

千代川河道特性の長期変遷と流出土砂量の推定

鳥取大学大学院	学生会員	○梶本 健介
鳥取県八頭県土整備事務所 (元鳥取大学大学院)	非会員	山本 遼
東洋建設 (株) (元鳥取大学)	非会員	奥田 知里
鳥取大学	正会員	梶川 勇樹
鳥取大学	正会員	黒岩 正光

1. はじめに

近年、全国的に海岸侵食の進行が深刻な問題となっている。その要因の1つに、ダムや堰での堆砂により、河川から海域への土砂供給量が減少したことが挙げられる。海岸侵食の進行を食い止めるため、鳥取県では、サンドリサイクル、離岸堤や人工リーフによる対策がとられている。ここで、河川からの土砂供給量の変遷が明らかになれば、過去に対して現在どれだけの土砂が不足しているか等、今後の海岸保全策を考える上で非常に有益な情報となる。

そこで本研究では、鳥取県東部を流れる一級河川千代川を対象とし、河道特性の長期変遷と流出土砂量を明らかにすることを目的とした。まず、長年に渡って蓄積された観測データを整理し、千代川の河道特性の長期変遷を明らかにした。そして、海浜形成に寄与する千代川からの流出土砂量を把握するため、整理されたデータをもとに次元河床変動計算を実施し、千代川における河口部からの流出土砂量の算定を試みた。

2. 千代川の河道特性

(1) 千代川の概要

千代川は鳥取県の東部に位置し、同県東部・八頭郡智頭町における氷ノ山に源を発し、佐治川、八東川等の支川と合流しながら鳥取平野を南下し鳥取市・賀露より日本海へと注ぐ幹川流路延52 km、流域面積1,190 km²の一級河川である(図-1)。

鳥取県の観光資源である鳥取砂丘は、千代川から供給された土砂が波によって打ち上げられ飛砂となり形成されたものである。しかし近年、鳥取砂丘海岸は汀線後退が確認されている。原因として、河口閉塞を防ぐことを目的に1974年に河口付替事業が実施

