

2006 年秋冬季低気圧来襲時に観測された河口感潮域 wave set-up 高さ

Wave Setup at River and Inlet Entrances during the Low Pressure System in 2006

Nguyen Xuan Tinh¹・田中 仁²・長林久夫³

Xuan Tinh NGUYEN, Hitoshi TANAKA and Hisao NAGABAYASHI

The interaction between ocean and river is very complicated topic since this area contains a lot of different processes. Of which the wave setup at a river entrance or tidal inlet due to an extreme event such as low pressure system and typhoon is a big concerning issue nowadays in terms of river mouth morphology change, saline intrusion, and navigation transportation. The main purposes of this study are to in-depth investigating the wave set-up at different morphological river entrances or tidal inlets based on collected data sets from 8 river entrances. Wave setup height is inversely proportional to water depth at river entrance. The more water depth is, the less wave setup will be obtained. Wave setup height was attained to from 10 to 15 percent of offshore wave height for the cases of narrow and shallow river or inlet mouth, and from 2 to 4 percent of offshore wave height for a deep and wide river.

1. はじめに

河道計画の策定に際しては、まず河口部の出発水位を決定する必要がある。通常は、潮汐および高潮について統計的な処理を施し、ある生起確率の水位を定めることが多いが、この際、波による wave set-up は考慮されない。wave set-up 高さは沖波波高の二割程度に達することが知られている（例えば、合田, 1975; Guza and Thornton, 1981）。その大きさは潮汐・高潮による水位変動に比肩するものであるが、河口における set-up 高さについてはほとんど調査がなされていない。河口水深が大きい大河川では碎波が生じにくいことから、wave set-up の発現特性には河川規模に応じた依存性があるものと推測される（Hanslow and Nielsen, 1992; Hanslow et al., 1996; Tanaka et al., 2000; 田中・李, 2006）。そこで、本研究では 2006 年の秋冬季に太平洋沿岸域を襲った「爆弾低気圧」の際の wave set-up 高さに関して、規模の異なる 8 河川を対象に検討を行った。

2. 研究対象河川

2006 年 10 月上旬に東北地方太平洋沿岸を北上した低気圧は宮城県・女川港沖でのサンマ漁船転覆を引き起こし、乗組員 16 名全員の人命が失われた災害として記憶に新しい。本研究では、図-1 および表-1 に示すように、太平洋沿岸に位置する 8 つの河川（一級河川：5、二級河川：2、ラグーンと海域を結ぶ感潮狭水路：1）を研究対象として、この時期の河口内水位、潮位データ、波浪データを入手し、水位上昇量と波の諸元との関係を考察

した。表-1 に示すように、4 河川は導流堤を有し、また流域面積もそれぞれで大きく異なる。このように、さまざまなタイプの河川を網羅することにより、総合的な検討を行うことが可能である。

なお、一部の河川においては波浪が小さい時にも河口内水位と潮位との間に一定の差が常に見られるケースが見られた。この場合には、波浪が無視できるほど小さい時期には両者が同じ水位を示すものと考え、水位基準面の補正を行っている。

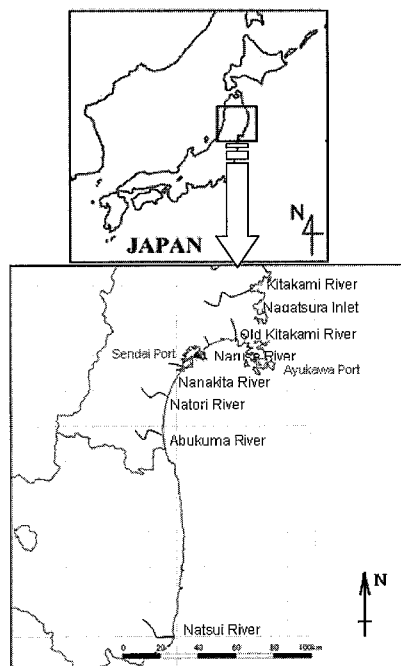


図-1 研究対象河川の位置

1 学 生 員 東北大学大学院 工学研究科土木工学専攻
2 フェロー 工博 東北大学教授 工学研究科土木工学専攻
3 正 会 員 工博 日本大学教授 工学部土木工学科

