

< 2 - 1 被害想定 >

目 次

< 手 順 編 >

1. フローチャート.....	3-2
2. 想定条件.....	3-3
3. 想定結果.....	3-4
4. 報告書作成.....	3-4
5. 参考図書.....	3-4

< 資 料 編 >

6. 参考例.....	3-6
6.1 地区分け.....	3-6
6.2 建物棟数.....	3-6
(1) 年代別構造別建物棟数.....	3-6
(2) がけ崩れ危険箇所中存在する建物棟数.....	3-6
6.3 物的被害の想定.....	3-7
(1) 揺れによる建物被害の想定.....	3-7
(2) 地震火災による建物被害の想定.....	3-8
(3) がけ崩れ等による建物被害の想定.....	3-10
(4) 液状化による建物被害の想定.....	3-11
6.4 人的被害の想定.....	3-12
(1) 人口の想定.....	3-12
(2) 建物倒壊による人的被害の想定.....	3-12
(3) がけ崩れによる死負傷者数の想定.....	3-13
(4) 火災による死負傷者数の想定.....	3-13
(5) 津波による死者数の想定.....	3-14

< 手 順 編 >

1. フローチャート

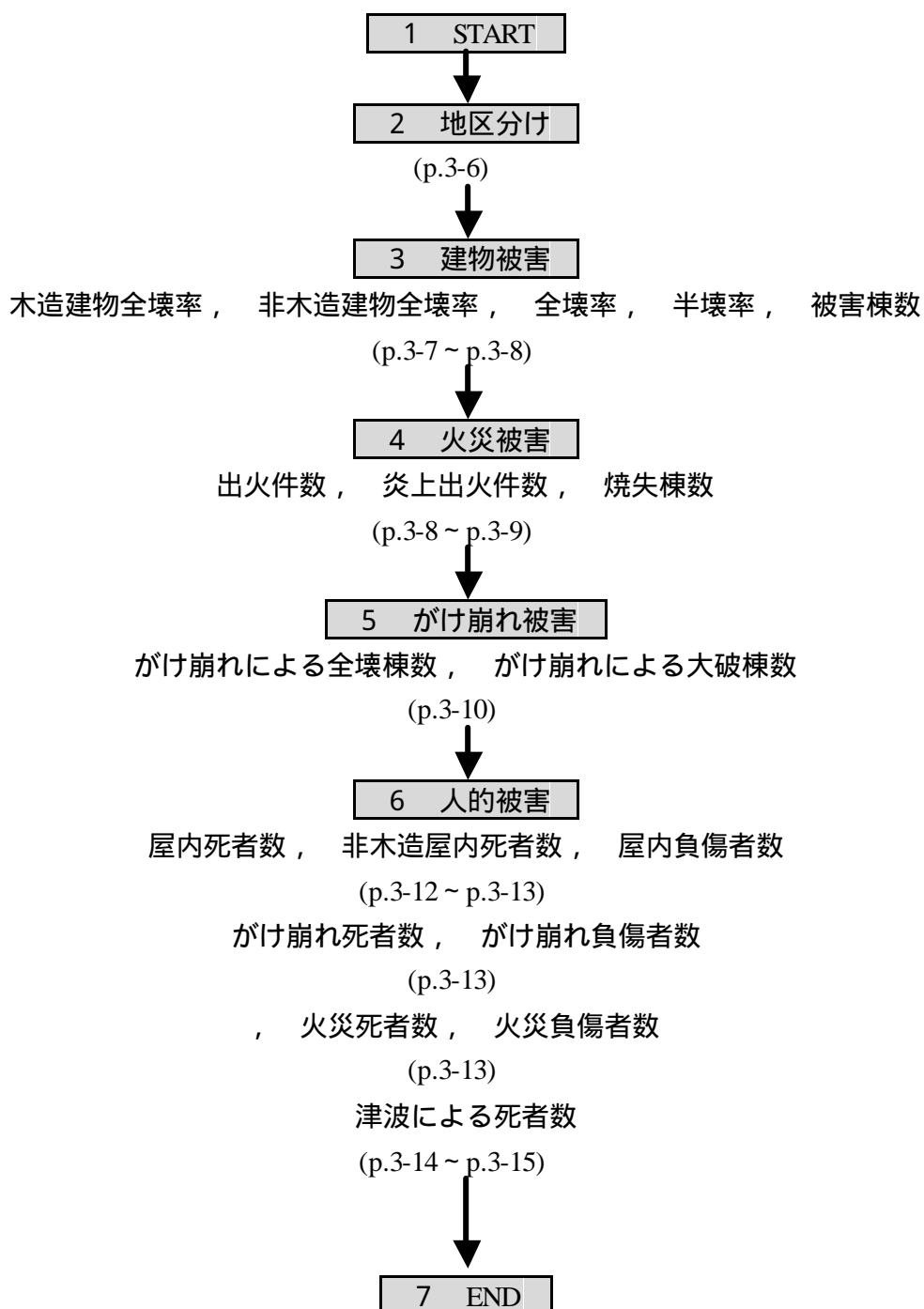


図 1-1 被害想定フローチャート

手順編本文中に示しているページ番号は、該当する項目の例が貼付されている位置を示すものである。

2. 想定条件

表 2-1 被害想定条件一覧表

番号	項目	該当参考ページ
1	地区人口	p.3-6
2	地区面積(m ²)	p.3-6
3	昭和46年以前木造建物数	p.3-6
	昭和47年以後56年以前木造建物数	
	昭和57年以後木造建物数	
	全木造建物数	
	昭和56年以前非木造建物数	
	昭和57年以後非木造建物数	
	全非木造建物数	
	全建物数	
	がけ崩れ危険箇所に存在する建物棟数	p.3-6
4	発災時の条件 季節	p.3-8
	発災時の条件 時刻	
5	夜間人口	p.3-12
6	津波高さ	p.3-14
	津波到達時間	

3. 想定結果

表 3-1 被害想定結果一覧表

番号	項目	該当参考ページ
1	木造建物全壊数	p.3-7 ~ p.3-8
	非木造建物全壊数	
	建物全壊数合計	
	被害棟数	
2	出火件数	p.3-8 ~ p.3-9
	炎上出火件数	
	焼失棟数	
3	がけ崩れによる全壊棟数	p.3-10
4	液状化による木造建物全壊棟数	p.3-11
	液状化による非木造建物全壊棟数	
	液状化による全壊棟数合計	
5-1	木造屋内人口	p.3-12
	非木造屋内人口	
5-2	木造屋内死者数	p.3-12
