

インドネシア国
津波早期警報能力向上プロジェクト
終了時評価報告書

平成 21 年 6 月
(2009 年)

独立行政法人 国際協力機構
地球環境部

| |
|--------|
| 環境 |
| JR |
| 09-101 |

インドネシア国
津波早期警報能力向上プロジェクト
終了時評価報告書

平成 21 年 6 月
(2009 年)

独立行政法人 国際協力機構
地球環境部

序 文

国際協力機構は、インドネシア共和国政府からの技術協力要請に基づき、同国において津波早期警報能力向上プロジェクトを平成19年9月から平成21年5月まで実施してきました。

当機構は、同計画の協力実績の把握や協力効果の評価を行なうとともに、今後日本及びインドネシア両国がとるべき措置を両国政府に提言することを目的として、平成21年4月5日から4月17日まで、当機構国際協力専門員 永田謙二を団長とする終了時評価調査団を現地に派遣しました。

調査団は、インドネシア国政府関係者と共同で同計画の現地調査、成果の確認及び評価を行い、帰国後、国内作業を経て調査結果を本報告書にとりまとめました。

この報告書が今後の協力の更なる発展の指針となるとともに、本計画により達成された成果が、同国の一層の発展に資することを期待いたします。

終わりに、プロジェクトの実施にご協力とご支援をいただいた両国の関係者の皆様に、心から感謝の意を表します。

平成21年6月

独立行政法人国際協力機構
地球環境部長 中川 闔夫

目 次

序 文

プロジェクト位置図

略語表

終了時評価調査結果要約表（和文、英文）

| | | |
|--------------|---|------------|
| 第 1 章 | 終了時評価調査の概要 | 1-1 |
| 1-1 | 調査団派遣の経緯と目的..... | 1-1 |
| 1-2 | 調査団の構成..... | 1-2 |
| 1-3 | 調査日程..... | 1-2 |
| 1-4 | 主要面談者..... | 1-2 |
| 1-5 | 面談記録..... | 1-2 |
| 1-6 | 評価方法と評価 5 項目..... | 1-2 |
| 第 2 章 | 団長所感 | 2-1 |
| 2-1 | プロジェクト目標の達成状況..... | 2-1 |
| 2-2 | 他ドナーとの連携の難しさ..... | 2-2 |
| 2-3 | 残された課題..... | 2-2 |
| 2-4 | 津波早期警報能力向上に係わる今後の支援の方向性..... | 2-2 |
| 第 3 章 | プロジェクトの背景と概要 | 3-1 |
| 3-1 | プロジェクトの背景..... | 3-1 |
| 3-2 | プロジェクトの概要..... | 3-1 |
| 第 4 章 | プロジェクトの実績 | 4-1 |
| 4-1 | 投入実績..... | 4-1 |
| 4-1-1 | 日本側..... | 4-1 |
| 4-1-2 | インドネシア側..... | 4-1 |
| 4-2 | プロジェクト目標の達成状況..... | 4-2 |
| 4-2-1 | SeisComp3 における M _{JMA} のプログラミング..... | 4-2 |
| 4-2-2 | インドネシアに適した M _{JMA} の導入..... | 4-2 |
| 4-2-3 | ITB による津波シミュレーション・データベースの開発..... | 4-2 |
| 4-2-4 | 標準作業手順書の開発..... | 4-4 |
| 4-3 | 上位目標の達成見込み..... | 4-4 |
| 4-3-1 | InaTEWS による観測機器ネットワークの開発..... | 4-4 |
| 4-3-2 | OBU/浮標の設置..... | 4-5 |
| 4-3-3 | 津波警報発表の実績..... | 4-5 |
| 4-4 | 成果の達成状況..... | 4-5 |

| | | |
|------------|----------------------------------|------------|
| 4-4-1 | 当初計画の活動に見る成果..... | 4-5 |
| 4-4-2 | 方向修正後の活動に見る成果..... | 4-6 |
| 4-5 | 実施プロセス | 4-7 |
| 4-5-1 | プロジェクトの基本的なアプローチ..... | 4-7 |
| 4-5-2 | 標準作業手順書に係る活動中止の経緯..... | 4-7 |
| 4-5-3 | 技術移転 | 4-10 |
| 4-5-4 | プロジェクト・オーナーシップ（BMKGの当事者意識） | 4-10 |
| 第5章 | 評価5項目による評価の結果 | 5-1 |
| 5-1 | 妥当性 | 5-1 |
| 5-1-1 | 防災分野の国家政策..... | 5-1 |
| 5-1-2 | 津波早期警報体制の優先度..... | 5-1 |
| 5-1-3 | BMKGのニーズ..... | 5-1 |
| 5-1-4 | 裨益者のニーズ | 5-2 |
| 5-1-5 | 実施機関の位置付け..... | 5-2 |
| 5-2 | 有効性 | 5-2 |
| 5-2-1 | プロジェクト目標の達成状況..... | 5-2 |
| 5-2-2 | プロジェクト目標達成への成果の寄与..... | 5-3 |
| 5-3 | 効率性 | 5-3 |
| 5-3-1 | 投入の適切性 | 5-3 |
| 5-3-2 | 他のプロジェクトとの協調..... | 5-4 |
| 5-4 | インパクト | 5-4 |
| 5-4-1 | 上位目標の達成の見込み..... | 5-4 |
| 5-4-2 | 上位目標到達への外部条件..... | 5-4 |
| 5-5 | 自立発展性 | 5-5 |
| 5-5-1 | 持続されるべきプロジェクトの便益..... | 5-5 |
| 5-5-2 | 政策面 | 5-5 |
| 5-5-3 | 組織制度面 | 5-5 |
| 5-5-4 | 財政面 | 5-5 |
| 5-5-5 | 技術面 | 5-6 |
| 5-6 | 結論 | 5-6 |
| 第6章 | 提言 | 6-1 |
| 6-1 | データの品質管理向上..... | 6-1 |
| 6-2 | 職員研修の実施 | 6-1 |
| 6-3 | マグニチュード過大推定の是正..... | 6-1 |
| 第7章 | 教訓 | 7-1 |
| 7-1 | 技術の比較優位性を活かすために..... | 7-1 |
| 7-2 | 専門家による予備調査の実施..... | 7-1 |

付属資料

- 1 面談者リスト
- 2 面談記録
- 3 実績グリッド及び評価グリッド
- 4 **BMKG** の地球物理資料情報センター (2009 年 4 月 13 日現在)
- 5-1 セミナー・ワークショップでの講演
- 5-2 実施された技術指導等の取りまとめ

プロジェクト位置図

インドネシア共和国全図



プロジェクトサイト



©2009 Google - 地図データ ©2009 AND, MapData Sciences Pty Ltd, PSMA, Europa

略語表

| | |
|--------------|---|
| AWI | Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research |
| BAKOSURTANAL | National Coordination Body for Survey and Mapping |
| BAPPENAS | National Development Planning Agency |
| BMKG | Meteorological Climatological and Geophysical Agency |
| BPPT | Agency for the Assessment and Application of Technology |
| DLR | Deutschen Zentrums für Luft und Raumfahrt |
| DRR | Disaster risk reduction |
| DSS | Decision support system |
| EPOS | Earthquake Phenomena Observation System |
| FDM | Finite Difference Method |
| FEM | Finite Elements Method |
| GDISC | Geophysical Data Information System Center |
| GFZ | Deutsches GeoForschungs Zentrum |
| GITEWS | German Indonesian Tsunami Early Warning System |
| GPS | Global Positioning System |
| GTZ | Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit |
| IASPEI | International Association of Seismology and Earth's Interior |
| InaTEWS | Indonesian Tsunami Early Warning System |
| IOC | Intergovernmental Oceanographic Commission |
| IOTEWS | Indian Ocean Tsunami Warning System |
| ITB | Bandung Institute of Technology |
| JMA | Japan Meteorological Agency |
| LIPI | National Institute of Sciences |
| NEITWC | National Earthquake Information and Tsunami Early Warning Center |
| NEITWS | National Earthquake Information and Tsunami Warning System |
| NIED | National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention |
| NWPTAS | Northwest Pacific Tsunami Advisory System |
| OBU | Ocean bottom unit |
| PMBOK | Project Management Body of Knowledge |
| PO | Plan of Operation |
| P wave | Primary wave |
| REITWC | Regional Earthquake Information and Tsunami Early Warning Center |
| RISTEK | State Ministry for Research and Technology |
| S wave | Secondary wave |
| SEED | Standard for the Exchange of Earthquake Data |
| SOP | Standard operation procedures |
| TEWS | Tsunami early warning system |
| USGS | United States Geological Survey |
| WBS | Work breakdown structure |

終了時評価調査結果要約表

| 1. 案件の概要 | | |
|--|-----------------------|------------------------|
| 国名：インドネシア共和国 | 案件名：津波早期警報能力向上プロジェクト | |
| 分野：防災 | 援助形態：技術協力 | |
| 所轄部署：JICA 地球環境部 | 協力金額：0.38 億円 | |
| 協力 期間 | (R/D)：2007年9月～2009年4月 | 先方関係機関：気象気候地球物理庁（BMKG） |
| | (延長)：2009年4月～2009年5月 | 日本側協力機関：気象庁 |
| | (F/U)： | 他の関連協力： |
| | (E/N)（無償）： | |
| 1-1 協力の背景と概要 | | |
| <p>2004年12月のスマトラ沖地震津波で被った甚大な災害が契機となって、インドネシアでは、防災行動計画（2006年～2009年）の策定や防災基本法（2007年10月）の施行など、防災行政の整備が急速に進められた。特に津波早期警報体制の整備は防災行政の主要政策の一つとして重要な位置付けを持っており、その整備に向け作成されたグランド・シナリオ（2005年、2006年改訂）や以上の関連政策の下で、気象気候地球物理庁（BMKG）は津波早期警報システムを緊急に整備・運用する任を負うこととなった。2007年3月にインドネシア政府は、BMKGの地震情報津波早期警報中央センター（NEITWC）の能力向上を図るために技術協力を日本政府に要請した。この要請に応じて、2007年5月に事前調査が実施され、その結果に基づいて、本プロジェクトはJICAの技術協力により2007年9月～2009年5月の21ヶ月間を協力期間として実施された。</p> | | |
| 1-2 協力内容 | | |
| (1) 上位目標：インドネシアにおいてより正確で信頼性のある警報システムが構築される。 | | |
| (2) プロジェクト目標：NEITWCの能力が向上する。 | | |
| (3) 成果 | | |
| 成果1：NEITWCの運営にかかるBMKG本局の組織体制が強化される。 | | |
| 成果2：NEITWC職員の津波早期警報システムの運用にかかる能力が向上する。 | | |
| (4) 活動 | | |
| 活動1-1：津波早期警報システムの全体計画についてのレビューを行う | | |
| 活動1-2：地震処理システムに気象庁式マグニチュードを導入する | | |
| 活動1-3：津波シミュレーション・データベースを構築し、津波処理システムに移行する | | |
| 活動1-4：津波早期警報システム全体の運用にかかる標準作業手順書を作成する | | |
| 活動2-1：気象庁式マグニチュードの運用を行う | | |
| 活動2-2：標準作業手順書に基づきシステム運用にかかる日常的な訓練を実施する | | |
| (5) 投入 | | |
| 日本側 | | |
| 専門家投入：3名（短期2人長期1人）、延べ12.8人月 | | |
| 研修員受入：計6名 | | |
| 機材供与：震源表示プログラム・ソースコード（気象庁提供）など | | |
| 在外事業強化費 | | |

インドネシア側

カウンターパート配置：計 12 名

専門家執務室：事務室、通信設備、光熱水費

運営経費：なし

2. 評価調査団の概要

| | | |
|------|-------------------------|------------------------------------|
| 調査者 | (氏名：担当分野、所属・職位) | |
| | 永田 謙二 | ： 団長・総括、JICA 国際協力専門員 |
| | 笠原 稔 | ： 技術参与、北海道大学大学院理学研究院付属地震火山研究観測センター |
| | 小林 千晃 | ： 協力評価、JICA 地球環境部水資源・防災グループ防災第一課 |
| | 寺尾 豊光 | ： 評価分析、水産エンジニアリング（株） |
| 調査期間 | 2009 年 4 月 5 日～4 月 17 日 | 評価種類：終了時評価 |

3. 評価結果の概要

3-1 実績の確認

(1) 活動

当初計画された活動 6 項目の内、標準作業手順書に係る活動 2 項目は中止された。これは標準作業手順書を作成する対象であったドイツ支援の津波早期警報システム (GITEWS) が協力期間中に完成を見ていないためである。その代わりに津波警報に必要な震源解析分野での指導訓練を行うことに専門家の活動の重点が置かれた。BMKG では震源解析分野に技術的な諸問題を抱えており、この活動は時機を得たものとなった。改善の対処が試みられた分野は、地震波形データの保管、地震月報、地震観測指針の翻訳、震源表示プログラムの導入、プログラミング言語の習得など、広汎に及んだ。

(2) プロジェクト目標

以上の活動の中で地震観測指針と震源表示プログラムの二項目は有用な成果物を残すこととなった。他の地震波形データの保管や地震月報に係る活動は今のところ目に見える結果を出していない。しかしながら、結果が出ていないこれらの活動においても、有意義な貢献があった。これらの活動の実施により、将来にわたって看過される可能性のあった BMKG の地震分析における潜在的な諸問題が特定された。この点において、NEITWC の運営に関与する幹部職員、スタッフおよびオペレータに対し、本プロジェクトは貴重な共有経験を残すことができたと言える。この状況を鑑みると、本プロジェクトは NEITWC のスタッフおよびオペレータの能力強化に相当の貢献を果たしたと判断される。

3-2 評価結果の要約

(1) 妥当性

本プロジェクトの妥当性は高い。インドネシアでは、防災行動計画の策定や防災基本法の施行に見られるように、防災行政の整備が急速に進められてきた。津波早期警報体制の整備は防災行政の主要政策の一つとして重要な位置付けを持ち、BMKG はその開発と実施の業務を所掌している。防災政策が求められるところに応えるために、BMKG では津波早期警報体制の整備は喫緊の要を伴う組織

課題となっている。NEITWC の津波警報に係る能力向上を支援することにより、本プロジェクトは防災政策の実現と BMKG の業務に貢献を果たした。

(2) 有効性

本プロジェクトの有効性は高い。上述のようにプロジェクト目標は達成されたと言える。NEITWC の能力向上の上で、地震観測指針の翻訳と導入された震源表示プログラムは有用であった。また、地震波形データの保管と地震月報などの調査を通じて BMKG の地震分析に係る問題が特定され、関係職員が有益な経験を得るとともに、後述のように問題対処に向けた具体的な提言が残されることともなった。いずれもプロジェクト目標達成に寄与があった。

(3) 効率性

本プロジェクトの効率性は中程度である。投入は予定の工程に沿ってなされており、投入時期には重大な遅延は見られない。しかし協力期間中にドイツ側の作業遅延により GITEWS が完成しないことから、適切な代替活動が限定され、個別の課題に対して個々に対処せざるを得ない状況にあった。このような状況の中、長期専門家は、個々の課題に対して技術指導を行なったが、課題は多岐に分かれており長期専門家の派遣が 1 名、12 人月では必ずしも十分ではなかった。これは、津波予報に必要な専門知識を持つ人的資源を長期間派遣することが困難であったこと、当初想定されていた活動が上記理由により制限されてしまったことによる。

(4) インパクト

上位目標の達成は、インドネシアの各政府機関が実施中の InaTEWS プロジェクト（GITEWS プロジェクトもこれに含まれる）の達成が前提となる。また NEITWC における地震分析の改善も前提条件に含まれる。そのためには、BMKG における研究開発の一層の進展が求められる。

(5) 自立発展性

本プロジェクトの自立発展性は高いと期待される。津波早期警報を実施するための組織制度上の枠組は構築されてきている。具体的には、BMKG に対し、津波早期警報体制の整備・実施を主導するよう要請する政策として、防災行動計画、グラウンド・シナリオ（2005 年）および津波早期警報に係る省令（2006 年、No. 21）等が挙げられる。BMKG が警報体制整備に向けて、研究開発等の必要な業務を継続する上で、これらの政策が安定した基盤を与える。BMKG はまた津波関連プロジェクトのために相当額の予算を得ている。ただし BMKG の担当職員が上掲のような技術的課題に対処し適切な解決を見出すためには、さらに技術情報を得て、地震データ分析の知見をより一層高める必要があると考えられる。

3-3 結論

本プロジェクトは NEITWC の業務に従事するスタッフとオペレータの能力強化を目的として実施された。津波早期警報体制に見られる問題に対処するために取り上げられた技術的課題は広汎に及んだ。プロジェクト活動の実施を通じ、有用な成果物を残すものもあったが、目に見える結果が出ないものもあった。しかしながら、結果が出ていないこれらの活動にあっても、将来にわたって看

過される可能性のあった BMKG の地震分析における潜在的な諸問題が特定されており、有意義な貢献があった。NEITWC の運営に関与する職員により共有された技術的課題に係る以上の経験を通じて、本プロジェクトは職員の能力強化に相当の貢献を果たしたと判断される。

3-4 提言

(1) 地震波形データ保管の改善

現状では NEITWC に保管されている地震波形のデジタル記録は直ちに使用できる状態となっていない。地震波形データを適切に保管することは地震観測の基本であり、 M_{BMKG} の開発さらに震源解析の正誤の評価を含む様々な地震学的調査研究を行うための前提条件である。地震波形および地震パラメータのデータ保管の改善を最優先で実施するべきである。

(2) 職員研修の実施

NEITWC における津波早期警報を有効かつ信頼を置けるものとするために、上記の技術課題は、早期に解決される必要がある。課題に対処する関係職員の研究開発活動の能力向上に向けて、BMKG は、あらゆる機会を生かして、職員研修を強化するべきである。

(3) マグニチュード過大推定の是正

SeisComp3 は小規模な地震のマグニチュード決定に際し過大推定を与えることが多い。津波警報発令の上では致命的な問題ではないが、BMKG や関係機関における震源解析などの研究開発に混乱を招きかねない。SeisComp3 からこの技術的な制約を取り除くため、専門家により既に BMKG と GFZ に提言がなされている。GFZ がこの問題に対応できるかどうかは、疑問があり、今後必要な行動を取るために BMKG がイニシアチブを持つことが望まれる。

3-5 教訓

(1) 技術の比較優位性の活用

インドネシアでは、地震観測の歴史は長いものの、整序の取れた震源解析および高さ・到達予想時間を含む津波警報の経験を積んでいない状況があった。プロジェクトの設計に当たっては、日本で蓄積された技術経験を活かし得る分野の活動を選定することが特に重要である。インドネシアの状況をもっと配慮することで、BMKG が抱える技術的課題の解決に資し、かつ日本の経験を活かす計画内容とするべきであった。

(2) 専門家による予備調査の実施

新規開発技術の分野が含まれる GITEWS プロジェクトが支援の対象に含まれるものであっただけに、プロジェクト実施期間の最初に、専門家による 6 ヶ月程度の現況調査期間を置き、その結果にしたがって改めて活動内容と実施工程 (P0) を再検討するアプローチも選択肢の一つとして検討するべきであった。

3-6 フォローアップ状況

インドネシアから「津波早期警報アドバイザー」の派遣要請があり、協力内容が検討されている。

Summary Sheet for Terminal Evaluation

| 1. Outline of the Project | | |
|---|--|--|
| Country: Republic of Indonesia | | Project title: Project on Capacity Development for National Center of Tsunami Early Warning System |
| Issue/Sector: Disaster management | | Cooperation scheme: Technical Cooperation |
| Division in charge: Global Environmental Dept. | | Total cost: 38 million Japanese Yen |
| Period of Cooperation | R/D: July 2007 to April 2009 Extension: April. 2009 to May 2009 | Partner Country's Implementing Organization: Meteorological Climatological and Geophysical Agency (BMKG) |
| | (F/U): (E/N) (Grant Aid): | Supporting Organization in Japan: Japan Meteorological agency (JMA) |
| Related Cooperation: None | | |
| <p>1-1. Background of the Project</p> <p>Recent large disasters such as the NAD Earthquake and Tsunami in December 2004 have rapidly accelerated development and institutionalization of the disaster risk reduction (DRR) in Indonesia. These include Law for Disaster Management (October 2007) and National Action Plan for DRR (2006-2009). Especially, development of the tsunami early warning system has been prioritized as one of the main DRR policies, and thus the Grand Scenario of Indonesian Tsunami Early Warning System was formulated in 2005.</p> <p>Under the Grand Scenario and other relevant policies for the DRR, BMKG had come to face urgent needs to develop the tsunami early warning system. The Government of Indonesia requested the Government of Japan to carry out a technical cooperation to assist the capacity development in National Earthquake Information and Tsunami Early Warning Center (NEITWC) of BMKG on March 2007. In response to the request, the preliminary study was conducted in May 2007. Based on results of the study, this 21-months Project started in September 2007 through assistance by the technical cooperation of JICA.</p> <p>1-2. Project Overview</p> <p>(1) Overall Goal: More accurate and reliable tsunami early warning system is developed in Indonesia. (2) Project Purpose: Capacity of the NEITWC is strengthened. (3) Outputs</p> <p style="padding-left: 40px;">Output 1 The institutional capacity of BMKG Headquarters on operating NEITWC is improved.</p> | | |

Output 2 The capacity of staff and operators in NEITWC on operating Tsunami Early Warning System is strengthened.

