

開発調査における経済評価手法研究

— 14. 地震防災 —

平成 14 年 3 月

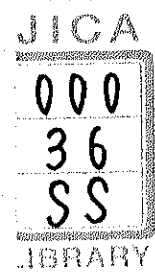
JICA LIBRARY



1183165 [8]

国際協力事業団
社会開発調査部

社調



目次

1. 地震防災にかかる開発調査における経済評価	1
2. 自然災害・地震防災と開発途上国への防災協力	1
2.1 地震災害	1
2.2 世界の自然災害被害と地震災害	2
2.3 国際防災協力とわが国の防災協力（「平成 13 年版防災白書」および「UNCRD 兵庫の HP」参照）	2
2.4 地震防災の開発調査	3
3. 地震防災計画に関する開発調査の背景、目的と全体調査フロー	4
3.1 開発調査の背景、目的	4
3.2 地震防災の開発調査の全体調査のフロー	5
3.3 現在進行中の開発調査の概要	8
4. 地震防災事業の経済評価の必要性と課題	9
4.1 地震防災事業の経済評価の必要性	9
4.2 地震防災事業の経済評価のための課題	9
5. 地震防災事業の経済評価手法	12
5.1 地震防災事業の経済評価のフロー	12
5.2 想定される地震被害	14
5.3 代替案の設定と With case、Without case の設定	16
5.4 経済評価へのインプット項目	17
5.5 経済評価のための一般的な前提条件	18
5.6 コスト	19
6. プロジェクトの便益の抽出・定量化と評価指標の算定	21
6.1 プロジェクトの効果と便益への算入	21

6.2 Without case、With case のおける評価期間中の被害額の算定.....23

6.3 便益の定量化.....23

6.4 経済評価結果と感度分析.....25

図

図 1：地震防災計画の調査フロー（例）6

図 2：地震防災事業計画における経済評価のフロー（例）14

図 3：地震防災事業に伴う効果体系.....21

表

表 1：世界の自然災害発生および被害状況（1970-1998）2

表 2：インフラの被害と内容.....15

表 3：地震防災プロジェクトの効果と経済評価の便益算入.....22

別添 1：人命価値の貨幣化の手法の例

参考文献リスト：共通編に添付



1183165 [8]

1. 地震防災にかかる開発調査における経済評価

本編では、地震防災計画にかかわる開発調査における経済評価の必要性、経済評価のための課題とその手法について検討する。主として地震発生予測ならびに被害想定 の困難から、地震防災事業計画においては、過去に経済評価が行われている事例は稀である。

はじめに、地震災害を含む自然災害の状況、および防災にかかる開発途上国への協力の現状、そのなかでの地震防災計画の開発調査の背景と目的を整理する。次に、地震防災計画で経済評価を行う必要性について検討し、経済評価を行うに当たっての課題を明確にする。最後に、ひとつの試みとして経済評価の手法を提案する。以下は、本編での記述の手順である。

- 1) 自然災害・地震防災と開発途上国への防災協力
- 2) 地震防災計画に関する開発調査の背景、目的
- 3) 地震防災の経済評価の必要性
- 4) 地震防災の経済評価のための検討課題
- 5) 地震防災の経済評価手法

2. 自然災害・地震防災と開発途上国への防災協力

2.1 地震災害

地球は十数枚のプレートで覆われている。プレートの境界では岩盤に力が加わり、岩盤の内部にストレスが与えられる。海と陸のプレートがぶつかり発生する地震は、プレート境界地震（海溝型地震）と言われ、規模の大きい地震が多い。関東大地震は典型的な例である。

一方、海のプレートの動きは陸のプレートを圧迫し、内陸部の岩盤にもひずみを生じさせる。ひずみが大きくなると、プレート内部の弱い部分で破壊がおり、活断層¹によるプレート内地震（内陸地震²）が発生する。これは、プレート境界地震より規模は小さいが、都市直下の浅い所を震源とする場合には大きな被害をもたらす。阪神・淡路

¹ 活断層：断層のうち、最近地震をおこした前歴をもち、今後も動きそうな断層を活断層という。最近といっても活断層が動くのは数千年に一度程度。

² 内陸地震：内陸地震については直下型地震という言葉も使われる。「直下型地震」は、規模のわりには大きな被害をもたらすことがあるために注意喚起のために使われだした言葉で地震の専門用語ではない。

大震災は活断層によるプレート内地震の例である。

プレート境界地震とプレート内地震では地震の頻度も異なる。プレート境界地震が同じ場所で発生するのは百年前後に一回の割合であるが、プレート内地震は活断層な所でも1000年に一回程度である。(参照：大矢雅彦他著「自然災害を知る・防ぐ」)

2.2 世界の自然災害被害と地震災害

毎年、世界中で発生する自然災害で、多くの人命と財産が失われている。表1は1970年以降1998年までの29年間の自然災害による被害のデータ(ルベン・カリック大学易学研究所)をまとめたものである。それによると世界各地の自然災害による被災者は36億人、うち約245万人が命を失っている。また、直接被害額は8,280億ドルにのぼる。

地震による被災者数は全体の被災者の1.4%であるのに対し死者数は56万人に達し、死亡者全体の23%を占める。更に、直接被害額は2,710億ドルで、自然災害による総被害額の約3分の1に達する。

特に、開発途上国においては、災害に対する基盤整備等の遅れ、都市の過度な人口集中等に起因して災害へ脆弱性が指摘されている。例えば、1999年に発生した災害(自然災害、人災を含む)では世界中で約10.5万人が死亡しており、このうちの95%は途上国で発生しているとの報告がある³。また、途上国では、一度、大災害が発生すると、その後の経済発展に重大な影響を残すこととなる。

表1：世界の自然災害発生および被害状況(1970-1998)

	件数		死者数		被災者数		被害額	
	件		千人		千人		US\$ Billion	
サイクロン	1,770	37%	598	24%	265,627	7%	231	28%
干ばつ	484	10%	1,070	44%	1,296,097	36%	37	4%
洪水	1,721	36%	187	8%	2,002,202	55%	286	35%
火山爆発	123	3%	25	1%	2,626	0%	3	0%
地震	699	15%	562	23%	51,208	1%	271	33%
合計	4,797	100%	2,442	100%	3,617,760	100%	828	100%

出典：EM-DAT: The OFDA/CRED International Database- www.cred.be/emdat

2.3 国際防災協力とわが国の防災協力(「平成13年版防災白書」および「UNCRD兵庫のHP⁴」参照)

国際社会では、国連が1990年代を「国際防災の10年(IDNDR: International Decade for National Disaster Reduction)」と定め、特に途上国における自然災害による人的、社会・

³ 出典：Managing Disaster Risk in Emerging Economies, 2000 The World Bank

⁴ UNCRD兵庫のHP：<http://www.hyogo.uncdr.or.jp>

経済的損害を軽減するための国際協調活動を行ってきた。その活動の一環として、特に途上国の大都市における地震対策を推進するため、ラディアス（RADIUS：Risk Management Tools for Diagnosis of Urban Areas against Seismic Disasters）プロジェクトが実施された。これは、日本政府の資金協力で実施されたもので、世界の9つの都市でケーススタディとして、地震被害シナリオとそれに基づいた行動計画を作成し、その経験をもとに都市における地震対策推進のための実用的なマニュアルを作成した。RADIUSの基本的な目標は、自らの都市に地震が発生するとどのような被害が予測されるか、その予防として何を緊急に行うべきかについての自治体の認識を高めることにあった。

IDNDR最終年の1999年の国連総会では、活動を継続するため2000年から「国際防災戦略（ISDR：International Strategy for Disaster Reduction）」活動を進めることを決議した。ISDR活動の目的としては、①現在社会における災害対応力の強いコミュニティの形成、②災害後の対応中心から災害の予防・管理への進化の2点があげられている。活動の骨格では、①現在社会における災害リスクについての普及・啓発、②災害防止に対する公的機関の主体的参加、③災害に強いコミュニティの形成に向けた地域住民の参画の促進、④社会経済的損出の減少に向けた取組の強化を4つの柱として活動を推進していくことを明確にしている。

