

第4章 気象観測分野の現状

4-1 気象局と防災スキーム

4-1-1 気象局の組織体制

MMS は首相府に属し、職員が約 130 名（管理部局が 30 名・技術部局 100 名）所属している。この内、Vacoas の本局には、75 名が勤務しており、その他に、ロドリゲス島、アガレガ島、セント・ブランドン島の離島観測所にも職員が勤務している。

MMS の組織図は、図 4-1-1のとおりである。副長官 (Deputy Director) の下には、主席予報士 (Division Meteorologist) がおり、気候・海洋・水文・農業・航空・気象学の各分野を担当している。また、気象観測ネットワーク・観測機器及びコンピューターネットワークの維持・管理については、気象技術士 (Meteorological Technician) 及び電気技師 (Electronical Technician) がおり、観測システム・情報収集交換システムの運営管理に当たっている。

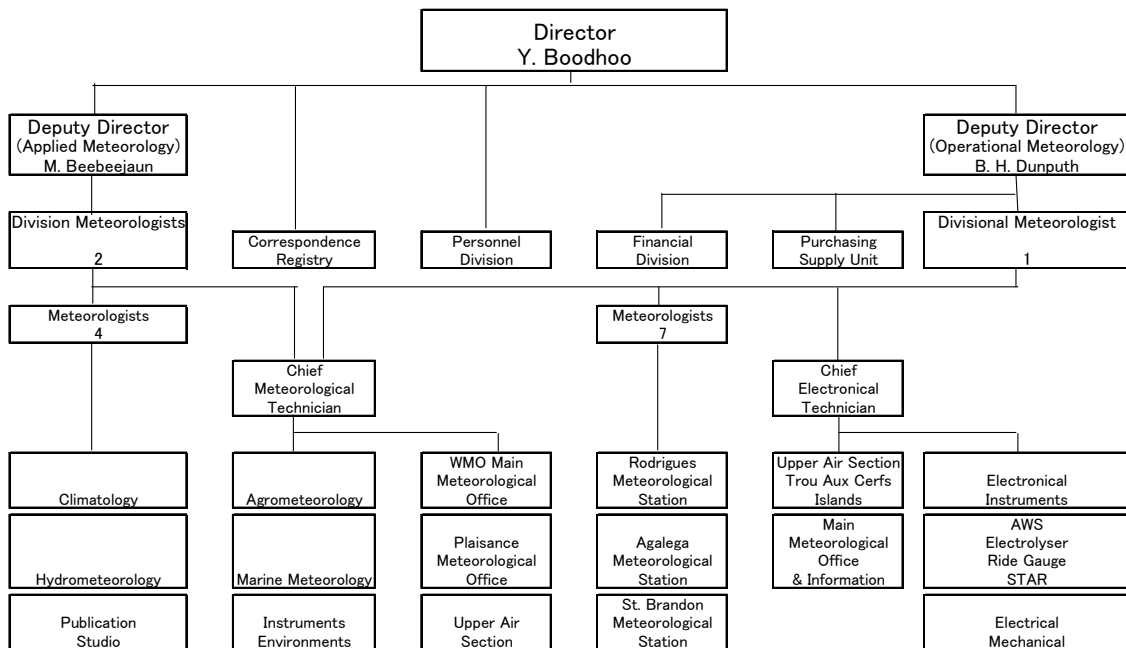


図 4-1-1 気象局の組織体 (気象局 Annual Report による)

表 4-1-1 首相府を構成する部局 (首相府ホームページより)

Civil Status Division	Mauritius Police Force
Government Information Services	Pay Research Bureau
Electoral Commissioner's Office	Government Printing department
Meteorological Services	Mauritius Oceanographic Institute
Forensic Science laboratory	

MMS は、管理部局を除くと予報部局と観測部局とに分けられ、予報部局のスタッフは予報官 (Meteorologist)、観測部局のスタッフは技術士 (Technician) と呼ばれている。

予報官になるためには、大学の物理学または数学の学部を卒業しているか同等の技術資格を有している必要がある。気象学や気象予報については、WMO トレーニングセンター等の施設で、1年程度の研修を受講する必要があり修了後、WMO Level-I の取得資格が与えられる。さらに、6ヶ月以上の現場研修と口頭及び実技試験を経て、正式な WMO Level-I の取得者となる。常勤予報官 (Duty Meteorologist) は、日々の予報業務に従事するとともに、WMO 等の気象機関が主催する気象学・気象モデル・気候変動などの研修に参加し、技術向上や技術交流を図っている。現在、WMO Level-I 取得者は12名で、うち1名は再度、海外研修の予定である。

一方、技術士については、通信または電気工学の大学学部を卒業しているか、the City and Guilds of London Institute (英国の雇用確保のための教育・訓練・資格取得の推進団体) が実施する通信技術資格又はそれと同等の資格を有する必要があり、採用後、現場実地研修が行われる。その上で、筆記試験と実技試験を経て、資格が与えられる。技術士は11名 (5名:通信、6名:観測機器) で4名が欠員となっている (2010年5月現在)。

表 4-1-2 MMS の人員構成

	Jul./2007 ~ Jun./2008	Jul./2006 ~ Jun./2007	Jul./2005 ~ Jun./2006	Jul./2004 ~ Jun./2005	Jul./2003 ~ Jun./2004
Drector	1	1	1	1	1
Deputy Director	2	2	2	2	2
Division Meteorologists	3	3	3	3	3
Meteorologists	5	8	9	9	10
Trainee Meteorologists	6	3	-	-	-
Chief Met. Technician	1	1	1	1	1
Principal Met. Technician	10	10	10	10	10
Senior Met. Technician	31	33	33	33	32
Senior Met. Observer				3	3
Meteorological Technician	3	3	3	19	27
Meteorological Observer	29	15	17	10	10
Trainee Met. Technician	8	9	10	10	-
Chief Electronic Technician	2	17	13	1	1
Principal Ecleronic Technician	1	1	1	4	5
Senior Electronic Technician	4	4	4	9	10
Elctronic Technician	8	8	9	4	5
Personnel Officer	4	4	4	1	1
Executive Officer	1	1	1	1	1
Clerical Officer	1	1	1	4	4
Confidential Secretary	4	4	4	1	1
World Processing Operator	1	1	1	3	3
Finnance Officer	3	3	3	1	1
Principal Purchasing & Supply Offic	1	1	1	1	1
Purchasing & Supply Officer	1	1	1	1	1
Receptionist/Tel. Operator	1	1	1	1	1
Officers of Junior Rank	14	11	12	13	12

(*) 気象局 Annual Report による

MMS 予算は、同局の年間報告書によれば約 4,000 万ルピー（1.2 億円程度）で、安定した予算が確保されている（表 4-1-3）。毎年度、機器保守費用として 100~200 万ルピー（300~600 万円）が計上されている。観測機材の品質管理（機器校正）・補修部門は、この予算で消耗品の交換、保守・点検、簡単な修理などを自力で行っている。また、公用車を利用して、観測施設の整備や観測システム保守も行っており、携帯電話、通信アンテナ、パソコンのハードディスクなどは独自予算で調達・交換を行っている。

一方、自動気象観測装置（Automatic Weather Station;AWS）やドップラーレーダーやそれ以上の予算が必要な機材については、表 4-1-4のとおり、ドナー機関に依存している状況である。しかし、機材導入後は、自国予算でそれらを安定的に運用し、気象業務を通して防災情報を発信する仕組みが定着している。

表 4-1-3 MMS の予算

Mauritius Rupees	Jul./2007 ~ Jun./2008	Jul./2006 ~ Jun./2007	Jul./2005 ~ Jun./2006	Jul./2004 ~ Jun./2005	Jul./2003 ~ Jun./2004
total	40,573,034	39,228,207	38,499,615	37,293,784	36,977,012
personal emoluments	28,970,128	27,712,050	27,232,394	25,938,784	25,957,012
traveling and transport	4,293,458	4,149,361	4,113,615	3,800,000	3,800,000
staff welfare	10,000	9,960	10,400	10,000	10,000
overtime	912,868	1,410,000	1,401,270	1,110,000	1,110,000
incidentals and office expenses	159,567	140,180	205,876	90,000	65,000
telephone bills	839,650	964,155	82,189	650,000	600,000
maintenance and running of vehicles	329,736	188,390	206,660	100,000	100,000
office equipment and furniture	176,457	190,933	162,678	125,000	75,000
maintenance of buildings, ground, plant	1,002,176	1,030,316	1,874,430	1,600,000	1,350,000
training of staff	383,040	262,319	34,368	150,000	150,000
IT facilities	271,600	260,701	299,534	190,000	150,000
electric charges	555,286	484,143	450,011	380,000	380,000
water rates	28,083	30,940	50,647	40,000	40,000
publications	29,177	24,444	22,228	25,000	20,000
uniforms	82,023	66,274	67,088	50,000	50,000
apparatus and supplies	1,649,833	1,399,878	1,199,632	1,900,000	2,125,000
seminars	3,234	7,100	172,732	180,000	175,000
postage stamps	14,596	17,503	33,779	30,000	10,000
printing and stationery	183,982	208,431	169,000	175,000	160,000
climate change activities	43,413	26,090	82,645	120,000	100,000
contribution to international organisations	634,727	645,039	628,439	630,000	550,000

表 4-1-4 ドナー期間により導入された主な機材

レーダー	UNDP の予算により 1977 年に導入され 1979-2005 年の 28 年間稼働した
AWS	1994 年に、EDF (European Developed Fund) のファンドで IOC(Indian Ocean Committee)を通して提供された
潮位計	フランスの津波 recovery ファンド(2 台)、ハワイ大学(1 台)、IOC(1 台)が導入された
予報システム	COI (Comission L' ocean Indien) のファンドで 2003 年 10 月に導入された
衛星受信装置	IOC の PUMA プロジェクトで 2004 年の 7 月に導入された

4-1-2 「モ」国の防災スキーム

災害スキームにおいて、サイクロンを含めて短時間強雨及び津波にかかる対策が、「知識啓発」、「接近時」、「来襲時」、「通過後」の4段階に分けて整理されている。

「サイクロン」

- ・ 「モ」国、アガレガ島、セント・ブランドン島にサイクロンが接近し、風速が時速 120km 以上であると予測される場合には、サイクロン情報（サイクロンの警報レベルを含む情報）を発表し、警戒レベル（表 4-3-3を参照）、サイクロンの位置、雨域の強度・移動方向、風の特徴、波高、強風や高浪の開始予定時刻及びその他市民向け注意事項を含む。
- ・ サイクロン情報は、警戒レベルに応じて、Class-I と Class-II では 6 時間間隔、Class-III では 3 時間間隔、Class-IV では 3 時間間隔に発表される。また、適宜、臨時情報も発表される。
- ・ サイクロン情報は、モーリシャス放送（Mauritius Broadcast Corporation;MBC）を通じて、ラジオ局、新聞社、電話会社及び警察に自動的に配信され、それと同時に、首相府、インフラ省、教育をはじめとする省庁や電力会社などの民間企業には、MMS から直接情報を送信する。

「短時間強雨」

- ・ 「モ」国及びロドリゲス島において、12 時間以内に 100mm 以上の降水量が観測/予想され、強雨が数時間にわたって継続する恐れのある時には、教育省に対して警報を出すとともに、MBC 及びラジオ局を通じて、定期的に情報提供を行う。
- ・ 短時間強雨情報には、降雨の特徴、河川・地下水位の状況、土壌中の水分の状況などの関連情報が含まれている（短時間強雨の恐れがある場合には学校を休校とする）。また、短時間強雨情報は、可能な限り迅速に提供されることとなっている。
- ・ 短時間強雨情報は、首相府、インフラ省、教育をはじめとする省庁や MBC に対して、気象庁が直接配信することとなっている。

「津波」

- ・ 24 時間 365 日地震（特に、インドネシア近海を震源にした地震）をモニターする。
- ・ 太平洋津波警報センター（Pacific Tsunami Warning Center;PTWC）及び日本の気象庁（Japan Meteorological Agency; JMA）が発表する津波情報を受信する。
- ・ 津波情報に関係各機関に提供する通信システムを常に確保すること。情報は、農水漁業省、環境省、行政省、消防局、交通局、モーリシャス放送、通信会社、電話局、地方自治体情報と共有すること。

4-2 気象観測の実施状況

4-2-1 現有する気象観測機器

気象観測にかかる機材として AWS が、「モ」国本島 21 箇所（うち 1 箇所 Balaclara は現在閉鎖中）、ロドリゲス島の Pointe Canon、空港の 2 箇所に設置されている。「モ」国本島の観測点については、地上電話回線（Amaud は携帯電話）を用いて、通常 3 時間に 1 回の頻度で、子局からデータ収集をしている（観測の元データは 30 分間隔データで記録されている）。ロドリゲス島の Pointe Canon、空港の 2 箇所からのデータは Fax で、Agalega と St. Brandon からのデータは無線で、3 時間に 1 度の頻度で送信されている。

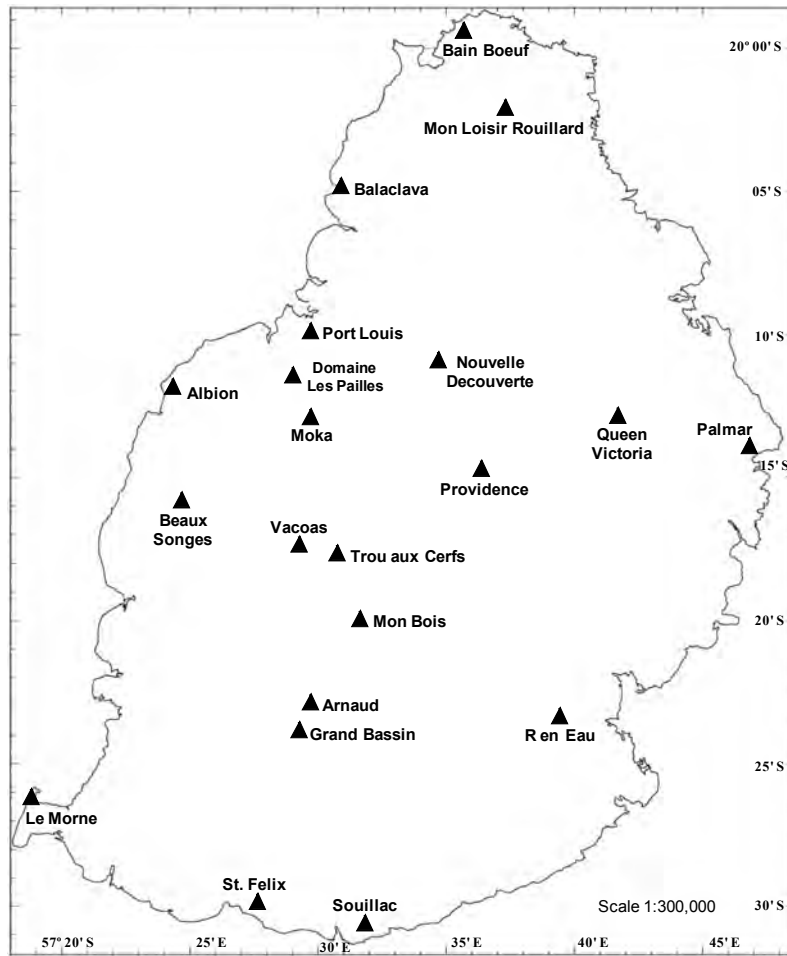


図 4-2-1 AWS 観測点 (モーリシャス本島)

