

1. 背景・目的

山地源流域における地下水流動に関する様々な研究が1970年代から精力的に行われており(Hewlett and Hibbert, 1967; Sllash and Farvorden, 1979; Tanaka et al., 1984), 特に2000年代以降から降雨流出に及ぼす基盤岩地下水の役割の重要性が明らかにされた(Anderson et al. 1997; Mullholand et al. 1993; Montgomery et al. 1997; Onodera et al. 2001; 恩田ほか. 2001). また従来から石灰岩からなる流域では地形的流域界を越えた地下水流動の存在が指摘されている(Milanovic, 1986; Bradbury and Rushton, 1998).

日本における研究例として、山口県の秋吉台などに代表される石灰岩からなる流域では、主成分である炭酸カルシウムと降水中に含まれる二酸化炭素における溶解反応によって溶食が卓越し、カルスト地形などが形成され、地中において大規模な空洞が発達することため、地形的流域界を越えた地下水流動が卓越することが示唆されている(井倉ほか, 1996). しかし、基盤岩地下水が流出に及ぼす影響の大きい堆積岩からなる流域において、地形的流域界を越えた地下水流動プロセスを明らかにした研究事例は少ない。

そこで本研究ではチャートや砂岩などの堆積岩からなる山地源流域において、湧水と渓流水の水文および化学特性等の時空間変動特性に基づいて、地形的流域界を越えた地下水流動プロセスを明らかにすることを目的とする。

2. 研究方法

栃木県佐野市にある東京農工大学唐沢山演習林内の源流域において、地形的流域を含む複数の小流域を対象とし、湧水10地点と、渓流水12地点を対象に、2012年5月から2013年11月において計6回、採水と流量観測を行うとともに、特に、湧水・渓流水の13地点を対象に、水位モニ

タリングを行った。採水試料については、無機溶存成分濃度、CFCs濃度分析を行った。

3. 結果及び考察

南北に走るの尾根を境界とする東西の流域において、湧水・渓流水の比流量を比較すると、西側流域の比流量が高い傾向にあり、特に低水期においてその傾向は顕著であった(図1)。また、2012年度における西側流域の流出率は128%を示し、東側流域のそれと比較すると80%以上の差が生じていた。

降雨流出時の流出特性について量的な比較をするために、各降雨流出イベントについて直接流出と基底流出の分離を行った結果、2012年1月～10月の期間において西側流域の基底流出量は東側流域の約3.5倍程度と見積もられた。湧水・渓流水および地下水の無機溶存イオンは、東側流域において Ca^{2+} が卓越し、西側流域において Na^+ が卓越するという特徴が見られたが、低水期においては東西流域において Ca^{2+} が卓越する傾向が顕著にみられた。

西側流域の地下水、東側流域の湧水および土壌水を端成分とし、西側流域の湧水および渓流水における各端成分の寄与率についてEnd-member mixing analysisを用いて算出した結果、東側湧水の寄与率が0～60%と見積もられ、この割合は西側の地下水位が低下する程高くなる傾向が見られた(図2)。また、これらの寄与率を用いて低水期における西側流域の流出量について東側流域の湧水を起源からの流出量について推定したところ、上流から下流にかけて多くなる傾向がみられた(図3)。

以上の結果を考慮すると、低水期において、東側から西側に向けた地下水の動水勾配が生ずることにより、流域界を越えた東西方向の地下水流動が生じるものと考えられる。

4. 参考文献

Anderson et al: *Water Resources Research*, **33**, 2637-2653, 1997

Bradbury and Rushton: *Journal of Hydrology*, **211**, pp. 86-99, 1996

Hewlett and Hibbert: *International Symposium on Forest Hydrology*, Pergamon Press, Oxford, pp. 275-290, 1967

井倉洋二: 水文地形学, 古今書院, pp. 217-225, 1996

Mulholland: *Journal of Hydrology*. **151**, 291-316, 1993

Montgomery et al: *Water Resources Research*, **33**, 91-109, 1993

Milanovic: *Journal of Hydrology*, **84**, pp. 141-156, 1986

Onodera et al: *Japanese Journal of Hydrological Science*, **31**(2), 73-82, 2001

