

恵比須浜漁港周辺の岩礁部における漂砂特性の検討

Sediment Transport Characteristics on a Reef Bottom around Ebisu-hama Fishing Harbor

小林秀人¹・原田久志²・小野信幸³・伊東啓勝⁴・黒木敬司⁵

Hidet0 KOBAYASHI, Hisashi HARADA, Nobuyuki ONO, Yoshimasa ITO and Keiji KUROKI

Ebisu-hama fishing harbor is located on the east of Hachinohe port. Around the fishing harbor, a wide reef spreads and an offshore breakwater is constructed and planned to be extended. The breakwater extension may affect the environment and predicting the influence in advance is needed. In this study, sounding survey and sediment analysis have been conducted to understand sediment transport characteristics at the site and it is confirmed that sediment transport around the harbor is mainly from east to west. Also, morphology change simulations have been conducted to reproduce the sediment transport features and to predict the influence of the breakwater extension. By applying a model of sediment transport on a hard bottom, the morphology change on the topography with reef has been reproduced.

1. はじめに

八戸漁港は、青森県八戸市にある特定第3種漁港であり、鮫地区、小中野地区、館鼻地区、恵比須浜地区の4漁港区域よりなる全国屈指の水揚げ量を誇る漁港である。このうち、恵比須浜地区は、重要港湾「八戸港」の東端に位置し、沿岸で操業する小型漁船が、大型漁船や八戸港に入港する貨物船との輻輳を避けるために整備された漁港である。周辺は岩礁地帯であり、昆布の養殖が盛んである。また、恵比須浜漁港の北西約1 km 沖合では、第二中央防波堤（計画総延長 1670 m）が建設されており、現状では南側の 280 m が未完成である。恵比須浜漁港周辺は、近年堆砂傾向になったとの指摘もあり、防波堤延伸による影響が懸念されている。そのため、今後、第二中央防波堤の整備を進めていく上では、防波堤と周辺海岸の漂砂特性との関連性を把握し、防波堤延伸の影響を前もって評価しておく必要がある。

本研究では、図-1 に示す恵比須浜漁港周辺海域を対象に、現地調査（深浅測量及び底質分析）を実施し、当海域の漂砂特性の実態について検討した。また、岩礁上の漂砂移動を再現するモデルにより、地形変化シミュレーションをおこなって、恵比須浜漁港周辺の堆砂状況の再現及び防波堤延伸に伴う影響を評価した。

2. 現地調査

恵比須浜漁港周辺の現状の地形特性を把握するため、

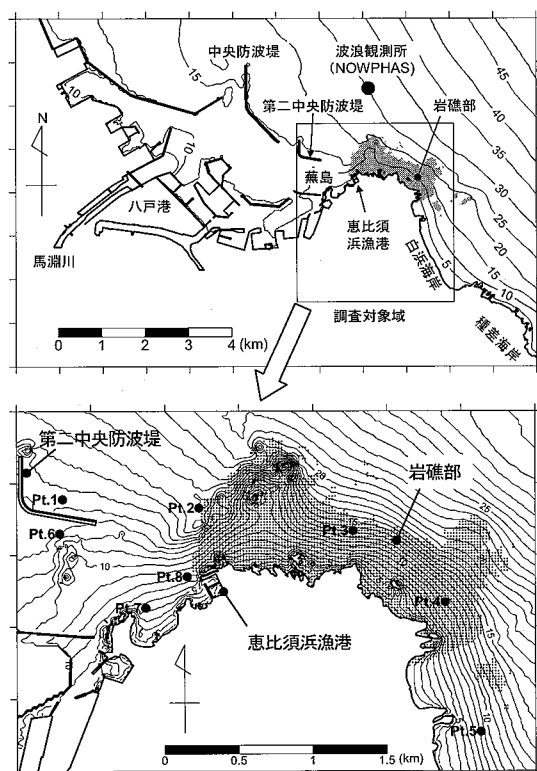


図-1 調査対象域

2006 年 9 月に深浅測量及び底質採取を実施した。

(1) 深浅測量

深浅測量は、マルチファンビーム測深（SEA-BAT8125 型）による精密深浅測量を実施した。マルチファンビームによる測深が困難な浅海領域（水深 5 m 以浅）では、シングルビーム測深をおこない、汀線付近はスタッフを用いた水準測量をおこなった。測量結果より

