

鳥取県千代川河口域における地形変化特性

Characteristics of Morphological change on the Sendai River Mouth in Tottori Prefecture

黒岩正光¹・松原雄平²・石田雅博³・吉津 憲⁴・三納正美⁵・

砂川真太郎⁶・大本 武⁷・京住真志⁸

Masamitsu KUROIWA, Yuhei MATSUBARA, Masahiro ISHIDA, Ken YOSHIZU, Masami SANNO
Shintaro SUNAGAWA, Takeshi OMOTO and Masashi KYOZUMI

Field investigations at the Sendai River mouth in Tottori Prefecture were carried out in order to clarify characteristics of bottom topographical changes. Sounding surveys were carried out from Sept. 2004 to Oct. 2006. Morphodynamics around the Sendai River mouth were discussed using the results of the surveys. It was found that a sand bar due to wave action in winter season was formed in the river mouth and then the sand bar was flushed by a flood in rainy season or a typhoon. The amount of deposited and eroded sediments in the river mouth was also estimated. Furthermore, a numerical analysis was carried out using 3D morphodynamic model in order to clarify a qualitative relation among river discharges, wave conditions and morphodynamics.

1. はじめに

千代川は鳥取県東部を流れる一級河川で、河口左岸側には鳥取港、右岸側には鳥取砂丘海岸がある(写真-1)。近年、千代川河口域周辺の海浜および海底地形は大きく変化してきており、安本ら(2006)が指摘しているように、鳥取砂丘海岸の侵食が激化し、一方で、鳥取港と千代川河口付近に堆砂が発生している。鳥取県(2005)が示した土砂管理ガイドラインには、千代川河口土砂浚渫および鳥取港における浚渫土砂を用いたサンドリサイクルによる侵食対策案が示されており、鳥取県は、鳥取砂丘海岸の侵食防止の一対策として、港口部の浚渫土砂を鳥取砂丘前面に投入する試みを行っている。港口部だけでなく、千代川河口における堆積土砂も有効に利用すべきと考えられる。適切なサンドリサイクルを行うためには、土砂移動特性、堆砂土砂量の把握が必要不可欠である。千代川河口における土砂移動特性については、宇多ら(1988)が、鳥取港沖防波堤と千代川導流堤建設中に調査を実施し、河口における土砂移動特性を定性的に明らかにしている。しかしながら、どの程度の量の土砂移

動が発生しているのかは不明である。

本研究では、適切なサンドリサイクル手法確立の第一段階として、現在における千代川河口付近の土砂動態を現地調査(深淺測量)と数値解析結果を用いて明らかにすることを目的とする。



写真-1 千代川航空写真(平成15年10月22日)

2. 現地調査の概要

(1) 調査領域と調査内容

図-1に示す千代川河口付近を対象に深淺測量を実施した。調査期間は2004年9月~2006年10月までで、深淺測量は表-1に示すように8回実施した。測量は鳥取大学院工学研究科社会基盤工学専攻海岸工学研究室有する深淺測量システムを用いて実施した。また、2005年8月4日と10月27日には、図-1中左図に示す位置において表層の採泥も実施し粒度分布を調べた。図中に示す0k200等の記述について、例えば0k400は河口の基準点0k000(0km)から400mの位置を示している。なお、2004年9月の調査は、天候急変のため、右岸側2測線のみ0k80から上流側0k400までの範囲である。波浪データについて

1 正 会 員	博(工)	鳥取大学准教授 大学院工学研究科
2 正 会 員	工博	鳥取大学教授 大学院工学研究科
3 正 会 員		国土交通省中国地方整備局鳥取河川国道事務所 所長
4 正 会 員		日本ミクニヤ株式会社
5	修(理)	日本ミクニヤ株式会社
6	修(工)	いであ株式会社
7	修(工)	㈱五洋建設
8		鳥取大学大学院工学研究科

