

# 海面上昇による沿岸域の経済損失とその波及被害の計測\*

## Measurement of Economic Impact in Coastal Area due to Sea Level Rise\*

落合鋭充\*\*・大洞久佳\*\*・大野栄治\*\*\*

By Toshimichi OCHIAI\*\*・Hisayoshi OHORA\*\*・Eiji OHNO\*\*\*

### 1. はじめに

海面上昇による影響は社会経済を始めとして多岐にわたり、その大きさは壊滅的な被害を受ける国があると予想されるほど甚大である。このような問題に対し、これまでの調査・研究の大部分は環境変化の予測に焦点が当てられてきたが、長期的・経済学的視点から海面上昇の影響を見ると多くの問題と危険性を含んでいるため、その経済評価の必要性は高いと考えられる。

海面上昇による影響の経済評価に関する既存研究は、直接的な被害費用および対策費用に関する研究、市場型の影響（市場が存在する財やサービスの生産と消費への影響）を考慮した被害費用に関する研究、非市場型の影響（市場が存在しない財やサービスの生産と消費への影響）を考慮した被害費用に関する研究、の3つに大別される。

このうち、に分類される国内研究の代表例として、上田らの研究<sup>1)</sup>が挙げられる。そこでは、一般均衡理論の枠組みで社会経済モデルを構築し、これを用いてバングラデシュにおける海面上昇による被害額を計測した。しかし、モデル構築における社会経済状況のデフォルメ（変形）が著しいので、現実との乖離が問題であった。これに対し、大野<sup>2)</sup>は、上田らのモデルを基礎として地域区分と産業区分を複合化した擬似的多地域一般均衡モデルを構築し、タイにおける海面上昇による被害額を計測した。しかし、発展途上国では分析に必要な統計データが十分に整備されておらず、想定したデータが少なくな

いので、結果の精度が十分であるとは言い難い。

本研究では、海面上昇による大きな被害が予想されること、種々の統計データが整備されていることなどの理由から、わが国の伊勢湾地域を分析対象地域として取り上げる。そして、GIS (Geographical Information System) を用いて海面上昇による直接被害を計測する。さらに、先行研究<sup>2)</sup>のモデルを基礎とした社会経済モデルを構築して、海面上昇による国民経済への影響を分析する。

### 2. GISを用いた海面上昇による直接被害の計測

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) により、今後100年間に全球平均海面が約88cm上昇するという予測が発表された。もしこの予測通りに海面が上昇すると、低地は水没の危機に直面することになる。

これについて、実際には築堤などの土木技術によってその危機を避けることができるが、そのためには莫大な投資が必要となる。わが国では、公共投資に対する経済効率性が求められており、その投資の妥当性を証明しなければならない。本研究では、海面上昇が起きても、築堤などの対策が実施されない場合を想定して、そのときの被害額を計測する。

まず、伊勢湾地域の標高データ<sup>3)</sup>と土地利用データ<sup>4)</sup>（いずれもGISベースのメッシュデータ）を重ね合わせることにより、海面上昇1mによって海面下になる土地利用の分布を図1に示す。次に、そのときの損失面積を計測し、それに各土地利用の経済価値の原単位<sup>5)</sup>を掛け合わせて損失額を算出し、その結果を表1に示す。これより、伊勢湾地域における直接被害は約20兆円に上ることがわかる。さらに非市場型の影響を考慮すると、荒地、河川敷、海浜の損失に対する被害額が加算されることになる。

\* キーワード：地球環境問題、GIS、応用一般均衡分析

\*\* 学生員，名城大学大学院都市情報学研究科

\*\*\*正員，博(工)，名城大学都市情報学部

(509-0261岐阜県可児市虹ヶ丘4-3-3, Tel&Fax0574-69-0132)

