

社会経済特性の変化がダム貯水池の上水道利水運用に与える影響に関する解析

津田守正¹・紀伊雅敦²・石塚正秀³・岩見洋一⁴

¹正会員 博士(工) 国立研究開発法人 土木研究所 水災害リスクマネジメント国際センター
(〒 305-8516 茨城県つくば市南原 1-6)

E-mail: mori-tsuda@pwri.go.jp

²正会員 博士(工) 香川大学工学部安全システム建設工学科
(〒 761-0396 香川県高松市林町 221-20)

E-mail: kii@eng.kagawa-u.ac.jp

³正会員 博士(工) 香川大学工学部安全システム建設工学科
(〒 761-0396 香川県高松市林町 221-20)

E-mail: ishizuka@kagawa-u.ac.jp

⁴正会員 工修 国立研究開発法人 土木研究所 水災害リスクマネジメント国際センター
(〒 305-8516 茨城県つくば市南原 1-6)

E-mail: y-iwami@pwri.go.jp

我が国においては、水使用機器の節水性能の向上、節水行動の浸透、人口減少といった社会経済特性の変化により、将来的に上水道の使用水量の減少が見込まれている。こうした状況を踏まえて、既存の貯水池等の容量配分や運用ルールの見直し等、長期的な有効活用策を検討するうえで、社会経済シナリオ(SSP)との整合を図ることが重要である。本研究では、各シナリオ下において予測した、西暦2100年までの上水道の需要量と、貯水池の利水運用との関係を考慮した上で、社会経済特性が変化するなかでの、長期的な貯水池運用の変化を検討した。検討は愛媛県松山市を対象に行った。上水道の日需要量の推計には、筆者らが提案している、上水道の月調定水量から年間の用途別日使用水量を推計する手法を用いた。本研究の手法は、国内外の多くの都市への応用が可能であり、有用であると考えられる。

Key Words: socio economic change, urban water consumption, reservoir operation

1. はじめに

家庭等における節水型機器の普及や、水の再利用などの水使用形態の変化を、渇水時の貯水池等の利水運用や、長期的な水資源開発計画において考慮することが重要になってきている。

上水道の給水量は、家庭や業務など様々な用途に利用され、給水量に占める各用途の比率は経年的に変化している。また、渇水時には家庭の水使用に対して優先的な配慮がなされる。そのため、長期的な上水道の用途構成、用途別利用者数の推移を考慮して貯水池の運用を検討するには、上水道の使用水量を用途別に区分して解析することが重要である。また、我が国では、減圧給水や時間給水の強度は、降雨や水源等の状況に応じて、日単位できめ細かく調整されるため、貯水池運用の検討においては、日単位の解析が必要である。しかし、上水道の用途別日使用水量は、水道事業者においても集計されておらず、こうした検討を行う上で、実態に即した用途別日需要量をどのように設定するかが課題であった。

こうした課題に対して、筆者らは、月単位で集計さ

れた上水道の用途別調定水量を用いて、自治体単位の用途別日使用水量を推計するための、複数の手法を提案してきた^{1),2),3)}。このうち特に、計量経済学の分野において適用されてきた^{4),5)}、集計データを用いて高頻度の時系列データを推計する手法は、調定水量の集計期間、日ごとの検針件数等の情報を用いて、月単位の調定水量と整合するよう、日使用水量を推計することが可能である³⁾。点が優れており、この結果をもとに、実態に即した上水道の用途別日需要量を推計するうえで有用である。こうした情報を、長期的な社会経済シナリオ(SSP)に基づき推計した、シナリオ別都市人口と組み合わせることで、シナリオ別の上水道日使用水量を推計することが可能であり、上水道に対する利水補給のための貯水池運用の方向性を解析することができる。以上の手法の適用性を確認するため、愛媛県松山市を対象に検討を行った。

2. 検討方法

上水道の利用者あたりの用途別日需要量を、家庭用、業務用に区分して推計した。このため、月単位の用途別

調定水量から推計した用途別日使用水量を用いた。用途別日使用水量の推計には、調定水量の集計期間と日単位の検針件数を考慮して推計する手法を用いた³⁾。なお、この手法は一般化最小二乗法を用いるため、誤差項の共分散を仮定する必要があるが、本検討では誤差項の系列相関を考慮せず、分散が一定の独立した形を仮定した。上水道の利用者あたり用途別需要量は、1994年度と2002年度において、仮に給水制限が実施されなかった場合の、日使用水量の推計結果とし、この間の水使用形態の変化による影響を比較することとした。なお、これらの年には松山市において給水制限が実施され、特に1994年度には石手川ダム貯水量がゼロになった。