表 4-2-1 AWS 観測点の位置

	Latitude		Longitude		Installed year
	degree	minute(S)	degree	minute(E)	
Albion	20	12	57	24	2000
Bin Boeuf	19	51	57	36	1997
Baclava	20	5	57	31	1997
Grand Gaube	20	0	57	39	1995
Le Morne	20	26	57	19	1996
Le Val	20	21	57	37	1997
Nouvelle Decouverte	20	11	57	35	2001
Palmar	20	13	57	48	1995
Souillac	20	31	57	32	1995
Trou aux Cerfs	20	19	57	31	1994
Port Luis	20	10	57	30	1998
Moka	20	13	57	30	1999
Mon Bois	20	20	57	33	2000
Arnaud	20	17	57	29	2000
Grand Bassin	20	24	57	29	2000
Mon Loisir Rouillard	20	2	57	37	2001
Beau Songes	20	16	57	25	2001
Queen Victoria	20	13	57	43	2001

表 4-2-2 WMO 気象観測点の位置

	Latitude		Longitude		WMO
	degree	minute(S)	degree	minute(E)	station code
Vacaos	20	17	57	29	61995
Plaisance	20	25	57	40	61990
Rodrigues	19	40	63	25	61988
Agalega	10	25	56	44	61974
St. Brandon	16	26	59	37	61986

観測要素は、「モ」国本島の山岳部 4 地点で気温・湿度・降水量の 3 要素である他は、気温・湿度・降水量・風向・風速・日照時間・気圧の各要素を観測している。フランス国の Degreane 社製及びフィンランド国の Vaisala 社製（2 箇所）のものを使用しており、太陽電池とバッテリーを使った省電力型となっている。

AWS は、最初 1994 年に、EDF（European Development Fund）の予算が IOC を介して供与され、その後の運用については、「モ」国独自の予算で対応している。保守・点検については、定期点検と観測露場の整備を 1～2 ヶ月に 1 回程度で実施しており、扉の現地写真のとおり、露場はよく整備されており（草が茂って観測機器が埋もれたり、雨量計感部にゴミが詰まったりなどの障害は見受けられない。）、観測機器の維持管理能力は高い。また、別の観測機器で比較観測をしており、観測機器に異常が認められた場合には、観測部の技術士が機器の校正を行う。

高層気象観測については、Vacaos で 1 日 1 回、現地時間の午前 4 時（グリニッジ標準時 0 時）に実施している。観測に使用する機材は、WMO の自発的協力計画（Voluntary Cooperation Programme;VCP）により提供を受けて、実施している。

また、海面上昇を監視する潮位計が 4 台あり、フランス国の津波復興ファンド（Agalega と Port Luis）及び Hawaii 大学等（Port Luis と Blue Bay）の費用で導入されており、観測データは、衛星回線（EUMETSAT 経由）及び携帯電話を用いて、定期的に収集されている。

(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



- (a) Vacoas 観測露場
- (b) 雨量計
- (c) 風速計
- (d) データ記録部
- (e) データロガー等
- (f) 高層気象観測施設
- (g) 波高計 (Blue Bay)
- (h) 地震計

(g)



(f)



(h)



図 4-2-2 観測機材

Blue Bay の沖合には自国予算で整備した波高ブイを設置しており、観測データは HF 無線でモーリシャス空港まで送信し (1.5km)、Internet 経由で Vacoas へ転送している。

津波情報については、PTWC 及び JMA からの津波注意報を FAX や e-mail を介して受信しており、地震計を自国予算で整備し Vacoas で観測を行っている。

4-2-2 ドップラーレーダー

「モ」国では、UNDP の予算で 1979 年にドップラーレーダー（米 EEC 社製）が導入され、観測を実施していた。ドップラーレーダーサイトは、「モ」国中心部を見下ろせる火山の火口付近に位置し（図 4-2-1 の Trou aux Cerfs）、ここで観測した画像を約 3km 離れた MMS 本局（図 4-2-1 の Vacoas）まで VHF 回線を使用して送信し、サイクロンの監視・予報に利用していた。

このドップラーレーダーは、1979 から 2005 年までの 26 年間稼働し、サイクロンの監視に役立てられていたが、ドップラーレーダーメーカーからの部品供給が途絶えたために観測を停止し、現在は稼働していない。

ドップラーレーダーサイトまでは、舗装道路がつながっており、ドップラーレーダーサイトの一部は現在も AWS の観測地点として整備されているため、電力線等は利用可能である。さらに、AWS は、警備会社のセキュリティ監視付きで運用しているため、建物の損壊や部品の盗難はなく、2005 年に運用を停止した状態が保たれている。

ドップラーレーダーの建屋については、1979 年に建設されたものが残っており、必要な補修・防水工事をドップラーレーダーのコンサルタント立会いのもとで実施することで、補強できると考える。ドップラーレーダー（本体及びデータ処理装置等）及び付属機材（商用電源停電時用の発電機）並びにレドームは、全交換する必要がある。また、発電機などの小型のスペアパーツや PC は、導入後の運用リスクを軽減するためにも「モ」国内で調達可能である。

MMS では、今後、ドップラーレーダーが導入された場合の保守管理については、2～3 名の専門の技術士を配置する予定であり、本プロジェクトにおいても技術移転を行う予定である。ドップラーレーダーの運用については予報部の予報官が担当する予定である。MMS の技術士は、基本的な観測方法や電気の知識と 20 年以上ドップラーレーダーの運用経験を有していることから、短期的な研修を実施することで十分に技術移転できると考えられる。なお、ドップラーレーダーサイトと MMS 本局間は、約 3km 離れており、この間を電話線・無線などで結び、MMS で観測情報がほぼリアルタイムで送られる体制を構築する必要がある。また、MMS が要望しているドップラーレーダーは S バンド（10cm 波、探知範囲 400-500km）ドップラーレーダーであり、以前使用していた 2.8GHz 帯の周波数が利用可能である。

4-2-3 予報に関する機材

現在、予報に使用するデータは、衛星回線により受信している。通信システムは、インド洋委員会の基金で 2003 年 10 月に導入されたものであり、衛星回線によりヨーロッパ中期気象予報センター（The European Center for Medium-Range Weather Forecasts ; ECMWF）の数値予報データや WMO の GTS（Global Telecommunication System）回線で提供される気象観測データなどを受信している。



(左)
GTS システム
(右)
予報現業と予報端末

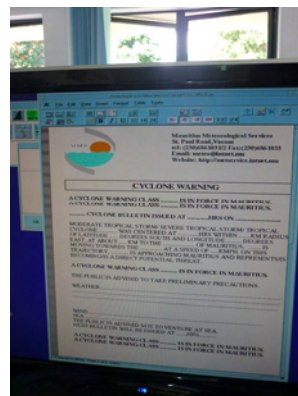
図 4-2-3 気象予報システム

受信された気象データは、天気図や予報の形で予報部の作業端末で利用できるようにネットワーク化されており、予報官が容易に通常の天気予報・サイクロンなどに係る防災情報の提供に活用できるよう設計されている。

機材については、当初は維持管理契約を結んでいたが、現在は結んでおらず、例えばハードディスクなどに異常があった場合は、独自にハードディスクを調達して、OS のインストールほかを行っている。

また、同システムでは、気象衛星 (METEOSAT) の画像も、IR,VIS,WV チャンネルについて 30 分間隔で受信しており、サイクロンの強度解析、予報などに利用している。

一方、WMO が定める国際データ交換のためのデータ送信用として GTS 回線がレ・ユニオンと結ばれており、観測データをこの回線を通じてレ・ユニオン経由で世界の気象局に送信している (図 4-2-5)。GTS 回線は専用線で、その回線の維持費用は月額 27,000 ルピー程度で自国負担している。



(左)
予報ブリーフィング
(右)
予測情報

図 4-2-4 気象予報作業

予報作業は予報官が交代勤務で担当しており、毎日午前 9 時から、前夜の当直者を presenter として、会議室で予報ブリーフィングを行い、情報の共有・予報に関する議論を行っている（概ね 15 分くらい）。また、3 日先までの予報は、通常時は、1 日 3 回（4:30, 11:30, 16:30）発表され、関係機関に配信される。

予報ブリーフィングでは、ヨーロッパから配信される複数の数値データ、衛星データ等を比較検討しながら、総観場規模（1,000km）から地形性降雨をもたらす数 10km 規模の現象まで詳細に検討しており、気象場の解析、予報の作成について十分な技能を有する。予報作成には、地点別に時系列で加工された予報資料などを基礎資料として利用しているが、独自の統計式や数値予報モデルなどで、より高い精度の予報提供を検討するレベルには至っていない（人的資源が限られており精度の高い予測情報の開発まで手が回らない）。

通常天気予報及びサイクロン情報は、予報システムと導入時に整備された情報送信システムにより、登録機関に Fax または Mail で送信される。この予報システムにドップラーレーダー情報を提供することができれば、予報作業への利活用及び関係機関への情報提供に、すぐに利用できることを期待される。

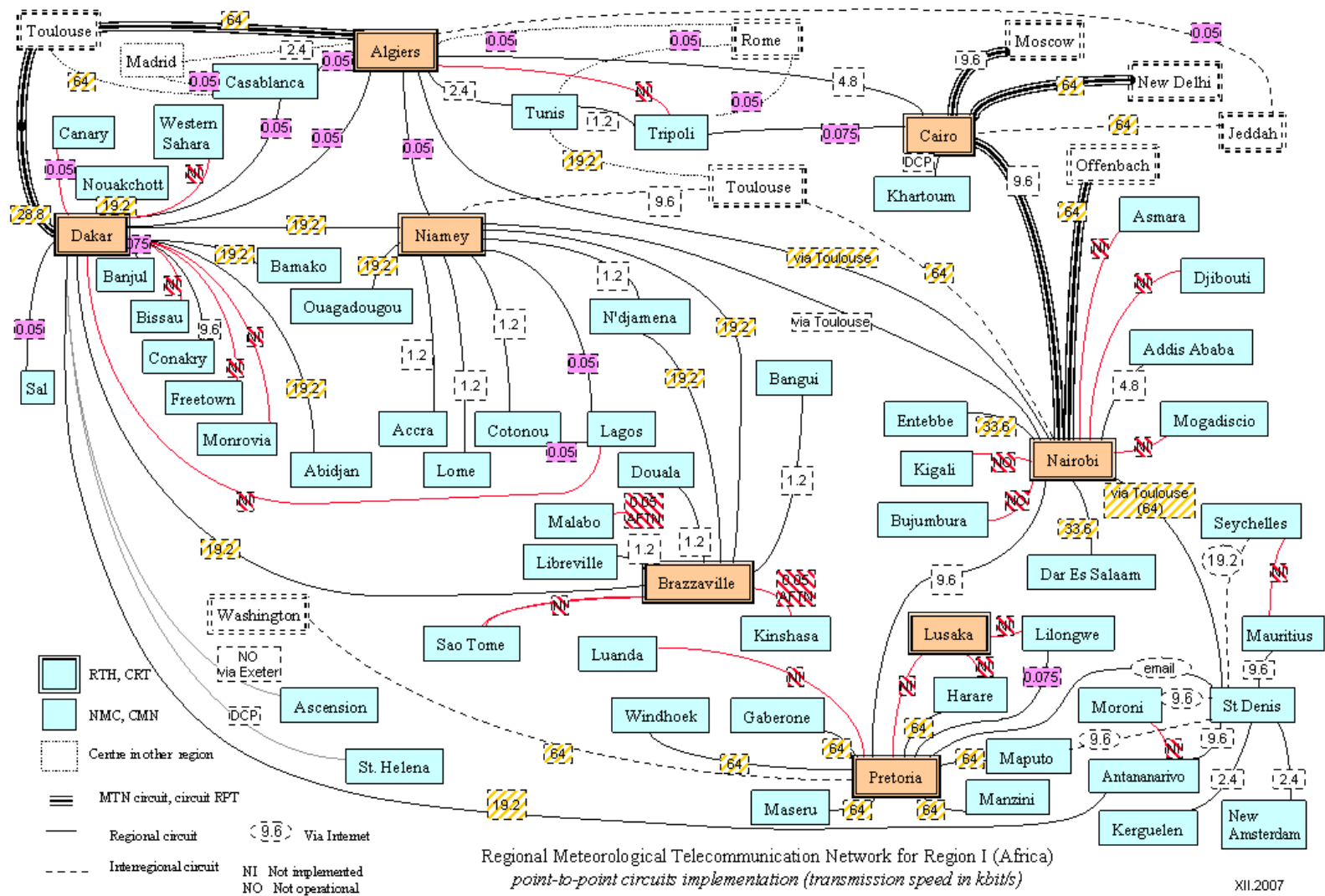


图 4-2-5 GTS 回線 (WMO-RA-I)

