

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

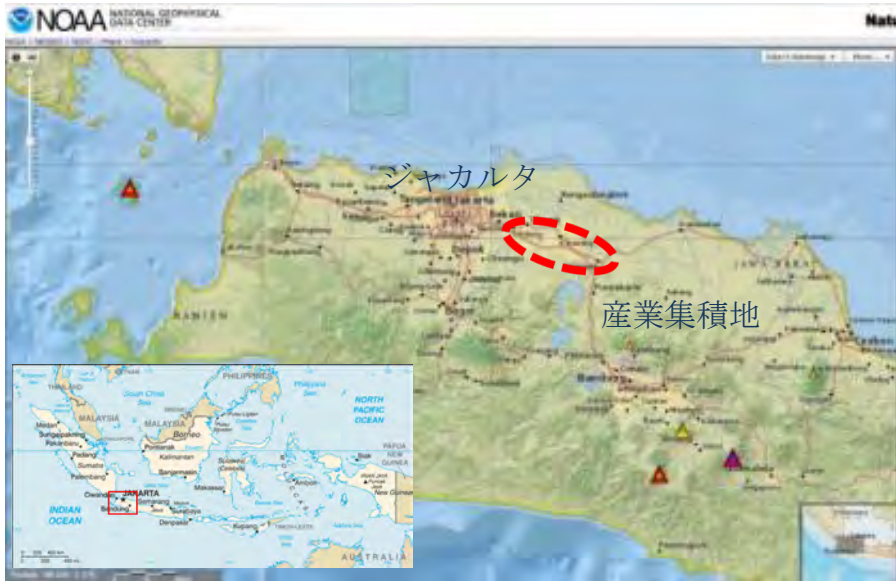
リスクプロファイルレポート

ーブカシ、カラワン（インドネシア）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	インドネシア															
パイロット地域	カラワン県、ブカシ県、ブカシ市にある産業集積地とその周辺部															
パイロット地域の位置	パイロット地域はジャカルタ東方にあり、産業集積地はブカシ県、カラワン県、ブカシ市にまたがって広がっている。ここには 12 の工業団地がある（工業団地は分布する大まかな範囲を赤破線で表示）。 															
パイロット地域の地方行政機関	インドネシアには 2 層の地方政府が存在し、第一レベルの地方政府が州（Provinsi）であり、その下位に第二レベルの地方政府である県（Kabupaten）と市（Kota）が置かれている。特に県と市は、日本のように前者が後者を包括する位置づけではなく、相互に独立した行政形態となっている。															
パイロット地域の面積・人口	<table><tr><th>地方行政機関</th><th>面積 (km²)</th><th>人口*</th></tr><tr><td>カラワン県</td><td>1,737.30</td><td>2,125,234</td></tr><tr><td>ブカシ県</td><td>1,484.00</td><td>1,917,248</td></tr><tr><td>ブカシ市</td><td>210.49</td><td>2,378,211</td></tr><tr><td>西ジャワ州</td><td>55,390.00</td><td>35,724,000</td></tr></table> * 2000 年, 一部は 2005 年	地方行政機関	面積 (km ²)	人口*	カラワン県	1,737.30	2,125,234	ブカシ県	1,484.00	1,917,248	ブカシ市	210.49	2,378,211	西ジャワ州	55,390.00	35,724,000
地方行政機関	面積 (km ²)	人口*														
カラワン県	1,737.30	2,125,234														
ブカシ県	1,484.00	1,917,248														
ブカシ市	210.49	2,378,211														
西ジャワ州	55,390.00	35,724,000														
パイロット地域の自然条件	熱帯雨林気候に属し、雨季と乾季がある。雨季には一部地域で洪水のリスクが高くなるとされている。															
パイロット地域のハザード（災害）洪水	対象地域は Citarum, Cibeet, Cikarang, Bekasi River の 4 河川が流下している。Cibeet は Karawang で Citarum に合流、Cikarang は Bekasi 川に合流しているので、河川は Citarum 水系と、Cikaran—Bekasi との 2 水系になる。洪水氾濫が頻繁に起きる脆弱地域が認められる。洪水リスクが高いのは： ・ Citarum の Cibeet 合流点下流地域、 ・ Bekasi River の常襲氾濫地域 ・ Cikaran の常襲氾濫地域															

	Bekasi、karawang の工業団地は、相対的に高い地盤に配置されており、洪水の直接的リスクは少ないが、周辺地域には常襲的な洪水氾濫地域が認められ、社会インフラや地域社会は洪水に対して脆弱であり、その結果の物流、従業員等が直接被害をうけ、工業団地は間接的な被害は免れない。
パイロット地域のハザード（災害） 地震	ジャワ島の南にはスンダ海溝が東西に走り、インド・オーストラリアプレートがユーラシアプレートの下に潜り込んでいるため、日本と同様に活発な地震活動がある。しかし、パイロット調査地はジャワ島の北部に位置しており、震源から距離があるため、スンダ海溝で発生する大地震で大きな被害を受けることがない。このため、災害データベースによると、ブカシ、カラワンで、20 世紀以降に多くの死傷者が発生した地震災害は記録されていない。しかし、西ジャワ州の中部山岳地帯では、1975 年、2005 年のそれぞれ 1 人の死者が発生する内陸地震が発生している。また、19 世紀にさかのぼれば、西ジャワ州の東部で死者 7 名が記録された地震がある。
パイロット地域のハザード（災害） 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は無い。被害をもたらすような津波の発生源となる海溝部での地震は、ジャワ島の南部で発生するため、ジャカルタ付近にやってくるにはスンダ海峡を通過することになるため、波高は小さくなる。
パイロット地域のハザード（災害） 火山	インドネシアには約 150 の火山があり、このうち 80 が活火山である。パイロット調査地付近 100km 程度の範囲には、キアラベレスーゲガ山、サラク山、ゲデ山、タンクバンパラウ山などがある。 1883 年にインドネシア史上 2 番目といわれる大規模な噴火があったクラカタウ山はパイロット調査地の約 170km 西に位置する。歴史的に何度も噴火を繰返し、近年も活動しているメラピ山は約 350km 東、ケルト山は約 570km 東に位置している。1982 年の噴火で 1 億 6 千億ドル（GDP 比 0.12%）の経済的な被害をもたらしたガルングン山は約 120km 南東に位置している。
パイロット地域の産業集積地	カラワン、ブカシ周辺には日系企業の開発による工業団地が 5 か所ある。パイロット地域の代表的工業団地として選ぶ、KIIC(Karawang International Industrial City)もそのうちの一つである。 KIIC の概要は以下のとおりである。 ✓ 1992 年建設（第 5 期まで計画し現在第 3 期まで完了） ✓ 伊藤忠商事が開発。伊藤忠グループにより運営されている。 ✓ 稼働中のテナント数 114、内日系は 95 社。 ✓ 電力供給は PLN との優先契約により安定供給を図る。 ・ PLN の変電所が無償貸与の用地に建設され団地内の PLN の事務所には、職員を常駐させる（包括変電契約）。 ・ 計画停電の対象から除外され電力供給は保証される。 2008 年まで電力供給は不足し計画停電が頻発した。その後、インフラを整備し需給はバランスしており、工業団地向けの電力供給は安定している。 ✓ 工業用水：West Tarum Canal から取水し水処理施設にて自社で処理（30,000 トン/日） ✓ 通信：PT. Telekom から 1,000 回線 ✓ 天然ガス：PGN（ガス公社）とテナントが直接契約
パイロット地域の経済の概況	ブカシ市、ブカシ県、カラワン県における高速道路沿道は、日系企業の一大進出拠点となっている。カラワン県における経済開発のスピードはインドネシア随一と言われている。同地区への労働者は、ジャカルタから通勤しているものが多く、ジャカルタ首都圏（JABODETABEK：ジャカルタ Jakarta、ボゴール Bogor、デポック Depok、タンゲラン Tangerang、ブカシ Bekasi の頭文字を組み合わせた呼称）を形成している。 こうした経済開発の恩恵を受けて、ジャカルタの最低賃金は、昨年比で 44%増

	加し、月額 2 万数千円の水準に達している。燃料費の上乗せも効いていて、労働賃金は上昇し続けており、労働集約型産業には負担が大きくなっている。このため、今後、地方への移転について検討する企業も出てくることが予想される。それでも、現状でジャカルタ周辺のインフラ整備は、他地域に比べて充実していること、特に、日系企業は（ジャカルタ東部に）集中して進出していることもあり、即座に他地域へ移転することは難しいと考えられている。 最新の統計データ「Statistical Yearbook Indonesia 2012」によると、西ジャワ州の地域 GDP は、861 兆インドネシアルピア（2011 年時点）でインドネシアの総 GDP の 11.6%を占め、ジャカルタ特別州（第 1 位、13.2%）、東ジャワ州（第 2 位、11.9%）について 3 番目に大きくなっている。また、地域 GDP 成長率を見ると、西ジャワ州は 6.48%となっており、ジャカルタ特別州の 6.71%には及ばないものの、東ジャワ州の 5.16%を上回り、インドネシア平均の 6.32%も上回っている。
インドネシアにおける BCP の普及の現状	インドネシアでは地震、火山、洪水など様々な災害が想定されており、各企業は防災対策に関する方針を検討していると思われるが、明確に計画として検討・策定されている例は少ない。BCP に至っては一般の事業者には十分に理解されていない状況である。公営のライフライン事業者などにおいても、防災計画または BCP などの整備は進められていない。対して、外資企業の大手メーカー、商社などでは BCP も策定されていると推察される。 政府として国の防災戦略・防災計画が作成されており、企業の防災体制もその計画、および策定が進む都市マスタープランに従うよう検討されている。ただし企業の危機管理としてはデモ対策など自然災害以外の要因がより重視されている。

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 洪水による災害リスク	1-7
1.4 ハザード・リスクの情報源	1-7
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	2-2
2.3 高潮	2-2
2.4 地震	2-2
2.5 津波	2-3
2.6 火山	2-3
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 インドネシアの地方行政制度	4-2
4.2.2 West Jawa Province（西ジャワ州）	4-4
4.2.3 Karawang Regency（カラワン県）	4-4
4.2.4 Bekasi Regency（ブカシ県）	4-4
4.2.5 Bekasi City（ブカシ市）	4-4
4.3 産業集積地の状況	4-4
4.3.1 産業集積地における工業団地	4-5
4.3.2 KIIC の日本の化学品メーカー	4-9
4.4 運輸インフラの状況	4-9
4.4.1 道路	4-9
4.4.2 港湾	4-12
4.4.3 鉄道	4-13
4.4.4 空港	4-14
4.5 ライフラインと公共サービスの状況	4-16

4.5.1	電気.....	4-16
4.5.2	水道.....	4-17
4.5.3	通信・情報.....	4-19
4.5.4	ガス.....	4-20
4.5.5	廃棄物.....	4-21
4.5.6	学校.....	4-23
4.5.7	病院.....	4-23
4.6	周辺地域および日本との経済的つながり.....	4-24
4.6.1	対象地域の経済の概況.....	4-24
4.6.2	主要な経済政策.....	4-25
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.....	4-31
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.....	4-32
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.....	4-35
4.8.4	ライフラインの事業体のアンケート調査結果.....	4-36
4.8.5	交通インフラ事業体のアンケート調査結果.....	4-38
4.8.6	地方自治体のアンケート調査結果.....	4-42
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-11
A.2	津波災害のアセスメント.....	A-13
A.2.1	津波の理論とシミュレーションモデル.....	A-14
A.2.2	入力データ.....	A-15
A.2.3	出力項目.....	A-19
A.2.4	想定地震の再現期間.....	A-19
A.2.5	解析結果.....	A-21
A.2.6	解析結果の評価.....	A-29
A.3	洪水災害のアセスメント.....	A-31

A.3.1	検討方針	A-31
A.3.2	データ収集.....	A-32
A.3.3	想定外力規模の設定	A-33
A.3.4	降雨解析	A-33
A.3.5	流出解析	A-38
A.3.6	氾濫解析	A-47
A.3.7	解析結果の評価	A-57

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-13¹、ATC-25²、Hazu³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。ブカシ、カラワン地区においては、事業継続に与える影響が最も大きいハザードは洪水で、地震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 1.2.5 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ようになる。

- 地震：MMI 震度で7～8（JMA 震度で4～5 強）
- 津波：1,000年に1回以下の発生確率を想定した津波でも、ジャカルタでの津波波高は0.3m 程度
- 洪水：浸水深さは最大4m で、浸水の継続期間は2週間以上

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

² 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.

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

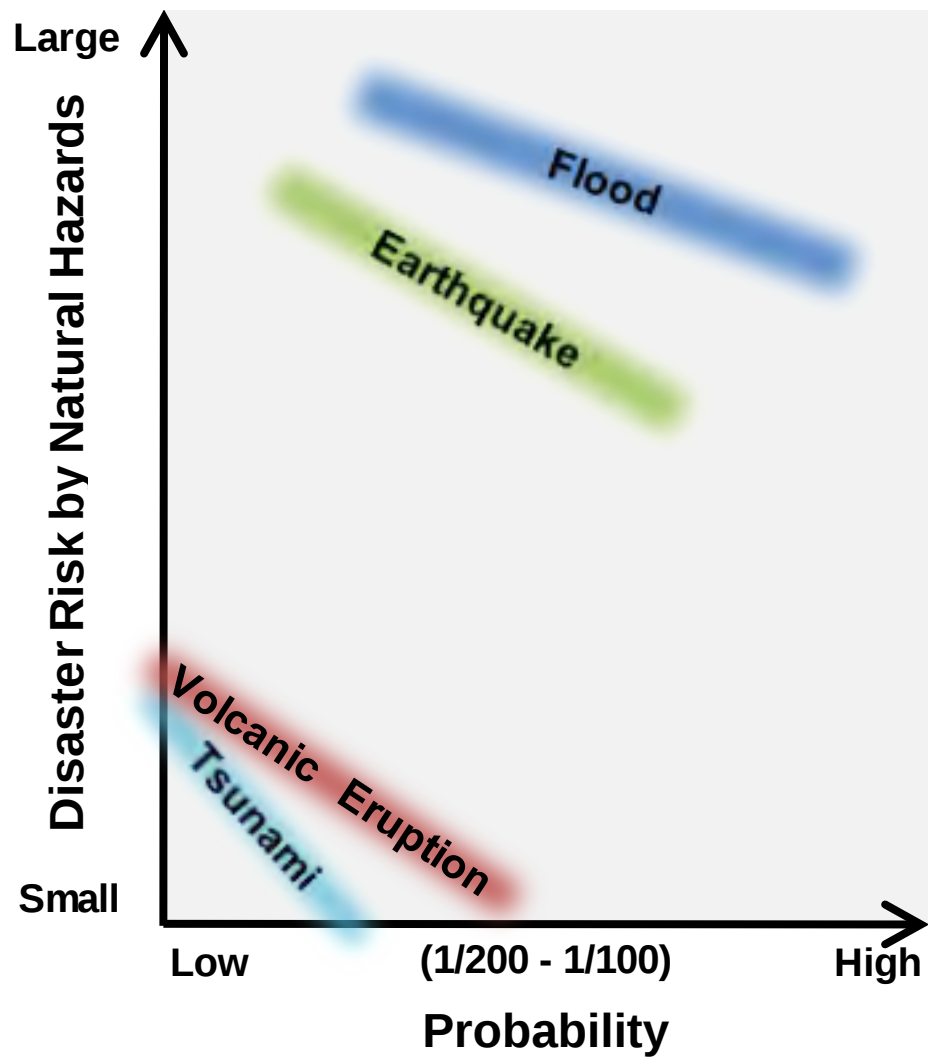


図 1.2.1 ハザードの影響評価

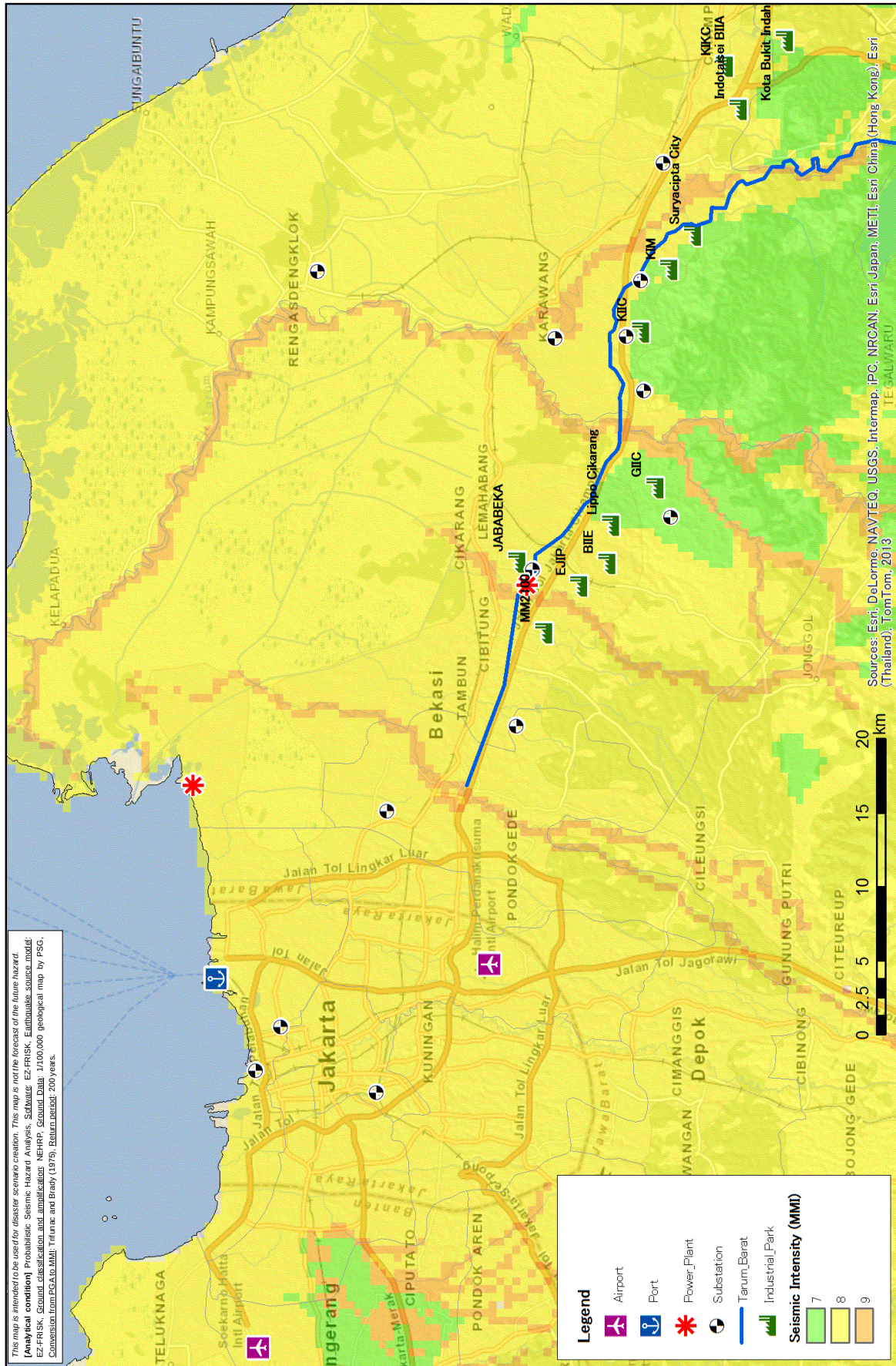


図 1.2.2 200 年に 1 回の発生確率を想定した地震の震度と重要施設の分布

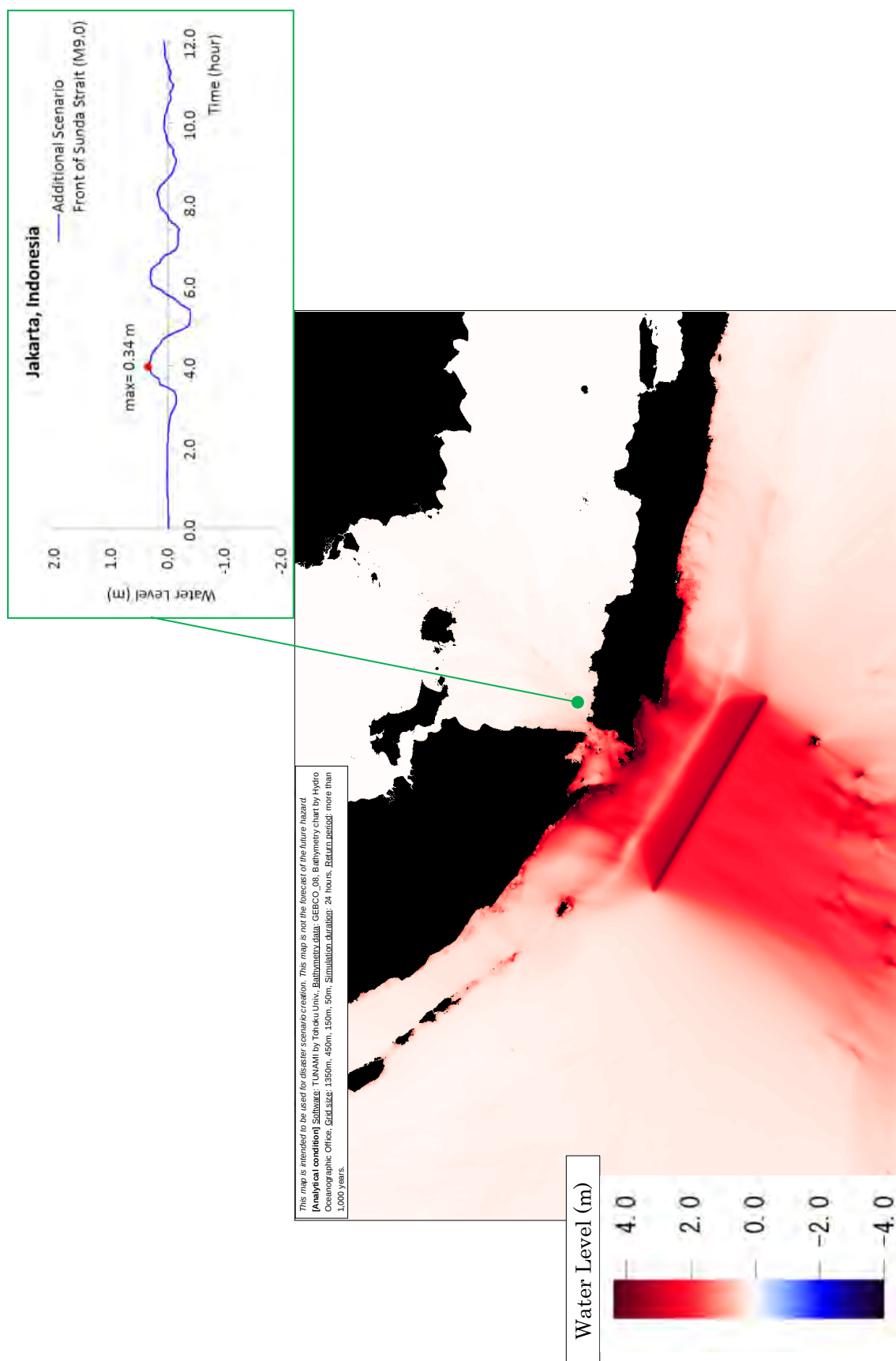


図 1.2.3 最も影響が大きいモデル(発生確率は1,000年に1回以下)による津波の最大波高分布

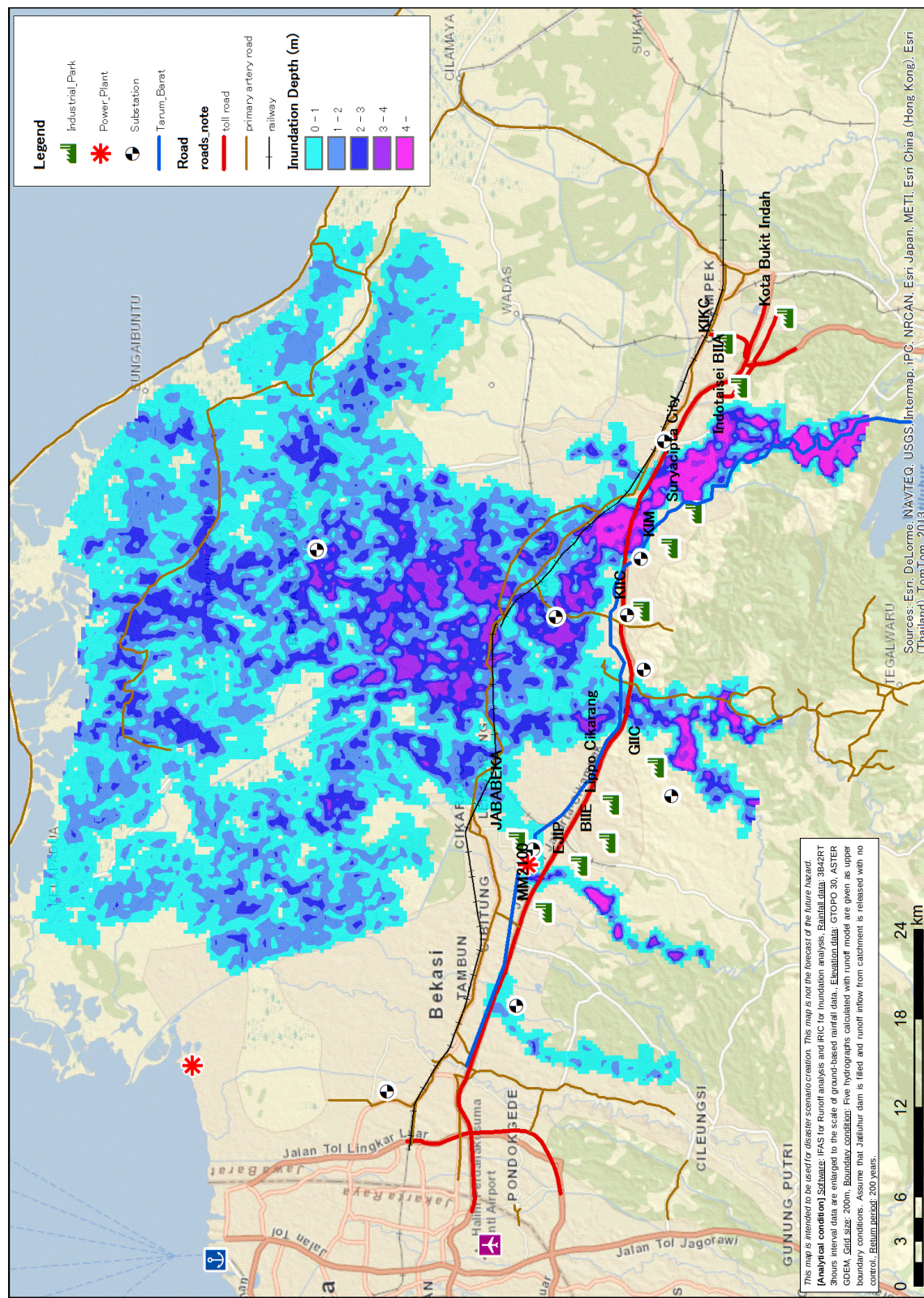


図 1.2.4 200 年に 1 回の発生確率を想定した洪水による浸水深さと重要施設の分布

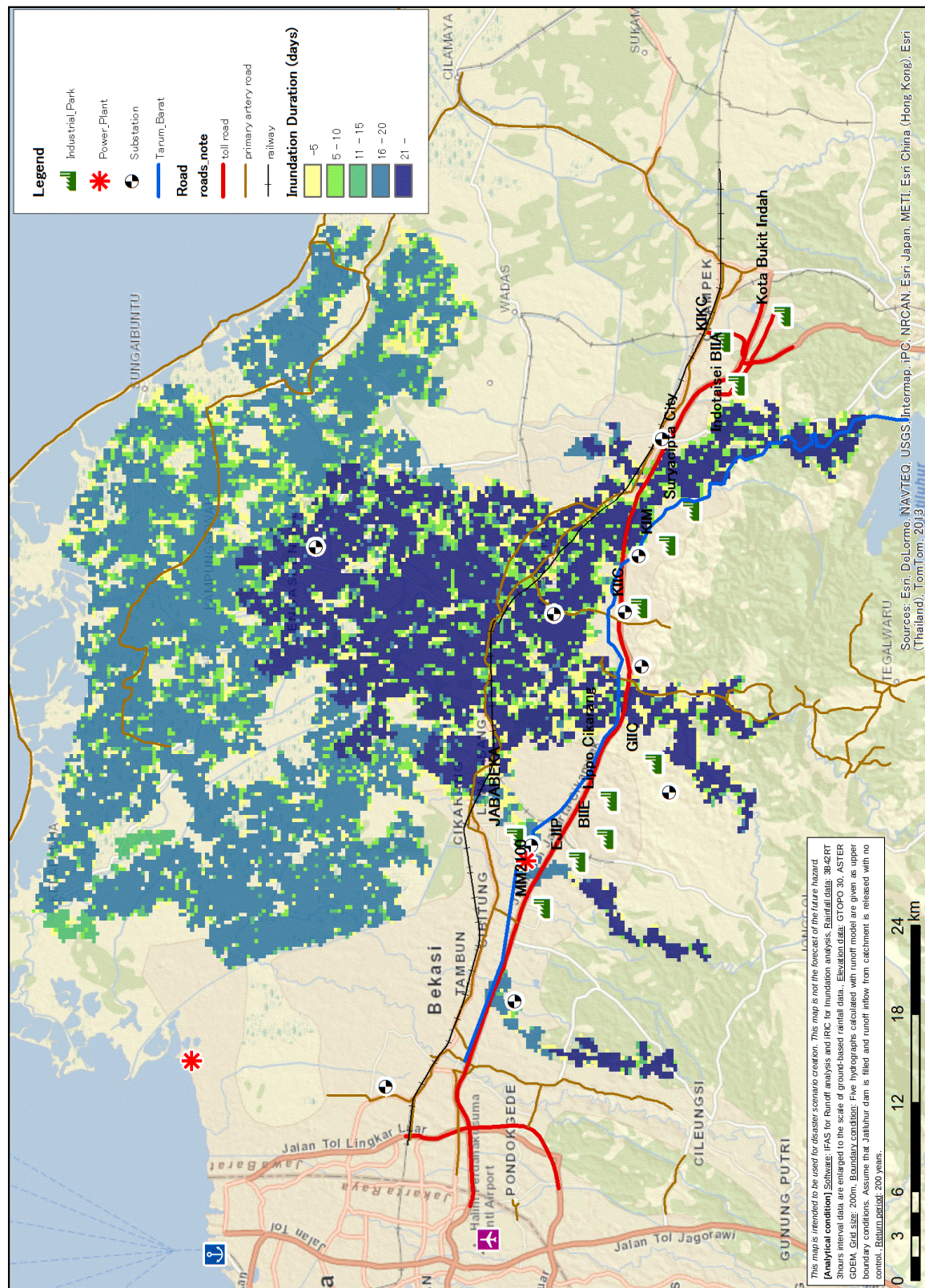


図 1.2.5 200 年に 1 回の発生確率を想定した洪水による浸水期間と重要施設の分布

1.3 洪水による災害リスク

事業継続に最も影響が大きい災害である洪水について、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 洪水による災害リスク

工業団地内の建物	● 浸水による直接被害は発生しない
ライフライン	● 工業団地内の変電所や隣接する変電所は被害を受けない ● カラワン市内の変電所は 2m の浸水のため、被害を受ける ● 固定電話、携帯電話が電力不足のために通話規制される
交通インフラ	● Jakarta-Cikampek 有料道路は浸水のため 2 週間以上通行不能となる ● 国道 1 号線はカラワン市内の浸水により 2 週間以上通行不能となる
従業員	● カラワン市とその周辺部は 2 週間以上浸水が続く ● 住宅の浸水被害のため、出勤しない従業員が多数発生する ● 道路混雑のため、遅刻する従業員が多数発生する

1.4 ハザード・リスクの情報源

■ 地震、津波、火山

[BNPB] Badan Nasional Penanggulangan Bencana (National Agency for Disaster Management) 「国家防災庁」

<http://www.bnpb.go.id/>

[GEOSPASIAL] Badan Nasional Penanggulangan Bencana

<http://geospasial.bnpb.go.id/>

[DIBI] Data dan Informasi Bencana Indonesia (Indonesian Disaster Information and Data) 「災害情報データ」

<http://dibi.bnpb.go.id/DesInventar/dashboard.jsp?lang=ID>

[BMKG] Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (Meteorological, Climatological and Geophysical Agency) 「気象地球物理庁」

http://www.bmkg.go.id/BMKG_Pusat/Depan.bmkg

[InaTEWS] Indonesia Tsunami Early Warning System 「インドネシア津波早期警報システム」

<http://inatews.bmkg.go.id/new/>

[BIG] Badan Informasi Geospasial (Geospatial Information Agency) 「国土地理院」

<http://www.bakosurtanal.go.id/>

[BPBA] Badan Penanggulangan Bencana Aceh (Aceh Disaster Management Agency) 「アチェ災害管理局」

<http://bpba.acehprov.go.id/>

[TDMRC] Tsunami and Disaster Mitigation Research Center, Syiah Kuala University

<http://www.tdmrc.org/en/>

Badan Geologi (Geological Agency) 「地質庁」

<http://www.bgl.esdm.go.id/>

[PVMBG] Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (Center for Volcanology and Geological Hazard Mitigation) 「火山地質災害対策局」

http://www.vsi.esdm.go.id/static_content.php?id_kategori=1

■ 気象災害、洪水

[BNPB] Badan Nasional Penanggulangan Bencana (National Agency for Disaster Management) 「国家防災庁」

<http://www.bnpb.go.id/>

[BPBD] Badan Penanggulangan Bencana Daerah (Regional Disaster Management Agency), DKI Jakarta 「ジャカルタ地方防災庁」

<http://bpbd.jakarta.go.id/>

[BPBD] Badan Penanggulangan Bencana Daerah (Regional Disaster Management Agency), Jawa Tengah 「ジャワ中部地方防災庁」

<http://bpbdjateng.info/>

[BPBD] Badan Penanggulangan Bencana Daerah (Regional Disaster Management Agency), Jawa Barat 「ジャワ西部地方防災庁」

<http://bpbd.jabarprov.go.id/>

[BMKG] Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (Meteorological, Climatological and Geophysical Agency) 「気象地球物理庁」

http://www.bmkg.go.id/BMKG_Pusat/Depan.bmkg

[LIPI] Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (Indonesian Institute of Sciences) 「科学院」

<http://www.lipi.go.id/www.cgi?depan&&&&eng>

[ITB] Institut Teknologi Bandung 「バンドン工科大学」

<http://www.itb.ac.id/en/>

[AHA Centre] ASEAN Coordinating Centre for Humanitarian Assistance on Disaster Management

<http://www.ahacentre.org/>

第2章 パイロット地区の自然災害

2.1 洪水

- ✓ 対象地域は工業団地が位置する Kab.Bekasi および Kab.Karawang の一部地域である。対象地域の洪水は、雨季のモンスーンの影響による豪雨により発生し、2002年2月、2005年2月、2007年2月、2010年3月、2013年1月に記録されている。洪水は地域を流下する4河川:Citarum (4,500 km²)、Cibeet (534 m²)、Cikarang (218 m²)、Bekasi River (333 m²) の氾濫により発生している。常襲的な氾濫地域が、1) Citarum の Cibeet 合流点の下流地域、2) Bekasi River、3) Cikaran の下流に認められる。
- ✓ Bekasi、karawang の工業団地は、相対的に高い地盤に配置されており、洪水の直接的なリスクは少ない。しかし、工業団地の下流地域には常襲的な洪水氾濫地域が認められ、道路等社会インフラおよび集落地域には洪水リスクに対して脆弱な地域がある。その結果、工業団地は、物流や従業員等には洪水被害のリスクがあり、間接的な被害リスクは免れない。
- ✓ 調査対象地域は上記河川の中・下流域に位置している。上流地域は開発により、「森林地域の減少」および「土地利用変換」に伴い、洪水量が増加している。Citarum 上流は大都市 Bandung であり、Cibeet, Cikarang, Bekasi 河川上流は Bogor の開発地域であり、今後も流域の開発地域拡大により、洪水流出の増加が予想され、遊水地、新たなダム・貯水池等の洪水対策施設の設置が示唆される。また、Bekasi、Karawang は、住民の安全および持続的開発を図るには、洪水対策を考慮した、地域開発計画の策定が必要である。
- ✓ Citarum 川は Karawang 上流の Saguling、Cirata、Djuanda (Jatilhur) の3ダムと Curug barrage、Walahaar の2分水堰により、流域の水資源の約59%が管理されているが、他の3河川:Cibeet、Cikarang、Bekasi River は各々灌漑堰が1箇所あるのみで、流量は制御されてない。洪水量の増加が指摘されており、洪水対策の必要性が示唆される。
- ✓ 当地域の水資源は Citarum Integrated Basin (12,000 km²)として、Jasa Tirta II Public Corporation が管理しており、国・地方の責任機関は Directorate General of Water Resources, Ministry of Public Work および the West Java Governor である。
- ✓ 対象地域の Kab. Bekasi、Kab. Karawang の地域防災計画の策定は、まだ準備段階である。Kab. Karawang は、Citarum 川、Cibeet の洪水の影響が大きいところから、Citarum 流域の各ダムの水位・流量データを基に、独自の洪水予警報を実施している。Kab. Bekasi は、Cikarang 川、Bekasi 川の洪水の影響を受け、氾濫地域は分散しており、洪水のモニタリングシステムや警報伝達システムは準備段階で、まだ組織的な対応は行なわれていない。なお、工業団地は、地域防災計画に位置付けがなく、今後 Area BCP 策定にあたり、地域の Community として参加を検討する必要がある。

2.2 台風/気象災害

対象地域は南半球の赤道に位置し、台風のルートを外れている。対象地域の洪水は、雨季のモンスーンの影響による豪雨により発生している。2002 年 2 月、2005 年 2 月、2007 年 2 月、2010 年 3 月、2013 年 1 月に記録されている。

2.3 高潮

高潮はジャワ島南側のインド洋沿岸で発生しているが、ジャワ島北側のジャワ海沿岸では発生していない。

2.4 地震

ジャワ島の南にはスンダ海溝が東西に走り、インド・オーストラリアプレートがユーラシアプレートの下に潜り込んでいるため、日本と同様に活発な地震活動がある。しかし、パイロット調査地はジャワ島の北部に位置しており、震源から距離があるため、スンダ海溝で発生する大地震で大きな被害を受けることがない。このため、災害データベースによると、ブカシ、カラワンで、20 世紀以降に多くの死傷者が発生した地震災害は記録されていない。しかし、西ジャワ州の中部山岳地帯では、1975 年、2005 年のそれぞれ 1 人の死者が発生する内陸地震が発生している。また、19 世紀にさかのぼれば、西ジャワ州の東部で死者 7 名が記録された地震がある。

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調査地での PGA は 300gal 程度とされている。これは岩盤上での値であるが、PSG(Geological Survey Institute)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、50 年期待値で、地表で 100~200gal（気象庁震度階で 5 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。

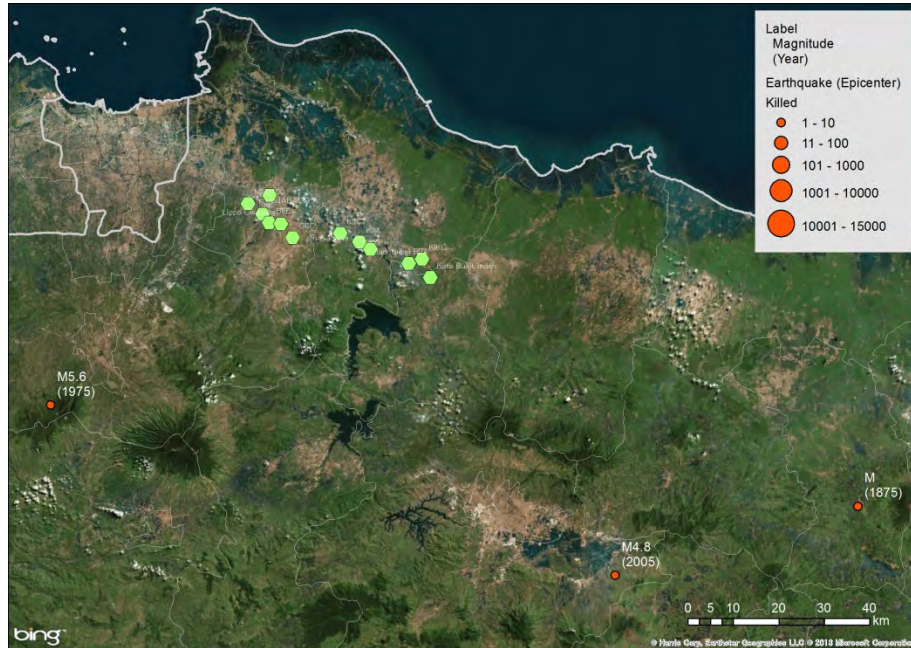


図 2.4.1 パイロット地区で死者が発生した地震

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は無い。被害をもたらすような津波の発生源となる海溝部での地震は、ジャワ島の南部で発生するため、ジャカルタ付近にやってくるにはスンダ海峽を通過することになるため、波高は小さくなる。調査団による解析では、ジャワ島の南のスンダ海溝でマグニチュード9の地震が発生した場合、ジャカルタで想定される津波の高さは0.5m以下と予想している。