表-1 研究対象河川の概要

河 川	河川延長 (km)	流域面積 (km ²)	河川構造物
夏 井 川	67	749	無 し
阿武隈川	239	5,390	無 し
名 取 川	55	984	二本導流堤
七北田川	45	229	一本導流堤
鳴 瀬 川	89	1,130	二本導流堤
旧北上川	249	10,150	二本導流堤
北上川			無 し
長 面 浦	—	—	無 し

3. 各河川における河口水位変動とその特徴

(1) 夏 井 川

夏井川は福島県に位置する二級河川である。河口部に構造物は無く、閉塞気味の河口地形を示すことが多い(長林ら, 2006)。夏井川河口における水位 η の変化を図-2に示す。図には小名浜港の潮位もあわせて示した。また、 $\Delta\eta$ は潮位に対する河口水位の上昇量である。同河川において顕著な河口水位の上昇が見られるものの、図から明らかなように高波浪と洪水の発生がほぼ同時期であり、二つの効果を分離することが困難であった。

そこで、2006年10月末に見られたもう一つの高波浪時のデータに関する検討も実施した。結果を図-3に示す。やはり、洪水の発生も見られるが、図-2に比べて流量が小さく、また、高波浪と洪水との間に時間のずれが見られる。そこで、図-3に示すように洪水と高波浪の支配的な時期に二分し、それぞれと波高との関係をプロットした。図-4はその結果であり、両者は異なる傾向を示していることが分かる。同様な解析により、図-2に示したデータについても、10月8日以降の水位上昇は wave set-up によるものと考え、波高と水位上昇量との関係を図-5に示した。同図には図-4に示した10月末のデータも併せて表示している。これによれば、二つ

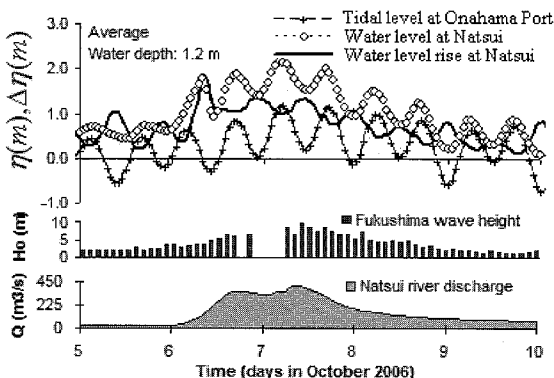


図-2 夏井川における水位変動 (10月上旬)

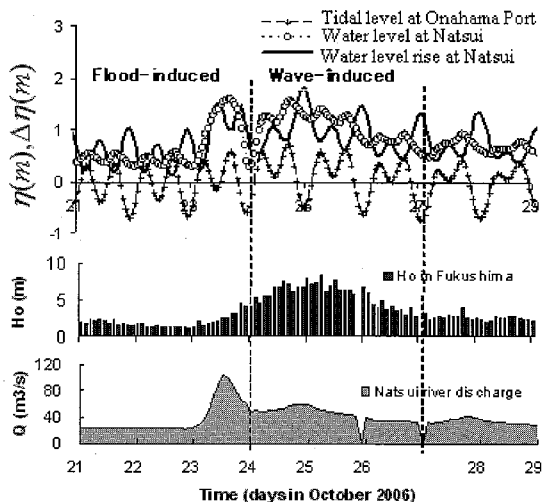


図-3 夏井川における水位変動 (10月下旬)

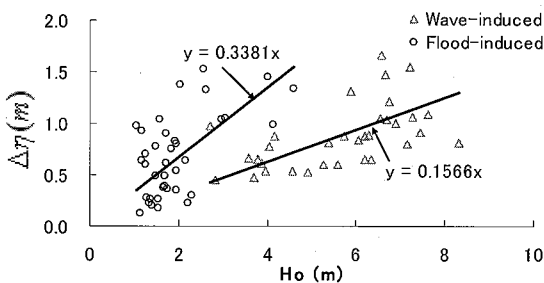


図-4 夏井川における水位上昇と波高との関係 (10月下旬)

