

2007年サイクロン「シドル」による バングラデシュの高潮災害

STORM SURGE DISASTER IN BANGLADESH INDUCED BY CYCLONE SIDR IN 2007

加藤史訓¹・田中茂信²・吉田 大³

Fuminori KATO, Shigenobu TANAKA and Hiroshi YOSHIDA

¹正会員 工修 国土交通省国土技術政策総合研究所河川研究部海岸研究室（〒305-0804 つくば市旭1）

²正会員 工修 (独)土木研究所水災害・リスクマネジメント国際センター（〒305-8516 つくば市南原1番地6）

³工修 国土交通省河川局治水課河川保全企画室（〒100-8918 東京都千代田区霞が関2-1-3）

Cyclone Sidr passed on the southwestern part of Bangladesh and induced storm surge disasters affecting 8.9 million people in November 15, 2007. From the point of disaster mitigation on storm surges, we surveyed damages of this disaster and assistance needs for recovery in damaged areas. Long stretch of river embankments was eroded by overflowing during the storm surge. Cyclone warning was transmitted to many people through the system based on Cyclone Preparedness Program. Continuous disaster education and succession of disaster experiences are important as well as improvement of river embankments.

Key Words : Storm Surge, Disaster, Bangladesh, Cyclone, Sidr

1. はじめに

2007年11月15日の夜、バングラデシュ南西部にサイクロン・シドルが上陸し、死者・行方不明者4千人以上、影響人口890万人の高潮災害が発生した。

これを受け、高潮に対する防災の観点から、高潮災害の実態及び被災国の復旧・復興支援に関して必要なニーズ等の把握のため、2007年12月8～18日に現地調査を実施した。なお、本調査は、「バングラデシュ国サイクロン災害復興支援ニーズアセスメント調査団（国際協力機構(JICA)）に参加・同行して行った。

2. バングラデシュの概要

バングラデシュは、ガンジス川の河口に位置し、日本の4割の国土面積に1億4千万人の人口を抱える一方、洪水や高潮にたびたび見舞われている。サイクロンによる高潮のため、パキスタンから独立する直前の1970年に30～50万人が亡くなり、1991年も東部を中心に約14万人が犠牲になっている。今回の被災地である南西部に大きなサイクロンが来襲したのは1970年以来であった。

1970年のサイクロンの後、サイクロン対策プログラム(Cyclone Preparedness Program)により、赤新月社（日本における赤十字社に相当）の4万人のボランティアを通じてサイクロンの警報が住民に伝えられるようになった。サイクロン警報は10段階とされて

いる¹⁾。また、写真-1のような避難場所となるコンクリート造のサイクロンシェルターが2,000棟以上建てられてきた。



写真-1 サイクロンシェルター

3. 調査の概要

筆者らは、12月8日に成田空港を出発し、タイ・バンコクを経由して9日に首都ダッカに到着した。10～11日は首都ダッカにてバングラデシュ政府関係機関等と打合せを行い、被災状況などについて情報を収集した。12～15日は被害が大きかった南西部の4県（バルグナ、バゲルハット、ポトアカリ、ピロジプール：図-1の枠内）において現地調査を行った。主な調査地点を図-2に示す。16～17日はダッカにて

政府関係機関等に調査結果を報告し、18日に帰国した。

4. 被害の概要

サイクロン・シドルは、2007年11月11日にベンガル湾で発生し、15日18時30分頃にボルグナ県パタルガタ付近に上陸した（図-1参照）。最大風速は69 m/s（1分間平均）、最低気圧は944hPaであった。

表-1のように、全国では死者3,363人、行方不明871人の被害があった。被害は前述の南西部4県に集中していた。バングラデシュ政府は、国内64県のうち南西部を中心とした17県を中度の被災、9県を深刻な被災、4県（今回現地調査を実施）を最も深刻な被災地と指定している。

