

# アセアン地域における産業集積地の 自然災害リスク評価と事業継続計画 に関する情報収集・確認調査


## リスクプロファイルレポート

ーカビテ、ラグナ、マニラ首都圏南部（フィリピン）ー

平成27年2月  
(2015年)

AHAセンター  
独立行政法人国際協力機構  
OYOインターナショナル株式会社  
株式会社三菱総合研究所  
株式会社建設技研インターナショナル

## パイロット地区の概要

| 国名             | フィリピン  |            |                      |     |        |     |            |      |       |           |      |       |           |
|----------------|--|------------|----------------------|-----|--------|-----|------------|------|-------|-----------|------|-------|-----------|
| パイロット地域        | カビテ州、ラグナ州、マニラ首都圏南部にある産業集積地とその周辺部   |            |                      |     |        |     |            |      |       |           |      |       |           |
| パイロット地域の位置     | <p>パイロット地域はマニラ首都圏の南方にあり、産業集積地はカビテ州、ラグナ州、マニラ首都圏南部にまたがって広がっている（工業団地が分布する大まかな範囲を赤破線で表示）。</p>  <p>The map shows the Philippines with a red dashed line indicating the pilot area. The area includes the southern part of the National Capital Region (Manila), Cavite, and Laguna. Other regions like Batangas and Bataan are also labeled.</p>  |            |                      |     |        |     |            |      |       |           |      |       |           |
| パイロット地域の地方行政機関 | <p>フィリピンの国土は、3つのブロックに大別され、さらに17の地方（Region）に細分される。それぞれの地方には、合わせて81の州（Province）が存在する。州は市（City）と町（Municipality）からなる。マニラ首都圏（National Capital Region）は地方レベルにあり、ここには州はなく、16市と1町より構成されている。</p>  |            |                      |     |        |     |            |      |       |           |      |       |           |
| パイロット地域の面積・人口  | <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th style="background-color: #0070C0; color: white;">地方行政機関</th> <th style="background-color: #0070C0; color: white;">面積(km<sup>2</sup>)</th> <th style="background-color: #0070C0; color: white;">人口*</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>マニラ首都圏</td> <td style="text-align: center;">636</td> <td style="text-align: center;">11,855,975</td> </tr> <tr> <td>カビテ州</td> <td style="text-align: center;">1,427</td> <td style="text-align: center;">3,090,691</td> </tr> <tr> <td>ラグナ州</td> <td style="text-align: center;">1,824</td> <td style="text-align: center;">2,669,847</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: right; margin-top: 10px;">* 2010年5月, National Statistics Office, the Philippines</p> | 地方行政機関     | 面積(km <sup>2</sup> ) | 人口* | マニラ首都圏 | 636 | 11,855,975 | カビテ州 | 1,427 | 3,090,691 | ラグナ州 | 1,824 | 2,669,847 |
| 地方行政機関         | 面積(km <sup>2</sup> )   | 人口*        |                      |     |        |     |            |      |       |           |      |       |           |
| マニラ首都圏         | 636  | 11,855,975 |                      |     |        |     |            |      |       |           |      |       |           |
| カビテ州           | 1,427  | 3,090,691  |                      |     |        |     |            |      |       |           |      |       |           |
| ラグナ州           | 1,824  | 2,669,847  |                      |     |        |     |            |      |       |           |      |       |           |
| パイロット地域の自然条件   | <p>マニラ首都圏、カビテ州、ラグナ州が位置するルソン島は全体に山がちで火山地帯でもある。</p> <p>マニラ湾の南東には、フィリピン最大の湖・バエ湖（ラグナ・デ・バエ、Laguna de Bay）がある。この表面積949km<sup>2</sup>の湖からはパシッグ川がマニラ湾へと流れ出している。パシッグ川はメトロマニラの中心部を流れており、フィリピンでも最も重要な川となっている。</p> <p>カビテ州の南側にはカルデラ湖であるタール湖（Taal Lake）があり、この中</p>  |            |                      |     |        |     |            |      |       |           |      |       |           |

|                        |  |
|------------------------|--|
|                        | <p>中央にはフィリピンで一番小さな火山、タール山が浮かんでいる。<br/>気候は熱帯モンスーン型気候。年平均気温は 26～27℃。雨期（6月～11月）と乾期（12月～5月）とに分かれている。</p>   |
| パイロット地域のハザード（災害）<br>洪水 | <p>マニラ南部、Cavite 及びラグナ地域の洪水は、位置により、それぞれ流域が異なり、洪水のタイプは異なる。Cavite 地域は地域を流下する Imus, San Juan, Canas Rivers の洪水の影響を受け、Laguna は湖の水位の上昇による影響を受け、マニラ南部地域は首都圏の排水河川の影響をうける。Cavite 市街は洪水被害のリスクがあるが、工業団地は直接被害のリスクは少ない。浸水被害は主に熱帯低気圧・台風に伴う豪雨による洪水と高潮による氾濫のリスクが予想される。</p>   |
| パイロット地域のハザード（災害）<br>地震 | <p>災害データベースによると、パイロット調査地付近で、20 世紀以降に死傷者が発生した地震災害は記録されていない。フィリピンでは、PHIVOLCS によって歴史地震のカタログ整備が盛んに行われ、データが充実している。これによれば、17 世紀までさかのぼればマニラで 600 人以上の死者が発生した記録がある。また、19 世紀にも 400 人以上の死者が記録されている。また、パイロット調査地の南に存在する Taal 火山の活動に伴う地震によって、18 世紀には数名の死者が発生している。PHIVOLCS の研究によると、メトロマニラの東側には活断層が南北に走っており、これが活動した場合にはメトロマニラに甚大な被害が発生することが想定されている。</p>   |
| パイロット地域のハザード（災害）<br>津波 | <p>災害データベースによると、パイロット調査地周辺で死傷者が記録された津波としては、1994 年のミンドロ島津波がある。この津波では Baco 島で最大 8m の遡上があり、81 名が亡くなっている。しかし、パイロット調査地に直接大きな津波が到達した記録はない。これは、パイロット調査地がマニラ湾の内部に位置しているため、外洋からやってくる津波の影響を受けにくいことが考えられる。</p>  |
| パイロット地域のハザード（災害）<br>火山 | <p>現在、フィリピンで確認されている火山は約 400 で、このうち 23 が活火山、26 が潜在的な活火山である。パイロット調査地付近 100km 以内には、このうち Pinatubo 山、Taal 山、Banahaw 山の 3 つの活火山がある。<br/>災害データベースによると、1991 年の Pinatubo 山の噴火では 600 名以上の死者が発生し、約 100 万人が影響を受けた。噴火によって火山周辺の建物とインフラに損害を受けただけでなく、降灰が航空路へも大きな影響を与えた。損失額は 2 億ドル以上で当時の GDP の約 0.2% に相当する。この噴火は 20 世紀で 2 番目の規模の噴火といわれている。また、Taal 山は 1965 年の噴火で 355 名の死者を発生させ、1976 年にも噴火が記録されている。Banahaw 山は 1843 年に最後の噴火が記録されている。</p>   |
| パイロット地域の産業集積地          | <p>カビテ州、ラグナ州、バタンガス州には 42 の工業団地が確認され、そのうち日系企業が入居しているのは 17 の工業団地で、日系企業の総数は 296 社に及ぶ。日系企業の最大数は Cavite Economic Zone の 96 社である。<br/>パイロット地域の代表的工業団地として Cavite Economic Zone を選定する。その概要は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ PEZA (Philippine Economic Zone Authority) が開発。</li> <li>✓ テナント企業は 286 社（日系、韓国ともそれぞれ約 40%）</li> <li>✓ 電力供給<br/>発電 IPP (Trans Asia Oil 社)、電力送電 NGCP、配電 TRANSCO・MELARCO <ul style="list-style-type: none"> <li>・契約 ① IPP-PEZA (2013 年 1 月から 5 年間の契約)</li> <li>・契約 ② PEZA-Locator (PHP0.6/kWh : Distribution Charge としてコストを転嫁)</li> </ul> </li> <li>✓ 災害被害 <ul style="list-style-type: none"> <li>・2006 年 Milenyo (台風) 洪水のため 10 日間停電</li> </ul> </li> </ul> |
| パイロット地域                | <p>対象地域であるカラバルゾン地域（マニラ南部のカビテ州、ラグナ州、バタン</p>   |

|                           |   |
|---------------------------|---|
| <p>の経済の概況</p>             | <p>ガス州、リサール州、 ケソン州を含む地域) は、工業団地建設等を目的とした投資が進んでいる地域である。中でも、バタンガス州の工業団地、特に <b>First Philippines Industrial Park (FPIP)</b>と <b>Lima Technology Center (LTC)</b>には、現在、日系企業の進出が集中的に進んでいる。FPIP には村田製作所やブラザー工業、キャノン、シマノ、LTC にはバンダイ、古河電工、エプソンなどが進出している。これに対して、カビテやラグナの工業団地は既に用地的にも空きが少なく、これ以上の進出ができない状況となっている。</p> <p>首都圏の重要な港湾インフラとなっているマニラ港では、荷動きのうち、輸入が7割、出荷が3割の比率となっていて、常に対処能力が満杯の状態が続いている。バタンガス州では、マニラ港とつなぐ道路インフラも整備され、更にバタンガス港も活用されるようになってきている。同様に、マニラ北側に位置するスービック港も整備が進んでおり、これらの両港の利用が進めば、マニラ首都圏での物流事情の改善に貢献すると考えられている。</p> <p>交通渋滞は、特に、マニラ首都圏中心部で深刻であり、バタンガス州にある工業団地(例: <b>Lima Technology Center</b> 等)からは片道6-7時間程度もかかるとされる。一方、バタンガス港へは35kmの距離にあり、1時間強程度で積み出すことができ、経済的な利便性が明確である。一方、バタンガス港では、輸入貨物がまだ少なく、物流事業者にとって業務効率を下げる要因となる。</p> <p>マニラ港のほかに、スービック港、バタンガス港の利用を拡大することができれば、物流経路の代替性が確保され、BCPの観点からもメリットがあるのは明白であるが、現状では、定期船の発着頻度及び取扱量が少なく、経済的なメリットが得られていない状況にある。</p> |
| <p>フィリピンにおけるBCPの普及の現状</p> | <p>フィリピンにおいてもBCPは一般的に知られている考えではなく、BCPの策定はほとんどの企業で検討されていない様子である。企業などにおいては自然災害に対する防災意識も低く、マニラ周辺では大雨・洪水以外の災害についてはあまり想定されていないことから、防災計画や緊急対応計画が明確に策定できている企業は少ない。</p> <p>ただし、国際的な取引のある企業や主要なライフライン供給事業者など一部の企業において、国際的な要請や事業停止による社会への影響の甚大さから、積極的な緊急対応体制の整備およびBCP策定が進められている。具体的には、大手電力事業者では、各支店およびカスタマーセンター、データセンターなどで緊急対応計画およびBCPが整備されており、さらに統合的な危機管理計画を構築することが計画されている。</p>  |

# 目次

## パイロット地区の概要

|                           | ページ  |
|---------------------------|------|
| 第 1 章 パイロット地区の災害リスク ..... | 1-1  |
| 1.1 概要 .....              | 1-1  |
| 1.2 ハザードの影響評価 .....       | 1-1  |
| 1.3 地震による災害リスク .....      | 1-8  |
| 1.4 ハザード・リスクの情報源.....     | 1-8  |
| 第 2 章 パイロット地区の自然災害.....   | 2-1  |
| 2.1 洪水.....               | 2-1  |
| 2.2 台風/気象災害 .....         | 2-1  |
| 2.3 高潮 .....              | 2-2  |
| 2.4 地震.....               | 2-2  |
| 2.5 津波.....               | 2-3  |
| 2.6 火山.....               | 2-4  |
| 第 3 章 自然災害アセスメントの概要.....  | 3-1  |
| 3.1 地震災害のアセスメント .....     | 3-1  |
| 3.2 津波災害のアセスメント .....     | 3-4  |
| 3.3 洪水災害のアセスメント .....     | 3-8  |
| 第 4 章 パイロット地区のプロファイル..... | 4-1  |
| 4.1 対象地域の概要.....          | 4-1  |
| 4.2 地方自治体の概要 .....        | 4-2  |
| 4.2.1 フィリピンの地方行政制度 .....  | 4-2  |
| 4.2.2 災害管理組織体系.....       | 4-3  |
| 4.3 産業集積地の状況 .....        | 4-5  |
| 4.3.1 産業集積地における工業団地.....  | 4-6  |
| 4.3.2 日本の医療製品メーカー .....   | 4-7  |
| 4.4 運輸インフラの状況 .....       | 4-8  |
| 4.4.1 道路.....             | 4-8  |
| 4.4.2 港湾.....             | 4-9  |
| 4.4.3 鉄道.....             | 4-11 |
| 4.4.4 空港.....             | 4-12 |
| 4.5 ライフラインと公共サービスの状況..... | 4-14 |
| 4.5.1 電気.....             | 4-14 |
| 4.5.2 水道.....             | 4-16 |
| 4.5.3 通信・情報.....          | 4-18 |

|          |                           |      |
|----------|---------------------------|------|
| 4.5.4    | ガス.....                   | 4-19 |
| 4.5.5    | 廃棄物.....                  | 4-20 |
| 4.5.6    | 学校.....                   | 4-23 |
| 4.5.7    | 病院.....                   | 4-24 |
| 4.6      | 周辺地域及び日本との経済的つながり .....   | 4-26 |
| 4.6.1    | 対象地域の経済の概況.....           | 4-26 |
| 4.6.2    | 主要な経済政策 .....             | 4-26 |
| 4.6.3    | 日本との経済的なつながり .....        | 4-27 |
| 4.7      | BCPの取り組みの現状.....          | 4-29 |
| 4.7.1    | 主な自然災害と防災意識.....          | 4-29 |
| 4.7.2    | 企業におけるBCP等の取り組み.....      | 4-30 |
| 4.7.3    | BCPの普及に関する取り組み .....      | 4-30 |
| 4.7.4    | BCPの普及に関する課題.....         | 4-31 |
| 4.8      | 災害対策の現状.....              | 4-31 |
| 4.8.1    | アンケート調査 .....             | 4-31 |
| 4.8.2    | 工業団地のアンケート調査結果.....       | 4-32 |
| 4.8.3    | 企業のアンケート調査結果 .....        | 4-33 |
| 4.8.4    | ライフラインの事業者のアンケート調査結果..... | 4-39 |
| 4.8.5    | 交通インフラ事業者のアンケート調査結果.....  | 4-39 |
| 4.8.6    | 地方自治体のアンケート調査結果 .....     | 4-40 |
| Appendix | 自然災害アセスメントの詳細.....        | A-1  |
| A.1      | 地震災害のアセスメント .....         | A-1  |
| A.1.1    | 確率論的地震動計算の手法 .....        | A-1  |
| A.1.2    | 表層地盤の増幅特性評価.....          | A-4  |
| A.1.3    | 結果の表現.....                | A-5  |
| A.1.4    | 解析と結果.....                | A-6  |
| A.1.5    | 解析結果の評価 .....             | A-14 |
| A.2      | 津波災害のアセスメント .....         | A-17 |
| A.2.1    | 津波の理論とシミュレーションモデル.....    | A-18 |
| A.2.2    | 入力データ .....               | A-19 |
| A.2.3    | 出力項目 .....                | A-23 |
| A.2.4    | 想定地震の再現期間 .....           | A-23 |
| A.2.5    | 解析結果 .....                | A-25 |
| A.2.6    | 解析結果の評価 .....             | A-41 |
| A.3      | 洪水災害のアセスメント .....         | A-43 |
| A.3.1    | 検討方針 .....                | A-43 |
| A.3.2    | 想定外力規模の設定 .....           | A-43 |
| A.3.3    | 解析結果 .....                | A-44 |

|       |               |      |
|-------|---------------|------|
| A.3.4 | 解析結果の評価 ..... | A-52 |
|-------|---------------|------|

# 第1章 パイロット地区の災害リスク

## 1.1 概要

パイロット地区の災害リスクは、地震動分布図や浸水分布図などの自然災害評価結果（Appendix 参照）に、4章で述べる施設分布を重ね合わせて評価した。評価対象とした施設は、ビジネスの継続にとって重要な交通インフラやライフラインを主とした。

津波、洪水、高潮の場合、浸水する地域内に分布し、水に浸かると考えられる施設は、基本的に被害を受けると考えた。被害の程度は、各施設の種別、構造、立地状況などによって異なるため、パイロット地域で経験した災害履歴が最も重要な資料となる。しかし、当パイロット地域においては過去の災害事例を収集できなかったため、他地域における災害事例を参考に評価した。

地震の場合は、被害の程度は、施設の位置する場所での地震動の強さと、各施設の耐震性能によって決まる。代表的な施設の地震動の強さと被害程度の関係は、過去の被害事例から被害関数として提案されている。代表的なものとしては、米国の被害事例から定められた、ATC-13<sup>1</sup>、ATC-25<sup>2</sup>、Hazu<sup>3</sup>などがある。本調査では、これらの既存の被害関数から、被害程度や復旧にかかる期間を評価した。したがって、本調査における評価結果は、パイロット地域の施設の状況に照らして改善される余地があることに留意すべきである。

## 1.2 ハザードの影響評価

事業継続に与えるハザードの影響を評価し、図 1.2.1 に示した。カビテ、ラグナ地区においては、事業継続に与える影響が最も大きいのは地震で、洪水がそれに次ぐ災害であると評価された。これは図 1.2.2～図 1.2.6 に示した、ハザード評価結果と重要施設分布を重ね合わせた図面から評価したものである。

200年に1回の発生確率を想定した場合のパイロット地区のハザードは以下のようになる。

- 地震：MMI 震度で8～9（JMA 震度で5～6弱）、マニラ湾岸での液状化危険度が大きい
- 津波：100～600年に1回以下の発生確率を想定した津波で、カビテの工業団地最寄りの海岸での津波波高は1m程度
- 洪水：マニラ湾岸では浸水深さは最大2mで、浸水の継続期間は数日間、ラグナ湖岸の浸水範囲はごく一部にとどまる

<sup>1</sup> ATC, 1985, ATC-13: Earthquake Damage Evaluation Data for California, Federal Emergency Management Agency, Applied Technology Council, California, U.S.A.

<sup>2</sup> ATC, 1991, ATC-25: Seismic Vulnerability and Impact of Disruption on Lifelines in the Conterminous United States, Federal Emergency Management Agency, Applied Technology Council, California, U.S.A.

<sup>3</sup> FEMA, 2011, Hazus -MH 2.1, Multi-hazard Loss Estimation Methodology, Earthquake Model.



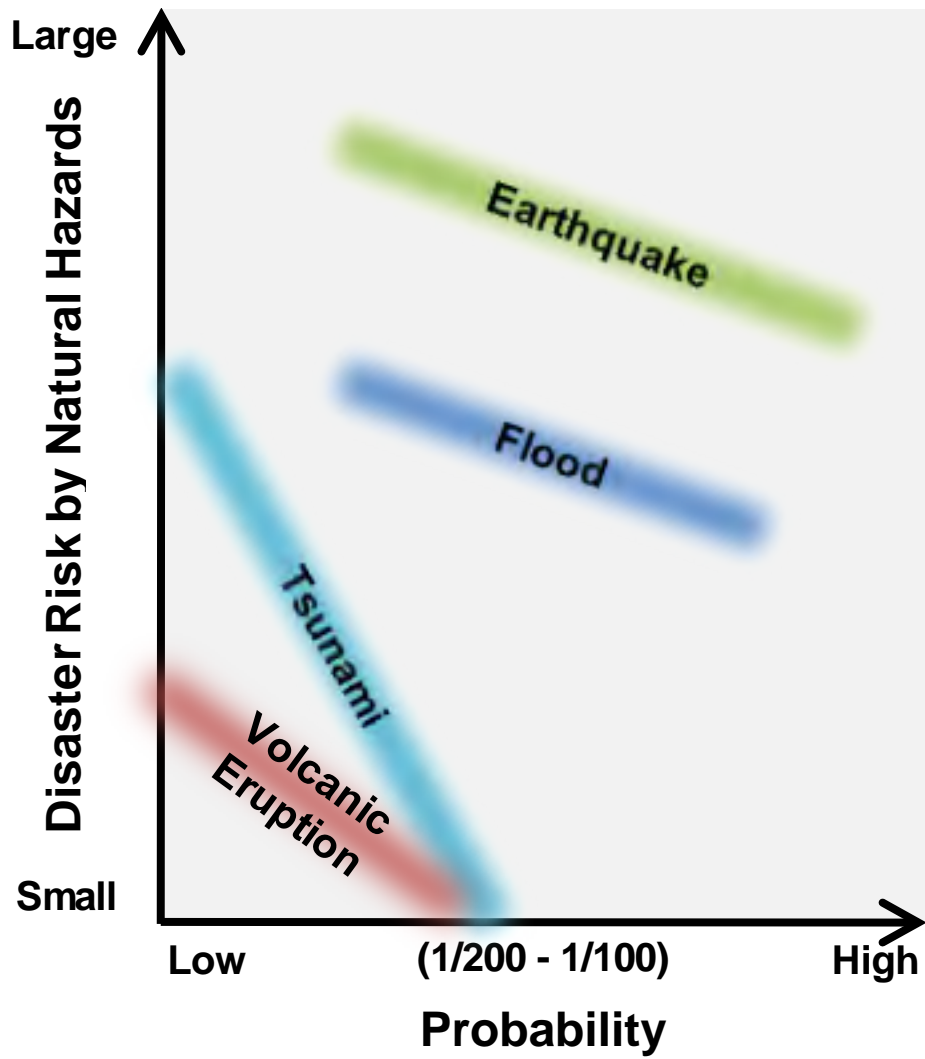


図 1.2.1 ハザードの影響評価



図 1.2.2 200年に1回の発生確率を想定した地震の震度と重要施設の分布

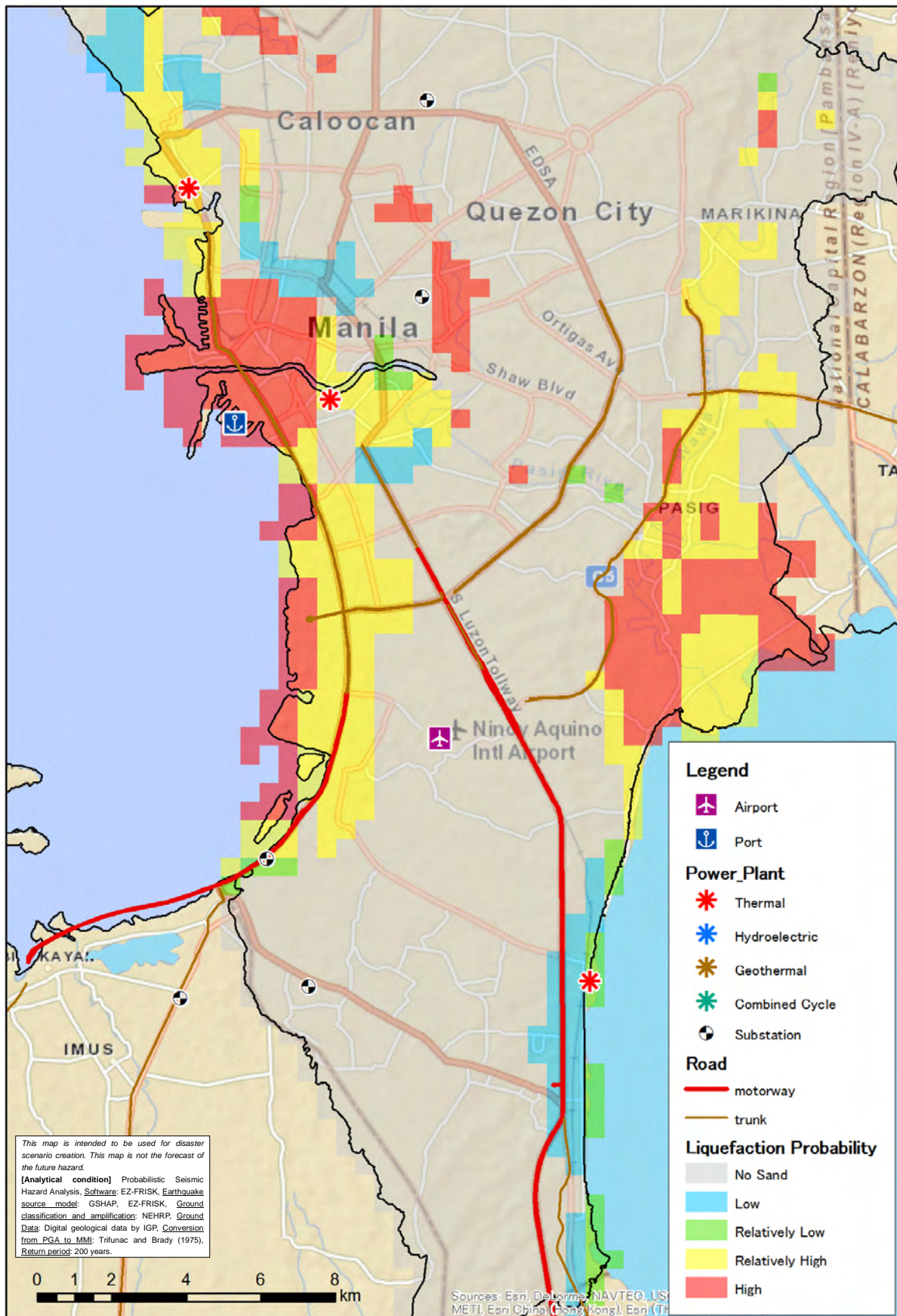


図 1.2.3 200年に1回の発生確率を想定した地震による液状化危険度と重要施設の分布

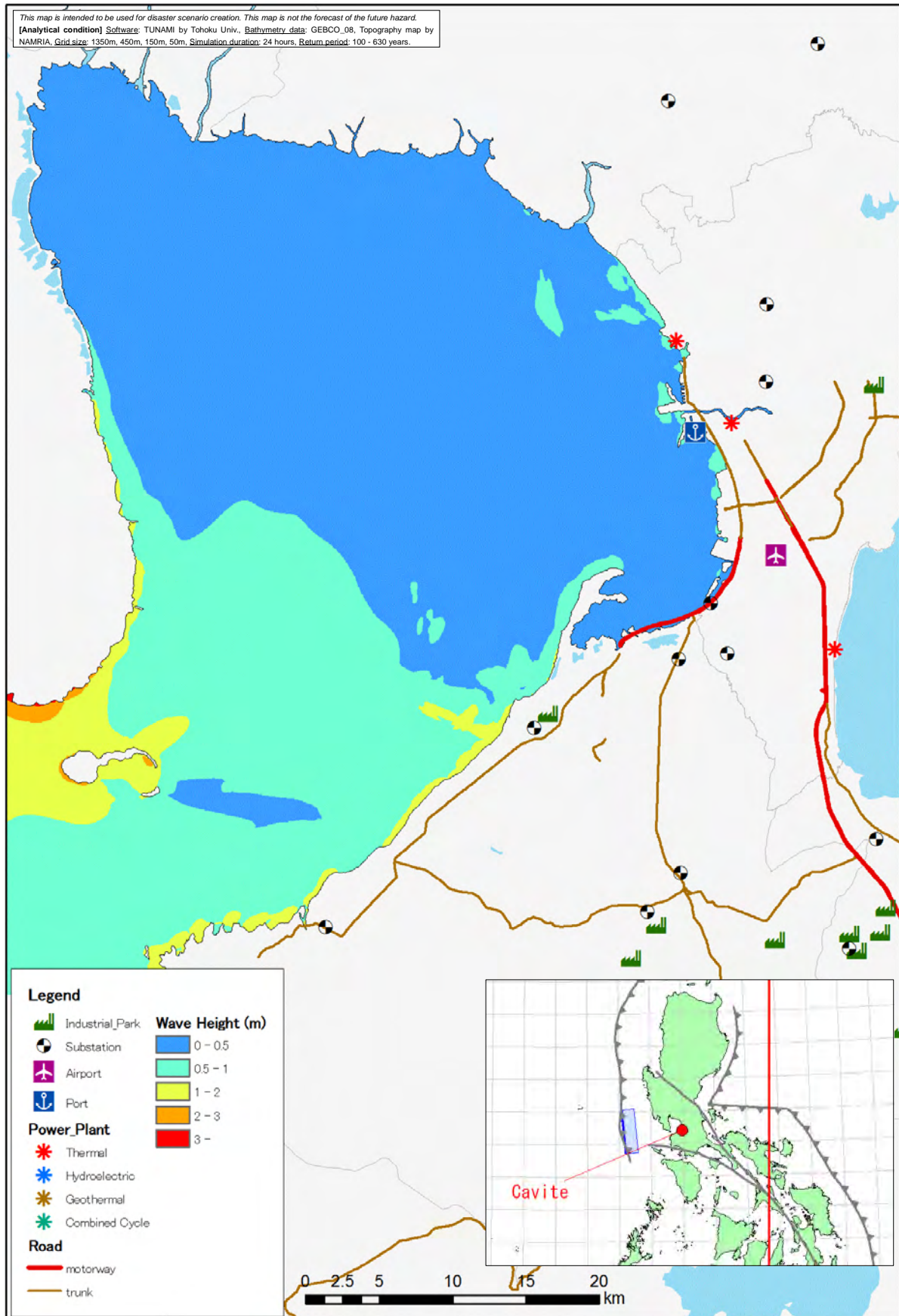


図 1.2.4 マニラ湾沖の地震(発生確率は 100~600 年に 1 回以下)による津波の最大波高分布

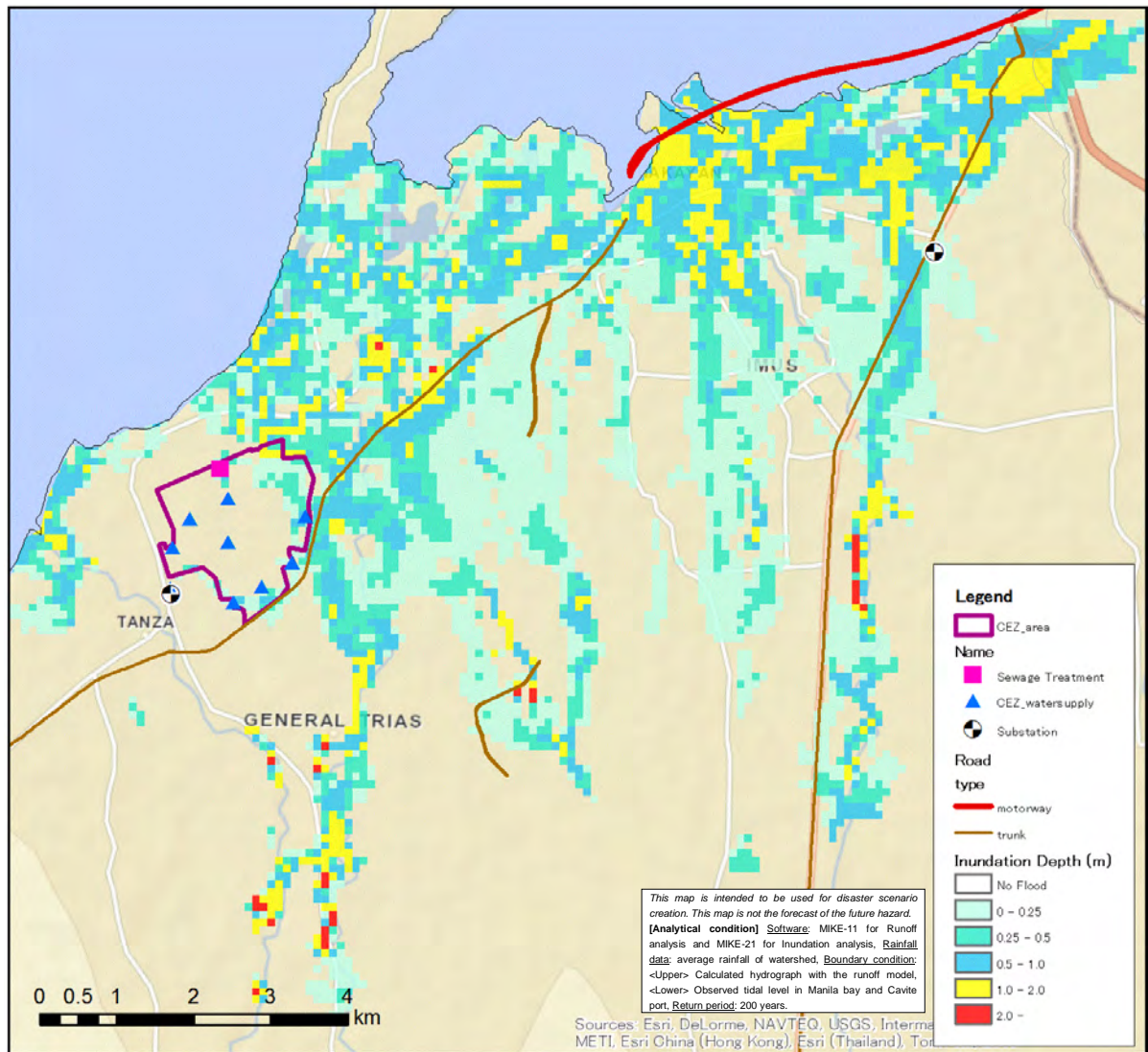


図 1.2.5 200年に1回の発生確率を想定したカビテ地区の洪水による浸水深さと重要施設の分布

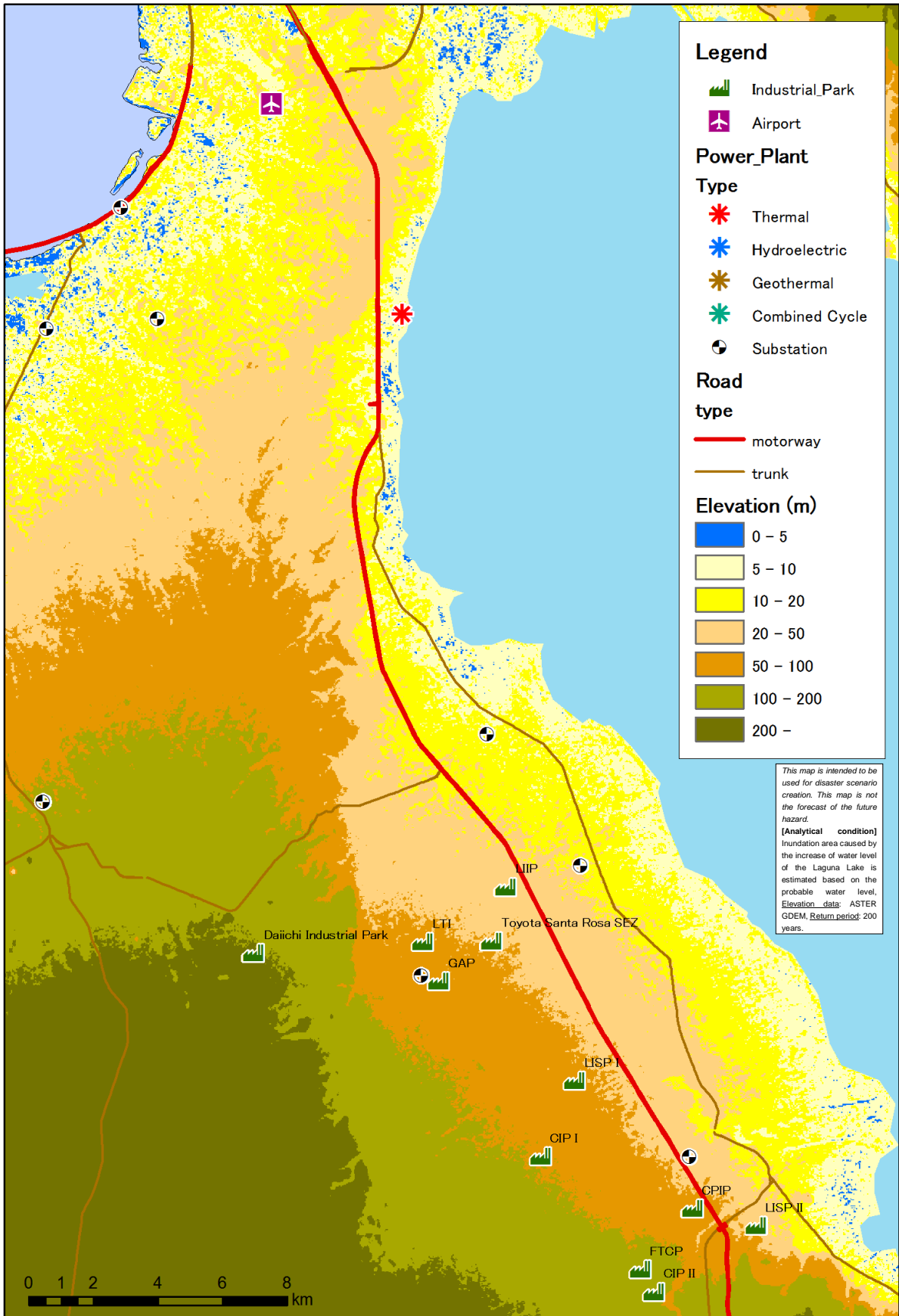


図 1.2.6 200年に1回の発生確率を想定したラグナ湖岸の浸水深さと重要施設の分布

### 1.3 地震による災害リスク

事業継続に最も影響が大きい災害である地震について、200年に1回の発生確率を想定した場合の災害リスクを表1.3.1に示した。

表 1.3.1 地震による災害リスク

|          |   |
|----------|---|
| 工業団地内の建物 | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 建物の10%が中破し、操業するためには修理が必要になる</li> <li>● 天井、照明器具が落下、部品棚が倒壊する</li> <li>● 固定されていない重量器具が床上で移動する</li> <li>● 変圧器が落下する</li> </ul>  |
| ライフライン   | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 変電所が1週間稼働停止し、50%の機能回復まで1ヶ月、完全復旧まで3ヶ月を要する</li> <li>● 固定電話、携帯電話が電力不足で使用制限を受け、繋がりにくくなる。</li> <li>● 地下水（工業用水）汲み上げポンプが数日間停止し、50%の機能回復まで1週間、完全復旧まで1ヶ月を要する</li> </ul>   |
| 交通インフラ   | <ul style="list-style-type: none"> <li>● マニラ～カビテ間の高速道路は、液状化のため2週間閉鎖され、緊急補修ののち限定運用される</li> <li>● マニラ～ラグナ間の高速道路は部分閉鎖、50%の機能回復まで1週間、完全復旧まで2週間を要する</li> <li>● マニラ港は液状化のため数ヶ月機能停止し、緊急復旧の後いくつかの埠頭が再開される</li> <li>● コンテナターミナルは、ガントリークレーンの倒壊のため使用不能となり、50%の機能回復までに半年を要する</li> </ul> |
| 従業員      | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 住宅の10%が大破、20%が中破するため、出勤できない従業員が多数発生する</li> <li>● 道路混雑のため、遅刻する従業員が多数発生する</li> </ul>   |

### 1.4 ハザード・リスクの情報源

#### ■ 地震、津波、火山

[PHIVOLCS] Philippine Institute of Volcanology and Seismology 「フィリピン火山地震研究所」

<http://www.phivolcs.dost.gov.ph/>

[Fault Zone Map](#)

[http://www.phivolcs.dost.gov.ph/index.php?option=com\\_content&view=article&id=379&Itemid=500023](http://www.phivolcs.dost.gov.ph/index.php?option=com_content&view=article&id=379&Itemid=500023)

[Active Faults and Trenches, Active Faults and Liquefaction Susceptibility Map](#)

[http://www.phivolcs.dost.gov.ph/index.php?option=com\\_content&view=article&id=78&Itemid=500024\\_](http://www.phivolcs.dost.gov.ph/index.php?option=com_content&view=article&id=78&Itemid=500024_)

Tsunami Prone Areas and Tsunami Hazard Map

[http://www.phivolcs.dost.gov.ph/index.php?option=com\\_content&view=article&id=312&Itemid=500027](http://www.phivolcs.dost.gov.ph/index.php?option=com_content&view=article&id=312&Itemid=500027)

Volcano Hazard Map

[http://www.phivolcs.dost.gov.ph/index.php?option=com\\_content&view=article&id=57:active-volcanoes&catid=55&Itemid=114](http://www.phivolcs.dost.gov.ph/index.php?option=com_content&view=article&id=57:active-volcanoes&catid=55&Itemid=114)

Ready Project Map

[http://www.phivolcs.dost.gov.ph/index.php?option=com\\_content&view=article&id=465&Itemid=500028](http://www.phivolcs.dost.gov.ph/index.php?option=com_content&view=article&id=465&Itemid=500028)

Earthquake Monitoring

[http://www.phivolcs.dost.gov.ph/index.php?option=com\\_content&view=article&id=38&Itemid=75](http://www.phivolcs.dost.gov.ph/index.php?option=com_content&view=article&id=38&Itemid=75)

[MGB] Mines and Geosciences Bureau 「鉱山地学局」

<http://www.mgb.gov.ph/>

Geological Map

<http://www.mgb.gov.ph/lgmp.aspx>

Geological Database Information System

<http://gdis.denr.gov.ph/mgbviewer/>

[NAMRIA] National Mapping and Resource Information Authority 「国家地図資源情報庁」

<http://www.namria.gov.ph/>

[PAGASA] Philippine Atmospheric, Geophysical and Astronomical Services Administration 「フィリピン気象天文庁」

<http://www.pagasa.dost.gov.ph/>

■ 気象災害、洪水

[NDRRMC] National Disaster Risk Reduction and Management Council 「国家災害リスク削減管理協議会」

<http://www.ndrrmc.gov.ph/>

[OCD] Office of Civil Defense 「市民防衛局」

<http://ocd.gov.ph/>

[PAGASA] Philippine Atmospheric, Geophysical & Astronomical Services Administration 「フィリピン気象天文庁」

<http://www.pagasa.dost.gov.ph/index.shtml>

[DOST-ICTO] Department of Science and Technology-Information and Communications Technology Office 「科学技術庁情報伝達技術事務所」

<http://www.dost.gov.ph/>

[NAMRIA] National Mapping and Resource Information Authority 「国家地図資源情報庁」

<http://www.namria.gov.ph/>



[UP] University of the Philippines Diliman 「フィリピン大学ディリマン校」  
<http://www.upd.edu.ph/>

## 第2章 パイロット地区の自然災害

### 2.1 洪水

- ✓ 地域の洪水及び内水氾濫は主に熱帯低気圧・台風に伴う豪雨により発生している。マニラ首都圏及び Laguna 湖沿岸では 2009 年 Typhoon Ondoy では、Pasig-Marikin-Laguna 流域で甚大な洪水被害が発生している。台風 Ondoy の豪雨は 100 年確率規模以上と評価されており、マニラ首都圏の南部地域は内水氾濫の影響を受け、地域一帯は浸水被害(1-3 日)が発生している。Laguna 湖地域も、Laguna 湖の通常水位(11.50m)から 13.90m に上昇したことにより、広範囲・長期間の浸水被害が発生している。
- ✓ Cavite 州東部地域は、マニラ首都圏に隣接、工業団地が位置している。Cavite 州は洪水対策として、地域の各河川の流下能力の維持を図るため、毎年主要河川の浚渫を実施している。2006-台風 Milenyo の後、2007-2009 に JICA による洪水対策の開発調査が実施され、事業は 2014 年に着手が予定されている。M/P の洪水対策の内、遊水地の設置 3 箇所(Imus 川:2 箇所、San Juan 川:1 箇所)及び Imus 川、San Juan 川の部分改修が予定されている。
- ✓ 国は防災計画について、2010 年 7 月に防災対策の新法(Republic Act 1012)「An Act Strengthening the Philippine Disaster Risk Reduction and Management System」を制定している。新法に基づき、国及び地方自治体は防災委員会(DRRMC)を設立、防災計画(DRRMP)の作成が進めている。対象地域の各地方自治体、マニラ首都圏、Laguna 州、Cavite 州は、既に防災計画を策定している。しかし、地域の工業団地は、コミュニティと含まれていない。広域 BCP は、工業団地の地域防災計画に参加の検討が必要だろう。
- ✓ Cavite 州の洪水予警報は、PAGASA の情報を住民に伝達している。Cavite の各河川流域は流域規模(流域面積:110 km<sup>2</sup>~150 km<sup>2</sup>、流路延長:42km~45km、平均勾配:1/66~1/80)を考慮すると、集中豪雨等の洪水到達時間は極めて短いことが予想され、住民の安全性の向上には、モニタリング体制の整備が必要だろう。

### 2.2 台風/気象災害

フィリピンは台風や熱帯低気圧、洪水・鉄砲水、土石流・地すべり、高潮、火山噴火、地震等の自然災害の危険にさらされている。フィリピンの災害では台風が最も破壊的である。台風は太平洋のマリアナ諸島及びカロリン諸島付近で発生し、北西に進み、年平均 20 回フィリピンを通過、そのうち 4~5 回、暴風雨や洪水による大きな災害を発生させている。

対象地域の最近の台風は、2006 年 Milenyo を始め、2008 年 Typhoon Frank、2009 年 Typhoon Ondoy、2010 年 Typhoon Basyang、2013 年台風 Maring による洪水被害が発生している。

## 2.3 高潮

Cavite の高潮については、他の自然災害と共に Ready プロジェクトでハザードマップを作成している。高潮ハザードマップによると高潮リスク地域は標高 2.0m 以下の沿岸部であり、バランガイ (Barangay) 60 箇所（うち 15 箇所が Cavite 市内）を高潮のリスク地域と判別している。

## 2.4 地震

災害データベースによると、パイロット調査地付近で、20 世紀以降に死傷者が発生した地震災害は記録されていない。フィリピンでは、PHIVOLCS によって歴史地震のカタログ整備が盛んに行われ、データが充実している。これによれば、17 世紀までさかのぼればマニラで 600 人以上の死者が発生した記録がある。また、19 世紀にも 400 人以上の死者が記録されている。また、パイロット調査地の南に存在する Taar 火山の活動に伴う地震によって、18 世紀には数名の死者が発生している。PHIVOLCS の研究によると、メトロマニラの東側には活断層が南北に走っており、これが活動した場合にはメトロマニラに甚大な被害が発生することが想定されているが、断層の活動度は明確ではない。一方、マニラ沖にはマニラ海溝があり、プレート運動に伴う地震が発生しているが、パイロット調査地に被害を与えた記録はない。

GSHAP プロジェクトでは、世界中の地震活動をモデル化し、確率論的地震動解析を実施して、50 年間に 10% の確率（475 年期待値）で経験するであろう地表加速度(PGA)を公表している。これによるとパイロット地域での PGA は 400gal 程度とされている。これは岩盤上での値であるが、NAMRIA が発行している地質図によると、パイロット調査地は一部第四紀の堆積物でおおわれているため、地震動の増幅があり、5 割増し程度になる可能性がある。一方、ABCP で企業が対象とする災害の発生確率は必ずしも一定ではないが、仮に施設の耐用年数程度の 50 年とすると、上記の値は数分の一になる。調査団による地震動のシミュレーションは予備解析の段階であるが、150~300gal（気象庁震度階で 5~6 程度）と推定している。各種の設備に影響が出ることが考えられる地震動となる。



図 2.4.1 パイロット地域で死者が発生した地震の分布

## 2.5 津波

災害データベースによると、パイロット調査地周辺で死傷者が記録された津波としては、1994年のミンドロ島津波がある。この津波ではBaco島で最大8mの遡上があり、81名が亡くなっている。しかし、パイロット調査地に直接大きな津波が到達した記録はない。これは、パイロット調査地がマニラ湾の内部に位置しているため、外洋からやってくる津波の影響を受けにくいことが考えられる。

