

海面上昇対策としての最適堤防投資額に関する研究

岐阜大学 正会員
岐阜大学 正会員

森杉 壽芳
小池 淳司

岐阜大学 学生員
岐阜大学 学生員

高橋 靖英
○大橋 勇二
高木 朗義

1. はじめに

近年の地球温暖化問題において、温暖化そのものと並んで心配されているものに海面上昇がある。これに関して IPCCは、2100年までにCO₂の倍増により、約4.5℃の気温上昇と 約65cmの海面上昇が起これと予測しており、対策を講じることが急務とされている。

この対応策について IPCC は、「撤退、順応、防護」の3つを提唱している¹⁾が、沿岸域における大きな経済集積を特徴とする日本については、防護（主として堤防の嵩上げ）が最も有効であるとされている。しかしながら、この対策を行うには膨大な費用（全堤防一律 3.5mの嵩上げに対して約11兆円²⁾）が必要となる。また、この費用は、主に税という形で我々が負担することによって賄われるものであるため、最小限の投資で最大限の効果が得られるような対策が最も望ましい。

そこで本研究では、まず、海面上昇対策を行うことによる被害額の軽減分とそのときの対策費用の差額を、対策による純便益と定義する。そして、この純便益の最大化を満たすときの対策を最適であると考え、将来起こりうる海面上昇に対する最適な堤防投資額を求めることを目的とする。

2. 最適堤防投資額の計測

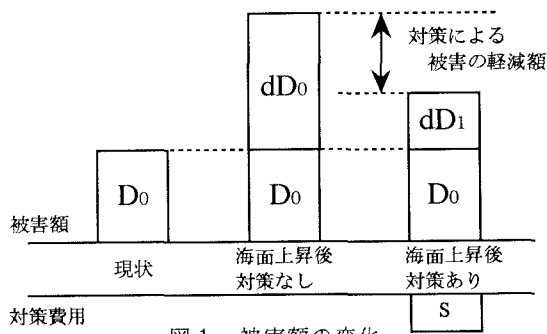


図1 被害額の変化

1. で述べた概念を用いて最適堤防投資額 s を定義すると、 s は次式のように表せる。

$$\max (dD_0 - dD_1 - s) \tag{1}$$

dD は海面上昇後において、現状と比較した被害額の増分であり、サフィックス 0, 1 はそれぞれ対策なし、ありを示している。ゆえに、対策を行うことによる被害額の軽減分を $dD_0 - dD_1$ で表すことができ、この値は対策の程度によって大きく変動すると思われる。また、(1) 式は、これが正である限りは投資を行うに値する状況であり、逆に負になる（被害額の軽減分を対策費用が上まわる）場合は現状のまま対策をしないのが最適であると考えられる。

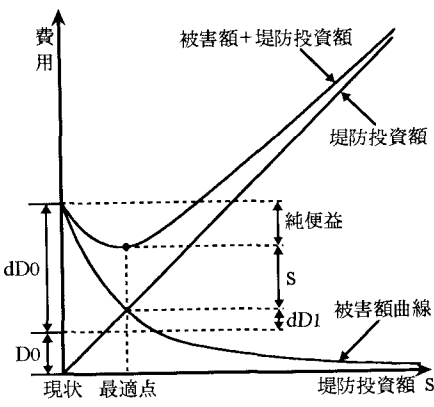


図2 最適な堤防投資額

最適堤防投資額は図2のように表される。この図において横軸は堤防投資額、縦軸は被害額、堤防投資額、および2つの合計のいずれかを示している。縦軸を被害額でみると堤防投資額の増加は被害額の軽減につながるため、被害額曲線は右下がりになると考えられる。また、ある程度の対策までは被害の大きな軽減が期待できるが、投資額を増加させるにつれて軽減分は減少していくので緩やかな曲線になっていくと考えられる。次に縦軸を堤防投資額でみると縦横軸に同じものをとっているため、堤防投資額は45度の直線で描かれる。よって、以上の2つの合計をとると、下に凸の曲