2.6 火山

インドネシアには約150の火山があり、このうち80が活火山である。パイロット調査地付近100km程度の範囲には、キアラベレスーゲガ山、サラク山、ゲデ山、タンクバンパラウ山などがある。

1883年にインドネシア史上2番目といわれる大規模な噴火があったクラカタウ山はパイロット調査地の約170km西に位置する。歴史的に何度も噴火を繰返し、近年も活動しているメラピ山は約350km東、ケルート山は約570km東に位置している。1982年の噴火で1億6千億ドル（GDP比0.12%）の経済的な被害をもたらしたガルングン山は約120km南東に位置している。

火山地質災害防災センター（CVGHM）は80の火山について、危険度を「Region I 噴火による2次被害（ラハール、火山灰）」、「Region II 気象条件により火山噴出物の被害を受ける」、「Region III 火山噴出物による直接被害（火砕流、土石流、ガス）」の3分類で表した火山ハザードマップを作成している。

パイロット調査地に最も近い活火山は、ジャカルタの南 60~70km に位置するサラク山とゲデ山である。これらの火山のハザードマップによると、ゲデ山では 18 世紀以降 26 回の噴火が記録されている。最も影響範囲の大きい Region I は火口から半径 10km の地域が指定されており、火山泥流(ラハール)は降雨によって谷沿いに南～東へと広がる可能性も示唆されている。



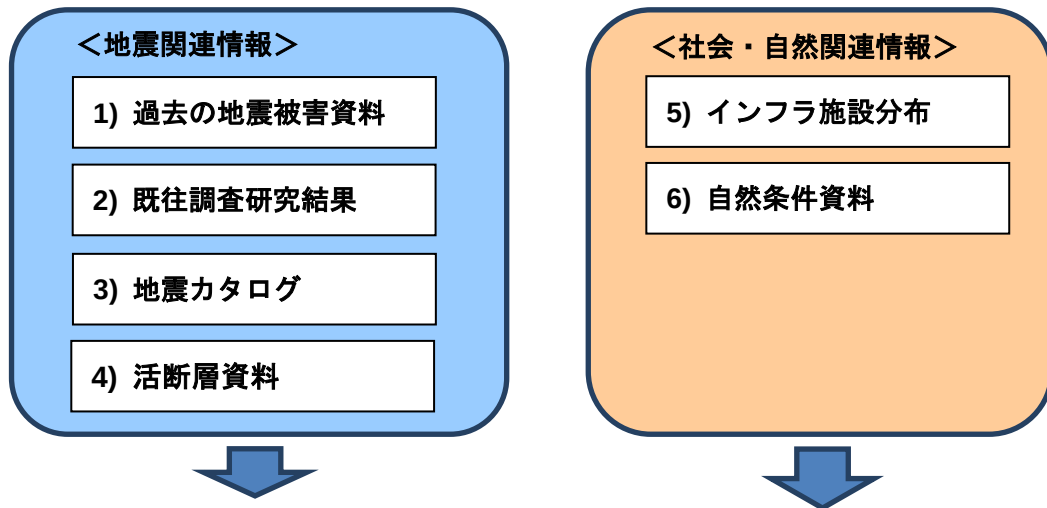
図 2.6.1 パイロット地区周辺の火山

第3章 自然災害アセスメントの概要

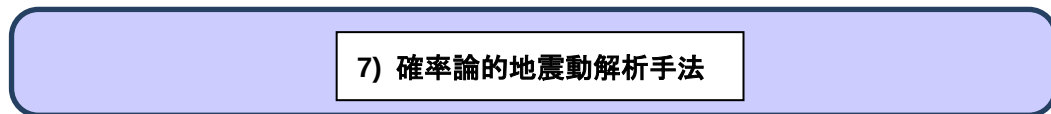
3.1 地震災害のアセスメント

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

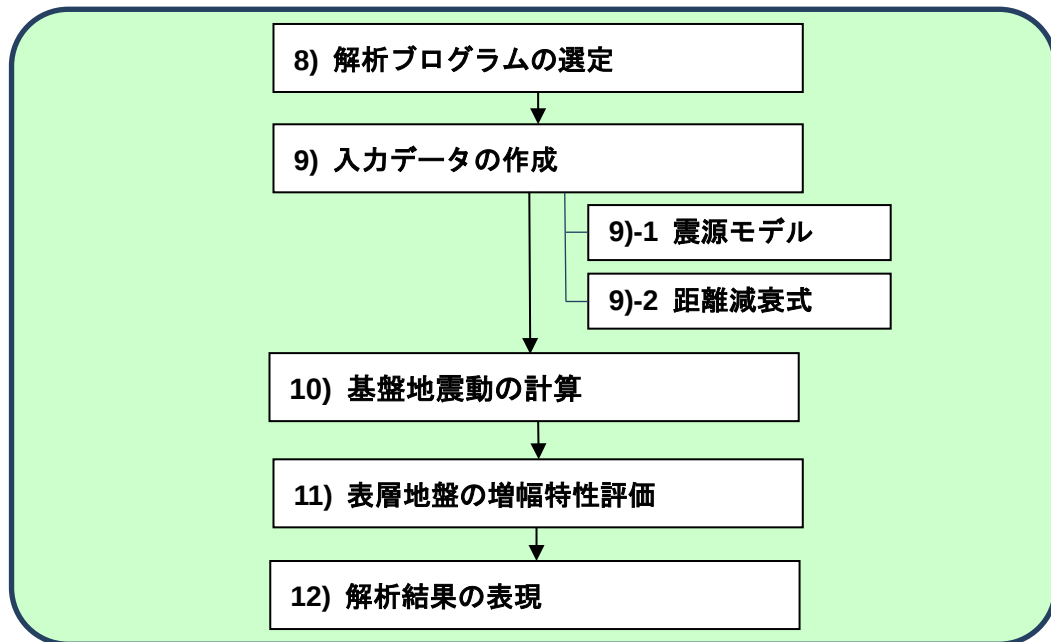


図 3.1.1 地震によるハザード評価の流れ

【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。

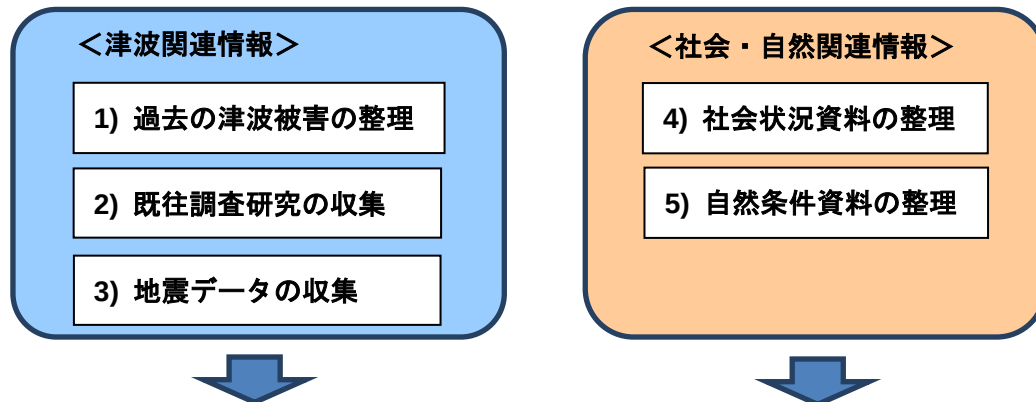
12) 解析結果の表現

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。

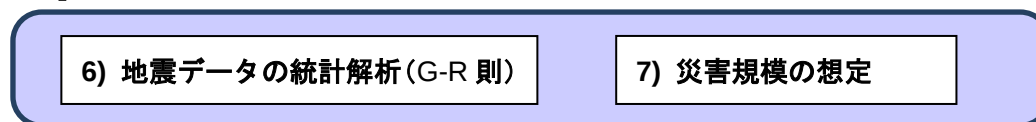
3.2 津波災害のアセスメント

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

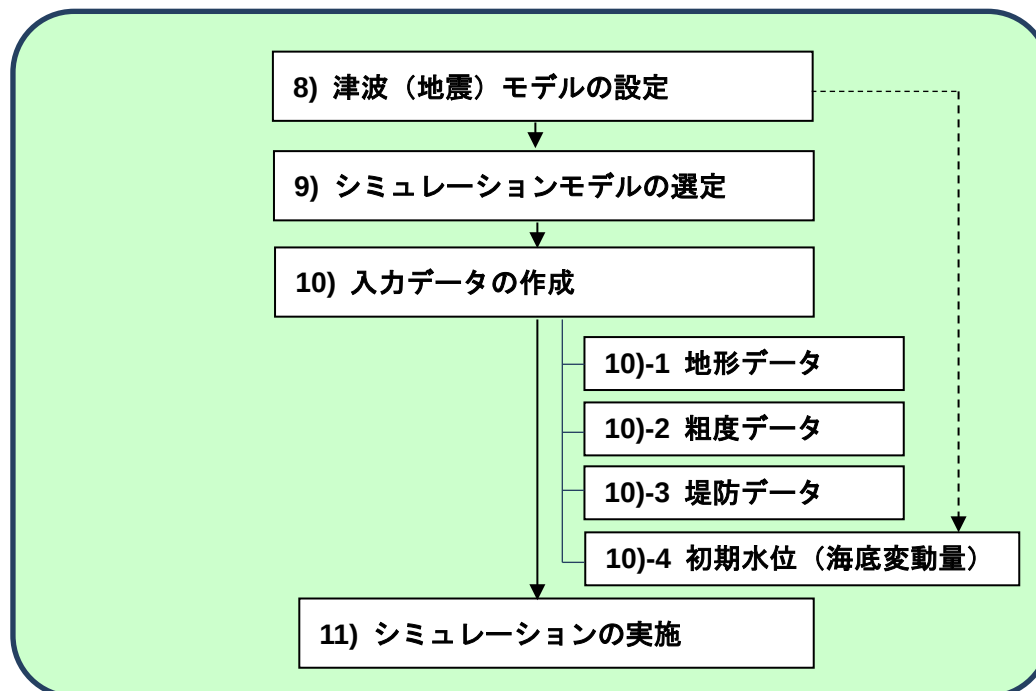


図 3.2.1 津波によるハザード評価の流れ

【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Catalog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Catalog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。

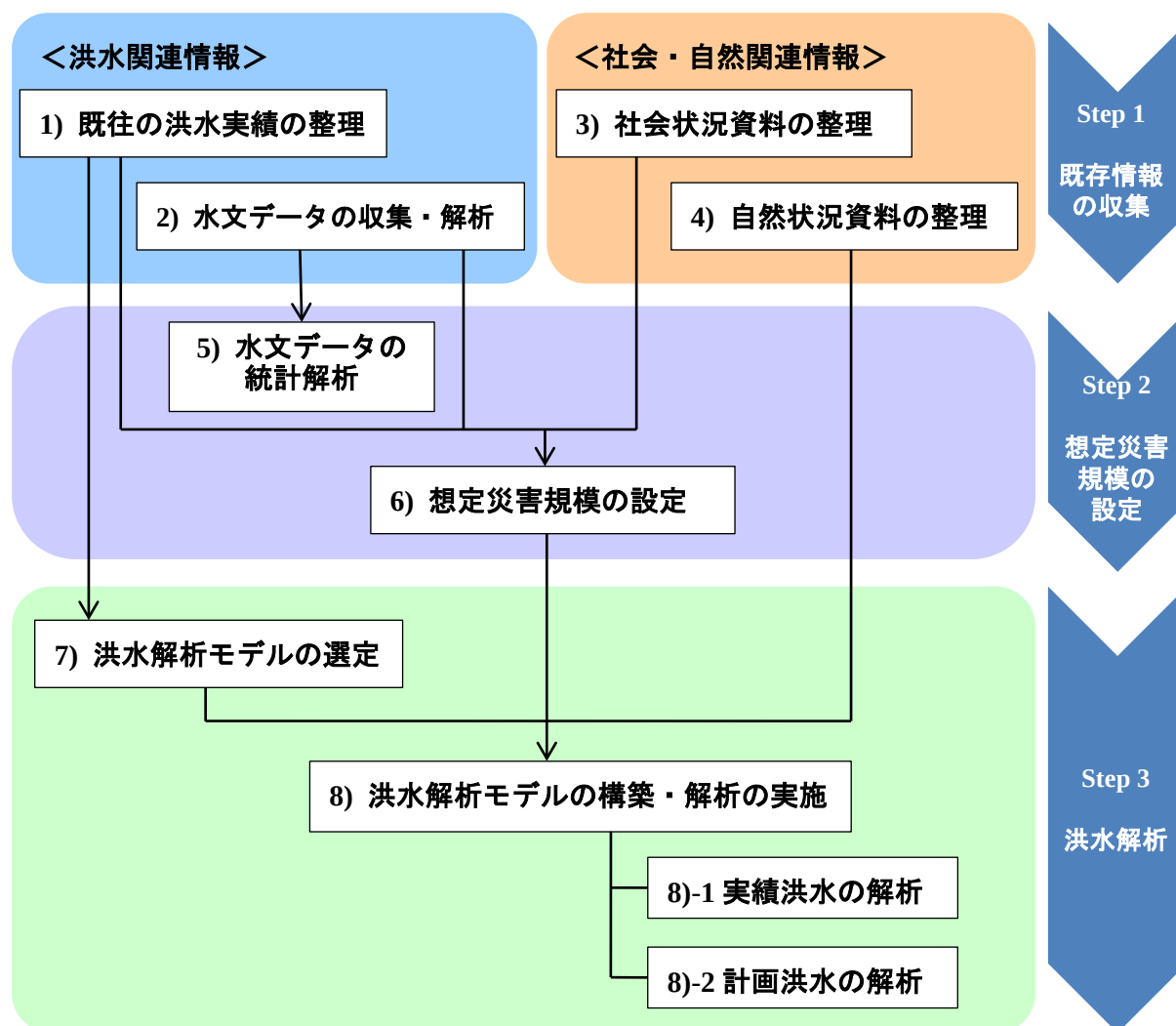


図 3.3.1 洪水によるハザード評価の流れ

【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収集し、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

インドネシアでは、西ジャワ州に属する以下の3自治体をパイロット地区として選定した。

- Karawang Regency（カラワン県、インドネシア語では Kabupaten Karawang）
- Bekasi Regency（ブカシ県、インドネシア語では Kabupaten Bekasi）
- Bekasi City（ブカシ市、インドネシア語では Kota Bekasi）

カラワン県およびブカシ県には、日系企業も多く入っている工業団地が集まっており、西ジャワ州の産業の6～7割以上が集中しているとも言われている。

なお、インドネシアの地方行政は、州（Province、Provinsi）、および県（Regency、Kabupaten）、市（City、Kota）に分かれており、独立性の高い地方行政を行っている。県と市は、日本のように前者が後者を包括する位置づけではなく、相互に独立した行政形態となっている。



図 4.1.1 パイロット対象地域位置図¹

¹ POSKOTA Website:

<http://poskota.co.id/berita-terkini/2011/04/08/pemekaran-jawa-barat-terhambat-dana>
ASEAN-Japan Centre Website:

表 4.1.1 パイロット対象地域の概要

面積	西ジャワ州：34,816.96 km ² カラワン県：1,737.3km ² ブカシ県：1,484.4km ² ブカシ市：210.49km ²
人口（2010 年）	西ジャワ州：43,053,732 人 カラワン県：2,135,200 人 ブカシ県：2,642,578 人 ブカシ市：2,378,211 人
自然条件	熱帯雨林気候に属し、雨季と乾季がある。雨季には一部地域で洪水のリスクが高くなるとされている。
その他地域の特徴	西ジャワ州の産業の多くが本地域に集中している。

4.2 地方自治体の概要

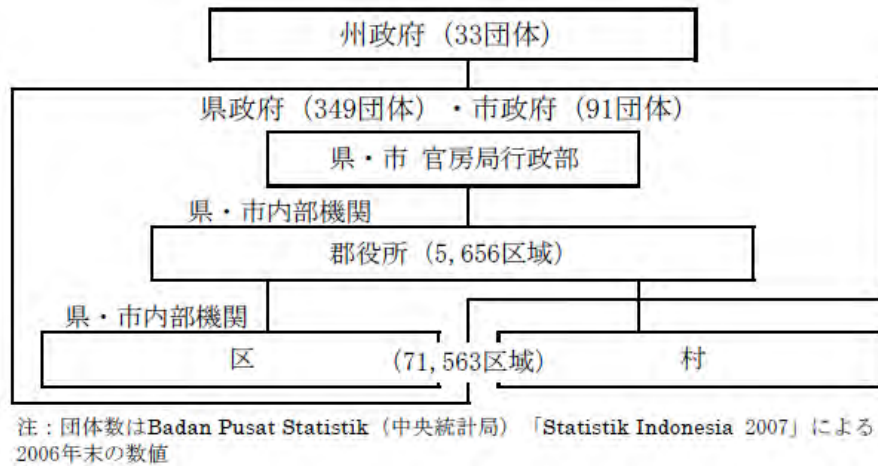
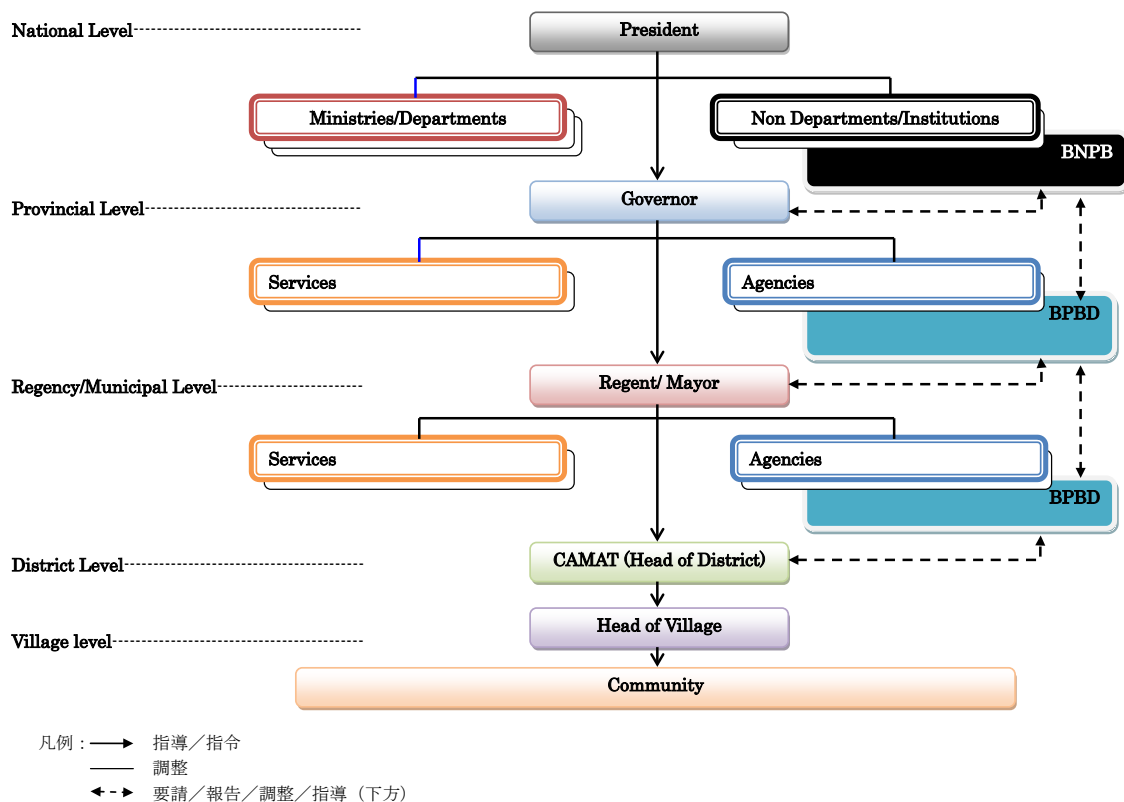
4.2.1 インドネシアの地方行政制度

上述のように、インドネシアの地方統治システムは州政府および県・市政府に分かれている。（なお、これらの他に、伝統的自治を行う村や、県・市政府の内部機構として、郡（Kecamatan）および区（Kelurahan）という単位も存在する。）

また、各地方自治体には、地方議会の他に、首長・副首長の下、官房局、事業局、技術機関などの下部行政組織が存在し、それぞれの所轄の分野の業務を行っている。たとえば、インフラ等の開発については BAPPEDA（Badan Perencanaan Pembangunan. Daerah、地方開発企画局）が、災害対応については BPBD（Badan Penanggulangan Bencana Daerah、地方防災局）が、それぞれ担当している。

BPPD は、中央政府機関である BNPB（Badan Nasional Penanggulangan Bencana、国家防災庁）の地方機関に該当する。BNPB は、2008 年に設立された包括的な災害管理の実施・調整組織であり、非部門組織としてインドネシアの省庁と同等の位置づけにある。BPBD は全州、全県、全市で設立されることになっており、インドネシアの全 33 州には設立済みであるが、県・市のうち、2012 年時点で設立されている数は計 395 となっている。

以下に、インドネシアの地方統治システムと、インドネシアにおける中央－地方の災害管理組織体系を示す。

図 4.2.1 インドネシアの地方統治システムと地方政府の組織概要²図 4.2.2 インドネシアの災害管理組織体系³

以下に、対象地域である各地方自治体の概要を示す。

² Council of Local Authorities for International Relations. (2009). Local Authorities in Indonesia. (in Japanese)

³ Japan International Cooperation Agency (JICA). (2012). Data collection survey on ASEAN regional collaboration in disaster management, Draft final report, Country report Indonesia.

4.2.2 West Jawa Province（西ジャワ州）

ジャワ島西部に位置する州政府の一つで、バンドン（Bandung）を州都とする。本調査のパイロット地区であるカラワン県、ブカシ県、ブカシ市など、17の県と9の市を有している。インドネシアの州の中では人口、人口密度がもっとも多く（高く）、日本や韓国など諸外国の投資によるものを含め、多くの工業団地が集まっている。インドネシアにおける主要工業地帯のひとつである。

4.2.3 Karawang Regency（カラワン県）

本調査のパイロット工業団地である KIIC（Karawang International Industrial City、カラワン工業団地）など、複数の工業団地が存在する。KIIC は伊藤忠商事が現地資本のシナルマスグループ（Sinar Mas Group）と共に開発・運営している工業団地で、日系企業が多く入居している。ジャカルタ中心部からはおよそ 60km 弱（自動車で 1 時間強）の距離にある。

4.2.4 Bekasi Regency（ブカシ県）

カラワン県と並んで多くの工業団地を擁しており、ジャカルタとの近さも相俟って、西ジャワ州有数の産業地帯となっている。中心都市であるチカラン（Cikarang）には、東南アジアでも最大規模の工業団地である Jababeka Industrial Park などが存在する。チカランはブカシ市とカラワンの間に位置し、ジャカルタ中心部から自動車でおおよそ 50 分の距離にある。

4.2.5 Bekasi City（ブカシ市）

ジャカルタ周辺の都市圏を指す Jabotabek の一部である。ジャカルタ中心部からは自動車でおおよそ 30～40 分の距離にあり、ベッドタウンとして多くの人口を有している。同時に多くの産業も擁しており、日系企業を含む多くの現地資本・外国資本企業が進出している。ただし、市内には工業団地のように企業が集中している区域は少ない。

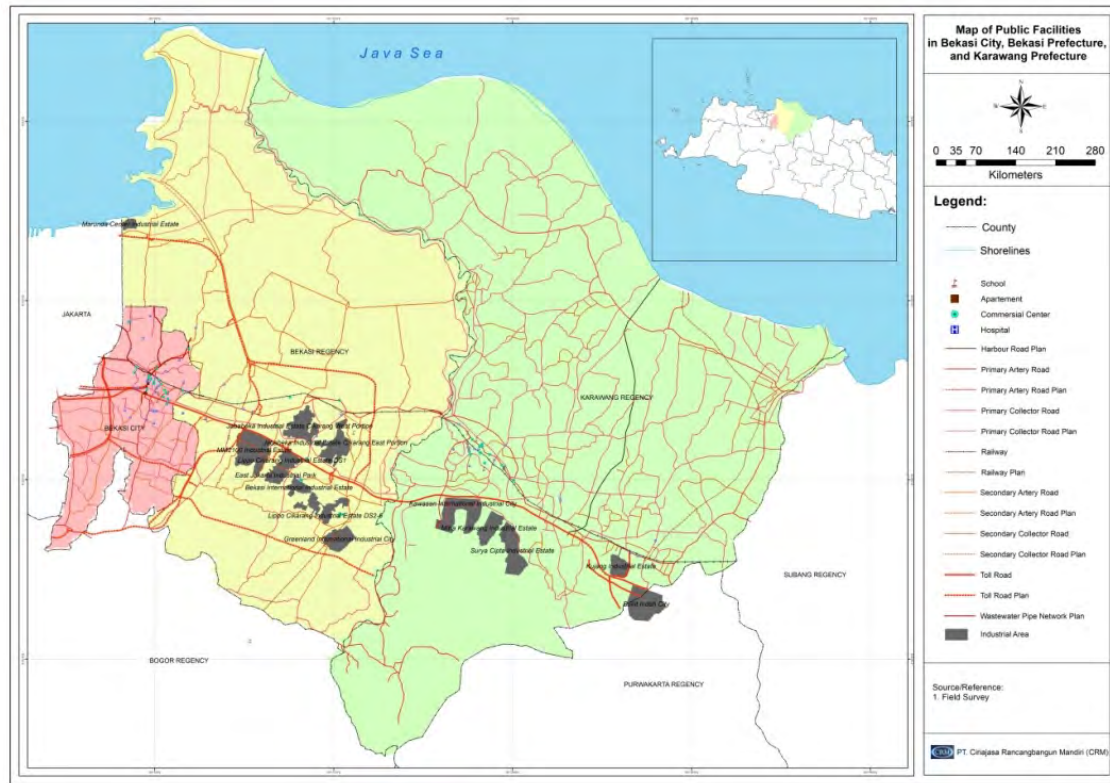
4.3 産業集積地の状況

調査団は West Java の 12 の工業団地のひとつである Karawang International Industry City (KIIC) を訪れた。広域 BCP の策定にあつたては、Karawang International Industry City (KIIC) を選び、他のすべてを代表する工業団地としたからである。調査団は West Java の工業団地の内、以下の工業団地をアンケート調査の対象とした。

- ① Bekasi International Industrial Estate (BIIE)
- ② East Jakarta Industrial Park (EJIP)
- ③ Greenland International Industrial Centre (GIIC)
- ④ Jababeka Industrial Park (JIP)
- ⑤ Lippo Cikarang Industrial Park (LPIP)
- ⑥ MM 2100 Industry Town (MMIT)
- ⑦ Marunda Industry Park (MIP)

- ⑧ Karawang International Industry City (KIIC)
- ⑨ Kujang Cikampek Industrial Estate (KCIE)
- ⑩ Mitra Karawang Industrial Park (MKIP)
- ⑪ Bukit Indah City Industrial Estate (BCIE)
- ⑫ Surya Cipta Industrial Estate (SCIE).

図 4.3.1 は BIG⁴による地図であるが、12 の工業団地の位置を地図上に黒い影で示した。



出典: CRM, Local Consultant

図 4.3.1 西ジャワ州に位置する工業団地

4.3.1 産業集積地における工業団地

JICA 調査団は 2013 年 8 月に現地調査を実施し、KIIC および MM2100 を訪問した。いずれも日本の主な総合商社によって開発された工業団地である。二つの団地の情報の概要は次のとおりである。

⁴ Bakosurtanal : 地図等、地理空間情報の管理をする政府の機構

Karawang International Industrial City (KIIC)



出典: <http://www.itochu.co.jp/en/news/2012/121022.html>

図 4.3.2 KIIC と周辺インフラ

KIIC は 1992 年に、現代的な工業団地として樹木の多い West Karawang に建設された。インドネシア資本の Sinar Mas Land と日本の総合商社である伊藤忠商事のジョイントベンチャーで開発されたもので、敷地は 1,400ha である。入居企業数は 125 社ありその内 102 社（82%）は日系企業である。KIIC はインドネシアで初めて ISO の認証を取得した工業団地である。ISO 9001/2000、ISO 14001/2004（Quality & Environmental Management System）、および OHSAS 18002/2007（Health & Safety Management Systems）を取得している。

1992 年の設立以来、2013 年は KIIC にとって 21 周年目に当たる。この 20 年間にわたる質の良い工業団地の管理のおかげで、入居している日系企業は 80%以上である。例えば、Toyota Motor Manufacturing Indonesia、HM Sampoerna、Yamaha Motor Indonesia、Astra Daihatsu Motor、Panasonic Semiconductor Indonesia、Sharp Semiconductor Indonesia 等が入居している。

KIIC のマスタープランでは、第 5 フェーズまでの開発計画があり、現在は第 3 フェーズまで完成している。KIIC のマネージメントによれば、今後の開発に関しては、事業計画を慎重に評価しこれに基づいて意思決定するとのことである。

KIIC は、電力供給に関して PLN との間でプレミアム付きの電力購入契約を結んでいる。プレミアム契約とは優先的な電力供給を保証するもので、入居企業には電力が安定供給される。このプレミアム契約はインドネシア初の契約であり、PLN の変電所の土地は、KIIC が無償貸与しており、この変電所⁵は KIIC 専用のものである。2008 年までは電力不足で計画停電が頻繁に行われた。PLN の設備投資が実行され、設備が改善されたので 2009 年以降は電力の需給バランスは安定している。

⁵ 180MW（60MW×3基）

- KIIC はプレミアム付きの電力購入契約を結んでいるので、計画停電が行われるとしても、KIIC 向けの電力供給は常に確保されている。
- 第 3 フェーズの開発段階で、KIIC の敷地外にも変電所が設置された。この結果、従来の変電所と併せて、KIIC には二方向からの電力供給が可能となった。
- KIIC は電源の接続段階まで入居企業の面倒をみるが、その後はテナントが直接 PLN と交渉し契約を結ぶ。
- 電圧: 20kV (入居企業は 220V または 380V に電圧を下げるための変圧器を自前で設置しなければならない。)
- 周波数: 50Hz
- PLN 料金システム (201kVA 以上)
 - 接続料: Rp. 430,000/kVA
 - 一時金: Rp. 550,518/kVA (預託金、前払い金)
 - 基本料金: Rp. 42,644/kVA (月次料金)
 - 使用料金: Rp. 1,121/kWh (一律料金)
- 工業用水: West Tarum Canal からの取水/ KIIC 下水処理 (30,000tons/day)
- 電話回線: PT. Telekom, 1,000 回線可能
- 天然ガス: PGN との直接契約

MM2100 Industrial Town (MMIT)

MM2100 Industrial Town は PT Megalopolis Manunggal Industrial Development (MMID)によって 1990 年に建設された。MMID は日本の丸紅とインドネシアの Manunggal Group of Indonesia (Nin King 所有)によって設立されたディベロッパーである。マスタープランの第 3 フェーズは 1998 年に完成した。

MM2100 は Bekasi regency の Cibitung にあり、敷地は 1,450 ha である。このうち 200ha は PT Bekasi Fajar Industrial Estate によって、1,250ha は PT Megalopolis Manunggal Industrial Estate によってそれぞれ開発された。MM2100 はライセンスを確保するためにワンストップサービスを提供している。他の工業団地同様に十分なインフラ設備を保有しているおり、2013 年 9 月現在 176 社が入居し、内 167 社が稼働している。MM2100 には、120 社の日系法人が入居しており、その比率は 68%である。入居企業全社合計で従業員総は 13,350 人⁶おり、テナント企業の 35%は自動車・オートバイの製造に関連する企業である。

⁶ www.mm2100.co.id から引用



出典: http://www.mm2100.co.id/main_servicedapartment.php?id=3

図 4.3.3 MM2100

電力は IPP の PT. Cikarang Listrindo の発電による安定した電源であり、バックアップ電源を持つテナントはない。PLN が電力料金を値上げしたので、IPP の電力供給は競争力を持つこととなった。MM2100 もバックアップ電源を保持していないが、一般企業は売電を許されていないからである。

- 電力料金

預託金: 2 か月分の料金

接続料

- IPP (PT. Cikarang Listrindo)に支払う固定料金
 - 中圧 1,600kVA~: US\$49,000 / 202kVA~1,600kVA: US\$35,000
 - 低圧 ~201kVA: Rp. 450,000 × kVA
- MMID に支払う変動料金
 - US\$66 × kVA
- 料金
 - キャパシティーチャージ: Rp. 9,000/kVA × Exchange rate factor (Rp. To US\$)
 - 使用料金: Rp. 140 × Exchange rate factor (Rp. To US\$)
- 電気税⁷
 - 2.4% × (キャパシティーチャージ + 使用料金)
- 工業用水は West Tarum Canal から取水し、下水は MM2100 の施設 (42,000m³/day) で処理する。

接続料 (水道管のサイズで異なる)

- Size 1~1.5: US\$ 20,000
- Size 1.5 : US\$40,000

⁷ 地方自治体 (Bekasi Regency) 規則No.1 (2011年)

- Size 2～ : US\$60,000
- 通信回線：PT. Telekom による 3,000 回戦
- 天然ガス：PGN との直接契約

4.3.2 KIIC の日本の化学品メーカー

自然災害対策、ライフライン事業体、交通インフラ事業体が被災した場合のサービスに焦点を当てたインタビューをという前提で、KIIC からは日本の化学品メーカーを紹介された。同化学工場は 1998 年に稼働を開始した。主製品はシリコンウエハーである。

操業以来 16 年経過するが、地震は 2 回あったのみである。同社社長は製品の品質に悪影響を与える原因として、通常は自然災害でなく火山の噴煙をあげている。従業員の通勤を妨げるような洪水は毎年起きるとのことである。但し、通勤できない従業員は 10%程度にすぎないので、操業に支障はない。同社は工場そのものの洪水被害は心配していないという。

- Business Continuity Plan

BCP の一環で、3 か月に一度、事業リスク分析を行い、日本の本社に報告している。

- 在庫管理

製品の生産が停止した場合、3 か月の製品在庫を持って対処する。

- ライフラインサービス

2008 年までは電力不足で計画停電が頻繁に行われた。PLN の設備投資が実行され、設備が改善されたので 2009 年以降は電力の需給バランスは安定している。

- 交通インフラ

同社は交通インフラの不十分さに不満を持っている。高速道路は Jakarta-Cikampek ルートが一つあるのみ。常に交通渋滞が続き、日常の操業に与える悪影響は大きい。

4.4 運輸インフラの状況

4.4.1 道路

(1) 概要

対象は、主にジャカルタ特別州(DKI ジャカルタ)、西ジャワ州でのブカシ市、ブカシ県、およびカラワン県での道路である。これらの地域は首都と最重要産業集積地であり、これらを結ぶ重要な道路がジャカルタからチカンペックに至るジャカルターチカンペック高速道路（有料道路）である。

チカンペックよりバンドンに向う高速道路に結束しており、ジャカルタ～産業集積地～バンドンを結ぶ幹線道路となっている。しかし、近年物流および通勤の交通需要の増加とともにジャカルタへの交通集中により、慢性的な交通渋滞をきたしている。特にジャカルタ～ブカシ間が著しい。

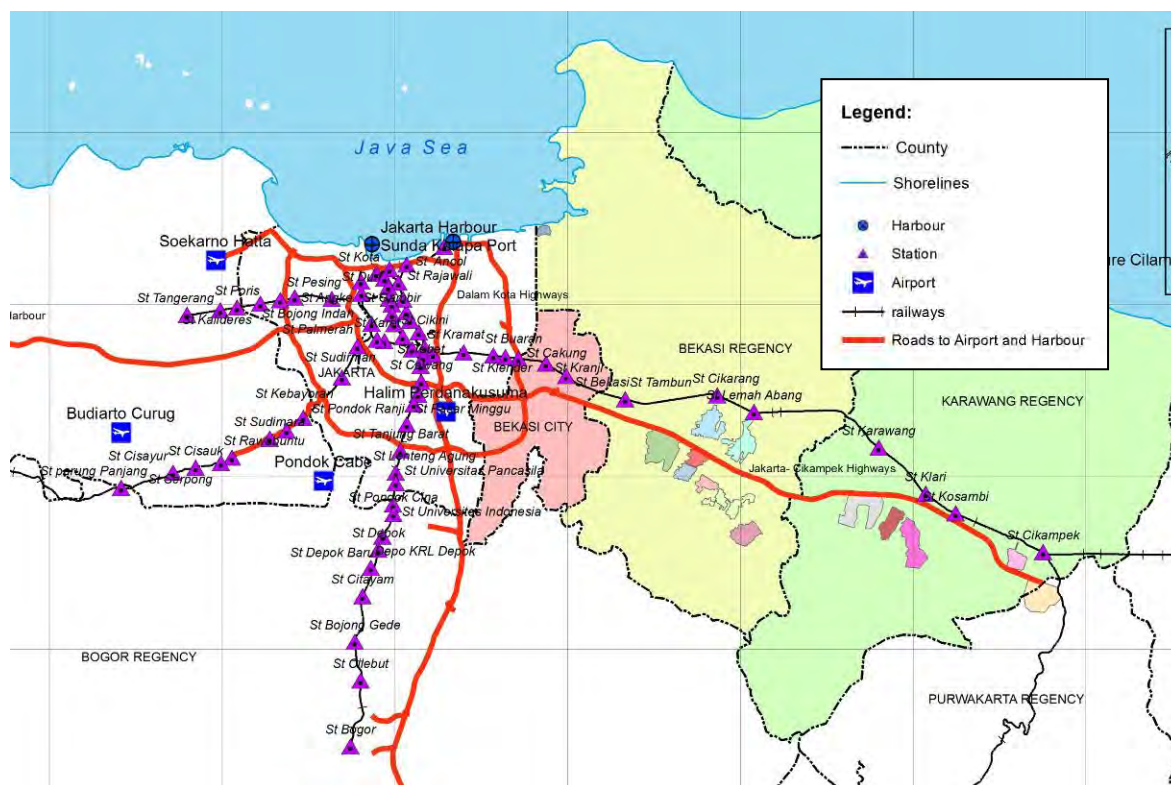


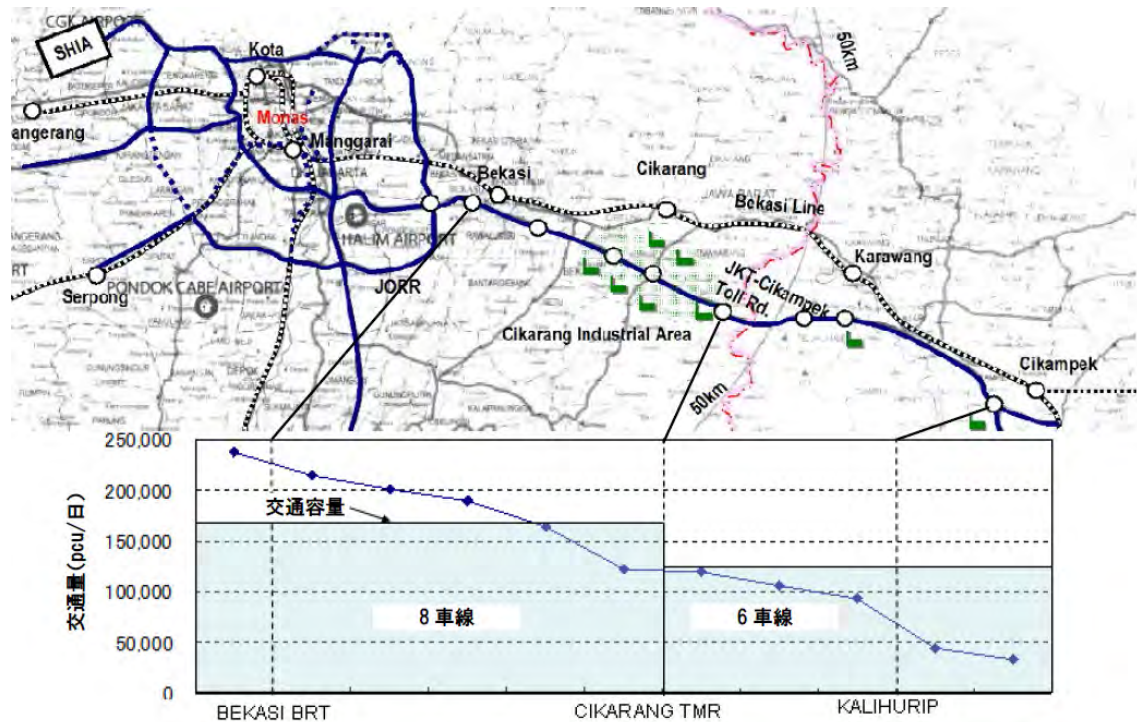
図 4.4.1 産業集積地を取りまく交通環境

ジャカルタ特別州とベカシ地域の人口の増加をみると、非常に急激であり、これが高速道路の渋滞を引き起こす原因の一つになっている。工業団地による交通増加とが絡みあった渋滞ということが出来る。

