

地球温暖化による水需給形態の変化

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
 岐阜大学大学院 学生員 池田 繁樹

1 はじめに

近年、人口の増加、生活環境の変化、産業の発展にともない水需要は増加し続けている。そこで水資源の開発が要求されることになるが、水利用計画を立てるに際して水文事象に対する的確な評価が重要になる。現在、水資源賦存量や流出流量の変化としての解析はされているが、社会システムへの影響となると水利用形態を含んだ評価をしなければならない。また、地球温暖化による気候変動をどのように評価するか、すなわち、量的把握が問題となってきた。加えて、気候変動が及ぼす最も重大な影響の中に水循環と水管理システムへの影響、さらに、これによる社会経済システムへの影響があげられよう。そこで本研究では、多層メッシュ型の流出モデルに低平地、都市モデルを統合させた流域モデルを作成し、ついで農業用水、都市用水の使用量を気温、降水量の関数として表現する。これに温暖化シナリオのもとでの降水パターンを与え利用システムを含めた影響評価を行おうとするものである。

2 方法論

2.1 日気象データのシミュレーション

日単位気象データ(具体的には、豊川流域における、1年間を通しての日降水量データ・日平均気温)の模擬発生について述べる。気象データのうち、日平均気温・日降水量については、流域内に存在する豊川、新城、嵩山の計3地点の観測所データ約30年分を用いる。なお、模擬発生を行う際における確率分布形は、正規分布を用いることにした。模擬発生を行うにあたって、まず、ISODATA手法を用いて年パターンの分類を行いパターン間構造の統計解析、すなわち、パターンの発生確率、遷移確率を求める。次に、パターンに属しているサンプルデータを用いて、日気温および、日降水量の統計量を解析し、模擬発生を行う。対象流域を図1に示す。

2.2 気温・降水量の空間分布の算定

解析において必要なデータである気温、降水量は、流域内で観測されたデータを用い、降水の空間分布については流域をティーセン分割により分割し、分割された各流域の降水量は観測点の降水量で代表させる。気

温の空間分布については、メッシュごとの地形データを用い、i) 標高はメッシュ内の平均を用いる。ii) メッシュ間に特異な変動がない。iii) メッシュ間に生じる気温差は、標高のみにもたらされる。といったような仮定条件を考慮して、新城観測所の気温と他の観測所の気温データと標高差を重回帰分析を行った。その結果として次式が定まった。

$$T_i = -0.7848 + 0.9904 \cdot T_A - 0.0880 \cdot H_i \quad (1)$$

$$R^2 = 0.9650$$

ここで、 T_i はiメッシュの推定気温、 T_A は新城観測所の観測気温、 H_i はiメッシュの標高、 R^2 は相関係数である。

2.3 水利用モデル

水利用形態を含んだ評価を行う際に用いる入力情報として、気温、降水量および農業、都市、工業用水における各取水量を用いる。気温、降水量と水需要の関係を回帰式として求める。回帰分析を行うにあたり汎用統計パッケージとしてSASを用い、そのプロシジャーとしてステップワイズ法を用いる。結果は次式のようになった。

$$QA(t+1) = -0.03 - 0.01R(t-4) + 0.02T(t-4) + 0.83QA(t) + 0.14QA(t-2) \quad (2)$$

$$QF(t+1) = 0.10 + 0.67QF(t) - 0.1QF(t-1) + 0.1QF(t-2) + 0.14QF(t-3) \quad (3)$$

$$QC(t+1) = 0.20 + 0.01T(t-4) + 0.63QC(t) + 0.09QC(t-1) + 0.09QC(t-2) \quad (4)$$

ここで、 $QA(t)$ はt日の農業用水取水量、 $QF(t)$ はt日の工業用水取水量、 $QC(t)$ はt日の都市用水取水量、 $R(t)$ はt日の降水量、 $T(t)$ はt日の気温である。上式それぞれの相関係数は、順に0.98, 0.56, 0.80であった。農業・都市用水に関しては、過去のデータから統計的構造が求められたが、工業用水に関しては、工業用水に関しては、統計的に見てほとんど明確な特徴を有していないという結果となった。

