

京都大学防災研究所 正 員

芦田和男

同

同

○ 奥村武信

概説 流域管理には水系一瞥した取り扱いが肝要である。それは水についてのみならず、流出土砂についても言えることであろう。とくに最近のように下流部での流送土砂不足が問題となるとき、その意義は大きい。さて、そういった取り扱いの前提として、流域全体についての土砂流出あるいは土砂移動の断面的空間的な変動を予測し、あるいは入工を加えることの影響を推定できなければならない。このうち、土砂流出・移動の空間的偏差は潜在的な土砂生産力にかかわる地質条件の差違は論外として、この過程が進行する場としての流域がもつ地形特性を指示する諸量の変動・偏差に大いに影響されるものである。本文は、庄川水系を対象として概略的に「荒れている」支川と、そうでない支川とにおける地形諸量の差違と土砂流出について、二二検討したものである。

対象流域 対象は庄川水系の山地流域すなわち利賀川合流より上流である。庄川は1930年代から多くの発電ダムが築造されており、流出土砂量をはじめ降雨・流量についても比較的正確な資料を得られる利点とを有している。地質的には飛騨外縁構造帯のうへに白山火山帯が重複する複雑なものである。使用した地形図は地理院発行1/5万地形図であり、河道網は等高線の屈曲から読みとった谷線から始め、Horton-Strahlerの ordering systemで整理した。各支川の概略は表-1のとおりである。

土砂流出に関連する地形量 流送土砂は一般に浮送土砂量と掃流土砂量に大別できる。河川の輸送能力としては、前者に対しては流量の二乗、後者に対しては[流量×エネルギー勾配]に比例するものと与えられよう。いま、降雨が均等に与えられるものとするれば、各支流の流量は流域面積をもって代表でき、また、エネルギー勾配は、支流のもつ河道勾配をもってかえることが大略的にはできよう。したがって、[河道勾配×流域面積]あるいはそれぞれの分布特性、統計値が流域内の土砂流出の様相を説明するのに適当な地形量とみなすこととができる。ところで、平均流域面積、平均河道勾配は流路の次数の増加にしたがって、それぞれ等比級数的に増大、減少するという統計則がすでに与えられている。本流域についてこれらの適合性を吟味すると、前者については成り立つが、後者については各流域の地質構造的な影響もあって必ずしも成り立つとは言えない。なお、1次谷の平均勾配の分布も各支川ごとに検討した結果、正規分布しているとみなせ、標準偏差もほとんどかわらず中央値にけだりわゆる荒廃支川におけるほど大きくなっていることがわかった。

考 察 YANGは、河道網形成にエントロピーの

表-1 各支川の概略

概念を導入し、平衡状態にある河道網においては各 order の河道の平均落差はほぼ等しいという興味ある議論を展開している (cf. W. R. R. vol. 7 no. 2) もし彼のいう平衡状態の中に、土砂輸送に消費されるエネルギー、土砂集団のもつ位置エネルギーをも加味したときにも同じ法則が成り立つものであるなら、その適合性の良否によって流域内における土砂輸送の傾向、すなわち1次谷と与えられた土砂などの部分に堆積するか、また堆積することなく流過していくかといったことを判定する基準の一つを与えるものになるであろう。その理論的考察はおくとして、本流域に

分	川	支 川	流 域 面 積	最 高 次 数	分 岐 比	河 道 比	集 水 面 積 比	記 号
小 原	利 賀 川	117.3	5	4.42	1.51	3.24	I	
		小 谷 川	19.3	4	4.00	2.32	4.52	1
		湯 谷 川	21.2	4	4.00	2.36	4.60	2
		繁 谷 川	15.6	4	4.04	1.71	4.70	11
小 原	境 川	3.6	4	2.15	1.48	3.04	12	
		境 川 谷	44.4	5	3.98	1.72	3.84	IX
		草 谷	12.1	4	3.55	4.19	4.42	9
		小 瀬 谷	10.5	4	4.06	2.04	4.65	10
成 出	加 藤 川	26.3	4	4.62	2.15	4.04	8	
		大 瀬 谷	10.7	4	3.81	—	3.65	3
橋 本	牛 馬 川	39.3	5	3.86	1.91	4.73	7	
		馬 野 谷	24.0	4	4.44	2.76	4.64	4
堀 谷	大 白 川	83.9	5	4.03	2.01	4.38	III	
		荒 谷	26.6	4	3.88	2.14	4.32	6
		金 谷	15.6	4	3.27	2.58	3.96	4
御 母 衣	森 茂 川	44.0	5	3.92	1.74	3.88	III	
		市 鹿 川	62.9	5	3.81	2.34	4.50	IV
		庄 川 本 川	330.1	5	4.37	1.90	4.94	V
		御 手 洗 川	29.2	5	3.52	2.03	3.96	IX
		尾 上 郷 川	121.2	5	4.00	2.21	4.71	VI
		梅 島 谷	9.0	4	3.57	—	4.32	5
		各 部 川	13.2	4	3.87	1.54	5.82	0

