

インドネシア共和国
運輸省海運総局

インドネシア国

海上交通保安能力向上プロジェクト (海上交通安全機材落雷対策策定調査)

調査報告書

平成 25 年 3 月
(2013年)

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

株式会社 オリエンタルコンサルタンツ
一般財団法人 日本航路標識協会

資金
JR
13-006

インドネシア共和国
運輸省海運総局

インドネシア国

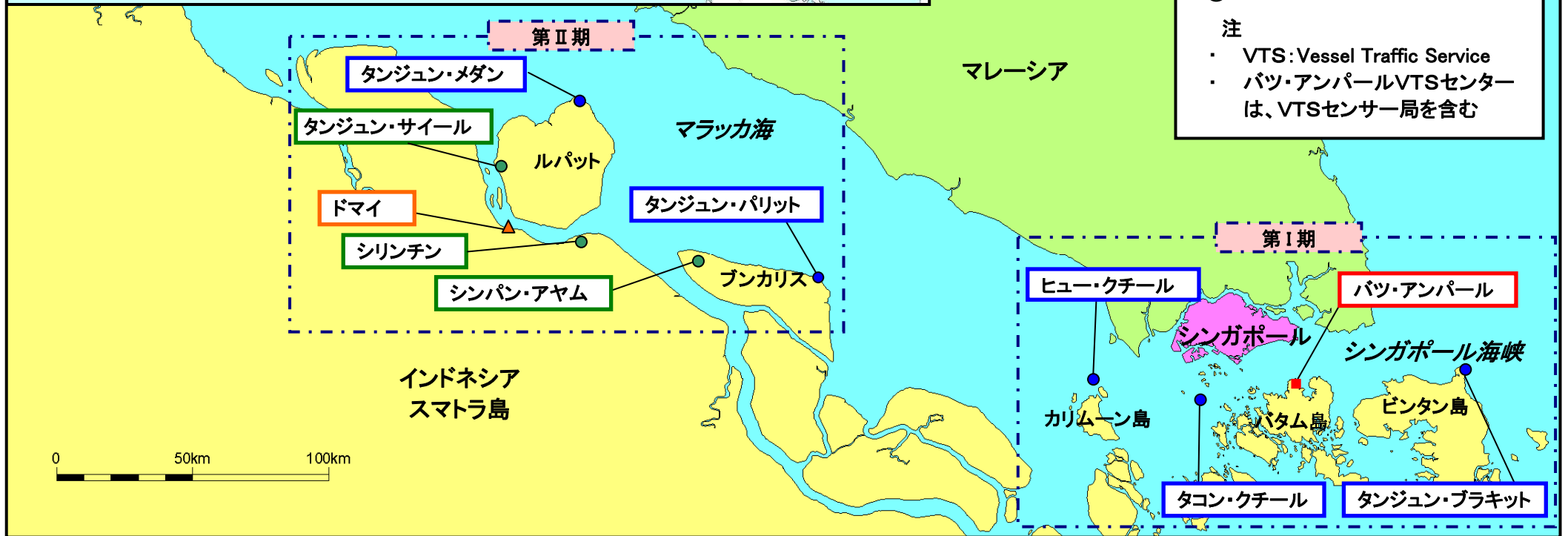
海上交通保安能力向上プロジェクト (海上交通安全機材落雷対策策定調査)

調査報告書

平成 25 年 3 月
(2013年)

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

株式会社 オリエンタルコンサルタンツ
一般財団法人 日本航路標識協会



プロジェクト対象サイト位置

目 次

サイト位置図

目次

図表リスト

写真リスト

略語集

第 1 章	調査の背景及び目的.....	1-1
1-1	調査の背景・目的.....	1-1
1-2	調査対象範囲.....	1-2
1-2-1	調査地点.....	1-2
1-2-2	調査対象及び範囲.....	1-2
1-3	対象サイトの現状と課題.....	1-2
1-4	他ドナーとの関連.....	1-3
第 2 章	現地調査結果.....	2-1
2-1	対象 4 局の落雷対策調査結果.....	2-1
2-1-1	落雷の発生と被害の状況.....	2-1
2-1-2	既存施設の避雷対策の現状.....	2-6
2-1-3	各サイトでの考えられる被災原因.....	2-13
2-2	サイト周辺の落雷被害発生状況・対策等.....	2-14
2-2-1	サイト近隣の沿岸無線局等での落雷被害の状況と対策.....	2-14
2-2-2	周辺施設の落雷被害発生状況・対策等.....	2-15
2-2-3	サイト周辺の落雷被害発生状況・対策等の調査を踏まえた考察.....	2-18
2-3	運営・維持管理体制.....	2-19
2-3-1	維持管理運営の現状と課題.....	2-19
2-4	災害保険.....	2-20
第 3 章	落雷対策の策定.....	3-1
3-1	基本方針.....	3-1
3-1-1	全体の方向性.....	3-1
3-1-2	実施機関側の意向.....	3-1

3-1-3	設計の考え方	3-1
3-2	概略設計	3-3
3-2-1	対象4局の修復・追加対策の検討	3-3
3-2-2	今後想定される被害及び追加対策によるリスク軽減の検討	3-6
3-2-3	基本計画	3-10
3-2-4	機材仕様及び概略設計	3-21
第4章	概算費用及び対策実施に係る優先度の検討	4-1
4-1	概算費用	4-1
4-2	落雷対策実施の優先度の検討	4-3
4-2-1	優先度検討に先立つ設計上の留意点	4-3
4-2-2	対策実施の優先度の検討	4-4
第5章	実施上の留意点	5-1
5-1	補修機材等の調達方法に関する留意点	5-1
5-2	落雷対策実施上の留意点	5-1
第6章	資料	6-1
6-1	調査団員氏名、所属	6-1
6-2	調査日程	6-2
6-3	相手国関係者リスト	6-3
6-4	討議議事録等	6-4

図表リスト

図 1-1 : 調査対象範囲.....	1-2
図 3-1 : バツ・アンパール VTS センター 機材修復対象箇所図	3-24
図 3-2 : バツ・アンパール VTS センター 追加対策 I 対象機器及び作業名称図.....	3-25
図 3-3 : バツ・アンパール VTS センター 追加対策 II 受雷部システム設計概要図	3-26
図 3-4 : バツ・アンパール VTS センター 追加対策 III 接地システム設計概要図	3-27
図 3-5 : バツ・アンパール VTS センター 追加対策 IV 被災機器移設概要図.....	3-28
図 3-6 : タンジュン・ブラキット 機材修復対象機器.....	3-33
図 3-7 : タンジュン・ブラキット 追加対策 I 対象機器及び作業名称図	3-34
図 3-8 : タンジュン・ブラキット 追加対策 II 受雷部システム設計概要図.....	3-35
図 3-9 : タンジュン・ブラキット 追加対策 III 接地システム設計概要図.....	3-36
図 3-10 : 各センサー局 追加対策 III 室内環状接地極設計概要図	3-37
図 3-11 : タンジュン・ブラキット 追加対策 IV 被災機器移設概要	3-38
図 3-12 : ヒュー・クチール 機材修復対象箇所図.....	3-44
図 3-13 : ヒュー・クチール 追加対策 I 対象機器及び作業名称図	3-45
図 3-14 : ヒュー・クチール 追加対策 II 受雷部システム設計概要図	3-46
図 3-15 : ヒュー・クチール 追加対策 III 接地システム設計概要図	3-47
図 3-16 : ヒュー・クチール 追加対策 IV 被災機器移設概要図.....	3-48
図 3-17 : タコン・クチール 機材修復対象箇所図.....	3-53
図 3-18 : タコン・クチール 追加対策 I 対象機器及び作業名称図	3-54
図 3-19 : タコン・クチール 追加対策 II 受雷部システム設計概要図	3-55
図 3-20 : タコン・クチール 追加対策 III 接地システム設計概要図	3-56
表 2-1 : 各センサー局の主な落雷被害状況.....	2-3
表 2-2 : 各サイトの接地抵抗	2-8
表 2-3 : 大地抵抗率測定記録 (バツ・アンパール VTS センター)	2-10
表 2-4 : 大地抵抗率測定記録 (タンジュン・ブラキット)	2-11
表 2-5 : 大地抵抗率測定記録 (タコン・クチール)	2-12
表 2-6 : 各サイト別人員配置.....	2-19
表 2-7 : 現地保険会社及び災害保険の有無.....	2-21

表 2-8 : 損害保険商品の例.....	2-22
表 3-1 : 避雷対策に係る追加対策内容の比較検討.....	3-8
表 3-2 : 各対策案に必要となる概略費用の比較.....	3-9
表 3-3 : バツ・アンパール VTS センター 追加対策 I の基本計画.....	3-13
表 3-4 : タンジュン・ブラキット 追加対策 I の基本計画.....	3-14
表 3-5 : ヒュー・クチール 追加対策 I の基本計画.....	3-15
表 3-6 : タコン・クチール 追加対策基本計画.....	3-16
表 3-7 : バツ・アンパール VTS センター 補修及び追加対策計画及び機材仕様.....	3-22
表 3-8 : タンジュン・ブラキット 補修及び追加対策計画及び機材仕様.....	3-30
表 3-9 : ヒュー・クチール 補修及び追加対策計画及び機材仕様.....	3-40
表 3-10 : タコン・クチール 補修及び追加対策計画及び機材仕様.....	3-49
表 4-1 : 落雷対策（推奨案）サイト別概算費用.....	4-1
表 4-2 : 落雷対策（推奨案）対策別概算費用.....	4-1
表 4-3 : バツ・アンパール VTS センター 落雷対策 概算費用.....	4-1
表 4-4 : タンジュン・ブラキット 落雷対策 概算費用.....	4-2
表 4-5 : ヒュー・クチール 落雷対策 概算費用.....	4-2
表 4-6 : タコン・クチール 落雷対策 概算費用.....	4-3
表 4-7 : 優先度を考慮した対策実施案及びその概略費用.....	4-5
表 4-8 : 落雷対策実施 優先度の検討.....	4-6

写真リスト

写真 2-1 : ヒュー・クチール収納架内の光ケーブルテンションメンバーの溶断状況	2-4
写真 2-2 : バツ・アンパール VTS センター電源切替スイッチ基板の焼損状況	2-5
写真 2-3 : 避雷針の状況	2-6
写真 2-4 : 引下げ導線の状況	2-6
写真 2-5 : ヒュー・クチール鉄塔脚部接地部の状況 (追加設置の部分)	2-7
写真 2-6 : ヒュー・クチールの接地線及び海中接地の敷設現況	2-8
写真 2-7 : 接地抵抗の測定状況	2-8
写真 2-8 : バツ・アンパール VTS センター周辺の鉄塔群	2-15
写真 2-9 : マレーシアの灯台で採用されている ERICO 社製の誘雷針	2-17
写真 2-10 : シンガポール MPA VTS 局 消雷型のアレイシステム (日立製)	2-18

略語集

	略語	日本語	英語/インドネシア語
A	AC	交流	Alternating Current
	AIS	船舶自動識別装置	Automatic Identification System
C	CCTV		Closed-circuit Television
D	DC	直流	Direct Current
	DGST	海運総局	Directorate General of Sea Transportation
G	GMDSS	全地球的海上遭難及び 完全制度	Global Maritime Distress and Safety System
	GPS	全地球測位システム	Global Positioning System
H	HF	短波	High Frequency
I	IALA	国際航路標識協会	International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities
	IDU	屋内装置	In-door Unit
	IEC	国際電気標準会議	International Electrotechnical Commission
	IMO	国際海事機関	International Maritime Organization
J	JIS	日本工業規格	Japanese Industrial Standards
L	LAN	ラン (ローカルエリア ネットワーク)	Local Area Network
	LCD	液晶ディスプレイ	Liquid Crystal Display
	LED	発光ダイオード	Light Emitting Diode
M	MCCB	配線用遮断機	Molded Case Circuit Breaker
	MEH	海上電子ハイウェイ	Marine Electric Highway
	MPA	港湾局	Maritime Port Authority
	MPU	マイクロプロセッサ	Micro-Processing Unit
P	PDB	電源盤	Power Distribution Board
	PPS	1 パルス/秒 (時間基準信号)	Puls per Second
	PLN	インドネシア 国有電力会社	PT. Perusahaan Listrik Indonesia
S	SPD	避雷器	Surge Protective Device
T	TSS	分離通航方式	Traffic Separation Scheme
	TTEG	沿岸三ヶ国 技術専門家会合	Tripartite Technical Expert Group
U	UPS	無停電電源装置	Uninterruptible Power Supply
V	VHF	超短波	Very High Frequency
	VTS	船舶交通業務	Vessel Traffic Service

第1章 調査の背景及び目的

1-1 調査の背景・目的

マラッカ海峡及びシンガポール海峡（以下「マ・シ海峡」）における船舶の航行安全に供するため、2009年度に無償資金協力「マラッカ海峡及びシンガポール海峡船舶航行安全システム向上計画」が実施された。当該案件により、インドネシア（以下「イ」国）に、海峡等を航行する船舶動静の監視を目的とした本格的な船舶航行安全（Vessel Traffic Service：VTS）システムが初めて導入された。当該案件の本体事業は、事業化調査により2期に分割して実施するものとして整理され、その第1期事業は、2011年3月に完工し、4つのセンサー局が整備され、運用が開始されている。

しかしながら、「イ」国周辺海域では落雷が多く発生しており、当該案件の第1期事業で整備された4つのセンサー局のうち3局が落雷で被災し、主要機器に異常が発生した。落雷後、実施機関である運輸省海運総局（Directorate General of Sea Transportation：DGST）は独自調査及び復旧等を試みるも機能回復には至っておらず、現在もレーダーシステム等が一部稼働しない状況となっている。

国際協力機構（以下「JICA」）は上述の無償資金協力事業の他、技術協力等により、「イ」国運輸省海運総局（DGST）に対するVTSシステム整備の支援を行っており、長期専門家派遣や無償資金協力のソフトコンポーネントによりVTSシステムの運用能力向上に向けた支援を通じて一定の成果を上げている。しかしながら、2011年11月に開催された日・ASEAN首脳会議の共同声明に、海上の安全保障の重要性が盛り込まれている等、「イ」国をはじめとしたASEAN地域での海上安全・海上保安分野の重要性は高まっていること等を踏まえると、海運総局の更なるVTS運用能力・体制強化は大きな課題と言える。

以上の背景のもと、無償資金協力第1期事業で整備されたVTSシステムの正常化は、プロジェクトの効果発現及び、同海峡での船舶航行安全の確保上必要不可欠な要素であることから、今般、当該VTSシステムの正常動作への復旧及び、必要な追加的雷対策についての調査の実施に至ったものである。

本調査は、無償資金協力「マラッカ海峡及びシンガポール海峡船舶航行安全システム向上計画」の第1期事業（以下「マ・シ海峡VTS第1期事業」または、「第1期事業」）で整備されたVTSシステムについて、避雷対策の現状、落雷による機器の被害／損傷状況、稼働状況及びVTS運用状況を調査し、故障機器の特定、考えられる被災原因を明らかにし、修理方法及び落雷対策を提案することを目的としている。

1-2 調査対象範囲

1-2-1 調査地点

落雷被害にあったセンサー局 3 局（ヒュー・クチール、タコン・クチール、タンジュン・ブラキット）及び調査開始時点では被害が確認されていなかったバツ・アンパール局の 4 箇所を対象として調査した。調査地点は、図 1-1 に示す。

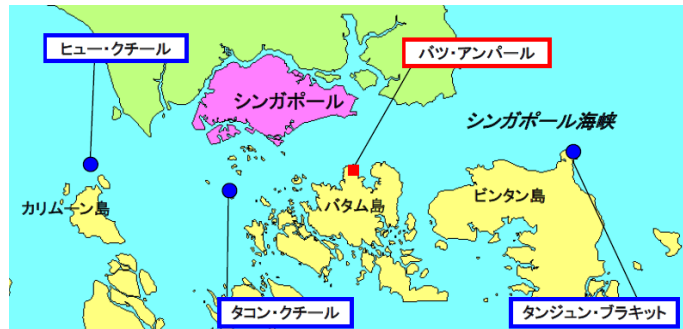


図 1-1：調査対象範囲

1-2-2 調査対象及び範囲

VTS システムの損傷、稼働及び運用状況、現状の落雷対策にかかる調査、自然条件（地理、気象等）、落雷頻度、サイト周辺施設の落雷被害の発生状況及び対策情報の収集、落雷事故時に補償される災害保険に係る関連情報の収集、を対象として調査を実施した。

1-3 対象サイトの現状と課題

(1) 全般的傾向

VTS 機器は、落雷による被害に加え、経時変化による微調整が必要な定期点検等が実施されていない等の落雷以外の原因と考えられる要因により、正常な運用状態にはなかった。しかしながら、バツ・アンパール VTS センターを含む各センサー局においては、施設及び機器等が放置されている様子はなく、限定的な運用、清掃等は実施されており、必要な修復等を加えることにより VTS システムの復旧・運用再開は十分可能であるものと判断された。

バツ・アンパール VTS センターを含む各センサー局での落雷被害状況の詳細については、2-1-1 で記述するが概ね下記の通りであった。

(2) バツ・アンパール VTS センター

調査開始直前の 11 月下旬に落雷が発生し、被害を受けたことが現地調査で明らかとなった。落雷により、通常電源と非常電源を自動的に切替える制御基板が被害を受け自動切替ができなくなるなどの被害が発生していた。一方で VTS 関連機器には被害は生じていない。

バツ・アンパールの機器の補修は、当初要請には含まれていなかったが、実施機関より今回の調査対象として欲しい旨の要請を受けた。

(3) タンジュン・ブラキット

落雷により、レーダーシステム、AIS 基地局装置、気象観測システム及び空調設備が被害を受けていた。

(4) ヒュー・クチール

落雷により、レーダーシステム、AIS 基地局装置、気象観測システム、UPS 装置、多重

無線装置、空調設備、航空障害灯及び揚油ポンプ設備が被害を受けていた。また、機器室内のルーター等が設置されている収納架に放電の痕跡が認められた。

(5) タコン・クチール

落雷により、レーダーシステム、CCTV カメラ及び空調設備が被害を受けていた。

1-4 他ドナーとの関連

落雷対策とは直接の関連はないが、本調査を通じて下記の最新状況が明らかとなった。

(1) 海上電子ハイウェイ (MEH) プロジェクトとの関連

バツ・アンパール VTS センターと同一構内に建設されているバツ・アンパール沿岸無線局の局舎を改装して、海上電子ハイウェイ構想に基づく MEH プロジェクトの事務所が設置され、潮位、潮流、気温等の海象・気象情報、AIS による情報等の航行支援情報をウェブ経由で利用者に配信しており、運用の初期段階にあった。

(2) DGST の独自予算による機能追加

沿岸無線局の主要な機能である VHF 無線施設が換装され、バツ・アンパール VTS センター3 階に運用卓等の機器が設置され運用されていた。

VTS システムの関連においては、バツ・アンパール VTS センターのサーバーに蓄積されているデータを、インターネット回線を経由してジャカルタの運輸省本省（実施機関庁舎内）に伝送するための改修作業（ルーターの追加等）が実施されていた。

また、タコン・クチール付近の海域の一部に VHF の不感地帯があるとのことで、指向性アンテナとの併用による通信機能の補強を目的として、既設 VHF ラックに受信機 1 台を追加する作業が実施されていた。

その他、VTS システムの機能には直接的な関係はないが、バツ・アンパール VTS センター内及び周辺監視用のカメラの設置、各種什器類の整備及び当直者のための空調設備の追加等が実施されていた。

第2章 現地調査結果

2-1 対象4局の落雷対策調査結果

2-1-1 落雷の発生と被害の状況

(1) 落雷発生日時及び発生時の状況（聞き取り調査）

実施機関、地方航路標識整備事務所及び各サイトにおいて、落雷発生状況について調査を実施したところ、落雷被害に関する体系的な記録はなされていなかったが、関係者への聞き取り調査により、バツ・アンパール VTS センター及び各センサー局における代表的な落雷の発生と被害の状況が下記のとおり明らかとなった。

1) バツ・アンパール VTS センター

落雷発生日時：2012年11月21日 15:00

落雷により、VTS センターの通常電源と非常電源を自動的に切替える制御ユニットが被害を受け、電源の自動切替が機能しなくなった。また、近隣の MEH 事務所及び庭園の照明器具のランプ切れが発生した。

2) タンジュン・ブラキット

落雷発生推定日時：2012年4月26日 13:00

2012年4月26日午後1時ごろ、レーダー・インターフェース部に被害が発生した。雷鳴が響き渡るものすごい音がし、同時に VTS の機能が停止した。

3) タコン・クチール

落雷発生推定日時：2012年3月30日 23:55

3月30日の雷雨の状況は、CCTV カメラで撮影され画像として記録されており、23:00頃からは幾度も雷光が録画されていた。23:55に CCTV カメラの録画機能が停止していたことから、この時間に落雷が発生したものと推測される。

落雷発生推定日時：2012年4月25日 01:00

タコン・クチール灯台の管理者から、4月25日の未明（01:00）に落雷があり、この落雷で、それまで作動していたレーダー・アンテナの回転が停止したという証言を得た。

4) ヒュー・クチール

落雷発生推定日時：2011年5月24日 00:30頃

2011年5月24日の00:30に気象観測センサーの機能が停止していたことから、この時刻に落雷被害が発生したものと推定される。

落雷発生推定日時：2011年6月9日

同日の落雷は数回発生し、落雷時に地面に火花が走ったとの証言もある。また、当日、発電機室より灯台管理者の官舎へ電力供給がなされており、雷鳴を確認した直後にコンセ

ントを抜いたが、落雷による被害状況を確認した結果、コンセントが焦げていたとの証言があった。さらに管理者の官舎内のテレビ、電灯が丸焦げになる等の被害も発生したとのことであった。

落雷発生推定日時：2011年6月15日 未明

夜半の発生で詳細は不明である。

(2) 落雷被害の全体的傾向

落雷による被害は、バツ・アンパール VTS センターを除く 3 局のセンサー局で類似した傾向を示しており、代表的な例として、センサー局の主要装置であるレーダーシステムの被害が 3 局とも類似した状況を呈していた。具体的には、① 鉄塔上部のレーダーアンテナの回転停止、② 機器室内に設置されているレーダー送受信機現用・予備 2 台の動作停止、③ ターミナルボックス内の基板不良、④ レーダーシグナルプロセッサ (RSP) の停止等の被害が発生していた。

レーダーシステムは、アンテナ、レーダー送受信機、プロセッサ等のコンポーネント相互でデータ通信を行ってその機能を発揮するように設計されているが、このデータ通信を制御するレーダー・インターフェース部の一部回路が落雷により被害を受け、上述のとおり機能停止状態に陥ったものである。

上記レーダーシステムのほか各センサー局における機器の主な被害状況は表 2-1 のとおりであった。

(3) 各機器の被害状況の概要

1) レーダーシステム

レーダーアンテナの動作データを送信する回路基板の被害によりアンテナの回転が停止している。送受信機本体には外観上の被害は見られないが、本体を制御する基板の不良及びレーダーシグナルプロセッサ内部のレーダーインターフェース部の MPU 回路基板に明らかに被害が発生しており、これに起因してレーダーシステム全体が停止している。このことから、アンテナ内の ANT-OPT TX (アンテナ光信号送信機)、ターミナルボックス内の ANT-OPT RX (アンテナ光信号受信機)、送受信機内の T/R CONT ユニット (レーダー送・受信制御ユニット) についても被害が発生している。

また、各サイトとも、パフォーマンス・モニターの内部基板に素子破損箇所が見られた。

レーダー・インターフェース部を介してレーダーシステム内の各コンポーネント間で送受信される動作監視制御データの通信不良によりシステム全体が停止しているため、これらコンポーネントに、雷サージにより被害が及んでいる。

2) AIS 基地局装置

AIS 基地局装置は、ヒュー・クチール及びタコン・クチールにそれぞれ 2 台設置されているが、ヒュー・クチールでは No.1 装置に、タコン・クチールでは No.1 及び No.2 装置の双方において、PPS (時刻信号) 受信エラーが発生していた。調査の結果、この受信エラーは、鉄塔中段に設置された GPS アンテナ内蔵の受信機が落雷により被害を受けたことによ

るものであった。

表 2-1 : 各センサー局の主な落雷被害状況

機器名称	センサー局名 (— は装備されていないことを示す)		
	ヒュー・クチール	タコン・クチール	タンジュン・ブラキット
1. レーダーシステム			
1.1 レーダーアンテナ	回転停止	同左	同左
1.2 パフォーマンスモニター	回路基板の焼損	同左	同左
1.3 レーダー送受信機	動作停止	同左	同左
1.4 ターミナルボックス	信号出力なし	同左	同左
1.5 レーダーシグナルプロセッサ (RSP)	コンポーネント間のデータ通信停止	同左	同左
2. AIS 基地局装置	No.1 PPS 停止	——	No.1, 2 共 PPS 停止
3. VHF 船舶無線システム	正常動作中	——	正常動作中
4. 気象観測システム			
4.1 データロガー	LCD 表示不良	——	LCD 表示不良
4.2 気圧計本体	動作不良	——	LCD 表示は良好
5. CCTV カメラ(本体、雲台)	——	動作停止中	——
6. 収納架内放電痕	放電痕あり	痕跡見当たらず	痕跡見当たらず
7. UPS 装置(警報表示)	異音発生 (リレー)	正常動作中	リセットにより復旧
8. 多重無線装置	発振音発生中	正常動作中	正常動作中
9. 空調設備	No1 冷房運転不可	No2 電源投入不可	No1 冷房運転不可
10. 航空障害灯	電源投入不可	異常なし	異常なし
11. 揚油ポンプ設備	ポンプ電源被害	異常なし	——

3) VHF 船舶無線システム

本システムが設置されているサイトは、ヒュー・クチール及びタンジュン・ブラキットの2局であるが、両局とも正常に動作しており落雷による異常は見られなかった。

4) 気象観測システム

本システムが設置されているサイトは、ヒュー・クチール及びタンジュン・ブラキットの2局であるが、装置前面の LCD パネルの表示不良 (コントラスト不良) 及びネットワーク通信に異常が認められた。

また、ヒュー・クチールにおいては、装置内に収納されている気圧計本体の動作不良 (表示なし) が認められた。

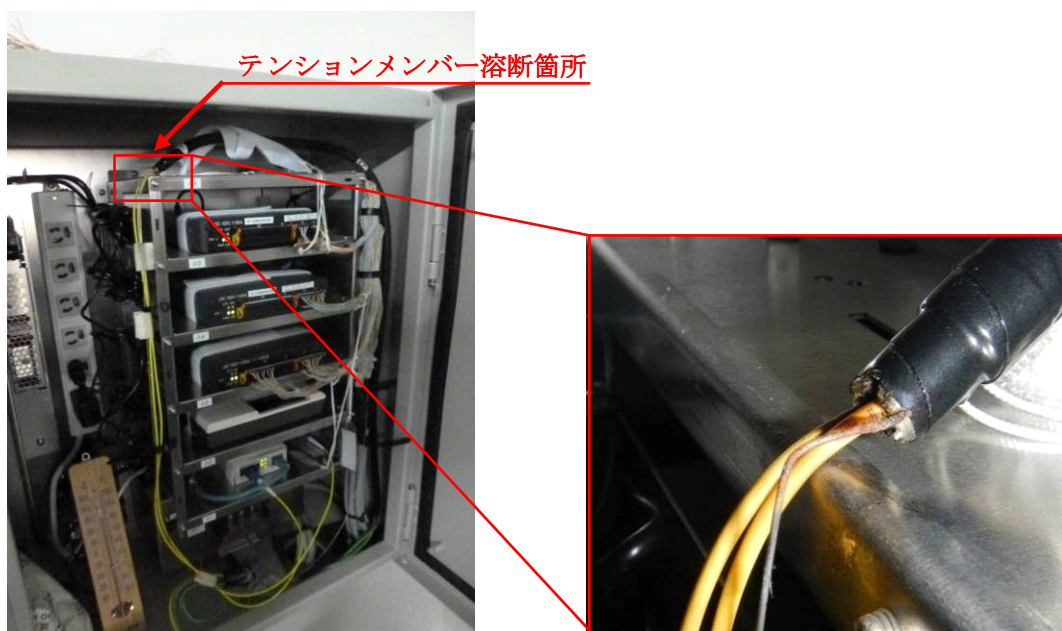
5) CCTV カメラ

タコン・クチールにおいて、カメラインターフェース前面の LED ランプが非点灯の状態

にあり、カメラ映像が表示されず雲台が回転できない状況にあることから、落雷により雷サージが波及し、CCTV カメラ本体、雲台及びウェブ・エンコーダーに障害が発生している。

6) 収納架内放電

ヒュー・クチールにおいて、機器室の収納架と発電機棟間を結ぶ光ケーブル内のテンションメンバーが溶断しており、ケーブル取付板や光ケーブルに隣接して敷設されている LAN ケーブルへのスパークの痕跡が見られた。調査の結果より、これらのスパーク痕は、鉄塔への落雷により機器室収納架と発電機棟間に敷設されている光ケーブルのテンションメンバーに雷サージが侵入したことによると考えられる。これらの状況を写真 2-1 に示す。



(1) ヒュー・クチール収納架

(2) 光ケーブル テンションメンバー溶断

写真 2-1: ヒュー・クチール収納架内の光ケーブル テンションメンバーの溶断状況

7) UPS 装置

タンジュン・ブラキットでは、インバータ停止、電圧低下、過電流を示すアラームが点灯していたが、インバータ電源の再投入により復旧した。

ヒュー・クチールでは、UPS 制御基板上的リード・リレーが ON-OFF を 0.5 秒程度の周期で繰り返す状態が続いていた。本現象は、雷サージにより基板上的リレーに発生した障害に起因すると考えられる。また、今回の現地調査では確認できなかったが、ヒュー・クチール灯台の管理者から、落雷発生時に本来は考えられないバッテリー回路の MCCB がトリップするという報告があった。

