

節水と水融通権の行使の違いによる渇水リスク分散方法の比較

岐阜大学大学院 ○岡 徹
岐阜大学 高木朗義

1. はじめに

渇水リスクは、流域面積などの地理的条件や水利権などの歴史的条件によって地域間に格差がある。そのため河川法の平成9年における改正によって、利水者相互間の水融通の円滑化が規定されている。しかしその具体的な方法については未だ確立されておらず、渇水リスクの地域間格差は従来のままである。そこで本研究では渇水リスクを分散する方法として、節水および渇水時における地域間での水融通制度¹⁾を取り上げて検討することを目的とする。特に本研究では水融通権を行使する主体が中央政府の場合と家計の場合の2ケースについて検討し、その違いについて考察することにより、今後の施策に資するものとする。

2. 水需要に関する家計の行動モデル

(1) モデルの仮定

家計は平常時には節水を考慮した上で生活用水を需要し、渇水時には当該地域の取水制限をかけられた供給量と他地域との水融通量と使用可能節水量の和である生活用水を需要するものとする。また渇水生起確率 ϕ_j を節水量に依存した関数とする。なお、簡略化のため状態は平常時と渇水時の2状態、地域はA,Bの2地域で考える。

(2) 行動モデルの定式化

状態別の予算制約下で期待効用最大化行動をとるとすると、家計の行動は次式のように定式化できる。

$$V_j = \max_{z_j^0, z_j^1, a_j^0, x_j} (1 - \phi_j(x_j))U(z_j^0, a_j^0 - x_j) + \phi_j(kx_j)U(z_j^1, \bar{a}_j^1 + y + kx_j) \quad (1)$$

$$s.t. \quad p^0 z_j^0 + q_j(a_j^0 - x_j) = \Omega_j^0 \quad (2)$$

$$p^1 z_j^1 + q_j(\bar{a}_j^1 + kx_j) + ry = \Omega_j^1 \quad (3)$$

ここで i :状態を表す添え字(0:平常時, 1:渇水時), j :地域を表す添え字(A,B)であり, V_j は期待効用水準を表す。平常時の効用関数 U_j^0 は合成財需要量 z_j^0 , 水需要量 a_j^0 , 節水量 x_j によって構成され、渇水時の効用関数 U_j^1 は合成財需要量 z_j^1 , 水供給量 $\bar{a}_j^1$, 地域間水融通量 y , 使用可能節水量 kx_j によって構成される。(2)式は平常時の予算制約式を

表し、合成財需要と水需要が可処分所得 Ω_j^i に等しくなっている。ここで p^i , q_j , r は各財の価格を表す。(3)式は渇水時の予算制約式を表す。合成財需要, 当該地域の生活用水供給量, 使用可能節水量, および他地域からの水融通量にそれぞれの価格を乗じたものが可処分所得に等しくなっている。

なお平常時の節水量は同量を渇水時に使用できるわけではなく、降水量, ダム貯水量などによって、渇水時に使用可能な量が異なるため、その状況を表す指標として割合 k を用いて使用可能節水量 kx_j を定義している。

3. 中央政府による水融通権の行使

中央政府が水融通権を行使する場合は、社会的厚生関数を最大にするように水融通量を決定するものとする。CES型社会的厚生関数²⁾を用いると次のように定式化できる。

$$\max W = \left[\sum_{j \in J} V_j^{1-\varepsilon} \right]^{\frac{1}{1-\varepsilon}} \quad (4)$$

ここで $\varepsilon(\geq 0)$ 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、この値が大きい程公平性に重きを置いた社会的価値規範となる。以下ではこの ε の代表的な値、すなわち0, 1, ∞ , のそれぞれについて、水融通量の決定条件を示す。

(1) ベンサム型 ($\varepsilon = 0$)

ベンサム型においては、各地域の期待効用に世帯数を乗じたものの和が最大になるように水融通が行われることとなり、条件式は次のように導出される。

$$N_A \phi(x_A) \frac{\partial u_A^1}{\partial y} = N_B \phi(x_B) \frac{\partial u_B^1}{\partial y} \quad (5)$$

(5)式は家計数と限界効用の積になっていることから地域単位での状況に依存している。また、両地域の節水量も地域間の水融通量に影響していることがわかる。

(2) ナッシュ型 ($\varepsilon = 1$)

