

( 続紙 1 )

京都大学	博士 ( 農 学 )	氏名	岩崎 健太
論文題目	Effects of bedrock groundwater dynamics on hydro-biogeochemical processes in granitic headwater catchments (基岩地下水動態が花崗岩山地源流域の水文・生物地球化学過程に与える諸影響)		
(論文内容の要旨)			
<p>豪雨災害や渇水による被害を軽減し、良好な河川水質を維持できる適切な土地利用および森林管理を行うために、森林源流域における降雨流出過程の解明が必要である。先行研究により、水文学的基盤面以下に浸透した地下水(基岩地下水)が森林源流域における渓流水の流出起源・流出経路に影響を及ぼすことが、主に基底流出時について指摘されてきた。しかし、基岩地下水の渓流水の流出起源・流出経路への影響が基底流出時から降雨に伴う直接流出時にかけてどのように変化していくか、また、空間スケールの異なる流域間でどのように異なるか、さらには、基岩地下水が渓流水質に対してどのような影響を及ぼしているかということについては、系統立てて調べられていなかった。そこで本論文では、基底流出時と直接流出時の両方に着目し、流出起源・流出経路および年間を通じた溶存無機態窒素負荷量に対する基岩地下水の影響が評価され、隣接小流域間におけるその影響の相違が検討された。</p> <p>観測は滋賀県南部に位置する桐生水文試験地で実施された。同試験地の基岩地質は花崗岩である。桐生水文試験地全域に相当する2次谷流域とそれに内包される4つの小流域の合計5小流域で観測は実施された。内包される流域は、1次谷流域、溪畔域土層内に恒常的地下水帯が存在しない0次谷流域、溪畔域土層内の恒常的地下水帯が小さい0次谷流域、溪畔域土層内の恒常的地下水帯が大きい0次谷流域の4流域である。各流域で降水量、流量、地下水位の連続観測および降水・地下水・渓流水の水質観測が実施された。水質観測は1ヶ月ごとの定期的な観測に加え、降雨時の集中観測が行なわれた。</p> <p>3章では、溶存無機態物質をトレーサーに用いたEnd-Members Mixing Analysisにより渓流水の流出起源が推定された。樹冠通過雨、斜面土層内の地下水(斜面地下水)、地表面からの深さが数m以内の強度に風化した基岩内の地下水(強風化基岩地下水)、地表面からの深さが10m程度の中程度に風化した基岩内の地下水(中風化基岩地下水)が渓流水の起源として特定された。溪畔域土層内の恒常的地下水帯は強風化基岩地下水もしくは中風化基岩地下水によって涵養されていた。0次谷、1次谷、2次谷と流域の空間スケールが拡大するに伴い、降雨後の逡減時および基底流出時における渓流水への基岩地下水の寄与が大きくなり、さらに、強風化基岩地下水よりも深くに存在する中風化基岩地下水の寄与が相対的に大きくなった。この流出起源の違いは、溪畔域土層内の恒常的地下水帯での強風化基岩地下水もしくは中風化基岩地下水の基底流出時における貯留によって決まった。これらの結果から、強風化基岩地下水と中風化基岩地下水は溪畔域土層内における恒常的地下水帯の涵養を通して、基底流出時だけでなく直接流出時においても、渓流水の流出起源として寄与することが示された。</p>			

4章では、5小流域において直接流出のピークを形成する主要な渓流水の流出経路が推定された。溪畔域土層内に恒常的地下水帯がない0次谷流域と溪畔域土層内の恒常的地下水帯が小さい0次谷流域における流出ピーク時の主要な流出経路は、先行水分条件が湿潤になるにつれて、河道降雨または溪畔域からの流出から斜面土層内からの流出へと変化した。それに対し、溪畔域土層内の恒常的地下水帯が大きい0次谷流域および1次谷・2次谷流域における流出ピーク時の主要な流出経路は、大規模な降雨時においても河道降雨または溪畔域からの流出のまま変化しなかった。流域間における流出経路の相違には、強風化基岩地下水もしくは中風化基岩地下水によって涵養された溪畔域土層内における恒常的地下水帯の大きさが関係していた。斜面土層内からの流出が流出ピーク時の主要な流出経路であった流域では、河道降雨または溪畔域からの流出が流出ピーク時の主要な流出経路であった流域に比べ、降雨ピークから渓流水の流出ピークまでの遅れ時間が長かった。以上の考察より、基岩地下水は溪畔域土層内における恒常的地下水帯の涵養を通して流出ピーク時の主要な渓流水の流出経路に影響を及ぼし、その影響は降雨ピークから渓流水の流出ピークまでの遅れ時間に反映されると考えられた。

