

異なる流域面積の流量観測による長期雨量指標の設定方法の検討

筑波大学院環境科学研究科（現 アジア航測株式会社）
筑波大学院生命環境科学研究科

国土交通省関東地方整備局富士川砂防事務所

○森池寛通
恩田裕一
辻村真貴
堀内成郎
赤沼準一
唐木理富

1. 研究目的

従来、警戒避難基準の設定には、時間雨量と実効雨量を用いた長期雨量指標が用いられ、多くの検証がなされてきた（たとえば矢野，1990；林ほか，2000）。また、近年では実効雨量のかわりにタンクモデルによって求められる土壌雨量指数が、長期雨量指標として全国の都道府県に普及しつつある。しかし、実効雨量や土壌雨量指数は土壌の湿潤状態を示すため、その地域の土壌特性や地質・岩質特性により影響を受け、地域によって異なった値をとると考えられる。そのため、パラメータが全国的に一律な土壌雨量指数よりも、地域ごとに異なる半減期を持たせた実効雨量を用いたほうが望ましいことが指摘されている（恩田ほか，2006）。

加藤ほか（2000）は、揖斐川上流部の花崗岩と中古生層（堆積岩）の地域において5～6の小流域（0.59～9.44 ha）を設定し、流量観測を行った。その結果、花崗岩流域は降雨開始後から比較的短時間に流量ピークが現われ、流域ごとの差が小さいこと、中古生層では流量ピークが花崗岩より遅く、流域ごとの時間差が大きいことが示された。すなわち、個別の源流域において、流出特性に基づく長期雨量指標を策定するには、より多くの源流域で観測し傾向を把握する方法があるが、源流域が集合した数km²以上の大きい流域においては、その流域のスケールで流量データの解析を行う方法があると考えられる。前者は観測機器などの制約があり、困難であることが予想されるため、後者の方法を検討することが必要である。そこで、本研究では、釜無川上流域において山地流域の空間スケールと降雨流出特性との関係から長期雨量指標としての実効雨量に及ぼす影響を考察し、警戒避難のための長期雨量指標の設定法を検討することを目的とした。

2. 対象地域・方法

対象地域は、南アルプスの一部であり、山梨県と長野県の県境に位置する釜無川および尾白川上流である（図1）。地質は、釜無川上流の左岸側において石灰岩を主とし、右岸側は砂岩とチャート、塩基性火山岩等を含む。また、左岸の東縁には、変成作用を受けたホルンフェルスが存在し、それよりも東には甲斐駒型花崗岩が分布する。一方、尾白川は釜無川の支流であり甲斐駒型花崗岩が分布している。本研究では、対象流域を源流域、中流域、大流域として選定した。

水文観測は、源流域2地点および中流域Kh、Kn、Knにおいて実施した。中流域OWおよび大流域KOは、国土交通省関東地方整備局富士川砂防事務所が観測した水位データを使用した。源流域2地点とKhには、自動採水機を設置し降雨流出時に河川水の自動採水を行った。雨量データはK2およびOW-3地点で観測し、大平・釜無の雨量データは国土交通省関東地方整備局富士川砂防事務所が観測しているデータを使用した。今回、使用するデータは2006年5月18日～12月7日の間に観測されたものである。