4-2-4 送信された気象情報の利用

気象情報を国民に提供するために重要な役割を果たす MBC は、MMS と専用線で結ばれており、MMS から警告や緊急速報等が提供される仕組みになっている。MBC で警告を受信した場合は、ラジオ放送を一時中断し、緊急放送を仏語・英語・ヒンズー等の複数言語で放送する体制がとられている。サイクロンの警戒レベルが I~IV の間は、毎正時に最新の緊急速報を放送する。MMS から送られる通常の気象情報などは、MBC 内で TV 用に作画され天気予報（夜 8 時）ほかで利用され、気象情報がラジオ又はテレビ視聴者に速やかに届けられる仕組みが出来上がっている。



図 4-2-6 モーリシャス放送
(左) 気象局からの情報受信、(右) TV 画面作画システム

4-3 気象分野のニーズ

南西インド洋に位置する「モ」国は、赤道収束帯などで発生するサイクロンにより、しばしば大きな被害を受けている。表 4-3-2 は「モ」国から 100km 以内を通過したサイクロンのリストであるが、年による違いはあるものの 1 年に 1 回程度「モ」国付近をサイクロンが通過し、10~15 年に 1 個程度勢力の強いサイクロンにより大きな被害が出ている。また、島の北西方向を通過するサイクロンで被害が大きくなる傾向にある。

「モ」国における防災対策は、1960 年のサイクロン Carol（大規模な洪水が発生し、10 万人以上が家を失い 41 人が死亡した。主要産業であったサトウキビのプランテーションの 60% が失われ、国全体で 4.5 億ルピー（現在の貨幣価値で 48.7 億円）の経済損失を受けた）による被害を契機に、大きく前進し、サイクロンの警戒カテゴリー化や各カテゴリーに併せた防災対策の実施などが行われるようになった。

現在の災害対策全般は、4-1-2 項に既述した災害スキームで関係機関（官公庁、警察、地方自治体、TV 局、ラジオ局、民間企業）の役割と義務が整理されている。この災害スキームは、必要に応じて改訂される（通常は 10 月に行われる the Central Cyclone and Other Natural Disasters Committee の総会で改訂される）。MMS は、この規定の中で主要な役割を担っており、サイクロンなどの観測・予報・情報の提供においての全責任を負っている⁽²⁾。

1975 年のサイクロン Gervaise により、洪水が多発し 11,320 件の家屋が損壊し、1,500 人が家を失い、9 人が死亡、59 人が重軽傷を負う災害が発生した。「モ」国では、サイクロンに対するハード対策（木

造建築からコンクリート建築への建替えなど)とソフト対策(災害スキームの改訂など)を講じてきており、サイクロンによる人的被害は減少傾向にある。

しかしながら、1994年のサイクロン Hollanda による首都ポートルイス市の被害(被害額 135,400USD、2名の死者)、2002年のサイクロン Dina による被害(3名の死者、数日間にわたる停電など)及び2007年のサイクロン Gamede による被害(2名の死者)など、サイクロンの被害は皆無にはならず、「モ」国にとって、サイクロン対策は最重要課題の一つである。

一方、地球温暖化の影響として、「勢力の強いサイクロンの増加」、「短時間強雨の増加」、「海面上昇による海岸侵食・低地の浸水」及び「旱魃の増加」の発生が IPCC 第四次報告書で予想されている⁽⁴⁾。

2008年3月26日には、サイクロン Lola が勢いを失い熱帯低気圧になった後、大雨と洪水が発生し、4名が死亡した。この災害を契機に、サイクロン以外の気象災害に対する対応も、特別委員会を設置するなどして、対応策を検討している。

表 4-3-1 「モ」国における気象災害 (OFDA/CRED による)

死者数の上位6件(1980-2007)

	年	人
サイクロン	1996	3
サイクロン	2002	3
サイクロン	1994	2
サイクロン	2007	2
サイクロン	1983	1
感染症	1989	1

死者数の上位10件(1900-2010)

	年	人
サイクロン	Feb-60	42
サイクロン	6-Feb-75	9
サイクロン	22-Dec-79	5
サイクロン	9-Dec-96	3
サイクロン	22-Jan-02	3
サイクロン	17-Feb-72	2
サイクロン	9-Feb-94	2
サイクロン	25-Feb-07	2
サイクロン	8-Dec-83	1
サイクロン	29-Jan-89	1

経済損失上位6件(1980-2007)

	年	(*1,000USD)
旱魃	1999	175,000
サイクロン	1994	135,400
サイクロン	1989	60,000
サイクロン	2002	50,000
サイクロン	1982	650
サイクロン	1982	323

経済損失上位9件(1900-2010)






	年	(*1,000USD)
サイクロン	6-Feb-75	200,000
サイクロン	2-Dec-79	175,000
旱魃	Jan-99	175,000
サイクロン	9-Feb-94	135,400
サイクロン	29-Jan-89	609,000
サイクロン	22-Jan-02	50,000
サイクロン	25-Dec-67	5,000
サイクロン	16-Jan-82	650
サイクロン	Feb-62	323

表 4-3-2 「モ」国に接近したサイクロン

MAURITIUS METEOROLOGICAL SERVICES
List of Cyclones within 100 km of Mauritius
Period 1945-2008/2009

YEAR	DATE	NAME	INTENSITY	DISTANCE	Highest gust(km/hr)
1945	16-17 Jan		Intense Cyclone	over Mauritius	156
1945	1-2 Feb		Intense Cyclone	close south	150
1946	30 Jan-1 Feb		Intense Cyclone	close west	129
1960	16-20 Jan	ALIX	Intense Cyclone	30 km off P.Louis	200
1960	25-29 Feb	CAROL	Intense Cyclone	over Mauritius	257
1961	22-26 Dec	BERYL	Intense Cyclone	30 km west	170
1962	27-28 Feb	JENNY	Intense Cyclone	30 km north	235
1964	17-20 Jan	DANIELLE	Intense Cyclone	40 km SW	219
1964	9-10 Dec	BESSIE	Weak Depression	80 km NE	72
1966	5-7 Jan	DENISE	Severe Depression	65 km NW	196
1966	31 Dec	ELISA	Weak Depression	90 km north	—
1967	11-14 Jan	GILBERTE	Severe Depression	Centre over east	167
1971	4-8 Feb	HELGA	Intense Cyclone	100 km south	113
1972	2-6 Jan	BELLE	Mod. Depression	close north	—
1975	5-7 Feb	GERVAISE	Intense Cyclone	over Mauritius	280
1975	15-16 Mar	INES (B)	Mod. Depression	80 km SW	121
1978	18-21 Jan	FLEUR	Intense Cyclone	80 km SE	142
1979	5-8 Jan	BENJAMINE	Weak Depression	100 km west	97
1979	5-7 Jan	CELINE II	Intense Cyclone	100 km ESE	101
1979	21-23 Dec	CLAUDETTE	Intense Cyclone	over Mauritius	221
1980	24-28 Jan	HYACINTHE	Intense Cyclone	80 km NW	129
1980	12-13 Mar	LAURE	Intense Cyclone	30 km NE	201
1981	5-7 Jan	FLORINE	Intense Cyclone	80 km west	137
1981	31 Jan-1 Feb	HELYETTE	Severe Depression	over south part	121
1981	5-6 Mar	JOHANNE	Intense Cyclone	100 km west	124
1982	5-6 Feb	GABRIELLE	Mod. Depression	100 km NW	138
1983	23-26 Dec	BAKOLY	Intense Cyclone	55 km SW	198
1989	11-12 Jan	DONA	Trop depression	100 km east	—
1989	27-29 Jan	FIRINGA	Tropical Cyclone	80 km NW	182
1989	4-6 Apr	KRISSY	Severe Depression	30 km south	153
1994	9-11 Feb	HOLLANDA	Tropical Cyclone	20 km NW	212
1995	7-8 Jan	CHRISTELLE	Mod. Depression	over Mauritius	109
1995	24-27 Feb	INGRID	Tropical Cyclone	100 km NE	145
1996	24-25 Feb	EDWIGE	Mod. Depression	100km north	147
1996	21-22 Mar	GUYLIANNE	Mod. Depression	80 km NE	—
1996	3-9 Dec	DANIELLA	Intense Cyclone	40 km SW	170
1998	10-11 Feb	ANACELLE	Tropical Cyclone	50 km east	121
1999	8-10 Mar	DAVINA	Intense Cyclone	25 km SE	173
2002	20-22 Jan	DINA	VITC	50 km N	228
2003	12-13 Feb	GERRY	Tropical Cyclone	100 km NNE	143
2004	31 Dec 03 - 03 Jan 04	DARIUS	Severe Trop Storm	40 km SE	113
2005	22-24 Mar	HENNIE	Severe Trop Storm	60 Km SE	112

表 4-3-3 サイクロンのカテゴリー

	CLASS I is issued 36–48 hours before Mauritius or Rodrigues is likely to be affected by gusts reaching 120 km/h.
	CLASS II is issued so as to allow, as far as practicable, 12 hours of daylight before the occurrence of gusts of 120 km/h.
	CLASS III is issued to allow, as far as practicable, 6 hours of daylight before the advent of 120 km/h gusts.
	CLASS IV is issued when gusts of 120 km/h have been recorded in some places and are expected to continue.
	TERMINATION There is no longer any risk of gusts exceeding 120 km/h.

* ClassII で学校が休校となり、ClassIII で空港及び政府機関が閉鎖される。



図 4-3-1 サイクロン被害（地元紙より）

（左）Hollanda（1994）による被害、（右）2008年3月の短時間強雨被害

近年、人的被害は減少傾向にあるが、Gervaise の後も、日本も「モ」国と同様に、近年、ゲリラ豪雨（短時間強雨による洪水・河川の増水とそれに起因する土砂災害など）で被災者が出ており、気候変動現象に対応できる体制を構築するために、短時間の降雨を高精度で予測する方法及びその予測に対する対応を検討することを重要視しており、世界各国も同様である。

「モ」国では、①数値予報、②気象衛星画像（30分間隔）、③AWS（島内20箇所）、④レ・ユニオンのドップラーレーダー画像（不定期）を使って、サイクロンや短時間降雨の監視を行っているが、問題は山積している。

- ① 数値予報は20km程度のメッシュの平均的な降水量及び数時間に渡って時間平均された予測値であり、地域を限定した定量的な予測が難しい
- ② 気象衛星画像は雲及び水蒸気量を観測しており、サイクロンの動きや発達した雲の観測は出来るが、降水量そのものを観測することができない
- ③ AWSは直接観測値を得ることができるが、個々の雲は数キロの大きさであり、強雨がAWSの

観測にかからない場合がある

- ④ 西に 200km 離れたレ・ユニオンのドップラーレーダーでは、一般に東から進んでくるサイクロンの観測が遅れるとともに、地球の曲率の関係で雲の上部を観測することになり（約 2,500m から下は電波が届かない）、定量的な降水量データとして取り扱えない

ドップラーレーダーは、雨粒を直接監視することから、(A) 強雨域の定量的な把握が可能であり、又、(B) サイクロンの特性（どのエリアに強雨をもたらす雲が存在するか、広範囲に雨雲を有するか、狭い範囲で急に雨が強くなるかなどの情報）を把握することができる。また、(C) 上空の風も併せて観測することができる。

「モ」国にドップラーレーダーを導入することにより、①サイクロンの特性の把握、②強雨域の把握、③雨雲を流す上空の風の把握が可能となり、(a) 大雨監視能力の向上、(b) 強雨が予想される地域の特定精度の向上が図られるとともに、人的被害をもたらす短時間強雨による降水・土砂災害は、いずれも雨がそのトリガーとなることから、(c) 洪水（Flash Flood）、土砂災害・地すべり災害に対する防災能力の向上にも寄与することができる。

また、「モ」国では4-1-2項に既述したように「スキーム」により、関係機関に情報提供する仕組みが有効に機能しており、大雨予測の精度向上が、(d) 精度の高い早期警戒情報の発表と、(e) 住民の早期避難に直接寄与し多くの人命を救うことができる。加えて、④島嶼国では風の流れが比較的単純なため雨雲の動きの外挿と地形的な降雨特性を用いることでドップラーレーダーデータによる降水短時間予測が有効であり、それにより (f) リードタイムの長い降水予測提供が可能となり、(g) 災害への早期対応を通じた減災効果が期待される。

MMS の技術士は、基本的な観測・電気などの知識は有しており、過去にドップラーレーダーを運用した経験があるので、研修を実施すれば、技術移転は確実に行われる。また、「国民の生命を守ることは第一の優先課題であり、本プロジェクトの実施にあたっては、そのための技術的な計画と予算計画の提出を希望する」とのコメント（5/2、財務省 director Bassant 氏）にあるように、気候変動に伴う災害から国民の生命財産を、「防災スキーム」を通じて守ることが、同国の重要課題のひとつとなっており、「モ」国の防災計画とも合致し、消耗品の補充についても、財務的な準備が十分に行われると期待できる。

なお、MMS は各省庁、TV 局などへのデータ提供を行う仕組みを有しており（4-2-4項参照）、ドップラーレーダー観測情報及び予測情報を MMS の予報ネットワークに提供することで、気象監視・予測情報の高度化の効果が、直接、「モ」国全体の防災情報の高度化につなげることができる。

4-4 南西インド洋地域におけるモーリシャスの位置づけ（気象観測分野）

サイクロン・ハリケーン・台風は、熱帯から温帯に位置する国々にとって、大きな被害をもたらす自然災害であり、WMO では、世界気象監視計画（World Weather Watch Programme;WWW）のもと、気象観測・観測データの交換・気象予測・予測データの提供を実施している。サイクロン等については、特に、TCP（Tropical Cyclone Programme）を設け、各 MMS の役割と相互連携を明確にしている

