

海面水位の上昇による臨海部への影響に関する研究

竹下正俊*・高津宣治**・大神孝明***
泉 浩二****・宮崎 祥一****

1. はじめに

近年大気中の CO₂ に代表される温室効果ガスの濃度の増加により地球規模で気温の上昇が予想され、それに伴う海水の膨張や極水の融解による海面水位の上昇が懸念されている。IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) 等によるこれまでの研究でも、その影響は、沿岸域の浸水といった物理的影響のみならず、社会・経済、環境、文化等広範にわたることが予測されている。ことに長い海岸線を有し、人、資産が臨海部に集中している我が国は、万一、海面水位の上昇が現実化し、有効な対策が講じられない場合には、甚大な被害を受けることも考えられる。

そこでまず、影響の種類、被害の程度などを大づかみに把握した上で、詳細な調査研究、効果的な監視システムや対策工法の開発など対応策の確立を順次進めていくことが必要である。

本研究ではこのような観点から、①海面水位の上昇が臨海部に与える影響を「影響伝播フロー」の形で定性的に把握するとともに、②全国11港湾において、ケーススタディ的に影響の種類、発現位置、程度をできる限り明きらかにし、さらに、③全国地域別の被害ポテンシャル(氾濫域面積、氾濫域内人口、氾濫域内資産額)を算定した。

2. 海面水位の上昇量(既存の研究より)

主として、人為的な温室効果ガスの排出によって過去100年間に全地球上平均気温が0.3~0.6℃上昇し、海面水位は1~2 mm/年の速度で上昇している(Barnett, 1984)。

海面水位の上昇量の予測としては、IPCC 第1作業部会(1990)、気候問題懇談会温室効果検討部会(1990)のものがある。

これらを図示すると、図-1 のようであり、両者の予

測とも時期的なずれはあるが約1 mを越えない範囲である。

本研究では、臨海部での影響を定性的に分析する際には、影響の拾い出し易さ(上昇幅が小さいと顕著な影響を拾い出せない恐れがある)を考えて、約1 mの海面水位の上昇を前提として念頭におくとともに、被害ポテンシャル算定の前提としては、65 cm(IPCC の予測中心値)と100 cm上昇(同予測上限値110 cmをまるめた値)の2ケースを設定した。

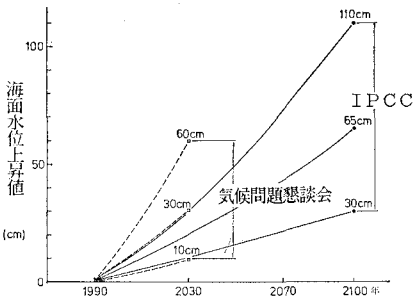


図-1 海面水位上昇量の予測

3. 海面水位の上昇が臨海部に与える影響の把握

「海面水位の上昇」というインパクト(比較的短期間に海面水位が1 m程度上昇すると想定)により発現する「影響」を抽出し、「影響」の波及過程を考察することにより各「影響」相互の関係を明らかにし「影響伝播フロー」を作成した。ここでは、その概略を図-2 に示す。

影響のもつ性格は、影響の「受け手」によってプラ

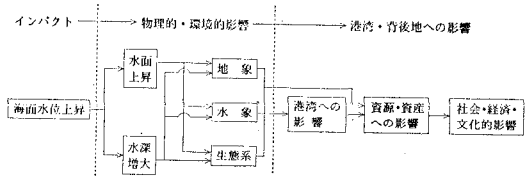


図-2 影響伝播フロー

* 正会員 運輸省港湾技術研究所計画基準研究室長
** 運輸省港湾局開発課
*** 三井共同建設コンサルタント(株)
**** 正会員 運輸省港湾局防災課災害対策室

ス、マイナスの両面が考えられるが、本研究ではマイナスの影響に目を向けている。

以下、図-2 に解説を加える。

(1) 物理的・環境的影響

「海面水位の上昇」は潮汐や台風等による異常潮位といった周期的あるいは一時的な現象ではなく、長いタイムスケールの地球温暖化という現象に由来するものであり、その結果生起する物理的現象も、長いタイムスケールにわたって継続する。

