土木学会第44回年次学術講演会（平成元年10月）

Ⅳ－159　渇水時の家計の水消費行動と水需給の均衡過程のモデル化に関する基礎的研究

鳥取大学大学院　学生員　○福山　敬
鳥取大学工学部　正　員　多々納裕一
鳥取大学工学部　正　員　小林　潔司
鳥取大学工学部　正　員　岡田　憲夫

1．はじめに

近年、全国的に渇水が多発している。水供給システムの信頼性の向上により水が日常的に安定供給されるようになった現在、渇水の発生は高度化した都市活動に甚大な影響を与える。本研究は、社会を構成する基本要素の1つである家計に着目し、ミクロ経済学的観点から渇水が水消費行動や家計の厚生に及ぼす影響を考察することとする。

2．家計の水消費行動とモデル化

渇水の発生は、家計ｉに対して単位時間に獲得可能な水量q^iの減少をもたらす。このため家計が水の獲得に拘束される時間は増大する。一般に水は他の財との代替性が低く、拘束時間の増大は拘束されない時間（余暇時間）の減少をもたらす。家計は本来得たい水量の一部を労力（時間）で補うことによりこの余暇時間の減少をできるだけ小さく抑えようとする。これは1つの水使用目的の枠内での水と時間の代替（要素間代替）という形で表れる。また、水使用目的によって水サービスに対する限界効用の違いが生じるため水の消費量の用途別配分の変更が行われる。これは水消費目的間での代替（用途間代替）という形で表れる。家計は渇水に伴う時間資源の希少性に直面し、要素間代替および用途間代替を行い時間及び所得を再配分すると考えられる。そこで本研究ではこのような家計の渇水時の水消費行動の変化をモデル化するにあたって、家計は一般財と水及び時間を投入して生産したサービスを自ら消費し、サービス生産に関する技術制約と時間及び予算の制約の下で効用の最大化行動を行なっていると考え、表1のように定式化した。ここで、労働時間と余暇時間は同一の賃金率ｗで代替可能であると仮定している。すなわち家計は労働時間を自由に選択できるというfull-income full-cost仮説を採択すると予算制約と時間制約は1つの制約式に統合でき、家計ｉの水消費行動モデルは表2のようになる[1]。

3．供給可能量の変化と水需給の均衡

一方、渇水は供給可能量Ｓの減少という形で表れる。そこでＳの変化によって家計ｉの水消費行動を規定するパラメータq^iがどのように変化するかをモデル化する必要が生じる。本研究では供給可能量Ｓの変化によるq^iの決定過程を水需給均衡の実現過程としてモデル化する。水の供給行動は集計された水需要量$\sum_{i=1}^{m} x^i(q^i)$（但しmは家計数）が供給可能量Ｓに達しない限り水需要量と等しい水量を供給し、水需要量が供給可能量を上回ると供給可能水量を供給するとして記述できる。平常時における家計ｉの水需要量はある一定の単位時間当りの供給可能量q^{i*}の下で2．で示した効用最大化問題を解くことにより求まるとする。このとき地域全体の集計的需要量は$\sum_{i=1}^{m} x^i(q^{i*})$であり供給側はこれにみあう水量を供給する。平常時には超過需要$\sum_{i=1}^{m} x^i(q^{i*})-s$（ただしｓは水供給量）はゼロであり、$q^{i*}$の下で水需給が一致している。一方、渇水時$q^{i*}$の下で超過需要は正となり需給は一時的には一致しない。しかし長期にわたって需要量（使用量）が供給量を上回れば給水システムが停止し社会的に甚大な影響を及ぼすことになる。このためq^{i*}は需給が一致するように調整されることとなる。平常時の渇水状態から、

