

地盤沈下の被害費用の測定に関する研究*

MEASUREMENT OF DAMAGE COST OF LAND SUBSIDENCE

森 杉 壽 芳**・岩 瀬 広***

By Hisayoshi MORISUGI and Hiroshi IWASE

This study proposes a definition and its measurement method of the household damage cost of land subsidence. In order to do so, firstly, this paper defines the damage cost under uncertainty for the increase in level of household's anxiety due to the land subsidence, and shows that the proposed definition is reasonable in the sense that the relative algebraic value order of the defined damage costs is exactly identical to that of the expected utility level.

Secondly, by formulating the residential location behavior under the uncertainty, this paper devises a type of indirect utility function form which has not income constraint but the value of which takes into account the income constraint. Thirdly, applying the logit model for this theoretical result, this paper proposes a measurement method of the defined damage costs. Lastly, through a case study in Noubi area it is shown that the proposed method has the reliable and fairly efficient applicability.

1. はじめに

地盤沈下とは地下水の汲み上げ(水溶性ガスを含む)を主原因とする地盤の沈下であって、特に三大都市圏を中心とした大都市地域でその進行がみられ、地方都市においてもその被害が問題となっている¹⁾。

一方、地盤沈下対策に目を向けてみると、例えば濃尾平野では地下水の汲み上げ規制が行なわれ²⁾、現状では沈下そのものはほぼ停止している。しかし、この規制のために地下水資源は利用できず、代替水資源を表流水に求めなければならなくなっている。このため、地下水位をいくらまで下げてもよいかという問題が発生している。すなわち、地下水位を下げすぎると過去のように地盤沈下が発生するが、安

価で良質な地下水の有効利用が可能となる。一方、地下水位を上げすぎると地盤沈下被害は発生しないが、代替水源を開発せねばならない。このような両立不可能な場合の1つの解決法は、地盤沈下被害を金額で計量化して、その被害額と代替水源開発費用とを比較対比する方法である。このためには、沈下のさまざまな被害を金額で測定する必要があり、本研究では、これを地盤沈下の被害費用とよぶ。

地盤沈下の被害費用は、必ずしも、修復費用や家屋の損傷などのように金額そのもので直接測定可能なものばかりではなく、むしろ、住み心地の悪さ、洪水時の被害増大による不安感などの心理的被害の金額換算値をも含まねばならない。しかし、従来の研究においては修復費用と予防費用のみを調査したにとどまり、かつ、その例も少ない³⁾。この1つの理由は、心理的被害費用の定義そのものが確立していないこと、および、定義にもとづく測定方法が確立していないことによる。

そこで本研究は、地盤沈下に起因して生じた世帯の(期待)効用の低下分を「地盤沈下の被害」として

* 社会・経済分析評価

** 正会員 工博 岐阜大学教授 工学部建設工学科 (〒501-11 岐阜市柳戸1-1)

*** 正会員 工修 バシフィックコンサルタンツ(株) (〒150 東京都渋谷区神宮前2-8-2)

とらえ、この効用の低下分の貨幣換算値を「地盤沈下の被害費用」と定義する。本研究の第一の目的は、不確実性下での効用変動分を貨幣換算する方法を提案して、その被害費用の厳密な定義を提案することにある。第二の目的は、定義した被害費用を測定する方法として、期待効用仮説に基づく多属性効用関数法を提案することである。第三の目的は、本研究の提案した被害費用の定義とその測定法の実用性をケーススタディを通じて確かめることである。

以上の3つの目的を達成するために、以下、2では地盤沈下被害の体系化を行ない本研究でいう地盤沈下被害の定義を行なう。3では、地盤沈下の被害費用の定義の提案を行なうと同時に、本定義の妥当性について述べる。4では、多属性効用関数法による定義した地盤沈下被害費用の測定法の提案を行ない、5では、ケーススタディを行なって本研究の実用性を検討する。

2. 地盤沈下被害費用の定義

地盤沈下は比較的緩慢な現象であるため、地盤沈下それ自身が短期間で人命に危害を及ぼしたり、構造物等を急激に破壊することはほとんどなく、長期的な推移の中で徐々に不等沈下や相対的沈下、あるいはこれらの結果として浸・湛水地域の形成といった現象が顕在化し、人や物に各種のインパクトを与え被害となって出現する。これを整理したものが図-1である。

