

大阪湾奥の物理的攪乱と貧酸素水塊が二枚貝の生息域に及ぼす影響

石垣 衛*・入江政安**・中辻啓二***・山本 縁****

大阪湾奥の二枚貝の生息環境要因を把握するために、尼崎西宮芦屋港に位置する御前浜、甲子園浜、潮芦屋浜を対象とした現地調査を行った。調査はアサリを指標種とし、各浜辺のアサリの生息域環境を比較することで、アサリの好適な生息条件を求めた。まず、水質調査から貧酸素水塊の形成過程を把握し、貧酸素化の影響が少ないアサリの生息地盤高を得た。次に各浜辺の底質調査から粒度・底質性状とアサリの生息状況との関係を得た。ここで、底質の決定要因である波浪等の物理場に注目し、物理的攪乱がアサリの生息域に及ぼす影響を評価した。調査の結果、地盤高の設定や底質に恒常的な攪乱を促すことで、湾奥でアサリの好適な生息域を創出できる可能性を示した。

1. 緒 論

大阪湾奥の沿岸域では、高度成長期以降の大規模な埋立により多くの浅海域が消失し、直立護岸で囲まれた閉鎖性の強い海域が多数出現した。このような海域では、停滞域が形成されることで陸域からの流入負荷が蓄積されることや、浅海域が持つ自然浄化能が低下したことで、過栄養化の海域が形成されている。大阪湾奥に位置する甲子園浜、御前浜・香櫨園浜（以下、御前浜と表現）は、甲子園浜埋立や西宮浜埋立などの大規模な埋立が実施されたものの、その存在が市民によって守られ、湾奥に唯一残された貴重な自然海岸である。昨今の自然再生に対する社会動向において、当該海域でも劣化しつつある海浜・干潟の環境を保全・再生する関心が高まっており、多様な生物生息空間の創出や、親水空間の提供などが市民の切実なる願いとなっている。そこで本研究では、当該域を『潮干狩りができる海』に再生することを目的に現地調査を行った。調査に際し、潮干狩りで人気のあるアサリを指標とし、その生息環境要因である貧酸素水塊の形成および、波浪等による底質の物理的攪乱に着目し、アサリの生息状況との関係を求めた。ここで、近隣の沖合に位置する潮芦屋浜では、良好な環境下で潮干狩りが楽しめる人工海浜が造成されており、当該域を比較対象区として調査することで、大阪湾奥の甲子園浜、御前浜等でも浜辺の造り方によって、アサリの好適な生息域を創出できる可能性を示す。

2. 現 地 調 査

(1) 甲子園浜・御前浜・潮芦屋浜の概要

調査対象域に選定した甲子園浜、御前浜、潮芦屋浜を図-1に示す。図に示すように甲子園浜、御前浜は、尼

表-1 調査分析項目

調査項目	計測・分析項目
水質調査	水温、塩分、DO、Chl.a (機器計測) SS、Chl.a、T-N、T-P (採水分析)
底質調査	含水比、含水率、粒度分布、強熱減量 シルト・粘土率、TOC、AVS
生物定量調査	出現種、個体数、湿重量

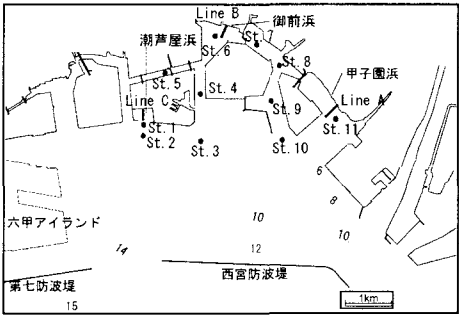


図-1 調査地点 (尼崎西宮芦屋港)

崎西宮芦屋港（以下、尼西芦港と表現）の奥部に位置しており、周辺を甲子園浜埋立地および、西宮浜埋立地、南芦屋浜埋立地に囲まれることで閉鎖性水域が形成され、過栄養化となる場所である。甲子園浜の南西域には約12 haの砂泥質の前浜干潟が存在し、御前浜には夙川河口部に約4 haの砂質の河口干潟が存在する。また、南芦屋浜埋立地沖合部には、約10 haの人工海浜が造成されている。当該海浜・干潟には、アサリ等の二枚貝が生息しており、市民が潮干狩りを楽しむ場所となっている。

