

水の多様な役割

海外の水資源に依存する日本

日本は水資源に恵まれているか？

前世紀末、今から15年ほど前に、「20世紀が石油をめぐる争いの時代であったとするならば、今後（21世紀）は希少化する水資源の問題が深刻化するだろう」と指摘したのは、当時世界銀行副総裁であったイスマイル・セラゲルディン氏^①である。21世紀になっても、世界的に見れば水の需要は増え続けており、世界の水をめぐる情勢は好転しているとは言いがたい。だが、日本の年間降水量1690ミリ^②は、世界平均810ミリの2倍以上であり、世界的にも降水量に恵まれている。また、世

総合地球環境学研究所准教授

窪田 順平



界に260はあるという国境を越える河川（国際河川）の水争いは、陸続きの国境を持つ国では、常に主要な外交上の課題であったわけだが、それとも日本は無縁である。日本に暮らす私たちは、世界的な水の危機などなかなか実感できないというのが本音であろう。

ところで、私たちは雨水のすべてを使うことができるわけではなく、例えば、山に降った雨は森林などが生長するために使われたりするので、その残りが川に流れてくる。この川に流れてくる量を水資源量（『水資源白書』^③等では「水資源賦存量」と呼ばれているが、ここでは単に「水資源量」

狙いでもある。

資源としての水の特性

と呼ぶことにする)という。『水資源白書』によれば、意外なことに日本の1人当たりの水資源量は約3200立方メートル/年となり、世界の1人当たり8400立方メートル/年の2分の1以下であり、水資源量の少ない国とされる。豊富な降水量に支えられた豊かな森林や水田を持つ日本の景観と、いわゆる海外の乾燥地の景観を思い浮かべれば、日本の水資源量が少ないと言われても、感覚的には受け入れられないのではないだろうか。こうした一見矛盾したかのような水に関わる言説を統一的に理解し、水資源の問題を議論するためには、地球上のどこに水があって、どのくらい流れているのかといった「水のつながり」ともいべき自然の仕組みと、水は何に使われているのかという人間の利用の面での役割とをもう一度考え直して見た方がよさそうである。

水には、「水資源量」という数字に表れる「見える資源」としての役割と、「見えざる資源」とでも呼ぶべき、広い意味での資源としての役割があるのだが、それを明らかにしていくことが、小論の

資源という視点から見たときに、水の最大の特徴は、循環性の資源であることである。水は大気、海洋、陸域を、液体の水としてだけでなく、時には気体である水蒸気や固体の雪や氷というように形を変えながら地球全体を巡っている。これを水循環と呼ぶが、水循環にもなつて、海洋、河川、湖沼、地下水、氷河や氷床など、さまざまな場所で存在する水の量は季節的に変動するが、1年たつとほぼ元の状態へ戻る。こうした循環が毎年繰り返されており、循環している水を使う限りにおいては、石油などとは異なり、持続的に利用可能な無限ともいえる資源である。地球上に存在する人間が利用可能な淡水の量は、地球上に存在する水の約2・5%にすぎず、さらにはその大半は南極やグリーンランドなどの氷河・氷床であったり、地下水なので、河川や湖沼のように人間が使いや

すい形態のものはずか0・01%程度にすぎない。このことをもって水資源の希少性を強調する向きもあるが、水が循環していることを考慮すれば、これもいささかの外れな議論と言わざるを得ない。氷河や氷床、あるいは化石地下水と呼ばれる大変古い時代に蓄えられた深い地下水などは、循環の速度が遅いためにストックされているものと見ることができるとも人間が資源として使ってきたのは、フローとして循環している河川や湖沼、浅い地下水などである。

経済的な側面から見ると、水の値段は一般に安く設定されている。これは水を利用するためのインフラ整備には大きなコストがかかるため、国家あるいは共同体がその主体であったことに起因する。古代ローマが建設した水道橋などを見ても、歴史的には公共財として位置付けられてきた。農業用水も同様で、さらに天水農地と呼ばれるその場所に降る降水で農業生産を行うものも存在するため、水利利用のコストを価格に転嫁しにくい側面もある。このため、水資源が逼迫しつつある現在で

