

2. 土砂生産の不連続性

土砂生産に影響する因子としては時間スケールの長い方から、地殻変動、大規模山地崩壊、山腹崩壊・土石流、溪岸・側岸侵食、表面流出による侵食、雨滴侵食などが考えられる。山腹崩壊等では一旦崩壊堆積物が流失すると、斜面勾配が緩くなるため、崩壊に対する免疫性ができ¹⁾、時間的な不連続性を示す。図－2.1 は貯水池の堆砂量が不連続的に増加している様子と堆砂量から類推した貯水池上流域の侵食状況である²⁾。また、表面流出による侵食速度について見ると、流域の土地利用形態・勾配、荒廃度、侵食を引き起こす外力などにより様々である(表－2.1)。裸地における侵食速度が1mm/年程度³⁾⁴⁾であるのに対して、荒廃地ではその約10倍⁵⁾⁶⁾、大規模荒廃地では20～100倍⁵⁾と大きくなる。なお、表中の長期スケールとは1万年オーダーの変化を見たものである⁷⁾。植生は全面でなくとも、2～3割被覆していれば、侵食をかなり抑えることができるという報告もある。

これらの数値は洪水期・非洪水期をあわせたもので、降雨規模に対して見ると、中小降雨による侵食速度が1～100mm/年であるのに対し、豪雨(最大日雨量が400mm以上)の場合の比流砂量は $10^4 \sim 10^5 \text{ m}^3/\text{km}^2$ のオーダーであり、侵食速度に換算すると10～100mm/年となる(図－2.2)⁸⁾。

同じ降雨量に対しても地殻の隆起が著しい日本アルプスを源流とする富士川、天竜川流域などは崩壊面積率が他河川流域に比べて1桁程度大きい⁹⁾。また、主要な構造線に沿った破碎帯では破碎帯地すべりが発生し、特に群発急性型地すべりの発生を契機に溪谷部に数百mにも及ぶ広い河原ができることがある(十津川、大井川、安倍川、庄川)¹⁰⁾。流域の地質で見ると、地質が火山噴出物や風化花崗岩の場合は侵食量や土砂流出量が多い。代表的な土砂流出を対象にした研究によると土砂流出量はストリームパワーに規定され、(ARI)²⁾に比例する関係式(A:流域面積、R:最大日雨量、I:200m区間の河床勾配)を見出した結果¹¹⁾(図－2.3)や神通川流域における観測に基づいて年侵食深はほぼ斜面勾配のみに依存することを明らかにした結果¹²⁾もある。砂防ダムにおける比堆砂量(生産土砂量)が流域平均傾斜、最大3時間雨量、地質・地被の被侵食性の3パラメータで推定できるとした研究¹³⁾(図－2.4)もある。また、ダム貯水池において、堆砂は徐々に進行するのではなく、大部分の堆砂が大出水時に起きるように、堆積は時間的にも間欠的である。例えば、あるダム貯水池において、大洪水が発生した年の年間堆砂量は年平均値よりも2桁程度多い値となっていた¹⁴⁾。何れにしても、土砂生産には流域・河床勾配、地質、雨量が密接に関係していることを意味しているし、掃流砂が洪水流量・波形に対応して流出してくるのに対して、微細土砂は溪岸や流域から流出してくるため、降雨量やその波形に対応することが多いことと関係していると言える。

生産された土砂は一様に河道に流出して、下流へ運搬されるわけではない。山腹崩壊や土石流に伴う土砂の一部は降雨や洪水により運搬されるが、かなりの量(特に浮遊砂やウォッシュロード)は溪岸や高水敷*に堆積する空間的不連続性が見られる。そして、その後の初期降雨で流出(時には土石流化)してくるため、中小洪水であっても、増水期に土砂濃度の高い洪水が流出してくることがある。そのため、土砂濃度のピークは洪水ピークより早く生起することが多く、次いで同時刻となることが多い¹⁵⁾¹⁶⁾¹⁷⁾。土砂生産源としての高水敷の侵食土砂量は流量とともに増加するが、やがて頭打ちになる傾向がある¹⁸⁾。(図－2.5)

