

東日本大震災津波による海浜地形変化に関する研究

東北大学大学院 学生会員 ○平尾 隆太郎
東北大学大学院 フェロー 田中 仁
東北大学大学院 正会員 Eko Pradjoko

1. はじめに

2011年3月11日に発生した東日本大震災津波は我が国の沿岸域に大きな被害をもたらした。今次津波災害の特徴の一つは、河川堤防や河川管理施設等、これまで津波外力を考慮せずに設計がなされて来た施設に対しても甚大な被害を及ぼしている点である。

河口周辺の地形は河川及び海域からの波や流れの影響を受け地形が大きく変化することが多い。今次津波に際しても、河口地形が大きく変容した箇所が見られている。このような被災前と異なる河口地形が作り出されたことにより、大幅な治水安全度低下や、環境面での大きな障害をもたらしている事例が見られており、これらは河川管理上も大きな問題と位置づけられる。

そこで、本研究においては、田中ら¹⁾による津波発生直後の事象を報告した前報を踏まえ、津波発生から数ヶ月の時間が経過しても大規模な河口地形変化が残存している事例や、逆に急激に地形変化が生じた双方の事例を報告するとともに、その発生メカニズム、さらにはそのような事象が有する課題などについて考察を行う。

2. 研究対象

ここでは、前報¹⁾と同様に仙台北海岸・石巻海岸に注ぐ諸河川(図-1)を研究対象としている。対象河川は、北から順に、鳴瀬川、七北田川、である。さらに、河川ではないもの、津波の影響により一時的に河口・ラグーン地形を呈した赤井江も研究対象としている。

3. 結果

(1) 鳴瀬川における河口地形変化

鳴瀬川について、津波後の河口地形の変化が東北地方整備局北上川下流河川事務所によりモニターされている。その写真から水際線を読み取り、図化したものが図-2である。これによれば、いくつかの特徴的な地形の変化を見て取ることが可能である。

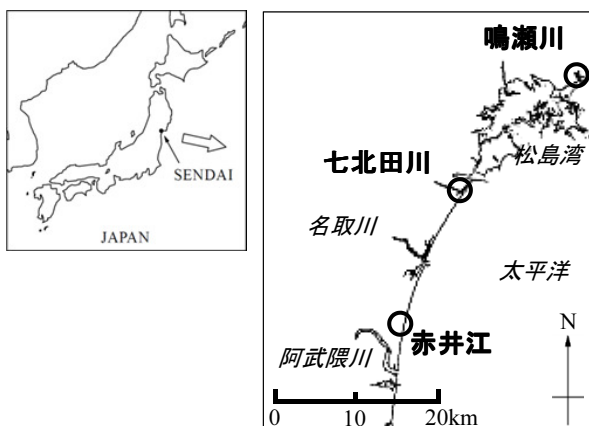


図-1 研究対象河川

まず、①で示した箇所での砂州の発達である。これは、砂州が失われたことにより波浪が河口内部にまで侵入し、①'部の左岸堤防前面の高水敷部を侵食して河道内に堆積したものである。この様に、河川堤防に直接的に波浪が作用する様になり、地震発生後約5ヶ月半の8月30日には、河口から約500mに位置する②部の左岸堤防が50mにわたって崩落した。このような河口内への高波浪の進入は、砂州の消失のみならず、河道部が深く掘れたことの影響が大きいことを示唆している。

また、海域を見ると、河口左岸側にL形のヘッドランドが存在する。当該海域においては南西方向(図-2左向き)の沿岸漂砂が卓越している。このため、砂州がフラッシュされた河口部への沿岸漂砂の供給は期待できない。このような漂砂移動の不連続が砂州の回復を遅延させていると考えられる。

(2) 七北田川における河口地形変化

七北田川の津波後の地形の特徴は、複数の島状の地形の発達である。これまでの高頻度空中写真の解析によればこのような地形は見られたことがなく、通常は右岸・左岸の汀線位置をほぼ外挿した位置に発達していた。このような河口から河道内への砂州の発達は、前述の鳴瀬川と共通する事象である。津波により河口水深が増加し、河口部で波が砕けずに進入することにより、このような河口砂州の押し込みが生じたものと考えられる。

