

1. はじめに

21世紀を目前にひかえた現在、日常化した水不足を避けるための水資源確保は重要な課題になっている。特に頻繁に渇水の被害を受けている流域において、降水パターンの把握とそれに基づいた水供給不足量の予測は流域の水資源確保対策の樹立とその評価のために欠かせない。実際、降水量の予測は難しく、しかも水不足量と不足パターンに応じて対策を考えなければならないので、年間降水量と年を通しての降水量分布を把握し、さらに、これらをもとに渇水を再現し対策を考えることが必要となる。水道用水源にはダム貯留水、表流水、地下水などがあるが、安定した水源はダム貯留水である。通常ダムの貯水率が一定以下になると表流水などの条件と考えあわせ、渇水と判断される。利用者を中心とする水供給方法の観点から見て、渇水時に不足する水道水源を補填するために、節水とは別に地下水、再生水、海水淡水化水などあらゆる代替水源を考えなければならない。そのためにここでは対策の評価指標として費用とLCEを用い、代替水源を確保し、利水安全度を高めるための最適対策案を求めることを最終目標とした。

そこで本研究では、降水量の時系列データから降水量と年間の降水パターンを確率論的に把握しシミュレーションにより渇水規模と期間を確率論的に表現できるようにする。そして水供給の安定性を水供給量、費用、LCEの評価指標に基づいて分析した。

2. 降水確率年を考慮した雨の降り型と渇水規模予測

1890年-1996年の107年間の福岡管区気象台の日降水量データを分析対象にした。本研究では、渇水を確率年で表わせるようにするために、確率論的に年降水量の変動と年の降雨パターンを求めることにした。そして降水量の年の分布を含んだ降水量分布モデルを作ることにした。

年降水量データを確率年表現する際、頻度の少ないところの一致度を高めるために、横軸に対数正規分布を、縦軸にヘイゼンプロット $\{P(x)=2i/(2N+1)\}$ (ここで、 i は年降水量データの並び順、 N は年降水量の資料数)を取り表わした。この結果に基づいて、平常年、10年、20年、30年、50年、100年の確率年別に年間降水量を計算した。年パターンの降水量は降水量データの自己相関係数が0.2以下になるので相互に独立しているとし、完全乱数を用いて再現して差し支えないと判断した。

計算方式は以下の通りである。年平均降水量の長期成分を取り除いた後、日間単位での1年間の降水量を算出した。年降雨パターンを、平常期、多雨期、少雨期と3分割して各時期の降雨量の分布を計算した(図1)。年間パターンによると梅雨期と台風期にかけて差が見られるので、その時期の降水量の差によって、多雨期、平常期、少雨期となる。年の分布パターンは所与の条件としたため、年間降水量に応じて相似的な分布を示すことになる。これにより長期的変動を説明する降水量データを作成した。

次に、1年を通した時期別の降水量を得るために、時期別の変動特性に基づいて変動成分を乱数によって発生させ、長期変動と短期変動を包含する1年の降水量時系列データを作成した。但し、変動は期間が短いほど大きくなるので、長期変動成分を取り除いた年降水量データを利用し、日別短期変動を求めた。

3. 降水確率に基づく渇水時の水供給方法の検討

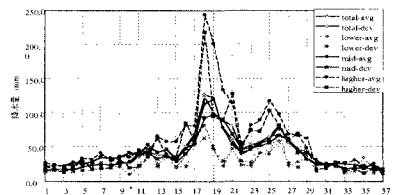


図1 3分類の年間降水パターン

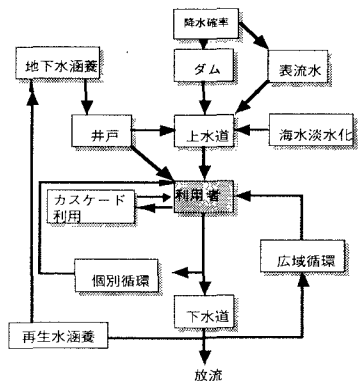


図2 利用者側面の水供給方法

キーワード：水資源確保、渇水対策、水循環、確率降水量

連絡先：〒8128-581 福岡市東区箱崎6-10-1 Tel: (092)642-3303 Fax: (092)642-3322

上水道水源となるダムの貯水量を基に、ダムの貯水率から渇水の発生可能性の条件を決める。渇水はある時期にダムの貯水率がもとに戻らなければ発生すると考えられる。流域全体でのダムの水収支関係関係を示すため、対象流域の全ダム容量を持つ一ダムとして計算した。各ダムの有効容量は用途別に分けられているが、まずダムの全有効容量を対象として時期別の流出と貯水量を算定した。その方法は次の通りである。最初に降水量と貯留量変化の式、貯水量による取水量の変化の関係式を求めた。日単位データを利用し、貯水量と流入流出のデータのあるダムだけを対象にし計算した。