表1　家計の水消費行動モデル（Ⅰ）

$$\max_{z^i_1,\cdots,z^i_n,t^i,Z^i} U^i(z^i_1,\cdots,z^i_n,t^i,Z^i)$$

subject to

$$t^i+\sum_{j=1}^{n} t_u{}^i{}_j+\sum_{j=1}^{n} t_g{}^i{}_j=T^i-T_w{}^i$$

$$p\sum_{j=1}^{n} x^i{}_j+\sum_{j=1}^{n}\sum_{k=1}^{r} p_{0jk}\, x_0{}^i{}_{jk}+Z^i=Y^i+w^i T_w{}^i$$

$$z^i{}_j=f^i{}_j(x^i{}_j, x_0{}^i{}_{j1},\cdots,x_0{}^i{}_{jr}, t_u{}^i{}_j)$$

$$x^i{}_j=q^i\cdot t_g{}^i{}_j \quad ,j=1,\cdots,n$$

$U^i(\cdot)$：家計ｉの効用関数であり準凹
$f^i{}_j(\cdot)$：家計ｉのサービスｊの生産関数で準凹
$x^i{}_j$：家計ｉのサービスｊの生産に用いる水量
$t_g{}^i{}_j$：家計ｉの水量$x^i{}_j$の取得に要する時間
$t_u{}^i{}_j$：家計ｉのサービスｊを生産するのに要する時間
t^i：家計ｉの余暇時間，$z^i{}_j$：家計ｉのサービスｊ
$T_w{}^i$：家計ｉの労働時間，T^i：家計ｉの総使用可能時間
$x_0{}^i{}_{jk}$：サービス$z^i{}_j$を生産するのに投入する消費財ｋ
p_{0jk}：投入財ｋの価格　，　ｐ：水の価格
Z^i：家計ｉのその他に購入する合成財
Y^i：家計ｉの固定収入　，　w^i：賃金率
q^i：家計ｉの単位時間に獲得可能な水量
ｎ：生産するサービスの数，　ｒ：投入財の数

ある$\bar{S}$のもとでの均衡状態へ移行するこのようなプロセスは図１の様にモデル化することができる。つまり、超過需要の大きさによりｔ期の配水池吐出水圧が調整され、新たな水圧が求まる。家計ｉの獲得可能水量q^iは配水管路網等の条件により定まる水圧h_{t+1}の関数$\Psi^i(h_{t+1})$の値として決定される。この調整プロセスは超過需要がゼロになるまで継続し、水需給が一致し均衡が達成されるとその時点で安定となる。このようにして渇水時の水需給の均衡が達成されると考えることができる。

４．モデル分析

家計の水消費行動モデルの有効性を検討するため関数型を実際に特定化しパラメータを設定して数値計算を行った。計算に際し、すべての家計は均質で等しいqを受けており、水xとただ一つの消費財x_0及び時間t_uを投入してただ一つのサービスzを生産消費していると仮定した。また家計生産関数及び効用関数として代替の弾力性を表現することのできるＣＥＳ型関数を用いて表３のように家計の水消費行動モデルを定式化した。これは表４のような２段階問題に分割できる。この最適化問題を解くことにより各需要関数が求まる。また給水システムモデルとしては$q=\sqrt{h}$と設定した。この計算結果の一部を図２に示す。なお、紙面の都合上、詳細については講演時に譲ることとする。図２より供給可能量$\bar{S}$の減少は余暇時間の減少をもたらし、またサービス生産に投入する時間の増加をもたらすことが示された。これは、２.で想定したように、渇水によって時間資源の希少性に直面し、"余暇時間の減少"という被害を最小限にくい止めるために水使用量を減らしてt_gの増加をできるだけ抑え、その一方、サービスzの生産をできる限り確保するためt_uの増加を図るという水消費行動の変更が行なわれることを示している。

５．おわりに

本研究では、家計の水消費行動の分析のための理論的枠組みを提示した。今後は実証的な検討を通してモデルの有効性の検討を行っていきたい。

［参考文献］1)Becker, G. S.: A Theory of Allocation of Time, The Economic Journal, Vol LXXV, No.229, pp.493-517, September, 1965.