(2) 調査方法

尼西芦港の海浜・干潟域における二枚貝の生息環境把握を目的に、図-1に示す調査地点にて水質調査および底質調査、生物定量調査を実施した。各調査について表-1に示す項目について計測・分析を行った。

a) 水質調査

水質調査は、図-1に示す St.1~St.11の11地点を小型船にて巡回し、水温・塩分・DO・Chl.aを水深方向に

* 正 会 員 博(工) (株)大林組 土木技術本部 環境技術第二部
** 正 会 員 博(工) 大阪大学大学院 工学研究科 助手
*** フェロー 工博 大阪大学大学院 工学研究科 教授
**** 正 会 員 (株)大林組 技術研究所 土壌・水域環境研究室

50 cm 間隔で機器計測した。また、各 St. において表層 -1.0 m および底層 +1.0 m の海水を採水し、室内分析を実施した。調査期間は平成16年5月25日~11月30日まで、およそ1週間から2週間に1回の頻度で合計15回の観測を実施した。

b) 底質調査

底質調査は、図-1 に示す Line A, Line B, Line C の3測線において、採泥地点として4つの水深 (OP+0.5 m, OP±0.0 m, OP-0.5 m, OP-1.0 m) を設けた。調査は、平成16年6月および、10月の合計2回実施し、各水深の底泥をφ150 mm のコアサンプラーを用いて採取し、室内分析によって底質性状を求めた。ここで、各分析項目について、表層から深さ5 cm の試料を用いて分析した。

c) 生物定量調査

生物定量調査は、30 cm×30 cm のコドラードを用いて、底質調査と同じ地点にて深さ30 cm まで試料採取を行い、5 mm の篩をかけた後に底生生物の定量評価を行

った。ここで、試料採取は同一調査地点にて3検体を採取し、各検体について出現種、個体数、湿重量を計数・計量した後、平均値を求めた。調査期間は平成16年6月~11月とし、月に1回の調査を実施した。

3. 調査結果および考察

(1) 水質調査結果

図-2 に尼西芦港における水温・塩分・DO の鉛直分布を示す。また、図-3 に底層 DO の平面分布の経時変化を示す。図より、当該域は、夏場に密度成層化することで底層全域の DO が 3 mg/l 以下となり、貧酸素水塊が形成されている。特に、御前浜、甲子園浜などの湾奥部では貧酸素化が著しく DO が 1 mg/l 以下の値を得た。貧酸素水塊は成層の弱まりとともに港内外で解消に向かうものの、湾奥部では、成層が弱まる11月でも貧酸素化の状態が継続している。上記の結果は、当該域が港外より早く貧酸素化し、その解消も港外に比較して遅れる特徴を持った海域であることを示すものである。

