

特集：流域の保水浸透機能の見分け方

地理学的な観点を考慮した流域の水循環のあり方、見分け方

<ドラフト>

英文タイトル：

キーワード：

近藤昭彦

Akihiko KONDOH

千葉大学環境リモートセンシング研究センター

1. はじめに

地理学は系統地理学、地誌学、地図学、地理学史から構成されるが、系統地理学は自然系諸分野と人文系諸分野が構成される。例えば、気候学、地形学、水文学、などの自然系の科目群と農村地理学、都市地理学、経済地理学、といった人文系科目群があるが、地理学者はすべてを俯瞰するセンスを持つといえる。すなわち、人と自然の関わりを包括的な視点から解釈することが地理学的視点といえる。また、地理学では地域の理解を重視するが、それは普遍的な知識は環境認識のベース部分にあり、その上に積み重なる地域ごとの個別性、地域性を理解することにより個々の地域を理解し、地域の集合体としての世界の理解を目指すという態度である。したがって、地理学者は地域の診断士ともいえ、日本地理学会では2010年から「地域調査士」の認定を始めている。

地域を対象としたときに誰でもアクセス可能な地理情報は何かあるだろうか。地形図、地質図、植生図、土壌図、空中写真、衛星画像、など様々な情報がすでにネットワーク上あるいは入手可能な状況で存在し、地域に対して最低限の解釈の行う情報としては極めてデータリッチな状況にある。これらの情報を地理学的観点で解釈すれば流域における水循環のあり方を推定することは困難なことではない。

2. 流況を決める要因

流域の水循環のあり方を判読するキーポイントは水収支である。水循環に関わる観測情報がない場合でも、河川の流況に関する定性的な情報があれば流域の水循環の特性はある程度判断可能である。その際に重視したいのは河川の渇水量（あるいは基底流量）、すなわち無降雨が続いても安定して流れている流量である。

河川の渇水量と流域の諸特性を比較したほぼ同時期の優れた研究に志村(1980)と虫明ほか(1981)がある。志村(1980)では、減水曲線、豊水－渇水比の検討から第三紀・第四紀火山岩類、花崗岩類からなる流域は渇水量が豊富で水源涵養機能も良好であること（地質の効果）、緩傾斜面の多い流域は渇水量の値は大きな傾向にあること（地形の効果）、また地中水循環の重要性について述べているが、植生区分と渇水量の間には明確な関係認められないと記述している。虫明ほか(1981)でも第四紀火山岩類流域で低水流出指標が最も大きいこと、低水流出指標（流量要覧の渇水量ならびに自流水あるいは調整池式発電所の常時使用数量）が大きい流域ほど逓減が緩やかであることを述べている。

以上の結果から、渇水時の流出は地質の影響を受けており、火山岩類や花崗岩類から構成される流域は豊かな水を育むといえる。地形についても志村(1980)は緩傾斜面の存在により渇水量

が増えることに気がついている。地中水の重要性については、松村(1972)は、多摩丘陵大栗川上流の小流域で主帯水層である砂層の占める割合が増えると、低減係数が小さくなること、すなわち流況が安定することを報告している。

一方、植生については志村(1980)は関係が認められないとしているが、アメリカのカウイータ試験地の成果等(例えば、塚本, 1998等に纏められている)を参照すると植生の存在や種類は明らかに流況に影響を与えているといえる。なお、本州島の日本海側の流域は渇水量が多い流域が多く、落葉広葉樹(ブナ林)が広く分布しているため、落葉広葉樹の水源涵養機能の評価の根拠とされることもある。西崎(2004)は国内の72カ所の山地流域について年降水量と渇水比流量の関係をプロットすると、渇水比流量は確かに落葉広葉樹の流域が常緑針葉樹の流域を上回っているが、最大積雪深との関係をみると、落葉広葉樹流域における最大積雪深が大きいことを明らかにした。日本海側流域では積雪が多いため人工林の造成が行われず、結果としてブナ林等の落葉広葉樹林が残されており、流況の解釈には気候条件も重要な要因になることを明らかにした。

したがって、流域内の水循環のあり方を推定するには、地形・地質・気候・植生および土地利用の相互作用を総合的に判断する経験知が大切であることがわかる。なお、土地利用については都市型洪水の例から重要な要因であることは明らかである。