「海面水位の上昇」は「水面上昇」と「水深増大」という2つの物理的事象に分けて考えることができる。

一般に、水面上昇による影響は、潮位差が大きな地域と小さな地域では異なり、潮位差が大きな地域ほど海面水位上昇前の満潮位を越える水位の継続時間は短く、潮位差が小さな地域(例えば、太平洋側に比べて日本海側)ほど海面水位上昇前の満潮位を越える水位の継続時間は長い(図-3)。

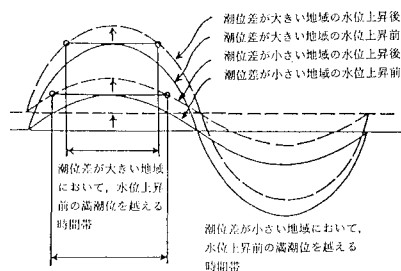


図-3 潮位差による海面水位の上昇の影響の違い

a) 地象

海面上昇による汀線の後退、侵食作用の助長により国土が喪失される。また、台地、丘陵、山地が海岸に接する地域では、地滑り、崖崩れ等の土砂災害が新たに発生する恐れがある。

河口では、海面上昇により、河口の後退、河口閉塞等が考えられる。運搬物質の多い河川では、堆積域が上流に移り、洪水、土砂氾濫の恐れがある。また、感潮域が上流側にシフトすることにより、ブロック形成による堆積もやや上流側にシフトして発生する。

海面上昇により、地下水位が上昇し、地盤の構成材料の特性によっては地震時に液状化現象が発生する恐れがある。

b) 水象

汀線の後退、水深の増大により、沿岸海域の流況が変化する可能性がある。また、これに伴う水質分布の変化が考えられる。

c) 生態系

水深増大に伴い潮間帯を中心とした極浅海域が減少

し、その結果、極浅海域の幼稚仔育成機能、水質浄化能力の低下が生じる。また、塩分影響域の拡大に伴い河口、潟湖などの汽水域の塩分が増加し、その結果、淡水性・汽水性生物の行動、生理(浸透圧調整、代謝等)、発生に影響が現れる(中央水産研究所, 1989)。

なお、沿岸～浅海域の植物による光合成活動が衰退すると、炭酸同化作用の低下による CO_2 の増加をもたらす、さらに、温暖化、海面水位の上昇へと波及するという悪循環が繰り返される可能性もある。

(2) 港湾への影響

港湾への影響は前述の物理的・環境的影響によりもたらされる。海面水位の上昇の港湾への影響は図-4 のように整理することができる。

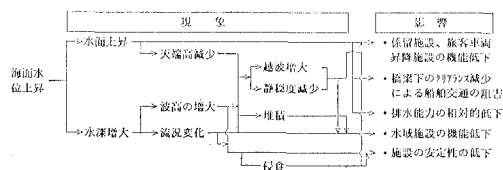


図-4 海面水位の上昇の港湾への影響

a) 係留施設・旅客車両昇降施設の機能低下

・岸壁

港湾施設の天端高は、各施設によって異なるが、H. W. L. 上に必要な高さを加えることによって設定されている。岸壁については表-1 の値を標準とすることとされている。特に、潮位差 3.0m 以上の地域の小型岸壁は、1m の海面上昇により、H. W. L. が天端高を越え水没する。

表-1 岸壁の天端高の標準値

	潮位差3.0m 以上	潮位差3.0m 未満
大型岸壁 (−4.5m 以上)	0.5~1.5m	1.0~2.0m
小型岸壁 (−4.5m 未満)	0.3~1.0m	0.5~1.5m

