

第9章 耐震強化施設整備プロジェクト

9.1 プロジェクトの特定

(1) プロジェクトの定義

耐震強化施設整備プロジェクトとは、耐震強化岸壁や震災時に利用するオープンスペースを整備するプロジェクトとする。

- ・耐震強化施設プロジェクトとは、「港湾における大規模地震対策施設整備の基本方針について」（平成8年12月、運輸省港湾局）に記載されている「大規模地震対策施設」の整備であり、以下の3つに分類される。

耐震強化岸壁（緊急物資対応）の整備

大規模地震による被災直後の緊急物資、避難民、啓開用建設機械等の海上輸送に充てること、及びその後は被災した港湾施設が復旧するまでの間、最小限の港湾機能を保持することを目的とする係留施設等の整備

耐震強化岸壁（幹線貨物対応）の整備

大規模地震による港湾施設の被災直後から復旧完了に至るまで、一定の幹線貨物（国際海上コンテナ）の輸送機能を確保することを目的とする係留施設（国際海上コンテナターミナル）等の整備
当施設の整備は中枢・中核国際港湾のみで行われる。

オープンスペース（緑地）の整備

被災時に港湾直背後圏住民の避難地や救援・復旧支援基地用地として多目的に利用可能な防災拠点の機能を発揮し、必要に応じ緊急物資の保管施設、通信施設等を備えた、港湾緑地の整備

- ・耐震強化部分以外の通常機能の分析に関しては、耐震強化岸壁については平常時の利用形態に対応する「ターミナル整備プロジェクト」（第 編第1～3章）、オープンスペース（緑地）については「港湾緑地整備、水質・底質改善プロジェクト」（第 編第6章）で取り扱う。
- ・耐震強化施設は、大規模地震の発生時に緊急物資を始めとした物資の取り扱いおよび周辺住民の避難地としての機能を果たすために整備される。したがって、この機能発揮に必要な施設群の整備を1つのプロジェクトとみなす。

9.2 便益項目の抽出

(1) 耐震強化施設整備プロジェクトによる効果

1) 耐震強化岸壁（緊急物資対応および幹線貨物対応）

プロジェクト実施による効果は、個々のプロジェクトによって異なるが、一般的に主要な効果は、以下の通りである。

表 -9-1 整備による主要な効果の例

効果の分類		効果の項目	効果の把握方法
利用者	輸送・移動	輸送コストの削減	便益を計測する a.
	交流 レクリエーション	-	
	環境	-	
	安全	-	
	業務	-	
地域社会	安心	震災時における被害への不安の軽減 震災後の事業活動への不安の軽減	定性的に把握する b.
	安全	地域住民の生活の維持	定性的に把握する c.
	環境	排出ガスの減少	定量的に把握する d.
	地域経済	地域の雇用・所得の減少回避 建設工事による雇用・所得の増大	計測しない e.
		港湾復旧・復興の支援 国際競争率が低下の回避	計測しない f.
公共部門	租税	地方税・国税の減少回避	計測しない g.
	費用縮減	施設被害の回避	便益を計測する h.

プロジェクト実施による主要な効果のうち、便益として計測する対象は以下の通りとする。

表 -9-2 便益として計測する対象

便益項目	計測対象
輸送便益	輸送コスト増大回避額(輸送費用、輸送時間費用)
港湾整備費用節減	災害復旧費用

<利用者>

- a. 震災時における緊急物資の輸送コストの削減（緊急物資対応耐震強化岸壁のみ）ならびに震災後の輸送コストの増大回避

耐震強化岸壁（緊急物資対応）が整備されていない場合は、震災時に「海

上負担分」の緊急物資をヘリコプター等により代替輸送しなければならない。耐震強化岸壁の整備により、港湾直背後圏住民に対して低コストで緊急物資を輸送することが可能となる。

また、耐震強化岸壁が整備されていなければ、震災後に荷主は代替港を利用せざるを得ず、輸送コスト（輸送費用、輸送時間費用）が増大する。

耐震強化岸壁の整備により、輸送コストの増大を回避できる。

< 地域社会 >

b. 震災時における被害への不安の軽減ならびに震災後の事業活動への不安の軽減

耐震強化岸壁の整備により、特に港湾直背後圏住民にとって、大量で安定的な緊急物資の供給ルートが提供されるため、地域住民の不安を軽減することができる。

また、耐震強化岸壁の整備により、特に港湾直背後圏立地企業にとって、物流が維持され、事業活動が継続できるため、背後圏立地企業の不安を軽減することができる。

c. 緊急物資輸送による地域住民の生活・物流の維持（緊急物資対応耐震強化岸壁のみ）

耐震強化岸壁（緊急物資対応）の整備により、特に港湾直背後圏住民にとって、大量で安定的な緊急物資の供給ルートが提供されるため、地域住民の生活維持に寄与することができる。

