

## B-12 海面上昇の総合的影響評価と適応策に関する研究

### (3) 脆弱性評価指標と脆弱性マップに関する研究

#### ① 脆弱性評価のための指標開発に関する研究

独立行政法人国立環境研究所

社会環境システム研究領域 環境計画研究室 原沢英夫・高橋 潔・脇岡靖明

平成12～14年度合計予算額 7,111千円)  
(うち、平成14年度予算額 2,076千円)

**【要旨】**地球温暖化による長期的、平均的な海面上昇に加えて、台風などの異常気象が複合すると、その被害は甚大なものとなる可能性がある。複合現象は温暖化進行の過程で生じる可能性もあり、現段階で過去の異常気象の発生状況とその影響の程度、取られた対応策などについて情報を広範に収集し、整理しておくとともに、海面上昇及び台風などの異常気象が複合して発生した場合に、被害が深刻化する地域や潜在的に脆弱な地域を特定することが、今後適応策を進める上で不可欠である。

本研究は、過去の気象データから極端な気象現象とその影響についての知見を収集・整理し、それをもとに温暖化がもたらす長期的な海面上昇と短期的に繰り返し発生する極端な気象現象との複合的な影響の範囲を特定する。そして沿岸低地の標高や人口などの地形、社会・経済データや対応策の検討を行い、これらのデータより沿岸地域の脆弱性を表す指標を開発するとともに、この指標を用いて、現在及び将来にわたり脆弱な地域を特定することを目的としている。

初年度は、アジア地域における極端な気象現象の発生とその影響についての知見の収集と解析を行い、特にアジア地域の沿岸部を対象として、台風の発生状況と影響リスク算定の基礎となる確率を算定し、地理情報システムを利用して地図化を行った。

次年度は、アジア地域を中心に過去の異常気象の発生状況と影響について検討するとともに、初年度に引き続き脆弱性指標化について検討を加え、人口を考慮した脆弱性指標について、バングラデシュを対象に試算を行った。

最終年度は、脆弱性評価指標をアジア沿岸地域全域に適用することにより、沿岸地域において脆弱な地域の特定を行った。

**【キーワード】**海面上昇、脆弱性指標、脆弱性マップ、極端な気象現象、自然災害

#### 1. はじめに

IPCCの新しい排出シナリオ(SRESシナリオ)に基づく2100年の海面水位は、9～88cm(予測の中位は48cm)上昇すると予測されている。人間活動からの温室効果ガスの排出量の削減が進まない最悪の場合を想定すると約90cmの海面上昇が生じると予測されている。平均海面が100年といった長期間に徐々に上昇する場合には、とれる対応策(一般に適応策と呼ばれる)も多く、また対応するための時間的余裕もあるが、地球温暖化は気候変動性の変化も引き起こし、極端な気象現象(Extreme Events)を引き起こすことが懸念されている。エルニーニョ現象や台風、高潮、洪水、干ばつなどの現象の発生頻度や強度の変化も不確実性は高いものの、アジア地域などでは、深刻化すると予想されている。

長期的、平均的な海面上昇にこうした台風、高潮などの極端な気象現象が複合すると、その被害は甚大なものとなる可能性がある。複合現象は温暖化の進行の過程で生じる可能性もあり、現段階で過

去の極端な気象現象の発生状況とその影響の程度、取られた対応策などについて情報を広範に収集し、整理しておくとともに、海面上昇及び高潮などの現象が複合して発生した場合に、被害が深刻化する地域や潜在的に脆弱な地域を特定することが、今後対応策を進める上で不可欠である。

## 2. 研究目的

本研究は、過去の気象データから極端な気象現象とその影響についての知見を収集・整理し、それをもとに温暖化がもたらす長期的な海面上昇と短期的、頻繁に生じると予想される異常気象との複合的な影響の範囲を特定する。そして沿岸低地の標高や人口などの地形、社会・経済データや対応策の検討を行い、これらのデータより地域、とくに沿岸域の脆弱性を表す指標を開発するとともに、この指標を用いて、現在及び将来にわたり脆弱な地域を特定することを目的としている。本研究は以下の課題から構成される。

### (1) アジア地域における極端な気象現象の発生とその影響についての知見の収集と解析

アジア地域の沿岸部を中心として、発生した台風、洪水などの気象災害についての過去の記録及び対応する気象データを収集し、現象の発生状況とその時の気象状況を把握、分析する。

### (2) 気象現象の沿岸地域への影響について知見を収集と解析

極端な気象現象がもたらす社会システムへの影響について、過去の気象災害を事例として収集するとともに、気象災害と社会・経済的な影響についての関連性について解析する。

### (3) 脆弱性指標の開発と適用性についての検討

(1)、(2)の成果および本プロジェクトの他のサブグループで得られて成果をもとに、地球温暖化に対する沿岸地域の脆弱性を評価できる指標群を開発する。また、開発した指標については幾つかの地域において試算することにより適用性について検討を行う。

