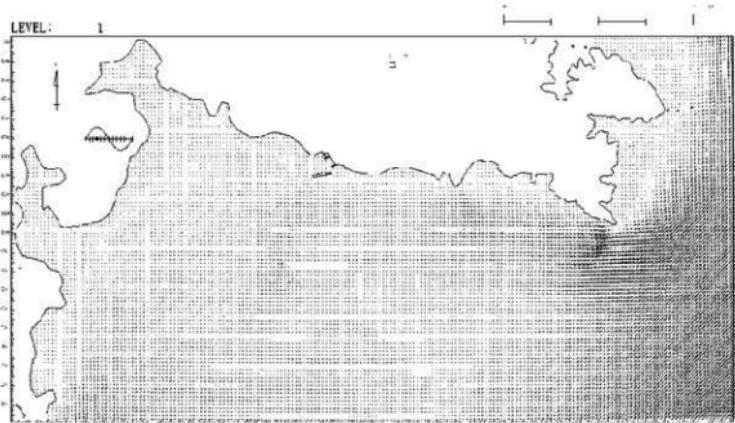
第183図 流況再現結果（高潮前1時間：表層）



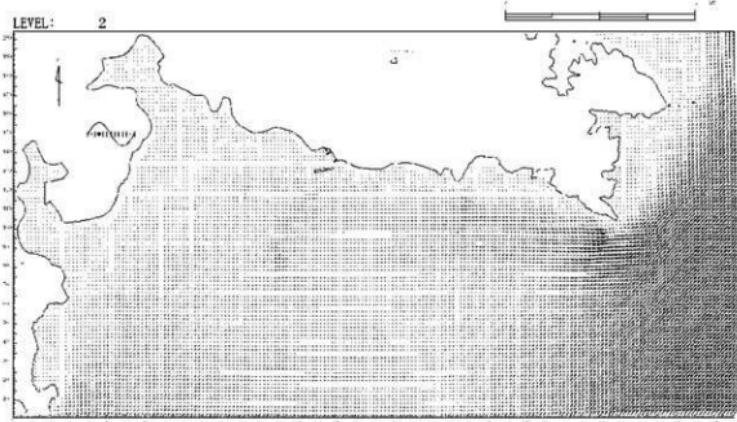
第184図 流況再現結果（高潮前1時間：中層）



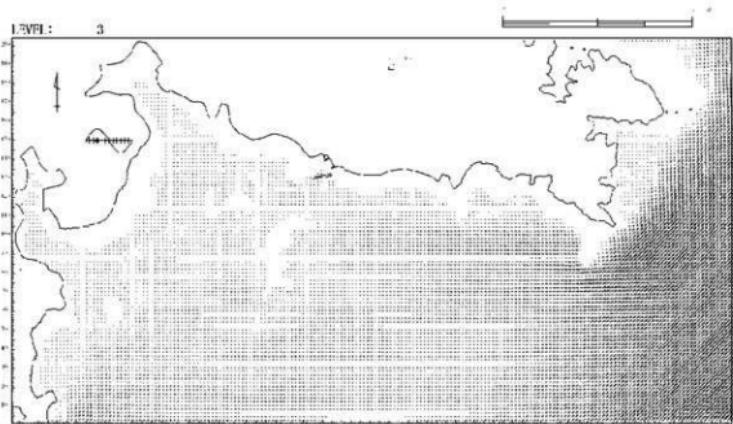
第185図 流況再現結果（高潮前1時間：底層）



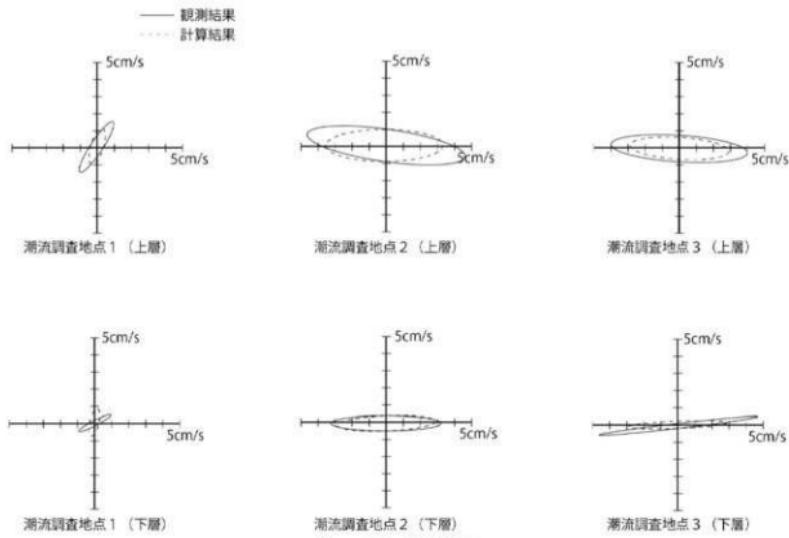
第186図 流況再現結果（高潮時：表層）



第187図 流況再現結果（高潮時：中層）



第188図 流況再現結果（高潮時：底層）



第189図 潮流横円

9) 計算範囲・予測モデル

渦り拡散計算の範囲は、流況シミュレーションと同じとした。

水質シミュレーションモデルは、潮流によって変化する流況に伴う水質の変化を表現するため、2次元3層非定常モデルを用いた。

(拡散方程式)

$$\begin{aligned} \frac{\partial C}{\partial t} = & -\frac{\partial}{\partial x}(UC) - \frac{\partial}{\partial y}(VC) - \frac{\partial}{\partial z}(WC) \\ & + \frac{\partial}{\partial x}\left(K_x \frac{\partial C}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(K_y \frac{\partial C}{\partial y}\right) + \frac{\partial}{\partial z}\left(K_z \frac{\partial C}{\partial z}\right) \end{aligned}$$

ここで、 t 、 C 、 U,V,W 、 K_x,K_y,K_z はそれぞれ、時刻(sec)、水質濃度(mg/L)、x,y,z方向の流速成分(cm/s)、およびx,y,z方向の拡散係数(cm²/s)である。

(基礎方程式の定式化)

$$\frac{\partial h_k C_k}{\partial t} = -\frac{\partial M_k C_k}{\partial x} - \frac{\partial N_k C_k}{\partial y} - (WC)_{z=-Hk-l} + (WC)_{z=-Hk} \\ + \frac{\partial}{\partial x} \left(h_k K_x \frac{\partial C_k}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(h_y K_y \frac{\partial C_k}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(K_z \frac{\partial C}{\partial z} \right)_{z=-Hk-l} + \left(K_z \frac{\partial C}{\partial z} \right)_{z=-Hk} + Q_k$$

ただし、各レベル内の質量輸送量M、Nは以下のとおり。

$$Mk = \int_{h_k} U dz, \quad Nk = \int_{h_k} V dz,$$

ここで、kは各レベルを示す添字、Cは各セル内の平均濃度、h kは各層の厚さ、Qkは単位時間、単位面積あたりの投入負荷量を示す。

10) 計算条件

格子間隔は流況予測と同じ $10m \times 10m$ とした。層厚は流況予測と同じ上層 海面～海面下 2 m、中層 海面下 2 m～10m、下層 海面下 10 m～海底面とした。

水平拡散係数は、現地調査結果（表 61 と表 62）から拡散係数 $K=10^4 \text{cm}^2/\text{s}$ とした。

表 61 最大流速一覧

調査地点	観測層	最大流速(cm/s)	起時
St. 1	上層	9.88	2018/10/19 16:10
	下層	8.00	2018/10/22 6:40
St. 2	上層	18.35	2018/10/18 15:50
	下層	9.16	2018/10/26 9:50
St. 3	上層	15.13	2018/10/26 10:20
	下層	12.74	2018/10/12 6:50

表 62 拡散係数

最大流速(m/s)	拡散係数 K(cm ² /s)
0.00～0.30	10^4
0.31～3.00	10^5
3.01 以上	10^6

出典) 「瀬戸内海環境保全特別措置法施行規則第4条第1項の事前評価について」（排水規則第76号通知）

鉛直拡散係数は、表63に示す「躍層などの密度成層の強いところ」の中間のオーダーである $0.1 \text{cm}^2/\text{s}$ を用いた。

表 63 鉛直方向の拡散係数

海の上層の混合層	10~100 cm ² /s
躍層などの密度成層の強いところ	0.01~1 cm ² /s
深海（1,000m 以深）	0.1~10 cm ² /s
海底の境界層	1~10 cm ² /s
エスチャリー（河口）	1~10 cm ² /s

資料)「港湾工事における渦り影響予測の手引き」(平成 16 年 4 月, 国土交通省港湾局)

11) 初期濃度・境界濃度・流況

作業による渦り拡散計算を行うため、0とした。流況は流況調査結果を使用した。

(5) 負荷条件

1) 負荷投入点

負荷投入点を第187図に示す。



第 190 図 負荷投入点

2) 負荷量

海底遺跡発掘調査においては第188図に示すように、水中ドレッジの吸い込み口を潜水士が片手で持ち、取り除く底質を反対の手で吸い込み口に寄せるようにして発掘する。この際に生じる渦りは、

水中ドレッジの吸込口で生じる渦り

水中ドレッジの排出口で生じる渦り

の2つの発生要因が重なって生じると考えられる。ここで、「水中ドレッジの吸込口で生じる渦り」とは吸込口へ底質を手で寄せる際に生じる渦りや、潜水土が海底をフィン等で煽ることで生じる渦り等である。水中ドレッジの吸込口および排出口で生じる渦り負荷量をそれぞれ以下のように設定した。



第191図 水中ドレッジによる発掘状況

① 水中ドレッジの吸込口で生じる渦り

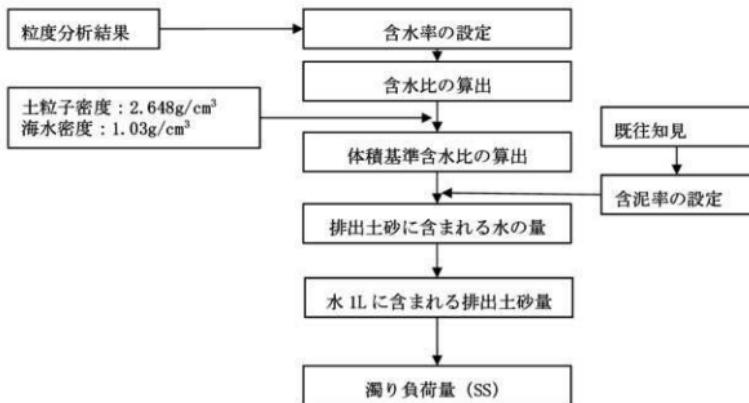
水中ドレッジにより底質を吸い込む際の渦り負荷量は、「3. 現地調査」における潜水土による疑似的発掘行動で測定された渦度の最大値(820FTU, SS換算値: 1771mg/L)とした。渦りは海底上で発生するとした。

② 水中ドレッジの排出口で生じる渦り

水中ドレッジの排出口で生じる渦りは第192図に示すフローに沿って算出した。

水中ドレッジによる浚渫土は、ある程度の水分を含んでいる。浚渫土に含まれる水分の割合は含水率と呼ばれ、下式で表される。

$$\text{含水率} = \frac{W_w}{(W_s + W_w)} = 0.527$$



第192図 湍り負荷量算定フロー

ここで、 W_w は浚渫土砂に含まれる土砂の質量を示し、 W_s は水分の質量を示す。現地底質の含水率は分析結果から52.7%であった。

また、浚渫土に含まれる土砂と水の割合は含水比と呼ばれ、下式で示される。含水率から含水比を計算すると1.114となった。

$$\text{含水比} = \frac{W_w}{W_s} = \frac{(W_s + W_w) \times 0.527}{W_s} = 0.527 + 0.527 \frac{W_w}{W_s} = \frac{0.527}{(1 - 0.527)} = 1.114$$

含水比は質量比であるので、下式により体積比(体積基準含水比)に変換した。

$$\text{体積基準含水比} = \frac{V_w}{V_s} = \frac{W_w}{W_s} \times \frac{\rho_s}{\rho} = 1.114 \times \frac{2.648}{1.03} = 2.864$$

ここで浚渫土の密度(ρ_s)は粒度分析結果を用い、海底面下0~20cmにおいて2.639 g/cm³、20~40cmで2.658 g/cm³であることから、平均値である2.648 g/cm³とした。また、 ρ は海水密度 (=1.03 g/cm³) を示し、 V_w と V_s はそれぞれ、浚渫土砂に含まれる土砂の体積と水分の体積を示す。

海底遺跡発掘調査で用いる水中ドレッジは、船上に置かれた揚水量毎分300Lのポンプと口径100mmの吸入・排出ホースからなる。吸入口から排出口までの長さは約10mである。このような装置による海底浚渫に関する知見は少ないため、渦り発生量の算定に必要となる含泥率(浚渫における

る水と土砂との混合物における土砂の体積割合)について、小型マイクロポンプ浚渫機についての知見を基に設定した。

小型マイクロポンプ浚渫機は河川浚渫等に用いられ、橋脚下の浚渫を行うために小型化された浚渫機(最大揚水量:毎分4000L)である。一般的には、ある程度までは揚水量が下がれば含泥率は大きくなる傾向がある。そこで、水中ドレッジによる浚渫における含泥率を、小型マイクロポンプ浚渫機を用いた業務報告書(吉田 2007)に記載された含泥率の最大値である15.0%とした。

浚渫土砂に含まれる土砂量を1とすれば、水の量は体積基準含水比(2.864)と含泥率(15.0%)から24.76となる。

$$\text{浚渫土砂に含まれる水の量} = (1 + 2.864) \div 0.15 - 1 = 24.76$$

したがって、水1Lに含まれる土砂量は0.040Lとなり、

$$\text{水1Lに含まれる土砂量} = 1 \div 24.76 = 0.040$$

浚渫土の質量は105.92gとなった。

$$\text{浚渫土の質量} = 0.040 \times 1000 \times 2.648 = 105.92$$

したがって、SSは105920mg/Lとなる。

$$SS = 105.92 \times 1000 = 105920\text{mg/L}$$

流れの中に存在する粒子は、粒子径に対応する汚濁限界流速(沈殿堆積した粒子が再浮遊する限界流速)がある。汚濁限界粒子径は、第193図に示す汚濁限界流速(V_c)と粒子径の関係から求めた(国土交通省港湾局 2004)。

第193図において、汚濁限界流速と粒子径の関係は、粒子径0.07mm未満については下式に示すIngersol式で表される。

$$V_c = \frac{1}{1.2} V \sqrt{\frac{8}{f}}$$

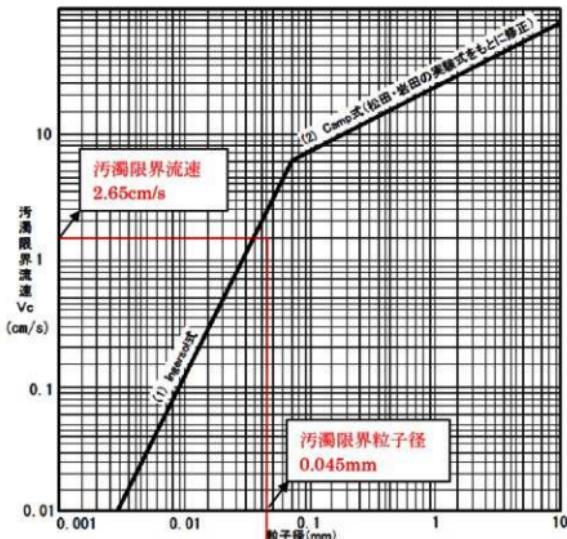
ここで、 f は摩擦抵抗係数($=0.025$)であり、 V はStokes式により次のとおりに表される。

$$V = \frac{1}{18} \times \frac{g(\rho_s - \rho)}{\mu} \times d^2$$

ここで、 g 、 ρ 、 ρ_s 、 d 、および μ は、それぞれ重力加速度（980cm/s）、海水の単位体積重量（=1.03）、土粒子の密度、粒子直径、粘性係数（15°C = 0.01145 poise）を示す。

また、粒子径0.07mm以上については、以下に示すCamp式（松田、岩田の実験式をもとに補正）により表される。

$$V_c = 1.86 \sqrt{\frac{(\rho_s - \rho)}{\rho}} gd$$



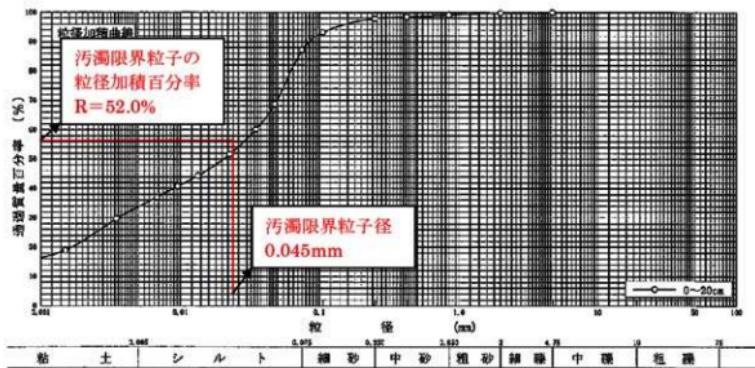
第193図 粒子径と汚漏限界流速の関係

現地調査結果によると、潮流調査地点1および2の底層におけるスカラーハー平均流速は平均2.65cm/sであった。これを汚漏限界流速とすると、第191図より汚漏限界粒子径は、0.045mmとなる。この粒径を鷹島1号沈船周辺における粒径分布に照らし合わせると、渦りに寄与する土粒子の割合Rは、海底面下20cmでは全体の52.0%、海底面下20~40cmでは全体の62.5%であり、平均57.25%となる。

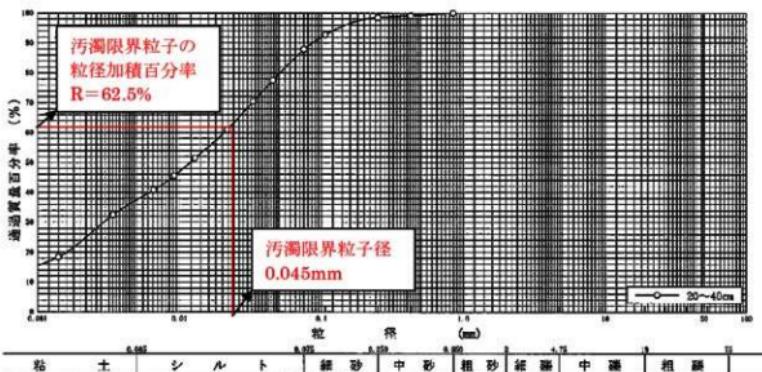
したがって、水中ドレッジの排水口で生じる渦り（SS=105920mg/L）のうち、周辺の渦りに係るSS量は60639.2mg/Lとなる。

$$\text{周辺の渦りに係る SS} = 105920 \times 0.5725 = 60639.2$$

海底面下 0~20cm



海底面下 20~40cm



第 194 図 粒径加積曲線

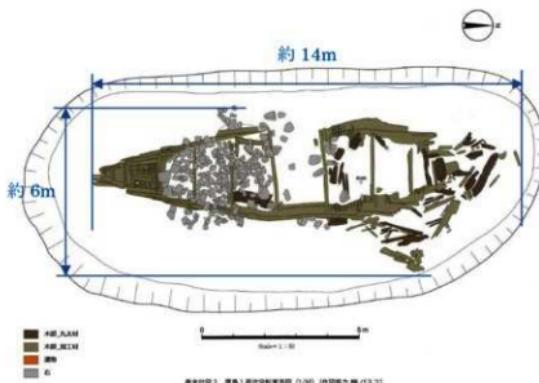
3) 浅渫作業期間

水中ドレッジによる作業期間を 1 週間、1 日の操業時間を 8 時間とすると、浅渫土砂の体積は 40.32m^3 となる。

$$\begin{aligned} \text{1 週間の浅渫土砂の体積} &= \text{ポンプ揚水量} \times \text{操業時間} \times \text{作業期間} \times \text{SS} \times \text{浅渫土の密度} = 300 \times \\ &8 \times 60 \times 7 \times 105920 \div 1000 \div 2.648 \div 1000000 = 40.32 \end{aligned}$$

仮に海底遺跡発掘調査における浚渫を100cmの高さで行うとすると、浚渫面積は 40.32m^2 となり、およそ鷹島2号沈船の規模(14m×6m)の48%に相当する。

以上のことから、渦り拡散計算における浚渫作業は、1日8時間とし、4時間投入後1時間停止し(昼休みとして想定)、その後4時間稼働するとした。また、実際の作業は2~3週間程度で行うため発掘調査期間に必ず1回以上の大潮期を含む。大潮期は海水の流動も大きくなるため、拡散範囲も大きくなると考えられる。そこで、大潮期が1週間続くと想定し(実際には3日間程度)、最も拡散する状況下について検討した。



第195図 鷹島2号沈船実測図（引用文献：水中考古学手法による元寇沈船の調査と研究）

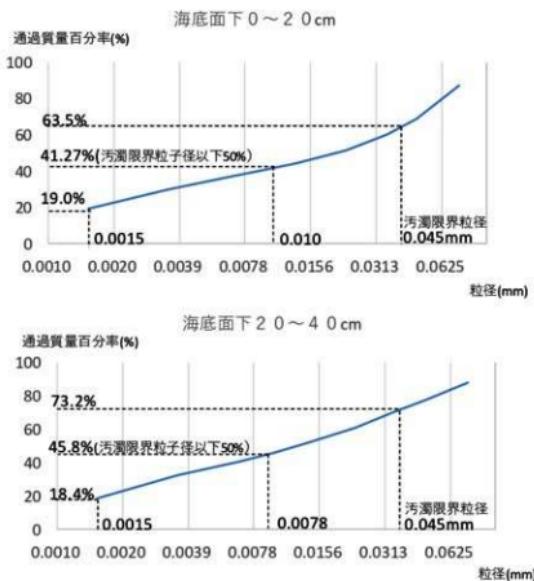
4) 投入層

最下層を渦り排出点とした。

5) 粒子径

渦り拡散計算で設定する粒子の大きさについて検討した。算出した汚濁限界粒子径以下の粒子について、底質分析結果から通過質量百分率を第196図に示す。

第196図において、汚濁限界粒子径の通過質量百分率は海底下0~20cmと20~40cmの各層で、それぞれ63.5%と73.2%であった。また、海水中に溶け込む(溶存態)として存在すると考えられる粒径である0.0015mmの通過質量百分率は各層でそれぞれ19.0%と18.4%であった。そこで、本業務の渦り拡散計算では、懸濁態として渦りに寄与する0.0015~0.045mmの拡散を再現するため、この範囲で質量の累積が50%となる粒径(以下、代表粒子径)を各層でグラフから読み取った。海底下0~20cmにおける代表粒子径は0.010mm、海底下20~40cmにおける代表粒子径は0.0078mmとなった。そこで、渦り拡散計算では各層の代表粒子径の平均値である0.0089mmとした。



