

バングラデシュ人民共和国

気象観測用レーダー更新計画

基本設計調査報告書

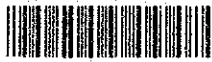
昭和61年12月

国際協力事業団

無計二

86-110

JICA LIBRARY



1033914[1]

バングラデシュ人民共和国

気象観測用レーダー更新計画

基本設計調査報告書

昭和61年12月

国際協力事業団

無計二

86-110

国際協力事業団		
受入 月日	'87. 1. 27	101
登録 No.	15888	55.1
		GRS

序 文

日本国政府は、バングラデシュ人民共和国政府の要請に基づき、同国の気象観測用レーダー更新計画にかかる基本設計調査を行うことを決定し、国際協力事業団がこの調査を実施した。

当事業団は、昭和61年9月1日より9月29日まで、気象庁観測部測候課調査官召田成美氏を団長とする基本設計調査団を現地に派遣した。

調査団は、バングラデシュ人民共和国政府関係者と協議を行うとともに、プロジェクト・サイト調査及び資料収集等を実施し、帰国後の国内作業を経て、ここに本報告書完成の運びとなった。

本報告書が本プロジェクトの推進に寄与するとともに、バングラデシュ人民共和国の気象観測体制の整備・強化による自然災害の軽減に成果をもたらし、ひいては両国の友好・親善の一層の発展に役立つことを願うものである。

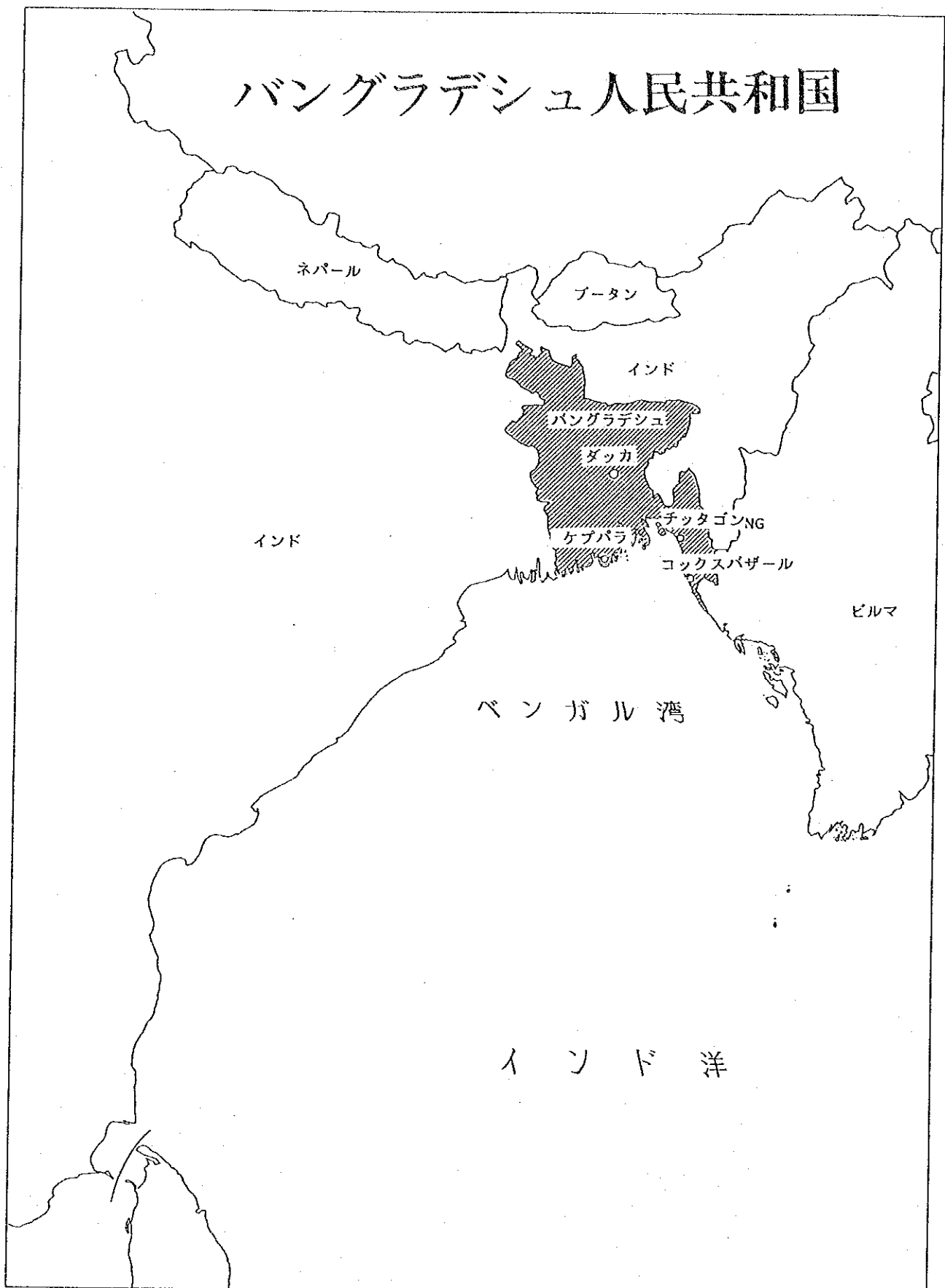
終りに、本件調査にご協力とご支援をいただいた関係各位に対し、心より感謝の意を表するものである。

昭和61年12月

国 際 協 力 事 業 団

総 裁 有 田 圭 輔

バングラデシュ人民共和国



バングラデシュ人民共和国は、たびたびサイクロンに襲われ多大の人的・経済的被害を被っているが、サイクロン監視用の気象レーダーが老朽化しレーダーによる監視が不可能となり、サイクロンの予警報に支障をきたしているため、同国政府は気象レーダーの更新を計画し、日本国政府に対し無償資金協力を要請してきた。これに応え、日本国政府は基本設計調査の実施を決定し、国際協力事業団が昭和61年9月1日から9月29日まで気象庁観測部測候課調査官召田成美氏を団長とする基本設計調査団を現地に派遣し、バングラデシュの気象観測用レーダーの現状、バングラデシュ気象局の組織、予警報業務などの本計画の背景調査、要請内容の確認、および無償資金協力案件としての妥当性、プロジェクトサイト、更新後の維持管理体制等に係わる調査を行った。

バングラデシュは、インド亜大陸の北東部に位置し、人口約1億、面積約14万4千平方Kmである。その国土のほとんどは、ヒマラヤに発するガンジス川とブラマプトラ川の合流部に形成された世界最大の三角州であり、国土面積の10%を河川が占めている。

気候は、典型的な亜熱帯モンスーン型で、6月から10月がモンスーン季、11月から2月が乾季、3月から5月が夏季と呼ばれている。モンスーンの発達期である4月、5月および衰退期の10月、11月にはサイクロンと呼ばれる熱帯性低気圧がベンガル湾に発生し沿岸地方に襲来して大雨、強風、高潮などによる被害をもたらす。1960年以降だけでも人的被害は約56万人、経済的被害は30億ドルにもおよんでいる。

バングラデシュの気象業務は、バングラデシュ気象局(BMD)が所掌し、日常の気象観測からサイクロンなどの自然災害に対する予警報業務までを行っている。

BMDは、バングラデシュ全土に34ヶ所の気象観測所、11ヶ所の上層風観測所、3ヶ所の気象観測用レーダーを有している。その全ての情報はダッカの気象中枢である Storm Warning Center に集まり全国に対しての予報・警報となって発表される。

3ヶ所の気象観測用レーダーはダッカ、ケブパラ、コックスバザールに設置されており、その内の沿岸部にあるケブパラおよびコックスバザールがベンガル湾を北上して襲来するサイクロンの監視に重要な位置にある。しかし、両レーダーとも1960年代のもので老朽化しており、現在はともに稼働していない。

バングラデシュを襲うサイクロンは、ベンガル湾を北上しバングラデシュの沿岸部のいたるところに上陸する。沿岸部に設置されているケブパラおよびコックスバザールのレーダーは、東西方向に約200Km離れて位置しており、ベンガル湾を東西に半分ずつ観測するという意味でサイクロン監視にはともに欠かせない位置にある。気象学的には、サイクロンに伴う降雨は極めて激しく、強い雨域の背後は明瞭に探知できない恐れがある。とくにバングラデシュ中部を襲うサイクロンについては、両レーダーによりサイクロンを両側から観測することにより、より正確に中

心位置が決定される。

したがって、サイクロン監視のためには、ケブパラおよびコックスバザールの2ヶ所のレーダーを更新する必要がある。また、慢性的な電力不足に起因する停電の頻発と電圧不安定があるため、サイクロン観測は商用電源に頼らず自家発電で運用できる用意が必要である。

その他、要請内容にはレーダーデータのダッカ予報中枢への伝送システムの整備も含まれていたが、バングラデシュの回線品質が画像データのような大量データを伝送できるほどの品質ではなく、回線網の整備計画が進められているので、この件については本計画には含めず、回線網の整備を待つて実施すべきであると判断された。

更新するレーダーは、サイクロンに伴う降雨の激しさを考慮して、降雨減衰の影響の少ないSバンド(波長10cm)レーダーとする。レーダーはほとんど海拔0mの平地に設置されるので、地球の曲率から考えて送信電力500kw(探知距離約400Km)のレーダーを設置すると、そのレーダーの有効探知距離は200Kmとなる。したがって、ベンガル湾を挟んで東西方向に約200Km離れた両レーダーサイトにレーダーが設置されることにより、ベンガル湾方面のほぼ全域が観測可能となる。また、電圧変動からレーダー機器を保護するため定電圧装置を附属させる。

商用電源の停電などに備えて、各サイトにはディーゼル発電機を2組用意し、少なくともサイクロン観測には支障をきたさぬよう3000リットルの主燃料タンクを設置する。コックスバザールのレーダーサイトでは気象台が離れているため、データラインによりレーダー画面を気象台でも観察出来るようにし、データ解析とそれによる予報精度の向上を図ることとする。レーダーサイト以外にダッカの予報中枢にもカラーモニタを置き、フレキシブルディスクに記録したサイクロン画像の再現を可能とし、今後の予報技術の向上に役立たせる。

以下、ケブパラおよびコックスバザールのレーダーサイトに設置する機材を記す。

1. 気象観測用レーダー機材

- (1) アンテナ(直径4m)
- (2) 送受信装置(Sバンド、送信電力500Kw、探知範囲約400Km)
- (3) アンテナ制御装置
- (4) 導波管加圧装置
- (5) 主指示装置(PPI)
- (6) デジタルビデオ信号処理装置(DVIP)
- (7) カラーモニタ(フレキシブルディスク装置付)
- (8) モデム(但し、コックスバザールのみ)
- (9) レドーム(ケブパラ直径7m、コックスバザール5.5m)
- (10) 自動電圧調整装置(AVR)

2. 電源および空調設備

- (1) ディーゼル発電機 2組 (6気筒、定格出力45KVA)
- (2) 発電機制御パネル
- (3) スタートバッテリー
- (4) メインタンク(3000ℓ)およびサービスタンク
- (5) 分電盤
- (6) 電圧変動安定化装置(IVR)

3. 予備部品および保守用備品

本計画に必要な事業費は、総額約6.43億円(日本側負担分6.36億円、バングラデシュ側負担分0.07億円)と概算される。

本計画の実施に当たっては交換公文締結後、実施設計、入札、契約などに約2ヶ月、レーダー製作に8ヶ月、日本からの輸送に約1ヶ月、据付、施工に約4ヶ月の合計15ヶ月を見込む必要がある。

2基の更新レーダーの年間維持管理費は、1基、最大約45万タカと概算され、これはBMDの現行予算の範囲内で十分負担可能であると考えられる。

バングラデシュの気象観測用レーダーの更新は、同国を頻繁に襲い多大の気象災害をもたらすサイクロンの予警報精度を向上させ、国民の生命、財産の保全に大きく貢献する意味から極めて有意義である。

なお、本件の実施により設置されるレーダーは、現在レーダーサイトに設置されている1960年代のものとは異なり、回路はほぼ完全にICを用いてブロック化されたものとなっている。

もちろんレーダーの測定原理は旧式のものも最新式のものも変りはないが、取り扱い、保守、補修にあたっての留意点などに新、旧で大きな違いがある。更新レーダーの設置後の安定した運用を期待する上からは、レーダーの取り扱いなどについて研修員受け入れによる技術協力を行うことが望ましい。

目 次

序 文

地 図

要 約

第1章 緒 論	1
1.1 経 緯	1
1.2 調査の目的と内容	2
第2章 計画の背景	3
2.1 バングラデシュの概要	3
2.1.1 自然条件	3
(1) 地 勢	3
(2) 気 候	3
(3) 気象災害	4
2.1.2 社会環境	10
(1) 生活環境	10
(2) 運輸・通信事情	10
(3) 電力事情	10
(4) 建設事情	10
2.2 バングラデシュの気象事業	12
2.2.1 BMDの組織と業務	12
(1) 組織および人員	12
(2) 業 務	15
2.2.2 観測と予警報体制	15
(1) 観測項目および時刻	15
(2) データの伝達	15
(3) 予警報の作成と伝達	16
2.2.3 防災体制	16
2.3 レーダー観測施設の現況	16
2.3.1 レーダーの状況	17

(1) ダッカ	17
(2) コックスバザール	17
(3) ケブパラ	20
2.3.2 考 察	22
(1) レーダー観測地点の選定	22
(2) 現レーダーの修理	22
(3) 電源事情	22
(4) 通信事情	22
(5) 交通事情	22
第3章 計画の内容	25
3.1 バングラデシュのレーダー気象観測の目的	25
3.2 要請内容の検討	25
3.2.1 レーダー更新の必要性	26
3.2.2 レーダー運用、保守の条件及び能力	26
3.3 計画概要	28
3.3.1 実施機関、運営体制	28
(1) 実施機関	28
(2) 運営体制	28
3.3.2 基本計画	28
3.3.3 機材概要	29
(1) レーダー機材	29
(2) 解析装置	29
(3) 電源および予備部品	29
3.3.4 管理計画、人的配置	29
3.4 技術協力	30
第4章 基本設計	31
4.1 設計方針の設定	31
(1) 監視対象と運営目的	31
(2) コックスバザール、ケブパラの両レーダーの必要性	31
(3) 電 源	31
(4) データの伝送	31
(5) 付帯設備状況	31
4.2 設計方針の検討	32

4.2.1	監視対象と運用目的の検討	32
4.2.2	コックスバザール、ケブパラの両レーダーの必要性の検討	32
4.2.3	電源に関する検討	34
4.2.4	データの伝送に関する検討	34
4.2.5	付帯設備状況の検討	34
4.3	基本計画	35
4.3.1	機材計画	35
(1)	気象観測用レーダー	35
(2)	電源設備	36
(3)	空調設備	37
(4)	予備部品及び保守用備品	39
(5)	気象レーダーの性能比較	41
4.3.2	設置計画	43
4.4	施工計画	43
4.4.1	建設事情及び施工方針	43
(1)	建設事情	43
(2)	施工方針	43
4.4.2	工事区分	44
4.4.3	施工管理計画	44
(1)	総括責任者	44
(2)	主任技術者	44
4.4.4	資機材調達計画	45
4.5	実施スケジュール	45
4.6	維持管理費用	47
4.7	概算事業費	47
4.7.1	日本側負担事業費	47
4.7.2	バングラデシュ側負担事業費	48
(1)	負担項目	48
(2)	事業費概算	48
第5章	事業評価	51
第6章	結論と提言	53

略語表	55
-----------	----

資料編	57
-----------	----

図 表 目 次

図 2 - 1	バングラデシュの地図	5
図 2 - 2	地 形 図	6
図 2 - 3	主要都市の気温と降雨量	7
図 2 - 4	サイクロン経路図	8
図 2 - 5	BMD組織図	13
図 2 - 6	コックスバザール、レーダーサイト見取図	19
図 2 - 7	ケズバラ、レーダーサイト見取図	21
図 2 - 8	3レーダーの探知範囲	23
図 2 - 9	気象情報の流れ	24
表 2 - 1	サイクロン被害記録（BMD、赤十字による）	9
表 2 - 2	水力・火力別発電量（MW）	11
表 2 - 3	主な都市の職種別人夫の年平均日別賃金	11
表 2 - 4	BMDの技術者構成	14
表 4 - 1	レーダーサイト別機材表	40
表 4 - 2	レーダー機器性能比較表	42
表 4 - 3	作業工程表	46

第 1 章 緒 論

第 1 章 緒 論

1.1 経 緯

バングラデシュ人民共和国は、インド大陸の北東端に位置し、ヒマラヤに源を発するガンジス川、ブラマプトラ川が合流しベンガル湾に注ぐ世界最大のデルタ地帯を国土としている。

モンスーン季は、6月から10月の約5ヶ月間であり、モンスーンの発達期である4、5月、衰退期である10、11月には、サイクロンが発生しデルタ地帯を襲い、高潮を伴って多大な被害をもたらし、さらに、夏季にはノーウェスターと呼ばれる雷、竜巻を伴う暴風雨が発生し、雹、霰が降り被害をもたらしている。

これらの自然災害による被害は、1960年以降だけでも死者56万人以上、経済的損失は、30億ドルにのぼっている。

とくに1970年11月12、13日に襲来したサイクロンは、史上最悪と言われ50万人以上の人命が奪われたと記録されている。最近では、1985年10月25日のサイクロンにより1万1千人の犠牲者があった。

同国における気象業務に関しては、気象局（BMD）が、気象予測、予警報業務を所掌し、予警報センター（ダッカ）、気象・地球物理学センター（チッタゴン）が設置されており当該業務に当たっている。

サイクロン、ノーウェスターなどを観測するための有力なシステムである気象レーダーは、ダッカ、コックスバザール、ケプバラの3ヶ所に設置されている。

しかし、国連開発計画（UNDP）の資金援助及び世界気象機関（WMO）の技術指導によって更新されたダッカのレーダーを除く、他の2ヶ所のレーダーシステムは、1960年代の旧型であり、老朽化が激しく正常に稼働していない現状である。

ベンガル湾を北上するサイクロンの監視体制を考える時、海岸線にあるレーダーの情報の欠如は、予警報体制に重大な影響を与えるものと考えられる。

バングラデシュ人民共和国政府は、同国を頻繁に襲うサイクロンなどの災害から人命、財産を守り、被害を最小限にとどめるには、レーダーを含む気象観測、監視、予警報システムの強化が急務であると判断し、コックスバザール、ケプバラのレーダーシステム更新計画をたて、我が国に無償資金協力を要請してきた。

これを受けて国際協力事業団（JICA）は、現地に調査団を派遣し、気象観測用レーダー更新計画の基本設計調査を実施した。

1.2 調査の目的と内容

基本設計調査は、バングラデシュ人民共和国の要請に基づき、同国コックスバザール、ケブパラの２ヶ所の気象観測用レーダーシステム更新計画の最適な基本設計を、本案件の我が国無償資金協力案件としての妥当性の検討をも含め、行うことを目的とし、現地調査の内容は、次の通りである。

- (1) 自然、社会環境調査
- (2) BMDの組織と業務調査
- (3) レーダーサイトの現状調査
- (4) 気象情報伝送、処理システムの現状調査
- (5) 防災システムの現状調査

本報告書は、上記調査に基づく国内解析の結果をとりまとめたものである。

なお、調査団の構成、調査日程、面談者リストおよび協議議事録は、巻末に資料編として添付する。

第 2 章 計画の背景

第 2 章 計 画 の 背 景

2.1 バングラデシュの概要

2.1.1 自然条件

(1) 地 勢

バングラデシュの国土は北緯 20 度 29 分から 26 度 38 分、東経 88 度 1 分から 92 度 41 分に位置し、面積は 14 万 4 千平方キロである（図 2-1）。東西および北側はインドに接し、南側にはベンガル湾がある。また、南東部がビルマに接している。この地域はガンジス川とブラマプトラ川とにより形成される世界最大のデルタ地帯であり、国土面積の 10% は河川により占められている。このため地形は平坦で、南東部と北西部の一部を除き、ほとんどが海拔 10 m 以下の平地となっている（図 2-2）。

