

V-20 低水管理支援システム開発に関する研究

研究予算：運営費交付金（治水勘定）

研究期間：平12～平17

担当チーム：水災害研究グループ（水文）

研究担当者：深見和彦、猪股広典

【要旨】

流域水循環系再生計画の目標のひとつである平常時の流量確保のため、水の有効利用、再配分、利用ルールの変更等の低水マネジメント代替案が河川流況へ与える影響を解析するツールが必要とされている。本研究は、琵琶湖流入河川のひとつである野洲川流域をケーススタディとして農地の水利用形態変化が河川流況に及ぼす影響の解析手法および森林が水循環に及ぼす影響の解析手法を開発するとともに、それらを統合活用する低水管理支援システムを提案することを目的として実施した。農地の水利用形態変化が水循環に及ぼす影響の解析手法については、土木研究所で開発した WEP モデルを、また森林が水循環に及ぼす影響の解析手法については土研分布モデル Ver.3 をそれぞれ野洲川流域に適用することで、それらの有効性を評価した。また河川水系全体における水管理支援システムの母体としては、米国内務省開拓局等が開発した RiverWare を採用し、WEP モデルと組み合わせた上で野洲川流域に適用し、その有効性を検証した。

キーワード：低水管理、農地水収支、森林水循環、流域水循環解析

1. はじめに

流域水循環系を再生させるため、既存の水制御・管理施設を最大限に有効活用しながら総合的に水管理を行うことで、平常時も含めて必要な流量を確保することが求められている。そこで、水の有効利用、再配分、利用ルールの変更などの低水マネジメント代替案を講じた場合に、これによって生じる流域規模での水循環への影響を解析し、評価するツールが必要である。

本研究では、上記の要請に対応するため、以下の3つの項目に分けて研究を遂行した。

1. 農地の水利用形態の変化が水循環に及ぼす影響の解析手法の開発
2. 森林が水循環に及ぼす影響の解析手法の開発
3. 1.および 2.の成果を活用して流域からの流出を評価し、河川の人工構造物（ダム、取水堰など）の影響評価を行う河川水系全体での水管理支援システムの開発

農地が主体となった地域では、河川や地下水から多くの農業用取水が行われ、その水が水田や畑地に分配され地下に浸透し、河川に還元されるという水循環形態が特徴であり、その実態を定量的に把握するとともに、農業等の人工水利用形態の変化が流域水循環に与える影響を評価することが必要である。これらのニーズに対応できる水循環解析ツールとして、1.では土木研究所が継続的に開発を進めている WEP モデル¹⁾⁴⁾

を琵琶湖流入河川の一つであり、中下流域について主に農地から構成される野洲川流域に対して適用し、その有効性の検証を実施した。

一方、森林地域における水循環の特徴としては、森林による降雨遮断や森林土壌との相互作用として生じる蒸発散や斜面土層中の早い地中流としての側方浸透流が挙げられ、これらの現象による水循環形態への影響を定量的に評価する必要がある。そこで、2.では土研分布モデル Ver.3 を森林で被覆された野洲川支川上流域に対して適用してその有効性を評価した。

以上の研究により、農地流域や森林流域における水循環をシミュレーションできるツールを開発する一方で、水の有効利用、再配分、利用ルールの変更等の多様な低水マネジメント代替案が河川流況へ与える影響を臨機応変に解析するためのツールも併せて開発が必要である。そこで、本研究では米国内務省開拓局等が開発を行った河川水系水管理ツールである Riverware に着目し、同ソフトウェアの我が国の流域への適用性を検証するため、同様に野洲川流域への適用を図り、我が国における低水マネジメント代替案検討へ向けての有効性の検証を実施した。

2. ケーススタディ流域について

本研究のケーススタディの対象流域としては、琵琶湖流入河川の一つである野洲川を選択した。野洲川は、

三重県鈴鹿山脈の主峰御在所山（標高 1,210m）に源を発し、田村川、杣川をあわせたあと、平野部を通じて琵琶湖に注ぐ。流域面積 378km²、幹線流路延長 65km であり、琵琶湖流入河川の中で、姉川に次ぐ大河川となっている。

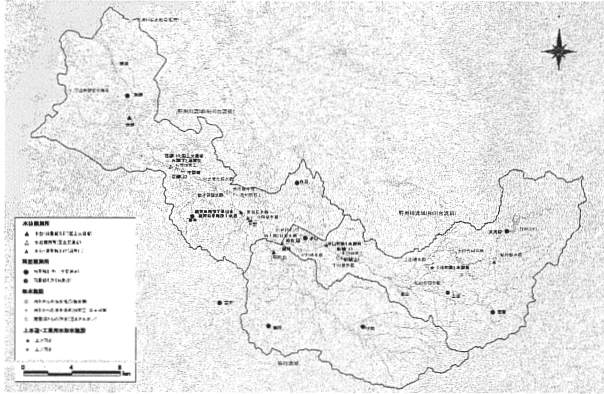


図 1 野洲川流域図

流域は、滋賀県守山市以下 1 市 10 町から構成され、流域内人口は約 22 万人であり、山地が 82%、平地は 18%となっている。その少ない平地部で、主に農業による高度な水利用が行われているのが野洲川の最大の特徴である。すなわち昭和 20 年代から開始された国営野洲川農業水利事業により、計画取水量最大 10.3m³/s に対応した野洲川ダムとともに、上流側から土山合同井堰、水口頭首工、石部頭首工といった 3 つの農業取水堰および揚水機場が野洲川本川に設置され、上流で取水された農業用水からの還元水を再度下流側の堰で取水する反復利用が行われている。利水目

的のダムとして、野洲川ダム直下流に上水・工業用水計 0.15m³/s と維持流量補給に対応した青土ダムがある。しかし最下流の堰である石部頭首工は琵琶湖へ張り出す扇状地の扇頂部に位置し、そこで取水された農業用水はほとんど野洲川本川には還元されないと考えられる上に、渇水期も含めて多量の農業取水が行われるため石部頭首工下流側の本川部（野洲利水基準点を含む）に瀬切れが発生する事態となっている。

