

水資源問題の状況

吉野輝雄

国際基督教大学 名誉教授
〒181-8585 三鷹市大沢 3 丁目 10-2

(20XX 年 XX 月 XX 日受理)

Water Resource Issues: Present Situation and View for Solving Problems

Teruo Yoshino

Professor Emeritus, International Christian University,
Mitaka, Tokyo 181-8585

(Received XXX XX, 20XX)

1. 背景(はじめに)

資源とは、人間生活を支え豊かな社会をつくるために必要なもので、一般的には天然に存在する利用可能な物質を指す。人間の歴史や現代社会の仕組みを考えれば、金属や木材、石炭、石油がその典型例として思い浮かぶ。では水も資源か？確かに水を使用する農業や漁業により人の食を支え、林業により住を、そして工業においては冷却・洗浄等により人間生活を豊かにしている。しかし水は人間だけでなく全ての生物の生存を支える基本物質であり、その意味では、水は資源以上の存在であるといえる。38 億年前に地球上に原始生命体が海から発生した。すべての生物は水を抱え、水環境の中で生命活動を営んでいる。また地球を循環する水が、自然環境を支え気象を支配する主因でもある。これらの事実の上に人間生活が成り立っているのである。

そこで本稿では、人間にとって利用価値のある資源という定義を踏まえつつ、いかに人間が水と深く結びついているのかという観点から水資源について俯瞰的に考えてみたい。それが、水不足や水環境汚染、水戦争といった 21 世紀の「水危機」に向かう展望を開く視点を与えてくれると考えるためである¹⁾。

2. 水資源

2-1 水資源の特徴

一般に淡水を水資源という。淡水は地球上の水量(1386 億 km³)の 2.54%で、その大部分は氷河・雪と地下水である。河川や湖沼、生物中の水分など人間が



Fig. 1. (color online) Water cycle in the Earth²

すぐに利用可能な淡水量は 0.001%に過ぎない。淡水は、地球表面の 71%を覆う海水と陸上の水が太陽熱により蒸発し再び地上に降る雨雪が主要な供給源で、その量(11.5 万 km³/年)は人類が現れる太古の昔から変わらない²⁾。人間はその一部を水資源として利用しているが、他の資源と異なり循環利用できる点が特徴である。では、この量で世界人口が 70 億人を超え都市化が急速に全世界に進んでいる今世紀の人間生活を支えるための水需要を賄えるのか？多くの研究データは限界量に近づいていると警告している。これが今世紀の水不足問題である。その対応策を考える前に、まず人間の水需要の実態を見てみたい。

2-2 人間が利用する水資源と降水量

言うまでもなく、人間は水なしでは一日たりとも生活できない。飲み水や調理、洗濯、風呂などの生活用水として都市に住む日本人は一日 1 人当たり約 300L(全国民で年間 140 億 m³)使用している。この量は世界平均 170L の約 1.8 倍である。水資源は生活用水(19%)の他に農業用水(67%)や工業用水(14%)、運搬、レクリエーションなどに使用されている(Fig. 2)。世界的にも農業用水の比率が最も高いが、先進国では工業用水の割合が大きく、東南アジアなど途上国では農業用水の割合が大きい。

水資源は、降水量に依存する。日本は年間平均降水量が 1690mm(総量で 6400 億 m³)と世界平均値 950mm の 2 倍近くで、水資源に恵まれている国だ。しかし、山地が

E-mail: yoshino@icu.ac.jp

多く、台風や梅雨などの地理的気候的条件のために、降水量の約 80%は利用されずに川から海洋に流れて行くか地下水となる。また蒸発により 2300 億 m³が失われる。地下水の 2.3%が利用される事を考慮すると、日本の水資源は 815 億 m³(総量の 13%)となる。この量は、世界的には恵まれている方が一人当たりの降水量は約 5100 m³/年である。世界平均(22000 m³/年)の約 4 分の 1 で、日本は決して水の豊かな国ではない³⁾。