(2) 気 候

気候は典型的な亜熱帯モンスーン型で、多雨多湿が特徴である。気温と降水量について図 2-3 に示す。

1 年間は 3 季節に分けることができる。6 月から 10 月がモンスーン季であり、南寄りの風で降水量が多く、湿度がとくに高い。11 月から 2 月までが乾季（冬季）であり、気温、湿度ともに低く、降水量はわずかである。また、デルタ地帯では放射霧も発生する。3 月から 5 月は気温が高く、夏季と言われている。3 月にはまだ降水量は少ないが、南から風が吹きはじめて気温が上昇し、4 月、5 月が最も暑くなっている。また、この季節には大気の下層に湿った南風が入るため大気が不安定となり、しばしばノーウェスターと呼ばれる雷雨を伴った嵐が発生し、強いスコール、降雹などの現象がみられる。

モンスーンの発達期である 4 月、5 月、及び衰退期である 10 月、11 月にはサイクロンと呼ばれる熱帯性低気圧がベンガル湾に発生し、沿岸地方に襲来して強風、大雨、高潮などによる被害をもたらしている。1780 年から 1970 年に至る期間について、10 年毎のサイクロン発生数、月別の発生数、及び 1905 年から 1970 年までに観測されたサイクロンの進路について、図 2-4 に示す。

さらに、1960 年から 1985 年の間に発生したサイクロン 6 例について資料編の図に示す。

サイクロンの発生は 5 月と 10 月が特に多くケプバラからチックゴンに至る沿岸に上陸することが多い。

(3) 気象災害

バングラデシュはサイクロン、ノーウェスター、洪水、干ばつなどの自然災害が多く、とくにサイクロンは強風と高潮をともない重大な被害をもたらしている。1963年以降のサイクロンによる被害を資料編に示すが、1960年以降だけでも表2-1に示すとおり、約57万人の死者および行方不明者が生じている。とくに1970年11月12日、13日に襲来したサイクロンは最悪の被害をもたらした。このサイクロンは最大風速59 m/s、最高10 mの高潮を記録し、クルナからチッタゴンに至る広い地域が被災して、50万人以上の死者および行方不明者が生じたとされている。また、最近では、1985年10月25日に襲来したサイクロンにより、11000人の犠牲者が生じている。

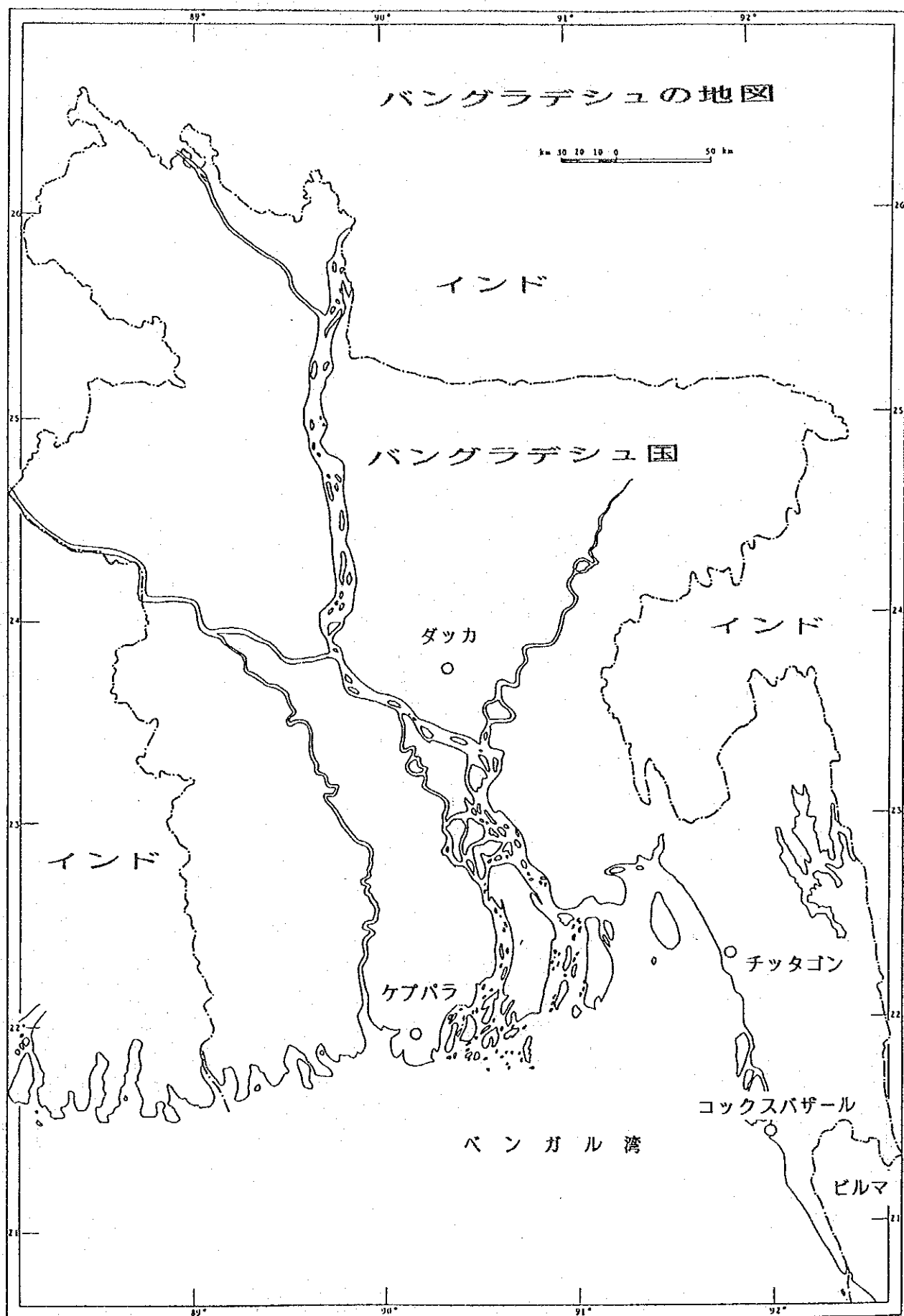


図 2-1

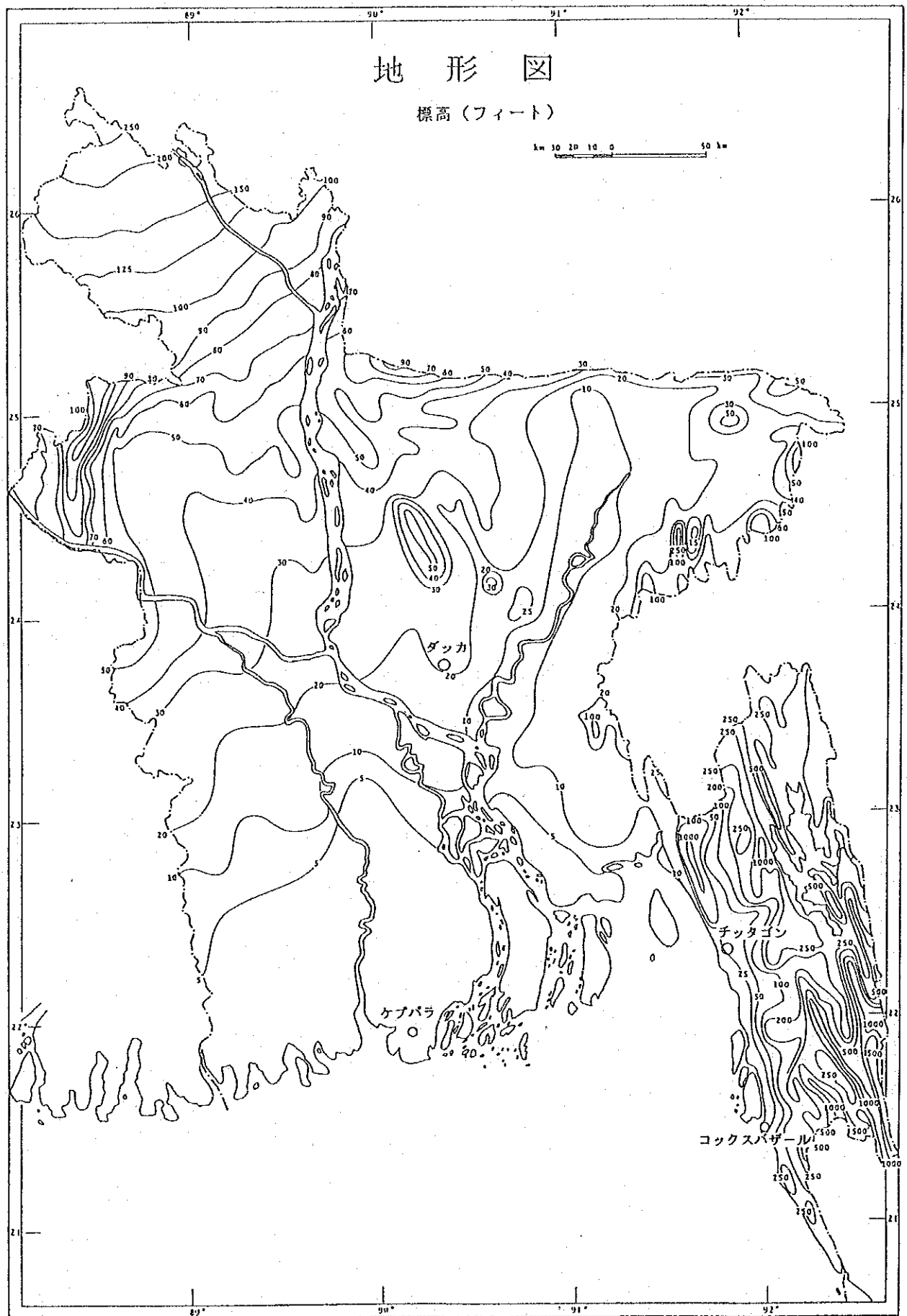


図 2-2

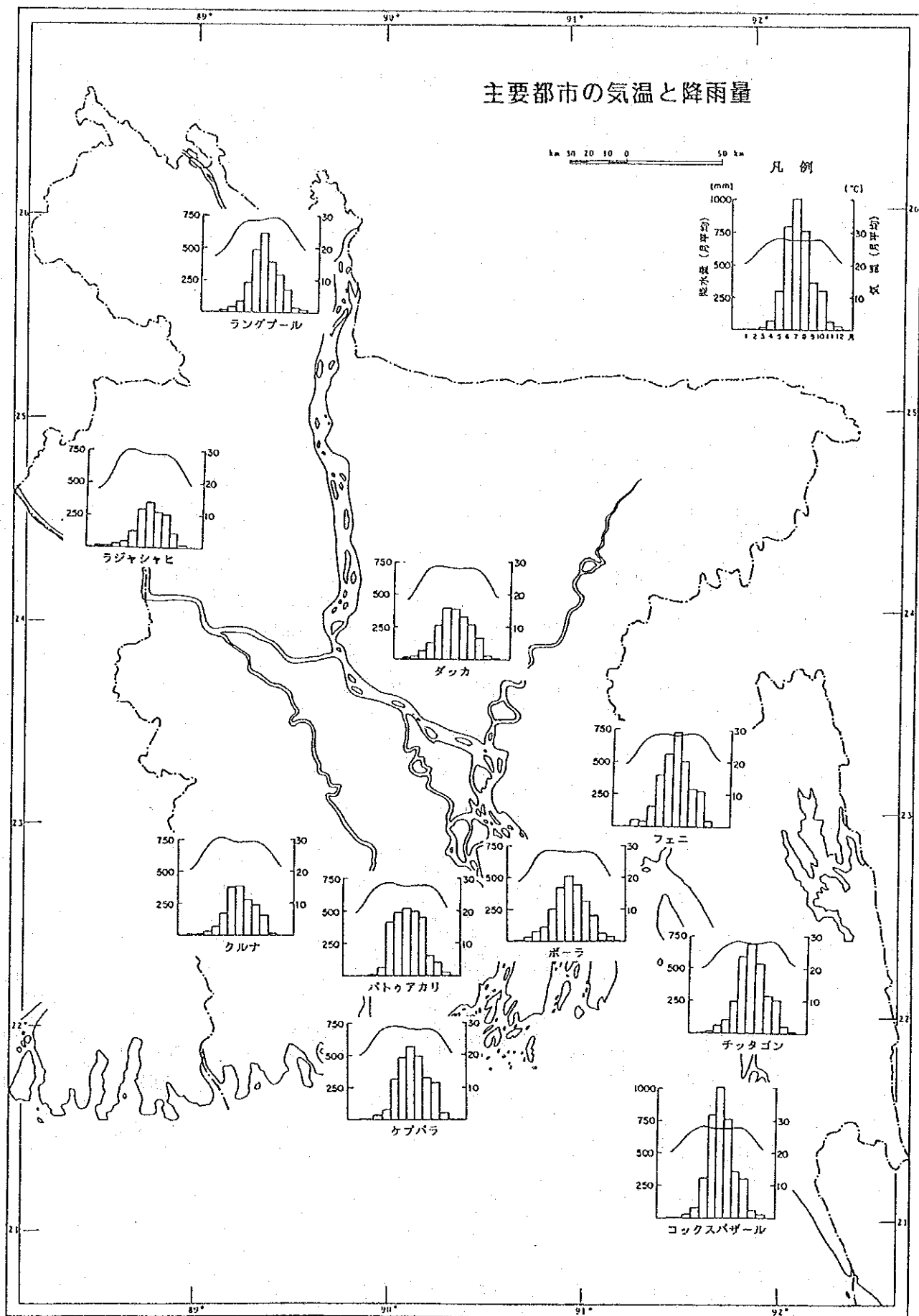


図 2-3

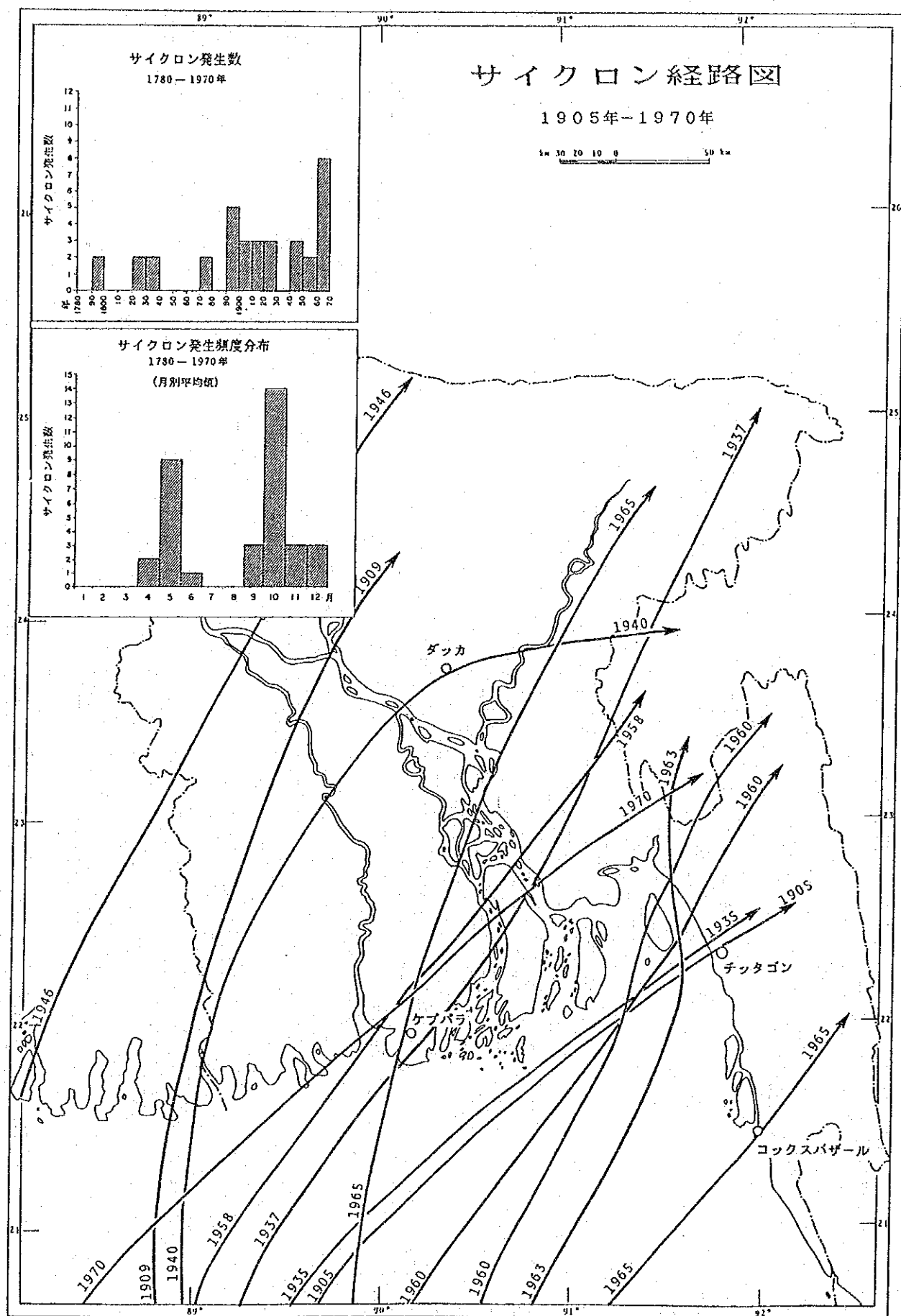


図 2-4

表 2-1

サイクロン被害記録 (BMD, 赤十字による)

	<u>死者, 行方不明者数</u>	<u>被害額 (百万タカ)</u>
1. 1960年10月10日	3000以上	168.9
2. 1960年10月31日	8149	被害額推定できず
3. 1961年 5月 9日	11468	300.00
4. 1963年 5月29日	11520	345.00
5. 1965年 5月11日	19280	523.00
6. 1965年12月15日	523	559.00
7. 1966年10月 1日	850	被害額推定できず
8. 1970年10月23日	—	—
9. 1970年11月12~13日	500000	1176.00
10. 1973年12月 9日	500	951.00
11. 1974年11月28日	28	980.00
12. 1981年12月11日	240	被害額推定できず
13. 1985年 5月25日	11000	1000.00

2.1.2 社会環境

バングラデシュは発展途上国であり、経済の基盤は農業にある。農業生産がGDP（Gross Domestic Product）の半分を占め、最大の農産物は米である。

その他、今回の計画に関係のある社会環境は次のとおりである。

(1) 生活環境

電力の供給、上下水道の整備、ラジオ・テレビ・電話の普及状態、国民所得などは低い水準にあるが、米などの食料の供給には特に支障はみられない。ダッカ、チッタゴンなどの都市には銀行、ホテル、病院などが整備されている。

(2) 運輸・通信事情

国土に河川、水路が多いため、水上交通の利用が多い。陸上交通路は約2900Kmの鉄道と、約4700Kmの主要道路から成り立っている。主要な都市間の道路は概ね良好な状態で、バス、トラックの通行に支障はないが、河川または水路による中断箇所が多く、フェリーが重要な連絡手段となっている。国内航空路も主要な都市間に設定されており、便数は多くないが利用可能である。