5章では、溪畔域土層内の恒常的地下水帯が存在しない0次谷流域と、それに隣接する1次谷流域において、水の深部浸透現象（水文学的基盤面よりも深部に浸透し、量水堰を通らずに流域外へ失われる現象）が溶存無機態窒素（DIN）負荷量に及ぼす影響が評価された。0次谷流域と1次谷流域においてそれぞれ、水の年間深部浸透量は年間降水量の37～45%と-6～3%、DINの年間深部浸透量はDINの年間総負荷量（渓流水としての流出負荷量と深部浸透量の合計）の34～76%と-18～8%であった。1次谷流域で水とDINの年間深部浸透量の最小値がマイナスとなったことは、隣接流域において深部に浸透した水とDINが1次谷流域へと流入している可能性があることを意味している。本試験地では、強風化基岩地下水と中風化基岩地下水のDIN濃度は斜面地下水よりも低かったが、0次谷流域ではDINの総負荷量を考える際にDINの深部浸透量は無視できなかった。さらに、流出起源推定の結果、流域規模の拡大に伴い、渓流水への強風化基岩地下水および中風化基岩地下水の寄与が増大することが示されていることから、0次谷流域において深部に浸透した水とDINは高次流域において流出すると考察された。

注) 論文内容の要旨と論文審査の結果の要旨は1頁を38字×36行で作成し、合わせて、3,000字を標準とすること。

論文内容の要旨を英語で記入する場合は、400～1,100 wordsで作成し  
審査結果の要旨は日本語500～2,000字程度で作成すること。

(続紙 2)

(論文審査の結果の要旨)

森林源流域における降雨流出過程の解明は、森林の水源涵養機能や河川水質浄化機能を評価する上で重要な課題である。近年、水文学的基盤面以下に浸透した地下水(基岩地下水)が森林源流域における溪流水の流出起源・流出経路に影響を及ぼすことが、主に基底流出時について指摘されてきたが、その影響が基底流出時から直接流出時にかけてどのように変化するかは理解が進んでいない。また、水文学的基盤面以下に浸透し量水堰を通らずに流域外に失われる水量(深部浸透量)が一定量存在することは調べられてきたが、森林管理を行う上で重要な物質である溶存無機態窒素の深部浸透量については検討されていない。本研究は、空間スケールの異なる隣接小流域間における相違を考慮した上で、直接流出時に基岩地下水が溪流水の流出起源・流出経路に及ぼす影響を検討し、さらに溶存無機態窒素の深部浸透量を定量的に評価したものである。

評価できる点として以下の3点を挙げるができる。

1. 基岩地下水は溪畔域土層内における恒常的地下水帯の涵養を通して、基底流出時だけでなく降雨後の逶減時においても溪流水の流出起源として寄与し、その寄与は流域の空間スケール拡大に伴い大きくなることが明らかにされた。

2. 基岩地下水は溪畔域土層内における恒常的地下水帯の涵養を通して流出ピーク時の主要な溪流水の流出経路に影響を及ぼし、その結果として降雨ピークから溪流水の流出ピークまでの遅れ時間に隣接小流域間で相違が生じることが明らかにされた。

3. 溶存無機態窒素の深部浸透量が初めて定量的に評価され、その量が溶存無機態窒素の年間総負荷量(溪流水としての流出負荷量と深部浸透量の合計)の34~76%に及ぶ流域があることが示された。

以上のように本論文は、基岩地下水が基底流出時および直接流出時における溪流水の流出起源・流出経路並びに溶存無機態窒素負荷量に影響を及ぼすメカニズムを解明し、均質な基岩地質を持つ隣接小流域間でその影響がどのように異なるかを実証的に明らかにしたものであり、森林水文学、森林生態学、土壌学の発展に寄与するところが大きい。

よって、本論文は博士(農学)の学位論文として価値あるものと認める。

なお、平成30年2月9日、論文並びにそれに関連した分野にわたり試問した結果、博士(農学)の学位を授与される学力が十分あるものと認めた。

また、本論文は、京都大学学位規定第14条第2項に該当するものと判断し、公表に際しては、当該論文の全文に代えてその内容を要約したものとすることを認める。

注) 論文内容の要旨、審査の結果の要旨及び学位論文は、本学学術情報リポジトリに掲載し、公表とする。

ただし、特許申請、雑誌掲載等の関係により、要旨を学位授与後即日公表することに支障がある場合は、以下に公表可能とする日付を記入すること。

要旨公開可能日： 年 月 日以降(学位授与日から3ヶ月以内)