砂浜の回復途上における特徴的な点は、図-3に見られるような蒲生干潟前面海浜より左右側の海浜の後退である。すなわち、蒲生干潟部の平面形状が極端に凹形状になったため、この部分に向けて左右両側から漂砂が供給され、これにより左右での汀線後退が著しい。これが進行して、9月7日には河口の完全閉塞が生じたことが見てとれる。

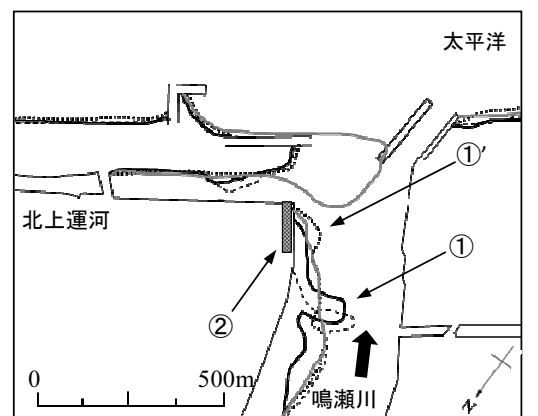


図-2 鳴瀬川河口地形の変化

キーワード；東日本大震災津波、海浜地形変化、河口、仙台北海岸

〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-06 Tel&Fax 022-795-7453

七北田川の完全閉塞現象には、七北田川河口と名取川河口を結ぶ貞山運河の存在が大きく関係している（図-3）。つまり、貞山運河の存在により、河口開口部維持に寄与すべき河川高流量・潮汐流量の一部が名取川に流れている。今次の津波により、この開門が破壊されたことが、この河口閉塞をもたらした大きな要因であると考えられる。

（3）赤井江における海浜地形変化

赤井江においては、前述のとおり、旧川位置において砂浜が決壊し、赤井江が海域と連結された。赤井江の様な旧川位置は戻り流れの排水の機能を有し、ヒューズとしての役割が期待される。ただし、このような開口部の存在は、周辺海浜における土砂収支の観点で言えば sink として作用するため、周辺の海浜に侵食を発生させることが危惧される。また、河口部が維持されている間は海水の流入があることから、周辺の環境に与えるインパクトも大きい、従って、今回のように砂浜の決壊の回復に要する期間をあらかじめ把握しておくことが極めて重要である。

そこで、以下においては One-Line モデルによる地形回復過程の計算を行った。単純化された初期条件、境界条件に対する土砂移動の保存側により次式を得る²⁾。

$$y = \frac{Y_0}{2} \left\{ \operatorname{erf} \left[\left(\frac{a}{2\sqrt{\varepsilon t}} \right) \left(1 - \frac{x}{a} \right) \right] + \operatorname{erf} \left[\left(\frac{a}{2\sqrt{\varepsilon t}} \right) \left(1 + \frac{x}{a} \right) \right] \right\} \quad (1)$$

ここで、 a ：養浜幅の半値、 Y_0 ：初期汀線からの養浜域の岸沖距離、 erf ：誤差関数であり、また、式(1)中の ε は次式で与えられる。

$$\varepsilon = 2K(H^2 c_g)_B / D \quad (2)$$

ここで、 K ：定数、 H ：波高、 c_g ：群速度、 D ：漂砂帯の移動高さ、 B ：砕波点での値である。

図-4 へこの理論解と解析解の比較を示した。この理論では波浪条件を一定とするなど、現実とそぐわない仮定もあるが、これを見るに、理論は比較的良好に実測値を説明できることがわかる。

4. 考察

以上の三河川について得られた知見を総括すると、いずれの河川においても、今次津波による河口地形変化の変化は甚大である。この中で、七北田川のように河口部にラグーンを有する場合、ラグーン地形の侵食により、海浜の形状が凹状になり極端な汀線の後退が見られる。ただし、その後の汀線の回復過程は、周辺

