

河床材料の粘着性が流砂と河床変動特性に与える影響 ～トンレサップ河を対象として～

京都大学防災研究所 正会員 ○竹林洋史*

東京大学大学院工学系研究科 非会員 中元達也

京都大学防災研究所 正会員 藤田正治*

1. はじめに トンレサップ河は、トンレサップ湖とメコン河を繋ぐ河川であり、乾期はトンレサップ湖からメコン河に水が流れる順流であるが、雨期はメコン河からトンレサップ湖へ水が流れる逆流となる。このように、雨期に逆流する特性があるため、洪水時のメコン河からの大量の土砂がトンレサップ湖に流れ込み、トンレサップ湖が年々埋まっているのではと危惧されている。トンレサップ湖は、遊水池としての治水機能を有しているとともに、淡水魚の宝庫であり、カンボジア及びベトナム南部にとって欠かせない存在である。ところで、メコン河とトンレサップ河は、その河床材料特性が大きく異なる。図1に示すように、メコン河の土砂は、平均粒径0.5mm程度の非粘着性材料であるが、トンレサップ河の土砂は、平均粒径0.1mm以下で粘着性を示す材料を含んでいる。つまり、逆流するときには、メコン河の粗い土砂がトンレサップ河の粘着性河床上を流れていることとなる。そこで、本研究では、河床を粘着性土と非粘着性土の混在場として扱った一次元河床変動解析モデルをトンレサップ河に適用し、河床材料の粘着性が流砂と河床変動特性に与える影響を検討する。

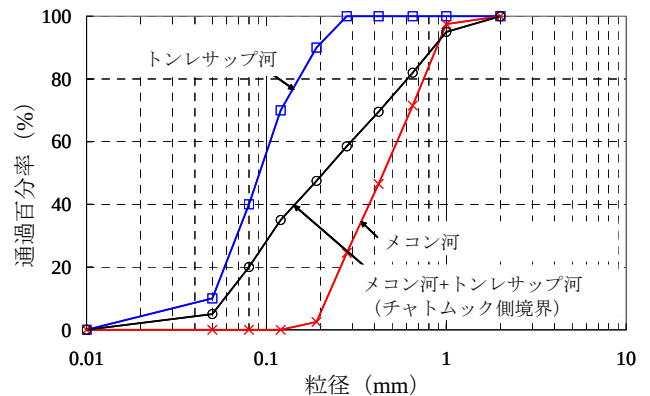


図1 解析に用いた粒度

2. 数値解析 解析に用いる基礎方程式は、1次元流れによるものである¹⁾。流砂形態として掃流砂と浮遊砂を考え、河床材料を混合砂として扱うと、掃流砂層モデルを用いた河床位方程式は、以下ようになる。

$$B_w \frac{\partial(c_b E_b)}{\partial t} + B_w (1-\lambda) \frac{\partial z_b}{\partial t} + \sum_{k=1}^n \left(\frac{\partial Q_{bk}}{\partial x} + B_w w_k (c_{sbe k} - c_{sbk}) \right) = 0 \quad E_{sd} \geq E_{be} \frac{c_b}{1-\lambda} \quad (1-1)$$

$$\frac{\partial z_b}{\partial t} + V_e = 0 \quad E_{sd} \leq E_{be} \frac{c_b}{1-\lambda} \quad (1-2)$$