また、水深増大に伴う波高の増大、水面上昇に伴う越波の増大に伴い岸壁前面の静穏度が減少し、岸壁の供用日数の減少、荷役効率の低下の恐れがある。

さらに、水面上昇による防舷材の水没や位置不適切、静穏度減少による係船柱・係船索に作用する索引力の増大が生じる恐れがある。

・旅客・車両昇降施設

海面上昇により、旅客・車両昇降施設の斜路部分の勾配が基準(12%以下であること)を越えてしまう恐れがある。

b) 橋梁下のクリアランス減少による船舶交通の阻害

海面上昇によりクリアランス（船舶のマスト高、海洋構造物の高さ等にトリム、波による動揺および余裕高を加えた高さ）を確保できなくなる恐れがある。

c) 港湾内低地の排水能力の相対的低下

海面上昇は、水位差を大きくするとともに、水位より低い地盤をより高頻度、広範囲に出現させる恐れがある。

d) 水域施設の機能低下

波高の増大、越波の増大に伴う静穏度の減少、港内流況の変化の恐れがある。

また、侵食・堆積傾向の変化により、航路・泊地が埋没し必要な水深を確保できなくなる恐れがある。

e) 施設の安定性の低下

防波堤、岸壁では海面上昇と水深増大に伴う堤前波高、波力、浮力の増大による安定性の低下および、天端高不足対策のためのかさ上げを実施した場合には受圧面積の拡大による安定性の低下の恐れがある（図-5）。

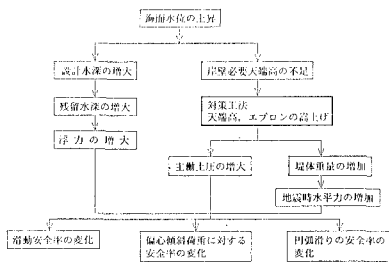


図-5 海面水位の上昇が岸壁の安全性に与える影響

堤防等の海岸保全施設についても同様のことがいえ、また、海面上昇により汀線が後退するとともに海浜の安定性がぐずれ侵食作用が助長されることにより、構造物の安定性が低下する恐れもある。

(3) 背後地への影響

前述の「物理的・環境的影響」は「港湾への影響」を経由して、ないし直接的に「資源・資産への影響」となって現れる。「資源・資産への影響」は「社会・経済・文化的影響」へと波及していく。

a) 資源・資産への影響

・水資源

河川では従来からの感潮域の上流側へのシフト、新しい感潮河川の発生により、これらの水を農業・工業・上水用等に利用している場合、取水地点の位置によっては塩水化の影響を受ける恐れがある。また、沿岸の地下水は塩水がより内陸側まで侵入することにより、井戸の位置、取水孔の深度によっては塩水化の影響を受ける恐れがある。

・生物資源

汽水域や沿岸域の魚介類、藻類等の有用水産資源は、生息域の減少、塩水化、流況の変化に伴う水質分布の変化、光量・水温の変化によってその生息・生育環境が変化するため資源量及びその分布が変化する恐れがある。

・観光資源

国土の喪失、生態系の変化によって、景観資源の喪失の恐れがある。また、海浜の縮小、その他観光施設の水没により、観光資源が減少する恐れがある。

・一般資産

海面上昇に伴う破堤、漏水等による浸水、海岸保全施設を越える越波による被害が生じる恐れがある。家屋、家財及び事業所、設備、在庫等の一般資産は浸水の流速、水深、湛水継続時間によりその受ける被害の程度は異なる。公共公益施設も同様であるが、間接的に波及する影響はより大きい。

低平地の河川では海面上昇により排水先に対し自然勾配が取れなくなる恐れがある。また、河口付近では、海面上昇に伴い河川水位が上昇する。

低平地にある鉄道、道路は冠水、流失の恐れがある。また、地下部にある鉄道、道路や電力、ガス等の埋設管、共同溝は浸水の潜在的危険性が高まる。

b) 社会・経済・文化的影響

前述の諸施設の冠水、流失等による直接的被害が発生すると、これに伴ってこれらの施設が果たしていた機能が停止あるいは低下することになる。機能の停止・低下の期間が長く、範囲が広いほど社会・経済・文化活動に波及する影響は大きくなる。