- | | |
|---|--------------------------|
| 1 | 東北地方整備局 八戸港湾・空港整備事務所 所長 |
| 2 | 東北地方整備局 八戸港湾・空港整備事務所 課長 |
| 3 | 正会員 博(工) (株)エコー 沿岸デザイン本部 |
| 4 | 正会員 修(工) (株)エコー 沿岸デザイン本部 |
| 5 | 正会員 博(工) (株)エコー 沿岸デザイン本部 |

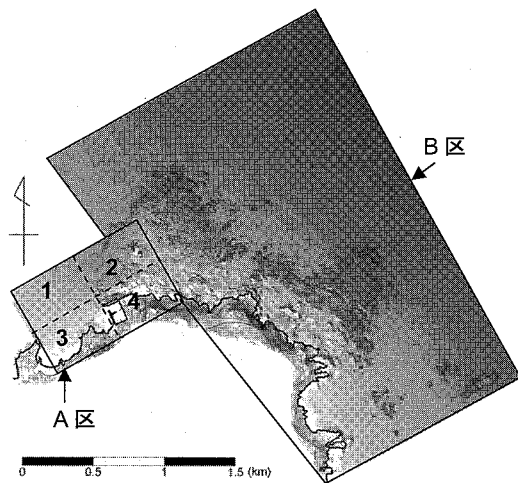


図-2 深浅測量データによる鯨図 (視点: 真上から)

1 m メッシュの水深データを作成し、図-2 に示す海底地形の鯨図を作成した。測量範囲は図中に示す A 区と B 区の 2 地区であり、岩礁部の位置・形状などの海底面の詳細な状況が確認された。

(2) 底質採取

図-1 下段に示す Pt.1 ~ Pt.8 の 8 地点において、ダイバーにより海底面 (表層 5 cm 程度) の底質を約 500 g 採取した。採取した底質について、粒度分析及び鉍物組成分析をおこなった。鉍物組成分析では、0.125 mm ~ 0.25 mm に粒度を揃えた試料について、比重 2.9 の重液 (ブロムホルム) により、軽鉍物と重鉍物に分離し、プレパラートを作成して鉍物種を同定した。

3. 漂砂特性の検討

(1) 波浪特性

漂砂の主要な外力である波浪について、八戸波浪観測所における 1989 年 ~ 2006 年の NOWPHAS データを整理した。八戸港湾・空港整備事務所 (2006) によれば、八戸観測所のデータは長期欠測となっている期間が多いため、欠測データについては近隣のむつ小川原観測所の波浪データとの相関関係を用いて補完した。表-1 に波向別のエネルギー平均波高 H_m 、周期 T_m 、波エネルギー

表-1 波向別エネルギー平均波

	NE 以北	ENE	E	ESE 以南	全波向
H_m (m)	1.57	1.52	1.14	1.04	1.27
T_m (s)	6.2	7.8	7.3	7.1	7.4
EC_g (J/s)	15,659	20,421	10,334	8,327	13,230
出現回数	2,602	20,368	44,958	4,605	72,533
出現率(%)	4	28	62	6	100

ーフラックス EC_g の算定結果を示す。表より、入射波の波向は、ENE と E 方向で全体の 90 % を占め、出現率が最も高いのは、E 方向であるが、ENE 方向のエネルギーフラックスが大きく、高波浪は ENE 方向から来襲することが確認された。

(2) 堆砂状況の把握

図-2 中の A 区では、1990 年 ~ 1995 年と 2000 年から 2006 年の 2 期間で経年的な深浅データが取得されている。そこで、恵比須浜漁港周辺の侵食堆積状況を把握するため、図-2 に示すように A 区を 4 領域に分割し、各領域の土量変化について調べた。

図-3 に、有義波高の時系列と 1990 年 6 月を基準とした領域 1 の堆積土量の変化を示す。領域 1 は、水深は 5 ~ 10 m の範囲で、図-2 より判読されるように底面は砂面である。図-3 より、①最も急激に土砂の堆積が生じたのは、1990 年 6 月 ~ 1991 年 7 月の期間であり、この期間に波高 9 m の高波浪が来襲したこと、② 1991 年から 1996 年にかけては、土量が徐々に減少する傾向であり、この期間には 6 m を超える高波浪は来襲していないこと、③ 2000 年以降の土量変化は、変動しつつも平均的には一定値で安定しており、2000 年以降では、6 m を超える高波浪が数回来襲していることなどが読み取れ