## 3. 研究の方法

### 3. 1 異常気象に関するデータ収集と GIS データベースの作成

#### (1) 異常気象の種類

IPCCによれば、極端な気象現象としては、幾つかのカテゴリーに区分される。「単純な気象現象」としては、最高気温や最低気温の上昇や、暑い日の増加や寒い日の減少などが挙げられ、「複雑な気象現象」としては、熱帯低気圧・台風やアジアモンスーンの変化が挙げられる。特に熱帯低気圧や台風については、温暖化との関連性については観測データにより確認されていないが、気候モデルの予測では、地域によっては熱帯低気圧・台風の風速や降雨強度が増加すると考えられている。ここでは、熱帯低気圧・台風を極端な気象現象としてとりあげた。熱帯低気圧・台風等の定義は以下のようである。

・熱帯低気圧：熱帯の海洋で発生する、前線を持たない対流圏の低気圧性循環。強さによって以下のように分類されている。

表 3-1-1 熱帯低気圧の分類

熱帯低気圧の分類	最大風速(ノット)	最大風速(m/s)	備考
1)tropical depression (TD)	34 ノット以下	17 m/s 以下	弱い熱帯低気圧
2)tropical storm(TS)	34~63 ノット	17 m/s~	
3)typhoon (TY)	64 ノット以上	33 m/s 以上	

・台風、サイクロン、ハリケーン：地域によって名称が異なる。インド洋ではサイクロン、大西洋では、ハリケーンと呼ぶ。

(2)熱帯低気圧・台風の観測値

世界で発生する熱帯低気圧・台風については、地域毎に観測データが整備されている。例えば、米国海洋大気局 (NOAA) は、各地域をインド、西太平洋、東太平洋、大西洋に分割して、台風の発生場所・日時、通過経路、中心風速や気圧のデータをまとめてアトラスを作成している (NOAA, 1996)。その他に、World Weather Disk、UNISYS Weather (Hurricane/tropical data)等のデータが提供されている。

(3)その他のデータ

脆弱性指標作成のために利用するデータとして以下の項目についてデータを収集し、地理情報への加工を行い、解析に利用できる形態としてデータベースを整備した。

表 3-1-2 収集したデータ項目と特徴

データ項目	内容	時間/空間分解能	地理情報	出典
気象偏差 (気温)	月単位の気温偏差を地図化したデータ	月単位/緯度経度 1 度	緯度経度 1 度のグリッドデータ	UNEP/GRID
気象偏差 (降水量)	月単位の降水量偏差を地図化したデータ	月単位/緯度経度 1 度	緯度経度 1 度のグリッドデータ	UNEP/GRID
標高	Digital Chart of the World (DCW)をデジタル化した標高データ	緯度経度 30''	緯度経度 30 秒のグリッドデータ	GTOP030
境界データ	陸-海境界、国境界、河川、道路など	1:100 万~1:1000 万	線情報	UNEP/GRID
人口	人口、面積、人口密度	1990 年及び 1995 年/緯度経度 2.5 分、地域別データ	緯度経度 2.5 分のグリッドデータ	CIESIN Population Database
	人口	1995 年、全世界、地域別	緯度経度 30 秒のグリッドデータ	LANDSCAN
土地利用	IGBP の分類による土地利用カテゴリ	緯度経度 30 秒''	緯度経度 30 秒のグリッドデータ	GLCC

なお、緯度経度 30 秒メッシュは、赤道域で 0.91km 四方のメッシュである。

3. 2 脆弱性評価のフレームワークと脆弱性指標の作成

温暖化に対する沿岸地域への影響の評価プロセスを図 3-1-1 に示した。海面上昇の影響と台風・高潮の影響の双方を考慮している。また、脆弱性指標算定のフレームワークを図 3-1-2 に示した。本プロジェクトにおいて各サブグループの成果も考慮して脆弱性指標のもつべき特性、およびその指標としての算定プロセスを示したものである。

当初、指標算定の地域として、沿岸域の特性から、海岸線から一定距離を抽出して、その地域における脆弱性指標を算定したが（H13年度報告書を参照）、その後、高潮の影響範囲が、かならずしも海岸線から一定距離に限らないこと、とくに大河川の河口域については、その傾向が強いことから、潮汐、高潮（既往最大）、及び海面上昇（1m）を考慮した、潜在的な影響範囲（一次影響地域を抽出して、その地域における脆弱性をさらに指標によって検討することとした。

すなわち、指標算定の対象地域としては、①潮汐と海面上昇を考慮した恒久的に水没する可能性のある地域、②さらに高潮を考慮して一時的に水没する地域、そして③台風通過の経路も考慮した地域の3つの地域を対象地域として設定して算定を行った。①及び②の地域の抽出については、サブテーマ（3）-②を参照されたい。

抽出された一次影響地域を対象として、影響人口および影響をうける土地面積を算定した。影響人口については、LANDSCAN データ及び土地利用については、GLCC のデータを用いた。

### 海面上昇の影響

海岸線より一定距離の領域(沿岸ゾーン)の抽出

沿岸ゾーン内の標高チェック

標高よりリスク算定

### 台風・高潮の影響

台風経路(沿岸、内陸部)の領域の抽出(沿岸ゾーンの通過数)