	非木造屋内死者数	
	屋内負傷者数	p.3-13
6	がけ崩れによる大破棟数	p.3-13
	がけ崩れによる死者数	
	がけ崩れによる負傷者数	
7	火災による死者数	p.3-13
	火災による負傷者数	
8	津波による死者数	p.3-14 ~ p.3-15

4. 報告書作成

以上の項目を取りまとめ、報告書を作成する。

5. 参考図書

第2次高知県地震対策基礎調査：高知県 平成16年3月

< 資 料 編 >

6. 参考例

上ノ加江地区で行った例を以下に示す。

6.1 地区分け

国勢調査データによる地区分けを表 6-1に示す。上ノ加江地区はエリアが小さいため，地区分けにより細分化して計算しても結果に影響がないと考えられる。よって，地区を一括して算出するものとした。

表 6-1 総人口，性別人口，世帯数，面積，人口密度一覧表

地区番号	目標物	総数	男	女	世帯数	面積(m ²)	人口密度 (10,000m ² 当)
48 1	上ノ加江スーパー	75	37	38	29	16,241	52.5
52 1 1	上ノ加江診療所	38	18	20	16	10,502	36.2
52 1 2	上ノ加江公民館	66	32	34	30	19,320	28.7
53 1 1	上ノ加江診療所東	60	32	28	27	8,353	71.1
53 1 2	稲荷神社北	49	25	24	26	5,556	79.2
54 1 1	稲荷神社	30	13	17	12	2,668	89.2
54 1 2	上ノ加江公民館北西	19	8	11	8	1,991	95.4
54 1 3	上ノ加江公民館西	11	4	7	8	2,661	41.3
54 1 4	稲荷神社南西	33	19	14	14	1,785	184.9
54 1 5	上ノ加江漁協北西	20	13	7	10	2,697	61.1
55 1 1	上ノ加江漁協西	32	14	18	19	4,061	60.8
55 1 2	須賀神社	60	27	33	30	8,666	55.9
55 1 3	上ノ加江駐在所	23	9	14	10	2,673	86.0
56 1 1	上ノ加江小学校北	58	28	30	24	10,356	28.2
56 1 2	上ノ加江駐在所南	70	31	39	35	8,225	80.6
57 1	上ノ加江小学校北東	94	42	52	41	10,283	86.7
58 1 1	上ノ加江小学校・保育園	74	38	36	26	29,872	7.8
58 1 2	上ノ加江小学校東	45	19	26	21	10,905	38.6
58 1 3	上ノ加江スーパー東	35	15	20	18	16,983	18.0
合 計		892	424	468	404	173,798	-

