

モザンビーク国
国家気象院（INAM）

モザンビーク国
気象観測及び予警報能力向上
プロジェクト
業務完了報告書

平成30年9月

（2018年）

独立行政法人 国際協力機構（JICA）

一般財団法人 気象業務支援センター

業務実施状況（1）



ベースライン調査（Maputo）



ベースライン調査（Beira）



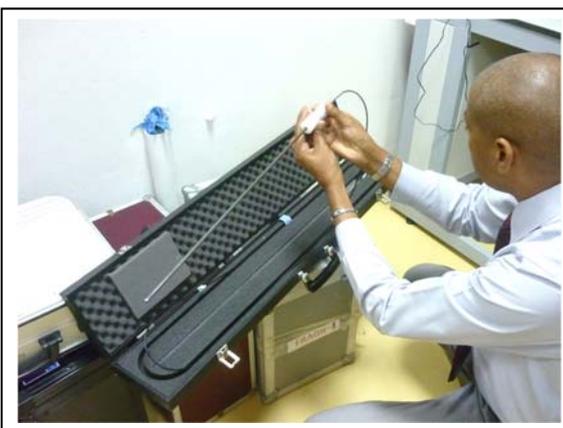
ベースライン調査（XaiXai）



National Director Meeting



南アフリカ気象局訪問調査



INNOQ 見学

業務実施状況（2）



検定室調査



Traceabilityに係る討議



講義（測器検定）



講義（GPVの利用）



商用電源調査（Beira）

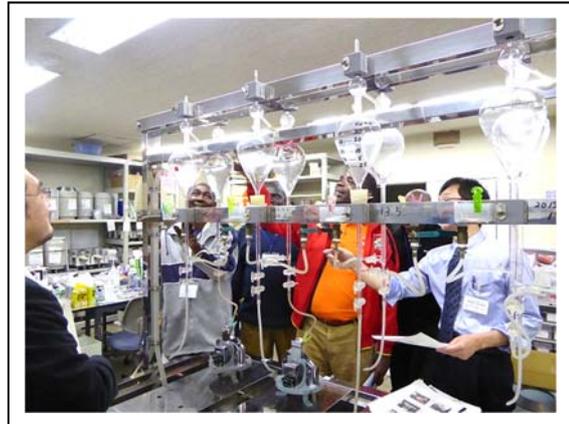


予備機材調査（Beira）

業務実施状況（3）



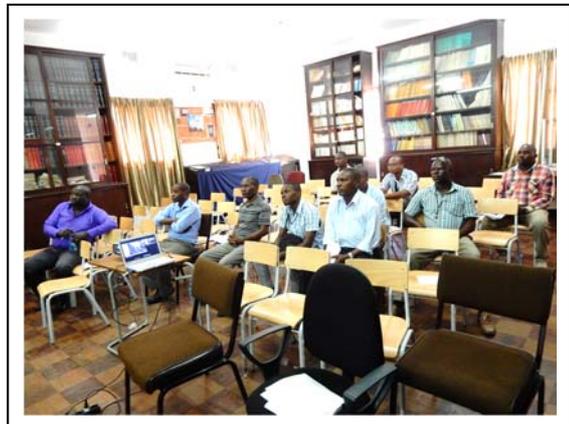
RADAR プロダクト調査 (INAM-HQ)



雨量計検定装置見学 (RIC 筑波)



気圧計の校正 (RIC つくば)



警報の検証 (INAM)



利用者インタビュー (Noticias)

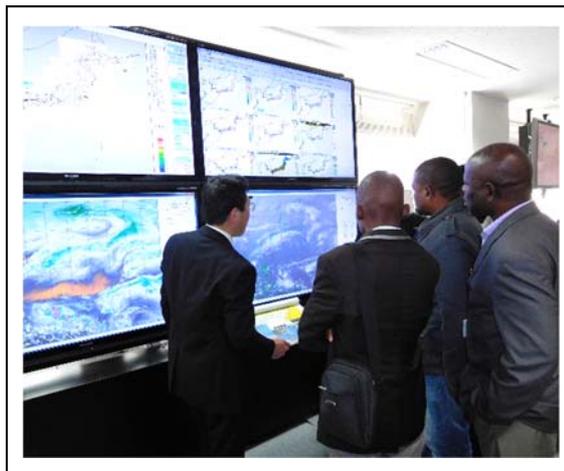


INAM-TV システム

業務実施状況（4）



気象庁観測現業室見学（JMA）



気象庁予報現業室見学（JMA）



札幌管区気象台見学(JMA)



気温ガイダンス実習（JMBSC）



ARG 設置作業(Nampula)



Nampula に設置した ARG

業務実施状況（5）



現地研修（地上観測）



現地研修（トレーサビリティ）



電気式温度計の校正実習



GPV データの利用 OJT



大型スクリーンを使った予報会報



報道機関に対するサイクロンの説明

モザンビーク国
気象観測及び予警報能力向上プロジェクト

業務完了報告書

目 次

第1章	業務の概要	
1. 1	業務の背景	1
1. 2	プロジェクト目標・成果・活動	1
第2章	業務実施計画	
2. 1	業務の実施体制	4
2. 2	業務実施実績	7
2. 3	投入実績	8
2. 4	PDM の変遷	9
2. 5	JCC の開催等	13
2. 6	短期専門家派遣	16
第3章	活動内容・活動実績	
3. 1	成果 1-a (トレーサビリティ)	17
3. 2	成果 1-b (地上気象観測)	28
3. 3	成果 1-c (レーダー観測)	41
3. 4	成果 1-d (気象衛星)	57
3. 5	成果 2 (気象予報)	62
3. 6	JICA 直営専門家活動実績	93
3. 7	機材調達	101
3. 8	本邦研修の実施	105
第4章	プロジェクト全体の総括	113
第5章	上位目標達成に向けての提言	117
第6章	プロジェクト目標の達成度	120
第7章	総括所感	125

<添付資料> (*)は添付 DVD に収録、(+)は一部報告書に添付

- | | |
|---------------------------|-------------------------------|
| A. プロジェクトデザイン マトリックス(PDM) | F. ニュースレター(*) |
| B. 専門家派遣実績(要員計画) | G. データ通信契約書(*) |
| C. 作業工程表 | H. JICA 直営専門家(3章6節)別添資料(*)(+) |
| D. JCC 議事録、機材引渡書(*)(+) | I. 国内研修詳細計画実績版(*) |
| E. ベースライン調査(*) | |

略語表

略語	英文表記	日本語表記
ARG	Automatic Rain Gauge	自動雨量計
AWS	Automatic Weather Station	自動気象観測装置
CAPPI	Constant Altitude Plan Position Indicator (radar)	固定高度プロダクト
C/P	Counterpart Personnel	カウンターパート
DNA	National Directorate of Water	国家水利局
DRR	Disaster Risk Reduction	災害リスク軽減
EFCOS	Effective Flood Control Operation System	洪水制御システム
EUMETSAT	European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites	欧州気象衛星機構
GPV	Grid Point Value	格子点データ (数値予報)
GSM	Global Spectrum Model	全球気象モデル
INAM	National Institute of Meteorology	国家気象院
INNOQ	Instituto Nacional de Normalização e Qualidade	国立標準化機構
INGC	National Institute of Disaster Management	災害管理院
JCC	Joint Coordinating Committee	合同調整委員会
JICA	Japan International Cooperation Agency	独立行政法人国際協力機構
JMA	Japan Meteorological Agency	気象庁 (日本)
MIC	Meteorological Instrument Center	気象測器センター
M/M	Minutes of Meeting	議事記録
MOS	Model Output Statistics	MOS 手法 (予報ガイダンス手法のひとつ)
NWP	Numerical Weather Prediction	数値気象予報
PDM	Project Design Matrix	プロジェクト計画表
PO	Plan of Operation	業務計画
PPI	Plan Position Indicator (radar)	仰角スキャン
QPE	Quantitative Precipitation Estimation	量的降水量推定
R/D	Record of Discussion	討議議事録
RIC	Regional Instrument Center	地区測器センター(WMO)
RSMC	Regional Specialized Meteorological Center	地域気象センター
SADIS	Satellite Distribution System (Aviation)	衛星放送システム(航空気象)
SATAID	Satellite Animation and Interactive Diagnosis	SATAID (JMAの気象解析ツール)
SMS	Short Messaging Service	携帯電話の短文メッセージ
SWFDP	Severe Weather Forecast Demonstration Project	極端気象予測プロジェクト
SYNOP	Surface Synoptic Observation	地上気象観測
TDM	Telecomunicações de Moçambique	モザンビーク電話公社
UPS	Uninterruptible Power Supply	無停電電源装置
W/P	Work Plan	ワークプラン
WMO	World Meteorological Organization	世界気象機関

第1章 業務の概要

1. 1 業務の背景

モザンビークは豊かな天然資源に恵まれ、近年は年率約 7%前後の経済成長率を果たすなど経済成長ポテンシャルを有するが、洪水、サイクロン、海岸浸食、干ばつなどの災害がほぼ毎年発生しており、国連国際防災戦略（UNISDR）及び世界銀行によると、モザンビークはアフリカ諸国の中でも気候変動に起因する自然災害のリスクが高い国とされている。国民の 60%程度がサイクロン・洪水による被害を受けやすい沿岸部・低地に集中しており、両災害による 2000 年～2013 年までの死者は 1,267 名、被災者 674 万人（EM-DAT データベースより）にのぼっている他、社会・経済面へも大きな被害が出ている。今後も気候変動や開発によって災害リスクは増大し、貧困削減と経済発展のボトルネックとなることが想定される。

一方、モザンビーク政府の防災政策・戦略は、行政管理省傘下の災害管理院（INGC:National Institute of Disaster Management）が主導して実施する緊急時対応や応急対応が主で、防災に係る政策の推進は限定的な状況である。ただ、長らく審議されていた国家防災管理法が 2014 年 6 月に制定されるなど、防災への取り組みが強化されている。

気象分野では運輸通信省傘下の国家気象院（National Institute of Meteorology. 以下、「INAM」）が人員、予算ともに十分ではない状況の中で、気象観測、予報、警報を担っている。観測については、南部（シャイシャイ）・中部（バイラ）の気象レーダーは改修中で、地上観測点は十分な数を確保できていない。予報については、世界気象機関（WMO）の活動の一環として行っている南アフリカ気象局のサービスである荒天予報実証プロジェクト（SWFDP）等の外国の数値予報モデルの出力結果を入手し、また EU の静止気象衛星である EUMETSAT の衛星画像も監視しているが、天気予報のための解析作業等は十分ではなく、地上気象観測、気象レーダー観測、気象衛星、及び、格子点値（GPV）等を用いて総合的に予報を組み立てる技術の向上が課題となっている。

JICA は対モザンビーク国事業展開計画（2013 年 9 月現在）において、重点分野として「防災・気候変動対策」を位置づけている。2012 年～2013 年にかけて「防災セクターに係る情報収集・確認調査」を実施し、2013 年度に本技術協力プロジェクトの要請を受け、採択した。2014 年 8 月には詳細計画策定調査を実施し、2014 年 11 月 24 日に先方政府関係機関と協議についての討議議事録（R/D）（協議議事録（M/M）含む）の署名・交換を実施した。

1. 2 プロジェクト目標・成果・活動

本業務は、モザンビーク国家気象院（INAM）本院及び地方観測所のスタッフを対象に、気象観測能力の向上、気象予警報能力の向上を目指すことにより、品質管理された気象データを用いて予警報の改善を図り、もって、自然災害に脆弱なモザンビークの自然災害対応能力の向上に寄与することを目的とする。

1) 上位目標

モザンビークの自然災害についての対応能力が向上する。

2) プロジェクト目標

INAM が品質管理された気象データを用いて予警報を改善・発出する。

3) 期待される成果

成果 1 : INAM の気象観測能力が向上する。

成果 2 : INAM の気象予警報能力が向上する。

4) 各成果における活動内容

成果 1 : INAM の気象観測能力が向上する。

1-1 地上気象、高層気象、気象レーダーによる観測、気象衛星や GPV (Grid Point Value: 数値予報モデルの格子点値) データの取得の現状を調査し、課題を把握する。

1-2 調達する可搬型気象観測準器を日本の気象測器検定試験センターで初期校正を行い、その後は INAM の責任で校正を行う。

1-3 気象レーダー点検確認リスト及び気象レーダーデータの品質管理に関するガイドラインを作成する。

1-4 地上気象観測測器のトレーサビリティ及び点検に関するガイドライン及びマニュアルを作成する

1-5 活動 1-3 の点検確認リスト及びガイドラインに基づき、気象レーダーの点検及び気象レーダーデータの品質管理に関する研修を実施する。

1-6 活動 1-4 のガイドライン及びマニュアルに基づき、地上気象観測測器のトレーサビリティ及び点検に関する研修を実施する。

1-7 気象レーダーの点検及び気象レーダーデータの品質管理を定着させるためのフォローアップを行う。

1-8 地上気象観測測器のトレーサビリティ及び点検を定着させるためのフォローアップを行う。

成果 2 : INAM の気象予警報能力が向上する。

2-1 予警報業務の現状を調査し、課題を把握する。

2-2 気象予報の手法に関する研修を行う。

2-3 地上観測、気象レーダー、気象衛星及び GPV データの予警報への活用に関する研修を行う。

2-4 上記活動 2-2 及び 2-3 の研修成果を用いて、包括的な予警報実施を定着させるためのフォローアップを行う。

2-5 INAM が提供する予警報に関する各ユーザー (INGC<国家災害管理局>、DNA: National Directorate of Water<国家水利局>、メディア、民間会社等) のニーズを調査し、課題を把握する。

2-6 上記活動 2-5 の結果に基づき予警報を改善する。

なお、2章5節に示すとおり 2016年9月22日に実施した第2回 JCC において、技術移転の対

象を「レーダーを用いた予警報能力の向上」から「気象衛星および AWS を用いた予警報能力の向上」に変更し、関連する活動を以下のとおり変更した。

- 1-3 気象衛星および自動雨量計を用いて強雨を監視するガイドラインを作成し、研修を実施する。
- 1-5 気象衛星および自動雨量計を用いて強雨を監視し解析する研修を実施する。
- 1-7 日々の運用における強雨の監視および解析にかかる活動のフォローアップを行う。
- 2-3 地上観測、自動雨量計、気象衛星及び GPV データの予警報への活用に関する研修を行う。

第2章 業務実施体制と実績

2. 1 業務の実施体制

本業務を実施するうえでの基本方針を以下の5つとし、これらの基本方針の下に、各活動を実施した。

表 2-1 基本方針

1. INAM 気象開発戦略に沿った技術協力（人材育成と技術の底上げ）
2. トレーサビリティ（信頼）の確立
3. 観測 expert の育成と自動観測への移行準備
4. 予報技術の蓄積と予報 expert の育成
5. 気象情報の改善、防災啓発資材の作成と INAM の地位向上

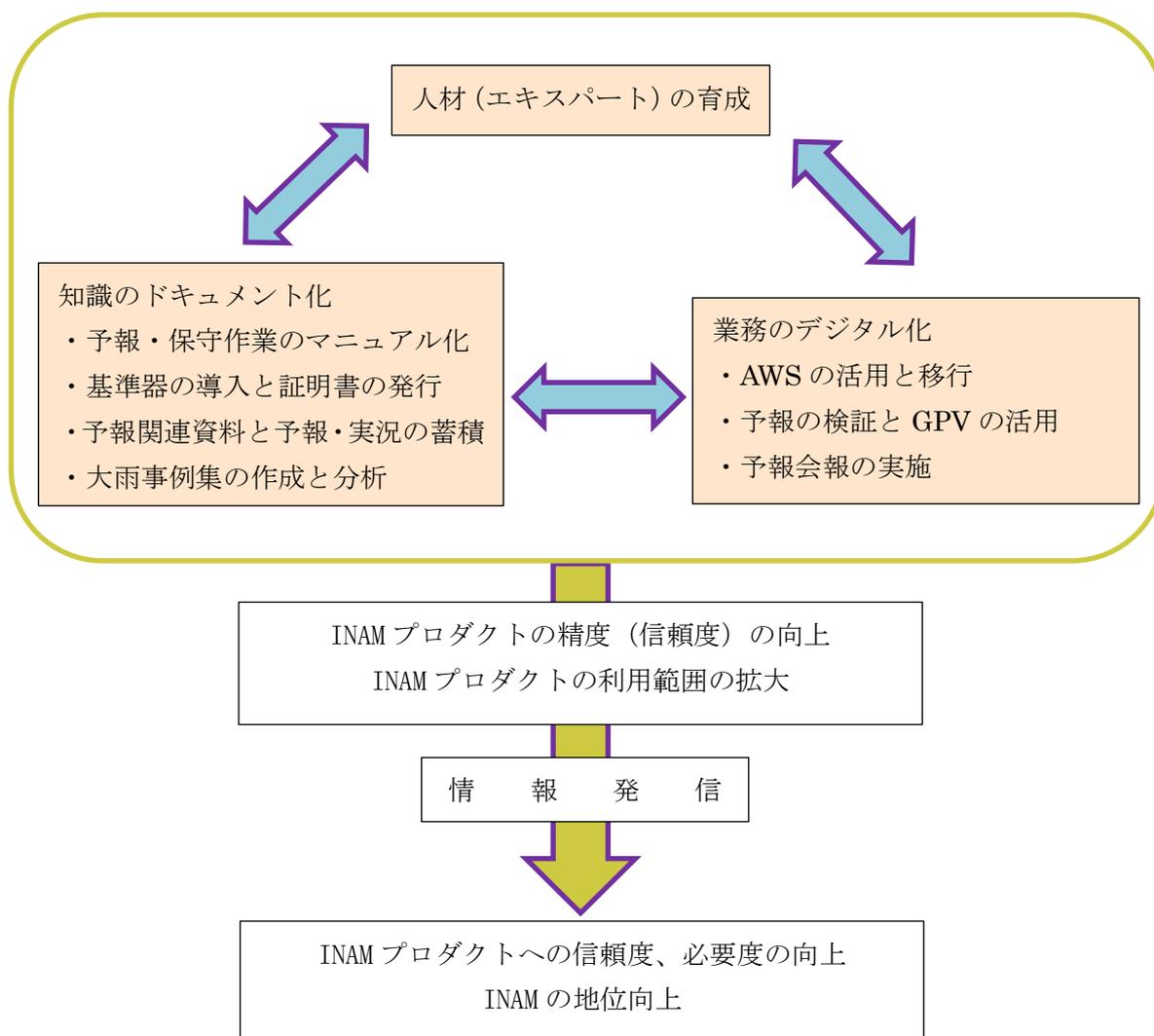


図 2-1 プロジェクトのコンセプト

本業務の実施体制は、プロジェクト開始時は専門家4名による構成（図2-2の中段より上）であったが、世界銀行のプロジェクトで修理・稼働する予定であった、Beira、XaiXaiの両レーダーの改修が終了しておらず、その原因特定と改修のための具体的な提案を作成するため、レーダーのソフトウェアを調査する専門家を補強し2015年10月に両レーダーの調査を行い、調査レポートと再稼働のための提案書を作成しINAMに提出した。

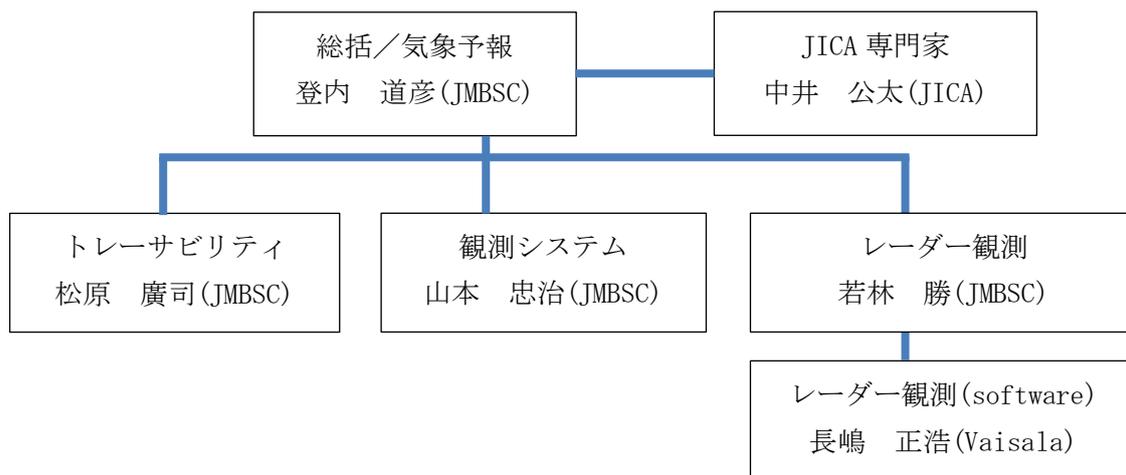


図2-2 業務の実施体制（2016年3月時点）

レーダーの詳細調査の結果、XaiXaiおよびBeiraレーダーの電源は安定的に供給されておらず、本プロジェクト期間内でレーダーが再稼働する見込みが立たないことから、2016年9月22日のJCCにおいて、本技術プロジェクトの活動内容の一部を「レーダーを用いた予警報への活用」から、「気象衛星およびAWS（自動気象計）を用いた予警報への活用」に変更し、業務の実施体制を図2-3に示す体制とした。

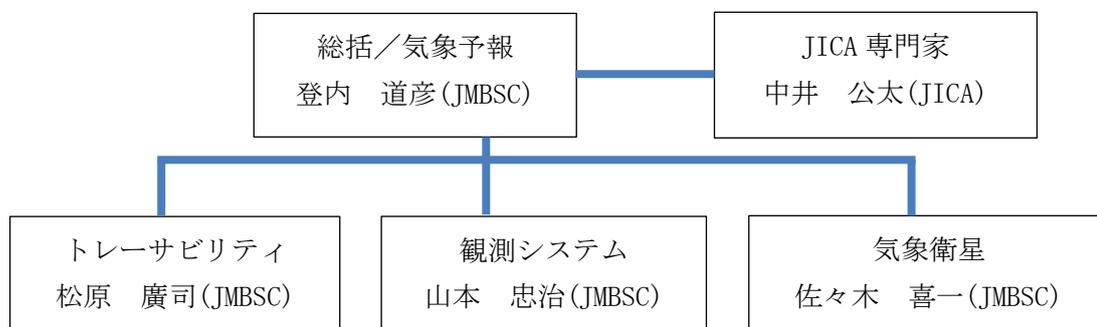


図2-3 業務の実施体制（2016年9月以降）

なお、トレーサビリティ・観測システム・レーダー観測の INAM 側の担当部局は、観測部および IT・ネットワーク部、また、気象予報・気象衛星の担当部局は、予報部および気候部であった。

2. 2 業務実施実績

業務実施の工程および実績は表 2-2 に示すとおりで、前項記載のとおり、レーダーにかかる活動は気象衛星およびAWSに係る活動に変更となった。なお、トレーサビリティと気象観測に係る本部での技術移転にかかる活動のうち1回は、トレーサビリティの内容が主となったため、気象観測に係る現地活動を1回、トレーサビリティ専門家による現地活動に振り替えた。

表 2-2 業務工程および実績

作業項目	2015年												2016年												2017年												2018年											
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8						
本邦研修	気象予報業務												レーダー												予報																							
JICA直営短期専門家	気象予報												レーダー												予報																							
現地研修	気象予報												レーダー												予報																							
	気象観測(保守)												レーダー												予報																							
	トレーサビリティ												レーダー												予報																							
	RADAR												レーダー												予報																							
短期専門家による研修	トレーサビリティ												レーダー												予報																							
第1年次国内業務																																																
(1) 既存資料・情報の収集・整理及び検討	□																																															
(2) ワークプラン(WP)の作成	□▲																																															
第1年次現地業務																																																
(3) WPの提出・説明・協議	■																																															
(4) ベースライン調査の実施	■																																															
成果1 INAMの気象観測能力が向上する																																																
(5) 調達機材の初期校正とINAMにおける校正	■																																															
(6) 気象レーダーガイドラインの作成と修正	■ レーダー再稼働のための調査を含む																																															
(7) 気象測器保守トレーサビリティ点検ガイドラインの作成と修正	■																																															
(8) レーダー点検、レーダーデータ品質管理に係る研修	■																																															
(9) 気象測器保守・トレーサビリティに係る研修	■																																															
(10) RADAR点検および品質管理のフォローアップ	■																																															
(11) 気象測器保守・トレーサビリティのフォローアップ	■																																															
成果2 INAMの気象予報能力が向上する																																																
(12) 気象予報手法に関する研修	■																																															
(13) 地上気象観測、気象レーダー、気象衛星、GPVデータの活用に関する研修	■ 衛星・GPV譯義、予報検証 データ蓄積 洋例解析、SATAD 衛星利用、予報当報																																															
(14) 予報実施のフォローアップ	■																																															
(15) INAMの予報に関するニーズ調査と課題把握	■																																															
(16) 予報の改善	■																																															
(17) プロジェクト進捗報告書、完了報告書の作成	□																																															
(18) Monitoring Sheetの作成・協議	▲																																															
(19) JCCの開催	▲																																															
(20) 成果モニタリングの実施	□																																															
(21) プロジェクトの概要資料の改訂	▲																																															
(22) 招聘に係る業務	本プロジェクトの活動対象から除外(他業務で実施)																																															
(23) 研修員受入にかかる業務	□																																															
(24) 機材調達	□																																															

2. 3 投入実績

専門家の投入実績は、表 2-3 のとおり。

表 2-3 投入実績
業務従事者の従事計画・実績表

契約件名：モザンビーク国気象観測および予警報能力向上プロジェクト

1. 現地業務

氏名 (担当業務)	格付	渡航 回数	2015												2016												2017												2018								日数 合計	人月 合計
			3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8				
登内 道彦 (総括/気象予報)	2	計画																																													164	547
		実績	4/15-5/21 (28), (37)												8/19-10/17 (28), (29)												3/15-4/10 (27), (28)												6/28-7/14 (21), (17)								169	563
山本 忠治 (観測システム)	3	計画																																													161	537
		実績	4/15-5/16 (28), (32)												8/30-9/26 (28), (28)												8/13-9/16 (35), (35)												2/25-4/9 (44), (17)								139	463
松原 廣司 (トレーサビリティ)	3	計画																																													119	397
		実績	4/20-5/16 (35), (27)												8/30-9/26 (28), (28)												1/30-2/26 (28), (28)												2/11-3/12 (30), (30)								141	470
若林 勝 (気象レーダー観測)	3	計画																																													54	180
		実績	5/16-6/7 (28), (23)												9/13-10/2 (20), (9)																																43	143
長嶋 正浩 (レーダーデータ解析)	3	計画																																													9	030
		実績													9/19-27 (9)																								7/8-27 (21), (19)								9	030
佐々木 喜一 (気象衛星解析)	3	計画																																													154	513
		実績													(35)												(21), (21)												1/29-3/25 (56), (56)								145	483
																			現地業務小計								計画	661	2204																			
																			実績								646	2122																				

2. 国内業務

登内 道彦 (総括/気象予報)	2	計画																																													13	065
		実績	4/9-10 (2)												6/29-30 (3)												11/14-18 (5)												5/23-28 (4), (6)								19.4	097
山本 忠治 (観測システム)	3	計画																																													4	020
		実績													6/27-28 (2)												2/27-28 (2)												6/5-9 (5)								9	045
松原 廣司 (トレーサビリティ)	3	計画																																													5	025
		実績	12/15-19 (5)												6/12-16 (5)																																10	050
																			国内業務小計								計画	22	1.10																			
																			実績								38.4	1.92																				

凡例： 業務従事実績 業務従事計画 自社負担

合計	計画	23.14
	実績	23.14

報告書等	△													△													△	△
	WP													PR1													PR2	FR

2. 4 PDMの変遷

XaiXai および Beira レーダーは、世界銀行のプロジェクトにより回収される予定であったが、本プロジェクトのベースライン調査の時点では、稼働しておらず、2015年9～10月に詳細調査を行い、再稼働のために必要となる対応をとりまとめ INAM に提案した。2016年2月においてもレーダーの再稼働の見込みが立っておらず本プロジェクト内に再稼働する可能性がほぼなかったことから、National Director Meeting において技術移転の対象項目を、「レーダーを用いた予警報能力の向上」から「気象衛星およびAWSを用いた予報能力の向上」に変更することを提案した。その後、JICAとの協議を経て、2016年9月22日に実施した第2回JCCにおいて、表2-4に示すPDMの中間評価を行った上で、表2-5に示すPDMの変更を提案し、了承された。

また、プロジェクト目標の一部を「レーダーを用いた大雨監視」から「気象衛星・AWSを用いた大雨監視」に変更したが、2016/17雨季のOJTのみでは「気象衛星・AWSを用いた大雨監視」に係る技術移転が十分でないことから、同プロジェクト目標に係る活動の延長を、2017年7月7日の第3回JCCにおいて提案し、プロジェクトの延長とPDMおよびPOの変更が了承された。

各 version のPDM およびPOについては巻末のAppendix Aに示した。

表 2-4 PDM の中間評価（第 2 回 JCC 資料）

Status of the Project Activities		means of verification	Actual status	Catch-up plan
1-1	Conduct baseline survey and identify issues about surface and upper weather observation, radar, satellite and others.		finished	
1-2	Procured travel standard instruments are calibrated by WMO/RIC (Japan) and INAM is responsible from second calibration.		finished	
1-3	Develop guidelines for the quality control of meteorological radar data and check-up list for meteorological radar.	will be changed		
	Develop guidelines for monitoring heavy rain with satellite and ARG data and checkup list for ARG		ARG setting is prepared, lectures for satellite usage is prepared in Sep. to Oct. 2016	OJT for watching and forecasting for heavy rain is scheduled in Jan. to Mar. 2017
1-4	Develop guidelines and manuals for the traceability and inspection of meteorological instruments.		1st. Draft was reported	will be improved based on trainings in local observatories
1-5	Conduct trainings for the quality control of meteorological radar data and checkup for meteorological radar according to guidelines and checkup list based on the activity 1-3.	will be changed		
	Conduct trainings for monitoring and analysis for heavy rain with satellite and ARG data		Lectures for satellite usage is prepared in Sep. to Oct. 2016	OJT for watching and forecasting for heavy rain is scheduled in Jan. to Mar. 2017
1-6	Conduct trainings for the traceability and inspection of meteorological instruments according to guidelines and manuals based on activity 1-4.		implemented	review at INAM-HQ and comparison in local observatories in Feb. 2017
1-7	Conduct follow-up activities to establish the quality control of meteorological radar data and checkup for meteorological radar.	will be changed		
	Conduct follow-up activities to monitor and analyze heavy rain on daily operations.		Lectures for satellite usage is prepared in Sep. to Oct. 2016	OJT for watching and forecasting for heavy rain is scheduled in Jan. to Mar. 2017
1-8	Conduct follow-up activities to establish the traceability and inspection of meteorological instruments.		being implemented (HQ and XaiXai)	will be implemented in local observatories in Feb. To Apr. 2017
2-1	Conduct baseline survey and identify issues about weather forecasting and warning.		finished	
2-2	Conduct trainings of Weather forecasting Method.		implemented and on going (how to use GPV, satellite data usage)	trial for weather guidance is prepared
2-3	Conduct trainings of methodology on weather forecasting and warning by using ground weather observation, meteorological radar, satellite and GPV data.	will be modified	weekly calibration and monthly report have been reported	OJT with satellite, GPV and observation data in Jan. to Mar. 2017
	Conduct trainings of methodology on weather forecasting and warning by using ground weather observation, ARG, satellite and GPV data.			
2-4	Conduct follow-up activities to establish comprehensive weather forecast and warning by using the output of activity 2-2 and 2-3.		being implemented	continuing
2-5	Conduct baseline survey to identify needs of each users such as INGC, DNA, Media and private company and identify issues on weather forecast and warning provided by INAM.		implemented by Mr. Nakai in Apr. 2016 and implemented through baseline.	
2-6	Improve weather forecast and warning based on the findings of activity 2-5.		need to be discussed	Should be discussed which activities and output would be expected.

Status of Producing Expected Outcome (PDM OVI: indicators)

OUTPUT-1. Capacities in meteorological observation at INAM are enhanced.

1-1	Developed Guidelines and manuals for the traceability and inspection of meteorological instruments.		1st. Draft was reported as appendix of progressive report	will be improved through trainings
1-2	Developed guidelines for the quality control of meteorological radar data and chekup list for meteorological radar.		ARG setting is prepared.	Guideline for ARG data will be developed and lecture will be implemented in Jan 2017
	Developped guidelines for monitoring heavy rain with satellite data and ARG (automated Rain Gauge) data.	will be modified		
1-3	Training on meteorological observation is conducted for at least xx INAM staff.		implemented for maintenance section staffs through RIC and INAM-HQ trainings implemented for 39 trainees in Aug. and Sep. 2016 at INAM-HQ	Trainings at lodal oibservatories will be scheduled in Feb. to Apr. 2017
	Training on meteorological observation is conducted for at least 3 INAM staffs in charge for operational observation/calibration..	will be modified		
1-4	Meteorological instruments which ensure traceability of calibration are at least xx%.		INAM national standard and traveling standards become traceable	Traceability to equipments in local observatories will be scheduled in Feb, to Mar. 2017

OUTPUT-2. Capacities in weather forecasting and warnings at INAM are enhanced.

2-1	At least xx staff of INAM obtains ability to use ground observation, radar, satellite and GPV data for forecasting.	guideline and Manual Assessment by JICA experts Project Reports Certification	Lectures for astellite, GPV, forecast verification are implemented. And warning evaluation is being implemented. At least 3 staffs (verification team) obtains ability to use GPV, satellite and observed data,	OJT for wtching and forecasting for heavy rain will be scheduled in Jan. to Mar. 2017
	At least 3 staffs of INAM obtains ability to use ground observation, ARG, satellite and GPV data for forecasting.	will be modified		
2-2	At least xx staff of INAM obtains ability to operate comprehensive weather forecasting.	Assessment by JICA experts Project Reports	Trail for weather guidance is prepared	trial would be continued in Jan. and Jul. 2017
	At least 3 staffs, in charge for operational forecast, of INAM obtains ability to operate comprehensive weather forecasting.	will be modified		

Status of Achieving Desired Outcomes

Project purpose: INAM is capable to issue improved weather forecast and warnings by using quality-controls meteorological data.

(1)	Improved contents of weather forecasts and warnings.	Project reports Documents of weather forecast and warnings	INAM started warning for district levels from 2015 rainy season.	Should be discueessed which activities and output would be expected.
-----	--	---	--	--

Status of Attaining Intended Impact

Overall Goal: Capacities to respond the natural disasters are enhanced in Mozambique.

1)	More than xx% of local authorities and other relevant agencies in disaster risk reduction and management highly recognize that INAM services are timely and effective.	Interviews survey to Mozambican relevant agencies in disaster risk reduction and management. Satisfactory Survey.	need to be discussed	Should be discueessed which activities and output would be expected.
----	--	--	----------------------	--

color		On going or prepared
legend		Implemented
		Should be discussed

表 2-5 PDM 変更案 (第 2 回 JCC)

	Present PDM	Modification of PDM
Objectively Verifiable Indicators		
Output 1-2.	Developed guidelines for the quality control of meteorological radar data and checkup list for meteorological radar.	Developed guidelines for the monitoring heavy rain with satellite data and ARG (Automated Rain Gauge) data.
1-3.	Training on meteorological observation is conducted for at least XX INAM staff.	Training on meteorological instrument calibration is conducted for at least 3 INAM staffs in charge for calibration.
2-1.	At least XX staff of INAM obtains ability to use ground observation, radar, satellite and GPV data for forecasting.	At least 3 staffs of INAM obtains ability to use ground observation, ARG , satellite and GPV data for forecasting.
2-2.	At least XX staff of INAM obtains ability to operate comprehensive weather forecasting	At least 3 staffs, in charge for operational forecast , of INAM obtains ability to operate comprehensive weather forecasting
Activities		
1-3.	Develop guidelines for the quality control of meteorological radar data and checkup list for meteorological radar	Develop guidelines for the monitoring heavy rain with satellite and ARG data and checkup list for ARG.
1-5.	Conduct trainings for the quality control of meteorological radar data and checkup for meteorological radar according to guidelines and checkup list based on the activity 1-3	Conduct trainings for the monitoring and analysis for heavy rain with satellite and ARG data.
1-7.	Conduct follow-up activities to establish the quality control of meteorological radar data and checkup for meteorological radar.	Conduct follow-up activities to monitor and analyze heavy rain on daily operation.
2-3.	Conduct trainings of methodology on weather forecasting and warning by using ground weather observation, meteorological radar, satellite and GPV data.	Conduct trainings of methodology on weather forecasting and warning by using ground weather observation, ARG , satellite and GPV data.

