

2-2-3 気象レーダの現状

(1) 既存気象レーダの状況

PMD は、パキスタン国内に表2-2-10および図2-2-6 に示すように5台の気象レーダを所有している。このうち、シアルコットを除く4台の気象レーダ（Weather Surveillance Radar : WSR とされている）は、降水域分布の把握が観測目的である。シアルコットの気象レーダ（Quantitative Precipitation Radar : QPR とされている）は、洪水の予警報のための降雨の定量的測定が観測目的である。このうち、降雨の観測に最適なC-Bandの周波数を使用しているのは、カラチ（PMD本局）およびシアルコットの気象レーダである。ラホール、サルゴダおよびチェラートの気象レーダ（いずれも、X-Bandを使用）は、船用レーダを改造して気象観測用にしたもので、降雨観測には距離的に探知能力が不足しており、降雨状況の監視は設置場所周辺に限られている。

表2-2-10 既存気象レーダ

| 気象レーダ サイト名 | 据付場所 | 型名 | 特徴 | | 据付 年 | 製造 会社 | 国名 |
|---------------|----------------|----------|---------------|----------------------|---------|----------|-----|
| | | | 周波数帯・出力 | 観測半径 | | | |
| カラチ | カラチ本局 | JMA-109A | C-band, 250kw | 半径400km | 1967 | JRC | 日本国 |
| ラホール | シアルコット | WSR-75 | C-band, 250kw | 半径400km 定量測定200km | 1979 | EFC | 米国 |
| ラホール | ラホール 空港内 | 42-A | X-band, 75kw | 半径200km | 1975 | Plessy | 英国 |
| サルゴダ | サルゴダ郊 外の測候所 | 42 | X-band, 75kw | 半径200km | 1965 | Plessy | 英国 |
| チェラート | パキスタン 空軍施設内 | 42 | X-band, 75kw | 半径200km | 1964 | Plessy | 英国 |

(2) 気象レーダの観測

気象レーダ（WSR）による観測は、毎日0000UT（Universal Time）より3時間毎に8回、モンスーン時期や異常気象時には1時間毎に行われている。

洪水予警報センター（Flood Forecasting and Warning Center : FFWC）の気象レーダ（QPR）は、6月から10月までのモンスーン時のみ使用されている。通常は3時間毎の観測であるが、特に長期に亘る降雨時には、時間降水量を測定するため連続観測が行われる。

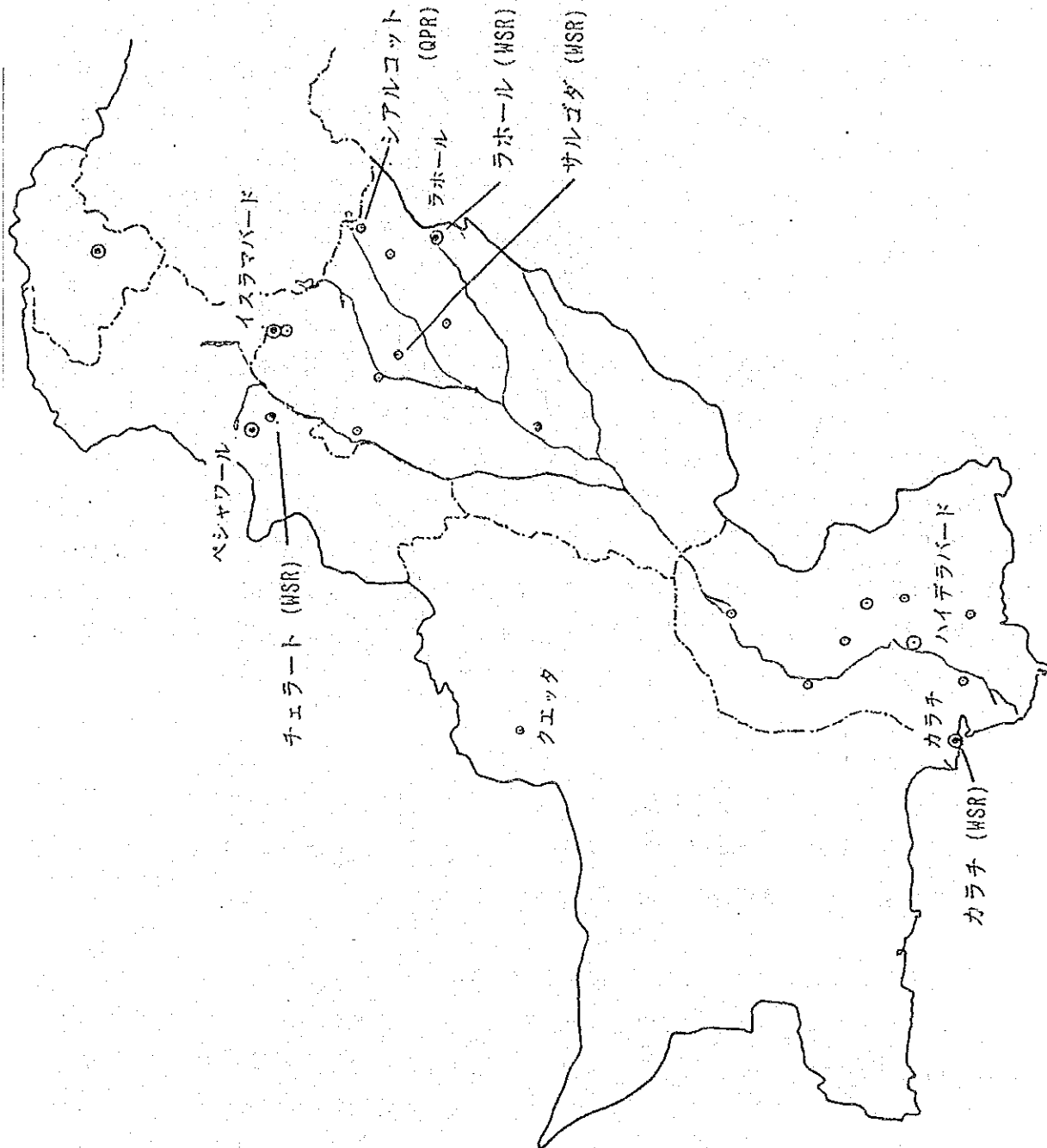


図 2-2-6 既存レーダの配置図

(3) 観測方法および伝送

気象レーダの観測業務は各管区气象台 (Regional Meteorological Center: RMC) の補助電気技師 (Electronic Assistant) が担当している。レーダの指示装置のPPI 画像を見ながら降雨分布状況を、図2-2-7 のようなスケッチシートに記録している。しかしながら、利用者に対してスケッチ図そのものを提供する FAX通信等の手段がないため、「現在どの方向、距離何kmのところ、雨が降っている」という情報をWMO 規定のレーダ気象通報式の通報コードに変換し、通報してメッセンジャーによる手渡し、又は電信による伝達方法がとられている。その内容は、現在のレーダの観測性能に限界があるため、降水の位置、移動のみで、その強さ、高さ等の情報は含まれていない。

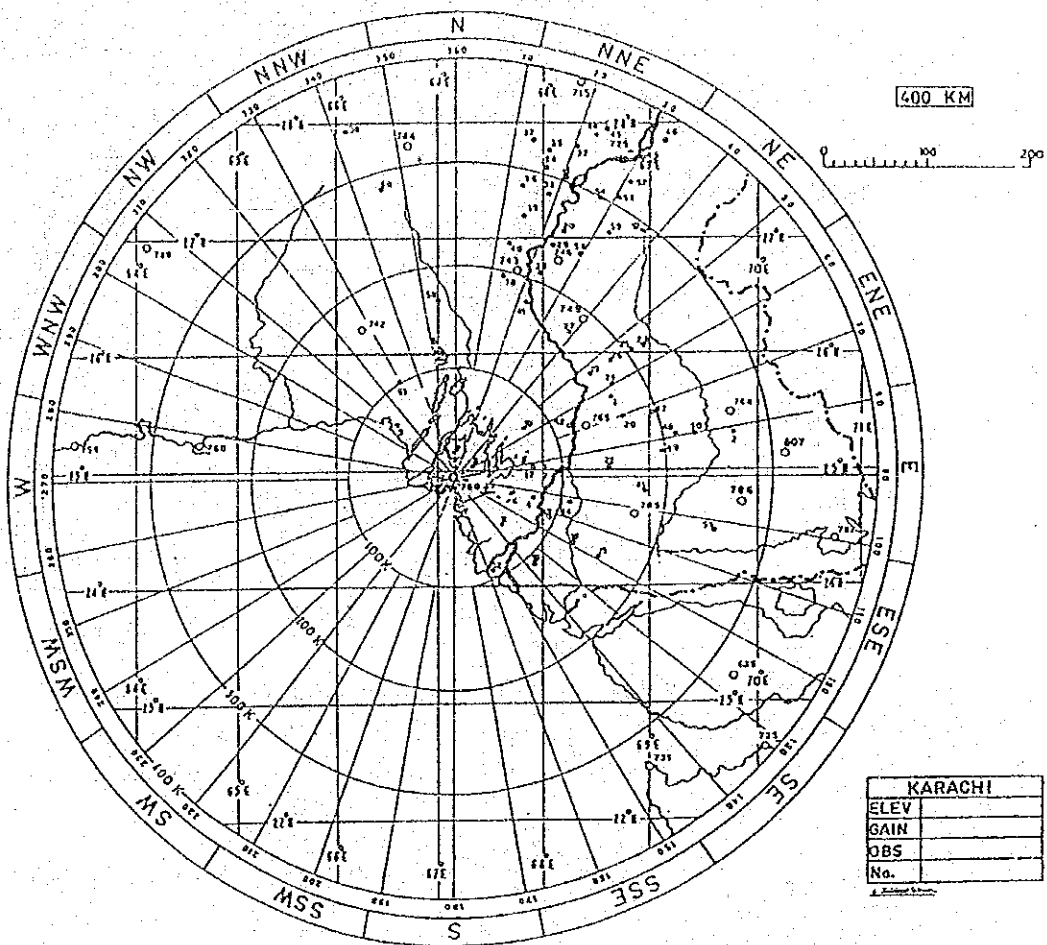
洪水予警報センターの気象レーダは、モンスーン時期のみ連続観測が行われ、主な河川の上流での流域区分毎に、レーダデータから時間降水量を専用計算機で算出し、その結果をプリンタにタイプアウトしている。観測された降雨分布や流域毎の時間降水量の推定値は専用電話、SSB またはテレプリンタを介してラホールの洪水予警報センターに伝達される。同センターではパーソナル・コンピュータクラスの専用計算機を使い、気象レーダから出力された流域降水量の推定値と地上雨量計の降水データとを併用し河川の流出予測を行っている。しかしながら、画像伝送の手段がないため、本来予警報に最も有効であるレーダ画像情報 (スケッチ図) は、実況把握には利用されずに、解析用資料として保管されているのが現状である。

(4) 機器の状況

カラチ、シアルコットおよびサルゴダの各気象レーダの現状調査を行った。ラホール、チェラートの気象レーダに関しては空港および空軍の基地内にあるため立入り許可が得られなかったため、周辺の立地状況の調査のみ行った。

1) カラチ気象レーダ (写真1～写真4)

PMD の敷地内に据付けられているカラチの気象レーダの機器製作は1963年5月であるが、空中線据付用の鉄塔や観測用の建物が準備されていなかった為、据付・調整が完了するまでに4年を要した。1967年の観測開始から現在まで、約20数年間にわたり稼働している。しかしながら、表2-2-11の現状に示すように、主要な電気回路は真空管が主要部分を構成しているため、予備部品の主なものは製造中止などにより調達が出来ず、保守整備が不十分で、性能通り作動している装置はない。PPI 画像 (降雨の平面表示) が得られるだけで、かつ旧式なものでデータ処理機能が貧弱なため降水強度測定等の気象レーダとしては全く作動していない。



カラチレーダ

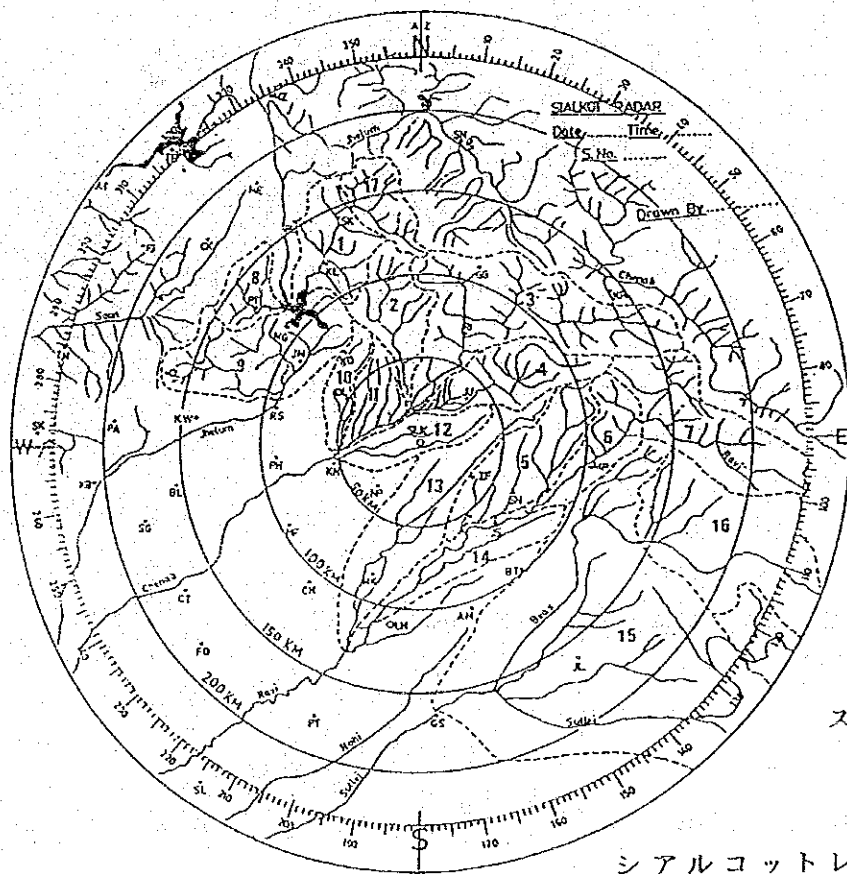


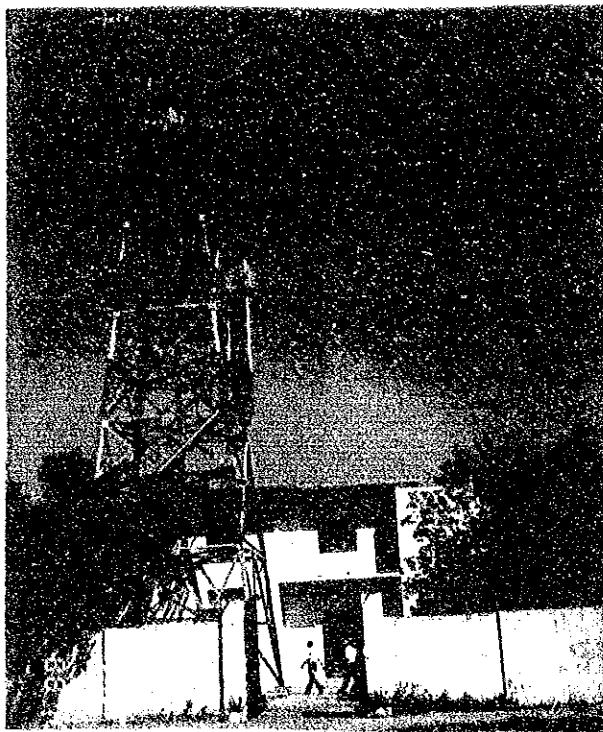
図2-2-7

スケッチシート

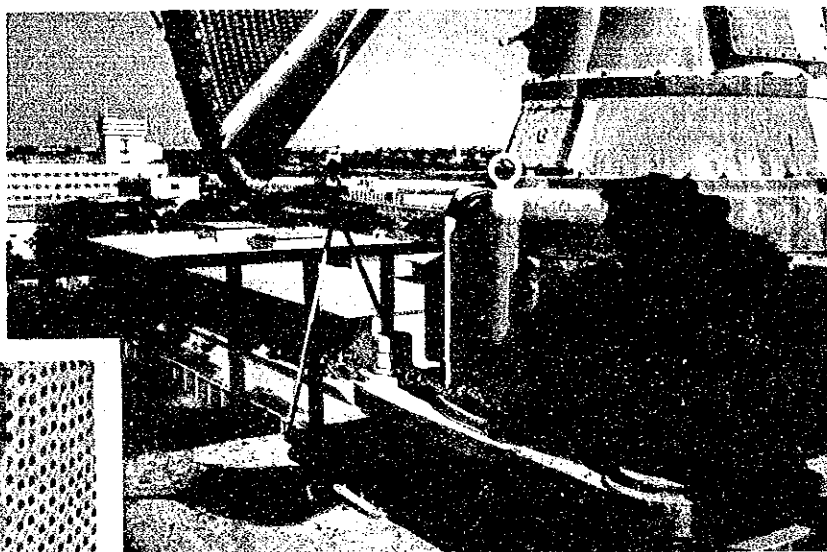
シアルコットレーダ

表2-2-11 カラチ気象レーダの状況

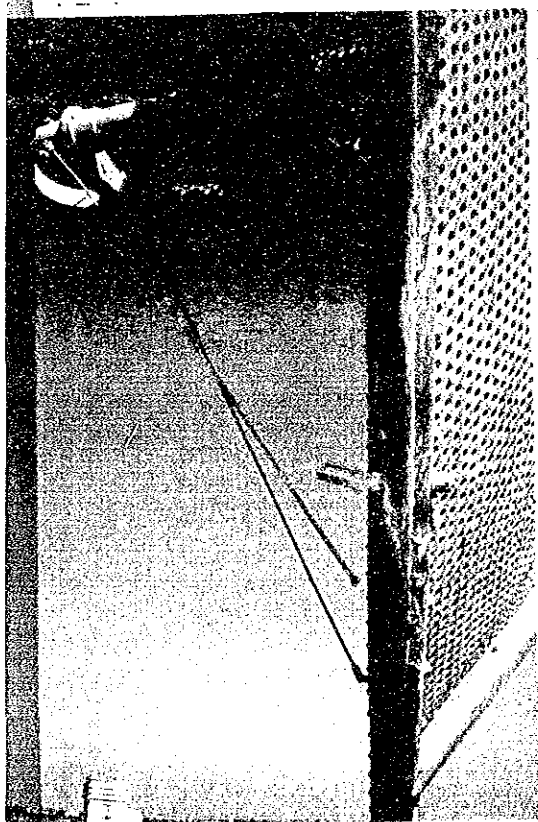
| 装置名 | 稼働状況 | 記事 |
|---------|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 空中線装置 | 動作不良 | 1)電磁ホーンの保持金具が破損し修理不可能な状態にあるために電波のビームが正常でない。 2)モーターやギヤー系統の不具合があり、垂直系の動作が不能である。 |
| 空中線制御装置 | 動作不良 | 1)空中線を一定仰角で回転するだけで、水平及び仰角共任意の方向に空中線を向けることができない。 2)装置内で使用しているリレー、タイマー等の消耗部品は交換の実績がなく、ほとんどの部品は正常に作動していない。 |
| 送受信装置 | 動作不良 | 1)変調器の高圧部分の配線の劣化や硬化が進み、耐圧不良のため、安定した電波が発生されていない。 2)高圧トランス等から絶縁用オイルが洩れて、絶縁不良を起こしている。 3)受信機のみキサ部に機械的破損があり、また受信機の真空管の交換後の調整もされていないため、十分な受信感度が得られていない。 |
| 等エコー装置 | 動作不能 | ここ10年近く完全に機能停止の状態であり、定量的な降水観測が不可能である。 |
| 指示装置 | PPI, A スコープ表示は、かろうじて動作 | 1)装置の内部は、時々端子板間でスパークを発生している。 2)PPI の映像はCRT の焦点調整ができないためボヤけており映像から正確な情報が得られない。 |
| 時計装置 | 動作不能 | |
| 導波管加圧装置 | 動作不能 | 故障後、撤去され現品がなかった。 |
| 自動電圧調整器 | 動作不能 | AVRの機能が停止している。現在入力側と出力側を短絡して使用している。 |
| 予備発電機 | 動作不能 | モータ部分は回転するが、発電機部分が故障しており、所要の電源電圧が発生されない。 |



