

複数水源地を持つ都市の 取水量決定支援エキスパートシステムの構築

田尻 要*, 末吉信一郎**, 河村 明**, 神野健二**

* 西松建設(株)技術研究所
** 九州大学工学部水工土木科

概要

F市では、複数の河川水源地やダム貯水地および流域外からの導水により水資源を確保し、5箇所の浄水場から市内全域に配水する複雑な水資源の管理を行っている。そのなかで浄水場における日単位の取水運用に着目し、水管理者が河川水源地やダム貯水池から取水量を決定する際に考慮している、取水および運用に関するルールや経験則などをエキスパートシステムとして再現し、水管理者の負担を軽減しながら、知識・手法・経験の共有と継承を目指した「取水量決定支援エキスパートシステム」の構築を試みた。知識などの基本的な表現方法として、各浄水場や水源についてはフレーム構造を利用し、取水・運用などのルールについてはプロダクショナルルールを用いた。現段階では約80の基礎的なルールを用いた試作システムであるが、実績データを用いたシミュレーションを行った結果、各水源からの実績取水量とエキスパートシステムから求められた取水量は概ね一致した。

キーワード

水資源管理 取水運用 エキスパートシステム フレーム構造 プロダクショナルルール

1. はじめに

F市では水資源の確保を、近郊の4つの河川、複数のダム貯水およびT川からの遠距離の導水により行っている。しかしT川を除くいずれも二級河川であり、ダム容量も充分とはいえず、都市の規模に比べ流域内の水資源は量的に余裕が無いのが現状である。また、今後も都市規模の拡大に伴い水の需要量は増加を続けることが予想されるため、それに見合う水資源の確保が急務とされているものの、地理、環境上の問題から新たにダム建設などの大規模な水源開発を行えるだけの余裕はほとんど残されていない厳しい状況下にある。

このような状況に対処するため筆者らはこれまでに、水源の状況を把握しつつ既存の設備を互いに関連させた、取水から配水に至る総合的見地に立つ水資源管理システムの構築を検討してきた¹⁾²⁾。本報では、水資源管理システムの一環として、浄水場における日単位の取水運用に着目し、水管理者が各河川水源地およびダム貯水池からの取水量を決定する際に、それを支援する「取水量決定支援エキスパートシステム」の構築を試みた。

2. 取水量決定支援エキスパートシステムの概要

本報で構築した取水量決定支援エキスパートシステムは、図-1に示す水資源管理システムの中の、政策決定システムおよび政策決定知識データベースを構成している。

水管理者は、当該日の市内全域および各浄水場の配水区域内の目標需要量を満たすため、河川流況やダム貯水状況を考慮しながら、水源と浄水場の取水および運用ルールに従って各水源からの取水量を決定している。また、目標需要量を満足できない場合は、浄水

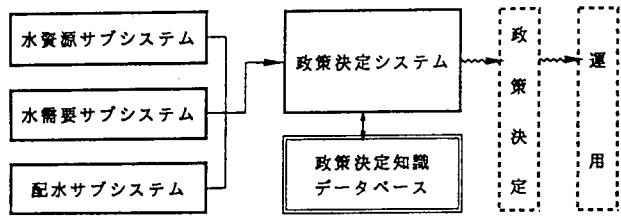


図-1 水資源管理システムの概要

場間の相互融通や配水区域の変更などを実施する。これらは、取水および運用ルールを参照するだけでも大変な作業であり、各水源の情報を考慮しながら、取水量を決定してゆくことは経験や知識も必要である。そこで本報では、取水量を決定する際に考慮されている、取水および運用に関するルールや経験則などをエキスパートシステムとして再現し、管理者の負荷を軽減しながら、知識・手法・経験の共有と継承を目指している。

3. ルールと知識および経験則の獲得と整理

筆者らは、知識獲得とノウハウ収集のために、まず水源からの取水や浄水場運用に関する明文化されている基本的なルールを、河川水源とダム貯水池および浄水場単位に分けて整理を行った。さらに、実際に水管理を行っている担当者に対し、数回のアンケートとインタビューを行い、取水運用の現場における明文化されていない取水や運用のための知識や経験則などを得た。

4. エキスパートシステムの作成

F市は図-2に示すように、水資源の確保を近郊の4箇所(R₁～R₄)の河川水源、6箇所(D₁～D₆)のダム貯水池およびT川からの遠距離の導水(R₅)により行い、5箇所(P₁～P₅)の浄水場による上水を市内全域に配水している。T川は一級河川で流況は比較的安定しており、F市は市内の水需要量に関わりなく一定の受水を行うことになっているため、T川からの導水(R₅)は今回のシステムでは考慮していない。