2. 5 JCCの開催等

2. 5. 1 JCCの開催

「詳細計画調査報告」および世界銀行の「Project Appraisal Document」、JICA直営専門家との情報交換に基づきワークプランを作成し、2015年4月29日の第1回JCCにおいて、C/Pへの説明・協議を行い、ワークプランにつき合意を得た（ワークプランと第1回JCCのM/Mは資料D-1に示した）。

続いて、2016年9月22日にプロジェクトの中間評価を行い、あわせて、プロジェクトの活動の1つである「レーダーによる予警報能力の向上」を「気象衛星・AWSによる予警報能力の向上」に変更すること等を含むPDMの変更を提案し承認された（第2回JCCのM/Mは資料D-2に示した）。

また、2017年7月7日にプロジェクト進捗報告、気象衛星専門家による現地活動を継続して実施するためのプロジェクト期間の延長、および、マニュアル・研修資料に係るドキュメントの提出を行い、INAMにより承認および受領された（第3回JCCのM/Mは資料D-3に示した）。

加えて、2018年3月19日にプロジェクト最終報告を含む外部機関向けセミナーを（3.5.6項）、3月20日にINAM最終報告会を行い、プロジェクト成果報告について承認された。

開催日時：2015年4月29日

会場：INAM meeting-room

議事： Role of Meteorological Services (Mr. Nakai)
Project Work Plan (Mr. Tonouchi)
Discussion

参加者： INAM National-director, Vice-Director ほか
JICA Mozambique Chief Representative, Senior Representative,
Project Formulation Advisor, Expert Mr. Nakai ほか
JCC member DNA ほか
コンサルタントチーム

開催日時：2016年9月22日

会場：INAM meeting-room

議事： Progressive Report 1
PDM Modification (Mr. Tonouchi)
Discussion

参加者： INAM General Director ほか
JICA Mozambique Chief Representative, Senior Representative,
Project Formulation Advisor, Expert Mr. Nakai ほか
JCC member DNA ほか
コンサルタントチーム

開催日時：2017年7月7日

会場：INAM meeting-room

議事： Progressive Report 2
Project Deliverables handover

参加者： INAM General Director ほか
JICA Mozambique Chief Representative, Senior Representative,
Project Formulation Advisor, Expert Mr. Nakai ほか
コンサルタントチーム

開催日時：2018年3月19日

会場：Hotel Cardoso

議事： Meteorological information/Warning of INAM
Disaster Risk Reduction Activities by Weather Information/Warning Users
Project Final report

参加者： INAM General Director ほか
 JICA Mozambique Chief Representative, Senior Representative,
 Project Formulation Advisor, Expert Mr. Tonouchi and Mr. Sasaki ほか
 コンサルタントチーム

2. 5. 2 National Director meeting

現地活動開始時および終了時に、INAM National Director と National Director Meeting (NDM) を持ち、活動計画の説明、活動報告、プロジェクト課題に係る討議を行った。

開催された National Director Meeting は、以下のとおり。

- 2015年4月21日 ベースライン調査計画（気象観測・気象予報）、ワークプラン説明
- 2015年5月14日 ベースライン調査報告（気象観測・気象予報）
- 2015年5月18日 ベースライン調査計画（レーダー）
- 2015年6月5日 ベースライン調査報告（レーダー）
- 2015年9月1日 現地活動計画（気象観測）
- 2015年9月24日 現地活動報告（気象観測）、現地活動計画（レーダー、気象予測）
- 2015年9月30日 現地活動報告（レーダー）
- 2015年10月14日 現地活動報告（気象予測、長官出張のためC/Pに説明）
- 2016年2月24日 現地活動報告（気象観測）
- 2016年3月17日 現地活動計画（気象予測）
- 2016年3月23日 WMO-day 供与機材 Hand-over セレモニー
- 2016年4月4日 現地活動報告（気象予測、レーダー）
- 2016年8月2日 現地活動計画（トレーサビリティ、気象観測）
- 2016年8月25日 現地活動報告（トレーサビリティ）
- 2016年9月13日 現地活動報告（気象観測）、現地活動計画（気象予測）
JCC 日程協議、PDM 変更に係る事前説明
- 2016年9月27日 現地活動報告（長期専門家）
- 2016年10月13日 現地活動報告（気象衛星、気象予測、長官不在のためC/Pに説明）
- 2017年2月23日 現地活動報告（気象衛星、長官不在のためC/Pに説明）
- 2017年4月6日 現地活動報告（気象観測、長官不在のためC/Pに説明）
- 2017年6月29日 現地活動計画（気象予測、JCC）、JCC 日程協議
- 2017年7月12日 現地活動報告（気象予測、JCC、長官不在のためC/Pに説明）
- 2018年3月14日 現地活動報告（気象予測、気象衛星、セミナー、副長官に説明）
- 2018年3月22日 プロジェクト最終報告
拡大 NDM（プロジェクト総括、長官・副長官・各部長・関係職員）

2. 6 短期専門家派遣

気象庁 RIC つくばから2名（川村、吉村）の短期専門家を2016年8月2日から10日にかけて派遣し、INAM 本院及びBeira 観測所において、トレーサビリティの確立に関する技術指導、2015年12月にRIC つくばで実施した本邦研修のフォローアップを行った。加えて地方官署におけるトレーサビリティ確保の重要性について理解を促進するため、Beira 観測所において講義と現場比較観測実習を行った。短期専門家の活動内容は表2-6のとおり。



観測値の比較方法の説明



温度計の計測



研修修了証

図 2-4 Beira 観測所での現場比較観測実習

表 2-6 フォローアップ研修のスケジュール

date			schedule	site	accommodation
31-Jul	Sun		Travel (Tokyo to Maputo)		
1-Aug	Mon		Travel (Tokyo to Maputo)		Maputo
2-Aug	Tue	AM	* Courtesy call to National Director of INAM * Kick-off meeting for training * Short tour for INAM facilities	INAM HQ	Maputo
		PM	* Country report by INAM * Lecture 1 (traceability, standards structure)		
3-Aug	Wed	AM	* Exercise 1 (follow-up training for 2015 RIC Tsukuba Training, barometer)		
		PM	* Exercise 2 (follow-up training for 2015 RIC Tsukuba Training, thermometer)		
4-Aug	Thu	AM	* Lecture 2 (calibration of barometer) * Lecture 3 (calibration of thermometer)		
		PM	* Discussion1 (calibration at HQ, manuals, maintenance for standards, calibration room environment)		
5-Aug	Fri	AM	* Exercise 3 (instrument comparison with standard for local observatori)		
		PM	* Discussion2 (comparison activity in local observatories)		
6-Aug	Sat		* Preparation	Maputo	Maputo
7-Aug	Sun		* Preparation		
8-Aug	Mon	AM	Travel (Maputo to Beira) * Short tour for Beira observatory	Baira	Beira
		PM	* Exercise 4 (instrument comparison with standard, barometer)		
9-Aug	Tue	AM	* Exercise 5 (instrument comparison with standard, thermometer)	Beira	Maputo
		PM	* Exercise 4 (traceability, calibration) Travel (Beira to Maputo)		
10-Aug	Wed	AM	* Discussion 3 (calibration and maintenance at HQ and observatories)	INAM HQ/ JICA	
		PM	* Final meeting with INAM and reporting for JICA Mozambique		
11-Aug	Thu		Travel (Maputo to Tokyo)		
12-Aug	Fri		Travel (Maputo to Tokyo)		

第3章 活動内容・活動実績

3. 1 成果 1-a (トレーサビリティ)

3. 1. 1 活動計画

(1) 達成すべき成果・指標

【成果】 INAMの気象観測能力が向上する。

【指標】 1-1 気象測器のトレーサビリティ及び点検に関するガイドライン及びマニュアルが作成される。

1-2 衛星と ARG による大雨監視に関するガイドライン及び ARG のチェックアップリストが作成される。(2016年11月、気象レーダーから衛星による大雨監視に PDM 変更)

1-3 現業観測と較正を担当する INAM 職員の 3 人以上が気象観測の研修を受講する。

1-4 較正のトレーサビリティが確かな気象測器が 80%以上である。

(2) 活動計画

【活動】 1-1 地上気象、高層気象、気象レーダーによる観測、衛星や GPV データの取得の現状を調査し、課題を把握する。

1-2 調達する可搬型気象観測準器を日本の気象測器検定試験センターで初期校正を行い、その後は INAM の責任で校正を行う。

1-3 衛星と ARG データによる大雨監視のガイドライン及び ARG のチェックアップリストを作成する。

1-4 地上気象観測測器のトレーサビリティ及び点検に関するガイドライン及びマニュアルを作成する。

1-5 衛星と ARG データによる大雨の監視と解析に関する研修を実施する。

1-6 活動 1-4 のガイドライン及びマニュアルに基づき、地上気象観測測器のトレーサビリティ及び点検に関する研修を実施する。

1-7 日々の現業業務において大雨を監視・解析するためのフォローアップ活動を実施する。

1-8 地上気象観測のトレーサビリティ及び点検を定着させるためのフォローアップを行う。

3. 1. 2 ベースライン調査によって抽出された課題

ベースライン調査において、INAM 本部、MAPUTO 空港観測所および複数の管区の主要な観測所の現地調査を行った結果、以下の課題が抽出された。

(1) 本部での気象測器のトレーサビリティ管理体制

評価できる点	<p>【組織・人員構成】</p> <ul style="list-style-type: none"> 本部の保守管理部測器課が定期点検等の保守管理を行う体制ができており、空港に開設された主要な観測所の定期点検を実施している。 <p>【機材・設備】</p> <ul style="list-style-type: none"> 気象測器の校正に必要な最小限の資機材（気圧計、温度計、湿度計の準器および校正装置）が設置されている。 気象準器（気圧計、温度計）は国家計量局（INNOQ）の国家準器と定期的に校正されている。
課題	<p>【組織・人員構成】</p> <ul style="list-style-type: none"> 測器課は課長以下8人で構成されている。測器課長は測器に精通しているが、他の課員は作業者に近い状態で、点検計画や測器の修理・手配等、全てが課長に集中している。 測器課長の業務を分散できるような中核技術者の育成と、全国規模の点検が可能な人員確保が急務である。 地方観測所では定期点検は行われていない。 <p>【機材・設備】</p> <ul style="list-style-type: none"> 校正用設備は老朽化が著しく、故障して使用できないものがある。 気象準器、移動用準器も精度や数量が十分ではない。 十分な精度を有した準器、校正用機材および保守管理技術の移転が必要である。
原因と分析	<p>【組織・人員構成】</p> <ul style="list-style-type: none"> INAM全体の人員計画・人材育成計画に依るところが大きいと思われるが、人員数および担当職員の技術力の向上が必要である。 本部における校正結果や観測所での定期点検結果の文書化を図り、全ての検査結果が閲覧できる制度を構築する必要がある。 <p>【機材・設備】</p> <ul style="list-style-type: none"> 校正用設備や移動用準器の定期的な整備・更新が必要である。 デジタル機器の使用法や保守に関する研修も必要と思われる。
課題への対処	<p>【組織・人員構成】</p> <ul style="list-style-type: none"> 気象庁（日本）の例を示しつつ、モ国の現状にふさわしい体制を助言し組織の整備に協力する。 現地および本邦での研修を通して、中核技術者を育成する。 <p>【機材・設備】</p> <ul style="list-style-type: none"> 新たな校正用設備、十分な精度を有した気象準器、全国的な定期点検が実施できる数量の移動用準器を調達する。 これらの校正用機材及び準器の使用法、検束所での保守管理の技術移転を行う。

(2) 観測所での気象測器のトレーサビリティ管理体制

<p>評価できる点</p>	<p>【組織・人員構成】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 主要な観測所や空港観測所は 24 時間体制での観測を実施するに十分な人員が確保されている。一方、地方観測所では一人又は二人で運用しているところもある。 ・ 観測所に配属されているのは基本的に「観測員」であるが、日常の測器の保守点検（外観点検や清掃、用紙交換、軽微な調整等）は観測員が行う体制となっている。 <p>【機材・設備】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 一部の空港観測所には、デジタル気圧計やアネロイド気圧計が設置されており、水銀式気圧計との比較を行っている。しかし、ほとんどの観測所では各気象要素の測器は1台となっている。
<p>課題</p>	<p>【組織・人員構成】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 観測所に配置されているのは基本的に「観測員」であるため、傘下の地方観測所の測器の保守点検は本部が行うことになる。全国的規模で、測器の精度を安定的に維持するためには、気象庁（日本）のような管区制度を導入することが望まれる。 <p>【機材・設備】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 記録紙や消耗品の供給が十分ではなく、記録紙がないことが理由で観測を中断している観測所もある。 ・ 故障した測器が放置される例が多く見受けられ、長期にわたって欠測となっている。 ・ 地方観測所は、定期的な測器校正が行われていないため、観測値の精度確認を行う必要がある（特に気圧、気温、雨量）。
<p>原因と分析</p>	<p>【組織・人員構成】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ INAM 全体の人員計画・人材育成計画に依るところが大きいと思われるが、人員数や人事異動計画を明確にすることが必要である。 ・ 全国の気象測器の保守点検を本部測器部が担当しているところに、細やかな対応ができない原因があると思われる。測器の保守点検に関して、管区制度の導入のような分散化が望まれる。 <p>【機材・設備】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 消耗品の供給や測器のスペアについては、INAM 全体の予算計画に依るところが大きいと思われる。 ・ 定期的な点検による、故障機材の未然防止や早期発見の体制づくりが望まれる。
<p>課題への対処</p>	<p>【組織・人員構成】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 全観測所が円滑な観測業務を遂行できる体制を助言し、体制の構築に協力する。 ・ 管区制度に関して、気象庁（日本）の事例を紹介しつつ、INAM に実現可能な

	<p>体制を助言し、体制の構築に協力する。</p> <p>【機材・設備】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本プロジェクト内で、精度の高い移動用準器を供与するとともに、観測所における比較観測の技術移転も実施する。
--	---

(3) 観測所でのトレーサビリティ

評価できる点	<p>【マニュアル・教育制度】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・INAM は WMO 地上気象観測マニュアル (1970 年) をポルトガル語に翻訳した地上気象観測マニュアル「METEOROLOGIA」(1979 年) を作成し、各観測所で活用するとともに、職員の研修に使用している。 ・新人職員は、本部での研修の後、主要な観測所に半年間ほど派遣され、現地で実践的な観測技術を研修する。 <p>【観測技術】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・「METEOROLOGIA」に準拠して地上気象観測を実施することになっている。 <p>【観測測器】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・一部の空港観測所には、デジタル測器 (気圧計や温度計、湿度計) が導入されているが、ほとんどの観測所では従来型測器 (目読み式) が使用されている。 <p>【観測の自動化】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・主要な空港観測所には AWOS (Automatic Weather Observation Station) が導入され、航空機の安全運航に活用されている。この観測値は SYNOP 観測にも使用されている。
課題	<p>【マニュアル・教育制度】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・地上気象観測マニュアル「METEOROLOGIA」は発行が古く (1979 年)、デジタル式測器に関する記述がない。AWS に関する教育は、別途行われているようであるが、「METEOROLOGIA」を改定する必要もある。 ・新人職員の研修は着実に実施されているが、既存職員 (特に地方観測所の観測員) の研修が行われていないように思われる。 <p>【観測技術】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・気圧計の設置位置が適正でない観測所や気圧計のバーニヤ (副尺) の使用法を知らない観測員が見られた。 ・読取値に器差補正がなされていない。 <p>【観測測器】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・多くの観測所で、測器の故障が見られる。前項で指摘したように、INAM の保守点検体制に関わる課題である。 <p>【観測の自動化】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・主要な空港観測所には AWOS (Automatic Weather Observation System) が導入され、航空機の安全運航に活用されている。この観測値は SYNOP 観測にも使用されている。

	<ul style="list-style-type: none"> ・AWOS 以外に 6 カ所の AWS (Automatic Weather Station) が導入されたが、いずれも稼働していない。
原因と分析	<p>【マニュアル・教育制度】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・新人職員の研修には「METEOROLOGIA」以外の教材が使われているとのことである。これらを含め、「METEOROLOGIA」を改定することが望まれる。 ・旧来の職員（特に地方観測所の観測員）の研修を定期的実施し、観測技術の維持と最新の観測技術の取得が望まれる。 <p>【観測技術】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・多くの課題は「METEOROLOGIA」に標準的な手法が記載されており、「METEOROLOGIA」が厳格に遵守されていない。 ・トレーサビリティの確立とともに、各測器の校正を行い正確な器差補正値を把握する必要がある。 <p>【観測測器】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・多くの観測所で、測器の故障が見られる。前項で指摘したように、INAM の保守点検体制に関わる課題である。 <p>【観測の自動化】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・AWS（または AWOS）に関する保守管理・点検整備の技術に改善の余地が見られる。 ・全面的な観測の自動化は容易ではないので、測器の自動化を進めつつ、自動観測に慣れる環境を整備することも考えられる。
課題への対処	<p>【マニュアル・教育制度】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・INAM 研修部と協議しつつ、「METEOROLOGIA」の内容も含めた、地上気象観測マニュアルの改訂を行う。 ・旧来の職員（特に地方観測所の観測員）の研修についても、INAM 研修部と協議し、実施可能な方法（教材、対象者、開催場所、期間等）を検討する。 <p>【観測技術】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本プロジェクトにおいて、本部や地方観測所において研修を実施する。これら为先例とし、より具体的・永続的な研修計画を策定する。 <p>【観測測器】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・INAM の予算計画・保守点検体制に依るところが大きいですが、観測精度の保証されない観測が続けられることや長期間の欠測が続くことは避けねばならない。具体的には、INAM の保守管理部と協議し、実現可能な計画を策定する。 <p>【観測の自動化】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本プロジェクトにおいて、本部や地方観測所において研修を実施し、AWS に関する知識と技術を移転する。

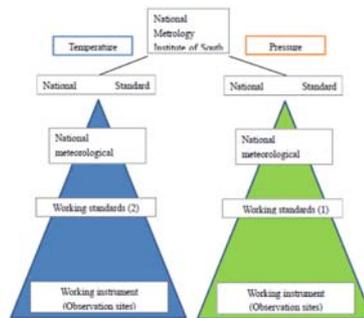
3. 1. 3 活動内容

(1) トレーサビリティの調査 (2015 年 4~5 月)

ベースライン調査の一環として、INAM 本部の測器検定室において、基準器、校正装置の現状と運用について、関係部署の調査や担当官との面談調査を実施した。INAM のトレーサビリティの根本となる国家標準化品質研究所（INNOQ）の校正施設と国家標準の維持状況の視察、また、空港観測所や地方の中樞観測所を訪問し、観測測器の現状、観測員の技術レベル等を調査した。



INNOQ 正門



トレーサビリティの図



地方観測所での気圧計比較

(2) 気象観測技術の講義 (2015 年 9 月) - レクチャー

ベースライン調査を基に、気象観測技術・気象観測測器の扱い・データの品質管理等に関する技術教材を作成し、INAM 本部において、保守管理部、観測部、研究応用部の職員を対象に技術研修を実施した。また近隣の中樞観測所である XaiXai 観測所において、観測所の測器と日本から持参した移動用準器の比較観測（気圧計と温度計）を実施した。



研修風景

(3) 校正装置・準器の設置、性能確認、取扱研修 (2016 年 2 月)

気象庁 RIC (Regional Instrument Center) つくば において実施した、本邦研修（平成 27 年 12 月 1 日から 11 日、3. 8. 1 項参照）で使用した、恒温槽等を現地へ輸送し、本邦研修参加者を中心にして、INAM 担当者等と供与機材の設置を行った。現地フォローアップ研修では、気圧に関する検定を主に実施し、Lichinga 観測所において気圧計の比較観測を実施した。



日本からの荷物の開梱



機器の設置



気圧機材の設置状況

(4) JMA 短期専門家による研修、基準器の相互チェック、アスマン用温度計の検定研修 (2016 年 8 月)

JMA-RIC つくば短期専門家 2 名が INAM に出向き、INAM 本局および Beira 観測所において、トレーサビリティの確立に関する技術指導、2015 年 12 月につくばで行われた気圧計と温度計の校正のレビュー・講義を行うとともに、観測サイトでの比較観測の方法について講義を行った。加えて地方官署における官署でのトレーサビリティ確保の重要性について理解を促進するため、Beira 観測所において講義及び現場比較観測実習を行った。また、JMA 短期専門家と INAM 測器校正担当者による気圧計と温度計のトレーサビリティ確保に関する打ち合わせを行った。

加えて、温度・湿度副準器の校正作業を INAM 職員と行い、温度計講師技術の向上を図った。

(5) デジタル温度計の検定方法実習、AWS 現地点検実習 (2017 年 2 月)

電気式温度計の校正技術 JMA 短期専門家による研修、気圧計基準器の相互チェック、地方官署での点検等、未解決の懸案事項にかかる研修・演習を実施した。

特に、AWS 等に使用される電気式温度計は、従来型のガラス製温度計とは測定原理や仕様が異なり、INAM においても導入が増加していることから、本調査期間に集中して機関で研修・実習を行った。



電気式温度計の校正



AWS と温度計副準器との比較



AWS に関する講義

(6) 活動実績

前記の活動内容に対応する活動実績 (表 3-1) および実施した研修 (表 3-2) は以下のとおり。

表 3-1 現地調査・ヒアリング調査等

日付 (2015 年)	訪問先	調査内容 (活動内容)
4/17	予報部	・ 予報業務の現状
4/17、4/27	保守管理部測器課	・ 気象準器・校正機材の現状 ・ 測器の修理・調整・予備品在庫の現状
4/17、4/28	観測部	・ 観測技術・観測業務の現状
4/27	INNOQ (国家計量研究機関)	・ モ国における国家計量機関の現状と活動 ・ INAM 測器の校正実績

4/23, 5/8, 9/16	Xai Xai 観測所	<ul style="list-style-type: none"> ・ 気象測器の現状 ・ 中枢観測所での気象観測実施状況、観測員の現状 ・ 気圧計の比較観測
4/24	Maputo Mavalene 観測所 (Maputo 国際空港内)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 気象測器の現状 (AWOS を含む) ・ 中枢観測所での気象観測実施状況、観測員の現状 ・ 気圧計の比較観測 (・ 航空気象予報業務の現状)
5/4	Mapulanguene 観測所	<ul style="list-style-type: none"> ・ 気象測器の現状 ・ 地方観測所での気象観測実施状況、観測員の現状 ・ 気圧計の比較観測
5/6	Changalane 観測所	<ul style="list-style-type: none"> ・ 気象測器の現状 ・ 地方観測所での気象観測実施状況、観測員の現状 ・ 気圧計の比較観測 (気圧計が盗難に遭い不可)
5/7	Beira 観測所	<ul style="list-style-type: none"> ・ 気象測器の現状 (AWOS を含む) ・ 中枢観測所での気象観測実施状況、観測員の現状 ・ 気圧計の比較観測
5/11	Nampula 観測所	<ul style="list-style-type: none"> ・ 気象測器の現状 (AWOS を含む) ・ 中枢観測所での気象観測実施状況、観測員の現状 ・ 気圧計の比較観測
(2016 年) 2/21, 2/21	Lichinga 観測所 Beira 観測所	<ul style="list-style-type: none"> ・ 気象測器の現状 (AWOS を含む) ・ 中枢観測所での気象観測実施状況、観測員の現状 ・ 気圧計の比較観測

表 3-2 主な研修

日付	講義・演習・実習 (場所)	研修内容	担当
(2015 年) 9/8	講義 (INAM 本部)	気象庁の観測ネットワーク <ul style="list-style-type: none"> ・ 気象庁の気象観測の現状の紹介 ・ 自動観測と手動観測の適切な分担 ・ 気象庁の AWS の紹介 	松原
9/10	講義 (INAM 本部)	地上気象観測機材の保守点検 <ul style="list-style-type: none"> ・ 気象庁での地上気象観測の歴史 	松原

日付	講義・演習・実習 (場所)	研修内容	担当
9/11	講義 (INAM 本部)	地上気象観測機材の保守点検 ・気象庁での気象観測機材の保守点検 ・気象観測測器の検定	松原
9/21	講義 (INAM 本部)	トレーサビリテイの確立と気象準器 ・気象測器のトレーサビリテイ ・測器の校正と気象準器	松原
(2016 年) 12/1 - 12/11	講義・実習 (東京・つくば)	・本邦研修 トレーサビリテイ、気象測器の 校正・取り扱い等	川村 吉村 (RIC) 松原
2/16	実習 (INAM 本部)	・測器校正用準器、測器校正用装置の開梱及 び員数チェック	松原
2/17	実習 (INAM 本部)	・気圧・気温観測測器校正用準器、測器校正用 装置の設置・組み立て及び作動チェック	松原
2/18, 19, 23	講義・実習 (INAM 本部)	・気圧計・温度計校正実習	松原
8/2-9	講義・実習 (INAM 本部、 Beira 観測所(8/8, 9))	・RIC-Tsukuba 担当官によるトレーサビリテ ィ確立及び測器校正研修・実習 ・現場における、温度計比較実習 ・現地職員の要請により、気圧計補正表と海 面更正表を作成。	川村 吉村 (RIC) 松原
8/15-22	講義・実習	・気圧計および温度計の校正実習・校正証書 の発行 ・温度計副準器(巡回準器)用ガラス製温度計 を校正し、校正証書を作成した。	松原
(2017 年) 1/16, 17	実習 (INAM 本部)	・AWS 用電気式温度計の校正実習	中井 佐々木
2/13-15	実習 (INAM 本部)	・AWS 用電気式温度計の校正実習とまとめ	松原
3/1-3	講義・実習 (Beira、Nampula 各 観測所)	・現業用温度計・湿度計、AWS 温度計・湿度計 の現場での点検実習 ・AWS 雨量の見方(講義、Beira のみ)	松原

(7) 成果品

- ① 地上気象観測に関する研修資料
- ② 副準器用ガラス製温度計校正証書（供与温度計および校正装置を用いて作成）
- ③ 地上気象観測測器の点検に関するガイドライン

(8) 収集資料等

表 3-3 主な収集資料

資料名	内容	提供者
INAM 地上気象観測指針	INAM の地上気象観測業務の基本となる指針 「METEOROLOGIA」（ポルトガル語）	INAM 観測部
WMO No. 8	WMO が発行する地上気象観測のガイドライン（英語）	WMO ホームページ

3. 1. 4 業務実施運営上の課題と工夫

(1) ワーキンググループの編成

Project 成果目標を達成するために、INAM にワーキンググループ（WG）の編成を依頼した。WG メンバーは本プロジェクトの研修受講者であるだけでなく、プロジェクト終了後も本成果の活動を発展的に継続する中核メンバーとなることが期待されたメンバーである。

表 3-4 WG メンバー（Meteorological Observation & Maintenance）

Name	Position/ Department
Mr. Joaquim Ricardo Nhapulo	Meteorology Professional Technician, Instrumentalist/ DMGS
Mr. Benjam Ben Manhica	Maintenance Technician/ DMGS
Mr. Arsenio E. Vilanculo	Instruments Maintenance/ DMGS
Mr. Ismael S. Mahazule	Technician/ DON
Mr. Augusto J. Januario	Technician/ DON
Mr. Andre Alberto Cambula	IT Technician/ DIT

(2) 成果

Project の活動（マニュアルやガイドラインの作成、それらに基づく本部および観測所での研修、研修による担当職員の技術力向上）により、以下の成果を上げることができた。

- ・ INAM 気象準器及び観測所の気象測器のトレーサビリティが確立し、観測精度が向上した
- ・ 観測精度が向上することで、成果 2 の課題である気象予報の精度向上に寄与した
- ・ 各観測所での観測精度が向上し、WMO の推進する WWW 計画（World Weather Watch Plan）への貢献度が向上した

3. 1. 5 上位目標の達成のための提言

INAMにおける、気圧計と温度計の校正体系と技術移転はProjectをとおして完了した。今後は、INAM独自で測器校正と観測精度の確保を行えるよう、以下の活動を実施することを提案する。

- ・本部レベルで気象測器のトレーサビリティを維持し、地方レベルに展開する
- ・トレーサビリティが確保されている気圧と気温以外の要素についてもトレーサビリティを確保するように努力する
- ・INAM 準器の校正を基本的には1年毎実施する
- ・他の準器の維持は、INAM 内で相互校正を維持する
- ・校正結果は適切な場所を確保し、10年以上保管・管理する

3. 2 成果 1-b (地上気象観測)

3. 2. 1 活動計画

(1) 達成すべき成果・指標

【成果】 INAM の気象観測能力が向上する。

【指標】 1-1 気象測器のトレーサビリティ及び点検に関するガイドライン及びマニュアルが作成される。

1-2 衛星と ARG による大雨監視に関するガイドライン及び ARG のチェックアップリストが作成される。(2016 年 11 月、レーダーから衛星による大雨監視に PDM 変更)

1-3 現業観測と較正を担当する INAM 職員の 3 人以上が気象観測の研修を受講する。

1-4 較正のトレーサビリティが確かな気象測器が 80%以上である。

(2) 活動計画

【活動】 1-1 地上気象、高層気象、気象レーダーによる観測、衛星や GPV データ の取得の現状を調査し、課題を把握する。

1-2 調達する可搬型気象観測準器を日本の気象測器検定試験センターで初期校正を行い、その後は INAM の責任で校正を行う。

1-3 衛星と ARG データによる大雨監視のガイドライン及び ARG のチェックアップリストを作成する。

1-4 地上気象観測測器のトレーサビリティ及び点検に関するガイドライン及びマニュアルを作成する。

1-5 衛星と ARG データによる大雨の監視と解析に関する研修を実施する。

1-6 活動 1-4 のガイドライン及びマニュアルに基づき、地上気象観測測器のトレーサビリティ及び点検に関する研修を実施する。

1-7 日々の現業業務において大雨を監視・解析するためのフォローアップ活動を実施する。

1-8 地上気象観測のトレーサビリティ及び点検を定着させるためのフォローアップを行う。

3. 2. 2 ベースライン調査によって抽出された課題

ベースライン調査において、INAM 本部、MAPUTO 空港観測所および複数の管区の主要な観測所の現地調査を行った結果、以下の課題が抽出された。

(1) 本部での気象測器保守管理体制

3. 1. 2 に記載。

(2) 観測所での気象測器保守管理体制

<p>評価できる点</p>	<p>【組織・人員構成】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 主要な観測所や空港観測所は 24 時間体制での観測を実施するに十分な人員が確保されている。一方、地方観測所では一人又は二人で運用しているところもある。 ・ 観測所に配属されているのは基本的に「観測員」であるが、日常の測器の保守点検（外観点検や清掃、用紙交換、軽微な調整等）は観測員が行う体制となっている。 <p>【機材・設備】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 一部の空港観測所には、デジタル気圧計やアネロイド気圧計が設置されており、水銀式気圧計との比較を行っている。しかし、ほとんどの観測所では各気象要素の測器は 1 台となっている。 <p>【故障時の対応】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 測器の故障発生（発見）時は、現地から本部に通報することになっており、概ねそのように実行されている。
<p>課題</p>	<p>【組織・人員構成】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 一人又は二人で運用している地方観測所は、夜間の観測が行われていない。また、地方観測所では長期（10 年以上）にわたって異動がない。 ・ 観測所に配置されているのは基本的に「観測員」であるため、傘下の地方観測所の測器の保守点検は本部が行うことになる。全国的規模で、測器の精度を安定的に維持するためには、気象庁（日本）のような管区制度を導入することが望まれる。 <p>【機材・設備】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 記録紙や消耗品の供給が十分ではなく、記録紙がないことが理由で観測を中断している観測所もある。 ・ 故障した測器が放置される例が多く見受けられ、長期にわたって欠測となっている。 ・ 地方観測所は、定期的な測器校正が行われていないため、観測値の精度確認を行う必要がある（特に気圧、気温、雨量）。 <p>【故障時の対応】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 測器のスペアがないため、故障時には欠測となる。 ・ 測器の故障時の修理は本部が担当するため、欠測が長引くことがある。10 年以上、測器が壊れたままに放置されている例も確認された。
<p>原因と分析</p>	<p>【組織・人員構成】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ INAM 全体の人員計画・人材育成計画に依るところが大きいと思われるが、人員数や人事異動計画を明確にすることが必要である。 ・ 全国の気象測器の保守点検を本部測器部が担当しているところに、細やかな対応ができない原因があると思われる。測器の保守点検に関して、管区制度の導入のような分散化が望まれる。

	<p>【機材・設備】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・消耗品の供給や測器のスペアについては、INAM 全体の予算計画に依るところが大きいと思われる。 ・定期的な点検による、故障機材の未然防止や早期発見の体制づくりが望まれる。 <p>【故障時の対応】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・SOP では文書による通報を指示しているが、現実には電話やEメールでの連絡が多いようである。 ・通報用紙の雛形を作成するとともに、報告書が通報される各段階（観測所・本部観測部・長官・保守管理部・測器課等）で決裁を行い、責任をもって対応する制度を構築する必要がある。
課題への対処	<p>【組織・人員構成】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・全観測所が円滑な観測業務を遂行できる体制を助言し、体制の構築に協力する。 ・管区制度に関して、気象庁（日本）の事例を紹介しつつ、INAM に実現可能な体制を助言し、体制の構築に協力する。 <p>【機材・設備】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本プロジェクト内で、精度の高い移動用準器を供与するとともに、観測所における比較観測の技術移転も実施する。 ・デジタル式観測測器等の導入を推奨し、観測所職員への負担（故障や消耗品交換等）の少ない機材構成を検討する。 <p>【故障時の対応】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・現地および本邦での研修を通して、本プロジェクトの期間内に INAM が実現可能な体制を助言し、体制の構築に協力する。

（3）観測所での観測技術

評価できる点	<p>【マニュアル・教育制度】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・INAM は WMO 地上気象観測マニュアル（1970 年）をポルトガル語に翻訳した地上気象観測マニュアル「METEOROLOGIA」（1979 年）を作成し、各観測所で活用するとともに、職員の研修に使用している。 ・新人職員は、本部での研修の後、主要な観測所に半年間ほど派遣され、現地で実践的な観測技術を研修する。 <p>【観測技術】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・「METEOROLOGIA」に準拠して地上気象観測を実施することになっている。 <p>【観測測器】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・一部の空港観測所には、デジタル測器（気圧計や温度計、湿度計）が導入されているが、ほとんどの観測所では従来型測器（目読み式）が使用されている。
--------	--

	<p>【観測の自動化】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・主要な空港観測所には AWOS (Automatic Weather Observation Station) が導入され、航空機の安全運航に活用されている。この観測値は SYNOP 観測にも使用されている。
課題	<p>【マニュアル・教育制度】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・地上気象観測マニュアル「METEOROLOGIA」は発行が古く (1979 年)、デジタル式測器に関する記述がない。AWS に関する教育は、別途行われているようであるが、「METEOROLOGIA」を改定する必要もある。 ・新人職員の研修は着実に実施されているが、既存職員 (特に地方観測所の観測員) の研修が行われていないように思われる。 <p>【観測技術】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・地上気象観測が定時に実施されていない。15 分近くも前倒しに行っている観測所が見られた。 ・気圧計の設置位置が適正でない観測所や気圧計のバーニヤ (副尺) の使用法を知らない観測員が見られた。 ・読取値に器差補正がなされていない。 <p>【観測測器】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・多くの観測所で、測器の故障が見られる。前項で指摘したように、INAM の保守点検体制に関わる課題である。 <p>【観測の自動化】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・主要な空港観測所には AWOS (Automatic Weather Observation System) が導入され、航空機の安全運航に活用されている。この観測値は SYNOP 観測にも使用されている。 ・AWOS 以外に 6 カ所の AWS (Automatic Weather Station) が導入されたが、いずれも稼働していない。
原因と分析	<p>【マニュアル・教育制度】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・新人職員の研修には「METEOROLOGIA」以外の教材が使われているとのことである。これらを含め、「METEOROLOGIA」を改定することが望まれる。 ・旧来の職員 (特に地方観測所の観測員) の研修を定期的 to 実施し、観測技術の維持と最新の観測技術の取得が望まれる。 <p>【観測技術】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・多くの課題は「METEOROLOGIA」に標準的な手法が記載されており、「METEOROLOGIA」が厳格に遵守されていない。 ・トレーサビリティの確立とともに、各測器の校正を行い正確な器差補正値を把握する必要がある。 <p>【観測測器】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・多くの観測所で、測器の故障が見られる。前項で指摘したように、INAM の保守点検体制に関わる課題である。 <p>【観測の自動化】</p>

	<ul style="list-style-type: none"> ・AWS（またはAWOS）に関する保守管理・点検整備の技術に改善の余地が見られる。 ・全面的な観測の自動化は容易ではないので、測器の自動化を進めつつ、自動観測に慣れる環境を整備することも考えられる。
課題への対処	<p>【マニュアル・教育制度】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・INAM 研修部と協議しつつ、「METEOROLOGIA」の内容も含めた、地上気象観測マニュアルの改訂を行う。 ・旧来の職員（特に地方観測所の観測員）の研修についても、INAM 研修部と協議し、実施可能な方法（教材、対象者、開催場所、期間等）を検討する。 <p>【観測技術】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本プロジェクトにおいて、本部や地方観測所において研修を実施する。これら为先例とし、より具体的・永続的な研修計画を策定する。 <p>【観測測器】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・INAM の予算計画・保守点検体制に依るところが大きいのが、観測精度の保証されない観測が続けられることや長期間の欠測が続くことは避けねばならない。具体的には、INAM の保守管理部と協議し、実現可能な計画を策定する。 <p>【観測の自動化】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本プロジェクトにおいて、本部や地方観測所において研修を実施し、AWS に関する知識と技術を移転する。

3. 2. 3 活動内容・活動実績

(1) 活動内容

第1回目の渡航調査（2015年4～5月）では、ベースライン調査の一環として、INAM 本部の測器検定室において、基準器、校正装置の現状と運用について、関係部署の調査や担当官との面談調査を実施した。また、空港観測所や地方の中核観測所を訪問し、観測測器の現状、観測員の技術レベル等を調査した。

第2回目の渡航（2015年9月）では、ベースライン調査を基に、気象観測技術・気象観測測器の扱い・データの品質管理等について、日本の気象庁での事例を紹介するような技術教材を作成し、INAM 本部において、保守管理部、観測部、研究応用部の職員を対象に技術研修を実施した。また近隣の中核観測所である XaiXai 観測所において、観測所の測器と日本から持参した移動用準器の比較観測（気圧計と温度計）を実施した。

第3回目の渡航（2016年8～9月）では、地上気象観測・保守等にかかる資料を作成し、研修を実施した。INAM 本部ではこの年の6～9月に INAM 地方観測所の観測員を対象に、航空気象観測研修が行われていたため、この研修の4コマ分の時間（各2時間）を提供いただき、前述の研修を実施した。研修内容は、(1)気象観測時に観測データを記録する気象観測野帳の導入理由と使用方法、(2)気象観測時に遵守すべき基礎事項、(3)気圧計や温度計のデータ補正の理論的背景と実際の補正方法、(4)観測所での気象測器の日常点検のための点検簿の導入理由と使用方法とした。全国の観測所から参加した受講者数は38名であった。気象観測野帳や日常点検簿は、これまで INAM

では使用されていないが、受講生からの評判はよく、第4回渡航時に原稿ファイルおよび製本サンプルを導入した。

第4回目の渡航（2017年2～4月）では、第3回渡航時に使用した研修資料を基に、7つの地方観測所で研修を実施した。受講者総数は34名で（第3回目の渡航時の受講者との重複は6名）であり、前回と合わせて66名が研修を受講した。さらに、訪問した観測所では、気圧計及び温度計の比較観測を実施した。現地の気圧計および温度計の比較観測結果は次項に示す。

（2）活動実績



地上観測の講義



気温の観測実習



気圧の観測実習

前記の活動内容に対応する活動実績は以下のとおり。

表 3-5 現地調査・ヒアリング調査等の記録（気象観測システム）

日付 (2015年)	訪問先	調査内容（活動内容）
4/17	予報部	・予報業務の現状
4/17、4/27	保守管理部測器課	・気象準器・校正機材の現状 ・測器の修理・調整・予備品在庫の現状
4/17、4/28	観測部	・観測技術・観測業務の現状
4/27	INNOQ (国家計量研究機関)	・モ国における国家計量機関の現状と活動 ・INAM 測器の校正実績
4/23、5/8 9/16	Xai Xai 観測所	・気象測器の現状 ・中枢観測所での気象観測実施状況、観測員の現状 ・気圧計の比較観測 ・レーダー観測設備の現状
4/24	Maputo Mavalene 観測所 (Maputo 国際空港内)	・気象測器の現状（AWOS を含む） ・中枢観測所での気象観測実施状況、観測員の現状 ・気圧計の比較観測 ・航空気象予報業務の現状
5/4	Mapulanguene 観測所	・気象測器の現状 ・地方観測所での気象観測実施状況、観測員の現状 ・気圧計の比較観測

5/6	Changalane 観測所	<ul style="list-style-type: none"> ・ 気象測器の現状 ・ 地方観測所での気象観測実施状況、観測員の現状 ・ 気圧計の比較観測（気圧計が盗難のため不可）
5/7	Beira 観測所	<ul style="list-style-type: none"> ・ 気象測器の現状（AWOS を含む） ・ 中枢観測所での気象観測実施状況、観測員の現状 ・ 気圧計の比較観測 ・ レーダー観測設備の現状
5/11	Nampula 観測所	<ul style="list-style-type: none"> ・ 気象測器の現状（AWOS を含む） ・ 中枢観測所での気象観測実施状況、観測員の現状 ・ 気圧計の比較観測 ・ 高層気象観測設備の現状

表 3-6 主な研修の記録

日付	講義・演習・実習 (場所)	研修内容	受講者
(2015 年) 9/9	講義 (INAM 本部)	地上気象観測 <ul style="list-style-type: none"> ・ 地上気象観測の基礎事項 ・ 気象測器の器差と器差補正 ・ INAM の現状 	10
9/10	講義 (INAM 本部)	気象庁におけるデータの品質管理 <ul style="list-style-type: none"> ・ データの品質管理の考え方 ・ 自動品質管理と手動品質管理 ・ データ品質管理の重要性 	9
9/11	講義 (INAM 本部)	気象観測に要求される測器の精度 <ul style="list-style-type: none"> ・ WMO No. 8 に準拠した測器の精度 	8
9/21	講義 (INAM 本部)	気象観測所と立地環境 <ul style="list-style-type: none"> ・ 気象観測所の立地に関する基礎事項 ・ 観測所の等級と立地環境 ・ 気象観測に要求される最低限の立地環境 	16
(2016 年) 8/29	講義・実習 (INAM 本部)	地上気象観測野帳について <ul style="list-style-type: none"> ・ 気象観測野帳の使い方 ・ 気象観測野帳と観測原簿 	35
8/31	講義 (INAM 本部)	地上気象観測の基礎 <ul style="list-style-type: none"> ・ 地上気象観測の基本事項 ・ 気象観測測器の設置条件 	37
9/5	講義	測器の読取と補正	38

	(INAM 本部)	<ul style="list-style-type: none"> ・温度計の読取方法と補正 ・気圧計の読取方法と副尺の使い方 ・気圧計の補正 	
9/12	講義 (INAM 本部)	気象観測測器の保守点検 <ul style="list-style-type: none"> ・毎日点検 ・週点検 ・気圧計と温度計の比較観測 	36
(2017 年) 3/2	講義・実習 (Beira 州 Beira 観測所)	<ul style="list-style-type: none"> ・地上気象観測野帳について ・地上気象観測の基礎 ・測器の読取と補正 ・気象観測測器の保守点検 ・気圧計と温度計の比較観測 	13
3/10	講義・実習 (Maputo 州 Changalane 観測 所)	同上	1
3/15	講義・実習 (Inhambane 州 Panda 観測所)	同上	4
3/16	講義・実習 (Inhambane 州 Inhambane 観測所)	同上	5
3/22	講義・実習 (Maputo 州 Mapulanguene 観測 所)	同上	1
3/29	講義・実習 (Nampula 州 Nampula 観測所)	同上	8
3/30	講義・実習 (Nampula 州 Lumbo 観測所)	同上	2

(3) 各観測所での比較観測結果 (気圧・気温)

各観測所で使用している気圧計と温度計 (乾球) と travel 準器との比較観測を行い、観測所で使用されている測器の誤差の大きさを見積もった。

(a) 気圧計の比較観測結果

気圧計の比較観測手順は以下のとおり。

- 比較観測に使用する準器は、原則として IMAN の巡回用準器を用いた。
- 準器の感部を、現地気圧計の水銀面と同じ高さに設置する。

- 準器及び現地気圧計の値を5回（又は3回）、同時刻に読み取った。
- 現地気圧計の器差は考慮しない。
- 水銀気圧計補正值（温度補正と高度補正）は現地の補正表（Table-A）を用いた。
- 準器と現地気圧計の差の平均を求め、器差とした。

表 3-7 各観測所の気圧計の比較観測結果

日付	観測所	器差	気圧計の状態
2015年 5/7	Beira	-1.33	- 器差はやや大きく、許容誤差（+/- 0.7 hPa）を超えている - 現地は国際空港であるため、INAM 本部による点検が、年1回実施されている - 現地は国際空港であるため、デジタル式気圧計への取り替えを推奨する
		-0.11	- 観測室に設置された VISALA 社のデジタル式気圧計であり、本来、精度は高い製品である - 器差は小さいが、長期間点検がなされた形跡がないため、校正の必要がある
2016年 2/21	Lichinga	-0.25	- 器差は小さく良好である - 長期間点検がなされた形跡がない（現地観測員も記憶がない） - 機器のオーバーホールや清掃が必要である
2016年 9/9	Xai Xai	-0.92	- 器差はやや大きい（許容誤差を超えている） - 現地は主要観測所であるため、INAM 本部による点検が、年1回実施されている - INAM の主要観測所でもあり、デジタル式気圧計への取り替えを推奨する
		+0.76	- DAVIS 社の一体型気象計に組み込まれたデジタル式気圧計であるが精度はあまり高くない - 器差はやや大きい（許容誤差を超えている）
2017年 3/10	Changalane	-2.78	- 器差は非常に大きく許容誤差を超えている - 長期間点検がなされた形跡がない（現地観測員も記憶がない） - オーバーホールや清掃の必要がある
2017年 3/14	Inhambane 空港	+4.70	- 器差の変動が大きく、機械的な異常があると推定される - 2月のサイクロン来襲から気圧計が異常になったとのこと
3/15		+1.77	であるが、詳細は不明
3/16 (AM)		-2.53	- 現地は空港（国内）であるため、早急に取り替えるべきである
3/16		+2.27	- 取り替えはデジタル式の気圧計を推奨する

(PM)			
2017年 3/14	Inhambane	+1.10	- 器差はやや大きい（許容誤差を超えている） - 長期間点検がなされた形跡がない（現地観測員も記憶がない） - 機器のオーバーホールや清掃が必要
2017年 3/15	Panda	-0.09	- 器差は小さく良好である - 長期間点検がなされた形跡がない（現地観測員も記憶がない） - 機器のオーバーホールや清掃が必要
2017年 3/21	Mapulanguene	-1.51	- 器差はやや大きい（許容誤差を超えている） - 長期間点検がなされた形跡がない（現地観測員も記憶がない） - 機器のオーバーホールや清掃が必要
2017年 3/29	Nampula	-0.50	- 器差は小さく良好である - 現地は国際空港であるため、INAM 本部による点検が、年1回実施されている - 現地は国際空港であるため、デジタル式気圧計への取り替えを推奨する
2017年 3/30	Lumbo	-1.01	- 器差はやや大きい（許容誤差を超えている） - 長期間点検がなされた形跡がない（現地観測員も記憶がない） - 機器のオーバーホールや清掃が必要

(b) 温度計の比較観測結果

温度計（乾球）の比較観測手順は以下のとおり。

- 比較観測に使用する準器は、原則として IMAN の巡回用準器を用いた。
- 準器の感部は、現地温度計と同じ百葉箱内に設置する。
- 準器及び現地温度計の値を5回（又は3回）、同時刻に読み取った。
- 現地温度計の器差は考慮しない。
- 準器と現地気圧計の差の平均を求め、器差とした。

表 3-8 各観測所の温度計の比較観測結果

日付	観測所	器差	気圧計の状態
2015年 3/1	Beira	0.05 °C	- 器差は小さく良好である（許容誤差+ 0.2 °C）
2017年 3/10	Changalane	+0.02 °C	- 器差は小さく良好である
2017年 3/14	Inhambane	+0.34	- 器差はやや大きく、許容誤差を超えている - より正確な観測のためには、交換することを推奨する

2017年 3/15	Panda	+0.10	- 器差は小さく良好である
2017年 3/21	Mapulanguene	+0.10	- 器差は小さく良好である
2017年 3/29	Nampula	+0.26	- 器差はわずかであるが許容誤差を超えている - より正確な観測のためには、交換することを推奨する
2017年 3/30	Lumbo	+0.38	- 器差はやや大きく、許容誤差を超えている - より正確な観測のためには、交換することを推奨する

