

大起伏山地における水文地形学的多様性について

Hydrogeomorphological study on large relief watersheds

恩田裕一（筑波大学地球科学系）

Yuichi ONDA (Institute of Geoscience, University of Tsukuba)

〈キーワード: 水文地形学, 大起伏山地, 花崗岩, 堆積岩, 岩盤地下水〉

Key words: hydrogeomorphology, large relief mountains, granite, sedimentary rock, bedrock groundwater

1. はじめに

水文地形学とは、水循環と地形変化の相互作用を、明らかにする学問分野であり、近年その進歩はめざましいものがある(たとえば恩田ほか編, 1996)。図1に示したように、水循環・地形変化それぞれの諸過程を明らかにするだけの目的で研究を行ったとしても、たとえば水循環の場合、地形および土層などを例とする「場」の影響を強く受けており、水文地形学的相互作用の概念が、地形学・水文学双方において、必要不可欠となっている状況である。また、逆に言えば水文地形学的相互作用を明らかにしようとする過程で、多くの水文学的、地形学的知見が明らかになっていくことが期待されている。

水文地形学および斜面水文学に関して、従来多くの研究が行われてきたが、その多くは、小起伏の丘陵における研究例がほとんどであり、日本の国土の多くを占めるような、大起伏山地における研究例は非常に少なかった。図2は、岩下らによって調べられたいくつかの試験流域における起伏比のヒストグラムである。これによると、多くの流域研究は、起伏比(流域の最大辺長に対する最大比高の比)が0.4以下の小流域での研究が多い、これは平均勾配に直すと、22度弱を示すことから、丘陵地域での研究が多いと考えられる。

しかしながら、これらの多くの研究者らは、これらの流域についても steep mountainous watersheds などと名づけ、緩起伏山地における研究をしているという「自覚」がない。実はこれは図3に示すようなことが原因であると思われる。

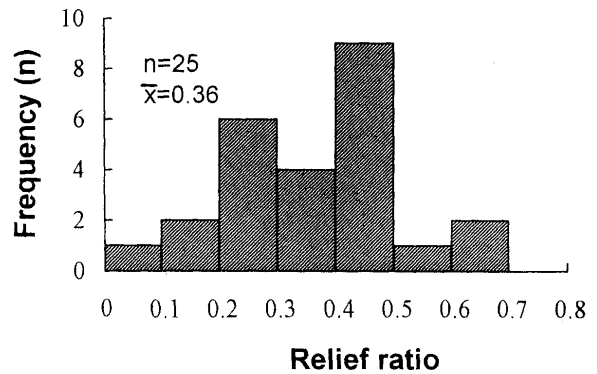
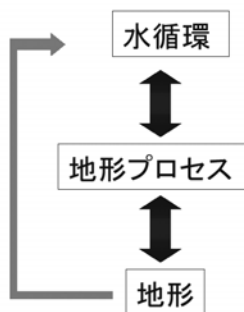


図2 従来の斜面水文学研究における試験流域の起伏比の分布(岩下ほか, 1994)

