

1. はじめに

sediment waveは、流送と滞留を繰り返す土砂移動の特徴に注目する見方であり、その伝播にともなう河床形状の変化の把握は、溪流の景観や生態系保全を視野に入れた土砂コントロールを理解するうえで不可欠である。そこで、本研究では、千曲川水系三沢川源流域の溪流で行われている土砂流出の定点観測結果および河床形態の観測結果をsediment waveの通過とそれともなう河床形態の変化という視点から解析した。なお、河床形態としては溪流の景観や生態系を理解する基盤となるstep-pool河床をとりあげた。

2. 対象流域と調査方法

対象流域は長野県南佐久郡川上村字矢出川（筑波大学農林技術センター川上演習林第2林班）に位置し、千曲川水系三沢川の源流部を構成している鞍骨流域（面積:0.378km²）である。流量は流域出口に設置された量水堰で測定し、土砂流出量は量水槽と沈砂槽の堆積土砂量を測定することによって把握した。また、流量観測地点の直上流部に設置された横断測線で河床形態の計測を実施した。

3. 結果および考察

3.1 一出水に対応した土砂流出量の抽出

出水規模の表現は、総流出量およびピーク流量の両者によるものが最適と考えられる。しかし、多量の土砂流出をともなう出水では流量測定が不能になり総流出量の把握ができなかったこと、また流量がピークに達した時に土砂流出が最も活発になったと推定されたこと、さらにピーク流量と総流出量の間には正の相関がみられることから、本研究では出水規模をピーク流量で表現することとした。堆積土砂量の測定結果から、一出水に対応した土砂流出量が抽出され、それらのピーク流量に対する応答が図-1のように整理された。なお、この土砂流出を引き起こすピーク流量がほぼ0.2m³/sを越す出水は、連続雨量がほぼ70mm以上、最大時間雨量がほぼ15mm以上の降雨でもたらされた。

3.2 流量に対する土砂流出量の応答とsediment wave

流水の土砂運搬能力は出水規模に比例すると考え、さらに出水規模をピーク流量で代表させて、土砂流出量をピーク流量で除すことにより土砂流送指標を求めた。この指標は、流水の土砂運搬能力に対する土砂流出量の割合を示すもので、運搬能力にみあった土砂が十分にある場合は、この値は大きくなり、運搬能力は十分にあるが運搬されるべき土砂が少ない場合は小さくなる。出水イベントの順に示した土砂流送指標の変化は（図-2）、1989年9月3日の出水から1991年8月31日の出水までの期間は、それ以前およびそれ以後の期間と比べて観測地点上流に運搬されるべき土砂が多量に存在し、河床が不安定な状態にあったと推定させる。すなわち、この土砂流送指標の出水時系列における変化は、観測地点上流に土砂の波がおしよせその波が退いたために（言い換えれば、sediment waveが通過したために）引き起こされたと考えられる。

3.3 step-pool河床の変形

観測地点直上流の河床をsediment waveが通過した期間は（図-2）、量水槽内にpebbleサイズ（64-4mm）の土砂の堆積が卓越した。特にこの期間の最後の1991年8月31日の出水ではcobbleサイズ（256-64mm）の土砂の堆積が目立ち、量水槽内にそれまでの出水ではみられなかった粒径が20cm以上の礫がみられた。また、上部の沈砂槽内には粒径が30cmを越す礫もみられた。粒径が20cm以上の礫はstep構成礫であり、これは、step構成礫が一部移動したことを示している。

図-3は1991年8月31日の出水前後の観測地点直上流4、5、6ラインの河床横断形測定結果を、図-4はこの出水後（1992年7月24日時点）の4、5、6ライン付近のstep-pool河床の平面形と縦断形を示したものである。図-3は、sediment wave通過期間の7月14日の出水でもほとんど変化のみられなかった河床横断形が8月31日の出水で大きく変化したことを示している。また5、6ラインの変化からは8月31日の出水によるpool部の堆積を、4ラインの変化からはstep礫の一部移動を読みとれる。この横断形変化と図-4の縦断形変化から、8月31日の出水でpool部が埋積したこと、この出水の減水期あるいはその後の出水でpool部に埋積した土砂の一部は再移動したこと、さらに上部のpool部（5、6ライン）の河床がこの埋積によって高い位置に固定されたために下部のpool部で洗掘がおきその深さが増大したことを読みとれる。この1991年8月31日の出水を契機とする一連の現象は、それまでpool部とみられなかった河床にpool部が形成される過程と考えており、step-pool河床の変形過程を考える上で重要である。特に、この8月31日の出水によるstep礫の一部移動は、この変形過程の引き金として重要な役割を果たしていると考えられる。そこで、この変化を引き起こした1991年8月31日の出水のピーク時の水理条件を検討した。5ラインの洪水痕跡から出水ピーク時の水位を推定し、それを1991年9月21日測定した横断形（5ライン）に与えて出水ピーク時の流積を計算した。また、出水時の水面勾配として、5ライン前後の4つのstep頂部を結ぶ平均的な勾配を与えた。この結果、出水ピーク時の流速は1.9m³/s、フルード数は2、掃流力は10cm礫を移動させる大きさと推定された。しかし、実際には、粒径が20cm以上の礫が移動している。これは河床の平坦化とともに大小の土砂礫が適当な割合で混合して流送されたことに