6.2 建物棟数

(1) 年代別構造別建物棟数

建物は建設された年，構造によって地震に対する強度が異なる。このため，建物を木造建物と非木造建物に分けて，それぞれの建物の建設年を整理する必要がある。

木造建物の場合は，昭和 47 年及び昭和 57 年，非木造建物の場合は昭和 57 年を境にし，建物数を算出した。

表 6-2 年代別構造別建物区分

建物構造	建 築 年 代	棟 数	
木造建物	昭和 46 年以前	330	776
	昭和 47 年以降 56 年以前	360	
	昭和 57 年以降	86	
非木造建物	昭和 56 年以前	66	84
	昭和 57 年以降	18	

(2) がけ崩れ危険箇所に存在する建物棟数

急傾斜地崩壊危険区域内に存在する建物棟数を以下に示す。

建物棟数 = 160 棟

6.3 物的被害の想定

本文中で、アンダーラインがあるものは「第2次高知県地震対策基礎調査：高知県 平成16年3月」に記載されている式，ないものはそれに数値代入した式，または一般式である。

(1) 揺れによる建物被害の想定

1) 被害関数

建物の被害率・全壊率は，構造形式・建築年代をパラメータに，建物の揺れの強さとの関係で表される被害関数 f によって求める。

$$\text{被害率} = f(\text{建物の揺れの強さ, 構造形式} \cdot \text{建築年代})$$

「第2次高知県地震対策基礎調査：高知県 平成16年3月」(以下，高知県マニュアルと称す)では p.92 図 - 4.1.3 を用いて，建物の平均応答速度から被害率・全壊率を算出することになる。しかし，上ノ加江地区の建物は平均応答速度等の解析・算定を行っていない。よって，高岡郡中土佐町の想定結果(高知県マニュアル：p.100，表 - 4.1.1)から逆算して，被害率・全壊率を求めるものとした。

- 高岡郡中土佐町の想定結果 -

加速度 = 396gal (震度 6 弱)

建物棟数 = 8,732 棟 (木造 = 8,200 棟，非木造 = 532 棟)

全壊棟数 = 644 棟 (木造 = 636 棟，非木造 = 8 棟)

半壊棟数 = 1,102 棟 (木造 = 1,082 棟，非木造 = 20 棟)

- 逆算 -

全壊率 = 全壊棟数 ÷ 建物棟数 = $644 \div 8,732 = 0.074$

木造全壊率 = 木造全壊棟数 ÷ 木造建物棟数 = $636 \div 8,200 = 0.078$

非木造全壊率 = 非木造全壊棟数 ÷ 非木造建物棟数 = $8 \div 532 = 0.015$

半壊率 = 半壊棟数 ÷ 建物棟数 = $1,102 \div 8,732 = 0.126$

木造半壊率 = 木造半壊棟数 ÷ 木造建物棟数 = $1,082 \div 8,200 = 0.132$

非木造半壊率 = 非木造半壊棟数 ÷ 非木造建物棟数 = $20 \div 532 = 0.038$

2) 算定

建物の被害率は，全壊率と半壊率に区分する。被害率，全壊率，半壊率の関係を次式に示す。

$$\text{被害率} = \text{全壊率} + \text{半壊率} \div 2$$

$$\text{半壊率} = (\text{被害率} - \text{全壊率}) \times 2$$

なお，全壊・半壊の定義は以下のとおりである。

全壊：改善しなければ居住できないもの，または改善した場合，建替えと同程度の費用を要すると思われるもの。

半壊：大修理しなければ居住できないが，建替えをしなくても居住可能なもの。

$$\text{被害率} = 0.074 + 0.126 \div 2 = 0.137$$

被害棟数は建物棟数に被害率を乗じて算定する。

$$\begin{aligned} \text{被害棟数} &= (\text{メッシュ毎の建物棟数} \times \text{被害率}) \\ &= 860 \times 0.137 = 118 \text{ 棟} \end{aligned}$$