⁽⁵⁾（図 4-4-1参照）。

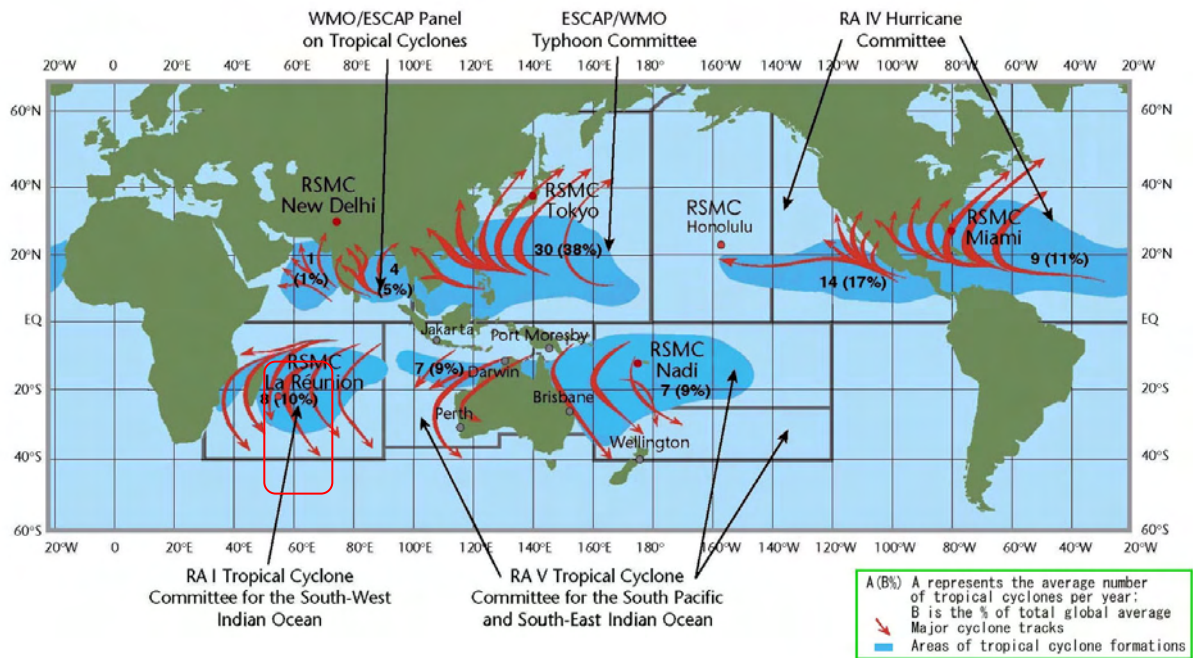


図 4-4-1 TCP の各地区と予報センター (WMO ホームページより)

WMO 第一地区の TCP における主要メンバーは、レ・ユニオン、「モ」国、マダガスカル、南アフリカである。レ・ユニオンはフランス領で、同地区のセンター (Tropical Cyclone Center) となっており、フランス気象局の支援のもと、同地区の RSMC (Regional Specialized Meteorological Center) として、サイクロン予報などの基本情報、数値予報モデル (ECMWF) の提供を行い、赤道～南緯 40 度、アフリカ東岸から東経 95 度の範囲のサイクロン警戒情報に責任を負っている。

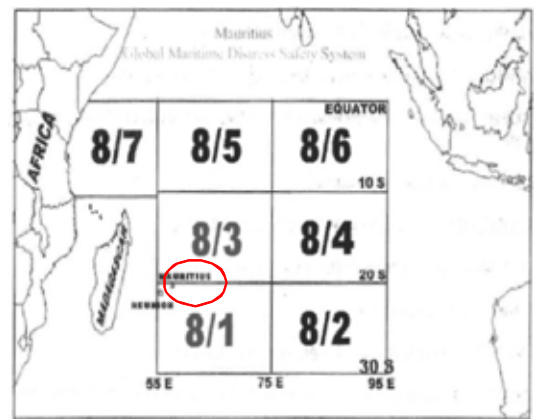


図 4-4-2 海上予報の領域

一方、「モ」国 (東経 55 度以東) とマダガスカル (東経 55 度以西) は sub-center (Sub-regional Tropical Cyclone Advisory Center) となっており、「モ」国は、赤道～南緯 30 度、東経 55 度～95 度同地域のサイクロンの監視、警告の発表にレ・ユニオンとともにあたっている。

また、「モ」国は、ロドリゲス島などの遠隔観測所を複数有することから、赤道～南緯 30 度、東経 55 度～95 度の範囲 (図 4-4-2) の船舶に対し、海上予報の情報提供もおこなっている。図 4-4-3は、南西インド洋におけるサイクロン経路図である。図の赤枠の中に、モーリシャス本島、Agalega、Rodrigues、St. Brandon が位置しており、この地域のサイクロンが、最初に通過・接近する位置にある。「モ」国で観測されたサイクロンや気象観測情報は、GTS 回線 (図 4-2-5) を通じて、南西インド洋の国々及び南部アフリカ地区に提供され、各国のサイクロン対策に重要な役割を果たしている。2009/10 サイクロンシーズンのサイクロン襲来地区の最前線に位置する「モ」国にドップラーレーダーが導入されれば、サイクロンの特性を把握し、正確なサイクロン観測情報を同地区の各国に情報提供することができ、地域のサイクロンに対する防災能力が向上する。また、同国のサイクロン対策は

組織化されており、ドップラーレーダーの導入により、防災情報スキームが完備されることで、近隣諸国のサイクロンに対する防災対策の面で効果的かつ実践的な事例となり、この面からも、地域の防災能力の向上に貢献できる。

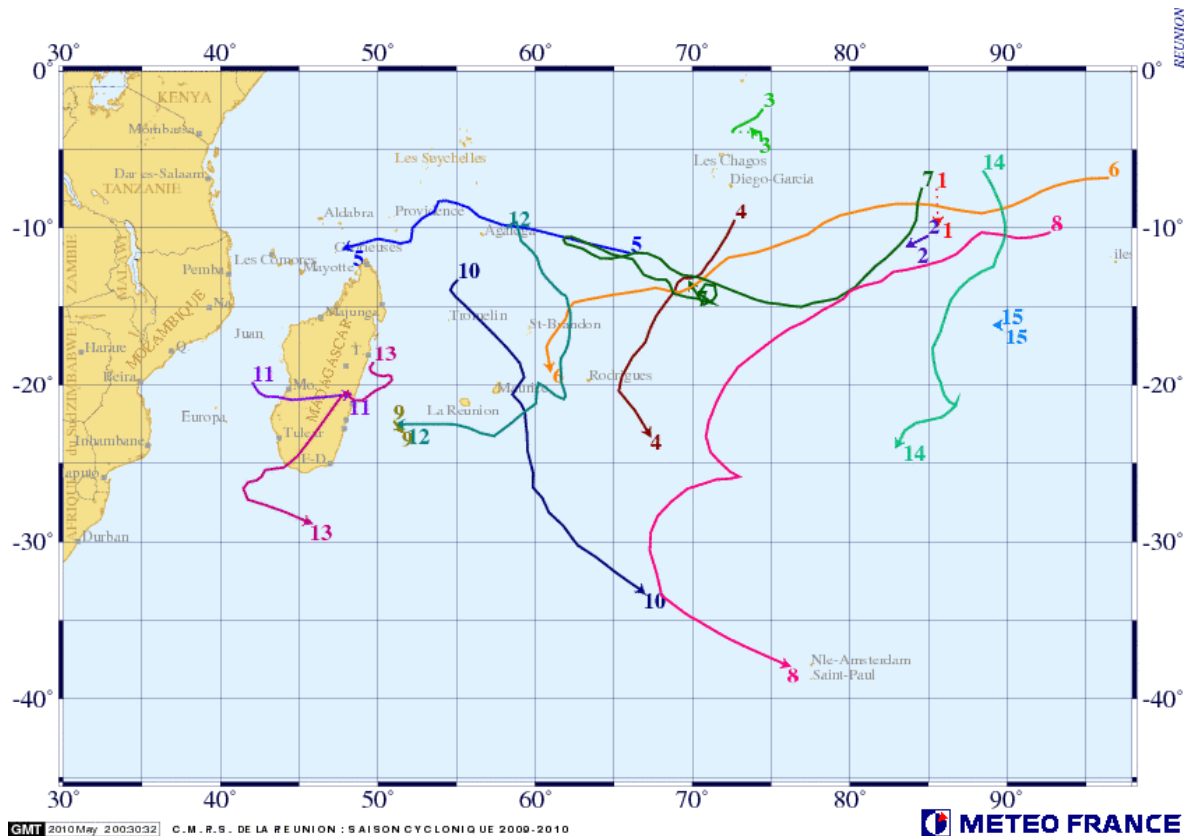


図 4-4-3 南西インド洋におけるサイクロン経路図

なお、MMS には IOC のファンドで、会議用機材（プロジェクター・PC・複写機等）が備えられた Regional Meteorological Training Center (RTC) が設置（MMS 管理棟 2 階）され、IOC の会議や技術研修に利用されている。本プロジェクトでの活動をこれら施設で行うことも可能である。また、IOC の委員長は MMS 副局長の Beebeejaun 氏が務めており、「モ」国の防災能力の向上が、IOC 各国に容易に情報共有される体制にある。加えて、WMO 第一地区のサイクロン委員会の議長を MMS 局長の Boodhoo 氏が務めており（次の大会は 2010 年 9 月にケニアで開催される）、ドップラーレーダー導入による防災能力向上の効果は、同委員会を通じて、南西インド洋及び南部アフリカ地区のみならず、アフリカ地区全体にも情報提供することができる。

参考文献：

- (1) Chang-Ko: Developing Resilience to Tropical Cyclones - The Mauritius Experience, 2003
- (2) Prime Minister's Office: Cyclone and Other Natural Disasters Scheme 2009-2010, 2009
- (3) EM-DAT: The OFDA/CRED International Disaster Database, Universite catholique de Louvain, Brussels, Bel., Data : ver.11.08
- (4) IPCC: IPCC 第 4 次報告書, 2007
- (5) WMO: Tropical Cyclone Operational Plan for the South-West Indian Ocean (TCP-12), 2006

第5章 プロジェクト実施に向けての留意点

5-1 プロジェクト（案）の概要

5-1-1 地すべり対策能力向上プロジェクト

(1) 支援内容

本件は、開発調査型技術協力として要請されたものであり、その内容を表 5-1-1にまとめる。

表 5-1-1 当初要請内容

プロジェクト名	モーリシャスにおける地すべり対策
上位目標	モーリシャスにおける地すべり被害が大幅に減少し、住民の安全が確保されるとともに都市部における土地不足の改善や経済の活性化に貢献する。
プロジェクト目標	モーリシャス政府内に地すべり対策のための恒久的な組織・体制が整備され、危険地域（チトラクート等）の防災対策が実施される。
成果	<ul style="list-style-type: none"> ・ インフラ・陸上交通・海運省内に、地すべり対策のためのユニット（組織・体制）が整備される。 ・ 危険地域（チトラクート等）において、地すべり防止のための排水システムや集水井、鋼管杭等が整備される。
活動	<ul style="list-style-type: none"> ・ 地すべり対策ユニットの設置・整備 ・ 地すべり発生の可能性に関わる調査と対応策の検討 ・ 地すべり防止策の策定と実施
投入	（日本側） <ul style="list-style-type: none"> ・ 専門家派遣や研修による技術支援及び技術移転 ・ 地すべりに係わる現状調査と対応策の提言 ・ 必要な資機材の提供 ・ 地すべり防災の実施 （モーリシャス側） <ul style="list-style-type: none"> ・ カウンターパート ・ その他必要な便宜供与
相手国機関	・ インフラ・陸上交通・海運省
実施体制	・ インフラ・陸上交通・海運省 ・ 調整委員会 ・ 危機委員会

本調査実施期間中、Chitrakoot 地区をはじめとする現地踏査及び聞き取り調査を通じて、表 5-1-1の要請内容に沿った支援の実施について強い要望があること及びより効果的な支援の実施のために以下に示す若干の修正を行うことが確認された。

- ・ LMU の役割として、警報発令などの緊急対応に係わる役割のみではなく平時においてもモニタリングや調査・評価の管理等を行って地すべりの状況を把握した上で、対策の立案や住民への働きかけを含む対策の実施を管理、または実施する役割を担って活動を行うことにより、地すべり災害の軽減に寄与する組織とする。
- ・ Chitrakoot 地区の地すべりについて、対策工の設置による抑止対策については地すべりの状況や対策に係わる費用や効果を明確にした上で実施することが推奨されるため、想定する当面の支援としては、対策工の検討を行い、その結果に応じて、対策工の実施に関する判断を行う事とする。

以上を踏まえて、本案件の上位目標・プロジェクト目標を以下のとおりにまとめる。

上位目標	モーリシャスの地すべり災害が軽減される。
プロジェクト目標	LMU が地すべり調査・評価及び危険度評価マップの作成・更新にかかる管理能力が向上する。

上記プロジェクトの目標を達成するための活動は、LMU への技術移転を最重要点とする（成果 1）。LMU は、第3-3-4項に示した役割を有しており、この役割を着実に実施できるようになることを目的として、リスクマップの作成とこの結果に基づいた対策の提言（成果 2、3）と Chitrakoot 地区の地すべりを対象とした調査から対策の策定・実施まで（成果 4、5、6）を日本人専門家とともに行う。想定される成果とそれを達成するための活動について、表 5-1-2 のとおりまとめる。

