

早稲田大学理工学部 正会員 ○鮎川 登
学生会員 橋本 信雄

1.はじめに 鮎川²⁾は直線水路における実験資料に基づいて砂礫堆の形成領域区分図を図1のように与えている。木下^{2),3)}は利根川と阿賀野川における洪水時(利根川は、700 m³/s、阿賀野川は、4,000 m³/s)の航空写真による洪水流の研究から利根川下流および阿賀野川下流では洪水時に砂礫堆が形成されていることを示した。そして、洪水時のデータを用いて利根川下流および阿賀野川下流の場合を図1にプロットし、どちらの場合も小規模河床形態の領域に入るので、図1の砂礫堆の形成領域区分図は実際河川には適用できないと述べている³⁾。しかし、この指摘には納得し難い点がある。利根川下流の場合は河道が蛇行しており、深掘れ的位置はあまり変化していないことが報告されているので、河床形状は河道の平面形状の影響を強く受けているものと考えられる。実験によると、砂礫堆の移動が停止するような曲率で蛇行している水路では、直線水路で砂礫堆が形成されない場合にも砂礫堆に類似した河床形状が形成されることが示されている。したがって、河道が蛇行している利根川下流部の河床形状を直線水路を対象にした図1の河床形態区分図で論ずるのは無理である。阿賀野川下流部の場合は河道はほぼ直線的であるので、図1の河床形態区分図の対象になりうる。しかし、図1の河床形態区分図は均一粒径、一定流量の条件のもとで行なわれた実験の資料に基づいて作成されたものであるので、河床が混合砂礫で構成され、流量も変化する実際河川の場合には単純には適用できない。砂礫堆の場合は砂運や砂堆などのような小規模河床形態とは異なり、水理条件が変化しても河床形状はすぐには新しい水理条件に対応するものにはならず、新しい水理条件に対応する河床形状が形成されるまでにはかなりの時間を要するものと考えられるので、洪水時の水理量を用いて図1にプロットし、洪水時に砂礫堆が形成されているかどうかを推定することには問題がある。洪水時の河床形状を推定するためには、洪水前の河床形状が洪水流によって変化していく過程を明らかにすることが必要であろう。ここでは、阿賀野川下流部で洪水時に砂礫堆が形成されていたという事実と河床形状の履歴性によって説明しようと試みた結果について述べる。

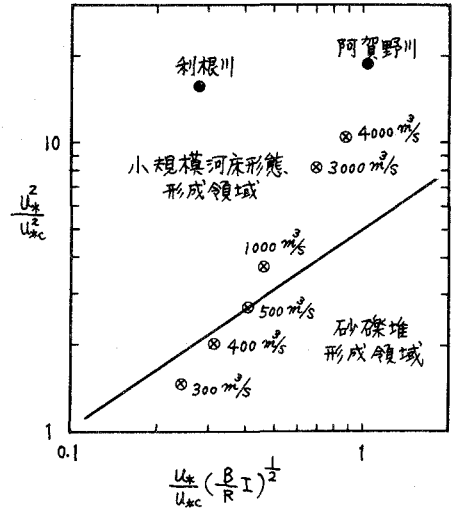


図-1 砂礫堆の形成領域区分図

2.阿賀野川下流部の砂礫堆 木下²⁾は昭和22～41年の間に13回にわたって撮影された航空写真から阿賀野川下流部4～9km区間における砂礫堆の移動状況を読みとり、砂礫堆は連続的に下流へ移動していることを示した。この20年間に阿賀野川下流部では流量2,000 m³/sの洪水(最大9,000 m³/s)が49回あったにもかかわらず、砂礫堆が連続的に前進していることから、木下は2,000 m³/s以上の洪水時に河床に砂礫堆が形成されていたと推定している。木下はさらに昭和41年9月の洪水時(流量4,000 m³/s)の航空写真から水深分布を推定し、また水面の流速分布と流向を判読して阿賀野川下流部の洪水時の流況は砂礫堆上の流れの特徴を有していることを指摘した。このような木下の研究によると、阿賀野川下流部では2,000 m³/s以上の洪水時に河床に砂礫堆が形成されていることは事実であると考えてよいと思われる。

