

流域基岩地質が降雨流出過程および渓流水同位体比変動に及ぼす影響

勝山正則(総合地球環境学研究所) katsu@chikyu.ac.jp

福島慶太郎(京都大学農学研究科)

徳地直子(京都大学フィールド科学教育研究センター)

はじめに

森林流域の降雨流出特性の解明は、森林の水源涵養機能の実態を評価する上で重要である。降雨流出特性は流域の母材の違いによって大きく区分され、花崗岩と堆積岩とで比較すると前者のほうがより安定した流況を持つことが示されている(志水,1980)。本研究で対象とするサイト間の比較でも同様の傾向が見られる(Katsuyama et al.,2008)。そのメカニズムとして、基岩層の果たす役割が重要であることが明らかにされてきている(例えば Onda et al., 2001) が、基岩の内部構造を実際に調べることは困難である。本研究ではその役割について、水文観測結果、降雨流出モデル、および安定同位体比変動から計算される渓流水の平均滞留時間を用いて検証する。

方法

観測は花崗岩を母材に持つ滋賀県南部の桐生水文試験地(KEW; 34°58'N, 136°00'E)内の 5 流域(K,R,H,M,A)と 1 斜面プロット(AP)、堆積岩を母材に持つ奈良県南部の護摩壇山試験地(GEF; 34°04'N, 135°35'E)内の 6 流域(S5,S11,S12,S16,S17,S20)にて行った。流域概要を表 1 に示した。

両流域のハイドログラフを比較し、相違が生じるメカニズムを検討するために KEW を含む滋賀県の田上山系での観測結果を元に構築された HCYMODEL (福罵・鈴木,1986) を適用する。両流域で最適パラメータセットを求めるとともに、K 流域の最適パラメータで S20 の気象条件を与えた場合の計算から、降水条件の違いの影響を考察する。

また、両サイトでの降水および各流域の渓流水の酸素安定同位体比($\delta^{18}\text{O}$)の長期変動を元に、FlowPC(Maloszewski & Zuber, 1996)を用いて渓流水の平均滞留時間(MRT; Mean Residence Time)を推定し、そのパターンに対する流域水文過程の影響を検討する。

結果と考察

図 1 に K および S20 の 2006 年の観測ハイドログラフと計算ハイドログラフを示した。また、S20 では K のパラメータを用いた計算結果も同時に示した。両流域の 2006 年の年間降水量・流出量はそれぞれ K で 1850.3, 918.5mm, S20 で 2952.7, 1986.3mm であった。両流域の観測ハイドログラフを比較すると堆積岩流域である S20 の方が流量の変動が激しいことがわかる。特に S20 では K に比べて降水量が多いにもかかわらず、少雨期間の流量減少が大きく、流況が安定しない。

計算結果を見ると、K のパラメータを用いて計算された S20 のハイドログラフは観測流量および S20 の最適パラメータによる計算結果に比べて流量の減少が再現されておらず、両流域の流出特性の違いが降雨特性のみに起因するのではないことがわかる。このことから、S20 では K に比べて水貯留能力が低いと考えられる。

表 1 に $\delta^{18}\text{O}$ の長期変動から計算した渓流水の MRT を示した。KEW 内の AP では飽和側方流が採取され(勝山ら,2004)、この MRT は 0.1 ヶ月となった。これは土層経由の流出成分が非常に短い MRT を持つことを意味する。渇水期には流出が停止する H では MRT が比較的短く、これは流出に対して土層経由の地下水が優占するためと考えられる。これに対し、基岩経由の地下水が優占する M,R,K,A(Katsuyama et al., 2005)では MRT が相対的に長く安定しており、基岩地下水の寄与により流況が安定しているプロセスと対応する。

GEF では流域間の MRT の差が大きく、標高が低い流域ほど長い MRT を持つことが示された。これは標高の高い流域では集水されず基岩面以下に浸透した地下水が、標高の低い流域で集水され流出に寄与していることを示唆している。