表 5-1-2 プロジェクト成果と活動（案）

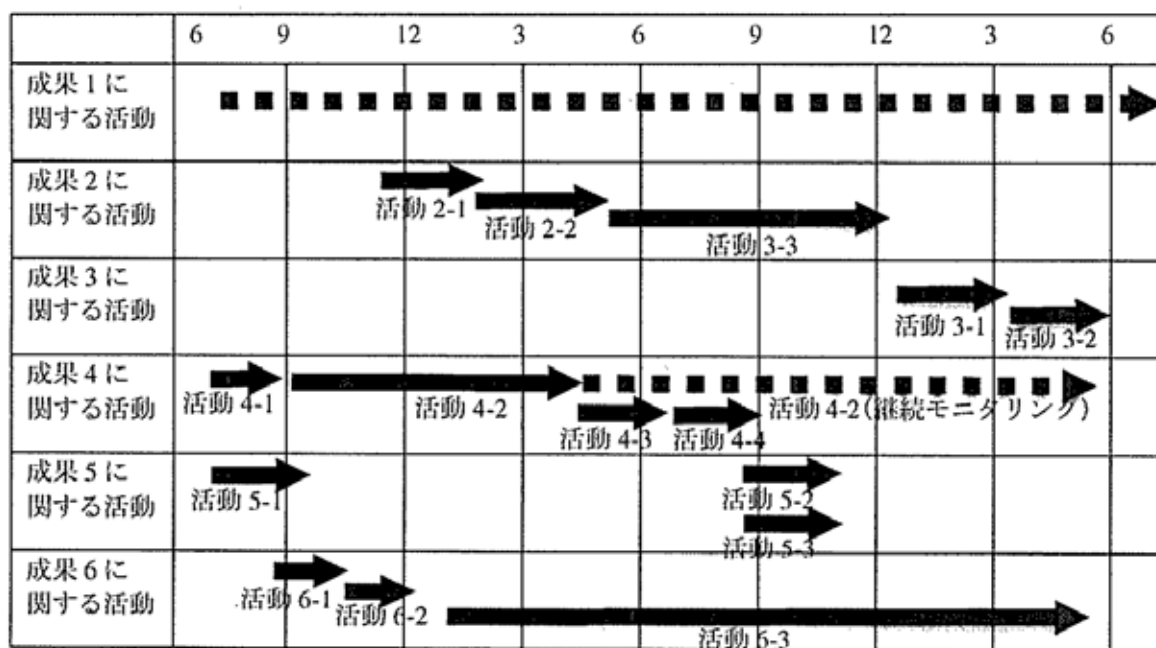
成果1：地すべり対策ユニットの職員が関係機関と連携して、下記の2～6の活動を専門家と協働で行うとともに、セミナーやワークショップへの参加などを通して技術移転を受け、独自で地すべり対策活動を実施できるようになる。
活動1-1：地すべり対策ユニットの役割、運営の改善に関する提言
活動1-2：地すべりソフト対策に係わる職員を中心とした関係機関との役割分担と連携体制の確立
活動1-3：地すべりソフト対策の実施
活動1-4：カウンターパートをはじめとする関係者の参加するセミナーやワークショップの開催
成果2：首都ポートルイスおよび全国の地すべり危険地区において地すべりリスクマップが作成される。
活動2-1：リスクマップ作成に必要な既存資料の収集・解析（地形・斜面勾配、降雨量、地質・被覆層、植生、土地利用、既往の災害履歴など）
活動2-2：「スキーム」に示された地すべり危険地域をはじめとする地すべりの可能性のある地区に関する航空写真判読や現地概査、および現地調査の必要性の判断
活動2-3：上記の結果、現地調査の必要と判断された地区について、保全物件の確認を含めたモニタリング・現地調査の立案・実施
成果3：上記に基づいて、地すべり対応策、および「モ」国による対応策の実施に係わる提言がなされる。
活動3-1：地すべり対策や今後の開発計画に対する留意事項のとりまとめ、地すべりタイプ別の対応マニュアルの作成
活動3-2：留意事項や対応マニュアルに従った地すべり対応体制の整備に係わる提言
成果4：チトラクト地すべり地において、調査、地すべり安定解析、危険度評価が実施され、地すべりの実態が把握される。
活動4-1：チトラクト地すべりの災害履歴、既往の調査結果や対応に関する資料の収集、とりまとめ
活動4-2：同地すべりに関する追加調査（地形測量、地質調査、地表踏査、モニタリングなど）の立案・実施
活動4-3：上記の調査結果に基づく地すべりの実態把握（地すべりブロックの分布・深度、素因と誘因を含む地すべり発生機構の解明）、継続モニタリング
活動4-4：上記結果に基づく、地すべり安定解析の実施、および、保全物件調査を実施してこの結果を加味した危険度・リスク評価
成果5：チトラクト地すべりのハード対策として地すべり抑止対策が検討されるとともに、ソフト対策としての予警報・避難計画や住民教育訓練計画が策定される。
活動5-1：地すべりの活動する対象地域において、人命の保護と可能な限りの財産の保護を目的として、既存の予警報・避難計画の見直し（警報発令基準の見直し等を含む）とこの計画に基づいて住民を含めて適切な対応が可能とするための住民教育訓練計画の策定（ソフト対策の立案）
活動5-2：地すべり安定解析や危険度・リスク評価結果を利用した地すべり対策工の検討（概略の工事内容把握と概略の工事費算出）（ハード対策の検討）
活動5-3：地すべり安定解析や危険度・リスク評価結果を利用したソフト対策の見直し・修正
成果6：チトラクト地すべりのソフト対策（予警報・避難計画や住民教育訓練計画など）が実施される。
活動6-1：ソフト対策を実施するための関係機関の支援体制を確立するための提言
活動6-2：ソフト対策を実施するための準備として、教材の作成や教育担当者の育成
活動6-3：提言に従って整備された支援体制の下、上記のソフト対策計画に基づいた予警報システムの導入や住民集会などを通じた住民への教育・住民の参加する訓練の実施

(2) 想定される支援スケジュール

当プロジェクトの実施期間を約2年間と想定する。この間の各成果に関する活動を表5-1-3にまとめる。

本プロジェクトのカウンターパートと想定されるLMUという新しい組織の役割・活動及び実施体制などのロードマップ作成の一助とする活動（成果1）の部分については、本プロジェクト期間（2年間）の間に、策定・見直しを行っていくことを想定している。また、そのロードマップに基づく地すべり対策活動（成果2から成果6まで）については、随時、活動を実施することを想定している。

表 5-1-3 プロジェクトスケジュール（案）



(3) 想定される日本人専門家の投入

前項に示した地すべり対策活動をLMU職員であるカウンターパートとともに行うとともに、セミナーやワークショップにおいて技術移転を行う日本人専門家は、以下のような担当の専門家を選定する（表5-1-4参照）。

- a) 総括／地すべり防災管理・計画（計約22ヶ月）
支援活動全般を総括するとともに、地すべり災害の管理と対策の策定についての技術協力をを行う。
- b) 地すべり調査・解析（計約11ヶ月）
地すべり危険度マップの作成や地すべり調査・解析（Chitrakoot地区を現場とする）についての技術協力をを行う。
- c) 地すべりモニタリング（計約9ヶ月）
危険度マップで抽出された地すべりとその地すべりモニタリング（Chitrakoot地区を現場とする）にかかる技術協力をを行う。
- d) 地すべりハード対策（計約7ヶ月）

リスクマップで抽出された地すべりと Chitrakoot 地区地すべりのハード対策について技術協力を行う。

e) 地すべりソフト対策（計約 14 ヶ月）

リスクマップで抽出された地すべりと Chitrakoot 地区地すべりのソフト対策について技術支援を行う。

表 5-1-4 専門家派遣スケジュール（案）

	6	9	12	3	6	9	12	3	6
a) 総括/地すべり防災管理・計画	■				■				
b) 地すべり調査・解析	■	■			■	■			
c) 地すべりモニタリング	■		■			■			
d) 地すべりハード対策	■					■	■		
e) 地すべりソフト対策	■			■	■	■			

5-1-2 気象サービス強化プロジェクト

(1) 当初要請内容

MMS が 2009 年 1 月 16 日時点で要請した内容は、以下のとおりである。

- 1) ドップラーレーダーの導入
- 2) 浮球式波高計の導入
- 3) ラジオゾンデの導入
- 4) 自動気象観測局の導入
- 5) 人材育成（地震学、気象関係者の研修実施）

本調査の開始までに 2)、3)、4) 項については、IOC、WMO 及び自国予算で整備することができたため、MMS より要請が取り下げられ、「1) ドップラーレーダーの導入」と「5) 人材育成（地震学、気象関係者の研修実施）」が要請内容として残ったことになる。

「5) 人材育成（地震学、気象関係者の研修実施）」については、JICA が実施している課題別研修「気象業務能力向上」や「津波防災」への参加も一つの方法として考えられる。

(2) 支援内容

本調査団の調査結果をもとに、プロジェクト（案）を以下表 5-1-5のとおり整理する。

MMS が「モ」国の防災スキームにおいて重要な役割を果たしていることから、レーダー導入に伴い、以下の付加価値を付与することが「モ」国の防災能力の向上において必要である。

- ① AWS データでレーダー情報を補正することで、レーダー情報の観測精度を向上させる。
- ② 「モ」国のような島嶼国において有効な降水短時間予想を導入する。
- ③ 「モ」国の防災スキームにおいて、MMS は重要な役割を担っており、レーダー導入に伴う新しい気象サービス商品を開発することにより、「モ」国の防災能力及び早期警戒システムの精度向上を行う。

以上3点を考え、新たにソフトコンポーネントの内容を MMS に対して提案した。

- ・ RADAR/AWS 解析システムの構築
- ・ 降水短時間予報システムの構築
- ・ レーダーおよび気象プロダクトの気象局予報端末への提供

表 5-1-5 支援内容（案）

プロジェクト名	気象サービス強化プロジェクト
実施機関	「モ」国気象局
上位目標	サイクロン、洪水、土砂災害に対する情報の精度向上を通して「モ」国の防災能力が向上する
プロジェクト目標	「モ」国にサイクロン・大雨の監視能力強化、短時間予測システム構築を通じて、「モ」国における防災気象サービスを強化する。
事業概要	<p>1) 建設工事・調達機器の内容</p> <p>【機材】気象ドップラーレーダー、ドップラーレーダー観測データの気象局予報システムの提供、ドップラーレーダーを用いた気象情報の CDC への提供</p> <p>2) コンサルティング・サービス/ソフトコンポーネントの内容</p> <p>①ドップラーレーダー観測のオペレーションに係る研修 ドップラーレーダー操作、データ取得・処理・表示・確認、本局へのデータ転送・受信等</p> <p>②ドップラーレーダーの利用に係る研修 MMS 本局でのデータ受信と予測ネットワークへのデータ供給、ドップラーレーダーデータの使い方、予報端末でのデータ利用等</p> <p>③ドップラーレーダーの保守に係る研修 ドップラーレーダーの動作確認、障害の発見と対処方法、スペアパーツの交換、保守スケジュール</p> <p>④処理端末に係る研修 ドップラーレーダーデータ転送装置の保守方法と障害チェック、ドップラーレーダーデータ処理 PC のオペレーション・再インストール・再設定、MMS 本局 PC のオペレーション・再インストール・再</p>

	設定等 ⑤RADAR/AWS 解析情報、降水短時間予報の利用に係る技術移転 ⑥出荷前検査に係る研修 構築されたドップラーレーダーの仕様確認 ⑦ドップラーレーダーの理論に係る研修 ドップラーレーダーの基礎理論、ドップラーレーダーデータの処理 理論
--	--

また、スケジュール（案）としては、表 5-1-6のとおりと想定している。ドップラーレーダーにかかる工期としては、16 ヶ月間程度が想定され、レーダー導入に伴うソフトコンポーネントについては、機材導入及びシステムの構築終了後、開始することを想定している。

(ソフトコンポーネントの必要性)

本プロジェクトの要請の背景としては、サイクロンを含む短時間強雨が引き起こす洪水（主に Flash Flood）による被害を最小限に食い止めるために、気象レーダーを用いた降雨状況の監視と気象サービス（気象予報など）の提供にあり、「①予報担当者がレーダー情報を常時監視できること」及び「②関係機関に対する迅速な気象サービス提供が可能になること」が重要になる。そのため、以下の能力なしには、気象レーダー導入の意義が薄れる。

- ・ レーダー情報が、MMSの予報端末に接続され、衛星・数値予報モデルなどのその他情報と同時に利用できるようになること
- ・ 同時に、レーダー情報を利用して、警報を発表し、各機関に伝達する（場合によっては、レーダー画像を送信する）こと

なお、MMSの職員はこれらの要請に対して対応する能力を既に有しており、資金協力としてドップラーレーダーを供与することの妥当性も高く、かつ、導入効果を更に高めることが出来ると考えられる。

しかし、その一方で、導入されるレーダーの種類や地域によって固有な特性があることから、以下の2つの観点から、本プロジェクトの中で、ソフトコンポーネントとして技術移転を行うことが重要である。

- ・ レーダー情報そのものは、種々の誤差要因が含まれており、MMSが独自で展開しているAWSによる地上の観測値を用いて、補正することで、レーダー情報の精度向上をさせるための技術移転が必要である。
- ・ 日本では、レーダー情報を用いた60分～数時間先までの降水予測情報を提供しており、この予測技術は日本の比較優位性が保たれる分野であり、かつ、「モ」国の防災能力の向上に大きく寄与できる分野であり、現地の気象条件やレーダー情報の特徴に合わせた修正と技術移転が必要である。

通常の被援助国の場合、このようなソフトコンポーネントを行っても消化しきれない可能性があるが、「モ」国の場合は、技術レベルが比較的高く、これらソフトコンポーネントを受け入れる素地があると考えられ、ソフトコンポーネントの必要性・妥当性も高いと考えられる。

表 5-1-6 支援スケジュール (案)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
実施設計	■																
機材調達・据付						■											
ソフトコンポーネント							■										

(3) 概算費用

本プロジェクトに必要な費用としては、以下のとおり想定している。ただし、これまでの経験上、ドップラーレーダーについては、状況に応じて価格の変動幅が非常に大きく、以下の金額については、あくまでも参考金額として記載しているため、今後の変更の余地はありと考えられる。

表 5-1-7 プロジェクト費用 (概算)

(百万円)

項目	全体	備考
①機材調達費	550	現存のものと同規模の建屋建設（据付工事費を含む）と通信システムの構築
②設計監理費	60	
③ソフトコンポーネント	15	4MM 程度（2人×2ヶ月）（工場研修/実地研修）
④その他	0	
合計	625	

(4) 必要性

「モ」国に対する支援の必要性について、以下にまとめる。

<自然災害に対する要請>

南西インド洋に位置するモーリシャスは、赤道収束帯などで発生するサイクロンによりたびたび大きな被害を受け、およそ1年に1個程度モーリシャス付近をサイクロンが通過し、10～15年に1個程度勢力の強いサイクロンにより大きな被害が出ている。

繰り返されるサイクロン被害に対して、4-1-2項に記述した” Cyclone and Other Natural Disasters Scheme” に基づき、官公庁、民間セクターの役割と義務が規定され、人的被害は徐々に少なくなる傾向にある。

一方、地球温暖化により、①勢力の強いサイクロンの増加、②短時間強雨の増加が予想され、サイクロン Lola から衰えた熱帯低気圧がもたらした大雨と洪水で4名が死亡し（2008年）、サイクロン以外の気象災害に対しても国民から強い要請がある。

