

バングラデッシュにおける海岸侵食の機構と海面上昇がもたらすその加速化の 軽減法に関する研究

Mechanism of Beach Erosion in Bangladesh and Countermeasure against Its Enhancement due to Sea Level Rise

○田中 仁*, 泉 典洋*, Mustafa Ataus Samad**, Mir Hammadul Azam**,
Jalaluddin Muhammad Abdul Hye**

○Hitoshi TANAKA*, Norihiro IZUMI*, Mustafa Ataus Samad**, Mir Hammadul Azam**
and Jalaluddin Muhammad Abdul Hye**

*東北大学大学院工学研究科土木工学専攻, **Surface Water Modelling Centre

*Tohoku University and **Surface Water Modelling Centre

Flow, salinity and wave height distribution in the Meghna estuary located in the northern Bay of Bengal in Bangladesh has been studied through a two-dimensional modelling system. The coupled salinity model accounts for the density variation in the estuary. Model result shows that the flow dynamics in the estuary is governed by the relative strength of tides and river inflows and is responsible for severe beach erosion along the western and eastern coast in Sandwip Island, whereas the erosion in the southern part of the island has been caused by high waves. The numerical models thus provide a better understanding of the mechanism of beach evolution in the estuary. Prediction using a numerical model is very useful especially in developing countries, where observed data that can be utilized for designing of a coastal structure is less available.

1. 研究目的

本研究の対象であるバングラデッシュは、図-1に示すようにベンガル湾の最奥部に位置し、その地形上の特徴から台風時の高潮による浸水被害が知られている [1][2]。この際、高波浪に伴う海岸侵食も著しく、大きな社会問題となっている。本研究はこのバングラデッシュにおける海岸侵食を研究対象としており、既存の既存の資料によるこれまでの海岸侵食の機構を明らかにするとともに、海面上昇時に発生すると予想される海岸侵食の対策を提言することである。

なお、バングラデッシュにおける高波浪による海岸侵食に関しては地理学の分野からの報告が2, 3なされている [3][4] が、波浪や潮流、沿岸流などの直接的な外力との関連性に基づいて海岸水理学・土砂水理学の視点からこの問題について検討した事例見られない。

海岸侵食を扱う学問である「海岸工学」は他の工学分野に比べて比較的新しく発展した学問である。そのため、発展途上国ではほとんど研究がなされておらず、また、侵食などの問題に対処する十分な経験を有していないために、抜本的な対策が遅れている。一方、我が国はこの分野において多様な経験・蓄積があり、この成果を途上国の海岸保全のために生かすことは国際協力の観点からもきわめて有意義なことである。

2. 研究経過

2.1 2000年度実施の現地調査・セミナー

研究助成採択直後、研究分担者であるサマド博士は

東北大学に勤務していたので、同博士を通じて現地の情報・資料収集などを実施した。その後、2000年9月の同博士の帰国以降、本格的な研究に着手した。

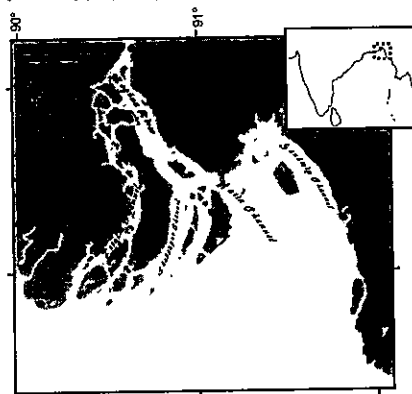


図-1 ベンガル湾・メグナ川河口の地形

また、2001年2月には現地を訪れ、詳細な研究打ち合わせを実施した。さらに、サマド博士の所属するSurface Water Modelling Centre (SWMC)でのセミナー、現地調査などを行った(写真-1)。現地調査においては、当初、サンドウィップ島に渡って海浜変形が著しい箇所を踏査する予定にしていたが、当地でのハルタル(ゼネスト)により移動が不可能となり、急速、チッタゴン近郊のポテンガビーチにおける底質調査などに変更した(写真-2)。