なお最大の貿易港はチッタゴンにあり、よく整備された港湾施設を有している。

一般の通信事情は悪い状況にあり、電話の普及率も高くない。

(3) 電力事情

バングラデシュにおける電力供給は表2-2に示すとおり年々増加しているが、総発電量は1000メガワット程度にすぎない。バングラデシュ全体に電力供給事情が悪く電力が供給されていても電圧変動や停電が多い。

(4) 建設事情

ダッカ、チッタゴンなどの大都市では、建設用の機材、資材の調達に支障はない。しかし、地方都市での現地調達は困難で、特に大型の機材は難しい。労働者の確保は、バングラデシュ国内の何れの地域でも容易であるが、労働者の質は差が大きい。表2-3に主要都市での建設労働者の平均賃金を示したが実際の賃金は仕事の内容により差が大きい。労働者は一般に勤勉であるが、日本での状況と比較して、同等の作業に1.5～2.0倍程度の時間を要すると推定される。

表 2-2 水力・火力別発電量 (MW)

年	水 力	蒸 気 タ ー ビ ン			内 燃 機 関					総発電量
		石 炭	重 油	天 然 ガ ス	ガ ス タ ー ビ ン			ディー ゼ ル	火 力 発電量	
					液化石 油ガス	ナフサ	ディー ゼ ル			
1974-75	80	—	85	263	108	46	—	85	587	667
1975-76	80	—	85	318	108	46	40	92	689	769
1976-77	80	—	85	318	108	46	40	90	687	767
1977-78	80	—	85	318	108	33	40	88	672	752
1978-79	80	—	77	318	108	7	40	88	638	718
1979-80	80	—	81	318	108	—	146	89	742	822
1980-81	80	—	81	318	108	—	139	87	733	813
1981-82	130	—	80	318	96	—	139	93	726	856
1982-83	130	—	77	378	96	6	145	87	789	919
1983-84	130	—	182	408	156	13	145	86	991	1121

資料：バングラデシュ電力開発局

表 2-3 主な都市の職種別人夫の年平均日別賃金

		(タカ/日)							
職 種	都 市	1978-79	1979-80	1980-81	1981-82	1982-83	1983-84	1984-85	
石 工	ダッカ	34.88	39.63	45.50	54.25	55.83	60.54	61.17	
	ナラヤンガンジ	34.50	37.30	45.45	52.00	52.72	55.50	61.13	
	チッタゴン	35.00	40.77	46.41	52.33	60.00	61.22	64.83	
	ラジシャヒ	33.27	26.20	26.50	30.00	32.50	35.46	39.29	
	クルナ	23.95	28.43	33.70	34.32	42.37	43.00	44.00	
	シレット	26.03	32.45	35.87	42.86	42.85	45.71	55.14	
	ラングプール	29.29	30.63	31.00	35.13	35.93	42.08	48.54	
補助者	ダッカ	17.55	20.64	25.00	24.92	26.83	27.36	30.37	
	ナラヤンガンジ	18.36	18.60	24.00	23.68	24.59	28.45	32.45	
	チッタゴン	19.47	21.00	27.00	26.17	30.46	27.27	33.79	
	ラジシャヒ	15.13	14.83	16.00	16.00	16.79	22.50	24.29	
	クルナ	15.00	13.57	19.00	19.15	17.46	21.15	21.12	
	シレット	13.66	14.78	15.62	24.32	22.42	22.37	23.90	
	ラングプール	13.25	15.53	16.00	17.41	18.86	25.22	24.79	
大 工	ダッカ	29.95	35.67	45.16	54.71	52.58	59.73	60.37	
	ナラヤンガンジ	30.18	34.40	42.71	53.50	51.63	52.55	60.72	
	チッタゴン	36.57	40.37	49.37	56.58	59.58	60.62	62.08	
	ラジシャヒ	21.57	24.13	28.08	33.75	37.08	42.00	43.17	
	クルナ	17.88	20.00	26.33	29.87	32.25	40.40	37.87	
	シレット	21.00	23.84	25.29	34.36	39.64	38.00	41.68	
	ラングプール	24.61	24.53	31.91	34.59	34.37	41.67	42.12	

資料：B. B. S

2.2 バングラデシュの気象事業

バングラデシュにおける気象事業は主にバングラデシュ気象局（BMD）によって行われている。

BMDは日本の気象庁と同様、気象観測、気象統計、気象予報・警報業務を担当している。

2.2.1 BMDの組織と業務

(1) 組織および人員

BMDの組織を図2-5に示す。

BMDは34ヶ所の地上気象観測所、11ヶ所の上層風観測所（パイロットバルーンによる）、3ヶ所の高層気象観測所（レーウィンゾンデによる。ダッカ、チッタゴン、ボグラ）、3ヶ所の気象レーダー（ダッカ、コックスバザール、ケブバラ）を有しており、南部及び南東部の観測所はチッタゴンの気象・地球物理センター（Meteorological and Geophysical Center）により管理されているが、そのほかの観測所はダッカの予警報センター（Storm Warning Center）により管理されている。

BMDの職員は上級職員（Officer）と一般職員（Staff）に2分されており、総数は約1000人で、大部分はStaffである。Officerとは技術者や管理者でありStaffはOfficerの補助をする職員（天気図のプロット、測器の取り扱い等）から、庭師、掃除夫までを含んでいる。Officerの総人数は112名であり、内訳を表2-4に示す。

Officerは大学または大学院修士の卒業者に限られており、このうち気象技術者（Meteorologist）については、修士課程終了後13ヶ月間の研修ののち、技術員（Assistant Meteorologist）となって職場に配置される。

バンダラデシユ氣象局

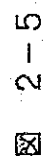


表 2-4 BMDの技術者構成

部 長	6
副 部 長	8
電 気 技 術 者 通 信 技 術 者 機 械 技 術 者	10 10 4
気 象 技 術 者 アシスタント 気象技術者	26 42
合 計	112

(2) 業 務

BMDの主要な部局の業務は次のとおりである。

- ・予警報センター： Storm Warning Center (Dhaka) ；

全国の気象データを解析し、全国に対する予報・警報を行う。また、全国の気象観測所の技術的な管理、及び南部、南東部を除く気象観測所の事務的な管理を行う。

- ・予報課： Forecasting Division (Dhaka) ；

南部、南東部を除く地域の予報を行う。

- ・測器工場： Meteorological Workshop and Laboratory (Dhaka) ；

気象観測用測器の製作と検定を行う。

- ・気象研修所： Meteorological Training Institute (Dhaka) ；

BMDの職員(Officer, Staff)の教育と研修を行う。

- ・気候部門： Climate Division (Dhaka) ；

気象データの管理、統計、保存を行う。

- ・気象通信センター： NMCC (National Meteorological Communication Center, Dhaka) ；

気象データの送受信を行う。

- ・教育課： E & I Division (Dhaka) ；

外国技術の調査、導入及び導入した技術、機器に関する教育を行う。

- ・気象・地球物理センター： Met. & Geophysical Center (Chittagong) ；

南部、南東部の気象観測所の事務的な管理を行い、この地域の予報を行う。

- ・地球物理観測所： Geophysical Observatory (Chittagong) ；

地震及び地磁気の観測を行う。

2.2.2 観測と予警報体制

(1) 観測項目および時刻

地上気象観測は国際標準時の00, 03, 06, 09, 12, 15, 18, 21時に行われ、観測項目は風向風速、気圧、気温、湿度、降水量、雲などとなっている。

上層風観測は同様に00, 06, 12, 18時、高層気象観測は00, 12時に行われている(レーダー観測については後述)。

(2) データの伝達

観測データは、ダッカのNMCCを通じてStorm Warning Center に伝達される。伝達の手段はBMDの短波無線電話(Single Side Band ; SSB)またはテレプリンターを使用し、これが使用できない場合は電話により代行している。ただし、テレプリン

ター及び電話の回線は電話局 (Telegraph & Telephone Board ; T & T) の一般用回線を利用しているため品質が悪く、多量の情報を伝達することは困難である (図 2-9 参照)。そのほか、NMCC と全国の主要な空港との間にファクシミリの設備もある。

(3) 予警報の作成と伝達

Storm Warning Center では全国から集められた観測データをもとに解析、予測作業が行なわれ、全国予報、チャッタゴン丘陵地帯予報、内陸河川港湾向警報などが作成される。また、予測作業にあたっては、気象衛星 GMS 及び NOAA の画像を宇宙研究リモートセンシング機構 (Space Research & Remote Sensing Organization ; SPARRSO) を通じて入手し、使用しているほか、国外の気象データを GTS (Global Telecommunication System) 回線により、インドのニューデリーから入手、使用している。

作成された予警報はラジオバングラデシュにより、ラジオ、テレビの放送で、一般市民に伝達されるほか、関係機関、港湾などに電話、テレプリンターなどを使用して伝達される。また、ラジオなどを所有していない人々に対しては、必要に応じ、放送を聞いた赤十字ボランティアがハンド・マイクなどを使用して情報の伝達を行なう。

2.2.3 防災体制

気象災害のうちで、最大の被害はサイクロンによってもたらされており、とくに高潮によるデルタ地帯の被害が大きい。このため、デルタ地帯の河岸には高さ 5~6 m の堤防が築かれ、通常はこの上が道路として利用されている。また、所々にサイクロンシェルターと呼ばれるコンクリート製の建物が築かれており、警報の発令時に周辺住民の待避所となる。この建物は 1 ケ所で 500~600 人を収容でき、通常の海水面より 10~15 m 高い位置に床面をもうけている。しかし、警報を正確に発令することが基本的な問題で、このためにはベンガル湾上を広い範囲で、かつ常時観測可能な気象レーダーが防災のためには欠かすことができないと考えられる。

2.3 レーダー観測施設の現況

気象レーダーはサイクロンの観測に重要な施設であるが、バングラデシュ国内にある気象レーダーはダッカ、コックスバザール、ケプバラの 3 ケ所であり、現在稼働しているのはダッカのレーダーのみである。

2.3.1 レーダーの状況

(1) ダッカ

UNDP (United Nations Development Programme) の援助により、ECC製の最新レーダーシステム (Sバンド) が1985年に設置された。このレーダーはWMO (World Meteorological Organization) の洪水予測計画 (Flood Forecasting Project) の一環として設置されたもので、水資源開発庁 (Water Development Board) に所属しており、BMDにより運用されている。

レーダー観測は常時行なわれ、データをBMDが使用するほか、5分毎のデータが独自のマイクロウェーブによりWDBの解析センターに送られて、洪水予報に使われている。このため、DEC PDP11/44ミニコンピーターが組み込まれて、アンテナ制御、画像処理、通信制御を行っている。また解析用データの蓄積のため、ディスク、磁気テープ装置を備え、これをバックアップするための非常用電源を有している。

(2) コックスバザール

コックスバザールはベンガル湾東岸の南部に位置する観光地である。レーダーサイトは視界の良好な丘の上にあり (北緯21度26分、東経91度58分)、地上気象観測および上層気象観測 (パイロットバルーンによる) を行う気象台が約2km離れた場所にある。レーダーサイトの見取り図を図2-6に示す。

レーダーは三菱電機製RC-32Aで1969年に設置されている。観測は通常3時間毎、サイクロン襲来時には連続観測で、データは電話で、気象台に伝達 (サイクロンの位置、強さなどを内容とする平文) されたのち、気象台からダッカのNMCCへSSB、電話、テレプリンターにより伝達される。しかし、レーダーは老朽化し、1985年以降は機能が著しく制限された状況になった。WMOに提出されているレポートによると次の通りである。

- a. A/Rスコープのマスタートリガーが不安定であるため、送信機出力が不安定でスコープの上のスweep、マーカーが不安定である。
- b. アンテナコントロールユニットが故障しており、パラボラアンテナは一定の仰角で回転するだけである。
- c. 受信機の自動周波数コントロール回路が故障しており、エコー強度が安定せず、量的な観測は不可能である。

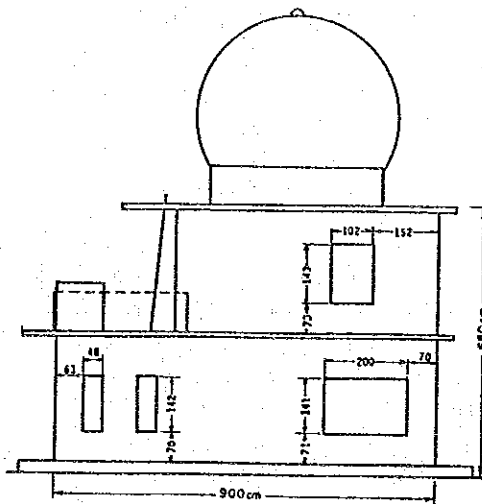
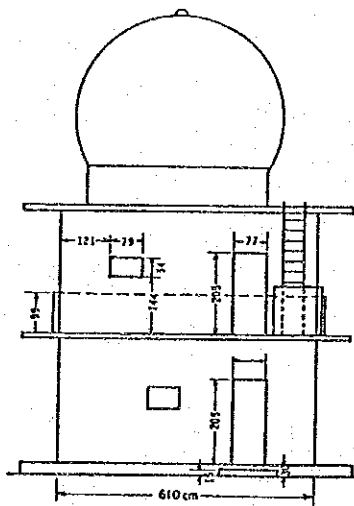
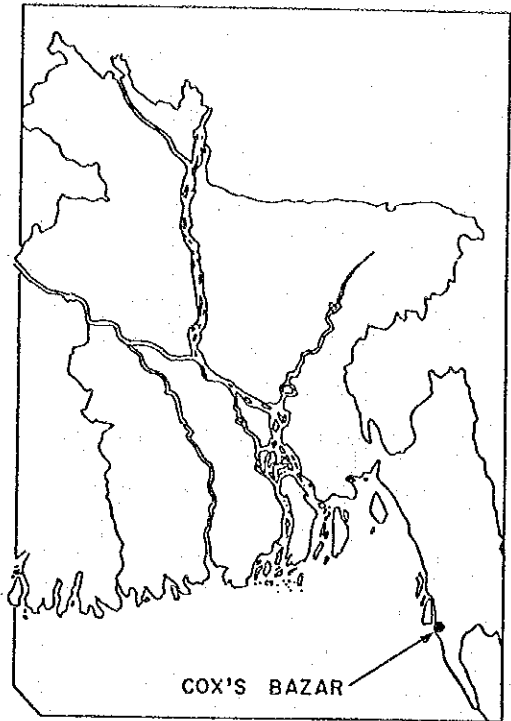
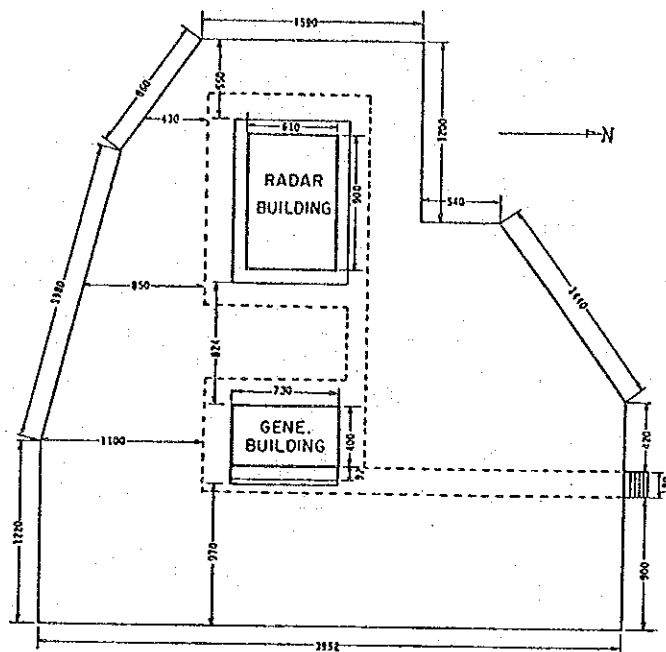
以上の状況は気象レーダーとしての機能がほとんど失われていることを意味しており、補修部品の供給も困難であるため、レーダーの交換が必要と報告されている。さらに現

在はA V R (Automatic Voltage Regulator) が故障し、予備発電機も故障しているため機器に電力を供給できず、1986年7月以来レーダーは稼働していない。そのほかの状況については次の通りである。

- d. 建物の状況は良好で、今後の使用に十分耐え得る。また、予備発電機の建物についても同様である。
- e. 立地条件は良好である。建物は海拔約25 mの丘の上にあり、周囲に遮へい物はほとんどない。
- f. 気象台の職員は35名(気象技術者1名、技術員2名)、レーダーサイトの職員は16名(電気技師1名)である。

また、一般的な環境として、交通の便は良好でダッカ、チッタゴン方面からは陸路、空路ともに利用可能である。チッタゴンとコックスバザール間の道路は、全重量7 tまでのトラックが通過可能となっている。しかし商用電源事情は悪く、電圧変動や停電が多い。銀行、ホテルなどは一応整備されている。

コックスバザール、レーダーサイト見取図



☒ 2-6

(3) ケブパラ

ケブパラはデルタ地帯の南東部に位置し、レーダーサイトは気象台を兼ねた建物上にある（北緯21度59分、東経90度14分）。見取り図を図2-7に示す。

コックスバザールと同様、レーダー観測のほか地上気象観測、上層風観測が行われており、観測時刻も同じである。データの伝達はSSBのみとなっている。

レーダーは1960年の英国Pressy製であるが、設置されたのは1975年であり、運用開始となったのは1981年である。しかし故障が多く、ほとんど稼働していない。

現在の状況は次の通りである。

- a. 高圧部が故障していると推定される。予備の真空管を使用しても復旧しない。復旧したとしても、指示装置がPPIのみであるため、得られる情報は不十分である。
- b. アンテナの鉛直方向の制御（油圧使用）ができない。
- c. レドームの老朽化がひどい。
- d. 予備発電機が3台あるが全て故障しており、うち2台は修理不可能で、残る1台も修理困難である。
- e. エアコンが老朽化しており、送風のみ稼働する。また当初の設計が悪く、大電力を必要とするシステムである。
- f. 建物の状態は良好で、今後の使用に支障はない。
- g. 立地条件は良好で、周囲に遮へい物はない。
- h. 現在の全職員数は22名である。

また、一般的な環境としては、交通事情が極めて悪く、ダッカから陸路、及び航路を使用して約1日半を要する。商用電源事情も極めて悪く、停電がかなり多い。銀行、ホテルなどの施設はなく、自動車もみられない。