表 4.4.1 高速道路周辺地域人口および人口密度

地域	人口（単位：千人）				面積 (km ²)	人口密度 (2010) (人/km ²)
	1980	1990	2000	2010	2010	
ジャカルタ特別州	6,503	8,210	8,364	9,588	663	14,470
ベカシ地域	1,143	2,073	3,200	5,021	1,480	3,393

出典：インドネシア人口センサス



出典：経済産業省、インドネシア・第2ジャカルターチカンベック高速道路事業化調査報告書、2013.2

図 4.4.2 ジャカルターチカンベック高速道路の混雑状況

アジアハイウェイの一部である国道1号線（トランスジャカルタ）が、ジャカルタからこの高速道路のやや北側にジャワ島北部を通る幹線道路となっており、主要な都市をつなぎ高速道路の補助的な役割を果たしている。産業集積地地帯では南北に県道路が見られ、地域住民の交通としてはカブパテン道路とともに重要な生活道路となっている。

(2) 被災例

洪水による直接の被害は、産業集積地や高速道路自体には生じていない。しかし全 72km の高速道路においては、ジャカルタ側より 14km、19km および 41km 地点において、高速道路両側の河川の排水能力不足による冠水が、住宅地で発生しており、高速道路がその避難地となっている。そのこともあり、洪水時の交通は特にブカシ～ジャカルタ間の交通が過度な渋滞に陥りマヒを起こす。

高速道路の北側においては、殆どの地域の標高が低く洪水が発生しやすい地域であり、交通のマヒが頻繁に生じる。

(3) 通勤手段

工業団地では、乗合バスまたはバンでの送り迎えが行われているが、一般の通勤は、バス、ワゴン車バス等が一般的である。

表 4.4.2 通勤者の利用交通手段

都市圏	通勤交通手段		
	公共交通機関	自家用車 (乗用車、モーター バイク等)	徒歩
東ジャカルタ市	55.4	39.3	5.4
ブカシ市	57.9	38.5	3.6
デポック市	58.4	34.6	7.0
バンドン県	48.6	31.4	20.0
ボゴール県	82.5	14.1	3.4

出典：Profil Komuter, 2005 Badan Pusat Statistik

(4) 物流での道路

産業集積地からの物流は、基本的にはジャカルタのタンジュン・プリオク港との間に生じており、チカンペック高速道路はトラックの通行が激しい。しかし渋滞のため、産業集積地より港までは、通常1日1往復程度で、物流の効率化からは程遠い状態である。

高速道路を管理する JASA MARGA では、監視体制を強化し不具合箇所を発見すると 30 分以内を目標に解除できるよう努力している。しかし、交通量の多さで十分な効果が上がっていない。

4.4.2 港湾

(1) 概要

ジャカルタの北東に位置するタンジュン・プリオク港は、ジャカルタ首都圏のみならず西ジャワ一帯のインドネシア最大の工業・商業・消費地帯の中心に位置し、インドネシアの海運物流の拠点としての国際産業港湾である。

港は、係船域 422ha、陸上域 630ha の面積を有し、東西 6km に渡り、5 つのポート、3 つのコンテナターミナル、5 つのバースからなっている。バースの延長は、18,185m である。2011 年には 18,914 回のシップコールがあり、5,649,119 TEU を記録し、年間の伸び率が年平均 26% を記録する ASEAN においても重要な国際港である。

湾口は、東西の 2 ヶ所あるが、通常使われるのは水深-14m の西側のみである。港の沖では、72ha の埋立地を増設し、延長 1,200m の岸壁を構築する港湾拡張プロジェクト（北カリバル開発計画）が行われており、急激に増加する需要に合わせ港湾施設の不足を解除する計画である。

港でのコンテナの搬入搬出は基本的にはトラックで行われているが、鉄道も限界まで使用されていて、26 輻編成の車両が 1 日 12 往復している。



①Terminal I、②③Terminal II、④Terminal III、⑤⑥JICT(Jakarta International Container Terminal)、⑦Koja Terminal、⑧TPT(Tanjung Priok Car Terminal)

図 4.4.3 タンジュン・プリオク港

表 4.4.3 コンテナ取扱量

ターミナル	2007	2008	2009	2010	2011
Jakarta International Container Terminal	1,821,292	1,995,781	1,675,395	2,095,008	2,265,202
Koja Container Terminal	702,861	704,618	620,172	754,592	839,245
Conventional	1,165,630	1,283,879	1,509,338	1,762,912	2,544,672
Total (TEUs)	3,689,783	3,984,278	3,804,905	4,612,512	5,649,119

出典：Statistical Yearbook of Indonesia

(2) 課題

港としての課題は、下記のものが上げられる。

- 港湾施設が、コンテナ取扱量の増加に対応が出来なくなりつつある。
- タンジュン・プリオク港から産業集積地への新設高架道路(JOOR: Jakarta Outer Ring Road)の建設が行われているが、それが出来ても、現状の渋滞を解決することにはならず、新たなマルンダを結ぶ海上道路の新設が計画されている。
- タンジュン・プリオク港を運営する IPC (Indonesia Port Corporation)では、港は基本的には洪水の影響を受けないし、また地震・津波等の災害の記録が見当たらないとして防災計画を策定していない。

4.4.3 鉄道

産業集積地の北側にはジャワ幹線鉄道(Java Main Line)が東西に走っている。単線で電化工事も進んでいない。しかし近年は鉄道輸送量および都市間連絡の列車本数が増加しており、施設の能力の限界に達している。特にブカシ線（マンガライ駅～ブカシ駅間）では、長距離線と通勤線が線路を共用しているあるいは平面交差が多いため、運行管理上の支障になっている。

同時に産業集積地の中央北側にあるチカラン駅は、1日5本程度片方向しか発着せず、ジャワ幹線鉄道の輸送力の能力も低い状態である。ジャボデタベック圏での鉄道利用者の増加も、ほぼ止まったものと考えられる。

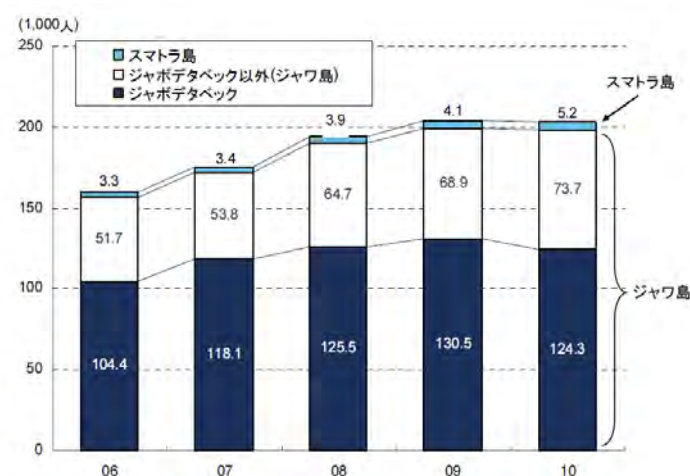


図 4.4.4 鉄道利用者数の推移

ジャボデタベック圏：ジャカルタとその周辺 4 都市および 3 地区

出典：JBIC, インドネシアの投資環境 2012

このため、ジャワ幹線鉄道の複々線化、MM2100 工業団地へのフィーダー交通としての新交通システム導入などが検討され、通勤輸送のサービス水準の改善が求められている。

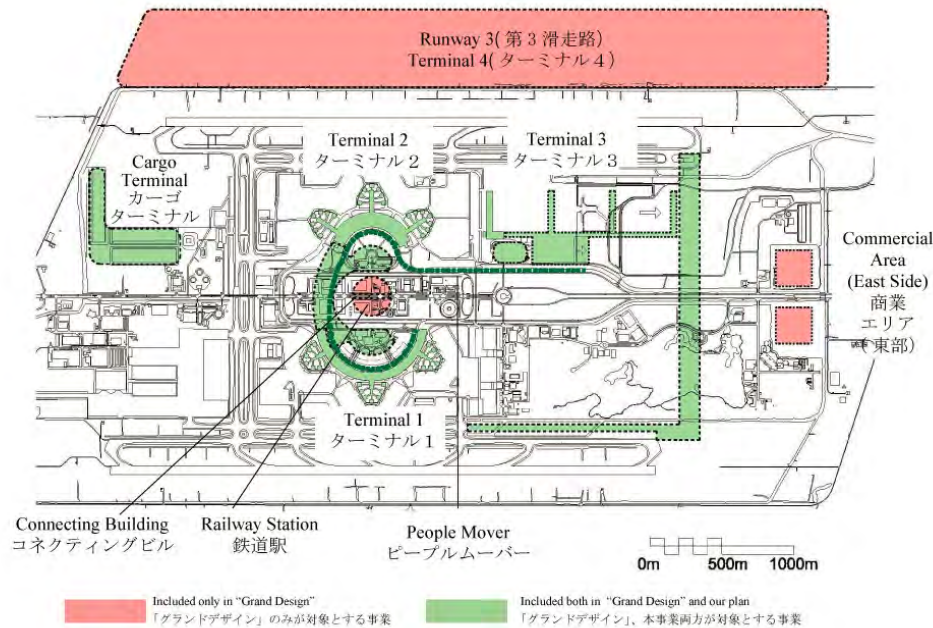
4.4.4 空港

ジャカルタ首都圏においては、現在スカルノ・ハッタ国際空港とハリム・プルダナクスマ空港、ポンドック・カーベ空港、チュルグ空港の 4 空港があり、それぞれの役割を担っている。

スカルノ・ハッタ国際空港は、ジャカルタの西約 20km の地点にあり、1985 に運用を開始し主に国際便を対象にしている。2012 年の旅客数は 5,800 万人で、2011 年の 12.1% 増である。急激な利用者の増大に空港の能力が対応できない状態になってきており、世界で 9 番目の多忙な空港になっている。現在旅客者用として 3 つのターミナルが運営されているが、さらに 1 つ追加する計画がある。

- 1) 国内線専用ターミナル
- 2) 国際線とガルーダ・インドネシア航空用ターミナル
- 3) LCC 専用ターミナル

その他としては、貨物用ターミナル、ハジ用ターミナルがある。滑走路は 2 本で、それぞれ 3,660m×60m である。エプロンの面積が 830,142m²、旅客ターミナルの面積が 338,728m²、貨物ターミナルの面積が 70,794m² である。2012 年の取扱い貨物量は、342,473 metric-tons である。



出典：経済産業省、インドネシア・ジャカルタスカルノハッタ国際空港拡張事業調査報告書、2012.2

図 4.4.5 スカルノ・ハッタ国際空港

表 4.4.4 スカルノ・ハッタ国際空港の利用状況

年	旅客者数	航空貨物(トン)	航空機発着数
2008	32,172,114	465,799	245,482
2009	37,143,719	538,314	287,868
2010	44,355,998	633,391	338,711
2011	52,446,618	617,716	345,495
2012	57,772,762	342,473	369,740

出典：Wikipedia, Soekarno-Hatta International Airport

ジャカルタ市内からこの空港に向かう交通インフラは、鉄道がないため車かバスによるアクセスしかなく、混雑が日常化しており、空港の利便性を損ねている。また地盤の悪い場所に盛土がなされている個所があり、雨季の洪水の原因となり、これも交通の障害となっている。また電源設備に対するBCP対応がなされておらず、航空管制システムの安定的な運用がなされていない。

ハリム・プルダナ空港は、ジャカルタ中心部から東へ11kmの位置にあり、ジャカルタ中心部や東の産業集積地からのアクセスは良い。VIPチャーター便と軍用機の発着を主に扱っているが、産業集積地からの精密部品・製品の輸送も担当している。しかし非商業フライトのため定期便の竣航に制限があり、利用数が減少している。

表 4.4.5 ハリム・プルダナクスマ空港の利用状況

年	旅客者数	航空貨物(トン)	航空機発着数
2011	69,499	531,139	5,281
2012	42,094	259,512	5,484

出典：PT Angkasa Pura II

滑走路長は元国際空港であったことから 3,000m×45m あり、国内線に使用する分には十分な長さがある。現在 5 航空会社が利用している。

他の 2 空港についてはアクセスに問題があり、報告書の対象にはしない。

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

発電と送電事業は、国営のインドネシア電力公社(Perusahaan Listrik Negara : PLN) が行っている。対象地域の電力は、このブカシとカラワン支局が担当している。

西ジャワ州が担っている電力は、下記の通りである。西ジャワ州には小規模な火力発電所があるが、使用電力のほとんどを他の州で発電したものを利用している。

表 4.5.1 西ジャワ州の電力

年	設置電力 (MW)	発電電力量 (千 MWh)	消費電力量 (千 MWh)
2007	1	14	32,337
2008	1	49	34,051
2009	1	40	35,701
2010	1	96	38,671
2011	1	34	41,328

出典：Statistics-Indonesia, Statistical Yearbook of Indonesia 2012

発電設備手段に関しては、各種のものがある。手段としては、石炭燃焼、コンバインド サイクルが多く、水力発電がそれに次いでいる。

表 4.5.2 インドネシア国営電力 PLN の発電電力量

項目	発電手段	2010 年 (GWh)
PNL 発電設備	水力	15,827.35
	石炭	54,407.02
	ガスタービン	7,861.70
	コンバインドサイクル	26,811.70
	地熱	3,398.02
	ディーゼル	5,096.98
	ディーゼル ガス	73.56
	太陽光	0.50
	風力	0.02
レンタル		8,233.21
小計		131,710.07
購入		38,076.16
合計		169,786.23
前年との比較		7.39%

出典：PLN, PLN Statistics 2010

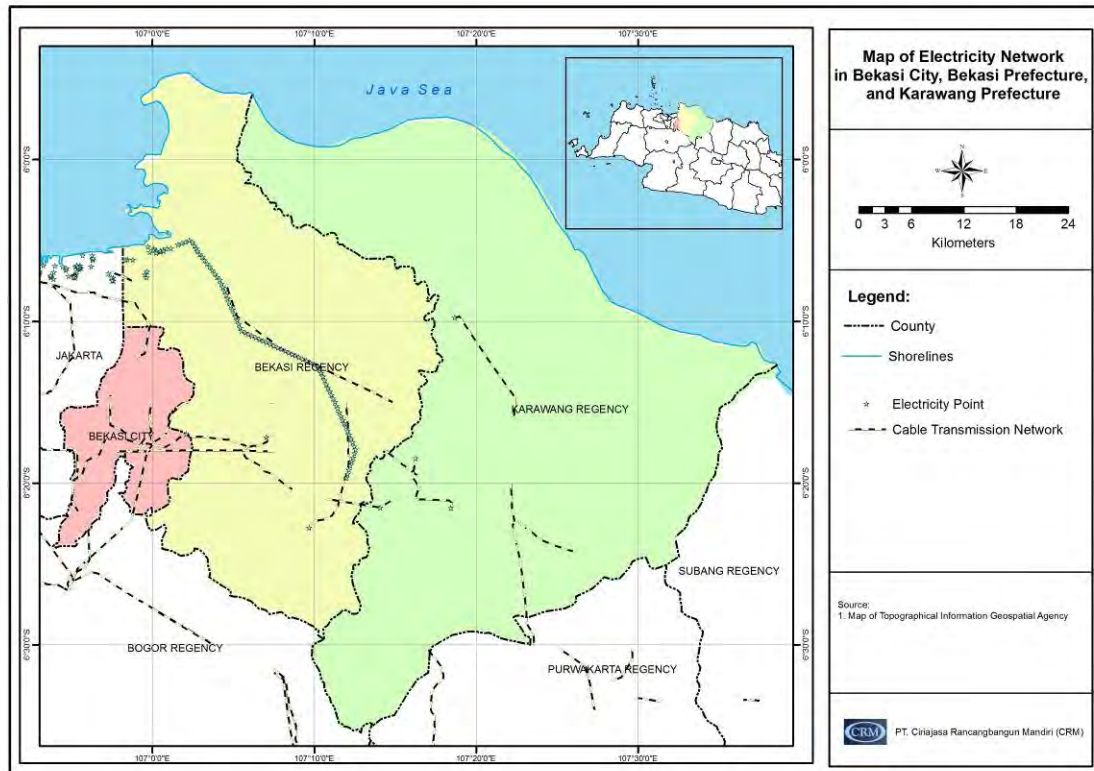


図 4.5.1 電力網

(2) 工業団地での電力

産業集積地の工業団地では、PLN と優先供給契約を結んでいるために、深刻な電力不足は生じていない。そのため停電の頻度も年に数回程度であり、停電時間も短い。

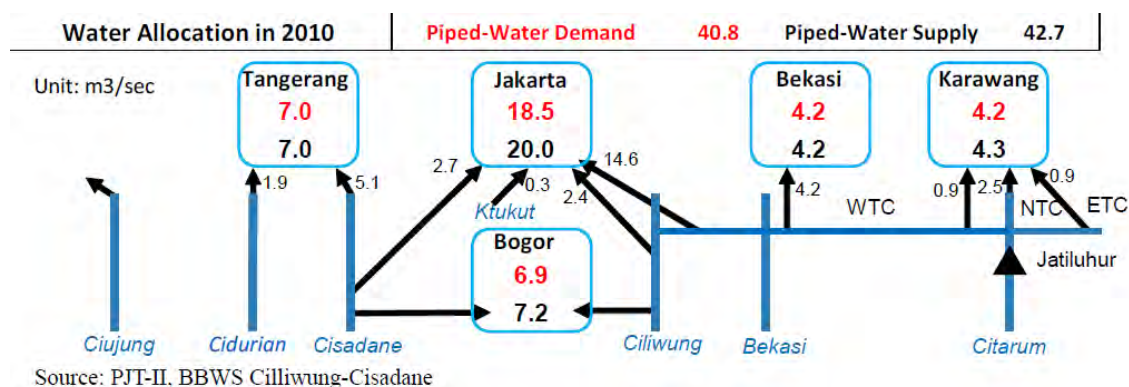
(3) 住宅地の停電

住宅地の停電は、洪水のたびかなりの頻度で発生しているが、故障箇所については各支局にある War Room が即時に対応するようになっており、1 日以内に復旧させている。

4.5.2 水道

(1) 上水道

ブカシ市・県およびカラワン県の水道水は、ジャティールフルダムより流れるチタラム川を水源にしており、WTC (West Tarum Canal)を通して東側から西側へ流れる送水路から取水している。



出典：JICA MPA Study Team

図 4.5.2 現在の送水の流れ

ブカシ市・県およびカラワン県における水の需要は次の通りである。

表 4.5.3 水需要 2010 年

項目	ブカシ市・県	カラワン県
人口	4,966,040	2,125,234
給水人口	1,087,772	369,216
給水率	21.9	17.4
一人当たり給水量	125	78
基本需要	136,486	28,673
無収水率 (%)	18.5	39
水需要(m ³ /日)	167,447	47,018
水需要(l/s)	1,938	544
特別需要(l/s)	0	0
総水需要(l/s)	1,938	544

出典：MPA Study 2012.11

(2) 工業用水

工業用水の現況および 2020 年における需要を示す。一般および工業用水の両者の水需要も、今後大幅な増加が見込まれる。

表 4.5.4 工業用水の需要

地域	2010	増加(2010 - 2020)		2020
	利用現況(l/s)	工業団地面積(ha)	水需要(l/s)	水需要(l/s)
ブカシ	2,242	3,370	1,348	3,590
カラワン	3,630	620	248	3,878
合計	5,872	3,990	1,596	7,468

記：単位増加水需要：35m³/day/ha = 0.4 l/s

出典：MPA Study Team

表 4.5.5 将来の水需要

地域	項目	2010	2020
		利用現況 (m ³ /s)	水需要 (m ³ /s)
ブカシ	PDAM	1.9	6.0
	工業用	2.2	3.6

	計	4.2	9.6
カラワン	PDAM	0.5	2.4
	工業用	3.6	3.9
	計	4.2	6.2
合計		8.4	15.8

出典：MPA Study Team

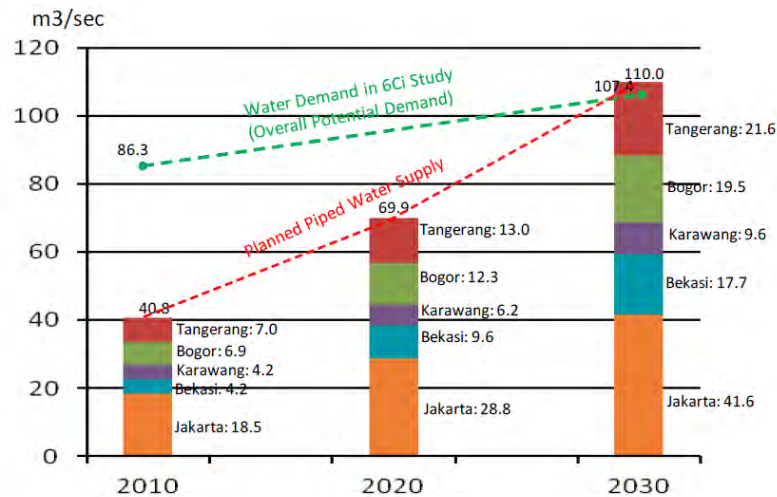


図 4.5.3 将来の水需要

出典：JICA MPA Study Team

MPA: Master Plan for establishing Metropolitan Priority Area for Investment and Industry in Jabodetabek Area-Final Report

(3) 下水道

ベカシ市・県とカラワン県においては、下水道システムはない。汚水排水は、個々の浄化槽で行われている。

4.5.3 通信・情報

(1) インターネット・ブロードバンド市場

インターネット接続サービス関連免許は、2011 年現在 204 社が取得している。またブロードバンド加入者は 274 万人を記録し、年々増加する傾向にある。

表 4.5.6 全国のプロードバンド加入者および普及率

年	2007	2008	2009	2010	2011
ブロードバンド加入者数 (千件)	779	982	1,864	2,280	2,736
ブロードバンド普及率 (%)	0.3	0.4	.08	1.0	1.1

出典：ITU-World Telecommunication/ICT Indicators Database 2012

(2) 携帯電話市場

主な携帯電話事業者は、テルコムセル、インドサット、XL アクシアタなどである。この市場も急速な伸びを示しており、1 人 1 台の普及率となっている。

表 4.5.7 全国の携帯電話加入者および普及率

年	2007	2008	2009	2010	2011
携帯電話加入者数 (千件)	93,387	140,578	163,677	211,290	236,799
携帯電話普及率 (%)	40.2	59.8	68.9	88.1	97.7

出典：ITU-World Telecommunication/ICT Indicators Database 2012

(3) 固定電話市場

6 事業者が市内電話サービスを提供している。衛星を保有し衛星通信サービスを提供している。

表 4.5.8 全国の固定電話加入者および普及率

年	2007	2008	2009	2010	2011
固定電話加入者数 (千件)	19,530	30,378	34,807	40,929	38,617
固定電話普及率 (%)	8.4	12.9	14.7	17.1	15.9

出典：ITU-World Telecommunication/ICT Indicators Database 2012

(4) ラジオ

公共放送の RRI、商業放送、大学放送、軍放送やコミュニティー放送があり、全国で約 800 局の放送局がある。

(5) テレビ

TVRI が 1962 年に放送を開始したあと、1989 年から商業放送が開始し、11 事業者が広域放送を行っている。衛星放送インドビジョンが、1994 年から放送を開始しており、現在約 65 万人が加入している。

ケーブルテレビは 2 社が主導しているが、加入者が約 16 万程度で低迷しており、プロジェクト対象地域では、首都圏のみ視聴が可能である。政府は、2018 年にデジタル放送に完全に移行することを目指している。

4.5.4 ガス

ベカシ市・県とカラワン県においては、都市ガスシステムはない。地域の調理用の熱源は、殆どがブタン・プロパンを主な成分とするプロパンガスである。プロパンガス 0.5kg が灯油の 1 リットルに相当し、灯油の半分のコストであり、広く普及している原因となっている。しかしガス漏れによる事故が多発している。

ガス販売店に対する供給網を下記に示す。全 26 箇所の販売店がある。

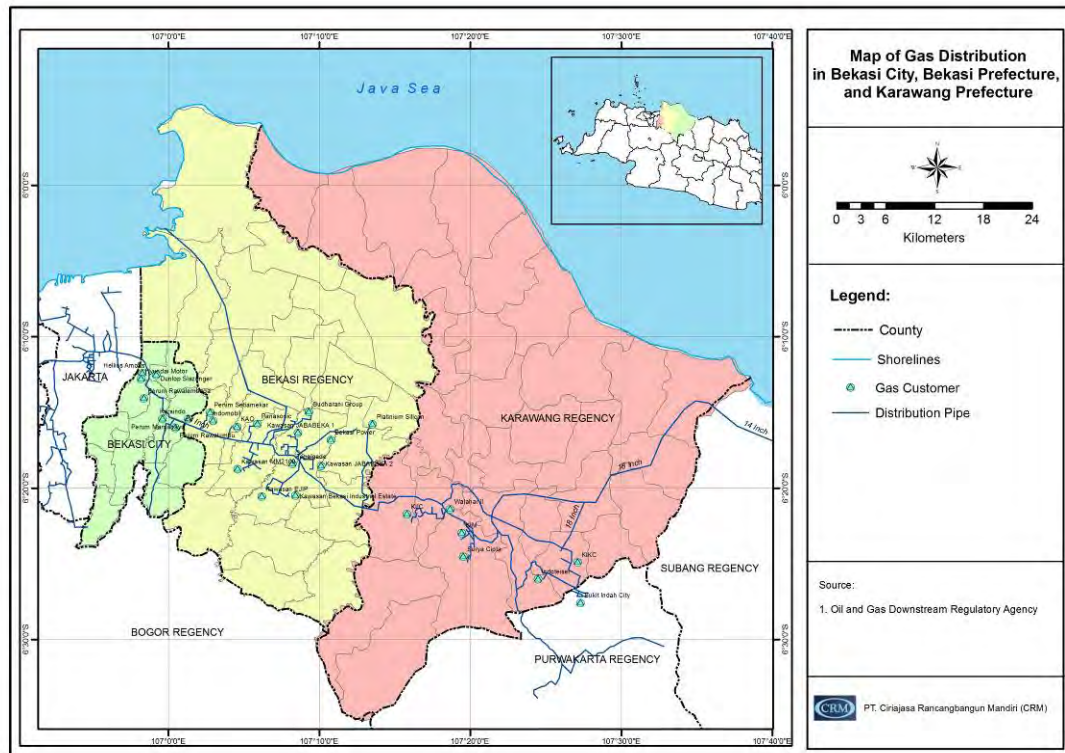


図 4.5.4 販売店に対するガス供給網

4.5.5 廃棄物

(1) 概要

西ジャワ州では、約 4,500 トン／日の都市ごみが、分別されず混合ごみとして州内にある約 40 ヶ所の埋立処分場で投棄処分されている。しかし 3R プログラムによる発生ごみの減量を推進しており、発生ごみの 20%をコンポスト化する計画を策定している。

(2) 最終処分場

対象地域におけるごみの発生量とその埋立処分場を下記に示す。

表 4.5.9 最終処分場の状況

都市／県名	Bekasi 県	Bekasi 市	Karawang 市	合計
ごみ発生量 (m ³ /day)	1,686	4,307	1,299	7,292
最終処分場	Burangkeng Setu	Bantar Gebang Sumur Batu	Jalupang	
埋立ごみ量 (m ³ /day)	900	5,000 tons 1,392	230	
TPA 面積 (ha)	7.60	108.00 10.00	3.50	
運用開始年	1994	1989 2003	2002	

運用状況	Controlled landfill	C.L.	Open dumping	
		C.L.		

出典：環境省、インドネシア・西ジャワ州廃棄物処理プログラム CDM 事業調査 2008

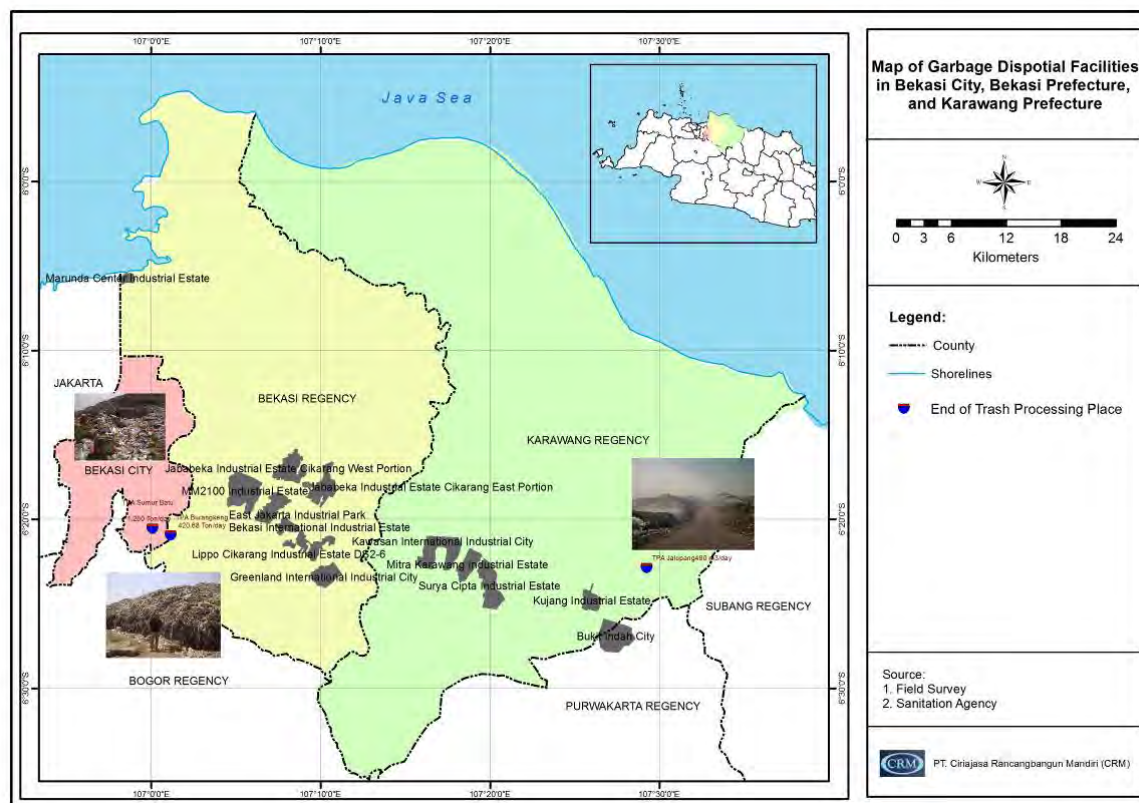


図 4.5.5 最終処分場位置図

(3) ごみ組成

バンドン市内 2 ヶ所の集積所で、2008 年 11 月に試料の採取が行われ、下記の結果が分かった。

表 4.5.10 バンドン市内のごみ組成

No.	ごみ	構成 (%)
1	Organic	56
2	Wood/Branch	1
3	Egg bale	1
4	Paper	15
5	Cloths	2
6	Rubber	2
7	Bone	1
8	Glass	2
9	Plastic (bottle)	2
10	Plastic (sheet)	15
11	Metals	0
12	Residues	2

出典：環境省、インドネシア・西ジャワ州廃棄物処理プログラム CDM 事業調査 2008

4.5.6 学校

当該地域における学校数は、下記の通りである。

表 4.5.11 学校数

都市／県名	Bekasi 県		Bekasi 市		Karawang 県		合計
	公立	私立	公立	私立	公立	私立	
幼稚園	2	664	716	-	1	105-	1,488
小学校	702	391	753	174	848	158	3,026
中学校	109	247	39	170	82	93	740
高等学校	37	92	18	75	24	70	316
大学	6		8		10		24

出典：ローカルコンサルタント聞き取り調査

4.5.7 病院

当該地区における病院数は、下記の通りである。

表 4.5.12 病院数

都市／県名 ベッド数	Bekasi 県	Bekasi 市	Karawang 県	合計
200 床以上	0	2	1	3
100 床以上	4	10	5	19
100 床未満	7	9	8	24
不明	0	6	0	6
合計	11	27	14	52

出典：ローカルコンサルタント聞き取り調査

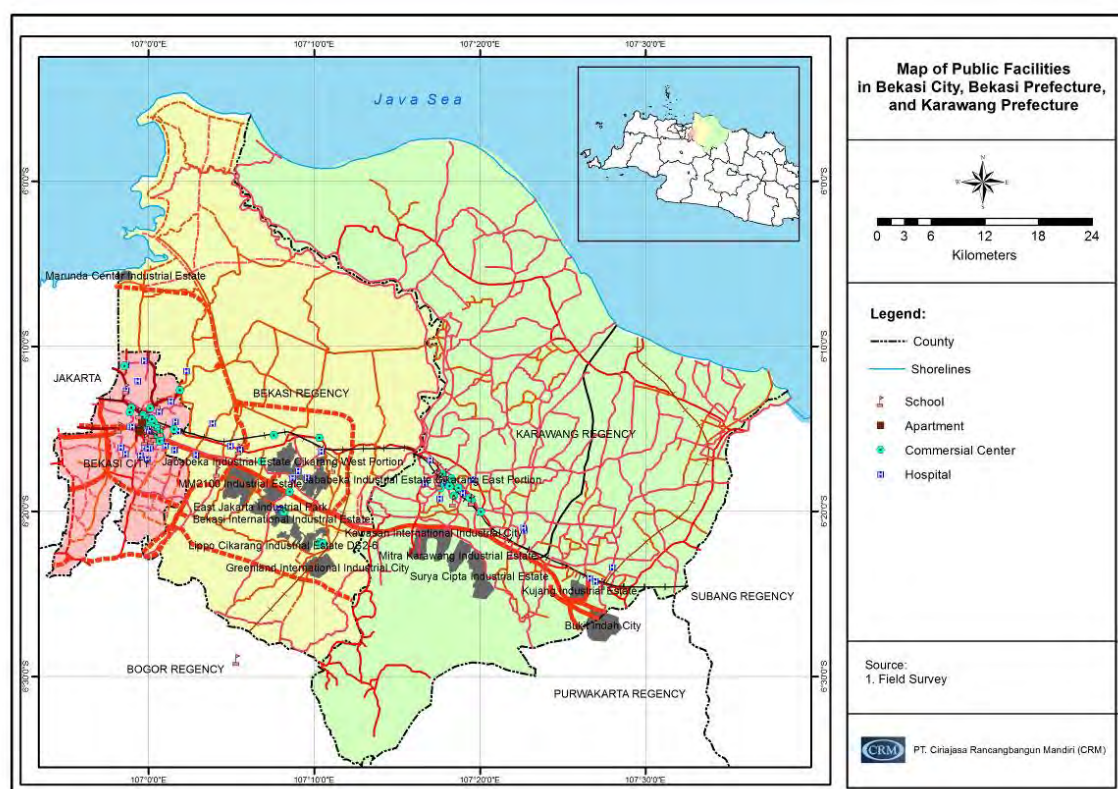


図 4.5.6 病院および商業施設等位置図

4.6 周辺地域および日本との経済的つながり

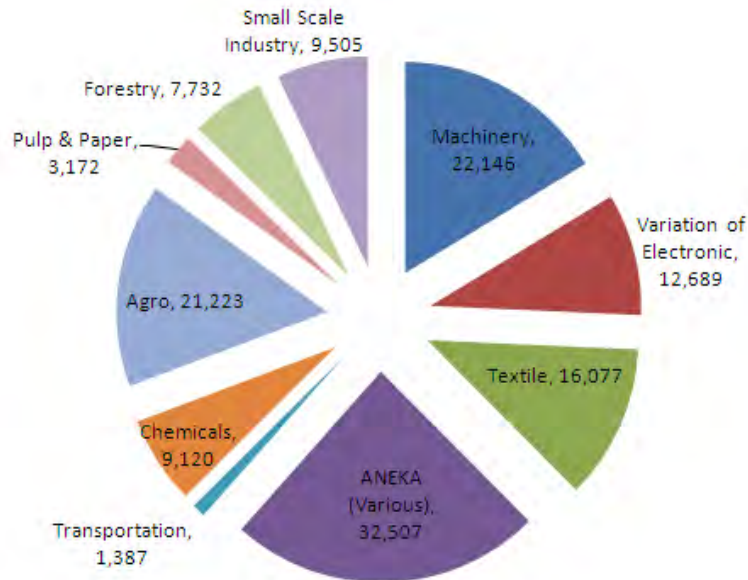
4.6.1 対象地域の経済の概況

ブカシ市、ブカシ県、カラワン県における高速道路沿道は、日系企業の一大進出拠点となっている。カラワン県における経済開発のスピードはインドネシア随一と言われている。同地区への労働者は、ジャカルタから通勤しているものが多く、ジャカルタ首都圏（JABODETABEK：ジャカルタ Jakarta、ボゴール Bogor、デポック Depok、タンゲラン Tangerang、ブカシ Bekasi の頭文字を組み合わせた呼称）を形成している。

主要産業としては、機械、農業、繊維、電機等が挙げられる。例えば、カラワン県の統計データによれば、2010年における従業員数は、合計で135,558人となっていた。機械がトップで22,146人、農業が21,223人、繊維が16,077人、電機12,689人と続く。

こうした経済開発の恩恵を受けて、ジャカルタの最低賃金は、昨年比で44%増加し、月額2万数千円の水準に達している。燃料費の上乗せも効いていて、労働賃金は上昇し続けており、労働集約型産業には負担が大きくなっている。このため、今後、地方への移転について検討する企業も出てくることが予想される。それでも、現状でジャカルタ周辺のインフラ整備は、他地域に比べて充実していること、特に、日系企業は（ジャカルタ東部に）集中して進出していることもあり、即座に他地域へ移転することは難しいと考えられている。

最新の統計データ「Statistical Yearbook Indonesia 2012」によると、西ジャワ州の地域 GDP は、861 兆インドネシアルピア（2011 年時点）でインドネシアの総 GDP の 11.6%を占め、ジャカルタ特別州（第 1 位、13.2%）、東ジャワ州（第 2 位、11.9%）について 3 番目に大きくなっている。また、地域 GDP 成長率を見ると、西ジャワ州は 6.48%となっており、ジャカルタ特別州の 6.71%には及ばないものの、東ジャワ州の 5.16%を上回り、インドネシア平均の 6.32%も上回っている。



出典: Karawang In Figures 2011

図 4.6.1 カラワン県の業種別就業人数

4.6.2 主要な経済政策

海外からの投資を促進するため、インドネシア政府は、大きく 3 つの経済優遇政策を用意している。①免税期間の適用（パイオニア産業等の限定された産業セクターを対象）、②課税控除の適用（より広い産業セクターを対象）、③Bonded area（保税地域：輸出加工区に相当）における輸入関税の免除である。現在、インドネシアへの投資が熱心な国は、日本、シンガポール、韓国であるとされる。日本、韓国は自動車などの製造業に強く、シンガポールはサービス業・商業への投資意欲が高い。

2011 年 5 月に、インドネシア政府は、インフラの問題を解決するための具体的な施策として「経済開発迅速化・拡大マスタープラン（MP3EI）」を策定した。インドネシア国内を 6 つの経済回廊に分けて、それぞれの地域で重点産業を定めて経済開発を進めようとしている。2025 年までに、名目 GDP を 2010 年比で約 6 倍に増加させ、世界の 10 大経済大国となる目標を掲げている。

2012 年 10 月に発表された「ジャカルタ首都圏投資促進特別地域（MPA: Metropolitan Priority Area）マスタープラン」は日・インドネシア両国政府で策定された計画であり、具体的な対策

の一つとして、チラマヤ新国際港整備や、（ブカシ・カラワン地区への）アクセス道路整備が掲げられている。こうしたインフラ整備が進めば、ブカシおよびカラワン地区における交通渋滞緩和や、タンジュンプリオク港への一極集中の緩和等に貢献することができる。

また、ジャカルタは、ジャワとスマトラのそれぞれの経済回廊の結節点に位置している。このため、この MPA が実現すれば、MP3EI によるインドネシアの経済発展にも貢献すると考えられている。特に、ブカシ・カラワン地区に位置する関係事業者からの期待は大きく、現地調査によるヒアリング調査でも、カラワン地区における行政担当者、民間事業者の双方から、MPA の計画実現に向けて期待を寄せる声が多く聞かれた。