* 高水敷上には生産過程ではなく、流下過程で土砂が堆積する。堆積土砂は、河岸沿いの堆積厚が大きく、河岸から離れると少なくなるという空間分布を有し¹⁹⁾、その分布はシミュレーションによっても確認されている²⁰⁾。高水敷の堆積土砂量は流砂量に比べるとそれほど多い量ではないが、粒度が河床材料より細かい浮遊砂やウォッシュロードの発生源や濃度の時間分布を評価する場合に留意する必要がある。(図－2.6、2.7)

溪岸堆積については、富士川水系の桁代川を対象にした調査²¹⁾では、崩壊土砂量をかなり上回る溪岸堆積量が確認された。流域面積別に見ると、 0.5km^2 以下の小流域では生産土砂の多くが溪岸に堆積していたが、 2km^2 以上になると、生産土砂の多くが河道に流入していた²²⁾。今後は多くの水系(本川だけでなく、支川単位も)を対象にして、土砂生産量やその特性はもとより、溪岸堆積に関する土砂動態実態もモニタリングしていく必要があると考える。

またこれら自然作用に起因する土砂生産の不連続性以外に、人為的作用が土砂生産の不連続性に及ぼす影響も無視できない。過去に遡ると斐伊川に代表されるような鉄穴流しによる流出土砂の変化、近年においては砂防事業による土砂生産の抑制やダム建設による下流への土砂供給量の減少が生じた。

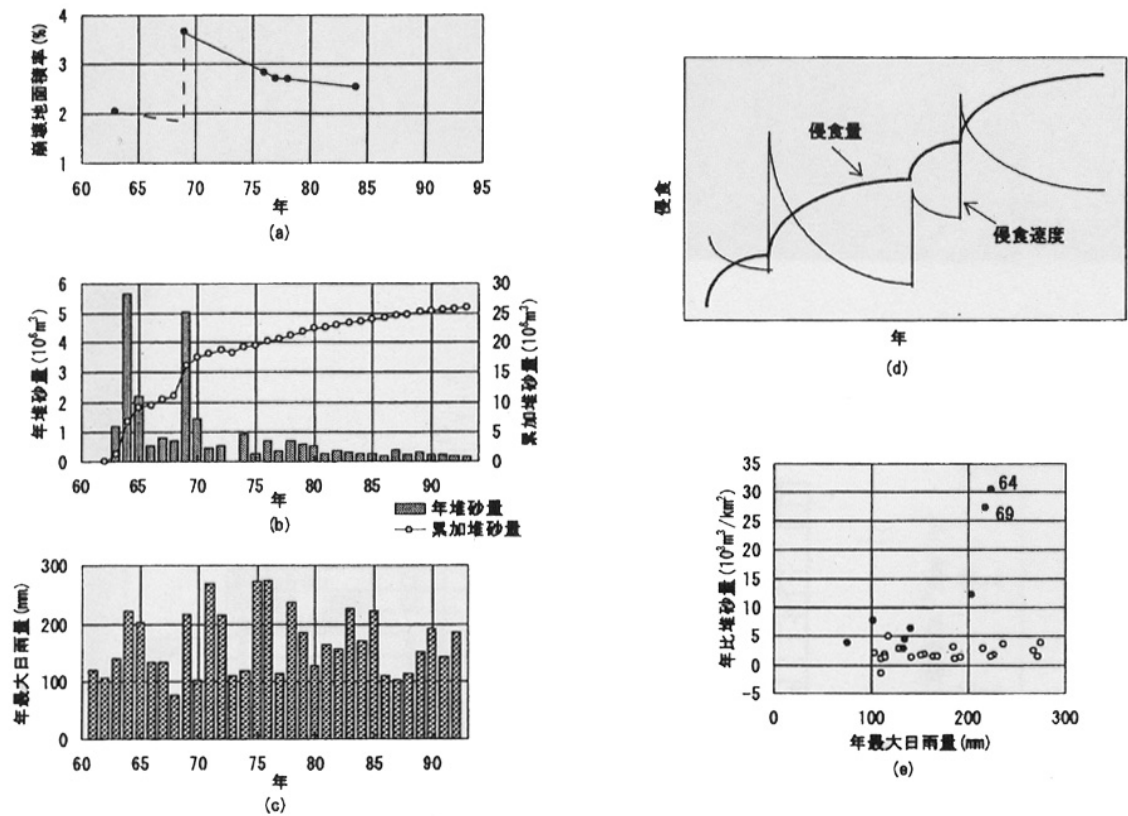
以上のことより、土砂生産については、以下の点に着目しながら、検討する必要がある。