なお、タコン・クチールの UPS 装置は、正常に動作しており落雷による被害は見られなかった。

8) 多重無線装置

ヒュー・クチールの IDU から発振音（電子音アラーム）が発生していた。バツ・アンパール VTS センターからの動作試験によりデータ伝送は正常に動作していることを確認し、伝送系を除く部分に被害が発生していることを確認した。その他の局は正常動作しており、異常は認められなかった。

9) 空調設備

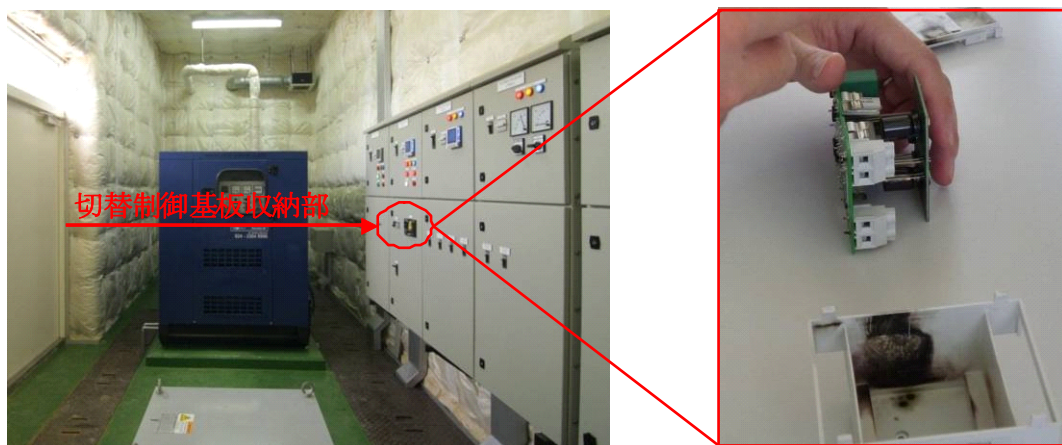
各センサー局の局舎内に設置された 2 台の空調設備のうち 1 台のみ電源投入ができない状況となっている。

10) 航空障害灯

ヒュー・クチールにおいて点灯不能の状態となっている。スイッチ（MCCB）の被害により電源投入が不可能であるため、航空障害灯の電源系統に雷サージが発生したことで、航空障害灯全体に被害が及んでいる。他のサイトでは異常は認められなかった。

(4) バツ・アンパール VTS センターでの被害

11 月下旬の落雷による被害は電源系に集中しており、電源切替スイッチ内に収納されている通常電源と非常電源を自動的に切替える制御基板に被害が発生していた。この状況を写真 2-2 に示す。その一方で、レーダーシステム及びその他の無線設備等への被害は見られなかった。



(1) VTS センター電源切替スイッチ

(2) 焼損した切替制御基板

写真 2-2: バツ・アンパール VTS センター電源切替スイッチ基板の焼損状況

2-1-2 既存施設の避雷対策の現状

(1) 避雷針

バツ・アンパール VTS センター及び各センサー局の受雷システムは、JIS A4201 (1992 年) に準拠し保護角を 60 度として、鉄塔上部に写真 2-3 (バツ・アンパール VTS センターの例) のとおり、避雷針 1 基が設計どおり設置されていることを確認した。また、各センサー局も同様な状況であったが、写真 2-3 (3) のとおり避雷針先端部に焼損、変形等が見られ、直撃雷が何度かあったものと推測された。



(1) 避雷針全景

(2) 避雷針

(3) 避雷針先端部

写真 2-3 : 避雷針の状況

(2) 引下げ導線及びターミナル

バツ・アンパール VTS センター及び各センサー局とも鉄塔頂部踊場に設置された避雷針から、1 本の引下げ導線が鉄塔基礎部までおろされている。鉄塔脚部の接地は 4 脚のうち対角 2 か所で行われており、センサー局の例で示すと写真 2-4 のとおり、そのうちの 1 か所が鉄塔用接地極とボンディングされている。



(1) ヒュー・チール 引下げ導線

(2) タンジュン・ブラケット 引下げ導線

写真 2-4 : 引下げ導線の状況

ヒュー・クチールにおいては、2011年5月の被雷以降、実施機関において試行的に対策がとられた模様で、写真2-5のとおり鉄塔脚部の接地が2か所追加され、鉄塔脚4か所すべてからとられていた。



(1) 鉄塔脚部接地（追加）



(2) 鉄塔脚部接地（追加）

写真 2-5：ヒュー・クチール鉄塔脚部接地部の状況（追加設置の部分）

(3) 接地システム

1) 状況

バツ・アンパール VTS センターも同様であるが、各センサー局とも外部から局舎内に引き込まれているレーダー導波管、制御ケーブル類は、局舎内の機器接地線と連結された構造となっている。更にこの機器接地は、屋外において鉄塔、発電機棟、センサー局舎の各接地システムと連結されている。

また、ヒュー・クチールは、施設周辺の地盤の殆どが岩盤であることから、発電機棟、センサー局舎及び鉄塔廻りに接地用導線を環状に敷設したうえで、土中埋設が不可能な場所は、写真2-6 (1)、(2) のとおり導電性コンクリートで保護されている。

さらに接地極等は、複数の導線で連結され、導線の終端は海岸近くの岩盤上に堆積した土砂部まで延して敷設され、建設当初の接地抵抗値の測定結果は、JIS A4201 (1992年) による基準値 (10Ω以下、本工事の要求仕様5Ω以下) を満足する2.8Ωが確保されていたとのことであった。

その後、2011年5月の落雷による被害を受けた後に、実施機関により試行的に採られた対策により、鉄塔脚部4本の接地（既存2本、追加2本）及び写真2-6 (3) のとおり接地導線の先端を海中まで延ばして、海中接地が施されていた。



(1) 接地線保護状況 (2) 接地線保護状況 (3) 海中接地（仮設）の状況

写真 2-6：ヒュー・クチールの接地線及び海中接地の敷設現況

2) 接地抵抗値

バツ・アンパール VTS センター及び各センサー局において、写真 2-7 のとおり、接地システム全体の接地抵抗を測定した。その結果は表 2-2 に示すとおりである。



(1) 接地抵抗計



(2) 打込アース棒

写真 2-7：接地抵抗の測定状況

表 2-2：各サイトの接地抵抗

サイト名	バツ・アンパール	タジユン・ブラキト	ヒュー・クチール	タコン・クチール
接地抵抗 (Ω)	2.30	4.20	0.26	0.54

接地抵抗は、JIS A4201（1992年）の基準上は 10Ω 以下で、本施設建設時の要求仕様では 5Ω 以下とすることが求められていたが、全てのサイトでこれらを満足していた。

接地システムの地中敷設部分については、竣工図面（AS-Build）及び接地抵抗の測定値から想定すると、図面どおり敷設されているものと思われる。

3) 大地抵抗率

前項の接地抵抗値の測定と同時にウェンナーの四電極法によって大地抵抗率を測定した。

バツ・アンパール VTS センター、タンジュン・ブラキット及びタコン・クチールにおける大地抵抗率の測定結果は、表 2-3、表 2-4 及び表 2-5 に示すとおりで、いずれのサイトも海岸に隣接して建設されていることから、比較的良好な値であった。

なお、ヒュー・クチールは、サイトの建設場所が非常に狭隘な小島で、かつ、地盤の殆どが岩盤で構成されており、大地抵抗率が適正に測定できる場所が確保できない状況であったことから測定不能であった。

表 2-3 : 大地抵抗率測定記録 (バツ・アンパール VTS センター)

測定日	2012年12月9日		測定者氏名	伊藤、山藤	
測定場所	バツアン・パール局		天候	晴れ	
測定方法	Wennerの4電極法	測定器	横河電機製作所 TYPE-3244		
電極間隔 a(m)	G点(アース)からの距離		抵抗値 R(Ω)	大地抵抗率 $\rho(\Omega \cdot m) = 2\pi aR$	備考
	P 極	C 極			
0.5	0.25	0.75	44	138.2	
1	0.5	1.5	37	232.5	
2	1	3	33	414.7	
3	1.5	4.5	17.8	335.5	
5	2.5	7.5	10.9	342.4	
7	3.5	10.5	7.6	334.3	
10	5	15	5	314.2	
15	7.5	22.5	2.5	235.6	
20	10	30	1.62	203.6	
30	15	45	-	-	
40	20	60	-	-	
50	25	75	-	-	
60	30	90	-	-	
70	35	105	-	-	
80	40	120	-	-	
90	45	135	-	-	
100	50	150	-	-	

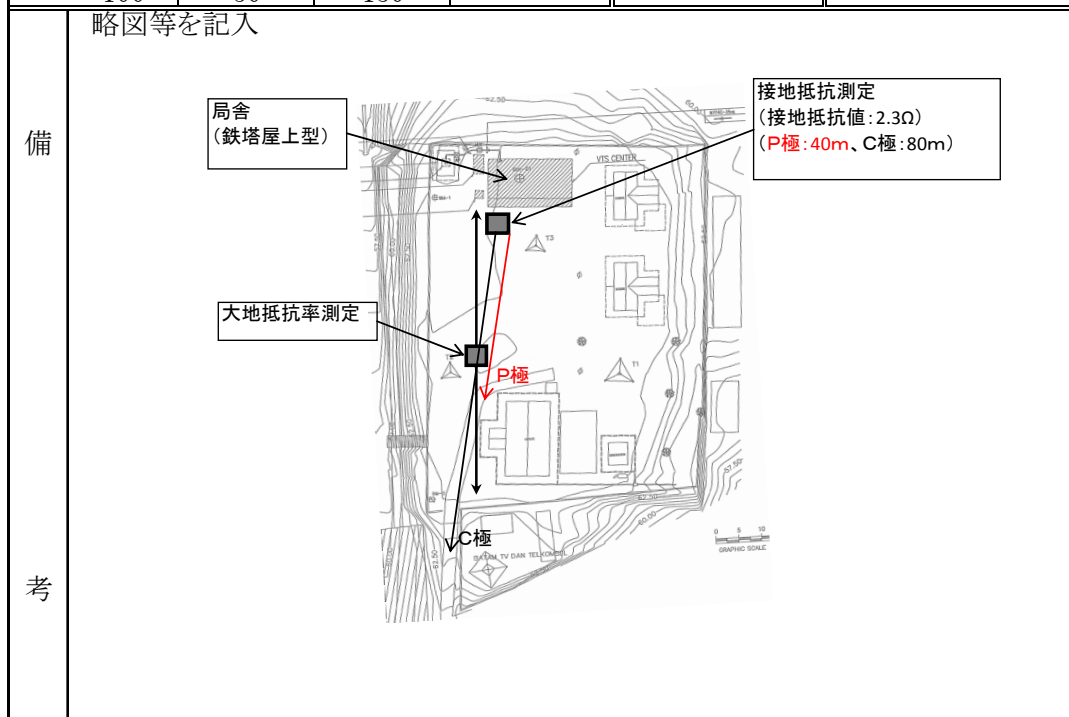


表 2-4 : 大地抵抗率測定記録 (タンジュン・ブラキット)

測定日	2012年12月8日		測定者氏名	伊藤、山藤	
測定場所	タンジュン・ブラキット局		天候	晴れ	
測定方法	Wennerの4電極法	測定器	横河電機製作所 TYPE-3244		
電極間隔	G点(アース)からの距離		抵抗値 R(Ω)	大地抵抗率 $\rho(\Omega \cdot m) = 2\pi aR$	備考
a(m)	P 極	C 極			
0.5	0.25	0.75	70	219.9	
1	0.5	1.5	39	245.0	
2	1	3	17.9	224.9	
3	1.5	4.5	10.5	197.9	
5	2.5	7.5	6.4	201.1	
7	3.5	10.5	5.2	228.7	
10	5	15	4.3	270.2	
15	7.5	22.5	3.3	311.0	
20	10	30	3	377.0	
30	15	45	2.24	422.2	
40	20	60	-	-	
50	25	75	-	-	
60	30	90	-	-	
70	35	105	-	-	
80	40	120	-	-	
90	45	135	-	-	
100	50	150	-	-	

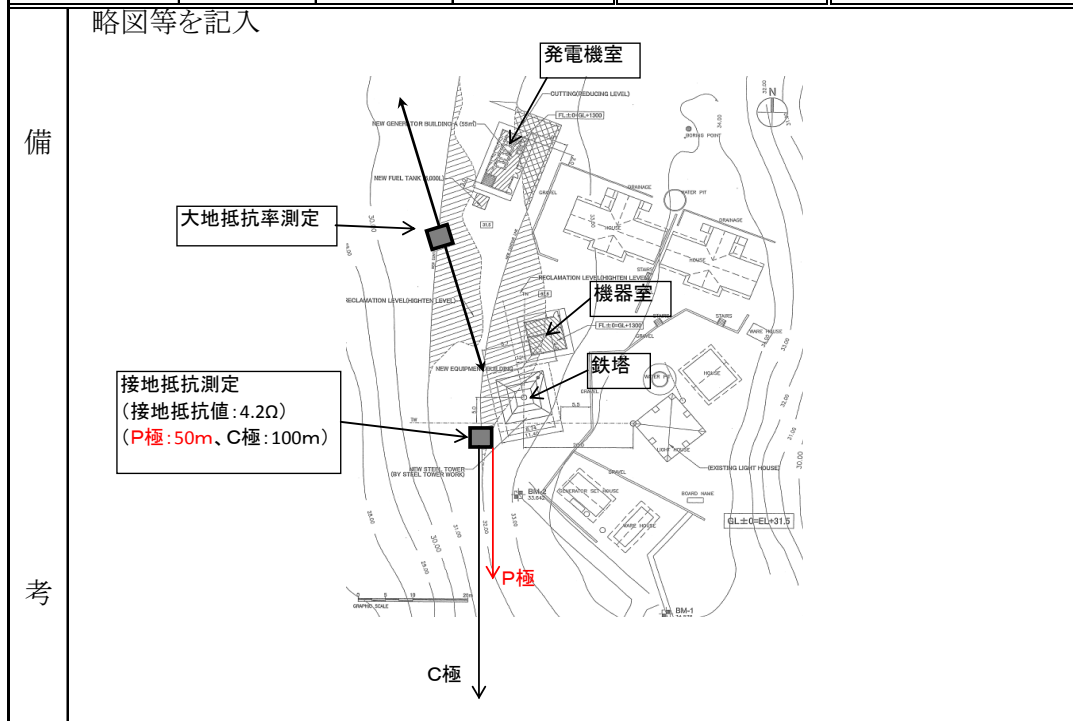


表 2-5 : 大地抵抗率測定記録 (タコン・クチール)

測定日	2012年12月12日		測定者氏名	伊藤、山藤	
測定場所	タコン・クチール局		天候	晴れ	
測定方法	Wennerの4電極法	測定器	横河電機製作所 TYPE-3244		
電極間隔 a(m)	G点(アース)からの距離		抵抗値 R(Ω)	大地抵抗率 $\rho(\Omega \cdot m) = 2\pi aR$	備考
	P 極	C 極			
0.5	0.25	0.75	127	399.0	
1	0.5	1.5	55	345.6	
2	1	3	16	201.1	
3	1.5	4.5	9.2	173.4	
5	2.5	7.5	3.7	116.2	
7	3.5	10.5	1.69	74.3	
10	5	15	0.62	39.0	
15	7.5	22.5	0.26	24.5	
20	10	30	0.18	22.6	
30	15	45	-		
40	20	60	-		
50	25	75	-		
60	30	90	-		
70	35	105	-		
80	40	120	-		
90	45	135	-		
100	50	150	-		
備考	略図等を記入				
	<p>発電機室</p> <p>鉄塔</p> <p>機器室</p> <p>P極</p> <p>C極</p> <p>大地抵抗率測定</p> <p>接地抵抗測定 (接地抵抗値:0.54Ω) (P極:50m、C極:100m)</p>				

(4) 機器側の避雷対策

機器側の避雷対策としては、下記の対策が取られていることを確認した。

1) 避雷器 (SPD) の設置

システム上必要と判断された箇所に避雷器 (SPD) が設置され、雷害に備えられていた。

2) 耐雷トランスの設置

レーダーシステムは、送受信機がセンサー局舎内機械室に、レーダーアンテナが鉄塔上部踊場に設置され、この間を電源系、制御系の各種ケーブルで接続しているが、鉄塔に直撃雷があった場合の避雷対策として、機器室から鉄塔上部のアンテナ回転駆動部のモータ駆動 (AC220V, 50/60Hz, 3 相) 用電源ケーブルに雷サージが侵入し、センサー局舎内設備への被害を防止するために“耐雷トランス”が設置されていた。

3) 光ケーブルの採用

落雷時にメタルケーブルからの雷サージの侵入を阻止するため、発電機棟からセンサー局舎間の信号ケーブル類に、また、センサー局舎から鉄塔上に設置されている設備間のケーブル類の一部には、一般的なメタルケーブルでなく光ケーブルが採用されていた。

2-1-3 各サイトでの考えられる被災原因

以上の調査より明らかとなった被害状況から、被災の原因はバツ・アンパール VTS センターと、その他のセンサー局で異なっており、それぞれ、下記の通りであると考えられる。

(1) バツ・アンパール VTS センター

バツ・アンパール VTS センターでは、鉄塔上部の避雷針に直撃雷の痕跡が認められたものの、被害は電源系に集中しており、レーダーシステム及び無線機器等への被害は見られなかった。このことから、被害の原因は、避雷針や鉄塔への直撃雷に起因するものとは考えにくく、バツ・アンパール VTS センター近傍の送電線等への落雷による雷サージが、既存の電源システムを通じて侵入した誘導雷によるものと考えられる。

(2) タンジュン・ブラキット、ヒュー・クチール及びタコン・クチール

これらのサイトでは、鉄塔上部のレーダーアンテナ回転駆動部内の基板及び VTS 機器等も被害を受けている状況から勘案して、鉄塔上部の避雷針や鉄塔そのものに直撃雷があったものと推測される。センサー局舎機械室内の VTS 機器等の被害は、鉄塔上部に設置されたレーダーアンテナからセンサー局舎へ引き込まれている導波管、アンテナ及びパフォーマンス・モニター等の制御ケーブル等からセンサー局舎内に侵入した雷サージにより被害が発生したものと考えられる。

鉄塔上部に設置されたレーダースキャナー、気象観測装置、CCTV カメラなどの機器類が直撃雷を受けた痕跡はない。このことから、これらの機器類は、鉄塔上部に設置された避雷針により、直撃雷から保護されたものと評価できる。

2-2 サイト周辺の落雷被害発生状況・対策等

2-2-1 サイト近隣の沿岸無線局等での落雷被害の状況と対策

実施機関及びサイト近隣の沿岸無線局等においては、明示的な記録、報告等は整理されておらず統計的な情報は得られなかった。実施機関等での関係者への聞き取り調査によれば、場所により異なるが月2～3回程度の落雷が発生している模様である。

実施機関等での聞き取り調査により得られた情報の要旨は次のとおりであった。

(1) 実施機関：DGST 職員

- 1) 雨季は、通常11月から2月であるが、年によっては10月から4月まで続くことがある。雨季には、朝昼を問わず毎日のように雷が鳴っている。
- 2) 雷による被害は、VTSにとどまらず通信所、灯台、灯浮標にも及んでいる。
- 3) クパン（ティモール島）のGMDSS局では2012年5月にTV、電話が落雷による被害を受けた。
- 4) 2012年9月には、バタムの通信所で落雷によるインターネット回線の障害が発生した。
- 5) 現場から落雷による障害発生が報告があがれば、障害部品等はその都度調達しているが、雷対策のための予算化は特に行っていない。
- 6) 落雷被害の修理等に係る技術者研修及び被害が想定される機器の予備品の確保は必要と考えている。

(2) バツ・アンパール沿岸無線局：職員

- 1) 雨季は、11月から4月で、この間、雷は毎日のように発生している。
- 2) 雷の発生日数は、年間120日から130日程度である。
- 3) 過去の被害例として、テレビの焼損、インターネットラインの焼け焦げ等があった。無線局の関連施設への被害としては、HF帯T型アンテナへの落雷があり、これにより現在鉄塔3基は使用していない。同様の例として、無線局北側の携帯電話用の鉄塔にも落雷があり、落雷後は使用されていない模様である。

(3) タンジュン・ピナン地方航路標識整備事務所 運用担当事務所

- 1) 11月下旬に、バツ・アンパールVTSセンターのUPS、燃料タンクセンサーが雷の被害を受けた。
- 2) 管内の灯台や灯浮標も落雷による被害を受けており、被災の都度、被害部品の交換修復を行っている。
- 3) 落雷被害の補修費用は地方予算で対応するが、落雷のための事前措置は取っていない。

(4) タンジュン・ブラキットセンサー局 灯台管理職員

- 1) 雨が降れば必ずと言っていいほど雷が発生しており、雨季には月に 2～3 回程度の落雷がある。
- 2) 灯台等は、今のところ雷による被害は受けていない。近傍の施設への落雷被害については把握していない。
- 3) 2012 年 4 月 25 日の午後 1 時頃、雷鳴が響き渡る中、衝撃的な落雷音が発生し、同時に VTS が停止した。

(5) ヒュー・クチールセンサー局：灯台管理職員

- 1) 雨季にはほぼ毎日雷が発生し、月に 1～2 回、灯台、発電機棟、ヤシの木に落雷がある。
- 2) 落雷の状況は VTS システムができる前と変わっていない。
- 3) 雷の発生源である雷雲の高さは低く、灯台や VTS 鉄塔、時には島全体を覆い、稲妻の中にいるような感じである。
- 4) VTS 鉄塔への落雷は、VTS ができる前とは異なり今までに聞いたことがないような衝撃音であった。

2-2-2 周辺施設の落雷被害発生状況・対策等

バタム島内の民間会社、長年にわたり、マラッカ・シンガポール海峡の航路標識の保守を実施している公益財団法人マラッカ海峡協議会及び、シンガポール国の VTS 運用機関 (MPA) に対し、落雷被害の発生状況や対策等に関する聞き取り調査を実施した。結果は以下のとおりであった。

(1) 現地民間会社所有の鉄塔 (アンテナ) への落雷状況と対策 (バタム TV 社)

バツ・アンパール VTS センターの近隣に各種アンテナが取り付けられた鉄塔が数本設置されているが、これらの中に、バタム TV 社が保有する 2 本の鉄塔が存在する。鉄塔高は、それぞれ地上から 70m 及び 80m であり、所有者はバタム TV 社であるが、Media Link、ANTV、TV1 等のテレビ局他社及び、Telekomsel 社、Smart Frennd 社等の電話会社が、同鉄塔を利用しているとのことであった。



(1) : VTS センター近傍の民間のアンテナ群 (2) : 隣接するアンテナ群

写真 2-8 : バツ・アンパール VTS センター周辺の鉄塔群
(センターの鉄塔頂部から望む)

同施設に常駐する管理者への聞き取り調査により、下記の情報が得られた。

- 1) バタム TV 社はローカル放送用鉄塔（高さ 70m）、インターネット・携帯電話用鉄塔を設置している。
- 2) 落雷被害が多いので、雷雲が接近した場合には、バタム TV の放送電源をマニュアルで遮断し送信を停止することにより被害を防いでいる。放送停止時間は通常 2 時間程度で、雨季には月 6 回程度実施している。
- 3) 過去の被害例として、2009 年に電力受電ボックスに落雷し、落雷の衝撃でボックスが約 5m 吹き飛ばされた。
- 4) 放送用機器のプリント基板等にも、月 3～4 回程度の落雷被害が発生しており、その都度、予備品と交換し復旧している。

(2) 公益財団法人マラッカ海峡協議会（Malacca Strait Council）へのヒアリング調査

船舶の航行安全を増進するために、マラッカ・シンガポール海峡及びその他必要な海域における航路整備の促進を図ることを目的として、公益財団法人マラッカ海峡協議会が 1969 年に設立されている。同協議会は、上記目的に供するため、長年に亘りマラッカ・シンガポール海峡に設置されている灯台及び灯浮標等の保守を行っていることから、その経験を通じ、同地域での落雷被害の状況等について、多くの知見を有していると考えられたことから、同協議会への聞き取り調査を実施することとした。同協議会の業務課長への聞き取り調査により、下記の情報が得られた。

- 1) ヒュー・クチール灯台を始め、マラッカ・シンガポール海峡に点在する灯台等は、年に 1～2 回程度の落雷被害を受けており、雷の発生が多い年はそれ以上の時もあった。
- 2) 感覚的ではあるが、灯台に隣接して VTS の鉄塔が建設されたところは、灯台への落雷事故が少なくなった気がする。
- 3) 落雷被害の例として、電源系のブレーカー及び発動発電機の電圧レギュレータのコンデンサの焼損、LED 灯器の制御器が被害を受けたことがある。
- 4) インドネシア側灯台は、発動発電機で給電する構成となっているが、現在、灯浮標等はすべて LED 灯器及び太陽電池の組合せに換装されている。
- 5) 陸上の灯台に被害があった場合は、12V 蓄電池と非常灯の組合せにより灯火は維持できる体制になっている。
- 6) 予備品の調達は、本庁（ジャカルタ）で行っている。簡単な部品は、地方の航路標識整備事務所が年間保守予算から調達する場合もある。
- 7) マレーシアでは、過去に、浮体式灯標で落雷した事例がある。
- 8) マレーシアでは、写真 2-9 の ERICO 社製の誘雷針が採用されている。

- 9) マレーシアの VTS は、民間の会社と機能確保型の保守契約が結ばれている。落雷による故障時の修理が含まれているかどうかは不明であるが、基本的に事前保守等で障害を起こさせない体制をとり、万一、障害が発生した場合には、障害の種類により特定時間内に機能を回復させなければならない契約内容となっている。

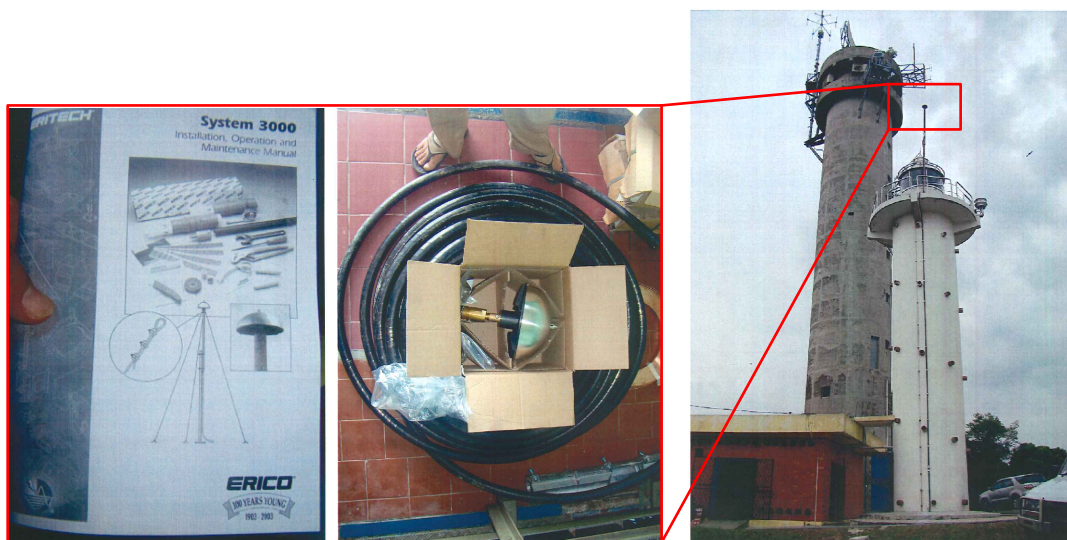


写真 2-9 : マレーシアの灯台で採用されている ERICO 社製の誘雷針

(3) シンガポール VTS 運用機関における落雷被害及び対策

シンガポール港湾局（MPA）の Teo Chee Beng 無線通信課課長補佐ほか 2 名へのインタビューを実施した。その結果、下記の情報を得た。

- 1) MPA では、シンガポール海峡及び港内にレーダ局を整備・運用している。小規模な落雷被害はあるが重大事故は最近発生していない。
- 2) 落雷被害は、電源系、インターネット回線、通信回線等の外部からの回り込みによるものが殆どで、直撃雷による被害は発生していない。
- 3) 毎年定期的に保守及び避雷装置の点検を実施している。
- 4) 落雷対策等を含む保守のための年間予算は確保しているが、落雷対策のみの予算は不明である。
- 5) 雷被害は、誘導雷によるものが殆どであり、電源線等の入口と出口に SPD を設置している。
- 6) 2005 年に消雷型のアレイシステム（日立製）を採用した。その後、直撃雷による被害は発生していない。（本システムについて、ヒュー・クチールなど周りに何も高いものがない場合や、雷雲が低く垂れ込み島全体を覆うような場合に効果があるかを質問したが、明快な解答は得られなかった。）

- 7) 落雷対策には、アレイシステム、メッシュ・アーシング、SPD の組み合わせが重要で、現状で雷被害が最小限に抑えられているのは、今までに種々な対策を採ってきた積み重ねの成果と考えている。
- 8) シンガポールにおける一般的な規則では、接地抵抗は 10Ω 以下となっているが、MPA では 1Ω 以下に抑えている。
- 9) 海中アースは効果が期待できると思われるが、MPA ではまだ採用していない。
- 10) インドネシア国の職員が要望すれば、MPA が採用している雷対策についての説明は何時でも行う用意がある。



写真 2-10 : シンガポール MPA VTS 局 消雷型のアレイシステム (日立製)

2-2-3 サイト周辺の落雷被害発生状況・対策等の調査を踏まえた考察

関係者への聞き取り調査の結果、実施機関による VTS 局に対する落雷への具体的な対策は取られていないことがわかり、これは実施機関における今後の課題であると認識する。一方、航行援助局及び地方航路標識整備事務所が管轄する灯台、灯浮標、ビーコン等への落雷被害はかなり頻発している模様で、落雷被害に限定されているわけではないが、これらの施設の維持管理・運用のために年度予算を確保し、必要なスペアパーツを購入・常備しており、トラブルやクレームに対応してその都度交換しているとのことであった。

聞き取り調査の結果、周辺施設においても、落雷による被害は多発しており、対策の取り方はさまざまであるが、バタム島内の民間会社、マレーシアの VTS、シンガポール港湾局等、それぞれ工夫しつつ、相応の努力が図られていることが明らかとなった。

