

住民の生活行動を考慮した応急給水方法の決定方法の検討

鳥取大学工学部 正 細井由彦
同上 正 城戸由能
○鳥取大学大学院 学 雨森智裕

1. はじめに

災害後の応急給水体制を住民の生活の状況を勘案して検討する必要があると求められる。これまで運搬のためのエネルギーと生活環境を考慮したモデル化が行われてきた。^{1) 2) 3)} しかし住民の水利用行動に対する十分なモデル化が行われておらず、給水時間の設定根拠にあいまいさが残っている。本研究ではまず、平常時の生活における水利用行動を調べ、それをもとに地震被害時の生活行動を推定して応急給水方法を検討した。

2. 生活行動の分析

社会生活調査⁴⁾ 結果をもとに、自由に使える時間（利用可能時間）の中で行っている活動を家庭労働、余暇行動、水利用行動の3つに分類した。分類にあたっては、家庭労働として、食事、買物と、家事の中で炊事、洗濯、掃除を除いたものを考え、余暇行動として、TV・ラジオ、休憩、くつろぎ、学習・研究、趣味・娯楽、スポーツ、社会的活動、交際・付合いを、水利用行動として、身の回りの用事と炊事、洗濯、掃除を考えた。

以上の分類結果を各種の属性について示したものが図1である。男性に比して、女性の水利用行動時間が多いことがわかる。世帯別で比較すると、男性に変化は少ないが女性は世帯人数が増えるほど余暇行動の割合が少なくなり、家庭労働と水利用行動が増えている。都市の規模別で比較すると、あまり差は見られない。年齢で比較すると、世帯別、都市の規模別ともに、高齢者の個人の余暇行動の割合が多くなっている。

3. 平常時の生活行動のモデル化

家庭では利用可能時間を制約条件とし、家庭労働と余暇行動と水利用行動を行い、効用最大化をしていると考え、式(1)のようになる。ここで、 $U(x_1, x_2, x_3)$ は効用関数、 $x_1, x_2, x_3, t_1, t_2, t_3$ はそれぞれ家庭労働、余暇行動、水利用行動の投入量、及び、各行動1単位当たりにかかる時間(min)、 T_1, T_2, T_3 は各行動への配分時間、 T は利用可能時間である。

単身 35-39 才女性を例にとり、利用可能時間に対する各行動時間を図2に示す。それぞれの行動時間が利用可能時間に対してほぼ比例関係にあるとみなすことができる。この時、効用関数は式(2)のようなコブ-ダグラス型を仮定できる。各行動の投入量は式(3)のように表すことができる。 $i=1,2,3$ に対して、 $n=a,b,c$ をとり、それぞれ家庭労働、余暇行動、水利用行動を示す。ここで水利用行動投入量は使用水量 Q に依存すると考え、式(4)のように仮定すると、水利用行動時間は式(5)のようになる。

4. 災害時の生活行動への適用

災害時は、水獲得のために時間を消費する必要がある、その分利用可能時間は減少すると考え、災害時利用可能時間を $T - Tw$ で表す。この災害時利用可能時間で平常時と同じ生活行動時間配分を行うと仮定すると、水利用行動時間は式(6)のようになる。

水獲得のためにはエネルギー消費を考慮する必要がある、平常時利用可能エネルギー $E(\text{kcal})$ は、家庭労働、余暇行動、水利用行動の時間毎の消費エネルギーを $e_1, e_2, e_3(\text{kcal/min})$ とすると、式(7)のようになり、災害時の利用可能エネルギー E' は式(8)のように表すことができる。

(1) 水獲得行動

水獲得行動として、給水拠点までの歩行と、拠点からの水を運搬しての往復行動を考える。拠点までの距離を L 、往復の歩行速度は等しいと仮定し、歩行速度 v 、一回当たり運搬可能水量を q とすると、水獲得行動時間 Tw

$$\text{Max } U(x_1, x_2, x_3)$$

$$\text{Subject to } t_1 x_1 + t_2 x_2 + t_3 x_3 = T_1 + T_2 + T_3 \leq T \quad (1)$$

$$U(x_1, x_2, x_3) = x_1^a x_2^b x_3^c \quad (2)$$

$$x_i = nT / t_i \quad (3)$$

$$x_3 = Q \quad (4)$$

$$T_3 = t_3 Q = cT \quad (5)$$

$$T_3' = t_3 Q' = c(T - Tw) \quad (6)$$

$$E = (e_1 a_1 + e_2 b_2 + e_3 c_3) T \quad (7)$$

$$E' = (e_1 a_1 + e_2 b_2 + e_3 c_3) (T - Tw) \quad (8)$$

$$Tw = 2(Q/qL/v) \quad (9)$$

$$Ew = (Ae + Af)(Q/qL/v) \quad (10)$$

$$Af = (0.2q + 4.2)B \quad (11)$$

$$t_3 Q' = c\{T - 2(Q/qL/v)\} \quad (12)$$

$$k = Et / E \quad (13)$$

$$Et = Ew + E' \quad (14)$$

$$\frac{Q}{q} \frac{L}{v} = \frac{(k-1)(e_1 a + e_2 b + e_3 c)T}{Ae + Af - 2(e_1 a + e_2 b + e_3 c)} \quad (15)$$

