

京都大学大学院 学生員 古川隆司

京都大学防災研究所 正員 村本嘉雄 正員 藤田裕一郎

1. まえがき; これまで水理条件の明確な資料の少ない水深・粒径比の大きい場合における中規模河床形態の挙動を明らかにするために実験を行い、得られた知見に基づいて砂州の形成条件を小規模河床形態との共存関係の観点から考察し、形成領域区分パラメータに関する新たな試みを示す。

2. 実験と結果の概要: 実験の設定条件は中規模河床形態に関する著者らのおよび、小規模河床形態に関する芦田・道上²⁾の領域区分図において、G-1, G-3が交互砂州、G-2, G-4が準砂州領域に表-1 実験条件

入り、G-3のみがtransitionとなるように定めた。なお水路長は43m、G-1は無結砂 Run Width Dis- Initial Mean charge slope diameter (m) (1/s) (mm) G-2 1.3 6.0 1/500 0.206 G-2 1.3 20.0 1/500 0.206 G-3 1.3 13.0 1/200 0.206 G-4 1.3 20.0 1/1000 0.206

の物理条件の経時変化であり、G-3以外のlower regimeの実験では、初期の水深増大が大きく、ripplesの発達に伴う抵抗増加と表わしているが、各ケースにおける河床形態変化の概要は次のようである。G-1は河床のどこどこで発生しE ripplesが発達し表-2 水理量の経時変化

から広がり、100時間ほどかけて河床全面を覆い、初期に発生伝播したripplesの列を前縁とするかのように、T=108hrから砂州が形成されはじめ、T=308hrには大部分が交互であるが、一部複列とみなせる比較的波長の短い砂州が形成された。G-2とG-4はともに、通水直後に河床全面がripplesで覆われたが、初使用掃流力の相異を反映して、G-2の方が早く二次的形態に移行した。G-2ではT=11hrに幅の7倍程度の交互砂州が形成され、一方G-4ではT=45hrになり、ようやく幅の4~5倍程度の交互砂州が現われはじめ、その後は両者とも約20時間かけて波高が発達した。

以上の実験について平均河床横断形状を検討した結果では、観察による砂州の形成開始と同時に横断形状も著鈍型に移行しており、これらも砂州の形成が確認できた。

つぎにこれらの小規模および中規模河床形態の形状特性を一括して示せば表-3 表-3, 小規模, 中規模河床形状特性のとおりであり、この表と上述の観察結果に基づいて、形成された砂州を分類すると表-4 となる。

3. 形成条件の検討: 前節の結果を水深・粒径比の大きなGuy, Simons, Richardsonおよび深見の実験値とともに、著者らの中規模河床形態の領域区分と比較検討すれば図-1のよ表-4 形成した砂州

となる。同図ではupper regimeあるいはtransitionにおけるG-3およびGuy'sの実験値は、これまでの領域区分図と一致しているが、しかし、ripplesで河床全面が覆われたG-1, G-2, G-4および深見の実験値は大きく相違している。すなわちG-1は交互砂州と複列砂州との境界付近にプロットされるべきであり、一方G-2, G-4は交互砂州領域に入らなくてはならず、同様の指摘は深見のデータにもいえる。ともに水深・粒径比h/dが100を越えているにもかかわらず、早い遷移が生じたG-1, G-2, G-4および深見の実験値と、各致しE G-3およびGuy'sの実験値との明確な相違点は、上述のように前者の河床がripplesで覆われ、一方後者の河床がupper regimeあるいはtransitionであったこと

RUN	Classification
G-1	交互砂州+複列砂州+中規模
G-2	交互砂州
G-3	交互砂州
G-4	交互砂州

ある。ここで図-1の領域区分図が flat bed であつた従来の実験値に基づいて作成されていることを考慮すると、G-3やGuy'sのデータが合致するのは当然と思われる。一方この領域区分図の縦軸のパラメータにおける粒径dのもの物理的意義を、砂州の発生に関わる擾乱(河床の凹凸)のオーダーを表すものと解釈する観点に立てば、Nippleで覆われたG-1, G-2, G-4などでは、そのオーダーは粒径ではなくむしろNippleの波高であると考えられる。したがって図-1のパラメータ h/d のdは河床を覆う凹凸の規模に応じて変化させる方が砂州の形成条件のパラメータとしてすぐれている可能性が考えられ、図-1の区分図は flat bed の場合に適用に限られるように思われる。