PHIVOLCSはフィリピン全土の津波ハザードマップを作成し公表している。カビテ州の津波ハザードマップではマニラ海溝でマグニチュード8.2の地震が発生した場合の津波の予測を行っており、これによれば外洋に面した海岸線、およびマニラ湾入り口付近では海岸線から1~2km遡上が想定されているが、マニラ湾内では遡上は想定されていない。一方、フィリピン海溝ではフィリピンに被害をおよぼした津波地震が発生した記録は無く、地震活動は全般にそれほど高くない。中小地震の発生確率から推定したマグニチュード8クラスの地震発生確率は小さいものになると予想される。

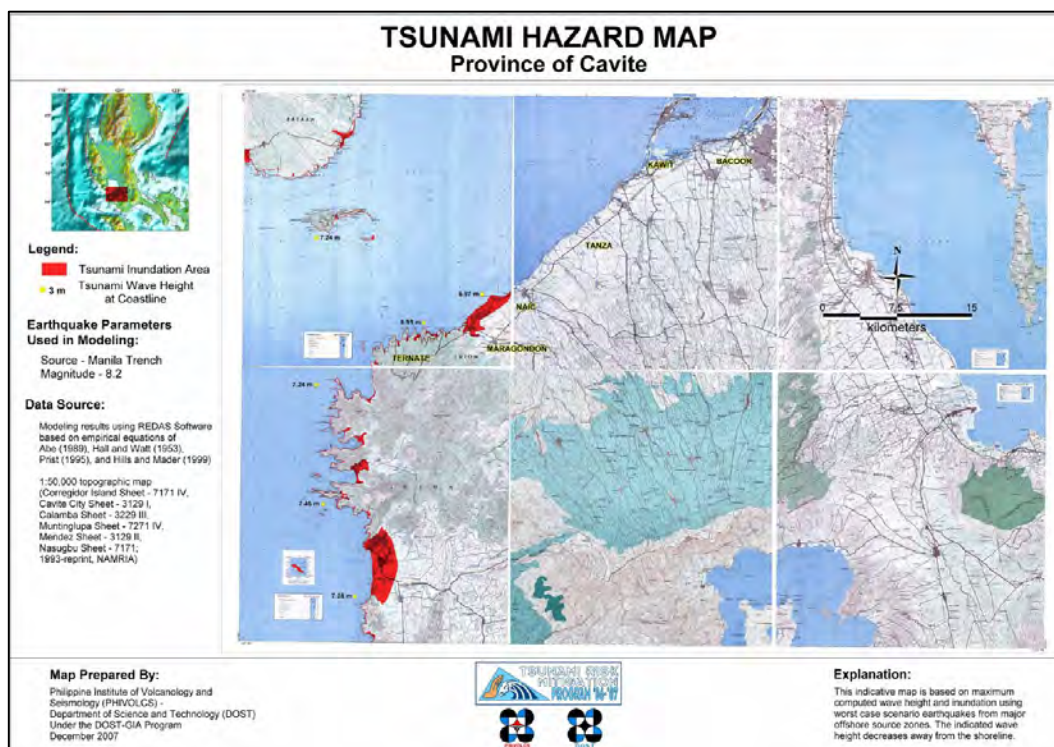


図 2.5.1 PHIVOLCS による津波ハザードマップの例

## 2.6 火山

現在、フィリピンで確認されている火山は約 400 で、このうち 23 が活火山、26 が潜在的な活火山である。パイロット調査地付近 100km 以内には、このうち Pinatubo 山、Taal 山、Banahaw 山の 3 つの活火山がある。

災害データベースによると、1991 年の Pinatubo 山の噴火では 600 名以上の死者が発生し、約 100 万人が影響を受けた。噴火によって火山周辺の建物とインフラに損害を受けただけでなく、降灰が航空路へも大きな影響を与えた。損失額は 2 億ドル以上で当時の GDP の約 0.2% に相当する。この噴火は 20 世紀で 2 番目の規模の噴火といわれている。また、Taal 山は 1965 年の噴火で 355 名の死者を発生させ、1976 年にも噴火が記録されている。Banahaw 山は 1843 年に最後の噴火が記録されている。

フィリピン火山地震研究所 (PHIVOLCS) は、Pinatubo 山、Taal 山ほか、14 の火山について、溶岩流、火砕流、降灰、ラハール (火山泥流) 等について火山ハザードマップを作成し、避難計画、応急対応、土地利用等に利用している。

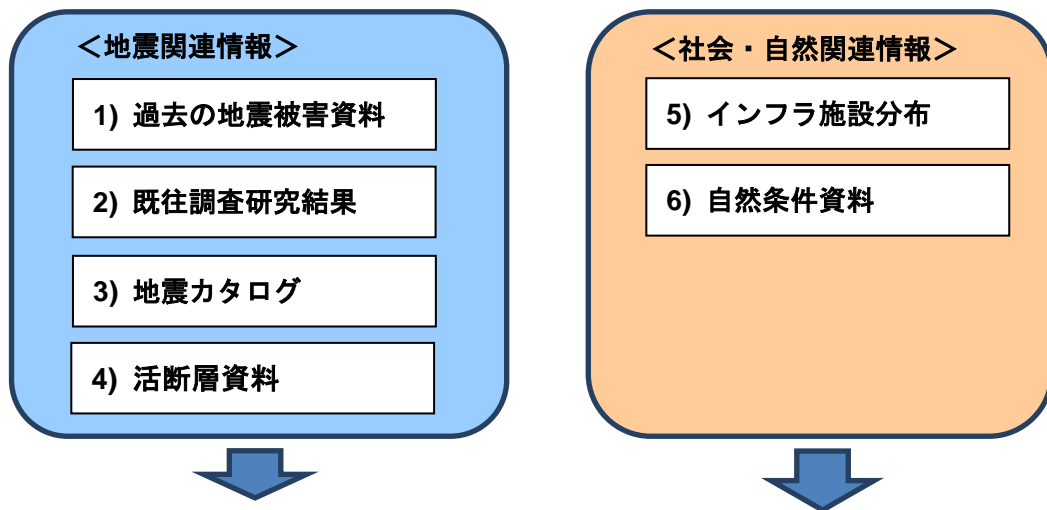
また、Pinatubo 山、Taal 山については観測システムを設置してリアルタイムで観測を行い、5 段階の警戒レベルで火山噴火警報を発表する体制をとっている。Banahaw 山については地震活動の観測に限定して活動をモニターしている。

### 第3章 自然災害アセスメントの概要

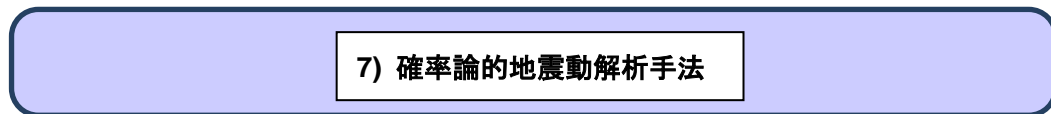
#### 3.1 地震災害のアセスメント

地震によって発生する地震動によるハザード評価の基本的な流れを図 3.1.1 に示した。以下、各項目の内容を述べていく。

##### 【Step 1】 既存情報の収集と分析



##### 【Step 2】 災害確率の設定



##### 【Step 3】 解析と評価

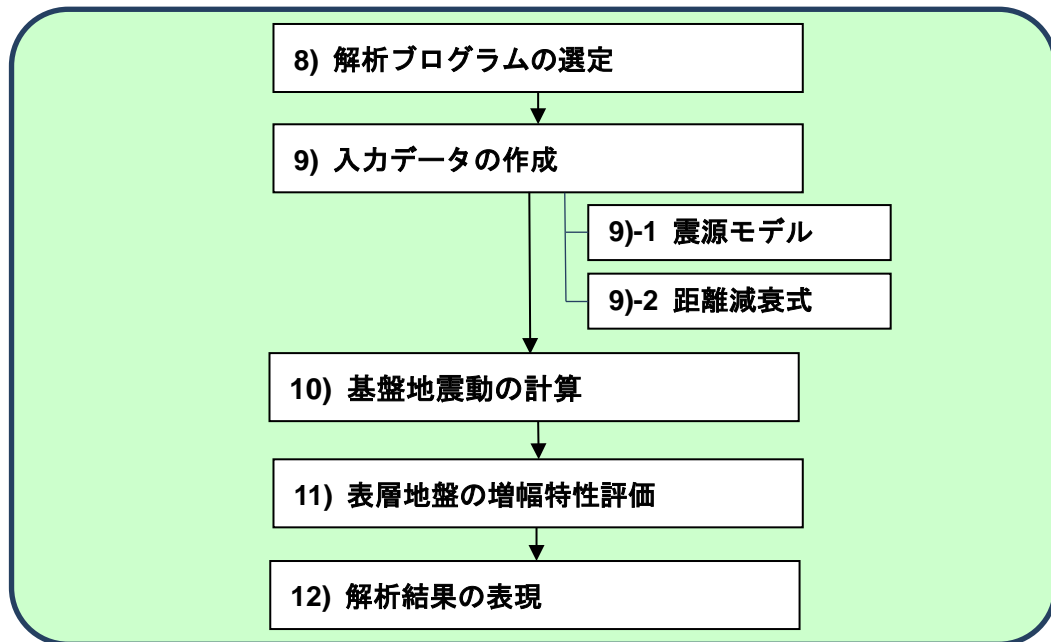


図 3.1.1 地震によるハザード評価の流れ

## 【Step 1】既存情報の収集と分析

### <地震関連情報>

#### 1) 過去の地震被害資料の収集、整理

評価対象地域において、過去に経験した地震の揺れ、地震災害の記録を収集整理する。地震の発生年、地震規模、震度分布、被害分布を整理することで、当該地域の地震被害の頻度、程度などの特徴を把握する。

#### 2) 既往調査研究結果

評価対象地域を含む、地震ハザードに関する既往研究結果を収集する。歴史地震の研究、地震ハザードマップ、地盤による地震増幅特性の研究などを中心として収集する。

#### 3) 地震カタログ

地震カタログとは、過去に発生した地震の位置、発生年月日、時刻、地震規模などを記載したリストである。地震カタログは地震ハザード解析の中心となる資料であり、できるだけ長期間のカタログが望ましい。震源の範囲は、評価対象地域を中心として数 100km をカバーする必要がある。

#### 4) 活断層資料

活断層は、将来地震を発生する可能性がある断層で、地震ハザード評価に必要な資料である。その位置、長さ、活動記録などが必要な情報である。

### <社会・自然関連情報>

#### 5) インフラ施設分布

評価対象となる産業集積地が依存しているインフラ施設について、その分布を把握する。対象となるインフラ施設は、主に交通インフラとライフライン施設である。これらの施設の分布状況から、実際に地震ハザード解析を実施する対象地域を設定する。一般にインフラ施設は産業集積地の外に広く広がるため、ハザード解析の範囲も産業集積地に留まらない。

#### 6) 自然状況資料

評価対象地域の基礎資料として、地形図または DEM を収集する。また、表層地盤による地震動の増幅を評価するために、地質図、地盤図、土地利用図などを収集する。

## 【Step 2】災害確率の設定

#### 7) 確率論的地震動解析手法

広域 BCP のための地震動シミュレーションでは、確率論的方法が用いられる。確率論的方法とは、計算対象地点周辺の想定される震源をすべて考慮し、各震源での地震発生確率を考慮したうえで、対象地点におけるある一定期間の間に期待される地震動を計算する考え方である。これは、

広域 BCP で検討対象とする災害は、施設、設備等の償却期間内において発生する可能性の高い災害であり、災害の確率を評価できることが重要となるためである。

### 【Step 3】解析と評価

#### 8) 解析プログラムの選定

確率論的な地震動の評価には複雑な計算を伴う。このため、多くの解析ソフトが開発されているが、ほとんどは研究者あるいは専門知識を持った技術者が使うことを想定している。Risk Engineering Inc.が提供している EZ-FRISK は商用ソフトで、後述の震源モデル、距離減衰式と共に提供されているため、比較的容易に解析が可能である。

#### 9) 入力データの作成

##### 9)-1 震源モデル

震源モデルとしては、対象地点の周囲数 100km 内の活断層をモデル化する。加えて、地震カタログなどをもとに、ある広がりを持った地域で発生する地震活動もモデル化する。

##### 9)-2 距離減衰式

地震の規模と対象地点からの距離から地震動の強さを計算するために距離減衰式をもちいる。対象とする地域を対象として作成された式を採用することが望ましい。一般的には新しく提案された距離減衰式のほうがより精度が高い最近地震観測結果に基づいていることが多いため、より望ましい。

#### 10) 基盤地震動の計算

確率論的解析によって得られる地震動は、以下のように表現される。

- a) ある地震動の強さを定めた時に、対象地点が経験する確率

例：100gal 以上の地震動を経験する確率は、50 年間で 10% である。

- b) ある確率を与えた場合に、対象地点が経験する地震動の強さ

例：50 年間に 10% の確率で、100gal 以上の地震動を経験する。

#### 11) 表層地盤の増幅特性評価

地震の揺れは表層地盤によって増幅される。表層地盤による増幅特性を評価する手法としては、表層の地質によって評価する方法、地表付近の平均 S 波速度を使って評価する方法、地盤の数値モデルを構築して解析的に評価する方法などがある。これらから、入手できる資料の有無、解析に用いる労力と費用などによって選択される。

#### 12) 解析結果の表現

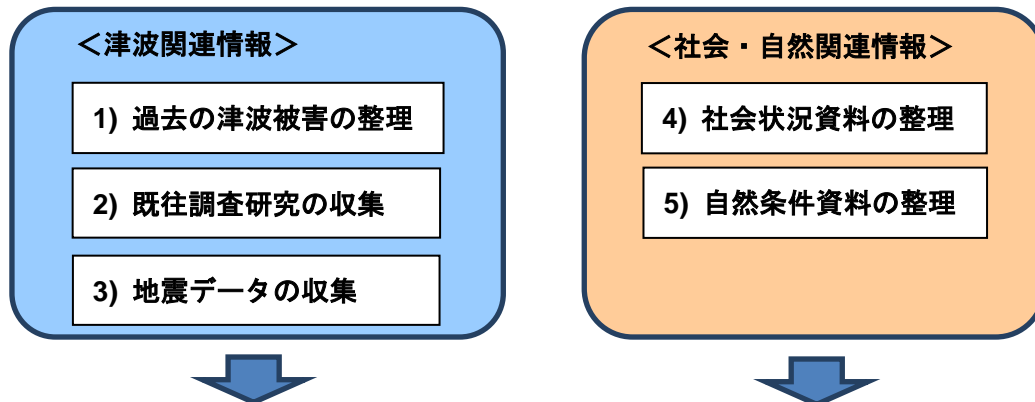
解析によって得られる地震動は、最大加速度や最大速度などの数値である。一方、地震動の表現方法としては、震度のほうが一般的に理解されやすい表現である。また、過去の災害事例から被害を推定する際にも、震度が広く用いられている。最大加速度や最大速度と震度の関係は 1 対 1 ではないが、一般には経験式を用いて震度変換される。



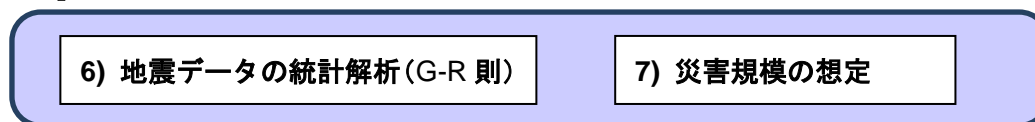
### 3.2 津波災害のアセスメント

地震によって発生する津波によるハザード評価の基本的な流れを図 3.2.1 に示した。以下、各項目の詳細を述べていく。

#### 【Step 1】既存情報の収集



#### 【Step 2】災害規模の設定



#### 【Step 3】解析と評価

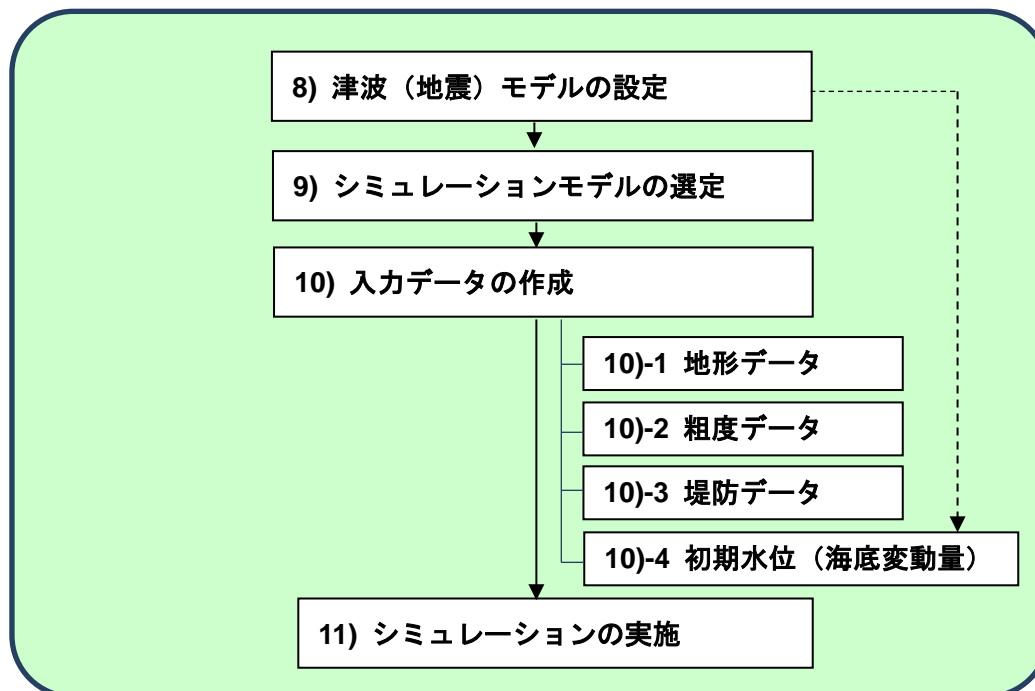


図 3.2.1 津波によるハザード評価の流れ

## 【Step 1】既存情報の収集と分析

### <津波関連情報>

#### 1) 過去の津波被害の整理

評価対象地域において、過去に経験した津波による波高分布、津波災害の記録を収集整理する。津波の発生年、規模、浸水域分布を整理することで、当該地域の津波被害の頻度、程度などの特徴を把握する。

#### 2) 既往調査研究の収集

評価対象地域を含む、津波ハザードに関する既往研究結果を収集する。歴史津波の研究、津波ハザードマップなどを中心として収集する。

#### 3) 地震データの収集

津波の原因である地震のカatalogを調査し整理する。地震カatalogとは、過去に発生した地震の位置、発生年月日、時刻、地震規模などを記載したリストである。このうち、津波を発生させた地震のデータを収集する。

### <社会・自然関連情報>

#### 4) 社会状況資料の整理

対象地域で津波の影響を受ける可能性のある産業集積地、社会インフラを整理する。社会インフラは交通インフラとライフラインに大別される。これらの施設の分布状況から、実際に津波ハザード解析を実施する対象地域を設定する。一般にインフラ施設は産業集積地の外に広く広がるため、ハザード解析の範囲も産業集積地に留まらない。

#### 5) 自然条件資料の整理

対象地域の地形的特徴を把握するため、陸上の標高やDEM、海域の水深データを収集する。より詳細な検討を行う場合は、土地利用や地質のデータも有用である。

## 【Step 2】災害規模の設定

収集したデータをもとに、想定災害規模を設定する。ただし、津波の規模を直接設定するのではなく、原因となる地震の規模を設定してハザードを評価する。

#### 6) 地震データの統計解析（Gutenberg-Richter 則）

想定地震の再現期間については、想定地震付近の地震カatalogを使い、地震規模の大小と発生数の関係（Gutenberg-Richter 則）に基づいて検討する。想定地震のマグニチュードをこの関係に当てはめることで、想定地震の年発生確率や再現期間を知ることができる。

#### 7) 災害規模の想定

広域BCPの検討基準となる想定災害規模を設定する。想定災害規模を大きくすると、広域BCP策定のための検討内容が多くなり計画策定に労力を要するが、事業継続のための安全度は高まる。

一方、想定災害規模が小さい場合、広域BCPの策定範囲は狭まり計画策定が比較的容易になるが、想定災害規模を超える災害が発生した場合は、広域BCPが有効に機能しなくなる恐れがある。従って、対象地域の地域計画、行政方針、計画の実現可能性などについて地域住民を含む関係者と協議し、想定災害規模を決定することが望ましい。

### 【Step 3】 解析と評価

#### 8) 津波（地震）モデルの設定

想定した地震について、位置、大きさ、すべり量などの断層パラメータを設定する。

#### 9) 津波シミュレーションモデルの選定

津波の数値シミュレーションは、複雑な計算を必要とする。津波の挙動を表す理論には、波長と水深の関係や津波の伝達距離などに応じて種々の理論が提案されており、対応する計算ソフトも数多く作成されている。そのほとんどは研究者あるいは専門知識を持った技術者が使うことを想定している。

#### 10) 入力データの作成

津波シミュレーションのために必要な入力データは一般に以下の項目である。これらのデータは以下で説明する格子ごとに与える必要がある。

##### 10)-1 地形データ

津波のシミュレーションを実施するに当たっては、地震が発生する地域から対象とする地域を含む範囲の地形をモデル化する必要がある。地形モデルには海底地形に加えて遡上する範囲の陸域の地形や堤防などの海岸構造物が含まれる。

地形モデルは対象範囲を正方形の格子で分割し、格子ごとに標高と摩擦抵抗を考慮するための粗度係数が付与される。格子の大きさは地形の複雑さと波長との関係で設定するが、一般に陸地に近づくほど地形の変化が大きくなり、津波にも短波長成分が卓越してくることを考慮して、格子の大きさを順次小さくしていく方法（ネスティング）が採用される。例えば、沖合から陸地にかけて 1350m → 450m → 150m → 50m と格子を順次 1/3 の大きさにして接続する。

##### 10)-2 粗度データ

津波の伝播に伴う海域および陸域の抵抗はマニングの粗度係数  $n$  で定義される。海域の粗度係数としては  $n=0.025$  程度の値を用いることが多い。

##### 10)-3 堤防データ

海岸に堤防などの海岸構造物がある場合には、その高さ情報を格子データに取り込むことができる。

##### 10)-4 初期水位（海底地形変動量）

断層運動にともなう海面変動量をシミュレーションの初期値として与える。海面変動量は、海底地形の変動量を計算し、この鉛直変位と等価な海面変動が発生すると仮定して設定する。

#### 11) シミュレーションの実施

津波シミュレーションの一般的な出力は、格子ごとの以下の項目である。

1. 最大水位(海域) または最大浸水深 (陸域)
2. 最大流速
3. 最大水位の到達時間
4. x cm 高さの津波の到達時間

### 3.3 洪水災害のアセスメント

洪水によるハザード評価の基本的な流れを図 3.3.1 に示した。以下、各項目の詳細を述べていく。

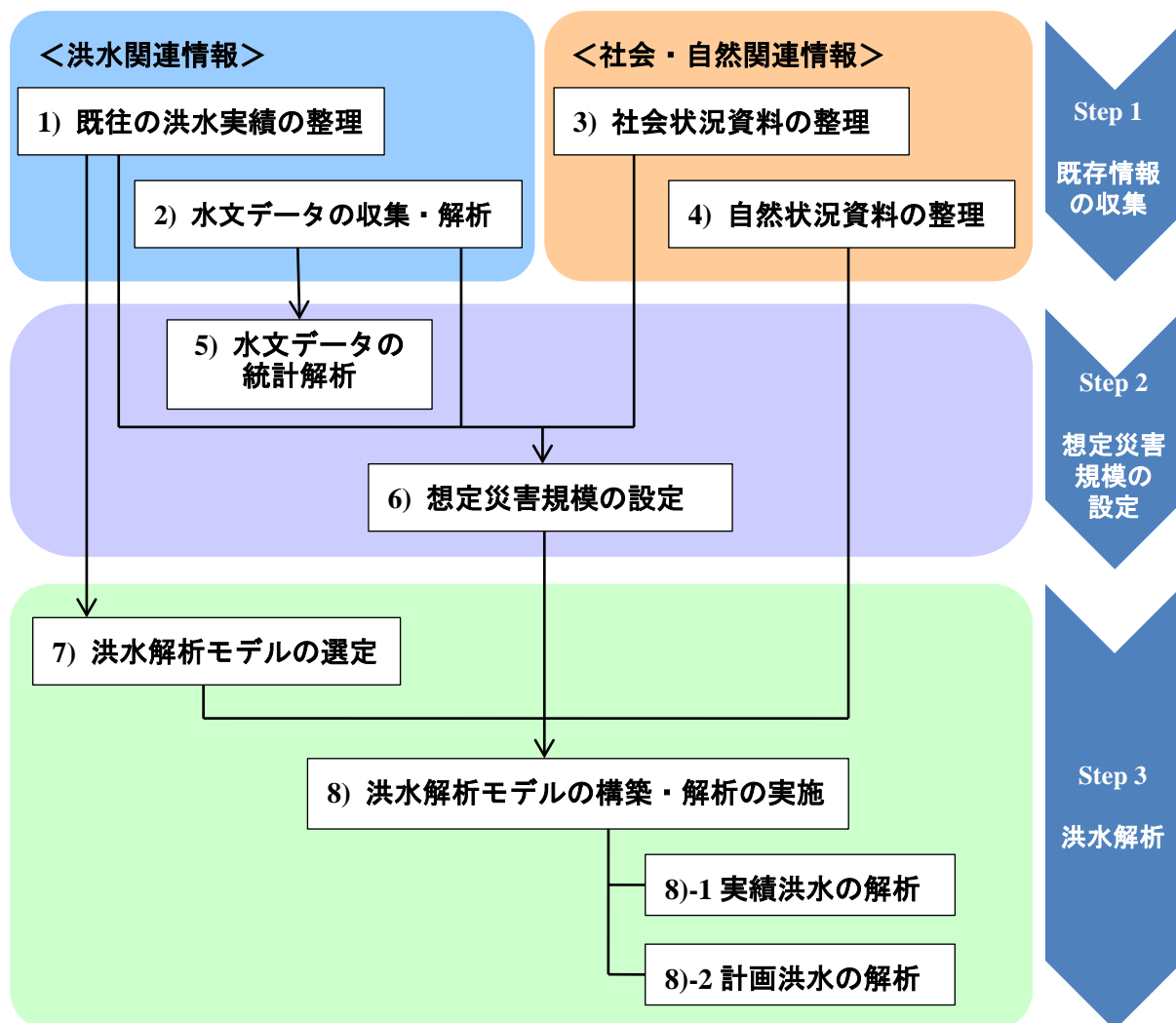


図 3.3.1 洪水によるハザード評価の流れ

#### 【Step1】既存情報の収集

##### ＜洪水関連情報＞

#### 1) 既往の洪水実績の整理

対象地域において、過去に発生した洪水の記録を収集する。洪水発生時の降雨、河川水位、流量に関する情報のほか、被災記録や写真等から氾濫発生時の浸水範囲、浸水継続時間、浸水深、氾濫原因等を整理することで、洪水の特性や氾濫の特徴を把握することが可能になる。当該地域において洪水ハザードマップが作成されている場合は、ハザードマップに記載の情報（氾濫図、浸水深、浸水期間等）も活用する。

## 2) 水文データの収集・分析

対象地域における既存の水文データを取集する。収集すべきデータは降雨量（時間雨量および日雨量）、河川水位、河川流量、潮位などである。対象エリアにダムや水門などの河川施設がある場合は、これらについての操作記録も入手することが望ましい。収集した水文データから、洪水継続時間、洪水頻度、既往最大洪水発生時の状況などを分析する。また、河川横断形状についての情報も併せて収集する。

### <社会・自然関連情報>

## 3) 社会状況資料の整理

対象地域の社会状況について整理し、洪水の影響を受ける可能性のある産業集積地、社会インフラを整理する。社会インフラは下記のとおり産業集積地内外の輸送に係る交通インフラと、事業を継続する上で必要不可欠なライフラインに大別される。これらの施設の分布状況から、実際に洪水ハザード解析を実施する対象地域を設定する。一般にインフラ施設は産業集積地の外に広く広がるため、ハザード解析の範囲も産業集積地に留まらない。

## 4) 自然条件資料の整理

対象地域の地形図を取集し、標高、土地利用、地質等の自然条件に関わるデータを整理する。なお、地形図情報の精度確保のため、縮尺は1/5,000以上を活用することが望ましい。

### 【Step2】 想定災害規模の設定

収集したデータをもとに、洪水ハザード評価のための、想定災害規模を設定する。既往最大、1/50、1/100、1/200の確率が基本設定となる。

## 5) 水文データの確率統計処理

収集した水文データを統計処理し、確率水量を算出する。統計処理方法としては、指数分布などの確率密度関数を適用し、適合度評価を行い、最適な確率密度関数を決定する。信頼性のある統計処理結果を得るためには、50年程度のデータがあることが望ましい。

## 6) 想定災害規模の設定

広域BCPの検討基準となる想定災害規模を設定する。想定災害規模を大きくすると、広域BCP策定のための検討内容が多くなり計画策定に労力を要するが、事業継続のための安全度は高まる。一方、想定災害規模が小さい場合、広域BCPの策定範囲は狭まり計画策定が比較的容易になるが、想定災害規模を超える災害が実際に発生した場合は、広域BCPが有効に機能しなくなる恐れがある。従って、対象地域の地域計画、行政方針、計画の実現可能性などについて地域住民を含む関係者と協議し、想定災害規模を決定することが望ましい。

### 【Step3】 洪水解析・評価

## 7) 洪水解析モデルの選定

対象エリアの洪水特性を解析する上で適切な解析モデルを選択する。解析ソフトは、洪水特性、必要とする解析精度、解析ソフトへの投資余力によって選択されるべきであるが、まずは IFAS 等の無償ソフトを活用する。

## 8) 洪水解析モデルの構築・解析の実施

### 8)-1 実績洪水の解析

選定したモデルを用い、過去の洪水発生時の雨量データを使用し、洪水流出解析を行う。その上で、流出解析結果と実績流量を比較し、洪水の再現精度を確認する。実績洪水の再現精度が低い場合は、解析モデルのパラメータを調整するなどし、モデルの精度を高める。

### 8)-2 計画洪水の解析


設定した想定災害規模における洪水解析を実施する。広域 BCP 策定上、また、河川管理上重要な地点について、浸水範囲、浸水深、湛水時間、氾濫流の流速を整理する。

## 第4章 パイロット地区のプロファイル

### 4.1 対象地域の概要

パイロット対象地域の基本情報を表 4.1.1 に記す。

表 4.1.1 パイロット対象地域

| 国名             | フィリピン   |            |                       |    |        |     |            |      |       |           |      |       |           |
|----------------|---|------------|-----------------------|----|--------|-----|------------|------|-------|-----------|------|-------|-----------|
| パイロット地域        | カビテ州、ラグナ州、マニラ首都圏南部にある産業集積地とその周辺部  |            |                       |    |        |     |            |      |       |           |      |       |           |
| パイロット地域の位置     | <p>パイロット地域はマニラ首都圏の南方にあり、産業集積地はカビテ州、ラグナ州、マニラ首都圏南部にまたがって広がっている（工業団地が分布する大まかな範囲を赤破線で表示）。</p>    |            |                       |    |        |     |            |      |       |           |      |       |           |
| パイロット地域の地方行政機関 | <p>フィリピンの国土は、3つのブロックに大別され、さらに17の地方（Region）に細分される。それぞれの地方には、合わせて81の州（Province）が存在する。州は市（City）と町（Municipality）からなる。マニラ首都圏（National Capital Region）は地方レベルにあり、ここには州はなく、16市と1町より構成されている。</p>   |            |                       |    |        |     |            |      |       |           |      |       |           |
| パイロット地域の面積・人口  | <table border="1"> <thead> <tr> <th>地方行政機関</th> <th>面積 (km<sup>2</sup>)</th> <th>人口</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>マニラ首都圏</td> <td>636</td> <td>11,855,975</td> </tr> <tr> <td>カビテ州</td> <td>1,427</td> <td>3,090,691</td> </tr> <tr> <td>ラグナ州</td> <td>1,824</td> <td>2,669,847</td> </tr> </tbody> </table> <p>* 2010年5月, National Statistics Office, the Philippines</p> | 地方行政機関     | 面積 (km <sup>2</sup> ) | 人口 | マニラ首都圏 | 636 | 11,855,975 | カビテ州 | 1,427 | 3,090,691 | ラグナ州 | 1,824 | 2,669,847 |
| 地方行政機関         | 面積 (km <sup>2</sup> )   | 人口         |                       |    |        |     |            |      |       |           |      |       |           |
| マニラ首都圏         | 636   | 11,855,975 |                       |    |        |     |            |      |       |           |      |       |           |
| カビテ州           | 1,427   | 3,090,691  |                       |    |        |     |            |      |       |           |      |       |           |
| ラグナ州           | 1,824   | 2,669,847  |                       |    |        |     |            |      |       |           |      |       |           |
| パイロット地域の自然条件   | <p>マニラ首都圏、カビテ州、ラグナ州が位置するルソン島は全体に山がちで、火山地帯でもある。<br/>マニラ湾の南東には、フィリピン最大の湖、ラグナ湖（Laguna de Bay）がある。ラグナ湖の表面積は949km<sup>2</sup>であり、湖からパシッグ川がマニラ湾へと流</p>  |            |                       |    |        |     |            |      |       |           |      |       |           |



|  |  |
|--|--|
|  | れ出している。パシッグ川はメトロマニラの中心部を流れており、フィリピンでも最も重要な川となっている。<br>カビテ州の南側にはカルデラ湖であるタール湖 (Taal Lake) があり、この中央にはフィリピンで一番小さな火山、タール山が浮かんでいる。<br>気候は熱帯モンスーン型気候。年平均気温は 26~27℃。雨期 (6 月~11 月) と乾期 (12 月~5 月) とに分かれている。 |
|--|--|

## 4.2 地方自治体の概要

### 4.2.1 フィリピンの地方行政制度

フィリピンの地方政府は、基本的に、州、市・町、バラングイの 3 層からなる (図 4.2.1)。市には、州の管轄外である「高度都市化市」と「独立構成市」、州の監督下にある「構成市」の 3 種類がある。「高度都市化市」と「独立構成市」は州と同格とされている。一方、町はすべて州の監督下にある。全ての市・町は複数のバラングイから構成されている。各地方政府には、選挙で選出される正副首長 (任期 3 年、連続 3 期まで) と地方議会議員 (人口に応じて 6-8 名) などが配置される。

バラングイは 50~100 世帯の集落からなる、同国で最も小さく身近な地方自治体で、地域レベルの政策を計画し実行する上で基本となる組織である。また、バラングイは、フィリピンの最小行政単位であるが、政府としての実務スタッフを持たない。バラングイ長とバラングイ議員 7 名 (いずれも 3 年ごとに住民による直接選挙で選出される) のほか、バラングイ議会秘書官と財務官 (いずれもバラングイ長の任命、議会の承認要) で構成される。

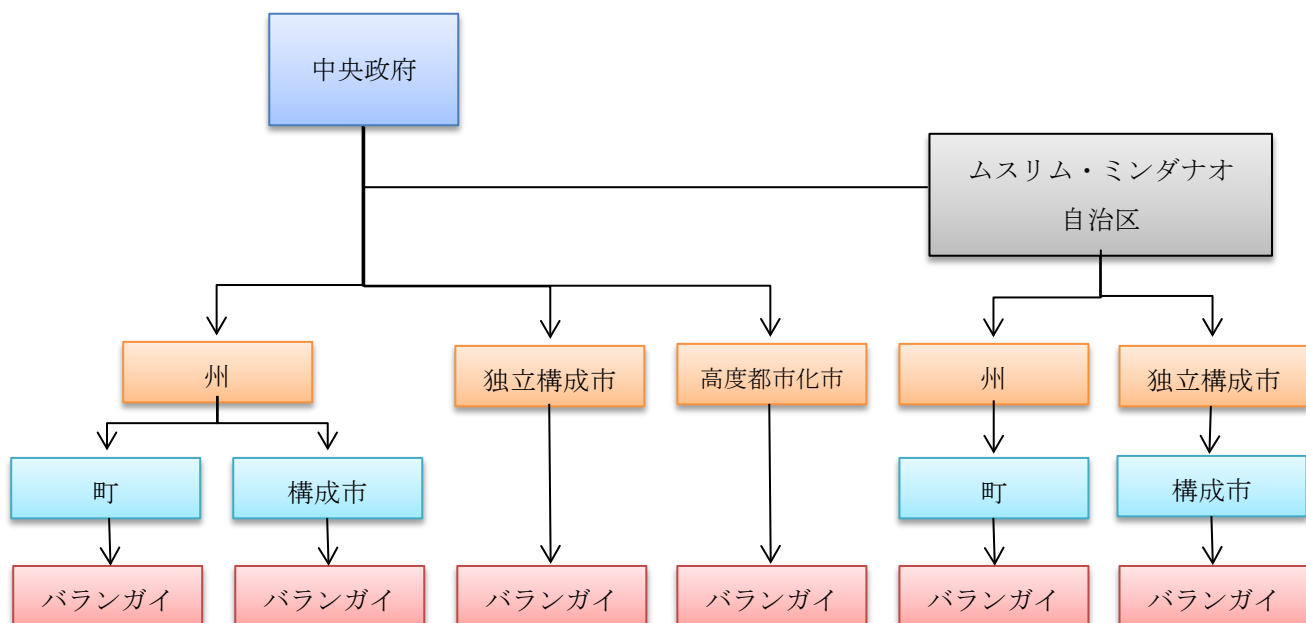


図 4.2.1 地方行政制度

#### 4.2.2 災害管理組織体系

##### 1) 国レベル

国家災害調整協議会は、共和国法令 101211 により「国家災害リスク削減管理協議会 (NDRRMC)」と名称が改められた。同協議会は、構成員が 23 名から 43 名に増え（市民社会や民間セクターの参加者を含む）より多くの権限も与えられている。同評議会の議長は国防省 (DND) の大臣、4 名の副議長は(1)防災・減災、(2)準備、(3)緊急対応、(4)復旧・復興 4 領域をそれぞれ担当している。国防省の市民防衛局 (OCD) 局長が、国家災害調整協議会の事務局長となっている。図 4.2.2 は、組織構造をより詳細に示したものである。

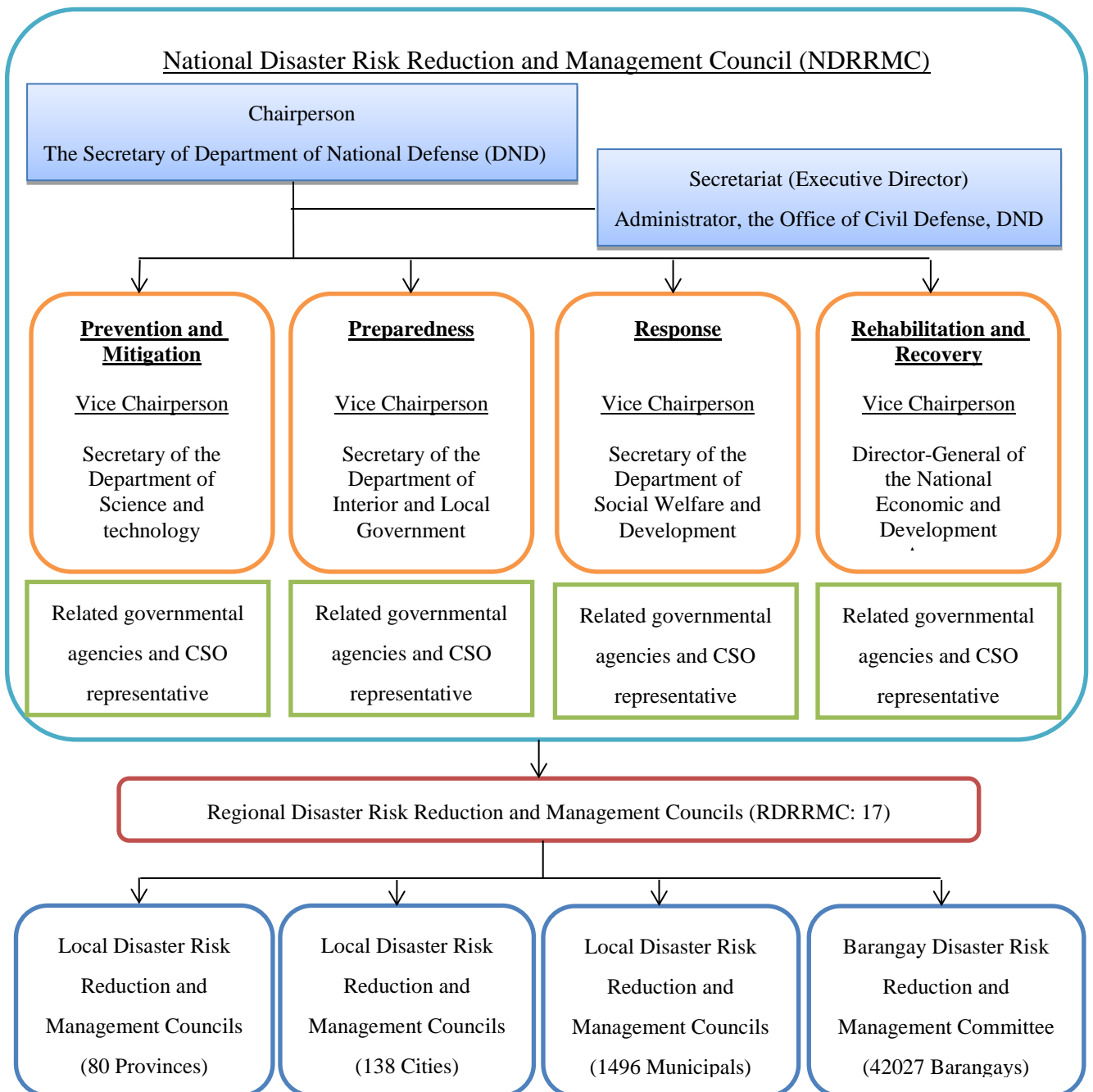


図 4.2.2 国家災害調整協議会組織図

## 2) マニラ首都圏

マニラ首都圏の災害管理体制を図 4.2.3 に示す。マニラ首都圏庁長官を組織長とし、その下位に市民防衛局(Office Civil Defense : OCD)首都圏長が上級副組織長として配置される。上級副組織長の下位には、副組織長が配置され、それぞれ(1)防災・減災、(2)準備、(3)緊急対応、(4)復旧・復興 4 領域を担当する。

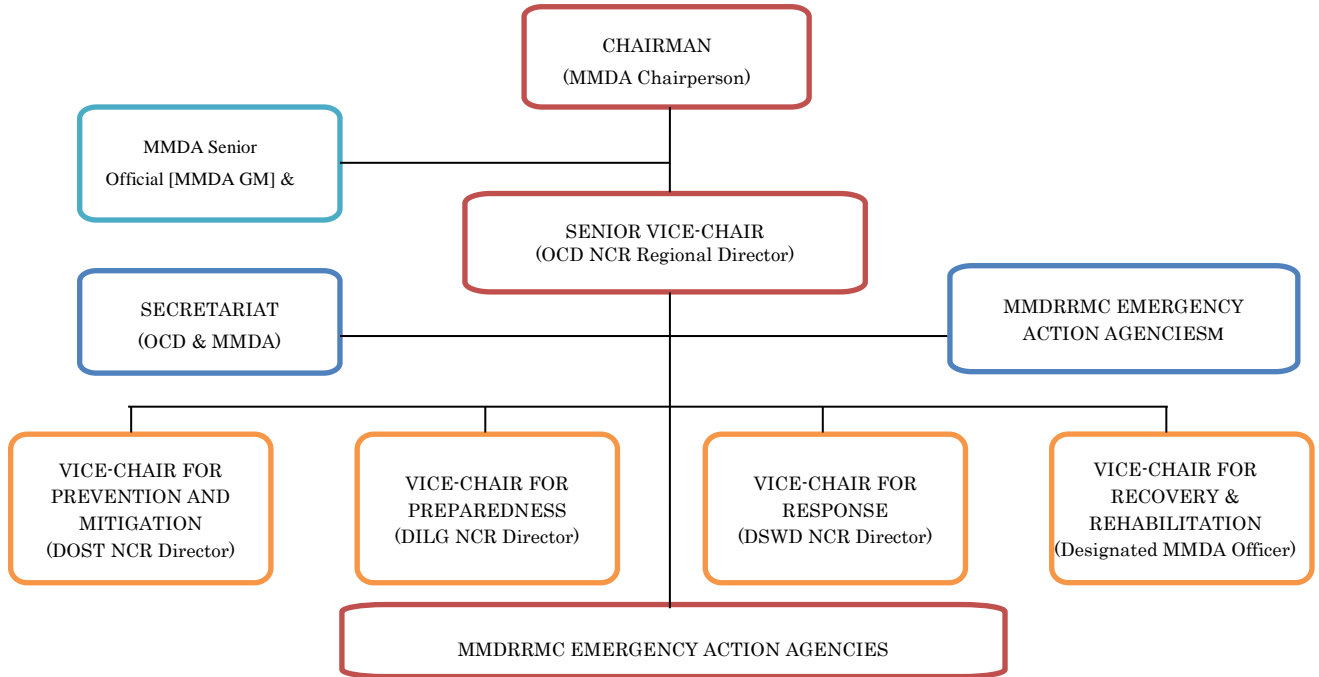


図 4.2.3 マニラ首都圏の災害管理体制

## 3) カビテ州

カビテ州の組織構造を図 4.2.4 に示す。災害管理は、図 4.2.4 の灰色で示した Committee on Peace, Public Safety & Order が担当する。

