

26

複数の取水源を持つ浄水場の最適取水

— エキスパートシステム開発のためのデータベースの作成 —

九州大学工学部 ○飯田 英彦
九州大学工学部 神野 健二
九州大学工学部 河村 明

1. はじめに

福岡市では水資源の確保を主に近郊の4つの河川、ダム貯水及び筑後川からの導水により行っている。しかし福岡市の地理上の問題から、筑後川を除くいずれの河川も二級河川であり、またダム容量も都市の規模に比べ甚だ貧弱なのが現状である。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事が予想されるため、それに見合う水資源の確保が急務とされているものの、新たにダム建設等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。そのため福岡市としては、独自の様々な手法により限りある水資源の効率的な利用を行っている。しかし、より根本的な解決のためには、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たった水管理システムを確立することが必要と考えられる。

2. 研究の目的

福岡市を含め水資源の変動に対して脆弱な都市においては、運営の第一目標として水の安定供給が挙げられ、渇水時及びその可能性がある場合においては当然その目標に沿った計画、運営を行っていくことになる。しかし、平常時においても安定供給のみを目標にとることにはかなりの経済負担が強いられ財政を圧迫することになる。従って平常時には、安定供給の他に経済性をもう一つの目標として運用を考えれば、取水や浄水に要する費用（コスト）を抑えることが可能となろう。そこで本研究では、総合的な水管理を行うテストケースとして水源からの取水及び浄水プロセスに着目し、福岡市の夫婦石浄水場を例にとり、先の目標をみだす浄水場の最適運用について考察し、併せてその際必要となる情報のデータベース作成について検討を行うものである。

福岡市においてはダム、水源地从浄水場に至る導水ルートが複数有り、その各々のルートによって導水に要する費用（この場合ポンプアップ等による電力量）が異なる。また各ルートの水質の善し悪しによっても浄水コスト（薬品注入量）の形で費用に反映され、その他諸経費を加えると相当な額となる。よってこれらの費用を変数とするコスト関数を仮定し、各ルートの持つ制約条件を満たす範囲内で費用を最小にするように、どのルートからどれだけ導水するのかその量を決定することにより、導水問題の経済運用について考える。この場合、まず運用の目標である安定供給及び経済的運用のいずれにどれだけ重きをおくかを常に水源の状況を見極めながら両者を天秤にかけ判断することが、最適取水問題を考える上で重要となる。

3. 考察の手順3-1. 福岡市の運営方針の検討

考察を行うにあたり、まず福岡市の最近の運営・管理状況について概要を述べると、これまで一貫して安定供給を優先した体制がとられており、昭和53年～54年にかけて発生した大渇水の体験も踏まえその傾向は一層強くなっていると思われ、それは次に示す水道局の運営の基本方針に表れている。

- ①ダム貯水に関しては渇水時に備え平常時は基本的に温存させ、取水源としては専ら河川からとする。
- ②夏期を含め渇水時に河川からの取水量だけでは足りない場合は、その不足分をダム貯水から補う。

次に、考察対象である福岡市の夫婦石浄水場の運営について述べる。まず図-1に夫婦石浄水場に関連する水源(ダム、河川取水口)及びそれらを結ぶ導水ルート(位置関係)を示している。これより夫婦石浄水場は、室見川、那珂川の2つの水系を取水の対象としていることがわかる。まず室見川水系からの取水としては上流の曲淵ダムと下流の室見水源地の2つ、また那珂川水系からの取水としては上流の背振ダムと下流の日佐江、番托水源地の3つの計5地点から導水が行われている。ここで各ルートからの導水についての一例として昭和63年2月～平成元年2月の1年間のダム関係データ及び各取水地点での取水量の月毎の推移を図-2～図-5に示す。これらのデータ値は各月の1日当りの平均値としてここでは、これらの実際の運用状況をもとに経済運用の可能性について検討する。尚、この年の気象状況は、降水量は少雨の時期があったものの全体的にはほぼ平年並みと言え、水源状況は渇水の心配もなく平常状態であったとみてよい。図-2は、福岡市全体の給水量に対する夫婦石浄水場からの給水量を示したものである。夫婦石浄水場からの給水割合は、年間通してほぼ同じであり、本浄水場で取水で福岡市供給量のほぼ3割を分担していることがわかる。

