

京都大学大学院工学研究科
 京都大学大学院地球環境学
 京都大学大学院地球環境学

学生員 ○藤井 寿史
 正会員 堀 智晴
 正会員 椎葉 充晴

1. 序論

いわゆる気候変動などによって、降水の地域的・時間的偏在傾向が変化する可能性があるといわれている。そこで日本における現在の水需給バランスを分析した上で、将来の水需給バランスがどのように変化していくかによってわが国の社会・経済活動はどのような影響を受けるのかを定量的に把握し、必要な対策を考える必要がある。

しかし水資源は降水量に応じて時空間的に偏在するという特徴をもっている。そこで本研究ではそういった水資源の特徴を考慮し、地域ごとの水需給状況を計算機上で再現した上で、地域単位での河川流況の変化や水需要の変化によって社会がどのような影響を受けるかを定量的に推定することを目的とする。

本研究では時間スケールを月、空間スケールを水系・流域単位とおいた。また上下流域の関係を考慮しつつ、淀川水系を対象に水需給バランスの将来推計を行う。

2. 水資源供給モデル

河川水と地下水を水資源の供給源として考える。ここでは特に時間的変動の大きい河川水について述べる。河川流量は、今回は流出計算からではなく観測河川流量から求める。例えば「今後1994年の流量が再現されるならば」という仮定を用いて各地域に流量を与える。また上流地域の取水量が増減した際には、それに併せて下流地域の河川流量が増減する。対象地域である淀川水系での流量観測所と水供給地域の分類を図1に示す。

3. 水需要モデル

3.1 農業用水

農業用水需要量として水田灌漑用水とそれ以外の耕地灌漑用水とに分けて考える。水田灌漑では圃場での消費水量として、蒸発散量と地下浸透量が考えられるが、広域圃場の場合、浸透量の多くは下流圃場で湧出・再利用されると考え、蒸発散量のみを消費水量とする。この際中川による実測値¹⁾から近畿地方における蒸発散量を5.5mm/day、灌漑期間を7～9月とする。一方水田以外の耕地灌漑用水では、圃場での消費水量として蒸発散量のみを考える。その際、作物によって蒸発散量も灌漑

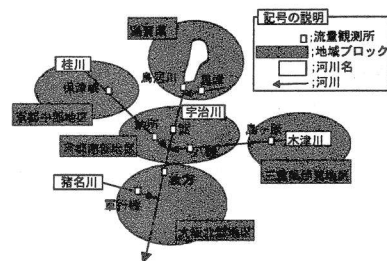


図1 淀川水系の水需給ブロック分類

期間も異なるが、今回は小麦の蒸発散量 3.0mm/day²⁾を代表値として与え、また灌漑期間を通年とする。ここで耕地に到達した降雨のうち耕地に貯留され用水として有効に利用できる水量を有効雨量として、降雨による農業用水の補給を考慮に入れる。今回は 5mm/day 以上から上限 80mm/day の降雨を対象に、その 80% を有効雨量とする³⁾。以上から圃場での消費水量である純用水量を次のように推定する。

$$\text{純用水量} = (\text{蒸発散量} - \text{有効雨量}) \times \text{耕地面積}$$

この純用水量に送配水過程での余剰必要水量を加え、さらに溜池からの取水量を減じることで農業用水河川取水量を推定する。また耕地面積は 2000 年の観測値⁴⁾のまま推移すると仮定する。

3.2 工業用水

本研究では工業出荷額あたりの淡水使用量を原単位、工業出荷額を基本フレームとして原単位法により工業用水需要構造を次のように表現する。

$$\text{淡水使用量} = \text{原単位} \times \text{工業出荷額}$$

ここで 1994 年から 2000 年までの原単位実績値から年の単純回帰によって、地域ごとの原単位の推移を推定する。また出荷額は 2000 年の値をとりつづけると仮定する。

また工業用水の水源には回収水、上水道及び地下水が含まれる。回収水は回収率が 2000 年の実測値のまま一定と仮定し、淡水使用量と回収率の積で回収水量を求める。淡水使用量から回収水量を減じたものを淡水補給量とすると、河川からの取水量は淡水補給量から地下水取水量を減じて求める。また上水道事業の取水量は 3.3 生活用水に含まれるため、これを除く必要がある。地下水及び上水道からの取水量は、淡水補給量に占めるそれぞれの