地盤沈下によるインパクトの出現形態は大別すると金銭的被害と心理的被害に分類される。金銭的被害とは経済的被害それ自身、または経済的被害を回避するために要する支出の増加、収入の減少であり、心理的被害とは何らかの心理的不安あるいは負担を強いられることである。

本研究における地盤沈下被害とは、このようなインパクトに起因する社会を構成する個人の効用の低

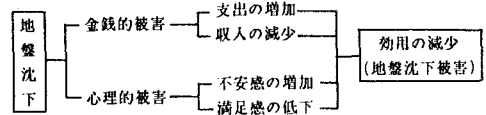


図-1 地盤沈下被害の概念図

下として定義する。

さて、地盤沈下は、沈下自身が引き起こす被害として図-1で示したような金銭的・心理的被害を直接・間接に与える。また、このような単独被害の他浸水域の拡大といったような被害の拡大をも併発する。これらの被害を総合的に体系化したものが図-2である。

この被害全体を研究対象とすることは極めて困難であるので、本研究では“被害地域に居住しつづける自宅居住者”の被害を心理的視点から測定することを試みる。したがって、本研究でいう地盤沈下被害とは、図-2でいう直接被害と併発被害をいう。

3. 被害費用の定義

(1) 不確実性下での被害費用の定義

地盤沈下地域に居住しつづける自宅居住者の地盤沈下被害は、以下の3つの原因によって発生すると考えられる。すなわち、地盤沈下によって

- ① 平常時の効用レベルが低下する。
- ② 洪水時の効用レベルが低下する。
- ③ 洪水確率の上昇することによる(期待)効用レベルが低下する。

以上の①～③の被害を定式化するため、以下の仮定を設ける。

- ① 地盤沈下レベル L が δ_1 から δ_2 へ変化(悪化)するものとする。 $(\delta_1 < \delta_2)$
- ② 洪水の発生する確率は、沈下レベルの変化に伴って、 P_1 から P_2 へ変化するとする。 $(P_1 < P_2)$
- ③ 自宅居住者の所得 I は、地盤沈下レベルにかかわらず一定とする。

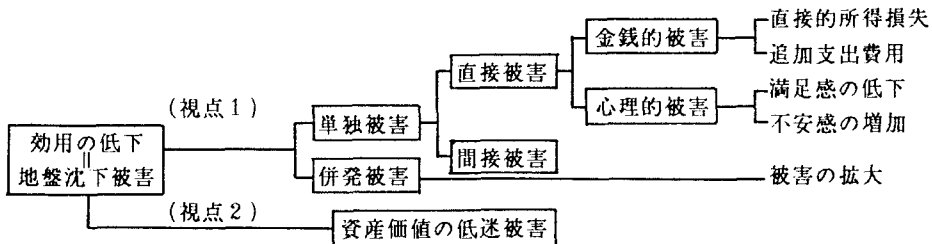


図-2 地盤沈下被害の体系図

- ④不確実性下では、自宅居住者は、ある状態の効用にそれぞれの状態の生起確率を乗じて加えた和、すなわち期待効用 $E[U]$ を最大にするように行動するものとする。

以上の仮定のもとで、地盤沈下レベル LS が δ_1 および δ_2 のときそれぞれの自宅居住者の期待効用 $E[U_{\delta_1}]$ および $E[U_{\delta_2}]$ は、次のように表現される。

- a) 地盤沈下レベルが δ_1 で、洪水の発生確率が P_1 のとき(変化前)

$$E[U_{\delta_1}] = P_1 \cdot U(I, x, \delta_1, 1) + (1 - P_1)U(I, x, \delta_2, 0)$$

- b) 地盤沈下レベルが δ_2 で、洪水の発生確率が P_2 のとき(変化後)

$$E[U_{\delta_2}] = P_2 \cdot U(I, x, \delta_2, 1) + (1 - P_2)U(I, x, \delta_2, 0)$$