また、野洲川流域における水問題を特徴づけているのは、地域用水需要である。現在、石部頭首工における農業用水の落ち水は、都市・集落住民の地域用水の水源となっている。その地域用水は、より清浄な地下水取水も活用しながら、ホテルやイトヨといった貴重な生物種を保全する役割も果たしている。このため、仮に野洲川本川における正常流量を確保するために石部頭首工における取水量を減じた場合、地域用水の確保に支障をきたすことにもなる。

このように、野洲川流域では農地を主体とした複雑な水利用や水需要が原因となって複雑な低水管理が行われている。また上流域には森林地域が存在し、農地が主体的である下流域とは異なる水循環形態を形成していることが推定される。よって野洲川流域をケーススタディ流域として選定することは、上述した 3 つの項目について研究を遂行するに当たって都合が良く、また現場のニーズにも合致している。このような理由から野洲川流域をケーススタディ流域として選定した。

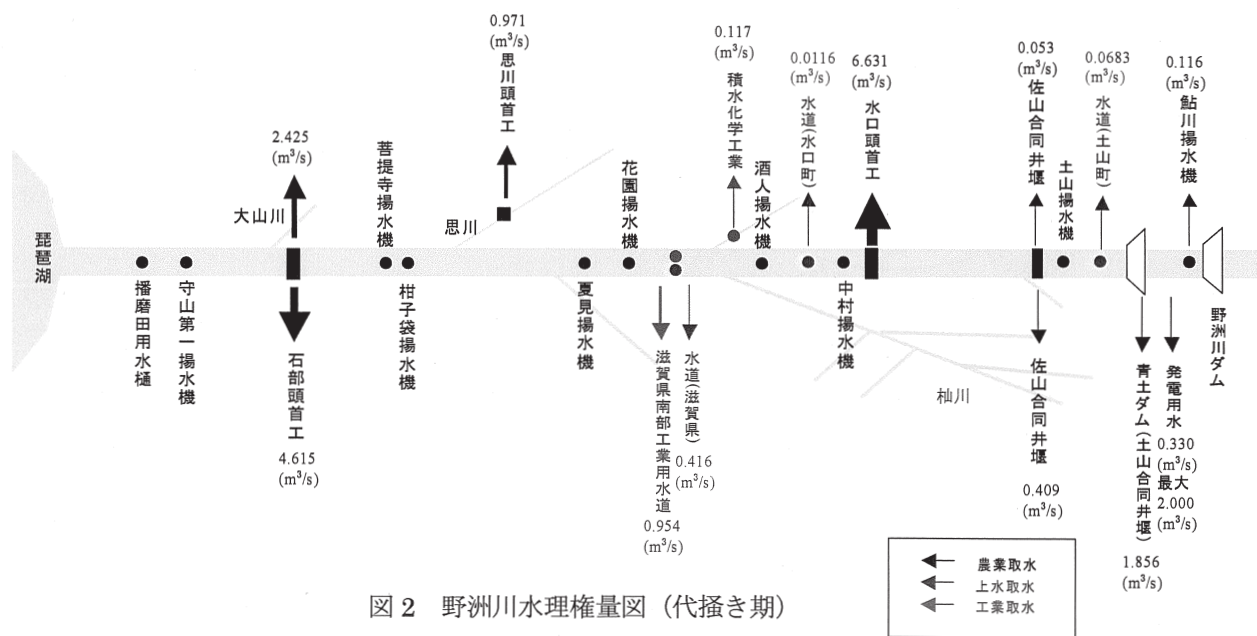


図 2 野洲川水理権量図 (代掻き期)

3. 農地の水利用形態の変化が水循環に及ぼす影響の解析手法の開発

3. 1 野洲川における水循環形態と水循環解析ツールの要件

農地が主体となった地域では、河川や地下水から多くの農業用取水が行われ、その水が水田や畑地に分配され地下に浸透し、河川に還元されるという水循環が一般に見られる。野洲川流域では、特に1965年までに完成した国営かんがい排水事業や1979年の野洲川放水路竣工、および同時期の琵琶湖逆水かんがい事業が、野洲川の中下流域における水循環形態に大きな影響を与えていることが推定された。すなわち、野洲川中下流域の農業取水に伴う河川流水の減少、および、野洲川放水路建設に伴う流路変更により、野洲川下流扇状地における多くの湧水が枯渇し、地域用水確保のために河川からの取水への依存度をますます高めることで野洲川における流量確保に支障をきたしたものと考えられる。

したがって、野洲川における平常時の河川流量確保のための代替案を検討するにあたっては

- 1) 流域全体での水循環を総合的に把握できること。
- 2) 農業用水・農地（水田・畑）の時空間分布と河川表流水の時空間分布との相互関係を定量的に明示できること。
- 3) 表流水（河川水、農業用水）の時空間分布と、地下水分布の相互関係が定量的に明示できること。
- 4) 過去の流域変化（特に都市域・農地）や水利用形態の変化（農業用水運用の変化）が表流水・地下水に与える影響を再現・分析できること。
- 5) 流域全体での最適な水資源管理・運用方式を検討するツールとするために、ダム・堰等の水制御施設の運用手法の改変の影響を分析できること。

といった要件を満たすことが必要である。1),2)の要件から、農地を中心とした流域規模での水循環素過程を物理的に表現した分布定数型水循環モデルが必要であることがわかる。また、3),4)の要件から、上記の点に追加して、特に表流水と地下水の相互作用を的確に表現できるモデルであることも必要である。なお、5)の要件については、5)において検討することとする。

以上の全ての要件を満たし得る流域水循環解析モデルの母体として、土木研究所が継続的に開発を行ってきた WEP モデルを採用し、野洲川流域に対して適用してその有効性の検証を行うこととした。

