

西表島浦内川マングローブ林枯損部周辺の物理環境について

南 秀樹^{*1}, 三浦 博^{*2}, 崎原 健^{*3}, 村上智一^{*4}, 谷野賢二^{*1}

^{*1} 東海大学 生物学部, ^{*2} 東海大学 教学部 札幌教学課,

^{*3} 東海大学 沖縄地域研究センター, ^{*4} 国立研究開発法人 防災科学技術研究所

Physical characteristics of lodging mangrove areas in Urauchi River, Iriomote Island

Hideki MINAMI^{*1}, Hiroshi MIURA^{*2}, Ken SAKIHARA^{*3},
Tomokazu MURAKAMI^{*4} and Kenji YANO^{*1}

^{*1} School of Biological Sciences, Tokai University.

^{*2} Academic and Student Services Department, Sapporo Campus, Tokai University.

^{*3} Okinawa Regional Research Center, Tokai University.

^{*4} National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience.

Abstract

Urauchi River is the largest river in Iriomote Island, Okinawa Prefecture. Mangrove ecosystems of the river are important transitional coastal ecosystems, between marine and terrestrial environments. Recently, phenomenon of lodging and withering of trees in mangrove forest has been occurred in the river.

One of the environmental factors surrounding the mangrove forest of Urauchi River is waves generated by sightseeing boat. As a starting point of investigation for the damage phenomenon of trees, we investigated the influence of the waves.

We measured boat-generated waves at edge of the mangrove; physical characteristics of suspended solids and sediments before and after passing sightseeing boat. A cross section between the edge of mangrove and the deepest part of river which is the boat course, had a gradient of approximately 0.5. The maximum wave height of the boat-generated waves was about 8 cm. The suspended solids were 19 times larger than before passing through the sightseeing boat.

In this study, we had been able to clarify a part of the physical environment surrounding the Urauchi River mangrove forest damage areas, but we had not yet revealed the mechanism leading to mortality. We believe that it is necessary to conduct further research based on the suggestion that the relationship with sediment transport such as river bed erosion and sedimentation was suggested.

1. はじめに

西表島浦内川は、島の中央部から北北東方向に流れる全長約 18km の感潮河川である。両岸にはマングローブ林が点在し、観光スポットとなっている。西表島の河川環境を考えると、毎年起こる可能性のあるイベントとして台風などの影響がある。現在までに知られている浦内川での報告ではマングローブ林における倒伏や立ち枯れは、台風通過後に見られるとされている¹⁾。また、浦内川と同様にマングローブ林の倒伏枯死がみられる島内の仲間川については、その原因が洪水等の自然的要因のほかに観光船の曳き波にあるとの報告もある²⁾。実際に浦内川のマングローブ林で支柱根の露出がみられる倒伏部では、観光船が近くを航走することから、航走波が根部を浸食している可能性もある。なお、浦内川の全体域における物理環境あるいは化学環境については近年既に幾つかの報告がある^{3) 4) 5) 6) 7) 8) 9)}。また、我々のグループでもオヒルギの植生分布と浦内川全域の物理環境については既に報告している部分¹⁰⁾はあるが、本研究では倒伏や立ち枯れが確認されている場所周辺の物理環境について注目し、海底地形、観光船通過時における波高、懸濁粒子の巻き上げ、土壌の現状などについて注目して考察する。このような研究は、西表島浦内川の生物学および生態系についての今後の研究に貴重な情報となり得ると考えられる。

2. 調査方法

観測は 2013 年から 15 年までの 3 年間、毎年 11 月の中旬に行ったものである。観測点については Fig.1 に示す。また、代表的な観測点として St.1 のマングローブ林の写真を Fig.2 に示す。

2-1 横断面測定について

枯損のみられる攻撃斜面 1 カ所 (St.1) と滑走斜面 2 カ所 (St.2, St.3) について、横断測量を行なった。方法は、下記のとおりである。

- ①河岸に最も近いオヒルギ(基準点)から対岸に向かってロープを張る。
- ②ロープに沿ってカヌーを移動させ、巻き尺を使って適宜水深を測定する。
- ③基点からの距離(測定位置)は、ロープに沿って張った巻き尺あるいはレーザー距計(ニコンレーザー 1000AS)を用いて算出する。