本調査を通じて明らかとなった、周辺地域での落雷被害の発生状況、想定される年間の雷発生日数、シンガポールで採用されている消雷型アレイシステム、マレーシアの民間委託による維持管理の方法などは、対策案を策定する上での参考とする。

2-3 運営・維持管理体制

2-3-1 維持管理運営の現状と課題

実施機関である DGST の VTS の維持管理・運用体制は整備途上であり、残念ながら十分には整っていない。そのため、今回と同様な落雷被害等のトラブルが発生しても、主体的、包括的な対応はとれず、トラブル発生の都度、機器納入メーカー等へ連絡を入れ、単発的、応急的な対応の依頼をしている実情にある。

実施機関によれば、当該 VTS 機器等の維持管理・運用は、バツ・アンパール沿岸無線局を管轄する、タンジュン・ピナン地方航路標識整備事務所に移管されており、予算要求及び予算措置の主体は同事務所となっている。そのため、DGST は管理運営に対して具体的指示等を出すことはなく、同事務所からの申請や要請のサポートをする立場をとっている。一方で、管理・運営を任されているタンジュン・ピナン地方航路標識整備事務所では、従来からの業務である航行援助施設の維持管理・運営の業務に加えて、VTS 機器の維持管理を、従来的人员で兼務する形となっている。VTS 機器は非常に複雑なものであることから、これらの部分についての体制とスキルは、まだ十分整っているとは言えない状況にある。本調査時点における、4局センサー局の職員数を、本案件事業化調査時点での計画と併せて表 2-6 に示す。

表 2-6：各サイト別人員配置

サイト名	人員数	
	事業化調査時の計画	本調査時点
ヒュー・クチール	3	5
タコン・クチール	3	5
バツ・アンパール	24	12
タンジュン・ブラキット	3	5
合計	33	27

上表によれば、バツ・アンパール以外のサイトでは計画を上回る人数が配置されているが、これらは、灯台の保守点検業務を主たる目的とする要員として、2～3名が現場に常駐している実情にある。

現在、JICA 専門家のアドバイスを踏まえて、増員のための人員募集の準備をしている状況にある。なお、無償資金協力の第 1 期事業で整備された 4 局のセンサー局のうちのヒュー・クチールは、ドマイ地方航路整備事務所の管轄下にあるため、同事務所の管轄区域となるドマイ、タンジュン・メダン、タンジュン・パリットを含んだ第 2 期事業の完成後に本格的に移管する意向であるとして、現在は DGST、タンジュン・ピナン及びドマイ地方航路整備事務所の三者で暫定的な対応がとられている。

実施機関における予算措置制度の実情として、災害、トラブル等により臨時費用が必要となった場合でも、臨時予算、補正予算等の確保は難しく、時間を要し、迅速な対応がとれない模様である。

以上の実情を踏まえると、VTS 機器の定期点検や、スペアパーツ（消耗品）の交換等について

ては、同機器の納入メーカーと維持管理契約等を締結して、年次予算により専門の技術者に委託して実施することが推奨される。また、VTSの運用については、オペレーターの要請と運用体制の確立に向けた、実施機関側の自助努力への支援が必要であると考えられる。

2-4 災害保険

(1) 調査の背景

航行援助局の従来業務である、灯台や浮標等の航行援助施設は、これまでの実績及び経験に基づき、毎年の予算措置を含め、維持管理に必要なスペアパーツ等を購入ストックする体制がほぼ確立しているとのことであるが、VTS機器については、同国での本格運用が初めてであること、導入後間もないこと、機器が複雑であることなどが理由と考えられるが、予算措置を含めた十分な体制は整っていない。

また、今回経験した落雷等の被害により、その対策費用が臨時に必要となっても、予算制度上、迅速な手当てが難しい実情にあることは上述の通りである。

実施機関側の意向及び考え方を踏まえる必要はあるが、現在の技術では、どのような対策を講じても、落雷による被害を100%回避することは不可能であることから、仮に将来、落雷や事故等による被害が発生し、突発的に必要となる補修費用等を、手当と確保が難しい補正予算や追加予算等によらず、災害保険により賄うことが可能であれば、予算措置上は、必要な災害保険料を通常の年次予算で確保して保険料に充当するだけで、災害時に必要な費用を迅速に確保することが可能になると思料する。

以上を踏まえ、上述した考え方に基づいた、災害保険による補修費用の確保が可能であるかどうかの検討に供するため、「イ」国における災害保険の実情について調査した。

(2) 調査方法及び内容

調査は、日本国内において、「イ」国の保険事情に詳しい大手保険会社へのインタビューにより、同国の保険事情の概要を把握することから開始した。その結果、「イ」国でも、火災保険（Fire Insurance）、動産総合保険（All Risks Insurance）等の保険商品及びそれらを扱う保険会社が存在すること、また、VTS機器の落雷被害に対する損害については、保険会社によっては、コンピュータ保険（電子機器保険）（Electronic Equipment Insurance）等への加入が必要になる場合があるなどの概要が明らかとなった。さらに、「イ」国では、国内法により同国国内所在物件の損害保険等の国外付保を禁じており、外資系を含む、同国国内社等、「イ」国で営業免許を取得している保険会社からの付保が条件になることが明らかとなった。

以上を踏まえ、実施機関が加入できるものであることを前提として、「イ」国内の現地保険会社をリストアップのうえ、メール、電話等によるインタビューを中心に実施した。目的に合致しそうな保険商品がある場合には、さらに詳細を尋ね、必要に応じ保険会社を訪問した。本調査は、専任の現地スタッフを雇用して実施するとともに、主として「イ」国内の日系企業を対象とした火災保険等を扱っている保険会社に対しては、調査団員が出向き、聞き取り調査を実施した。

各保険会社へは、下記内容を問い合わせた。

- 保護対象 : VTS システム (マラッカ海峡及びシンガポール海峡を航行する船舶のモニター用)
- 場所 : バツ・アンパール、ヒュー・クチール、タコン・クチール及び、タンジュン・ブラキット
- 施設所有者 : 「イ」国 運輸省 海運総局
- 資産価値 : 1) VTS 機器 約 400 億ルピア (約 4 億円)
2) 建築施設 約 400 億ルピア (約 4 億円)
- 目的 : VTS 機器及び建築施設の落雷被害の保護。落雷により機器及び施設が被害を受けた場合の補修費用を保険により賄う。

(3) 調査保険会社及び回答

問い合わせを実施した保険会社及び、各社からの回答状況は下表の通りであった。

表 2-7 : 現地保険会社及び災害保険の有無

番号	保険会社名	回答	落雷保険	備考
1	PT. Asuransi Tokio Marine Indonesia	有	不可	
2	PT. Tugu Pratama Indonesia	有	不可	
3	PT. Asuransi Jasa Indonesia (Persero) (Asuransi Jasindo)	有		保留*
4	PT. Asuransi MSIG Indonesia	有		保留*
5	PT. Asuransi Allianz Utama Indonesia	有	可	
6	PT. Asuransi Axa Indonesia	有	不可	
7	PT. Asuransi Wahana Tata	有	可	
8	PT. Asuransi Umum Bumiputera Muda 1967	有	可	
9	PT. Toyota Tsusho Insurance Broker Indonesia	有	可	

* PT. Asuransi Jasa Indonesia (Persero) 及び PT. Asuransi MSIG Indonesia の 2 社からは、回答に際し、VTS 機器の詳細情報の提示を求められた。本件はテロ対策無償で実施された案件であること、本調査は検討段階のものであり、既に他の複数社から有効回答を受領していたことなどを鑑み、詳細情報の提示は見送ることとした。そのため、最終回答の受領には至っていない。

(4) 加入可能な保険商品

上記各社への調査の結果、VTS 機器の落雷対策費用を損害保険により賄うことは可能であり、例として下記の様な保険商品が存在することが明らかとなった。

保険料は概ね資産価格の 0.1%~0.3%程度の範囲であり、保護対象とする施設や機器は、

保険会社との協議により比較的フレキシブルに設定可能と思料される。

なお、今回の調査における各社からの回答は、概略説明と概略条件の提示に対するものであり、加入を前提とした機器等の詳細仕様及び詳細金額等の提示はしていない。そのため、保険料を更に精緻化するためには、機器の仕様及び価格、また保護し補償すべき範囲や、補償に対する条件などの提示、協議が必要である。

表 2-8 : 損害保険商品の例

保険会社名	保険種類	補償期間	保険料	その他条件等
PT. Asuransi Allianz Utama Indonesia	オールリスク保険 (火山噴火、津波を含む)	1年	Rp. 80,047,000 (約80万円) 資産価格 x 0.1% +Policy Cost & Stamp Duty	控除 (Deductable) 火災、落雷、爆発、航空機墜落：無し 暴動、ストライキ、器物破損(故意)：クレームの10%等、条件付き
PT. Asuransi Wahana Tata	建物： オールリスク& 地震保険 機材： 電子機器保険	1年	建物： Rp. 50,070,000 (約50万円) 資産価格 x 0.125% + Policy Cost & Stamp Duty) 機材： Rp. 70,070,000 (約70万円) 資産価格 x 0.175% + Policy Cost & Stamp Duty)	控除 (Deductable) 建物：火災、落雷、爆発、航空機墜落：無し 暴動、ストライキ、器物破損(故意)：クレームの10%等 機材：地震、津波、火山噴火、洪水、水害等15%未満 ストライキ、暴動、混乱10% 落雷&盗難：クレームの15%等
PT. Asuransi Umum Bumiputera Muda 1967		1年	Rp. 80,102,000 (約80万円) 資産価格 x 0.1% +Policy Cost & Stamp Duty	
PT. Toyota Tsusho Insurance Broker Indonesia	オールリスク保険 (機器保険) (必要に応じて設計可能)	1年	機器価格の約0.3%	保険範囲等は要望に応じて設計可能。

第3章 落雷対策の策定

3-1 基本方針

3-1-1 全体の方向性

現地調査の結果明らかとなった被害状況、既存施設の避雷対策及び、サイト周辺の落雷被害発生状況等を踏まえて、落雷対策を策定する。対策案の策定に際しては、各サイトにおける施設の被災状況とその原因、サイト周辺でも同様に落雷及びその被害が頻発している状況を踏まえて、技術的観点から耐雷性能を向上させることに加え、今回の被災後に、実施機関による復旧に至らず、VTSの運用が非常に限定的となったことから、VTSの継続運用のために、実施機関による将来的な維持管理能力も加味した上で、将来における落雷被害のリスクを軽減しておく必要もあると思料する。

以上の視点から、落雷による被災箇所の修復に加え、被雷に対するリスクを軽減するための追加対策の検討も加えることとする。

3-1-2 実施機関側の意向

12月の現地調査終了後に、実施機関側関係者に対する報告を実施した。その際、本調査との関連において、下記の申し入れがあった。

- 今後、同様の被害が発生しないように、今回の調査結果を現在実施中の無償資金協力の第2期案件（マラッカ海峡及びシンガポール海峡船舶航行安全システム向上計画第2期）にも反映させて欲しい。
- インドネシアは、2013年1月～9月までのVTSによる活動について、TTEGの会議で報告することになっている。また、インドネシアとして、TSS外側のインドネシア領海及びパツ・アンパール港周辺について、VTSシステムによるサービスを提供することを正式にアナウンスし、TTEG会議、IALA、IMOへ宣言したいと考えている。VTSシステムが現在のような状況にあると、この業務ができないので早急な対応が必要であり、復旧及び追加対策に対する更なる協力を望む。

3-1-3 設計の考え方

(1) 維持管理・運用面に対する配慮

実施機関におけるVTSシステムの維持管理・運営体制は、まだ十分に確立しているとは言いがたいが、まずは、早急にVTS機器を運転できる状態に復旧し、実際のシステム運用を通じたオペレーターの能力向上、維持管理体制の強化を図ることが必要と考えられる。また、今回の被災後の対応に見られるように、災害時における予算措置能力や、機器の修理・復旧能力等は、残念ながら高いとは言えず、将来的に万が一同様の被害が発生した場合は、今回と同様に一定期間運用が停止してしまうという事態が誘発されることは想像に難くない。そのため、VTSシステムを構成する機器等の修復及び追加対策の検討においては、実施機関における能力の現状を踏まえ、将来的にできる限り被災するリスクが少なく、かつ、維持管理が可能な限り容易となるような設計が求められるものと思料される。したがって、

初期投資額は若干高めとなる可能性はあるものの、現状のシステムより、耐雷性能を高くしたシステムとして再生することも視野に入れることとする。

(2) 被害状況を踏まえた追加対策の方向性

調査の結果明らかとなった被災箇所の修復に加え、上述した視点から、耐雷性能を高め、被災のリスクを低減させるための追加対策についても検討を加えることとする。追加対策は、2-1-3 で考察した調査の結果より考えられる被災原因を踏まえ、次の基本方針によるものとする。

バツ・アンパール VTS センターでは、センター近傍の送電線等への落雷により発生した誘導雷に起因し、電源ケーブルから侵入した雷サージによる電源系への被害が集中している。一方で、避雷針や鉄塔への直撃雷に起因するレーダーシステム及び無線機器等への被害は発生していない。以上を踏まえ、電源系に対する誘導雷対策を重点的に検討する。

また、タンジュン・ブラキット、ヒュー・クチール及びタコン・クチールの各局においては、共に、鉄塔上部の避雷針や鉄塔そのものに落雷した直撃雷に起因する雷サージが、導波管、アンテナ及びパフォーマンス・モニター等の制御ケーブル等を伝わって、外部からセンサー局舎内に侵入したことによると考えられる被害が見られた。これを踏まえ、直撃雷に対する受雷部システム及び接地システムの見直し、機器の被害箇所については SPD 等による既存のサージ侵入防止システムの見直しを検討する。

以上から、① 被災した機器等の修復に加え、②バツ・アンパール他、各局において、雷サージに起因する被害が見られたことを踏まえた、避雷器 (SPD)、耐雷トランスの改良・追加 (追加対策 I)、③被害をもたらした雷サージが、鉄塔上部の避雷針もしくは鉄塔本体への直撃雷に起因して発生したものと考えられることから、受雷部システムの改良・追加 (追加対策 II) 及び、④雷サージ侵入による接地電位の均等化・抑制をはかるため及び、機器への雷サージ侵入を極力減少させるための接地システムの改良・追加 (追加対策 III) を検討する。また、上記以外に、耐雷性能を高めるための検討として、⑤ 被災機器の設置場所の見直し (移設：追加対策 IV) 及び、⑥シンガポールで採用されていた、消雷アレイシステムの導入可否 (追加対策 V) の6つのカテゴリーについて、落雷対策を検討する。

これらのうち、①の機器等被災箇所の修復は機能回復のために必須となる。②の避雷器 (SPD)、耐雷トランスの改良及び追加については、今回全てのサイトで多岐の機器が被災した事実を踏まえ、その必要性が高いと考えられることから、具体的な対策検討を行うこととする。特に、今回の調査により、同地区における雷発生日数が年間 120 日以上であると想定されることを鑑み、被雷のリスクを更に軽減させることを目的とした検討を加えることとする。

また、③の受雷部システムの改良・追加及び、④の接地システムについては、今回の現地調査により、接地抵抗が低く、ある程度の等電位化が図られていること、設計時の基準及び建設時の要求仕様が満足された状態にあることが確認できているが、被災の事実を鑑み、避雷器 (SPD)、耐雷トランスの見直しと併せて、機能の強化を検討する。⑤の被災機器の移設については、雷被害を受けにくく、かつ、機器の機能に影響を及ぼさない場所に移設すること等の検討を行うこととする。

さらに⑥として、シンガポール VTS 局で採用されている消雷アレイシステムについても、直撃雷を軽減させる一手段として効果があるものと思料されることから、採用の適否について検討を加えることとする。

なお、実施機関側の要請に対応する形で、バツ・アンパール VTS センターの落雷被害についても調査を実施したが、この被災機器の修復及び落雷対策についても、本調査で策定する修理計画、基本設計、価格見積りに含めることとする。

3-2 概略設計

3-2-1 対象4局の修復・追加対策の検討

(1) 全体方針

上述した通り、被災した機器の補修方法及び、追加対策 I～V についての基本計画及び設計案を具体化する。基本計画の策定に際しては、複数の追加対策案について費用対効果を比較検討し、追加対策として盛り込む範囲を設定する。

第 2 章で述べた現地調査の結果を踏まえ、下記の方針により、被災機器の補修及び追加対策案を立案する。

(2) 被災機器等の修復案

雷被害を受けた機器類の基板等を修理・交換し、機能の回復を図る。復旧のため、2-1 項で整理した被災箇所についての修復を実施する。

各センサー局で雷被害を受けた機器は、レーダー・シグナルプロセッサ内部の MPU 回路基板に代表されるように、基板の構成部品の一部が焼損して機器の機能が停止している状態にある。基板内の他の構成部品には外観的には損傷は認められないが、落雷時の強い雷サージに起因する帯電等により、修復し難い機能低下が明らかであると想定されるため、新品交換が必要となる。そのため、被災した基板の大半は、必要に応じ、新品と交換を検討する。

(3) 追加対策 I (避雷器、耐雷トランスの改良・追加)

センサー局舎や発電機棟内の機器と、屋外に設置された機器間を結ぶ電源供給、信号送受信等に供するケーブル間に設置されている避雷器 (SPD) 及び耐雷トランスを見直し、機器の改良及び追加設置等を行う。また、これらのケーブルの磁気シールド対策等を行い、雷サージによる機器等への被害の防止能力を強化する。具体的には下記の検討を行う。

1) SPD の改良・追加

制御系等で交流化して耐雷トランスの挿入による対策が取りがたい系統については、SPD の追加あるいは特性の最適化による機種の変更を検討する。

2) 耐雷トランスの改良・追加

電源ラインからのサージ侵入の防止効果を高めるために、動作上支障のない個所について、電源の交流バランス化を図り、耐雷トランスを追加的に挿入し、ラインを絶縁させる対策を検討する。

3) ケーブルのシールド処理等

落雷による電磁誘導を考慮し、遮蔽ケーブル（磁気シールド対策）の追加について、その効果を検討する。また、雷サージが侵入しないようにノンメタルの光ケーブルを使用することとし、テンションメンバーを絶縁することや、接地を行う等の対策を検討する。

(4) 追加対策Ⅱ（受雷部システムの改良・追加）

バツ・アンパール VTS センター及び各センサー局の受雷部システムは、1基の避雷針（突針）により構成されているが、避雷針による保護範囲の拡大を目的とした受雷部システムの改良・追加による保護能力の増強を検討する。

1) 避雷針

既存施設の避雷針は JIS A 4201 : 1992 年版（旧 JIS）の考え方が採用され、同規格に従って設置されている。旧 JIS は 2003 年に IEC 61024-1 : 1990、Protection of structures against lightning – Part I : General Principle に基づき、JIS A 4201 : 2003 年版（新 JIS）として、技術的内容を変更して改正が加えられているが、現在においても旧 JIS に適合する避雷設備は新 JIS で規定される外部雷保護システムに適合するものとみなされている。外部雷保護システムにおいては、新 JIS または旧 JIS 何れかの規格の適用が可能であることから、基本設計時は、同国における既存鉄塔の設計実績、経済性などの観点から、旧 JIS の考え方が採用されている。

しかし、新 JIS と旧 JIS では、保護範囲の選定方法の考え方に違いがあり、新 JIS を適用した場合には、回転球体法や、保護レベルの概念が導入されることから、既存施設の避雷針の高さ及び設置基数では、レーダーアンテナの一部や、多重通信アンテナの一部が保護角から外れること等が懸念され、追加的な避雷針あるいは補助的な避雷針が必要となる場合がある。また、新 JIS には、年間雷雨日数をパラメータの一つに含んだ保護レベルの考え方が導入されている。そのため、旧 JIS を適用した場合に比べて経済性は劣るものの、新 JIS を適用した改良を検討する。

(5) 追加対策Ⅲ（接地システムの改良・追加）

落雷による局所的な電位上昇による電位差の発生を防止するために、既存の接地システムの等電位化を目的とした改良・追加により、接地システムの能力の強化を検討する。

1) 接地システム

既存の接地システムは、板状接地極や棒状（垂直）接地極を用いた接地極が採用され、落雷時における接地電位上昇を抑制するために、接地抵抗を極力小さくする対策が取られている。JIS A 4201 : 1992 には、A型、B型という概念はなく、接地の仕様と接地抵抗値を 10Ω 以下とすること等が規定されている。一方で、JIS A 4201 : 2003 では A型接地及び B型接地の 2種類が規定されている。一般的に A型接地は小規模施設に、B型接地は大型施設に対して有利であると言われているが、これらの何れを選択するかは、設計者が判断することとなる。

接地システムは、理想的には接地抵抗がゼロであれば障害は発生しないことになるが、

現実的にはそのような状況はあり得ないので、被保護物とその周辺の接地電位の分布を一様にし、接地電位傾度を極力小さくすることが、被害発生の防止により有効であると言われていることから、コスト的には高くなるが、既存の接地システムへの追加対策として、環状接地極や網状接地極を用いた B 型接地極の採用を検討する。

2) 外部引込み線の直接接地

現状では、局舎外部から室内に引込まれている導波管等は局舎内機器の接地と接続され雷サージを逃がす構造となっている。これらの雷サージを局舎外で逃がす改良を加えることを目的として、導波管等を局舎内に引込む前に、屋外での接地箇所を追加し、上述の改良を加えた接地極（環状接地極等）に直接接続した補強を検討する。

3) ケーブルラダーの接地

各種ケーブルの局舎内配線のために、ケーブルラダー（鉄製）が取り付けられている。配線ケーブルからのサージを減少させるためには、配線ケーブルだけでなく、ラダーも接地するのが効果的と考えられる。そのため、ラダーの接地を見直し、接地を確実にすることを検討する。

また、センサー局舎内の各機器の接地が最短距離で採れるように、機器室の周囲壁面に銅帯による接地母線の敷設を検討する。

4) 送油管接地

発動発電機に燃料を供給する鉄製油管は、発動発電機本体や機器筐体と電気的につながっており、送油管を通じて直撃雷やサージの影響を受けることが考えられ、適切な接地が必要と思料される。特に、送油管接続部には、パッキンやボルト接続部にシールドが入っており、絶縁状態にあると考えられるため、状況に合わせた適切な対応を検討する。

(6) 追加対策Ⅳ（被災機器の移設）

落雷の被害を受けたタンジュン・ブラキット及びヒュー・クチールの鉄塔頂部踊場に設置されている気象観測センサー、同様に被害を受けたバツ・アンパール VTS センター、タンジュン・ブラキット及びヒュー・クチールの鉄塔中段に設置されている AIS 基地局装置用の GPS アンテナを、それぞれの機能上問題がなく、かつ、雷被害を受けにくい場所への移設を検討する。

(7) 追加対策Ⅴ（消雷アレイシステムの導入）

直撃雷の防止を図る目的で、シンガポールの VTS で採用されている消雷アレイシステムの導入の適否を検討する。

同システムは、電荷放散器による空間電荷のイオン化を促進し、雷雲からの電界を遮る効果を利用して落雷そのものを低減させる方式である。避雷針等による避雷装置とともに外部避雷対策の総合システムの一環として導入・設置の適否を検討する。

3-2-2 今後想定される被害及び追加対策によるリスク軽減の検討

(1) 対策案の比較検討

今回の被災に係る現状復旧に加え、上述した I~V の追加対策について、対策案として盛り込む範囲を決めるために、費用対効果を含めた比較検討を実施した。検討の概略を表 3-1 に示す。「対策案 A」は、被災機器の修復に加えて、考えられる I~V の追加対策案の全てを実施した場合である。詳細は後述するが、追加対策 V で検討した消雷アレイシステムは、避雷の効果は十分期待できるが、高額であること、維持管理が困難であること、同システムを導入しなくとも、一定の耐雷効果が期待できる等の理由から、今回の対策では採用しない方針とした。そのため、「対策案 A」から消雷アレイシステムの導入を除外し、I~IV の追加対策を実施するとした案が「対策案 B」である。費用的に特段の問題が無ければ、技術的観点からも「対策案 B」の実施を検討したいところであるが、全体として対策費用が高額となったことから、技術的に許容できる範囲で、被雷のリスクを出来る限り「対策案 B」と同等になるよう、詳細な検討を加えて対策の選定を行ったものが、「対策案 C」である。

(2) 「対策案 B」及び「対策案 C」の比較検討

落雷対策は、機器側の対策に加え、受雷部、接地システム等が相互補完的に有効に機能することが肝要であり、この観点から、追加対策の V を除く I~IV については、全てをバランスさせて実施することが必要である。その一方で、推奨される全ての対策を講ずる対策案 B では、対策費用が高額となったことから、技術的検討を加え、被災のリスクを出来るだけ低く保ちつつ、必要と考えられる耐雷性能を維持できると判断できる範囲において、コンポーネントの削減を行い、コストの低減化を検討した。

この検討に係る主な考え方は下記の通りである。

1) 追加対策 I (避雷器 (SPD)、耐雷トランスの整備)

- a 電源系及び VTS 機器間線路へ避雷器及び耐雷トランスの設置を検討したが、耐雷トランスが高価であるため、露出岩盤のためにケーブルが埋設できず、経路が地上に露出するヒュー・クチール以外は、SPD のみによる対応とした。
- b バツ・アンパールは、周辺に高い鉄塔が複数存在しており、施設完成後における被害の実情を踏まえても、今回の受雷部システムの改良・追加後に直撃雷に起因した被害を受けるリスクはかなり低いと判断される。また、同施設完成後の被災の実情として直撃雷を受けた痕跡はあるが、VTS 機器は被害を受けていない。これらより、誘導雷への対策に重点をおき、電源系線路のみに SPD を整備することとした。

2) 追加対策 II (受雷部システムの改良・追加)

推奨される対応であり、対策低減の余地は無いと判断した。なお、バツ・アンパール VTS センターでは、直撃雷に起因した被害のリスクは低いと考えられるが、既設避雷針に直撃雷を受けた痕跡が認められていることから、受雷部の改良は必要である。

3) 追加対策 III (接地システムの改良・追加)

- a ヒュー・クチールの海中接地において、耐腐食を考慮して接地極全てをチタン帯で整備することを計画したが、高価となるため、チタン帯の使用を最低限必要と考えられる部分に限定した。
- b その他については推奨される措置であり、低減の余地なしと判断した。

4) 追加対策 IV (被災機器の移設)

推奨される措置であり、対策低減の余地は無いと判断した。

以上、1)～4)の検討を踏まえた、比較検討の結果は表 3-1 に示す通りである。各案で実施する対策は表中の◎印及び○印の部分である。

「対策案 B」は、追加対策 V を除く全ての追加対策について、低減措置を取ることなく全てを実施した場合で、十分な効果が期待できる◎の部分を実施することを意味している。また、「対策案 C」は、上述した考え方にに基づき、◎及び、幾つかの低減策を加えた部分で、効果は若干劣るが技術的には推奨できるレベルとして考えられる○の部分を実施することを意味している。

表 3-1：避雷対策に係る追加対策内容の比較検討

番号	対策名	落雷対策 対策内容	想定効果	対策 A				対策 B				対策 C (推奨)				備考		
				ハウアパール (BA)	カンコンプラキ (TB)	ヒューガール (HK)	タムガール (TK)	ハウアパール (BA)	カンコンプラキ (TB)	ヒューガール (HK)	タムガール (TK)	ハウアパール (BA)	カンコンプラキ (TB)	ヒューガール (HK)	タムガール (TK)			
1	被災機材修繕 被災機材の修復	被災機材調査・確認 被災機材の調達 被災機器単体調整 システム総合調整	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	必要な修繕は全て の案で同一	
2	追加対策 I 避雷器 (SPD)・対 雷トランスの整備	電源系及びVTS機器間線路へ 避雷器 (SPD) を及び耐雷トラン スを整備	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	耐雷トランスが高面 なため、接地場所を 限定 ハンリアンパールは 電源部のみの対策 に限定した。	
3	追加対策 II 受雷システムの 改良・追加	保護レベルによる設計 避雷針の改良・追加 引下げ導線の改良・追加	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎		
4	追加対策 III 接地システムの 改良・追加	屋外環状接地極 (補軟鋼より 線の並列 ヒューガールの接地極をチタン 棒で整備)	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	チタン棒は高面なた め、ヒューガール の一部のみで実 施。	
5	追加対策 IV 被災機器の移設	ハウアパールの接地極の一部の みをチタン棒で整備 センサ高倉・発電機機室内 に環状接地極 (鋼小版) を整備 屋内外接地極間を接地線 (IV 線) により連絡	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎		
6	追加対策 V 消雷アレイシステ ムの導入	送油管接地極 (IV線) の整備 気象センサーを数塔中段に、 AIS基地局兼運用GPSアンテナ を数塔最下段に移設	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎		
落雷対策経費 (千円)				50,460	77,818	83,789	76,051	20,460	47,818	63,789	46,051	18,147	35,204	54,823	33,437			
対策実施費用 (千円) (各サイト別)				298,118				178,118				141,611						
対策経費実施率 (%) (各サイト別)				246.6	162.7	147.0	165.1	100.0	100.0	100.0	100.0	88.7	73.6	85.9	72.6			
対策経費実施率 (%) (全サイト合計)				167.4				100.0				79.5						

(注) ◎: 非常に優れている、○: 優れている (推奨可)

(3) 補修費用及び追加対策費用に対する考察

今回の被災に係る現状復旧及び、上述した I～V の追加対策について、詳細検討及び概算費用の見積（詳細後述）を踏まえ、上述した 3 つの対策案（A、B 及び C）に対する概略費用の比較を表 3-2 に示す。同表より明らかな通り、追加対策を含まず、補修による現状復旧に必要な費用は約 4,200 万円である。これに対し、追加対策に必要となる経費を「対策案 B」及び「対策案 C」について見てみると、それぞれ、おおよそ 1 億 3,600 万円及び、9,900 万円であり、これらは概ね、今回と同レベルの被害に対する 2～3 回分の現状復旧費用とほぼ同等となることが分かる。