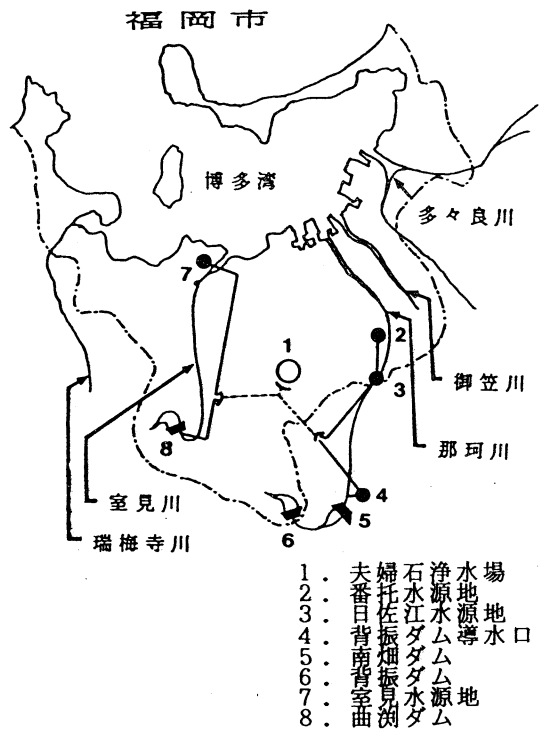


図-1 夫婦石浄水場関連の水源及び導水ルート

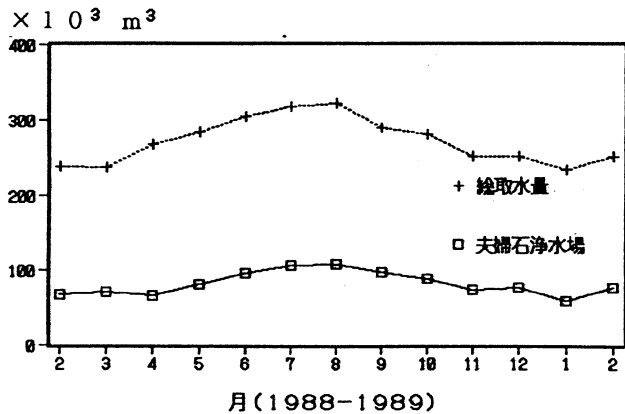


図-2 夫婦石及び福岡市全域の浄水場の取水量

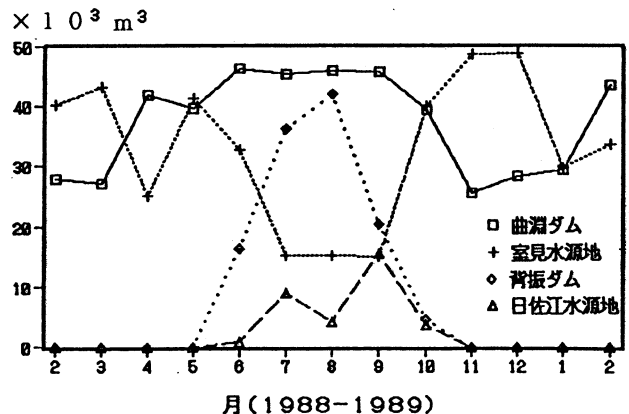


図-3 各ダム、各水源からの導水量

次に、図-3には夫婦石浄水場へ送られてくる上記5つの各ルートからの導水割合を示している。これよりこの年は番托水源からの導水はなく、また残りの4つのルートからの導水量に関しては、室見川水系からの2つの水源(曲淵ダム、室見水源)からの取水が主であり、6月～10月のみ那珂川水系からの導水で補う体制が取られていることが分かる。室見川水系からの導水については、6月～10月に室見水源からの導水量が減少し、曲淵ダムからの導水量が増加しているが、これはこの時期の水需要量の増加(図-1参照)と河川流量の減少ならびにこの時期がかんがい期にあたるため慣行水利権とのかねあい室見川からの水利権がなくなるためである。よってこれを那珂川水系から補っている様子がうかがえる。一方ダムの運用についてみると、図-4の曲淵ダム、背振ダムの有効貯水量の推移、また図-5のこれらのダムの貯水率(=有効貯水量/有効貯水容量)の変化をみればわかるように、いずれのダムも変動が少なくまた貯水率が90%以上で水が温存されていることが分かる。これよりダムからの導水分を増加

させてもダムの安全度には十分余裕があると思われる。以上よりこの期間はの渇水の心配はなく、経済運用の検討を行う上で条件も良いと言えよう。また取水の運営方法を決定づけるのに、ダム貯水の温存量と水利権が大きな要素として考えられる。