<レーダーの必要性>

近年の気象災害は、短時間強雨による洪水・河川の増水、土砂災害による被災者とその多くを占めており、気候変動に対応した防災体制の強化のためには、短時間の降雨を正確に把握・予測

し、適切な対応をとることが重要である。これらの災害のトリガーとなる大雨を監視するためには、レーダーにより、①サイクロンの特性の把握、②強雨域の把握、③雨雲を流す上空の風を把握することが必要である。

<日本の支援の必要性>

日本は熱帯性低気圧が頻繁に来襲する地域にあり、また、急峻な島国であることから、短時間強雨による洪水・河川の増水、土砂災害に対する気象予測技術が、他の気象先進国に比べてユニークに進んでいる。日本の気象観測・解析・予測技術は、世界でもユニークな技術であり、強雨の多い島嶼国である「モ」国の防災能力向上のために、日本が支援する必要性は大きい。

(5) 妥当性

同国にドップラーレーダーを導入することの妥当性を、項目別に整理して以下にまとめる。

<ドップラーレーダー導入による防災能力の向上>

同国にドップラーレーダーを導入することにより、①サイクロンの特性の把握、②強雨域の把握、③雨雲を流す上空の風の把握が可能となり、(a) 大雨監視能力の向上、(b) 強雨が予想される地域の特定精度の向上が図られるとともに、人的被害をもたらす短時間強雨による降水・土砂災害は、いずれも雨がそのトリガーとなることから、(c) 洪水 (Flash Flood)、土砂災害、地滑り災害 (Landslide) に対する防災能力の向上にも寄与することができる。

<早期警戒情報への寄与>

「モ」国では4-1-2項に記述したように「防災スキーム」により、関係各機関に情報提供する仕組みが有効に機能しており、大雨予測の精度向上が、(d) 精度の高い早期警戒情報の発表と、(e) 住民の早期避難に直接寄与し多くの人命を救うことができる。加えて、④島嶼国では風の流れが比較的単純なため雨雲の動きの外挿と地形的な降雨特性を用いることでレーダーデータによる降水短時間予測が有効であり、それにより(f) リードタイムの長い降水予測提供が可能となり、(g) 災害への早期対応を通じた減災効果が期待される。

<気象局の技術レベル>

「モ」国では、1979～2007 年の間、レーダーを運用した経験を有するとともに、現在、ドナーにより供与された AWS 観測ネットワーク、波高計、予報システムを適切に運用している。レーダー導入に際し適切な技術移転を行えば、レーダーの運用を問題なく実施できる。

<気象レーダーのバンド (周波数) > (バンドについては補足 1 を参照)

モーリシャス国においては、レーダーによって、①サイクロンの監視、②短時間強雨の監視を行うことを想定しており、①の観点からは S バンドが、②の観点からは C バンドまたは S バンドが望ましい (X バンドは降水による減衰が大きく、サイクロンの前面に強い雨雲があるとその後ろが把握できないことから、モーリシャスには不向き)。C バンドの S バンドに対するメリットは、より弱い雨や雲の細かな構造が把握できることにあるが、降水短時間予測に用いる雨雲は半径 100km くらいまでの雨雲であり、また、弱い雨や細かな雨雲の構造は予測精度に与える影響が小さいことから、同国には S バンドレーダーを導入するのが適切である。

<気象レーダーの種類>

レーダーには、降水粒子からの反射波のみを観測する通常レーダー、ドップラー効果を用いて上空の風を観測するドップラーレーダー、二重偏波 (水平方向に振動する二つの波) を用いて粒子の形を判別する偏波レーダーが、現在よく使われている。「モ」国の要請はドップラーレーダ

ーであるが、同レーダーの観測データを用いて、降水短時間予測、空港への情報提供も予定されており、ドップラー機能を持つレーダーを導入するのが妥当である。

<地域の防災能力への寄与>

サイクロン襲来地区の最前線に位置するモーリシャスにレーダーが導入されれば、サイクロンの特性を把握し、正確なサイクロン観測情報を同地区の各国に情報提供することができ、地域のサイクロンに対する防災能力が向上する。また、同国のサイクロン対策は組織化されており、レーダーの導入により、防災情報スキームが完備されることで、近隣諸国のサイクロンに対する防災対策の面で効果的かつ実践的な実例となり、この面からも、地域の防災能力の向上に貢献できる。

(補足 1.) レーダー周波数とその特徴

気象レーダーでは主に、表に示す以下の周波数帯が使われている。

表 5-1-8 レーダーの周波数帯とその特徴

周波数帯と波長 (*1)	日本での利用 (探知範囲)	特徴	費用 (*2)
S バンド (3GHz,10cm)	富士山レーダー (350~500km)	広い範囲のサイクロンや短時間強雨を観測できるが、電波の透過度が高いため出力とアンテナが大きくなる	1.3~1.8
C バンド (5GHz,5cm)	気象庁レーダー・国土交通省レーダー等 (150~350km)	出力・アンテナサイズ(コスト)と、観測できる範囲の両者のメリットを享受できる	1.0
X バンド (10GHz,3cm)	航空機・船舶・可搬型のレーダー (80~150km)	小型のアンテナと小出力で観測可能であるが、降雨減衰が強く、強雨時の観測範囲が狭い	0.5 程度

(*1) このほか、KU バンド (12-18GHz) 帯のレーダーがある。衛星搭載型降雨観測レーダーとして、通信総合研究所と NASDA により開発され、熱帯降雨観測衛星 (TRMM: 周波数は 13.8GHz) などで研究的に用いられている。

(*2) 同じレーダーでも、アンテナの大きさが 2 倍になるとレーダー本体の費用はおよそ 2 倍になる。

レーダーは、レーダーから射出した電波が降水粒子により反射される強度を用いて雨を観測している。レーダーに用いる電波の波長が長いほど (周波数が低いほど)、降水粒子による吸収が小さく、遠くまで観測することができるが、反射強度が弱くなるために、大型のアンテナが必要となり、それに比してコストが大きくなる。一方、レーダーに用いる電波の波長が短いと (周波数が高い) と、反射強度が強くなり小さなアンテナで済むためコストが小さく、必要とする電力が小さくなるが、降雨粒子による減衰が大きくなり、強い降水域の後ろでは電波が減衰するため、その後ろの雨雲からの反射強度の誤差が大きくなり、強い雨の観測 (特に広範囲の観測) には向かない。また、レーダーでは射出するパルスを短くするほど観測範囲と解像度が上がるが、反射電波が弱くなるためより大型のアンテナや強力な発信機が必要となり費用が大きくなる。広範囲の精度良い観測は、大出力で短いパルスにより大きなアンテナで観測することで実現できるが、必要となるコストが大きくなる。

個々の積乱雲や小さなスケール (数十 km) の降水現象をとらえる場合には、波長の短い X バンドレーダーで観測を行った方が、その観測精度は高くなるが、前述のように降水による減衰で雨雲の後ろでは観測精度が急激に劣化することから、モーリシャスのような熱帯・亜熱帯域では S バンドまたは C バンドレーダーを用いて観測を行う。また、表 5-1-8 の探知範囲のおよそ半分程度が定量的に降水量データを扱える範囲とされており、レーダーネットワークを構築することが難しい島嶼国では S バンドレーダーを用いることが多い (日本でレーダーが導入された当初、その目的は台風観測であり、室戸岬レーダー、富士山レーダーともに S バンドであったが、その後日本全体をカバーするレーダーネットワークが構築され、C バンドレーダーに移行していった)。また、表 5-1-9 は南アフリカ地域におけるレーダー (過去に存在したもの、研究用を含む) であるが、少ないレーダーで観測を行うこと、主目的がサイクロンの監視であることから、S バンドレーダーが多く用いられている。

表 5-1-9 南アフリカ地域のレーダー

(WMO TROPICAL CYCLONE OPERATIONAL PLAN FOR THE SOUTH-WEST INDIAN OCEAN 2006 Edition)

Station name	Lat.°S	Long.°E	Wavelength	Make
La Réunion	21	55 doppler	10 cm	GEMATRONIK
Lilongwe*	14	34	10 cm	Toshiba
Chileka*	16	35	5.4 cm	EEC
Trou aux Cerfs*	20	57	10 cm	EEC
Beira*	20	35	10 cm	MRL-5
Harare	18	31	5.4 cm	Thompson CSF
Bulawayo Airport			5.4 cm	Thompson CSF
Bufallo Range			5.4 cm	Thompson CSF
Durban	29°58'	30°57'	5 cm	Enterprise C-
Ermelo	26°31'	29°59'	5 cm	Enterprise C-
Pietersburg	23°30'	29°25'	5 cm	Enterprise C-

* Temporarily out of order

5-2 実施に関わる留意点

5-2-1 地すべり対策能力向上プロジェクト

支援の実施にあたって留意すべきと考えられる点を以下にまとめる。

(1) 地すべり対策ユニットの強化

- ・ 地すべり対策ユニットは 10 名の職員から構成されている。これらの職員が効率的に活動して、機能的に地すべり災害の被害やリスクを軽減するためには、ユニットの役割として、緊急対応のためのモニタリングに加えて、平時においても継続的に活動することが求められる。したがって、平時において、調査・モニタリングの実施管理をするとともに、地すべり軽減計画の策定とハード対策の施工などの管理や住民教育を含めたソフト対策の実施を行うことができるようなユニットとするように支援を行う。
- ・ LMU の職員は、土木技術を専門とするものの、地すべりに関する専門的な知識・経験は限られている。また、職員数は 10 名と限られている。したがって、効率的な組織運営のため、地すべりの調査・解析・設計・工事については専門の業者に業務を委託してその管理を行い、対策計画の策定やソフト対策については自ら実施することとするなど、支援開始時に職員の業務範囲を確認した上で支援を行う。

(2) 技術移転

- ・ LMU の職員は、地すべりの被害やリスクを軽減するために、地すべりに関わる調査・解析・評価・設計・対策策定・対策工設計施工・住民意識向上・教育・訓練など、地すべり管理に係わる知識や技術を幅広く習得できるように技術移転を行う。
- ・ C/P が技術移転により専門的な知識や技術を効率的に習得できるように。日本人専門家と C/P が協働作業を行うことによって技術の移転を図る。特に、地すべりの調査・解析・評価などについては、Chitrakoot 地区の地すべり対策を協働で行うことによる OJT において、実務に直接的に生かすことのできる技術を「モ」国に根付かせるように技術移転を行う。
- ・ 地すべりに関わる調査・解析・評価・設計・対策策定・対策工設計施工・住民意識向上・教育・訓練などの主要な項目の重要点については、セミナーやワークショップなど、集中的に

技術移転を行う機会を設けて円滑な技術移転を行う。

- ・ 「モ」国には大学においても、地質技術者を育成する過程がないなど、地質技術者が不足している。地すべりに対応するために必要な地質技術の提供や将来の地質技術者の育成などの観点から、現在、地質工学の講座を有しているモーリシャス大学土木工学部と密接に連携をする。

(3) 関係機関の役割分担と連携

- ・ 地すべりの被害やリスクの軽減は、地すべり対策ユニットの担う役割が重要であるものの、LMU 独自で行うことのできる対応には限りがあり、関係機関と役割分担をした上で連携して実施することで大きな効果を生むことができる。したがって、災害スキームにおいて定められている調整委員会のメンバーからなる当地すべり対策能力向上プロジェクトの合同調整委員会を設けて、関係機関の役割分担を明確にして、本プロジェクトにも関係機関が必要に応じて参画・連携して実施する体制とする。
- ・ 合同調整委員会を定期的に開催して、プロジェクトの進捗や各機関からの意見の調整等を行うとともに、セミナーやワークショップは、テーマに関係する機関と共同開催するなど、関係機関との連携を促進して、実際の地すべり対応を連携して行う下地を形成する。

(4) 住民の意識向上と自主性の醸成

- ・ 地すべり災害対応を含む防災においては、住民の意識が向上し、自主的に活動を行うことが被害やリスクの軽減に欠かせない。Chitrakoot 地区の住民が地すべりの深刻さや脅威について十分に理解していないことも、対策が進まない一因である可能性があるため、プロジェクトにおいては、住民説明会、住民との協働によるリスク・避難マップの作成、教育・訓練等を通じて、住民の意識向上と自主性の醸成を図ることも重要視する。
- ・ 住民に対する活動を C/P とともに行うことを通じて、住民への働きかけのノウハウの移転を行う。
- ・ 住民に対する活動を効果的に行うために、技術に裏付けされた視覚に訴える素材や興味を引く素材を作成する。

5-2-2 気象サービス強化プロジェクト

本プロジェクトの目的は、気候変動により予想されるサイクロンの勢力増大と短時間強雨の増加によりもたらされる洪水、土砂災害等に対応するため、サイクロン、短時間強雨の監視能力向上と予測の高度化にある。

また、日本は台風が頻繁に襲来する島嶼国であり、日本の気象庁（JMA）は、熱帯擾乱、および、大雨によってもたらされる洪水・土砂災害に対して、世界的にも高度かつユニークな監視・予測能力を有している。このため、技術移転に際しては JMA と連携を取り、効果的な監視・予測システムを提供することが、モーリシャスの防災能力向上のために重要である。

本プロジェクトは、観測・解析・予測について一貫した精度確保と JMA との連携による技術レベルの確保が重要であり、①レーダー機材の購入、②レーダー観測データの解析、③レーダー/AWS 解析、④降水短時間予報の導入がそれぞれ個別に行われ、①～④のいずれかの精度が低いと、本プロジェクトの目的である解析・予測情報について必要となる精度を確保できない恐れがある。

以上の観点から、本プロジェクトを実施するに当たって、留意すべきと考えられる点を以下に列記する。

<レーダーの設計>

- ・ JMA の有するレーダー・アメダス合成、短時間降雨予測の技術を移転するため、日本国内で、技術指導を受ける体制を確保すること。
- ・ 導入されるレーダーが、降水短時間予測等に利用可能な観測精度を有している機材であることを、同型機材の運用データ、可能であれば既存レーダーとの並行運用により、実証すること。
- ・ 前述の観点から、機材の導入にかかる設計、技術移転は国内コンサルタントが実施し、前項の精度確保を、本業務を実施するコンサルが保障すること（レーダーメーカーについては国内外にこだわらない）。
- ・ レーダーサイトの近傍に人家などがあることから、可能な限り、レーダー電波の広がり小さい機材を導入すること。
- ・ レーダーの運用時に必要となるスペアパーツ・保守作業、必要となる経費について、設計時に積算し気象局に提示し予算確保を行うこと。