は、鳥取港沖30mの水深で観測されているものを、河川流量は、河口から上流5.1km地点(行徳)において常時観測されているデータを用いた。

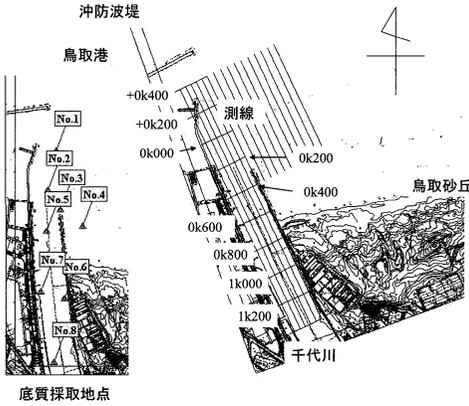


図-1 現地調査位置と範囲

表-1 深浅測量実施日と測量範囲

実施日		測量範囲	横断側線	縦断側線
2004年	9月28日	600m ×210m	16 測線	10 測線
	10月16日			
2005年	5月31日	1800m ×630m	10 測線	10 測線
	8月4日			
	10月27日			
2006年	6月16日	1800m ×630m	10 測線	10 測線
	8月29日			
	10月28日			

3. 調査結果と考察

(1) 波浪と河川流量特性

図-2は日平均流量の時間的変化を示したものである。図中に示す矢印は調査日を示す。2004年には、日平均で100~200m³/s程度の出水が19回、200~300m³/s程度の出水が6回、300m³/sを超える出水が6回発生している。この年は、9月29日から30日にかけて、台風21号の影響で、日平均で952m³/s、最大で3000m³/sを超える大きな出水が発生した。また、10月に日平均で800m³/sを超える出水が発生している。2005年には、融雪の影響と思われる出100~200m³/s程度の出水が2月から4月にかけて発生しているが、大きな出水はなく、7月の梅雨前線に伴う200m³/s程度の出水と、9月に発生した台風14号の影響による日平均最大で300m³/s程度である。2006年は、前年と同様に、春季に100~200m³/s程度の出水がある。7月には、梅雨前線の影響で、日平均約900m³/s、最大で1800m³/sの出水が発生している。

図-3は観測期間中における鳥取港沖水深30mの地点で観測された日平均有義波の波高と周期の時系列データである。周知のとおり、夏季(6~8月)は静穏で、冬季

(12~2月頃)は高波浪となる。

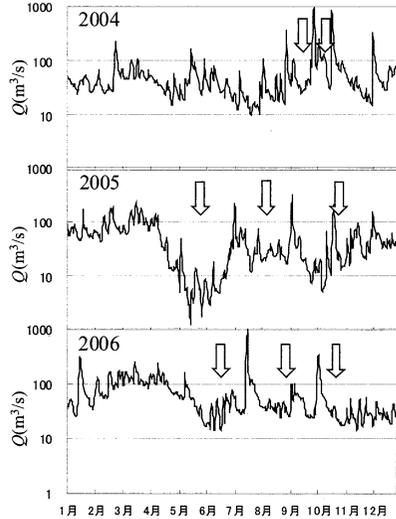


図-2 千代川日平均流量の時系列(観測地点:行徳)

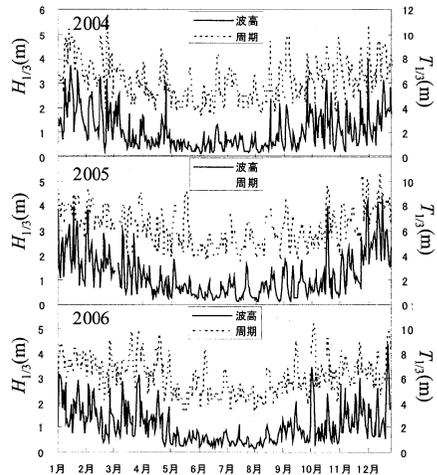


図-3 鳥取港沖における有義波の時系列(日平均)

(2) 深浅測量結果

図-4は台風通過後大きく河床が低下した2004年10月から2006年8月までの河口付近の測量結果を示したものである。図-5は、8回すべての深浅測量結果から地形変動が激しい箇所の縦断面図を示したもので、図-6は0k160と0k200における横断面図を示したものである。これらの図から、明らかなことを列挙すると以下のとおりである。

a) 2004年9月28日~10月16日(台風21号)

図-5および6より、0k000~0k400間において水深1.5m程度であったのが、9月29日から30日にかけて来襲した台風21号の影響で発生した出水によって、水深4.5m程度まで河床が大きく低下した。また、写真-1からわかるように、上流側0k500付近にあった左岸側の砂堆(写真-2

の矢印部分)が侵食され、完全に水域となった(写真-3の矢印部分)。図-4(a)に示すように、河口域全域で河床低下が発生している。

b) 2004年10月16日～2005年5月31日(冬季)

