

断水時の家計の水使用行動モデル

鳥取大学 細井由彦・小池淳司・増田貴則
(株)日本工営 ○板谷真悟

1. はじめに

地震により断水が発生した場合に応急給水拠点からの水供給が行われる。このような応急給水の対策を立てる上で、給水を受ける側の立場を配慮することは重要である。そこで拠点給水を受けた住民の水使用行動を中心とする生活行動をモデル化した。それをもとに拠点設置条件の及ぼす影響を検討するとともに、拠点設置条件の改善がもたらす便益を評価した。

2. 応急給水環境下の生活行動モデル

断水が発生し給水拠点から応急給水を受けて生活している家計を考える。家計は限られた時間資源を水の獲得とその水を利用した水使用行動、その他の活動に分配して効用を得ている¹⁾。ここで岡田ら²⁾にならい、水使用行動を家計による水使用サービスの生産と、生産されたサービスの自己消費を行っていると考え、家計は水と時間を投入財としてトイレ、炊事、洗濯のそれぞれのサービスを生産し、これらのサービスを組み合わせて水使用サービスを生産する。さらに水使用サービスと余暇、合成財を組み合わせる効用最大化行動をとるものとする。以上のモデルの構造を図1に示す。

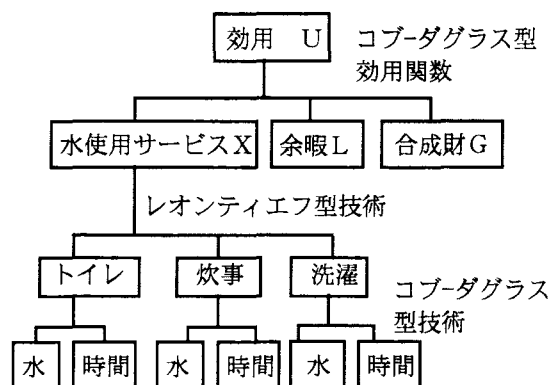


図1 モデルの構造

ここで効用関数はコブ-ダグラス型を、個々の水利用サービス要素を組み合わせた水使用サービスの生産関数はレオンティエフ型を、水と時間を投入要素とする個々の水消費サービスの生産関数にはコブ-ダグラス型を仮定する。

家計は所得の制約のもとで効用を最大化するように行動する。

$$\text{効用最大化 } V(P_X, P_L, I) = \max_{X, L, G} \{U(X, L, G) = X^\alpha L^\beta G^{1-\alpha-\beta}\} \quad (1)$$

$$\text{制約条件 } P_X X + w_2 L + G = I \quad (2)$$

ここで X , L , G はそれぞれ水使用サービス、余暇、合成財を、 P_X , w_2 は水使用サービスと賃金率を、 I は所得を表す。 U は効用関数、 V は間接効用関数を示している。合成財 G についてはニュメレールとしている。

水使用サービスの生産は個々の水使用サービスを投入要素として費用最小化を目指して行われるとし、つぎのように記述する。

$$C_X = P_X X = \min_{z_i} \sum_{i=1}^n p_i z_i \quad (3) \quad \text{制約条件 } X = X(z_i) = \min \{\dots, b_i z_i, \dots\} \quad (4)$$

さらに個別の水使用サービス z_i の生産は水 q_i と時間 t_i を投入要素としてつぎのように表す。

$$c_i = p_i z_i = \min_{q_i, t_i} \{w_1 q_i + w_2 t_i\} \quad (5) \quad \text{制約条件 } z_i = f_i(q_i, t_i) = q_i^{\alpha_i} t_i^{1-\alpha_i} \quad (6)$$

ところで時間の制約条件に賃金率を辺々かけて整理すると式(2)の制約条件はつぎのように書き改められる。

$$w_1 \sum_i q_i + w_2 \sum_i t_i + w_2 L + w_2 T_w = w_2 T_0 = I \quad (7)$$

ここで T_w , T_0 はそれぞれ労働時間、利用可能な全ての時間を示している。被災後の片づけなどの生活状況の変化は T_0 の変化としてモデルに組み込むこととする。家計は災害後の利用可能な時間を効用が最も大きくなるように各生活行動に配分する。 w_1 は水の価格で、拠点による応急給水の場合として1Lあたりの水を獲得するのに必要な時間に w_2 をかけて得られるとする。

式(5), (6)より z_i の価格 p_i が求まり、これをもとに式(3), (4)より X の価格 P_X が求まる。この P_X をもとに式(1), (2)の効用最大化問題を解いて得られる需要関数 X がつぎのように導かれる。

$$X = \alpha I / P_X \quad (8)$$

応急給水の条件の改善は水の価格 w_1 の変化として現れ、これが P_X の変化となる。 w_1 の変化が賃金率や総所得には影響を及ぼさないと仮定すると、応急給水条件の改善の便益は水の需要曲線による消費者余剰の変化 ΔCS で表され次式となる。

$$\Delta CS = - \int_{P_{X1}}^{P_{X2}} X dP_X = - \int_{P_{X1}}^{P_{X2}} (\alpha I / P_X) dP_X \quad (9)$$

