

人口減少高齢化地域における 下水道整備後の家計の接続行動に関する研究

細井 由彦¹・灘 英樹²・増田 貴則³

¹正会員 鳥取大学教授 工学部社会開発システム工学科 (〒680-8552 鳥取市湖山町南4)

E-mail:hosoii@sse.tottori-u.ac.jp

²正会員 鳥取県境港市役所

³正会員 鳥取大学准教授 工学部社会開発システム工学科

E-mail:masuda@sse.tottori-u.ac.jp

下水道が整備された地区では、速やかにトイレを水洗化して、下水道に接続することが義務づけられている。接続率は、古くから下水道整備が行われてきた大都市では高いが、人口の少ない地域になるほど必ずしも高くはない。本研究では、家計が下水道に接続する行動を、費用を払ってでも下水道に接続して得られる効用と、接続しない場合の効用を比較していると考えてモデル化を行った。とくに高齢者家計においては、接続後の使用年数も考慮に入れているものと考えた。アンケート結果よりモデルパラメータを推定し、接続率に影響を及ぼす要因を検討した。その結果、家計の収入や存続年数を考慮したモデルの妥当性が検証された。

Key Words :aging society, depopulating society, logit model, sewerage, toilet, utility function

1. 緒言

公共下水道や農業集落排水処理施設などの集合処理施設の整備が、大都市から人口の少ない市町村にも進んでいる。下水道法によれば公共下水道が整備された場合、処理区域内でくみ取り便所が設けられている建築物の所有者は、処理開始の日から3年以内に、水洗便所に改造することが義務づけられている。下水道への接続は、公共用水域の水質保全の観点、下水道の経営の安定化などの観点から、ぜひとも進めなければならないというのが事業執行者の立場である。

現実の水洗化率（下水処理区域内の人口に対する下水道による水洗化を行っている人口の率）は図-1の通りであり、政令指定都市ではほぼ100%、人口の多いところでは90%程度であるのに対し、人口が1万人未満のところでは70%をわる状況である。人口減少や高齢化は小規模な自治体で先行しており、財政状況も脆弱であるところに、下水道使用料が予定通り集まらないことは、さらなる財政への負担をもたらす。全事業において公共下水道の平均水洗化率である92.5%まで向上させることができると、経費回収率は2.2%上昇すると見込まれている²⁾。それぞれの自治体では、下水道接続・水洗化に要する経費に対する助成や貸付制度などを設けているにも

かわらず、水洗化率は上記のような結果にとどまっている。

このような実情に対して、水洗化の快適性、環境面からの必要性、法律の遵守などをPRして、接続率を向上させることがつねに言われている。しかし、そのような漠然とした施策だけで確実に接続率が向上するとも考えられない。くみ取り式トイレ使用世帯では、下水道に接続して水洗化することにより快適な環境が得られるが、

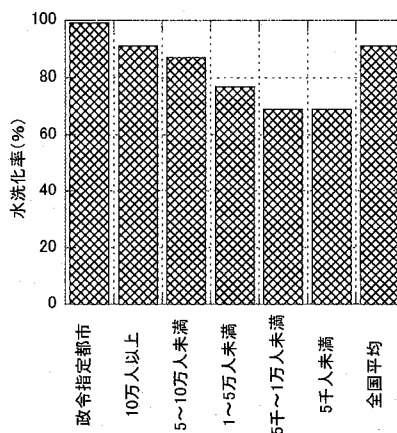


図-1 行政区域人口規模別水洗化率（平成15年度末）¹⁾

その工事費用が接続に二の足を踏ませていると考えられる。助成金の金額は数万円程度、しかも種々条件が付けられている場合も多い。貸付金はいずれ返済が必要であり、その金額は30~40万円程度が大半であり、水洗化工事に必要な金額の半分に届かない。すでに浄化槽を設置して水洗化されている世帯においては、下水道への接続義務が知らされても、費用がかかるのみで家庭内の生活は変わらず、インセンティブは働きにくいと想像される。

接続率を向上させるために、どのような施策が有効であるのか、合理的な検討が必要である。接続率が100%になることがないのなら、それを見越した財政計画を、最初から検討しておくことも必要かも知れない。