被災地は網目のように大小の河川が流れている低平地である。サイクロン上陸は干潮時だったが、一部で堤防高を上回る水位となり、海岸や河川から水が溢れて浸水している。水位観測点は多数の河川に存在し、通常1日2回行われているが、サイクロン・シドルの接近中の被災地では欠測となったため、最高水位等の記録は残されていない。再現計算により、Baleswar Riverの河口での潮位偏差は5.5～6.0mと推定されている²⁾。なお、沿岸部の累積雨量は100～200mmと推定されている³⁾が、一部で内水氾濫があったものの、洪水にはならなかったようである。

バングラデシュ政府の資料（図-3）によると、ベンガル湾沿岸の堤防の最低必要高は4m以上、その上流でも3m以上とされている。堤防の計画断面は図-4のとおりである。

治水施設の被害状況を表-2に示す。堤防は、全国延長の約4%が決壊・全壊、約20%が半壊したと報告されている。このほか、水門や護岸も多数被災している。

写真-2のように樹木は強風によりいたるところで倒れており、倒木に伴う根拠による道路被災が多数見受けられた（写真-3）。しかし、倒木の除去や緊急的な復旧が進み、調査時点では住民の生活を脅かす状況ではなかった。

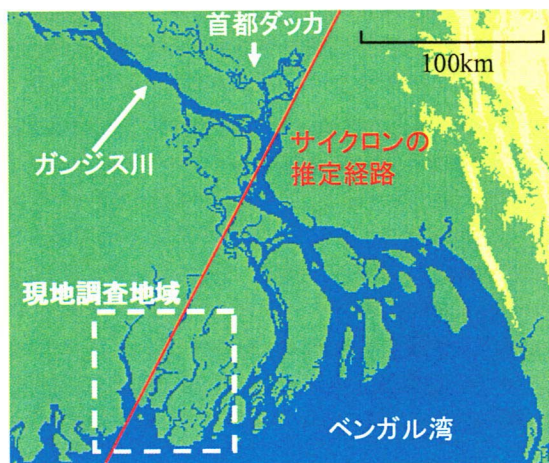


図-1 サイクロンの推定経路と現地調査地域

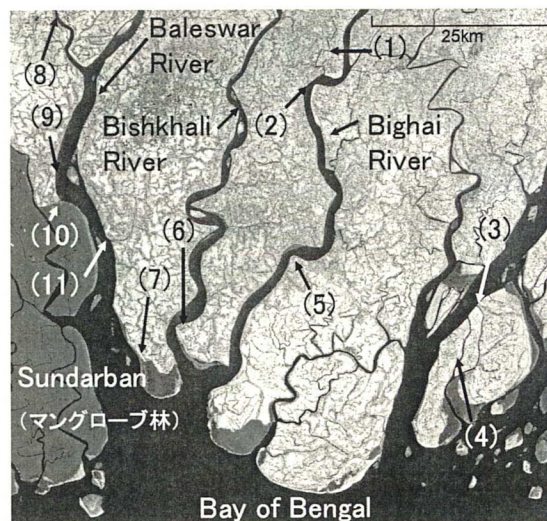


図-2 主な調査地点（NASAの衛星画像に加筆）

表-1 各県の人的被害（12月18日現在）

県名	死者 (人)	行方不明者 (人)	負傷者 (人)
ボルグナ	1,292	26	16,310
バゲルハット	810		11,428
ポトアカリ	457	221	8,500
ピロジプール	400	511	1,161
その他	404	113	17,883
合計	3,363	871	55,282

表-2 治水施設の被災状況（12月18日現在）

	全管理延長・箇所	決壊・全壊	半壊
堤防	9,943km	367km	2,015km
水門・堰等	13,949箇所	325箇所	587箇所
護岸	468km	36km	25km