よって混合効果がより有効に働き大きな礫がより運ばれやすくなったためと考える (Ikeda and Iseya, 1988)。いずれにせよ、混合砂礫が多量に河床に供給されてはじめてstep礫の移動、step-pool河床の変形がおこる。したがって、sediment waveがstep-pool河床上を通過することはその変形の重要な条件となる。

4. 結論

土砂流出の定点観測結果を土砂流送指標で表現し、その出水ごとの変化をみることで、一つの地点でのsediment waveの通過を確認できた。また、このsediment wave通過の過程でstep-pool河床のstep礫の一部移動およびpool部の埋積がみられ、これがその後のstep-pool河床の変形の契機となった。さらに、この変化を引き起こした出水の水利条件の検討から、step礫の移動には混合砂礫の流送特性、すなわち混合効果が重要な役割を果たしていると考えられた。以上からstep-pool河床の変形には混合砂礫が多量に河床に供給されることが重要な条件であり、sediment waveの通過がその条件を与えると考えられた。

引用文献

Ikeda, H. and Iseya, F. (1988): Experimental study of heterogeneous sediment transport. Environmental Research Center Papers, University of Tsukuba, No. 12, 50p.

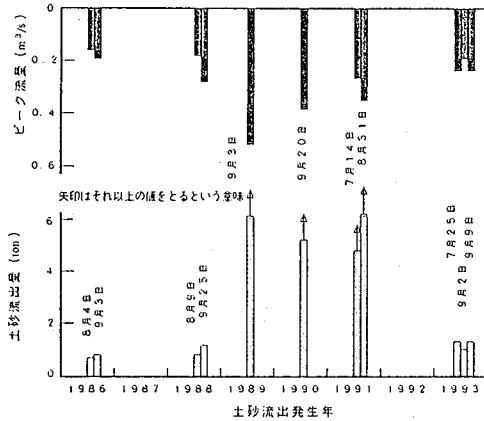


図-1

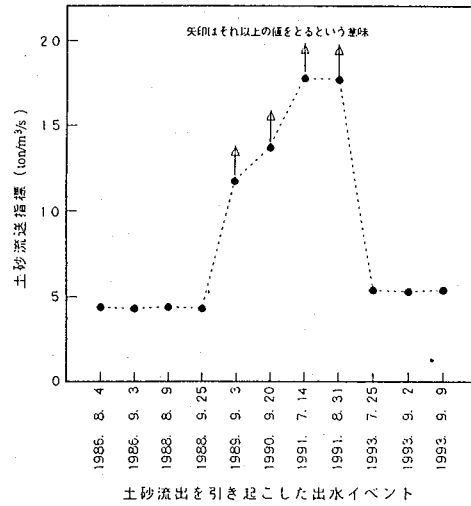


図-2

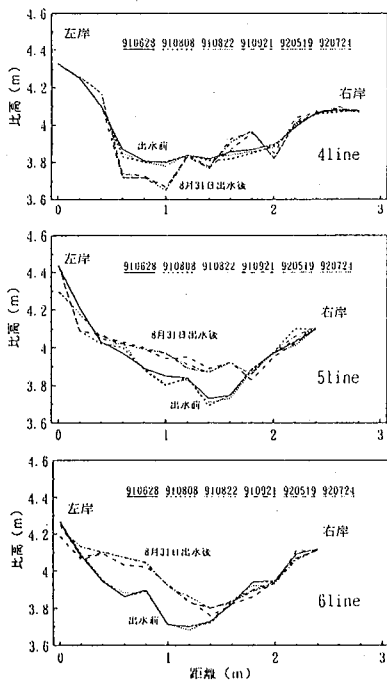


図-3

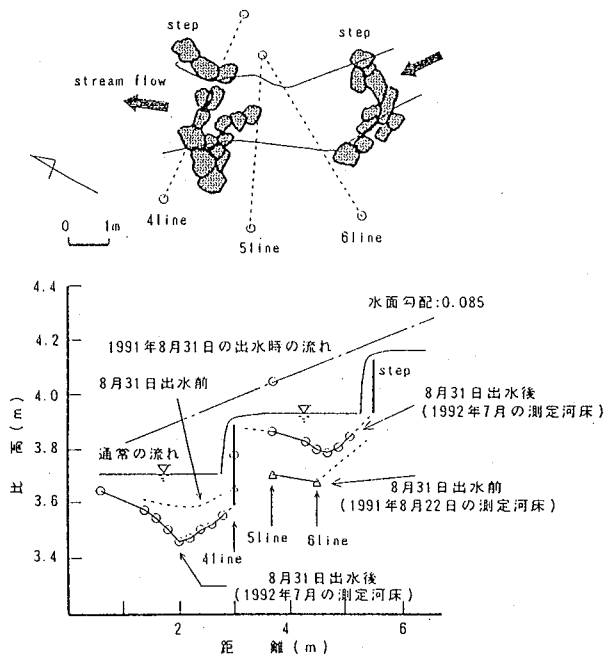


図-4