

日本列島における侵食速度の分布

藤原 治 三箇 智二* 大森 博雄*¹

東濃地科学センター
* 日鉱探開株式会社
*¹ 東京大学大学院 新領域創成科学研究科

資料番号 : 5 - 11

Regional Distribution of Erosion Rates Over the Japanese Islands

Osamu FUJIWARA Tomoji SANGA* Hiroo OHMORI*¹
Tono Geoscience Center

* Nikko Exploration & Development Co., Ltd,

*¹ Graduate school of frontier Sciences, The University of Tokyo

東濃地科学センターでは、地質環境の長期的な安定性を評価するため、侵食作用や地殻変動が地質環境に及ぼす影響についての調査・研究を実施している。将来の侵食量や地形変化の予測には、侵食速度の分布を解明する必要がある。本研究では、ダムへの土砂流入量と流域の高度分散量（D）との関係に基づいて全国の侵食速度を試算した。流域の侵食速度（E）とDの間には $E = 0.000044 \times D^{2.2}$ の関係があり（相関係数0.94）、この式から50mメッシュの数値地図を用いて6 × 6 kmメッシュの侵食速度分布図を作成した。侵食速度は中部山岳地帯で最大値（中心部で3 ~ 5 mm/y）を示し、日高山脈、東北日本背孤側と西南日本外帯の山地列（2 ~ 3 mm/y）がこれに次ぎ、西南日本内帯と東北日本前孤側の山地列で小さい（1 mm/y）、侵食速度の地域性は、地形の起伏を形成した第四紀の隆起量（速度）を反映している。

We have been studying the effects of erosion and crustal movement to clarify the long-term stability of the geological environment. The regional distribution of erosion rates should be evaluated to predict long-term geomorphological changes. This research is to evaluate the distribution of erosion rates over the Japanese Islands based on the relationship between the sediment delivery rates to reservoirs and the dispersion of altitude of the drainage basins.

The relationship between the erosion rate E (mm/y) and the dispersion of altitude D(m) of drainage basins is expressed by $E=0.000044D^{2.2}$ with a correlation coefficient of 0.94. This equation was used to calculate the denudation rate for each 6km × 6km area of the Japanese Islands using a digital map 50 m grid.

The denudation rates are highest in the central Japanese mountains (3-5mm/y), moderate in the outer belt of southwest Japan, the inner belt of northeast Japan and Hokkaido (2-3mm/y), and lowest in the inner belt of southwest Japan, the outer belt of northeast Japan and central Hokkaido (1mm/y).

These regional characteristics are closely related to the distribution of Quaternary uplift rates, which caused the regional differences in surface topography.

キーワード

高度分散量、侵食速度、数値地図、第四紀の隆起速度、ダム堆砂量、地域分布特性、平均標高

Digital map, Dispersion of Altitude, Erosion Rate, Mean Altitude, Quaternary Uplift Rates, Regional distribution, Sediment Delivery rates to Reservoirs

1. はじめに

日本列島は、急峻な地形と降水量が多いことに起因して、地盤の侵食速度が世界で最も大きい地域の一つである¹⁾。侵食作用は土被りを減少させたり地形を改変し、その程度によっては地下水の水理・水質などの地質環境を変化させることが想定される。侵食作用が地質環境に及ぼす影響につ

いて、その範囲や程度を予測するためには、将来の侵食が各地域でどの程度の量に達するかを予測する必要がある。そのためにはまず、現在の侵食速度の分布を把握することが必要である。

日本列島で現在進みつつある侵食の速さは、一般に山地部を対象として、ダムに堆積した土砂の量（堆砂量）から推定されている。これはダム流

域というある広がりを持つエリア全体の平均の侵食速度（以下、侵食速度）であり、0.3～0.5mm/y程度の値が報告されている^{2)~6)}。

しかし、従来の研究で侵食速度が得られている範囲は個々のダム流域という限られた領域であり、かつ、その領域は山地中心部に偏る傾向がある。また、侵食速度が推定されている範囲は、国土の一部でしかない。したがって、これらのデータのみから侵食速度の全国的な分布やその地域性を検討するには無理がある。

ところで侵食速度は、日本国内において地質や気候条件などによってある程度の差異はあるものの、むしろ地形の起伏状態と高い相関を持つことが経験的に知られている^{3), 7)}。この起伏状態を表すパラメータとして、高度分散量が提唱されている³⁾。高度分散量は単位エリア内に分布する標高値の標準偏差で与えられる。

近年、高度分散量などを計算できる詳細な50mメッシュの数値地図⁸⁾がCD-ROM媒体で出版され、コンピュータを用いて全国について高度分散量を同一精度で計算できるようになった。したがって、全国のダム流域において侵食速度と高度分散量の関係を適切に定式化できれば、この式を用いてダムがない地域についても数値地図から侵食速度を算出することが可能となる。

本研究では、まず、ダム流域において地質条件、降水条件、及び高度分散量と侵食速度との関係を再検討し、高度分散量から侵食速度を算定することの妥当性を確認した上で、両者の関係を表す数式を提案した。次に、数値地図から全国の高度分散量の分布を算定し、第3にこれを上記の式を用いて侵食速度に変換して、全国各地で侵食がどのような速度で進んでいるかを推定した。この結果とそれに対する若干の解釈が本報告の内容である。