3. 2 WEP モデルの野洲川流域への適用

3. 2. 1 WEP モデルの概要

WEP モデルの主な特徴を以下に示す。

1. 流域をメッシュで表現するグリッド型の物理的分布定数型流域水循環モデル
2. 流域水循環の素過程の基礎方程式を解く物理的モデルであり、かつ、代表的な土地利用に特有な水循環素過程のモジュール（都市域・水田など）を準備していることから、複雑な土地利用・水利用のある流域に適用可能
3. 水循環に加え、鉛直一次元の熱輸送解析も可能
4. 土壌-植生-大気間での相互作用をモデル化しており、気象モデルとの連携が可能
5. 不飽和土壌水流れに対して一般化 Green-Ampt モデルを使用し、計算精度および計算の短縮化を図った。
6. 表面流出の追跡には、Kinematic Wave 法を用い、河道追跡には Kinematic Wave 法と Dynamic Wave 法の2種類から選択可能

1メッシュの計算内で取り扱われる水・熱輸送過程、鉛直構造を図3に、平面構造を図4に示す。

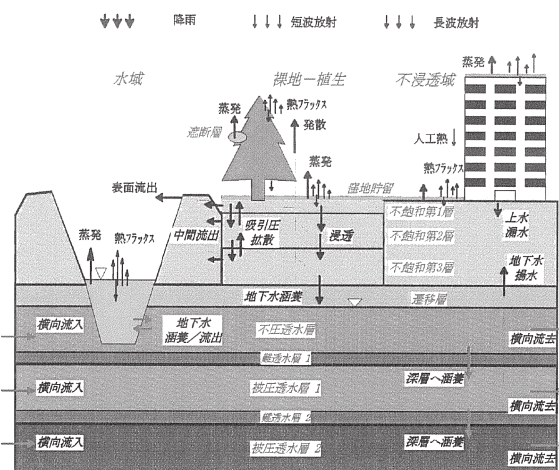


図3 水・熱輸送過程とモデルの鉛直構造

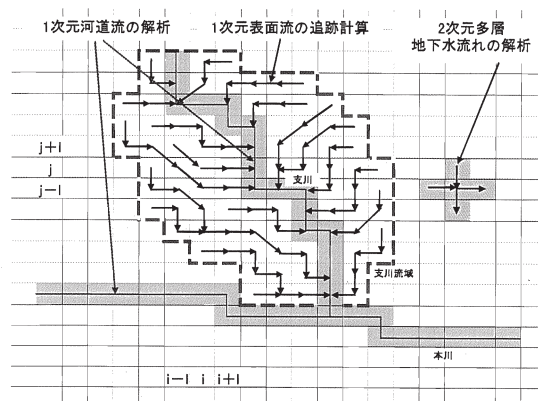


図4 モデルの平面構造

3. 2. 2 流域分割、メッシュ分割

WEP モデルの適用にあたって、農業取水施設および支川から流域を 3 小流域に分割した (図 5)。また GIS で整理した各種データより WEP モデル入力に必要な 200m メッシュのデータを作成した。

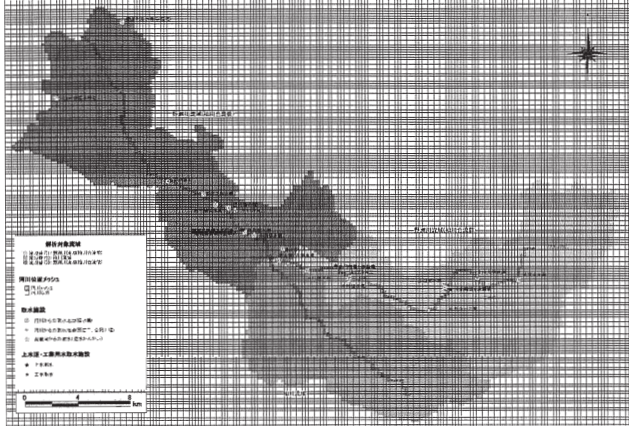


図 5 野洲川流域モデル図

3. 2. 3 パラメータ評価用および入力用データの作成手法

表面流の計算順番は数値地図(50m メッシュ)より、200m メッシュ標高を作成した後、土木研究所が開発した FlowD を用いて決定した。また同じく数値地図を用いて落水線データ作成、表面勾配の算定を行った。

表層土壌の厚さは 2m とし、土壌地質分類は「滋賀県土地分類基本調査表層地質図(滋賀県)」を用い、土壌の保水・透水特性に関連する各種パラメータを設定した。

河川位置は 25,000 分の 1 数値地図を用い、河道と判別できる箇所を河道と設定した。また、河川の縦断面図および横断面図を用いて、平均河床勾配、河道形状を設定した。

地下帯水層は、流域の地下水特性を考慮し、ボーリングデータ及び地下地質縦断面図を用いて各帯水層の厚さおよび透水係数を設定した。

人工系の水の流れをモデル上で表現するため、下記のデータを作成した。

①生活用水

野洲川流域における給水人口メッシュおよび日用水量 ($m^3/日/人$)

②工業用水

野洲川流域における取水実績を水源別に整理し、メッシュデータとした。

③農業用水

野洲川流域における農業水利用形態は、河川からの導水、ため池等の直接導水、域外導水(琵琶湖からの逆水灌漑)の 3 種類となっている。

取水堰や頭首工の河川からの取水に関しては、実績の取水量を入力データとして整理してモデルの中に組み込んだ。また、琵琶湖からの逆水灌漑量は実績の取水量を逆水灌漑エリアを覆うメッシュに対して均等に割り与えた。

3. 2. 4 計算条件

主な計算条件は以下の通り。

計算期間：1994 年 1 月 1 日～1996 年 12 月 31 日

計算メッシュサイズ：200m メッシュ

ダム地点に該当するセルにはダムの実績放流量を入力し、各地点の取水量には水利権量を与えた。計算結果の検証は河川流量に関しては柏貴地点および宇川地点、地下水水位に関しては乙窪地点および今浜地点で行った。(図 6)