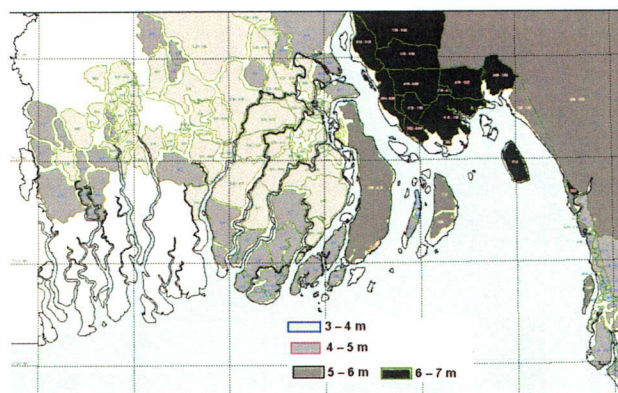


図-3 堤防の最低必要高
（バングラデシュ水資源開発庁提供資料を加工）

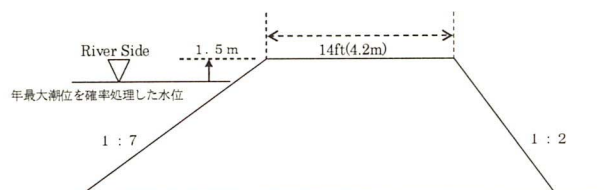


図-4 堤防の計画断面



写真-2 倒木の状況



写真-5 住居跡にテントで生活



写真-3 根堀へ転落した車

現地の家屋は、簡易な木組みと藁ふきやトタンふきの家屋が多く、写真-4のようにその多くが風や高潮により倒壊していた。調査時までには再建された家も多いが、写真-5のように一部は元の住居跡や堤防上などでテント生活を余儀なくされていた。毎年の雨期の水位上昇に対応するため、家屋は高床式や盛土式になっているが、耐風性は劣ると思われる。ただし、そもそも簡易な構造であるため、低コストで早期に復旧できるという面もあると思われる。また、一般に多くの家屋は樹木で囲まれて風に強い配置となっている。



写真-4 強風と高潮で被災した集落

このほか、高潮・強風による農作物への被害およびシュンダラバン（世界遺産のマングローブ林）の破壊なども大きく、被害総額約3,114百万ドル、復興費用約458百万ドル、長期的に災害に耐える対策費用約1,351百万ドルと推定されている。

また、沿岸部では井戸による取水が困難なため、池の水を浄化して利用するPond Sand Filterが利用されていた。しかし、高潮によりPond Sand Filterに海水が浸入し使用不能となるとともに、使用している池が塩水化し使用不可能となっていた。

被災地では、飲料水、食料といった緊急援助の段階は終わり、生活を立て直す段階に入っていた。高潮による塩田化で米の収穫機会を失い、家畜、漁具が流出するなど生活基礎を失っており、数ヶ月後の食料不足への対応、収入源の確保が大きな課題となっていた。

5. 主な調査地点の被災状況

紙面の制約により、施設被害が大きかった地点について、その状況を以下に示す。

(1) 地点1 Mirjaganj north (ポトアカリ県)

ポトアカリ県 Mirzaganj Upazila の中心都市 Mirjaganj の北東3kmあまりに位置し、すぐ西側に幅約100mの川の屈曲点がある。高潮はこの川を南から進入し、写真-6でわかるように堤防を越えている。また、堤防前面の法面が滑って水中に没している。

(2) 地点6 Naltona UP west (ボルグナ県)

Barguna Sadar Upazila の中心都市 Barguna から18km 南西に位置し、Bishkhali River の屈曲点に面している。河口部までは10kmあまりである。堤防は河岸侵食によりサイクロン来襲前に無くなっていたと言われており、無防備の状態でサイクロンの来襲を受けている（写真-7）。

(3) 地点7 Padma Hat (ボルグナ県)

Patharghata Upazila の中心都市 Patharghata から5km 南西に位置し、河口部まで7kmほどの位置にある Padma Hat である。ここはかつてマングローブ林



写真-6 河川堤防の被害状況（地点1）



写真-7 河岸侵食による堤防の消失（地点6）



写真-8 ハイスchoolの被災状況（地点7）



写真-9 破堤地点北側の状況（地点7）

の背後に堤防が位置していたが、サイクロン来襲前には、マングローブ林は無くなっていた。写真-8は、堤防の背後にあった鉄筋コンクリート製のハイスchoolが高潮で破壊されたものの残骸である。写真-9は破堤地点の北端の様子である。40cmの方形コンクリートブロックが散乱しているものの、法面形状はほぼ原型をとどめていると考えられるとともに、ブロック護岸のあるところは越流による天端の洗掘等が見られるものの破堤は免れている。