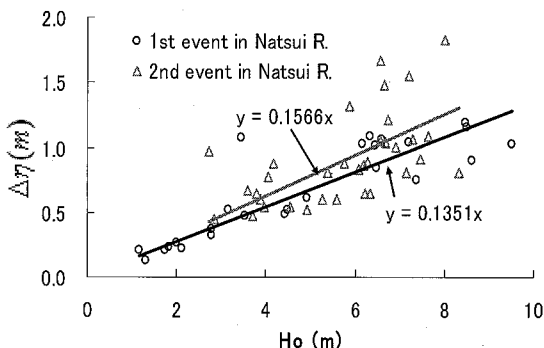


図-5 夏井川における水位上昇量と波高との関係

のデータセットはきわめて近い傾向を示しており、沖波波高の13%から15%の水位上昇が生じていることが分かった。なお、以前に行われた押山ら(2001)による同様な研究によれば、夏井川河口におけるこの比例係数は0.107であり、今回の値と近いものであることが確認された。

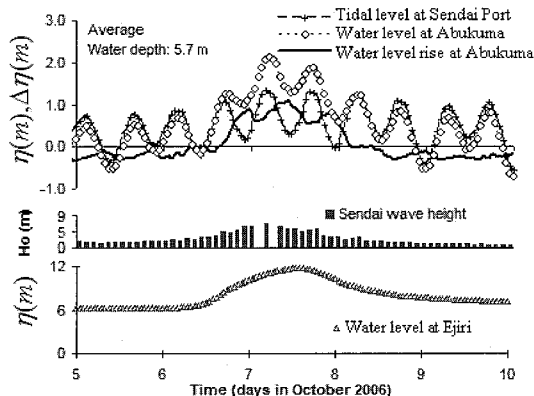


図-6 阿武隈川における河口水位変動

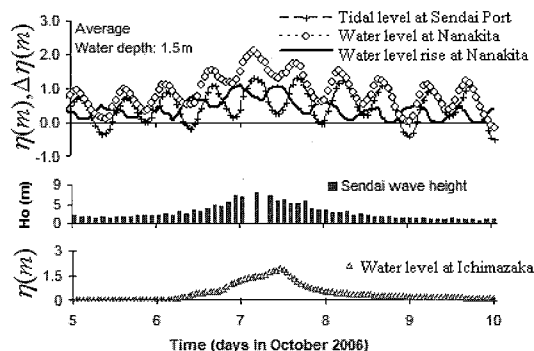


図-8 七北田川における河口水位変動

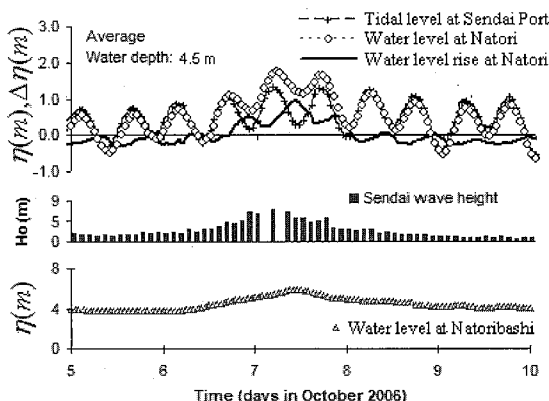


図-7 名取川における河口水位変動

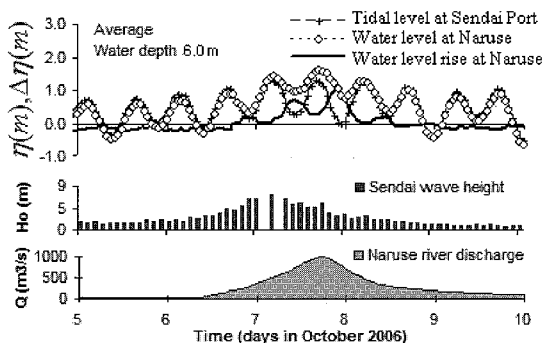


図-9 鳴瀬川における河口水位変動

(2) 阿武隈川

阿武隈川における同様な検討結果を図-6 に示す。河口部において 1 m ほどの水位上昇が見られるが、波高の上昇は上流部での流量点（江尻）での水位上昇とほぼ一致して生じており、wave set-up の効果のみを取り出すのは困難であると判断した。