図 6 WEP モデル検証地点

3. 3 WEP モデルによる流況再現結果

柏貴地点および宇川地点における流量計算結果を図 7 および図 8 に、乙窪地点および今浜地点における地下水水位計算結果を図 9 に示す。

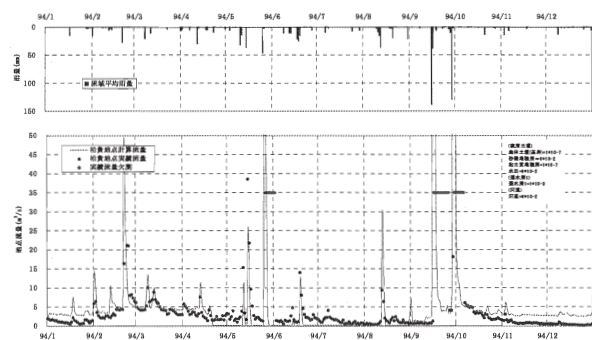


図 7 柏貴地点における流量計算結果 (1994 年)

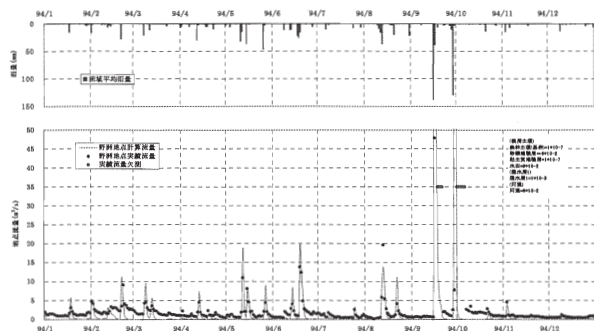


図8 宇川地点における流量計算結果 (1994年)

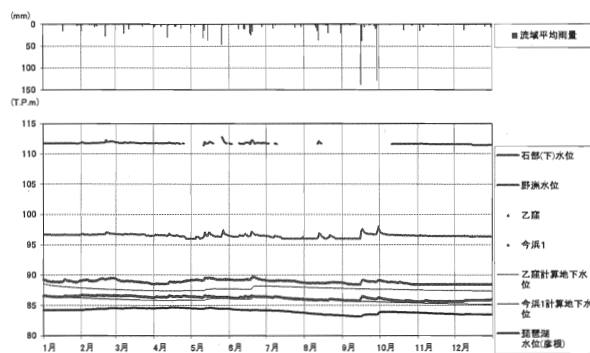


図9 乙窪地点、今浜店における地下水位計算結果 (1994年)

柏貴地点は上流に水口頭首工が存在する地点であり、そこで多くの農業取水が行なわれている。その水が水田に涵養されて地下水を涵養し、河川水への還元といった複雑な水循環形態が形成されていると想定される。図7における柏貴地点再現結果から、WEPモデルはその複雑な水循環形態を精度良く再現できていると言える。

柏貴地点と比較して農業取水等の人為的な操作が加わっていない宇川地点の流量再現結果についても良好な結果が得られている(図8)。また、乙窪地点および今浜地点の地下水位再現精度も良好である(図9)。以上のことから、WEPモデルにおいて今回設定したパラメータ値は妥当であることが分かる。

以上より、人工的な取水の影響を考慮したモデルとしてWEPモデルが有効であることが示された。

3.4 WEPモデルによる農業用水の影響評価シミュレーション

上述のWEPモデルを使って野洲川の農業用水の影響評価シミュレーションを実施する。野洲地点の上流には石部頭首工が存在し、灌漑期になると多くの農業

取水が行なわれるため野洲地点ではしばしば瀬切れが発生する。ここでは、石部頭首工における取水量をゼロとしてシミュレーションを実施し、野洲地点において流況がどれほど改善するかについて評価を試みた。計算対象期間は、3.3と同様である。結果を図10に示し、流況改善図を図11に示す。

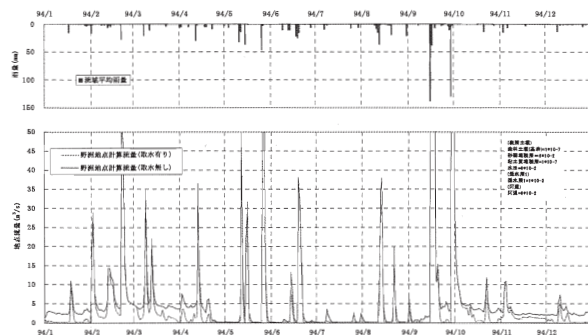


図10 石部頭首工の取水量をゼロとした計算結果(野洲地点、1994年)

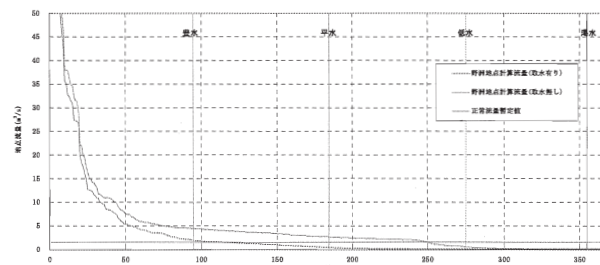


図11 石部頭首工の取水量をゼロとした時の流況改善図(野洲地点、1994年)

図10より、非灌漑期で流況が改善される様子が分かる。しかし、灌漑期は若干の改善が見られるものの大幅に流況が改善するという結果には至っていない。また、野洲川の正常流量である1.5m³/sを下回る日数を算定したところ現況で245日であったところが石部頭首工の取水量をゼロにすることで115日に減少させることがシミュレーション結果として得られた(図11)。

以上の検討から、今回適用したWEPモデルを用いることで農業取水の影響を評価することが可能であることが確認された。

4. 森林が水循環に及ぼす影響の解析手法の開発

4.1 森林地域での水循環形態

森林流域における水循環における特徴は、以下の2点に集約することができる。

- 1) 森林樹冠の水循環機能=大きな樹冠遮断・遮断蒸

発、及び蒸発散

- 2) 森林土壌の水循環機能＝高い浸透能、大きな不飽和帯水分貯留、効率的な中間流出（パイプ流、飽和側方浸透流）の発生、比較的大きな地下水涵養

これらの個別の水文プロセスが流域内の水文量分布及び流出特性に与える影響を簡便かつ適切に表現できるモデリング手法として、土研分布モデル Ver.3 を提案し、国内の複数の森林流域に適用することで、様々な森林被覆・地質条件にある流域における適用性を検証することとした。