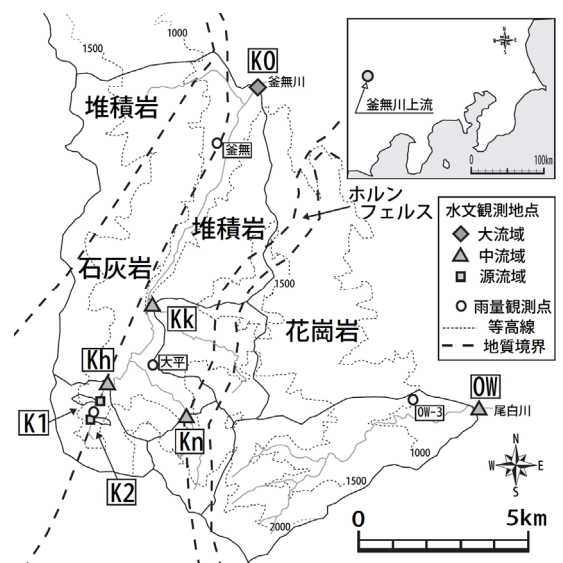


図1 研究対象流域の位置

3. 結果および考察

各流域における流量逓減の傾向を、実効雨量の半減期を用いて比較し、長期雨量指標との関連を検討した。実効雨量は、前期降雨の影響を考慮した積算雨量である。実効雨量の計算式は、矢野（1990）にしたがった。

$$Rw = Rt + \sum \left\{ R_{t-n} \cdot (0.5)^{\frac{n}{T}} \right\} \quad (1)$$

ここで、 Rw : 現在の実効雨量、 Rt : 現在の時間雨量、 R_{t-n} : n 時間前の時間雨量、 T : 半減期 (h) である。前期降雨（解析期間）は、建設省河川局砂防部（1984）を参考に14日と設定した。

各流域の流量逓減を再現する実効雨量の半減期は、以下の方法によって同定した。Shevenell（1996）によ

ると、実際のハイドログラフの流量逓減は、対数軸で表現すると3つの直線で近似されることが多い。そこで、本研究では、降雨直後の急激な減衰（Segment 1）の後に続く直線（Segment 2）の傾きを流量逓減の逓減係数、 λ として求めた。次に、様々な半減期をもつ実効雨量で、流量逓減のSeg.2にあたる部分の λ を求め、流量逓減の λ と比較し最も近い値の半減期を、最適半減期とした（図2）。逓減係数 λ は、Moore（1992）で使用されている以下の式によって求めた。

$$\lambda = \frac{\ln(Q_1/Q_2)}{t_2 - t_1} \quad (2)$$

ここで、 λ ：減衰係数、 Q_1 ： t_1 時の流量、 Q_2 ： t_2 時の流量である。

降雨規模と同定された実効雨量の半減期の関係から（図3）、石灰岩源流域 K1 の流量逓減に対応する実効雨量の半減期は12～168 h となり、降雨規模が大きくなると半減期が長くなる傾向を示した。一方、堆積岩源流域 K2 は、実効雨量の半減期が72 h と一定の傾向を示した。この結果は、異なる地質によって構成される山体の排出特性を表現していると考えられる。中流域では、Khにおいて120 h と実効雨量の半減期が長く（中規模イベントのみ）、Kn, Kk, OW では12～60 h と短い傾向を示した。また、大流域 KO の流量逓減に対応する実効雨量の半減期は24～168 h であり、K1 と同様に降雨規模が大きくなると半減期が長くなった。各流域における、大規模降雨イベント時の流量逓減に対応する実効雨量の半減期は、石灰岩源流域 K1 が168 h、堆積岩源流域 K2 が72 h、中流域 Kn が60 h、OW が48 h、大流域 KO が168 h であった。以上のことから、異なる地質を含む中・大流域の流量逓減の傾向は、KOにおいて石灰岩源流域 K1 の実効雨量の半減期と対応がよく、Kn, Kk では花崗岩流域 OW の実効雨量の半減期と対応がよかった。したがって、流量逓減の傾向は、流域に含まれる地質の面積比率によって異なり、源流域で表現される山体からの水の排出特性（逓減特性）が、中・大流域の流量逓減特性に反映されている可能性が示唆される。

4. まとめ

恩田（2006）では、源流域における流量逓減の再現より得られた実効雨量の半減期が、土石流発生危険度判定のための先行降雨指数として有効であることが示されている。今回、流域スケールに関係なく地質によって流量逓減特性が異なる可能性が示されたため、各地域で地質別の半減期を求め、実効雨量に対応させることによって土石流発生危険基準線の検討を行い、警戒避難基準雨量を設定することが可能であると考えられる。