そこで本研究では、下水道の整備が完了した地域で、そこにある家計が下水道への接続をどのようにして選択するのかを説明するモデルを考える。つぎに実際に下水道整備が行われる地区に対する住民アンケートを行い、接続の意思を検討する。両者を合わせて、下水道への接続に影響を及ぼす因子について検討する。

2. 家計の下水道接続選択モデル

(1) 下水道への接続の意思決定

下水道の整備が行われた場合、先に述べた下水道法により、3年以内にくみ取りトイレを水洗化して、下水道に接続することが、義務づけられている。水洗化を行うことにより、トイレが衛生的で快適になる。一方で、トイレを改造したり、宅地内に配管をして下水道に接続する工事費が必要になる。また下水道の使用料が必要になり、これは通常、トイレのくみ取り料よりも高額である。

水洗化工事費は通常100万円程度かかり、低所得世帯では大きな負担となる。とくに高齢者のみの世帯の場合、利用年数を考えて水洗化をひかえることも、十分に考えられることである。

(2) 所得と家計存続年数を考慮した下水道選択の効用

下水道整備後の家計は水洗化が義務であることを知り水洗化を考えるが、その際に水洗化のための工事費と、その後の下水道使用料金について考える。費用を負担することにより、法律に定められた、接続義務を果たすことによる満足感と、水洗トイレを使用することによる快適性を得ることができる。収入の少ない高齢者のみの世帯の場合、水洗化をした後の利用期間と、水洗化にかかる費用を勘案して、水洗化を取りやめる場合も考えられる。

そこで、家計は一定の所得をトイレ等の汚水処理と、その他の財、サービスの購入に消費し、効用の最大化を目指していると考えられる。トイレにかかる費用は、水洗化

をする場合は初期の工事費と、毎年の維持費（下水道使用料金）であり、水洗化を行わない場合にはくみ取り料金である。長期的に使用する場合は、水洗化の工事費は問題にならないが、高齢者世帯などで、使用期間が短い場合には無視できない。

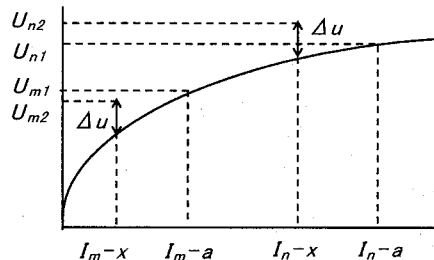


図-2 汚水処理方法の選択と効用

家計における1人あたりの所得を I 、くみ取り料金を a 、水洗化して下水道使用にかかる費用を x とする。水洗化をすることによる効用を Δu とする。くみ取り家計の効用 U_i は、合成財の消費による効用関数により、次式で表される。

$$U_i = \alpha(I - a)^\beta \quad (1)$$

水洗化された家計の効用はつぎのように書ける。

$$U_i = \Delta u + \alpha(I - x)^\beta \quad (2)$$

図-2に効用関数を示す。家計 n においては、1人あたり所得が I_n であり、くみ取りトイレの場合の効用は式(1)にしたがって U_{n1} となる。トイレを水洗化した場合、かかる費用は x であり、合成財を購入し消費して得られる効用はくみ取りトイレ使用時よりも低くなるが、水洗化による効用と合わせると U_{n2} となり、本図の場合には水洗化を選択した方が効用が高くなる。

所得の低い家計 m においては、水洗化により減少する合成財の消費の効用が、水洗化により得られる効用より大きい。その結果、くみ取りトイレ使用時の効用 U_{m1} の方が、水洗化による効用 U_{m2} より大きくなる。この場合に家計は水洗化をひかえることを選択する。

いずれの効用が高くなるかは、水洗化の費用とくみ取り料金の差と、1人あたり所得との関係で決まる。

水洗化による費用 x には、下水道使用料金と、水洗化のための工事費が含まれる。水洗化されたトイレを長期間使用する場合には、工事費は無視できると考えられるが、使用期間が短い場合には工事費の負担が大きく、所得との兼ね合いで、水洗化をひかえることが考えられる。そこで1年あたりの費用 x を、1年あたりの下水道料金

