地域間のリスク配分に着目した渇水調整ルールの試案

岐阜大学　○岡　　徹　岐阜大学　正会員　髙木　朗義
岐阜大学　正会員　武藤　慎一

1．はじめに

渇水は地域によって発生頻度や規模が大きく異なる．これは，当然地理的，地形的が原因となっていることが主であるが，歴史的な経緯に基づいた優先順位等によって，違いが生じている場合もある．したがって，渇水時において調整方法を考えることによって渇水被害を抑制することが可能であると考えられる．

本研究では，このような地域によって異なる渇水リスクを配分し，渇水被害を抑制するための渇水調整ルールについて１つの試案を提示するものである．

2．モデルの構築

(1)モデルの仮定

① 状態は平常時と渇水時の２つのみを考える．
② 政府は，各地域に水を供給する．
③ 地域はA,Bの２地域のみを考える．
④ 家計は平常時は水を自由に需要できるものとし，渇水時には政府から供給されるだけの水を需要するものとする．

(2)家計の行動モデル

家計は平常時と渇水時の渇水によって影響を受ける財，受けない財および平常時の生活用水需要量をコントロールし，期待効用が最大となるように行動する．これをCobb-Douglas型効用関数を用いて特定化すると以下のようになる．

$$\max_{z_j^0 z_j^1 x_j^0 x_j^1 a_j^0} E_j(V_j^i)=(1-\phi_j)(z_j^0)^{\alpha}(x_j^0)^{\beta}(a_j^0)^{\gamma}+\phi_j(z_j^1)^{\alpha}(x_j^1)^{\beta}(\tilde{a}_j^1)^{\gamma} \tag{1.a}$$

$$s.t.\quad q_j^0 z_j^0+p_j^0 x_j^0+r_j^0 a_j^0=Y_j^0 \tag{1.b}$$

$$q_j^1 z_j^1+p_j^1 x_j^1+r_j^1 a_j^0=Y_j^1 \tag{1.c}$$

ここで，ϕ_j:渇水の生起確率，V_j^i:効用水準，$\tilde{a}^1$:渇水時における水需要量(＝政府から割り手られる水供給量)，$E(V_j^i)$:期待効用水準，z_j^i:渇水によって影響を受けない財需要量，x_j^i:渇水によって影響を受ける財需要量，a_j^o:平常時における生活用水需要量，Y:一般化可処分所得，q_j^i:渇水によって影響を受けない財価格，p_j^i:渇水によって影響を受ける財価格，r_j^i:生活用水価格，α,β,γ:配分パラメータ$(\alpha+\beta+\gamma=1)$，$i(=0,1)$:平常時，渇水時を表す添え字，j:ゾーンを表す添え字．

これを解くと，以下のような期待効用水準が求まる．

$$\begin{aligned}E_j(V_j^i)=&(1-\phi_j)\left(\frac{\alpha}{q_j^0}Y_j^0\right)^{\alpha}\left(\frac{\beta}{p_j^0}Y_j^0\right)^{\beta}\left(\frac{\gamma}{r_j^0}Y_j^0\right)^{\gamma}\\&+\phi_j\left\{\frac{\alpha}{\alpha+\beta}\cdot\left(\frac{1}{q_j^1}\right)\cdot\left(Y_j^1-r_j^1\tilde{a}_j^1\right)\right\}^{\alpha}\\&\times\left\{\frac{\beta}{\alpha+\beta}\cdot\left(\frac{1}{p_j^1}\right)\cdot\left(Y_j^1-r_j^1\tilde{a}_j^1\right)\right\}^{\beta}\cdot(\tilde{a}_j^1)^{\gamma}\end{aligned} \tag{2}$$

(3)最適リスク配分モデル

政府は、社会的厚生Wを最大にするように各地域に水を供給する．

$$\max\ W=\left[\sum_j\left\{E_j\left(V_j^i\right)^{1-\varepsilon}\right\}\right]^{\frac{1}{1-\varepsilon}} \tag{3}$$