2. 使用データとその加工

2.1 ダム堆砂量に基づく侵食速度の算定

本研究では、ダム流域の侵食速度に関しては、従来の研究^{2), 3)}等と同じく次の式を用いた。これは、山地河川流域で侵食によって生産された土砂は、最終的には河川によって運搬され流域のダムに堆積し、堆砂量は侵食量を表すという仮定に基づいている。

流域の単位面積から毎年ダムへ流入する土砂量をSDR、ダム堆砂量を S_v 、流域面積を S_a 、ダム築造からの年数を Y とすると、

$$SDR = S_v \div S_a \div Y \quad \dots\dots$$

流域の侵食速度を E 、空隙率補正を P とすると、

$$E = SDR \times (1 - P) \quad \dots\dots$$

ダム堆砂量と流域の侵食量との間には、浮遊物質のダムからの流下、堆積物の再移動、計測誤差、上流にある別のダムでの堆積、などのために誤差が生じる。貯水池に流入した土砂が貯水地内に堆砂として留められる割合（捕捉率）は、日本全国の354箇所のダムの平均で約60%、また、河川流域の土砂中の粘土率（浮遊物質量の指標）は218河川の平均で1割程度とされる⁵⁾。しかし、上流に別のダムがなく、ある程度の規模を有するダムではこのような誤差はより小さくなり、ダム堆砂量はダム流域全体の平均侵食量を近似的に表している^{2), 3), 6)}と見なされる。

ここでは、流域の侵食量に正確を期すために、原則として流域の最上流に位置するダムを対象とし、補足率が経験的にほぼ100%とされる貯水容量が200万 m^3 以上で堆砂率が25%以下^{9), 10)}等、建設後10年以上が経過し、ダム建設の影響が少なく流量の年ごとの変動が平均化されている^{5), 9)}ダムを調査対象とした。

このようなダムは、すぐ下流側のダムの堆砂状況には影響を与えないと考えられる。そこで、このようなダムと直列に配置された下流側のダムで上記の、の条件を満たすものも調査対象とした。このようにして全国82箇所のダムを抽出した(図1)。

各ダムの毎年の堆砂量は、1961年以降については、電力土木技術協会が出版している「電力土木」誌によった。1961年以前に築造されたダムについては、便宜上、竣工時の堆砂量を0と仮定した。今回の解析に使用した堆砂データは、主に1992年までのものである。

各ダムについて竣工時からの堆砂量の累積曲線を作成すると、堆砂量は時間とともに増加するが、その増加の割合は一定ではない。ダム貯水池より上流側の河道での堆砂が進行し、測量範囲からはみ出してしまふことや貯水池内での土砂の再移動などにより、多くの場合堆砂量は、ある時期から見掛け上の増加が止まるか、場合によっては減少する。そこで侵食速度を計算する期間は、竣工時を起点として、堆砂量の累積曲線が10年以上にわたって単調に増加する期間のみとした(図2)。計測期間は平均で約30年間である。

各ダムの集水面積はダム年鑑(1992)¹¹⁾から引用した。上流に別のダムが存在する場合は、対象とするダムの集水面積をダム年鑑から直接求めることができない。この場合は、調査対象とする下



図1 調査対象としたダム的位置図

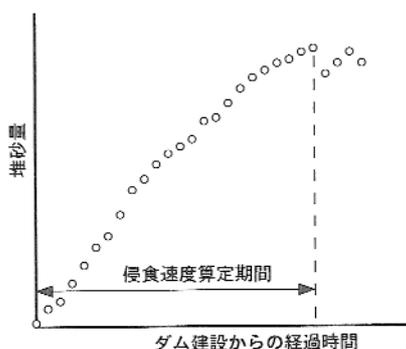


図2 侵食速度の算定期間

ダムの竣工時を起点として、堆砂量が増加傾向にある期間を対象。

流側のダムについて、集水域を1/25,000地形図上でデジタイザーで読みとり面積を計算した。

ダム堆砂は元の岩石と比べて空隙が多く密度が小さい。この密度差を補正する空隙率(P)については、従来の研究^{3), 10), 12)}等を参考に30%とした。

こうして求めた各ダム流域における侵食速度を表1に示す。

2.2 ダム流域の高度分散量の算定

この作業は数値地図が未整備な時期に行ったため、データソースには国土地理院発行の国土数値情報(KS 110-1)を用いた。国土数値情報は地図上の位置を示す方法として経緯度法を採用しており、一定間隔の経線・緯線で地域を網の目状に区画している。この区画は標準地域メッシュと呼ばれ、大きさの異なる3種類(1次から3次メッシュ)がある。今回の解析で基本単位としたのは3次メッシュで、緯度30秒、経度45秒毎に区切られており、約1 × 1 kmの大きさである。国土数値情報における標高値は、3次メッシュを縦横4等分する4分の1細分メッシュ(縦横約250m)の格子点の値が登録されており、個々の3次メッシュには25個の標高値データが含まれる。