と工事費によりつぎのように表す。

$$x = \frac{x_0}{t_h n_h} + x_w \quad (3)$$

ここで x_0 は水洗化の工事費、 n_h は家計の人数、 t_h は家計の存続年数である。高齢者のみの家計では t_h が小さくなり、水洗トイレの利用費用が大きくなる。 x_w は1人あたりの年間の下水道使用料である。

(3) ロジットモデルによる選択行動のモデル化

前項で述べたように、下水道が整備された地区の家計は、下水道に接続して水洗化を行う効用と、水洗化を行わずくみ取り式を継続する効用を比較して、いずれかの選択を行うと考える。これをロジットモデルを用いてつぎのように表すこととする。

$$P_2 = \frac{1}{1 + \exp\{\lambda(U_1 - U_2)\}} \quad (4)$$

ここで P_2 は下水道に接続することを選択する確率である。接続を選ばない確率 P_1 は

$$P_1 = 1 - P_2 \quad (5)$$

で表される。

3. 下水道接続に関するアンケート調査

(1) アンケート調査内容

下水道整備が行われた場合の接続意思について、その実態を調べるためにアンケート調査を行った。アンケートは、現在下水道の整備が進行中で、平成17年度末の普及率が41%である鳥取県境港市（人口3万7千人）の600世帯、鳥取市（人口20万人、下水道普及率69%）の中で、平成15年度から19年度の間に公共下水道事業の整備が行われた地区から300世帯を抽出して、郵送により行った。

まず現在のトイレの状況を、「くみ取り式」、「浄化槽を使った水洗式」、「下水道に接続した水洗式」のいずれであるかを聞いた。下水道を使用していない家庭に対しては、「下水道ができるとトイレを水洗化し、家庭からの排水も集められて処理することができるようになり、生活環境や水質の改善に役立つ」、「法律では下水道ができるとトイレを水洗化して下水道に接続することが義務づけられている」、あるいは浄化槽を使用している場合にも「家庭排水やトイレを下水道に流入させることを義務づけられている」ことを説明している。

つぎに、くみ取り式を利用している家庭に対しては、1人あたりのくみ取り料金は年間6000円、下水道使用料金は1人1年あたり概ね1万円、トイレを水洗化して下水道に接続する工事費が約80～100万円かかるという条件の下で、下水道に接続するかどうかを聞いた。浄化槽を使

用している家庭に対しては、浄化槽の維持管理費が1人あたり年間約2万円かかり、下水道使用量の方が1万円安いこと、下水道に接続するための排水工事費が約30～40万円かかるとして、下水道への接続の意思を聞いた。

これらの数値は、現状の調査結果をもとに設定した。下水道をすでに利用している家庭については、下水道を利用する前のトイレの方式を聞いた。

各家庭の属性として、家族全員の合計年間所得を200万円未満から、200万円きざみで1200万円以上まで7段階の中から選択するように求めた。また家族の構成人数を聞くとともに、家族の中で最も若い人の年齢を、29歳以下から、10歳きざみで80代以上まで7段階の中から選択するように求めた。

(2) 調査結果

900通を郵送し、得られた有効回答数は354通で、有効回答率は43.0%であった。汚水処理の方式は、くみ取り式が17%、浄化槽45%、下水道38%であった。合計所得は「200万円未満」と「200万円以上」を合わせて40.7%、「400万円以上」と「600万円以上」を合わせて38.4%、それ以上が20.9%であった。家族内で最年少の年齢の人は、「20代以下」37.6%、「30代」から「50代」が29.9%、「60代」以上が32.5%であった。

表-1に汚水処理方法の選択結果を示す。

くみ取りの世帯においては、合計世帯所得が増加するにしたがって、下水道接続を選択する世帯の割合が、63%（37世帯中22世帯）、81%（21世帯中17世帯）、100%（3世帯中の全て）と増加している。

最年少の人の年齢で見た場合、下水道への接続を選択するのは、所得が200万円未満と200万円以上の世帯では、20代以下では75%（4世帯中3世帯）、30代～50代の世帯では56%（9世帯中5世帯）、60代以上世帯では58%（24世帯中14世帯）であった。また所得が400万円以上と600万円以上の世帯では、20代以下では100%（5世帯中全て）、30代～50代の世帯では75%（12世帯中9世帯）、60代以上世帯では75%（4世帯中3世帯）であった。このように20代以下の人がいる世帯で、下水道に接続を選ぶ世帯の割合が高い結果となった。