4. 2 土研分布モデル Ver. 3 の概要

土研分布モデル Ver.3 の概要を以下に述べる。

1. 流域をメッシュで表現するグリッド型の概念的分布定数型流域水循環モデル
2. 地表付近の水循環素過程について、大気陸面相互作用に関する研究成果を活用することで、パラメータの物理的意味を確保している。
3. 実蒸発散量の計算は、森林被覆による樹冠遮断を考慮した樹冠遮断モデルを組み込み、Penman-Monteith 式を基本として計算する。
4. 表層土壌モデルは Noilhan-Planton スキームを改良した修正 N-P スキームを適用し、降雨時の浸透・流出プロセスを効率的にモデルに組み込んだ。土研分布モデル Ver.3 の構造を図 12 に示す。

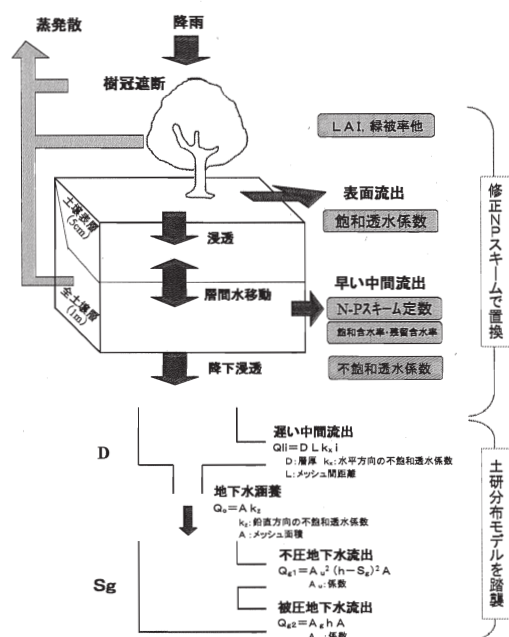


図 12 土研分布モデル Ver.3 の構造

4. 3 モデル開発・検証対象流域

土研分布モデルの開発・検証を図るための流域としては、関東地方において対照的な森林被覆と地質特性を有する利根川水系渡良瀬川上流の草木ダム流域、那珂川水系箒川上流の塩原ダム流域、および、3.と同じく野洲川において、流量観測資料の信頼性が高く、かつ、他の観測所に比べて人工的水利用の影響が相対的に小さいと考えられる左支川杣川の宇川水位流量観測所上流域の3流域を選定した。土研分布モデル Ver.3 の概要を以下に述べる。

流域をメッシュで表現するグリッド型の概念的分布定数型流域水循環

4. 2. 2 パラメータ評価用および入力用データの作成手法

数値地図標高データをもとにして、流域分割を行い、落水線網・疑似河道網データを作成した。表面流出・中間流出および地下水流出に関連した土壌水理水文パラメータについては、国土数値情報の土地利用分類・土壌・表層地質データを利用し、土壌の粒径組成情報や地質の基底流出への貢献度等を考慮しつつ設定を行った。遅い中間流出や地下水流出に関連するパラメータは、過去の土研分布モデル Ver.3 の適用実績から確立している標準パラメータを設定した。表面流出や早い中間流出に関連する表層土壌モデルのパラメータは、上記の GIS データに基づき設定するが、現状では唯一経験的に与える必要のあるパラメータとして、以下の式において、表層土壌層から斜面方向に流下する早い中間流への流出量を決めるための上層中間流出発生率 α がある。

$$Q_{ri} = \alpha \times Q_{seep}$$

Q_{ri} : 早い中間流、 Q_{seep} : 表層からの垂直浸透量
 α : 上層中間流出発生率

森林樹冠部における遮断量を決める樹冠遮断容量としては、衛星リモートセンシングデータから評価できる葉面積指数：LAI に比例するとして与えた。

植生被覆域における蒸発散は Penman-Monteith 式を基本として算定する。裸地域では Penman 式を基本として算定する。メッシュ毎にあらかじめ緑被率を求めることにより、浸透域としての植生被覆域および裸地域からの実蒸発散量をそれぞれ求めた。緑被率は $0 \leq LAI \leq 1$ において $0 \leq \text{緑被率} \leq 100\%$ とした。

以上の記述から分かるように、モデル構築に必要な入力データのほとんどは衛星データや一般に入手可能な GIS データを基にして作成されており、客観的に森

林被覆や土壌水理水文特性を評価しつつ、同時に、モデル構築に関わる煩雑さを軽減していることが土研分布モデル Ver.3 の特徴である。

4. 3 土研分布モデル Ver. 3 の適用結果

図 13 に、宇川地点における流出計算結果を示す。一部農業取水の影響が想定される期間の適合度が悪くなっているが、それ以外の期間では、非灌漑期間を中心として流出ハイドログラフを精度良く再現できている。人工水利用がほぼ無視できる草木ダム流域や塩原ダム流域では、融雪流出期間を除いて同様に精度良く流出を再現できていた。これらのシミュレーション結果を得るに当たって、GIS データから唯一現状で設定できない上層中間流出発生率 α について、地質が古生層から構成される草木ダム流域において 0.5、非常に透水性の高い塩原ダム流域において 0.1、花崗岩を主体とした砂質性の地質を有する野洲川宇川地点上流域において 0.2 と設定している。これらの数値の関係は、鉛直方向の透水性の大小と対応していると考えられ、土研分布モデル Ver.3 における森林土壌での流出モデリング手法が適切であることを傍証するものであると評価できる。

以上の結果より、土研分布モデル Ver.3 は、様々な森林被覆・地質条件下にある山地森林域における低水流出解析に適用可能と判断される。

5. 低水管理支援システム RiverWare の野洲川流域への適用

5. 1 RiverWare の概要

国内外の流域管理システムについて調査・比較を行い、利用するシステムを選定した。その結果、米国内務省開拓局が開発した RiverWare を選定した。その概要を以下に述べる。