(3) 成果品

- ① 地上気象観測に関する研修資料
- ② 地上気象観測測器の点検に関するガイドライン

(4) 収集資料等

表 3-9 主な収集資料

資料名	内容	提供者
INAM 地上気象観測指針	INAMの地上気象観測業務の基本となる指針 「METEOROLOGIA」(ポルトガル語)	INAM 観測部
INAM 地上気象観測地点一 覧表	INAM が所有する地上気象観測所のメタデータ (緯度・経度・標高等の資料) 一覧表 (英語)	INAM 観測部
WMO No. 8	WMO が発行する地上気象観測のガイドライン (英語)	WMO ホームページ
WMO に登録された INAM 地 上気象観測地点一覧表	WMO に登録された INAM の SYNOP 観測所のメタデ ータ (緯度・経度・標高等の資料) 一覧表 (英語)	WMO ホームページ

3. 2. 4 技術移転による成果

(1) 気象観測野帳の導入

訪問したすべての観測所で、地上気象観測時に観測データを観測員が暗記またはメモ紙に走り書きし、事務室に戻って観測台帳に記入する作業が行われていた。これらの手順は、本部に通報した観測値に疑義が発生した場合、間違いを検証することができない。

そこで、本プロジェクトでは、人的エラーを減らし観測の質を向上させる1つの方法として、観測現場で観測値を記入する小冊子、「気象観測野帳 (Observation Field Note)」を INAM に提案した。C/P の了解を取ったうえで、INAM 本部および主要な観測所において、導入の目的、導入することのメリットや使用方法の研修を実施した。

観測現場の観測員からは、導入に対して歓迎する反応が得られたため、この結果を C/P 側代表

者（プロジェクト・マネジャー、観測部長、メンテナンス部長）に報告した。さらに、気象観測野帳の文書ファイル（MS-WORD ファイル）及び小冊子の見本を INAM へ提供し、今後 INAM 本部の責任で気象観測野帳を推進すること（INAM 本部で印刷、地方観測所への定期的な配布、記入方法等の説明等）を依頼し、C/P 側はそのことを了解した。

（２）日常点検（日点検、週点検）野帳の導入

訪問したすべての観測所で、地上気象観測時に観測測器を見ていると思われるが、測器の状態（正常であるか異常であるか、破損はないか等）が記録されていない。従って、測器に異常が発生した場合、どの測器が、いつ、どのように異常になったのか、を追跡することができない。

そこで、本プロジェクトでは、測器の状態の履歴を残す 1 つの方法として、各観測所で日常的な測器点検を記入する小冊子、「日常点検（日点検、週点検）野帳（Daily/ Weekly Maintenance Note）」を INAM へ提案した。C/P の了解を取ったうえで、INAM 本部および主要な観測所において、導入の目的、導入することのメリットや使用方法の研修を実施した。

観測現場の観測員からは、導入に対して歓迎する反応が得られたため、この結果を C/P 側代表者（プロジェクト・マネジャー、観測部長、メンテナンス部長）に報告した。さらに、日常点検野帳の文書ファイル（MS-WORD ファイル）及び小冊子の見本を INAM へ提供し、今後 INAM 本部の責任で日常点検野帳を推進すること（INAM 本部で印刷、地方観測所への定期的な配布、記入方法等の説明等）を依頼し、C/P 側はそのことを了解した。

（３）メタデータ・リストの整備

各観測所のメタデータ（緯度、経度、標高、観測内容や観測回数などの情報リスト）は WMO に登録され、各観測所のデータを他国の気象機関が利用する際の基本情報となっている。

WMO に登録されている INAM のメタデータ・リストをダウンロードし内容確認したところ、観測所が移転したにもかかわらず更新されていない箇所、メタデータ・リストに記載された数値に矛盾がある箇所、などの未整備が確認された。

そこで、本プロジェクトで、メタデータ・リストの再整備を INAM に提案し、観測部の担当者を選任、メタデータ・リストの整備を行った。

（４）水銀気圧計補正表作成プログラムの導入

INAM の気象観測所では、気圧観測には水銀気圧計が使用されている。水銀気圧計は、温度による水銀の密度の変化（温度補正）や、重力加速度の違いによる重量の変化（重力補正）を補正する必要がある。また、標高 0 メートルに換算した気圧（海面更正気圧）を WMO に通報するため、標高による補正も必要となる。しかしながら、INAM の観測所で使用されている補正表は、様式が統一されておらず、本当にその観測所の立地条件に対する補正表なのか疑わしい物や、プロジェクトチームが試算した補正值と一致しない補正表が散見された。

本プロジェクトにおいて、各観測所のメタデータ（緯度、経度、標高など）を入力するだけで、統一様式の補正表が出力できるプログラム（エクセル・シート）を開発し、INAM に供与した。今後、メタデータ・リストが整備された段階で、INAM 本部の責任で統一様式の補正表を印刷・作成し、地方観測所への配布を依頼し、C/P 側はそのことを了解した。

3. 2. 5 業務実施運営上の課題と工夫

(1) 基本事項のレビュー

WMO の地上気象観測指針に準拠した地上気象観測の基本事項は、INAM の観測官研修テキスト「METEOROLOGIA」（地上気象観測指針）に記載されているが、測器の設置位置や読取方法、読取技術、観測値の補正、観測時刻など、観測指針の規定を順守していない事例が見られた。

そのため、本プロジェクトでは、観測指針に忠実に観測を実施することを再確認するため、「地上気象観測の基礎」についての資料を作成し、INAM 本部および地方観測所で研修を実施した。

(2) ワーキンググループの編成

本成果の目的を達成し活動を実施するために、INAM にワーキンググループ（WG）の編成を依頼した。WG メンバーは本プロジェクトの研修受講者であるだけでなく、プロジェクト終了後も本成果の活動を発展的に継続する中核メンバーとなることが期待されるメンバーである。

表 3-10 WG メンバー (Meteorological Observation & Maintenance Group)

Name	Position/ Department
Mr. Joaquim Ricardo Nhapulo	Meteorology Professional Technician, Instrumentalist/ DMGS
Mr. Benjamin Ben Manhica	Maintenance Technician/ DMGS
Mr. Ismael S. Mahazule	Technician/ DON
Mr. Augusto J. Januario	Technician/ DON
Mr. Andre Alberto Cambula	IT Technician/ DIT

3. 2. 6 上位目標達成のための提言

本成果の活動（マニュアルやガイドラインの作成、それらに基づく本部および観測所での研修、研修による担当職員の技術力向上）により、以下の活動の実施を提言する。

- ・ INAM 気象準器による地方レベルへの気象測器のトレーサビリティが確立
- ・ 観測野帳の利用、観測機器の障害の記録と本部への集約
- ・ メタデータの定期的な調査と WMO への情報の共有
- ・ 気圧校正表の各観測所への配布と利用

3. 3 成果 1-c (レーダー観測)

3. 3. 1 活動計画

(1) 達成すべき成果・指標

【成果】 INAM の気象観測能力が向上する。

【指標】 1-1 地上気象観測測器のトレーサビリティ及び点検に関するガイドライン及びマニュアル、気象レーダーデータの品質管理に関するガイドライン、気象レーダー点検確認リストが作成される。

1-2 気象観測に従事する職員の XX 人以上が研修を受講する。

1-3 全国の観測所の測器のうち、XX%以上の測器のトレーサビリティが確保される。

(2) 活動計画

【活動】 1-1 地上気象、高層気象、気象レーダーによる観測、気象衛星や GPV データの取得の現状を調査し、課題を把握する。

1-2 調達する可搬型気象観測準器を日本の気象測器検定試験センターで初期校正を行い、その後は INAM の責任で校正を行う。

1-3 気象レーダー点検確認リスト及び気象レーダーデータの品質管理に関するガイドラインを作成する。

1-4 地上気象観測測器のトレーサビリティ及び点検に関するガイドライン及びマニュアルを作成する。

1-5 活動 1-3 の点検確認リスト及びガイドラインに基づき、気象レーダーの点検及び気象レーダーデータの品質管理に関する研修を実施する。

1-6 活動 1-4 のガイドライン及びマニュアルに基づき、地上気象観測測器のトレーサビリティ及び点検に関する研修を実施する。

1-7 気象レーダーの点検及び気象レーダーデータの品質管理を定着させるためのフォローアップを行う。

1-8 地上気象観測測器のトレーサビリティ及び点検を定着させるためのフォローアップを行う。

3. 3. 2 活動内容・活動実績

ベースライン調査において、Beira レーダー、および、XaiXai レーダーが稼動していないこと、稼動のための課題が十分分析されていないことから、レーダー観測について、ハードウェア専門家の若林と、ソフトウェア専門家の長嶋を投入し、2016 年 9～10 月に両レーダーにおける実態調査、INAM 本院におけるレーダーモニター端末およびレーダーデータの蓄積状況に係る詳細調査を実施した。

(1) Beira レーダーの現状

【調査概要】

期間：9 月 16 日～19 日

面談者：責任者 Mr. Julio Domingos Langa、レーダー担当者 Mr. Atumane Mussapaha

【結果】

(a) レーダーサイト

レーダー局舎、アンテナタワーは電話会社 Vodacom がスポンサーとなり全面再塗装が実施され前回訪問時とは見違える外観となっていたが、局舎内部は塗装の材料入手待ちとのことであった。



図 3-1 Beira レーダー外観

前回残置されていたゲマトロニク社のダンボール箱、壊れている機材も片付けられ綺麗に整理されていた。また機器室内で取り外されていた各筐体の裏蓋も取り付けられていた。



2015年5月の状況

2015年9月の状況

図 3-2 Beira レーダーの予備機材

(b) 一次電源系

このレーダーサイトに於ける最大の問題点である商用電源の安定性、電圧品質の正確な把握、理解のため交流電源監視用の“クランプオンパワーロガー”を接続して3日間の監視を行った。

なお、観測所では電源系の独自の改善案として「商用高圧電源をAC220Vに低圧化している既設の変電・分岐設備からの給電を敷地内に小型の変電設備を新規に設置し、高圧で引き込み、レーダー専用電源線を局舎に引き込むこと」をINAM本院に提案している。



変電設備 → 電柱から地下へ → 地下から電柱 → レーダー局舎直近の電柱 → 地下ケーブルで局舎敷地内へ

図 3-3 Beira レーダーへの電源供給路 (2015 年 9 月)

(c) レーダーデータ伝送

現在使用しているデータ伝送回線は信頼度の点で問題があり、時には回線が切れてデータが INAM 本局に送れない。モザンビークには MCL、TDM、Vodacom、Mobitel と電話通信会社は 4 社あり、信頼度が高いと考えられる会社の回線を選ぶべきと考えられる。

(d) レーダー制御・監視端末とレーダープロダクト表示端末

レーダー局舎に設置されていた制御・監視端末 (Radar Workstation and Maintenance PC) , 空港気象室に設置されていたプロダクト表示端末は、ともに故障対応のために INAM 本院に送られておりレーダーサイトには無い。

(e) 定期性能検査測定器、予備品について

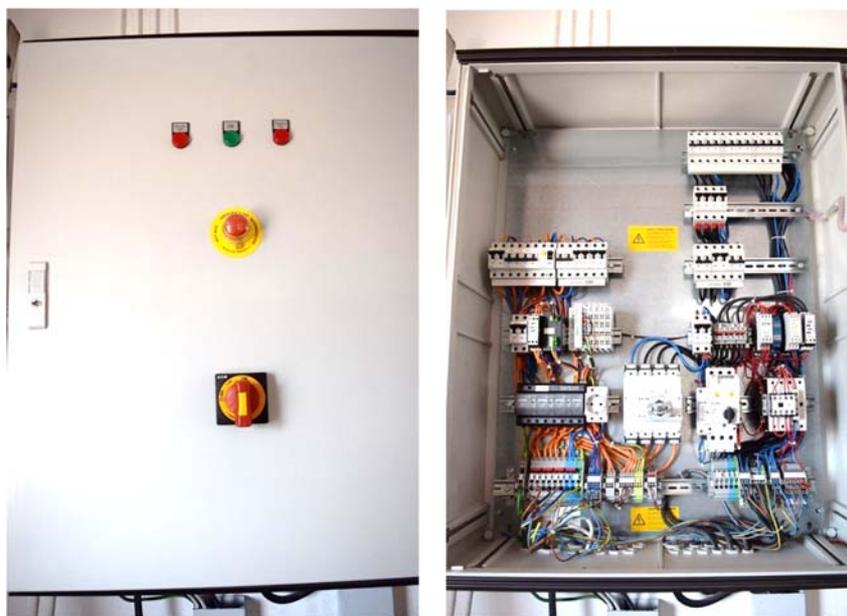
ベースライン調査では、レーダー定期性能検査のための測定器は、小型オシロスコープしか確認できなかったが、ゲマトロニク社が据付時に残置したダンボールから、多くのデバイス、PCB などの予備品を発見した (納入日時は 2003 年 3 月であり据付終了時にサイトに引き渡したと思われる)。また寿命終止時間に近づいている送信管マグネトロンも、モニター用ブラウン管の箱に保管されていることが判った。

*マグネトロンは既に納入後 12 年以上を経ているので使用可能か否かエージングをして見ないと判らない。また他の PCB、高額部品もシール封印はされているが使用可能か否かは実装試験をしないと判断は難しい。

(f) WB 資金によるリハビリプログラム

①アンテナ出口から送受信機入り口までの導波管全面交換、②加圧装置の新規品への交換、③一次電源入力制御と配電の分電盤の換装が実施されたことが判った。2014 年 11 月リハビリプログラム実施中に、電源安定化と停電時バックアップ用 UPS (2014 年 6 月換装の INAM 独自予算で購入の新品) が壊れたため、ゲマトロニク社が分電盤から商用電源ケーブルを取り外し E/G 電源ケーブルのみ接続している。

なお、その段階でレーダー制御・監視端末、レーダープロダクト表示端末は既に動作していなかった。彼らは持参したラップトップパソコンに搭載したレーダープロダクト生成ソフト Rainbow と制御・監視ソフトによりシステム試験を行い、試験終了後、帰国している。



新規品に換装された分電盤

商用電源ケーブルが接続されず芯線がむき出しのまま

図 3-4 Beira レーダー分電盤

(g) アンテナタワーケーブルと導波管ラダー

送受信機からアンテナに向うラダー上のケーブル及び導波管のカバーが風で飛ばされ破損している為、外部に暴露したまま（雨水によるケーブル、導波管外面の劣化が問題）になっている。



ラダー上部のカバー破損している



風で飛ばされたカバー、接合ネジ部が壊れている

図 3-5 Beira レーダーラダー等

(h) その他

ムサパハ氏及び若手のレーダー担当職員にBeiraとXai-Xaiの気象レーダーの見通し図を説明し、加えて、気象レーダーデータの意味と気象業務への利用と有用性、メンテ作業の内容と重要性、電子回路の基礎知識に関わる資料などを2日目の午後に説明し同氏のUSBへコピーして渡し、別途、学習するよう依頼した。

(i) まとめ

既に同レーダーは導入から12年以上経過しており、3～5年間の正常運用を目標として下記による対応策を実施し、その間に、新規システムへの換装の目処をつけるのが有効と考えられる。

表 3-11 Beira レーダーの課題と対策

	項目	課題	対策
1	電源系	<ul style="list-style-type: none">・商用電源の安定と品質確保・一次電源UPSが故障して使えない	<ul style="list-style-type: none">・上述のBeira観測所案での実施をINAM本院が実施・UPS(15KV用)新規購入と換装・AVR(Automatic Voltage Regulator)の装備検討と実施
2	レーダー機器	<ul style="list-style-type: none">・ラダーのカバー破損している	<ul style="list-style-type: none">・現地業者を捜しカバー製作と取り付けを実施
3	レーダー制御・監視端末、レーダープロダクト表示端末	<ul style="list-style-type: none">・故障のため撤去しINAMに持ち帰りサイトでは運用が正常か否かの判断すら出来ない	<ul style="list-style-type: none">・ゲマトロニク社の見積もり総額€260,000(24July2015受領見積)の資金確保・レーダー信号処理装置以降の端末、ソフト換装の他社見積もり取り寄せ
4	データ通信	<ul style="list-style-type: none">・レーダーデータがINAMに伝送できないことがある	<ul style="list-style-type: none">・信頼性の高い回線品質を有する電話通信会社と契約
5	測定器	<ul style="list-style-type: none">・定期性能検査に必要な測定器類が無い	<ul style="list-style-type: none">・1項の電源系改善が実施できれば技プロ期間内でレンタル品を送り込み研修を実施
6	予備品	<ul style="list-style-type: none">・マグネトロン、PCB、デバイスなど予備品の使用可否不明	<ul style="list-style-type: none">・5項が可能であれば予備品を実装して研修を兼ねた試験を行う
7	サイト設備	<ul style="list-style-type: none">・室内照明ランプが使えない	<ul style="list-style-type: none">・INAMに予算確保を要請
8	データ伝送	<ul style="list-style-type: none">・既接続通信会社の信頼度を確認する必要がある	<ul style="list-style-type: none">・結果によっては通信会社の再選定を行う

本projectの気象レーダーに関わる最終目標達成のためには表3-11に示す条件整備が前提となる。特に1項及び3項の条件が整備出来ない場合にはレーダー技術移転は技プロ対象から除外せざるを得ない。

(2) XaiXai レーダーの現状

【調査概要】

期間：9月23日～24日、調査者：若林、長嶋専門家

面談者：レーダー担当者 Mr. Abilio Macamo

【結果】

詳細は後述するが高湿度の気候、塩害によると思われる局舎施設の腐食、損傷が著しい。加えて、商用一次電源が給電されておらずレーダー本体にも運用を可能とする為の課題がある。またレーダーの維持管理が行える職員が観測所には居ない。2004年の運用開始後11年以上が経過しており廃局、或いは局舎設備を含むレーダーの全面換装が必要である。

(a) レーダー局舎：

レーダー局舎は2004年運用開始時から11年余りを経ており、且つ高湿度、海風の塩害と思われる鉄材を用いた箇所の錆による腐食・損傷が著しい。



レーダー室及びE・G室の扉は錆による腐食、部分破損が著しい



局舎入り口の門：鉄材部分は錆による腐食破損で門としての機能は失われている

図3-6 XaiXai レーダー外観1

室内照明は後述する理由により電源が使えないので確認は出来なかったが、一部蛍光灯の欠損があり、また、機器室の窓ガラスが割れて無くなっており、装置内部にも塩害の損傷がある。



外されている機器室内蛍光



窓ガラスが割れ放置されて

図 3-7 XaiXai レーダー外観 2

(b) 一次電源系

レーダーサイトへの商用一次電源供給は、ベースライン調査時は受変電設備への入力ケーブル接続が電力会社により取り外されていたが、2015年9月の時点で、地中の引き込みケーブルが新たに設置した電柱まで、新ケーブルで空中接続され、受変電設備直近で地中に通すルート変更が電力会社により実施されていることが判った。



5月調査時：遠方電柱から電源ケーブルを地中引き込みで受変電設備へ接続



地中電源ケーブル掘り出し跡



地中から取り出した旧電源ケーブル、ケーブル内部で芯線が短絡していた模様



受変電設備と新設の電柱



新設の電柱と新規接続の地中ケーブル

図 3-8 XaiXai レーダーの電源

3相 AC 交流入力電源ケーブルに接続されている大電力抵抗が 1 本焼損しており、取り外されており、この為 1 相が使えない。Mr.Abilico によれば焼損した抵抗の代替品を購入し、交換する費用が確保されておらず、商用交流電源は電力会社で供給を止められており使用出来ない。

調査のため発動発電機運転を要請したが、商用電源が観測所に既に給電されており、発電発動機電源と重畳し危険ゆえ E・G は運転出来ない、とのことであった。



5 月調査時、
ケーブルは外されていた

新規ケーブル接続完了、大電力抵抗 1 本欠損

図 3-9 XaiXai レーダーの大電力抵抗

商用電源の安定性、電圧品質の正確な把握のための交流電源監視用の“クランプオンパワーロガー”を観測所の分電箱内電源ケーブルに接続し、2 日間の電圧モニター記録を実施した。



Beira とは異なり正常な 3 相交流
電圧が給電されていることが確認
出来た

図 3-10 XaiXai 交流電源調査

レーダー装置の内部は汚れが目立ち、蜘蛛の巣などが散見された。

(c) 定期性能検査測定器、予備品について

木箱、ダンボール箱にスペアパーツ、測定器などが無造作に入れられており、納入日時は 2004

年4月であり、これら部品が使用できるか否かはBeira 同様試験をしないと判断が難しい。また、レーダー性能定期測定に必要な測定器のパワーメータ、デジタルオシロスコープは適切な機関、或いはメーカーなどに使用可否判断、確度較正を依頼する必要がある。スペアパーツリストではBeira とは異なる部品が多く、両サイトに分割して保管したと推測される。従ってXai-Xai レーダーの廃棄を決めるのであれば、全ての測定器・スペアパーツをBeira に移し、且つ、将来Beira レーダーの故障発生時には必要部品をこのサイト装置から取り外し供給することも考えられる。



2004年納入の木箱、ダンボール内に保管されていたスペアパーツ、測定器



図 3-11 XaiXai のスペアパーツ

(d) まとめ

表 3-12 XaiXai レーダーの課題と対策

	項目	課題	対策
1	電源系	<ul style="list-style-type: none"> ・ 商用電源の給電が電力会社により止められている ・ 一次電源 UPS が故障して使えない 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 受変電設備の大電力抵抗入手と取り付け。 ・ 電力会社からの給電開始の手続き ・ UPS (15KV 用) 新規購入と換装 ・ AVR (Automatic Voltage Regulator) の装備検討と実施
2	レーダー機器	<ul style="list-style-type: none"> ・ 装置背面冷却ブロワーが故障で使用できない ・ 加圧装置が故障している 	<ul style="list-style-type: none"> ・ ブロワー入手と交換 ・ 加圧装置修理または新規品の購入

3	レーダー制御・監視端末、レーダープロダクト表示端末	<ul style="list-style-type: none"> レーダー室内設置の端末の動作・機能確認が出来ない 	<ul style="list-style-type: none"> Beira に移し機能試験を実施
4	データ通信	<ul style="list-style-type: none"> レーダーデータが INAM に伝送できないことがある？（実態不明） 	<ul style="list-style-type: none"> ネットワークデバイス、E/O デバイスの使用可否を判断するため Beira に持ち込み回線品質モニター試験を行う
5	測定器	<ul style="list-style-type: none"> パワーメータ、パワーセンサー、オシロスコープなど保管 但し、一部必要ケーブルがない 	<ul style="list-style-type: none"> 測定器の使用可否判断と確度較正の業者への依頼 但し、パワーメータはセンサーケーブル入手が必要
6	予備品	<ul style="list-style-type: none"> PCB、デバイスなど予備品の使用可否不明 	Beira に送り研修を兼ねた試験を行う
7	サイト設備	<ul style="list-style-type: none"> 室内照明ランプが外されている サイトの門、扉など鉄材部の腐食破損著しい 機器室窓ガラスが割れ外されているため海風の機器への被害（錆）が出ている 	<ul style="list-style-type: none"> 扉、窓の密閉性を確保する建屋補修 照明器具 INAM に予算確保と処置を要請

本 project の気象レーダーに関わる最終目標達成のためには以上の条件整備が前提となる。これらが実施されない場合には、本レーダーサイトでのレーダー技術移転は技プロ対象から除外せざるを得ないと考えられる。

(3) INAM 本局の RADAR 表示システム

(a) ゲマトロニクス社製既存レーダーシステム表示端末のデータ

端末に保存されているデータの観測期間・データ種類について調査を行った。

『データ観測期間』

表示端末に保存されていたデータから、過去の観測期間は以下のとおり。

2010年2月21日～26日	連続運転	2015年3月	25日 1508～1529
2015年1月	12日 0830～1630	2015年3月	27日 1218～1753
	13日 0930～1510		29日 0958～1828
	14日 1020～1330		30日 0828～1518
	16日 1140～1410		31日 0948～1538
	22日 0840～1700		2015年4月
	26日 1100～1445	9日 0848～1018	

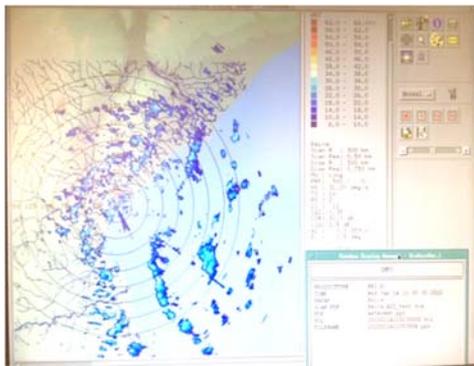
2015年1月	30日 1050~1350	2015年5月	4日 1118~1429
2015年2月	2日 1150~1255		5日 1048~1443
	9日 1110~1505		7日 0838~1159
	10日 0850~1130		8日 0918~1239
	11日 0840~1430		25日 1448~1458
	26日 0810~1050		

データの間隔はおよそ5分で（1ボリュームスキャンにかかる時間が約5分）で、2010年データにはエコーが全く存在していない（送信せずに連続機能試験のみ実施）。

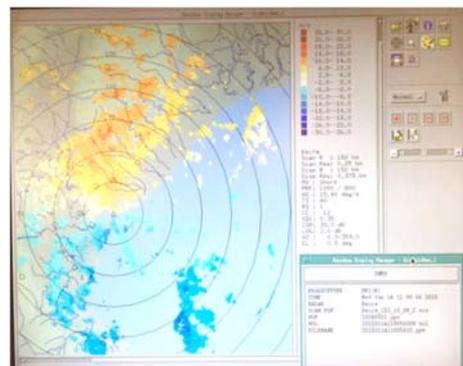
『データ種類』

保存されているデータの種類（プロダクト）は以下の通りであった。

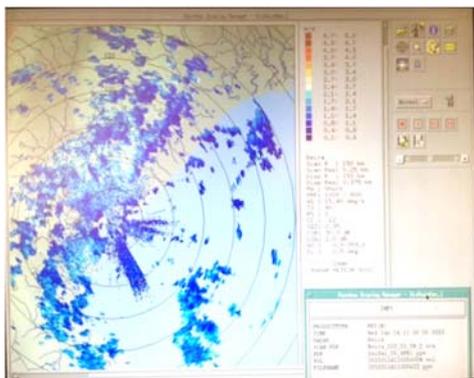
PPI(Z/V/W), MAX, CAPPI(Z), TOPS, VVP, SRI



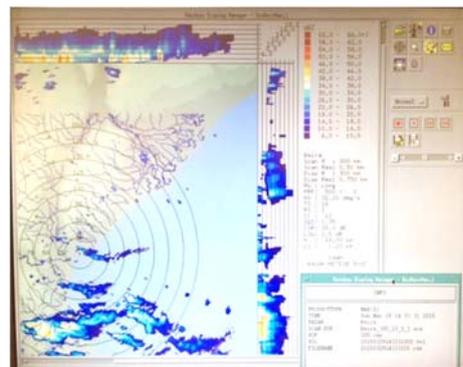
PPI(Z)



PPI(V)

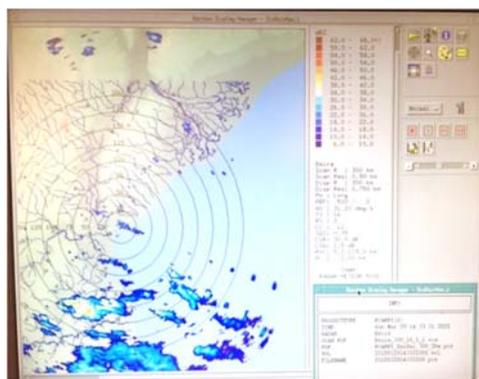


PPI(W)

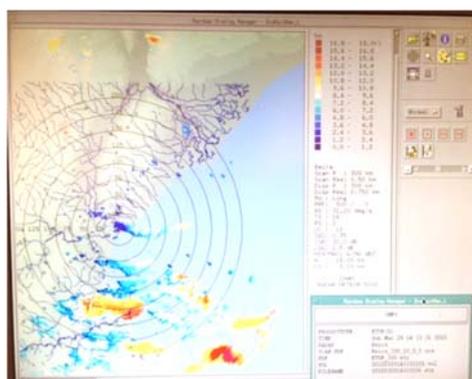


MAX

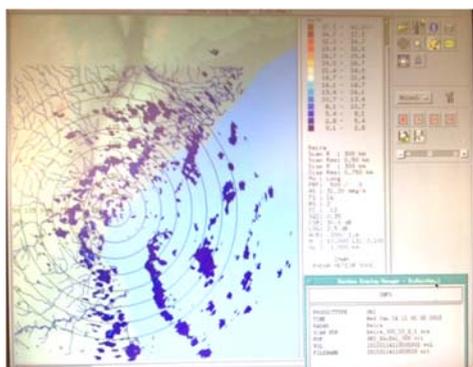
図 3-12(a) レーダープロダクト（INAM 予報部）



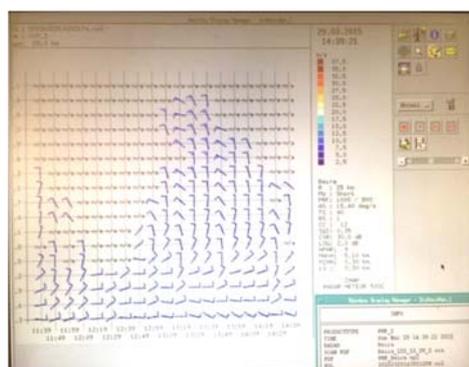
CAPPI (Z)



TOPS



VVP



SRI

図 3-12 (b) レーダープロダクト (INAM 予報部)

なお、上記のデータはすべて、表示端末機器の以下のディレクトリに保存されている。

/usr/local/rainbow.d/fifo.d

(b) レーダーデータについての考察

2015年のレーダーデータについて、そのデータ品質について考察を行った結果、ほぼ全てのプロダクトで以下が現れていることが判った。

- ・ 南西及び南東方向に強い干渉が見られる。破線状のエコーであることから、干渉は何らかのパルスレーダーであると考えられる。
- ・ 南南東方向、50～100 kmレンジにノイズがよく発生しているが、これらはシークラッターであると思われる。

干渉波を制御することは困難であるから、本レーダー側で除去対策を行わねばならないが、一般的にはレーダーの運用周波数を変更することで、大きな改善が期待できる。また、シークラッターについては、空中線サイドローブ性能等が影響しているので、レーダー運用 EL 角度の最適化の実施が望まれる。しかしながら、周波数変更にはレーダーサイトにてマグネトロンチューニングを行う必要があり、また、EL 角度最適化は、サイトにて実データを観ながら少しずつ EL 角を変えるとといった調整が必要であるため、INAM 本院からリモートで実施することは不可能であった。

今回、過去データの解析により、レーダーデータには干渉波、シークラッター等のノイズが発生してはいるものの、レーダー本体としては強度・速度とも雨量を捉えることができていることが判った。レーダーサイトにおいて周波数、EL 角度等、運用パラメータのチューニングを行うことができれば、これらのノイズを低減してデータ品質を向上させることは十分可能と思われる。(※実施に当たっては、レーダーサイトにて、システムを制御すると同時に、データのリアルタイム観測ができる機能が必須である。)

3. 3. 3 RADAR リハビリに係る提言

ゲマトロニクス社により Beira および XaiXai レーダーは修理されたが、常時運用するためには、表示ソフトの update などの課題がある。加えて、レーダー電源が安定していないために、RADAR および周辺機材に悪影響を与えている。

現状では、XaiXai レーダーは停止し電源は供給されておらず、窓ガラスが損傷し、機材の一部にサビが生じている。一方、Beira レーダーは、変電所における電圧降下が適切でないことから、RADAR に正常な電気が供給されておらず、商用電源を使って RADAR を動かすことが出来ていない。

これらのことから、RADAR をオペレーショナルに稼働させるためには、自家電源を用いれば稼働することができる Beira に集中し、リハビリテーションを行うことを INAM に提案した (表 3-13)。

表 3-13 Beira レーダー改善案

	Term	Actual situation	Improvement plan
1	Power electricity	Power supply should be changed to more stable one. UPS was broken.	Substation should be set inside of RADAR site. UPS should be updated and Automatic Voltage Regulator should be installed.
2	RADAR controller and product display for RADAR data	The only monitor exists in INAM HQ. RADAR controller and product display should be installed on site too (display at HQ additionally).	Estimation of Gematronics for monitors are 260,000EUR.
3	Data communication	The data sometimes cannot be sent to INAM HQ.	Consider and may change the line 1to more reliable communication carrier.
4	Equipment for maintenance	Equipment for maintenance is not enough.	If term '1' is updated, JICA may support equipment.
5	Spare parts	Magnetron, PCB and devices exist.	We may check with item 4.

この提案については、2015年9月22日に INAM 新長官の Sete 氏ほか、幹部に説明すると共に、JICA モザンビーク事務所にも説明を行った。

この提言では、Beira レーダーに安定した商用電源を供給するためには、現在、外部に設置されている変電所を Beira レーダーサイトに設置することが必要であり（現在外部に設置されている変電所での電圧降下が適切でなく、また、変電所からレーダーサイトへの送電設備にも問題がある、図 3-14 右）、Beira レーダー改善のために、まず、供給電源を安定させるよう、INAM から電力会社に要請することを求めている（表 3-13 の項目 1）。

仮に電源が改善されれば、RADAR 本体は稼動していることから、RADAR を動かすことは可能だが、オペレーショナルに運用するためには、RADAR を操作するためのオペレーションソフトの update が不可欠であり、ゲマトロニクス社からは 26,000 ユーロの見積もりが提示されている（表 3-13 の項目 2）。

レーダー操作および表示システムについては、今回調査に当たった長嶋が、図 3-13 のとおり、受信処理システム以降をリプレースする必要があると指摘している。

なお、信号処理プロセス以降を入れ替えた場合のスケジュールは表 3-14 のとおりで、機材の発注から納品までに、およそ 6 ヶ月がかかると予想される。

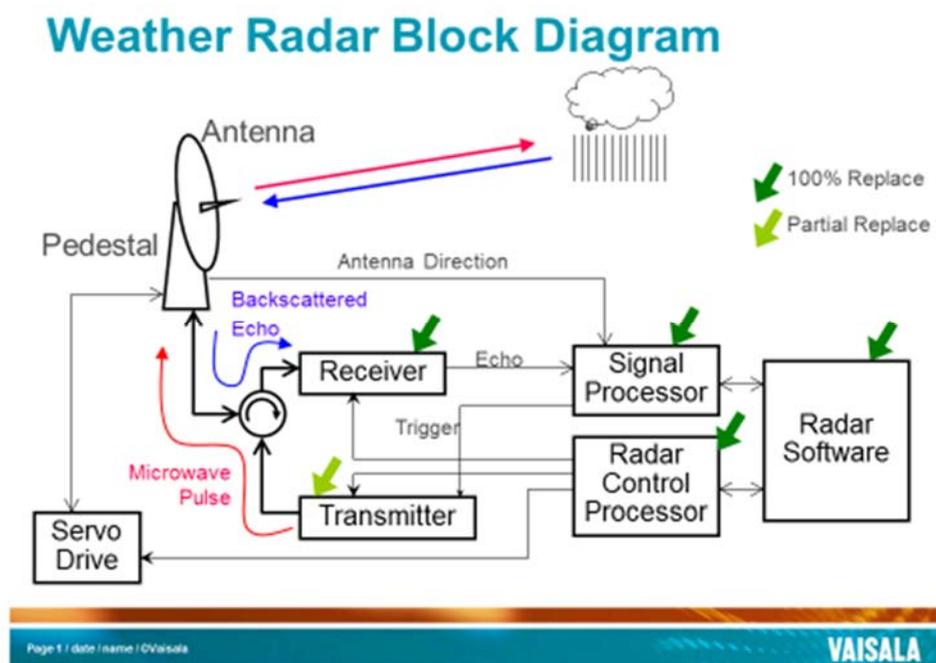


図 3-13 Beira レーダーの修理箇所

また、レーダー改修に加え、Beira-Maputo 間の通信回線が不安定であり、この回線の改善（表 3-13 の項目 3）、メンテナンスのために必要な機材の補充（同項目 4）、スペアパーツの補充（同項目 5）が必要と考えられる。なお、XaiXai レーダー背面のファンが故障しているが、図 3-14(左)に示すファンについては、現地調達が可能で、JICA モザンビーク事務所報告時に確認した。

表 3-14 Beira レーダー改修スケジュール

前提条件: 商用電源品質が改善されている アイテム	手配	担当	費用	2015								参考 2016		
				Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May		
自動電圧調整器	購入	JICA		仕様検討&メーカー問 い合わせ中	購入手配								納品	
リアクタンس電圧調整器	購入													
停電時バックアップUPS	購入													
接続用電源ケーブル	現地購入	INAM			予算化								入手	
テスター	現地購入													
工具セット	現地購入													
電源品質監視モニター	レンタル	技プロ				見積入手								
回線試験機	レンタル													
RF(高周波)信号発生器	レンタル													
周波数カウンタ	レンタル													
パワーメータセンサー用ケーブル	購入	JICA												
測定用RFケーブル(製作品)	業者委託	JICA				発注							納品	
アンテナケーブル/レーダー保護カバー製作・修理	現地業者	INAM				発注&施工								
レーダー制御・監視端末	購入	JICA					発注						納品	実装検査
空港用レーダープロダクト表示端末	購入													
パワーメータの精度校正	業者委託							搬出入申請 &搬出						
オシロスコープの機能確認	研修													
室内照明修理	現地業者	INAM							実施					
スベアパーツ、測定器類の収容キャビネット	現地購入or製作													
スベアパーツ実装試験	研修													
端末、測定器、部品のXai-XaiからBeiraに移送	INAM													
端末機能確認試験	研修													

コメント:
 支援の前提条件として、INAMIに自効努力の結果を示すことが重要である。
 ①商用電源の品質改善に電力会社と共に取り組み正常な3相交流電圧供給が可能となる。但し、停電は止むを得ない。
 ②INAM自身或いは国内業者で実施が可能と考えられる作業、修理、物品調達はJICA支援の対象としない。
 従って受益政府機関としての予算確保が必要である。(上記案ではUS\$1,000程度またはそれ以下と想定する)



図 3-14 現地写真
 (左) XaiXai レーダーのファン、(右) 商用電源検査結果

上述のとおり、モザンビークにおいて、現在オペレーショナルに運用されている RADAR はない。
 本プロジェクトでは、Activities for OUTPUT1 において、

- 1-3. Develop guidelines for the quality control of meteorological radar data and checkup list for meteorological radar.
- 1-5. Conduct trainings for the quality control of meteorological radar data and checkup for meteorological radar according to guidelines and checkup list based on the activity 1-3.
- 1-7. Conduct follow-up activities to establish the quality control of meteorological radar data and checkup for meteorological radar.