わが国では、IDNDRに引き続きISDRにおいても、先導的役割を果たすことを国際社会から強く期待されている。2001年には「世界防災会議2001」が兵庫県で開催され、国連、OECD、世界銀行の今後の連携、協力についての議論が交換された。日本は、阪神・淡路大地震以前から、アジア諸国を中心に途上国に対して防災分野の国際協力を行っていたが、さらにこの大震災で得た多くの教訓について各国に紹介していくことが防災分野におけるわが国の国際貢献のひとつと認識されている。アジア防災センターは、その一環として神戸市に設立されたアジア地域の被災軽減に資するための防災関連情報を共有する情報センターであり、多国間の防災協力を推進している。

また、日本国政府は、技術協力、無償資金協力、有償資金協力、国際機関等を通じて国際防災協力を行っている。（詳細は別添参照）

2.4 地震防災の開発調査

治水、砂防等の防災計画についての開発調査は過去に実施されてきたが、地震防災計画については、平成13年度に、はじめて下記の2案件の開発調査が実施され、調査は現在進行中である。

- 1) ネパール国カトマンズ盆地 地震防災対策計画調査（平成14年3月終了予定）
- 2) コロンビア国ボゴタ首都圏防災基本計画調査（平成14年3月終了予定）

また、JICA 内に「防災と開発」調査プロジェクト研究会が発足され、防災と社会の関係という社会科学的な観点からの防災事業を再検証し、効果的かつ持続的な防災援助についての提言がとりまとめられている。(平成 14 年 3 月)

防災事業の経済評価については、治水、砂防等の分野の開発調査では経済評価が行われているのが一般的であるが、地震防災の経済評価については JICA の他調査等でも検討されている事例はない。

3. 地震防災計画に関する開発調査の背景、目的と全体調査フロー

3.1 開発調査の背景、目的

大規模な地震は周辺地域の地質構造などに起因して、一定の周期のもとに発生することが多い。また、途上国における都市は人口の集中が激しく、かつ道路を含めた公共空間率が少ないことなどに起因し、いったん大規模な地震が発生した場合は、人的及び物的などの被害がとりわけ大きくなることが過去の事例から示されている。しかしながら、財政難による公共の建物、インフラなどの耐震構造化への遅れ、建築基準の未整備ならびに規則の遵守の遅れによる地震に対して脆弱な建物の放置、および被害想定、避難計画、救助計画、復旧計画などを含めた地震防災計画の策定にかかわる経験の欠如などがあいまって、これらの対策に手がつかない場合が多いといえる。したがって、開発調査では個別の地震防災対策プロジェクトの計画というよりも地震防災対策についての防災基本計画を総合的に策定することが一般的である。

以上を背景に、地震防災計画にかかわる開発調査は、特定の都市または都市圏を対象として、主として次の 2 つの項目を目的として調査が行われている。

(1) 予防的防災計画の策定

対象とする都市の周辺において、ある程度の規模の地震の発生を想定し、これに対する人的、物的および社会的な被害想定に基づいて、この被害を最小限にするために必要な方策を検討し、これを実施に移す方策とあわせて予防的防災計画として策定しようとするものである。これには、地震に関する観測体制の整備、震災対策の推進、耐震基準の作成(または見直し)、既存施設の改修、建物の不燃化対策、防災拠点の整備、被災時の緊急の電気、ガス、上下水道、通信網等の機能整備、液状化対策、津波対策等が含まれる。

(2) 災害救助支援計画の策定

一方、いったん災害が発生すると、人的、物的および社会的被害に対して、国内、海外から広く助力を含めてこれを救助し、当面の生活の確保および災害以前の状態へ復旧するための支援活動を実施することとなる。災害救助支援計画は災害が発生する以前に、指揮系統の明確化、非常時の治安維持の方策、人命救助の体制、復旧計画の担

当所管組織および財源の明示、必要に応じて緊急的立法措置の処置などを含めて、これらの包括的で具体的な計画策定を提言するものである。

(3) 地震防災情報システムの整備

開発調査では、上記の2項目を支援する地震防災情報システムの整備計画が策定されることが一般的である。これは、地図情報システム（GIS）を活用して、社会条件（人口・世帯数、事務所等）、自然条件（地盤・地形等）、公共土木施設（道路、鉄道、港湾、空港、供給施設等）、防災施設（行政機関、病院、避難施設等）等のデータを登録しておくものである。

この防災情報データベースをもとに、GISの機能を使ってデジタル地図上で情報の統合的な管理、活用が可能となる。すなわち、防災の各段階において、①事前の被害想定と防災計画のサポート、②地震発生後の被害の早期評価、③応急対策のサポート、④復旧・復興のサポートのための有用なツールのひとつである。

3.2 地震防災の開発調査の全体調査のフロー

図1は、地震防災計画の調査実施フローの一例である。

(1) 都市の現状把握

人口、土地利用および建物分布状況、道路および橋梁インベントリー、その他のライフラインの状況などについて現状を把握し、都市構造を把握すると共に、過去の災害履歴も同様に把握に努める。民族・文化の形態は地域ごとに違うことからコミュニティ防災の性質も自ずと異なるので、この段階ではそのような構造の相違を見極めることも後の防災計画を立てる上で重要である。また、都市の産業構造、産業別の就業人口等の経済にかかる現状を把握し、被害想定等の基礎資料とする。

(2) 災害評価

1) ハザード評価

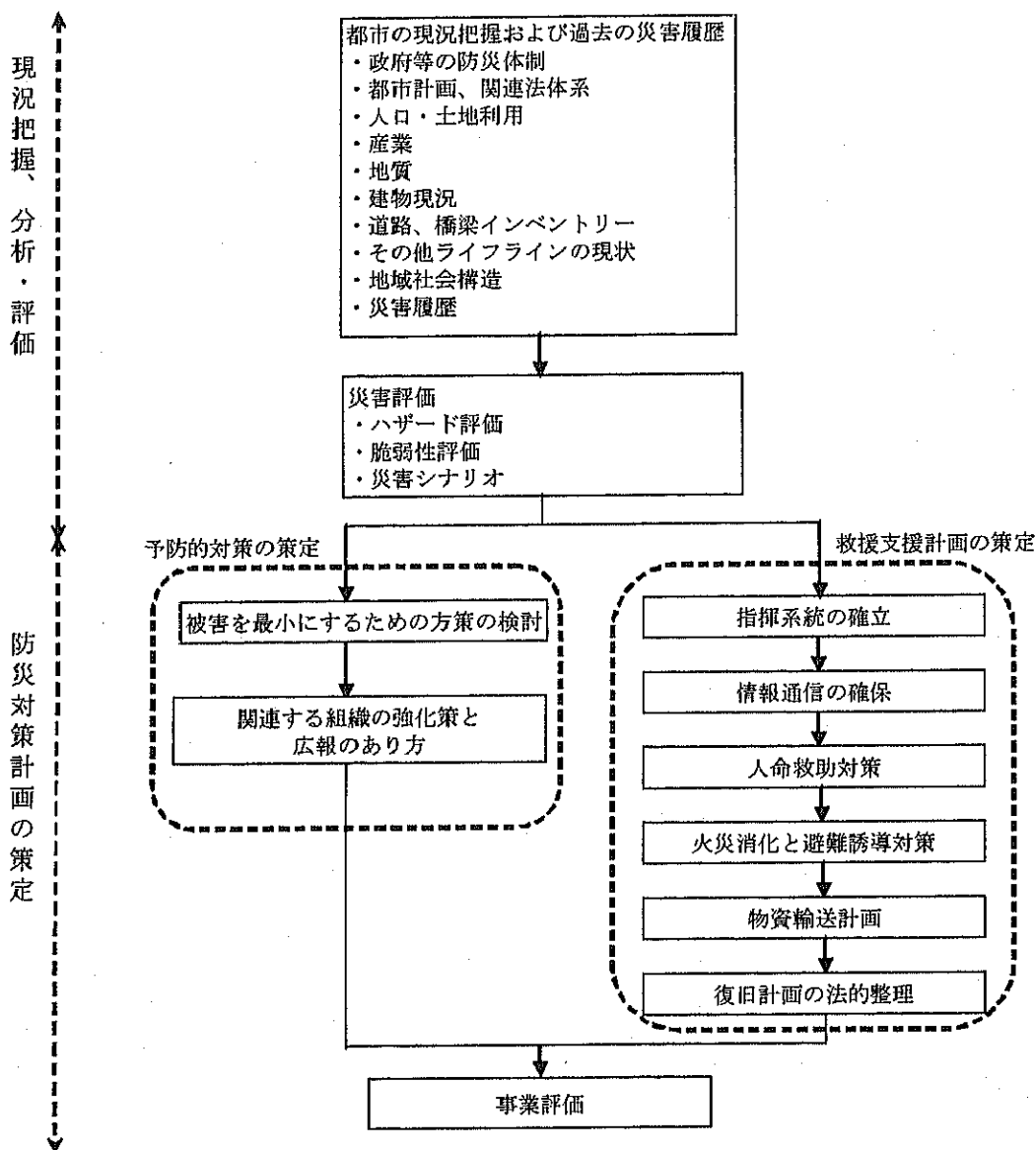
活断層、プレートの配置状況などの地質状況を把握すると同時に、過去にどの程度の規模の地震がどの程度の間隔で発生しているかなどを踏まえて、大規模地震の規模および発生周期から、地震（プレート型大地震、直下型地震）、地震動分布（最大加速度、震度）、被害予測（建築物、インフラ/ライフライン、斜面崩壊、火災等）を行う。

