

B-10 地球温暖化による海面上昇の影響予測に関する研究

(1) 海面上昇による沿岸への影響予測に関する研究

	研究代表者	建設省国土地理院	赤桐 毅一
建設省国土地理院			
地理調査部	地理第二課	谷岡 誠一 赤桐 毅一 高沢 信司	
		田口 益雄 黒木 貴一	
(委託先)	東京大学生産技術研究所	村井 俊治 柴崎 亮介 垣内 博昭	

平成2-4年度合計予算額 47,350千円

[要旨] 温室効果ガスの濃度上昇による地球温暖化は、海面上昇をもたらすと言われている。IPCCの推定によれば紀元2100年までに65cmの上昇量が推定されている。海面上昇は、浸水、高潮、洪水、越波、塩水侵入などの災害を引き起こし、全世界の沿岸域の人間生活に多大な影響を及ぼすことが予測されている。よって、長期間の影響が懸念される海面上昇に対し、何らかの対策を策定することが求められている。

当研究においては、国土に関する基礎情報が整備されている国内と、それらが整備されていない国外の両方に研究対象地域を設定し、沿岸低地の地盤高情報、土地利用情報、社会経済統計資料から求めた各種資産（地価、生産性など）の土地利用ごとの原単位（単位面積あたりの資産量）を組み合わせることで、浸水が予想される地域の経済的損失および被害人口を把握する手法を開発した。その結果は、海面上昇の対策の一環として、調査の基礎を担う重要な役割を果たすものと考えられる。

国内においては平成2年度、3年度は日本の典型的な海岸平野である熊本平野（以下熊本地区とする）に調査地域を求め、2年度は電算機を用いた効率的な地盤高情報の取得法の開発、3年度は地盤高、土地利用、原単位を組み合わせ、海面上昇による浸水地域の経済的損失および被害人口を明らかにした。平成4年度は愛知県内の濃尾平野（以下濃尾地区とする）を調査し、3年度の内容に、高精度な原単位の取得法の開発、既往災害履歴を考慮した海面上昇に対する危険度図の作成も盛り込み、手法の充実を図った。

国外においては平成2、3年度はタイ国のバンコク地域を調査し、2年度は、衛星画像による土地利用図の作成、3年度は、土地利用情報、既得地盤高情報、原単位を組み合わせ、浸水域の経済的損失と被害人口を明らかにした。また、平成4年度はバンコクに東隣するバンパコン地域において、衛星情報を用いた土地利用情報、衛星情報を加工して得た地盤高情報、原単位を組み合わせ、浸水域の経済的損失と被害人口を明らかにした。

[キーワード] 海面上昇、地盤高、原単位、社会経済的損失、リモートセンシング

1. はじめに

地球温暖化にともなう海面上昇は、全世界の沿岸低地に浸水、高潮、洪水、塩害などの災害を引き起こし、多大な影響を及ぼすことが懸念されている。このような海面上昇は、長期的か

つ多大な影響をおよぼすので、その対策を策定することが急務である。対策の内容としては、影響把握調査から始まって、海面上昇に応じた対策施設の計画と建設、あるいは沿岸地域からの移住など多岐にわたる。その中で、基礎的な影響把握調査の一環として、海面上昇によって浸水が予測される地域を明確にし、そこに存在する経済的資産と、居住人口を把握することは、不可欠である。当研究は地盤高情報、土地利用情報、社会経済統計資料の3種類の情報を組み合わせることにより、任意の区域の資産量が推定できることに着目し、上記のような影響を把握する手法を開発することを目的としたものである。

2. 研究方法

当研究の枠組みは、図1に示すものである。基礎的な情報として、地盤高情報、土地利用情報、社会統計資料の3種類がある。

地盤高情報は、国内の場合、水準測量、航空写真測量などの方法によって図化された地図をもとに取得したものであり、地盤高の値は1m単位に把握されている。国外の場合、バンコク地域では部分的ではあるが既得地盤高情報があり編集して用いた。バンパコン地域では地盤高情報がなかったので、衛星画像をもとにバンコク地域の地盤高情報を外挿した形で取得した。

土地利用情報は、国内においては土地利用図（熊本地区）、宅地動向調査情報（濃尾地区）を用いた。タイ国の場合は既得の土地利用情報がないため、衛星画像を用いて、教師データを用いた最尤法分類による土地被覆分類図を用いた。