とされているが、[Important Assumption]として、

‘Meteorological radar system is functioned at least on one site’

とされている。

このことから、2015年10月の時点では、

‘In case of not being improved term 1 and 2, we have to consider the OUTPUT for RADAR shall be removed from the project output’

とし、電源が確保され、RADAR が修理されない場合は、RADAR に係る技術移転は、本プロジェクトの目標から除外することを考慮する必要があることを INAM に報告し、状況について理解を得た。

3. 3. 5 radar 修理遅延に伴う project 目標の変更

2015 年 9～10 月の現地調査において、Beira、XaiXai 両レーダーの現状について調査し、改善のための提言を INAM に対して行った。この中で、XaiXai レーダーについては、本プロジェクト期間中の改善が難しいことから改修対象からはずし、Beira レーダーについて供給電源の改善について INAM から電力会社に要請することを要望した。

レーダーの改善のためには、機器の補充によるレーダーデータ受信、解析、表示端末の改修が必要であり、調達・設置に少なくとも半年が必要となる。また、その前提となる電源の安定化が成されていないければ、これらの改修にとりかかることができない。

2016 年 3 月の現地活動において、INAM に電源の改良状況について確認を行ったところ、

- ・Beira レーダーへの商用電源の引き込みは行われたが、提案した変電設備の改善が行われていない
- ・破損した UPS は代替品が補充されたが、トレーサビリティ専門家の松原が Beira レーダーを訪問し、試験的に電源をいれたところ、不安定な電力によりコンデンサーが破損し、再び UPS が利用不可能となった

ことが確認された。

このような電力状況においてレーダーの rehabilitation を行うこと、本プロジェクトの期間中に、INAM のレーダーが稼動する見込みが立たないことから、2016 年 4 月 4 日の National Director Meeting において、

- ・本プロジェクトの期間中に、修復された気象レーダーを活用した技術移転を行うことは事実上不可能である
- ・成果 1「INAM の気象観測能力が向上する」を達成するためには、気象レーダーの代替策として気象衛星 EUMETSAT からの情報を使ったリアルタイムの雨量推定が可能である。
- ・気象予警報のための大雨監視は、日本では主にレーダーを用いるが、レーダーがない地域（海上）や範囲外の大雨は、衛星および雨量観測データを用いて監視を行っている。

ことを説明し、技術移転項目を、「気象レーダー」から「衛星画像解析」に変更することについて提案し了解を得た。

3. 4 成果 1-d (気象衛星)

3. 4. 1 活動計画

(1) 達成すべき成果・指標

【成果】 INAM の気象観測能力が向上する。

【指標】 1-1 気象測器のトレーサビリティ及び点検に関するガイドライン及びマニュアルが作成される。

1-2 衛星と ARG による大雨監視に関するガイドライン及び ARG のチェックアップリストが作成される。 (2016 年 11 月、気象レーダーから衛星による大雨監視に PDM 変更)

1-3 現業観測と較正を担当する INAM 職員の 3 人以上が気象観測の研修を受講する。

1-4 較正のトレーサビリティが確かな気象測器が 80%以上である。

(2) 活動計画

【活動】 1-1 地上気象、高層気象、気象レーダーによる観測、衛星や GPV データの取得の現状を調査し、課題を把握する。

1-2 調達する可搬型気象観測準器を日本の気象測器検定試験センターで初期校正を行い、その後は INAM の責任で校正を行う。

1-3 衛星と ARG データによる大雨監視のガイドライン及び ARG のチェックアップリストを作成する。

1-4 地上気象観測測器のトレーサビリティ及び点検に関するガイドライン及びマニュアルを作成する。

1-5 衛星と ARG データによる大雨の監視と解析に関する研修を実施する。

1-6 活動 1-4 のガイドライン及びマニュアルに基づき、地上気象観測測器のトレーサビリティ及び点検に関する研修を実施する。

1-7 日々の現業業務において大雨を監視・解析するためのフォローアップ活動を実施する。

1-8 地上気象観測のトレーサビリティ及び点検を定着させるためのフォローアップを行う。

3. 4. 2 現地調査によって抽出された課題

2016 年 9 月から 10 月にかけて INAM 予報現業室等の現地調査を行った。抽出された課題等は以下のとおり。

評価できる点	・衛星データと数値予報データが衛星回線経由で受信できる Synergie システムが予報現業室に設置されており、METEOSAT 画像データやフランス気象局等の数値予報データをリアルタイムベースで監視できる環境が整備されている。
--------	--

	<ul style="list-style-type: none"> WMO の SWFDP プロジェクトで整備された南アフリカ気象局の RSMC プレトリアが提供する衛星データによる量的雨量推定プロダクトを大雨監視に利用している。
課題	<ul style="list-style-type: none"> EUMETSAT 衛星データを受信している Synergie システムは、原因不明の障害により、衛星データが未入手の状態が長期間継続し、大雨監視作業に支障をきたしている。 衛星ベースの量的雨量推定プロダクトは、地上の雨量観測データによるキャリブレーションを行う必要があるが、利用可能な雨量データは前日 8 時から当日 8 時までの 24 時間降水量のみである。 ARG（自動雨量計）や GPV データの利用手法、衛星画像解析手法等が確立されていない。また、衛星画像データ等の蓄積や大雨時の事後解析が十分行われていない。
原因と分析	<ul style="list-style-type: none"> Sunergie システムの障害は長期化しており、代替システムの導入や GTS 回線の復旧・改善等を検討する必要がある。 南アフリカ気象局が提供する SYNOP プロダクト等をインターネットで利用することにより、日々の予報作業に大きな支障はきたしていないが、今後の予報作業の改善に向けて衛星データや GPV データの入手状況は改善すべきである。
課題への対処	<ul style="list-style-type: none"> Sunergie システムの代替、バックアップツールとして、JMA が開発した EUMETSAT 衛星版の SATAID の導入。 ARG の整備によるリアルタイムベースでの雨量データの入手。 JMA-GPV データのオートダウンロードシステムの整備。 ARG や GPV データの利用手法、衛星画像解析手法に関する研修および OJT の実施。

3. 4. 3 活動内容・活動実績

(1) 衛星データ利用に関する研修（2016 年 9～10 月）

プロジェクトの PDM が気象レーダーから気象衛星に変更されたことを受けて、2016 年 9～10 月に気象衛星に関する第 1 回現地活動を行った。主な活動内容は以下のとおり。

(a) EUMETSAT 版 SATAID の導入及び衛星解析実習

気象庁が開発した SATAID の EUMETSAT 版オートダウンローダーを INAM の予報現業室 PC 等にインストールし、利用方法に関する研修及び SATAID による衛星解析実習を行った。SATAID はウィンドウズ PC で簡単に利用できることから、衛星解析実習や大雨時の事後解析等にも利用しやすく、Synergie システムのバックアップとして現業的な衛星解析にも利用可能である。



図 3-15 現業室 PC に導入した SATAID

なお、Synergie 受信システムは、2016 年 8 月頃に復旧しており、EUMETSAT10 等の衛星画像やメテオフランスの数値予報データ等をモニターすることができた。南アフリカ気象局が提供する RSMC プロダクトとほぼ同じで、現業者は RSMC プロダクトを主に利用していた。

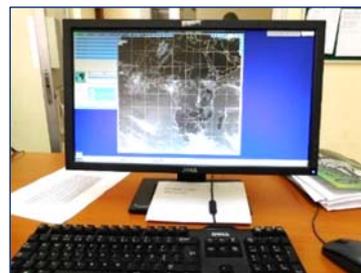


図 3-16 予報現業室の Synergie 端末

(b) 数値予報 GPV の利用実習

モザンビークにおける 2016 年 1 月の大雨事例を対象に、気象庁の GSM モデル GPV と汎用的な GPV の可視化アプリケーションである GrADS を使った実習を行った。熱帯域での衛星解析には GPV を使った流線解析が有効であること、また、GrADS を使って GPV そのものを扱う技術を身に付けてもらいたいとの意図であったが、時間的な制約から GrADS の使い方になれるのが精いっぱい、今回の活動で再度 GPV の利用に関する OJT を行うこととした。



図 3-17 GPV の利用実習

(c) 衛星データの利用に関する講義

衛星画像解析に関する講義を 2 回行った。主なトピックは、①気象衛星による熱帯低気圧の監視、②雨量計やレーダーが未整備の地域における衛星による大雨監視、③衛星画像解析による短時間予報、についてである。SATAID や数値予報 GPV の利用についても概論的な講義を行った。

(d) ARG の設置

気象衛星による大雨監視には、衛星ベースの量的雨量の推定と、ARG（自動雨量計）データによる推定値のキャリブレーションが必須である。INAM には ARG が 1 台もなく、予報専門家とともに、試験的にマプト、ベイラ、ナンプラーの 3 空港に ARG を設置し、今回の現地活動でその有効性を確認することとした。

(2) 予報作業 OJT (2017 年 1~2 月)

2017 年 1 月から 2 月の大雨シーズンに、INAM の予報現業室で INAM の予報官と予報 OJT を実施した。衛星の利用に関する活動は以下のとおり（予報 OJT に関する活動については 3.5 項に記述する）。

(a) 予報 OJT での衛星による大雨監視

第 1 回目の現地活動で導入した EUMETSAT 版 SATAID の現業利用と事後解析での利用に関するレクチャーと実習を行った。Synergie 衛星受信システムは、2016 年 10 月以降再び動作が停止しており、毎日の現業作業においても衛星による大雨監視には EUMETSAT 版 SATAID を利用した。大雨監視の手法は、SATAID で特定される大雨ポテンシャルエリアの成因を、気象庁の GSM モデル GPV で解析し、同エリアが ARG の設置点上にある場合は ARG データでキャリブレーションを行うという手法である。

○ マプト大雨時の衛星解析事例（2017年1月）

2017年1月15日8時～16日8時の24時間で、マプトで131ミリ、周辺のシャイシャイ等でも100ミリ近い大雨が観測された（図3-18）。雨のピークは16日未明で、図3-19(左)にその時間帯のSATAID画像とSATAIDでから抽出した“heavy rain potential areas”を示す。マジェンダの部分に衛星赤外面像と水蒸気画像から推定した1時間雨量が20ミリ以上のポテンシャルを持つエリアである。

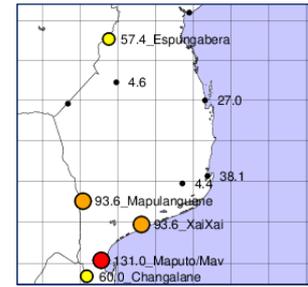


図3-18 観測所の24時間雨量

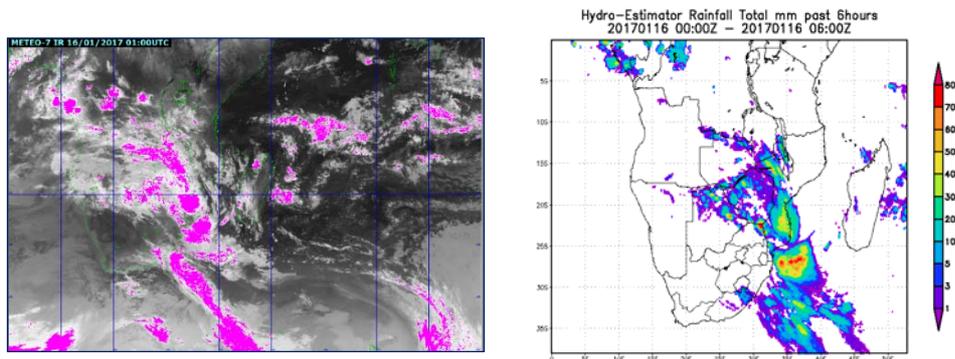


図3-19 2017年1月16日00UTCのSATAID画像(左)とEUMETSAT衛星データから推定した1月16日00UTC～06UTCの6時間雨量(右)

図3-19(右)に南アフリカ気象局がRSMCプロダクトとして提供しているEUMETSAT衛星データから推定した1月16日00UTC～06UTCの6時間雨量を示す。マプト上空の雲域は小規模で、SATAIDの“heavy rain potential areas”、衛星推定6時間雨量のいずれからでもマプトで100ミリを超える大雨の情報を抽出することは難しかった。図3-20は、前回の現地活動でマプト空港等に設置したARGの1時間雨量データである。マプト空港では、16日夜半過ぎから未明にかけて113ミリ、16日2時～3時の1時間で53ミリの強雨を観測している。ARGの雨量データはインターネットによりリアルタイムベースで監視することができるので、今回の大雨事例でも分かるように、大雨監視には極めて有効である。

		01/16																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Nampula		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Baira		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Maputo		1.0	3.5	53.0	22.0	20.5	105	2.5	-	-	-	-	-	-	-	-	0.5	-	-	-	-	-	-	-	

図3-20 3空港に設置したARGの1時間雨量データ（2017年1月16日）

(3) 成果品

- ① 気象庁が開発した EUMETSAT 版 SATAID オートダウンローダーの導入
- ② SATAID の利用方法に関する研修資料
- ③ 大雨時の事後解析のための SATAID データの蓄積
- ④ 衛星データと ARG データによる大雨監視に関するガイドライン
- ⑤ ARG のチェックアップリスト

3. 4. 4 業務実施運営上の課題と工夫

衛星解析実習等を効果的に行うために、INAM 予報部内にワーキンググループを設置した。ワーキンググループには、衛星による大雨監視のみならず、日々の予報作業に必要な数値予報 GPV の利用等に関する総合的な演習も行った。ワーキンググループのメンバーは表 3-15 のとおり。

表 3-15 ワーキンググループメンバー

Name	Department
Mr. Queiroz Alberto	Weather Forecast Department
Mr. Guelso Manjate	
Mr. Manuel Francisco	
Mr. Lelo Tayob	
Mr. Hipólito Cardoso	

また、Synergie 衛星受信システムによる衛星データ等の入手状況が不安定で、衛星解析実習には全く利用できなかった。このため、1 回目の現地活動で導入した EUMETSAT 版 SATAID を事例解析演習に限らず、現業作業にも利用した。このため、ワーキンググループ以外の現業予報官に対しても、予報 OJT の一環として適宜使い方を指導した。

3. 5 成果 2 (気象予報)

3. 5. 1 活動計画

(1) 達成すべき成果・指標

【成果】 INAM の気象予警報能力が向上する。

【指標】 2-1 気象観測に従事する職員の 3 人以上が地上観測・気象レーダー観測データ、気象衛星、GPV データを予報に活用できる。

2-2 気象観測に従事する職員の 3 人以上が包括的な天気予報を実施することができる。

(2) 活動計画

【活動】 2-1 予警報業務の現状を調査し、課題を把握する。

2-2 気象予報の手法に関する研修を行う。

2-3 地上観測、ARG、気象衛星及び GPV データの予警報への活用に関する研修を行う。

2-4 上記活動 2-2 及び 2-3 の研修成果を用いて、包括的な予警報実施を定着させるためのフォローアップを行う。

2-5 INAM が提供する予警報に関する各ユーザー (INGC<国家災害管理局>、DNA: National Directorate of Water<国家水利局>、メディア、民間会社等) のニーズを調査し、課題を把握する。

2-6 上記活動 2-5 の結果に基づき予警報を改善する。

3. 5. 2 ベースライン調査によって抽出された課題

ベースライン調査において抽出された課題等は、以下のとおり。

評価できる点	<ul style="list-style-type: none">・ INAM 本院においては予報官 2 名、通報担当者 1 名の午前シフト・午後シフトと、通報担当者 1 名の夜勤シフト (雨季・異常気象時には予報官を増員) がとられており、また、Maputo 空港では予報官による 3 交替の 24 時間シフトにより確実に予報業務は実施されている。・ 外部へ提供を行っている 24 時間降水量 (国内約 30 箇所の前日 8 時～当日 8 時までの降水量)、主要 11 都市の翌日の天気予報と気温予報、主要 11 都市の当日の最高気温・最低気温実況は、予報部 PC に word ファイルで保存されており、また、紙媒体で 2014 年以降の過去の実況・予報が保存されている。
課題	<ul style="list-style-type: none">・ 国際的気象情報の送受信を行う GTS 回線 (Pretoria-Maputo 間の専用線) が不安定で、接続断を繰り返しており、SYNOP 報の送信を、GTS 機材提供メーカーの Net-Sys 社 (南アフリカ) ホームページで行っている。また、海外からの GPV などが入手できていない。・ EUMETSAT による衛星放送で、GPV および衛星画像が気象機関には配信さ

	<p>れるが (PUMA プロジェクトで導入)、受信データをデコードするためのキーの紛失のため、解像度の高い衛星データを利用できていない。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・Maputo 空港に設置されている航空用プロダクトを受信する SADIS システムが、アンテナから端末までのケーブル端子 (同軸ケーブル) が破損しており利用できていない。 <p>【INAM の対応】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・予報に必要なとなる GPV データ、解析データ等は、南アフリカ気象局が提供する SWFDP ホームページからインターネット経由で入手し予報に利用している。 ・衛星画像は、EUMETSAT ホームページからインターネット経由で入手し予報に利用している。 ・SADIS のホームページから必要情報をインターネット経由で入手し予報に利用している。
原因と分析	<ul style="list-style-type: none"> ・GPV・EUMETSAT・SADIS のいずれの情報も、電話回線、インターネット、データ受信システムの不具合によるもので、それぞれのシステムの障害を特定し修理することで復旧すると考えられるが、これらを担当する IT セクションと予報担当部局の連携が不十分で、問題は解決されていない。 ・予報作業は、インターネットを利用し、南アフリカ気象局、EUMETSAT 等のホームページ情報 (ID とパスワードにより NWS に公開されており、一般のホームページとは異なる) を用いてルーティン的に実施しており、予報業務に支障はきたしていない。
課題への対処	<p>【課題】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・INAM の気象観測能力の向上のためには、GPV、気象衛星データについてデジタル化された解像度の高いデータが必要であり、また、予報知識のドキュメント化、予報ガイダンスの作成のためには、予報作業に用いている天気図・衛星画像等の蓄積が不可欠。 <p>【対処】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・データ蓄積用 PC の調達 ・INAM で頻繁に利用されている情報の自動取得と蓄積 (南アフリカ気象局作成の顕著現象ガイダンス、南アフリカ気象局ダウンスケールモデル<地上気圧、風向風速、降水量、気圧分布図>、EUMETSAT 衛星画像 (IR1, WV, VIS)) ・日本気象庁 (JMA) GPV の蓄積 ・INAM 予報、INAM 実況レポート、JMA-GPV を用いた、予報検証シートの作成 ・日々蓄積される予報・気象情報 (衛星画像など) を用いた予報の検証の実施とルーティン化 ・予報業務 (実況解析・予報検討) OJT の実施

3. 5. 3 活動内容・活動実績

(1) データ収集・蓄積システムの構築 (2015年9~10月)

前項で記述した INAM の現状と、INAM における通常の予報作業が、インターネットを経由して、南アフリカ気象局の SWFDP システム等にアクセスし行われていることから、予報業務を改善するため、および、ガイダンス作成の準備として、

- ・ PC の調達
- ・ INAM で頻繁利用されている情報の自動取得と蓄積 (南アフリカ気象局作成の顕著現象ガイダンス、南アフリカ気象局ダウンスケールモデル<地上気圧、風向風速、降水量、気圧分布図>、EUMETSAT 衛星画像 (IR1, WV, VIS))
- ・ 日本気象庁 (JMA) GPV の蓄積
- ・ INAM 予報、INAM 実況レポート、JMA-GPV を用いた、予報検証シートの作成を行い、日々作成している予報・情報の蓄積、利用している気象情報 (衛星画像など) の保存シートの作成と検証方法の研修を行った。

データ蓄積 PC は予報室に設置し (図 3-21)、予報・実況データの蓄積、および、週 1 回の予報検証を火曜日に実施するよう技術研修を行い、Queiroz Alberto 氏を主担当として、作業のルーティン化を依頼した。データ蓄積を行ったデータは図 3-22 のとおり。



図 3-21 データ収集 PC

(2) データ蓄積システムの運用 (2016年3~4月)

2015年9~10月に構築したデータの自動取得・蓄積を行うシステムで以下のデータが安定して蓄積されていることを確認し、また、一部のデータの取得方法に改良を加えた。

- ・ 南アフリカ気象局作成の顕著現象ガイダンス
- ・ 南アフリカ気象局ダウンスケールモデル予想図 (地上気圧、風向風速、降水量)
- ・ EUMETSAT 衛星画像 (IR1, WV, VIS))
- ・ 日本気象庁 (JMA) の GPV (GSM) の蓄積

なお、同データは、日本 (気象業務支援センター) でもバックアップとして蓄積しており、INAM のネットワーク環境の不安定さによるデータ欠落について、バックアップデータを INAM の PC に copy し、現地活動を行った。

A-5. Data stored automatically for future guidance and manual.

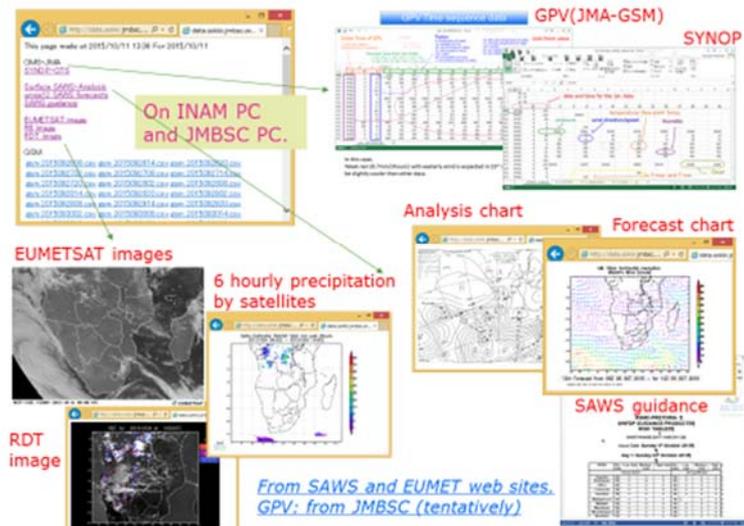


図 3-22 自動保存を行っているデータ

(3) 予報検証と月表の作成 (2016年3~4月)

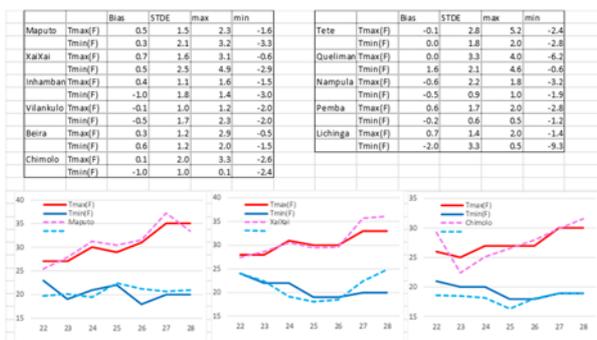
INAM 予報部 TWG (Technical Working Group) の Mr. Queiroz, Mr. Manuel and Mr. Mauro の 3 氏と、INAM の予報 (11 都市、明日の天気と気温)、当日の最高最低気温実況、24 時間降水量 (8 時から翌日 8 時までの 24 時間降水量) を入力し、予報検証を行う作業を、毎週火曜日に実施した。

予報検証 Excel シートは、気温・降水量の観測値、INAM の予報、数値予報 (GSM: JMA の全球モデル) を入力すると、予報精度の評価結果が表示されるよう構成し、専門家が作成し TWG と共有した。検証結果は、標準誤差 (予報と実況の差の標準偏差)、予報のバイアス、持続予報に対する改善率 (図 3-23 のピンク枠)、数値予報に対する改善率 (緑枠)、的中率 (予報と実況の差が 2℃以内であれば的中としたときの的中した予報の割合) (黄枠) として計算される。

標準誤差、持続予報の考え方、予報改善率 (スキルスコアによる評価) については、予報部を対象として研修を行い予報官と共有した (研修資料については DVD に格納した)。

図 3-23 では、改善率がマイナスの地点・予報もあるが、これは、この期間は同じ天候が続く、特に最低気温がほぼ毎日同じだったためで、通常は INAM の気温予報は、持続予報および GSM よりも誤差が小さいことが確認された。

予報検証を行う作業、および、月報を作成する作業は、毎週火曜日に実施され、この活動は project をとおして継続して実施された。



Location	Variable	Bias	STDE	improved per. Score	GSM Score(<2)	Max	Min	
Maputo	Tmax(F)	0.5	1.5	58%	-17%	86%	2.3	-1.6
	Tmin(F)	0.3	2.1	-7%	-90%	71%	3.2	-3.3
XaiXai	Tmax(F)	0.7	1.6	35%	11%	71%	3.1	-0.6
	Tmin(F)	0.5	2.5	-9%	-14%	57%	4.9	-2.9
Inhambane	Tmax(F)	0.4	1.1	39%	24%	100%	1.6	-1.5
	Tmin(F)	-1.0	1.8	-15%	12%	57%	1.4	-3

図 3-23 予報の検証結果

予報検証を行う際に入力した実況データ、および、蓄積されている衛星画像等を用いて、気象月報を作成する研修を行った。なお、1981~2010年の気温および降水量の平年値(30年平均値)については、INAM気候部 Jonas Zucula氏から提供を受け、平年との比較結果も月表に掲載した(図3-24)。

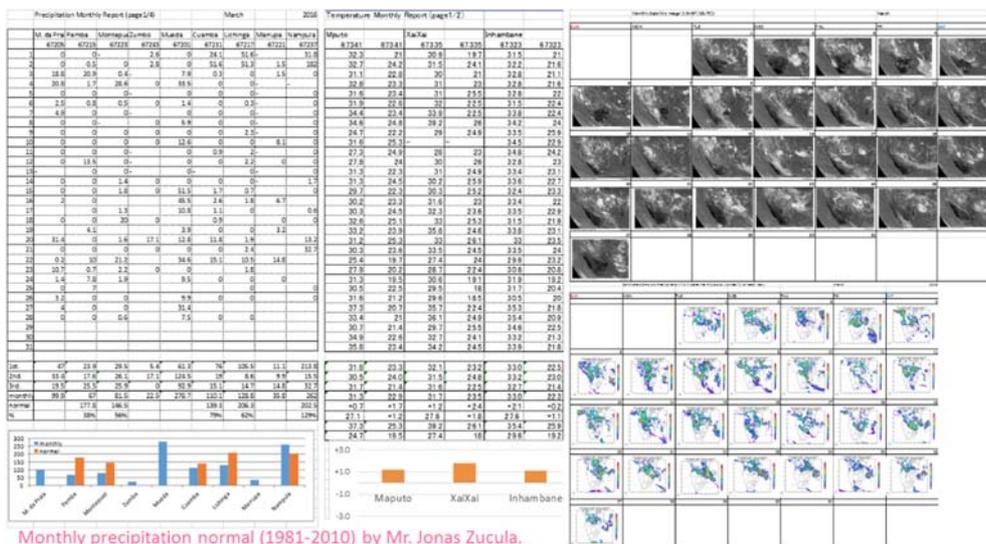


図 3-24 月報作成試験(左から降水量、気温、衛星と推定降水量)

(4) 2015/16 雨季の顕著現象（警報）についての検証(2016年4月、9～10月)

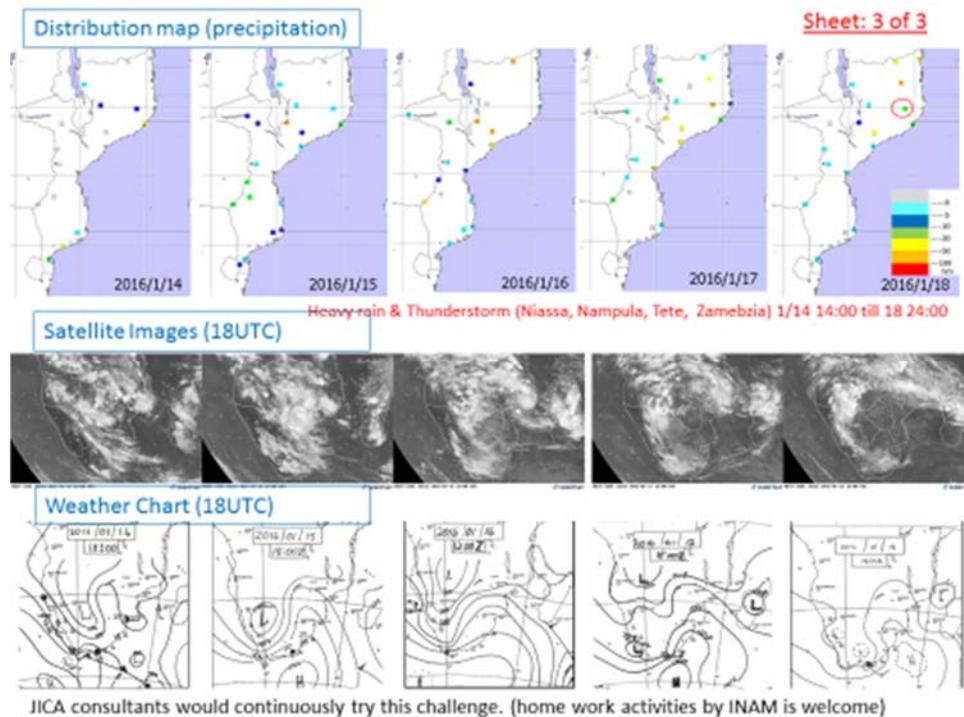


図 3-25 警報検証のための資料（上から降水量分布、衛星画像、地上天気図）

蓄積された衛星画像、観測データ等を用いて、2016年1月14日に発表された「大雨・雷警報」について、2016年4月に予報官とともに検証を行った。検証結果は以下のとおり。

- ・警報エリアにおいては基準となる日雨量 50mm を越えた降水量が観測されており適切であった。リードタイムも十分であった。
- ・ただ、警報対象エリア外の中部でも 1 プロビンスで警報基準を超えており、エリアについては、中部も含めて良かった。
- ・マダガスカルとモザンビークの間のモザンビーク海峡に、収束線または低気圧が発生し、これにより降水が強化されており、モザンビーク北部に大雨をもたらす典型的なパターンの 1 つであった。
- ・南アフリカ気象局の警報ガイダンスは、当日は対象となっていたが、前日には対象となっていなかった。南アフリカ地区の広域大雨リスク評価指標としては、ある程度利用可能であった（3月の事例では実況を後追いしており、予報ガイダンスとしては利用できなかった）。

また、大雨事例のうち残る 3 例について 2016 年 9～10 月の活動において、討議（降水の状況、衛星画像による解析、天気図パターン、大雨の予測可能性、INAM の警報の妥当性）を行いとりまとめた（表 3-16）。

表 3-16 2015/16 雨季の顕著現象（警報）の検証

		大雨の原因	INAM 警報の妥当性
事例 1	2016 1/14-18	ICTZ およびモザンビーク海峡 L の強化	○（発令地域がやや狭かったが概ね妥 当）
事例 2	2016 1/25-30	ICTZ およびモザンビーク海峡 L の強化	○（発令地域がやや狭かったが概ね妥 当）
事例 3	2016 1/30-2/4	ICTZ の強化、南アフリカ沖 H の 張り出しに伴う暖湿流の強化 とモザンビーク海峡 L の発達	×（警報が発表されなかった）
事例 4	2016 2/27-3/2	寒気を伴うトラフの通過に伴 うメソ擾乱の強化	△（INAM の予報は伝達に 2～3 日かか るが、2～3 日前に予測することが困 難）

INAM の警報は、Province を対象に数日の期間をもって発表する形式であることから、大雨が予想される数日前に発表・伝達される。事例 1・2 については概ね適切に警報が発表されたが、事例 3・4 では発表されなかった。

討議の中で、事例 3 については、午前当番者と午後当番者の引継ぎが不十分で、どのチームが警報を発令すべきかが明確になっていなかったことに起因すると分析され、事例 4 については INAM の現在の情報伝達体制では、数時間前に大雨が降りそうなことがわかって、一般市民まで伝達する手段がなく、情報を国民に伝えることが現状では難しいと分析された。

分析結果に基づき、警報が適切に発表できなかった事例 3 および事例 4 についての課題と対応策を以下のとおりとした。

【事例 3】 2016/17 雨季の 1～2 月の期間、気象衛星専門家が予報現業に入り、予報・警報にかかる OJT を行うことで、警報体制の見直しを行う。

【事例 4】

- ・前線に伴う強雨などは数日前に予測することは難しく、大雨を観測した時点で、それらの情報を緊急に伝達する手段を INAM も持つ必要がある。
- ・モザンビークでは北部を中心に、まだ TV が視聴されない地域が数多くあり、また、地域言語も多く残っていることから、警戒情報伝達にラジオ放送を活用する。

(5) 雨量計ネットワークの構築(2016 年 10 月)

2016 年 9 月 22 日の JCC において、技術移転目標をレーダーを用いた大雨監視から、気象衛星・AWS を用いた大雨監視に変更することが承認されたことから、「Maputo, Beira, Nampula への雨量計テレメーターの設置」のための、雨量計の輸送、通信用 SIM カードの調達・契約等を実施した。

携帯電話については、BodaCom、Mcel、Movitel などの通信会社があるが、モザンビーク全土で安定して通信が行えるキャリアとしては、BodaCom が良いとの C/P(Ricard 氏)からのアドバイスがあり、同社と契約交渉を行った。

同社では通信料に応じた SIM カードの月額プランを何種類か用意しているが、雨量データのみであれば通信量は極めて少ないことから、最小単位である月 300Mbyte のプラン (300 メティカル/月・台) を利用することとし、3 地点で使用する SIM カードについて 2 年間の前払い契約を取り交わした (24 ヶ月の通信料+1 ヶ月の保証料を前払いする)。契約は契約成立日 (9 月 20 日) から 24 ヶ月間有効で、ある 1 ヶ月の通信料が 300Mbyte を超えた場合は、その月の残りの期間、通信が出来なくなるが、翌契約期間には再度通信が可能となるサービスとなっている。契約書の写しは添付資料 G のとおり。なお、購入した SIM カードは購入時にはパスワードが設定されており、SIM カードのパスワード設定を無効 (接続時にパスワードを必要としない設定) にし、モデムにセットする必要がある。

設置においては、Beira および Nampula の設置に際し、ロガー設置用のポール (ガスパイプを 2m 程度に切断、グラインダーがないため、金ノコギリにより切断)、固定用のセメント等の現地調達が必要であったが、これらの物品の調達は容易ではなく、他の都市に展開する場合や機材を増やす場合は、設置に必要な部品調達方法について、十分留意する必要がある。

雨量計データネットワークをモニターする試験的な web-site (<http://data.sokki.jmbisc.or.jp/inam/>) のプログラム開発・設定を行った。

「雨量計ネットワークへの温度計・湿度計の追加」(2017 年 2 月)

2016 年 10 月に設置した「Maputo, Beira, Nampula の雨量計テレメーター」に「温度計」および「湿度計」を増設した。

温度計・湿度計については本邦において気象庁検定を取得したセンサーを携行機材として専門家が持ち込んだ。また、温度センサーについては、INAM に供与された恒温槽により INAM 準器との比較を行った。

温度・湿度センサーの設置は、Beira : 2/7、Nampula : 2/8、Maputo : 2/15 に実施し、公開用 HP については、2/11 に改修を行った。データは、携帯電話経由で、TCP/IP ソケット通信によるデータは JMBSC サーバーへ、Mail によるデータは INAM に送られている。INAM の通信ネットワークが脆弱であること、ネットワークの運用に問題があることから、INAM のネットワークの運用体制が安定するまでは、現在の経路による通信を行い、INAM の体制が安定した時点で、JMBSC 経由の通信を INAM に移す必要がある (図 3-29 の①か②の方法、青線は現在)。

観測データの web ページについては、ソケット通信で JMBSC に集められたデータを InterNet 経由で INAM に送り、前述の PC で画像化処理を行っている。

3. Thermometer/Hygrometer installation

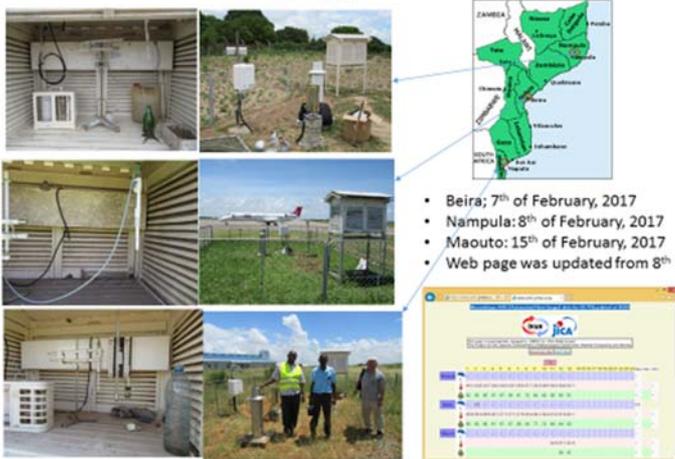


図 3-26
INAM-AWS の設置状況

Appendix. Installation of thermometer and hygrometer

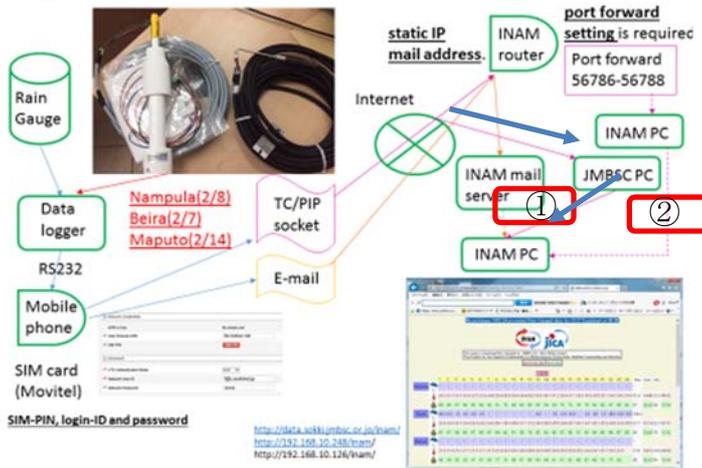


図 3-27
INAM-AWS データの流れ

http://data.sokki.jmbsc.or.jp/inam/mozarg_20170227.html

Mozambique ARG (Automated Rain Gauge) data for 02/27 (updated at 00:00)

INAM JICA

This page is experimentally managed by JMBSC for JICA-INAM project
(The Project for the Capacity Enhancement of Meteorological Observation, Weather Forecasting and Warning.)

previous day next day

02/27

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	day	max.	min.		
Nampula	23.3	22.7	22.7	22.6	22.5	22.8	24.9	25.4	26.9	28.4	29.4	29.2	30.2	30.1	31.2	28.4	27.1	26.3	25.9	25.5	25.1	24.2	24.2	23.8	31.4	14.48	22.3	05.02	
Beira	48.0	5.0	1.5	4.5	6.0	2.5	-	-	-	9.0	-	1.5	21.0	18.0	-	1.5	4.5	1.0	45.0	10.5	13.5	189.0	-	-	-	-	-	-	-
Maputo	22.9	23.0	23.1	23.4	23.4	23.2	24.0	25.1	25.0	25.9	27.1	27.2	26.0	26.3	25.5	24.8	25.7	26.1	24.7	26.1	25.3	24.5	24.3	25.5	27.7	12.14	22.7	01.17	
	97	97	98	98	97	98	97	94	92	91	85	78	95	92	95	97	95	91	93	94	96	96	97	95	99	23.28	78	12.12	
	21.5	21.3	21.2	21.1	21.1	21.1	21.5	22.4	23.9	26.2	26.0	26.6	26.9	26.5	26.5	25.8	25.6	25.2	24.4	24.1	23.7	23.3	22.0	-	27.6	14.10	20.9	04.50	
	84	84	83	83	81	81	80	77	72	65	67	65	64	64	61	61	62	66	67	69	70	77	83	-	85	02.20	59	15.10	

図 3-28
INAM-AWS 公開ページ

(6) LINUX のインストール、スクリプト・web ページに係る演習 (2017 年 1~2 月)

2015 年 9 月からの活動で、予報検証や大雨の事例解析を行うために、南アフリカ気象局の大雨ガイドンス、地上天気図、数値予報図、衛星による 6 時間降水量推算分布図、EUMETSAT の衛星画像、JMA-GSM の時系列値を自動的に収集するスクリプトを、専門家の所属する JMBSC の PC で運用し共有していたが、気候部および予報部にラップトップ PC を持ち込み、これらに Linux-OS およびスクリプトを移植し、INAM 内でデータの収集および蓄積を行うシステムを構築した。

このシステム構築を行うにあたり、気候部および予報部において、Linux のインストール、および、スクリプトの設定・編集、ホームページの構築にかかる講義と演習を実施した (DVD に研修資料を添付)。気候部は、Jonas Zucule 部長および Isaias Raiva 氏に、予報部は、Hicardo Hiporto 氏に、主に技術移転を行った。

現在、気候部(192.168.10.126)および予報部(192.168.10.248)の PC でこれらのスクリプトが動いており、INAM ネットワークに繋がっている端末から、これらの情報を利用できるようになっている。

INAM のネットワークが安定した段階で、INAM 内でデータ収集・処理を行うシステムに移行するための準備は整った。

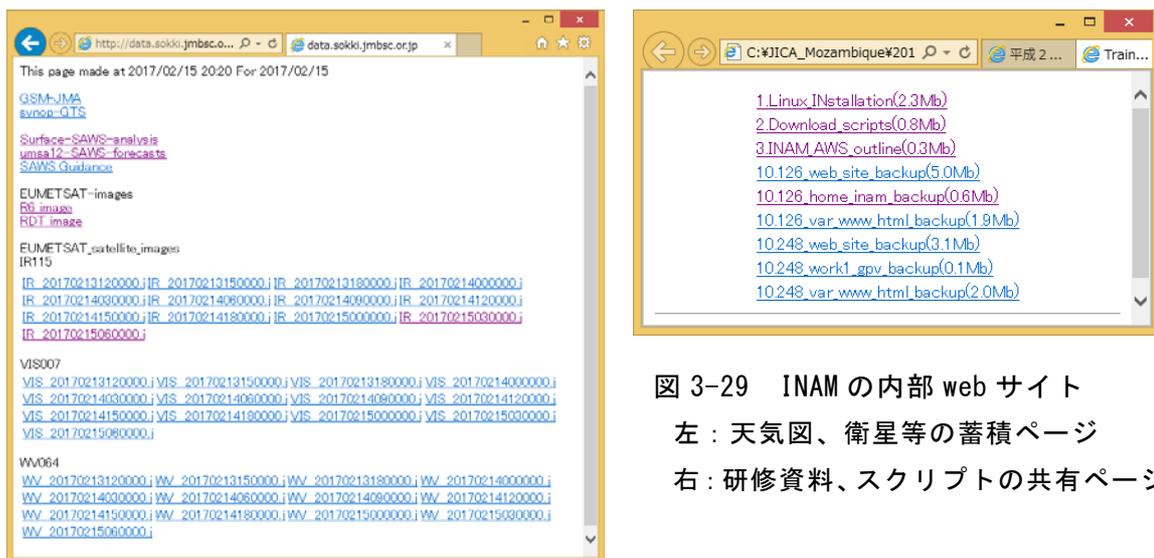


図 3-29 INAM の内部 web サイト

左 : 天気図、衛星等の蓄積ページ

右 : 研修資料、スクリプトの共有ページ

なお、2017 年 1 月に、JICA モザンビーク事務所の予算で、予報会報用の大型 Display が導入され、衛星専門家による会報等で利用を開始し、2 月のサイクロン来襲時にも、TV 取材等で有効利用された。



図 3-30 サイクロン予報の検討

(7) 主な研修の記録

第1回現地活動

- ・GPV データの利用 (2015年10月7日・8日)
- ・気象衛星の基礎、気象衛星画像の利用 (2015年10月13日)
- ・気象予報の検証 (2015年10月14日)
- ・予報検証の実施方法 (2015年10月14日)

第2回現地活動

- ・予報検証演習 (2016年3月22日、29日、4月5日)
- ・気象衛星画像の利用、解析 (2016年4月6日)
- ・大雨事例解析検証演習 (2016年3月31日)

第3回現地活動

- ・大雨事例解析検証 (2016年9月15, 20, 27日)

第4回現地活動

- ・Linux、スクリプト研修 (2017年2月2, 6, 9, 10日)

収集資料 (いずれも2015年10月～)

- ・INAM 短期予報、気象警報、1981-2010 平年値
- ・南アフリカ気象局 地上天気図、数値予報図 (48時間先まで)、大雨ガイダンス
- ・EUMETSAT IR, VIS, WV 衛星画像
- ・JMA 数値予報 GPV、SYNOP データ

(8) 成果品(ファイルは添付のDVDおよびINAMの内部webに掲載)

- ・INAM 予報研修週報 (2016年3月～、週1回)
- ・INAM 気象月報 (2016年1月～、月1回)

研修資料

- ・気象衛星データの利用 (2015年10月)
- ・GPV データの利用 (2015年10月)
- ・予報検証1, 2, 3 (2015年10月)
- ・INAM 予報週報の作成 (2015年10月)
- ・INAM 月報の作成 (2016年3月)
- ・GMT の利用 (2016年4月)
- ・2015/16 大雨解析報告 (2016年4, 10月)
- ・Linux-installation (2017年2月)
- ・Download スクリプト (2017年2月)
- ・web ページの構築とその構成 (2017年2月)

(9) 技術移転に係る成果

- ・週1回の予報検証および月報の作成がINAMにより開始されルーティンとして定着した
- ・モザンビークの主要空港3箇所にAWS(降水量・気温・湿度)が設置され、リアルタイムの気象データモニターが開始された。
- ・気象衛星、AWS、予報資料の利用に係る研修、および、気象衛星専門家のOJTにより、INAMの気象解析・予報技術の向上が図られ、2017年2月のサイクロン上陸時に十分な

リードタイムを持って精度の高い警報を発表、伝達することが出来た。

3. 5. 4 気象衛星専門家の活動内容・活動実績

(1) 気象衛星専門家による 2016/17 雨期 OJT (2017 年 1~2 月)

2017 年 1 月から 2 月の大雨シーズンに、気象衛星専門家は INAM の予報現業室で INAM の予報官と予報 OJT を実施した。主な活動内容は以下のとおり（気象衛星に関する活動については 3.4 項に記述する）。

(a) 大型ディスプレイを用いた予報会報

予報現業室で INAM の予報官と日々の予報現業作業に関する OJT を行うとともに、モザンビークの気象特性等に関する情報交換等を行った。JICA の供与による大型ディスプレイを予報現業室に設置し、2 月 6 日から予報会報を開始した。大型ディスプレイによる予報会報は INAM の予報官に好評で、特にサイクロン DINEO の接近・上陸時には適切なサイクロン予警報の発表に大きな成果があった。



図 3-31 サイクロン接近時の予報会報

○ サイクロン DINEO の予報事例

予報会報を開始した翌週の 2 月 13 日に、モザンビーク海峡で熱帯低気圧（DINEO）が発生し 15 日には同海峡における最も強いサイクロンまで発達した。このサイクロンの動向に関しては、熱帯低気圧が発生した当初から注目し、予報会報で各国の数値予報モデルによる予報の比較や衛星による監視を行い、13 日午前中からサイクロン情報を発表して警戒を呼び掛けた。

図 3-32 にサイクロン DINEO の 6 時間毎の位置と強度を示す。2 月 13 日 00UTC に発生したトロピカルストーム DINEO は、発達しながら南西進し、2 月 15 日 18UTC 頃にモザンビークでは 12 年ぶりとなるトロピカルサイクロン（日本の強い台風に相当）の強さでインヤンバネ州に上陸した。