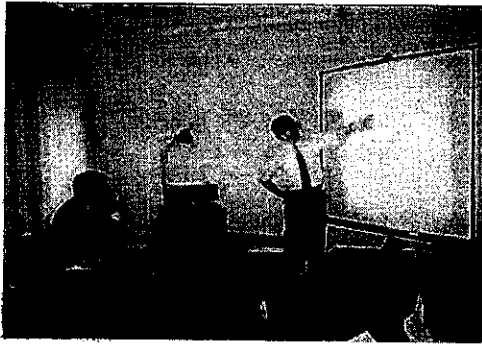


写真-1 研究代表者による SWMC でのセミナー

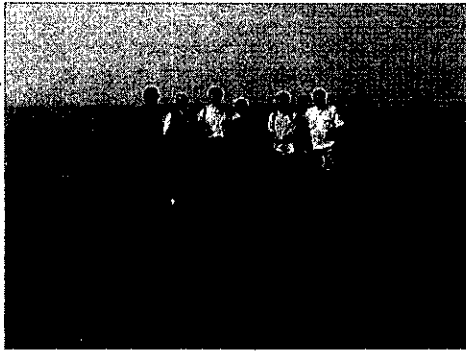


写真-2 2001年2月の現地調査

用い、数値解析の精度の向上に努めた。波浪場の数値計算にも同じソフトウェアを使用した。



(a)



(b)

写真-3 2002年1月の現地調査

2.2 2002年1月実施の現地調査

2002年の調査においては前年のようにハルタルに遭遇することもなく、サンドウィップ島に渡ることが出来た。これにより、同島における侵食の実態(写真-3)、海岸堤防などの被災の状況などを確認することが出来た。また、同島における底質が強い粘着性を有すること、また、サイクロンなどの異常気象時を除けば、波浪は微弱であり、潮流および河川からの流出流が卓越していることを確認した。

2.3 数値計算

ベンガル湾における土砂移動の外力としては、潮流・河川流、波浪が挙げられる。そこで、湾内の卓越した外力である潮流と波浪の場を把握するためにそれぞれに関する数値計算を実施した。

北部ベンガル湾の潮流に関するこれまでの研究においては、主にサイクロンによる高潮現象を扱っており、水深平均の二次元モデル(2DHモデル)が使用されている[6,7,8,10]。また、近年、バングラデッシュ政府による研究プロジェクトにおいても2DHモデルが使用された[5,9]。しかし、これまでの研究において塩淡水の混合効果を加味してはいない。そこで、本研究においてはこの点を加味した数値モデルとして、Danish Hydraulic Institute (DHI) によるMIKE21を採用した。また、計算においては最新の海域地形データを

2.4 衛星写真解析

サンドウィップ島は近年、西側および南側の海浜において侵食が顕著である。そこで、同島の海浜侵食過程を明らかにするために、衛星データを解析した。

3. 研究成果

3.1 サンドウィップ島周辺の地形変化

LANDSATから得たサンドウィップ島周辺の地形変化を図-2に示す。図より、島の全体的に侵食傾向が認められるが、特に島の南部、および島の西部でそれが顕著である。そこで、図-3に示す側線について汀線位置の変化を図-4, 5, 6に示した。横軸は月であり、左右両端の値は1973年1月および2000年1月のものであり、全体で27年間の変動を示す。明らかに、いずれも長期的には侵食傾向を示している。図より、南端の測線でもっとも侵食速度が大きい。西測線同様、現在も侵食が進行している。これに対して、東では侵食速度がより小さく、また、近年汀線位置が安定して来ていることが伺われる。

以上に見られた侵食現象の要因としては、波浪および潮流が考えられる。ただし、バングラデッシュにおいてはいずれも観測されていない。そこで、次節以降に示すように、潮流および波浪に関する数値シミュレーションを実施し、図-2の侵食現象との対応を検討し、その発生機構に関する考察を行った。

