

河川の特徴とそれにかかわる地学的要因

Diversity of valley topography influenced by geodiversity

兵庫県立大学地域資源マネジメント研究科 講師 松原典孝

変動帯に位置する日本列島は多様な地質分布・地質構造を有しており、通常ダムが建設される山地の地形を多様なものとしている。本章では、日本列島の山地地形を「尾根-谷系ネットワーク」と「河川の断面形態」により分類するとともに、日本列島の地形に影響を与えると考えられる代表的な地球科学的要素「地殻変動」「地質」「降水量」に着目し、山地における河川地形と地質分布・構造運動との関係性を論ずる。

キーワード：山地の河川地形、地質多様性、構造運動

There is topographical diversity of mountain valley in Japan. Because the Japanese archipelago located in active tectonic area. Geological diversity is formed by active tectonic movement, and geological diversity influence topographical diversity. Dams are usually built on such different landforms. In this chapter, we classify landforms of Japanese mountain valley by the "ridge-valley network" and the "cross-sectional form of the river", and discuss about relationships and interaction between diversity of valley topography and local geological diversity focusing on "tectonic movement" "geology" and "precipitation".

Key words : diversity of valley topography, geodiversity, tectonics

1. はじめに

変動帯に位置する日本列島は、山地が多く、侵食領域に位置づけられる範囲を流れる河川が多い。現在も隆起が続く中部地方の山岳地帯は急峻な谷と尾根が連続し、その侵食スピードは速い。なだらかな低い山に囲まれた、川沿いに水田の広がる谷底平野がネットワーク状に連なる中国地方の山間部は、水の流れる量も少なく侵食スピードも遅い。このように、同じ侵食領域でも、地域によって川の地形は異なる。この地形的多様性は、各地域の地球科学的多様性によりもたらされたもので、基本的に山間部の侵食領域に作られるダムは、この地球科学的多様性を背景にした地形的多様性の中に存在している。

2. 日本列島の地質概説

日本列島の形成に関連した多様な地球の活動、つまり、海洋の時代～大陸の時代～日本海形成の時代～現在と続く様々な地球の活動が、地球表層に多様な地質分布と地質構造をもたらしている。日本列島の地質分布を大きく見ると、中央構造線を境に大陸側の内帯と太平洋側の外帯に分かれる。その顕著な違いは、内帯は大陸の時代に活動した花崗岩類が卓越するのに対し、外帯では花崗岩類はほとんど見られないことであ

る。この違いは、四国地方に見られる深い谷と険しい山々からなる急峻な地形と中国地方の低い山の中に平野が広がる比較的なだらかな地形の違いに反映されている。さらに、地質は地域ごとに大きく異なり、その多様さが様々な地形を生み出している（松原・新名、2015など）。特に第四紀以降に活動した火山は、それ以前の地形を覆いつくし、それぞれ独立した火山地形を作っていることが多い（目代ほか、2016など）。

現在の日本列島は概ねフィリピン海プレートの西方移動により東西方向に圧縮されており（高橋、2005）、例えば中部地方の赤石山脈や木曾山脈、飛騨山脈などは隆起により急峻な山岳地帯となっている。この構造運動も地形を左右する大きな要因である。逆に、関東平野は日本海が拡大した中新世以降沈降し続けており、基盤の地表からの深度は房総半島中部で4000m、埼玉県北部で3500mに及ぶ（鈴木、2002）。

3. 地球表層の形状を決める要因

基本的に地球表層は、断層による沈降等により形成した堆積盆を除いて、海面より下が堆積領域、上が侵食領域である。地球は、より球体に近い形になることで、位置エネルギーを平均化させ、安定しようとしている。海面より高い山地では、降雨などに伴った河川流、土石流・がけ崩れなどの堆積物重力流、地すべりなど

により、「凸部」を失くす作用が働いており、海域では、陸域からの土砂の流入などにより、「凹み」を失くす作用が働いている。地球の表層に何ら動きがなければ、地球の表面は「つるん」とした形状をしているはずである。しかし、地球はマントル対流とそれに伴うプレート運動により、構造運動と火山活動が常に発生しており、地球を安定した球体にすることを妨げている。