2)福山・多々納・小林・岡田：渇水時の家計の水消費行動と水需給の均衡に関する考察、第41回土木学会中国四国支部研究発表会講演概要集、平成元年5月

表２　家計の水消費行動モデル（Ⅱ）

$$\max_{z^i_1,\dots,z^i_n,t^i,Z^i} U^i(z^i_1,\dots,z^i_n,t^i,Z^i)$$
subject to
$$w^i t^i+(pq^i+w^i)\sum_{j=1}^{n} x^i_j/q^i+w^i\sum_{j=1}^{n} t_u{}^i_j+\sum_{j=1}^{n}\sum_{k=1}^{r} p_{0jk}x_0{}^i_{jk}+Z^i=Y^i+w^iT^i$$
$$z^i_j=f^i_j(x^i_j,x_0{}^i_{j1},\cdots,x_0{}^i_{jr},t_u{}^i_j)$$

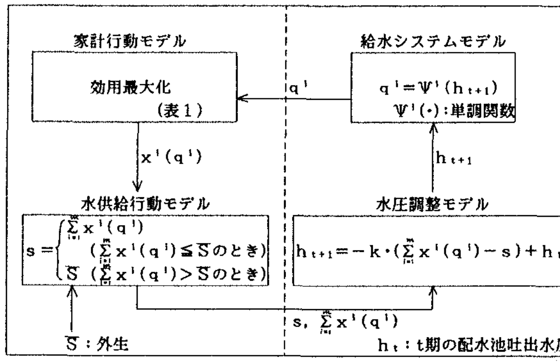


図１　水需給の調整過程

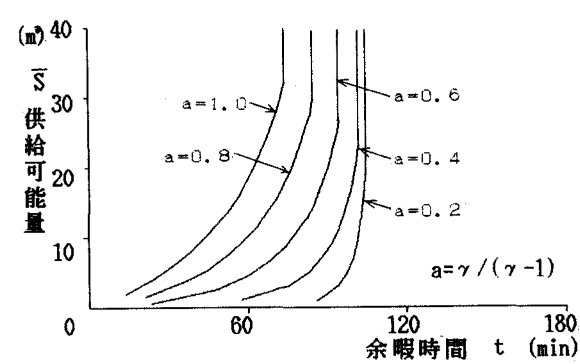
表３　家計の水消費行動モデル（計算ケース）

$$\max_{z,t,Z}\ (b_1z^{\gamma}+b_2t^{\gamma}+b_3Z^{\gamma}+b_4)^{1/\gamma}$$
subject to $\qquad (\gamma\leqq 1)$
$$wt+(pq+w)x/q+wt_u+p_0x_0+Z=Y+wT$$
$$z=(a_1x^{\rho}+a_2x_0{}^{\rho}+a_3t_u{}^{\rho})^{1/\rho}\qquad(\rho\leqq 1)$$

表４　２段階問題（計算ケース）

(Ⅰ) $C(p,p_0,q,w,z)=\min_{x,t_u,x_0}\ (pq+w)/qx+wt_u+p_0x_0$
subject to
$$z=(a_1x^{\rho}+a_2x_0{}^{\rho}+a_3t_u{}^{\rho})^{1/\rho}\qquad(\rho\leqq 1)$$

(Ⅱ) $V(p,p_0,q,w,T,Y)=\max_{z,t,Z}\ (b_1z^{\gamma}+b_2t^{\gamma}+b_3Z^{\gamma}+b_4)^{1/\gamma}$
subject to
$$C(p,p_0,q,w,z)+wt+Z=Y+wT\qquad(\gamma\leqq 1)$$



$p=1$円，$p_0=1$円，$q^*=17$ /min，$m=100$軒
$w=10$円/min，$Y=3000$円，$T=420$min(7h)
$a_1=a_2=a_3=b_1=b_2=b_3=b_4=1$，$\rho=-1$

図２　供給可能量と余暇時間の関係