(4) 地点8 Morrelganj（バゲルハット県）

図-2のように、Baleswar Riverの河口から約60km上流の右岸に位置する。川沿いの道路（水面から2m程度）は、レンガ2層積みで舗装されていた（但し並べているだけ）。写真-10のように、川沿いの道路上を1.5m（住民からの聞き取り）の深さで越流し、道路が侵食された箇所が見られた。レンガの多くは内陸側に流出している。また、川沿いの家屋が破壊されており、人口2,000人の内、3人が死亡とのことである。なお、写真-11のように、一部の家屋は既に再建されていた。

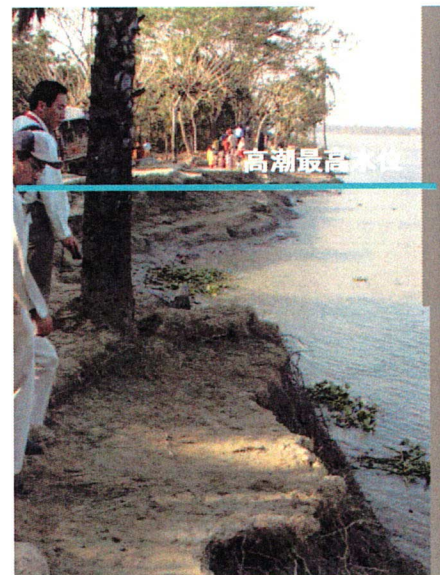


写真-10 川沿いの道路の侵食状況（地点8）



写真-11 崩壊した家屋（左）と再建された家屋（右）（地点8）

(5) 地点9 Southkhali north (バゲルハット県)

Baleswar River (バゲルハット県とピロジプール県との境界) の右岸に位置する。河口からの距離は約30kmである。ここでは、高さ3m程度の河川堤防の上を2m以上の深さで越流し、完全には破堤していないものの、堤防が長い区間で侵食されていた(写真-12)。堤防の背後では、越流水により多数の家屋が流出しており、地点10を含むこの地区において800人が亡くなったとの情報があった。また、川側に樹木が繁茂している箇所での被災は、樹木の無い箇所に比べて少なかった。これは、越流水の流速の違いが影響していると考えられる。

(6) 地点11 Sapleza (ピロジプール県)

Baleswar Riverの左岸に位置し、図-2のようにその下流に比べると川岸が張り出している。ここでは、写真-13のように高さ3m程度の堤防が侵食されるとともに、その背後で越流水により甚大な家屋被害が生じていた。この地区では、写真-14のように堤防の上を3m以上の深さで越流し、警報に従わなかった49人が死亡したとのことである。また、堤防の表のりでも侵食が見られ、波浪の影響もあったと考えられる。さらに、堤防の天端やのり面にある木が強風で根から倒れ、堤防の強度を下げたと思われる。

なお、転圧状況に応じて写真-15のようにブロック状の構造が残っているものが見られた。

(7) 被災状況のまとめ

高潮はベンガル湾に流れ込む河川を遡上し、その沿川で浸水被害を引き起こすと同時に、越流による堤防の侵食が多数の箇所で生じた。堤防は主にシルト・粘土でできており、サイクロン来襲時には天端上の越流水深が2m以上だったとの証言が多かった。今回のサイクロンが干潮時に来襲したことを考慮すると、長期的には満潮時の高潮による浸水を防げるように堤防を高くする必要がある。また、河岸侵食によりサイクロン以前に無くなっていた堤防もあったことから、防護すべき箇所については水制等により河岸侵食を制御する必要がある。



写真-13 越流による堤防の侵食 (地点11)
(左: 堤外, 右: 堤内)