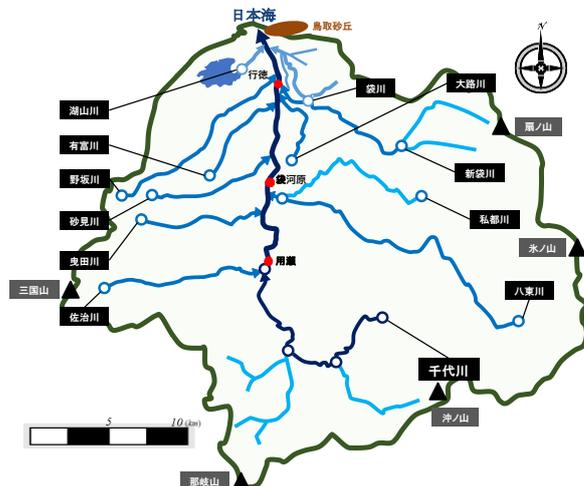


図-1 千代川流域図

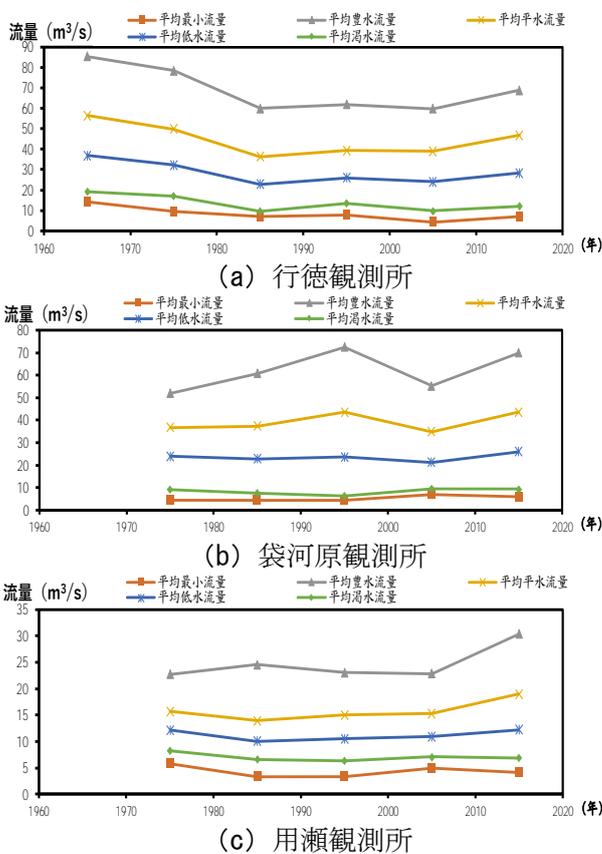


図-2 平均指標データ

キーワード 千代川, 河道特性, 流出土砂量

連絡先 〒680-8500 鳥取県鳥取市湖山町南4丁目101 鳥取大学工学部社会システム土木系学科海岸工学研究室

TEL 0857-31-5300

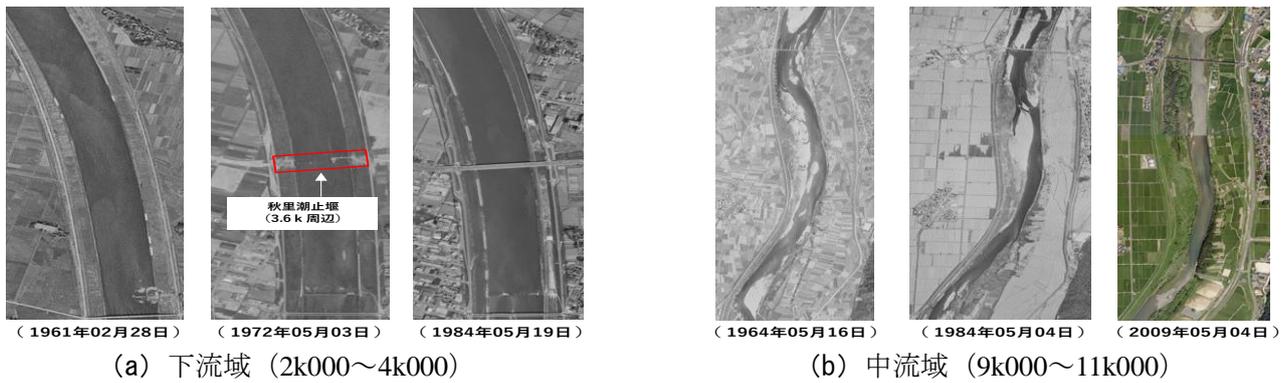


図-3 航空写真

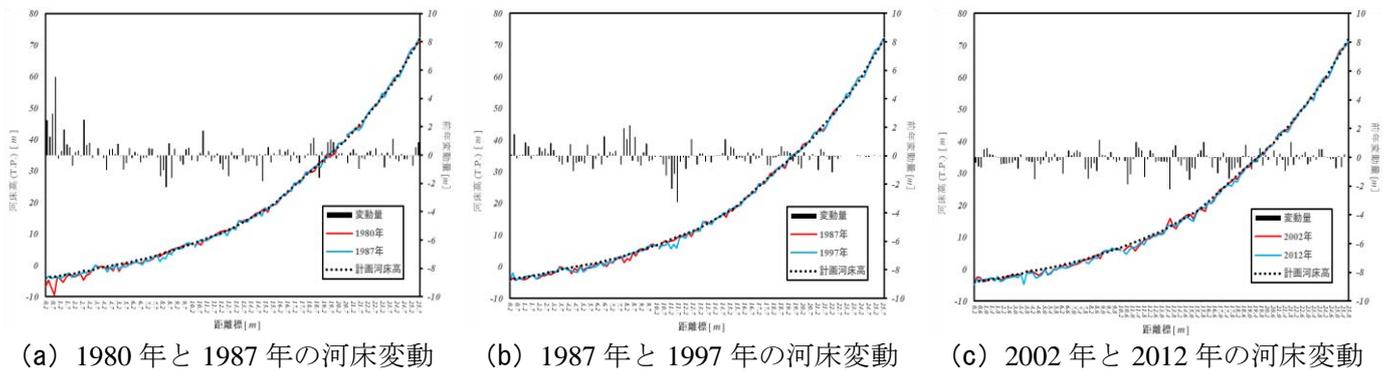


図-4 河床変動縦断面図

され、その際に設置された導流堤の延伸、加えて上流部におけるダム建設等により千代川から日本海への供給土砂量が減少したからだと考えられている¹⁾。

(2) 水文量（流量）の長期返還

千代川の長期的な変遷を見るため、水文水質データにて観測が開始された年から、2017年までの流量データを整理した。また、今回は直轄区間（0k200～25k000）における下流域に位置し、対象河川の流量として取り上げられる行徳観測所、中流域の支川合流地点付近に位置する袋河原観測所、区間の上流端付近にあたる用瀬観測所を採用した。整理した流量データを最大、最小等の流量の形にて算出し、算出された指標の10年毎の平均値をプロットしたものが図-2である。図より、袋河原・用瀬では流量の大きな変化はないが、行徳では豊水流量、平水流量が1960～1980年代に急激に減少している。そのため、下流域では土砂が1960年代よりも流れにくい状況にあるということがわかった。