(4) Activities

- Activity 1-1 Reviewing overall plan of the InaTEWS (Indonesian Tsunami Early Warning System)
- Activity 1-2 Installing M_{JMA} calculation formula into the seismic data processing and analyzing system (SeisComP3)
- Activity 1-3 Developing tsunami simulation database and installing it into the tsunami analyzing system (Decision Support System: DSS)
- Activity 1-4 Preparing standard operation procedure of the Tsunami Early Warning System
- Activity 2-1 Conducting trainings on M_{JMA} calculation method
- Activity 2-2 Promoting operational exercises based on the standard operational procedure

(5) Inputs

Japanese side:

- Expert: 3 persons, 12.8 person-months in total
- Trainees received: 6 persons
- Equipment: Source code of hypocenter display program and others

Indonesia side:

- Project counterparts: 12 persons
- Office for the expert, communication facilities and energy costs
- Local Cost: not applicable

2. Evaluation Team

| | | |
|----------------------------|---|---|
| Members of Evaluation Team | Mr. Nagata Kenji (Head of Team), Senior Adviser, JICA | |
| | Dr. Kasahara Minoru (Technical Adviser), Professor Emeritus, Institute of Seismology and Volcanology, Hokkaido University | |
| | Mr. Kobayashi Chiaki (Project Planning), Program Officer, Disaster Management Division1, Water Resources and Disaster Management Group, Global Environment Department, JICA | |
| | Mr. Terao Toyomitsu (Evaluation Analysis), Consultant, Fisheries Engineering Co., Ltd | |
| Period of Evaluation | 5 April 2009 to 17 April 2009 | Type of Evaluation: Terminal evaluation |

3. Results of Evaluation

3-1. Achievements

(1) Activities

Among the initially planned six activities, Activity 1-4 and 2-2 that are aimed at preparation and implementation of the standard operation procedure (SOP) were cancelled, as the Tsunami Early Warning System in NEITWC assisted by Germany (GITEWS) was found not to be completed within the period of the Project. Alternatively, actions by the expert has been placed mainly on guidance and training for technical subjects in field of the hypocenter analysis that are basically needed for operating and managing a tsunami warning system. Since BMKG has had technical constraints on this field, the actions made by the expert met the BMKG's requirements. As a result, fields of the technical transfer in this Project has come to consist of various technical subjects that include improvement of seismic wave data depository and seismological bulletin, as well as translation of manual for seismology observatory practice, introduction of hypocenter display program, programming languages, and many others.

(2) Project purpose

Among the above activities, translation of manual for seismology observatory practice and introduction of hypocenter display program have come to produce useful deliverables. Activities for other subjects such as improvement of the seismic wave data depository and seismological bulletin have not produced visible outcomes so far. However, there is also a meaningful contribution in those that have not shown outcomes yet. These actions have uncovered potential problems in the seismicity analysis in BMKG that would otherwise be continued to overlook. In this regard, the Project could leave valuable experiences that were shared with officers, staff and operators involved in the NEITWC. Taking into account this situation, it is considered that the Project have made rather considerable contribution to capacity building in the NEITWC.

3-2. Summary of Evaluation Results

(1) Relevance

The relevance of the Project is high. Development and institutionalization of the DRR have been rapidly proceeded with in Indonesia as shown in the recent enactment and formulation of Law for Disaster Management and National Action Plan for DRR. Establishment of the tsunami early warning system has been prioritized as one of the main DRR policies, and BMKG has been in charge of its development and management as a leading government agency in this field. To meet such requests by the relevant policies, BMKG had come to face urgent needs to develop the tsunami early warning system. Through supporting for capacity building in the NEITWC, this Project could contribute to implementation of the DRR policies.

(2) Effectiveness

The effectiveness of the Project is high. The project purpose has been substantially achieved as stated above. For capacity building in the NEITWC, translation of manual for seismology observatory practice and introduction of hypocenter display program were effective. Through studies on seismic wave data depository, seismological bulletin and other seismological subjects, problems in seismology analysis in BMKG were identified. This has left valuable experiences that were shared among the staff and operators concerned and also produced specific and constructive recommendations. All these contributed to achievement of the project purpose.

(3) Efficiency

The efficiency of the Project is moderate. Inputs of the Project were made mostly in accordance with the planned time schedule. There was no significant delay of the inputs. However, it is noted that input of the long term expert of 12 person-months was certainly insufficient to complete study and training for all the subjects. These subjects were appropriately identified to substitute some of the project activities as GITEWS project was not completed within the term of this Project, and were determined to handle in a course to implement the Project. This insufficiency was caused by difficulties to send human resource of the necessary expertise for a long time from JMA that is only an agency operating tsunami warning system in Japan.

(4) Impacts

Achievement of the overall goal is subject to a completion of the InaTEWS project that includes GITEWS project and is being undertaken by the several government institutions in Indonesia at present, as well as to improvement of the seismology analysis in the NEITWC and Regional Earthquake Information and Tsunami Early Warning Center (REITWC). This requests further actions for research and development in BMKG.

(5) Sustainability

The sustainability of the Project is expected to be high. The tsunami early warning system (TEWS) in Indonesia is being hugely backed up by the relevant national policies. Those that direct BMKG to implement the TEWS include National Action Plan for DRR, Ministerial Decree for Establishment of TEWS, No.21, 2006, and Grand Scenario of Indonesia TEWS (2005, updated in 2006). These will provide BMKG with a stable foundation to continue all necessary works together with a considerable amount of budgets. It should be noted however that, for tackling with the challenges, the staff and operators on duty in BMKG may need more technical information on how to elaborate seismic data to find appropriate solutions.

3-3. Conclusion

This Project is aimed at strengthening of the capacity of staff and operators in the NEITWC. Constraints in operation of the NEITWC that were handled by the Project have come to cover various technical

subjects. Some of the project activities could leave useful deliverables, and some have not produced visible outcomes so far. However, there is a meaningful contribution in those that have not shown outcomes yet as well - these activities have uncovered potential problems in the seismicity analysis in BMKG that would otherwise be continued to overlook. Through these valuable experiences that were shared with officers, staff and operators involved, the Project has made rather considerable contribution to strengthen the capacity of the NEITWC.

3-4. Recommendations

(1) Improvement of seismic wave type data keeping

The digital recording of the seismic wave type kept in NEITWC is able not to be used at once under the present situation. Keeping appropriate the seismic wave type data is basic of the seismic observation, and researched variety and the seismology investigate precondition because the purpose is including the evaluation of the correction of M_{BMKG} of the hypocenter analysis development in addition. It is necessary to execute the improvement of keeping of the data of the seismic wave type and the seismic parameter in top priority.

(2) Execution of staff training

It is necessary to solve the above-mentioned technological opportunity at the early stage. Because it is assumed to be able to place reliance warning at the early stage of the tsunami in NEITWC. BMKG should make the best use of all chances, and strengthen the staff training aiming at the ability improvement of research and development activities of a related staff who deals with the problem.

(3) Correction of magnitude excessive presumption

When the magnitude of a small-scale earthquake is decided, SeisComp3 often gives excessive presumption. After the tsunami warning is announced officially, confusion might be caused to the research and development of the hypocenter analysis in BMKG and a related organization etc. though it is not a fatal problem. To remove this technical restriction from SeisComp3, it has already been proposed to BMKG and GFZ by the specialist. There is a doubt, and it is hoped whether GFZ can deal with this problem that BMKG has the initiative to do the necessary in the future.

3-5. Lessons Learned

(1) Utilization of Technological Comparative Advantage

Indonesia has a long time history in the seismological observation. However, in practices of hypocenter analysis and categorized tsunami warning, experiences were not very sufficient. Upon design of the project, it could be able to make consideration over such situations and select project activities more that can take advantage of experiences in Japan.

(2) Implementation of Preparatory Study by the Expert

Since this Project was aimed at supports for the GITEWS that includes technologies unfamiliar to

Indonesia and Japan, a preparatory study by the expert for around 6 months in the initial stage might have been one of options for a better design of project activities and Plan of Operation.

3-6. Follow-up Situation

「Tsunami early warning adviser」 is requested in the request survey in 2009.

第1章 終了時評価調査の概要

1-1 調査団派遣の経緯と目的

2004年12月26日に発生したスマトラ沖地震により、インドネシア共和国（以下「イ」国）では、13万人以上の死者と10万人以上の負傷者、3万人以上の行方不明者が発生した。この災害では津波早期警報に関する知識の欠如、体制の不備により被害が拡大したことから、2005年1月の国連防災世界会議において、インド洋津波早期警報体制の構築に向けて国連による調整の下、被災国、関係国・機関が協力を進めるという声明が発表された。その後、「イ」国政府は2006年7月に発生した西ジャワ州津波に対する政府の対応の遅れを国際社会から批判されたことを受け、「2008年末までに津波早期警報システムを完成する」という目標を掲げ、ドナーの支援や自助努力により資機材や体制の整備を進めている。

このような流れの中、わが国は2006年1月に設立された「日本・インドネシア防災に関する共同委員会」の報告書において、防災分野における日本の協力の柱の1つとして津波等災害早期警報体制の構築を挙げ、同分野の協力を進めていくことを表明しており、JICAはこれまでに調査団（無償資金協力にかかる予備調査、「イ」国におけるプロジェクト形成調査1、ドイツとの調整のためのプロジェクト形成調査2）の派遣を通じて「イ」国政府及びドイツ等の関係ドナーと協議を重ねた。その結果、2007年3月に気象地球物理庁（Meteorological and Geophysical Agency: BMG）はわが国に対し、津波警報システムの構築及び運用のための能力向上を目的とする技術協力を要請した。

同要請の採択後、JICAは、2007年5月に事前調査を実施し、協力の計画を決定した。その後、2007年5月31日に署名された協議議事録（Minutes of Meeting）に従い、同年9月から21ヶ月の計画でプロジェクトを開始した。なお、プロジェクト期間中に「イ」国の機構改革が行なわれ、気象地球物理庁（BMG）は、所掌範囲の拡大により、名称が気象・気候・地球物理庁（BMKG）と変更となっている。

本調査は、インドネシア国側のカウンター・パート（C/P）機関である気象・気候・地球物理庁（BMKG）と共に本プロジェクトの終了時評価を実施することを目的とする。終了時評価においては、本プロジェクト終了時までに実施すべき事項に関する提言、終了後のプロジェクト成果の有効活用および持続可能性に係わる提言を行い、今後の津波早期警報能力向上に係わる我が国の支援に対する有用な教訓を引き出す。さらに、インドネシア国から要請が出されている「津波早期警報アドバイザー派遣」の必要性および専門家が実施すべき支援の内容等について検討する。

BMKGの2つの局のうちの一つであるデータ情報システム局の局長 Prih Harjadi 氏、その傘下にある地球物理データ情報システムセンター長 Fauzi 氏および本センターの主要なスタッフ、さらに本プロジェクトで派遣されている浜田専門家を加えて、3日間にわたって協議を重ねた。最終的に共同終了時評価報告書（JTER: Joint Terminal Evaluation Report）をとりまとめ、Prih 氏と調査団の間で同報告書を承認する議事録に署名した。

1-2 調査団の構成

- | | | | |
|-----------|-------|----------------------|---|
| (1) 団長／総括 | 永田 謙二 | JICA 国際協力総合研修所 | 国際協力専門員 |
| (2) 協力評価 | 小林 千晃 | JICA 地球環境部水資源・防災グループ | 防災第一課 |
| (3) 技術参与 | 笠原 稔 | 北海道大学 | 名誉教授 北海道大学大学院理学研究院附属地震火山研究観測センター 研究員 |
| (4) 評価分析 | 寺尾 豊光 | 水産エンジニアリング株式会社 | 主査 |

1-3 調査日程

2009年4月5日（日）から4月17日（金）

1-4 主要面談者

付属資料1に添付する。

1-5 面談記録

現地調査の間に BMKG の要員及び派遣専門家に対して面談調査を行った。面談調査の結果を取りまとめ、付属資料2に添付する。

1-6 評価方法と評価5項目

本評価調査は JICA の事業評価ガイドライン（2004年2月改訂版）に沿って行われた。評価分析で取り上げられた OECD/DAC 評価5項目（妥当性、有効性、効率性、インパクトおよび自立発展性）の調査内容は本ガイドラインの定めるところによった。調査のため準備した評価グリッドと設問に対応する調査結果を付属資料3に添付する。

第2章 団長所感

2-1 プロジェクト目標の達成状況

本プロジェクトの目標は、地震情報・津波早期警報センター（NEITWC^{*1}）の能力強化であり、2つの成果、すなわち、1）地震情報・津波早期警報システム（NEITWS^{*1}）の正確性・信頼性を高め、2）NEITWC^{*1}のスタッフ及びオペレータの能力向上を図ることにより、その目標を達成する。

本プロジェクトにおいて、2人の短期専門家および1人の長期専門家は、現在のインドネシア津波早期警報システム（InaTEWS）の計画の全容を把握し（活動 1-1）、その役割を十分に果たしたと評価できる。すなわち、気象庁式マグニチュード（ M_{jma} ）の計算システムが地震解析システム（SeisComp3）に導入され（活動 1-2）、その解析方法のトレーニングが実施され（活動 2-1）、一時期 SeisComp3 で試験的に M_{jma} を算出していたこともある。2 海域の津波シミュレーション・データベースはバンドン工科大学（ITB）に委託して作成された（活動 1-3）。また、津波早期警報システム（TEWS）全体の運用に係わる標準作業手順書（SOP）については、意思決定支援システム（DSS）が完成していないこと、その詳細情報が把握できないことなどから、作成が困難であったため、それに代わるテキストを国際機関のマニュアル^{*2}から抜粋してインドネシア語化し（活動 1-4）、それらに基づいて職員やオペレータの能力向上を図っている（活動 2-2）。

プロジェクト目標達成のためには、ドイツ・インドネシア津波早期警報システム（GITEWS）プロジェクトによる SeisComp3 および全ての地震津波情報を統括する意思決定支援システム（DSS）の詳細情報を把握し、それらシステムを実際に構築しているドイツ地球科学研究センター（GFZ）およびドイツ航空宇宙センター（DLR）との連携が不可欠である。その意味で、上記目標は、本プロジェクトのみで達成できる目標であるとは言えず、目標への「貢献」という概念でプロジェクト目標達成の評価を考えていくべきであろう。

実際には、JICA 専門家の努力にもかかわらず、GITEWS プロジェクトが遅延していることから、SOP に代えて地震観測実施に係わるガイダンスのテキストをインドネシア語化すると共にその他資料を作成し、それらに基づいて職員やオペレータの能力向上を図っている。

GITEWS プロジェクトのスケジュールおよび進捗に対応して、本プロジェクトの活動および成果を多少変更したとはいえ、本プロジェクトは、目標である「NEITWC の能力強化」に一定の貢献を果たしていることは間違いなく、本プロジェクトはその目標をほぼ達成したと評価できる。

*1 NEITWS, NEITWC: National Earthquake Information and Tsunami Early Warning

*2 "New Manual for Seismological Observatory Practice" by the International Association of Seismology and Earth's Interior (IASPEI)

2-2 他ドナーとの連携の難しさ

InaTEWS の構築には、ドイツ、中国、フランスなど様々な機関が関わっている。特に、InaTEWS の中枢である地震解析システムと津波解析システムの導入プロジェクト（GITEWS）を実施しているドイツは重要な役割を果たしていると言える。InaTEWS 構築という最終目標の中で、我が国の支援は、一部地震観測のモニタリングも実施しているが、本プロジェクトで実施している「NEITWC の能力強化」を主体としている。すなわち、全体の中の一部を担っているわけであり、他のプロジェクトの内容および進捗程度にある程度左右されることはやむをえないものと思われる。ここに、本プロジェクトのように他ドナーとの連携を必要とするプロジェクトの難しさがある。

したがって、InaTEWS の管理・運用主体である BMKG と十分な協議を実施すること、そして、ドイツを含む他ドナーのプロジェクト内容を詳細に把握し、BMKG を通じて十分な連携を図っていくことが必要不可欠であり、非常に重要であると思われる。

2-3 残された課題

InaTEWS の信頼性と持続可能性を確保し BMKG 職員の能力向上を図っていくためには、まだまだ様々な課題が残されていることが JICA 専門家により指摘されている。特に、

- 1) 地震波形データのストレージシステムの構築
- 2) 震源解析の精度向上

の2つが、最も緊急を要する重要な課題であると指摘されている。さらに、以下の課題も早急な解決が望まれる。

- 3) ITB と AWI が作成した津波データベースの互換性または相互利用を確保することにより、インドネシア国周辺の全海域における津波早期警報を実現する。
- 4) 震源解析におけるマグニチュードの推定精度を向上するために、BMKG 式マグニチュード M_{BMKG} (M_{JMA} とほぼ同等) を導入する。
- 5) フェイルセーフ実現のためのパラレルシステムを導入する。つまり、DSS による津波解析のみではなく、既存の解析システムでも迅速な津波解析を行って速報できる体制を構築する。
- 6) BMKG 自身により InaTEWS の SOP を作成する。

2-4 津波早期警報能力向上に係わる今後の支援の方向性

本プロジェクトは、計画通り 2009 年 5 月で終了することが妥当であると思われるが、引き続き「NEITWC の能力強化」が必要であることは間違いない。現在、インドネシア国から「津波早期警報専門家の派遣」要請が出されているが、上記した課題の BMKG による解決への支援を行う必要性は非常に高く、是非とも専門家派遣が必要であると判断される。

また、「NEITWC の能力強化」を十分に図っていくには、専門家派遣のみでは不十分であると思われる。新たな能力向上プロジェクトの形成の必要性が高いと思われる。その場合、InaTEWS 構築の進捗状況および他ドナーの活動動向に合わせた、十分に管理された「能力向上プロジェクト」の形成が必要である。専門家派遣が実現した場合、専門家は上記の「能力向上プロジェクト」の形成にも大きな役割を果たすことができると期待される。

第3章 プロジェクトの背景と概要

3-1 プロジェクトの背景

2004年12月のスマトラ沖地震津波で被った甚大な災害が契機となって、インドネシアでは、防災行動計画（2006年～2009年）の策定や防災基本法（2007年10月）の施行など、防災行政の整備が急速に進められた。特に津波早期警報体制の整備は防災行政の主要政策の一つとして重要な位置付けを持っており、その整備に向け作成されたグランド・シナリオ（2005年、2006年改訂）や以上の関連政策の下で、気象・気候・地球・物理庁（BMKG）（当時は気象・地球・物理庁（BMG））は津波早期警報システムを緊急に整備・運用する任を負うこととなった。2007年3月にインドネシア政府は、BMKG（要請当時はBMG）の地震情報津波早期警報中央センター（NEITWC）の能力向上を図るために技術協力を日本政府に要請した。この要請に応じて、2007年5月に事前調査が実施され、その結果に基づいて、本プロジェクトはJICAの技術協力により2007年9月～2009年5月の21ヶ月間を協力期間として実施された。

