

II-189 流出土砂量の時系列的特性について

宇都宮大学 正員 須賀堯三

1 問題の背景と研究目的・内容

河道の性格決定上の主要な自然要因は流量と土砂量である。土砂量の河道に与える効果の例としては、大スケールの現象に扇状地頂部の不規則蛇行¹⁾(例えば天竜川・阿武隈川)、中スケールの現象に合流点の河道変動、小スケールの現象に中規模砂州変動などがある。この場合、土砂量の問題としては、生産・貯留・流出過程があり、その平面分布と時間分布、およびその粒径の分布が重要であり、実態論的研究が行われている。個々の河道について考えるとき、ダムは土砂貯留条件に変更をもたらすが、ダムが存在しないときには、流出土砂量の平均値とその粒径のほか、時間分布としての法則性と時系列特性が重要である。

前報は比流出土砂量 g_s の($\log g_s$)²がほぼ正規分布することを示し²⁾、その標準偏差値の特性について論じたが、 g_s の時系列特性については資料の提示にとどめた。そこで、今回は流出土砂量の時系列特性についてダム堆砂資料に基づいて考察を行う。

2 土砂流出過程

土砂の流出は、土石流・降灰・飛砂・その他人工的要因等による流出を除けば、洪水によってもたらされる。そこで、流量によって土砂流出を分類すると、粒径の細かい大量の土砂と粗い土砂を一緒に流下させる或る程度以上の規模の洪水による流出、融雪洪水や小洪水による流出、および土砂量が非常に少ない平常時の流れによる流出に分けられる。これを土砂の生産原因に対応させると、順におおよそ、降雨を主因とする山腹崩壊、河道堆積物と側岸・河床侵食、および僅少な河道侵食である。河道堆積物には、崩壊残土、合流点やわん曲部のポイントバー、狭窄部上流堆積土、砂防ダム堆積土、凍結融解作用等に基づく風化土等の滑落堆積土、および地震や火山活動等を主因とする生産堆積土や水河作用に基づく生産土等がある。流出土砂量は、これらの要素の量的および質的内容を基本として、河道のスケールや流量の規模によって定められる。

大きな土砂流出があった後年の流出土砂量は、主として後二者の原因によるものであり、侵食量と流送能力が重要である。侵食量は比流出土砂量 \bar{g}_s と流域面積(流域形状・谷密度と山地面積が特に重要)が大きいほど多く、大径砂礫の存在によるアーマコートの発達や河床低下過程の河道では経年的に急速に少なくなる。

3 流出土砂量の減衰特性

流出土砂量 Q_s の経年変化の曲線を見ると、多くの場合、これは立上り部とそれに続く減衰曲線および一定部から成り立っていることが多い。²⁾立上り部は土砂崩壊等に基づくものであり、減衰部および一定部はそれぞれ前述の後二者によるものと思われる。ダム堆砂資料を整理した結果、明らかとなった事項は次のようである。

a) 流出土砂量の経年変化量はかなり変動を示すのが一般であるが、山地河道のみをみた場合には、おおよそ5年~10年程度の尺度で、平均値の5倍程度以上の突出した立上り部が存在することが多い。この傾向は、流出土砂量の多い流域および流域面積の小さい場合ほど顕著であるとみなすことができる。

b) 立上り部が生じる年から次の立上り部が生じる年までの経過年数 T は、地形・地質および降水条件等により、同一地点でも異なり、また地域ごとに異なるものである。これについては、土砂崩壊の免疫性と呼ばれる現象の内容について検討を行うことが必要である。富士川支川早川の支川である稲又谷川の調査結果³⁾によると、流域面積24.5 km²の中で大量土砂生産のあった昭和57年の35箇所の中の大部分の主要崩壊地(崩壊量約60万m²)は、空中写真より判読したそれ以前の崩壊地(130箇所余り)以外のところに生じたという。ちなみに、富士川においてそれ以前に大きな土砂流出があったのは昭和34年である。一方、ガリは地形・地質・降水条件のほか、凍結融解による侵食(高度と緯度、植生に関係)や崩落堆積土の流水等による侵食が関係するといわれている。山腹崩壊は安定化過程であり、侵食や風化の不安定化過程のあとに、ある程度の幅