水文地形学とは



水循環と地形変化の相互作用の解明

図1 水文地形学の概念

いわゆる「急傾斜山地」

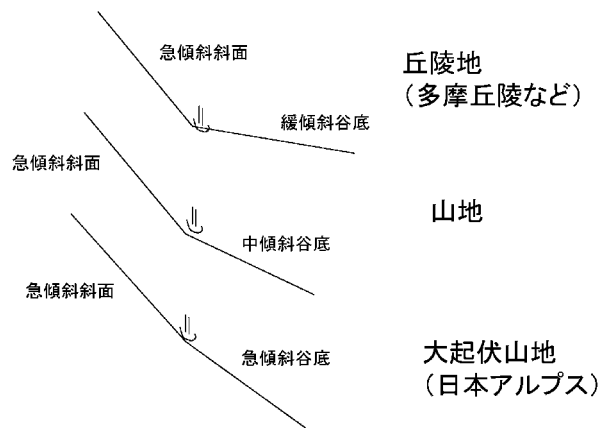


図3 急傾斜山地とは

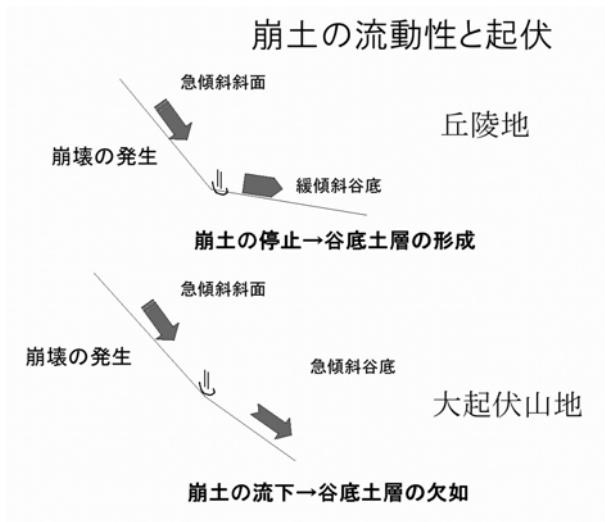


図 4 崩土の流動性と起伏

実際には、丘陵地山地でも、地形形成プロセスとしては、斜面崩壊のプロセスが地形形成を決定づける重要なプロセスであると考えられる(たとえば、飯田・奥西, 1979). したがって、丘陵地山地においても、斜面傾斜自体はかなり急なことが多い(たとえば太田, 1990). しかしながら、丘陵地においては、その低い起伏比が示すように、流域としての比高は小さい. 結局、丘陵地の地形構成を考えると、急傾斜の斜面と緩傾斜の谷底がそれに続く構成をとると考えざるを得ないであろう(図 3). これに対し、一般の山地では、谷底は、丘陵よりも急であり、さらに大起伏な山地になれば、谷底もほぼ斜面と同等な傾斜となるであろう.

このような、水循環場の違いの原因について、地形学的には、図 4 のように解釈することができるであろう. それは、崩壊が発生したとすると緩起伏の山地においては、崩土は谷底で停止し、colluvium として残存するのに対し、大起伏山地においては、崩土は流下し、谷底には残存できないであろう. このような、地形プロセスに起因する土層条件の違いは水文学的に大きな寄与をすると考えられる. このような観点は、図 5 に示すような、地形発達的な山地地形形成の概念がきわめて重要となる.

実際に、source area という名で呼ばれる、降雨に伴い素早くレスポンスする水塊がある部分は、地形学的には崩土が残積した部分であると考えられる. そうだとすると、そのような地形条件下で一般化された降雨流出機構は、谷底堆積物のない流域において、全く適用できないということになる. このように起伏に伴い、水文学的挙動が異なるという現象は、大起伏山地の流域での観測データが乏しいためよくわかっていない.

そこで、本レポートでは、伊那地方における大起伏山地における実測例を紹介し、水文地形学的多様性について考察してみたい.

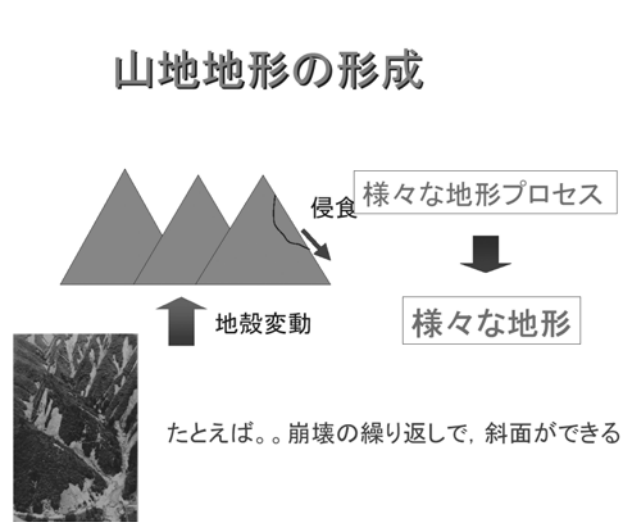


図 5 地形学的に見た山地地形の形成

2. 調査地域

研究対象地域は、図 6 に示した長野県下伊那郡大鹿村大河原の小渋川中流(中古生層)と同県上伊那郡飯島町の与田切川中流(花崗岩)である.

それぞれの流域は、大変急傾斜大起伏山地である. 図 7 に小渋川流域を含む山体の写真を、示す. 起伏はきわめて大きく、主に四万十層群の堆積岩類からなり、極めて大起伏であり、また、斜面傾斜も大きい. それにも関わらず崩壊はあまり見受けられない. これに対し、図 8 に示した、与太切川流域(花崗岩)の写真からは、多くの表層崩壊がみられ、ずいぶん違う地形特性を示している.