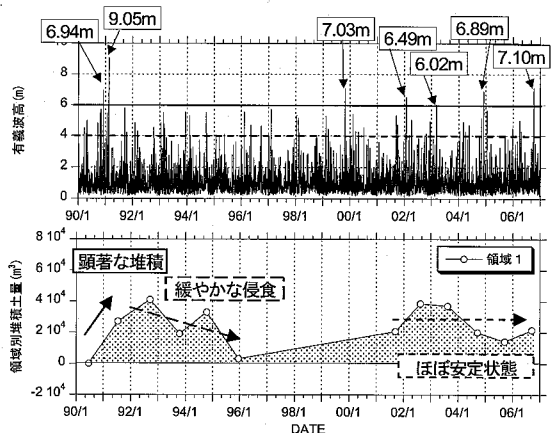


図-3 有義高波の時系列と領域 1 の土量変化

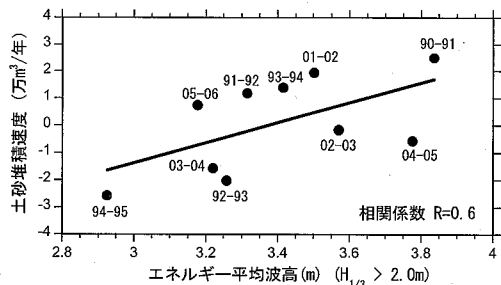


図-4 高波浪と土砂堆積速度の関係 (領域 1)

る。このように、領域1の土量変化は、高波浪の来襲との関連性が大きいと考えられるため、各測量期間の土砂堆積速度と、有義波高2m以上の高波浪時のエネルギー平均波高を算定し、両者の関係を調べた結果を図-4に示す。図より、波高の増大とともに土砂堆積速度が増加する傾向が認められ、当海域では、概ね高波浪の来襲時に堆積が生じていることが確認される。

(3) 漂砂源の検討

a) 鉱物組成分析

底質に含まれる鉱物の組成（軽鉱物・重鉱物・岩石片他）は、当海域の漂砂の起源と移動方向を把握する上で重要な情報となる。本調査でも、採取した底質の分析により、当海域の漂砂特性の推定をおこなった。

図-5に軽鉱物、図-6に重鉱物の鉱物組成の分析結果を示す。これらの図では、重液分離した軽鉱物と重鉱物のそれぞれについて各鉱物の含有率を示した。また、本調査で採取されたPt.1～Pt.8の分析結果に加え、対象海域の更に北側と南側で採取された既往調査の結果（日鉄鉱コンサルタント株式会社、1978）も併せて示した。図-5より、本調査の軽鉱物組成は、石英と珪質岩片の含有率が高く、白浜北より南側の鉱物組成とよく類似しており、馬淵川以北の鉱物組成とは明らかに異なっていることが確認される。また、図-6より、本調査の重鉱物組成においても、軽鉱物に比べると不明瞭であるが、