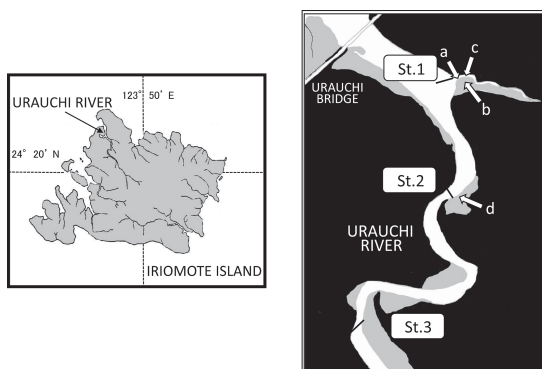


Fig. 1 Location of stations in the Urauchi River mangrove estuary, Iriomote Island, Ryukyu Islands, Japan.



Fig. 2 Picture of mangrove in the Urauchi River.

2-2 観光船の航走波の計測について

浦内川を航行する観光船の船底形状は船首から船尾まで平坦な箱型とみられる。観測は、河口に近い攻撃斜面の St.1 で行なった。河岸に最も近いオヒルギからおよそ 2 m 川側に鉄パイプを打ち込み、横に張り出したパイプに容量式波高計（株式会社ケネック製、本体部：CH-601、検出部：CHT6-100）を取り付ける。計測器からのアナログ信号は、サンプリング間隔 0.1s でデータロガー（GRAPHTEC 製、GL220）に記録した。

航走波は、船舶からの距離と船速に依存する¹¹⁾。そこで、船速は、波高計近くの河岸に設置した 2 本の支柱間の通過時間をストップウォッチで計測して求めた。また、波高観測をしていない日に観光船に乗り、GPS で航走軌跡と速度を記録した。攻撃斜面に位置する観測ステーションの付近では、浅瀬が川の中央部に広がり、観光船の航路は観測ステーションのすぐ近くに限られている。そこで、観光船までの距離は一定とし、距離の計測は行っていない。

2-4 観光船航走後の懸濁粒子量 SS について

懸濁粒子の採取点（2013 年 11 月 10 日）を St.2（d 地点）で示す（Fig.1）。地点 d では、オヒルギの膝根が白砂に覆われ、立ち枯れがみられる。そこで、観光船の航走時にどのように砂などの粒子が巻き上がるのか、その状態を調べるために、観光船が通過した後の 1 分後、2 分後、3 分後の河川水中の懸濁粒子を採取した。試料を採取する際は、観光船が来る前に水辺から約 2 m の場所で待機し、通過後に表面水の採水を行った。比較のために、観光船が航走していない時間における採水も行なった。

2-5 表層堆積物の採取について

土壌が削られることによりマングローブの膝根が露出し、樹木が枯れる被害の出ている場所と、膝根が砂に埋もれることにより枯れる被害が出ている場所の土壌の状態を把握するために、底質の表層堆積物を採取した。採取点を Fig.1 の a～d に示す。これらは、波高計を設置した場所 a（最も土壌が削られている場所）、その近くのマングローブ林の中 b、更にその近くの入り江口 c、膝根が埋まっている場所 d となる。

3. 結果および考察

3-1 河川横断面図について

St.1 における基準点からの距離（m）と水深の関係（横断面図）を Fig.3(上) に示す（河川中の黒の実線が観測場所）。また、基準点からの距離（m）と河床勾配の関係について Fig.3（下）に示す。St.1 はマングローブ林が攻撃斜面側の浸食域に位置しており、最深部は基準点からおよそ 5 m と樹木に近接している。この付近では、観光船がこの最深部付近を航行するため、観光船が最もマングローブ林に接近する場所となっている。なお、最深部と樹木の間では、樹木近傍を除き、河床は勾配がおおよそ 0.5 の急斜面となっていることが明らかである。St.2 および St.3 の横断面図をそれぞれ Fig.4 と Fig.5 に示す（枯損のみられる滑走斜面）。St.2 では基準点より 40 m 離れた場所で、最大水深の約 10m を示す。同様に St.3 では 90m 付近で約 1.7m を示す。このように今回の研究では浦内川の川底環境についても明らかとなった。

