

日本海に面した河口感潮域における冬季の wave set-up 高さ

Winter Wave Setup at River Mouths Facing the Sea of Japan

Nguyen Xuan Tinh¹・田中 仁²・梅田 信³・佐々木幹夫⁴

Xuan Tinh NGUYEN, Hitoshi TANAKA, Makoto UMEDA and Mikio SASAKI

Empirical studies on wave setup at river mouths are important in terms of river mouth morphology change, navigation transportation, saline intrusion into river and water environment. The main objective of this study is to investigate the influence of water depth at the entrance to wave setup height at Iwaki as well as Yoneshiro Rivers facing the Sea of Japan, with especial reference to differences from rivers facing the Pacific Ocean. Frequent occurrence of wave set-up can be observed in these two river entrances due to storm waves during winter. By combining the results of the present and previous studies of Nguyen et al.(2007), a technical diagram is proposed as a relationship between wave setup height with offshore wave height and average water depth at river entrance.

1. はじめに

太平洋側と日本海側では潮位差に大きな相違が見られ、一般的に日本海側の河川では河口感潮域に対する潮汐の影響が相対的に小さいものと理解されている。ところが、日本海に面した海域では冬季に暴浪が高頻度で発生しており、砕波に伴う wave set-up の発生が感潮域での入退潮量を増加させ、見かけ上、潮位差の増加と等価な役割を果たしていると考えられる。実際、wave set-up 高さは最大で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) ことから、沖波波高が 6m~7m であれば、wave set-up 高さは 1m を超えるものと予想され、日本海側の平均的な潮位差 (20cm~50cm) をはるかに大きく上回る水位上昇をもたらすことになる。すなわち、日本海側河川の河口に來襲する冬季高波浪は wave set-up を通じて河口感潮域の塩分環境にインパクト与えており、生物環境を支配する要因の一つになっているものと推測される。しかし、これまで日本海側の冬期風浪に関してのような認識はされていない。

そこで、本研究では日本海側の河川河口部での wave set-up 高さに関して、規模の異なる二河川を対象に定量的評価を行うこととする。一般に、河口水深が大きい大河川では河口前面において砕波が生じにくいことから、図-1 に示すように、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・Nielsen, 1992; Haslowら, 1996; Tanakaら, 2000; 田中・李, 2006; Nguyenら, 2007)。このため、規模の異なる河川間での比較研究が有効である。

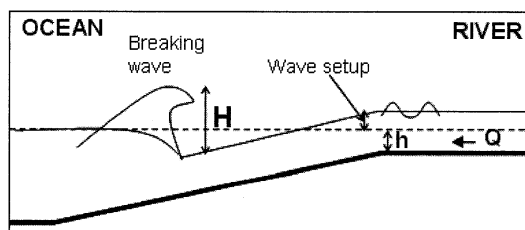


図-1 河口部における水位上昇の概念図

2. 研究対象

研究対象としては、日本海側に位置する河川である米代川および岩木川を選んだ(図-2)。この時期の河口水位、潮位データ、波浪データを入力し、水位上昇量と波の諸元との関係について考察を行った。このうち、岩木川河口部は水戸口と呼ばれ、二本の導流堤を有してい

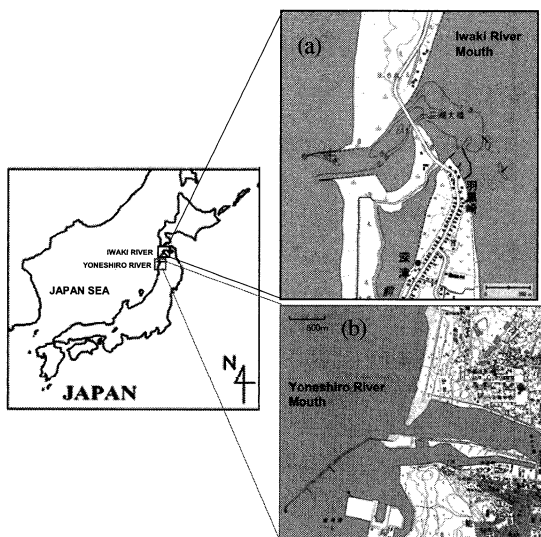


図-2 研究対象の河川

1 学 生 員 M.Sc. 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 (博)工 東北大学准教授 工学研究科土木工学専攻
4 正 会 員 工博 八戸工業大学教授 工学部土木工学科

