

家計の水消費行動モデルに基づく渇水被害の計量化に関する一考察

(株) 日水コン 正会員 ○並河 光夫

鳥取大学工学部 正会員 多々納裕一

鳥取大学工学部 正会員 小林 潔司

1. はじめに 本稿では、観察可能な水消費行動データから渇水対策に対する支払意志額を推計するためのモデルの提示を行う。具体的には、まず、家計の水消費行動をミクロ経済学的観点からモデル化し、渇水被害を渇水対策に対する支払意志額として評価する方法を示す。次いで、実用的なモデルを提示し、渇水被害を水消費行動データから算定する方法を示す。このようなアプローチを用いることで、家庭内サービスの消費水準の減少に伴う不快感や不満感を含む渇水被害の計量化が可能となる。

2. 家計の水消費行動のモデル化 家計は、水利用用途毎に水 x_i ・時間 t_i ・市場財 g_i という希少資源を投入要素として家庭内サービス z_i を生産し、これを消費することにより効用を得ていると考えることができる。家計が直面する制約としては時間、所得及び家計のサービス生産技術が挙げられる。時間は一定の賃金率 w で所得と完全代替可能である (full income-full cost 仮説) と仮定すると時間と所得の制約は単一の制約式で表現することができる。総利用可能時間を T 、余暇時間を ℓ 、単位水量当たりの獲得所要時間を τ とし、固定所得を y 、水の価格を p 、市場財を g_i 、合成財の需要量を Z とすると、家計の水消費行動は上述の制約下での効用最大化行動として以下のように定式化できる。ここに、full income Y は $Y = y + wT$ であり、効用関数 $u(z_1, \dots, z_n, \ell, Z)$ は連続微分可能な準凹関数とする。

$$\begin{aligned} v(p, \tau, w, q, Y) &= \max_{x_i, t_i, g_i, Z} u(z_1, \dots, z_n, \ell, Z) \\ \text{s.t. } z_i &= f_i(x_i, t_i, g_i) \quad (i = 1, \dots, n) \\ \sum_{i=1}^n (p + \tau w)x_i + \sum_{i=1}^n w t_i + \sum_{i=1}^n q_i g_i + w\ell + Z &= Y \end{aligned} \quad (1)$$

さらに、サービス生産技術が規模に関して収穫一定であると仮定する。そうすると、問題 (1) は以下のような2段階のモデルに展開できる。

(I) 費用最小化問題

$$\begin{aligned} \pi_i(p, \tau, w, q_i) z_i &= \min_{x_i, t_i, g_i} (p + \tau w)x_i + w t_i + q_i g_i \quad (2) \\ \text{s.t. } z_i &= f_i(x_i, t_i, g_i) \quad (i = 1, \dots, n) \end{aligned}$$

(II) 効用最大化問題

$$v(p, \tau, w, q, Y) = \max_{z_1, \dots, z_n, \ell, Z} u(z_1, \dots, z_n, \ell, Z) \quad (3)$$

$$\text{s.t. } \sum_{i=1}^n (p + \tau w)x_i + \sum_{i=1}^n w t_i + \sum_{i=1}^n q_i g_i + w\ell + Z = Y$$

ここで、 $\pi_i(p, \tau, w, q_i)$ は commodity price を表す。問題 (2), (3) を解くことによって家庭内サービス、余暇時間、合成財及び水・時間・市場財の需要関数が得られる。

3. 渇水時の家計の水消費行動に関する比較静学分析 給水制限下では水の取引費用の増加にともなって水の一般化価格が上昇する。水の一般化価格の上昇に対して家計は時間及び所得の再配分を行う。渇水時には洗濯や炊事等の家庭内サービスのようにならざるを得ない。多くの時間や財を投入することによってサービスの消費水準を維持しようとするものがある。その一方で、散水や洗車等のように渇水の発生とともに水・時間・財の投入量を減少させ、その消費水準を大きく低下させるものもある。ここでは、単位水量あたりの獲得所要時間の増加に関する比較静学分析を通じて、モデルがこのような渇水時の水利用パターンを表現できることを示す。