上記二つの情報はいずれも画像情報化し、効率的な電算処理を可能にした。

社会経済統計資料は、国勢調査による人口統計資料、地価公示表、住宅統計、経済統計、などを使用した。なお考慮した資産の種類は、国内においては移動不可能な資産として、地価、構造物（建物）、撤退可能な資産として償却資産（家財道具、事務機器）、在庫資産（商品）、および財サービスの生産額をしめす生産性である。また、人口については撤退しなければならない居住人口と就業人口を考慮した。タイ国の場合は項目はこれよりは少ない。

地盤高、土地利用情報をもとに、仮定される海面上昇量に基づいた土地利用別浸水面積を求めた。また、土地利用情報、社会経済統計資料をもとに、原単位を取得した。そして、土地利用別浸水面積と、土地利用毎に求めた原単位をかけあわせることで、浸水地域の資産量および人口を把握することになる。

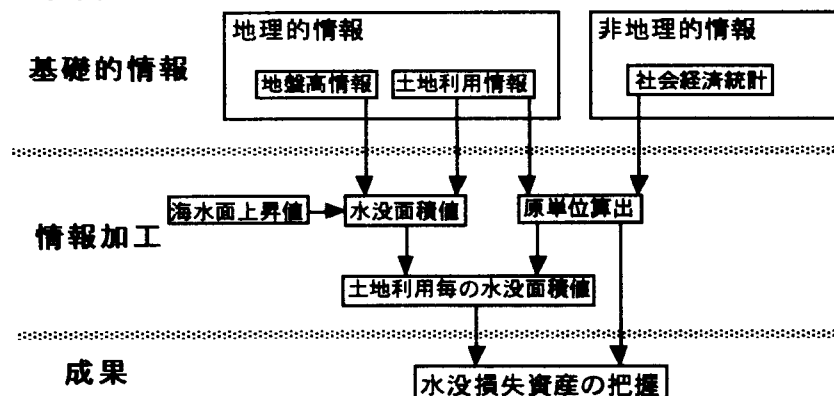


図1 当研究の基本的枠組み

次項以下で具体的な事例を挙げるが、時間の大部分を費やしたのは、これら3種類の基礎的情

報の取得方法と原単位の算出方法であった。タイ国においては地盤高情報と土地利用情報は未整備の状態、広範囲の地表情報を一時に取得できる衛星情報を用いて取得した。この手法は、今後において、情報が未整備である開発途上国で海面上昇の影響を把握する際に役立つものである。また社会経済統計指標と土地利用情報の対応づけを系統的に把握することを可能にしたので、任意の形態をとる浸水地域の資産推定を定量的に可能にした。

3. 事例研究

(1) 国内

日本国内では、国外に比べて利用可能な基礎的情報が整備されている。我々は、効率的な情報の利用と、手法を確立することを主眼において研究を行った。

① 熊本地区

平成2、3年度にわたっては日本の典型的な海岸平野である熊本平野を調査対象地域として研究を行った。平成2年度においては、海面上昇による想定浸水域の把握に利用しやすいように、1:2,500国土基本図の地盤高情報を効率的に編集し平野全体を概観できる地盤高図を作成するプログラムを開発した。平成3年度においては、2年度で得られた地盤高情報、土地利用図より得た土地利用情報、各種社会経済統計を用いて、海面上昇幅1mおきの(地盤高0-2mにおいては25cmおき)浸水域と影響を受ける社会経済資産の把握を行った。

② 濃尾地区

平成4年度においては、愛知県の濃尾平野地域で地盤高5m以下の地域(図2)について海面上昇によって影響を受ける社会経済的資産の把握を行った。

地盤高情報は国土地理院の濃尾平野の地盤高図を使用した(図3)。土地利用情報は、1987年の中部圏宅地利利用動向調査データを海面上昇の影響評価に適合した土地利用項目に再区分して用いた。