2) 脆弱性評価

インフラ/ライフラインならびに生産施設（道路、橋梁、歩道橋、上下水道、電力、ガス、通信等）、人的影響（生命と生活の破壊）、社会、経済、環境ならびに統治機能への影響（経済成長、開発計画/保健衛生/日常生活/統治機能）などについて想定災害時の脆弱性の把握に努める。

3) 災害シナリオ

その国の既存の国家防災計画・自治体の防災対策などで検討されている既存災害シナリオを見直し、上記調査結果に基づいて新たな災害シナリオを想定する。シナリオは地震発生後の経過を時系列的に記述し、地域ごとの物的・人的被害、時間の経過とともに拡大する社会混乱も含めた、より現実的で説得力を持たせたものでなければならない。



出典： 「ネパール国カトマンズ盆地地震防災対策計画調査」ならびに「コロンビア国ボゴタ首都圏防災基本計画調査」の調査フローを参考にして作成した。

図 1：地震防災計画の調査フロー（例）

(3) 予防的対策の策定

1) 被害を最小にとどめるための方策の検討

建物およびその他の構造物については、耐震性の強化策。さらに人的被害削減を図るための非難計画、災害に強い都市計画のあり方など、被害を最小にとどめるための方策を検討する。

2) 関連する組織の強化と広報

以下のような組織と体制について検討を加える。

- ・ 政府及び地方政府（または市役所）の関連組織として、地震防災計画を所管する組織と体制のあり方を検討する。
- ・ 一般市民の組織作りの方策
- ・ 日常的対策の検討、必要な情報の公開、広報活動計画、避難訓練などについて検討する。

(4) 災害救助支援計画の策定

地震による被害が発生した場合に、以下のような事項に対して、救助支援計画を策定する。

1) 指揮系統の確立

警察、消防、その他の災害救助支援活動に対して、これを一元化して指揮する法的側面および実際の指揮系統を確立する。

2) 情報通信の確保

発生した被害の状況把握に応じた必要な救助支援活動を実施に移すための情報通信を確保する方策の検討。

3) 人命救助対策

災害によって負傷もしくは閉じ込められた者などに対して、救助方法、現場での応急手当、病院などへの移送方法などについての対応方策を検討する。

4) 火災消活動と避難誘導対策

発生した火災に対して、緊急車両の確保、消火活動、避難移動などの実施方策について検討する。

5) 物資輸送計画

避難、救済者と救助活動従事者などに対する必要物資の輸送と、指定された警戒道路の交通の確保などを含めて輸送方法の確保策の検討。

6) 復旧計画の法的整理

緊急復旧、中長期的復旧計画などの骨子の策定と同時にこれらの法的な整理。また、具体的なライフライン確保、住居施設の復旧、その他の復旧に際して考慮すべき内容項目を検討する。

(5) 事業評価

提案された事業について、技術、社会、環境、経済的側面から評価する。

3.3 現在進行中の開発調査の概要

(1) ネパール国カトマンズ盆地 地震防災対策計画調査

カトマンズ盆地（人口約 150 万人）を中心に、効果的な地震対策の立案に資する情報、データ整備を行い、組織・制度整備等に係る対策を中心とした地震防災計画を策定する。本調査の調査・提言する施策の最終ゴールを①カトマンズ住民の生命と財産を守る、②経済の復興を促す（社会経済の強化）、③国家機能の安定を確保する（災害時の統治能力を守る）、と設定した。その最終到達目標に向けての本調査の目的は、①地震防災計画の策定・提案、②ネパールへの技術移転、③地震防災のためのデータベースと地震被害想定を作成、である。

(2) コロンビア国ボゴタ首都圏防災基本計画調査

ボゴタ首都圏（人口約 850 万人）を対象に、起こりうる災害を予測し、効果的な防災計画の立案に資する情報、データ整備を行い、組織・制度整備等ソフト面に係る対策を中心とした防災基本計画を策定のうえ、同計画の実施にあたって必要となる技術、知識などの技術移転を行う。本調査の目的は、①ボゴタ首都圏の防災計画の策定・提案、②調査実施を通し、カウンターパートへの技術移転をはかる、③防災のためのデータベースと災害被害想定を作成、である。

2つの案件では、主として被害想定のためのデータベースの整備、ならびに、今後、地震防災プロジェクトを形成するための調査の提言がされている。例えば、不燃化事業、既存の橋の架け替えのプロジェクトが提案されているのではなく、それらの事業ための調査が提案され、調査費の見積もりがされているのみである。したがって、経済評価の対象とはならない。地震防災対策計画にかかる開発調査は今年度開始されたものであり、調査の内容ならびに提言される計画内容については、今後、検討が重ねられる方向にある。

4. 地震防災事業の経済評価の必要性和課題

4.1 地震防災事業の経済評価の必要性

国際社会は地震被害による人的、資金的コストの急増に直面しており、国連の国際防災戦略等においても、地震によるコスト発生を防止するための効果的な戦略が重要との認識を深めている。経済評価手法は、現在の投資とその結果としての将来の効果を比較して、現在投資することが効率的かどうかを評価する手法であり、地震防災事業への投資と将来の投資効果である被害の軽減を比較・評価するためには、有用な評価手法である。

特に、開発途上国では災害に対する基盤整備の遅れ等から、災害には脆弱である。自然災害の中でも地震による被害は人命ならびに資産の直接被害額とも甚大であり、持続的な発展の過程をも後退せざるを得ない状況が往々にして生じる。地震防災事業の適切な経済評価が行われれば、途上国においても防災事業への投資の必要性がさらに認識され、地震防災事業の推進につながるであろう。

例えば、開発調査で策定された防災基本計画に対しても、当該国政府は財政の制約のなかで当該事業に投資をするかどうかを決定しなくてはならない。地震防災事業の代替案のあいだでの比較による優先代替案の選定、投資の順序の決定、または地震防災事業と他の防災事業（治水、砂防等）等への投資配分にかかる政策決定の際には、投資効率性の指標である経済評価の結果が必要である。最適な財源配分による効果の最大化は、防災投資の基本である。