3. 河道変動特性

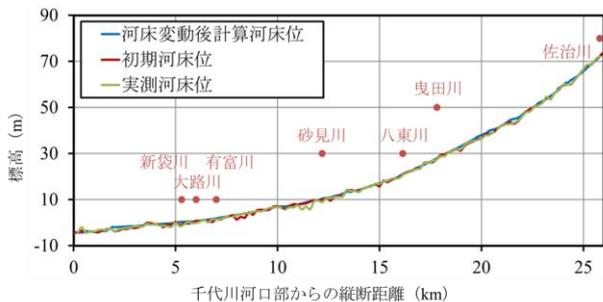
(1) 航空写真から見る長期変遷

河道の変遷を把握するため、複数年間の千代川の

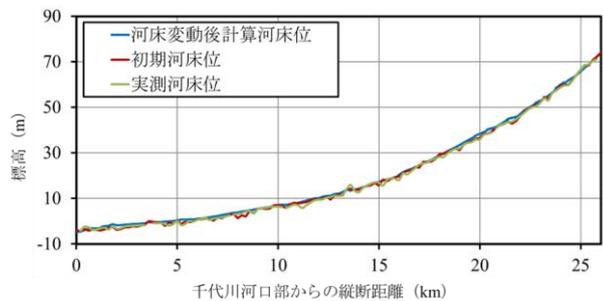
航空写真データより、河道を1～2km程度の区間毎に分別し（図-3）、上空から見た河道の変遷について考察を行った。下流域2k000～4k000（図-3（a））では、河口から3.6km地点にあたる秋里潮止堰の設置が始まる1972年以前は交互砂州が発達していることがわかる。中流域9k000～11k000（図-3（b））では、1960年代までは複列砂州が発達し、現在は植生の発達や滯筋の固定化が進行している。これらのことから、過去には下流域でも活発な土砂移動があったと考えられるが、現在では本下流のみならず中流域でも土砂輸送が停滞しているということがわかった。

(2) 河川縦断形（河床変動）の長期変遷

図-4は縦軸を河床高（T.P.）、横軸に河口からの距離を取っており、1974年時の計画河床高（T.P.）と約10年間隔での縦断測量の結果を左軸、その約10年間の変動量を棒グラフで右軸に比較表示したものである。各期間において、台風の接近、通過により大規模な洪水が発生した時期もある。しかし、図-4（a）～（c）の棒グラフに着目すると、1980年と1987年での河床変動の差より2002年と2012年での河床変動の差は小さくなっている。したがって、河床変動幅は年々減少していることがわかり、河床変動が生

