

## 気候変動によって、今後さらに危険になる 高潮災害～1991年バングラデシュ高潮災害を教訓として

関西大学特別任命教授・社会安全研究センター長 京都大学工学博士  
(京都大学名誉教授・関西大学名誉教授) 河田 恵昭



### 実際には15万人以上の住民が亡くなった巨大高潮災害

この高潮災害は1991年4月30日に発生しました。でも、その約2か月後にフィリピンのピナツポ山が大噴火しました。何しろ噴出したマグマの量が20世紀最大の約5立方キロと推定されています。6月下旬、高潮被害調査に向かう筆者らが搭乗する飛行機が、マニラ国際空港に着陸した瞬間、舞い上がった火山灰で視界ゼロになるほどでした。火山は空港から約95kmも離れていたのです。私たちは、高潮と火山噴火という巨大災害を4月と6月に経験することになりました（ピナツポの調査も6か月後に実施しました。火口から10km離れたところにあった2階建ての教会の1階部分は火山灰で完全に埋没していました）。飛行機がバングラデシュ・ダッカ空港に着陸態勢に入った時、滑走路だけが水面から顔を出し、見渡す限り海原でした。高潮浸水の影響がまだ残っていたのです。

さて、サイクロンは図1のような経路を経て、バングラデシュ第2の都市チッタゴン付近に上陸したのは30日午前1時50分頃と推定されています<sup>1)</sup>。高潮による《人的被害》は、災害から3か月後の7月に開催された「災害援助国パリ会議」で、死者131,539人、負傷者460,123人と報告されています。私たちの調査中も大量の遺体が見つかりますから、これらの値は暫定値です。とくに島全体が2度にわたって水没したクトゥブディア島（びっくりしないで下さい。バングラデシュの島は、すべてガンジス川やメグナ川などからの流送土砂が堆積してできています。そしてベンガル湾奥の多くの島は潮流に

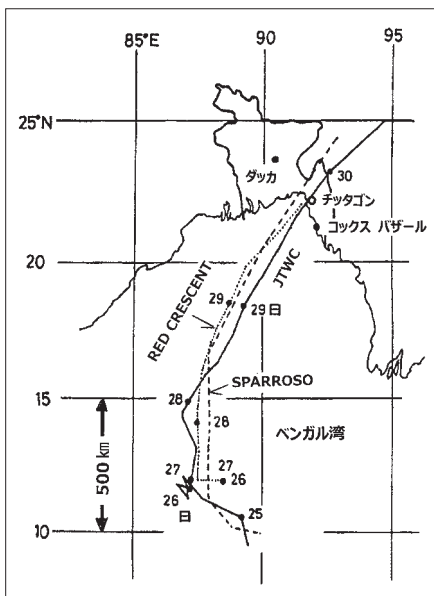


図1 1991年バングラデシュに來襲したサイクロンの軌跡（いずれも衛星写真による解析で、精度は良くなかった。）



写真1 バングラデシュのサイクロンシェルター（1991年当時、小学校として利用されていた例が多い。コンクリートが劣悪なため、風化が激しい）。左上は最近のアロータイプのシェルター

よって常時、北部が侵食され、南部に堆積して島全体が移動します。したがって、写真1の1991年当時、島に建設されたサイクロンシェルターはいずれ海中に没する運命にあります。最近建設されたアロータイプ（風上に向かって尖っている）のサイクロンシェルターの写真を挿入しました）では、19,133人が死亡し、住民5.3人に1人が亡くなりました（わが国では1934年室戸台風の高潮で大阪・堺市で住民100人に1人が死亡したのが最大の死亡率です<sup>2)</sup>）。チッタゴンで観測された《最低中心気圧》は930mb以下（記録計の針が振り切れた）、《10分間最大風速》は49m/s以上となっています。ちなみにバングラデシュ気象局は全国に36カ所の地上観測点があり、そのうち6カ所で40m/sを超え、やはり島全体が高潮で2度にわたって水没したサンドウィップ島では、最大の62.5m/sを記録しています。この暴風で、竹で編んだ壁に茅葺の農民の家はひとたまりもなく吹き飛ばされました。また、約2千本のコンクリート製電柱が折損しましたが、幸いインドネシア製の電柱の予備が大量にあり、停電は長期化しませんでした。しかし、停電したため、日本の気象庁が贈与した気象レーダーが役立ちませんでした。真っ暗闇の中、暴風を伴う巨大高潮が住民を襲ったわけです。記録された《最高潮位》は平均海面上7.875mで最大偏差が5.75mでした。ちなみにこの値は、1959年伊勢湾台風高潮<sup>3)</sup>によって名古屋で記録された最大偏差3.45mをはるかに上回りました。写真2はその被害例です。