空中線用鉄塔及びレーダ観測所



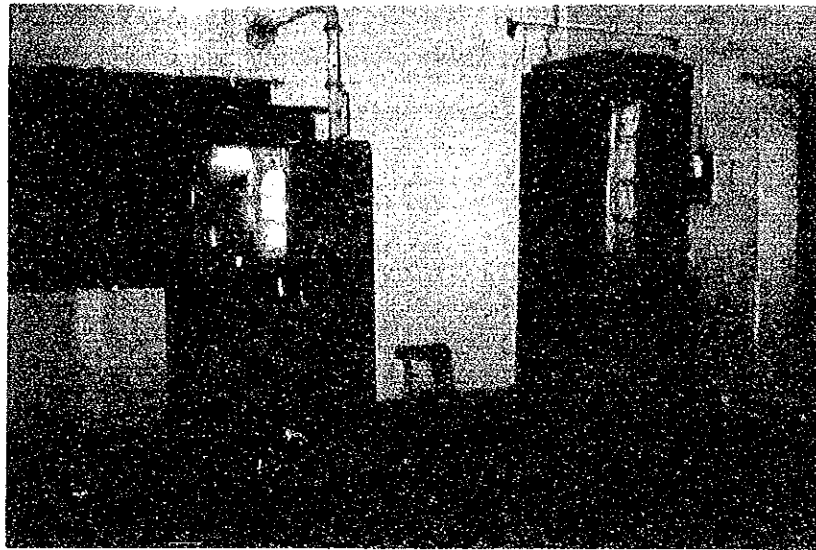
FUJICOLOR 68



空中線ベデスタル部

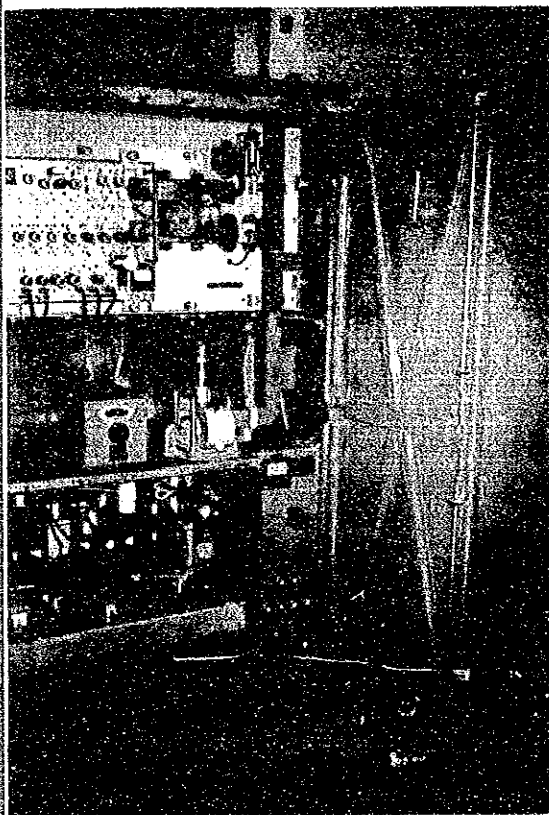
空中線パラボラ

(写真 1) カラチWSRの現況(1)

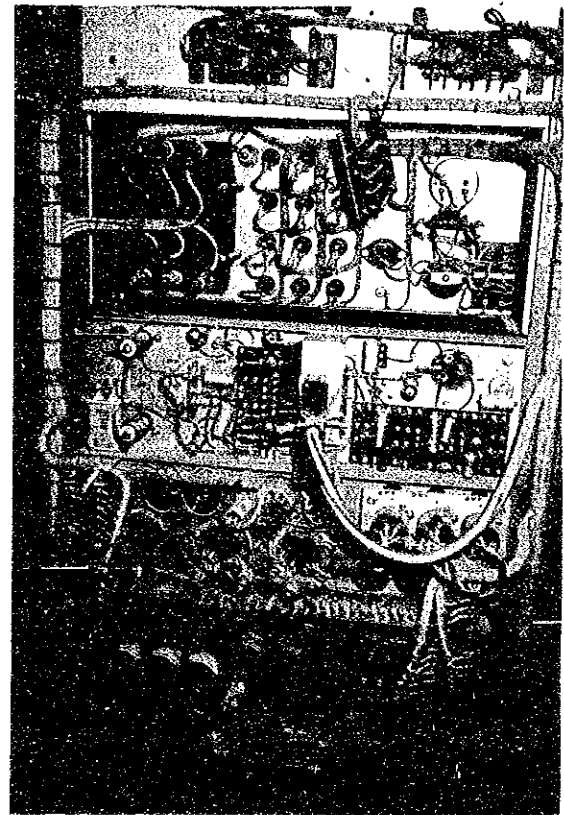


送受信装置

空中線制御装置



送受信装置内部



空中線制御装置内部

(写真 2) カラチWSR の現況 (2)



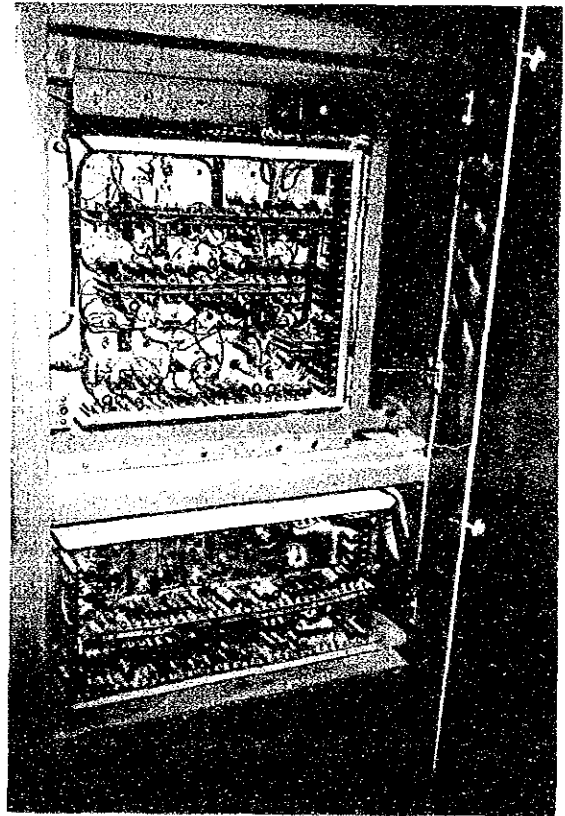
FUJICOLOR 88

レーダ観測室・指示装置他



FUJICOLOR 88

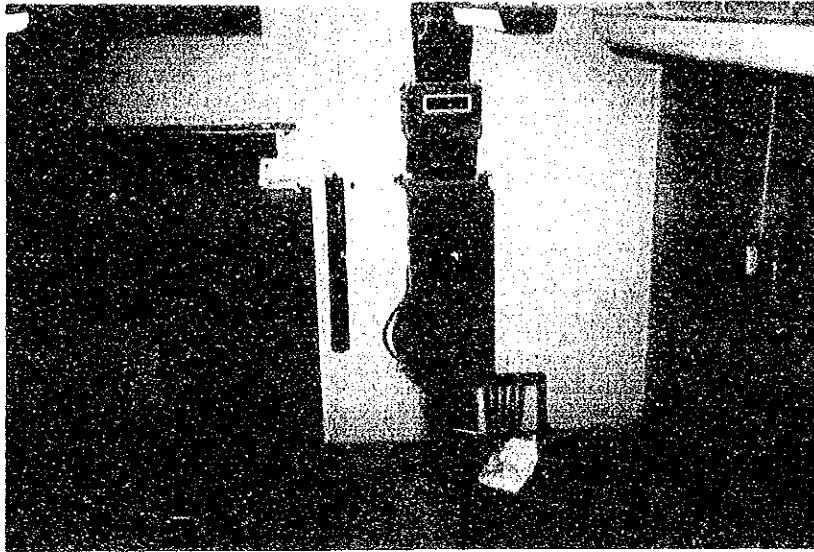
指示装置内部



FUJICOLOR 88

指示装置内部

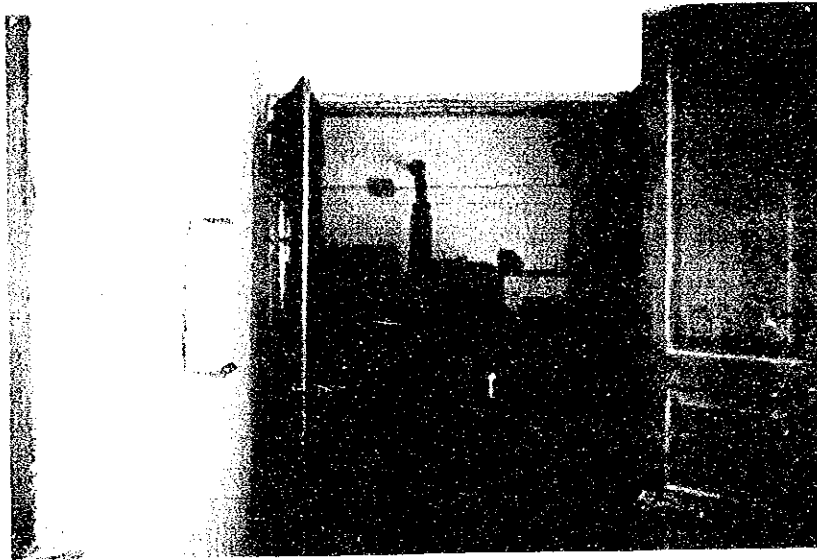
(写真 3) カラチWSRの現況(3)



FUJICOLOR 66

等エコー装置

時計装置
分電盤



FUJICOLOR 66

予備発電機

AVR

(写真 4) カラチWSR の現況 (4)

2)洪水予警報センターの気象レーダ

洪水予警報センターはラホールにあるが、気象レーダ観測所はラホールの北東にあるシアルコットに1979年に設立され、シアルコットを中心とした半径200km 以内のカシミール地方とインダス川流域における降水量を測定するのが目的である。レーダの構成は表2-2-12の通りであり、総合的にみて比較的良好な動作状態にある。但し、正確な降水強度の検出という点では運用面およびデータ処理面からみて疑問がある。以下、その疑問点を記す。

① 運用面

- a)現在の観測時における空中線の仰角設定が PMDの観測指針により+1° 又は、+3° に固定されている。
- b)レーダ校正用測定器が納入後ほぼ20年間一度も校正されていない。従って、レーダの受信機能に保証がない。

② データ処理面

- a)以下の演算処理方法が全くのブラックボックスになっているだけでなく観測値と対比しても整合していない。
 - ①グランドクラッタ除去処理
 - ②距離補正処理
 - ③B・βの設定
 - ④降水強度演算

表2-2-12 洪水予警報センター・気象レーダの状況

| 装置名 | 状況 | 記事 |
|---------|------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| レドーム | 表面に劣化が見られる | 空中線のパラボラアンテナ直径(3.6m/) に対しレドームの大きさ(5.4m/) が不足と思われるので、規定のアンテナ特性(ビーム幅、利得等)が確保されていない。 |
| 空中線装置 | 概ね良好 | 導波管内部の点検がされていない。 |
| 送受信装置 | 概ね良好 | |
| 指示装置 | 概ね良好 | 等エコー機能内蔵 |
| 導波管加圧装置 | 概ね良好 | |
| 自動電圧調整器 | 概ね良好 | |
| 計算機 | 概ね良好 | 降水強度演算や地形エコー除去処理などの手法は未確認 |

3)サルゴダの気象レーダ

気象レーダは市街地から数km離れた郊外に、1968年に設置された。地上約22mのレーダ塔があり、その屋上に空中線装置と送受信装置があり、1階の観測室に主指示装置が、空中線装置は送受信機を収容している鉄製の小屋の上に据付けられている。

このレーダは周波数9375MHz(X-band)、送信電力75kwであり、反射鏡は幅2m、高さ0.6mの偏平な形状で11rpmの速さで水平回転する(通常気象レーダは円型反射鏡を用い4~6rpmで回転する)。この様な点から、本気象レーダは船舶用レーダを改造して気象レーダにしたものである事が分かる。

このタイプのレーダは反射鏡の形状から垂直方向のビーム幅が広くなり、降水の定量的な観測には適していない。従って、観測目的も降水の定量観測が主目的ではなく、降水エコーの動きを監視するために使用されている。更に、受信機には直線増幅器が使われているため、定量的な降水観測は不可能である。

指示装置は、半径200NM(海裡)内にある降水目標からのエコーを表示出来るようになっているが、送信電力と波長から判断して降水目標をこの距離まで観測することは不可能である。20年以上も経た気象レーダであるため、当然ながら部品等の劣化による性能低下は避けられず、かろうじて動作しているのが現状である。

4)ラホールおよびチェラートの気象レーダ

今回、レーダ本体の調査はできなかったが、PMDの説明により、ラホールおよびチェラートの気象レーダはサルゴダの気象レーダとは、指示装置の性能が異なるだけで他の装置の構成及び性能は同じであるので、現在の稼働状況はサルゴダの気象レーダと大差ないものと考えられる。

(5) 保守状況

1)管区気象台(RMC)の気象レーダ

いずれも製造および稼働開始してから20数年も経っており、かろうじて作動している状態にある。保守業務にはカラチでは9名、サルゴダでは5名の電気技師補(Electronic Assistant)が担当している。最大の問題は機器に使用している部品に経年的な劣化が生じ、かつ旧式の観測器のため製造中止で、予備部品や代替部品の調達が不可能なことである。現在、定期的な点検はされておらず、毎日のように大小の故障が発生し、その処置に追われている。しかも、レーダ校正用の測定器類は全く無く、PPIで映像の出具合を見ながら機器の調整を行い、レーダの観測を維持している。

2) 洪水予警報センターの気象レーダ

気象レーダの校正に必要な測定器は一通り揃っており、5名の電気技師補(Electronic

Assistant)が週一回の点検を行っている。しかしながら測定器そのものは一度も校正されていないので、レーダの性能には保証がない。

いずれのレーダにおいても、レーダメーカーによる点検は据付け後の2年間に2度程あったが、その後はメーカーとの保守契約による点検等は全く行われず、PMDの技術者が取扱い説明書や聞き伝えにより保守作業にあたっている。そのため、シアルコットに限らず各レーダ観測所には据付け当時の技術者が10年や、20年以上経た今でも保守作業に従事している。

2-2-4 既存気象レーダの問題点

重要な問題点は、調査の結果、次の3点に集約される。

- 1)各気象レーダは機器の老朽化が激しく、当初の機能を保持できない状態にあり、広範囲にわたる降水のデータ収集が不可能で、気象予報に必要な情報が得られない。
- 2)気象レーダの保守・整備に必要な部品の製造が中止されており、これ以上の保守が困難な状況であるため、観測そのものが危機に瀕している。
- 3) FAX等の画像情報を伝送する手段がなく、利用者にレーダ情報を画像として提供することが不可能なため、有効なデータの活用が出来ない。

PMD では、これらの気象レーダの問題点の改善及び解決に努力しているが、独力では早急に解決することは、資金など多くの面で難しい状況にある。

2-3 要請の経緯と内容

(1) 要請の経緯

パキスタン国の気象事業を一元的に担当しているパキスタン気象局(PMD)は、サイクロンや熱帯収束帯上の積乱雲群による突発的で集中的な豪雨といった同国の特徴的な気象現象の災害を防ぐために1976年に『PC-1イスラマバードの気象レーダの新設』、さらにその後、古くなった観測機器を更新すること、近年の発達した電子機器および通信技術を導入することなどを目的として1985年に『PC-1 パキスタン気象局近代化計画』を策定し気象事業の近代化を計画している。その内容は、以下の通りとなっている。

a. 数値予報センターの設立

カラチ本局に数値予報用コンピューターを導入する。

b. カラチ気象レーダの更新

c. 極軌道気象衛星(NOAA)の衛星画像受画装置(APT)の設置

カラチ、イスラマバード、クエッタの各空港気象台に設置する。

d. 自動気象観測装置の展開

カラチ、ラホール、イスラマバード、ペシャワール、ガダール、ムルタン、クエッタの各空港気象台に設置する。

e. 航空気象観測測器の設置

既存の26空港および計画中の2空港に設置する。

f. SSB 通信機の設置

25観測所にSSBの通信機の設置

g. 無線気象ファクシミリの設置

送信設備をカラチ本局に、受信設備をギルギット、ガダール、スカルドゥ、ハイデラバード、ムルタン、クエッタに設置する。

気象事業のうちで最も基本的なことは気象観測であるが、PMDも気象局近代化計画のなかで気象観測の充実を最大の課題としている。特にパキスタン国では隣接国のイラン国、アフガニスタン国からの気象情報が入手しにくいことと突発的かつ集中的な豪雨災害の軽減を重視し政治・経済的に最も重要なカラチおよびイスラマバードについて

①カラチの気象レーダの更新

②イスラマバードに気象レーダの新設

を当面の方策として、各々1987年1月、1988年3月に日本国政府にたいして無償資金協力を要請してきた。

(2) 要請の内容

前項の要請内容は、以下の通りである。

①実施機関

パキスタン気象局

②予定地

カラチ； PMD敷地内

イスラマバード； マグワラヒル山頂付近または PMD敷地内

③資機材

気象レーダ機材

④施設

レーダ塔

以上の要請を受けて、日本国政府はパキスタン国政府の要請が無償資金協力案件として適当か否かを判断するため、調査団を派遣して詳しく同国の気象事業ならびに気象レーダの必要性についての調査をおこなった。その調査の結果、調査団およびパキスタン気象局はカラチおよびイスラマバードに気象レーダを設置することの重要性を確認し、本計画を『パキスタン回教共和国気象レーダ網整備計画』とすることに合意し、1988年11月3日イスラマバードにおいてその旨の覚書き（ミニッツ：資料編に示す）を取り交わしたものである。

第3章 計画の内容

第3章 計画の内容

3-1 計画の目的

「気象レーダ網整備計画」の目的は、カラチの気象レーダの更新およびイスラマバードの気象レーダの新設を行うことにより、PMDの降水観測能力を向上させ、集中的で突発的な豪雨や突風を引き起こす熱帯収束帯の積乱雲群やサイクロンの時々刻々の変化を把握することによって、気象情報の精度向上に寄与し、これにより気象災害からパキスタン国民の生命と財産を守ることにある。

3-2 気象レーダの設置場所の選定

3-2-1 設置場所の選定理由

降水に起因する諸々の気象災害を防止するためには、降水観測設備の整備が必要である。そのうちパキスタン国全土を細かく降水観測ができる最も効果的かつ、経済的な気象設備は、複数の気象レーダによる気象観測網である。その中で次の理由により、カラチとイスラマバードに最優先に気象レーダの設置を行う。

(1) カラチ

カラチは人口の集中したパキスタン国の最大の商業都市であり、同国にとって空と海の表玄関という地理的拠点であると同時にサイクロンやモンスーン季における集中豪雨などの被害を被る自然環境のもとに置かれている。このため、PMD に対して航空および船舶関係機関からの即時的な気象情報の要求や、防災、農業機関などからのサイクロンや集中豪雨に関する情報提供の要求が、近年非常に多くなっており、それらの要求に正確かつ、迅速に応える必要がある。パキスタン国南部の大雨域を正確かつ、迅速に把握するには探知距離 400kmの性能を持つ気象レーダが最も適切な観測機器である。しかしながら、現在カラチにある老朽化の著しい気象レーダでは、これらの要求に応える事が不可能であるので、新しい技術を駆使した気象レーダに更新する。

(2) イスラマバード

イスラマバードは、政治の中心地であると共に、パキスタン国経済の基盤であるパンジャブ州の農業地帯の北にあり、かつインダス、ジェーラム及びチャナーブの三河川の上流にあるため、農業および水利面の管理監督を行う上で重要である。イスラマバードに探知距離 400kmの気象レーダを設置すると、イスラマバードを中心とするパキスタン国北部の

気象擾乱による大雨が把握でき、北部にあるダムの洪水調節、南側の穀倉地帯の灌漑対策などに効果が期待され、PMDに対して強く求められている農業用灌漑、河川管理および水防災に必要な気象情報の提供の要求などに十分に応えられるようになる。

3-2-2 気象レーダの設置場所の設定

設置場所の設定に当たっては、広い観測可能範囲が得られるといった観測条件の良さのほか、保守管理がしやすいといった運用面の条件が重要である。今回の調査にあたっては、カラチ及びイスラマバードにおける設置場所を以下のように選定した。

(1) カラチ

カラチにおける気象レーダの設置場所としては、PMD内の現在のレーダ観測所の隣接地を選定した。

PMD本局はカラチ市街から北東にあり、University Roadとカラチ空港との間に位置し、この敷地内に現在の気象レーダ観測所がある。周囲に山岳等の自然障害、建築物等の人工的障害がなく海上及び内陸の広範囲にわたる降雨が観測できることから、気象レーダの設置場所として最適な環境を備えている。更に、カラチ空港への見通しが得られることから空港へのレーダ画像伝送の面でも好条件を備えている。