ナッシュ型においては、各地域の期待効用の積が最大になるように水融通が行われることとな

り、条件式は次のように導出される。

$$\begin{aligned} \phi(x_A) \{ (1 - \phi(x_B)) u_B^0 + \phi(x_B) u_B^1 \} \frac{\partial u_A^1}{\partial y} \\ = \phi(x_B) \{ (1 - \phi(x_A)) u_A^0 + \phi(x_A) u_A^1 \} \frac{\partial u_B^1}{\partial y} \end{aligned} \quad (6)$$

(6)式は限界効用が乗じられており家計数が乗じられていないこと、および期待効用水準によって割られていることから平等主義的な社会価値規範となっている。

(3) ロールズ型 ($\varepsilon = \infty$)

ロールズ型は最も効用水準の低いグループの家計の効用が増加するときに限り社会的厚生 W が増加することとなり、条件式は次のように導出される。

$$V_A = V_B \quad (7)$$

(7)式は限界効用や家計数が影響しておらず、期待効用水準が等しいということのみで表されていることから、ロールズの公正主義的な社会価値規範を表現している。

4. 家計による水融通権の行使

家計が水融通権を行使する場合、その交渉における過程を定式化する。

(1) 交渉における設定

ある地域 j における家計は水融通の契約を行う。その契約とは水融通の受け手か渡し手かであるとする。次にある水融通価格において融通する量を決定する。実際にはこのような交渉は繰り返しゲームとなるが、ここでは契約を行わない場合を考えないこととする。つまり将来に対する割引因子はほとんど1に近いものとする。この交渉ゲームにおける部分ゲーム完全均衡解はナッシュ交渉解となる。さらに家計間での情報の非対称性はないものとする。完全完備情報の交渉が想定できる。なお、この交渉に参加する家計は2人であるとする。

(2) 水融通量の交渉

まず地域 j の家計に関して次のように定式化する。

$$V_j^b = V_j(y) \quad (8)$$

$$V_j^s = V_j(-y) \quad (9)$$

$$V_j^d = V_j \quad (10)$$

ここで V_j^b は地域 j の家計が水融通の受け手となった場合の期待効用で、水融通量は正の値をとる。

V_j^s は渡し手となった場合の期待効用で、水融通量は負の値をとる。 V_j^d は水融通権を行使しなかった場合の期待効用である。次に地域 A の家計が渡し手となり、地域 B の家計が受け手となった場合を仮定すると、地域 A の家計の利得 θ_A は水融通を受けた場合の期待効用から水融通権を行使しなかった場合の期待効用を引いたものとして表される。

$$\theta_A = V_A^b - V_A^d \quad (11)$$

また地域 B の家計の利得 θ_B は水融通の渡し手となった場合の期待効用から水融通権を行使しなかった場合の期待効用を引いたものとして表される。

$$\theta_B = V_B^s - V_B^d \quad (12)$$

したがって、(11)(12)式より総利得は次のように表される。

$$\theta_A + \theta_B = V_A^b - V_A^d + V_B^s - V_B^d \quad (13)$$

ここで交渉ゲームの解がナッシュ交渉解となることから、各地域の家計の利得は総利得の半分づつ獲得することとなり、次のような関係式が導出される。

$$V_A^b - V_A^d = V_B^s - V_B^d = (V_A^b - V_A^d + V_B^s - V_B^d) / 2 \quad (14)$$

(14)式は家計による水融通量の条件式となっており、この関係を満たす水融通量が2人交渉ゲームの結果となる。

5. おわりに

中央政府が主体となって地域間の水融通が行われる場合は、地域全体の社会厚生を考慮するため、地域ベースの条件で水融通量が決定される。一方家計が主体となって地域間の水融通が行われる場合は、個人ベースの条件で水融通が決定されることが確認された。今後は地域を想定し、数値計算によって渇水リスク分散を比較し、効率的な施策を検討したい。

参考文献

- 1) DAVID N. KENNEDY: Water Resources Development and Management in California ~A Historical Perspective, アメリカ水資源セミナー講演論文集, pp.43~47, 2000.
- 2) 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.
- 3) 谷本圭志・森田浩和: 水融通システムの開発と渇水リスクの軽減効果分析, 環境システム研究論文集 Vol.30, pp.241-247, 2002