ただし、 I :所得、 x :沈下レベル以外の住宅属性ベクトル、 $F=1$ および 0 :洪水時および平常時を示す0-1変数。

- c) 地盤沈下の被害

自宅居住者の地盤沈下の併発被害を含む被害は期待効用の変化分 $\Delta E[U]$ で測定される。すなわち、

$$\Delta E[U] = E[U_{\delta_2}] - E[U_{\delta_1}]$$

この期待効用の変化分を貨幣タームに換算したものを被害費用という。そして、その方法として、確実性下におけるEVの概念を拡張する。不確実性下のEVは、以下の2つの条件を満足する金額をいう。
条件①EVとは、変化前の状態において、変化後の期待効用レベルを維持するという条件のもとに、その当該変化を阻止するために世帯が支払ってもよいと考える最高支払意志額をいう。
条件②支払いの形式として、洪水の有無にかかわらず一定のEVを支払うものとする。

以上のように定義された不確実性下での被害費用、すなわち、EVの概念を図示したものが、図-3および図-4である。

図-3における X, Y 軸は、それぞれ洪水有無時の所得レベル、垂直軸は沈下レベルを示している。地盤沈下レベル LS が δ_1 で洪水発生確率が P_1 という状態(変化前の状態)は A_1 点(I, I, δ_1)として、また沈下レベルが δ_2 で、洪水の発生確率が P_2 という状態(変化後の状態)は A_2 点(I, I, δ_2)として図示されている。図の下の方の曲線 $E[U_{\delta_1}]$ 、および上の

$E[U_{\delta_2}]$ は、それぞれ A_1 点および A_2 点と同じ期待効用をもつ (X, Y, δ_1) 、 (X, Y, δ_2) の組合せを示した無差別曲線である。さらに、図の下の方の $E[U_{\delta_2}]$ は、 (X, Y, δ_1) 平面上に変化後の期待効用レベル $E[U_{\delta_2}]$ と同じ期待効用をもつ無差別曲線を表わしたものである。図-3の (X, Y, δ_1) 平面上を示したのが図-4である。

図-4において、変化後の期待効用レベル $E[U_{\delta_2}]$ を保つ任意の支払い額の組合せ(EV_x, EV_y)は、原点を A_1 点(I, I)に移動させた時の横軸および縦軸として示される。また、このときのEVは、 A_1 点の45度の直線と $E[U_{\delta_2}]$ の曲線との交点、B点の座標として与えられる。このEVの値は、次式を

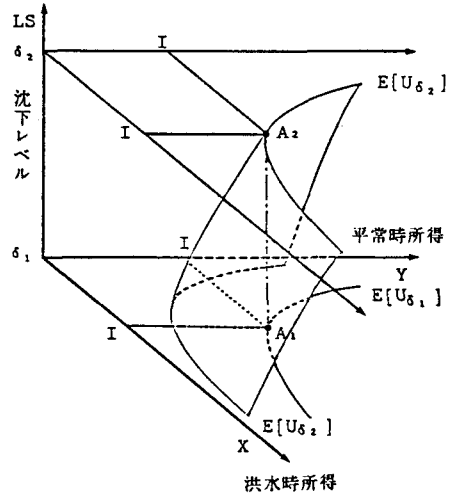


図-3 期待効用の変化

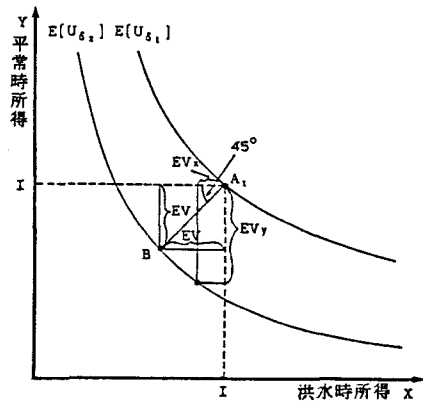


図-4 不確実性下でのEV

満足するEVの値となる。

$$E[U_{\delta_1}(1-EV)] = E[U_{\delta_2}] \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \text{ただし、} E[U_{\delta_1}(1-EV)] &= P_1 \cdot U(I-EV, x, \delta_1, 1) \\ &\quad + (1-P_1) \cdot (I-EV, x, \delta_1, 0) \\ E[U_{\delta_2}] &= P_2 \cdot U(I, x, \delta_2, 1) \\ &\quad + (1-P_2) \cdot (I, x, \delta_2, 0) \end{aligned}$$