つぎに、台風通過後から翌年の5月の間には、図-4(b)および図-5からわかるように、0k400付近まで砂州状の地形が見られ、土砂が堆積しているのがわかる。特に、右岸側に堆積しているようである。

c) 2005年5月31日～2005年10月27日(雨期)

この間に、大きな出水はなかったため、河床が大きく低下することは無かったが、右岸側導流堤付近の浅瀬の範囲が広がっている。

d) 2005年10月27日～2006年6月16日(冬季)

図-4(c)と(d)から、0k000から0k400の範囲において、水深2m以下の浅瀬の範囲が拡大し、ミオ筋が左岸側から右岸側に変化している。

e) 2006年6月16日～2006年8月29日(冬季)

7月18日に梅雨前線が山陰地方から本州南部に停滞し

活動が活発化し、7月19日に日平均900m³/sを超える出水が発生し、河口の砂堆がフラッシュされ、導流堤外の等深線の前進が見られ、テラス状の地形が形成されているのがわかる。

以上のことから+0k200～0k400の間に、特に冬季においては0k000から0k400の範囲で地形変化が顕著であることが明らかである。冬季((a)→(b), (c)→(d))には、波の打ち込みによる河道内(0k000～0k400)に土砂の堆積が見られる。雨期あるいは台風時には、日平均で900m³/sの出水が発生すると、河道内の砂堆がフラッシュされ、河床が大きく低下することがわかった。

(3) 底質調査結果

図-7は、2005年8月と10月に実施した底質採取から得られた各調査地点別の中央粒径を示したもので、調査地点は図-1に示したとおりである。河口から1k200の地点No. 8では、約0.3mm、0k200付近では、0.23mm程度と小さくなっている。一方、右岸導流堤先端付近のNo3および導流堤東側の海域では、0.3mmと若干荒い。No. 1

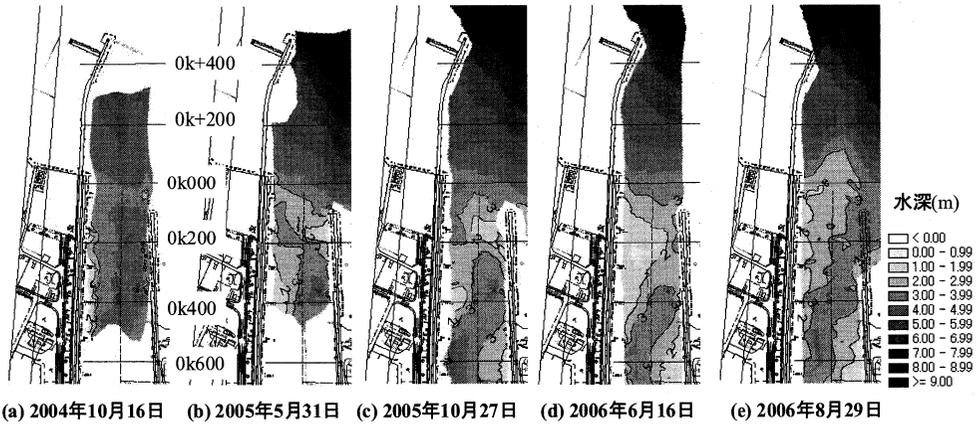


図-4 深浅測量結果(2004年9月～2006年6月)

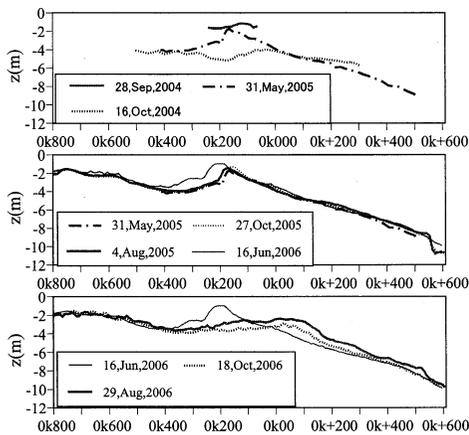


図-5 縦断面図

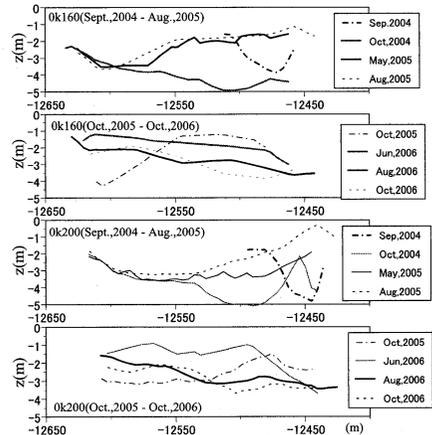


図-6 横断面図(0k160, 0k200)