4. ケーススタディ

(1) ケーススタディ港湾の選定

以上で述べてきた海面水位の上昇の影響について、ケーススタディにより詳細（どこで、どの程度）に把握するため、全ての港湾を、「港湾の置かれている自然条件による分類（Ⅰ）」及び「港湾及び背後地の特性による分類（Ⅱ）」のマトリックスにより類型化し、各類型を代表するケーススタディ港湾（以下、代表港湾）を選定した。若干の説明を加えると以下のとおりである。

全国の海岸の海象条件データ（潮位、波高、沿岸地形）を統計処理した結果、沿岸地形がそこに位置する港湾の波高、潮位条件を代表しており、結論として、沿岸地形を次の4つに分類した場合、よりよく判別できることがわかった。

- | | |
|----------------|-----|
| ①閉鎖性内湾・内海 | 分類Ⅰ |
| ②開口性湾・外海/日本海 | |
| ③開口性湾・外海/太平洋北部 | |
| ④開口性湾・外海/太平洋南部 | |

港湾及び背後地の特性は、港湾の用途、背後の都市規

模、背後地の勾配などにより無数に分類することができ
るが、ここでは大きく次の4つに分類した。

- A 大都市の港湾
B 地方中核都市の港湾
C 地方都市の港湾
D その他の地方の港湾
- } 分類Ⅱ

次に、分類Ⅰと分類Ⅱのマトリックスによってできた
類型に全国の港湾をあてはめ、港湾の活動状況、地形的
特性等を勘案し、できるだけ多くの影響項目が拾い出せ
ることを観点として、各類型から原則として1つ、合計
11港の代表港湾を選定した(表-2)。

(2) 代表港湾における影響の分析

前述の影響を23項目に整理し、代表港湾11港におい
て各「影響」程度を、独自に定めた基準でA(かなりあ
る), B(ある), C(ほとんどない)の3ランクに分け
評価した(表-3)。

5. 全国地域別被害ポテンシャルの試算

(1) 被害ポテンシャル

海面水位の上昇による第一次的な被害のポテンシャル
は「氾濫域面積」、「氾濫域内人口」、「氾濫域内資産額」
で表現できる。氾濫域とは「計画対象とした高潮、津波
等が来襲し、堤防・護岸等が全くないと想定した場合の
浸水区域」であり、これら3つの指標は被害「量」では

表-2 代表港湾の一覧

類型	代表港湾	管理者	類型	代表港湾	管理者
A-①	東京港	東京都	C-①	大牟田港	福岡県
A-②	博多港	福岡市	C-②	C-③に含める	—
A-③	該当なし	—	C-③	石巻港	宮城県
A-④	—	—	C-④	C-③に含める	—
B-①	広島港	広島県	D-①	和門港	福井県
B-②	新潟港	新潟県	D-②	新島港	東京都
B-③	釧路港	釧路市	D-③	久礼港	高知県
B-④	清水港	静岡県	D-④	—	—

なく(実際に冠水するという意味ではなく)、あくまで
「ポテンシャル」を表現するものであることに留意する
必要がある。

(2) 算定方法

a) 使用データ

氾濫域面積の算定には「国土数値情報(国土庁・国土
地理院)」磁気テープの標高(ファイル名:KS-100-1)、
海岸線位置(同KF-5)、土地利用別面積(同KS-200)
の各メッシュデータ、氾濫域内人口の算定には「昭和60
年度国勢調査(総務庁)」磁気テープの人口メッシュデ
ータ、氾濫域内資産額の算定には「国民経済計算(経済
企画庁)」の純固定資産額を使用した。

b) 算定手順

氾濫域面積の算定は、まず、海岸線データにより運輸
省所管の海岸を抽出し、次に、標高データをつかって、
運輸省所管の海岸線から内陸側
に向かって、与えた氾濫水位より
標高の低いメッシュを拾って
いき、その面積を土地利用別
(15分類)に集計した。