<付帯施設等>

- ・ レーダービルディングは、補修工事により再利用可能と考えているが、レーダー技術者により利用の可否、補修方法、建て替えの必要性について詳細に再検討し、アドバイスを受けること。
- ・ 発電機など現地調達可能な機械は、運用時の保守の観点から、予算に計上のうえ現地調達すること。

<レーダーデータの利用>

- ・ 気象局の予報システムへ、レーダーで観測された降水量と風の情報を提供し、予報官がレーダーを予報に直接使えるように、システムを構成・設定すること。
- ・ RADAR/AWS 解析、降水短時間予報のシステム構築と気象局予報システムへの情報提供を行い、加えて、利用方法の技術移転を行うこと。
- ・ ドップラーレーダー情報（ドップラー速度データの利用、ウインドシアなどの検出）の利用方法の技術移転を行うこと。
- ・ モーリシャスの気象サービス高度化に伴う、IOC 加盟国および WMO 第一地区加盟国の防災能力向上への寄与について、気象局とその方法を検討すること。

主要面談者リスト

(1) 「モ」国側

1) Ministry of Public Infrastructure, National Development Unit, Land Transportation and Shipping

Ram Prakash NOWBUTH	Permanent secretary, Public infrastructure division
Ravi Shankar SONEA	Principal assistant secretary, Public infrastructure division
Savitree BAHADOOR	Assistant secretary, Public infrastructure division
Ahmed Mahmood GOPAUL	Director, Civil Engineering, Public infrastructure division
M.Reshad JEWON	Deputy director, Civil engineering section, Public infrastructure division
T. PARBHUNATH	Principal engineer, Public infrastructure division
P.B. SHARMA	National development unit
R. BHOOJHOWON	Project manager, National development unit
P. SHAKHUN	Secretary, Public infrastructure division
M. RAMSAMY	Secretary, Public infrastructure division

2) Mauritius Meteorological Services

Yadowsun BOODHOO	Director
B.H. DUNPUTH	Deputy director
R. MUNGRA	Divisional meteorologist
M. Beebeejaun	Divisional Meteorologist
Ssatyablama Cavoolessur	Divisional Meteorologist
Prem Goolaup	Divisional Meteorologist
Muthu	Chief Technician
Kariman	
Abdool	
Gassen Curpanen	System Technician
Anih Ramburn	Meteorologist

3) Ministry of Finance and Economic Development

Vishnu D. NASSANT	Director
Vishnu D. Bassant	Director
Neena RAMLOLL	Analyst
R. Sultoo	Analyst

4) Ministry of Environment and Sustainable Development

N. MOORLAH	Environment officer
D. PRITHIPAUL	Divisional environment officer
R. LUXIMAN	

5) Ministry of Local Government and Outer Islands

Georges Henry JEANNE	Permanent secretary
B. BEERACHEE	Senior project officer, Solid waste management division
M. RENE	Technical officer

6) Ministry of Housing and Lands

Vinod SEEBUN	Chief surveyor
H. RAJCOOMAR	Principal surveyor
Farook Nathire	Chief cartographer
A. JHUMMUN	Senior planner
P. TOYLOCCO	Land surveyor
H. TECKMUN	Surveyor

7) Police Department

C. DAWONAUTH	Chief inspector
T. SEERUNGEN	Deputy commissioner
J. NASHIB	Chief inspector, Special mobile police

8) Road Development Authority

F. BOODHOO	Material testing officer
------------	--------------------------

9) 10) University of Mauritius

Soonil D D V Rughooputh	Pro Vice-chancellor, Research, consultancy and innovation
A. Chan Chim YUK	Associate professor, Civil engineering

10) AAP Working Group

P.B.Shaarma	NDU
R. Luximon	M/Environment & SD
C. Ramnath	CSO
D. Iowakel	Police inspector
R. Bhuounm	QIDC
F. Natbine	Min. of Housing
R. Badal	Mauritius Oceanography

11) MBC (モーリシャス放送局)

Thivyananden Nayedoo Sooben	Administrative manager
Pamela Patten	Director Radio

(2) ドナー

1) World Bank

Constantine Chikosi	Country Manager
---------------------	-----------------

2) UNDP

Leyla Tegmo-Reddy	Resident representative, Mauritius & Seychelles
Sanju DEENAPANRAY	Coordinator, Climate change
Yan HOOKOMSING	UN coordination analyst
Satyajeet RAMCHURN	Environment programme officer

3) EU

Achim SCHAFFERT	Head of Mauritius section
Lalita NOSIB	Project manager

4) AFD

Michel GAUTHEY	Representative for Mauritius and Seychelles
Stephanie CHALEON	Projects officer
Vanina DEAK	Project officer

(3) 日本国側

1) 在マダガスカル日本大使館

川口 哲郎	特命全権大使
竹山 健一	参事官

2) JICA マダガスカル事務所

笹館 孝一	所長
麻野 篤	次長
比嘉 勇也	次席事務所員
Manoela RAZAFIMAHEFA	Technical advisor

収集資料リスト

調査名 モーリシャス国 気候変動プログラム準備調査

番号	名 称	形態* 図書・ビデオ 地図・写真等	判別・注	発行機関	発行年
1	ポートルイス地形図 (1:25,000) 1葉	E(dwg)	判別	国土省	2010
2	チトラクト地形図 (1:2,500) 1葉	E(dwg)	判別	国土省	2010
3	チトラクトオルソフォト 6葉	E(acw, ers, aww)	判別	国土省	2009
4	チトラクト航空写真 3葉	E(jpg)	判別	国土省	1999
5	開発制限地域	E(pdf)	判別	国土省	2003
6	ポートルイス開発計画平面図	E(jpg)	判別	国土省	2009
7	ポートルイス開発計画説明書	E(pdf)	判別	国土省	1992
8	気候変動アクションプラン	E(pdf)	判別	国家気候委員会	1998
9	UNFCCC第1次国別報告書	E(pdf)	判別	国家気候委員会	1999
10	技術要望評価と気候変動活動のための能力の維持と強化	E(pdf)	判別	国家気候委員会	2004
11	小島嶼開発途上国の持続的開発のためのアクションプログラムの実施促進のためのモーリシャス戦略	E(pdf)	判別	モーリシャス国連代表部	2005
12	棚卸し・関係者協議報告書	E(pdf)	判別	国家気候委員会	2006
13	Mauritius Ile Durable 支援プロジェクト	E(pdf)	判別	UNDP	2009
14	モーリシャス戦略国別評価報告書	E(pdf)	判別	環境省	2010

番号	名 称	形態* 図書・ビデオ 地図・写真等	判別・注	発行機関	発行年
15	計画・開発法	E(pdf)	判別	モーリシャス国 (国土省)	2004
16	都市・国家計画法	E(pdf)	判別	モーリシャス国 (国土省)	1982
17	インフラ省予算	E(pdf)	判別	財務省	2010
18	環境省予算	E(pdf)	判別	財務省	2010
19	国民経済計算推計	E(pdf)	判別	中央統計局	2010
20	人口・生活統計	E(pdf)	判別	中央統計局	2010
21	消費物価指数	E(pdf)	判別	中央統計局	2010
22	地すべりパンフレット	E(pdf)	判別	中央災害委員会	2010
23	閣僚会議決定 (抜粋)	E(pdf)	判別	閣僚会議	2004-2008
24	自然災害リスク管理F/SのTOR	E(pdf)	判別	フランス開発庁	2009
25	ポートルイス市 (ラ・ビュッテ) 地すべり対策計画調査最終報告書	E(pdf)	判別	JICA	1990

*形態：「E」は電子データ、()内は拡張子

1. Application forms sent to Japan

The original requirement sent to Japan is as follows.

<p>Applicant: The Government of Mauritius</p> <p>Project Title: Mauritius Meteorological Services Project</p> <p>Implementing Agency: Mauritius Meteorological Services</p> <p>Overall Goal: Mauritius is vulnerable to tropical cyclones and heavy rainfall resulting in important damages and loss of property, and at times, human life. Through the project, the capability of the Meteorological Services in disaster mitigation and prevention of loss of life and property in Mauritius will be enhanced.</p> <p>Project Purpose: (1) Acquisition of Weather Doppler-RADAR (2) Wave Rider Buoy (3) Acquisition of Radiosondes (4) Acquisition of Automatic Weather Stations (5) Capacity Building (seismology, long term training for newly recruited meteorologists)</p>

2. Points clarified and recommended

At the beginning of the survey, terms (2), (3) and (4) were turned down.

About the term (5), JICA implements JICA training course ‘Meteorology’ by JMA (Japan Meteorological Agency) and ‘Seismology’ by Building Research Institute. The survey team recommends Mauritius Meteorological Services (hereinafter referred to “MMS”) to subscribe for these training courses through JICA Madagascar, and MMS accepted the recommendation.

At the original requirement, acquisition of Weather Doppler-RADAR (hereinafter referred to as "RADAR") is requested, however, MMS manages AWS observation network steady, the accuracy of precipitation distribution observed by RADAR will be improved with using AWS data, and MMS plays an important role of the ‘Central Cyclone and Other Natural Disaster Committee’ (hereinafter referred to “CDC”). The survey team recommends MMS follow activities to increase the ability for natural disasters and to enhance skills of early warning system for disasters, and MMS agrees the recommendations.

- * Construction of RADAR/AWS reanalysis system
- * Construction of short-range rain forecast system
- * Provision and networking of RADAR/forecasts products to MMS forecast system

The survey team expects MMS that meteorological warnings with RADAR products issued by MMS will be delivered to neighbor countries and it will contribute neighbor countries activities for disaster prevention. And the scheme of CDC with upgraded meteorological information could show good samples for natural disaster prevention for southern African region especially for South Indian Ocean

countries.

A project outline summarized through the research is as follows.

Project Title:

Mauritius Meteorological Services Project

Overall Goal:

Mauritius is vulnerable to tropical cyclones and heavy rainfall resulting in important damages and loss of property, and at times, human life. Through the project, the capability of the Meteorological Services in disaster mitigation and prevention of loss of life and property in Mauritius with Doppler-RADAR and meteorological products will be enhanced.

Project Goal

With installations of Doppler-RADAR and additional meteorological products, the capability of the Meteorological Services for watching cyclones, torrential rains and other sever events, phenomenon will be enhanced and meteorological products for disaster prevention issued by Meteorological Services will be strengthen.

Project Purpose:

- (1) Acquisition of Weather RADAR
- (2) Observation data of RADAR is provided to MMS forecast system.
- (3) Meteorological bulletins and warnings with RADAR is provided to members of CDC
- (4) The improvement of meteorological products with RADAR and related products increases the ability for natural disasters

And activities with each project purpose are as follows.

Project Purpose 1:

Doppler RADAR (S-band, Frequency: 2.8FHZ, coverage area 400 to 500km) with antenna, RADAR-dome, data processor, software and related parts is installed. And a data transmission system of the data from the RADAR site to the MMS headquarter (5km away) is installed.

Activity 1-1:

Preparatory survey at MMS and the RADAR site with a RADAR

Activity 1-2:

Design and estimation for RADAR, RADAR building, spare parts, data processor, software, communication system and related terms

Activity 1-3:

RADAR production, examination and implementation of 'Factory Training'

Activity 1-4:

Installation of RADAR and communication system, and 'On Site Training'

Project Purpose 2:

Observation data of RADAR is provided to MMS forecast system.

Activity 2-1:

Investigation to provide RADAR products to MMS forecast system with confirmation of licenses access to MMS forecast system

Activity 2-2:

Connection RADAR system and MMS forecast system

Project Purpose 3:

Meteorological bulletins and warnings with RADAR is provided to members of CDC.

Activity 3-1:

Construction of RADAR/AWS re-analysis system.

Activity 3-2:

Construction of short-range rain forecast system

Activity 3-3:

Provision and networking of RADAR/forecasts products to MMS forecast system

Activity 3-4:

Meteorological bulletins and warnings with RADAR is provided to members of CDC

Project Purpose 4:

The improvement of meteorological products with RADAR and related products increases the ability for natural disasters (cyclones, torrential rains, flash floods and landslides).

Activity 4-1:

Technical training of RADAR management and usage of RARAD products.

Activity 4-2:

Technical training of RADAR/AWS re-analysis system

Activity 4-3:

Technical training of short-range rain forecast system

Activity 4-4:

Conducting seminars or educational activities (brochures or TV programs) to inform of disaster prevention activities with upgraded meteorological products

3. Consideration

The consideration and remarks for the smooth implementation of the project are as follows.

(1) A planning for RADAR

- * At the preparatory survey, the team thinks that the actual RADAR building can afford for expected RADAR, however, during RADAR planning survey another precise research with RADAR experts for the building (if the exist radar building can support new RADAR from the view point of its intensity, waterproof, electricity, communication method and so on) should be implemented.
- * Accessories or spare parts for RADAR and related systems should be purchased inside of Mauritius as possible.
- * Around the RADAR site, there exist some residence, so the RADAR had better to have narrower side robe, and during RADAR planning consultants should discuss with MMS about possibility of electrical disturbances.
- * On RADAR planning survey, consultants should turn in the plan and schedule for spare parts with rough estimation to MMS.
- * The RADAR should have enough functions and accuracy for observations and short-range forecasts, so the same type of RADAR must be actually operated with short-range forecasts to the public, for example Japan.
- * Consultants have to be responsible both for planning of RADAR and for meteorological products, and in order to transfer RADAR/AWS re-analysis and short-range rain forecast technique, the project should be implemented with JMA technical supports.