3. 谷はなぜそこにあるか

山地や台地は谷によって刻まれ、長い年月をかけて削剥されていく。では、谷の機能とは何だろうか。単純に考えると、流域内の余剰水および生産された物質を流域外に排出することである。流域における水および物質循環を最適化する様に谷は自己調整を行い、平衡状態に向かって変化していく。このような地形と水循環の相互作用を研究する分野が水文地形学である。地形は営力が働いた結果であるので、地形から営力を推定できる。同様に、地形から流域の水循環のあり方を推定することができる。

例えば、水系密度が小さな流域は地表水系を通じて排水すべき水量が少ない、言い換えると、地中水循環が卓越していると考えることができる。東山魁夷の「残照」は千葉県鹿野山から眺めた九十九谷である。鹿野山は周囲より標高が高く、水系密度が小さいが、南側に広がる九十九谷は標高が低く水系密度が大きい。砂層からなる鹿野山は降雨を浸透させ、地下水として流出させるため水系密度が小さい。また、泥層からなる九十九谷は地表水系を通じて余剰水を排水しなければならないために水系密度が大きいと考えることができる。

地形と水循環は平衡状態に向かって相互作用するが、この平衡状態を変えるイベントが時々発生する。河川争奪がその一つであるが、河川あるいは谷は変遷する過程で地表流域だけでなく地下水流域も争奪する。地表流域を争奪されると、地下水流域も変わる。隣接する流域が争奪されると、逆に地下水流域を得る場合もある。したがって、谷地形を良く観察し、上流が化石谷になっているか、傾斜変換点(ニックポイント)がないか、判読すると、地下における水循環の様子が浮かび上がってくる。

近藤(1985)は下総台地南縁部の小流域において渇水比流量を計測し、トリチウムによる年代推定値と合わせて解釈した結果、渇水比流量の大きな谷の上流部には谷の傾斜変換点の上流が化石谷となっている流域が隣接している場合が多いことを明らかにした。このような谷の変化は第四紀の水河性海水準変動に対応しており、地形と水循環の変化を地史的な観点から解釈する必要があることを示している。

4. 地質、地形の違いがもたらす水循環の違い

千葉県の上総丘陵は連続する厚い第四紀層である上総層群から構成され、東京湾に向かって緩く傾斜する、いわゆる将棋倒し構造を呈している。砂がちの部分と泥がちの部分で明瞭な地形の差、すなわち水系密度、比高、斜面形の違いを生じている。一般に砂がちの部分は標高が高く、大きな山体を持つが、泥がちの部分は標高が低く、水系密度が高くなっている。千葉県茂原市付近の笠森層（上総層群最上位）は塊状の泥岩で、上位の下総層群が形成する台地より年代が古いにも関わらず標高が低くなっている。地形の逆転の例としても有名であるが（吉川ほか、1972）、泥岩である笠森層の透水性が低いために侵食が進んだ、すなわち表流水として余剰水を排水する過程で侵食が早まったと考えることができる。

侵食の主な営力は崩壊であるが、先述の九十九谷も崩壊地の分布密度が高く（古谷・大倉、1992）、表流水の発生頻度と関係している。筆者は笠森層の流域で水文観測を行った経験から泥層からなる丘陵は基盤の上に細粒分の多い土層を形成し、降雨時に飽和帯が急速に成長するため、基盤との境界で滑りが発生しやすくなると考えている。基盤地質と、それが形成する土層の性質との関係も水循環を推定する重要な鍵である。

花崗岩山地は日本に広く分布し、一般になだらかな地形を形成するが、花崗岩の性質により異なる地形を形成する。恩田(1989)は愛知県小原村（現豊田市）において粗粒花崗岩と細粒花崗岩からなる流域において水文観測を行った結果、V字型の谷形を持つ細粒花崗岩流域では降雨時に斜面が飽和しやすく、崩壊が発生しやすいのに対して、舟底型谷底を持つ細粒花崗岩流域では斜面が飽和しにくく、尾根部における土層の地中水貯留容量が大きいことを明らかにしている。よって地形変化は斜面基部における地中水の流出に伴う支持力の低下をきっかけとして発生する崩壊によって生じる。