(3) 名取川

名取川には二本の導流堤があり、深い水深が維持されることから、通常、河口水位は潮位とほとんど一致し、碎波の影響は見られない（田中，1995）。しかし、2006 年 10 月には図-7 に見られるように 1 m ほどの水位上昇が見られた。ただし、波高の変化と明らかな相関を有しているものの、阿武隈川同様に流量観測点（名取川橋）での水位上昇も見られることから、wave set-up の効果を議論することは困難である。

(4) 七北田川

同河川は二級河川であり、砂嘴の発達により閉塞気味であることが多い（Srivihok・田中，2004）。このため、

浅化した河口部において碎波が生じやすく、wave set-up による水位上昇が顕著に見られる（田中，1995；Tanaka et al., 2000）。

2006 年 10 月の低気圧来襲時においても 1 m 程度の水位の上昇が見られた（図-8）。この時、上流部の流量観測点（市名坂）においては波浪の変化と時間においてピークを迎えていることから、純粹に波浪による水位上昇と判断される時間帯が存在している。そこで、流量ピーク付近のデータを除いて、以下の wave set-up 高さに関する検討に使用した。

(5) 鳴瀬川

鳴瀬川においても二本の導流堤があり、通常、河口水位は潮位とほとんど一致し、碎波の影響は見られない。しかし、図-9 に見られるように、2006 年 10 月には 1 m ほどの水位上昇が見られた。ただし、洪水流の影響を分離することは困難であることから、wave set-up に関する比較からは除くこととする。