ケプパラ、レーダーサイト見取図

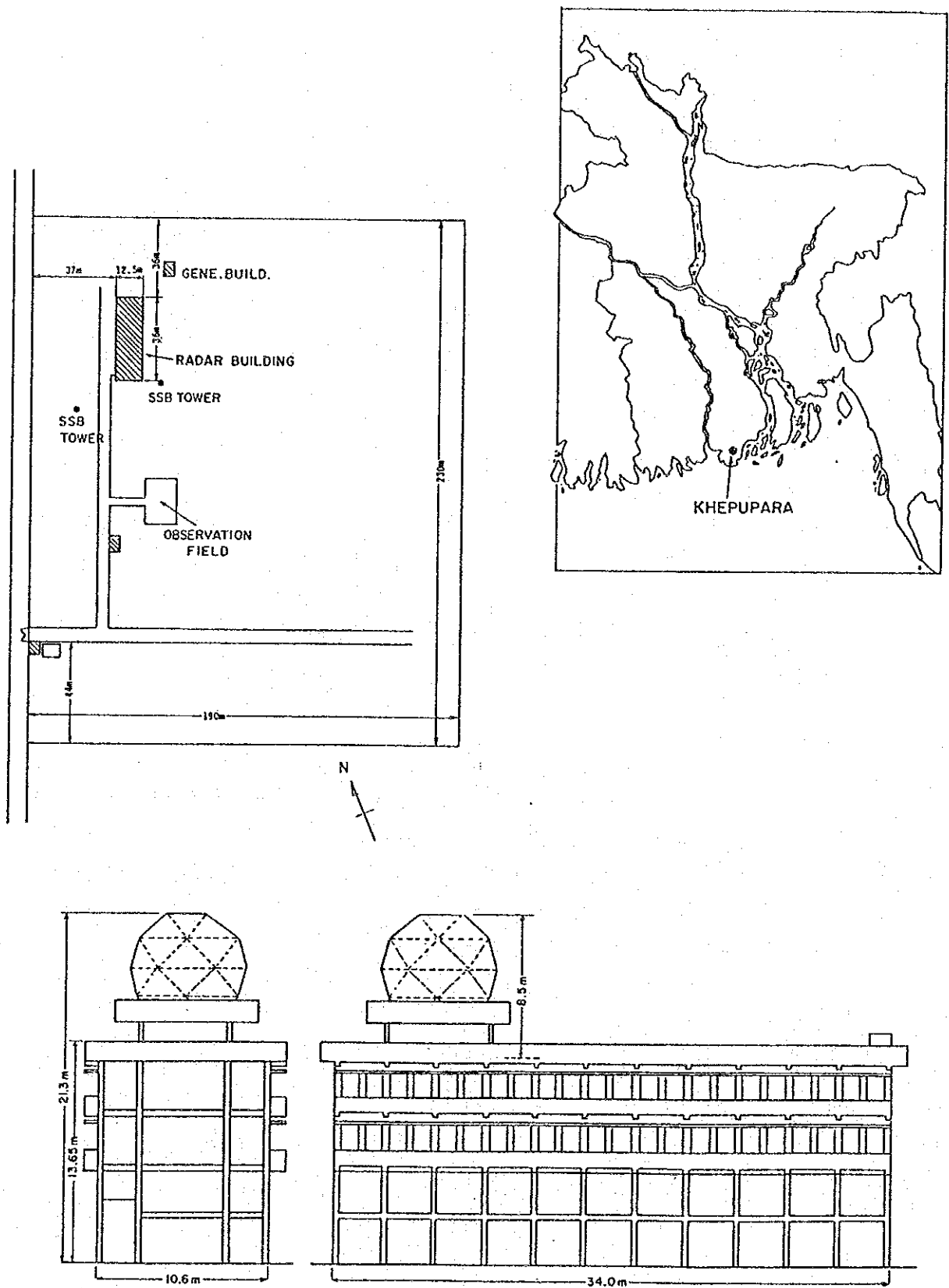


図 2-7

2.3.2 考 察

(1) レーダー観測地点の選定

ダッカ、コックスバザール、ケブバラの各レーダーの監視範囲を図2-8に示す。有効な監視範囲を200 Kmとするとダッカのレーダーはサイクロンの観測にはあまり有効ではない。しかし、コックスバザール、ケブバラのレーダーは適切な位置にあり、これらのレーダーの稼働が強く望まれる。

(2) 現レーダーの修理

コックスバザール、ケブバラのレーダーの修理は困難であり、仮に復旧されたとしても今後の保守はさらに困難であると考えられる。故にレーダーの更新が必要である。

(3) 電源事情

商用電源の供給は、コックスバザール、ケブバラとも不安定である。何れも公称では415 V、50 Hz、3相、4線であるが、4 Vから8 Vの電圧変動が常時発生し、最大の変動はコックスバザールで68 V、ケブバラで38 Vを記録した。また停電が多く、1日数時間程度発生すると言われている。この状況下では予備発電機は必需品であるが、現在はすべて故障しており、これを修理することも困難であると考えられ、更新する必要がある。

(4) 通信事情

レーダー観測データがダッカの予警報センターに伝達され、予警報が一般に伝達される状況を図2-9に示す。観測データの伝達はSSB、テレプリンター、電話に頼っており（ケブバラはSSBのみ）、品質の良い回線は存在しない。全体の早急な改善は望めないが、コックスバザールのレーダーサイトと気象台間（約2 Km）については専用の回線をもうけることが有効かつ可能と考えられる。

(5) 交通事情

レーダー観測施設の更新工事、更新後の保守、予備発電機用燃料の補給などは交通事情により制約を受ける。コックスバザールについてはとくに支障はないが、港は荷上げなどに使用できず、重量物はチャタゴンからのトラック輸送に限られる。ケブバラは交通の便が悪く、全物品の輸送は小型船に限られるが、乾季であれば海面が穏やかなため、チャタゴンからの直接輸送が可能である。なお、ケブバラには港がなく、重量物の荷上げには困難も予想される。

3レーダーの探知範囲

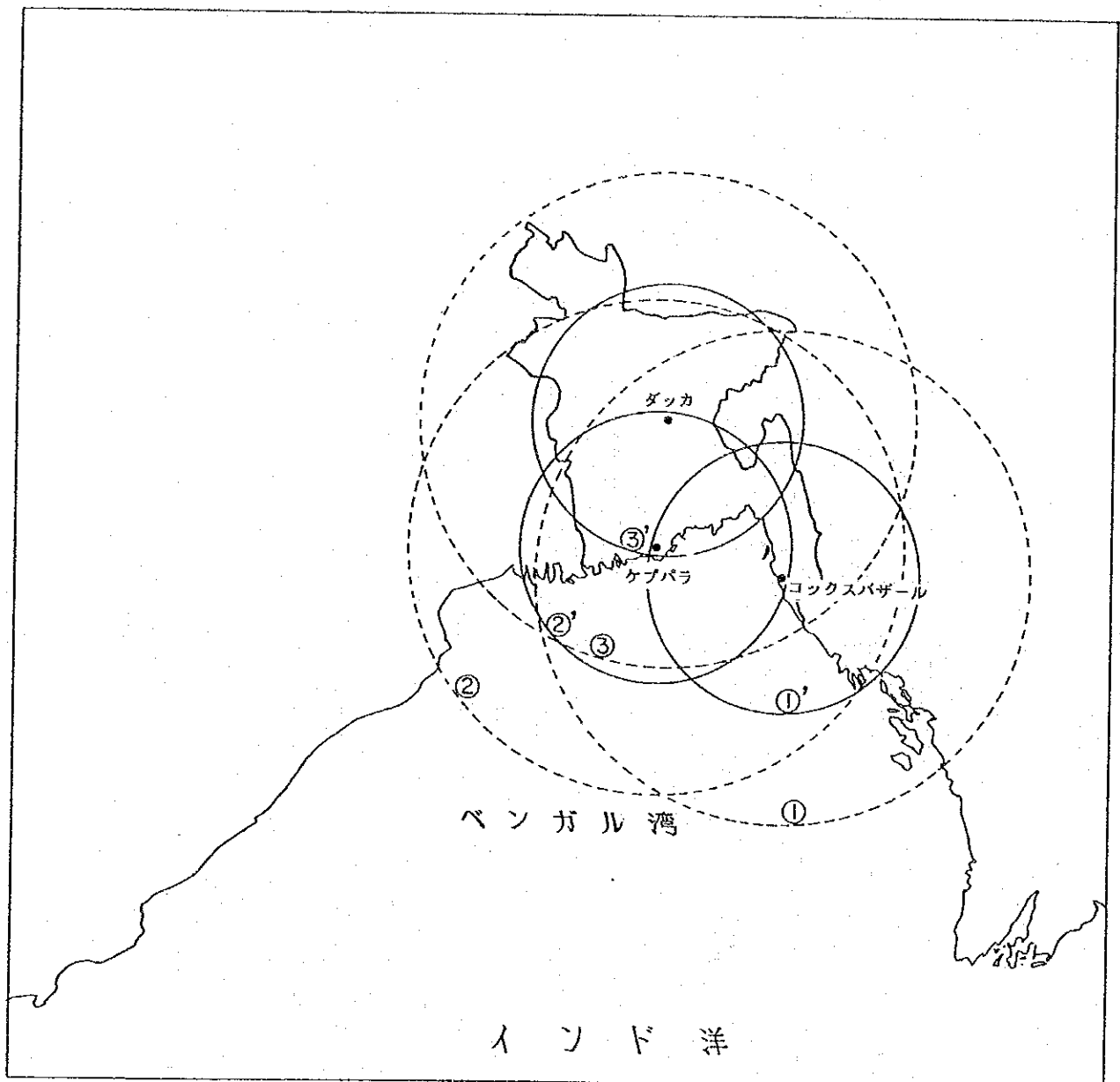


図 2-8

图 2-9



第 3 章 計 画 の 内 容

第 3 章 計 画 の 内 容

3.1 バングラデシュのレーダー気象観測の目的

レーダーによる気象観測の目的は、気象エコーの強さの空間分布とその時間変化を連続的に探知することによって広範囲な空間内の気象状態に関する情報を得ることにある。但し、レーダーで直接観測できるものは、あくまでもレーダー電波の後方散乱断面積の時間と空間における分布である。したがって、レーダー気象観測は、例えば、気温、降雨量、風向の観測のように直接的なものでなく、得られるデータの量は気象状況により大きく変化する。このようなことから、レーダー気象観測は、降雨現象のようなものに対しては非常に大きな効果を発揮する。

その観測結果は、短時間予測の精度向上や天気図解析などに供してそれらに貢献するとともに、他の気象資料と同様多方面に使用できる。

バングラデシュ気象局は、ダッカ、コックスバザール、ケブバラの3ヶ所に気象レーダーを設置し、同国を頻繁に襲うサイクロンを主として観測してきた。しかし、サイクロン監視に最も重要な位置にあるケブバラおよびコックスバザールのレーダーは、老朽化しており、現在は両サイト共に観測不能の状態にある。

ダッカには、最新型のレーダーが設置されているが、その位置は海岸から約200Km内陸部にあり、ベンガル湾方面から北上するサイクロンの監視には適していない。したがって、現在のバングラデシュは、サイクロンの監視に関して最も有効な観測手段を失っていることになる。

サイクロンによって多大の被害を被っている同国にとって、気象レーダーが設置されサイクロンの早期発見と連続的監視が可能となれば、バングラデシュ国国民の生命・財産の保全という見地から、非常に有意義なことである。

3.2 要請内容の検討

先にも述べたようにバングラデシュ国は、4月・5月のプレモンスーン季および10月・11月のポストモンスーン季に頻繁にサイクロンに襲われ、その経済的被害は、1960年以降だけでも56億ドルにのぼっている。

このサイクロンを監視するために設置されているコックスバザールおよびケブバラの気象レーダーは老朽化し、現在は稼働していない。

このような背景の下にバングラデシュは、上記2サイトの気象レーダーの更新と、レーダーデータのダッカへの伝送システムの整備について、わが国に対し無償資金協力を要請してきた。

この要請を受けて調査・検討した結果を以下に記す。(1)レーダー更新の必要性、(2)レーダー

運用・保守の条件および能力の2点から行った。

3.2.1 レーダー更新の必要性

ケブパラに設置されているレーダーは1960年製、コックスバザール設置のレーダーは1969年製と、いずれも1960年代のレーダーで既に老朽化しており、共に現在は稼働していない。稼働させるためには修理だけでなく部品の交換も必要であるが、既に製造が打切られている部品もあり補修は不可能となっている。

サイクロンの襲来経路は、ベンガル湾の南部に発生した熱帯性低気圧が発達しながら北上し、サイクロンとなってバングラデシュに上陸する。上陸後は急速に勢力が衰えるのが通常であり、サイクロン観測は、沿岸部からベンガル湾を監視して上陸地点を予測する必要がある。

サイクロンの上陸地点は、図2-4に示したようにバングラデシュのベンガル湾全域にわたっている。バングラデシュは、国土のほとんどがデルタの上にあり、現在の2サイトとも海拔20m余の高度しかとれない。そのため、同国の南部から北上しベンガル湾全域に上陸するサイクロンを監視するためには、地球の曲率、電波伝搬経路、サイクロンの雲頂高度などから計算して、1サイトから実質的に観測しうる雨域は、200Kmから300Km程度となる。両レーダーサイト間の直線距離は、約200Kmであり、両サイトからのレーダー観測は、ちょうどベンガル湾を東西に半分ずつ観測することになる。したがって、バングラデシュを襲うサイクロンをもれなく観測するためには、現在の2サイトともにレーダーが設置されている必要がある。

気象学的な面からは、サイクロン時の降雨は極めて強く、このためにレーダー電波の降雨による減衰が激しい。従って、強い雨域の背後は、明瞭に探知できない恐れがある。特に、バングラデシュ中部を襲うサイクロンに対しては、両レーダーによりサイクロンを両側から観測することにより、より正確に中心位置を決定できる。

以上の理由により、サイクロン監視のためには、気象レーダー更新が必要であり、かつ、ベンガル湾の東西に位置する両レーダーサイトの気象レーダーをともに更新する必要がある。

3.2.2 レーダー運用・保守の条件および能力

レーダーを運用するためには、動力として電気の供給が不可欠であるのはいうまでもない。

バングラデシュの商用電源の供給状態は極めて悪く、停電、電圧不安定が日常のこととなっている。その最大の原因は、慢性的な電力不足にある。電力の不足分は、変電所に設

備してあるエンジン発電機で補うことになっているが、そのエンジン発電機が故障などの原因で動作しないことが多い。

電力供給計画および送電線網整備計画は、着々と進められているが、電力不足が解消するまではまだかなりの時間が必要であろう。また、サイクロン襲来時には、不慮の事故を防止するため送電を中止することもある。したがって、少なくともサイクロン時のレーダー運用は、商用電源に頼ることなく可能としておくために、レーダーサイトでは、自家発電能力を備えている必要がある。

バングラデシュからの要請内容の一部であるレーダーデータのダッカへの伝送については、バングラデシュ国内の通信回線の品質がレーダーのような大量のデータを安定的に伝送できる状態にない。現在、国内通信回線網の整備計画が進められているので、この件については本計画からは除外し、回線網が整備され回線品質が向上して大量のデータが伝送可能になった時点で実現を考えることとする。

但し、コックスバザールにおいては、レーダーサイトと気象専門官のいる気象台とは2 Km以下の距離にあるので、気象台にサイトと同じカラーモニタを設置し、オンラインによりデータを転送し気象専門官がレーダー画像をサイトで監視しているのと同様に監視できるようにする。

これにより、気象台で総合的に解析、判断されたサイクロン情報がダッカの予報中枢に伝えられるようになる。また、今後のサイクロン予報技術の向上のためダッカの予報中枢にサイトに設備するものと同様のモニタを設備し、フレキシブルディスクに記録したサイクロン画像を研究することができるようにする。

更新レーダーを設置する予定の建物は、現在もレーダーサイトとして管理されており良好な状態に保たれている。強度的にも最近のIC化により軽量化されたレーダーを設置するうえからは全く問題はない。

レーダーを保護するレドームは、両サイトとも老朽化が激しく更新する必要がある。発電機室は、発電装置の強化に伴い一部エンジンベットの改良または新設が必要であるが、建物そのものについては基本的に改造は不用である。

電気配線に関しては、度重なる修理や改造でかなり混乱している。従って、配線については、レーダー設備の更新の際、撤去して新たに配線しなおすこととする。

最近のレーダースystemは、IC化が進んでおり、電算機システムほどの厳しい空調条件は必要とはしないが、空調設備が必要不可欠である。ここでは室内分散型が適当であろう。

レーダー運用および保守の能力に関して、先ずBMDの人的な面からは、レーダーをはじめとする電子・電波技術者の数は必ずしも十分とはいえない。しかし、既設のレーダーを10数年余にわたって維持してきた経験と、現在最新のダッカレーダーを運用している実績から考えて、最新レーダーの運用については、特に支障はないと考えられる。

しかし、バングラデシュの工業は、先進諸国からはかなり立遅れており、特に電子工学分野の立遅れは否定できない。レーダーをはじめとする電波工学機器は、現在では全て電子工学技術と一体化しており、電子部品のほとんどを自国で生産できないバングラデシュの工業事業をレーダーの導入に当っては考慮せねばならない。

3.3 計 画 概 要

3.3.1 実施機関、運営体制

(1) 実施機関

バングラデシュ気象局 (BMD) が、レーダー更新後の運用・保守の一切を担当する。

また、BMDは更新レーダーの設置にあたって、ケブバラおよびコックスバザール両レーダーサイトの既設レーダーおよび関連機器の撤去と、コックスバザールでのエンジンベットの建設を行なう。

(2) 運営体制

更新レーダーの運営は、バングラデシュ気象局 (BMD) が1サイトにつきレーダー要員として技術者5人 (Electronic Engineer 1, Electronic Assistant 4)、発電機の保守・管理として技術者5人 (Foreman 1, Mechanics 4)、レーダー観測として気象技術者1人 (Assistant Meteorologist) をもって運営する。

3.3.2 基本計画

サイクロン監視のためのコックスバザールおよびケブバラの両サイトのレーダーを同時に更新する。新規に設置するレーダーは、サイクロンにともなう降雨を考慮して決定する。

レーダー更新と同時にサイトにおける電源供給を確実なものとするため、発動発電機もレーダーシステムと同様更新する。発電機は、レーダーシステムだけでなく空調および照明用の電気も供給できるよう、計画する。また、サイクロン監視時には、かなりの長時間運転を強いられることが予想されるので、発電機は2台を設置し無理なく交互運転が可能なものとする。

両サイトともに電源電圧の変動からレーダーシステムを守るため自動電圧調整装置および電圧変動制御装置を設置する。その他、特にコックスバザールのレーダーサイトにおいては、サイトから気象台までレーダーデータをオンラインにより転送し、気象台でサイトにおけると同様にレーダー画像が監視できるようにする。さらに、建物の電気配線なども

新規に工事を施して全ての面で無駄を省き機能的なものとする。

3.3.3 機材概要

更新機材は以下の3グループに分類できる。

(1)レーダー機材、(2)解析装置、(3)電源および予備部品

(1)レーダー機材は更に、a. 送受信装置、b. 信号処理・表示装置、c. レーダー保護装置の3部分に分けられる。(3)電源および予備部品は、a. 電源装置、b. 空調設備、c. 予備部品および、保守用備品に分けられる。以下、分類に従って各部の構成を記す。

(1) レーダー機材

a. 送受信装置

アンテナ部、アンテナ制御部、送受信機などから成る

b. 信号処理・表示装置

主指示装置(PPI)、デジタルビデオ信号処理装置から成る

c. レーダー保護装置

レドーム、定電圧装置(AVR)から成る

(2) 解析装置

カラーモニタ、フレキシブルディスク装置、モデムから成る

(3) 電源および予備部品

a. 発電機

ディーゼル発電機、発電機制御パネル、スタートバッテリー、主燃料タンクおよびサービスタンク、電圧変動制御装置から成る

b. 空調設備

c. 予備部品および、保守用備品

3.3.4 管理計画、人的配置

ケブパラおよびコックスバザール両レーダーサイトは組織的にチッタゴン管区に属し、事務的管理はチッタゴン管区が担当する。但し、技術的な面についてはダッカの予報センターが管理することになっている。

各レーダーサイトにおける要員計画は以下の通りである。

- レーダーの操作、運用

主任電子技術者	1
電子技術者	4
- 発電機の運用と保守、管理

主任技術者	1
機械技術者	4
- レーダー観測

気象技術者	1
-------	---

以上、各サイトにはレーダーおよび発電機関係技術者合計10人を配置して運用する。

3.4 技 術 協 力

本案件の実施により設置されるレーダーは、現在レーダーサイトに設置されている1960年代のものとは異なり、回路はほぼ完全にICを用いてブロック化されたものとなっている。

勿論レーダーの測定原理は、旧式のものも最新式のものも変りはないが、取扱、保守、補修に当たっての留意点などに新、旧で大きい違いがある。更新レーダー設置後の安定した運用を期待するからには、例えば、故障発生時に回路解析ができなかったために運用不能となるような事態を避けるため、レーダーの取扱だけでなく、ブロック化された回路を構成する基板に関する知識をはじめ、マイクロプロセッサ、アンテナ制御も含めたデジタル回路、信号のデジタル処理などについて、研修員受入れの形で技術協力を行なうことが望ましい。