しかし、現状では、土地の収用等の問題で計画が頓挫している。同様に、（スカルノハッタ空港に加えて）カラワン地区における新空港建設、第二チカンペック高速道路の整備等も計画がなされているものの、具体的な進展が見られない。



出典：JICA「ジャカルタ首都圏投資促進特別地域（MPA）マスタープラン調査」日・インドネシア両政府関係による運営委員会資料（2012年10月）http://www.jica.go.jp/press/2012/20121009_01.html

図 4.6.2 ジャカルタ首都圏投資促進特別地域マスタープラン

4.6.3 日本との経済的なつながり

日本とインドネシアの貿易額をみると、日本への輸出額は33,715百万USドル（FOB 価格ベース：2011年）となっており、最大の輸出国となっている。日本について輸出額が大きいのは、中国の22,941百万USドル、米国の16,459百万USドルとなっている。インドネシアから日本への輸出品目を見ると、鉱物性燃料が大半を占め、食料に適さない原材料（鉱物資源等）、原料別製品（木や金属等）、機械類および輸送用機器等が多くなっている。

また、日本からの輸入額は19,437百万USドル（CIF 価格ベース：2011年）となっており、中国からの26,212百万USドル、シンガポールからの25,965百万USドルに続いて大きくなっ

ている。日本からインドネシアへの輸入品目を見ると、1990 年代までは化石燃料および鉱物資源、木材、魚介類等の第一次産品が主であったが、2000 年代以降は、機械・電機製品およびその部品等の工業製品の割合が増大している。

日本のインドネシアへの海外直接投資額（FDI）をみると、1,516 百万 US ドル（2011 年）となっており、シンガポールの 5,123 百万 US ドルに次いで 2 番目に大きくなっている。シンガポールからの FDI は製造業、卸売・小売業、金融業の 3 分野が多いのに対して、日本からの FDI は製造業に集中しているのが特徴となっている。

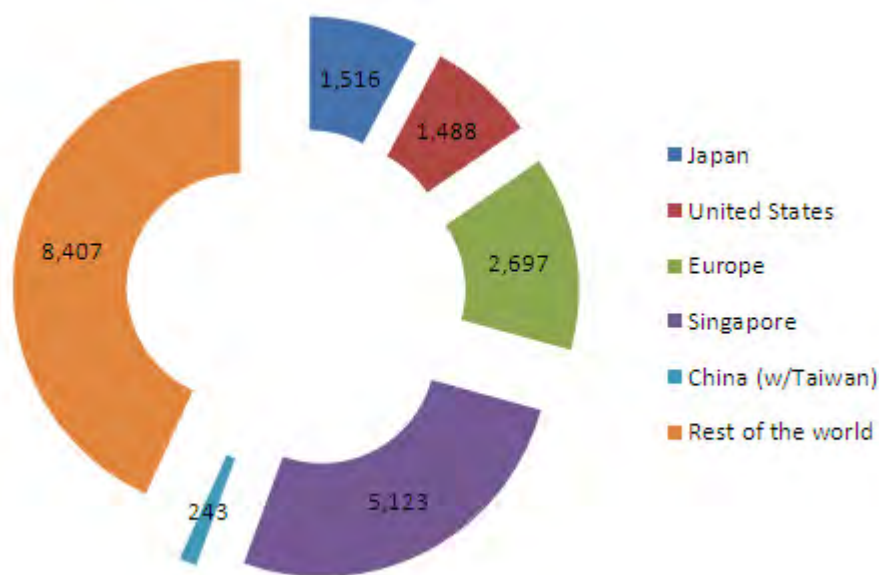


図 4.6.3 国別外国直接投資(百万 US\$), 2009–2011

表 4.6.1 国別外国直接投資の推移

	2009	2010	2011
Japan	679	713	1,516
United States	172	931	1,488
Europe	2,109	2,918	2,697
Singapore	4,341	5,006	5,123
China (w/Taiwan)	32	48	243
Rest of the world	3,483	6,600	8,407
Total	10,815	16,215	19,475

出典: Statistical Yearbook of Indonesia 2012

インドネシア国内における地域別の海外直接投資額を下表に示す。ジャワ地域への投資が全体の 56%を占めている。中でも、西ジャワ州（17.1%）およびジャカルタ首都圏（16.7%）への投資が大きく、合わせて全体の 1/3 を占めている。

表 4.6.2 地域別の海外直接投資額

Lokasi		2012		
		Project	Value US\$1000	%
Sumatera	Aceh	26	172,272.8	0.7%
	Sumatera Utara	133	645,321.8	2.6%

	Sumatera Barat	45	75,020.2	0.3%
	Riau	81	1,152,854.9	4.7%
	Jambi	30	156,321.8	0.6%
	Sumatera Selatan	107	786,448.5	3.2%
	Bengkulu	21	30,431	0.1%
	Lampung	57	114,320.3	0.5%
	Kepulauan Bangka Belitung	30	59,183.4	0.2%
	Kepulauan Riau	165	537,110.7	2.2%
	Total(Provinsi)	695	3,729,285.4	15.2%
Jawa	Daerah Khusus Ibukota Jakarta	1,148	4,107,720.8	16.7%
	Jawa Barat	682	4,210,703.8	17.1%
	Jawa Tengah	141	241,512.6	1.0%
	Daerah Istimewa Yogyakarta	28	84,939.2	0.3%
	Jawa Timur	403	2,298,776.2	9.4%
	Banten	405	2,716,263.7	11.1%
	Total(Provinsi)	2,807	13,659,916.3	55.6%
Bali dan Nusa Tenggara	Bali	324	482,037.8	2.0%
	Nusa Tenggara Barat	133	635,790	2.6%
	Nusa Tenggara Timur	20	8,723.7	0.0%
	Total(Provinsi)	477	1,126,551.5	4.6%
Kalimantan	Kalimantan Barat	45	397,534.8	1.6%
	Kalimantan Tengah	89	524,738	2.1%
	Kalimantan Selatan	54	272,291.3	1.1%
	Kalimantan Timur	167	2,014,085	8.2%
	Total(Provinsi)	355	3,208,649.1	13.1%
Sulawesi	Sulawesi Utara	70	46,651.9	0.2%
	Sulawesi Tengah	27	806,531	3.3%
	Sulawesi Selatan	29	582,579.2	2.4%
	Sulawesi Tenggara	41	35,723.2	0.1%
	Gorontalo	17	35,314.6	0.1%
	Sulawesi Barat	3	228.5	0.0%
	Total(Provinsi)	187	1,507,028.4	6.1%
Maluku	Maluku	10	8,518.1	0.0%
	Maluku Utara	9	90,253.7	0.4%
	Total(Provinsi)	19	98,771.8	0.4%
Papua	Papua Barat	18	32,035.1	0.1%
	Papua	21	1,202,432.6	4.9%
	Total(Provinsi)	39	1,234,467.7	5.0%
Total(Wilayah)		4,579	24,564,670.2	100%

出典: BKPM (Investment Coordinating Board)

次に、インドネシア国内におけるセクター別の海外直接投資額を下表に示す。第1次産業が22.1%、第2次産業が54.1%、第3次産業が23.8%となっている。第2次産業への投資が大きくなっており、中でも、食品産業(12.1%)、非鉄鉱物産業(11.6%)、金属・機械・電機産業(7.8%)などへの投資額が大きくなっている。

表 4.6.3 セクター別の海外直接投資額

Sector		2012		
		Project	Value Rp. Million	%
Primary	Food Crops & Plantation	180	9,631,484.3	10.4%
	Livestock	31	97,444.7	0.1%
	Forestry	9	144,542.2	0.2%
	Fishery	7	14,729.3	0.0%

	Mining	39	10,480,900.3	11.4%
	Total(Sektor)	266	20,369,100.8	22.1%
Secondary	Food industry	222	11,166,685.3	12.1%
	Textile industry	51	4,450,911.0	4.8%
	Leather goods & footwear industry	9	76,678.5	0.1%
	Wood industry	15	56,968.1	0.1%
	Paper and printing industry	64	7,561,039.0	8.2%
	Chemical and pharmaceutical industry	94	5,069,454.8	5.5%
	Rubber and plastic industry	110	2,855,009.6	3.1%
	Nonmetallic mineral industry	37	10,730,662.3	11.6%
	Metal, machinery & electronic industry	81	7,225,667.2	7.8%
	Medical preci. & optical instru, watches & clock industry			0.0%
	Motor vehicles & other transport equip. industry	21	664,417.7	0.7%
	Other industry	10	31,450.8	0.0%
	Total(Sektor)	714	49,888,944.3	54.1%
Tertiary	Electricity, gas & water supply	42	3,796,780.1	4.1%
	Construction	17	4,586,618.3	5.0%
	Trade & repair	35	1,030,439.9	1.1%
	Hotel & restaurant	34	1,015,033.6	1.1%
	Transport, storage & communication	33	8,612,042.0	9.3%
	Real estate, industrial estate & business activities	6	58,004.8	0.1%
	Other services	63	2,825,050.6	3.1%
	Total(Sektor)	230	21,923,969.3	23.8%
Total(Sektor Utama)		1,210	92,182,014.4	100%

出典: BKPM (Investment Coordinating Board)

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

インドネシアのジャワ島において想定される自然災害には、地震、火山、洪水、大雨などが考慮される。一般的な企業や民間組織においてもこれらの災害に対する防災体制が検討されているが、あまり災害リスクに対して積極的な対策はとられていない。BCP に至っては、多くの企業経営者にとって馴染みのない考えであり、災害リスクマネジメントとの明確な違いが理解されていない様子もみられる。BCP の必要性に関しては周知が進んでいないといえる。

商工会議所（KADIN）など中小企業を支援する組織などにおいても、実際の企業の問題として労働者、賃金、企業成長などが重視されており、多くの中小企業にとって現状では BCP や企業防災対策への関心は低いという意見があげられている。

4.7.2 企業における BCP 等の取り組み

(1) 企業における BCP 等の取り組み

国の防災に関するアクションプランが中央政府によって定められており、企業の防災体制はそれらに沿って検討されることになっている。また、職業安全衛生（Occupational Health and Safety）に関する中央委員会が設置されており、企業の安全対策について検討されている。これ

らにおいて、企業では自然災害への対応体制の検討がなされているが、防災計画、緊急対応計画の策定までを行っている企業は少ない。

多くの企業や関連機関において、ジャカルタやその周辺地域では洪水以外に直接被害が表ずるような災害経験が少ないと認識されているため、企業防災への取り組みは進んでいない。一部の物流などの交通網の確保が重要な企業や、他企業の事業継続に関わるような企業においては、洪水など災害リスクに対して事前対策、緊急対応計画などが整備されている例もみられる。

(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

石油・ガスといった危険物を取り扱う企業に対しては、安全確保や環境保護に関する法令等によって環境リスク、災害リスクの対策が義務づけられており、防災対策に関する体制についても先進的に整備されている。国営の電力会社に対しても危機管理対策は求められており、一般に、運用に関する内部規則（Standard Operating Procedure）により緊急時対応についても規定されているが、防災計画、緊急対応計画などの策定まではなされていない。また、水供給を管理する機関においても系統だった災害リスクマネジメントは実施されていないのが現状である。

その他の、水資源管理、通信、交通機関など公営のライフライン事業者などにおいても BCP が検討されている例は確認できていない。多くでは、緊急対応計画、復旧計画などの危機管理計画・マニュアルなどの整備も十分ではなく、大規模な災害については想定がなされていないことがいえる。

(3) 外資企業、日系企業における BCP 等の取り組み

外資企業の大手製造業、商社などでは BCP に取り組んでいる企業もあると推察される。また、外資企業の主要工場などが所在する工業団地においては、周辺地域からは独立した水供給、電力システムとなっており冗長性も確保されている。また工業団地や個々の企業において独自にバックアップ電源や発電設備を有するなど、ライフラインへの対策は考慮されている。

インドネシアでは自然災害リスクよりも、労働デモ、事故、交通渋滞などがより問題として懸念されている。外資企業でもこれらへの対策にリソースが割かれているため、災害への対策は優先度が多少低いことも考えられる。

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

インドネシアでは国家防災計画および防災対策アクションプランが策定されており、企業の防災体制もこれらの戦略・計画および策定が進められている地域マスタープランにそって作成されることが期待されている。

国や地方政府においては、それぞれの防災関連機関（国家防災庁、地方防災庁など）において防災政策の策定・調整を行っているが、現状において、企業に対しては防災計画等の作成を

義務付けるような法令などによる規定はなく、民間および公営企業どちらにおいても防災計画、緊急対応計画および BCP に関する検討・策定が進んでいない。

(2) 民間における BCP の啓発・普及の取り組み

企業における BCP 作成の促進について、民間での取り組みなどは確認できていない。企業における防災リスクマネジメントの普及に関しても、防災計画の整備、災害リスクアセスメントの実施などを支援するような取り組みが大規模になされている例はみられない。

中小企業への支援としては、商工会議所で定期的な企業支援セミナーなどが開催されているが、防災や緊急時の事業継続が取り上げられたことはない。商工会議所でも今後 BCP などがより必要とされることは懸念されている。

4.7.4 BCP の普及に関する課題

事業継続計画を考えるにはインフラの整備が重要であるが、インドネシアでは十分に整備が進んでおらず課題となっている。特に道路インフラの整備が重大なボトルネックとなっており、ジャカルタ周辺の慢性的な交通渋滞は企業の物流などに大きな影響を与えている。また、大雨による道路冠水も問題であり、交通インフラの整備と、下水道、排水施設などの整備が課題とされている。外資を含む民間企業においてもインフラの脆弱性の問題には強い関心が払われている。その他にも、水道インフラの整備が遅れていることも問題となっている。

民間においては、防災や BCM/BCP に対する意識が低かったことから、マネジメントに関するノウハウが不足していることも普及が進まない課題としてあげられる。

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、および広域 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 Bekasi City、Bekasi Regency および Karawang Regency において選択した 12 か所の工業団地
- ② KIIC 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

入居企業へのアンケート質問票は、入居企業の機密保持の観点から入居企業との連絡先が公開されず、KIIC 自身の手によって配布された。KIIC の入居企業から回収されたアンケートの回答は 16 社という結果であった。国家の安全保障という観点から、Pertamina、PLN および Telkom のような国営企業の戦略的なライフラインサービスに関するインフラの情報は入手できなかった。

4.8.2 工業団地のアンケート調査結果

アンケート調査に当たって、Kota Bekasi、Kabupaten Bekasi および Kabupaten における産業集積地にある以下の工業団地を選択した。

- ① Bekasi International Industrial Estate (BIIE)
- ② East Jakarta Industrial Park (EJIP)
- ③ Greenland International Industrial Centre (GIIC)
- ④ Jababeka Industrial Park (JIP)
- ⑤ Lippo Cikarang Industrial Park (LPIP)
- ⑥ MM 2100 Industry Town (MMIT)
- ⑦ Marunda Industry Park (MIP)
- ⑧ Karawang International Industry Centre (KIIC)
- ⑨ Kujang Cikampek Industrial Estate (KCIE)
- ⑩ Mitra Karawang Industrial Park (MKIP)
- ⑪ Bukit Indah City Industrial Estate (BCIE)
- ⑫ Surya Cipta Industrial Estate (SCIE)

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 ライフライン事業体のサービス停止
 - 停止時間 3 時間以内
 - 停止時間 12 時間 : 2 社
 - 停止時間 48 時間 (2 日間) : 1 社
 - サービス停止の大部分は通常のメンテナンス、またはネットワークの故障による。
- ② ライフライン事業体のサービスの代替
- ③ 道路、交通インフラの受ける自然災害による被害
 - 洪水で被害を受けたという工業団地が 1 件あったにみで、ほとんどの道路は自然災害による被害はない。

全道路の同時被災経験



自然災害による工業団地の重大な被害



④ 災害時の事業継続

- 自然災害にあっても大部分の工業団地は事業継続に支障はなかった。洪水で被災した工業団地が1件あった。

災害時の従業員の確保



⑤ 災害対策関する主な要望

- 地方自治体に対する要望
 - 工業団地との協力関係の維持 (1 工業団地)
 - 規則に関する問題についてより注意を払ってほしい (1 工業団地)
 - 道路の拡幅工事早急にしてほしい (1 工業団地)
 - 災害対策計画策定への協力 (1 工業団地)
- ライフライン事業者への要望
 - ライフラインサービスの徹底 (1 工業団地)
 - なし (1 工業団地)
- 交通インフラ事業者への要望
 - 交通渋滞を緩和するための道路 (1 工業団地)
 - 交通手段および道路アクセスについての代替手段構築 (1 工業団地)
 - 道路の質、道路照明、交通渋滞緩和に関する改善 (1 工業団地)
 - 道路アクセスの選択支を増やす (3 工業団地)
 - 洪水で損傷した道路の補修 (1 工業団地)

工業団地は道路を拡幅することを望んでいる。

4.8.3 企業のアンケート調査結果

工業団地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。

① ライフライン事業体のサービス停止

- ✓ サービス停止時間：3 時間以内 （12 時間の停止があったという回答：1 社）
- ✓ バックアップシステム：16 社の内 1 社のみ衛星電話を使用。

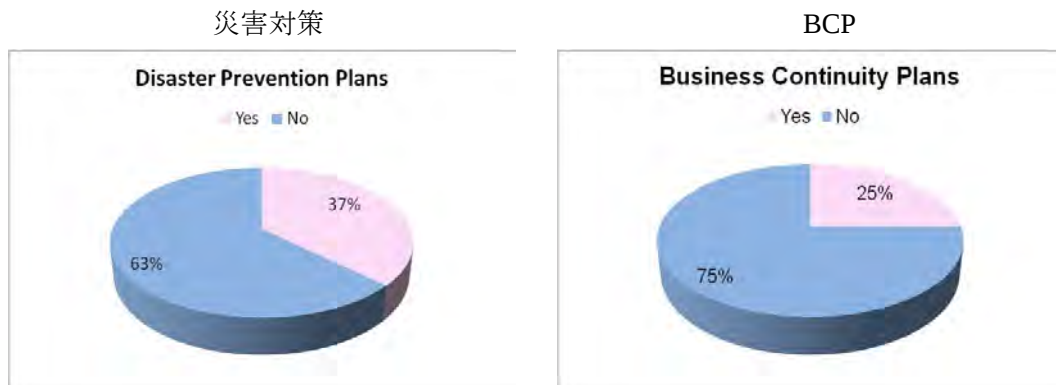
② 通常利用する道路・交通インフラ

- ✓ 高速道路: Jakarta-Cikampek （16 社全社 回答者の 100%）
- ✓ 港湾: Tanjung Priok 港
- ✓ 空港: Soekarno Hatta 国際空港
- ✓ 鉄道: Jakarta-Cikampek (16 社の内の 1 社)

③ 交通インフラの代替手段

- ✓ 一般道路・高速道路が主要交通手段である。
- ✓ 高速道路は一つしかない
- ✓ 代替港湾：Surabaya、Semarang、Tanjung Intan-Cirebon
- ✓ 代替空港：Bandung、Halim Perdanakusuma

④ 災害対策・BCP と問題点



入居企業の間でBCPは良く知られていない。事業継続に関する問題点は以下のとおりである。

- 16 社のうち 4 社は、交通インフラ事業体、ライフライン事業体のインフラ状況が不十分であり、問題であるとしている。
- 入居企業は不十分な一般道路・高速道路の問題点について以下のように回答している。
 - 輸送/交通（一般）（3 社）
 - 災害時の従業員の確保（3 社）
 - 事業の核となる製品・原材料の運輸体制（3 社）
- 事業を継続するための課題として以下のような回答があった。
 - 製造装置に関する問題

- 遠隔地の倉庫
- 被災から回復に要する時間
- 災害による被害の回復のために要する財政支援
- 公的機関の介入と努力

⑤ 災害対策に関する要望

主な要望は以下のとおりである。：

- 地方自治体に対する要望
 - 災害に関する正確かつ迅速な情報公開（4社）
 - ライフラインサービス、交通インフラサービスの災害復旧に関する臨時の“緊急対策センター”の立ち上げ（3社）
 - 居住地の洪水被害からの復旧（2社）
 - 不十分な現時点のインフラの改善（2社）
- ライフライン事業体への要望
 - 代替施設の建設（7社）
 - 災害被害からの迅速な復旧（5社）
- 交通インフラ事業体への要望
 - 代替高速道路の建設（4社）
 - 交通量に見合った交通インフラの構築（4社）
 - 代替交通手段の建設（3社）
 - 代替道路の建設（3社）
 - 災害被害からの迅速な復旧（3社）
 - 代替港湾の建設（2社）
 - 代替空港の建設（2社）
 - 代替鉄道の建設（2社）

入居企業は災害による被害リスクと、不十分な道路・高速道路によるリスクを心配している。

4.8.4 ライフラインの事業体のアンケート調査結果

ライフライン事業体へのアンケート調査の結果は次のとおりである。

① 災害対策の対象となる災害

- 災害対策の主たる災害は洪水である。

② 電力・水の緊急サービス

- 水の緊急サービスは18時間まで可能。一方、電力は3時間のみである。

水の緊急時供給



電力の緊急時供給



緊急時通信機能 (衛星電話)



災害対策



BCP



③ サービス停止と停止の理由

- 洪水のときのみ停電した。停電の時間は4日間であった。

サービス停止/ 自然災害



④ 災害対策に関する 要望

- 地方自治体への要望事項
 - 給水ポイントの増加
 - 災害対策本部の設立
 - 変電所の対洪水防御
- ライフライン事業者への要望
 - 現場でのコミュニケーションの改善
 - 早期警報システムの設置
- 交通インフラ事業者への要望
 - 飲料水の配水増量
 - 被災地の安全管理の強化

被災地において、より十分な飲料水を供給するために、ライフライン事業者は飲料水の給水ポイントを増やすべきであるといっている。

4.8.5 交通インフラ事業者のアンケート調査結果

交通インフラ事業者へのアンケート調査の結果は次のとおりである。

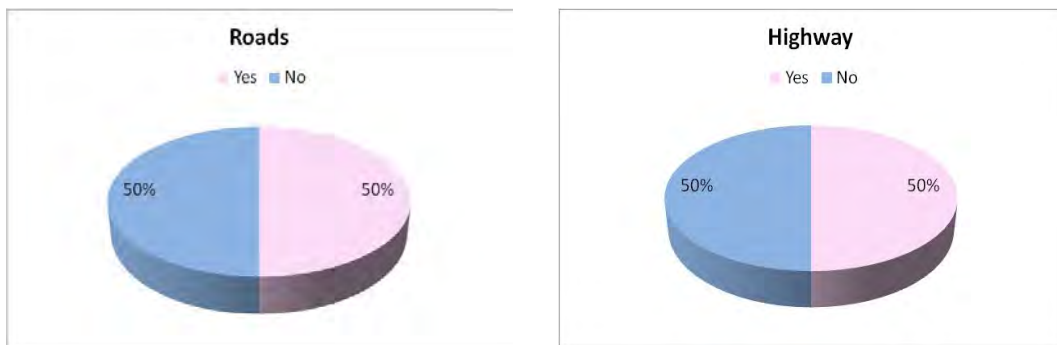
① 災害対策の対象となる災害

- 一般に災害対策の対象とする災害の種別は、洪水である。

② 電力の緊急サービス

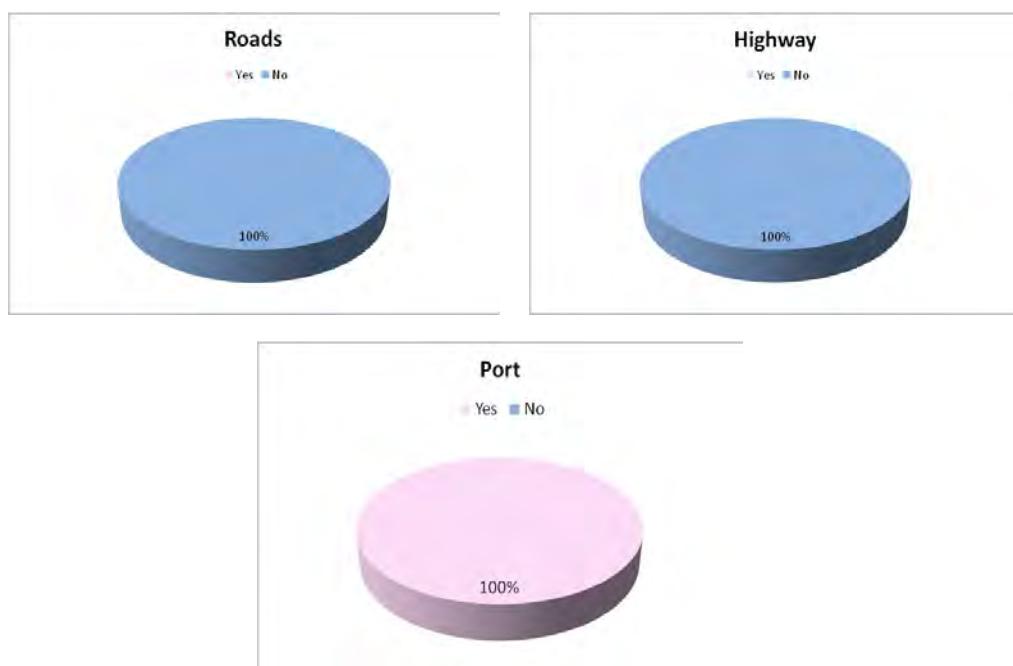
- 一般道路、高速道路は緊急時に15時間は電力を得られる。一方、港湾は24時間可能である。

電力の緊急時供給



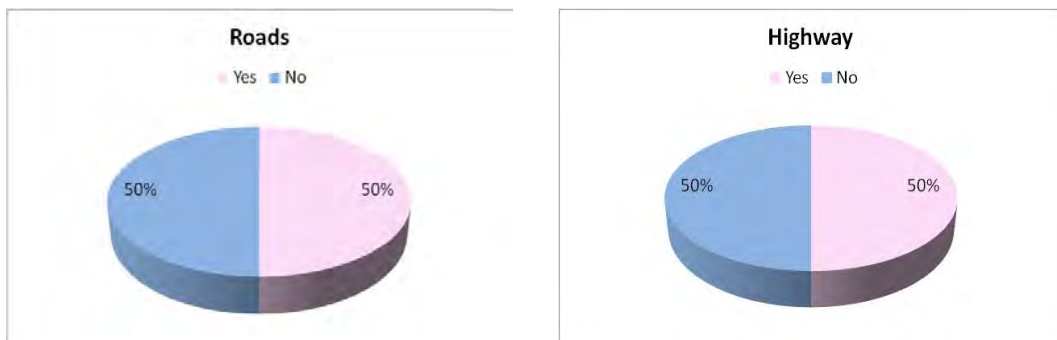
Pelindo II (port) のみ、衛星電話を持っている。

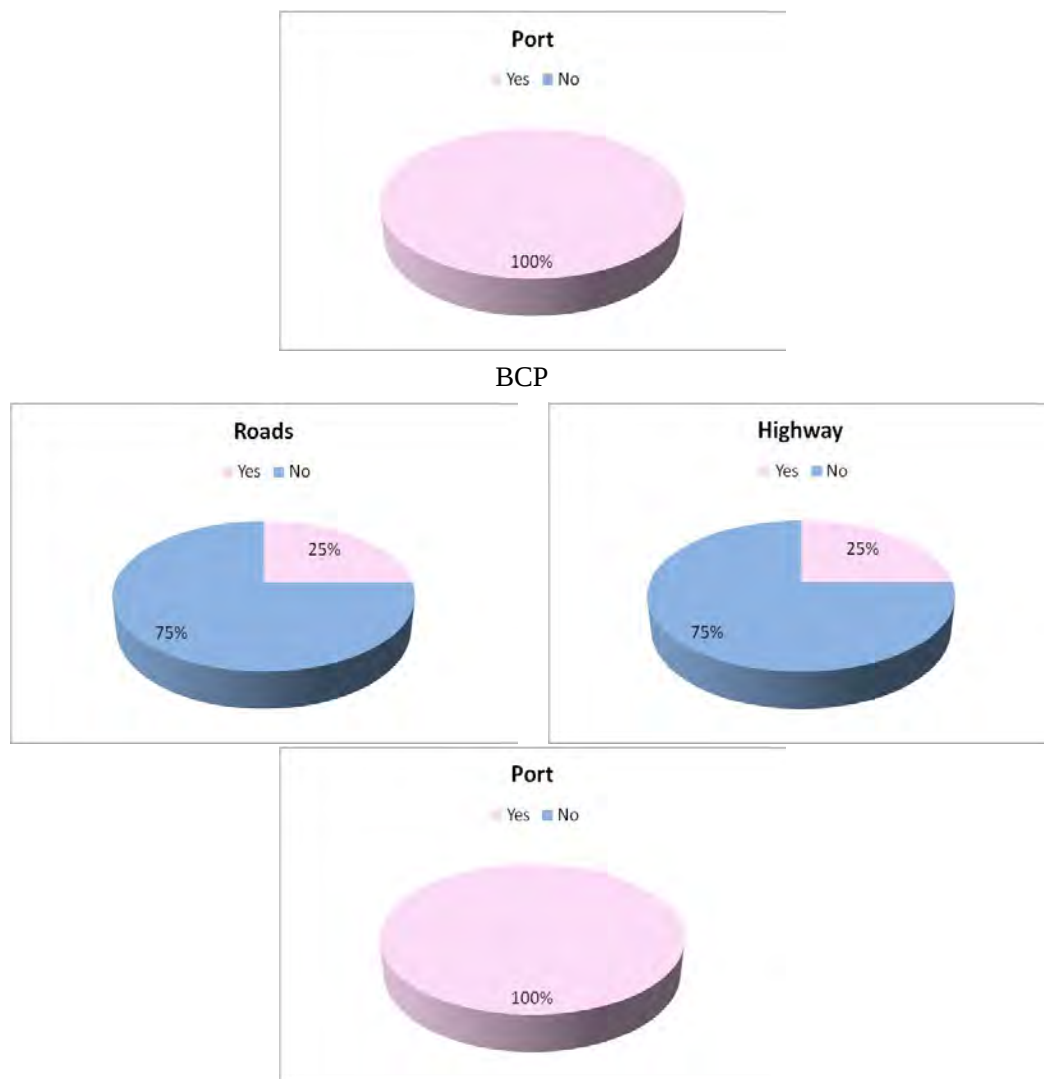
緊急時通信機能 (衛星電話)



- ほとんどの交通インフラ事業者は災害対策計画を策定しているが、BCP はほとんど策定していない。

災害対策





③ サービス停止と停止の理由

- サービス停止の原因として回答の 50%は洪水である。





④ 災害対策に関する 要望

- 地方自治体への要望事項
 - しっかりとした防災対策チームと設備の準備
 - より効率的な協力体制の実現
 - 毎年あるいは5年ごとの定期的な洪水の調査
- ライフライン事業者への要望
 - 健康・保健に関するサービスの充実
 - 電力配電網の完備
- 交通インフラ事業者への要望
 - 災害援助のファンド増額
 - 交通インフラに対するよりきめ細かい配慮
 - 災害警報のための設備の拡充

交通インフラ事業者は、しっかりとした防災対策チームと、早期警報設備等を装備をすべきであるといっている。

4.8.6 地方自治体のアンケート調査結果

地方自治体のアンケート調査結果の概要は以下のとおりである。

① 災害対策計画の対象となる災害

- 地方自治体の災害対策の対象は洪水である。他の自然災害も対象となるが、発生の可能性は小さい。

② 被害予想の対象となる代表的な災害

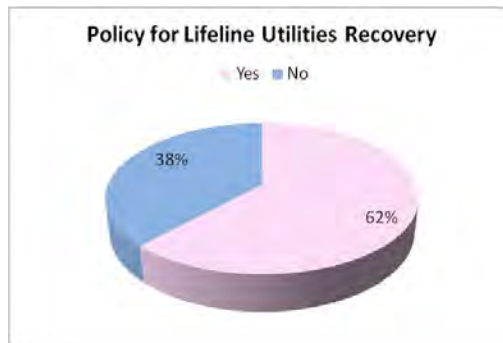
- 被害予測の対象となる自然災害は洪水である。台風、高潮の重要性は洪水に次ぐ位置づけとなる。

③ 住民向けの災害対策

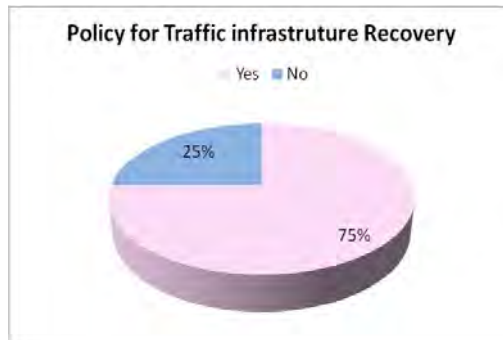
- 避難用住居、臨時トイレ、飲料水・食料の供給は、いずれも地方自治体にとって重要な任務である。

④ ライフラインサービス・交通インフラの被災に関する企業向けの災害対策

- 8の地方自治体の内5つは、企業向けのライフラインサービス・交通インフラに関する復旧の支援を行うと回答している。

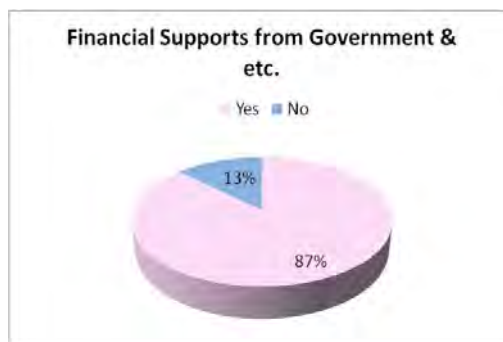


- 8 の地方自治体の内 6 つは、交通インフラの復旧促進の政策を策定している。



⑤ 災害時の財政支援

- 8 の地方自治体の内 7 つは、災害時に財政支援を要する人がいれば誰でも支援すると言っている。



⑥ 災害時に地方自治体が受けた被害状況

- 直近の自然災害は洪水によるものであったが、公共のインフラ、居住地域、道路および農業用地で受けた被害は大きなものであった。
- 地方自治体の業務に関する被害は小さかった。ほとんど被害はない。

⑦ 災害リスクに関する一般公開状況

- 全ての地方自治体は、災害リスクに関して全ての情報を公開している。

⑧ 関係者に向けての災害対策に関する要望

- 中央政府に対する要望（カッコ内の数は回答者の合計数）
 - 包括的な災害対策計画 (1)
 - 迅速な物的・財政的な支援 (4)

- 河川の被災復旧 (1)
- 洪水被害軽減のための溜め池 (1)
- 水ポンプ (1)
- 輸送・運搬のための機器・機材 (1)
- 災害対策用の避難のための機器・機材、救急車、非常食 (2)
- 政府の正しい状況認識 (2)
- 移動・運搬に関する支援 (1)
- ライフライン事業体に対する要望
 - 公共施設の早急な被害復旧 (1)
 - ライフラインサービスの緊急対策の構築 (1)
 - 衣服、食料および避難場所の提供 (1)
 - 緊急用のいかだの支給 (1)
 - 被災現場での直接対策実施の優先 (1)
- 交通インフラ事業体への要望
 - 道路の改善 (1)
 - 緊急対策のためのルートの決定 (1)
 - 施設・インフラの早期修復 (1)
 - 他目的橋梁 (1)
 - 避難ルートの決定 (1)

地方自治体は、緊急対策として必ず必要な中央政府からの物的な支援と、財政支援の実現を強く求めている。

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はこの方法ではわからない。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のようになる。

- 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)¹⁾があげられる。

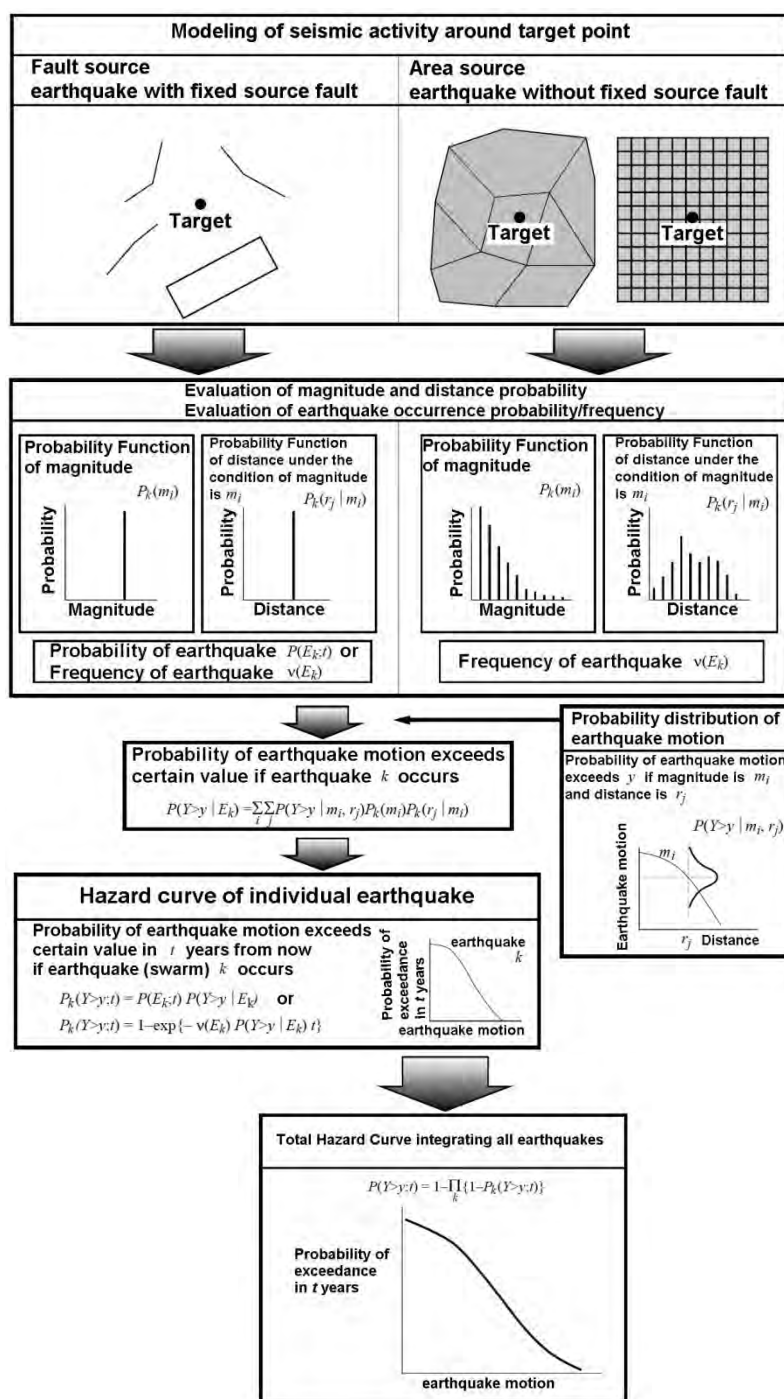


図 A.1.1 確率論的地震動評価の流れ (防災科学技術研究所(2005)²⁾ を改変)

(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)³⁾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 (2007)	Ordaz, M., et al	Free upon Request	User Manual	Yes	Visual Basic
EQRM	3.2 (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. Perkins, D.M. 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)⁴⁾
- Boore and Atkinson (2008)⁵⁾
- Campbell and Bozorgnia (2008)⁶⁾
- Chiou and Youngs (2008)⁷⁾

「プレート境界の深い地震」

- Atkinson and Boore (2003)⁸⁾
- Youngs et al. (1997)⁹⁾

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、表層の地質によ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)¹⁰⁾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。インドネシアでは、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

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 Spectral Acceleration	Site Class				
	A	B	C	D	E
Short-Period, S_{AS} (g)	Short-Period Amplification Factor, F_A				
≤ 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
≥ 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)¹¹⁾の経験式を用いて MMI 震度に変換した。