表 3-2：各対策案に必要となる概略費用の比較

番号	対策名	対策検討内容	期待される効果	概略費用 (千円)		
				対策案 A	対策案 B	対策案 C (推奨案)
1	現状復旧	被災機器の補修	現状復旧	42,426 (◎)	42,426 (◎)	42,426 (◎)
2	追加対策 I	避雷器 (SPD) ・ 対雷トランスの整備	耐サージ能力の向上	61,975 (◎)	61,975 (◎)	34,434 (○)
3	追加対策 II	受雷システムの改良・追加	避雷針による保護能力の向上	32,935 (◎)	32,935 (◎)	32,935 (◎)
4	追加対策 III	接地システムの改良・追加	電位上昇による電位差発生防止	38,307 (◎)	38,307 (◎)	29,341 (○)
5	追加対策 IV	被災機器の移設	直撃雷の防止	2,475 (◎)	2,475 (◎)	2,475 (◎)
6	追加対策 V	消雷アレイシステムの導入の適否	直撃雷の防止	120,000 (◎)	除外	除外
追加対策費計				255,692 (◎)	135,692 (◎)	99,185 (○)
費用合計				298,118 (◎)	178,118 (◎)	141,611 (○)

(注) 費用右 () 内は落雷対策の効果を表す。◎：非常に優れている、○：優れている (推奨可)

(4) 今後想定される被害とその損害額

現地調査の結果を踏まえると、機器等被災箇所の修復のみによる現状復旧では、被害が毎年 1～2 回程度発生するものと推測される。発生する被害は、今回機材の引渡後に発生したものと同程度になる可能性もあり、その様な被害を都度復旧する場合には、今回と同程度の 4,000 万円程度の補修費用が毎回必要な計算となる。

(5) 追加対策による被災リスクの低減と費用効果についての考察

落雷被害を 100%防ぐことは技術的に不可能であり、被災の確率や頻度についての断定も難しい。しかし、今回の検討を踏まえて、追加対策を実施することにより、落雷被害の発生リスクは相応に低減することが可能であると考えられる。少なくとも、今後 5 年～10 年程度のスパンで考えた場合、今回の補修及び追加対策費用及び、今後必要と思われる維持管理費用の合計は、今回、現状復旧のみを実施した場合に想定される、将来必要となるであろう補修費用の合計より安価であると推測される。従って、今回の追加対策は、現状復

旧のみの場合より、トータルとしてコスト低減につながるものと考察する。

以上を踏まえ、本対策案の検討においては、先に検討した通り、耐雷性能を「対策案 B」と出来るだけ同等としつつ、コストの縮減を図った、「対策案 C」を推奨案として提案する。

上記の検討内容を含む詳細については、以下の基本計画において詳述する。

3-2-3 基本計画

3-1-1 及び 3-1-2 項の検討を踏まえ、落雷対策の基本計画を策定する。追加対策の I~V の具体的策定案については、費用対効果を踏まえて検討した結果を述べる。耐雷性能を考慮すると、立案した全ての対策を実施するのが最も望ましいが、対策費用が高額となることから、技術的観点から許容できる耐雷性能を維持しつつ、出来るだけ安価となるように、各対策コンポーネントを選定した。

(1) 機器等被災機材の修復

バツ・アンパール VTS センター及び各サイトにおいて、雷被害により被災した機器類は、損傷した基板等の新品交換及び修復により機能の回復を図ることとする。

1) バツ・アンパール VTS センターにおける被災機器類の補修

バツ・アンパール VTS センターにおいては、損傷を受けた、センター局舎 1 階電源室に設置されている電源切替スイッチ盤内の基板の交換及び、自動給油装置のパネル補修の上、調整を行って機能の修復を図る。

2) センサー局における被災機器等の修復

レーダーシステム、AIS 基地局、気象観測装置など、システム内の基板が損傷したものは、損傷基板を新品交換した後、単体調整及び総合調整を実施して、各機器の初期性能が発揮できるように修復する。また、2 台のうち 1 台が運転不可能な状況にある冷房装置は、VTS 機器と同様に雷サージによる電源系統の損傷と思われるが、機能を十分に把握している現地業者による修復が望ましいと判断されることから、費用見積は現地業者への委託を前提する。

以上を踏まえ、各センサー局の修理内容を下記の通り計画する。

- a タンジュン・ブラキットにおける機器等修復
 - i レーダーシステムの損傷基板交換、単体調整
 - ii AIS 基地局装置の損傷基板の交換、単体調整
 - iii 気象観測システム内の損傷基板の交換及び単体調整
 - iv 以上の補修後及び、他のセンサー局修復後の全体調整
 - v 空調装置の修復及び調整
- b ヒュー・クチールにおける機器等修復
 - i レーダーシステムの損傷基板交換、単体調整

- ii AIS 基地局装置の損傷基板の交換、単体調整
 - iii 気象観測システム内の損傷基板の交換及び単体調整
 - iv 多重無線装置室内ユニットの修復
 - v UPS 装置内損傷基板の交換及び調整
 - vi 航空障害灯、灯器及び制御盤修理
 - vii 以上の修復後及び、他のセンサー局補修後の全体調整
 - viii 空調装置の修復及び調整
- c タコン・クチールにおける機器等修復
- i レーダーシステムの損傷基板交換、単体調整
 - ii CCTV カメラシステムの損傷基板の交換、単体調整
 - iii 以上の修復後及び、他のセンサー局補修後の全体調整
 - iv 空調装置の修復及び調整

対象4局における機器類の修復計画の詳細は、修復に用いる機材の仕様と共に、「3-2-4 機器仕様及び概略設計」における表 3-7 から表 3-10 に示す。

(2) 追加対策 I (避雷器、耐雷トランスの改良・追加)

現地調査の結果明らかとなった各機器の被災状況及び、サイト周辺における雷の発生状況等を踏まえ、既存システムで設置されている避雷器 (SPD) 及び耐雷トランスの仕様を見直す。また被災の実情を踏まえ、避雷対策として有効であると思料される箇所に避雷器及び耐雷トランスを追加的に設置する。

さらに、雷サージによる機器類への被害防止を目的として、ケーブルの磁気シールド対策等を講じ、耐雷サージ能力の向上を図る。

以上に加え、避雷器は落雷状況を踏まえて定期的に交換する必要があること、今後の運用において、落雷状況の正確な把握が望まれることから、雷サージカウンタを設置する。サージカウンタの設置場所は、各サイト共に鉄塔脚部に1台、バツ・アンパール VTS センターには、局舎4階の運用室内接地端子付近に1台、その他のセンサー局については、センサー局舎内の接地端子付近に1台設置する。各サイト共に、室内と室外に1台ずつ雷サージカウンタを設置することにより、将来的に、屋外と屋内での雷サージの発生回数を比較することが可能となり、今回の対策の効果を検証することが可能となる。

上述した追加対策に関する考え方の詳細は下記の通りである。

1) 現在設置されていない場所への避雷器 (SPD) の挿入

通常、機器自体がある程度の耐電圧を保持しており、ある程度の電圧までは耐えることが可能である。そのため、雷サージの影響が少ない設備条件下にあると想定される箇所には、必ずしも避雷器 (SPD) を設置していない。

今回の被災状況を踏まえると、この地域での雷雨の発生日数が多く、環境及び雷の条件等

が想定以上に悪く、サージ電流の繰り返し流入が発生し、機器の耐電圧能力の低下が誘引されると共に、雷過電圧が発生する状況が生じた想定されることから、避雷器（SPD）の追加設置を検討する。

2) 既設避雷器（SPD）の定格等の変更

a より耐久性の高い避雷器（SPD）への変更

サージ電流の流入回数が想定より多いと考えられ、既設避雷器（SPD）の劣化が想定より早く生じた可能性があることから、より耐久性の高い避雷器（SPD）に変更し保護能力の向上を図る。

b より保護レベルの高いものへ変更

機器及びその内部部品は、過渡的な雷サージに対する耐電圧がある。耐電圧以上の過電圧が加わると機器は破損することから、これらを避雷器（SPD）で保護するためには、避雷器（SPD）動作後の残留電圧が機器の耐電圧以下になるような性能の避雷器（SPD）を使用し、保護協調を取る必要がある。逆に、避雷器（SPD）が動作しないような小さな雷過電圧が侵入した場合、機器にこの雷過電圧が加わってしまうため、この電圧に耐え得る耐電圧性能のある機器を設置する必要がある。

雷過電圧に対しては、これら双方の条件を満足した（保護協調が達成された）避雷器（SPD）と被保護機器の検討が必要となる。保護協調の達成は機器と避雷器（SPD）それぞれの性能のバランスが重要となるため、今回の調査で明らかとなった被害状況を踏まえ、より保護協調のとれた避雷器（SPD）を設置する。

3) 被保護機器側の変更

今回の追加対策 IV において、機器の移設を検討している。これらの機器についても、雷サージ侵入はゼロではないので、移設後の状況に合わせて、既存施設同様に避雷器（SPD）による対策を実施する。

4) 耐雷トランスによる絶縁の実施

耐雷トランスは、一次側と接地間及び、一次側と二次側間の耐電圧により、被防護機器の電源に侵入する雷サージ等の異常電圧自体を絶縁するもので、避雷器（SPD）に比較して設置スペースを必要とし、高価であるという問題はあるが、予測される雷サージが小さい場合には、最も高性能で信頼のおける対策方法である。そのため、現地調査結果を踏まえ、特に雷被害の予想される電源ケーブルについては耐雷トランスを採用する。

5) サージカウンタの設置

各局共に落雷被害が発生しているが、落雷状況が定量的に把握されていないことから、将来における落雷状況の把握、被雷頻度が多い鉄塔における落雷回数をカウントし、雷サージ侵入経路の検証等を目的として、サージカウンタを設置する。

6) 光ケーブルテンションメンバの絶縁

調査の結果、光ケーブルのテンションメンバー端末部分のスパーク痕から、テンションメンバが雷サージ侵入経路の一つと考えられる。このテンションメンバは、光ケーブル外装シース内部に埋設されているため個別に引き抜くことができないが、このテンションメンバの端末部分を絶縁することにより、雷サージの侵入を防止する。

7) 接地線強化

上記で検討した追加対策の効果を高めるため、各機器から追加対策 III で実施する「室内環状接地極」に直線的かつ最短距離での接地を行う。

以上の考え方を踏まえて策定した対象 4 局における追加対策 I の基本計画を表 3-3～表 3-6 に示す。上記で述べた 1)～7)の考え方のうち、表 3-3～表 3-6 で示した基本計画の立案の根拠に該当するものを表中の最後の列の「立案理由」に上記番号で示した。また、基本計画に基づいて決定した機器仕様の詳細は、「3-2-4 機材仕様及び概略設計」における表 3.7～表 3.10 に示すが、追加対策 I に係る個々の基本計画に関連する機器の詳細は、表 3-3～表 3-6 の最初の列で記した番号と同一番号で記述してあるので、機器の詳細仕様と基本計画との関連は、これらの番号で参照されたい。

表 3-3 : バツ・アンパール VTS センター 追加対策 I の基本計画

番号	場所	機器名 (対象箇所)	系統	用途	追加対策 (I) 方針及び概要	立案理由
B1, B2	鉄塔屋上	Performance Monitor	通信	通信用	新設 SPD 収容箱に SPD を追加及び稼働電源を Radar Antenna 接続箱に変更	1)
B3, B4	鉄塔屋上	Radar Antenna	電源	電源用	Radar Antenna 内に電源ユニットを追加設置、制御電源の受電を AC220V に変更	3),1)
B5	鉄塔塔脚	鉄塔塔脚用サージカウンター	—	—	落雷状況確認のために鉄塔脚部に雷サージカウンタを設置する。	5)
B6	操作室 (4F)	Terminal Box (TB7)	通信	通信用	Terminal Box 内 TB7 に設置されている SPD を通信用に変更	2)
B7	操作室	Terminal Box (K2,3)	通信	通信用	Terminal Box 内のリレー K2,3 に SPD を追加設置	1)
B8	操作室	Terminal Box (接地端子付近)	—	—	落雷状況確認のために Terminal Box に雷サージカウンタを設置する。	5)
B9	電源室 (1F)	ATFS-2	電源	電源用	商用受電切替盤内の主電源に SPD 追加設置	1)

表 3-4 : タンジュン・ブラキット 追加対策 I の基本計画

番号	場所	機器名 (対象箇所)	系統	用途	追加対策 (I) 方針及び概要	立案理由
B1 B2	鉄塔屋上	Performance Monitor	通信	通信用	新設 SPD 収容箱に SPD を追加及び稼働電源を Radar Antenna 接続箱に変更	1)
B3 B4	鉄塔屋上	Radar Antenna	電源	電源用	Radar Antenna 内に電源ユニットを追加設置、制御電源の受電を AC220V に変更	3),1)
B5	鉄塔脚部	鉄塔脚部用サージカウンター	—	—	落雷状況確認のために鉄塔脚部に雷サージカウンタを設置する。	5)
B6 B7	鉄塔屋上	Radar Antenna (SPD Box-1)	電源	電源用	Radar Antenna 制御用電源保護のために耐雷トランス及び SPD を追加	1),4)
B8 B9	機器室	Terminal Box (SPDBox 2)	電源	電源用	Terminal Box 内に耐雷トランス+SPD を追加設置また Radar Antenna への給電を+12V から AC220V に変更	1),4)
B10	機器室	Terminal Box (TB7)	通信	通信用	Terminal Box 内 TB7 に設置されている SPD を通信用に変更	2)
B11	機器室	Terminal Box (K2,3)	通信	通信用	Terminal Box 内のリレーK2,3 に SPD を追加設置	1)
B12	機器室	Terminal Box (接地端子付近)	—	—	落雷状況確認のために Terminal Box に雷サージカウンタを設置する。	5)
B13	機器室	Obstacle Light	電源	電源用	既設盤内の主電源に SPD 追加設置	1)
B14 B15	発電機室	Automatic Exchanger	通信	通信用	既設盤内の DC-DC 電源の入出端子部に SPD を追加設置する	1)
B16	発電機室	Automatic Exchanger	電源	電源用	発電機のバッテリーの端子に SPD を追加設置する。	1)
B17	電源室	接地線強化	—	—	各機器から追加対策 III で実施する接地極へ直線的かつ最短距離で接地する。	7)
B18	機器室	接地線強化	—	—	同上	7)

表 3-5 : ヒュー・クチール 追加対策 I の基本計画

番号	場所	機器名 (対象箇所)	系統	用途	追加対策 (I) 方針及び概要	立案理由
B1 B2	鉄塔屋上	Performance Monitor	通信	通信用	新設 SPD 収容箱に SPD を追加及び稼働電源を Radar Antenna 接続箱に変更	1)
B3 B4	鉄塔屋上	Radar Antenna	電源	電源用	Radar Antenna 内に電源ユニットを追加設置、制御電源の受電を AC220V に変更	3),1)
B5	鉄塔塔脚	鉄塔塔脚用サージカウンター	—	—	落雷状況確認のために鉄塔脚部に雷サージカウンタを設置する。	5)
B6 B7	鉄塔屋上	Radar Antenna (SPD Box-1)	電源	電源用	Radar Antenna 制御用電源保護のために耐雷トランス及び SPD を追加	1),4)
B8 B9	機器室	Terminal Box (SPDBox 2)	電源	電源用	Terminal Box 内に耐雷トランス+SPD を追加設置また Radar Antenna への給電を+12V から AC220V に変更	1),4)
B10	機器室	Terminal Box (TB7)	通信	通信用	Terminal Box 内 TB7 に設置されている SPD を通信用に変更	2)
B11	機器室	Terminal Box(K2,3)	通信	通信用	Terminal Box 内のリレーK2,3 に SPD を追加設置	1)
B12	機器室	Terminal Box (接地端子付近)	—	—	落雷状況確認のために Terminal Box に雷サージカウンタを設置する。	5)
B13	機器室	Obstacle Light	電源	電源用	既設盤内の主電源に SPD 追加設置	1)
B14 B15	発電機室	Automatic Exchanger	電源	電源用	既設盤内 DC-DC 電源の入出端子部に SPD を追加設置する	1)
B16	発電機室	Automatic Exchanger	電源	電源用	発電機のバッテリーの端子に SPD を追加設置する。	1)
B17	燃料タンク	Fuel Transfer Pump	電源	電源用	SPD 収容箱を新設する	1)
B18 B19	発電機室	PDB-1	電源	電源用	耐雷トランス設置+SPD 設置	1),4)
B20	発電機室	PDB-1 (Interface NQD-2324)	電源	電源用	耐雷トランス設置	1),4)
B21	発電機室	PDB-1 (Interface NQD-2324)	電源	電源用	既設盤内 SPD 設置	1)
B22	発電機室	PDB-1 (Interface NQD-2324)	通信	—	光ケーブルのテンションメンバを絶縁する	6)
B23 B24	電源室	PDB-2	電源	電源用	耐雷トランス設置+SPD 設置	1),4)
B25	電源室	PDB-3	電源	電源用	既設盤内 SPD 設置	1)
B26	電源室	PDB-4	電源	電源用	既設盤内 SPD 設置	1)
B27 B28	電源室	PDB-4 (Interface)	電源	電源用	耐雷トランス+SPD を電源室に追加設置	1),4)
B29	電源室	PDB-4 (Interface)	通信	—	光ケーブルのテンションメンバを絶縁する	6)
B30	電源室	接地線強化	—	—	各機器から追加対策 III で実施する接地極へ直線のかつ最短距離で接地する。	7)
B31	機器室	接地線強化	—	—	同上	7)

表 3-6 : タコン・クチール 追加対策基本計画

番号	場所	機器名 (対象箇所)	系統	用途	追加対策 (I) 方針及び概要	立案理由
B1 B2	鉄塔屋上	Performance Monitor	通信	通信用	新設 SPD 収容箱に SPD を追加及び稼働電源を Radar Antenna 接続箱に変更	1)
B3 B4	鉄塔屋上	Radar Antenna	電源	電源用	Radar Antenna 内に電源ユニットを追加設置、制御電源の受電を AC220V に変更	3),1)
B5	鉄塔塔脚	鉄塔塔脚用サージカウンター	—	—	落雷状況確認のために鉄塔脚部に雷サージカウンタを設置する。	5)
B6 B7	鉄塔屋上	Radar Antenna (SPD Box-1)	電源	電源用	Radar Antenna 制御用電源保護のために耐雷トランス及び SPD を追加	1),4)
B8 B9	機器室	Terminal Box (SPDBox 2)	電源	電源用	Terminal Box 内に耐雷トランス+SPD を追加設置、また Radar Antenna への給電を+12V から AC220V に変更	1),4)
B10	機器室	Terminal Box (TB7)	通信	通信用	Terminal Box 内 TB7 に設置されている SPD を通信用に変更	2)
B11	機器室	Terminal Box(K2,3)	通信	通信用	Terminal Box 内のリレーK2,3 に SPD を追加設置	1)
B12	機器室	Terminal Box (接地端子付近)	—	—	雷サージカウンタを被雷状況確認のために追加設置する。	5)
B13	機器室	Obstacle Light	電源	電源用	既設盤内の主電源に SPD 追加設置	1)
B14 B15	発電機室	Automatic Exchanger	電源	電源用	既設盤内の DC-DC 電源の入出端子部に SPD を追加設置する	1)
B16	発電機室	Automatic Exchanger	電源	電源用	発電機のバッテリーの端子に SPD を追加設置する。	1)
B17	燃料タンク	Fuel Transfer Pump	電源	電源用	新設 SPD 収容箱	1)
B18 B19 B20	鉄塔屋上	CCTV カメラ (SPD Box-3)	通信	通信用	耐雷強化のため SPD 収容箱を新設し、SPD 及び耐雷トランス等を収容する。	1)
B21	機器室	WEB Encoder (SPD Box-3)	通信	通信用	既設盤内 SPD 設置	1)
B22	機器室	WEB Encoder (SPD Box-3)	通信	LAN 用	既設盤内に SPD を設置	1)
B23	機器室	WEB Encoder (SPD Box-3)	電源	電源用	耐雷トランスを追加する	1)
B24	電源室	接地線強化	—	—	各機器から追加対策 III で実施する接地極へ直線的かつ最短距離で接地する。	7)
B25	機器室	接地線強化	—	—	同上	7)

(3) 追加対策Ⅱ（受雷部システムの改良・追加）

バツ・アンパール VTS センター及び各センサー局の受雷部システムは、旧 JIS の保護角法の考え方により、1 基の避雷針（突針）が設置されている。しかし、バツ・アンパール VTS センター及び各センサー局が建設されている場所は、いずれも海岸から比較的近く、雷雲が低く発生しやすい場所であり、現地調査の聞き取りから、年間の雷雨日数が 120 日以上と想定されることなどを踏まえ、新 JIS の考え方を適用し、当該施設の保護レベルを選定するとともに、避雷針による保護範囲の拡大を目的とした受雷部システムの改良・追加による保護能力の増強を図る。

1) 保護レベルの選定

保護レベルは、雷保護システムが、雷の影響から被保護物を保護する確率を表しており、直撃雷による損害の危険を許容できる値以下に低減することを目的として選定される。選定方法は、2009 年改定の建築設備計画基準（国土交通省監修）に示されている「保護レベルの選定基準」に基づく。当該施設への想定落雷数 (Nd) 及び当該施設の落雷許容日数 (Nc) より所要保護効率 (E) を算出し、E の値から下表に従って保護レベルが選定される。

保護レベル	所要保護効率 E
I+追加	$0.98 < E$
I	$0.95 < E \leq 0.98$
II	$0.90 < E \leq 0.95$
III	$0.80 < E \leq 0.90$
IV	$0 < E \leq 0.80$
不要	$E \leq 0$

① Nd : 想定落雷数 (回/年) の算出

当該施設において想定される年間の落雷数 Nd は次式により算出される。

$$Nd = Ng \times Ae \times Ce \times 10^{-6}$$

ここで、

- ・ Ng は、大地雷放電密度 (回/km²/年) で、年間雷雨日数 (回/年) Td を 120 日とした場合は次式で算出される。

$$Ng = 0.04 \times Td^{1.25} = 0.04 \times 120^{1.25} \doteq 15.9$$

- ・ Ae は、等価受雷面積 (m²) で、施設の長さ (L=21m)、幅 (W=15m) 高さ (H=63.5+6=69.5m) とした場合は次式で算出される。

$$Ae = L \times W + 6H \times (L + W) + 9H^2 \pi = 21 \times 15 + 6 \times 69.5 \times (21 + 15) + 9 \times 69.5^2 \times 3.14 \doteq 151,829.8$$

- ・ Ce は、環境係数で当該施設建設地の環境から、「丘の頂上の孤立した建築物」として 2 とする。

以上の数値を想定落雷数 (回/年) の算出式に代入すると、

$$Nd = Ng \times Ae \times Ce \times 10^{-6} = 15.9 \times 151,829.8 \times 2 \times 10^{-6} \doteq 4.8$$

② Nc : 許容落雷数 (回/年) の算出

当該施設において許容可能な年間の落雷数 Nc は次式により算出される。

$$Nc = 1 / (K1 + A + B + C + D)$$

ここで、

- ・ K1 は、相関関数で 0.04 とする。
- ・ A は、当該施設の構造等による指数で、「耐火構造」として 5 とする。
- ・ B は、人の損傷に関する指数で、「一般でかつ大規模な建築物 (高さ 60m 以上)」として 20 とする。
- ・ C は、業務と周囲への環境に関する指数で、「サービスの連続性要、かつ周囲に影響なし」として 10 とする。
- ・ D は、財産の損失、経済的損失に関する指数で、「重要度が高い」として 30 とする。

以上の数値を想定落雷数 (回/年) の算出式に代入すると、

$$Nc = 1 / (K1 + A + B + C + D) = 1 / (0.04 + 5 + 20 + 10 + 30) \doteq 0.00083$$

③ E : 所要保護効率の算出

当該施設における所要保護効率 E は、次式により算出される。

$$E = 1 - Nc / Nd = 1 - 0.00083 / 4.8 \doteq 0.99999$$

以上の算定から、所要保護効率 E の値が 0.98 以上の数値となり、建築設備計画基準から保護レベルとして「保護レベル I + 追加」¹を選定することし、受雷部システムや接地システムの改良・追加を実施する。

2) 受雷部システムの改良・追加

受電部システムは、既存施設に採用されている保護角法のほかに、メッシュ法及び回転球体法による方法があるが、いずれの方法も被保護物が保護範囲内に入るように構築するものである。ここで、前(1)項で選定した保護レベルを勘案して、受雷部システムの改良・追加の検討を行うこととするが、3とおりの受雷部システムにはそれぞれ次に示す特性がある。

① 保護角法

保護角法で当該施設の受雷部システムを設計すると、保護レベルが「保護レベル I + 追加」であることから、避雷針による保護角が現在の 60° から 25° となり、避雷針を高くする必要が生じることとなる。

¹ 「追加」とは、「保護レベル I」で規定されている対策に加え、例えば人の立ち入る環境等を個別に検討し、構造物に接触した際に生じる手と足の間の電位差や接地極近傍で両足間に生じる電位差を限定するなどの追加的な保護対策を施すことなどをいう。

② メッシュ法

メッシュ法は、箱型の建築物に適する受雷部システムで、この方法は、建築物を導線で籠状に覆い内側を保護することから、レーダーアンテナを頂部に設置した鉄塔全体をメッシュ導体で覆うこととなることから、レーダーでの船舶捕捉に悪影響を与え、当該施設の保護には不適切となる。

③ 回転球体法

回転球体法は、二つ以上の受雷部、又は一つ以上の受雷部と大地に同時に接するよう、半径Rの球体を転がしたときにできる球体表面の包絡面から被保護物側を保護範囲とする方法で、この方法は、受雷部の高さや雷撃距離が保護範囲を決めるものであるとされ、雷の先端を球体の中心として放電限界範囲を球体で表した、現在の雷放電理論から見て当該施設の受雷部システムとしては最も妥当な方法といえる。

以上のことから、当該施設の受雷部システムとして③の回転球体法を適用することとし、保護レベルが「保護レベル I + 追加」であることから、回転球体の半径を 20m として改良・追加を加えることとする。

この回転球体法により設計したバツ・アンパール VTS センター及び各センサー局の受雷部システムの概要は次のとおりとなる。

3) バツ・アンパール VTS センターにおける受雷部システムの改良・追加

バツ・アンパール VTS センターの受雷部システムとして、既存の避雷針に加え、鉄塔頂部踊場に 3 基、鉄塔踊場 4 面に各 2 基ずつ 8 基、鉄塔各側面に 1 基ずつ 4 基 3 段及び、建物屋上 4 か所に 1 基ずつ 4 基の避雷針を追加する。これら避雷針の引下げ導線を、既存の引下げ導線 1 本と、新たに鉄塔 2 脚に沿わせて敷設する引下げ導線 2 本に接続し、落雷時の雷サージをスムーズに接地システムに導く改良・追加を実施する。

4) センサー局 3 局における受雷部システムの改良・追加

バツ・アンパール VTS センター同様に、既存の避雷針に加え、鉄塔頂部踊場に 3 基、鉄塔踊場 4 面に各 2 基ずつ 8 基の避雷針を追加する。鉄塔側面の水平方向には各面に 1 基ずつ 4 基設置するが、設置する段数は、回転球体半径及び鉄塔高との関係から決定する。具体的には、タンジュン・ブラキットは 4 段、タコン・クチールは 3 段、ヒュー・クチールは 2 段を設置する。

また、これら避雷針の引下げ導線を、既存の引下げ導線 1 本と、新たに鉄塔 2 脚に沿わせて敷設する引下げ導線 2 本に接続し、落雷時の雷サージをスムーズに接地システムに導く改良・追加を実施する。

(4) 追加対策Ⅲ（接地システムの改良・追加）

バツ・アンパール VTS センター及び各センサー局の鉄塔の避雷針、センサー局舎、発電機棟における機器の接地システムは、板状接地極や棒状接地極を各施設の屋外近隣に設置し、これらの接地極が単線の導線により連結された A 型接地極が採用されている。現地調査時

に測定したバツ・アンパール VTS センター及び各センサー局の接地抵抗値は、建設時の要求仕様を満足する低い値ではあったが、さらに、接地抵抗値を小さくするとともに、局部的な電位上昇による電位差の発生を防止するために、既存の接地システムの等電位化を目的とした B 型接地極を採用し接地システムの能力の強化を図る。

バツ・アンパール VTS センター、タンジュン・ブラキット及びタコン・クチールでは、裸軟銅より線 60mm²により各施設毎に環状接地極を敷設する。受雷部システムの避雷用引下げ導線及び機器接地用導線をこれに接続する。さらに接地システムの等電位化を図るため、各施設の環状接地極を裸軟銅より線 60mm²により連結する

ヒュー・クチールでも同様のシステムとするが、岩盤のため接地極を埋設して設置できないことから、耐腐食に考慮し、チタン帯 1mm×40mm 2枚重ねを、局部的に用いることとする。また、現在試行的に仮設で敷設されている海中接地を正規の方法で換装・整備する。

上記に加え、局舎外部から室内に引込まれている導波管等から、局舎内への雷サージの侵入の防止効果を高めるため、局舎内に引込む前に屋外で接地箇所を追加するほか、以下の接地システムの改良により避雷対策としての補強を実施する。

1) ケーブルラダーの接地等

バツ・アンパールを除くセンサー局において、機器室のケーブルラダー（鉄製）を接地し、配線ケーブルからの雷サージを減少させる対策を講じるとともに、機器室内の各機器の接地が最短距離で取れるように、機械室の周囲壁面に銅帯による接地母線を敷設する。

バツ・アンパールにおいては、既存の接地システムのもと、VTS 機器が直撃雷に起因するサージの被害を受けていないことから、上述した屋内外の連結接地を除き、屋内の接地システムの改良は加えないこととする。

2) 油管接地

ヒュー・クチール及びタコン・クチールにおいては、発動発電機用の燃料タンクへの燃料補給用に、海岸線の一時貯油タンクからの燃料圧送用の鉄製油管が設置されている。この鉄製油管は発動発電機本体や機器筐体と電気的につながっており、油管を通じて直撃雷や雷サージの影響を受けることから、電気的に確実に接地する。