家庭内サービス k の需要の自己価格弾力性及び交叉価格弾力性及び所得弾力性を $\rho_{kk}, \rho_{ik}, \zeta_{kY}$ 、full income Y に対する家庭内サービス及び余暇時間・合成財のシェアを S_k 、水の一般価格に対する S_k の弾力性を η_k^k 、家庭内サービス k における水、時間、市場財の一般化費用のシェアを s_1^k, s_2^k, s_3^k とおく。さらに、水の一般化価格に対する水・時間・市場財の条件つき要素需要の弾力性を $e_{11}^k, e_{12}^k, e_{13}^k$ 、同様に水、時間、市場財の需要の弾力性をそれぞれ $e_{11}^k, e_{12}^k, e_{13}^k$ とする。そうすると、以下のような関係が成立する。

$$1 - e_{11}^k = 1 - e_{11}^k - s_1^k \rho_{kk} + \sum_{i \neq k} s_1^i \rho_{ik} \quad (4)$$

$$\sum_{j=2}^3 s_j^k \sigma_{1j}^k = s_j^k e_{11}^k - (1 - s_1^k)(s_1^k \rho_{kk} - \sum_{i \neq k} s_1^i \rho_{ik}) \quad (5)$$

式 (4), (5) から、給水制限に伴う水の一般化価格の変化が、数量確保のための一般化費用に与える影響は、家計のサービス生産技術に関する特性 (e_{11}^k) と家庭内サービスに関する選好を反映したパラメータ (ρ_{kk}, ρ_{ik}) によって規定される。これらのパラメータの値によって、図-1 に示すように、各家庭内サービスごとに渇

水時の水利用パターンを記述することが可能となる。

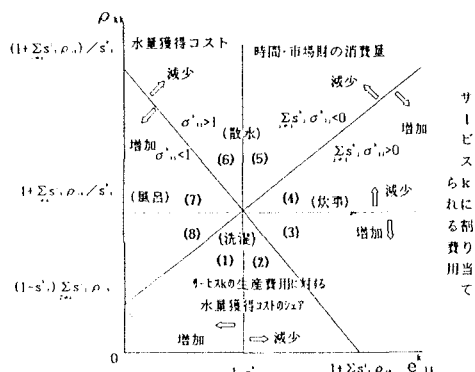


図-1 (p_{kk}, e_{kk}) の関係

4. 渇水による家計の厚生変化の計量化法に関する考察

本稿では、家計の渇水被害を平常時と渇水時の厚生変化として捉える。厚生変化を金銭タームで評価する測度として等価変分 EV_{01} 、補償変分 CV_{01} 、消費者余剰 ΔCS_{01} といった支払意志額指標を用いる（添え字は平常時 0 から渇水時 1 への移行を示す）。 EV_{01} は平常時を、 CV_{01} は渇水時を基準にした支払意志額を示し、 ΔCS_{01} は平常時と渇水時とで家庭内サービスを消費するための支払意志額の差を表す。これらの指標は以下のように表される。

$$EV_{01} = Y - \mu(\pi(\tau_0); \pi(\tau_1), Y) \quad (6)$$

$$CV_{01} = \mu(\pi(\tau_1); \pi(\tau_0), Y) - Y \quad (7)$$

$$\Delta CS_{01} = \int_{\tau_0}^{\tau_1} \frac{1}{\lambda} \frac{\partial v}{\partial \tau} d\tau = -w \int_{\tau_0}^{\tau_1} \sum_{i=1}^n x_i d\tau \quad (8)$$

ここで、 $\mu(\cdot)$ は間接補償関数であり、 λ は所得の限界効用を表す。

5. 実用的な渇水被害測定モデルの開発

式 (6) ~ (8) を家計の水消費行動データから算定することを考える。このためには、まずモデルを特定化しなければならない。モデルの特定化に際しては、3. で示したような特性を表現できるものが望ましい。そこで、間接効用関数には各家庭内サービス毎に ρ_{kk}, ρ_{ik} を変化させることが可能な以下のようなトランスログ型を採用する。

$$\log v(\psi) = -\alpha_0 - \sum_{i=1}^{n+2} \alpha_i \log \psi_i - \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{n+2} \sum_{j=1}^{n+2} \beta_{ij} \log \psi_i \log \psi_j \quad (9)$$