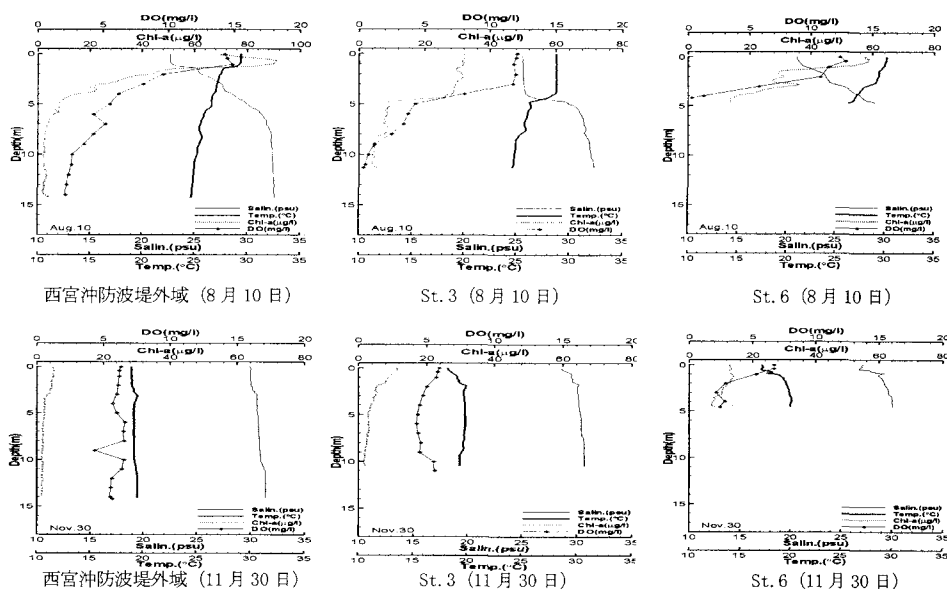


図-2 水温・塩分・DO・Chl-a の鉛直分布

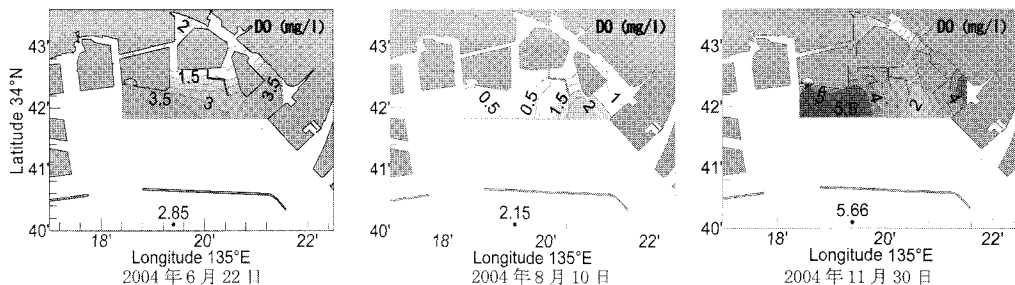


図-3 底層における DO の平面分布

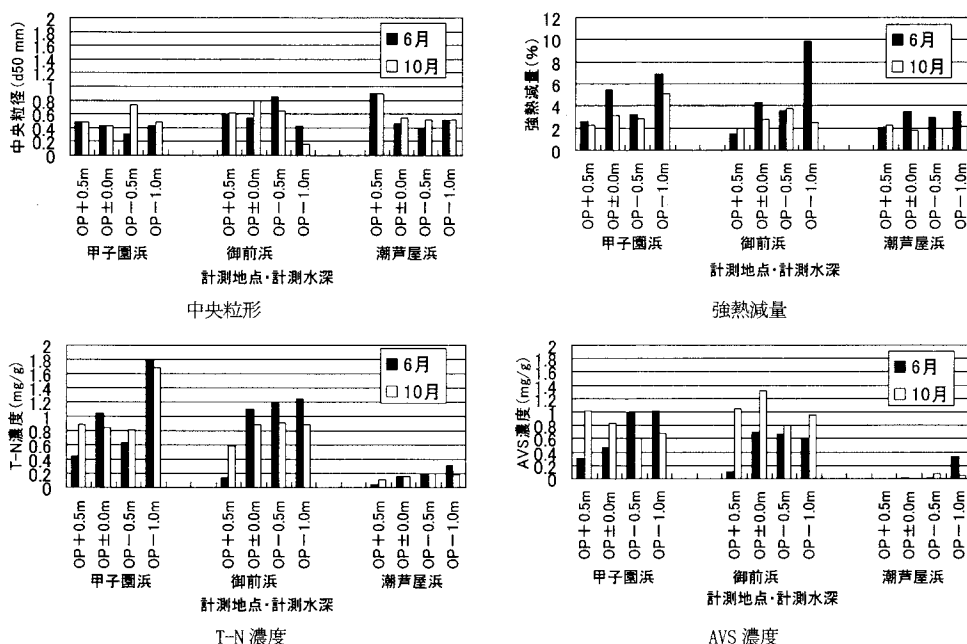


図-4 底質調査結果

(2) 底質調査結果

各調査地点にて採取した底質の分析結果を図-4に示す。図には、底質の主な分析結果として、中央粒形、強熱減量、総窒素 (T-N) 濃度、酸揮発性硫化物 (AVS) 濃度を示した。

a) 中央粒形

底質の中央粒形は、調査期間中に各地点とも大きな経時変化は確認されず、甲子園浜、潮芦屋浜で概ね0.4 mm 以下、御前浜で0.6 mm 以下の値を示した。甲子園浜、御前浜ではシルト・粘土率が、約4%～12%程度の砂泥質の干潟が形成され、潮芦屋浜では、シルト・粘土率が2%以下の砂質の海浜であった。

b) 強熱減量・T-N 濃度

底質の強熱減量の値は、潮芦屋浜の全ての水深で約2%～3%を示し、甲子園浜、御前浜では、OP-0.5 m 以下の水深で概ね約4%、最大で約10%の値を示した。底質の T-N 濃度は、潮芦屋浜の全ての水深で0.3 mg/g 以下の値を示したが、甲子園浜、御前浜では OP-0.5 m 以下の水深で約0.8 mg/g～1.8 mg/g と大きくなる傾向を示した。ここで、甲子園浜の近隣には下水処理場の放流口が存在しており、陸域からの流入負荷の影響を強く受ける場となっていた。同様に御前浜の調査地点は、夙川河口に位置することから、河川由来の流入負荷の影響を受ける場となっていた。

