

岐阜大学 学生員 浅野貴志

岐阜大学 正員 上田孝行

岐阜大学 学生員 Syeda Asma Amin AS-SALEK

岐阜大学 学生員 武藤慎一

アジア工科大学 正員 森杉壽芳

1. 背景・目的

近年、切迫した環境問題の中で深刻なものとして地球温暖化に伴う海面上昇が挙げられている。現実には海面上昇が起きれば、バングラディッシュのような低地が国土の多くを占めている発展途上国では海面上昇対策としての社会資本整備が十分行われないため、被害は多大であると思われる。その影響は土地の損失による農業生産量の低下・財の価格の上昇などの経済的影響、また人々の移動・失業問題の発生などの社会的影響も考えられる。

そこで、本研究ではバングラディッシュのような発展途上国の海面上昇の影響を分析するため、従来の一般均衡理論モデルでは考慮されていない人口移動と失業者を含む社会経済モデルを構築し、海面上昇の被害及び対策の便益の評価分析を行うことを目的とする。

なお、本稿のモデルは既発表の Asma-Ueda Morisugi (1996)¹⁾ をデータの利用可能性等を考慮して改良したものである。

2. モデルの構造

2-1 モデルの仮定

モデルの構築に対し以下のような仮定をおく。

1. 社会は農村と都市の2つの地域で構成される。
2. 農村は農業・林業・漁業の3産業、世帯、不在地主で構成され、都市は工業の1産業及び失業者、世帯で構成される。その他の産業とその従業者については本モデルでは外生的セクターとして扱う。但し、農産物に対してそれらの従業者の需要を考慮する。
3. 産業については労働、土地、資本を投入して生産活動を行うが、漁業、工業は土地、林業は資本を投入しない。
4. 農村の賃金は共通とする。
5. 海面上昇は、土地供給量を操作して表現する。

2-2 世帯行動のモデル

2-2-1 世帯の消費行動

【農村部】

農村部の世帯は、農村部の産業に従事するものとする。

—農村部労働者—

農村部の世帯の効用最大化問題を以下のように定式化する。

$$\max U^r = \alpha_1 \ln Z_c^r + \alpha_2 \ln Z_f^r + \alpha_3 \ln Z_g^r + \alpha_4 \ln Z_m^r \quad (1)$$

$$s.t. \quad P_c Z_c^r + P_f Z_f^r + P_g Z_g^r + P_m Z_m^r = W_r + y_i + y^* \quad (2)$$

(1), (2) より、以下の間接効用が得られる。

—農村部の間接効用—

$$V_r = V(\Omega_r, P_r, P_f, P_g, P_m) \quad (3)$$

但し、 $\Omega_r = W_r + y_i + y^*$

【都市部】

都市部では、最低賃金の存在により労働市場が清算されず失業者が存在する。

—都市部労働者の間接効用—

農村部労働者と同様に都市部労働者の間接効用を定式化する。

$$V_m = V(\Omega_m, P_r, P_f, P_g, P_m) \quad (4)$$

但し、 $\Omega_m = W_m + y_i + y^*$

—失業者の間接効用—

失業者の効用は、都市労働者の効用の半分で仮定する。

$$V_{ue} = k V_m \quad k = 0.5 \quad (5)$$

—都市部の期待間接効用—

$$E(V_u) = \frac{N_m}{N_u} V_m + \frac{N_{ue}}{N_u} V_{ue} \quad (6)$$

Z_i^r : 産業 i の農村部労働者の需要水準, P_r : 農作物の価格, P_f : 林業製品価格, P_g : 漁業製品価格, P_m : 工業製品価格, W_r : 農村労働者賃金, W_m : 工業労働者賃金, y_i : 産業 i の資本配分, y^* : 地主の利潤配分, N_u : 工業労働者人口, N_m : 失業者人口, N_r : 都市人口 ($N_u + N_m$)

