

河川表流水と地下水の有機的利用モデルの構成法

京都大学防災研究所 正員 池淵周一
 京都大学工学部 学生員 山本 浩

1. はしごき 高度経済成長期以来の急激な水需要の伸びに対して、供給が追いつけなかった結果、現在の日本の水需給構造は極めて不安定な状況下にあり、近年、夏期における異常渇水現象あるいは常態的渇水現象として水需給構造の内包する脆弱性が顕在化すると同時に、地下水に関連した地盤沈下などの公害の発生が見られる。ここでは従来ややもすれば独立に開発・運用されがちな河川表流水と地下水を有機的に運用することによって、水資源の新たな開発、水資源の効率的利用をはかりんとするものである。特に、流域の被圧地下水資源に焦点を当て、これと河川表流水との有機的運用モデルを構成する。その基本は従来から個々独立に開発されてきた水資源の開発から流域の水資源システムのトータルな管理・運用に至るプロセスの各段階における研究成果を一連の流れとして整理するとともに、その統一約記述を試みるものである。尚、この各段階の流れは図に示しておいた。

2. 帯水層システム・モデルの同定 地下水を水資源として効率的にかつ安全に使用する為には、まず第1に帯水層システムの数学的記述モデルの構成とその同定が必要となる。我々は、地下水のブラックボックス的性格や調査費等の経済性を考慮して、同定法としては未知パラメータを含んだ数学的モデルをシミュレートし、このモデルアウトプットと観測値との誤差ノルムを最小とする様にパラメータ（帯水層定数など）を決定する Haines による手法を採用し、次の2段階で同定を行う。まず、想定流域として境界の影響を無視できる様な無限の広がりを持つ大規模流域を考え、マルチレベルな最適化手法を用いて、この流域に散在する井戸群の水頭の履歴と数値解析により得られた水頭との誤差ノルムを最小とする様なこのシステムの独立なサブシステムへの分解と、各サブシステムの持つ透水量係数・ T と貯留係数・ S の最適値の決定とを行う。次いで、これら分解された独立なサブシステムにおいて、 T とそのサブシステム中で平面座標の2次形式で分布するパラメータと仮定し直し、更に詳細なシステム同定を行う方法を紹介するものである¹⁾。

3. 線形応答関数の導出 帯水層システム・モデルが同定されたとすれば、これを用いて将来の地下水変動を予測し、揚水や人工涵養を行うことが可能となるが、様々な境界条件や入力条件に対し、その解度コンビューターによる数値解析でこの出力を求め最適なシステムの管理・運用を行う為には、計算機的能力・計算時間・費用など制約面が多い。これを回避する実際的な手法は、揚水量（人工涵養量）と水位低下量（上昇量）を各観測井間において線形的に関連づけ、尚かつ、それらの重ね合せが仮定できる線形応答関数を導入することである。いま、線形応答関数・ $\beta(k, j, n-i+1)$ ——独立した流域内の井戸 j 、 k について、第 i 期に井戸 j で単位量の揚水を実施したとき、第 k 期末において井戸 k で観測される地下水頭の予測低下量（人工涵養の場合は予測上昇量）——はそれに対応するディフ

Shuichi IKEBUCHI, Hiroshi YAMAMOTO

4. 河川表流水と地下水の有機的利用モデルの構成 実際の流域において、線形応答関数の適用可能性が検証されれば、対象流域における地下水の揚水・人工涵養、ダム貯水池から水需要者への水供給を統合して取り扱う流域内水資源システムの最適運用問題として、河川表流水と地下水の有機的利用モデルの構成が可能である。即ち、対象流域内に $l=1, \dots, L$ の水需要者があり、各々 m_l 個の揚水井と m'_l 個の人工涵養井とをある程度限られた面積内に持つていて、これらをある情報に基づいて操作できる。更に、流域の最上流からは時間的に変動する流入があり、流れに沿った帯水層や涵養施設との相互作用の後の残りの量がある有効貯水量を持つダム貯水池に貯留される。表流水供給システムは流域の行政機関のみの操作を受け、直接利用の目的で貯水池から水を汲み出し、浄水処理して各水需要者に配分する。従って、河川表流水は井戸からの揚水と競合することになり、水需要者はこれらの使用を実際的な経済上の観点から判断することになる。また一方、彼らは揚水に伴う被圧地下水頭の過剰低下を防ぎかつ回復させる為に、河川からの自分の人工涵養施設へ水を運ぶことができる。この様に考えると、この最適運用モデルは一般に、2レベルの反復解法として定式化され解くことができる。²⁾ 勿論、システムの違いや目的関数、制約条件の取り方などにより幾つかの最適化問題の構成が可能である。

参考文献 1) Y. Y. Haimes (1977): Hierarchical Analyses of Water

2) Dreizin, et. al. (1977) ; Management of Groundwater and Surface Water Via Decomposition . W.R.R., vol 13, No.1