$$\text{木造建物全壊棟数} = 776 \times 0.078 = 61 \text{ 棟}$$

$$\text{非木造建物全壊棟数} = 84 \times 0.015 = 2 \text{ 棟}$$

(2) 地震火災による建物被害の想定

1) 出火件数の想定

出火件数は、次式で予測する。

$$\text{冬 夕方 18 時} \quad \text{出火件数} = 0.0069 \times \text{全壊率}^{0.73} \times \text{建物棟数}$$

$$\text{冬 朝 5 時} \quad \text{出火件数} = 0.0025 \times \text{全壊率}^{0.73} \times \text{建物棟数}$$

$$\text{春・夏・秋の昼} \quad \text{出火件数} = 0.0048 \times \text{全壊率}^{0.73} \times \text{建物棟数}$$

ここでは、最も件数が多くなると予想される冬の夕方 18 時に対して算出する。

$$\text{出火件数} = 0.0069 \times 0.074^{0.73} \times 860 = 1 \text{ 件}$$

また、炎上出火件数については、住民の初期消火の活動を考慮する必要がある。初期消火率は、東京消防庁によると地震動の大きさと関連づけて幅を持たせているが、地盤加速度 250～500gal では 67～45%程度の幅であり、中央防災会議では一律 50%とみなしているので、ここでも初期消化率は 50%とし、次式で炎上出火件数を算定する。

$$\begin{aligned} \text{炎上出火件数} &= \text{全出火件数} \times (1 - \text{初期消火効率}) = 0.5 \times \text{全出火件数} \\ &= 0.5 \times 1 = 1 \text{ 件} \end{aligned}$$

2) 焼失棟数の想定

建物の焼失棟数は、延焼を考慮して想定する。

延焼は、炎上出火件数のうち、地域の消防力の運用により消されずに残った火災を残火災として設定する。残火災に対して、メッシュ単位に求めた焼失率から焼失棟数を算出する。