このように、地球表層の形状は、侵食・運搬・堆積などの「凸凹」を失くす作用と構造運動と火山活動などの「凸凹」を作る作用のせめぎあいで作られている。特に陸域のダム建設にかかわる山間部では、概ね侵食作用と構造運動、火山活動が地形決定の要因になっていると言える(表-1)。さらに、侵食作用は、侵食力の大きさと、侵食作用に対する抵抗性と従順性が地形形成に影響する。

表-1 地球表層の地形形成に影響する主な作用

	主な作用	地形形成を左右する条件	
「凸凹」を失くす作用	侵食作用	侵食力の大きさ	降水量
		地質の抵抗性と従順性	地質の種類(硬さ)
			地質構造(断層の存在)
「凸凹」を作る作用	構造運動	隆起速度	
		構造運動の範囲	
	火山活動	マグマの成分(火山地形と硬さ)	
		噴出物の量	

(1) 侵食力の「大きさ」と、侵食作用に対する「地質の抵抗性と従順性」

侵食力の「大きさ」は、主に降水量に左右される。降水量が多いと、河川流量が増えるだけでなく、土石流などの堆積物重力流や地すべりなどが発生しやすくなり、侵食量が増大する。一方降水量が少ないと侵食力は小さくなり、侵食量も減少する。

侵食作用に対する「地質の抵抗性と従順性」は、地質の種類と地質構造に左右される。地質が硬いとき、侵食に対する抵抗力が増大し、侵食量は減少する。一方で、地質が柔らかいとき、抵抗力は減少し、侵食量が増大する。風化の度合いも「従順性」として作用する。さらに、断層などによる破碎や地層の分布などの地質構造も侵食のされやすい場所を作ることにつながり、地形形成に作用する。

この2つの要因「侵食力の大きさ」と、「侵食作用に対する地質の抵抗性と従順性」による地形形成は降水量分布と地質分布に依存する。

(2) 地球表面の標高を大きく変えることができる「構造運動と火山活動」

地球表面の標高を大きく変えることができる作用として「構造運動」と「火山活動」が挙げられる。

構造運動は、地球表層のプレートの動きに起因するもので、概ね水平面での圧縮と伸長の二つの作用で説明できる。水平面での圧縮が起こった時、地殻は水平方向に短縮する代わりに垂直方向に肥大する。こうして、赤石山脈のような山岳地帯ができる。圧縮に伴って褶曲や逆断層・横ずれ断層が生じることもある。一方、伸長が起こった時、水平方向に伸びる代わりに垂直方向に短縮が起こる。しばしば正断層ができ、堆積盆が形成する。こうしてできたのが関東平野や大阪平野などである。

火山活動は、地下深くから物質を汲み上げ、地球表層に盛り付けるシステムである。そのため、多くの場合既存の地形を覆い隠し、皆一様な「火山地形」を形成する。火山ごとの地形は火山を作るマグマの性質と噴出量に依存する。火山岩は固く、未固結の火山灰は侵食されやすい。標高が高い火山は位置エネルギーが大きくなることで侵食力が大きくなり、急峻な地形を作る。

4. 日本列島の地形分類

日本列島の地形を分類するにあたり、大スケールでの地形の表面形態と各河川レベルでの河川断面に注目した。

(1) 尾根-谷系のネットワーク

地形の表面形態は、大まかにみると①：尾根-谷系のネットワークによるガラスのひび割れのような放射状の地形(図-1)と②：尾根-谷系ネットワークを切る、あるいは尾根-谷系ネットワークの連なりによる連続した地形(図-3)の2タイプがあり、それらが複合して形作られる。また、①：尾根-谷系のネットワークは、地域によってその規模に違いがある。図-2は、兵庫県北部香美町の地形立体模型を用いた例である。古第三紀の花崗岩が分布する香美町北東部の安木周辺(図-(2)では尾根-谷系のネットワークが小さく、アルミホイルをつぶして伸ばしたような形状をしている。一方で、中