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

A.1.4 解析と結果

(1) 震源モデル

図 A.1.2 にインドネシア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。

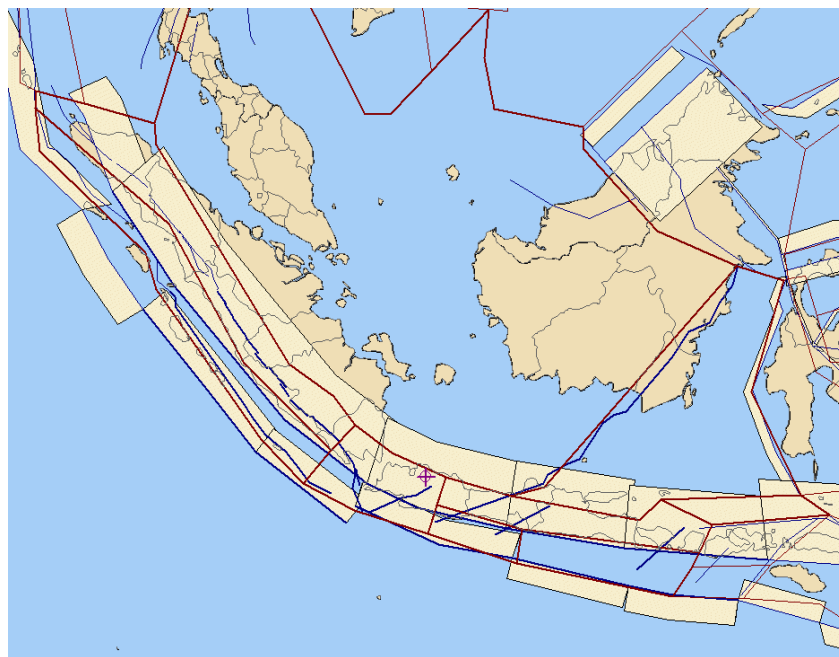


図 A.1.2 インドネシアの震源モデル

(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。活発に活動している震源はジャワ島の南岸に沿って存在しているため、基盤地震動も南へ行くほど大きな値を示している。

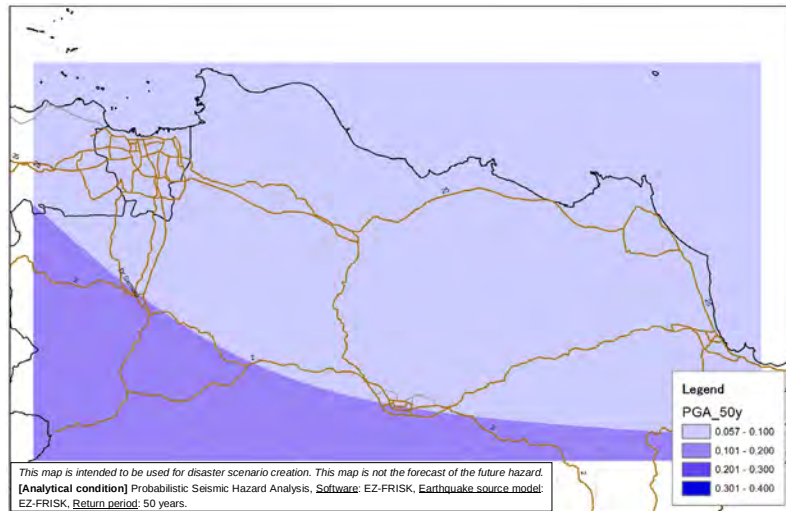


図 A.1.3 基盤地震動分布（50 年期待値、単位：g）

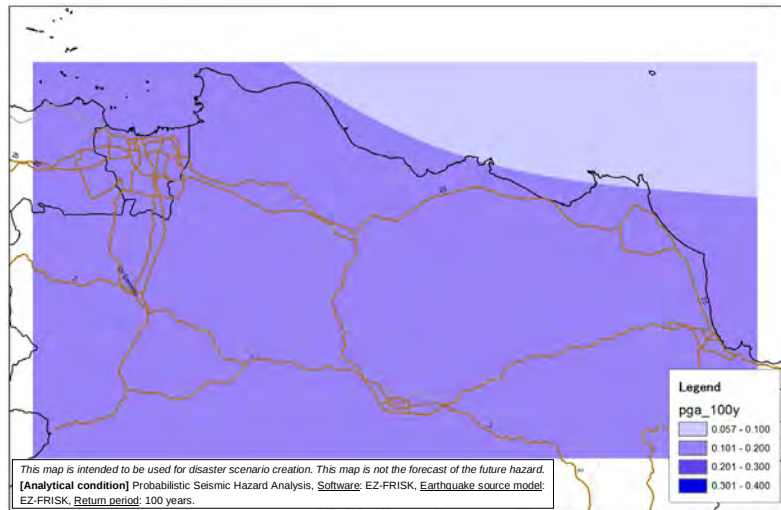


図 A.1.4 基盤地震動分布（100 年期待値、単位：g）

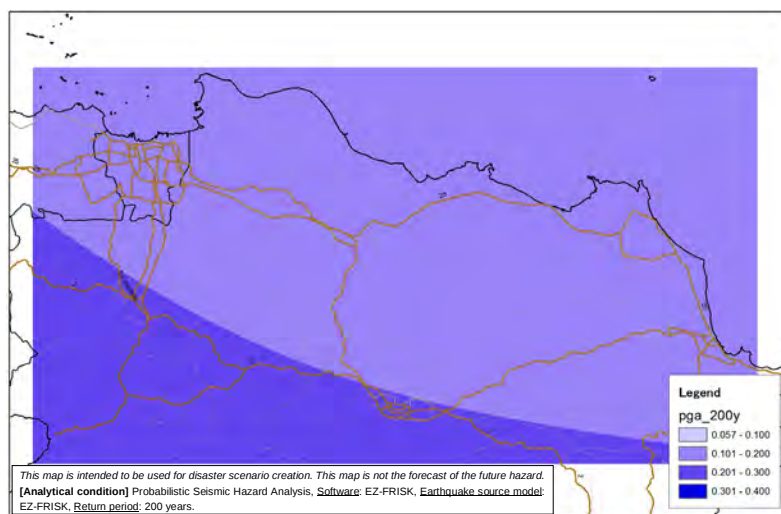


図 A.1.5 基盤地震動分布（200 年期待値、単位：g）

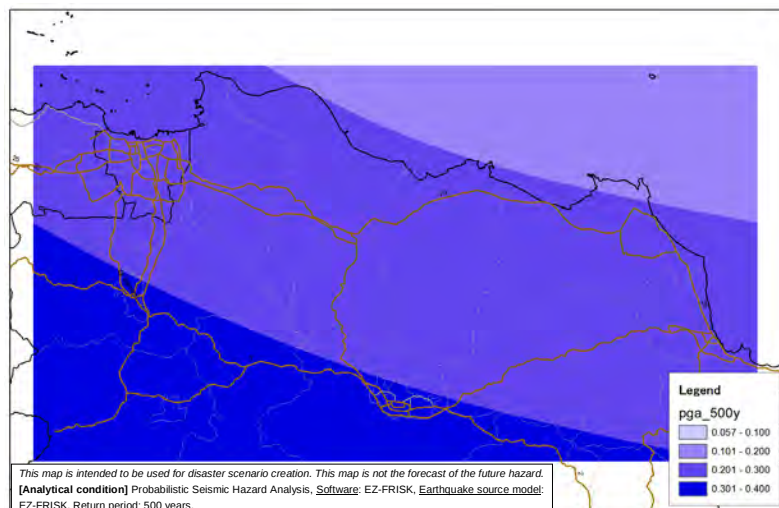


図 A.1.6 基盤地震動分布（500 年期待値、単位：g）

(3) 地盤分類

購入した地質調査所(PSG)発行の地質図(縮尺:1/100,000)をデジタイズし、地質年代から NEHRP 地盤分類に従って評価した。図 A.1.7 に地盤分類図を示す。

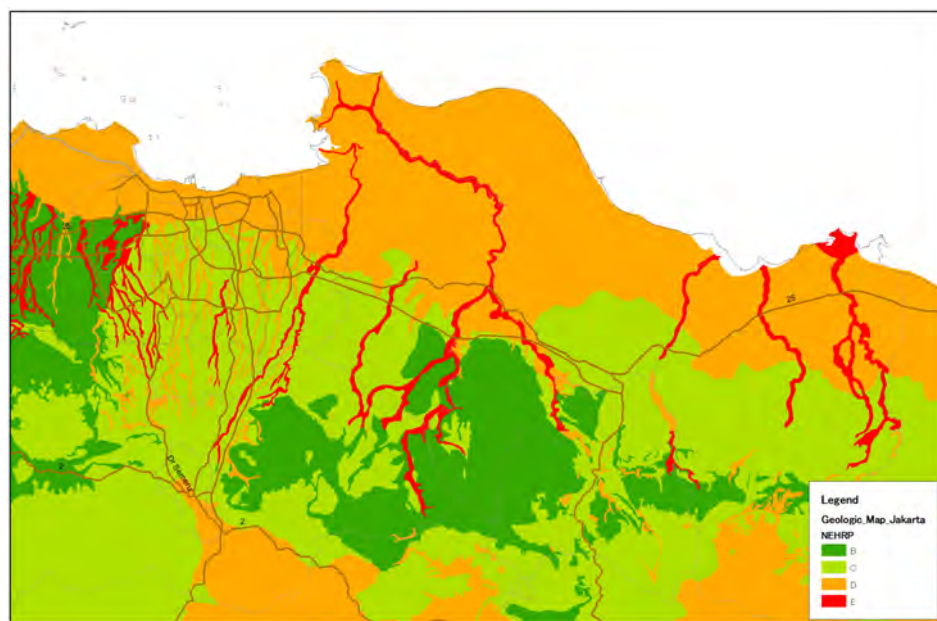


図 A.1.7 地盤分類

(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算定した地表加速度を図 A.1.8～図 A.1.11 に示す。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。

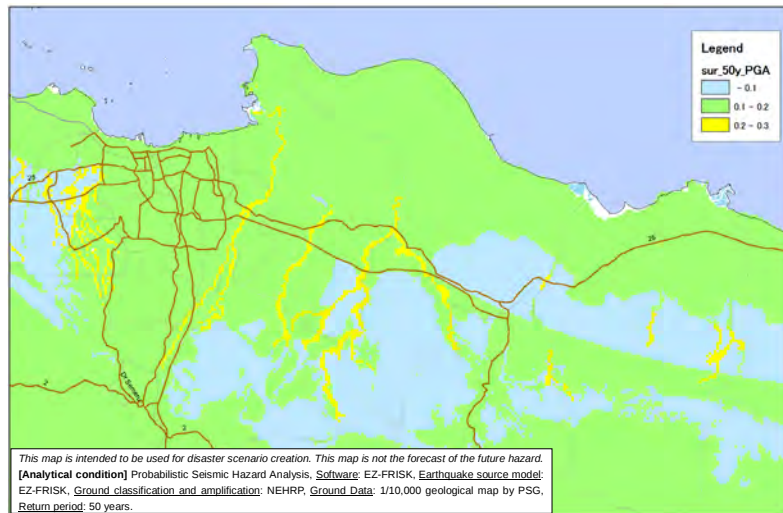


図 A.1.8 地表での加速度分布（50 年期待値、単位：g）

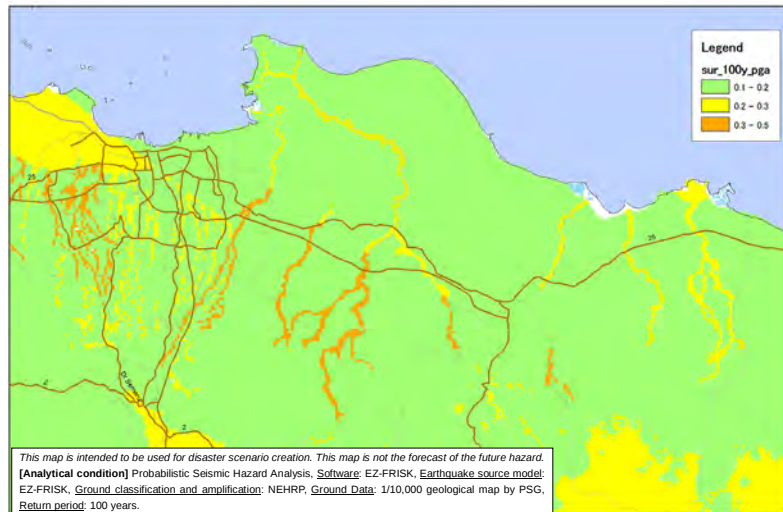


図 A.1.9 地表での加速度分布（100 年期待値、単位：g）

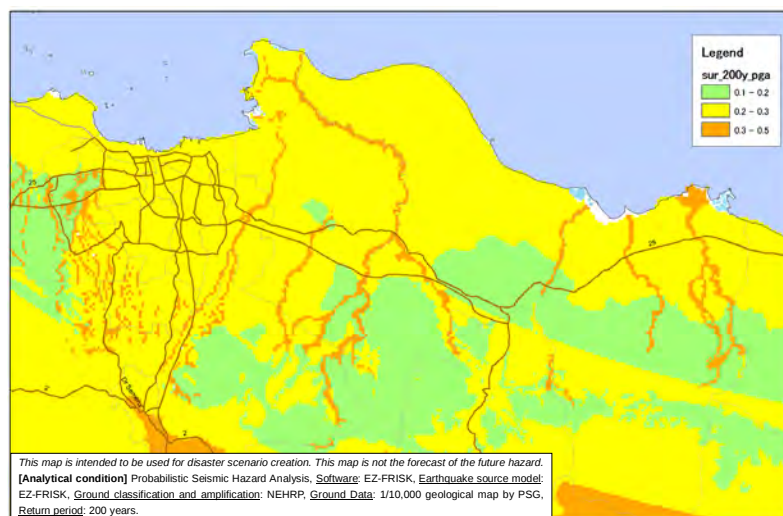


図 A.1.10 地表での加速度分布（200 年期待値、単位：g）

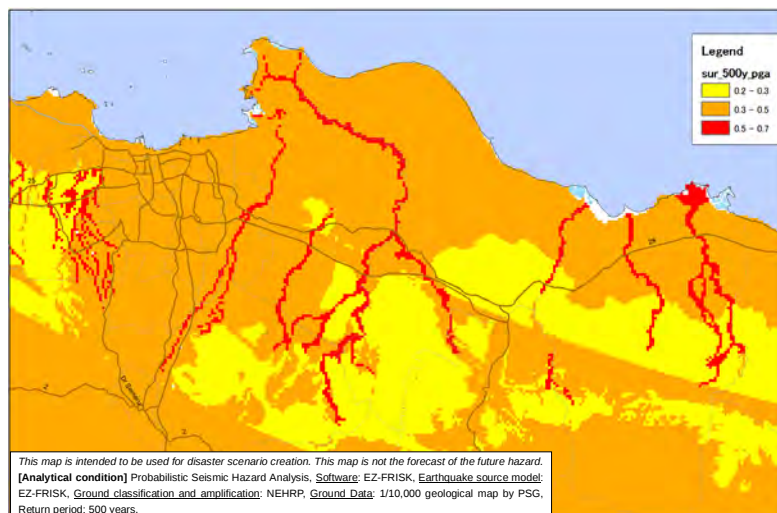


図 A.1.11 地表での加速度分布（500 年期待値、単位：g）

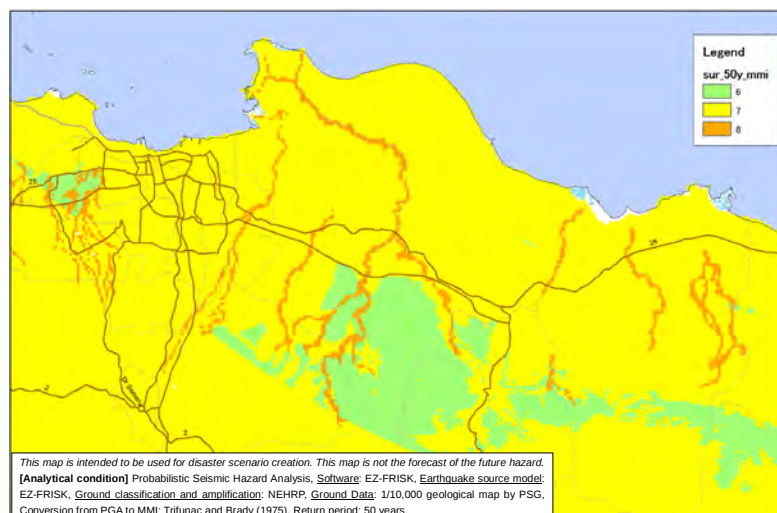


図 A.1.12 地表での震度分布（50 年期待値、MMI 震度）

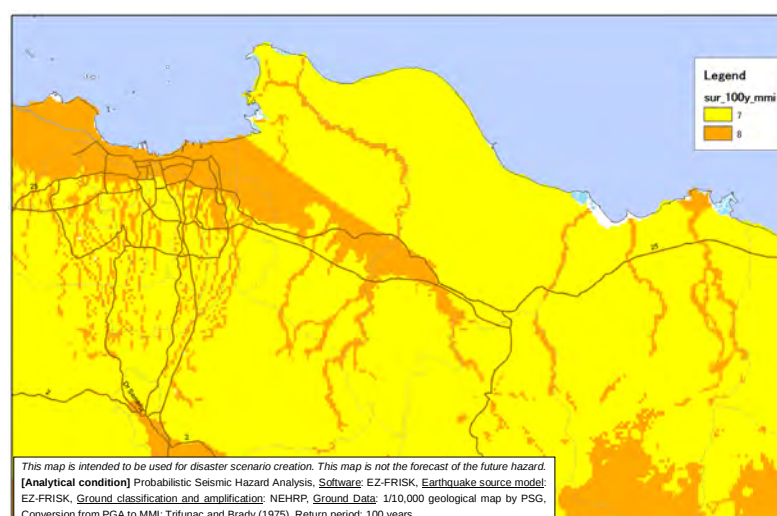


図 A.1.13 地表での震度分布（100 年期待値、MMI 震度）

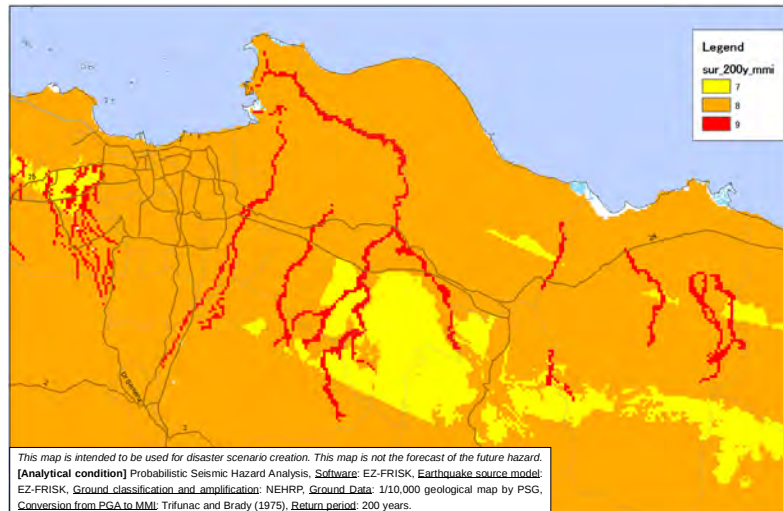


図 A.1.14 地表での震度分布（200 年期待値、MMI 震度）

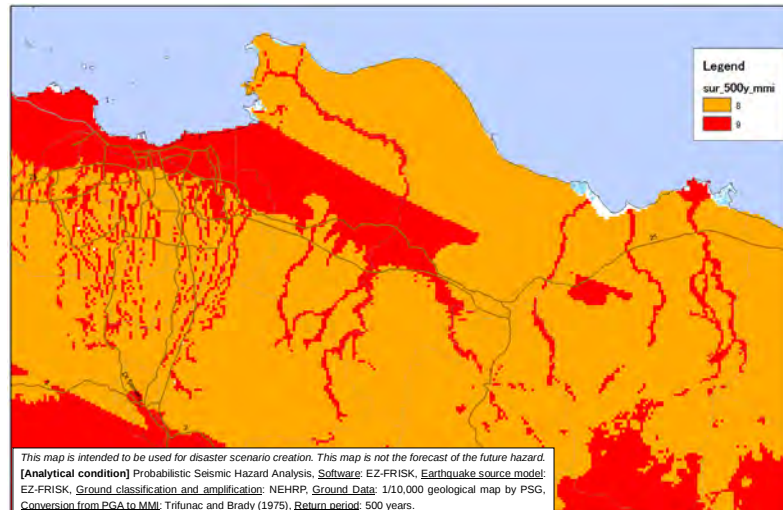


図 A.1.15 地表での震度分布（500 年期待値、MMI 震度）

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。現地の地盤調査結果や研究者が解析した情報が得られれば、部分的にでも精度よく推定できる。このような地盤調査は ASEAN 地域で行われている、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) 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。

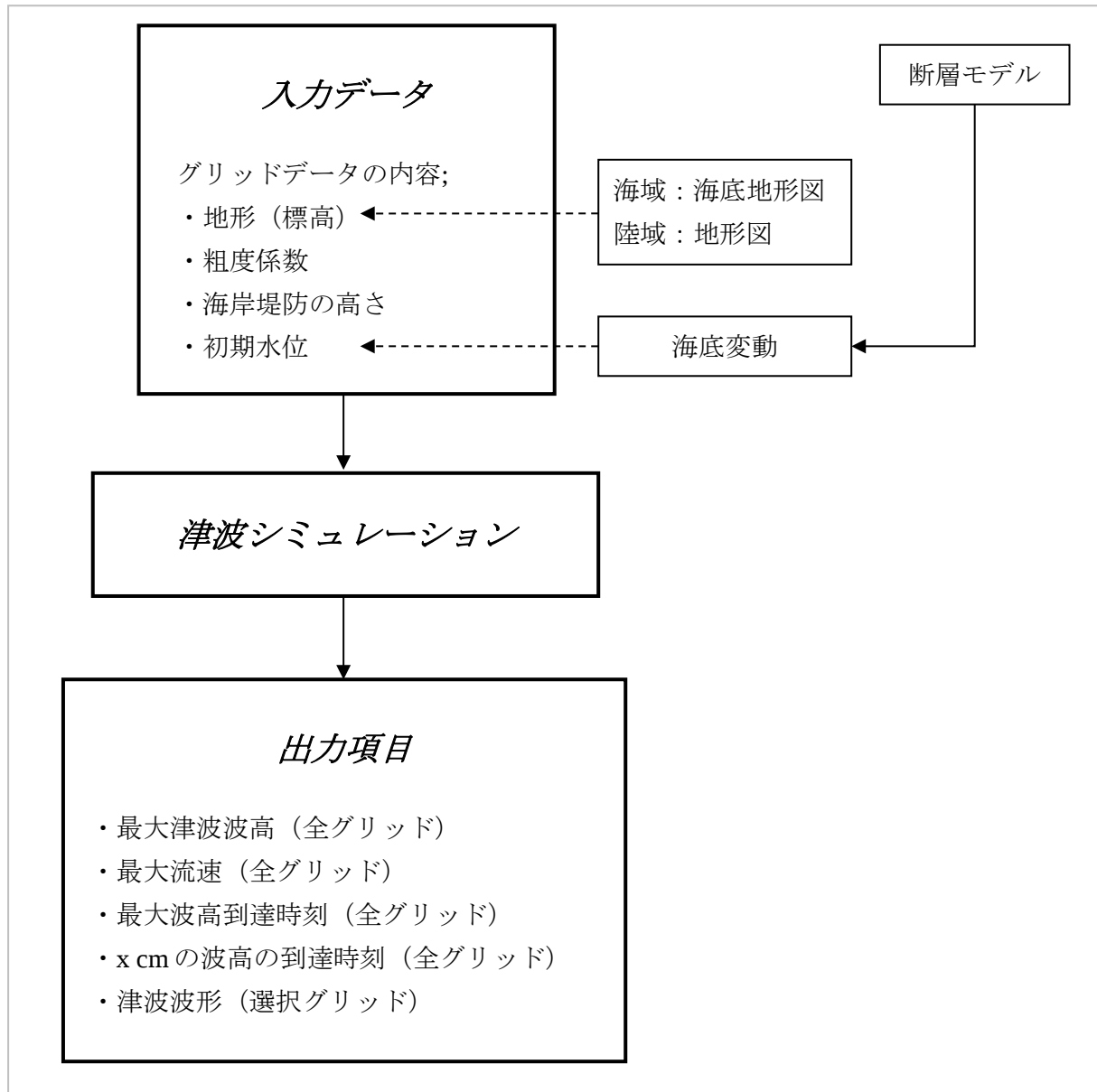


図 A.2.1 津波災害アセスメントの流れ図

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

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	- 提供組織: British Oceanographic Data Centre (BODC) 30 秒ごとの海底地形＋陸上地形データ - URL: http://www.gebco.net/data_and_products/gridded_bathymetry_data/
SRTM30_PLUS	- 提供組織: Scripps Institution of Oceanography, University of California San Diego 30 秒ごとの海底地形＋陸上地形データ - URL: http://topex.ucsd.edu/

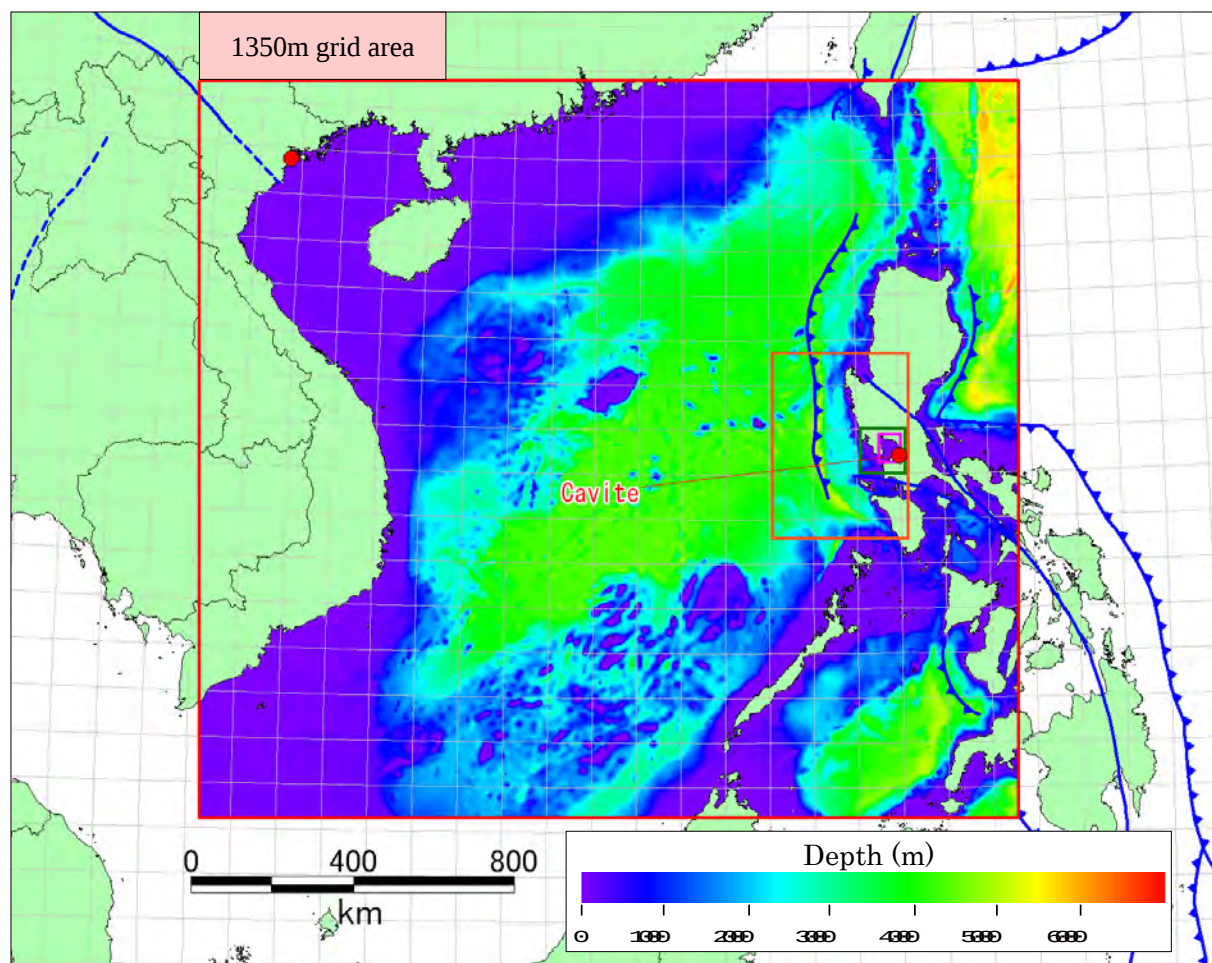


図 A.2.2 GEBCO データによる南シナ海地域の海底地形

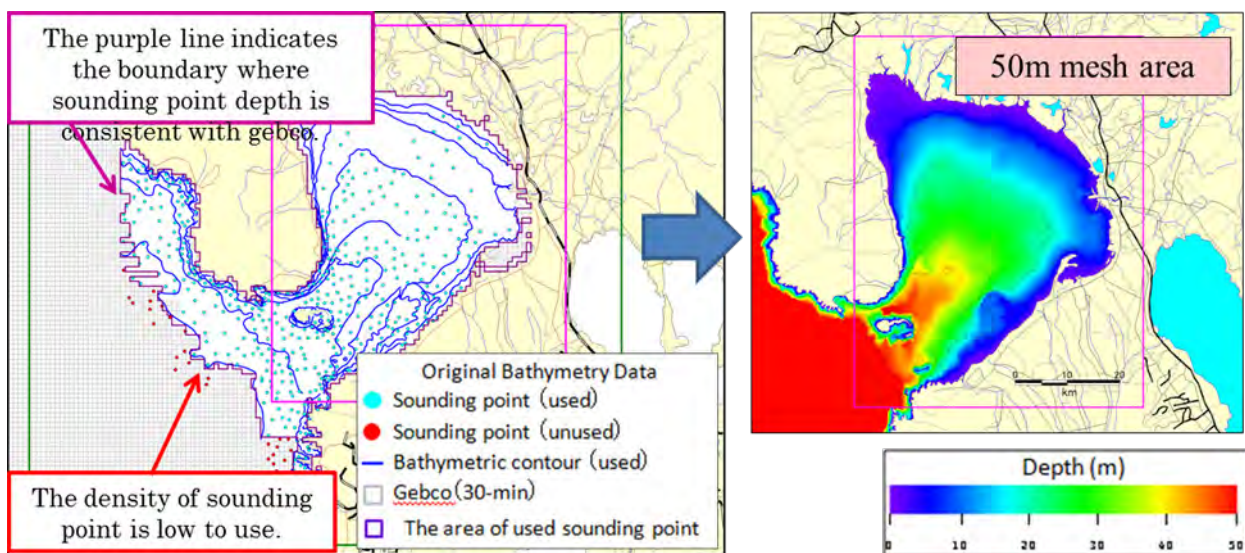


図 A.2.3 マニラ湾付近の海底地形

(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.2.3³⁾、表 A.2.4⁴⁾などが参考となる。

表 A.2.3 マニングの粗度係数の比較³⁾

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 (inc. garden, tide protection forest)	0.030
						field zone (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⁴⁾

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 ^a measurement of tree stand parameters in the field followed by calculation of Manning's n according to Eq. (1); ^b measurement of stand parameters for different land cover classes in the field and subsequent estimation of Manning's n ; ^c literature; ^d Kotani (1998) in Latief and Hadi (2007); ^e Arcement and Schneider (1989); ^f Gayer et al. (2010), Leschka et al. (2009); ^g + 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)⁵⁾ や Okada (1992)⁶⁾ 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 / DC3D⁸⁾ 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 (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

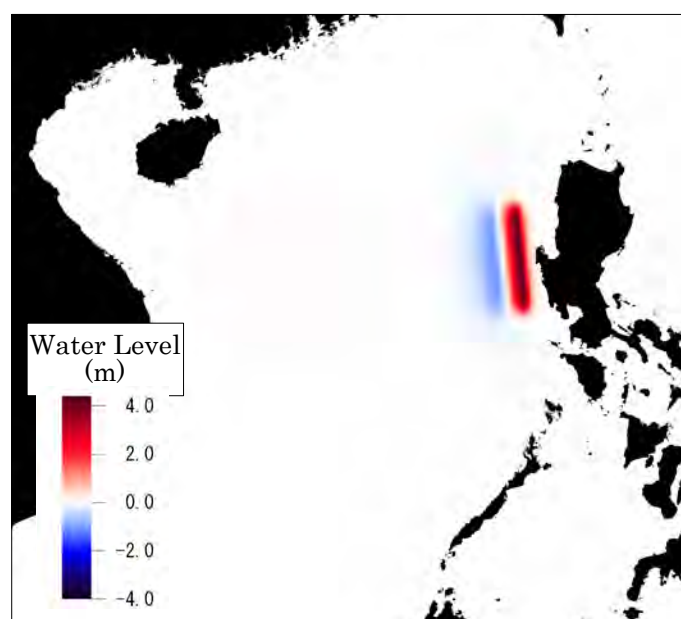


図 A.2.4 鉛直変位の計算例

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。

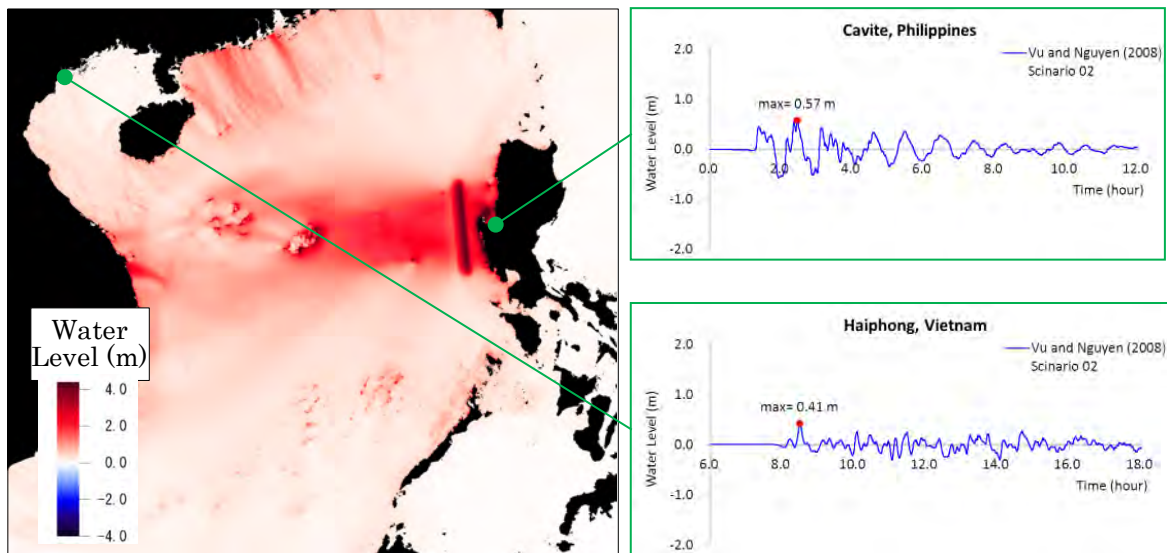


図 A.2.5 津波シミュレーション結果の例

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

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

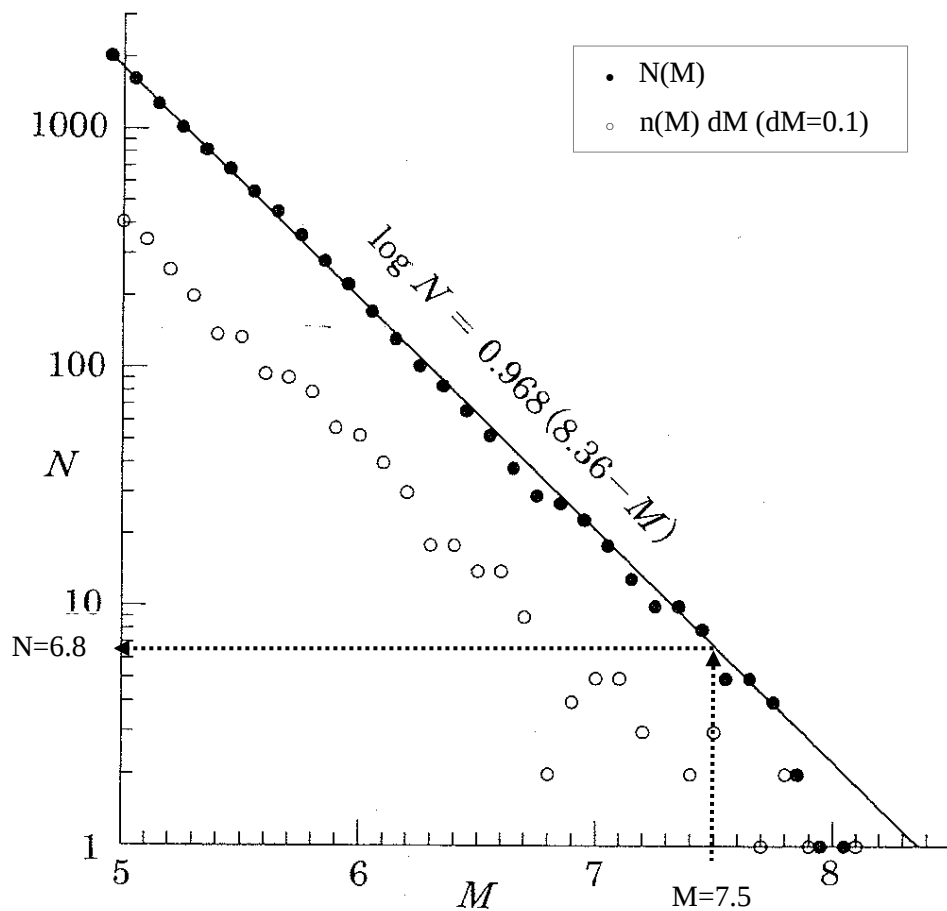
表 A.2.6 は 1965 年から 1999 年の期間の日本周辺のマグニチュード (0.1 きざみ $dM = 0.1$) ごと
の地震の頻度 $n(M) dM$ とマグニチュード M 以上の地震の累積頻度 $N(M)$ を整理したものである。
図 A.2.6 はこのデータを横軸にマグニチュード、縦軸を頻度としてプロットしたものである。な
た同図に示されている式は M と N の関係を最小自乗法などで回帰した直線である。

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)⁹⁾

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⁹⁾

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

- Irsyam, M et al. (2010)¹⁰⁾: Development of Seismic Hazard Maps of Indonesia for Revision of Seismic Hazard Map
- EMILE A. OKAL et al. (2011)¹¹⁾: Tsunami Simulations for Regional Sources in the South China and Adjoining Seas

地震データ

- BMKG の地震カタログ (期間: 1983.1~2013.5)

海底地形データ

- 広域: GEBCO_08 Grid
- 対象地周辺: Hydro Oceanographic Office (Dinas Hidro-Oceanografi) 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は2004年にスマトラで発生したようなインドネシア周辺で発生するプレート境界の巨大地震の発生確率と想定される巨大地震のマグニチュードを整理したものである¹⁰⁾。この研究によれば、南スマトラからジャワ周辺で予想される最大規模の地震は $M_w = 8.1 \sim 8.2$ で、その発生確率はGutenberg-Richter則の a 値、 b 値で、南スマトラ周辺で $a = 5.76$ 、 $b = 1.05$ 、ジャワ周辺で $a = 6.14$ 、 $b = 1.10$ である。

一方、BMKG の 1983.1～2013.5 の期間の地震カタログ（図 A.2.8 参照）からプレート境界で発生する地震を抽出したデータ（図 A.2.9 参照）を上記のデータと合わせてプロットしたのが図 A.2.10 である。両者を比較すると BMKG のデータの方が発生確率がやや高いが、両者は概ね整合的である。同図によれば、既往研究による最大マグニチュード $M_w = 8.1 \sim 8.2$ の地震の再現期間は 600～700 年、今回想定したマグニチュード 9.0 の地震の再現期間は 1,000 年以上と読み取ることができる。

2) 災害規模の設定

対象地である Bekasi 県・市および Karawang 県が面しているジャワ海は、過去に大きな津波の記録はなくまた想定されている地震もないが、今後の津波シミュレーションの活用等も踏まえて、対象地に影響する可能性がある地震を想定する方針とした。