恩田ほか: 日本水資源学会誌, **31** (2), pp. 49-58, 2001

Sklash and Farvolden: *Journal of Hydrology*, **43**, 45-65, 1979

Tanaka et al: *Geographical Review of Japan*, **57**, 1-19, 1984

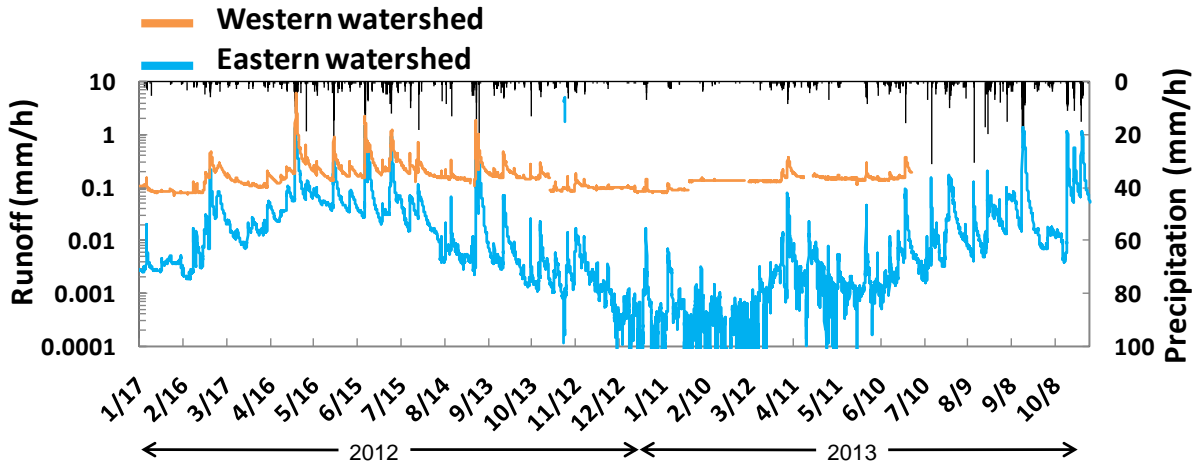


図 1. 地点 KS-B2ST(東側流域)および地点 KS-21FM(西側流域)における長期流出特性

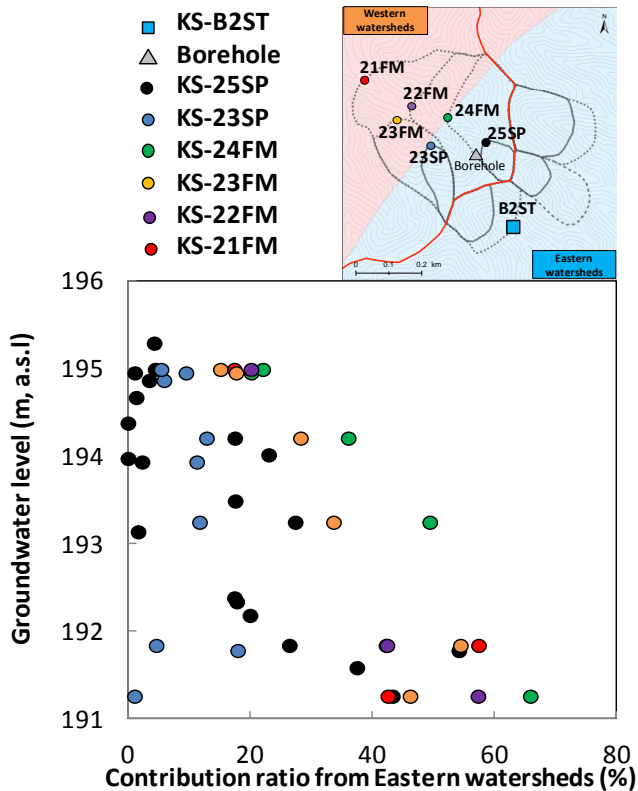


図 2. 西側各地点の湧水・渓流水における、東側流域の地中水からの寄与率と地点 KS-25SP における 30m 観測井の水位との関係

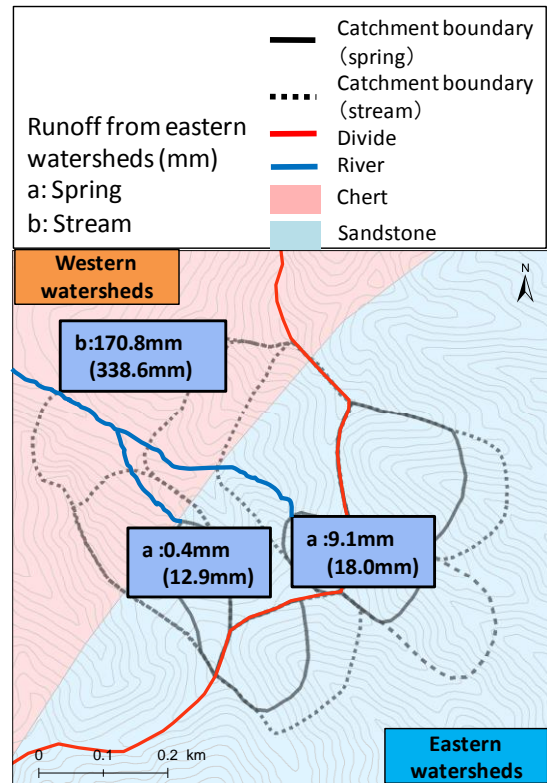


図 3. 地点 KS-23SP, KS-25SP, KS-21FM における基底流出に占める東側流域起源の地中水分流出量 () 内は総基底流出量 (2013 年 2 月～6 月)