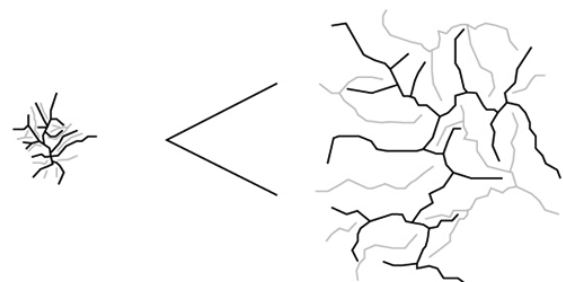


図-1 尾根-谷系のネットワークによる地形。形状は似ているが地域によってスケールが異なる。※黒実線：尾根、グレー実線：谷

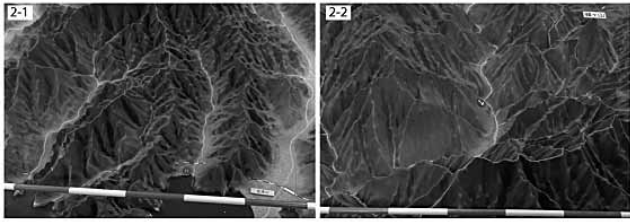


図-2 尾根-谷系のネットワークの規模の地域性 (2-1: 香美町北東部の安木周辺, 2-2: 香美町香住区大野~村岡区高津周辺, 香美町立ジオパークと海の文化館における香美町立体地形図より※縦方向3倍強調)

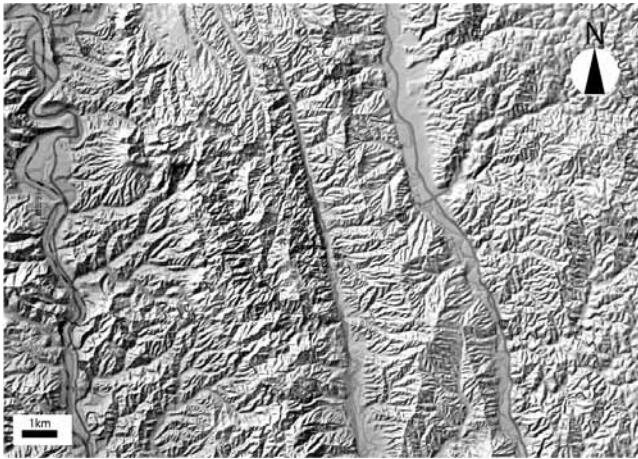


図-3 茨城県北部, 棚倉断層に沿ってみられる直線的地形. 断層に沿って山田川が流れる (国土地理院の電子地形図)

生代の流紋岩や溶結凝灰岩が分布する、香美町中央を流れる矢田川沿いの香住区大野~村岡区高津周辺地域では、尾根-谷系のネットワークが大きく、尾根と谷が明瞭に識別できる。②:尾根-谷系ネットワークを切る、あるいは尾根-谷系ネットワークの連なりによる連続した地形は、①に比べるとより広範囲に及ぶスケールの大きなものであり、多くの場合直線的である (図-3)。

(2) 河川の断面形態

河川の断面形態は、大きく見てA:谷底平野の有無及び幅とB:河川を囲む斜面の角度の2要素で形作られる (図-4)。例えば、日本アルプスでは谷底平野はあまり発達せず、河川を囲む斜面の角度は急傾斜である。一方で、中国山地では谷底平野が発達し、河川を囲む斜面の角度が緩傾斜である場合が多い。AとBの組み合わせは一通りではなく、谷底平野が無く傾斜が急な場合、谷底平野があり傾斜が急な場合、谷底平野が無く傾斜が緩い場合、谷底平野があり傾斜が緩い場合の概ね4パターンに分けられる。

5. 地球科学的な地域特性が地形に与える影響

図-2に示した、兵庫県北部香美町の尾根-谷系ネットワークの違いと地質分布を比較すると、尾根-谷系

		A: 谷底平野の有無及び幅	
		谷底平野なし	谷底平野あり
B: 河川を囲む斜面の角度	急傾斜		
	緩傾斜		

図-4 河川の断面形態

ネットワークの小さい安木周辺の花崗岩は真砂化しており、侵食に対する抵抗性が小さい。一方、尾根-谷系ネットワークの大きい香住区大野~村岡区高津周辺地域に分布する流紋岩や溶結凝灰岩は固く、侵食に対し強い抵抗力を有している。