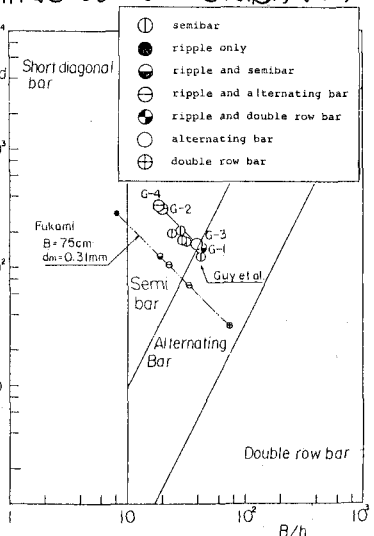


図-1 中規模河床形態の形成条件に関する検討

4. 小規模河床形態を考慮した領域区分図: 上述の考察から砂州の形成に関わる河床擾乱のオーダーを Δ とし、図-2のようにならべて flat bed を基準にして、パラメータ h/d に代えて h/Δ を用いた領域区分図を考える。 Δ については今後検討の余地は多いが、ここでは最も単純に flat bed は粒径dを、Nipple bedではNippleの波高を、dune bedではduneの波高を用いることにする。図-2にはその実験値のあるG-1, G-2, G-4による領域区分の妥当性が検証されているが、この図ではG-1は複列砂州に入って現象に近く入り、さらにG-2 G-4は交互砂州領域に入って良く適合する。また図-2では lower regime の河床波の実測のある天塩川についても検討されている。 Δ として30cmによる実験値 $\Delta=15$ 及び 47 cmの平均 30 cmを用いている。この場合も Δ として実験の Δ を用いた領域区分図は良く現象に一致しており、領域区分図はさきのようなように擾乱のオーダー Δ を用いれば、lower regime の場合についても flat bed の資料に基づいた領域区分図拡張使用の可能性が示されたが、この Δ を従来の小規模河床形態の形状特性に関する研究成果から $\Delta=100d$ とし、duneの場合は Yalin, Karahan の $\Delta=1.5$ から $\Delta=2$ の検討した結果では、Nipple河床のG-1, 2, 4の場合については良く合致したが、深見の場合は小規模河床形態の判定に若干の疑点があり十分合致しなかった。また天塩川の場合指定では $\Delta=2$ mにもなつて、実験値と一致せず、領域区分図とも適合しなかった。これは主としてduneの波高が実験の 6.7 mに対し予測値が 40 m以上にもなることに起因している。

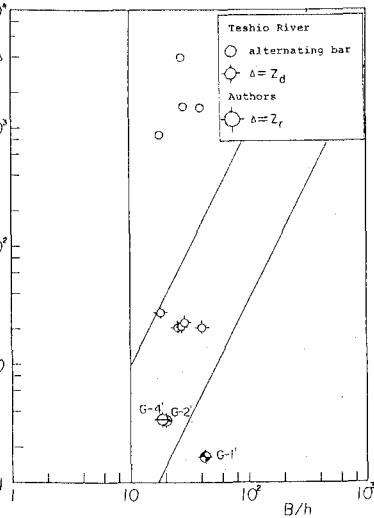


図-2 小規模河床形態を考慮した領域区分図

5. 考察: このような砂州の形成に関する擾乱の相違は砂州の発達速度にも大きく影響すると予想される。実際G-3では河床が upper regime になると直ちに砂州が形成されたのに対し、Nippleで覆われたG-1では砂州の形成開始まで108時間、G-2では11時間、G-4では45時間を要しており、擾乱の規模に対応して砂州の発達時間が大きくなっている。つまり無次元掃流力 $\tau_{*0} \leq 0.6$ の図-1の領域区分図の適用限界を、有効掃流力 $\tau_{*e} < 0.6$ まで拡張しようかという点は今後明らかにする必要がある。lower regime での τ_{*e} が減少しているので $\tau_{*0} > 0.6$ でも砂州は消えずに残存する可能性が高い。

6. あとがき: 今後さらに水深・粒径比の大きい場合の実験資料を集積するとともに、Nipple発生時の擾乱の物理的意味を明確にする必要がある。最後に実際に働かして頂いた小池剛彦と川田勝治様に御礼を表します。

《参考文献》 1) 村本 藤田; 第22回水講, 1978. 2) 芦田. 道上; 土論集, 第206号, 1972. 3) Guy, Simone, Richardson; USGS Prof. Paper, 1966. 4) 深見; 土木技術資料, 249, 1979. 5) 村本 藤田; 京大防災石年報, No.20 B-2, 1977. 6) 30田. 伊藤 隆; 北方調査報告1, 筑波大1980. 7) 水理委員会; 土論集, 第210号, 1973. 8) Yalin, Karahan; Proc. ASCE, Vol. 105, HY4, 1979.