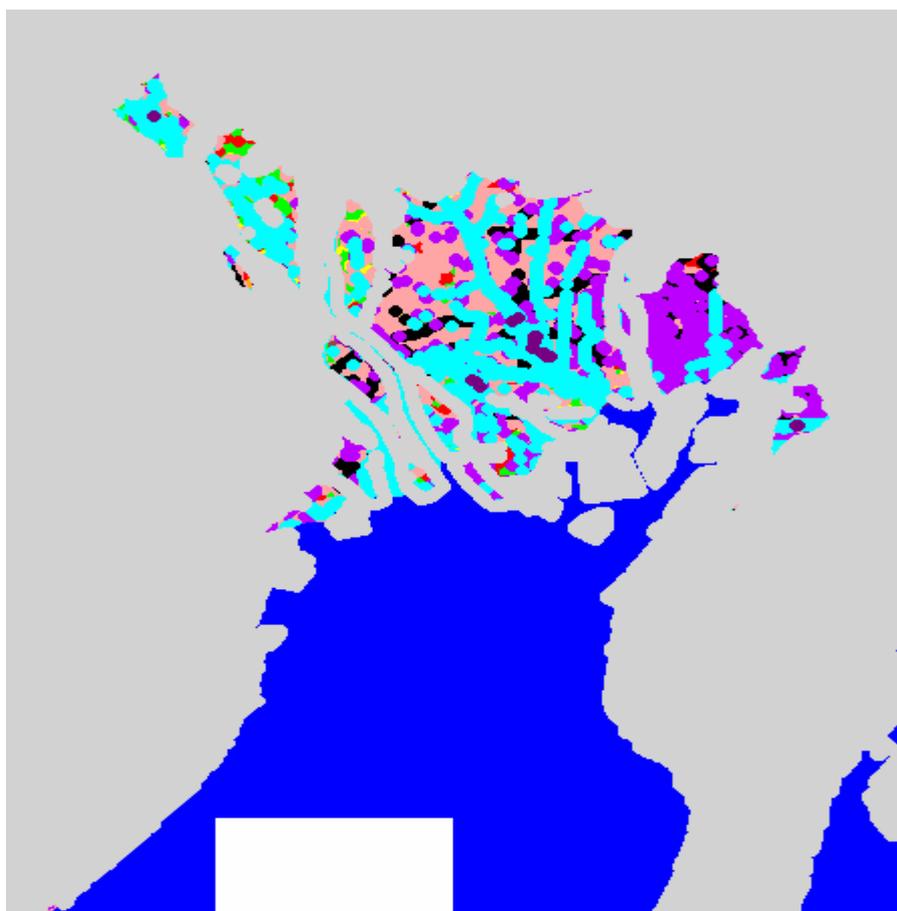


図1 海面上昇1mによって海面下になる土地利用の分布

表1 海面上昇1mによる直接被害

土地利用	凡例	損失面積 [km <sup>2</sup> ]	経済価値の原単位 [百万円/ km <sup>2</sup> ]	損失額 [百万円]
田	■	191.8	93.90 / 0.04	450,251
畑	■	25.25	1,060.30 / 0.04	669,314
果樹園	■	11.9	510.40 / 0.04	151,844
その他の樹木畑	■	1.31	510.40 / 0.04	16,716
森林	■	58.44	4.55 / 0.04	6,648
荒地	■	11.02	0	0
建設用地	■	48.35	41,800	2,021,030
建物用地	■	111.43	122,000	13,594,460
幹線交通用地	■	10.73	41,800	448,514
その他の用地	■	56.22	41,800	2,349,996
河川敷	■	1.8	0	0
海浜	■	1.51	0	0
陸地合計		529.76		19,708,773
内水池	■	8.27		
河川	■	54.1		
海水域	■	640.58		

注)「凡例」は、図1における色の凡例を意味する。

### 3. 社会経済モデル

#### (1) 社会経済モデルの仮定

本研究では、以下の仮定を置く。

- 1) 伊勢湾地域の地理的空間は、行政区域で分割される。なお、同一地域内は均一空間とする。
- 2) 各地域の産業は、産業基本分類に従って分類される。
- 3) 経済主体は、地域間を自由に住み替えることのできる家計（労働者）、各地域に立地する各産業、および各地域に立地する不在地主とする。
- 4) 市場は、合成財市場、労働市場、土地市場、および資本市場とする。
- 5) 家計（労働者）は、達成される効用水準の最も高い地域に居住する。
- 6) 各産業は、生産技術制約の下で利潤を最大化するように行動する。
- 7) 不在地主は、家計および各産業から地代収入を得ている。なお、不在地主は各地域における家計の融合体として捉えられる。