ここに、 B_w は流水幅、 c_b は断面平均掃流砂濃度、 E_b は掃流砂層の厚さ、 λ は河床の空隙率、 E_{sd} は非粘着性材料の厚さ、 E_{be} は平衡掃流層厚さであり、無次元掃流力を関数にした江頭・芦田の式²⁾より求める。掃流砂量及び粘着性土の浸食速度式³⁾は、平衡掃流砂層厚に対する非粘着性土の土層厚の比 r_b を考慮する⁴⁾。 w_k は土砂の沈降速度、 $c_{sbe k}$ は k 粒径階の基準高さにおける平衡浮遊砂濃度、 c_{sbk} は k 粒径階の基準点高さにおける浮遊砂濃度である。粒度分布は掃流砂層厚の時空間的な変化を考慮した多層モデルで評価する。解析期間は、2002年6月～2003年11月であり、トンレサップ河の逆流の開始から1年後の順流の開始までである。河床形状は、1997年～1999年に実測されたデータを用いる⁵⁾。粒度の初期条件は、メコン河との合流点の境界を除いて一定値を与えている。平均粒径は0.108mmであり、Case1では粘着性を示すものとして扱っており、Case2では非粘着性土として扱う。メコン河との境界の初期河床材料は平均粒径0.347mmであり、トンレサップ河とメコン河の粒度データの平均的な粒度とし、非粘着性土砂として扱っている。

3. 結果と考察 図2に、Case1における最深河床位の縦断分布の時間変化を示す。逆流時はメコン河付近とトンレサップ湖付近で堆積傾向となっている。一方、順流時は逆流時の堆積量とほぼ同量の河床低下が発生している。結果として、1年間の河床変動の収支は、非常に小さくなっている。図3(a)に0.28mmの土砂の存

Key words 粘着性, 河床変動, トンレサップ河, 混合砂, 流砂

* 〒612-8235 京都市伏見区横大路下三栖東ノ口

TEL 075-621-2144 FAX 075-621-2144

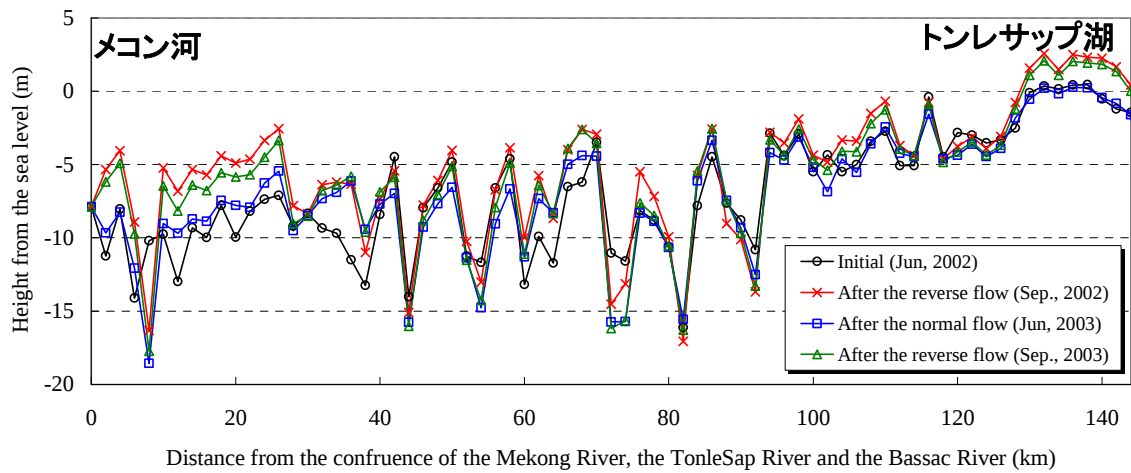


図2 最深河床位の縦断分布の時間変化 (Case1, 粘着性考慮)

