

1. まえがき 河床形態ならびにそのスケールを把握することは、河川の流水抵抗や河床変動を予測する上で重要な課題であるが、洪水時には観測が困難なことからその定態はほとんど解明されておらず、平衡状態を対象とした領域区分やスケールの推定法がそのまま用いられてきた。しかしながら河床波の変形にはかなりの時間を要するため、水理条件が急激に変化する場合には、平衡状態からのずれが大きくなる可能性がある。

本研究は、従来提案されている河床波スケールならびにその変化速度の予測式に基づいて、わが国のいくつかの代表的な河川における洪水時の河床波スケールを推算し、平衡状態との相違を検討したものである。

2. わが国の河川における洪水時の水理量 図-1は、山本¹⁾の資料を用いて、わが国の代表的な河川の中下流部における年1回程度の洪水ピーク時の τ_b と R/d の関係をプロットしたものである。図中の線群は山本¹⁾による河床形態の領域区分線を示しており、左下の砂堆領域および右上の遷移領域付近に多くのデータが集中している。もっとも、従来の領域区分図は、所定の水理条件が充分長く継続した場合を想定して描かれたものであり、洪水時の河床形態ならびにそのスケールをより正しく推定するには、ピーク時の水理量を以てなく、ハイドログラフそのものを考慮する必要がある。

そこで、図-1のさまざまな領域によたが、78つの地点を選び、過去20年間における最大と20番目の洪水のハイドログラフを示すと、図-2のようである。図中の点線は、それらを内挿して求めた、年超過確率 $1/2$ の洪水のハイドログラフである。いずれの河川においても洪水の継続時間は比較的短く、ピーク流量の50%を超える流量の継続時間は10hr程度、90%を超える流量の継続時間は数hr程度となる例が多い。

図-3は、これらの河川における年超過確率 $1/2$ の洪水時の水理量が、 τ_b - R/d 平面上でどのように変化するかを示したものである。ただし、水深は各観測点での水位・流量曲線から推定し、勾配は計画高水水面勾配で代表させている。図からわかるように、年超過確率 $1/2$ 程度の洪水では、ほとんど流砂が生じなかったり、upper regimeに属するような河川もあるが、duneの領域内で変化すると推定される河川も少なくない。

3. 河床波スケールの変化予測 洪水の通過中に河床形態やそのスケールがどのように変化するかを予測することは容易でないが、水路実験の結果から導かれた式を適用してその変化過程を推定することは、充分意義があるものと思われる。そこで、次に示す式系を用いて、年超過確率 $1/2$ の洪水に対するduneの変形過程の追跡を試みたが図-4である。

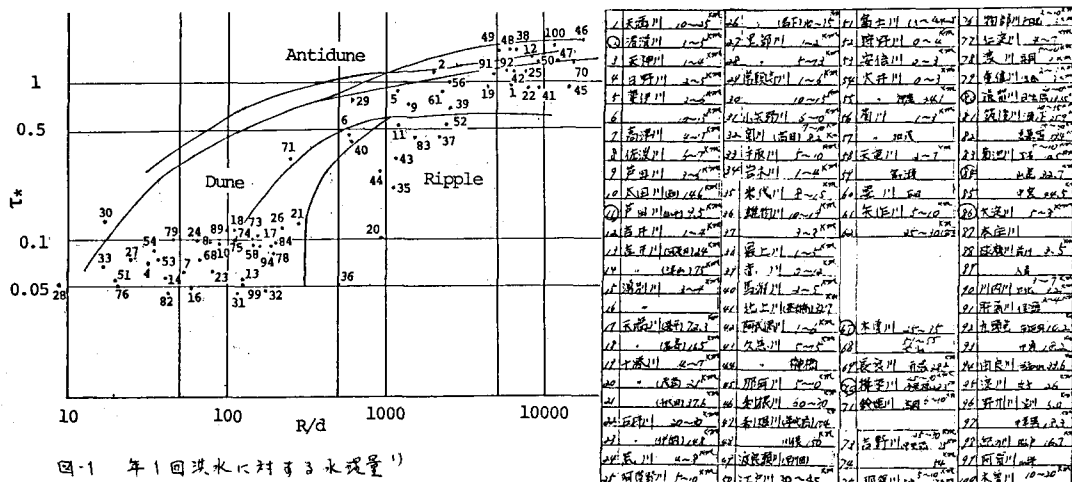


図-1 年1回洪水に対する水理量¹⁾

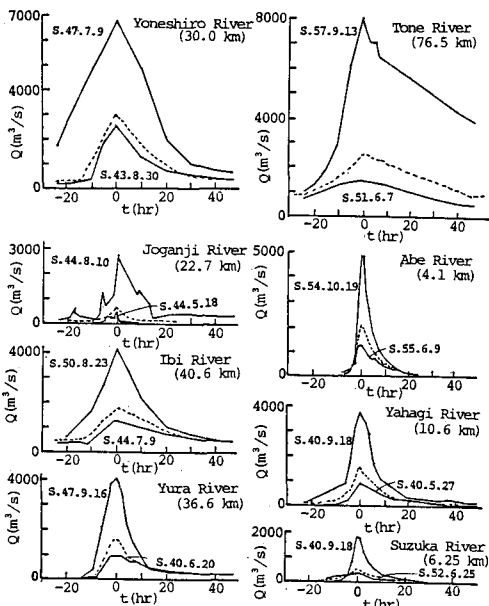


図-2 最近20年間の最大ならびに20倍洪水ハイドログラフ
(点線は年超過確率1/2の洪水ハイドログラフを
内挿により推定したものを示す。)