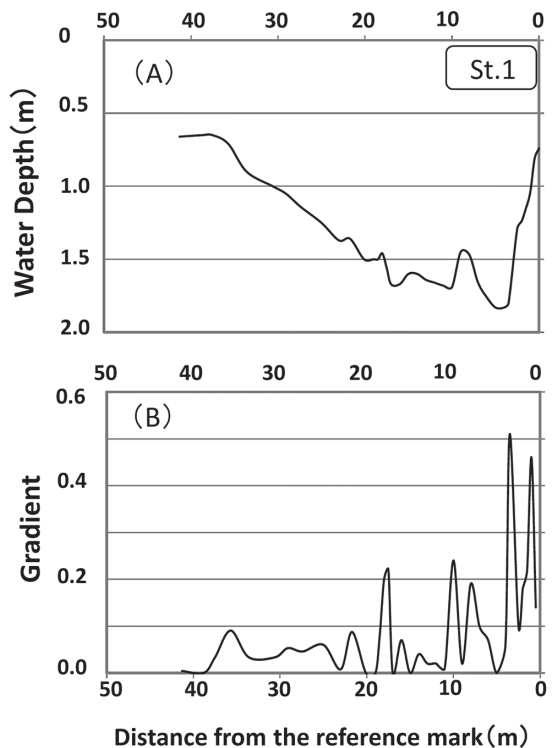


Fig. 3 Relationship between distance and water depth(A), gradient(B) in St.1.

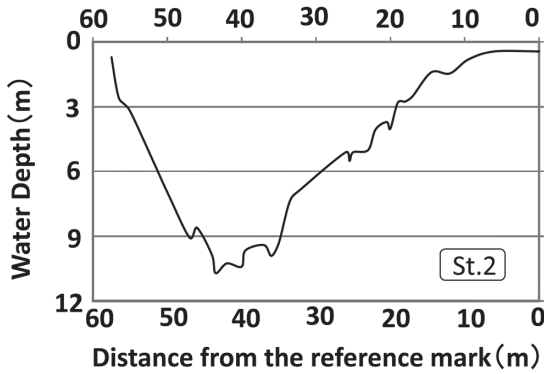


Fig. 4 Relationship between distance and water depth in St.2.

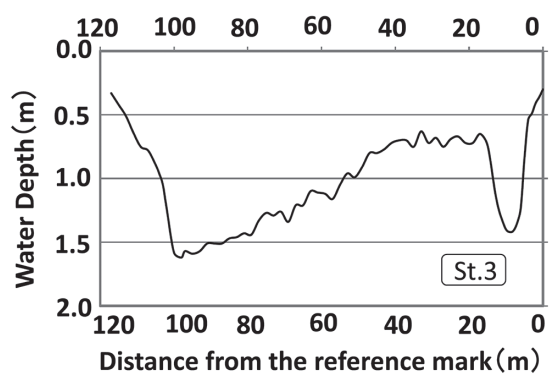


Fig. 5 Relationship between distance and water depth in St.3.

3-2 観光船の船速と航走波について

観光船上でGPSにより測定した観光船の船速は、上流に向かうとき（上り）が0.5m/s～2.7m/s、下流に向かうとき（下り）が0.5m/s～4.9m/sであった。観測ステーション付近を通過するときの船速は、上流に向かうとき（上り）が0.7m/s～1.7m/s、下流に向かうとき（下り）が0.8m/s～1.6m/sであった。波高計設置位置付近の船速は陸上からの計測と比べ、およそ1/2となっている。この付近は、観光船がマングローブ林に最も接近する場所であり、オヒルギを間近で観察するのに適した場所である。しかし、波高計を設置して観測しているときには、これを避けるために船速を上げていた可能性がある。

航走波は遷移的な現象である。航走波が底質移動に

与える影響については、良くわかっていない。ここでは解析の第一歩として、倉田らの方法¹²⁾に倣い、航走波の時系列データを最大波高で整理する（ただし、最高波波高 H_{max} 、最高波周期 T_{max} の定義は、ゼロアップ・クロス法による）。Fig.6に観測された航走波の例を示す。また、Fig.7に波高と船速の関係を示す。船速は1.7m/s～2.7m/sであった。今回の観測で得られた航走波の最大波高は約8cm（船速2.3m/s）である。荒川下流域の河床の横断勾配が異なる3地点で、航走波の波高と土砂移動特性を調べている例がある¹³⁾。この報告によると、出現した最高波高の多くは、2～8cmであった。また、横断勾配が緩いほど土砂移動量が多く（＝堆積しやすく）、急なほど土砂移動量が少ない（＝河岸洗掘が進行しやすい）ことが示唆された

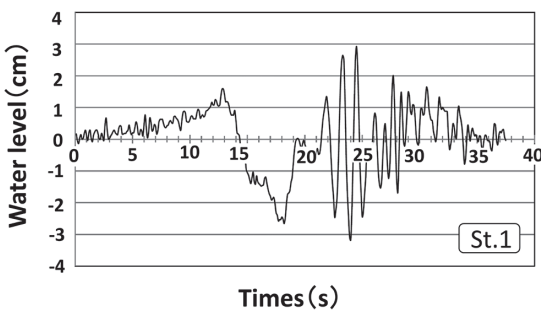


Fig. 6 Variation of water level in passed sightseeing boat.