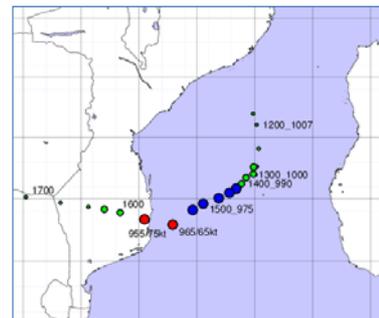


図 3-32 DINEO の 6 時間毎の位置と強度

○ DINEO の進路予報

図 3-33 は、INAM で気象庁 GSM の GPV から作成した 2 月 13 日 00UTC 初期値の 72 時間予想図である。GSM は、DINEO が 3 日後の 2 月 16 日 00UTC 頃にモザンビーク南部への上陸を予報しており、実況の進路と比較してかなり精度の高い予報をしていた。

予報会報では、気象庁 GSM の他に、米国気象局のモデルやヨーロッパ中期予報センター（ECMWF）のモデルによる予報を比較検討してサイクロン情報や警報の発表を行った。

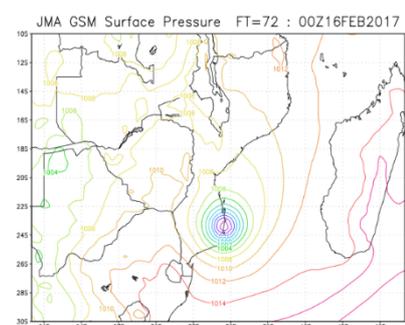


図 3-33 GSM の 72 時間予報(気圧)

○ DINEO の雨量予報

図 3-34 は、GSM による 2 月 14 日 00UTC 初期値の風と雨の 54 時間予想図である。サイクロンがイニャンバネ州を直撃する可能性がより高くなり、上陸後も台風中心付近で強い風と 6 時間雨量で 50 ミリを超えるコンパクトな強雨域が予想されていたことから、強風と大雨に関する最大級の警報を発表して警戒を呼びかけた。

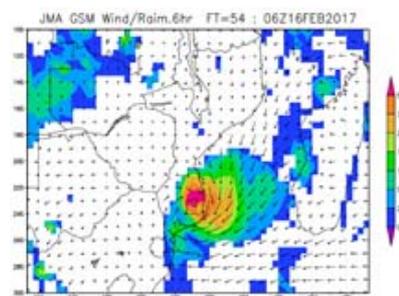


図 3-34 GSM の 54 時間予報(風と雨)

○ 観測された雨量と衛星による推定雨量

図 3-35(右)は、南アフリカ気象局が提供している EUMETSAT 衛星画像から推定した同時間帯の 6 時間雨量である。サイクロン周辺の GSM 雨量予報と衛星による推定雨量は概ね一致している。自動雨量計が未整備の INAM ではこれらの推定雨量を現業的にモニターしている。

INAM の雨量観測所で観測された 2 月 15 日 8 時(06UTC)～16 日 8 時(06UTC)の 24 時間雨量を図 3-35(左)に示す。サイクロンの通過した付近に雨量観測所がなかったことから、ビランクロでの 101.2 ミリが最大であった。衛星による現業的な大雨監視を行うためには、やはり ARG 等の雨量観測施設の拡充が望まれる。

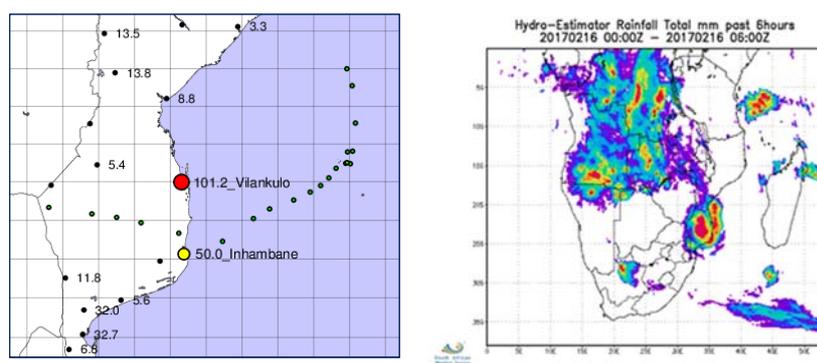


図 3-35 INAM の雨量観測所で観測された 2 月 15 日 8 時～16 日 8 時の 24 時間雨量(左)、EUMETSAT 衛星データから推定した 6 時間雨量(右)

(b) GPV の利用等に関する演習

数値予報 GPV データの利用等に関する研修を効果的に行うために、INAM 予報部の 5 名の職員(表 3-15)からなるワーキンググループを設置して演習を行った。演習の内容は、①GPV データの取得と GrADS による描画、②各観測点に対する GPV データの抽出と利用、③最高・最低気温 MOS ガイダンスの作成方法、④MOS ガイダンスの検証、⑤大雨事後解析への SATAID と GPV データの利用、である。講義・演習の内容は表 3-17 のとおり。



図 3-36 GPV の利用に関する演習の様子

表 3-17 講義・演習の主な内容

Date	Title and Contents
23-Jan	How to get and visualize surface GPV data <ul style="list-style-type: none"> ・ GSM 地上 GPV データの取得方法 ・ GrADS による描画に必要なデータファイル等の作成 ・ 予報作業に利用する GrADS スクリプトの作成
24-Jan	How to get GPV values at a station <ul style="list-style-type: none"> ・ GPV データから観測点上の予報値を抽出する方法 ・ 気温ガイダンスの計算に必要な GPV データの作成方法
25-Jan	How to get and visualize upper GPV data <ul style="list-style-type: none"> ・ GSM 上層 GPV データの取得方法 ・ GPV データから上層の予想図を作成する GrADS スクリプトの作成
26-Jan	How to prepare temperature guidance with GPV values at a station <ul style="list-style-type: none"> ・ GPV データからある観測点の気温ガイダンスを作成する方法
29-Jan	Post-event analysis with SATAID and GPV data <ul style="list-style-type: none"> ・ SATAID データを大雨時の事後解析に利用する方法 ・ GPV データを大雨時の事後解析に利用する方法
30-Jan	How to use SATAID application and SATAID data <ul style="list-style-type: none"> ・ SATAID アプリケーションの利用方法 ・ SATAID データの蓄積と事後解析への利用
2-Feb	Statistical analysis of GPV data for temperature guidance <ul style="list-style-type: none"> ・ 気温ガイダンスを作成するための GPV データの統計解析
13-Feb	How to get multiple regression equation and its verification <ul style="list-style-type: none"> ・ 重回帰 (MOS) 方式による気温ガイダンスの作成 ・ 独立データによる MOS ガイダンスの検証

(c) 気温予報ガイダンス

毎週火曜日に実施されている予報検証の成果を、日々の最高・最低気温予報に活かすために、気温観測データと GPV データを用いた重回帰式 (MOS 方式) による気温予報ガイダンスの作成をワーキンググループで試行的に行った。モザンビークにおけるインターネットのアクセスを考慮して、気象庁 GSM モデルの 0.5 度格子の地上 GPV データを用い、2016 年 11～12 月のデータで試行的な MOS ガイダンスを作成し、2017 年 1 月のデータで検証を行った。マップト、ベイラ、ナンプラーの最高・最低気温予報に対する持続予報、INAM の予報、MOS ガイダンスの予報に対する平均 2 乗誤差の結果を図 3-37 に示した。これらの結果は、GPV データの利用に関する演習の一環として試行的に作成・検証したもので、より系統的な MOS ガイダンスの作成・検証、さらにはカルマンフィルターによるガイダンスの作成・検証は次回の活動で実施することとした。

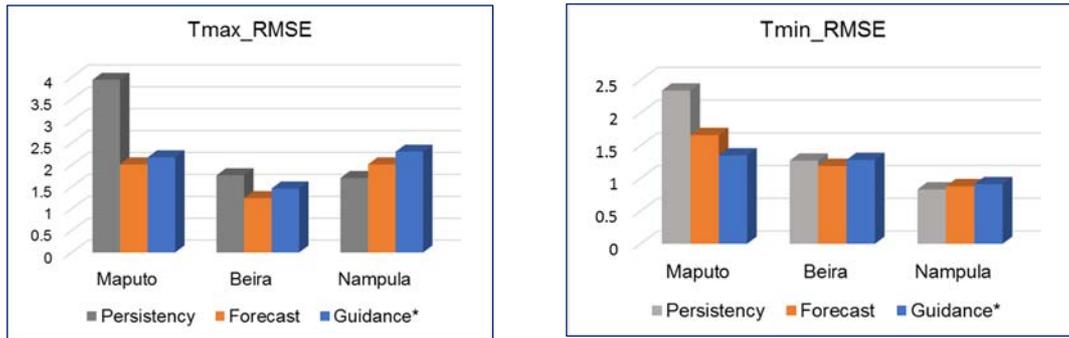


図 3-37 2016 年 11~12 月の最高・最低気温観測値と GSM 地上 GPV から作成した MOS ガイダンスを 2017 年 1 月のデータで検証した結果

(2) 気象衛星専門家による 2016/17 雨期 OJT (2017 年 7 月)

気象衛星専門家は、2017 年 7 月に 2016/2017 年雨季の大雨イベントのレビュー、最高・最低気温ガイダンスの演習等を行った。主な活動内容は以下のとおり。

(a) 大雨イベントの事例解析

2016/2017 の雨季におけるモザンビークの大雨イベント 5 事例について、衛星データや気象庁 GSM の数値予報データを使った事例解析演習を行った。この研修は、雨季の大雨イベントの事後検証を行い、次シーズンに検証結果を生かすことを目的とした。また、1 日に 2 回 (午前と午後) に予報会報スタイルでブリーフィングを行い、INAM の予報官と意見交換を行った。



図 3-38 大雨イベントの事例解析の様子

(i) 寒冷前線による大雨 (2017 年 1 月 17 日の大雨事例)

- 2017 年 1 月 17 日の顕著な寒冷前線の通過に伴い、モザンビーク南部から中部にかけての 4 カ所で、100 mm を超える雨量を観測した (図 3-39)。本事例は、今雨季では最も広範囲に大雨となった事例である。
- 500hPa のトラフは、モザンビークの南まで接近して通過し、間接的に顕著な寒冷前線の形成に寄与したように見える (図 3-40 左)。
- 850hPa 気温解析図を見ると、南風による寒気の流入が顕著で、モザンビーク中部まで入り込んでいる。モザンビーク海峡からは北東風による暖気の流入があり、モザンビーク中南部で明瞭な寒冷前線が形成されている (図 3-40 右)。

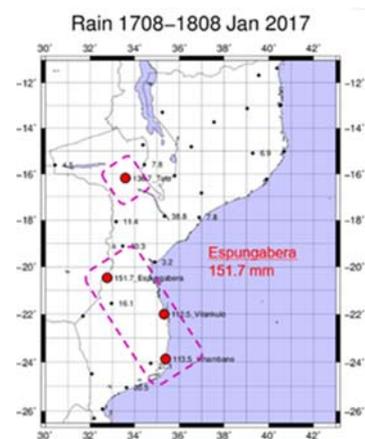


図 3-39 1 月 17 日の 24 時間雨量分布

- ・地上天気図で見ると、寒冷前線の通過とともに寒冷前線後面の高気圧がぐっとモザンビークに張り出してきて、イベントのピーク時には ITCZ まで達している（図 3-41）。

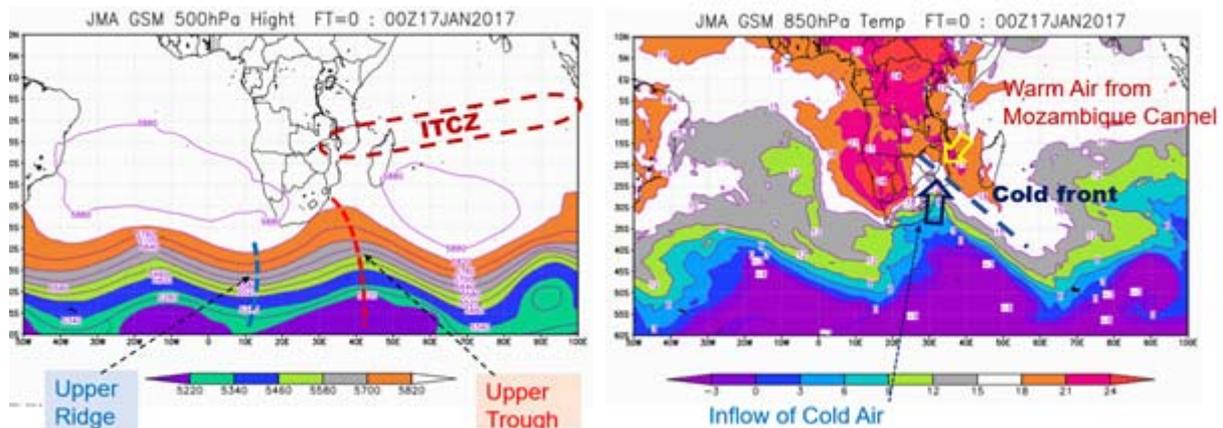


図 3-40 寒冷前線による大雨時の 500hPa 高度（左）と 850hPa 気温解析図(右)の特徴

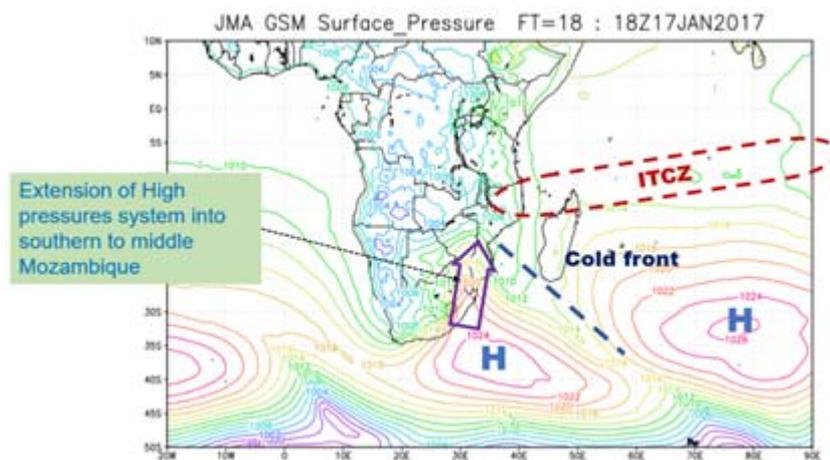


図 3-41 寒冷前線による大雨時の地上天気図の特徴

(ii) 強い収束帯による大雨（2017 年 2 月 26-28 日の大雨事例）

- ・ 2017 年 2 月 26 日から 28 日にかけて、モザンビーク中部のベイラでは 24 時間雨量が 200 mm を超える大雨が 2 日間も続いた。この事例は、モザンビーク海峡南部からの東南東風と同海峡北部からの東北東風がベイラ付近で収束帯を形成し、2 日以上ほとんど同じにとどまったことによるものである（図略）。

(iii) 熱帯収束帯（ITCZ）による大雨（2017 年 2 月 6 日の大雨事例）

- ・ 1 月や 2 月には、ITCZ がモザンビーク北部や中部に位置することが多く、ITCZ にモザンビーク海峡から暖かな南東風が吹き込み、収束雲が発達して局地的な大雨をもたらすケースがしばしば見られる。南部からの寒気の流入等がからまない ITCZ 単独の場合は、大雨は局地的になりやすい。数値予報モデルでは、雨のポテンシャルはある程度

表現されるが、大雨の場所と量的な見込みを特定するにはいたらず、適切な警報の発表が難しいケースが多い(図略)。

(iv) サイクロン DINEO による暴風雨 (2017 年 2 月 15 日の暴風雨事例)

・モザンビーク海峡における熱帯低気圧の発生はそれほど多くはなく、モザンビークに上陸する熱帯低気圧は数年から 10 年に一度くらいの頻度であるが、2 月中旬にモザンビーク海峡で発生した熱帯低気圧 (DINEO) は、12 年ぶりにサイクロンの強さで 2 月 15 日未明にモザンビーク南部に上陸した。今回の DINEO に関しては、気象庁の GSM を含む主要な数値予報モデルが 3 日前から精度良くサイクロンの発達とモザンビークへの上陸を予想しており、2 日前からかなり正確なサイクロン警報を発表することができた (図 3-32、図 3-33)。

(b) 最高・最低気温予報ガイダンスの作成と検証

2017 年 1~2 月の現地活動で、気温観測データと気象庁 GSM の GPV データを用いた重回帰式 (MOS 方式) による気温予報ガイダンスの作成を試行的に行ったが、試行結果を踏まえ、より系統的な MOS ガイダンスの作成・検証、カルマンフィルターによるガイダンスの作成・検証に関する演習を行った。

(i) モザンビークの気温変化の特徴

気温ガイダンスの作成にあたっては、各地点における最高気温、最低気温に関する日変化や季節による変動の特徴を十分把握しておく必要があり、はじめに 2016 年 12 月から 2017 年 3 月までの 4 か月間の観測データを使って、雨季の気温変化の特徴を分析した。モザンビークは南北に細長い地形で、南部のマプトやシャイシャイは寒冷前線の通過等による気温変動が大きく、北部や中部沿岸部の気温変動は比較的小さいという特徴が見られる。図 3-42 は、当該 4 か月間の 11 地点の最高気温の標準偏差 (SD: Standard Deviation) である。マプトの標準偏差が 3.58°C と最も大きく、北部沿岸部のペンバが 0.99°C と最も小さくなっている。最低気温についてみると、マプトの標準偏差が 2.01°C、南部から中部の地点が 1.5~2.0°C、北部の地点が 1.5°C 未満と、最高気温に比べると変動は全体的に小さくなっていた (図略)。ただし、乾季は最低気温の変動が大きく、最高気温の変動が小さくなると考えられる。

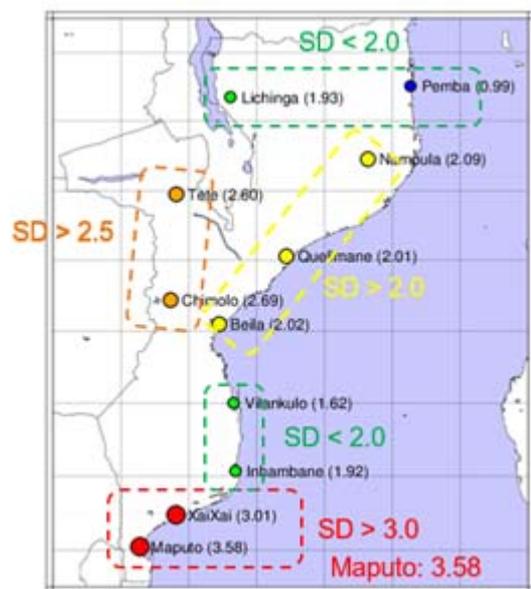


図 3-42 最高気温の標準偏差 (2016 年 12 月 - 2017 年 3 月)

(ii) 最高・最低気温ガイダンスの作成・検証

2017年1～2月の現地活動で、MOS方式による最高・最低気温ガイダンスの作成を試行的に行ったが、GPV地上予想気温と最高・最低気温の相関が比較的高いマプト等の一部を除いてあまりいい結果が出なかった。そこで、カルマンフィルターによる最高・最低気温ガイダンスを作成し、MOS方式によるガイダンス、予報官の発表予報等との比較検証を行った。図3-43は、2017年1月と2月のデータで作成したMOS方式とカルマンフィルターによる最高気温ガイダンスを2017年3月と4月の独立データで検証したものである。カルマンフィルターによるガイダンスがMOS方式によるガイダンスを各地点でかなり上回っていることから、現業利用においてはカルマンフィルターによる最高・最低気温ガイダンスを用いることとした。なお、カルマンフィルターによるガイダンスと予報官による予報は概ね同等のパフォーマンスを示していた。最低気温についても、最高気温と同様な結果となっていたが、カルマンフィルターによるガイダンスが予報官の予報を上回っている地点が多くなっていた。

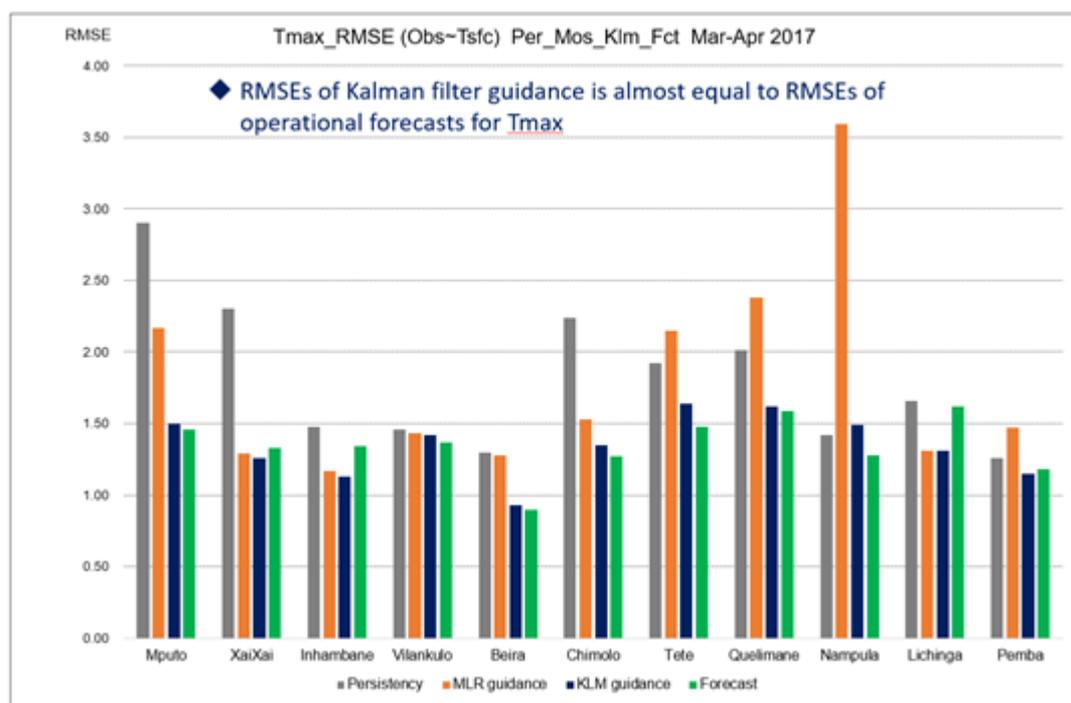


図3-43 最高気温ガイダンスの検証。持続予報（灰色）、MOSガイダンス（橙色）、カルマンフィルターガイダンス（青色）、発表予報（緑色）の最小二乗誤差。2017年3-4月。

(3) 気象衛星専門家による 2017/18 雨期 OJT (2018 年 1~3 月)

2018 年 1 月から 3 月の大雨シーズンに、気象衛星専門家は INAM の予報現業室で INAM の予報官と前年度の雨季に続き 2 回目の予報 OJT を実施した。主な活動内容は以下のとおり。

(a) 天気・気温ガイダンスの利用等に関する演習

数値予報 GPV データの利用、天気ガイダンス及び気温ガイダンスの利用等に関する研修を効果的に行うために、前回同様、INAM 予報部の 4 名の職員からなるワーキンググループを設置して講義・演習を行った。演習の主な内容は、表 3-18 のとおり、①SATAID と気象庁 GSM の GPV 利用 (これまでの復習)、②天気ガイダンスの概略と運用方法、③予報作業における天気ガイダンスの利用方法、④最高・最低気温ガイダンスの概略と運用方法、⑤予報作業における最高・最低気温ガイダンスの利用方法、である。この演習では、ガイダンス作成プログラム等の中身については必要最小限の説明にとどめ、日々の予報作業でどのように使うのかといったことを重点的に実施した。



図 3-44 ガイダンスの演習

表 3-18 講義・演習の主な内容 (2018 年 2 月)

Date	Title and Contents
05-Feb	<ul style="list-style-type: none"> ・ 天気予報と警報発表の手順 ・ SATAID の利用と GSM GPV データの利用
06-Feb	<ul style="list-style-type: none"> ・ 天気ガイダンスの作成に必要な GPV データの取得方法 ・ 天気ガイダンス (降水確率、平均雲量、最大風) の作成概要
07-Feb	<ul style="list-style-type: none"> ・ 降水確率、平均雲量、最大風速の計算概要 ・ 天気ガイダンスの明日予報への利用手法
08-Feb	<ul style="list-style-type: none"> ・ カルマンフィルターを用いた気温ガイダンスの作成手法 ・ 最高、最低気温観測データによる回帰係数の更新方法
09-Feb	<ul style="list-style-type: none"> ・ 最高、最低気温ガイダンスの計算概要 ・ 最高、最低気温ガイダンスの明日予報への利用

(b) 予報会報の実施

ワーキンググループの演習を 1 週間程行ってから、前年度の雨季と同様に予報会報を実施した。予報会報は概ね図 3-46 に示す手順に沿って行った。これまでの現地活動で技術移転を行った①SATAID/ARG の利用、②気象庁 GSM の GPV の利用に加えて、③天気ガイダンスと最高・最低気温ガイダンスの利用を今回新たに導入した。今回の予報会報は、ガイダンスの利用等に関するワーキンググループの活動を予報官等とも共有する目的で、ワーキンググループのメンバーが交代でブリーフィングを実施した。

本来、予報会報は現業当番の予報官が毎日行うのが望ましいが、現状の INAM 予報部の現業体制を考慮すると、予報会報を毎日行うのは現実的に難しく、シビアな天気予想され

る場合に主任予報官や予報部長が予報会報の実施を指示するといった運用が適当と思われる。

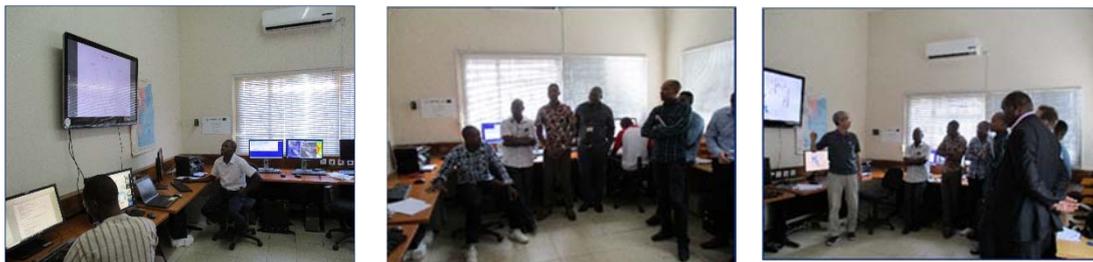


図 3-45 予報会報の様子

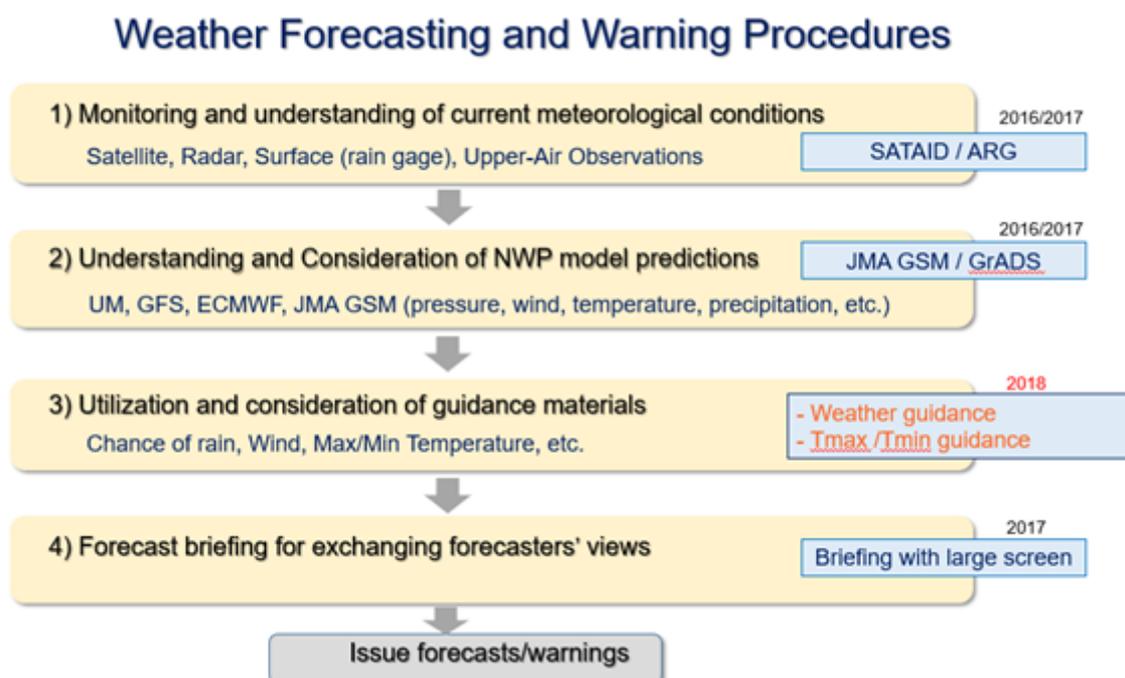


図 3-46 予報作業手順の概要と関連する主な技術移転の内容

(c) 南アフリカ気象局の訪問

南アフリカ気象局 (SAWS) は、世界気象機関 (WMO) が進めている荒天現象予報デモンストレーションプロジェクト (SWFDP) における予報センターを担当しており、モザンビークを含む南部アフリカ諸国に対して様々な荒天予報支援資料を提供している。INAM では SAWS が提供する大雨域の予想資料や各種数値予報資料、EUMETSAT 衛星データに基づく雨量推定分布等を良く利用しており、これら支援資料の作成手法等を把握するために、2月27日に INAM の Mussa 副長官とともに SAWS を訪問した。



図 3-47 SAWS の訪問状況

当日はSWFDPの担当予報官から各種支援資料の具体的な作成手法等について有益な情報収集を行うことができた。図 3-47 の写真は、荒天予報支援資料の具体的な作成手法に関する調査状況で、GFS や ECMWF の数値予報プロダクトから予報官が手作業で大雨の予測域を描画しているとのことであった。また、Mussa 副長官も各部局で幹部クラスとの密な情報交換を行って、INAM と SAWS との連携強化に努めた。

(d) 仕上げの演習、0JT

専門家が帰国後も、INAM 予報部の職員が数値予報 GPV や今回導入した天気ガイダンス、最高・最低気温ガイダンスを継続的に維持・改善できるよう、ワーキンググループメンバーを中心に仕上げの演習、0JT を行った(表 3-19)。演習、0JT の主な内容は、①天気ガイダンスと気温ガイダンスのプログラム構成、②ガイダンス計算のための GPV-観測データセットの更新、③2018 年 1~2 月の最高・最低気温ガイダンスの検証、④複数の予測因子による気温ガイダンス改善の可能性調査、⑤天気シンボルの客観的な決定方法、⑥降水確率ガイダンスの降水量データセットの更新方法、である。仕上げ演習、0JT を通じて、天気ガイダンス、最高・最低気温ガイダンスが日々の予報作業に有効であることを確認するとともに、より予報作業に使いやすいようにプログラムの改善、EXCEL を使った予報会報用プレゼン資料のテンプレート作成等を行った。予報会報で使った天気ガイダンスと気温ガイダンスのサンプル、及び最高・最低気温の検証資料を図 3-48~図 3-52 に示す。

表 3-19 仕上げの講義・演習の主な内容(2018 年 3 月)

Date	Title and Contents
05, 06-Mar	<ul style="list-style-type: none"> ・最高、最低気温ガイダンスのプログラム構成 ・月毎の GPV と観測データの更新方法
07, 08-Mar	<ul style="list-style-type: none"> ・毎日の最高、最低気温ガイダンスのパフォーマンス ・2018 年 1 月、2 月の最高、最低気温の統計的検証
09-Mar	<ul style="list-style-type: none"> ・ガイダンスを改善するための予測因子の選択手法
12, 13-Mar	<ul style="list-style-type: none"> ・ガイダンスを改善するための予測因子の選択手法 ・最高、最低気温観測データによる回帰係数の更新方法
14, 15-Mar	<ul style="list-style-type: none"> ・天気ガイダンスにおける天気コードの客観的な決定方法 ・最高、最低気温ガイダンスの明日予報への利用手法
20, 21-Mar	<ul style="list-style-type: none"> ・POP の更新のための月降水量データセットの作成 ・天気、気温ガイダンスの維持管理

Day3 Date_20180314 Dia (08:00-20:00) ft=54-66, Noite (20:00-08:00) ft=66-78							Day3 Date_20180314 Dia (08:00-20:00) ft=54-66, Noite (20:00-08:00) ft=66-78						
	POP24	Rain(mm)	Cloud(%)	DD	FF(knot)	Simbolos do Tempo		POP24	Rain(mm)	Cloud(%)	DD	FF(knot)	Simbolos do Tempo
Lichinga	30	6.6	90	E	4	14/16	Beira	20	0.6	30	S	7	4/
		0	60	E	4	6/			0	10	SE	5	1/
Pemba	10	0.1	30	SE	7	4/	Vilankulo	10	0.1	40	SW	4	4/
		1.9	50	SE	6	7/11			0	50	SE	2	6/
Nampula	10	0.1	50	S	5	7/11	Inhambane	10	0	40	SW	4	4/
		0	40	SE	4	2/3			0	20	S	10	6/
Quelimane	20	1.2	30	S	7	4/	XaiXai	10	0	10	E	4	1/
		1.2	30	S	5	4/			0	0	NE	5	1/
Tete	0	0.2	50	SE	8	7/11	Maputo	10	-0.1	0	NE	7	1/
		0.2	40	SE	6	4/			0	20	NE	6	2/3
Chimoio	20	-0.1	40	SE	5	2/3							
		0	40	SE	3	2/3							

図 3-48 天気ガイダンスのサンプル。

2018年3月12日00UTC 初期値の3日目日中の予報。天気ガイダンス（降水確率、降水量、平均雲量、最大風向・風速、天気コード）は、11の主要都市に対して12時間毎に84時間まで作成。

Cloud		Rain	POP	Code	Simbol		
0 - 10 %	ceu limpo	0 mm		1			
20 - 40 %	pouco nublado	0 mm		2 or 3			
		> 0 mm	10 - 40 %	possibilidade de chuvas	4		
		> 1 mm	50 - 100 %	com chuvas	5		
50 - 70 %	nublado	0 mm		6			
		> 0 mm	10 - 40 %	possibilidade de chuvas	7 or 11		
		> 1 mm	50 - 100 %	com chuvas	8 or 13		
80 - 100 %	muito nublado	0 mm		18			
		> 0 mm	10 - 40 %	possibilidade de chuvas	14 or 16		
		> 1 mm	50 - 100 %	com chuvas	15 or 17		

図 3-49 天気ガイダンスにおける天気コードの客観的な決定アルゴリズム

Maputo	Tmax	Tsfc36	coef_a	coef_b	KLM_date	Tete	Tmax	Tsfc36	coef_a	coef_b	KLM_date
20180314	35	30.8	1.14	-0.09	20180312	20180314	31.4	27.24	0.93	6.01	20180312
	Tmin	Tsfc24	coef_a	coef_b			Tmin	Tsfc24	coef_a	coef_b	
	21.1	23.29	0.8	2.43			23.7	22.36	0.75	6.91	
XaiXai	Tmax	Tsfc36	coef_a	coef_b	KLM_date	Queliman	Tmax	Tsfc36	coef_a	coef_b	KLM_date
20180314	31.3	30.18	0.82	6.61	20180312	20180314	31	27.52	1.22	-2.45	20180312
	Tmin	Tsfc24	coef_a	coef_b			Tmin	Tsfc24	coef_a	coef_b	
	20.2	22.11	1.04	-2.83			24	25.7	0.78	3.87	
Inhamban	Tmax	Tsfc36	coef_a	coef_b	KLM_date	Nampula	Tmax	Tsfc36	coef_a	coef_b	KLM_date
20180314	31	27.9	1.12	-0.31	20180312	20180314	30.3	28.68	0.9	4.34	20180312
	Tmin	Tsfc24	coef_a	coef_b			Tmin	Tsfc24	coef_a	coef_b	
	23.7	26.01	1.36	-11.66			22.4	23.29	0.49	11	
Vilankulo	Tmax	Tsfc36	coef_a	coef_b	KLM_date	Pemba	Tmax	Tsfc36	coef_a	coef_b	KLM_date
20180314	30.9	28.3	0.34	21.35	20180312	20180314	31	30.15	0.19	25.26	20180312
	Tmin	Tsfc24	coef_a	coef_b			Tmin	Tsfc24	coef_a	coef_b	
	22.3	23.76	0.77	4.01			23.2	25.82	0.51	10.02	
Beira	Tmax	Tsfc36	coef_a	coef_b	KLM_date	Lichinga	Tmax	Tsfc36	coef_a	coef_b	KLM_date
20180314	30.6	28.3	0.99	2.45	20180312	20180314	25.2	23.55	0.84	5.32	20180312
	Tmin	Tsfc24	coef_a	coef_b			Tmin	Tsfc24	coef_a	coef_b	
	25.4	26.32	0.55	11.02			16.3	19.32	0.51	6.33	
Chimoio	Tmax	Tsfc36	coef_a	coef_b	KLM_date						
20180314	27.4	26.62	0.83	5.24	20180312						
	Tmin	Tsfc24	coef_a	coef_b							
	18	20.23	0.83	1.31							

図 3-50 気温ガイダンスのサンプル

2018年3月13日00UTC 初期値による明日の最高・最低気温ガイダンス。モデルの36時間地上予測値（最高気温）と24時間気地上予測値（最低気温）、カルマンフィルターによる回帰係数と最新の観測値の更新日を最高、最低気温ガイダンスの後に付加している。

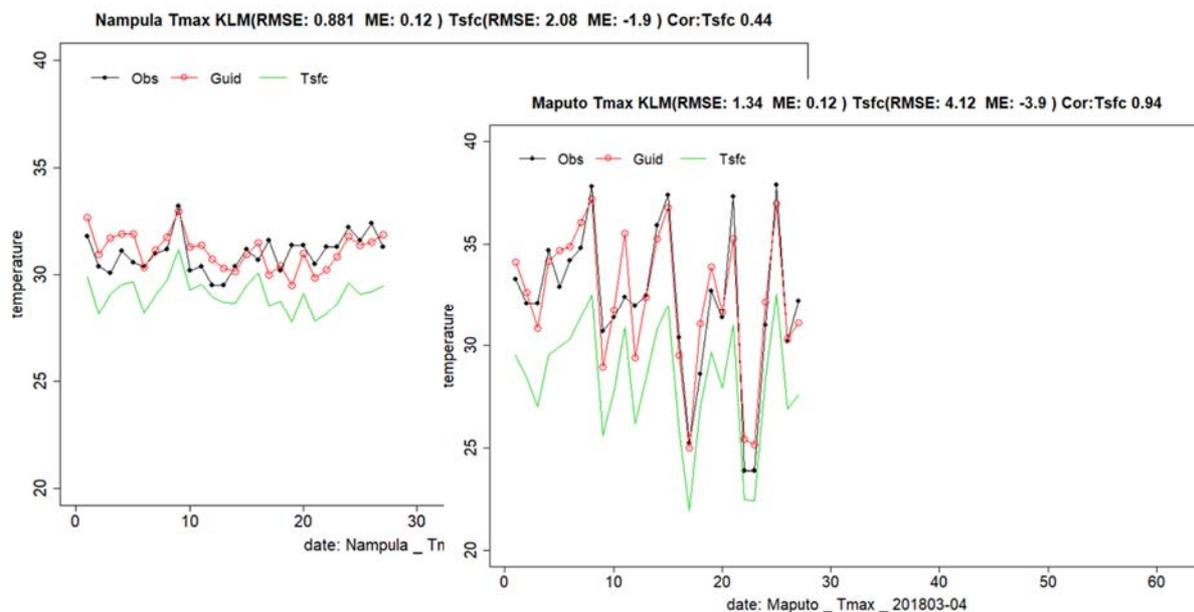
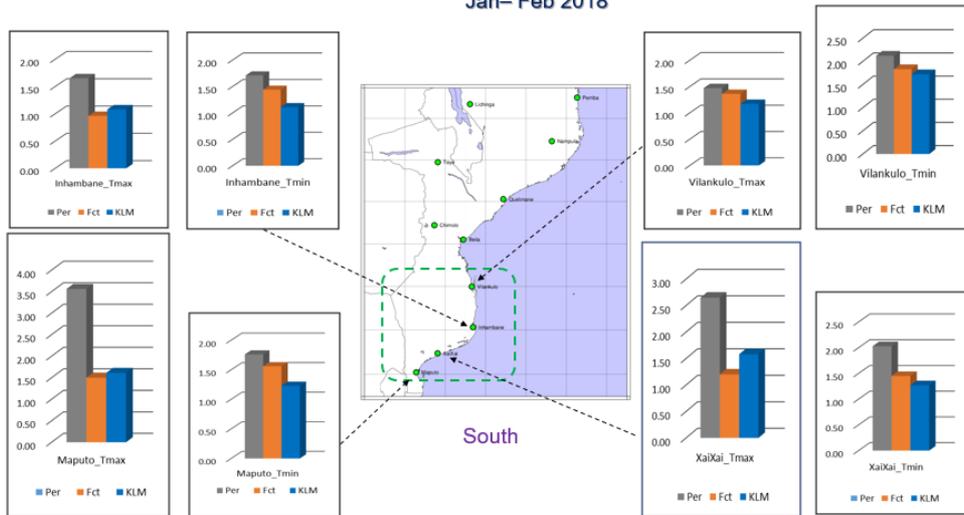


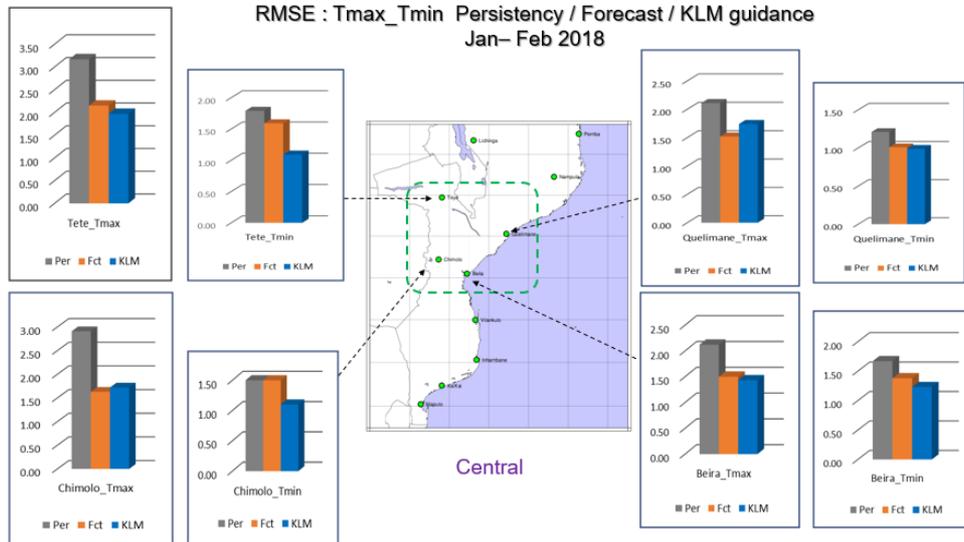
図 3-51 気温ガイダンス監視チャートのサンプル

気温ガイダンスの作成に合わせて、ガイダンスのパフォーマンスをモニターするために、前日までの気温ガイダンス（赤）、観測値（黒）、GPV予測値（緑）を11地点について、時系列グラフを作成している。