#### (2) 家計の行動モデル

家計の居住地選択行動を次のように定式化する。

$$Q_j = \frac{\exp[\theta V_j]}{\sum_k \exp[\theta V_k]} \quad (1.1)$$

$$V_j = \alpha_1 \ln[A_j] + \alpha_2 \ln[B_j] + \alpha_{3j} \quad (1.2)$$

$$A_j = \frac{\sum_i N_j^i I_j^i}{N_j} \quad (1.3)$$

$$B_j = \frac{\sum_i L_j^i R_j^i}{L_j} \quad (1.4)$$

$$I_j^i = Y_j^i + W_j^i + H_j^i k_j^i - B_j l_j^i \quad (1.5)$$

ただし、 $Q_j$ ：地域  $j$  の選択確率、 $V_j$ ：地域  $j$  の間接効用水準、 $A_j$ ：地域  $j$  の平均可処分所得、 $B_j$ ：地域  $j$  の平均地代、 $N_j^i$ ：地域  $j$  ・産業  $i$  に従事する労働者数、 $N_j$ ：地域  $j$  の労働者数、 $I_j^i$ ：地域  $j$  ・産業  $i$  に従事する労働者の可処分所得、 $L_j^i$ ：地域  $j$  ・産業  $i$  が使用する土地面積、 $L_j$ ：地

域  $j$  の土地面積、 $R_j^i$ ：地域  $j$  ・産業  $i$  の地代、 $Y_j^i$ ：地域  $j$  ・産業  $i$  に従事する労働者の不労収入（不在地主としての収入）、 $W_j^i$ ：地域  $j$  ・産業  $i$  に従事する労働者の労働収入、 $H_j^i$ ：地域  $j$  ・産業  $i$  の資本レント、 $k_j^i$ ：地域  $j$  ・産業  $i$  の資本保有量、 $l_j^i$ ：地域  $j$  の労働者の土地需要量、 $\theta$ ：ロジットモデルのパラメータ（ $\theta = 1$ ）、 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_{3j}$ ：未知のパラメータ。

式(1.1)より、各地域の労働者数は次式で与えられる。

$$N_j = N \frac{\exp[\theta V_j]}{\sum_k \exp[\theta V_k]} \quad (2)$$

ただし、 $N$ ：総労働者数。さらに、各地域の産業別労働者数については、現在の産業構造が変わらないという仮定の下で、式(2)に現在の産業別労働者比率を掛けて求める。

式(1.2)のパラメータ  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_{3j}$  は、現在の労働者分布より統計的に推定されるが、特に  $\alpha_{3j}$  については、現在の分布に合うように次式で与えられる。

$$\alpha_{3j} = \ln \left[ \frac{N_j}{N_1} \right] - \alpha_1 \ln \left[ \frac{A_j}{A_1} \right] - \alpha_2 \ln \left[ \frac{B_j}{B_1} \right] \quad (3)$$

#### (3) 産業の行動モデル

産業の利潤最大化行動を次のように定式化する。

$$\pi_j^i = \max_{X_j^i, N_j^i, L_j^i, K_j^i} \left\{ P_j^i X_j^i - W_j^i N_j^i - R_j^i L_j^i - H_j^i K_j^i \right\} \quad (4.1)$$

$$s.t. \quad X_j^i = m_j^i N_j^{i\alpha_j^i} L_j^{i\beta_j^i} K_j^{i\gamma_j^i} \quad (4.2)$$

ただし、 $\pi_j^i$ ：地域  $j$  ・産業  $i$  の利潤、 $P_j^i$ ：地域  $j$  ・産業  $i$  の製品（合成財）の価格、 $X_j^i$ ：地域  $j$  ・産業  $i$  の製品（合成財）の生産量、 $W_j^i$ ：地域  $j$  ・産業  $i$  の賃金率、 $N_j^i$ ：地域  $j$  ・産業  $i$  の労働需要量、 $R_j^i$ ：地域  $j$  ・産業  $i$  の地代、 $L_j^i$ ：地域  $j$  ・産業  $i$  の土地需要量、 $H_j^i$ ：地域  $j$  ・産業  $i$  の資本レント、 $K_j^i$ ：地域  $j$  ・産業  $i$  の資本投入量、 $m_j^i, \alpha_j^i, \beta_j^i, \gamma_j^i$ ：未知のパラメータ。