既設のレーダアンテナ用鉄塔は、新規にレドームを据付けるには構造及び強度の面から不可能である。また、レーダ局舎も古く、屋内外がかなり破損し防塵、気密性等の点に問題があり、新しいレーダのような精密機器の使用環境として適していない。このため、新しいレーダ塔および局舎が必要である。建設場所としては、次の付帯条件が整っている既設の場所から南へ約30m程のPMD内の敷地を次の理由で選定した。

- a) 変電設備に近い。
- b) 給水及び排水溝が整備されている。
- c) 建築上十分な用地が得られる。

(2) イスラマバード

イスラマバードについては、PMDから事前に気象レーダ観測所の建設地として

- a) マルガラヒル山頂
- b) イスラマバードの気象台敷地内

の2ヶ所が候補地として提案された。イスラマバードの地形は北側に山が迫っており、気象台敷地内に気象レーダを設置した場合北方の探知のためにはこの山がある程度の障害となる。しかし、マルガラヒルの山頂に気象レーダを設置したとしても、更にその北側の山が障害となり、この点は改善されない。

また、PMD によるとこの地方における気候特性から、降水をもたらす擾乱のほとんどは西または南東方向から移動して来るのでこの障害は重要ではない。

さらに、イスラマバードの地形にあった最適なレーダ仰角制御を導入することにより、最大限の観測範囲を確保することが可能である。

以上を検討した結果、観測環境の点からは気象台構内と山頂で有意な差はなく、保守管理の面から気象台に設定した。

3-2-3 気象レーダによる観測範囲

カラチ及びイスラマバードに探知距離 400kmの性能を持つ気象レーダを設置した場合、各々の気象レーダの観測範囲を図 3-2-1に示す。しかしながら実質的な探知可能な距離は図 3-2-2に示すように、気象レーダの設置海拔高度、観測対象の降水現象の高さ、空中線から発射される電波の仰角（ビーム高度）および地球の曲率などから決まる。そのため高度6,000m以下からの降水現象を定量的に観測可能な範囲は半径約 200kmとなり、雲頂が10,000m以上にも達するサイクロンや、熱帯収束帯上の積乱雲による雨域を観測する範囲は、約 300~350km 程度となる。

カラチおよびイスラマバードの気象レーダの観測範囲内に入る主要都市及び空港を表 3-2-1に示す。

表 3-2-1 レーダ観測範囲内の主要都市及び空港

| レーダ観測所名 | レーダ観測範囲内（半径 300km以内） | | |
|---------|--------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| | 主要都市 | 人口（万人） | 主要空港 |
| カラチ | 1.カラチ 2.ハイデラバード 3.ミルプールカス 4.ラーカナ 5.ナワバスハ | 520 75 12 12 10 | 1.カラチ 2.ハイデラバード 3.ナワブシャワ |
| イスラマバード | 1.ラホール 2.ファイザラバード 3.イスラマバード・ラ ウルピンディ 4.グジラワラ 5.ペシャワール 6.シアルコット 7.サルゴダ | 295 110 99 65 56 30 29 | 1.イスラマバード 2.ラホール 3.ペシャワール 4.ファイザラバード |

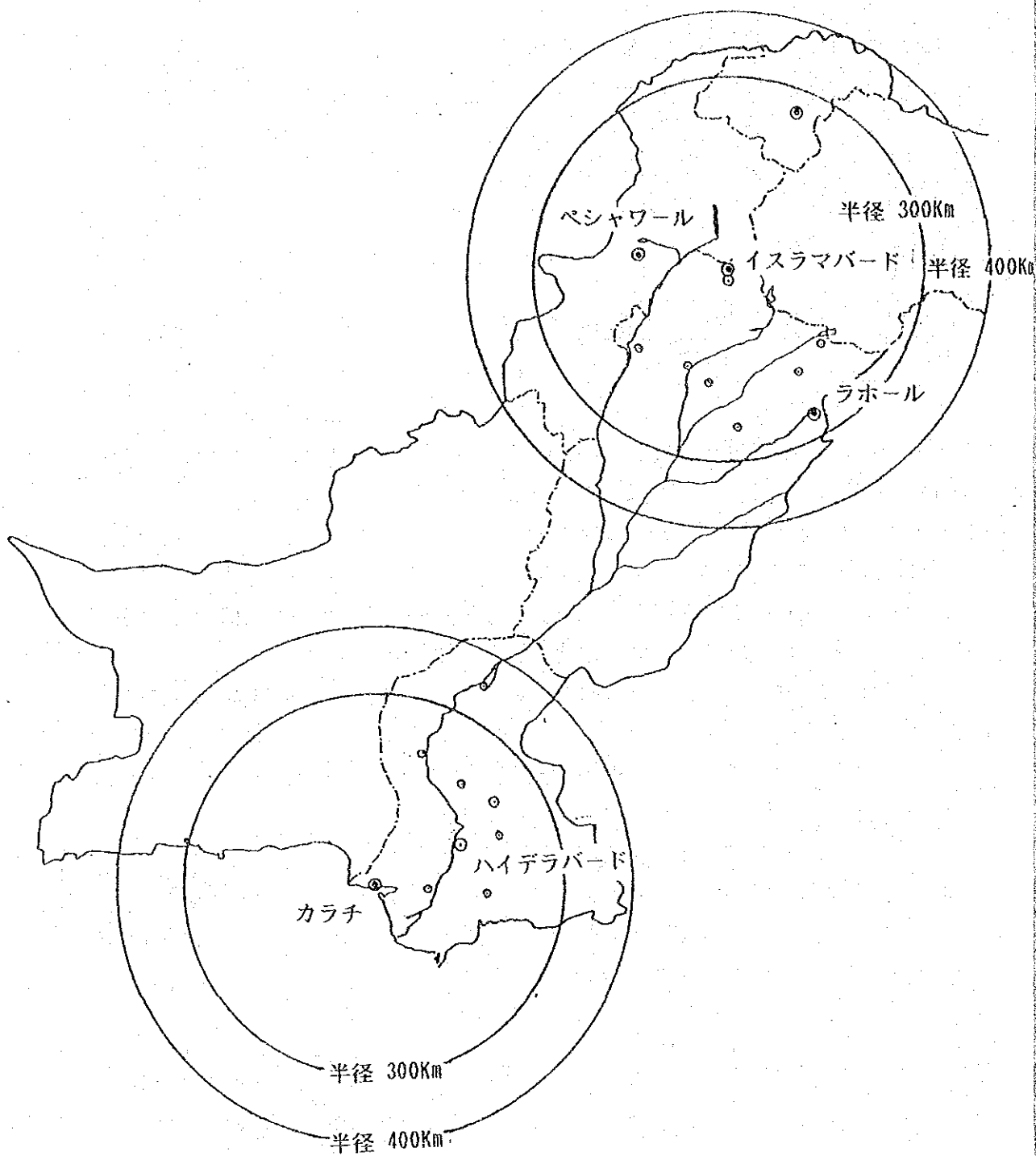


図 3-2-1 気象レーダ観測範囲

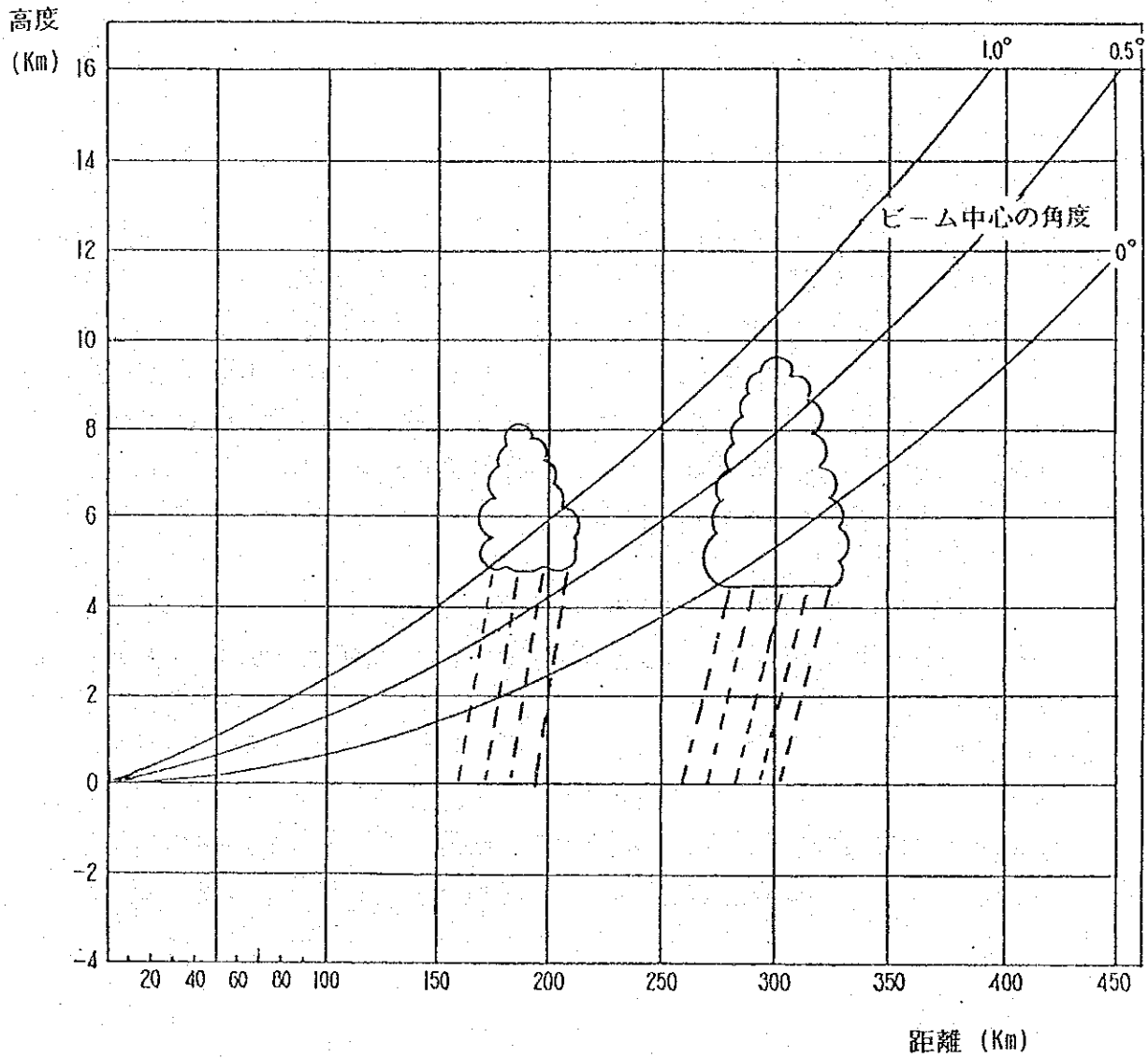
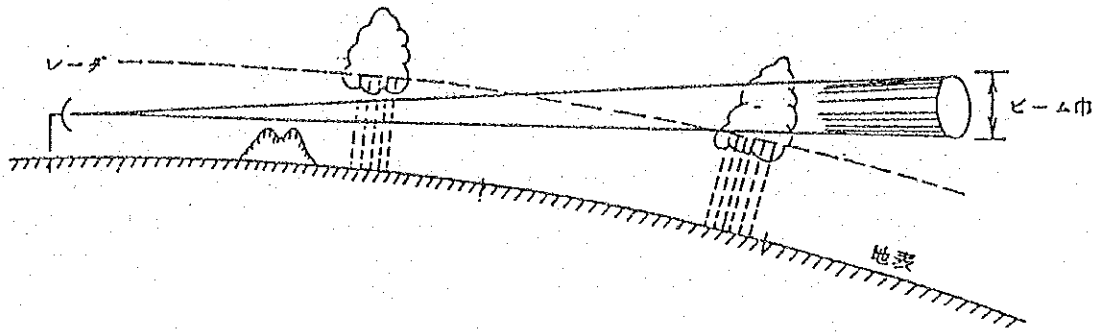


図 3-2-2 気象レーダの最大探知距離概念図

3-2-4 電力事情

気象レーダ装置への電力は商用電源より供給する。電子機器に対して電源の不安定は重大な故障の原因となり得る点から影響が大きい。その意味で、気象レーダの設計をする場合、電力事情は重要な条件の1つとなるため、カラチ及びイスラマバードの気象台において次の項目について電源事情調査を行った。

- ① 電圧変動
- ② 停電状況
- ③ 予備発電機の装備状況

調査結果は以下の通りである。

(1) カラチ

電圧変動は、現地測定の結果±10%以内であり、時々、波形の歪みが見られたがほぼ安定した電源が供給されている。停電については、ここ1年では、最大5時間ほどのものがあり、そのため約20回、レーダの観測に支障をきたした。特に雨季の停電回数は多い。カラチPMD内の停電対策用の予備発電機は、気象レーダ観測所に容量45KVAのものが装備されているが、約10年前から発電機部分が故障している。製造年代から見て部品等の入手が不可能であり修理ができない状態である。

(2) イスラマバード

電圧変動および停電の状況は、カラチとほぼ同程度である。但し、気象台内には予備発電機の設備はない。

従って、カラチ、イスラマバード両サイトとも、気象レーダを設備する場合は先ず停電に備えるための予備発電機、次に、機器を電圧変動や停電による損傷から保護し、安定な動作を確保するための自動電圧調整装置と無停電電源装置を設置することが必要である。

3-3 レーダ塔

気象レーダ機材を収容する施設（レーダ塔および局舎）は、気象レーダの有効な運用と寿命に大きく影響する。そこで、カラチとイスラマバードの付属施設について計画する。

強風から空中線を保護し、気象レーダ観測に支障を来たさないようにするためにはレドームを用いる。

3-3-1 現状

(1) カラチ

1) 既存鉄塔

既存レーダ塔（鉄塔）およびレーダ局舎はカラチPMD本局敷地内のほぼ中央に位置し、建設はそれぞれ1962年、1964年に開始され、完成は1966年であった。気象レーダの機器製作は1963年5月であるが、鉄塔や観測用の局舎が準備されていなかったため、レーダ据付と調整が完了するまで4年を要した。

現レーダ鉄塔は、頂部プラットフォームまでの高さ19.8m、根元のスタンス5.9m、周囲にらせん状に頂部まで登る鉄骨階段のある構造となっている。今回気象レーダの更新で、レドームを設置すると、レドームの形状から計算される構造計算上の風圧力は約1.8倍となる。現地で測定した部材の寸法から構造検討の結果、鉄骨根元の斜材部分は座屈をおこし、27年前に建設された既存の鉄塔はレドームの設置に伴う総計15tonに及ぶ引抜力に耐えられないことが明らかとなった。座屈を起こさずかつ15tonの引抜力の増加分に十分耐えられるようにするためには鉄骨の根元に斜材の補強と鉄筋コンクリートによる基礎の打ち増しが必要である。

またレドームの外径が約7mであり、さらに周囲約1mの保守用スペースを確保すると、最低9m角の広さを持ったプラットフォームを2.5m角のフレームの鉄塔頂部に乗せなければならない。従って、構造的には極めてアンバランスで、かつプラットフォームと鉄塔斜材間でかなりの補強が必要である。

2) 既存局舎

現レーダ局舎は短辺約7m、長辺約16mの2階建てで、1階は監視室、発電機室および管理要員室からなり、2階はレーダ機械室および観測室の2事務室からなっている。局舎は建設後25年経っており、老朽化のため室内外の各所はかなり痛みがひどく、土埃等が室内に侵入しレーダ機器の故障の原因になっている。このように、現局舎は最新の電子部品を組み込んだ気象レーダの諸機器を収納するには不適切である。

3) 代替施設

既存レーダ局舎及びその鉄塔がレドームを架設するのに不適切であることから、PMD 敷地内の他の施設がその代替施設となり得るかどうかの検討を行った。敷地内には第4章4-4のカラチ敷地図に示すとおり、既存レーダ局舎の他にPMD 本局庁舎、研究所、作業所、資材倉庫、シリンダー倉庫、地震観測所、高層ゾンデ観測施設の7施設が気象観測関連の施設として既に建設されている。それぞれの施設に対する検討結果は以下のとおりであり、いずれも代替施設とはなり得ないことが判明した。

・PMD 本局庁舎

低層部が3階、高層部が5階あり敷地内で最も高い建物である。高さ的には最も適切な施設であるが、最上階が貯水槽となっているためレドームの設置は不可能である。

・研究所

2階建で将来研究施設としての1層分の増築を考慮している。機能上不適切であるとともにレーダの所要高さを保つためにはあと3層分の増築をせねばならず構造上不可能である。

・作業所・資材倉庫・シリンダー倉庫・地震観測所・高層ゾンデ観測施設

いずれも平屋建の建物で上部への増築を考慮した構造体とはなっていない。建設後18~20年経っており老朽化が著しい。

(2) イスラマバード

PMD 農業気象センター敷地内にある既存庁舎の屋上を候補として検討を行った。現庁舎は1975年に1階を建設し、1987年に2階を増築したもので単純なレンガによる組積造となっている。レドームおよびアンテナを現施設屋上に設置した場合、屋根面には約1トンの集中荷重が加わることが推定され構造上不可能であることが判明した。

3-3-2 計画

(1) カラチ

最終的にはPMD の要請に基づき、かつ電気、給排水工事のやり易さ、レーダ観測要員の支援体制の確保の面から検討した結果、既存のレーダ塔及び局舎に代わるものとして、既存局舎から南に30m離れたPMD 敷地内に気象レーダ観測に必要な最小規模のレーダ塔の建設を行う。必要最小規模としたのは、本案件が機材案件でレーダ塔はその付属施設であるという点と、拡張に当たってはパキスタン国側の自助努力を期待するという点からであり気象レーダの観測機能は完全に確保するが、観測に必要な人員は最低限の4名(観測員3名、電気関係1名)を収容できるものとした。

(2) イスラマバード

PMD 敷地内の南西部の空き地にカラチと同様、必要最小限の規模で新レーダ塔の建設を行う。

3-4 計画概要

3-4-1 実施機関、運用体制

(1) 実施機関

パキスタン気象局 (PMD) が、レーダ更新後の運用・保守の一切を担当する。また PMD は、カラチおよびイスラマバードの PMD 敷地内に新レーダの建設に必要な土地の整地を行う。カラチに於ては既設レーダ機材の撤去を行う。

(2) 運用体制

PMD はレーダ運用のためにカラチ、イスラマバードともにレーダ観測技術者 8 名、電気技術者 5 名、その他 9 名の配置を予定している。レーダ塔の中で観測に従事するのは、レーダ観測者 3 名、電気技術者 1 名の 4 名構成とし、他の要員は既存の施設を利用した事務所において、レーダ観測の支援に当たるものとする。

3-4-2 基本計画

カラチの既設気象レーダを更新し、イスラマバードに気象レーダを新規設置する。

①両レーダは熱帯収束帯に発生する積乱雲に伴う降水現象を監視することが主目的であるため、可能なかぎり広い探知距離範囲を確保し、弱い雨から強い雨に至る広範囲の降水現象を探知できる性能をもつものとする。

②両レーダともその運用上、電力事情の不安定に対応できる機能とする。特に、商用電源の電圧不安定からレーダ機器を保護するため自動電圧調整装置、及び停電によるレーダ観測の運休を避けるため予備発電機を設置する。

③レーダデータから積算雨量が計算できる機能を設け、河川の増水予測や農地の冠水の予測などに利用する。さらに、予報官がレーダ情報を常時監視して適宜・適切な注意報・警報が出せるようにカラチおよびイスラマバード共、気象台内の予報官室に副指示装置を設置する。

④カラチ空港は航空機交通の要であり、イスラマバードと較べ約4倍の離発着数で飛行中及び離着陸時の航空機への安全を確保するため、気象情報を航空関係機関へ刻々と提供する必要がある。カラチの場合、気象台から空港まで障害物が無く、完全に見通し状況にあるので、レーダサイトから空港までレーダデータを無線伝送し、空港内に副指示装置を設置しレーダ情報を表示する。イスラマバードは空港と気象台とが離れており、その間には多くの障害物があるため1対向によるデータの無線伝送が出来ず、伝送路が複数化するため運用時の維持管理等の困難さから今回イスラマバード空港に副指示装置は設置しない。

⑤新設レーダ機器を収容できるレーダ塔を新たに建設する。極力、既存の施設を利用するものとし、観測業務遂行上、必要な最少限の職員を収容できるものとする。

3-4-3 機材および施設概要

(1) レーダ機材概要

新設レーダ機材は1) 気象レーダ部、2) データ処理部、3) 分岐表示部、4) その他(電源および予備部品)の4グループに分類できる。以下に、分類に従い各部の構成を記す。

