

物部川における河口閉塞の現状と河口部潮位変動

中野 晋¹・石丸訓之²・岡本誠一郎³

砂村 (1984) の岸沖漂砂量式を用いて物部川河口での岸沖漂砂の季節的, 経年的変化を調べた。その結果, 物部川河口では 1998 年から 2001 年には主に秋から春にかけて岸向きの漂砂が卓越し, 河口閉塞が起こりやすくなることがわかった。また, 2005 年台風 14 号襲来時に測定された河口内と外海の水位変動を調べた結果, 洪水による砂州フラッシュにより, 河口閉塞時に生じていた水位差が解消したほか, 両者の水位変動は高い応答性を示すようになることが確認された。

1. はじめに

物部川は高知平野東部を貫流して土佐湾に注ぐ一級河川である。この川では冬から春の渇水期を中心に河口閉塞がたびたび発生し, 治水安全上問題となっている。これに加えて, 鮎などの遡上・降海型魚類が回遊する上でも障害となるため, 閉塞のたびに人工開削などの維持管理作業が暫時行われている。そこで, より適切な管理方策を見出すため, 河口閉塞のメカニズムの解明に取り組んでいる。河口閉塞には河川流による土砂供給, 波浪による漂砂が相互に影響するが, 本研究では河口周辺の漂砂が河口閉塞にどのように寄与しているかを知るために, ①河口前面での岸沖漂砂量の評価, ②河道内と外の潮位応答の 2 項目について検討した。

2. 河口前面での岸沖漂砂量評価

河口周辺の地形変化には沿岸漂砂と岸沖漂砂の両方が影響する。特に長期的な地形変化メカニズムを把握するには沿岸漂砂が重要である。一方, 岸沖漂砂は台風通過前後の地形変化や季節的な地形変動など比較的短期間の地形変動と関係が深い。

対象となる物部川は東側の手結岬から浦戸湾まで, 約 20 km の長い砂浜海岸の中程に位置している (図-1)。浦戸湾から南国市に至る海岸では侵食防止のための離岸堤, 人工リーフがほぼ完成した現在, 海浜は安定しており, 顕著な侵食または堆積傾向は見られない。図-2 に示すように河口閉塞は 11 月～3 月の冬季に多く発生しており (写真-1), 河口地形の変化には顕著な季節変動が含まれている。そこで, 本研究では地形の季節変動とより関係が深いと考えられる岸沖漂砂に注目した解析を行うことにした。

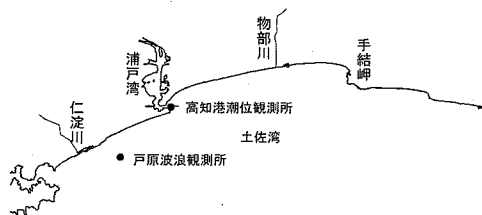


図-1 物部川の位置図

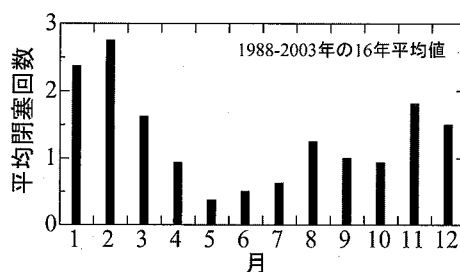


図-2 月別河口閉塞回数

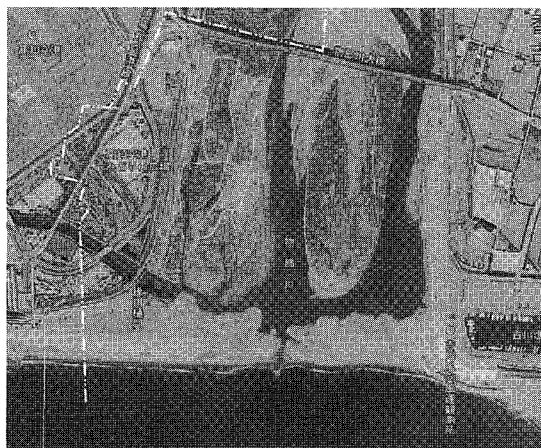


写真-1 河口閉塞の状況 (2004 年 2 月 8 日)