は式(9)ようになる。水獲得で消費するエネルギー E_w は、往きの歩行の時間毎消費エネルギーを A_e 、帰りの水運搬での時間毎消費エネルギーを A_f とすると、 E_w は、式(10)ようになる。 A_f は q と基本代謝量 $B(\text{kcal/min})$ によって決まる量であり、式(11)のように表される。この T_w を式(7)に代入すると、式(12)ようになる。

(2) 労力追加率

平常時に比して、消費するエネルギーを水獲得のためにいくらか増ししなければならないと仮定し、この割増し率を「労力追加率」 k と定義する。労力追加率が大きいほど、住民は一日にたくさんのエネルギーを消費していると考えることができる。

想定後のエネルギーを E_t とすると、 E_t は式(14)のように表せ、以上より、運搬距離と獲得水量の関係式を式(15)にまとめた。

式(12)より、獲得可能水量を、式(15)より運搬可能距離を算出する。

5. 時間経過を考慮した検討

有業者は、復旧が進むに伴い、会社への勤務時間を増加させ、家庭での利用可能時間を減らして行くと考えられる。そこで、単身有業世帯35-39才女性について、利用可能時間を変化させたときの獲得可能水量と運搬可能距離を算出した。結果を図3に示す。利用可能時間が長いほど獲得可能水量が多いが、運搬距離は短くなるという結果になった。

利用可能時間を増加させることができないような場合、水獲得時間の短縮のために、その時間内で消費するエネルギーを増加させなければならない。労力追加率を上げたときの獲得可能水量と運搬可能距離を算出した。結果を図4に示す。労力追加率が大きくなると運搬距離は伸びるが、運搬距離は少なくなった。

6. おわりに

時間のみの制約で住民の効用最大化行動を検討したが、人間の行動はエネルギーの消費を伴うものであり、今後の課題として、時間だけの制約だけでなく、エネルギーの制約を考慮する必要がある。

また、災害時の住民の生活行動を考慮することにより必要な水量と運搬可能距離を同時に算出できる本モデルは、給水量が元に戻る前の、生活がやや落ち着いてきている状況での応急給水方法の検討に力を発揮するのではないかと考えられる。

(参考文献) 1) 細井由彦, 城戸由能: 地震被害を受けた水道の給水復旧シミュレーション, 環境衛生工学研究, 12巻1号 pp. 15~24, 1998 2) 細井由彦, 城戸由能, 重富洋一: 労力から見た応急給水の運搬距離に関する考察, 第9回全国土木学会研究発表会講演集, pp. 608~609, 1998 3) 実村誠, 吉田秀雅: 災害時の水運搬能力と水利用, 土木学会土木計画学委員会, 阪神大震災調査研究論文集, pp137~142 4) 総務庁統計局: 平成8年社会生活調査報告書, 日本統計協会, 1996

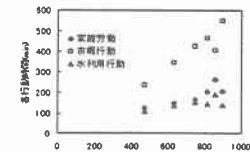


図2 単身有業世帯35-39才女性の利用可能時間と各行動時間

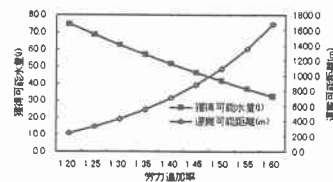


図3 単身有業世帯35-39才女性の利用可能時間と応急給水地点

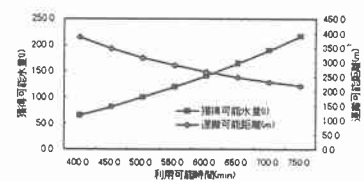


図4 単身有業世帯35-39才女性の労力追加率と応急給水地点

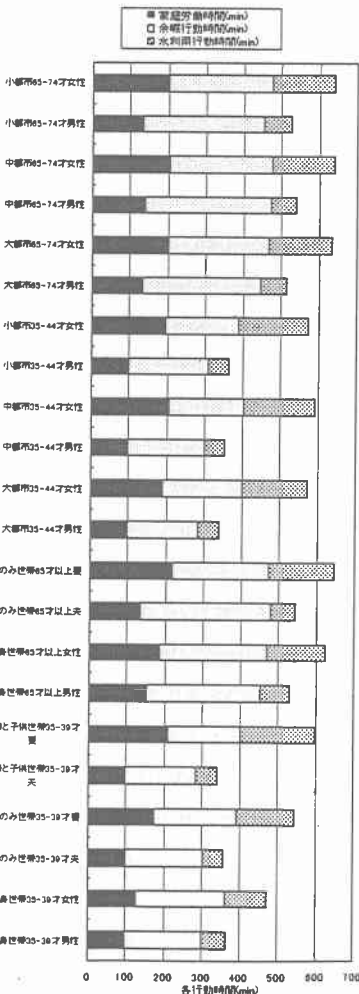


図1 各属性の個人の行動時間