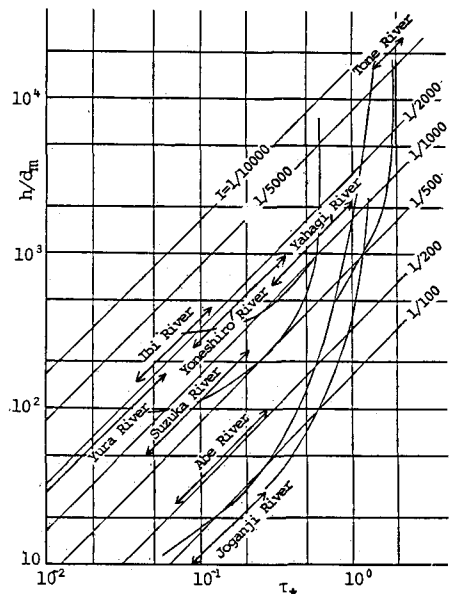


図-3 1/2洪水に対する水理量の変化範囲

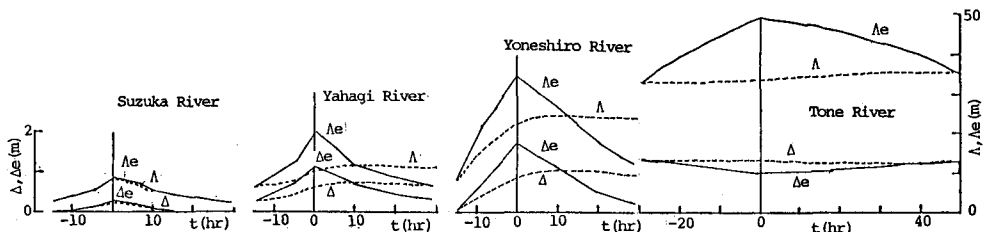


図-4 年超過確率1/2の洪水ハイドログラフに対応する河床段の応答と平衡河床形状の推算値

$$d\Delta/dt = 0.6 (g_B/\Delta) (1 - \Delta/\Delta_e) \quad \dots(1)^{21}$$

$$d\Lambda/dt = 0.4 (g_B/\Delta) \{1 - (\Lambda - 100d)/(\Lambda_e - 100d)\} \quad \dots(2)^{21}$$

$$\Delta_e/\Lambda_e = 0.0127 \left\{ \left(\frac{\tau_c}{\tau_e} \right) - 1 \right\} \exp \left\{ - \left(\frac{\tau_c}{\tau_e} - 1 \right) / 12.84 \right\} \quad \dots(3)^{21}$$

$$\Lambda_e/h = 2\pi \quad \dots(4)^{21}$$

$$g_B/\sqrt{(\tau_c - 1)gd^3} = 17.7 \tau_e^{1.5} (1 - \frac{\tau_c}{\tau_e}) (1 - \sqrt{\frac{\tau_c}{\tau_e}}) \quad \dots(5)^{21}$$

$$u/u_{*e} = 6.0 + 5.75 \log \{h/d(1 + 2\tau_c)\} \quad \dots(6)^{21}$$

$$2(u_{*}/u)^2 = C_0 \{1 - (\Delta/\Lambda) \cot 34^\circ\} + \Delta^2/(\Lambda h) \quad \dots(7)^{21}$$

$$\sqrt{2/C_0} = 6.0 + 5.75 \log (h/d) \quad \dots(8)^{21}$$

ここに、 Δ :波高、 Λ :波長、 Δ_e :平衡波高、 Λ_e :平衡波長、 h :水深、 d :粒径、 g_B :単位幅波砂量である。式(1)および(2)は、中川・辻本²¹⁾によるものであるが、増水時と減水時に対する係数の区別は行わなかった。初期条件は、利根川では流量ピーク時刻の30時間前、その他の河川では15時間前、それぞれの水理量に対する平衡状態の河床段スケールを与えた。この図から断定的な結論と導くのは早計であるが、わが国の代表的河川における洪水時の河床形態は、流量変化に対してかなり応答が遅れ、波長や波高の変化量は平衡状態に対するものより小さくなることが推測される。

4. あとがき 以上、わが国の代表的な河川における洪水時の河床形態について考察し、そのより正確な推定には、流量変化に対する遅れを考慮する必要があることを示した。なお、本研究は、文部省科学研究費補助金一般研究B(代表者:芦田和男教授)ならびに自然災害特別研究(1)(代表者:岸力教授)の補助を得て行なったものである。また、実河川の資料は、建設省から提供していただいた。記して謝意を表す。

参考文献 1)土木研究所資料 No. 1074 2)中川・辻本:第27回水理講演会論文集 3)Yalin・Karahane:

Proc. ASCE, Vol. 105, HY4. 4)芦田・道上:土木学会論文報告集, No. 206 5)Yalin: La Houille Blanche, Nat