尾根-谷系のネットワークや谷底平野の有無及び幅および河川を囲む斜面の角度を見やすくする方法として、赤色立体図が挙げられる。赤色立体図は、数値標高データ (DEM) から、傾斜量を赤色の彩度で、尾根谷度を明度にして調製した地形の立体表現手法で (千葉、2004)、尾根-谷系のネットワークが認識しやすい。図-5に、典型的な2種類の地形を示す。図-5-1は、長野県赤石山脈周辺の赤色立体図である。この地域は、降水量が多く、隆起速度も大きい。地質は一概ではなく、比較的硬い低温高压型の変成岩と比較的柔らかい付加体などで構成される。赤色立体図を見ると、尾根-谷系ネットワークが明瞭で大きく、谷底平野は発達しない。一方で、降水量は平均的で隆起速度遅く、地質が比較的柔らかい花崗岩などからなる丹後半島付近 (図-5-2) では、尾根-谷系ネットワークが不明瞭で小さく、谷底平野は広い。また、河川を囲む斜面の斜度は小さい。立体地形図で確認できた香美町における尾根-谷系ネットワークの違いも、同様に赤色立体図で確認できる (図-6)。

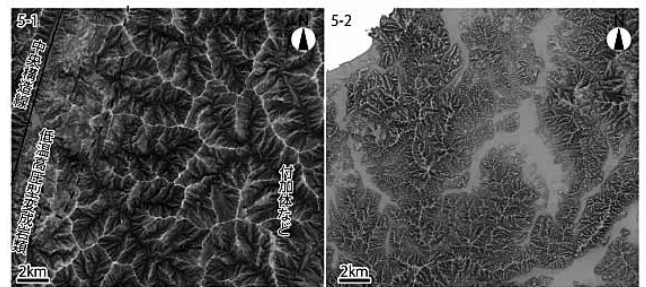


図-5 日本列島の特徴的地形を示す2地域の赤色立体図 (地質図Naviにおける赤色立体図@アジア航測株式会社※出力の関係で赤色立体図をグレースケール化). 5-1, 赤石山脈大鹿村周辺, 5-2, 丹後半島京丹後市峰山周辺.

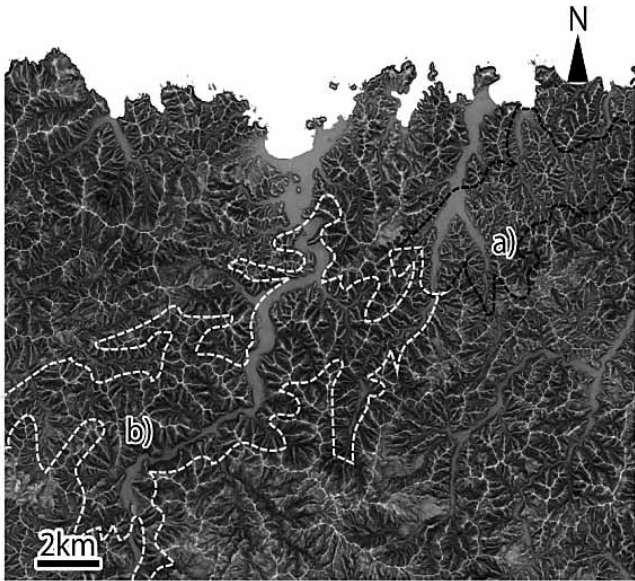


図-6 赤色立体図における香美町尾根-谷系ネットワークの違い地質図Naviにおける赤色立体図@アジア航測株式会社※出力の関係で赤色立体図をグレースケール化)。a) 花崗岩類の分布域(香美町北東部の安木周辺)。b) 流紋岩類・溶結凝灰岩分布域(香美町香住区大野~村岡区高津周辺)。a)よりb)周辺のほうが尾根-谷系ネットワークが明瞭。

以上のことから、河川断面の形状および尾根-谷系のネットワークのスケールに地殻変動・地質・降水量の違いが強く影響するものと考えられる。図-6に地殻変動・地質・降水量の違いによる河床形態の変化を示す。**〈地殻変動(隆起速度)の影響〉**