d. 排出ガスの減少

耐震強化岸壁の整備による震災時の緊急物資の輸送及び震災後の幹線貨物等の輸送における自動車の陸上輸送距離の短縮に伴って、自動車排出ガスが減少する。

e. 港湾機能喪失による地域の雇用・所得の減少の回避ならびに建設工事による地域の雇用・所得の増大

耐震強化岸壁の整備により港湾機能は喪失を免れるため、そこから生じる地域の雇用・所得の減少を回避することができる。

また、耐震強化岸壁の建設投資から地域に新たな雇用が創出され、建設資機材の新規生産によって地域の所得が増加する。

f. 港湾利用による復旧・復興の支援ならびに国際競争力低下の回避

耐震強化岸壁の整備により、震災時に当該港湾の耐震強化岸壁を利用することによってガレキの運搬や復旧資材の搬入等を行うことが可能となる。

また、耐震強化岸壁の整備により、震災後も幹線貨物の輸送を確保でき、国際競争力の低下を回避する。

< 公共部門 >

g. 地方税・国税の減少回避

耐震強化岸壁による所得の減少回避に伴い地方税・国税の減少を回避できる。

h. 施設被害の回避

耐震強化されていない施設は震災時に施設が崩壊、もしくは機能不全となる。耐震強化されることにより、震災後の追加的な復旧費用の負担を回避できる。

2) オープンスペース(緑地)

プロジェクト実施による効果は、個々のプロジェクトによって異なるが、一般的に主要な効果は、以下の通りである。

表 -9-3 整備による主要な効果の例

効果の分類		効果の項目	効果の把握方法
利用者	輸送・移動	-	定性的に把握 a.
	交流 レクリエーション	-	
	環境	-	
	安全	震災時による住民の被害の軽減	
	業務	-	
地域社会	安心	震災時における住民の不安の軽減	定性的に把握 b.
	地域経済	震災後の復旧・復興の支援 建設工事による地域の雇用 ・所得の増大	定性的に把握 c.

< 利用者 >

a. 震災による住民の被害の軽減

オープンスペース(緑地)の整備により、震災時に港湾直背後圏住民がオープンスペースに避難することが可能となり、住民の被害が軽減される。

< 地域社会 >

b. 震災時における住民の不安の軽減

オープンスペース(緑地)の整備により、震災時の避難場所が確保され

ていることとなり、住民の不安が軽減される。

- c. 震災後の復旧・復興の支援ならびに建設工事による地域の雇用・所得の増大
オープンスペース（緑地）の整備により、震災後にオープンスペースが
復旧・復興活動の拠点となり、復旧・復興を支援する。

また、オープンスペース（緑地）への建設投資により、地域に新たな雇用が創出され、建設資機材の新規生産によって地域の所得が増加する。

9.3 需要の推計

(1) 需要の内容

推計する需要は、岸壁の種類に応じて以下の通りとする。

- 耐震強化岸壁（緊急物資用）：震災時の緊急物資
震災時の一般貨物
- 耐震強化岸壁（幹線貨物用）：震災時の幹線貨物

（震災時の緊急物資）

- ・「震災時の緊急物資」とは、特定期間内（被災から1ヶ月間）に被災地に搬入される震災時の緊急物資である。
- ・港湾分担分の緊急物資として需要を推計する品目は、衣料、食品、飲料水、日用品、臨時避難用の住宅建材等を対象貨物とし、特定期間内（被災から1ヶ月間）に被災地に搬入される貨物量（フレートトン）とする。
- ・啓開用重機については、原則的に内陸で道路を啓開しながら被災地に運ばれると考えられるが（陸上輸送）、離島もしくは地理的要因により海上輸送が想定されている場合は緊急物資として計上してよい。

（震災時の一般貨物）

- ・「震災時の一般貨物」とは、耐震強化岸壁（緊急物資用）で取り扱われる貨物のうち、緊急物資以外の貨物であり、被災1ヶ月後から港湾機能回復までに取り扱われる貨物量（フレートトン）とする。

（震災時の幹線貨物）

- ・「震災時の幹線貨物」とは国際海上コンテナ貨物を指し、「物流ターミナル整備プロジェクト」（第 編第1章）で想定されている貨物と同様の貨物を取り扱うものとする。
- ・耐震強化岸壁（幹線貨物用）では、被災直後から港湾機能回復まで、震災時の幹線貨物を取り扱うと想定する。

(2) 推計方法

1) 緊急物資 ～耐震強化岸壁（緊急物資用）～

地域防災計画で定められている港湾が分担すべき緊急物資量を用いる。

- ・既に整備されている耐震強化岸壁（緊急物資用）がある場合は、既存岸壁で分担する緊急物資量も勘案し対象プロジェクトの貨物量を定める。
- ・地域防災計画で定められていない場合は、プロジェクトの内容や地域の状況に応じて推計する。