台風発生影響のリスク算定

沿岸ゾーンの影響人口

脆弱性マップ

図 3-1-1 指標化プロセス

	①標高	②海岸線	③人口	④台風	⑤高潮、潮汐	⑥土地利用	⑦マングローブ・珊瑚礁	備考
データ(空間分解)	・GTOPO30 (30"=1km) ・地球地図	・DCW ・(NOAA)	・Landscan (1km)	・通過数(1946-2000) 西太平洋、インド洋(緯度経度1度)	・潮汐 ・高潮(既往最大)	GLCC(農地、都市域面積)(1km)		
対象地域(一次影響地域)の抽出								分析対象地域
①恒久的水没地域	・標高				・潮汐+SLR1m			オーバーレイ
②一時的な水没地域	・標高				・潮汐+SLR1m+高潮			オーバーレイ
③台風通過頻度を考慮した地域(DFを利用)	・標高			・台風通過の頻度考慮(確率)	・潮汐+SLR1m+高潮			被害関数
被害関数(DF)	・標高のDF			・台風通過のDF	高潮のDF		・自然の堤防的役割(リスク軽減効果)については今回対象外とした	
指標算定	・index1	基準値の値を予め算定			・index2	・index3		
重み付け	$VI=w1 \times index1 + w2 \times index2 + w3 \times index3$							
①、②、③の基準による脆弱な地域を対象に以下の影響(二次影響、社会・経済影響)								
脆弱な地域の二次影響	影響人口							
	①VI別影響人口(95年、(将来人口))		・脆弱地域人口、園別人口					
	影響面積							
	①農地面積					・農地面積		
	②都市面積					・都市面積		
	生態系影響						・マングローブ面積	
	経済的な影響及び対策費用(今後の課題)	今後の課題とした。						

図 3-1-2 脆弱性指標算定のフレームワーク（対象地域：アジア地域の沿岸地域）



## 4. 結果及び考察

### 4. 1 台風・サイクロンデータ

#### (1)GIS による台風・サイクロンデータの解析

##### ・北インド洋のサイクロン

北インド洋のサイクロン(1945~1998年)の観測データをもとに、その経路について解析を行った。解析の手順は以下のとおりである。

- ①各年のサイクロンデータ(年内の発生番号、発生場所・日時、経路、風速)から、各データ(合計584)を抽出し、データファイルとするとともに、各サイクロンに関するインデックスファイルを作成。
- ②サイクロン毎の経路を示す地理情報を作成して、インデクスデータに関連づけ。
- ③緯度経度2度のメッシュ毎にサイクロンが通過する数をGIS機能を使ってカウントし、メッシュ毎の通過数を数字、色で表示する。なお、解析は、40年代~90年代の10年毎および、全データを対象とした。

図3-1-3は、対象地域と1945~1998年に発生したサイクロンの経路を示したものである。図3-1-4は、さらに緯度経度2度のメッシュを示している。経路の密度から、インド西岸より東岸から Bangladesh にかけて多くのサイクロンが上陸していることがわかる。図3-1-5は、緯度経度2度のメッシュ内を通過したサイクロン数をカウントして数値で示したものである。インド東岸から Bangladesh にかけて100個以上が通過しているメッシュがあることがわかる。図3-1-6は、サイクロンの経路と緯度経度2度のメッシュ通過数を重ねて表示したものである。さらに、40年代、50年代など10年毎に同様な処理をしたものを作成した(ただし、40年代は、1945~1949年の5年間、1990年代は1990~1998年の9年間の観測データ)。

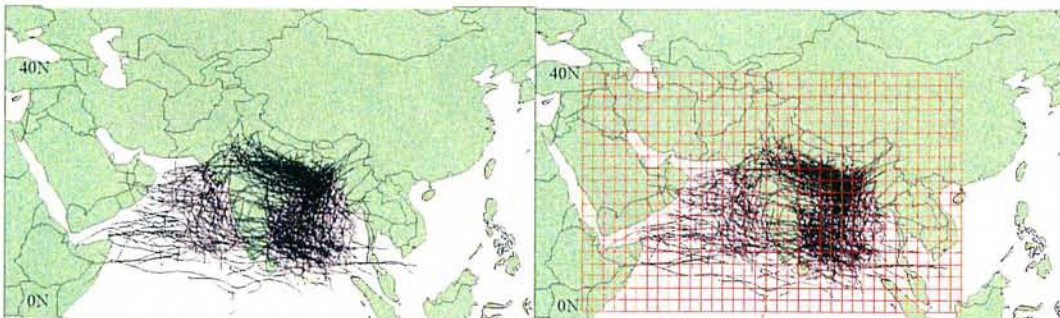


図 3-1-3 サイクロン経路(1945~1998年)

図 3-1-4 サイクロン経路(緯度経度2°メッシュ)

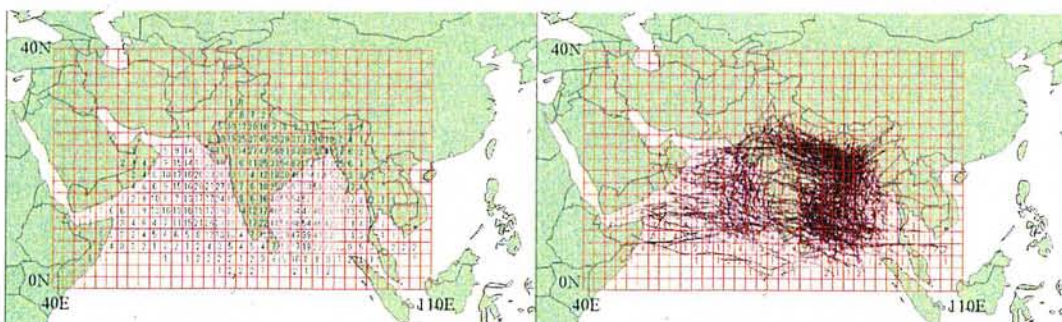


図 3-1-5 サイクロン通過数(緯度経度2°メッシュ)