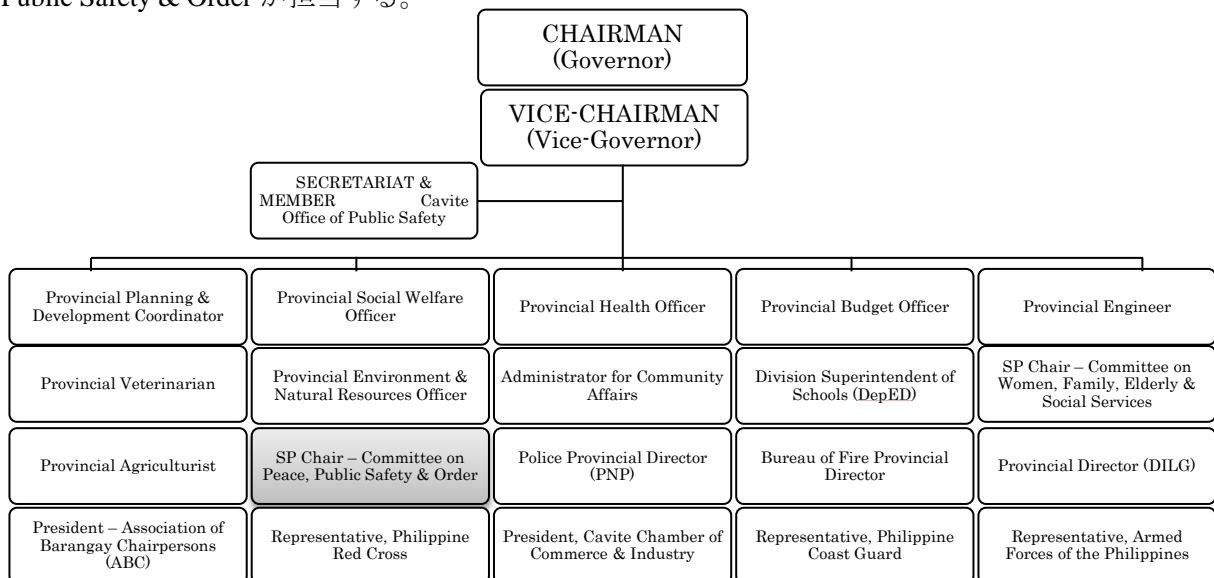


図 4.2.4 カビテ州の防災管理体制

#### 4) ラグナ州

ラグナ州の組織構造を図 4.2.5 に示す。災害管理は、減災・防災管理課が担当し、調査・管理、警報・訓練、水難救助を管理する。

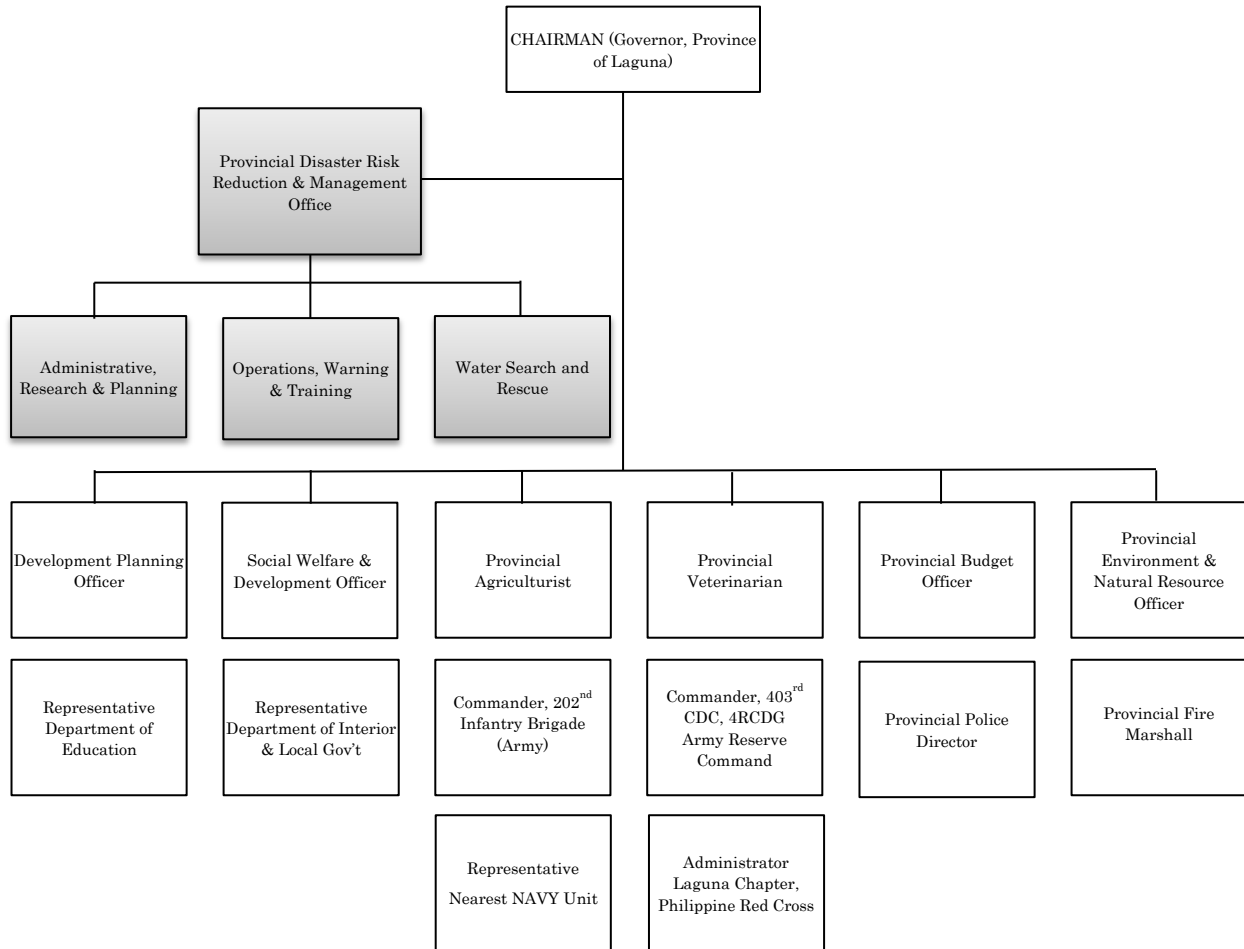


図 4.2.5 ラグナ州の防災管理体制

#### 4.3 産業集積地の状況

広域 BCP の策定にあつたては、Cavite Economic Zone を選び、他のすべてを代表する工業団地とした。Cavite、Laguna 及び Batangas には 42 の工業団地が存在する。42 の内日系の工業団地は 17 あり、日系企業は 292 社入居している。この内 96 社は Cavite Economic Zone にあり、その数は最大である<sup>1</sup>。

1 ASEAN-Japan Centre ウェブサイト

#### 4.3.1 産業集積地における工業団地

JICA 調査団は Cavite Economic Zone と Laguna Technopark を訪問し、インタビューを実施した。二つの団地の情報の概要は次のとおりである。

##### **Cavite Economic Zone (CEZ)**

Cavite Economic Zone は、PEZA による 100% 政府出資の工業団地である。PEZA は現在 2,900 社の入居企業を有し、その従業員は 91 万 2 千人である。CEZ には、292 社が入居し操業している。主要産業は 99 社のエレクトロニクス産業である。これに続くのは 50 社の金属製造業で、35 社は繊維産業、ゴム・プラスチック産業である。残りは製紙が 17 社、機械・器具が 9 社、事務機器・コンピューターが 9 社及び印刷が 6 社である。日本企業が、全体の 32% を占めるが、これは韓国と同じ規模である。



出典: PEZA

図 4.3.1 CEZ のマスタープラン

CEZ の電力供給は、独立系発電会社(IPP)の 1 つである Trans Asia Oil の発電と売電による。送電は政府系企業の NGCP<sup>2</sup>が担っている。エンドユーザーとしての PEZA に配電するのは TRANSCO 及び MELARCO である。PEZA と IPP は 2013 年 1 月から 5 年間の電力売買契約を締結した。PEZA は更にテナント各社とも契約し、直接費と間接費を合わせた料金、PHP0.6/kWh で売電する。

##### **Laguna Techno Park, Inc. (LTI)**

LTI はマニラ首都圏に近い Calabarzon 地域にある政府系の Priority Promotion Centre に位置する。LTI から主要な交通インフラまでの距離は次のとおりである。

Manila International Airport まで 50km である。

Manila North Harbor から 52km である。

最大のファイナンシャルセンターである Makati Central Business District から 44km である。

LTI は Ayala Land 社が 75%、三菱商事が 25% の持ち株で、1989 年に設立された。LTI には 220 社のテナント企業が入居しているが、大部分は日系企業である。日系企業は 48% を占め、半導体、医薬品、主要家庭用品の製造を行う<sup>3</sup>。残りの 52% はフィリピン、韓国、アメリカ、イタリア、アイルランド、シンガポール、ドイツ、オーストラリア、カナダ、フランス、ロシア、イ

2 National Grid Corporation of the Philippines 社。民営化され、政府系の Transco 社の所有する送電線の維持・保守を行う。

3 Honda, Isuzu, Terumo, Hitachi, Fujitsu-Ten, Takata

ンド、スペイン、マレーシアそしてオランダの企業である。日系企業の数 は 90 社で<sup>4</sup>、この内の 70%は輸出企業である。主要産業は自動車産業で、エレクトロニクス産業がこれに次ぐ。

Laguna Technopark において利用可能なインフラは以下のとおりである。

- ① 高速道路
- ② ハイブリッドのデジタル光通信回線（ビデオ、データ、インターネット、電話回線）
- ③ 工業用水、飲料水用の地下水
- ④ 産業用の天然ガスパイプライン
- ⑤ 下水処理・浄水処理設備
- ⑥ 変電所（133MVA：1基、50MVA：1基）
- ⑦ South Luzon Express と 3 本の道路
- ⑧ 会員制の Laguna Technopark Association の所有・管理する消防隊
- ⑨ 税関事務所
- ⑩ 管理事務所
- ⑪ 銀行
- ⑫ 多目的ホール
- ⑬ 輸送ターミナル

下水・排水処理施設、電力の供給システムは Milenyo<sup>5</sup> 及び Ondoi<sup>6</sup> 等の台風で被害を受けた。Melarco は、独自の変電所を設置し、入居企業への電力供給の安定化を目指しており、台風、洪水による電線、電信柱の被害を軽減するために、定期的な点検を行う。

#### 4.3.2 日本の医療製品メーカー

主要製品は注射器と注射針である。当工場の注射器と注射針の生産量は、国内外の全社の 60%を占めており、アジア、欧米及び日本の各市場に供給される。日本人従業員は 16 人、現地従業員は 2,600 人おり、工場近隣の住宅に住んでバスで通勤する。注射器と注射針に関しては、日本の工場はフィリピン工場のバックアップ機能を担う。

BCP に関しては、日本の本社で基本的な仕組みを構築したところである。工場をもう一つもつことが最善策であるが、これは不可能である。基本的な考え方は、災害にあった場合、生産が復旧するまでの臨時的な代替機能をいかに持つかということになる。もし、フィリピンの工場生産の操業が停止した場合は、日本の工場で代替するし、日本で操業が止まればフィリピンで日本を代替する。但し、供給元を切り替える前に、まず以下のような在庫管理で凌ぐように努めているのが現状である。

- ① 原材料は生産に長時間を要するので、2 ヶ月分の在庫を持つ。
- ② 包装用のフィルムにはシリコン、溶剤等の原料を購入しているが、調達ソースを 2 つ設

4 PEZA 及び LTI のデータ

5 2006 年 9 月

6 2009 年 9 月の台風は歴代 2 番目の大被害をもたらした

けて安全性を確保している。

- ③ 金属の金型材料は、金型を造るための重要な部材であるので、金型メーカーには金型材料のサプライヤーと、いつでも再生産できるような供給契約を結ばせている。

#### 4.4 運輸インフラの状況

##### 4.4.1 道路

マニラ首都圏の人口は、集中が進み近郊を含むと 2,129 万人(2011 年)に達しており、人口密度は東京都の約 3 倍近くになる。この人口を支える交通網は未だ不十分な水準にあり、環状・放射状の道路や高速道路などを整備することにより徐々に解除しつつあるが、依然交通渋滞は深刻なものがある。

マニラ首都圏の交通システムは、軌道交通システムの導入以降、軌道交通への以降が徐々に行われているが、基本的には依然圧倒的に道路交通により構成されている。道路交通の路線網は、首都圏南部とラグナ州を結ぶものとして SLEX (South Luzon Expressway)と Metro Skyway、首都圏南部とカビテ州を結ぶものとしマニラーカビテ有料道路がある。



図 4.4.1 主な高速道路網

表 4.4.1 主な高速道路凡例

| 名称  | 凡例 |
|---|----|
| Expressway (NLEX)                             |    |
| Expressway (SLEX)                             |    |
| Manila-Cavite Expressway                      |    |
| Southern Tagalog Arterial Road (STAR Tollway) |    |
| Metro Skyway                                  |    |
| Subic-Clark-Tarlac Expressway (SCTEX)         |    |

出典：JBIC, フィリピンの投資環境 2013

表 4.4.2 関係高速道路の概要

| 名称                                 | 区間         | 車線数   | 延長(km)  | 開業年/延長      |
|------------------------------------|------------|-------|---------|-------------|
| South Luzon Expressway (SLEX)      | カランバ～ラグナ   | 8,6,4 | 36 (60) | 1977 / 2011 |
| Manila-Cavite Expressway (CAVITEX) | マニラ～カビテ    | 4     | 14      | 1999 / 2011 |
| Southern Tagalog Arterial Road     | SLEX～バタンガス | 4,2   | 42      | 2001 / 2008 |
| Metro Manila Skyway                | マニラ首都圏     | 6,4   | 20      | 1977 / 2009 |

出典：JBIC, フィリピンの投資環境 2013

移動手段として大きな役割を果たすバスは、殆どのルートがマニラの環状道路であるエドサ通り(EDSA)を経由しており、ここにバスセンターが集中している。他にはジプニー、トライシクル、タクシーなどが運行している。ペディキャブと呼び人力車も庶民の重要な交通手段となっている。

## 4.4.2 港湾

### (1) マニラ港

マニラ港は、北港(North Harbor)、南港(South Harbor)、マニラ国際コンテナターミナル(Manila International Container Terminal : MICT)、及びパッシング河沿いにあり、多数のはしけ荷役施設を有する穀物ターミナルから成り立っている。

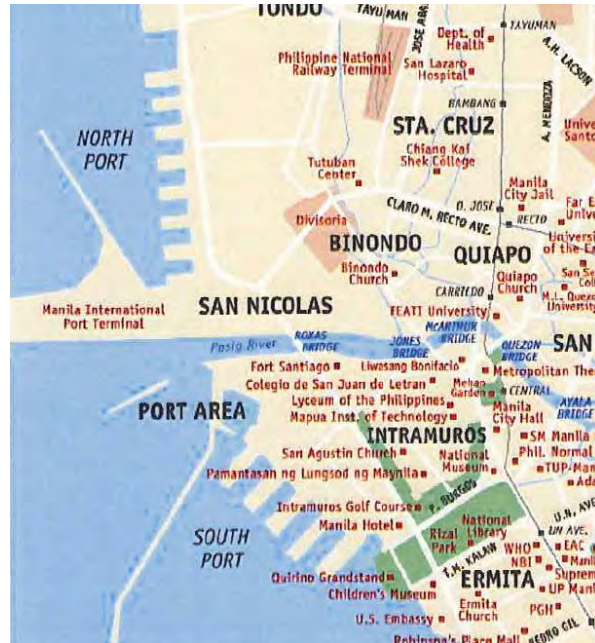


図 4.4.2 マニラ港

表 4.4.3 マニラ港の諸元

| エリア               | バース数 | 長さ(m)   | 幅(m)   | 水深(m)   | 備考  |
|-------------------|------|---------|--------|---------|---|
| 北港                | 9    | 220~250 | 80~100 | 5~8     | 楕形港湾、総延長 1,200m                                     |
| 南港                | 7    | 240~430 | 50~100 | 14      | 2つの栈橋がコンテナ用<br>国際貨物も取扱い<br>総延長 975m<br>コンテナヤード 30ha |
| 国際ターミナル<br>(MICT) | 6    | —       | —      | 10.5~12 | 総延長 1,520m、全 94ha<br>コンテナヤード 58ha<br>クレーン 10 基      |

出典：国土交通省、H23 フィリピンの運輸事情

マニラ港のコンテナの取扱高は、荷役作業設備・機材の増強により年々増加している。

表 4.4.4 マニラ港の船舶と貨物取扱量 2012

| 項目            | 内訳            | 北港         | 南港         | 国際ターミナル    | 合計         |
|---------------|---------------|------------|------------|------------|------------|
| 船舶数           |               | 5,329      | 5,671      | 1,862      | 12,862     |
| 取扱貨物量<br>(トン) | 総合計           | 19,174,424 | 11,130,626 | 19,966,465 | 50,271,515 |
|               | 国内<br>(コンテナ分) | 14,482,959 | 4,232,355  | 1,054,242  | 19,769,556 |
|               | 海外            | 4,691,465  | 6,898,271  | 18,892,293 | 30,482,029 |



|     |         |         |           |            |            |
|-----|---------|---------|-----------|------------|------------|
|     | (コンテナ分) | 0       | 5,973,041 | 17,940,202 | 23,913,243 |
|     | 通過      | 0       | 0         | 19,930     | 19,930     |
|     | 積替      | 0       | 0         | 113,668    | 113,668    |
| 旅客数 |         | 766,942 | 161,500   | 0          | 928,442    |

出典：ローカルコンサルタンの聞き取り調査

滞船時間は増加傾向にあり、混雑度が増していることが分かる。

表 4.4.5 1隻当りの滞船時間

| 年       | 1998        | 2005 | 2010 |
|---------|-------------|------|------|
| 実績 (hr) | 4.06 (2001) | 3.15 | 7.69 |

出典：IC-Net Limited、バタンガス港開発事業 (II)

## (2) バタンガス港

バタンガス港は現在 22.6 ha の面積を有しており、第 1 期の施設は下記の通りである。

表 4.4.6 バタンガス港の施設

| No. | 用途                | Nos. | 諸元                       |
|-----|-------------------|------|--------------------------|
| 1   | 外国一般貨物バース         | 1    | 185m 長さ、10m 深さ           |
| 2   | 多目的バース            | 1    | 230m 長さ、10m 深さ           |
| 3   | 国内一般貨物バース         | 3    | 470m 長さ、7.3m 深さ          |
| 4   | フェリー用バース          | 1    | 124m 長さ、4m 深さ            |
| 5   | RORO バース、埠頭タイプ    | 4    | 5m 深さ                    |
| 6   | RORO バース、波止場タイプ   | 2    | 5m 深さ                    |
| 7   | 高速船舶バース           | 7    | 4-70m 長、2-75m 長、1-120m 長 |
| 8   | 旅客ターミナル           | 1    | 2 層×2,132 m <sup>2</sup> |
| 9   | 外国一般貨物トランジット・シェッド | 1    | 3,892 m <sup>2</sup>     |
| 10  | 外国一般貨物オープン・エリア    | 1    | 1.3 ha                   |
| 11  | 国内一般貨物エリア 1       | 1    | 9,943.70 ha              |
| 12  | 国内一般貨物エリア 2       | 1    | 3.4 ha                   |

出典：PMO-Batangas Officers, 港紹介パンフレット

現在バタンガス港に就航しているコンテナ船の、定期便は 1 便のみである。そのため取扱高の伸びが小さい。その原因は、貨物取扱においてマニラ港からバタンガス港へのシフトが生じていない。

表 4.4.7 バタンガス港の港湾貨物 2012

| 項目            | 内訳      | 合計         |
|---------------|---------|------------|
| 船舶数           |         | 5,671      |
| 取扱貨物量<br>(トン) | 総合計     | 11,130,626 |
|               | 国内      | 4,232,355  |
|               | (コンテナ分) | 1,482,220  |
|               | 海外      | 6,898,271  |
|               | (コンテナ分) | 5,973,041  |
|               | 通過      | 0          |
|               | 積替      | 0          |
| 旅客数           |         | 161,500    |

出典：ローカルコンサルタンの聞き取り調査

#### 4.4.3 鉄道

##### (1) 概要

鉄道は、国有鉄道 1 路線と軽量鉄道 3 路線の計 4 路線が走っている。



図 4.4.3 対象地域の交通インフラ

##### (2) フィリピン国有鉄道 (Philippine National Railway: PNR)

道路網の整備、自然災害、客離れ等々で、現在マニラ首都圏からは 4 方面に運行しているのみである。このサービスを Commute Express または Commex と呼んでいる。47,000 人の乗客を、24 の Motor Car で運んでいる。

表 4.4.8 国鉄の運行状況

| 路線       | 区間長   | 運行     | 備考              |
|----------|-------|--------|-----------------|
| 首都圏～レガスピ | 474km | 1日1往復  | ビコール(Bicol)トレイン |
| 首都圏～ナガ   |       | 1日2本   | 片道              |
| 首都圏～ビニャン | 40km  | 1日1往復  | 通勤列車            |
| 首都圏～アラバン |       | 1日23往復 |                 |

出典：JBIC, フィリピンの投資環境 2013

### (3) 高架鉄道

マニラ首都圏において、軽量鉄道のLRT (Light Railway Train)の1号線・2号線及びMRT (Metro Rail Transit) 3号線がある。LRT は軽量鉄道庁 (Light Rail Transit Authority: LRTA)、MRT は、運輸通信省(Department of Transportation and Communications : DOTC)の管理下で、首都圏鉄道輸送会社 (Metro Rail Transit Corporation: MRTC)が運営を担当している。また、乗客数は、ほとんど増加がみられない。

表 4.4.9 高架鉄道概要

| 路線名称    | 路線距離 (km) | 全線開業年 | 駅数 | 平均乗客数   | ラッシュアワー時の<br>運転間隔 |
|---------|-----------|-------|----|---------|-------------------|
| LRT 1号線 | 18        | 1985  | 20 | 約47万人/日 | 1分に1本             |
| LRT 2号線 | 13        | 2004  | 11 | 約20万人/日 | 5分に1本             |
| MRT 3号線 | 17        | 2000  | 13 | 約50万人/日 | 3分に1本             |

出典：出典：JBIC, フィリピンの投資環境 2013

表 4.4.10 高架鉄道の乗客数 (百万人)

| 路線名称    | 2010   | 2011   |
|---------|--------|--------|
| LRT 1号線 | 155.87 | 156.66 |
| LRT 2号線 | 63.36  | 63.83  |
| MRT 3号線 | 153.15 | 158.81 |
| 合計      | 372.38 | 379.30 |

出典：LRTA and DOTC / Metrostar Express

#### 4.4.4 空港

マニラ首都圏における唯一の空港が、ニノイ・アキノ国際空港(Ninoy Aquino International Airport : NAIA)である。マニラ国際空港公社(Manila International Airport Authority: MIAA)が運営している民間空港である。滑走路は、3,737m×60m、2,258m×45m の2本である。ターミナルは4つあり、下記の通りである。

滑走路は、1時間に36回の離発着が運用上好ましいが、夏の時期には50回に達することもあり、夜間の離発着の検討が行われている。

表 4.4.11 ニノイ・アキノ国際空港

| ターミナル名  | 用途               | 乗り入れている<br>日本の航空会社 | 備考    |
|---------|------------------|--------------------|-------|
| 第1ターミナル | 国際線専用            | JAL                | 16ゲート |
| 第2ターミナル | センテナリアル・ターミナル：フィ |                    |       |

|         |                  |     |        |
|---------|------------------|-----|--------|
|         | リピン航空専用（国際線・国内線） |     |        |
| 第3ターミナル | 国際線・国内線混在        | ANA |        |
| 第4ターミナル | 国内専用             |     | ローカル航空 |

出典：Wikipedia



図 4.4.4 ニノイ・アキノ国際空港

出典：ANA 空港案内

ニノイ・アキノ国際空港は、年々重要性を増しており、近年伸びが著しくなっている。しかし取扱貨物量は、伸びはあるものの年変動が著しく安定しているとは言えない。最近、政府は、ニノイ・アキノ国際空港とクラーク空港を、マニラ首都圏での二重の空港システムとして使用している。クラーク空港では、2012年には2005年の22万4千人の約4倍にあたる101万5千人の海外に行き来する乗客を処理している。

ニノイ・アキノ国際空港は、災害時に避難民の1次収容施設として機能するよう計画されている。

表 4.4.12 航空統計：マニラとクラーク

| 空港            |                    | 2008   | 2009   | 2010   | 2011   | 2012   |
|---------------|--------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Manila (NAIA) |                    |        |        |        |        |        |
| 国際便           |                    |        |        |        |        |        |
|               | Passenger (x1,000) | 11,273 | 11,203 | 12,380 | 12,969 | 14,140 |
|               | Cargo (x1,000 MT)  | 263    | 238    | 307    | 269    | 311    |
|               | Aircraft (x1,000)  | 60.5   | 64.4   | 67.6   | 144.8  | 159.7  |
| 国内便           |                    |        |        |        |        |        |
|               | Passenger (x1,000) | 10,980 | 12,905 | 14,940 | 16,583 | 19,750 |
|               | Cargo (x1,000 MT)  | 92     | 186    | 119    | 121    | 150    |
|               | Aircraft (x1,000)  | 144.7  | 158.4  | 168.6  | 290.7  | 386.8  |
| Clark         |                    |        |        |        |        |        |
| 国際便           |                    |        |        |        |        |        |
|               | Passenger (x1,000) | 491    | 560    | 608    | 725    | 1,015  |
|               | Cargo (x1,000 MT)  | 0.1    | 0.1    | <0.1   | <0.1   | <0.1   |
|               | Aircraft (x1,000)  | 2.0    | 2.6    | 2.7    | 7.0    | 9.3    |
| 国内便           |                    |        |        |        |        |        |
|               | Passenger (x1,000) | 40     | 31     | 46     | 42     | 300    |
|               | Cargo (x1,000 MT)  | <0.1   | <0.1   | <0.1   | 0      | 0      |

|  |                   |     |     |     |     |     |
|--|-------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
|  | Aircraft (x1,000) | 0.6 | 0.6 | 0.4 | 0.6 | 3.5 |
|--|-------------------|-----|-----|-----|-----|-----|

出典：DOTC-Air Transport Planning

#### 4.5 ライフラインと公共サービスの状況

##### 4.5.1 電気

###### (1) 概要

マニラ首都圏及び周辺の地域への電力供給は、マニラとカビテ州においては、国家電力公社 (National Power Corporation)がメラルコ (Manila Electric Company: Meralco) に供給し、そこが一般への配電を行っている。ラグナ州においては、First Laguna Electric Cooperative (FLECO)が配電を行い、他の地域をメラルコが行っている。フィリピン全人口の25%に相当する地域であり、5,026,543人(2011年)の顧客数を誇る。

メラルコは、独立発電業者 (Independent Power Producer: IPP)である NPC TSCs および WESM から供給を受けている他、新規の長期供給先を確保する努力をしている。

表 4.5.1 メラルコの発電量及び売上げ

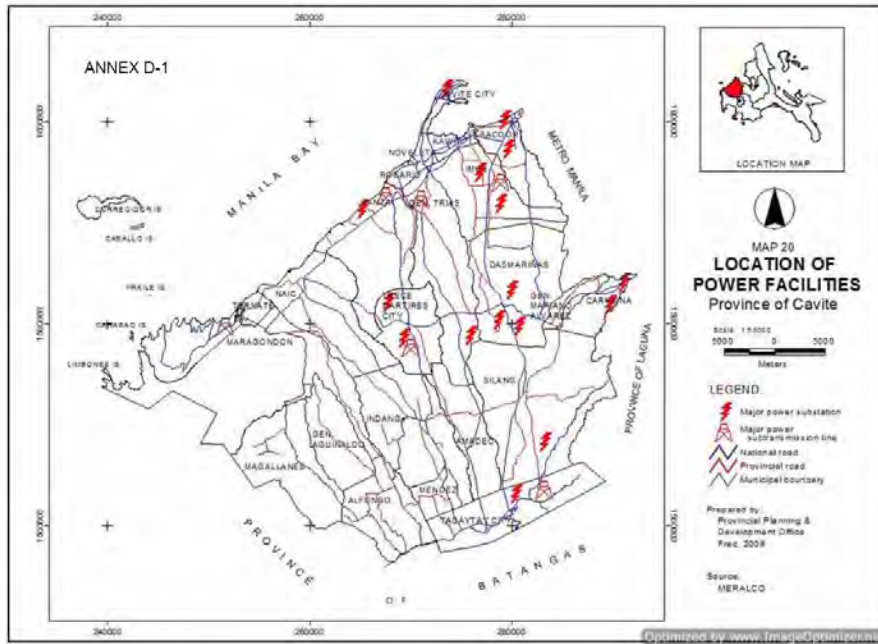
| 企業      | 配電地域         | 発電量 (GWh) | 配電量シェア (%) | 売上 (億ペソ) | 売上シェア (%) |
|---------|--------------|-----------|------------|----------|-----------|
| Meralco | マニラ首都圏 (NCR) | 32,471    | 67         | 506      | 30        |

出典：JBIC, フィリピンの投資環境 2013.6



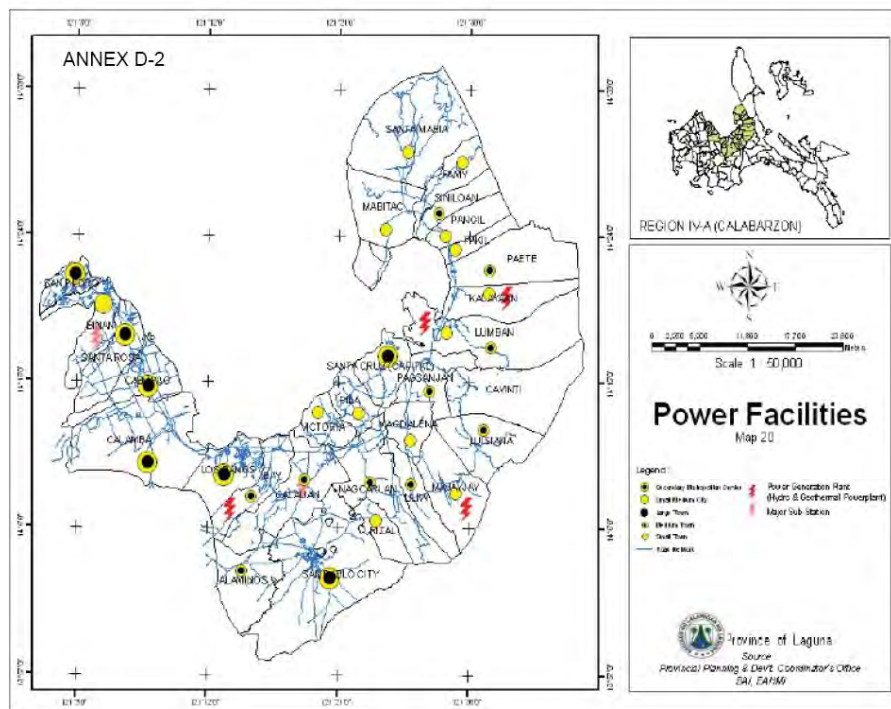
出典：MERALCO 2011 Annual Report

図 4.5.1 メラルコの配電範囲



出典：ローカルコンサルタント聞き取り調査

図 4.5.2 カビテ州の電力施設



出典：Province of Laguna, Provincial Development and Physical Framework Plan

図 4.5.3 ラグナ州の電力施設

## (2) 自然災害

2006年にMilenyo台風が襲ったとき、工業団地の電力がほぼ10日間途絶えた。これは外部の多くの電柱が倒れたことによる。この台風が過ぎた後、2日間に渡り停電となったが、これは変電施設や老朽化した送電線が損傷を受けたことによる。

### 4.5.2 水道

プロジェクト対象地区の、給水人口は、下記の通りである。

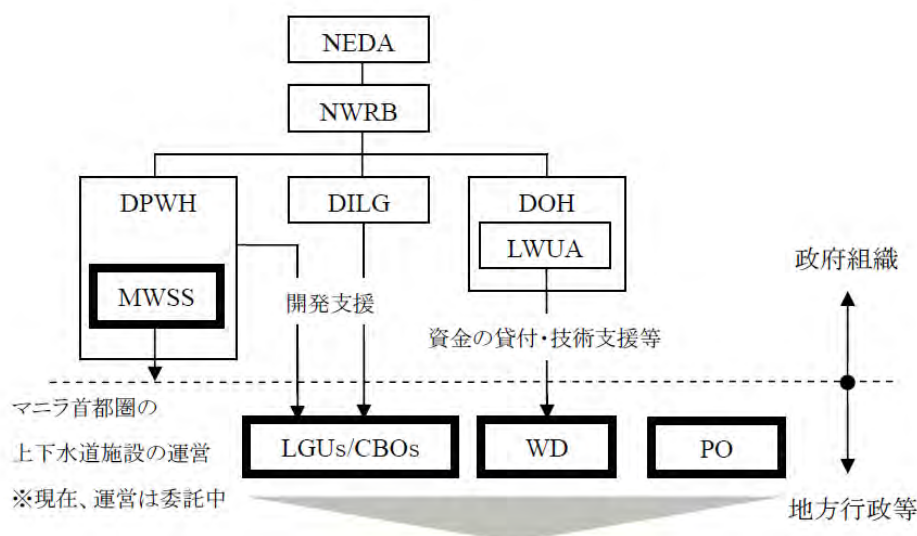
表 4.5.2 2007年時点での地方別の給水人口

| No.  | 地域名      | 人口概数    | 安全な水が供給されている人口の比率 (%) | 代表都市    |
|------|----------|---------|-----------------------|---------|
| NCR  | マニラ首都圏   | 1,200万人 | 91                    | マニラ     |
| IV-A | カラバルソン地方 | 1,200万人 | 89                    | カビテ、ラグナ |

出典：厚生労働省、平成23年度水道産業国際展開推進事業報告書 2012.3

フィリピンでは、国家経済開発庁 (National Economic and Development Authority : NEDA) により国家開発計画が策定され、それに基づき水道の整備・運営を行っている。また、国会水資源評議会 (National Water Resource Board: NWRB)が水道料金や水資源の利用に関する規制を行う。

マニラ首都圏の上下水道を管轄しているのはマニラ首都圏上下水道庁 (Metropolitan Waterworks Sewerage System: MWSS)である。その他の地域については、地方公共団体 (Local Government Unit: UGUs)、水道組合 Community Bases Organization: CBOs)及び民間事業者 (Private Operator: PO) が運営している。



出典：厚生労働省、平成23年度水道産業国際展開推進事業報告書 2012.3  
 記：公共事業・高速道路省、DPWH：Department of Public Works and Highways  
 地方水道庁、LWUA：Local Water Utilities Administration  
 内務自治省、DILG：Department of Interior and Local Government  
 保健省、DOH：Department of Health

図 4.5.4 政府機関と水道事業体との関係

マニラの水道事業は、マニラウォーター(Manila Water Company Inc. : MWCI) とマニラッド水道事業会社 (Maynilad Water Services Inc. : MWSI) の2社が行っており、対象地域 West Zone はマニラッドが給水している。

表 4.5.3 南マニラの水の消費量 2012

| 権利保有者 | サービス地域               | 消費量 (mil. m <sup>3</sup> ) | 接続数     |
|-------|----------------------|----------------------------|---------|
| MWCI  | Makati               | 47.6                       | N.A.    |
| MWSI  | Muntinlupa           | 3.65                       | 125,511 |
| MWSI  | Paranaque<br>旧マニラ首都圏 | 4.43                       | 115,827 |

出典：ローカルコンサルタンの聞き取り調査



出典：東京大学、フィリピンの水道事業 2008

図 4.5.5 サービス区域地図

ラグナ州においては、水道についてのきちんとした資料がない。カビテ州では、2011年の統計では、公共機関と私有会社の18の水供給者より253,300ヶ所に水が供給されている。このうち40,778ヶ所は、MWSIでカバーされている。2012年のデータでは、63,459世帯で1.46 million m<sup>3</sup>の水が供給されている。

表 4.5.4 全国のサービス水準別の給水人口比率

| 政府公認によるサービスを受ける人口 80%       |                            |                             | それ以外の方法による給水<br>(私設の井戸、タンクなど)<br>20% |
|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|--------------------------------------|
| レベルⅢ<br>(水道管による戸別給水)<br>45% | レベルⅡ<br>(公共水栓による給水)<br>10% | レベルⅠ<br>(浅井戸などの単独水源)<br>25% |                                      |
| WD<br>20%                   | PO<br>5%                   | LGU-CBO<br>20%              | LGU-CBO<br>35%                       |

出典：厚生労働省、平成23年度水道産業国際展開推進事業報告書 2012.3



### 4.5.3 通信・情報

#### (1) 概要

フィリピンにおいては、固定電話等の普及率は低く、そのため無線通信、なかでも携帯電話への依存度が高く、またインターネットの普及の早さに繋がっている。

通信事業は、フィリピン長距離電話公社 (Philippine Long Distance Telephone Company: PLDT) とグローブテレコムが市場を独占している。電気通信事業に対する規制・監督は国家電気通信委員会 (National Telecommunications Commission: NTC) が行っている。

#### (2) 電話

フィリピンでは固定電話の加入者が少なく、2011年で約355万人、普及率は3.8%である。島しょ群で構成されている地形条件が大きく作用している。一方携帯電話の加入者は9,400万人で、普及率は99.3%で1人1台となっている。カード等であらかじめ料金を支払うプリペイド方式が一般的である。移動通信市場は、PLDTの子会社であるスマートとグローブの2社が市場シェアの99%を占める。

データ利用料は、1日50ペソであり、Eメール、チャット、ソーシャルメディアの利用拡大をまねいている。携帯電話の機種でもっとも多いのがノキアであるが、サムソン、アップル、ブラックベリーなど多様な機種が利用されている。スマートフォンは今後大きな伸びが見込まれる。

表 4.5.5 全国の固定電話加入者及び普及率

| 年            | 2007  | 2008  | 2009  | 2010  | 2011  |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 固定電話加入者数 (千) | 3,940 | 4,076 | 6,783 | 6,783 | 6,782 |
| 固定電話普及率 (%)  | 4.4   | 4.5   | 7.4   | 7.3   | 7.2   |

出典：ITU-World Telecommunication/ICT Indicators Database 2012

表 4.5.6 ラグナとカビテの固定電話 2011

| 州      | 細項目     | 固定電話    | Public Calling Office (PCO) |
|--------|---------|---------|-----------------------------|
| Laguna | 合計      | 257,525 | 471                         |
|        | PLDT    | 110,881 | -                           |
|        | Digital | 60,878  | 471                         |
|        | Others  | 28,766  | -                           |
| Cavite | 合計      | 151,913 | 169                         |
|        | PLDT    | 95,817  | -                           |
|        | Digital | 52,096  | 169                         |
|        | Others  | 4,000   | -                           |
| 総合計    |         | 409,438 | 640                         |

出典：ローカルコンサルタントの聞き取り調査

表 4.5.7 全国の携帯電話加入者及び普及率

| 年            | 2007   | 2008   | 2009   | 2010   | 2011   |
|--------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 携帯電話加入者数 (千) | 57,345 | 68,117 | 75,587 | 79,896 | 87,256 |
| 携帯電話普及率 (%)  | 64.7   | 75.5   | 82.4   | 85.7   | 92.0   |

出典：ITU-World Telecommunication/ICT Indicators Database 2012

**(3) インターネット**

2011年におけるインターネットの加入者は約520万人、普及率は5.5%、ブロードバンド加入者は約180万人、普及率は1.9%である。インターネットは順調にのびているが、ブロードバンドの普及は、月額料金の高さのため、進んでいない。

フィリピンの主要インターネットサイトは、1-Facebook、2-Google、3-Yahoo、4-Wikimedia Foundation、5-Microsoft となっている。インターネットアクセス時の使用デバイスは、デスクトップパソコンが61%、ノートパソコンが28%、モバイルが3%である。

表 4.5.8 全国のブロードバンド加入者及び普及率

| 年               | 2007 | 2008  | 2009  | 2010  | 2011  |
|-----------------|------|-------|-------|-------|-------|
| ブロードバンド加入者数 (千) | 496  | 1,046 | 1,722 | 1,722 | 1,791 |
| ブロードバンド普及率 (%)  | 0.6  | 1.2   | 1.9   | 1.8   | 1.9   |

出典：ITU-World Telecommunication/ICT Indicators Database 2012

**(4) 放送市場**

地上テレビ放送は、商業放送のABC-CBN、GMA及びABCの3社と政府管理放送局のピープルズTV、ソーラーTV、IBCの3社により提供されている。ケーブルテレビは千社以上の事業者により提供されている。ラグナとカビテ州については、マニラの放送局のカバー範囲にある。

**4.5.4 ガス****(1) ガス**

フィリピンでは家庭用及びタクシー用にLPGガスが使われ、主に使われているのが約11.2kgのガスボンベである。利用するには、マニラ首都圏で23社の販売店に連絡し配達してもらうのが一般的である。

カビテに2ヶ所の販売店がある。Department of Energy (DOE)のデータでは、ラグナには9箇所のLPG精製プラントがあり、カビテには13箇所ある。

**(2) 油槽所**

対象地域の油槽所は、下記の通りである。

表 4.5.9 マニラ首都圏と周辺の油槽所

| 地域                          | 州        | 地区            | 数  | 貯留能力<br>(x 1,000 バレル, MB) |
|-----------------------------|----------|---------------|----|---------------------------|
| NCR 合計                      |          |               | 25 | 2,077                     |
| NCR                         |          | Manila        | 8  | 1,645                     |
|                             |          | Mandaluyong   | 3  | 144                       |
|                             |          | Muntinlupa    | 1  | 2                         |
|                             |          | Paranaque     | 1  | 94                        |
|                             |          | Pasay         | 1  | 33                        |
|                             |          | Taguig        | 2  | 5                         |
|                             |          | Pasig         | 3  | 50                        |
|                             |          | Navotas       | 1  | 76                        |
|                             |          | Caloocan      | 2  | 1                         |
|                             |          | Valenzuela    | 3  | 28                        |
| REGION IV-A 合計※             |          |               | 15 | 10,623                    |
| Region IV-A<br>(Calabarzon) | Cavite   | Rosario       | 1  | 77                        |
|                             |          | Naic          | 1  | 100.93                    |
|                             | Laguna   | Alaminos      | 1  | 1                         |
|                             | Batangas | Mabni         | 2  | 326                       |
|                             |          | San Pascual   | 2  | 1,783                     |
|                             |          | Calaca        | 1  | 504                       |
|                             |          | Batangas City | 4  | 767                       |
|                             |          | Tabangao      | 2  | 7,065                     |
|                             | Quezon   | Candelaria    | 1  | 0.5                       |
| ※精製貯留能力を含む                  |          |               |    |                           |

出典：ローカルコンサルタント聞き取り調査

#### 4.5.5 廃棄物

##### (1) 概要

マニラ首都圏における廃棄物の管理は、National Solid Waste Management (NSWMC)により策定された要綱により、Department of Environment and Natural Resources (DENR)が施策を具体化し、マニラ首都開発庁 (Metro Manila Development Authority: MMDA)が廃棄物の収集から廃棄までの総合管理を行っている。

マニラ首都圏で排出される廃棄物の発生量は、1日当り 8,400~8,600 トンであり、一般の1所帯あたり 0.7kg の発生がある。

ラグナ州では、16地区が野外ごみ処理場を運営している。また私有機関がごみ処理を行っており、2ヶ所の衛生埋立場と1ヶ所の管理埋立場を有している。廃棄物の量については、カビテ州同様処理量は不明である。

カビテ州では、カビテ独自の衛生処理場を持たないため、廃棄物の処理については住民の間で懸案事項となっている。現在の処理量は不明であるが、2002年の統計では 1,540m<sup>3</sup>/日となっている。カビテ地方政府はそのため廃棄物処理を実行できるよう挑戦を始めている。カビテの

市や地区は、独自の処理方法を行っているが、共和国 ACT 9003 を満足していない。そこで取りあえず、家庭からのごみの量を減らす努力を行っている。

## (2) 都市廃棄物の組成

発生源別の構成は、下記の通りである。

表 4.5.10 発生源別の構成

| 排出場所       | 割合 (%) |
|------------|--------|
| 家庭         | 74.50  |
| レストラン      | 8.18   |
| 商業施設       | 10.24  |
| 市場 (マーケット) | 6.13   |
| 学校及びオフィス   | 0.75   |
| 道路清掃       | 0.42   |
| 河川         | 0.11   |

出典：東京都環境公社 (2003 年、MMDA)

また都市廃棄物の組成は、以下の通りである。

表 4.5.11 廃棄物の組成

| 廃棄物の名前   | 割合 (%) |
|----------|--------|
| 台所廃棄物    | 45     |
| 紙類       | 17     |
| プラスチック類  | 16     |
| 金属類      | 5      |
| 刈取り草、樹木等 | 7      |
| 皮革及びゴム製品 | 1      |
| 陶器及び石類   | 1      |
| 繊維類      | 4      |
| ガラス類     | 3      |
| その他      | 1      |
| 合計       | 100    |

出典：東京都環境公社 (2003 年、MMDA)

## (3) 最終処分場

中間処理はなく、全て埋立処分である。NSWMC のデータでは、マニラ首都圏、Region III (Central Luzon)、Region IV-A (カビテ、ラグナを含む CALABARZON) では、21 ヶ所の Sanitary 埋立場、73 ヶ所のオープン・ダンプサイト、それに 36 ヶ所の管理型ダンプサイトがあるとしている。

表 4.5.12 マニラ首都圏の最終処分場

| 施設名  | 運用開始      | 形式  | 規模 (ha) | 処理量 (ton / day) |
|--|-----------|-----|---------|-----------------|
| Montalban Solid Waste Disposal Facility – Rodriguez, Rizal | 2002 / 6  | 管理型 | 14      | 1,321.12        |
| Barangay Tanza, Navotas                                    | 2002 / 10 | 管理型 | 11      | 430.00          |

|                           |      |      |    |          |
|---------------------------|------|------|----|----------|
| Lingonan, Valenzuela City | 1998 | 管理型  | 14 | 270.00   |
| Payatas, Quezon City      | 1973 | オープン | 21 | 1,294.00 |
| San Pedro, Laguna         |      | 管理型  | 14 | 467.00   |
| Catmon, Malabon           |      | オープン | 14 | 195.00   |
| Pier 18, Tondo, Manila    |      | オープン | -  | 186.00   |
| Pulang Lupa, Las Pinas    |      | 管理型  | 7  | 228.00   |
|                           |      |      | 合計 | 4,391.12 |

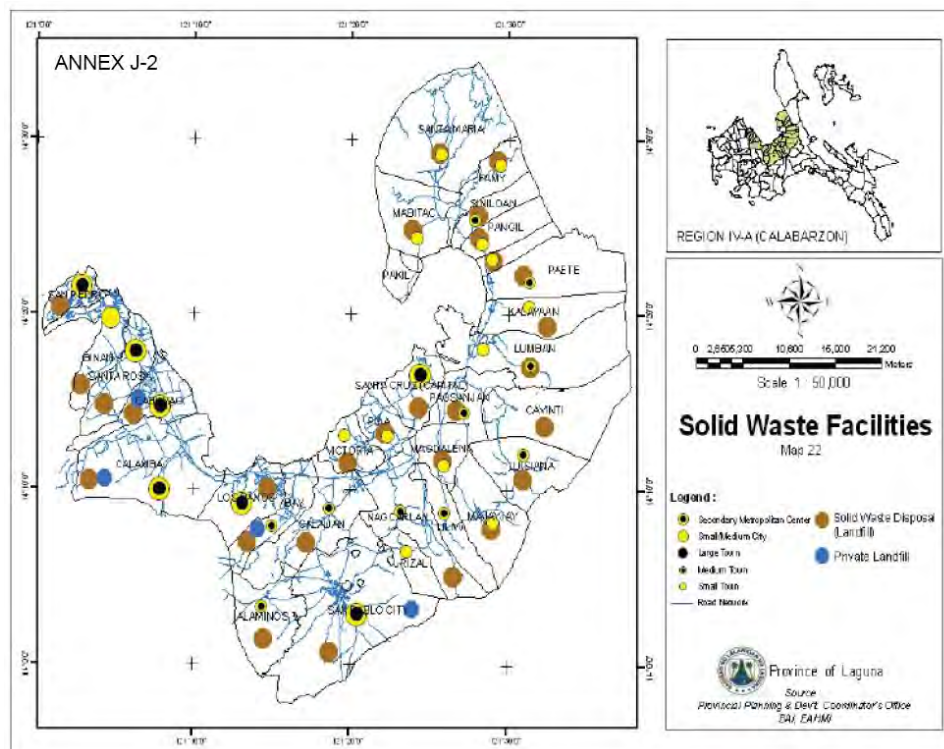
出典：東京都環境公社（2003年、MMDA）

NSWMC は、上記以外のラグナとカビテに限定した下記の統計を有している。

表 4.5.13 ラグナとカビテにおける固形廃棄物管理施設の数 2011

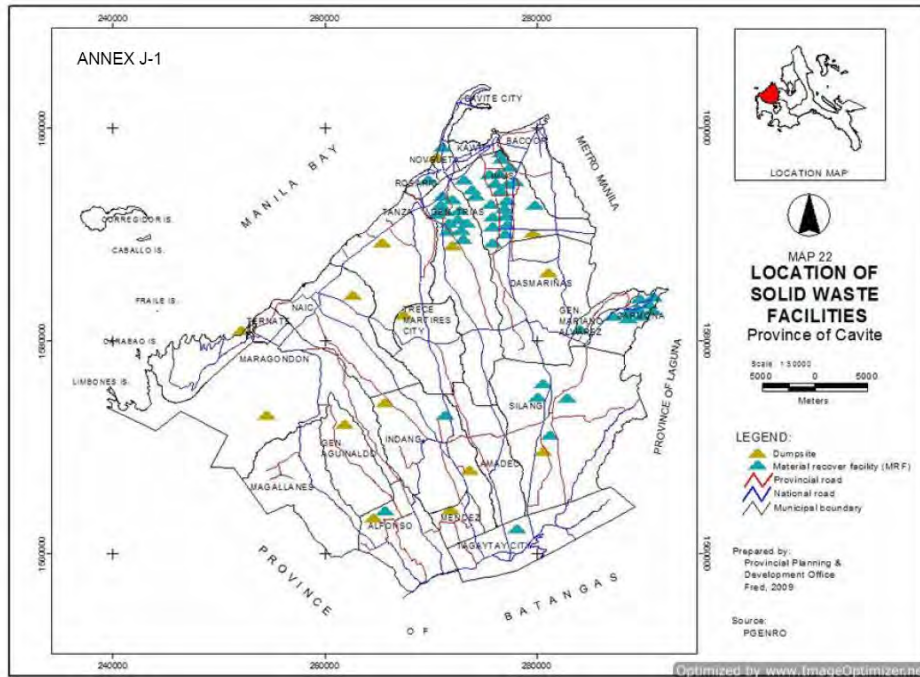
| 州   | 野外埋立場 | 材料再生施設 | 衛生処理 |           |              |
|-----|-------|--------|------|-----------|--------------|
|     |       |        | 数    | 合計面積 (ha) | 合計能力 (ton/日) |
| ラグナ | 12    | 128    | 4    | >10.7     | >350         |
| カビテ | 5     | 55     | 1    | 800       | 55           |