2) 一般貨物 ～耐震強化岸壁（緊急物資用）～

当該岸壁が平常時に用いられている形態により、「物流ターミナル整備プロジェクト」（第 編第 1 章）による推計方法を用いる。

なお、被災時を想定しているため、稼働率は平常時より高く、したがって取扱貨物量は平常時よりも多いと想定する。

- ・旅客船ターミナルについても、被災後は物流拠点として機能すると想定し、需要は同等規模の岸壁で取り扱い可能な貨物量から算出する。

3) 幹線貨物 ～耐震強化岸壁（幹線貨物用）～

「物流ターミナル整備プロジェクト」（第 編第 1 章）による推計方法を用いる。

なお、被災時を想定しているため、稼働率は平常時より高く、したがって取扱貨物量は平常時よりも多いと想定する。

（参考）国際海上コンテナターミナルにおける稼働率の設定例

耐震強化岸壁の稼働率 = 通常時の稼働率 × 140%

- ・阪神・淡路大震災では、神戸港の代替港として大阪港が大きな役割を果たした。ここで平成 6 年から平成 8 年までの 2 年間で外貿コンテナ貨物取扱量（合計）が 1.4 倍（138.5%）に増加した。

表 -9-4 大阪港外貿コンテナ貨物取扱量推移

単位：フレートトン

	平成 6 年	平成 7 年	平成 8 年	H6 H7	H7 H8	H6 H8
輸出	5,045,946	7,922,598	6,145,836	157.0%	77.6%	121.8%
輸入	8,153,708	13,616,446	12,130,931	167.0%	89.1%	148.8%
合計	13,199,654	21,539,044	18,276,767	163.2%	84.9%	138.5%

9.4 便益の計測

(1) 便益発生構造の整理

耐震強化岸壁整備プロジェクトは、プロジェクトの内容によって発生する便益が異なる。具体的には以下の便益を計測する。

1) 耐震強化岸壁（緊急物資用）

輸送便益

震災時の緊急物資輸送コストの増大回避

震災時の一般貨物輸送コストの増大回避

施設被害の回避便益

2) 耐震強化岸壁（幹線貨物用）

輸送便益

震災時の幹線貨物輸送コストの増大回避

施設被害の回避便益

- ・耐震強化岸壁（緊急物資用・幹線貨物用）の便益としては、「輸送便益」および「施設被害の回避便益」を計測するが、輸送便益については、緊急物資用と幹線貨物用の耐震強化岸壁で対象とする貨物が異なるため、それぞれ異なる推計フレームを用いることとする。
- ・「施設被害の回避便益」は耐震強化岸壁（緊急物資用）、耐震強化岸壁（幹線貨物用）ともに同じ推計フレームを用いてよい。

(2) 便益発生期間の設定

港湾の復旧期間を2年とする。したがって便益の発生期間を最長2年間とする。

- ・港湾の復旧期間を2年とすると、便益の発生期間も通常2年となる。ただし、係留施設の供用期間の最終年に地震が発生した場合には、便益の発生期間は2年未満となる。
- ・便益発生期間は以下の区分に細分される。

表 -9-5 便益発生期間の区分

項目	経過	内容
第1段階	震災直後から 2日後	<ul style="list-style-type: none"> 地震や火災からの避難の段階 人間の生命を守ることが最優先
第2段階	震災2日後から 1週間後	<ul style="list-style-type: none"> 応急対策の第一期 衣食住の確保、ライフラインの復旧が最大の関心事となる。
第3段階	震災1週間後から 1ヶ月後	<ul style="list-style-type: none"> 応急対策の第二期 都市機能が回復し、通勤・通学が始まるようになる。
第4段階	震災1ヶ月後から 2年後	<ul style="list-style-type: none"> 応急対策が終わり、本格的な復旧活動が行われる。