各ダムについて、次の手順で平均標高と高度分散量を算定した。

ダム流域に少しでもかかる3次メッシュを国土数値情報から切り出す。

個々の3次メッシュについて、そこに含まれ

表2 各ダム流域内に占める地質区分の面積率

ダム名	地質区分占有率(%)				
	新生代火山岩類	新第三紀堆積岩類	花崗岩(深成岩)	中・古生代堆積岩	変成岩
富村ダム	78.59	0.00	0.55	20.84	0.00
芦別ダム	13.79	0.00	0.00	86.20	0.00
大夕張ダム	23.80	0.36	0.00	75.47	0.00
奥新冠ダム	0.00	0.00	87.30	7.88	4.79
目屋ダム	84.53	12.23	1.37	1.08	0.00
素波里ダム	92.41	6.22	0.00	0.00	0.00
森吉ダム	94.14	0.00	1.96	0.97	0.00
外山ダム	0.00	0.00	0.36	99.63	0.00
神代ダム	96.25	0.00	3.47	0.00	0.00
八久和ダム	12.08	1.13	85.86	0.00	0.00
木地山ダム	0.00	0.00	100.0	0.00	0.00
笠堀ダム	10.08	83.54	6.37	0.00	0.00
黒部ダム	13.87	0.00	77.53	7.30	0.00
高瀬ダム	7.04	0.00	91.18	0.93	0.00
有峰ダム	0.00	0.00	3.75	89.93	0.00
刀利ダム	83.58	14.24	0.00	0.00	0.00
犀川ダム	84.94	13.93	0.00	0.00	0.00
下久保ダム	1.65	0.00	0.00	97.78	0.00
大白川ダム	2.76	0.00	5.43	91.80	0.00
秋神ダム	92.16	0.00	0.00	6.74	0.00
広瀬ダム	0.46	0.00	96.02	3.51	0.00
三浦ダム	97.06	0.00	0.00	0.00	0.00
小河内ダム	0.00	0.00	18.80	80.39	0.00
笹生川ダム	0.53	0.00	5.00	92.00	0.00
馬瀬川第二ダム	99.99	0.00	0.00	0.00	0.00
畑薙第一ダム	0.00	0.00	0.00	99.39	0.00
雨畑ダム	12.67	0.00	0.00	86.66	0.00
柿元ダム	0.00	77.52	22.47	0.00	0.00
畑薙第二ダム	0.00	0.00	0.00	93.05	0.00
水窪ダム	0.00	0.00	0.00	99.41	0.00
高畠ダム	70.08	7.59	21.98	0.00	0.00
帝釈ダム	0.41	1.85	16.03	81.6	0.00
八戸ダム	74.67	3.65	21.64	0.00	0.00
木部賀ダム	72.47	0.00	14.31	0.00	13.19
佐波川ダム	72.55	0.00	0.00	27.05	0.00
佐々波川ダム	89.82	0.00	5.24	3.14	0.56
二川ダム	3.42	0.00	0.00	93.59	2.96
坂本ダム	23.72	0.00	0.00	72.54	0.00
松尾川ダム	0.00	0.00	0.00	0.00	98.03
正木ダム	0.36	0.00	0.00	99.62	0.00
殿山ダム	0.00	0.18	0.00	99.03	0.00
名頃ダム	9.72	0.00	0.00	90.27	0.00
小見野々ダム	0.00	0.00	0.00	99.74	0.00
長沢ダム	0.00	0.00	0.00	1.36	96.59
大森川ダム	0.00	0.00	0.00	0.00	93.42
七川ダム	0.00	9.42	0.00	88.95	0.00
穴内川ダム	4.17	0.00	0.00	94.04	0.00
魚梁瀬ダム	0.00	0.00	0.00	97.78	0.00
鏡ダム	0.39	0.00	0.00	99.60	0.00
日向神ダム	73.33	0.00	0.00	0.00	24.93
北川ダム	11.76	2.76	0.00	84.79	0.00
諸塚ダム	0.00	0.00	0.00	100.0	0.00
上椎葉ダム	0.00	0.00	0.51	98.26	0.00
一ツ瀬ダム	1.63	0.94	2.99	92.93	0.00
渡川ダム	0.00	0.00	0.00	98.67	0.00
綾北ダム	0.00	0.00	0.00	99.54	0.00
立花ダム	5.16	0.00	0.00	94.83	0.00
綾南ダム	14.25	0.00	0.00	84.63	0.00
井川ダム	1.45	0.00	0.00	96.29	0.00

太字の値(流域占有率70%以上)を示す地質区分を、ダム流域を代表する地質区分とした。

必要がある。ここでは降水の指標として、各ダム流域の年降水量と降雨強度を用いた。

年降水量は、流域の最も近くに位置する雨量観測所のデータを気象庁及び地方気象台から入手し、堆砂量計測期間(より短い期間のデータも一部にある)について毎年の降水量を平均して求めた(表1)。

降雨強度の指標としては、流域で斜面崩壊や土石流が発生し、土砂が多量に運搬され始める降雨量に注目した。この値は経験的に日雨量100mmとされている¹⁴⁾。そこで、日降水量が100mmを越える日についてその値を年毎に積算し、この積算値を降雨観測期間で平均した値を求めた(表1)。

2.5 全国の基準高度分散量の算定

数値地図のデータ管理方式は、CD-ROMの上で1/25,000地形図ごとに1つのファイルにまとめられており、このままでは高度分散量を地形図境界をまたぐ広範囲にわたって計算するには不便である。そこでまず、日本全域のデータを統合した1枚の50mメッシュDEM(デジタル標高モデル)を作成した。このDEMは経度方向に2.25秒、緯度方向に1.5秒の格子状に並ぶデータで構成されており、したがって東西方向のデータ間の実距離は緯度によって異なっている。