割合は変化しないと仮定して、淡水補給量にそれぞれの割合をかけることで求める。

3.3 生活用水

生活用水需要モデルとして上水道及び水道用水供給事業による取水量を生活用水需要量とみなし、これを給水人口で割った一人当り生活用水取水量を被説明変数として、全国 1990～1998 年の観測データを用いた重回帰分析を行い、生活用水需要構造を推定した。その結果、本研究では生活用水需要量を次のように推定する。

$$W_p = 19664 + 1.51R_{sew} - 1.23R_{third_emp} - 4.16R_{eld}$$

ここで W_p : 一人当り年間生活用水需要量 ($m^3/year \cdot capita$)、 R_{sew} : 下水道普及率(%), R_{third_emp} : 第三次産業就業者比率(%), R_{eld} : 老年(65 歳以上)人口割合(%)とする。また地下水からの取水量は 2000 年の値を取り続けると仮定する。

4. 社会要因のモデル化

【人口動態モデル】

人口モデルでは今回、地域間の人口移動は考慮せず、死亡と出生のみで人口動態を表現した。まず人口を 0 歳から 14 歳、15 歳から 44 歳、45 歳から 64 歳、65 歳以上の各年代に分類した。死亡については年代ごとに死亡率を期待寿命の関数として設定し、各年代人口とその年代の死亡率との積によって死亡数を求める。出生については 15 歳から 44 歳を可産年齢として、この年代の女性人口と出生率の積から出生数を求める。ここで出生率は死亡率と同様に期待寿命の関数とする。

5. 淀川水系への水需給モデル適用結果

水需給バランスの評価基準として、河川水需要量を河川流量で除した「河川利用率」を用いる。1994 年 8 月末から 44 日間京都市、大阪市で取水制限が行われた。そこで今回は 1994 年 8 月の河川利用率を上限として水需給バランスの評価を行う。

今回、1994 年の河川流量を再現し、淀川水系で下水道普及率について「シナリオ 1: 1999 年の値を取り続ける」(図.2)、「シナリオ 2: 1998 年～99 年の上昇を続ける」(図.3)の 2 通りについて考慮した。その結果大阪北部地区において、シナリオ 2 では上流での水需要が増加することにより、大阪北部地区の河川流量が減少するため、河川利用率は変化しないが、シナリオ 1 では老年人口の上昇及

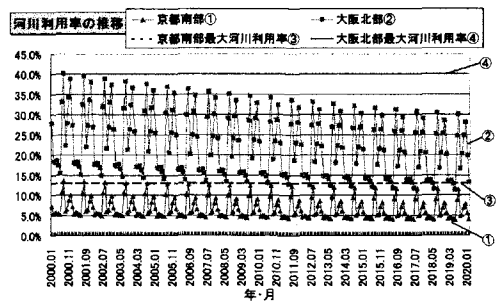


図.2 河川利用率の推移(シナリオ 1)

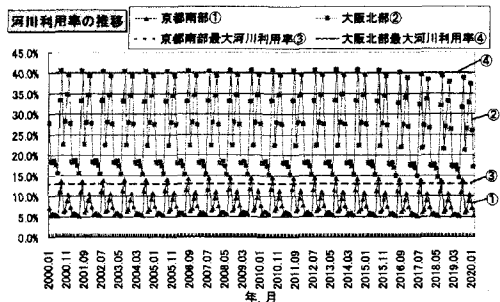


図.3 河川利用率の推移(シナリオ 2)

び、人口減少によって水需要が減り、河川利用率が低下する。その結果、シナリオ 1 が成り立つならば、2020 年以降 1994 年の流量では渇水被害が生じないといえる。

6. 結論

本研究では農業・工業・生活それぞれの用途ごとに水需要推定モデル、観測流量をもとに河川水供給量推定モデルを構築した。そしてそれらを淀川水系に適用し、水需給バランスの将来推計を行った。その結果、下水道普及率を維持することで大阪北部地区では 20 年後の水需要を満たす可能性を示した。

- 1) 中川昭一郎: 水田用水量調査計画法, 農業土木学会誌 Vol34, 農業土木学会, pp85-90, 1966
- 2) 三宅基文・沖大幹・虫明功臣: 日本を中心とした仮想水の輸出入, 第 6 回水資源に関するシンポジウム論文集, 水資源シンポジウム委員会, pp728-733, 2002
- 3) 農林水産省構造改善局: 土地改良事業計画設計基準 計画 農業用水(水田), 農業土木学会, pp58, 1993
- 4) 農林水産省経済局統計情報部: 2000 年農業センサス 各都道府県統計書