

II-40 香川用水の導入による高松平野の水循環構造の変化

—水循環研究における研究手法と課題—

香川大学工学部 正会員 吉野文雄

1. まえがき

水利用に伴う河川からの導水は人類の農耕に伴って進展してきた。成功した導水は 1000 年以上にわたって使用され、失敗したものは農耕地の放棄や文明の衰退に繋がった。アラル海の縮小は水資源開発による水循環系の変更がいかに大規模な自然破壊に繋がるかを示す例でもある。我が国でも古くから用水の確保や新田開発に伴う河川の付け替え等によって、水循環系が変更されてきた。江戸時代の利根川の東遷は洪水を東京湾から太平洋へ流すという形で水循環系を変更した。農業のための水路開削と導水は江戸時代に多数実施され、現在に恩恵をもたらしている。愛知用水や香川用水といった水系を越えた導水や、水系内での水循環の変更は我が国のすべての河川で行われてきたといつてよい。しかしながら、導水や河川の付け替えなどに伴う水循環構造の変化についての水文学的な研究は、従来あまり取り上げられてこなかった。その主な理由は、導水等が水資源（洪水も含め）対策に不可欠であったためその事後評価が看過されてきたことや、影響が小さくて評価困難と考えられたためと推察する。

我が国では、水循環の変更に伴う環境への影響についての水文学的な研究は、都市化や森林開発などの流域開発（土地利用変化）による流出変化、地下水開発による地盤沈下や塩水侵入、河川改修による洪水波形の変化、ダムの築造による流況への影響など多面的に行われてきた。これらの分野における研究には目覚ましい進展が見られている。一方、大量の用水が導入された地域での水循環系への影響については、都市用水の供給に関連して近年の研究が注目を集めているが、農業用水も含めたものはほとんど見当たらない。そこで、このような他地域からの導水が与えた水循環への影響の事例として、高松平野への香川用水の導入を取り上げ、水循環構造の変化を評価するための課題について論じてみたい。

2. 水循環研究の視点

国土庁は水資源基本問題研究会報告書において、健全な水循環の保全と再生が 21 世紀の水資源問題の基本であるとの認識を打ち出した。それによると、健全な水循環とは「河川流域を中心とした水循環の場において、利水と治水に対する国民の要望が充足され、同時に自然環境、生態系の保全に果たす水の機能が損なわれないなど水循環における種々のバランスと持続可能性が保たれた状態」と定義している。

水文・水資源学の立場からは次ぎのような課題が提出されるであろう。すなわち、「持続的な循環系が成立している状態とはどのようなものか」である。ここでいう水循環とは、自然科学的な現象のみならず、水利用に伴う循環系の変更をも含めた事象をさしている。水の利用を伴う循環系では評価すべき尺度が人為的であるために、水循環系の健全性を水文学的に立証することは困難であって、水資源学の極めて応用的な課題であると言わなければならない。水循環構造の変化を評価するということは、水循環形態が受けた影響を見積もることを意味しているが、ここでは具体的な工学的評価を意味し、単なる科学的な興味の対象ではないことと限定しておく。したがって、具体的な対策に結びつく方向性を考えて実施されるものであって、利用できるデータに限界がある場合でも、水文学的な知見を活用して推定することが必要になる。

3. 評価のための水文技術と課題

● 水循環モデルの構築

対象地域の水の循環形態を表現するモデルを構築して、対象地域の水の動きを量的に評価することが必要となる。このモデルには当該地域の主要な水循環の特性（例えば、導水量や都市化による変化等）を組み込んだものとする必要がある。また、全体モデルを部分モデルの集合で表現する場合、そのシステムの分割の方針が後の作業量や結果をも左右するので、システム構成は重要な作業である。

対象とした高松平野では平野に貫流している河川の影響があるので、河川系を含む地域全体を5ブロックに分割して収支を考えることにした。分割の基本方針は上流山地の水資源の供給域、下流の水資源の消費地、に大別し、さらに、水供給地域を流域毎に分割している。全体の面積は362 km²である。下流の水消費地域では地下水の利用量が多く、地下水は表流水と同程度のウェートを持っているので、地表水の収支と地下水の収支を組み合わせたモデルが必要である。通常の水収支式では地下水の流入・流出量が不明で、水収支の差分を地下水流動量の差分として表現することがおおい。このことは高松平野についても同様で、このことが評価に当たっての致命的な課題となっている。

● 水収支の時間単位と収支項目のバランス

時間単位は対象とする地域の広さと水の移動速度から決められる。この際に考慮する条件は、対象地域の水循環構造が、水の鉛直速度に重きがあるケースか水平移動にウェートがあるか、その両者の共存系か、水収支項目に極端な数値上の違いはないか、といったことである。水の循環速度のオーダーを見てみると、表流水のような、毎秒数cm～数mのものから、地下水のように一日に数メートルのものまで、あるいは降雨や蒸発のように数mm/日のものまでである。このような、固有の時間が異なる現象を同一のモデルにて正確に表現することは困難であるが、通常は対象地位域の面積と循環する速度を考慮して決定される。水循環の評価のための水収支では時間単位が年単位で、対象流域も平野部全体といった形で評価されることが多い。水の利用を中心に考察する場合には、都市用水の需要の日変動は小さいが、農業用水では期別の変動が大きいため、年間を灌漑期と非灌漑期にわけて論じることが必要となる。

高松平野の例では年単位の水収支とすることにした。水収支の項目の数値のバランスは、降雨量1200 mm、蒸発量800 mm、浸透量100 mm、流出量300 mm、地下水揚水量は約20,000,000 m³ = 170 mm、上流からの表流水の流入量は約40,000,000 m³ = 340 mm、海域への放流量は約30,000,000 m³ = 255 mm、水道漏水量は20 mm程度であって、最後の項目を除き全体的にバランスしていることになる。

水収支を正確に把握するには対象地域での水の流入・流出量の観測値が不可欠であるが、これらの観測値が総べて用意されている場合はまれであって、通常はデータ不足に直面する。水循環構造の影響評価を行う際に必要なデータについては以下のようなことがあげられる。

- 河川表流水流出量のデータの不足
- 工業用水使用量のデータの不足
- 農業用水供給量については高松地域のみならず我が国では一般的に使用できるデータが整備されていない。高松平野でも同様で、溜め池の貯留量から水収支計算を行い、農業用水の使用水量を推定した。その結果は水収支から見た当該地域の低水流出量が高松平野へ流入するとしたものにほぼ一致していることから、ほぼ妥当な推定であると判断されるが、水循環を評価するには精度の高い使用量統計を整備することが必要である。
- 下水道系統からの排水量の統計値は精度よく把握できているが、工業用水の排水量の統計はないので、河川からの流出量のデータとともに表流水を総合的に監視するシステムの構築が必要である。
- 地下水の瀬戸内海への流出量については、65年報告書に記載されている浅層地下水の流動量をそのまま香川用水後の流出量とした。地下水系の水循環システムにおける役割の重要性を考える時、地下水システムの総合解析が必要である。

我が国の水資源の監視体制からいえば表流水の監視は体系的に行われているが、地下水系のデータは不足しており、特に地下水の流出入のデータは全く存在しない。水循環を保全するためには水データの体系的な整備が必要であることを結論としたい。