一般的な豪雨においては、豪雨の継続時間は数時間に限られることが多いことから、短期の豪雨に対応する土石流発生危険度は、流量逓減に対応する実効雨量の半減期が短い（山体からの水の排出が早い）花崗岩において高く、花崗岩＞堆積岩＞石灰岩の順であると予想される。一方、数十時間にもおよぶ長期降雨に対する土石流発生危険度は、流量逓減に対応する実効雨量の半減期が長い（山体からの水の排出が遅い）石灰岩、堆積岩地域において、より高まると予想される。したがって、各流域において設定された半減期の実効雨量を、リアルタイムに監視することにより、基盤地質の異なる地域の警戒避難のために、役立てられると考えられる。

文献

- 林孝標・我部山佳久・小山内信智(2000)：砂防学会誌，Vol. 53，No. 2，p. 57-61
 加藤祐子・恩田裕一・水山高久・小杉賢一朗・吉川愛・辻村真貴・泰耕二・岡本正男(2000)：砂防学会誌，Vol. 53，No. 43，p. 38-43
 Moore, G. K. (1992)：Ground Water, Vol.30, p. 390-395
 恩田裕一・小松陽介・辻村真貴・藤原淳一(1999)：砂防学会誌，Vol. 51，No. 5，p. 48-52
 恩田裕一・辻村真貴・田中高志・笹木浩二・水山高久・内田太郎・田井中治・田中秀夫(2006)：砂防学会誌，Vol. 58，No. 5，p. 13-17
 Shevenell, L. (1996)：Journal of Hydrology, Vol. 174, p. 331-355
 矢野勝太郎(1990)：砂防学会誌，Vol. 43，No. 4，p. 3-13

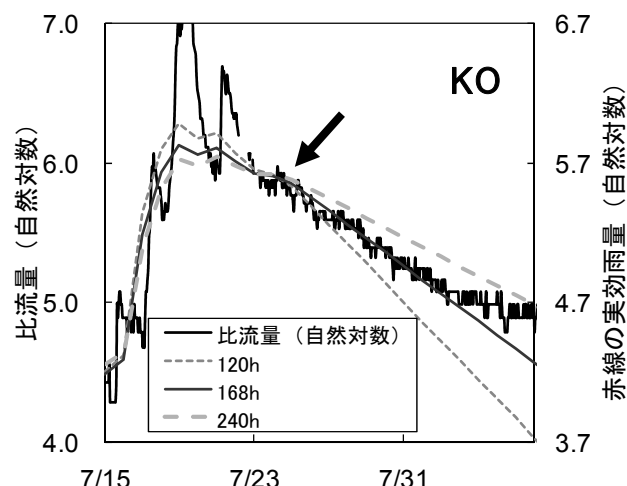


図2 最適半減期の設定例
(矢印は Seg. 2 の開始点を表す)

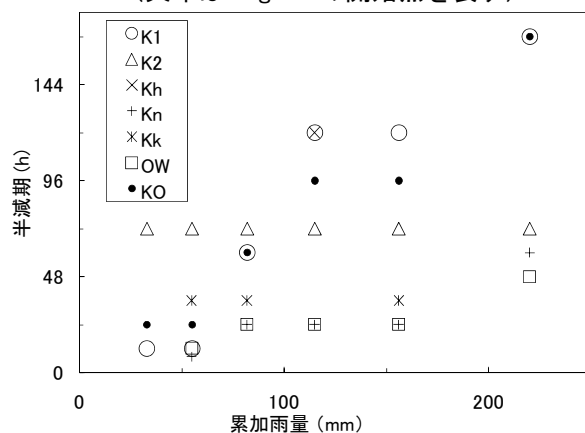


図3 各流域の半減期と降水量の関係