



1 お山に雨が降りました

「おやまにあめがふりました。あとからあとからふってきて、ちよろちよろおがわができました。」これは、童謡の「あめふりくまのこ」の歌詞ですが、雨が河川へ流出する仕組み(図1)をよく表しています。さて、お山に降ったこの雨は、お山の中のどこを通過して、河川まで流れてくるのでしょうか？

2 雨のゆくえ

森林へ雨が降ると、そのうちの約15〜20%は、葉や枝に遮られて蒸発します(図2)。葉の間をすり抜けたり、幹を伝わったりして地面に落ちた雨は、地中へ浸透するものと地表で蒸発するものとに分かれます。地中へ浸透した雨水は植物の根に吸収され、蒸散によって大気へ戻るもの、土壌の中に留まるもの、土壌の下の風化した岩石をさらに浸透するものがあり、これ以外が河川へ流出

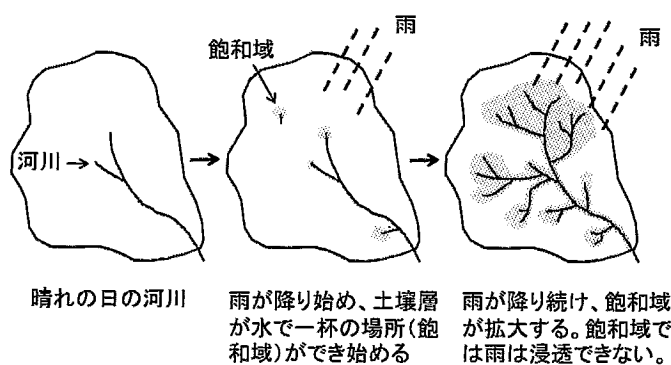


図1 雨により森林斜面に新たな小川が発生して広がる様子

します。森林の土壌には大小様々な大きさのすき間(孔隙)があります。雨水は大きな孔隙やパイプ(根の腐った跡や小動物の通路)を通して、速やかに河川へ到達するものから、小さな孔隙をゆつくりと移動するものまであります。

3 水の動きを追いかける

水の動きを調べるために、水と一緒に動いている物質(トレーサ)の動きを調べる方法があります。ト

レーサとして、自然界の水の中に元々存在する溶存イオンの濃度、酸素や水素の安定同位体(同じ元素であるが質量数が異なる原子で、時間が経っても、質量が変化したり、他の元素に変わったりしない)がよく用いられます。とくに酸素と水素の安定同位体である質量数16と18の酸素( $^{16}\text{O}$ と $^{18}\text{O}$ )、質量数1の水素( $^1\text{H}$ )、質量数2の重水素( $^2\text{D}$ )は、それ自身が水であり、理想的なトレーサであると言われていています。以下にこの

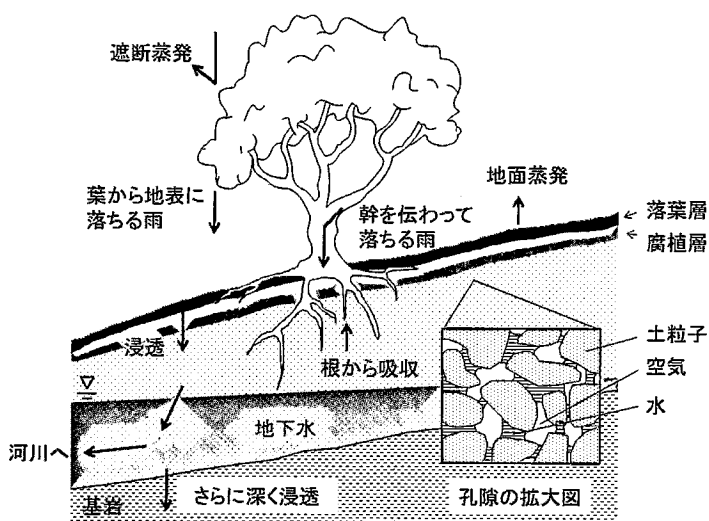


図2 森林に降った雨のゆくえ

ようなトレーサを用いた調査例をご紹介します。

4 どこにあった水か  
雨とその前に採取した土壌水および地下水のトレーサ濃度(ここでは、 $\text{Cl}$ と $\text{Na}$ )を調べてグラフにすると、図3のように三角形が描けます。この時の河川水の濃度は、ほぼこの三角形の中で変化しているの

で、この河川水は雨水、土壌水、地下水の3成分からできていると考

えます。そして、各成分がどのくらいの割合で混ざっているのか計算することができません。計算した結果、河川水の大部分が土壌水であることが分かりました(図4)。

5 雨が河川へ出るまでの時間

同位体組成は同位体比といて、Hや<sup>16</sup>Oの個数に対するDや<sup>18</sup>Oの個数の比として<sup>18</sup>O/<sup>16</sup>OやD/Hのように表します。単位は‰(パーミル)を用います。