4.2 地震防災事業の経済評価のための課題

地震防災事業の経済評価のための議論は大きく次の4点に集約できる。いずれの課題も経済評価の基本的な前提にかかわることである。

- 1) 人命価値の評価
- 2) 地震の発生確率の設定
- 3) With、Without Case の設定
- 4) 被害の貨幣価値への変換

(1) 人命の価値の評価

地震の防災計画の目的は、地震による被害、とりわけ人命の被害を最小にとどめることが目的である。表1に示したとおり、地震災害においては、死亡者が他の自然災害と比較して高い。経済評価では、投資の効率性を示す経済指標である経済内部収益率

(EIRR) 等で事業を評価するためには人命の価値を評価せざるを得ず、抵抗があるとの議論がある。人命を貨幣単位で表すことは、交通分野の経済評価における交通事故死減少の便益等、他のインフラの経済評価では貨幣化が試みられている例はあるが、地震防災の経済評価においては、人命の貨幣価値での評価の是非については検討が必要である。

(2) 地震の発生確率

経済評価はもともと不確実性を含むものであり、地震防災事業の経済評価を行うには「将来の地震の発生確率」という更に不確実な点を含まざるを得ない。

国内の地震防災事業の経済評価マニュアルでは、地震の再来期間については、以下のように扱われている。

都市防災推進事業 事業評価マニュアル：

本マニュアルは、平成10年の「建設省所管公共事業の再評価実施要領及び新規事業採択時評価実施要領について」に基づいて、都市防災推進事業を対象にその事業効果を評価するために作成されたものである。以下は、イタリック体の部分を除いてマニュアル本文からの引用である。

本マニュアルに基づき、不燃化促進事業の費用効果分析を考えると、事業の行われている地域がどの程度の頻度で大規模地震に見舞われているかと考えるかで、効果の計測が大きく変わる。「滅多に地震が来ない」という見做しを行う場合と、「遠からず地震が来る」という見做しを行う場合と、それぞれどの程度の地震再来確率を採用したら良いか、地域の特性等を考え合わせて慎重に判断する必要がある。

耐用年数中に地震が発生する確率 (P_e) については：

$$P_e = 1 - (1 - 1/T_e)^t$$

但し、地震再来期間： T_e 、耐火建築物耐用年数： t

(例えば、地震再来期間200年、耐火建築物耐用年数50年とすると、耐用年数中に地震が発生する確率は $P_e = 1 - (1 - 1/200)^{50} = 0.222$ 、22.2%と推定される。また、マニュアルでは、それが設定された経済評価期間、例えば、1年目から50年目までの何年目の年に発生するかの確率はそれぞれ1/50と想定されて被害軽減額の計測がされている。)

(3) With、Without Case の設定と地震の被害想定

経済評価は、プロジェクトに投資が実施された場合 (With case) と実施されなかった場合 (Without case) の費用と便益を比較して定量化することを原則としている。地震防災事業の費用は事業の投資ならびに運営・維持管理のコストであり、便益は事業に

より軽減される地震被害といえる。経済評価には、With case と Without case の両方のケースでの被害想定⁵を行うことが必要であるが、過去の震災の数が少ないためにデータが限られており、厳密な予測は難しい。途上国を対象とする開発調査では、困難さはさらに増す。

「ネパール国カトマンズ盆地地震防災対策計画調査」では、過去にネパールにおいて地震被害予想を前提にしたデータの蓄積がないためにデータ不足は否めなく、その精度に限界があるとのことわりはあるが、ハザード・リスク分析・評価で被害の想定（数量）を行ない、シナリオ地震（3つ）、震度、建物被害、人的被害、インフラへの被害等を科学的に想定した結果をまとめている。しかしながら、経済評価のためには加えて、被害額の算定ならびに防災事業を行った場合の被害の軽減額の想定作業が必要である。

(4) 被害の貨幣価値への変換

他の自然災害と比較した地震被害の特性は、地震が突然に発生することによる被害回避の困難さ、被災した場合の人身被害の重大さ、また、直接被害から波及する営業停止等の間接被害の大きさならびに復旧、復興までに長い時間がかかることである。自然災害による被害額の算定については、治水、砂防事業等では経済評価が行われており貨幣化の手法については既に議論がされてきている。但し、地震の間接被害の想定については、過去の被災データの蓄積不足等から想定には限界がある。

以上に述べたように、「シナリオ地震の発生確率と評価期間中の年毎の発生確率の評価手法についての問題」が解消されれば、前提条件を提示して地震防災の定量的な経済評価が行えるであろう。しかし、地震の発生確率については、様々の研究、議論がなされており、地震防災の開発調査のなかでこれをどのように扱うかについては、調査全体のフローのなかでも重大な問題であり、今後、継続的な検討が求められる。

地震防災事業についての費用便益分析による経済評価が行われている例は、日本国内の公共事業においても稀であり、「都市防災推進事業・事業評価マニュアル」（前出）に基づいて都市防災不燃化促進事業で費用便益分析が行われている例が数件あるのみである。

⁵地震の被害想定：多くの研究者によってさまざまな計算手法が開発されてきたが、過去の地震の被害結果を元に、横軸を地震の揺れの大きさ（震度、地表最大速度、地表最大化速度）、縦軸を被害の大きさ（建物大破数、死者数等）としたグラフから最小二乗法で簡単な計算式を作成し、その計算式を用いて被害想定を行う方法が一般的です。しかしながら、過去の震災の数が少ないため、データが極めて限られており、今後生じる震災被害を厳密に予測するというよりも、震災対策を充実するための概ねの手法と考えられます。（引用：地震被害想定マニュアル：内閣府）

海外でも、費用便益分析の手法研究、過去の事例を使ったケーススタディ等はあるが、開発途上国における総合的な地震防災事業計画において経済評価が行われている例は、おそらくない。

以下のパートでは、地震の発生確率の想定についての議論を除いて、地震防災事業の経済評価手法について検討を行う。

5. 地震防災事業の経済評価手法

5.1 地震防災事業の経済評価のフロー

地震防災事業の効果は地震によって想定される直接、間接の被害の軽減である。経済評価では、事業を実施した場合と実施しない場合における、評価期間中の費用と便益を現在価格で比較して、事業への投資効率の妥当性を評価する手法である。

図2は、調査全体のなかで経済評価と関連の深い作業のフローと経済評価のフロー、ならびにその関連を示している。地震防災事業の経済評価をするためには、一般的に次の9つのステップが必要となる。

- ① 調査対象域内にある現在および将来の資産額、経済生産の想定：調査対象地域を地区に分けて、地区ごとに建物、家財、資産の金額、および工業、サービス業等の生産額、就業人口等についてのデータを収集する。また、将来社会経済フレーム、土地利用、主要な開発計画に基づいて、地区別の将来資産額、工業、サービス業等の生産額を想定する。
- ② 過去の地震の発生とそれによる被害についてのデータ収集と解析：過去の地震の規模とそれによる地区別、資産別の被害額、被害率の分析等。
- ③ 災害シナリオの想定 (Without case)：地震発生と災害のシナリオについて地震の規模、発生確率、被害規模（直接被害の量）を想定する。
- ④ 地震防災計画の策定
- ⑤ 災害シナリオの想定 (With case)：地震防災事業が実施された場合の被害規模（直接被害の量）を想定する。
- ⑥ 経済評価の評価期間および評価期間中の年ごとの発生期待確率の想定

- ⑦ Without case と With case のシナリオ地震発生による被害額の想定：地震防災事業が実施されない場合と地震防災事業が実施された場合のシナリオ地震発生による将来の被害額を想定する。
- ⑧ 便益の想定：地震防災事業が実施された場合（With case）と実施されない場合（Without case）の評価期間中の被害額を比較して便益（With case で軽減される被害額）を算定する。
- ⑨ 経済評価：事業が実施された場合（With case）の便益（被害軽減額）と事業のコストを比較して経済評価を行う。便益ならびにコストは経済価格に変換されて評価される。