第196図 汚濁限界粒子径 (=0.045mm) 以下の粒子の粒径加積曲線

参考として、汚濁限界粒子径 (=0.045mm) 以下の粒子の沈降速度を示す。沈降速度は以下に示す式により求めた。

$$v = \frac{d^2(\rho_s - \rho_w)g}{18\eta}$$

ここで、 ρ_s 、 ρ_w 、 g 、 d は、それぞれ粒子の密度 (kg/m³)、海水密度 (kg/m³)、重力加速度 (9.8m/s²)、粒径 (m) を示す。

表 64 沈降速度

粒径 (mm)	沈降速度 (mm/s)
0.045	2.0
0.0089	0.078
0.0078	0.060
0.0015	0.002

6. 計算結果

海底遭跡発掘調査中の濁り拡散予測については、表65に示す計算ケースを実施した。ケース1およびケース2は、1日当たりの発掘調査時間を合計8時間に設定し、それぞれ汚濁防止膜のなしとありの場合について予測した。ケース2における汚濁防止膜の除去率は「港湾工事における濁り影響予測の手引き」(平成16年4月、国土交通省)に事例として示されている50%を用いた。

ケース3およびケース4は、1日当たりの発掘調査時間を合計6時間に設定し、それぞれ汚濁防止膜のなしとありの場合について予測した。汚濁防止膜の除去率はケース2と同様に50%とした。

ケース5およびケース6は、1日当たりの発掘調査時間を合計4時間に設定し、それぞれ汚濁防止膜のなしとありの場合について予測した。汚濁防止膜の除去率はケース2と同様に50%とした。

水産用水基準は表66に示す通り、「人為的に加えられる懸濁物質が2mg/L以下」とすることを求めている。そこで計算で求めた濁り拡散範囲は、2mg/L以上の最大包絡値を示す。

表65 濁り拡散予測の計算ケース

計算ケース名	計算条件	汚濁防止膜
ケース1	調査時間：8時間/日	なし
ケース2	調査時間：8時間/日	あり、汚濁除去率：50%
ケース3	調査時間：6時間/日	なし
ケース4	調査時間：6時間/日	あり、汚濁除去率：50%
ケース5	調査時間：4時間/日	なし
ケース6	調査時間：4時間/日	あり、汚濁除去率：50%

表66 水産用水基準

項目	基準値（海域）
SS	人為的に加えられる懸濁物質は2mg/L以下 海草類の繁殖に適した水深において、必要な照度が保持され、その繁殖と生長に影響を及ぼさないこと。

(出典 日本水産資源保護協会、2018年度版)

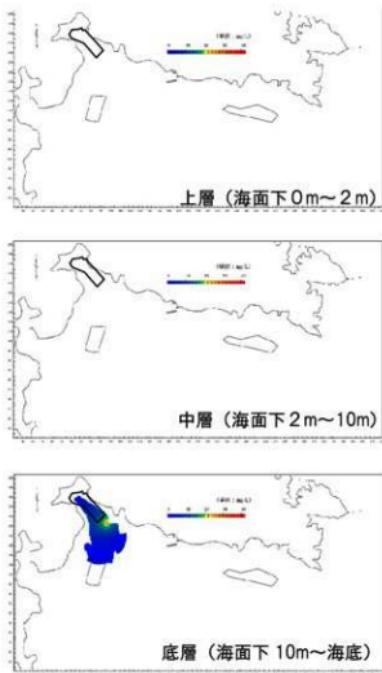
(1) ケース 1 (調査時間 8 時間、汚濁防止膜なし)

ケース 1における渦り (SS) 扰散分布を第197図～第199図に示す。

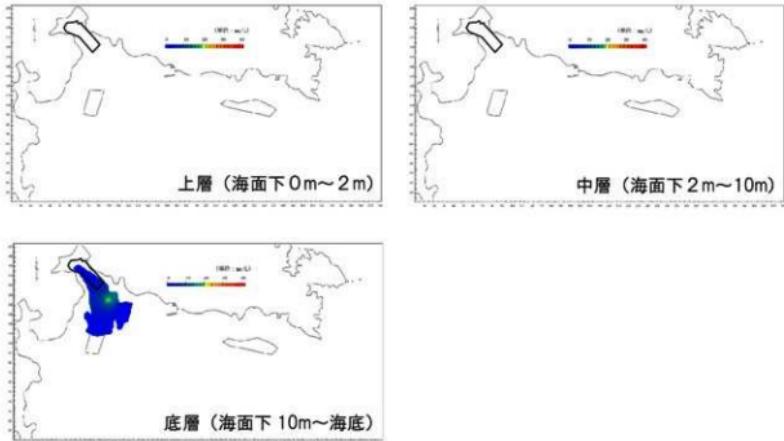
一石型木製桟から拡散した渦りは、底層（海面下10m～海底上）を拡散し、北西、南側の養殖生簀まで届いた。北西側の養殖生簀には、最大12mg/Lの渦りが生じた。また、南側の養殖生簀には最大3mg/Lの渦りが生じた。

鷹島1号沈船から拡散した渦りは、底層（海面下10m～海底上）を拡散し、北西、南側の養殖生簀まで届いた。北西側の養殖生簀には、最大10mg/Lの渦りが生じた。また、南側の養殖生簀には最大3mg/Lの渦りが生じた。

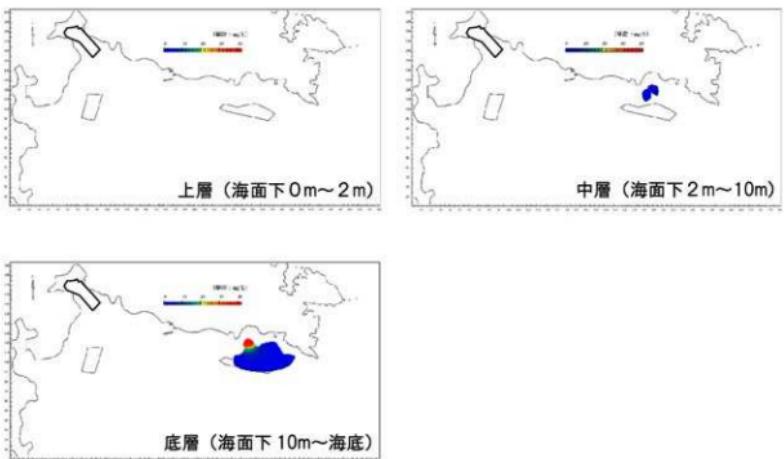
鷹島2号沈船から拡散した渦りは、中層（海面下2m～10m）と底層（海面下10m～海底上）を拡散し、南側の養殖生簀まで届いた。南部の養殖生簀には最大4mg/Lの渦りが生じた。



第197図 渦り拡散分布（ケース1：一石型木製桟）



第198図 涡り拡散分布（ケース1：鷹島1号沈船）



第199図 涡り拡散分布（ケース1：鷹島2号沈船）

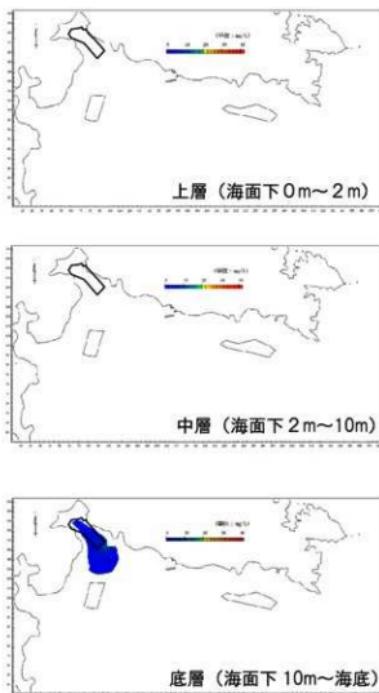
(2) ケース 2 (調査時間 8 時間、汚濁防止膜あり)

ケース 2における渦り (SS) 扰散分布を第200図～第202図に示す。

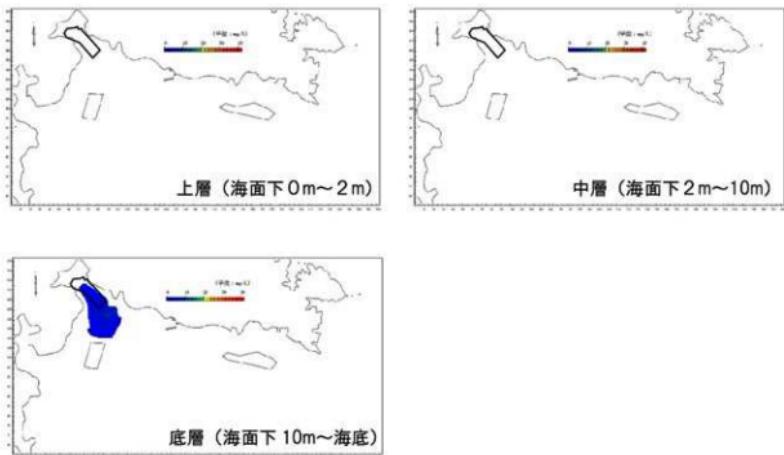
一石型木製桟から拡散した渦りは、底層（海面下10m～海底上）を拡散し、北西の養殖生簀まで届いた。北西側の養殖生簀には、最大 6 mg/Lの渦りが生じた。

鷹島 1 号沈船から拡散した渦りは、底層（海面下10m～海底上）を拡散し、北西の養殖生簀まで届いた。北西側の養殖生簀には、最大 2 mg/Lの渦りが生じた。

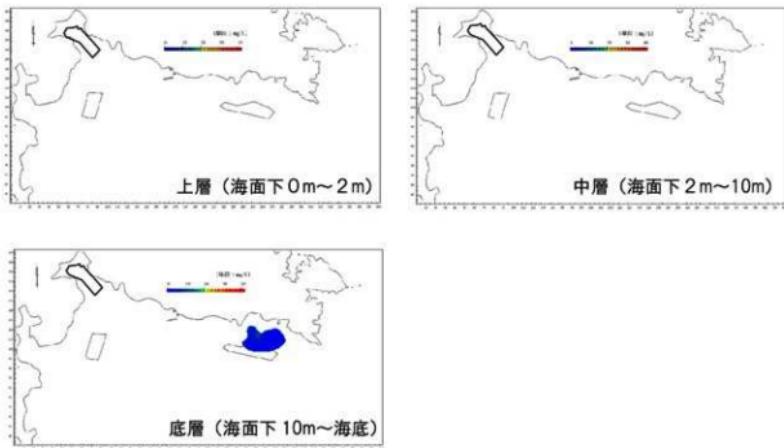
鷹島 2 号沈船から拡散した渦りは、底層（海面下10m～海底上）を拡散し、南側の養殖生簀まで届いた。南部の養殖生簀には最大 4 mg/Lの渦りが生じた。



第200図 渦り拡散分布（ケース 2：一石型木製桟）



第 201 図 涡り拡散分布（ケース 2：鷹島 1 号沈船）



第 202 図 涡り拡散分布（ケース 2：鷹島 2 号沈船）

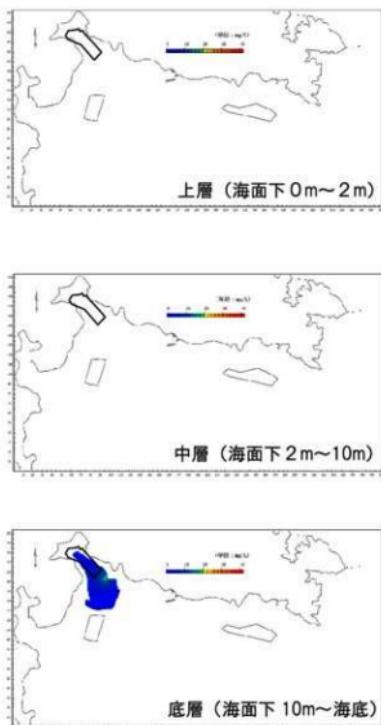
(3) ケース3（調査時間6時間、汚濁防止膜なし）

ケース3における渦り（SS）拡散分布を第203図～第205図に示す。

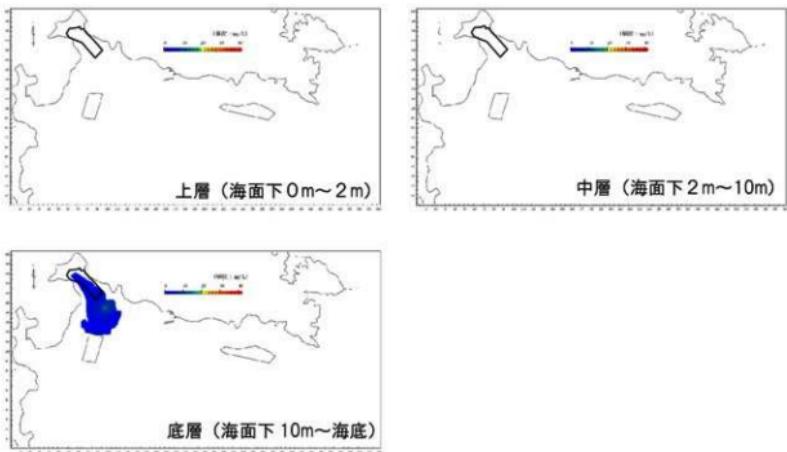
一石型木製桟から拡散した渦りは、底層（海面下10m～海底上）を拡散し、北西の養殖生簀まで届いた。北西側の養殖生簀には、最大8mg/Lの渦りが生じた。

鷹島1号沈船から拡散した渦りは、底層（海面下10m～海底上）を拡散し、北西の養殖生簀まで届いた。北西側の養殖生簀には、最大4mg/Lの渦りが生じた。

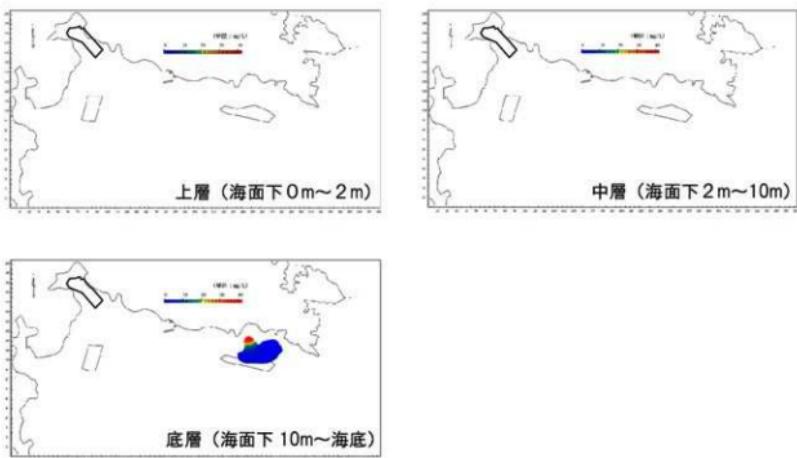
鷹島2号沈船から拡散した渦りは、底層（海面下10m～海底上）を拡散し、南側の養殖生簀まで届いた。南部の養殖生簀には最大4mg/Lの渦りが生じた。



第203図 涡り拡散分布（ケース3：一石型木製桟）



第204図 涡り拡散分布（ケース3：鷹島1号沈船）



第205図 涡り拡散分布（ケース3：鷹島2号沈船）

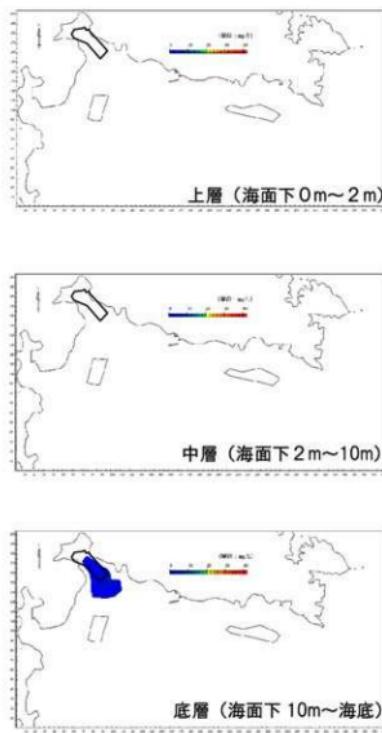
(4) ケース 4 (調査時間 6 時間、汚濁防止膜あり)

ケース 4における渦り (SS) 扩散分布を第206図～第208図に示す。

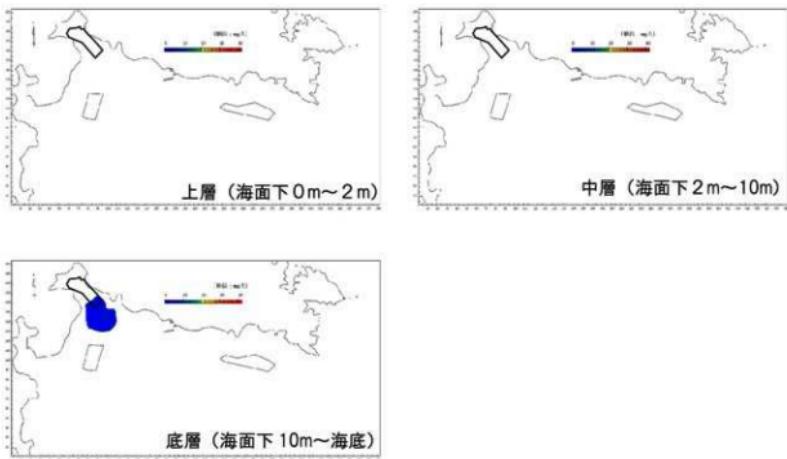
一石型木製棧から扩散した渦りは、底層 (海面下 10m～海底) を扩散し、北西の養殖生簀まで届いた。北西侧の養殖生簀には、最大 4 mg/L の渦りが生じた。

鷹島 1 号沈船から扩散した渦りは、底層 (海面下 10m～海底) を扩散し、北西の養殖生簀まで届いた。北西侧の養殖生簀には、最大 2 mg/L の渦りが生じた。

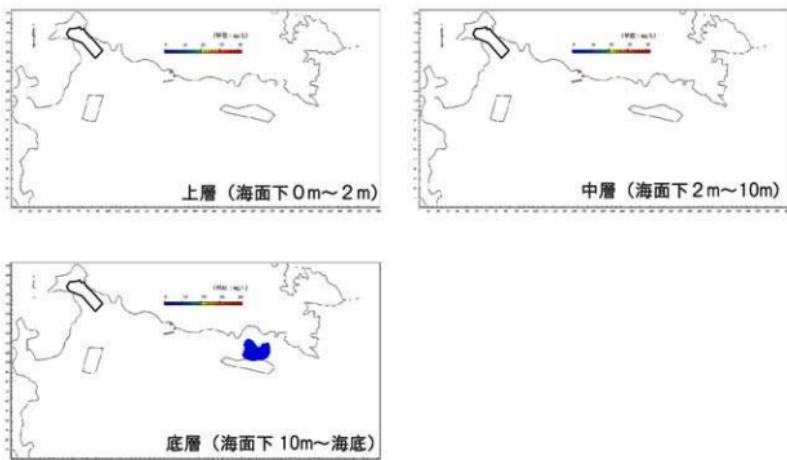
鷹島 2 号沈船から扩散した渦りは、底層 (海面下 10m～海底) を扩散し、南側の養殖生簀まで届いた。南部の養殖生簀には最大 2 mg/L の渦りが生じた。



第 206 図 渦り扩散分布 (ケース 4 : 一石型木製棧)



第207図 漪り拡散分布（ケース4：鷹島1号沈船）



第208図 漪り拡散分布（ケース4：鷹島2号沈船）

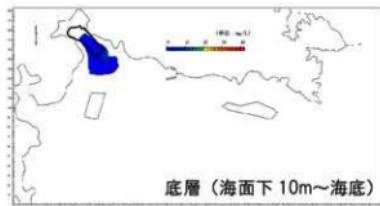
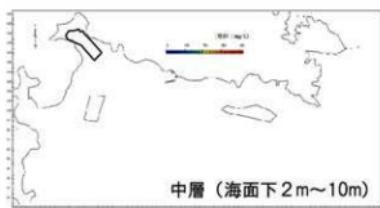
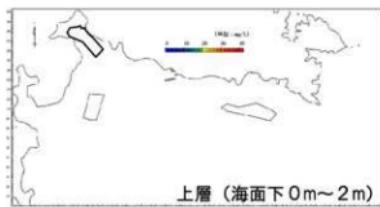
(5) ケース 5 (調査時間 4 時間、汚濁防止膜なし)