も、水資源に乏しい地中海沿岸のごく一部の例を除けば、価格に比べて輸送料が高くなるため、商業的に取引されることはない。近年のペットボトルは例外で、他に比べて高い価格が設定されており、長距離を輸送する商業ベースの流通が成立している。

上下水道は、もともとは公共事業であったが、農業用水に比べれば価格を高く設定できたため、現在、商業ベースへの転換が進みつつあり、ヨーロッパを中心とした水メジャーと呼ばれる巨大な企業が世界各地へ進出している。ただし、本来公共事業であった上下水道を商業ベースへ転換することには、特に発展途上国などでは、貧困層の水へのアクセスを阻害する要因となることもあり、賛否両論がある。

最近、日本も優れた膜技術を目玉として、官民あげて海外への上下水道事業や水浄化技術の売り込みが先行する海外の水メジャーに本当に対抗できるのか、参加する多様なセクターをリードする政策が必要とされている。

水資源の7割は農業生産で使用

さて、私たち日本人は、毎日どれだけ水を使っているかご存じであろうか。約370リットルである。アメリカやカナダほどではないにしろ、世界でも水消費の多い国の一つである。ところが、私たちがこうして生活に使う水は、水資源利用の中では決して多くはない。最も多くの水資源を使うのは、農業用水である。世界平均では約70%を農業用水が占めているといわれ、工業用が約20%、残りの10%が家庭用水（都市用水）である。この割合は、日本でもほぼ同様である。言い換えれば、私たちは生活用水を直接利用・消費しているが、それよりもはるかに大量の水を、食料という形で消費している。

世界の農地のうち約8割は、その場所に降る雨水だけを利用する農業生産を行っている天水用地であるが、残りは雨水に加えて河川水や地下水を利用して灌漑農地である。現在、灌漑農地か

らの生産量は、世界の農業生産の約40%に達すると言われ、化学肥料とともに灌漑農地の開発・増加によって20世紀以降の人口増加による食料需要の急激な増加が賄われてきたといっても過言ではない。

食料輸入にも大量の水資源が含まれる

食料の輸入を、本来輸入する地域で生産するために必要な水の量として表したものが、仮想水（バーチャルウォーター）である。

総合地球環境学研究所の一員でもあった沖大幹・東京大学生産技術研究所教授、鼎信次郎・東京工業大学准教授のグループは、仮想水（バーチャルウォーター）について、日本が輸入する食料を日本で作るとしたらどれだけの水が必要かを明らかにした^③。それによれば、日本に輸入される食料（農作物）を日本で作る場合、現在、日本で灌漑用水として使われている水量（約590億トン）を上回る水量（約640億トン）が必要であること

が示された。世界平均の2倍の降水量があり、水が豊かであると私たちが考えていた日本であるが、それは輸入する食料によって支えられた飯の姿にすぎないとも思えてくる。

沖教授らの最新の研究では、輸入される品物を日本で作った際に必要な水の量を示す仮想水（バーチャルウォーター）に対し、輸入された品物が原産地でどれだけの水が生産に必要であったかを「ウォーターフットプリント」と呼んで算定し、さらにその水の起源が、直接農地に降った水なのか、河川においてダムなどで蓄えられた灌漑水なのか、化石地下水と呼ばれる、極めて古い時代に地下に蓄えられた水なのかを算定した。それによれば、日本の「ウォーターフットプリント」は約42・7立方キロメートル／年であり、このうち約7・3立方キロメートル／年（約17%）が灌漑水、約2・9立方キロメートル／年（約7%）が化石地下水起源であると推定された。