図 3-1-6 サイクロン通過数(緯度経度2°メッシュ)

図 3-1-3~6 から以下の諸点が指摘しうる。

- ・地域的な特徴として、インド洋の西側に比べて、東側の台風発生数が多く、またインド東岸及びバングラデッシュに上陸するサイクロン数が多い。
- ・年代的な特徴として、記録されている発生したサイクロン数は、40 年代 (1945~1949 年の 5 年間) : 79 (10 年間では 158)、50 年代 : 134、60 年代 : 151、70 年代 : 124、80 年代 : 45、90 年代 (1990~1998 年の 9 年間) : 51 となっており、70 年代までは数多く発生しているが、80 年代、90 年代では、発生する台風の数が増加傾向にある。しかし 1988 年、1991 年のサイクロンはバングラデッシュに大規模な洪水をもたらし、多大な被害を出している。
- ・異常気象シナリオとしての有用性  
サイクロンの発生場所や時期、通過する経路については、気候モデル (GCM) による予測は、空間分解能が粗いために、将来予測は現段階では困難である。このため、過去 50 年間余りにおけるサイクロンの情報は今後、極端な気象シナリオを構築する上に有用であると考えられる。

## (2) 西大西洋の台風の解析

日本を含めて台風の発生、通過地域である西大西洋における台風データを上記の方法で解析した結果を全データについて示したのが、図 3-1-7 である。

とくにアジア地域沿岸、韓国、日本、中国、ベトナムの沿岸にかけて、接近あるいは上陸する台風の数も多く、海面上昇にこうした台風による暴風雨、および高潮が重なると甚大な被害を及ぼすことと予測される。

## 4. 2 自然災害関連のデータベース

### (1) 自然災害データ

自然災害に関する情報については、たとえば、日本では気象庁が気象災害の統計をとっており、気象年鑑にその概要が報告されている。アジア地域も含めた世界全域については、米国海外災害救援事務所 (OFDA: Office of US Foreign Disaster Assistance) と疫病研究センター (CRED: Center for Research on the Epidemiological Disasters) が世界各国の自然災害情報を収集して、データベースを構築している。

データベースは、緊急事象データベース (EM-DAT) と呼ばれ、1900-2002 年までのデータが整備されているが、アジア地域の国別の自然災害の発生では、詳細なデータは 1975 年以降に限定される (それ以前は大規模な災害に限定されている)。扱われている自然災害は、地震、火山爆発、暴風雨 (台風・サイクロンを含む)、洪水、干ばつ、飢饉、感染症、土砂崩れ、自然火災である。また、統計がとられている異常気象については、死者が 10 名以上、或いは被害人数が 100 人以上の比較的規模が大きな災害を対象としている (IFRD, 2001)。

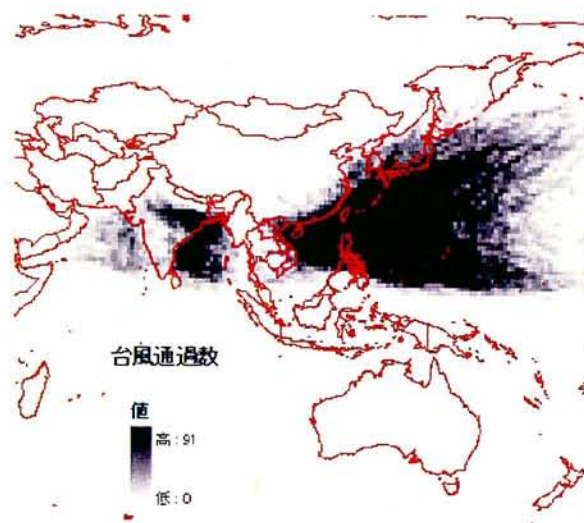


図 3-1-7 台風通過数 (1945~2000 年の累計値)



## (2) アジア地域の自然災害の状況と影響

1970～1997年に発生した主要な世界の自然災害のうち約75%がアジア太平洋地域で発生しており、とくに自然災害のうち、気象に関連した現象（台風・サイクロン、洪水）が増加傾向にあり、一方火山爆発や地震や津波の発生は変化はない。自然災害の影響の規模は、人口密度や経済的な資源と緊密に関係している。アジア地域においては、この30年間余りに、140万人が死亡し、40億人が被災した。その経済的な被害額は4億38百万ドルにも及んでいる。特にインド、バングラデッシュの南アジア（76万人、21億人、61百万ドル）、東アジア・北西大西洋地域（61万人、14億人、3億17百万ドル）で被害が大きい（但し、阪神淡路大震災などの地震を含むことに注意）。

国別にみると、中国では、1971～2000年には300以上の災害が発生し、31.1万人が死亡している。インド(>300、12万人)、フィリピン(300、3万4千人)、インドネシア(>200、15千人)、バングラデッシュ(>180、25万人)と大災害となっている。エルニーニョ現象による影響も一部の国ではあらわれており、とくにインドネシアでは、1997/98年の過去最大規模のエルニーニョにより干ばつと森林火災による被害が発生し、地域の経済にも大きな被害を与えた。