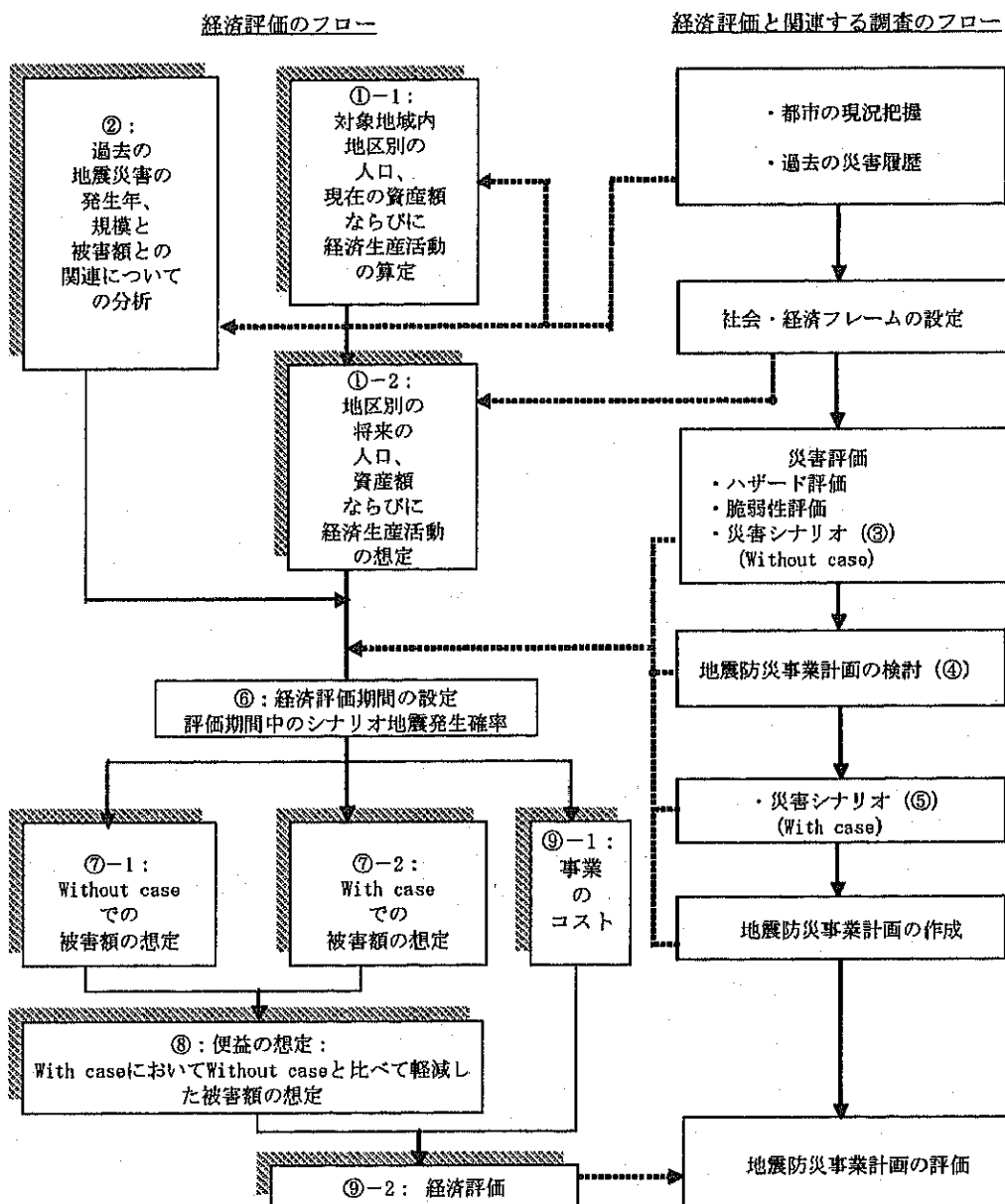


図 2：地震防災事業計画における経済評価のフロー（例）

9つのステップの作業なかで、従来から経済評価が行われている他の分野、例えば治水事業の経済評価と比較して、地震防災事業の経済評価において困難なのは、以下の想定作業であり、これらの作業がある程度の確実性をもって科学的に想定可能かということが課題である。

- ③災害シナリオの想定における「地震の規模の想定」、「発生確率の想定」
- ③および④における Without case と With case の各々のケースの「被害想定」
- ⑥のステップにおける評価期間中の「年発生期待確率の想定」

5.2 想定される地震被害

主な被害項目及び被害の内容は以下のようなものが想定される。逆に、地震防災事業の効果はこれらの被害の軽減である。

地震による被害の想定については、内閣府防災部門のホームページにおいて「地震被害想定支援マニュアル⁶」が公開されている。

5.2.1 直接被害

(1) 建物の崩壊

発生する地震の規模によるが、揺れによる直接的な崩壊、破壊と液状化現象の発生に伴う建物の倒壊、破壊が想定される。これらは建物の耐震強度と地震の強度および建物の基礎の強度と液状化の大きさとの相関によって発生する。

これによって、建物自体の資産の損失と、中に居住または業務に従事していた人の命が損なわれる。また、建物のブロック塀の倒壊、落下物による被害も想定される。

(2) 建物以外のインフラの破壊

道路、上下水道、電気、ガス、通信施設などが対象であり、以下のようなものが想定される。

⁶地震被害想定支援マニュアルのホームページ：<http://www.bousai.go.jp/manual>

表 2：インフラの被害と内容

項目	被害内容	摘要
道路、橋梁	ひび割れ、段差、土工部、構造物の崩壊、破壊など	緊急車両を含めた自動車交通の途絶
航空、鉄道、港湾などの交通施設	滑走路の亀裂、ターミナルの破壊、鉄道施設の破壊など	空港の閉鎖、鉄道運転の停止、脱線
上下水道	埋設管の破壊、処理場の破壊などによる漏水または途絶、流下機能阻害	上水の途絶と衛生面の欠如
電気	発電所、中継施設、送電施設などの破壊とこれによる送電の途絶	送電の途絶、道路交通などへの障害
ガス	供給施設、ガス管の亀裂、破壊などによる	ガスの途絶と爆発の発生
通信施設	通信拠点施設の破壊、電柱の倒壊、電話線の切断など	国内・国際通信の途絶とTVの途絶

(3) 火災の発生

化学製品工場、危険物貯蔵所、高温電気機器を扱う商店、事業所などから一般家庭にいたるまで、状況に応じて火災が発生する可能性を持っている。さらに火災は、発生する場所、時間、規模、風向きと強さなどによって延焼することが予想され、円滑な消火活動に支障があるような状況下では大規模火災に至ることもある。道路上の自動車の火災等により救助活動も阻害される。

これによって、人命の損失および建物などの資産の損傷、消滅が発生する。

(4) 斜面などの崩壊

降雨などの自然災害と同様に、ゆれによって斜面そのもののすべり、用壁の倒壊などによって斜面が崩壊する。

これによって、住居などの施設が破壊される被害が発生すると同時に、状況に応じ居住する人命の損失が発生する。

(5) 堤防などの決壊

都市内に天井川が存在する場合は、堤防の決壊と同時に洪水が発生し、規模と状況によって周辺地域の建物資産の損失および人命の損失が発生する。

(6) 津波の発生

地震による海底の急激な上下変動や地形変化により海面上に津波が生じる。津波の規

模は通常、地震の規模に比例する。津波は発生した場所から時速数百 km の速さで伝播し、海岸に到達するまでに増幅効果等で何倍もの高さになり、特に湾内に入ると更に高くなる。市街地まで遡上した場合は、建物の流出による崩壊および人命の損失が発生する。

(7) その他の被害

実際には、ひとつ一つの項目を列記出来ないほどに多岐な被害が発生する。

例えば、開発途上国では、地震によって治安の悪化が生じることも心配される。被災地では救援物資不足から、略奪等が発生することもある。例えば、コロンビアのキンディオでは1999年の地震の際、暴動が起き、無政府状態が3日続いて軍隊が出動した。被災地一帯ではスーパーマーケットなどの略奪が数百件を超えた。