RMSE : Tmax_Tmin Persistency / Forecast / KLM guidance
Jan- Feb 2018



RMSE : Tmax_Tmin Persistency / Forecast / KLM guidance
Jan- Feb 2018



RMSE : Tmax_Tmin Persistency / Forecast / KLM guidance
Jan- Feb 2018

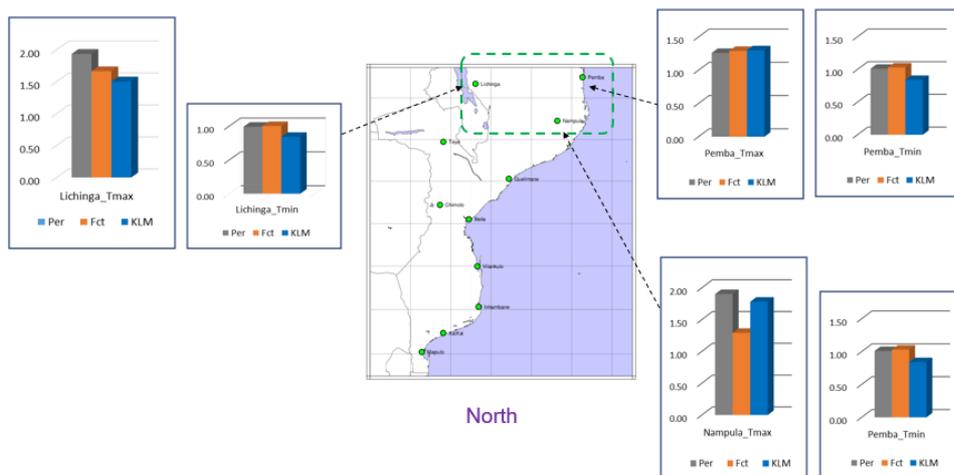


図 3-52 2018 年 1, 2 月の気温ガイダンスの検証。持続予報（灰色）、発表予報（橙色）、ガイダンス(青色)の最小 2 乗誤差 (RMSE)。左が最高気温、右が最低気温。

(4) 成果品

- ① 気象庁 GSM の GPV ダウンロード、利用環境の整備
- ② GrADS による気象庁 GSM の GPV 可視化プログラム
- ③ 天気ガイダンスプログラムと利用方法に関する研修資料
- ④ 最高・最低気温ガイダンスプログラムと利用方法に関する研修資料
- ⑤ 最高・最低気温ガイダンスの検証手法とデータセットの更新等に関する研修資料
- ⑤ 予報会報用の大型スクリーンと予報会報のプレゼン作成に関する研修資料

3. 5. 5 業務実施運営上の課題と工夫

(1) 業務運営上の工夫

ベースライン調査により、GTS、EUMETSAT、SADIS システムに障害があり、INAM では GPV や衛星データをオペレーショナルに利用することが出来ていないことが判明した。気象予報警報能力の向上のためには、気象学及び予報技術の講習により技術を向上させることも重要だが、過去データに基づいた事例研修、日々の予報作業における OJT が重要である。また、気象ガイダンスなど予報の改善のためにも、過去データの蓄積は重要である。

一方、INAM においては、予報・観測実況（日降水量、最高気温、最低気温）は、一部の欠落はあるが蓄積されており、GPV・衛星データ等を継続して蓄積することで、予報技術の向上のための事例研修、日々の予報作業における OJT に寄与することができる。

このことから、モザンビークにおいてデータ蓄積用の PC を購入し、INAM の予報作業で利用している主なデータを蓄積することを、2015 年 10 月から開始した。蓄積されたデータに基づいて、週 1 回の予報検証作業が 2016 年 3 月から開始され、また、2015～2016 年雨季の大雨事例について事例解析演習を開始することができ、加えて、2016/17、2017/18 雨期の OJT 演習をとおして大雨に係る解析・予報技術能力の向上、警報発表にかかる評価が行われ、予報警報能力の向上が計られるとともに、警報・予報の課題の抽出を行うことが出来た。

AWS（マプト、ベイラ、ナンプラ）の導入によりリアルタイムに気象状況を監視する体制が導入され、気象衛星専門家による OJT、予報現業室への大型 Display の導入により、現業作業に基づいた予報技術の技術移転・向上が進められた。

モザンビーク気象局は入手可能なデータが少なく、脆弱なネットワークに業務を依存せざるを得ない状況にあるが、データの蓄積、AWS の導入、予報検証、予報作業 OJT による継続的な作業の開始・継続により、比較的少額な投資で有効な技術向上を行うことができた。

(2) ワーキンググループの構成と情報共有

成果目標を達成するために、現地活動時には毎回予報部のメンバー数名からなるテクニカルワーキンググループ（TWG）を設置し、講義・実習等を行った。主たるメンバー（表 3-20）は、講義・演習の内容について、ワーキンググループメンバー以外の予報官にも適時予報会報の機会等を利用して、情報共有するよう努めた。

表 3-20 WG メンバー（気象予測）

Member	Department
Mr. Queiroz Alberto	Weather Forecast department
Mr. Manuel Francisco	
Mr. Guelso Manjate	
Mr. Hipólito Cardoso	
Mr. Jonas Zucula	Cimate division

3. 5. 6 プロジェクト終了時のセミナーとミーティング

（１） 自然災害への準備と回復力に関するセミナーの開催

本プロジェクトの成果と活動の報告と INAM の取り組みにかかる情報共有のため、モザンビークの防災関係機関やメディア等に広く呼びかけて「自然災害への準備と回復力に関するセミナー」を 3 月 19 日にマプトの Hotel Cardoso で開催した。セミナーには INAM の関係職員 10 名の他、外部からの多くの関係者を含む 35 名が参加した。図 3-53 にセミナーの参加者、テレビ各社のインタビューを受ける遠藤所長、セミナーの写真を掲載した。本セミナーについてはテレビや新聞等でも大きく報道された。

図 3-54 にセミナーのプログラムを示す。モザンビーク国家災害管理院（INGC）から「自然災害と極端現象時への準備」、報道関係者から「自然災害リスクの軽減におけるメディアの役割」、INAM 予報官から「モザンビークの早期警報システム」、INAM 長官から「自然災害への準備と回復力に関する INAM の戦略」、また JMBSC 専門家から「JICA プロジェクトの活動と成果」に関する発表が行われた。セミナーでは予定時間を 2 時間近く超過する熱心な発表と討議が行われた。討議では、INAM の予報・警報、早期警戒システムに対する率直な疑問等も複数の参加者から寄せられるなど、関係者間の情報交換が不足しているような印象を受けた。今後とも定期的に防災関係機関や報道機関と密接な情報交換、連携を図る必要があると思われる。



図 3-53 セミナーの参加者（左）、テレビ各社のインタビュー（中）、セミナー風景（右）

**Seminário sobre a Preparação e Resiliência Nacional aos
Desastres Naturais, Maputo, Hotel Cardoso, 19 de Março de 2018
Programa do Seminário**

HORA	TÓPICO	Moderador
09.00 – 09.15	Registo dos participantes	
09.15 – 09.30	Sessão de Abertura	Mussa Mustafa (Director-Geral Adjunto -INAM)
	<ul style="list-style-type: none"> • Representante da JICA – Hiroaki ENDO • Director-Geral do INAM – Adérito Aramuge 	
09.30 – 10.00	Sessão de Fotografia e Café da Manhã	
10.00 – 10.15	Estratégias para a Redução do Risco de desastres Naturais em Moçambique	INGC
10.15 – 10.30	Fortalecimento do Sistema de Aviso Prévio	INAM
	<ul style="list-style-type: none"> • Desafios do INAM na Reducao do Risco de Desastres Naturais • Previsões Baseadas no Imapcto 	Queiroz Alberto Jose Sawanguana
10.30 – 10.45	Papel dos Mídia na Redução de Riscos de Desastres Naturais	Osvaldo Gemo
10.45 – 11.00	Contribuição do JMBSC no Sistema de Aviso Prévio	Michihiko Tonouchi - JMBSC
11.00 – 11.15	Estratégia do INAM na Preparação e Resiliência no respeitante aos Desastres Naturais	Adérito Aramuge
11.15 – 11.45	Debate	Participantes
11.45 – 11.55	Considerações Finais e Encerramento	JICA/INAM
12.00 – 13.00	Almoço	Participantes

図 3-54 セミナーのプログラム

(2) INAM 関係者とのプロジェクト終了時ミーティング

約3年半にわたるプロジェクトの各分野における活動と達成度のレビュー、今後の INAM の観測予報業務改善の方向性等を検討するために、3月22日に INAM の講堂でプロジェクト終了時ミーティングを行った。ミーティングには長官・副長官・関係部局の部長、各分野のカウンターパート約30名が参加した。

INAM 長官からは、プロジェクトの実施に関する感謝と近い将来第二次プロジェクトを実施して欲しい旨の要望が表明された。観測分野のカウンターパートからは、AWS の展開やトレーサビリティの維持のための支援に関する要望が述べられた。また、予報分野のカウンターパートからは、ガイダンスが予報業務に有効であることや今後ガイダンスの対象地点の増やしたい旨述べられた。



図 3-55 ミーティングの様子

今後の INAM の業務改善の方向性について、図 3-56 の気象業務に必要な各分野の施設・プロダクト・技術等を包括的にまとめたチャートを用いて、INAM では今どこまでが出来ていて、今後の業務改善に優先的な課題は何かといったことの議論を呼びかけた。INAM の職員にとって、気象業務の全体像を俯瞰しつつ今後の業務改善を検討するといった機会は非常に少なく、あまり活発な議論にはならなかった。外にできる機会の多い長官や副長官のリーダーシップでできるところから INAM の業務改善を計画的に進めて行くことを期待する。

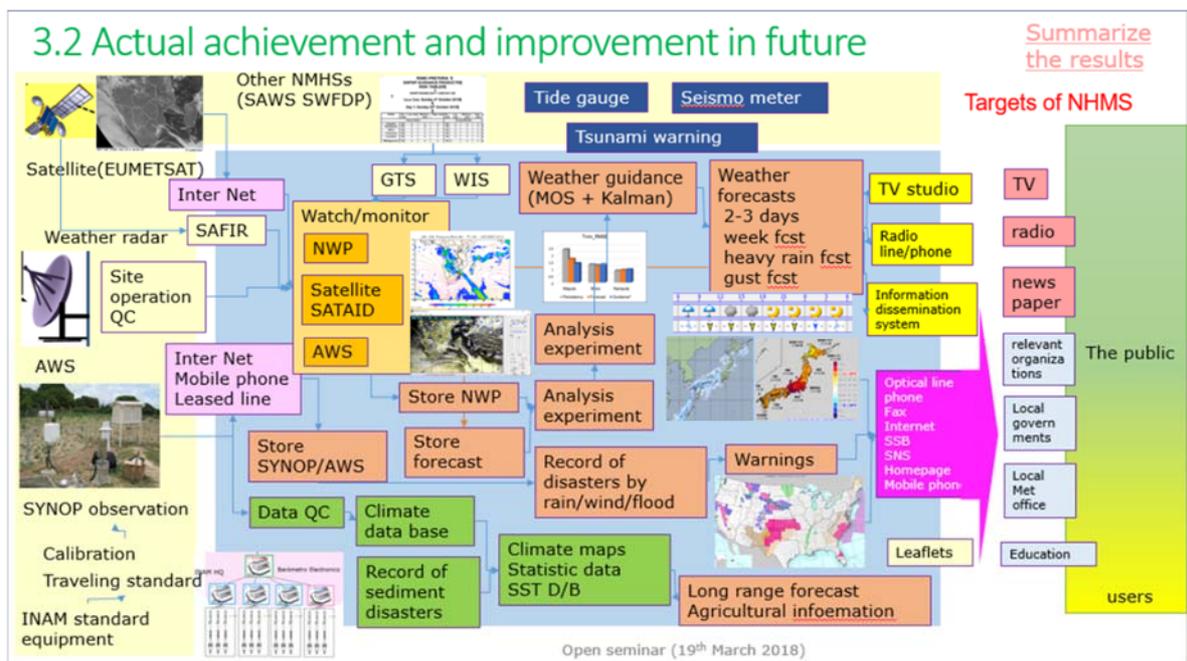


図 3-56 INAM の気象業務の現状を俯瞰したチャート

3. 5. 7 成果の達成状況

PDM の指標	主な成果	所 見
<p>1. INAM の少なくとも3人の職員が地上観測・レーダー・気象衛星・数値予報格子点データを予報に利用できる能力を身につける。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 気象予報に必要な総観気象学、気象力学、数値予報等の気象予報手法に関する研修を実施した。 ● 予報作業用 PC を供与し、悪天時の事例解析や予報ガイダンスの作成に必要な各種予報資料の蓄積を開始するとともに、INAM が毎日発表している最高気温と最低気温の予報精度を検証するシステムを導入した。検証作業は予報課職員によって毎週行われており、検証結果は“Weekly verification”として予報課職員に共有されている。さらに“Weekly verification”を取りまとめた“Monthly report”の作成・刊行を開始した。 ● INAM が大雨に関する気象警報を発表した悪天時の気象状況の解析・予報に関する事例解析・評価を行い、悪天時レポートの作成を指導した。これまで INAM では事後解析・評価の記録が残されておらず、予報官の知見や経験の蓄積・共有を図る意味で、悪天事例集の作成は非常に有効である。 ● 予報ガイダンスの作成手法に関する実習を行い、予報作業用 PC に蓄積された予報資料及び数値予報 GPV を用いて、最高気温・最低気温予報ガイダンス、及び天気(降水確率・平均雲量・天気コード、最大風向風速)ガイダンスを作成し、試験的な利用を行った。 ● 気象庁の数値予報 GPV を用いた衛星画像解析及び大雨事例の解析実習を行い、衛星画像と数値予報 GPV による大雨監視に関する予報課職員の理解を深めた。 ● INAM 職員 4 名に対して、気象予報警報に関する本邦研修を実施し、気象庁による先進的な気象業務に関する理解を深めた。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 左記の研修や悪天時の事例解析演習等により、気象衛星や数値予報 GPV の利用に関する予報課職員の理解は大いに深まった。今後は、予報検証や大雨の事例解析等を継続するとともに、この成果を INAM の予報能力向上に活かすための活動を行う必要がある。 ● 大雨時に警報が有効に発表されない事例があった。事例は、①警報基準に達したが警報が発表されなかったケース、②十分なリードタイムを持った予報が難しいケースに大別される。①については INAM との協議、OJT で改善を図っている。②については、警報の伝達方法、利用者との対話による改善が必要で、今後の検討課題。 ● 気温・天気ガイダンスの作成方法に関するワーキンググループメンバーの理解はかなり深まり、有効性についても十分理解できた。ただし、気温や降水量の観測データが計算機処理しやすい形式で保存されておらず、観測データベースの整備が今後の課題である。

<p>2. INAM の少なくとも 3 人の職員が包括的な予報作業をできる能力を身につける。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 気象衛星、数値予報 GPV の活用方法に関する講義・演習を複数回行うとともに、予報研修のためのデータ蓄積システムを構築し、同データを用いた事例解析演習を開始する等、予報警報能力向上に必要な環境を概ね整備した。 ● 1. の成果を INAM の包括的な予報作業に活かすために、2017 年 1 月から 2 月にかけて、毎日の予報作業において気象実況解析、大雨監視に関する OJT を実施した。2017 年 2 月中旬にサイクロンがモザンビークを直撃した際には、INAM からサイクロンに関する情報提供を迅速に行い、国連機関からも高い評価を受けた。また、1 月に導入した大型ディスプレイが予報作業に有効で、予報協議・情報提供で有効に活用されている。 ● 2 回目の OJT を 2018 年 1 月から 3 月にかけて実施した。SATAID の利用、JMA GSM の GrADS による描画等、昨年度に実施した OJT に加えて、今回は天気・気温ガイダンスの利用に関する技術移転を行った。また、昨年同様、シビアイベントが予想される時等には、大型ディスプレイを使った予報会報を行った。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 1 の成果を包括的な予報作業に活かすために、今回実施した毎日の予報作業 OJT は非常に効果的で、供与した大型ディスプレイを使った予報会報の実施も予報課職員の評価が高かった。予報作業能力の向上は日々の現業作業の積み重ねで得られるものであり、今後とも OJT で実施した事例解析、予報検証の継続することが望ましい。 ● 2016/17 雨期と 2017/18 雨期の予報 OJT により、INAM のほとんどの予報官は SATAID や ARG の監視、GPV を用いた気象監視・予報、ガイダンスを利用した予報作業等、包括的な予報作業を実施できる能力を身につける端緒となった。
	<ul style="list-style-type: none"> ● JICA 直営専門家は、INAM の天気予報、警報に対するアンケート調査やインタビュー調査に基づき、INAM が近々に解決すべき課題と中長期的な課題に関する改善計画案を取りまとめ、INAM 幹部と意見交換を行った。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 本プロジェクトの上位目標であるモザンビークの自然災害についての対応能力向上に資するために、INAM の発表した警報や台風情報が防災関係機関、報道機関等にどのように伝わり、どのように防災活動に活用されているのかといった聞き取り調査等を継続して、業務改善に生かすことが必要である。

表 3-21 WGメンバー（気象予測）

Member	Department
Mr. Queiroz Alberto	Weather Forecast department
Mr. Manuel Francisco	
Mr. Guelso Manjate	
Mr. Jonas Zucula	Cimate division

3. 5. 8 上位目標達成のための提言

以下の活動を継続して実施することが望ましい。

- ・予報作業能力の向上は日々の現業作業、事例解析、予報検証の積み重ねで得られるものであり、これらの活動を今後も継続することが望ましい。
- ・本プロジェクトの上位目標であるモザンビークの自然災害についての対応能力向上に資するために、INAM の発表した警報や台風情報が防災関係機関、報道機関等にどのように伝わり、どのように防災活動に活用されているのかといった聞き取り調査を継続して行い、警報の伝達方法について改善を進めてゆく必要がある。

3. 6 JICA 直営専門家活動実績（中井公太）

本業務仕様書記載の「プロジェクトの概要」では、短期専門家の担当業務を「6. 業務の内容」において、以下のとおりとしている。

【活動項目】

- (10) 気象レーダーの点検の及び気象レーダーデータの品質管理を定着させるためのフォローアップを行う。
- (11) 地上気象観測測器のトレーサビリティ及び点検を定着させるためのフォローアップを行う。
- (12) 気象予報の手法に関する研修を行う。
- (14) 上記活動(12)の研修成果を用いて、包括的な予警報実施を定着させるためのフォローアップを行う。
- (15) INAM が提供する予警報に関する各ユーザー（INGC、DNA、メディア、民間会社等）のニーズを調査し、課題を把握する。

表 3-22 短期専門家活動項目
（業務指示書「プロジェクトの概要」PP19-20 より抜粋）

(1) RADAR 点検及び品質管理のフォローアップ [活動項目 (10) : 表 3-22 参照]

当初の活動計画

「気象レーダー点検・データ品質管理ガイドライン」の理解度と活用の実態を調査するため、「ガイドライン理解度チェックシート」を作成する。INAM レーダー担当官が記入したチェックシートについて、理解度の弱い点並びに各ガイドラインの活用がなされていない事項について検討し、RADAR 専門家の次回研修において重点的に研修を行うなどの方策を検討する。

レーダー機器の故障等によりレーダーの運用数が想定より少ない場合は、INAM 当局にレーダーの早期復旧を要請する。

Beira と Xai-Xai にある 2 台の気象レーダーの現状と復旧方策について、第 1 回及び第 2 回派遣時に、チームの若林と長嶋が詳細な調査を行った。その結果は次のとおり。

- Beira レーダーについては、安定した商用電源の観測所内への供給が復旧のための必要最低限の条件である。これが、完了したのを見極めたうえで、レーダー制御部、信号処理部、画像監視装置等について所要の手当てを行うことができれば、同レーダーの安定運用は可能であると判断される。
- 一方、Xai-Xai レーダーについては、地下埋設ケーブルは新たに設置した電柱まで新ケーブルで接続、受変電設備直近で地中に埋設する改善が実施済みであるが、受変電設備内の大電力抵抗が 1 本取り外されている為、給電は出来ない状態にある。また、Beira に比べて庁舎の傷みや、レーダー本体の老朽化がかなり進んでいることから、多額の経費をかけて現レーダーの修理を実施することは効率的でないと判断される。
- Beira レーダーの復旧の明確な見込みが立たない場合は、当初予定していたレーダーの保

守点検や観測データの利用法に関するトレーニングは実施不可能となる。

- JICA チームは、「Beira レーダーについては、安定した商用電源の観測所内への供給がレーダーの点検・保守、レーダー観測結果の予報への利用等のトレーニングを実施するための必要最低限の前提条件である」ことを INAM 側に伝え、それに向けての対処を強く要請してきたが、第3回滞在中までにそれは達成されなかった。
- したがって、今後の本プロジェクトにおいて、気象レーダーに関するトレーニングを実施するのは困難な状況である。「レーダーに関するトレーニングに代えて、気象衛星 (EUMETSAT) の予報への利用技術に関するトレーニングを行う」ことについて、チームから INAM 側に提案したところ、2016年9月の JCC Meeting において了承された。

(2) 気象測器保守・トレーサビリティのフォローアップ [活動項目(11):表 3-22 参照]

当初の活動計画

「気象測器の校正ガイドライン及び測器維持管理マニュアル」の理解度と活用の実態を調査するため、「ガイドライン・マニュアルチェックシート」を作成する。INAM 保守点検担当官が記入したチェックシートについて、理解度の弱い点並びに活用がなされていない事項について検討し、観測専門家の次回研修において重点的に研修を行うなどの方策を検討する。

担当要員の数が少ないために十分な保守点検が行われていない場合は、INAM 当局に対し、要員の配置を要請する。

地上気象観測測器のトレーサビリティと検定、並びに地上気象観測法と点検保守についての活動については、プロジェクトチームの松原と山本の報告のとおり。第3回派遣時までの主なフォローアップ事項は次のとおり。

- INAM 所有の2台のデジタル気圧計（準器）については、2014年に INNOQ の検定を受けており、第1回及び第2回派遣時に、チームが持ち込んだ JMA 検定済の準器との比較観測によっても良好な結果が得られた。
- これらの INAM 気圧計（準器）を用いた地方の観測所の気圧計の点検については、Maputo 空港の観測所以外には、その明確な記録が残っておらず、また、気圧計への点検シールの添付もないことから点検の実態について把握はできていない。後述するように地方の観測所の定期的な巡回点検のあり方とその方法についての技術移転が今後の課題である。
- INAM 内の測器室にある点検用設備（気圧計検定槽、温度計検定槽等）は故障又は動作不良の状態、いずれも使用不可能である。したがって、同測器室において、地方観測所の測器を点検することは当面無理である。また、気圧計等準器は、同室に放置されている状況であり、今後はキャビネット又は専用ケースに収納する必要がある。
- チームの松原は、第3回派遣時の2016年2月に JICA から供与したデジタル気圧計とデジタル温度計の取扱い方法について、同測器と関係機材を用いて、9人の INAM 職員を対象に OJT を実施した。取扱マニュアルについては、既存のものと現地コーディネータが作成したポルトガル語版を用いて実習を行った。
- 供与した気圧計と温度計は、気象庁の RIC つくば (Regional Instrument Center Tsukuba) において検定済のものあり、気象庁からの「校正証明書」が、4月8日に INAM に届いた。

- なお、INAM では、2016 年 3 月以降、JICA が供与した気圧計を携行して、モザンビーク北東部の Pemba、Nampula、Beira、の各地方観測所の気圧計を巡回点検したとのことである。
- 供与した新しい気圧計と温度計を用いた地方観測所の気圧計と温度計の点検方法、点検の結果に基づく正しい補正表の作成、正しい補正を行ったうえでの規定時の観測通報、観測野帳の活用等については、第 4 回派遣フェーズ以降の活動として、チーム内で検討していく。

第 4 回派遣時における活動

- 地上気象観測測器のトレーサビリティの確立と校正技術向上に関するトレーニングが、これまでに本プロジェクトチームの一員である松原と山本、そして気象庁職員による本邦研修と今時の専門家派遣によって実施された。これらの研修の成果を測るためのモニタリング調査を「自己診断チェックシート」に自主回答してもらった形で実施した。自主回答を依頼した対象者は、今時の専門家派遣による研修の受講者 8 名とした。
- 「自己診断チェックシート」における質問項目と、診断対象者 8 名からの回答の集計結果は別添資料 H-1 のとおりである。回答内容の特徴は次の通りである。

① トレーサビリティの確保

全員がよく理解している。ただし、INAM で何をやらねばならないかについては、さらに徹底を図る必要がある。

② 気圧計の校正

- JICA が供与した国内準器や作業用準器であるデジタル気圧計と校正用の気圧調整器の動作原理と操作方法については、「十分ではないが」を含めるとほぼ理解している。
- 水銀気圧計の器差補正、温度補正、重力補正の必要性については、よく理解されておらず、また、補正方法についての理解も不十分である。今回、チームの山本は、地方観測所の観測担当職員を対象に、「補正法」について丁寧なレクチャーを行ったが、次回は測器の校正・保守担当の職員についてもこの分野の再研修を行う必要がある。

③ 温度計の校正

JICA が供与した国内準器や作業用準器である白金抵抗温度計と恒温水槽の動作原理と操作方法については、一部職員を除いて、十分に理解している。

④ 各観測所の水銀気圧計とガラス温度計の保守点検

この分野については、各項目について「教わっていない」との回答が見られる。次回の研修の強化項目と考えられる。

第 5 回派遣時の活動

デジタル温度計の検定実習

- JICA チームは 2017 年 2 月に、3 台のデジタル温度計とデジタル湿度計を INAM に供与したが、これらのうち、2 台のデジタル温度計について、1 月 16 日～19 日の間、チームの佐々木とともに INAM のメンテナンス担当者 5 人に対して、検定実習の指導を行った。当初は、かき氷を用いた氷点の設定に手間取ったり、恒温水槽の取り扱いに未習熟な職員がいたが、

根気よく指導することにより、おおむね良好な検定実習となった。

- 3 台目の検定実習については、後日（2 月 13・14 日）にチームの松原が実習指導を行い、ほぼ誤差のない検定結果を得ることができた。
- この種の検定実習は、これまでも、数回実施してきたが、「前回から今回の実習までに、相当期間の空きがあったこと」、「検定対象の温度計のセンサーの長さが今までよりも短かったこと」などの要因により、実習当初は誤差が大きかったが、これについては、松原の指導により適切な実習を遂行することができた。

（3） 気象予報手法に関する研修 [活動項目（12）：表 3-22 参照]

当初の活動計画

「気象衛星・GPV データ、レーダーデータ等を活用した予報技術に関する研修」の研修に先行して、以下の講義を実施する。

- ・ 天気予報の意義、予報官の心得
- ・ 高低気圧、サイクロン、トルネード、前線に伴う大雨・強風等の成因・特徴
（気象力学・熱力学の基礎方程式等の講義）
- ・ 数値予報の原理と利用法

研修終了時には、達成度評価を行い、その結果を、「気象衛星・GPV データ、レーダーデータ、NWP 等を活用した予報技術に関する研修」に活用する。

- JICA 直営専門家の中井は、予報業務の重要性を認識させ、毎日の業務に責任をもって対処させるため、第 2 回派遣時に INAM の予報官を対象に、次のテーマのトレーニング（講義）を実施した。

- ・ 国家気象局の役割
- ・ JMA における予報業務の紹介
- ・ 日本における予報官の役割とその仕事上の重要なポイント
- ・ 数値予報の基礎

これらの講義は、1 回について 3 日、同じ内容を 2 回（2 週）に分けて実施した。

講義参加者は延べ 10 数人（予報当番の日以外は、予報官は休みの勤務表が組まれているので、聴講するためには休みを返上又は当番の変更が必要とのこと）であったが、すべての講義が興味をもって聴講されたものと思料している。

なお、「数値予報の基礎」については、聴講後アンケート調査を行ったが、難易度については、「やや難しい」、「適切」、「やや優しい」の三者に分かれた。

- チームの登内が第 2 回派遣時に設置した「INAM の発表した毎日の天気予報の検証、南アフリカ共和国気象局（SAWS）から提供される SWFDP (Severe Weather Forecast Demonstration Project) の各種プロダクト、日本の気象庁（JMA）の全球数値予報モデルの南アフリカ領域の GPV (格子点値) 等を保存できる PC システム」は、INAM におけるインターネット回線が不調との理由で、中井の第 3 回派遣時まで、活用されていなかった。中井は赴任後すぐに同システムの活用について、INAM 側 C/P (3 名) に同システムの使い方を指導し、毎週火曜日に

天気予報データの入力と検証結果の見方などについて実習を行った。それ以降、定期的なデータ入力が行われるようになった。

- 中井は、第3回派遣時に、INAM が発表している気象警報の改善を図る（価値を高める）ための一助として、「JMA の気象警報の作成と発表までの流れ、日本における洪水予報・警報の体系と関係機関が連携するこの重要性」について、多くの実例を示して講義した（14名が聴講）。JMA では、洪水予報・警報の作成・発表のために国内の関係機関が保有する約50台の気象レーダーと約5,000の地上雨量計をリアルタイムに活用していることについても紹介した。INAM の現状に比べ、各段に進んだ JMA の現状を紹介した講義ではあったが、「日本においては、ここまで至るのには数十年の年月を要した。関係機関との連携が災害対策には必要・不可欠である」ことを話すと、聴講者は皆、納得した様子であった。

第4回派遣時の活動

- 天気予報技術のさらなる向上を図るため、今回は、「基本的な気象現象」について、英語の教科書「Atmospheric Science /An Introductory Survey」を用いて、輪講（セミナー）形式で行うことを計画していた。セミナーでは、順番に INAM の予報官が講師役を務めることを提案したが、予習に時間がかかること、当番の関係で毎回出席できる予報官は限られることから、第3回のセミナー以外は、中井がレクチャーをすることになった。セミナーは、他の研修との日程調整を図り、延べ5回実施した。
- 「温帯低気圧」については、教科書が北半球の低気圧を取り上げていたので、出席した予報官はそれを、理解するのに少し戸惑った様子であったが、質疑応答に時間をかけて丁寧に解説した。「深い対流」については、各種現象を詳しく解説した。
- 毎回、最後に「理解できたか？」と質問したが、「大体、理解できた」という回答が得られた。

(4) 予警報実施のフォローアップ [活動項目 (14) :表 3-22 参照]

当初の活動計画

気象の顕著現象に関して、INAM が発表した天気予報、気象注意報・警報を収集し、発表時刻（タイミング）と対象エリアについて妥当性等を、INAM 予報官等と検討する。検討結果は、関係の気象資料とともに保存し、事例集とするとともに、「予報作業指針」に反映させる。

- 中井は第3回派遣時に、2015年10月～2016年1月の雨季に INAM が気象警報を発表した顕著気象現象事例に関する気象データを収集し、その際の気象警報の発表のタイミング、警報の内容等について、チームの登内と共に検証し、その結果を INAM の予報官に示し、その妥当性や改善事項について議論した。
- また、気象警報を発表した事例については「イベントレポートを作成することの重要性」と「イベントレポート作成方法」についてチームの登内と共に、担当予報官 C/P 3名を指導した。

(5) INAMの予警報に関するニーズ調査と課題把握 [活動項目(15):表3-22参照]

当初の活動計画

「天気予報、気象注意報・警報(台風情報を含む)」の認知度と満足度を把握するため、政府防災・災害対策関係機関、各州の災害対策関係機関、メディア(TV、ラジオ、新聞)を対象にアンケート調査(紙面による)を行う。

アンケート項目は、

① 「INAM発表予警報の発表内容、発表回数、発表タイミング等に関する要望

② 「INAMから発表することを期待する事項・内容」

を含むものとし、アンケートはINAMと協議して作成する。また、注目すべき回答が得られた機関やセクターに対し、インタビュー調査を実施する。

- 中井は第2回派遣時に、「INAMの発表する天気予報と気象警報の内容と伝達手段の改善を図るため、現状の気象情報に関する満足度と、INAMに対するニーズに関するアンケート調査を実施する」ことについて提案し、質問項目案についても具体的に提示した。INAMは、この提案を受け入れ、2016年1月にアンケート調査を独自に実施した。アンケート調査における質問項目は、中井が提示したものに比べ、ずいぶんと簡略化されており、我々の基準から見れば、ニーズ調査とは呼べないとも判断されるが、INAM独自で実施したことについては評価できる。

調査の集計、分析については、INAM独自には行われていないが、INAMの実施した調査の質問項目と、中井が独自に集計した結果は別添資料H-2のとおりである。

- ・調査票の送付先は、政府関係機関と報道機関を合わせた20機関
- ・そのうち、回答が得られたのは11機関(政府関係機関7、報道機関4)
- ・主な回答結果は次のとおり。

Q1 INAMの所在については、すべてに知られている。

Q2 INAMのWeb-siteについては知っているが7、知らないが3。

Q3 INAMの保有・発表するデータ・情報の利用実態は様々。

Q5 気象・気候情報はすべての機関において極めて重要。

Q6 情報の入手手段は様々。

Q7 INAMから発表される情報の質については、おおむね良好。

Q12 昨年1年間でINAMのサービスは改善されたか?については、約8割が改善されたと回答。理由については明確ではないが、昨年1月のモ国中・北部の洪水災害時の情報提供体制が評価されたのかも?

Q13 INAMサービスについての改善要望の主なものは、

悪天時のTVニュースでの情報の改善

より良い解析と予報の提供

精度の高い、より地域的に細かい気象情報の提供

情報の適切性を失わない程度に技術専門的でない情報の提供

- 上記アンケート調査の質問だけでは、INAM が提供している天気予報と気象警報に対するニーズ調査としては不十分との判断から、第3回派遣時に中井と登内は、政府機関でありINAMからの情報が不可欠である DNGRH(旧 DNA)と TVM、RTP、STV、MIRAMAR のTV局4社並びに NOTICIAS、DOMINGO の新聞2社を訪問し、INAM に対するニーズ等に関するインタビュー（インタビューにおける主な質問項目は別添資料 H-3）を実施した。注目すべき意見は次のとおり。
 - 天気予報と気象警報は E-mail と FAX で受信しているが、定時に届かないことや、送信そのものがないことがある。システム障害や作業の遅れが、その理由にされている（DNGRH、MIRAMAR）。天気予報は定時に届かなければ放送に使えない（MIRAMAR）。
 - 今年3月23日から、INAM 内で INAM 職員自らが出演・撮影したビデオ（撮影・編集機材は UK met-Office/WMO から供与されたものらしい（INAM の Mr. Matuele から聞き取り））を INAM から毎日メモリスティックで提供してもらい、それを放送に利用している（TVM）。
 - INAM が製作しているビデオを提供されてもそれを自局で使うかどうかはわからない（他局と同じものは流さない）（STV）。

（6） 予警報の改善 [活動項目（14）：表 3-22 参照]

当初の活動計画

5) 項のアンケート調査に基づき、「予警報の改善計画」を INAM と共同で作成する。この作成にあたっては、予報作業に必要なインフラの整備計画と調整のとれたものとするため、「短期計画」と「中長期計画」に分けて作成する。これらの計画は、改善の達成度を見極めつつ、適切に見直すこととする。

- 中井は、第5回派遣時において、INAM における今後の気象業務、特に予警報業務の改善計画について、「短期計画」と「中長期計画」に分けて作成し、INAM 幹部に対して提言した。その内容は別添 H-4 の通りである。当面の改善点については、これまで、チームの各専門家と議論してきた内容を中井が取りまとめたものである。中長期課題については、INAM 自らが取り組む課題、また、今後、新しい取り組みとして JICA 等のドナーに対してプロジェクト要請をしていく際の参考となるように提言したつもりである。
- この提言に対し、これについては、INAM の解析予報部長からの反響が大きく、「今後の INAM の予警報業務の改善に生かしたい」との意思表示を得た。

（7） 大型ディスプレイを用いた予報会報（ブリーフィング）の実施とそれへの参加

JICA モザンビーク事務所の配慮により、1月末に 42 インチの大型ディスプレイを購入することができ、多数の INAM 職員が協力して設置した。

その後、2月6日から佐々木は、毎朝 10 時からこの大型ディスプレイを用いたブリーフィングを行うよう指導し、的確なブリーフィングができるようになった。中井も、このブリーフィングに、特別な活動予定がない限り出席して、適宜、コメント、アドバイスをするよう努めた。

このブリーフィングの効果は、折しも、2月12日頃にモザンビーク海峡で発生した熱帯低気圧がサイクロンに発達する過程の監視と予測の検討に大きな効果を発揮し、サイクロンに関する INAM の警報の発表時期とその内容について内外から大きな評価を得た。2017年3月13日に発行された「United Nation Office of the Resident Coordinator Situation Report No.1」の中では「It is important to acknowledge the early warning issued by the Government authorities before the landfall of the cyclone. 」と記述されている。

INAM の各予報官とも、大型ディスプレイを用いたブリーフィングの有益性について、認識を新たにした。今後も継続して、ブリーフィングを毎朝実施するよう指導している。

(8) 「INAM 職員の毎日の仕事に対するモチベーションを高める」ための講演

中井は、INAM 職員が高いモチベーションを発揮して、責任ある仕事をするための一助となるよう「どこを見て仕事をするか？」の講演を3月13日に実施した。当初は、できるだけ多くの職員に聞いてもらうため、2回実施できるよう申し入れたが、INAM 側の都合により、1回だけ実施した。このレクチャーは、中井が気象庁在職中に行ったものをベースに INAM 向けに改定した資料（別添資料 H-5）を配布（ポルトガル語翻訳版）して実施した。参加者は、約 30 名であった。自分の職業に対する価値観や国の文化の違いによって参加者の評価も異なるであろうが、中井としては、おおむね好評であったものと自負している。

3. 7 機材調達

本業務の実施に当たり必要となる以下の機材を調達した。

本邦で調達した機材は、モザンビークへ輸送し、2016年2月29日にINAMに引き渡すと共に、3月21日のWMO-dayに引渡し式を実施した。引渡し式の状況は図3-37に、Hand-over書類は資料D-5に示した。

表 3-23 調達機材 1

引渡日：2016年2月29日

No	Item	Qty	Purpose/Remarks	Specification	Remark
1	PC (laptop)	1 (J)	PC for inspection of local observatories' instruments	Windows, MS-office, anti-virus software	Toshiba dynabook RZ83/TB
2	Digital barometer (3 sensors)	1 (J)	National standard of INAM (calibrated at RIC Tsukuba)		Vaisala PTB-330TS, M170, HMP155 (3 sensors)
3	Digital barometer (1 sensor)	3 (J)	Parts of National standards of INAM (calibrated at RIC Tsukuba) For inspection of local observatories		Vaisala PTB-330TS, M170, (1 sensor)
4	Digital thermometer	3 (J)	National standards of INAM (calibrated at RIC Tsukuba)	Pt sensor	Anritsu Meter Co.,
5	Assmann	5 (J)	Calibration in INAM	Assmann aspiration psychrometer	Yoshino Keisoku Co.
6	Calibration goods for thermometer	1 (M)	Calibration in INAM	Water filter, ice flaker, cooler box	
7	Rain gage	5 (J)	Comparison of rain gage	Tipping bucket type, its base and data logger	
8	Rain gage calibration cylinder	1 (J)	Calibration of rain gage	Plastic Cylinder for rain gage	
9	PC (desktop)	1 (M)	Store satellite, NWP, charts, observation data Trail for weather guidance	Windows, MS-office, anti-virus software	Hewlett & Packard

10	Hard disk unit	1 (J)	Hard Disk storage unit (maximum for 5 HDs)	Century SATA6G	Not procured yet
11	Hard Disk	5 (J)	Data storage	SATA 4Tbyte	Not procured yet
12	Pressure adjustment pump	1	Barometer inspection (for output 1)	Equivalent of RIC Tsukuba	Daiichi Kagaku Type -V1
13	Pipe work, jigs and related parts	1	Barometer inspection (for output 1)	Equivalent of RIC Tsukuba	Daiichi Kagaku Pipe work, jigs and related parts
14	Liquid Bass Chamber	1	Temperature inspection	Temperature indication, setting of 1/100 °C	Thomas Co. Celsius 100L

(M) モザンビークにて調達

(J) 本邦調達



図 3-57 (a) 調印式 (左から、中井専門家、Sete 長官 [INAM]、須藤 JICA 所長)



図 3-57(b) 運輸通信省大臣視察（JICA 供与の検定機材について説明する C/P）

また、プロジェクトの活動が、レーダーを用いた予警報能力の向上から、気象衛星および AWS を用いた予警報能力の向上に変更したことに伴い、2015 年 9 月に雨量計、データロガー、通信モデムを日本で調達しモザンビークに輸送し、Nampula、Beira および Maputo 空港にある INAM 観測所に設置した。また、温度計・湿度計について 2016 年 1 月に日本で調達しモザンビークに輸送し、Nampula、Beira および Maputo の観測施設に追加して設置した。これらの機材は、表 3-21 に示す通りで、2017 年 7 月 7 日の JCC において INAM へ引き渡した。

表 3-24 調達機材 2 (AWS)

引渡日：2017年7月7日

No	Item	Qty	Purpose/Remarks	Specification	Remark
15	Data logger (J)	3	Data logger (data storage and data communication) and battery 15Ah	TCP/IP socket and ftp	Campbell data logger CR800
16	Modem (j)	3	Data communication	GSM modem	CSN-3GR
17	Solar battery panel (J)	3	Electricity provision (DC-17V)	12W, 17V With attachment	
18	Logger box (J)	3	Box for logger, battery, modem and related gears		C-ENC14-MM
19	Thermometer (J)	3	Thermometer (Pt-100)	With JMA verification	C-HPT-10-JM Cable 10m
20	Hygrometer (J)	3	Pt-thermometer and capacitance hygrometer (output 0-1V)	With JMA verification	CVS-HMP155 D-10-JM (Vaisala) Cable 10m

(J) 本邦調達

表 3-25 気象庁検定番号

引渡日：2017年7月7日

		雨量計	温度計	湿度計
		竹田計器 TKF-1UD 型式検定 10507	C-HPT-JM	Vaisala HNP155
Nampula	検定番号	15219 (2015.07 製)	1611-06(2016.10 製)	M4710319(2016.11 製)
	INAM-check-sheet		No.1(check sheet)	
Beira	検定番号	15217(2015.07 製)	1611-05(2015.10 製)	M4710320(2015.11 製)
	INAM-check-sheet		No.2(check sheet)	
Maputo	検定番号	15218(2015.07 製)	1611-04(2015.10 製)	M4710321(2015.11 製)
	INAM-check-sheet		No.3(check sheet)	