SSPシナリオ別の都市別将来人口^{7),8)}は、日本全体の将来推計人口に対して、現時点の人口比率を乗じる手法で、2100年までの長期予測を行った。なお、各シナリオの特徴は、SSP2がバランスがとれた中庸なシナリオである。教育水準、ガバナンスが高水準なSSP1、これらが低水準なSSP3、技術水準は高いものの、社会的格差の大きいSSP4、教育水準は高いものの化石燃料への依存が高いシナリオが、SSP5である。このうち、SSP3とSSP4は人口集中が進み、SSP1とSSP5は人口分散が進む想定である。上水道の用途は、家庭用と業務用のみを考慮し、家庭用利用件数は将来人口とし、業務用利用件数は、現在の人口と業務用利用者数の比率が変化しないという仮定により、推計人口に対して0.1を乗じて推計した。推計した将来人口、業務用利用件数に対して、各用途の利用者あたり日需要量を乗じることで、上水道の将来需要量の日変動を推計した。

愛媛県松山市の上水道は、約半分が石手川ダムから供給され、残りが地下水により取水されている。石手川ダムは洪水調節、利水補給(上水道、かんがい用)の目的を有する多目的ダムであるが、本検討では単純化のため、貯水容量500万 m^3 により上水道需要量の半分が補給されると仮定して、日単位の運用計算を行った。洪水調節、かんがい用水の補給については考慮していない。また、貯水量が低下した場合に実施される取水制限は、運用計算において考慮していない。貯水池流入量として、1991年4月1日から2001年3月31日までの、10年間の実績流入量を用いた。

3. 結果

1994年度、2002年度における、家庭用、業務用の上水道利用者あたり日需要量を図-1、図-2に示す。家庭用、業務用ともに、1994年度に比べて2002年度は、全体的に需要量が少なくなり、夏場と冬場の差が小さくなっている。これは、水使用機器の節水性能の向上、節水行動の浸透等によるものと考えられる。

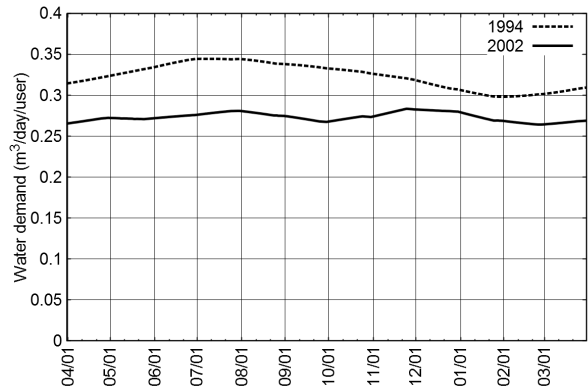


図-1 推計日需要量(家庭用)

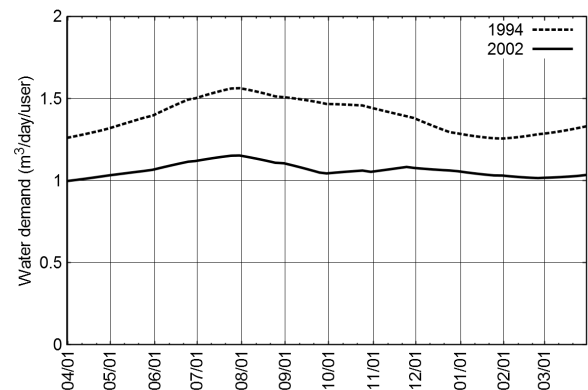


図-2 推計日需要量(業務用)

シナリオ別将来推計人口を図-3に示す。2100年における推計人口をみると、人口集中が進む社会を想定したSSP3、SSP4において、中庸な社会を想定したSSP2に比べて、人口が大きく減少すると推計されている。一方で、ともに分散型社会を想定しているSSP1、SSP5では、人口は大きく増加するという予測結果である。

上水道需要量は、1994年度、2002年度の利用者あたり日需要量に対して、シナリオ別の利用者数を乗じることで推計した。シナリオに応じて異なる教育水準は、節水行動に影響し、技術水準の相違は、機器の使用時の消費水量等に影響すると考えられるが、本研究ではこれらを考慮せず、1994年度と2002年度の水使用形態の相違の影響を把握することとした。

SSP2において、1994年度、2002年度の水使用形態(利用者あたり需要量)のもとでの貯水池運用の差異を比較した結果を、図-4に示す。水需要量の多い1994年度のほうが、2002年度の水需要量の場合に比べて、貯水池の枯渇が始まる時期が1か月程度早くなる。水使用形態により、貯水池運用が大きく影響されることが示唆される。一方で、今後は、より詳細にシナリオと対応した形で、水需要量の日変動を設定することが必