(1) 岸沖漂砂量の評価

岸沖漂砂量の算定式は数多く提案されているが, 本研究では, 砂村 (1984) の提案式を用いる。この式は波打ち帯を含む碎波帯内の正味の漂砂量を算定するもので,

1 正会員 博(工) 徳島大学助教授大学院ソシオテクノサイエンス研究部
エコシステムデザイン部門
2 特P & G
3 工修 国土交通省高知河川国道事務所長

底面流速の非対称性によって生じる砂れん形状が岸沖方向の漂砂量を規定するとして導かれ、波の非対称性を表すパラメータとしてアーセル数が含まれている。1時間あたりに輸送される無次元漂砂量 Q_B/wD は

$$\frac{Q_B}{wD} = \begin{cases} -1 \times 10^{-5} U_r^{0.2} \phi (\phi - 0.13 U_r), & \text{for } U_r \geq 230 \\ 0, & \text{for } U_r < 230 \end{cases} \quad (1)$$

で与えられる。ここに、 w は底質の沈降速度、 D は底質粒径、アーセル数 U_r および底質移動を表すパラメータ ϕ は、それぞれ、 $U_r = gH_B T^2 / h_b^3$ 、 $\phi = H_B^2 / \gamma h_b D$ さらに、 g は重力加速度、 H_B は碎波高、 T は有義波周期、 h_b は碎波帯の水深 (碎波水深)、 γ は底質の水中比重である。なお、底質粒径 D は砂州周辺の底質粒度を参考に 10 mm とする。

毎時の波浪データ、潮位データから H_B 、 T 、 h_b を求めて毎時刻の岸沖漂砂量を算定した。波浪データは国交省・戸原波浪観測所、潮位データは気象庁・高知港験潮所の値を用いた。

戸原波浪観測所での波高計は水深 24.79 m の位置に設置されているため、浅水補正を行った上で有義波を求め、有義波から Le Méhauté・Koh (1967) と合田 (1973) の碎波公式を用いて碎波高 H_B 、碎波水深 h_b を求めている。なお、両式で用いられる海底勾配は物部川河口で深浅測量を行い、その結果から $\tan \beta = 1/50$ とした。

また、高波浪時には河口前面での碎波により wave setup が生じると考えられるため、物部川河口東側に位置する吉川漁港に潮位計を設置し、wave setup による補正量について検討した。この潮位計の設置期間は 2005 年 9 月 4 日～11 月 2 日の約 2ヶ月である。この内、高波浪を記録したのは台風 14 号が通過した 9 月 5 日～8 日であり、この時の有義波高と潮位差 $\Delta \eta$ (吉川漁港潮位－高知港潮位) の関係を図-3 に示す。この図より、高波浪時の潮位補正を

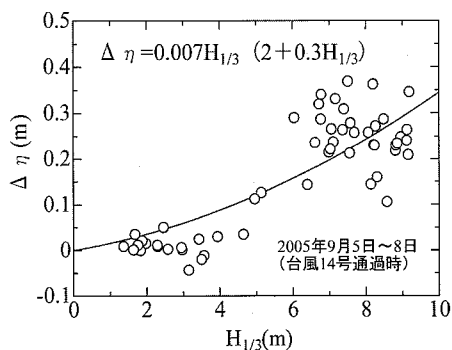


図-3 波高と wave setup 量の関係

$$\Delta \eta = 0.007 H_{1/3} (2 + 0.3 H_{1/3}) \quad (2)$$

として行った。従来の報告では波高の 10% 程度の水位上昇があると言われているが、これに比べると小さな値である。この原因は高知港の潮位にも碎波による水位上昇の影響が少なからず含まれていることが考えられる。しかし、この調査の目的は高知港潮位から物部川河口の潮位を推定することであり、その観点からは問題ではない。

式 (1) では必要ないが、砂州変形に関係すると思われる波の打ち上げ高についても次の式で評価した。

$$R = R_{2\%} + \eta_k + \Delta \eta \quad (3)$$

ここに、 $R_{2\%}$ は打ち上げ高 2% 超過値で van der Meer ら (1995) が緩傾斜堤を対象に提案している次式を用いた。また、 η_k は高知港潮位、 $\Delta \eta$ は式 (2) で与えられる物部川河口部での wave setup 量である。さらに、