次に、このDEM上で、緯度経度方向の実距離がほぼ1×1kmとなるように、50mメッシュをタイル状に配列した矩形領域を作成した。各矩形領域内に含まれる標高値データは緯度方向に23個、経度方向に18~20個である。経度方向で標高値データの数が異なるのは、緯度によってメッシュの経線方向の長さが異なるからである。図3では1kmメッシュの形態を簡略化して示した。

第3に、各矩形領域ごとに、そこに含まれる標高データを使って基準高度分散量と平均標高を求めた。なお、この計算には海域の標高値は含まない。さらに、1×1kmの矩形領域を6×6個毎にまとめ、この中に含まれる36個の基準高度分散量の平均値を算出した(理由は3.4で述べる)。

3. 結果と考察

3.1 基準高度分散量と侵食速度

82箇所のダムで得られた基準高度分散量と侵食速度の関係(図4)を見てみると、データはばらつきが大きいものの、高度分散量の増加とともに侵食速度が急激に大きくなる傾向を示している(図中の白丸)。両者の一般的な傾向を抽出する場

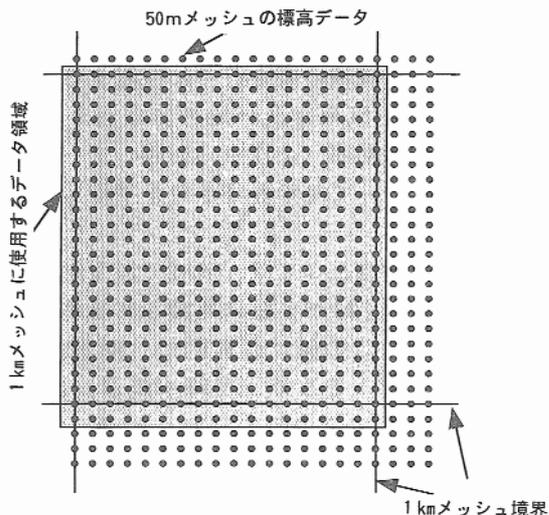


図3 「1kmメッシュ」を50mメッシュDEMから作成する方法の模式図

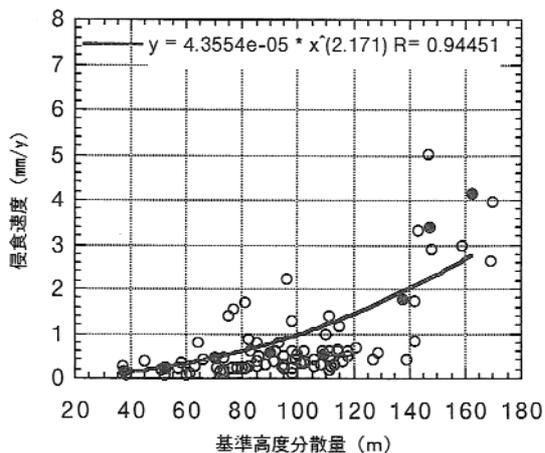


図4 基準高度分散量と侵食速度の関係

各ダムデータの(白丸)と基準高度分散量を20m毎に区切った区間平均値(黒丸)。データの少ない120~140m、150~170mは一括している。

合には、横軸について区間毎にサンプル数を基準化するのが一つの方法である。そこで、基準高度分散量を20m毎の区間に区切り、各区間について基準高度分散量と侵食速度の平均値(区間平均値)を求めた。

このようにして求めた区間平均値が図4の黒丸である。ただし、データの少ない120~140m、150~170mは一括している。図4では、この8点の黒丸に対する回帰曲線を併せて示している。この結果によれば、侵食速度 E は基準高度分散量 D を使って、下記のように近似できる。相関係数は0.94と高い。

$$E = 0.000044 \times D^{2.2}$$

3.2 地質条件と侵食速度

ダム流域には様々な地質が分布し、特定の地質で流域を代表することは必ずしも容易ではない。ここではやや強引に、ある一つの地質区分が流域の7割以上を占めている場合に、その地質区分で流域を代表させることにした。このようにして59のダム流域において、流域を代表する地質区分が決まった(表2)。

地質が侵食速度にどの程度影響を与えているかを推定する一つの方法として、この59個のデータを用いて、地質区分毎に侵食速度と基準高度分散量の関係を解析した(図5)。データ数が少ないので正確なことはいえないが、侵食速度は地質に依らず基準高度分散量の増加とともに急激に大きくなっている。しかもデータは全体として右上がりの直線的な分布を示し、侵食速度の増加傾向はどの地質でもほぼ同じであり、特定の地質区分で大きくずれることはない。このことは、侵食速度が地質よりもむしろ基準高度分散量に大きく依存していることを示している。

一般に、ある領域の侵食され易さには地形を造る地質の違いが影響すると考えられ、これはロックコントロール¹⁵⁾と呼ばれる。しかし、ダム流域のような数十から200~300km²程度の領域の平均的な侵食速度を考慮する際には、ロックコントロールはほとんど現われないか、あってもごく小さいと想定される。