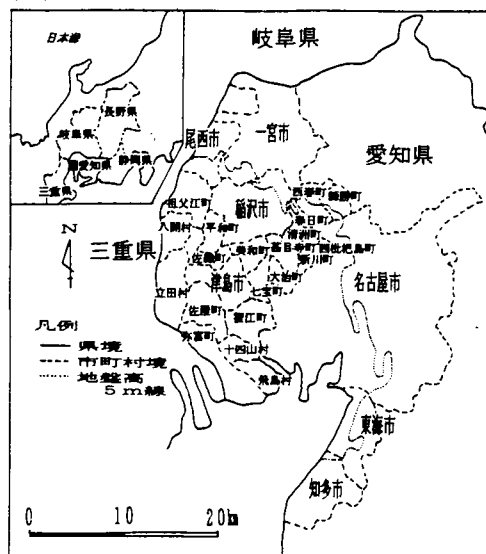


図2 濃尾地区



図3 濃尾地区地盤高の概略図

また、社会経済統計指標は、人口統計、地価公示、住宅統計などから得た。これらの統計の指標は、世帯あたり、人あたりで表示されているものが多かったが、原単位算出に用いることができるように、人口密度など用いて、面積あたりの指標に換算する作業を行った。これら基礎的情報の出典については図4に示している。

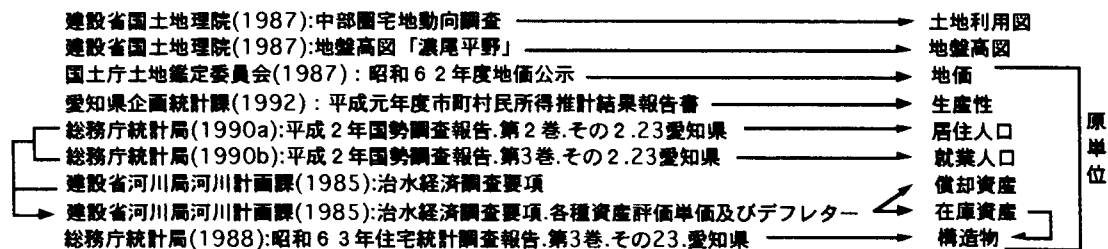


図4 基礎的情報の出典一覧. 濃尾地区

原単位の算出方法であるが、対象地域内の資産密度および人口密度の不均一性が高ければ高いほど、その原単位を用いた推定値の精度は下がる。原単位を把握するスケールが小さいほど（国よりも県、県よりも市）均一性が高まるので精度が高くなる。しかし、これは取得できる統計の集計範囲にも依存する。濃尾地区においては、把握スケールの違いによる影響評価の誤差を検討するために、3種類の把握スケールを設定した。一つは対象地域全域で一括算出する（熊本地区で用いた方式）ものである。二つ目は地域内の都市化の程度に応じて3つの都市群を設け、それぞれの都市群の原単位を把握するものである。三つ目は対象地区の全27市町村それぞれの原単位を把握するものである。結果は後段で示される。

(2) 国外

国外、特に開発途上国においては、基礎的情報の未整備な場合が多い。そこで、広範囲の表層情報を一時に取得できるリモートセンシングの手法を用いて基礎的情報（特に土地利用情報、地盤高情報）を取得する手法をタイ国において確立した。なお、この研究はタイ国科学技術エネルギー省国家研究評議会(NRCT)リモートセンシング部と現地調査、資料収集などについて共同して行ったものである。

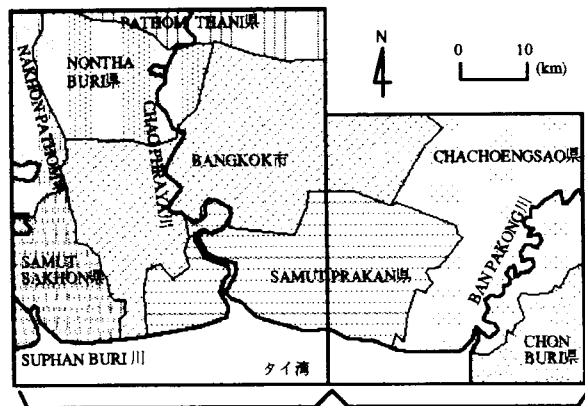
① バンコク地区

平成2、3年度はタイ国バンコク地区を調査地域に選定した。調査地域は図5に示すとおりである。平成2年度においては、ランドサットの画像情報より、教師データを用いた最尤法分類を行い、土地利用情報を取得した。平成3年度において、既得の地盤高情報を編集し、収集した社会経済統計を組み合わせることで海面上昇により影響を受ける資産の把握を行った。