試験流域は、中古生層地帯である小渋川中流域の左岸に 2 流域(K1 流域, K6 流域)を、花崗岩地帯の与田切川中流域の右岸に 2 流域(Y1 流域, Y2 流域)を選定した(図 9). 小渋川流域は、図 9 に示すとおり K1 流域は、標高 1080m~1470m に位置し、流域面積 5.5 ha, 起伏比 0.67 である. 与田切川流域は、Y1 流域は、標高 1212m~1606m に位置し、流域面積 6.3ha, 起伏比 0.78 である. Y1 流域は、等高線の凹みが鋭く、その谷筋には水流がみられ、流域全体で基盤岩の露出が目立つ. Y2 流域は、標高 1202m~1406m に位置し、流域面積 0.88ha, 起伏比 0.97 である.

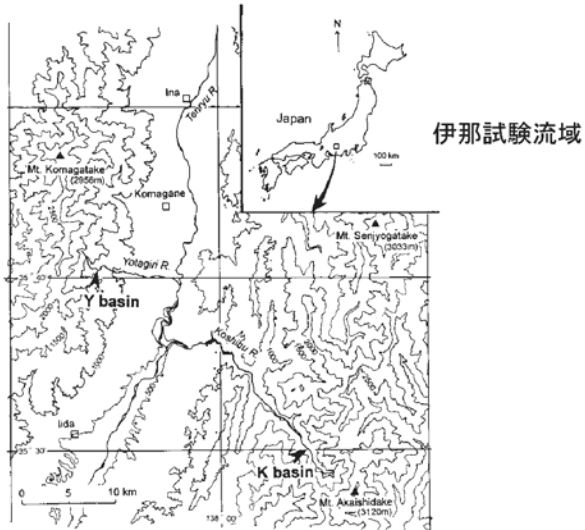


図 6 伊那試験流域



小渋川
中生層

図 7 小渋川流域 中生層山地



図 8 与太切川流域 花崗岩山地

与太切川
(花崗岩)

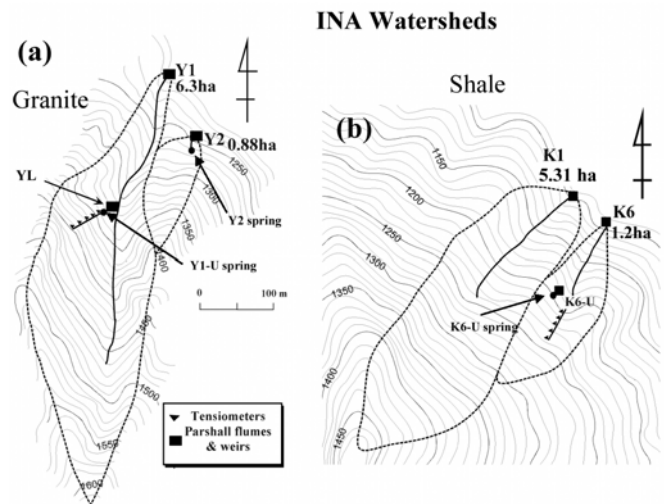


図 9 伊那試験流域

3. 調査方法

水文観測地点は K1 流域, K6 流域, および Y1 流域, Y2 流域である. K1 流域では, 5 インチパーシャルプリューム(有)竹内鉄工所製と水位計(地下水長期自記水位計:(株)中浅測器 W-761)により河川水の水位を測定し, 流量観測の結果から作成した水位-流量曲線を用いて観測期間中の流量を算出した.

K6 流域上部には基盤岩からの湧水が認められたため(図 10), この地形的集水域を K6-U 流域とし, 試験斜面を設けて湧水量を V ノッチ 60° の三角堰と水位計を用いて自記観測を行った.



