

岐阜大学大学院 学生員 ○堤 将彦
 岐阜大学工学部 正会員 小尻 利治
 竹中土木 池田 繁樹
 大平工業 後藤 将充

1 はじめに

本研究は、メッシュ型多層流出モデルの作成と温暖化シナリオを考慮した日気象・水文データのシミュレーション手法の提案、および温暖化による水資源量への影響評価を行おうとするものである。また、流出モデルへの入力となる降水量は、月平均の変動特性を表現できるパターン分類手法と統計的手法を組み合わせたシミュレーション手法を提案する。さらに、温暖化シナリオ下での流域シミュレーションを行い、利水安全度指標、経済的被害額によって水資源量への影響評価を行おうとするものである。

2 日気象データの作成

日平均気温は、各月ごとの頻度分布を基に最適な確率密度関数を求め、得られた確率密度関数に従う乱数を発生させて月ごとの日平均気温系列を求める。

降水量の模擬発生においては、月平均降水量についてパターン分類を行い、区分された気温別に連続無降水・降水日数の分布、及び、降水量の分布を求める。そして、気温に応じた条件付き確率として、降水量を求める。

3 流出モデルの作成

流域が約3km四方メッシュで構成されるとし、メッシュ型の流出モデルを適用する。メッシュ型多層流出モデルとは、直列4層の貯留型モデルを基本とし、その鉛直上方に地表面浸透モデルと蒸発散モデルを加えたものである[1]。この流出モデルを適用するにあたり次のことを仮定する。(1)隣接するメッシュの勾配より水平方向には、0～3方向の流入があり、流出は1方向とする。(2)時間tの間、水平、鉛直方向の流

入量、流出量は一定である。(3)メッシュの最大貯留量を越える場合の溢水は、流速に比例して配分し直す。

4 温暖化の水資源量への影響評価

現状でCO₂等の温室効果ガスの増加傾向が続けば、全球平均の地上温度は2030年頃には1.2～3.0℃上昇すると言われている。そこで、今回、想定するシナリオとして、以下に示す4ケースを用いる。

	気温 (ΔT)	降水量 (ΔP)
CASE1	±0	±0 %
CASE2	+3	±0 %
CASE3	+3	+10 %
CASE4	+3	-10 %

豊川流域を対象に本理論の適用を行った各シナリオごとの日単位流量系列を月平均値で整理したものを図1に示す。

4.1 利水安全度指標による影響評価

水利用形態を含んだ評価を行う際に用いる入力データとして、気温、降水量、各需要量（工業用水、農業用水、都市用水）を用い、水利用モデルとして、需要量を気温、降水量の関数として求める。そして、利水システムとしての流量の変化を評価するために渇水かどうかを判断する指標として次式を導入する。

$$\text{渇水 (安全度) 指標} = \frac{\text{流量}}{\text{需要量}} \quad (1)$$

渇水指標が1.0を下回ったとき、渇水状態とする。また、渇水の評価指標として信頼度、回復度、深刻度を用いて、各シナリオ毎に評価する。それぞれの算定式は次のようになる。

$$\text{信頼度} = \frac{\text{渇水回数}}{\text{対象期間}} \quad (2)$$

$$\text{回復度} = \frac{1}{\frac{\text{渇水期間}}{\text{渇水回数}}} \quad (3)$$

$$\text{深刻度} = \frac{\sum(1 - \text{渇水指標})}{\text{渇水回数}} \quad (4)$$

以下に各ケースにおける指標の結果を示す。

	信頼度	回復度	深刻度
case1(0,0)	0.93425	0.5714	0.5450
case2(3,0)	0.93150	0.5682	0.5504
case3(3,+10)	0.94247	0.6000	0.5081
case4(3,-10)	0.92876	0.3818	0.6026

4.2 経済的影響評価

流域内の経済的被害については渇水頻度の等価的偏差 EV(Equivalent Variation) の概念 [2] を用いて算定する。いま、温暖化により渇水の発生確率 P という状態から P' の状態に変化したとき、世帯の被害額は、温暖化が起こる場合（将来）の期待効用レベルを維持するという条件下で世帯が現況において妥当であると考える EV を温暖化による被害額とする。現況の効用レベルを $E[U_p(I)]$ 、温暖化後の効用レベルを $E[U_{p'}(I)]$ と表し、渇水の発生確率は前述の信頼度を 1.0 から引いたものとして与えた。この場合、次式を満足する EV が被害額である。なお、case3 の場合、発生確率が減少するため便益（負）となる。

$$E[U_{p'}(I)] = E[U_p(I + EV)] \quad (5)$$

被害額を算出するために必要な期待効用関数型として CES 型を用い、EV を求める。こうして求めた EV は一戸あたりの被害額となる。世帯を対象として被害額を算出するため、流域内に存在する都市用水使用世帯数 181774 世帯を乗じて流域における経済的被害額とする。結果は以下のようになった。

	被害額（百万円/年）
case2 の場合	490.8
case3 の場合	-1526.9
case4 の場合	999.8

5 おわりに

本研究で得られた成果を以下にまとめる。

- I) 日降水量データをシミュレートする際、月平均の変動をパターン分類の概念を用いて表現し、それに確率統計的な手法を組み合わせた手法を提案した。特に、降水特性として区別された気温ごとに連続無降水日数、連続降水日数分布を求めた。
- II) 温暖化による水資源量への影響について利水安全度指標、経済的被害額を用いて評価した。どれも、 $\Delta T = 3^{\circ}\text{C}$ 、 $\Delta P = -10\%$ とした場合の影響が大きく現れた。しかし、 $\Delta P = +10\%$ とした場合は、好結果をもたらすことが分かった。又、経済的被害額については渇水の発生確率が現況に対してわずかな差であり、金額にしても一戸あたり年間で case2 で 2.7 千円、case4 で 5.5 千円という結果になった。

参考文献

- [1] 堤将彦・小尻利治・池田繁樹：地球温暖化による水需給形態の変化、第 48 回土木学会年次学術講演概要集第 2 部、pp.68-69、1993
- [2] 森杉寿芳・大島伸弘：渇水頻度の低下による世帯享受便益の評価法の提案、土木学会論文集、第 359 号/IV-3、pp91-98、1985

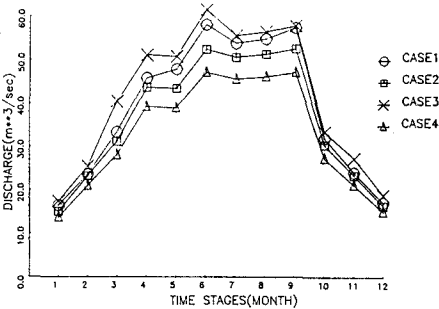


図1 各ケースにおける月平均流量