(3) 輸送コスト増大の回避便益

1) 便益計測の考え方

耐震強化岸壁を整備した場合の輸送コスト（輸送費用及び輸送時間費用）と、耐震強化岸壁を整備せず、代替港を利用した場合の輸送コストの差を便益とする。

・便益計測の手順は以下の通りである。

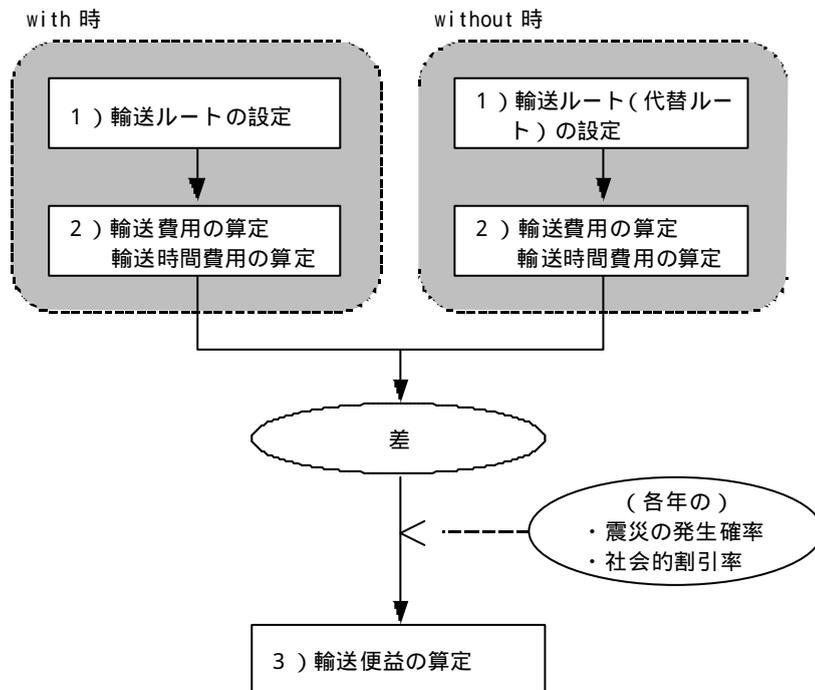


図 -9-1 輸送コスト増大回避便益の推計の手順

2) without時の代替港（代替ルート）の設定

緊急物資

緊急物資は、第1段階（被災直後から2日間）には、被災地域まで直接、搬入されると想定される。このため、代替港はない。

第2段階～第3段階（被災3日目から1ヶ月後まで）には、代替港まで海上輸送した後、対象地域まで陸上輸送されると想定される。このため、代替港は、対象地震による被害想定エリアなども考慮し、震災時に港湾機能が保持されており、かつ貨物の取り扱いに余力のある近傍の港湾とする。

a. 第1段階（被災直後から2日間）

緊急物資の中でも特に緊急性が高い物資が対象となるため、without時はヘリコプター等により代替輸送が行われると想定される。

b. 第2段階～第3段階（被災3日後から1ヶ月後まで）

震災時に港湾機能が保持されていると思われる近傍の港湾まで海上輸送した後、陸上輸送が行われると想定される。

ただし震災時には、近傍の港湾の耐震強化岸壁は港湾機能が保持されていても緊急物資の供給拠点として使用されている可能性があるため、個別の地震ごとの被害想定エリア等を考慮し、適切な代替港の設定を行う必要がある。なお、地震の被害想定エリアとは、検討の対象としている地震発生時に予想される被害の範囲のことである。

離島や地理的な要因で代替港の想定が難しい場合は、第3段階までヘリコプター等により輸送されると想定される。

(参考)