氾濫域内人口及び氾濫域内資
産額は、先に得られた氾濫域に
人口メッシュデータ及び純固定
資産額メッシュデータ(各都道
府県の純固定資産額を人口で重
みづけしてメッシュに分配し作
成)を重ね合わせるにより
算定した。

c) 氾濫水位の設定

氾濫域は、氾濫水位(=計画
高潮位+1/2 設計波高+海面水
位上昇量)が背後地盤と交わっ
た地点の等高線と現汀線とで囲
まれた区域である。計画高潮位
及び設計波高は地域特有のもの
であるが、ここでは、4.(1)で
大きく4地域に分類した沿岸地
形(分類Ⅰ)毎に、各分類に属

表-3 各港湾における影響程度の評価

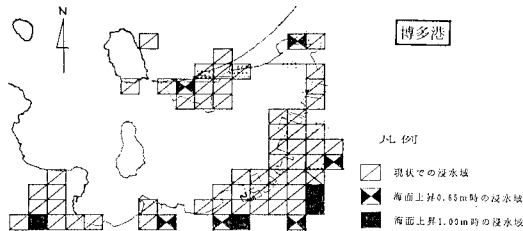
影 響 項 目	各 港 湾 に お け る 影 響 程 度										
	東京港	博多港	広島港	新潟港	釧路港	清水港	大牟田港	石巻港	和門港	新島港	久礼港
環境の影響											
地象											
国土の喪失	A	B	B	A	B	B	B	A	C	C	C
河川閉塞	C	B	C	B	C	C	B	B	B	A	B
土砂災害	C	B	C	A	B	C	C	B	A	A	B
地震時液状化	A	B	B	A	B	B	C	A	C	C	C
水象											
水質分布の変化	C	B	C	C	C	C	B	A	C	C	B
河川水・地下水の塩水化	A	A	A	A	A	B	A	A	B	C	B
生態系											
	B	A	B	C	C	C	A	C	C	C	B
港湾への影響											
係留・旅客車輛昇降施設の機能低下											
越波増大による岸壁の機能低下	C	B	C	A	A	B	C	B	A	A	B
防波材・係留柱の機能低下	B	B	A	A	B	B	C	B	A	B	B
旅客・車輛昇降施設における視野・風圧の変化	B	B	B	A	B	B	B	B	A	B	B
橋梁下のクリアランス減少	A	A	C	—	—	B	—	C	C	—	B
排水能力の相対的低下	A	B	B	A	B	B	B	A	C	C	C
水域施設の機能低下											
潮流変化による水域施設・水面保管施設の機能低下	C	B	C	C	C	C	B	C	C	C	B
静穏度減少、越波増大による水域施設・水面保管施設の機能低下	C	B	C	A	A	B	C	B	A	A	B
水域施設・水面保管施設の埋没	C	B	C	A	C	B	B	B	A	A	B
施設の安定性の低下											
浮力・波力増大による施設の安定性の低下	C	B	C	A	A	B	C	B	A	A	B
構造物の基礎の洗掘による安定性の低下	C	B	C	A	A	B	C	B	A	A	B
侵食による海浜の減少	C	B	C	A	B	B	B	B	A	A	B
背後地への影響											
資源・資産への影響											
水資源	C	C	C	B	B	B	B	B	B	C	B
生物資源	B	A	A	B	A	A	A	A	A	B	C
観光資源	B	A	B	B	C	B	A	A	B	A	C
一般資産	A	B	B	B	C	B	C	B	C	C	C
社会・経済・文化的影響											
	A	B	B	B	C	B	C	B	C	C	C