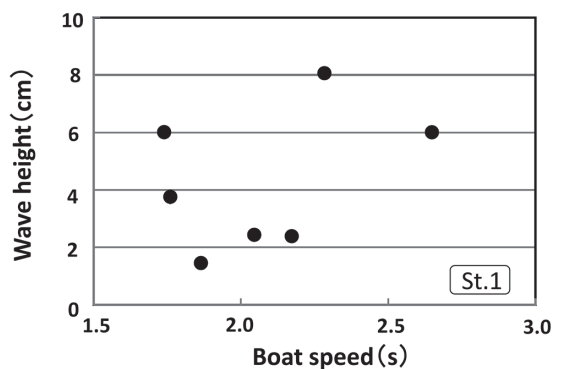


Fig. 7 Relationship between boat speed and wave height in passed sightseeing boat.

と結論づけている。前述したように、St.1の基準点付近（観測ステーション付近）は、観光船が最もマングローブ林に接近する。また、最深部と樹木の間では、河床勾配が急斜面となっている。本調査で得られた航走波の最大波高の出現範囲が前述の田中の結果¹³⁾と矛盾しないことから、観測ステーション付近の河床は航走波による浸食を受けている可能性がある。今後は移動特性に関わる底質の粒度組成と併せて底質移動に関する調査を行う必要があると考える。また、波による河床の浸食／堆積を議論するには、航走波のみならず風波の影響も考慮する必要があると考える。

3-3 観光船航走後の懸濁粒子量 (SS; Suspended Solid) について

河川水中の懸濁粒子量の結果を Fig.8 に示す。10時30分から12時50分までの間で、観光船がこない時間における採水を5回行ったが、懸濁粒子量 SS の平均値は 7.7mg/l であった。通過後採取した全試料における平均値は 144.2mg/l であり、19 倍も高い懸濁粒子量を示している。したがって、観光船通過後の河川では、かなりの量の粒子が巻き上がることが明らかと

なった。川上から下りの観光船が来た場合は、比較的低濃度で、減速の有無による濃度の大きな変化は観察されなかった。また、1分後が最も懸濁粒子量が多く、徐々に減少する傾向にある。川下から上りの観光船が来た場合は、下りの場合と比較して明らかに懸濁粒子量が多い。また、上りと下りの観光船が交差した場合についても、上りの場合と比較すると少ない状況になることがわかった。今回の調査では、上りの場合において、減速して通過したときのデータが得られなかったため明らかではないが、枯損域を上り船が通過する場合は減速することにより、懸濁粒子量を低減させることが可能となるかもしれないと考えられる。

3-4 表層堆積物の状況について

湿潤状態における表層堆積物の写真を Fig.9 に示す。土壌が削られた場所 a とマングローブ林内 b について色彩などは良く一致しており、入り江口 c はかなり細かく、含水率が高いことが目視観察するだけでも確認できた。含水率は、a が 33%、b が 28% と同様な値を示し、c が 64% と高く、膝根が埋まった場所 d は 22% と最も低い値を示した。含水率の値をその堆積物