(1)式を満足するEVの値こそが、地盤沈下の被害費用に他ならない。

(2) EVの定義の妥当性

不確実性下の便益や被害費用の定義には、諸説があり、理論経済学の分野を含めて合意された定義は確立されていない⁶⁾。しかし、最近の研究では、純便益(純被害費用)EVと期待効用レベルE[U]とか1対1の対応関係にあることが明らかになっている⁷⁾。

したがって、本研究では被害費用の定義としては、EVを採用することにする。

4. EVの測定方法の提案⁸⁾

(1) 本方法の概要

3.で述べたEVによる便益の定義に基づいて、地盤沈下の有無にかかわらず居住し続ける自宅居住者のEVを測定する。このためには、期待効用関数の特定化と推定を行なう必要がある。本研究で提案する地盤沈下被害費用を測定するための手順を示すと、次のようになる。

- ①適当な関数を期待効用関数として仮定し、特定化する。
- ②アンケート調査を実施する。
- ③期待効用関数を推定する。
- ④EVを計算する。

(2) 期待効用関数の特定化

これについては、5.事例研究において述べる。

(3) アンケート調査

本方法では、仮定した期待効用関数を推定するために、一対比較形式の住宅選択に関するアンケート調査を行なう。具体的には、住宅価格と住宅属性が互いに異なる2つの仮想的な住宅代替案間での選好を尋ねるという形式をとる⁹⁾。

(4) 期待効用関数の推定法

(3)で述べた選好結果が、回答者の予算制約下で期待最大化仮説に基づいて回答されたデータであると仮定する。この仮定を式で表わすと次のようになる。

$$\max_x E[U(Z, x, P)] \quad (2a)$$

$$\text{s.t. } Z + R(x, P) = I + \bar{R} \quad (2b)$$

ここで、Z:一般合成財、x:住宅属性、P:洪水発生確率、R(x, P):購入する住宅価格、I:所得、 $\bar{R}$:持家の住宅価格。

(2b)式を変形すると $Z = I - \bar{R} + R(x, P)$ となる。これを(2a)式に代入すると(2)式は次のように書き表わすことができる。

$$\max_x E[U(I + \bar{R} - R(x, P), x, P)]$$

上記の仮定のもとでは、データにより回答された選好結果においては、

$$A \succsim B \iff E[U_A] \geq E[U_B]$$

が成り立つものとみなされる。(ただし、 $\succ$ は選好、 $\sim$ は無差別を示す)

従って、種々の組み合わせの1対の住宅についての、各個人の選択関係を聞くことにより、それをもっともよく再現するようなE[U]の関数型を求めることが、期待効用関数の推定方法の考え方である。

ところで、同一の世帯属性においても人々の期待効用関数は全く同一ではないと思われるので、本研究では、j番目の代替案の期待効用 $E[U_j]$ に加法型で誤差項を導入する。すなわち、 $E[U_j] = E[U_j] + \varepsilon_j$ ただし、 ε_j は一定の分布をする確率変数を示す。このとき、任意の代替案AとBの比較において、AおよびBを選択する確率 P_A および P_B は、それぞれ、

$$P_A = \text{Prob.}(E[U_A] \geq E[U_B]),$$

$$P_B = \text{Prob.}(E[U_A] \leq E[U_B])$$

となる。そして、データは、この選択確率の実現値とみなすことができる。 P_A は、もし ε_j を平均0、分散 σ^2 のガンベル分布に従うと仮定すると、ロジットモデルが誘導され、

$$P_A = 1 / [1 + \exp\{h(E[U_A] - E[U_B])\}] \text{となる。}$$

ただし、 $h = \pi / 6\sigma$ 。また ε_j を平均0、分散 σ^2 の正規分布に従うと仮定すると、いわゆるプロビットモデルが誘導される。これまでの研究において、両者とも精度が同じ程度なので、本研究では関数型の簡単なロジットモデルを採用する¹⁰⁾。そして、これらのパラメータ推定には、最尤法が使用され、非集計モデルとして周知の方法であるので省略する¹¹⁾。

(5) EVの測定方法

地盤沈下の有無にかかわらず居住し続ける自宅居住者のEVを測定するには、3.の不確実性下での被害費用の定義に従えばよい。すなわち、前節にお

ける方法によって推定された期待効用関数を(1)式に適用し、EVについて解くことにより求められる。

5. ケーススタディ(事例研究)