写真-2 左岸側の砂堆 (2004年9月28日)



写真-3 台風21号による出水後の様子 (2004年10月14日)

および No. 1 および 2 では、河道延長上であるが、導流堤外で直接波浪の影響を受けるところでも、0.3mm 程度である。つぎに、10月に実施した結果をみると、上流 (No. 8) から下流 (No. 1) に向かって粒径が小さくなる傾向にあることがわかる。8月の結果と比較すると、No. 3 から No. 8 までの結果との差はあまり見られないが、No. 1 と 2 の粒度が大きく変化し、中央粒径が小さくなっている。この理由として考えられるのは、9月に台風14号が発生し、最大500m³/s (日平均300m³/s) を超す出水があり、上流から細かい土砂が運搬されたものと推測される。



図-7 底質調査結果 (2005年8月, 10月)

(4) 土砂変動量

つぎに、最も地形変化が激しい河口付近 (0k000~0k400) における堆積あるいは侵食土砂量の算定を試みた結果を表-2に示す。表中に示す波浪データおよび流量はそれぞれ鳥取港沖および千代川河口から5.1 km 上流の行徳地点において算定されたものである。前述したように、2004年9月には天候の急変によって全域の測量が困難であったが、台風21号 (2004年9月末) の通過によって河床が大きく低下し、土砂減少量は11万 m³ と推定された。2004年10月から翌年5月の冬季の間には約63,000m³ と、2005年10月から翌年6月の冬季には約73,000m³ の土砂が堆積している。冬季における日平均波高2m 以上のものが、明らかに出水時より発生回数が多く、波浪が河口域における土砂堆積に寄与していると考えられる。2006年6月から8月にかけて、梅雨前線の影響による出水によって河口部では約41,000m³ の土砂が減少していることが確認された。2005年5月から8月の期間においては、静穏であったが、約9,000m³ の堆積、また、2006年8月から10月までの期間において、日平均で2 m~3m 程度の波が4日、3m 以上の波が1日程度来襲であったが、17,000m³ の堆積量であった。

宇多ら (1988) の深浅測量結果 (図面) を用いて、0k000から0k400までの範囲において冬季 (1985年11月から1986年3月まで) における土砂変化量を計算すると、約20,000m³ であり、今回の調査結果より少ないが、冬季には数万のオーダーで土砂が堆積することがわかる。

4. 数値解析

年数回程度の深浅測量結果だけでは、どの程度の波浪が実際に砂堆に寄与しているかを判断するのは困難である。そこで、黒岩ら (2007) の3次元海浜変形モデルを用い、波浪および流出条件と地形変動との関係を検討した。計算領域および対象とする地形は、計算格子の条件の制約から、鳥取港と千代川周辺の地形をモデル化したものとした。

表-2 河川流量・波浪と土砂変化量

期間	土砂変化量 (m ³)	日平均流量 (m ³ /s)	最大日平均流量 (m ³ /s)	ピーク流量 (m ³ /s)	日平均 2m~3m 来襲日数 (有義波高)	日平均 3m~4m 来襲日数 (有義波高)	日平均 4m 以上来襲日数 (有義波高)
2004.9~2004.10	-110,000	188.67	940	3,200	2	1	0
2004.10~2005.5	+63,000	60.25	760	2,200	33	11	0
2005.5~2005.8	+9,000	29.93	160	190	0	0	0
2005.8~2005.10	-7,000	36.08	280	530	1	1	0
2005.10~2006.6	+73,000	77.82	300	580	45	5	4
2006.6~2006.8	-41,000	67.21	890	1,600	0	0	0
2006.8~2006.10	+17,000	62.15	330	600	4	1	0

まず、どの程度の波浪が河口付近の土砂堆砂に影響するのかを調べた。表-2に示したように、冬季における2m~3m程度の波浪の来襲日数が約1ヶ月程度であることから、有義波高1m、1.5m、2.0mおよび2.5mとした4ケース計算を試みた。図-8(a)は初期地形、(b)は波高2.5mの計算例を示したものである。図-9は、全ケースにおける千代川河口中心における縦断面を示したもので、2.0m以上になると顕著に河口に堆砂が生じていることがわかる。