ケース 5における渦り (SS) 扩散分布を第209図～第211図に示す。

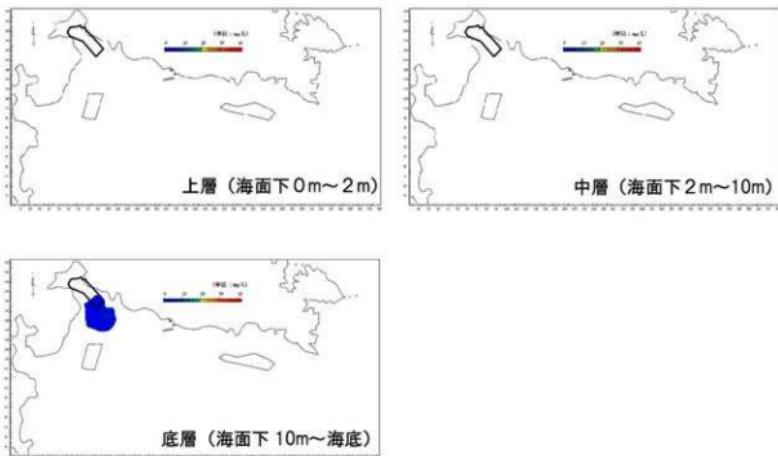
一石型木製桟から扩散した渦りは、底層 (海面下10m～海底上) を扩散し、北西の養殖生簀まで届いた。北西侧の養殖生簀には、最大 4 mg/L の渦りが生じた。

鷹島 1 号沈船から扩散した渦りは、底層 (海面下10m～海底上) を扩散し、北西の養殖生簀まで届いた。北西侧の養殖生簀には、最大 2 mg/L の渦りが生じた。

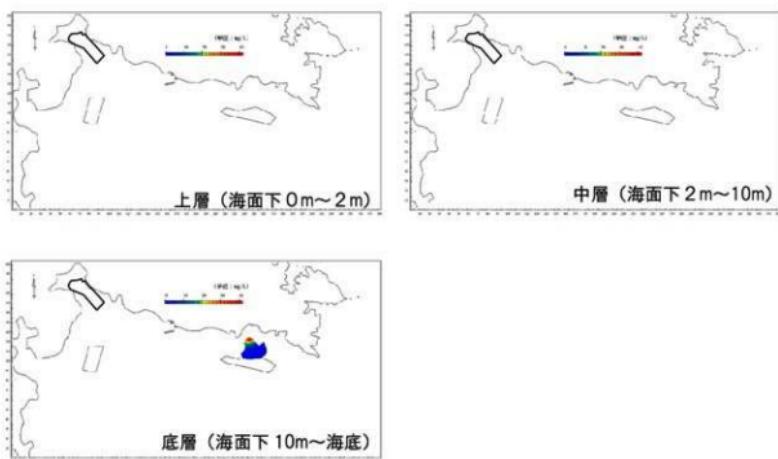
鷹島 2 号沈船から扩散した渦りは、底層 (海面下10m～海底上) を扩散し、南側の養殖生簀まで届いた。南部の養殖生簀には最大 2 mg/L の渦りが生じた。



第 209 図 渦り扩散分布 (ケース 5 : 一石型木製桟)



第210図 漁り拡散分布（ケース5：鷹島1号沈船）



第211図 漁り拡散分布（ケース5：鷹島2号沈船）

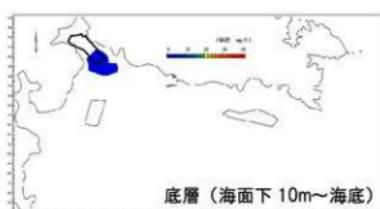
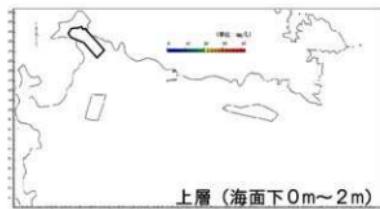
(6) ケース 6 (調査時間 4 時間、汚濁防止膜あり)

ケース 6における渦り (SS) 扩散分布を第212図～第214図に示す。

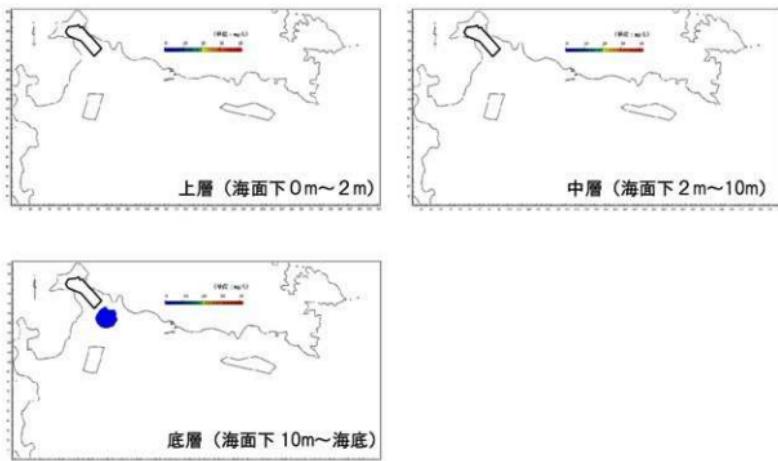
一石型木製桟から扩散した渦りは、底層 (海面下10m～海底上) を扩散し、北西の養殖生簀まで届いた。北西側の養殖生簀には、最大 2 mg/L の渦りが生じた。

鷹島 1 号沈船から扩散した渦りは、底層 (海面下10m～海底上) を扩散したが周辺の養殖生簀には届かなかった。

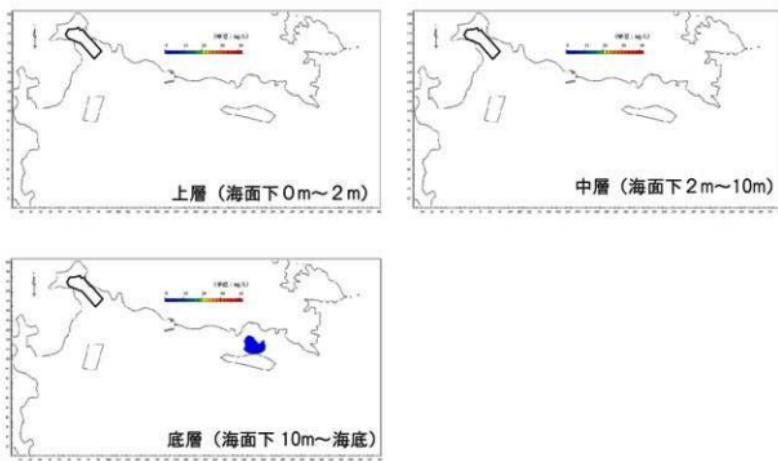
鷹島 2 号沈船から扩散した渦りは、底層 (海面下10m～海底上) を扩散し、わずかに南側の養殖生簀に届いた。南部の養殖生簀には最大 2 mg/L の渦りが生じた。



第 212 図 渦り扩散分布 (ケース 6 : 一石型木製桟)



第213図 漪り拡散分布（ケース6：鷹島1号沈船）



第214図 漪り拡散分布（ケース6：鷹島2号沈船）

(7)まとめ

各計算ケースの結果について、表67にまとめた。

表67 湍り拡散計算ケース

	一石型木製船	鷹島1号沈船	鷹島2号沈船
ケース1	北西側養殖生質：最大12mg/L 南側養殖生質：最大3mg/L	北西側養殖生質：最大10mg/L 南側養殖生質：最大2mg/L	南側養殖生質：最大4mg/L
ケース2	北西側養殖生質：最大6mg/L 南側養殖生質：渦り届かず	北西側養殖生質：最大2mg/L 南側養殖生質：渦り届かず	南側養殖生質：最大4mg/L
ケース3	北西側養殖生質：最大8mg/L 南側養殖生質：渦り届かず	北西側養殖生質：最大4mg/L 南側養殖生質：渦り届かず	南側養殖生質：最大4mg/L
ケース4	北西側養殖生質：最大4mg/L 南側養殖生質：渦り届かず	北西側養殖生質：最大2mg/L 南側養殖生質：渦り届かず	南側養殖生質：最大2mg/L
ケース5	北西側養殖生質：最大4mg/L 南側養殖生質：渦り届かず	北西側養殖生質：最大2mg/L 南側養殖生質：渦り届かず	南側養殖生質：最大2mg/L
ケース6	北西側養殖生質：最大2mg/L 南側養殖生質：渦り届かず	北西側養殖生質：渦り届かず 南側養殖生質：渦り届かず	南側養殖生質：最大2mg/L

7. 海底遺跡発掘調査による周辺施設への影響

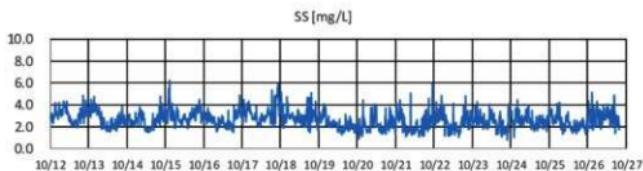
(1) 基準値について

1) 水産用基準

海域による渦りは、自然的には潮流（潮汐による流れ）や沖合からのうねり等で発生し、海域の閉鎖性（湾内の海水の出入りの乏しさを示す指標。湾口幅や奥行、水深等で決まる。）が高い場合には平均的な渦りも高くなるなど、海域によって異なる。したがって、対象となる海域の平均的な渦りについて把握しておくことが必要である。

本業務では、第113図に示す3地点において潮流計を設置したが、このうち潮流調査地点2において、潮流調査期間に渦度計を設置し、海域の渦り時系列変化について測定を行った。結果を第215図に示す。

潮流調査地点2は対象海域の沖合に位置し、陸域からの河川流入等の影響が小さい地点と考えられる。調査期間におけるSS平均値は2.6mg/Lで、潮汐変動に伴って、0.7mg/L～6.3mg/Lまで変化した。本業務では、水産用水基準に基づき、海底遺跡発掘調査により渦りの最大包絡値が2mg/L以上となる海域を示した。この値は、対象海域において日々の変化である潮汐に伴う渦度変化の範囲内であり、渦り基準値としては厳しいものであるといえる。



第215図 潮流調査地点2におけるSS時系列変化

2) 養殖に対する影響

水産用水基準には、上記の「人為的に加えられる懸濁物質は2mg/L以下」との基準に合わせて、水質環境（SS）による水生生物への影響についても記載されている（日本水産資源保護協会、2000）。このうち、海産魚類に対する影響を表68に示す。

対象海域において養殖されている海産魚類は、主にトラフグである。トラフグに対する影響としては、海底土による濁りが50mg/L以上となる場合に、忌避行動（濁りを嫌って、トラフグが逃げ回ること。魚体と養殖網との接触等の危険性がある。）が起こるとされている。

表68 水質環境（SS）による水生生物への影響

生物種	影響	濃度(mg/L)
ブリ	忌避行動あり	100以上
	成長影響あり	10以上
	生残影響あり	20以上
クロダイ	忌避行動あり	350以上
	生残、成長に影響なし	400
マダイ	忌避行動あり（濁り物質：赤土）	200
マアジ	忌避行動あり（濁り物質：海底土）	180以上
イシダイ	忌避行動あり（濁り物質：海底土）	5以上
クロソイ	忌避行動あり（濁り物質：海底土）	1,000以上
シロギス	忌避行動あり（濁り物質：海底土）	1,000
サヨリ	忌避行動あり（濁り物質：海底土）	10以上
フグ	忌避行動あり（濁り物質：海底土）	50以上

鷹島海底遺跡発掘調査に伴う発掘調査中は、第197図～第214図に示すように、発掘調査の実施場所周辺で濁り（SS）の拡散が見られている。また、水中ドレッジによる発掘調査の場合、表層への濁りの拡散はみられず、SSは海底面上で発生し、概ね底層（海面下10m～海底面）で拡散し、

水平方向に広がる結果となっている。

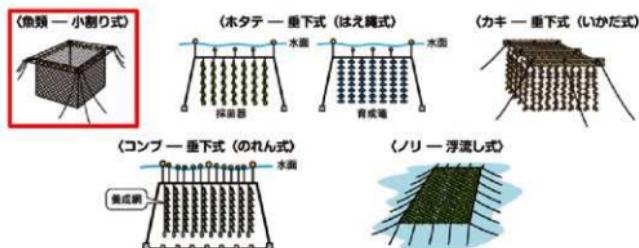
(2) 発掘調査の影響

対象海域では、第216図に示すように海面生簀によるトラフグの養殖がおこなわれている。魚類の海面生簀は第217図に示すように、対象魚種の年齢ごとの生息深度に合わせて海面から網を垂下する。

トラフグの年齢ごとの生簀の深さ（海面から垂下した網の長さ）を松浦市水産課にヒアリングを行った結果を表69に示す。その結果、トラフグの生簀の深さは最大8m程度であった。



第216図 養殖生簀



第217図 主要養殖種別の養殖方法 (引用文献: 平成25年度水産白書, 水産庁ホームページ)

表69 トラフグの年齢と養殖生簀の深さ

年齢	体長*	生簀の深さ
当歳魚（1年魚）	~25cm	3m
2年魚	35cm	5m~8m

*参考文献: トラフグ(平成24年), 栽培てびき(改訂版), 山口県.

渦り拡散計算結果によると、海底遺跡発掘調査による渦り拡散の影響は、周囲の養殖生簀に最大12mg/Lの影響を与えた（計算ケース1 一石型木製桟）。トラフグに影響がある渦りはSS値50mg/L以上であり、海底遺跡発掘調査による渦り発生量は大きく下回った。

また、計算ケース1の鷹島2号沈船を除いて、渦りの拡散深度は海面下10m以深（生じた渦りは最大4mg/L）に限られた。トラフグの養殖生簀は海面下8mまでであるので、渦りの拡散は生簀の設置水深より下方に限られた。

(3) 粒径0.0015mm未満の粒子の拡散について

濁り拡散計算に用いたストークス則が適用できる粒径の下限値を見積もる。

極細粒粒子は、分散媒の熱運動に起因するブラウン運動によって不規則に動くと考えられる。測定時間内におけるブラウン運動による粒子の平均移動距離は、

$$\text{ブラウン運動による変位} = \sqrt{\frac{k_2 t}{d}}, \quad k_2 = \frac{2kT}{3\pi\eta}$$

となり、粒子径が小さいほど、時間が長いほど大きくなる。日本工業規格「液相重力沈降法による粒子径分布測定方法 (JIS Z8820-1:2002)」では、ブラウン運動による変位と重力沈降による変位の比が0.1以下となるように定めており、

$$\frac{\text{ブラウン運動による変位}}{\text{重力沈降による変位}} = \frac{\sqrt{\frac{k_2 t}{d}}}{\frac{d^2 t}{k_1}} \leq 0.1, \quad k_1 = \frac{18\eta}{(\rho_s - \rho_w)g}$$

から、下限粒子径は

$$\text{下限粒子径} = (100k_1^2 k_2 t^{-1})^{\frac{1}{3}}$$

となる。これは、粒子密度、海水密度、粘性、水温がそれぞれ2650kg/m³、1030kg/m³、0.00101Pa·s、293.15Kの時、概ね0.49μm～0.98μm程度となり、これよりも細粒な粒子は、ブラウン運動による粒子移動が大きいと考えられる。

また、このような粒子の大部分は有機物であると考えられ、海水中では溶存態として存在すると考えられる。

以上のことから、本業務では0.0015mm(1.5μm)未満の粒子については検討から除外した。ここでは追加検討として、粒子の沈降速度を0(ゼロ)とした粒子拡散計算を行い、0.0015mm以下の粒子の拡散範囲を検討した。

粒径は0.0015mmとしたが、沈降速度は0とした。負荷量は、底質分析結果より粒径0.0015mm以下の粒子の質量積算百分率が底質全体の8.4%であり、汚濁限界粒子径の0.045mmの質量積算百分率が底質全体の57.25%であることから、海底遺跡発掘調査で発生すると考えられる負荷量60639.2mg/Lから、

$$60639.2 \text{ mg/L} \times 8.4\% \div 57.25\% = 8897 \text{ mg/L}$$

とした。また、濁り投入点は一石型木製桟、鷹島1号沈船、鷹島2号沈船の3か所とした。以下に計算条件をまとめた。

表 70 計算条件

粒径	負荷量	負荷投入点
0.0015mm (沈降速度0)	8897mg/L	一石型木製桟 鷹島1号沈船 鷹島2号沈船

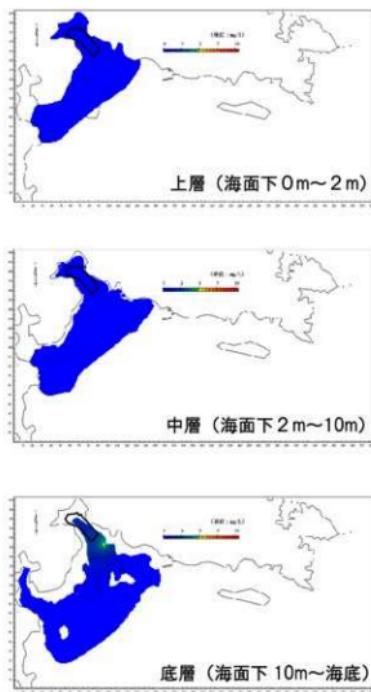
結果を第218図～第220図に示す。

一石型木製錐から拡散した0.015mm以下の粒子が溶存した水塊は、表層～底層を拡散し、地点の周辺の入り江奥部にまで広がった。

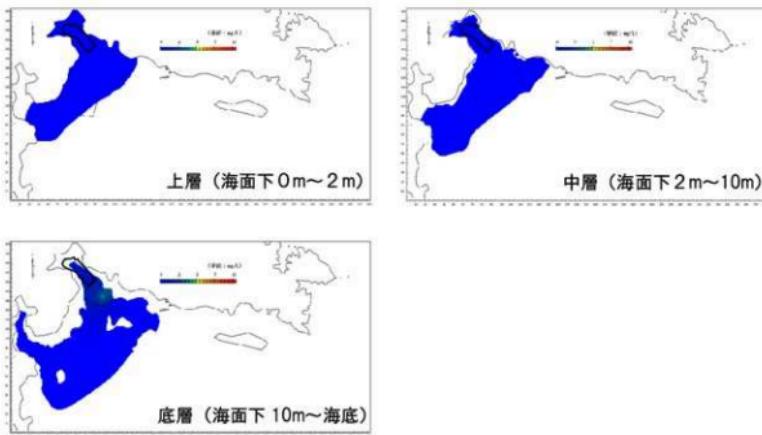
鷹島1号沈船から拡散した0.015mm以下の粒子が溶存した水塊は、表層～底層を拡散し、地点の周辺の入り江奥部にまで広がった。

鷹島2号沈船から拡散した0.015mm以下の粒子が溶存した水塊は、表層～底層を拡散し、南部沖合にまで広がった。

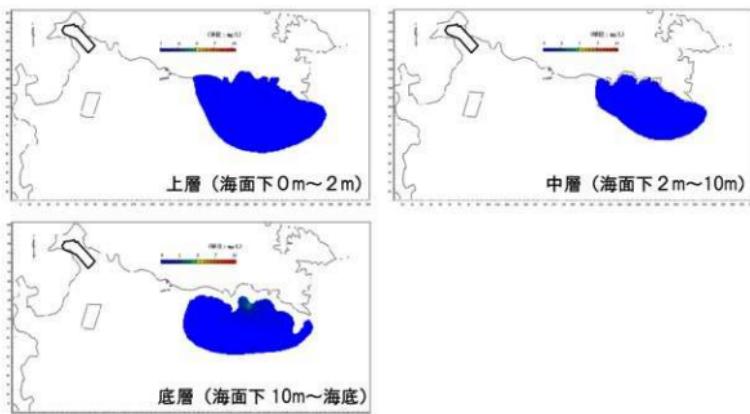
以上のことから、0.0015mm以下の粒子が溶存した水塊は、数百m程度の広さまで広がった。ただし、その濃度はいずれも0.2mg/L以下であった。



第218図 粒子拡散分布（沈降速度=0, 一石型木製錐）



第 219 図 粒子拡散分布（沈降速度=0, 鷺島 1 号沈船）



第 220 図 粒子拡散分布（沈降速度=0, 鷺島 2 号沈船）

8. 小結

以上、国際航業株式会社の業務委託報告書を基に述べた。最初に述べたとおり、鷹島海底遺跡の所在する伊万里湾はトラフグやマグロなどの養殖漁業が盛んであり、鷹島南岸にも養殖漁場が多数存在する。また、調査地付近では、刺し網漁やタコ壺漁なども行われており、調査を実施するには、漁業者の理解を得ることは必須である。そのため、海底での発掘調査において発生する渦りについて、シミュレーションを用いて検討を行った。

渦り拡散計算結果によると、海底遺跡発掘調査による渦り拡散の影響は、周囲の養殖生簀に最大12mg/Lの影響を与える（一石型木製桿）結果となった。しかし、トラフグに影響がある渦りはSS値50mg/L以上とされており、海底遺跡発掘調査による渦り発生量は大きく下回る。

また、計算ケース1の鷹島2号沈船を除いて、渦りの拡散深度は海面下10m以深（生じた渦りは最大4mg/L）に限られた。トラフグの養殖生簀は海面下8mまでであるので、渦りの拡散は生簀の設置水深より下方に限られた。

今回の事業を通して、今後の発掘調査や沈没船の引揚げに向けて、重要なデータが得られた。この得られたデータを用いて、今後の調査計画を検討してゆくこととしたい。

引用・参考文献

- 池田栄史 2015「水中考古学手法による元寇沈船の調査と研究」平成23年度～平成27年度
科学研究費補助金基盤研究（S）研究成果報告書 第二冊
- 池田栄史 2016「水中考古学手法による元寇沈船の調査と研究」平成23年度～平成27年度
科学研究費補助金基盤研究（S）研究成果報告書 第三冊（最終成果報告書）
- 国土交通省港湾局 2004「港湾工事における渦り影響予測の手引き」
- 東海大学海洋学部 2011「長崎県・伊万里湾海底地形図集 縮尺1/8,000」
- 東海大学 松浦市教育委員会 2011「松浦市鷹島海底遺跡関連伊万里湾海底調査 2010年度
第10次高精度高密度海底地形・地質調査報告書」
- 長崎県教育委員会 2018「長崎県埋蔵文化財センター調査報告書 第25集 鷹島海底遺跡－平成25年度から平成29年度までの調査成果－」
- 松浦市教育委員会 2011「鷹島海底遺跡関連伊万里湾海底調査 浅海域海底探査業務委託 報告書」
- 山口県 2012「栽培漁業のてびき（改訂版）」
- 吉田将 2007「ダイオキシン類汚染底質の汚濁抑制処理と脱水中間処理」建設の施工企画 p 35-
p 40
- 琉球大学考古学研究室 2011「元寇沈船調査映像資料」
- 琉球大学考古学研究室 松浦市教育委員会 2015「鷹島海底遺跡発掘調査映像」