地殻変動(隆起速度)が大きい場合、河川は真下へ掘り進み、水平方向へ蛇行しない。そのため、谷が深く谷底平野が形成しない。一方で、地殻変動(隆起速度)が小さい場合、河川は真下に掘り下げず、暴れて(蛇行して)水平方向へ掘り広げる。そのため、谷底平野が発達する。

〈地質の影響〉

地質が硬い場合、侵食力に強く抵抗し、河川を囲む斜面の角度は急傾斜になる。柔らかい場合侵食がすすみ、緩傾斜になる。

〈降水量の影響〉

降水量はそれぞれの組み合わせでそれぞれ異なる影響を及ぼす。1) 隆起大・地質硬の場合、降水大では本流だけでなく支流も大規模化する傾向にあり、2) 降水小だと本流はV字谷になるが支流は未発達/不明瞭になる。1)では支流も十分に下刻され、谷が深くなるが、2)の場合支流は水量が少なく下刻する能力に乏しく、水が集合して水量が多くなる本流のみ下刻作用が働いたためだと考えられる。3) 隆起大・地質軟の場合、降水大では侵食が速やかに進行し高低差が大きくなり、4) 降水小では下刻する力が弱く尾根-谷ネットワークのスケールが小さい地形となる。隆起小

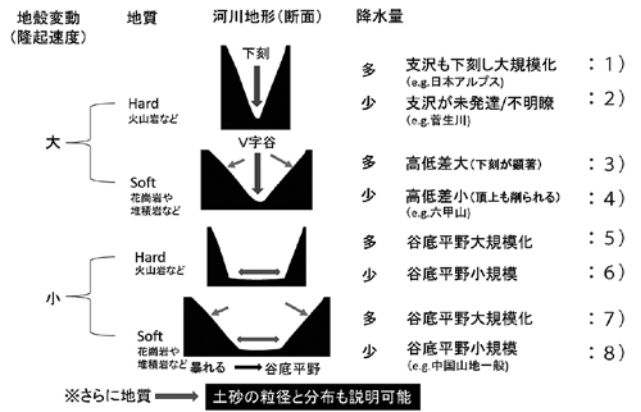


図-7 地殻変動・地質・降水量の違いによる河床形態の変化

の場合、地質にかかわらず側方への侵食が主となり谷底平野が発達し、降水量=侵食力により谷底平野の規模が決まるものと考えられる。

なお、1)の組み合わせの時、尾根-谷ネットワークは最もスケールが大きくなり、7)および8)の組み合わせの時、尾根-谷ネットワークももっとも不明瞭になるものと考えられる。なお、7)8)は侵食末期の準平原に相当する。

6. まとめ

日本列島の河川地形の形態は地殻変動(隆起速度)と地質(硬さ)、降水量によって左右される。隆起速度は主に谷底平野の形成に関連し、大きい場合下方への侵食が顕著になり、V字谷を作り、小さい場合横方向へ侵食し谷底平野が発達する。地質(硬さ)は主に河川を囲む傾斜の斜度に関連し、硬い場合急傾斜に、柔らかい場合緩傾斜になる。降水量はそれぞれの組み合わせでそれぞれ異なる影響を及ぼす。それぞれの要素は地域ごとにその程度に大小があり、それらが複合的に組み合わせられて現在の地形となっている。今後、実際の現地でのデータをより多く集め、詳細に検討し、議論を深めていく必要がある。

参考文献

- 1) 千葉達朗(2004) 航空レーザー測高と赤色立体地図による火山地形検討. 測量, 54, 1, 30-31.
- 2) 松原典孝・新名阿津子(2015) 近畿・中国地方の概説. 古今書院「大地の公園シリーズ」「中部・近畿・中国・四国のジオパーク」. 80-85.
- 3) 日代邦康・鈴木雄介・松原典孝(2016)「大地の公園シリーズ」「関東のジオパーク」. 古今書院, 156 p
- 4) 鈴木宏芳(2002) 関東平野の地下構造. 防災科学技術研究所研究報告. 63, 1-19.
- 5) 高橋雅紀(2006) フィリピン海プレートが支配する日本列島のテクトニクス. 地学雑誌. 115, 116-123.