線が描かれ、この曲線と海面上昇後における対策を行わない場合の被害額、すなわち $D_0 + dD_0$ との差の最大点が、最適堤防投資額を示していると考えることができる。

3. 数値計算例

数値計算を実行するために、以下の仮定をおく。

- ① 将来において海面が 1 m 上昇する。
- ② 対策としての堤防嵩上げ高を海面上昇量の 3.5 倍と仮定³⁾し、これを行うことによって被害を現状に維持できるものとする。
- ③ 平常時において海面より下に存在する全ての資産および人口の 10% を実際の被害とする。なお、人命の貨幣価値については米国で計測された統計的人命価値 150 (万 \$/人)⁴⁾ を使用した。
- ④ 堤防の嵩上げに必要な工費は、その嵩上げ高の 2 乗に比例する⁵⁾とし、これに、建設省および運輸省所管の堤防延長約 5700 km を乗じることによって対策費用を算出した。

表 1 は、嵩上げに対する対策費用とその投資によって変化する被害額を示したものである。なお、ここでいう被害額とは前述の仮定に述べたように各状態で海面下に存在する全ての土地および固定資産と統計的人命価値の総計の合計を意味する。

表 1 被害額と対策費用の関係

嵩上げ高	被害額 (D)	対策費用 (s)
0m	32.0 兆円	0 兆円
1.05m	30.0 兆円	1.081 兆円
1.75m	25.4 兆円	3.002 兆円
3.5m	18.8 兆円	12.01 兆円

表 2 パラメータ推定結果

	a	b
係数	-0.04262	3.43037
t 値	-7.16205	92.77068
重相関係数 R	0.98106	

表 3 計測結果

被害額の軽減分	8.5 兆円
投資額	6.4 兆円
純便益	2.1 兆円

ここで被害額曲線を s 軸に漸近する関数、

$$D = \text{EXP}(a s + b) \quad (2)$$

と仮定し、表 1 のデータを用いてパラメータ推定を行った結果を表 2 に示す。t 値, R とともによい値が得られた。

さらに、これを (1) 式に代入し、最適堤防投資額および便益を求めると、表 3 のようになった。これより、最適堤防投資額に対しては、約 1.3 倍の被害額の軽減が期待できるが、純便益は投資額の 3 割程度しか発生しないことがわかる。

4. まとめ

本研究では、海面上昇対策を行うことによる被害額の軽減分とそのときの対策費用の差額を、対策による純便益とし、この最大化を満たすときの投資額を最適堤防投資額と定義した。そして、海面上昇による被害額のデータを利用して、1 m の海面上昇に対して最適堤防投資額を試算したところ 6.4 兆円 (純便益 2.1 兆円) となった。この純便益の値は GNP の約 0.44% (1992 年) となり、適切な投資を行うことができれば十分な効果が期待できると思われる。

ただし本研究では、被害額を海面以下に存在する資産および人口という単純なデータから算出しており、生態系への影響や不安感などの心理的被害は含まれていない。そこで今後は被害額を単なる物的被害のみならず、人々の心理的被害も含めた形で計測するために、等価的偏差 E V の概念を適用し展開することによって、被害額を需要関数のシフトにより生じる消費者余剰の減少分で計測を行う方法をとる予定である。

これらの詳しい計算結果については紙面の都合上、講演時に発表する。

なお、本研究は環境庁地球環境総合推進費を得て行われた研究成果の一部である。

【参考文献】

- 1) 伊藤隆夫：海面上昇による臨海部への影響と対策，土木学会誌，1994.
- 2) 三村信男、磯部雅彦：日本に対する海面上昇の影響と対応策，p. 28，1992.
- 3) 根木貴史：海面水位上昇等による臨海部の社会経済活動への影響とその対策に関する調査（第 2 報）、みなとの防災 114 号，p. 166.
- 4) Fankhauser, S.: Some Monetary Estimates, CSERGE Global Environmental Change Working paper, GEC 92-2, 1994.
- 5) 海岸保全施設構造例集，全国海岸協会，1982.