$$F = 1.189 - 0.604 a - 0.00713 d$$

ここに、

F：不然領域率

a：木造建物棟数比 = 木造建物棟数 ÷ 全建物棟数 = 776 ÷ 860 = 0.902

d：木造建物棟数密度 = 木造建物棟数 ÷ メッシュの面積(ha) = 776 ÷ 17.38 = 44.65 棟/ha

よって、

$$F = 1.189 - 0.604 \times 0.902 - 0.00713 \times 44.65 = 0.326 = 32.6\%$$

図 6-1から最大焼失率を求める。

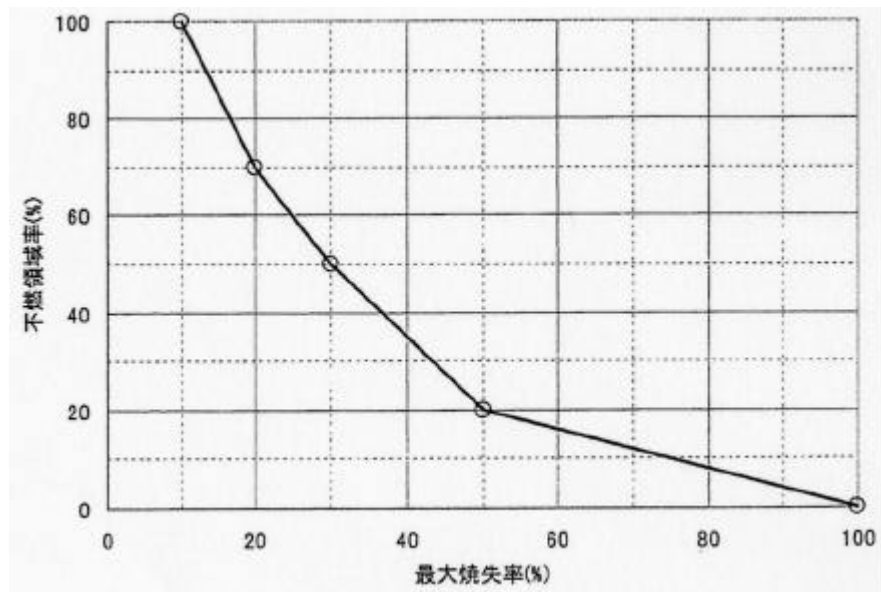


図 6-1 不燃領域率と焼失率との関係

最大焼失率 = 41.6%

上ノ加江地区での消防力の運用については未知数である。また、高知県マニュアルには残火災、焼失率、焼失棟数の相互関係が記されていない。よって、現段階で焼失棟数は想定不可能である。

(3) がけ崩れ等による建物被害の想定

想定的基本的考え方を以下に示す。

- ・ がけ崩れの起こりうる箇所の危険度ランク別に崩壊確率を求める。
- ・ 崩壊した箇所の被害について、斜面崩壊による震度別被害率を適用する。
- ・ 崩壊確率と被害率から、斜面災害による建物被害を算出する。

危険度ランク別の崩壊確率は 1978 年宮城県沖地震の実体を基に、以下のように想定する。

表 6-3 危険度ランク別崩壊確率

ランク	崩壊確率
A	95%
B	10%
C	0%

崩壊箇所の震度別被害率は、宮城県沖地震と伊豆大島近海地震の実体を基に、以下のように設定する。

表 6-4 震度別被害率

	～震度 4	震度 5 弱	震度 5 強	震度 6 弱	震度 6 強	震度 7
全壊率	0%	6%	12%	18%	24%	30%
半壊率	0%	14%	28%	42%	56%	70%

以下の式により、危険箇所内の家屋数に崩壊確率と震度別被害率を乗じて、斜面災害による建物被害を算出する。

$$\text{がけ崩れによる全壊棟数} = \text{危険度箇所内の建物棟数} \times \text{危険度ランク別崩壊確率} \\ \times \text{震度別全壊率}$$

$$= 160 \times 0.95 \times 0.18 = 27 \text{ 棟}$$

注) 危険度ランク A, 震度 6 弱での数値を使用

(4) 液状化による建物被害の想定

液状化による全壊棟数 = 建物棟数 × 全壊率 × 液状化面積

想定方法を以下に示す。

- ・液状化危険度を判定する。
- ・木造建物・非木造建物の構造別に分類する。
- ・さらに、木造建物は建築年代別に、非木造建物は杭の有無について分類する。

表 6-5 液状化危険度に対する面積率

ランク	条 件	面積率
A	液状化のおそれがある	18%
B	液状化の可能性はある	5%
C	液状化の可能性は低い	2%

表 6-6 液状化による建物全壊率

構造別	建築年代	基礎条件	全壊率
木造建物	昭和 35 年以前	-	13.3%
	昭和 36 年以降	-	9.6%
非木造建物	-	杭あり	0.0%
		杭なし	23.2%

木造建物（昭和 35 年以前）

全壊棟数 = $330 \times 0.133 \times 0.18 = 8$ 棟

木造建物（昭和 36 年以降）

全壊棟数 = $(360 + 86) \times 0.096 \times 0.18 = 8$ 棟

木造建物合計

全壊棟数 = $8 + 8 = 16$ 棟

非木造建物

全壊棟数 = $84 \times 0.232 \times 0.18 = 4$ 棟

合 計

全壊棟数 = $16 + 4 = 20$ 棟

注) 危険度ランク A , 震度 6 弱での数値を使用

6.4 人的被害の想定

本文中で、アンダーラインがあるものは「第2次高知県地震対策基礎調査：高知県 平成16年3月」に記載されている式、ないものはそれに数値代入した式、または一般式である。

(1) 人口の想定

存在者人口は、平成12年度国勢調査結果に基づき以下のように算出する。

早朝・夜間：夜間人口

昼間：昼間人口

夕刻：夜間人口 × (1 - 就労就学人口比 ÷ 2)