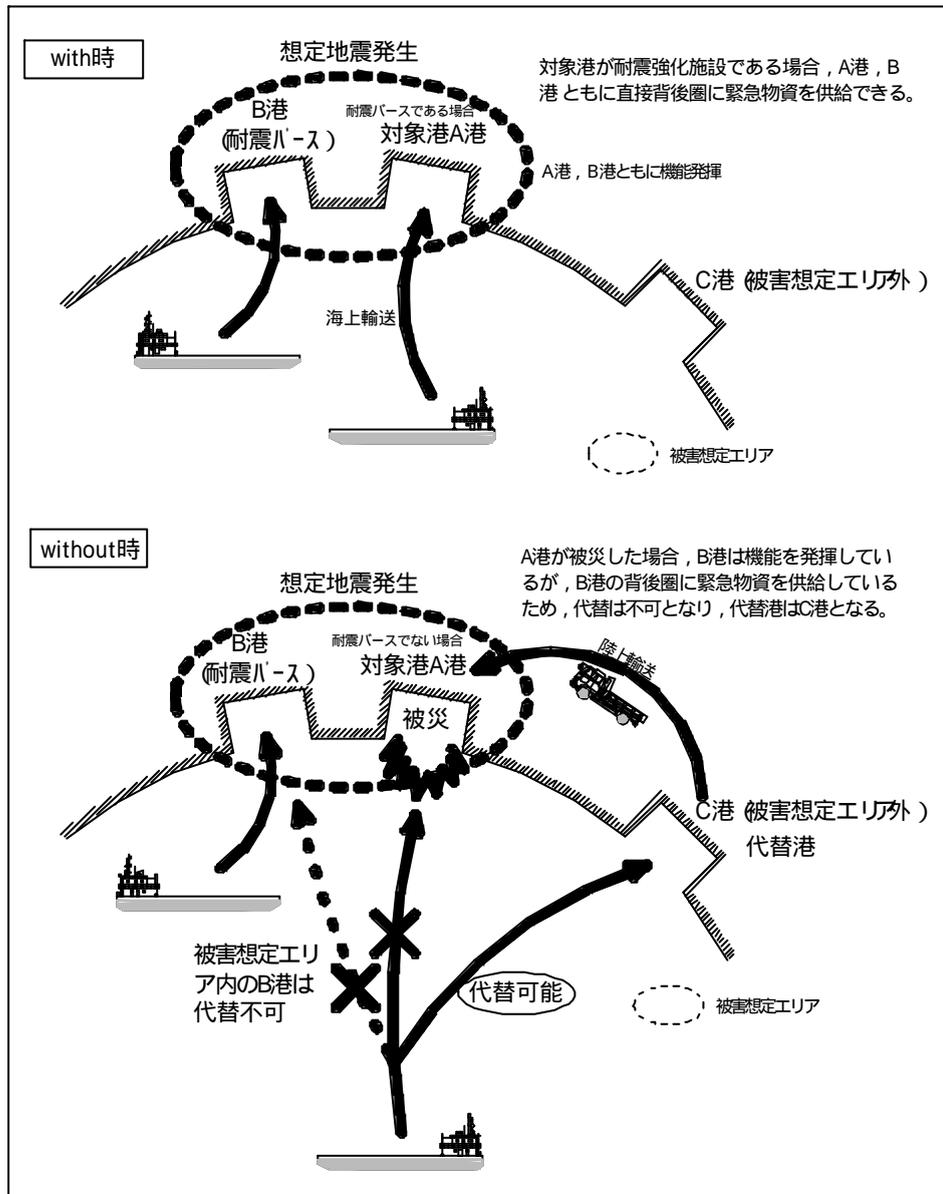


図 -9-2 緊急物資輸送ルートの設定例 (第2～第3段階)

震災後の一般貨物

震災後の一般貨物の輸送は、近傍の港湾を利用して貨物が輸送されると想定される。このため、代替港は対象地震による被害想定エリアなども考慮した上で同等の施設を有する近傍の港湾とする。

・震災後の応急対策が終わり本格的な復旧対策が行われる第4段階では、with

時には一般の貨物を取り扱うことが可能であることから、その without 時の代替港の設定を行う。

- ・代替港の設定にあたっては、対象地震の被害想定エリアでは、通常のバースについては機能保持がされていない可能性が高く、また、近隣の港湾の耐震強化岸壁は機能保持がされていても当該背後の一般貨物利用に供されていると考えられることにも留意が必要である。
- ・想定地震の被害想定エリアでの代替港の耐震強化岸壁は、被災時における取扱貨物量が平常時よりも多いと想定されるため、取扱い可能な貨物量を十分に考慮すること。
- ・離島などの地理的な事情により、付近に適当な代替港がない場合は、沖荷役で対応する。なお沖荷役が難しい品目（建設重機など）を想定する場合は、大型ヘリコプター等を利用すると想定する。

震災時の幹線貨物

震災時の幹線貨物は、近傍の港湾を利用して輸送されると想定される。このため、代替港は、同規格以上のコンテナを取り扱うターミナルを有する近傍の港湾とする。

- ・当該港が中枢国際港湾か、中核国際港湾かによって、また、基幹航路の貨物か、その他航路の貨物かによって代替港を適切に設定する必要がある。
- ・代替港（代替ルート）の設定は、震災後の一般貨物に係る場合と同様に個別の地震ごとの被害想定エリア等を考慮し、適切に行う必要がある。
- ・想定地震の被害想定エリアでの代替港の耐震強化岸壁は、被災時における取扱貨物量が平常時よりも多いと想定されるため、取扱い可能な貨物量を十分に考慮すること。

3) 便益の計算

下記の算出式を用いて t 年次の各便益 (B1t, B2t, B3t) を計測し、その合計を輸送便益とする。

$$B1t = P(t) \times [C1(WO) - C1(W)]$$

$$B2t = P(t) \times \left[\sum_j \left\{ (C2(WO))_j - C2(W)_j \right\} \times \frac{Q_j}{R} \times \frac{1}{W} \right] \times \sum_{k=1}^R \frac{1}{(1+i)^{k-1}}$$

$$B3t = P(t) \times \left[\sum_j \left\{ (C3(WO))_j - C3(W)_j \right\} \times \frac{Q_j}{R} \times \frac{1}{W} \right] \times \sum_{k=1}^R \frac{1}{(1+i)^{k-1}}$$

$$P(t) = (1/75 - 1/X)(74/75)^{t-1}$$

ここで C1(W) : with 時の緊急物資の輸送コスト (円年)
 C1(WO) : without 時の緊急物資の輸送コスト (円年)
 C2(W) : 当該港 (耐震強化岸壁) を利用した場合の震災時の一般貨物の陸上輸送コスト (円/台)
 C2(WO) : 代替港を利用した場合の震災時の一般貨物の陸上輸送コスト (円/台)
 C3(W) : 当該港 (耐震強化岸壁) を利用した場合の震災時の幹線貨物の陸上輸送コスト (円/台)
 C3(WO) : 代替港を利用した場合の震災時の幹線貨物の陸上輸送コスト (円/台)
 P(t) : t 年目に耐震強化バースが機能を発揮する確率
 Q_j : 復旧期間中の当該耐震強化岸壁取扱貨物量 (トン)
 j : 背後圏
 R : 復旧期間
 W : トラック 1 台あたりの平均的な積込トン数 (トン/台)
 X : レベル 2 地震動の再現期間 (年)
 i : 割引率