また、不特定多数の人々が高密度に集まっている密閉空間におけるパニック等による人的被害も想定される。

5.2.2 間接被害

建物の崩壊等による生産活動の中断、輸送の途絶などによる影響、水、電気、通信等の途絶による生産活動の中断の被害が想定される。特に、大都市を襲う地震では間接被害が大きくなる。例えば、神戸・淡路大地震における水道の断水は8府県に及んだ。電気の回復は比較的早く地震後7日で応急送電されたが、水道やガスは完全復旧まで3ヶ月を要している。

人命の損失についても、直接の建物の倒壊等によるのみではなく、被災後の避難生活中に老人、病人が命を落とすことも多い。

5.3 代替案の設定と With case、Without case の設定

地震防災計画調査においては、途上国における都市の基本的なデータが欠如していることおよび調査の時間的制約条件などがあるため、人的、物的にもっとも危険な状態の改善と実施の容易性を優先させて対応策を採用していく方法はとられるものの、いわゆる代替比較案の検討をとおして最適案にたどり着くという手順をとりにくいのが実情である。

以下に述べるものは、必ずしもこれを実施しなければならないものではなく、各種対策事業が必要な投資コストに対して、どの程度の妥当性・効率性を持つかという経済評価の視点から、考えられる代替案の例としてまとめたものである。

5.3.1 予防的対策の策定

(1) With case

各種防災対策が取られたときのケース。

1) 個別のプロジェクトの評価

個別の防災対策について単独で効果が計測可能なプロジェクトの場合で、具体的には以下のようなものが With case として設定可能と考えられる。

- ・ 地震の揺れの大きさと加速度による、建物崩壊に対する補強および新しい設計基準の施行に基づく建物の構築が進んだ場合
- ・ 既存インフラ施設の改修を行った場合
- ・ 建物の不燃化事業を進めた場合
- ・ 危険物などを含めた火災発生の危険度が高いものについての管理基準を強めた場合
- ・ 避難計画を策定した場合、等

2) 防災対策計画全体の評価

防災対策計画は、各種対策が総合的に実施された場合を With case とする。但し、開発調査の限られた予算と期間内で、防災総合対策計画の策定を行なうのは難しい。

(2) Without case

上記に述べた各種対策が採られない、現状のままで地震が発生した場合の状況を Without case とする。

5.3.2 災害救助支援計画の策定

この項目については、With case と Without case の結果としての被害想定の違いが様々な前提条件によって大きく変化し、また人命、建物損失などの具体的な被害の数値に置き換えることが非常に困難であるから、災害救助支援計画は現状では経済評価の対象としてなじまないと考えられる。

5.4 経済評価へのインプット項目

上記に述べたような経済評価のために必要なインプット項目は以下のようなものである。途上国でのデータの存在の可能性により、データ収集の困難な項目もある。

(1) 発生する地震の規模と確率

想定する地震による被害の算定の基礎となる地震の規模、および、これがどの程度の周期で発生するかについては、地震防災開発調査の本質的な問題であり、いくつかの前提に基づくものの、これを調査の中で設定する必要がある。通常、経済評価のための期間としては20-50年を採用することが多いが、大規模地震の発生周期はこれを超えるものが通常であり、経済評価での比較期間の扱い方にもかかわってくる。

(2) 被害区域の設定

震度、液状化現象、斜面崩壊、土地利用、人口分布等から被害区域を想定する。

(3) 想定被害（直接被害）

With case および Without case について被害状況の差を示す指標が必要であり、具体的には以下のようなものが必要となる。開発途上国ではデータの蓄積が限られているため正確な想定には限度がある。

1) 建築物の被害想定：一般家屋、事務所、工場などの被害

- 地区別現況建物の大きさ、用途、階数、構造別の倒壊数（または率）
- 建物の構造別延焼率（または数）

2) 公共施設の被害想定：学校、病院、消防署等の被害

3) 道路、橋梁：不通箇所、落橋・倒壊

4) 航空、鉄道、港湾等の交通施設

5) 都市のライフライン：上水道管、下水道管、送電線、電話線および供給施設

6) 人的被害：負傷、死亡

(4) 想定被害

建物の倒壊、交通の遮断、ライフラインの機能停止、人的被害から発生する営業停止等の間接被害について可能な範囲で想定する。

5.5 経済評価のための一般的な前提条件

経済評価のためには以下の項目について前提条件の設定が必要である。

(1) 評価期間

評価対象期間は概ね50年間とする。地震の発生周期は50年以上のことが多いが、経済評価では、50年を超える将来のコスト、便益については割引率で現在価値に変換し

た場合に評価結果への影響が非常に少ないので50年以上の評価期間は、通常は設定しない。

(2) 経済価格への変換方法

便益、コストを経済価格へ変換する方法を決める。(変換の方法については共通編を参照。)その方法に従って、必要なシャドーレート、コンバージョンファクター等を設定する。

(3) 割引率 (Discount rate)

NPV、B/C Ratio での評価に必要な資本の割引率を設定する。通常は10~12%であるが、当該国の状況等を考察のうえ決定する。

(4) リスクプレミアム

壊滅的な被害を防止する効果については、リスクプレミアムを考慮できるとの考え方が⁷ある。地震防災を含む防災プロジェクトでは以下のような割引率、シャドーレートで別途評価することも出来るとしている。これについては、必要であれば感度分析で想定を変更して評価結果を分析することを薦めたい。

- 1) リスクのある体系において、全体としてリスクを低下させるプロジェクトは、通常の投資の期待限界効率よりも低い割引率で評価する。
- 2) 危機的状況でもたらされる便益は、通常の価格より高いシャドープライスを用いて評価する。

5.6 コスト

経済評価でのコストは Without case と比べた With case における追加的なコストのみが算入され、コストは評価期間中のコストを年ごとのキャッシュフローとして算定する必要がある。

(1) 事業の投資コスト：

- 防災計画のための土木工事費、設備費、資機材費等を含む。ソフトの対策費用についてもプログラムの内容を検討して必要であればコストに含める。
- 経済評価においては、技術的予備費 (Physical contingency) はコストに含めるが、インフレーションの予備費はコストに算入しない。

⁷ 出典：建設省河川局「治水経済評価マニュアル (平成12年5月)」のリスクプレミアムを参照。野口悠紀雄 青山学院大学院教授 (経済セミナー/3/1982) によるとの記述である。

- 設備、資機材等で評価期間中に耐用年数が終わったものについては再投資を計上する。評価最終年で継続して利用可能、または他へ転用可能な資本財の残存価格は最終年にマイナスのコストとして計上する。但し、一般的には、評価期間を50年とすると残存価値の計上はほとんど評価結果に影響を与えないので必要に応じて計上する。
- 埋没コスト：経済評価においては、埋没コストは追加的なコストとは認められないので当該案件のコストとはみなさないのが原則である。