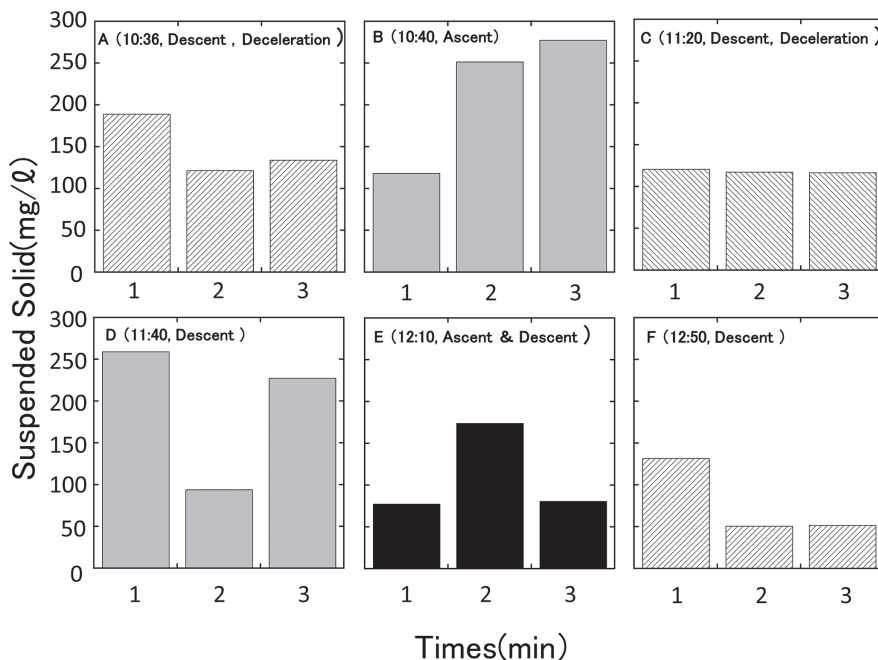


Fig. 8 Variation of suspended solid in passed sightseeing boat.

の粒径や土質に大きく依存するため、平均粒径が最も大きいのはdで、最も小さいのがcと推察することができた。電子顕微鏡による90倍の画像をFig.10に示す。aとbは粒径が $100\mu\text{m}$ 前後の粒子が多くみられ、cはそれに比べて小さい粒子が多いことがわかった。また、dの白砂は粒径が $500\mu\text{m}$ を越えるものが多く観察された。土壌が削られている場所(a)と入り江口(c)は満潮になると完全に水の中になるため、プランクトンの遺骸が多くみられ、マングローブ林の中(b)は、木片などが観察された。膝根が埋まっている場所(d)の白砂は鉾物粒子と思われる(化学分析の必要がある)。

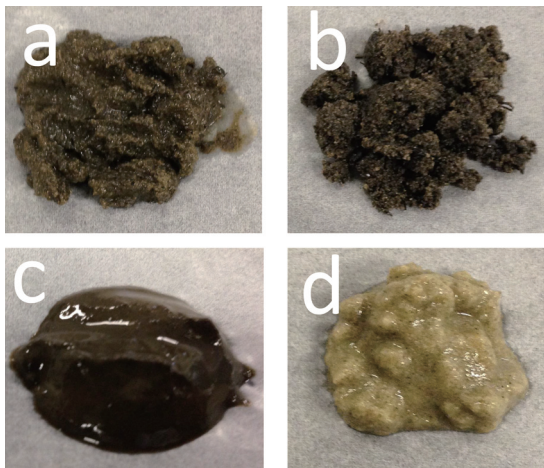


Fig. 9 Picture of sediments in the Urauchi River.

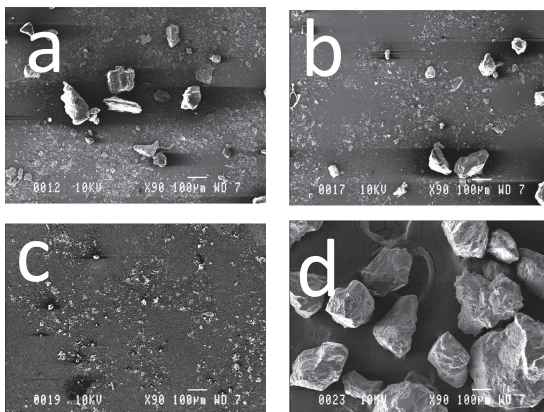


Fig. 10 Electron microscope image of sediments in the Urauchi River..

4. まとめ

西表島浦内川の両岸に広がるマングローブ林において枯損木周辺の物理環境と懸濁粒子や土壌の状態等について研究を行った。その結果をまとめると下記のようなになる。

- ① マングローブ林が攻撃斜面側の浸食域に位置している箇所(St.1)では、最深部は基準点(樹木)からおおよそ5mと近接している。最深部と樹木の間では、樹木近傍を除き、河床は勾配がおおよそ0.5である。
- ② GPS測位で算出した観光船の船速は、上流に向かうとき(上り)が $0.5\text{m/s} \sim 2.7\text{m/s}$ 、下流に向かうとき(下り)が $0.5\text{m/s} \sim 4.9\text{m/s}$ であった。観測ステーション付近を通過するときの船速は、上流に向かうとき(上り)が $0.7\text{m/s} \sim 1.7\text{m/s}$ 、下流に向かうとき(下り)が $0.8\text{m/s} \sim 1.6\text{m/s}$ であった。
- ③ St.1付近の航走波の最高波高は約8cmであった。
- ④ 滑走斜面の立ち枯れ域(St.2の地点d)では、観光船通過後に通過前と比べ19倍の懸濁粒子が巻き上がっている。