出典：NSWMC



出典：Province of Laguna, Ecological Profile

図 4.5.6 ラグナの廃棄物処理施設



出典：ローカルコンサルタント聞き取り調査

図 4.5.7 カビテ州の廃棄物処理施設

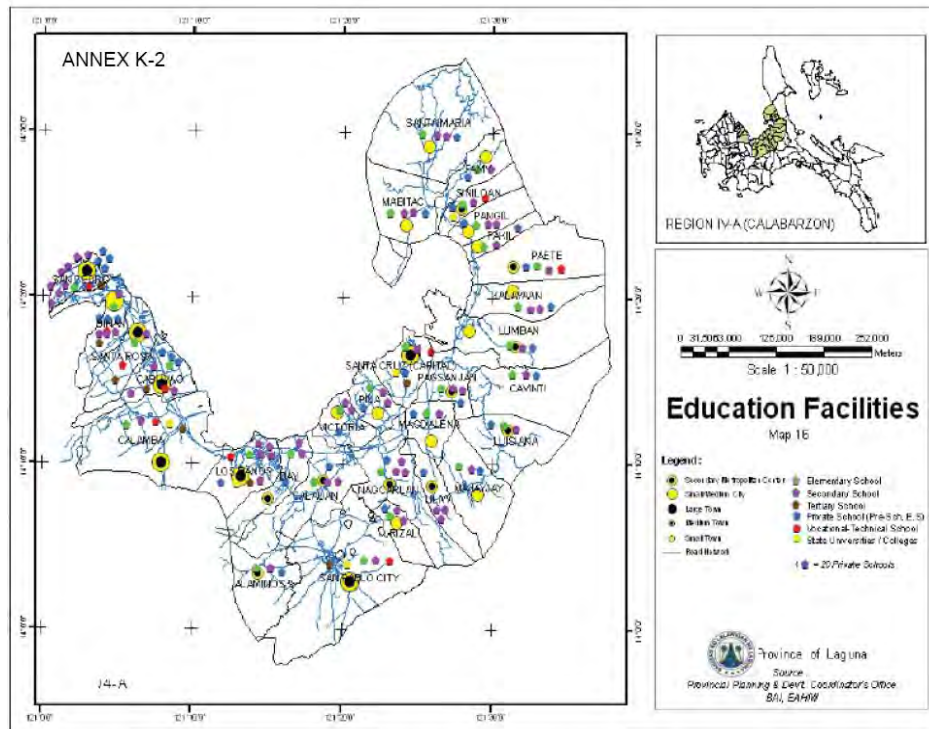
#### 4.5.6 学校

学校と生徒数は、下記の通りである。

表 4.5.14 ラグナ州とカビテ州の学校と生徒数

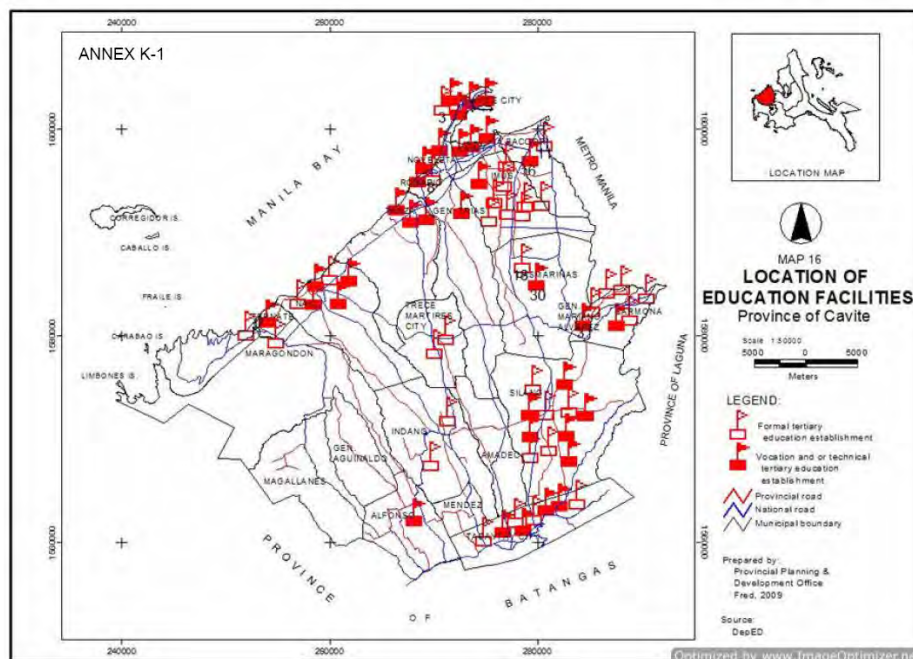
|                                 | ラグナ州<br>2008-2009 |         | カビテ州<br>2012 |         | 合計    |         |
|---------------------------------|-------------------|---------|--------------|---------|-------|---------|
|                                 | 学校数               | 生徒数     | 学校数          | 生徒数     | 学校数   | 生徒数     |
| Primary/Elementary              | 757               | 190,409 | 1,122        | 445,036 | 1,879 | 635,445 |
| Public                          | 473               | -       | 373          | 350,650 | 846   | -       |
| Private                         | 284               | -       | 749          | 94,386  | 1,033 | -       |
| Secondary                       | 251               | 94,300  | 513          | 242,751 | 764   | 337,051 |
| Public                          | 105               | -       | 81           | 74,641  | 186   | -       |
| Private                         | 146               | -       | 432          | 78,684  | 578   | -       |
| Tertiary<br>(College and Univ.) | 73                | -       | 69           | -       | 142   | -       |
| Public                          | 16                | -       | 16           | -       | 32    | -       |
| Private                         | 57                | -       | 53           | -       | 110   | -       |

出典：ローカルコンサルタント聞き取り調査



出典：Province of Laguna, Provincial Development and Physical Framework Plan

図 4.5.8 ラグナ州の学校施設



出典：ローカルコンサルタント聞き取り調査

図 4.5.9 カビテ州の学校施設

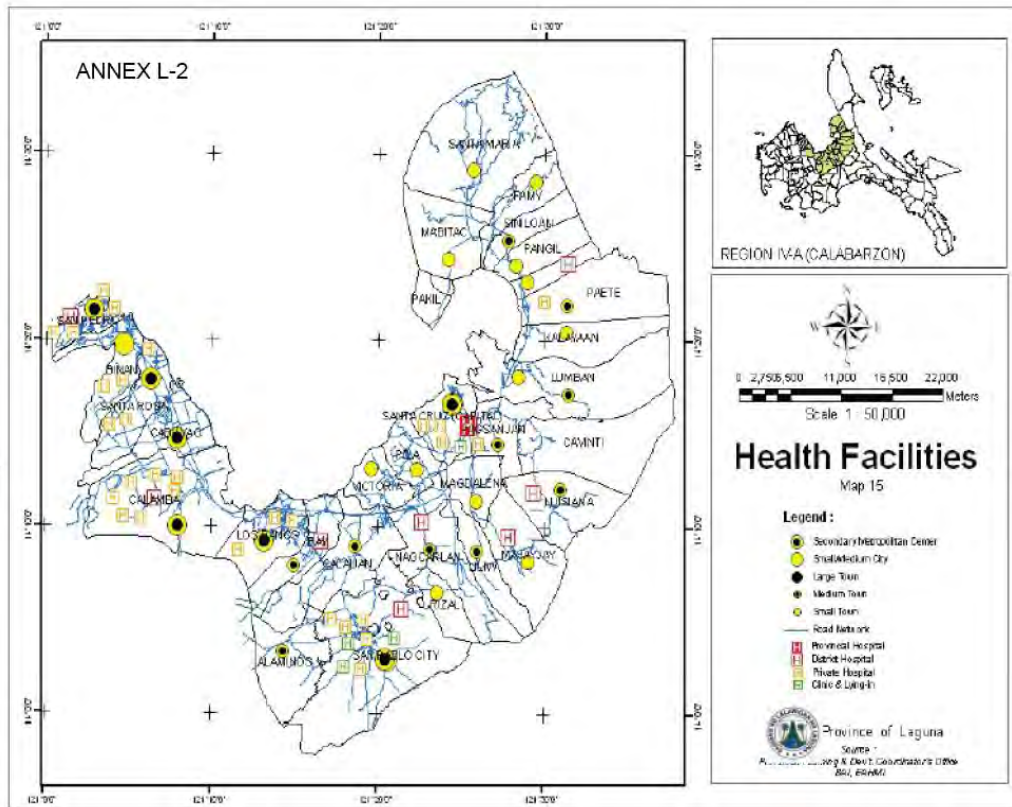
#### 4.5.7 病院

ラグナとカビテ州の病院数は 102 ヶ所である。

表 4.5.15 病院数 2009

| 項目   | ラグナ州  | カビテ州  | 合計    |
|------|-------|-------|-------|
| 病院数計 | 49    | 53    | 102   |
| 政府系  | 9     | 12    | 21    |
| 民間   | 40    | 41    | 81    |
| ベッド数 | 1,600 | 2,312 | 3,912 |

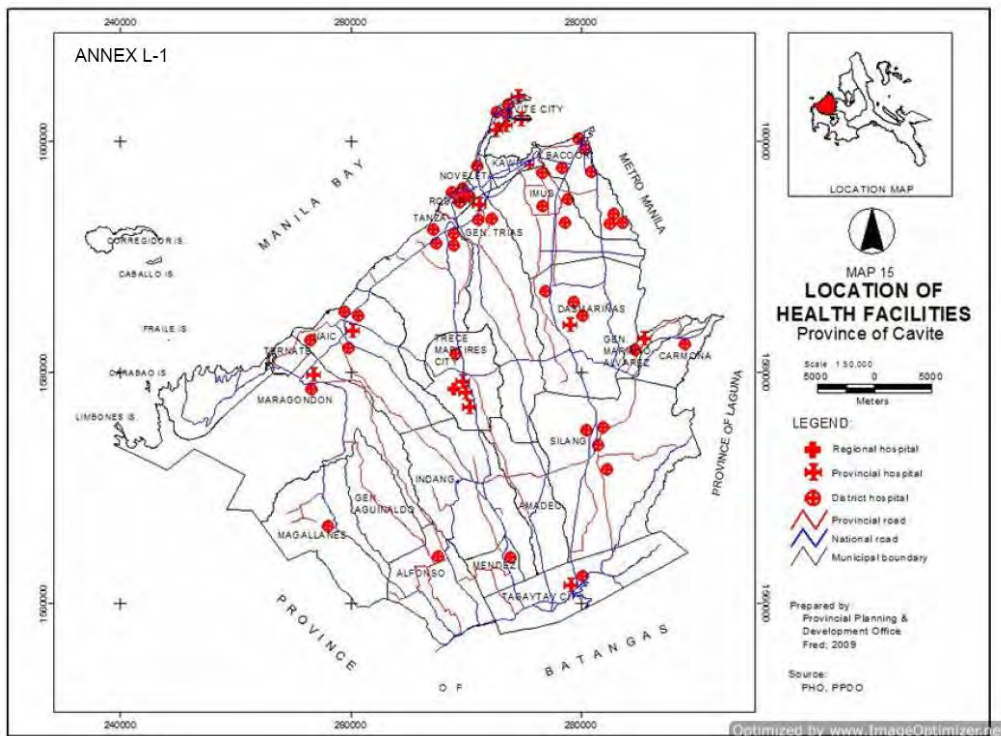
出典：ローカルコンサルタント聞き取り調査



出典：Province of Laguna, Provincial Development and Physical Framework Plan

図 4.5.10 ラグナ州の病院施設





出典：ローカルコンサルタント聞き取り調査

図 4.5.11 カビテ州の病院施設

#### 4.6 周辺地域及び日本との経済的つながり

##### 4.6.1 対象地域の経済の概況

カラバルゾン地域（マニラ南部のカビテ州、ラグナ州、バタンガス州、リサール州、ケソン州を含む地域）は、工業団地建設等を目的とした投資が進んでいる地域である。中でも、バタンガス州の工業団地、特に First Philippines Industrial Park (FPIP) と Lima Technology Center (LTC) には、現在、自動車、機械、電機等の日系企業の進出が集中的に進んでいる。FPIP には村田製作所やブラザー工業、キャノン、シマノ、LTC にはバンダイ、古河電工、エプソンなどが進出している。これに対して、カビテやラグナの工業団地は既に用地的にも空きが少なく、これ以上の進出ができない状況となっている。

首都圏の重要な港湾インフラとなっているマニラ港では、荷動きのうち、輸入が 7 割、出荷が 3 割の比率となっていて、常に対応能力が満杯の状態が続いている。バタンガス州では、マニラ港とつなぐ道路インフラも整備され、更にバタンガス港も活用されるようになってきている。同様に、マニラ北側に位置するスービック港も整備が進んでおり、これらの両港の利用が進めば、マニラ首都圏での物流事情の改善に貢献すると考えられている。

交通渋滞は、特に、マニラ首都圏中心部で深刻であり、バタンガス州にある工業団地（例：Lima Technology Center 等）からは片道 6-7 時間程度もかかるとされる。一方、バタンガス港へは 35km の距離にあり、1 時間強程度で積み出すことができ、経済的な利便性が明確である。一

方、バタンガス港では、輸入貨物がまだ少なく、物流事業者にとって業務効率を下げる要因となる。

マニラ港のほかに、スービック港、バタンガス港の利用を拡大することができれば、物流経路の代替性が確保され、BCPの観点からもメリットがあるのは明白であるが、現状では、定期船の発着頻度及び取扱量が少なく、経済的なメリットが得られていない状況にある。

#### 4.6.2 主要な経済政策

フィリピンの経済開発計画については、国レベルの **Philippine Development Plan (PDP)** と、地方レベルの **Regional Develop Plan (RDP)** とが策定されている。これらはどちらも経済政策のフレームワークを提示するものであり、相互に連携して作成されている。

具体的な策定手続きについては、まず、PDPの素案が作成され、それを地域事務所へ回覧され、意見を反映した上で確定されている。その後、PDPに基づいてRDPが策定される手順となっている。NEDAの各地域事務所には、**Regional Development Council** が設置されており、ここに各州知事 (**Governors**) が委員として入り、地方の意見が反映される仕組みとなっている。

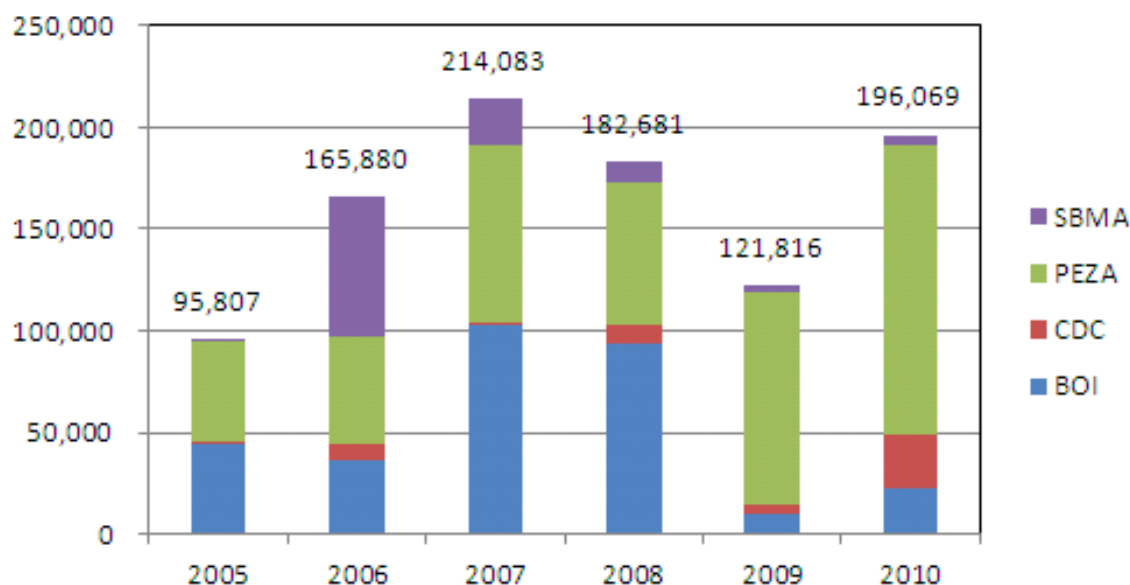
経済開発計画に記載されている具体的なプログラムの内容を知るには、**Provincial Development Physical Framework Plan (PDPFP)** 及び **Comprehensive Development Plan (CDP)** を参照するとよい。

#### 4.6.3 日本との経済的なつながり

日本とフィリピンの貿易額をみると、日本が最大の貿易相手国となっている。2010～2011年の実績では、いずれも日本への輸出額が最大となっている。一方、輸入額についても、米国と並んで最大の貿易相手国となっている。その他の国に着目すると、中国からの輸入が大幅に増えており、日本・米国の水準に近づいている。

また、海外直接投資額 (FDI) を国別にみると、日本は、フィリピンにとって最大の投資国となっている。2006年から2011年までの6年間のFDI認可額の累計額は、日本からのFDIが最大となっており、全体の1/4近くを占めた。

2005-2010年におけるフィリピンへの海外直接投資額の推移を以下に示す。リーマンショックの影響により、2009年に低下したものの、2010年には回復した。4つの投資当局のうち、PEZAが中核的な役割を果たしている。



| AGENCY       | 2005          | 2006           | 2007           | 2008           | 2009           | 2010           | Total          |
|--------------|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| BOI          | 43,797        | 36,557         | 102,282        | 93,552         | 10,397         | 22,329         | 308,913        |
| CDC          | 1,329         | 8,083          | 1,462          | 9,243          | 4,536          | 26,250         | 50,903         |
| PEZA         | 49,842        | 52,338         | 87,376         | 70,355         | 103,421        | 142,167        | 505,500        |
| SBMA         | 839           | 68,902         | 22,963         | 9,531          | 3,462          | 5,323          | 111,020        |
| <b>TOTAL</b> | <b>95,807</b> | <b>165,880</b> | <b>214,083</b> | <b>182,681</b> | <b>121,816</b> | <b>196,069</b> | <b>976,335</b> |

出典: Invest Philippines 2012 (<http://www.investphilippines.gov.ph/statistic2.html>)

図 4.6.1 フィリピンへの海外直接投資額の推移 2005-2010 [百万ペソ]

2005-2010 年における投資国別のフィリピンの海外直接投資額の推移を以下に示す。2005-2010 年の総額で見ると、日本 (2314 億ペソ) が最も多く、韓国 (1580 億ペソ)、米国 (1350 億ペソ) が続いている。

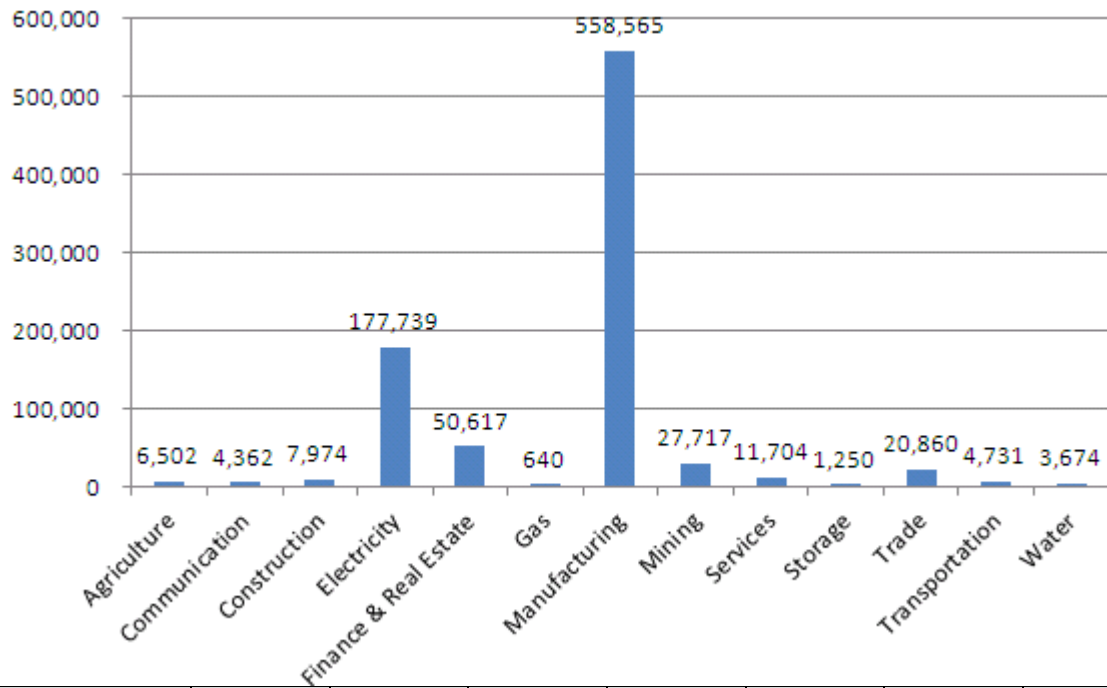
表 4.6.1 海外直接投資額の推移 2005-2010 [百万ペソ]

| COUNTRY            | 2005   | 2006   | 2007   | 2008   | 2009   | 2010   | Total   |
|--------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| Australia          | 563    | 689    | 705    | 1,347  | 799    | 615    | 4,719   |
| Belgium            | -      | -      | -      | -      | -      | 30     | 30      |
| Bermuda            | -      | -      | -      | 654    | -      | -      | 654     |
| Br. Virgin Islands | 658    | 5,450  | 670    | 2,111  | 1,176  | 7,654  | 17,719  |
| Canada             | -      | -      | -      | 582    | 312    | 157    | 1,051   |
| Cayman Islands     | 13,817 | 384    | 521    | 3,616  | -      | 10,638 | 28,976  |
| China              | 195    | 17,935 | 1,822  | 2,307  | 2,392  | 5,657  | 30,307  |
| Denmark            | -      | -      | -      | -      | 146    | -      | 146     |
| France             | 46     | 1,106  | 746    | 822    | 112    | 602    | 3,433   |
| Germany            | 418    | 306    | 3,301  | 3,765  | 1,001  | 1,097  | 9,887   |
| Hong Kong          | 93     | 553    | 1,464  | 1,135  | 3,923  | 59     | 7,227   |
| India              | -      | -      | -      | -      | 634    | 1,857  | 2,491   |
| Indonesia          | -      | 11     | -      | -      | -      | -      | 11      |
| Italy              | 8      | 18     | 21     | -      | -      | -      | 47      |
| Japan              | 27,539 | 20,066 | 38,587 | 16,116 | 70,737 | 58,333 | 231,378 |
| Korea              | 10,828 | 54,327 | 12,077 | 39,954 | 9,624  | 31,182 | 157,991 |
| Luxembourg         | -      | -      | -      | -      | 726    | -      | 726     |
| Malaysia           | 69     | 856    | 7,562  | 112    | 96     | 754    | 9,449   |

|              |               |                |                |                |                |                |                |
|--------------|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Manx         | -             | -              | -              | -              | -              | -              | -              |
| Nauru        | -             | 439            | -              | -              | -              | -              | <b>439</b>     |
| Netherlands  | 19,208        | 7,188          | 14,401         | 45,354         | 2,070          | 36,784         | <b>125,005</b> |
| Norway       | -             | -              | 11,175         | 4,051          | 64             | -              | <b>15,290</b>  |
| Singapore    | 890           | 6,396          | 44,246         | 6,565          | 3,468          | 7,284          | <b>68,847</b>  |
| Sweden       | 0             | 165            | 3              | -              | -              | -              | <b>169</b>     |
| Switzerland  | 817           | 605            | 99             | 939            | 2,622          | 13,557         | <b>18,637</b>  |
| Taiwan       | 1,394         | 1,953          | 20,529         | 1,288          | 223            | 1,506          | <b>26,892</b>  |
| Thailand     | 1,535         | 522            | 187            | 38             | 2,482          | 1,173          | <b>5,937</b>   |
| UK           | 195           | 5,887          | 10,182         | 25,273         | 3,439          | 1,065          | <b>46,041</b>  |
| USA          | 14,913        | 38,199         | 36,089         | 19,721         | 12,947         | 13,159         | <b>135,029</b> |
| Others       | 2,623         | 2,826          | 9,696          | 6,934          | 2,821          | 2,908          | <b>27,808</b>  |
| <b>TOTAL</b> | <b>95,807</b> | <b>165,880</b> | <b>214,083</b> | <b>182,681</b> | <b>121,816</b> | <b>196,068</b> | <b>976,335</b> |

出典: Invest Philippines 2012 (<http://www.investphilippines.gov.ph/statistic2.html>)

2005-2010年におけるセクター別のフィリピンの海外直接投資額の推移を以下に示す。2005-2010年の総額でみると、製造業が最も多く、5586億ペソとなっている。続いて、電力(1777億ペソ)、金融・不動産(506億ペソ)と続いている。



| INDUSTRY              | 2005   | 2006    | 2007   | 2008   | 2009   | 2010    | Total          |
|-----------------------|--------|---------|--------|--------|--------|---------|----------------|
| Agriculture           | 291    | 2,381   | 125    | 91     | 2,406  | 1,209   | <b>6,502</b>   |
| Communication         | -      | 2,963   | 1,307  | 92     | -      | -       | <b>4,362</b>   |
| Construction          | 34     | 766     | 6,817  | 33     | 93     | 231     | <b>7,974.0</b> |
| Electricity           | 10,864 | 439     | 74,620 | 81,279 | 2,071  | 8,467   | <b>177,739</b> |
| Finance & Real Estate | 203    | 7,627   | 9,296  | 11,557 | 16,433 | 5,501   | <b>50,617</b>  |
| Gas                   | 90     | -       | 533    | -      | 17     | -       | <b>640</b>     |
| Manufacturing         | 67,730 | 112,665 | 80,833 | 48,357 | 86,133 | 162,847 | <b>558,565</b> |
| Mining                | 7,313  | 724     | 9,655  | 3,360  | 631    | 6,035   | <b>27,717</b>  |
| Services              | 8,783  | 17,386  | 27,740 | 36,010 | 10,891 | 10,894  | <b>11,704</b>  |
| Storage               | 1      | 13      | 1,223  | 13     | -      | -       | <b>1,250</b>   |
| Trade                 | 107    | 19,591  | 368    | 322    | 153    | 319     | <b>20,860</b>  |
| Transportation        | 391    | 1,325   | 643    | 1,568  | 238    | 567     | <b>4,731</b>   |

|              |               |                |                |                |                |                |                |
|--------------|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Water        | -             | -              | 922            | -              | 2,752          | -              | 3,674          |
| <b>TOTAL</b> | <b>95,807</b> | <b>165,880</b> | <b>214,083</b> | <b>182,681</b> | <b>121,816</b> | <b>196,069</b> | <b>976,335</b> |

出典: Invest Philippines 2012 (<http://www.investphilippines.gov.ph/statistic2.html>)

図 4.6.2 フィリピンの海外直接投資額の推移 2005-2010 [百万ペソ]

## 4.7 BCP の取り組みの現状

### 4.7.1 主な自然災害と防災意識

フィリピンでの自然災害は台風、洪水、土砂災害、地震のリスクが想定されるが、一般の企業においては防災については関心が低く、企業における防災計画、緊急対応計画などの整備の必要性が浸透していない状況である。

また、特に BCP については多くの企業や経営者にはまだ周知されていない考えであり、BCM/BCP を把握している場合でも、企業の危機管理体制や災害リスクマネジメントと区別せずに理解している様子もみられる。

### 4.7.2 企業における BCP 等の取り組み

#### (1) 一般企業における BCP 等の取り組み

企業においては自然災害に対する防災意識も低く、マニラ周辺では大雨・洪水以外の災害についてはあまり想定されていないことから、防災計画や緊急対応計画を明確に策定している企業は少ない。また、フィリピンの民間企業において BCP の取り組みを推進しているといった話はほとんど聞かれない。

企業の防災への取り組みが進んでいる例としては、製造業などで比較的考慮されている傾向がみられる。また、一部の大規模企業および国際展開をしている企業などで BCP が検討されている。対して多くの中小企業では、自助により対策を行う余裕がないため、行政や大規模企業の CSR などによる防災体制に頼る場面が多くなっている。

#### (2) 社会インフラに関わる企業・行政機関における BCP 等の取り組み

電力や水供給、通信などライフラインを管理する企業においては、危機管理や自然災害に対する防災マネジメントに積極的に取り組まれており、災害時の緊急対応計画などがそれぞれに整備されている。特に大手電力事業者では災害リスク管理、BCP の整備が進んでおり、支店、カスタマーセンター、データセンターなど各拠点においてそれぞれに緊急対応計画および BCP が整備されており、さらにそれらを統合した包括的な危機管理計画を構築することが計画されている。

ライフライン関連の企業に対しても、法令などに明示的に防災対策が義務づけた規則はない。政府および地方自治体が策定している国・地域防災計画内でライフラインの供給についても想定されているため、各企業はそれに対する協力が求められている。

### (3) 外資企業、日系企業における BCP 等の取り組み

工業団地などに所在する外資企業には自動車メーカーや電機メーカー、食品メーカーなど大企業の関連企業も多く、企業防災に関して先進的である。また、国際的な取引のある企業などでは、契約・入札における要請により BCP 策定や緊急対応体制の整備が進められている例もみられる。

ただし、依然として、外資企業においても災害時の事業継続体制について、明確に整備できている企業は多くなく、今後、将来的に徐々に増えてくるものと思われる。

#### 4.7.3 BCP の普及に関する取り組み

##### (1) BCP の普及に関する規制、政府指針等

フィリピンでは 2010 年に災害基本法が改定され、国の防災政策がそれまでの緊急対応を主とした方針から、事前の防災対策や被災後の復旧計画についても重視されるように変わってきている。法改定では各州、市、町、自治会 (barangay) などすべての自治組織において Disaster Risk Reduction Management Plan (DRRMP) の作成が規定されている。基本的な緊急対応対策などの認識は徐々に広がっていると思われるが、BCP に関する特定の規制、指針などは策定されていない。

民間企業の防災への取り組みに関しては法令において明示的に義務づけられてはいないが、NDRRMC には市民組織および民間企業等の協力も定められており、国の防災政策に従って対策を進めることが要請されている。

政府方針としては、DRRMP の策定に続き、災害への事前対策および緊急対応・復旧計画の整備を促すことが目指されており、将来的には BCP も DRRMP に反映させる必要があると考えられている。

##### (2) 民間における BCP の啓発・普及の取り組み

BCP の普及に関して、民間の側における積極的な取り組みなどは確認できていない。一部の取り組みとして、UNISDR などの国際機関の協力をもとに民間企業に対する BCP 促進のための検討会議などが開催され企業の BCP の取り組みが議論されている。また民間企業での取り組みの一例として、大手小売企業が主催する業界シンポジウムにおいて、企業の災害時の事業継続への取り組みが主要なテーマとして議論されている例などがある。

#### 4.7.4 BCP の普及に関する課題

フィリピンでは電気、水道など社会インフラの整備状況が十分ではない。また、交通インフラとしての一般道路についても、マニラ周辺および主要な高速道路以外の地域では豪雨などで冠水することが多く、洪水災害時には従業員の通勤に影響がやすい。また交通渋滞も発生しやすく、災害時の事業継続においてボトルネックとなりうることが考えられる。

また、外資企業や大企業などを除き、多くのフィリピンの現地企業においては、防災への対策やBCPといった取り組みへ資金をさく余裕がないのが現状となっている。

## 4.8 災害対策の現状

災害対策の現状を確認するために、ローカルコンサルタントにアンケート調査を依頼した。

### 4.8.1 アンケート調査

質問票は、広域BCPに深く関わる5つの組織を対象として調査するために準備した。

アンケート調査は広域BCPとBCPに関連して、現在何が行われているかについて分析すること、及び広域BCPと、BCPの実施について受け入れ態勢がどのような状況にあるかについて分析することを目的としている。このアンケート調査の結果は、JICAの広域BCPを構築するための枠組みを作るために利用される。

アンケート調査の焦点は以下のとおりである。

- ① 選択した10か所の工業団地
- ② Cavite Economic Zoneの入居企業による災害対策
- ③ ライフライン事業体の評価
- ④ 交通インフラ事業体の評価
- ⑤ 各レベルの政府機関によって実施されている災害対策

### 4.8.2 工業団地のアンケート調査結果

アンケート調査は Philippine Economic Zone Authority (PEZA)の Justo Porfirio LL.Yusingco 氏 (Deputy Director General for Finance & Administration) の事務所の支援を受けて行われた。以下の工業団地宛てに「JICA-AHA Interview/Questionnaire for Industrial Parks Managers」を配布してインタビューが行われた。

- ① Laguna Technopark Inc. (Laguna Province)
- ② Cavite Economic Zone (Cavite Province)
- ③ Northgate Cyberzone (Muntinlupa City)
- ④ Cavite Economic Zone II (Cavite Province)
- ⑤ Gateway Business Park (Cavite Province)
- ⑥ Golden Mile Business Park (Cavite Province)
- ⑦ People's Technology Complex (Cavite Province)
- ⑧ EMI-Special Economic Zone (Cavite Province)
- ⑨ Daiichi Industrial Park (Cavite Province)
- ⑩ First Cavite Industrial Estate (Cavite Province)

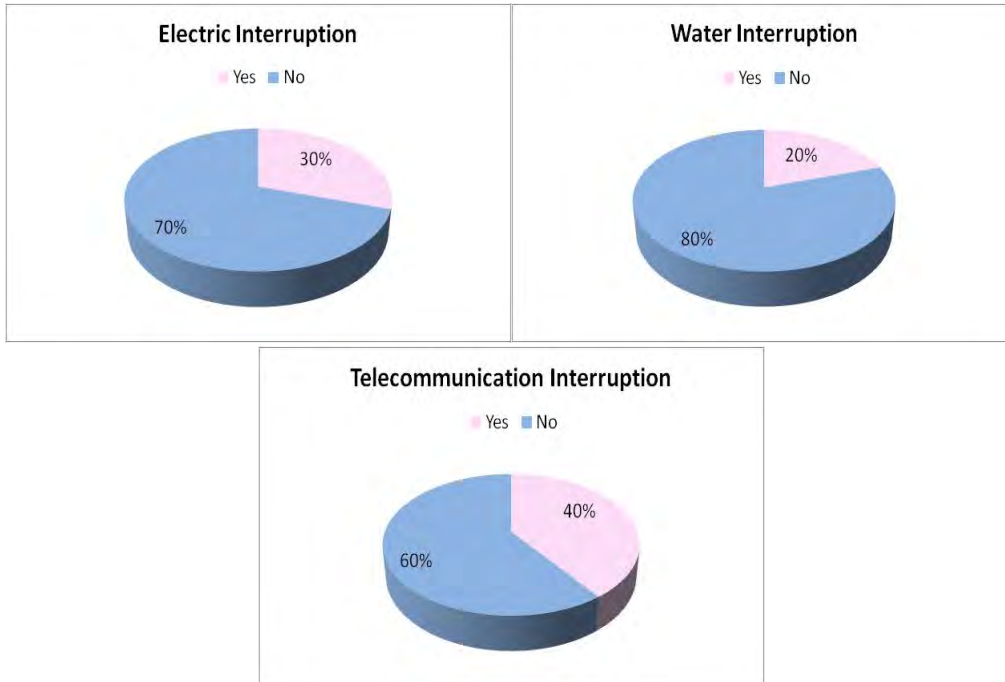
アンケート調査の結果は次のとおりである。

アンケートの依頼期日及び回収期日

- ① 依頼期日：2013年9月4日
- ② 回収期日：2013年9月20日

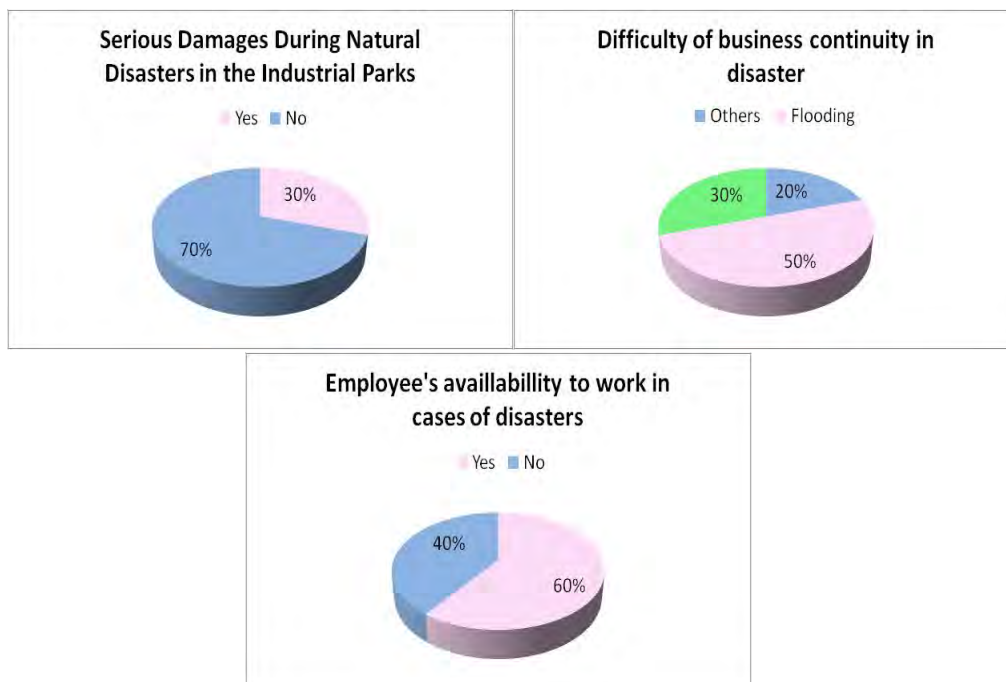
工業団地へのアンケート調査の結果は次のとおりである。

① ライフライン事業者のサービス停止



大多数の工業団地では、ライフライン事業者のサービス停止はなかった。

② 工業団地における自然災害





災害時の被害規模は大きくなかったが、半数は洪水に悩まされている。但し、災害時でも従業員の通勤と、勤務の継続は可能であった。

#### 4.8.3 企業のアンケート調査結果

入居企業へのアンケート調査も、Philippine Economic Zone Authority (PEZA) Justo Porfirio LL.Yusingco 氏 (Deputy Director General for Finance & Administration) の事務所の支援を受けて行われた。以下の工業団地宛てに「JICA-AHA Interview/Questionnaire for Industrial Parks Managers」を配布した。質問票は9月の第1週に配布され、3つの工業団地の入居者からの回答は以下のとおりである。

- ① Cavite Economic Zone (CEZ): 全146社の内、回答があったのは22社である。
- ② Laguna Technopark Inc. (LTI): 全63社の内、回答があったのは13社である。
- ③ Northgate Cyberzone (NC): 全11の内、回答があったのは2社である。

回収率が低い理由は次のとおりである。

- ・ 調査期間が短いので1対1のインタビューができなかったこと。
- ・ 質問票の配布は、JICA-AHA 調査団と PEZA の合意のもとに電子メールで行ったが、このため回答は十分ではなかった。
- ・ 工業団地は入居企業の守秘義務の観点から、入居企業リストを提示しなかった。一方 CEZ は企業リストを開示し、9月の最終週には回収のフォローアップに協力してくれた。

回答者のリストは次のとおりである。

- 1) Cavite Economic Zone (CEZ)

表 4.8.1 CEZ の入居企業

| No. | Name of locators/ business firm        |
|-----|--|
| 1   | ACE Mannix                             |
| 2   | Faith Achieve Plastics Corp.           |
| 3   | M. UBIS Phils                          |
| 4   | NT Philippines, Inc. (Plant 2)         |
| 5   | ALE Component Industries               |
| 6   | HRD Singapore Pte. LTD.                |
| 7   | Magnetron Phils Corp                   |
| 8   | S-A-N-G-T-O-P Solutions Co. Ltd., Inc. |
| 9   | Cavite Manufacturing Corp              |
| 10  | Nippon Pulse Tech Phils.               |
| 11  | Ant Steel Corporation                  |
| 12  | Reliance Apparel & Fashion Mfg. Corp.  |
| 13  | Taesung Phils. Co., Inc.               |
| 14  | Oakwave Phils., Corp.                  |
| 15  | IM Tech. Co., Inc.                     |
| 16  | DS Tech. Phils., Inc.                  |
| 17  | AMCA Packaging Solutions, Inc          |
| 18  | J-Film Philippines, Inc.               |

|   |                                   |
|---|-----------------------------------|
| 19  | Yukio Iimura Mfg. Inc.            |
| 20  | Dai Shin Han Tech Corporation     |
| 21  | Keon Yang Industrial Phils., Inc. |
| 22  | NANBU PHILIPPINES, INC.           |
| 出典: WCI (Local Consultant in Philippines) |                                   |

## 2) Laguna Technopark Inc. (LTI)

表 4.8.2 LTI の入居企業

| No.                                       | Name of locators/ business firm        |
|---|--|
| 1   | Ichinomiya Elect Philippines Corp.     |
| 2   | F-Tech. Phils. Mfg., Inc.              |
| 3   | JX Nippon Mining & Metals Phils., Inc. |
| 4   | Honda Cars Phils., Inc.                |
| 5   | Surtec Phils., Corp.                   |
| 6   | Imasen Philippine Mfg. Corp.           |
| 7   | Swedish Match Phil., Inc.              |
| 8   | EMS Components Assembly, Inc.          |
| 9   | Terumo (Phils.) Corp.                  |
| 10  | Jfe Shoji Steel Philippines            |
| 11  | Seafood Fukui Phils., Inc              |
| 12  | Fujitsu Die-Tech Corp. Phils.          |
| 13  | Toshiba Information Equipment Phils.   |
| 出典: WCI (Local Consultant in Philippines) |  |

## 3) NorthgateCyberzone (NC)

表 4.8.3 NC の入居企業

| No.                                       | Name of locators/ business firm |
|---|---------------------------------|
| 1   | iHub                            |
| 2   | Plaza C                         |
| 出典: WCI (Local Consultant in Philippines) |                                 |

工業団地の入居企業へのアンケート調査の結果は次のとおりである。

**CEZ の入居企業**

CEZ の入居者及び企業へのアンケート調査の結果は次のとおりである。

## ① アンケートの依頼期日及び回収期日

依頼期日：2013年9月4日

回収期日：2013年9月30日

## ② 回収率（＝回収数/配布総数）

146社の内21社が回答した。

22/146= 15%

③ 回収率が低い理由は次のとおりである。

電子メールで配布したが既に使われていないアドレスがあつて、質問票が相手に届かない場合もあった。工業団地のマネージャーが正しい電子メールアドレスのフォローをしてくれたのは可成り時がたってからであった。当初の配布では、調査の背景の説明が不十分であった。時間的な制約から、1対1の面談ができなかったため回収のフォローができなかった。

④ ライフライン事業者のサービス停止

- 自然災害による停電は 21 社の内 14 社が経験している（平均停止時間は 15 時間）。
- 自然災害による水のサービス停止は 21 社の内 7 社が経験している（平均停止時間は 14 時間）。
- 自然災害による通信サービスの停止は 21 社の内 9 社が経験している（平均停止時間は 13 時間）。

自然災害によるサービス停止



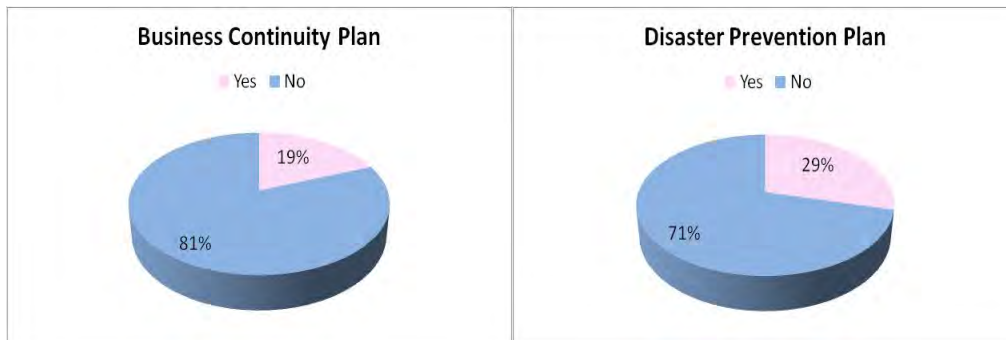
⑤ 道路他の交通インフラ事業者

- 高速道路： Cavitex (13/21)
- 港湾： Manila 港 (8/21)
- 空港： Ninoy Aquino 国際空港 (13/21)
- 鉄道： サービス停止なし

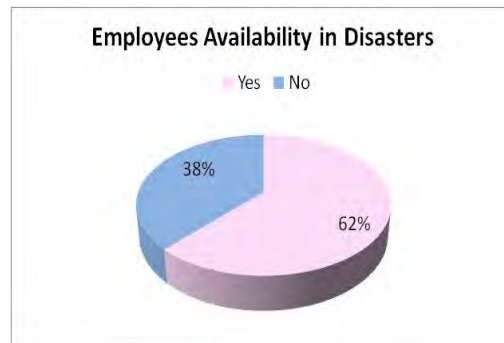
⑥ 交通インフラの代替手段

- 高速道路・道路： General Trias Drive (2/21)
- 代替の高速道路： South Luzon Expressway
- 代替の港湾： Batangas 港
- 代替の空港： なし

⑦ 災害対策及び BCP と問題点



入居企業には BCP が十分に理解されていなかった。



## LTIの入居企業

LTIの入居者及び企業へのアンケート調査の結果は次のとおりである。

① アンケートの依頼期日及び回収期日

依頼期日：2013年9月4日

回収期日：2013年9月24日

② 回収率（＝回収数/配布総数）

63社の内13社が回答した。

$13/63 = 21\%$

③ 回収率が低い理由は次のとおりである。

質問票の配布は電子メールのみで行った。工業団地のマネージャーは企業の住所等のデータを公表しなかったため、電子メールによる配布のフォローができなかった。時間的な制約から、1対1の面談ができなかったため回収のフォローができなかった。

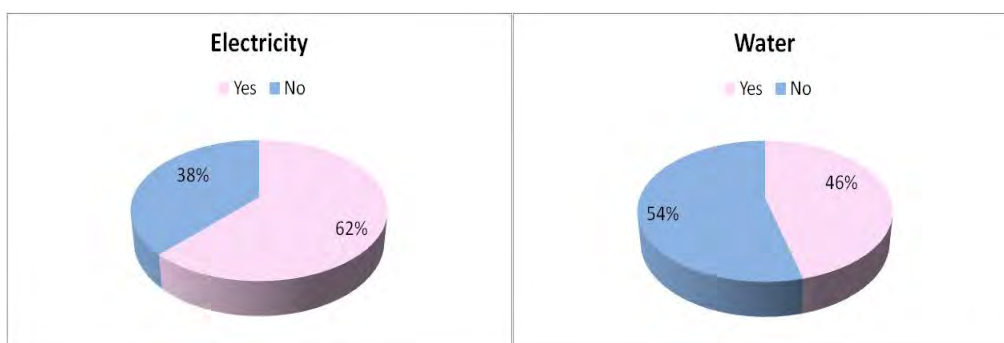
④ ライフライン事業体のサービス停止

自然災害による停電は13社の内8社が経験している（平均停止時間は11時間）。

自然災害による水のサービス停止は13社の内6社が経験している（平均停止時間は3時間）。

自然災害による通信サービスの停止は13社の内6社が経験している（平均停止時間は5時間）。

### 自然災害によるサービス停止



⑤ 道路他の交通インフラ事業体

- 高速道路： South Luzon Expressway (13/13)
- 港湾： Manila 港 (9/13)
- 空港： Ninoy Aquino 国際空港 (13/13)
- 鉄道： サービス停止なし

⑥ 交通インフラの代替手段

- 高速道路・道路：国道・Muntinlupa (5/13)
- 代替の高速道路：Costal Road Expressway (2/13)
- 代替の港湾：Batangas 港 (8/13)
- 代替の空港：Clark 国際空港 (6/13)

⑦ 災害対策及びBCPと問題点



入居企業にはBCPが十分に理解されていた。



## NCの入居企業

NCの入居者及び企業へのアンケート調査の結果は次のとおりである。

① アンケートの依頼期日及び回収期日

依頼期日：2013年9月4日

回収期日：2013年9月9日

② 回収率（＝回収数/配布総数）

11社の内2社が回答した。

2/11=18%

③ 回収率が低い理由は次のとおりである。

電子メールで質問票を配布した。工業団地のマネージャーは企業の住所等のデータを公表しなかったため、電子メールによる配布のフォローができなかった。時間的な制約から、1対1の面談ができなかったため回収のフォローができなかった。

④ ライフライン事業体のサービス停止

自然災害による停電は回答した2社のいずれも経験していない。

自然災害による水のサービス停止は回答した2社のいずれも経験していない。

自然災害による通信サービスの停止は回答した2社のいずれも経験していない。

⑤ 道路他の交通インフラ事業体

- 高速道路： South Luzon Expressway (2/2)
  - 港湾： Manila 港 South Harbor (1/2)
  - 空港： Ninoy Aquino 国際空港 (2/2)
  - 鉄道： サービス停止なし
- ⑥ 交通インフラの代替手段
- 高速道路・一般道路： ない
  - 代替の高速道路： Aguinaldo Highway (1/2)
- ⑦ 災害対策及び BCP と問題点
- 回答のあった 2 社とも災害対策及び BCP を実施していた。
- 入居企業には BCP が十分に理解されていた。

#### 4.8.4 ライフラインの事業者のアンケート調査結果

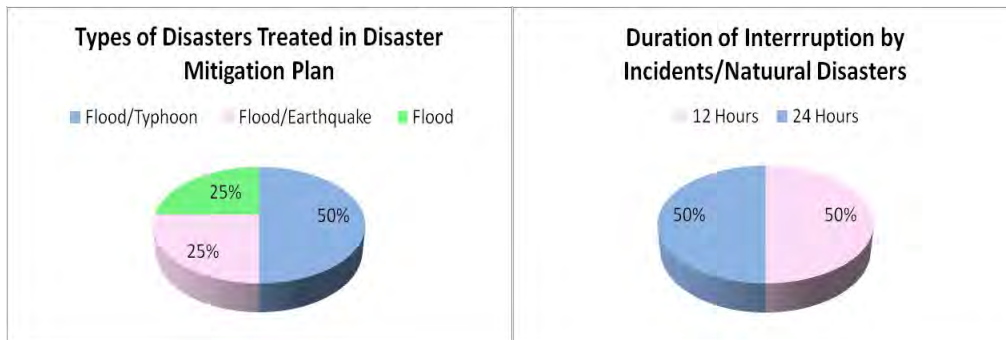
面談と回答を得ることのできたライフライン事業者の回答者のリストは、以下のとおりである。

- 1) Philippine Long Distance Telecommunication Company (PLDT), South Sub-Exchange Unit, Cavite
- 2) PLDT, Main Office, Laguna
- 3) Meralco, Alabang, Muntinlupa
- 4) Maynilad Water Services Inc.