3-2 プロジェクトの概要

| | |
|-----------|--------------------------------------|
| 協力期間 | 2007年9月～2009年5月（21ヶ月） |
| 実施機関 | 気象・気候・地球・物理庁（BMKG） |
| ターゲットグループ | BMKGの地震情報津波早期警報中央センター（NEITWC）担当職員 |
| 上位目標 | インドネシアにおいてより正確で信頼性のある警報システムが構築される |
| プロジェクト目標 | NEITWCの能力が向上する |
| 成果1 | NEITWCの運営にかかるBMKG本局の組織体制が強化される |
| 成果2 | NEITWC職員の津波早期警報システムの運用にかかる能力が向上する |
| 活動1-1 | 津波早期警報システムの全体計画についてのレビューを行う |
| 活動1-2 | 地震処理システム*に気象庁式マグニチュードを導入する |
| 活動1-3 | 津波シミュレーション・データベースを構築し、津波処理システム*に移行する |
| 活動1-4 | 津波早期警報システム全体の運用にかかる標準作業手順書を作成する |
| 活動2-1 | 気象庁式マグニチュードの運用を行う |
| 活動2-2 | 標準作業手順書に基づきシステム運用にかかる日常的な訓練を実施する |

注*：日本の気象庁の地震津波監視業務の用語による概略的な読み替え

| | |
|----------|----------------------------------|
| 地震処理システム | 地震波形受信、自動震源計算、会話震源計算、震源報送信 |
| 津波処理システム | 震源報受信、津波予報DB検索、津波ガイダンス組み立て・表示・送信 |

第4章 プロジェクトの実績

4-1 投入実績

4-1-1 日本側

(1) 専門家派遣

以下の3名の専門家が派遣された。専門家の投入は、プロジェクトが終了する2009年5月までに合計12.8人月となる。

- 「地震データ分析」短期専門家（2007年9月4日から15日の12日間）
- 「津波早期警報技術」短期専門家（2007年12月9日から20日の12日間）
- 「作業手順訓練」長期専門家（2008年5月12日から2009年5月11日の12ヶ月間）

(2) カウンターパート研修

BMKGの職員6人が2008年1月6日から19日（14日間）に本邦研修を受講した。気象庁が実施する日本の津波早期警報業務の状況、警報発表等での関連機関との連携体制、住民の避難促進に係る対策等の事例紹介が行われた。

(3) 津波シミュレーション・データベースの作成

バンドン工科大学（ITB）への委託により、フローレス海域およびスラウェシ海域の津波シミュレーション・データベースの作成が行われた。

4-1-2 インドネシア側

(1) カウンターパート

カウンターパートはフルタイム・ベースで配置されることはなかったが、専門家の業務の必要に応じるために、幹部職員4人が指名された¹。

プロジェクト活動に従事したカウンターパートの投入人月数に係る情報はない。専門家により与えられた討議、調査および技術指導に参加したBMKGの幹部職員、スタッフおよびオペレータは少なくとも12人に達した。

BMKGの地球物理資料情報センター（GDISC）に所属するスタッフとオペレータ数名が指名され、後述する課題について技術指導を受けた。GDISCは3課（division）6室（sub-division）から成り、その内、地震早期情報室と津波室の所掌下に、NEITWCの地震モニタリングと津波警報の業務を行うスタッフやオペレータが配置されている（付属資料4参照）。なおBMKGの組織強化により2009年5月から、GDICは、地震津波センターと地震工学・地球物理・標準時センターに分かれ、全体で6課、12室の体制に再編された。

(2) 便宜供与

プロジェクト実施全期間にわたり専門家執務室と通信設備（LAN及び電話）が供与された。

¹ BMKGの職員は、室長（Echelon IV）以上の幹部職員、スタッフ、オペレータに職階または職種が分かれる。オペレータはいわゆる現業職員で、週5交代制により24時間稼働のNEITWCの勤務に当たる。オペレータの任用は固定されておらず、スタッフとの間に人事異動がある。

長期派遣専門家の執務室は新館2階のNEITWCに隣接する部屋に割り当てられた(後にUNDP専門家と共用)。長期専門家が赴任してから、部内連絡の効率化と研修を兼ねて、職員の中から、秘書1名の選抜配置を要請したが、この要請は満たされなかった。

4-2 プロジェクト目標の達成状況

本プロジェクトにはPDMが作成されていないので、プロジェクト目標の達成状況を示す指標として、プロジェクトの活動に挙げられる気象庁マグニチュード(M_{JMA})の導入、津波シミュレーション・データベースの開発および標準作業手順書の開発の3事項を取り上げ、これらの進捗状況を確認することとした。

4-2-1 SeisComp3における M_{JMA} のプログラミング

NEITWCの情報技術担当スタッフによれば、気象庁マグニチュード(M_{JMA})の計算に必要なプログラムは既にSeisComp3にインストールされている²がその内容の検証はまだ行われていない。また、津波災害をもたらす大型地震による強震動を計測して M_{JMA} を決定するためには、加速度計(強震計)から得られる強震データが必要であるものの、現状において、広帯域地震計のみから得られるデータを基にマグニチュードの決定を行っている。これでは、広帯域地震計の性能上、震源地に近いと信号が飽和して計測ができなくなり、震源が近距離にある場合の大地震発生時のマグニチュードの決定には向いていない。調査において、広帯域地震計とともに加速度計の設置も進みつつあることが確認されたものの、地震活動の監視において、大地震が発生しない限り加速度計のデータは通常は必要とされず、使用可能な通信回線の容量に限界がある等の理由のため、現在のところ加速度計はSeisComp3とオンラインで接続されていない(加速度計による強震観測の記録の収集は強震動部分のみを収集するトリガー方式が一般的であり、高感度の地震計のようにオンラインで信号を連続的に収集する方式は一般に採用されていない)。このためBMKGでは、加速度計のネットワークと通信回線の構成の再検討を含め、適切な解決策を見出そうとしている。

4-2-2 インドネシアに適した M_{JMA} の導入

M_{JMA} の導入に際しては、インドネシアの地球物理的な条件に合わせてパラメータ類(地震波の距離減衰等)の調整を行う必要がある。BMKGでは、そのようなインドネシアの条件を満たした M_{JMA} に相当するマグニチュード M_{BMKG} を開発しようとしていることが本調査で確認された。加速度計から得るデータはBMKGが用意した独立サーバーに格納されていると言われる。 M_{BMKG} の開発は、BMKGのプロジェクトとして2009年に開始されるとの説明を受けた。

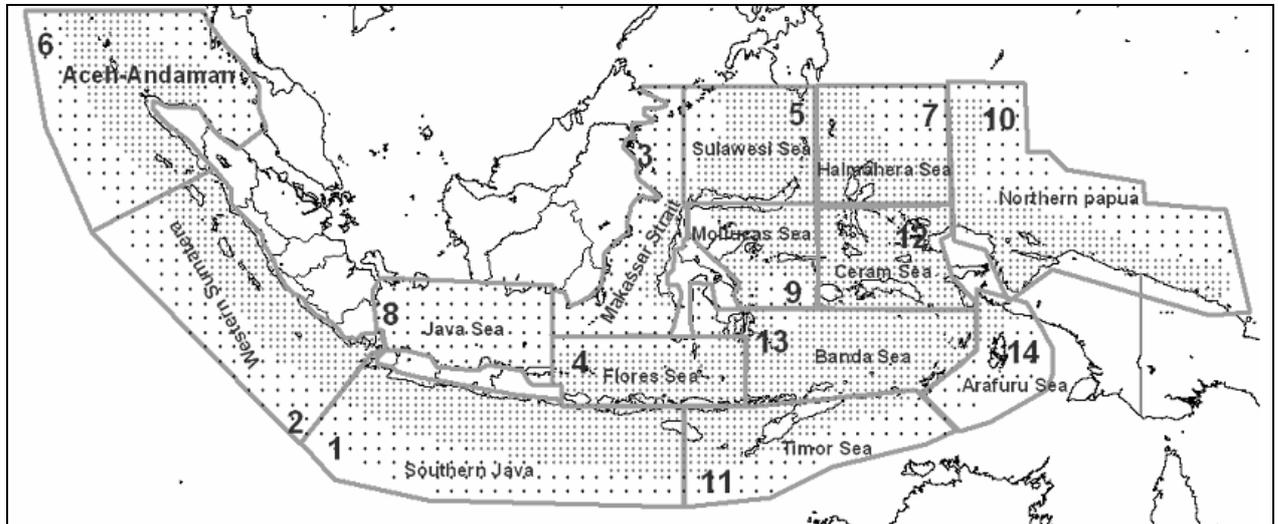
4-2-3 ITBによる津波シミュレーション・データベースの開発

- (1) 本調査時点(2009年4月)までに、ITBは9海域について津波シミュレーション・データベースを差分法により構築している。この内、第4海域(フローレス海)と第5海域(スラウェシ海)は、本プロジェクトの活動の一環として、JICAがITBに業務委託をし、構築している。他の7海域(第1,2,3,10,11,12,13海域)は、RISTEKとBMKGからの資金提供によるものである。データベースを構築する予定の海域は全国で14海域あり、残りの5海域(第6,7,8,9,14海域)については、ITBから津波シミュレーションの技術訓練を受けた後に、BMKGが自ら構築

² インドネシアの津波早期警報システムの中核部分の構築はドイツ支援のGITEWSプロジェクトにより進められている。このシステムの中でSeisComp3は全国各地に設置された地震計からオンラインで地震波形を受信し、自動震源計算を行う。SeisComp3により得られた震源情報は後述するDSSに送信される。各プロセスの詳細フローは不明。

する計画となっている。BMKG によるデータベースの構築は、2010 年もしくはそれ以降に開始される予定である。

津波シミュレーション・データベースの対象 14 海域



出典： Dr. Hamzah Latief – ITB、2007 年 2 月

(2) さらに、BMKG は、これまでに構築された津波シミュレーション・データベースを検証するために、データベースと 2006 年から 2009 年の間に発生した津波を比較することを計画している。数値計算による津波シミュレーション結果を実例と比較することでシミュレーションや予報の精度を高める等の目的があり、この努力は評価されるべきものである。しかしながら、一般には、実際の津波を発生させるメカニズムの推定に未知の要因および誤差が伴うので、この仕事は容易なものではないと考えられている。

(3) インドネシアの津波警報システムには、ITB が差分法により計算した結果を格納したものと、AWI が有限要素法により計算した結果を格納するものと、2 種類の津波シミュレーション・データベースがある。AWI のデータベースはインド洋域（第 1,2,6,11 海域）について作成されているが、他の海域のデータベースを作成する予定はないと言われている。数値計算上の定点の決め方が、ITB は規則的な格子、AWI は不規則な三角形と、異なるので、両者のデータベースを統合することは難しいと思われる。現状では DSS⁴は AWI データベースのみを検索し、津波発生予測を行うことを想定している。ITB のデータベースについては、SeisComp3 が出力する震源情報をもとに手作業で検索が行われており、検索作業の後、津波発生予測を行えるように

⁴ DSS (意思決定支援システム) は GITEWS プロジェクトが目指す津波警報システムの中核を構成する。SeisComp3 から震源情報を受信し、津波データベースの検索、津波予報の組み立て・表示・送信、検潮データ等の津波検測値の反映などを自動処理と会話処理で行うとされる。各プロセスの詳細フローは不明。

GITEWS プロジェクトでは、SeisComp3 は GFZ、DSS は DLR の担当と、異なった機関により準備される。日本の気象庁の地震津波総合監視システム (EPOS) 等は気象庁一組織により構築されている。品質管理、データ保管、警報発表など、EPOS 等の業務流れ図 (フロー図) は様々に分岐・輻輳する。その中で SeisComp3 と DSS に相当する部分は、ほぼシームレスに連動しているように見える。これに対し、GFZ と DLR の共同作業はまだ終わっていないので、全体のシステムがどのように完結するかなお不明である。

なるため、早期の警報発令が出しにくい状況にある。両データベースの統合に向けてAWIとITBの技術者による会合が行なわれているが、統合作業は困難であることから進展が見られない状況にある。

(4) 2008年6月頃ドイツにおいて、ITBの研究者とGITEWSコンソーシアムとの間で、DSSがITBのデータベースを検索できるようにするためのインターフェースの開発について会議が持たれた。2009年4月現在、このインターフェースをどのように用意するかについて、関係者の間で意見の一致が見られておらず、作成の目処はたっていない。

(5) 警報システムの確実性を高めるために、BMKGの意見の中には、ITBとAWIデータベースの両方を検索できるシステムを作るべきとの提案が見られた。

4-2-4 標準作業手順書の開発

本プロジェクトの活動1-4「津波早期警報システム全体の運用にかかる標準作業手順書の作成」はなされていない。また、これに伴い、活動2-2「標準作業手順書に準拠した訓練」も中止されている。以上はシステムがどのような形で完成するか未定で運用の手順が不明であったためである。この状況は本終了時評価調査の時点でも続いていることを確認した。関連活動の中止に至った状況の詳細は4-5-2章で取りまとめる。

これらの活動の代りに、GITEWSプロジェクトが開発する警報システムにこだわらず、より一般的な視野から、津波警報に必要な震源解析分野での指導訓練を行うことに専門家の活動の重点が置かれた。そのような活動の一環として、NEITWCとREITWCのオペレータのために、地震観測を行う実務者向けの教本「地震観測指針」のインドネシア語への翻訳が行われた。BMKGが管轄している観測所においては、合計約200人のオペレータが働いているが、その多くは最近BMKGに採用された者が多く、地震観測に関する基礎知識が十分ではないことから、この翻訳版の持つ意義は大きいと考えられる。なお、翻訳は完成を見ているが、最終編集と校正におお時間を要しており、印刷・配布はプロジェクト終了後となる可能性がある。この他になされた震源解析分野での指導訓練については、後述の4-4章「成果の達成状況」で触れる。

4-3 上位目標の達成見込み

4-3-1 InaTEWSによる観測機器ネットワークの開発

インドネシア津波早期警報システム(InaTEWS)は、グランド・シナリオ(2005年、2006年改訂)により計画内容が策定されており、全国各地に設置する各種観測機器の数量は次のように予定されている。この内BMKGが担当するのは、DSS、地震計および加速度計である。GPSと検潮儀はBAKOSURTANAL、OBUはBPPTの担当である。

| | |
|---|-------------|
| ■ | DSS |
| ■ | 地震計 160 台 |
| ■ | 加速度計 500 台 |
| ■ | 陸上 GPS 30 台 |

| |
|-------------------------|
| ■ 検潮儀 80 台 |
| ■ 海底水圧計 (OBU) / 浮標 23 基 |

2009年1月現在、地震計(計画160台)は147台(ほとんどが広帯域と言われる)、加速度計(計画500台)は109個が設置されていると報告されている。専門家の分析推定によれば、この内約90%が稼働していると言われており、局地的な地震情報の取得には多少の時間を要するものの、DSS、SeisComp3稼働後、国内の津波発生危険区域のほぼ全域で津波波高、到達時間を予測は十分に行なえる機器が揃っているといえる。

4-3-2 OBU/浮標の設置

InaTEWSプロジェクトの下で計画されている多様な観測機器の中でも、初期投資および保守費用の面から、取り分けOBU/浮標の設置状況はInaTEWSプロジェクトの実施条件を決める重要な条件であると考えられる。全国各地の沿岸沖に23基のOBU/浮標の設置が計画されており、2009年4月現在で稼働しているOBUは4基と言われる。これまでに4基以上のOBU/浮標が設置されているが、漁労による破損などで紛失している。2009年5月までに10基を設置する計画が進んでおり、NEITWCでのデータ受信も可能になる予定である。

4-3-3 津波警報発表の実績

現在のところ、DSSがまだ稼働していないので、推定波高と到達時間を含む津波警報(categorized warning)は出されていない。SeisComp3が2007年半ばから稼働しており、このシステムにより津波の推定波高と到達時間を含まない警報を出すことはできる。2007年から2009年4月までの間に、誤警報数件を含み、そのような警報(non-categorized warning)が計22件BMKGから出されている。

4-4 成果の達成状況

4-4-1 当初計画の活動に見る成果

本プロジェクトは、設計段階では第3-2章「プロジェクトの概要」に示されるように、6項目から成る活動で構成されていた。活動1-1から1-3および2-1は、ほぼ当初の計画どおりに実施されており、全体計画のレビューや津波シミュレーション・データベースの構築などの成果が挙げられている。

(1) 全体計画についてのレビュー

専門家の日常業務の中で津波早期警報システムのレビューが行われ、その結果いくつか指摘が為された。GITEWSについては、現行のSeisComp3ではNEITWCに約2週間分しか地震波形データが保管されていない⁵こと、多くの地震に対しマグニチュードが過大に決められていること、DSSの画面表示に関する改善のこと⁶等が主な事項である。これらは早急に是正すべきと、専門家からBMKGおよびGFZに提言がなされている。

⁵ この件について専門家の照会に対しGFZは全システムが完成すればこの問題は解決できると回答しているが、データ保管は基本的な問題であり、新システム構築とは同一レベルで扱う問題ではないと専門家は反論している。SeisComp3が導入される2007年中頃以前まではBMKGの旧システムが稼働しており波形データは保管されていた。データ保管はシステム構築中であっても中断すべきではないとの指摘である。

⁶ 画面表示のフォントが小さく図も見づらい点がDLRに対し指摘され、その後改善がなされた。なお、2009年4月現在DSS(ver.1.1)はテスト・モードで操作されているが、津波警報システムとして完成には至っていない。

(2) ITB による津波シミュレーション・データベース

ITB が構築した津波シミュレーション・データベースでは、一箇所の想定震源に対して、深さ 7 層毎にそれぞれ 9 段階のマグニチュードの地震について、津波の高さや到達時刻が計算されている。構築済みの 9 海域に対しては、計 220,000 通りのシミュレーション結果が格納されていると言われる。

(3) セミナー及び技術指導

震源決定、地震観測報告に関する品質管理の問題、津波警報を運用する防災機関のシステム管理、誤報が許されない正確な警報の発信等についての責任の重さ等について、セミナーまたはワークショップで講演が行われた。潮汐データの処理、西パプアの津波地震の調査（2009 年 1 月）、余震活動予測手法等については個別指導が行われた。以上の詳細を付属資料 5 に示す。

4-4-2 方向修正後の活動に見る成果

前述のように、活動 1-4 と 2-2 は中止され、代わりに震源解析分野の指導が実施された。結果として長期専門家による活動の大半がこの代替活動に向けられることとなった。震源解析の指導は広汎な分野で関連活動が実施されている。以下に代表的な事例を要約する。

(1) 地震波形の記録改善の試み

本プロジェクトの活動の一環として、地震波形のデジタル・データを読むためのソフトウェアが開発され、BMKG に一部保存されている波形データの SEED 形式、Mini-SEED 形式の読みだし表示などが行われた。しかしながら、BMKG の波形データの感度など、波形を解析利用するために不可欠な常数の管理が行われていないことが判明し、過去の波形データを利用して解析、研修を行なうことは、津波の発生予測を行なう基礎知識として必要である旨、長期専門家より先方に助言を行なうと共にデータ管理手法について技術指導を行った。また、波形を読み出し表示するソフトウェアは、波形の点検等には利用できることから、BMKG 側に供与した。

(2) 地震月報の改善

2008 年 10 月頃に本プロジェクトにより BMKG が発行する地震月報を改善するための提言が出された。提言の内容は、震源の決定方法、国際的に情報交換されるデータの取り扱い、データ・フォーマットの変更が度重なることの是正、幽霊震源や信頼性の低いデータの除外、S 相の読みとり、P 波による初期振動の取り上げ等に関連するものであった。地震月報の品質管理に求められるべき条件や、月報作成に関する管理、責任体制が曖昧で確立していないことから、専門家は執拗に改善を働きかけており、BMKG 職員の認識は深まったようである。

(3) 地震観測指針の翻訳

NEITWC と REITWC のオペレータの使用のために、国際地震学及び地球内部物理学協会 (IASPEI) が発行する「地震観測のための新版標準マニュアル」の一部がインドネシア語に翻訳された。このマニュアルは地震観測の実施のために必要な基礎知識を与えるものである。翻訳版の観測指針は約 250 ページで構成されている。プロジェクト期間中に編集校正が実施され、翻訳版 (案) は完成した。印刷・配布はプロジェクト終了後に BMKG によって行なわれ

る予定である。

(4) ソフトウェア「hypdsp」の導入

日本の気象庁が開発した UNIX ベースの震源表示プログラム「hypdsp」がインドネシア語のユーザーインターフェイスを持つものに再コンパイルされ、同時に活断層、海溝および火山を示すデータが整理され、プログラムに格納された。またインストール・マニュアルも用意された。このプログラムはインドネシア周辺の地震活動に関する BMKG の一般的な調査研究のために使われている。