積雪地域では、雨や雪の<sup>18</sup>O/<sup>16</sup>Oは、雪で小さく、雨で大きいという季節変化を示します(図5(a))。この季節変化は雨水や雪解け水が地中の水と混ざりながらゆっくりと河川に到達するまでに小さくなります。(図5(b))。地中へ浸透した水が山中に留まっている時間を平均滞留時間といい、雨や雪と河川水の<sup>18</sup>O/<sup>16</sup>Oの季節変化をそれぞれサインカーブで近似し、その振幅の比から推定する方法があります。この方法で、対象河川の平均滞留時間を推定した結果、約9.3ヶ月でした。

6 どこを流れて流れるのか

地中の水の流れが地表に比べてかなり遅いと考えられていた頃、雨水の速い流出には、土壌層が水で満た

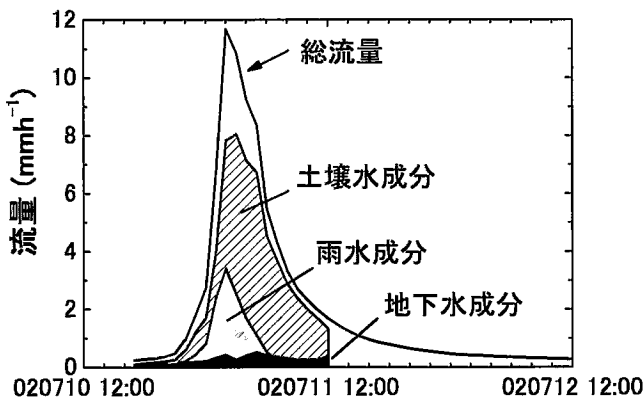


図4 常陸太田試験地における総流量に占める雨水、土壌水および地下水成分の割合 (7/11 12:00以降探水なし)

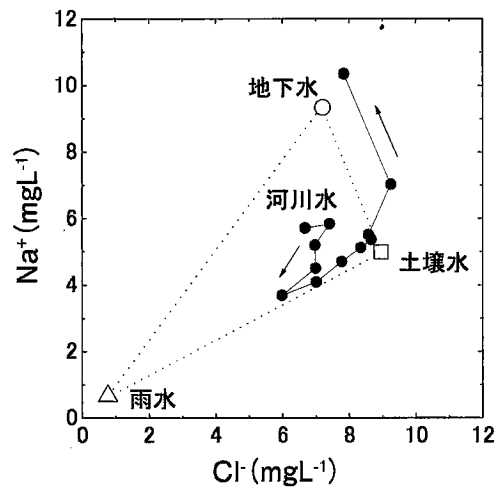


図3 常陸太田試験地における雨水、土壌水、地下水および河川水のCl⁻とNa⁺濃度の関係。矢印は濃度が変化した方向を示す。

された場所(図1)から発生する地表流の役割が重要視されてきました。4節のように、流出の大部分が地中の水が占めることが明らかにになると、動きが遅いはずの水の、速い流出メカニズムについて議論されるようになりました。トレーサで分かるのは、先に示した2つの情報までであり、雨水の道筋まで知るには、パイプの存在などの斜面調査を併せて行う必要があります。現在では、このような調査が進み、急峻な森林斜面では、地表を流下する雨水の割合は少なく、速い流出には、大

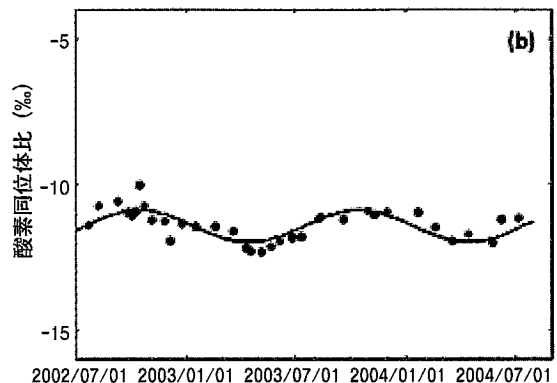
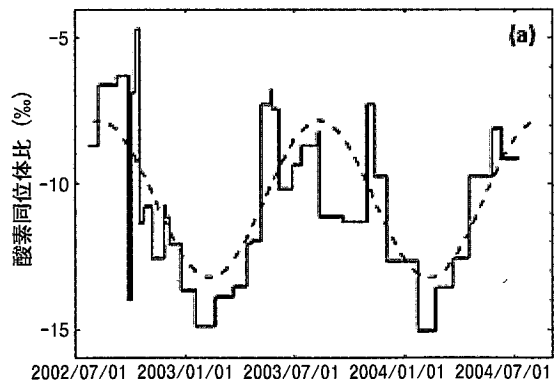


図5 宝川森林理水試験地における(a)雨および雪と(b)河川水の酸素同位体比およびその近似曲線

孔隙やパイプのネットワークを通じた、もともと地中にあつた水の排水がより重要であることが明らかになっています。

森林総合研究所東北支所  
久保田多余子

019(641)2150