地下水に依存する農業の 持続性への懸念

食料の主要な輸入元はアメリカであるが、日本だけでなく世界の穀物生産と国際的な取引の大きな部分を占めているのもまた、アメリカ農業である。アメリカは、日本と比較すると降水量の少ない地域に属していて、灌漑農地も多い。アメリカの穀物生産の約3割を占める大穀倉地帯である中部のグレートプレーンズは、オガララ滞水層と呼ばれる巨大な化石地下水を利用している⁵⁾。化石地下水は、石油などと同じく有限な資源であり、利用し続けているといつかは枯渇する。それが一部で言われているようにすぐ先のことではなさそうだが、地下水位の低下が問題化している場所も多い。中国やパキスタン、インドなどアジアの農業地域でも同様の状況が進行しており、地下水に依存する農業生産の持続性には疑問が残る。

特に、アメリカに関して、仮想水を通して日

本も大きく関わっている。世界の農地の開発の余地は少なくなりつつあるとは言え、それが原因で直ちに日本が食料の輸入に困るような事態は起きないと思われる。一方で、水資源の不足が土地よりも先に問題となる可能性も否定できない。特定の地域への依存は、政治・外交上の問題や気象災害など、さまざまなリスクがあると考えられる。

2008年に起きた穀物価格の高騰は一時的なもので、食料輸出禁止措置などの騒ぎも落ち着きをみせているが、輸入先の分散化などの対応策も必要であろう。また、本来日本は国土の面積は限られるとはいえ、水資源も豊富で農業生産力のポテンシャルは高い。現在の日本農業にはさまざまな問題があるが、このポテンシャルは有効に活用されるべきであろう。

水の持つもう一つの役割 ——生態系の維持

冒頭で、森林の生育のために水が消費されている

ることを述べた。このことは、人間にとってさまざまな機能（生態系サービスと呼ぶ）を提供する森林という「生態系」を維持するために、水が必要であることを意味する。つまり、これまで見てきた「水資源量」の定義からすると、森林の存在はその維持に水が必要であり、人間が利用可能な「水資源量」を減らすことになるのである。

総合地球環境学研究所の黄河プロジェクト（リーダー：福冨義宏・鳥取環境大学教授）によれば、1990年代後半に中国の黄河の水が途中で枯れたこと（黄河断流）も、植林によって森林が回復したために水消費が増えたことが原因の一つであったことが明らかになった。⁶⁾

黄河における水利用の大半は農業用水だが、その利用量は1980年代に最大となっていて、断流が起きた1990年代には大きな変化は起きていなかった。一方で、いわゆる黄土高原といわれる地域での水消費量が、1980年代を境として前後で大きく異なることが明らかになった。中国が国家事業として進めてきた黄土高原における水

土保持事業、植林事業がある程度成功したことで、緑化された森林などの蒸発散量が増加し、河川に出てくるまでの水消費量の増大をもたらし、結果的に下流の水資源量を減少させたのである。

植林などによって森林が良好になるにつれて、蒸発散量が増加し、河川流量はむしろ減少する。ことは、さまざまな試験地で既に証明されていたが、黄河のような大河川でこれが実証されたのはおそらく世界でも初めてであった。

とはいえ、黄河の農業用水など人間による水利も水資源量のかなりの部分を占めており、植林は断流発生の最後の引き金になったのにすぎない。むしろ黄河の事例は、環境（生態系）を維持するにも水への投資が必要であり、水は環境保全のために必要な、広い意味での資源であることを教えてくれる。

川と海とのつながり

ここまで水資源と農業生産の関わりを中心に

てきたが、川と海というもう一つ異なる水のつながりを紹介しておきたい。

前節で紹介した黄河プロジェクトにおいても、黄河の断流が海洋の環境に影響しているのではないかの指摘がなされていたが、それがより明確に示された例がある。総合地球環境学研究所のアムール・オホーツクプロジェクト（リーダー・白岩孝行・北海道大学准教授）は、アムール川周辺の湿地帯から供給される溶存鉄が、オホーツク海の世界でも有数の生物生産力を支えていることを明らかにした。古くから日本に存在した陸地の森林が沿岸漁業を支えるという「魚付き林」との対比で、「巨大魚付き林」ともいうべきメカニズムである。ここでは「陸地で水資源として使われなかった」水が、海洋の環境保全と漁業資源を支える役割を果たしている。従来の水資源の考え方とは異なる役割を水が果たしていると考えることができ