ただし、P(t)については、大規模地震対策特別措置法による地震防災対策強化地域 (東海地震対応地域)、東南海・南海地震に係る地震防災対策の推進に関する特別措置法による推進地域等、法律により対策を強化することが定められた地域で、地震調査委員会*の大規模地震発生確率の長期評価等が存在する場合は、長期評価等から得られる各年の地震発生確率を用いても良い。

(*「長期的な地震発生確率の評価手法について」、地震調査研究推進本部 地震調査委員会、平成13年6月)

- ・耐震強化岸壁が t 年目にその機能を発揮する確率を「レベル 1 地震動 ~ レベル 2 地震動」の発生確率として次式としている。

$$P(t) = \left(\underbrace{\frac{1}{75} - \frac{1}{X}}_{\substack{t \text{ 年目に} \\ \text{レベル 1 以上} \\ \text{レベル 2 以下} \\ \text{地震動発生}}} \right) \left(\underbrace{\frac{74}{75}}_{\substack{t-1 \text{ 年間に} \\ \text{レベル 1 地震動} \\ \text{以上なし}}} \right)^{t-1}$$

レベル 1 地震動 (再現期間 75 年) 通常バースの設計対象地震規模
 レベル 2 地震動 (再現期間 X 年) 耐震バースの設計対象地震規模
 X は、地域防災計画で位置づけられた想定地震動によって決定。

- ・ R (復旧期間) は 2 年間と想定される。
- ・ 長期評価確率は、各地震についてその平均発生間隔や最終発生年からの経過時間を考慮して、今後その地震が発生する確率を評価するものである。最新の地震発生から地震が発生せずに T 年経過した時点で、その後の T 年間に地震が発生する確率 P(T, T) で表される。

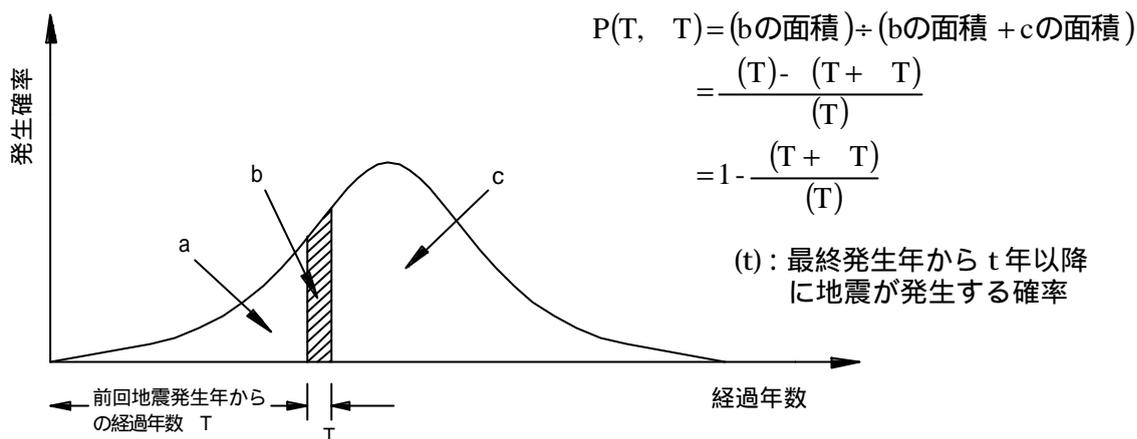


図 -9-3 長期評価確率の概念図

(参考1)

(t) は信頼度関数であり、次の地震が前回の地震発生時点から t (地震が発生する時刻) までは起こらない場合 (t 以降に起こる) の確率を表し次式で求められる。

$$f(t) = 1 - [\Phi(u_1(t)) + \exp(2/a^2)\Phi(-u_2(t))]$$

$$u_1(t) = a^{-1} [t^{1/2} m^{-1/2} - t^{-1/2} m^{1/2}]$$

$$u_2(t) = a^{-1} [t^{1/2} m^{-1/2} + t^{-1/2} m^{1/2}]$$

ここで、

：活動間隔のばらつき

μ : 平均活動間隔 (年)

t : 経過時間 (年)

各パラメータについては、地震調査研究推進本部 HP を参照

また、(z) は、標準正規分布の累積分布関数を示し、次式で表される。

なお、この関数値は正規分布表を用いるか、数値計算により算出する。

$$\Phi(z) \equiv 1/(2p)^{1/2} \int_{-\infty}^z e^{-u^2/2} du$$

(参考2)

平成16年3月25日に地震調査委員会から公表された「確率論的地震動予測地図の試作版(地域限定-西日本)」において設定されている南海地震、東南海地震、東海地震のパラメータを参考として示す。