(5) C++および他のプログラミング言語の研修

NEITWC の管理運営を直接担当する地震早期情報室のスタッフおよびオペレータ数人に対して、C++と FORTRAN の研修が実施された。プログラミング学習の必要性に対する認識不足および地震データ処理のプログラミング訓練に係る明確な計画が欠如しているために、職員の多くのプログラミング能力はなお初心者レベルを出ないと考えられている。ソフトの購入の他、職員が自宅でも研修が行えるように、専門家によりフリーソフトウェアによる自習キットが作成され対象となる職員に配布されている。

4-5 実施プロセス

4-5-1 プロジェクトの基本的なアプローチ

(1) 本プロジェクトの実施は 2007 年 3 月 8 日付の BAPPENAS からの要請に基づいている。本要請に対するプロジェクト形成調査や事前調査による検討がなされた後、プロジェクト活動のほとんどが GITEWS の計画内容とリンクされる形で本プロジェクトは設計された。その理由として、GITEWS プロジェクトが、2005 年早期と、大幅に先行して開始されていること、またインドネシアの津波警報体制の中核部分を構築するものであったことが挙げられる。

(2) しかしながら、プロジェクトの実施途上において、GITEWS プロジェクトが開発する DSS の稼働が 2010 年 3 月の予定であることが判明した。また、次の 4-5-2 章に示されるような状況もあり、プロジェクト活動 1-4 および 2-2 は方向修正されるに至った。

(3) 当初の計画になかった活動だけに、方向修正後の代替活動の実施は臨機応変の形を取らざるを得なかったが、その結果 BMKG が行う地震観測とデータ処理に関し問題が特定された分野が多くあり、またその対処を通じて成果を得たものも見られた。

4-5-2 標準作業手順書に係る活動中止の経緯

プロジェクト活動の二項目 (1-4 および 2-2) に言う標準作業手順書に係る活動は中止され、代わりに震源解析分野での指導訓練が実施された。当初に計画された主たる活動 (標準作業手順書の作成や訓練が長期専門家投入人月数の大部分を占めることから主たる活動と考えるべきである) が中止されたことはプロジェクト進捗を評価する上で避けて通れない状況と考える。活動中止のやむなきに至った状況を明らかにするために、標準作業手順書に係る活動の計画と実施の経緯を以下に整理する。

(1) 標準作業手順書（SOP）とは何を指すか

活動 1-4 に言う「津波早期警報システム全体の運用にかかる標準作業手順書」として、どのような内容の文書が用意されるべきか、既往資料や聴取した関係者によって考えが異なっているように見受けられた。一つには、標準作業手順書は、オペレータが GITEWS により構築される津波早期警報システムを支障なく操作・運用するための「業務マニュアル」であると見られている。この見解には、システムの操作・運用のためオペレータの習熟訓練が必要との考えが含まれる。

もう一つには、津波警報発表の手順を定めるものと考えられている。すなわち地震の規模を定め、それによって震源解析や津波予報の結果を何時誰にどのように伝えるかを定める「業務指針」である。この業務指針は、オペレータに限らず、センターで関連業務に従事する職員全体の行動を規定するものとなる。

標準作業手順書が業務マニュアルに相当するものである場合は、システムの少なくとも操作面については、SeisComp3 と DSS に分けて、GITEWS プロジェクトにより繰り返し研修が実施されてきているので、本プロジェクトで作成すべき業務マニュアルや研修との間に重複が生じないようにする調整があらかじめ必要となる。また、業務指針に相当するものである場合は、その目的が防災政策の実施については組織体制の運用⁷である以上は、専門家の役割は技術指導と言うよりは、むしろ日本の経験を進言するアドバイザーの役割となり、業務指針の作成は、専門家の指導によるものではなく、BMKG のイニシアチブに沿うべきものとなる。

(2) IOC の標準作業要領

津波警報の分野において SOP に言及する場合は、政府間海洋学委員会（IOC）が提唱する津波警報の標準作業要領を事例として取り上げる必要がある。IOC では震源を近地・遠地と分けるなど、場合に応じて津波警報のサンプルを用意し、津波災害の恐れのある沿岸各国への普及を図っている。比較すると明らかとなるように、活動 1-4 と 2-2 が目指したものは IOC 案の導入ではなく、GITEWS/DSS のような高度の自動処理プロセスを持つ警報システムに対応する SOP であった。なお、後述するように、IOC の提言に沿う内容を持ち、また現段階でも作成可能な SOP が BMKG により既に作成されている。

(3) GITEWS によるシステム開発の現状

標準作業手順書（SOP）が上記（1）のいずれ（あるいは両方）を指すにしても、完成されたシステムの（操作ではなく）運用により関係するものとなる。運用の実際が理解されていないと、その検討は容易ではない。例えば、システム稼働開始前に SOP を作成しオペレータの訓練を始めるべきであるとする考えがある。防災の性格上、一般にはこの指摘は正しいと思われるが、そのためには運用者がシステムの基本設計について明確な意図あるいは理解を持つことが前提となる。GITEWS プロジェクトの場合はそうではなく、BMKG、日本の調査ミッショ

⁷ NEITWC は一箇所に、地震情報津波早期警報地域センター（REITWC）は全国 10 箇所に置かれている。気象庁の地震津波総合監視システム（EPOS）に言う「管区先行津波予報の送受信」等のような NEITWC と REITWC との連携が含まれると、これら 11 箇所のセンターが一体となって InaTEWS の運用に当たることになる。大きくはこのような事項も「組織体制の運用」に含まれると考えられる。

ン、JICA 専門家にとってシステムの枢要部分は暗箱と変わらぬ状況が続いてきており⁸、これは終了時評価調査が実施された 2009 年 4 月の段階にあっても、なお見受けられる状況となっている。

加えて、津波シミュレーション・データベースがどのような形で完成するか未定である（すなわち津波予報が可能となる対象海域が決められない）こと、加速度計のオンライン接続の見通しが立っていないこと、M_{BMKG}の開発が 2009 年以降であること、さらには後述するように SeisComp3 によるマグニチュード計算結果が場合によって過大となる問題もあり、SeisComp3 や DSS がシステムとして取るべき最終的な機能についてなお結論が出ていない。以上はシステム運用に対する検討や討議がまだ続いている状況と言うべきである。そのため DSS が稼働するまでは運用の実際がどのようなものとなるか具体的に把握できる者が、ドイツの関係機関を含めて、いないのではないかとすら考えられる。このような事情のため、標準作業手順書（SOP）がどの内容を取るものであるにしても、その作成を支援できるような状況ではなかったと言える。

(4) BMKG による SOP の開発

なお、BMKG では、既に SeisComp3 の部分について地震モニタリングおよび津波早期警報の簡単な業務指針⁹が作成されている。津波早期警報については、DSS が稼働していないので、津波の高さと到達予想時間を含まない警報である。この業務指針は全部で 4 頁と簡単なものである。DSS を含めた全システムが稼働する段階では、新しい SOP が必要になるとする意見が BMKG に見られる。

(5) プロジェクト実施工程の不一致

本プロジェクトの終了段階にあつて、DSS はまだ完成・稼働されていない状況にある。本プロジェクトの実施工程（PO）では、SeisComp3 および DSS のプロトタイプがそれぞれ 2007 年 5 月および 12 月に導入されることが前提となっていた。これは、二回目のプロジェクト形成調査（2007 年 3 月）において、そのような工程により GITEWS プロジェクトを進めるようドイツ側に要請しており、合意が得られたとして実施工程に反映されたものである。現状では、SeisComp3 は 2007 年半ばから稼働しているものの、M_{BMKG}の導入および加速度計（強震計）の接続など強震動観測を可能とする体制はまだ整っていない。また、DSS の稼働は 2010 年 3 月となる予定である。結果として、上述の要請が満たされることはなかった。

(6) 結論

標準作業手順書（SOP）がどのような内容で作成されるべきものか、例えば前述のような日常的な業務マニュアルまたは業務指針であるか、前者である場合は GITEWS との研修の役割分担、後者である場合は専門家の役割など、明示的な答えを与え得るコンセプトが存在していなかったように見受けられる。GITEWS コンソーシアムによる情報開示状況の好転、あるいは第二次プロジェクト形成調査ミッションの要請に沿った GITEWS プロジェクトの進捗促進に期待を多く置いたプロジェクト設計が行われている。本プロジェクトの実施に際しては、

⁸ 第一次プロジェクト形成調査帰国報告資料（2007 年 2 月）セクション 8 および事前調査報告書（2007 年 7 月）2-2 章（2）等、DSS の具体的内容に関する情報が乏しいとする意見は事前段階においても多く見られる。

⁹ 2008 年 10 月付けの BMKG 次長通達、”Procedure of Information Dissemination for Earthquake and Tsunami Early Warning”

GITEWS の開発遅延により、SeisComp3 を利用した津波警報発令に至る日常的な業務マニュアル的な SOP の作成を指導し、作成された SOP に沿って要員訓練を行うことがプロジェクトの主要活動とされた。専門家の意見によれば、職員、オペレータの間で地震観測とデータの処理に関する基本的な共通認識が形成されて居らず、知識もバラバラであり、標準手順書作成以前のレベルの問題が多々あり、専門家の努力の多くはそれらの問題に向けられたとのことである。

4-5-3 技術移転

本プロジェクトにより、上述する多くの事例について実践的な研修・指導が実施されたが、これは事前に周到に準備された結果によるものではない。プロジェクト設計に際して「津波早期警報システム全体の運用にかかる標準作業手順」の作成・研修を実施するための具体的な計画は立案されておらず、そのため技術指導のほとんどは、BMKG の震源解析などデータ処理全般の不備に随時対応する形を取らざるを得なかった。また、GITEWS プロジェクトが開発するシステムがどのような「津波早期警報システム全体の運用」を実現するものであるか明確になっておらず、系統だった技術移転を行うことも可能ではなかった。このような状況にあったことから、カウンターパートの配置やその役割を前もって決定することは困難であった。結果としては、改善が必要な分野が多々認められ、本プロジェクトの技術移転の分野は、地震波形データの保管、地震月報、地震観測指針、プログラミング言語、震源解析など、様々な技術課題を含むこととなった。

4-5-4 プロジェクト・オーナーシップ (BMKG の当事者意識)

インドネシアにおける津波早期警報体制の開発に向けて、BMKG によるイニシアチブが取られている具体的な事例として、以下が挙げられる。

(1) M_{BMKG} の自主開発

M_{JMA} の導入に際しては、パラメータ類の調整を行う必要がある。BMKG は、そのようなインドネシアの条件を満たした M_{JMA} に相当するマグニチュード M_{BMKG} を自ら開発する計画を持つ。

(2) 残り 5 海域の津波シミュレーション・データベースの自主開発

データベースが構築されていない 5 海域について、ITB から津波シミュレーションの技術訓練を受けた後に、BMKG は自ら構築する計画を立てている。

(3) InaTEWS プロジェクトの持続可能性を目指す毎年の評価調整会議の開催

InaTEWS 調整会議は、2005 年以降毎年 1 回 5 月末か 6 月初旬に開催されている。主催は BMKG で、参加メンバーは援助機関 (JICA、豪州、マレーシア、フランス等) とオブザーバである。2009 年の議題は InaTEWS の持続可能性を予定している。これは 2010 年にプロジェクトが終了するので、終了後の体制に見通しを付けるためとされる。

(4) 援助の継続を期待せずシステム開発のため能力向上を目指す BMKG 職員数名の姿勢

本評価調査に際して、「SeisComp3 のようなプログラムが作成できるようになりたい」とする意欲、「自分達でデータベースを作成したり、システムを構築できるようになりたい。次世代の話になるだろうが、それがベストと考える」との意見がスタッフから聞かれた。

第5章 評価 5 項目による評価の結果

5-1 妥当性

本プロジェクトの妥当性は高い。

5-1-1 防災分野の国家政策

(1) 地震、津波、火山など、災害潜在性が高いにもかかわらず、長年の間インドネシア政府の対策は被災者救出や支援などの災害発生後の応急対策に留まる状態にあった。2007年10月に施行された防災基本法は、災害に対する国民と資産の安全を確保することを目的に挙げ、防災行政を予測、減災、応急及び復興と、災害管理の全分野の対策に対応し得る体制に整備拡充することを要求している。津波早期警報体制の整備は防災行政の主要政策の一つとして重要な位置付けを持つ。

(2) 兵庫行動枠組（2005年～2015年）の提唱に沿って作成されたインドネシアの防災行動計画（2006年～2009年）では、政府およびNGOの関係各機関に対し、防災体制の開発と整備の割当てを行っている。地球物理分野の主導的行政機関として、BMKGは津波早期警報体制の開発と実施の業務を所掌している。

5-1-2 津波早期警報体制の優先度

インドネシアの津波早期警報体制の整備に向け作成されたグランド・シナリオ（2005年、2006年改訂）に、次の記述が見られる。「2004年のアチェ津波から最大の被害を被った国として、インドネシア政府は責任を持ってインドネシア津波早期警報システム（InaTEWS）を整備する。このグランド・シナリオは、RISTEKによる調整の下でインドネシアの各関係組織によって準備されたもので、津波早期警報体制を実施するための全国ネットワークと手段の詳細を与えるものである」。2004年12月のインド洋津波が契機となって、このグランド・シナリオの策定をはじめとして、2005年早々にGITEWSプロジェクトが着手され、また同時にBMKGの津波関連プロジェクトの予算が大幅に増額される等、早急に対処が実施されている。これらに見られるように、津波早期警報体制の整備には高い優先度が与えられている。

5-1-3 BMKGのニーズ

(1) BMKGの津波室（Tsunami Sub Division）は2002年に設立された。当時のBMKGには、津波警報業務を行うに足る専門技術や近代的設備は備えられていなかったと言われる。その後、グランド・シナリオおよび他の防災政策が急速に準備されてきた中であって、現在のBMKGでは津波早期警報体制の整備は喫緊の要を伴う組織課題となっている。

(2) インドネシア津波早期警報体制の中核的部分は、ドイツの援助によるGITEWSプロジェクトにより構築されている。しかしながら、中核部分のSeisComp3とDSSを有効に操作・運用するためには、地震学分野の研究開発能力を強化することがBMKGに求められる。そのような能力向上の必要性が要求される分野として、地震波形データの管理体制の確立、M_{JMA}の地域化、震源解析の改善、地震月報の品質管理、地震観測指針等によるオペレータ研修、プログラミング言語の習得等の課題が専門家により特定されている。

これらの課題の中でも、 M_{BMKG} の開発（すなわち M_{JMA} の地域化）を進める上で前提条件となる地震波形データの保管の改善および SeisComp3 に合致する震源解析の導入が最も重要性が高いと言われる。取り分け地震波形の記録は津波予報の精度に直結する震源解析の正誤を評価するためにも必要なので、データ保管管理体制の改善の優先度は高い。

5-1-4 裨益者のニーズ

沿岸延長の長いインドネシアは古くから津波災害の歴史を持つ。2004年12月スマトラ沖地震津波（ナングロ・アチェ津波）はインドネシアだけで13万人の死者を含む極めて甚大な災害を残すものとなった。インドネシア津波早期警報体制は、そのような災害のリスクを低減させることを目的としている。

5-1-5 実施機関の位置付け

インドネシア防災行動計画（2006年～2009年）により、BMKGは津波早期警報体制の整備と実施に必要な業務を割り当てられている。同様に津波早期警報体制設置に係る省令（2006年、No.21）では、BMKGに津波早期警報の実施に向けて主要な役割を果たすよう要請している。また、前述のとおり、グランド・シナリオでは、BMKGが実施すべき津波早期警報体制の全国ネットワークと具体的な手段の詳細を与えている。いずれの政策も津波早期警報体制の整備と実施についてBMKGが主導的役割を果たすことを明らかにしている。

5-2 有効性

本プロジェクトの有効性は高い。

5-2-1 プロジェクト目標の達成状況

- (1) グランド・シナリオ（2006年改訂版）によれば、地震情報津波早期警報システム（NEITWS）は、NEITWC（中央1組織）とREITWC（地方10組織）から構成される組織体制を持ち、地震と津波のモニタリングに係る全活動を行う体制を指す。本プロジェクトは、NEITWCのスタッフとオペレータの能力向上を強化する目的を持って実施された。
- (2) プロジェクト活動1-4および2-2の方向修正の後、本プロジェクトが対応した技術的課題は、地震波形データの保管、地震月報、地震観測指針、プログラミング言語、震源表示プログラム、震源解析など、広汎な分野に及んだ。
- (3) 以上の調査および研修に係る活動を通して、地震観測指針と震源表示プログラムが有用な成果物として作成されている。加えて、本プロジェクトからの資金提供により、海域No.4とNo.5を対象とする津波シミュレーション・データベースの構築もなされた。
- (4) 地震波形データの保管管理体制の構築、地震月報および震源解析の改善など他の課題の活動は、専門家から提言がなされてはいる。
- (5) しかしながら、結果が出ていないこれらの活動においても、有意義な貢献があった。前項(4)の活動の実施により、将来にわたって看過される可能性のあったBMKGの地震分析における潜在的な諸問題が特定されたことに注目したい。この点において、NEITWCの運営に関する幹

部職員、スタッフおよびオペレータに対し、本プロジェクトは貴重な共有経験を残すことができたと言える。

(6) 上記の状況を鑑みると、本プロジェクトは NEITWC のスタッフおよびオペレータの能力強化に相当の貢献を果たしており、プロジェクト目標は事実上達成されたと判断される。

5-2-2 プロジェクト目標達成への成果の寄与

成果物の産出のあったものと今後の活動継続が求められるものと、実施された活動は二種類に分類できる。後者にあっても、潜在的な諸問題が特定された点において、プロジェクト目標達成への寄与があった。

(1) 成果物の産出

- 地震観測指針の翻訳
- 震源表示プログラム「hypdsp」のインドネシア語版
- 2海域における津波シミュレーション・データベースの構築
- セミナー等のハンドアウト資料、「様々なマグニチュードの特徴」および「地震データの品質管理」のような指導教材ならびに関連資料

(2) 今後の活動継続が求められるもの

- 地震波形データの保管方式の改善とデータの活用
- 震源解析能力の向上
- 地震月報の改善
- プログラミング言語の習得（自前のソフトウェア開発能力の強化）

5-3 効率性

本プロジェクトの効率性は中程度である。

5-3-1 投入の適切性

(1) 員数や派遣期間など、ほぼ当初計画に沿って専門家の派遣が実施された。またカウンターパート 6 人に対して本邦研修が実施された。インドネシア政府の方からは、専門家の執務室、什器備品および光熱水費が提供された。これらの全ての投入はほぼ遅延なく行われている。

(2) 活動の方向修正が生じたことなど、様々な理由により、カウンターパートの配置を決め、その担当業務を長期にわたり計画することが難しい状況にあった。そのためカウンターパートのプロジェクト活動参加の効果を高めることが難しかった。

(3) 本プロジェクトの実施にあたって、日本の気象庁から専門家 3 人の派遣を得ることができた。また、震源表示プログラム「hypdsp」のオリジナル版のソースコード等、種々の業務事例およびソフトウェアの提供を気象庁から受けている。

(4) プロジェクト実施の途上で対処された調査課題および技術指導を協力期間内に終了させるためには、長期専門家の派遣期間を延ばすことを検討する必要があったといえる。これは、必

要な専門知識を持つ人的資源を派遣元の機関が長期間海外に派遣することが困難であったためである。

5-3-2 他のプロジェクトとの協調

本プロジェクトでは、当初の設計段階から GITEWS プロジェクトとの協調実施が図られてきたが、本プロジェクトの実施工程¹⁰ (PO) に示されるような予定に沿って、DSS が設置されていないことに見られるように、日本側の要請があったにも関わらず、協調自体は十分とはいえない結果であった。その原因の一つとして、GITEWS コンソーシアムが主に GFZ、DLR、AWI 等の学術機関により構成されており、行政経験が不足していること、援助業務に経験を持つ GTZ のような機関がプロジェクトの主導に当たっていないことが挙げられている。

5-4 インパクト

本プロジェクトのインパクトは中程度と見込まれる。

5-4-1 上位目標の達成の見込み

(1) 上位目標「インドネシアにおいてより正確で信頼性のある警報システムが構築される」の達成は、インドネシアの各政府機関が実施中の InaTEWS プロジェクト (GITEWS プロジェクトもこれに含まれる) の達成が前提となる。また NEITWC と REITWC における地震分析の改善も前提条件に含まれる。そのためには、BMKG における研究開発の一層の進展が求められる。

