

大阪大学工学部

学生員 ○宇城 明輝

大阪大学大学院工学研究科

正会員 津田 守正

大阪大学大学院工学研究科

正会員 西田 修三

1. はじめに

地球温暖化による気温の上昇，降水日数の減少，豪雨などの異常気象の増加等は，日本においても水資源への影響が懸念されている．水資源の増減は，渇水の特性的変化につながるため，地球温暖化を考慮した渇水予測は重要である．そこで本研究では，長年渇水被害が頻発している愛媛県松山市を対象に，地球温暖化の影響を考慮した将来の月平均気温，日降水量を推計し，その将来を基に石手川ダム運用計算を行い，松山市給水量を推計し，将来の渇水被害の定量化を行う．1980～1999 年を「現在」，2071～2090 年を「将来」とし，現在と将来の渇水被害を定量化し比較することで，地球温暖化による渇水被害への影響を推測した．図-1 に研究の手順を示す．渇水被害の定量化において，少なくとも月平均気温と日降水量のデータが必要であり，以下からその推計を示す．

2. 月平均気温と日降水量時系列モデル

(1) 現在の月平均気温と日降水量時系列モデル

現在の月平均気温は観測された松山市の気温から求めた．

現在の日降水量時系列は，月別に単純マルコフ過程により降水有無のパターンを作成し，降水日となった日に確率に従った降水強度を与えることで推定した．図-2 に 1 月の単純マルコフ過程による降水日の推移の概略図を示す．単純マルコフ過程で用いる状態遷移確率，日降水強度確率は現在の観測値から推計した．図-3 に作成した日降水量時系列モデルによる，月降水量と観測値の 20 年平均を示す．7 月と 9 月が観測値より若干大きな値を示しているが，再現性は良好といえる．

(2) 将来の月平均気温と日降水量時系列モデル

ここでは入手が容易な気象研究所の全球気候モデル MRI-CGCM2.3.2 による推計値から，月平均気温，日降水量時系列を推測する．気候変動シナリオは IPCC-SRES シナリオのうち，AR4-A1B シナリオを用いた．松山市の推計値は，松山市の近傍 4 格子点のデータを内挿することによって求めた．

松山市の将来の各月平均気温は，月別にモデルによる将来値と現在値の 20 年平均値の差分を，観測された現在気温の 20 年平均値に加えることで推計した．

次に松山市の将来の日降水量時系列を推計する．今回得られた気候モデルによる推計値は，月降水量で提供されていたため，将来の 20 年分の月降水量を推計した後に，月降水量を日降水量に分配するという手順を踏む．モデルの月別将来値の 20 年平均値と，モデルの月別現在値の 20 年平均値の差分を，(1)により推計した日降水量時系列を積算した月降水量に加えることで，将来の月降水量を推計した．図-4 に将来の月降水量の

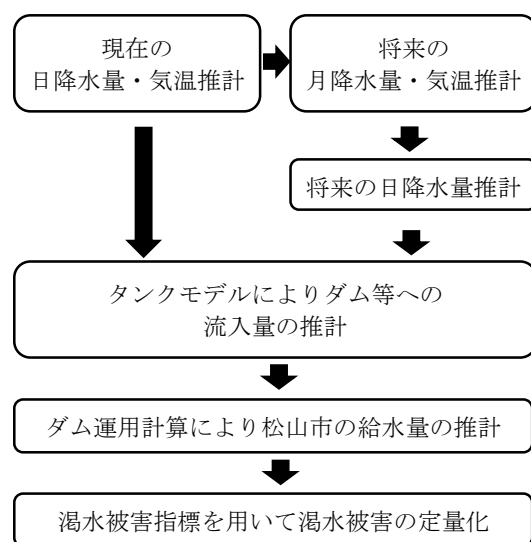


図-1 研究の手順

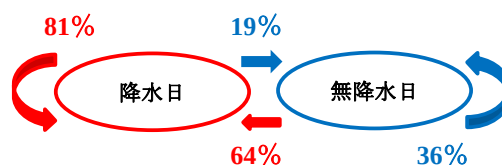


図-2 マルコフ過程による 1 月降水日の推移

20 年平均を示す。6 月に降水量の減少、7 月から 9 月にかけて降水量が増加し、降水のピークが 6 月から 7 月に移ったことが見て取れる。

得られた将来月降水量の日降水量への分配は、現在の日降水量時系列の推計と同様に行った。日降水量の月将来値と、気候モデルの月降水量とが同値になるよう補正し、将来の日降水量時系列を推計した。単純マルコフ過程で用いる将来の状態遷移確率は、現在の状態遷移確率に将来降水日が減少することを加味した確率を用いる。