表 -9-6 地震調査委員会において公表されているパラメータの例

	平均発生間隔 μ	前回活動時期	ばらつき
南海地震 ^{注1}	90.1年	1946年12月	0.22
東南海地震 ^{注1}	86.4年	1944年12月	0.21
東海地震 ^{注2}	118.8年	1854年12月	0.21

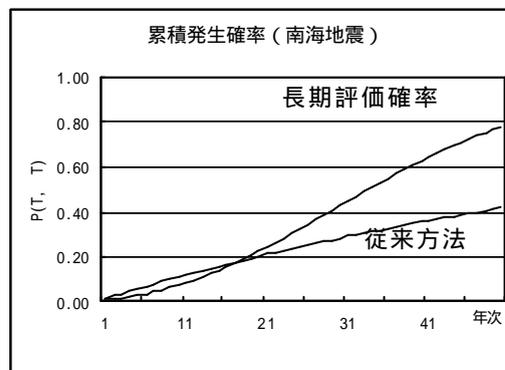
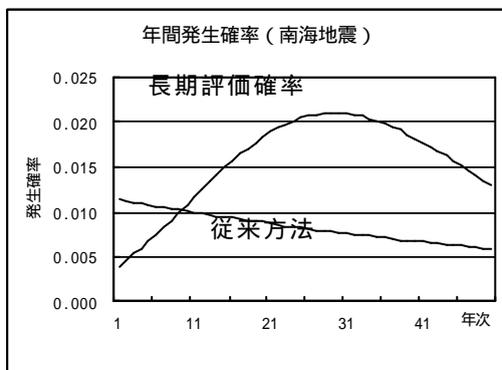
注1：南海地震と東南海地震のパラメータは長期評価に基づく。なお、公表されているばらつきは南海地震で0.20~0.24、東南海地震で0.18~0.24とされており、ここではこれらの中央値としている。

注2：東海地震については地震調査会による長期評価が行われていないため、発生間隔は明応~慶長(106.4年)、慶長~宝永(102.7年)、宝永~安(147.2年)の平均値、ばらつきは東南海地震と同じ値としている。

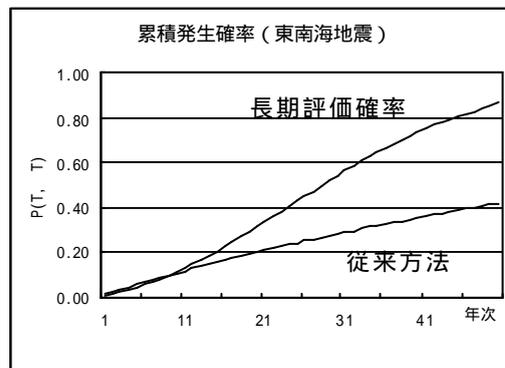
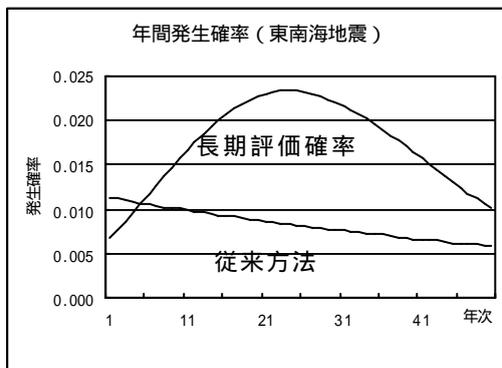
(参考3)