3.阿賀野川下流部の洪水時の河床形状の推定 阿賀野川下流部の河道区間で不等流計算を行ない、各流量時

のデータを砂礫堆の形成領域区分図にプロットすると、図1のようになり、流量が500 m^3/s 以下の場合には砂礫堆が形成されるが、500 m^3/s 以上の場合には砂礫堆は形成されなくなることが推定される。しかし、実際には2,000 m^3/s 以上の洪水の場合にも砂礫堆は形成されていると考えられる。この点のつじつまと合わせるためにつぎのような考察をした。平水時に形成された砂礫堆は洪水時に堆積部の砂礫が掃流されて消滅するものと考えられるが、洪水の継続時間が短いために消滅する前に流量が減少するために砂礫堆が洪水時にも継続するものとする。この考えと裏付けるためにつぎのような計算をした。4.6~7.8 km区間の河床を平均河床高より高い部分(堆積部)と低い部分(洗掘部)とに分け、平均の堆積高(あるいは洗掘高) ΔZ と求めると1.26 mとなる。砂礫堆の形状を図2のように単純化して考え、洪水により砂礫堆が消滅する過程と堆積部の砂礫が洪水により掃流されて洗掘部に堆積し、河床が平坦化する過程としてとらえた。流量 Q のときの単位幅当りの流砂量と q_B とし、上流からの土砂補給がないものとして、砂礫堆が消滅するのに要する時間 T は $T = L / (q_B / \Delta Z)$ で与えられる。昭和41年の断面資料と88和45年の河床砂礫の粒度資料(5~8 km区間の平均の粒度分布: 図3)を用い、流砂量公式として(Lane-Kalinske と佐藤吉川、芦田公式、および Brown 公式、限界掃流力公式として Egiagz ruff 公式を用いて粒径別に流砂量を計算し、 $Q = 4,000 \text{ m}^3/\text{s}$ と $9,000 \text{ m}^3/\text{s}$ の場合について q_B と T を求めた。その結果、Lane-Kalinske と佐藤吉川、芦田の公式によると $Q = 4,000 \text{ m}^3/\text{s}$ の場合は $q_B = 0.55 \text{ m}^3/\text{m}/\text{hr}$, $T = 3.640 \text{ hr}$, $Q = 9,000 \text{ m}^3/\text{s}$ の場合は $q_B = 2.55 \text{ m}^3/\text{m}/\text{hr}$, $T = 60/\text{hr}$ となり、Brown 公式によると $Q = 4,000 \text{ m}^3/\text{s}$ の場合は $q_B = 2.29 \text{ m}^3/\text{m}/\text{hr}$, $T = 874 \text{ hr}$, $Q = 9,000 \text{ m}^3/\text{s}$ の場合は $q_B = 10.2 \text{ m}^3/\text{m}/\text{hr}$, $T = 198 \text{ hr}$ となる。したがって継続時間が1~2日程度の洪水では砂礫堆は消滅せず、洪水時にも継続することが推定される。なお、この計算の妥当性と判断するための目安とするために、昭和41~45年の日流量資料(横越流量観測所: この5年間の年平均流量390 m^3/s , 平均的な流況の昭和43年の流量と図4に示す)を用い、年間の流砂量を計算し、上記のモデルにより砂礫堆の年間の移動量と推定すると、砂礫堆の高さが3 mの場合は Lane-Kalinske と佐藤吉川、芦田の式によると40 %/year(掃流砂だけと考えたと20 %/year), Brown 公式によると154 %/yearとなり、木下による実測値80 %/yearとオーダーが一致する結果が得られた。

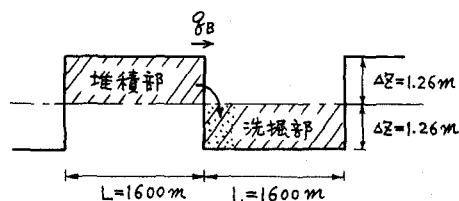


図2 砂礫堆のモデル

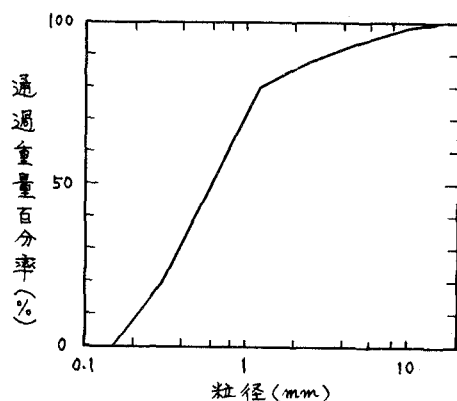


図3 阿賀野川下流部河床材料粒度曲線図

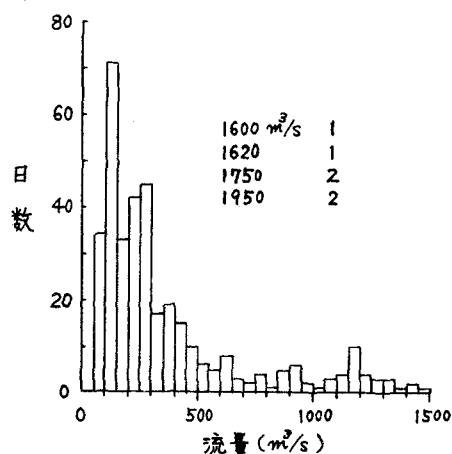


図4 横越地点における昭和43年の日流量

- 1) 奥田 登: 奥田水路における交互砂洲(砂礫堆)の形成条件, 土木学会論文報告集, 第207号, 1972.
- 2) 木下良作: 航空写真による洪水時の流況測定, 水工学に因る夏期研修会講義集, 土木学会水理委員会, 1968.
- 3) 木下良作: 河床平面計画式論, 水工学に因る夏期研修会講義集, 土木学会水理委員会, 1972.
- 4) 建設省利根川下流工事事務所: 利根川下流部の河道計画について(おん曲部における深掘れの検討), 1970.