3. 給水量の推計

松山市への給水は、石手川ダムからの供給、地下水等からの取水によって行われている。4 段タンクモデルによりダム等への流入量を推計し、推計した流入量と松山市の上水道水需要量を基に石手川ダムの運用計算を行い、石手川ダムからの放流量、地下水以外からの取水量を推計した。地下水からの取水量は月別に一定の値を与えた。松山市の上水道水需要量は、気温や節水度合い等を考慮した水需要量の回帰式を用いて推計した。現在と将来の水需要量の推計において、気温と降水による需要量変化以外は、同じ条件で推計を行った。

4. 渇水被害の定量化

渇水被害を表す指標である「不足%日」、「渇水被害関数」を用いて、被害の定量化を行う。不足%日は、 $(\text{上水道不足水量}) \div (\text{上水道需要量}) \times 100 \%$ を対象期間で累加することで表す。渇水被害関数は、 $(\text{上水道不足水量}) \div (\text{上水道需要量}) \times 100 \%$ の 2 乗と、上水道需要量の積を対象期間で累加することで表す¹⁾。日降水量時系列モデルを用いて現在の時系列を 3 パターン用意し、それぞれに関して、将来の日降水量時系列の作成、ダム運用計算による給水量の推計を行い、渇水被害の定量化を行った。表-1 に現在(1980～1999 年)と将来(2071～2090 年)の、不足%日の合計の 3 パターン平均を示す。7 月の不足%日は、現在と比べ約 1.5 倍と大幅な増加が見られ、将来の夏の渇水被害が増加することがわかる。一方、10 月から 3 月にかけての不足%日は、現在と比べ約 0.6～0.7 倍となっており、将来の冬の渇水被害が減少することがわかる。20 年合計も現在と比べ約 0.8 倍と減少している。渇水被害関数でも同様の傾向が得られた。夏の渇水被害が増加した原因として、降水日数の減少と 6 月の降水量の減少により、6 月にダムの水を確保することが困難になり、その影響が 7 月に現れたものと考えられる。冬の渇水被害が減少した原因としては、7 月から 9 月にかけての降水量の増加により、9 月以降のダムの貯水量が現在と比べ増加したことが考えられる。

表-1 現在と将来の不足%日の合計(%日)

	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	合計
現在	56.8	50.0	48.9	32.8	23.7	22.5	44.7	121.9	127.5	90.8	61.3	54.2	735.0
将来	39.5	32.4	30.5	22.8	19.8	23.8	66.4	125.2	106.4	58.8	41.2	37.4	604.2

【参考文献】

1) 中村修 他(1995)：微分動的計画法に基づく貯水池群操作量の数値計算法，土木学会論文集，No.521，pp193-205.

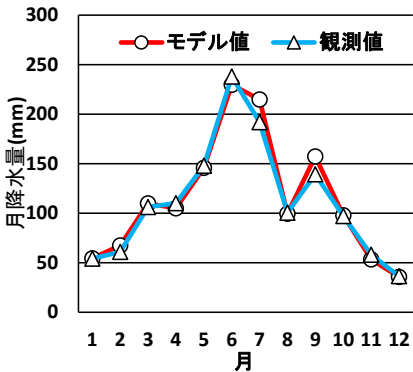


図-3 日降水量時系列モデルによる観測値の再現計算

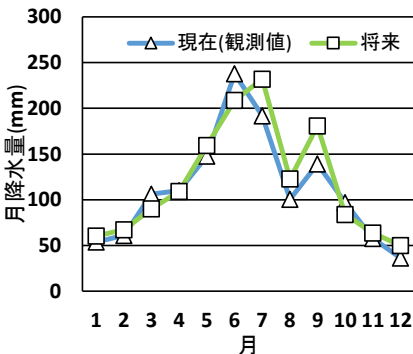


図-4 月降水量の変化予測