図 10 K6-U 湧水

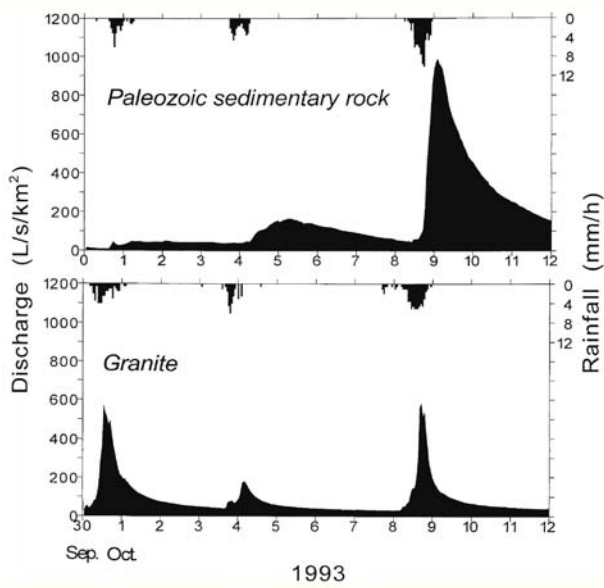


図 11 K1 および Y1 のハイドログラフ

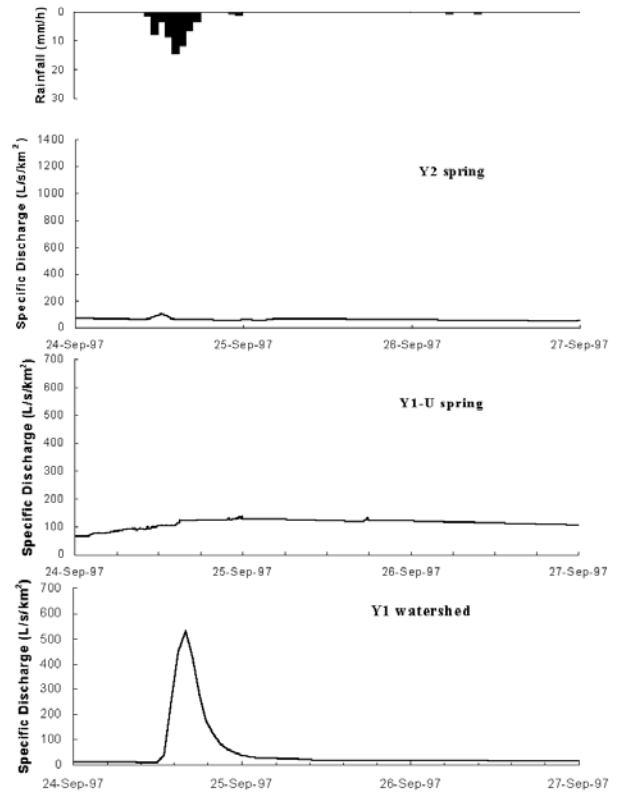


図 12 Y1 (河川水), および Y1U, Y2(湧水) のハイドログラフ(花崗岩)

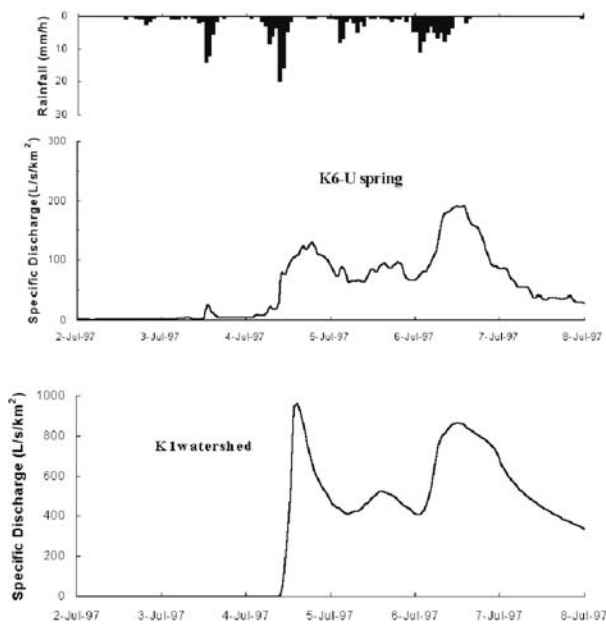


図 13 K1 および K6U(岩盤湧水)のハイドログラフ(堆積岩)

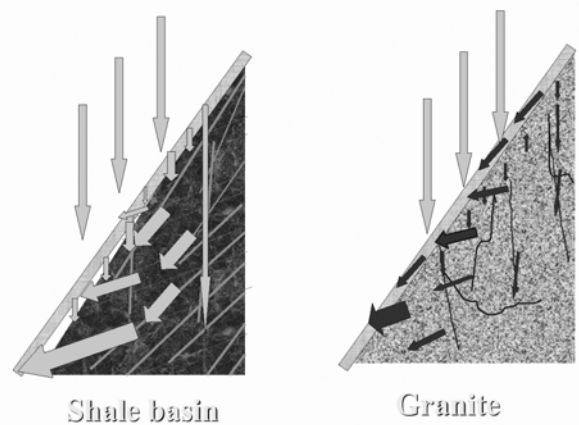
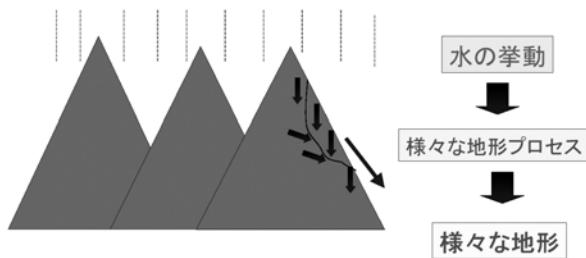