てどのようになっているかを吟味したが、図-1であって、Ⅲ、Ⅴ、Ⅷのようにほとんど等差差のものもあるが、いわゆる荒瀬支川とそうでない支川との著しい差は認められない。土砂流出の多さが平衡状態にあるなしの直接的表現でないことを示すものであるかも知れない。

さて、各支谷のもつ輸送能力を表現しうる〔流域面積×河道勾配〕 ΣAdS についてであるが、いま各支川のそれぞれの統計の変動を調べたのが図-2である。次数の増加にしたがい一方的な減少傾向を示す。このことは、河道数則、河道勾配則、集水面積則からいっても当然考えられることであるが、この数値の大小、次数の増加による変動の程相のちがいが、流域内に与えられた土砂の流送の程に差違をもたずであらうことは考えられる。たとえば、Ⅴ、Ⅶに対し同じ程度の土砂供給があったとき、Ⅴにおいて下流域まで土砂堆積のあこる機会が少なくてもⅦにおいてはかなり上流域から堆積をはじめたであらうし、ⅢとⅠにおいて現在の河道堆積状況に差違があるのは、Ⅲにおける土砂供給がⅠにおけるそれに比較して多いことによるのであって、流域のもつ土砂輸送能力には差したる違ひはないことを示すであらう。なお、図-4は1次谷における ΣAdS の分布を検討したものであって、Ⅲ、6、8は土砂流出のほげしい支川である。

土砂流出のほげしい鳩ヶ谷ダム流域と、そうでない御母衣ダム流域におけるその値を全流域面積で規格化して比較したのが図-3であり、図中の数字は1971年撮影の航空写真から土砂堆積ありと判読した谷の個数割合である(%)。土砂は1次谷の源頭部のみで供給され、いわゆる崩分作用はないとの前提に立てば、鳩ヶ谷流域において堆積のある流路の個数割合が ΣAdS の減少に伴ない単調に増加するのに対し、御母衣流域においてほとんど増加しないことは、後者において多くの流路の輸送能力に未だ十分な余裕を残しているのに対し、前者においては能力にちかい土砂を輸送している流路がほとんどであることをこの図は示していると考ええる。また、1)より級に5次流路における数字が流路の土砂輸送効率をあらわし、したがって輸送量が $\alpha \times \Sigma AdS$ であるとするれば、両流域での輸送量の比率は3.5:0.68となり、両ダムでの比堆積量は2.46、 $0.56 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{year}$ であり、両流域の崩壊面積率が2.8、0.5%であることと対照するとき、これが一つの指標となり得る可能性を有することを示していると考ええる。

おまけ 以上は主として図、写真から得られる情報によって検討したものであって、とくに写真判読の適否の検証、さらには砂礫粒度分布の情報収集など現地での作業を積んだ上で、より適確な指標を得るよう努めたい。また、河道網形態の評価において、あまり統計的にすぎるといわれるHorton-Strahler流のstream order n に土砂流出の解析とむすびつける際、より適当と考えられる整理方法を見出すことも必要であらう。

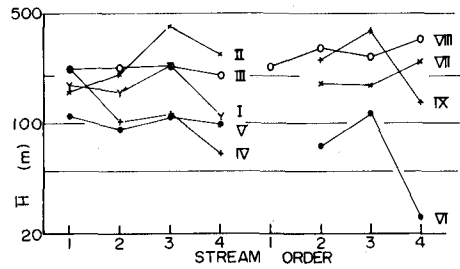


図-1 等差差則の検討

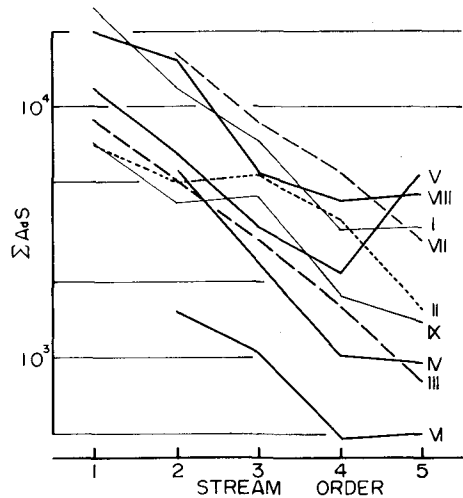


図-2 ΣAdS の変動

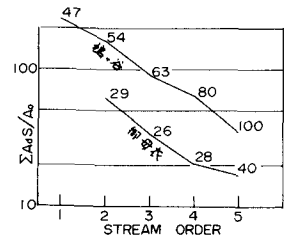


図-3

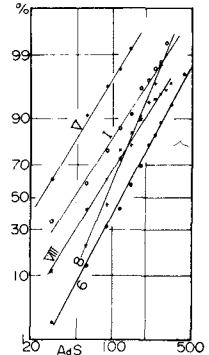


図-4 1次谷における ΣAdS の分布