② バンパコン地区

平成4年度はバンコク地区に東隣するバンパコン地区を調査地域とした（図5）。バンコク地区においては地盤高情報が部分的ながら整備されていたが、当地区は未整備の状態であった。我々は、地盤高情報の取得手法として、バンコク地区における地盤高と、地形分類項目の対応関係に着目し、衛星画像情報をもとにしたバンパコン地区の地形分類情報に地盤高情報を外挿した。このようにして得た地盤高情報と、衛星画像情報で得た土地利用情報、社会経済統計を用いて、浸

水地域の推定と、影響する社会経済資産の推定を行った。なおバンパコン地区の基礎情報の出典は図6に示すとおりである。



平成2.3年度研究地区 (バンコク地区) 平成4年度研究地区 (バンパコン地区)
 図5 研究対象地域 (タイ国)

- 1 東京大学生産技術研究所(1993):LANDSAT(1987)による土地利用図 → 土地利用図
- 2 NSO(1991):Subdistrict, District and Province Map of Thailand → 地価高図
- 3 東京大学生産技術研究所(1993):LANDSAT(1987)による地形分類図 → 地価高図
- 4 建設省国土地理院(1991):平成3年度「地球の温暖化による海面上昇の影響予測に関する研究作業」報告書 → 生産性
- 5 *NRCT(1993a):Estimated Land Price in Bangkok and its Vicinity → 地価
- 6 Center for Agricultural Statistics Office of Agricultural Economics, Ministry of Agriculture and Co-operatives (1991):Agricultural Statistics of Thailand Crop Year 1990/1991
- 7 Department of Fisheries, Ministry of Agriculture and Co-operatives(1991): Statistics of Shrimp Culture Year 1988-1989
- 8 *NRCT(1993c):Population List of Tambon → 居住人口
- 9 *NRCT(1993b):Number of Working People Classified by Type of Occupation → 就業人口

図6 バンパコン地区基礎的情報の出典一覧

4. 結果

上記のような手法を用いて、1mの海面上昇が起こった場合の浸水範囲について、濃尾地区と、バンパコン地区について、図7、図8に示す。1mの海面上昇量はIPCCの中位推定によれば約150年後に起こるものである。



図7 濃尾地区浸水範囲 (無地部分)

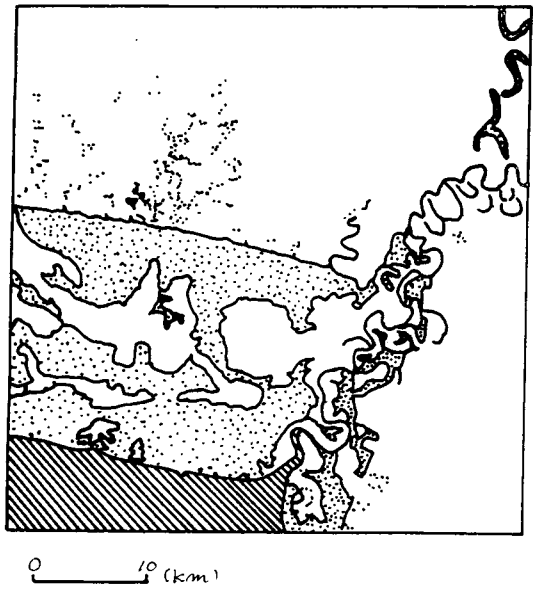


図8 バンパコン地区浸水範囲 (点紋部)

また、濃尾地区において、海面上昇が続いた場合の被害の推移は図9に示すようになる。図9では資産の一種として、地価を例に示しているが、海面が1m上昇するごとに被害金額が増加するのが明らかである。地価の場合は1m海面が上昇した場合約36兆円分の資産が失われることになる。また、濃尾地区では、海面が1m上昇した場合には図10に示すような各種資産の被害が出るのが明らかになった。