1) 気象レーダ部

レドーム、空中線装置、送受信装置、空中線制御装置、導波管加圧装置、主指示装置

2) データ処理部

信号処理装置、データ処理装置、監視用ディスプレイ装置

3) 分岐表示部

モデム、UHF無線装置、副指示装置

4) その他（電源および予備部品）

a. 電源部

無停電電源装置、自動電圧調整装置、分電盤

b. 予備電源部

予備発電機、発電機制御パネル、スタートバッテリー、デイトランク

b. 空調設備

c. 予備部品および保守用部品

(2) レーダ塔の概要

気象レーダ塔は気象レーダ機材の大きさとレーダ観測に必要な最少人員（観測員3名、電気管理者1名）が作業できる広さを確保する。部屋の内訳は次の通りとする。

屋上、

レーダ機械室 カラチ（5階）、イスラマバード（4階）

レーダ観測室 カラチ（4階）、イスラマバード（3階）

解析室、資料室、 カラチ（3階）、イスラマバード（2階）

維持管理室、 カラチ（2階）、イスラマバード（地上）

倉庫、電気室、予備電源室 両サイトともに地上

3-4-4 管理計画、人的配置

カラチおよびイスラマバードにおける観測要員の計画は次の通りである。このうちレーダ塔で観測を行うのは観測者3名、電気管理者1名とし、他は既存の施設を利用する。

| 職員 | カラチ・イスラマバード | 観測運用 |
|-----------|-------------|------|
| ・レーダ観測技術者 | 8人 | 3人 |
| 予報官 | 1人 | |
| 予報補佐官 | 1人 | |
| 技術員 | 2人 | |
| 気象技術員 | 3人 | |
| 観測員 | 1人 | |

| | | |
|----------------|----|----|
| ・電気技術者 | 5人 | 1人 |
| 電気技師 | 1人 | |
| 電気技師補 | 1人 | |
| 機械技術員 | 2人 | |
| 無線技術者 | 1人 | |
| ・その他（運転手、清掃員等） | 9人 | |

3-5 技術協力

本計画で設置される気象レーダは、現在パキスタン国内で運用されている気象レーダとは異なり、IC等を使用した電気回路はすべてユニット化されている上に、収集されたデータは単に画面上に表示されるだけでなく、雨量強度の測定、雨量強度のカラー表示、保存、再生等のためにデジタル処理される。レーダの測定原理そのものは既存のものとは変わらないが、運用面や、保守、維持管理の面で大きな違いがある。そのため故障発生時等において、従来のレーダに対応した保守体制とは異なる。

従って、新しい気象レーダが設置された後、安定した運用を維持するためにはレーダの取扱いのみでなく、システムの細部に亘る動作原理、ユニット化された回路の動作原理、マイクロプロセッサや空中線制御も含めたデジタル回路技術等について気象レーダの工場製作期間の後半に技術研修を行う必要がある。

・研修員受入れ

気象レーダ運用； 2名（各サイト1名ずつ） 2カ月

（工場におけるレーダ製作期間の後半）

第4章 基本設計

第4章 基本設計

4-1 基本設計の方針および条件

4-1-1 方針

カラチおよびイスラマバードに新設する気象レーダの基本設計の方針は次の通りである。

- ①サイクロンおよび熱帯収束帯に発生する積乱雲群に伴う降雨現象を観測対象とする。
- ②いち早く積乱雲群に伴う降雨現象を捕らえ、時々刻々変化する降雨の実況を監視し、豪雨に起因する災害防止や航空機の安全運行に役立てる。
- ③パキスタン国の自然環境に十分耐え得るものとする。
- ④運用側の観測・保守技術力（体制）を考慮する。

4-1-2 条件

- 1)積乱雲群は空間的には数kmから数十km、時間的には数十分から高々3時間という非常に早い変化を示すことが最大の特徴である。積乱雲の高さは1万mに達する。このような平面的には小さいが背が高く、時間的に変化の早い積乱雲群の消長やサイクロンのような気象現象を可能な限り詳細に監視するためのレーダとしては探知距離400kmの性能を持たせる。
- 2)非降水エコーの除去、降水強度の定量測定、直行座標変換等の処理を行った上で、CRT上にカラー表示でエコーの位置、強さを表示する。さらに、PMDにおける雨量としての利用の促進のため降水強度から、1時間積算降水量を算出する。これらの表示は①表示範囲；500kmx500km ②降水強度メッシュ；2.5km ③1時間積算雨量メッシュ；5km、機能としては観測と同時に降雨強度の実況把握ができること並びに時間雨量算出機能ができることが必要である。そのためには受信データのデジタル化が必要である。また、従来の利用方法と異なり、データの主たる利用先であるPMD本局、カラチ空港、イスラマバード庁舎にはレーダサイトと同一の画像を同時に表示する。
- 3)パキスタン国の気候風土では、室外からの熱量が多いうえにはほぼ密閉されているレーダ観測室の中で動作する機材の発熱を自然に冷却して室温を夏期25℃、冬期20℃に保っておくことは出来ない。従って、レーダ観測機材の設置される部屋には機材の安定

動作を確保するために空調設備を設ける。

また、パキスタン国の商用電源の電圧変動と停電の頻発という電力事情に影響されずにレーダを運用するためには自動電圧調整装置および停電対策として予備発電機を設置する。

更に、通常、積乱雲群には突風が伴ない、時としては降ひょう、落雷も伴うのでレーダを保護するためにレドームおよび避雷装置を設置する。

- 4) 恵まれない環境下において気象レーダを10年以上も保守し、レーダ気象観測を維持してきた実績がある。この事から、レーダに対する基本的な知識は十分有しているといえる。従って、最新式レーダの維持管理に当っては最新の気象レーダに関する技術援助を行い、従来通り十分安定的な運用を図る。

4-2 レーダの基本設計

前項の方針に基づき新設レーダの機能および構成を検討する。その際、わ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技術と実績を十分活用し、効率のよいシステムを検討する。また、第3章までに報告したパキスタン国の自然環境、レーダの利活用目的などを十分考慮しパキスタン気象局に最適な機能構成とする。

4-2-1 機材計画

(1) 気象観測レーダ

レーダシステムを構成する機材はその機能から大別して次の部分に分けられる。

- a. 気象レーダ部
- b. データ処理部
- c. 分岐表示部
- e. その他（電源部等）

各部を構成する機器については、その名称と機能を表4-2-1 にまとめ、図4-2-1、図4-2-2 にカラチ、イスラマバードにおける機器配置のイメージ図を示す。ここではa～cの各項目についてパキスタン国に導入する新機材の持つべき条件についてその概要を記す。

a. 気象レーダ部

本レーダの観測目的は積乱雲群およびそれらに伴う降雨現象の定量観測である。レーダ

の基本的性能を決定する諸元の一つである電波の周波数帯にはSバンド、CバンドおよびXバンドがある。Sバンドは遠距離におけるサイクロンの移動の監視に適し、Cバンドは雨滴からの反射が良く得られるので降雨現象の観測にCバンドのレーダが多く使われている。Xバンドは局地的な降雨の観測に用いられている。周波数の決定に当たっては、上記の理由のほかにSバンドは空港の航空管制レーダに使用されており、カラチ、イスラマバードのPMDとともに空港に隣接または非常に近い距離にあるため、電波の相互干渉を避けるために本気象レーダにはSバンドが使用できない。したがって、電波の周波数帯は探知効率の向上、非降水エコーの除去効果等を考慮して、日本国においても広く採用されている5,300MHz帯(Cバンド)を採用するのが妥当である。この周波数帯は、現在稼働しているカラチ気象レーダの周波数帯と同一であり、新たに周波数帯の割当て申請などが不要であるという利点もある。

同様に、観測対象である積乱雲の高さ(通常6~12km)および平地に設置されると言う条件から最大探知距離は400km(実効250~350km)を確保する必要があり、その場合送信出力は250KWが必要となる。

空中線の直径は分解能の点から考えると大きいほどよいが、探知距離、必要な利得やビーム幅などを考慮し4mとする。また、送信機においては長時間にわたって安定な送信を確保するため同軸型マグネトロンを採用する。

積乱雲群およびカラチを襲うサイクロンは共に突風または強風を伴うのが常である。突風または強風から空中線を保護し、気象レーダ観測に支障を来たさないようにするためにはレドームを空中線に被せる必要がある。さらに耐雷対策として避雷針を装備する。

b. データ処理部

受信電力をレーダ方程式から降雨強度に変換する処理装置とその結果を表示する監視用ディスプレイは、降雨状態のモニタの上からは勿論、レーダの正常運用を確認する上からも必要である。データ処理部の主要な機能としては以下がある。

- ① 地形エコーを除去して、降水エコーのみを抽出すること。
- ② 降水強度を極座標から直交座標に変換すること
- ③ 1時間積算降水量を算出すること。

c. 分岐表示部

観測室を含め予報官室など降雨状況のモニタが必要な場所で画像モニタが可能にするため、カラチではPMD本局とカラチ空港に、イスラマバードではPMD気象台に降雨強度データおよび1時間積算降水量データを分岐配信する。各副指示装置には、監視用ディスプレ

表4-2-1 レーダサイト別機材表

| 機 材 | 数 量 | | 機 能 |
|-------------------------------|-----|--------|-------------------------------------------|
| | カラチ | イスラマード | |
| 1. 気象レーダ部 | | | |
| a. レドーム (直径7m) | 1 | 1 | アンテナを風から保護する装置 |
| b. 空中線装置 (直径4m) | 1 | 1 | 電波を発射し、反射電波を受信する装置 |
| c. 送受信装置 (Cバンド、送信出力250KW) | 1 | 1 | レーダ電波を発生させ、受信した電波を増幅検出する装置 |
| d. 空中線制御装置 | 1 | 1 | アンテナの水平および垂直方向の回転を制御する装置 |
| e. 導波管加圧装置 | 1 | 1 | 導波管の内部を加圧する装置 |
| f. 主指示装置 (PPI) | 1 | 1 | エコーの形状を平面的に表示する装置 |
| 2. データ処理部 | | | |
| a. 信号処理装置 (DVIP) | 1 | 1 | 変動する受信信号をデジタル化平均し、距離補正して降雨強度信号とする装置 |
| b. データ処理装置 | 1 | 1 | 降雨強度から1時間雨量を算出する装置 |
| c. 監視用ディスプレイ装置 (レーダ観測の監視用) | 1 | 1 | カラーモニタ上に降雨強度信号を直交座標画像として表示する装置 |
| 3. 分岐表示部 | | | |
| a. モデム(2400bps) | 6 | 4 | デジタル・データ伝送用の変復調装置 (カラーモニタ用;カラチ6,イスラマ4) |
| b. UHF 無線装置 | 1 | 0 | レーダサイトからカラチ空港の副指示装置へレーダデータを伝送する装置 |
| c. 副指示装置 (カラーモニタ) | 2 | 1 | カラーモニタ上に降雨強度信号を表示する装置 (注) |
| 4. 電源部 | | | |
| a. 無停電電源装置 | 3 | 2 | 監視用ディスプレイ装置、副指示装置、データ処理装置を停電による損傷から保護する装置 |
| b. 自動電圧調整装置 (AVR) | 1 | 1 | 商用電源の電圧変動によるレーダ機器の損傷を保護する装置 |
| c. 分電盤 | 1 | 1 | |
| 5. 予備電源部 | | | |
| a. 予備発電機 | 1 | 1 | 商用電源の停電時にもレーダ観測が維持できるように発電する装置 |
| b. 発電制御パネル | 1 | 1 | |
| c. スタートバッテリー | 1 | 1 | |
| d. デイタンク | 1 | 1 | |
| 6. 空調設備 | 1式 | 1式 | |
| 7. 予備部品および保守用部品 | 1式 | 1式 | 2年分相当 |

(注) カラチ; 予報官室、空港、イスラマバード; 予報官室

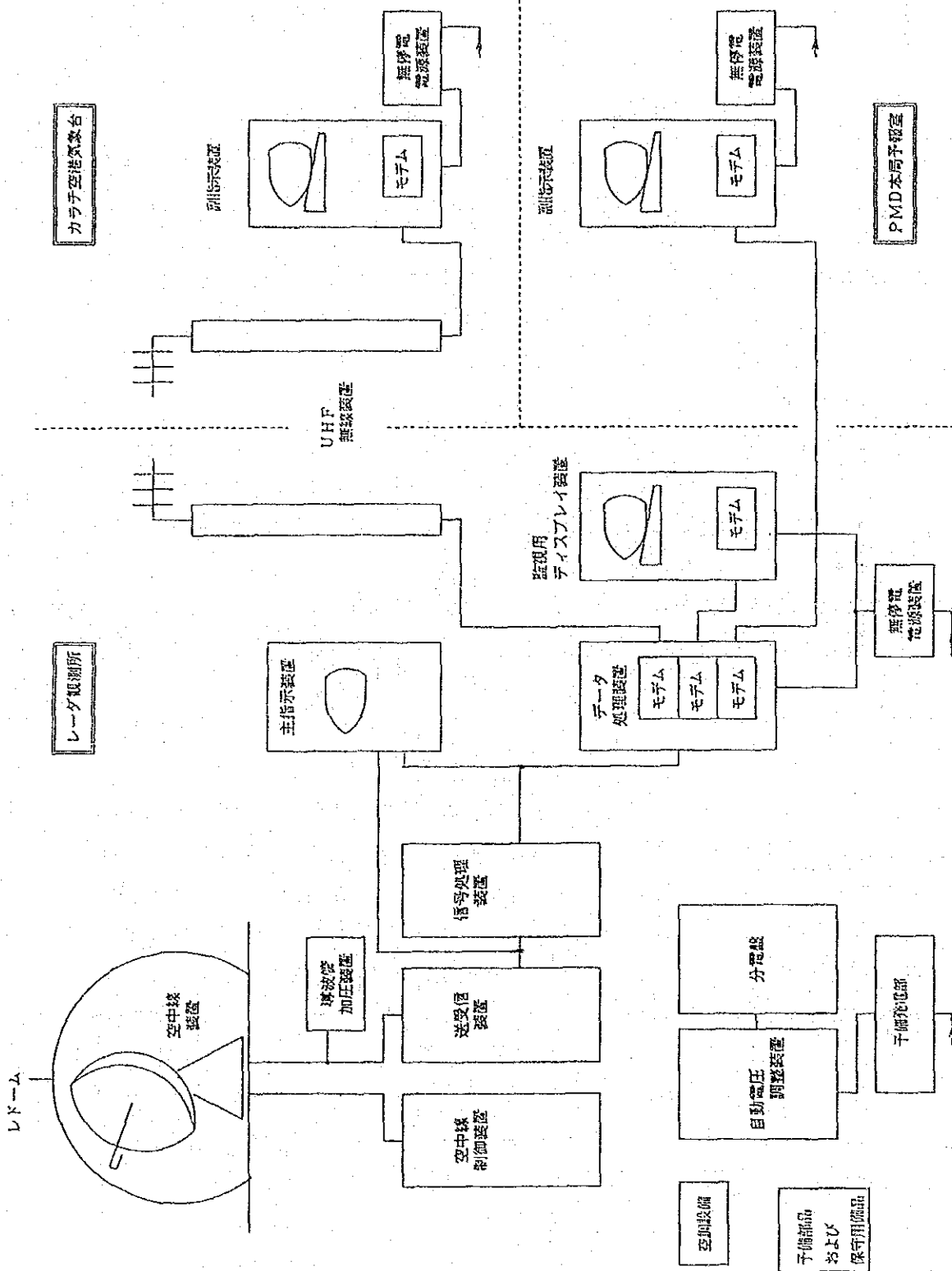


図4-2-1 気象レーダ装置 機材構成図 (カラチ)

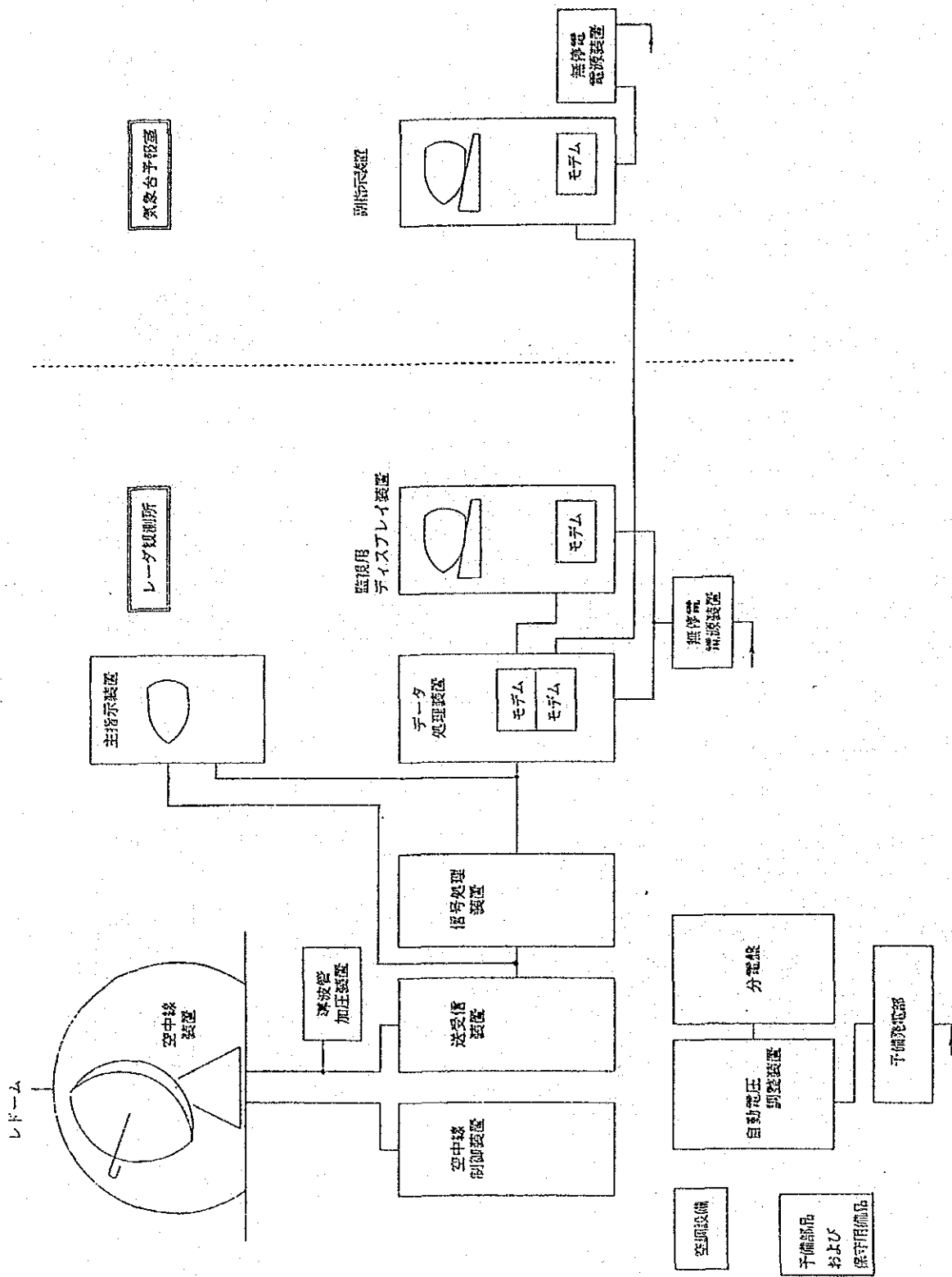


図4-2-2 気象レーダ装置 機材構成図 (イスラマボード)

イと同じ画面を表示し、データ記録用のフロッピディスク装置を置き記録再生が出来るようにする。

(2) 予備発電機設備

前述したようにパキスタン国における電力事情は、電圧変動が著しい上、停電によってレーダ観測に支障が起こるおそれが十分にある。そのため停電対策として予備発電機設備の設置はレーダ観測を確保する上で不可欠である。

原動機は保守の簡略化をはかるため、自動車のエンジン部品が使用できる水冷式ディーゼルエンジンとする。

発電機の規模としては、レーダ機器全体の消費電力が35kVA、後述の空調機が10kVA、観測を維持するために必要な室内灯その他の消費電力が5kVAと考えられるので、20%の余裕をみて60kVAの能力をもつ発電機を設置することとする。現地においての停電時間は最大5時間程度であること、サイクロンあるいは洪水のための悪条件で燃料補給が6日間途絶えても運転可能となることを条件として、通常60kVAの発電機の燃料消費は時間当たり14ℓ程度であることから容量14ℓ×5時間×6日=420ℓ程度のデイトankを装備する。

(3) 空調設備

パキスタン国内における自然環境条件および建築計画との融合を考慮し、レーダ機器類の動作およびレーダ観測業務が円滑に行われることを目的とする。カラチ、イスラマバードの両計画地共に、夏期には45℃以上まで気温が上昇することもある高温地域に属すること、およびレーダ機器類の適切な環境条件を守るために空調設備は非常に重要であることから、対象室にはいずれも100%の冷房能力を持つ予備機を設けることとする。またイスラマバードについては、冬季に外気温が相当低下することもあるため、対象室には暖房設備も設けることとする。

1) 空調設備対象室

空調設備を行う対象室はレーダ塔の中核である以下の主要2室のみとし、他の諸室については換気設備のみを設けることとする。

- ・レーダ機械室
- ・レーダ観測室

2) 空調設計の条件

空調設備各種の設計条件は、本計画の建築設計条件、PMD の保有する気象データ、CDA の設計条件資料、および空調設計に関して国際的に採用されている米国暖房冷凍空調学会 (American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineer:ASHRAE)の設計基準をもとに次のように設定する。

・屋外温度条件

(カラチ)

夏期： 36.7°C D.B., 27.8°C W.B.