(1) ケーススタディの概要

ここでは、まず4.で述べたEVの測定方法に基づいて2つの期待効用関数型を適用し、木曽川下流域でアンケート調査された一対比較質問法によるデータを使用して、特定化された期待効用関数のパラメータを推定し、それぞれの適合性を比較検討する。次に本事例研究における地盤沈下の被害を整理し、被害費用測定のプロチャートを作成する。そして、そのフローに従い実際の被害費用を算出し、その結果について考察する。

尚、使用するデータは、木曽川下流域において昭和58年10月中旬にアンケート調査を行ない、得られたものである。そして、調査方法は、訪問回収方式によるものである²⁾。

(2) 効用関数の特定化

前節のアンケート調査から、期待効用関数に組み込む評価属性を9つ考え、世帯の効用関数を以下の2つのタイプに仮定する。

線型

$$hU = h(I + \bar{R} - R) + \alpha_2 X_1 + \alpha_3 X_2 + \alpha_4 (\Omega - t) + \alpha_5 X_3 + \alpha_7 X_4 + \alpha_8 FL_1 + \alpha_8 FL_2 + \alpha_9 (A - LS) \quad (3)$$

対数線型

$$hU = h \ln(I + \bar{R} - R) + \alpha_2 \ln X_1 + \alpha_3 \ln X_2 + \alpha_4 \ln (\Omega - t) + \alpha_5 X_3 + \alpha_6 X_4 + \alpha_7 FL_1 + \alpha_8 FL_2 + \alpha_9 \ln (A - LS) \quad (4)$$

ただし、I : 住宅賃貸収入以外の年間所得(万円/年)

R : 住宅価格(万円/年)

$\bar{R}$: 持家住宅価格(万円/年)

X_1 : 敷地面積(m^2)

X_2 : 延床面積(m^2)

X_3 : 公共サービスの便(便利1,不便0)

X_4 : 下水都市ガスの整備(整備1,未整備0)

t : 通勤時間、

FL_1 : 床上浸水の指標(有1,無0)

FL_2 : 床下浸水の指標(有1,無0)

LS : 地盤沈下量(m /20年)

α_i ($i=2 \sim 9$) : 各属性のパラメータ

h : 誤差項の分散を示すパラメータ

A, Ω : 定数

以上2つの効用関数を用いて、世帯の立地行動をモデル化すると以下のようになる。

まず、自然状態を次の3つの状態とする。

① 床上浸水のある状態(床下浸水も同時に起こっている。)

② 床下浸水のある状態

③ 平常時

それぞれの状態における世帯の効用をそれぞれ、 U^A 、 U^B 、 U^0 、とし、さらにそれぞれの状態における確率を P^A 、 P^B 、 $(1 - P^A - P^B)$ とする。このとき世帯の期待効用は、 $E[U] = P^A U^A + P^B U^B + (1 - P^A - P^B) U^0$ (5)として表わされる。これに前述した2つの効用関数を適用すると、期待効用関数として定式化することができる。

(3) 特定化した期待効用関数の理論的性質

線型期待効用関数は、最も簡単な関数型であり、この特徴は、無差別曲線が直線となり理論的矛盾を有するが、一方、解析が容易で取り扱いやすいという利点をもつ。非線型期待効用関数を仮定した場合、関数形が複雑で計算も困難なことが多い。したがって、他の関数型の近似式として線型を採用する。

次に、対数線型期待効用関数は、無差別曲線が原点に対して凸となり、より現実的な関数であるといえる。また、限界効用の逓減性を満足する最も簡単な関数であるので採用する。

(4) 期待効用関数の推定結果と検討

5. (2)で提案したモデルによる多属性期待効用関数のパラメータの推定結果は表-1のとおりである。

表-1 パラメータの推定結果

	h	α_2	α_3	α_4	α_5	α_6	α_7	α_8	α_9	COR	Hit R	$\bar{p}^2$
Linear	0.038 (139.253)	0.036 (11.600)	0.061 (10.884)	0.093 (13.388)	3.037 (12.726)	1.753 (11.148)	-12.783 (3.880)	-20.585 (8.864)	0.056 (15.847)	0.875	0.844	0.465
Log-Linear	14.401 (13.791)	7.514 (8.963)	6.408 (8.111)	7.798 (13.731)	2.834 (11.702)	1.603 (9.693)	-34.567 (6.473)	-18.714 (8.328)	6.900 (1.975)	0.863	0.806	0.417

cf. A=200, $\Omega=180$ for all function type.