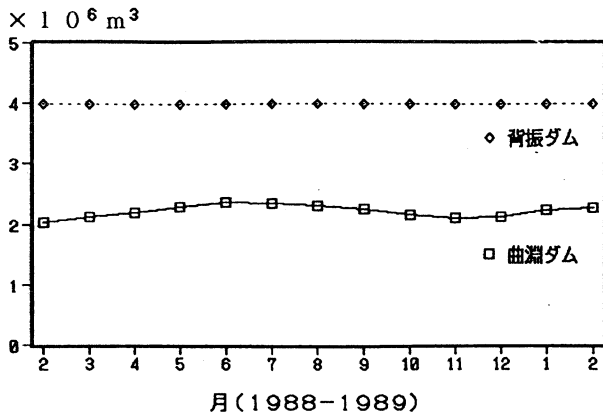


図-4 各ダムの有効貯水量

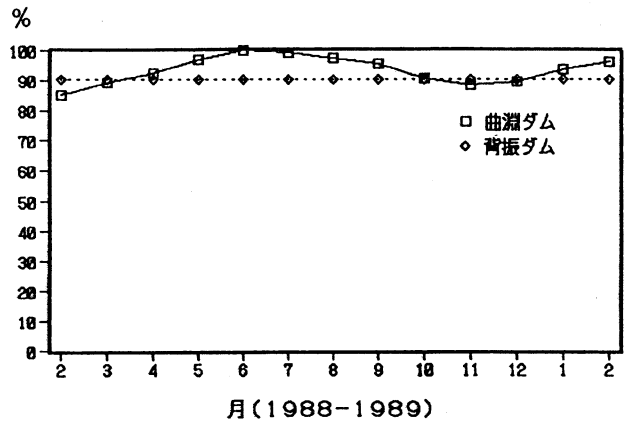


図-5 各ダムの貯水率

3-2. 経済運用の可能性の検討

次に3-1で検討した運用条件のもとでの最適導水問題、すなわち経済運用の可能性について検討する。研究の目的で述べたように、コスト関数を取水・浄水のプロセスでかかる費用の中から下流の水源地から導水するのに要するポンプアップの電力量（導水コスト）と、浄水に際して必要となる薬品使用量（浄水コスト）の2つを変数として代表した関数として定義する。

$$\text{コスト関数 } J \equiv f(\text{導水コスト、浄水コスト}) \dots (1)$$

式(1)のコスト関数の変数（導水コスト及び浄水コスト）と実際の導水量との関係について述べる。図-6、図-7には室見及び日佐江の各水源地の河川取水量とポンプアップのための電力使用量（導水コスト）の関係を示している。これらの図より、どちらの水源地においても導水量の変動パターンは同じであり、電力量は導水量にほぼ比例することが分かる。

次に導水量の水質と浄水コストとの関係について述べる。浄水コストを考える際には、基準となる水質指標と投入する薬品の種類が多いため、その中から濁度と、使用量が多く最も費用のかかるポリ塩化アルミニウムを代表させてその対応をみた。この場合、薬品注入作業が各導水ルートからの水が取り込まれた後に一括しておこなわれるため、各ルート毎の水質に対する浄水コストを算出できない。そこでまず、図-8に浄水場に取り込まれたあとのトータルの水の濁度とポリ塩化アルミニウム注入量の関係を示す。また図-9にトータルの導水量を河川からの導水量（室見、日佐江水源地）とダム（曲淵、背振ダム）からの導水量の2つに分け、それぞれの導水量とトータルの水の温度との関係を示す。図-8より濁度が高くなると、ポリ塩化アルミニウムの注入量が多くなっていて、薬品注入量は濁度に依存しているといえよう。また図-9より河川からの導水量が多くダムからの導水量が少ない場合には濁度が高く、逆に河川からの導水量が少なくダムからの導水量が多い場合には濁度が下がっている。これよりダムからの水は濁度が低く、逆に河川からの水は濁度が高いことがわかる。以上の検討より、一般的に河川からの導水にはポンプアップの電力コストがかかるうえ、さらに水質の点でも上流のダム貯水に比べ濁度が高いため浄水コストも高くつくことが確認された。つまりコストの面だけを考えるならば夫婦石への導水は全てダムからおこなうのが望ましい。しかしそのような運用はダム貯水量を下げることになり、渇水の生じる確率が高く渇水被害を生じる可能性がでてくる。従って式(1)のコスト関数と渇水被害との総和が最小となるように、ダム貯水の安全度をもう一つの変数として複数の取水源を持つ浄水場からの最適導水を考慮しなければならない。