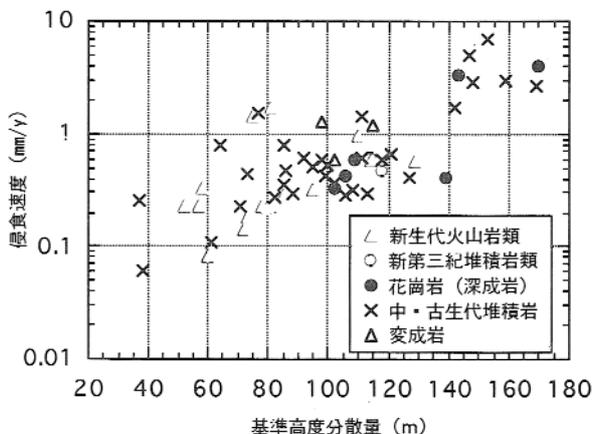


図5 地質区分毎にみた侵食速度と基準高度分散量の関係

縦軸が対数になっていることに注意。どの地質区分でもデータは全体として右上がりの直線的な分布を示し、侵食速度が地質よりも基準高度分散量に大きく影響されていることを示す。

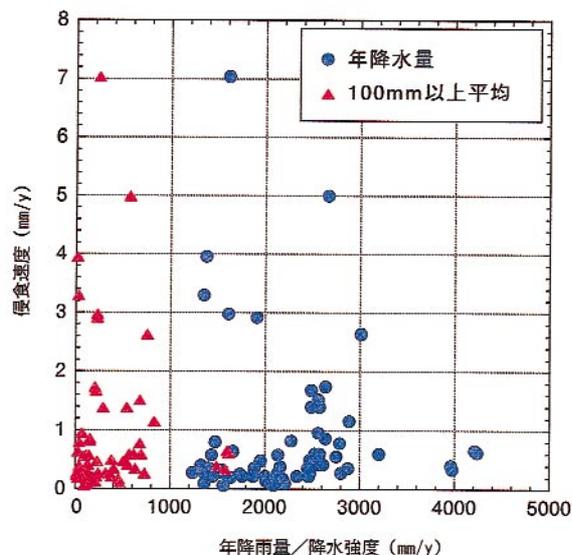


図6 降水量・降水強度と侵食速度の関係

降水量・降水強度と侵食速度の間には明瞭な相関は認められない。

3.3 降水条件と侵食速度

降水量・降水強度と侵食速度の関係を、82箇所
のダムについて図6に示す。降水量・降水強度と
侵食速度の間にはほとんど相関がみられない。

世界的な観点でみると、侵食速度は降水量と植
生密度とによって変化する¹⁾。降水量が非常に少
ない所では植生が無く侵食抵抗力が小さいが、表
面流も発生しにくく侵食速度は小さい。一方、降
水量の多い所では植生が繁茂して侵食抵抗力が大
きく表面流が発生しにくく、降水量の割に侵食速
度は大きくなる。日本列島の山地のように植生
密度が高い地域では、降水量による侵食速度の
差は現われにくいと想定される。

また、個々の降雨イベントによる短期間の侵食
速度は、降雨強度に依存することが知られてい
る¹⁶⁾等が、数十年間の平均値のような長期的な侵
食速度は、降雨量や降雨強度とは相関が低いと想
定される。

3.4 侵食速度の分布

上記のことから、侵食速度を式を用いて基準
高度分散量から近似値に求めることの妥当性が示
された。ところで、2.5節で作成した1kmメッシ
ュの高度分散量の分布から、全国の1kmメッシ
ュの侵食速度分布図を描くことは可能ではある
が、それには問題がある。すなわち、1kmメッシ
ュの基準高度分散量をそのまま式に代入する
と、経験上、侵食速度がダム堆砂量から推定される

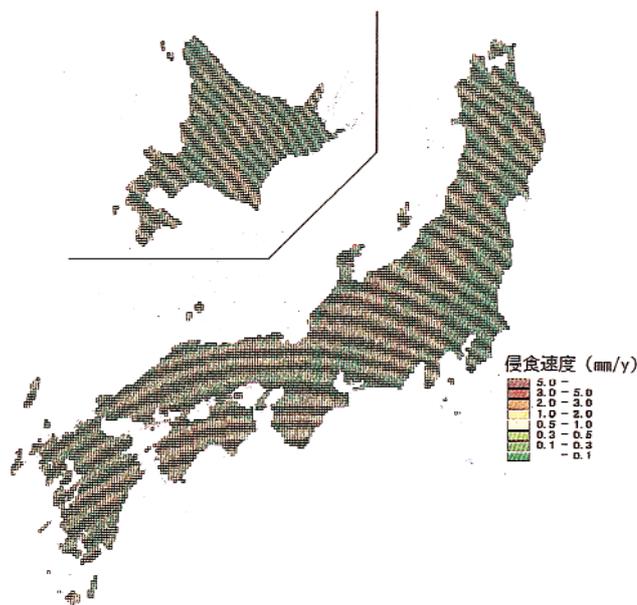


図7 基準高度分散量から計算した全国の侵食速度の分布

メッシュサイズは6km×6km。地形データは、国土地理院
発行の「数値地図50mメッシュ(標高) 日本 (北海道)
日本 (東日本) 日本 (西日本)」を使用。

値に対して過剰見積もりになる傾向がある。侵食
速度と基準高度分散量は、数十km²のエリアにお
いて良い相関を持つとされる^{3), 17)}。そこで、2.5節で
作成した36km²メッシュの基準高度分散量分布図
に基づいて侵食速度の分布図を作成した(図7)。