() : t value

表-1に示すように、線型・対数線型ともに十分な t 値、相関係数COR、適中率Hit R、および尤度比 ρ^2 を得たので、いずれの関数型に対するパラメータ推定も信頼のおけるものであるといえる。採用した関数型の精度を表わす指数であるCOR、HitR、 ρ^2 値に注目すると、線型の方が対数線型よりも良い結果となっているが、両者の間には大きな隔たりはないといえる。このことは、世帯の期待効用関数に複雑な関数型を仮定することなく、単純な対数線型仮定のもとで世帯の立地行動が説明でき得ることを示している。

(5) 被害費用測定の手順

測定手順のフローチャートを図-5に示す。

図-5に従い、まず以下の仮定を設ける。

①評価主体は、地盤沈下の有無にかかわらず居住し続ける自宅居住者とする。

②評価対象は、以下の3つの場合とする。

- 平常時、沈下レベル L が δ_1 から δ_2 に悪化する。
- 洪水時、沈下レベル L が δ_1 から δ_2 に悪化する。
- 床上・床下浸水の起こる確率がそれぞれ P_1^A 、 P_1^B から P_2^A 、 P_2^B へ変化する。

③評価属性は、5。(2)(4)で特定化および推定された期待効用関数の属性を用いる。このとき地盤沈下被害は、上記a)～c)の場合を一般的に示すと(5)式より、次のような期待効用の悪化分として表わされる。

(変化前)

$$E[U]_1 = P_1^A \cdot U_1^A + P_1^B \cdot U_1^B + (1 - P_1^A - P_1^B) U_1^0$$

(変化後)

$$E[U]_2 = P_2^A \cdot U_2^A + P_2^B \cdot U_2^B + (1 - P_2^A - P_2^B) U_1^0$$

(期待効用の変化)

$$\Delta E[U] = E[U]_2 - E[U]_1$$

ただし、 U_1^A 、 U_1^B 、 U_1^0 ($i=1,2$)は、それぞれ変化前後での、床上浸水のある状態での効用、床下浸水のある状態での効用、平常時での効用である。

④洪水確率については、治水施設がほとんど効果を発揮しないような大きな災害の起こる確率を考え、それを1/80とする。

⑤80年に1回の洪水時における浸水状態は、地盤高によってのみ決定されるものとし、表-2のように仮定する。

⑥任意の地点の沈下前後の浸水状態は、⑤で示した地盤高と1/80洪水時の浸水状態との関係を適用し、

手順 1

対象地域の決定
累積沈下量20cm/23年以上の地域を対象として、これを1km²のメッシュに分ける。

手順 2

S.35とS.58の地盤高図を作成し各メッシュを洪水被害レベルに分類。

手順 3

全てのメッシュを変化パターン①～⑥に判別する(表-3参照)。

手順 4

累積沈下量曲線図より、各メッシュの沈下量を求める。

手順 5

各メッシュの代表自宅居住者の被害費用EVを求める。

手順 6

S.58年度年被害額；ADCの計算

$$ADC = \sum_{i=1}^I N_i EV_i$$

N_i ：各メッシュの世帯数 i ：メッシュ番号
 I ：メッシュ数

手順 7

S.58年以後の総被害の現在価値： PVD_f の計算

$$PVD_f = \sum_{i=0}^{\infty} \frac{ADC}{(1+R)^i}$$

R：社会的割引率=0.06

手順 8

S.58年以前の総被害の現在価値： PVD_p の計算

$$PVD_p = \sum_{i=1}^{22} \frac{ADC}{23 \times N_{58}} i \left[\frac{N_{58} - N_{35}}{23} i + N_{35} \right] / (1+R)^{i-23}$$

N_{35} ：S.35年の総世帯数

N_{58} ：S.58年の総世帯数

手順 9

総被害の現在価値： PVD_T の計算

$$PVD_T = PVD_p + PVD_f$$

検討

図-5 測定手順のフローチャート

表－2 地盤沈下と浸水の関係

地盤高	1/80洪水時浸水状態
0cm～	床下・床上浸水無
-50cm～ 0cm	床下浸水
～-50cm	床上浸水(床下浸水有)