第X章 鷹島海底遺跡出土鉄製品のX線CT調査について

1.はじめに

鷹島海底遺跡から出土する金属製品のうち、特に鉄製品は740年近く海底面下に埋没していた影響で錆胞れし、本来の形状が分からなくなっている。

形状や用途の分からない鉄製品については、長崎県埋蔵文化財センターや独立行政法人国立文化財機構九州国立博物館に協力を賜り、透過X線調査やX線CT調査を行わせていただいており、片刃の鉤や火打ち金の発見など大きな成果に繋がっている。

今回、鉄製品570点のCT調査結果を再整理し、内部構造について確認を行い、特徴的な結果を得られたものについて報告する。報告する鉄製品については『松浦市鷹島海底遺跡 総集編』（松浦市教育委員会2011）遺物一覧表で報告したものうち、整理ができた鉄製品に限っている。それぞれの遺物の出土年、出土地点については表71を参照していただきたい。

なお、報告している遺物のうち、矢束についてはX線CTによる断面の画像より内部の矢の本数を記載しているが、遺物の錆化が進んでいること、X線が透過しにくかったものがあり、正確な本数とはなっていないことをご容赦願いたい。

1は矢立？と報告した遺物である。CT調査の結果、矢束であることが分かった。矢束とは胡籠に入れた矢が錆で一体化した遺物である。CT画像から内部に30本以上の矢を確認した。

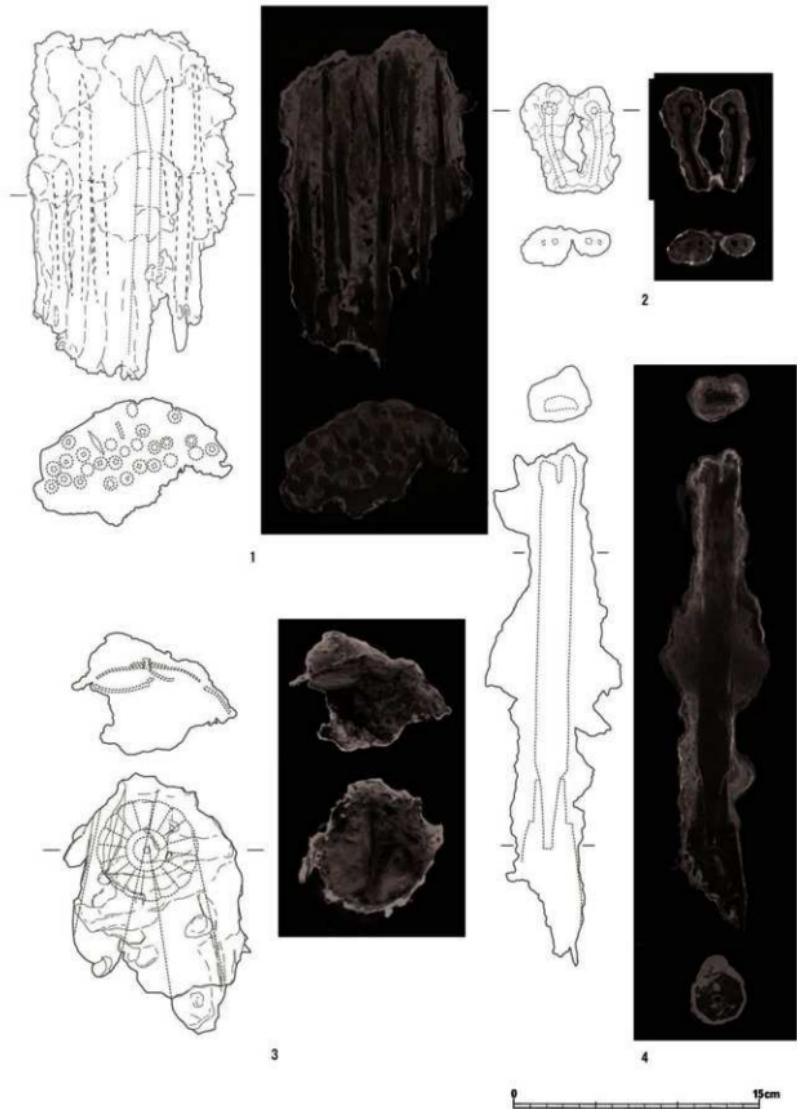
2は釘？と報告した遺物である。CT調査の結果、有孔鉄製品であることが分かった。穴の径は約5mmである。先端が欠損しており、用途は不明である。

3は板状製品として報告した遺物である。脛あてや小手のような長方形の板状製品と考えていたが、表面の錆をクリーニングした際、円形の部品を確認した。また、錆の内部より鎖帷子と考えられる環状の錆が出てきたため、小札と鎖帷子で作られる胄であることが分かった。円形の部品は頭頂部の部品であった。

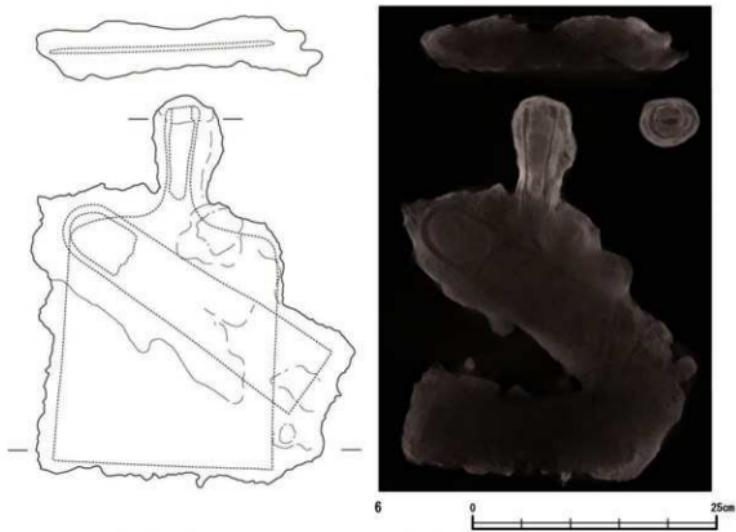
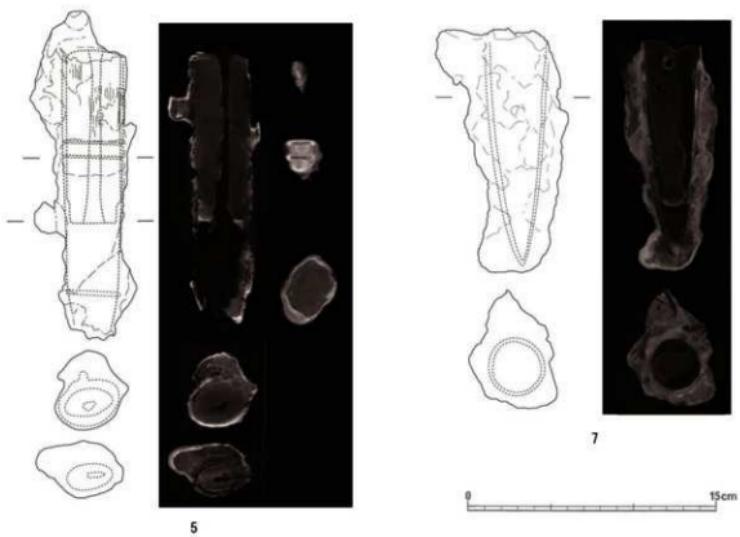
4は松浦市文化財調査報告書第6集において鉄製品として報告した遺物である。CT調査の結果、断面を八角形に加工した木材に差し込まれた遺物であることが分かった。先端部分の錆化が著しく、詳細な形状は確認できない。用途は不明である。

5は刀と報告していた遺物である。CT調査の結果、刀子の鞘と柄部分であることが分かった。錆化が進んでおり、刀身部はなくなっている。鞘に取り付けられていた金具が一部残存している。

6は不明と報告した遺物である。CT調査の結果、鋤と鍔であることを確認した。鋤については刃先から袋部まで長さ約40cm、幅20cmを測る。鷹島海底遺跡の出土遺物の中で農具と確認できたのは本例が初となる。



第 221 図 鷹島海底遺跡出土鉄製品実測図・X線画像①(1 / 3)



第222図 鷺島海底遺跡出土鉄製品実測図・X線画像②(5・7は1/3、6は1/5)

7は不明と報告した遺物である。CT調査の結果、袋状を呈する遺物であることを確認した。鉢の出土事例があることから、石突の可能性がある。

8は不明と報告した遺物である。CT調査の結果、鉤や把手の形状をした複数の遺物であることが分かった。また、素環頭柄頭に類似した形状の金具も確認したが、鷹島海底遺跡から出土している他の環頭大刀の柄頭とは形状が異なり、別の用途を持つ遺物の可能性がある。鉤の形状は爪が4つ十字方向に分かれているもので、環状の金具が取り付けられている。

9は釘?と報告した遺物である。CT調査の結果、木材に1cm角の鉄釘が貫入した状態で鋳化した遺物であることが分かった。また、釘を打ち込む前に穿孔したと考えられる痕跡を確認した。

10は釘と報告した遺物である。CT調査の結果、釘ではなく、鉄製の金具であることが分かった。円柱状の木材をクランプ状の金具で挟んでいる。用途は不明。

11は鉄釘と報告した遺物である。CT調査の結果、木材に1cm角の角釘が2本貫入した状態で鋳化した遺物であることが分かった。また、9と同様に穿孔跡を確認した。

12は箭(矢)束と報告した遺物である。CT画像から内部に11本の矢があることを確認した。

13は松浦市文化財調査報告書第6集において鉤状鉄製品と報告した遺物である。遺物の整理作業を進めるにあたり、前回報告した個体に接合できる破片があることが分かり、再度X線CT調査を行った。調査の結果、鉤の先端部分が残存していることが分かった。ただ、過去に見つかった鉤状製品と比較して遺物の径が5mm程と半分の厚さであるため、本来真っ直ぐだった遺物が曲がったものである可能性も考えられる。

14は鉄製品と報告した遺物である。CT調査の結果、短剣状の遺物であることが分かった。身部と考えられる部分の断面は半円状を呈している。また、鞘部分が残存しており、T字の形状をした柄部分まで収納された状態で鋳化している。

15は鉄製柄?と報告した遺物である。CT調査の結果、鍔部分が残存していることが分かった。鋳化が進んでおり、柄部分は残存していない。

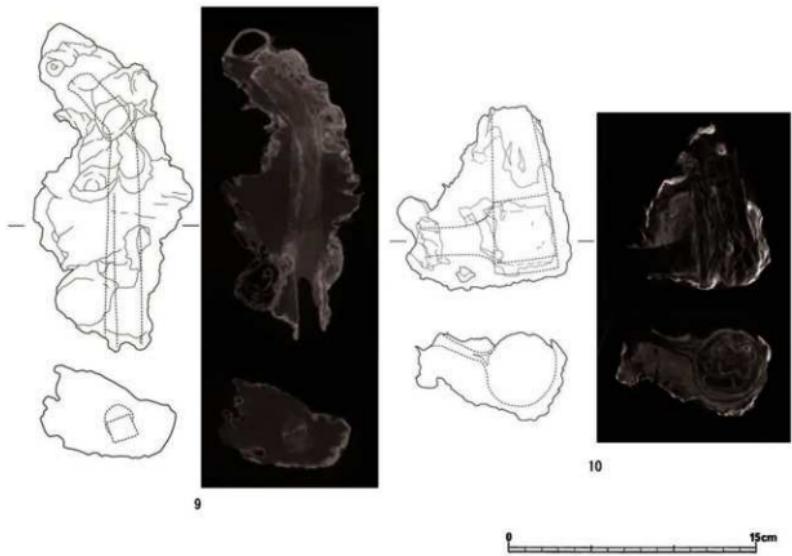
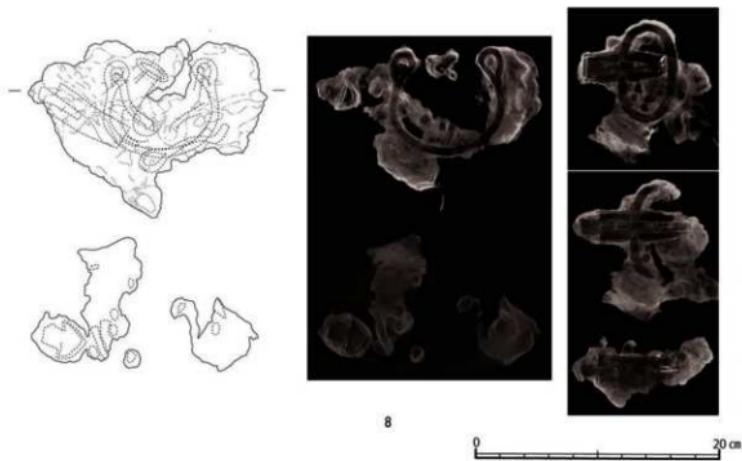
16は鉄製鍋?と報告した遺物である。CT調査の結果、内部に鬆を確認できたため、鋳造遺物であることが分かった。厚さ3mmを測る。用途については鍋の可能性が高い。

17は箭(矢)束と報告した遺物である。CT調査の結果、5本の矢があることが分かった。

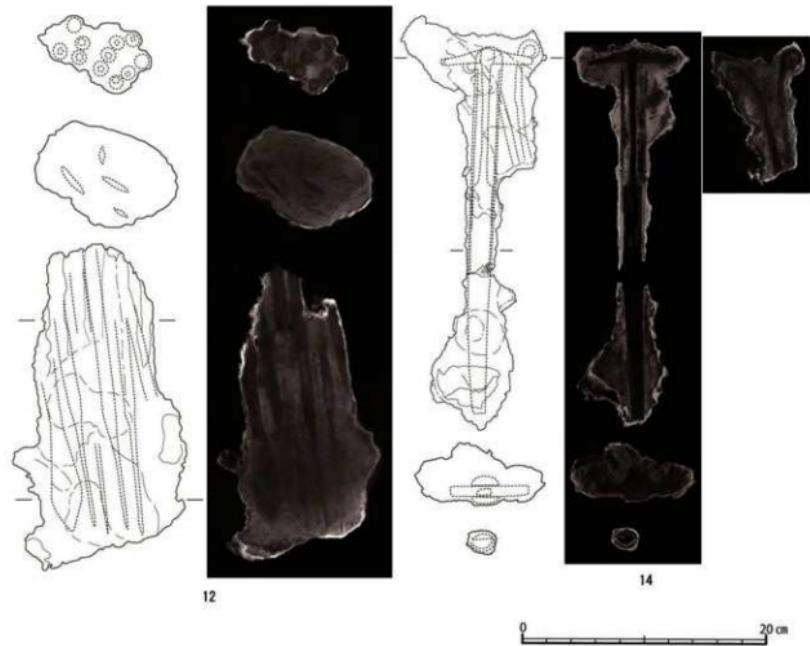
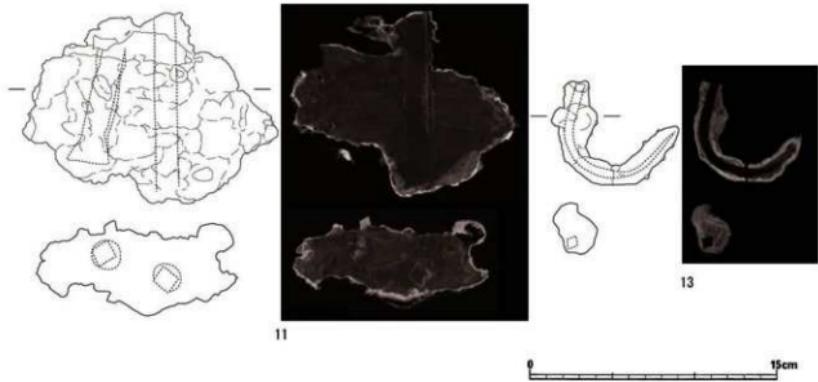
18は鉄製品と報告した遺物である。CT調査の結果、球状鉄製品であることが分かった。CT画像より鬆が確認できたため、鋳造遺物である。用途は不明である。

19は鉄製品と報告した遺物である。CT調査の結果、球状鉄製品であることが分かった。CT画像より鬆が確認できたため、鋳造遺物である。用途は不明。18と同形状を呈する。

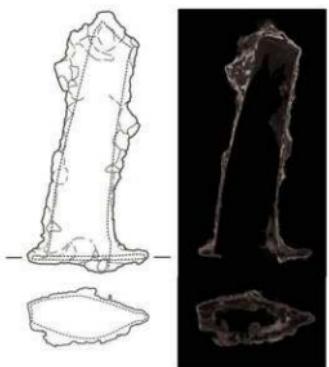
20は鉄製背片と報告した遺物である。CT調査の結果、板状の遺物であることを確認した。鋳化が進んでおり、詳細な形状は分からないが湾曲している。内1点について穴が2カ所開けられれていることを確認した。厚さは2mmを測る。鉄製背の可能性が高い。



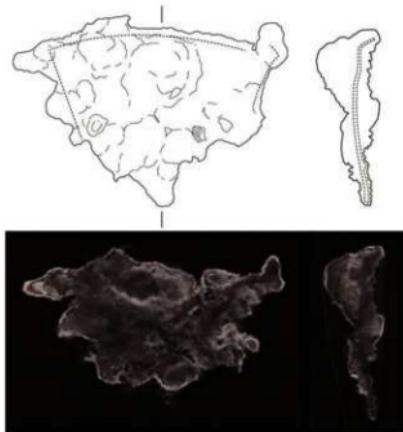
第223図 鷹島海底遺跡出土鉄製品実測図・X線画像③(8は1/4、9・10は1/3)



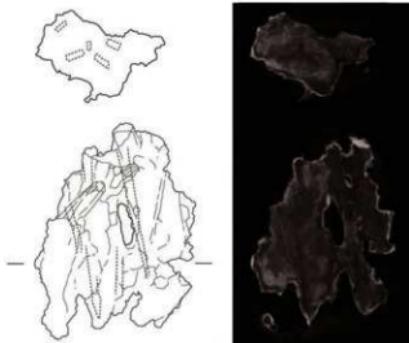
第224図 鷹島海底遺跡出土鉄製品実測図・X線画像④(11・12・13は1/3、14は1/4)



15



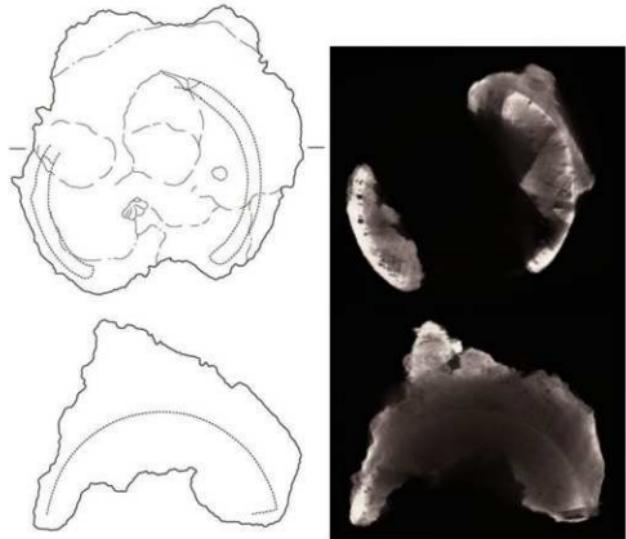
16



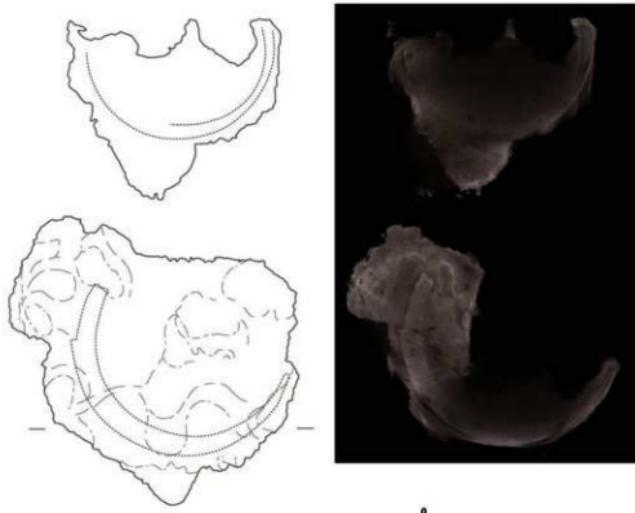
17

0 15cm

第 225 図 鷹島海底遺跡出土鉄製品実測図・X 線画像⑤(1 / 3)



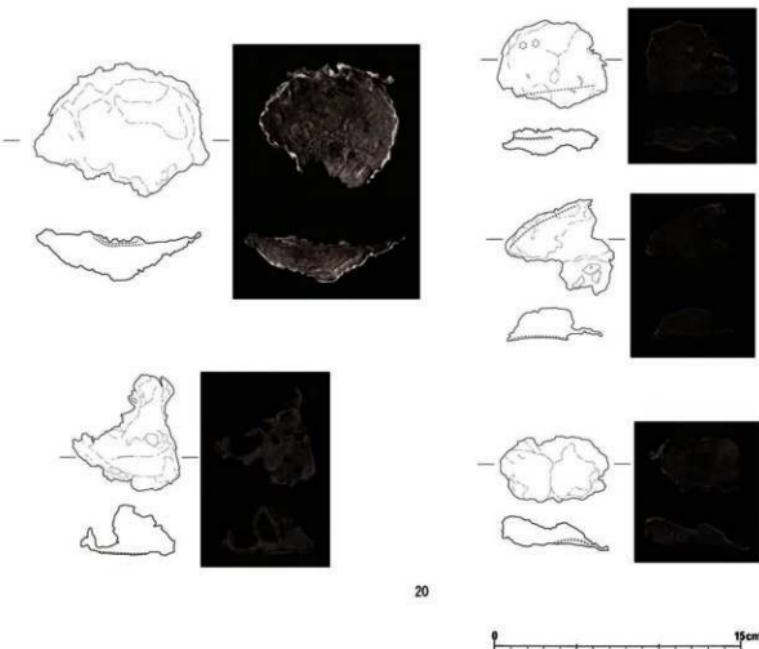
18



19



第226図 鷹島海底遺跡出土鉄製品実測図・X線画像⑥(1/3)