侵食速度は中部山岳地帯で最も大きく、1
mm/yを越える地域がかなりあり、山地の中心部
では2~3mm/yの値を示す地域に囲まれて、5
mm/yに達する地域がわずかながら認められる。
これに次いで侵食速度が大きいのは、日高山脈、
東北日本の背孤側の山地列、関東山地、西日本の前
孤側の山地である。これらの山地でも中心部では
山地中心部で1~2mm/yの値を示す地域に囲ま
れて、2~3mm/yの値を示す地域が認められる。

一方で、侵食速度が小さいのは、北海道中央部
から北部、東北日本の太平洋側の山地、中国地方
の山地である。これらの山地の侵食速度は、1
mm/yを越えることはまれで、一般に0.3~
0.5mm/y未満である。丘陵部や平野はさらに小さ
な値となっている。

3.5 侵食速度と第四紀の隆起速度

個々の山地を1つの隆起地塊とみなして、各山
地ごとに基準高度分散量の平均値を求め、この値
から各山地の平均の侵食速度を求めた(図8)。
山地の範囲は、一般的にいわれている範囲を既存

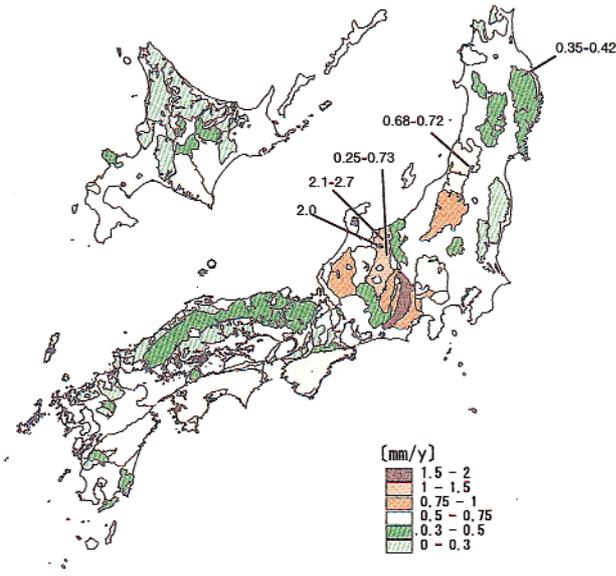


図 8 基準高度分散量から求めた山地毎の平均侵食速度

侵食速度の地域性が明瞭である。線で示した値は、扇状地や崖錐の体積などから求めた数千年～数万年間の平均的な侵食速度。地形データは、国土地理院発行の「数値地図50mメッシュ(標高) 日本、日本、日本」を使用。

資料¹⁸⁾から求めた。各山地毎の地形データや侵食速度を表 3 に示した。

大きな特徴は、中部日本を横切る糸魚川 - 静岡構造線の西側に沿って侵食速度の大きいベルトが存在すること、東北日本と西南日本では背弧側(内帯)と前弧側(外帯)での侵食速度の対称が明瞭なことである。

このような侵食速度の地域による違いを生じた原因は何であろうか。侵食速度を計算する元になった基準高度分散量は、平均高度と相関が高いことが経験的に知られている³⁾。この関係を「数値地図50mメッシュ(標高)日本、」を使って改めて定式化した。これらの数値地図がカバーする範囲は北海道を除く日本全体である。

ここでは、2.5節で求めた 1 kmメッシュの平均標高と基準高度分散量について、後者の区間平均を求めた(図 9)。図 9 にプロットされている点は、平均標高を25mごとの区間に区切り、各標高区間に含まれる基準高度分散量を平均した値である。図 9 に示した回帰曲線は、日本における地形の一般的な傾向を表すと考えられ、平均標高(H)と基準高度分散量(D)には次式で表される強い相関(R=0.99)がある。