3. 8 本邦研修の実施

3. 8. 1 気象観測機器校正・保守管理コース

(1) 本邦研修の概要

(a) 研修コースの名称

和文：気象観測機器校正・保守管理(J1522000)

英文：Verification and Maintenance for Meteorological Instrument

(b) 研修期間

2015年12月1日 ～ 2015年12月11日

(c) 研修員 4名

		Name	Division and Position	Task in charge of the JICA project
1		Mr. Mustafa Mussa	Head of Training and Institutional Development Department	INAM Project Manager of JICA Projector
2		Mr. Joaquim Recard	Chief engineer of maintenance Department	couterpart of equipment inspection/maintenance at Maputo
3		Mr. Benjamim Ben Masnhica	Head of Maintenance Department	couterpart of equipment inspection/maintenance at Maputo
4		Mr. Panenga Luis Dabira	Maintenance engineer for Manica Superior Politecnic Institute weather station	couterpart of equipment inspection/maintenance at Beira

図 3-58 本邦研修「気象観測機器校正・保守管理」研修員リスト

(2) 研修内容

(a) 研修の目的と達成目標

モザンビークの気象分野では運輸通信省傘下の国家気象院（National Institute of Meteorology 以下、「INAM」）が気象観測を行っているが、防災情報に不可欠な正確な観測を行うための人員・予算の増強と技術向上が必要とされている。このため、INAM 本院及び地方観測所のスタッフを対象に、気象観測能力の向上、気象予警報能力の向上を目指すことにより、品質管理された気象データを用いて予警報の改善を図り、もって自然災害に脆弱なモザンビークの自然災害対応能力の向上に寄与することを目指して技プロを実施中である。

世界気象機関(World Meteorological Organization)では、WWW (World Weather Watch)計画に基づいて、観測精度が担保された気象観測機器により気象要素を観測し国際交換し、実況監視、数値予報への利用等をとおして防災情報の提供に利用している。本研修は、このWMOが各気象機関に求める、気象観測機器の精度確保、および、国際標準器とのトレーサビリティの確保、気象観測機器の保守管理を、気象観測機器の地域センターである RIC(Regional Instrument Center)つくばにおいて実施し、モザンビーク気象局の観測能力の技術向上に資することを目的とした。

この研修を通じて獲得すべき知識・技術の目標としては以下の4点である。

- ① 正確な気象観測（観測機器の精度および国際標準器とのトレーサビリティ）の重要性、および、国際基準が求める観測精度および保守運用体制について、理解する。
- ② 正確な気象観測を行うために必要な測器の校正や器差表の作成方法、定期的な保守運用の実践方法について理解する。
- ③ 気象観測機器の原理および保守管理を理解する。
- ④ 地方官署を指導するうえで必要となる、ドキュメントに基づいた技術指導能力を学習する。

本研修では、これらの目標を達成すべく、日本の気象防災業務についての講義、関連機関・施設の見学、数値予報技術等に関する講義、レーダーデータ処理技術等に関する実習を配置した。

(b) 研修日程表

表 3-26 本邦研修「気象観測機器校正・保守管理」研修スケジュール

日付	時刻	形態	研修内容	講師	研修場所	宿泊先
12/1(火)	10:00 ~ 12:00		ブリーフィング		JICA東京	JICA筑波
	13:30 ~ 17:15	見学	本庁表敬訪問、予報現業室、観測システム運用室、北の丸露場見学、INAM職員によるカントリーレポート		JMA本庁	
12/2(水)	9:05 ~ 12:00	講義	所長表敬訪問、INAM局員・測器センター担当官の自己紹介、地上気象観測(WMO基準、基本理念、品質管理等)	吉村・千葉	RICつくば	JICA筑波
	13:30 ~ 16:25	講義	RIC概要・トレーサビリティ概要紹介、測器校正施設見学<日射日照計検査室、雨量計室>、INAM職員によるカントリーレポート(測器校正を中心に)、測器校正・保守点検全般に関する意見交換、高層気象台 オゾンゾンデ飛揚見学	川村・吉村		
12/3(木)	9:05 ~	講義	温度計の動作原理、JMAにおけるトレーサビリティ(検査装置の見学含む)	川村・吉村	RICつくば	JICA筑波
	~ 12:00		トラベリング準器を用いた温度計点検方法(露場にて)	松原・吉村		
	13:30 ~ 16:25	見学	高層気象台、気象研究所見学	吉村		
12/4(金)	9:05 ~ 12:00	講義	気圧計の動作原理、JMAにおけるトレーサビリティ(検査装置の見学含む)、トラベリング準器を用いた気圧計点検方法	川村・吉村	RICつくば	JICA筑波
	13:30 ~ 16:25	講義	風洞棟見学(風向風速計の校正、トレーサビリティを含む)雨量計、湿度計の動作原理、JMAにおけるトレーサビリティ	新垣・川村		
12/5(土)			資料整理			JICA筑波
12/6(日)			資料整理			JICA筑波
12/7(月)	9:05 ~ 12:00	実習	ガラス製温度計の校正(氷点)実習	松原	RICつくば	JICA筑波
	13:30 ~ 16:25	実習	電気式温度計を基準器としたガラス製温度計の校正(氷点以外)実習	松原		
12/8(火)	9:05 ~ 12:00	実習	ガラス製温度計の校正実習(氷点と氷点以外)の復習	松原	RICつくば	JICA筑波
	13:30 ~ 16:25	実習	ガラス製温度計の校正実習(氷点と氷点以外)の復習	松原		
12/9(水)	9:05 ~ 12:00	実習	電気式気圧計を基準器とした電気式気圧計の校正実習	松原	RICつくば	JICA筑波
	13:30 ~ 16:25	実習	電気式気圧計を基準器とした電気式気圧計の校正実習	松原		
12/10(木)	9:05 ~ 12:00	実習	電気式気圧計を基準器とした電気式気圧計の校正実習(復習)	黒田	RICつくば	JICA筑波
	13:30 ~ 16:25	実習	アスマン通風乾湿計の分解・組立実習 アスマン通風乾湿計を使った点検実習(露場)	黒田		
12/11(金)	9:05 ~ 12:00	実習	INAMにおける測器校正及び保守点検手順のマニュアル仕上げ、INAM基準器の梱包、INAM基準器の梱包	松原	RICつくば	JICA筑波
	13:30 ~ 15:00		INAM基準器の梱包	松原		
	15:00 ~ 15:30		移動【測器センター→JICA筑波】			
	15:30 ~ 16:25		評価会、修了証授与式			

RIC：地域測器センター

JMBSC：一般財団法人気象業務支援センター

日付	時刻	形態	研修内容	講師	研修場所	宿泊先
12/6(日)	~		移動【JICA筑波-京都】			京都
12/7(月)	~	実習	同志社大学訪問、留学生研究テーマ討議	山根	同志社大	JICA関西
	14:00 ~	見学	管区気象台の業務【大阪管区気象台】	中井	大阪管区気象台	
12/8(火)	~	見学	アジア防災センター、防災館	中井	ADBR	東京
	12:00 ~		移動【神戸-東京】			
12/9(水)	10:00 ~ 12:00	講義	JMA観測システムと運用体制(衛生データを含む)	定村	JMBSC東京	東京
	13:30 ~ 16:30	講義	JMA予報システム・プロダクトと運用体制	牧原		
12/10(木)	10:00 ~ 12:00	講義	JMA警報注意報とDRRへの取り組み	登内	JMBSC東京	JICA筑波
	13:00 ~ 15:00	講義	Disaster Risk Reductionプログラム(WMO)	戸矢		
			移動【東京-筑波】			

ADBR：アジア防災センター

(c) 研修カリキュラム

表 3-27 本邦研修「気象観測機器校正・保守管理」研修カリキュラム

形態	時間	内容	担当機関	研修場所
講義	4 時間	気象業務概論	気象庁	気象庁本庁
見学		気象庁の予報業務（予報現業室見学）	気象庁	気象庁本庁
見学		気象庁の観測業務（観測現業室見学）	気象庁	気象庁本庁
見学		北の丸露場見学	気象庁	気象庁本庁
講義	2 時間	測器センター概要、自動観測、地上気象観測、観測場所の選択、校正、機器保守、機器障害事例	RIC 筑波	RIC 筑波
見学	3 時間	RIC つくば、高層気象台オゾンゾンデ観測見学	RIC 筑波	RIC 筑波
講義 見学	2 時間	温度計の動作原理、JMA におけるトレーサビリティ（検査装置の見学を含む）	RIC 筑波	RIC 筑波
実習	2 時間	トラベリング準器をもちいた温度計の点検方法	JMBSC	RIC 筑波
見学	1 時間	高層気象台、気象研究所見学	RIC 筑波	RIC 筑波
講義	1 時間	気圧計の動作原理、JMA におけるトレーサビリティ（検査装置の見学を含む）	RIC 筑波	RIC 筑波
見学	1 時間	トラベリング準器をもちいた気圧計の点検方法	JMBSC	RIC 筑波
見学	2 時間	風洞棟見学（風向風速計の校正、トレーサビリティ）	RIC 筑波	RIC 筑波
講義		雨量計・湿度計の動作原理、JMA におけるトレーサビリティ	RIC 筑波	RIC 筑波
見学	1.5 日	ガラス製温度計の校正（氷点、FTL 槽使用）実習	JMBSC	JMBSC
講義	3 時間	電気式気圧計校正実習（2F 事務室）	JMBSC	JMBSC
実習	2 時間	アスマン通風乾湿計の分解・組立実習	JMBSC	JMBSC
実習	3 時間	アスマン通風乾湿計による温度計と湿度計の点検実習（露場）	気象庁	RIC 筑波
見学 討議	2 時間	同志社大学訪問、留学生研究テーマ討議	山根准教授	同志社大学
見学	3 時間	大阪管区気象台見学	気象庁	大賀管区気象台
見学	2 時間	人と防災未来センター	中井専門家	神戸市
講義	2 時間	気象観測システム	JMBSC	JMBSC
講義	3 時間	日本におけるレーダー・雨量処理と予報業務での利用	JMBSC	JMBSC
講義	2 時間	DRR(Disaster Risk Reduction)プログラム (WMO)	JMBSC	JMBSC
講義	2 時間	気象庁警報注意報と DRR への取り組み		

(3) 研修の成果

(a) 研修で得られた成果

本研修の目的である、モザンビーク気象局の観測能力の技術向上について、様々な講義、見学、実習を通じてこの目標を達成する成果を上げることができた。以下に研修の目標に照らして、成果をまとめる。

- ① 正確な気象観測（観測機器の精度および国際標準機とのトレーサビリティ）、および、国際基準が求める観測精度・保守運用体制についての理解
観測機器の検定、精度確保、トレーサビリティの確立について、講義により知識を再確認するとともに、INAM のトレーサビリティにおいて途絶している部分と対応方法について理解することが出来た。
- ② 測器の校正や器差表の作成方法、定期的な保守運用の理解
測器の校正についての実習をとおして、具体的な実施方法についての研修を行い技術移転を行うことができた。定期的な保守運用方法についても実習を行い、そのプロセスについて研修し理解できたが、現地活動におけるフォローアップ研修で定着させる必要がある。
- ③ 気象観測機器の原理および保守管理の理解
1週目の講義を通じて十分な理解を得ることができた。また、モザンビークでの研修に利用可能な研修機材を共有できた。
- ④ 地方官署を指導するための、ドキュメントに基づいた技術指導能力の学習
本研修をとおして、実践的な研修方法の技術移転を行うことが出来た。

(b) 成果の活用方法

研修成果の活用方法を以下に示した。

- ① 正確な気象観測（観測機器の精度および国際標準機とのトレーサビリティ）、および、国際基準が求める観測精度・保守運用体制についての理解
観測機器の検定・点検について、現地でのコンサルタントによるフォローアップ研修（2016年2月）、および、RIC 筑波からの専門家によるフォローアップ研修（2016年夏から秋）により技術定着を図る。
- ② 測器の校正や器差表の作成方法、定期的な保守運用の理解
測器の校正や器差表の作成については、現地 OJT による繰り返し研修により技術定着を図る。また、定期的な保守点検については、INAM の保守・点検計画の作成、フォローアップ研修の中で、継続的な技術移転を行う。
- ③ 気象観測機器の原理および保守管理の理解
今回の研修で用いた研修資材を INAM において共有し、参加者以への技術移転のための資料とするとともに、INAM で現在計画している観測者への総合研修（40名程度）に利用することで、より広範囲への技術定着のための活動を行う。
- ④ 地方官署を指導するための、ドキュメントに基づいた技術指導能力の学習
今後、地方観測所における OJT を実施し、地方も含めた技術移転を行う。

3. 8. 2 気象予報警報コース

(1) 本邦研修の概要

(a) コースの名称

和文：気象予報警報

英文：Weather Forecasting and Weather Warning

(b) 研修期間

2016年11月21日 ～ 2016年12月2日

(c) 研修員 4名

		Name	Division and position
1		Mr. DOMINGOS Aurelio Jorge Victor	Head of Aeronautical Support Center, Weather Forecast Department, INAM
2		Mr. QUISSICO Daniel Zefanias	Provincial Delegate, Gaza Province Delegation, INAM
3		Mr. MANJATE Guels Mauro Armnado	Forecaster, Weather Forecast Department, INAM
4		Mr. ALBERTO Queiroz	Forecaster, Weather Forecast Department, INAM

(2) 研修内容

(a) 研修の目的と達成目標

モザンビークの気象分野では運輸通信省傘下の国家気象院（National Institute of Meteorology。以下、「INAM」）が気象予報・警報の作成・発表を行っている。気象予報・警報能力の向上は本プロジェクトの目標の1つであるが、INAMでは防災活動に必要となる気象情報を適切に提供する体制が十分とはいえず、また、観測・数値予報データ等を利用した気象予報・警報の作成技術も十分とはいえない。

本プロジェクトの2つの目標の1つである「予報警報能力の向上」のため、INAMの予報担当者が、防災先進国である日本の気象庁における気象予報・警報の発表体制、発表のために必要となる観測・数値予報資料、及び、それらを利用した気象予報・警報の作成・伝達等についての知見を習得することを本研修の目標とした。

なお、世界気象機関 (World Meteorological Organization) では、WWW (World Weather Watch) 計画に基づいて、観測精度が担保された気象観測の国際交換、実況監視、数値予報への利用等をとおした防災情報を提供することを勧告しており、本プロジェクトのもう1つの目標である「気象観測能力の向上」については、2015年に、気象観測機器の地域センターである RIC (Regional Instrument Center) つくばにおいて、気象観測機器の精度確保等に係る研修を実施した。

この研修を通じて獲得すべき知識・技術の目標を以下の3点とした。

- ① 防災機関として気象機関が発表する気象予報・警報が、どのように関係機関の防災活動に利用されているか理解する。
- ② 効果的な気象予報・警報の作成にはどのような観測情報・予測情報が必要か、また、どのような予報・警報を作成する必要があるか理解する。
- ③ 効果的な気象予報・警報を発表・伝達するためにはどのような体制が必要か理解する。

本研修では、これらの目標を達成すべく、日本の気象庁における観測・予報・防災業務についての講義、気象庁本庁・管区・地方気象台及び関係機関・施設の見学、気象予報・警報及び予報ガイダンスに関する演習等を配置した。

これらの理解を進めることで、約半年の活動期間を残すプロジェクトのより効果的な推進につながる。

(b) 研修日程表

表 3-28 本邦研修「気象予報警報」研修スケジュール

日付		研修内容	講師	場所
2016/11/19	Sat	Travel (Maputo → Tokyo)		
2016/11/20	Sun	Travel (Maputo → Tokyo)		
2016/11/21	Mon	AM JICAプリーフィング		JICA東京
	PM	講義1: 気象庁の業務概要、気象庁の観測業務 (13:45-16:30)	佐々木、定村 (JMESC)	JMESC
2016/11/22	Tue	AM 講義2: 気象庁の予報業務、注警報と防災機関との連携 (09:45-12:00)	佐々木、横山 (JMESC)	JMESC
	PM	見学1: 気象庁本庁見学、観測露場見学 (13:45-17:15)	気象庁 (JMA)	JMA 本庁
2016/11/23	Wed	見学2: 日本理解促進プログラム		
2016/11/24	Thu	AM 見学3: 前橋地方気象台 (10:30-12:00)	前橋地方気象台	JMA 前橋地方気象台
	PM	見学4: 前橋市役所 (13:30-16:00)	前橋市危機管理室	前橋市役所
2016/11/25	Fri	AM 講義3: 気象衛星業務概論 (10:00-12:00)	気象衛星センター	JMA 気象衛星センター
	PM	見学5: 気象衛星センター (13:30-15:30)	気象衛星センター	
2016/11/26	Sat	資料整理		
2016/11/27	Sun	Travel (Haneda-Sapporo)		
2016/11/28	Mon	AM 見学6: 北海道放送 (10:00-12:00)	北海道放送	北海道放送
	PM	見学7: 札幌管区気象台 (13:15-17:00)	札幌管区気象台	JMA 札幌管区気象台
2016/11/29	Tue	AM Travel (Sapporo-Haneda)		
	PM	見学8: NHK (13:30-15:00)	NHK放送総局	NHK
2016/11/30	Wed	AM 演習1: 気象予報・警報 (09:45-12:00)	佐々木 (JMESC)	JMESC
	PM	講義4: 気象レーダー (13:30-16:30)	牧原 (JMESC)	
2016/12/1	Thu	AM 演習2: 気象予報・警報 (09:45-12:00)	佐々木 (JMESC)	JMESC
	PM	講義5: 予報ガイダンス (13:30-16:30)	平 (JMESC)	
2016/12/2	Fri	AM 評価会、修了証授与式		JICA東京
2016/12/3	Sat	Travel (Tokyo to Maputo)		
2016/12/4	Sun	Travel (Tokyo to Maputo)		

(3) 研修の成果

(a) 研修で得られた成果

本研修の目的である、モザンビーク国の気象予報・警報能力の向上について、様々な講義、見学、実習を通じて目標を達成する成果を上げることが出来た。以下に研修実施の目標に照らして、成果をまとめる。

- ① 防災機関として気象機関が発表する気象予報・警報が、どのように関係機関の防災活動に利用されているかの理解
防災気象情報の利活用に関する講義、札幌管区気象台や前橋地方気象台、前橋市役所、テレビ局の見学等を通じて気象・警報がどのように関係機関の防災活動に利用されているか理解できた。
- ② 効果的な気象予報・警報の作成にはどのような観測情報・予測情報が必要か、また、どのような予報・警報を作成する必要があるかの理解
気象庁本庁・管区・地方気象台の講義・見学、及び気象予報・警報に関する実習等を通じてどのような観測・予測情報が必要か、どのような予報・警報を作成する必要があるか理解できた。
- ③ 効果的な気象予報・警報を発表・伝達するためにはどのような体制が必要かの理解
気象庁本庁・管区・地方気象台の講義・見学、前橋市役所・テレビ局の見学等を通じてどのような発表・伝達体制が必要か理解できた。

(b) 成果の活用方法

研修成果の活用方法を以下に示した。

- ① 防災機関として気象機関が発表する気象予報・警報が、どのように関係機関の防災活動に利用されているかの理解。
モザンビークにおける INAM と報道機関等との情報交換について、現地での JICA 専門家及びコンサルタントによる指導等によりフォローを行った。
- ② 効果的な気象予報・警報の作成には、どのような観測情報・予測情報が必要か、また、どのような予報・警報を作成する必要があるかの理解。
INAM の予報・警報作業について、現地でのコンサルタントによる OJT を実施（2017 年 1 月～2 月）し、この中で今回の本邦研修のフォローアップを実施した。
- ③ 効果的な気象予報・警報を発表・伝達するためにはどのような体制が必要かの理解。
気象予報・警報の発表・伝達体制の改善について、現地での JICA 専門家及びコンサルタントにより継続して検討を行った。

4章 プロジェクト全体の総括

本プロジェクトの目的は、モザンビーク気象局の観測・予報・警報能力の技術向上であり、これらをとおして、モザンビークの気象災害の被害軽減に寄与することにある。

本プロジェクトのワークプランでは、日本の気象庁の持つ防災に関する技術を移転すること、および、INAM のノウハウをドキュメント化し、それらをとおして INAM 内に知識を蓄積し、業務を改善していくことを基本方針とした。

一方、本プロジェクト開始時のモザンビーク気象局の状況は、事前調査報告書作成時点で予定されていたレーダーの改修などが行われておらず、国家気象局 (NHMS: National Hydrology and Meteorology Service) として必要とされている、GTS(Global Telecommunication System)回線 (Pretoria-Maputo 間)、気象衛星受信システム、航空気象情報 (SADIS) の入手装置が故障しており、インターネットによるバックアップ資料を活用しながら日常業務を行っている状況であった。

本プロジェクトは2つの output から構成され、Output1 は地上気象およびレーダーに係る観測技術の定着と観測器材のトレーサビリティの確保、Output2 は予報・警報にかかる能力向上に分けられる。

Output1 については、プロジェクト開始時点においては、レーダー以外の観測は WMO 等の基準に依り実施されており、INAM 観測基準器を補い、トレーサビリティを確立し、観測・保守手順をドキュメント化することで、ある程度の成果を期待できた。一方、レーダーについては世銀プロジェクトにより修理され運用を開始しているはずの Beirai, XaiXai レーダーがともに運用されておらず、その稼働の目処は立っていなかった。また、予報については、レーダーデータが提供されていないことに加え、GTS を通じて提供される国外の観測情報や数値予報情報の入手が困難であり、加えて、衛星データを受信する EUMETSAT システムの故障などがあり、成果目標の達成にはいくつかの困難が予想された。

Output1 (レーダーを除く) については、ワークプランどおり、気圧計及び温度計の INAM 基準器を導入し、日本の気象庁の測器センターである RIC (Regional Instrument Center) つくばと連携して、国際準器とトレーサビリティが取れている RIC つくば準器と INAM 基準器とのトレーサビリティ確立を含む日本国における本邦研修の実施、これらの機材のモザンビークへの輸送、機材の組立と現地におけるフォローアップ技術研修、RIC つくば職員による現地フォローアップ、短期専門家による繰り返しの OJT により、技術移転が確実に実施された。

地上気象観測技術については、WMO の CIMO ガイドラインほかを参照資料として、地上気象観測、観測器材にかかる測定原理、観測手順、標準器との比較手順をドキュメント化し、INAM 本部において同資料を用いた講義を行い、加えて、複数の地方観測所において講義を実施することで、技術移転を行い、これらのドキュメントを利用することで、INAM 独自で残りの観測所まで技術指導を実施する教材等が整備された。

Output1 に係る技術移転は当初予定していた内容につきほぼ完了したが、観測は有人観測が主体で、今後、水銀式気圧計は電気式気圧計に更新することが WMO から勧告されており (水俣条約に基づく)、ガラス温度計も、将来的には、現在世界で主流になりつつある電気式センサーへの移

行が進められる必要がある。今回導入した基準器等によるトレーサビリティは INAM 本部レベルまでであり、今後、地方観測所までのトレーサビリティの確保を行う必要があるが、それに加えて、INAM 全体の観測ネットワークの見直し（AWS の併用または移行）も検討・実施することにより、トレーサビリティの強化、精度の向上と技術移転の成果の向上が期待される。

観測の自動化については、世銀プロジェクトにより AWS の全国的な導入が計画されているが、当初計画通りに進展しておらず、将来的な展開も不透明である。なお、プロジェクト目標の変更に伴い導入された AWS (Automated Weather Station) による 10 分間隔の自動観測・データ収集は順調に稼働しており、Beira では、これらをモニターしながら実況観測を行い、Maputo では雨期を中心にこれらをモニターしながら予報への活用を行っている（2017/18 雨期から）。

本部に整備した検定装置の利用については、より上位の国際的な基準器との定期的な比較、および、これらを用いた地方の観測機器との比較を定期的に行う必要がある。現在の観測は、有人観測が主体であり、これらの検定機器の活用機会に限られる。前述のように今後必要となる AWS の導入には、観測データの品質管理と比較検定が不可欠であり、AWS 導入とあわせて、①検定の技術水準の維持、②より上位の基準器との定期的な比較、③観測データの品質管理による機器障害の早期検知が必要となる。2018 年 3 月時点で UK の支援による AWS 導入が検討されており、導入に当たっては、①～③を考慮しつつ計画することが必要である。

なお、本 project では技術移転目標をレーダーから気象衛星・AWS に変更し、Maputo など 3 か所に AWS を設置したが、Beira 気象台の Panenga 氏より、「C/P と専門家で AWS ネットワーク・機材をデザイン⇒AWS の設定・設置について業者における技術トレーニング⇒C/P が現地における設置を実施⇒INAM が AWS 観測ネットワークを運用し専門家が技術サポートする」のプロセスをとることが「INAM の技術向上のためには必要である」との強い要請があった（2018 年 3 月）。INAM のネットワークおよび技術者の現状から、これらのプロセスを本 project で実施することは困難であったが、AWS に限らず他の技術においても、「C/P と専門家による技術移転計画の立案⇒委託業者による直接の技術指導（本邦あるいは現地）⇒C/P による業務執行（専門家が指導）⇒C/P による運用（専門家がサポート）」のプロセスは技術移転の理想的なプロセスであり、今後の INAM への技術移転においては、C/P からの要請として考慮すべき指摘である。

レーダーについては、本プロジェクト中での修理の見通しが立たず、プロジェクトの対象からはずしたが、降水の実況把握、短時間予報のためには重要な観測装置であり、まず、安定的な電源を確保すること、データを Maputo まで転送し予報に活用できる安定した通信線を確保することを行い、レーダーを導入できる環境を整備することが必要である。

Output2 の予報・警報については、当初予定されていたレーダー、EUMETSAT、GTS がともに安定運用できていなかったことから、INAM の予報業務の流れをベースライン調査でトレースすることから始めた。これらをとおして、INAM がインターネット上の情報を有効利用しながら業務を実施していることが分かり、これらのプロセスをデジタル化しデータを保存することで、予報に係るノウハウと資料を保存、それらをとおして技術移転を行う方向に実施方針を変更した。

これらの業務実施において、強力なサポートとなったのは以下の点であった。

- ・ INAM では予報・警報・観測実況を、2014 年頃から PC 上で作業しており、デジタル化されたデータが蓄積されていた（一部欠測データは紙媒体の記録から補填）。

- ・南アフリカ気象局の SWFDP (Severe Weather Forecast Demonstration Project)、ECMWF の数値予報資料などがインターネットをとおして提供されており、これらにより予報作業の実施が可能であった。

日本などにおける気象予測は、レーダー、気象衛星、数値予報などのデジタル化された気象予測を用いて、都市レベルの時系列予測が実施されており、本プロジェクトの技術移転内容もこれらの技術移転を含むものであったが、INAM では、予報支援資料が十分でない中、インターネットおよび外部機関の提供情報を最大限に活用し、INAM に求められる予測・警報と提供している。デジタルデータが十分に得られなかったため、却って INAM の現在の予報作業にあった技術移転を実施することが出来た。

プロジェクトでは、INAM が使用している予報支援資料を自動的に蓄積することとし、これら蓄積した観測・予報・警報データを検証することで、予報能力の向上を行った。また、レーダーのリハビリが進んでおらず、プロジェクトの前半で、レーダーを用いた大雨監視が困難であったことから、気象衛星および AWS を用いた大雨監視に目標を変更した。これらの変更により、INAM の予報を定期的に検証しながら (毎週火曜日)、気象衛星や数値予報を利用する活動を徐々に付け加え、予報・警報にかかる技術移転を日々の予報業務を通して移転することが出来た。

また、気象衛星専門家が 2016/17、2017/18 雨季に予報技術に係る OJT を実施し、ブリーフィングなどをとおし、サイクロン「Denio」来週時の早期警報発出、大雨が予想される際に当直予報官を含めた予報官全体による情報交換、気象知識を予報官相互が共有・議論するなどの活動が実施され、数値予報・気象衛星・AWS を用いた包括的な予報作業を実施できる能力についても、初歩的ではあるが技術研修を実施することができた。

加えて気象衛星専門家により、数値予報と INAM 観測データを用いた気象ガイダンスの試行 (カルマンフィルターによる最高気温・最低気温予測)、数値予報 GPV を用いた日単位の天気・風予報支援資料の作成を行い、予報の高度化についてもその活動を開始することができた (気象ガイダンスの試行、専門家への成果共有は継続して実施されている)。いずれの課題についても、当初予想よりも高いレベルの技術移転ができた。

プロジェクトの実施にあたっての「実施運用上の課題」「工夫」「教訓」を表 4-1 に示した。

表 4-1 「実施運用上の課題」「工夫」「教訓」

実施運用上の課題	工夫	教訓
Output 1		
INAM 基準器の不足、トレーサビリティの一部切断	プロジェクトによる国家基準器導入、RIC つくばと連携したトレーサビリティに係る技術移転の実施	本邦気象庁と連携することで、WMO 基準に沿って、確実に技術移転をすることができた
観測機器のトレーサビリティが地方観測所レベルまで達していない	ドキュメントを整備し、本部研修の実施、地方研修の一部を実施	地方レベルへのトレーサビリティ確保は本プロジェクト内では難しかった。今後予定される AWS の導入にあわせた能力強化が効果的

レーダーの修理が完了しておらず運用できていない	技術移転目標をレーダーから気象衛星および AWS に変更した	高度な機材（レーダー・AWS）の安定運用のための体制は不十分（人員も不足）
数値予報データ、気象衛星データなどのデジタルデータが自動受信できていない	インターネットをとおして INAM が利用している予報支援資料を自動蓄積積するシステムを構築し、技術移転を行った	現地気象局が実施している日々の業務をトレースすることで、現状にあった技術移転を行うことが可能
過去の予報などについて記録は残されているが振り返りがなされない	蓄積されたデータを用いて、予報の精度検証、雨季における大雨に係る予報・警報に係る分析を実施した	データの蓄積と、検証の重要性が示された。予報検証はプロジェクト終了時点でも継続されている。
日々の気象状況の検討 (briefing) が業務として実施されていない	2016/17 雨季に衛星専門家による briefing を試行し、サイクロン予報で十分のリードタイムを持った進路予報を提供できた	プロジェクト活動の中で、日々のルーティンから独立した予報検証チームが構成され、target を明確にした技術移転が実施された
気象予報が日単位の定性的なもので、予報官の経験と知識に依存している	気温ガイダンス、数値予報を用いた日単位の予報支援資料作成の技術移転を行った。また、ブリーフィングをとおして予報官相互の知識の共有に努めた。	予報作業の現場で実際の予報作業を行いながら OJT を行うことにより、C/P との強い信頼関係を構築でき、それらの継続が、知識の共有、新しい技術の試行へとつながった

5章 上位目標達成に向けての提言

本プロジェクトの上位目標およびプロジェクト目標は、以下のとおりである。

「上位目標」

- ・モザンビークにおける自然災害に対する対応能力が強化される

「プロジェクト目標」

- ・INAM が品質を確保された気象データにより改善された予報・警報を発表することができる。

本プロジェクトにより、トレーサビリティの向上により観測データの精度向上がはかられ、予報検証作業、OJT などをおして予報技術の底上げが計られ、サイクロンに対する早期警報などプロジェクト目標に合致した業務が実施されつつある。

上位目標の達成のためには、現在実施されている業務を自主的安定的に実施することが必要であり、その上で、上位目標を達成するために新たな課題に取り組む必要がある。以下に「プロジェクト目標の自主的安定的実施に関する提言」および「新たな課題への対応」につき必要な活動を提言する。

(1) プロジェクト目標の自主的安定的実施に関する提言

(a) INAM の気象観測能力の向上

INAM の地上気象観測能力を安定的に向上させていくためには、以下の活動が必要である。

- ・トレーサビリティの確保及び維持

INAM 本部の準器を1年毎に校正するとともに、INAM 内で相互校正を維持し地方レベルへ展開していく必要がある。機器間の定期的な精度比較を行うことにより、校正技術の向上及びトレーサビリティを向上していく必要がある。観測要素は現時点でトレーサビリティが確保されている気圧と気温以外の要素についても対応が必要である。校正結果のドキュメントは適切な場所を確保し、10年以上保管・管理する必要がある。

- ・気象測器の定期的な点検・維持管理

すべての気象測器が定期的な点検を受けるためには、INAM 本部メンテナンス部において、定期点検計画を策定し、全観測所の測器の定期的に巡回点検することが必要である。また、観測所で日常点検が行われるためには、本プロジェクトで提案した「日常点検野帳（日点検、週点検）」を本格的に導入することが必要である。

- ・観測ネットワークの見直し及び機材の整備

観測は有人観測が主体だが、今後、水銀式気圧計は電気式気圧計に更新することがWMO から勧告（水俣条約に基づく）されている。ガラス温度計も、将来的には、現在世界で主流になりつつある電気式センサーへの移行が進められることが見込まれる。これを踏まえて、AWS と有人観測の併用を踏まえた INAM 全体の観測ネットワークの見直し及びAWS 機材も含めたトレーサビリティの確保が必要である。

- ・観測員の技術向上

地上気象観測は観測指針に忠実に従うよう、繰り返し研修し観測員の技術を向上させる必要がある。観測官への研修は、新任時や上位資格取得時（航空気象観測官の養成）に実施されているが、ベテランの観測官であっても、定期的に基本技術の研修を行う必要がある。また、AWS 等の新たな気象測器が導入された際にも全観測官への研修を行う必要がある。

- ・外部機関所管のインフラ環境の整備

観測データの送信のための通信回線の安定化が不可欠である。また電源の安定化なくしてレーダーの導入は、不可能である。これら運転状況の改善のためには、外部機関と連携して安定運用するための方策を検討することが必要である。

(b) INAM の予警報能力の向上に関して

INAM の予警報能力を安定的に向上させていくためには、予報検証、大雨事例の検証、気象ブリーフィングによる解析・予報技術の蓄積を、地道に継続していくために以下の活動が必要である。

- ・INAM の予報作業で利用している主なデータの蓄積

GPV、気象衛星データについてデジタル化された解像度の高いデータが必要であるが GTS 回線等が不安定であることにより、安定して受信出来ていない。IT セクションと予報担当部局の連携を密に行うことにより、これら通信状況の安定化が必要である。

- ・予報検証作業

INAM の予報及び実際の気象観測データの検証を行い、予報精度の評価を行うことにより継続して予報作業を改善していくことが必要である。また大雨事例解析、警報発令についても検証し、これらを月報にまとめる作業を継続することにより、予報官の能力向上が期待できる。また、AWS を 3 地点 (Maputo, Beira, Nampula) に導入することにより気象状況のリアルタイム監視および検証が可能となった。

- ・予報会報

予報現業室で大型 Display を用いてブリーフィングを行うことにより、情報を共有し予報官同士が意見交換を行うことが出来、予報官相互の知識交流予警報の改善が期待できるとともに、次世代の予報官育成が期待できる。

- ・気象ガイダンスの使用

気象ガイダンスは利用者にわかりやすい予測情報を作成するために不可欠な技術であり、AWS 観測網の充実に合わせて、運用していくことが期待される。

(2) 新たな課題に対する提言

プロジェクトの活動に含まれてはいなかったものの、上位目標達成の観点からは対応が必要であることが明らかとなった課題への取り組みについて提言する。

(a) 新技術を自律的に導入するための知識及び技術力の強化

今回試験的に 3 台の AWS を導入したが、今後さらに AWS 設置を展開していくには、AWS ネットワーク・機材をデザイン⇒AWS の設定・設置について業者における技術トレーニング⇒C/P が現地における設置を実施⇒INAM の AWS 観測ネットワークを運用というプロセスをとり、その過

程において技術サポートを受ける必要があり、これを INAM 自身が認識している。今後、英国による AWS ネットワークの導入も予想され、設計時、機器設定作業、機器設置、ネットワークの運用につき、C/P とドナー側が積極的に関わること、それらをとおして INAM の技術水準を上げ、技術者を育てることを提案する。

(b) ネットワーク環境の改善と ICT 技術部門の強化

INAM におけるネットワーク環境は脆弱なままであり、日本の知見を活かした観測・予報における ICT 技術を利用したシステム化を行う素地ができていない。INAM の技術的停滞の一因として ICT 技術の改善は喫緊の課題であり、ICT 技術に対応できる若手技術者の採用、体制の再構築が必要である。

(c) 情報発信体制の強化

大雨事例検証の中で課題となった、予測が難しい現象について、状況の変化に伴う予報の変更を速やかに伝達する仕組みを構築する必要がある、このためには、他の防災機関や、マスコミと連携しながら改善を計っていく必要がある。

2018 年 3 月のセミナーはマスコミおよび防災関連機関を招いて開催されたが、INAM の予報警報に対する多くの率直な提言がなされており、今後、より積極的に、INAM からの情報発信の場を設け、外部機関からの要望の把握をとおして INAM の予報警報情報を改善し、防災情報を利用者に届けるために外部機関との連携を強化していくことが必要である。

(d) 人員増

レーダーおよび AWS など、今後、導入される機材を維持、運用するためには、人材育成と継続的な技術維持が必要になる。現時点の INAM の体制および人員ではこれらへの対応は難しく、技術職員を増加して体制を強化することが不可欠である。

6章 プロジェクト目標の達成度

6. 1 主な成果と各指標の達成度

本プロジェクトは、2015年4月から2018年10月にかけて実施された。成果1の気象観測について、Beira レーダーと XaiXai レーダーのリハビリが行われなかったためにレーダーに関する指標がプロジェクトの対象外となったほかは、成果1・成果2の各指標はほぼ達成された。

成果の達成状況を、成果1（気象観測）について表6-1に、成果2（気象予報）について表6-2にそれぞれまとめた。作成されたガイドライン等は別添のDVDに収録した。

表 6-1 成果 1 の達成状況

成果 1（INAM の気象観測能力が向上する）の達成状況	
指標	主な成果
1. 気象測器のトレーサビリティ及び点検に関するガイドライン及びマニュアルが作成される。	<ul style="list-style-type: none"> ● ベースライン調査結果、INAM の点検手順書、気象庁のガイドラインをベースに、トレーサビリティの「気象測器の校正ガイドライン」及び点検の「気象測器の維持管理マニュアル」を作成した(26 および 38 頁)。 ● 同ガイドラインおよびマニュアルに沿って、INAM 本院及び地方官署において技術移転を実施し、また、これらの活動から得た修正必要事項を、INAM の C/P と協議しつつ適宜反映させた。 <p>【達成度と所見】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・指標は達成された。 ・ガイドライン・マニュアルに基づく研修を複数回行った。今後は INAM が本部・地方職員に対して同ガイドライン・マニュアルに沿った研修を定期的実施する必要がある。
2. 1 気象レーダーのチェックアップリスト及びレーダーデータの品質管理に関するガイドラインが作成される。	<ul style="list-style-type: none"> ● 2015 年の現地調査において、Beira と XaiXai レーダーの現状を調査し、改善のための提言を INAM に対して行った。XaiXai レーダーは本プロジェクト期間中の改善が困難であることから改修対象からはずし、Beira レーダーについて供給電源の改善を要望した。 ● Beira レーダーへの商用電源の引き込みは行われたが、提案した変電設備の改善等を行われておらず、本プロジェクト期間中に同レーダーの稼働する見込みが立たないことから、技術移転項目を「気象レーダー」から「衛星画像解析」に変更することを提案し、2016 年 9 月の JCC において了承された。 <p>【達成度と所見】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・レーダーのリハビリが行われなかったため、指標がプロジェクトの対象外となった。

	<ul style="list-style-type: none"> ・INAM はレーダー復旧の要望を強く持っているが、そのためにはまず供給電源の状況等を改善する必要がある。
<p>2. 2 衛星データと ARG データによる大雨監視に関するガイドライン及び ARG のチェックアップリストが作成される。 (2016 年 11 月 PDM 変更)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 気象庁が開発した SATAID による EUMETSAT 衛星画像のオートダウンロード、気象庁数値予報データの可視化ツールを導入し、衛星による大雨監視手順（ガイドライン）を作成し、これらを用いて衛星画像解析に関する研修・OJT を実施した（60～61 頁）。 ● 今回設置した 3 台の自動雨量計について、並行して実施している地上観測とのチェックアップリストを作成し、衛星による大雨ポテンシャルの予備的な評価を行い、自動雨量計の有効性を確認した。 <p>【達成度と所見】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・指標は達成された。 ・衛星による大雨ポテンシャル推定の精度は大まかであり、自動雨量計によるリアルタイムベースでの校正が必要である。衛星による大雨監視のためには、各州に 1 つ以上の自動雨量計の設置が望まれる。
<p>3. 現業観測と校正を担当する INAM 職員の 3 人以上が気象観測の研修を受けること</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 保守マニュアル、観測機器ガイドブックに基づいた気象観測の研修を INAM 本院及び地方官署において複数回実施（66 名）、また、INAM 本院における気象観測技術研修において最大 36 名に対し研修を実施した（33～35 頁）。 ● 気象庁の RIC つくばにおける「気象観測機器校正・保守管理」に関する本邦研修を INAM の職員 4 名が受講した。 ● 気象庁の RIC つくば専門家によるトレーサビリティのフォローアップ研修を INAM において実施し、現業観測と校正を担当する研修受講者 4 名に RIC つくばの研修受講認定書が授与された（16 頁）。 ● 観測野帳及び日常点検野帳の導入を提案し、INAM 本院や主要な観測所において使用方法の研修等を行った。 <p>【達成度と所見】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・指標は達成された。 ・プロジェクトチームの専門家や RIC つくばの専門家により、測器検定の指導を何度も行い、本院での技術移転は終了した。これらの技術は、今後、地方レベルで日常的な測器検定業務を実施して、技術を根付かせる必要があり、INAM 内部での業務改善が望まれる。
<p>4. 校正のトレーサビリティが確かな気象測器が 80%以上である。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 気圧計と温度計の校正に必要な最新の可搬型気象観測準器を本邦で調達し、2015 年秋に実施した気象測器検定試験センターにおける本邦研修において初期校正を行った後、同機材を INAM に輸送しメンテナンスルームに設置した。 ● トレーサビリティ専門家は、気圧計と温度計の標準器の取り扱い方法、及びそれらを用いた校正を行うための技術研修を実施し、INAM 本院が保有する気圧計と温度計の基準器について 100%のトレーサビリティが確立された。

	<ul style="list-style-type: none"> ● 本邦において気象庁検定を受けた雨量計、温度計、湿度計を3台調達し、INAMの観測測器の精度評価と将来の自動観測測器利用のための予備実験を行った。これによりプロジェクトが対象としたINAM本院および地方観測所について100%のトレーサビリティが確立された。 <p>【達成度と所見】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・指標はほぼ達成された。ただしプロジェクト内で対応していない地域へのINAM自身による展開が必要。 ・INAM本院における観測準器及び校正装置は整備されているが、地方観測所の観測測器にはその効果が及んでいないものも存在する。INAM担当官が地方観測所の点検に行く機会をとらえ、観測所職員に対するOJTを定期的実施し、トレーサビリティを展開することが必要。
--	--

気象予報については、予報に関する講義・実習・事例解析や予報検証作業を通じて、多くの予報課職員が気象衛星や数値予報GPVデータ等を予報に利用できる能力を身につけた。また、毎日の予報作業において気象実況解析や大雨監視に関するOJTを行うことで包括的な予報作業をできる能力が向上した。