20

第227図 鷹島海底遺跡出土鉄製品実測図・X線画像⑦(1/3)

21は筒状鉄製品と報告した遺物である。鉄製品と報告しているが、大部分が木質で、一部に鋸の塊が付着している。CT調査の結果、鋸塊の内部に釘痕を確認した。また、10の遺物と同様、木質を金具で挟んでいたと考えられる跡が遺物表面に残る。金具部分は鋸化が進んでほぼ残存していない。

22は棒状鉄製品と報告した遺物である。CT調査の結果、袋状構造を持つ遺物であることを確認した。また、袋部に挿し込んだ木材を固定するために打たれた釘も確認できる。鉢の出土事例があるため、石突の可能性がある。7に類似する。

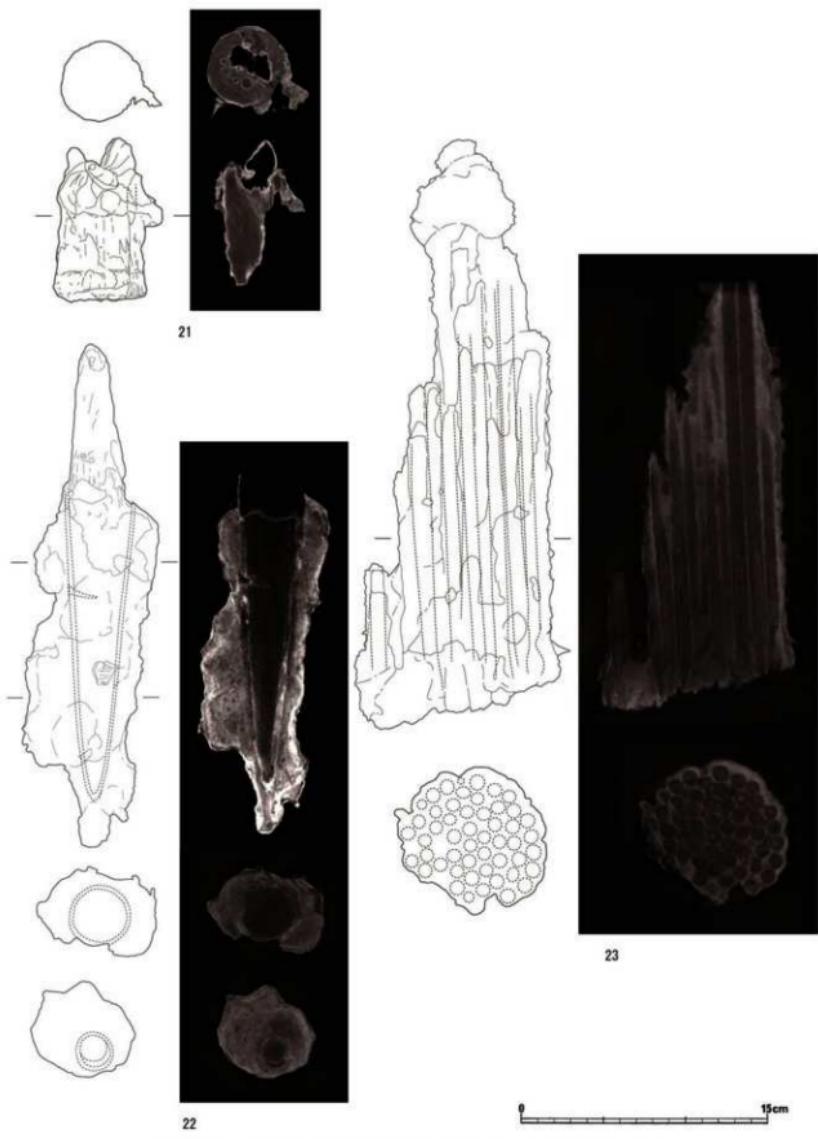
23は箭(矢)束と報告した遺物である。CT画像から、51本の矢があることが分かった。

24は箭(矢)束と報告した遺物である。CT画像から、8本の矢があることが分かった。

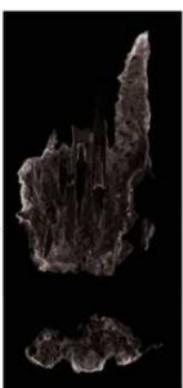
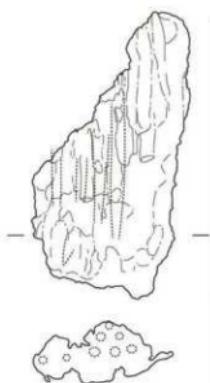
25は松浦市文化財調査報告書第6集において鉄釘と報告した遺物である。報告後にCT調査を行った結果、鉄鏃であることを確認した。

26は箭(矢)?と報告した遺物である。CT調査の結果、鉄鏃であることを確認した。

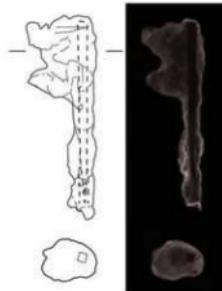
27は箭(矢)束と報告した遺物である。CT画像から、30本の矢があることが分かった。



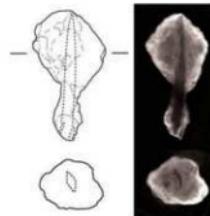
第228図 鷺島海底遺跡出土鉄製品実測図・X線画像⑧(1/3)



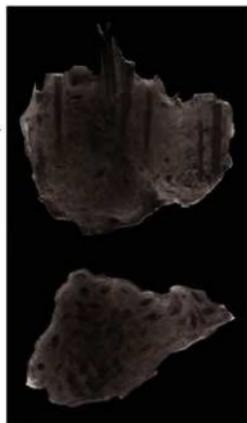
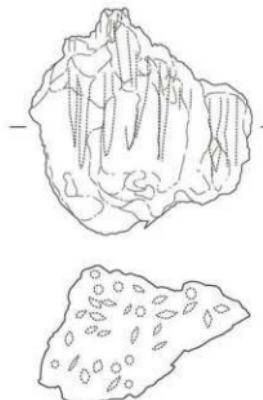
24



25



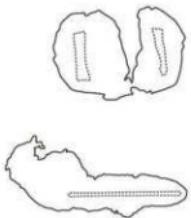
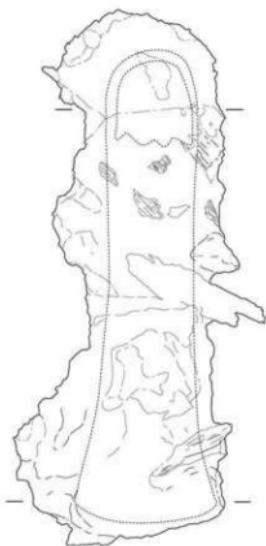
26



27



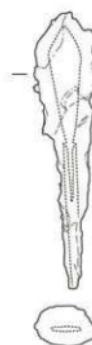
第 229 図 鷹島海底遺跡出土鉄製品実測図・X線画像⑨(1/3)



28



29



30



第230図 鷹島海底遺跡出土鉄製品実測図・X線画像⑩(1/3)

28 は鉄製品と報告した遺物である。CT調査の結果、鎌であることが分かった。6の鎌と同形状。

29 は松浦市文化財調査報告書第6集において角釘と報告した遺物である。報告後にCT調査を行った結果、鉄鎌であることを確認した。

30 は箭（矢）？と報告した遺物である。CT調査の結果、鉄鎌であることを確認した。

31 は箭（矢）束と報告した遺物である。CT画像から、15本の矢があることが分かった。

32 は箭（矢）束と報告した遺物である。CT画像から、14本の矢があることが分かった。また、鎌の内部に帶金具があることを確認した。

33 は鉄製品と報告した遺物である。CT調査の結果、環状の金具であることが分かった。また、可動する金具が取り付けられていることも分かった。用途は不明。

34 は鉄製品と報告した遺物である。CT調査の結果、漏斗状の遺物であることが分かった。胃の頭頂部の金具の可能性がある。

35 は鉄釘と報告した遺物である。CT調査の結果、鉄鎌であることを確認した。

36 は鉄釘と報告した遺物である。CT調査の結果、鉄鎌であることを確認した。

37 は箭（矢）束と報告した遺物である。CT画像から、14本の矢があることが分かった。

38 は鉄製品と報告した遺物である。CT調査の結果、両刃の鉾であることが分かった。

39 は棒状鉄製品と報告した遺物である。CT調査の結果、鉄鎌であることを確認した。

40 は鉄製品と報告した遺物である。CT調査の結果、一辺を環状にした金具であることが分かった。用途は不明。

41 は棒状鉄製品と報告した遺物である。CT調査の結果、鉄鎌であることを確認した。

42 は鉄製品と報告した遺物である。CT調査の結果、袋状構造を持つ遺物であることを確認した。また、袋部に挿し込んだ木材を固定するために打たれた釘も確認できる。鉾の出土事例があるため、石突ではないかと考えている。7、22に類似している。

43 は箭（矢）束と報告した遺物である。CT画像から、21本の矢があることが分かった。

44 は箭（矢）束と報告した遺物である。CT画像から、11本の矢があることが分かった。

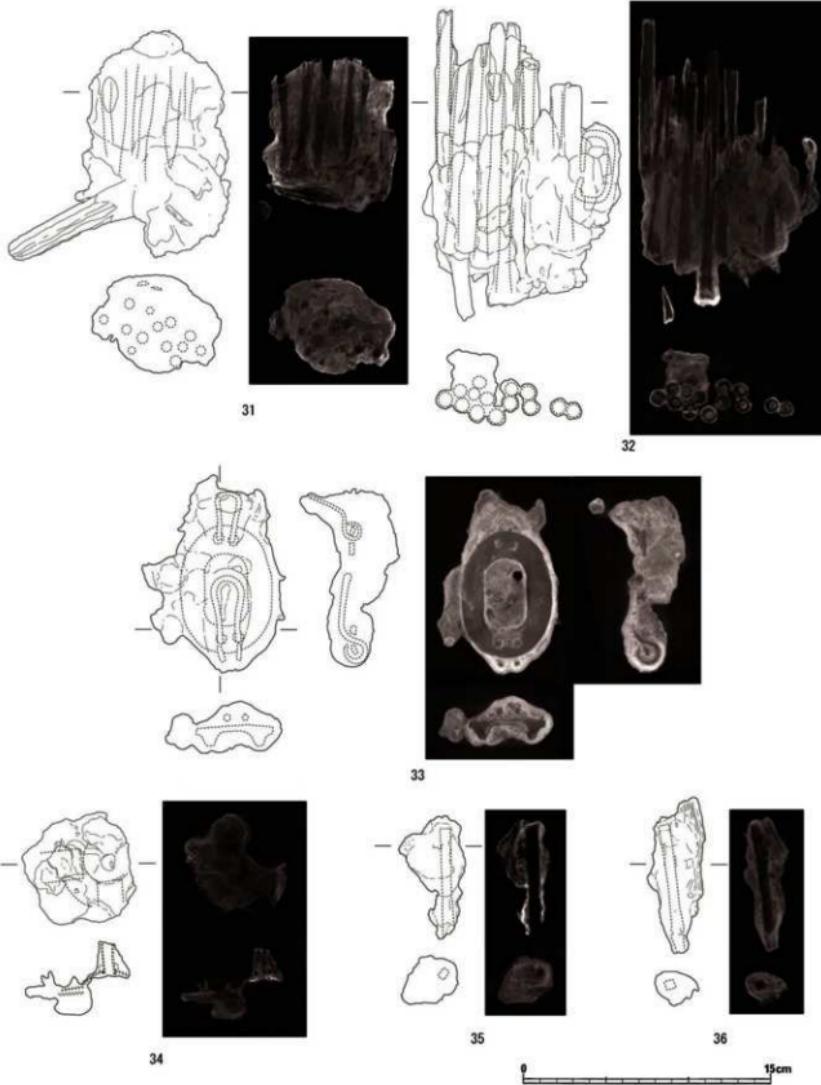
45 は鉄製金具と報告した遺物である。CT調査の結果、蝶番と鉢具など複数のものが一体化したものであることが分かった。また、遺物の鎌に巻き込まれるような形で漆塗りの小札も確認した。鉢具の点数は1点、蝶番の点数は3個体で合わせて10点である。

46 は箭（矢）束と報告した遺物である。CT画像から、15本の矢があることが分かった。

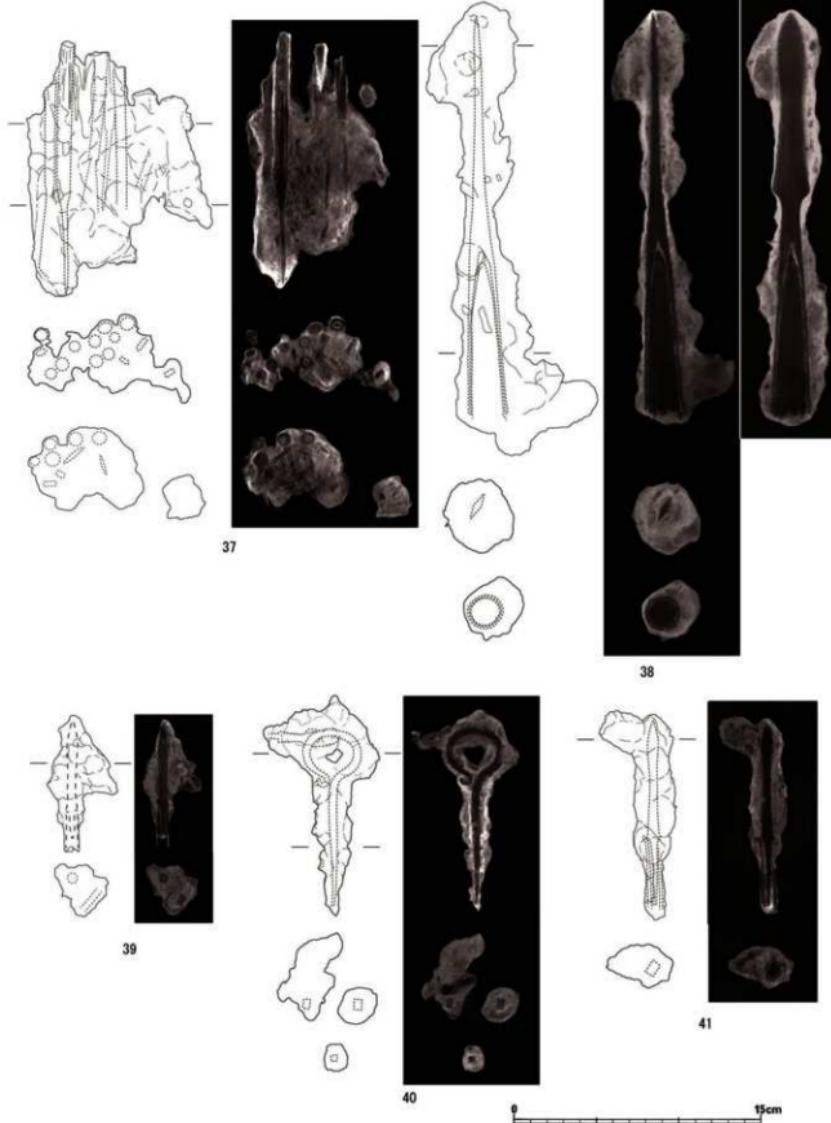
47 は箭（矢）束と報告した遺物である。CT画像から、15本の矢があることが分かった。

48 は鉄製胃片と報告した遺物である。CT調査の結果、鎌の内部に板状の鉄製品があることを確認した。厚さ2mmを測る。胃の可能性が高い。

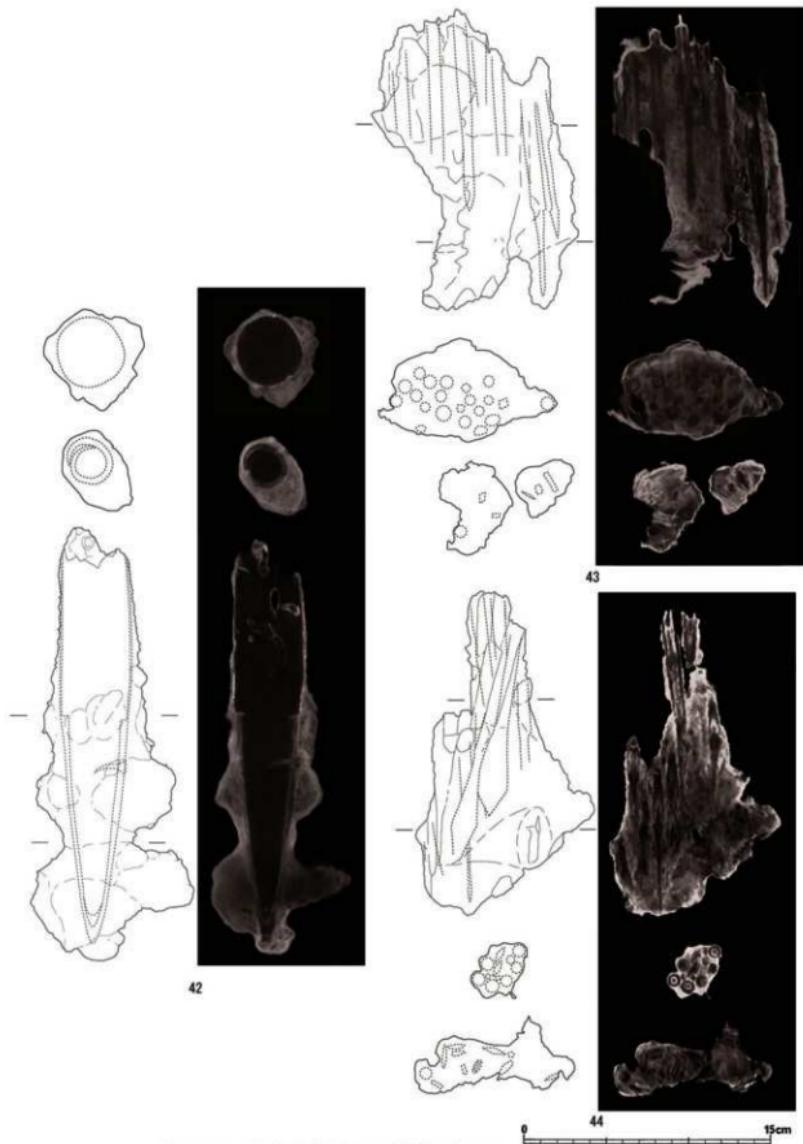
49 は鉄製品と報告した遺物である。CT調査の結果、斧であることを確認した。柄の部分も一部残存している。また、斧の一部にメタルが残っている。



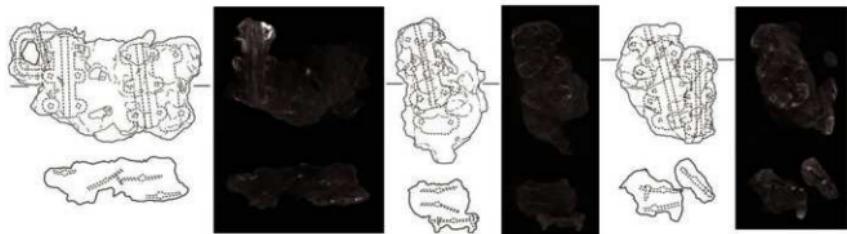
第231図 鹿島海底遺跡出土鉄製品実測図・X線画像⑪(1/3)



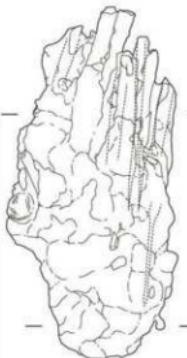
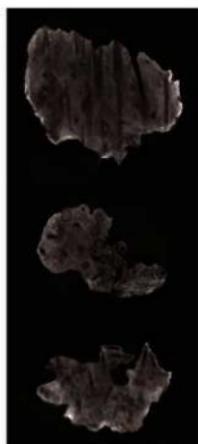
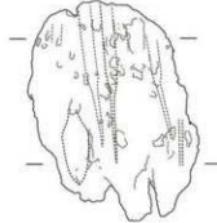
第232図 鷹島海底遺跡出土鉄製品実測図・X線画像⑫(1/3)



第233図 鷺島海底遺跡出土鉄製品実測図・X線画像(3)(1/3)



