土砂供給の変化による河床変動への影響に関する考察

京都大学大学院工学研究科　○青木　健太郎
京都大学防災研究所　藤田　正治
いであ株式会社　加藤　陽平

1. はじめに

近年，九州北部豪雨や紀伊半島大水害など計画を上回る規模の降雨が頻発し，全国各地で水災害による甚大な被害が発生している．今後，地球温暖化が進行すると降水量がさらに増加することが予想され，大規模な水災害が頻発し，甚大な被害が発生する可能性がある．このような背景から，平成 27 年 8 月に「水災害分野における気候変動適応策のあり方について」が社会資本整備審議会から答申され，過剰な土砂堆積を考慮する重要性が述べられた．大規模水害を引き起こすような豪雨の場合，河床の上昇または低下量がかなり大きくなるため，治水計画において洪水中の河床変動を考慮することが不可欠となる．しかし，多くの河川の治水計画は固定床に対する不等流計算に基づいており，洪水時の河床変動による水位変化を考慮していないのが現状である．

これからの治水計画では，過剰な河床上昇や低下に注意を払う必要があると考えられる．本研究では，平野部の河道を単純化した一次元河床変動モデルに，山地流域からの土砂供給量や供給タイミングの違いを境界条件として与えて大規模洪水時の河床変動特性について検討した．

2. 解析モデル

本研究は，土砂供給条件が河川の河床変動特性に与える影響をわかり易くするため，実河川の条件を模した一様河道を対象にして行う．参考にしたのは**図-1** に示す高知県の物部川流域であり，その幹川流路延長は 71km，流域面積は 508km^2 の一級河川で，

図-1　物部川流域図 [1)]

河床勾配は上流部で約 1/40，中流部で約 1/150，下流部でも約 1/300 と急流である．

河口から 10.4km 地点の合同堰の上流域は山地部であり，崩壊や土石流が発生し下流域への土砂供給条件に影響を与える．本研究では，合同堰を山地部と平野部の境界と位置付け，下流部の河道を単純化した一次元河床変動モデルを構築した．水理計算には一次元不等流計算，掃流砂量の計算には芦田・道上の式を用いた．境界条件の違いによる河床変動の傾向を把握するため，掃流砂のみ考慮した．

一次元河床変動計算に用いる初期河床は，物部川下流部の河道を参考として作成した初期河床は，河床勾配 1/300，川幅 250m，延長 10.0km の矩形断面とし，断面間の距離 Δx を 50m とした．また，河床材料は河口から 4km 付近で実施された河床材料調査をもとに設定した．設定した河道断面と縦断形状を**図-2**，河床材料を**図-3** に示す．さらに，低水路粗度係数は n=0.033，交換層厚 a は最大粒径程度の 0.3m で設定し，下流端水位は等流水深を与えた．

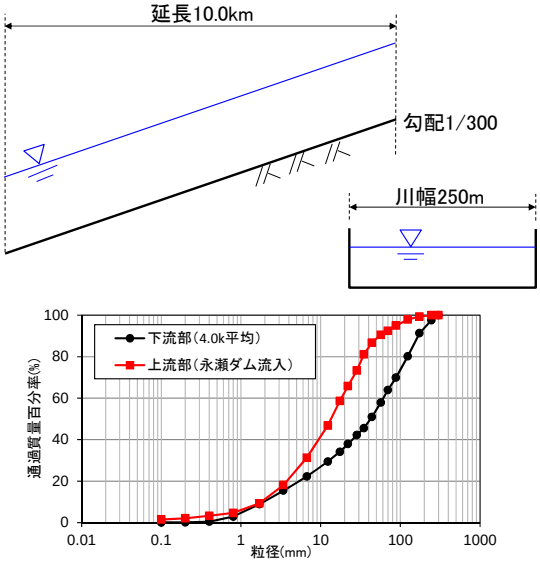

図-2　設定した初期河床及び河床材料

3. 降雨波形の違いが河床変動に及ぼす影響

河川整備基本方針で設定された**表-1** に示す計画降雨群（9 降雨波形）を対象として，降雨量は計画規模（1/100 確率：357mm/12hr），土砂供給量は平衡流砂量の 5 倍，河床勾配は 1/300 とした．

表-1 に計画降雨群の洪水継続時間及び土砂供給

の影響範囲を示す．影響範囲の定義は閾値±5cm（物部川 4.0k～5.0k 区間での流下能力が 100m^3/s 変化する場合の水位変動量に相当）である．

洪水継続時間と影響範囲の関係を**図-3** に示す．洪水継続時間が最長である昭和 38 年 8 月 10 日洪水型では，影響範囲が 1.15km と最も長く，洪水継続時間が最短である昭和 44 年 6 月 26 日洪水型では，影響範囲が 0.55km と最も短くなった．

