029 排砂によるプールの土砂堆積と侵食

京都大学大学院農学研究科　○新原伸栄
京都大学防災研究所　藤田正治
京都大学大学院農学研究科　水山高久
京都大学防災研究所　澤田豊明

1．はじめに

階段状河床形は渓流魚の生息場所の一つであるが，それがハビタットとして適しているかどうかは，生息空間としてのプールの大きさと避難のための石礫の隙間，淀みなどの存在によって決まる．これまで著者らの行ってきた排砂実験[1)]では，プールが土砂で満杯状態になるため生息条件としては厳しい状態になっている．しかし，その後プールの回復が早ければ排砂のインパクトは小さくなる．本研究では，満砂後のプール回復度について，プールの大きさと流量履歴に着目しながら明らかにしようとするものである．

2．排砂実験

排砂実験は1997年から穂高砂防観測所のヒル谷試験流域の堰堤を使って行われており，2002年には9月6日に実施された．試験流域の流域面積は0.85km^{2}で，調査範囲は堰堤下流約200mの階段状河床形態の区間である．その詳細は文献 1)を参照されたい．これまでのどの実験でも小流量時に排砂したため，プールは平均粒径約3mmの砂で一旦満砂状態になっている．排砂終了後，無給砂状態になるのでプールは徐々に回復して行く．この回復過程は流量時系列に支配されており，2002 年の排砂の場合，図1に示すような流量によって回復する．図1によると，2002年の排砂後通常の流量は0.01～0.02m^3/sであるが11日目に時間雨量15mm/hr程度の降雨により流量が0.1m^3/sになっており，31日目にも同様の降雨があった．流量データに欠測があり詳細なことはわからないが，流量0.1m^3/s程度の出水が2回生起したと考えられる．

3．プールの幾何特性

本研究は大小28個のプールを対象としている．2002 年の排砂直前のプールは前年の排砂後の満砂状態からの回復過程にあり，その回復の程度はプールの大きさとその間の流量による．したがって，2002年の排砂前のプールは空ではないので，まず，各プールの空の状態に対する深さと容積を以下のように推定する．空の状態で図2の実線のような形状のプールが回復過程にあり，点線のような河床形状をしているとする．空のプールの深さはわからないが，プールの長さは図2のように空の状態でも回復過程の状態でもあまり変わらないとすると，空のプールの長さはほぼ推定できる．つぎに，空のプールは相似形をしていると仮定し，平均的なプールの形状は澤田[2)]の調査結果より，長さ，深さ，幅，入口幅，出口幅の平均値が各々116cm, 24cm, 97cm, 63cm, 40cmで，単位幅当たりのプールの容積の平均値が0.2m^{2}であるとする．これらの仮定より，プールの長さの計測値から，空のプールの容積と深さが推定できる．

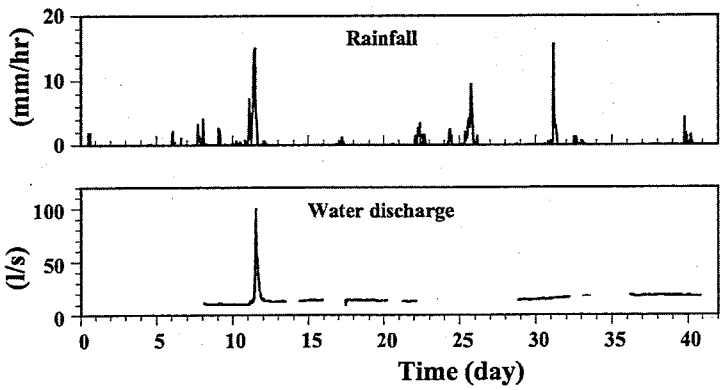

図1　排砂後の時間降雨量と流量

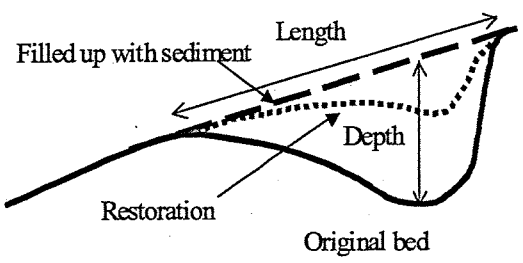

図2　プールの回復過程模式図

4．プールからの流出土砂量

プールの回復過程を議論するうえでプールからの流出土砂量は重要な情報となる．澤田[2)]，藤田[1)]らによると，流出土砂量は流量とプールの空き容積の関数として次式のように与えられる．

$$\frac{q_{so}}{\sqrt{sgd^3}} = A\left\{\frac{7.207\alpha^2 q^{3/4}}{sgd(0.745V_W^{1/2}+0.37q^{2/3})}\right\}^{6.62} \quad (1)$$

ここに，A：係数，$q=Q/B_{in}$，$s=(\sigma/\rho)$-1，Q：流量，B_{in}：プール入口幅，V_W：単位幅当りのプールの空き容積，d：砂の粒径，σ：砂の密度，ρ：水の密度，g：重力加速度で，一様幅の２次元模型実験から $A=2.015\times10^{-6}$ としている．また，係数 α は文献 1) によると 0.41 である．