それらの研修は、でき得ればレーダーを製作している段階からその製作現場（工場）で行なうことが、レーダーについての理解を深め研修効果をあげる意味からも、最も望ましいことである。

第 4 章 基 本 設 計

第 4 章 基 本 設 計

4.1 設計方針の設定

バングラデシュ人民共和国気象観測用レーダー（コックスバザール、ケブパラ）の更新計画基本設計における機材の設定を、次の基本方針のもとに行う。

(1) 監視対象と運用目的

気象観測レーダーは、電波を発射し雨粒から反射される電波の反射強度によって降雨現象を捉える。

そこで、本案件における気象観測用レーダーの対象となる気象現象を明確にし、その現象の降雨特性を考慮し、観測および運用目的に応じた機器を設定しなければ、効率の良い合理的なシステムを構成することはできない。

このような点を検討し更新気象レーダーの機材設定を行う。

(2) コックスバザール、ケブパラの両レーダーの必要性の検討

上記2箇所のレーダーサイトのレーダーによる気象観測の役割を観測対象を念頭に検討し、両レーダーサイトにレーダーを設置する必要性の有無について判断する。その上で、レーダーならびに関連する機材の設計について検討する。

(3) 電 源

気象観測用レーダーを正常に運用し、目的を十分満たすためには、電源事情が大きく影響する。そこで、現地電源事情およびレーダーの観測目的を合わせて考慮し、電源施設についての考え方を、明らかにする。

(4) データ伝送

BMDの要請によるレーダーサイト、ダッカ予報中枢間のデジタルレーダーデータ伝送に関する周辺環境について検討し、両地点間のデータ伝送の実現可能性を検討する。

さらに、観測データの効率の良い利用方法および観測から解析、予報に至る総合システムとしての面からも有効な機材設計を検討する。

(5) 付帯設備状況

本案件は機材案件であるので、機材を収容する構造物の状況の面からも機材設計を検討する。

以上の5項目を機材設定検討の主たる基本方針とし、本案件における気象観測用レーダーの機材設計の基本的検討を行う。

4.2 設計条件の検討

4.1節の基本方針に従って機材設計に関する検討を行う。

4.2.1 監視対象と運用目的の検討

現在バングラデシュ人民共和国には、3台の気象観測用レーダーがある。その内、コックスバザール、ケプバラの両レーダーは、老朽化が激しく現在稼働していない。

ダッカレーダーは、洪水予測用として常時稼働しているが、サイトの位置と、電波伝播経路を検討すると主として内陸部監視用と位置づけられる。したがって、内陸部で発生するノーウェスターや竜巻監視用および河川管理用として有効であるが、ベンガル湾を北上するサイクロン監視用レーダーとしては、十分な観測情報を期待することはできない。

バングラデシュに多大な被害をもたらせるサイクロンは、図2-4に示すようにベンガル湾の東岸、西岸を問わず襲来する。また、上陸すると急激に勢力は衰える。しかし、しばしば高潮を伴い沿岸部には多大な被害をもたらせる。

そこで、コックスバザール、ケプバラのレーダーは、サイト位置からいってサイクロン観測に最適であり、サイクロン監視用レーダーと位置づけるのが妥当であろう。

また、上記のサイクロン被害の特徴から防災を目的とする観測情報として第一に必要な情報は、サイクロン位置情報であり、上陸地点、上陸時刻に関する情報である。

4.2.2 コックスバザール、ケプバラの両レーダーの必要性の検討

図2-4から明らかなように、サイクロンはベンガル湾の東岸、西岸を問わず襲来する。また、その影響は4～5日である。

沿岸部のレーダーサイトであるコックスバザール、ケプバラ両サイトとも海拔20m程度の低い位置にならざるをえない。これは、国土の大半をガンジス、ブラマプトラ川のデルタ上にもつバングラデシュの宿命である。したがって、地球の曲率、電波伝播経路、サイクロン時の雲頂高度を考慮すれば、探知距離400kmのレーダーを設置しても実質的に雨域を正確に捉えられる範囲は、半径200km程度である。両レーダーサイト間の直線距離は、約200kmであり、丁度範囲が重なり合う程度の距離にある。即ち、両レーダーでべ

ンガル湾の半分ずつを監視することになる。

また、気象学的側面から検討すれば、サイクロン時の降雨は極めて強いためレーダー電波の減衰がかなり激しく、強い雨域より遠方は良く探知できない可能性がある。そこで、両レーダーにより両側からサイクロンを監視することにより、より正確に中心位置などを捉えることが可能となる。

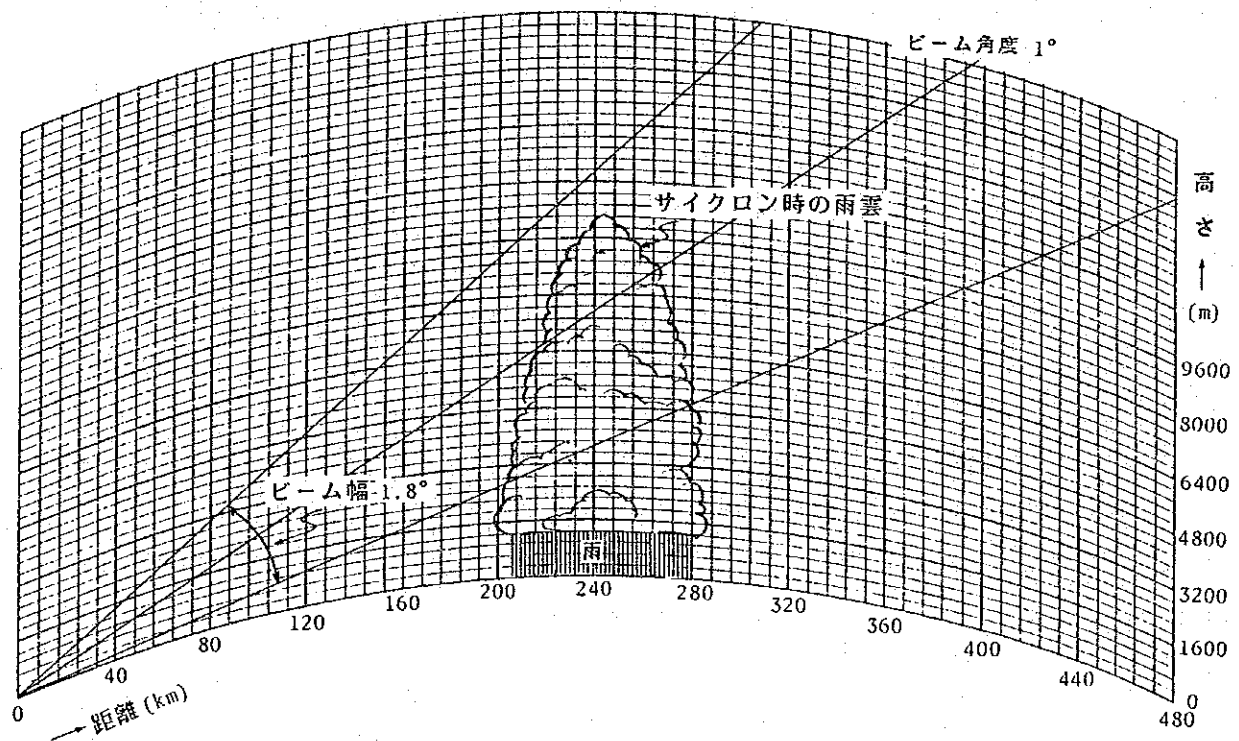
したがって、ベンガル湾を挟んで位置する両レーダーサイトにおける観測データを解析することにより、サイクロンの全体像をより正確に把握し得る。

見透し図によれば、ビーム幅を 1.8° 、ビーム角度 1° を想定した場合、地球の曲率の影響によりレーダーから遠距離になるほどビームは上空を通過する。一方、サイクロン時の雨雲の高さを考えると、高いもので 10000m 程度である。

したがって、サイクロン時その全体像を観測し得る監視範囲は、約 $200 - 250\text{km}$ 程度である。

サイクロンに伴う強い雨による電波の減衰をも考慮すると、サイクロンの全体像を正確に把握するためにはコックスバザール、ケブパラ両サイトのレーダーが必要である。

見透し図



4.2.3 電源に関する検討

バングラデシュにおける電源事情は、レーダーサイトだけでなく全国的に悪く、停電、電圧不安定などが頻繁に発生する。その原因は定常的な電力不足にある。このような現状を考えると、サイクロンなど異常気象時にはさらに不安定になると推定される。

したがって、サイクロン監視を主目的とするレーダーシステムの安定な運用をはかるためには、レーダーサイトにおける自家発電能力の充実が不可欠である。

そこで、気象観測用レーダー運用のための電源についての基本的考え方は、サイクロンの連続観測時の電源をサイトのディーゼル発電機に求め商用電源を従とし、3時間ごとの通常観測時には、燃料節約のためなるべく商用電源を使う運用方法が妥当である。

連続運転を有効に行なうためには、観測対象であるサイクロンのバングラデシュ国土への影響時間を考慮に入れなければならない。

その影響時間は、過去の観測記録から推定して平均的に4～5日を見積ればよい。したがって、この期間の連続運転に耐えるディーゼル発電機構成と、燃料タンク容量を検討しなければならない。

4.2.4 データの伝送に関する検討

バングラデシュ国内の通信網は、現在整備されつつあるが、現状では大量のレーダー観測デジタルデータを安定に伝送できる状態にない。

したがって、BMDの要望にもとづくレーダーサイトとダッカ予報中枢との間のレーダーデータ（デジタルデータ）伝送は、時期尚早と判断し、本案件の範囲外とする。

一方、コックスバザールにおいては、気象専門官のいる気象台とレーダーサイトが約2 Kmほど離れており、サイクロン監視体制の運用上支障がある。したがって、気象台にもモニター装置を設置しサイトからデータラインを介してデータを転送し得るようにすれば、気象専門官が他の気象データ解析結果を考慮しながらサイクロン情報をダッカ予報中枢に伝えることが可能となり、監視体制の充実という面から有意義である。

また、災害時警報体制の検討と今後の予測技術の向上の面からフレキシブルディスクに記録された画像の再現をオフラインでできるモニターがダッカの予報中枢に設置されていれば意義が大きい。（図2-9参照）

4.2.5 付帯設備状況の検討

更新レーダーを設置予定の建物は、現在もレーダーサイトとして管理されているため良好な状態にある。強度的にも、現代のレーダー機材のIC化に伴う軽量化を考慮すれば全

く問題はない。

レーダーのアンテナを保護するレドームは、両サイトとも老朽化が激しく更新する必要がある。

また、発電機室は、発電装置の強化に伴い一部エンジンベッドの改良が必要であるが、建物などについては基本的に変更の必要はない。

しかし、サイトの電気配線は、たびかさなる修理のためかなり混乱しており無駄が多い。したがって、レーダー設備の更新に伴い配線系統の整理と整備が必要である。

現代のレーダーシステムは、I C を数多く使用しているため空調設備を必要としている。しかし、計算機システムではないので、それほど厳しい条件を満たす必要はない。

4.3 基本計画

4.2 の設計条件の検討に基づき更新機材の機能および構成を検討する。その際、我が国において集中豪雨、台風などの観測のため気象庁で開発されてきた既存の技術を十分活用し、効率の良いシステムを検討する。さらに第2章で検討したバングラデシュ国の社会環境を考慮し、運用、保守が容易で維持管理費が少なく、かつ電圧変動などに対して十分な対策を考慮したシステム構成を計画する。

また、機材設置に関する項目についてもここで計画する。

4.3.1 機材計画

(1) 気象観測用レーダー

本項において4.2節で検討した設計条件に従って、機材計画を検討した。

気象観測用レーダー機材を構成する機器は、その機能から分類して次の様に分けることができる。

- a. 送受信部
- b. データ解析表示部
- c. 保護装置

各々の機器については、その機能と名称を後にまとめて示す。

ここでは、a. ～ c. の各項目について更新機材の持つべき条件を整理して述べる。

a. 送受信部

更新レーダーの観測対象は、主としてサイクロンであることから、レーダーの基本的性格を定める電波の波長は、降雨減衰の少ない10 cm 波(Sバンド)を採用する

のが妥当である。

また、コックスバザール、ケプバラの位置関係（直線距離 200 Km）および探知距離から判断して実効 200～300 Km 確保する必要がある送信機出力は、500 Kw 必要である。

アンテナ径は、大きいほど効率が良いが、既存の建物を使用する関係上現在のレーダーのレドームの基礎によって規定され、4 m 径となる。

b. データ解析表示部

レーダーレポートを正確にかつ迅速に伝達するため受信電力をレーダー方程式を通じて、降雨強度に変換する処理装置とその結果を表示するカラーモニターは、不可欠である。

また、解析用に履歴再生用メモリ、記録用に F D 装置、コックスバザールにおいては、気象台、レーダーサイトを結ぶためのモデムが必要となる。

c. 保護装置

上記 a. b. がレーダー観測装置本体であるが、これらを外力などから守る装置が必要である。

特にバングラデシュ国においては、その電源事情から十分な能力を持つ電圧安定化装置が必要である（±20%が能力限界）。

サイクロン時の風雨を考慮すると当然アンテナを保護するレドームが必要となる。レドームは、建物と一体になって風圧などからアンテナを保護するものであり、既存の建物を使う今回の計画においては、コックスバザール 5.5 M、ケプバラ 7 M のサイズとなる。

(2) 電源設備

同国における電源事情についてはすでに前項の設計条件の検討でも触れているが、多くの問題点を抱えている。気象レーダー更新後、システムを安定に維持、運用するために電力設備の充実が不可欠である。

以下、電力設備の選定について記述する。

- a. コックスバザール、ケプバラともレーダーサイトに供給されている商用電力は、長時間にわたってゆるやかな変動をくり返すことが判明しており、この変動幅は 15%～20%におよぶ。この変動に対する対応策として商用電力入力に $A \cdot I \cdot V \cdot R$ （Automatic Induction Voltage Regulator）装置を取り付け、常に一定の電圧がレーダー機器および空調設備に供給されるシステムとする。

* レーダー機器には自動電圧調整器が入っているが、±20%を越える入力電圧変動に対応することは難しい。また空調設備の電力までこの自動電圧調整器でまかなうことは価格対性能比の点からも好ましいとはいえない。

b. 自家発電機の運用では、燃料の補給が重要なポイントとなる。通常45KVAクラスの発電機では、燃料は時間当たり12ℓ程度と想定される。これはあくまでも発電機の負荷を目一杯使用した場合であり、実際には実負荷並びに稼働率を考慮すると2/3程度となる。1 サイクロン襲来時にその発生から消滅までを1週間と想定し、発生当初は商用電源による運用を考える。サイクロンの成長と共に自家発電機に切換えその後2～3日間程度は連続運用による追跡を行なう。これにより

$$2 \text{ 日} \times 24 \text{ 時間} \times (12 \text{ ℓ} \times 2/3) = 384 \text{ ℓの燃料}$$

を消費することになる。

これにより正常な条件下即ちサイクロン襲来時等の非常時以外は商用電源を中心とした運用を可能とし、維持費の軽減を図るものとする。

c. サイクロン発生等の異常気象時には、商用電源がしばしば停電する状態では、安定したレーダーの運用には不安がある。このため、レーダーサイトに自前の発電機を設備し、サイクロン発生から消滅まで完全に自前の電力により運用可能とする。

発電機の容量は、レーダー機器および空調設備、局舎照明、コンセント等を含め通常27～34KVAが見込まれる。

将来の同国における通信施設の発展に伴い新たな装置が導入、増設され得ることも考え、45KVAまたはそれ以上のものを設計する。またサイクロンの発生から消滅までその追跡に3～4日を要する点を考慮し、現用機および予備機の2台による連続稼働を考える。

(3) 空調設備

冷房負荷容量の算出

冷房負荷としては、通常下記の項目がある。

- 1) 壁面、窓、屋根からの侵入熱
- 2) 侵入外気
- 3) 在室者の発熱
- 4) 照明による発熱
- 5) 機材による発熱

この内、1)～4)項については概略計算を行う場合、西向きの最上階の部屋で、日本の同種の建物の場合、合計約150Kcal/h・m²程度の数値を使用する。

本計画では、周囲温度が日本に比して高くなるが屋上にはレドームがあり、屋根からの侵入熱（直射日光による）が緩和されることを考慮すると、約 $200 \text{ Kcal/h} \cdot \text{m}^2$ 程度を見込めば良いと考えられる。また、機材については該当する室に設置される機器の発熱量を

電子機器の場合……………消費電力分が発熱

A V R 等……………効率より算定

として、算定する。

これらに基づく冷房負荷容量の計算を次表に示す。

各室冷房負荷容量

局 項 目	コックスバザール		ケブパラ
	1 F	2 F	
1) 室面積 (m^2)	32	36	30
2) 1 m^2 当たりの 熱取得量 ($\text{Kcal/h} \cdot \text{m}^2$)	200	200	200
3) 熱取得量 (Kcal/h)	6400	7200	6000
4) 機器発熱量 (Kcal/h)	2200	1700	3900
5) 合計発熱量 (Kcal/h)	8600	8900	9900

<冷房機器の選定>

現地における保守性を考慮し、シンプルでかつ、入れ替えが容易なウィンドウ型のルームクーラーを使用することとする。通常 $4000 \sim 4500 \text{ Kcal/h}$ 程度のルームクーラーが標準的であるが、外気温の $40^\circ\text{C} \sim 45^\circ\text{C}$ 、室温 $25 \sim 30^\circ\text{C}$ 程度で使用した場合、このクラスのルームクーラーの能力は公称能力の $70 \sim 75\%$ 程度となり $3000 \sim 3500 \text{ Kcal/h}$ 程度として台数を選定することが必要となる。

以上より、ルームクーラーを下記の台数使用することとする。

コックスバザール	1 F	4000~4500Kcal/h	× 3台
	2 F	"	× 3台
ケブパラ		"	× 4台

なお、この場合各室で1台の ルームクーラー が故障しても、室温が少し上がる程度でシステムの運用は正常に行えると考えられる。

(4) 予備部品および保守用備品

予備部品は2年分が妥当であろう。

以上の主要な機材を表4-1に示す。

表 4-1

レーダーサイト別機材表

機 材	コックス バザール	ケプバラ	ダッカ
<気象観測用レーダー機材>			
a. アンテナ（直径 4m）： 電波を発射し、反射電波を受信する装置	0	0	
b. 送受信装置（Sバンド、送信電力500kW）： レーダー電波を発生させ、受信した電波を 増幅、検出する装置	0	0	
c. アンテナ制御装置： アンテナの水平および垂直方向の回転を、 制御する装置	0	0	
d. 導波管加圧装置： 導波管の内部を加圧する装置	0	0	
e. 主指示装置（PPI）： エコーの位置・形状を、平面的に表示する装置	0	0	
f. デジタル ビデオ信号処理装置： 変動する受信信号をデジタル化平均し、 距離補正して雨量強度信号とする装置	0	0	
g. カラーモニタ： デジタル ビデオ信号処理装置の出力を処理して、 各種カラー画像を表示する装置	0 2台 (MET.OFFICE)	0	0
h. フレキシブル ディスク装置： 画像データを記録、保存する装置	0 2台	0	0
i. モデム： デジタル データ伝送のための変復調装置 （伝送に関しては、コックスバザールのみ）	0		
j. レードーム： アンテナを風から保護する装置	0 5.5M相当	0 7.0M相当	
k. 自動電圧調整装置： 電圧変動を一定にしてレーダー機器を保護する装置	0	0	
<電源設備>			
a. ディーゼル発電機： 6気筒、定格出力45KVA 2台	0	0	
b. 発電機制御パネル	0	0	
c. スタートバッテリー	0	0	
d. サービスタンク、メインタンク	0	0	
e. 分電盤	0	0	
f. 電圧変動安定化装置	0	0	
<空調設備>			
a. 1式	0	0	
<予備部品および保守用備品>			
2年分相当	0	0	0