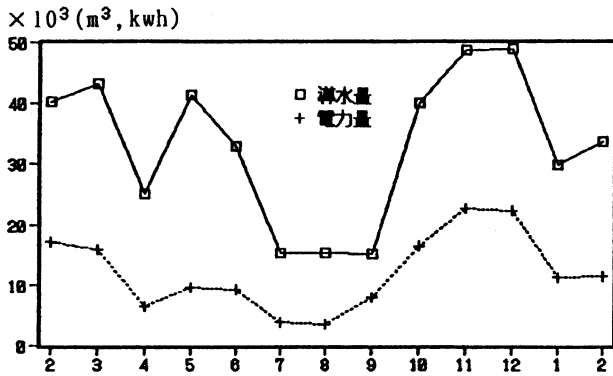


図-6 室見水源地からの導水量及び導水源地の電力使用量

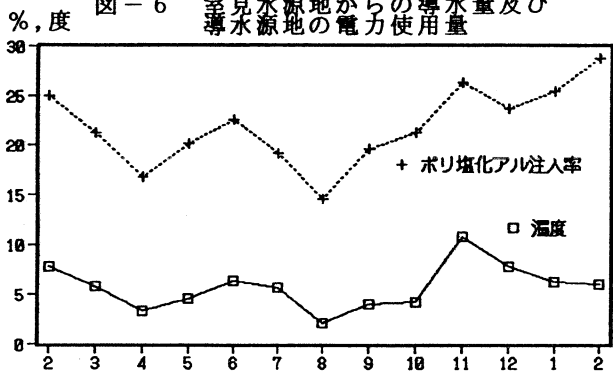


図-8 夫婦石浄水場の薬注量と濁度の関係

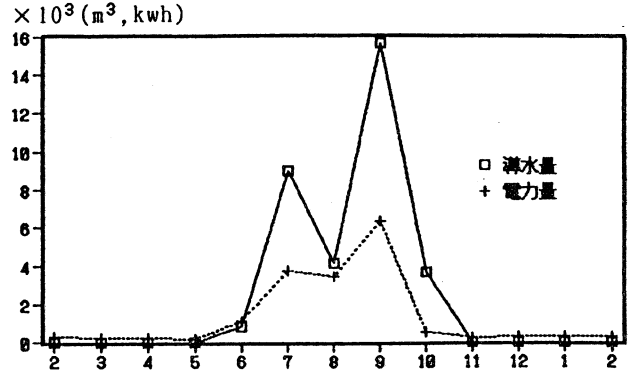


図-7 日佐江水源地からの導水量及び同水源地の電力使用量

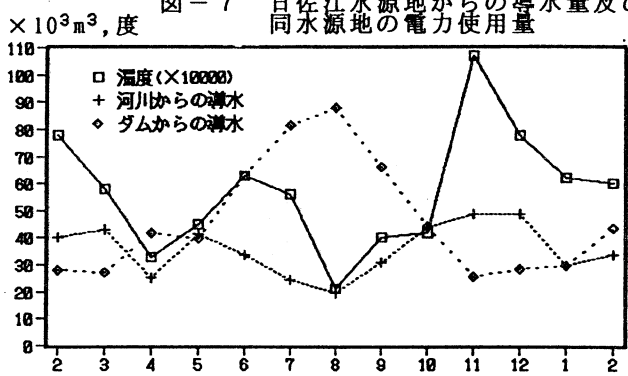


図-9 河川導水、ダム導水と濁度の関係

4. おわりに

検討を行った期間のように夫婦石浄水場の水源の水量が平常状態にある年は、図-5で示したダム貯水率をある程度落としても客観的にみてまだ十分余裕があると思われる。そして電力費用、薬品注入費用の多くかかる河川からの導水分をダムからの導水分で置き換えれば、コストの減少は十分可能なはずである。よって夫婦石浄水場の経済運用を考慮した最適な導水問題を考えていくことは十分意義があると考えられる。この場合、どのような濁水安全度のもとでどれだけのコストの減少が期待できるかについては、ダムからの導水の割合を今より高めにパターンを設定して、さまざまな濁水安全度とコスト関数の関係をシュミレーションなどを行って評価する必要があるだろう。またダム貯水の安全度は最も重要な要素であり、このため将来の水源地の変動をある程度予測することが必要と考えられ、従って降雨予測モデル等を導入しなければならないであろう。またその他にコスト関数に対する物理的状況（施設能力、地形等）、慣行水利権等の制約条件についても考慮しなければならない。

以上のように夫婦石浄水場の最適な導水問題を実行するためにはまず膨大な情報を選択・整理して随時引き出し最新情報も逐次蓄積できるようにしておかねばならない。そのために水道局発行の『浄水月報』等を骨格に、コストの費用や運営の基本方針に関する情報を取り込んだデータベースを作ることが必要である。またこのデータベースの他に、最適導水量を数学的に求めるLPやDP、システム入力となる降水予測等のモデル、そして曖昧な理論を取り扱うファジー理論、更には定式化の難しい専門家の経験的知識も統合した総合的なシステムすなわちエキスパートシステムを考えることによって、最適な導水問題を解決することができると思われる。

謝辞. 本研究を行うに当たり、福岡市水道局の水管理課並びに開発課の方々に有益な御助言を賜りました。

ここに謝して深く感謝申し上げます。

キーワード：総合的水管理，最適導水問題，経済運用，エキスパートシステム