- 1) どのような時間スケールで見るか
- 2) どのような空間スケールで(又は土地利用形態に対して)見るか
- 3) 外力(降雨、洪水)に対して生産土砂量を見ているか
- 4) 地形・地質・雨量が土砂生産におよぼしている影響を考慮しているか
- 5) 生産土砂の挙動(溪岸堆積量)を考慮しているか

参考文献

- 1) 小出博：日本の国土(下)、p.431 東京大学出版会、1973
- 2) 宮崎洋三：堆砂と降雨の関係についての考察、土木学会論文集 No.533 II-34、pp.31-40、1996.2
- 3) 建設省河川局監修・日本河川協会編：改訂新版 建設省河川砂防技術基準(案)調査編、pp.254～255、山海堂、1997
- 4) 池谷浩：砂防入門、p.18、山海堂、1974
- 5) 砂防学会監修：砂防学講座第5巻2 土砂災害対策－水系砂防(2)－、p.186、山海堂、1993
- 6) 建設省河川局監修・日本河川協会編：改訂 建設省河川砂防技術基準(案)調査編、p.254、山海堂、1997
- 7) 山本晃一・藤田光一・赤堀安宏・太田知章：沖積河道縦断形の形成機構に関する研究、pp.10～17、土木研究所資料、第3164号、1993
- 8) 砂防学会監修：砂防学講座第5巻1 土砂災害対策－水系砂防(1)－、p.113、山海堂、1993
- 9) 土木学会：水理公式集[平成11年版]、p.142、丸善、1999
- 10) 小出博：日本の国土(下) 東京大学出版会、pp.6-7 1973、
- 11) 土木学会：水理公式集[平成11年版]、p.140、丸善、1999
- 12) 土木学会：水理公式集[平成11年版]、p.141、丸善、1999

- 1 3) 水谷武司：砂防学会誌 vol.56, No.5、p.31、砂防学会、2004
- 1 4) 新谷融・黒木幹男：流域動態の認識とその方法、p.144、北海道大学図書刊行会、2001.3
- 1 5) 国土交通省土木研究所河川部河川研究室 瀬沼川洪水観測レポート [2] 1990 ～
2000、pp.70-89、土木研究所資料第 3798 号 2001.3
- 1 6) 吉川秀夫：浮遊流砂量に関する二、三の考察、土木研究所報告、第 83 号、p.35、1952
- 1 7) Kurashige Mechanism of suspended sediment supply to headwater rivers, Transactions,
Japanese Geomorphological Union, 15A、1994
- 1 8) 新谷融・黒木幹男：流域動態の認識とその方法、p.131、北海道大学図書刊行会、2001.3
- 1 9) 建設省土木研究所河川部河川研究室：瀬沼川洪水観測所レポート [1] 1988 ～ 1989、
pp.186-188、土木研究所資料第 2895 号、1990.10
- 2 0) 新谷融・黒木幹男：流域動態の認識とその方法、pp.159-160、北海道大学図書刊行
会、2001.3
- 2 1) 藤森克也：桧代川の空中写真を利用した流域調査および土砂量の推定について、第
9 回土砂管理研究会、2002.12
- 2 2) 新谷融・黒木幹男：流域動態の認識とその方法、p.167、北海道大学図書刊行会、2001.3