当該域は、図-1に示すように周辺を埋立地で囲まれることで、閉鎖性が強められた地形であり、陸域からの流入負荷が蓄積されやすく、過栄養化が進行している場

である。その結果、植物プランクトン等の有機懸濁物質の増加や、それらの沈降・堆積により、底質に汚濁負荷が蓄積されやすい場所となっていることが示唆される。

c) AVS 濃度

底質の AVS の値は、潮芦屋浜で概ね0.1 mg/g 以下の値であった。一方、甲子園浜、御前浜では OP±0.0 m 以下の水深で AVS が高い傾向にあり、約0.6 mg/g～1.2 mg/g の値を示した。これは、当該域が前掲の水質調査結果 (図-3) にて示したように、底層の貧酸素化の影響を強く受ける場であり、このことが底質中の硫化物の増加を招き、底質環境を著しく劣化させていると考える。このような底質の劣化は底生生物の生息環境を損なう要因でもある。

(3) 生物定量調査結果

生物定量調査の結果を図-5に示す。図は各調査地点における底生生物の出現種数および個体数を示したものである。各調査地点における底生生物の出現種数は、6月～8月において、甲子園浜、御前浜で8～14種類程度の出現が確認された。当該域を比較すると、各水深の出現種数に大きな差がなく、9月以降に若干の減少傾向が確認された。潮芦屋浜は、御前浜、甲子園浜に比較して出現種数が少ない傾向にあるものの、経時的には種数が増加する傾向にあり、水深が深くなるほど出現種も増加している。ここで、潮芦屋浜は、埋立地に人工的に造成された海浜であり、完成後の経過時間も数年程度と短く、今後、良好な底質が維持されれば、底生生物の出現種数は増加する傾向にあると考えられる。