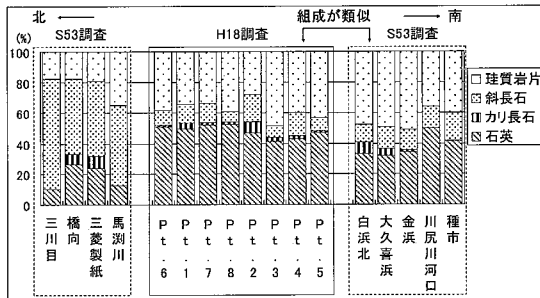


図-5 軽鉱物組成の比較

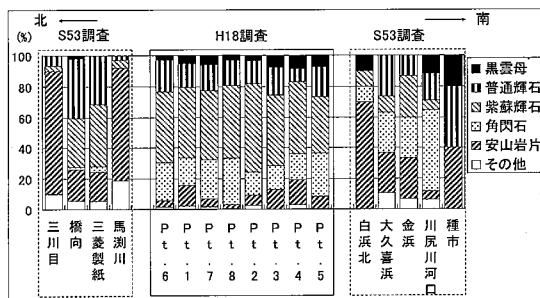


図-6 重鉱物組成の比較

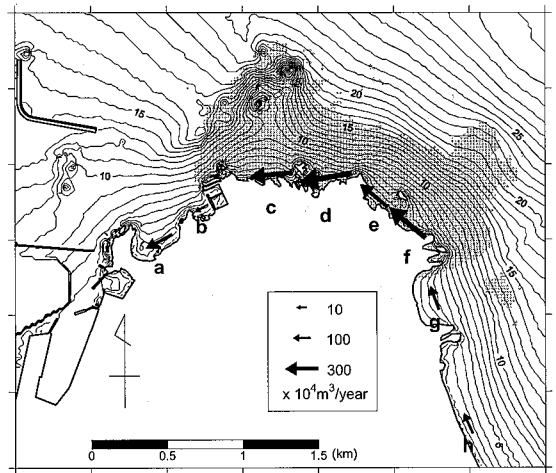


図-7 沿岸漂砂量の推定結果

角閃石を比較的多く含み、黒雲母が微量であるが含まれるなど、白浜北より南側の鉱物組成との類似性が高い。

b) 沿岸漂砂量の推定

漂砂の卓越方向を推定するため、5種類の代表周期（5, 6, 8, 10, 11秒）と4方向の代表波向（NE, ENE, E, ESE）について、エネルギー平衡方程式による波浪変形計算をおこなった。波浪変形計算では、入射波高は1.5m（ENE方向からのエネルギー平均波高）として、代表地点の波エネルギーフラックスを求め、CERC公式を用いて平均沿岸漂砂量を算定した。図-7はその結果を示しており、図中のa～hの8地点の沿岸漂砂量を推定した結果である。代表地点（a～h）は、碎波点にはほぼ一致するよう、水深3mの等深線上に設定した。図より、沿岸漂砂の卓越方向は北向き、もしくは西向きと推定された。特に、岩礁上のc～f地点では、西向きの沿岸漂砂が大きく評価され、岩礁上へ供給された底質は西へと運ばれる可能性が高いことを示している。以上の推定結果と鉱物分析の結果を併せて考えると、恵比須浜漁港周辺への土砂供給源は白浜より南側海域であると推測される。

4. 地形変化シミュレーション

上記の検討結果より、恵比須浜地区には高波浪時に土砂が堆積する傾向があること、漂砂が主に白浜海岸方面より運ばれることが確認されたため、高波浪時の地形変化計算をおこなった。以下の計算における入射波浪条件は、波高4.0m、周期10秒（未超過確率99.7%、年間に一日程度発生する波浪条件）とし、波向は高波浪時に来襲頻度の高いENEとした。また、底質条件は恵比須浜漁港周辺の平均的な粒径である中央粒径0.2mmの細砂とした。

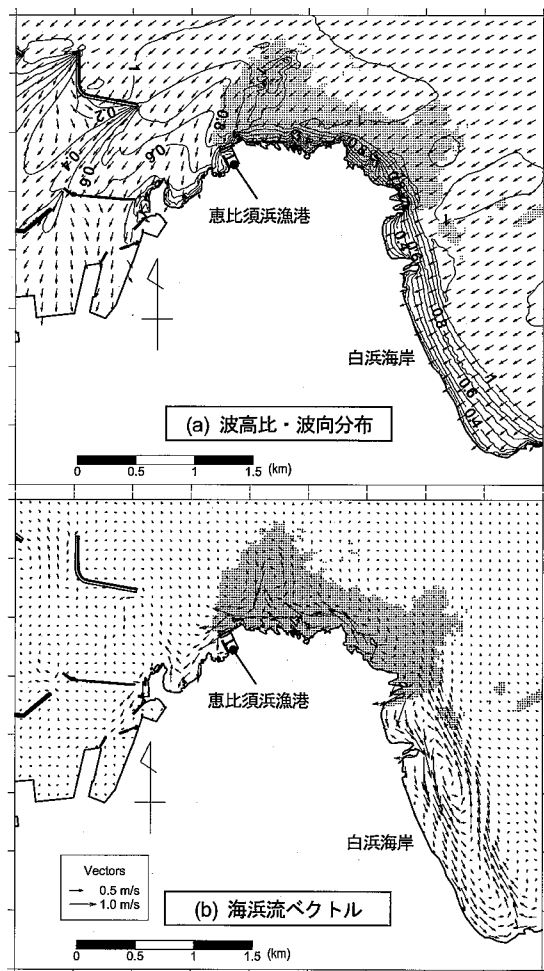


図-8 外力条件の計算結果(上：高波比・波向，下：海浜流)