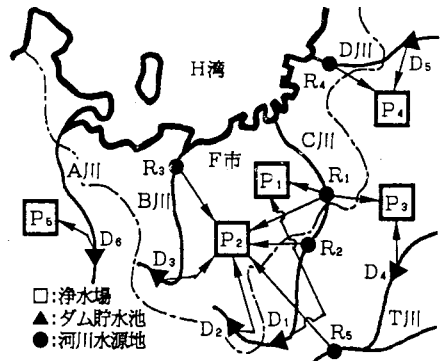


図-2 F市における浄水施設

基本となる知識表現の方法は、各浄水場と各水源についてはフレーム構造を、取水・運用に関するルールはプ

ロダクションルールを用いた³⁾。まず、図-3に示すように浄水場フレームをクラスとして位置づけ、施設の最大および最小浄水量・浄水場目標需要量・関係する各水源の水利権量の総和、取水可能量の総和、取水量の総和というスロットにより構成した。また各水源のフレームをインスタンスとして、関係する浄水場名の上位フレーム定義・時期により変化する水利権量・取水可能量・取水量というスロットにより構成した。次に、取水や浄水場の運用に関する基礎的なルールと管理者の経験や慣用的な知識は、IF～THEN形式のプロダクションルールで表現し、明文化されている取水・運用に関するルールと明文化されていない知識・経験に関するルールを、それぞれルールセットの形式で定義した。また、推論処理の

中で要求される数値計算に関する手続きはデーモン処理により行わせるようにした。

クラス（浄水場）の表現例

フレーム名: P ₁ 浄水場	
スロット=施設最大浄水量	スロット値=174000
スロット=施設最小浄水量	スロット値= 40000
スロット=浄水場目標需要量	スロット値=ユーザ入力
スロット=各水源の水利権量の総和	スロット値=デーモン処理
スロット=各水源からの取水可能量の総和	スロット値=デーモン処理
スロット=各水源からの取水量の総和	スロット値=デーモン処理

インスタンス（各水源）の表現例

フレーム名: R ₁ 河川水源		
上位フレーム: P ₁ 浄水場		
スロット=水利権量	ファット名=1/1~1/31	ファット値=58000
	ファット名=2/1~2/31	ファット値=58000
	ファット名=12/1~12/31	ファット値=18000
スロット=取水可能量	スロット値=デーモン処理	
スロット=取水量	スロット値=デーモン処理	

図-3 フレームによる表現例

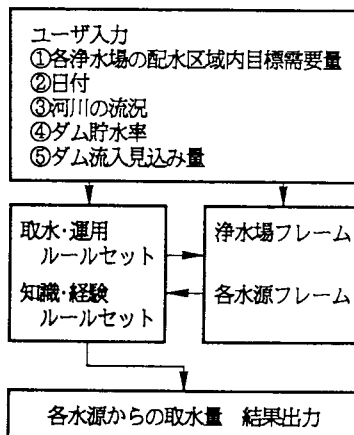


図-4 システムの処理の流れ

システムの処理の流れを図-4に示す。まず、基本となるユーザ入力情報として当該日の①各浄水場の配水区域内の目標需要量、②日付、③各河川の流況、④各ダム貯水率、⑤各ダム流入見込みの5項目を入力する。次に②より求められる規定の水利権量をもとに③および④を考慮した取水可能量を求め、①と参照する。ここで実際には、取水可能量の総和が①より大きければ、その過剰分は配水区域内の目標需要量を満足していない他の浄水場区域への融通などが行われる。また、各浄水場における取水可能量の総和が①の値に達しなければ、その浄水場の配水区域縮小を行うか、不足分を他の浄水場区域から融通するなどの措置が講じられる。しかし、このシステムでは現段階では各浄水場の配水区域単位の処理を行っているため、他の浄水場の配水区域との融通は行っていない。そこで、過剰分は④および⑤を考慮し各河川水源地やダム貯水からの取水を減じて、各水源からの取水量を求め、不足する場合は配水区域内の目標需要量を満足していないメッセージを出力することになっている。

5. 運用と結果

作成した取水量決定支援エキスパートシステムを平成2年の実績データを用いてシミュレーションを実施し、取水量の実績値との比較によりシステムの挙動と精度の考察を行った。シミュレーションは旬単位で行い、実績データの旬毎の平均値を用いた。

それぞれの浄水場における各水源からの合計実績取水量と、エキスパートシステムにより求められた各水源からの合計取水量の変化を図-5～図-9に示す。5箇所の浄水場の中では配水量の大きなP₁～P₃浄水場（図-5～図-7）では誤差が出ている箇所もあるが配水量の小さなP₄浄水場（図-8）やP₅浄水場（図-9）においてはシステムの実績データに対する追随性は良好といえる。全体的にみて実績値とエキスパートシステムから求められた値は概ね一致しており、水管理者が取水量を決定する際に考慮している取水および運用に関するルール

