

海面上昇および流量の変化の河床変動に及ぼす影響

鳥取大学工学部 正員 道上 正規
 鳥取大学工学部 正員 藤田 正治
 日建技術コンサルタント 正員 ○イリチエ グエ アボ

1. はじめに

地球の温暖化によって西暦2100年には海面が0.5mから2.0m上昇すると言われている。また降水量の変化によって河川の流量変化が生じること考えられる。本研究では、海面上昇及び流量の変化が河床変動に及ぼす影響を拡散型河床変動モデルを用いて検討するものである。

2. 河床変動の拡散モデル

図1の座標系において、エネルギー方程式、流砂の連続式およびマンニングの抵抗則を用い、擬似等流を仮定すれば、河床変動が次の拡散方程式によって計算される。

$$\frac{\partial z}{\partial t} = K \frac{\partial^2 z}{\partial x^2} \quad \dots \dots \dots (1)$$

ここに、 z : 河床変動量、 t : 時間、 x : 流下距離で、拡散係数 K は掃流砂量式に芦田・道上の式を用いると次式のようなになる。

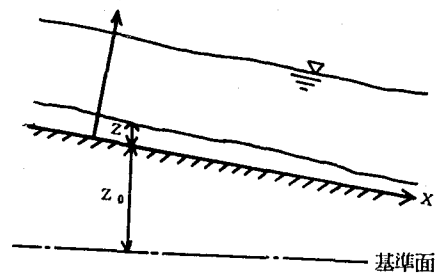


図1 座標系

$$K = 17.8 \frac{1}{1-\lambda} \frac{q A_1^3}{s A_0} \left(1 - \frac{\tau_{*c}}{\tau_*} \right) \left(1 - \frac{u_{*c}}{u_*} \right) \quad \dots \dots (2) \quad \text{ここに, } A_1 = A_0 / (6.0 + 5.75 \log \frac{R}{d(1+\tau_{*c})}),$$

$A_0 = v / u_*$, λ : 河床材料の空隙率, q : 単位幅流量, s : 砂の水中比重, τ_{*c} : 無次元掃流力, τ_{*c} : 無次元限界掃流力, u_* : 摩擦速度, u_{*c} : 移動限界摩擦速度, v : 断面平均流速, R : 径深, d : 砂粒径である。境界条件は、上流端 ($x=0$) で与えられた流入土砂量に対する平衡河床勾配になるものとして、 $\partial z / \partial x = a$, 下流端 ($x=L$) で河床が一定速度で上昇するものとし、 $\partial z / \partial t = A$, 初期条件は、 $z(x, 0) = 0$ とする。ただし、海面の上昇速度は小さいので、 A は海面上昇速度に等しいものとする。以上の条件から式(1)の解は次のように表される。

$$z(x, t) = a(x-L) + A \left(t + \frac{x^2 - L^2}{2!K} \right) + \sum_{n=0}^{\infty} \left(\frac{8aL}{(2n+1)^2 \pi^2} + \frac{16A_1^2 (-1)^n}{K \pi^3 (2n+1)^3} \right) \cdot \cos \frac{2n+1}{2L} \pi x \cdot \exp \left(- \frac{(2n+1)^2 \pi^2 K t}{4L^2} \right) \quad \dots \dots \dots (3)$$

3. 海面上昇の影響

流砂の活発な河川とそうでない河川、または勾配の大きな河川と小さな河川で、海面上昇の河床上昇に及ぼす影響がいかに異なるかについて検討した。計算は、流入土砂量に対してすでに平衡状態になっている河川 ($a=0$) を対象とし、河床材料の粒径2mm, マニングの粗度係数 $n=0.03$, 河床勾配1/1470および1/550の条件で、 τ_{*c} と τ_{*} の比を1から5に変えて行った。ただし、 $\tau_{*c}=0.042$, $\lambda=0.4$, $s=1.65$, 海面は100年間で2m上昇するものとし、 $A=0.02\text{m/Year}$ とおいた。

対象河川にある流量を1年間与えたとき、年間の平均流入土砂量が再現できるとき、それをその河川の代表流量とし、 τ_* をその代表流量に対する無次元掃流力とすると、 τ_*/τ_{*c} が大きいき流砂が活発な河川、小さいとき活発でない河川と言える。図2は勾配