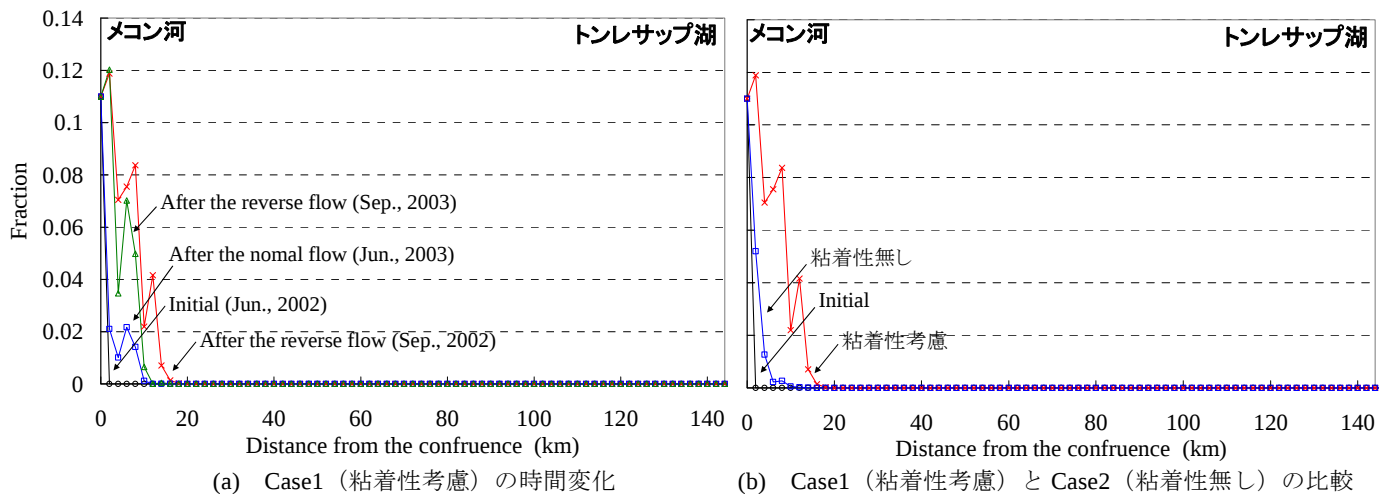


図3 粒径 0.28mm の土砂の存在率の縦断分布

存在率の縦断分布の時間変化を示す。0.28mm の土砂は、初期粒度としてはメコン河との境界にしか存在しないものである。図より、0.28mm の土砂は 2003 年 9 月においても、20km 付近までしか輸送されておらず、メコン河との合流点付近を行き来しているだけである。この結果は、メコン河の粗い土砂は、トンレサップ湖まではほとんど輸送されていないことを示すものであり、危惧されている「メコン河の土砂によるトンレサップ湖の埋没」は発生しないことを示す。図 3(b)は、Case1 と Case2 の計算終了後の 0.28mm の土砂の存在率の縦断分布である。これによると、河床を粘着性材料として扱う方がメコンの土砂がトンレサップ湖側へ近づくことが分かる。これは、非粘着性河床では、河床の細かい材料と交換しながら輸送されるが、粘着性河床では流砂への細かい河床材料の取り込み量が少なく、容易に粗粒化するためである。

4. おわりに 河床を粘着性土と非粘着性土の混在場として扱った一次元河床変動解析モデルをトンレサップ河に適用し、河床材料の粘着性が流砂と河床変動特性に与える影響を検討した。本研究で得られた結果をまとめると以下ようになる。(1) 逆流時にトンレサップ河に土砂は堆積し、順流時にそれらの土砂がメコン河へ流れ込む。そのため、1 年間後の河床位はほぼ同じである。(2) メコン河の土砂によりトンレサップ湖が急速に埋まっているとは考えにくい。(3) 土砂の粘着性を考慮すると、粘着性を考慮していない場合と比較して、メコン河の土砂はトンレサップ湖の方へ輸送される。

参考文献 1) Takebayashi H.ら：Proceedings of XVth Conference of APD-IAHR, pp.291-298, 2006. 2) Egashira, S. and Ashida, K. : Advances in Micromechanics of Granular Materials, Elsevier, pp. 391-400, 1992. 3) 関根ら：水工学論文集第 47 巻, pp. 541-546, 2003. 4) Takebayashi H.ら：River Sedimentation, Vol.10, pp.267-277, 2007. 5) Kingdom of Cambodia, Ministry of Public Works and Transport, Waterways Department : Hydrographic Atlas Tonle Sap River and Tonle Sap Lake in Cambodia, Vol. 3, 1999.