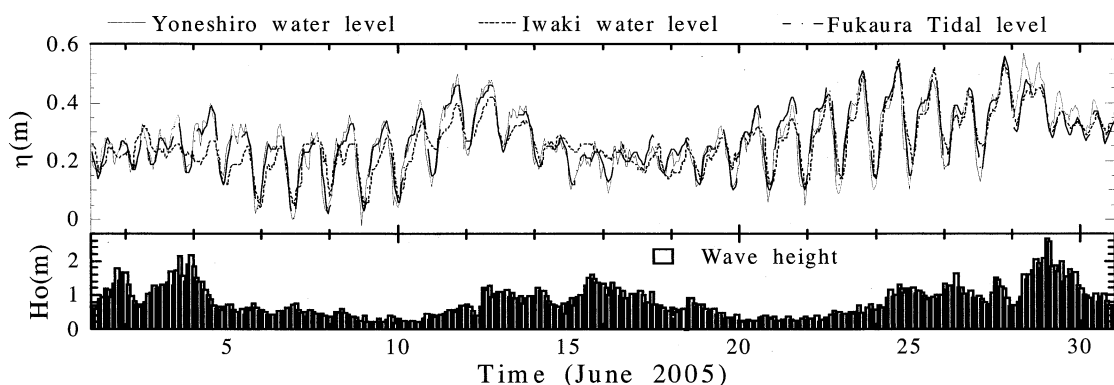


図-3 夏季の米代川・岩木川河口水位変動特性

る(図-2(a)). 一方、米代川には右岸側に河口砂州が発達することが多く、閉塞気味の傾向を示すことが多い(図-2(b)). このため、両河川では河口部の水深に大きな相違(岩木川: 4.5m, 米代川: 2.3m)がある(建設省東北地方建設局, 1973). その差が碎波過程を通じて、河口部におけるwave set-upの発現に差違をもたらしていると予想される. このため、この二つの河川を研究対象として選んだ.

河口水位として、岩木川では十三湖内に位置する観測所・十三での値を用い、米代川においては向能代の実測値を用いた. また、これらの河口水位観測所にもっとも近い潮位観測地として、深浦港での実測潮位を使用した. 波浪データに関しては、深浦港におけるナウファスのデータを使用している.

2008年2月下旬に日本海側で発生した波浪災害は富山県入善町で1名の死者の他、多くの床上浸水などの被害をもたらしたことで記憶に新しい. 本研究においては、この際の高波浪を含む2008年1月から2月の河口水位変動を中心として扱っている. また、この時期のほかに、波浪が微弱である夏季の水位変動特性に関する検討も行った.

3. 夏季の河口水位変動特性

2008年冬季の現地データに基づく検討を行う前に、上記の二つの河口を対象に、海域が静穏な時期の河口水位変動特性に関する検討を行った.

図-3は夏季の米代川および岩木川での河口部水位を、近隣の深浦港の実測潮位・沖波とともに示している. 同図によれば、潮位及び河口水位はほぼ一致しており、海域における潮位変動が河口感潮域にほぼ同じ振幅で伝搬していることが確認される.

4. 冬季の米代川における河口水位上昇

図-4は上段から順に、米代川河口部での水位、深浦港

の実測潮位、両者の差(水位上昇量, $\Delta\eta = (\text{河口内水位}) - (\text{潮位})$)の変化を示している. また、最下段は沖波波高 H_0 の変化である. なお、ここで使用した潮位は実測値であり、吸い上げ・吹き寄せによる水位上昇は其中にすでに含まれていると考えられる. 実際、図-4中の最初のイベントや右端に示された高波浪時に、深浦港の実測潮位には天文潮とは異なる水位の高まりが見られ、気象潮が含まれていることが確認される. そこで、河口内水位と潮位の差はそれ以外の要因である河川流量・波浪によるものと考えた.

同河口部には国土交通省によりCCTVカメラが据え付けられている. この画像によれば、河口前面ではほぼ常時碎波が見られる. このため、図-4によれば高波浪時のみならず、ほぼ常時水位の上昇が見られる. 特に、イベントA、イベントBの際には80cmにも及ぶ水位上昇が見られる. なお、上述の富山県入善町での被害をもたらした高波浪は図の右端に示されている.

なお、イベントAの前には干潮時に河口内水位の顕著な低下が見られたが、イベントAの後には水位の変化が緩慢であり、また、T.P.+20cmより下がることが無い. これより、イベントAにより多量の砂が河口内に押し込まれ、閉塞が進行したものと考えられる. このように、水位のモニターデータは河口地形の変化を判断する上で有効な情報を含んでいる.