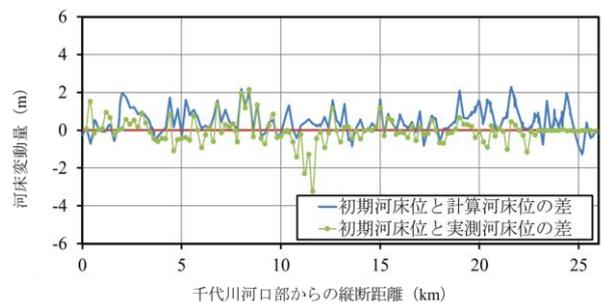


(a) 1997年

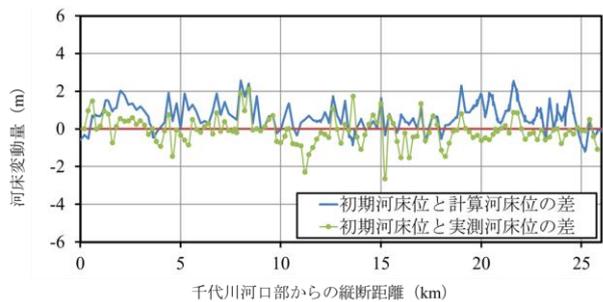


(b) 2002年

図-5 縦断河床形状の比較



(a) 1997年



(b) 2002年

図-6 河床変動量の比較

じにくい、動的安定状態になっていると考えられる。

4. 流出土砂量の推定

千代川を対象に河口域への流出土砂量は過去に算定されているが、その値は各研究²⁾によって大きく異なる。そこで本研究では、整理された観測データを用い、精度の良い河口域への流出土砂量を算定するため、高次精度風上差分法である WENO 法³⁾を採用し、1次元河床変動計算を行った。計算モデルは、混合粒形を扱えるものであり、掃流砂は芦田・道上

の式、浮遊砂浮上量は板倉・岸の式、砂の沈降速度は Rubey の式を使用した。Wash load 量に関しては、今井²⁾によって作成された千代川における Wash load 量関係式を用いた。また、空隙率 $\lambda=0.35$ とし、粒度分布には 2017 年調査時の結果を採用した。計算対象は、導流提延伸後の 1987 年 1 月 1 日から 2017 年 12 月 31 日までの 31 年間で、千代川直轄区間 (0k200~25k000) とした。

(1) 河床変動の比較

図-5 および図-6 は、それぞれ (a) 1997 年、(b) 2002 年における計算結果と実測による縦断河床形状及び初期 (1987 年) からの河床変動量を比較したものである。図-5 より、初期値の河床高を基準にしてグラフを見ると、実際の河床高は低下しているにもかかわらず、河床変動後の計算河床高は特に上流域で上昇している。一方、図-6 の河床変動量を比較したグラフを見ると、河口 0 km 地点から上流 18 km 地点までは、計算値と実測値は比較的一致していることが分かる。河口から約 11~12 km 付近での河床変動が再現できていないものの、5~10 km における変動傾向や 12~18 km における変動傾向は良好に再現できている。

(2) 千代川の流出土砂量

図-6 の河床変動量の比較より、2002 年までは実測値との値が近く、良好であると判断できる。また、今井²⁾が 1987~2005 年の流出土砂量 (表-1) を算定している。したがって、本研究では、今井の結果と比較するため良好な結果が得られた 1987 年~2005 年における 19 年間の流出土砂量 (表-2) を求めた。計算の結果、掃流砂が $17.62 \times 10^4 \text{ m}^3$ 、浮遊砂が $15.35 \times 10^4 \text{ m}^3$ 、及び Wash load が $226.73 \times 10^4 \text{ m}^3$ と求められた。今井¹⁾の研究では、19 年間に千代川から海域へと流出した土砂量は、掃流砂量が $11.32 \times 10^4 \text{ m}^3$ 、浮遊砂量が $80.38 \times 10^4 \text{ m}^3$ 、Wash load 量が $118.46 \times 10^4 \text{ m}^3$ と算定している。よって、本研究は今井の結果と比べて、掃流砂量が $6.30 \times 10^4 \text{ m}^3$ 、Wash load 量が $148.27 \times 10^4 \text{ m}^3$ 多く、浮遊砂量が $65.03 \times 10^4 \text{ m}^3$ 少ない結果となった。これは、今井の研究と本研究で用いた浮遊砂浮上量式が異なるためである。今井の研究では浮遊砂浮上量式に芦田・道上式を用いていたが、本研究では板倉・岸式を用いている。これが差が現れた主な原因であると考えられる。

代表粒径 (mm)	0.1	0.2	0.5	1	1.8	3.6
掃流砂量	0.19	0.12	0.55	1.48	2.19	4.75
浮遊砂量	67.68	6.35	4.50	1.56	0.29	0.00
代表粒径 (mm)	7.2	14.5	29	57.9	110.9	合計
掃流砂量	1.21	0.74	0.09	0.00	0.00	11.32
浮遊砂量	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	80.38

表-1 1987年～2005年の今井¹⁾の研究での
流出土砂量 ($\times 10^4 \text{ m}^3$)

代表粒径 (mm)	0.075	0.106	0.25	0.425	0.85	2	4.75	9.5
掃流砂量	0.09	0.20	0.82	2.97	5.30	6.40	1.28	0.37
浮遊砂量	11.56	2.25	0.70	0.26	0.05	0.50	0.03	0.00
代表粒径 (mm)	19	26.5	37.5	53	100	150	200	合計
掃流砂量	0.10	0.05	0.03	0.0003	0.00	0.00	0.00	17.62
浮遊砂量	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	15.35