(4)式は,公平性を表す評価指標として提案されているCES型社会的厚生関数である．$\varepsilon\ (\geqq 0)$は公平性への社会的配慮の強さを表すパラメータであり,これが大きいほど公平性をより考慮した社会的価値規範を表すことになる．具体的には，パラメータεの値を変えることによって以下のように分類できる．

$$W=\begin{cases}\sum_{i\in I}V_i & for\,\varepsilon\to 0 & ：ベンサム型\\ \prod_{i\in I}V_i & for\,\varepsilon\to 1 & ：ナッシュ型\\ \min\{V_1\cdots V_I\} & for\,\varepsilon\to\infty & ：ロールズ型\end{cases} \tag{4}$$

ベンサム型は伝統的な費用便益分析における社的便益の計測において採用されているもので，公平性は全く考慮されておらず，社会的効率性を表した指標である．ナッシュ型は効用水準の積になるので相対的に低い効用水準の増加がより大きな社会厚生Wの増加をもたらすという形で公平性が考慮されている．ロールズ型は最も効用水準の低い社会構成員の効用が増加したときに限り社会的厚生Wが増加するというものである．本研究では以降ベンサム型の社会的厚生関数に基づいて分析を行う．(4)式をベンサム型として，定式化し直すと以下のようになる．

$$\max_{\tilde{a}_A^1,\tilde{a}_B^1} N_A\left\{(1-\phi_A)V_A^0+\phi_A V_A^1\right\}+N_B\left\{(1-\phi_B)V_B^0+\phi_B V_B^1\right\} \quad (5.a)$$

$$s.t. \quad \tilde{a}_A^1+\tilde{a}_B^1 \le \bar{a} \quad (5.b)$$

ただし，N_j:人口，$\bar{a}$:総水供給量.

これを解くと以下のような最適条件が与えられる.

$$N_A\cdot\phi_A\cdot\frac{\partial V_A^1}{\partial\tilde{a}_A^1}=N_B\cdot\phi_B\cdot\frac{\partial V_B^1}{\partial\tilde{a}_B^1} \quad (6)$$

(6)式は，2 地域間での水供給に対する最適配分条件式である．すなわち，この条件式を渇水時の水配分が，社会的厚生を最大にする．

3．渇水調整ルール

(6)式の最適条件式に(2)式を代入し，$\tilde{a}_B^1=\bar{a}-\tilde{a}_A^1$ とおくと(8)式のようになり，これを $\tilde{a}_A^1$ について解くと渇水時における A 地域の最適水配分量が求まる．

$$N_A\cdot\phi_A\cdot\left[\frac{\partial\left\{\frac{\alpha}{\alpha+\beta}\cdot\left(\frac{1}{q_A^1}\right)\cdot\left(Y_A^1-r_A^1\cdot\tilde{a}_A^1\right)\right\}^{\alpha}\cdot\left\{\frac{\alpha}{\alpha+\beta}\cdot\left(\frac{1}{p_A^1}\right)\cdot\left(Y_A^1-r_A^1\cdot\tilde{a}_A^1\right)\right\}^{\beta}\cdot\left(\tilde{a}_A^1\right)^{\gamma}}{\partial\tilde{a}_A^1}\right]$$

$$=N_B\cdot\phi_B\left[\frac{\partial\left\{\frac{\alpha}{\alpha+\beta}\cdot\left(\frac{1}{q_B^1}\right)\left(Y_B^1-r_B^1\cdot\tilde{a}_B^1\right)\right\}^{\alpha}\cdot\left\{\frac{\alpha}{\alpha+\beta}\cdot\left(\frac{1}{p_B^1}\right)\cdot\left(Y_B^1-r_B^1\cdot\tilde{a}_B^1\right)\right\}^{\beta}\cdot\left(\tilde{a}_B^1\right)^{\gamma}}{\partial\tilde{a}_B^1}\right] \quad (7)$$