このように、水循環と相互作用しながら平衡状態に向かって変化していく地形を観察すると、流域で生じている水循環のあり方を推定することができる。基本的にはある地質自体の透水性、また、ある地質が形成する土層の厚さを想定し、比較的短期の水循環に関わる部分の容量により流域の水循環のあり方を推定することができる。

5. 水が存在することの意味

筆者の初めての海外調査はタンザニアの東アフリカ高地における地下水調査であった。サバナの大地は大地溝帯に向かって階段状に落ちる断層と、断層間の台地から構成されている。台地上には皿状の凹地があり、わずかな水を湛え、住民の生活用水となっていた。断層間の凹地は雨期になると湛水し、ブガと呼ばれる黒色粘土が堆積していた。断層線崖の緩い斜面は塩基性岩石起源のラテライト性赤色土で、台地上は蟻塚の分布する花崗岩起源の砂質土からなっていた（小野寺ほか、1996）。

地下水は断層破碎帯から揚水するのであるが、その同位体組成は比較的軽く、台地上の花崗岩地帯の基盤直上の浅い地下水と同じだった。一方、台地上の池の同位体組成は蒸発の効果で重く、また、低地を構成するブガは容易に水を地下に浸透させないことがわかった。台地上の池は地下水の涵養池として機能するかわかれたが、同位体組成から池は地下水涵養機能を持たず、“水が浸透しないから”池が形成されていると解釈した。

一方、日本の東北地方に多い山頂部の湿地は主に大量の積雪によって維持されているが、下部斜面で地すべりを引き起こしていることが多い。この場合は、高標高部の湿地が地下水を涵養しているといえる。

このように、“水がそこにある”ということの解釈は流域における水循環を考える場合に二

面性を持つ。河川の“流量が多い”ということと“流況が良い”ということが異なるニュアンスを持つことと同様に、総合的、包括的な視点から現象を解釈する習慣を普段から身につけておくことが大切である。

6. おわりに

流域に立ち、流域を眺めながら流域における水循環のあり方を考えるためには、水文・地形・地質・気候・植生・および土地利用の相互作用を捉える総合的、包括的な視野を持つ必要がある。考察を補助する地形図、地質図、そのほかの主題図情報は日本には豊富に存在するので、これらの情報を活用するリテラシーも必要である。

いくつかの観点については本文中に記述したが、様々な事例を知ることが大切である。野外科学においては一般性はベースにあるもので、その上にある個別性を積み上げることにより、判断力が増してくる。演繹的に答えを求めてはいけない。地理学では地域の理解を重視するが、個別性、経験を積み上げることにより地域ごとの水循環の共通性、異なる部分が明らかになり、応用力が増していくことだろう。

<参考文献>

- 志水俊夫(1980)：山地流域における渇水量と表層地質・傾斜・植生との関係、林試研報、No.310、109-128.
- 虫明功臣・高橋裕・安藤義久(1981)：日本の山地河川の流況に及ぼす流域の地質の効果、土木学会論文報告集、No.309、51-62.
- 西崎貴子(2004)：流域の地形・地質・気候・植生が河川流況に与える影響、千葉大学自然科学研究科修士論文.
- 塚本良則(1998)：森林・水・土の保全—湿润変動帯の水文地形学、朝倉書店、138p.
- 近藤昭彦(1985)：下総台地南縁部の小流域における渇水期の流量と地形との関係について、ハイドロロジー、15、114-121.
- 小野寺真一・近藤昭彦・佐藤芳徳・林 正貴・新藤静夫・松本栄次・池田 宏(1996)：東アフリカ、タンザニアの半乾燥地域における地中水循環、日本水文科学会誌「ハイドロロジー」、26、75-86.
- 松村好造(1972)：大栗川上流の規底流量について、ハイドロロジー、5、25-30.
- 古谷尊彦・大倉 博(1992) 房総半島鹿野山周辺地域の斜面崩壊の地形、地すべり、28、279-290.
- 吉川虎雄・杉村 新・貝塚爽平・太田陽子・坂口 豊(1973)：「新編 日本地形論」、東京大学出版会、415p.
- 恩田裕一(1989)：土層の水貯留量の水文特性および崩壊発生に及ぼす影響、地形、10、13-26.