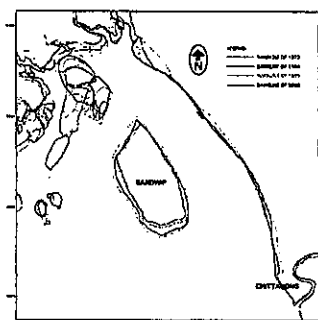


図-2 サンドウィップ島の地形変化

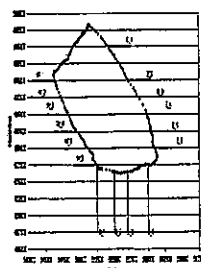


図-3 汀線位置検討側線

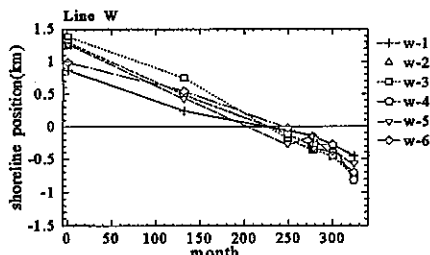


図-4 Line-Wにおける汀線変化

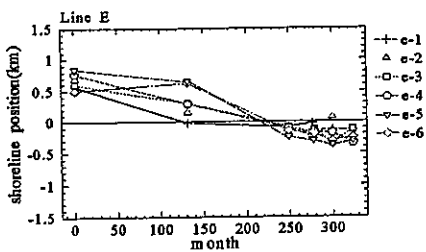


図-5 Line-Eにおける汀線変化

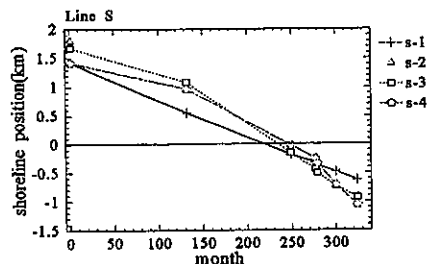


図-6 Line-Sにおける汀線変化

3.2 支配外力と侵食現象との対応

まず、検証計算の潮流量の比較を図-7に示す。計算と実測は良好な一致を示すことが分かる。

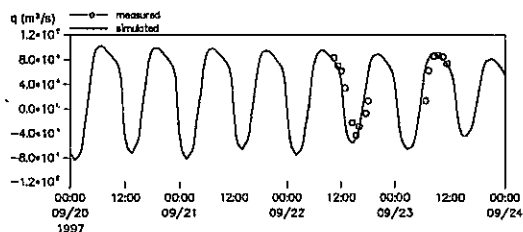


図-7 Shahbazpur channelでの流量の比較

次に、対象域における流れの速度ベクトルの分布を図-8に示す。メグナ川河口部において強い流れの発生が見られる。さらに興味深い点は、サンドウィップ島周辺において反時計回りの循環流が見られることである。西部沿岸において強い南下流が見られる。島の東側の流れについては、衛星画像(写真-4)によってもその存在を確認できる。また、沿岸の速度の大きさを強調して示した結果が図-9である。これより、特に島の西南部に強い流れが見られ、これが島の侵食に大きく寄与しているものと考えられる。一方、同島南端部において潮流は微弱であり、図-2、図-6に見られる島南部の海浜変形を説明することは出来ない。

図-10は波浪場の計算を行った結果である。同図においては島の南端において波浪が集中する傾向があり、これが南端での侵食の支配外力であると判断された。

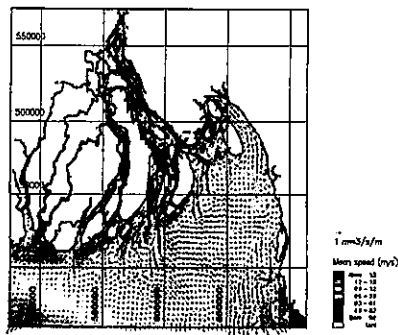


図-8 速度ベクトルの分布



写真-4 サンドウィップ島周辺の衛星画像



図-9 サンドウィップ島周辺における速度絶対値の分布

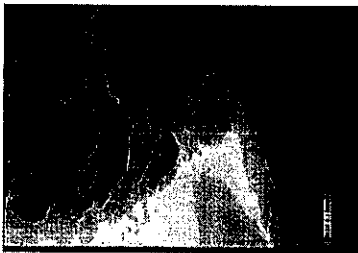


図-10 ベンガル湾内の波高分布

以上の様に、島の東西沿岸と南部沿岸とは、その侵食機構が異なっていることが明らかになった。

4. 今後の課題と発展

現在、サンドウィップ島をはじめとするバングラデシュ国内の各地において高潮対策の海岸堤防が建設されており、今後も同手法が対策の中心になると考えられる。本研究の数値計算で得られた波浪諸元により、波の遡上高さや越波量を定量的に評価できる。これにより、より工学的な知見に基づいた海岸構造物の設計が可能となった。高潮対策としては、こういったハード対策とともに、ハザードマップや警報システムなどのソフト対策も組み合わせた対策が必要であることはもちろんである。これらのソフト対策においても、波浪などに関して数値モデルによる定量予測が不可欠であり、ここで開発されたモデルはソフト対策にも当然応用可能なものであり、価値のある成果と考える。