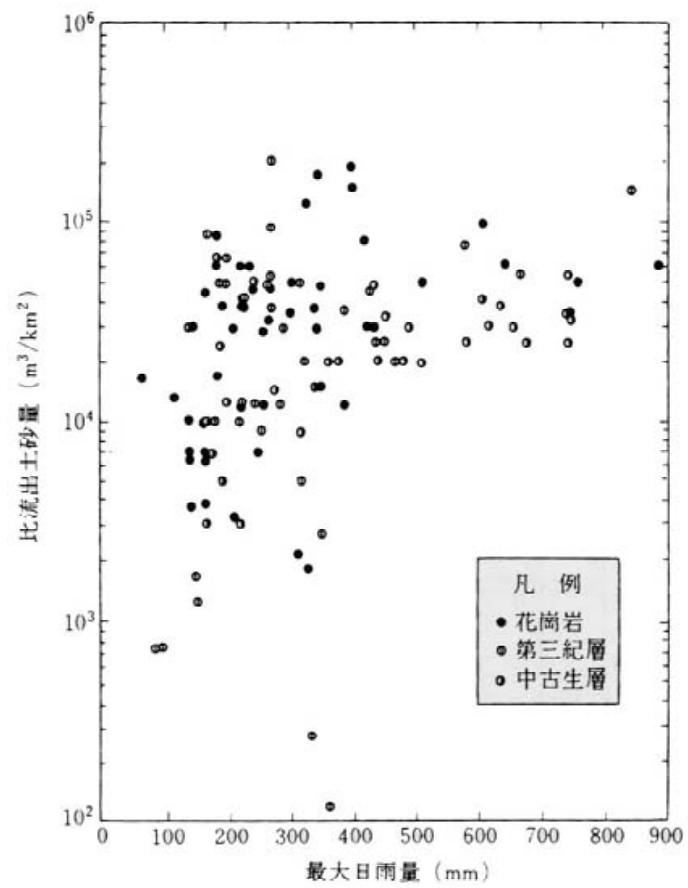


図ー 2.1 堆砂・降雨・崩壊地の相互関係より見た土砂の侵食・流出の不連続性
(H貯水池) (土木学会論文集、参考文献²⁾より)

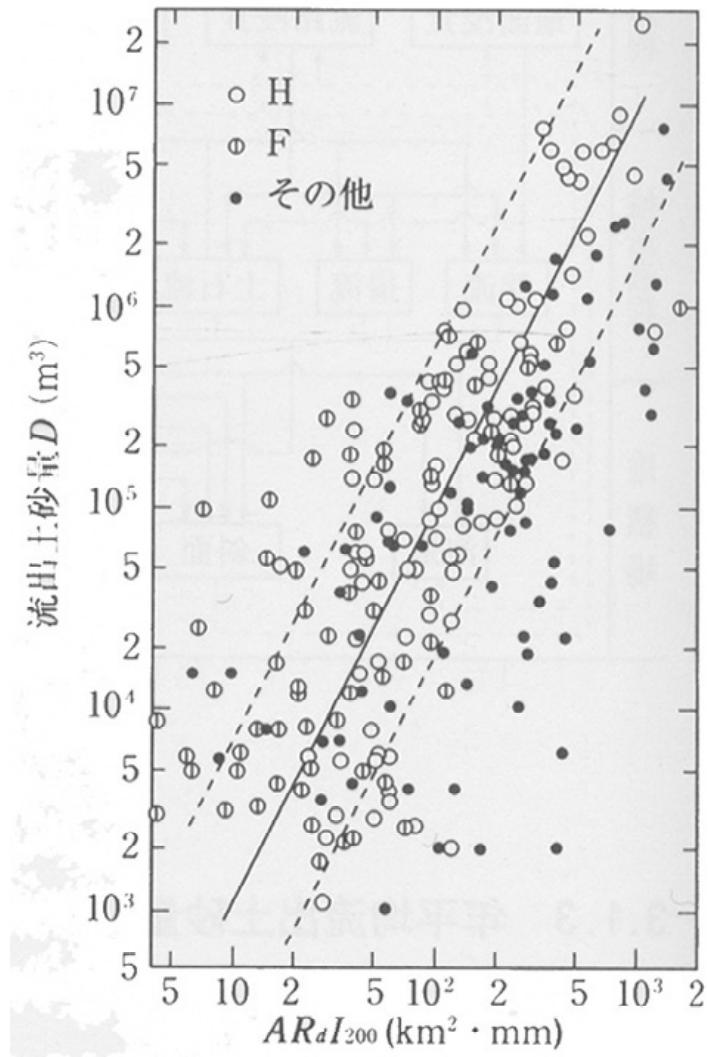
表－ 2.1 土地利用・外力毎に見た侵食速度

外力他 土地利用	中小降雨	豪 雨	中期スケール	長期スケール
草地・林地	—	—	0.01 ～ 0.1	—
裸地	—	—	1	—
通常の荒廃地	—	—	10	—
大規模荒廃地	—	—	20 ～ 100	—
広域スケール	1 ～ 100	10 ～ 100	—	0.1 ～ 0.5