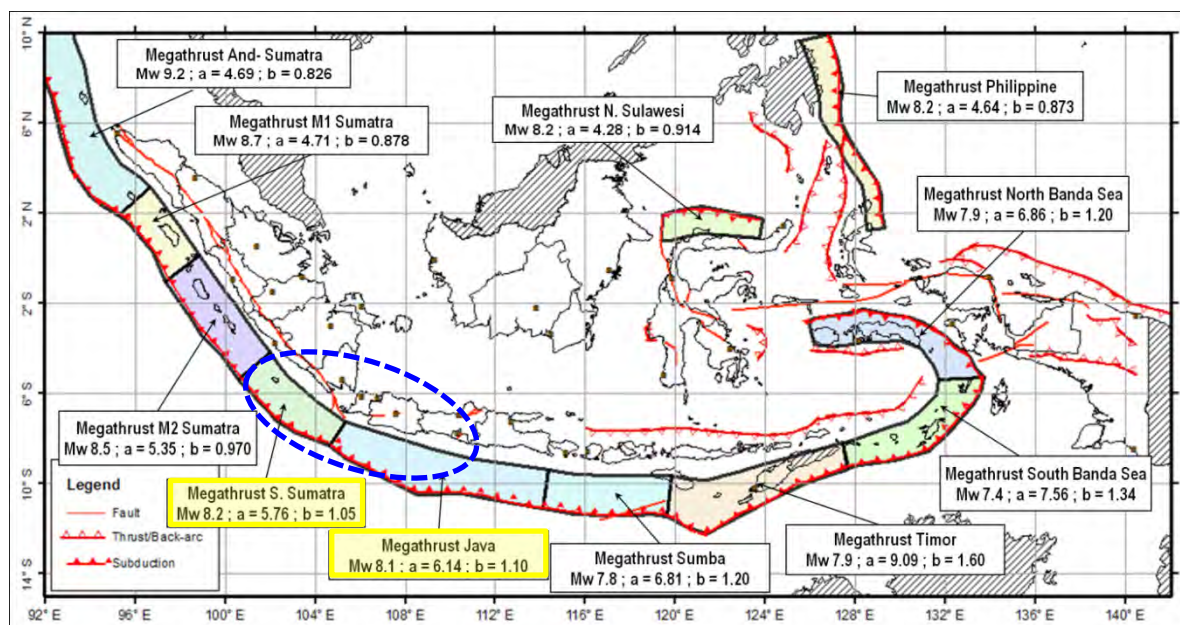


図 A.2.7 インドネシアの海溝沿い巨大地震のセグメントモデルとパラメータ

(出典：Irsyam, M et al. (2010))

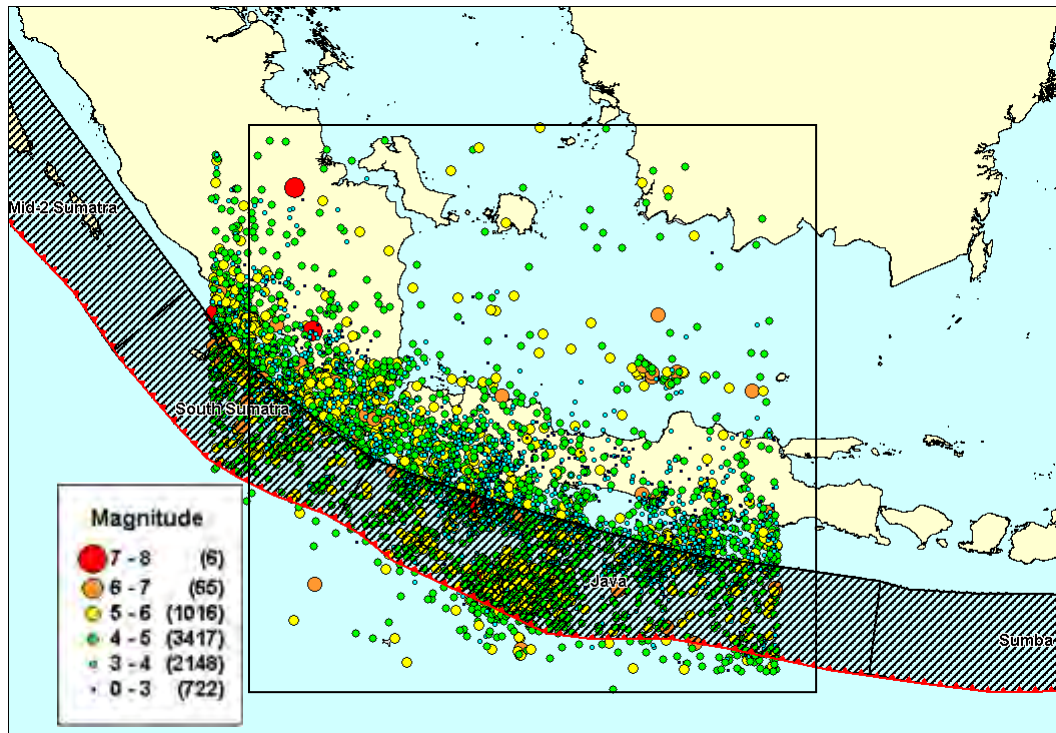


図 A.2.8 ジャカルタ周辺の震央分布 (1000km×1000km 範囲) (出典 : BMKG)

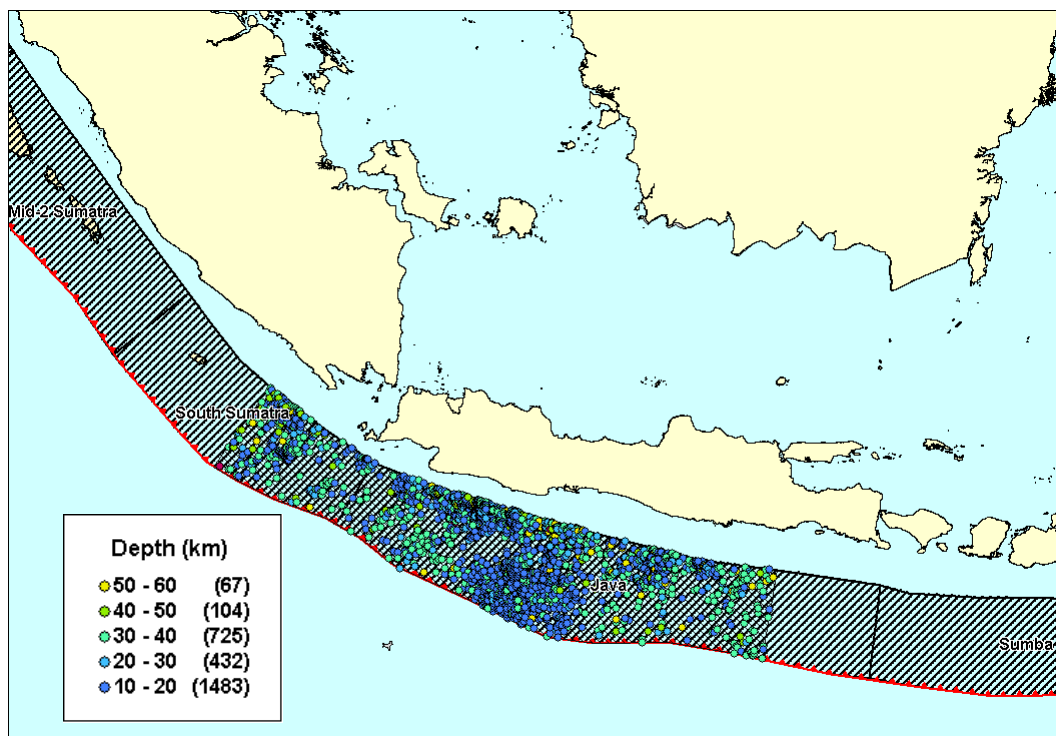


図 A.2.9 スンダ海溝沿いの震央分布

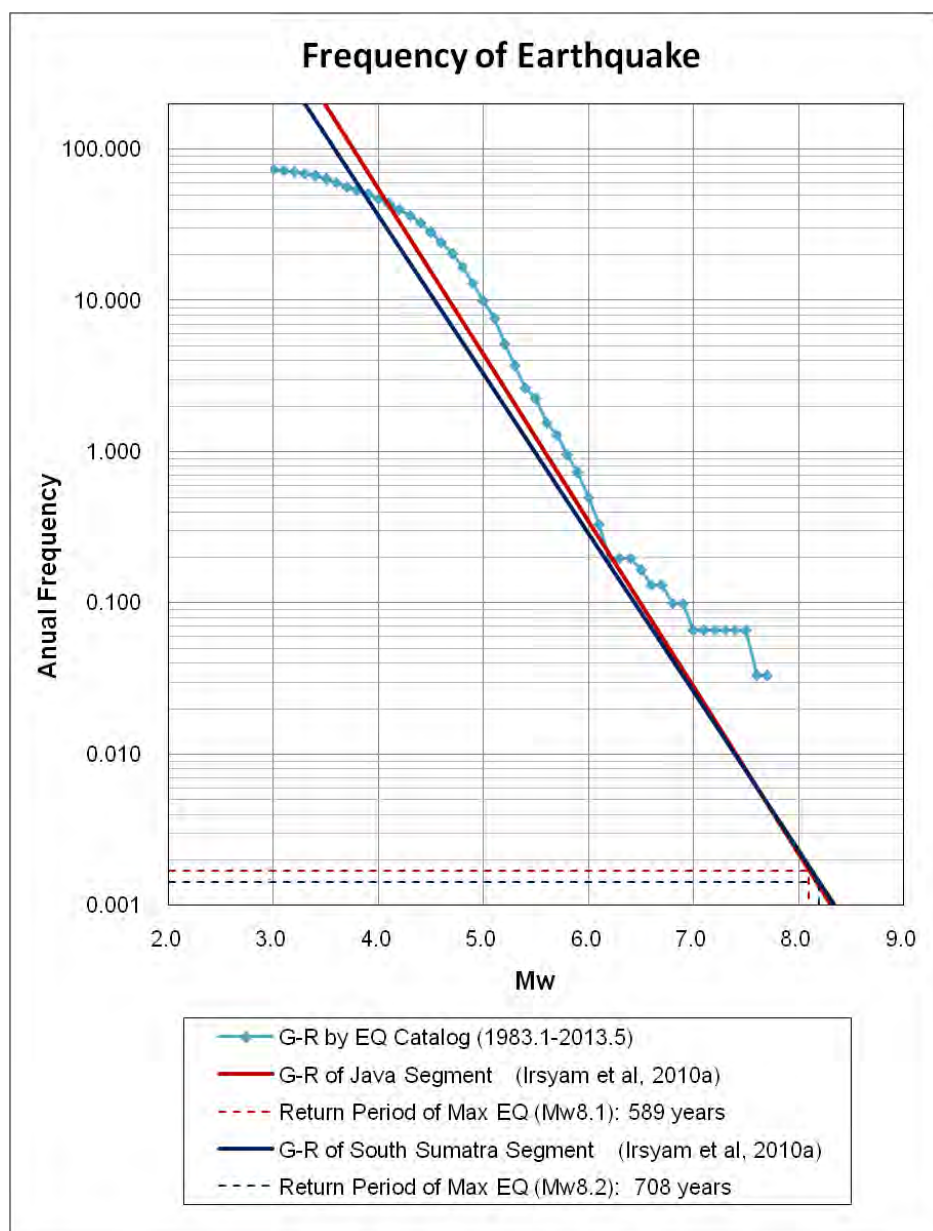


図 A.2.10 スンダ海溝沿いの地震の再来周期（Gutenberg-Richter 則）

(3) 解析と結果

1) 津波（地震）モデルの設定

対象地である Bekasi 県・市および Karawang 県が面しているジャワ海は、過去に大きな津波の記録はなくまた想定されている地震もない。したがって今回はインド洋に面したスンダ海溝（ジャワ海溝）沿いで想定されている地震¹¹⁾の中から、対象地に大きな影響を与える可能性がある地震を設定している。

想定地震の震源パラメータを表 A.2.7 に、その位置を図 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 ¹¹⁾	9.0	10	300	10	102	500	150	10.0

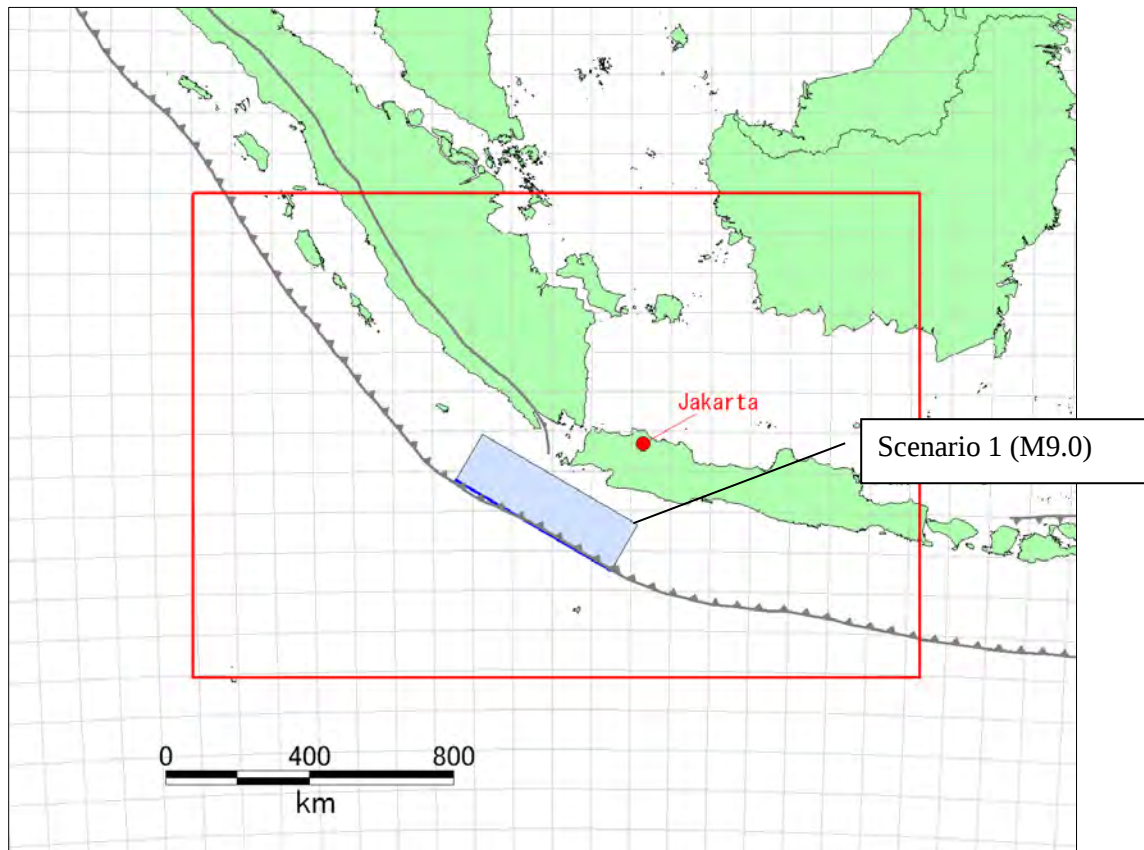


図 A.2.11 津波波源モデル (Scenario 1)

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。計算対象時間は地震発生後 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 Jakarta Bay およびその周辺については、Hydro Oceanographic Office (Dinas Hidro-Oseanografi) 作成のジャカルタ湾の海図に記載されているポイントの水深データを使用した。

GEBCO_08 Grid で作成した広域の海底地形モデルを図 A.2.12 に、海図から作成したジャカルタ湾の海底地形モデルを図 A.2.13 に示す。

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 に示す。

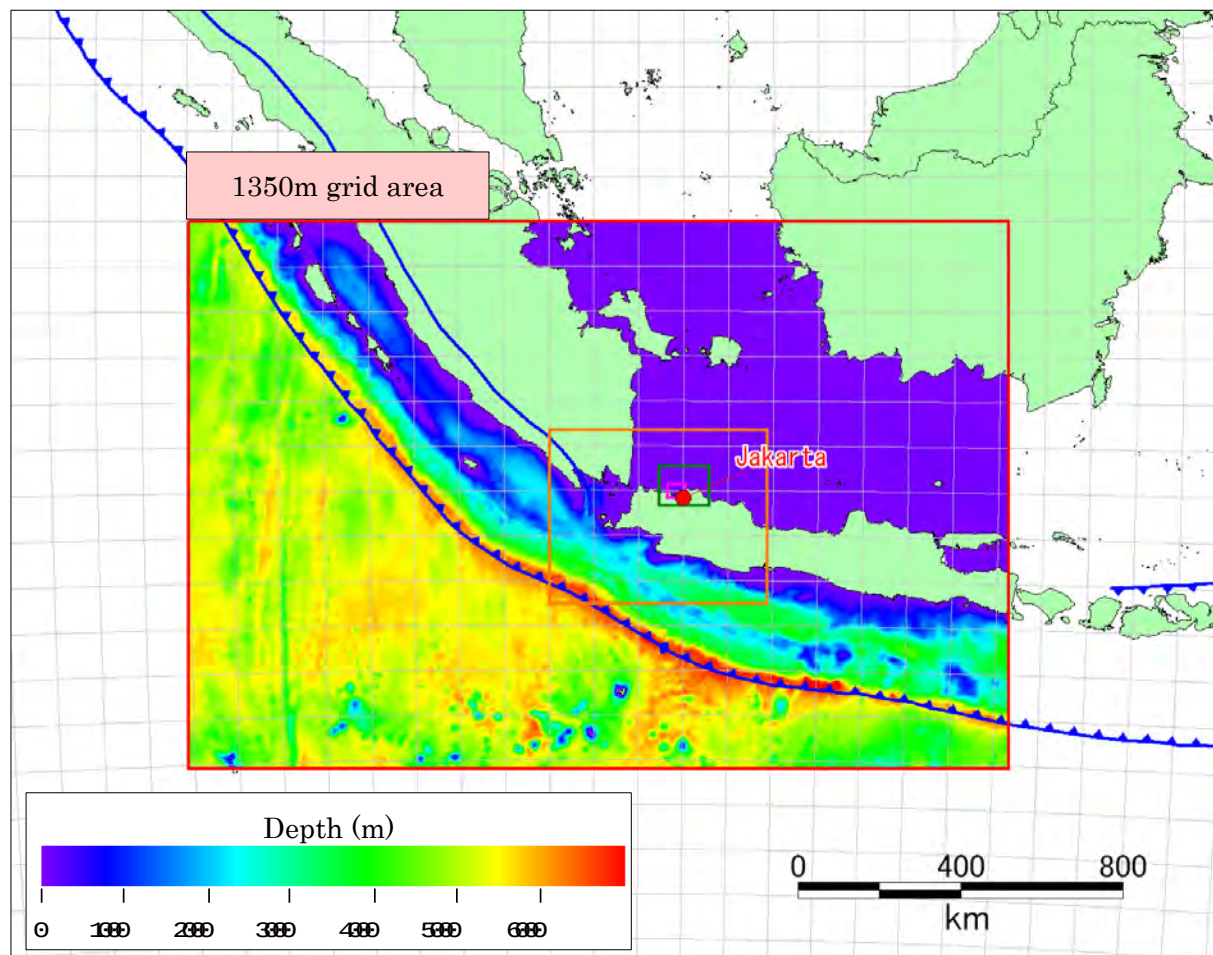


図 A.2.12 GEBCO データによる西ジャワ州付近の海底地形

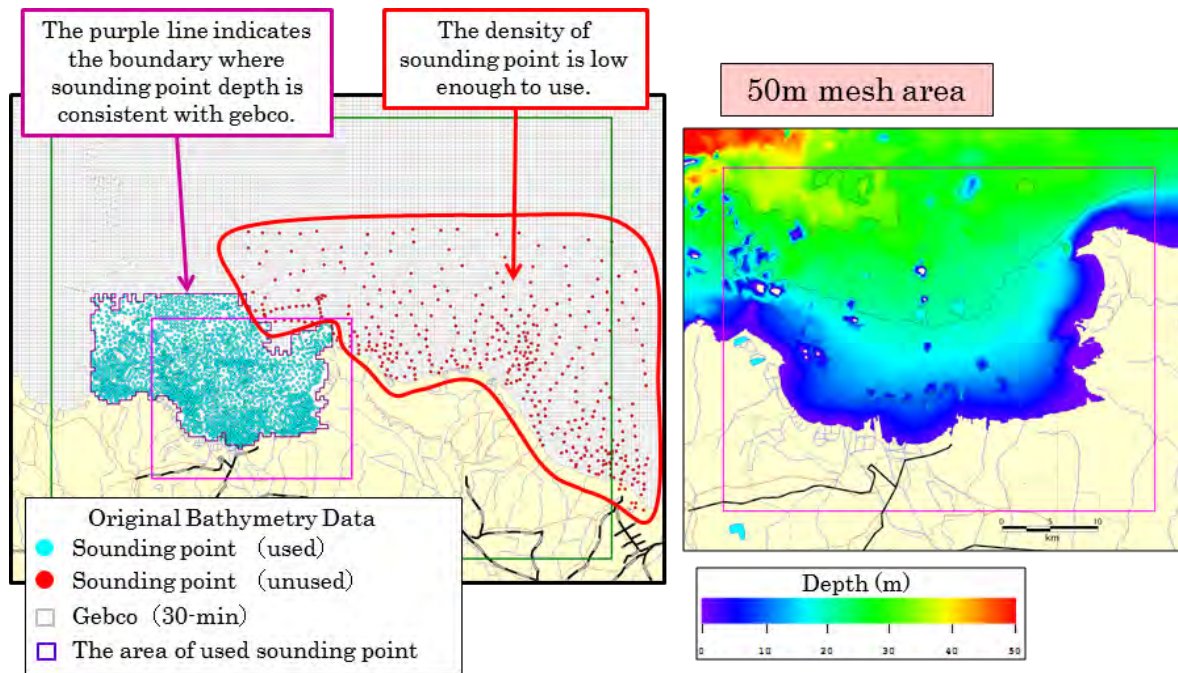


図 A.2.13 ジャカルタ湾付近の海底地形

4) シミュレーションの実施

Scenario 1 によるシミュレーション結果を図 A.2.14～図 A.2.16 に示す。表 A.2.8 にはシナリオによって Jakarta Bay で予想される最大津波高と次章で評価したマグニチュードごとの再現期間を示す。

今回のシミュレーション結果では、スンダ海溝で発生するマグニチュード9.0の地震でも Jakarta 湾の津波の高さは 1m を越えることはないと予想される。また、既往の研究¹¹⁾でもマグニチュード 9.0 までは想定されておらず、発生するとしてもその再来周期は 1,000 年以上と考えられる。

表 A.2.8 ジャカルタにおける最大津波波高

Scenario No.	Mw	Return Period (year)	Max Tsunami Height (m)
1	9.0	over 1,000	0.34

Scenario 1 のシミュレーション結果

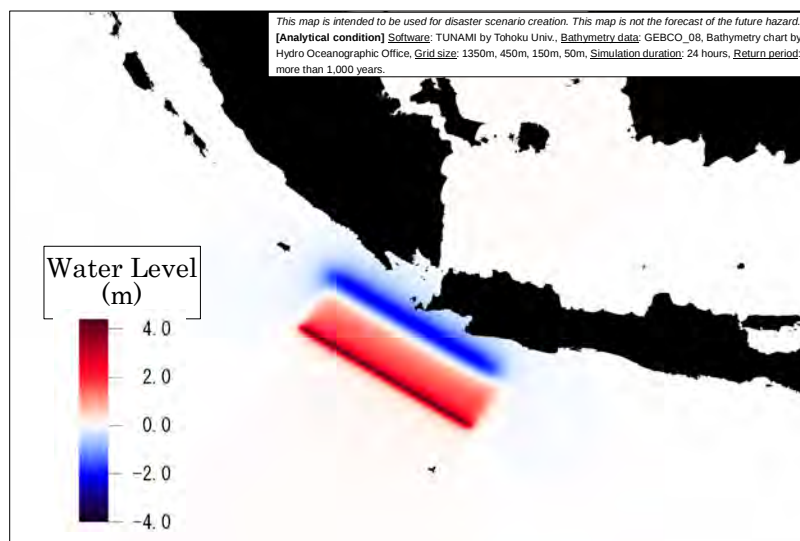


図 A.2.14 垂直変動量 (Scenario 1)

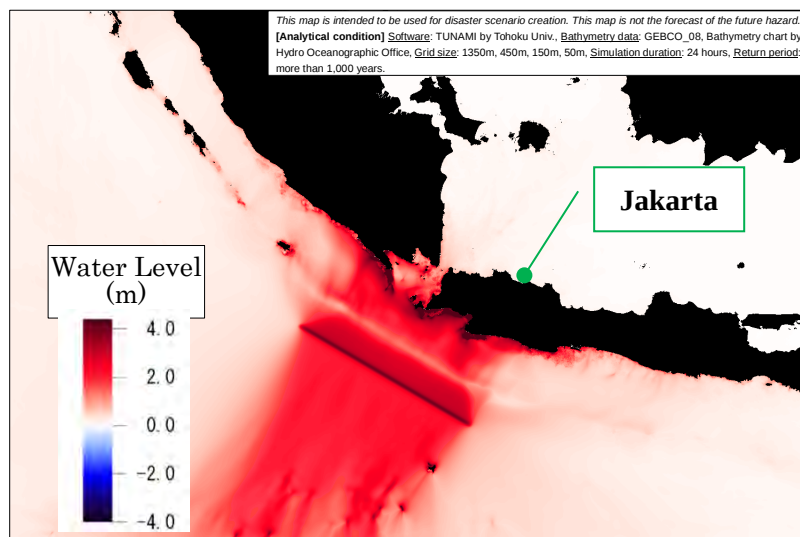


図 A.2.15 最大波高 (Scenario 1)

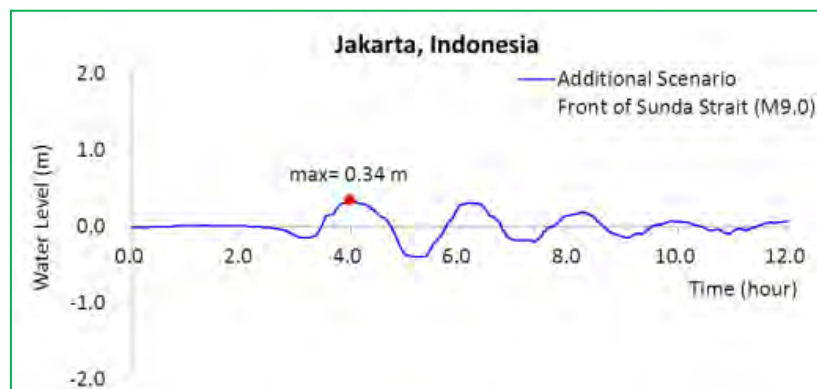


図 A.2.16 ジャカルタでの津波波形 (Scenario 1)

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
- 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
- 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
- 8) Program to calculate deformation due to a fault model DC3D0 / DC3D
http://www.bosai.go.jp/study/application/dc3d/DC3Dhtml_E.html
- 9) Utsu (2001): Seismology, 3rd edition (Japanese), Kyoritsu Shuppan Co., Ltd.
- 10) Irsyam, M., Sengara, I.W., Asrurifak, M., Ridwan, M., Aldiamar, F., Widiyantoro, S., Triyoso, W., Natawijaya, D.H., Kertapati, E., Meilano, I., and Suhardjono (2010a). Summary: Development of Seismic Hazard Maps of Indonesia for Revision of Seismic Hazard Map in SNI 03-1726-2002, research report submitted to the Ministry of Public Works by Team for Revision of Seismic Hazard Maps of Indonesia, July.
- 11) 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

A.3 洪水災害のアセスメント

A.3.1 検討方針

地形特性、過去の災害発生状況、およびこれまでのヒアリング調査等の結果から、氾濫の原因は外水氾濫であることが判明している。工業団地はチカンペック高速道路周辺に集中しており、チカンペック高速道路の下流側には主要一般道路、さらにその下流には市街地が広がっている。これらの工業団地、主要幹線道路、市街地における浸水を主な評価対象として氾濫解析を実施する。

洪水解析の基本的な手順を以下に示す。

- ・ 水文データを収集し、降雨解析を行い確率水文量を算出するとともに、想定する外力(確率規模)を設定する。
- ・ 降雨解析で求めた外力（確率規模別の降雨）を入力条件として流出解析を実施し、流出量を算出する。対象地域では地上雨量データが不足しているため、衛星降雨データ（3B42RT）を用いて地上雨量データを補完する。流出解析は IFAS を用いて行う。
- ・ 上記で求めた流出量を対象洪水として氾濫解析を実施する。解析は iRIC ソフトウェアのひとつである氾濫解析ソルバ Nays2dFlood を用いて行う。地形条件の設定にあたっては衛星データ（ASTER GDEM）をベースとし、チカンペック高速道路上の標高を地上観測データにより補正する。

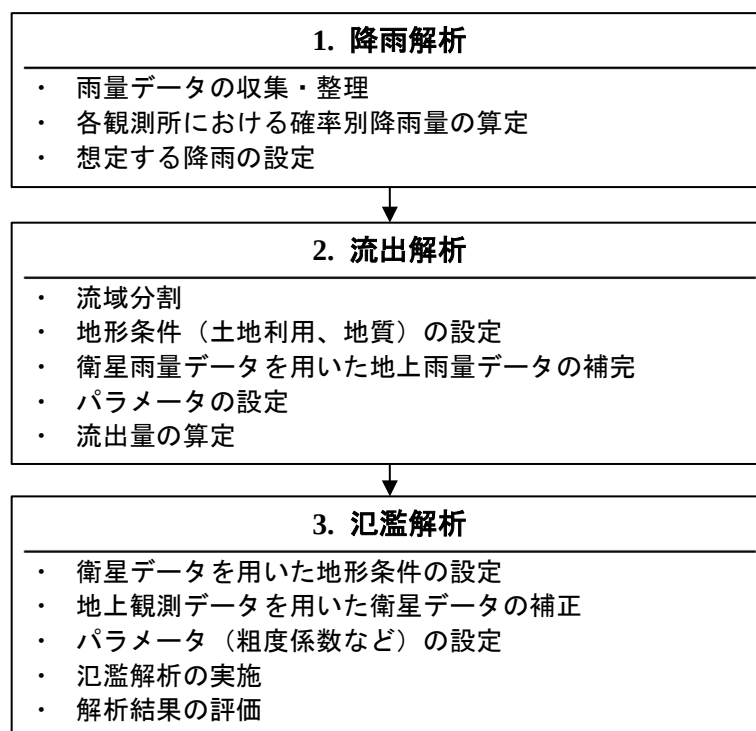


図 A.3.1 洪水解析の検討フロー

IFAS（Integrated Flood Analysis System）は（独）土木研究所 水災害・リスクマネジメント国際センター（ICHARM）によって開発された洪水予測システムである。IFAS の特徴を以下に整理する。

- ・地上雨量だけでなく衛星雨量を自動ダウンロードして活用することが可能。
- ・GIS 解析を行うツールを実装しており、全世界で入手可能な GIS データを用いて流域や河道網の設定を行うことが可能。
- ・洪水流出解析モデルの使い分け（土研分布型モデル Ver2.0、BTOP モデル）により、幅広い洪水現象に対応可能。
- ・入出力のためのインターフェイスが充実しており、モデル作成や結果表示などの操作性に優れている。
- ・実行形式プログラムが無料配布されている。

iRIC(International River Interface Cooperative)ソフトウェアは USGS（アメリカ地質調査所）および（財）北海道河川防災研究センターで開発が進められている河川流・河床変動解析ソフトウェアである。本検討では iRIC ソフトウェアのひとつである氾濫解析ソルバ Nays2dFlood を用いる。

Nays2dFlood の主な特徴を以下に整理する。

- ・解析のために最低限必要な入力条件は、対象地域の標高データおよび流入ハイドログラフ、土地利用状況に応じた氾濫原の粗度係数のみであり、一般的な氾濫解析ソフトに比べて少ない情報で解析が可能となる。
- ・ユーザーインターフェイス機能が充実しており、計算格子の作成や解析結果の可視化を容易に行うことができる。
- ・実行形式プログラムが無料配布されている。

A.3.2 データ収集

洪水解析に必要な以下のデータを収集した。

表 A.3.1 収集データ

対象エリア	収集データ				
	地形データ (盛土等)	降雨	水位 (潮位含む)	浸水実績	その他
インドネシア国 Bekasi/Karawang	高速道路及び主要道路の スポット標高の簡易測量 を実施	全 19 観測所の 日雨量データ (1999-2013 年)		主要洪水の実績 浸水深	

A.3.3 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）は政府及び自治体の方針、住民の意向、計画の実現可能性などを勘案して設定される。本検討では既往最大程度、1/50、1/100、1/200 の4 ケースとする。なおこれは他の災害種との整合を図っている。

A.3.4 降雨解析

(1) 雨量データの存在状況

インドネシア国の Citarum 川及び Bekasi 川流域周辺について、全 19 箇所の雨量観測所のデータを入手した。雨量データの存在状況を表 A.3.2、観測所位置図を図 A.3.2 に示す。

- ✓ 入手したデータは日雨量で、観測期間は 1999 年から 2013 年の約 15 年である。
- ✓ ただし、表 A.3.2 中 No.6~19 までの 14 観測所は洪水生起年に絞られた工業団地付近のみの観測データである。一部期間で欠測がみられるなど、データの連続性に乏しい。
- ✓ No.1~5 までのデータは、欠測がなく、比較的良好なデータといえるが、データの存在期間が重複しているのが 2003~2012 年と、確率水文量の統計処理を行うにはデータ期間が短い。
- ✓ 以上から、Citarum 川流域のほぼ中央に位置する、『Cisomang 観測所』を Citarum 川流域における代表観測所として検討を進めることとした。

なお、参考として、年最大日雨量と年最大 3 日間雨量を用いた確率水文量の算出を実施した。

表 A.3.2 降雨データ存在状況

No	Station Name	Location		Year														
		Latitude	Longitude	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
1	Cisomang	6.683333	107.407500	×	×	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	×
2	Tunggilis	6.419694	107.031139	×	×	×	×	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	×
3	Ciherang	7.036944	107.580278	×	×	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	×
4	Cileunca	7.193056	107.544722	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	×
5	Kertamanah	6.190278	107.610556	×	×	×	×	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	×
6	Rawamerta-96.A	6.263389	107.367056	—	—	—	△	—	—	△	—	△	—	—	—	—	—	△
7	Teluk Jambe-89.a	6.396806	107.266611	—	—	—	△	—	—	●	—	△	—	—	—	—	—	△
8	Pangkalan 86	6.450622	107.217297	—	—	—	●	—	—	●	—	△	—	—	—	—	—	△
9	Tegalwaru 80	6.527744	107.240625	—	—	—	●	—	—	△	—	×	—	—	—	—	—	×
10	Bendung.Cibeet. No.8a-CH	6.391028	107.221306	—	—	—	●	—	—	●	—	●	—	—	—	—	—	△
11	Bd.Cikarang-9a-CH	6.292167	107.118250	—	—	—	●	—	—	△	—	●	—	—	—	—	—	△
12	Bd.Bekasi-10a-CH	6.250028	106.997389	—	—	—	●	—	—	△	—	●	—	—	—	—	—	△
13	Bd.Cipamingkis-89.aCH	6.510992	107.068169	—	—	—	●	—	—	●	—	●	—	—	—	—	—	△
14	Cibarusah-85	6.429158	107.068442	—	—	—	△	—	—	△	—	●	—	—	—	—	—	△
15	Setu-Bks.13	6.331825	107.044625	—	—	—	●	—	—	△	—	●	—	—	—	—	—	△
16	Lemahabang_100	6.290692	107.131131	—	—	—	●	—	—	△	—	●	—	—	—	—	—	△
17	Babakan-Bma.27	6.243636	107.001472	—	—	—	●	—	—	×	—	●	—	—	—	—	—	×
18	Cikeas-Dkt.26	6.294208	106.969061	—	—	—	●	—	—	×	—	●	—	—	—	—	—	△
19	Cibitung	6.270511	107.001472	—	—	—	×	—	—	△	—	●	—	—	—	—	—	△

●: データあり

△: 一部欠測

×: なし

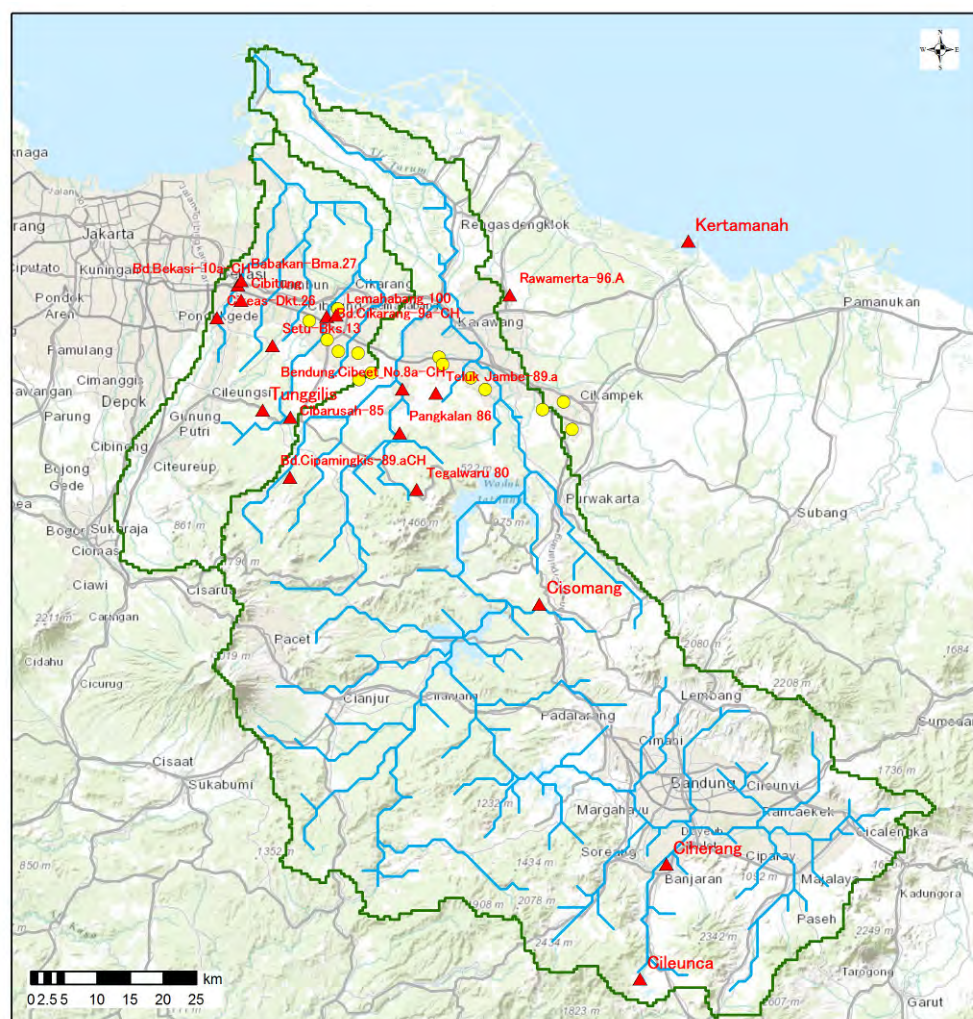


図 A.3.2 雨量観測所位置図

(2) 確率水文量の算出

1) 解析条件

確率水文量の計算条件は下表の通りである。

表 A.3.3 確率水文量の計算条件

No.	項目	内容
1	解析ソフト	水文統計ユーティリティ Ver. 1.5 ¹
2	標本	Cisomang 観測所 年最大日雨量及び3日間雨量 2001年から2012年まで12年分 毎年値を採用
3	確率密度関数	13モデル 指数分布、グンベル分布、平方根指数型最大値分布、一般化極値分布（Gev）、対数ピアソン III 型分布(実数空間法)、対数ピアソン III 型分布(対数空間法)、岩井法、石原・高瀬法、対数正規分布3母数クォンタイル法、対数正規分布3母数(Slade II)、対数正規分布2母数(Slade I, L 積率法)、対数正規分布2母数(Slade I, 積率法)、対数正規分布4母数(Slade IV, 積率法)

¹ 一般財団法人 国土技術研究センター <http://www.jice.or.jp/sim/t1/200608150.html>

4	プロットイングポジション	カナンプロット ($\alpha=0.4$)
5	評価方法	SLSC (標準最小二乗規準) が 0.04 以下で、相関係数が高く、かつ Jack knife 推定誤差が小さい確率密度関数を採用する

2) 解析結果

- ✓ 日雨量では、2012 年が最も大きく、日最大雨量が 100mm を超えたのは、2007 年、2008 年、2009 年、2012 年となっている。3 日間雨量では、2007 年が最も大きく、3 日間雨量が 250mm を超えたのは、2007 年、2012 年となった (表 A.3.4)。
- ✓ 上記より、Citarum 川流域 Cisomang 観測所における既往最大程度の代表降雨は、2007 年 11 月とした。
- ✓ 確率水文量の計算は、結果的に SLSC (標準最小二乗規準) が 0.04 以下となるケースが存在せず、信頼性の低い結果となったが、SLSC (標準最小二乗基準) が 0.062 と最も小さい指数分布“Exp”を採用する。信頼性については、標本数が少ないことが影響していると考えられる。(図 A.3.3)
- ✓ 2007 年 11 月の年最大日雨量 140(mm)を確率分布に当てはめた場合、概ね 5 年に一度生起する程度の雨量である (図 A.3.3)。
- ✓ なお、1/50 規模は 241.0mm、1/100 規模は 271.4mm、1/200 規模は 301.9mm と算出された (図 A.3.3)。