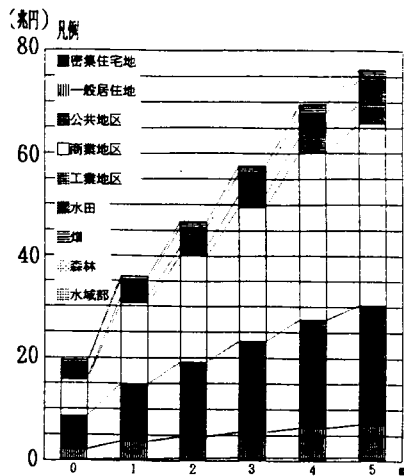


図9 被害地価額の推移（濃尾地区）

社会経 済資産	地価	構造物	償却資 産	在庫資 産	消失利 益	居住人 口	就業人 口
単位	億円	億円	億円	億円	億円/年	人	人
密集居 住地	3995	3599	1332	0	0	71044	
一般居 住地	34033	32504	12011	0	0	685348	
公共地 区	111190	2435	4874	132	4544		35266
商業地 区	156500	4177	8353	3012	18323		218118
工業地 区	13082	2819	5636	3118	11551		157665
水田	33558	49	95	13	105		8927
畑	7554	21	33	8	31		2357
森林	109	0	0	0	1		6
水域	0	5	8	1	10		267
合計	360021	45609	32342	6284	34565	756392	422606

図10 海面上昇1m時の損失資産一覧（濃尾地区）

図11には、バンパコン地区の被害人口の推移が示されている。また、図12には、海水面が1m上昇した場合の損失資産額について示した。

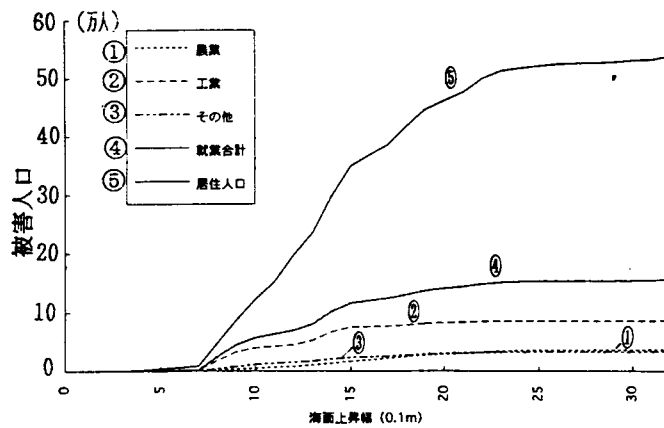


図11 被害人口の推移（バンパコン地区）

土地利用		乾田	湿田	果樹園	養殖場	マングローブ	商工業地域		住宅地域	計
原 単 位 項 目	地価 (10 ⁴ 円-㍴)	水田 1878	2769	果樹園 621	えび養殖場 935	裸地 844	商工業地域 5571		住宅地域 173	12790
	生産高 (10 ⁴ 円-㍴)	一期作 9432	二期作 22396	一期・二期 3779	*えび養殖場 85465		*商業地域 695	*工業地域 2888		124655
	居住人口 (人)							居住地 122079		122079
就業人口 (人)						農業 4977	その他 11703	工業 39801		56481

図12 海面上昇量1mの場合の損失資産一覧表（バンパコン地区）

被害の様相としては、海水面上昇に応じて、被害が予想される時期に差が出ることも明らかになった。図13には、熊本地区における、土地利用ごとの地盤高面積比率の累計を計算したものであるが、水田が最も早く浸水し、続いて、居住地、工業地区の順となっている。このことは、地盤高の高さによって、土地利用のされ方が異なっていることを反映したものであり、海水面上昇の被害の現われる時期が産業によって異なることが予想される。

また、図14においては濃尾地区における原単位の把握スケールの違いによる生産性の推定値の違いを、行政区分ごとに求めた原単位を用いて算出した推計値を100として表示したものである。これによれば、都市化の程度差で分けた3都市区分別の原単位を用いた推計値は27行政区分別の数値と良く対応することが明らかとなった。一方、調査地域一括で求めた原単位を用いた推計値は海水面上昇量が小さいほどずれることが明らかとなった。