冬期： 10.6°C D.B., 7.2°C W.B.

(イスラマバード)

夏期： 42.2°C D.B., 26.7°C W.B.

冬期： 3.3°C D.B., 1.1°C W.B.

・室内温度条件

夏期： 25°C D.B., 50%R.H.内外

冬期： 20°C D.B., 50%R.H.内外

・負荷人員

負荷人員はレーダ機械室・レーダ観測室ともに、3名を見込むこととする。

・機器発熱量

設置されるレーダ機器類の推定発熱量の合計は、当該2室ともに、約2,200 Kcal/hourであり、設計用の機器発熱量は15%の余裕を見込み、2,500Kcal/hourとする。

以上の設定より算出される空調機器の冷房能力は約15,000Kcal/hのものとなる。

3) 空調方式

空調実施面積が小さいこと、およびパキスタン国内での保守能力を考慮し、施工・取扱いの簡単な、空冷式パッケージ型空調機の単体設置方式を採用する。運転コストの低減化を考慮し、外気導入には全熱交換器を使用する。屋外機は低層部屋上に基礎を設け、防振処理を施した上で設置する。暖房設備は、暖房期間・一日の運転時間のいずれも短いことから取扱いの容易な電気ヒータを各パッケージ空調機内に組み込み、加湿は電気式蒸気加湿器を設け、温湿度を保つようにする。空調機の予備機との切り替えは定期的に手動で行うこととし、レーダ機械室の空調機の故障およびその他警報は、常時要員のいる監視室に移送できるものとする。

4-2-2 レーダ塔の計画

レーダ機材一式を収容するレーダ塔の計画を次のようにする。

(1) 条件

- ①風圧面積の大きなレドームを屋上に設置する。
- ②空中線と送受信装置を結ぶ導波管で生じる電波の減衰を極力少なくするため送受信装置は空中線の近くに設置する。
- ③レーダを構成する電子機器が熱、湿気、埃を嫌うため防塵対策、空調設備が必要である。
- ④カラチは既存のレーダ塔と同等の高さを維持する。イスラマバードは同市の建築法の許す最大の高さとする。

(2) 計画

- ①レーダ塔の高さはカラチでは19.0m(5層)、イスラマバード15.5m(4層)とする。
- ②屋上には空中線、レドームを設置し、それぞれの層には機械室、観測室、解析室、資料室、維持管理室、倉庫、電気室を配置する。最下層はエンジンベッドを設置して予備電源室とする。
- ③レーダ塔上部に空中線、空中線制御装置、導波管加圧装置、送受信装置など重量のあるものがくるので全体の構造強度を考える。
- ④床面積は、観測室を基準としレーダ機材の大きさと観測に必要な最低人員(4名:観測員3名、電気管理1名)が作業できる広さから、カラチ、イスラマバードとも32.0㎡を基本的な床面積として設計する。

4-3 レーダ塔の基本設計

4-3-1 配置計画

(1) カラチ

1) 敷地状況

計画地のカラチPMD 本局は、北西-南東に1.1km の長さを持ち、南西-北東に約400mの巾を持つ広大な土地を有している。敷地内南東部の約1/4 のエリアは職員用の住居地域として計画されており、中央部から北西部の前面道路側に本局をはじめ、シリンダー倉庫、作業所、資材倉庫、研究所等7施設が建設されている。

PMD より選定された候補地は敷地ほぼ中央部、既存レーダ鉄塔とシリンダー倉庫との間にある約4,000 m²の平坦地で、既設の給水管からの引込みが容易なこと、近くに既存の汚水配水管が走っていること、敷地内全体の電力供給をまかなう変電所と対向していること、及び周囲に十分な空地があり工事スペースが確保できること等、レーダ塔の建設に良好な条件を保っている。

2) 配置計画

新レーダ塔はPMD による低層部の拡張工事、外構計画の自在性を考慮し、候補地のほぼ中央に前面構内道路と平行に配置する。前面構内道路の反対側に位置する変電所から予備電源室への電力引込みが容易となるようこれと対向させ、敷地内を縦断する排水ルートを生かすように建物位置を定める。

(2) イスラマバード

1) 敷地状況

計画地のイスラマバード気象台はイスラマバードの玄関口といえるゼロ・ポイントより南方約1.3km の場所にあり、H-8 セクターと呼ばれる特別公共施設建設区域の一つに属している。敷地は、斜交する建設中の2道路に接した角地にあり、東側全面道路(OLD SAIDPUR ROAD)を挟んだ向かい側には墓地があり、南側隣接道路の向かい側には水利電力庁(WAPDA)の事務所が現在建設中である。敷地周辺にはレーダの障害になるような高い建物はなく、平坦な緑草が広がっており、レーダ建設地として良好な環境条件を保っている。

気象台敷地は変形の四角形をしており、約8,200 m²の広さを有する。東側全面道路側の敷地半分は既存建屋および庭園で占められ、また建屋裏側北西部および南部敷地角は職員

用の住居で占められているが約2,400 m²の空地があり、そこをレーダ塔建設地に当てる。このスペースは北部から南部にかけて約1 mのなだらかな勾配があるが、レーダ塔建設上特に問題はない。

2) 配置計画

敷地の南北に沿って11KVの高圧電線が横切っているため、レーダ塔はこれを避けた位置に配置する。また、既存の庁舎屋上南端には気象衛星画像受信用のパラボラアンテナが設置されており、このアンテナが既存庁舎と直交方向の西側を向いているため、安全のために既存庁舎の南外壁面延長線上より北部への配置は避けることとする。したがって、空地スペースにおけるレーダ塔の建設可能区域はほぼ限定され、新レーダ塔は南側境界線より25mの位置に西側の既設囲障と平行に配置する。西側境界線からはイスラマバードの建築基準法を遵守し、6.1m(20 フィート) 離すこととする。

(3) 外構計画について

レーダ塔周辺の構内道路、駐車スペース等の外構工事については、敷地内の将来の施設全体計画を含めPMD側で行うことが確認されており、本工事範囲には含めない。

4-3-2 建築計画

(1) 平面計画

1) 主要諸室の配置

レーダ塔として機能するための最低限必要な諸室は表4-3-1に示すとおりレーダ機械室、レーダ観測室、解析室、資料室、維持管理室、電気室、予備電源室及び倉庫の8室である。このうちレーダ機械室、レーダ観測室及び解析室の3室は、その機能上切り離せないものとして1つのゾーニングあるいはブロックとする必要がある。

後述の断面計画で述べるように、レーダ塔はレーダの所要高さの関係からカラチでは5階建、イスラマバードでは4階建となる。従って、上述の3室はいずれも高層部に1ブロックとして配置し、その他必要な維持管理室、倉庫、電気室、予備電源室等は原則として低層部に配置することとする。

レーダ機械室は空中線装置と送受信装置間の導波管長をできるだけ短くすることが望ましいことから最上階に配置し、その直下階にレーダ観測室、レーダ観測室の下に解析室を配置する。解析室には資料室を付属させ機能上の連結を図る。また、常時職員の居るレーダ観測室及び解析室には便所(1人用)を付属させる。上層部の主要3室はいずれも外部からの塵埃の侵入、機器から発する騒音等を防ぐ必要があるため、隣接の階段室とは壁及び気密性の高い扉で仕切り、階段室も外部露出ではなく建物内に取り込むこととする。

またカラチはイスラマバードよりも1層高くなるため、経済性を考慮し、低層部の維持管理室を2階に配置することとする。これにより、カラチレーダ塔の建築面積はイスラマバードより小さいものとなる。

2) 高層部標準階のスパン設定

推定されるレーダ機器類の大きさ及びレイアウトから割り出されるレーダ機械室及びレーダ観測室の適正面積は約30~35㎡である。階段室は階高による所要段数の関係から約15㎡、その他便所、パイプシャフト等で約5㎡必要となる。これらを高層部標準階の所要室として考えると、合計約50~55㎡となり、柱の外面に外壁を設けることを前提とした柱スパンは7m角前後が適切となる。屋上に架設するレドームの推定外径は約7mであり、レドーム周囲に約1mメンテナンススペースを考慮しても屋上の片持ち出しスラブは1.5m以内に納まるため、この設定は適切といえる。本計画では30cmを施設設計上の基本モジュールとし、高層部標準階の基本スパンを6.9m×6.9m(壁芯間による面積:51.4㎡)とする。

3) 各室の面積算出根拠

表4-3-1 に示すその他の各室の所要面積の算出根拠は以下のとおりである。

- 解析室……………職員3名が収容される。1人当りの占有面積は6～7㎡/人とし、計20㎡前後のものとする。
- 資料室……………解析室に隣接させるため前述2)のSPAN割りから約10㎡が充当される。気象観測記録として適切な10年分のデータが充分収容可能となる。
- 維持管理室…予備部品、特殊工具等の収容スペースとして約10㎡が想定される。機器の修理作業も同室にて行うことから、そのスペースとして1人当たり10～12㎡を見込み、2名分で約30～35㎡の面積が必要となる。
- 電気室……………建築主配電盤、各種パネル、ケーブルラック、圧力ポンプ等の機器収容スペースとして10～15㎡が適当である。
- 予備電源室…60kVAの発電機のみを収容するスペースとしては20㎡前後が適当であるが、デイトンク(420ℓ)及び自動切換盤も収容することから15㎡追加し、合計約35㎡とする。
- 倉庫……………オイル、グリース等消耗品を収容するスペースとして15㎡前後のものとする。

以上により算出されるレーダ塔の延床面積は、イスラマバードについては277.5㎡、カラチでは階数が1層分多いことにより階段等が加わるため296.7㎡となる。

表4-3-1 レーダ塔各室の概要と収容機器

| 部 屋 | 床面積 ㎡ | 収容人員 人 | 設置レーダ機器、部屋の機能 |
|--------------|---------------------------|-----------|------------------------------------------------------------------------|
| (屋上) | (83.0) | — | 注)2 空中線装置、UHF 無線機用アンテナ、レドームを設置 |
| レーダ 機械室 | 32.0 | — | 空中線制御装置、導波管加圧装置、送受信装置、空気調整機、 注)2 UHF 無線装置、を収納 |
| レーダ 観測室 | 32.0 | 1 | 信号処理装置、主指示装置、データ処理装置、監視用ディスプレイ装置、無停電装置、モデム、空気調整機、自動電圧調整装置を収納、レーダ観測員が在室 |
| 解析室 | 20.7 | 3 | オンラインでレーダデータの届かない地域のためにレーダエコースケッチを解析し、電報文を作成 |
| 資料室 | 11.3 | — | 解析後のレーダエコースケッチやフロッピを保存 |
| 維持管理室 注)1 | カ32.0 イ34.1 | — — | 予備部品、測定器および特殊工具を収納、修理作業を実施 |
| 電気室 | 12.4 | — | 施設用分電盤、給水用設備を収納 |
| 予備電源室 | 34.1 | — | 予備発電機と周辺機器を収納 |
| 倉庫 | 15.1 | — | オイル、グリース等の消耗品を収納 |
| 合 計 | カラチ 189.6㎡、イスラマバード 191.7㎡ | | |

注)1：維持管理室の欄のカはカラチ、イはイスラマバードを意味する

注)2：カラチのみ配備する

(2) 立面計画

新レーダ塔は、レーダの必要とする高さからイスラマバードでは4階建て、カラチでは5階建てとなる。従って、所要諸室を機能的かつ経済的に配置した建物形状は立面図に示す通り1階低層部の建築エリアを広げた形となり、イスラマバードは逆T字型、カラチはL字型になる。平面計画で述べたように、高層部はレーダ観測機能、低層部は電気室、予備電源室等の維持管理機能を持つものとしてゾーニングされる。

本計画では最低限の観測要員で観測することを前提とするが、将来PMDは観測要員を全員移すことも考えられるので、低層部は将来横に増設の可能性のあるものとした。従って、低層部の外装は安定感を強調するとともに、親しみやすいテクスチャをもつものとして化粧れんが積みとする。高層部のそれは最新技術の機器類を収容するレーダ塔にふさわしいシンプルな左官下地の塗装仕上げとする。また、レーダ観測機器類は直射日光と埃の侵入を嫌うことから、上層部の観測機能を持つ諸室の窓開口は通風を可能とする最小限のものとし、かつ機器から離れた位置に設ける。これは外壁面上ではタワー部分の中央に位置することになる。

(3) 断面計画

1) 塔の高さおよび階高

レーダの必要とする設置高さから算出される塔体の周囲地盤面からの最低必要高は、イスラマバードでは15m、カラチでは19mとなる。

推定される機器の高さ寸法、天井裏配線スペース等を考慮したレーダ機械室およびレーダ観測室の適正階高寸法は3.5mであり、高層部はこれを標準階高とする。

1階各室はその機能上空調器は設けないが、電気室、予備電源室は発熱のあることや倉庫の貯蔵機能からいずれも天井を高くして熱気を上昇させる方法をとることが望ましく、階高は高層部より高い4.5mとする。また、1階の周囲地盤面からの高さは現地の降水量を考慮して50cmとする。

以上によりイスラマバードは4階建て、屋上スラブまでの高さ15.5m、カラチでは5階建て、屋上スラブまでの高さ19mとなる。両計画地とも塔の高さは経済性を考慮した最小限の設定であるが、イスラマバードの設定値は当該計画地域における首都開発庁(Capital Development Authority;CDA)の行政指導(最高4階建て、高さ制限60フィート(約18.3m)以内)を遵守するものとなっている。

2) 天井

レーダ機械室およびレーダ観測室は、ケーブルラックの上にたまるほこりから機器を守り、部屋の気密性を高めること、また機器から発生する騒音を減ずることを主目的として、吸音性の高いボード貼りの天井を設ける。この2室には空調設備を設けるので、冷暖房効果を高める上でも天井貼りは有効である。高さは推定される機器の寸法より2.7m前後とする。

また各階便所の天井裏は、配管のスペースとなるため、耐水性のボードの天井を貼ることとする。

3) レドームとレーダ機械室

レドームおよび空中線装置の基礎は屋上床スラブと一体化し、レドーム・空中線装置の荷重は屋上スラブ中央部に設ける小梁に負担させる。レドームの基礎は外部防水層の立ち上がり部を兼用させ、レドーム内部床は簡易な防水処理を施す。レドーム内部および外部屋上へのアクセスはそれぞれ下階からのタラップ、ルーフハッチにより行う。

4) 機器の搬入方法

レーダ機械室およびレーダ観測室へ外部から機器を直接搬入する方法は、当該室に大きな開口部を設けねばならず、気密性・防塵性の観点から好ましくない。従って、機器の搬入は隣接する階段室を通して行うこととし、最上階のレーダ機械室から半階分降りた階段室踊場の外に搬入用バルコニーを設けて屋上スラブ下、バルコニー上部に搬入用フック(2トン用)を突出して設ける。

(4) 構造計画

1) 構造設計基準

パキスタン国ではイスラマバードの首都開発庁(CDA) およびカラチ開発庁(Karachi Development Authority;KDA)においてそれぞれ独自の建築基準法が定められている。いずれも英国基準(BS)に準拠して定められたものであるが、構造に関してはパキスタン国独自の設計基準は確立されていない。またパキスタン国は欧亜地震帯に属する地震国であるが、英国基準そのものが地震国を対象としていないため、KDA では地震力の計算については特にアメリカ合衆国の設計基準であるUBC 規格(United Building Code, 1982) をベースに計算を行うことを勧めている。従って、本施設の構造設計は地震力に関しては UBC規格を採用し、風圧力および地耐力については実測値に基づきその外力の設定を行い、パキスタン国の実情にあった設計を行うこととする。

2) 設計用荷重・外力等

a) 固定荷重

建築構造材・仕上材の自重をすべて計算する。また特殊固定荷重として屋上に架設されるレドームおよび空中線制御装置の推定総重量約3tonを見込む。

b) 積載荷重

レーダ塔内のほとんどの部屋は、機器を収容するかあるいは倉庫としての貯蔵機能を持つものであるため、積載荷重は屋上を除き一率とする。日本国における通信機械室の積載荷重と同程度と見なし、以下を採用する。

| | |
|----------|----------------------|
| 床スラブ・小梁用 | 500Kg/m ² |
| ラーメン用 | 400Kg/m ² |
| 地震用 | 300Kg/m ² |

また、屋上はレドームのメンテナンス要員が歩行するものとして、日本国建築基準法に基づき、それぞれ 180, 130, 60Kg/m²とする。

c) 風荷重

イスラマバードで過去33年間に記録された最大風速は1970年 7月の89mph (約39.5m/s)である。カラチについては資料が得られなかったが、KDAでは設計速度圧算出用の最大風速として140km/h(約38.9m/s)を構造計算に採用している。従ってイスラマバードにおける最大風速値39.5m/s から 40m/sを風荷重計算用の設計基準風速とする。

d) 地震力

KDAが推奨する UBC規格に基づき算出する。パキスタン国における地震分布図は図4-3-1 に示すとおりであるが、イスラマバードもカラチも地震加速度 $g/15 \sim g/20$ のグレード III (マイナー地域) に属していることが分かる。従って両地域とも同じ地域係数を採用することとし、KDA発行のカラチ地震力計算基準(SEISMICITY OF KARACHI)にある地域係数(Zonal Factor)、 $Z = 3/8$ を採用する。標準剪断力係数 $C_0 = 0.10$ が計算結果から設定される妥当な値となる。

e) 地耐力

CDAおよびKDAからの事情聴取および計画地での表土の土質調査から想定される建設予定地の地質はイスラマバードにおいては粘土質シルト層であり、砂は非常に少ない。カラチは逆に砂質が主体で粘土・シルトは少ない。CADおよびKDAが保有する計画地周辺でのボーリングデータによれば、期待できる地耐力はイスラマバードにおいては1~2 ton/sq ft,カラチにおいては1~1.5ton/sq ftである。従って、基本設計用の地耐力は安全側の1ton/sq ft (約11ton/m²)を採用する。基礎根入れ深さは両計画地共に表土は比較的柔らかいので、CADおよびKDAの推奨する1~1.5 mの範囲内にある1.2mで設定する。最終的には建設予定地においてボーリングによる地質調査を行い確定する。