(2) 事業の維持管理費：

- 毎年の維持管理費を計上する。インフレーションはコストに算入しない。

上記の市場価格で積算したコストを定めた方法で、経済価格に変換する。

便益の抽出と定量化および評価指標の算定は次章に纏める。

6. プロジェクトの便益の抽出・定量化と評価指標の算定

6.1 プロジェクトの効果と便益への算入

地震防災に伴う典型的な事業の効果は図3のとおりである。

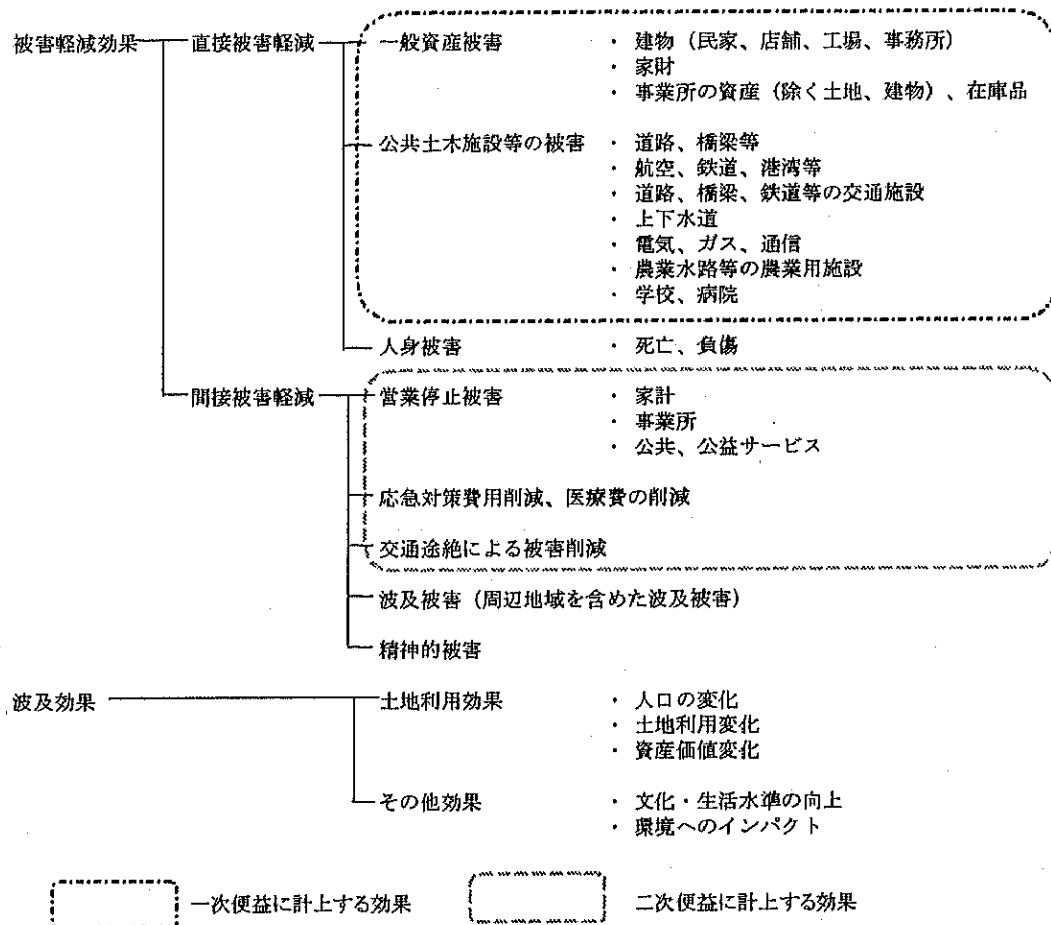


図3：地震防災事業に伴う効果体系

地震防災分野の経済評価での便益の計測では、被害の軽減効果のうちの直接被害の軽減効果を一次的便益として計測する。また、間接被害軽減効果のうち定量化可能なものについては、二次便益として別途計測する。

表3に、地震防災事業での効果を、①便益に算入する効果（一次便益に計上する効果）、②便益への算入はプロジェクトのタイプによる効果（二次便益に計上する効果）、③便益への算入が難しい効果に分類して示した。

また、地震防災分野の経済評価では、人身被害の軽減については、貨幣価値に変換して便益に算入することはしない。

表 3：地震防災プロジェクトの効果と経済評価の便益算入

効果項目		① 便益 算入	② 便益算入 はプロジェ クトのタイプ による。	③ 便益へ の算入 は難し い
直接被害軽 減効果	一般資産被害の軽減（一般家屋、工場、店舗、事務所の建物、その他資産の被害の軽減）	○		
	公共土木施設等の被害軽減	○		
間接被害軽 減効果	営業停止の被害軽減		○	
	応急対策費用削減		○	
	交通遮断被害軽減		○	
	波及被害の軽減			○
	精神的被害の軽減			○
波及効果	環境へのインパクト			○
	地域開発効果			○

(1) ①便益に算入する効果項目

地震防災の経済評価では、人身被害以外の直接被害の軽減を計測可能な便益として定量化し、一次評価を行う。

(2) ②便益への算入はプロジェクトのタイプによる効果項目

間接被害軽減効果については過去の被害データなどの資料を最大限に活用して可能なものは定量化して便益に計上して、二次評価を行う。

(3) ③便益への算入が難しい効果項目

被災による精神的被害についての計測は難しい。また、地域開発効果（土地利用の高度化）については、定性的な表現、または当該地域の将来 GRDP の増加、土地価格の上昇も可能性等を総額で提示して、そのための当該プロジェクト実施の重要性を記述するのに留めるのが妥当である。

(4) 人身被害の軽減

地震防災計画では人身被害の軽減が事業の主たる目的であり、事業の効果である。また、地震災害では、洪水等他の災害と比較すると、一旦重大な災害が発生した場合には、被害の回避が困難であり多くの人命が失われることとなる。

しかしながら、人身被害の軽減効果については、主として以下の理由から便益算入は行われない。事業の実施によって救えると期待される人命数を想定して、評価する。

人命を貨幣価値で定量化して便益に計上するプロセスは人間の社会的価値に差を付けることになり受け入れ難い。事業の対象国または地域の経済状況によって人命の価値を評価することは出来ない。

また、地震防災事業で人命救出の価値を便益に計上して EIRR 等を計測すると、人命の価格の高低が評価の結果を左右することになり、適当ではない。

人命損失の被害軽減効果は、直接効果ではなく営業停止等の間接被害軽減効果として部分的には評価可能である。

6.2 Without case、With case のにおける評価期間中の被害額の算定

評価期間中の便益を想定するためには、Without case、With case のにおける被害額を算定、比較して被害の軽減額の想定をする必要がある。更に、経済評価では、将来の価値を現在価格に割り戻して便益、費用を比較するという手法をとるため、評価期間中の何年目に被害が発生するかを想定しなければならない。評価期間中の被害額の想定には以下の手順が必要である。

1) 想定されるシナリオ地震の規模と発生確率の設定

- 特定地域において、ある大きさ（加速度）の地震が評価期間の間に発生する確率を想定する。
- 経済評価期間中のシナリオ地震の年毎の発生期待確率を設定する。

毎年の発生期待確率は、「評価期間の間の発生確率」×「1/評価期間」とするのが、地震の再来期間の長さを考えると次善で方法である。

2) シナリオ地震による被害額の想定

3) 提案された防災事業を実施したことによる被害の軽減額、すなわち便益の想定

6.3 便益の定量化

表 3 に示した効果の一般的な便益の定量化の方法は以下のとおりである。

6.3.1 直接被害軽減効果

(1) 一般資産被害の軽減効果

一般資産（一般家屋、店舗、事務所、工場等）について、建物資産（土地を除く）、家財、生産設備、在庫等の直接の被害額の軽減効果を便益として計上する。資産価値については被害調査による結果、被害の程度については被害率等による算定に基づく。将来の社会経済フレームに基づく、期待される資産額の増加を考慮する。

(2) 公共土木施設等の被害軽減効果

道路、橋梁、下水道および都市施設ならびに電力・ガス・水道・鉄道・電話等の公益事業施設等の被害額の軽減効果を便益とする。想定被害額については、過去の被害復旧額等を参考にして算出する。

6.3.2 その他便益

(1) 間接被害軽減効果

間接被害の軽減効果は、営業停止の被害軽減効果、応急対策費用削減効果、医療費の削減、交通遮断被害軽減効果、更に、それらによる波及被害の軽減効果、ならびに精神的被害の軽減効果等の項目を含む。

1) 営業停止の被害軽減効果

地震災害による直接的な被害は、復旧に日数がかかり、直接被害から波及的に生じる間接被害も長期間継続ことが一般的である。途上国の都市では、この傾向はさらに大きくなる。建物・設備の被害、交通の遮断、ライフラインの機能停止、地震による需要減少などによって、事業所は廃業、一次営業停止などの対応を迫られる。従業員の解雇等の処置もとられる。

これらの間接被害の軽減効果は、客観性、合理性のある方法により定量化が可能であれば便益に算入する。例えば、過去の被害のデータ、直接被害（建物、交通、ライフライン等）から想定される事業所等の廃業率、営業停止期間、ならびに事業所の登録件数、産業ごとの GDP、産業ごとの従業員 1 人当たりの付加価値額等から被害軽減便益を算定する。地震の多発都市は観光都市であることも多い。被害区域が観光地等で観光客減少による観光収入の減少が推計可能であれば、被害軽減便益として計上する。