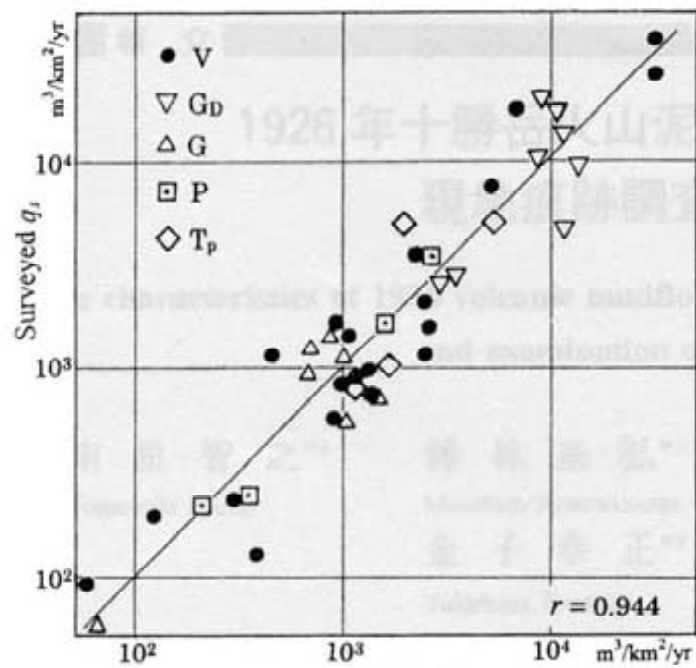
注) 1年間の侵食量で単位は mm/年である、” — ” は不明を意味する



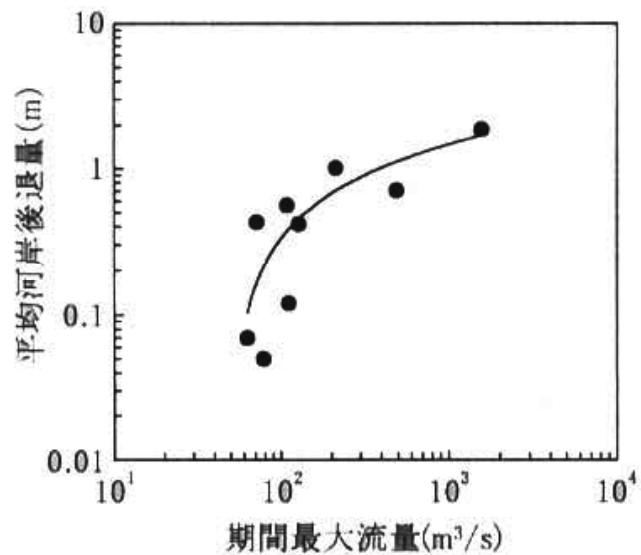
図－2.2 最大日雨量と比流出土砂量との関係
(砂防学講座第5巻2、参考文献⁵⁾より)