他のライフライン事業者はインタビューの依頼に対応がなかった。

インタビューの結果の注目すべき点は以下のとおりである。

##### ① 災害対策の対象となる災害とサービス停止の期間



上図に示すように、全てのライフライン事業者は災害対策の対象として、3 つの自然災害をあげている。災害によるサービス停止時間は半日から 1 日である。

#### 4.8.5 交通インフラ事業者のアンケート調査結果

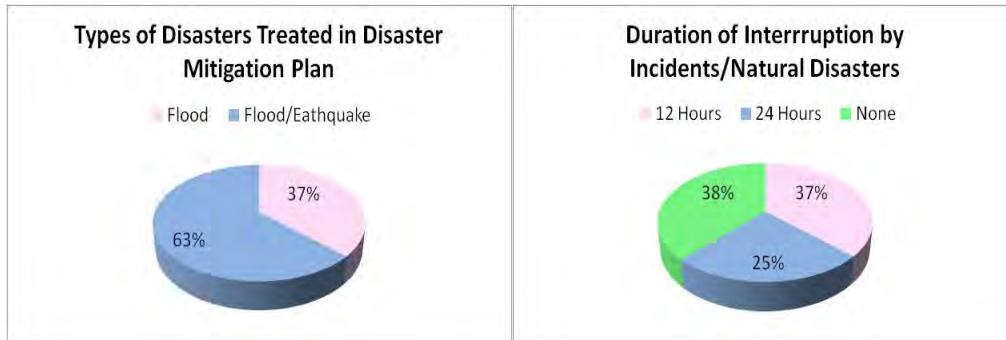
面談と回答を得ることのできた交通インフラ事業者の回答者は、以下のとおりである。

- 1) Department of Public Works and Highways, Cavite
- 2) Provincial Engineering Office, Cavite
- 3) City Planning and Development Office of Muntinlupa
- 4) City Engineer's Office, Muntinlupa

- 5) Muntinlupa Traffic Management Bureau
- 6) Provincial Engineering Office, Laguna
- 7) Manila North Harbor Port Inc.
- 8) Philippine Ports Authority; Manila South Harbor/Manila Port

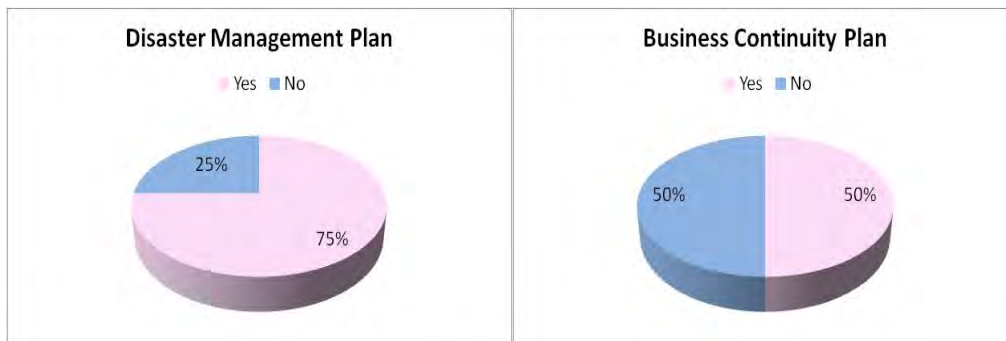
インタビューの結果の注目すべき点は以下のとおりである。

① 災害対策の対象となる災害とサービス停止の期間



交通インフラ事業者の災害対策の対象となる自然災害は、洪水とのものである。また、災害時のサービス停止時間は、多くの場合 12 時間から 24 時間である。

② 災害対策と BCP



ライフライン事業者と異なり、災害対策及び BCP に関しては、全ての交通インフラ事業者が実施しているわけではない。これは、交通に関する機構がすべて政府機関であることによるといえるだろう。一方、ライフライン事業者は全て災害対策と BCP を講じている。

#### 4.8.6 地方自治体のアンケート調査結果

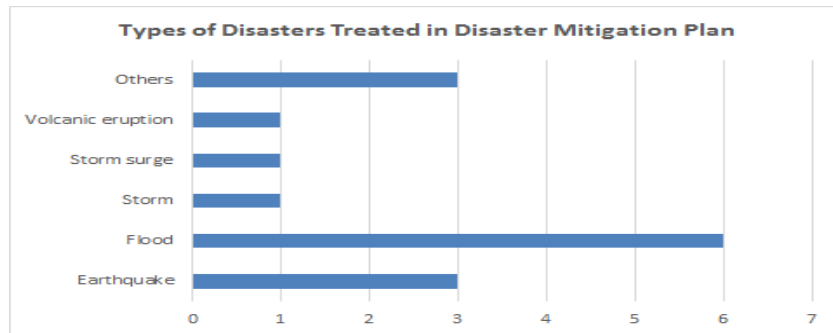
面談し回答を得ることのできた地方自治体は以下のとおりである。

- 1) Binan City Disaster Risk Reduction and Management (DRRMO), Laguna
- 2) Sta. Rosa City DRRMO, Laguna
- 3) Provincial DRRMO/PG-COPS, Cavite
- 4) Muntinlupa City DRRMO, Metro Manila
- 5) Provincial DRRMO, Laguna

## 6) Municipality of Rosario DRRMO, Cavite

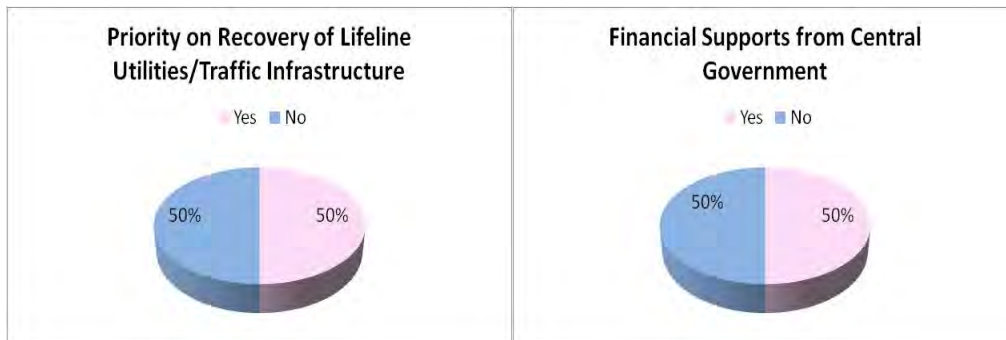
インタビューの結果の注目すべき点は以下のとおりである。

## ① 災害対策の対象となる災害



災害対策の対象として最も多くとり上げられているのは洪水である。

## ② 地方自治体による災害時の対応



企業のために、ライフライン事業者及び交通インフラ事業者の災害復旧対策を優先している地方自治体の数も、中央政府からの財政支援を受けている自治体の数も半分のみである。



## Appendix 自然災害アセスメントの詳細

### A.1 地震災害のアセスメント

地震動のシミュレーションの考え方は、決定論的方法と確率論的方法に大きく分けて考えることができる。決定論的方法は、特定の震源断層を仮定し、断層が活動した場合の地震動を計算する考え方である。将来発生する地震による地震動分布を詳細に計算することができるが、震源断層がいつ活動するかを精度よく推測することは現在の科学では困難なため、計算された地震動がいつ発生するのかわからない。確率論的方法は、計算対象地点周辺の想定される震源をすべて考慮し、各震源での地震発生確率を考慮したうえで、対象地点でのある一定期間の間に期待される地震動を計算する考え方である。したがって、この方法で得られる地震動分布は、将来発生する地震による地震動分布の予測ではなく、各地点での期待値を連ねたものである。決定論的方法は、地震防災分野で使われることが多く、確率論的方法は、建築基準のための地域区分のためなどに用いられることが多い。

広域 BCP のための地震動シミュレーションとしては、確率論的方法を採用した。これは、広域 BCP で検討対象とする災害は、施設、設備等の償却期間内において発生する可能性の高い災害であり、災害の確率を評価できることが重要となるためである。

#### A.1.1 確率論的地震動計算の手法

##### (1) 概要

確率論的地震動評価とは、ある地点における地震動の強さと、一定の期間内にその強さ以上の地震動を経験する確率の関係を算定するものである。解析の流れを図 A.1.1 に示す。

大まかな手順は以下ようになる。

- 1) 対象地点周辺の地震活動をモデル化する。モデル化する対象は、断層やプレート境界などの震源がはっきりしている地震のほか、震源をあらかじめ特定できない地震（背景地震）も、モデル化する。
- 2) モデル化した地震について、地震の規模の確率、対象地点からの距離の確率、地震の発生確率を評価する。
- 3) 地震の規模と距離が与えられた場合の地震動の強さを推定するための確率モデルを設定する。通常は距離減衰式とそのばらつきが用いられる。
- 4) モデル化された個々の地震について、一定の期間内にその地震によって地震動の強さがある値を超える確率を評価する。
- 5) 1)~4)をモデル化したすべての地震に対して行い、これらを加え合わせてすべての地震を考慮した場合の地震動の大きさが、一定の期間内に少なくとも 1 回ある値を超える確率を算定する。

確率論的地震動評価に関する教科書としては、McGuire, R. K. (2004)<sup>1)</sup>があげられる。

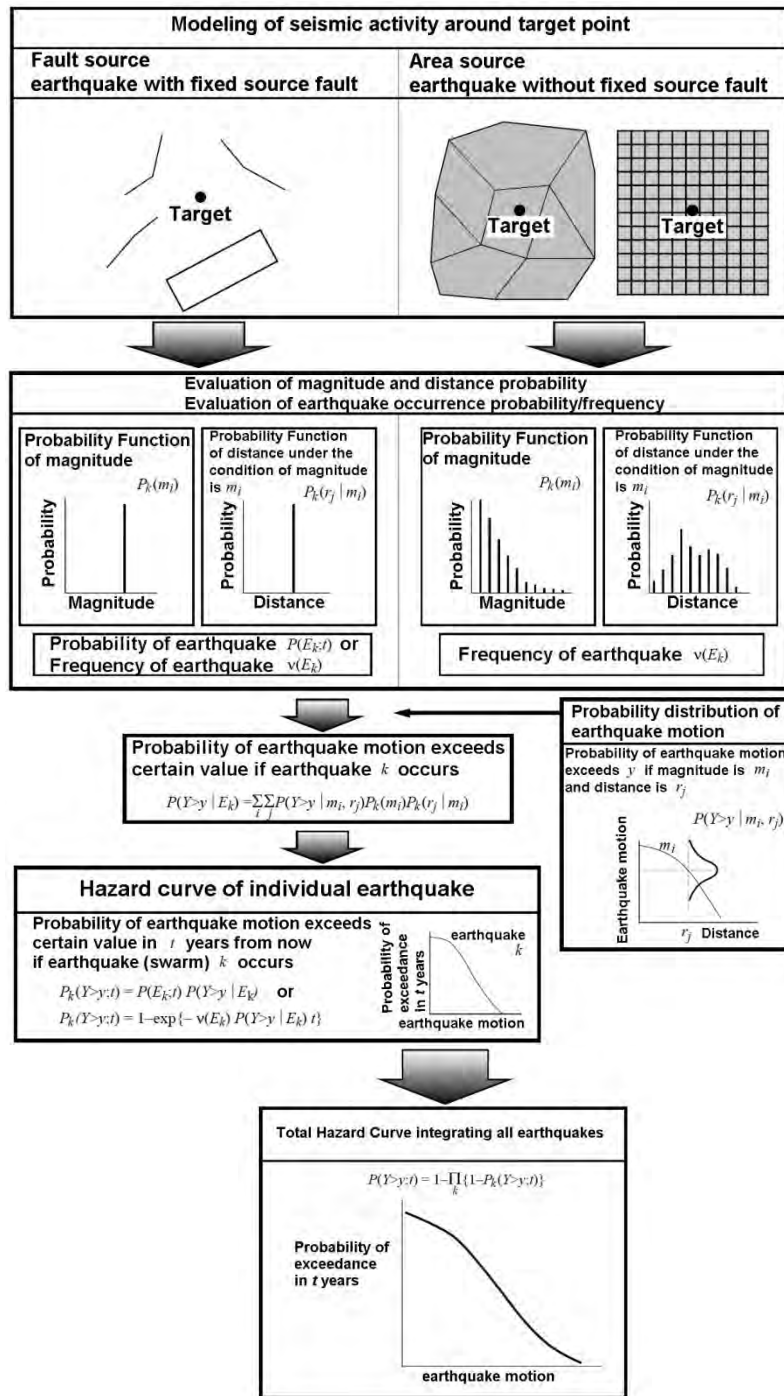


図 A.1.1 確率論的地震動評価の流れ (防災科学技術研究所(2005)<sup>2)</sup> を改変)

## (2) プログラム

確率論的な地震動の評価には複雑な計算を伴う。このため、多くの解析ソフトが開発され、いくつかは無償で入手可能である。比較的有名なものには、SEISRISK, FRISK, CRISIS, NSHMP, OpenSHA などがあるが、これらは研究者あるいは専門知識を持った技術者が使うことを想定したソフトである。確率論的地震動計算ソフトに関しては、Danciu et al. (2010)<sup>3)</sup>に詳細な情報がまとめ

られている。表 A.1.1 は Danciu et al. (2000)による、主な確率論的地震動解析ソフトの一般情報である。

表 A.1.1 主な確率論的地震動解析ソフト

| Software Name | Version       | Developer                                 | Availability      | Documentation  | GUI | Program Language |
|---------------|---------------|---|-------------------|----------------|-----|------------------|
| CRISIS        | 6.0<br>(2007) | Ordaz, M., et al                          | Free upon Request | User Manual    | Yes | Visual Basic     |
| EQRM          | 3.2<br>(2009) | Robinson, D. et al.                       | Open Source       | User Manual    | No  | Python           |
| FRISK88M      | 1.8           | R. McGuire                                | Proprietary       | User Manual    | No  | Fortran          |
| MoCaHAZ       | 2004          | S. Wiemer                                 | Free upon Request | Self-Explained | No  | MATLAB           |
| MRS           | 3.0           | R. Laforge                                | Free upon Request | User Manual    | No  | C                |
| NSHMP         | 2008          | Frankel et al.                            | Free-Download     | Self-Explained | No  | Fortran, C       |
| OHAZ          | 2.1           | B. Zabikovic                              | Free upon Request | User Manual    | Yes | Java             |
| OpenSHA       | 2009          | E. H. Field et al.                        | Open Source       | Self-Explained | No  | Java             |
| SEISRISK IIIM | 1996          | Bender, B.<br>Perkins, D.M.<br>R. LaForge | Free-Download     | User Manual    | No  | Fortran          |
| SeisHaz       | 2005          | M. Stirling et al                         | Proprietary       | Self-Explained | No  | Fortran          |

Risk Engineering Inc.が提供している EZ-FRISK は、FRISK の発展型の商用ソフトで、後述の震源モデル、距離減衰式と共に提供されているため、比較的容易に解析が可能である。本調査では、EZ-FRISK Ver.7.62 を用いて解析を行った。

### (3) 震源モデル

震源モデルとしては、対象地点の周囲数 100km 内の地震活動をすべてモデル化する必要がある。地震は断層運動によって発生するものなので、まず活断層をモデル化する。しかしすべての断層の性質が明らかになっているわけではないため、地震カタログなどをもとに、ある広がりを持った地域で発生する地震活動をモデル化し、両者を合わせて震源モデルとする。このような震源モデルの設定は、高度な専門的知識と能力が必要な作業であり、大学や公的研究機関によって実施されている。したがって、独自に新たな解析を行うためには、これらの機関から震源モデルを入手する必要がある。

前述のように、EZ-FRISK は震源モデルもソフトと一緒に提供されているため、本調査ではこれを用いている。

### (4) 距離減衰式

地震の規模と対象地点からの距離から地震動の強さを計算するためには、いわゆる距離減衰式が用いられる。距離減衰式は、多種多様な式が多くの研究者によって、過去数 10 年にわたって提案され続けている。それらは、式を用いる際に用いたデータ、式を用いる際に使用したアルゴリ

ズムなどによって1つ1つ特徴があり、適用限界がある。距離減衰式の選定にあたっては、対象とする地域を対象として作成された式を採用することが望ましい。一般的には新しく提案された距離減衰式のほうがより精度が高い最近地震観測結果に基づいていることが多いため、より望ましい。

ASEAN 地域を対象として提案された距離減衰式は存在しないため、本調査では、世界中の地震をデータとして用いて作成された、以下の式を用いた。

「地殻内の浅い地震」

- Abrahamson and Silva (2008)<sup>4)</sup>
- Boore and Atkinson (2008)<sup>5)</sup>
- Campbell and Bozorgnia (2008)<sup>6)</sup>
- Chiou and Youngs (2008)<sup>7)</sup>

「プレート境界の深い地震」

- Atkinson and Boore (2003)<sup>8)</sup>
- Youngs et al. (1997)<sup>9)</sup>

## A.1.2 表層地盤の増幅特性評価

### (1) 概要

地震の揺れの大きさは、地震の規模と震源からの距離だけではなく、対象地点の地盤によっても異なる。これは地震波が表層地盤によって増幅され、その増幅の程度が表層地盤の構成によって違うためである。上記距離減衰式にも表層地盤の違いを考慮できる式があるが、広い範囲の地震動分布を評価する場合は、距離減衰式で岩盤上での地震動分布を算定し、これに表層地盤の増幅特性を加えて地表での地震動を評価する手法が一般的である。

表層地盤による増幅特性を評価する手法としては、表層の地質によって評価する方法、地表付近の平均 S 波速度を使って評価する方法、地盤の数値モデルを構築して解析的に評価する方法などがある。これらから、入手できる資料の有無、解析に用いる労力と費用などによって選択される。本調査では、表層地質に加えて地表付近の平均 S 波速度を使って評価する方法を用いた。

### (2) 地盤分類と増幅特性

地盤分類と増幅特性は、FEMA (1995)<sup>10)</sup>に従った（表 A.1.2、表 A.1.3 参照）。この地盤分類と増幅特性はアメリカ合衆国で開発されたものだが、現在では世界各地で広く用いられている。地盤分類のためのパラメータとしては地質、平均 S 波速度、N 値などが定義されている。

フィリピンでは、地質図を入手し、地質年代から以下のように判定した。

- 第 3 紀およびこれより以前のもの : Class B
- 洪積地盤 : Class C
- 沖積地盤 : Class D

- 沖積地盤のうち、河川堆積層および海岸堆積物：Class E

また、地表付近の S 波速度が Grutas and Yamanaka (2012)<sup>11)</sup>と JICA (2004)<sup>12)</sup>によって調査されているため、これらの結果も用いた。

表 A.1.2 NEHRP 地盤分類

| Site Class | Profile                       | Average S-wave velocity of the upper 30 meters | N value             |
|------------|-------------------------------|--|---------------------|
| A          | Hard rock                     | >1500 m/sec                                    |                     |
| B          | Rock                          | $1500 \geq V_s > 760$ m/sec                    |                     |
| C          | Very dense soil and soft rock | $760 \geq V_s > 360$ m/sec                     | $N > 50$            |
| D          | Stiff soil                    | $360 \geq V_s > 180$ m/sec                     | $50 \geq N \geq 15$ |
| E          | Soil                          | $180$ m/sec $\geq V_s$                         | $15 > N$            |

表 A.1.3 NEHRP による増幅係数

| Site Class B<br>Spectral Acceleration | Site Class                               |     |     |     |     |
|---------------------------------------|--|-----|-----|-----|-----|
|                                       | A  | B   | C   | D   | E   |
| Short-Period, $S_{AS}$ (g)            | Short-Period Amplification Factor, $F_A$ |     |     |     |     |
| $\leq 0.25$                           | 0.8                                      | 1.0 | 1.2 | 1.6 | 2.5 |
| 0.50                                  | 0.8                                      | 1.0 | 1.2 | 1.4 | 1.7 |
| 0.75                                  | 0.8                                      | 1.0 | 1.1 | 1.2 | 1.2 |
| 1.0                                   | 0.8                                      | 1.0 | 1.0 | 1.1 | 0.9 |
| $\geq 1.25$                           | 0.8                                      | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 0.9 |

### A.1.3 結果の表現

#### (1) 結果の表現方法

確率論的解析によって得られる地震動は、以下のように表現される。

- a) ある地震動の強さを定めた時に、対象地点が経験する確率

例：100gal 以上の地震動を経験する確率は、50 年間で 10% である。

- b) ある確率を与えた場合に、対象地点が経験する地震動の強さ

例：50 年間に 10% の確率で、100gal 以上の地震動を経験する。

確率の表現は、期間とその間での確率の組み合わせで表現されるが、年ごとの地震活動度が一定と仮定すれば、年超過確率(1 年間あたりの確率)で表現することもできる。

本調査では、b) の表現で地震動分布を表現した。表現された地震動は、各地点でのある確率に対応した地震動を連ねたものなので、実際にどれかの断層が活動した場合の地震動分布ではないことに注意を要する。

## (2) 震度

解析によって得られる地震動は、最大加速度や最大速度など物理量である。一方、地震動の表現方法としては、震度のほうが一般的に理解されやすい表現である。また、過去の災害事例から被害を推定する際にも、震度は広く用いられている。今回の解析では最大加速度を計算したため、Trifunac and Brady (1975)<sup>13)</sup>の経験式を用いて MMI 震度に変換した。

$$\log \text{PGA} = 0.014 + 0.30 * I \quad \text{PGA: 加速度(gal), } I: \text{MMI 震度}$$

### A.1.4 解析と結果

#### (1) 震源モデル

図 A.1.2 にフィリピンの震源モデルを示した。プレート境界に沿う震源モデルの地表投影が矩形で表現され、内陸の活断層が折れ線で示されている。このほかに震源を特定できない地震活動は大きな震源域としてモデル化されている。

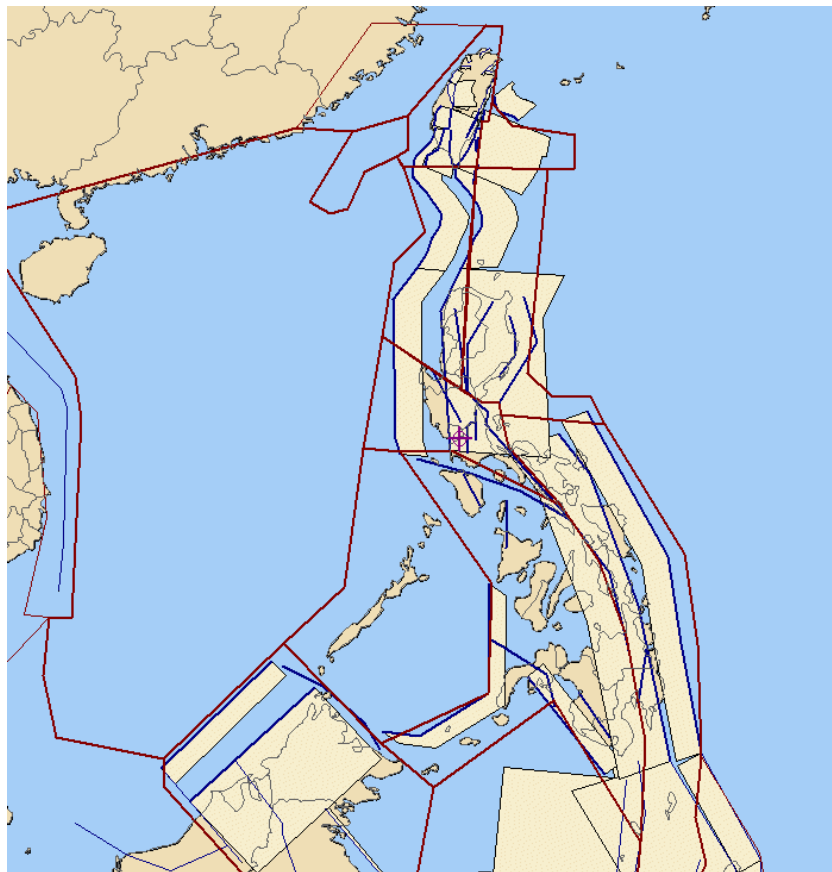


図 A.1.2 フィリピンの震源モデル

#### (2) 基盤地震動

図 A.1.3～図 A.1.6 に、 $V_s=760\text{m/sec}$  相当の岩盤上における加速度分布を示した。想定した確率は 50 年、100 年、200 年、500 年の期間内での 1 回以上の確率（50 年、100 年、200 年、500 年期待値）である。基盤地震動は、北へ行くほど大きな値を示している。



図 A.1.3 基盤地震動分布 (50 年期待値、単位 : g)



図 A.1.4 基盤地震動分布 (100 年期待値、単位 : g)



図 A.1.5 基盤地震動分布（200 年期待値、単位：g）

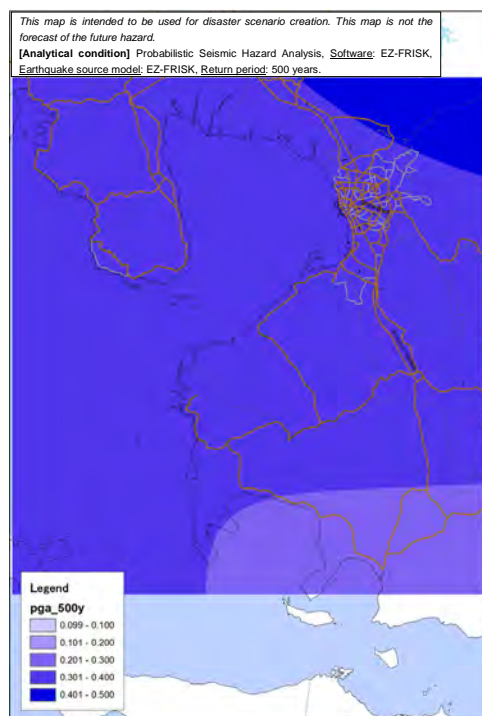


図 A.1.6 基盤地震動分布（500 年期待値、単位：g）

### (3) 地盤分類

地盤分類には以下の 3 種類の資料を使用した。

- a) Grutas and Yamanaka (2012)<sup>11)</sup>による、Metro Manila および Cavite、Laguna 州北部の、Vs30（地表から 30m までの平均 S 波速度）の値
- b) JICA(2004)<sup>12)</sup>で作成された地盤モデルから計算した、Metro Manila の Vs30



c) 国家地図資源情報庁(NAMRIA)発行の地質図 (縮尺 : 1/50,000)

地盤分類は、a)、b)については  $V_{s30}$  の値を用い、c)については地質年代を用いて行った。複数の情報がある地域では、それらのうち最も増幅が大きい地盤分類を採用した。図 A.1.7 に地盤分類を示す。

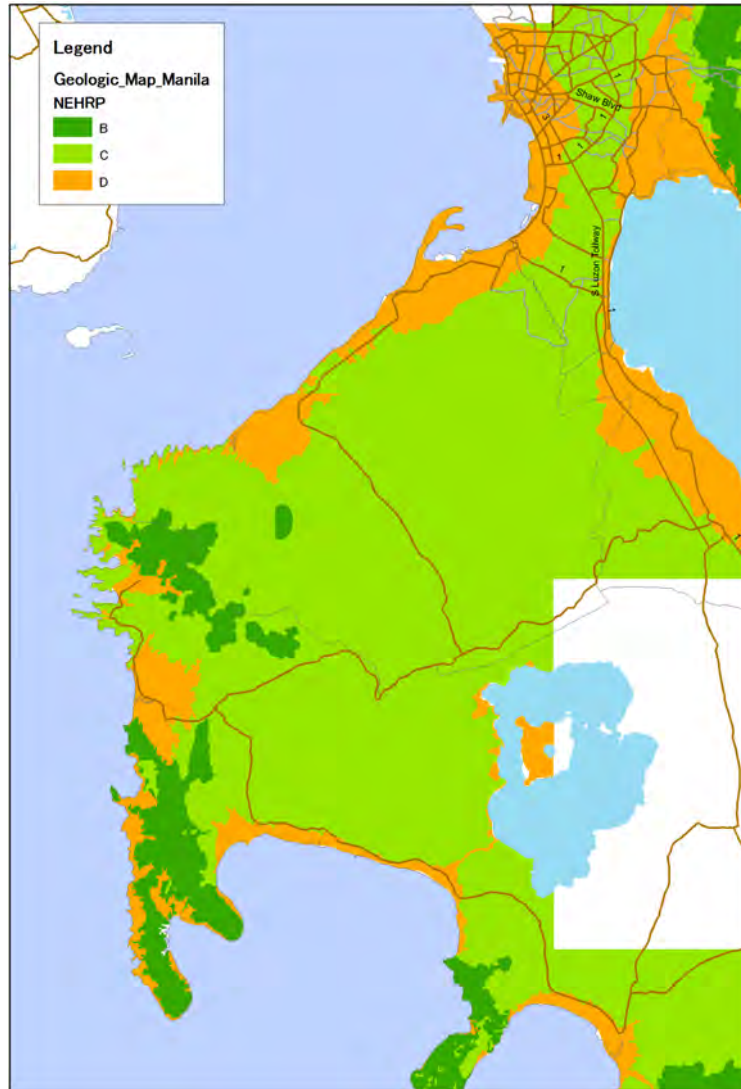


図 A.1.7 地盤分類

#### (4) 地表地震動

基盤加速度に表層地盤による増幅度をかけて地表加速度を算定し、図 A.1.8～図 A.1.11 に示した。さらに経験式を用いて MMI 震度に換算した結果を図 A.1.12～図 A.1.15 に示した。

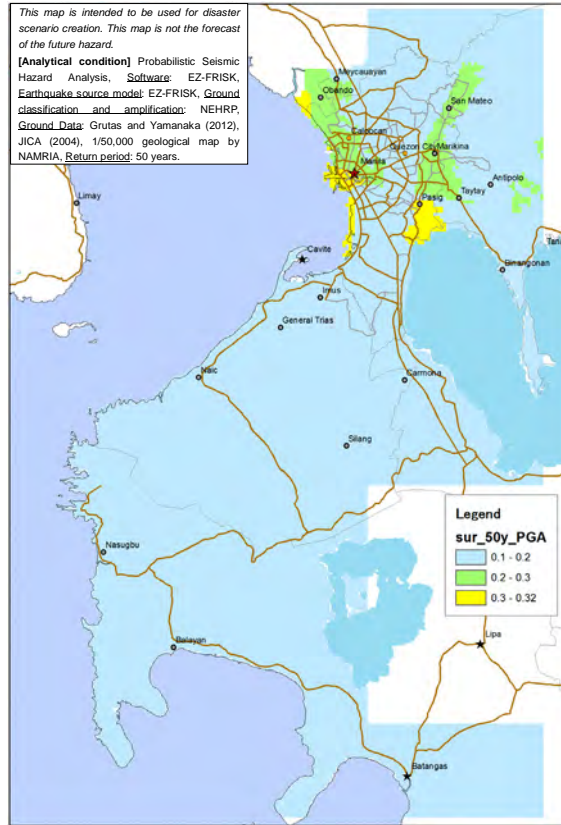


図 A.1.8 地表での加速度分布 (50 年期待値、単位 : g)

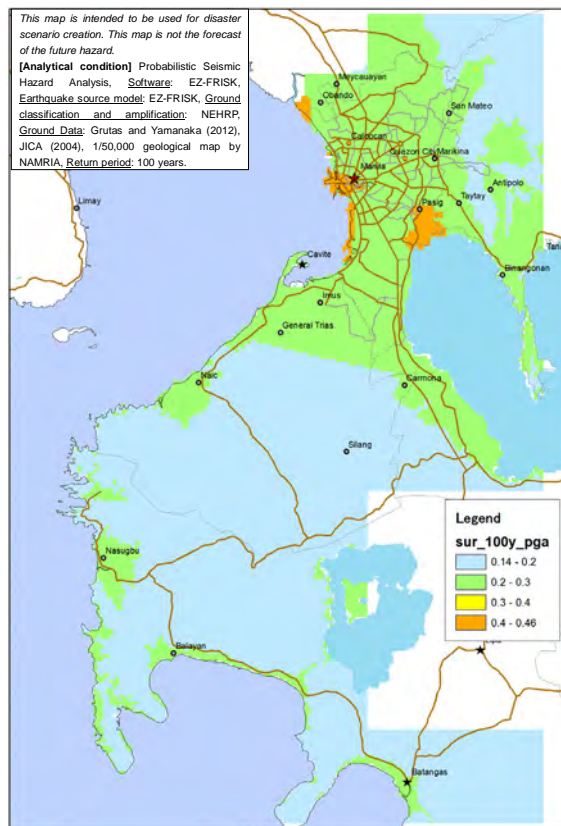


図 A.1.9 地表での加速度分布 (100 年期待値、単位 : g)

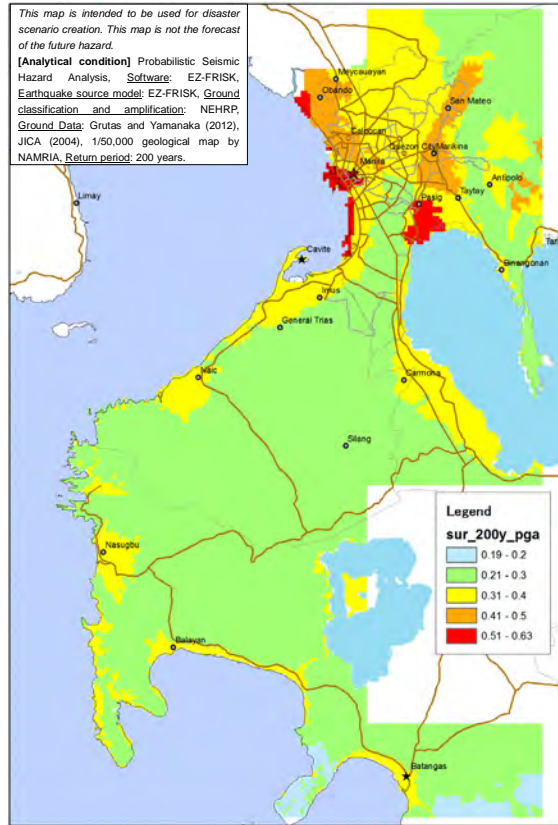


図 A.1.10 地表での加速度分布 (200 年期待値、単位 : g)

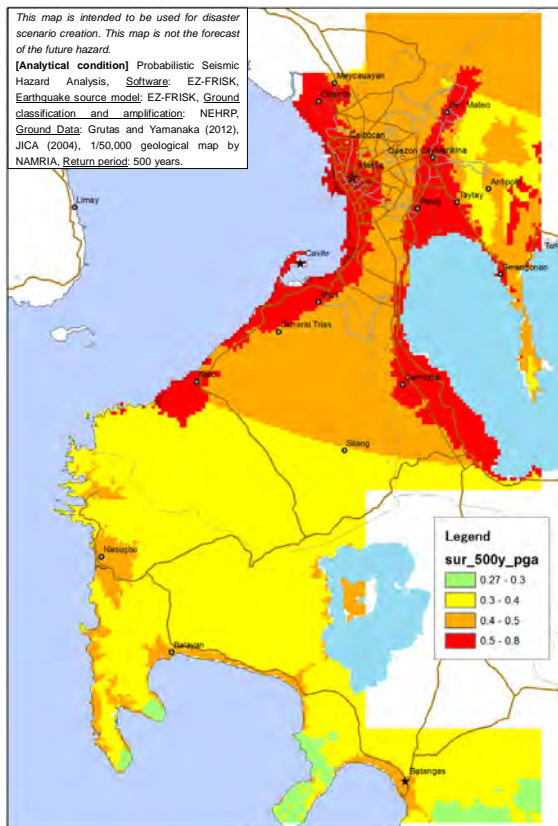


図 A.1.11 地表での加速度分布 (500 年期待値、単位 : g)

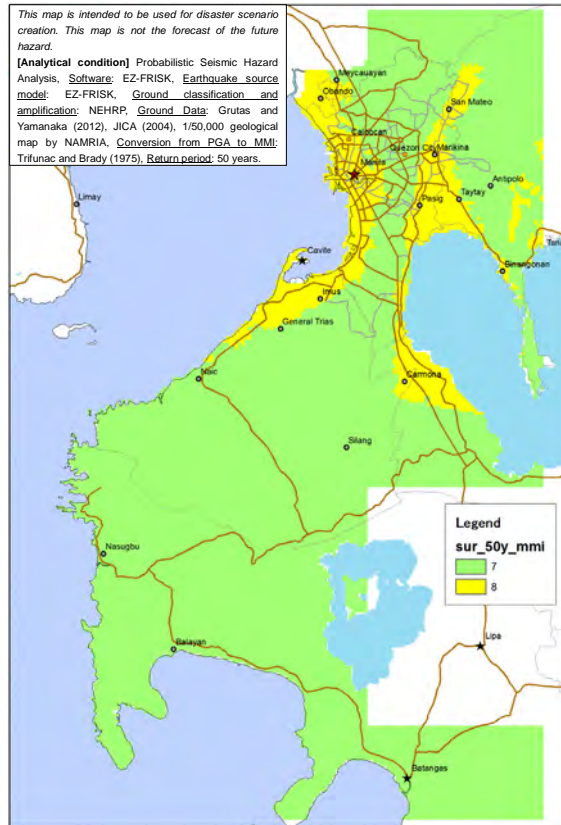


図 A.1.12 地表での震度分布 (50 年期待値、MMI 震度)

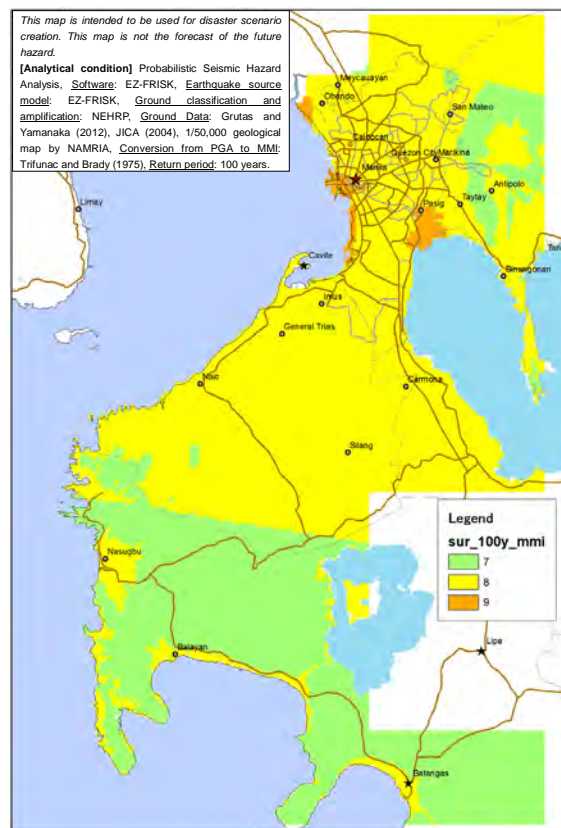


図 A.1.13 地表での震度分布 (100 年期待値、MMI 震度)

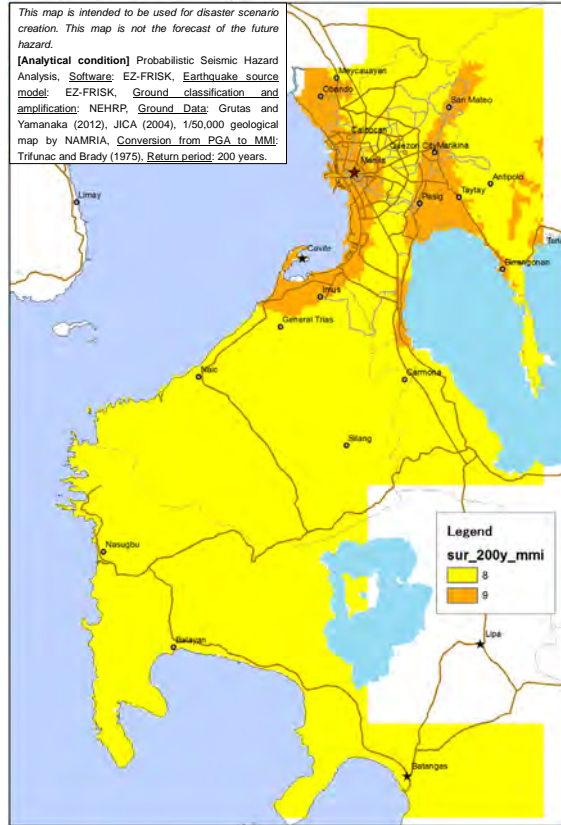


図 A.1.14 地表での震度分布 (200 年期待値、MMI 震度)

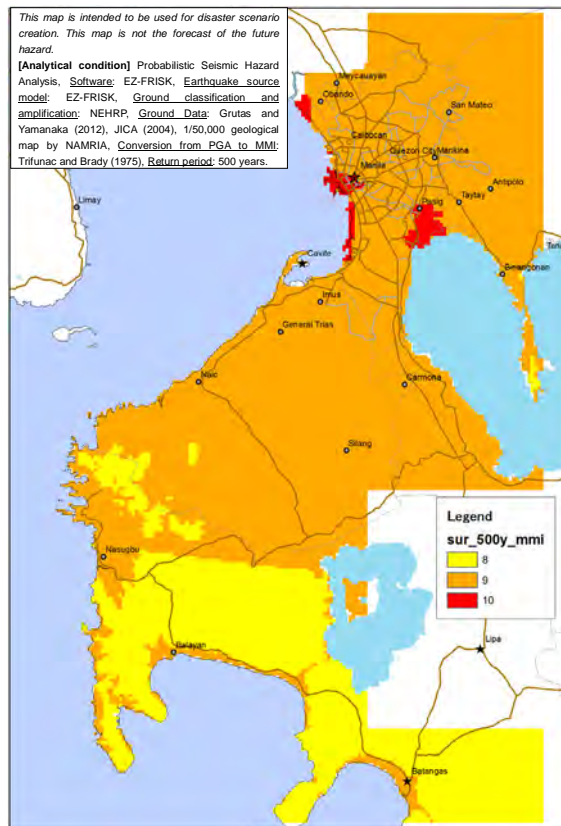


図 A.1.15 地表での震度分布 (500 年期待値、MMI 震度)

## (5) 液状化危険度

JICA(2004)<sup>12)</sup>で作成された地盤モデルおよび解析方法でメトロマニラの液状化危険度を判定した。200年の1回以上の確率で発生する地震における液状化危険度分布を図 A.1.16 に示した。

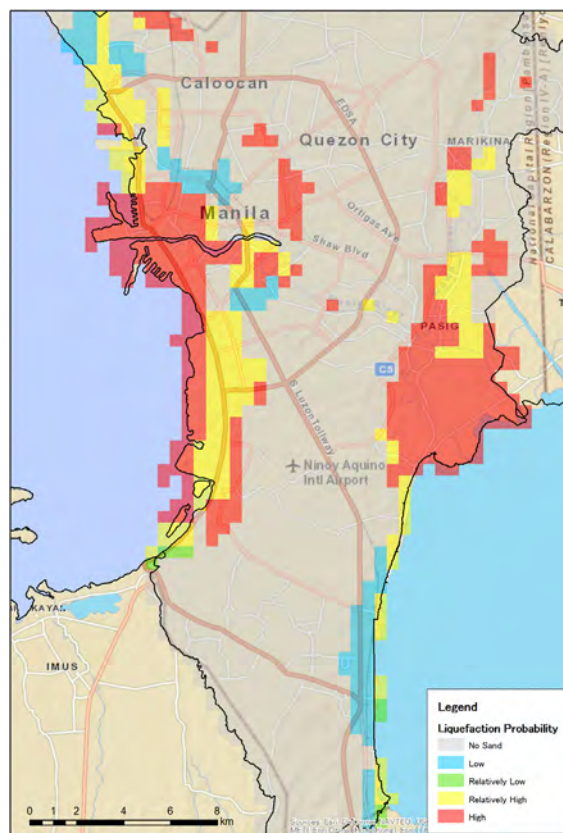


図 A.1.16 メトロマニラの液状化危険度 (200 年期待値)

### A.1.5 解析結果の評価

#### 1) 確率論的地震動評価

確率論的地震動の評価プログラムは、基本的に同じ考え方に基づいているため、インターフェースを除いて大きな違いは無い。結果に大きな影響を与えるのは震源モデルである。過去に発生した地震のカタログのみならず、これまでに歴史上地震発生の記録がなくとも将来地震を発生する可能性のある断層、あるいは地域として地震発生源をとらえることも必要である。今回の解析で使用した震源モデルは、商用パッケージとして有償で提供されているものである。地域ごとに既存文献をコンパイルして作成されたもので、パイロット地域の評価には十分な精度が確保されているものである。しかし、一般に活断層の評価に関しては、研究者ごとに見解が大きく異なることが多く、広くコンセンサスを得ることは困難である。より狭い地域を対象とする場合、それぞれの地域の研究者の見解を反映することも必要であろう。

## 2) 地盤による増幅特性の評価

地盤による地震動増幅の評価には、さまざまな手法がある。今回用いた方法はその中で比較的簡便に実施できる方法を採用した。基本的には地震動の増幅を評価するためには、地中の地層構造を知る必要があるが、今回の方法は地質図から得られる情報だけで、簡便に増幅率を推定している。カビテ地域では、現地の研究者が解析した情報が論文で発表されていたためこれを用いて、部分的にはあるが精度よく推定できている。このような地盤調査は他の ASEAN 地域でも行われている、あるいはこれから行われる可能性があり、このような研究成果を入手することが有効である。

## 参考文献

- 1) McGuire, R. K. (2004). Seismic Hazard and Risk Analysis, Earthquake Engineering Research Institute, Berkeley.
- 2) 防災科学技術研究所, 2005, 全国を対象とした確率論的地震動予測地図作成方法の検討, 防災科学技術研究所研究資料, 第 275 号.
- 3) Danciu, L., M. Pagani, D. Monelli and S. Wiemer (2010), GEM1 Hazard: Overview of PSHA Software, GEM Technical Report 2010-2.
- 4) Abrahamson N. and W. Silva, 2008, Summary of the Abrahamson & Silva NGA Ground-Motion Relations, Earthquake Spectra, Vol. 24, Issue 1, pp. 67-97.
- 5) Boore D. M. and G. M. Atkinson, 2008, Ground-Motion Prediction Equations for the Average Horizontal Component of PGA, PGV, and 5%-Damped PSA at Spectral Periods between 0.01 s and 10.0 s, Earthquake Spectra, Vol. 24, Issue 1, pp. 99-138.
- 6) Campbell K. W. and Y. Bozorgnia, 2008, NGA Ground Motion Model for the Geometric Mean Horizontal Component of PGA, PGV, PGD and 5% Damped Linear Elastic Response Spectra for Periods Ranging from 0.01 to 10 s, Earthquake Spectra, Vol. 24, Issue 1, pp. 139-171.
- 7) Chiou B. S.-J. and R. R. Youngs, 2008, An NGA Model for the Average Horizontal Component of Peak Ground Motion and Response Spectra, Earthquake Spectra, Vol. 24, Issue 1, pp. 173-215.
- 8) Atkinson G. M. and D. M. Boore, 2003, Empirical Ground-Motion Relations for Subduction-Zone Earthquakes and Their Application to Cascadia and Other Regions, Bull. Seism. Soc. Amer., Vol. 93, No. 4, 1703-1729.
- 9) Youngs, R. R., S. -J. Chiou, W. J. Silva, and J. R. Humphrey, 1997, Strong Ground Motion Attenuation Relationships for Subduction Zone Earthquakes, Seism. Res. Let., Vol. 68, No. 1, 58-73.
- 10) Federal Emergency Management Agency, 1995. FEMA 222A and 223A - NEHRP Recommended Provisions for Seismic Regulations for New Buildings, 1994 Edition, Washington, D. C., Developed by the Building Seismic Safety Council (BSSC) for the Federal Emergency Management Agency (FEMA)

- 11) Grutas R. and H. Yamanaka, 2012, Mapping the Seismic Site Conditions in Metro Manila, Philippines based on Microtremor Measurements, Topographic Data and Geomorphology, Joint Conference Proceedings of 9th International Conference on Urban Earthquake Engineering/ 4th Asia Conference on Earthquake Engineering.
- 12) JICA, 2004, Earthquake Impact Reduction Study for Metropolitan Manila, Republic of the Philippines, Final Report, Vol.3.
- 13) Trifunac M. D. and A. G. Brady, 1975, On the Correlation of Seismic Intensity Scales with the Peaks of Recorded Strong Ground Motion, Bull. Seism. Soc. Amer., Vol. 65.