図-5は1時間毎の実測データをもとに、水位上昇高さと沖波波高との関係を調べたものである. ここでは、図-4に示した二つのイベントに分けて図示しており、時間の流れを矢印で示した. これによれば、いずれのイベントにおいても波高の増加に伴い、河口内の水位上昇が認められる. ただし、二番目の高波浪時の方が高い水位変動を示していることが認められる. これは、前述のように一番目の高波浪時に多量の土砂が河口内に輸送され、河口部の水深が浅くなったことを反映しているものと推測される.

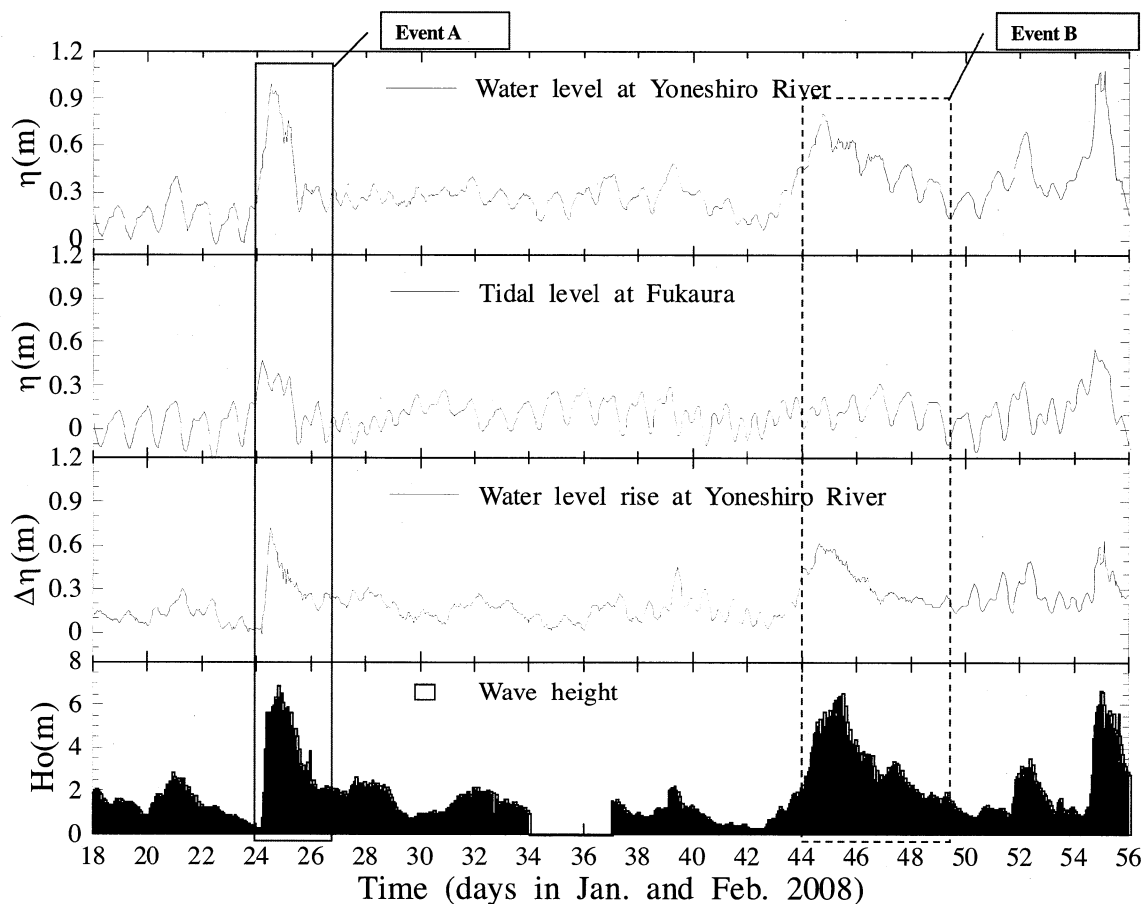


図-4 米代川河口水位、深浦港潮位、水位上昇量と沖波波高

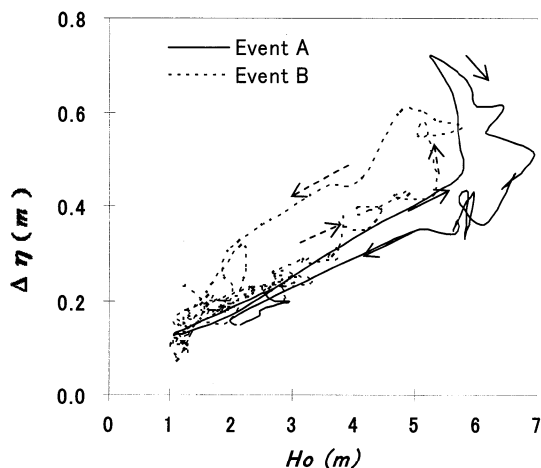


図-5 米代川での河口水位上昇量と沖波波高との関係

5. 岩木川における河口水位上昇

先の米代川の場合と同様に、2008年1月から2月にかけての岩木川における河口水位、深浦港における潮位、水位上昇量、沖波波高の変化を図-6に示す。同図より、岩木川では、米代川ほどの顕著な水位上昇は見られないが、イベントA、Bの際には40cmほどの水位上昇が見られることが確認される。このような米代川との相違は、同河口において導流堤により深い水深が維持されていることによる。