貯水量変化を示す期本式： $Q(i)=Q(i-1)+IN(i)-OUT(i)$

（ここで、 $Q(i)$: i 日目のダムの貯水量、 $IN(i)$: i 日のダムへの流入量（降水量と揚水量）、 $OUT(i)$: i 日の取水量、農業用水量、河川維持水量など。）

貯水量の変化は前日の貯水量から当日の流入量と流出量を差した量として計算した。初期貯水率は1月上旬の平均値の65%とした。

一流入量の計算：タンクモデルを利用し、降水量とダムへの流入量を算定した。ダム流域は山地であり地下水への流入はないと考え、タンクモデルの各タンクからの全流出量がダムの流入量として考慮した。計算の際、利用しているデータの降水量が各ダムの実際の流入量より少ないことを考慮し、タンクモデルの各係数を算定するとき降水量を補正し、ダムへの流入量を算定した。

一流出量の計算：ダム取水において、渇水時期を除けば、取水量は年間一定のパターンを持つものとした。渇水時期には取水制限が実施され、取水量が減るのでその関係を実績値から求めた。取水量の減少は過去の経験値から見ると、断水時間との関係が深い。そこで断水時間対上水量減少との関係を利用し、渇水時の貯水率と取水制限時間のデータを用い計算した。農業用水量の場合灌漑期ダム運用実績と流域の減水深データを利用し、農業用水の流出量を計算した。他の河川維持水量は全流出量データから取水量と農業用水量を除いた量を基底水量として計算した。確率年別貯水率の算定結果は図3の通りであるが、ダムの貯水率が50%以下の時期を渇水として判断すると10年確率の降水量であっても一時的には渇水状態になることが分かった。各場合の取水可能量は図4の通りである。

水不足量の変動を算定し、それに対応する渇水対策を樹立した。対象になる水源は水道水、カスケード式節水、地下水涵養後の井戸水、個別・広域循環の再生水、海水淡水化水とした。各供給方法は、図2のように利用者を中心としたもので、上水の代替水源を組み合わせ、平常時の上水量を賄えるように必要量を計算した。計算に用いる各水源の利用の優先順位は費用とLCEによって決定した。各確率年別の算定結果（図5）を見ると、10年確率の渇水でも代替水源利用日数がかなり大きいことが分かった。渇水対策にかかる費用（図6）とLCEは海水淡水化が極端に高くなった。渇水時の最大不足量を賄うためには海水淡水化の導入も考慮に入れて流域水資源対策をとる必要はあるが、地球環境保全の観点で省エネルギーの対策が求められている。

4. 終わりに

渇水の規模を考慮した流域水資源対策として代替水源を評価した。しかし、より精度の高い代替水源の評価のための新たな手法が必要である。

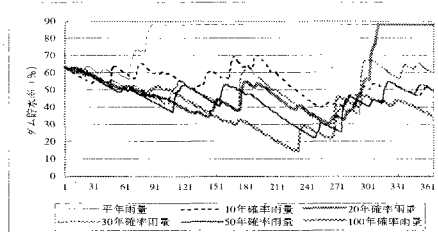


図3 確率年別ダムの貯留率変化

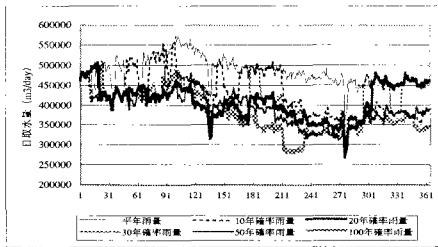


図4 確率年別取水可能量

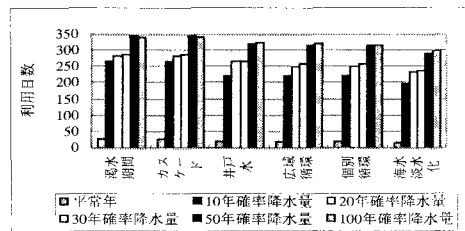


図5 渇水時対策別水源不足日数

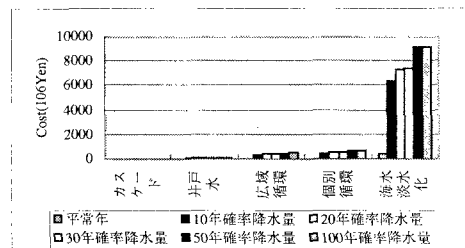


図6 渇水時対策別費用