また、ベンガル湾沿岸にはマングローブ林が各所に見られる。マングローブ林は高潮時の波浪低減効果を有しており、近年、津波防災への応用も検討されている。今後、高潮災害、海岸侵食災害への役割の評価も進めることが望まれる。当初、対策工法として、我が国の海岸防災施設と同様にコンクリート製の海岸堤防やコンクリートブロックによる離岸堤、人工リーフを念頭に置いていたが、広い低平地からなるバングラデシュにおいてはコンクリートに使用する骨材の入手が困難であることが判明した。このように、国情特に国の発展段階に応じて実際に採択可能な対策も左右される。その中で、マングローブの防災機能を積極的に評価して行くことは、国の特徴を最大限に生かす方向と言える。

最後に、本研究の実施過程において途上国におけるデータ・情報の不足を実感したことを付記する。上述の様に潮流・波浪に関するデータがほとんど無く、数値モデルによる検討が有効であった。近年、計算機の性能向上によりパソコンレベルで様々な数値解析が可能である。データの乏しい途上国において、現地資料を補完する手法として積極的に導入すべきである。

参考文献

- [1] Katsura, J. et al.: Storm surge and severe wind disasters caused by the 1991 cyclone in Bangladesh, Research Report on Natural Disasters, Japanese Group for the Study of Natural Disaster Science.
- [2] 中川 一・河田恵昭: バングラデシュ国のサンドウィップ島とハチア島の高潮災害調査, 自然災害科学, 13-2, pp.111-128, 1994.
- [3] 梅津正倫: バングラデシュのサイクロン災害, 地理, 36-8, pp.71-78, 1991.
- [4] 梅津正倫: 地形工学的視点からみた沖積低地, 「水辺環境の保全と地形学」(日本地形学連合編), 古今書院, pp.59-85, 1998.
- [5] Bangladesh Disaster Preparedness Centre: Mathematical modelling of cyclone-surge and related flooding, Cyclone Shelter Preparatory Study, Feasibility Phase, Final Report, Dhaka, 1998.
- [6] Dube S. K., Sinha P.C. and Roy G. D.: Numerical simulation of storm surges in Bangladesh using a bay-river coupled model, Coastal Engrg. 10, pp.85-101, 1986.
- [7] Flather R. A.: A storm surge prediction model for the northern Bay of Bengal with application to the cyclone disaster in April 1991, J. Physical Oceanogr. 24, pp.172-190, 1984.
- [8] Flierl G. R. and Robinson A.R., Deadly surges in the Bay of Bengal: dynamics and storm tide tables, Nature, 239, pp.213-215, 1972.
- [9] Ministry of Water Resources, Bangladesh: Numerical modelling of hydrodynamics, salinity, waves, and sediment transport, Meghna Estuary Study, Phase I, Final Report, Dhaka, 1998.
- [10] Rugbjerg M. and Basse P.: Protection against cyclonic surges in Bangladesh, COPEDEC III, Mombasa, Kenya, 1991.
- [11] Harada, K. and Imamura, F.: Experimental study on the resistance by mangrove under the unsteady flow, Proc. 1st APACE Conf., Vol.2, pp.975-984, 2001.

発表論文リスト

- [1] Samad, M.A., Azam, M.H., Mahboob-ul-kabir, M. and Tanaka, H.: Flow and salinity in the Meghna Estuary, Bangladesh, Proceedings of 8th International Symposium on Flow Modeling and Turbulence Measurements, 2001. (in press)
- [2] Samad, M. A., Mahboob-ul-Kabir, M., Azam, M. H. and Tanaka, H.: Morphodynamic behaviour of the Meghna estuary in the northern Bay of Bengal, Proceedings of 11th Biennial Conference on Physics of Estuaries and Coastal Seas, 2002. (in press)