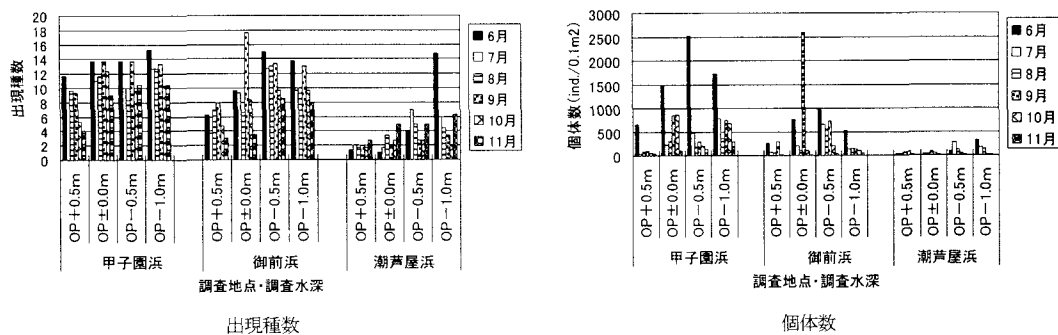


図-5 生物調査結果

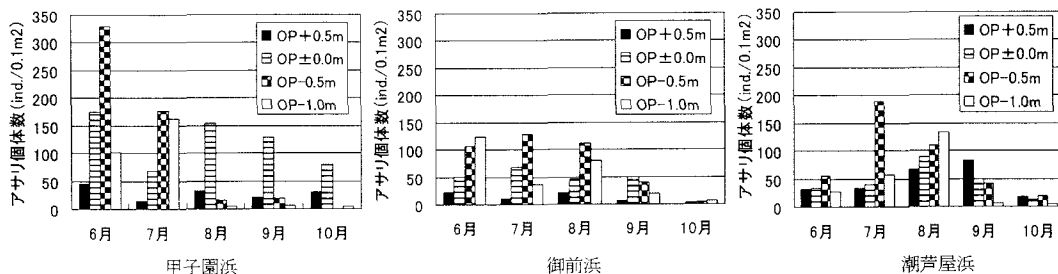


図-6 各調査地点におけるアサリの個体数

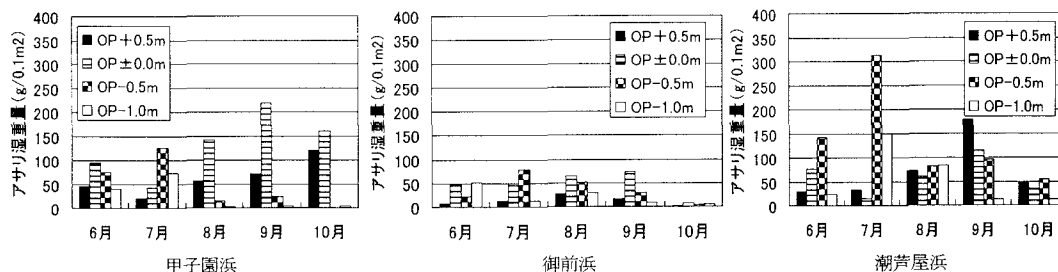


図-7 各調査地点におけるアサリの湿重量

4. 二枚貝の生息域に作用する環境要因の評価

甲子園浜, 御前浜, 潮芦屋浜に作用する貧酸素水塊および, 物理的攪乱が海浜・干潟の生物生息状況に及ぼす影響を評価する。ここで, 代表的な物理的攪乱として, 波浪による底質移動を考えた。また, 当該海浜・干潟域の代表的な生物として, 潮干狩り等で人気のあるアサリを選定し, 物理的攪乱がアサリの生息環境におよぼす影響を評価した。

(1) アサリの生息状況

図-6, 図-7 に示すアサリの個体数・湿重量の経時変化を示す。図より甲子園浜, 御前浜におけるアサリの個体数・湿重量は, 6月～7月では各水深とも顕著な増減はなく横ばい状態であった。8月以降にOP-0.5m以下の水深で大幅な減少傾向が見られ, 10月には個体数で10 ind./0.1 m²以下, 湿重量で5 g/0.1 m²以下の値を得た。潮芦屋浜におけるアサリの個体数は, 6月～8月に

表-2 調査地点別アサリ個体重量の経時変化

調査地点	6月	7月	8月	9月	10月
甲子園浜	0.38	0.62	1.03	1.80	2.46
御前浜	0.42	0.63	0.68	1.42	1.42
潮芦屋浜	1.82	1.59	1.75	2.71	2.71

かけて, 各水深で個体数が約2倍に増加するものの, 8月以降は減少する傾向に転じ, 10月には6月とほぼ同じ個体数となることが確認された。このように, 各海浜・干潟のアサリの個体数・湿重量は8月以降にOP-0.5m以深で減少傾向に転じており, 当該域における夏場の底層の環境要因がアサリの生息に大きく影響を及ぼすことが示唆される。

ここで, 表-2に各調査地点全域で平均化したアサリの個体重量を各月ごとに示す。表より, 潮芦屋浜は6月～10月において御前浜, 甲子園浜に比較して個体重量が大きい値を得ている。これは, 前掲の図-4で示した底

質調査結果から、当該域が御前浜、甲子園浜に比較して、良好な底質性状を保持しているため、アサリの生息により適した環境となっていることを示すものである。

(2) 海浜・干潟域への貧酸素水塊の影響

各海浜・干潟の直近に位置する調査地点において計測した DO 鉛直分布の経時変化を図-8 に示す。St.1 (潮芦屋浜)、St.6 (御前浜) では、概ね調査期間を通じて底層域に DO 濃度が 3 mg/l 以下の貧酸素水塊が存在していた。10/4 には、各地点でアサリの生息調査を行った OP-1.0 m 以浅まで貧酸素化している結果を得ている。特に St.6 は、5/25、6/14、11/16 にも OP-1.0 m ~ OP±0.0 m の範囲で貧酸素化しており、アサリの生息環境に対して貧酸素水塊の影響が最も強い場所であった。このことが、当該域が潮芦屋浜に比較して、夏場以降にアサリの個体数・湿重量が大きく減少することに寄与していると考えられる。