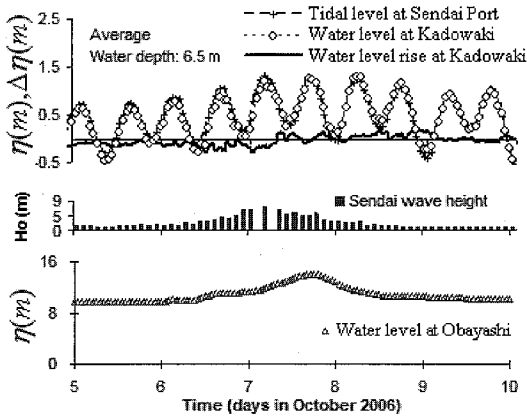


図-10 旧北上川における河口水位変動

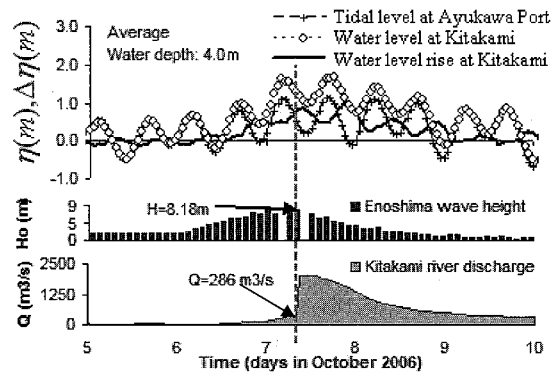


図-12 北上川における河口水位変動

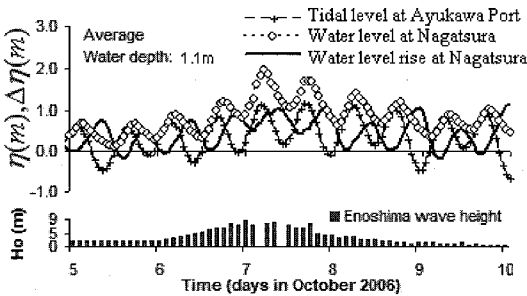


図-11 長面浦における河口水位変動

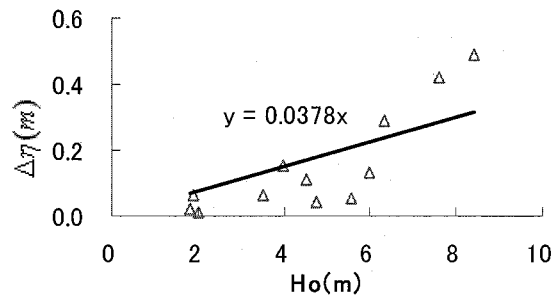


図-13 北上川における河口水位上昇と波高との関係

(6) 旧北上川

本河川で河口水深はほぼ6m程度であり、さらに二本の導流堤を有している。そのため、今回の研究対象である8河川の中では唯一、2006年10月の低気圧来襲時に河口水位の上昇は全く見られなかった。図-10に水位の変動の様子を示す。

(7) 長面浦

長面浦は北上川河口近くに位置するラグーンであり、感潮狭水路により追波湾と連結されている。流入河川は存在せず、河川流量の影響は全く存在しない。このため、上記他河川のように洪水によるせき上げの影響は無い。図-11によれば、同所においても最大で1mほどのwave set-upが観測されている。狭水路海側は浅くなっており、碎波の影響がより顕著に表れやすい状況にある。

(8) 北上川

図-12の上段図は北上川河口部・月浜での水位と近隣の鮎川港の実測潮位の変化を示している。同河口部水深は約4mと深く、河口部で碎波は生じないが、沖に河口テラスを有し、その前縁部での碎波がwave set-upをもたらしただのと考えられる。後半には河川流量が急増しているが、それ以前でも高波浪により1mほどの

水位上昇が見られる。

前半部の流量立ち上がり前のデータについて、水位上昇量と波高との関係を図-13に示す。ばらつきはあるものの、図中に示した線形関係が認められる。

4. 河口内水位上昇量と波高との関係

上記の対象河川のうち、高波高によりwave set-upが生じていると判断されたものに対し、セットアップ高さを下記のように定式化する。

$$\Delta\eta = aH_0 \quad \dots\dots\dots (1)$$

この関係をプロットした結果が図-14である。これによれば、その比例定数 a は河川規模に応じて異なっていることが分かる。そこで、水深と係数 a との関係を示したものが図-15である。ここで、水深について直近の実測値があるものについてはこれを使用し、それ以外については過去の報告書（建設省東北地方建設局、1973）を参考にした。これによれば、係数 a は水深にほぼ反比例した変化を示していることが確認された。このうち、七北田川および夏井川に関しては押山ら（2001）による結果とはほぼ同じ値が得られている。