図-7は、図-5と同様に水位上昇高さと沖波高との関係プロットしたものである。やはり、図-6に示した二つのイベント毎に図示している。図-5の米代川の実測値に比べれば、岩木川では回帰式を当てはめた時の勾配が明らかに小さいものになっている。また、二つのイベントにおいて変化のパターンが異なっている。十三湖の場合には感潮域に十三湖という広大な水域を有しており、このような地形的な相違についても、今後さらに検討を行う必要がある。

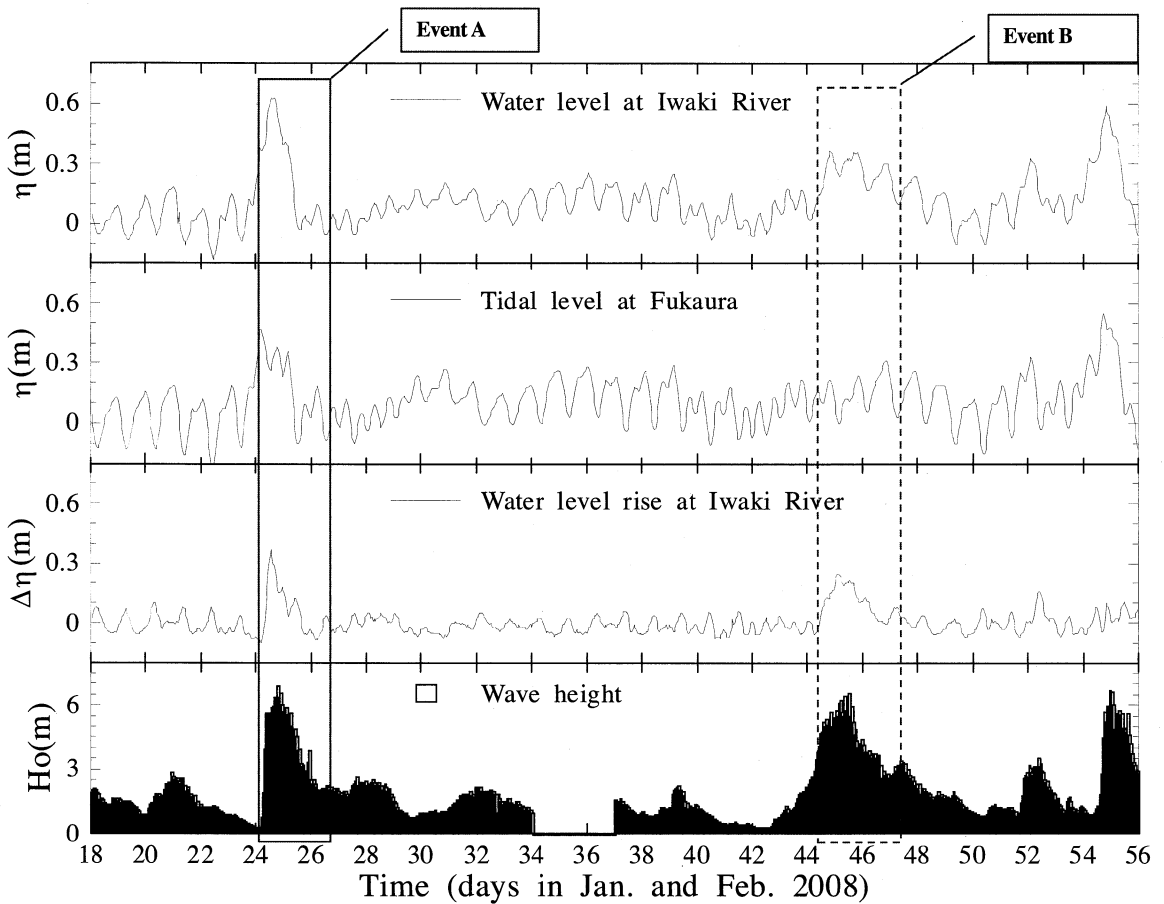


図-6 岩木川河口水位、深浦港潮位、水位上昇量と沖波波高

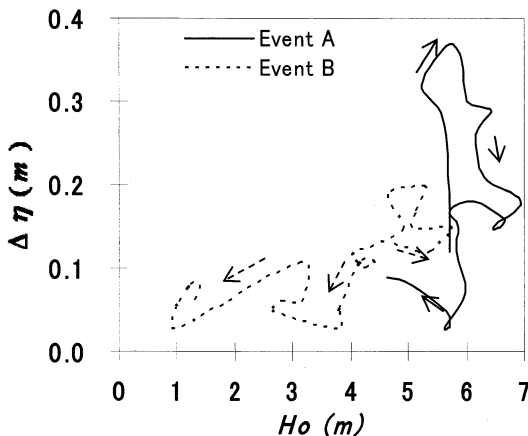


図-7 岩木川での河口水位上昇量と沖波波高との関係

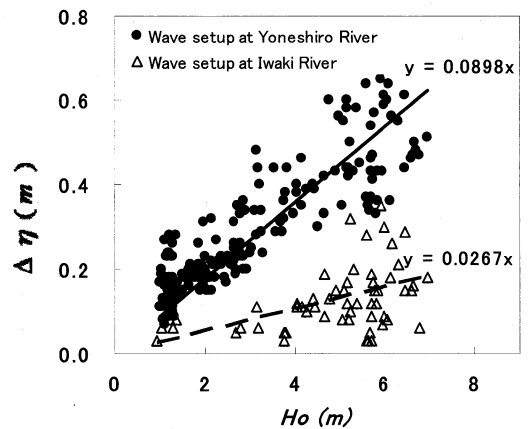


図-8 水位上昇量と沖波波高との関係

6. 河口水位上昇高さと波浪との関係

図-4、図-6に示した全データを用い、沖波波高と水位上昇量との関係を図-8に示した。明らかに、水深の小さい米代川ではより大きな水位の上昇が認められる。同図

より、二つの河川について、水位上昇量と沖波波高との比を求めることが出来る。Nguyenら(2007)は太平洋に面した河川に対して、同様な係数を求めている。

図-9には、図-8の回帰式から得られた $\Delta\eta/H_o$ と無次元水深 h/H_o との関係を示す。ここで、 h ：河口水深である。

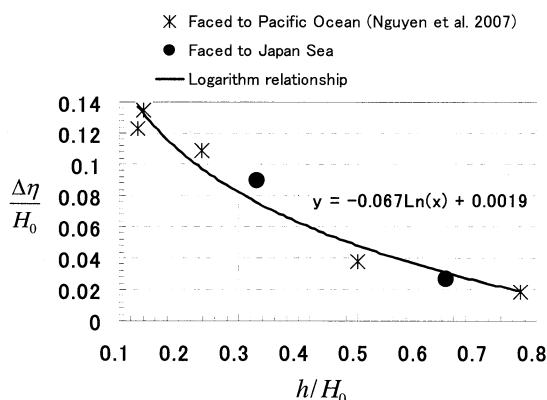


図-9 水位上昇量と河口水深との関係

なお、米代川、岩木川について、今回の検討を行った時期の河口水深は得られておらず、ここでは、過去の資料（建設省東北地方建設局，1973）からの値を使用した。図中で、*印は太平洋側の河川で得られた結果（Nguyenら，2007）であり、●印が本研究による日本海側の河川における結果を示している。今回の検討により得られた米代川および岩木川の結果は、太平洋側の河川に対する点と調和的な傾向を示している。これより、 $\Delta\eta/H_0$ と h/H_0 との関係として次式のような経験式を得ることが出来る。

$$\frac{\Delta\eta}{H_0} = -0.067 \ln\left(\frac{h}{H_0}\right) + 0.0019 \quad (1)$$

このように、 $\Delta\eta/H_0$ は河口部の水深を反映したものとなっていることが確認された。

7. おわりに

日本海側に面する二河川を対象に、2008年1月から2月

に来襲した高波浪によってもたらされた河口内 wave set-up 高さ $\Delta\eta$ について検討を行った。その結果、 $\Delta\eta/H_0$ の比は無次元河口水深 h/H_0 にほぼ逆比例することを示した。

謝辞：本研究を行うに当たり、国土交通省東北地方整備局能代河川国道事務所、同青森河川国道事務所から貴重な現地データの提供を受けた。本研究は河川生態学術研究・岩木川研究グループにおける活動の一環として行われた研究の一部である。さらに、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）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

- Nguyen Xuan Tinh・田中 仁・長林久夫（2007）：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，海岸工学論文集，第54巻，pp.321-325.
- 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，261 p.
- 合田良実（1975）：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.
- 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.
- 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.