(5) 気象レーダーの性能比較

本節において、我が国および米国の気象レーダーのうち代表的なシステムについて、その性能を比較しバングラデシュ国において更新される予定の気象レーダーのグレードを検討する。

一口に、グレードと言ってもその使用目的、観測対象周辺の社会環境によって最適なシステムは異なり、物理的性能の最も優れたものが、必ずしも最適なものとは限らない。したがって、グレードを検討する基準の設定は困難であるが、敢てここでは、探知能力指数を設定し比較する。

この指数設定の考え方を、次に示す。

雨滴から反射される電力について次のような点に着目した指数である。

- a. アンテナから放射される電波エネルギーに比例する。
- b. 放射される電波エネルギーは空中線による集中性に比例する。
- c. 降雨減衰は、5 cm波は10 cm波の約1.6倍である。
- d. 雨滴の反射能は、波長の2乗に反比例する。
- e. 受信機の性能は雑音指数に反比例する。

表4-2にその結果を示す。

これによれば、米国Sバンド(10 cm)標準レーダーより良い性能を示している。

(更新レーダーについては仕様を4.2の設計条件の検討に述べた条件を考慮し想定した。)

Table 4-2

レーダー機器性能比較表

要 素	レーダー	米 国 研 究 所	富 士 山 (気象庁)	ダ ッ カ (バングラデシュ)	米 国 S バンド 標準レーダー	米 国 C バンド 標準レーダー	気 象 庁 標準レーダー	気 象 庁 空港気象レーダー	バングラデシュ 更新レーダー
P: 送信電力 (kW)		2,000	1,500	500	500	250	250	100	500
h: パルス幅 (s)		1	3.5	2	3	3	2.5	1	2
D: アンテナ直径 (m)		10	5	7	3.6	2.5	3	2	4
: 波 長 (cm)		10	10	10	10	5	5	5	10
K: 降水減衰補正		1.6	1.6	1.6	1.6	1	1	1	1.6
E= 反射能		1/100	1/100	1/100	1/100	1/25	1/25	1/25	1/100
F= 受信機の感度		3	3	3	2	2	2	2	3
探 知 能 力 の 指 数		96.0	63.0	23.4	6.3	15.1	18.0	2.0	7.7
探 知 距 離 (km)		180	800	400	450	450	400	125	400
付 加 装 置 (注)		CDP、カラー ディスプレイ、 MT、	DVIP, CPU, MT、 データ伝送、 地形エコー消去、 カラーモニタ	DVIP, CPU, MT、 データ伝送、 地形エコー消去、 カラーモニタ	DVIP, MT、 データ伝送、 カラーモニタ	DVIP, MT、 データ伝送、 カラーモニタ	DVIP, CPU, MT、 データ伝送、 地形エコー消去、 カラーモニタ	DVIP、 擾乱度 検出、地形エコー 消去、カラー (PPI, モニタ)	DVIP, FD, マイコン データ伝送、 地形エコー消去、 カラーモニタ

(注) 付加装置については、目的、運用体制によりそのグレードは異なる。更新レーダーについては、サイクロン監視用として必要な装置は付加されているが、日本の気象庁のシステムと比較して、データ伝送関係の装置に関して必要最小限の装置となる。

4.3.2 設置計画

レーダー設置に関しては現在の建屋をそのまま利用するため、機材搬入のため建屋の一部を改造または撤去することがありうる。

電源関係設備についても原則として現在の施設、設備を利用するが、発電機設備前にエンジンベッドの建設はバングラデシュ側が行なう。

また、主燃料タンクを別に建設する。

その他としては、特にケブパラでは建屋の電気配線を全て撤去し設備しなおす必要がある。

4.4 施工計画

4.4.1 建設事情および施工方針

(1) 建設事情

本案件の実施に当たって最も考慮せねばならないことは、バングラデシュの気候条件である。

先ず、機材の輸送、特にチッタゴンからケブパラへの機材輸送は、陸路輸送が不安定なため海路をとることが望ましい。この場合、ベンガル湾の静穏な12月から翌年2月までに時期が限られる。

また、レーダー更新工事は、同時に2ヶ所のレーダーサイトで実施することになる。この2ヶ所のサイトは、互いに遠く離れているだけでなく、それぞれ首都のダッカからも非常な遠隔地にある。そのため、バングラデシュの通信事情の悪さも加わって非常の場合を除き、サイト間およびサイトと首都ダッカ間の連絡は、ほとんど期待できない。したがって、各サイトでの更新工事は、それぞれ独立に進めざるを得ない。そのため、サイトでの施工管理者とは別に、ダッカにおいて両サイトの工事状況を把握・管理し、現地政府側との折衝を行う総括技術者を1人、工事着工前から工事完了まで首都ダッカに駐在させる。

(2) 施工方針

本案件は、機材案件であり、本質的には既設のレーダーおよびレーダー関連機材を更新するものである。そのため、更新レーダーを設置する建物および発電機棟も既存の建物を使用する。

直接レーダー設置に伴う工事以外のものとしては建物の屋内配線を撤去して新規に配

線しなおすに止める。

4.4.2 工事区分

工事は、(1)準備工事、(2)電源工事、(3)レーダー設置工事、(4)レーダー調整工事の4種がある。そのうち(1)準備工事がバングラデシュ側(BMD)の負担分であり、(2)から(4)までが日本側の負担分となる。

BMDの担当する(1)準備工事の内容は、レーダー更新工事に先立って行う既設レーダーおよびレーダー関連機器・発電機などの撤去作業と、コックスバザールのレーダーサイトではエンジンベットの新設である。

4.4.3 施工管理計画

(1) 総括技術者

先にも述べたように、更新レーダーの設置工事は、2サイト同時並行的に実施せねばならない。

各サイトでは、実際の設置工事に先立ち既設のレーダーおよび関連機器の撤去を、コックスバザールでは、これ以外にエンジンベットの建設が準備工事としてなされている必要がある。

総括技術者は、これら準備工事の指導・確認を行う。レーダー更新工事着工後は、主にダッカにあってバングラデシュ政府側との折衝を初め、両サイトの工事進捗状況の確認・管理を行い、工事完了に当ってはその検収を行い、バングラデシュ政府に更新レーダーを納入する。

(2) 主任技術者

各サイトに1名主任技術者を置き工事現場において以下の業務を担当させる。

- a. 工事中の安全管理
- b. 各工事の段取りおよび指導管理、工程管理
- c. 派遣技術者の健康管理、現地人夫の労務管理
- d. 建設用資機材調達
- e. サイトでの経理処理ほか総務的業務一式
- f. ダッカの総括技術者からの指示による書類などの作成

4.4.4 資機材調達計画

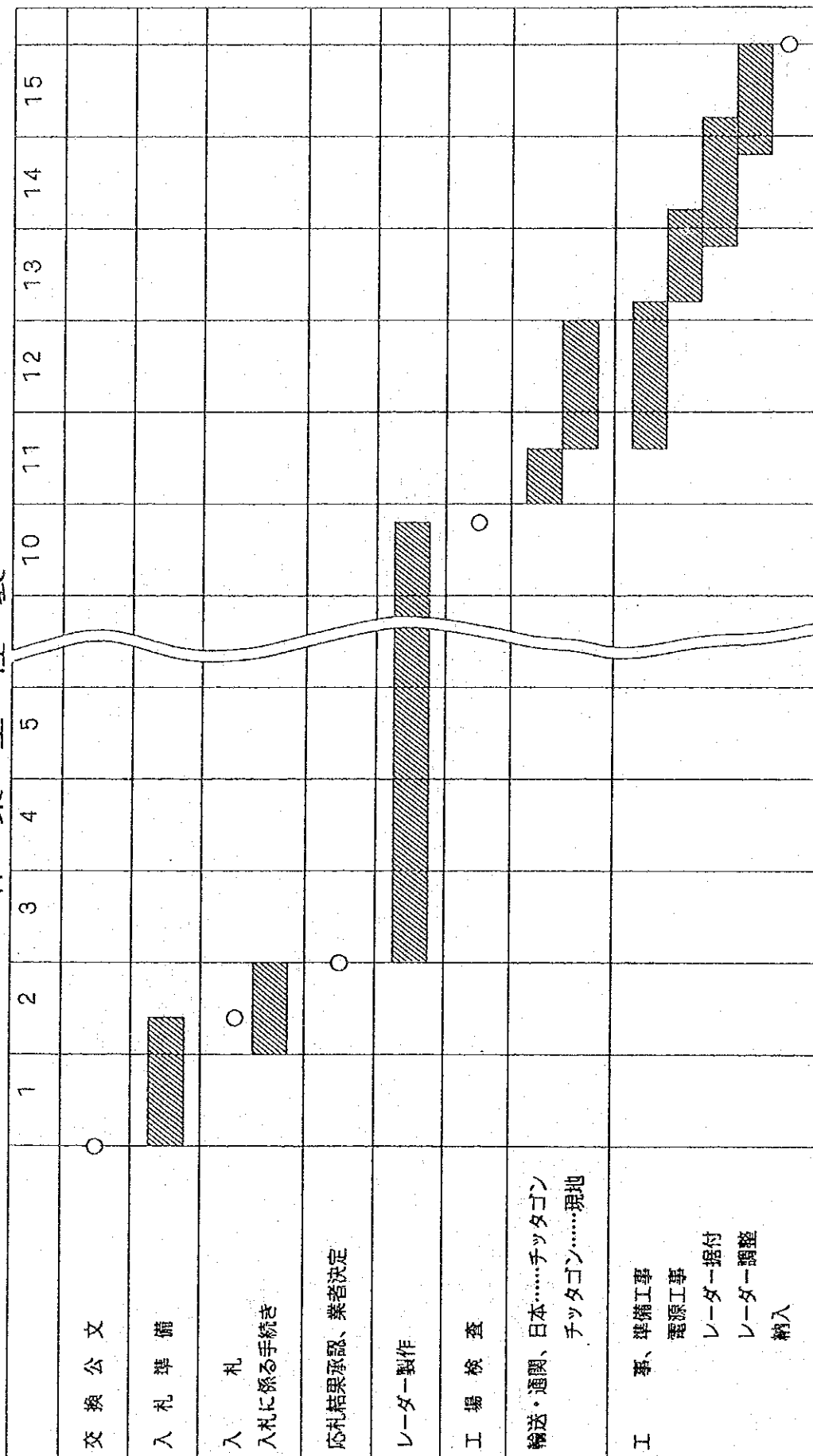
レーダーおよびレーダー関連機材は、発電機も含めて全て日本国内で調達しバングラデシュへ輸送する。現地での工事用資機材に関しては、レーダー機器を建物に搬入するさい小改造した部分の修復に必要と思われるレンガ・セメントなど、およびレーダー機材や発電機などを一時保管するための仮設小屋や、レドーム組立・レーダーアンテナ設置のための足場程度である。その他、建設用機材として公共事業省（PWD）がクレーンを用意することとなっているが、万一これが不可能となった場合には、チッタゴンの建設会社からこれを借用してサイトへレーダー機材とともに輸送することを考慮する。以上のように全ての資材は、チッタゴンで調達しサイトへ運搬する。

4.5 実施スケジュール

本案件実施に関する全工程を、(1)交換公文からレーダー・メーカー決定まで、(2)レーダー製作から現地への輸送、(3)準備工事、(4)電源工事、(5)レーダー設置工事、(6)レーダー調整工事に分けて、それぞれの工程表に示す。（表4-3参照）

表 4-3

作業工程表



4.6 維持管理費用

気象観測用レーダーの運用は当然のことながらBMDの業務として行われるため、その運用に係る技術者等の人件費は算定しない。

ここでは、レーダー運用に係る電気料および発電機運転のための燃料費（灯油）の算定を行った。

(1) 電気料

レーダーは乾季にはほとんど観測の必要がないこと、およびわが国の気象レーダー稼働実績から考え、年間250日（3,000時間）稼働すると考える。

電気料は2.05 TK/Kwであるから、レーダーの消費電力が10 Kw/h、空調装置その他付帯設備の消費電力は最大12 Kw/hとして、

$$a. \text{レーダー} : 2.05 \text{ TK/Kw} \times 10 \text{ Kw/h} \times 3,000 \text{ h} = 61,500 \text{ TK}$$

$$b. \text{付帯設備} : 2.05 \text{ TK/Kw} \times 12 \text{ Kw/h} \times 250 \text{ days} \times 24 \text{ h} = 146,600 \text{ TK}$$

計 209,100 TK

(2) 燃料費

発電機の燃料消費量は時間当たり12ℓであるが、実際には稼働率などを考慮してその2/3程度と考えられる。また、発電機はサイクロン襲来時に使用するものであり、サイクロンの襲来は年間平均4回、発電機の電気による観測は1サイクロンにつき4日間と考えると、灯油料金は7.6 TK/ℓなので、

$$7.6 \text{ TK/ℓ} \times 12 \text{ ℓ} \times 2/3 \times 24 \text{ h} \times 4 \text{ days} \times 4 \text{ cyclones} = 235,417 \text{ TK}$$

以上から、1サイトあたりの維持管理費は、444,517 TKとなり、1サイト当たりの年間維持管理費は最大約450,000 TKである。

更新レーダーは既設のものより消費電力は少ないので、従来の維持管理費を上回ることとはなく、BMDの現行予算の範囲内で十分負担可能と考えられる。

4.7 概算事業費

4.7.1 日本側負担事業費

基本設計に基づく日本側負担の概算事業費の総額は、約6.36億円と見込まれる。

4.7.2 バングラデシュ側負担事業費

本計画を実施するため必要とするバングラデシュ側負担項目と事業費の概算は、以下のとおりである。

(1) 負担項目

既設レーダーおよび関連機器の撤去費用

発電機用エンジンベットの建設費用

(2) 事業費概算

項 目	数 量 等	金額(千円)	備 考
a. 既設レーダーおよび 関連機器の撤去費用		3,437	
	①人件費(1サイト) FOREMAN 3人日 @ 300タカ CARPENTER 3 # @ 150 # HELPER 3 # @ 100 # LABOUR 15 # @ 100 # ②材料一式 ③車両借上 コックスバザール クレーン 1日 @ 10,000タカ トラック 1日 @ 4,000 # ケブパラ クレーン 7日 @ 10,000 # バージ 7日 @ 80,000 #		2サイト共通

項 目	数 量 等	金 額 (千円)	備 考
b. 発電機用エンジンベ ットの建設費用		3.272	
	①人件費 (1 サイト) FOREMAN 5人日 @ 300 タカ MASON 2 " @ 160 " CARPENTER 5 " @ 150 " HELPER 5 " @ 100 " LABOUR 50 " @ 100 " ②材料一式 ③車両借上 ロックスバザール トラック 1日 @ 4,000 タカ ケブパラ パージ @ 80,000 タカ		2 サイト共通
合 計		6.709	

第 5 章 事業評価

第 5 章 事業評価

バングラデシュ人民共和国は、その地理的条件からサイクロン、ノーウェスター、竜巻などの激しい気象現象に起因する自然災害にしばしば見舞われて来た。

1970年11月の史上最悪と呼ばれるサイクロンによる災害において、約50万人の人命が失われたと記録されている。

このような災害をもたらす気象現象を観測する手段として気象観測用レーダーの果たす役割の重要性は、周知の事実である。レーダーによる観測により、その気象現象の存在を識別し、動きを追跡し、予測することは防災の一手段として極めて有効かつ重要である。

バングラデシュ人民共和国においては、バングラデシュ気象局(BANGLADESH METEOROLOGICAL DEPARTMENT, BMD)が、過去15年にわたってレーダーを用いて気象現象を観測し、予測し、様々な目的に対して情報を提供して来た。BMDは、現在3台の気象観測用レーダーを持っているが、その内コックスバザール、ケブパラに設置されている2台のレーダーは老朽化が激しく稼働していない。最近、UNDP/WMOの協力により更新されたダッカのレーダーは、常時運転されてはいるが、その設置場所、運用目的から判断して河川洪水予測用であり内陸部監視を主目的としておりベンガル湾を北上するサイクロンの監視にはあまり有効ではない。

一方、コックスバザール、ケブパラの両レーダーは、そのサイト位置から考えてサイクロン監視用として極めて重要な役割を持つといえる。

これら両レーダーが更新されれば、両レーダーによるサイクロン監視体制が確立され公的機関ならびに一般国民に提供されるサイクロン情報が正確さを増し、住民の避難場所としてのサイクロンシェルターがその役割を十分発揮し、適切な対策が講じられるようになる。

さらに、運用管理面から本計画を検討する。

更新レーダーシステムは、真空管を主体に構成されている既設のコックスバザール、ケブパラのレーダーシステムと比べて、最新のIC技術を駆使して構成されているため構造的には一新されたものとなっている。

しかしながら、気象観測用レーダーによる降雨観測原理には変わりはないので、過去15年にわたってBMDが培って来たレーダーによる観測技術および予測技術は十分生かされる。さらに、最新レーダーはその後の改良により、既設のレーダーと比較して気象学的に有効な情報を正確かつ容易に観測者に提供する。したがって、従来に増してBMDが提供するサイクロン情報は正確になり防災対策上極めて有効なものとなることが期待される。

一方、保守管理面から検討すると、構造的には更新レーダーとほぼ同等のダックレーダーの保守管理を現在BMD職員が行なっている現状と、過去15年の長年月にわたってコックスバザールレーダーを維持管理し運用して来た実績から考えて、人数的に十分といえないまでも保守管理における技術職員の能力は、更新レーダーに対しても十分期待できる。

以上、運用目的、観測体制、運用管理、保守管理能力の面から本案件を検討した結果、バンダラデシュ人民共和国気象観測用レーダー更新計画の実施により、サイクロン災害から人命の犠牲を軽減し、財産の損失を軽減する効果が十分期待される。

第 6 章 結 論 と 提 言

第 6 章 結 論 と 提 言

バングラデシュ人民共和国において最大の自然災害をもたらすサイクロンの監視体制の確立は、バングラデシュ国の民生の安定、福祉の向上にとって極めて重要である。同国のサイクロン監視体制の中で気象観測用レーダーシステムは、その中心となる重要なシステムである。

しかし現状では、サイクロン監視に適したレーダーサイトであるコックスバザール、ケプバラの気象観測用レーダーは、老朽化が激しく稼働していない。すなわち、現在バングラデシュ人民共和国におけるサイクロン監視体制は、極めて脆弱な状態にあると言える。そこで、この2ヶ所の気象観測用レーダーの更新を目的とする本案件の実施は、同国のサイクロン監視体制を充実し、バングラデシュ国の民生の安定、福祉の向上に多大な寄与をするものと考えられる。したがって、本案件を我が国の無償資金協力案件として実施することは妥当である。

一方、サイクロンが発生する季節は、プレモンスーン季の4、5月とポストモンスーン季の10、11月の年2回ある。そのうち、バングラデシュ国に影響するものは平均して年1、2回であるが、多大な被害をもたらしている。したがって、現在の監視体制を一刻も早く改善し、監視体制の充実を図るため本案件の早期実施が望まれる。

また、更新されたレーダーを有効かつ良好な状態で利用するため、十分な技術能力を持つBMD職員の適切な配置が望まれる。更新レーダーの保守要員の育成に関しては、更新レーダーに関する適切な知識、技術を与えるため、第3章3.4技術協力の項で述べた我が国の技術協力が実施され、より正確な気象情報を提供するため技術職員の技術の向上と育成が図られることが望まれる。