45

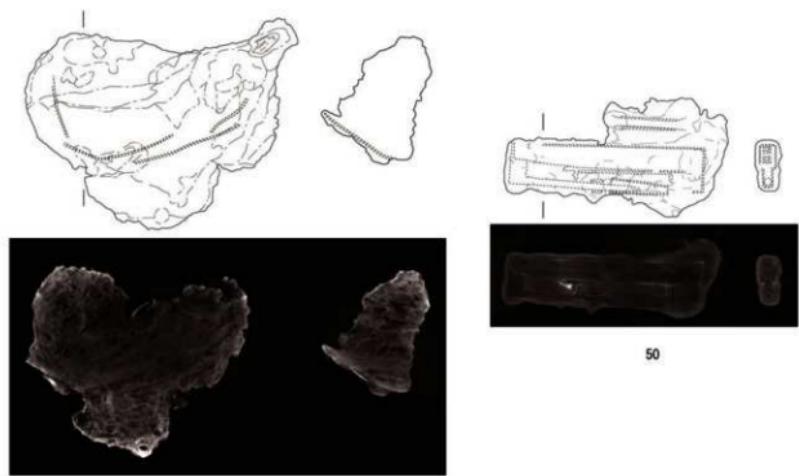


46

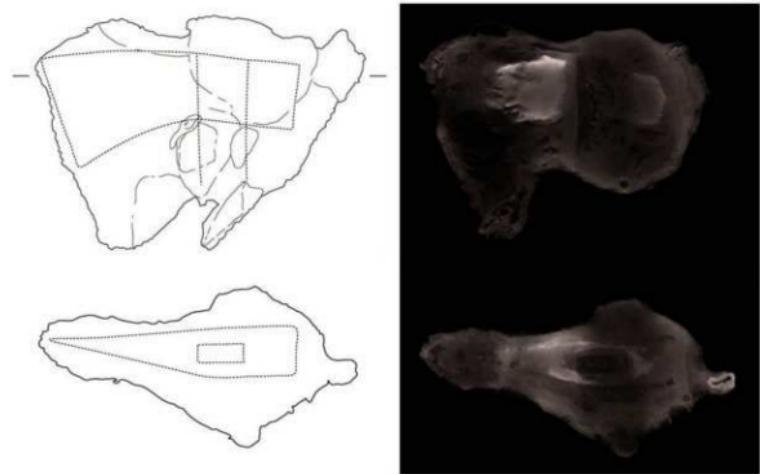
47

第 234 図 鷹島海底遺跡出土鉄製品実測図・X 線画像④(1 / 3)





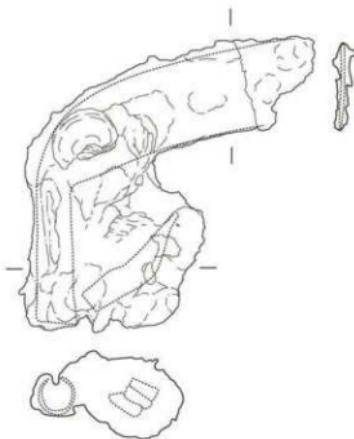
48



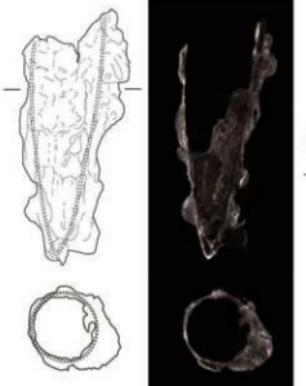
49



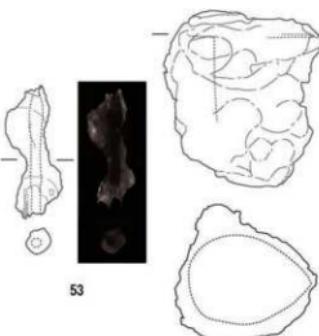
第235図 鷹島海底遺跡出土鉄製品実測図・X線画像⑯(1/3)



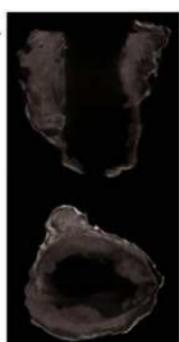
51



52



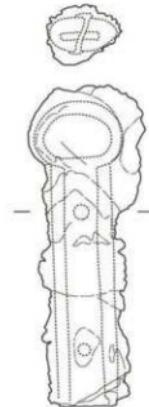
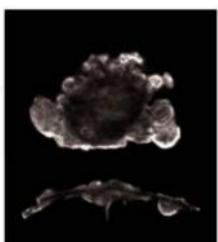
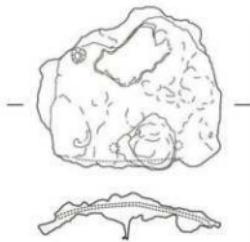
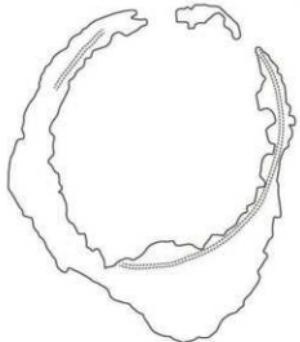
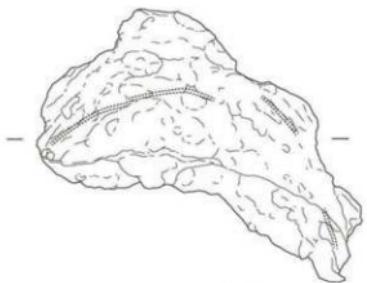
53



54

第236図 鷹島海底遺跡出土鉄製品実測図・X線画像⑤(1/3)





0 15cm

第237図 鷹島海底遺跡出土鉄製品実測図・X線画像⑦(1/3)

50は船釘と報告した遺物である。CT調査の結果、錠であることを確認した。内部にX線が透過していない部分（CT画像内で白く表示されている部分）があり、鉄ではない金属が使用されている可能性がある。

51は鉄鎌と報告した遺物である。CT調査の結果、鎌以外に金槌の頭部があることが分かった。

52は金属片と報告した遺物である。CT調査の結果、袋状構造を持つ遺物であることを確認した。

鉢の出土事例があるため、石突ではないかと考えられる。7、22、42と類似する。

53は金属片と報告した遺物である。CT調査の結果、鐵鎌であることを確認した。

54は鉄刀と報告した遺物である。CT調査の結果、鉄刀の刀身と鍔の部分であることが分かった。鋸化が進んでおり刀身部分は残っていないが、鍔の一部が残存している。15の刀とは鍔の形状が異なる。56と接合可能である。

55は鉄製冑と報告した遺物である。CT調査の結果、冑であることを確認した。厚さ2mmを測る。

56は鉄刀と報告した遺物である。CT調査の結果、鉄刀の柄部分であることが分かった。素環頭の柄頭を持ち、鉄製の身を木材で挟み込んで鉢で固定する造りであることが確認できる。54と接合可能である。

なお、54、56の鉄刀については、元興寺文化財研究所の植田直見氏による「海底遺跡出土遺物の調査・分析・保存に関する基礎的研究」『平成17~19年度科学研究費補助金基盤研究（B）研究成果報告書』にて別途報告されているので参照していただきたい。

2. 小 結

本章では、鷹島海底遺跡からの初の農具の報告事例となる鋤・鎌の発見や、船材と考えられる木材に釘打ち前に穿孔したと考えられる加工痕の確認など、新たに得られた知見を報告した。

鷹島海底遺跡出土鉄製品に対してのX線を用いた内部構造調査は、鷹島海底遺跡の調査に必要不可欠であると考えており、特にX線CTによる調査は透過X線撮影だけでは把握しきれなかった内部構造を立体的に確認することができ、非常に有効であった。

今後、調査は鉄製品だけでなく、船材などの木材と鉄釘などの鉄製品が一体化した複合遺物にも行い、内部構造の把握、遺物の状態確認を進めていく予定である。

そして、保存処理後の遺物の取り扱いについても、X線による調査を活用することとしている。外見から鉄製品と考えていた遺物が調査により銅や木との複合遺物であることが分かり、予定していた保存処理方法を変更するという事例があった。また、保存処理を終えた遺物に対して定期的にX線CT調査を行い、外見からでは分からぬ変化を確認することで、遺物の劣化を防いでいくよう保管管理を進めていく予定である。

表71 鷹島海底遺跡出土鉄製品 X線調査結果一覧表

神奈1995RC出土遺物一覧表

調査番号	遺物 名	種別	遺物 名	透過 X線	X線 C.T.	X線調査結果	備 考
03	鉄製品	鉄製品	鉄製品	○	○	鉄製品	

○：調査済（調査用） ○：調査未

KZK00（平成12年度）緊急調査出土遺物一覧表

調査番号	遺物 名	種別	遺物 名	透過 X線	X線 C.T.	X線調査結果	備 考
21	金屬製品	釘ワ		○	○	鉄製	
22	金屬+木	釘ワ		○	○	鉄製	
23	金屬製品	釘ワ		○	○	鉄製	
24	金屬+木	釘ワ		○	○	鉄製	
25	金屬製品	釘ワ		○	○	鉄製	
26	金屬製品	釘ワ		○	○	鉄製	
27	金屬製品	釘ワ		○	○	鉄製	
28	金屬+木			○	○	鉄製	
29	金屬製品	釘ワ		○	○	鉄製	
30	金屬製品	釘ワ		○	○	鉄製	
31	金屬+木	釘ワ		○	○	鉄製	
32	金屬+木	釘ワ		○	○	鉄製	
33	金屬製品	釘ワ		○	○	鉄製	
34	金屬製品	釘ワ		○	○	鉄製	
35	金屬+木			○	○	木製品	
36	金屬+木	釘ワ		○	○	鉄製	
42	金屬製品	釘ワ		○	○	鉄製品	他のような痕跡がある
第221回①	55	金屬+木	丸立ワ	○	○	丸型	
56	金屬+木	釘ワ		○	○	鉄製	
58	金屬製品	不明		○	○	伝統鉄製品	厚さ約1mm
59	金屬製品	釘ワ		○	○	伝統鉄製品	
64	金屬+木	釘ワ		○	○	鉄製	
65	金屬製品	釘ワ		○	○	鉄製	
66	金屬製品	釘ワ		○	○	鉄製	
67	金屬+木	釘ワ		○	○	鉄製	
68	金屬製品	金屬製品		○	○	鉄製	
69	金屬製品	金屬製品		○	○	鉄製	
70	金屬製品	釘ワ		○	○	鉄製	
71	金屬製品	釘ワ		○	○	鉄製	
77	金屬製品	釘ワ		○	○	鉄製	
82	金屬+木	釘ワ		○	○	鉄製	
84	金屬製品	釘ワ		○	○	鉄製	
86	金屬製品	釘ワ		○	○	鉄製	
91	金屬+木	釘ワ		○	○	鉄製	
92	金屬製品	釘ワ		○	○	鉄製	
93	金屬製品	鉄製品他（現代？）		○	○	現代品？	
94	金屬製品	釘ワ		○	○	鉄製	

○：調査済（調査用） ○：調査未

KZK00（平成12年度）エアーリフト出土遺物一覧表

調査番号	遺物 名	種別	遺物 名	透過 X線	X線 C.T.	X線調査結果	備 考
101	鉄製品	釘ワ		○	○	鉄製	
106	鉄製品+木	釘ワ		○	○	鉄製	
107	鉄製品	釘ワ		○	○	鉄製	
109	鉄製品	釘ワ		○	○	鉄製	

辨認番号	遺物 型式	種別	遺 物 名	通過 文機	X線 C-T	X線調査結果	備 考
KH010	鉄製品	釘?	不明	○	○	鐵釘	
KH011	鉄製品+木	釘?		○	○	鐵釘	
KH221002	鉄製品	釘?		○	○	有孔鉄製品	
	鉄製品	釘?		○	○	鐵釘	
KH013	鉄製品	釘?		○	○	鐵釘	
KH014	鉄製品+木	釘?		○	○	鐵釘?	
KH015	鉄製品	釘?		○	○	鐵釘	
KH016	鉄製品	釘?		○	○	鐵釘	
KH017	鉄製品	釘?		○	○	鐵釘	
KH018	鉄製品	釘?		○	○	鐵鏈	
KH019	鉄製品	釘?		○	○	鐵釘	
KH020	鉄製品?	鉄製品?		○	○	不明	
KH021	鉄製品	釘?		○	○	鐵釘	
KH022	鉄製品	釘?		○	○	鐵鏈(鉄釘の繋?)	
KH023	鉄製品	釘? + 不明		○	○	鐵鏈	
KH024	鉄製品	釘?		○	○	鐵釘	
KH025	鉄製品	釘?		○	○	鐵鏈	
KH026	鉄製品	釘?		○	○	鐵釘	
KH027	鉄製品	釘?		○	○	鐵鏈(鉄釘?)	
KH028	鉄製品	釘?		○	○	鐵鏈	
KH029	鉄製品	釘?		○	○	鐵釘	
KH030	鉄製品	釘?		○	○	鐵鏈(鉄釘?)	
KH031	鉄製品	釘?		○	○	鐵釘	
KH032	鉄製品	釘?		○	○	鐵鏈	
KH033	鉄製品	釘?		○	○	鐵釘	
KH034	鉄製品	釘?		○	○	鐵鏈	
KH035	鉄製品	釘?		○	○	鐵鏈	
KH036	鉄製品	釘?		○	○	鐵釘	
KH037	鉄製品	釘?		○	○	鐵釘	

○：調査済 (回収使用) ○：調査済

K2601（平成13年度）廻収調査出土遺物一覧表

辨認番号	遺物 型式	種別	遺 物 名	通過 文機	X線 C-T	X線調査結果	備 考
15	鉄製品	釘		○	○	角釘	
33	鉄製品	釘		○	○	角釘	
34	鉄製品	釘		○	○	角釘	
35	鉄製品	釘		○	○	鋸具?	
KH221001	鉄製品	環状鉄製品		○	○	取扱費	表面に黒い現存
	鉄製品	角釘		○	○	角釘	
46	鉄製品	曲角釘		○	○	角釘	
48	鉄製品	釘		○	○	角釘	
50	鉄製品	釘		○	○	角釘	
51	鉄製品	釘片		○	○	鋸片	
52	鉄製品	釘		○	○	角釘	
54	鉄製品	不規V字形		○	○	角釘	
62	鉄製品	不明		○	○	角釘	
93	鉄製品	釘		○	○	角釘	
97	鉄製品	腰? 釘?		○	○	角釘	
124	鉄製品	腰先?		○	○	棒?	
149	鉄製品	釘		○	○	鋸類	
150	鉄製品	不明		○	○	石突?	
151	鉄製品	不明		○	○	環状金具	
152	鉄製品	不明		○	○	鉄錠?	
153	鉄製品	不明		○	○	環状金具	
154	鉄製品	不明		○	○	不明鉄製品	
157	鉄製品	不明 (釘?)		○	○	角釘	
158	鉄製品	不明鉄片		○	○	鋸類	
159	鉄製品	圓形で今鉄錠?		○	○	鉄錠	

特許番号	発物 番号	種別	発物名	透面 X面 Y面	X面 C.T.	X面調査結果	備考
	160	鉄製品	角釘	○	○	角釘	
	165	鉄製品	不明	○	○	角釘	
第221064	191	鉄製品	鉄製品	○	○	不明鉄製品	
	192	鉄製品	鉄製品	○	○	角釘	
	193	鉄製品	鉄製品	○	○	角釘	
	194	鉄製品	鉄製品	○	○	角釘	
	195	鉄製品	鉄製品	○	○	角釘	
	196	鉄製品	鉄製品	○	○	角釘	
	197	鉄製品	鉄製品	○	○	角釘	
	198	鉄製品	鉄製品	○	○	角釘	
	203	鉄製品	鍔矢	○	○	角釘	
	208	鉄製品	釘	○	○	角釘	
	211	鉄製品	釘	○	○	角釘	
	212	鉄製品	釘	○	○	角釘	
	213	鉄製品	釘	○	○	角釘	
	233	鉄製品	釘	○	○	角釘	
	234	鉄製品	釘	○	○	角釘	
	235	鉄製品	釘	○	○	角釘	
	236	鉄製品	釘	○	○	角釘	
	237	鉄製品	釘	○	○	角釘	
	238	鉄製品	不明(刀?)	○	○	刀?	
	239	鉄製品	不明	○	○	角釘	
	241	鉄製品	不明	○	○	角釘	
	242	鉄製品	不明	○	○	鉄錆	
	244	鉄製品	不明(薄板状製品)	○	○	不明(板状鉄製品?)	
	245	鉄製品	不明(薄板状製品)	○	○	不明(板状鉄製品?)	
	246	鉄製品	不明(薄板状製品)	○	○	板状鉄製品	
	247	鉄製品	鉄刀	○	○	刀刃	
	249	鉄製品	鉄製品	○	○	鉄錆	
第222065	251	鉄製品	刀	○	○	刀子	動と柄が残存 刀身は無くなっている
	258	鉄製品	不明	○	○	角釘	
	281	鉄製品	不明	○	○	角釘	
	282	鉄製品	不明	○	○	鉄錆	鉄化が進んでいますが、鉄釘の頭部分の錆の可能性がある
	284	鉄製品	不明	○	○	板状鉄製品	鉄膏や鉄錆の可能性がある
	296	鉄製品	釘	○	○	鉄錆	
	298	鉄製品	不明	○	○	鉄錆	
	300	鉄製品	空筒?	○	○	角釘	
	333	鉄製品	不明	○	○	鉄錆	
	337	鉄製品	不明	○	○	鉄錆	
	338	鉄製品	不明(錫金具?)	○	○	錫金具	
	339	鉄製品	釘	○	○	鉄錆	
	344	鉄製品	不明	○	○	不明	
	345	鉄製品	不明	○	○	鉄釘?	
	346	鉄製品	釘	○	○	鉄錆	
	347	鉄製品	釘	○	○	鉄錆	
	354	鉄製品	釘?	○	○	鉄錆?	
	352	鉄製品	釘	○	○	角釘	
	353	鉄製品	釘	○	○	角釘	
	354	鉄製品	不明	○	○	不明	
	355	鉄製品	不明	○	○	板状鉄製品	
	356	鉄製品	釘	○	○	鉄錆	

特固番号	遺物 番号	種別	遺 物 名	透通 X線 X 線 像 像	X線 C.T.	X線調査結果	備 考
	261	鉄製品	釘	○	○	鉄釘	
	360	鉄製品	不明	○	○	鉄錠	
	390	鉄製品	不明	○	○	鉄釘	
	392	鉄製品	刀劍?	○	○	鉄刀	
	398	鉄製品	劍	○	○	角釘	
	399	鉄製品	釘	○	○	角釘	
	400	鉄製品	釘	○	○	角釘	
	401	鉄製品	釘	○	○	角釘	
	402	鉄製品	釘	○	○	角釘	
	409	鉄製品	不明	○	○	帶状鉄製品	K7802-464, K7803-K73と同形狀
	410	鉄製品	不明	○	○	鉄錠	
	411	鉄製品	不明	○	○	鉄釘	
	412	鉄製品	不明	○	○	右閃?	
	413	鉄製品	不明	○	○	鉄釘	
	415	鉄製品	釘	○	○	角釘	
	416	鉄製品	釘	○	○	角釘	
	417	鉄製品	不明	○	○	鉄釘	
	440	鉄製品	釘	○	○	鉄錠	
	442	鉄製品	不明	○	○	角釘	
	443	鉄製品	釘	○	○	鉄釘	
	444	鉄製品	釘	○	○	角釘	
	451	鉄製品	鉄劍	○	○	鉄刀・段片	
	477	鉄製品	釘	○	○	角釘	
	478	鉄製品	釘	○	○	角釘	
	479	鉄製品	釘	○	○	角釘	
	480	鉄製品	不明	○	○	鉄錠	
第222166	487	鉄製品	不明	○	○	頭・頭	K7802-333と同形狀
第222167	489	鉄製品	不明	○	○	右閃?	
第222168	495	鉄製品	不明(一部剝)	○	○	不明鉄製品	把手状の金具と鉗状の金具を確認
第222169	496	鉄製品	釘?	○	○	角釘	木栓に穿孔したと考えられる加工痕がある
	499	鉄製品	火薬	○	○	火薬	
	519	鉄製品	不明	○	○	角釘	
	529	鉄製品	釘	○	○	角釘	
	530	鉄製品	不明	○	○	不明	
	543	鉄製品	釘	○	○	鉄釘	
	550	鉄製品	不明	○	○	板状鉄製品?	
	557	鉄製品	不明	○	○	鉄釘	
	562	鉄製品	不明	○	○	鉄釘	
	566	鉄製品	不明	○	○	鉄釘	
第2230610	567	鉄製品	釘	○	○	鉄製金具	
	637	鉄製品	不明	○	○	鉄錠	
	644	鉄製品	釘	○	○	鉄釘	
	645	鉄製品	不明	○	○	鉄錠	
	646	鉄製品	釘	○	○	鉄釘	
	647	鉄製品	釘	○	○	鉄釘	
	648	鉄製品	不明	○	○	鉄釘	
	652	鉄製品	釘	○	○	鉄釘?	
	653	鉄製品	釘	○	○	鉄釘	
	664	鉄製品	不明	○	○	鉄釘	
	665	鉄製品	不明	○	○	馬伏鉄製品	
	672	鉄製品	不明	○	○	板状鉄製品	

KZK02(平成14年度)緊急調査出土遺物一覧表

検査番号	遺物 番号	種別	遺 物 名	透視 X線 X 射 線 C.T.	X線 調査結果	備 考
	24	鉄製品	角釘	○ ○	鉄錆	
	30	鉄製品	鋸歯金具	○ ○	鋸歯金具	
	33	鉄製品	鉄錆	○ ○	鉄錆	
	34	鉄製品	面食鉗	○ ○	面食鉗	
	40	鉄製品	鋸釘	○ ○	鉄錆	
	41	鉄製品	鉄釘	○ ○	鉄釘	
	42	木製品	木製品	○ ○	鉄釘	
	66	鉄製品	角釘	○ ○	角釘	
	67	鉄製品	鉄製品	○ ○	鉄製品	
第2245組11	62	鉄製品	鉄釘	○ ○	角釘	木材に穿孔したと考えられる加工痕がある
	64	鉄製品	鉄釘	○ ○	鉄錆	
	65	鉄製品	角釘	○ ○	角釘	
	66	鉄製品	角釘	○ ○	角釘	
	69	鉄製品	鋸釘	○ ○	角釘	
第2246組12	61	鉄製品	面(矢)米	○ ○	矢束	
	62	鉄製品	角釘	○ ○	角釘	
	64	鉄製品	角釘	○ ○	鉄錆	
	65	鉄製品	鉄釘	○ ○	鉄錆	
第2247組13	66	鉄製品	角釘	○ ○	鉄製品?	
	71	鉄製品	角釘	○ ○	角釘	
	82	鉄製品	面(矢)米	○ ○	矢束	
	90	鉄製品	面(矢)米	○ ○	矢束	
	93	鉄製品	板状鉄製品	○ ○	板状鉄製品	
	94	鉄製品	鉄製品	○ ○	鉄錆	
	95	鉄製品	鉄製品	○ ○	板状鉄製品	
	96	鉄製品	板状鉄製品	○ ○	板状鉄製品	
	97	鉄製品	板状鉄製品	○ ○	板状鉄製品	
	98	鉄製品	鉄製品	○ ○	不明	
	99	鉄製品	鉄釘	○ ○	不明	裏面が直径1mm程度の凹凸で鉄錆の可能性がある
第2248組14	101	鉄製品	鉄製品	○ ○	明治?	
	102	鉄製品	鉄釘	○ ○	角釘	
	107	鉄製品	鉄釘	○ ○	鉄釘	
	108	鉄製品	角釘	○ ○	角釘	
	109	鉄製品	角釘	○ ○	角釘	
	110	鉄製品	角釘	○ ○	角釘	
	119	鉄製品	鉄釘	○ ○	鉄釘	
第2249組15	131	鉄製品	鉄製品?	○ ○	鉄・板	
	134	鉄製品	角釘	○ ○	角釘	
	135	鉄製品	鉄釘	○ ○	鉄錆?	
	140	鉄製品	角釘	○ ○	角釘?	
	142	鉄製品	鋸釘	○ ○	鋸釘	
	143	鉄製品	角釘	○ ○	角釘	
	165	鉄製品	角釘・鍛造?	○ ○	角釘・鍛造	
	184	鉄製品	鉄釘	○ ○	鉄錆	
	186	鉄製品	不明鉄製品	○ ○	鉄錆	
	187	鉄製品	角釘・板状鉄製品	○ ○	角釘・板状鉄製品	
	188	鉄製品	鉄製骨板片	○ ○	鉄製骨	
第2250組16	203	鉄製品	鉄製品?	○ ○	板状鉄製品	記があらため純古董物 板錫小鉄管の可能性がある
	204	鉄製品	鉄釘	○ ○	鉄釘	
	205	鉄製品	鉄製土は菅	○ ○	鉄錆?	