(1) 計算方法

計算方法は、エネルギー平衡方程式による波浪変形を計算した後、radiation stress を介して海浜流を算定して波と流れの場を評価し、浮遊砂の移流拡散方程式を解くフラックスモデル（樫木ら，1984）により地形変化を計算するものである。また、本研究の対象領域には、岩礁地帯が含まれるため、計算格子上に岩礁セルを設け、岩礁上では設定水深以上には侵食されないよう漂砂量を修正するモデル（岩礁モデル）を導入した。

岩礁セルにおける漂砂量計算は、浮遊砂については、設定した岩盤の高さより侵食が生じないように、移流拡散方程式中の底質の巻上げフラックスを調整するものである。掃流砂については、Hanson・Militello（2005）にならない、計算対象セルに流入する漂砂量と流出する漂砂量を分けて、流出する漂砂量を随時調整するものである。また、以下の計算では、岩礁部への堆砂状況を明らかに

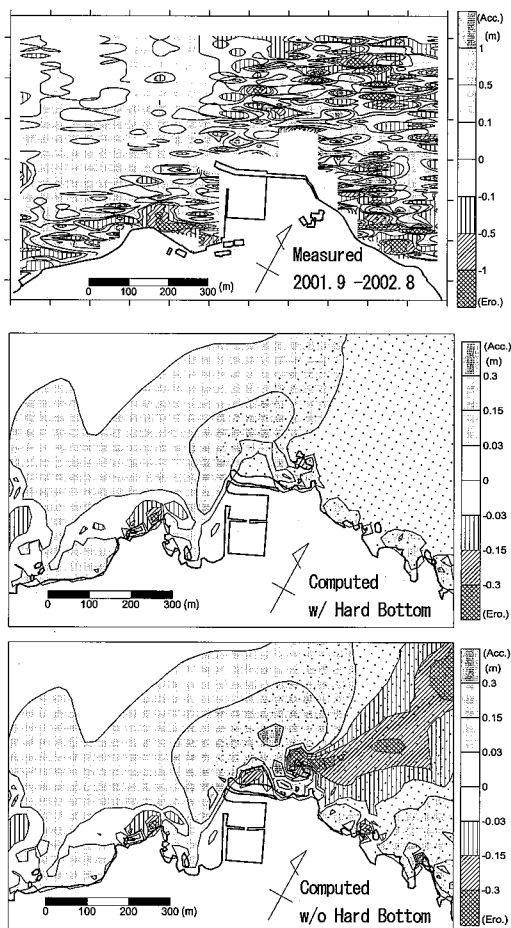


図-9 恵比須浜漁港周辺の地形変化量の実測値（上）と計算値（中：岩礁を考慮，下：岩礁を考慮しない）の比較

するため、岩礁セル上には砂が存在しない条件を初期条件とした。なお、波浪変形計算と海浜流計算では、岩礁上においても砂面と同じ粗度条件を用いることとし、岩礁部で特別な処置はしていない。

(2) モデルの検証

図-8 に、波浪変形計算による波高比・波向分布と海浜流の計算結果を示す。海浜流ベクトルは、白浜海岸の岸寄りでは南向きの流れが生じているが、その沖では北向きの比較強い流れが生じている。また、岩礁部の海岸近くの流れはほぼ全て西向きとなっている。これらは、3章において得られた漂砂の卓越方向（白浜海岸より岬を回りこんで底質が移動する）を裏付けるものである。

図-9 は、深浅測量データが存在する A 区について、測量データより得られた地形変化量（2001 年 9 月と 2002 年 8 月の測量データの差分図）と地形変化計算結果の地形変化パターン（中段は、岩礁を考慮する場合、