$$D = 3.9645H^{0.4458} \dots\dots$$

したがって、侵食速度は高度分散量を介して、

表 3 山地ごとの地形量及び侵食速度

山地名	面積 (km ²)	平均標高 (m)	高度分散量 (m)	侵食速度 (mm/y)
夕張山地	3341.9	385	51.8	0.260
白糠丘陵	1869.8	306	41.0	0.156
積丹山地	936.9	351	68.5	0.481
日高山地	6100.5	564	83.1	0.735
狩場山地	476.7	491	79.7	0.672
恐山山地	539.7	227	52.1	0.263
白神山地	1776.4	437	72.6	0.546
北上山地(高地)	8220.4	474	59.7	0.355
太平山地	1199.7	382	65.5	0.436
真昼山地	3134.4	471	60.4	0.364
神室山地	1588.1	486	67.1	0.459
朝日山地	4264.3	488	69.9	0.503
阿武隈山地	5014.6	432	38.0	0.132
越後山地	5962.6	831	83.9	0.751
筑摩山地	2601.2	784	69.5	0.496
八溝山地	1903.1	253	35.4	0.113
飛騨山脈	5179.0	1317	106.1	1.260
定尾山地	1150.1	461	64.6	0.423
飛騨高地	3610.5	864	77.7	0.634
両白山地	4884.1	694	91.0	0.899
秩父山地	4793.4	829	76.8	0.618
伊吹山地	1310.0	464	79.5	0.668
木曾山脈	1967.3	1188	85.8	0.788
赤石山脈	3190.7	1291	119.4	1.631
美濃三河高原	3750.2	547	60.3	0.363
伊那山地	838.4	930	90.2	0.880
丹沢山地	945.5	650	80.8	0.676
鈴鹿山脈	705.4	505	74.3	0.576
笠置山地	997.7	337	40.9	0.155
六甲山地	237.3	340	49.2	0.232
和泉山脈	564.0	242	44.5	0.186
紀伊山地	8683.8	441	77.6	0.633
論鶴羽山地	154.1	202	57.8	0.330
讃岐山脈	755.9	403	73.4	0.560
耳納山地	508.9	501	64.9	0.428
筑肥山地	512.7	331	54.2	0.287
鯉塚山地	1236.5	271	57.9	0.332
肝属山地	589.1	333	66.6	0.452
飯豊山地	1917.5	539	77.2	0.625
津軽山地	794.0	180	43.4	0.176
天塩山地	7630.5	214	34.6	0.107
増毛山地	1380.6	248	46.1	0.202
御坂山地	481.8	866	88.3	0.842
身延山地	2152.1	558	88.7	0.849
天守山地	352.6	653	90.3	0.884
養老山地	176.3	302	61.9	0.384
比良山地	282.6	390	66.9	0.457
布引山地	638.4	392	50.2	0.243
高見山地	859.1	454	58.4	0.338
生駒山地	244.3	162	28.5	0.070
金剛山地	234.7	290	46.7	0.207
丹波高地	4084.9	331	58.1	0.334
国見山地	936.6	374	56.0	0.308
出水山地	529.9	265	50.3	0.244
九州山地	7859.5	520	78.7	0.652
吉備高原	6044.8	328	47.3	0.213
中国山地	13992.0	490	63.4	0.405
丹後山地	977.4	221	56.7	0.317
高縄山地	499.9	393	59.9	0.358
四国山地	13301.5	500	83.7	0.746
北見山地	9053.0	373	47.4	0.214
石狩山地	3990.7	658	56.0	0.309
野坂高地	971.9	260	71.1	0.522
石見高原	4188.5	257	49.3	0.233
筑紫山地	2799.4	302	53.3	0.277

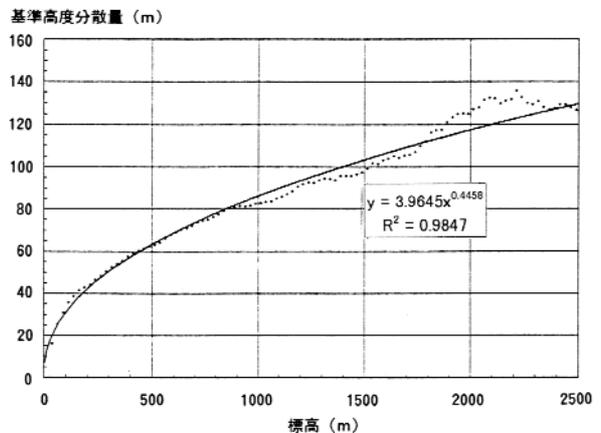


図 9 平均標高と基準高度分散量の関係

平均標高と基準高度分散量は相関が高い。平均標高が高いところでデータがばらつくのは、データ数が少ないためである。地形データは、国土地理院発行の「数値地図50mメッシュ(標高) 日本、」を使用。

山地の平均標高と相関が高いと解釈される。平均標高は主に第四紀以降の隆起量を反映しているとされるので^{19), 20)}、山地の侵食速度は従来指摘されているように³⁾、第四紀の隆起量(隆起速度)と関連していると考えられる。

系魚川 - 静岡構造線の西側は、第四紀に日本列島で最も隆起が大きかった地域である^{19), 21)}。東北日本では、前孤側が安定であるのに対して、背孤側は約350万年前以降、褶曲や逆断層による隆起が続いている²²⁾。西南日本は、準平原的な地形を広く残す内帯側に対して、外帯側は中部山岳地域に次ぐ急傾斜山地であり²³⁾、相対的に隆起速度が大きいことが推定される。このように日本列島の侵食速度の分布は、大局的には第四紀の隆起速度に規制されている。

3.6 長期的な侵食速度との比較

図8には、扇状地などの体積から推定した千年から万年オーダーの侵食速度を北上高地²⁴⁾、奥羽山脈南部¹²⁾、松本盆地西縁²⁵⁾について示した。また、河岸段丘や熔岩台地の比高から求めた河川の下刻速度を、飛騨山脈北部²⁶⁾、飛騨山脈中央部²⁷⁾について示した。

これらの値と基準高度分散量から推定された値とは、対象とする期間や算定方法が異なるにもかかわらず比較的近い値を示している。このことから、図7、図8は長期的な侵食速度の分布傾向をも示していると考えられる。