2) その他の間接被害軽減効果

応急対策費用削減効果、医療費の削減、交通遮断被害軽減効果も可能であれば定量化して便益に算入する。但し、上述の営業停止による被害軽減便益と二重計上しないようにする。また、これらの間接被害からの波及する被害の軽減効果、ならびに精神的被害の軽減効果については実際の軽減額の算定は難しい。

計測可能な間接効果は、二次的な便益として別途計測する。

(2) 地域開発効果

地域開発効果（土地利用の高度化）については、定性的な表現、または当該地域の将来 GRDP の増加、土地価格の上昇も可能性等を総額で提示して、そのための当該プロジェクト実施の重要性を記述するのに留めるのが妥当であろう。

6.4 経済評価結果と感度分析

6.4.1 経済評価指標等の算定

人命被害軽減の効果については、事業の実施によって救助されると期待される人数を計測して評価する。

経済費用、定量化した便益のキャッシュフローをプロジェクトの評価期間について推計した後、経済内部収益率 (EIRR)、純現在価値 (NPV)、費用便益比 (B/C) を算出する。算出に当たっては、表 3 の「①便益に算入する効果」のみを定量化して、一次的経済評価指数を算定する。その後、追加的に便益に算入すべき効果を計測して、二次的経済評価指数を算定する。

6.4.2 感度分析

感度分析では、評価結果に大きな影響を与える要因の変更による、救助される人命数、コスト、便益の増減の可能性を検討する。また、コスト、便益の増減については、評価指標の算定結果への影響を分析する。

地震防災の場合は、例えば以下のような要因を考慮する。

- 地震の発生確率
- 地震の規模、想定被害率
- 地震の発生時間帯
- 防災事業への投資時期
- 割引率、シャドーレートのプレミアム
- 投資コストの上昇（例えば 10～20%の増減）

地震防災分野の経済評価では、感度分析は特に重要である。例えば、「規模の大きな地震が発生すると想定の場合」、「地震発生確率の高い想定の場合」、「被害が大きくなる季節、時間に発生すると想定する場合」等、想定される地震発生シナリオを検討して EIRR 等の評価指標への影響、人命の被害の軽減等を分析することが重要である。これら感度分析のケースの設定ためには、複数の地震発生シナリオ、それによる複数の被害想定シナリオを、それぞれの作業段階で作成する必要がある。

別添1：人命価値の貨幣化手法の例

人命の価値を算定する場合の一般的な方法としては、以下の手法が検討可能である。

1) 人的資本の機会費用による計測

人的資本の機会費用、すなわち死によって失われたであろう将来の所得から算定する。交通案件の交通事故死の削減効果等の貨幣化では使われている計測手法である。

2) ホフマン係数による逸失利益の計測

ホフマン係数は、損害保険における死亡による逸失利益を計算するのに使用する係数で、死亡したことによって生じた将来得たであろう経済的利益の損失を計算するのに使われている。インフラプロジェクト経済評価においても使われる手法である。

逸失利益=(収入額-生活費)×就労可能年数に対応するホフマン係数またはライブニツ係数⁸

ホフマン係数は単利、ライブニツ係数は複利で将来の収入を現在価値に割引くための係数である。

1)、2)とも基本的には考え方は同様であり、いずれも将来の収入額に基づいて、収入額を現在価値に変換して人命を貨幣化している。

3) 費用効果分析

1人の死亡被害回避のために必要なコストを計測することは可能である。これによって、プロジェクトごとの人命被害回避の効果を比較できる。

⁸ 新ホフマン係数は単利計算、ライブニツ係数は複利計算を行う。年収を不変とすると逸失利益の総額(S)は：

$$S(\text{複利}) = A/(1+r) + A/(1+r)^2 + \dots + A/(1+r)^n = A(1/(1+r) + 1/(1+r)^2 + \dots + 1/(1+r)^n)$$

$$S(\text{単利}) = A/(1+r) + A/(1+2r) + \dots + A/(1+nr) = A(1/(1+r) + 1/(1+2r) + \dots + 1/(1+nr))$$

$$\text{ライブニツ係数} = (1/(1+r) + 1/(1+r)^2 + \dots + 1/(1+r)^n)$$

$$\text{ホフマン係数} = (1/(1+r) + 1/(1+2r) + \dots + 1/(1+nr))$$

開発調査経済評価要約表

－ 地震防災 －

1 提案されたプロジェクトと事業内容

調査名		国名	
調査期間		分野	
コンサル		担当	
主な提案プロジェクト 事業内容			

2 社会経済フレームワーク

	単位	現状	短期目標年	中期目標年	長期目標年
		年	年	年	年
当該国の人口					
対象地域の人口					
当該国 GDP					
実質年伸び率	%				
一人当り GDP					
実質年伸び率	%				
対象地域 GRDP					
実質年伸び率	%				
一人当り GRDP					
実質年伸び率	%				
家計所得					
実質年伸び率	%				

3 想定地震

想定地震のシナリオ	
1)	
2)	
想定地震の評価期間中の発生確率	
1)	
2)	
想定地震の評価期間中の年ごとの発生確率の想定方法	

4 With case、Without case の設定

Without case	
With case	

5 評価の前提条件

評価期間	年	
経済価格への変換方法	土地	
	貿易財	
	非貿易財	
	労働者	
割引率		
コストの見積もり年		
換算レート		

6 コスト

項目	財務価格	経済価格

7 被害想定

1) 地震が発生した時の被害数（または率）

	対象	被害				
		単位	想定シナリオ地震		想定シナリオ地震	
			Without case	With case	Without case	With case
直接被害	建物					
	主要公共施設					
	インフラ ・道路 ・橋梁					
	ライフライン施設 ・上水道管 ・下水道管 ・送電線 ・電話線					
	火災					
	人身被害 死者 重傷者 軽傷者					
間接被害	営業停止の被害					

2) 被害額算定のための単価

	対象	単位	単価	想定基礎
直接被害	建物			
	主要公共施設			
	インフラ ・道路 ・橋梁			
	ライフライン施設 ・上水道管 ・下水道管 ・送電線 ・電話線			
	火災			
	間接被害	営業停止の被害		

3) 地震が発生した時の想定被害額

	対象	単位	被害額			
			Without case	With case	Without case	With case
			直接被害	建物		
	主要公共施設					
	インフラ ・道路 ・橋梁					
	ライフライン施設 ・上水道管 ・下水道管 ・送電線 ・電話線					
	火災					
間接被害	営業停止の被害					

4) 事業の実施による被害回避期待額

	対象	単位	被害回避期待額		
					計
直接被害	建物				
	主要公共施設				
	インフラ ・道路 ・橋梁				
	ライフライン施設 ・上水道管 ・下水道管 ・送電線 ・電話線				
	火災				
	人身被害 (人数)	死者 重傷者 軽傷者			
間接被害	営業停止の被害				

8 定量化した便益

	対象	便益として定量化した効果 (〇)	
		一次	二次
直接被害軽減効果	一般資産 (一般家屋、工場、店舗、事務所等)		
	公共土木施設		
間接被害軽減効果	営業停止の被害軽減		
	応急対策費用削減		
	交通遮断被害軽減		
	その他		
波及効果	環境へのインパクト		
	地域開発効果		

9 評価期間中のコスト、便益のフロー (経済価格表示)

年	コスト			便益					ネット 便益
	投資	O&M	合計	一次便益		二次便益		合計	
				一般 資産	公共 施設等	営業 停止			
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
50									

注意：便益は一例

10 評価指標の計測結果

	EIRR	NPV	B/C Ratio	
基本のケース (一次評価)				
基本のケース (二次評価)				

11 感度分析の結果

ケース	EIRR	NPV	B/C Ratio	感度分析で 検討した要因

12 救出が期待される人命 (単位:人)

感度分析のケース	短期目標年間 (~)	中期目標年間 (~)	長期目標年間 (~)	合計
ベースケース				
感度分析のケース				