表1 パラメータの決定に用いた代表的な家計の値

	投入要素 水量(L)	時間(分)	・90分かけて1世帯2.4人分の水(138.7L)を獲得 ・睡眠時間と地震の後片づけに要する時間を除いた利用可能時間は11.3時間、そのうち労働時間は5.5時間 ・賃金率1000円/分 $w_1=10.8$ 円/L
トイレ	13.5	37.8	
炊事	25.3	60.8	
洗濯	19.0	24.3	

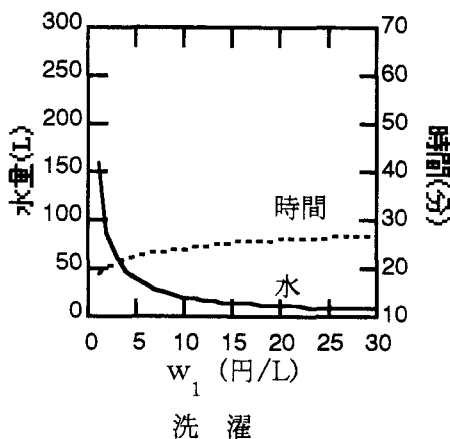
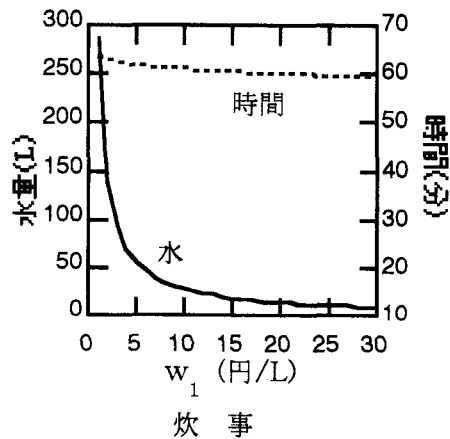
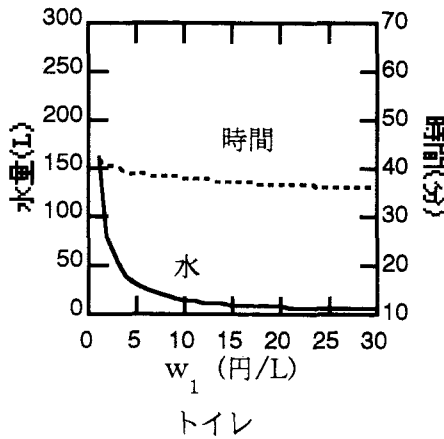


図2 w_1 の変化に伴う水と時間の需要の変化

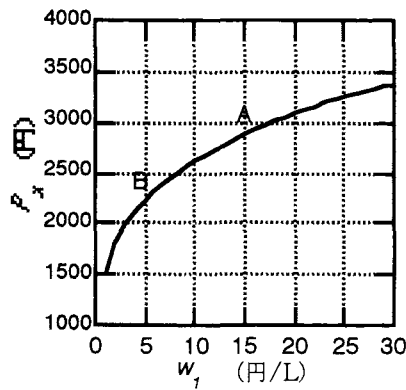


図3 w_1 と P_x の関係

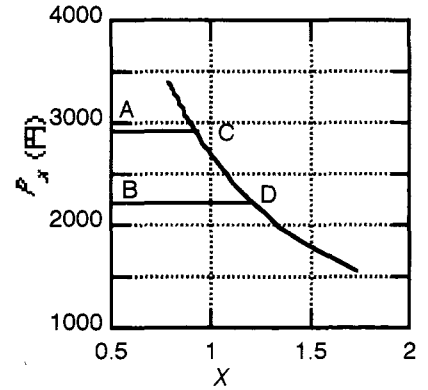


図4 Xの需要曲線

3. ケーススタディ

平成13年の芸予地震において、応急給水を受けた広島県豊町のおける調査結果³⁾より、平均的な家計の当時の状況を表1のように設定して、モデルのパラメータの値を決定した。

図2には表1の条件で各パラメータ値を決めた上で、応急給水の環境の変化による w_1 の変化が各水使用行動への需要水量と行動時間にどのように影響を及ぼすかを示している。 w_1 が大きくなるほど、すなわち給水拠点までの距離が遠くなるほど、それぞれの水使用行動に費やす水量は減少する。これに伴い行動時間はトイレや炊事ではわずかながとも減少する。一方で洗濯は水量減に伴って手洗いのためにかかる時間が増加するという結果を示している。

図3は w_1 の増加により水使用サービス価格Xの P_x が増加する状況を、図4はXの需要曲線を示している。今応急給水条件の改善により w_1 が15円から5円に変化したとする。これは図3に示すA点からB点に変化することを意味しており、 P_x も変化して、図4に示されるようにXも変化する。式(9)で表される消費者余剰の変化は図4のACDBで囲まれる部分の面積で与えられ、改善の便益は687円と計算される。

4. あとがき

応急給水下の水使用行動をモデル化し給水拠点の設置状況を評価することを考えた。現段階では種々簡易化を行っておりさらに詳細なモデル化を進めていく。

本研究は科学研究費基盤研究B(代表 高田至郎神戸大学教授)の補助を受けて行われたことを付記し謝意を表する。

参考文献 1) Becker, G.S.: Economic Journal, Vol.45, 1965.

2) 岡田・多々納・小林・並河: 京大防災研年報, No.34,B-2, 1991.

3) 細井・増田: 土木学会論文集, No.734/VII-27, 2003.