図3-1-8は、EM-DATのデータから、世界の国別の自然災害の発生数（1975～2000）を示したものである。中国、インド、インドネシアが世界的にも自然災害の発生数が多いことがわかる。アジア地域における自然災害による総死者数と要因については、中国などでは地震による死者数が卓越するが、その他の災害では、気候に起因する干ばつ（北朝鮮）、台風・サイクロンなどの暴風雨（インドやバングラデッシュ）、洪水（中国、インド、東南アジア）が多い。ここで洪水は河川や湖沼、貯水池の水かさが増すことによる災害とカウントされているが、一方暴風雨は、台風・サイクロンなどの強風、高波などによる影響である。

過去、100年の世界の自然災害数の推移でみると1960年を境に自然災害数が急速に増大しており、とくに、この50年間には自然災害の数、とくに気象関連の災害が増大したことが指摘しうる。図3-1-9は、暴風雨の発生回数と死者数の推移である。洪水に比べて、死者数は少ない傾向にあるが、1991年の暴風雨による死者は14万7千人に及び、未曾有の大災害となった。これはバングラデッシュで1991年4月に発生したサイクロンによるもので、死者13万9千人、被災者1540万人に及び大規模なものであった。アジア地域における自然災害の被害をまとめると表3-1-3のようになる（UNEP, 2002）。

表 3-1-3 アジア地域における自然災害による被害

地域	死者（千人）	被災者（千人）	被害額（US\$1000）
南アジア	761	2,164,034	60,881
東南アジア	73	284,074	33,570
北西太平洋・東アジア	606	1,447,643	317,174
中央アジア	3	4,895	986
合計	1,442	3,900,646	412,610

自然災害に対する対応策の経験は、温暖化や海面上昇の影響に対する適応策検討の際の有力な情報となりえる。自然災害に対する対策は概略以下のような類型に分けることができる。

- ・環境劣化の現状と情報提供：政府や自治体、一般国民に環境劣化の危険性について啓発する。
- ・とくに洪水では森林破壊が重要な原因であり、森林破壊を止める。
- ・すでにとられている影響緩和策や洪水・暴風雨に対する予防策を強化する。

- ・途上国においては、自然資源や生物多様性などに配慮して地域住民の貧困を低減する。
- ・地域住民が都市や脆弱な沿岸地域に移住するのを減らすべく、所得をあげる地域開発を強化する。

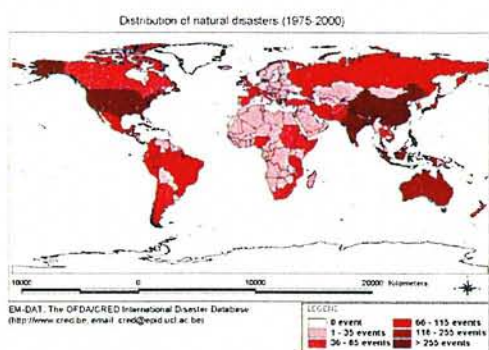


図 3-1-8 自然災害の発生数(1975-2000)

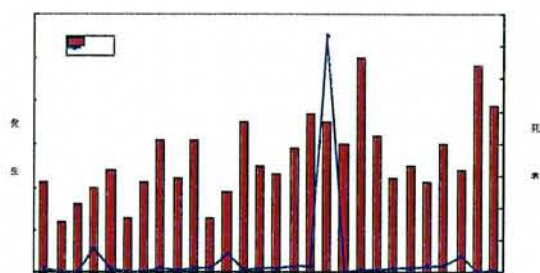


図 3-1-9 暴風雨の発生回数と死者数の推移

- ・バングラデシュの海岸線より一定距離の地域の抽出及び人口の計算

現在入手しえる最も精度の高いデジタル地図である World Data Bank の海岸線データを用いて、その海岸線から一定距離（ここでは、5、10、15km）の範囲（沿岸ゾーンと呼ぶ）を GIS の領域抽出機能を用いて切り出した。さらに、0.5 度緯度経度メッシュで整備された人口データ（1995 年）を沿岸ゾーンについて計算した。その結果を表 3-1-4 に示した。

表 3-1-4 バングラデシュの海岸ゾーンの人口、平均標高、台風通過数

海岸からの距離	5km	10km	15km	備考
人口(1995 年)	693 万人	1318 万人	1865 万人	
1995 年の総人口に対する割合	5.8%	11.1%	15.7%	1 億 1861 万人 (1995 年)
平均標高	3.4m	4.4m	5.2m	GTOP30 による
平均サイクロン通過数 (1945~1998 年)	62.6 回	60.9 回	59.5 回	緯度経度 2 度で通過数を計数

#### 4. 3 海面上昇の影響評価の指標

(1)脆弱性指標の定義と算定方法(バングラデシュの事例)

バングラデシュは南アジアに位置し、インドと一部ミャンマーに接する 1 億 2770 万人 (1999 年) の低開発国である。先にみたように、洪水やサイクロンなどの暴風雨など自然災害の影響も大きく、多くの死者や被災者そして経済被害を被ってきた。国土の大半が沿岸、河口域低地(デルタ)にあり、地形的にも洪水や暴風雨の影響を受け易い地形となっている。被害を受け易い低地にも拘らず、多くの人間がこれらの脆弱な土地に住みついており、被害の拡大を助長している。2025 年には人口が 1 億 6610 万に増大すると予測されており、今後温暖化が進み、海面上昇、サイクロンの発生頻度、強度の変化が予測されていることから、アジア地域にあってもっとも温暖化に対して脆弱な国といえる。