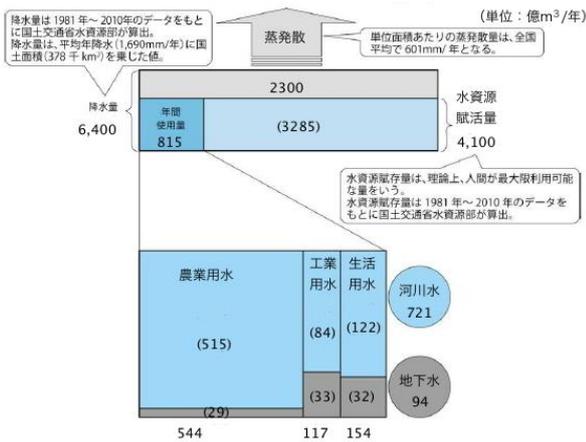


Fig. 2. (color online). Use of Water Resource in Japan³⁾

しかし一般には水不足感に乏しい。それはなぜか？日本は、季節的に大雨に襲われることが多いからでもあるが、実は、いま大量の水を輸入しているためである。直接水を輸入しているのではなく、農産物や畜産物を輸入するという間接的な私たちの輸入である。農産物を国内で育てるには水が(穀物 1kg 生産するために約 1.4 m³)必要とされ、牛や豚を育てるには多くの水が(牛肉 1kg で 20 m³)使われる。すなわち、農産物を国内で生産する代わりに、輸入により国内の水不足を補っているのである。沖大幹教授はこの事実を「仮想水」と名付け、その量を年間約 640 億 m³と試算している⁴⁾。これは、国内水資源の 78%に当たる。

水資源の利用効率は、利用技術の進歩があつたとしても、最高でも 20%が限界と言われている。水需要の課題をどう解決するかは、日本だけでなく、どの国においても死活の問題と言っても過言ではない。

2-3 水資源の開発：方法と問題

天からの恵みとして無料でもたらされる降水(淡水)の利用が水資源開発の基本課題である。それには自然の一部である人間が、自然における水の動きとしくみを理解し、自然を破壊することなく水の利用法を

開発させ、持続可能な環境と人間生活を保障することが条件である。これまでの水資源の利用法を列挙し、それぞれの特徴と問題について考えてみたい。

a. 自然のしくみの利用

ダム建設:日本に限らず各国が、ダムにより水資源開発を図ってきたが、土砂の流入によるダム効果の減少や環境への影響などを慎重に考慮しながら建設を進めなければならないことが共通認識となっている。
森林保全:森林は人工ダムの 20 倍以上の保水能力がある。森林は涵養作用(水を貯え、ろ過により水を浄化する作用)を有している。また豪雨時の鉄砲水を減らし、蒸発で失う水量を大幅に減らす効果がある。森林は土壌中の生物を育て、土中の微生物は有機物を分解し、豊かな土壌をつくる。さらに CO₂を吸収して木材資源を育て、酸素をつくる。森林は理想的水資源と言える。

b. 人間生活における水利用

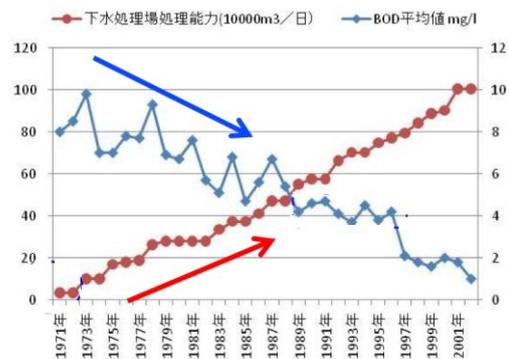


Fig. 3. (color online) Sewage Capability and BOD change in the Tamagawa River⁵⁾

再生水:今から 50 年前の日本の工場用水の回収率は 35%であったが、現在は 80%が再生利用されている。人間生活で排出する下水(汚染水)もかつてはそのまま川に流されていたが、最近では再生処理されている。関東を流れる多摩川の水質が大幅に改善された理由は、排水規制と下水処理場の効果である(Fig. 3)。有効な水利用の例である。

雨水利用:東京都墨田区は「雨水は流せば洪水、貯めれば資源」を合い言葉に都市の雨水利用を積極的に進めている。都会に降る雨は一挙に下水管に流れ込み、下水処理場の処理能力を越えることがあるが、タンクに溜めた雨水をトイレの流し水や植木用水、初期消火用水などに用いることで水資源の節約となる。生活者ができる節水に協力する方法として雨水利用は今後普及すべき課題である。

農業用水の見直し:どの国でも水資源の最大量を占めるのが農業用水であり、人口増加に伴い需要が増

えると予測されているが、水資源開発は容易ではない。しかし多量の水を必要とする水田は地域の中小河川や地下水、緑地との水交換と関わっているため、地域の水循環系を見直し、抜本的な水利用のあり方をさぐる時代が来ている。水不足感の乏しい日本においても課題であるという認識が必要である。