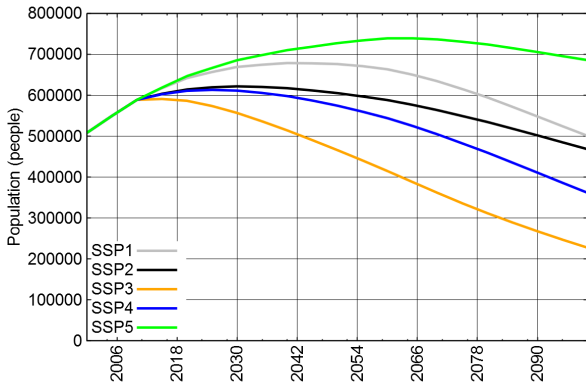


図-3 シナリオ別将来推計人口

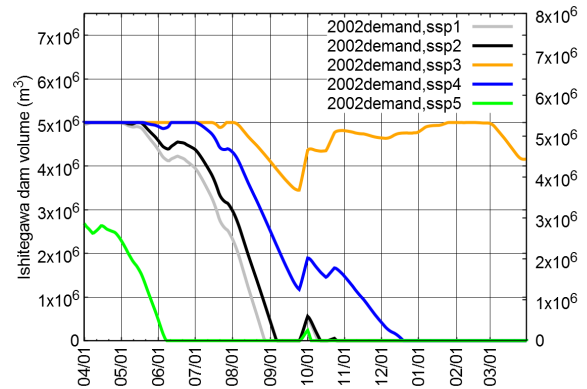


図-5 石手川ダム貯水量のシナリオ別変動 (1994 年度)

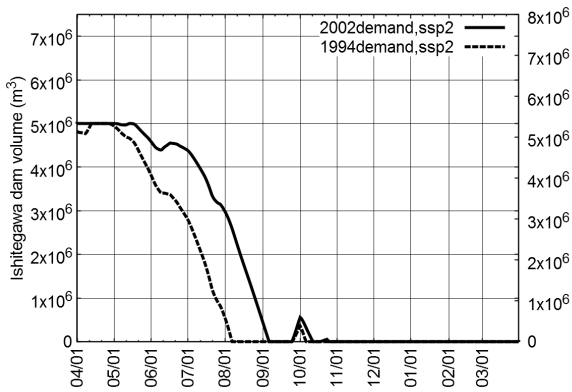


図-4 用途別需要量による石手川ダム貯水量の比較 (SSP2)

要であり、そのためには技術進歩や教育水準の進展と、水需要との関係を把握するための研究が望まれる。

2002 年度の水使用形態における、シナリオ別貯水量の変動を、図-5 に示す。この図は、1994 年度の流況を与えた場合の計算結果である。シナリオにより貯水池枯渇状況が大きく異なり、人口が最も少ない SSP3 では枯渇は生じない。SSP5 は年間の大半が枯渇した状態となる。気候変動の緩和策、適応策の観点から見た場合には、最も不利な状況を想定している SSP3 において、貯水池運用上は最も有利な結果となった。一方で、この結果はシナリオ別の水の再利用、水使用機器の性能等を考慮したものではなく、シナリオ別人口のみを反映していることにも留意が必要である。

4. おわりに

本研究では、社会経済シナリオ (SSP) 下において予測した、西暦 2100 年までの上水道の需要量を用いて、社会経済特性が変化するなかでの、長期的な貯水池運用への影響を愛媛県松山市を対象に解析した。上水道の日需要量の推計には、筆者らが提案している、上水道の月調定水量から年間の用途別日変動を推計する手

法を用いた。本研究の手法は、国内外の多くの都市への応用が可能であり、有用であると考えられる。

謝辞： 本検討に用いた上水道の調定水量データは、松山市公営企業局より提供を受けた。本研究は、科研費 (15H 02869) の補助を受けた。ここに記し、謝意を表す。

参考文献

- 1) 津田守正: 節水型機器普及による湧水被害軽減の可能性
香川県高松市を例として, 土木学会論文集 G (環境),
Vol.67, No.6, II.129-II.134, 2011.
- 2) 津田守正, 西田修三, 入江政安: 水道の需要抑制による
湧水被害軽減効果の定量解析, 土木学会論文集 B1 (水工
学), Vol.68, No.4, I.1441-I.1446, 2012.
- 3) 津田守正, 岩見洋一: 上水道の用途別月使用水量の時間
的配分による用途別日使用水量の推計, 土木学会論文集
G (環境), Vol.71, No.6, II.387-II.395, 2015.
- 4) Chow, G.C., A. Lin: Best linear unbiased interpola-
tion, distribu-tion, and extrapolation of time series by
related series, *Rev. Econ. Stat.*, Vol.53, No.4, pp.372-
375, 1971.
- 5) Fernández, R. B.: A methodological note on the esti-
mation of time series *Rev. Econ. Stat.*, Vol.63, No. 3,
pp.471-476, 1981.
- 6) Denton, F. T.: Adjustment of monthly or quar-
terly series to annual totals: an approach based on
quadratic minimization. *J. Am. Statist. Assoc*, Vol.66,
No. 333, pp.99-102, 1971.
- 7) Kii,M., Akimoto, K. and Doi, K. : Rndom-growth
urban model with geographical fitness. *Physica A*,
Vol.391, pp.5960-5970, 2012.
- 8) Kii,M. and Doi, K. : Projecting global urbanization
and the growth of megacities. In: Mackett, R., May,
A. D., Kii, M. and Haixiao, P. (eds.), *Sustainable
transport for Chinese cities*, Emerald Group Pubsich-
ing, Bingley, WA, pp.17-42, 2013

(2016. ? . ? 受付)