写真2 1959年伊勢湾台風による高潮と高波による護岸の決壊と大型貨物船の漂流（わが国で初めての被災地のカラー写真）

## 被害が大きかった理由

この災害直後には、なぜこれほどの大きな被害が出たのか、正確にはわかりませんでした。もちろん、高潮は大きかったのですが、それ以外に社会的要因が複数あり、これらが被害を大きくしました。しかし、1990年を初年度とする国連の「国際防災の10年」が始まっており、わが国は共同提案国として推進する立場にあり、筆者はその研究活動の一環として合計4度、バングラデシュを訪問する機会を得ましたので、詳しく解析し、国連に報告しました。

- ① 農地の相続は長男に限られ、次、三男以下（当時、バングラデシュの女性の平均出生数は約6.4人でした）は新たな農地を求めて海岸付近に仮小屋を建てて住むのが一般的でした。ベンガル湾は水深30mまでは浅く、海底勾配は6千分の1（6km沖で水深1m）であり、メグナ川などの洪水毎に大量の土砂が海岸に運ばれ、容易に農地ができます。この農地で米を1回収穫すれば土地所有権が認められます。同国では米は1年間3回収穫できます（3期作）ので、3度の農地所有のチャンスがあるわけです。
- ② 避難する場所がありません。低地が海岸から数10km続き、避難場所となるサイクロンシェルターは当時、全国に300程度しかなく、しかも写真にあるように古くて脆弱であり、普段は小学校として使われていました。この災害後、20年を要して約3,000基まで増加しました。
- ③ 稲作は水深が1m近い水稻栽培であり、牛が必須です。だから農民は一緒に避難しようしますが、サイクロンシェルターには牛は連れていけないので、積極的に避難しないのです。この高潮災害では1千万頭以上の牛も亡くなったといわれています。

④ 当時、農村には必ずしも電気が供給されていませんでした。だから、情報を伝える赤新月社（わが国の赤十字社に相当する）は、NGO・ボランティアがメガフォンを使って口頭で伝える方法しかありませんでした。この高潮災害がきっかけで、筆者はわが国の国際協力機構（JICA）の「途上国援助の在り方に関する委員会」の委員長に就任し、草の根援助事業を発足させ、地元NGOなどを支援できるようになりました<sup>4)</sup>。

⑤ 土地や家屋の不動産登記制度がなく、避難している間に他人が住居に侵入して占拠する事例が発生し、裁判が多くなって判決に時間がかかるということが長期間、社会問題となりました。

## これまでの世界の高潮常襲地帯と対策

高潮常襲地帯は、日本の太平洋沿岸、米国のメキシコ湾沿岸、オランダなどの北海沿岸、バングラデシュなどのベンガル湾沿岸と考えられてきました。だから、先進国ではすでに高潮対策が実施されています。たとえば、わが国では歴史的に大阪湾沿岸がもっとも危険で、過去1,500年にわたる世界で最長の高潮災害の記録が残っています（高潮災害がこれまで53回発生し、その内、7回は巨大だった）。古くから住民の百人から千人に一人がなくなる被害を繰り返していました<sup>5)</sup>。大阪、東京、伊勢湾沿岸の高潮対策は、防潮堤と水門の組み合わせが基本です。気候変動に対処するには、計画高潮に対していずれも設計高さが不足していることがわかり、被害の緩和策を実行しようとしています。北海沿岸のイギリスやドイツ、オランダでもゲールという発達する温帯低気圧による高潮災害が猛威を振るいました。1953年の高潮はこれらの諸国で深刻な被害を発生しました。去る6月に天皇・皇后両陛下が国賓として英国を訪問されたことはご存じのことと存じます。その折、写真3のテムズ・バリア（水門）を訪問されました。テムズ川をさかのぼった高潮が、ロンドンを水没させて300余名が犠牲になったことを