2-2-2 世帯の立地選択行動

世帯は、Logit モデルによって表される立地選択を行う。この行動を式に表すと次の最大化問題として定式化される。

$$S = \max_{P_r, P_u} \left\{ P_r V_r - \left(\frac{1}{\theta} \right) P_r (P_r - 1) \right\} + \left\{ P_u E(V_u) - \left(\frac{1}{\theta} \right) P_u (P_u - 1) \right\} \quad (7)$$

$s.t. \quad P_r + P_u = 1$

S : 世帯の効用代表値, P_r : 農村の立地選択確率, P_u : 都市の立地選択確率 θ : ロジットパラメータ

この最大化問題を解くと、農村、都市部の立地選択確率 (P_r, P_u) は次のように得られる。

$$P_r = \frac{\exp(\theta V_r)}{\exp(\theta V_r) + \exp\{\theta E(V_u)\}} \quad (8)$$

$$P_u = 1 - P_r \quad (9)$$

このときの最大効用値を全世帯で集計すると社会厚生となり以下のように定式化される。

$$SW = N_r \frac{1}{\theta} \ln [\exp(\theta E(V_r)) + \exp(\theta V_r)] \quad (10)$$

2-3 産業の行動モデル

代表的企業で表される各産業は利潤を最大にするように行動するものと仮定し以下のように定式化する。

$$\pi_i = \max_{X_i, N_i, L_i, K_i} P_i X_i - W_i N_i - R_i L_i - H_i K_i \quad (11)$$

$$s.t. \quad X_i = m_i N^{\alpha_i} L^{\beta_i} K^{\gamma_i} \quad (12)$$

キーワード: 海面上昇被害評価、人口移動、失業者

〒501-11 岐阜市柳戸1-1 TEL 058-293-2447 FAX 058-290-1248

$i=c$:農業, $i=f$:漁業, $i=g$:林業, $i=m$:工業, X_i :生産量, N_i :労働者, L_i :土地, K_i :資本, P_i :生産物価格, W_i :賃金, R_i :地代, H_i :資本利子率

ここで、産業は利潤 $\pi_i = 0$ となるように資本配当 ($H_i K_i$) を産業が立地している地域の世帯に均等に配分する。

2-4 不在地主の行動モデル

不在地主は地代収入を得て、その利潤を地代を支払う産業が立地している世帯に地代収入を均等に配分する。

$$\text{地代収入: } \Psi_r = R_c L_c + R_f L_f \quad (13)$$

2-5 均衡条件

【市場均衡条件】

2-1の3.より表1のような11市場が存在し、そのうち内生的に価格が決まるものは4市場とする。また、外生的に決まるものは、国際的に開かれていることを意味する。

表1 変数の分類

	生産物価格	賃金	地代	資本
農業	内生的	内生的	内生的	外生的
漁業	外生的		—	外生的
林業	外生的	外生的	内生的	—
工業	外生的		—	外生的

《市場均衡式》

『農村部』

$$\text{【土地市場】 } L_c^d = \bar{L}_c \quad (14)$$

$$L_g^d = \bar{L}_g \quad (15)$$

$$\text{【農作物市場】 } N_m F_m^d + N_r F_r^d + N_o F_o^d = X_c \quad (16)$$

$$\text{【労働市場】 } N_c + N_f + N_g = N_r \quad (17)$$

F_i :労働者 i の農作物需要水準

N_i :外生セクターの従業者数

『都市部』

都市部については労働需要は一定であるため均衡は成り立っていない。これは、都市部の雇用には限度があるためである。以下に都市部の労働市場について表す。

$$P_m \frac{\partial F_m}{\partial N_m} = W_m \quad (18)$$

最終的に社会経済状態は、以下に示した各市場条件および産業と地主による配分、並びに立地均衡式の解で表現される。

3. 海面上昇の表現

本モデルでは、土地は農業と林業の二つの産業について土地投入が減少すると想定する。ADB(Asia Development Bank)は、バングラディッシュで海面が45cm(100cm)上昇したら国土の11%(21%)の土地が海面下になると予想しており本モデルではADBの予測をもとに利用可能な土地を推定し計測を行っている。²⁾

$$\bar{L}_c \rightarrow \bar{L}_c + dL_c \quad (dL_c < 0) \quad (19)$$

$$\bar{L}_g \rightarrow \bar{L}_g + dL_g \quad (dL_g < 0) \quad (20)$$

4. 海面上昇による被害の定義及び計測

海面上昇時の効用の低下を等価的偏差 EV の概念を

適用することによって海面上昇時の世帯被害を定義する。

[Non-contingent EV]

$$SW^A \left[V_m(P^A, \Omega_m^A + EV), V_r(P^A, \Omega_r^A + EV), V_w(P^A, \Omega_w^A + EV) \right] = SW^B \quad (21)$$