浄化槽使用世帯の場合には、所得が増加するにしたがって、下水道接続を選択する世帯の割合は、80%（59世帯中47世帯）、84%（64世帯中54世帯）、94%（34世帯中32世帯）と増加していた。

最年少の人の年齢で見た場合、浄化槽から下水道へ切り替えるのは、所得が200万円未満と200万円以上の世帯では、20代以下では62%（13世帯中8世帯）、30代～50代の世帯では100%（19世帯の全て）、60代以上世帯では74%（27世帯中20世帯）であった。また所得が400万円以

表-1 アンケート結果における世帯の下水道への接続意思

くみ取り式世帯

合計世帯所得		最年少の人の年齢			計
		20代以下	30代～50代	60代以上	
200万円未満	くみ取り継続	1	4	10	15
200万円以上	下水道接続	3	5	14	22
	計	4	9	24	37
400万円以上	くみ取り継続	0	3	1	4
600万円以上	下水道接続	5	9	3	17
	計	5	12	4	21
800万円以上	くみ取り継続	0	0	0	0
1000万円以上	下水道接続	1	2	0	3
1200万円以上	計	1	2	0	3
合 計		10	23	28	61

浄化槽使用世帯

合計世帯所得		最年少の人の年齢			計
		20代以下	30代～50代	60代以上	
200万円未満	浄化槽継続	5	0	7	12
200万円以上	下水道接続	8	19	20	47
	計	13	19	27	59
400万円以上	浄化槽継続	5	2	3	10
600万円以上	下水道接続	27	17	10	54
	計	32	19	13	64
800万円以上	浄化槽継続	1	1	0	2
1000万円以上	下水道接続	22	9	1	32
1200万円以上	計	23	10	1	34
合 計		68	48	41	157

表-2 下水道使用世帯の使用以前の状況

合計世帯所得		最年少の人の年齢			計
		20代以下	30代～50代	60代以上	
200万円未満	くみ取り式	3	4	8	15
200万円以上	浄化槽使用	1	7	25	33
	計	4	11	33	48
400万円以上	くみ取り	13	9	4	26
600万円以上	浄化槽使用	7	10	8	25
	計	20	19	12	51
800万円以上	くみ取り	12	2	0	14
1000万円以上	浄化槽使用	19	3	1	23
1200万円以上	計	31	5	1	37
合 計		55	35	46	136

上と600万円以上の世帯では、20代以下では84%（32世帯中27世帯）、30代～50代の世帯では89%（19世帯中17世帯）、60代以上世帯では77%（13世帯中10世帯）であった。所得800万円以上の世帯では、20代以下では96%（23世帯中22世帯）、30代～50代の世帯では90%（10世帯中9世帯）、60代以上世帯では100%（1世帯）であった。サ

ンプル数が少なく明確なことは言えないが、最年少者が60代以上の世帯になると、浄化槽から下水道に切り替える世帯が若干少なくなると考えられる。

下水道を使用中の家計の、下水道使用前の状況を表-2に示す。浄化槽を使用していた世帯の割合は所得が多くなる順に、69%（48世帯中33世帯）、49%（51世帯中25世

帯), 62% (37世帯中23世帯) である。所得の最も低い世帯層で、浄化槽を使用していた世帯の割合が最も高いのは、浄化槽から下水道に切り替える方が維持管理費が安くなること、工事費がくみ取り式から切り替えるよりはるかに安いことなどにより、経済的メリットが大きいことを、理由として考えることもできるが、所得が必ずしも下水道に切り替えた時点のものに対応しているとも言えず、明言はできない。

4. 下水道接続に関する検討

(1) モデルパラメータの決定

式(1), (2)を式(4)に代入して次式を得る。

$$P_2 = \frac{1}{1 + \exp\{-\lambda \Delta u + \lambda \alpha (I - a)^\beta - \lambda \alpha (I - x)^\beta\}} \quad (6)$$