今回の調査で、浦内川マングローブ林枯損域を取り巻く物理環境の一端を明らかにすることができているが、枯損に至るメカニズム解明までには至っていない。河床の浸食・堆積など底質移動との関わりが示唆されたことを踏まえ更に研究を進める必要があると考えている。

5. 謝 辞

本研究は、沖縄地域研究センター教育研究助成金「八重山諸島の沿岸・陸水域における人間活動が生物・化学・物理環境におよぼす影響」(研究代表者: 谷野賢二)および「網取湾・崎山湾における高分解能地形調査および生物を取り巻く総合的環境評価」(研究代表者: 南 秀樹)の一部を使用して行いました。

6. 参考文献

- 1) 西表森林環境保全ふれあいセンター(2010): 2009年浦内川流域マングローブ林の隆替状況, 8p.
- 2) 西表森林環境保全ふれあいセンター(2008): 2007年仲間川流域マングローブ林の隆替状況, 5p.
- 3) 高橋理恵・遠藤太郎・横山由香・佐藤義夫・安

- 田訓啓・福江正治・澤本彰三 (2011) : 西表島浦内川における微量元素 (Mn, Fe, Ni, Cu, Zn) 濃度を支配する要因. 東海大学紀要海洋学部, 9 (1), 1-7.
- 4) 高橋理恵、佐藤義夫、安田訓啓、澤本彰三、福江正治 (2011) : 浦内川河口マングローブ水域の化学成分の変動要因. 第 10 回海環境と生物および沿岸環境修復技術に関するシンポジウム発表論文集, 79-84.
- 5) 高橋理恵、佐藤義夫、安田訓啓、福江正治、澤本彰三 (2010) : 浦内川河口マングローブ水域からの栄養塩の流出. 第 9 回海環境と生物および沿岸環境修復技術に関するシンポジウム発表論文集, 43-48.
- 6) 安田訓啓・澤木千恵・佐藤義夫・横山由香・澤本彰三・福江正治 (2010) : 西表島浦内川のマングローブ水域における海水交換と化学成分の輸送. 東海大学海洋研究所研究報告, 31, 51-63.
- 7) 高橋理恵、横山由香、佐藤義夫、安田訓啓、福江正治、澤本彰三、古河幸雄 (2009) : マングローブ水域の潮汐周期に伴う化学成分の挙動. 第 8 回海環境と生物および沿岸環境修復技術に関するシンポジウム, 1-6.
- 8) 澤木千恵、安田訓啓、佐藤義夫、澤本彰三、福江正治 (2008) : 西表島浦内川マングローブ域における海水交換と化学成分の輸送. 第 7 回海環境と生物および沿岸環境修復技術に関するシンポジウム発表論文集, 21-2.
- 9) 安田訓啓・佐藤義夫・吉野美紀・稲葉 章 (2004) : 西表島の浦内川と浦内湾の物理的・化学的特性. 東海大学海洋研究所研究報告, 25, 73-89.
- 10) 村上智一・谷野賢二・南秀樹・三浦博・崎原健・三谷晃・下川信也・河野裕美 (2016) : 西表島浦内川河岸域におけるオヒルギの植生分布とその物理環境. 土木学会論文集 B3 (海洋開発), 72, 2, I_1029-I_1034.
- 11) 塩谷茂明・藤富信之・斎藤勝彦・石田廣史・山里重将 (1996) : 三種類の小型実船による航走波の特性. 水産工学, 33, 2, 123-134.
- 12) 倉田克彦・小田一紀・平井住夫 (1983) : 浅海水路中の航走波の特性および係留船舶に及ぼすその影響. 第 30 回海岸工学講演会論文集, 598-602.
- 13) 田中規夫 (2010) : ヨシ原保全を目的とした航走波対策工背後の水理特性・土砂移動観測を踏まえた対策工配置の最適化に関する研究. 河川整備基金助成事業, 助成番号 22-1215-013, p26.