## A.2 津波災害のアセスメント

津波災害アセスメントの流れを図 A.2.1 に示す。以下ではこの各項目について説明し、その後に解析結果を示す。

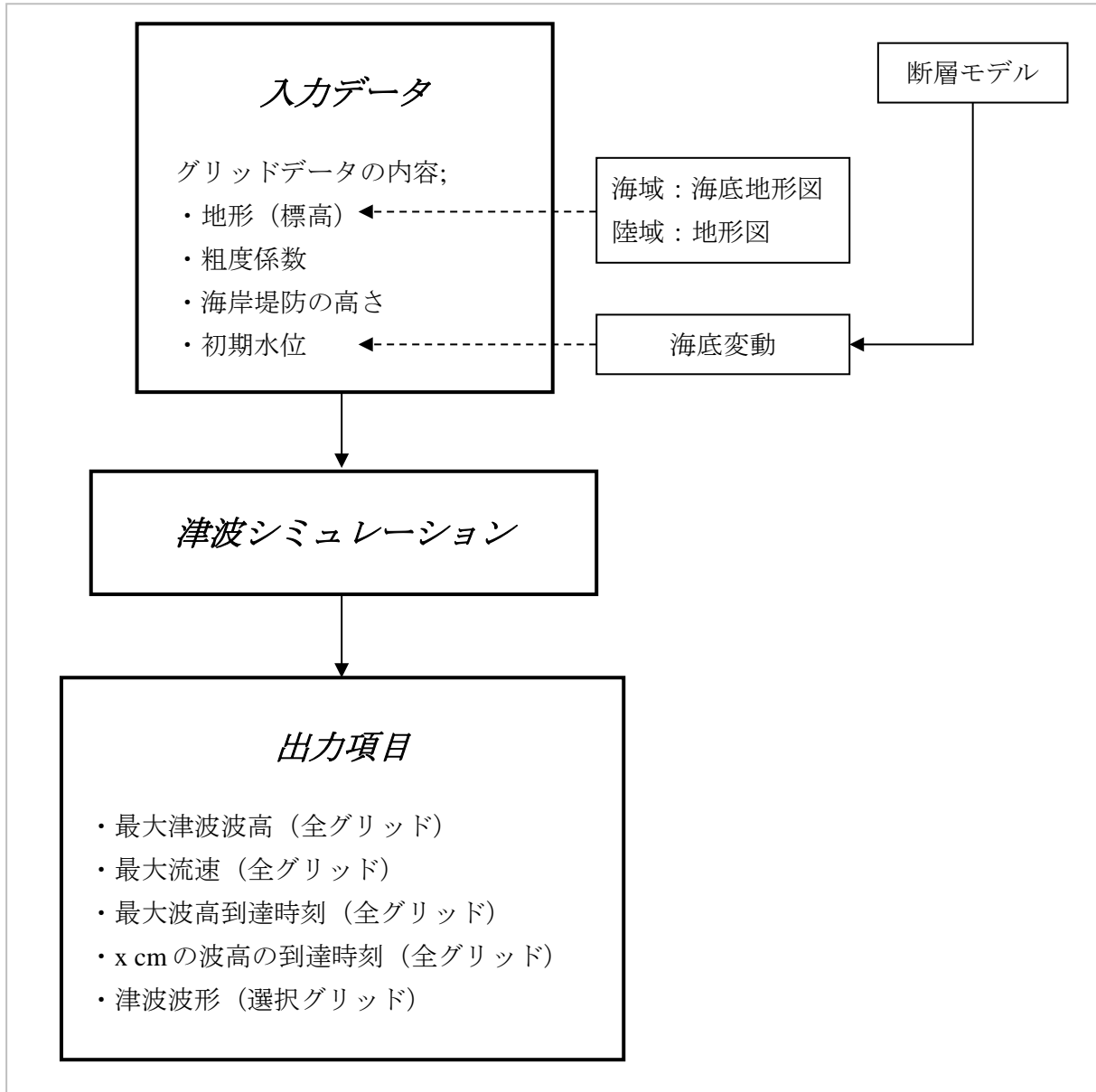


図 A.2.1 津波災害アセスメントの流れ図

### A.2.1 津波の理論とシミュレーションモデル

津波の挙動を表す理論には、線形長波理論、非線形長波理論、線形分散波理論、非線形分散波理論などがある。いずれも、波長が水深に比べて大きい長波に対して適用できる長波近似に基づく理論である。一般に、津波の波長が数 10~100km であるのに対して海の平均水深は 4km 程度であることから、長波近似は妥当と見なされている。

波の振幅が水深に対して小さく（微小振幅）、海底摩擦などが無視できる深水域（概ね 50m 以深）では線形長波理論が適用され、それより浅く微小振幅の仮定が成り立たない浅水域や陸上の遡上には非線形長波理論が適用される。

また、津波に複数の波長の成分が含まれている場合、短波長の波の方が速度が遅いことから短波長成分が長波長成分から遅れて波が次第に分離する現象が見られる。この波長による速度の違いを分散性という。分散性を考慮した理論が分散波理論であるが、分散波理論によるシミュレーションは現状では長波理論ほど一般的ではない。ただし、伝達距離が 1,000km を越えるような遠地津波では分散性の影響が出る可能性があるという研究もあり、こうした場合には線形分散波理論を用いる。また、浅水域での分散性の影響を考慮する場合は非線形分散波理論を用いる。津波の理論の詳細については、参考文献の 1)、2)などを参照されたい。

これら長波理論および分散波理論に基づいて開発された津波のシミュレーションモデルの幾つかの例を表 A.2.1 に示す。今回のシミュレーションでは、東北大学が開発したプログラム「TUNAMI」を使用した。

表 A.2.1 津波シミュレーションモデル

| 名称                       | 組織   | ソース    | URL   |
|--------------------------|--|--------|---|
| <b>長波理論</b>              |  |        |   |
| TUNAMI                   | Tohoku University, Japan                       | Open   | <a href="https://code.google.com/p/tunami/">https://code.google.com/p/tunami/</a>   |
| STOC                     | The Port and Airport Research Institute, Japan | Open   | <a href="http://www.pari.go.jp/cgi-bin/search-en/detail.cgi?id=2005060440205">http://www.pari.go.jp/cgi-bin/search-en/detail.cgi?id=2005060440205</a> |
| COMCOT                   | Cornell University, USA                        | Open   | <a href="http://ceeserver.cee.cornell.edu/pll-group/comcot.htm">http://ceeserver.cee.cornell.edu/pll-group/comcot.htm</a>                             |
| GeoClaw                  | Washington University, USA                     | Open   | <a href="http://depts.washington.edu/clawpack/geoclaw/">http://depts.washington.edu/clawpack/geoclaw/</a>   |
| MOST                     | NOAA, USA                                      | Closed | <a href="http://nctr.pmel.noaa.gov/model.html">http://nctr.pmel.noaa.gov/model.html</a>   |
| ComMIT                   | NOAA, USA                                      | Closed | <a href="http://nctr.pmel.noaa.gov/ComMIT/">http://nctr.pmel.noaa.gov/ComMIT/</a>   |
| <b>分散波理論</b>             |  |        |   |
| Disperse Potential Model | National Defense Academy, Japan                | Open   | <a href="http://www.nda.ac.jp/cc/kensetsu/index-e.html">http://www.nda.ac.jp/cc/kensetsu/index-e.html</a>   |
| FUNWAVE                  | University of Delaware, USA                    | Open   | <a href="http://chinacat.coastal.udel.edu/programs/funwave/funwave.html">http://chinacat.coastal.udel.edu/programs/funwave/funwave.html</a>           |
| NEOWAVE                  | University of Hawaii, USA                      | Open   | <a href="http://www.ore.hawaii.edu/OE/index.htm">http://www.ore.hawaii.edu/OE/index.htm</a>   |
| COULWAVE                 | Cornell University, USA                        | Closed | <a href="http://ceeserver.cee.cornell.edu/pll-group/doc/COULWAVE_manual.pdf">http://ceeserver.cee.cornell.edu/pll-group/doc/COULWAVE_manual.pdf</a>   |

## A.2.2 入力データ

津波シミュレーションの入力データは一般に以下の項目である。これらのデータは以下で説明する格子ごとに与える必要がある。

- 1) 地形データ
- 2) 粗度データ
- 3) 堤防データ
- 4) 初期水位（＝海底地形変動量）データ

### (1) 地形データ

津波のシミュレーションを実施するに当たっては、地震が発生する地域から対象とする地域を含む範囲の地形をモデル化する必要がある。地形モデルには海底地形に加えて遡上する範囲の陸地の地形や堤防などの海岸構造物が含まれる。1,000km 四方程度の範囲のモデル化には直交座標系を用い、より広域をモデル化する場合には極座標系を用いる。今回の解析では、1,000km 四方よりはやや広域であるが、直交座標系である UTM 座標系を用いている。

地形モデルは対象範囲を正方形の格子で分割し、格子ごとに標高と摩擦抵抗を考慮するための粗度係数が付与される。格子の大きさは地形の複雑さと波長との関係で設定するが、一般に陸地に近づくほど地形の変化が大きくなり、津波にも短波長成分が卓越してくることを考慮して、格子の大きさを順次小さくしていく方法（ネスティング）が採用される。今回の解析では、沖合から陸地にかけて 1,350m -> 450m -> 150m -> 50m と格子を順次 1/3 の大きさにして接続している。他に 1/2 接続や 1/5 接続も用いられるが 1/3 接続が最も一般的である。

地形データは各機関が作成した海図や地形図から作成する。最近は数値データが提供されている地域も多いが、数値データがない場合は海図や地形図のデジタル化作業が必要になる。また、表 A.2.2 に示すような国際的な機関が無償で提供している数値データを利用することも可能である。今回の解析では、震源から沿岸までを GEBCO\_08 Grid でモデル化し、沿岸から海岸まではより詳細な海図データを使用して地形モデルを作成した。GEBCO\_08 Grid で作成した広域の地形モデルの例を図 A.2.2 に、海底地形データで作成した沿岸部の地形モデルの例を図 A.2.3 に示す。

表 A.2.2 無償で入手できる海底地形データ

| 名称            | 説明  |
|---------------|---|
| GEBCO_08 Grid | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 提供組織: British Oceanographic Data Centre (BODC)</li> <li>・ 30 秒ごとの海底地形+陸上地形データ</li> <li>・ URL: <a href="http://www.gebco.net/data_and_products/gridded_bathymetry_data/">http://www.gebco.net/data_and_products/gridded_bathymetry_data/</a></li> </ul> |
| SRTM30_PLUS   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 提供組織 : Scripps Institution of Oceanography, University of California San Diego</li> <li>・ 30 秒ごとの海底地形+陸上地形データ</li> <li>・ URL: <a href="http://topex.ucsd.edu/">http://topex.ucsd.edu/</a></li> </ul>   |

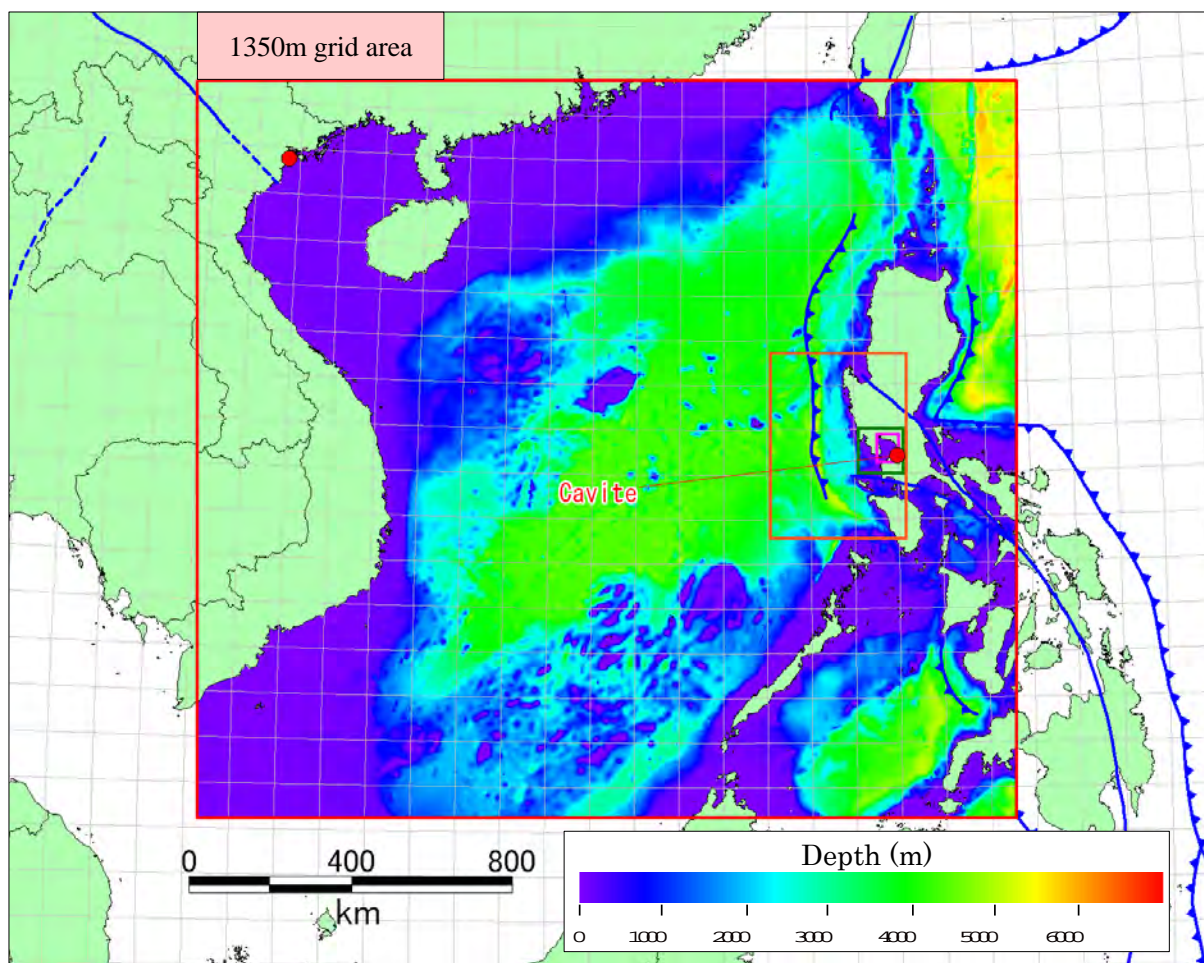


図 A.2.2 GEBCO データによる南シナ海地域の海底地形

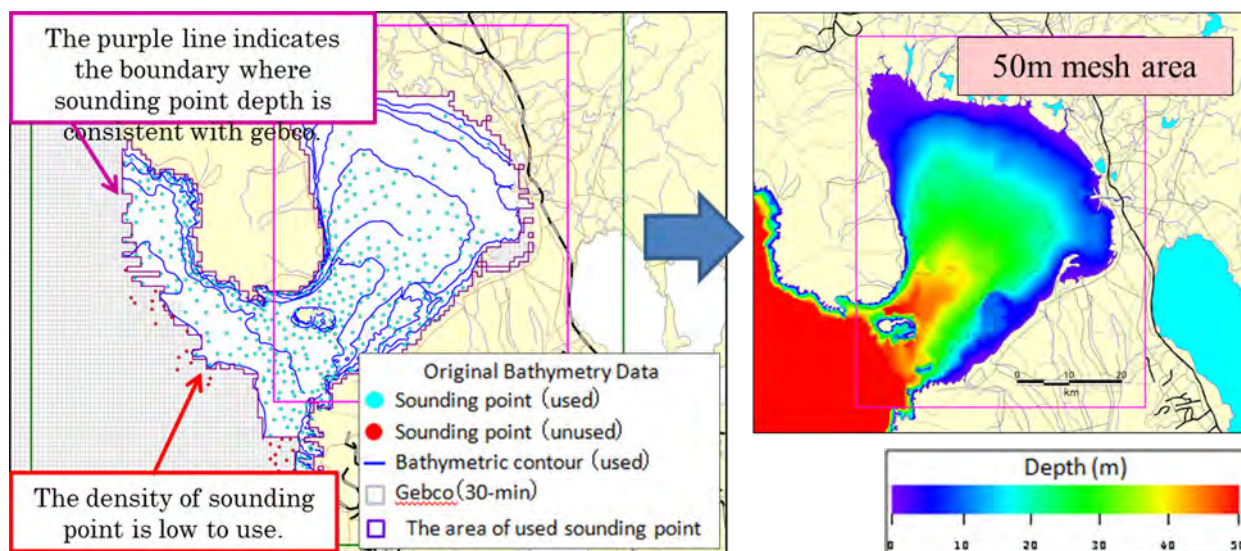


図 A.2.3 マニラ湾付近の海底地形

## (2) 粗度データ

津波の伝播に伴う海域および陸域の抵抗はマンニングの粗度係数  $n$  で定義される。海域の粗度係数としては  $n=0.025$  程度の値を用いることが多い。陸域の粗度係数  $n$  については表 A.2.3<sup>3)</sup>、表 A.2.4<sup>4)</sup>などが参考となる。

表 A.2.3 マニングの粗度係数の比較<sup>3)</sup>

| Fukuoka et al. (1994) |                                 | Aida (1977)                             |                                  | Goto and Shuto (1983) |                       | Kotani et al. (1998)                                 |                             |
|-----------------------|---------------------------------|---|----------------------------------|-----------------------|-----------------------|--|-----------------------------|
| category              | estimated roughness coefficient | category                                | equivalent roughness coefficient | category              | estimated coefficient | category   | setup roughness coefficient |
| 80%                   | 0.1                             |   |                                  | high density          | 0.01                  |  |                             |
| 50~80%                | 0.096                           | dense zone                              | 0.07                             |                       |                       | high density residential zone                        | 0.080                       |
| 20~50%                | 0.084                           | rather high density zone                | 0.05                             | mid density           | 0.05                  | mid density residential zone                         | 0.060                       |
| 0~20%                 | 0.056                           |   |                                  | low density           | 0.03                  | low density residential zone                         | 0.040                       |
| road                  | 0.043                           | other land zone                         | 0.02                             |                       |                       | forest zone<br>(inc. garden, tide protection forest) | 0.030                       |
|                       |                                 |   |                                  |                       |                       | field zone<br>(inc. waste land)                      | 0.020                       |
|                       |                                 | Shoreline (inc. tide protection forest) | 0.04                             |                       |                       | sea and river zone (w/o tide protection forest)      | 0.025                       |

表 A.2.4 土地被覆によるマニングの粗度係数<sup>4)</sup>

| Land cover class                     | Mannings $n$ | Manning $M$ in $m^{1/3} s^{-1}$ | Source |
|--------------------------------------|--------------|---------------------------------|--------|
| Barren land/mud, sand, beach, roads  | 0.0310       | 32                              | b      |
| Grassland                            | 0.0360       | 28                              | b      |
| Young Plantation                     | 0.0370       | 27                              | b      |
| Scrubland                            | 0.0380       | 26                              | b      |
| Cashew Plantation                    | 0.0430       | 23                              | b      |
| Other plantation                     | 0.0430       | 23                              | b      |
| Coconut plantation                   | 0.0458       | 22                              | a      |
| Semi open landscape                  | 0.0550       | 18                              | b      |
| Oil plantation                       | 0.0573       | 17                              | a      |
| Middle density urban area            | 0.0600       | 17                              | c,d    |
| Melaleuca forest                     | 0.0550       | 18                              | b      |
| Rubber plantation                    | 0.0609       | 16                              | a      |
| Casuarina forest                     | 0.0731       | 14                              | a      |
| Inner beach forest                   | 0.0744       | 13                              | a      |
| High density urban area              | 0.0800       | 12.5                            | c,d    |
| Other forest/rainforest              | 0.0850       | 12                              | c,e    |
| Outer beach forest                   | 0.0870       | 12                              | a      |
| Mangrove forest                      | 0.0951       | 11                              | a      |
| Buildings non-resistant              | 0.0900       | 11                              | c,f    |
| Buildings resistant                  | 0.4000       | 2.5                             | c,f    |
| Mangrove area 2005 (post-tsunami)    |              |                                 |        |
| Mangrove → water                     | 0.0110       | 90                              | a,b,g  |
| Mangrove → mud                       | 0.0310       | 32                              | a,b,g  |
| Mangrove → damaged understory        | 0.0310       | 32                              | a,b,g  |
| Mangrove → sand                      | 0.0310       | 32                              | a,b,g  |
| Mangrove → inclined, roots remaining | 0.0360       | 28                              | a,b,g  |
| Mangrove → no damage                 | 0.0951       | 11                              | a,b,g  |
| Mangrove → indirect damage           | 0.0951       | 11                              | a,b,g  |

Values are derived from <sup>a</sup> measurement of tree stand parameters in the field followed by calculation of Manning's  $n$  according to Eq. (1); <sup>b</sup> measurement of stand parameters for different land cover classes in the field and subsequent estimation of Manning's  $n$ ; <sup>c</sup> literature; <sup>d</sup> Kotani (1998) in Latief and Hadi (2007); <sup>e</sup> Arcement and Schneider (1989); <sup>f</sup> Gayer et al. (2010), Leschka et al. (2009); <sup>g</sup> + change detection/Ikonos

### (3) 堤防データ

海岸に堤防などの海岸構造物がある場合には、その高さ情報を格子データに取り込むことができる。

#### (4) 初期水位（海底地形変動量）

津波シミュレーションでは断層運動にともなう海面変動量を初期値として与える必要がある。海面変動量は、海底地形の変動量を計算し、この鉛直変位と等価な海面変動が発生すると仮定して設定する。

断層運動にともなう海底地形の変動量は表 A.2.5 に示す断層パラメーターを使って、半無限弾性体中の矩形の断層のずれによって生じる媒質内部および地表面の変位として計算する。計算理論の詳細については Mansinha and Smilie (1971)<sup>5)</sup> や Okada (1992)<sup>6)</sup> を参照されたい。また参考文献の 7)、8) に示した Cornell University や National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention (NIED) のウェブサイトも参考になる。

今回の解析では、岡田によって開発されたプログラム DC3D0 / DC3D<sup>8)</sup> を使って地形変動量を計算した。計算した地形変動量の例を図 A.2.4 に示す。

表 A.2.5 断層パラメータの例

| 断層パラメータ               | 計算例<br>(図 A.2.4 に対応) |
|-----------------------|----------------------|
| Depth (km)            | 18                   |
| Strike angle (degree) | 177                  |
| Dip angle (degree)    | 24                   |
| Rake angle (degree)   | 90                   |
| Length (km)           | 313                  |
| Width (km)            | 70                   |
| Slip (m)              | 9.6                  |

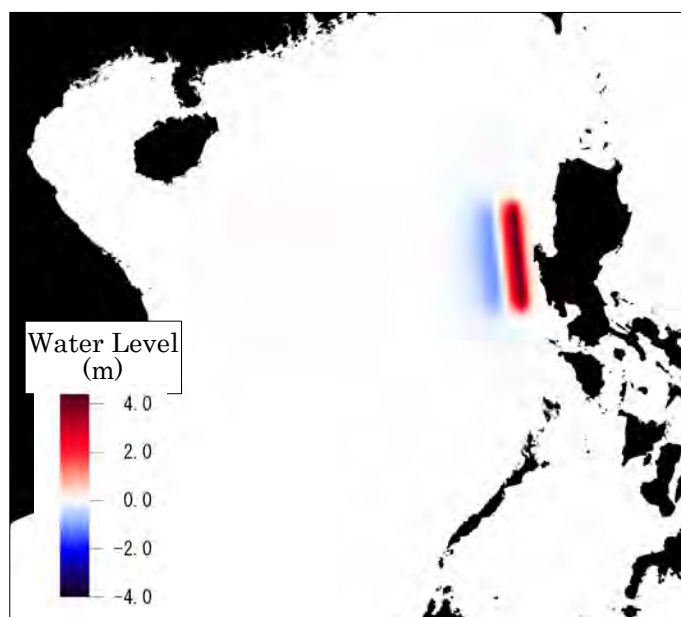


図 A.2.4 鉛直変位の計算例

### A.2.3 出力項目

津波シミュレーションによって得られるのは、一般に格子ごとの以下の項目である。

- 1) 最大水位または最大浸水深（全格子）
- 2) 最大流速（全格子）
- 3) 最大水位の到達時間（全格子）
- 4) x cm 高さの津波の到達時間（全格子）
- 5) 対象格子の水位波形（選択した格子）
- 6) 対象格子の流速波形（選択した格子）

作成した入力データを使って東北大学のプログラム「TUNAMI」で計算したシミュレーション結果の例を図 A.2.5 に示す。図 A.2.5 の左側は各格子の最大水位を図化したものであり、右側は抽出した 2 地点の経時的な水面変動量を波形としてグラフ化したものである。

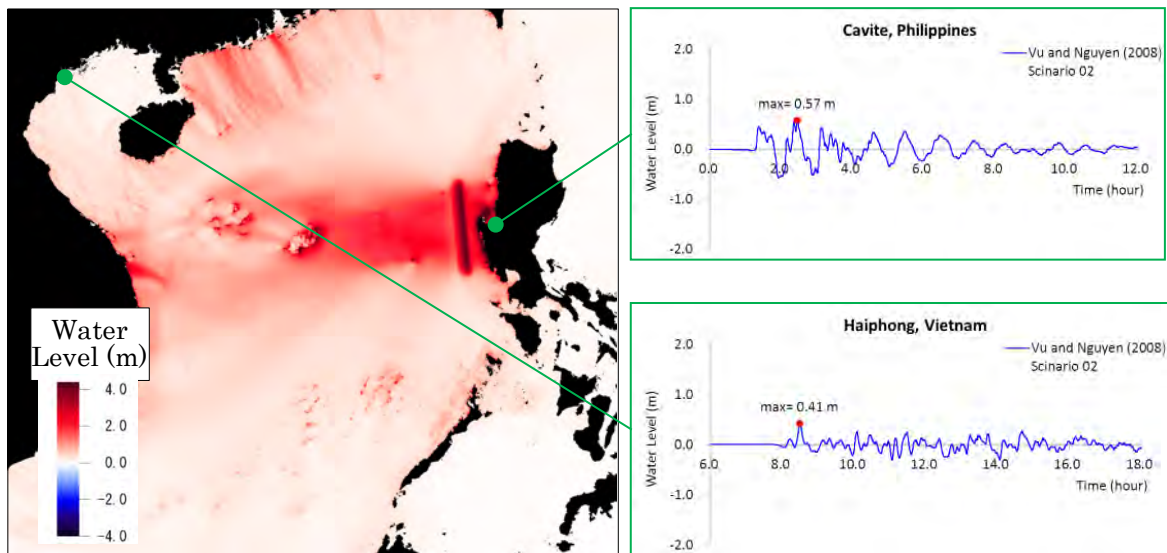


図 A.2.5 津波シミュレーション結果の例

### A.2.4 想定地震の再現期間

想定地震の再現期間については、想定地震付近の地震データ（地震カタログ）を使い Gutenberg-Richter 式によって評価する。大きい地震ほど発生頻度が少ないことはよく知られている事実である。この関係を以下の式で 1941 年に初めて定式化したのが Gutenberg と Richter である。このためこの関係は一般に Gutenberg-Richter 則または G-R 則などとよばれている。

$$\log n(M) = a - b M$$

または

$$\log N(M) = A - b M$$

表 A.2.6 は 1965 年から 1999 年の期間の日本周辺のマグニチュード (0.1 きざみ  $dM=0.1$ ) ごとの地震の頻度  $n(M) dM$  とマグニチュード  $M$  以上の地震の累積頻度  $N(M)$ を整理したものである。図 A.2.6 はこのデータを横軸にマグニチュード、縦軸を頻度としてプロットしたものである。また同図に示されている式は  $M$  と  $N$  の関係を最小自乗法などで回帰した直線である。

例えば同式において  $M=7.5$  のとき  $N=6.8$  となるが、これはマグニチュード 7.5 以上の地震が発生する頻度が 35 年間 (1965 年から 1999 年) で平均 6.8 回であることを意味する。これを 1 年間の確率に直すと  $6.8/35=0.19$  回/年となる。すなわち日本周辺ではマグニチュード 7.5 以上の地震は年間平均で 0.19 回発生していると解釈することができる。また、この逆数をとると 5.1 年となるが、これは日本周辺ではマグニチュード 7.5 以上の地震の再現期間は 5.1 年であると表現することができる。

以上のようにして想定地震周辺の G-R 則を求め、想定地震のマグニチュードをその式に当てはめることで、想定地震の年発生確率や再現期間を知ることができる。

表 A.2.6 日本付近の浅発地震のマグニチュード分布(1965-1999年)<sup>9)</sup>

| $M$ | $n(M)dM$ | $N(M)$ | $M$ | $n(M)dM$ | $N(M)$ | $M$ | $n(M)dM$ | $N(M)$ |
|-----|----------|--------|-----|----------|--------|-----|----------|--------|
| 8.2 | 0        | 0      | 7.1 | 5        | 18     | 6.0 | 52       | 224    |
| 8.1 | 1        | 1      | 7.0 | 5        | 23     | 5.9 | 56       | 280    |
| 8.0 | 0        | 1      | 6.9 | 4        | 27     | 5.8 | 79       | 359    |
| 7.9 | 1        | 2      | 6.8 | 2        | 29     | 5.7 | 91       | 450    |
| 7.8 | 2        | 4      | 6.7 | 9        | 38     | 5.6 | 94       | 544    |
| 7.7 | 1        | 5      | 6.6 | 14       | 52     | 5.5 | 134      | 678    |
| 7.6 | 0        | 5      | 6.5 | 14       | 66     | 5.4 | 138      | 816    |
| 7.5 | 3        | 8      | 6.4 | 18       | 84     | 5.3 | 199      | 1015   |
| 7.4 | 2        | 10     | 6.3 | 18       | 102    | 5.2 | 256      | 1271   |
| 7.3 | 0        | 10     | 6.2 | 30       | 132    | 5.1 | 343      | 1614   |
| 7.2 | 3        | 13     | 6.1 | 40       | 172    | 5.0 | 407      | 2021   |



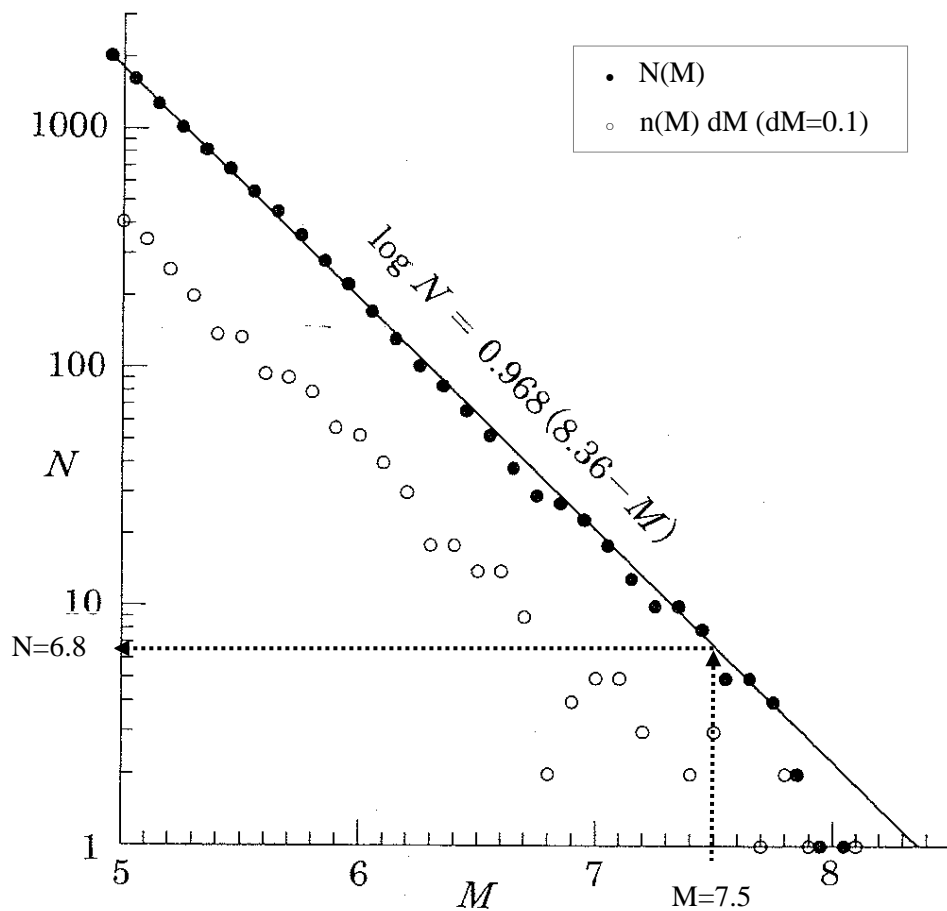


図 A.2.6 表 A.2.6 のプロット<sup>9)</sup>

## A.2.5 解析結果

### (1) 既存情報の収集

地震の想定および津波シミュレーションに係る既存情報として以下のものを収集した。

#### 想定地震関連の文献

- EMILE A. OKAL et al. (2011)<sup>10)</sup>: Tsunami Simulations for Regional Sources in the South China and Adjoining Seas
- Vu Thanh Ca1 et al. (2008)<sup>11)</sup>: Tsunami risk along Vietnamese coast
- Nguyen Hong Phuong et al. (2013)<sup>12)</sup>: Simulation of a Worst Case Tsunami Scenario from the Manila Trench to Vietnam

#### 地震データ関連の文献

- Earthquake Impact Reduction Study for Metropolitan Manila, Republic of the Philippines Final Report (2004)<sup>13)</sup>: JICA, MMDA, PHIVOLCS

#### 海底地形データ

- 広域 : GEBCO\_08 Grid

- － 対象地周辺：NAMRIA (National Mapping and Resource Information Authority) 作成の海図

## (2) 想定地震の設定

### 1) 地震データの統計解析（Gutenberg-Richter 則）

図 A.2.7 のようにして抽出したマニラ海溝沿いの地震データ<sup>13)</sup>を使って Gutenberg-Richter 則にもとづき地震の再現期間を評価した。評価した結果を図 A.2.8 に示す。いくつかのデータセットに基づいて得られた関係は以下の通りである。

- 推定式-1：1980年～2002年のデータから推定される G-R 式のパラメータは b 値=1.0、a 値=5.2 である。
- 推定式-2：b 値=1.0 として他のデータを包絡するように設定した式は、a 値=6.0 である。
- 推定式-3：b 値を固定せず、全データを包絡するように設定した G-R 式は、b 値=0.9、a 値=5.2 となった（参考）。

推定式-1 と 2 からマニラ海溝沿いの対象海域の地震発生頻度を幅で評価すると、再現期間 100 年の地震のマグニチュードは、7.2～8.0 と推定される。

一方、マグニチュード 8.0 の地震の再現期間は 100～630 年、マグニチュード 9.0 の地震の再現期間は 1,000～6,300 年と推定される。

### 2) 災害規模の想定

Cavite が位置するマニラ湾は、太平洋側に比べて大規模なプレート境界地震が少ない南シナ海に面しており、大規模な津波災害の記録もないが、今後の津波シミュレーションの活用等も踏まえて、対象地に影響の可能性がある地震を想定する方針とした。

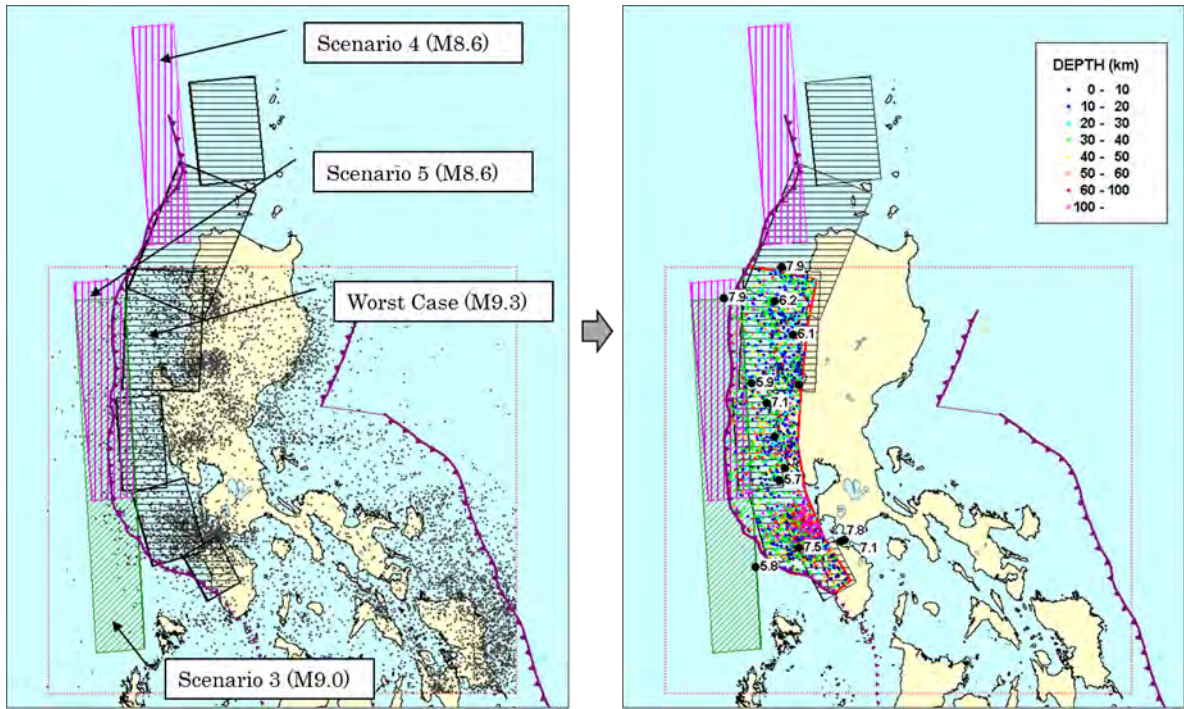


図 A.2.7 発生確率分析に用いたマニラトレンチ沿いの地震データ

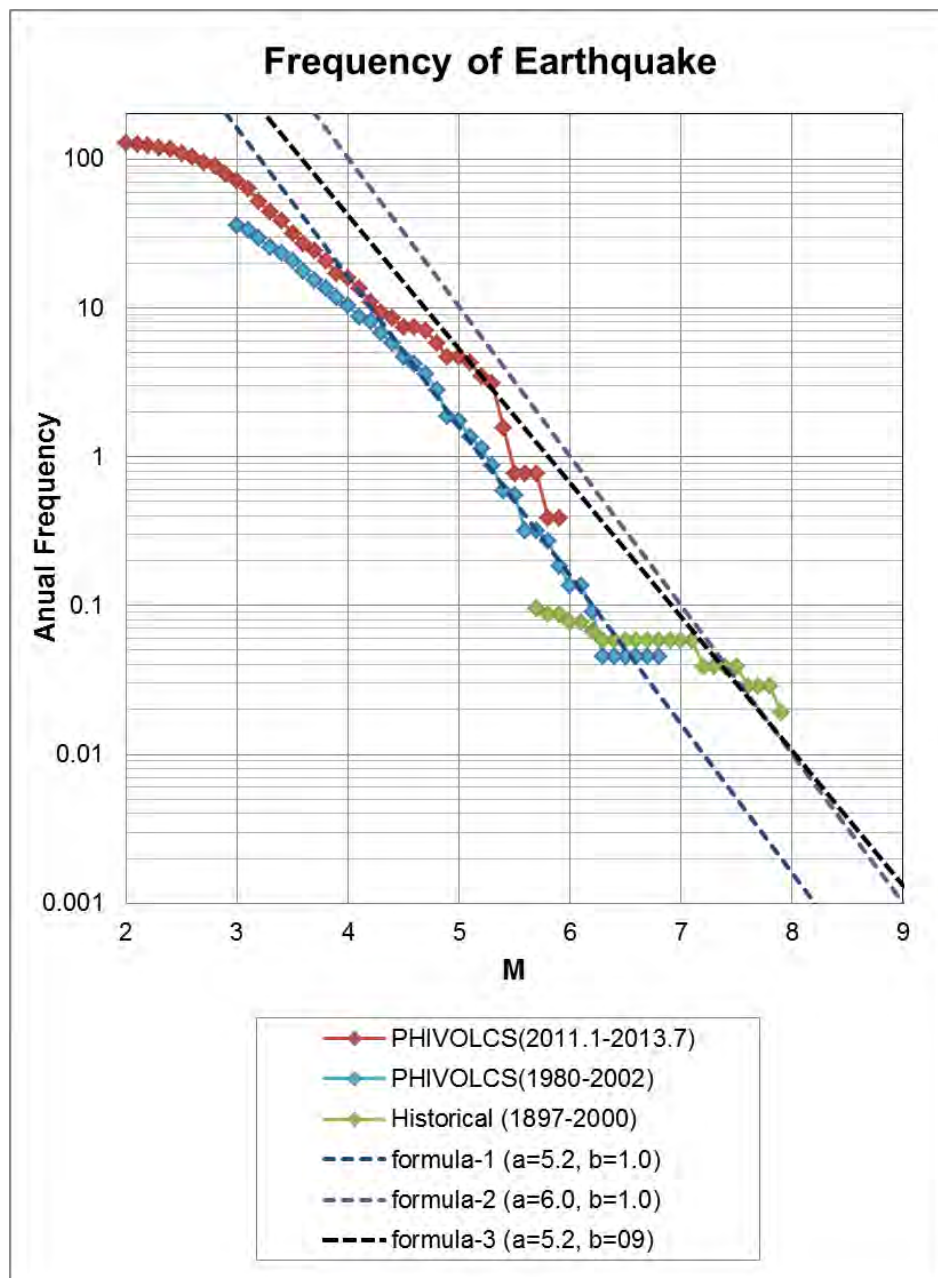


図 A.2.8 マニラトレンチ沿いの地震の再来周期 (Gutenberg-Richter 則)