のある周期性をもって大規模な崩壊が生じるものと考えられる。

c) 立上り部に続く減衰部は、大きな変動が存在する場合もあるが大局的にみると、 $Q_s/Q_{sP} = \exp(-\alpha t)$ と表示することができる(α は定数、 Q_{sP} は立上り部の Q_s 、 t はその時からの経過年)。

d) 同一地点の α の値は、 Q_{sP} が大きいほど大きくなると考えられるが、資料によると大きな変化を示さない。

e) 流出土砂量 Q_s の減衰部では流量との対応関係がみられる。それは Q_s が大きく、土砂の粒径が小さいほど直接的である。また、河道延長が短いほど当該年の洪水流量の影響が大きい。しかし、河道延長が大きい場合や、流域面積が大きく合流支川の数が増えるほど時差が生じるようになり、除々に流量との対応関係が薄れる。

f) 流域面積の小さい山地河川では、土砂量の急激な減衰がみられるが、これは被侵食土砂量が多い場合でも流送能力によって決まるからであると考えられる。これに対して、洪水流量の大きい下流部で減衰が緩やかになる原因は、堆積土砂の休息期間が短く、被侵食土砂が容易に流送されることによると思われる。

g) 谷頭部の崩壊堆積土砂は流量が小さいので流送されないが、やや下流で流量が大きい地区では崩壊堆積部や支川合流点における洗掘によって、堆積上部の土砂のずり落ちがあつて土砂が補給される。また、わん曲部や複列蛇行部では流量変化によって流路変更があり、侵食量が増大する。土砂の堆積部における水位の上昇は新たな側岸滑落をもたらす。さらに、狭窄部下流での河床低下や局所洗掘は同様に河岸土砂の滑落をもたらす。このようにして、土砂量の縦断的なアンバランスは土砂量の増大となって流出土砂量の減衰を長引かせる。

h) 以上の結果、減衰曲線の α の値の一般の特徴は次のようである。すなわち、 α が大きな値をとる条件は、流域面積 A が小で、かつ比流出土砂量 \bar{g}_s が大であり、ついで A 大・ \bar{g}_s 大および A 小・ \bar{g}_s 小、最小となる条件は A 大・ \bar{g}_s 小である。これを言い換えると、減衰曲線の勾配が急になる条件は、 $Q_s(\bar{g}_s)$ が大、 A (または河道延長)が小、土砂の粒径が細粒、流出土砂の標準偏差値 σ が大(時間間隔 T に関係)、河道が直線的、および山地河道がステップ構造になっていないことなどである。

4 まとめと今後の問題点

この報告は、文献2)の続報として述べたものであるが、土砂流出の特性は河道の特性を解明するうえに重要な要因である。その内容は豊富である程よく、その一端を示すことができたと思う。しかしながら、実測資料は講演時に示すが、ばらつきの多い資料からの推察であり、ここで述べた定性的特性についても更に検討を加え、学問的な裏付けを十分なものとしなければならない。それに基づいて定量的な検討が可能となるであろう。

当面の今後の問題点として次の事項をまとめておく。

a) ダム堆砂や河道堆砂の粒度構成の資料が十分でないので、今後粒度の面からの平面的ならびに時間的な変化量に関する調査が必要である。

b) 流出土砂量の時系列曲線における立上り部の値については、崩壊地や崩壊量調査などの土砂生産量、河道内堆積量および不安定河岸土砂量などを調査のうえ、物理的な内容についての検討を必要とする。

c) また物理的内容の検討を補足する意味では、周期 T や流量との関係などについての統計的手法(自己相関や数量化解析を含む)なども有用であろう。また、流域内の詳細な調査が必要と考えている。

d) 沖積平野の形成に関する第四紀以降の歴史的な考察、特に常願川における蕪崩れのような比較的近年の大事件についても念頭においておくことが大切であるとする。

e) 流出土砂量と河道特性の関係について、各種の、また多くの研究が期待される。

〔参考文献〕1) 須賀堯三：大規模河床形態に関する考察、水講60.2

2) " : 土砂流出のシステムと特性に関する二・三の考察、水講61.2

3) 水山高久、森山裕二：大規模な土砂流出事例とその後の変化、水講61.2