・標高及びサイクロンの通過数

沿岸ゾーンの人口のメッシュ位置に相当する標高及び台風の通過数を検索して、その平均値を表3-2-4に合わせて示した。

図3-1-10～12は、海岸線より15kmを沿岸ゾーンとしたときの人口、標高、台風通過数の分布図である。人口は沿岸ゾーンに満遍なくはりついているが、人口が集中している都市もある。標高では、沿岸ゾーン西部と東側の海岸沿いが高くなっている。サイクロン通過数では、緯度経度2度で計数したためにバングラデシュの沿岸ゾーンでは大きな差は現れていないが、54年間に34回から107回(平均61回)サイクロンが上陸、通過している。特に西部の低地帯をサイクロンが通過している。

・標高とサイクロン通過数を考慮した沿岸ゾーンの脆弱性評価

沿岸ゾーンの標高とサイクロン通過数がその地点の潜在的な脆弱性をあらわしている点に着目して、脆弱性指標を算定した。用いた標高ーリスク、サイクロン通過数ーリスクの関係を図3-1-13に示した(被害をリスクで表した被害関数)。この関数形については、さらに検討を加える必要があるが、今回は脆弱性の試算の意味もあり、仮に関数形を設定する形で計算を行った。

図3-1-13に示した標高ーリスク、サイクロン通過数ーリスクから算定されたリスク値(平均値)を脆弱性を表す指標として、地図上にプロットしたのが、図3-1-14である。この図より西沿岸沿いがもつとも脆弱であり、河口域から上流に行くにしたがい、脆弱性が減少する傾向にある。また東沿岸部は標高も高く、サイクロン通過数も少ないために他の地域に比べて脆弱性はそう高くない。

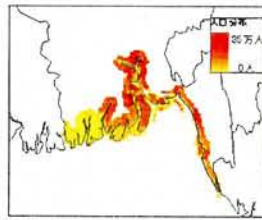


図3-1-10 沿岸ゾーン(15km)の人口分布

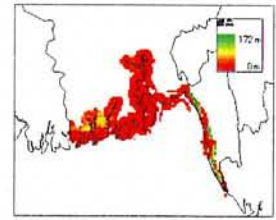


図3-1-11 沿岸ゾーン(15km)の標高

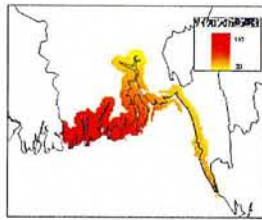


図3-1-12 沿岸ゾーン(15km)のサイクロン数

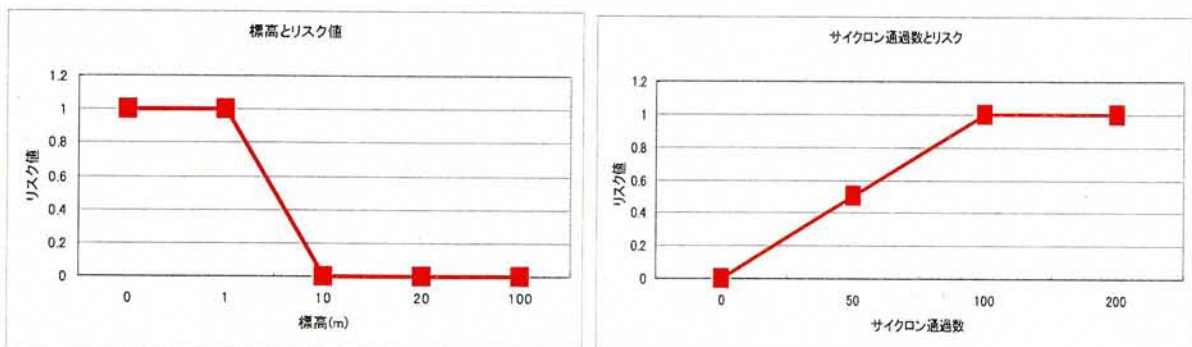


図3-1-13 標高ーリスク、サイクロン通過数ーリスクの関係

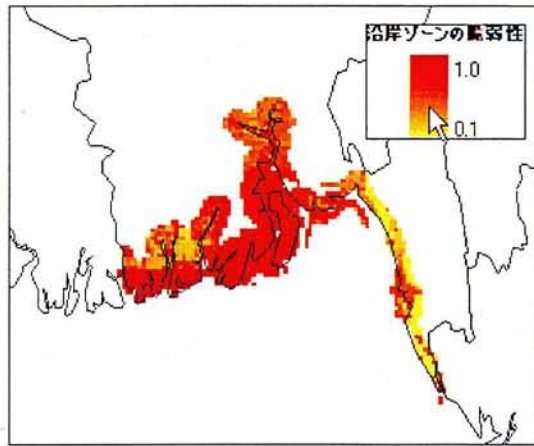


図 3-1-14 脆弱性指標の分布

(2) アジア地域沿岸への適用と脆弱な地域の抽出

図 3-1-2 のフレームにしたがって、アジア地域の沿岸域に適用した。基本となるデータを以下に占める。

① 標高データ

図 3-1-13 の標高の関数を用いて、リスクに変換した値を図 3-1-15(a)に示した。

② 台風通過数

図 3-1-13 のサイクロン通過数の関数も用いて、リスクに変換した値を図 3-1-15(b)に示した。

③ 高潮などの影響

図 3-1-15(c)に高潮などの影響範囲を示した。この範囲に入る地域については、リスク値=1として扱っている。

④ リスクの算定値

図 3-1-15(d)に総合的なリスク値を示した。ここでは上記3つのリスクを等しい重みで足しあわせている。空間的な解像度の関係もあり、ベトナムのみ値を抽出して示している。