(2) Meteorological Products

- * RADAR, RADAR/AWS re-analysis, short-range rain forecasts products should be provided to MMS forecast system and the system should be designed that meteorologists of MMS easily can use RADAR products for their forecast and for issuance of warnings.
- * Appropriate training for RADAR management and for usage of RADAR products should be done through factory training (3 weeks or more; 2-3 technicians/meteorologists) and on-site training (2 weeks; whole technicians and meteorologists in charge).
- * A technical training for RADAR products, RADAR/AWS re-analysis, and short-range rain forecasts should be done for meteorologists (2 months; technical training and technical transfer especially for RADAR/AWS re-analysis, short range forecast and calibration of RADAR parameters).
- * MMS and consultants should discuss about promotion of upgraded meteorological products to CDC members and to the public.
- * MMS clarify the contribution of new meteorological products to neighbor countries and discuss methods of contribution.

A Summary of JICA Preparatory Survey for ‘Climate Change Program Mauritius Meteorological Service Project’

1. Period and members of the survey

JICA Preparatory Survey was implemented from 28/Apr. to 27/May/2010 (includes travels to and from Mauritius).

Table-1 Members of the survey.

Member	Category	Period
Kenji NAGATA	Team Leader	15/May to 23/May/2010
Jyunichi KAWASE	JICA Madagascar	13/May to 21/May/2010
Kenji YANO	Disaster Plan/ Landslide	28/Apr. to 27/May/2010
Michihiko TONOUCI (*)	Meteorological Service	28/Apr. to 27/May/2010

(*) A main researcher for a survey at Meteorological Services.

2. Originally requested terms (16th/Jan/2009)

- (1) Acquisition of Weather Doppler-RADAR (hereinafter referred to as "RADAR")
- (2) Wave Rider Buoy
- (3) Acquisition of Radiosondes
- (4) Acquisition of Automatic Weather Stations
- (5) Capacity Building (seismology, long term training for newly recruited meteorologists)

Terms (2), (3) and (4) were turned down before the beginning of the survey.

3. Mauritius Meteorological Services and Cyclone and Other Natural Disasters Scheme.

3-1. Mauritius Meteorological Services

Mauritius Meteorological Services (hereinafter referred to “MMS”) belongs to the Prime Minister Office. The number of staff is 130 (100 for forecast/engineering sections, 30 for an administrative section) and 75 staffs work at headquarter (locates Vacoas).

The structure of MMS is shown in Fig.-1, 1 director and 2 deputy directors are responsible for MMS affairs and Division Meteorologists support at each professional category (i.e. Aeronautical, Agriculture, Atmospheric Science, Climatology, Hydrology, Instruments/Observations and Aviation).

MMS is mainly consisted from a forecast section and an observation section, and each senior technical staff is called ‘Meteorologist’ for the forecast section and ‘Technician’ for the engineering section.

At the end of May 2010, 12 Meteorologists work for MMS, and the Meteorologist is certified through follow 3 steps,

- (a) Need a bachelor in Physics or Mathematics or equivalent qualification and acceptable to the Public Service Commission and the Meteorological Services.
- (b) Then a full time Post graduate course (abroad) in weather forecasting or Advanced Meteorology course with World Meteorological Standard (was known as WMO Class I).
- (c) On the bench 6 months training after successful training and positively reported to assume duty as Duty Meteorologist after oral and practical assessments.

And 11 Electronic Technicians work for MMS, and the Technician is certified through follow 2 steps,

- (a) Need Advanced Technician Diploma in Telecommunications and Electronic Engineering or Advanced Technician Diploma in Telecoms system awarded by the City and Guilds of London Institute or equivalent qualification acceptable.
- (b) Entry staff has to follow on the job training as arranged and reported satisfactorily, and after oral and practical assessments becomes a Technician.

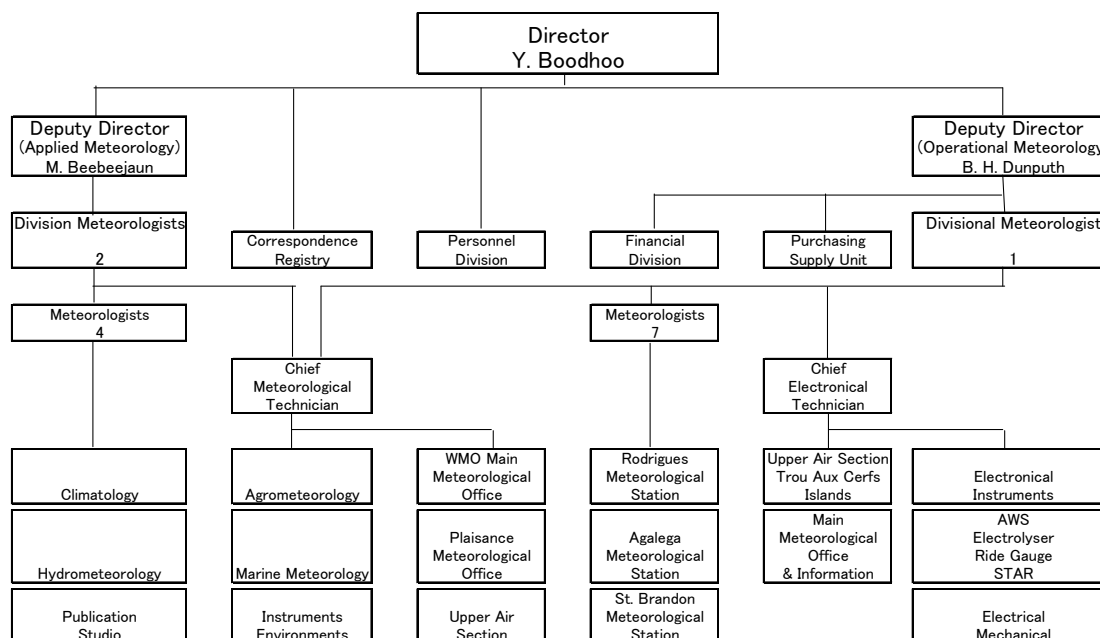


Fig.-1 Structure of MMS (at 21/May/2010)

MMS has around 40-Million Rupees fiscal budget for one year and MMS keeps 1 to 2 million Rupees to maintain, to repair, to change spare-parts and so on (Table-2). MMS can clear basic problems or equipments and PCs by themselves and can afford spare parts within their budget.

Table-2 Budgets of MMS

Mauritius Rupees	Jul./2007 ~Jun./2008	Jul./2006 ~Jun./2007	Jul./2005 ~Jun./2006	Jul./2004 ~Jun./2005	Jul./2003 ~Jun./2004
total	40,573,034	39,228,207	38,499,615	37,293,784	36,977,012
personal emoluments	28,970,128	27,712,050	27,232,394	25,938,784	25,957,012
traveling and transport	4,293,458	4,149,361	4,113,615	3,800,000	3,800,000
staff welfare	10,000	9,960	10,400	10,000	10,000
overtime	912,868	1,410,000	1,401,270	1,110,000	1,110,000
incidentals and office expenses	159,567	140,180	205,876	90,000	65,000
telephone bills	839,650	964,155	82,189	650,000	600,000
maintenance and running of vehicles	329,736	188,390	206,660	100,000	100,000
office equipment and furniture	176,457	190,933	162,678	125,000	75,000
maintenance of buildings, ground, plant	1,002,176	1,030,316	1,874,430	1,600,000	1,350,000
training of staff	383,040	262,319	34,368	150,000	150,000
IT facilities	271,600	260,701	299,534	190,000	150,000
electric charges	555,286	484,143	450,011	380,000	380,000
water rates	28,083	30,940	50,647	40,000	40,000
publications	29,177	24,444	22,228	25,000	20,000
uniforms	82,023	66,274	67,088	50,000	50,000
apparatus and supplies	1,649,833	1,399,878	1,199,632	1,900,000	2,125,000
seminars	3,234	7,100	172,732	180,000	175,000
postage stamps	14,596	17,503	33,779	30,000	10,000
printing and stationery	183,982	208,431	169,000	175,000	160,000
climate change activities	43,413	26,090	82,645	120,000	100,000
contribution to international organisations	634,727	645,039	628,439	630,000	550,000

Table-3 Equipments and systems donated by foreign donors.

RADAR (not Doppler RADAR)	Donated by UNDP and installed in 1977. The RADAR was operated for 28 years (1979 to 2005).
AWS	Donated by EDF (European Developed Fund) through IOC (Indian Ocean Committee) in 1994.
Tide Gage	Donated by French tsunami recovery fund and Hawaii University.
Forecast System	Donated by COI (Comission l’Ocean Indien) in October 2003.
Satellite Detector	Donated by IOC in July 2004.

However, it has been difficult for MMS to prepare big budget for equipments or system beyond MMS one year budget, and MMS has asked foreign donors to donate such equipments (Table-3). After such equipments and systems were installed, MMS has been managing them with their own budget completely, and then equipments donated can work continuously for their life-span.

3-2. Cyclone and Other Natural Disasters Scheme

In Mauritius, “Central Cyclone and Other Natural Disaster Committee” (under the jurisdiction of the Prime Minister Office) has responsible for action plans for natural disasters. The committee is composed of 57 members (include public agencies/organizations and private sectors). The action plan is laid down by the committee and the latest plan is “Cyclone and Other natural Disasters Scheme 2009-2010”. The Scheme refers to 4 disasters; ‘Cyclone’, ‘Torrential rain’ ‘Landslide’ and ‘Tsunami’; and sets down each member’s responsibility and actual actions for each disaster at each phase (in case of Cyclone, the phase is divided into ‘General Preparedness’, ‘Approach’, ‘During the Cyclone’ and ‘Aftermath’). This scheme is annually updated at the committee held in October, however, depends on requirements the scheme is updated in ad-hoc.

MMS plays an indispensable role and is responsible for observation and information to other members under the Scheme. And a meteorological observation system, a satellite information system and a forecast system of MMS are network-linked by TCP-IP and the forecast system can deliver weather bulletins/warnings to users (includes 57 committee members) promptly by facsimile or by e-mail. For example, a bulletin to Mauritius Broadcast Company is delivered by a leased line, and as soon as a cyclone bulletin is received, the bulletin is broadcasted in several languages on radio.

4. Needs (Requirements for Meteorological Services)

In Mauritius, the Cyclone Carol (1960) brought severe damage (41 casualties, 60 percent lost of sugar cane plantation, 450 million Rupees economic damage). After the severe disaster damage, MMS started precise information relates to disasters, for example categorize cyclone warning class from 1 to 4, and so on.

On the other hand, Mauritius investigates climate change and its adaptation plans from 1990s, and climate change will bring following damages to Mauritius,

- (1) Sever cyclone increase
- (2) Torrential rain increase (increase floods and landslides)
- (3) Sea level rise, coastal erosion and flood
- (4) Drought increase

In March 2008, torrential rain brought by ex-cyclone LOLA killed 4 people, and more precise information about cyclones and torrential rains with RADAR is required to reduce risks.

5. Evaluation

<MMS skill>

*MMS manages AWS Network and observes by themselves more than 20 years with changing some parts by own budget from 1984.

*MMS keeps 1 to 2 million Rupees for maintenance/ repair/spare parts/etc for each year.

*MMS has engineering staffs to maintain equipments, and their skills afford for managing additional equipments (includes RADAR).

*MMS operated the previous RADAR from 1979 to 2005.

*MMS requires S-band RADAR (its wavelength is 10cm and it covers 300km area), and the frequency in 2.8GHz zone is still reserved for MMS.

With MMS skill mentioned above, MMS surely operates RADAR after appropriate technical trainings for staffs.

< Effectiveness of RADAR for Mauritius>

Through RADAR installation in Mauritius,

- (A) Watch/Forecast Ability especially for heavy rain and gust will be strengthen
- (B) Forecast for torrential rain area will become more accurate, and it will improve meteorological information, and will contribute for evacuation plans for flood prone area.
- (C) With extrapolation technique, the short range rain forecasts could be provided, and torrential rain forecasts could have longer lead time to cater for precautionary measures.

and,

- (D) With appropriate technical trainings for staff, MMS will restart RADAR operation and manage RADAR appropriately.
- (E) Through RADAR data provision into MMS forecast-system, MMS will be able to provide more accurate information with RADAR and it would contribute to improve forecasts of the MMS for the “Cyclones and Other Disasters Scheme”.
- (F) Apart from Mauritius, the neighboring countries (especially for WMO-RA I countries) will benefit from its project for the protection of life and property.

< Effectiveness of RADAR for south west part of Indian ocean>

- The cyclone center of RA-I (Regional Association 1 categorized by World Meteorological Organization) is Re-Union and Mauritius and Madagascar are sub-center (Sub-regional Tropical Cyclone Advisory Center).
- Mauritius is responsible for watch and warning from 55E to 90E and Mauritius is a key country as a front line of RA-I for cyclones, because MMS has several small islands scatter in Indian Ocean (ex. Rodorigues) and also provides marine forecast for the area (equator to 30S, 55E to 95E)
- MMS director is a chairman of TCP (Tropical Cyclone Programme) RA-I committee and next meeting will be held in October 2010 in Kenya.
- Mauritius is a member of IOC(Indian Ocean Committee), and MMS has a regional training center at Vacoas for international and domestic trainings.

Through RADAR installation in Mauritius,

- MMS can inform of precise information of cyclone and torrential rains, and it contributes other countries (locate backward against cyclones) disaster preparedness.
- An approach based on ‘Cyclone and Other Natural Disasters Scheme’ will show an actual and feasible solution for cyclones to other neighbor countries.

6. Necessary terms on “Mauritius Meteorological Service Project” (*1)

- ① RADAR (S-band-Doppler-RADAR, frequency: 2.8GHz, coverage area: 400 to 500 km) installation and attachments, with connection to MMS-forecast system.
- ② Technical training for RADAR operation [with Factory training and On site training] (*2).
- ③ RADAR/AWS re-analysis image/data, Short range forecast and technical training for usage of RADAR analysis/forecasts.

(*1)

About Capacity Building (seismology, long term training for newly recruited meteorologists) required on the first requirement, we recommended MMS to subscribe for JICA training courses as follows.

Seismology: JICA training course ‘Seismology’ conducted by Urban Disaster Research Institute

Meteorology: JICA training course ‘Meteorology’ conducted by Japan Meteorological Agency.

(*2)

- * Technical training for RADAR should include follow training courses
 - * Operation training for RADAR, communication system and networking
 - * Training for RADAR product usage
 - * Maintenance training for RADAR and data processing
- Additionally on the Factory training, following terms should be included,
- * Inspection for RADAR
 - * Training for RADAR theory