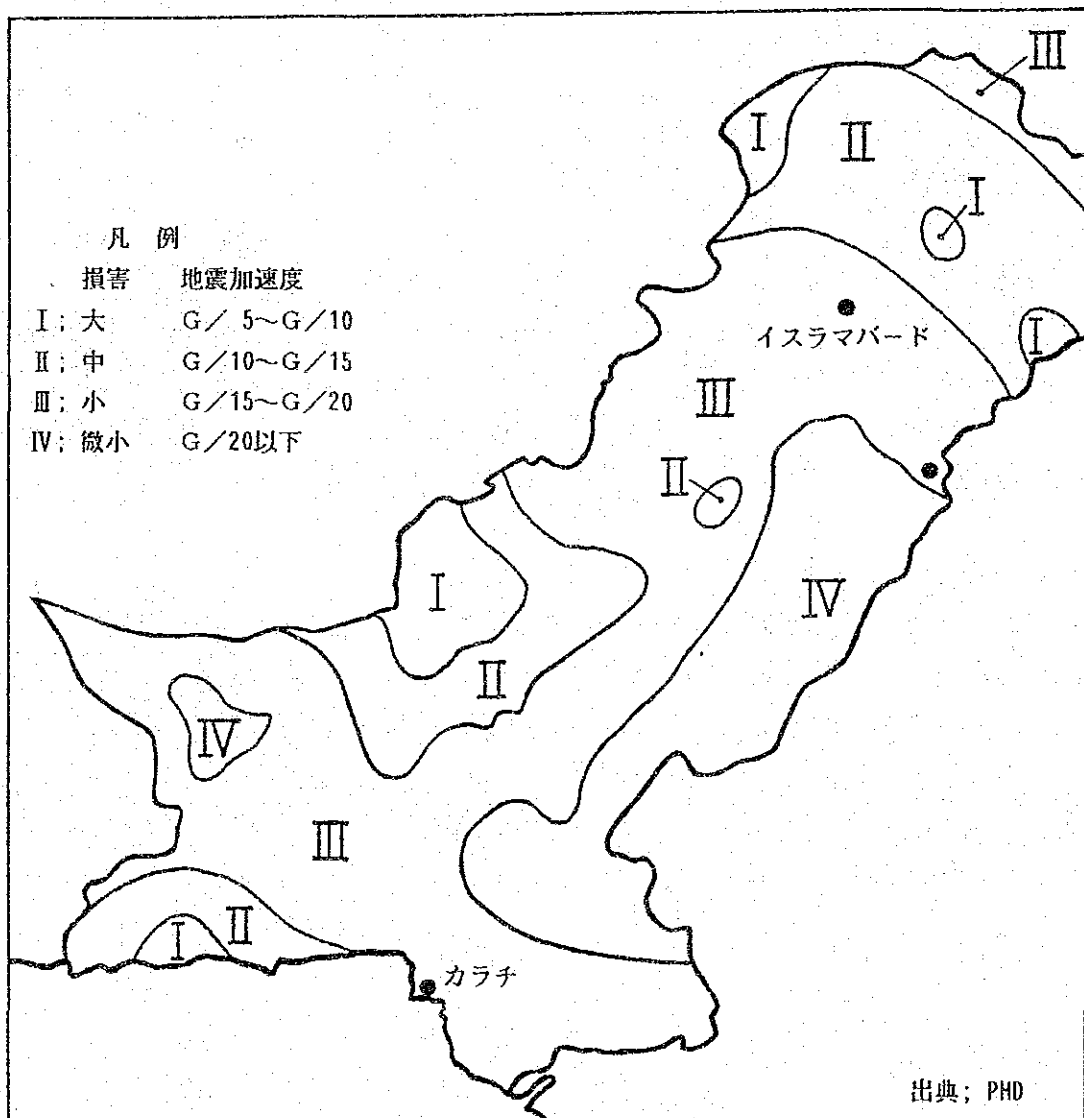


図 4-3-1 パキスタンの地震分布

3) 構法および構造材料

本施設はレドームを架設するレーダ塔としての機能に最も合致した鉄筋コンクリートのラーメン構造とし、基礎は両計画地の地質が十分な地耐力を持つことから直接基礎形式を採用する。鉄骨造は以下に示す観点よりデメリットが多く本施設には不適切となるため採用しない。

(鉄骨造とした場合のデメリット)

- ・パキスタン国で生産している鉄骨は品質にバラツキがあり、供給も不安定である
- ・現地での加工技術、溶接技術、建設技術にも問題があり、鉄骨造とした場合日本国からの資材輸入および技術者派遣を考慮しなければならない
- ・柱、梁を鉄骨にしたとしても、室内は気密性を保たなければならないことから、周囲はれんがあるいはコンクリートによる壁を設け、かつ床はデッキプレートをベースとしたコンクリート床としなければならない
- ・上記に加えて基礎も当然コンクリートとしなければならないためにコンクリート量は大きく減らず、鉄骨を現地調達したとしても工期は短縮できない
- ・鉄骨は不燃性ではあるが耐火性はないため、建築物主要構造部材として使用するには耐火被覆を必要とするので仕上材のコストが大幅に上がる
- ・以上の要因により、本施設においては鉄筋コンクリート造に比べて3～5割コスト高になると推定される

また、コンクリート用骨材、セメント（BS規格品）についてはすべて現地で調達可能であり、品質も良く供給も安定していることから現地調達品を使用する。鉄筋についても異形、丸鋼ともに現地でBS規格品が生産されており、供給長さが12mで運搬用に中央で曲げられているという加工上のデメリットを除けば材質に問題はない。従って構造材料は他の仕上材料同様、すべて現地調達とする。

4-3-3 設備計画

(1) 電気設備

1) 受電・幹線設備

a) カラチ

カラチPMD 本局敷地内には、建設予定地から北西約70mの位置に敷地内施設全体の電力供給をまかなう受変電設備がある。施設内配電盤から既存レーダ局まで現在200Aの電力が供給されており、この電源を新レーダ塔に切り換えて供給すること、および既存レーダ局には他のスベア回路を通じて電力供給を行うことがPMD との協議により確認された。イスラマバード同様、新施設内主配電盤までの幹線の敷設・接続はパキスタン国側負担工事とし、主配電盤以降を日本国側負担工事とする。なおイスラマバード、カラチとも幹線の敷設は地下埋設工法によることが予想されるため、主配電盤の設置される電気室前には電気用マンホールを設置し、マンホールと主配電盤間は適切な導入管にて接続する。

b) イスラマバード

計画地のイスラマバード気象台敷地内には、現在50kVA の容量を持つ柱上電源変圧器（トランス）が置かれており、ここから気象台および周囲の職員住戸に電源が供給されている。本計画レーダ塔の受電容量は約50kVA であり、現トランスでは容量が不足するため新施設を含めた適切な容量のトランスに取り替える必要がある。新設トランスの設置、同トランスから2次（低圧）側の3相4線方式、400/230V 50Hz による幹線の敷設および建物内主配電盤までの接続はパキスタン国側工事とし、主配電盤以降の電気工事のすべてを日本国側負担工事とする。

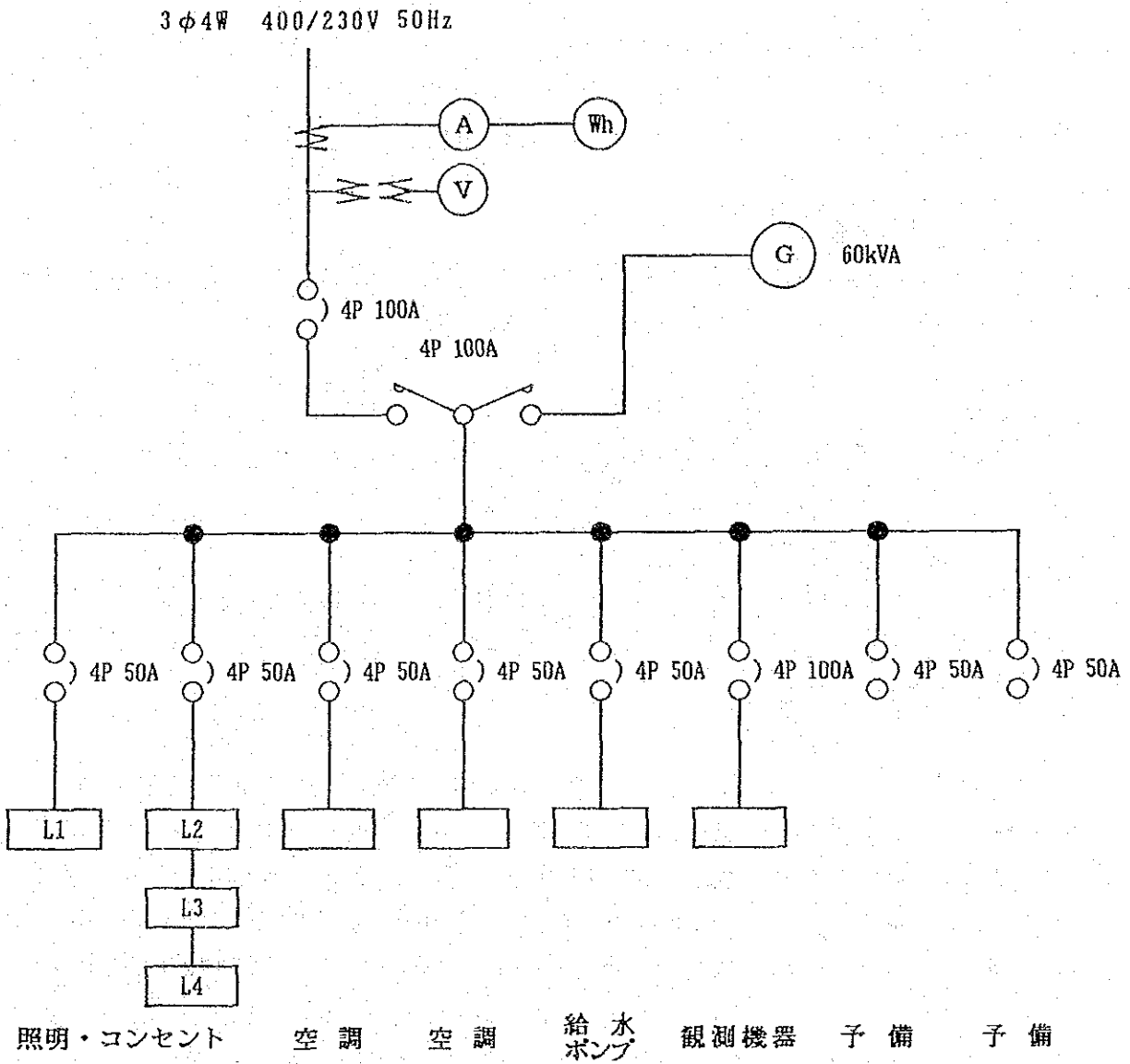
主配電盤は1階電気室に設置し、これから主要機器類、照明、給水、換気空調用等の各負荷に対し、ケーブル・金属ダクトおよび金属管もしくはビニル管配線により給電する。

図4-3-2 に幹線の系統図を示す。

2) 照明設備

運転経費の低減および効率化を考慮し、光源は蛍光灯を主体とする。各室の計画照度はJIS 照度基準を準用し、次のとおりとする。

| | |
|-----------------------|---------|
| レーダ機械室、レーダ観測室、解析室、資料室 | 400 ルクス |
| 電気室、予備電源室、倉庫 | 200 ルクス |
| 廊下、階段、便所 | 100 ルクス |









- (凡例)
-  : 配線用遮断機
 -  : 電磁接触機
 -  : 電流計
 -  : 電圧計
 -  : 電力量計
 -  : 自家発電設備

図 4-3-2 電力幹線系統図

なお、監視室には、CRT 機器の設置が想定されることから、照明はグレアレス照明手法を導入し、最適な照明環境が得られるようにする。

3) ソケットアウトレット (コンセント)

一般用途のものと、機器保守用のものを各室に適切に設置する。規格形状は、パキスタン国において採用されているBS規格の接地付き丸ピンタイプとする。

4) 電話配管設備

各室の所要の箇所に電話機の設置と配線が容易にできるように、電話用端子箱相互間および端子箱から電話機アウトレットまでの配管設備を施す。

5) 接地設備

気象観測機器用および建築電気設備機器用として必要な以下の接地設備を設ける。

| | |
|-----------|------|
| 建築電気設備機器用 | 100Ω |
| レーダ機器用 | 10Ω |
| 避雷針用 | 10Ω |

(2) 給排水衛生設備工事

1) 水源

カラチ、イスラマバードの計画地は共に一般用水道の供給が行われている。カラチは敷地内のPMD 本局屋上にある給水タンクより敷地内を縦断している給水ラインを分岐させ新施設への給水を行う。従って、建物周囲の適切な場所に給水ポイントを設けることとする。イスラマバードについては、敷地境界付近の適切な場所にゲートバルブを設けて給水ポイントとする。

両計画地とも給水ポイントへの接続はパキスタン国側の負担工事とする。

2) 使用水量の算出

施設の特異性から推定される水の使用量は、一般の事務所に比べきわめて少ない。一人当りの一日の使用量は 100ℓ程度とし、施設の利用者は最大5人として500ℓ/日程度と推定される。

3) 給水設備

給水方式は建物の高さの関係から本来高架タンク方式が望ましいが、屋上がレドームで占有されること、および敷地内に別途高架タンクを設けることは建設コストが割高になる

ため受水槽付きの圧力ポンプ方式を採用する。給水配管は圧力ポンプ方式に適切な鋼管を使用する。

4) 排水設備

a) 一般排水

パキスタン国で一般的に行われている浄化槽および浸透枡による敷地内処理方式を採用する。

b) 雨水排水

両計画地とも公共排水設備がないため、屋根の雨水は敷地内への自然浸透処理とする。

5) 衛生器具設備

レーダ観測室・解析室および1階の階段室下に便所を設け大便器、手洗いをそれぞれ1セットずつ設ける。

6) 消火設備

各部屋に1.5kgの粉末消火器を設置することとする。

(3) 換気設備工事

本施設は窓開口の少ない閉鎖的な建物とすることから、空調対象室以外の各室には全て換気設備を設けることとし、レドーム内部もその対象とする。各室の換気方式及び換気回数はそれぞれの部屋の機能に見合ったものとし、以下のとおりとする。

| (室名) | (換気方式) | (換気回数) |
|-------|---------|----------------|
| レドーム内 | 第1種機械換気 | 10回/h |
| 解析室 | 第3種機械換気 | 5回/h |
| 資料室 | 第3種機械換気 | 5回/h |
| 維持管理室 | 第3種機械換気 | 5回/h |
| 電気室 | 第1種機械換気 | 5回/h (発熱量見合い) |
| 予備電気室 | 第3種機械換気 | 30回/h (発熱量見合い) |
| 倉庫 | 第3種機械換気 | 5回/h |
| 便所 | 第3種機械換気 | 10回/h |

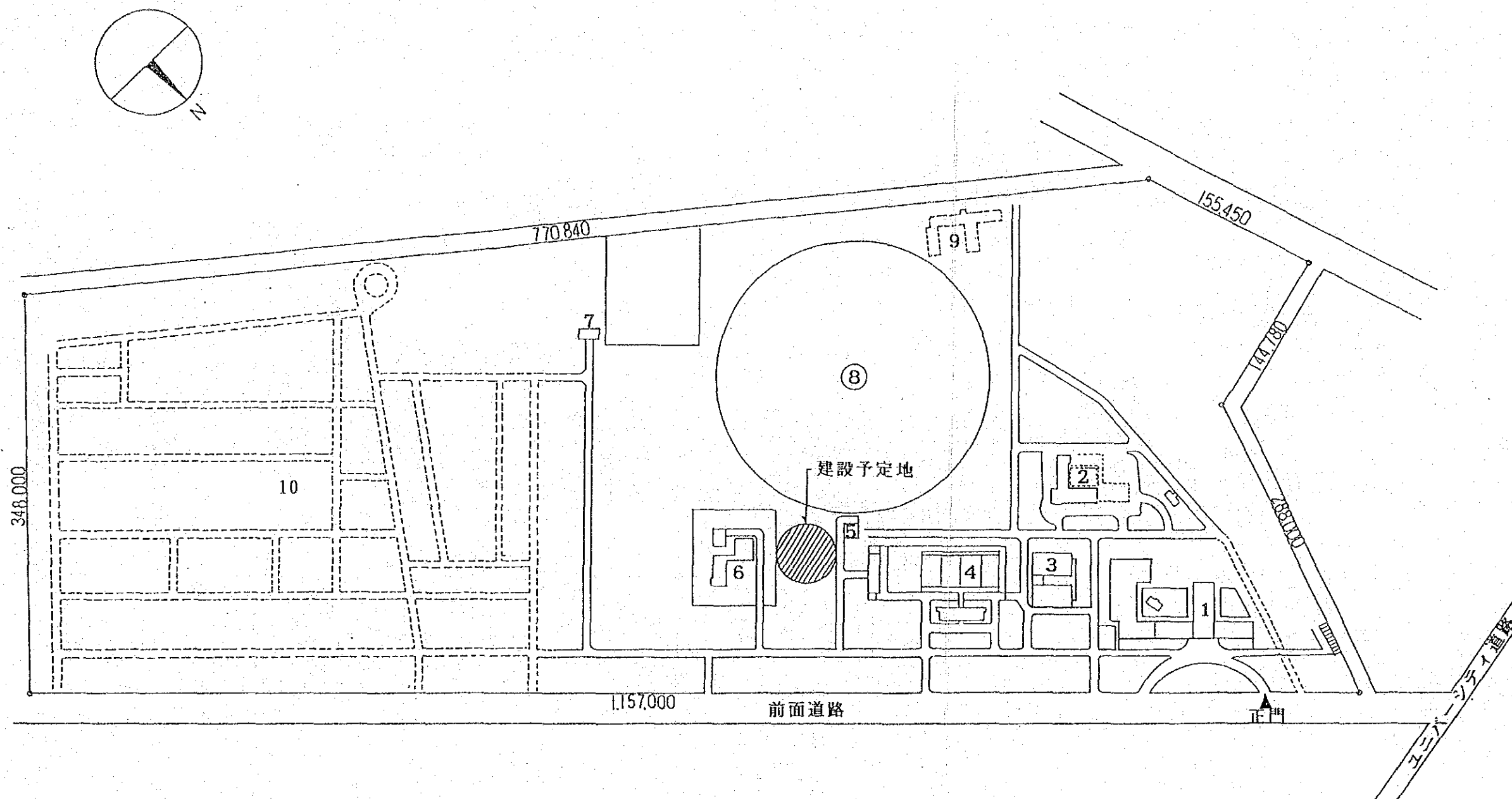
各室とも給気用送風機及び外気取入れガラリには塵埃の侵入防止を考慮し、適切なフィルターを設ける。便所の給気はドアガラリを通して隣室から行い、排気は便所天井内に

排気用送風機を設けダクトで行う。

また居室となる解析室、資料室および維持管理室については、現地で一般的に採用されている天井扇を設けることとする。

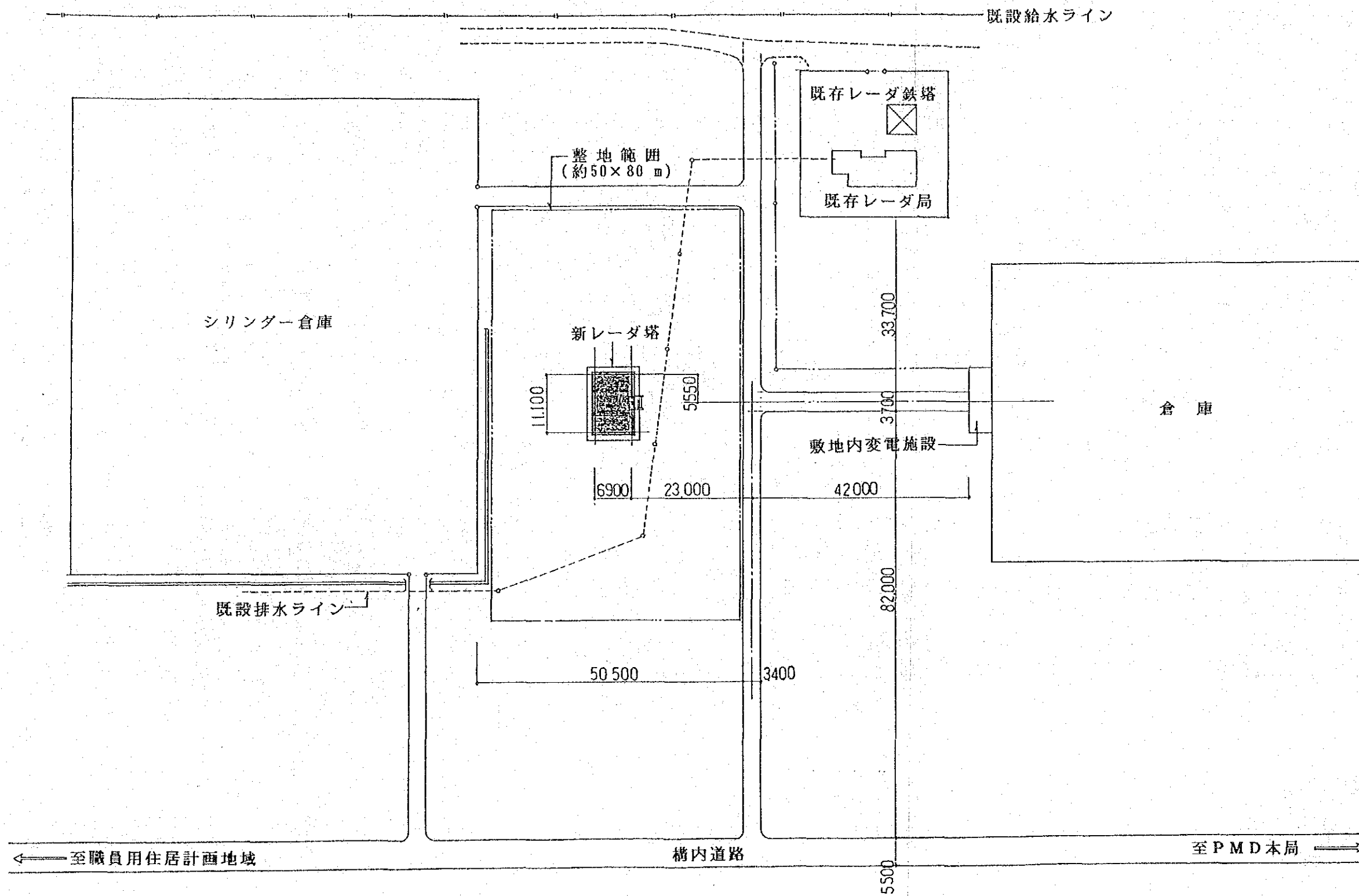
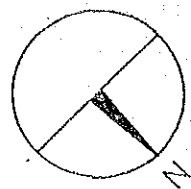
4-4 基本設計図