(2) 現状で見ると InaTEWS プロジェクトの達成に最も影響を与える条件として、加速度計の接続はもとより、地震計ネットワークおよび OBU/浮標等の海洋観測機器の設置・保守が挙げられる。専門家の指摘によれば、取り分け、地震観測解析体制の維持と、BAKOSURTANAL からの検潮データの提供がコア部分であり、前者は BMKG の努力如何、後者は BAKOSURTANAL が解決すべき課題である。その他の機器、観測は津波予報サービス全体から見ると付け足しにしか過ぎない。現状で最大の問題は BAKOSURTANAL の検潮データのテレメータがうまくいっていないことにあり、津波発生の有無、状況の監視が十分に行えない状況にあることで、これがプロジェクトの成否を決めると言っても過言ではない

5-4-2 上位目標到達への外部条件

本プロジェクトが関与した部分について、上位目標に到達するための外部条件あるいは BMKG により継続されるべき活動を整理すると、以下の事項が挙げられる。

- 地震波形データ保管の管理体制の確立
- 地震波形データ保管の改善を通じて可能となる M_{BMKG} の開発
- 震源解析方法の改善
- ITB 津波シミュレーション・データベースのオンライン接続 (必ずしも DSS へ接続される必要はなく、利用できる状況になればよい)
- 加速度データの津波予報への活用
- InaTEWS 運営予算の確保

¹⁰ 2007 年 5 月 31 日付けの BMKG と JICA の間の事前調査議事録

5-5 自立発展性

本プロジェクトの自立発展性は高いと見込まれる。

5-5-1 持続されるべきプロジェクトの便益

(1) 本プロジェクトにより、成果物として震源表示プログラムおよび NEITWC と REITWC のオペレータ約 200 人用のインドネシア語版地震観測指針が提供されることとなるが、プロジェクトが残す最大の便益は、BMKG の技術的課題に対する一連の対処を通じて得られた共有経験であると考えられる。主な技術的課題として特定されたものは、地震波形データの保管管理体制の構築と震源解析手法の改善である。

(2) 時間的制約のため、本プロジェクトでは上記の課題 2 件に対する解決を導くことができなかった。これら特定された諸問題については専門家による提言が残されている。問題解決に向けて BMKG のイニシアチブにより今後の活動が行われることが望ましい。

5-5-2 政策面

インドネシアの津波早期警報体制は、防災基本法（2007 年 10 月）など法規や関連政策により、その整備・実施が要請されるところとなっている。従前から津波早期警報が開発されている他国の例で見られるように、このような法規や政策による要請は InaTEWS の長期継続を確約するものと言える。

5-5-3 組織制度面

(1) 津波早期警報を実施するための組織制度上の枠組はゆるぎなく構築されているように見える。BMKG に対し、津波早期警報体制の整備・実施を主導するよう要請する政策として、防災行動計画（2006 年-2009 年）、グラント・シナリオ（2005 年）および津波早期警報に係る省令（2006 年、No.21）がある。BMKG が警報体制整備に向けて、研究開発等の必要な業務を継続する上で、これらの政策が安定した基盤を与えるものと考えられる。

(2) InaTEWS プロジェクトに対する BMKG のオーナーシップは一貫して見受けられるものとなっている。以下がその事例として挙げられる。InaTEWS プロジェクトに対する BMKG のオーナーシップは本プロジェクトに対するオーナーシップとして読み替えることができる。

- MBMKGの自主開発
- 残り5海域の津波シミュレーション・データベースの自主開発
- InaTEWSプロジェクトの持続可能性を目指す毎年の評価調整会議の開催

5-5-4 財政面

InaTEWS は、陸上と海洋底に設置される各種観測装置のネットワーク、通信回線およびセンター施設から構成される。InaTEWS の実施と設備保守に年間 1200 万米ドルを要すると推計されている¹¹。この内、観測装置ネットワークの保守維持に要する費用が 810 万米ドルと、大半を占めている。その内訳は、BMKG が担当する地震計ネットワーク（180 万米ドル）、BPPT の OBU/浮標（510 万米ドル）、BAKOSURTANAL の検潮儀と陸上 GPS（120 万米ドル）である。2008 年の津波関連プロジェクトの

¹¹ 「InaTEWS の持続可能性」、BMKG が作成した 2008 年 5 月評価調整会議の配付資料

BMKG 予算は概算で計 870 万米ドルであった。2010 年の津波関連プロジェクトの予算として、550 万米ドルが要求される予定で、上述の保守維持予算（180 万米ドル）の確保は実現可能な範囲にあると考えられるものの、他機関が所有する観測機器に対する維持予算の確保も重要な課題である。

5-5-5 技術面

BMKG 地震早期情報室の担当職員数名は、InaTEWS の運用を有効に行うためには、地震波形データの保管管理体制と震源解析の問題解決が必要との認識を既に持っているように見受けられた。しかし、BMKG の担当職員がこのような技術的課題に対処し適切な解決策を見出すためには、さらに技術情報を得て、地震データ分析の知見をより一層高める必要があると考えられる。

5-6 結論

本プロジェクトは NEITWC の業務に従事するスタッフとオペレータの能力強化を目的として実施され、津波早期警報体制に見られる問題に対処するために取り上げられた技術的課題は広汎に及んだ。プロジェクト活動の実施を通じ、有用な成果物を残すものもあったが、目に見える結果が出ないものもあった。しかしながら、将来にわたって看過される可能性のあった BMKG の地震分析における潜在的な諸問題が特定されており、有意義な貢献があった。NEITWC の運営に関与する幹部職員、スタッフおよびオペレータにより共有された技術的課題に係る以上の経験を通じて、本プロジェクトは職員的能力強化に相当の貢献を果たしたと判断される。

第6章 提言

6-1 データの品質管理向上

NEITWC の開発と運営のために、地震データのモニタリングおよび分析に係る質の管理・向上が広汎な分野で必要である。特に以下の二分野について改善することが望ましい。

(1) 地震波形データ保管の改善

現状では NEITWC に保管されている地震波形のデジタル記録は直ちに使用できる状態となっていない。地震波形データを適切に保管することは地震観測の基本であり、 M_{BMKG} の開発さらに震源解析の正誤の評価を含む様々な地震学的調査研究を行うための前提条件である。地震波形および地震パラメータのデータ保管の改善を最優先で実施するべきである。

(2) 震源解析の改善

震源解析の精度を高めるために、**BMKG** により以下の対処が取られる必要がある。

- 1) S 波の読み取りを徹底すること。そのためオペレータに対する指示・教育を厳格に行うこと
- 2) データを採用すべき観測点の最適な組み合わせを地域毎に決定すること。この決定は経験を通じて行うものであること
- 3) インドネシアの地域に合った地震波の速さ（速度構造）を特定しそれを使うこと
- 4) **SeisComp3** が出力する震源情報が正しいかチェックし、また加速度計のデータやオンライン化されていない観測点のデータを活用するために、これらのオフライン分析を行うこと

6-2 職員研修の実施

NEITWC における津波早期警報を有効かつ信頼を置けるものとするために、上記の技術課題は、早期に解決される必要がある。課題に対処する関係職員の研究開発活動の能力向上に向けて、**BMKG** は、あらゆる機会を生かして、職員研修を強化するべきである。

6-3 マグニチュード過大推定の是正

SeisComp3 は小規模な地震のマグニチュード決定に際し過大推定を与えることが多い。津波警報発令の上では致命的な問題ではないが、**BMKG** や関係機関における震源解析などの研究開発に混乱を招きかねない。**SeisComp3** からこの技術的な制約を取り除くため、専門家により既に **BMKG** と **GFZ** に提言がなされている。**GFZ** がこの問題に対応できるかどうかは、疑問があり、今後必要な行動を取るために **BMKG** がイニシアチブを持つことが望まれる。

第7章 教訓

7-1 技術の比較優位性を活かすために

本プロジェクトの活動の対象として計画された GITEWS は、他国の援助で供与され、かつ日本で蓄積された技術¹²とは異なる自動震源計算および警報発表の支援システムから構成されるものであった。一方インドネシアでは、地震観測の歴史¹³は長いものの、そのような新規開発技術はもとより、震源解析および高さ・到達予想時間を含む津波警報の実地経験を多く積んでいない状況があった。インドネシアのこのような状況と BMKG 側の新しい技術への適応能力や優先度をもっと配慮することで、BMKG が抱える技術的課題の解決に資し、かつ日本で蓄積された技術経験を活かし得る分野の活動をより多く選定するべきであった。

7-2 専門家による予備調査の実施

PMBOK に言う作業分解構造 (WBS) 導入の試みなどに見られるように、派遣専門家の投入量とその業務量の均衡を図ることは JICA の長年の課題であったと考えられる。専門家の投入を延べ 12.8 人月と計画した本プロジェクトに対して、情報不足の多い GITEWS の運用方法を取りまとめ、また取りまとめた結果に沿って引き続き職員研修を行うことが求められた。専門家に求めた業務量として、以上が通常範囲に収まるものであったか検討が必要である。本評価調査では、比較対照が可能な類似案件を見出すことが困難であったため、この検討は未了のまま終わった。

ただし、これまでに得た情報に基づけば、次のようには言える。DSS のような日本の技術経験と異なる分野に対して協力するものであるだけに、事前段階で現況調査を実施できない場合は、プロジェクト実施期間の最初に、専門家による 6 ヶ月程度の調査期間を置き、その結果にしたがって改めて活動内容と実施工程 (PO) を再検討するアプローチも選択肢の一つとしてあったのではないか。すなわち、少なくとも合計 18 人月程度の投入が仮に可能であったならば、GITEWS プロジェクトとの協調に必要以上に拘泥することなく、BMKG が抱える技術的課題に正面から対処できる局面が開けた可能性がある。

¹² 例えば、気象庁の地震津波総合監視システム (EPOS)、北西太平洋津波監視システム (NWPTAS) など。

¹³ ジャカルタ近郊の観測所には 1930 年代の地震記録が保存されていると言われる。

付属資料1 面談者リスト

気象・気候・地球・物理庁(BMKG)

Dr. P.J. Prih Harjadi

Deputy Director General for Data and Information System, BMKG

Dr. Fauzi

Director of Data and Information System Center for Geophysics , BMKG

Mr. Sunaryo

Director of R&D, BMKG

Mr. Masturyono

Head of Earth Quake Division, BMKG

Mr. M. Taufic Gunawan

Head of Earthquake Early Information Subdivision, BMKG

Mr. Bambang Suprihagi

Head of Earthquake Mitigation Subdivision, BMKG

Mr. Jahmil

Head of International Cooperation Division, BMKG

Mr. M. Riyadi

Head of Seismological Engineer & Tsunami, BMKG

Mr. I. Nyoman Sukanta

Head of Technical Seismology Sub Division, BMKG

Dr. Wandono

Chief of Tsunami Sub Division, BMKG

Mr. Iman Suardi

Supervisor, Early Information Sub Division, BMKG

Mr. Sugeng Pribadi

Supervisor, Earthquake Early Information Sub Division, BMKG

Mr. Wijayanto

Operator, Earthquake Early Information Sub Division, BMKG

Mr. Bayu Panata

Operator, Earthquake Early Information Sub Division, BMKG

Mr. Kariyono

IT Engineer, Earthquake Early Information Sub Division, BMKG

Mr. Indra Gunawan

Tsunami Sub Division, BMKG

Mr. Tatok Yatimantoro

Earthquake Mitigation Sub Division, BMKG

RISTEK

Dr. Ir. Idwan Suhardi

Deputy State Minister for the Utilization and Dissemination of Science Technology, RISTEK

Mr. Pariatmono

Assistant Deputy for Analysis of Science and Technology, RISTEK

JICA expert

浜田 信生 作業手順訓練担当専門家

JICA Indonesia Office

富谷 喜一 次長

平岡 香奈子 所員

German side:

Mr. Michael Guenther

IT and Communication Expert, GFZ-Potsdam

付属資料 2 面談記録

2009年4月6日 08:15~10:00 (*)

場所：BMKG 新築庁舎 2階

相手：浜田氏、JICA 専門家

調査団：寺尾（文責）

(*浜田氏との面談は他の日時分も一括してここに記載)

JICA の 2008 年 1 月本邦研修に加えて、気象庁が行った BMG 職員に対する研修として、2006 年の JICA による国別研修及び国交省が独自に行った研修(インド洋沿岸 5 カ国同時、BMG から 2 名参加、1 週間) がある。

現在、日本の気象庁には SOP に相当するものは必要性が少なく特に定められていない。古いものとしては、津波警報業務観測指針（地方の气象台から本庁への電信を使った通信手順など）がある。2006 年に IOC が BMG に対して津波警報に係る SOP の研修を実施している（研修内容の CD はファウジ部長が保管）。BMKG は SOP を作成すべきと考える。予報体制全てを一括するものではなく、震源と津波など各個に分けて業務指針を作成する方が良い。

地震月報。SeisComp3 が稼働を始めてから、その出力を利用して月報が作成されている。以前はガリ版印刷の頃を含め相当前から作成されている。現在の月報内容はコンピュータ出力の「ログ」と言うべきで幽霊情報も含まれている様子。この地震月報は国の機関として国内向け出されているもの。米国地質研究所 (USGS) や英国に各国の地震情報を取りまとめる機関に対しては別に報告されている。これも内容はあまりよろしくない。

(Ina-TEWS の下で設置される) 地震計 (160 個) と加速度計 (500 個)。ここに言う地震計は、ほとんどが広帯域。震度 2 位までしか測定できないが、高感度で価格は高い。近くの強震を測定できない。加速度計 (強震・震度計) は感度は低い、近くの強震を測定できる。各地の地震計とテレメータで信号を受信する。地上回線と衛星通信と両方ある。日本の気象庁では、地震計を設置した 200 カ所の内、広帯域地震計は 20 カ所しか設置していない。本来の性能を活かすために設置場所に条件 (少ノイズ、地盤が良い等) がある。ここでは、事務所の中に設置しているものが多い。

追記 (笠原氏からの聴き取り) : 震源から 200km~300km も離れば広帯域地震計でも強震を測定できるが、それまでに時間がかかる。伝播は概ね P 波 8km/sec、S 波 4km/sec。広帯域で測定できないこの圏内に強震計があると地震発生後早い段階で測定が可能となる。近地津波警報にはこの時間差が大きな意味を持つ。

広帯域地震計と加速度計の違い（追補）。周期の長い地震波は大きな津波を発生させる。長周期の波をどれだけ出したか見ることが重要。これには広帯域が適している。強震計は短周期が対象。

SeisComp3 で加速度計をオンラインにしていない理由。加速度計はたまにしか地震波を検知しない。ほとんどの時間がアイドルの状態。多額の回線料をかけて常時モニタリングする必要が少ない。地震発生後にセンターから資料を取り出すようにすることが有効な対策。広帯域地震計と加速度計とは観測の目的が異なる。SeisComp3 は常時モニタリングする（観測を自動化する）ところに意味がある。

プログラム言語。データ変換など商業ソフト（MS エクセル等）では難しい業務がある。自分で目的に沿ったソフトウェアを作成しなければならない。そのためプログラム言語を学習する必要がある。

津波のシミュレーション計算。AWI は有限要素法を使用し、沿岸線に細かく合致する三角形のグリッドにより計算。気象庁及び ITB は差分法を使用し、気象庁では沿岸近傍では格子の寸法を数百 m 程度まで密にしているが、三角形ほどは沿岸線に合致しない。一般的には、どちらのデータベースを使っても良い。

マグニチュードの推定。5 分以内予報の制約があるため、震源解析の結果が不安定な内に、結論を出そうとしている。Operator の熟練度の問題もある。本部に約 50 人（10 人×5 交代）、地方支所に 150 人（3 人×5 交代×10 支所）、計 200 人の Operator の研修が課題である。昼間の勤務時間に勉強の時間を増やす提案をした。Operator と職員に採用の違いはない。両者は人事交流する。

BMKG と地震カタログ。インドネシアは米国（USGS）の地震カタログを使用している（すなわち、米国の地震カタログに掲載された自国の過去の地震観測資料を利用している）。パラメータが USGS とインドネシアとでは異なっており、混乱が起きかねない。

注：「地震カタログ」とは、実際の地震の地震情報（震源メカニズム、余震分布、震源断層面及び震源過程）を記録したもの。

「棲み分け論」について。ドイツが要所を押さえた以上は、システムを別途導入する考えを実現することは難しい。日本の支援対象を「組織のありよう」等の分野に置くと言う意味での棲み分け論であれば理解できる。援助機関に全てを任せるのかのような姿勢が最もまずい。

収集資料

- Sustainability of Ina TEWS - Dr. Fauzi、MS-PPT ファイル
- 講義・セミナー用の教材・発表資料
- 活動実績（講義・セミナーの実施時期、対象者、課題など）
- 実施機関に提出した文書のリスト

| |
|--|
| 2009年4月6日 10:15~11:00 場所：BMKG 新築庁舎 2階 相手：Mr. Tatok Yatimantoro, Staff, Earthquake Mitigation Sub Division (SD) 調査団：寺尾（文責） |
|--|

注：BMKG 附属の気象専門学校（Academy for Meteorology and Geophysics of BMKG、D-III（末尾のインドネシアの学制参照）を授与、卒業後は BMKG に就職することが条件。成績が良ければ働きながら大学に進学可能）を卒業し、2007 年に入庁。

SeisComp3 の出力を元にした地震月報（Seismological Bulletin）の作成を担当。出力データをいったん CEA システム（中国支援の震源解析システム、JOPENS、2006 年から稼働開始）で解析してから月報を作成している。現在の月報は HTML 言語で作成。この形式による月報作成は 2007 年 1 月から開始されている。月報に掲載する地震の件数は平均 200 件ほど。2009 年 1 月は多く 800 件に達した。SeisComp3 の出力件数の内、約 8 割程度が月報として報告される。

専門家が提供した震源表示ソフト”hypdsp”を使っている。月報作成にも利用できる。

収集資料

- Seismological Bulletin、2007 年 1 月号、2008 年 12 ヶ月分
- 新館サーバー室（2 階及び 3 階）の配置図

| |
|---|
| 2009年4月6日 11:00~12:00 場所：BMKG 新築庁舎 2階 相手：Mr. Iman Suardi, Supervisor, Earthquake Early Information SD 調査団：寺尾（文責） |
|---|

注：Supervisor は配下の Operator 約 10 名を指導する。イマン・スアルディ氏は 1 年間の本邦研修を受けており、マグニチュード測定分野に詳しい。気象庁マグニチュードの導入予定について質問すると、 M_{JMA} は三種類あるが、どの M_{JMA} のことかと問い直す程である。

SeisComp3 の本格稼働は 2006 年中頃から。Supervisor1 名と Operator 約 10 名が 1 グループを構成し、1 日二交代（12 時間勤務）で SeisComp3 の運用に当たっている。現在 4 種類のマグニチュード Mw(mB の改定版), mB, MLv, mb が出力されている。これらの数値は 1 分程度で出てくる。その後マニュアル分析を行う。これには 2 分程度要する。M が 5 以上であれば、5 分以内に外部の関係機関に情報を送る。伝達は SMA、電子メール、ファックス等による。この辺の手順を指示する文書（SOP、インドネシア語、4 頁）がある。2009 年 3 月には DSS を含めたシステムが全面稼働する。これに合わせて新しい SOP が必要となる。

MJMA によりマグニチュードを測定するには加速度計（強震・震度計）からの信号が必要である。現在のところ加速度計は SeisComp3 につながっておらず、そのデータは収集されているだけで、SeisComp3 及び他の用途に使用されていない。

地震センサーと SeisComp3 は種々の回線につながっている。インドネシアの通信衛星 Vsat（注：2 年前に打ち上げ。TELCOM 社運用）経由のものや地上回線のものなど。LIVRA（BMKG 設置のステーション 102 基が使用）や GFZ、JISNET、CHAINA など。LIVRA はナノメトリックス社（カナダ）が設置。

注：BMKG が調達する地震計と加速度計もナノメトリックス社の製品。

収集資料

- 津波警報の SOP（BMKG、2008 年 10 月、インドネシア語）

| |
|---|
| 2009 年 4 月 6 日 13:30~14:20 場所：BMKG 新築庁舎 2 階 相手：Mr. Kariyono, IT Engineer, Earthquake Early Information SD (?) 調査団：寺尾（文責） |
|---|