表-2 1987年～2005年の本研究での
流出土砂量 ($\times 10^4 \text{ m}^3$)

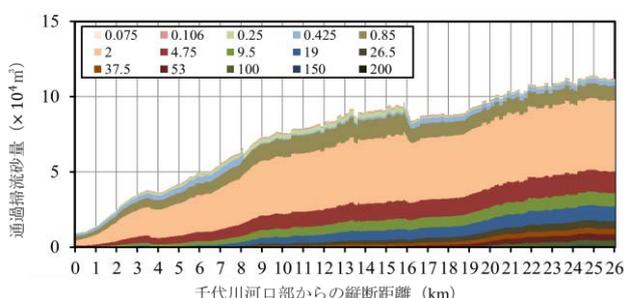


図-7 断面通過掃流砂量

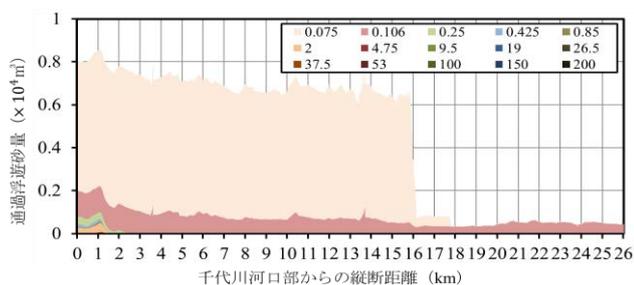


図-8 断面通過浮遊砂量

図-7及び図-8は、それぞれ1987～2005年までの1年当たりの掃流砂と浮遊砂に関する断面通過土砂量を示したものである。図-7より、掃流砂は上流端からの流入土砂量が非常に多いものの、下流端に向かうにつれて徐々に減少している様子が分かる。また、掃流砂、浮遊砂ともに16 km地点で土砂量が増加していることが見てとれる。これは、千代川河口から16 km付近で八東川と合流しているためである。八東川は支川の中では最も大きい支川であり、掃流砂、浮遊砂量が多い。このため、掃流砂、特に浮遊砂は多く流出したものと考えられる。

以上をまとめると、本研究による計算結果では、地形変化に寄与する流出土砂量として Wash load 量

を除き、空隙を考慮した値としては $2.68 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{年}$ が千代川から海域へ流出していると求められた。

5. おわりに

本研究では、千代川の河道特性を明らかにするため、長年に渡って蓄積された観測データを整理した。そして、整理された観測データをもとに1次元河床変動計算を用いて流出土砂量を算定した。本研究の結果を、以下にまとめる。

(1) 長年蓄積された観測データの整理し、考察を行った。その結果、千代川は、過去には下流域でも活発な土砂移動があったものの、現在は土砂が流れにくい状況にあると考えられる。また、中流域では土砂輸送が停滞しており、河道全域で河床高の変化は生じにくい動的安定状態であることがわかった。

(2) 整理された観測データをもとに、高次精度風上差分法を用いた1次元河床変動計算を行い、1987年～2005年における19年間の流出土砂量を求めた。その結果、地形変化に寄与する量として $2.68 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{年}$ が千代川から海域へ流出していると求められた。

ただし、これは本研究での河床変動計算により得られた結果である。計算条件や計算式によって算定される流出土砂量は異なることから、より精度の高い流出土砂量を算定することを今後の課題とする。

謝辞：本研究は国土交通省鳥取河川国道事務所受託研究「千代川流域における流砂系動態の把握に関する検討」の一環として行った。本研究に際して、鳥取河川国道事務所から水文データ、測量成果等の貴重なデータの提供を頂いた。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 鳥取県:千代川流砂系の土砂管理計画, pp.12-13, 2005.
- 2) 今井康友, 梶川勇樹, 檜谷治, 奥野裕明:千代川における土砂収支, 土木学会中国支部研究発表会発表概要集, Vol.59, pp.87-88, 2007.
- 3) 梶川勇樹, 檜谷治: WENO法を用いた平面2次元浅水流モデルの開発, 土木学会論文集 B1 (水工学) Vol.69, No.4, I_631-I_636, 2013.