本基本設計において検討しているレーダーシステムは、バングラデシュ人民共和国の電力事情を考慮し、停電やサイクロン時の連続観測にも対応できるよう非常時の電源をディーゼル発電機に求めている。停電時などのレーダーの運用を支障なく行なうためには、発電機用燃料が常時供給されている必要があり、安定した燃料供給をバングラデシュ政府およびBMDに強く要望する。

また本来レーダーシステムの運用は商用電源により行なうべきであるので、将来に向けて商用電源の安定供給が実現されるようバングラデシュ人民共和国政府に要望するものである。

またサイクロン情報など気象情報の質の向上を図るため、BMDによる気象用デジタル通信回線の整備がのぞまれる。整備された回線を用いて、各レーダーサイトのレーダーデータをダッカの予報中枢に伝送し衛星データ、高層データなどと組み合わせリアルタイムで処理するこ

とにより、より迅速に質の高い気象情報を国民に提供し得る。したがって、バングラデシュ政府、BMDに将来の課題として気象通信回線の整備計画の検討を提言するものである。

バングラデシュ人民共和国の民生の安定と福祉の向上をめざし、バングラデシュ政府およびBMDが上記の課題を解決することにより、我が国の無償資金協力により更新された気象観測用レーダーが有効に活用され、サイクロンなどの自然災害による被害が軽減されることが期待される。

略 語 表

略 語	説 明
AVR	Automatic Voltage Regulator
BMD	Bangladesh Meteorological Department
DVIP	Digital Video Integrator & Processor
FD	Flexible Disc
GMS	Geostationary Meteorological Satellite
GTS	Global Telecommunication System
INSAT	Indian Satellite
Met. Office	Meteorological Office
MT	Magnetic Tape
SWC	Storm Warning Centre
PDB	Power Development Board
PPI	Plane Position Indicator
PWD	Public Works Development
RHI	Range Height Indicator
SPARRSO	Space Research & Remote Sensing Organization
SSB	Single Side Band
T&T	Telegraph & Telephone Board
UNDP	United Nations Development Programme
WDB	Water Development Board
WMO	World Meteorological Organization

資料編

資 料 編

- I. 協議議事録（写）（現地調査時）
- II. 調査団の構成
- III. 調査日程
- IV. 面談者リスト
- V. サイクロン被害記録
- VI. 1960年以降の代表的サイクロン経路

I 協議議事録（現地調査時）

MINUTES OF DISCUSSIONS
ON
THE REPLACEMENT PROJECT OF
WEATHER SURVEILLANCE RADARS
IN
THE PEOPLE'S REPUBLIC OF BANGLADESH

In response to the request of the Government of the People's Republic of Bangladesh, the Government of Japan decided to conduct a basic design study on the Replacement Project of Weather Surveillance Radars and entrusted the study to the Japan International Cooperation Agency (hereinafter referred to as "JICA"). JICA sent to Bangladesh the study team headed by Mr. Shigemi MESHIDA, Assistant to Head, Observations Division, Japan Meteorological Agency from September 1st to September 29th, 1986.

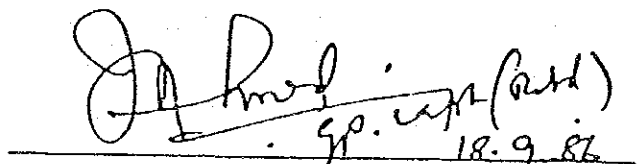
The team had a series of discussions on the Project with the authorities concerned of the Government of the People's Republic of Bangladesh headed by Gp. Capt. (Retd.) Jasimuddin Ahmed, Director, Bangladesh Meteorological Department and conducted a field survey in Cox's Bazar and Khepupara area.

As a result of the study, both parties agreed to recommend to their respective Governments that the major points of understanding reached between them, attached herewith, should be examined towards the realization of the Project.

Dhaka, September 18, 1986.



Mr. Shigemi Meshida
Leader, Japanese Study Team
JICA.


Gp. Capt. (Retd.) Jasimuddin Ahmed
18.9.86

Gp. Capt. (Retd.) Jasimuddin Ahmed
Director
Bangladesh Meteorological Department

ATTACHMENT

1. The title of the Grant-Aid project is "the Replacement of Weather Surveillance Radars at Cox's Bazar and Khepupara".
2. The objective of the Project is to improve the function of identification, tracking and prediction of the weather phenomena such as tropical cyclones, nor'westers/ tornades in the People's Republic of Bangladesh by providing necessary equipment.
3. Bangladesh Meteorological Department is the implementing authority for the Project.
4. The Team will convey the desire of the Government of the People's Republic of Bangladesh to the Government of Japan that the latter will take the necessary measures to cooperate in implementing the Project and will provide the Radars and other items as listed in Annex I within the scope of Japanese Economic Cooperation in grant form. The items are listed in order of priority and some of lower priority may be deleted or adjusted according to the budget allocated by the Government of Japan.
5. The Bangladesh side has understood Japan's Grant-Aid system explained by the Team which includes a principle of use of Japanes Consultant firm and a Japanese supplier for implementation of the Project.
6. The Government of the People's Republic of Bangladesh will take the necessary measures as listed in Annex II on condition that the Grand-Aid by the Government of Japan shall be extended to the Project.
7. For effective and stable operation and maintenance of new radars, the team strongly hopes to pay attention to the following items;
 - a) To ensure the supply of fuel regularly so as to keep the generators to support the radar observation at least during one cyclone period.
 - b) To train and educate the engineers/technicians for operation and maintenance in respect of new radars under the grant.

ANNEX 1

1. Radar system

- 1) Antenna assembly
- 2) Radome
- 3) Antenna control unit
- 4) Transmitter-Receiver
- 5) Digital video integrator & Processor
- 6) Operating console
- 7) Dehydrator
- 8) Automatic voltage regulator (AVR)
- 9) Switch board
- 10) Color display
- 11) Flexible disk unit
- 12) Test equipment and spares
- 13) Others

2. Power supply

- 1) Engine generator
- 2) Day tank
- 3) Main tank
- 4) Controle cubicle
- 5) Ventilating fan
- 6) Transformer
- 7) Power distribution board
- 8) Air conditioner
- 9) Dummy load
- 10) Test equipment and spares
- 11) Others

JG
18.9.86.

ANNEX II

1. To exempt Japanese nationals engaged on the Project from custom duties, internal taxes and other fiscal levies which may be imposed in Bangladesh with respect to the supply of the products and the services under the verified contracts.
2. To ensure prompt unloading, tax exemption and custom clearance of the products purchased under the grant at ports of disembarkation in Bangladesh.
3. To bear commissions to the Japanese foreign exchange bank for the Banking Arrangement.
4. To provide the space necessary for working areas, stock yards and other use in the radar sites.
5. To remove designated existing facilities on the expense of Bangladesh, before installation of new facilities.
6. To make the entrance for carrying the equipment into the room.
7. To construct the foundation of main fuel tank and the engine bed. (if the existing bed is not suitable)
8. To arrange the incoming line for the public electric supply.
9. To get the using permission of utility poles for installation of data line between Meteorological office and Radar site in Cox's Bazar.

Ⅱ 調 査 団 の 構 成

氏 名	担 当	所 属 ・ 役 職
召 田 成 美	団 長	気象庁観測部測候課調査官
石 田 幸 男	プロジェクトコーディネーター	国際協力事業団システム管理課
古 賀 真 綱	気象システム	(財)日本気象協会
森 本 陸 世	気象レーダー 気象システム	(財)日本気象協会
神 田 修 身	気 象 観 測 気象レーダー	(財)日本気象協会
小 野 優	電 気 設 備 気 象 通 信	(財)日本気象協会
斉 藤 隆	気 象 通 信 気 象 観 測	(財)日本気象協会

Ⅲ 調査行程

日順	月 日	行 程	調 査 内 容
	1986年		
1	9月 1日(月)	成田 出発 Bangkok 到着	(TG-641) (召田, 古賀, 森本, 小野, 斎藤)
2	2日(火)	Bangkok 出発 Dhaka 到着	(TG-321)
3	3日(水)		BMD表敬・打合せ JICA事務所表敬・打合せ
4	4日(木)		ERD表敬, BMDとの協議 (Inception Report の説明及び日程の確認)
5	5日(金)		石田氏到着 調査団内の打合せ
6	6日(土)	Chittagongへ移動(車)	
7	7日(日)		気象・地理物理センター、高層気象 観測所、空港測所および地区事務所の 視察・調査
8	8日(月)	Cox'Bazar へ移動(車)	
9	9日(火)		レーダーサイトの調査
		Chittagongへ移動(車)	測候所及びT&Tの視察・調査
10	10日(水)	Dhaka へ移動(飛行機)	調査団内の打合せ

日順	月 日	行 程	調 査 内 容
11	11日(木)	Patuakhaliへ移動(車)	
12	12日(金)	Khepupara へ移動(船)	レーダーサイトの調査
13	13日(土)	Patuakhaliへ移動(船)	レーダーサイトの調査
14	14日(日)	Dhaka へ移動(車)	
15	15日(月)		調査のまとめ及びMinutes のドラフト の作成
16	16日(火)		BMDとの協議 (Grant Aid Program の 説明、Minutes の内容打合せ)
17	17日(水)		BMDとの協議(Minutesの内容打合せ) 16mmフィルム映写会(サイクロン) 大使館への報告
18	18日(木)		Minutes 署名 大使館、JICAへの報告 予・警報センターの視察・調査
19	19日(金)	Dhaka 出発	(召田、石田)
20	20日(土)	①Chittagongへ移動(車) ②Cox' Bazar へ移動(飛行機)	(古賀、森本、神田、斎藤) (小野)
21	21日(日)		①BMD Met. OFFICE で協議 (コンタクトの依頼、輸送ルート等) Port Authorityと打合せ(港湾事情) 輸送業者と打合せ(見積依頼) ②レーダーサイトの調査 PDB変電所の視察・調査

日順	月 日	行 程	調 査 内 容
22	22日(月)	Dhaka へ移動(飛行機)	輸送業者(見積の受け取り) PDB (Kaptai project) と打合せ (電力供給の将来計画) 港の見学(車)
23	23日(火)	Dhaka へ移動(列車)	
24	24日(水)		BMDとの協議 (報告書及びレーダーの見学) WMOと打合わせ (レーダ・ネットワーク及び研修体制 計画) SPARRSOの見学
25	25日(木)		BMDとの協議(Workshop の見学) PDBと打合せ(現状及び計画) 洪水予報警報センターの見学 大使館、JICAへの報告及び挨拶
26	26日(金)		資料の整理
27	27日(土)		BMDとの協議(教育及び研修) T&T(通信の現状及び計画)
28	28日(日)	Dhaka 出発 Bangkok 到着	(TG-322) (古賀, 森本, 神田, 小野, 斎藤)
29	29日(月)	Bangkok 出発。 成田到着。	(TG-640)

Ⅳ 面談者リスト

Name	Organization	Title
Mr. Jasimuddin Ahmed	BMD	Director
Mr. MH Khan Chowdhury	ditto	Deputy director Hq. Office
Mr. M A Khaleque	ditto	Deputy director Workshop & Lab
Mr. Ershad Hossain	ditto	Assistant director International Met. Hq. Office
Mr. MD A Ali Howlader	ditto	Sr. Communication engineer Communication Div.
Mr. A K M Rafiuddin	ditto	Electric engineer Electronic & Instrument
Mr. Nasiruddin Ahmed	ditto	Electric engineer, in charge Dhaka Radar STA.
Mr. Shajahn	BMD Chittagong	Deputy director MGC Controlling Office
Mrs. Arjumand Habib	ditto	Chief Main Met. Office, Patenga air- port
Mr. F H Chowdhury	ditto	Forecast Agrabad
Mr. S H Haroon	ditto	Administrative Officer
Mr. MD Nurul Islam	ditto	Meteorologist
Mr. A K M Azizul Haque	BMD Cox's Bazar	Electronic engineer
Mr. Kafil Uddin	ditto	Electronic assistant
Mr. Harunur Rashid	ditto	Chief mechanic
Mr. Mannan Bhuiya	ditto	Mechanic
Mr. Akram Hossain	ditto	Meteorologist Met. Office

Name	Organization	Title
Mr.M A Quader	Ministry of Planning	Joint chief
Mr.A Haque Khan	PWD	Assistant architect
Mr.Minoru Maekawa	ditto	Junior expert
Mr.K Abul Faraz	ditto	Superintending engineer
Mr.Aminal Haque	PWD Barisal	Superintending engineer
Mr.MD Abdul	PWD Patuakhari	Exective engineer
Mr.MD L Rahman	ditto	Sub-divisional engineer
Mr.S Morshed Uddin	ditto	Sub-divisional engineer
Mr.Humayon Kabir	ditto	Sub-divisional engineer
Mr.A Haque Siddequi	ditto	Electronic engineer
Mr.A B L Rahman	PDB	Member (Distribution)
Mr.S Abdul Mayeed	ditto	Project Director Great Chittagong Power Distribution Project
Mr.E Ruhul Quddus	T&T	General Manager Overseas Telecom.Region
Mr.MD Ismail	ditto	Divisional Engineer
Mr.B Boros Djevi	WMO	Telecommunication & Electronics Expert ESCAP Panel on Tropical Cyclones
Dr.R Karim	ditto	Project Manager Flood Forecasting & Warning Project

Name	Organization	Title
Mr.Yoshihiro Kishi	UNDP	Assistant Resident Representative
Mr.Taizo Ishida	ditto	Programme Officer
Mr.A K Mannan	Port Authority	Secretary
Dr.Dwan A Quadir	SPARRSO	
Mr.Abul ManZoor	Global Traders	Clearing Forwarding Agent
Mr.MD A Kamal		Member of Parliament

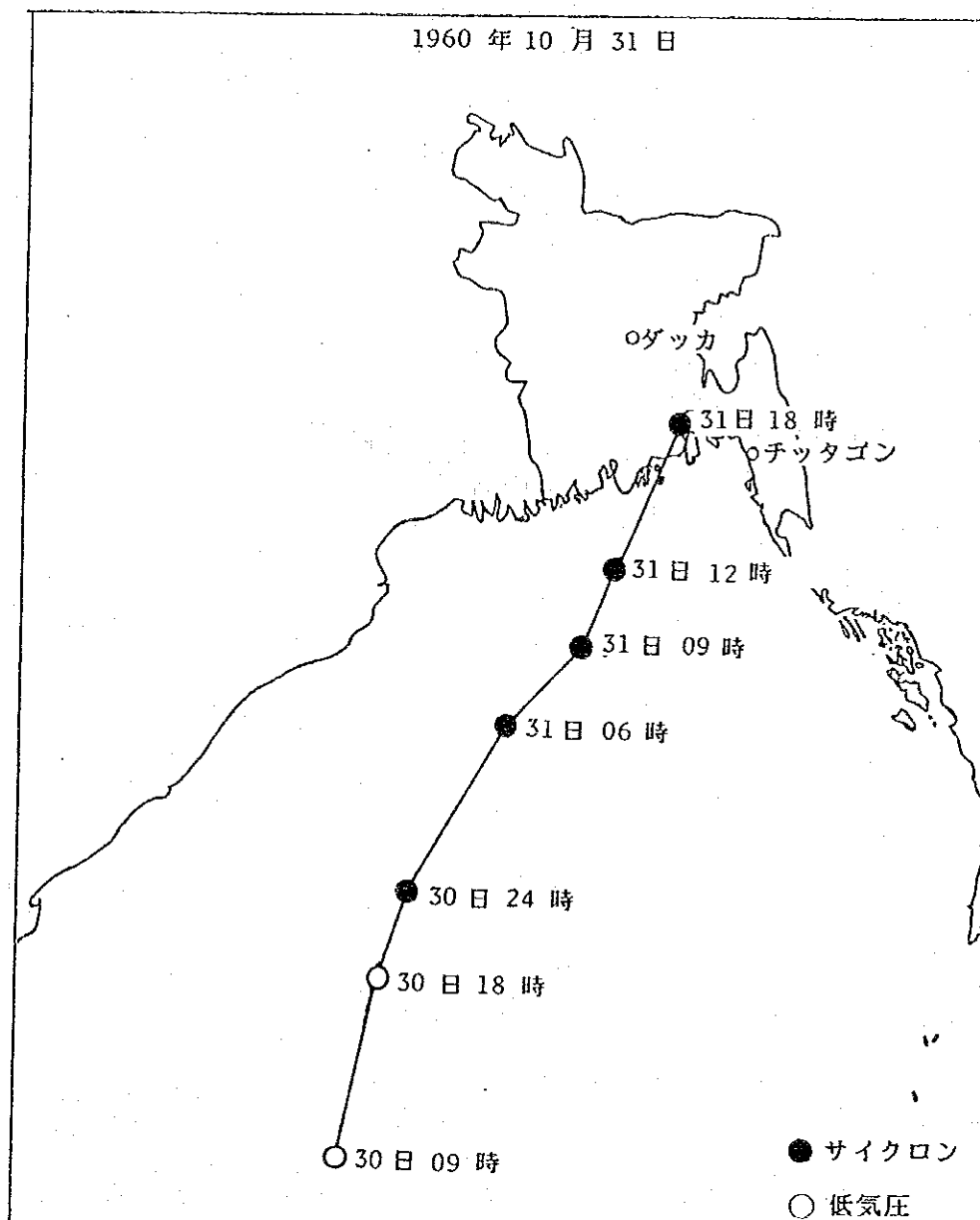
V. バングラデシュにおけるサイクロンと高波による被害年表

年	月 日	地 域	現 象	被 害
1963	6月 5～ 8日	ジェスクレ付近	サイクロン	被害は不明
1963	10月25～29日	テクナフ付近	同上	同上
1965	5月11～12日	バリサル、クルナ チッタゴン、シレット	サイクロン ダッカでは 最大風速100 マイル/h 高波12フィート	死者19,270名 バリサル地区では14,193名
1965	12月14～15日	コックスバザール、 テクナフ	サイクロン コックスバザールでは、 最大風速 130 マイル/h 高波8 ～10フィート チッタゴンでは、最大風 速60マイル/h	人的被害大
1966	10月23日	サンドウィップ	サイクロン 高波20～22フィート	チッタゴンでは浸水
1966	12月12日	コックスバザール付近	サイクロン	被害は不明
1967	10月11日	クルナ、サンダーバン	同上	同上
1967	10月23～24日	コックスバザール付近	同上	同上
1969	10月11日	クルナ	同上	同上
1970	5月 7日	チッタゴン、コックス バザールの南	同上	同上
1970	10月23日	クルナ、ダッカ、 チッタゴン	サイクロン	大きな被害はなし
1970	11月12～13日	メグナ川の河口	サイクロン チッタゴン港の船舶によ る報告では、 風速138 マイル/hを記録	クルナからチッタゴンに かけて9hあまり暴風雨に さらされる。その為、作 物や財産に大きな被害が でる。死者約50万人
1971	5月 7～8 日	——	サイクロン パテング測候所で、最大 風速50マイル/hを記録	——