先に述べたアンケート結果より最尤法によりパラメータ値の推定を行った。

式(3)の、くみ取り式トイレを水洗化し下水道に接続するための工事費 x_0 は、100万円、1人あたりのくみ取りトイレ維持管理費 a は年間6000円、下水道使用料金 x_1 は年間1万円とした。

世帯の存続年数 t_i については、アンケート結果よりつぎのように考えた。最年少の人の年齢を、20代以下の場合を20歳、30代の場合は35歳、40代の場合は45歳のように中間の値をとり、80代以上の場合は80歳とする。平均寿命等を参考に、85歳からこれらの最年少年齢を差し引いたものを、その世帯の存続する年数と仮定した。世帯所得はそれぞれの層の中間値をとり、200万円未満と答えた世帯については150万円、1200万円以上と答えた世帯については1300万円と仮定した。

アンケートの制約から、くみ取り式トイレを使用している世帯のサンプル数を、それほど多く得ることができなかったので、表-2に示した現在下水道を使用している世帯で、下水道接続前はくみ取り式トイレを使用していた世帯のデータも、くみ取り式トイレから下水道を選択した世帯と見なしして使用した。

計算方法は、式(6)に含まれる β を1.0から0.1ずつ減少させながら、最尤推定法により他のパラメータ値を求めていった。それぞれの推定結果を用いて的中率を求め、的中率が最も高くなる β の値のときの各パラメータ値を、推定されたパラメータ値とした。その結果、 $\beta=0.8$ 、 $\lambda \Delta u=2.16$ 、 $\lambda \alpha=2.54 \times 10^{-4}$ となった。的中率は85.3%であった。

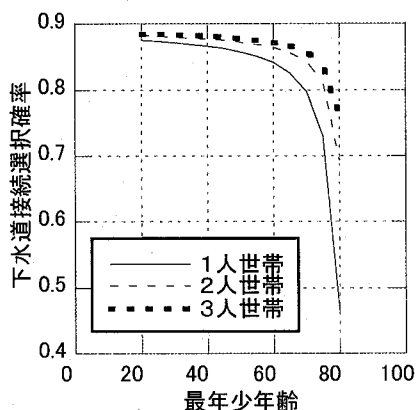
浄化槽を下水道に切り替える工事費は50万円、浄化槽の維持管理費は1人あたり年間2万円とした。合成財の消費による効用関数形はくみ取り式の世帯と同じであるとして、 β の値にはすでに得られた0.8を用い、同様の方

法で推定したパラメータ値は、 $\lambda' \Delta u=1.71$ 、 $\lambda' \alpha=5.34 \times 10^{-4}$ となった。(‘をつけたものは浄化槽に関するパラメータを示す。合成財に対する効用関数はいずれの世帯の人も同様と考え、 α はいずれにも使う。)

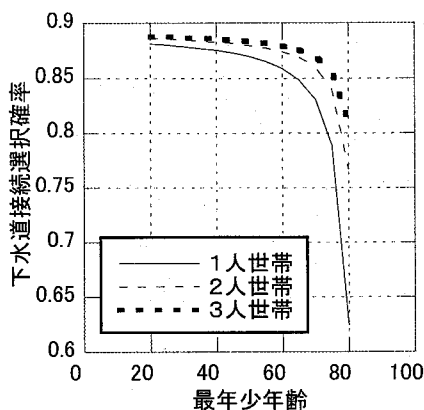
(2) 結果による考察

得られたパラメータの値を用いて、くみ取りの世帯が水洗化をして下水道に接続することを選択する確率を、世帯の最年少の人の年齢により表したものが、図-3である。

世帯人数が増加するにつれ、1人当たりの所得は少なくなるが、これは水洗化を選択してもくみ取り式を選択しても同じ条件である。しかし世帯人数増により、1人当たりの接続工事費用が減少するために、下水道接続の選択確率は高くなる。高齢者のみの世帯になると、世帯の存続年数が短くなることから、下水道接続選択確率は急激に小さくなっている。最年少年齢が65歳の場合に、