A:海面上昇なし, B:海面上昇あり

世帯被害を集計することによって社会全体の被害となり、社会全体の被害は以下のように定式化する。

[Non-contingent EV による社会全体の被害]

$$SND = (N_r + N'_m + N_{me})EV \quad (22)$$

表2. Non-contingent EV による SND

海面上昇	Non-contingent EV 失業者考慮	SND (taka)	(US\$)	GNP比	GNP比 1 sector
20cm	-148	-5,614,544,925	-183,003,420	-1.07%	-2.21%
45cm	-808	-10,139,169,096	-330,491,170	-1.93%	-4.04%
72.5cm	-1085	-13,609,987,857	-443,611,077	-2.59%	-5.42%
100cm	-1369	-17,167,112,209	-559,553,853	-3.27%	-6.83%

表3. 各シナリオの被害合計

	割引率 4%(us million \$)
2025年海面上昇 20cm	1077.9
2050年海面上昇 100cm	3405.6
2070年海面上昇 45cm	1908.8

5. 海面上昇対策による便益の定義及び計測

海面上昇対策として防潮堤を建設した場合には約2000kmが必要でありその費用が\$300 millionと推定されている。³⁾上記の被害額と比べると非常に有効であると判断される。他の対策の一つとして、工業化を促進し都市部での収容可能人口を増大させる。現在と同じ資本と労働を投入しても工業生産が現在の5%増加した状態を想定する。

[Non-contingent EV]

$$SW^{Kj} \left[V_m(P^K, \Omega_m^K + EV^K), V_r(P^K, \Omega_r^K + EV^K), V_w(P^K, \Omega_w^K + EV^K) \right] = SW^{Kj} \quad (23)$$

K:海面上昇の状態, i:対策なし, j:対策あり

世帯便益を集計することによって社会全体の便益となり、社会全体の便益は以下のように定式化する。

[Non-contingent EV による社会全体の便益]

$$SNB = (N_r^i + N_m^i + N_{me}^i)EV^K \quad (24)$$

表4. Non-contingent EV による SNB

海面上昇	Non-contingent EV 失業者考慮	SNB (taka)	(US\$)	GNP比	GNP比 1 sector
0cm	233	2,919,619,953	95,163,623	0.56%	1.16%
20cm	236	2,959,852,719	96,474,991	0.56%	1.18%
45cm	239	2,992,591,717	97,512,202	0.57%	1.19%
72.5cm	240	3,005,000,890	97,946,571	0.57%	1.20%
100cm	241	3,025,812,219	98,625,887	0.58%	1.20%

6. まとめ

海面上昇による被害は全 GNP の1~3%であることが計測された。海面上昇は、地震などの災害とは異なり海面は長い時間をかけて上昇するため影響も長い時間続く。バングラディッシュの GNP 成長率は最大でも年間1.74%であることを考慮すると、海面上昇による被害は多大なものである。また、海面上昇の対策として都市部の工業化を促進することは海面上昇の被害を半減させ、対策として有効であることが示された。

【参考文献】

- 1) 上田孝行 森杉壽芳 syeda Asma Amin AS-SALEK: A Macroeconomic Model for Damage Evaluation of Sea Level Rise for Developing Countries, 土木計画学研究講演集 19(1), P375-378, 1996. 11
- 2) A. D. B. (1994) Climate change in Asia: Bangladesh country report
- 3) Haq, S and Ali, S. A.: international SLR A national Assessment Effect and Possible Responses for Bangladesh