$$R_{2\%} = H_0 \min \{ 1.6 \gamma_h \gamma_\beta \xi, 3.2 \} \quad (4)$$

で、 ξ は surf similarity parameter、 γ_h と γ_β は浅水影響および波向による低減係数である。

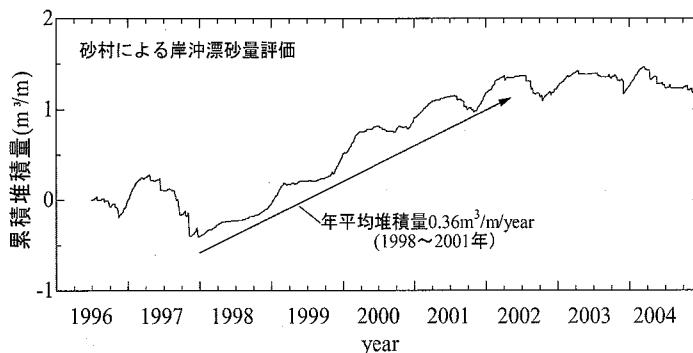


図-4 物部川河口での岸沖漂砂による累積堆積量 (岸向が正)

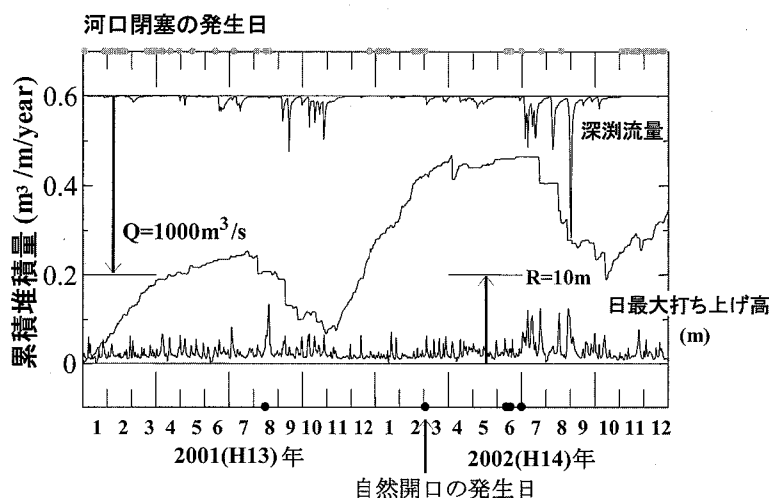


図-5 累積堆積量と河口閉塞の発生状況 (2001年, 2002年)

(2) 岸沖漂砂量変化と河口閉塞

図-4は式(1)を用いて1時間あたりの岸沖漂砂量から、波浪データの得られた約9年間について岸向きの累積堆積量を整理したものである。この図より、岸沖方向に明確な季節変動が見られる。物部川河口では概ね冬から春に堆積が進み、夏から秋には岸沖漂砂量が釣り合った状態か、侵食傾向となっていることが示されている。特に1998～2002年春の4年余りは堆積が進み、その後安定的に推移していることがわかる。1998～2001年の間の岸沖漂砂による年平均堆積量は単位幅当たり 0.36 m^3 であり、河口幅(約600m)を考えると年間約 200 m^3 となるが、岸沖漂砂量式(1)の係数は対象海岸により、別途チューニングが必要であり、現地調査により検討する必要がある。

岸沖漂砂の季節変動と河口閉塞の関係について2001年と2002年について図-5にまとめているが、冬から春の岸沖漂砂が卓越する時期に河口閉塞がたびたび発生し、台風シーズンの夏場以降に沖向漂砂が卓越するようになると河口閉塞がほとんど発生していないことがわかる。

この図には河口から約3.6km地点にある深測水位観測所での流量、各時刻に式(3)から求めた打ち上げ高をもとに算定した日最大打ち上げ高が示されている。河口閉塞が発生していない時期には河川流量、打ち上げ高ともに大きくなることが多く、開口部の維持が河川流量と波浪のどちらかの寄与が大きいのかを結論づけることはできないが、少なくとも沖向きの漂砂が卓越し、汀線が後退するようになることが開口部の安定に重要な因子であることは確かである。