- (1) カラチレーダ塔・敷地図
- (2) カラチレーダ塔・敷地配置図
- (3) カラチレーダ塔・平面図
- (4) カラチレーダ塔・立面図／断面図
- (5) イスラマバードレーダ塔・敷地配置図
- (6) イスラマバードレーダ塔・平面図 縮尺
- (7) イスラマバードレーダ塔・立面図／断面図
- (8) レーダ機器配置案

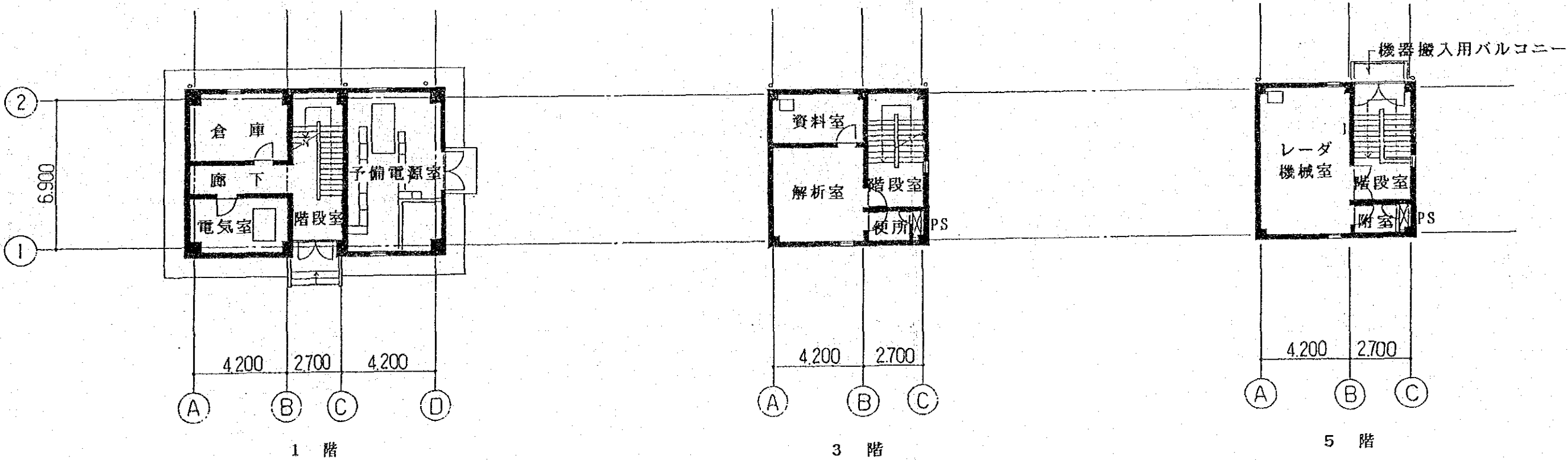
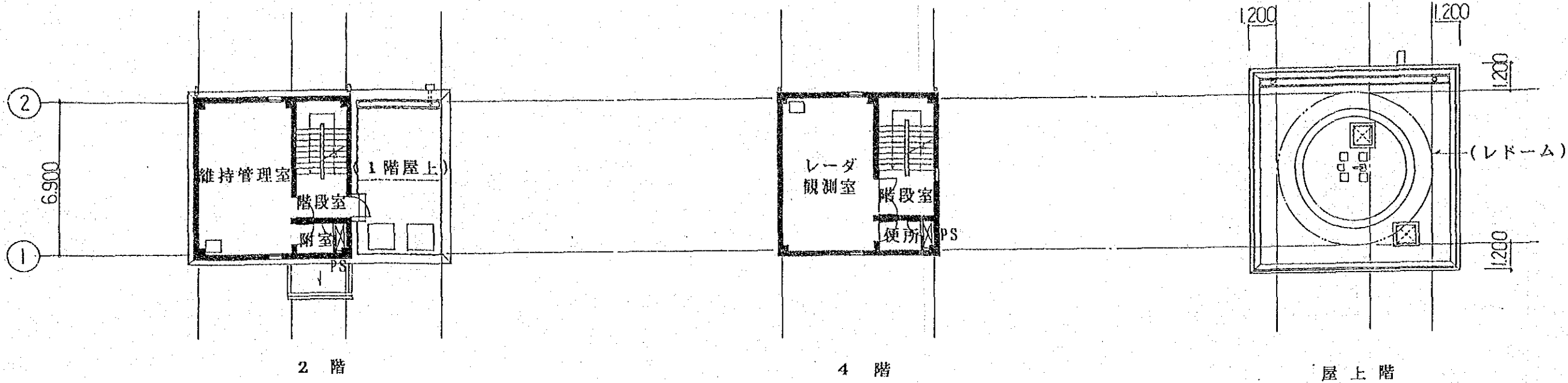


(PMD 本局敷地内既存施設)

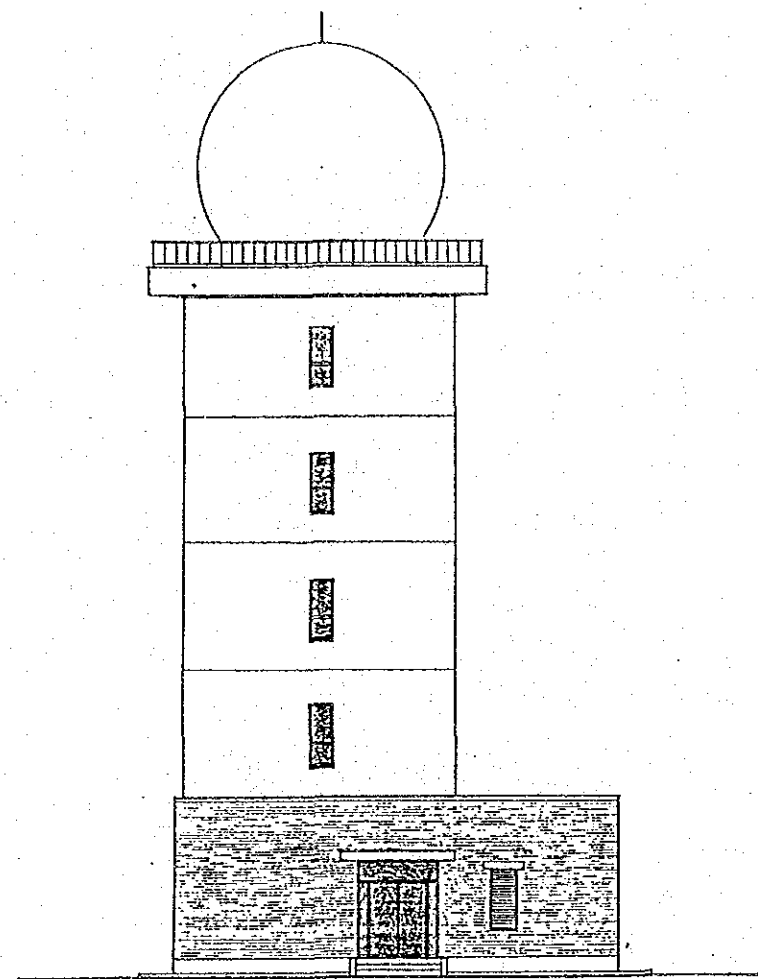
- 1 : PMD 本局
- 2 : 気象学・地球物理学研究所
- 3 : 作業所
- 4 : 資材倉庫
- 5 : 既存レダー局
- 6 : シリンダー倉庫
- 7 : 地震観測所
- 8 : 高層ゾンデ観測施設
- 9 : 宿泊所 (建設中)
- 10 : 職員用住居計画地域



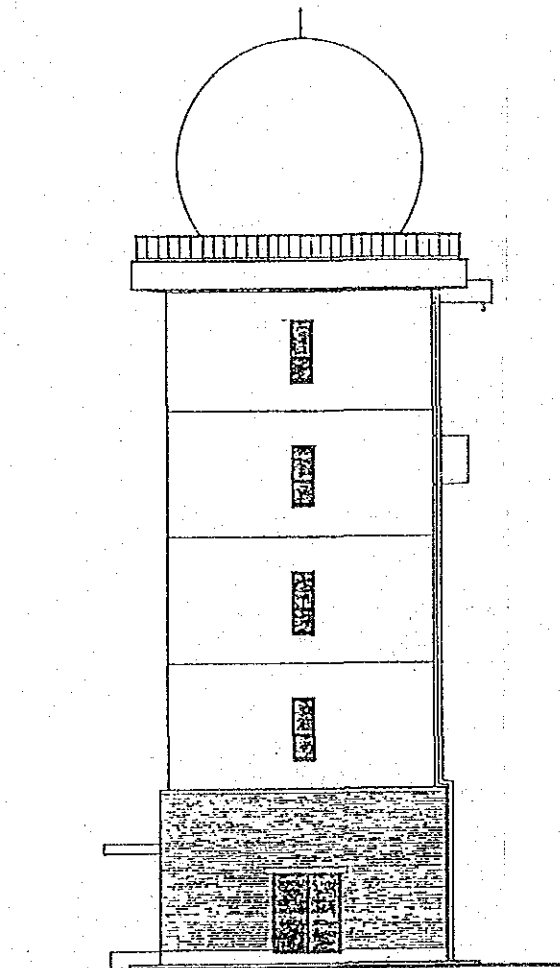
カラチレーダ塔・敷地配置図 縮尺 1:800



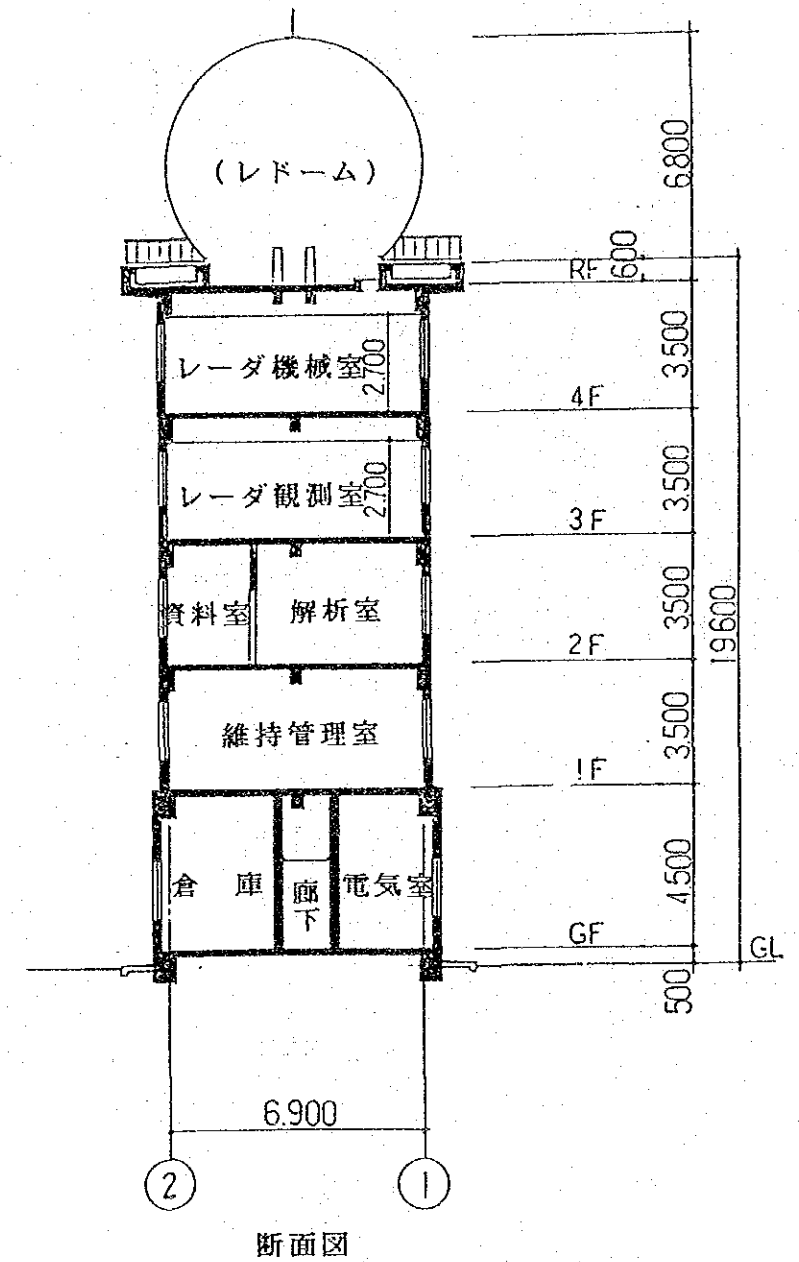
カラチレーダ塔・平面図 縮尺 1:200



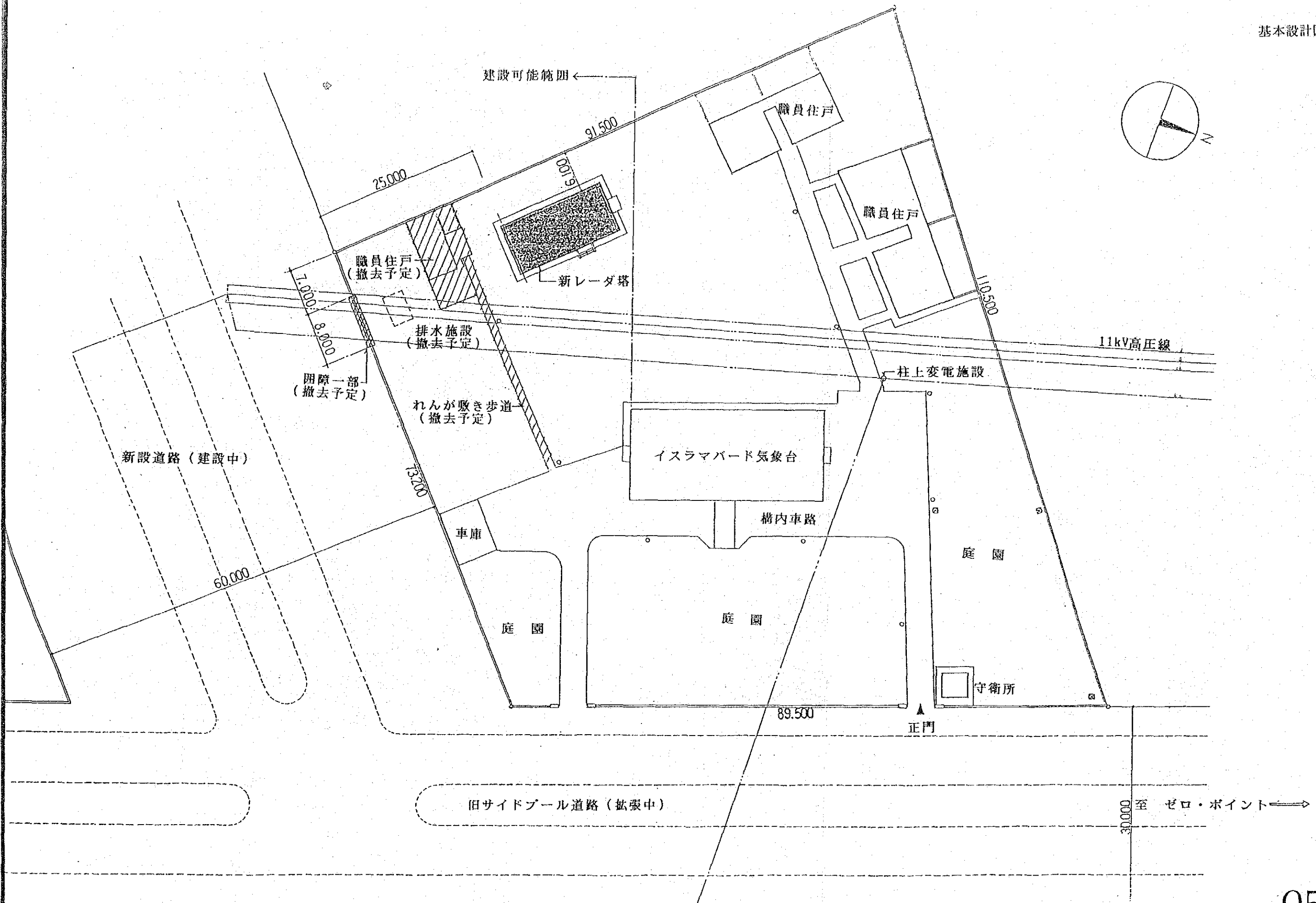
北西立面図



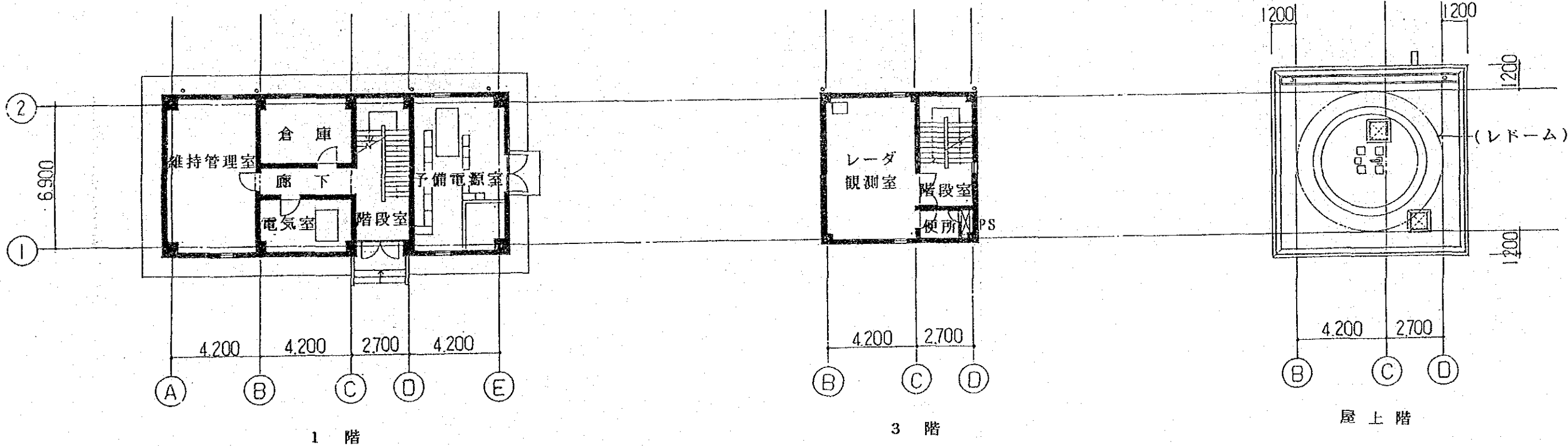
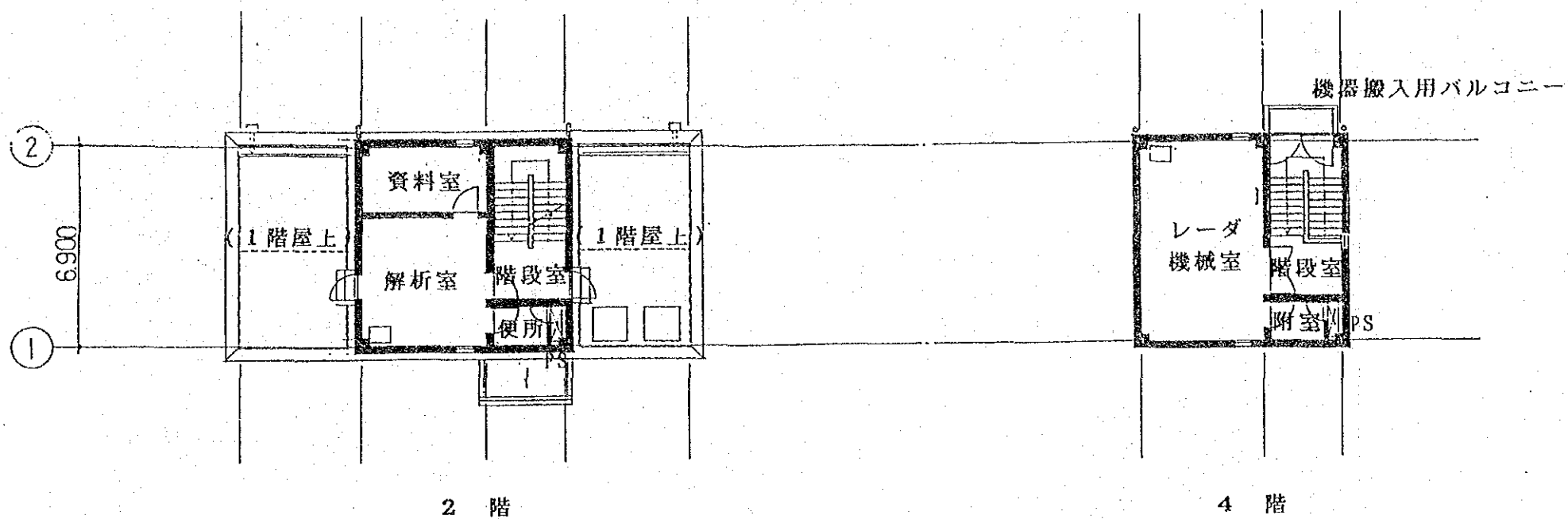
南西立面図