特許番号	発物 番号	種別	発物名	透通 X線 X	X線 C.T	X線調査結果	備考
	297	鉄製品	鉄釘	○	○	短刀？	
	299	鉄製品	鉄釘	○	○	角釘	
	221	鉄製品	板状鉄製品	○	○	板状鉄製品	
	222	鉄製品	角釘	○	○	角釘	
	223	鉄製品	鉄製品	○	○	鉄釘	
	225	鉄製品	角釘	○	○	角釘	
第228回17	226	鉄製品	箭(矢)束	○	○	大束	
	230	鉄製品	角釘	○	○	鉄釘	
	233	鉄製品	鉄繩	○	○	鉄繩	
	234	鉄製品	鉄釘	○	○	鉄釘・頭	
	238	鉄製品	鉄製骨	○	○	鉄の棒子	
	240	鉄製品	板状鉄製品	○	○	板状鉄製品	
	243	鉄製品	鉄製品	○	○	鉄製骨	鉄骨の頭部につけた金具
	244	鉄製品	鉄釘	○	○	石突？	
	248	鉄製品	鉄釘	○	○	角釘	
	250	鉄製品	鉄釘	○	○	角釘	
第228回18	259	鉄製品	鉄製品	○	○	板状鉄製品	
第228回19	261	鉄製品	鉄製品	○	○	板状鉄製品	
	263	鉄製品	鉄釘	○	○	角釘	
第227回20	264	鉄製品	鉄製骨片	○	○	鉄製骨	
第228回21	293	鉄製品	板状鉄製品	○	○	鉄製金具	
	294	鉄製品	鉄釘	○	○	鉄繩	
	298	鉄製品	鉄釘	○	○	鉄釘	
	306	鉄製品	鉄釘一筋	○	○	角釘	
	308	鉄製品	鉄釘	○	○	角釘	
	309	鉄製品	鉄釘	○	○	鉄釘	
	311	鉄製品	鉄釘	○	○	角釘	
	317	鉄製品	鉄釘	○	○	鉄釘	
	321	木製品	木製品	○	○	角釘	
	324	鉄製品	鉄釘	○	○	鉄釘	
第228回22	328	鉄製品	板状鉄製品	○	○	石突？	
	333	鉄製品	鉄製品	○	○	頭	K2004-487と同形狀
	339	鉄製品	鉄製品	○	○	鉄製品	鉄化が進んでいたが、前の頭部の可能性がある
	384	鉄製品	鉄釘	○	○	角釘	
	385	鉄製品	鉄釘	○	○	角釘	
	387	鉄製品	角釘	○	○	鉄繩？	
	388	鉄製品	角釘	○	○	角釘	
	390	鉄製品	鉄釘	○	○	角釘	
	391	鉄製品	鉄釘	○	○	角釘	
	392	鉄製品	鉄釘	○	○	角釘	
	394	鉄製品	鉄釘	○	○	鉄釘	
	395	鉄製品	鉄釘	○	○	鉄釘	
	396	鉄製品	鉄釘	○	○	鉄釘	
	399	鉄製品	鉄製品	○	○	鉄釘	
	400	鉄製品	鉄釘	○	○	鉄釘	
	403	鉄製品	鉄繩	○	○	鉄繩	
	408	鉄製品	鉄繩	○	○	鉄繩	
	420	鉄製品	板状鉄製品・角釘	○	○	板状鉄製品・角釘	厚さ約1mm
	431	鉄製品	板状鉄製品	○	○	板状鉄製品	
	432	鉄製品	鉄製品	○	○	板状鉄製品	厚さ約1mm
	433	鉄製品	鉄製品	○	○	板状鉄製品	

辨認番号	遺物 番号	種別	遺 物 名	通過 文種	文種 C-T	X線調査結果	備 考
	434	鉄製品	板状鉄製品	○	○	板状鉄製品	
	435	鉄製品	鉄製品	○	○	板状鉄製品	厚さ約1mm
	436	鉄製品	板状鉄製品	○	○	板状鉄製品	
	438	鉄製品	板状鉄製品	○	○	板状鉄製品	
	439	鉄製品	鉄製品	○	○	板状鉄製品	板状のようものが確認できる 厚さの遺物の可能性がある
	440	鉄製品	鉄製品	○	○	板状鉄製品	板状のようものが確認できる 厚さの遺物の可能性がある
	442	鉄製品	鉄製品	○	○	板状鉄製品	厚さ約1mm
	443	鉄製品	鉄製品	○	○	板状鉄製品	厚さ約1mm
	444	木製品	角釘	○	○	角釘	右欄上は木製品範材と記載しているが、剥落した経緯を分析している。
	452	鉄製品	鉄釘	○	○	鉄釘	
	453	鉄製品	釘板	○	○	鉄釘	
	454	鉄製品	鉄釘	○	○	鉄釘	
	455	鉄製品	角釘	○	○	角釘	
	458	鉄製品	鉄釘	○	○	鉄釘	
第22960213	459	鉄製品	圓(丸)米	○	○	米束	
	460	鉄製品	鉄製品	○	○	鉄錠?	
第22960214	462	鉄製品	圓(丸)米	○	○	米束	
	473	鉄製品	角釘	○	○	角釘	
	476	鉄製品	鉄釘	○	○	鉄釘	
	481	鉄製品	鉄錠	○	○	鉄錠	
第22960215	484	鉄製品	鉄釘	○	○	鉄釘	銀印集(2011)で報告後にC-T調査寸鉄錠であることを確認
	486	鉄製品	鉄錠	○	○	鉄釘	
	492	鉄製品	圓(丸)米	○	○	米束	
第22960216	499	鉄製品	圓(丸)サ	○	○	鉄錠	
	507	鉄製品	鉄製品	○	○	角釘	
	512	鉄製品	鉄釘	○	○	鉄釘	
	524	木製品	木製品(範材)	○	○	木製品(範材)	鉄釘が買入していたことを確認
第22960217	529	鉄製品	圓(丸)米	○	○	米束	
	549	鉄製品	背片	○	○	鉄製背片	
	543	鉄製品	板状鉄製品	○	○	鉄製背	
	544	鉄製品	不明金属(鉛?)	○	○	鉛錠	
	550	鉄製品	鉄製品	○	○	鉛錠	
	552	鉄製品	勝刀?	○	○	勝?	
	553	鉄製品	鉄錠	○	○	鉛錠	
	554	鉄製品	角釘	○	○	角釘	
	555	鉄製品	鉄錠	○	○	鉛錠	
	569	鉄製品	板状鉄製品(勝刀サ)	○	○	勝?	
	585	鉄製品	圓片?	○	○	板状鉄製品	厚さ約1mm
第22960218	627	鉄製品	鉄製品	○	○	圓	
	639	鉄製品	鉄錠	○	○	鉛錠	
	640	鉄製品	鉄錠	○	○	鉛錠	
	642	鉄製品	鉄錠	○	○	鉛錠	
	648	鉄製品	角釘	○	○	角釘	
	650	鉄製品	角釘	○	○	角釘	
	658	鉄製品	矢束・丁字状鉄製品	○	○	矢束・鉄・角釘	本葉現存。矢束360本以上ある。
	663	鉄製品	角釘	○	○	角釘	
	679	鉄製品	鉄釘	○	○	鉄釘	
	680	鉄製品	鉗	○	○	鉗	
	687	鉄製品	不明	○	○	貝殻類	
	699	鉄製品	鉄釘	○	○	角釘	
	699	鉄製品	角釘	○	○	角釘	

特許番号	発物 番号	種別	発物名	透油 X線 X 像 像	X線 C.T. 像	X線調査結果	備考
	690	鉄製品	角釘	○	○	角釘	
	691	鉄製品	鉄釘	○	○	鉄釘	
	694	鉄製品	鉄釘	○	○	角釘	
	697	鉄製品	鉄繩	○	○	鉄繩	
	699	鉄製品	鉄釘	○	○	角釘・鉄繩	
	701	鉄製品	鉄釘	○	○	角釘	
	702	鉄製品	角釘	○	○	角釘	
	704	鉄製品	鉄繩	○	○	鉄繩	
	705	鉄製品	鉄繩	○	○	鉄繩	
	707	鉄製品	角釘	○	○	鉄繩	
	708	鉄製品	鉄製品	○	○	段具	
	709	鉄製品	鉄釘	○	○	鉄繩	
	710	鉄製品	鉄釘	○	○	鉄繩	
	711	鉄製品	鉄釘?	○	○	鉄?	
	714	鉄製品	鉄製品	○	○	鉄釘	
	715	鉄製品	釘頭	○	○	鉄釘	
	716	鉄製品	角釘・鉄	○	○	角釘・矢矧	
	718	鉄製品	角釘	○	○	角釘	
	719	鉄製品	角釘	○	○	角釘	
	720	鉄製品	角釘	○	○	角釘	
	721	鉄製品	鉄釘	○	○	鉄釘	
	722	鉄製品	鉄釘	○	○	角釘	
	723	鉄製品	角釘	○	○	角釘	
	724	鉄製品	角釘	○	○	角釘	
	725	鉄製品	棒状鉄製品破片	○	○	棒状鉄製品破片	
	726	鉄製品	棒状鉄製品破片	○	○	棒状鉄製品破片	
	727	鉄製品	鉄繩	○	○	鉄繩	
	733	鉄製品	鉄釘	○	○	角釘	
第2305029	734	鉄製品	角釘	○	○	鉄繩	
	735	鉄製品	角釘	○	○	角釘	
	736	鉄製品	角釘	○	○	角釘	
	737	鉄製品	鉄釘	○	○	鉄釘	
	738	鉄製品	角釘	○	○	角釘	
	739	鉄製品	鉄繩	○	○	鉄繩	
	740	鉄製品	角釘	○	○	角釘	
	741	鉄製品	鉄釘	○	○	鉄釘	
	742	鉄製品	鉄繩	○	○	鉄繩	
	745	鉄製品	鉄釘	○	○	角釘	
第2305030	746	鉄製品	釘(火)?	○	○	鉄繩	
	748	木製品	船材(隔壁梁材)?	○	○	船材	
	752	鉄製品	鉄釘	○	○	鉄釘	
	753	鉄製品	鉄釘	○	○	鉄釘	
	754	鉄製品	鉄釘	○	○	鉄釘	
第2310531	755	鉄製品	釘(火)來	○	○	火來	
	756	鉄製品	鉄釘	○	○	鉄釘	
	757	鉄製品	鉄釘	○	○	鉄釘	
	758	鉄製品	鉄製骨	○	○	鉄製骨	
	759	鉄製品	鉄製骨破片?	○	○	鉄製品(不明)	
	760	鉄製品	鉄釘	○	○	鉄	
	761	鉄製品	鉄釘	○	○	鉄繩	
	766	鉄製品	鉄製品	○	○	鉄繩	強化した鉄釘の頭部の結構か。

特許番号	発物 番号	種別	発物名	透面 X線 X 面 C.T.	X線調査結果	備考
	784	鉄製品	鉄釘	○ ○	角釘	
	787	鉄製品	鉄製金具	○ ○	綱	
	798	鉄製品	鉄製骨矯正片	○ ○	板状鉄製品	
	800	鉄製品	矢束	○ ○	矢束	
	802	鉄製品	矢束	○ ○	矢束	
	810	木製品	木製品	○ ○	角釘	
	835	木製品	木製品	○ ○	教育頭頂部金具	
	840	鉄製品	鉄釘	○ ○	角釘	
	842	鉄製品	鉄釘	○ ○	角釘	
	843	鉄製品	鉄錠	○ ○	鉄錠	
	852	鉄製品	罰(火)束	○ ○	矢束	
第2310532	861	鉄製品	罰(火)束	○ ○	矢束	
第2310533	864	鉄製品	鉄製品	○ ○	板状鉄製品	KZK01-409, KZK02-873上同形状
	873	鉄製品	鉄製金具	○ ○	曲状鉄製品	KZK01-409, KZK02-864上同形状
	880	鉄製品	鉄釘	○ ○	鉄釘	
	882	鉄製品	鉄釘	○ ○	鉄錠	
	902	鉄製品	鉄釘	○ ○	角釘	
	903	鉄製品	鉄釘	○ ○	角釘	
	904	鉄製品	罰(火)束	○ ○	矢束	
第2310534	917	鉄製品	鉄製品	○ ○	漏斗状鉄製品	
	922	鉄製品	矢束状鉄製品・板状鉄製品	○ ○	矢束状鉄製品・板状鉄製品	
	926	鉄製品	鉄錠	○ ○	鉄錠	
	930	鉄製品	鉄錠	○ ○	鉄錠	
	942	鉄製品	鉄錠	○ ○	鉄錠	
	949	鉄製品	板状鉄製品	○ ○	板状鉄製品	
	955	鉄製品	角釘	○ ○	角釘	
	956	鉄製品	不明鉄製品	○ ○	角釘	
	963	鉄製品	角釘	○ ○	角釘	
	965	木製品	木材(樹脂接着材)	○ ○	詰?	本体の樹脂接着部を調査 頭6箇で報告した個体とは別個体
	966	鉄製品	鉄製品	○ ○	鉄錠	
	964	鉄製品	角釘	○ ○	角釘	
	983	鉄製品	鉄釘	○ ○	鉄錠	
	987	鉄製品	鉄釘	○ ○	鉄釘	
	988	鉄製品	鉄錠	○ ○	鉄錠	
	989	鉄製品	鉄釘	○ ○	鉄釘	
	990	鉄製品	鉄釘	○ ○	鉄釘	
	992	鉄製品	角釘	○ ○	角釘	
	999	鉄製品	角釘	○ ○	角釘	
	1000	鉄製品	鉄製品	○ ○	鉄釘	
	1003	鉄製品	鉄錠	○ ○	鉄錠	
第2310535	1005	鉄製品	鉄釘	○ ○	鉄錠	
第2310536	1006	鉄製品	鉄釘	○ ○	鉄錠	
第2320537	1007	鉄製品	罰(火)束	○ ○	矢束	
	1009	鉄製品	鉄錠	○ ○	鉄錠	
	1010	鉄製品	鉄錠	○ ○	鉄錠	
第2320538	1011	鉄製品	鉄製品	○ ○	鉄錠	
	1012	鉄製品	罰(火)束	○ ○	矢束・鉄錠・板状鉄製品	
	1012	鉄製品	矢柄	○ ○	鉄錠	
	1017	鉄製品	鉄釘	○ ○	鉄釘	
第2320539	1018	鉄製品	板状鉄製品	○ ○	鉄錠	
	1032	鉄製品	不明金属塊	○ ○	鉄錠後	

辨別番号	遺物 番号	種別	遺 物 名	透視 X線	X線 C.T.	X線調査結果	備 考
	1020	鉄製品	錫容器製品	○	○	鋸歯	片刃の鋸である。
	1039	鉄製品	錫容器製品	○	○	鋸歯	両刃の鋸である。
	1045	鉄製品	錫製品	○	○	鋸歯・蝶番・錫金具?	
	1049	鉄製品	錫製金具	○	○	鋸歯	
第2235回40	1059	鉄製品	錫製品	○	○	鉄製品	
	1061	鉄製品	鉄錠	○	○	鋸歯	
	1063	鉄製品	鉄錠	○	○	鋸歯	
第2235回41	1070	鉄製品	錫容器製品	○	○	鋸歯	
第2235回42	1074	鉄製品	鉄製品	○	○	石突?	
	1082	鉄製品	牛頭面食器	○	○	鋸歯	
第2235回43	1090	鉄製品	圓(矢)束	○	○	矢束	
	1123	鉄製品	鉄製背	○	○	鉄製背	
	1136	鉄製品	鉄打	○	○	鉄打	
	1140	鉄製品	板状鉄製品	○	○	共證鏡	
第2235回44	1146	鉄製品	圓(矢)束	○	○	矢束	
	1147	鉄製品	鉄製品	○	○	鋸歯	
	1152	鉄製品	角釘	○	○	角釘	
	1173	鉄製品	鉄製品	○	○	鉄筋	
第2245回45	1186	鉄製品	錫製金具	○	○	蝶番・錫小札・錫具	
	1204	鉄製品	鉄打	○	○	鉄打	
	1216	鉄製品	鉄打	○	○	鉄打	
	1223	鉄製品	圓(矢)束	○	○	矢束	
	1228	鉄製品	鉄錠	○	○	矢束	
	1240	鉄製品	鉄錠	○	○	鋸歯	
第2245回46	1248	鉄製品	圓(矢)束	○	○	矢束	
	1282	鉄製品	角釘	○	○	角釘	
	1283	鉄製品	鉄製品	○	○	角釘	
第2245回47	1284	鉄製品	圓(矢)束	○	○	矢束	
第2235回48	1265	鉄製品	錫製背片	○	○	板状鉄製品	
	1266	鉄製品	鉄製品	○	○	角釘	
第2235回49	1287	鉄製品	錫製品	○	○	鉄錠	
	1281	鉄製品	鉄製品	○	○	角釘	
	1285	鉄製品	鉄打	○	○	角釘	
	1288	鉄製品	鉄打	○	○	鉄錠	
	1290	鉄製品	鉄打	○	○	角釘・鉄刀柄片・鉄錠	
	1292	鉄製品	鉄打	○	○	角釘	
	1294	鉄製品	圓(矢)束	○	○	矢束	
	1299	鉄製品	角釘	○	○	角釘	
	1305	鉄製品	角釘	○	○	角釘	

○：調査済 (国宝使用) ○：調査済

TKS11 (平成13年度) 銀色調査出土遺物一覧表

辨別番号	遺物 番号	種別	遺 物 名	透視 X線	X線 C.T.	X線調査結果	備 考
	8	鉄製品	矢(箭)束	○	○	矢束	

○：調査済 (国宝使用) ○：調査済

TKS12 (平成14年度) 銀色調査出土遺物一覧表

辨別番号	遺物 番号	種別	遺 物 名	透視 X線	X線 C.T.	X線調査結果	備 考
	2	鉄製品	鉄打	○	○	鋸歯	
第226回41	8	鉄製品	鉄錠	○	○	鉄錠・金環	
	11	鉄製品	鉄釘群	○	○	鉄錠	

○：調査済 (国宝使用) ○：調査済

TKS13（平成15年度）緊急調査出土遺物一覧表

検出番号	遺物 番号	種別	遺 物 名	透視 X線	X線 C.T.	X線調査結果	備 考
第2360512	5	金属片	金属片	○	○	鉄製品?	
	25	金属片	金属片	○	○	骨剣	
第2360513	31	金属片	金属片	○	○	鉄	
	36	金属片	非鉄製品	○	○	非鉄製品	

TKS14（平成16年度）緊急調査出土遺物一覧表

検出番号	遺物 番号	種別	遺 物 名	透視 X線	X線 C.T.	X線調査結果	備 考
	3	鉄製品	鉄刀	○	○	鉄刀	
第2360514	7	鉄製品	鉄刀	○	○	鉄刀(四)	TKS14-66と同一個体
第2370610	34	鉄製品	鉄製骨	○	○	鉄製骨	
	45	鉄製品	鉄劍	○	○	鉄剣	
第2370616	66	鉄製品	鉄刀	○	○	鉄刀(四)	TKS14-7と同一個体

○：調査済 (回収使用) ○：調査済

参考文献

- 橋本英将 2008「鷹島海底遺跡出土刀剣類の構造」『海底遺跡出土遺物の調査・分析・保存に関する基礎的研究』17300293 平成17~19年度科学研究費補助金基盤研究（B）研究成果報告書 研究代表者 植田直見
- 松浦市教育委員会 2011『松浦市鷹島海底遺跡 総集編』松浦市文化財調査報告書 第4集
- 松浦市教育委員会 2015『松浦市内遺跡確認調査(4)』松浦市文化財調査報告書 第6集
- 松浦市教育委員会 2018『松浦市内遺跡確認調査(5)』松浦市文化財調査報告書 第8集

第XI章 鷹島海底遺跡出土遺物の保存処理について

1. はじめに

鷹島海底遺跡から出土する元寇由來の遺物の中には船の部材である木製品、武器・武具、装飾品などの金属製品が含まれる。これらの遺物は海底から発掘されたものであるため、陸上から出土した遺物とは異なる様々な影響を受けている。