式(1)は流砂量が０になる限界流量が考慮されていないが，仮にプールからの流出土砂量が 1.0cm^3/s･m のときの流量を限界流量とする．図３は粒径 3mm の砂が堆積しているとして，流量範囲 0.02～0.2m^3/s に対する流砂量の計算値を空き容積をパラメータとして示したものである．

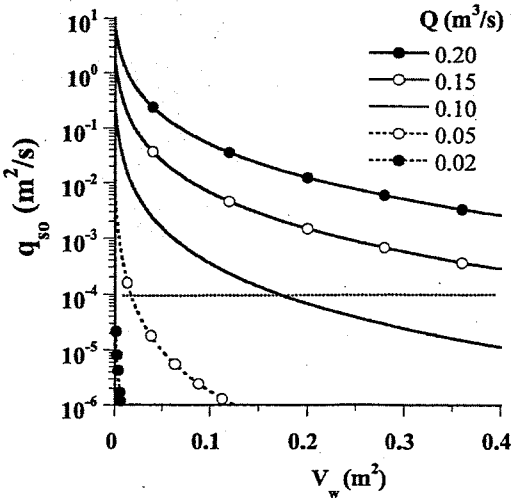

図３　プールからの流砂量

5．排砂後のプールの堆積と侵食

図４は空のプールの容積と2002年の排砂直前におけるプールの深さの関係を示したもので，実線は空のプール容積と深さの関係を表す．単位幅あたりの容積が 0.16m^2 以下のプールはほぼ空の状態に回復しているが，それより大きなプールは十分元の状態に回復していない．前年の 2001 年は８月に排砂が行われ，その後融雪出水までの流量は約 0.01m^3/s，融雪出水流量は 0.1m^3/s，梅雨期の日平均流量の最大値は 0.22m^3/s であった．図３より融雪出水により 0.17m^2 以下の容積のプールが回復することになり，実際と一致している．梅雨期の 0.22m^3/s の出水ではそれよりも大きなプールが回復しようとしたが，洪水継続時間が短く十分回復しなかったものと考えられる．

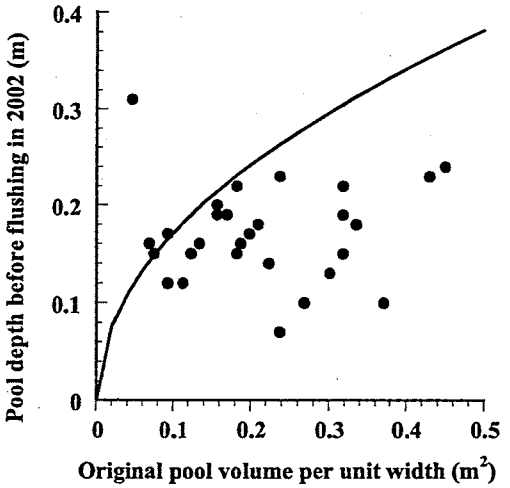

図４　プールの容積と排砂前のプールの深さ

図５は排砂前，排砂１日後，40 日後のプールの回復率をプールの大きさごとに示したものである．回復率はプールの深さを空のプールの深さで除したものである．排砂一日までの流量は 0.01m^3/s で，図３から考えてほとんど回復しないと思われるが，水脈の落下の影響で局所的に深さが 0～40%程度回復していると考えられる．40 日後までには流量 0.1m^3/s の出水が２回あったので，0.2m^2 程度以下の容積のプールは回復しようとしているが，洪水時間が短いため十分回復していない．排砂前と排砂 40 日後の回復率を比べると，排砂前の方が大きなプールも含めて全てのプールで回復しようとしており，回復率もよい．これは排砂前のプールは流量0.1m^3/s の融雪出水と梅雨期の日平均流量 0.22m^3/s の出水を経験しているためであると考えられる．

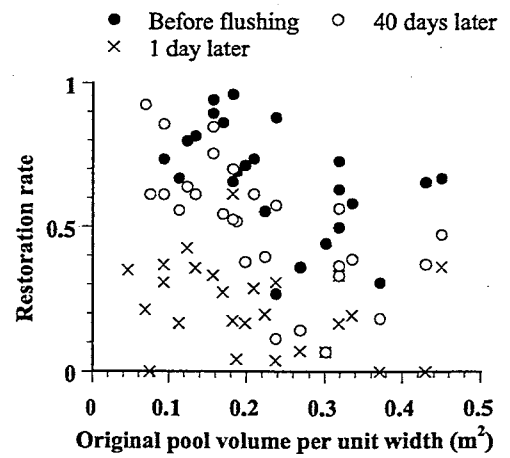

図５　排砂後のプールの回復率

参考文献　1)藤田正治ら：水工学論文集，第 44 巻，pp.1215-1221，2)澤田：京都大学博士論文，pp.51-85.