### (3) 解析と結果

#### 1) 津波 (地震) モデルの設定

対象地に大きな影響を与えると考えられる地震を過去の研究<sup>10)11)12)</sup>から想定した。想定地震の震源パラメータを表 A.2.7 に示す。またこれらの位置を図 A.2.9～図 A.2.11 に示す。

表 A.2.7 震源パラメータ

| Scenario No.              | Mw  | Depth (km) | Strike (degree) | Dip (degree) | Rake (degree) | Length (km) | Width (km) | Slop (m) |
|---------------------------|-----|------------|-----------------|--------------|---------------|-------------|------------|----------|
| 1 <sup>11)</sup>          | 8.0 | 12         | 177             | 24           | 90            | 151         | 47         | 5.3      |
| 2 <sup>11)</sup>          | 8.5 | 18         | 177             | 24           | 90            | 313         | 70         | 906      |
| 3 <sup>11)</sup>          | 9.0 | 27         | 177             | 24           | 90            | 646         | 101        | 17.5     |
| 4 <sup>10)</sup>          | 8.6 | 10         | 355             | 35           | 57            | 400         | 90         | 6.0      |
| 5 <sup>10)</sup>          | 8.6 | 10         | 355             | 24           | 72            | 400         | 90         | 6.0      |
| 6                         | 8.0 | 10         | 355             | 24           | 72            | 151         | 47         | 5.3      |
| Worst Case <sup>12)</sup> | 9.3 | 0          | 35.4            | 10           | 90            | 190         | 120        | 25.0     |
|                           |     | 0          | 22              | 20           | 90            | 250         | 160        | 40.0     |
|                           |     | 0          | 2               | 28           | 90            | 220         | 160        | 40.0     |
|                           |     | 0          | 356             | 20           | 90            | 170         | 90         | 28.0     |
|                           |     | 0          | 344             | 22           | 90            | 140         | 110        | 12.0     |
|                           |     | 0          | 331             | 26           | 90            | 95          | 80         | 5.0      |

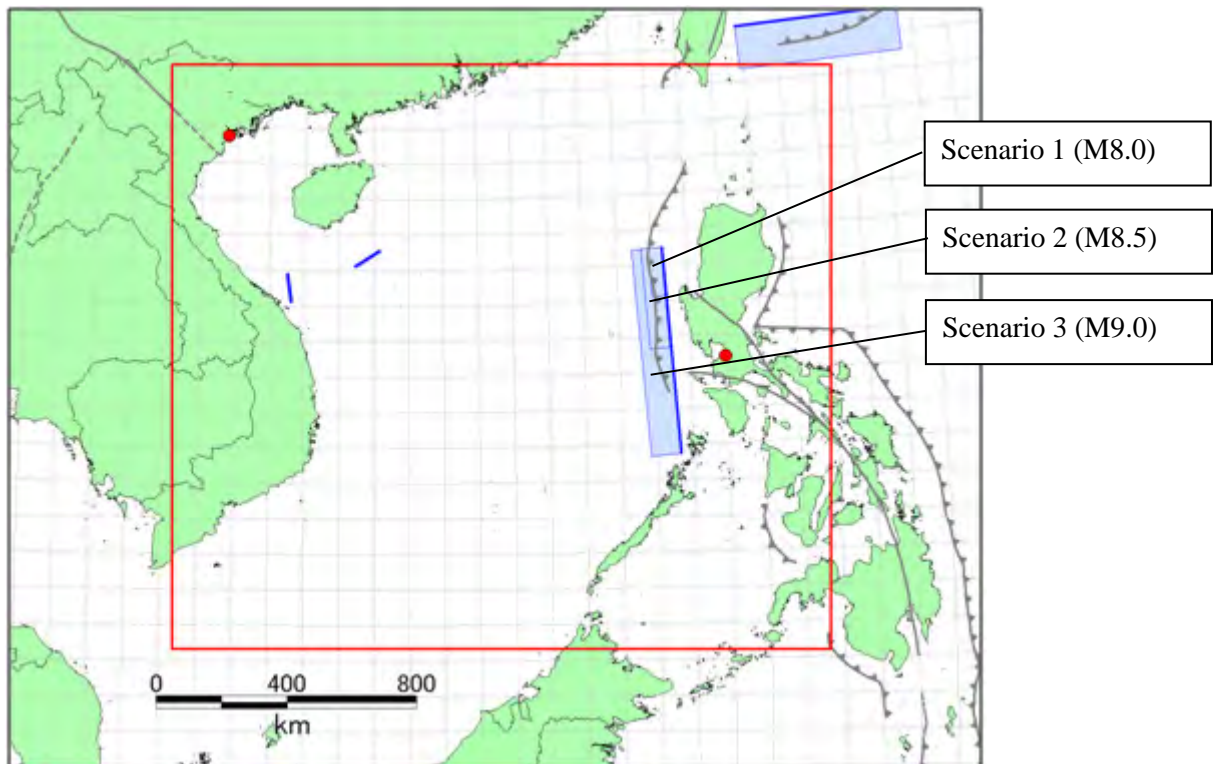


図 A.2.9 津波波源モデル (Scenario 1 - 3)

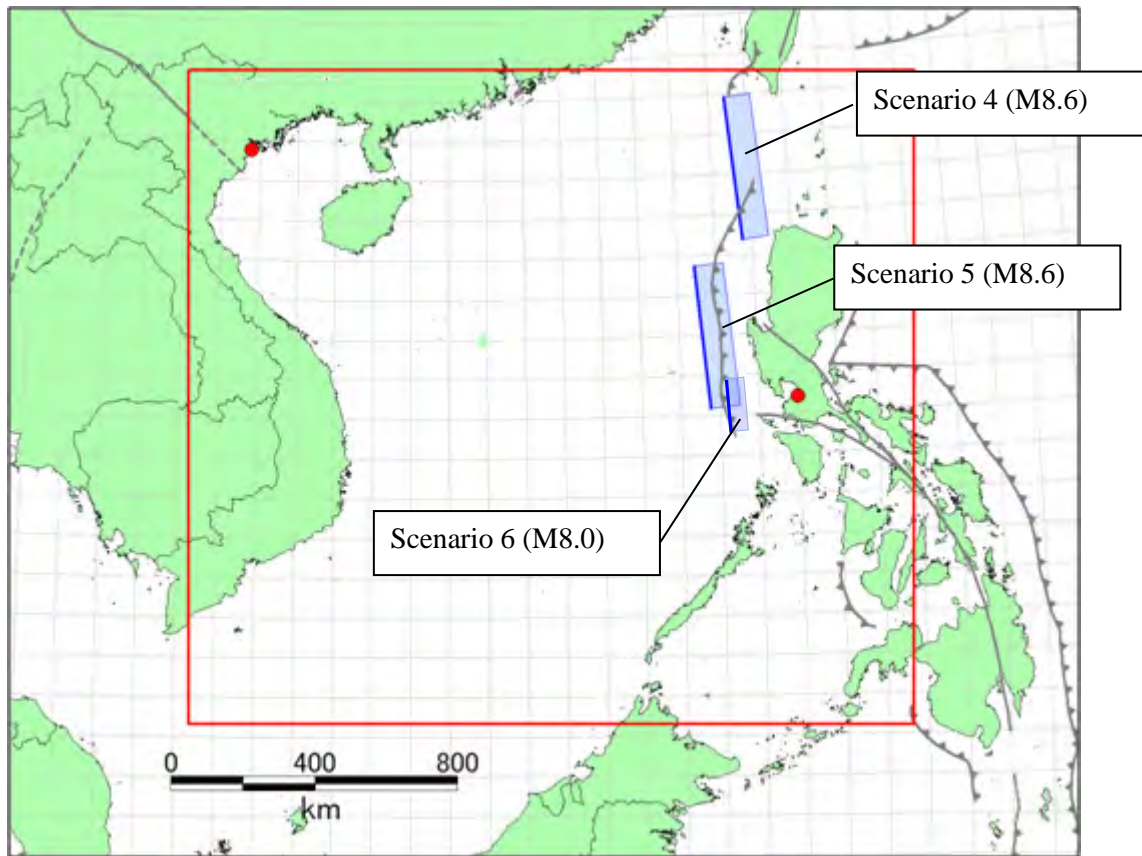


図 A.2.10 津波波源モデル (Scenario 4 - 6)

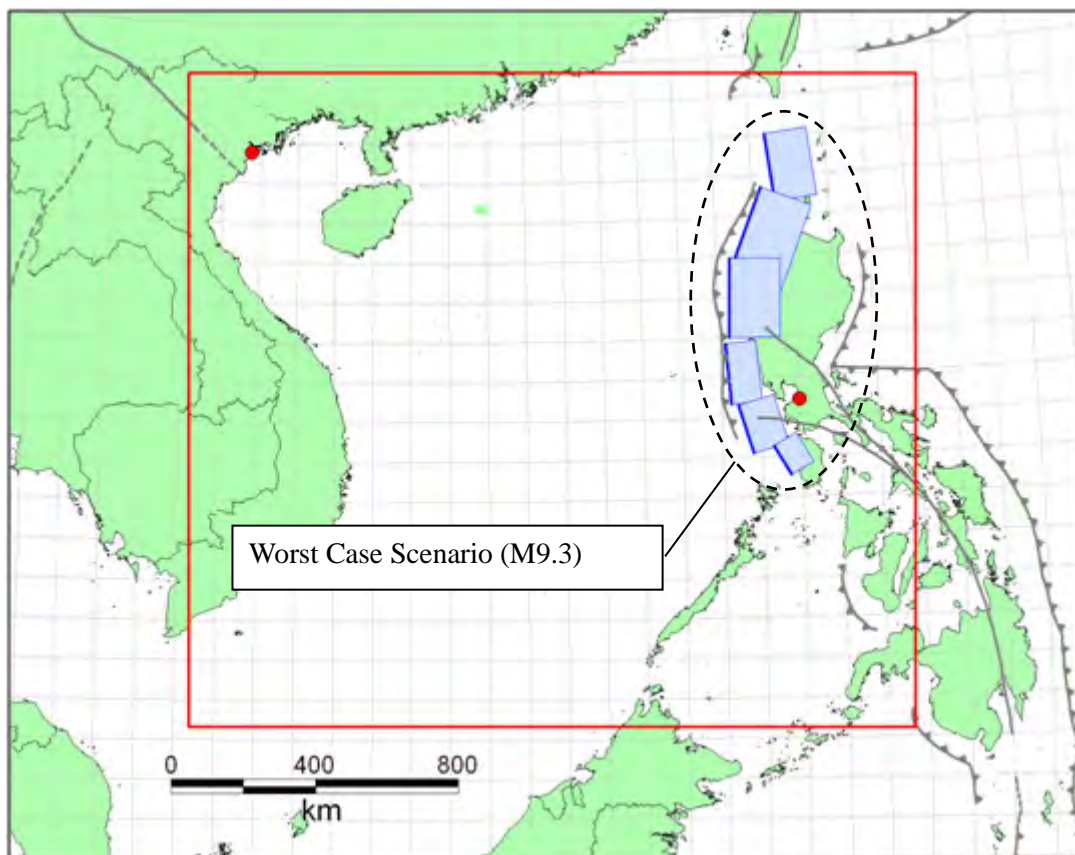


図 A.2.11 津波波源モデル (Worst Case Scenario)

## 2) シミュレーションモデルの選定

シミュレーションは非線形長波理論にもとづき東北大学が開発したプログラム「TUNAMI」を使って実施した。計算対象期間は地震発生後 24 時間とした。

## 3) 入力データの作成

座標系は UTM を採用した。グリッドのサイズはネスティングの手法により、正方形の一辺の長さを順次 1350m→450m→150m→50m とした。

### 地形データ

海域の 1350m、450m、150m および陸域の 50m グリッドについては BODC (British Oceanographic Data Centre)が作成した"GEBCO\_08 Grid"データを使用した。

また、50m グリッドで設定した対象地の沿岸部およびその周辺については、NAMRIA (National Mapping and Resource Information Authority) が作成した地形図に記載されている水深のポイントデータをデジタル化して使用した。

GEBCO\_08 Grid で作成した広域の地形モデルを図 A.2.12 に、海図から作成した沿岸部の地形モデルを図 A.2.13 に示す。

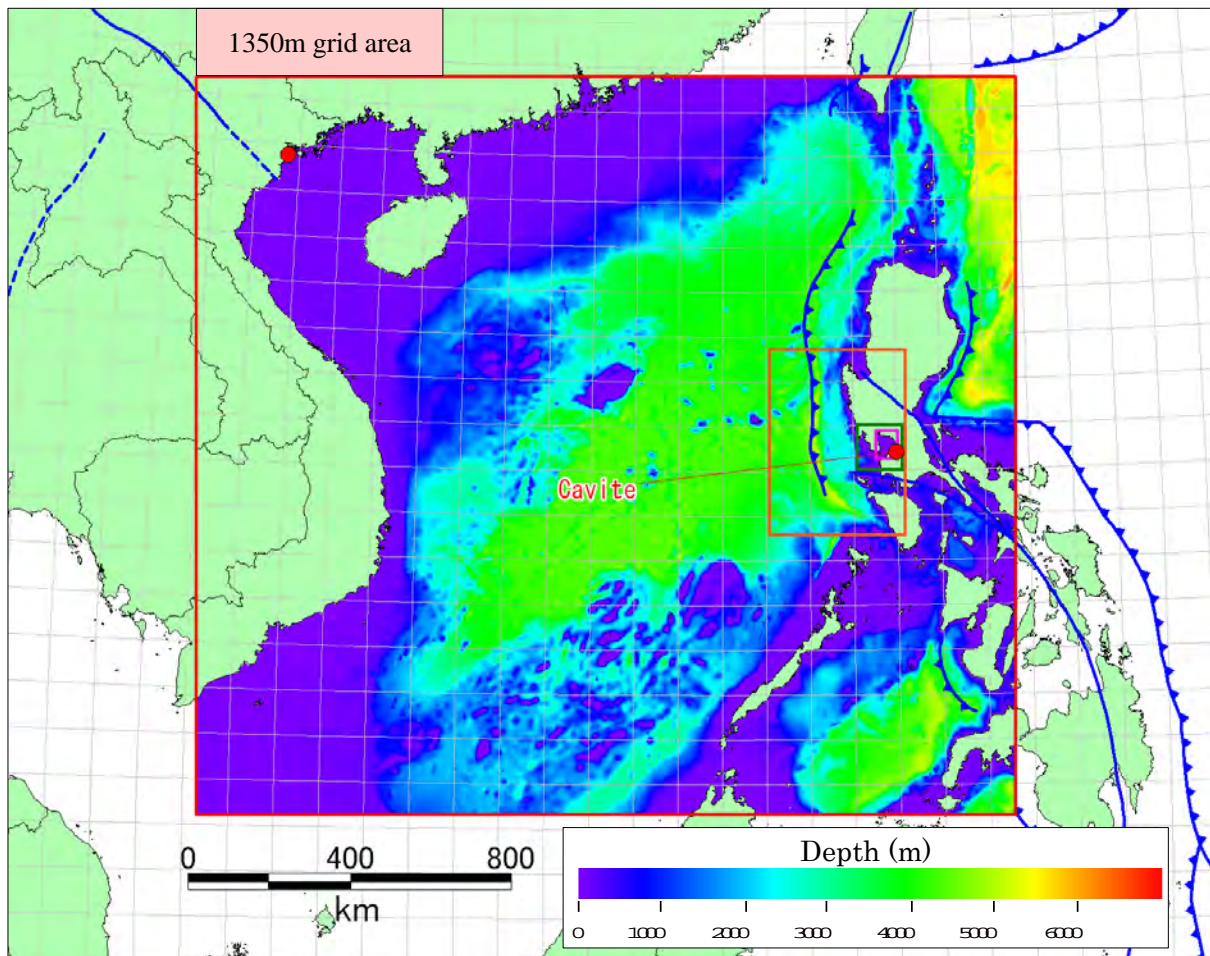


図 A.2.12 GEBCO データによる南シナ海地域の海底地形

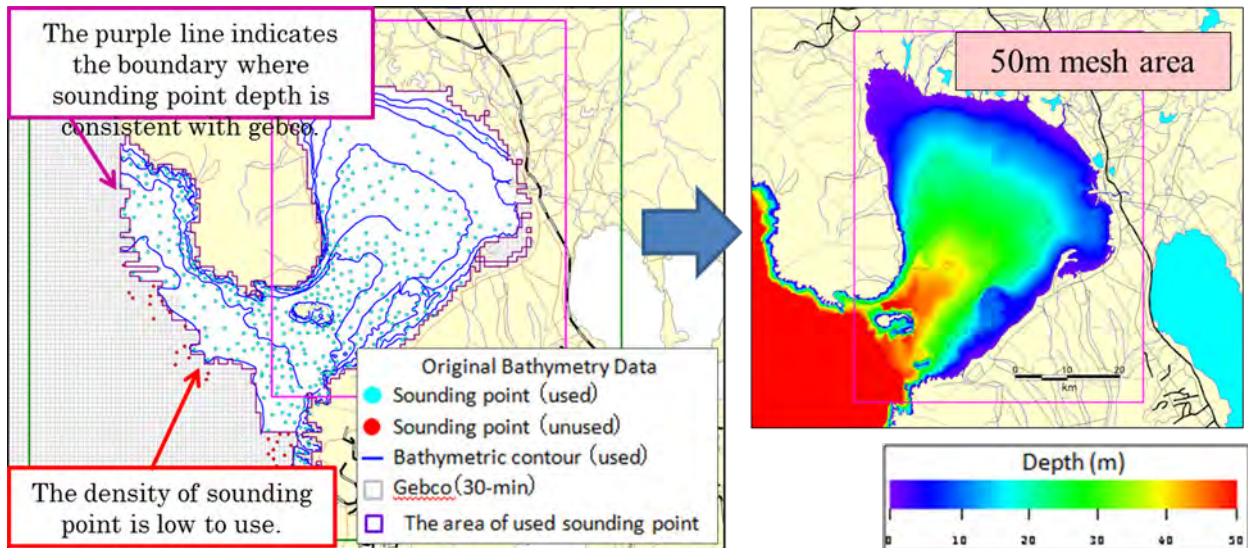


図 A.2.13 マニラ湾付近の海底地形

### 粗度データ

海域および陸域の粗度係数は一律  $n=0.025$  を使用した。

### 堤防データ

堤防等の海岸構造物は今回の解析では考慮していない。

### 初期水位

初期水位は表 A.2.7 の想定地震の震源パラメータを使い、岡田によるプログラム DC3D0 / DC3D で計算した地形変動量の鉛直成分をグリッドに与えることで設定した。

計算した地形変動量を図 A.2.14、図 A.2.17、図 A.2.20、図 A.2.23、図 A.2.26、図 A.2.32、図 A.2.32 に示す。

## 4) シミュレーションの実施

Scenario 1 ～5 および Worst Case Scenario によるシミュレーション結果を図 A.2.14～図 A.2.34 に示す。表 A.2.8 には各シナリオごとに Cavite で予想される最大津波高とマグニチュードごとの再現期間を示す。

Cavite はマニラ湾内に位置しているため、津波の高さは外洋に比べてそれほど高くない。今回のシミュレーション結果では、マニラ海溝で発生するマグニチュード 8.5 程度の地震でも津波の高さは 1m を越えることはないと予想されている (Scenario2、4、5、6)。マグニチュード 9 を超えるような地震が発生した場合は 2m 以上の津波が発生する可能性がある (Scenario3、Worst Case Scenario) が、これらが発生する確率は数千年に一度程度と見られる。



表 A.2.8 カビテにおける最大津波波高

| Scenario No. | Mw  | Return Period<br>(year) | Max. Tsunami Height<br>(m) |
|--------------|-----|-------------------------|----------------------------|
| 1            | 8.0 | 100～630                 | 0.12                       |
| 2            | 8.5 | 300～2000                | 0.57                       |
| 3            | 9.0 | 1000～6300               | 2.66                       |
| 4            | 8.6 | 400～2500                | 0.24                       |
| 5            | 8.6 | 400～2500                | 0.66                       |
| 6            | 8.0 | 100～630                 | 0.34                       |
| Worst Case   | 9.3 | 2000～13000              | 2.98                       |

### Scenario 1 のシミュレーション結果

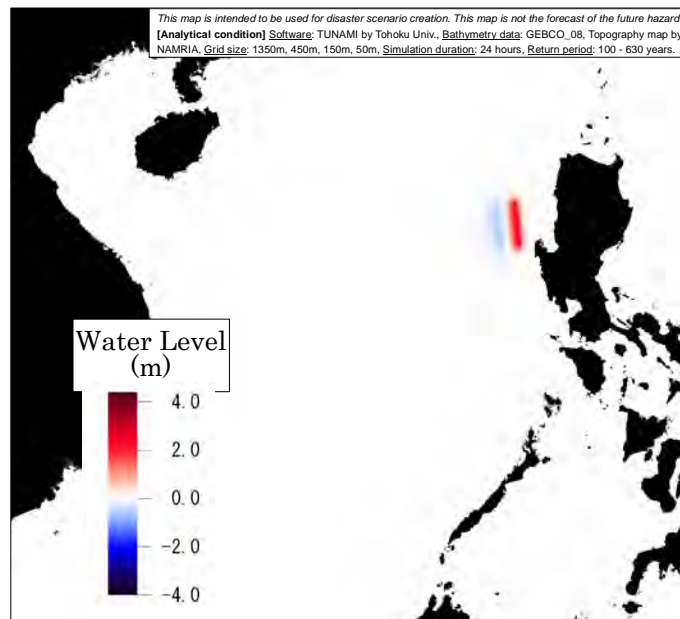


図 A.2.14 垂直変位 (Scenario 1)

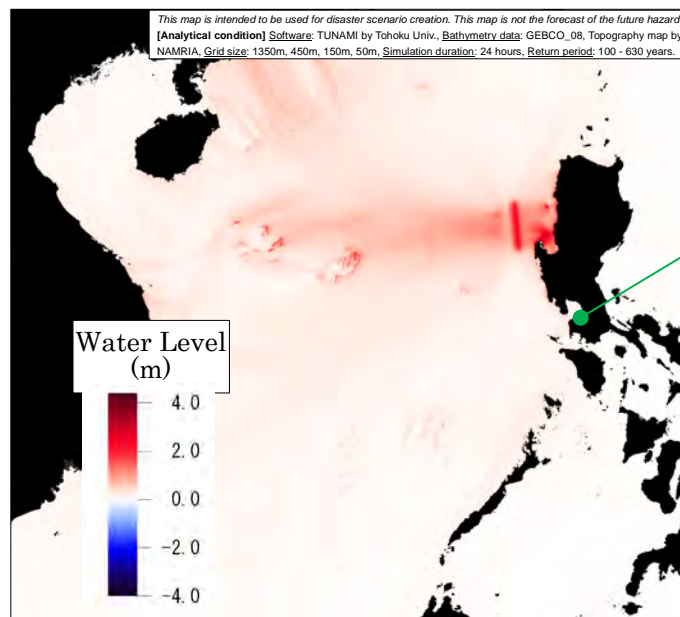


図 A.2.15 最大津波波高 (Scenario 1)

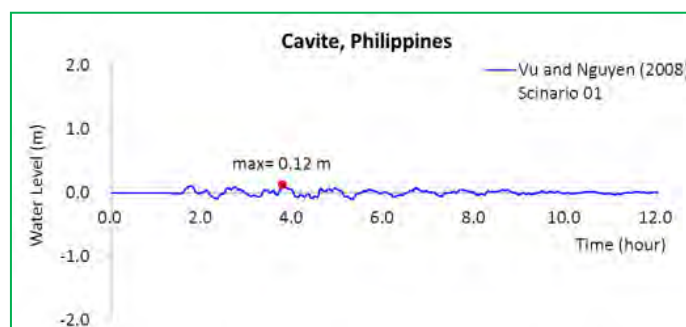


図 A.2.16 カビテにおける津波波形 (Scenario 1)

Scenario 2 のシミュレーション結果

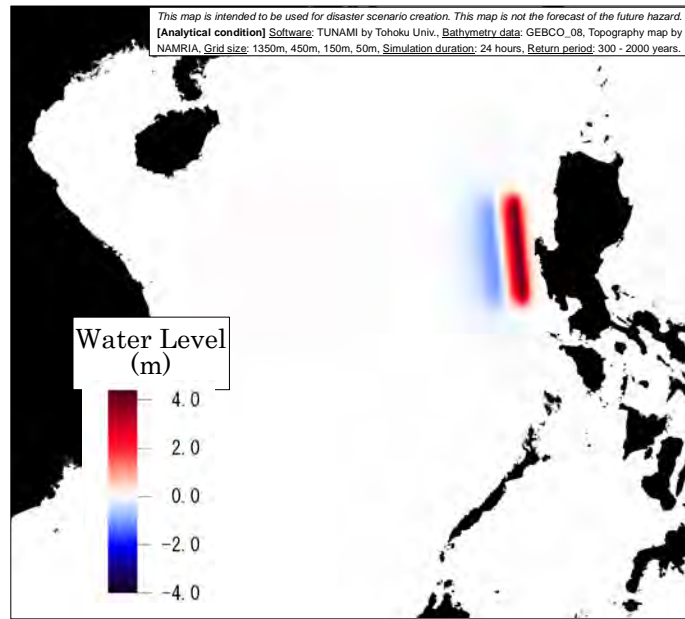


図 A.2.17 垂直変位 (Scenario 2)

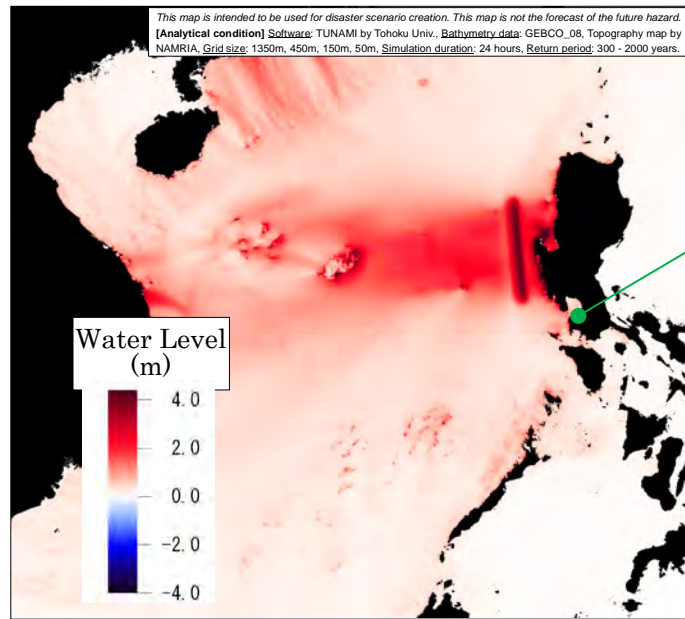


図 A.2.18 最大津波波高 (Scenario 2)

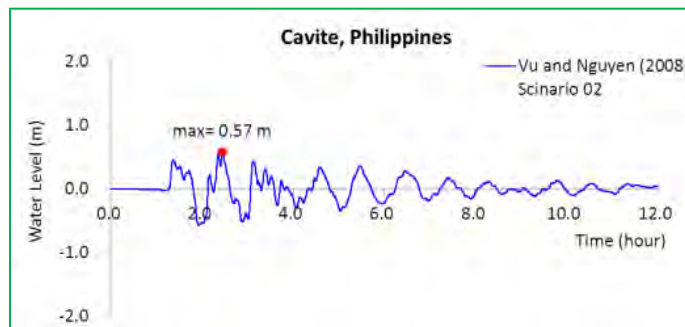


図 A.2.19 カビテにおける津波波形 (Scenario 2)

Scenario 3 のシミュレーション結果

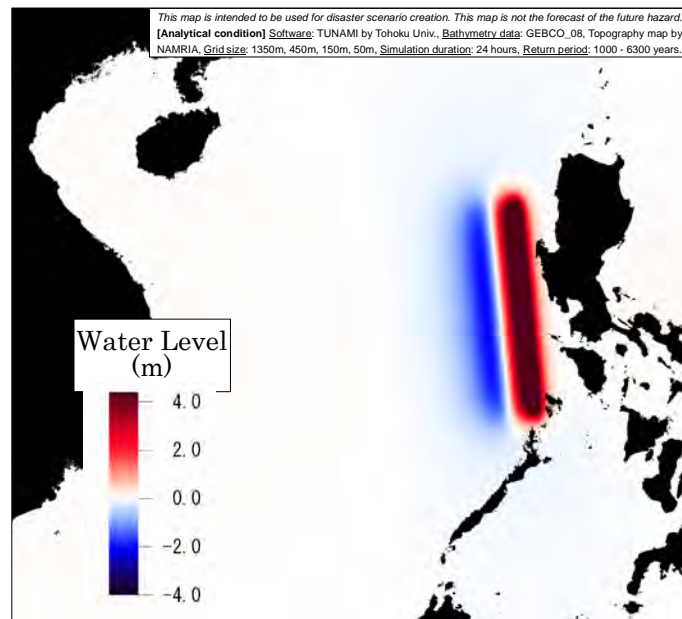


図 A.2.20 垂直変位 (Scenario 3)

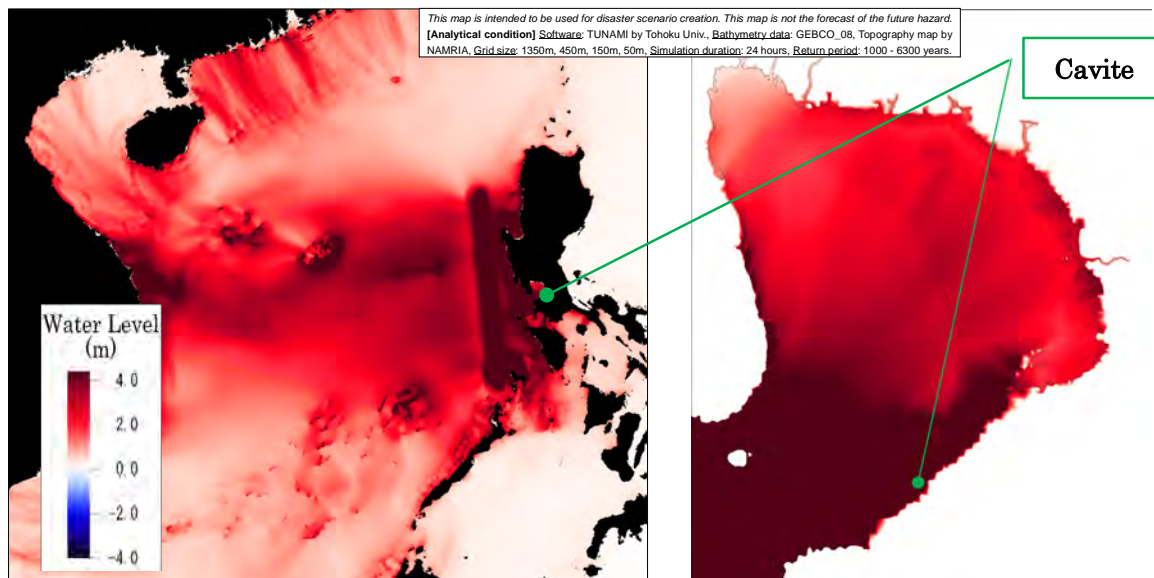


図 A.2.21 最大津波波高 (Scenario 3)

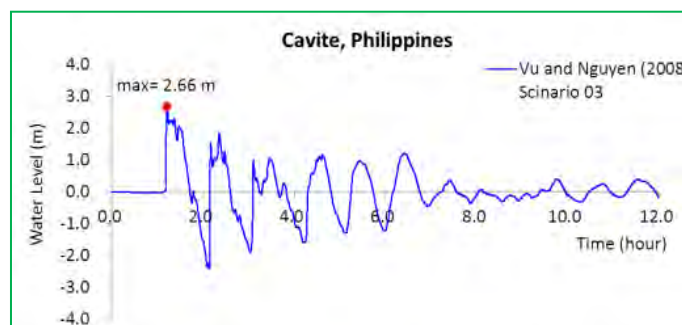


図 A.2.22 カビテにおける津波波形 (Scenario 3)

Scenario 4 のシミュレーション結果

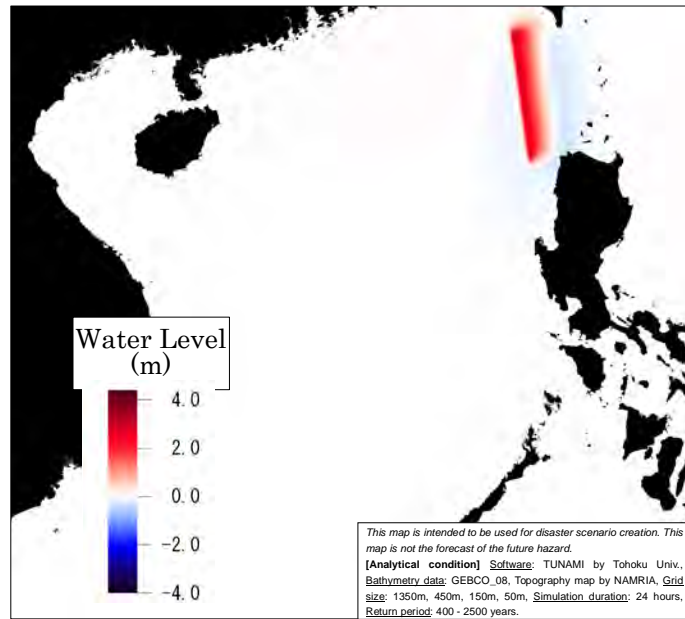


図 A.2.23 垂直変位 (Scenario 4)

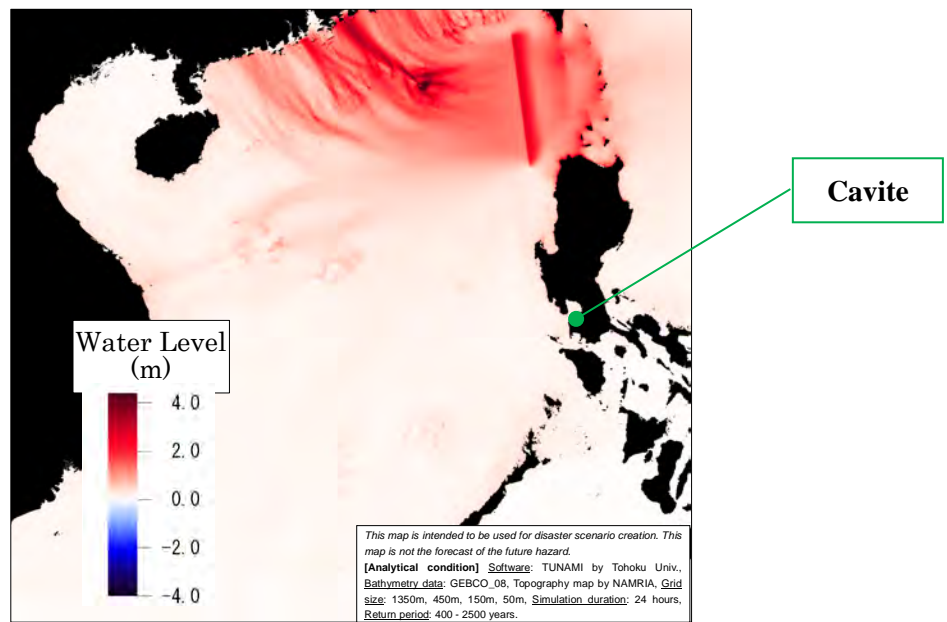


図 A.2.24 最大津波波高 (Scenario 4)



図 A.2.25 カビテにおける津波波形 (Scenario 4)

Scenario 5 のシミュレーション結果

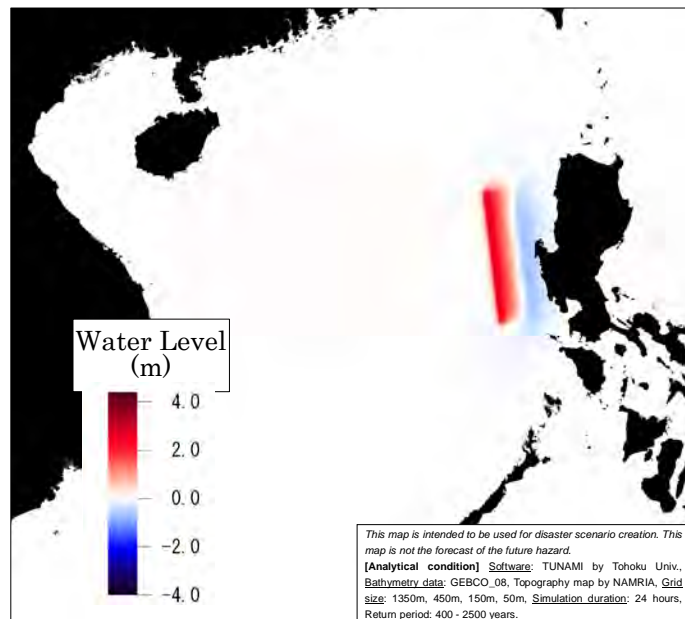


図 A.2.26 垂直変位 (Scenario 5)

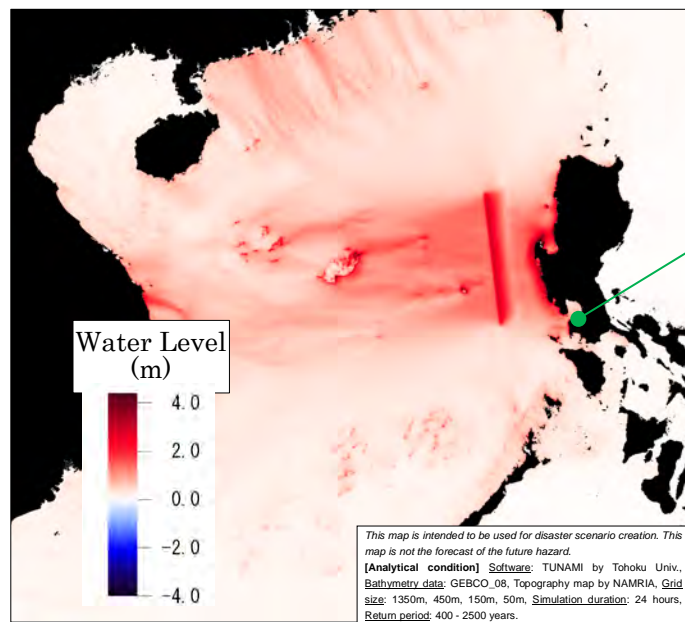


図 A.2.27 最大津波波高 (Scenario 5)

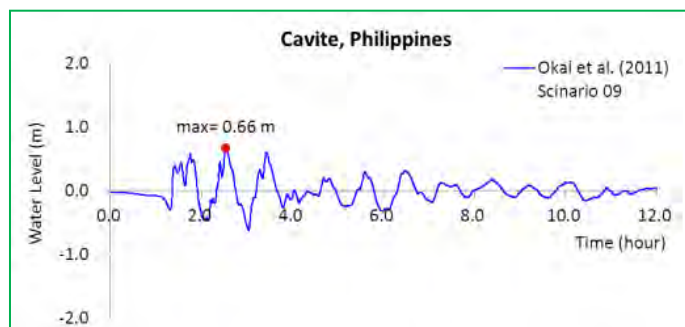


図 A.2.28 カビテにおける津波波形 (Scenario 5)

Scenario 6 のシミュレーション結果

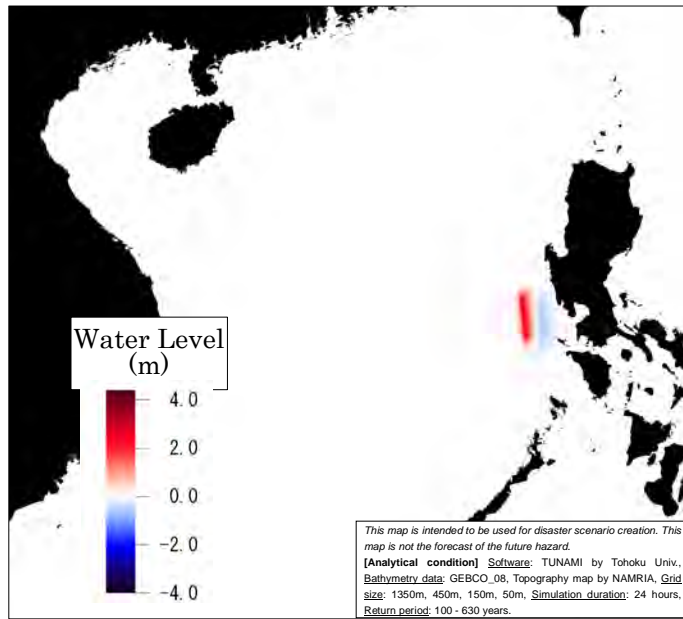


図 A.2.29 垂直変位 (Scenario 6)

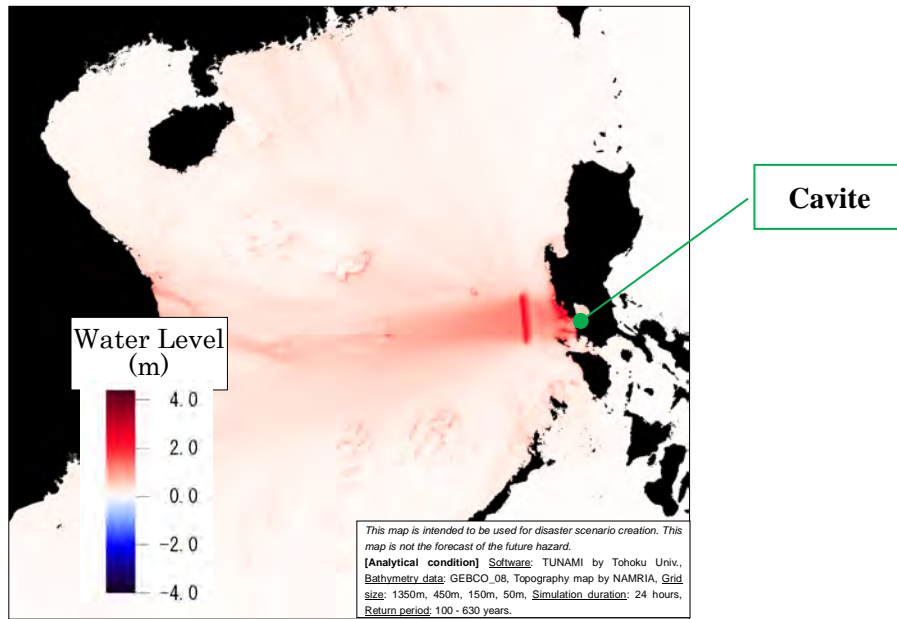


図 A.2.30 最大津波波高 (Scenario 6)

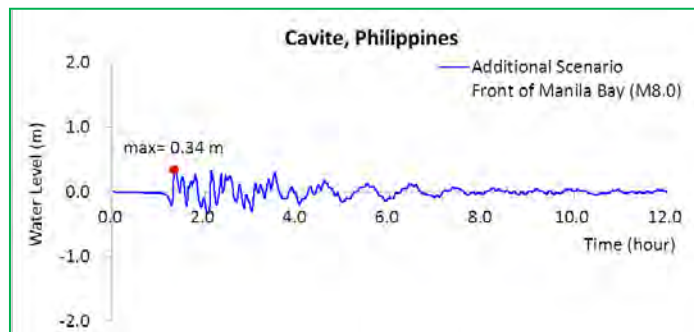


図 A.2.31 カビテにおける津波波形 (Scenario 6)

Worst Case Scenario のシミュレーション結果

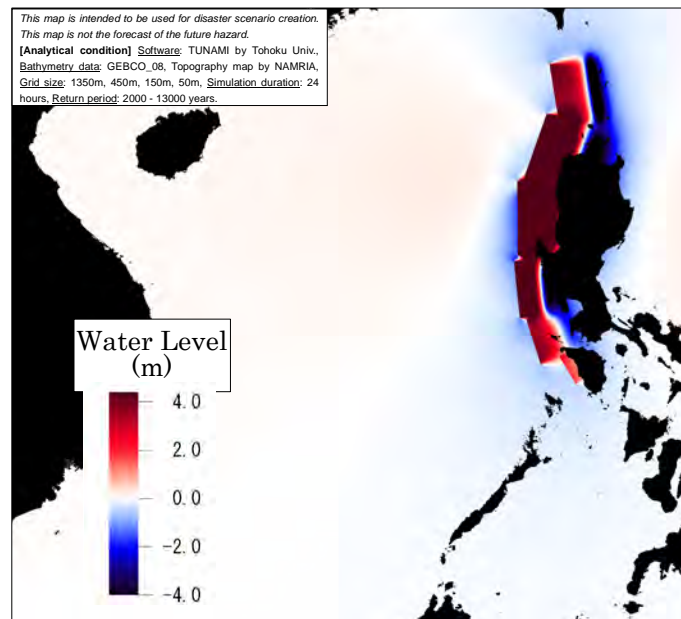


図 A.2.32 垂直変位 (Worst Case Scenario)

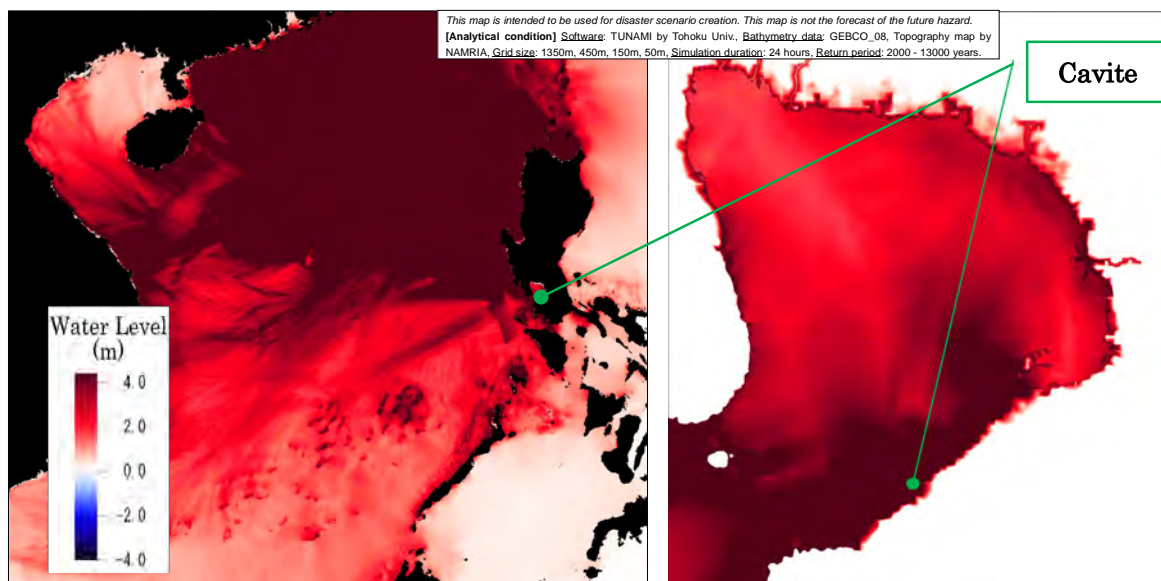


図 A.2.33 最大津波波高 (Worst Case Scenario)