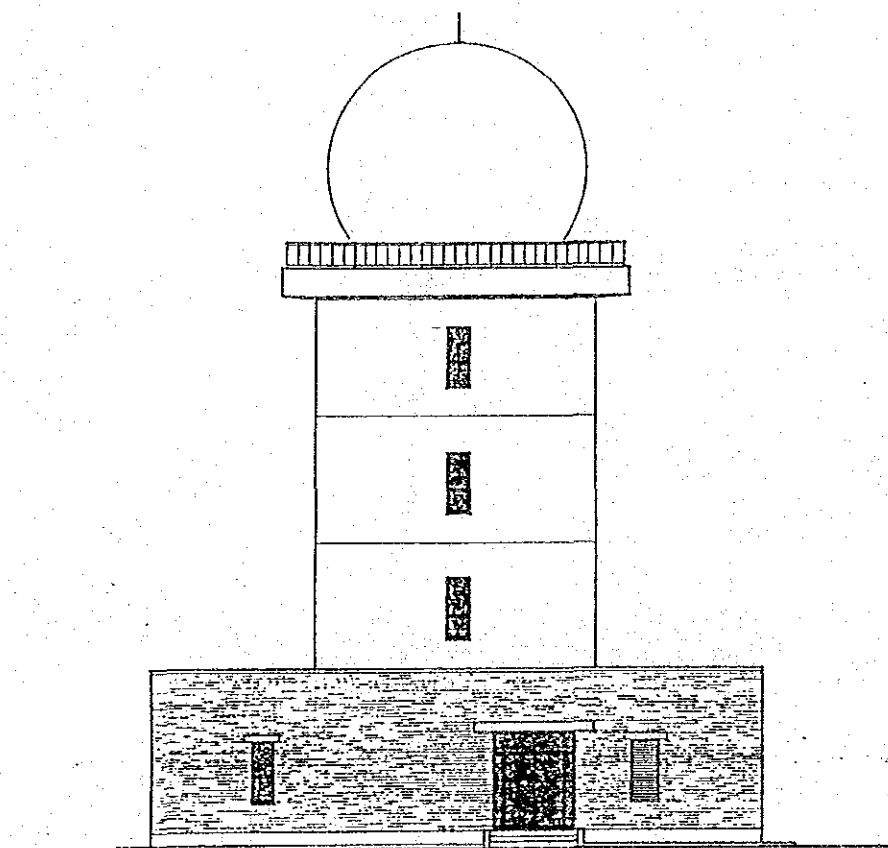
断面図



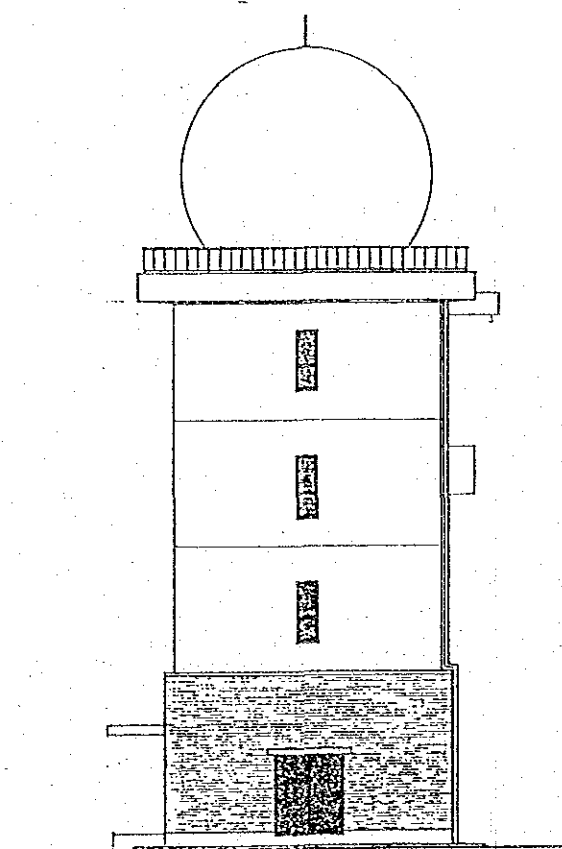
イスラマバードレーダ塔・敷地配置図 縮尺 1:500



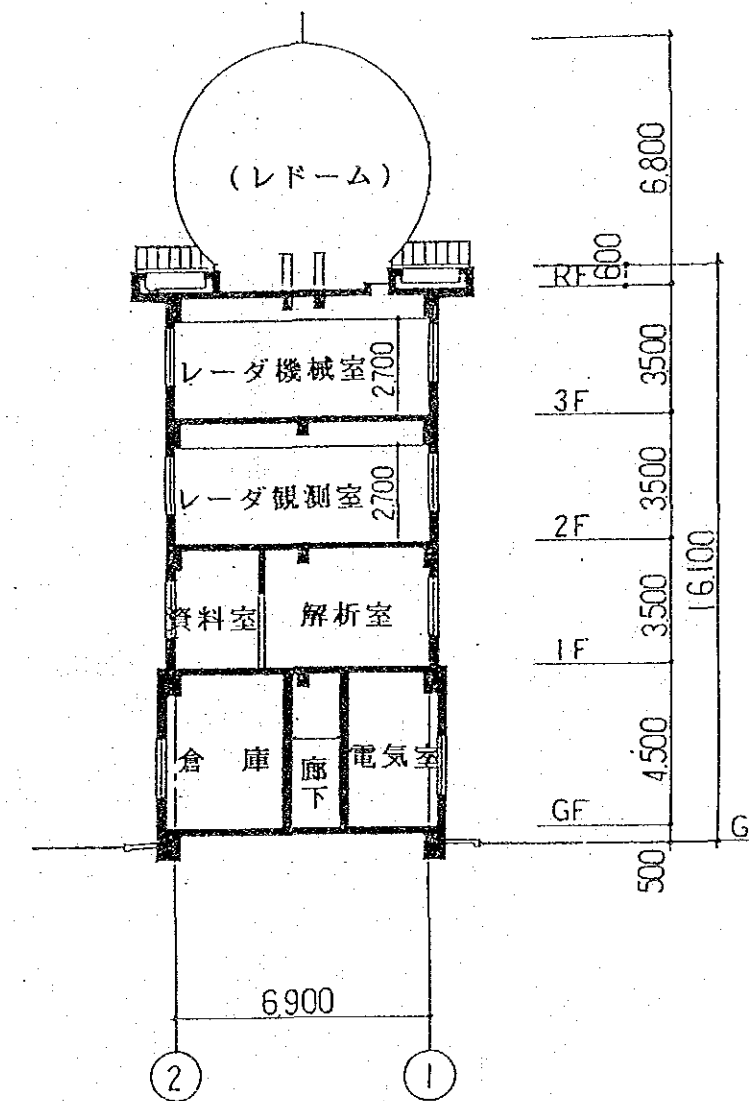
イスラマバードレーダ塔・平面図 縮尺 1:200



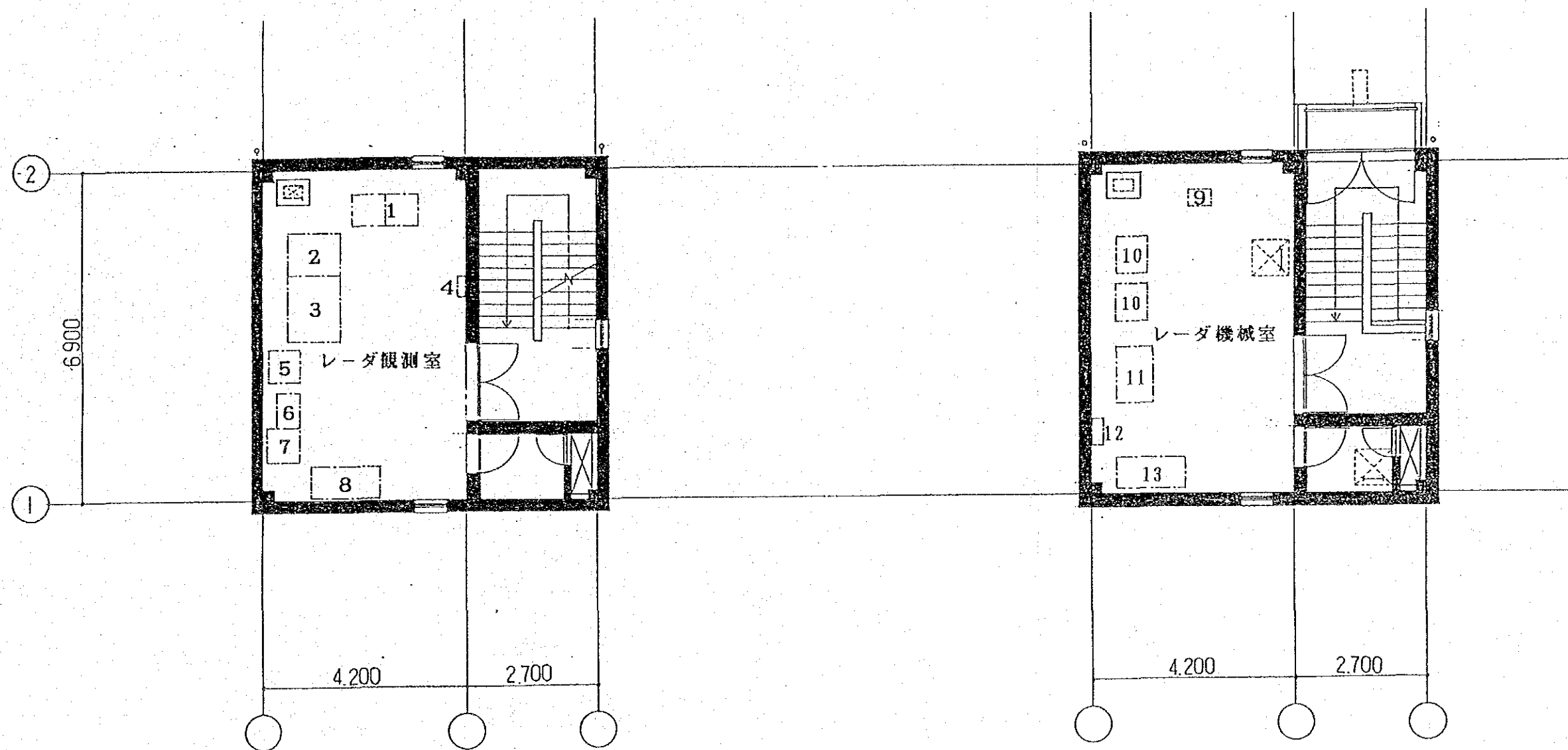
北東立面図



北西立面図



断面図



(レーダ機器類)

- | | |
|-------------------|--------------|
| 1 : 信号処理装置 | 9 : 多重無線装置 |
| 2 : モニター用ディスプレイ装置 | 10 : 空中線制御装置 |
| 3 : 指示装置 | 11 : 送受信装置 |
| 4 : 時刻表示盤 | 12 : 導波管加圧装置 |
| 5 : 無停電電源装置 | 13 : 空気調和機 |
| 6 : 機器用分電盤 | |
| 7 : 自動電圧調整装置 | |
| 8 : 空気調和機 | |

レーダ機器配置案 縮尺 1 : 100

4-5 施工計画

4-5-1 施工方針

(1) 建設の特性と施工要員計画

本案件は、レーダ機材とあわせ、更新および新設するレーダを収納するためのレーダ塔の建設を伴うものである。そのために、機材工事と建設工事があり、両工事の調整が必要となる。ここで、機材工事は、レーダの日本国内における製作、現地への発送、現地での据付工事までをいう。建設工事は、レーダ塔建設工事をいう。

工程上、建設工事はカラチ、イスラマバードの2カ所で同時に行う必要があることに加えてカラチ、イスラマバードは1,000km以上離れていることから、各サイトに1名ずつ、常駐施工管理者を置く。機材工事は、総括責任者である施工管理者をカラチに常駐させ、カラチ、イスラマバードの両サイトについて管理する。

(2) 施工にあたっての基本的方針

- ①機材と建築が、それぞれに責任と義務を持ち、各自の職務を遂行し、秩序だった整合性を保持する。
- ②機材工事に関しては、仕様書に従った機材機能・性能を確保する。
- ③建築工事に関しては、建築材料および各種仕上げの質を確保する。
- ④日本国側および現地の各関係者と常に連絡を保ち、円滑な工事の遂行する。
- ⑤現地においては、常に施主、コンサルタント、施工業者との協力体制を維持し、円滑な工事の遂行を図る。

(3) 施工に関し特に注意すべき事項

- ①掘削面の排水および盛土に対する十分な転圧
- ②酷暑季のコンクリート打設および養生
- ③機材の設置開始時期、建築工事との競合箇所に関する工事工程打合わせ、および調整
- ④輸入資材、特に電子部品を含むものの据付時における養生

4-5-2 工事負担区分

(1) 日本国側負担工事

①機材

1) 本計画による機材は、国内工場製作、輸送、据付、調整、引渡しまでを本プロジェクトに含む。

2) 機材項目

- a) 気象観測用レーダ機材
- b) 電源機材
- c) 空調機材

3) 工事項目

- a) 共通工事
- b) 電源工事
- c) レーダ据付工事
- d) 後工事
- e) レーダ調整工事

②施設

1) 建物

- a) レーダ塔（カラチ、イスラマバード） 各1棟

2) 工事項目

- a) 建築工事
基礎・躯体・仕上工事
- b) 電気設備工事
建物内工事
- c) 給排水・衛生設備工事
建物内工事、敷地内給水ポイントおよび既設排水樹までの配管工事
- d) 換気設備工事

(2) パキスタン国側負担工事

①レーダ塔建設、機材関連事項

1) レーダ塔建設用地の整備

- a) 既存建物および囲壁一部の撤去
対象地－イスラマバード
- b) 敷地整地
対象地－カラチ、イスラマバード

- 2) レーダ塔、レーダ観測に必要な電力供給、電話回線供給、給水・排水路の敷地所
定位置までの引き込み
- 3) レーダデータの送信に必要な回線の設置
対象地ーカラチ
- 4) 工事用仮設電力・用水の供給
- 5) 外構工事
- 6) 事務用家具の提供

②便宜供与等

- 1) 本計画業務に従事する日本国籍の法人および個人への免税および出入国、滞在の
ための便宜供与
- 2) 本計画業務のためにパキスタン国へ持ち込まれる建設用資機材、レーダ用資機材
等の免税措置、通関業務および内陸輸送に係わる便宜供与
- 3) 工事着手前の建築許可の取得
- 4) 建設工事に際して必要となる仮設事務所、作業場、資機材置き場等のための敷地
の確保

4-5-3 施工工程

(1) 施工監理体制

施工監理にあたっては、パキスタン国政府、PMD との技術的・事務的折衝、工事打ち
合わせ・調整が重要な部分となるため、建設工事と機材工事それぞれに適切な常駐施工管
理者を全工事期間にわたりパキスタン国へ派遣する。

- ①常駐施工監理者は、現場の状況が適確に判断でき、各局面で決定能力のある者とする。
- ②常駐施工監理者は、現場をよく把握し、パキスタン政府およびPMD と施工業者との間
の調和につとめるとともに、パキスタン国関係機関および日本大使館・JICA事務所と
密接な連絡を保ち、工事の円滑な進捗を計る。
- ③常駐施工監理者は、施工に際し建設工事と機材設置工事の調整を特に留意する。また、
良質なレーダ塔の建設・工期の厳守、最新のレーダの設置・工期の厳守を監理・指
導する。
- ④常駐施工監理者の職務は以下のとおりである。
 - ・工事進捗状況報告書の定期作成（月1回）
 - ・レーダ塔施工図チェック・承認・配筋検査・コンクリート打設監理
 - ・レーダ設置施工図チェック・承認・レドーム検査・機材配置監理

- ・仕上げ詳細図チェック・承認・仕上げ監理
- ・定例打ち合わせ会議の開催、工程監理
- ・竣工検査（レーダ資機材を含む）
- ・PMD（施主）への引き渡し検査の立ち会い
- ・総合報告書の作成

- ⑤総括技術者は、レーダ塔建設着工前後、レーダ塔竣工・レーダ機材設置開始前後、レーダ調整・納品・検査前後の適当期間、現地状況を確認しパキスタン国政府関係機関およびPMDとの協議、施工業者との会議・打ち合わせを行い、円滑なレーダ塔工事の着工および竣工、レーダ設置、調整および検査を可能とする。
- ⑥各設計担当者は日本国内において現場常駐監理者の業務をバックアップする。
- ⑦レーダ検査担当者は、日本国内において工場製作されたレーダを責任を持って検査する。

(2) 建設資材調達計画

建設コストの軽減を計るため現地の資材を採用することを基本方針とする。

(3) 機材調達計画

レーダ機材は原則として日本製品を調達する。しかしながら、パキスタン国では自国の産業を育成する目的から厳しい輸入制限があり、予備発電機など輸入禁止品目にあたるものについては現地調達とする。

(4) 実施スケジュール

①レーダ塔建設工事

レーダ塔の建設工事に要する実質工期は業者決定後 8.5月を必要とする。

②機材設置工事

レーダ機材についての工程は、業者決定後、レーダ機材製作図作成、図面チェック・承認、工場製作、工場テスト、海上輸送、現場搬入、据付・調整、検査、引き渡しの手順による。工期は業者決定後12.5月を必要とする。

表4-5-1 にE/N署名締結以降の実実施スケジュールを示す。

4-6 概算事業費

(1)全体事業費

基本設計に基づく本案件の実施に必要な全体事業費は、約 8.09 億円と見込まれる。

(2)日本国側負担事業費

日本国政府側負担の事業費総額は約 8.05 億円と見込まれる。

(3)パキスタン国側負担事業費

パキスタン国政府側負担の事業費総額は約 50 万ルピーと見込まれる。その概算内訳は以下のとおりである。

| | |
|---------------|---------------|
| ①電力・電話・水道等敷設費 | 約 Rs 250,000- |
| ②敷地整地工事費 | 約 Rs 100,000- |
| ③既存建物解体費 | 約 Rs 50,000- |
| ④データ伝送用ケーブル | 約 Rs 100,000- |

4-7 維持管理計画

4-7-1 維持管理体制

(1)要員配置計画

新レーダが設置された場合、要員計画は 3-4-4 で述べた通りである。

(2)機材維持管理体制

本計画によって導入する気象レーダの機材は、レーダ装置に係わる資材と電源部に分けられる。

レーダ装置に係わる資材は、チェックリストを作成し、例えば月 2 回のチェックリストに基づき点検することが望ましい。

4-7-2 維持管理費用

気象レーダサイトの維持管理に必要な費用の概略は、各サイトについて以下のように考えられる。

(1)人件費 400,000ルピー/年 (2,860,000円)

| | | |
|------------|--------------|--------------|
| (2)運営費 | 300,000ルピー/年 | (2,145,000円) |
| ①レーダ維持費 | 260,000ルピー | (1,859,000円) |
| ②予備発電機の維持費 | 22,000ルピー | (157,300円) |
| ③商用電力費 | 18,000ルピー | (128,700円) |

以上を合計すると1サイトでは、700,000ルピー/年となる。

2サイト合計では、人件費は88/89年度予算の人件費(42,185千ルピー)の2%となり、運営費は88/89年度予算の運営費(13,775千ルピー)の4%となり、PMDの予算の枠内で十分対応できるものと判断する。

表4-5-1 実施スケジュール

| 項 目 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
|----------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 交換公文締結 | ▼ | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| コンサルタント契約・設打打合 | → | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 詳細設計および入札図書を作成 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| パキスタン国政府による承認 | | | ▼ | | | | | | | | | | | | | | | |
| 公示 | | | | — | | | | | | | | | | | | | | |
| 入札および評価 | | | | ▽ | | | | | | | | | | | | | | |
| 業者契約 | | | | | — | | | | | | | | | | | | | |
| 現地撤去・整地（待受工事） | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| レーダ塔建設工事 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| レーダ製作 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 工場検査 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 輸送、通関、現地輸送 | | | | | | | | | ○ | ○ | ○ | | | | | | | |
| レーダ据付工事 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| レーダ調整、操作指導 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 完成検査、引渡 | | | | | | | | | | | | | | | | | | → |