注：津波警報システムの関連部署では唯一の情報技術者。入庁 11 または 12 年目。各種のサーバーを含めたシステムをハードや OS のソフト面で維持管理する人材。一人だけでは少ないのではないかと不安視する声あり。

SeisComp3 は 2006 年がバージョン 2.5 で、バージョン 3 に更新されたのは 2007 年か 2008 年であると。LIVRA、GFZ、JISNET、CHINA の全てとつながっている。JOPENS（中国支援による地震測定システム）は独立したシステムを持っており、これにもセンサーはつながっている（注：4 回線全てかどうか不明）。

マグニチュードの話はよく判らないが、どのマグニチュードにより地震の規模を決めるか

優先基準ができています。注：収集資料に詳細あり。

SeisComp3 の研修は全て Operator を対象としたもので、Administrator を対象とした研修は実施されていない。Administrator の仕事として、ソフトのインストール、更新、ソフトウェアに問題が生じた場合の解決がある。そのような保守管理の研修がなされていない。

プログラム言語の学習。UNIX (Linux) では、シェル言語、Perl 等のスクリプト系の言語と、C 言語が必要。Windows では、ASP と PHP (ウェブ・アプリケーション用の言語)。データベースでは、SQL と Oracle の知識が必要と考える。自分としては、SeisComp3 のようなプログラムが作成できるようになりたいと考えている。

中国での研修を 2009 年 3 月に 3 週間受講した。受講者は、Kariyono 氏の他に、Wijayonto 氏、Bambang S.P.氏の計 3 名。受入れ機関は CEA (China Earthquake Administration)。これは JOPENS の設置 (2006 年～2007 年) に伴うもの。マニュアル類などの文書はまだ受領していない。まだ準備中とのことである。

(情報技術から見た) SeisComp3 の問題は、これまでのところネットワークかアプリケーション・ソフトの問題であった。システムは 24 時間長期にわたって運用されなければならないが、ある種のソフトは 2 ヶ月程度も動かしていると、スタック (メモリー管理上の暴走) することが多い。

収集資料

- SeisComp3 の研修資料 (採用すべきマグニチュードの優先基準を含む。原版は MS-PPT ファイルであるが、これを Kariyono 氏が読みやすいように MS-Doc 版にしたもの)
- 各種機関による地震センサーの設置状況 (一覧表及び設置位置)

| |
|--|
| 2009 年 4 月 6 日 14:30～15:15 場所：BMKG 新築庁舎 2 階 相手：Mr. Indra Gunawan, Staff, Tsunami SD 調査団：寺尾 (文責) |
|--|

注：Indra, Gunawan 氏は ITB の地球物理を卒業。入庁 3 年目。

ITB による津波データベースは、全 14 海域の内、9 海域まで作成して完了。各格子毎にマグニチュード (Mw を適用) は九つの値、震源深さは 7 層で計算されている。残り 5 海域 (第 6, 7, 8, 9, 14 の各海域) は、まだ未作成。2009 年に ITB から数値シミュレーションの技術移転を受けて、BMKG が残りのデータベースを作成する予定。同じく 2009 年にできあがっている津波データベースの評価を行う。数値計算の比較に用いられる地震は、パガ

グラン（2006年7月）、ブンクール（2007年9月）、スラウエシ（2008年11月）、パプア（2009年1月）等である。

M_wには最も物理的な意味がある。算定に5分から6分要するので、事後のチェック用となる。M_wpはP波だけでM_wを求めたもの。

AWIによる津波データベースは、4海域（第1、2、6、11海域。第11海域はスンダ？海峡までの西半分だけ）について作成されている。作成は終わっている筈だが、まだ見てはいない。インド洋域が彼等のプロジェクトの対象であるから、これ以上作成する予定はないと聞く。

| |
|---|
| 2009年4月7日 09:00~10:00 場所：BMKG 新築庁舎2階 相手：Mr. Wijayonto, Operator (S1), Earthquake Early Information SD 調査団：寺尾（文責） |
|---|

注：Wijayonto氏はカウンターパート研修受講者の一人。SeisComp3のOperatorの一人であると同時に、中国のJOPENS運用担当者でもある。

サーバ類を設置してある新館各階の区画（部屋）について説明。

2階のサーバ室：GITEWSのSeisComp3とDSS用サーバ、ITB津波データベース用サーバ、CEA用サーバ、NIED用サーバ、情報伝達用サーバ（SMS、電子メール、ファックス）、庁内LAN用サーバ等を設置。

3階のサーバ室：加速度計用サーバ、LIVRA用サーバ、フランス支援のデータベース用サーバ等を設置。

5階のサーバ室：地震センサーとの通信用各種サーバ（LIVRA、i-Direct、Vsat）を設置。

10地域センター（浜田氏による補足）。各センターにSeisComp3とJOPENSの小規模なサーバが設置されており、管区内の地震測定と津波予報ができるよう準備がなされている。古いセンサーの観測資料は本庁に報告されず、管区毎に収集・保管されることもある。日本の気象庁も地震についてはこれと同じ。津波予報は全国一本化（東京と大阪）されている。

2009年4月7日 11:00~12:00
場所：BMKG 新築庁舎 2階
相手：Mr. Sugeng Pribadi, Supervisor, Earthquake Early Information SD
調査団：寺尾（文責）

注：入庁 10 年目。

津波予報で現在試していること。SeisComp3 から自動で AWI（DSS に組み込まれている。DSS はテスト・モードで稼働可能）に震源データが送られる。10 秒程度で予報データが出力される。震源データを手入力で ITB 津波データベースに入力すると 30 秒から 1 分以内で予報データが出力される（注：浜田氏によれば、これでは 5 分以内の津波予報の発令は無理。ただし規模や到達範囲抜きで最初の発令を行い、次に少し時間を置いて規模や到達範囲の予報をする 2 段階の構えであればこれでも可能とのこと）。

AWI の津波データベースを 14 海域で完成させるよう要請するかどうか、また二つのデータベースの使い分けをどのように行うか、自分（Sugeng Pribadi 氏）には判らない。いずれにしても、自分達で、データベースを作成したり、システムを構築できるようになりたいと思う。次世代の話になるだろうが、それがベストと考える。

2009年4月7日 13:00~13:55
場所：BMKG 旧庁舎 3階
相手：Mr. Taufik Gunawan, Director, Earthquake Early Information SD
調査団：寺尾（文責）

注：GITEWS 等の地震観測や津波予報システムを運用するサブ・ディビジョンの責任者（室長）。職員数も Operator48 人、Supervisor5 人、職員約 10 人と、関連部署では群を抜いている。

専門家浜田氏の貢献について。BMKG の地震月報について良いアドバイスを出してくれた。月報の改善に役立った。地震データの品質管理のために、予報システムとは別のシステムを設けることについて、多くの情報を与えてくれた。地震学の教科書”New Manual for Seismological Observatory Practice”を選定し、インドネシア語への翻訳に尽力してくれた。

地震波形ファイルの保存。波形ファイルの保存は当然必要と思う。GITEWS のシステムはまだ完成しておらず記録ができない。CEA の JOPENS から得られる波形は保存している。

採用マグニチュードの選定。2009 年からプロジェクトの一つとして M_{BMKG} の開発を進行させる。 M_{BMKG} の算出は M_{JMA} と同じ方法である。これは BMKG による M_{JMA} 方式の採用を示す。この辺はイマン氏が詳しいと。

収集資料

● Operator と Supervisor の一覧表 (氏名、学歴)

| |
|--|
| 2009年4月7日 14:00~14:45 場所：BMKG 旧庁舎 3階 相手：Mr. Moch. Riyadi, Director, Seismology Technique and Tsunami Division 調査団：寺尾 (文責) |
|--|

注：津波及び地震工学ディビジョンの責任者 (課長)。津波予報オペレーション室に配下の職員が何人か出向している。本ディビジョンの下の Tsunami Sub Division では津波データベースが管理されている。他に情報伝達 (SMS、電子メール、ファックス) も担当。

Tsunami Sub Division は 2002 年に設置された。予報の手段は無かったが、幸い当時は大きな津波もなかった。2007 年から 2009 年の間に 22 回津波警報を出した。

SeisComp3 と加速度計は連結していない。加速度計用の専用サーバは 2 階のサーバ室に置かれている (注：これはデータ保存に使用されている)。

| |
|--|
| 2009年4月7日 16:00~16:30 場所：BMKG 新築庁舎 2階 相手：Mr. Michael Guenther, IT and Communication Expert, GFZ-Potsdam 調査団：寺尾 (文責) |
|--|

GITEWS プロジェクトの参加機関 (コンソーシアム) の調整及びプロジェクト管理は GFZ が当たっている。GTZ も参加しているが、これはコンソーシアムの一員としてである。

SeisComp3 には現在 120 個程度の地震センサーがつながっている。ただし加速度計はつながっていない。加速度計との連結は GITEWS 計画に含まれていない。なお、非公式情報であるが、GFZ 本部に所在するあるグループで加速度計の連結の検討が始まっているとの話を聞いている。

SeisComp3 関連の研修について。2005 年以降毎年 4 週間の研修を実施してきた。DSS 等のシステム全体を運用するための研修計画も存在する。

AWI 作成のデータベースはインド洋側に限定される。したがって津波警報もインド洋側に限定されるものとなる。その状態で良いとは考えていないが、SeisComp3 は全域対象である。

DSS Releases and Milestones (浜田氏収集情報)

April 2009

DSS 1.1 connected to the Seiscomp-Livestream and SIM running in Test-Mode and separate Training Environment (BMKG Lantai 3)

August 2009

DSS 1.5 connected to the Seiscomp-Livestream, SIM and Dissemination System ready for **Operational Mode**

January 2010

DSS 2.0 connected to all Sensor Systems (including DOOS, Tide Gauge), SIM and Dissemination System. Ready for **final test and commissioning phase**

March 2010

DSS 2.0 fully functional and ready for **Operational Mode**

収集予定資料 (GFZ 本部に照会中)

- GITEWS プロジェクト工程表の最新版
- 研修基本計画

2009年4月8日 14:00~14:30

場所：BMKG 旧庁舎 3階

相手：Dr. Wandono, Director, Tsunami SD

調査団：寺尾 (文責)

注：津波データベースを管轄する Tsunami Sub Division の責任者 (室長)。

本サブディビジョンの職員数は室長を除き 8 名。地球物理 (S1) が 2 名、物理 (S1) が 2 名、行政 (D-III) が 4 名である。

Ina TEWS と GITEWS の違い。GITEWS はドイツによる支援プロジェクト。Ina TEWS 実現のために、政府予算により、地震計ネットワークの拡充、DART 設置等を実施している。また、GITEWS、JOPENS、日本、フランス等の支援を得ている。

ITB 津波データベースに係る仕事以外は特にない。AWI の津波データベースを統合する仕事は当サブディビジョンの仕事と考えている。

早ければ 4 月中に現在の 2 次長制から 4 次長制に BMKG の組織が改編される。現在の次長 2 人の編成 (a 観測、b データ情報システム) から、新しく、a 地球物理学、b 気象、c 気候、d 計装及び工学、の編成となる。地震津波は"a"に入る (注：浜田氏によると、4 月 20 日の週辺りに BMKG の会議があり、その場で組織再編が正式決定される見込み)。

2009年4月8日 14:40～15:20
場所：BMKG 新築庁舎 2階
相手：Mr. Bayu Panata, Operator, Earthquake Early Information SD
調査団：寺尾（文責）

注：入庁5年目。2005年12月にBMG地域センターから本庁に異動。2005年当時から5交代制のOperator勤務が実施されていたと。

SeisComp3の研修は今までに3回から4回受講している。DSSの研修は1回受講。これ以外の分野ではGITEWSの研修は実施されていないと思う。Sensor Evaluation（マグニチュード関連分野）について、浜田氏から討議形式のセミナーを2回受けた。

SeisComp3の課題。マグニチュード統計に問題がある。観測点により測定値の統計上の残差が大きい（注：残差 - residual と称する統計値に問題が見られる。浜田氏の補足：変調を来している観測点があると異常な測定値が出てくる。そのような観測点の報告値は最初から除くことが対策）。

DSSの課題。今のところ良く動かない。良いシステムだと思うが。

2009年4月13日 14:00～15:15
場所：BMKG 旧庁舎 1階
相手：Dr. P.J. Prih Harjadi, Deputy Director General for Data and Information System
専門家：浜田
調査団：永田、小林、寺尾（文責）

InaTEWSの実施体制。多くの国の機関が携わっている。ドイツ、中国、日本、フランス、米国など。日本は、JICAに加えて、NIED及びJAMSTECも関与している。これがInaTEWSの特徴である。（注：国内機関では、BMKGの他に、各種センサーのネットワーク構築の面でBPPTやBAKOSURTANALが関与している）

専門家の貢献。BMKGが必要な技術支援はオペレータの育成だけに留まらない。研究開発（R&D）分野の活動を進める必要がある。浜田専門家は経験に富み、このニーズに応じてくれた。しかしながら弱点はなお残っている。ドイツの新システムは、機能が統合されたオンライン形式のもので、複雑である。業務遂行の体制を改善するためには、人的資源の開発、資料の品質管理がある。また地震月報もまだ良いものとなっていない。オンライン、オフラインのデータを集約的に管理し、観測所の評価などに用いる等の仕事もあり。これらの仕事について、なお専門家の支援を必要としている。

BMKG の運営予算。2008 年度と 2009 年度は以下のとおり。2010 年度要求予定の InaTEWS 関係予算は 60 billion Rp (5.5 million US\$) である。(注：インドネシアの会計年度は暦年と同じ。例年 7 月頃に予算案の編成が開始される。省庁、国会、財務省との討議を経て 10 月頃に次年度予算が決定される。ここに言う InaTEWS の予算とは、InaTEWS 構築のための各種センサーのネットワークの内、BMKG の所掌範囲のもの（主に NEITWC 及び地震計ネットワーク）の開発及び運営管理に必要な予算を指す)

単位：百万 US\$

| | 2008 年度 | 2009 年度 |
|-------------|---------|---------|
| BMKG の総予算 | 80 | 90 |
| InaTEWS の予算 | 8.7 | 2.5 |

2008 年度は米価や原油価格の高騰があり、政府歳出予算が 6%カットされた。2009 年度は開発予算が少なく InaTEWS の予算は比較的低額であった。

BMKG の組織。1980 年以前は通信省次官の下に置かれた組織であった。2002 年に大統領の承認の下に独立した庁 (agency) となった。これに伴い、長官 (Director General) の職階(管理職等級)はエセロン I(次官、総局長と同等の職階)となり、長官の下に 2 次長 (Deputy DG) を置く省外庁 (non-departmental agency) となった。

注：公務員の等級 (Golongan) は、すべての公務員が持つ階級であるとするれば、役職者階層 (インドネシア語では英語の echelon から取った eselon という単語を使用している。読みはエセロン) は、管理職のランクを示す階級であり、2000 年政令第 100 号 (2002 年政令第 13 号で一部改正) の 3 条に規定されている。エセロン IV から、最高位のエセロン I まであり、さらに各エセロンが a と b の 2 段階に細分されている。等級とは逆に小さい数字が高位となり、エセロン Ia が一番高い役職となり、IV b が一番低いエセロンになる。(出典：インドネシアの公務員制度、JICA、2004 年 8 月)

2004 年 12 月のスマトラ沖地震の津波被害の前後で、BMKG の総予算は 2 千億 Rp から 6 千億 Rp へと急増した。庁舎の新築も許され、2008 年に 5 階建ての庁舎 (NEITWC や各援助機関の専門家執務室が置かれている) を建設、さらに 2009 年に 14 階建て (地上 12 階、地下 2 階) の庁舎建設に着工する (2009 年 4 月時点では敷地整備工事中)。

2008 年 9 月 2 日の大統領令 61 号により、従前の BMG から BMKG に改組することとなり、2 次長制から 4 次長制に組織が拡充される (注：新体制に移行するのは 2009 年 4 月 9 日の総選挙を終えた同月中旬以降と言われる)。新体制下の総職員数はまだ決まっていない。現

在の職員数は地方の観測所も含め約 4,300 人（この内本部は約 700 人）。個人的（Prih 次長）には、観測所の組織を改善する必要があると考えている。観測所では管理職員が 40%を占めている。本来は技術を扱う部署なので多すぎる。管理職員の配置は州レベルだけで良いと考える。

2009 年 4 月 14 日 14:00～18:00
場所：BMKG 新築庁舎 2 階会議室
相手：Dr. P.J. Prih Harjadi, Deputy Director General for Data and Information System, Dr. Fauzi 他関連部署責任者 11 名、Mr. Kariyono, IT Engineer
専門家：浜田
JICA 事務所：平岡、S.D.K. Rubiyati
調査団：永田、笠原、小林、寺尾（文責）

注：英文評価レポート案に対する質疑とコメントを得ることを目的として、Prih 次長以下 InaTEWS 実施に携わる BMKG 関連部署責任者との会議が行われた。質疑とコメントの結果は英文評価レポートに反映された。以下にまだ反映していない部分を取りまとめる。

津波シミュレーション計算データベース。南シナ海にも数百年前の津波の痕跡があるが、この海域はカバーされていない。ITB データベースは経度で 10 度分（東西約 960km）をカバーしている。（東西の幅で言うと）AWI データベースはもっと広い範囲をカバーしている。

DSS による ITB データベースの使用。DSS から ITB データベースにアクセスするためのインターフェース作成の見通しが立っていない。誰がこのインターフェース作成に責任を持つべきか不明である。ITB は人材を持つが予算が不足する。

（注：以上に対する IT 技術者カリヨノ氏の発言。データベースとインターフェースとは技術が異なる。並行的なシステムを提言したい。SeisComp3 から ITB データベースへのインターフェースは既に作成されている）

加速度計。2009 年に 40 基増設の予定。（SeisComp3 と連結していない問題について）現状では、地震計と同じチャンネルを使っているため、信号伝送の容量に限界がある。通信回線の容量と共に、加速度計は何基あれば十分なのかもっと検討が必要である。SeisComp3 で MJMA (Mwp) を計算することは既に可能となっている（カリヨノ氏）。

InaTEWS 調整会議。2005 年以降毎年 1 回 5 月末か 6 月当初に開催。主催は BMKG で、参加メンバーは援助機関（JICA、豪州、マレーシア、フランス等）とオブザーバ。本年の議題は InaTEWS の持続可能性を予定している。2010 年にプロジェクトが終了するので、終了後の体制の話をする。

プログラミング言語の取得。事前に研修カリキュラムの内容が知らされなかったので、どの職員を出席させれば良いか判らなかった。(地震課長 Masturyono 氏)

(以上で面談記録終わり)

添付資料：インドネシアの学制

| 学制の区分 | 課程 | 卒業年数 |
|-----------------------|-------|------|
| Elementary School | | 6年 |
| Junior High School | | 3年 |
| Senior High School | | 3年 |
| 短大相当 | D-I | 1年 |
| 短大相当 | D-II | 2年 |
| 短大相当 | D-III | 3年 |
| 大学：学士 (Drs., Ssi, ST) | S1 | 4～5年 |
| 大学院：修士 (Ms.) | S2 | 2～3年 |
| 大学院：博士 (Dr.) | S3 | 3～5年 |

Taufik Gunawan 氏からの聴取りによる。

付属資料3 実績グリッド (調査結果付き)