(a) 世帯所得200万円



(b) 世帯所得1000万円

図-3 くみ取り世帯の下水道接続選択確率

世帯所得200万円の場合は、1人世帯、2人世帯、3人世帯で、確率はそれぞれ0.826, 0.857, 0.867, 1000万円の場合、0.849, 0.869, 0.876である。また最年少年齢が80歳の場合、世帯所得200万円では1人世帯では0.465, 2人世帯では0.693, 1000万円の場合はそれぞれ0.624, 0.767となる。

高齢者のみの世帯において選択確率が小さくなるので、最年少年齢が75歳の場合の世帯所得による下水道接続選択確率を図-4に示す。所得を100万円から1500万円まで変化させた場合、1人世帯では確率は0.693から0.800, 2人世帯では0.795から0.846の範囲で変化する。

図-5に、浄化槽を使用している、所得が200万円の世帯の下水道接続選択確率を示す。くみ取り式世帯の場合と同様の傾向が見られる。

先に示したくみ取り世帯の行動、及び浄化槽使用世帯の行動を示すパラメータ値は、 $\lambda \Delta u = 2.16$, $\lambda \alpha = 2.54 \times 10^{-4}$, $\lambda' \Delta u = 1.71$, $\lambda' \alpha = 5.34 \times 10^{-4}$ であった。ここで $\lambda = 1$ とおくと $\lambda' = 2.10$ となり、 $\Delta u = 2.16$, $\Delta u' = 0.815$

となる。 Δu はくみ取りトイレの世帯がトイレを水洗化して、排水を下水道に接続する効用を示し、 $\Delta u'$ はすでに浄化槽を使用して水洗トイレを使用している世帯が、排水を下水道に接続する効用を示している。すなわち $\Delta u'$ は下水道に接続する義務を果たすことにより得られる効用を示し、 Δu と $\Delta u'$ の差はトイレを水洗化することにより得られる効用を示していると考えることができる。

(3) 水洗化率向上対策の効果

得られたモデルを使って、水洗化率の低い高齢者世帯に対する、水洗化率向上対策の効果についての検討を試みる。対象として、くみ取り式トイレを使用している75歳の1人世帯を考える。

水洗化の工事費用100万円に対する費用の補助を行った場合の、下水道接続選択確率の変化を示したものが図-6である。半額を補助することにより、所得200万円の世帯に対しては、補助のないときの確率0.730を0.826まで向上させることができる。