ベトナムの計算結果をみると、北部及び南部にリスクの高い地域があり、また、中部の沿岸域でもリスク値の高い地点がみられる。北部及び南部の地域は、高潮などの既往最大高潮の規模も大きく河川の河口付近の低地であることから、海面上昇及び台風などによる高潮の影響が今後とも深刻化する地域であり、気候変化に対してたいへん脆弱な地域であることがわかる。

一方、中部地域も、台風の経路にあたっており、台風の接近や上陸などの可能性が高いこと示している。中部沿岸地域は北部、南部地域に比べるとその影響度は相対的に低い、台風などはいったん上陸すると大きな被害をもたらすことから、対応策、適応策の検討が必要となる。

(3) 二次影響の計算例

ベトナムを対象に影響人口、影響土地利用面積を算定した。1997年の人口は7654.8万人である。

・ 影響人口(1995年)

- ① 恒久的な水没地      影響人口      483 万人
- ② 一時的な水没地      影響人口      667 万人
- ③ リスクを重み付けした影響人口

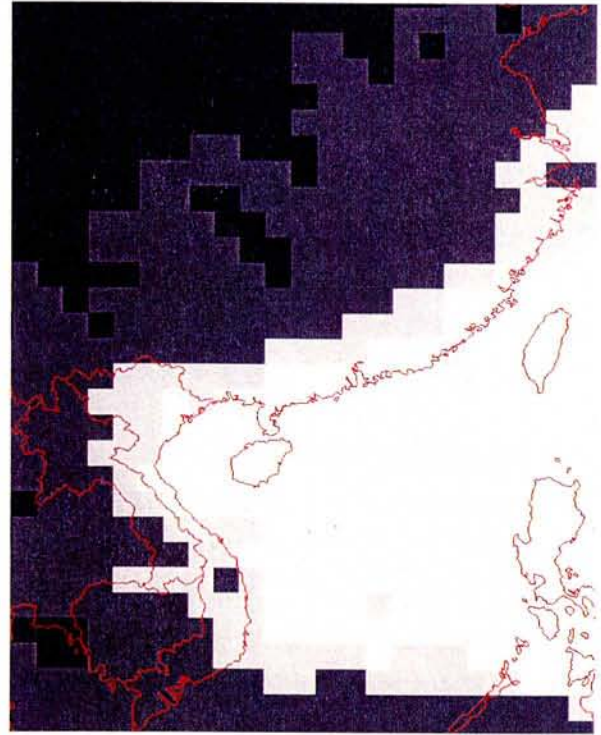
当該メッシュについて算定されたリスク(0~1)と人口をかけ算して、ベトナム全域、および一時的な水没地について算定した結果は以下に示す。