例えば木製品であればフナクイムシの蚕食を受けて脆弱になっており、鉄製品であれば腐食して元々の形状が分からなくなっている。

これらの遺物を海底より引き揚げて何の処置も行わず自然乾燥・保管すれば、木製品の場合は収縮や亀裂が生じ、金属製品の場合は錆が進行し形状が失われてしまう。

蒙古襲来について調査研究を進めていくためにも、出土した遺物を後世に伝えていくことは必須の課題である。

松浦市立埋蔵文化財センターでは、平成9年度より鷹島海底遺跡より出土した遺物の劣化を防ぐため、保存処理作業を進めている。

今回、平成25年度から令和元年度までに実施してきた保存処理について、処理方法と遺物点数を年度ごとに報告する。

2. 保存処理方法について

平成25年度から令和元年度までに保存処理を行った遺物の種別は、木製品、鉄製品、銅製品の3種類で、神崎港地区から平成12年度から平成14年度までの緊急発掘調査により出土したものである。

①木製品

鷹島海底遺跡より見つかった木製品の多くは船の部材と考えられるもので、鉄釘痕が錆として残存している。

従来、木製品にはポリエチレングリコール（以下PEG）という合成樹脂を使用するPEG含浸処理法（以下PEG法）を用いてきた。このPEGという樹脂は水溶性で約60°Cで溶解し、常温まで冷やすと固化する性質を持つ。この性質を利用し、土中環境下で腐食し、脆弱化した木製品が含有する水分と樹脂を置換することで、木製品の収縮や亀裂の発生を抑える保存処理を行ってきた。

しかしながら、鷹島海底遺跡から出土する木製品は先述したように鉄釘痕が錆として残存している。海底揚がりの鉄釘痕が残る木製の碇のような金属と木材が複合した遺物（以下複合製品）について、PEG法で処理したところ、鉄釘周辺部が白化、鉄釘痕から硫酸鉄の錆が発生し、劣化が進行したものがあった。また、大気中の水蒸気を吸水しないよう非水系の高級アルコール法を用いた保存処理

を行ったものもあるが、こちらも鉄釘痕から硫酸鉄が発生し、鉄釘痕が膨らんで劣化が進むという結果となった。

既存の保存処理方法に代わる処理方法について、松浦市鷹島海底遺跡調査指導委員会保存処理専門部会において、糖アルコール（ラクチトール）を用いた保存処理方法の発展型であるトレハロース含浸処理法（以下トレハロース法）が推奨された。トレハロースは分子量が342と低く、通常の環境下では安定した二水物と結晶しか生成せず、高湿度環境下（相対湿度95%以下）でも吸湿しないという特徴を持つ。平成25年度よりこの方法で保存処理を行った結果、鉄釘痕が残存する木製品の劣化を抑えつつ、PEG法による保存処理よりも処理期間を短縮させることができた。

現在、鷹島海底遺跡出土木製品についてはこのトレハロース法を用いて処理を進めている。

平成25年度から令和元年度までの木製品・複合製品の保存処理の実績は以下のとおりである。

表72 平成25年度～令和元年度木製品複合製品保存処理実績

年度	保存処理点数	処理方法	備考
25	45点(木製品)	木製品：PEG含浸処理法	
	20点(複合製品)	複合製品：トレハロース含浸処理法	板材などを処理した
26	20点(木製品)	PEG含浸処理法	板材、丸太材などを処理した
27	9点(木製品)	PEG含浸処理法	板材、丸太材などを処理した
28	7点(木製品)	PEG含浸処理法	
	34点(木製品)	トレハロース含浸処理法	船材、木栓、板材などを処理した
29	15点(木製品)	トレハロース含浸処理法	船材(隔壁梁材)などを処理した
30	49点(木製品)	トレハロース含浸処理法	船材、丸太材、木製柄部などを処理した
1	26点(木製品)	トレハロース含浸処理法	船材(隔壁梁材)、板材などを処理した

②鉄製品

海底から出土する鉄製品は、陸上から出土する鉄製品と異なり、メタルである部分が著しく鏽化し失われている。代わりに周りの鏽が遺物の形状の型となるようにして残ったものが出土している。このようにメタルが失われ内部が空洞化した鉄製品の表面の土砂や鏽を、陸上遺跡から出土した鉄製品と同じようにクリーニングで削ると遺物の形状が分からなくなってしまう。

鷹島海底遺跡より出土した鉄製品はパッキングする際、エスカルフィルムを破つてしまうような貝殻や一部の鏽のクリーニングだけ行なうようにしている。

また、脱塩処理についても、約740年という長期間海底に埋没していたことが影響するのか、オートクレーブ（脱塩処理装置）を用いて100回近い回数脱塩処理を行っても、硫化物イオン濃度の数値が水質計の検出限界値以下にならない遺物も確認している。そのため、遺物の状態を見ながら最高でも10回の脱塩処理で留めるようにしている。

強化処理としてアクリル樹脂含浸を実施しているが、使用している樹脂はパラロイドB-72（ロームアンドハース社製）とパラロイドNAD-10（ロームアンドハース社製）である。溶媒にはB-72はキシレン、NAD-10にはソルベントナフサを用いている。

平成25年度から令和元年度までの鉄製品の保存処理の実績は以下のとおりである。

表73 平成25年度～令和元年度鉄製品保存処理実績

年度	保存処理点数	処理方法	備考
25	38点	クリーニング、脱塩処理、強化処理	鉄錆、鉄錆、鉄釘などを処理した
	10点(外部委託)		外部委託の内1点(矢束)については糖アルコール含浸処理法が用いられた
26	23点	クリーニング、脱塩処理、強化処理	鉄錆、鉄釘などを処理した
	1点(外部委託)		外部委託の1点(矢束)についてはトレハロース含浸処理法が用いられた
27	48点	クリーニング、脱塩処理、強化処理	鉄錆、鉄釘などを処理した
28	27点	クリーニング、脱塩処理、強化処理	鉄錆、鉄釘などを処理した
29	26点	クリーニング、脱塩処理、強化処理	鉄釘などを処理した
30	25点	クリーニング、脱塩処理、強化処理	鉄製骨破片、鉄釘などを処理した
1	30点	クリーニング、脱塩処理、強化処理 トレハロース含浸処理法	矢束などの木質が残存しているものはトレハロース法を用いた 鉄刀、鉄錆、矢束などを処理した

③銅製品

銅製品は陸上遺跡から出土した銅製品と比較しても、劣化の仕方に大きな差はない。遺物表面に発生した錆に海底の土砂と貝が巻き込まれているため、鉄製品と同様、パッキングの際にエスカルフィルムが破れないようクリーニングを行った後、安定化処理、アクリル樹脂による強化処理を行っている。安定化処理にはベンゾトリシアノール(BTA) 1%メタノール溶液を用い、強化処理にはパラロイドB-72 キシレン溶液を用いた。

平成25年度から令和元年度までの銅製品の保存処理の実績は表74のとおりである。

表74 平成25年度～令和元年度銅製品保存処理実績

年度	保存処理点数	処理方法	備考
25	—	—	—
26	—	—	—
27	19点	安定化処理、強化処理	銅製鏡、銅錢(福祿寿昌など)、銅製帶金具などを処理した
28	1点	安定化処理、強化処理	銅製鏡を処理した
29	3点	安定化処理、強化処理	銅製金具を処理した
30	—	—	—
1	1点	安定化処理、強化処理	銅製帶金具を処理した

3. 今後の方針

海揚がりの遺物の保存処理を進める中で、陸上遺跡から出土する遺物とは異なる性質を持つものがあることが分かってきた。木製品(複合製品)と鉄製品は顕著で、メタルから変化し安定している状態のはずである錆が、新たに別の錆に変化するということは今まで想定しておらず、劣化を防ぐことができなかつたものがある。

しかしながら松浦市で実施している鷹島海底遺跡調査指導委員会を含め、多くの有識者の先生方からのアドバイスにより、保存処理方法、処理前後の保管方法の改善に向けた取り組みを続けている。

現在、松浦市立埋蔵文化財センターではトレハロース法により、木製品、複合製品の処理を進めており、特に平成31年度より大阪市文化財協会 保存科学室長 伊藤幸司氏による指導の下、琉球大学教授池田栄史氏の科学研究費助成事業基盤研究(S)『蒙古襲来沈没船の保存・活用に関する学際研究』において、大型木製品の保存処理を実施しているところである。

この大型木製品のトレハロース法での処理過程と結果を元に今後の沈没船引き揚げの際の保存処理方法の検討を進める予定である。

参考文献

- 伊藤幸司・藤田浩明・今津節生「ラクチトールからトレハロースへ—糖類含浸法の新展開—」『考古学と自然科学』vol.65』2013 日本国文化財科学会

第XII章 総括

鷹島海底遺跡の調査は昭和55年から3カ年にわたり、文部省科学研究費特定研究「古文化財に関する保存科学と人文・自然科学」(研究代表 江上波夫 古代オリエント博物館長)の一環として行われたのが最初であり、現在に至るまで調査が実施されてきた。なお、2020年は鷹島海底遺跡の調査開始から40周年にあたる。これまで実施されてきた調査の概要については、『松浦市鷹島海底遺跡 総集編』(松浦市教育委員会 2011)等を参照されたい。

鷹島海底遺跡は、その名のとおり、海底という特殊な環境下にある。そのため、当初よりソノストレーター やサイドスキャンソナー等の機器を用いて探査を行い、探査で異常が認められた地点の潜水調査を行ってその実態を確認する、という手法がとられてきた。

平成15年度以降、継続的に実施されてきた学術調査(研究代表者琉球大学池田榮史教授)において、調査海域全体の地形及び地質構造の把握、海底下の異常反射体の抽出を行う「概査」(探査測線50m間隔)が行われ、概査で抽出した異常反射体に対し、正確な位置と反射の形状を明確にする「精査」(探査測線10m間隔)が試みられた。精査データの分析により、蒙古襲来に関係する遺物の可能性が高いと思われる異常反射体を抽出し、突き棒調査、試掘調査を行った結果、鷹島1号沈没船、鷹島2号沈没船の発見に至っている。

このような中、本市において、史跡鷹島神崎遺跡を含む鷹島海底遺跡の全容解明と新たな元寇船の発見に結び付くよう平成27年度から5カ年間調査を実施してきた。調査の実施にあたっては、平成24年に琉球大学と松浦市の間で締結された「鷹島神崎遺跡に関する連携協定」に基づき、日本学術振興会科学研究費補助金基盤研究(S)『水中考古学手法による元寇沈船の調査と研究』(研究代表者 琉球大学法文学部 池田教授)で実施された調査の手法を基本とした。調査の手順については、上述のように、①音波探査を用いた海底地形調査、②音波を用いた海底地層調査による異常反射点の抽出、③異常反射体の分析による調査箇所の選定、④突き棒を用いた貫入調査による反応確認、⑤試掘調査による情報収集、⑥本調査による記録作業、⑦検出遺構・遺物の埋戻しの順で行う。その後埋め戻した検出遺構・遺物については、保全状況を継続的に確認する現況調査(モニタリング)を行う、という流れである。そのため、本書ではその流れに沿ってこの5カ年間実施してきた調査について述べることとした。

まず、第3章では陸上の元寇関連遺跡の調査について述べた。対象としたのは、中世の遺物包含地である平野遺跡、陣跡としての伝承が残る日本山城跡及び龍面庵である。平野遺跡では、中世期の遺物が確認できたものの、耕作土や擾乱層からの出土であり、遺構は確認できなかった。日本山城跡については、虎口かとみられる石積みを確認したが、遺物が出土しておらず、その詳細な時期は不明であるが、蒙古襲来時の城跡ではない可能性が高い。正確な築城時期等については今後の課題としたい。龍面庵でも遺構・遺物を確認していない。こちらについては、元々平場があったと考えられる場所があったが、住宅建設や畠地、道路建設のため、大部分が削平を受け

ており、蒙古襲来に関係するものは確認できなかった。今後は、文献史料や小字名と伝承とのすりあわせや地道な踏査を行う必要があるものと考える。

第IV章、第V章では音波探査機器を用いた調査について述べた。それぞれの年度において業務委託として実施したが、海底地形図については滝野義幸氏及び山口大学樋原京子氏の指導・助言を受け、オープンソースソフトウェアであるQGIS (ver3.0.2) を使用して作成した。第IV章においても述べているが、地理情報システム (GIS) を使用したのは、自前でのデータの解析をめざしたためである。また、そのほかに鷹島海底遺跡の40年にわたる調査成果を一括管理することをめざしたためでもある。これは、調査主体者が松浦市及び旧鷹島町に限らず、学術調査も多数行われており、それぞれの調査において得られたデータが個別で存在しているため、これらのデータを一括管理し、個々のデータの離散を防ぎ、調査成果を概観、把握できるようにするためにある。そのため、海底地形調査だけでなく、音波探査においても、自前でのデータの解析やGISを活用することを念頭に、紙媒体及びPDF等の報告書だけではなく、解析データや生データ等も提出を求めた。GISを導入・維持するには、多額の予算が必要となるが、今回使用したのはオープンソースソフトウェアであり、インターネットに接続できる環境であれば誰でも入手できるという利点がある。今後は海底地形図だけではなく、これまで実施してきた音波探査や突き棒調査などの情報もGIS上に落とし込んでいく作業が必要となってくる。海底地形図の作成にあたっては、不慣れなこともあります、大変苦労したが、これについては今後の課題である。

突き棒調査は、異常反射体の位置を復元した基準点周辺に突き棒による貫入試験を行い、堆積物の種別・範囲を確認するものである。「アタリ」の感触についてできるだけ示したが、これらはダイバー個人の判断によるところが大きく、定量化して感覚を統一、明示することは難しいといわざるを得ない。今後もこのような調査を継続するにあたっては、これまで調査に携わってこられたダイバーの経験を引き継いでいくようにしなければならないものと考える。

2号沈没船の調査は、平成24年度に琉球大学と松浦市の間で締結された「鷹島神崎遺跡に関する連携協定」に基づき、日本学術振興会科学研究費補助金基盤研究（S）『水中考古学手法による元寇沈船の調査と研究』（研究代表者 琉球大学 池田榮史教授）と共同して実施した。本書でも2号沈没船について述べたが、池田ほか 2016『水中考古学手法による元寇沈船の調査と研究』第三冊（最終報告書）においても報告されているため、そちらも参照されたい。

発見された鷹島1号・2号沈没船、一石型碇については、年3回定期的に現況確認調査（モニタリング）を実施してきた。環境データを収集するためのデータロガー（照度計、溶存酸素計、塩分濃度計、水深計、温度計）を設置し、海底環境についてモニタリングを行ってきた。その結果については柳田氏の論考を参照願いたい。また、現在実施中の琉球大学池田榮史教授を研究代表者とする科学研究費助成事業基盤研究（S）『蒙古襲来沈没船の保存・活用に関する学際研究』において、海底での保全状況を万全とするため、1号沈没船及び2号沈没船については再埋め戻しが行われている。

発掘事前調査（環境調査）では、海底で発掘調査を実施するにあたり、発生する渦りの影響に

についてシミュレーションを用いて検討した。今後の調査計画をたてるにあたり、重要な情報が得られた。水中遺跡に対するこのような渦り拡散シミュレーションは国内初の取り組みであることと思われる。付近に養殖生簀が存在するような場所である場合、このような渦りに対する調査を実施することは非常に有用であると思われる。

第X章のX線CT調査では、九州国立博物館にご協力を賜り、新たな知見を得ることができた。しかし、国内での出土事例等を確認できず、用途不明としているものも多い。今後、用途不明品について、国外事例の収集に努め、遺物の解明に繋げてゆくこととしたい。

松浦市では、これまでの鷹島海底遺跡出土品の直営による保存処理を進めて来たところである。しかしながら、現在の保存処理槽のサイズでは取まりきらない隔壁材などの大型木製品については、処理ができないという状況であった。平成31年度より大阪市文化財協会 保存科学室 室長伊藤幸司氏による指導の下、琉球大学池田榮史教授を研究代表者とする科学研究費助成事業基盤研究（S）『蒙古襲来沈没船の保存・活用に関する学際研究』のご協力を得て、大型木製品の保存処理を実施しているところである。

松浦市では、今後、沈没船の引き揚げに向けた取り組みを実施していくこととしている。無論、現段階では、引き揚げ方法の検討や、引き揚げ後の保存処理、保管場所の確保などの課題が山積しているが、保存処理方法については、上記のトレハロース法による大型木製品の保存処理の処理過程、結果を基に沈没船の処理方法の検討を進める予定である。沈没船の引き揚げに向けて一歩一歩、確実に課題を解決してゆくこととしたい。

これまで実施してきた事業は、学術調査としてではなく、一自治体の事業として進めてきた。国内においても先例がなく、わからないことだらけであり、正直なところ手探りで進めてきたところである。事業の実施にあたっては、琉球大学池田榮史教授をはじめとして、これまで調査に携わってこられた滝野義幸氏や山口大学楮原京子氏、調査指導委員会委員の皆様、ダイバーの皆様や調査関係者の皆様の多大なるご指導ご協力を頂きました。この場を借りて改めて感謝申し上げます。

図 版

図版 1



平野遺跡 T 4 完掘状況（西側から）



平野遺跡 T 4 東壁土層断面



平野遺跡 T 6 完掘状況（西側から）



平野遺跡出土遺物



日本山城跡 T 1 石積み検出状況（東側から）



日本山城跡 T 1 南側石積み検出状況

図版 2



日本山城跡 T 1 北側石積み検出状況



日本山城跡 T 2 完掘状況（東側から）



日本山城跡 T 2 南壁土層断面



龍面庵 T 1 完掘状況（東側から）



龍面庵 T 1 北壁土層断面



龍面庵 T 3 完掘状況（北側から）

図版 3



マルチビーム測深器艤装状況



形象物（測量旗）



海底地形計測状況



操船状況

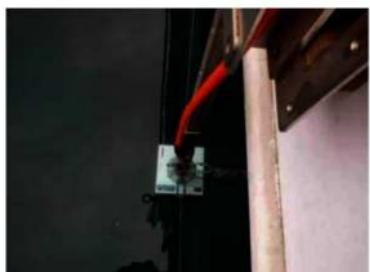


鷹島西岸定置網設置状況



鷹島西岸養殖生簀設置状況

図版 4



音波探査ソナー・ヘッド艤装状況



音波探査調査状況①



音波探査調査状況②



音波探査調査状況③



音波探査操船状況

図版 5



突き棒調査ターゲット設置状況



ターゲット計測状況



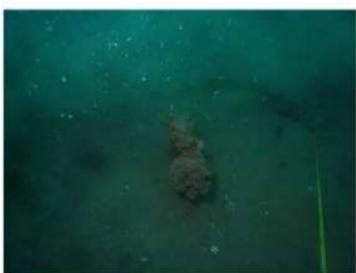
ダイバー潜降（フーカー式潜水）



平成 28 年度突き棒調査実施状況①



平成 28 年度突き棒調査実施状況②



平成 28 年度 KZ 6 シンカー確認状況

図版 6



平成 29 年度 突き棒調査実施状況①



平成 29 年度 突き棒調査実施状況②



平成 29 年度 突き棒調査グリッド設置状況



平成 29 年度 ミーティング風景



平成 30 年度 突き棒調査実施状況



平成 30 年度 突き棒調査箇所②表層石

図版 7



2号沈没船船首部分（左舷側から）



2号沈没船船首部分（正面から）



2号沈没船左舷外板材及びバラスト材



2号沈没船錫製筒型製品出土状況



平成 27 年度現況確認調査（1号沈没船）



平成 28 年度現況確認調査（1号沈没船、触手）

報告書抄録

ふりがな	まつうらしたかしまかいでいいせき						
書名	松浦市鷹島海底遺跡						
副書名	平成27年度から令和元年度の調査成果						
巻次							
シリーズ名	松浦市文化財調査報告書						
シリーズ番号	第10集						
編集者名	早田晴樹						
編集機関	松浦市教育委員会						
所在地	〒859-4598 長崎県松浦市志佐町里免365番地 TEL 0956-72-1111 E-mail bunkazai@city.matsuura.lg.jp						
発行年月日	西暦 2020年3月31日						
ふりがな 所収遺跡名	所在地	コード	北緯	東経	調査期間	調査面積 m ²	調査原因
たかしまかいでいいせき 鷹島海底遺跡	市町村	遺跡番号	+ E	- N			
	松浦市鷹島町南岸地先水面	42208	208-162	33° 25' 30"	129° 46' 36"		範囲確認調査
	種別	主な時代	主な遺構		主な遺物	特記事項	
ひらのいせき 平野遺跡	包含地	中世	沈没船		白磁、褐釉陶器、 天目碗、磚、 金屬製品		
	松浦市鷹島町三里免字平野	42208	208-159	33° 24' 41"	129° 44' 1.5"	20150928 ~ 20151007	36m ²
	種別	主な時代	主な遺構		主な遺物	特記事項	
ひもとやまじょうあと 日本山城跡	包含地	中世	-		龍泉窯系青磁、 白磁、青花		
	松浦市鷹島町原免字黒岩	42208	208-154	33° 25' 02"	129° 45' 20"	20170307 ~ 20170317 20170525 ~ 20170612	13.5m ²
	種別	主な時代	主な遺構		主な遺物	特記事項	
りゅうめんあんせきとうぐん 龍面庵石群	城館跡	中世	石積み遺構		-		
	松浦市鷹島町阿翁免字羽佐子	42208	208-131	33° 27' 25"	129° 45' 48"	20180312 ~ 20180314 20190320 ~ 20190325	8m ²
	種別	主な時代	主な遺構		主な遺物	特記事項	
石造物	石造物	中世	-		-	包藏地外において、 確認調査を実施した。	

松浦市文化財調査報告書 第10集

松浦市鷹島海底遺跡

令和2年3月31日

発 行 長崎県松浦市教育委員会

長崎県松浦市志佐町里免365番地

印 刷 山口印刷株式会社

佐賀県伊万里市二里町大里乙3617番地5