表 A.3.4 年最大日雨量及び 3 日雨量の変遷

年	日雨量		3日雨量			備 考
	年最大雨量(mm)	生起月日	年最大(mm)	生起月日		
2001	94.00	11/15	199.20	11/13	～ 11/15	
2002	87.60	12/8	157.60	1/29	～ 1/31	
2003	79.00	10/12	135.00	5/13	～ 5/15	
2004	80.40	5/5	160.80	5/5	～ 5/7	
2005	79.50	10/23	138.40	2/22	～ 2/24	
2006	79.50	10/23	138.40	2/22	～ 2/24	
2007	140.00	11/11	272.50	11/9	～ 11/11	
2008	173.00	8/31	240.00	8/30	～ 9/1	
2009	163.50	12/26	225.50	12/26	～ 12/28	
2010	99.00	10/26	202.00	10/22	～ 10/24	
2011	99.00	10/26	202.00	10/22	～ 10/24	
2012	182.00	4/21	263.50	4/4	～ 4/6	

Item	Annual Volume Series (Sample size N=12)												LN2PM
	Exp	Gumbel	SqrtEt	Gev	LP3Rs	LogP3	Iwai	Ishiraka	LN3Q	LN3PM	LN2LM		
X-COR(99%)	0.947	0.937	0.940	0.932	0.931	0.935	—	—	0.893	—	—	—	
P-COR(99%)	0.961	0.937	0.948	0.957	0.929	0.958	—	—	0.974	—	—	—	
SLSC(99%)	0.062	0.069	0.089	0.069	0.087	0.068	—	—	0.065	—	—	—	
log likelihood	-57.4	-59.4	-58.5	-58.1	-59.7	-57.8	—	—	-55.4	—	—	—	
pAIC	118.8	122.8	121	122.3	125.5	121.6	—	—	116.9	—	—	—	
X-COR(50%)	0.872	0.888	0.874	0.847	0.906	0.935	—	—	0.805	—	—	—	
P-COR(50%)	0.913	0.914	0.896	0.900	0.921	0.958	—	—	0.899	—	—	—	
SLSC(50%)	0.100	0.118	0.167	0.124	0.177	0.120	—	—	0.126	—	—	—	
probable Value	1/2	99.6	106.4	100.6	99.7	292.6	103.0	—	93.4	—	—	—	
	1/3	117.4	123.4	112.6	115.4	340.7	120.4	—	108.0	—	—	—	
	1/5	139.8	142.3	126.6	136.3	394.0	141.3	—	131.1	—	—	—	
	1/10	170.3	166.1	145.3	167.8	460.1	169.6	—	171.5	—	—	—	
	1/20	200.7	188.9	164.3	203.6	522.1	198.2	—	222.9	—	—	—	
	1/30	218.5	202.0	175.7	226.3	557.1	214.9	—	258.1	—	—	—	
	1/50	241.0	218.4	190.4	256.4	600.0	235.8	—	308.1	—	—	—	
	1/80	261.6	233.4	204.4	285.0	638.6	254.2	—	359.3	—	—	—	
	1/100	271.4	240.5	211.2	298.5	656.6	262.6	—	385.4	—	—	—	
	1/150	289.2	253.4	223.7	322.7	689.0	276.7	—	435.5	—	—	—	
	1/200	301.9	262.6	232.8	339.1	711.5	285.7	—	473.1	—	—	—	
	1/400	332.3	284.6	255.3	372.7	764.8	302.2	—	569.6	—	—	—	
jackknife error estimates	1/2	8.8	10.2	9.2	14.6	137.3	14.1	—	10.9	—	—	—	
	1/3	12.4	13.7	12.7	21.0	159.2	19.2	—	16.1	—	—	—	
	1/5	17.1	17.6	17.0	26.5	181.3	23.3	—	22.1	—	—	—	
	1/10	23.6	22.7	23.0	29.9	205.9	25.7	—	31.6	—	—	—	
	1/20	30.2	27.7	29.3	27.8	226.8	25.1	—	48.7	—	—	—	
	1/30	34.1	30.5	33.2	23.9	237.9	24.0	—	65.4	—	—	—	
	1/50	38.9	34.0	38.4	19.0	251.0	24.0	—	95.7	—	—	—	
	1/80	43.4	37.3	43.4	24.5	262.4	28.8	—	134.7	—	—	—	
	1/100	45.6	38.8	45.8	32.8	267.6	33.5	—	157.6	—	—	—	
	1/150	49.4	41.6	50.4	55.7	276.8	46.6	—	207.2	—	—	—	
	1/200	52.2	43.6	53.7	77.6	283.2	59.4	—	249.4	—	—	—	
	1/400	58.8	48.4	62.1	151.1	298.1	102.4	—	378.9	—	—	—	
Selected method	○												

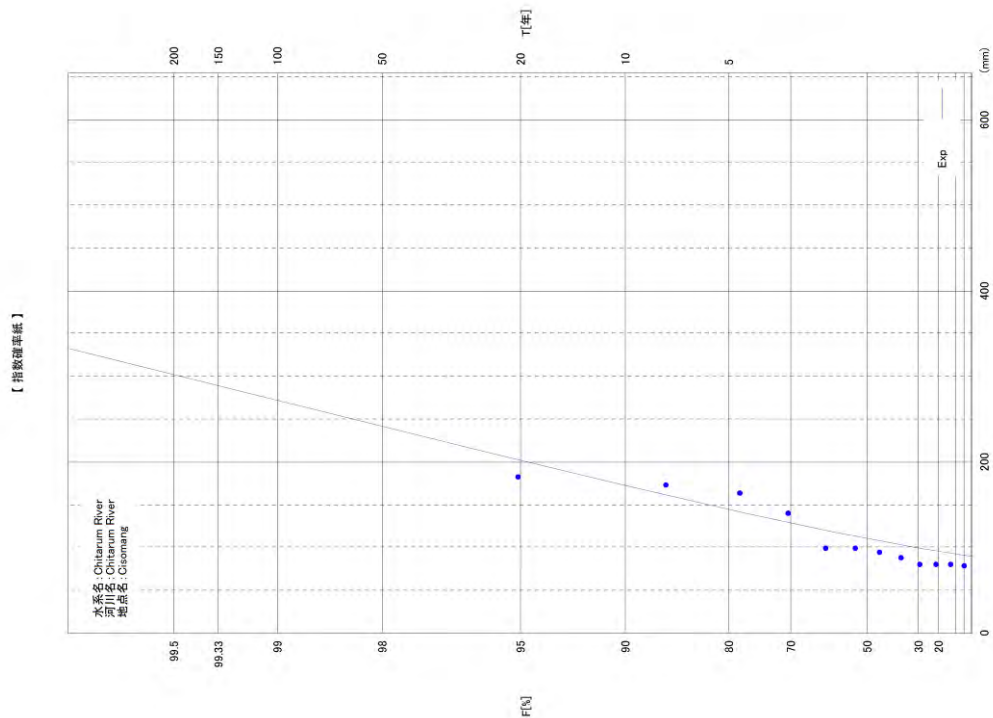
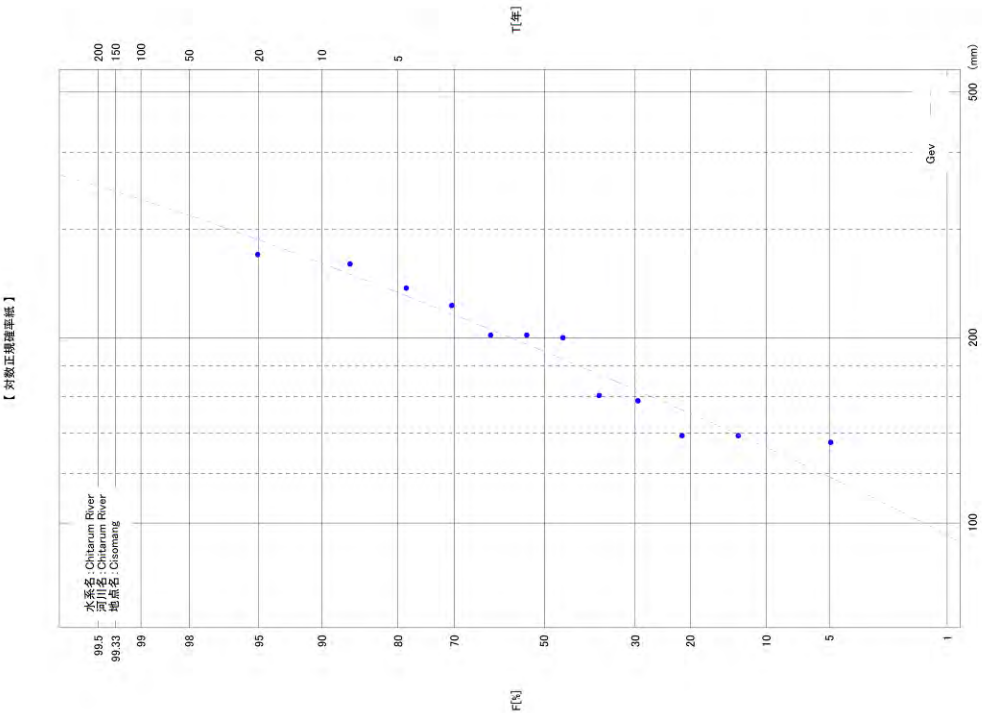


図 A.3.3 確率水文量計算結果（日雨量）

Item	Annual Volume Series (Sample size N=12)											Selected method
	Exp	Gumbel	SqrEt	Gev	LP3RS	LogP3	Iwai	IshiTaka	LN3Q	LN3PM	LN2LM	LN2PM
X-COR(99%)	0.938	0.967	0.958	0.973	0.969	—	0.970	0.973	0.971	0.973	0.972	0.972
P-COR(99%)	0.963	0.975	0.972	0.979	0.979	—	0.976	0.979	0.978	0.979	0.978	0.977
SLSC(99%)	0.064	0.047	0.053	0.042	0.060	—	0.052	0.051	0.054	0.051	0.049	0.051
log likelihood	-60.7	-63.1	-63.1	-63.1	-62.9	—	-63.0	-63.1	-63.1	-63.1	-63.1	-63.0
pAIC	125.4	130.1	130.2	132.2	131.9	—	131.9	132.2	132.2	132.2	130.1	130
X-COR(50%)	0.940	0.950	0.942	0.961	0.974	—	0.953	0.963	0.966	0.963	0.956	0.957
P-COR(50%)	0.972	0.970	0.969	0.973	0.974	—	0.971	0.971	0.970	0.971	0.972	0.971
SLSC(50%)	0.092	0.073	0.080	0.061	0.079	—	0.073	0.065	0.075	0.065	0.067	0.069
probable Value	1/2	176.8	185.8	183.1	189.2	190.5	—	186.6	192.0	192.1	188.4	188.4
	1/3	200.3	208.1	205.7	213.1	214.3	—	209.8	214.5	213.9	214.6	210.4
	1/5	229.8	233.1	232.3	237.8	238.3	—	235.0	236.6	235.5	236.8	233.7
	1/10	269.9	264.3	267.7	265.8	264.7	—	265.2	260.9	259.6	261.1	261.5
	1/20	309.9	294.4	303.9	288.9	286.2	—	292.7	281.3	280.2	281.4	286.9
	1/30	333.4	311.6	325.6	300.5	297.0	—	307.9	292.0	291.1	291.9	301.0
	1/50	362.9	333.2	353.8	313.0	309.1	—	326.2	304.3	304.1	325.1	318.3
	1/80	390.1	353.0	380.5	327.7	318.7	—	342.4	314.9	315.3	341.6	333.9
	1/100	403.0	362.3	393.4	326.6	322.9	—	349.9	319.6	320.5	349.3	341.1
	1/150	426.4	379.3	417.4	332.8	329.8	—	363.2	327.9	329.5	363.3	354.2
	1/200	443.1	391.3	434.9	336.4	334.3	—	372.5	333.5	335.8	373.1	363.4
	1/400	483.1	420.3	478.2	342.3	343.5	—	393.9	346.1	350.2	344.8	385.4
jackknife error estimates	1/2	13.4	13.7	14.3	20.7	20.0	—	19.3	18.9	14.9	19.1	13.9
	1/3	14.5	15.0	17.7	22.1	19.8	—	20.1	19.5	15.8	15.8	15.6
	1/5	16.7	17.0	22.1	21.3	17.7	—	19.1	19.0	17.0	19.2	18.1
	1/10	20.9	20.3	28.3	18.9	14.5	—	17.1	17.7	18.9	17.8	21.7
	1/20	25.7	23.8	34.9	19.9	14.4	—	18.0	17.7	21.2	17.6	25.6
	1/30	28.7	25.9	39.0	23.7	16.5	—	21.0	18.6	22.7	18.7	28.0
	1/50	32.6	28.7	44.5	31.5	20.8	—	27.1	21.1	24.8	21.4	31.1
	1/80	36.3	31.3	49.7	40.8	25.6	—	34.6	24.3	26.8	25.0	34.0
	1/100	38.1	32.6	52.3	45.7	28.0	—	38.6	26.2	27.8	27.1	35.4
	1/150	41.3	34.9	57.1	55.4	32.6	—	46.5	29.9	29.7	31.2	38.0
	1/200	43.7	36.5	60.6	62.6	35.9	—	52.7	32.8	31.1	34.4	39.9
	1/400	49.3	40.5	69.5	81.3	44.0	—	68.8	40.6	34.5	42.9	44.5
○												

図 A.3.4 確率水文量計算結果（3 日雨量）（参考）



A.3.5 流出解析

降雨解析で求めた外力（対象とする降雨）を入力条件として流出解析を実施し、流出量を算出する。

(1) 解析条件

解析条件の概要は下表の通りである。

表 A.3.5 流出解析条件の概要

No	項 目	内 容
1	解析手法	IFAS Ver. 1.3 ²
2	計算期間	2007 年 11 月 8～14 日（7 日間） 2001～2012 年の Cisomang 観測所における最大降雨期間
3	流量算出地点	①Citarum 川 Jatiluhur ダム下流の右支川合流後地点（図 A.3.7） ※安全側の検討のためダム満水の状況を想定し、ダム INFLOW=OUTFLOW と想定する。後述の氾濫解析における上流端条件となる。 ②その他主要 4 支川における氾濫解析の境界地点
4	地形データ	[標高データ]：GTOPO30 [土地利用データ]：GLCC [土壌・地質データ]：CGWM
5	雨量データ	[降雨データ]：3B42RT(V5)=3 時間ピッチ ※衛星降雨 3B42RT(V5)を 2007 年 11 月降雨相当規模、50 年確率規模、100 年確率規模、200 年確率規模にそれぞれ引き伸ばす。
6	その他パラメータ	IFAS Ver.1.3 のデフォルト値を使用 ※流量データ等不足のため、パラメータの同定は困難。

1) 解析手法

IFAS（Integrated Flood Analysis System）は（独）土木研究所 水災害・リスクマネジメント国際センター（ICHARM）によって開発された洪水予測システムである。このシステムでは、地上に設置された雨量計により観測された降雨情報だけでなく衛星観測雨量を利用することが可能であるとともに、GIS データを利用したモデル作成機能、分布型流出解析モデルによる流出解析エンジン、結果表示機能を装備してる。

本検討では流出解析モデルとして、土研分布型モデル Ver.2.0 を用いる。斜面部における 2 段のタンクモデルおよび河道の追跡モデル（キネマティックウェーブ）で構成されており、日本国内で多くの適用事例がある。

² 独立行政法人 土木研究所 水災害・リスクマネジメント国際センター（ICHARM）
http://www.icharm.pwri.go.jp/index_j.html

降雨データ	衛星降雨 3B42RT(NASA) GSMaP(JAXA) QMORPH, CMORPH(NOAA) 地上降雨 GPV(気象庁)
モデル作成	河道網作成：DEM データから GTOPO30(USGS) Hydro1k(USGS) GlobalMap(ISCGM) パラメータ設定：外部データから目安となるパラメータの自動区分・設定 土地利用（植生）：GLCC(USGS) 土地利用、土地被覆：Global Map(ISCGM) 土壌：土性分類(UNEP)、土壌厚(NASA)、土壌水分保持率(UNEP) 地質：CGWM
流出解析	1) 土研分布型モデル Ver.2.0：鉛直方向は2層タンクモデル 2) BTOP モデル
結果表示	グラフ表示：時系列、平面表示、タンク概要図、一覧表表示 汎用地理情報(Google Earth)への出力表示

図 A.3.5 IFAS の構成

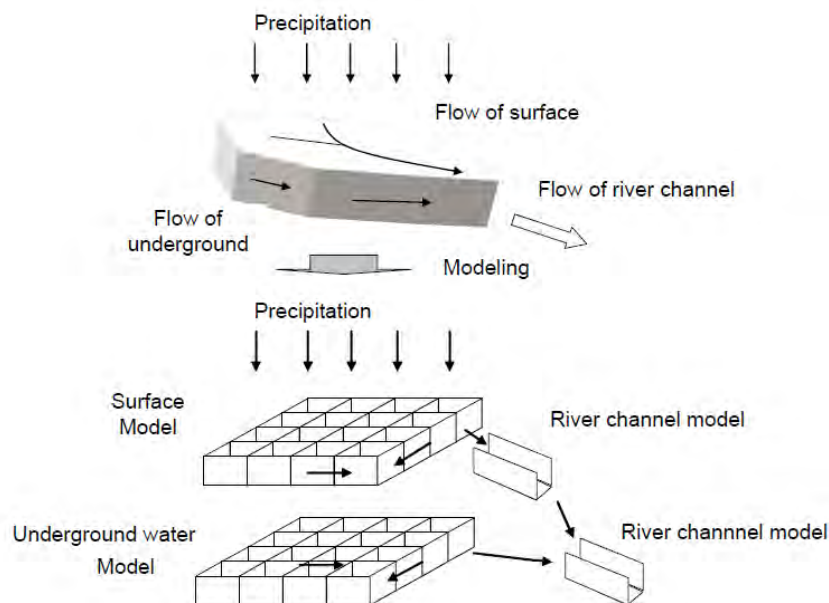


図 A.3.6 土研分布型モデル Ver. 2.0 の概念図

2) 計算期間

本検討では、確率水文量の検討、降雨データの整理結果を踏まえて、代表降雨を Cisomang 観測所における 2007 年 11 月降雨とした。よって、流出解析の計算期間については、同代表降雨の最大 3 日雨量を包括する 2007 年 11 月 8～14 日（7 日間） とした。

3) 流域分割

本検討では、チタルム川を含む代表的な 5 河川における洪水を想定しており、これら 5 河川の流域を対象として流出解析を行う。流域分割および流量算出地点は図 A.3.7 の通りとした。

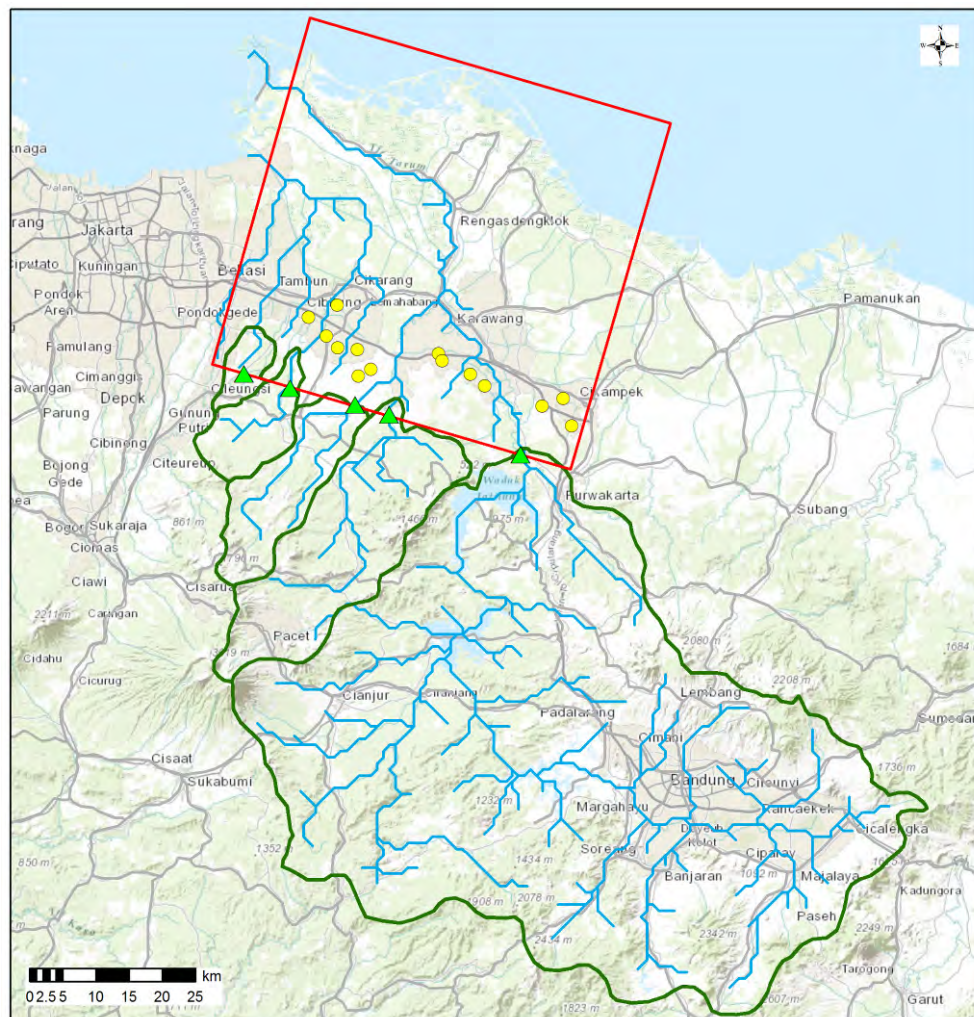


図 A.3.7 流域分割

4) 地形データ

a) 標高データ

標高データについては、USGS が管理する GTOPO30 を使用した。

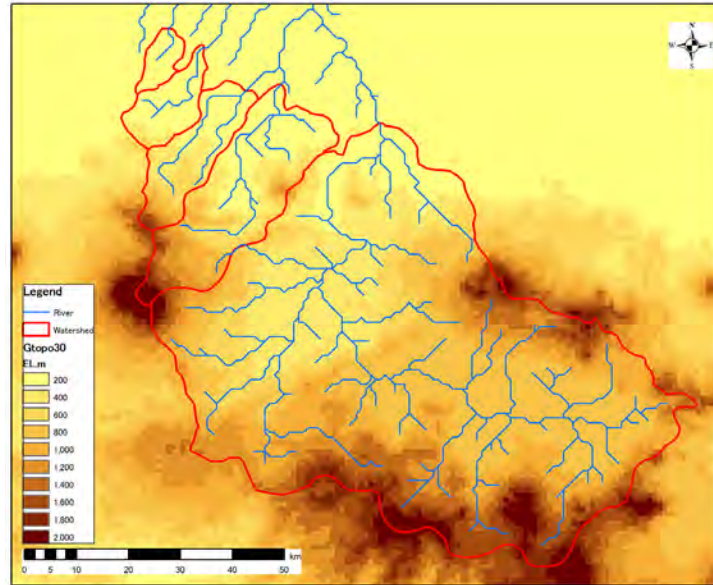


図 A.3.8 流出解析に用いる標高データ

b) 土地利用データ

土地利用データについては、同じく USGS が管理する GLCC (GLOBAL LAND COVER CHARACTERIZATION)を使用した。

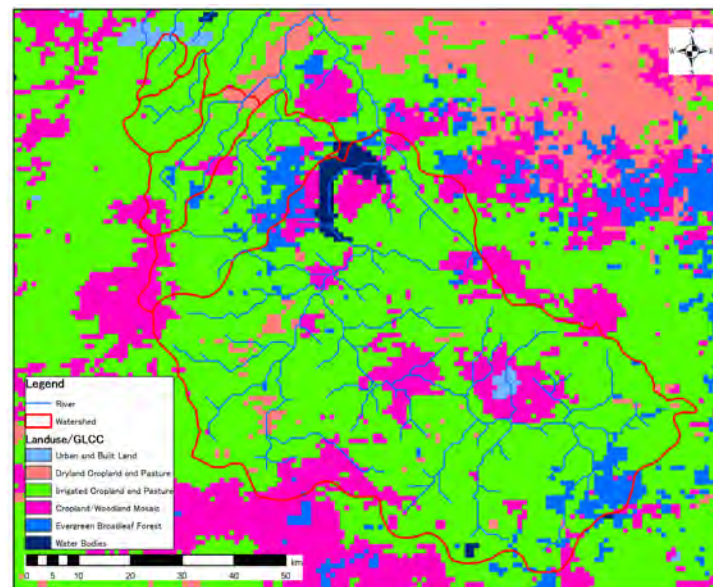


図 A.3.9 流出解析に用いる土地利用データ

5) 雨量データ

対象地域の雨量観測所数は流域の大きさに対して不足しており、降雨の空間分布を把握することが難しい。また洪水の解析にあたっては短時間の流量の変動を考慮する必要があるが、前述した地上観測雨量は日単位のデータしか存在しない。そこで、衛星降雨データ(3B42RT)を用いて地

上雨量データの空間的・時間的不足を補完することで雨量データを作成した。作成手順は以下の通りである。



図 A.3.10 衛星降雨データの引き伸ばし手順

表 A.3.6 ピーク雨量比率による衛星雨量の引き伸ばし結果（日雨量）

Unit:(mm)

Item	Observation of St.Cisomang	3B42RT				
		Original_3B42RT	Ajusted			
			2007	y50	y100	y200
Probable daily rainfall	140.0	86.4	140.0	241.0	271.4	301.9
Enlarging ratio	—	—	1.620	2.789	3.141	3.494
2007/11/8	12.0	13.8	22.3	38.4	43.3	48.1
2007/11/9	71.0	3.2	5.2	9.0	10.1	11.2
2007/11/10	61.5	16.8	27.2	46.8	52.7	58.6
2007/11/11	140.0	86.4	140.0	241.0	271.4	301.9
2007/11/12	50.0	48.4	78.4	135.0	152.0	169.1
2007/11/13	11.0	5.2	8.5	14.6	16.4	18.2
2007/11/14	30.3	24.7	40.1	69.0	77.7	86.4
Total	375.8	198.5	321.6	553.6	623.5	693.5

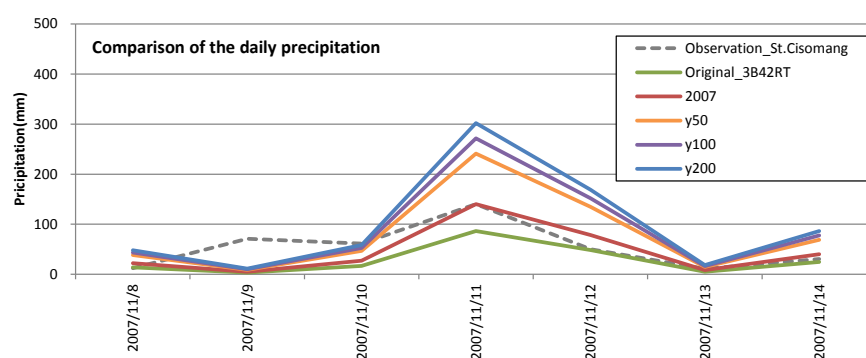


図 A.3.11 ピーク雨量比率による衛星雨量(3B42RT)の引き伸ばし結果（日雨量）

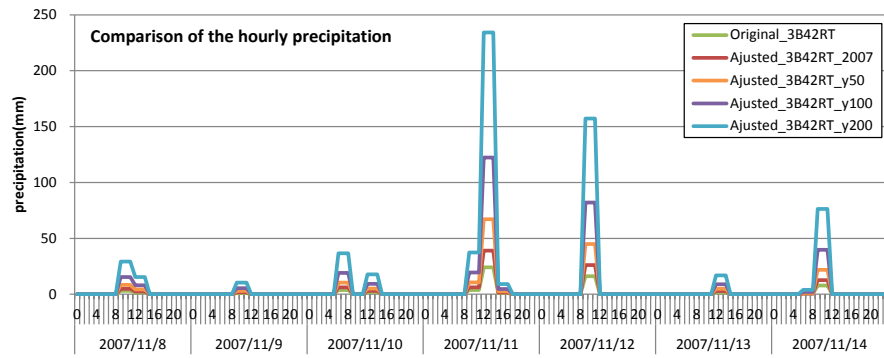


図 A.3.12 ピーク雨量比率による衛星雨量(3B42RT)の引き伸ばし結果 (時間雨量)

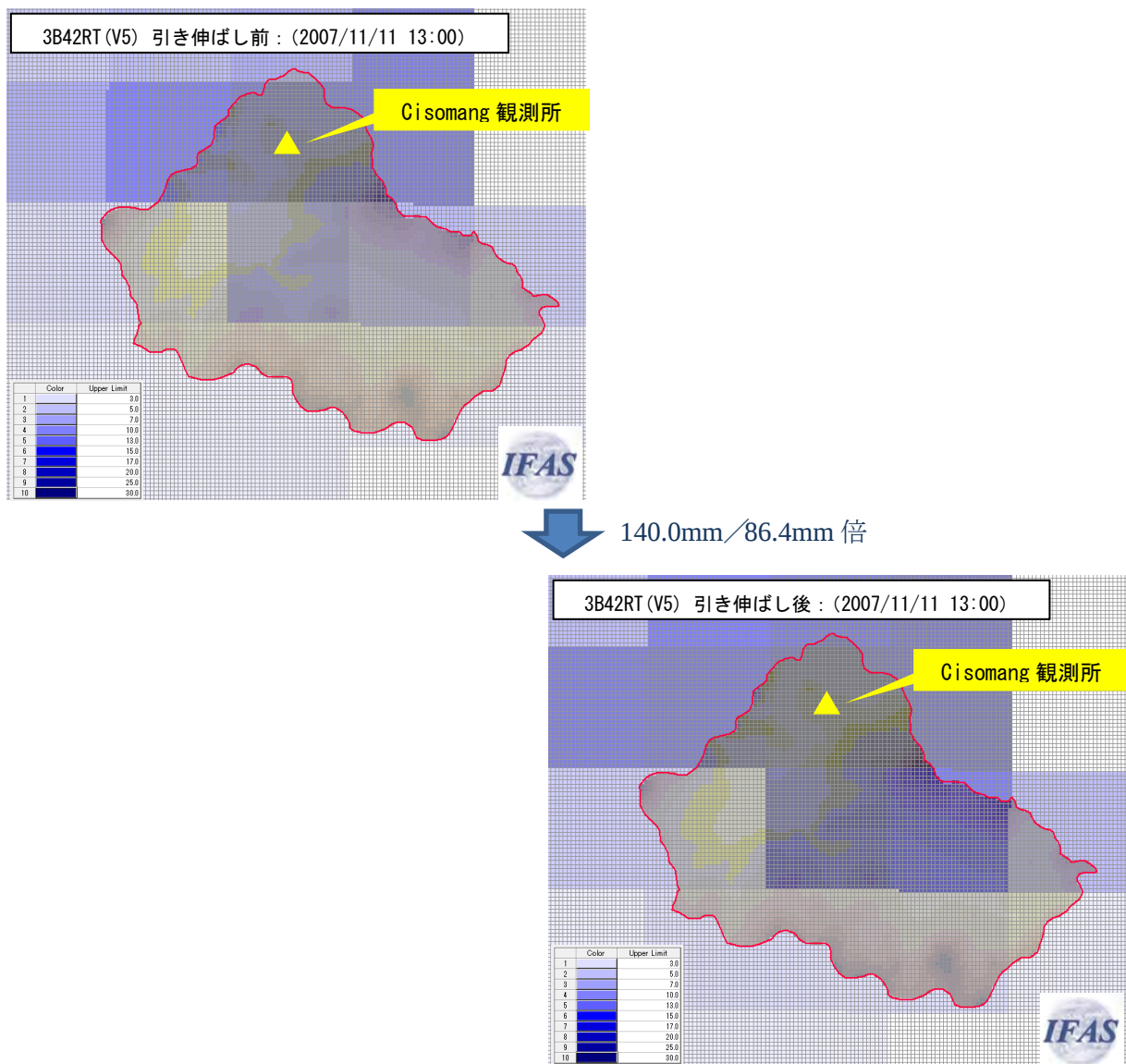


図 A.3.13 衛星降雨データ(3B42RT)の引き伸ばし結果(2007 年洪水規模への引き伸ばし)

6) その他のパラメータ

本検討で用いたパラメータを表 A.3.7、表 A.3.8 に示す。流量データの不足によりパラメータの同定が困難なため、IFAS Ver. 1.3 の標準値を用いた。

表 A.3.7 流出解析モデルのパラメータ

① 表面流出モデルパラメータ（IFAS 標準値）

Land use type	SKF	HFMXD	HFMND	HFOD	SNF	FALFX	HIFD
Forest	0.0005	0.1	0.01	0.005	0.7	0.8	0
Water Bodies, Snow or Ice	0.00001	0.05	0.01	0.005	2	0.5	0
Cropland and Pasture, Wetland	0.00001	0.05	0.01	0.005	2	0.5	0
Urban and Built-Up Land	0.000001	0.001	0.0005	0.0001	0.1	0.9	0
Others	0.00002	0.05	0.01	0.005	2	0.6	0

② 地下水流出モデルパラメータ（IFAS 標準値）

Land use type	AUD	AGD	HCGD	HIGD
ALL	0.1	0.003	2	2

③ 河道モデルパラメータ（IFAS 標準値）

RBW	RBS	RNS	RRID	RGWD	RHW	RHS	RBH	RBET	RLCOF
7	0.5	0.035	0.2	0	9999	1	0.5	0.05	1.4

表 A.3.8 流出解析モデル(IFAS)におけるパラメータ項目

① Surface parameters

Table 7.1 Surface parameters

Symbol	Notation	Unit	Explanation
Sf2	HFMXD	m	Surface's maximum collection volume Estimation of maximum collection volume of ground surface's A0 layer An estimation of 10-40mm is good
Sf1	HFMND	m	The height of a fast outward flow An estimation of 5-10mm is good
Sf0	HFOD	m	The height of deep percolation An estimated value of 5mm is good $Sf1 \geq Sf0$ condition is required
f0	SKF	cm/s	Final infiltration rate
Ari	FALFX	Non-dimensional	Stipulating factor for the outflow of the fast interflow $f0 \cdot ari$ becomes the maximum outflow. ari becomes the same level as primary run-off ratio and impervious surface ratio.
N	SNF	$m^{-1/3s-1}$	The ground surface roughness coefficient. It is the actual slope roughness coefficient, and it becomes a value less than the N value of the equivalent roughness method. When the final infiltration capacity is set larger than the rainfall intensity, without overland flow occurring, the N value becomes unrelated to outward flow.
	HIFD	m	Initial value for calculation

② Aquifer parameters

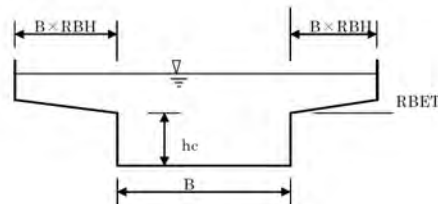
Table 7.2 Aquifer parameters

Symbol	Notation	Unit	Explanation
sg	HCGD	m	Unconfined ground-water outflow retention amount
Au	AUD	$(1/\text{mm/day})^{1/2}$	Unconfined ground-water runoff coefficient. Do not confuse with Au2
Ag	AGD	1/day	Confined groundwater run-off coefficient
	HIGD	m	Initial value for calculation

③ River channel parameters

Table 7.3 River channel parameters

Symbol	Notation	Unit	Explanation
c	RBW		Coefficient. Set using actual width of river The units are m for width of river, and km^2 for basin area
s	RBS	Non-dimensional	Coefficient. The amount is 0.3~0.5
n	RNS	$m^{-1/3s-1}$	Manning's roughness coefficient
	RRID	m	Initial value for calculation
	RGWD	1/day	Coefficient of infiltration from river course to the underground water tank Discharge of surface tank and unsaturated zone tank is available in inflow tank. A mountain watershed is not considered to be particularly necessary
	RHW	—	Water level responding to the rate of flow of a flood through a major river bed is calculated as $hc = RHW \cdot ARHS$
	RHS	—	Refer to RHW
	RBH	Non-dimensional	Flood channel width/low-flow channel width
	RBET	Non-dimensional	Flood channel slope
	RLCOF	Non-dimensional	River course length calibration coefficient



出典) Integrated Flood Analysis System(IFAS Version 1.2) User's Manual June 2009 P.122 / ICHARM

(2) 解析結果

各地点の流出量を図 A.3.14～図 A.3.18 に示す。これらの流出量を対象洪水として、後述する氾濫解析を実施する。

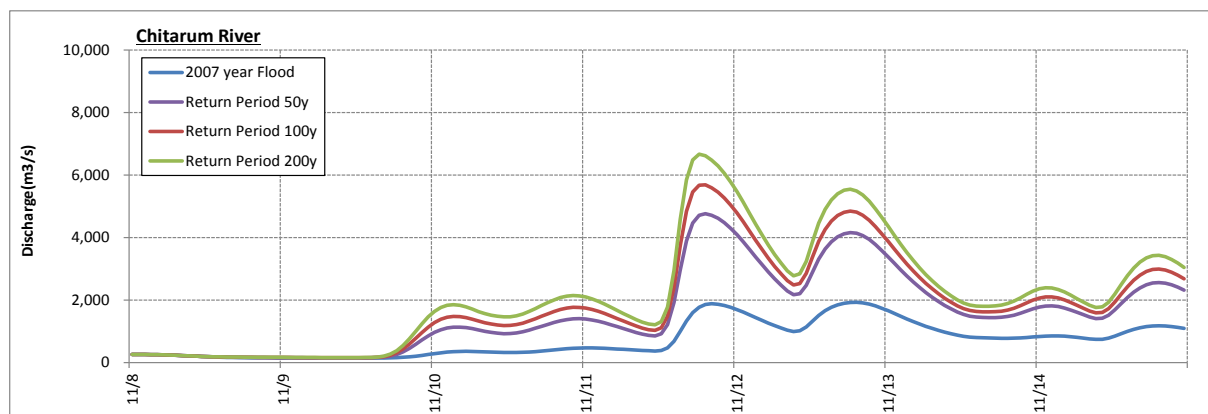


図 A.3.14 流出解析結果(地点 1)

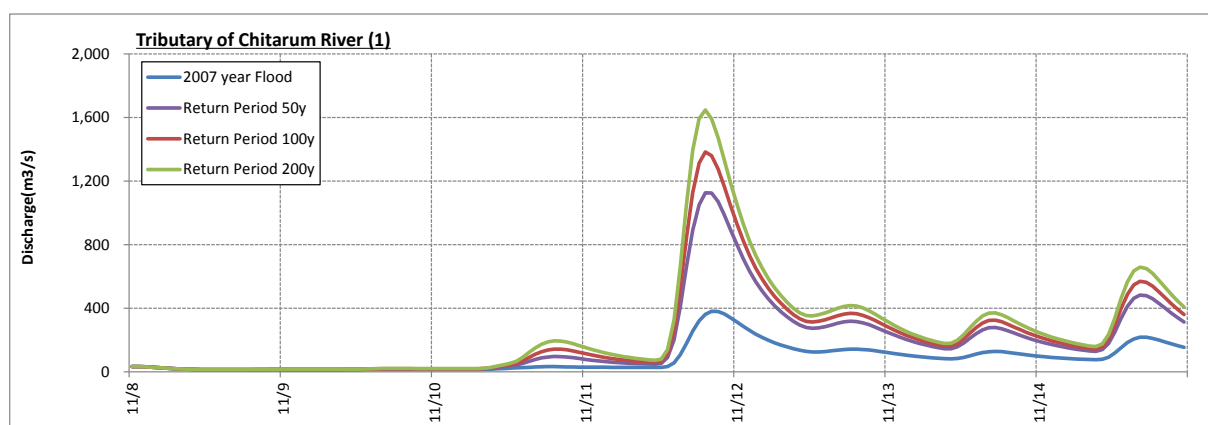


図 A.3.15 流出解析結果(地点 2)

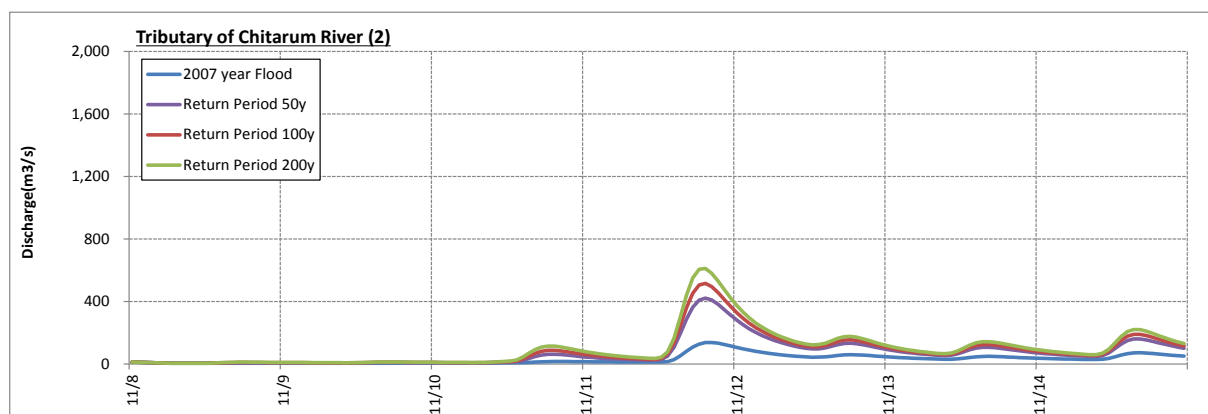


図 A.3.16 流出解析結果(地点 3)