(8)式を整理すると(9)式が得られる．

$$N_A\cdot\phi_A\left[\left\{\frac{\alpha}{\alpha+\beta}\cdot\left(\frac{1}{q_A^1}\right)\cdot\left(Y_A^1-r_A^1\tilde{a}_A^1\right)\right\}^{\alpha}\cdot\left\{\frac{\beta}{\alpha+\beta}\cdot\left(\frac{1}{p_A^1}\right)\cdot\left(Y_A^1-r_A^1\tilde{a}_A^1\right)\right\}^{\beta}\cdot\left(\tilde{a}_A^1\right)^{\gamma}\right]\times\left\{\frac{\gamma}{\tilde{a}_A^1}-\frac{r_A^1\cdot(\alpha+\beta)}{\left(Y_A^1-r_A^1\tilde{a}_A^1\right)}\right\}$$

$$=N_B\cdot\phi_B\left[\left\{\frac{\alpha}{\alpha+\beta}\cdot\left(\frac{1}{q_B^1}\right)\cdot\left(Y_B^1-r_B^1(\bar{a}-\tilde{a}_A^1)\right)\right\}^{\alpha}\cdot\left\{\frac{\beta}{\alpha+\beta}\cdot\left(\frac{1}{p_B^1}\right)\cdot\left(Y_B^1-r_B^1(\bar{a}-\tilde{a}_A^1)\right)\right\}^{\beta}\cdot\left(\bar{a}-\tilde{a}_A^1\right)^{\gamma}\right]\times\left\{\frac{\gamma}{(\bar{a}-\tilde{a}_A^1)}-\frac{r_B^1\cdot(\alpha+\beta)}{\left(Y_B^1-r_B^1(\bar{a}-\tilde{a}_A^1)\right)}\right\} \quad (8)$$

4．数値計算

(8)式を $\tilde{a}_A^1$ について解析的に解くことが困難なため先行研究 [2]モデルのデータを用いて，簡単な数値計算を行った．具体的には，渇水レベルが変化した場合を想定し，それを総水供給量の変化に読み換えて各地域における最適な水供給量を求めた．図 1 は配分された水供給量を各地域の人口で割ったものであり，図 2 はそのときの期待効用水準である．

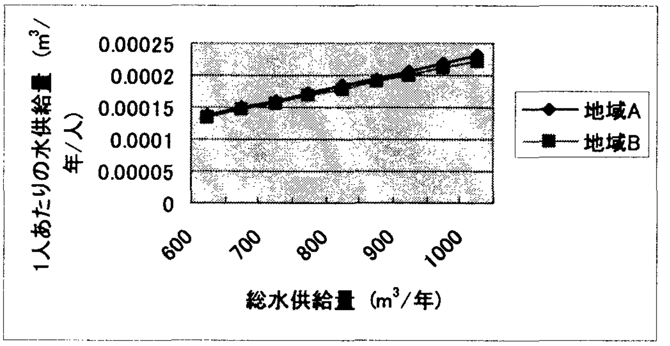

図 1　一人あたりの水供給量

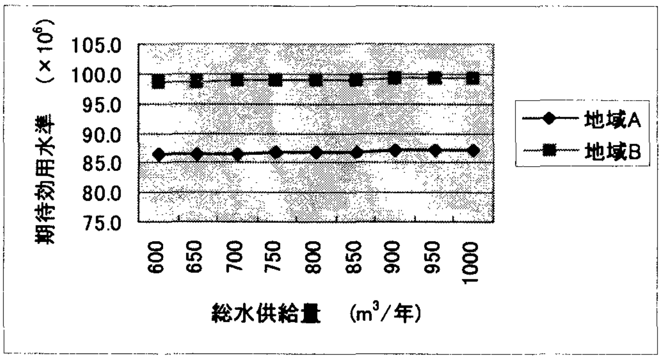

図 2　各地域の期待効用水準

5．おわりに

図 1，2 から各地域に配分される水供給量はそれほど差がないのにもかかわらず，各地域の期待効用水準には大きな較差が表れることがわかった．つまり各地域に配分される水供給量以外に期待効用水準に大きな変化を与える要因があるということになる．したがって，本ケースは水供給量については公平で社会全体にとっては効率的なケースであるといえそうである．ただし，本ケースはあくまでも偶然生じたものであり，別のデータとパラメータを用いれば違う結果になるはずである．よって，今後は別のケースを検討したり社会的厚生を別の型にして同様の検討を行う必要がある．

【参考文献】

1) 小林潔司，公平論を巡る最近の理論的展開，土木計画ワンデーセミナー　シリーズ 19，土木計画における公平性を巡って，pp. 51-68, 2000.

2) 髙木朗義・武藤慎一・濱平涼子，地域間リスク配分を考慮した渇水調整ルールの実証的分析，土木計画学研究・講演集 vol. 24, 2001.