図 14 堆積岩山地および花崗岩大起伏山地流域における水循環の模式図

水循環と地形変化の相互作用



GISにより一般化できる可能性あり → 事例の集積が必要

図 15 水文地形学と GIS の応用

4. 結果及び考察

図 11 によると、K1 流域では 1993 年 9 月 30 日の 37mm の連続降雨に対してその比流量はほとんど 0 L/s/km² であったが、続く 1993 年 10 月 4 日の連続降雨 37mm に対しては 87 L/s/km² の流出ピークが認められた。さらに 1993 年 10 月 8 日の 73.5mm の連続降雨に対しては 494 L/s/km² の流出ピークが発生した。一方、Y1 流域では、1993 年 9 月 30 日の 72 mm の連続降雨に対して 684 L/s/km²、1993 年 10 月 4 日の 47mm の連続降雨に対しては 162 L/s/km²、1993 年 10 月 8 日の 73.5mm の連続降雨に対しては 617 L/s/km² の流出ピークが発生したように連続降雨量にほぼ比例した流出ピークが発生している(図 12)。

花崗岩地域のレスポンスに限ってみてみると、図 12 で河川は降雨に対して鋭く反応しているものの、岩盤湧水はその反応は極めて遅く、ほとんど反応がみられないようである。これに対し図 13 に示すように、堆積岩山地のハイドログラフは、河川水(K1)も岩盤湧水(K6-U)もほぼ同様な流出反応をとっている。このことは、堆積岩大起伏山地流域においては、岩盤湧水がハイドログラフの形成に極めて重要な影響を与えているのに対し、花崗岩山地ではほとんど影響を与えていないことを意味する(Onda et al., 2001)。

図 14 に、模式図を示したが、堆積岩山地においても、花崗岩山地においても、岩盤湧水が降雨流出に重要な flow path となっていることがわかった。これは、従来からの、主流の考え方である、流出は土層から発生する(Brammer et al., 1996)ことと、相対する結果である。このような岩盤流出が重要であるというデータが確認できたのは、本試験流域がきわめて急峻であり、その結果岩盤から明らかに湧出している湧水が明確に把握できたからであろう。

また、ハイドログラフから、岩盤からの流出は中生層地域ではほとんどを占めるが、花崗岩地域でも重要であろう。さらに、上記のデータは大起伏山地であったため得られたが、緩起伏山地でも同様な岩盤からの湧出(たとえば、

寺島・諸戸, 1990) が起こっている可能性が大きい。

最後にこのような、水循環と地形変化の相互作用については、現状のところ、多くの事例の集積が必要となるものの、その途中途中の段階でも GIS 等のツールを用い、一般化への道を探っていくこともまた重要であろう(図 15)。

文 献

- Brammer, D. D. and McDonnell, J. J. 1996. 'An evolving perceptual model of hillslopes flow at the Maimai catchment', in Anderson, M. G. and Brooks, S. M. (eds.), *Advances in Hillslope Processes*. Wiley, New York. pp.35-60.
- 飯田智之・奥西一夫(1979): 風化表層土のほうかによる斜面発達について. 地理学評論, 52, 426-438.
- 岩下広和・恩田裕一・一柳錦平 (1994): 天竜川上流域における急峻な3つの小流域の流出特性の違い. 名古屋大学演習林報告, 13, 85-108.
- 太田猛彦(1990): 急勾配山腹斜面における雨水流出機構. 日本林学会誌 72, 201-207.
- 恩田裕一・奥西一夫・飯田智之・辻村真貴編(1996): 『水文地形学』, 古今書院., 267 pp.
- Onda, Y., Komatsu, Y., Tsujimura, M., and Fujihara, J. (2001): The role of subsurface runoff through bedrock on storm flow generation, *Hydrological Processes*, 15, 1693-1706.
- 寺島智巳・諸戸清一(1990): 花崗岩山地流域における水流発生機構 地形 11-2, 75-96.

注: 本稿は 1999 年 12 月のシンポジウムにおける話題提供の要約である。