図 14 に示すように流域を代表するオブジェクト(ダ

ム貯水池、取水堰、流域、河道など) をパレット (図 14 左側) からワークスペース (図 14 右側) にドラッグし、それらのオブジェクトをリンクして図 14 右側に示すような流域形態を作る。各々のダム貯水池等のオブジェクトを開くとスロットがあり、そこにはそのオブジェクトにおける水のやりとりを規定する情報(定数値、変数)が入力されている。例えばダム貯水池には、少なくとも Inflow (流入)、Outflow(流出)、Storage (貯留) 及び Pool Elevation (貯水位) のスロットがある。それらのデータをもとに各々のオブジェクトにおける水の動きをシミュレートするが、それぞれのオブジェクト毎にそれらの物理プロセスを計算するための様々なアルゴリズムを準備しておく。アルゴリズムの与え方としては、基本計算法(Dispatch Method)とユーザー選択計算法(User Selectable Method)の 2 種類に大別され、前者は RiverWare がユーザー入力条件に基づいて自動的に選択する計算法であり、後者は、オブジェクトの特有の細目を計算するためにユーザーが GUI(Graphic User Interface)画面を通じて選択する計算法である。

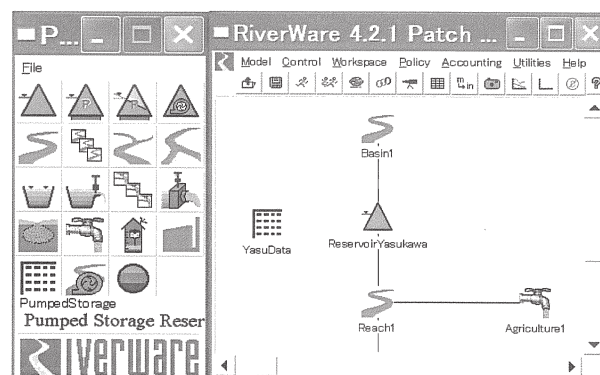


図 14 RiverWare のパレットとワークスペース

RiverWare には 3 つの基本解析手法がある。純粋シミュレーション(Pure Simulation)、ルールに基づくシミ

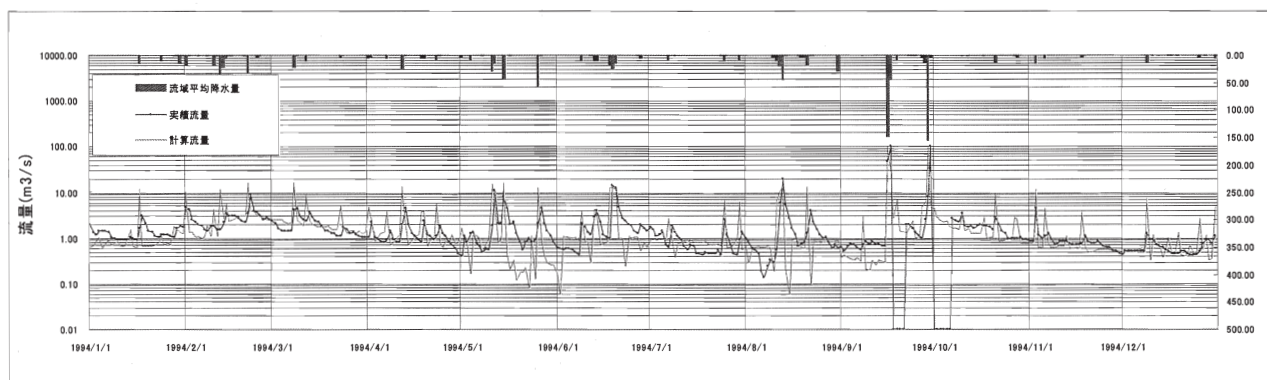


図 13 流出計算結果 (宇川地点、1994 年)

ュレーション (Rulebased Simulation)、最適化 (Optimization) の 3 つである。純粋シミュレーションではユーザーの入力したデータとデフォルトの基本計算法のみを用いてシミュレーションを行う。一方、ルールに基づくシミュレーションは、基本計算法を行うための必要情報がオブジェクトに準備されていない場合に、優先順位のつけられたルール (操作規則) をユーザーが指定することでシミュレーションを実施するものである。我が国に RiverWare を適用する場合には、多くはこの解析手法を用いることになると考えられる。例えば貯水池の操作規則、ダム放流量、河川最小流量、取・排水制限といった数多くの制約条件を RiverWare 特有の言語で表現し様々な操作運用規則シナリオの組み合わせに基づく洪水・低水管理への影響を迅速かつ効率的に試算する。最適化は、目標計画法を利用し、線形計画法をエンジンとして用いて、優先順位がつけられた各目標を最適化する解析手法である。ルールに基づくシミュレーションと最適化のいずれかを利用する際、RiverWare モデルの計算条件として優先順位の付けられた操作ルールを提供しなければならない。

通常、ダムの運用操作のシミュレーションは、Fortran 言語や C 言語といったプログラミング言語を用いて行われる。しかし一般の技術者にとってプログラミング言語は難解であり、なかなか利用することができない。RiverWare はダムの運用操作をグラフィカル・ユーザー・インターフェイス上で容易にシミュレーションすることができるということが特徴であり、一般の技術者でもシミュレーションを行うことが可能である。(図 15)

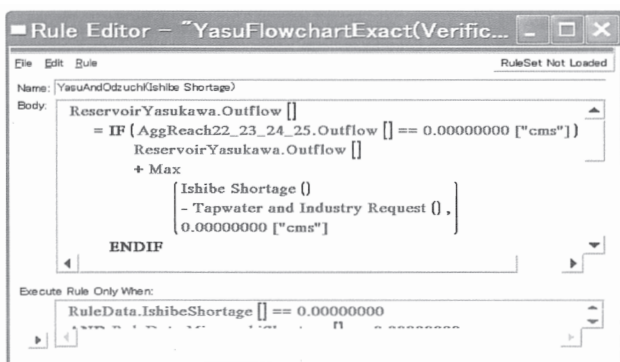


図 15 ダム運用操作入力用インターフェイス

欠点としては、RiverWare においては上・支流域や残流域からの水文流出量を算定するの流出解析機能が準備されていない点が挙げられる。したがって、RiverWare を実流域に適用して水管理シミュレーションを行うためには、あらかじめ何らかの手法により