写真3 テムズ川に設けられた回転型高潮水門でロンドンを守っている。



写真4 オランダの高潮堤防。1万年に1回発生する巨大高潮に耐えられるように2000年に完成した。

きっかけとして作られました。オランダでは、この高潮で約1,800人が犠牲になり、これがきっかけで1万年に1回起こる高潮に耐える写真4のような巨大な高潮堤防が2000年に完成しました。ドイツを流れるライン川の河口でも巨大な高潮水門が建設され、その大きさはパリのエッフェル塔の高さと同じになるように設計されました。また、エルベ川河口のハンブルグでは、旧市街地は2重の水門で守り、海岸に面する新市街地では地上げと建物利用制限で対処しています。米国では、2005年ハリケーン・カトリナの高潮災害で約1,800人が犠牲になりました。同国では建国以来、千人以上亡くなった災害はこれを含めて3度発生しましたが、すべて高潮災害です。対策は100年に一度の高潮に耐える防潮堤の建設、居住禁止地域の設定、ピロティ方式の住宅建設などの組み合わせから構成されています。

## 将来、高潮災害の発生危険地域

高潮は、熱帯低気圧や温帯低気圧による吸い上げと吹き寄せ効果で発生し、とくに後者の影響が大きいです。これが顕在化しているのがイタリア・ベニスです。アフリカのサハラ砂漠から夏季にシロココと呼ばれる南風が吹きます。これが地中海を横断してアドリア海の奥まで遠距離を吹きつけて高潮が発生し、しかも地盤沈下も加わって、1 m以上の高潮が頻発するようになりました。写真5は近年の高潮時のサンマルコ広場の光景です。世界で最も美しい広場が水没し、観光客は踏み台の上を歩かざるを得なくなっています。対策として、

2022年に周辺のラグーン（潟湖）に海底設置型の水門が完成しましたが、閉じると未処理で放流している下水の水質悪化の懸念があり、社会問題になっています。このほかに、21世紀に入って、ミャンマー、フィリピン、米国東海岸でも台風やハリケーンなどの発生・発達海域の変化などが原因して大きな高潮災害が起こるようになりました。とくに、米国・ニューヨークを襲った2011年ハリケーン・サンディによる高潮災害<sup>6)</sup>では、世界の経済中心であるウォール・ストリートが水没したほか、地下鉄や道路トンネルも水没



写真5 イタリア・ベニスで発生する高潮で水没したサンマルコ広場

し大きな被害が発生しました。しかし、同国では経済被害は保険でカバーできるので、大きな社会的問題にはなりません。もし、同様のことがわが国で起これば、ほぼすべて公共事業として対処せざるを得ず、新たな大きな問題となる危険性があるでしょう。また、わが国では冬季の北西季節風で高潮被害が発生した地域が日本海沿岸各地にあります。近年、台風の進行経路が予想と外れ、想定外となるものや、スーパー台風の発生も懸念されます。したがって、とくに過去に高潮が発生した地域では、台風の接近に伴って油断すると、思わぬ大きな高潮が来襲する危険性があります。この点に関する注意がとくに必要でしょう。

### 参考文献

- 1) 河田恵昭：1991年バングラデシュの高潮氾濫災害、河川災害に関するシンポジウム、自然災害総合研究班、pp/47-60、1992.
- 2) Kawata, Y. : Risk to life, warning systems, and protective construction against past storm surges in Osaka bay, Jour. Dis. Sci., Vol.3, No.1, pp.33-55, 1981.
- 3) 中央防災会議（災害教訓の伝承に関する専門調査会）：1959年伊勢湾台風報告書、pp.1-216、2008.
- 4) 国際協力事業団・国際協力総合研究所：「防災と開発に関する基礎研究」報告書、総研 JR97-71、pp.1-145、1998.
- 5) 河田恵昭：高潮・津波防災、第30回水工学に関する夏期研修会講義集、土木学会、pp.1-21、1994.
- 6) 米国ハリケーン・サンディに関する現地調査報告書（第二版）：国土交通省・防災関連学会合同調査団、pp.1-109、2013.