表－3 湧水状態の変化パターン

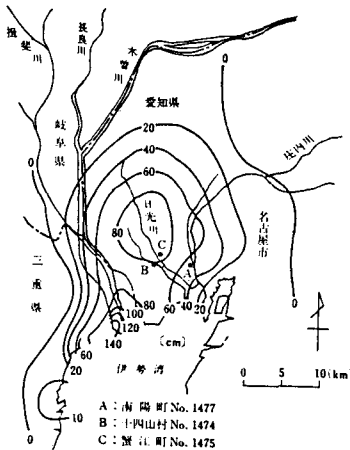
昭和58年			
浸水状態	床上	床下	無
昭和35年	① $P_1^A=0$ $P_2^A=\frac{1}{80}$ $P_1^B=0$ $P_2^B=0$	② $P_1^A=0$ $P_2^A=0$ $P_1^B=0$ $P_2^B=\frac{1}{80}$	⑥ $P_1^A=0$ $P_2^A=0$ $P_1^B=0$ $P_2^B=0$
	③ $P_1^A=0$ $P_2^A=\frac{1}{80}$ $P_1^B=\frac{1}{80}$ $P_2^B=0$	⑤ $P_1^A=0$ $P_2^A=0$ $P_1^B=\frac{1}{80}$ $P_2^B=\frac{1}{80}$	
床上	④ $P_1^A=\frac{1}{80}$ $P_2^A=\frac{1}{80}$ $P_1^B=0$ $P_2^B=0$		

表－3に示した行列のいずれかの番号の場合にあてはめるものとする。

以上の仮定のもとに、図－5に示す測定フローに従って被害費用を測定する。尚、ここでは効用関数のパラメータは既に推定されているものとしている。

(6)被害費用の測定結果と検討

対象地域を図－6に示す。



(昭和36～49年)

図－6 対象地域の概略

推定された2つの効用関数と、表－4に示した $N_{35} \sim N_{58}$ を用いて、浸水状態の変化パターン①～⑥における昭和58年度年被害額を算出した結果が表－5である。そして、手順7～9により総被害額の

表－4 各パターンの該当面積と世帯数

パターン	面積 (km^2)	世帯数	
		S.35	S.58
①	24	3341	7162
②	13	3016	8862
③	30	8245	18978
④	46	18137	40921
⑤	94	26917	53618
⑥	194	92806	152554
計	401	152462	282095

表－5 58年度被害額

被害額 パターン	線 型		対数線型	
	全体 (億円)	1世帯当り (万円)	全体 (億円)	1世帯当り (万円)
①	100	139.7	106	147.4
②	135	152.3	137	154.6
③	277	145.9	283	149.2
④	559	136.5	567	138.6
⑤	409	76.3	389	72.5
⑥	1097	71.9	1032	67.7
計	2584	91.6	2535	89.9

表－6 総被害額の現在価値

被害額 パターン	線 型		対数線型	
	全体 (億円)	1世帯当り (万円)	全体 (億円)	1世帯当り (万円)
①	3195	4461	3371	4707
②	4171	4707	4236	4730
③	8769	4621	8969	4726
④	17731	4333	17998	4398
⑤	13169	2456	12521	2335
⑥	36253	2367	34099	2235
計	84011	2978	82402	2921

現在価値を算出した結果が表－6である。なお、世帯のEVを算出する際には各世帯の所得Iが必要となるが、これはアンケート集計結果より平均値532.4万円を代入した。

表－5より、線型と対数線型を比べると、一世帯あたりの年被害額で17,000円の差があることがわかる。線型の場合、地盤沈下レベルおよび浸水確率に対する被害費用EVの増加率が線型となり、かつ、

EVが所得に依存せず、いかなる所得層においてもEVが一定となるという欠点をもっている⁹⁾、以下の検討では対数線型の結果のみについて述べる。

表-5より昭和58年度1年間の年総被害費用は、対数線型で2538億円であり、一世帯あたり平均(平均沈下量60cm)では899,000円である。また、その内訳を変化のパターン別にみると、両者共に変化のパターン⑥が最も大きい。これは、1戸あたりの平均被害EVの値は677,000円と小さいが、表-4に示したように被害パターン⑥の世帯数が大きいことによる。また、最も被害額の少ない変化パターンは①で、これはこのパターンの1戸あたり平均被害のEVの値は大きい、その世帯数は少ないためであると考えられる。