水文流出量時系列データを外部ファイルとして準備しておき、RiverWare に対して入力しなければならない。

5. 2 RiverWare の野洲川流域への適用

RiverWare を野洲川流域に対して適用した。計算の条件を以下に述べる。

5. 2. 1 流域分割

野洲川本川と支川との合流点、水利施設の位置をもとに野洲川流域を図 16 のように 13 小流域に分割した。

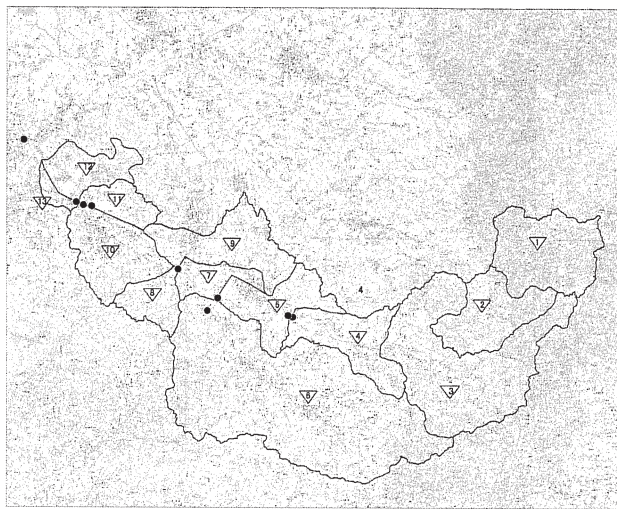


図 16 野洲川流域の小流域分割

5. 2 RiverWare のオブジェクト群を利用した流域の表現

5. 1 に示した小流域分割に従い、また図 4 に示されるような人工的な水利構造物・取水形態も含めて野洲川流域を RiverWare のオブジェクト群を利用して図 17 のように表現した。

5. 2. 2 ダム運用操作のモデル化

野洲川流域には野洲川ダムと青土ダムという二つのダムが存在し連動したダム運用を行っている。今回 RiverWare で野洲川ダムおよび青土ダムの運用操作を表現するために図 18 に示すように 25 個のルールグループを作成した。

5. 2. 3 支流域からの流出量について

先述したとおり、RiverWare では水文流出解析機能が準備されていない。図 8 に見られるように、WEP モデルを用いることで複雑な水田での水利用・流出過程も含めて上・支流域からの水文流出量を適切に再現できたことから、ここではその結果を RiverWare

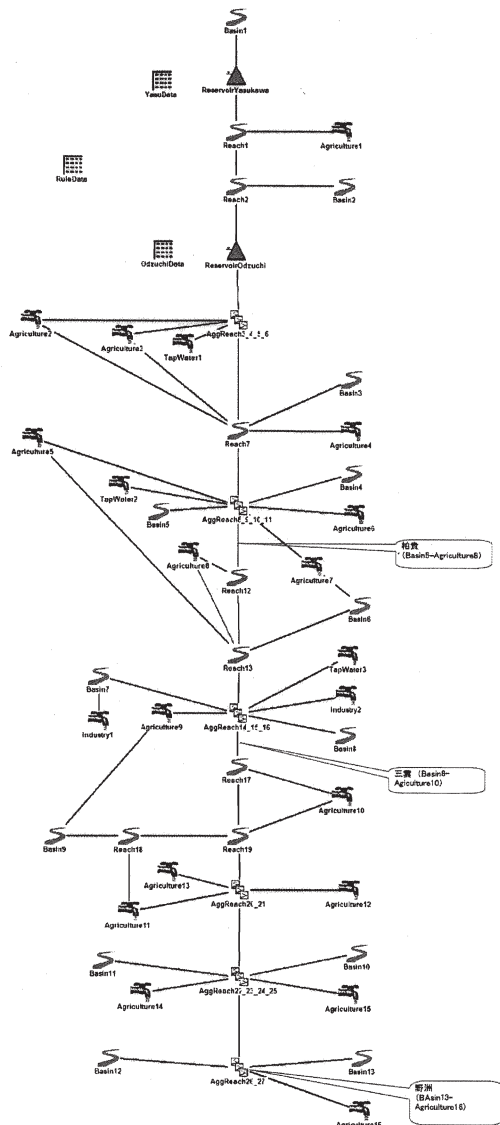


図 17 RiverWare による野洲川低水管理シミュレーションモデル

Ruleset Editor - YasuFlowchartExact(Verific... Ruleset Not Loaded

Priority	On	Name	Type
1	<input checked="" type="checkbox"/>	Reservoir Rules	Policy Group
2	<input checked="" type="checkbox"/>	VDeadLimit(Odzuchi)	Rule
3	<input checked="" type="checkbox"/>	VDeadLimit(Yasu)	Rule
4	<input checked="" type="checkbox"/>	Overflow(Odzuchi)	Rule
5	<input checked="" type="checkbox"/>	Overflow(Yasu)	Rule
6	<input checked="" type="checkbox"/>	OdzuchiQmin	Rule
7	<input checked="" type="checkbox"/>	Circle4(2)	Rule
8	<input checked="" type="checkbox"/>	Circle4(1)	Rule
9	<input checked="" type="checkbox"/>	IshibeJudge4	Rule
10	<input checked="" type="checkbox"/>	YokodabashiJudge4	Rule
11	<input checked="" type="checkbox"/>	Circle3(2)	Rule
12	<input checked="" type="checkbox"/>	Circle3(1)	Rule
13	<input checked="" type="checkbox"/>	IshibeJudge3	Rule
14	<input checked="" type="checkbox"/>	YokodabashiJudge3	Rule
15	<input checked="" type="checkbox"/>	Q1 GT 0 Yes (Yasu)	Rule
16	<input checked="" type="checkbox"/>	Circle2(2)	Rule
17	<input checked="" type="checkbox"/>	Circle2(1)	Rule
18	<input checked="" type="checkbox"/>	IshibeJudge2	Rule
19	<input checked="" type="checkbox"/>	YokodabashiJudge2	Rule
20	<input checked="" type="checkbox"/>	YasuAndOdzuchi(Minaguchi Shortage)	Rule
21	<input checked="" type="checkbox"/>	Circle1(2)	Rule
22	<input checked="" type="checkbox"/>	Circle1(1)	Rule
23	<input checked="" type="checkbox"/>	IshibeJudge1	Rule
24	<input checked="" type="checkbox"/>	YokodabashiJudge1	Rule
25	<input checked="" type="checkbox"/>	YasuAndOdzuchi(Ishibe Shortage)	Rule
26	<input checked="" type="checkbox"/>	OutflowInitial	Rule
Utility Functions			Utility Group
	<input checked="" type="checkbox"/>	Ishibe Shortage	Function
	<input checked="" type="checkbox"/>	Minaguchi Shortage	Function
	<input checked="" type="checkbox"/>	Tapwater and Industry Request	Function
	<input checked="" type="checkbox"/>	Odzuchi Inflow	Function