ここで、 $\psi = (\pi_1/Y, \dots, \pi_n/Y, w/Y, 1/Y)$ である。

また、家計生産関数には家庭内サービス毎に異なる代替の可能性を表現できる以下のような CES 型を用いる。

$$f_i(x_i, t_i, g_i) = (c_{i1}x_i^{a_i} + c_{i2}t_i^{a_i} + c_{i3}g_i^{a_i})^{1/a_i} \quad (10)$$

以上のような特定化により、サービス i の commodity

price (π_i)、及び full income (Y) に対するサービス i に費やされる full cost ($\pi_i z_i$) のシェア S_i は以下のように求められる。

$$\pi_i(p, \tau, w, q, Y) = \left\{ c_{i1} \left(\frac{p + \tau w}{c_{i1}} \right)^{r_i} + c_{i2} \left(\frac{w}{c_{i2}} \right)^{r_i} + c_{i3} \left(\frac{q_i}{c_{i3}} \right)^{r_i} \right\}^{1/r_i} \quad (11)$$

ただし、 $r_i = a_i/(a_i - 1)$ とおいた。

$$S_i = \frac{\alpha_i + \sum_{j=1}^{n+2} \beta_{ij} \log \psi_j}{\sum_{j=1}^{n+2} \alpha_j + \sum_{j=1}^{n+2} \sum_{k=1}^{n+2} \beta_{jk} \log \psi_k} \quad (12)$$

式 (11), (12) を用いて各サービス及び財の需要関数は以下のように求まる。

$$z_i(p, \tau, w, q, Y) = \psi_i^{-1} S_i \quad (i = 1, \dots, n) \quad (13)$$

$$\ell(p, \tau, w, q, Y) = \psi_{n+1}^{-1} S_{n+1} \quad (14)$$

$$Z(p, \tau, w, q, Y) = \psi_{n+2}^{-1} S_{n+2} \quad (15)$$

$$x_i(p, \tau, w, q, Y) = \frac{p + \tau w}{c_{i1}} \pi_i^{-r_i} S_i \quad (16)$$

$$t_i(p, \tau, w, q, Y) = \frac{w}{c_{i2}} \pi_i^{-r_i} S_i \quad (17)$$

$$g_i(p, \tau, w, q, Y) = \frac{q_i}{c_{i3}} \pi_i^{-r_i} S_i \quad (18)$$

パラメータの推計方法は以下のような手順で行えばよい。まず、水、時間、市場財のデータから家計生産関数のパラメータ a_i, c_{ij} ($i = 1, \dots, n; j = 1, 2, 3$) を推計する。次に、commodity price の式 (11) に推計した a_i, c_{ij} を代入して commodity price を計算する。最後に、計算された commodity price を用いて間接効用関数のパラメータ α_i, β_{ij} ($i, j = 1, \dots, n, n+1, n+2$) を推計する。このために家庭内サービス・余暇時間・合成財の各需要関数 (13) ~ (15) を用いて推計する。

このようにして得られた各パラメータを用いて $EV_{01}, CV_{01}, \Delta CS_{01}$ が計算できる。式 (9) の特定化のもとでの EV_{01}, CV_{01} は以下のように求まる。

$$EV_{01} = \exp \left(\frac{A_{01} + B_1 \log Y}{B_0} \right) - Y \quad (19)$$

$$CV_{01} = Y - \exp \left(\frac{A_{10} + B_0 \log Y}{B_1} \right) \quad (20)$$

ここで、

$$A_{01} = \sum_i \alpha_i \log \frac{\pi_i^0}{\pi_i^1} + \frac{1}{2} \sum_i \sum_j \beta_{ij} (\log \pi_i^0 \log \pi_j^0 - \log \pi_i^1 \log \pi_j^1)$$

$$B_0 = \sum_i \alpha_i + \frac{1}{2} \sum_i \sum_j \beta_{ij} (\log \pi_i^0 + \log \pi_j^0)$$

である。式 (8) 及び式 (19), (20) から、家計の水消費行動データに基づく支払意志額が算定できる。

6. おわりに 本稿では、家計の水消費行動データを基にした家計の渇水に対する支払意志額を推計する方法を提案することができた。このことによって、従来の渇水被害測定法では十分に表現しきれていなかった生活の不便さや不快さといった被害を含んだ渇水被害を計量化する方法を提示したと考える。