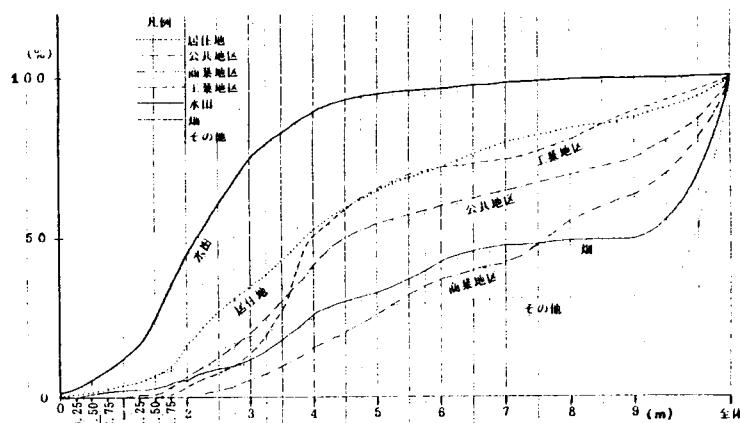


図13土地利用ごとの地盤高面積累計図（熊本地区）

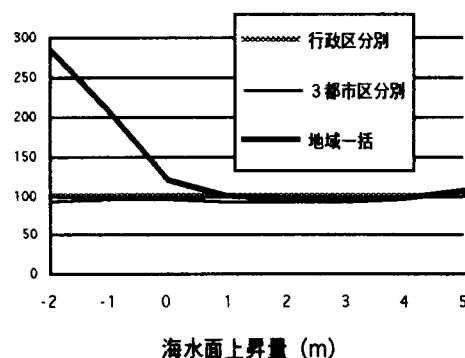


図14被害推定値の偏差（濃尾地区）

5. まとめ

われわれが第1期の研究で得た成果は以下のとおりである。

国内における研究では、詳細な地盤高情報取得法、高精度な土地利用情報の取得法、影響把握に適合した土地利用区分法を確立することができた。また、原単位の把握は、一般に入手可能な政府関係機関の資料を用いて、市町村ごとの土地利用区分別のスケールまで把握することを可能にした。

海外では、リモートセンシング技術を利用した効率的な土地利用情報の取得法、その産業形態に合わせた土地利用区分法、地形分類情報から地盤高を推定する手法が確立された。また、原単位については、外国人には入手困難な統計資料を、現地の政府機関と協力することで入手し、産業分類項目は少ないながらも原単位を把握した。さらに、原単位と土地利用区分の対応づけを地域に見合ったものにした上で社会経済資産を評価する手法を確立した。

当研究によって明らかになった被害資産および人口は、防潮堤、堤防、排水機場などの沿岸防護施設がない場合を想定したものである。施設の整備で対応可能な先進国の場合は、整備計画の費用便益分析を行う際の不可欠な指標となるだろう。また、開発途上国において、沿岸防護施設の整備がなされない場合、我々が推定した被害の状況が現実的なものになる恐れがある。

6. 参考文献

当報告書で引用された図表は以下の文献による。

建設省国土地理院(1992)：地球の温暖化による海面上昇などの影響予測に関する研究報告書
建設省国土地理院(1993)：地球の温暖化による海面上昇などの影響予測に関する研究報告書

国際共同研究等の状況

タイ国を調査地域とする研究は、タイ国科学技術エネルギー省国家研究評議会(NRCT)リモートセンシング部との共同研究である。

研究発表の状況

赤桐毅一ほか(1992)：日本地理学会1992年度秋季学術大会にて発表。

赤桐毅一ほか(1993)：東北地理学会1993年度春季学術大会にて発表。

赤桐毅一ほか(1993)：地球の温暖化による海面上昇等の影響予測に関する研究(第2年次)
-地理的・社会経済的情報の利用例(熊本平野)-。地理調査部研究報告, 8,171-181.

赤桐毅一ほか(1993)：地球の温暖化による海面上昇等の影響予測に関する研究(第2年次)
-リモートセンシングデータの利用例(タイ国バンコク市周辺)-。地理調査部研究報告,8,182-190.

赤桐毅一ほか(1993)：地理調査部研究報告第9号に投稿中(計5編)

垣内博昭ほか(1993)：衛星データを用いた海面上昇による沿岸部への影響予測に関する研究。日本写真測量学会秋季学術講演会にて口頭発表。

黒木貴一(1993)：土地利用情報に基づく原単位法について。国土地理院時報(印刷中)

Murai. S., et al(1994):Vulnerability assessment of sea level rise in developing countries through integration of remote-sensing and GIS. International federation of surveyors commission 3, land information system. Oral presentation (in prep.)