式(4.1)(4.2)の最大化問題を解くと、合成財供給関数、労働需要関数、土地需要関数、資本需要関数および利潤関数が得られる。このうち、利潤関数は次

のように表される。

$$\pi_j^i = \pi[P_j^i, W_j^i, R_j^i, H_j^i] \quad (5)$$

式(5)の利潤関数より、以下の式が得られる。

$$\frac{\partial \pi_j^i}{\partial N_j^i} = P_j^i \alpha_j^i m_j^i N_j^{i\alpha_j^i - 1} L_j^{i\beta_j^i} K_j^{i\gamma_j^i} - W_j^i = 0 \quad (6.1)$$

$$\frac{\partial \pi_j^i}{\partial L_j^i} = P_j^i \beta_j^i m_j^i N_j^{i\alpha_j^i} L_j^{i\beta_j^i - 1} K_j^{i\gamma_j^i} - R_j^i = 0 \quad (6.2)$$

$$\frac{\partial \pi_j^i}{\partial K_j^i} = P_j^i \gamma_j^i m_j^i N_j^{i\alpha_j^i} L_j^{i\beta_j^i} K_j^{i\gamma_j^i - 1} - H_j^i = 0 \quad (6.3)$$

式(4.2)および式(6.1)～(6.3)より、未知のパラメータ  $m_j^i, \alpha_j^i, \beta_j^i, \gamma_j^i$  が地域毎・産業毎に次式で与えられる。

$$m_j^i = \frac{X_j^i}{N_j^{i\alpha_j^i} L_j^{i\beta_j^i} K_j^{i\gamma_j^i}} \quad (7.1)$$

$$\alpha_j^i = \frac{W_j^i N_j^i}{P_j^i X_j^i} \quad (7.2)$$

$$\beta_j^i = \frac{R_j^i L_j^i}{P_j^i X_j^i} \quad (7.3)$$

$$\gamma_j^i = \frac{H_j^i K_j^i}{P_j^i X_j^i} \quad (7.4)$$

式(7.1)～(7.4)の各変数には現在の社会経済データを適用し、現状を完全に再現できるような社会経済モデルを構築する。

#### (4) 不在地主の行動モデル

不在地主は、家計および各産業から地代収入を得ている。

$$\sum_i N_j^i Y_j^i = \sum_i N_j^i B_j^i l_j + \sum_i R_j^i L_j^i \quad (8)$$

#### (5) 市場の条件

本研究の社会経済モデルは、以下のような市場の条件を考慮する。

##### 1) 合成財市場均衡条件

$$\sum_i N_j^i I_j^i = \sum_i P_j^i X_j^i \quad (9.1)$$

##### 2) 労働市場均衡条件

$$\sum_i N_j^i = N_j \quad (9.2)$$

##### 3) 土地市場均衡条件

$$L_j = \bar{L}_j \quad (\text{土地存在量}) \quad (9.3)$$

##### 4) 資本市場均衡条件

$$\sum_i K_j^i = \sum_i N_j^i k_j^i \quad (9.4)$$

#### (6) 海面上昇による影響の分析

本モデルでは、海面上昇によって生じる土地損失量を海面上昇に対する入力データとし、市場メカニズムを通じて変化する地域別・産業別の生産額、賃金率、地代、労働者数を出力データとする。その結果、海面上昇による生産額の減少分を波及被害として評価する。

#### 4 . おわりに

本研究は伊勢湾地域における海面上昇による影響の経済評価を目的としているが、本稿では直接被害の計測と社会経済モデルの記述に止まっている。市場メカニズムを通じた波及被害の計測結果については、現在検討中であるために本稿では割愛するが、本発表会にて報告する。

#### 参考文献・資料

- 1) Ueda, T., Morisugi, H. and Asma, S.: A Macroeconomic Model for Damage Evaluation of Sea Level Rise for Developing Countries, *Proceedings of Infrastructure Planning*, 19(1), pp.375-378, 1996.
- 2) 大野栄治：海面上昇による土地損失の影響の経済評価（タイの場合）、*環境システム研究論文集*, 28, pp.445-452, 2000.
- 3) 国土地理院：数値地図50mメッシュ（標高）日本, 2001.
- 4) 国土地理院：1/10細分区画土地利用データ, 1991.
- 5) 愛知県：第49回愛知県統計年鑑, 2000.