図 18 RiverWare による野洲川低水管理操作シミュレーションのためのルールグループ

に入力した。

5. 2. 4 その他の計算条件

計算期間：1994年1月1日～1996年12月31日

計算時間間隔：日単位

各取水堰、頭首工からの取水量：実績の取水量

5. 3 計算結果

以上の条件で計算を行い、野洲地点および柏貴地点で検証を行った。結果を図 20、21 に示す。



図 19 RiverWare 計算結果検証地点

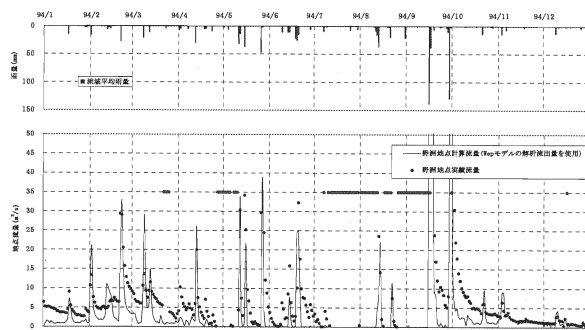


図 20 野洲地点検証結果

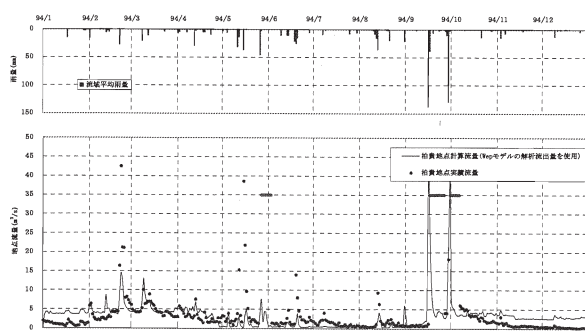


図 21 柏貴地点検証結果

以上の 2 地点の計算結果より、野洲地点の検証計算

結果はあまり良好ではないものの、柏貴地点は良好に再現できていることが分かる。

野洲地点は、野洲川流域で最も取水量が大きい石部頭首工がすぐ上流に存在する。そこで取水された農業用取水に起因する独特の水循環形態を精度良く再現できていないことが原因と考えられる。また、野洲地点は水位－流量曲線の精度もあまり高くなく、そのことも実績値と計算値の間に誤差がある原因として考えられる。

それに対して柏貴地点の再現精度は良好なものとなっている。支流域からの流出量および柏貴地点の上流の水口頭首工での取水に影響を受けている水循環形態を WEP モデルで良好に再現できている結果と言える。

6. まとめ

本研究では、琵琶湖流入河川のひとつである野洲川流域をケーススタディとして農地の水利用形態変化による河川流況に及ぼす影響の解析手法および森林が水循環に及ぼす影響の解析手法を開発するとともに、それらを統合活用する河川水系全体での総合的な水管理支援システムを提案した。

まず、農地の水利用形態変化による河川流況に及ぼす影響の解析手法の開発および森林が水循環に及ぼす影響の解析手法を開発においては WEP モデルおよび土研分布モデル Ver.3 を野洲川流域等に対して適用し、それぞれその適用性の高さを示した。これらのモデルは、農地を主体とした流域、および山地森林を主体とした流域における流域水循環解析と様々な流域改変の影響評価のためのツールとして利用可能と期待できる。

一方、河川水系全体における総合的な水管理システムの母体として期待される米国内務省開拓局が開発した RiverWare について、野洲川流域に対して適用を試みた。RiverWare 上に準備されたデフォルトの流出モデルでは、特に水田の流出過程を計算することができないため、WEP モデルによってあらかじめ計算した流出量を RiverWare に対して入力することとした。その結果、良好な再現結果が得られ、RiverWare は我が国の流域および水利用形態の分析に対しても適用可能であることが示された。すなわち、人工取水堰・頭首工の取水制限やダム の運用操作を最適化するための様々な水管理代替案のシミュレーションを RiverWare のわかりやすいユーザーインターフェイスを通じて容易に行うことが可能である。RiverWare の日本語化や WEP モデル等の我が国における流出過程を的確に表現できる水循環モデルの内部実装が今後

の課題である。

参考文献

- 1) 末次ら：都市河川流域における水・熱循環の統合解析モデルの開発、土木研究所資料、第 3713 号、2000 年
- 2) 吉谷ら：茨城県谷田川流域における水循環に関する研究－地下水の実態調査と水循環の数値解析－、土木研究所資料第 3782 号、2001 年
- 3) 賈ら：都市河川流域の水循環解析と雨水浸透施設の効果の評価、水工学論文集、第 44 巻、151-156、2000 年
- 4) 賈ら：分布型モデルを用いた都市河川流域における流出抑制施設の効果の比較、水工学論文集、第 45 巻、109-114、2001 年
- 5) J. Noilhan and S. Planton: A simple parameterization of land surface processes for meteorological models, Monthly Weather Review, Vol.117, pp536-549, 1989
- 6) 石井孝、梨本真、下垣久：衛星データによる葉面積指数 LAI の推定、水文・水資源学会誌、Vol.12, No.3, pp210-220, 1999