(5) 追加対策Ⅳ（被災機器の移設）

バツ・アンパール VTS センター、タンジュン・ブラキット及びヒュー・クチールにおいて落雷の被害を受けた鉄塔頂部踊場に設置されている気象観測センサー、鉄塔中段に設置されている AIS 基地局装置用の GPS アンテナを、それぞれの機能上問題がなく、かつ、雷被害を受けにくい場所へ移設する。

(6) 追加対策Ⅴ（消雷アレイシステムの導入）

シンガポール MPA では、消雷アレイシステム、メッシュアースング及び、避雷器 (SPD) の組み合わせによる避雷対策に加え、接地抵抗値を 1Ω以下に抑える等の複合的避雷対策を講じている。その結果、近年、小規模の雷被害はあるものの重大事故は発生していないと

いうことである。

MPAにおいて、直撃雷の防止を図る目的で採用されている消雷アレイシステムは、消雷型雷対策としてその効果は想定されるものの、一基あたりの創設費が約 3,000 万円と比較的高価であることに加え、定期的に接地低減材を補充する等の定期的保守を必須条件としていることから、当該施設への避雷対策としては導入しないこととする。

3-2-4 機材仕様及び概略設計

前 3-2-3 項で検討したバツ・アンパール VTS センター及び各センサー局に対する機器等被災個所の修復及び追加対策についての基本計画を踏まえ、機材仕様の決定及び概略設計を実施した。これらの結果を各サイト毎にまとめて以下に示す。基本計画に基づいて決定した機器仕様の詳細は以下の表 3.7～表 3.10 に示すが、特に追加対策 I については前述の通り、個別の機器番号を、基本計画で提示した表 3-3～表 3-6 と同一の番号で記述してあるので、機器の仕様の詳細と基本計画との関連は、これらの番号で参照されたい。

3-2-4-1 バツ・アンパール VTS センター

バツ・アンパール VTS センターに関する機器等被災個所の修復並びに、追加対策 I～IV に係る機材仕様及び概略設計図は下記の通りである。

(1) 機材仕様

下記を表 3-7 にまとめて示す。

- a 機器等被災箇所の修復に係る機材仕様
- b 追加対策 I (避雷器、耐雷トランスの改良・追加) に係る機材仕様
- c 追加対策 II (受電部システムの改良・追加) に係る機材仕様
- d 追加対策 III (接地システムの改良・追加) に係る機材仕様
- e 追加対策 IV (被災機器の移設) に係る機材仕様

(2) 概略設計図面

関連する図面を下記に示す。

- 図 3.1 機材修復対象箇所図
- 図 3.2 追加対策 I 対象機器及び作業名称図
- 図 3.3 追加対策 II 受電部システム設計概要図
- 図 3.4 追加対策 III 接地システム設計概要図
- 図 3.5 追加対策 IV 被災機器移設概要図

表 3-7：バツ・アンパール VTS センター 補修及び追加対策計画及び機材仕様

番号	機器名称	設置箇所	機 材 仕 様		製造者名	数量
			機器名称	型 名		
A 被災機器補修						
A1.	商用電源切替スイッチ盤					
A1-1	切替制御ユニット	電源室	切替制御基板	ATS.1.1	Schneider	1 式
A2.	自動給油装置					
A2-1	ATFS パネル	電源室			Schneider	1 式
	Motor パネル	電源室			Schneider	1 式
B 追加対策 I						
B1	Performance Monitor	鉄塔屋上	信号用 SPD、7 芯	CLP- NM	日本無線(株)	4 台
B2	Performance Monitor	鉄塔屋上	SPD 収容箱		日本無線(株)	1 台
B3	Radar Antenna	鉄塔屋上	AC/DC 電源	AC220V→DC12V	日本無線(株)	1 式
B4	Radar Antenna	鉄塔屋上	SPD 収容箱	屋外用筐体	日本無線(株)	1 式
B5	雷サージカウンター	鉄塔塔脚	雷サージカウンター	LME-PK	日本無線(株)	1 台
B6	Terminal Box (TB7)	操作室	主電源 SPD、7 芯	CLP-NM	日本無線(株)	4 台
B7	Terminal Box (K2,3)	操作室	K2, 3 保護用 SPD、2 回路	ZP-DC12V	日本無線(株)	2 台
B8	雷サージカウンター	操作室	雷サージカウンター	SCAR11DL-1	日本無線(株)	1 台
B9	ATFS-2	電源室	受電盤主電源 SPD 3φ4”, 380V	MZCR-400K3aRR	日本無線(株)	1 式
C 追加対策 II						
C1	避雷針 1 1 式当り		避雷突針	国交省型 LR-1		3 式
			ダケ化カップ リング			1 個
			鬼より線	60sq		2m
			端子			1 個
			金具			1 個
			取付柱 1	STK400 Φ60.5×3.2×100		1 本
			取付柱 2	STK400 Φ89.1×4.2×2600		1 本
C2	避雷針 2 1 式当り		避雷突針	国交省型 LR-1		8 式
			ダケ化カップ リング			1 個
			鬼より線	60sq		2m
			端子			1 個
			金具			1 個
			取付柱	STK400 Φ60.5×3.2×600		1 本
C3	避雷針 3 1 式当り		避雷突針	国交省型 LR-1		12 式
			ダケ化カップ リング			1 個
			鬼より線	60sq		2m
			端子			1 個
			金具			1 個
			取付柱 1	STK400 Φ60.5×3.2×100		1 本
			取付柱 2	STK400 Φ89.1×4.2×4660		1 本

表 3-7: バツ・アンパール VTS センター 補修及び追加対策計画及び機材仕様 (続き)

番号	機器名称	設置箇所	機 材 仕 様		製造者名	数量
			機器名称	型 名		
C4	避雷針 4 1 式当り					4 式
			避雷突針	国交省型 LR-1		1 個
			ダイカップリング			1 個
			鬼より線	60sq		10m
			端子			1 個
			金具			1 個
			取付柱	STK400 Φ60.5×3.2×600		1 本
C5	引下げ導線 1 式当り					1 式
			鬼より線	60sq		115m
			ボルコン	60sq 用		62 個
			銅線固定金具	60sq 用		153 個
			圧着端子	60sq 用		27 個
D 追加対策 III						
D1	屋外環状接地極 1 式当り					1 式
			裸軟銅より線	60sq		119m
			接地抵抗低減材	M5C (25kg 入り)		48 袋
			ボルコン	60sq 用		6 個
D2	内外連結接地極 1 式当り					1 式
			IV 線	60sq (緑)		20m
			T 型コネクター	T-122		2 個
			C 型圧着端子	C2-60		2 個
E 追加対策 IV						
E1	アンテナ取付金具 1 式当り					2 式
			L 型アングル	L65×65×6 — 660		1 個
			U ボルト	M10		2 個
			V ボルト	M16 L アングル用		2 個

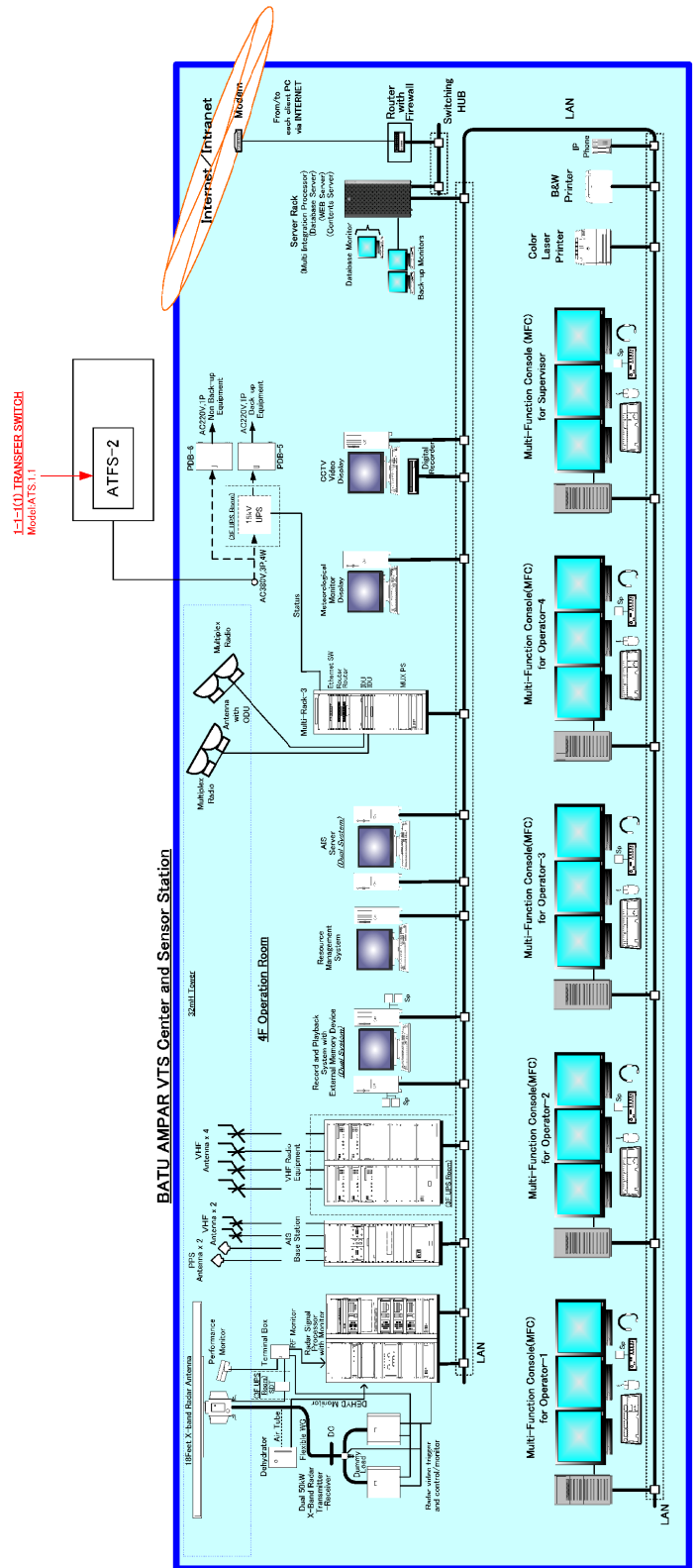


図 3-1: バツ・アンパール VTS センター 機材修復対象箇所図

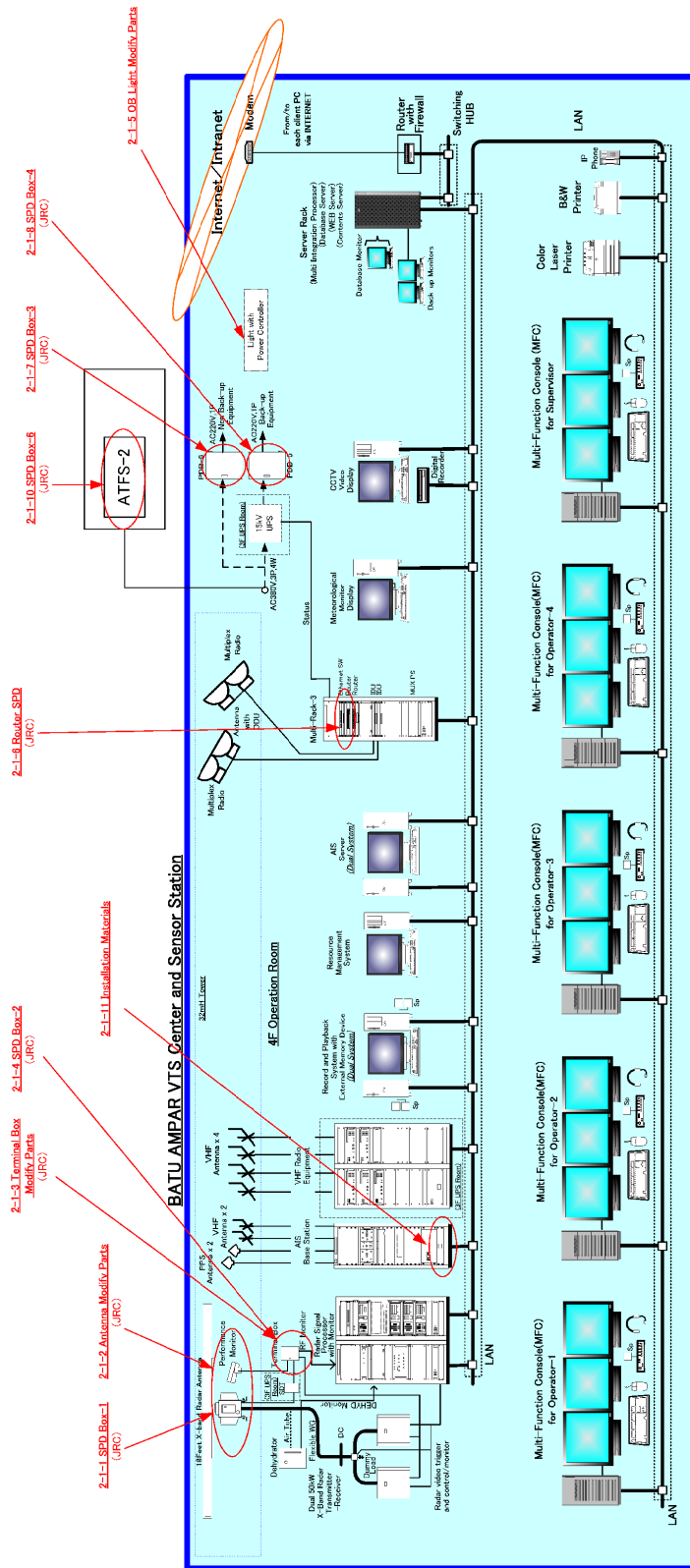


図 3-2: バツ・アンパール VTS センター 追加対策 I 対象機器及び作業名称図

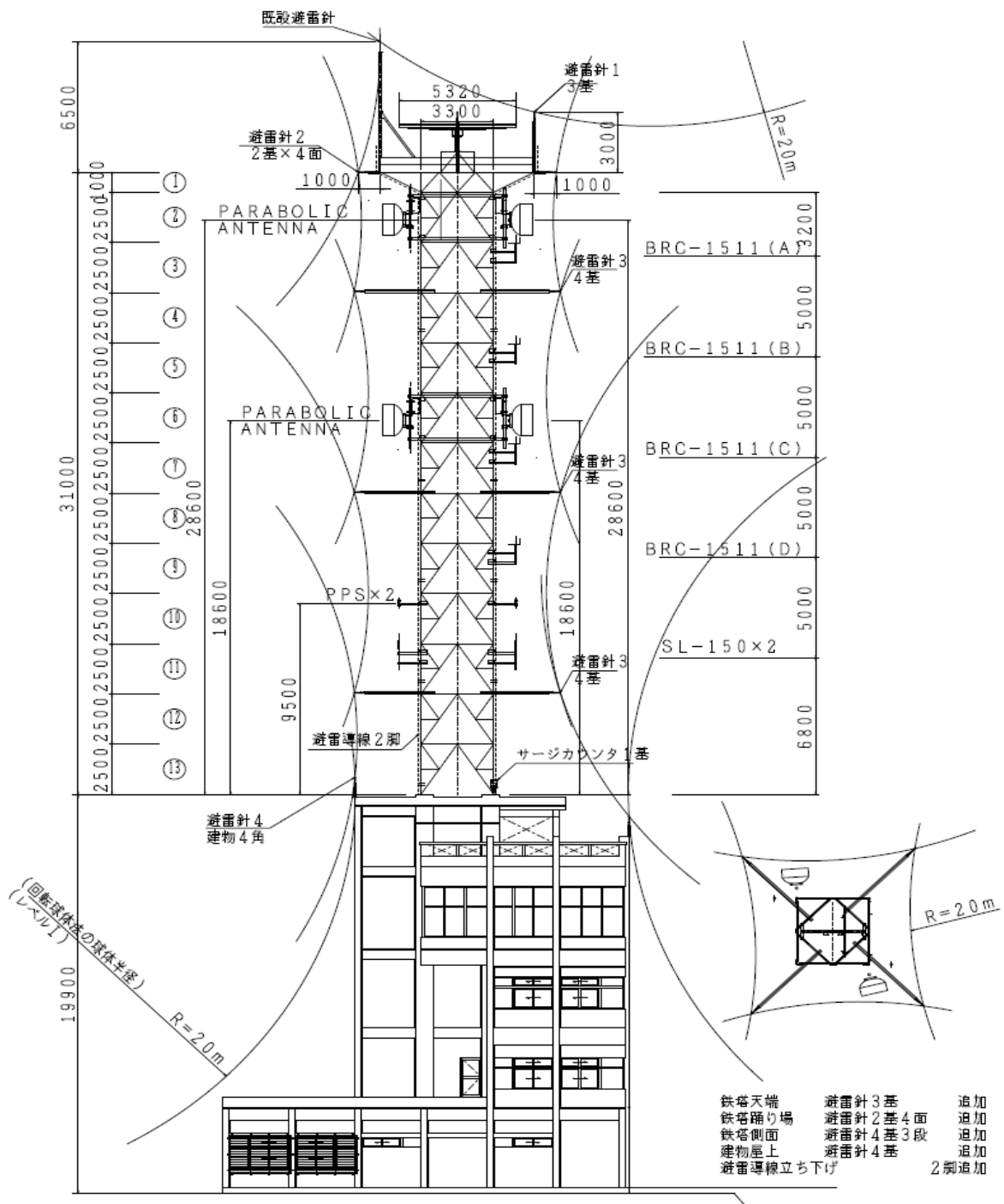


図 3-3 : バツ・アンパール VTS センター 追加対策 II 受雷部システム設計概要図

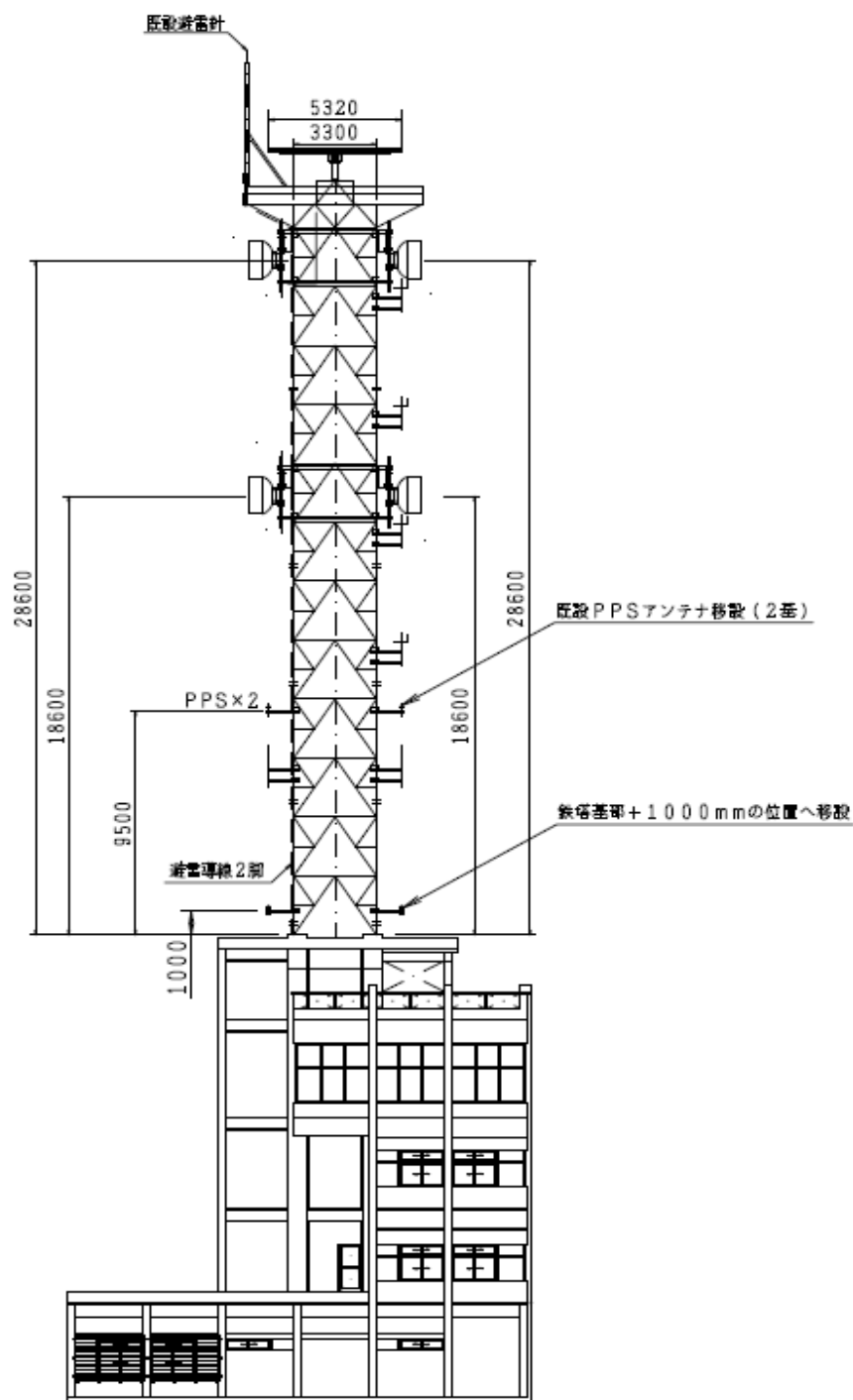


図 3-5 : バツ・アンパール VTS センター 追加対策 IV 被災機器移設概要図

3-2-4-2 タンジュン・ブラキット

タンジュン・ブラキットに関する機器等被災個所の修復並びに、追加対策 I～IV に係る機材仕様及び概略設計図は下記の通りである。

(1) 機材仕様

下記を表 3-8 にまとめて示す。

- a 機器等被災箇所の修復に係る機材仕様
- b 追加対策 I (避雷器、耐雷トランスの改良・追加) に係る機材仕様
- c 追加対策 II (受電部システムの改良・追加) に係る機材仕様
- d 追加対策 III (接地システムの改良・追加) に係る機材仕様
- e 追加対策 IV (被災機器の移設) に係る機材仕様

(2) 概略設計図面

関連する図面を下記に示す。

- 図 3.6 機材修復対象箇所図
- 図 3.7 追加対策 I 対象機器及び作業名称図
- 図 3.8 追加対策 II 受電部システム設計概要図
- 図 3.9 追加対策 III 接地システム設計概要図
- 図 3.10 追加対策 III 室内環状接地極設計概要図 (各センサー局共通)
- 図 3.11 追加対策 IV 被災機器移設概要図

なお、図 3.10 に示す室内環状接地極設計概要図は、バツ・アンパールを除く各センサー局に共通のため、タンジュン・ブラキット以外では掲載を省略する。

表 3-8：タンジュン・ブラキット 補修及び追加対策計画及び機材仕様

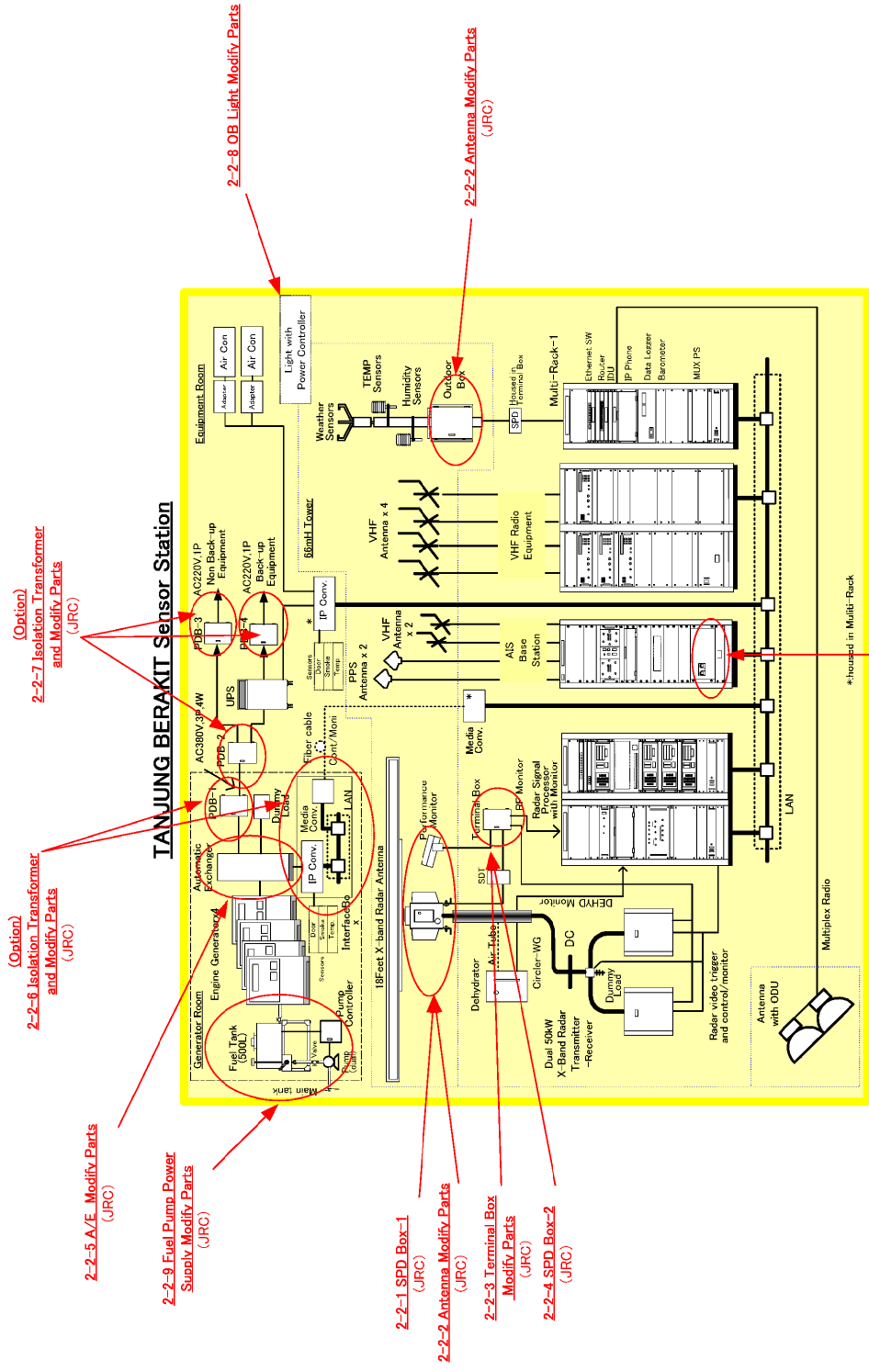
番号	機器名称	設置箇所	機 材 仕 様		製造者名	数量
			機器名称	型 名/仕 様		
A 被災機器補修						
A1. レーダーシステム						
A1-1	18ft X-Band Radar Antenna	鉄塔上部	ANT-OPT TX	CHU-59T	日本無線(株)	1 式
A1-2	X-Band Radar TRX No.1	機器室	DC PS Unit	CBD-1854	日本無線(株)	1 式
A1-3	X-Band Radar TRX No.1	機器室	T/R CONT	CMC-1205R	日本無線(株)	1 式
A1-4	X-Band Radar TRX No.2	機器室	DC PS Unit	CBD-1854	日本無線(株)	1 式
A1-5	X-Band Radar TRX No.2	機器室	T/R CONT	CMC-1205R	日本無線(株)	1 式
A1-6	Terminal Box	機器室	ANT-OPT RX	CHU-59R	日本無線(株)	1 式
A1-7	Radar Signal Processor	機器室	MPU Unit	CDJ-2408A	日本無線(株)	1 式
A1-8	Radar Signal Processor	機器室	Tracker-2 DC 電源	PCSA-37CP-X2S	日本無線(株)	1 式
A1-9	Performance Monitor	鉄塔上部	Performance Monitor	NJU-95	日本無線(株)	1 式
A2. AIS 基地局						
A2-1	AIS Base Station	機器室	AIS Transponder	NTE-182BC	日本無線(株)	2 式
A2-2	AIS Base Station	機器室	AIS PP ANT		日本無線(株)	2 式
A3. 気象観測システム						
A3-1	Outdoor Box (Weatehr Sensor 用)	鉄塔上部	避雷器 (SPD)	SN-H2-H1	日本無線(株)	2 式
A3-2	Outdoor Box (Weatehr Sensor 用)	鉄塔上部	避雷器 (SPD)	CLP-H3cJK	日本無線(株)	3 式
A3-3	Outdoor Box (Weatehr Sensor 用)	鉄塔上部	避雷器 (SPD)	CLP-H3bJK	日本無線(株)	2 式
A3-4	Multi-Rack-1	機器室	気圧計	PTB330	日本無線(株)	1 式
A3-5	Multi-Rack-1	機器室	Data Logger (Sensor 用)	CK-4100-J	日本無線(株)	1 式
A4. 空調設備						
A4-1	Air Conditioner	機器室	Air Conditioner	FT35DVM/ R35DV1	ダイン工業(株)	1 式
B 追加対策 I						
B1	Performance Monitor	鉄塔屋上	信号用 SPD、7 芯	CLP-NM	日本無線(株)	4 台
B2	Performance Monitor	鉄塔屋上	SPD 収容箱		日本無線(株)	1 台
B3	Radar Antenna	鉄塔屋上	AC/DC 電源	AC220V→DC12V	日本無線(株)	1 台
B4	Radar Antenna	鉄塔屋上	SPD 収容箱	屋外用筐体	日本無線(株)	1 式
B5	雷サージカウンター	鉄塔脚部	雷サージカウンター	LME-PK	日本無線(株)	1 台
B6	Radar Antenna (SPD Box-1)	鉄塔屋上	単層耐雷トランス	1φ 2W220V,0.5kVA	日本無線(株)	1 式
B7	Padar Antenna (SPD Box-1)	鉄塔屋上	SPD	1φ, 2W 220V MZCR-200JK2ARR	日本無線(株)	1 式
B8	Radar Antenna (SPD Box-2)	機器室	単層耐雷トランス	1φ 2W220V,0.5kVA	日本無線(株)	1 式
B9	Padar Antenna (SPD Box-2)	機器室	SPD	1φ, 2W 220V MZCR-200JK2ARR	日本無線(株)	1 式
B10	Terminal Box (TB7)	機器室	SPD、7 芯	CLP-NM	日本無線(株)	4 台
B11	Terminal Box (K2,3)	機器室	SPD、2 回路	P-DC12V	日本無線(株)	2 台
B12	雷サージカウンター (Terminal Box 内)	機器室	雷サージカウンター	SCAR11DL-1	日本無線(株)	1 台
B13	Obstacle Light	機器室	SPD	1φ 2W, 220V MZCR-200JK2ARR	日本無線(株)	1 式
B14	Automatic Exchanger	発電機室	SPD	DC12V, ZP-DC12	日本無線(株)	2 台
B15	Automatic Exchanger	発電機室	SPD	DC24V, ZP-DC24	日本無線(株)	2 台
B16	Automatic Exchanger	発電機室	SPD	DC12V, ZP-DC12	日本無線(株)	4 台
B17	接地線強化	電源室	接地線強化	40m	日本無線(株)	1 式
B18	接地線強化	機器室	接地線強化	40m	日本無線(株)	1 式