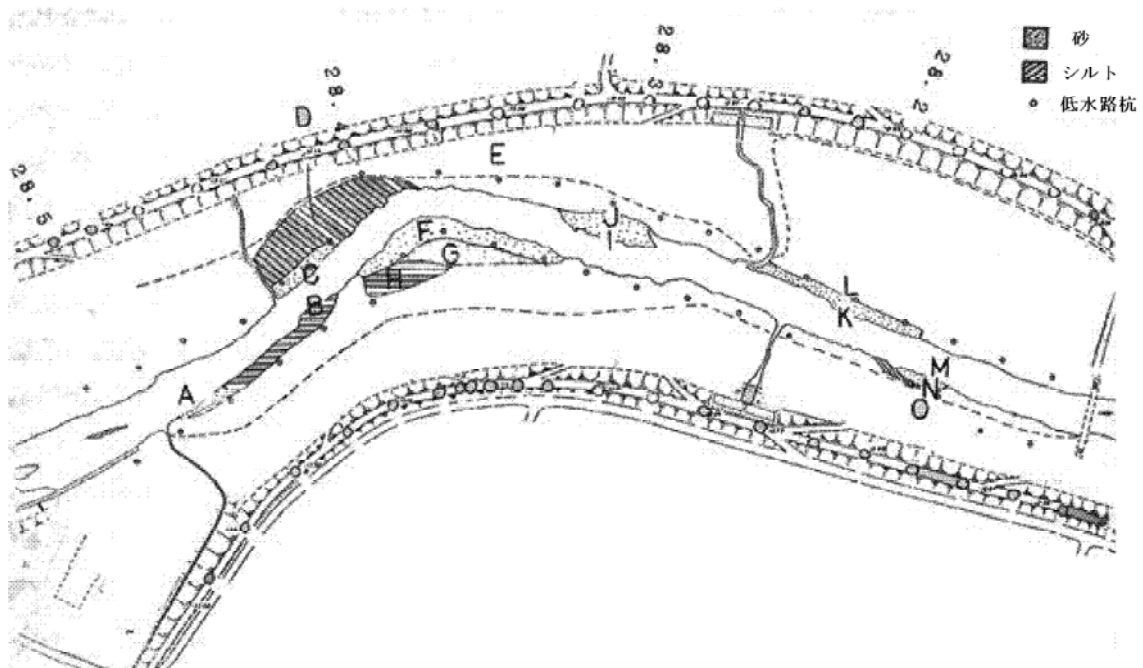
図－ 2.3 豪雨時の流出土砂量（水理公式集、参考文献¹¹⁾より）



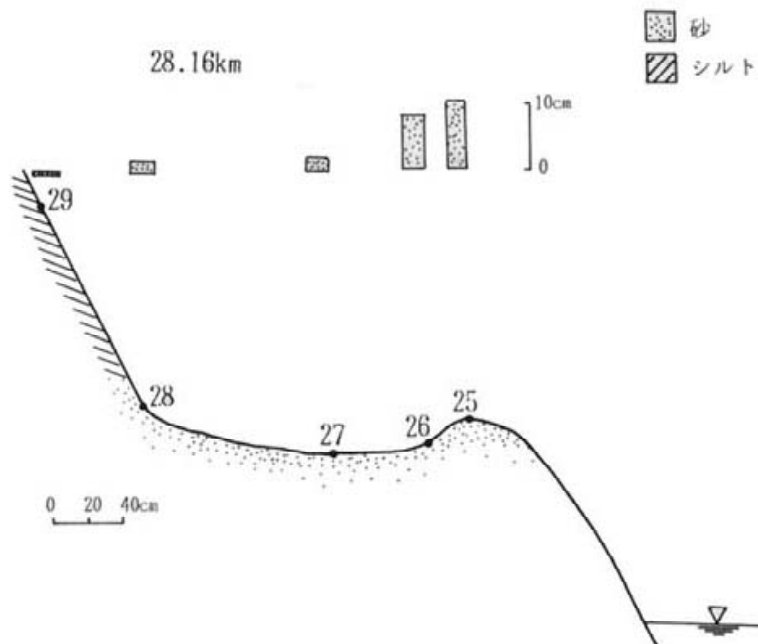
図－2.4 流域平均傾斜、最大3時間雨量、地質・地被の被侵食性から推定された比堆砂量（生産土砂量）と観測値の比較（V：火山岩・火山碎屑物、G：花崗岩類、GD：花崗岩類（煙害地）、P：古生層、T_p：古第三紀層）（砂防学会誌、参考文献¹³⁾より）



図－2.5 平均河岸後退量と期間最大流量（参考文献¹⁸⁾より）



図－2.6 湊沼川河岸堆積物の平面分布図（1988年8月）
（土木研究所資料、参考文献¹⁹⁾より）



図－2.7 湊沼川 28.16k 右岸の河岸沿いの土砂堆積状況
（土木研究所資料、参考文献¹⁹⁾より）