I. Achievements

| Main Categories | Sub Categories | Findings |
|-----------------|--|--|
| 1. Inputs | <p>JICA</p> <ul style="list-style-type: none"> Planned and actual inputs of the JICA experts; person-months of dispatch of the experts as of April 2009 List of the equipment supplied by JICA and a status of their utilization, if any Annual project operation costs paid by JICA Name (number) of trainee(s) for training course, duration and training subjects, in Japan <p>GOI (BMKG)</p> <ul style="list-style-type: none"> List of project counterpart personnel (CP) and their assignment in the project activities, classified with their divisions in BMKG Estimates on person-months of CP personnel spent for activities for the project, if information is available. Operation costs that have been borne by the Government of Indonesia (GOI) to implement this JICA project Floor plans of the TEWS National Center built in 2008: areas, number of rooms, etc. Initial investment costs for building the TEWS National Center Physical resources provided by the GOI (office, energy costs, etc.) | <p>Following experts were assigned;</p> <ul style="list-style-type: none"> Short term expert for seismic data analysis, 4 to 15 September 2007 Short term expert for tsunami early warning techniques, 9 to 20 December 2007 Long term expert for system operation and procedure training, 12 May 2008 to 11 May 2009 <p>In total, 12.8 person-months will be spent for dispatch of the experts by May 2009.</p> <ul style="list-style-type: none"> Equipment: none Education materials: package software (Visual C++, 3 volumes), translation of "New Manual for Seismological Observatory Practice" <p>See the attached.</p> <p>Six (6) persons from BMKG received "counterpart training" in Japan from 6 to 19 January 2008 (14 days). The training included introductory lectures on the tsunami warning system practiced by the Meteorology Agency, coordination with related institutions, evacuation plans, and site visits.</p> <p>Full-time counterparts were not assigned. Alternatively, several staff and operators from Earthquake Early Information Sub Division and Tsunami Sub Division were nominated and received occasional training and instruction on selected subjects.</p> <p>No information is available on person-months of CP personnel spent for activities for the project. Number of the officers, staff and operators from BMKG who were involved in discussions, studies and instruction given by the experts totaled 12 persons at least.</p> <p>Training and instruction mentioned above were conducted mainly in the office of BMKG in Jakarta and did not need expenditure of direct costs.</p> <p>The new building has five stories and is being used not only by the NEITWC but also by other department and divisions of BMKG. Other information was not made available.</p> <p>An office in BMKG was provided to the experts, as well as office and communication facilities and energy costs.</p> |

| | | |
|--|--|--|
| <p>2. Project purpose – background conditions and status of project's achievement</p> | <p>(A) GITEWS portion - Progress of the following actions; • Operation of SeisComp3 in the National Center of Ina-TEWS</p> | <p>SeisComp3 has been commissioned to almost a full extent since mid of 2006 as the GITEWS project initially planned. Followings are noted;</p> <ul style="list-style-type: none"> • Around 110 to 120 seismometers are connected to the system as of April 2009. However, no accelerometers are connected. There is not a plan to connect SeisComp3 with accelerometers at present. • The JICA expert and some operators observe that SeisComp3 gives always too larger magnitudes for small earthquakes and this may leave serious problems for research and development activities in BMKG and other seismological research institutes that use seismic data of BMKG. |
| <ul style="list-style-type: none"> • Development of the tsunami simulation database by means of unstructured grids | | <ul style="list-style-type: none"> • Under the Ina TEWS by the GOI, the tsunami simulation database is planned to build for the 14 regions that can cover all the coastal areas in Indonesia. • By the GITEWS project, the tsunami simulation database by means of FEM has been completed for the 4 regions – Region 1, 2, 6 and 11. For Region 11, a western half of the area is covered. • There is no further plan for building the database for remaining 10 regions and an eastern half of Region 11, as these regions do not face to the Indian Ocean where a whole target of the IOTWS assisted by Germany is placed. |
| <ul style="list-style-type: none"> • Integration and operation of the tsunami simulation system (AWI) | | <p>The tsunami simulation system (AWI) has been integrated in DSS. The DSS can be run in a test mode as of April 2009, and the tsunami simulation system can also be run in a test mode.</p> |
| <ul style="list-style-type: none"> • Operation of other sensor systems: land based GPS, OBU/buoys, tide gauge, and EO | | <p>Due to delay of preparatory works by BMKG and other government agencies, the ocean instruments are not ready for use. It is also not confirmed yet how many of the sensor devices are connected to the DSS at present. (つながっていないのは、DSSの整備の問題ではなく、BMKGと他官庁の準備作業が遅れているため、DSSIに原因を押しつけられるものではない。)</p> |
| <ul style="list-style-type: none"> • Operation of the whole system of DSS | | <p>The whole system of DSS is planned to become fully functional and ready for operational mode in March 2010.</p> |
| <ul style="list-style-type: none"> • Training BMKG officers for operating and maintaining the DSS and associated 6 sensor systems | | <p>A series of training has been conducted for operation of SeisComp3 since 2005. The first training for operating DSS was also done recently. However, it is said that training for administration of the system that includes installation, update and trouble shooting of the system software has not been conducted yet.</p> |
| <ul style="list-style-type: none"> • If a significant delay is being caused in any of the above, reason(s) of the delay | | <p>Early in 2007, the GITEWS project was scheduled to complete around by March 2010. In the Gantt chart released on 13 March 2007, DSS was scheduled to reach to "combined operation-mode and fine tuning" in mid of 2009. In the latest schedule, this action is scheduled in August 2009 to January 2010. (上記に同じ、)</p> |
| <ul style="list-style-type: none"> • Total project budget borne by Germany for the GITEWS | | <p>For the whole scope of the Indian Ocean TEWS project, it is said that the total budget to be borne by Germany is around 45 million Euros. The budget for the GITEWS is however unknown.</p> |
| <ul style="list-style-type: none"> • Estimated annual maintenance cost for the GITEWS | | <p>Total annual operation costs including personnel expenses for the whole Ina TEWS is estimated at 12.0 million US\$, among which the cost for buoys system is estimated to be 5.1 million US\$.</p> |

| | | |
|--|--|--|
| | <ul style="list-style-type: none"> Further project actions until March 2010 | <p>It seems that, in addition to works for DSS, ocean instrumentation including OBU/buoys and tidal gauges, installation of land-based GPS and capacity building will spend further time until the end of GITEWS project.</p> |
| | <p>(B) JICA project:</p> <ul style="list-style-type: none"> Promotion for programming of the M_{JMA} formula in the SeisComp3 system Development of localized M_{JMA} formulation | <p>Determination of magnitude by means of M_{JMA} requires data from accelerometers. Since the accelerometers are not to be planned to connect with SeisComp3 under the GITEWS project at present, there is no way for programming the M_{JMA} formula in the SeisComp3 system.</p> <p>Despite of the above situation, BMKG is going to develop M_{BMKG} that is equivalent of M_{JMA} but needs to be localized to meet the geophysical particulars in Indonesia. This action may be well reasoned since the hypocenter analysis can be done with SeisComp3. Data from the accelerometers are being stored in an independent server in BMKG at present. Development of M_{BMKG} is going to be implemented as a project of BMKG in 2009.</p> <ul style="list-style-type: none"> JICA financed for ITB to build the tsunami simulation database by means of FDM for Region 4 (Flores Sea) and Region 5 (Sulawesi Sea). In addition to these two, ITB has developed the database for other 7 regions, financed by other sources including RISTEK. Remaining 5 regions are planned to be developed by BMKG after receiving technical training on the simulation from ITB. These actions are planned to implement in 2009. In addition, BMKG plans to verify or evaluate the developed tsunami database by comparing with the past tsunami events from 2006 to 2009. |
| | <ul style="list-style-type: none"> Development of the tsunami simulation database by means of one-minute grids for use of the DSS Development of SOP or alternative for the DSS | <p>Since the DSS had not been commissioned by end of 2008, it was determined to prepare a seismology textbook for use of the operators f in NEITWC and REITWC. In total, around 200 operators are working in these centers.</p> |
| <p>3. Overall goal - status at present</p> | <ul style="list-style-type: none"> Development of sensor network under Ina TEWS Number of deployed OBU/buoys and their operation ratio (%) as of April 2009 Record of issues of tsunami alarming with and without forecast of wave height and travel distance in 2007 to 2009 | <p>Under the Ina TEWS project, 160 seismometers and 500 accelerometers are planned to be installed. As of January 2009, it is reported that 147 seismometers and 109 accelerometers have been installed in various stations in Indonesia. An estimate says around 90% of these are being operated presently.</p> <p>Under the Ina TEWS project, 21 OBU/GPS buoys are planned to be installed off the nationwide coast in Indonesia. At least 14 buoys have been installed by end of 2008.</p> <p>There has not been a case of tsunami warning with forecast of wave height and travel distance so far. In case of non-categorized warning, 22 warnings have been issued from 2007 to present.</p> |
| <p>4. Outputs</p> | <p>An extent of achievement of the following actions:</p> <ul style="list-style-type: none"> Improvement in recording and utilization of the present and past seismic wave records in BMKG | <p>The Project has developed software for reading the seismic wave data and was used to know characteristics of the stored data in BMKG - SEED or miniSEED format. However, it was found that the data depository system and parameters of the data were inadequate and not ready for immediate use. At present task for improving the seismic wave data depository and its use is suspended.</p> |

| | | |
|--|--|--|
| | <ul style="list-style-type: none"> • Improvement in BMKG's monthly seismological bulletin • Number of simulated tsunami events registered in the ITB database and its coverage for 14 sea areas • Development of a textbook for seismology observation • Introduction of a seismicity analysis software "hydpdsp" • Training for C and other programming language | <p>Some recommendations for improving the seismological bulletin were issued by the Project around in October 2008. It is said that a gap of understanding on requirements of quality control of the bulletins still exists between BMKG and the expert.</p> <p>In ITB's tsunami simulation database, 9 scales of magnitude in 7 layers in depth are calculated for a single geographical point. It is said that a total of 220,000 tsunami simulated events has been stored for the 9 regions.</p> <p>For preparing a seismology textbook for use of the operators in NEITWC and REITWC, "New Manual for Seismological Observatory Practice" of the IASPEI was translated to the Indonesian language. The textbook has around 250 pages. Final compilation is underway in April 2009. Printing for use of around 200 operators is scheduled soon.</p> <p>Software for displaying hypocenters developed by JMA was converted to have user interface of the Indonesian language. In the same time, data for faults, oceanic trenches and volcanoes were prepared and stored in the program. Installation manual was also prepared. This program has been used for making seismological bulletin and other publications of BMKG.</p> <p>Training for C++ and FORTRAN was conducted for several staff and operators from the Earthquake Early Information Sub Division that is responsible for operating and managing the NEITWC. Programming skill is not tested for these trainees yet.</p> |
|--|--|--|

II. Implementation Process

| Main Categories | Sub Categories | Findings |
|--|--|--|
| <p>1. Guiding policies and relevant plans</p> | <p>Main guiding policies for mitigating tsunami disasters:</p> <ul style="list-style-type: none"> • The Law for Disaster Management, October 2007 | <p>Followings summarize Article 46 in the Law for Disaster Management, October 2007;</p> <p>(1) The early warning shall be aimed at taking prompt and precise action to mitigate disaster risks and to prepare actions of emergency response.</p> <p>(2) The early warning shall be carried out by:</p> <ol style="list-style-type: none"> a. observing indications of a disaster; b. analyzing the observation results; c. decision making by the authorized party; d. disseminating information on disaster warning; and e. taking public action. |
| <ul style="list-style-type: none"> • The National Action Plan for DRR (2006-2009) | | <p>National Action Plan for DRR (2006-2009) requests BMKG to undertake following actions with a full or partial responsibility;</p> <ul style="list-style-type: none"> • Collecting and assessing seismic data for Indonesia for seismic zone mapping (1994-2005) • Scouting of locations for deployment of TEWS buoys • Building a seismic and tsunami early warning system • Producing bulletins on early warning systems periodically • Setting up a communication framework • Strengthening cooperation with institutions responsible for monitoring, assessing and building a disaster early warning system • Collating seismic and tsunami statistics • Seismic and tsunami mapping • Publishing and distributing booklets, leaflets and posters on volcanic eruptions, earthquakes, tsunamis and land movement |
| <ul style="list-style-type: none"> • Ministerial Decree for Establishment of TEWS, No.21, 26 September 2006, Ministry of for People Welfare | | <p>The information was not made available.</p> |
| <ul style="list-style-type: none"> • IOC/UNESCO Paris Meeting communiqué on tsunami warning system, March 2005 | | <p>The communiqué consist of;</p> <ol style="list-style-type: none"> (a) the tsunami warning system will be built and established through international cooperation under a UN (United Nations) umbrella; IOC will provide the international coordination mechanism and will work in close partnership with other agencies; (b) the tsunami warning system shall be owned and managed by the member states of the Indian Ocean region, and will be built on national capabilities; and (c) the tsunami warning system will “plug-in” into existing natural disaster management system. |

| | | |
|------------------------------|---|--|
| | <p>Plans:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Grand Scenario of Indonesia TEWS (RISTEK, 2005, updated 2006) | <p>According to BMKG, following instrumentation is a requirement of "Grand Scenario";</p> <ul style="list-style-type: none"> • DSS (Decision Support System) • 160 Seismic stations • 30 GPS stations • 80 Tide gauges • 21 Buoy-systems <p>The assessment report of the IOC mission in 2005 left many recommendations on the tsunami warning system in Indonesia. Among the IOC recommendations, following one (page 30) may still be applicable when BMKG develops M_{BMKG}.</p> <p>"The NETWC should consider the implementation of moment magnitude methodologies for determining earthquake magnitude. These include M_w, moment magnitude based on the first arriving P-wave, which provide very rapid estimates. The PTWC feels that M_w is reliable for regional and teleseismic distances, but notes that it is important to calibrate the methodology using existing historical data in order to determine whether empirically-derived corrections are required especially for the local implementation".</p> |
| <p>2. Technical transfer</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Outline of the GITEWS project (2005 to 2009) <p>Difficulties in technical transfer:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Role of the key CP personnel in the project activities - their assignments to implement the project activities <ul style="list-style-type: none"> • Main fields of the technical transfer in this project • Target personnel of technical transfer • Relation of the above technical fields to the main tasks of the Project | <p>See the attached brief information on the GITEWS project.</p> <ul style="list-style-type: none"> • The Project has provided practical training for many occasions. In stage of the project design, however, no specific plan for the project activities for "system operation and procedure training" seems to have been formulated. In fact, most of the trainings had to be prepared in ad-hoc basis. • Systematic way of training was also not possible mainly due to unavailability of information to the expert on key issues - what "system operation and procedure" would be materialized in BMKG in a course to develop and install the DSS. • In such a situation, it was difficult to plan assignments of the counterpart personnel or to determine their role in advance. <p>As a result, fields of the technical transfer in this Project has come to consist of various technical subjects that include seismic wave data depository, seismological bulletin, seismology textbook, programming languages, hypocenter analysis, and many others.</p> <p>For the technical transfer in this Project, several officers, staff and operators BMKG were selected, totaling around 12 persons at least.</p> <p>All the subjects targeted for the technical transfer are related to the project purpose.</p> |

| | | |
|---------------------------------|--|---|
| <p>3. Project management</p> | <p>Management for inputs</p> <ul style="list-style-type: none"> Any excess or deficiency in specialties of the JICA experts or period of assignment Could CP personnel of BMKG have enough time to contact with the JICA expert or to the project activities? Any inner and outer factors that have obstructed project implementation | <p>As stated above, most of the trainings had to be prepared in ad-hoc basis. This means it was uncertain for the expert to project necessary inputs of time for conducting trainings. Meanwhile, it is noted that 12 person-months was certainly insufficient to complete study and training for all the subjects that were handled with in a course to implement the Project (see "Main fields of the technical transfer in this project" in the above).</p> <p>Not applicable.</p> |
| <p>4. Project ownership</p> | <ul style="list-style-type: none"> Legal framework for the tsunami warning system in Indonesia Activities of the JICA project that need to be continued to implement by hands of BMKG after the project Conditions to enable continuation of such activities | <p>Unavailability of necessary information to the expert on the key issues</p> <p>Among the related law and regulations, especially, National Action Plan for DRR (2006-2009) and Ministerial Decree for Establishment of TEWS, No.21, 26 September 2006 give BMKG a responsibility to develop and maintain the tsunami warning system in Indonesia.</p> <ul style="list-style-type: none"> Improvement of the seismic wave data depository Development of M_{BMKG} - localized M_{JICA} – based on the data depository Improvement of the hypocenter analysis To formulate R&D projects that show clear objectives, approaches, persons in charge, and others To make technical assistance available if needed <p>A strong initiative of BMKG was not observed that is directed towards establishing the effective TEWS in Indonesia. However Such an initiative is visibly shown, for example, in followings;</p> <ul style="list-style-type: none"> A plan for development of M_{BMKG} A plan for building of tsunami simulation database in the remaining 5 regions through enhancing its technical capacities A series of the evaluation coordination meetings for sustainability of Ina TEWS An attitude shown in some staff and operators seeking abilities for developing the systems by themselves - without continued assistance from the foreign countries |
| <p>5. Design of the Project</p> | <ul style="list-style-type: none"> Original SOP of BMG that was prepared before 2007 to meet the recommendations by IOC Reasons that this JICA project was determined to go along with the GITEWS project | <p>There is no information on the SOP of BMG that was prepared before 2007 to meet the recommendations by IOC. Presently, operation in the NEITWC in BMKG Headquarters and 10 regional centers is being directed by Instruction No: 001/DEP-2-DS/IX-2008, October 2008.</p> <p>The GITEWS project was precedent, started early in 2005, and is going to build a core part of the InaTEWS.</p> |

| | | |
|--|--|--|
| | <ul style="list-style-type: none"> • About a trade-off between precision and practicality of a tsunami forecast technology in terms of disaster risk reduction • Experience of ITB and BPPT researchers in simulating wave propagation by means of staggered-grids finite different method (IOC, 1997) | <p>Not applicable.</p> <p>“Grand Scenario of Indonesia TEWS” in 2006 indicates;</p> <ul style="list-style-type: none"> • At present several Indonesian institutions deal with the tsunami modeling studies, among others are Institute of Technology Bandung (ITB) and BPPT. • The studies on tsunami modeling by Indonesian scientists actually were just started since the beginning of 1990’s. The initiation of the tsunami modeling studies by Indonesian scientists was triggered by the occurrence of the 1992 Flores tsunami that killed about 2,100 people in Flores Island. • Most of the tsunami modeling studies were done in collaboration with foreign scientists, most of them are Japanese scientists. The studies have successfully modeled the 1992 Flores tsunami. |
|--|--|--|

Remarks:

(1) Screened parts imply that information on them have been collected or are to be collected through other questions.