表 3-8 : タンジュン・プラキット 補修及び追加対策計画及び機材仕様 (続き)

番号	機器名称	設置箇所	機 材 仕 様		製造者名	数量
			機器名称	型 名 / 仕 様		
C 追加対策 II						
C1	避雷針 1 一式当り		避雷突針	国交省型 LR-1		3 式
			ダ ^レ 化カップ ^レ リング ^レ			1 個
			鬼より線	60sq		2m
			端子			1 個
			金具			1 個
			取付柱 1	STK400 Φ60.5×3.2×100		1 本
			取付柱 2	STK400 Φ89.1×4.2×2600		1 本
C2	避雷針 2 1 式当り		避雷突針	国交省型 LR-1		8 式
			ダ ^レ 化カップ ^レ リング ^レ			1 個
			鬼より線	60sq		2m
			端子			1 個
			金具			1 個
			取付柱	STK400 Φ60.5×3.2×600		1 本
C3	避雷針 3 一式当り		避雷突針	国交省型 LR-1		4 式
			ダ ^レ 化カップ ^レ リング ^レ			1 個
			鬼より線	60sq		2m
			端子			1 個
			金具			2 個
			取付柱 1	STK400 Φ60.5×3.2×100		1 本
C4	避雷針 4 1 式当り		避雷突針	国交省型 LR-1		4 式
			ダ ^レ 化カップ ^レ リング ^レ			1 個
			鬼より線	60sq		2m
			端子			1 個
			金具			2 個
			取付柱 1	STK400 Φ60.5×3.2×100		1 本
C5	避雷針 5 1 式当り		避雷突針	国交省型 LR-1		4 式
			ダ ^レ 化カップ ^レ リング ^レ			1 個
			鬼より線	60sq		2m
			端子			1 個
			金具			2 個
			取付柱 1	STK400 Φ60.5×3.2×100		1 本
	取付柱 2	STK400 Φ89.1×4.2×6030	1 本			

表 3-8 : タンジュン・ブラキット 補修及び追加対策計画及び機材仕様 (続き)

番号	機器名称	設置箇所	機 材 仕 様		製造者名	数量
			機器名称	型 名/仕 様		
C6	避雷針 6 1 式当り		避雷突針	国交省型 LR-1		4 式
			ダケ化カップリング			1 個
			鬼より線	60sq		2m
			端子			1 個
			金具			2 個
			取付柱 1	STK400 Φ60.5×3.2×100		1 本
			取付柱 2	STK400 Φ89.1×4.2×6070		1 本
C7	引下げ導線 1 式当り		鬼より線	60sq		1 式
			ボルコン	60sq 用		241m
			銅線固定金具	60sq 用		64 個
			圧着端子	60sq 用		321 個
D 追加対策 III						
D1	屋外環状接地極 1 式当り		裸軟銅より線	60sq		1 式
			接地抵抗低減材	M5C (25kg 入り)		17m
			ボルコン	60sq 用		95 袋
D2	屋内環状接地極 1 式当り		銅フラットバー	t3×25×5000		95 個
			絶縁支持物	DB-50		95 個
			コンクリートアンカー	M8 SUS		95 個
D3	内外連結接地極 1 式当り		IV 線	60sq (緑)		1 式
			T 型コネクター	T-122		120m
			C 型圧着端子	C2-60		19 個
E 追加対策 IV						
E1	アンテナ取付金具 1 式当り		L 型アングル	L660 (65×65×6)		2 式
			U ボルト	M10		1 個
			V ボルト	M16 L アングル用		2 個
E2	気象センサー取付金具 1 式当り		L 型アングル	L230 (240×260×6)		1 式
			V ボルト	M16 L アングル用		1 個
						2 個



2-2-10 Installation Materials

図 3-7：タンジユン・プラキット 追加対策 I 対象機器及び作業名称図

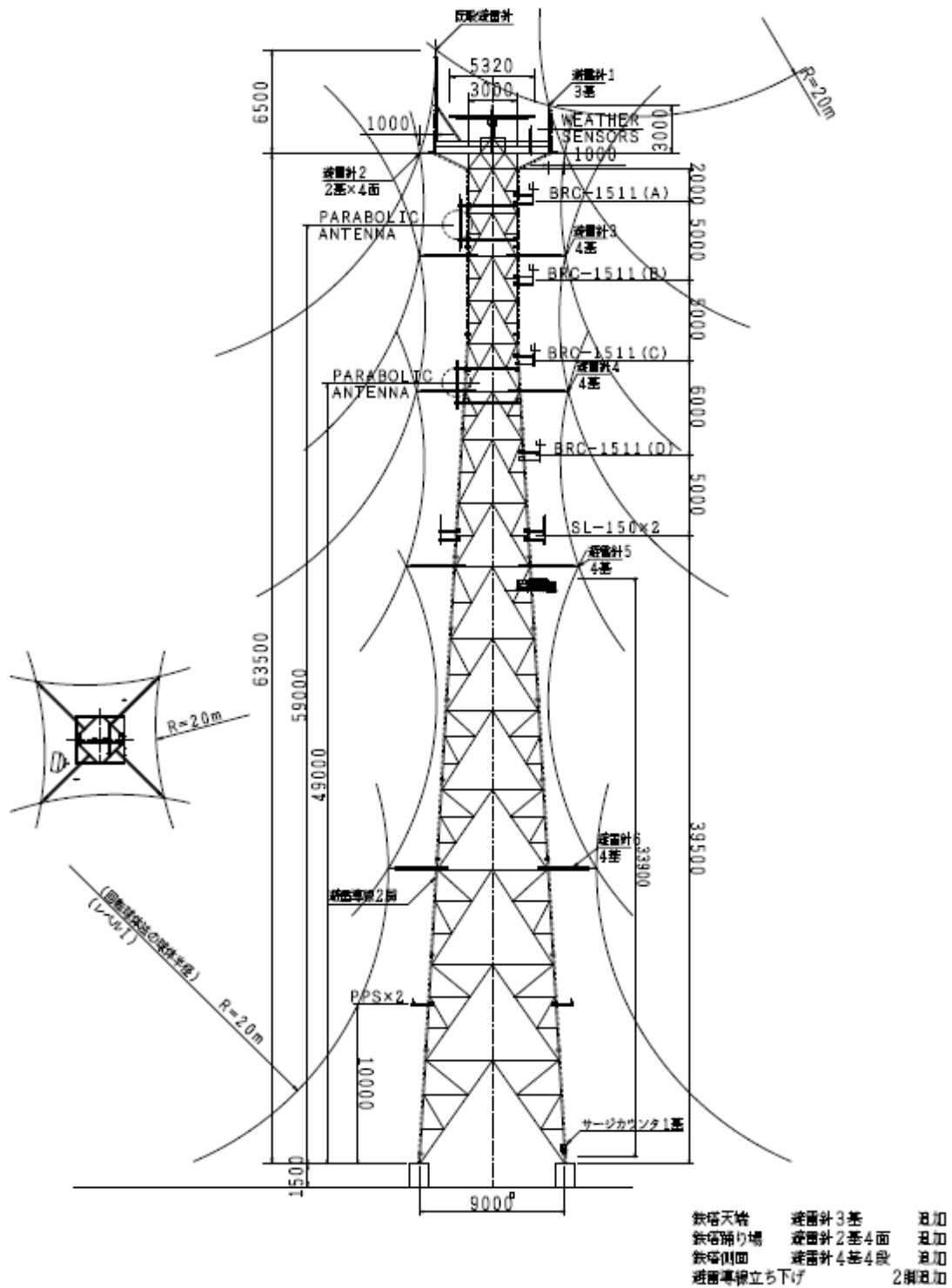


図 3-8 : タンジュン・ブラキット 追加対策 II 受雷部システム設計概要図

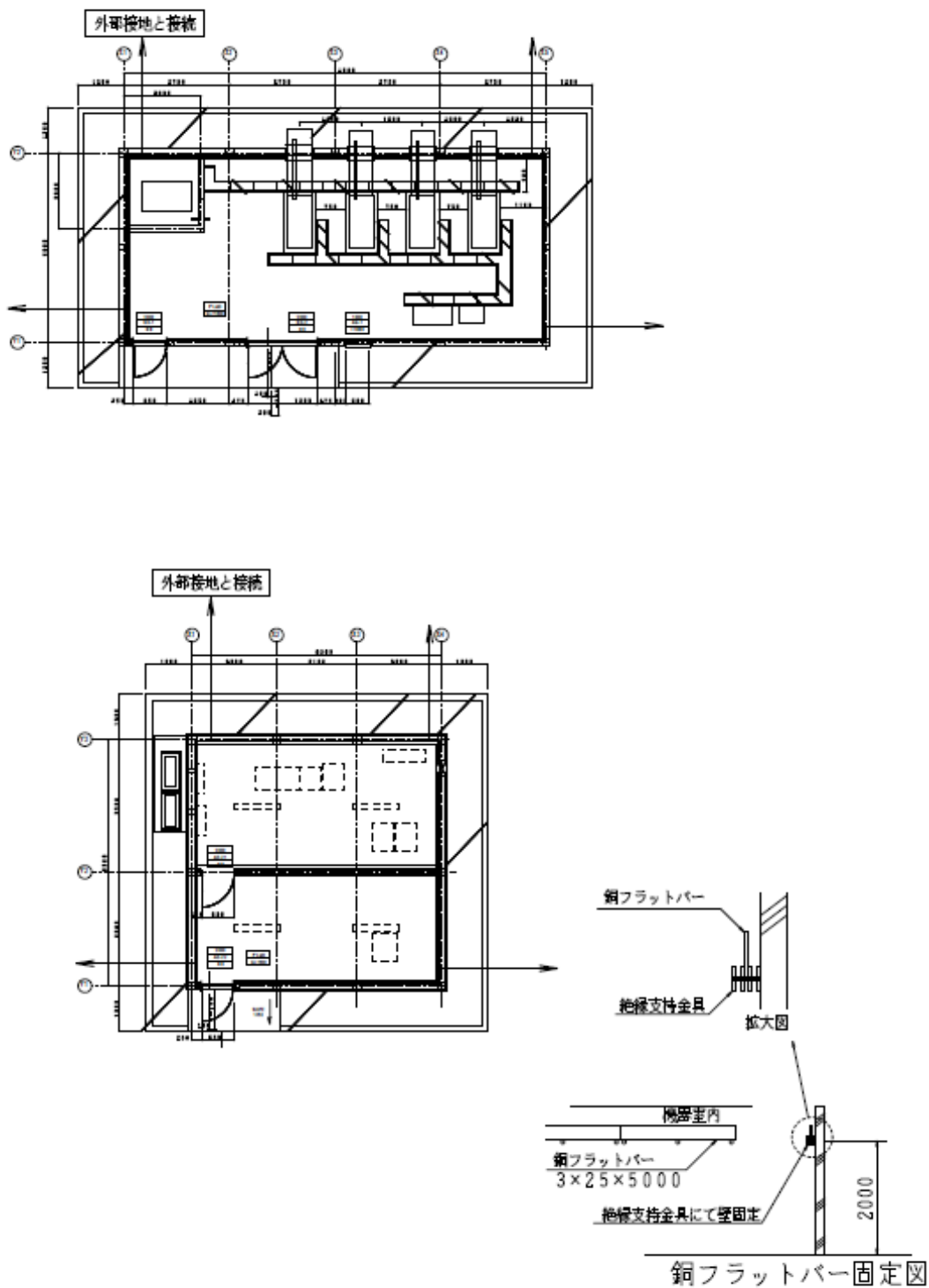


図 3-10 : 各センサー局 追加対策 III 室内環状接地極設計概要図

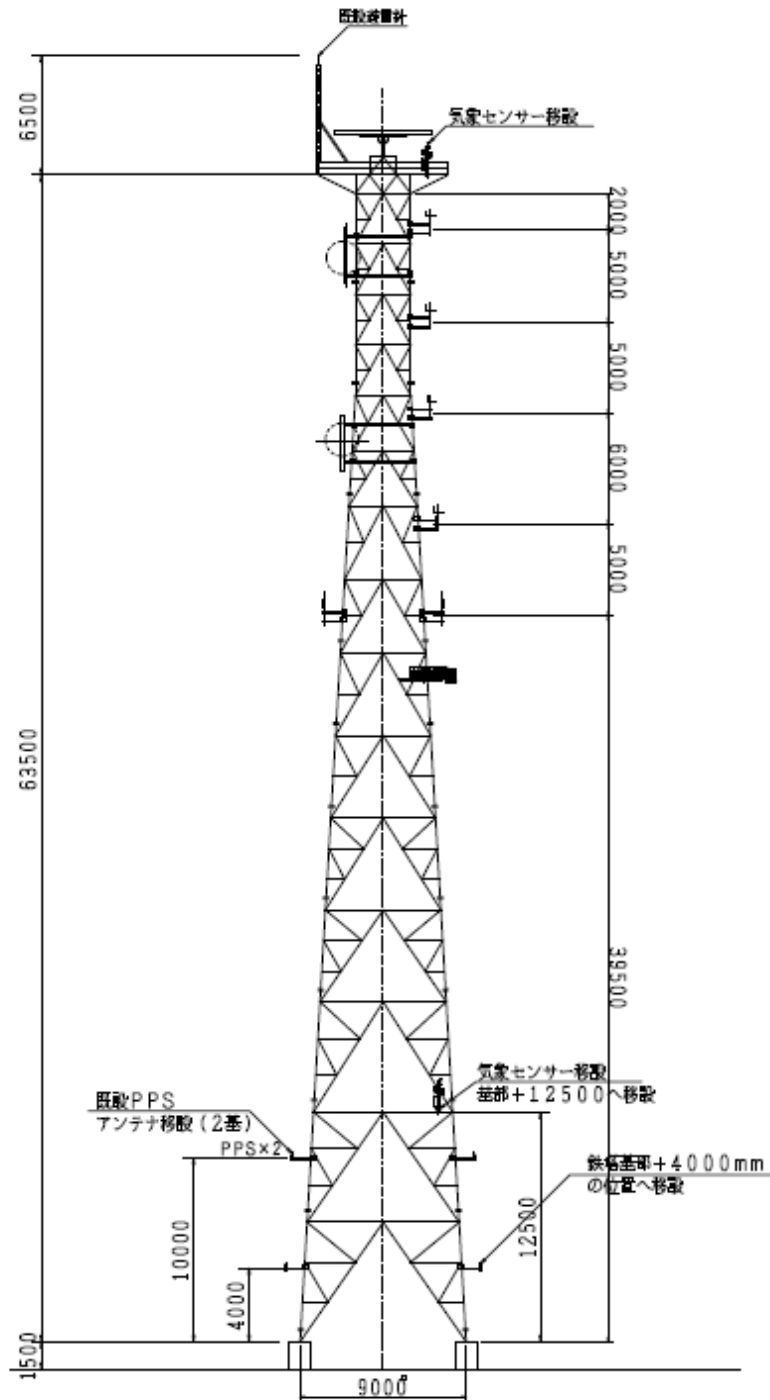


図 3-11 : タンジュン・ブラキット 追加対策 IV 被災機器移設概要

3-2-4-3 ヒュー・クチール

ヒュー・クチールに関する機器等被災箇所への修復並びに、追加対策 I～IV に係る機材仕様及び概略設計図は下記の通りである。

(1) 機材仕様

下記を表 3-9 にまとめて示す。

- a 機器等被災箇所の修復に係る機材仕様
- b 追加対策 I (避雷器、耐雷トランスの改良・追加) に係る機材仕様
- c 追加対策 II (受電部システムの改良・追加) に係る機材仕様
- d 追加対策 III (接地システムの改良・追加) に係る機材仕様
- e 追加対策 IV (被災機器の移設) に係る機材仕様

(2) 概略設計図面

関連する図面を下記に示す。

- 図 3.12 機材修復対象箇所図
- 図 3.13 追加対策 I 対象機器及び作業名称図
- 図 3.14 追加対策 II 受電部システム設計概要図
- 図 3.15 追加対策 III 接地システム設計概要図
- 図 3.16 追加対策 IV 被災機器移設概要図

追加対策 III にかかる室内環状接地極設計概要については、図 3.10 を参照。

表 3-9：ヒュー・クチール 補修及び追加対策計画及び機材仕様

番号	機器名称	設置箇所	機 材 仕 様		製造者名	数量
			機器名称	型 名/仕 様		
A 被災機器補修						
A1. レーダーシステム						
A1-1	18ft X-Band Radar Antenna	鉄塔上部	ANT-OPT TX	CHU-59T	日本無線(株)	1 式
A1-2	X-Band Radar TRX No.1	機器室	DC PS Unit	CBD-1854	日本無線(株)	1 式
A1-3	X-Band Radar TRX No.1	機器室	T/R CONT	CMC-1205R	日本無線(株)	1 式
A1-4	X-Band Radar TRX No.2	機器室	DC PS Unit	CBD-1854	日本無線(株)	1 式
A1-5	X-Band Radar TRX No.2	機器室	T/R CONT	CMC-1205R	日本無線(株)	1 式
A1-6	Terminal Box	機器室	ANT-OPT RX	CHU-59R	日本無線(株)	1 式
A1-7	Radar Signal Processor	機器室	MPU Unit	CDJ-2408A	日本無線(株)	1 式
A1-8	Performance Monitor	鉄塔上部	Performance Monitor	NJU-95	日本無線(株)	1 式
A2. AIS 基地局						
A2-1	AIS Base Station	機器室	AIS Transponder	NTE-182BC	日本無線(株)	2 式
A3. 気象観測システム						
A3-1	Outdoor Box (Weatehr Sensor 用)	鉄塔上部	避雷器 (SPD)	SN-H2-H1	日本無線(株)	2 式
A3-2	Outdoor Box (Weatehr Sensor 用)	鉄塔上部	避雷器 (SPD)	CLP-H3cJK	日本無線(株)	3 式
A3-3	Outdoor Box (Weatehr Sensor 用)	鉄塔上部	避雷器 (SPD)	CLP-H3bJK	日本無線(株)	2 式
A3-4	Multi-Rack-1	機器室	Data Logger (Sensor 用)	CK-4100-J	日本無線(株)	1 式
A4. 多重無線装置						
A4-1	Multi-Rack-1	機器室	IDU	MDP-34MB-28C-J	日本無線(株)	1 式
A5. UPS 装置						
A5-1	Automatic Exchanger	電源室	DC-CD UNIT	VTD24SC12-J	日本無線(株)	1 式
A5-2	Interface Box	電源室	Interface Box	NDC-1389	日本無線(株)	1 式
A5-3	UPS	機器室	基板	PK-1229C-J	日本無線(株)	1 式
A6. 空調設備						
A6-1	Air Conditioner	機器室	Air Conditioner	FT35DVM/R35DV1	ダイトン工業(株)	1 式
A7. 航空障害灯						
A7-1	Obstacle Light	鉄塔上部	Obstacle Light	XGP500 100-220Vac Type-A	Phillips	4 式
A7-2	航空障害灯制御盤	機器室	1.Photo-Electric Switch	200Vac, 6A Contact, 100-1000lux (LUMINA)	Phillips	1 式
			2. Control Contactor (Relay)	25A 3P Coil220V (+INC+INO) (Schneider LC1-D09M7)	Phillips	1 式
			3. Incoming Power Indicator LT	220Vac LED Type (Schneider Merin Gerin STI Series)	Phillips	1 式
			4. Fuse	2A (X85AVB Series)	Phillips	2 式

表 3-9：ヒュー・クチール 補修及び追加対策計画及び機材仕様（続き）

番号	機器名称	設置箇所	機 材 仕 様		製造者名	数量
			機器名称	型 名/仕 様		
B 追加対策 I						
B1	Performance Monitor	鉄塔屋上	信号用 SPD、7 芯	CLP-NM	日本無線(株)	4 台
B2	Performance Monitor	鉄塔屋上	SPD 収容箱		日本無線(株)	1 台
B3	Radar Antenna	鉄塔屋上	AC/DC 電源	AC220V→DC12V	日本無線(株)	1 式
B4	Radar Antenna	鉄塔屋上	SPD 収容箱	屋外用筐体	日本無線(株)	1 式
B5	雷サージカウンター	鉄塔脚部	雷サージカウンター	LME-PK	日本無線(株)	1 台
B6	Padar Antenna (SPD Box-1)	鉄塔屋上	単相耐雷トランス	1φ2W 220V, 0.5kVA	日本無線(株)	1 式
B7	Radar Antenna (SPD Box-1)	鉄塔屋上	SPD	1φ2W 220V, MZCR-200JK2ARR	日本無線(株)	1 式
B8	Terminal Box (SPD Box-2)	機器室	単相耐雷トランス	1φ2W 220V, 0.5kVA	日本無線(株)	1 式
B9	Terminal Box (SPD Box-2)	機器室	SPD	1φ2W 220V, MZCR-200JK2ARR	日本無線(株)	1 式
B10	Terminal Box (TB7)	機器室	SPD、7 芯	CLP-NM	日本無線(株)	4 台
B11	Terminal Box (K2, 3)	機器室	SPD、2 回路	ZP-DC12V	日本無線(株)	2 台
B12	雷サージカウンター (接地端子付近)	機器室	雷サージカウンター	SCAR11DL-1	日本無線(株)	1 台
B13	Obstacle Light	機器室	SPD	1φ2W, 220V, MZCR-200JK2ARR	日本無線(株)	1 式
B14	Automatic Exchanger	発電機室	SPD	DC12V, ZP-DC12	日本無線(株)	2 台
B15	Automatic Exchanger	発電機室	SPD	DC12V, ZP-DC24	日本無線(株)	2 台
B16	Automatic Exchanger	発電機室	SPD	DC12V, ZP-DC12	日本無線(株)	4 台
B17	Fuel Transfer Pump	燃料タンク	SPD 収容箱接地	3φ4W, 380V, NZCR-400JK3ARR	日本無線(株)	1 式
B18	PDB-1	発電機室	3 相耐雷トランス	3φ4W, 380V, 30kVA	日本無線(株)	1 式
B19	PDB-1	発電機室	SPD	3φ4W, 380V, MZCR-400JK3ARR	日本無線(株)	1 式
B20	PDB-1 (Interface NQD-2324)	発電機室	単相耐雷トランス	1φ2W 220V, 2kVA	日本無線(株)	1 式
B21	PDB-1 (Interface NQD-2324)	発電機室	SPD	1φ2W 220V, MZCR-200JK2ARR	日本無線(株)	1 式
B22	PDB-1 (Interface NQD-2324)	発電機室	光ケーブル テンションメンバ絶縁		日本無線(株)	1 式
B23	PDB-2	電源室	3 相耐雷トランス	3φ4W, 380V, 30kVA	日本無線(株)	1 式
B24	PDB-2	電源室	SPD	3φ4W, 380V, MZCR-400JK3ARR	日本無線(株)	1 式
B25	PDB-3	電源室	SPD	3φ4W, 380V, MZCR-400JK3ARR	日本無線(株)	1 式
B26	PDB-4	電源室	SPD	1φ2W 220V, MZCR-200JK2ARR	日本無線(株)	1 式
B27	PDB-4 (Interface)	電源室	単相耐雷トランス	1φ2W 220V, 2kVA	日本無線(株)	1 式
B28	PDB-4 (Interface)	電源室	SPD	1φ2W 220V, MZCR-200JK2ARR	日本無線(株)	1 式
B29	PDB (Interface)	電源室	光ケーブル テンションメンバ絶縁		日本無線(株)	1 式
B30	接地線強化	電源室	接地線強化	40m	日本無線(株)	1 式
B31	接地線強化	機器室	接地線強化	40m	日本無線(株)	1 式

表 3-9：ヒュー・クチール 補修及び追加対策計画及び機材仕様（続き）

番号	機器名称	設置箇所	機 材 仕 様		製造者名	数量
			機器名称	型 名/仕 様		
C 追加対策 II						
C1	避雷針 1 1 式当り		避雷突針	国交省型 LR-1		3 式 1 個
			ダ化カップ リンク			1 個
			鬼より線	60sq		2M
			端子			1 個
			金具			1 個
			取付柱 1	STK400 Φ60.5×3.2×100		1 本
			取付柱 2	STK400 Φ89.1×4.2×2600		1 本
C2	避雷針 2 1 式当り		避雷突針	国交省型 LR-1		8 式 1 個
			ダ化カップ リンク			1 個
			鬼より線	60sq		2m
			端子			1 個
			金具			1 個
			取付柱	STK400 Φ60.5×3.2×600		1 本
C3	避雷針 3 1 式当り		避雷突針	国交省型 LR-1		4 式 1 個
			ダ化カップ リンク			1 個
			鬼より線	60sq		2m
			端子			1 個
			金具			2 個
			取付柱 1	STK400 Φ60.5×3.2×100		1 本
			取付柱 2	STK400 Φ89.1×4.2×4660		1 本
C4	避雷針 4 1 式当り		避雷突針	国交省型 LR-1		4 式 1 個
			ダ化カップ リンク			12 個
			鬼より線	60sq		2m
			端子			1 個
			金具			2 個
			取付柱 1	STK400 Φ60.5×3.2×100		1 本
			取付柱 2	STK400 Φ89.1×4.2×5240		1 本
C5	引下げ導線 1 式当り		鬼より線	60sq		1 式 118m
			ボルコン	60sq 用		44 個
			銅線固定金具	60sq 用		157 個
			圧着端子	60sq 用		19 個

表 3-9：ヒュー・クチール 補修及び追加対策計画及び機材仕様（続き）

番号	機器名称	設置箇所	機 材 仕 様		製造者名	数量
			機器名称	型 名 / 仕 様		
D 追加対策 III						
D1	屋外環状接地極					1 式
	1 式当り		チタン帯	w40×t1		160m
			チタンボルトナット	M12×25		40 個
			裸軟銅より線	60sq		410m
			接地抵抗低減材	M1C (25kg 入り)		9 袋
			〃	M5C (25kg 入り)		164 袋
			セメントモルタル	25kg		280 個
			海中電極			4 個
D2	屋外環状接地極					1 式
	1 式当り		銅フラットバー	t3×25×5000		17 枚
			絶縁支持物	DB-50		95 個
			コンクリートアンカー	M8 SUS		95 個
D3	内外連結接地極					1 式
	1 式当り		IV 線	60sq (緑)		120m
			T 型コネクター	T-122		54 個
			C 型圧着端子	C2-60		2 個
D4	燃料タンク接地極					1 式
			IV 線	60sq (緑)		120m
			裸圧着端子	R60-8 丸型キャップ 付		24 個
			ボルコン	60sq 用		24 個
E 追加対策 IV						
E1	アンテナ取付金具					2 式
	1 式当り		L 型アングル	L65×65×6 — 660		1 個
			U ボルト	M10		2 個
			V ボルト	M16 L アングル用		2 個
E2	気象センサー取付金具					1 式
			L 型アングル	L230 (240×260×6)		1 個
			V ボルト	M16 L アングル用		2 個