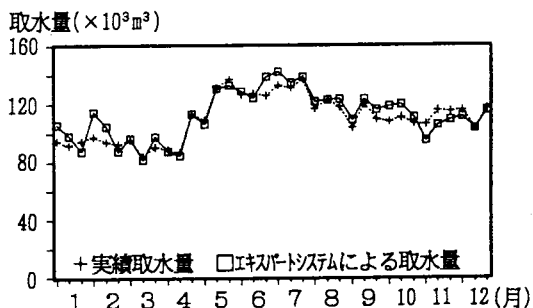


図-5 P₁ 浄水場における取水量

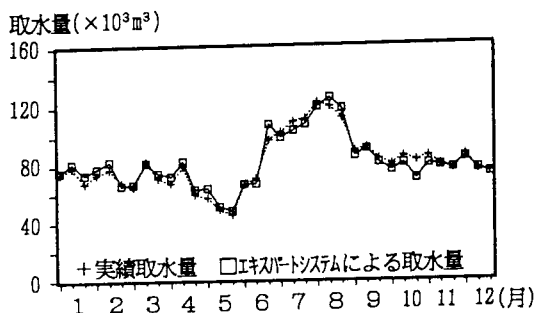


図-6 P₂浄水場における取水量

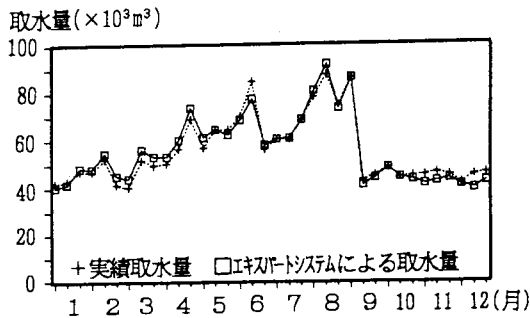


図-7 P₃浄水場における取水量

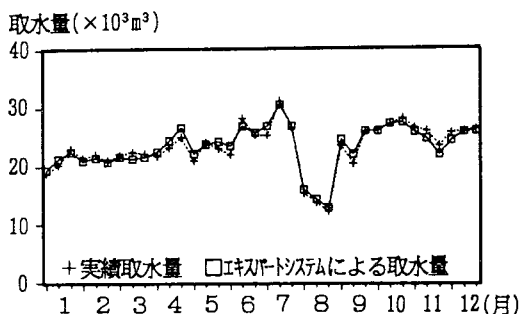


図-8 P₄浄水場における取水量

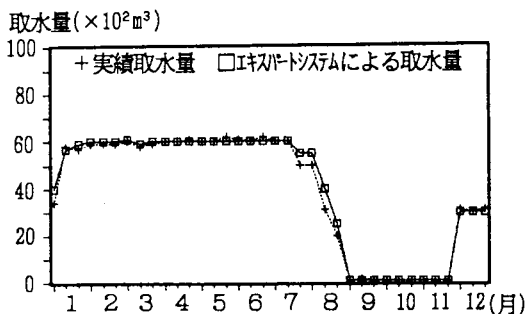


図-9 P₅浄水場における取水量

や経験則などの再現は行われたと考えられる。

6. おわりに

水管理者が現場で取水量を決定する際の取水や運用のためのルールおよび経験則などを、水管理者へのインタビュー等で獲得し、フレーム構造を用いて河川水源地とダム貯水池および浄水場単位に整理を行い、取水・運用ルールをプロダクションルールにより表現した取水量決定支援エキスパートシステムを作成した。また、実績データに対しシミュレーションを実施しシステムの挙動を検討したところ、エキスパートシステムで得られる取水量と実績取水量は概ね一致した。現段階では浄水場を単位としたシステムであるが、今後は水管理者が実際にシステム操作を行い、入力情報やルール、経験則などの追加・再整理をしながら、浄水場間の融通処理に対応した実用的な取水量決定支援エキスパートシステムを目指していく方針である。

謝辞 本研究を行うにあたり有益な資料と助言を頂いた関係各機関の方々に御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 田尻 要, 神野健二, 河村 明, 飯田英彦: 利水安全度を考慮した河川およびダム取水量決定システムの構築, 水文・水資源学会1991年度研究発表会概要集, pp. 62-65, 1991
- 2) 田尻 要, 末吉信一郎, 河村 明, 神野健二: 複数水源地を持つ都市の取水量決定システムのための知識ベースの作成, 土木学会西部支部1991年度研究発表会概要集, pp. 394-395, 1992
- 3) 秋田興一郎: エキスパートシステム導入実践ガイド, 電気書院, 1988