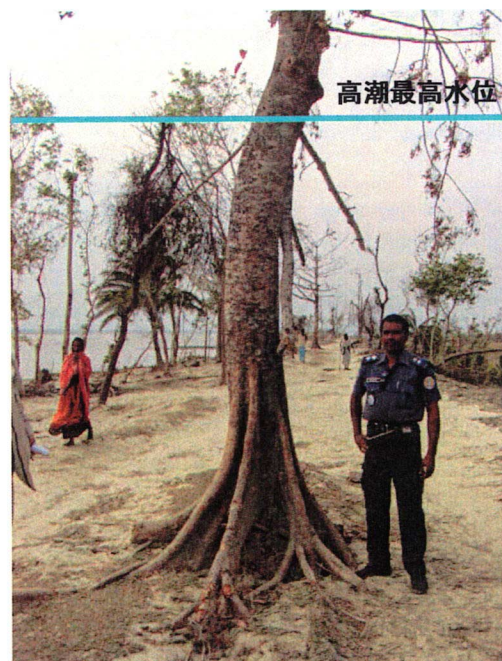


写真-14 堤防越流水深 (地点11)



写真-12 越流による堤防の侵食 (地点9)
(左: 堤内, 右: 堤外)



写真-15 ブロック状の侵食面 (地点11)

6. サイクロンへの対応状況

今回、最高レベルのサイクロン警報がサイクロン来襲の3日前に発令され、ほとんどの住民に伝達されたが、漁に出ている漁民などには情報が届かず多くの犠牲者を出したようである。また、サイクロン襲来の2か月前（2007年9月12日）にインドネシア・スマトラ島沖の地震による津波警報が発令された際、多くの住民が避難したが⁴⁾、津波が小さかった。このため、今回、警報を軽視した住民や、警報を認識していたにもかかわらず、家畜や家財を置いて逃げることをしなかった住民も多くいたようである。高潮に関する「正常化の偏見」は日本と共通の問題であり、地域別の潮位予測など、より細かな情報提供とともに、継続的な防災教育や災害経験の伝承が必要と考える。その一環として、写真-16のような浸水記録の表示は有効である。

また、今回、サイクロンによって倒壊などの大きな被害を受けたサイクロンシェルターは皆無であり、サイクロン来襲時には収容定員以上の人々を収容し、大きな効果を発揮した。しかし、サイクロンシェルターの収容人数が限られている、避難場所が遠い、家畜を連れて避難できないなどの理由で避難を断念した人がおり、さらなる建設ニーズや避難路の確保などのニーズは大きい。また、平時には学校として利用されており今後も多目的な利用の期待が大きい。

現地でのヒアリングの結果、支援ニーズは以下のよう整理される。

緊急的：

- ・食料確保
- ・給水衛生施設の確保等

中期的（4ヶ月後まで）：

- ・生計（漁業、畜産）の回復
- ・住居の復旧
- ・サイクロンシェルターの建設
- ・森林等の回復
- ・インフラの復旧
- ・学校の復旧

長期的：

- ・サイクロン予警報システムの改善
- ・CPPプログラムのエリア拡大
- ・災害管理情報ネットワークの拡大
- ・災害管理研修
- ・研究所の設立



写真-16 浸水記録の表示例

7. おわりに

今回の災害は、所によって堤防高を大きく上回る高潮による浸水と強風によって引き起こされた。サイクロン警報やサイクロンシェルターにより多くの人命が救われたと考えられ、継続的な防災教育や災害経験の伝承なども含めてソフト対策のさらなる充実が重要であるが、必要な堤防高さの確保などのハード対策も着実に充実しなくては今回のような大規模な被害を防ぐことはできない。また、河岸侵食の制御も含め、治水安全度を総合的に高める対策を検討する必要がある。

謝辞：今回の調査では、バングラデシュ政府、在バングラデシュ日本大使館、JICAなどの関係者の皆様にたいへんお世話になりました。ここに記して厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 桂 順治：1991年サイクロンによるバングラデシュの高潮・強風災害、京都大学防災研究所年報、第35号A、pp.119-159, 1992.
- 2) JAXA : Cyclone SIDR Hits Bangladesh, <http://www.eorc.jaxa.jp/en/imgdata/topics/2007/tp071212.html>
- 3) Ministry of Food and Disaster Management : SUPER CYCLONE SIDR 2007 Impacts and Strategies for Interventions, 48p., 2008.
- 4) 濱野 博：研究ノート「バングラデシュ・サイクロン高度危険地域における住民の避難行動－2007年9月12日・スマトラ島沖地震による津波警報発令より－」, <http://www.evaa-japan.org/web-content/HRA-Report01.pdf>