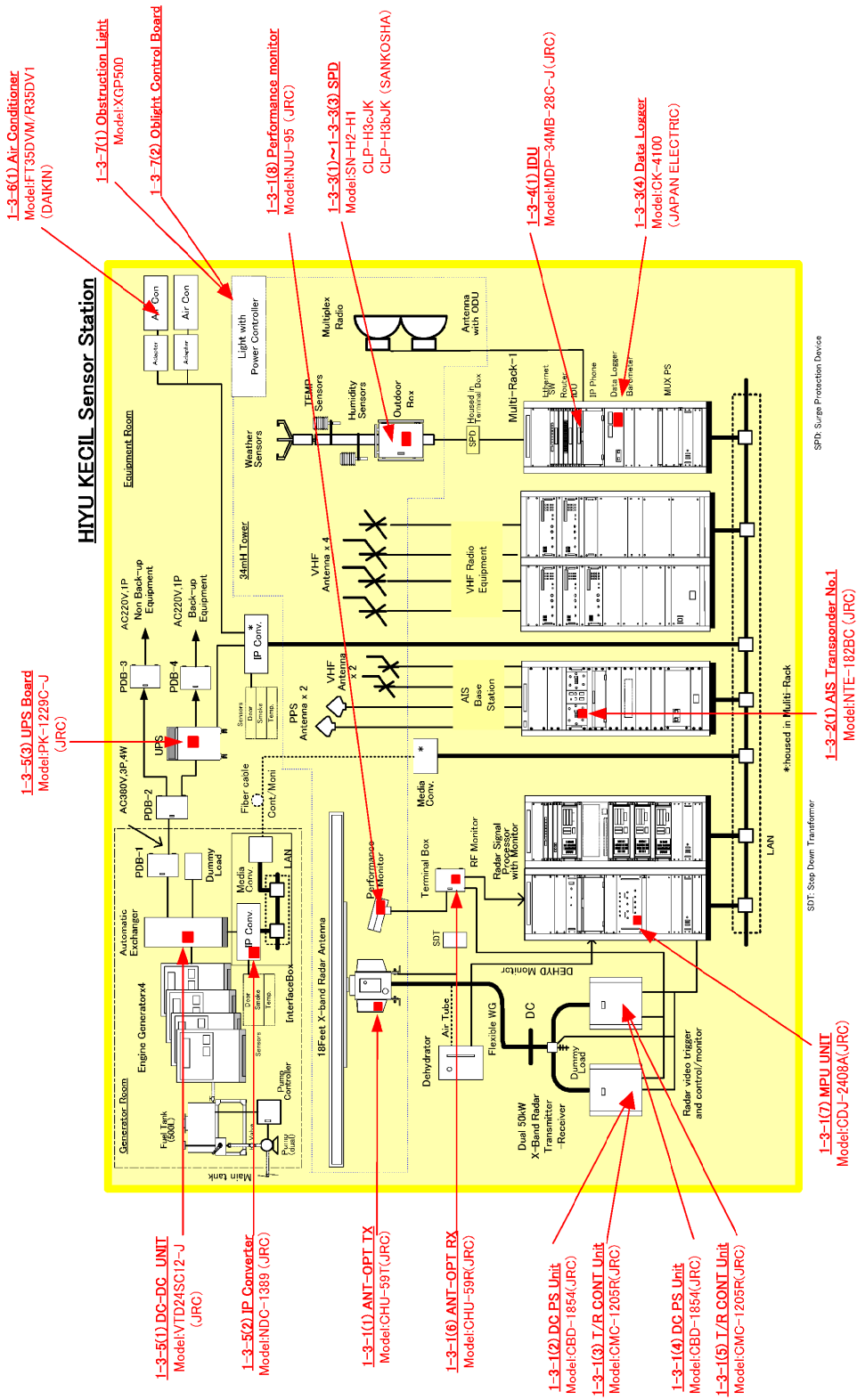


図 3-12: ヒュー・クチュール 機材修復対象箇所図

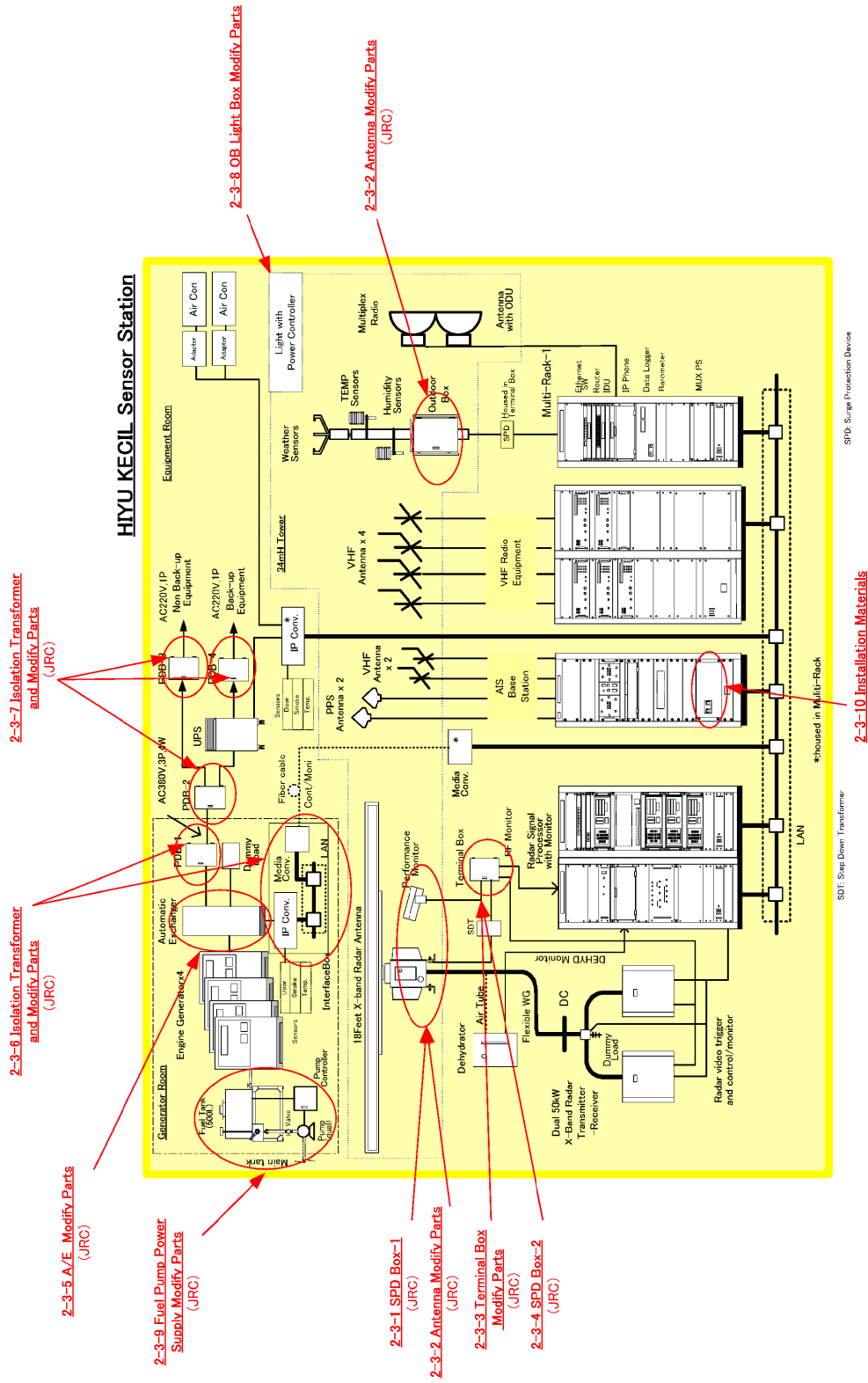
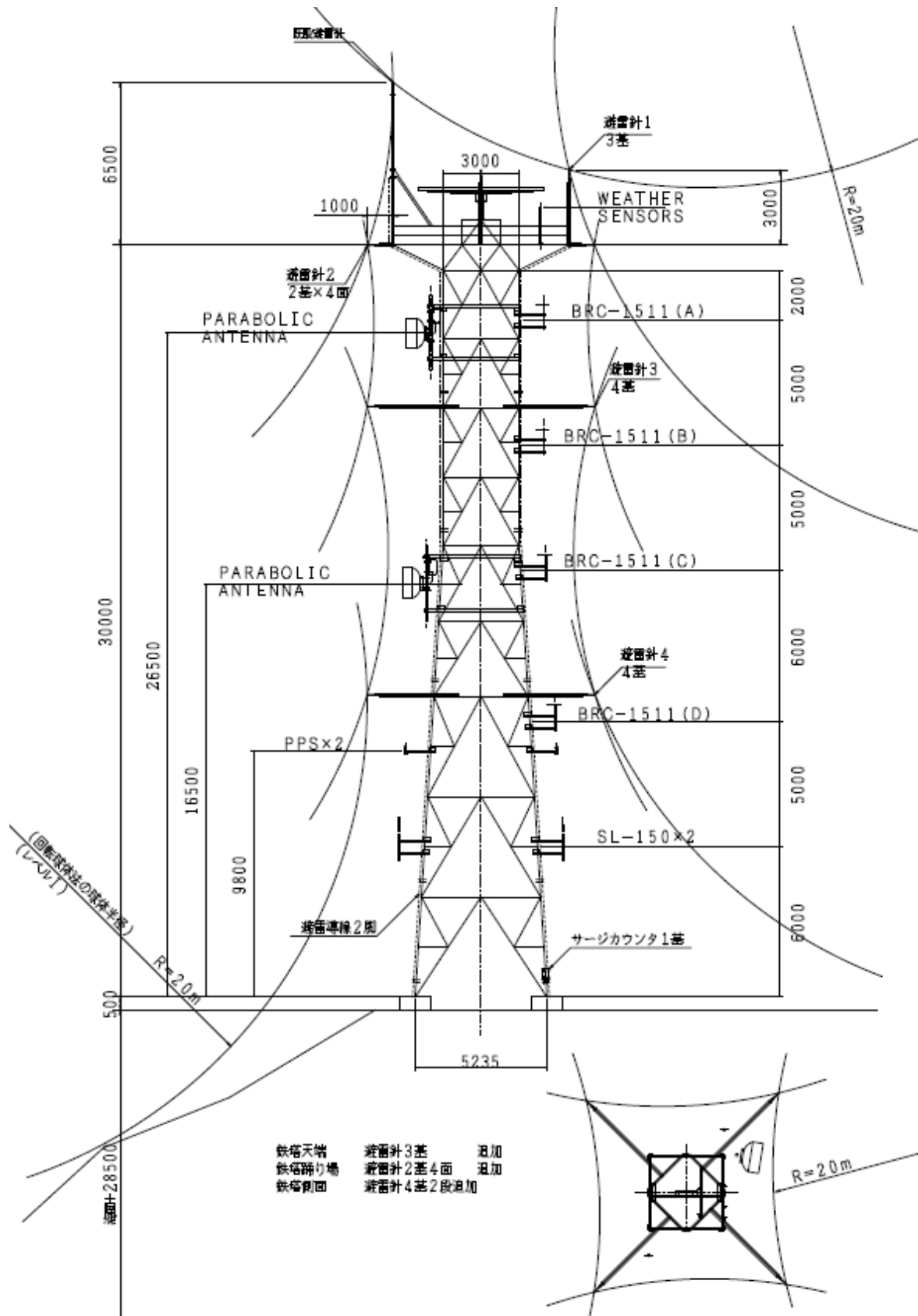


図 3-13 : ヒュー・クチュール 追加対策 I 対象機器及び作業名称図



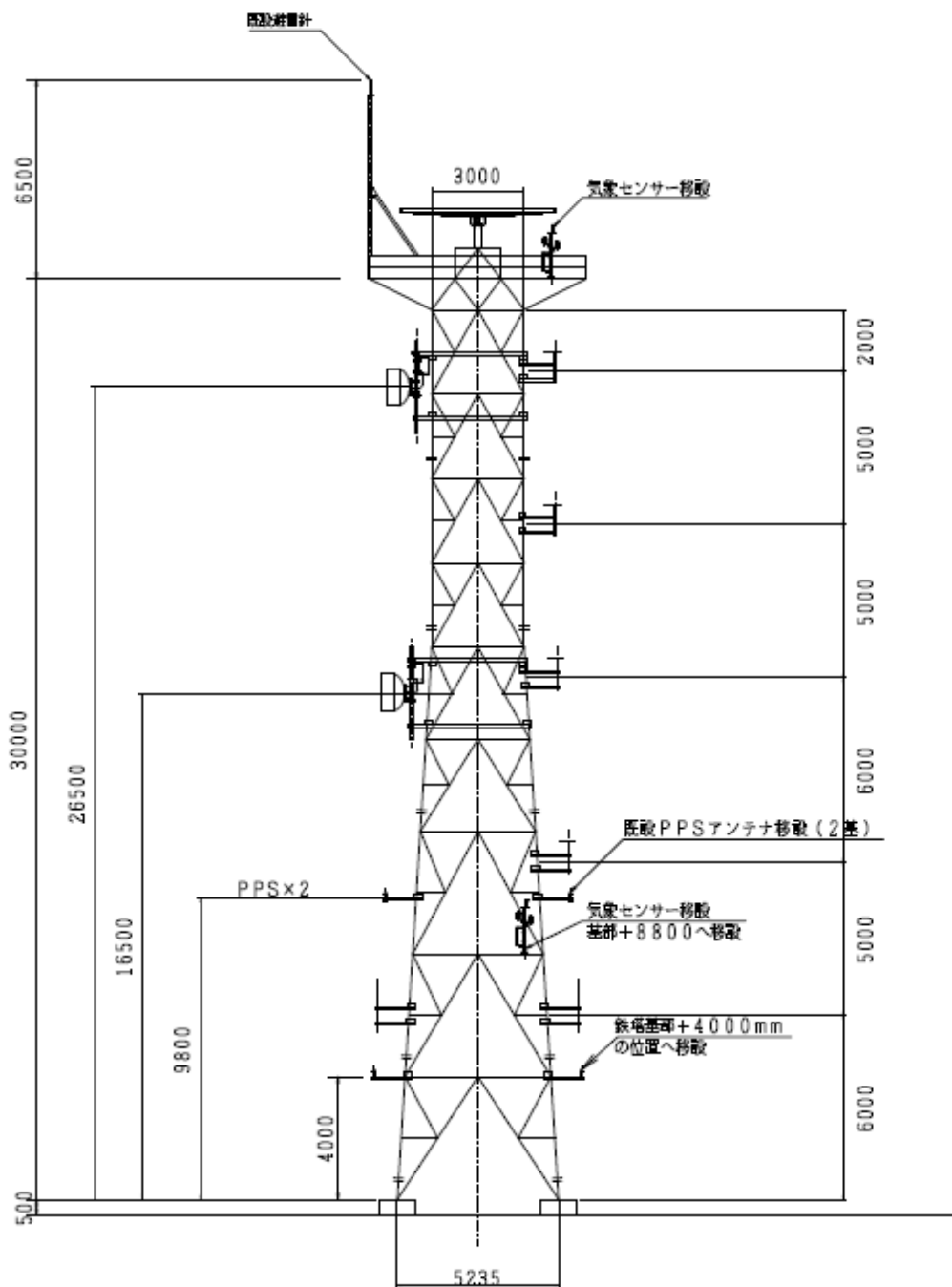


図 3-16: ヒュー・クチール 追加対策 IV 被災機器移設概要図

3-2-4-4 タコン・クチール

タコン・クチールに関する機器等被災箇所の修復並びに、追加対策 I～IV に係る機材仕様及び概略設計図は下記の通りである。なお、タコン・クチールにおいては、追加対策 IV の実施対象はない。

(1) 機材仕様

下記を表 3-10 にまとめて示す。

- a 機器等被災箇所の修復に係る機材仕様
- b 追加対策 I (避雷器、耐雷トランスの改良・追加) に係る機材仕様
- c 追加対策 II (受電部システムの改良・追加) に係る機材仕様
- d 追加対策 III (接地システムの改良・追加) に係る機材仕様

(2) 概略設計図面

関連する図面を下記に示す。

図 3.17 機材修復対象箇所図

図 3.18 追加対策 I 対象機器及び作業名称図

図 3.19 追加対策 II 受電部システム設計概要図

図 3.20 追加対策 III 接地システム設計概要図

追加対策 III にかかる室内環状接地極設計概要については、図 3.10 を参照。

表 3-10 : タコン・クチール 補修及び追加対策計画及び機材仕様

番号	機器名称	設置箇所	機 材 仕 様		製造者名	数量
			機器名称	型 名 / 仕 様		
A 被災機器補修						
A1. レーダーシステム						
A1-1	18ft X-Band Radar Antenna	鉄塔上部	ANT-OPT TX	CHU-59T	日本無線(株)	1 式
A1-2	X-Band Radar TRX No.1	機器室	DC PS Unit	CBD-1854	日本無線(株)	1 式
A1-3	X-Band Radar TRX No.1	機器室	T/R CONT	CMC-1205R	日本無線(株)	1 式
A1-4	X-Band Radar TRX No.2	機器室	DC PS Unit	CBD-1854	日本無線(株)	1 式
A1-5	X-Band Radar TRX No.2	機器室	T/R CONT	CMC-1205R	日本無線(株)	1 式
A1-6	Terminal Box	機器室	ANT-OPT RX	CHU-59R	日本無線(株)	1 式
A1-7	Radar Signal Processor	機器室	MPU Unit	CDJ-2408A	日本無線(株)	1 式
A1-8	Performance Monitor	鉄塔上部	Performance Monitor	NJU-95	日本無線(株)	1 式
A2. CCTV カメラ						
A2-1	CCTV Camera	鉄塔上部	CCTV Camera	HC-240-J	日本無線(株)	1 式
A2-2	CCTV Camera Controller	機器室	MPU Unit	CDJ-2408A	日本無線(株)	1 式
A2-3	WEB Encoder	機器室	WEB Encoder	PT-IP150T	日本無線(株)	1 式
A2-4	Multi Rack	機器室	Serial IP Converter	SI-65-J	日本無線(株)	2 式
A3. 空調設備						
A3-1	Air Conditioner	機器室	Air Conditioner	FT35DVM/ R35DV1	ダイキン工業(株)	1 式

表 3-10 : タコン・クチール 補修及び追加対策計画及び機材仕様 (続き)

番号	機器名称	設置箇所	機 材 仕 様		製造者名	数量
			機器名称	型 名 / 仕 様		
B 追加対策 I						
B1	Performance Monitor	鉄塔屋上	信号用 SPD、7 芯	CLP-NM	日本無線(株)	4 台
B2	Performance Monitor	鉄塔屋上	SPD 収容箱		日本無線(株)	1 台
B3	Radar Antenna	鉄塔屋上	AC/DC 電源	AC220V→DC12V	日本無線(株)	1 式
B4	Radar Antenna	鉄塔屋上	SPD 収容箱	屋外用筐体	日本無線(株)	1 式
B5	雷サージカウンター	鉄塔塔脚	雷サージカウンター	ME-PK	日本無線(株)	1 台
B6	Radar Antenna (SPD Box-1)	鉄塔屋上	単相耐雷トランス	1φ2W 220V, 0.5kVA	日本無線(株)	1 式
B7	Radar Antenna (SPD Box-1)	鉄塔屋上	SPD	1φ2W 220V, MZCR-200JK2ARR	日本無線(株)	1 式
B8	Terminal Box (SPDBox 2)	機器室	単相耐雷トランス	1φ2W 220V, 0.5kVA	日本無線(株)	1 式
B9	Terminal Box (SPDBox 2)	機器室	SPD	1φ2W 220V, MZCR-200JK2ARR	日本無線(株)	1 式
B10	Terminal Box (TB7)	機器室	SPD 設置、7 芯	CLP-NM	日本無線(株)	4 台
B11	Terminal Box(K2,3)	機器室	SPD、2 回路	ZP-DC12V	日本無線(株)	2 台
B12	雷サージカウンター (接地端子付近)	機器室	雷サージカウンター	SCAR11DL-1	日本無線(株)	1 台
B13	Obstacle Light	機器室	SPD	1φ2W, 220V, MZCR-200JK2ARR	日本無線(株)	1 式
B14	Automatic Exchanger	発電機室	SPD	DC12V, ZP-DC12	日本無線(株)	2 台
B15	Automatic Exchanger	発電機室	SPD	DC24V, ZP-DC24	日本無線(株)	2 台
B16	Automatic Exchanger	発電機室	SPD	DC12V, ZP-DC12	日本無線(株)	4 台
B17	Fuel Transfer Pump	燃料タンク	SPD 収容箱接地	3φ4W, 380V, NZCR-400JK3ARR	日本無線(株)	1 式
B18	CCTV カメラ (SPD Box-3)	鉄塔屋上	RS422 用 SPD	ZP-H2-H1	日本無線(株)	2 式
B19	CCTV カメラ (SPD Box-3)	鉄塔屋上	同軸用 SPD:	CX-H-N	日本無線(株)	1 式
B20	CCTV カメラ (SPD Box-3)	鉄塔屋上	単相耐雷トランス	1φ2W 220V, 0.5kVA	日本無線(株)	1 式
B21	WEB Encoder (SPD Box-3)	機器室	RS422 用 SPD	ZP-H2-H1	日本無線(株)	2 式
B22	WEB Encoder (SPD Box-3)	機器室	LAN 用 SPD	RJ-45, LAN-1000IS	日本無線(株)	1 式
B23	WEB Encoder (SPD Box-3)	機器室	単相耐雷トランス	1φ2W 220V, 0.5kVA	日本無線(株)	1 式
B24	接地線強化	電源室	接地線強化	40m	日本無線(株)	1 式
B25	接地線強化	機器室	接地線強化	40m	日本無線(株)	1 式

表 3-10 : タコン・クチール 補修及び追加対策計画及び機材仕様 (続き)

番号	機器名称	設置箇所	機 材 仕 様		製造者名	数量
			機器名称	型 名 / 仕 様		
C 追加対策 II						
C1	避雷針 1 1 式当り		避雷突針	国交省型 LR-1		3 式
			ダ化カップ リンク			1 個
			鬼より線	60sq		2m
			端子			1 個
			金具			1 個
			取付柱 1	STK400 Φ60.5×3.2×100		1 本
			取付柱 2	STK400 Φ89.1×4.2×2600		1 本
C2	避雷針 2 1 式当り		避雷突針	国交省型 LR-1		8 式
			ダ化カップ リンク			1 個
			鬼より線	60sq		2m
			端子			1 個
			金具			1 個
			取付柱	STK400 Φ60.5×3.2×600		1 本
			C3	避雷針 3 1 式当り		避雷突針
ダ化カップ リンク						1 個
鬼より線	60sq					2m
端子						1 個
金具						2 個
取付柱 1	STK400 Φ60.5×3.2×100					1 本
取付柱 2	STK400 Φ89.1×4.2×4660					1 本
C4	避雷針 4 1 式当り		避雷突針	国交省型 LR-1		4 式
			ダ化カップ リンク			1 個
			鬼より線	60sq		2m
			端子			1 個
			金具			2 個
			取付柱 1	STK400 Φ60.5×3.2×100		1 本
			取付柱 2	STK400 Φ89.1×4.2×5240		1 本
C5	避雷針 5 1 式当り		避雷突針	国交省型 LR-1		4 式
			ダ化カップ リンク			1 個
			鬼より線	60sq		2m
			端子			1 個
			金具			2 個
			取付柱 1	STK400 Φ60.5×3.2×100		1 本
			取付柱 2	STK400 Φ89.1×4.2×6030		1 本
C6	引下げ導線 1 式当り		鬼より線	60sq		1 式
			ボルコン	60sq 用		170m
			銅線固定金具	60sq 用		54 個
			圧着端子	60sq 用		226 個
						23 個

表 3-10 : タコン・クチール 補修及び追加対策計画及び機材仕様 (続き)

番号	機器名称	設置箇所	機 材 仕 様		製造者名	数量
			機器名称	型 名 / 仕 様		
D 追加対策 III						
D1	屋外環状接地極					1 式
	1 式当り		裸軟銅より線	60sq		227m
			接地抵抗低減材	M5C (25kg 入り)		91 袋
			ボルコン	60sq 用		10 個
D2	屋内環状接地極					1 式
	1 式当り		銅フラットバー	t3×25×5000		17 枚
			絶縁支持物	DB-50		95 個
			コンクリートアンカー	M8 SUS		95 個
D3	内外連結接地極					1 式
	1 式当り		IV 線	60sq (緑)		120m
			T 型コネクター	T-122		18 個
			C 型圧着端子	C2-60		2 個
D4	燃料タンク接地極					1 式
	1 式当り		IV 線	60sq (緑)		30m
			裸圧着端子	R60-8 丸型キャップ付		6 個
			ボルコン	60sq 用		6 個
E 追加対策 IV						
	該当なし。					