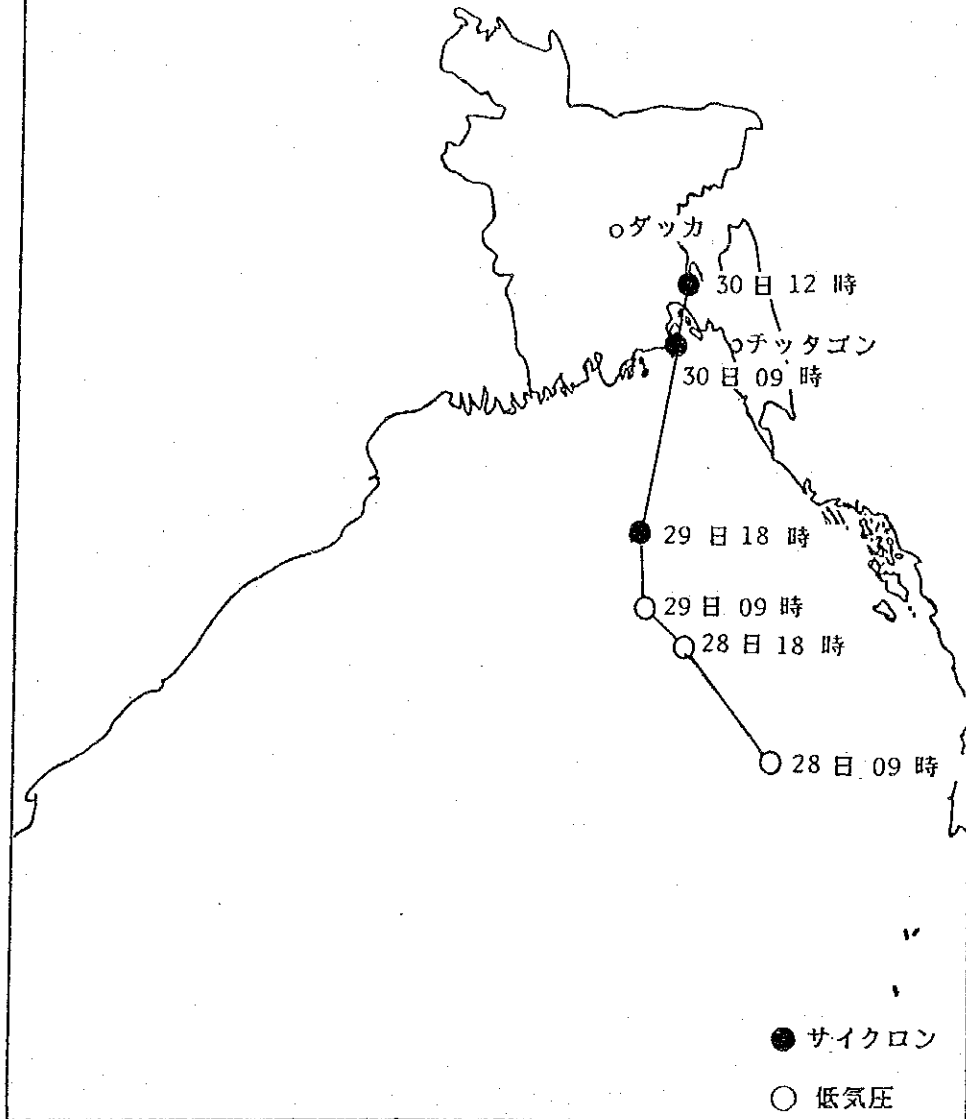
年	月 日	地 域	現 象	被 害
1971	9月28～30日	——	サイクロン クルナでは、最大風速 60～70マイル/hを記録 高潮で水位が2 フィート上 がり、クルナでは浸水する。	——
1971	11月 5～ 6日	——	サイクロン	——
1973	11月16～18日	——	サイクロン	——
1973	12月 6～ 9日	——	サイクロン バトアカリ地方で浸水	——
1974	8月13～15日	バリサル	サイクロン 最大風速50マイル/h	——
	8月24～28日	コックスバザールから チッタゴンまでの海岸 地帯	サイクロン 最大風速100 マイル/h 高波 9～17フィート	死 者 20名 負傷者 50名 行方不明 280名 住宅の損失 2,300棟
1975	1月 5日	チッタゴン	サイクロン 最大風速60マイル/h	住宅の損失 6,000棟
1975	5月 9～12日	ボラ、コックスバザール	サイクロン 最大風速60～70マイル/h	死 者 5名 負傷者 4名 漁民の行方不明36名
1976	10月19～20日	チッタゴン	——	——
1977	5月 9～12日	クルナ、バトアカリ、 バリサル	サイクロン 最大風速70マイル/h	——
1978	9月30日 ～10月 3日	クルナ、サンダーバン	サイクロン 最大風速46マイル/h	——
1979			サイクロンの発生記録なし	
1980			同上	
1981			同上	
1982			同上	

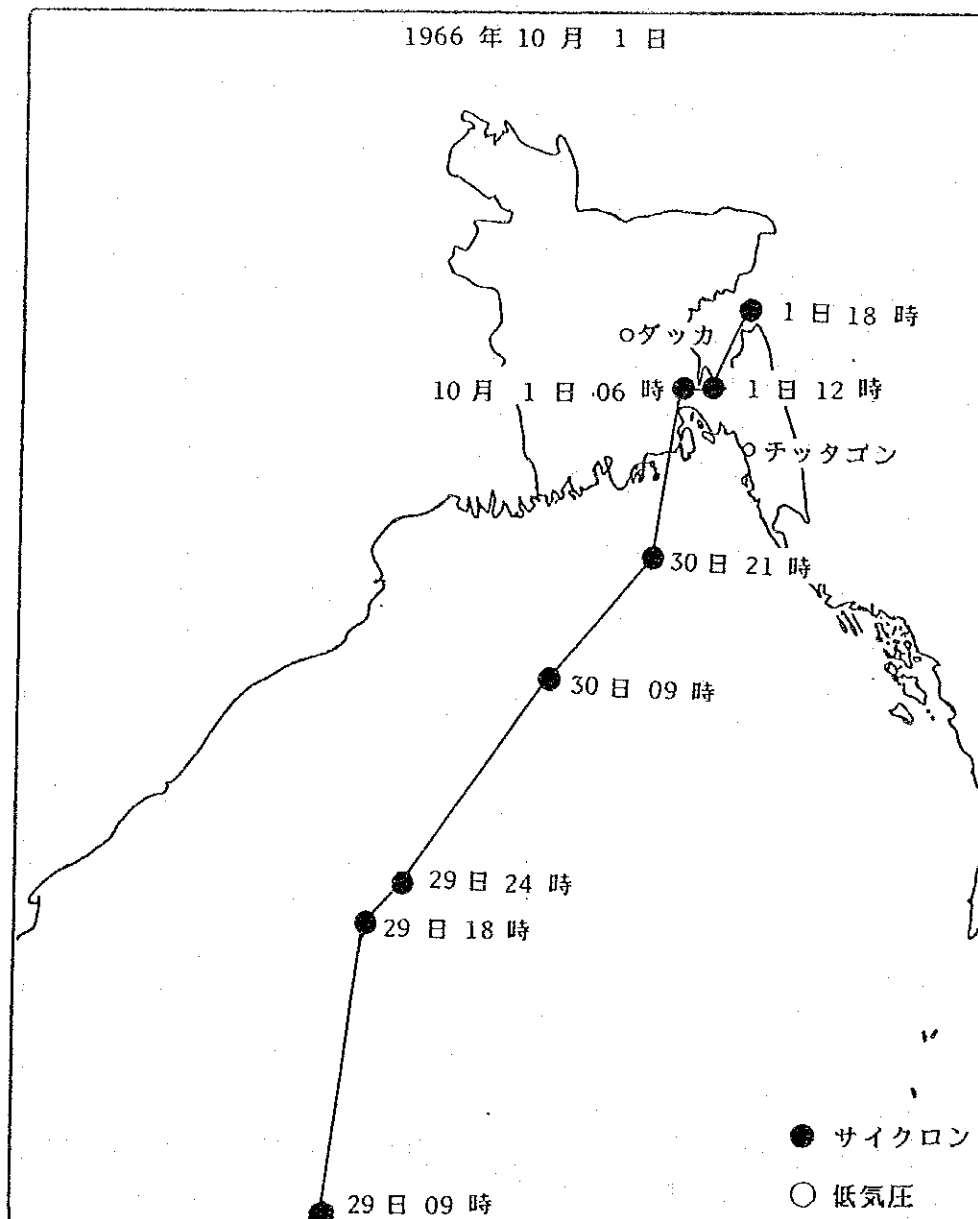
年	月 日	地 域	現 象	被 害
1983	10月15日	チッタゴン、フェニ川 付近	サイクロン 最大風速122Km/h	死者43名 漁民 1,000名以上 漁船 100隻以上が行方不明
	11月 9日	チッタゴン、コックス バザール	サイクロン 最大風速136Km/h 高波 5フィート	漁民 300名 漁船 50 隻が行方不明
1985	5月24～25日	チッタゴン、コックス バザール、ノアカリ、 バトアカリ	サイクロン 最大風速154Km/h 高波14フィート	死者11,069名 住宅の損失 94,379 棟 家畜の被害135,033 頭

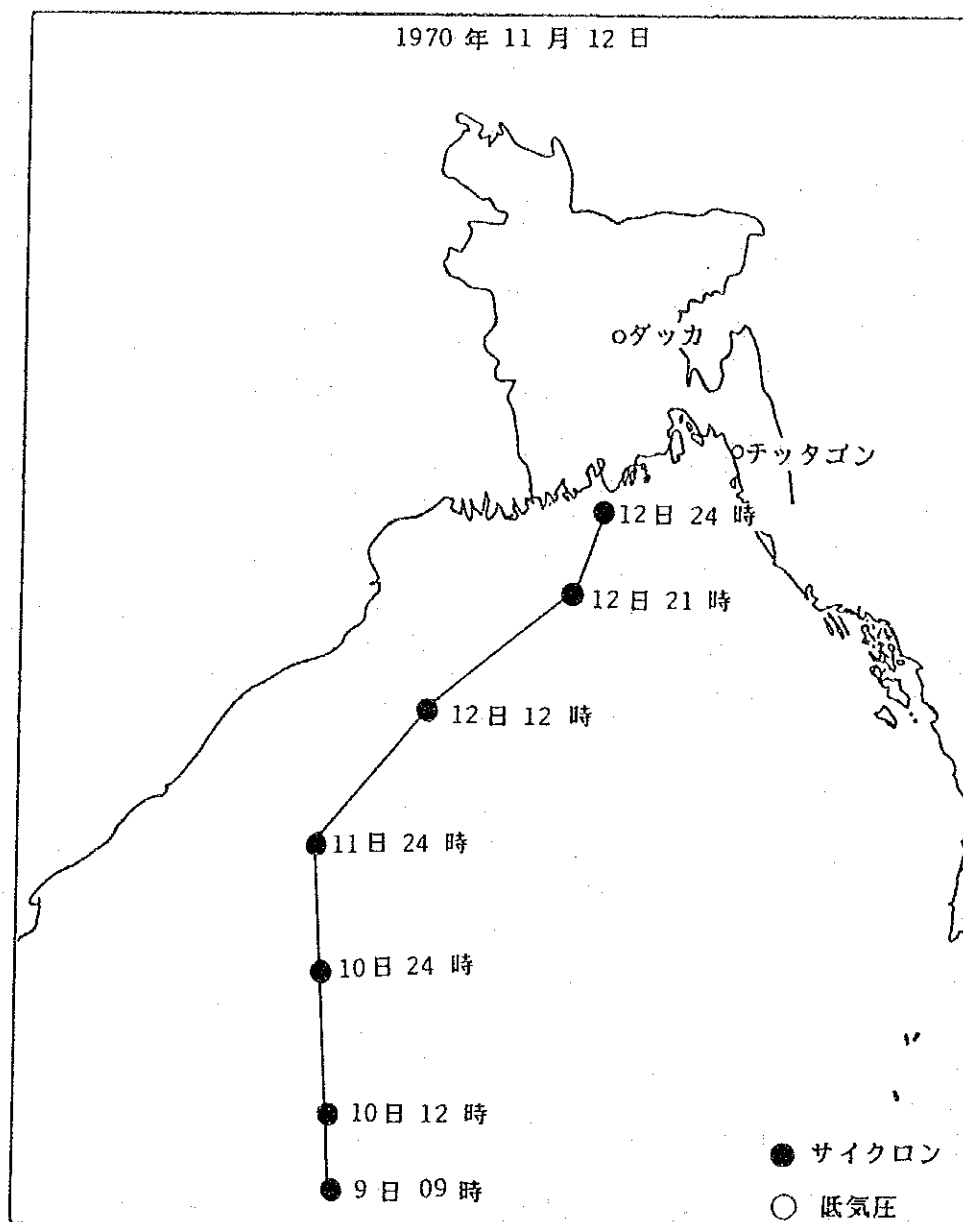
VI. 1960年以降の代表的サイクロン経路



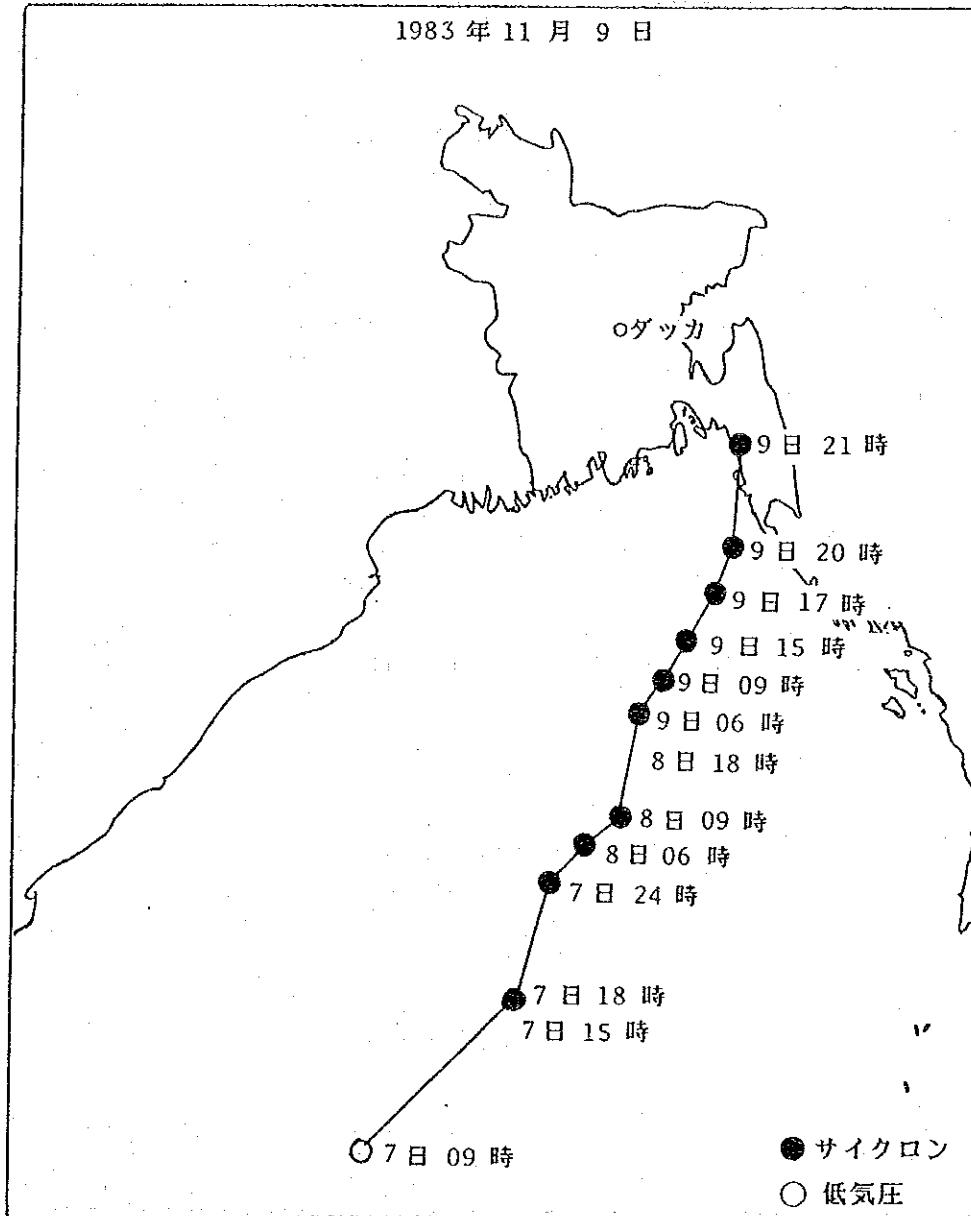
1961 年 5 月 30 日



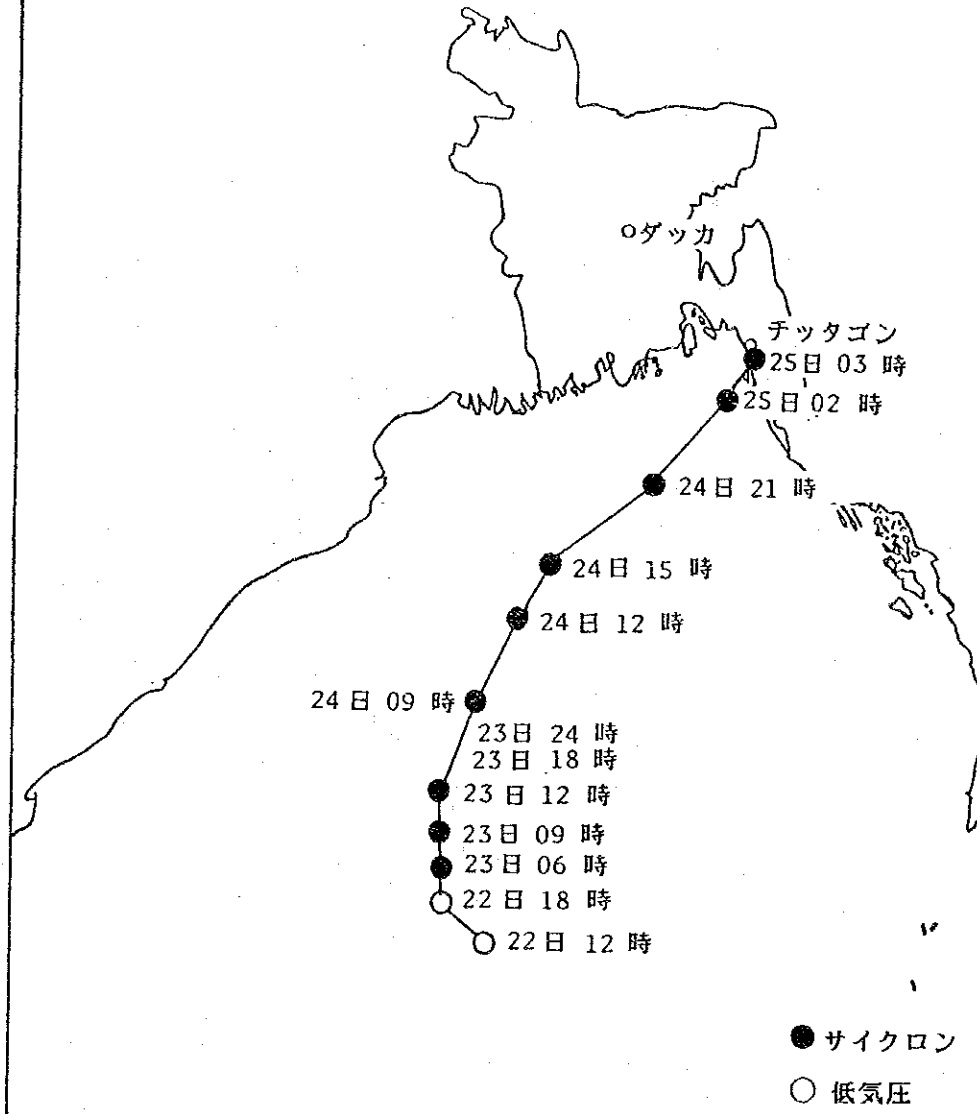




1983 年 11 月 9 日



1985 年 5 月 25 日



JICA