4. まとめ

本研究で得られた結果は、以下のように要約される。

ダム流域で地形、地質、降水量と流域の侵食速度の関係を検討した結果、数十km²程度のエリアの平均的な侵食速度は、基準高度分散量をパラメータとして定式化できる。

この式をもとに数値地図を用いて、全国の6 × 6 kmメッシュの侵食速度分布図を作成した。

最も大きな侵食速度は、日本で最も平均標高の高い中部山岳地帯で認められ、中心部では3 ~ 5 mm/yに達する。

他に大きな侵食速度を示すのは、日高山脈、東北日本の背孤側及び西南日本の外帯の山地列で、山地中心部で2 ~ 3 mm/yの値が認められる。

小さな侵食速度を示すのは、西南日本の内帯と東北日本の前孤側の山地列、及び北海道中部から北部の山地で、その値は一般に0.3 ~ 0.5 mm/y未満である。

侵食速度の分布の地域性は、各地の地形の起伏を形成した第四紀の隆起量(速度)を反映している。

参考文献

- 1) Ohmori, H. : "Erosion rates and their relation to vegetation from the viewpoint of world-wide distribution". Bull. Dept. Geogr. Univ. Tokyo, No.15, p.77-91, (1983).
- 2) Yoshikawa T. : "Denudation and tectonic movement in contemporary Japan". Bull. Dept. Geogr. Univ. Tokyo, No.6, p.1-14, (1974).
- 3) Ohmori, H. : "Relief structure of the Japanese mountains and their stages in geomorphic development". Bull. Dept. Geogr. Univ. Tokyo, No.10, p.31-85, (1978).
- 4) Tanaka, M. : "A map of regional denudation rate in Japanese mountains". Trans. Japan. Geomorph. Union, Vol.3, p.159-167, (1982).
- 5) 吉良八郎 : "ダムの堆砂とその防除". 森北出版, p.392 (1982).
- 6) 宮崎洋三, 大西外明 : "貯水池堆砂量の経年変化と堆砂量に関する考察". 土木学会論文集, No.497, p.81-90, (1994).
- 7) 井上大栄, 角田隆彦 他 : "わが国における地質別の崩壊特性と貯水池堆砂(その1) - 地質から見た崩壊特性 -". 応用地質, Vol.33, p.123-132, (1992).
- 8) 国土地理院 : "数値地図50mメッシュ(標高)". 日本(北海道), 日本(東日本), 日本(西日本), CD-ROM版, (1997, 1999).
- 9) 芦田和男, 奥村武信 : "ダム堆砂に関する研究". 京都大学防災研究所年報, Vol.17-B, p.1-16, (1974).
- 10) 芦田和男, 高橋 保 他 : "河川の土砂災害と対策". 森北出版, p.260 (1983).
- 11) 日本ダム協会 : "ダム年鑑1992", p.1297 (財)日本ダム協会, (1992).
- 12) 阿子島 功 : "山形県馬見ヶ崎川流域における過去2万年間および最近の侵食速度". 地形, Vol.4, p.97-106, (1983).
- 13) 地質調査所 : "100万分の1日本地質図第3版CD-ROM版". 数値地質図G-1, (1995).
- 14) 大森博雄, 安東尚美 : "山地流域の土砂流出に関する降水量と流量のしきい値". 地形, Vol.3, p.169-185, (1982).
- 15) 鈴木隆介 : "ロックコントロールの研究小史". 地形, Vol.15, p.179-201, (1994).
- 16) 芦田和男, 沢田豊明 : "山地流域における出水と土砂流出(20)". 京都大学防災研究所年報, No.34, B-2, p.209-220, (1991).
- 17) Ohmori, H. : "Functional relationship between the erosion rate and the relief structure in the Japanese mountains". Bull. Dept. Geogr. Univ. Tokyo, No.14, p.65-74, (1982).
- 18) 環境庁 編 : "日本の自然環境". 大蔵省印刷局, p.249 (1982).
- 19) 第四紀地殻変動研究グループ : "第四紀地殻変動図". 第四紀研究, Vol.7, p.182-187, (1968).
- 20) 松田時彦, 衣笠善博 : "第四紀テクトニクスの特徴と問題点". 第四紀研究, Vol.26, p.251-254, (1988).
- 21) 森山昭雄 : "中部山岳地帯における山地形成の時代性", 米倉・岡田・森山編「変動地形とテクトニクス」, p.87-109, 古今書院, (1990).
- 22) Sato, H. : "The relationship between late Cenozoic tectonic events and basin development in northeast Japan". Jour. Geophys. Res., Vol. 99, p.22261-22274, (1994).
- 23) 貝塚英平, 鎮西清高 他 : "新版日本の自然2「日本の山」". 岩波書店, p.277, (1995).
- 24) 吉永秀一郎, 西城 潔 他 : "崖錐の成長からみた完新世における山地斜面の削剥特性". 地形, Vol.10, p.179-193, (1989).
- 25) 小口 高 : "山地流域の侵食域と堆積域における最終氷期末期以降の土砂移動の量的検討". 地形, Vol.12, p.25-39, (1991).
- 26) 吉山 昭, 柳田 誠 : "河成地形面の比高からみた地殻変動". 地学雑誌, Vol.104, P.809-826, (1995).
- 27) 中野 俊 : "北アルプス, 鷲羽・雲ノ平火山の地質, 火山", Vol.34, P.197-212, (1989).