2.4 温暖化シナリオに関する影響評価

現状のままCO₂等の温室効果ガスの増加傾向が続けば来世紀末までには、全球平均の地上温度の上昇量

は、1.2～3.0℃と推定されている。そこで、今回は、気温は+3℃、降水量は-10%、±0%、+10%に現況を加えた4ケースを用いる。評価手順として、まず、温暖化シナリオを考慮して求めた気温、降水量を各シナリオ毎の日単位の流量を求める。各シナリオにつき数十回繰り返し平均化したものを各シナリオの代表値とする。その結果が図2である。次に、各取水量と気温、降水量の回帰式に各シナリオを与え日単位の需要量を求める。そして、渇水（安全度）指標を次式で算定する。

$$\text{渇水（安全度）指標} = \frac{\text{流量}}{\text{需要量}} \quad (5)$$

渇水指標が1.0を下回ったとき、すなわち需要量が流量を上回ったとき渇水状態である。また、渇水の評価指標として(i)信頼度、(ii)回復度、(iii)深刻度で評価する。信頼度とは、渇水の発生確率そのものである。回復度とは、渇水の継続性や立ち直りの早さを表すものである。深刻度とは、渇水の大きさを表すものである。それぞれの算定方法は以下のようである。

$$\text{信頼度} = \frac{\text{渇水回数}}{\text{対象期間}} \quad (6)$$

$$\text{回復度} = \frac{1}{\frac{\text{渇水期間}}{\text{渇水回数}}} \quad (7)$$

$$\text{深刻度} = (1 - \text{渇水指標}) * (\text{その時点の需要量}) \quad (8)$$

それぞれの信頼度、回復度、深刻度を表1に示す。

3 結果と考察

渇水状態が起こった回数（日）は標準状態、気温+3℃、降水量+10%の状態では3回、気温+3℃の状態では4回、気温+3℃、降水量-10%の状態では7回であった。図2における流量の年平均値は、観測流量の年平均値にかなり近い値ではあるが、雨季における流量は、かなり下回っていた。また、結果において需要量に関しては農業、工業、都市用水以外でも使われている可能性が考えられるので、安全側にとって渇水指標を多少上昇させるべきではないか。

参考文献

- 小尻利治他(1992)：地球温暖化のもとでの水資源システムの安全度評価と耐渇水方策に関する総合的研究
- J.T.TOU and R.C.GNZZALEZ(1974)：Pattern Recognition Principles、pp.97～104
- 高野直樹(1992)：メッシュ型広流域流出モデルの作成と温暖化による影響、岐阜大学修士論文

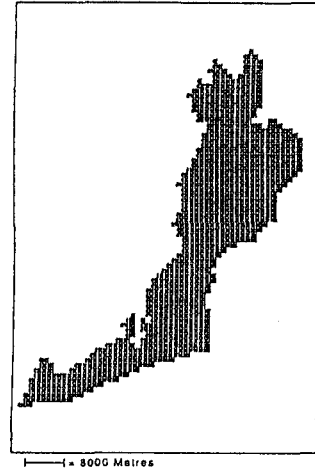


図1 対象流域

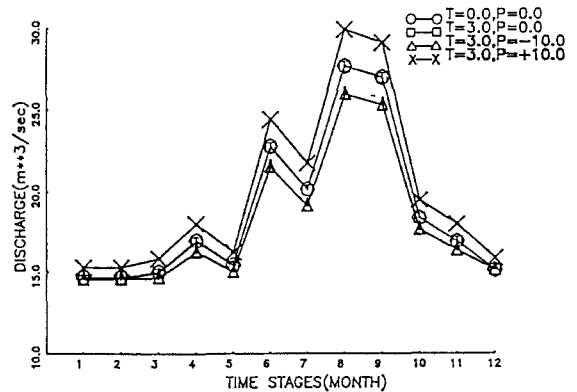


図2 各ケースにおける月毎の日平均流量の変化

表1 各シナリオにおける信頼度・回復度・深刻度

ΔTC、ΔP (%)	day (日)	信頼度	回復度	深刻度(m3/sec)
0, 0	152	0.008	1.00	0.21
0, 0	157	0.008	1.00	0.82
0, 0	212	0.008	1.00	0.85
+3, 0	152	0.011	1.00	1.16
+3, 0	157	0.011	1.00	1.17
+3, 0	201	0.011	1.00	0.12
+3, 0	212	0.011	1.00	1.37
+3, -10	154	0.019	1.00	1.16
+3, -10	157	0.019	1.00	2.04
+3, -10	159	0.019	1.00	0.36
+3, -10	167	0.019	1.00	0.36
+3, -10	184	0.019	1.00	0.54
+3, -10	201	0.019	1.00	0.55
+3, -10	212	0.019	1.00	2.06
+3, +10	154	0.008	1.00	0.06
+3, +10	157	0.008	1.00	0.20
+3, +10	212	0.008	1.00	0.66