地震調査委員会において公表されている長期評価に基づくパラメータにより求めた地震発生確率の例を以下に示す。

南海地震



東南海地震



東海地震

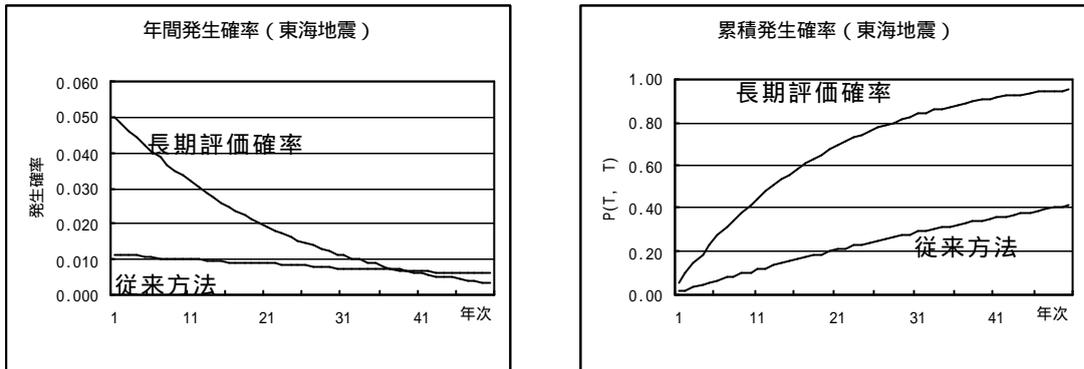


図 -9-4 長期評価に基づくパラメータを用いた地震発生確率（例）

(4) 施設被害の回避便益

耐震強化岸壁は、震災時に損壊を免れることができ、復旧のための追加的な支出を回避できる。この追加的な復旧費を便益として計上する。

・ 便益計測の手順は以下のとおりである。

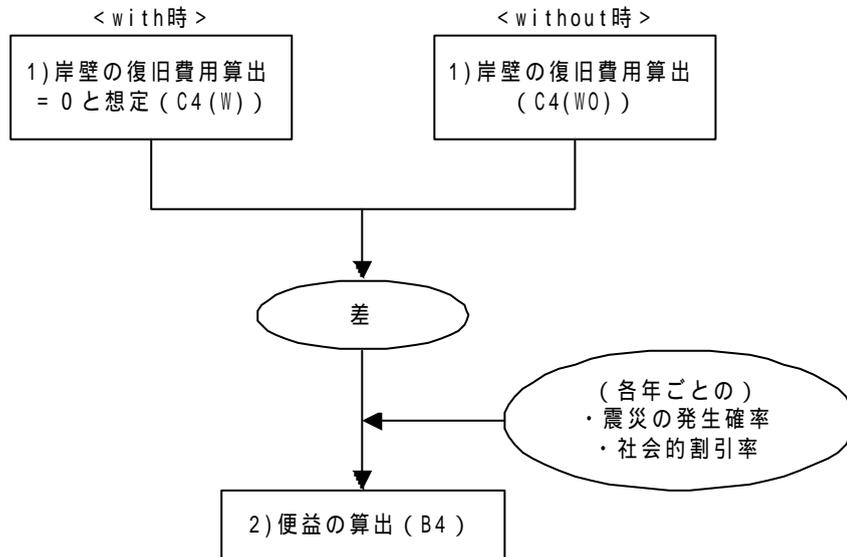


図 -9-5 施設の被害回避便益の推計手順

- ・ 復旧費用の考え方は以下のとおりである。

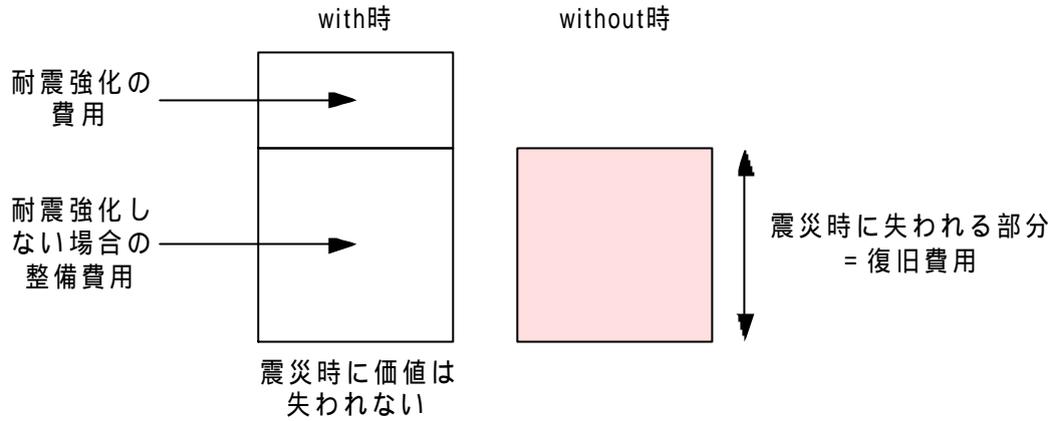


図 -9-6 岸壁の復旧費用の考え方

- ・ なお、岸壁復旧費用節減の t 年次の期待便益 (B_{4t}) は以下の式で計算する。

$$B_{4t} = P(t) \times \frac{C_4(WO)}{R} \times \sum_{k=1}^R \frac{1}{(1+i)^{k-1}}$$

ここで C₄(WO) : 耐震強化によって節減できる復旧費用 (円)
 R : 復旧期間
 i : 社会的割引率

9.5 定量的に把握する効果の計測

プロジェクトの実施による震災時の緊急物資の輸送及び震災後の幹線貨物等の輸送における自動車の陸上輸送距離の短縮等に伴うCO₂及びNO_x排出量の減少量を計測する。

- ・自動車の陸上輸送距離の短縮に伴う環境向上の効果の計測は、耐震強化が実施される施設の種類に応じて「物流ターミナル整備プロジェクト」（第 編第 1 章）に示す方法により行う。
- ・離島や地理的な要因で代替港の想定が困難なため、ヘリコプター輸送を想定する場合には、ヘリコプターの運航に伴うCO₂及びNO_x排出原単位を利用して排出量の減少を計測する。