総被害の現在価値は、表-6より8兆2402億円であり、1世帯あたりでは2978万円と非常に大きいことがわかる。

次に、本研究で得られた被害額の妥当性を検討するために、地盤沈下地域の水汲み上げ量 1m^3 あたりの被害費用を他の研究例と比較してみる。同地域の地下水揚水量の詳しい数値は把握できないが、愛知県、三重県、岐阜県、名古屋市の濃尾平野での地下水揚水量の合計は、 $7.957 \times 10^8 \text{m}^3/\text{年}$ (昭和56年度)であるから、水 1m^3 当たりの価格は、昭和58年度被害額を総揚水量で割れば以下になる。

$$\frac{58\text{年度における総被害額}2535\text{億円}}{\text{揚水量}7.958 \times 10^8 \text{m}^3/\text{年}} = 320\text{円}/\text{m}^3$$

一方、家計部門調査がなされている埼玉のそれは総計で250円/ m^3 、家計部門のみでは100円/ m^3 であり⁹⁾、本研究で得られた320円/ m^3 は、既往の研究とオーダー的には同じ値であるが、過大な値を得ている。これは埼玉の家計部門の被害額が修繕的費用と予防的費用という金銭的被害のみを対象としているので過小に評価されているためと考えられる。上で示した地下水汲み上げ量 1m^3 の価格320円は、上水道の 1m^3 の価格150円と比較すれば、極めて大きな値であると言える。このことは、公共体の立場からみた場合、現在地盤沈下地域のはば全域にある地下水揚水規制を地下水揚水禁止にし、水道事業を全域に広げた方が有利であると言える。

6. おわりに

本研究で得られた結論は以下のとおりである。

①地盤沈下被害の定義を行い、地盤沈下の被害とし

ては金銭的被害のみならず心理的被害も考慮すべきであると主張した。

②定義した被害について、被害費用を測定する方法の提案を行った。

③提案した測定方法を用いて、ケーススタディを通じて実際の被害費用を測定した。

なお、以下のような今後の課題が残されている。

①本研究を適用した対象世帯は、環境変化の有無にかかわらず居住し続ける世帯のみであり、住み替え世帯への適用は、考慮されていない。

②直接被害の金銭的被害を明示的に測定すること。

③洪水確率の値に関しては、もっと現状に対応させて、床上・床下浸水確率に変化を持たせること。

参 考 文 献

- 1) 山本莊毅：日本の地盤沈下、土と基礎、Vol.25、No.6、pp.13~19、土質工学会、1977。
- 2) 建設省木曽川下流工事事務所・三菱総合研究所：地盤沈下被害計量化調査、1984。
- 3) 桑原徹・植下協・板橋一雄：濃尾平野の地盤沈下、土と基礎、Vol.25、No.6、pp.53~60、土質工学会、1977。
- 4) 東京都公害研究所調査部：公害による経済的損失の評価、1974。
- 5) 建設省関東地方建設局企画部・(財)国土開発技術研究センター：地盤沈下による経済的損失の調査報告書、1977。
- 6) Morisugi, H.: Welfare implications of cost benefit analysis, in International and Regional Conflict, eds. W. Isard and Y. Nagao, Ballinger, pp.161~185, 1983。
- 7) 森杉壽芳・大島伸弘：湧水頻度の低下による世帯享受便益の評価法の提案、土木学会論文集投稿中
- 8) 森杉壽芳・岩瀬広・大島伸弘：不確実性の費用便益分析—湧水対策を例にして—土木計画学研究講演集、Vol.6、pp.291~298、1984。
- 9) 森杉壽芳・岩瀬広：住宅立地行動の予測と住環境の便益評価の統合手法の提案、土木計画学研究論文集、Vol.1、pp.131~138、1984。
- 10) McFadden, D.: Quantitative methods for analysing travel behavior of individuals, some recent development, in Behavioral Travel Modeling eds. D. A. Hensher, P. R. Shophier, Croom Helm, pp.279~318, 1979。