ベトナム全域	影響人口(重み付き)	2003 万人
一時的な水没地	影響人口(重み付き)	403 万人

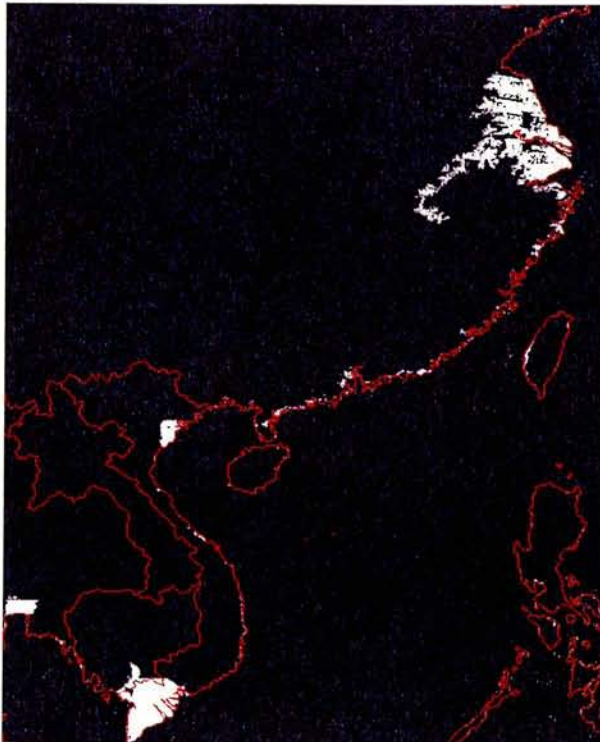




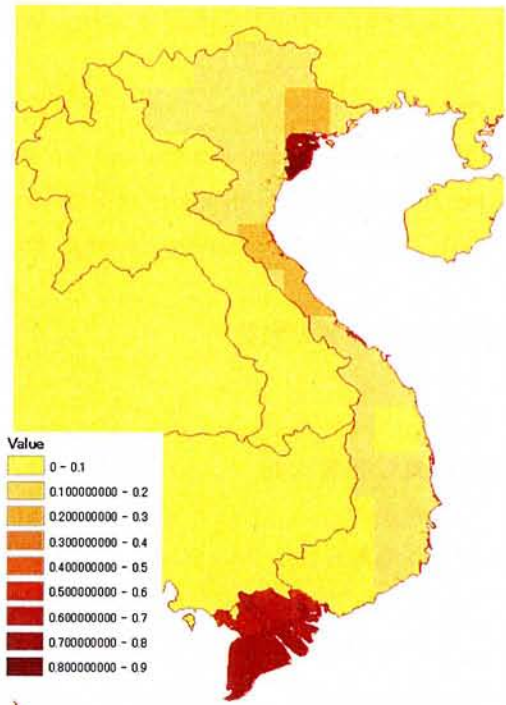
(a) リスク1 (標高)



(b) リスク2 (台風通過)



(c) リスク3 (高潮など)



(d) 総合リスク (ベトナム)

図 3-1-15 リスクの計算結果の例



## ・土地利用への影響

GLCCの土地利用データは、IGBPの方式を採用しており、土地利用を17に区分している。そのうち、都市的土地利用(ID=13)、耕作地(ID=12)に分かれている。

一時的な水没地	影響を受ける都市メッシュ	706	(全メッシュ数 706)
	影響を受ける耕作地	46358	(全メッシュ数 128113)

以上から、都市的な土地利用メッシュは全部が一次的な水没地にあるために、全都市域が影響を受ける。一方耕作地については、全国の36%が影響を受けると予測される。海面上昇は100年で1mを仮定しているが、高潮などは台風などによってもたらされるので、長期温暖化の過程でも発生する。その場合は農地の利用については36%の土地が利用できなくなる可能性が高く、農業生産に依存するベトナム経済に大きな影響を与えると考えられる。

## 5. 残された課題と今後の方向

アジア地域における自然災害の発生状況及び被害についてデータを収集して整理するとともに、バングラデシュ、アジア沿岸地域を対象に標高、サイクロン通過数を考慮した脆弱性指標を作成し、適用した。この脆弱性指標により沿岸地域をリスクの低～高い地域に判別が可能となり、優先的に対応策を考慮すべき地域が明らかとなった。また、リスクごとに人口を積算することにより、脆弱な人口や被害をうける土地利用別の面積を試算した。

今後はこの方法をより詳細なものにしていくことが重要であるが、その際被害関数を現地の情報をも考慮して、より実際的なものにするにより、アジア地域沿岸域の各国(省や県)別の詳細な脆弱性マップの作成が可能となると考えられる。

## 6. 引用文献

- 1) IFRD(International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies), 2001: World Disaster Report. 自然災害データは<http://www.md.ucl.ac.be/cred/>. 1998より入手.
- 2) UNEP, 2002: Global Environmental Outlook 3. <http://www.unep.org/>より入手.

## 7. 国際共同研究等と状況

なし

## 8. 研究成果の発表状況

### (1) 誌上発表

<学術誌(査読あり)>

- ① Lal, M., H. Harasawa, and D. Murdiyarso, 2001: 11.2.4 Oceanic and Coastal Ecosystems, Chapter 11 Asia, Climate Change 2001 Impacts, Adaptation, and Vulnerability, Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 533-590, Cambridge University Press.
- ② Lal, M., H. Harasawa, and K. Takahashi, 2002: Future Climate Change and Its Impacts Over Small Island States, Climate Research, 19, 179-192.

<学術誌（査読なし）>

- ① 原沢英夫, 2002: 温暖化の日本への影響の全体像, 気候影響・利用研究会報, 21, 5-10.
- ② 原沢英夫, 2003: 地球温暖化の Impacts, Adaptation, Vulnerability, IPCC の定義と事例, 気候影響・利用研究会誌、印刷中.

<書籍>

- ① 原沢英夫, 2002: 2.2.3 人間社会への影響、環境ハンドブック, 産業環境管理協会, 383-387.
- ② Fu, C., H. Harasawa, V. Kasyanov, J-W Kim, D. Ojima, Z. Wan and S. Zhao, 2002: Chapter 4 Regional-Global Interactions in East Asia. In Global-Regional Linkages in the Earth System, Tyson, P., R. Fuchs, C. Fu, L. Lebel, A.P. Mitra, E. Odada, J. Perry, W. Steffen, and H. Virji(eds.), The IGBP Series, Springer, 109-149.
- ③ 原沢英夫, 2003: 3-1 地球規模の影響. 総合科学技術会議環境担当議員・内閣府政策統括官（科学技術政策担当）共編、総合科学技術会議・地球温暖化研究イニシャティブ・気候変動分野報告書、地球温暖化研究の最前線－環境の世紀の知と技術 2002－, 143pp, 71-81.

<報告書類>

- ① 原沢英夫, 2003: 世界、日本の温暖化研究の最前線. 平成 14 年度水産工学関係試験研究推進会議水産基盤部会報告書.

(2) 口頭発表

なし

(3) 出願特許

なし

(4) 受賞等

なし

(5) 一般への公表・報道等

なし

9. 成果の政策的な寄与・貢献について

なし