屋内人口は存在者人口に屋内滞留率を乗じて求める。ここでは、屋内滞留率を1.0と仮定する。

屋内人口 = 存在者人口 × 屋内滞留率

上ノ加江地区では夜間人口で求める。よって、存在者人口は892人である。

屋内人口 = 892 × 1.0 = 892 人

(2) 建物倒壊による人的被害の想定

1) 死者数

木造建物の倒壊による死者数と、非木造建物の倒壊による死者数を合計して求める。

死者数 = (メッシュ毎の木造屋内人口 × 木造屋内死者率
+ 同毎の非木造屋内人口 × 非木造屋内死者率)

木造屋内死者率 = 0.0676 × 木造建物全壊率

非木造屋内死者率 = 0.0167 × 非木造建物全壊率

木造屋内人口 = 屋内人口 × 木造建物棟数比率

非木造屋内人口 = 屋内人口 × 非木造建物棟数比率

木造建物棟数比率 = 木造建物棟数 ÷ 全建物棟数 = 776 ÷ 860 = 0.902

非木造建物棟数比率 = 非木造建物棟数 ÷ 全建物棟数 = 84 ÷ 860 = 0.098

木造屋内人口 = 892 × 0.902 = 805 人

非木造屋内人口 = 892 × 0.098 = 87 人

木造屋内死者率 = 0.0676 × 0.078 = 0.0053

非木造屋内死者率 = 0.0167 × 0.015 = 0.0003

木造屋内死者数 = 805 × 0.0053 = 5 人

非木造屋内死者数 = 87 × 0.0003 = 1 人

死者数 = 5 + 1 = 6 人

2) 負傷者数

以下の式により算出する。

$$\text{負傷者数} = (\text{メッシュ毎の屋内人口} \times \text{負傷者率})$$

$$\text{負傷者率} = 0.12 \times \text{建物被害率} \quad (0 \text{ 建物被害率} < 0.25)$$

$$= 0.07 - 0.16 \times \text{建物被害率} \quad (0.25 \text{ 建物被害率} < 0.375)$$

$$= 0.01 \quad (0.375 \text{ 建物被害率})$$

$$\text{負傷者率} = 0.12 \times 0.137 = 0.0164$$

$$\text{負傷者数} = 892 \times 0.0164 = 15 \text{ 人}$$

(3) がけ崩れによる死負傷者数の想定

以下の式により算出する。

$$\text{がけ崩れによる死者数} = 0.098 \times \text{がけ崩れによる大破棟数}$$

$$\text{がけ崩れによる負傷者数} = 1.25 \times \text{がけ崩れによる死者数}$$

$$\text{がけ崩れによる大破棟数} = 0.7 \times \text{がけ崩れによる全壊棟数}$$

$$\text{がけ崩れによる大破棟数} = 0.7 \times 27 = 19 \text{ 棟}$$

$$\text{がけ崩れによる死者数} = 0.098 \times 19 = 2 \text{ 人}$$

$$\text{がけ崩れによる負傷者数} = 1.25 \times 2 = 3 \text{ 人}$$

(4) 火災による死負傷者数の想定

以下の式により算出する。

$$\text{火災による死者数} = 0.055 \times \text{焼失棟数}$$

$$\text{火災による負傷者数} = 0.21 \times \text{焼失棟数}$$

焼失棟数が算定できないため、火災による死負傷者数も算定不可能である。

(5) 津波による死者数の想定

調査エリア（浸水予想エリア）の人口から補正前の死者数を算定し、これに種々の補正を行うことにより、津波による死者数を算定する。各係数は、図 6-2により算出する。

1) 死者数（補正前）

死者数（補正前）は、浸水予想エリア内の人口に津波高さに応じた死者率を乗じ、堤防等損壊による補正を行い算定する。

これは、北海道南西沖地震や阪神・淡路大震災による経験値を基に算出されている。

2) 死者数（補正後）

上記データをさらに地域の実情に近づけるため、津波到達時間、防災意識、時間帯による補正を行う。

死者数（補正前） = 浸水予想エリア内人口 × 死者率 × (1 - 堤防等の損壊による補正)

死者数（補正後） = 死者数（補正前） × 津波到達時間補正係数 × 防災意識の差異による補正 × (1 + 発災時の時間帯による補正)