る。さらに言えば、オホーツク海の漁業資源は日本にとって貴重であるが、その保全には、ロシア、中

国、モンゴルというアムール川に関わる諸国の流域の環境保全が必要であることを意味する。このため、プロジェクト終了後もロシア、中国、モンゴル、日本で、アムール川とオホーツク海の環境保全のため、研究者間の情報交換を目的とした「アムール・オホーツクコンソーシアム」⁽⁷⁾を設立して活動を続けている。

終わりに

本論では、水は人間だけでなく地球上のあらゆる生物の生命維持に必須の物質であり、多様な資源としての役割を持っていること、中でも食料や木材の輸入という形で日本は海外の水資源に大きく依存していることを指摘した。

また、河川と海とのつながりから、海外の河川の環境保全が日本の海洋資源と大きく関わっていることなど、見えにくい重要なつながりもあることを示した。とはいえ、一方で日本が食料をすべて自給することはできないであろう。一部の国

が行っているように、国外の土地を買って農業開発を行うことは、現在の日本の経済状況では困難であろうし、必ずしも望ましい戦略とは思えない。むしろ、水資源にも恵まれた日本の農林業の活性化を図るとともに、海外での農業や林業、あるいは環境保全などに対しての地道な協力と信頼関係の醸成が必要であろう。

一つのヒントは、「アムール・オホーツクコンソーシアム」にあるように思われる。また、オホーツク海とはやや条件は異なるが、長く列強の争いの地であったバルト海において、冷戦下で顕在化した環境問題を解決するために、紆余曲折を経ながらも確立されていった地域間協力という事例もある。環境保全を目指した研究者ネットワークから入ることは、すぐに結果は現れないかもしれないが、長期的な成果が得られ、環境だけでなく資源利用も含む地域共同体の形成に役立つ可能性がある。

(注)

- (1) イスマイル・セラゲルディン氏ホームページ <http://www.serageldin.com/>
- (2) 国土交通省『平成21年度水資源白書』
- (3) T. Oki, M. Sato, A. Kawamura, M. Miyake, S. Kanae, and K. Musiake, Virtual water trade to Japan and in the world, Virtual Water Trade, Edited by A.Y. Hoekstra, Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade, Delft, The Netherlands, 12-13 December 2002, *Value of Water Research Report Series* No.12, pp.221-235, 2003.
- (4) 犬塚俊之・新田友子・花崎直太・鼎信次郎・沖大幹「水の供給源に着目した日本における仮想的な水輸入の内訳」『水工学論文集』52、pp.367-372、2008年
- (5) 斉藤清明「近代農業の環境破壊」『週刊エコノミスト』2005年9月20日号、pp.84-87
- (6) 福寫義宏「黄河断流—中国巨大河川をめぐる水と環境問題」『地球研叢書』p.187、昭和堂、2008年
- (7) 総合地球環境学研究所アムール・オホーツクプロジェクト・オホーツク海とその周辺地域の環境保全に向けた研究者による共同声明
http://www.chikyu.u.ac.jp/AMOC/pdf/joindeclaration_japanese.pdf

窪田 順平

くぼた じゅんぺい

大学共同利用機関法人・人間文化研究機構・総合地球環境学研究所・准教授。専門は森林水文学。世界各地で森林と水循環に関するフィールドワークを行ってきた。現在は、乾燥地域における開発がもたらす水問題や、環境と人間の対応の歴史の変遷に興味を持っている。著書に『モノの越境と地球環境問題』（昭和堂、2009）など。