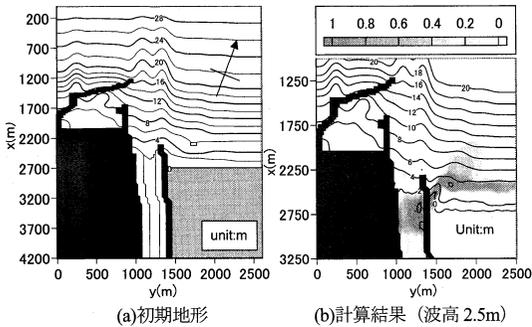


図-8 初期地形と計算結果の一例（有義波高2.5m）

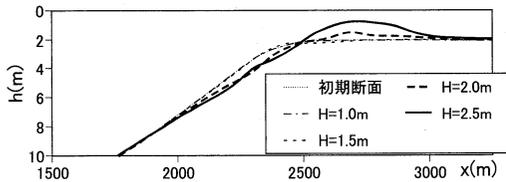


図-9 波浪別計算結果（河道中心縦断面）

最後に、表-3に示す条件を用いて出水による土砂流出と、その後の冬季波浪による堆砂の一連の計算を行った。波浪条件は、鳥取港沖で観測されたデータを元に設定したものである。図-10は出水後と冬季波浪後の地形変化の計算結果で、堆積域も同時に示している。出水後には河道内の土砂がフラッシュされ、その土砂量は約36,000m³である。その後冬季波浪により、河口付近に堆砂している様子が再現されている。堆砂量は約80,000m³となり、やや過大評価しているが、概ね調査結果と近い値を示している。実際の詳細な地形を再現して、数値計算は行わなかったが、図-9に示した結果と併せ検討すると、冬季には波高2~3m以上の波により堆砂が発生することが数値計算からも確認できた。

表-3 出水時および冬季波浪による計算条件

	$H_{1/3}$ (m)	$T_{1/3}$ (s)	波向	流量 Q (m ³ /s)	計算日数
雨季 出水時	0.57	5.07	NNE	300	1.5
	0.57	5.07	NNE	800	1.0
	0.57	5.07	NNE	300	1.5
冬季	2.5	7.5	NNW	53.4	17
	3.5	8.2	NNW	53.4	11
	4.0	9.2	NNW	53.4	2

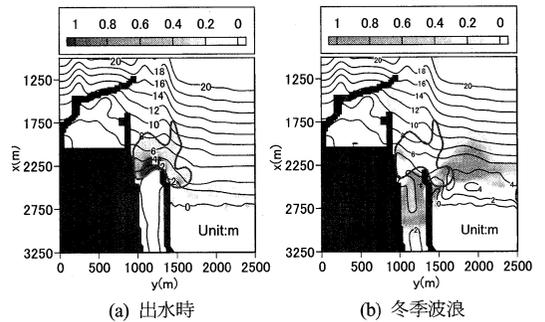


図-10 出水時および冬季波浪による計算結果

5. おわりに

千代川河口における地形変化特性について深浅測量および数値解析により検討した。河口0k000付近から0k400付近で地形変動が顕著であることがわかった。大雑把ではあるが、今回の調査期間においては、日平均700~900m³/s程度の出水により河口の砂堆がフラッシュされ、その土砂変化量は4万m³程度であること、一方、冬季では2~3m以上の波浪によって、河口付近に土砂の堆積が発生し、その堆砂量は6~7万m³程度であることが推定された。この結果から、冬季には鳥取港河口付近だけでなく、河口域も堆砂が顕著であり、鳥取砂丘海岸の侵食対策として、サンドリサイクルに有効利用できることが示唆される。

参考文献

- 宇多高明・福井次郎・竺原章之（1988）：千代川河口における波と流れによるダイナミックな地形変化の観測，第35回海岸工学講演会論文集，pp.452-456。
- 黒岩正光・口石孝幸・松原雄平・砂川真太郎（2007）：準3次元海浜流モデルを用いた河口域の3次元海浜変形予測，海岸工学論文集，第54巻，pp.686-690。
- 鳥取県（2005）：鳥取県沿岸の総合的な土砂管理ガイドライン
- 安本善征・松原雄平・宇多高明（2006）：鳥取県沿岸の侵食実態と総合的な土砂管理の検討—千代川流砂系の例—，海岸工学論文集，第53巻，pp.641-645。