図 1. ハイドログラフ比較

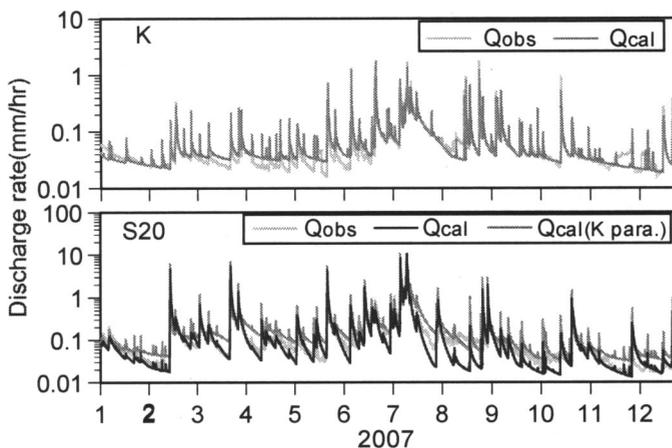


図 1. ハイドログラフ比較

表 1. 流域概要および平均滞留時間推定結果

Name	Area (ha)	Gradient (deg.)	Elevation (m)	Forest age (yrs in 2007)	MRT (mo.)	
KEW	K	5.99	9.2	190	48	26.1
	H	0.4	17.0	209		15.9
	R	1.75	9.6	212		27.1
	M	0.68	14.3	226		22.4
	A	0.086	22.0	226		28.9
	AP	0.024	23.4	234		0.1
GEF	S5	3.97	29.4	1050	34	19.6
	S11	6.52	25.5	990	31	18.7
	S12	7.13	29.7	980	19	20.5
	S16	23.92	22.3	960	8	23.3
	S17	3.15	31.3	950	2	31.7
	S20	9.55	28.1	900	45	30.8

結論

地質の異なる流域間の降雨流出特性を流出モデルによって比較したところ、基底流出を維持する水貯留能力において両者で明確な差が見られた。またこの成分の寄与により、溪流水の平均滞留時間に変動が現れた。これは水移動の媒体としての基岩に、地質に起因する差異があることを示しており、森林の水源涵養能力を定量化する上でも考慮されるべき要因である。また、このような森林流域の水源涵養能力を評価する上で、本研究で用いたような比較的取得が容易である流量や同位体比などの指標が有用であることが明らかになった。

引用文献

福嶋・鈴木(1986)京大演報,57,162-185.; 勝山ら (2004) 日林誌, 86, pp. 27-36.; Katsuyama et al. (2005) Water Resour. Res., 41, W01010, doi:10.1029/2004WR003275.; Katsuyama et al. (2008) Hydrol Resear. Lett., 2, 14-17.; Maloszewski, P. and Zuber, A. (1996) IAEA-TECDOC 910, pp. 9-58, IAEA, Vienna.; Onda et al.(2001) Hydrol. Process.,15,1693-1706. 志水(1980) 林試験報, 310,109-128.

関連する業績
(論文)

Katsuyama, M., Fukushima, K. and Tokuchi, N. (2008) Comparison of Rainfall-Runoff Characteristics in Forested Catchments Underlain by Granitic and Sedimentary Rock with Various Forest Age. Hydrological Research Letters, 2, pp. 14-17.

Katsuyama, M., Fukushima, K. and Tokuchi, N. (2009) Effects of various rainfall-runoff characteristics on streamwater stable isotope variations in forested headwaters, *In* Taniguchi, M., Fukushima, Y., Burnett, W. C., Haigh, M. and Umezawa, Y. (eds.), From Headwaters to the Ocean: Hydrological Change and Watershed Management, Taylor & Francis. pp. 51-55.

(学会発表)

勝山正則, 福島慶太郎, 徳地直子:花崗岩および堆積岩森林流域の降雨流出特性の比較,2006 年度日本水文科学会学術大会, 信州大学, 2006.10.

Katsuyama, M., Fukushima, K. and Tokuchi, N.: Influence of Geology on Water Yielding Function in Forest Catchments, RIHN (Research Institute for Humanity & Nature) 1st International Symposium "Water and Better Human Life in the Future",Kyoto International Conference Hall Annex Hall, November, 2006.

Katsuyama, M., Ohte, N. and Kabeya, N.: Disagreement of end-members and geographic sources of streamwater: riparian control mechanism, AGU Fall Meeting, San Francisco, 2006.12.

勝山正則,福島慶太郎,徳地直子,大手信人,谷誠:森林流域の降雨流出過程に対する基岩の役割, 第118回日本森林学会大会, 九州大学, 2007.4.

Katsuyama, M., Fukushima, K. and Tokuchi, N.: Effects of various rainfall-runoff characteristics on streamwater stable isotope variations in forested headwaters, HydroChange 2008, Kyoto, 2008.10

Katsuyama, M., Fukushima, K., Tokuchi, N, Ohte, N and Tani, M.: Geological influences on hydrological and isotopic characteristics in forested headwaters, AGU Fall Meeting, San Francisco, 2008.12.