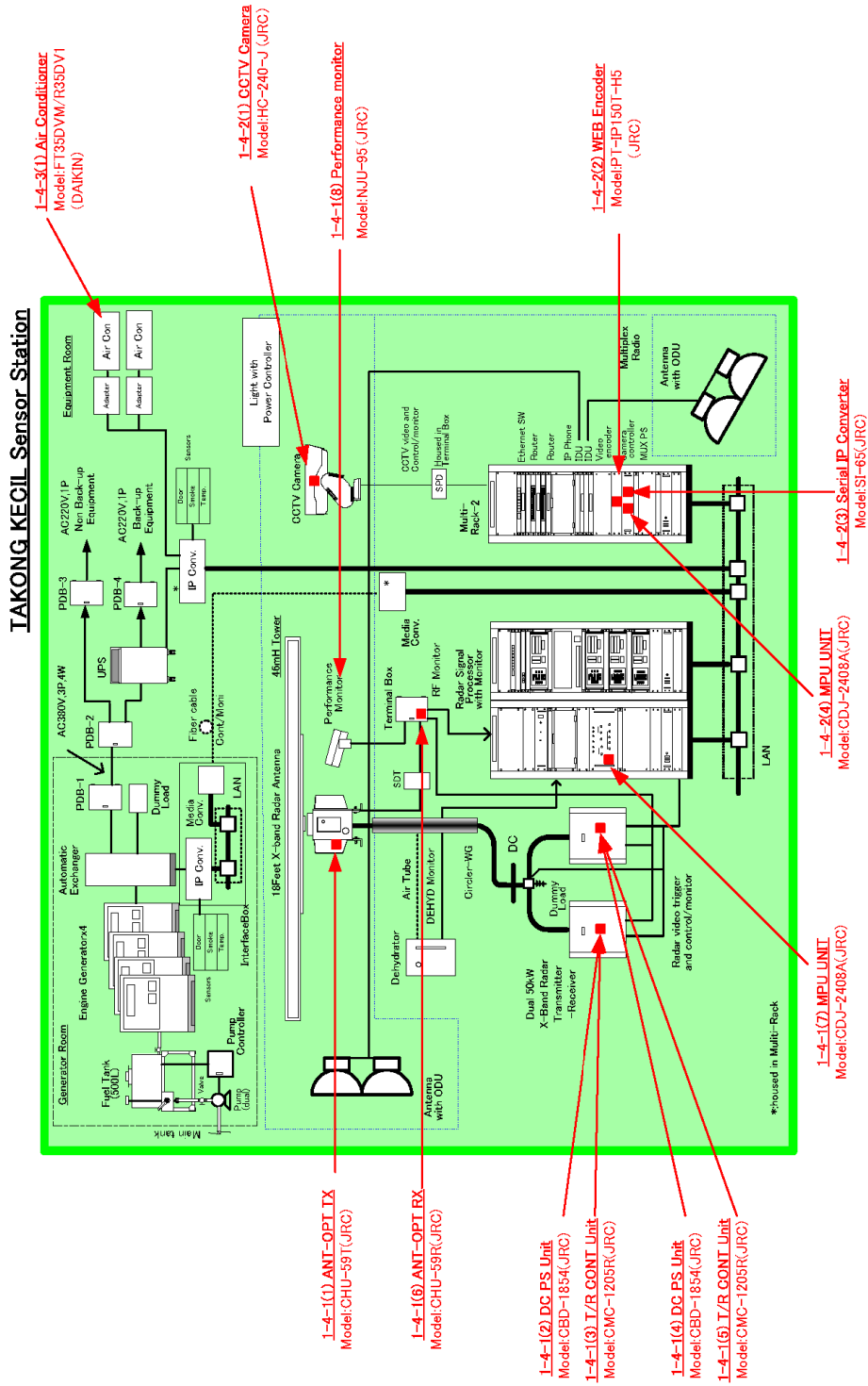


図 3-17: タコン・クチュール 機材修復対象箇所図

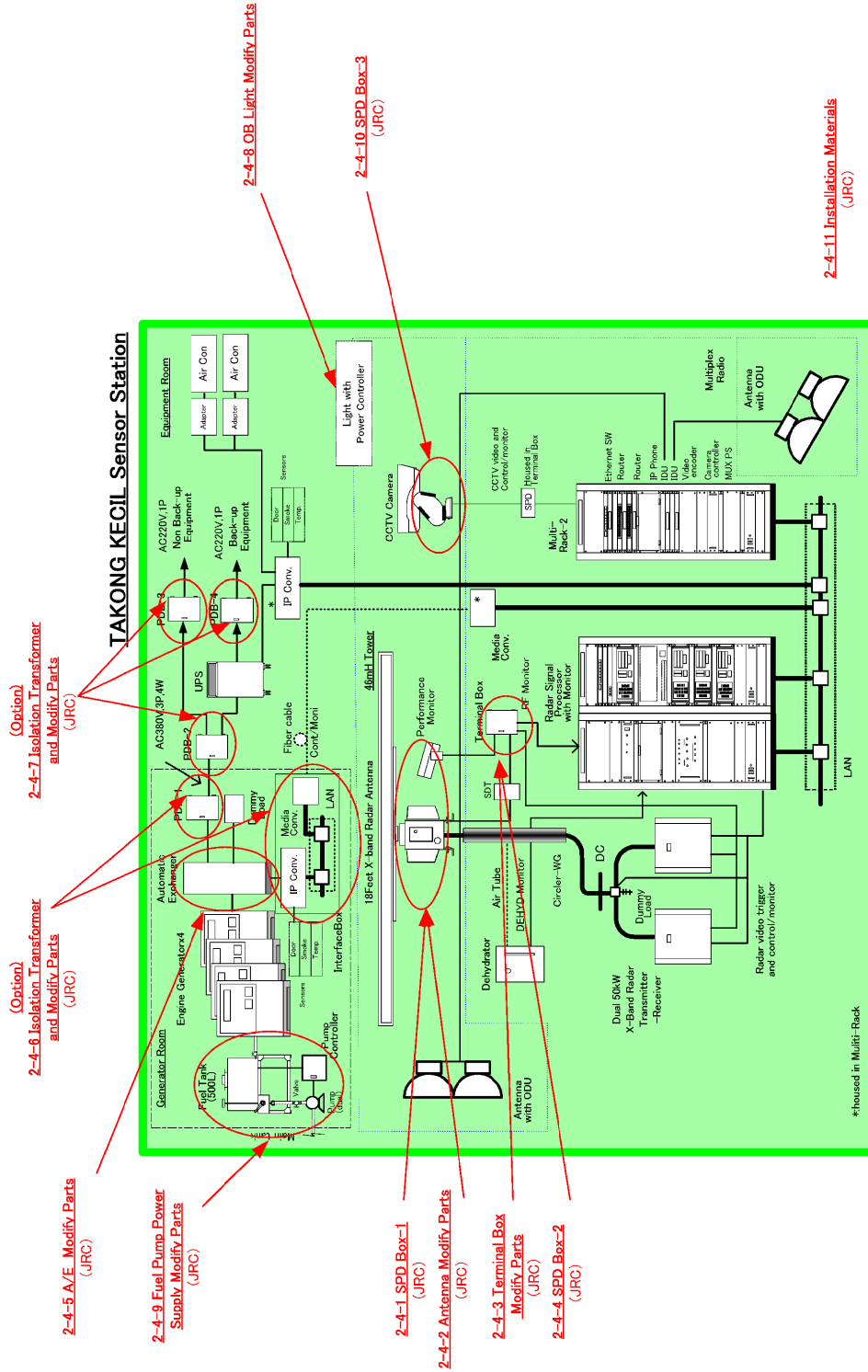


図 3-18: タコン・クチュール 追加対策 I 対象機器及び作業名称図

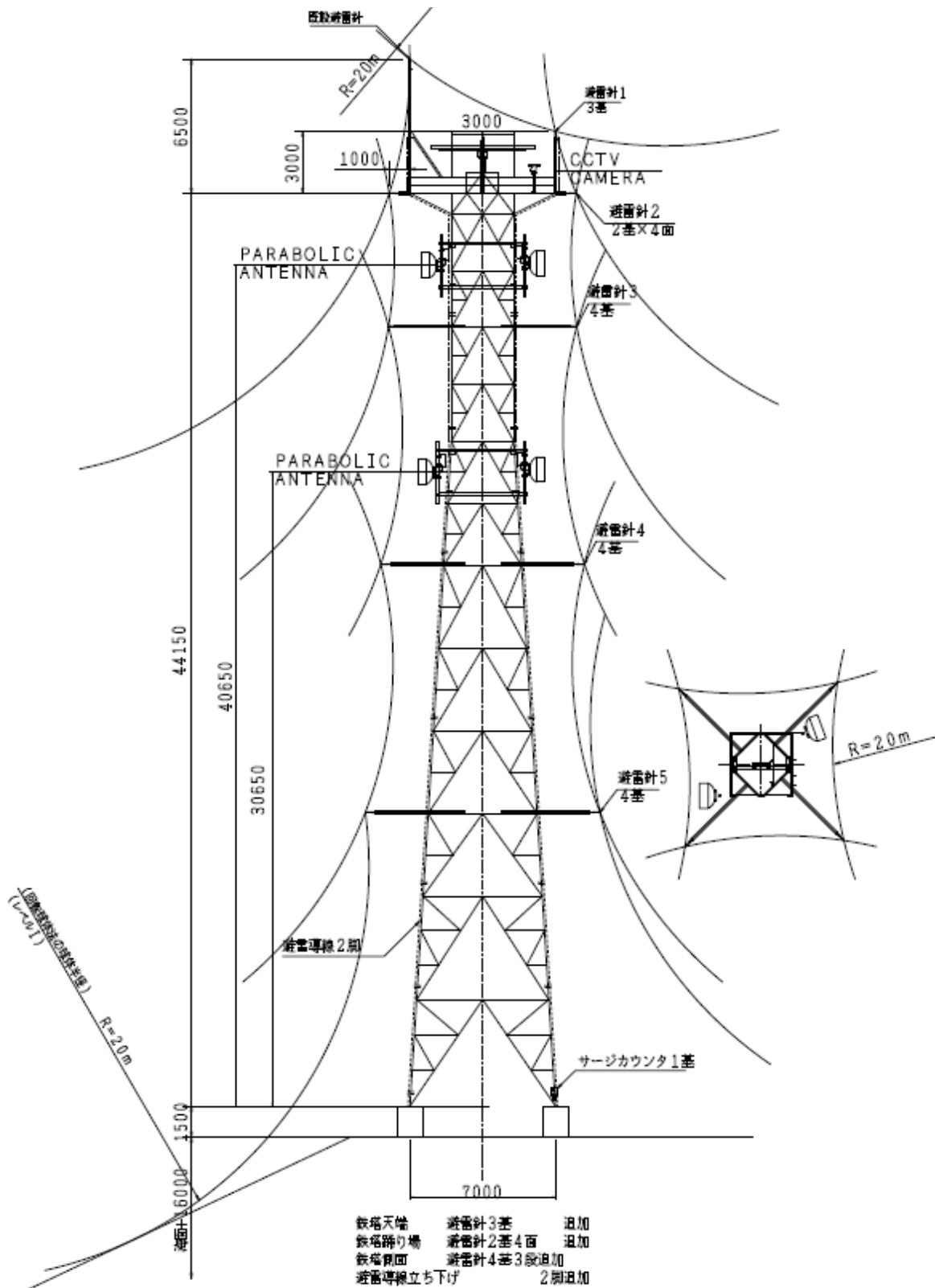


図 3-19 : タコン・クチール 追加対策 II 受雷部システム設計概要図

TAKONG KECIL

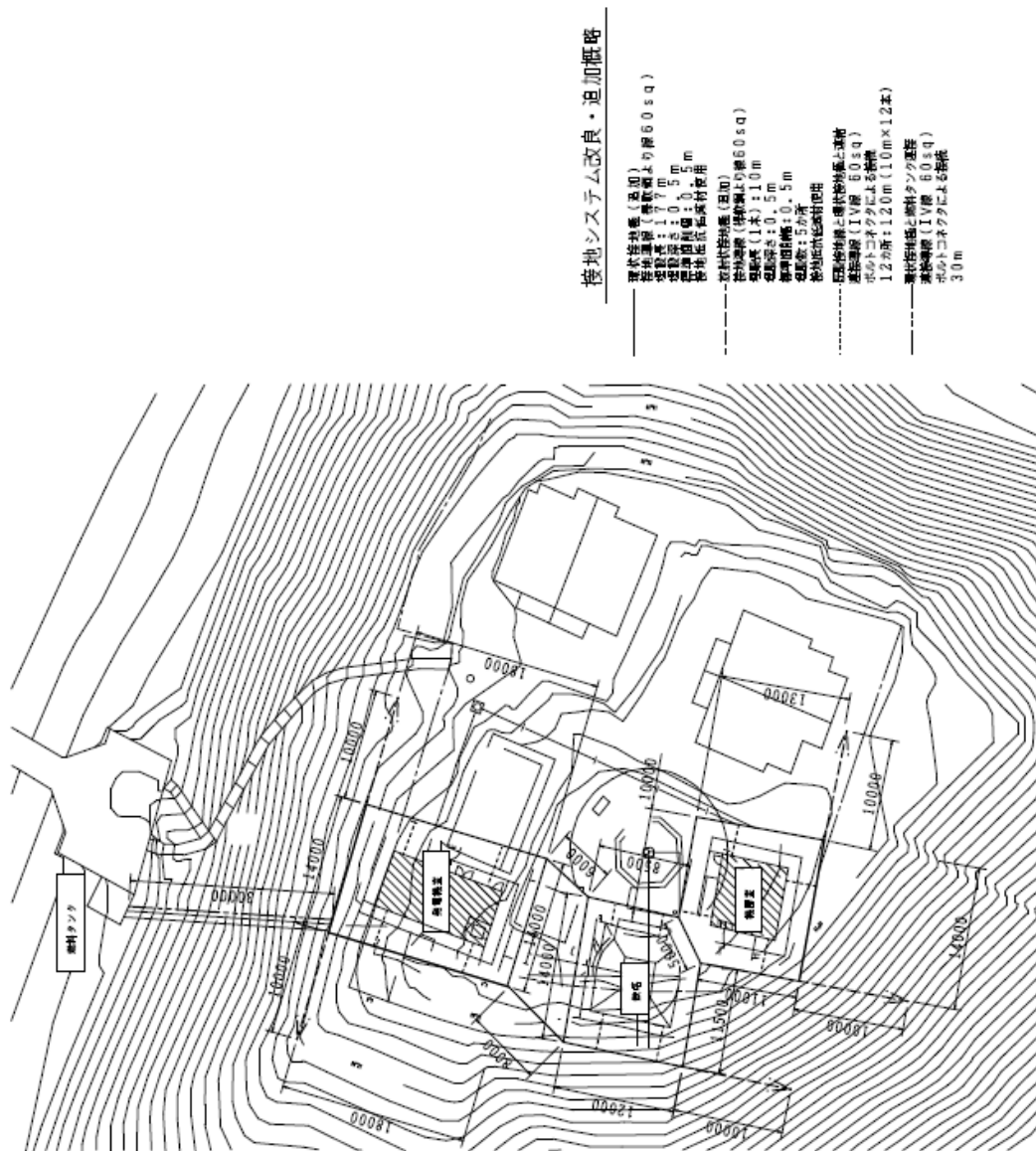


図 3-20 : タコン・クチャール 追加対策 III 接地システム設計概要図

第4章 概算費用及び対策実施に係る優先度の検討

4-1 概算費用

第3章での検討を踏まえた、推奨案（「対策案 C」）の概算費用は下記の通りである。

表 4-1：落雷対策（推奨案）サイト別概算費用

サイト名	費用（千円）
バツ・アンパール	18,147
タンジュン・ブラキット	35,204
ヒュー・クチール	54,823
タコン・クチール	33,437
合 計	141,611

表 4-2：落雷対策（推奨案）対策別概算費用

	対 策	費用（千円）
1	被災機材補修	42,426
2	追加対策 I	34,434
3	追加対策 II	32,935
4	追加対策 III	29,341
5	追加対策 IV	2,475
	追加対策合計	99,185
	合 計	141,611

各サイトの詳細は、表 4-3～表 4-6 の通りである。

表 4-3：バツ・アンパール VTS センター 落雷対策 概算費用

（単位：千円）

被災機材の修復及び落雷対策				数量	概算金額	備 考
番号	対 策 名	対 策 内 容				
1	被災機材修復	被災機材の修復	被災機材の調達、換装 被災機器単体調整 システム総合調整	1 式	4,057	
2	追加対策 I	避雷器・対雷トランスの改良・追加	電源線路へ避雷器、雷サージ カウンタを整備	1 式	3,181	推奨案
3	追加対策 II	受雷部システムの改良・追加	鉄塔上の避雷針及び引下げ 導線の改良・追加	1 式	7,866	
4	追加対策 III	接地システムの改良・追加	屋外環状接地極の改良・追加	1 式	2,271	
			屋外接地極と既設接地線を 連結	1 式	193	
5	追加対策 IV	被災機器の移設	AIS 基地局装置用 PPS アン テナを鉄塔最下段に移設	1 式	579	
計					18,147	

表 4-4 : タンジュン・ブラキット 落雷対策 概算費用

(単位：千円)

被災機材の修復及び落雷対策				数量	概算金額	備考
番号	対策名	対策内容				
1	被災機材修復	被災機材の修復	被災機材の調達、換装 被災機器単体調整 システム総合調整	1 式	11,987	
2	追加対策 I	避雷器・対雷トランスの改良・追加	電源・信号用線路へ避雷器 ・対雷トランス等を整備 (発電機棟～センサー局舎間の線路への避雷器・対雷トランスの整備は対象外)	1 式	5,577	推奨案
3	追加対策 II	受雷部システムの改良・追加	鉄塔上の避雷針及び引下げ導線の改良・追加	1 式	10,540	
4	追加対策 III	接地システムの改良・追加	屋外環状接地極の改良・追加	1 式	4,385	
			センサー局舎、発電機棟屋内環状接地極を整備	1 式	1,228	
			屋内外の環状接地極を連結	1 式	539	
5	追加対策 IV	被災機器の移設	AIS 基地局装置用 PPS アンテナ、気象観測センサーを鉄塔最下段に移設	1 式	948	
計					35,204	

表 4-5 : ヒュー・クチール 落雷対策 概算費用

(単位：千円)

被災機材の修復及び落雷対策				数量	概算金額	備考
番号	対策名	対策内容				
1	被災機材修復	被災機材の修復	被災機材の調達、換装 被災機器単体調整 システム総合調整	1 式	14,168	
2	追加対策 I	避雷器・対雷トランスの改良・追加	電源・信号用線路へ避雷器 ・対雷トランス等を整備 (発電機棟～センサー局舎間の線路への避雷器・対雷トランスの整備は対象外)	1 式	18,914	
3	追加対策 II	受雷部システムの改良・追加	鉄塔上の避雷針及び引下げ導線の改良・追加	1 式	6,127	
4	追加対策 III	接地システムの改良・追加	屋外環状接地極の改良・追加 (接地極の一部にチタン帯を使用) 送油管接地極を整備	1 式	12,627	推奨案
			センサー局舎、発電機棟屋内環状接地極を整備	1 式	1,228	
			屋内外の環状接地極を連結	1 式	811	
5	追加対策 IV	被災機器の移設	AIS 基地局装置用 PPS アンテナ、気象観測センサーを鉄塔最下段に移設	1 式	948	
計					54,823	

表 4-6 : タコン・クチール 落雷対策 概算費用

(単位：千円)

被災機材の修復及び落雷対策				数量	概算金額	備考
番号	対策名	対策内容				
1	被災機材修復	被災機材の修復	被災機材の調達、換装 被災機器単体調整 システム総合調整	1式	12,214	
2	追加対策Ⅰ	避雷器・対雷トランスの改良・追加	電源・信号用線路へ避雷器 ・対雷トランス等を整備 (発電機棟～センサー局舎間の 線路への避雷器・対雷トランスの 整備は対象外)	1式	6,762	推奨案
3	追加対策Ⅱ	受雷部システムの改良・追加	鉄塔上の避雷針及び引下げ 導線の改良・追加	1式	8,402	
4	追加対策Ⅲ	接地システムの改良・追加	屋外環状接地極の改良・追加 送油管接地極を整備	1式	4,294	
			センサー局舎、発電機棟屋内 環状接地極を整備	1式	1,228	
			屋内外の環状接地極を連結	1式	537	
計					33,437	

4-2 落雷対策実施の優先度の検討

本検討で策定した落雷対策案（推奨案）を実施するにあたり、対策案全体を一括で実施できない可能性が考えられる。この点を踏まえ、具体的な実施方法を検討するための資料として、対策コンポーネントの分割案及び、それらの優先度についての検討を加えた。また、対策案の分割、優先実施を行う場合の技術的留意点についても整理し、実施上の留意点として提言する。

4-2-1 優先度検討に先立つ設計上の留意点

優先度の検討を踏まえて、本件を実施に移す場合、技術的観点から下記事項に配慮する必要がある。

- 1) VTS 機器の被災箇所の修復のみでは、今後も同様の被災を受けるリスクが極めて高いと考えられることから、雷による被害を防止するためには、本検討で推奨する追加対策を同時に実施することが必要である。
- 2) 追加対策のⅠ～Ⅳは、耐雷性能の向上を図るためにそれぞれ必要なコンポーネントであるが、これらは相互に補完しながら一体として機能するものであることから、これらのコンポーネント単位で分割することはせずに、同時に一体として実施することが基本的に必要である。

4-2-2 対策実施の優先度の検討

(1) 優先度策定の考え方

第3章で取りまとめた「対策案C」(推奨案)について、実施面を考慮した優先度を策定する。優先度の策定は下記の考え方に基づく。

- 1) 4局が一体となって運用されることにより、VTSシステム全体の機能が発揮されることから、全局同レベルでの実施が最も望ましい。
- 2) バツ・アンパール局は、サイト周辺に当該施設より高い鉄塔が複数存在していることに加え、施設完成後からこれまでの被災の実情を踏まえると、当該施設が直撃雷を受ける可能性は皆無ではないが、ある程度低いと考えられる。そのため、同局については、被災機器の補修に加え、追加対策Iのうち、誘導雷に対する避雷対策に係る部分の対策を優先的にとることとして、その他の追加対策II~IVの優先度を下げることは可能であると思料する。
- 3) その他の3局については、耐雷性能及び被災のリスクを考慮すると、被災機材の修復と共に、追加対策のI~IVの同時実施が必要で、これらのコンポーネントの段階的实施は推奨できない。従って、可能な限り、追加対策のコンポーネント単位の分割ではなく、サイト別の分割を推奨する。
- 4) 4つのセンサー局の重要度は同レベルであるが、VTS機器のハード面に着目すると、タコン・クチールはヒュー・クチールからのデータ伝送の中継局の機能を兼ねている。従って、同局の被災は、ヒュー・クチール局からのデータ伝送が不能となる事態を誘発する可能性があり、ヒュー・クチールに被害が無くとも、結果として2局分のダメージと同等に至る可能性が高いため、ヒュー・クチールより優先度を上げるべきと思料する。
- 5) ヒュー・クチールは、4局の中で最初に被災したサイトであり、地盤条件も岩盤等の特殊な状況にあることから、優先度を上げて適切な対策を講ずる必要があると思料する。
- 6) タンジュン・ブラキットは、ヒュー・クチール及びタコン・クチールの2局が洋上の孤島であるのに対し、陸上に位置しており、車両によるアクセスが可能である。また、同局を管轄するタンジュン・ピナン地方航路標識整備事務所からも比較的近い。同局は、VTSの機能面では、マ・シ海峡の入口を監視する重要拠点ではあるものの、優先度を下げた場合でも、将来的に修理がやりやすいという利点がある。

(2) 優先度を考慮した対策実施案

上述した優先度策定の考え方を踏まえ、下記4案の対策実施案を策定した。これらの対策案の実施コンポーネントは表4-8に示す通りである。

- 1) 1案：全サイトを同時に全て実施する
 技術的観点からは全サイト同時実施が望ましく、最も推奨される案である。
- 2) 2案：バツ・アンパールの追加対策 II～IV の優先度を下げた案
 上述の通り、バツ・アンパールへの直撃雷による被災確率が低いことを考慮し、この部分の対策の優先度を下げる案。
- 3) 3案：2案において、タンジュン・ブラキットの追加対策 II～IV 部分を分割して同時実施する案
 追加対策の II～IV の部分を分割し、別ファイナンスで実施することを検討した案。追加対策が分割されているが、同時実施が必要である。
- 4) 4案：2案よりタンジュン・ブラキットの優先度を下げた案
 機器の補修のみでは、被災のリスクが高いため、同サイトの全ての対応の優先度を下げて実施する案。

(3) 各対策案実施のための概略費用

上記で策定した各対策案の実施費用は下記、表 4-7 の通りである。

表 4-7：優先度を考慮した対策実施案及びその概略費用

実施案	実施内容	概略費用 (千円)
1	全てのサイトの補修及び追加対策を同時に実施	141,611
2	1案よりバツ・アンパールの追加対策 II～IV の優先度を下げて除外した案	130,702
3	2案のタンジュン・ブラキットの追加対策 II～IV を分割同時実施とする案	113,062
4	2案からタンジュン・ブラキットの優先度を下げて分割する案	95,498

表 4-8 : 落雷対策実施 優先度の検討

番号	対策名	対策内容	想定効果	1案(基本案)				2案				3案				4案			
				BA	T.B	H.K	T.K	BA	T.B	H.K	T.K	BA	T.B	H.K	T.K	BA	T.B	H.K	T.K
1	被災機材修復	被災機材の修復	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
2	追加対策 I	避雷器(SPD)・避雷トランスの整備	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
3	追加対策 II	避雷システムの改良・追加	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
4	追加対策 III	接地システムの改良・追加	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
5	追加対策 IV	被災機器の移設	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
6	追加対策 V	消雷アレイシステムの導入	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
落雷対策経費(千円)				18,147	35,204	54,823	33,437	7,238	35,204	54,823	33,437	7,238	17,564	54,823	33,437	7,238	0	54,823	33,437
				141,611				130,702				113,062				95,498			
対策経費実施率(%) (各サイト別)				100.0	100.0	100.0	100.0	39.9	100.0	100.0	100.0	39.9	49.9	100.0	100.0	39.9	0.0	100.0	100.0
対策経費実施率(%) (全サイト合計)				100.0				92.3				79.8				67.4			

第5章 実施上の留意点

5-1 補修機材等の調達方法に関する留意点

現場で稼働している VTS システムの主要設備は、日本及びインドネシア国内で調達されたものであるが、雷被害により損傷を受け障害が発生した各設備の補修機材は、既存設備で使用されているものと同じパーツを用い、既存システムとの整合性を確保することが必須条件となる。レーダーシステムや AIS システム等の補修に必要なパーツは、複数の部品から構成される回路基板となり、一般流通しているものではなく、受注生産もしくは特注に近い製品となることから、メーカーの工場製作品となる。そのため、補修に必要な機材については、指定メーカー発注とする必要がある。

また、追加対策 I に必要な機材の調達に際しては、既存システムの回路変更、基板の改造等を含み、機器補修同様のメーカー対応が必要となることから、機器の補修同様に指定メーカー発注とする必要がある。

追加対策 II～IV については、将来の雷被害を最小限に抑えるために、規格、品質等に細心の注意が必要であること、機器及び施設が稼働中のものであることを含め、既存施設と追加対策で付加する機器及び施設の原寸調査、設計及び製作等の一貫性の確保が求められること、また、避雷針、引下げ導線、接地システム、SPD、耐雷トランス等の複数の機器及び施設が、相互に確実に連携して機能する必要があること、などを勘案する必要があるため、メーカーへの一括発注とし、5-2 (2) で記述するように、メーカー技術者の監督下での調達が望ましい。

5-2 落雷対策実施上の留意点

(1) 優先度を考慮した実施上の留意点

第4章で検討した優先度を踏まえた、対策実施を選定、実施を行う場合には、下記の点に留意されたい。

- 1) VTS システムはその機能上、4 サイト全てが相互補完的に機能するものであることから、1 案による全局同レベルでの対策実施が最も望ましい。
- 2) 本対策案では、被災機材の補修に加え、将来における雷被害を最小限にするため、4 項目の追加対策を含んでいる。追加対策が施されない場合、今回と同様に被災するリスクが大きいことから、被災機器の補修と追加対策は同時に実施することが必要である。
- 3) 優先度を考慮して段階的に実施する場合には、各サイト毎の分割を優先し、サイト内での追加対策のコンポーネント、すなわち、追加対策の I～IV の分割は推奨しない。これは、これらの対策が相互補完的に機能することから、全てが実施されて初めて想定される耐雷性能が発揮されるからである。従って、2 案、3 案の様に、やむを得ずこの部分を分割する場合には、分割して切り離れた部分の同時実施を確実にするなど配慮が必要である。

(2) 現地作業実施上の留意点

追加対策Ⅰに係る現地作業においては、既存機器内部の機材の修復・換装等の作業を行うことになるため、既存 VTS システム全体の設計思想、機器構成、機能及び性能等を熟知したメーカー技術者の管理下で、既存機器に損傷等を与えないよう、細心の注意を払って実施する必要がある。

また、追加対策Ⅱ～Ⅳの現地作業においては、既存（補修）機器との一貫性、整合性、連携及び、設計上の効果が確実に発揮される確実な施工が極めて重要な要因となる。また、ヒュー・クチールにおいては、岩盤等の特殊な条件下での施工となることや、その他のサイトにおいても、施工後の確認が難しい地下埋設作業等が主体となること等を勘案すると、既存 VTS 機器及び現場の状況を熟知し、かつ、雷対策の専門的技術と知識を有するメーカー技術者の管理下での作業が強く推奨されるため、メーカーへの一括発注による実施が望ましい。

バツ・アンパールを除く各サイトで修理が必要となっている冷房装置については、機能を十分に把握している現地業者による補修作業が望ましいが、VTS 機器の保守上重要な機器であること、また、単体では発注ロットが小さくなることから、VTS 機器の補修・追加対策のメーカー発注分に含むものとし、メーカーの品質管理のもと、再委託による現地業者への発注を推奨する。

第6章 資料

6-1 調査団員氏名、所属

(1) 現地調査 (2012年12月3日～19日)

総括／V T S 計画	輿水正比古	(株) オリエンタルコンサルタンツ
V T S 雷対策	伊藤 秀敏	(一財) 日本航路標識協会 (株) サンコーシャ
V T S 機材 (1)	赤石 節雄	(一財) 日本航路標識協会
V T S 機材 (2) / 調達計画・積算	山藤 翼	(一財) 日本航路標識協会

(2) ドラフト説明 (2013年3月4日～8日)

総括／V T S 計画	輿水正比古	(株) オリエンタルコンサルタンツ
V T S 雷対策	伊藤 秀敏	(一財) 日本航路標識協会 (株) サンコーシャ

6-2 調査日程

(1) 現地調査 (2012年12月3日～19日)

日数	月日	曜	総括/VTS計画	VTS雷対策	VTS機材(1)	VTS機材(2)/調達計画・積算
			興水正比古	伊藤秀敏	赤石節雄	山藤 翼
1	12/3	月	移動(JAL 725 東京 11:20→ジャカルタ 17:20)			
2	12/4	火	9:00 JICA事務所、11:00 大使館、13:00 海運総局表敬、実施期間協議			
3	12/5	水	実施機関協議【3】、【4】、【5-1】、【6】			災害保険調査【10】
4	12/6	木	移動(GA 152 ジャカルタ 09:20～バタム 11:00)バツ・アンパール調査【5-1】、【5-2】【6】【9】			
5	12/7	金	タンジュン・ピナン管区本部訪問・協議【5-1】、【6】			
6	12/8	土	タンジュン・ブラキット調査【5】、【6】、【7】			
7	12/9	日	移動(GA 155 BTM16:30→JKT18:10)	バツ・アンパールへ移動、資料整理		
8	12/10	月	第2期案件ミーティング	移動:バツ・アンパール～ヒュー・クチール、ヒュー・クチール調査【5】、【6】、【7】		
9	12/11	火	DGST協議、移動(GA 154 JKT14:05→BTM15:45)	ヒュー・クチール調査【5】、【6】、移動:ヒュー・クチール～タコン・クチール		
10	12/12	水	タコン・クチール調査【5】、【6】、【7】			
11	12/13	木	タコン・クチール調査【5】、【6】、【7】、移動タコン・クチール～バツ・アンパール			
12	12/14	金	バツ・アンパール調査【5】、【6】、【7】、【9】、移動(GA 155 バタム16:30～ジャカルタ18:10)			バツ・アンパール調査
13	12/15	土	団内検討【7-4】、【7-5】、【8】			資料整理
14	12/16	日	団内検討【7-4】、【7-5】、【8】			資料整理、移動バタム～シンガポール
15	12/17	月	実施機関協議【4】、【5-1】、【11】			シンガポール港湾局等調査【6】、【9】、【12】
16	12/18	火	9:00 DGST、13:00JICA事務所、15:00大使館報告、移動(JAL 726 ジャカルタ発 22:30)			移動(JAL 710 シンガポール発01:55)
17	12/19	水	移動(東京着 07:15)			移動(東京着 09:30)

(2) ドラフト説明 (2013年3月4日～8日)

日数	月日	曜	総括/VTS計画	VTS雷対策
			興水正比古	伊藤秀敏
1	3/4	月	移動(JAL 725 東京11:20→ジャカルタ17:20)	
2	3/5	火	9:00 JICA事務所、11:00JICA専門家、13:30 実施機関協議【16】	
3	3/6	水	8:00 航行援助局長表敬、実施機関協議【16】	
4	3/7	木	10:00 JICA事務所報告、11:30 JICA専門家/DGST、15:00 大使館報告、帰国(ジャカルタ発JAL 726 22:05)	
5	3/8	金	帰国(成田着07:15)	

6-3 相手国関係者リスト

海運総局 (Directorate General of Sea Transportation (DGST))

Ir. A. Tonny Budiono, MM	Director of Navigation (Authorized Budget User of VTS Phase 2 Project)
Ir. M. Ali Malawat	Head of Sub-Directorate of Maritime Telecommunication
Mr. Kardiawan Sudarno	Authorized Commitment Officer of VTS Phase 2 Project
Drs. Tofan Rindoyo,	Head of Section of Operation Sub-Directorate of Marine Telecommunication
Mr. Heri Supriyadi	Staff of Section of Equipment and Maintenance
Mr. Wisnu Panca Perbaya	Ditto
Mr. Rizki Cahyadi	Ditto
Mr. Tony Rafiq	Ditto
Mr. Fathan Muta'ali	Ditto
Ms. Caroline Veronica	Ditto
西分 竜二 氏	JICA 専門家
生方 章 氏	同上

District Navigation in Tanjung Pinang Office

Capt. Herman Pattiasina	Head of Operation Division
Mr. Maryanto	Staff of District Navigation in Tanjung Pinang Office
Mr. Sumber Yanto	Ditto

Coastal Radio Station in Batu Ampar

Mr. Sudiantoro	Chief of Coastal Radio Station (CRS)
Mr. Yanto Maryanto	Staff of CRS
Mr. Taufik	Ditto
Mr. Efriadi	Ditto

在インドネシア日本国大使館

上手 研治 氏	一等書記官
---------	-------

JICA インドネシア事務所

樋口 創 氏	
Ms. Sulisty Wardani	Program Officer for Infrastructure

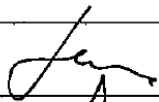







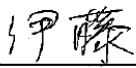
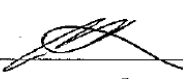
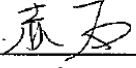

6-4 討議議事録等

(1) 2012年12月4日会議（インセプションレポート説明）出席簿

AGENDA : Meeting with JICA Team for Lighting Damage of VTS

DAY / DATE : Tuesday, 4th December 2012


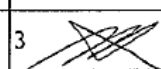
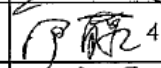
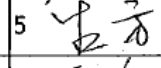
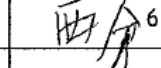
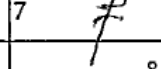
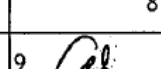
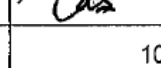
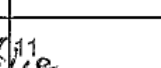
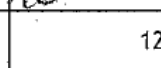
TIME : 13.00-15.00 WIB

NO	NAME	ORGANIZATION	SIGNATURE
1	TOMMY BURIONO	DIR. NAVIGASI	
2	TOPAN R	DGST	
3	Kardewan .s	DGST	
4	Heri Supriyadi	—	
5	Tommy Rafia	—	
6	NISHIBUN RYUJI	JICA	
7	UBUKATA AKIRA	JICA	
8	SANTO YOKU	JANA	
9	ITO HIDETOSHI	SANKOSHA	
10	MASAHIZO KOSHIMIZU	ORIENTAL CONSULTANTS	
11	SETSUO AKAISHI	JANA	
12	WIRGNO	DGST	
13			

(2) 2013年3月5日会議(ドラフト説明)出席簿

DAFTAR HADIR
 Rapat Intern Report " Lightning Protection " Untuk Desain Survey VTS

Ruang Rapat Bima Sakti
 Jakarta, 5 Maret 2013

No	Nama	Unit	Tanda Tangan
1			1
2	M. An Malawati	Head of Subdat	2 
3	Masahiko Koshimin	Oriental Consul.	3 
4	Idideroshi Ito	Sankosha	4 
5	WBUKATA AKIRA	JICA	5 
6	NISHIBUN RYUJI	JICA	6 
7	TOPAe.RINROYO	DCST	7 
8	Fathan Muta'ali	DCST	8 
9	Caroline Veronca	DCST	9 
10	Tom Rafia	DCST	10 
11	Higuchi Hajime	JICA Indonesia Office	11 
12			12
13			13
14			14
15			15
16			16
17			17
18			18
19			19
20			20
21			21
22			22