表 6-2 成果 2 の達成状況

成果 2 (INAM の気象予報能力が向上する) の達成状況	
指 標	主な成果
1. INAM の 3 人以上の職員が地上観測、ARG、気象衛星、GPV データを予報に利用できる能力を身につけること。	<ul style="list-style-type: none"> ● 気象予報に必要な総観気象学、気象力学、数値予報等の気象予報手法に関する研修を実施した。 ● 予報作業用 PC を供与し、悪天時の事例解析や予報ガイダンスの作成に必要な各種予報資料の蓄積を行い、INAM が毎日発表している最高気温と最低気温の予報精度を検証するシステムを導入した。検証作業は予報課職員によって毎週行われ、“Weekly verification”として予報課職員に共有され、さらに“Monthly report”の作成・刊行を開始した。 ● INAM が大雨に関する気象警報を発表した悪天時の気象状況の解析・予報に関する事例解析・評価を行い、悪天時レポートの作成を指導した。 ● 気象庁の数値予報 GPV を用いた衛星画像解析及び大雨事例の解析実習を行い、衛星画像と数値予報 GPV による大雨監視に関する予報課職員の理解を深めた。 ● これらの活動により、WG4 名および予報現業者 6 名が、地上気象、ARG、気象衛星、GPV データを予報に利用できる能力を身につけた。 ● 予報ガイダンスの作成手法に関する実習を行い、予報作業用 PC に蓄積された予報資料及び数値予報 GPV を用いて、最高気温・最低気温予報ガイダンスの作成に着手した。 ● INAM 職員 4 名に対して、気象予報警報に関する本邦研修を実施し、気象庁による先進的な気象業務に関する理解を深めた。

	<p>【達成度と所見】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・指標は達成された。 ・左記の研修や悪天時の事例解析演習等により、気象衛星や数値予報 GPV の利用に関する予報課職員の理解は大いに深まった。今後は、予報検証や大雨の事例解析等を継続するとともに、この成果を INAM の予報能力向上に活かすための活動を行う必要がある。
<p>2. 現業予報を担当する INAM の 3 人以上の職員が包括的な予報作業をできる能力を身につけること。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 1 項の成果を INAM の包括的な予報作業に活かすために、2016/17 および 2017/18 雨季に、毎日の予報作業において気象実況解析、大雨監視に関する OJT を実施し、予報現業者（主任予報官 2 名、予報官 4 名）が、気象衛星・複数国の数値予報を用いて、包括的な予報作業をできる能力を身につけた。 ● 気象衛星、数値予報 GPV の活用方法に関する講義・演習を複数回行うとともに、予報研修のためのデータ蓄積システムを構築し、同データを用いた事例解析演習を開始する等、予報警報能力向上に必要な環境が整備された。 ● 2018 年 2～3 月に、カルマンフィルターによる気象ガイダンス、GPV を用いた予報支援資料作成の試行を行い、その活動が継続されている。 <p>【達成度と所見】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・指標は達成された。 ・1. の成果を包括的な予報作業に活かすために、毎日の予報作業 OJT において、複数の気象モデルの定量的な分析と比較、気象衛星、ARG データ等を用いた大雨に係る実況把握と予測を、供与した大型ディスプレイを用い、予報課職員相互に実施した。これにより、気象モデル、気象衛星の利用による包括的な予報作業の能力が獲得されるとともに、ベテラン職員から若手職員への知見の共有が進み、予報課全体の予報能力が向上がした。 ・予報作業能力の向上は日々の現業作業、事例解析、予報検証の積み重ねで得られるものであり、今後も、大雨時などを中心にブリーフィングを実施し予報官相互の知見を共有・検討すること、気象ガイダンスの試行による定量的な気象モデルの利用を、継続していくことが重要である。

6. 2 プロジェクト目標の達成状況

INAMの発表する気象予警報については、防災関係機関や報道機関から改善されたとのアンケート結果が得られた。また、2017年2月のサイクロン襲来時にも迅速なサイクロン情報を発表したことが高く評価された。プロジェクト目標の達成状況は表6-3のとおり。

表6-3 プロジェクト目標の達成状況

上位目標（モザンビークの自然災害についての対応能力が向上する）の達成状況	
指 標	主な成果
災害リスク軽減・管理の地方自治体及び関連機関の80%以上がINAMのサービスがタイムリーかつ効果的であると評価すること	<ul style="list-style-type: none"> 政府関係機関と報道機関に対して、INAMの発表する気象情報に関する満足度と、INAMの予警報に対するニーズに関するアンケート調査を行った。その結果、約8割の関係機関からINAMのサービスは昨年1年間で改善されたとの回答が得られた。 防災関係機関（DNGRH）、テレビ局4社、新聞2社を訪問し、INAMの天気予報と気象警報に関する聞き取り調査を行った。概ね好意的な評価であったが、天気予報や気象警報が定時に届かないことがあるといった意見も聞くことができた。
	<p>【所 見】</p> <ul style="list-style-type: none"> モザンビークの自然災害についての対応能力向上のためには、INAMと防災関係機関や報道機関との密接な連携が不可欠である。関係機関とのコミュニケーションを図る機会を定期的に設けることが望ましい。
プロジェクト目標（INAMが品質管理された気象データを用いて予警報を改善・発出する）の達成状況	
指 標	主な成果
予警報の内容が改善すること。	<ul style="list-style-type: none"> 2017年2月中旬にサイクロンがモザンビークを直撃した際には、INAMからサイクロンに関する情報提供を迅速に行い、防災関係機関や国連機関から高い評価を受けた。 <p>【所 見】</p> <ul style="list-style-type: none"> 大雨等のシビアイベントが発生した際には、INAMの発表した警報や台風情報が防災関係機関、報道機関等にどのように伝わり、どのように防災活動に活用されているのかといった聞き取り調査を積極的に行うことが望ましい。

7章 総括所感

観測・予報にかかる技術移転として、当初想定したプロジェクト目標をおおむね達成することができた。

プロジェクトの実施にあたっては、レーダーの修理が完了しなかったためにプロジェクトの内容を変更する必要が生じ、また GTS 回線などの不具合などで想定していたデータが利用できなかったため技術移転方法の見直しの必要が生じた。

しかし、観測および予報業務においては INAM が自身の技術レベルに応じて着実に進んでいたことから、INAM の日々の業務運用状況を踏まえて技術移転方法を見直し、また C/P の継続的なプロジェクトへの参加・協力により、目標とした技術移転をほぼ完了させた。サイクロンの早期予報などについては想定を上回る効果を発揮することができた。

モザンビークの INAM をはじめアフリカにおいては、アジア地区の気象局に比べ、技術者の数と技術レベルが不足しており、通信ネットワーク・電源・機材などの物的資源も十分でない。一方、技術の積極的な習得意欲や、様々なハードウェアの障害に対して粘り強く対応できるのが特徴であった。INAM における技術援助は、MFI の Synergie 導入などパッケージ化されたハードとソフトを導入し、トレーニングを実施するタイプと、JICA の技術協力のように現地に専門家が入り C/P とともに業務にあたりながら技術移転を行うタイプがあり、前者は最新技術をすぐに利用できるが技術の波及が限定的で障害に対応できない、後者は技術力に係る長期にわたる指導については C/P 側のモチベーションが保てないのが課題であった。いずれの場合でも、INAM の技術・インフラの既存レベルと、ドナー側が目標とするレベルには大きなギャップがあり、これらを一気に埋めるのは難しい。人材育成・キャパシティビルディングを目的とする技術プロジェクトにおいて成果を上げるためには、①これらのギャップを複数のステップやフェーズに分け、一つ一つ課題を克服していくこと、②長期間継続する技術指導と比較すると、メリハリをつけ課題及び成果を細分化した短期専門家による繰り返しの技術移転及び評価が有効であること、③外部機関に成果を提供し、自らの発する気象予警報が社会に役立つことを業務目標に技術課題に取り組むことが必要である。

添 付 資 料

(*)は添付 DVD に収録、(+)は報告書の一部を添付

- A. プロジェクトデザイン マトリックス (PDM)
- B. 専門家派遣実績 (要員計画)
- C. 作業工程表
- D. JCC 議事録、機材引渡書(*) (+)
- E. ベースライン調査(*)
- F. ニュースレター(*)
- G. データ通信契約書(*)
- H. JICA 直営専門家 (3章6節) 別添資料(*) (+)
- I. 国内研修詳細計画実績版(*)

Logical Framework (Project Design Matrix: PDM) (Version-0)

Project title: Project for the Capacity Enhancement of Meteorological Observation, Weather Forecasting and Warning

Duration of cooperation: 32 months from the commencement (planned Dec. 2014 to Jul. 2017), Target group: Staff of INAM

Narrative Summary	Objectively Verifiable Indicators ¹	means of verification	important assumption
<p>Overall Goal Capacities to respond the natural disasters are enhanced in Mozambique.</p>	<p>More than XX% of local authorities and other relevant agencies in disaster risk reduction and management highly recognize that INAM's services are timely and effective.</p>	<p>- Interviews survey to Mozambican relevant agencies in disaster risk reduction and management - Satisfactory Survey</p>	
<p>Project Purpose INAM is capable to issue improved weather forecast and warnings by using quality-controlled meteorological data.</p>	<p>Improved contents of weather forecast and warnings</p>	<p>- Project Reports - documents of weather forecast and warnings</p>	<p>- The government's policy to prioritize the disaster risk reduction is continued without significant changes - Users understand weather forecast and warnings issued by INAM.</p>
<p>Output 1 Capacities in meteorological observation at INAM are enhanced.</p>	<p>1. Developed Guidelines and manuals for the traceability and inspection of meteorological instruments. 2. Developed guidelines for the quality control of meteorological radar data and checkup list for meteorological radar 3. Training on meteorological observation is conducted for at least XX INAM staff. 4. Meteorological instruments which ensure traceability of calibration are at least XX%.</p>	<p>- Guideline and Manual - Assessment by JICA experts - Project Reports - Certification</p>	
<p>2 Capacities in weather forecasting and warnings at INAM are enhanced.</p>	<p>1. At least XX staff of INAM obtains ability to use ground observation, radar, satellite & GPV² data for forecasting. 2. At least XX staff of INAM obtains ability to operate comprehensive weather forecasting</p>	<p>- Assessment by JICA experts - Project Reports</p>	

1. Indicators for the purpose and outputs shall be tentatively identified based on the baseline survey to be done in 3 months after the commencement the project, and be agreed later at Joint Coordinating Committee to be held at first year.

2. GPV: Grid Point Value

Activities	Inputs	Important assumption
<p>Activities for Output1 :</p> <p>1-1 Conduct baseline survey and identify issues about surface and upper weather observation, radar, satellite & others</p> <p>1-2 Procured traveling standard instruments are calibrated by WMO/RIC³(Japan) and INAM is responsible from second calibration</p> <p>1-3 Develop guidelines for the quality control of meteorological radar data and checkup list for meteorological radar</p> <p>1-4 Develop guidelines and manuals for the traceability and inspection of meteorological instruments</p> <p>1-5 Conduct trainings for the quality control of meteorological radar data and checkup for meteorological radar according to guidelines and checkup list based on the activity 1-3</p> <p>1-6 Conduct trainings for the traceability and inspection of meteorological instruments according to guidelines and manuals based on the activity 1-4</p> <p>1-7 Conduct follow-up activities to establish the quality control of meteorological radar data and checkup for meteorological radar</p> <p>1-8 Conduct follow-up activities to establish the traceability and inspection of meteorological instruments</p>	<p style="text-align: center;">[Japanese side]</p> <p>(1) JICA experts & consultants: - Leader - Meteorological Ground Observation - Meteorological Radar Observation - Weather Forecasting</p> <p>(2) Counterparts training Training in Japan - Attendance of world conference of DRR - Calibration of Instrument - Weather forecasting</p> <p>(3) Equipment - Equipment for calibration, Personal computers, Printers, Vehicle</p> <p style="text-align: center;">[Mozambican side]</p> <p>(1) Counterpart personal (a) Project Director National Director of INAM. (b) Project Manager Head of Department of Training & Institutional Development of INAM (c) Project Officer Meteorologist of INAM (d) Counterpart Personnel - Staff of Department of Observation & Network - Staff of Department of Analysis & Weather Forecast - Staff of Maintenance & General Support Department (e) Technical Working Group composed of INAM, INGC, DNA, Media (TV and Radio) DNSA/MINAG⁶, National Institute of Marine and Institute of Civil aviation may be formed as needed.</p> <p>(2) Equipment Existing INAM's equipment including Doppler radar-related parts</p> <p>(3) Offices and facilities for experts One office and facilities at INAM HQ</p> <p>(4) Running expenses necessary for the implementation of the Project</p>	<p>Meteorological radar system is functioned at least on one site</p>
<p>Activities for Output 2:</p> <p>2-1 Conduct baseline survey and identify issues about weather forecasting and warning</p> <p>2-2 Conduct trainings of Weather forecasting Method</p> <p>2-3 Conduct trainings of methodology on weather forecasting and warning by using ground weather observation, meteorological radar, Satellite & GPV data</p> <p>2-4 Conduct follow-up activities to establish comprehensive weather forecast & warning by using the output of activity 2-2 & 2-3</p> <p>2-5 Conduct baseline survey to identify needs of each users such as INGC⁴, DNA⁵, Media & private company and identify issues on weather forecast and warning provided by INAM</p> <p>2-6 Improve weather forecast and warning based on the findings of activity 2-5</p>	<p>(1) Counterpart personal (a) Project Director National Director of INAM. (b) Project Manager Head of Department of Training & Institutional Development of INAM (c) Project Officer Meteorologist of INAM (d) Counterpart Personnel - Staff of Department of Observation & Network - Staff of Department of Analysis & Weather Forecast - Staff of Maintenance & General Support Department (e) Technical Working Group composed of INAM, INGC, DNA, Media (TV and Radio) DNSA/MINAG⁶, National Institute of Marine and Institute of Civil aviation may be formed as needed.</p> <p>(2) Equipment Existing INAM's equipment including Doppler radar-related parts</p> <p>(3) Offices and facilities for experts One office and facilities at INAM HQ</p> <p>(4) Running expenses necessary for the implementation of the Project</p>	

3. WMO/RIC : World Meteorological Organization/ Regional Instrument Center

4. DNA : National Directorate of Water

5. INGC : National Institute of Disaster Management

6. DNSA/MINAG: National Directorate of Agrarian Services/Ministry of Agriculture

Tentative Plan of Operation (Version-0)

■ Activities with JICA experts (dispatch)

▨ Activities by INAM side / follow-up review

	Year			1 st year				2 nd year				3 rd year		
	1 st	2nd	3rd	4th	1st	2nd	3rd	4th	1st	2nd	3rd			
JCC	▲					▲				▲				
Reporting (Monitoring Sheet and Project Completion Report)			▲		▲		▲		▲		▲			
Training in Japan	▲	▲					▲							
Output 1: Capacities in meteorological observation at INAM are enhanced.														
1-1. Conduct baseline survey and identify issues about surface and upper weather observation, radar, satellite & others	■													
1-2. Procured traveling standard instruments are calibrated by WMO/RIC (Japan) and INAM is responsible from second calibration				■	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨			
1-3. Develop guidelines for the quality control of meteorological radar data and checkup list for meteorological radar.				■										
1-4. Develop guidelines and manuals for the traceability and inspection of meteorological instruments				■										
1-5. Conduct trainings for the quality control of meteorological radar data and checkup list for meteorological radar according to guidelines and checkup list based on the activity 1-3				■	▨	■		■	▨	■				
1-6. Conduct trainings for the traceability and inspection of meteorological instruments according to guidelines and manuals based on the activity 1-4				■	▨	■		■	▨	■				
1-7. Conduct follow-up activities to establish the quality control of meteorological radar data and checkup for meteorological radar					■		▨	▨	▨	▨	▨			
1-8. Conduct follow-up activities to establish the traceability and inspection of meteorological instruments							■	▨		■				
Output2: Capacities in weather forecasting and warnings at INAM are enhanced														
2-1 Conduct baseline survey and identify issues about weather forecasting and warning	■													
2-2 Conduct trainings of Weather forecasting Method			■	▨	■	▨	▨	▨	▨	▨	▨			
2-3 Conduct trainings of methodology on weather forecasting and warning by using ground weather observation, meteorological radar, Satellite & GPV data					■	▨	▨	▨	▨	▨	▨			
2-4 Conduct follow-up activities to establish comprehensive weather forecast & warning by using the output of activity 2-2 & 2-3					■	▨	▨	▨	▨	▨	▨			
2-5 Conduct baseline survey to identify needs of each users such as INGC, DNA, Media & private company and identify issues on weather forecast and warning provided by INAM							■							
2-6 Improve weather forecast and warning based on the findings of activity 2-5									■	▨	■			

Logical Framework (Project Design Matrix: PDM) (Version-1)

Project title: Project for the Capacity Enhancement of Meteorological Observation, Weather Forecasting and Warning

Duration of cooperation: 32 months from the commencement (planned Dec. 2014 to Jul. 2017), Target group: Staff of INAM

Narrative Summary	Objectively Verifiable Indicators ¹	means of verification	important assumption
<p>Overall Goal Capacities to respond the natural disasters are enhanced in Mozambique.</p>	More than XX% of local authorities and other relevant agencies in disaster risk reduction and management highly recognize that INAM's services are timely and effective.	<ul style="list-style-type: none"> - Interviews survey to Mozambican relevant agencies in disaster risk reduction and management - Satisfactory Survey 	
<p>Project Purpose INAM is capable to issue improved weather forecast and warnings by using quality-controlled meteorological data.</p>	Improved contents of weather forecast and warnings	<ul style="list-style-type: none"> - Project Reports - documents of weather forecast and warnings 	<ul style="list-style-type: none"> - The government's policy to prioritize the disaster risk reduction is continued without significant changes - Users understand weather forecast and warnings issued by INAM.
<p>Output 1 Capacities in meteorological observation at INAM are enhanced.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Developed Guidelines and manuals for the traceability and inspection of meteorological instruments 2. Developed guidelines for monitoring heavy rain with satellite data and ARG (Automated Rain Gauge) data 3. Training on meteorological instrument calibration is conducted for at least 3 INAM staff in charge for calibration 4. Meteorological instruments which ensure traceability of calibration are at least XX% 	<ul style="list-style-type: none"> - Guideline and Manual - Assessment by JICA experts - Project Reports - Certification 	
<p>2 Capacities in weather forecasting and warnings at INAM are enhanced.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. At least 3 staff of INAM obtains ability to use ground observation, ARG, satellite and GPV data for forecasting 2. At least 3 staff, in charge for operational forecast, of INAM obtains ability to operate comprehensive weather forecasting 	<ul style="list-style-type: none"> - Assessment by JICA experts - Project Reports 	

1. Indicators for the purpose and outputs shall be tentatively identified based on the baseline survey to be done in 3 months after the commencement the project, and be agreed later at Joint Coordinating Committee to be held at first year.

2. GPV: Grid Point Value

Activities	Inputs	Important assumption
<p>Activities for Output1 :</p> <p>1-1 Conduct baseline survey and identify issues about surface and upper weather observation, radar, satellite & others</p> <p>1-2 Procured traveling standard instruments are calibrated by WMO/RIC³(Japan) and INAM is responsible from second calibration</p> <p>1-3 Develop guidelines for the quality control of meteorological radar data and checkup list for meteorological radar</p> <p>1-4 Develop guidelines and manuals for the traceability and inspection of meteorological instruments</p> <p>1-5 Conduct trainings for the quality control of meteorological radar data and checkup for meteorological radar according to guidelines and checkup list based on the activity 1-3</p> <p>1-6 Conduct trainings for the traceability and inspection of meteorological instruments according to guidelines and manuals based on the activity 1-4</p> <p>1-7 Conduct follow-up activities to establish the quality control of meteorological radar data and checkup for meteorological radar</p> <p>1-8 Conduct follow-up activities to establish the traceability and inspection of meteorological instruments</p>	<p style="text-align: center;">[Japanese side]</p> <p>(1) JICA experts & consultants: - Leader - Meteorological Ground Observation - Meteorological Radar Observation - Weather Forecasting</p> <p>(2) Counterparts training Training in Japan - Attendance of world conference of DRR - Calibration of Instrument - Weather forecasting</p> <p>(3) Equipment - Equipment for calibration, Personal computers, Printers, Vehicle</p> <p style="text-align: center;">[Mozambican side]</p> <p>(1) Counterpart personal (a) Project Director National Director of INAM. (b) Project Manager Head of Department of Training & Institutional Development of INAM (c) Project Officer Meteorologist of INAM (d) Counterpart Personnel - Staff of Department of Observation & Network - Staff of Department of Analysis & Weather Forecast - Staff of Maintenance & General Support Department (e) Technical Working Group composed of INAM, INGC, DNA, Media (TV and Radio) DNSA/MINAG⁶, National Institute of Marin and Institute of Civil aviation may be formed as needed.</p> <p>(2) Equipment Existing INAM's equipment including Doppler radar-related parts</p> <p>(3) Offices and facilities for experts One office and facilities at INAM HQ</p> <p>(4) Running expenses necessary for the implementation of the Project</p>	<p>Meteorological radar system is functioned at least on one site</p>
<p>Activities for Output 2:</p> <p>2-1 Conduct baseline survey and identify issues about weather forecasting and warning</p> <p>2-2 Conduct trainings of Weather Forecasting Method</p> <p>2-3 Conduct trainings of methodology on weather forecasting and warning by using ground weather observation, ARG, Satellite, and GPV data</p> <p>2-4 Conduct follow-up activities to establish comprehensive weather forecast & warning by using the output of activity 2-2 & 2-3</p> <p>2-5 Conduct baseline survey to identify needs of each users such as INGC⁴, DNA⁵, Media & private company and identify issues on weather forecast and warning provided by INAM</p> <p>2-6 Improve weather forecast and warning based on the findings of activity 2-5</p>	<p>(1) Counterpart personal (a) Project Director National Director of INAM. (b) Project Manager Head of Department of Training & Institutional Development of INAM (c) Project Officer Meteorologist of INAM (d) Counterpart Personnel - Staff of Department of Observation & Network - Staff of Department of Analysis & Weather Forecast - Staff of Maintenance & General Support Department (e) Technical Working Group composed of INAM, INGC, DNA, Media (TV and Radio) DNSA/MINAG⁶, National Institute of Marin and Institute of Civil aviation may be formed as needed.</p> <p>(2) Equipment Existing INAM's equipment including Doppler radar-related parts</p> <p>(3) Offices and facilities for experts One office and facilities at INAM HQ</p> <p>(4) Running expenses necessary for the implementation of the Project</p>	

3. WMO/RIC : World Meteorological Organization/ Regional Instrument Center
4. DNA : National Directorate of Water
5. INGC : National Institute of Disaster Management
6. DNSA/MINAG: National Directorate of Agrarian Services/Ministry of Agriculture

Tentative Plan of Operation (Version-1)

Activities with JICA experts (dispatch)

Activities by INAM side / follow-up review

	Year											
	1 st year				2 nd year				3 rd year			
	1st	2nd	3rd	4th	1st	2nd	3rd	4th	1st	2nd	3rd	
JCC	▲					▲				▲		
Reporting (Monitoring Sheet and Project Completion Report)			▲		▲		▲		▲		▲	
Training in Japan	▲	▲						▲				
Output 1: Capacities in meteorological observation at INAM are enhanced.												
1-1. Conduct baseline survey and identify issues about surface and upper weather observation, radar, satellite & others	■											
1-2. Procured traveling standard instruments are calibrated by WMO/RIC (Japan) and INAM is responsible from second calibration				■	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	
1-3. Develop guidelines for the quality control of meteorological radar data and checkup list for meteorological radar.				■								
1-4. Develop guidelines and manuals for the traceability and inspection of meteorological instruments				■								
1-5. Conduct trainings for the quality control of meteorological radar data and checkup list for meteorological radar according to guidelines and checkup list based on the activity 1-3				■	▨	■			■	▨	■	
1-6. Conduct trainings for the traceability and inspection of meteorological instruments according to guidelines and manuals based on the activity 1-4				■	▨	■			■	▨	■	
1-7. Conduct follow-up activities to establish the quality control of meteorological radar data and checkup for meteorological radar					■		▨	▨	▨	▨	▨	
1-8. Conduct follow-up activities to establish the traceability and inspection of meteorological instruments							■	▨		■		
Output2: Capacities in weather forecasting and warnings at INAM are enhanced												
2-1 Conduct baseline survey and identify issues about weather forecasting and warning	■											
2-2 Conduct trainings of Weather Forecasting Method			■	▨	■	▨	▨	▨	▨	▨	▨	
2-3 Conduct trainings of methodology on weather forecasting and warning by using ground weather observation, meteorological radar, Satellite & GPV data					■	▨	▨	▨	▨	▨	▨	
2-4 Conduct follow-up activities to establish comprehensive weather forecast & warning by using the output of activity 2-2 & 2-3					■	▨	▨	▨	▨	▨	▨	
2-5 Conduct baseline survey to identify needs of each users such as INGC, DNA, Media & private company and identify issues on weather forecast and warning provided by INAM							■					
2-6 Improve weather forecast and warning based on the findings of activity 2-5									■	▨	■	

Logical Framework (Project Design Matrix: PDM) (Version-2)

Project title: Project for the Capacity Enhancement of Meteorological Observation, Weather Forecasting and Warning

Duration of cooperation: 40 months from the commencement (Mar. 2015 to Jun. 2018), Target group: Staff of INAM

Narrative Summary	Objectively Verifiable Indicators ¹	means of verification	important assumption
<p>Overall Goal Capacities to respond the natural disasters are enhanced in Mozambique.</p>	<p>More than 80% of local authorities and other relevant agencies in disaster risk reduction and management highly recognize that INAM's services are timely and effective.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Interviews survey to Mozambican relevant agencies in disaster risk reduction and management - Satisfactory Survey 	
<p>Project Purpose INAM is capable to issue improved weather forecast and warnings by using quality-controlled meteorological data.</p>	<p>Improved contents of weather forecast and warnings</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Project Reports - documents of weather forecast and warnings 	<ul style="list-style-type: none"> - The government's policy to prioritize the disaster risk reduction is continued without significant changes - Users understand weather forecast and warnings issued by INAM.
<p>Output</p> <p>1 Capacities in meteorological observation at INAM are enhanced.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Developed Guidelines and manuals for the traceability and inspection of meteorological instruments. 2. Developed guidelines for the monitoring heavy rain with satellite data and ARG (Automated Rain Gauge) data. 3. Training on meteorological instrument calibration is conducted for at least 3 INAM staffs in charge for calibration. 4. Meteorological instruments which ensure traceability of calibration are at least 80%. 	<ul style="list-style-type: none"> - Guideline and Manual - Assessment by JICA experts - Project Reports - Certification 	
<p>2 Capacities in weather forecasting and warnings at INAM are enhanced.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. At least 3 staffs of INAM obtain ability to use ground observation, ARG, satellite and GPV¹ data for forecasting. 2. At least 3 staffs, in charge for operational forecast, of INAM obtain ability to operate comprehensive weather forecasting 	<ul style="list-style-type: none"> - Assessment by JICA experts - Project Reports 	

1. Indicators for the purpose and outputs shall be tentatively identified based on the baseline survey to be done in 3 months after the commencement the project, and be agreed later at Joint Coordinating Committee to be held at first year.

¹ GPV: Grid Point Value

Activities	Inputs	Important assumption
<p>Activities for Output1 :</p> <p>1-1 Conduct baseline survey and identify issues about surface and upper weather observation, radar, satellite & others</p> <p>1-2 Procured traveling standard instruments are calibrated by WMO/RIC²(Japan) and INAM is responsible from second calibration</p> <p>1-3 Develop guidelines for the monitoring heavy rain with satellite and Automated Rain Gauge (ARG) data and checkup list for ARG .</p> <p>1-4 Develop guidelines and manuals for the traceability and inspection of meteorological instruments</p> <p>1-5 Conduct trainings for the monitoring and analysis for heavy rain with satellite and ARG data</p> <p>1-6 Conduct trainings for the traceability and inspection of meteorological instruments according to guidelines and manuals based on the activity 1-4</p> <p>1-7 Conduct follow-up activities to monitor and analyze heavy rain on daily operation</p> <p>1-8 Conduct follow-up activities to establish the traceability and inspection of meteorological instruments</p>	<p style="text-align: center;">[Japanese side]</p> <p>(1) JICA experts & consultants: - Leader - Meteorological Ground Observation - Meteorological Radar Observation - Weather Forecasting (2) Counterparts training Training in Japan - Attendance of world conference of DRR - Calibration of Instrument - Weather forecasting (3) Equipment - Equipment for calibration, Personal computers, Printers, Vehicle</p> <p style="text-align: center;">[Mozambican side]</p> <p>(1) Counterpart personal (a) Project Director National Director of INAM. (b) Project Manager Head of Department of Training & Institutional Development of INAM (c) Project Officer Meteorologist of INAM (d) Counterpart Personnel - Staff of Department of Observation & Network - Staff of Department of Analysis & Weather Forecast - Staff of Maintenance & General Support Department (e) Technical Working Group composed of INAM, INGC, DNA, Media (TV and Radio) DNSA/MINAG³, National Institute of Marin and Institute of Civil aviation may be formed as needed. (2) Equipment Existing INAM's equipment including Doppler radar-related parts (3) Offices and facilities for experts One office and facilities at INAM HQ (4) Running expenses necessary for the implementation of the Project</p>	<p>Meteorological radar system is functioned at least on one site</p>
<p>Activities for Output 2:</p> <p>2-1 Conduct baseline survey and identify issues about weather forecasting and warning</p> <p>2-2 Conduct trainings of Weather Forecasting Method</p> <p>2-3 Conduct trainings of methodology on weather forecasting and warning by using ground weather observation, ARG, satellite and GPV data</p> <p>2-4 Conduct follow-up activities to establish comprehensive weather forecast & warning by using the output of activity 2-2 & 2-3</p> <p>2-5 Conduct baseline survey to identify needs of each users such as INGC⁴, DNA⁵, Media & private company and identify issues on weather forecast and warning provided by INAM</p> <p>2-6 Improve weather forecast and warning based on the findings of activity 2-5</p>	<p>(1) Counterpart personal (a) Project Director National Director of INAM. (b) Project Manager Head of Department of Training & Institutional Development of INAM (c) Project Officer Meteorologist of INAM (d) Counterpart Personnel - Staff of Department of Observation & Network - Staff of Department of Analysis & Weather Forecast - Staff of Maintenance & General Support Department (e) Technical Working Group composed of INAM, INGC, DNA, Media (TV and Radio) DNSA/MINAG³, National Institute of Marin and Institute of Civil aviation may be formed as needed. (2) Equipment Existing INAM's equipment including Doppler radar-related parts (3) Offices and facilities for experts One office and facilities at INAM HQ (4) Running expenses necessary for the implementation of the Project</p>	

² WMO/RIC : World Meteorological Organization/ Regional Instrument Center

³ DNSA/MINAG: National Directorate of Agrarian Services/Ministry of Agriculture

⁴ INGC : National Institute of Disaster Management

⁵ DNA : National Directorate of Water

Tentative Plan of Operation (Version-2)

■ Activities with JICA experts (dispatch)

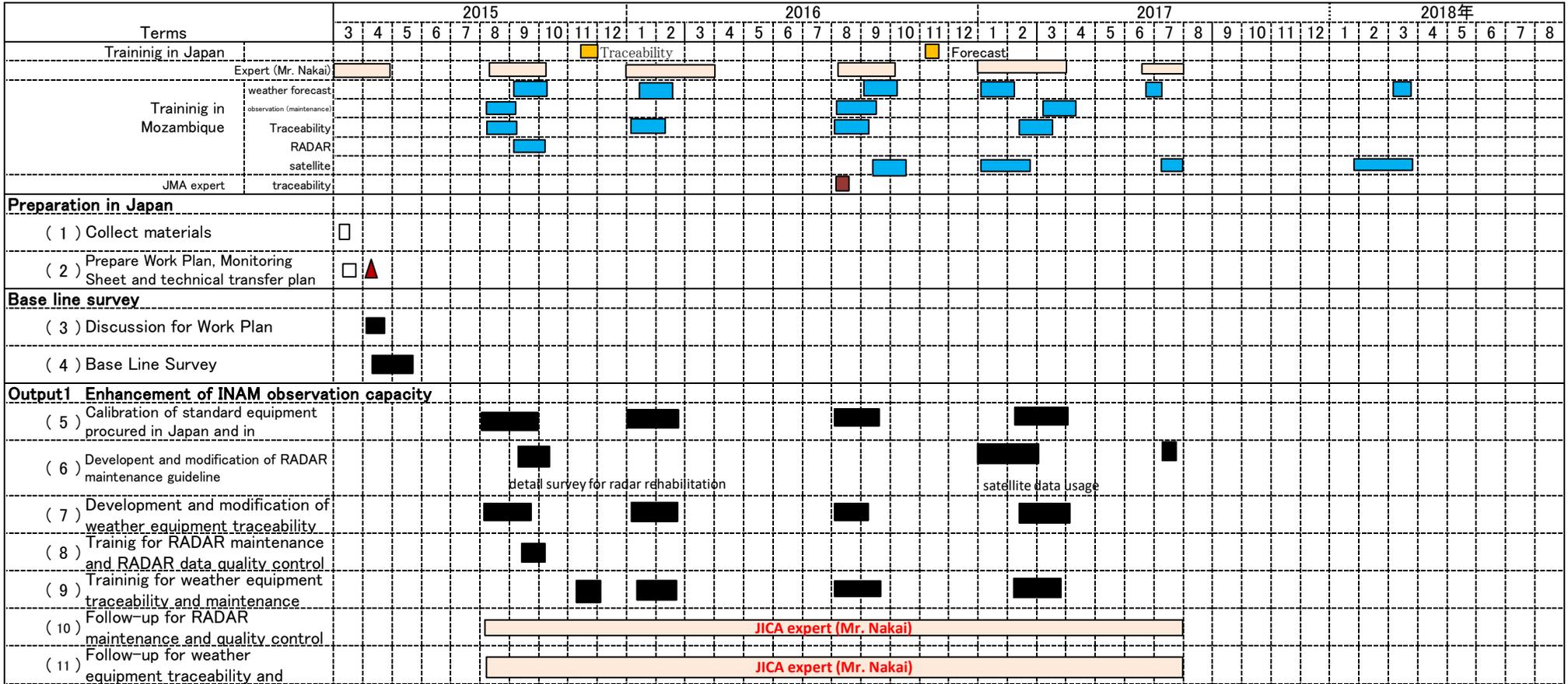
▨ Activities by INAM side / follow-up review

Year	1 st year				2 nd year				3 rd year				4 th
	1st	2nd	3rd	4th	1st	2nd	3rd	4th	1st	2nd	3rd	4th	1st
JCC	▲					▲					▲		
Reporting (Monitoring Sheet and Project Completion Report)			▲		▲		▲		▲		▲		
Training in Japan	▲	▲						▲					
Output 1: Capacities in meteorological observation at INAM are enhanced.													
1-1. Conduct baseline survey and identify issues about surface and upper weather observation, radar, satellite & others	■												
1-2. Procured traveling standard instruments are calibrated by WMO/RIC (Japan) and INAM is responsible from second calibration				■	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨
1-3. Develop guidelines for the monitoring heavy rain with satellite and ARG data and checkup list for ARG							■		■				
1-4. Develop guidelines and manuals for the traceability and inspection of meteorological instruments				■									
1-5. Conduct trainings for the monitoring and analysis for heavy rain with satellite and ARG data.							■	▨	▨	▨	▨	▨	▨
1-6. Conduct trainings for the traceability and inspection of meteorological instruments according to guidelines and manuals based on the activity 1-4					■	▨	■		■	▨			
1-7. Conduct follow-up activities to monitor and analyze heavy rain on daily operation.							■	▨	▨	▨			
1-8. Conduct follow-up activities to establish the traceability and inspection of meteorological instruments							■	▨		■			
Output2: Capacities in weather forecasting and warnings at INAM are enhanced									■				
2-1 Conduct baseline survey and identify issues about weather forecasting and warning	■									■			
2-2 Conduct trainings of Weather Forecasting Method			■	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨
2-3 Conduct trainings of methodology on weather forecasting and warning by using ground weather observation, ARG, satellite and GPV data					■	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨
2-4 Conduct follow-up activities to establish comprehensive weather forecast & warning by using the output of activity 2-2 & 2-3					■	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨
2-5 Conduct baseline survey to identify needs of each users such as INGC, DNA, Media & private company and identify issues on weather forecast and warning provided by INAM							■						
2-6 Improve weather forecast and warning based on the findings of activity 2-5									■	▨	■		

Project Implementation Plan

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29

様式-2



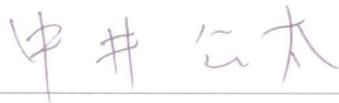
Appendix C

MINUTES OF JCC MEETING
ON
WORK PLAN
FOR
CAPACITY ENHANCEMENT OF METEOROLOGICAL OBSERVATION,
WEATHER FORECASTING AND WARNING
BETWEEN
INSTITUO NATIONAL DE METEOROGIA
AND
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

Based on the Minutes of Discussions of the Project, Capacity Enhancement of Meteorological Observation, Weather Forecasting and Warning (hereinafter referred to as "the Project") signed on August 22, 2014, the Japan International Cooperation Agency (hereinafter referred to as "JICA") dispatched to Mozambique the JICA Expert Team (hereinafter referred to as "the Team") from February, 2015 to explain the Draft Work Plan to Instituto Nacional de Meteorologia in Mozambique (hereinafter referred to as "INAM").

As a result of the discussions, the contents of the Work Plan and the issues mentioned in the attached document were agreed by representatives of related agencies at the meeting held on April 29, 2015.

Maputo, May 5th, 2015.



Mr. Kota NAKAI
Leader of JICA Expert Team



Dr. Atanásio João Manhique
National Director
National Institute of Meteorology
The Republic of Mozambique

MINUTES OF JCC MEETING
ON
WORK PLAN
FOR
CAPACITY ENHANCEMENT OF METEOROLOGICAL OBSERVATION,
WEATHER FORECASTING AND WARNING
BETWEEN
INSTITUO NATIONAL DE METEOROGIA
AND
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

Based on the Minutes of Discussions of the Project, Capacity Enhancement of Meteorological Observation, Weather Forecasting and Warning (hereinafter referred to as "the Project") signed on August 22, 2014, the Japan International Cooperation Agency (hereinafter referred to as "JICA") dispatched to Mozambique the JICA Expert Team (hereinafter referred to as "the Team") from February, 2015 to explain the Draft Work Plan to Instituto Nacional de Meteorologia in Mozambique (hereinafter referred to as "INAM").

As a result of the discussions, the contents of the Work Plan and the issues mentioned in the attached document were agreed by representatives of related agencies at the meeting held on April 29, 2015.

Maputo, May 5th, 2015.

Mr. Kota NAKAI
Leader of JICA Expert Team

Dr. Atanásio João Manhique
National Director
National Institute of Meteorology
The Republic of Mozambique

ken 

THE ATTACHED DOCUMENT

1. Work Plan

The contents of Work Plan for the Project were agreed by INAM as explained by the Team (ANNEX II).

The Project will be implemented according to it.

2. Points of Discussion

Important terms which JICA Expert Team presented are as followed:

- (1) "Transferring technical knowledge" is implemented not only to staffs of INAM but to INAM organization through documentation of knowledge and trainings.
- (2) The key concepts of the project are consist from 'nourish experts', 'documentation of knowledge' and 'digitalize daily tasks'.
- (3) JICA Team would like also to support enhancement of capacities in meteorological observation/forecast at INAM for providing additional/valuable information to the public.
- (4) JICA team asked for support and assistance during the base line survey and the field visits in the synoptic stations, as well as, to be able to access to forecast data for the elaboration of manuals and training activities.
- (5) Manuals and guidelines will be elaborated based on the need and current situation of INAM HQs and Field Stations reflecting existing INAM documents and JMA manuals.

- (6) JICA Team proposed to do the trainings more than two times for separate groups to cover all staffs in charge for daily operations.
- (7) JICA Team recommended at least one technician from province's stations to participate in the training.
- (8) JICA team ask INAM to nominate staffs for task force teams, i.e. 'equipment inspection', 'observation' and 'forecast'.

KD 

INAM Comments:

- (1) The Head of Maintenance Department suggested that the type and schedule of the trainings should be elaborated based on the results of the base line survey.
- (2) The Head of the Training Department asked to concentrate the training specifically in the development of weather forecasting in order to improve forecast capacities as well as warning.
- (3) INAM underlined the importance that the manuals and guideline should be translated in collaboration with their staff in order to apply the same type of technical vocabulary already used in their documents. They also suggested to write the manuals with the INAM format.

INAM Director's comments:

The director appreciated the presentations and the work plan proposed, thinking that is very interesting and challenging. Within the main challenges he found:

- (1) One of the most challenging task of the project is the forecasting digitalization.
- (2) Human capacities and internet communication challenge need to be tackled by steps.
- (3) He ensured the support from all INAM departments.
- (4) Regarding the manuals, it is necessary to not depend only on the manuals in order to transfer knowledge because people indeed do not read too much.
- (5) To coordinate all the trainings of the project with the training department in order not to overlap with other trainings.

- (6) INAM need to improve instruments because many instruments are old and some instruments using dangerous chemicals (ex. mercury barometer, thermometers) should be fade out.
- (7) Finally in future, project training is expected to be coordinated/jointed with the WMO African Region Training.



THE ATTACHED DOCUMENT

ANNEX I : Attendant List

ANNEX II : Presentation Materials for Work Plan

ANNEX I: Attendant List

List of participants of JCC Meeting on Work Plan for Capacity Enhancement of Meteorological Observation, Weather Forecasting and Warning between National Institute of Meteorology and Japan International Cooperation Agency.

(Maputo, on 29th April, 2015 in Conference Room of INAM)

29 April 2015

N.	Participants	Institution
1	Atanasio Manhique	INAM-National Directorate
2	Anacleto Duvane	INAM-National Directorate Adjunta
3	Mussa Mustafa	INAM-Project Manager
4	Katsuyoshi Sudo	JICA/Maputo- Representante Residente
5	Chiharu Morita	JICA/Maputo- Representante Residente Adjunta
6	Megumi Tsukizoe	JICA/Maputo
7	Stelio Massuque	JICA/Maputo
8	Arianna Bobba	JICA/Maputo
9	Carlos Alberto	INNOQ
10	Xavier Gulele	INGC-CENOE
11	Luisa Conceicao	DNA-DRH
12	Daniel Macaringue	INAM
13	Jose Sawanguane	INAM
14	Celio Matuele	INAM-Project Officer
15	Artur Mandlate	INAM
16	Berino Silinto	INAM
17	Kota Nakai	Leader of JICA Expert team
18	Michihiko Tonouchi	JICA Expert
19	Koji Matsubara	JICA Expert
20	Chuji Yamamoto	JICA Expert