表-1　降雨波形ごとの影響範囲一覧表

No.	降雨波形	洪水継続時間(hr)	ピーク流量 (m^3/s)	影響範囲 (km)
1	S38.08.10	55	4,161	1.15
2	S44.06.26	21	2,863	0.55
3	S45.08.21	31	4,838	0.85
4	S46.08.30	26	3,503	0.70
5	S47.07.05	48	4,020	0.90
6	S57.08.27	36	4,011	0.85
7	H05.07.28	50	4,814	0.80
8	H05.08.10	29	3,801	0.60
9	H17.09.07	41	3,678	0.90

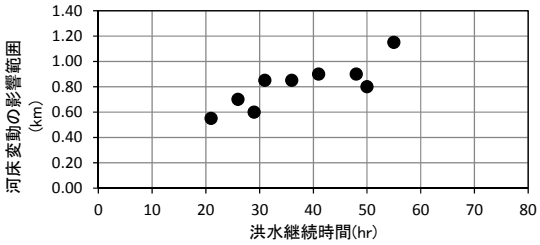

図-3　洪水継続時間と河床変動の影響範囲の関係

4. 土砂供給のタイミングが河床変動に及ぼす影響

平成 7 年 7 月に姫川での水災害では，洪水前半に河床低下し河川構造物に損傷を与え，洪水後半に多量の土砂が流入し氾濫した [2]．このように土砂供給のタイミングによって，河床低下と河床上昇による被害の両方が発生する可能性がある．そのため，本章では土砂供給のタイミングが河床変動に及ぼす影響や供給される土砂の粒度分布の違いによる影響について考察した．

計算ケースは，ピーク流量の 3 時間前，ピーク流量発生時，ピーク流量の 3 時間後に土砂を 1 時間で供給するケースを設定した（**図-4**）．全土砂供給量は，境界点における平衡流砂量の総量で設定し，粒度分布は下流部（4km 付近）と上流部（永瀬ダム流入部）での粒度分布を設定した（**図-2**）．

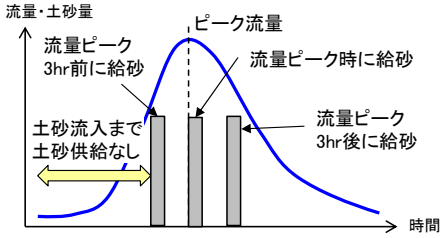

図-4　土砂供給タイミングのイメージ図

下流部の粒度分布を想定したケースについて，流量ピークの 3 時間前給砂では，流量ピーク時に河床が上昇している．反対に流量ピークの 3 時間後給砂では，洪水減水期のため掃流力が弱いため洪水後の河床は低下したままである．

上流部の粒度分布を想定したケースについて，流量ピークの 3 時間前給砂では，土砂供給時に河床が上昇しているが，流量ピーク後に河床が低下している．反対に流量ピークの 3 時間後給砂では，土砂供給以降，河床が上昇している．

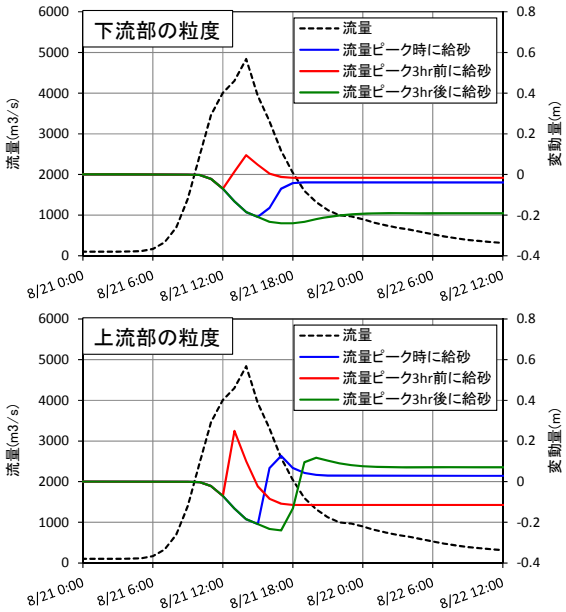

図-5　境界点から 200m 下流の河床変動量

5. おわりに

本研究では，今後の新たな治水計画の考え方の一歩になるような知見が得られた．

1) 洪水継続時間と影響範囲の関係にはある程度の相関関係が見られ，影響範囲には洪水継続時間も重要な要因である．そのため，様々な降雨波形を想定することが重要となる．
2) 土砂供給のタイミングや供給される土砂の粒度分布の違いによって洪水中，洪水後の河床変動量に違いが見られる．そのため，山地部の土砂動態の特性を把握することで土砂供給のタイミングや供給土砂の粒度を想定することが重要となる．

参考文献

1) 国土交通省四国地方整備局，高知県：物部川水系河川整備計画，p.1， 2010.
2) 栃木ら：土砂生産のタイミングを考慮した土砂生産・流出に関する研究，砂防学会誌，vol59，No.5，pp.15-22，2007.