次に、岸沖漂砂の季節変動に何が最も影響を及ぼしているかについて考察する。式(1)において、漂砂の方

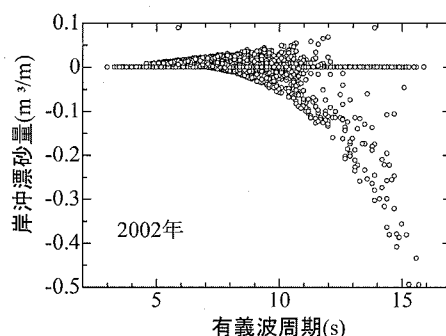


図-6 岸沖漂砂量と周期の関係

向は $\phi - 0.13U_r$ の正負によって決定する。これが正の場合は沖向き、負の場合は岸向きとなる。このパラメータには主に碎波水深、周期、碎波波高が関係する。このうち図-6は周期と岸沖漂砂量の関係について2002年の1年間のデータについて調べたものである。図から長い周期の波浪が襲来すると沖向漂砂が卓越することがわかる。土佐湾では台風シーズンである夏から秋にかけて周期の長い高波浪が来襲することが多く、こうした波浪の季節変動により、図-4, 5に示すような岸沖漂砂量変化が生じるものと思われる。

3. 河口部潮位変動と河口閉塞

(1) 河口閉塞と河口部水位変動

図-7は2004年2月の渇水期に維持開削工事により、通水部が維持されている時(写真-1)の河口内水位と外海の潮位の関係を示したものである。特に2月6日の12時前後は完全河口閉塞のため、それ以前に比べて河口内水位の変化が小さくなっているが、人工開削がその

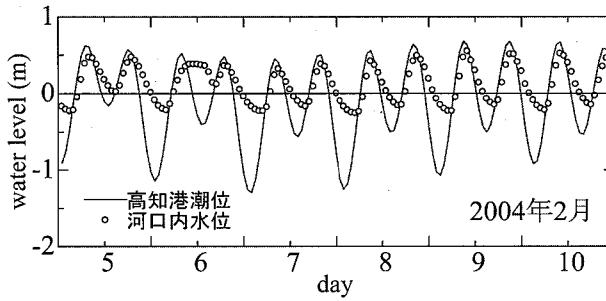


図-7 ほぼ河口閉塞した状態の水位変動の状況 (写真-1と同時期で、2月6日に河口閉塞するが、直後に維持工事で開削されている.)

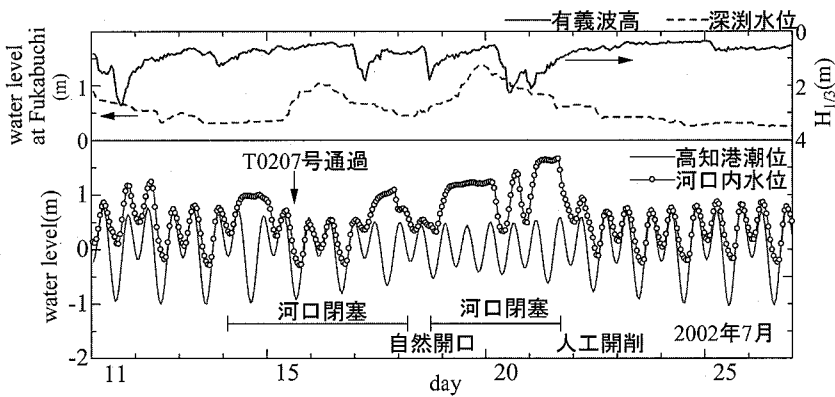


図-8 高波浪時の河口閉塞と開口後の水位変動

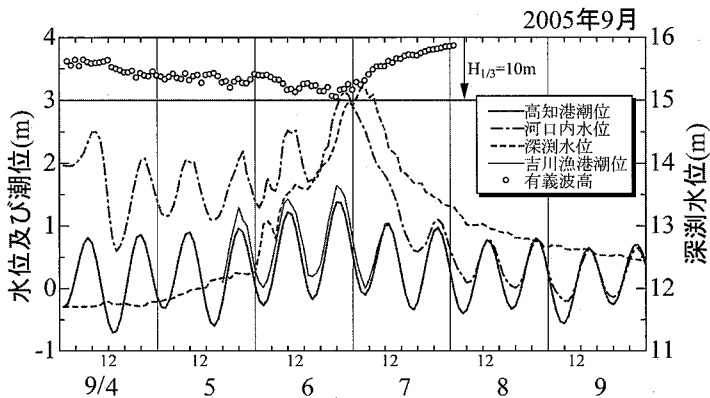


図-9 台風14号襲来時の砂州開口と河口部水位変動

日に行われた結果、2月7日以降は他の日と同様な変化を示している。つまり、満潮位は外海の満潮位に近い値を示すが、干潮位は河口からの流出が限られているため、十分下げない前に上げ始める。そのため、河口内の潮汐振幅は外海の半分程度となっている。しかし、図に示した期間は出水や高波浪などの外的擾乱がほとんどない