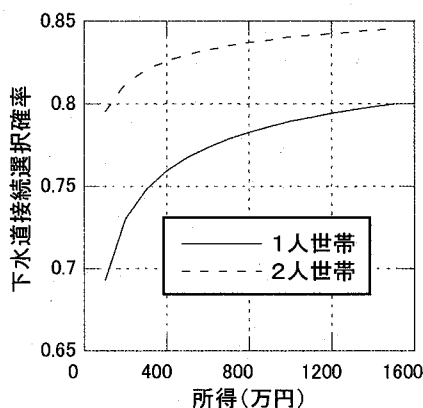


図-4 高齢者世帯（75歳）の下水道接続選択確率

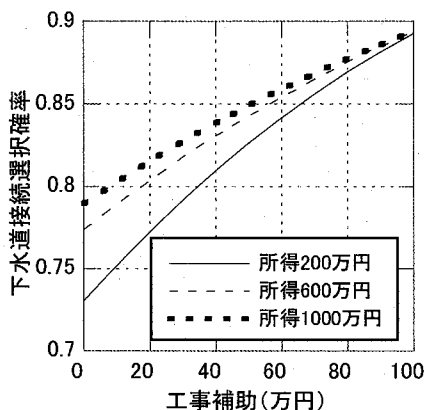


図-6 高齢者世帯への工事費補助の効果

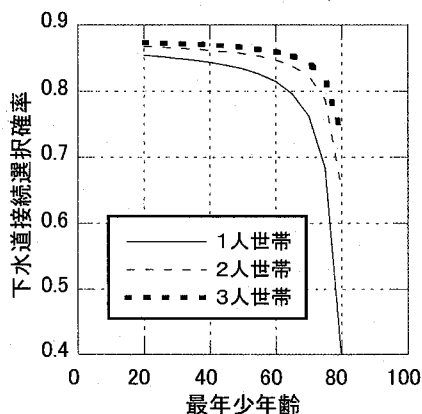


図-5 浄化槽使用世帯の下水道接続選択確率

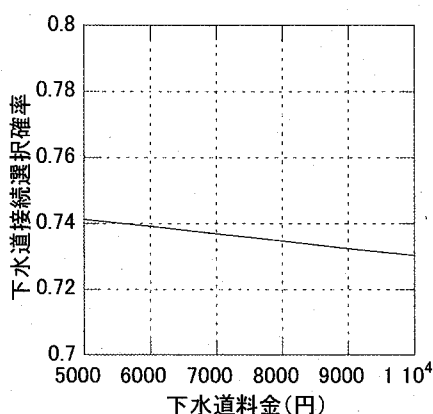


図-7 高齢者世帯への下水道料金を下げる効果

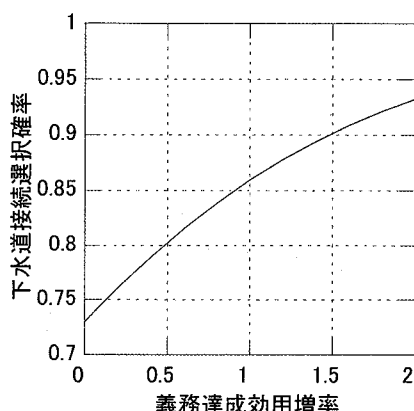


図-8 高齢者世帯への接続広報の効果

補助の増加に対する選択確率の増加は、所得の低い世帯ほど顕著である。

下水道料金を、半額の5000円まで下げた場合の効果を図-7に示す。確率は0.730から0.741に上がる程度で、効果は小さい。

広報を行って下水道に接続することの必要性や義務を周知することで、接続義務を達成することによる効用（接続しないことによる罪悪感）を増加させる場合を考える。(2)で述べた水洗化の効用は変化せず、 $\Delta u'$ を増加させる。接続義務と $\Delta u'$ の増分の定量的な関係は明確ではないが、ひとまず増加の割合を0から2倍まで変化させた場合の、接続選択確率を図-8に示す。この範囲の変化では、確率は0.730から0.933まで増加しており、効果が大きいと考えられる。

4. 結言

本研究では、下水道整備が行われた地区における世帯

が、工事を行って下水道に接続することを選択する行動を説明するモデルを提案した。選択行動を規定する要因として、所得とそれぞれの費用、世帯の存続年数を考えた。アンケート結果によりパラメータを推定し、モデルによる検討を行った。世帯の高齢化が進むと、下水道に接続する確率が低くなることや、所得が少ないほど低くなる傾向を示すことができた。実際の地区における、所得や世帯の高齢化状況を調べたモデルの適用にまでは至らなかったが、モデル計算で示された下水道接続の選択確率は、人口1万人未満の自治体の水洗化率が約70%、1~5万人の自治体で約78%であるという現実を示唆する結果となった。また、本モデルを用いて、各種の水洗化率向上施策の効果を検討する方法を例示した。

アンケートデータも必ずしも十分ではなく、パラメータ値等には再考の余地が残されている。今後、さらに検討を進めることにより、水洗化率を向上させる有効な施策の検討や、あらかじめ水洗化率を予測した上で事業実施を検討することなどに応用することができるようになると考えられる。

本研究を実施する上でご協力頂いた、元本学大学院生 杉本泰亮、学部学生大佛光弘の両氏に謝意を表する。

参考文献

- (1) (社) 日本下水道協会：日本の下水道，平成17年版，2005。
- (2) 総務省自治財政局地域企業経営企画室：「今後の下水道財政のあり方に関する研究会」報告書，2006。

HOUSEHOLD BEHAVIOR TO USE SEWERAGE SYSTEM IN DEPOPULATING AND AGING SOCIETIES

Yoshihiko HOSOI, Hideki NADA and Takanori MASUDA

It is legal duty to connect sewerage system for households when sewerage system is developed. However, it is expensive to reconstruct toilet and discharge system in a house. Therefore, sewerage systems are not sufficiently used. The household behavior to use newly developed sewerage system is studied considering household income, cost to use the system and household remained lifetime. Logit model to describe the household choice of wastewater treatment system was investigated. The questionnaire survey was carried out and model parameters were estimated. Using the model the using rate of sewerage system was explained.