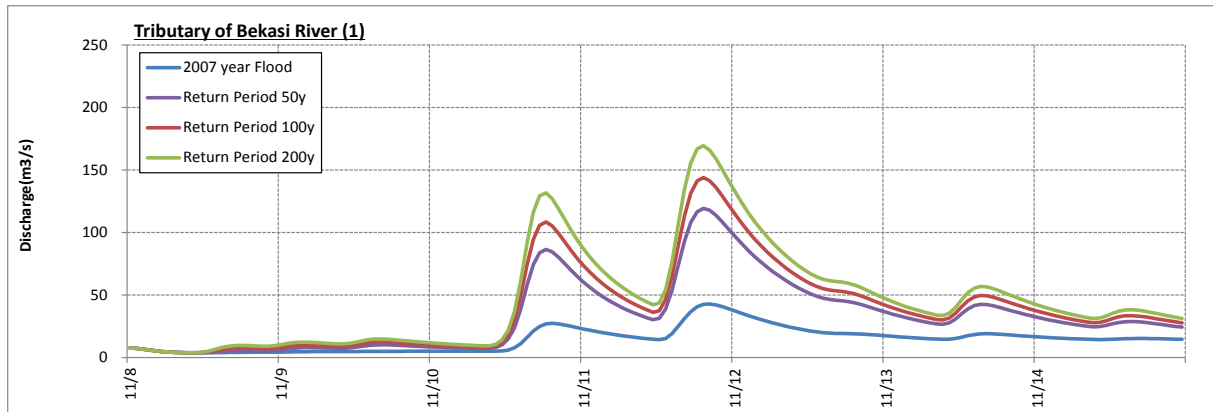


図 A.3.17 流出解析結果(地点 4)

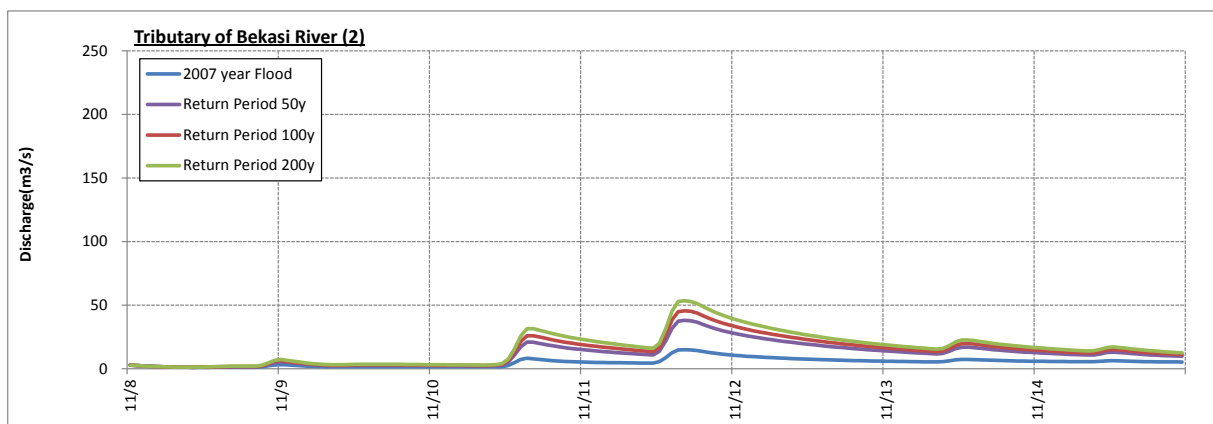


図 A.3.18 流出解析結果(地点 5)

A.3.6 氾濫解析

上述した流出解析結果を対象洪水として、氾濫解析を実施する。解析を実施するケース数は、以下の4ケースである。

- ・ケース1：2007年洪水を対象としたシミュレーション
- ・ケース2：50年確率洪水を対象としたシミュレーション
- ・ケース3：100年確率洪水を対象としたシミュレーション
- ・ケース4：200年確率洪水を対象としたシミュレーション

(1) 解析条件

解析の条件は下表の通りとする。

表 A.3.9 氾濫解析条件

No.	項 目	内 容
1	解析ソフト	Nays2dFlood (iRIC ソフトウェア) ³
2	計算手法	流出解析により求めた洪水ハイドログラフを入力条件として、氾濫流の動きを二次元不定流計算によって解析する。
3	解析対象範囲	図 A.3.19 参照。
4	グリッドサイズ	200m グリッド
5	標高データ	ASTER30m グリッドを加工して設定。（図 A.3.21 参照） （現地観測結果を用いて高速道路の標高を補正）
6	境界条件	流出解析で求めた 5 地点のハイドログラフを上流端に与える。（図 A.3.19 参照）ダム貯水池は満水と仮定し、流域からの流出量をそのままダムの Outflow とし、上流端からの境界条件とする。 下流端は自由流出とする。
7	粗度係数	土地利用状況に応じてメッシュ毎に設定（0.047～0.060）
8	内水排除	1km ² あたり 2m ³ /s の排水を想定し、各グリッドから排水分の水量を差し引く。

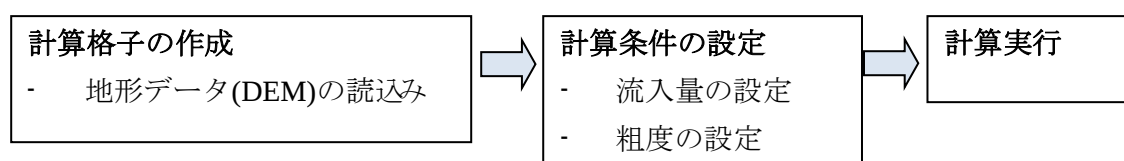
1) 解析手法

Nays2d Flood は iRIC ソフトウェアのうち、一般曲線座標で境界適合座標を用いた非定常平面 2 次元流計算による氾濫流解析用ソルバである。本解析ソルバは北海道大学の清水康行氏によって開発された Nays2D ソルバ内の平面二次元流計算を氾濫流解析に適用したものである。

上流端および左右側方の任意の複数の箇所からの非定常流量の流入条件を容易に設定でき、中小河川流域における氾濫流解析に適用されている。また、河道データを必要としないため、原始河川や発展途上国における氾濫形態の解明などにも適用しやすい。

Nays2d Flood で氾濫計算を行うために最低限必要なデータは、地形データ、各河川または各流入箇所からの流入流量データ、および粗度データである。

Nays2d Flood を用いた氾濫計算の基本的な手順は以下のとおりである。



2) 解析対象範囲

解析対象範囲は図 A.3.19 に示すように、工業団地が集中するチカンペック高速道路周辺、およびその下流の市街地を包含する範囲とする。

対象河川については、チタルム川を含む代表的な 5 河川からの流入を想定する。

³ iRIC プロジェクト <http://i-ric.org/ja/>

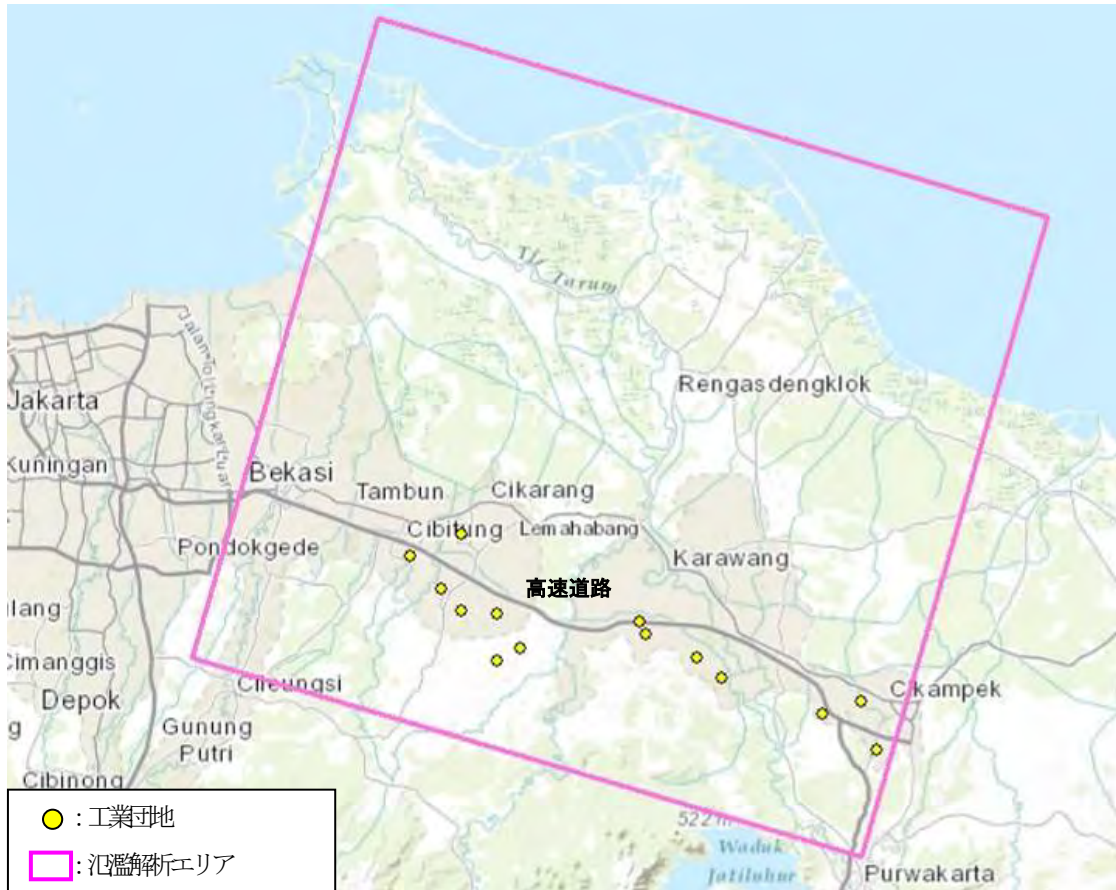


図 A.3.19 解析対象範囲

3) 標高データ

地形データとして、ASTER(Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) 全球 3 次元地形データ (ASTER GDEM)⁴を用いる。

ASTER とは、人工衛星 Terra に搭載されている高性能光学センサである。可視から熱赤外領域までに 14 バンドを有しており、地球科学の様々な分野において活用することができる画像データを取得している。

地形データについては直下視と後方視の二方向から同一地域を観測、立体画像を取得し、この画像から 3 次元地形データ (DEM) を作成する。この地形データを元にして ASTER 全球 3 次元地形データ (ASTER GDEM) が整備される。

ウェブサイトからダウンロードできるデータはラスター形式 (*tif) であり、Nays2dFlood で読み込むためには ArcGIS などのソフトウェアを用いてテキストデータに変換する必要がある。

グリッドサイズは計算機的能力を考慮し、200m × 200m とした。

⁴ ASTER GDEM <http://gdem.ersdac.jspacesystems.or.jp/>

表 A.3.10 標高データ (ASTER GDEM)

項 目	内 容	備 考
解像度	約 30m	計算グリッドサイズは 200m × 200m (格子数 268 × 271 = 72, 628)
解析範囲	X: 715,934 - 782,934 m Y: 9,280,209 - 9,346,691 m *座標系 WGS1984 UTM Zone 48S	

本検討の着眼点として、交通・輸送の要所であるチカンペック高速道路における浸水の有無が挙げられるが、ASTER GDEM の空間解像度 (約 30m) では、高速道路上の標高を正確に把握できない可能性がある。

そこで現地調査を実施し、高速道路上の標高データをハンディ GPS で観測した。この観測データのほかに、Google Earth から得られる空中写真および標高データを参考にして、ASTER GDEM の高速道路地点の標高を補正する。



図 A.3.20 ASTER GDEM の補正量

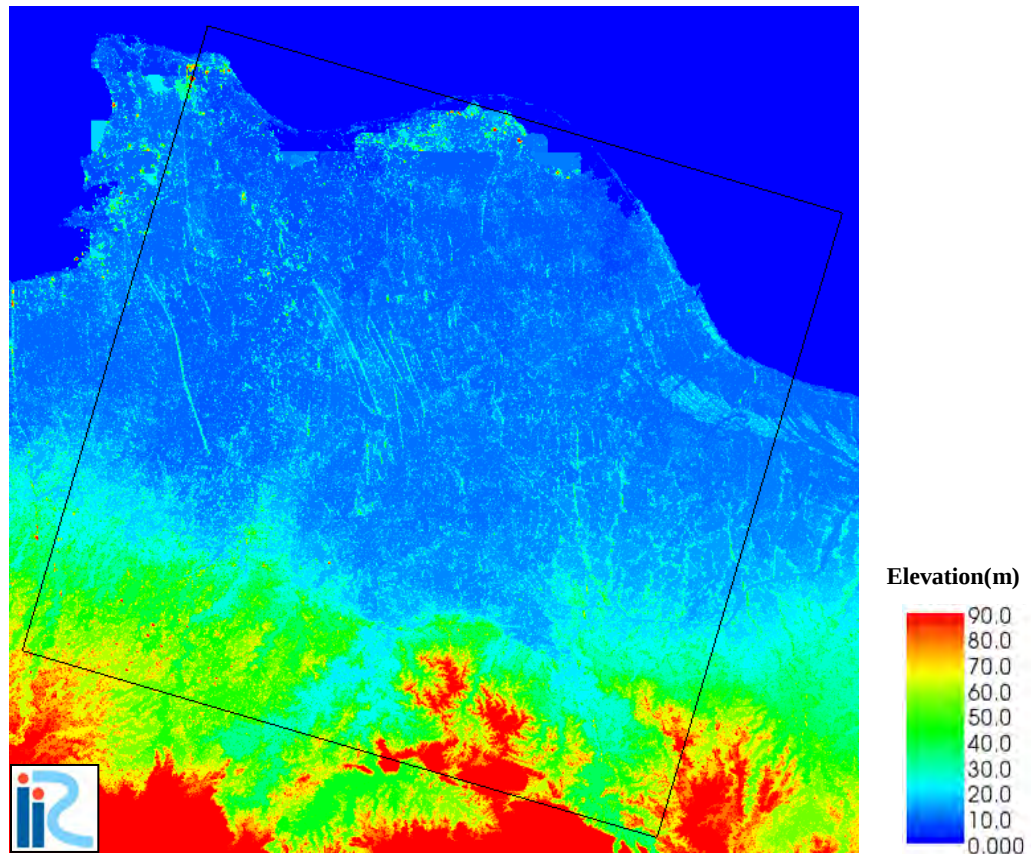


図 A.3.21 氾濫解析エリアの標高

4) 境界条件

流出解析で求めた 5 地点のハイドログラフを上流端に与える（図 A.3.14～図 A.3.18、図 A.3.19 参照）。ダム貯水池は満水と仮定し、流域からの流出量をそのままダムの **Outflow** とし、上流端からの境界条件とする。対象範囲の下流端条件は自由流出とする。

5) 粗度係数

土地利用状況に応じた粗度係数を与える。本検討では、地球地図国際運委員会（International Steering Committee for Global Mapping : ISCGM）が整備を進めている地球地図⁵を参考にして対象範囲における土地利用状況を把握し、土地利用状況に応じた粗度係数を設定する。

ウェブサイトからダウンロードできるデータはラスター形式（*tif）である。Nays2dFlood では粗度係数の情報をポリゴン形式で読み込むことが可能なため、ArcGIS などのソフトウェアを用いてポリゴン形式のデータに変換する。

土地利用と粗度係数の対応は、日本国内で標準的に用いられている「土木研究所 氾濫シミュレーションマニュアル（案）」に記載の数値を与える。

⁵ ISCGM <http://www.iscgm.org/cgi-bin/fswiki/wiki.cgi>

表 A.3.11 土地利用と粗度係数の対応

農地 (水田、畑、果樹園)	道路	その他 (荒地、芝地、湿地など)
0.060	0.047	0.050

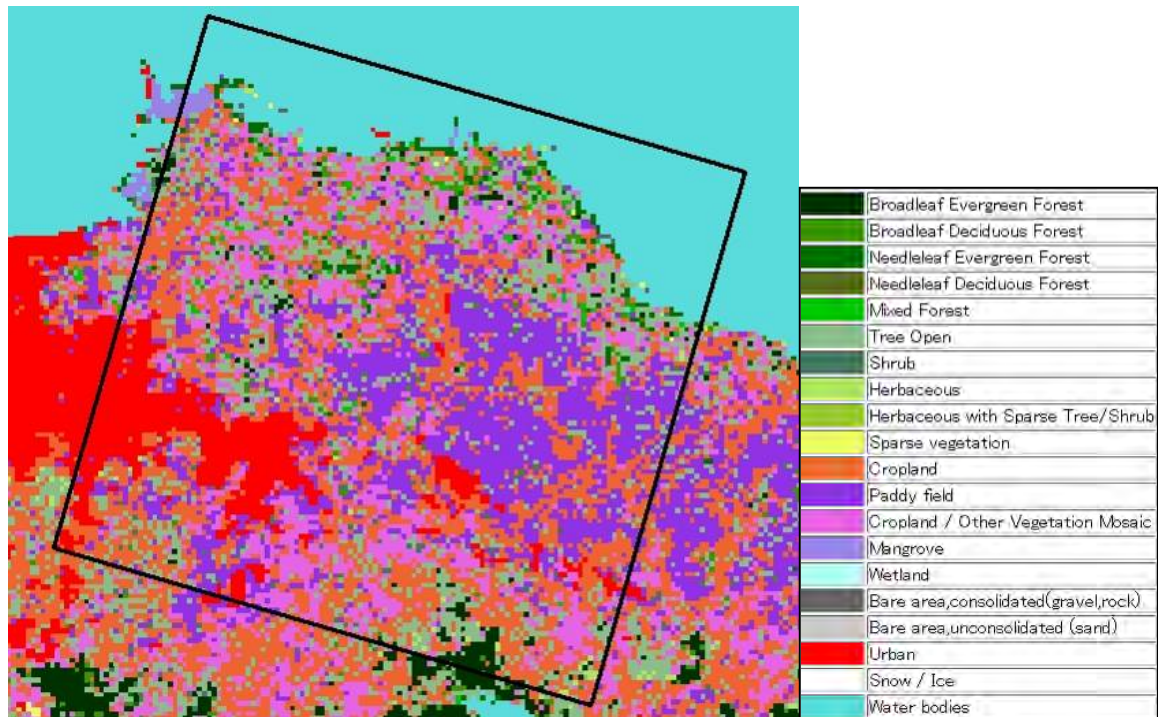


図 A.3.22 対象範囲における土地利用状況

6) 内水排除

流域には雨水排水路等が設置されており、氾濫水は水路を通して河川に排水される。本検討では、 1km^2 あたり $2\text{m}^3/\text{s}$ の排水を想定し、各計算グリッドから排水分の水量を差し引く。

(2) 解析結果

氾濫解析結果（最大浸水深および浸水継続時間）を図 A.3.23～図 A.3.30 に示す。

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。チカンペック高速道路は河川からの氾濫流によって一部浸水する。また高速道路北側の主要一般道路は大部分が浸水し、交通が寸断される可能性が高い。氾濫は高速道路下流に向かって広く拡散し、沿岸部まで到達する。ほとんどの地域において、浸水時間は2週間以上となる。

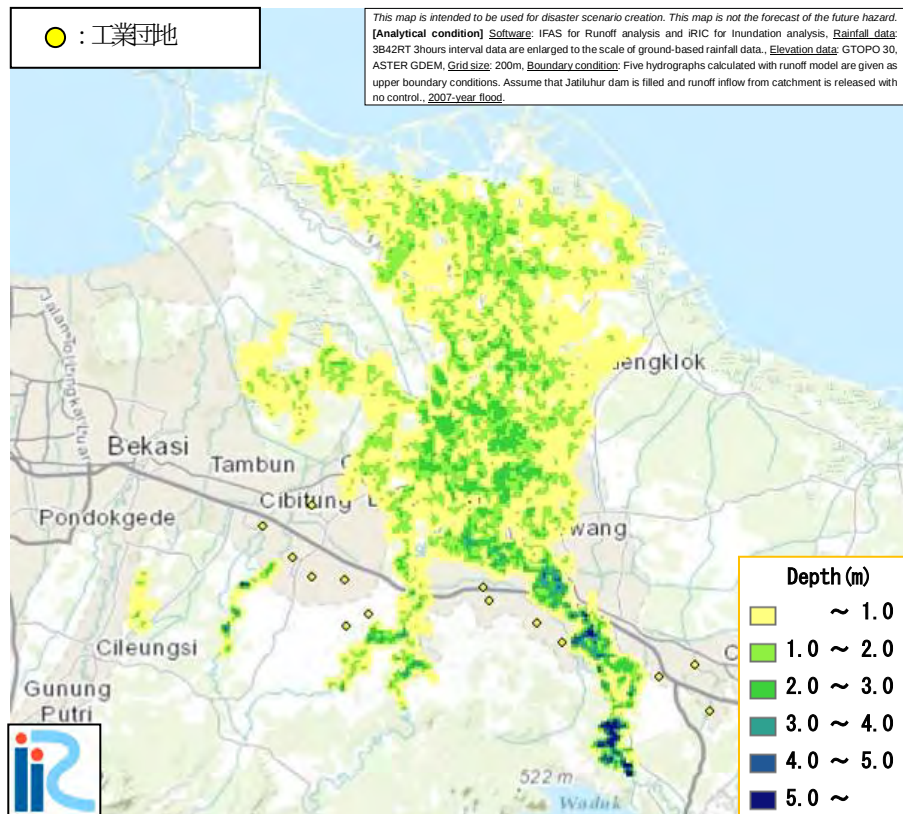


図 A.3.23 氾濫シミュレーション結果（最大浸水深 ケース 1：2007 年洪水）

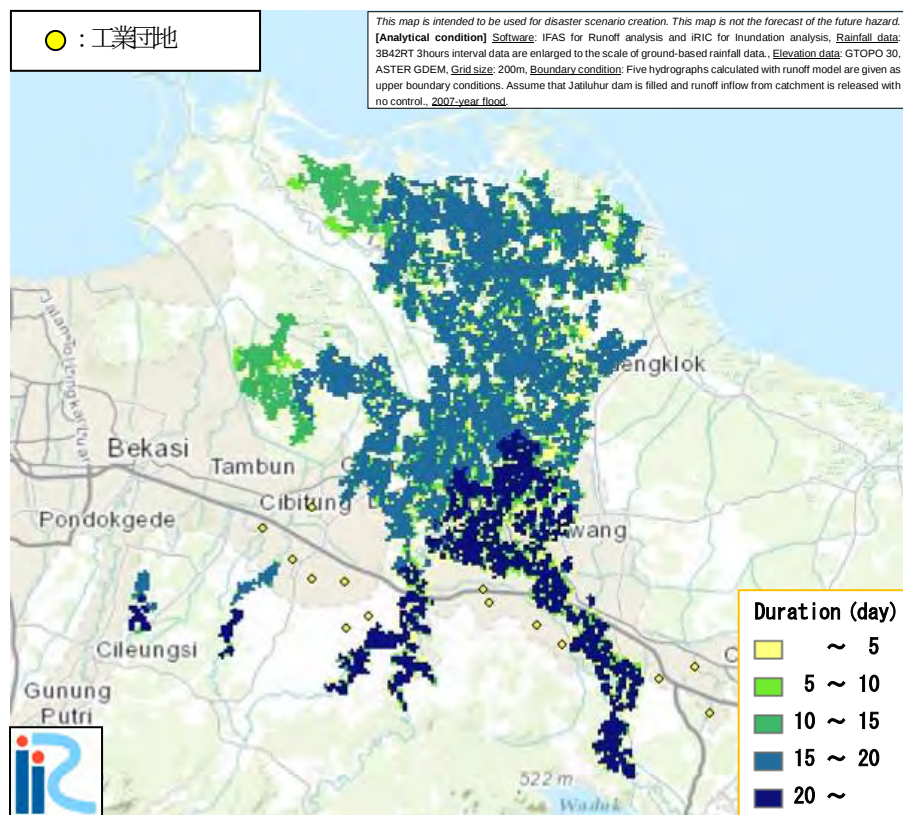


図 A.3.24 氾濫シミュレーション結果（浸水時間 ケース 1：2007 年洪水）

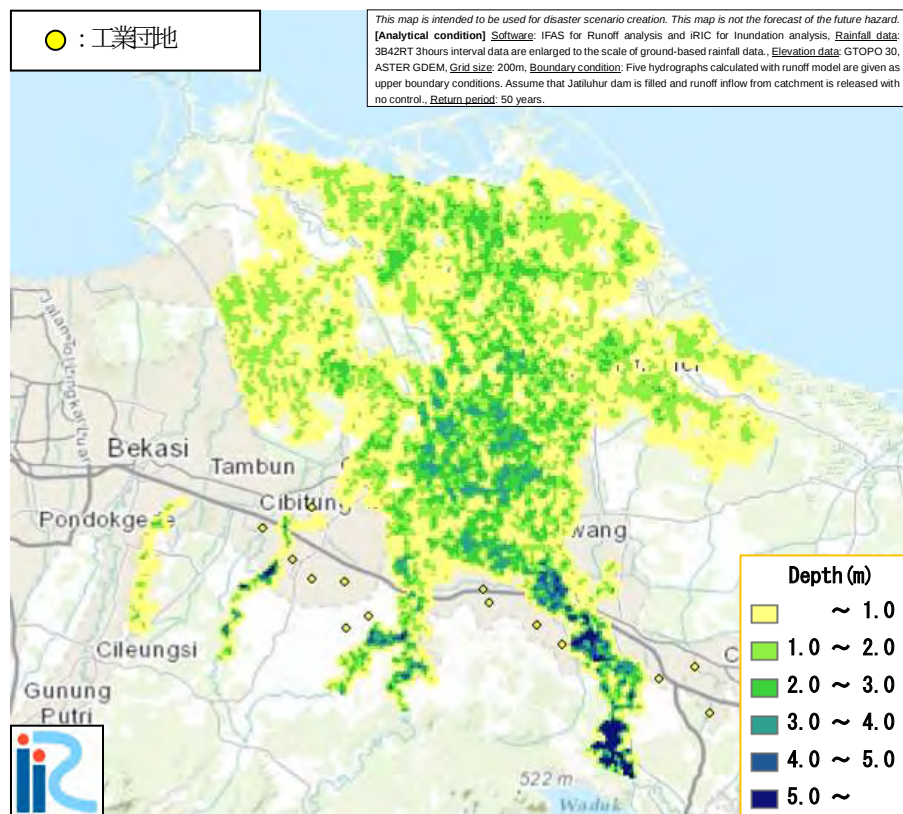


図 A.3.25 氾濫シミュレーション結果（最大浸水深 ケース 2 : 50 年確率洪水）

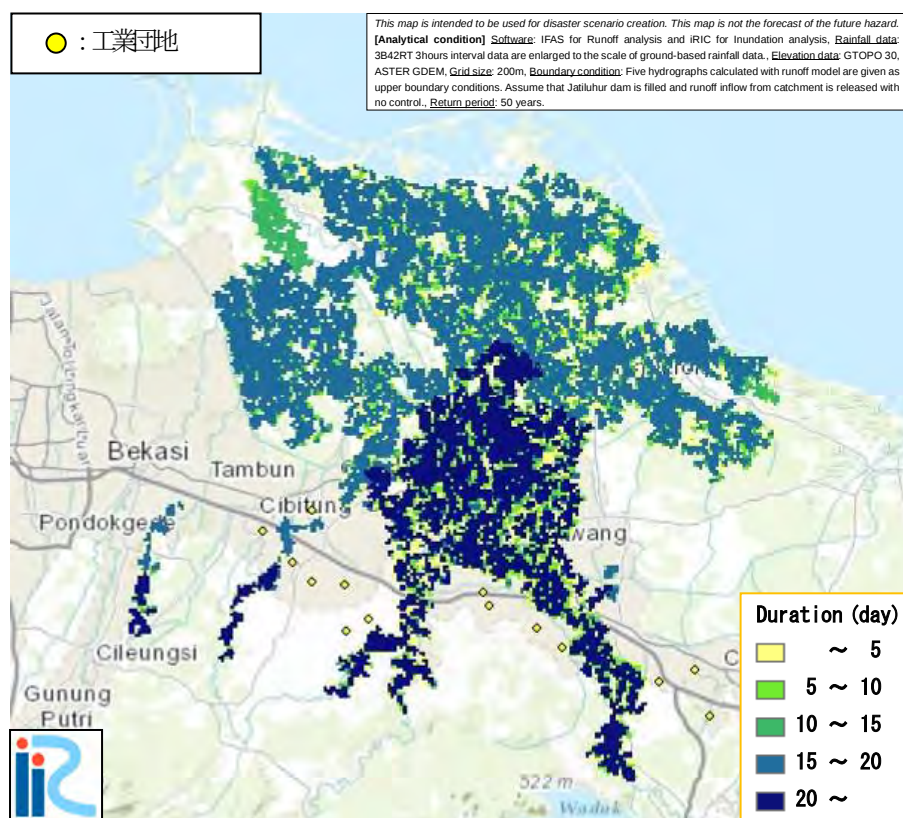


図 A.3.26 氾濫シミュレーション結果（浸水時間 ケース 2 : 50 年確率洪水）

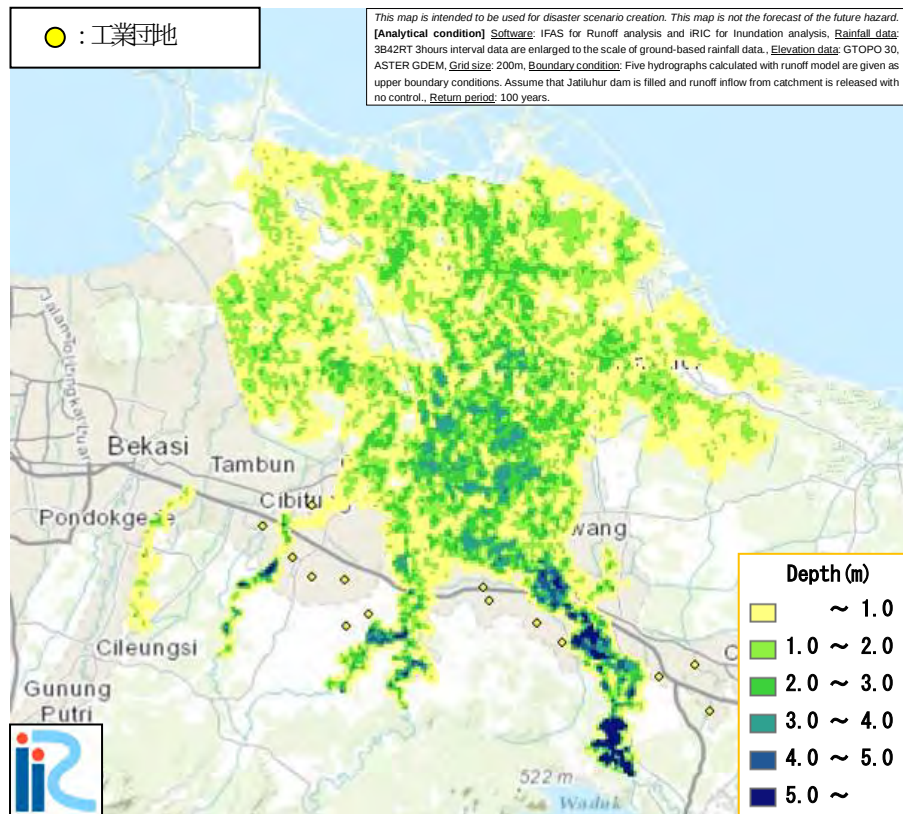


図 A.3.27 氾濫シミュレーション結果（最大浸水深 ケース 3：100 年確率洪水）

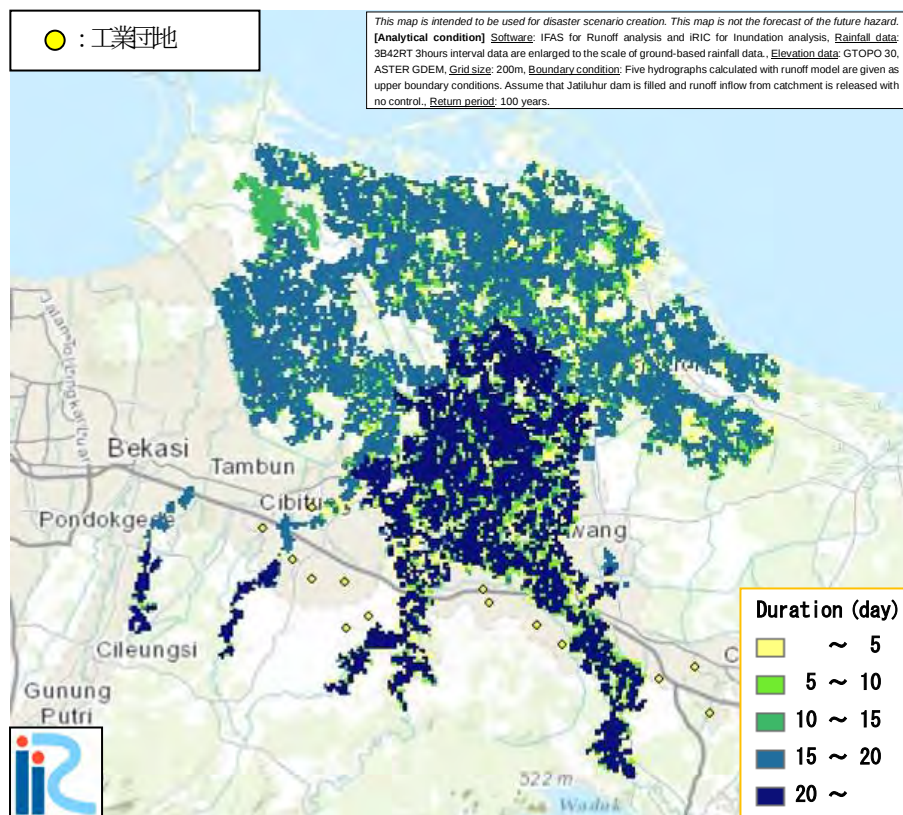


図 A.3.28 氾濫シミュレーション結果（浸水時間 ケース 3：100 年確率洪水）

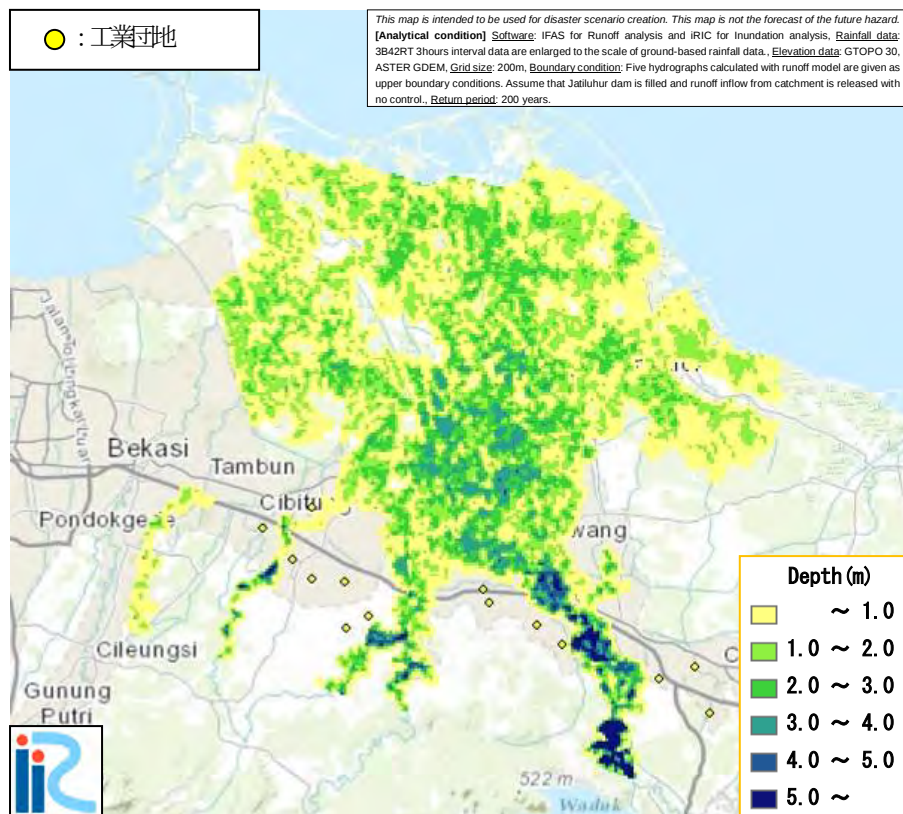


図 A.3.29 氾濫シミュレーション結果（最大浸水深 ケース 4：200 年確率洪水）

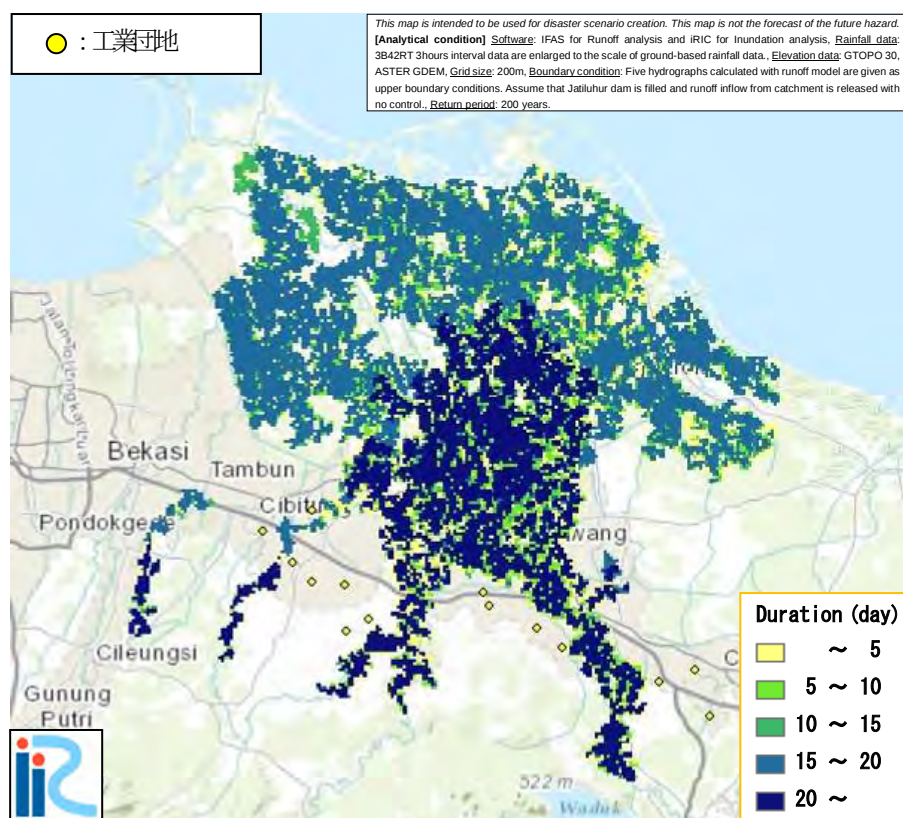


図 A.3.30 氾濫シミュレーション結果（浸水時間 ケース 4：200 年確率洪水）

A.3.7 解析結果の評価

(1) シミュレーションの仮定について

この解析では、上流のジャティルフルダムは、満杯と仮定している。すなわち、上流からの洪水はすべて下流のカラワン市へ向けて流下すると仮定している。一方、カラワン市内での降雨は考慮せず、水路や排水ポンプは平常通りに機能すると仮定している。これらの要素は、事前には予測できないものであり、発生確率の設定を前提とした解析においては、上記仮定は妥当なものである。個別の災害では上記の条件によって洪水状況は影響を受けることは留意しておくべきである。

(2) 使用データと解析精度

解析に使用することができた地上降雨データが 1 地点のみであったため、衛星降雨データで補完したが、不十分であった。このため流出解析の精度は、概略検討のレベルにとどまる。また、河道の横断データが入手できなかったため、氾濫解析も概略検討の位置づけである。ただし、氾濫の特徴は評価できており、シナリオ作成の目的には合致している。また、現地ヒアリングによって、実際の洪水による浸水期間などを調査し、シミュレーション結果と現実の整合を確認している。