め、一度の人工開削のみで開口部は維持されている。

一方、台風の通過や降雨による擾乱が継続し、断続的に河口閉塞が発生しているケースの河口部水位変動の状況を図-8に示す。この図は2002年7月に台風7号が通過した前後の河口内水位と高知港潮位の関係である。物部川の管理記録によると台風通過前の7月14日に河口

閉塞し、5日後の19日に自然開口するが、すぐに閉塞し、最終的には21日に人工的に開削したことになる。

その間の14日、17日、21日は、河口内水位と外海水位の相関は低くなっている。この内、14日は深淵水位の上昇は少なく、出水の影響は小さい中で河口閉塞が生じたものと判断されるため、河口閉塞の主な要因は漂砂によるものと考えられる。なお、この間の岸沖漂砂量を式(1)で評価するとはほぼ0であり、直前の河川からの土砂供給と沿岸漂砂による堆積があったものと推察される。17日、21日の河口内水位と外海水位の低相関は河口閉塞と降雨流出の影響が含まれている。

(2) 砂州自然開口時の河口部水位変動

2005年の台風14号襲来時の河口部水位変動の状況を図-9に示す。台風14号の洪水により、閉塞状況が解消された時の内外水位の変化を示しているが、砂州フラッシュにより、両者の水位差が急減し、河道内水位が外海潮位に敏感に応答するようになる状況がわかる。

残念ながら、河口左岸に設置された監視用ビデオカメラの映像からは砂州の開口時刻が夜間であったため、確認することは出来なかったが、河道内水位の低下状況から、9月6日22時～24時にかけて一旦閉塞していた砂州のフラッシュ現象が発生したと推察できる。このように河道内水位と外水位の応答状況のモニターは河口砂州フラッシュの物理条件の把握の上で有効である。

4. ま と め

本論文で得られた成果は以下の通りである。

- 1) 砂村(1984)の岸沖漂砂量式を用いて物部川河口での岸沖漂砂の季節的、経年的変化を調べた。その結果、物部川河口では1998年から2001年にかけて主に秋から春にかけて岸向きの漂砂が卓越し、堆積傾向であったことがわかった。こうした岸沖漂砂の季節変動は波

浪周期の季節変動を考慮すると説明できる。

- 2) 河口閉塞および開口時の河口周辺部の水位変動を調べた。河口閉塞度合いにより河口内水位と外海水位の応答性は変化し、わずかな開削部があるだけでも河道内外の満潮位は比較的近い値を示すが、河口閉塞により両者の応答は大きく低下する。2005年台風14号襲来時に測定された河口内と外海の水位変動を調べた結果、河口閉塞状態から砂州のフラッシュにより、両者の水位変動が高い応答性を示すようになることが確認された。従来から、いくつかの河川で報告されているように物部川においても河口周辺部の水位データ分析から河口閉塞や砂州流出現象の発生状況のモニタリングが可能であることが明らかとなった。

この研究は水工学委員会河川懇談会の第8回共同研究(平成16年度開始課題)として国土交通省高知河川国道事務所、高知高専、愛媛大学の3者で始められた。研究着手時に中心となって進められた小野正順先生(当時、高知高専助教授)が不慮の事故で亡くなられたため、著者の1人が急遽調査に加わることになり、現在に至っている。

最後に現地調査、数値解析などを通して海岸工学の進展に貢献された小野正順先生のご冥福を心よりお祈り申し上げます。

参 考 文 献

- 合田良実(1973): 不規則波の碎波指標について, 第20回海岸工学講演会論文集, pp. 571-577.
- 合田良実(1998): 海岸・港湾, 二訂版, 彰国社, pp. 257-259.
- 砂村継夫(1984): Swash zoneを含む碎波帯の岸沖漂砂量に関する研究, 第31回海岸工学講演会論文集, pp. 316-320.
- 本間 仁・堀川清司(1985): 海岸環境工学, 東京大学出版会, pp. 74-75.