1/1470 および 1/550 のときの河口、河口から1.2km、6kmおよび24km地点における100年間の平均河床上昇率と海面上昇率の比 R と τ_*/τ_{*c} との関係を示したものである。この図から流砂が活発な河川ほど、河床上昇の水位上昇に対する応答が速く、海面上昇の影響を受ける範囲も上流側に広がっていることがわかる。また、 τ_* が一定のとき、勾配が

緩い方が拡散係数が大きくなるので、河床上昇の水位上昇に対する応答が比較的良くなっている。

次に、島根県の斐伊川のような規模、河床材料および流量をもった河川を想定した条件で計算を行った。計算条件は、勾配を1/840にする以外は前述の計算条件と同様である。その結果を図3に示す。斐伊川の場合代表流量を調査報告¹⁾に基づき求めると $49\text{m}^3/\text{s}$ ¹⁾であり、与えられた条件に対して求められた τ_*/τ_{*c} と流量の関係を示した図4から、代表流量に対する τ_*/τ_{*c} は約3.5である。したがって、図3から、河口から24km付近でも河床上昇量が河口水位上昇量の45%近くになることがわかる。

4. 流量変化の影響

河口水位上昇に対する河床上昇の応答性が、代表流量の変化によっていかに変化するのかについて、図3および4から検討する。代表流量が前述と同じ $49\text{m}^3/\text{s}$ から、その20%だけ減少または増加したとすると、河口から24km地点の R の値は流量変化のない場合の20%程度減増する。また、河口から1.2km付近では流量変化の影響はほとんど見られない。したがって、河床変動に及ぼす海面上昇の影響を見る場合、もしも流量が20%程度増減するとすると上流部では流量変化の影響が無視できないが、下流部ではその影響はほとんど無視できることがわかる。

参考文献 1)河床変動システム解析業務報告書，建設省出雲工事事務所他，昭和61年3月。

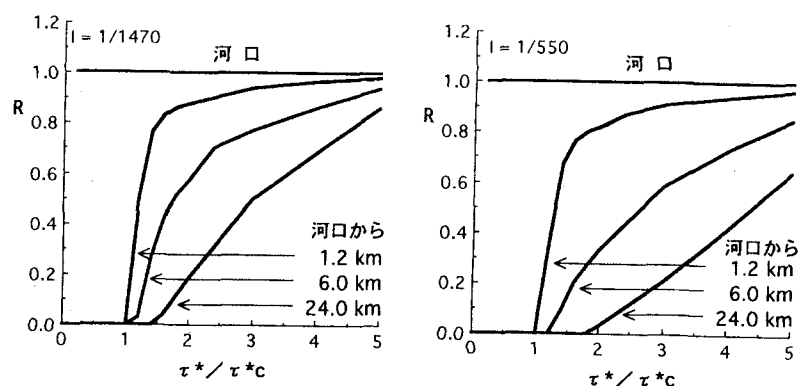


図2 河床上昇率の河口水位上昇率に対する割合

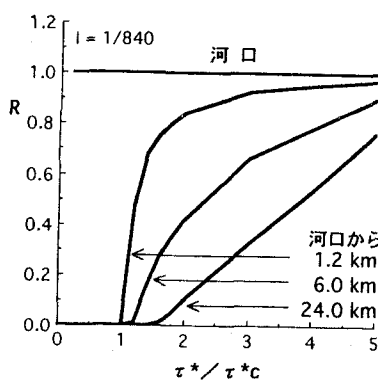


図3 河床上昇率の河口水位上昇率に対する割合

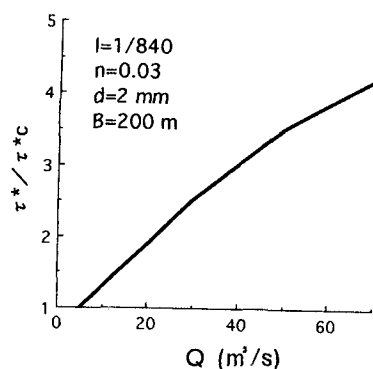


図4 τ_*/τ_{*c} と流量の関係