表 6-7 津波による死者数算出結果

項 目	単 位	早 朝	昼 間
津波高さ	m	5.27	5.27
津波到達時間	分	10	10
浸水予想エリア内人口	人	892	892
死 者 率	%	10	10
堤防等の損壊による補正	-	1/3	1/3
死者数（補正前）	人	60	60
津波到達時間補正係数	%	98	98
防災意識の差異による補正	%	18	18
発災時の時間帯による補正	%	10	0
死者数（補正後）	人	12	11

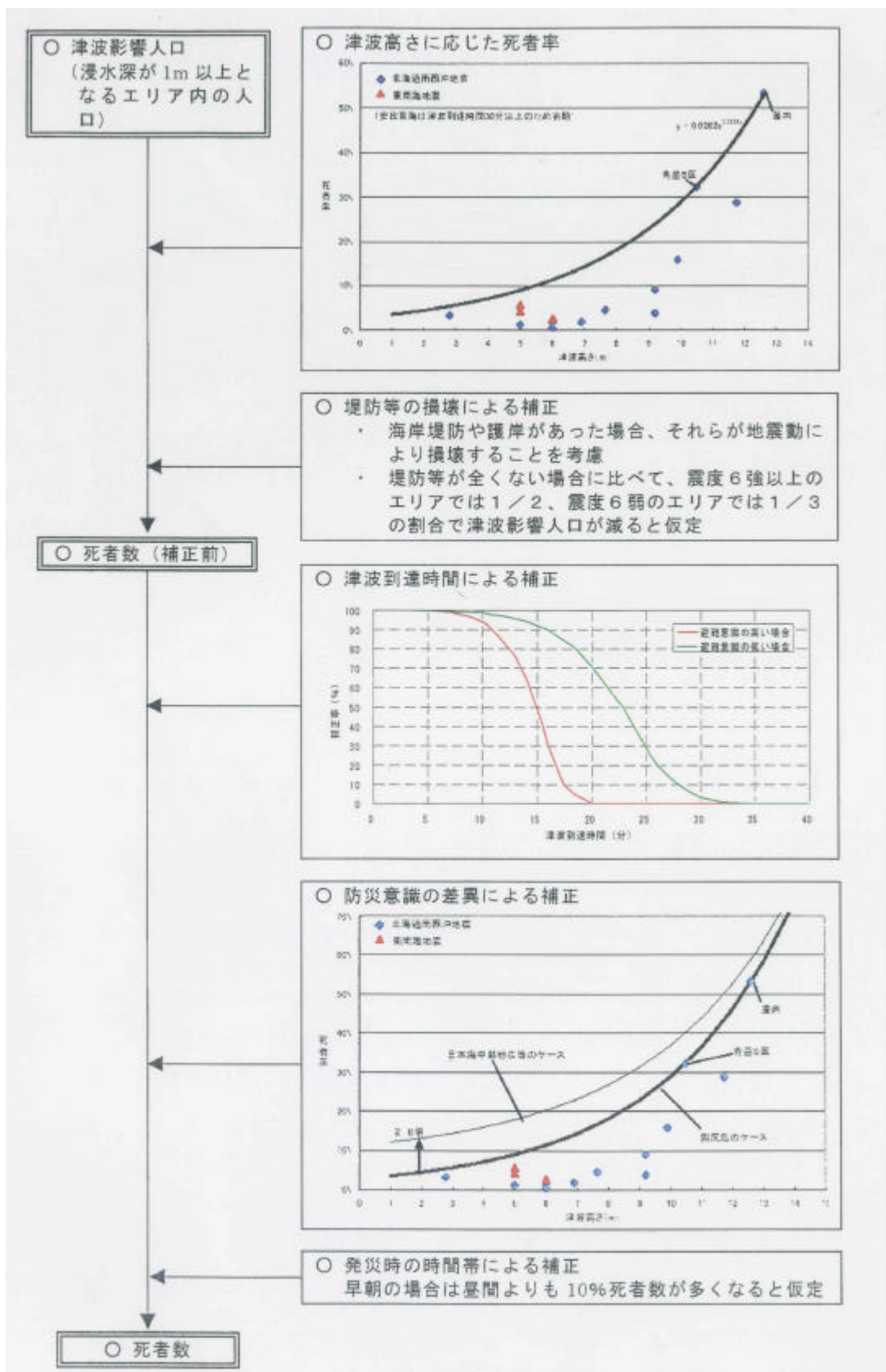


図 6-2 津波による死者数想定フロー