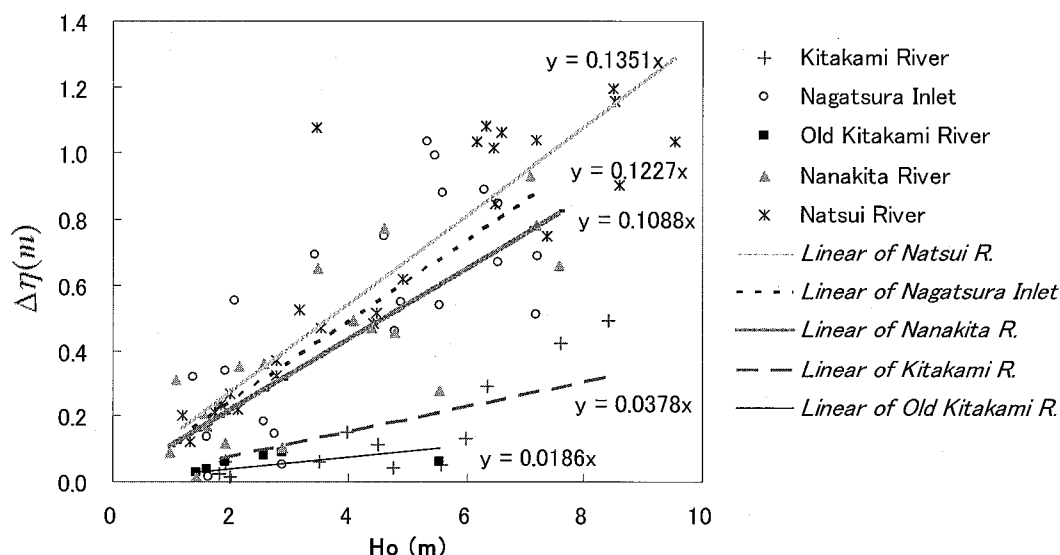
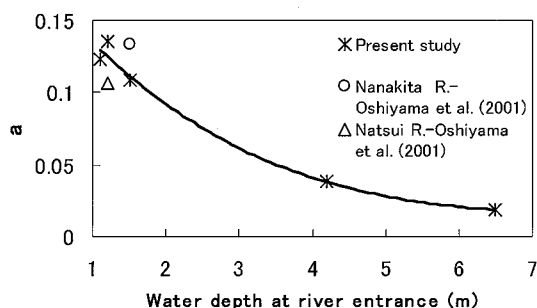


図-14 wave set-up 高さ と 波高 と の 関 係

図-15 係数 a と 河口水深 と の 関 係

5. おわりに

本研究では2006年10月に太平洋沿岸域に来襲した低気圧の際に、規模の異なる8河川で見られた wave set-up を定量的に評価した。その結果、河川の規模に応じてその発現に相違が見られた。特に、wave set-up 高さと沖波波高との間の比例定数がほぼ河口水深に反比例することを示すことが出来た。

謝辞：本研究を行うに当たり、国土交通省東北地方整備局仙台河川国道事務所、同北上川下流河川事務所、福島県土木部いわき建設事務所、宮城県河川課、宮城県仙台地方ダム総合事務所より貴重な現地データの提供を受けた。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.17360230)および学術フロンティア推進事業の補助を受けた。ここに記して関係機関に対し深甚なる謝意を表する。

参 考 文 献

- 押山俊一・李 炫錫・田中 仁(2001)：中小河川河口部における水位変動特性，海岸工学論文集，第48巻，pp. 411-415。
- 建設省東北地方建設局(1973)：全国河川河口資料集，(3) 東北地区，261p。
- 合田良実：浅海域における波浪の碎波変形，港湾技術研究所報告，第14巻，第3号，pp. 59-106，1975。
- 田中 仁(1995)：七北田川において観測された中小河川特有の河口現象，土木学会論文集，第509号/II-30，pp. 169-181。
- 田中 仁・李 炫錫(2006)：wave set-up による河口感潮域の水位上昇に関する研究，土木学会論文集，Vol. 62，No. 2，pp. 210-223。
- 長林久夫・田中 仁・Magnus Larson(2006)：夏井川の河口変動特性と河口開削工の効果に関する検討，海岸工学論文集，第53巻，pp. 606-610。
- Patchanok Srivihok・田中 仁(2004)：高頻度空中写真撮影による七北田川河口砂州動態の検討，海岸工学論文集，第51巻，pp. 531-535。
- Guza, R.T. and E.B. Thornton(1981)：Wave set-up on a natural beach, Journal of Geophysical Research, Vol. 86, No. C5, pp. 4133-4137。
- Hanslow, D.J. and P. Nielsen(1992)：Wave setup on beaches and in river entrances, Proceedings of 23rd International Conference on Coastal Engineering, pp. 240-252。
- Hanslow, D.J., P. Nielsen and K. Hibbert(1996)：Wave setup at river entrance, Proceedings of 25th International Conference on Coastal Engineering, pp. 2244-2257。
- Tanaka, H., H. Nagabayashi and K. Yamauchi(2000)：Observation of wave set-up height in a river mouth, Proceedings of 27th International Conference on Coastal Engineering, pp. 3458-3471。