(3) 海浜・干潟に作用する物理的攪乱の影響

底質の決定要因として、波浪による底質攪乱に着目し、当該域の底質攪乱がアサリの生息に及ぼす影響を評価する。ここでは、石垣ら (2004) が用いた底質の移動を物理的攪乱の指標とし、その大きさとアサリの個体数の関係について数値解析を用いて評価した。解析に用いる波浪条件は、全国港湾海洋波浪情報網より参照し、神戸港にて年間計測されたデータ (2001) の平均値を採用し、波高 0.302 m、周期 3.2 秒を設定した。波浪解析結果より、当該海浜・干潟域に作用する攪乱の指標としてシールド数 (Shields Number) を算出した。ここで、Breusers ら (1979) が実施したシールド数とレイノルズ数 (Reynolds Number) の関係から底質の移動を定性的に求めた室内実験結果を図-9 に示す。当該実験結果は、底質の初期の移動現象を分類したもので、いわゆる初期移動限界～全面移動限界に至る底質の移動現象をやや詳細に求めた結果である。図中に示した●印は、実験より求めたシールド数とレイノルズ数の相関を示したものであり、図中の破線で示した Line1～Line3 は、底質の移動現象について以下に示す定性的な意味を示している。

Line1: 底質移動が数箇所で見られる

Line2: 底質は、ほぼ全域で頻繁に移動する

Line3: 全般的な輸送状態

波浪解析で得た各調査地点のシールド数とレイノルズ数について、図中に各浜の底質移動を記すと、南芦屋浜 > 甲子園浜 > 御前浜の関係を得た。前述の表-2 に示した各調査地点のアサリの個体重量の比較からも、底質移動と同様な関係を得ている。この結果は、浜の物理的攪乱がアサリの好適な生息環境の創出に大きく寄与することを示唆するものである。

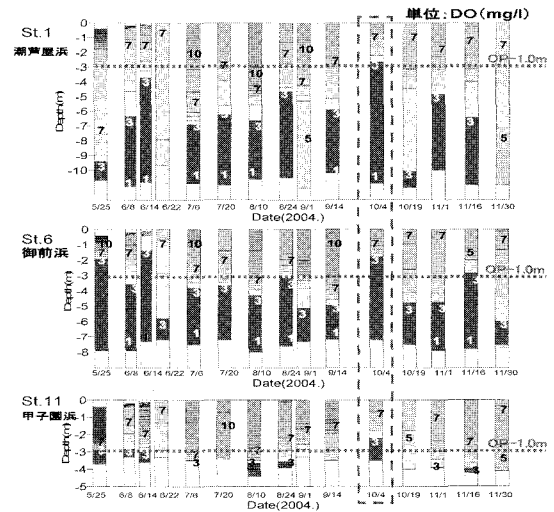


図-8 各海浜・干潟域の DO 鉛直分布の経時変化

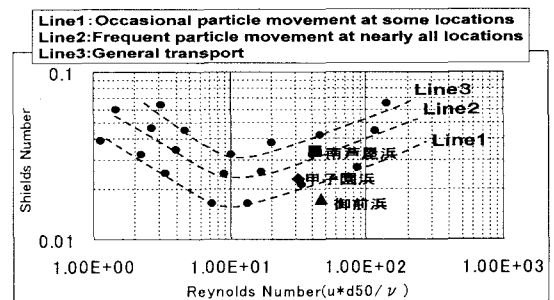


図-9 各調査地点の底質移動の定性評価

5. 結 論

大阪湾奥の海域環境調査より、当該域でアサリの好適な生息域を創出するには、貧酸素水塊の影響が小さく、アサリの生存率が高い、OP ± 0.0 m 以浅の地盤高を広くすることが望ましい結果を得た。また湾奥の静穏な海浜・干潟では、底質の恒常的な攪乱が必要である結果を得たことで、攪乱を促す底質粒度の選定、人為的な攪乱創出法を用いれば、アサリの好適な生息域が創出可能と考える。

参 考 文 献

- 石垣衛・上月康則・大谷杜介・西川直仁・穴倉知広・村上仁士 (2004): 大阪湾奥の干潟に作用する物理的攪乱が生物生息域におよぼす影響, 海岸工学論文集, 第51巻, pp. 1171-1175.
- 財団法人沿岸開発技術研究センター (2001): 全国港湾海洋波浪観測資料, pp. 493-504.
- Breusers, H.N.C. and W.H.P. Schukking (1979): Initiation of Motion of Bed Material (in Dutch), Delft Hydraulics Laboratory, Report S159-I.