海水の淡水化：水資源問題の解決策として海水の淡水化は最も注目されている技術であろう。無限に近い量が存在する海水を淡水化して利用できれば、水不足の問題が一挙に解決するためである。水が石油よりも高価なサウジアラビアでは、海水の蒸留によって淡水化プラントが日本のメーカーにより作られている。しかし他の国ではコストの面で現実的ではない。最近、日本企業が表面科学の技術を応用した逆浸透膜法で日量1万トンを超える海水淡水化プラントを輸出している。まだ規模が小さいが、将来の水不足に備えて技術を発展させることが強く望まれる。

上質な水の供給：多くの人口を抱える都市の生活を支えるために安全な水を大量に供給するシステムが公共水道である。水道水の多くは川から取水され、浄水処理される。今東京や大阪の浄水場では、旧来の沈殿処理だけでなくオゾン処理、生物活性炭吸着処理を行った水が給水されている。最後に微生物を死滅させるために塩素処理が行われ、水道法により常時50項目の水質検査が行われている水道水は市民の健康を守る安全な水である。しかし、WHOによると世界では安全な水を十分に得られない人が9億人以上いると報告されており、グローバルな課題である。

水環境汚染の防止：河川の汚染は浄水場が取水する水質に直接影響し、生態系も変える。生活排水は病原菌の発生を引き起こし、不衛生な環境の原因となる。途上国ではそのような実態が未だ存在するが、日本では法規制が進んで50年前の高度成長期の水質汚染が減少し、ドブ川がきれいな川に戻っている。海辺のウォータースタンドが整備され、子ども達が川で遊べる環境も復活している。整備され汚染の低下は水資源の利用価値も高める。これらは水資源の質的向上と言える。

以上述べてきたことは、近年「健全な水循環系」の構築と呼ばれ、これからの人間と水との関わりの基本を示す考え方となっている¹⁾。

3. 地球環境に生きる水と人間との関わりについて

これまでは水を利用する人間の立場から考えてきたが、人間は自然の一部という立場から捉え直し、人間にとっての水の存在意義を考えてみる²⁾。

Fig. 1で示したように、水の大循環が、地球環境を支え、その中で動植物の生命の営みを支えている。人間は地球の主人公ではなく、自然界の様々な資源や仕組みを利用させてもらい生活しているに過ぎない。化石燃料や水資源も然りである。周知のこの事実を受け止め、未来を考える時が今ではないのか。自然を利用し開発することを目指し、自然の仕組みを変質させるまでの技術力を獲得し、同時に仕組みを理解する知識(科学)も得た人間は、自然環境と自身自身の生存の間にも持続可能な関係を築くことが今世紀の課題であると考えられる。

水惑星と呼ばれる地球は、太陽系惑星の中で唯一大量の水(海)をたたえる星である。それは太陽からの距離と地球のサイズがちょうど水が液体として存在でき、太陽熱で蒸発しても地上に戻るという循環系を形成する条件を奇跡的に満たしているからである。そのため地球の平均気温は15℃となり、水星では水蒸気、火星では氷の状態であるとは異なる。それだけでなく地球には38億年前に海から原始生命体が発生し、光合成する微生物が生まれて酸素を大気中に増やし、今では人間を含む870万種以上の生物が棲む星となった。生命活動に水は必須であり、水を含まない生物は存在しない。生物は相互に関係を持ち影響を与えながら生態系を形成し、食物連鎖によって命を支える仕組みを作っている。緑色植物は光合成によりブドウ糖と酸素を合成し、自身の命を維持・成長に必要な生体物質を生合成するだけでなく、動物たちの食物となっている。生命活動(食物を消化し、生体物質を合成・分解し、エネルギーを生産する過程)の結果CO₂と水をつくる。燃焼の結果と同じでCO₂と水は燃えかすである。燃えかすを生命活動に必須の糖と酸素という価値ある物質に変換する過程が光合成なのだ。この地球に備わった仕組みの中で人間も生かされ、生活を営んでいる事を知ることが、地球市民の科学リテラシーの一つである。すなわち農業という食糧生産における水資源の利用、豊かな水産資源を生み出す海の開発、心に安らぎを与える自然界の水環境保全などの文化的資源を考えながらこれからの水資源問題を考えることが重要である。政治経済や科学技術の専門家だけでなく、市民が同じ地球に生きる者として「水」問題を共通の課題として考える時が今なのだと思う。

文 献

- 1) M.ブラック：“水の世界地図”(丸善2009)。

- 2) 吉野輝雄: “水の広場”
<http://subsite.icu.ac.jp/people/yoshino/waterstage.html>
- 3) 国土交通省: “日本の水資源” (2013).
- 4) 沖大幹: <http://hydro.iis.u-tokyo.ac.jp/>
- 5) 和波一夫: “多摩川の水質改善” (2010).
<http://www.tokyokankyo.jp/kankyoken/>