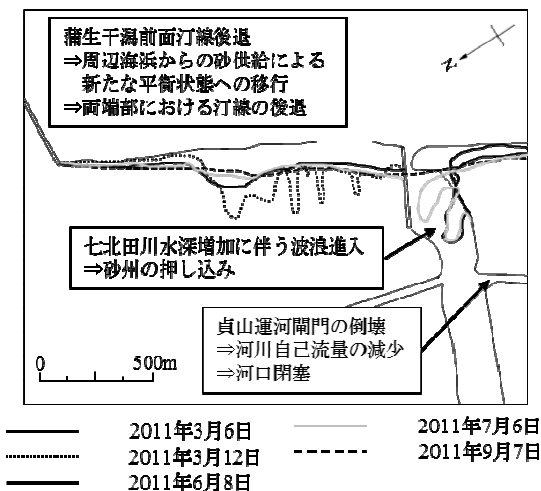


図-3 七北田川河口地形変化とその要因

海浜の土砂の供給の多寡に依存している。

一方、鳴瀬川においてラグーンは無いものの、砂州地形の回復に寄与すべき周辺海浜からの砂の供給が望めず、地形の回復が遅れている。周辺海浜からの土砂供給により短期間のうちに地形が回復したのは赤井江であり、周辺に沿岸漂砂を遮る海岸構造物が存在しないことがこの要因である。河口砂州が消失し、さらに河道部が深く侵食され、河道内への波の進入により、河口から上流側に砂州が形成されるという事象は鳴瀬川、七北田川に共通して見られた。ただし、後者については、その後河口部の浅化が進み、そのような地形が解消されたのに対し、前者では依然そのような地形を残している。この点についても、周辺海浜の漂砂環境が河口部に大きな影響を及ぼしている。

5. おわりに

本研究において、仙台湾・石巻湾に注ぐ三河川を対象とし、東日本大震災津波後に見られた河口地形の特徴とそれらが有する問題点などについて検討を行った。以上のように、各河川における津波被災後の地形回復は周辺海浜からの土砂供給条件に大きく依存しており、海域までも含めた広域的な土砂管理の必要性を改めて示している。

謝辞

本研究を行うに当たり、国土交通省北上川下流河川事務所より貴重な現地資料の提供を受けた。また、本研究に対して日本学術振興会科学研究費（基盤研究(B), No.21360230, 同 No. 22360193), (財)河川環境管理財団河川整備基金、京大防災研特別緊急共同研究、東北建設協会建設事業に関する技術開発支援の助成を受けた。ここに記して関係各位に深甚なる謝意を表する。

参考文献

- 1) 田中 仁・真野 明・有働恵子: 2011 年東北地方太平洋沖地震津波による海浜地形変化, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol. B2-67, pp.I-571-I-575, 2011.
- 2) Larson, M., Hanson, H. and Kraus, N.C.: Analytical solutions of one-line model for shoreline change near coastal structures, Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering, Vol. 123, No. 4, pp.180-191, 1997.

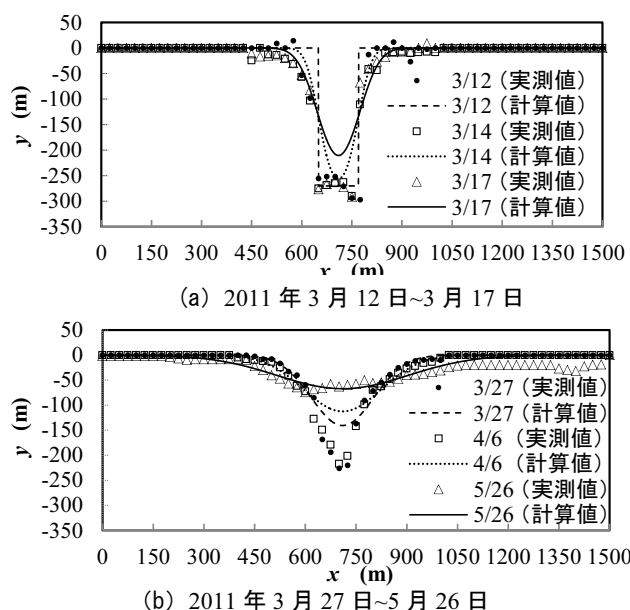


図-4 赤井江における汀線の実測値と計算値の比較