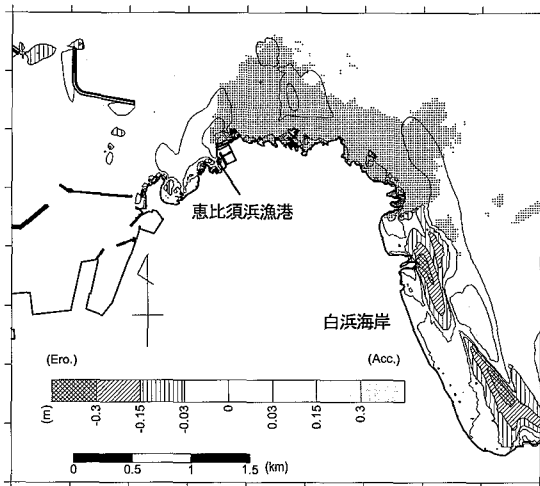


図-10 第二中央防波堤が現状の長さの場合の地形変化

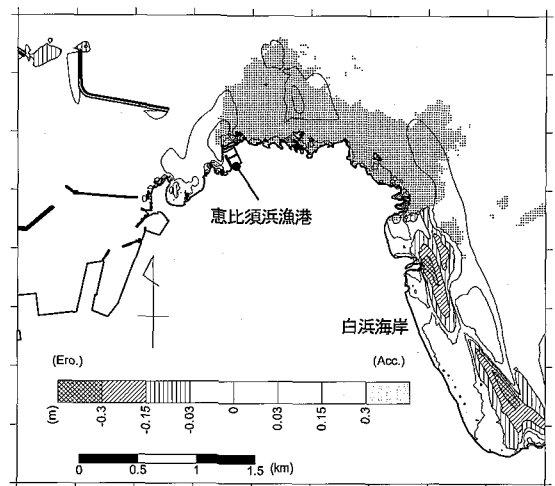


図-11 第二中央防波堤を延伸した場合の地形変化

下段は岩礁を考慮しない場合)を比較したものである。図-9 上段の右半分は海底面の起伏が激しい岩礁地帯に位置するため、測量毎の誤差が大きくデータの信頼性が乏しいと考えられる。そこで、海底が砂面で覆われている左半分について、実測値と計算値を比較すると、計算値は侵食・堆積の程度については過小評価しているものの、侵食域、堆積域のパターンは非常によく一致している。

また、図-9 の中段と下段で岩礁モデルの効果を比較すると、岩礁を考慮した場合は、岩礁上で侵食が生じておらず、その分、堆積量も少なく評価されている。このように、岩礁モデルを用いることで、より現実的なシミュレーションが可能になると考えられる。

(3) 防波堤延伸の影響評価

岩礁モデルを用いて、第二中央防波堤が現状の長さの場合と 280 m 延伸した場合の地形変化計算をおこなった。図-10 と図-11 に、それぞれの計算結果を示す。図-10 より、恵比須浜漁港の周辺に顕著な侵食域は存在せず、侵食域は白浜海岸の南端と北端に認められる。このことから、恵比須浜漁港周辺の堆積域は、白浜海岸より沖側を囲む流れにより形成されたものと考えられる。

図-11 の第二中央防波堤延伸後の地形変化にも同様の傾向が認められ、恵比須浜漁港周辺の堆積形状は現況とほとんど変化がない。つまり、恵比須浜漁港周辺への土砂供給源は南側の白浜海岸であるため、防波堤延伸が地形変化に与える影響はほとんどないと評価される。

5. まとめ

マルチファンビームを用いた深浅測量により、恵比須

浜漁港周辺の岩礁部の位置・形状などの海底面の状況が把握された。また、経年データの解析により、恵比須浜漁港沖では高波浪時に土砂の堆積が生じる傾向があることが確認された。

底質分析の結果、恵比須浜漁港周辺の底質特性は、南側海域の底質と類似していること、波浪エネルギーフラックスより推定される沿岸漂砂量が北向きまたは西向きあることより、恵比須浜漁港周辺への堆砂は、南側より岬を囲む沿岸漂砂によるものと推測された。

岩礁上で侵食が生じない条件を考慮した地形変化シミュレーションにより、高波浪時の地形変化を計算し、岩礁上の漂砂移動状況及び漁港周辺の堆砂状況がよく再現された。また、第二中央防波堤延伸の影響は、防波堤が漂砂の下手側に位置することから、漁港周辺への影響はほとんどないと評価された。

参考文献

- 樫木 亨・李宗燮・出口一郎(1984): 河口周辺の海浜流及び地形変動モデルに関する研究, 第 31 回海講論文集, pp. 411-415.
- 日鉄鉱コンサルタント株式会社(1978): 昭和 53 年度八戸港漂砂調査報告書。
- 八戸港湾・空港整備事務所(2006): 平成 17 年度八戸港地形変化解析調査報告書。
- 八戸港湾・空港整備事務所(2007): 平成 18 年度八戸港防波堤(第二中央)実施計画検討調査報告書。
- Hanson, H. and A. Militello(2005): Representation of non-erodible (hard) bottom in two-dimensional morphology change models, Coastal and Hydraulic Engineering Technical Note ERDC/CHL CHETN-IV-63, U.S. Army Engineer Research and Development Center.