(2) BMKG: Badan Meteorologi dan Geofisika

付属資料3 評価グッド (調査結果付き)

I. Relevance

| Questions for Evaluation | | Findings |
|--|---|--|
| Main Categories | Sub Categories | |
| 1. Priorities in relevant national policies of GOI | National policies for the disaster risk reduction (DRR) | <ul style="list-style-type: none"> Despite the high disaster potentials, the disaster management by the government had been limited to emergency response that covers rescue and support for sufferers for many years. By enactment of the Law for Disaster Management in October 2007, the disaster management by the government was explicitly redirected towards disaster risk reduction (DRR). The Law is aimed at securing safety of people and property against disasters and requests to develop the government administrations involved to meet all measures for DRR that include prediction, disaster mitigation, emergency response and recovery. Tsunami early warning system (TEWS) is highlighted as one of the main measures for DRR. The National Action Plan for DRR (2006-2009), prepared in line with the proposals in the Hyogo Framework for Action (2005-2015), has allocated tasks necessary for developing DRR to the government and non government institutes related directly to the disaster management and study in Indonesia. BMKG, as a leading agency in government administration in fields of the geophysics, has been assigned with necessary tasks for development and implementation of TEWS. Ministerial Decree for Establishment of TEWS, No.21, 2006 Grand Scenario of Indonesia TEWS (2005, updated in 2006): As a country that most suffered from the 2004 Aceh tsunami, the Indonesian Government has committed to establish the Indonesian Tsunami Early Warning System (Indonesian TEWS). A grand scenario of the establishment of the Indonesian TEWS was prepared by several Indonesian institutions under coordination of RISTEK. Grand Scenario gives the details of nationwide network and instrumentation for implementing Ina TEWS. Tsunami Sub Division in BMKG was established in 2002. It is said that at that time BMKG was not equipped with measures for tsunami forecast. Under the Grand Scenario and other relevant policies and plans for DRR, BMKG had come to face urgent needs to develop Ina TEWS. The core part of Ina TEWS will be covered with the GITEWS project. However, to operate and manage the SeisComp3 and DSS in an effective way, it seems that BMKG may need to enhance its R&D capacity in the seismology. With regard to issues that may impose such needs, the expert identified seismic wave data depository, localization of M_{JMA}, hypocenter analysis, seismological bulletin, seismology textbook, programming languages, and others. Among these, it was noted that most needed are improvement of seismic wave data depository, which is a pre-condition for localizing M_{JMA}, and introduction of hypocenter analysis that can meet to SeiComp3. Indonesia, with its long coastline, has the longtime history of tsunami disasters. The Nanggroe Aceh Darussalam Earthquake and Tsunami, or the Off-Sumatra Earthquake Tsunami, in December 2004 had left enormous damages that had caused 237,448 deaths in the country. Ina TEWS is aimed at reduction such a disaster risk. In National Action Plan for DRR, BMKG was assigned with necessary tasks for development and implementation of TEWS in Indonesia. Ministerial Decree for Establishment of TEWS, No.21, 2006, also directed BMKG to take a leading role for |
| 2. Needs of the implementation agency | BMKG | |
| 3. Needs of the beneficiaries | Indonesian tsunami-vulnerable coastal communities | |
| 4. Project approaches were | Implementation agency | |

| | | |
|---|---|--|
| appropriate? | Basic concepts | <p>implementation of the TEWS. The Grand Scenario gives the details of nationwide institutional system and instrumentation for the Ina TEWS to be implemented by BMKG.</p> <ul style="list-style-type: none"> • After due consideration to the request for a technical cooperation project from BAPPENAS dated 8 March 2007, this Project was designed in such a way that most of the activities are to be linked with the GITEWS project. This is reasoned by that the GITEWS project was precedent, started early in 2005, and is going to build a core part of the Ina TEWS. • In a course to implement the Project, however, it was found that DSS installed by the GITEWS project is scheduled to be commissioned in March 2010. Thus, a majority of the project activities was redirected towards study and training for solving the technical constraints in a more general perspective but mainly related to practices of hypocenter (seismicity) analysis in BMKG. The hypocenter analysis gives a key data to followed tsunami prediction. • Through the above redirection, the Project could identify several key constraints that need to be solved. This however also unavoidably resulted in execution of the project activities of ad-hoc basis. • ODA Charter of Japan (2003) • As a bilateral cooperation between Japan and Indonesia, "Joint Announcement on the Cooperation between Two Countries on Natural Disaster Reduction" was issued in 2006. This announcement was followed by a report for actions which recommended on establishment of the tsunami early warning system in Indonesia. • Country Assistance Strategy (latest version) <p>▪ Changes in state policies that can affect the Project since September 2007: Not observed so far.</p> |
| 5. Does the project meet the aid policies of the Japanese government? | Relevancy with the prioritized issues in ODA by Japan and assistance strategy for Indonesia | |
| 6. Others | | |

| | |
|-------------------------------------|--|
| II. Effectiveness | |
| Questions for Evaluation | Findings |
| Main Categories | Sub Categories |
| 1. Project purpose can be achieved? | <p>Achievement of the project purpose</p> <ul style="list-style-type: none"> • The National Earthquake Information and Tsunami Warning System (NEITWS) is the system of all activities of earthquake and tsunami monitoring which consist of one National (NEITWC) and 10 Regional Earthquake Information and Tsunami Warning Centers (REITWC). This Project is aimed at to strengthen the capacity of staff and operators in the NEITWC. • After redirecting the project activities as stated above, technical constraints that were handled by the Project have come to cover various technical subjects that include seismic wave data depository, seismological bulletin, seismology textbook, programming languages, hypocenter display program, hypocenter analysis, and many others. • Through studies and training on these, actions for textbook and hypocenter display program have produced the useful deliverables. In addition, the Project financed ITB in building of tsunami simulation database for Region 4 and 5. • Actions for other subjects such as improvement of the seismic wave data depository, seismological bulletin and hypocenter analysis have not produced visible outcomes so far, despite recommendations made by the expert. • However, there is also a meaningful contribution in those that have not shown outcomes yet. These actions have uncovered |

| | | |
|--|---|--|
| | | <p>potential problems in the seismicity analysis in BMKG that would otherwise be continued to overlook. In this regard, the Project could leave valuable experiences that were shared with officers, staff and operators involved in the NEITWC.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Taking into account the above situations, it is considered that the Project have made rather considerable contribution to strengthen the capacity of staff and operators in the NEITWC. |
| 2. Causal relation "from outputs to project purpose" | Contribution of outputs for achieving the project purpose | <p>Those that presented the deliverables:</p> <ul style="list-style-type: none"> • seismology textbook • hypocenter display program • building of tsunami simulation database for 2 regions <p>Those that need further actions:</p> <ul style="list-style-type: none"> • seismic wave data depository • hypocenter analysis • seismological bulletin • programming languages |

III. Efficiency

| Questions for Evaluation | | Findings |
|---|--|---|
| Main Categories | Sub Categories | |
| 1. Progress of the inputs | Check on progress of the inputs | <ul style="list-style-type: none"> • Input of the experts: 12.8 person-months by May 2009 • Project operation costs (programming software, translation of textbook, contract with ITB) |
| | Appropriateness of the inputs | <ul style="list-style-type: none"> • Inputs of the personnel resource were made by JICA as initially planned. Training of six counterpart personnel in Japan was conducted. The GOI provided the experts with an office with facilities and energy costs. All these inputs have been done without delay. • Participation of the counterparts in the project activities seems not to be very active. By various reasons, it was difficult to plan assignments of the counterpart personnel or to determine their role for a long time. |
| 2. Achievement of the outputs | Generation of the outputs | <ul style="list-style-type: none"> • The Outputs that left deliverables are shown in "II Effectiveness-2". |
| 3. Causal relation among inputs, activities and outputs | Excess or deficiency in the inputs | <ul style="list-style-type: none"> • Insufficiency in the inputs: It is noted that input of the long term expert of 12 person-months was certainly insufficient to complete study and training for all the subjects that were handled with in a course to implement the Project. This insufficiency was caused by that human resource holding the expertise is often not available from the Japan Meteorology Agency. |
| | Effects from outside of the Project | <ul style="list-style-type: none"> • There seem to be no effects from outside of the Project to generate the outputs. |
| 4. Project costs efficiency | Justification of the total input costs | <ul style="list-style-type: none"> • Comparison with the past similar projects assisting for capacity building in the government institutions |

| | |
|--|---|
| <p>5. Coordination with other similar projects</p> | <ul style="list-style-type: none"> China assisted BMKG for the seismic data analysis system (JOPENS) that has been implemented in 2006 to present. The system has been installed in NEITWC and 10 REITWCs. The project included training for 3 personnel in March 2009. The manuals have not been delivered. The Project was not coordinated with the JOPENS project. |
|--|---|

IV. Impacts

| Questions for Evaluation | | Findings |
|---|---|---|
| Main Categories | Sub Categories | |
| 1. Probability of achievement of the overall goal | <p>Prospect of achievement of the overall goal</p> <p>Any factors that may promote or hinder generation of the overall goal</p> | <ul style="list-style-type: none"> The overall goal is "More accurate and reliable tsunami early warning system is developed in Indonesia". Achievement of the overall goal is subject to completion of the GITEWS project, as well as improvement of the seismicity analysis in NEITWC and REITWC. The DSS is scheduled to be fully commissioned in March 2010. Factors that may most affect completion of the GITEWS project include installation and maintenance of seismometers and ocean instruments, as well as connection of accelerometers. SeisComp3 gives a problem in determination of magnitudes for small scale earthquake. This may be technically minor problem but be serious for R&D in the seismology. |
| 2. Causal relation between the project purpose and the overall goal | | <p>Important assumptions from the project purpose to the overall goal include followings;</p> <ul style="list-style-type: none"> Improvement of the seismic wave data depository Development of M_{BMKG} through improvement of the seismic wave data depository Improvement of hypocenter analysis – introduction of "earthquake catalogue" applicable to SeisComp3 Connection of accelerometers to SeisComp3 Securing of operation budget for the Ina TEWS |
| 3. Spillover effects | | <ul style="list-style-type: none"> So far no spillover effects by the Project are observed. It is uncertain whether BMKG's initiative to develop M_{BMKG} can be counted as the spillover of the Project. |

V. Sustainability

| Questions for Evaluation | | Findings |
|---------------------------------|-----------------------|---|
| Main Categories | Sub Categories | |
| 0. General | | <ul style="list-style-type: none"> The Project will leave a few deliverables that include a textbook in the Indonesian language to serve for around 200 operators for the NEITWC and REITWC, as well as a computer program for displaying hypocenter. It is considered however that most benefits that the Project leaves are shared experiences for tackling some technical constraints in the R&D practices of BMKG. Such constraints were identified mainly in the seismic wave data depository and hypocenter analysis. Due to a limited time, the Project could not settle above two main challenges. Alternatively, the expert presented recommendations on the identified problems. BMKG is expected to lead further actions for remedy. |

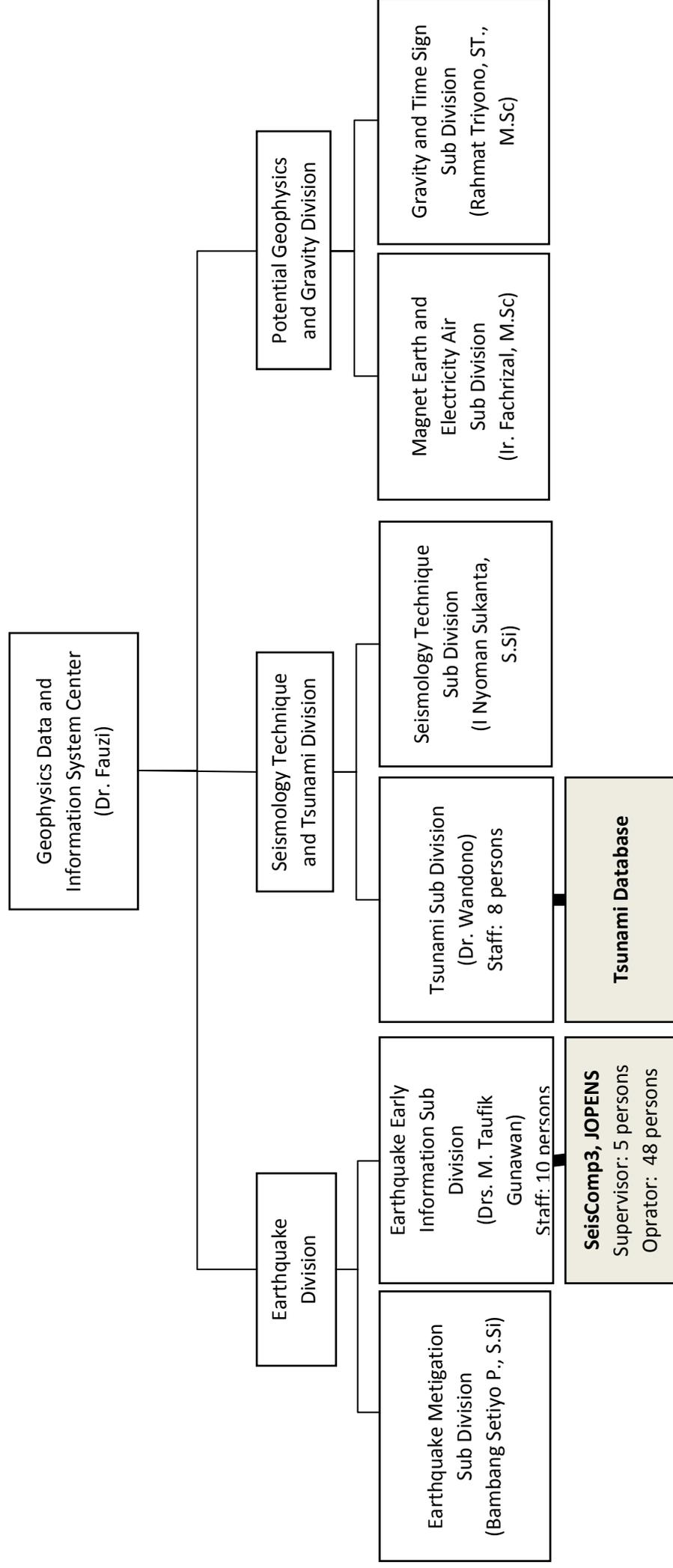
| | | |
|-----------------------|--|---|
| 1. Aspect of policy | | <ul style="list-style-type: none"> • Probability of continuation of policy support for the TEWS: The TEWS in Indonesia is being hugely backed up by the Law for Disaster Management (October 2007) and the relevant national policies. This will ensure a long length of life of the Ina TEWS as shown in other countries where the TEWS has been developed earlier. |
| 2. Institutional side | | <ul style="list-style-type: none"> • Institutional framework for implementing TEWS in Indonesia seems to be strongly structured. Those that direct BMKG to implement the TEWS include National Action Plan for DRR (2006-2009), Ministerial Decree for Establishment of TEWS, No.21, 2006, and Grand Scenario of Indonesia TEWS (2005, updated in 2006). These will provide BMKG with a stable foundation to continue all necessary works that include R&D actions for the above two challenges. • The BMKG's ownership of the Ina TEWS project, and hence of this Project, is consistent. That is clearly shown in following cases; <ul style="list-style-type: none"> - A plan for development of M_{BMKG} - A plan for building of tsunami simulation database in the remaining 5 regions through enhancing its technical capacities - A series of the evaluation coordination meetings for sustainability of Ina TEWS |
| 3. Financial side | | <ul style="list-style-type: none"> • Total budget for BMKG and budget for projects for tsunami in FY2008 and FY2009 • It is learnt that, for its operation, the Ina TEWS that includes network of seismometers and ocean instruments may cost 12.0 million US\$ per year. BMKG's budget for tsunami related projects in 2007 totaled 7.2 million US\$. |
| 4. Technical side | | <ul style="list-style-type: none"> • With regard to technical capacity of the BMKG officers in charge, some staff and operators in Earthquake Early Information Sub Division seem to have noted already two challenges as above should be remedied for effective operation of the Ina TEWS. However, they and other staff and operators in duty may not be able to find appropriate solutions due to limited technical information available to them. |

Remarks:

(1) Screened parts imply that information on them have been collected or are to be collected with other questions.

(2) BMKG: Badan Meteorologi dan Geofisika

付属資料 4 BMKGの地球物理資料情報センター (2009年4月13日現在)



注: 2009年4月13日現在BMKGは資料情報システム局と観測局の2局から構成されている。資料情報システム局は3センターから構成されており、地球物理資料情報センターはその一つである。早ければ2009年4月中にもBMKGは4局制に組織再編される予定である。

付属資料5-1 セミナー・ワークショップでの講演

| セミナーワークショップなど | 参加者 | 講演題目 | 内容 |
|--|--|---|--|
| NDC DEvelopment Workshop FOR ASEAN COUNTRIES (5-6 June 2008, Jakarta, Indonesia) | BMKG、CTBTO事務局、GFZ、マレーシア、タイ、フィリピン、韓国、日本、オーストラリア、ASEAN事務局 | Application of IMS Data for the Service of the North West Pacific Tsunami Advisory Centre -Japan (Dr. Nobuo Hamada) | CTBTOの観測データの津波予報への利用の日本での実績の紹介と、高品質の広帯域の地震観測データが津波予報のための地震の規模推定に重要な役割を果たすことを紹介 |
| IOC Tsunami workshop for SOP 11-15August,2008,Jakarta,Indonesia | BMKG職員、自治体関係者、UNDP事務局、米国気象局(PTWC)、UNESCO-IOC、スリランカ、タイ、セーンジェル | Responsibility of agencies responsible to disaster mitigation operation | 津波警報を運用する防災機関のシステム管理の責任の重さと学校教育における防災教育の重要性を日本の事例で説明。 |
| Training Course Seismology, Data Analysis and Tsunami Detection Part III: Standard Operational Procedures and Hazard Assessment 27 January - 15 February 2009, Jakarta/Indonesia | BMKG、Bakosurtana職員ら30名 | Seismic Data Quality Control and Earthquake Bulletin | 震源決定、地震観測報告に関する品質管理の問題をインドネシアの実状と問題点を踏まえた上で説明、政府機関のサービースとしての品質管理の重要さを説明 |

付属資料5-2 実施された技術指導等の取りまとめ

| 個別指導 | 対象者 | 時期 | 内容、結果 |
|----------------|----------------------------------|--------|--|
| 地震波形保存状況の調査 | イマン、ブジ室長 | 6, 7月 | 国際標準であるSEEDフォーマットの波形であることを確認読み出すプログラムを開発したが、感度等のパラメータに不備があり、また波形の保存システムが未構築であり、地震波形を用いた研修が困難な状況にあることから、それ以上の作業は棚上げした。 |
| 震源表示プログラムの移植 | タツ、その他 | 8-12月 | 気象庁の震源表示プログラムのインドネシア語メニューへの改造、活断層、海溝、火山などのデータの整備取り込み、インスタール関係のマニュアルの作成などを実施 |
| 地震月報の内容調査、改善作業 | タツ、スガシ、バンバン、タウフアイック、マストロヨノ、プリ次長他 | 8月-現在 | プリ次長からBMKGの発行している地震月報の内容について助言を求められたので、印刷物とCDに入れる資料に分けるよう助言、これはすぐに実施に移されたが、内容をよく調べると、報告物としての体をなしていないことを発見、幽霊の地震や間違った震源、不適當な体裁などがあり、改善策を数回に渡って提案したが、効果が認められない。品質管理に関する認識に開きがあり、(多少は影響を受けたらしく品質管理をやっているつもりでいるらしいが品質管理になっていない。) |
| 震源決定作業の調査 | 研修生など | 8月-現在 | 震源計算のやり方、環境が、気象庁と大きく異なるため、なるべくSeisComp3の処理に近いやり方で震源を決めるよう既存のプログラムを改造し実際の観測データに当てはめ、改善すべき点を調査し、申し入れているが、現状では改善に結びついていない(現業職員への適切な指導が行われていない) |
| C-プログラミングの手ほどき | カリヨノ、ウイジャヤント、バユ、タツナーなど | 8月、12月 | VisualC++を業務費で3部購入、C言語の教科書も数冊買い込み職員に貸与、C言語の手ほどきを実施、それぞれ業務を抱えており、学習の進展がはかばかしくなそうなので、C言語、FORTRAN言語のコンパイラーと例題の入った自宅でも利用できる自習教材を作成配布する。 |
| マグニチュードの問題調査 | イマン、研修生、幹部、GFZ | 12月-現在 | 地震月報の調査の一環としてマグニチュードの調査を行い、SeisComp3の決めるマグニチュードが津波予報を行うような大きい地震については問題は少ないものの、小さい地震についてはことごとく大きく決まっており、色々な調査研究に著しい不都合を生じることが発見、指摘したがBMKG側ではまったく何となくかしようという動きはない。一部の現業の職員は不都合をよく認識しているが、改善策は、BMKGの意思次第の状況にある。GFZには申し入れする。 |

| | | | |
|-----------------|------------------|-------|---|
| DSSシステムの表示画面の問題 | DLR職員 | 12月 | DSSシステムの操作画面の字が小さく図が見づらいことを指摘、気象庁の同等の操作画面と比較した資料を提供検討を依頼する。4月の研修時のDSS画面を見たところ意見が反映され一部改善が行われたように見える。 |
| 潮汐データの処理 | インドラ | 12月 | 検潮データからどのように潮汐を取り除いて津波を見やすくするかについて助言を求められたので、簡単に出来る方法として、調和解析のやりかたを紹介、精度の高い方法については、日本のホームページのサイトを紹介した。本人の理解能力が高くプログラムも組めるので問題はないと判断している |
| 西パプアの津波地震の調査 | タツナーなど | 1月 | 1月4日の西パプアの地震について余震活動を調べ直し、また部内の打ち合わせで、震源が海岸近くの内陸に入ったために津波予報を解除したことを知り、関東地震を例に内陸の地震でも津波が発生することを指摘、注意を促したが、BMKGの職員には誰もそのことに対する認識はなかったようである。移植した震源表示プログラムで作成した図が初めて部外公表資料などに使われる |
| 地震教材のインドネシア語化 | マストロヨノ、タウフィック、ブジ | 7月ー現在 | インドネシア語で地震学を勉強できる教材が乏しいことから、英語で書かれた教材のインドネシア語への翻訳を計画し、教材の選定をBMKGの職員に任せたところ、国際地震学会の作成した地震観測指針を推薦してきたので、マストロヨノ課長を通じて翻訳を発注、約250ページの翻訳がほぼ完成したが編集作業が遅れており、印刷に回せるかは微妙な所、BMKG全体で地震関係職員は200名以上居ることから、印刷は200部を目標としている。 |
| 余震活動予測手法 | ベニー、タツナー | 3ー4月 | BMKGでは日本では使われなくなった古い余震の統計式が使われていることが分かったため、日本の地震調査委員会を用いられている最新の手法を紹介、文献を取り寄せ提供する |