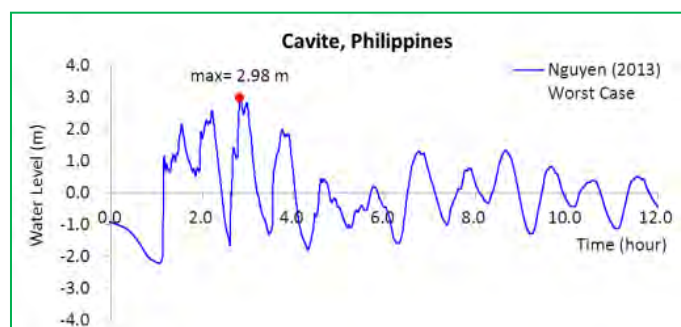


図 A.2.34 カビテにおける津波波形 (Worst Case Scenario)



## A.2.6 解析結果の評価

### (1) 津波の再来周期について

津波に関しては、地震のような確率論的な評価手法は確立していない。これは、地震動の計算には、距離とマグニチュードだけを用いて簡易的に計算する手法が存在するのに対し、津波の場合は海底地形、海岸地形の影響が大きいため、対応する簡易な計算手法が存在しないためである。したがって、他のハザードのように確率を先に定めた解析はできず、既存文献で設定された断層モデルについて津波シミュレーションを行い、当該地震の再来周期を地震カタログを用いて別途推定した。今回の解析は確率論的な解析ではなく、既存断層モデルでの津波の発生確率を評価したものである。

### (2) 海底地形データについて

今回の解析では、無償で入手できる約 1km メッシュの海底地形データを用いた。沖合のデータとしては十分活用できる品質であると思われる。海岸付近では 50m メッシュ程度の詳細データが必要であり、今回は海図、海底地形図をデジタイズして使用した。詳細な海底地形情報は、地域によっては入手が難しかったり存在しない場合もあるので、シミュレーションのネックとなりうる。

### (3) 遡上について

今回は、陸上遡上のシミュレーションをしていない。遡上のシミュレーションのためには精度の高い標高データ、堤防などの構造物の高さ、土地利用、建物分布のデータが必要であり、また、精度の高い解析には高い技術レベルが求められる。広域 BCP のためのシナリオ作成目的としてはハードルが高いと思われる。

## 参考文献

- 1) IUGG/IOC Time Project: Numerical Method of Tsunami Simulation with the Leap-frog Scheme, IOC Manuals and Guides No.35, UNESCO 1997  
[http://www.jodc.go.jp/info/ioc\\_doc/Manual/122367eb.pdf](http://www.jodc.go.jp/info/ioc_doc/Manual/122367eb.pdf)
- 2) Imamura, Yalciner and Ozyurt (2006): TSUNAMI MODELLING MANUAL (TUNAMI model)  
<http://www.tsunami.civil.tohoku.ac.jp/hokusai3/E/projects/manual-ver-3.1.pdf>
- 3) Tsunami Dictionary (Japanese) (2007) : Edited by Shuto, Imamura, Koshimura, Satake, Matsutomi, Asakura Publishing Co., Ltd
- 4) Kaiser, Scheele1, Kortenhaus, Løvholt, Romer, Leschka (2011): The influence of land cover roughness on the results of high resolution tsunami inundation modeling, Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 11, 2521–2540  
<http://www.nat-hazards-earth-syst-sci.net/11/2521/2011/nhess-11-2521-2011.pdf>
- 5) Mansinha, Smilie (1971): The Displacement Fields of Inclined Faults, Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 61, No. 5, pp. 1433-1440  
[http://ceeserver.cee.cornell.edu/pll-group/doc/Mansinha\\_Smylie\\_1971.pdf](http://ceeserver.cee.cornell.edu/pll-group/doc/Mansinha_Smylie_1971.pdf)

- 6) Okada (1992): Internal deformation due to shear and tensile faults in a half-space, Bull. Seism. Soc. Am., 82, 1018-1040.
- 7) COMCOT, Cornell University  
[http://ceeserver.cee.cornell.edu/pll-group/comcot\\_fault.htm](http://ceeserver.cee.cornell.edu/pll-group/comcot_fault.htm)
- 8) Program to calculate deformation due to a fault model DC3D0 / DC3D  
[http://www.bosai.go.jp/study/application/dc3d/DC3Dhtml\\_E.html](http://www.bosai.go.jp/study/application/dc3d/DC3Dhtml_E.html)
- 9) Utsu (2001): Seismology, 3rd edition (Japanese), Kyoritsu Shuppan Co., Ltd.
- 10) EMILE A. OKAL, COSTAS E. SYNOLAKIS, and NIKOS KALLIGERIS (2011): Tsunami Simulations for Regional Sources in the South China and Adjoining Seas, Pure and Applied Geophysics 168 (2011), 1153–1173
- 11) Vu Thanh Ca1 and Nguyen Dinh Xuyen (2008): Tsunami risk along Vietnamese coast, Journal of Water Resources and Environmental Engineering, No. 23, November 2008
- 12) Nguyen Hong Phuong, Vu Ha Phuong, and Pham The Truyen (2013): Simulation of a Worst Case Tsunami Scenario from the Manila Trench to Vietnam, Joint Symposium on Seismic Hazard Assessment - Sendai, Japan, 17 –19 June, 2013
- 13) Earthquake Impact Reduction Study for Metropolitan Manila, Republic of the Philippines Final Report (2004): Japan International Cooperation Agency (JICA), Metropolitan Manila Development Authority (MMDA), and Philippine Institute of Volcano and Seismology (PHIVOLCS), Pacific Consultants International, OYO International Corporation, PASCO Corporation

### A.3 洪水災害のアセスメント

#### A.3.1 検討方針

カビテ市の洪水解析モデルは、JICA が 2007 年から 2009 年に実施した「カビテ州ローランドにおける総合的治水対策調査」において構築されている。本調査では、上記調査の解析モデルを活用し氾濫解析を行う。洪水解析モデルの概要は下表の通りである。

表 A.3.1 カビテ市洪水解析モデルの概要

| No.      | 項目              | 内容  |          |                 |   |     |   |     |   |     |    |     |    |     |    |     |    |     |     |     |      |     |
|----------|-----------------|---|----------|-----------------|---|-----|---|-----|---|-----|----|-----|----|-----|----|-----|----|-----|-----|-----|------|-----|
| 1        | 対象範囲            | フィリピン国カビテ州東部<br>Imus 川、Sun Juan & Ylang Ylang 川および Canas 川を含む流域面積<br>407.4km <sup>2</sup>   |          |                 |   |     |   |     |   |     |    |     |    |     |    |     |    |     |     |     |      |     |
| 2        | 降雨解析            | 標本：流域平均 2 日雨量<br>標本数：25(1978～2006 年)<br>確率密度関数：対数ピアソンⅢ型<br><br><table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <caption>確率規模別降雨一覧</caption> <thead> <tr> <th>再現期間 (年)</th> <th>流域平均 2 日雨量 (mm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>2</td><td>191</td></tr> <tr><td>3</td><td>224</td></tr> <tr><td>5</td><td>258</td></tr> <tr><td>10</td><td>295</td></tr> <tr><td>20</td><td>326</td></tr> <tr><td>30</td><td>342</td></tr> <tr><td>50</td><td>360</td></tr> <tr><td>100</td><td>383</td></tr> <tr><td>200*</td><td>412</td></tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">*1/200 確率は、本調査で再計算した結果を記す。</p> | 再現期間 (年) | 流域平均 2 日雨量 (mm) | 2 | 191 | 3 | 224 | 5 | 258 | 10 | 295 | 20 | 326 | 30 | 342 | 50 | 360 | 100 | 383 | 200* | 412 |
| 再現期間 (年) | 流域平均 2 日雨量 (mm) |   |          |                 |   |     |   |     |   |     |    |     |    |     |    |     |    |     |     |     |      |     |
| 2        | 191             |   |          |                 |   |     |   |     |   |     |    |     |    |     |    |     |    |     |     |     |      |     |
| 3        | 224             |   |          |                 |   |     |   |     |   |     |    |     |    |     |    |     |    |     |     |     |      |     |
| 5        | 258             |   |          |                 |   |     |   |     |   |     |    |     |    |     |    |     |    |     |     |     |      |     |
| 10       | 295             |   |          |                 |   |     |   |     |   |     |    |     |    |     |    |     |    |     |     |     |      |     |
| 20       | 326             |   |          |                 |   |     |   |     |   |     |    |     |    |     |    |     |    |     |     |     |      |     |
| 30       | 342             |   |          |                 |   |     |   |     |   |     |    |     |    |     |    |     |    |     |     |     |      |     |
| 50       | 360             |   |          |                 |   |     |   |     |   |     |    |     |    |     |    |     |    |     |     |     |      |     |
| 100      | 383             |   |          |                 |   |     |   |     |   |     |    |     |    |     |    |     |    |     |     |     |      |     |
| 200*     | 412             |   |          |                 |   |     |   |     |   |     |    |     |    |     |    |     |    |     |     |     |      |     |
| 3        | 流出解析            | 採用モデル：準線形モデル<br>河道追跡は MIKE-11（一次元不定流、DHI <sup>1</sup> ）を採用<br>土地利用：現況として 2003 年土地利用データを採用。  |          |                 |   |     |   |     |   |     |    |     |    |     |    |     |    |     |     |     |      |     |
| 4        | 洪水解析            | 採用モデル：MIKE-FLOOD (DHI)<br>河道追跡は MIKE-11、氾濫解析は MIKE-21 を使用<br>境界条件：上流端は流出解析で得られるハイドログラフとし、下流端はマニラ湾とカビテ港の観測潮位とした。   |          |                 |   |     |   |     |   |     |    |     |    |     |    |     |    |     |     |     |      |     |
| 5        | 解析モデルの妥当性       | 調査当時の既往最大洪水は、2006 年 9 月に発生した台風 Milenyo によって発生した。本解析モデルは、2006 年当時の氾濫痕跡水位を再現できるようにパラメータ同定が行われている。   |          |                 |   |     |   |     |   |     |    |     |    |     |    |     |    |     |     |     |      |     |

#### A.3.2 想定外力規模の設定

洪水災害対策において想定する外力（確率規模）は、政府および自治体の方針、住民の意向、計画の実現可能性などを勘案して設定する。本章では、既往最大程度、1/50、1/100、1/200 の 4 つのケースについて洪水解析を実施した。この確率は、他の災害種（地震、津波、高潮）と整合を図ったものである。

<sup>1</sup> Danish Hydraulic Institute, DHI <http://www.dhigroup.com/>

### A.3.3 解析結果

既往の解析モデルを用いて、氾濫解析を実施した。図 A.3.2～図 A.3.9 に浸水想定区域図を示す。解析の結果、カビテの工業団地は降雨確率 1/200 の洪水に対しても浸水被害は発生しないことがわかる。北部沿岸については浸水し、交通が寸断される可能性が高いが、既往検討結果<sup>2</sup>から洪水期間は数日程度（平均 1.5 日）であり、寸断される期間は短い。

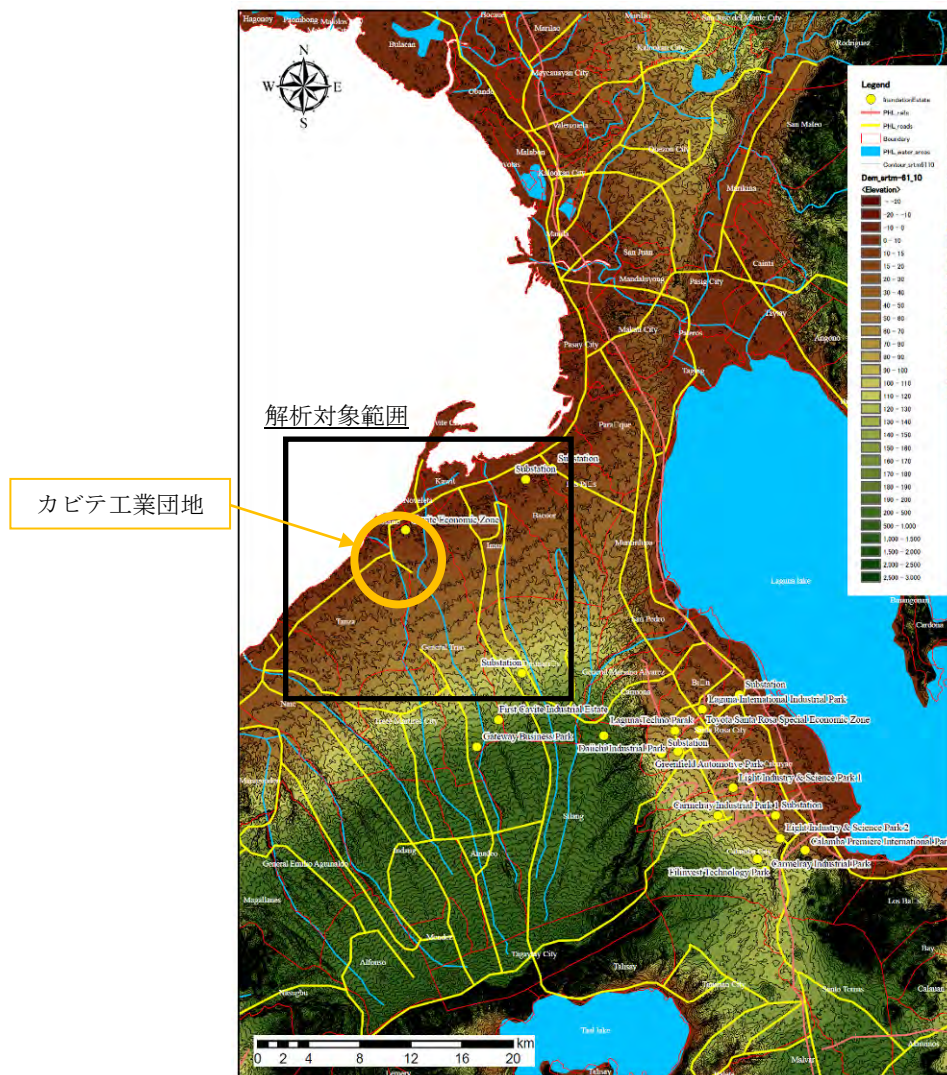


図 A.3.1 解析対象エリア

<sup>2</sup> カビテ州ローランドにおける総合的治水対策調査 JICA (2007-2009 年)

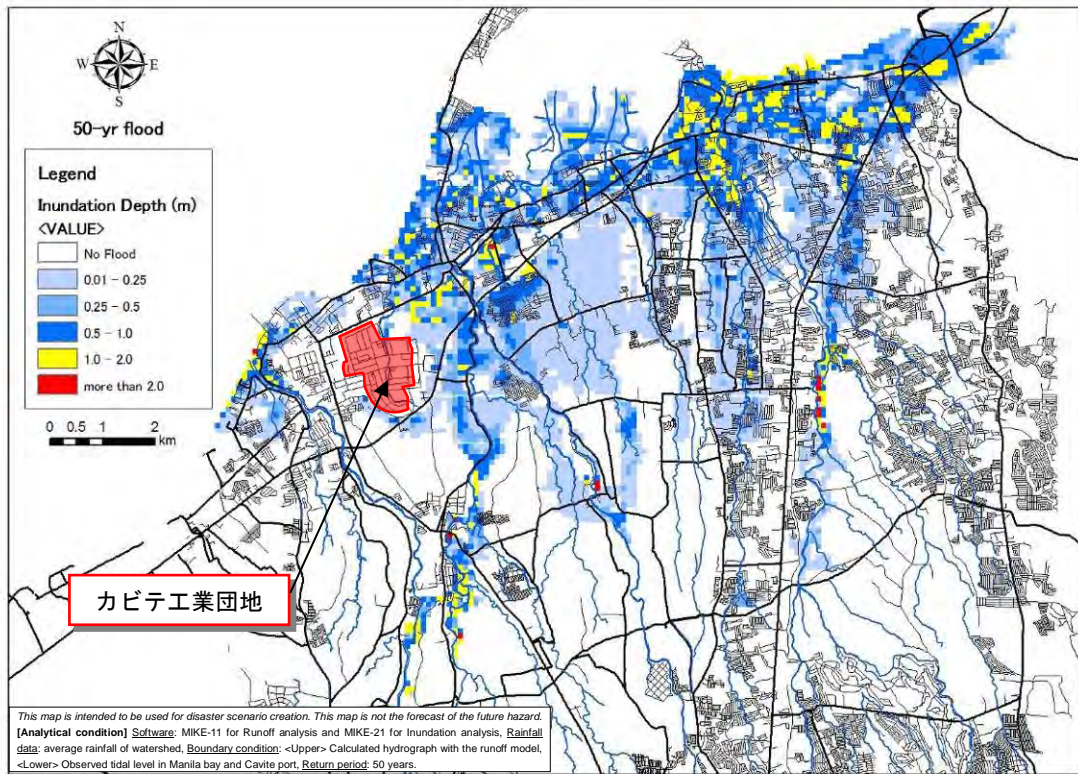


図 A.3.2 氾濫シミュレーション結果 最大浸水深（降雨確率 1/50）

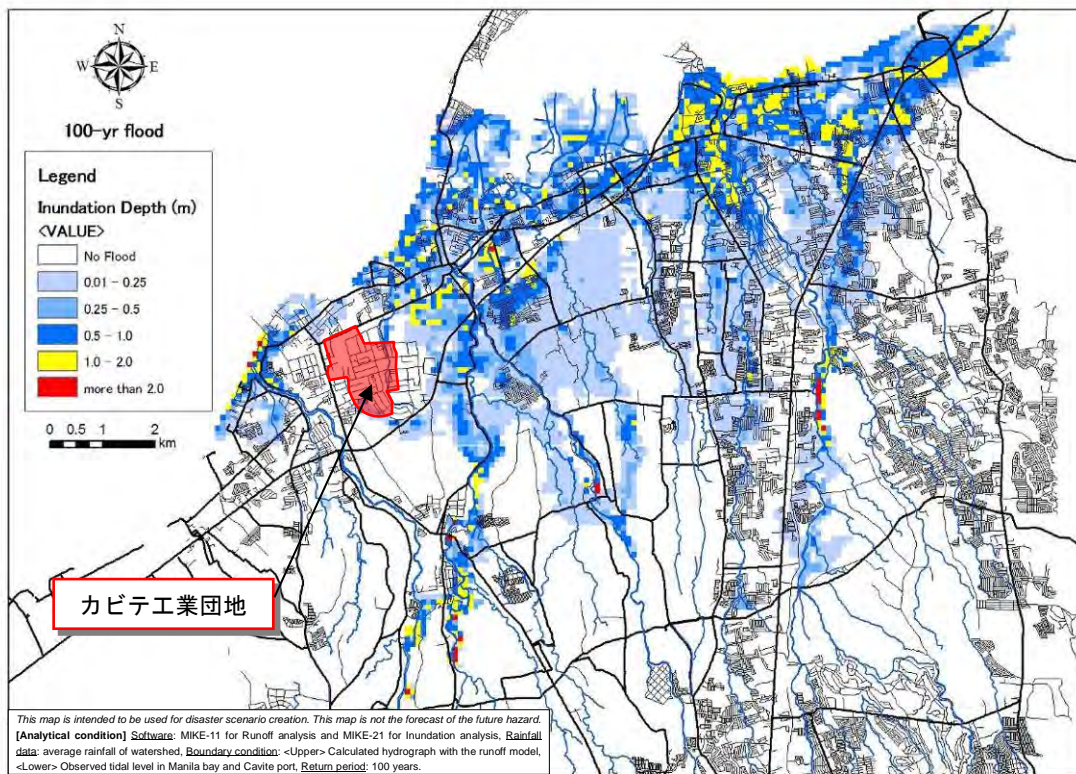


図 A.3.3 氾濫シミュレーション結果 最大浸水深（降雨確率 1/100）

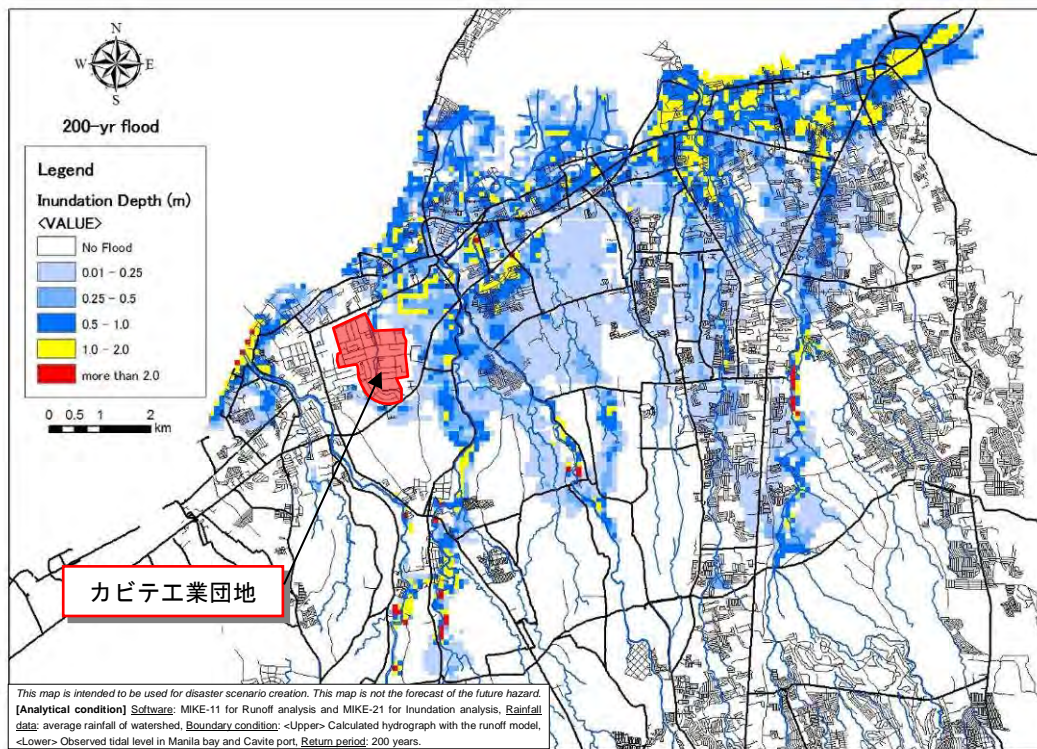


図 A.3.4 氾濫シミュレーション結果 最大浸水深 (降雨確率 1/200)

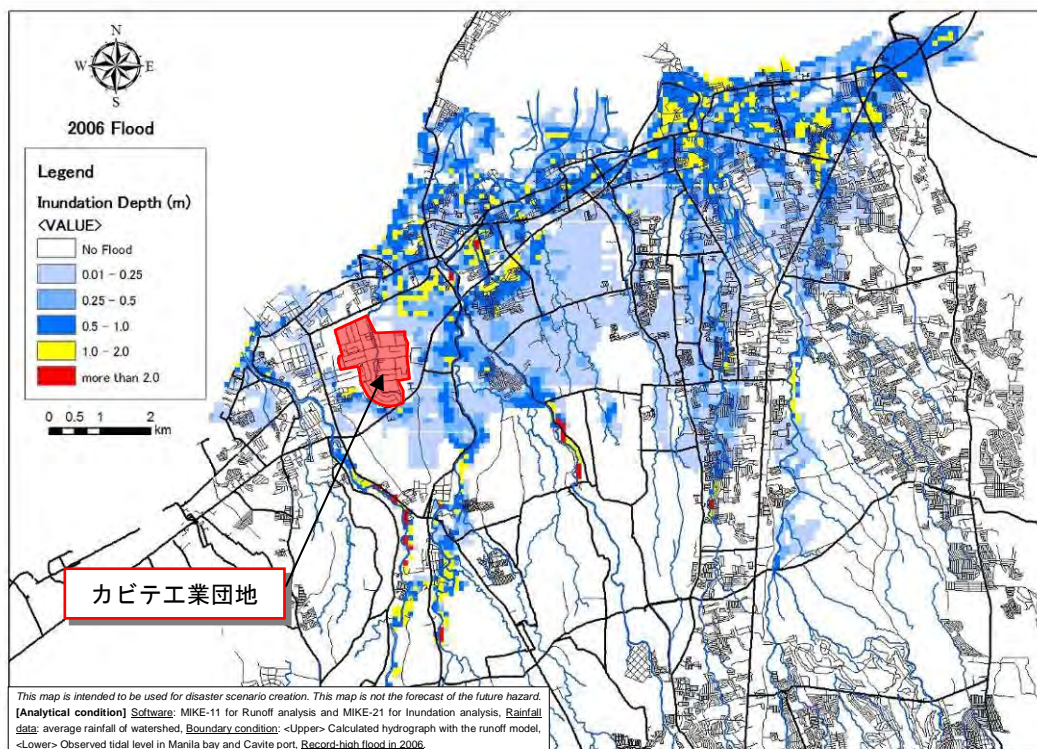
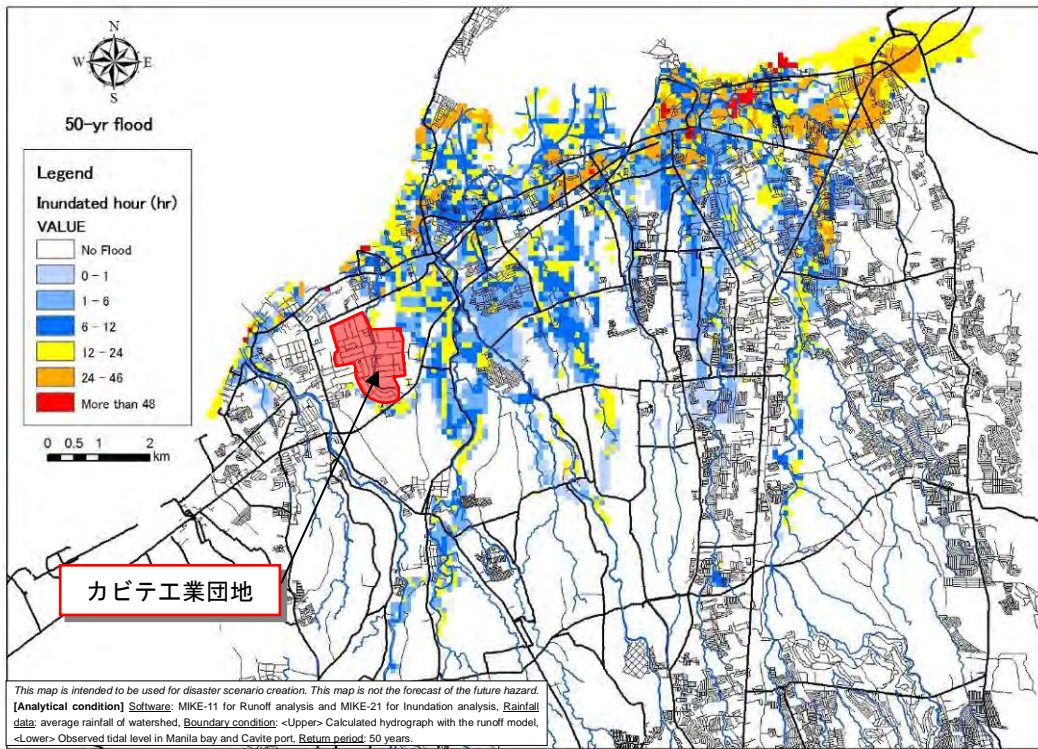
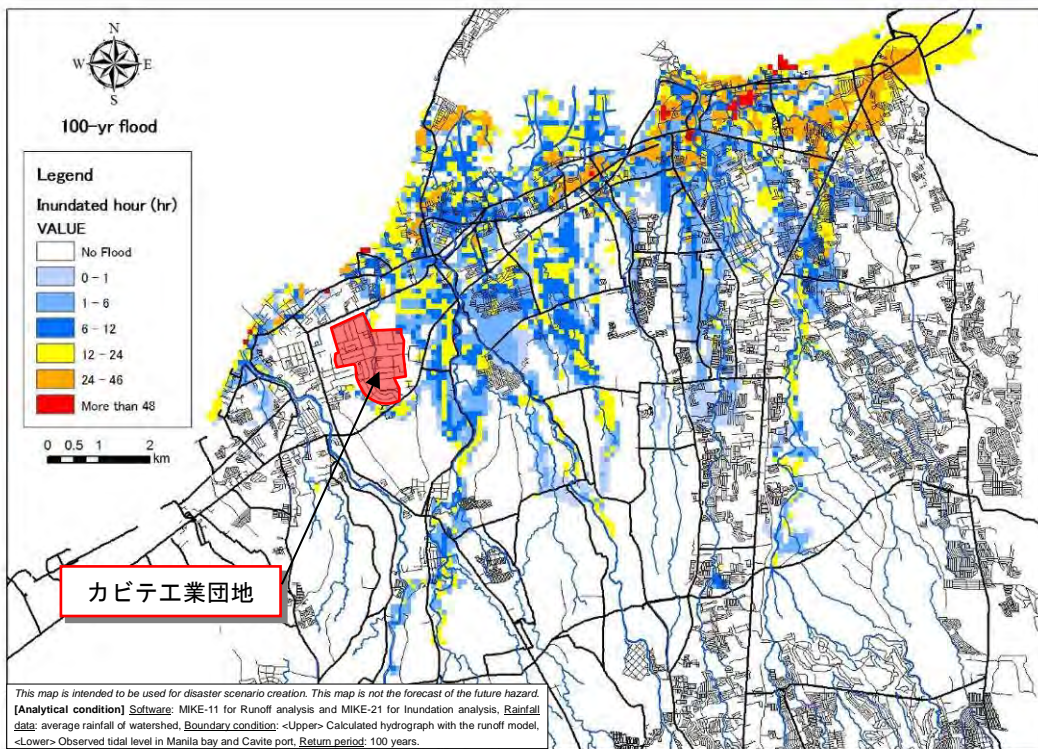


図 A.3.5 氾濫シミュレーション結果 最大浸水深 (既往最大 2006年)



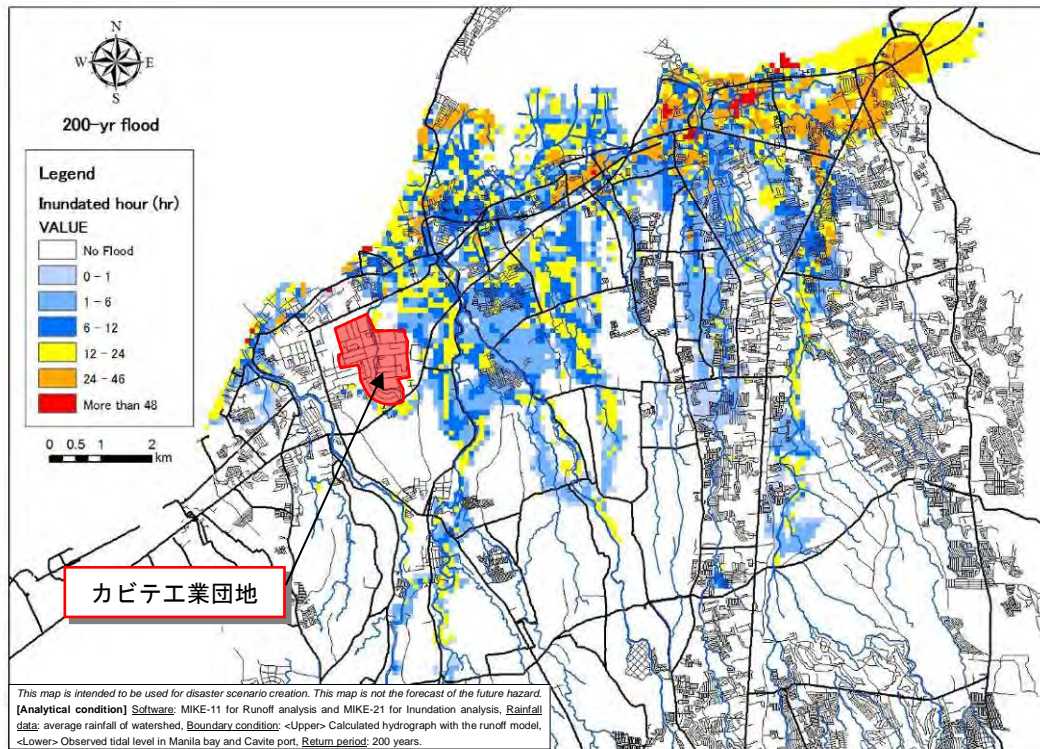
※水深 5cm 未満のグリッドは非表示

図 A.3.6 氾濫シミュレーション結果 浸水期間 (降雨確率 1/50)



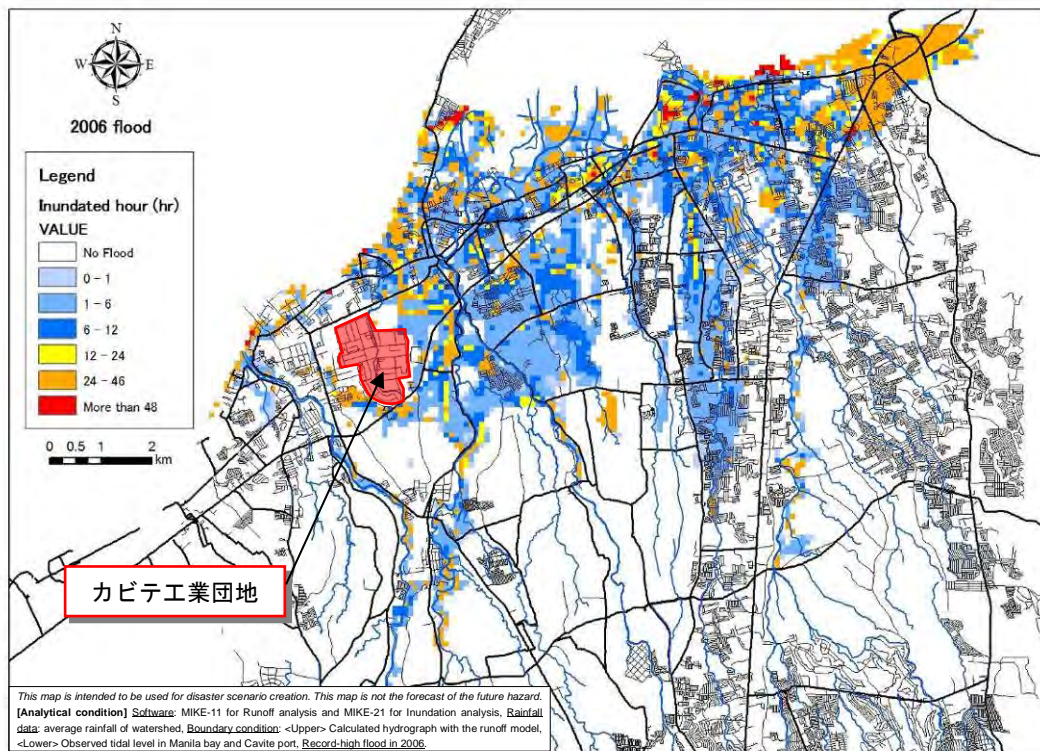
※水深 5cm 未満のグリッドは非表示

図 A.3.7 氾濫シミュレーション結果 浸水期間 (降雨確率 1/100)



※水深 5cm 未満のグリッドは非表示

図 A.3.8 氾濫シミュレーション結果 浸水期間 (降雨確率 1/200)



※水深 5cm 未満のグリッドは非表示

図 A.3.9 氾濫シミュレーション結果 浸水期間 (既往最大 2006 年)



参考に、ラグナ湖の確率規模別水位による浸水範囲を整理する。ラグナ湖の確率規模別湖面水位は下表の通りである。最近 10 年の最大湖面水位は 2009 年台風 Ondoy 発生時に記録した 13.85m (DPWH Datum<sup>3</sup>) であり、この水位は確率 1/50 に相当する。過去最高水位は、1972 年に記録された 14.08m である。

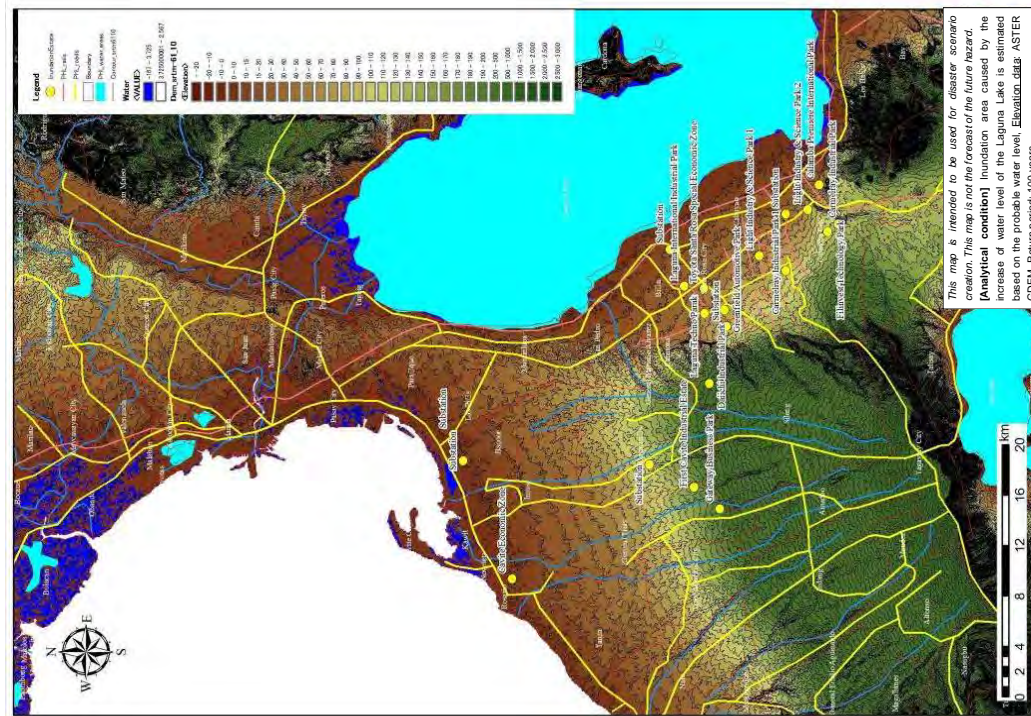
図 A.3.10～図 A.3.11 に確率規模別 (1/50、1/100、1/200) の水位および既往最大水位から算定した浸水想定範囲を示す。ラグナ湖南西部に位置する工業団地は、標高の高い地域に建設されていることから、ラグナ湖の水面上昇による浸水は発生しないことが確認された。

表 A.3.2 ラグナ湖確率規模別水位

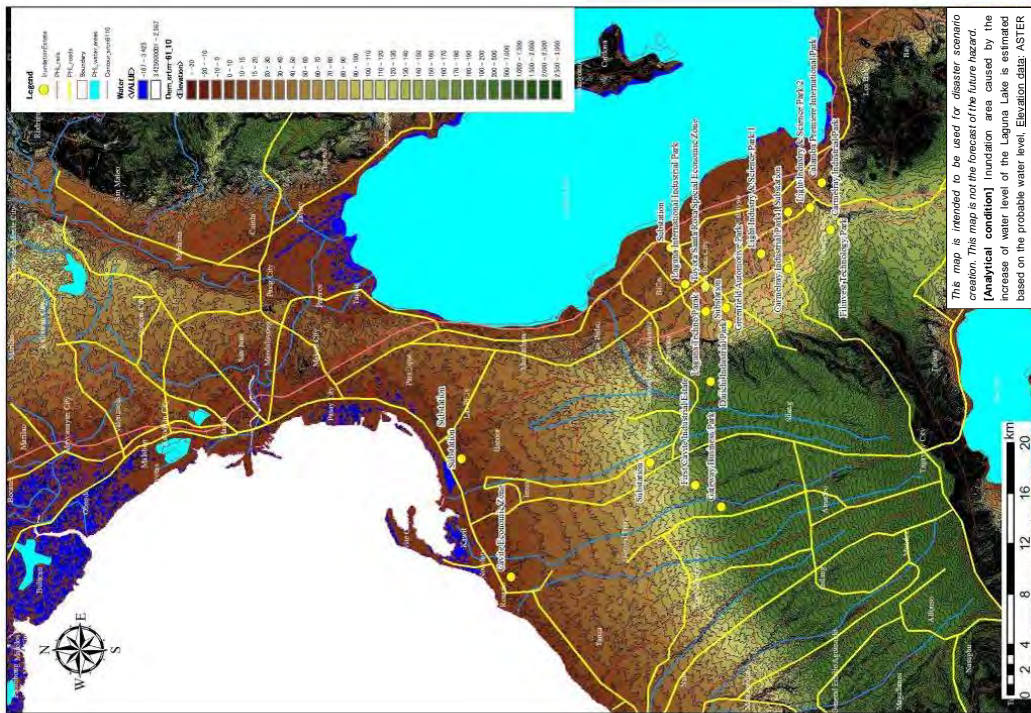
| Return Period (year) | Annual Maximum Lake Water Level |           |
|----------------------|---------------------------------|-----------|
|                      | DPWH Datum (m)                  | M.S.L (m) |
| 2                    | 12.3                            | 1.825     |
| 3                    | 12.5                            | 2.025     |
| 4                    | 12.8                            | 2.325     |
| 10                   | 13.2                            | 2.725     |
| 20                   | 13.5                            | 3.025     |
| 30                   | 13.7                            | 3.225     |
| 50                   | 13.9                            | 3.425     |
| 80                   | 14.1                            | 3.625     |
| 100                  | 14.2                            | 3.725     |
| 150                  | 14.4                            | 3.925     |
| 200                  | 14.6                            | 4.125     |
| 400                  | 14.9                            | 4.425     |

出典：Master Plan for Flood Management in Metro Manila and Surrounding Area, World Bank

<sup>3</sup>フィリピン国公共事業道路省 (DPWH) が設定している基準水位。Mean sea level (MSL) に変換するためには、DPWH の水位から 10.475m を差し引く。

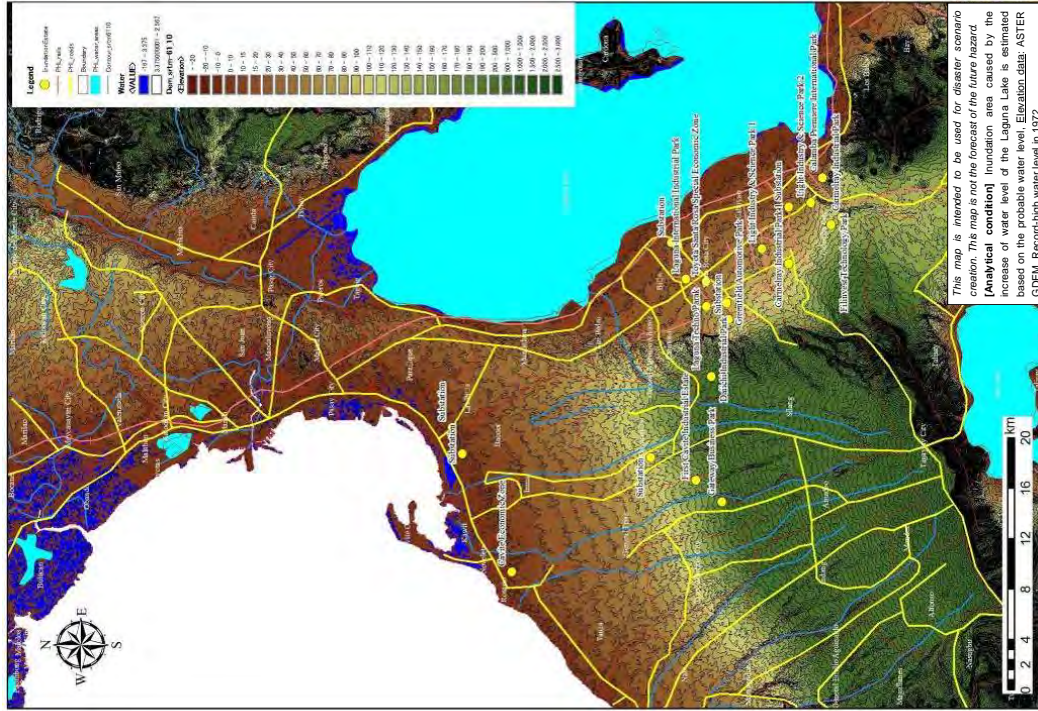


確率：1/100 (14.1m)

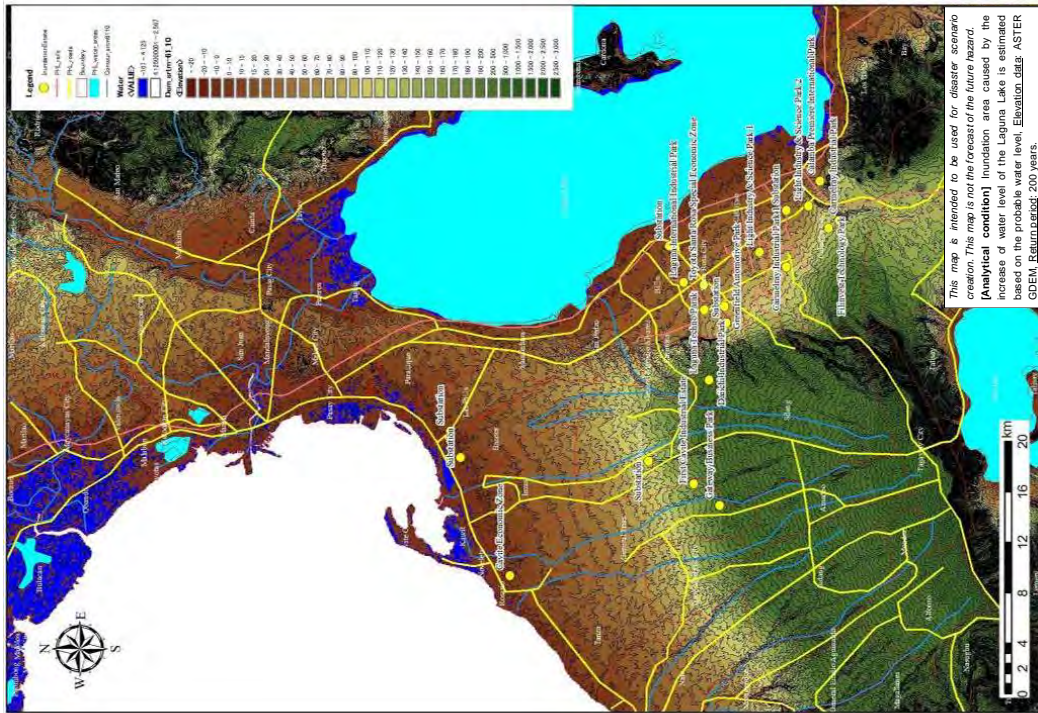


確率：1/50 (13.9m)

図 A.3.10 ラグナ湖 周辺浸水範囲シミュレーション結果 (1/2)



1972年 既往最大 (14.08m)



確率：1/200 (14.6m)

図 A.3.11 ラグナ湖 周辺浸水範囲シミュレーション結果 (2/2)

#### A.3.4 解析結果の評価

カビテ地域の洪水シミュレーションは、既存詳細調査で使ったデータ、解析ソフトを流用したため、非常に詳細な条件が取り込まれている。河川、水路は横断測量を行い、地形については標高調査を実施した結果を用いている。解析も精度の高い詳細な計算を行っている。概略検討のレベルを超えた解析であり、シナリオ作成のためにはオーバースペックである。既存調査ではこの解析のためには専門技術者が半年専従しており、一般にシナリオ作成のために投入できる資源をはるかに超えたものである。