【凡例】A: 影響がかなりあると考えられる。 B: 影響があると考えられる。 C: 影響はほとんどないと考えられる。

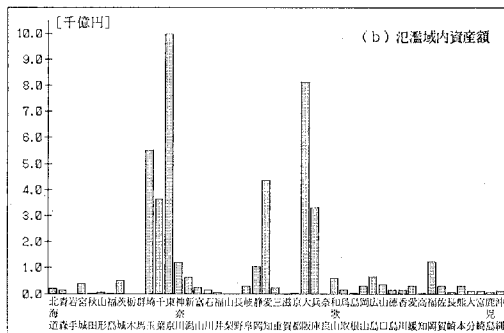
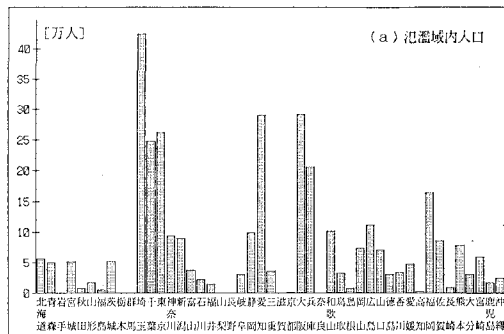
表—4 氾濫水位の設定

(単位:m)

	現 状 計画高潮位+1/2設計波高	海面水位上昇時	
		現状+0.65	現状+1.00
閉鎖性内湾	3.60	4.25	4.60
日本海	3.10	3.75	4.10
太平洋北部	5.10	5.75	6.10
太平洋南部	4.20	4.85	5.20



図—6 海面水位の上昇による氾濫域の増大(例)



図—7 都道府県別被害ポテンシャルの増加

する地域の相加平均値を設定した(表—4)。

d) 算定結果

全国の氾濫域面積が現状より約3割増大する(図—6)

ことに伴い、氾濫域内人口は現状より約330万人増加し、約1800万人に達するとともに、氾濫域内資産額は現状より約30兆円増加し、約150兆円に達する。

都道府県別の氾濫域内人口、氾濫域内資産額(海面水位が100cm上昇したことによる増加分)を図—7(a)(b)に示す。

氾濫域面積は関東、中部、九州北部、有明海沿岸など沖積平野が広がっているところで増加が著しいが、氾濫域内人口は、氾濫域面積に人口密度が加味されるため、大阪、兵庫でも増加が著しく、また、氾濫域内資産額の増加は、資産が集中している東京、大阪で著しい。

6. おわりに

本研究は、海面水位の上昇から臨海部を守るために、海面水位の上昇による臨海部への影響をできる限り多く拾い出し、影響の全体像をつかむことを主眼としている。以上で述べてきた影響の中には、メカニズムが解明されていないもの、定量化されていないもの、地域(場所)が特定されていないものなどが多くある。今後は、これらを課題として海岸工学的な見地からの研究が進むことが期待される。

また、被害ポテンシャルは、全国を大きく4つに分けて氾濫水位を与えるなど、算定の各ステップで簡便化を図っており、全国地域毎に各々氾濫水位を与えればさらに精度が高まると考えられることを付記しておく。

最後に、本研究は運輸省港湾局防災課の「海面水位の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」の一部として実施したものであり、有益なご指導、ご助言をいただいた東京大学工学部島崎敏一助教授はじめ関係者の方々に深甚な謝意を表します。

参 考 文 献

- 気象庁編 (1989): 異常気象レポート'89, pp. 313-319.
- 気候問題懇談会 (1990): 温室効果気体の増加に伴う気候変化(II), pp. 67-82.
- 運輸省港湾局 (1989): 海面水位の上昇問題について, 36 p.
- 中央水産研究所編 (1989): 地球環境変化と海洋生態系および水産業に関する調査研究, 103 p.
- 日本港湾協会編 (1989): 港湾の施設の技術上の基準・同解説(下巻), 499 p.
- IPCC WGI (1990): Policymakers Summary of the Scientific Assessment of Climate Change, 27 p.
- 三村信男・磯部雅彦・灘岡和夫 (1990): 海面上昇・気候変動による沿岸域への影響と対応策, 海岸工学論文集第37巻, pp. 863-867.