

被害想定^①の計算方法

被害想定

1 建物被害想定	1-1
1.1 揺れによる全半壊棟数	1-3
1.2 液状化による全半壊棟数	1-5
1.3 津波による全半壊棟数	1-11
1.4 急傾斜地崩壊による全半壊棟数	1-13
1.5 地震火災による焼失棟数	1-16
1.6 津波火災による被害様相	1-27
1.7 ブロック塀等の転倒箇所数	1-28
1.8 自動販売機の転倒箇所数	1-30
1.9 屋外落下物の発生数	1-32
2 人的被害想定	2-1
2.1 建物倒壊による死傷者数	2-1
2.2 津波による死傷者数	2-4
2.3 急傾斜地崩壊による死傷者数	2-14
2.4 火災による死傷者数	2-15
2.5 ブロック塀等の転倒による死傷者数	2-16
2.6 自動販売機の転倒による死傷者数	2-17
2.7 屋外落下物による死傷者数	2-18
2.8 屋内収容物移動・転倒、屋内落下物による死傷者数	2-19
2.9 揺れによる建物被害に伴う要救助者数（自力脱出困難者）	2-24
2.10 津波被害に伴う要救助者・要搜索者数	2-26
3 ライフライン施設の被害想定	3-1
3.1 上水道施設の断水人口	3-1
3.2 下水道施設の機能支障人口	3-5
3.3 電力施設の停電軒数	3-8
3.4 通信施設の不通回線数	3-14
3.5 ガス施設の供給停止戸数、要点検需要家数	3-16
4 交通施設の被害想定	4-1
4.1 道路の被害箇所数	4-1
4.2 鉄道施設の被害箇所数	4-6
4.3 港湾施設の被害箇所数	4-8
4.4 空港施設の被害様相	4-9
5 生活支障の被害想定	5-1
5.1 避難生活者数	5-1
5.2 避難所へ避難する災害時要援護者数	5-2
5.3 帰宅困難者数	5-3
5.4 物資不足量	5-5
5.5 医療機能支障による要転院患者数・医療受療過不足数・日常受療困難者数	5-7
5.6 保健衛生等の被害様相	5-10
6 その他の被害想定	6-1
6.1 災害廃棄物等の発生量	6-1
6.2 閉じ込めに繋がらうるエレベータ台数	6-2

6.3 危険物施設の火災、流出、破損箇所数.....	6-4
6.4 孤立集落数	6-6
6.5 応急活動支障（すぐに使用可能な施設数等）.....	6-8
6.6 地盤沈下による長期浸水面積.....	6-8
6.7 ため池の被害様相	6-9
6.8 津波による漁船・船舶、水産関連施設の被害様相.....	6-10
7 直接被害額.....	7-1
8 減災効果.....	8-1
9 被災シナリオ.....	9-1

想定する季節、時間帯

冬深夜	・多くが自宅で就寝中に被災するため、家屋倒壊による死者が発生する危険性が高く、また津波からの避難が遅れることにもなる。
夏 12 時	・オフィス、繁華街等に多数の滞留者が集中しており、自宅外で被災する機会が多い。 ・木造建物内滞留人口は、1 日の中で少ない時間帯であり、老朽木造住宅の倒壊による死者数は冬深夜と比較して少ない
冬 18 時	・住宅、飲食店などで火気使用が最も多い時間帯で、出火件数が最も多くなる。

被害想定項目別の想定シーン

	項目	想定シーン	評価の考え方
建物被害	1.1 揺れによる全半壊棟数	—	季節・時間帯によって変化しない
	1.2 液化化による全半壊棟数	—	季節・時間帯によって変化しない
	1.3 津波による全半壊棟数	—	季節・時間帯によって変化しない
	1.4 急傾斜地崩壊による全半壊棟数	—	季節・時間帯によって変化しない
	1.5 地震火災による焼失棟数	季節・時間帯別	季節・時間帯による出火・風向風速の違いを考慮
	1.6 津波火災による被害様相	—	—
	1.7 ブロック塀等の転倒箇所数	—	季節・時間帯によって変化しない
	1.8 自動販売機の転倒数	—	季節・時間帯によって変化しない
	1.9 屋外落下物の発生数	—	季節・時間帯によって変化しない
人的被害	2.1 建物被害による死傷者数	時間帯別	時間帯による滞留人口の違いを考慮
	2.2 津波による死傷者数	時間帯別	時間帯による滞留人口の違いを考慮 ※ 海水浴客についても検討
	2.3 急傾斜地崩壊による死傷者数	時間帯別	時間帯による滞留人口の違いを考慮
	2.4 火災による死傷者数	時間帯別	時間帯による滞留人口の違いを考慮
	2.5 ブロック塀等の転倒による死傷者数	時間帯別	時間帯による滞留人口の違いを考慮
	2.6 自動販売機の転倒による死傷者数	時間帯別	時間帯による滞留人口の違いを考慮
	2.7 屋外落下物による死傷者数	時間帯別	時間帯による滞留人口の違いを考慮
	2.8 屋内収容物移動・転倒、屋内落下物による死傷者数	時間帯別	時間帯による滞留人口の違いを考慮
	2.9 揺れによる建物被害に伴う要救助者数（自力脱出困難者）	時間帯別	時間帯による滞留人口の違いを考慮
	2.10 津波被害に伴う要救助者・要捜索者数	時間帯別	時間帯による滞留人口の違いを考慮
施設の被害 ライフライン	3.1 上水道施設の断水人口	—	季節・時間帯によって変化しない
	3.2 下水道施設の機能支障人口	—	季節・時間帯によって変化しない
	3.3 電力施設の停電軒数	季節・時間帯別	季節・時間帯による焼失エリアの違いを反映
	3.4 通信施設の不通回線数	季節・時間帯別	季節・時間帯による焼失エリアの違いを反映
	3.5 ガス施設の供給停止戸数、要点検需要家数	—	季節・時間帯によって変化しない
交通施設の被害	4.1 道路の被害箇所数	—	季節・時間帯によって変化しない
	4.2 鉄道施設の被害箇所数	—	季節・時間帯によって変化しない
	4.3 港湾施設の被害箇所数	—	季節・時間帯によって変化しない
	4.4 空港施設の被害様相	—	—
生活支障の被害	5.1 避難生活者数	季節・時間帯別	季節・時間帯による焼失棟数の違いを反映
	5.2 避難所へ避難する災害時要援護者数	季節・時間帯別	季節・時間帯による焼失棟数の違いを反映
	5.3 帰宅困難者数	—	—
	5.4 物資不足量	季節・時間帯別	季節・時間帯による避難生活者数の違いを反映
	5.5 医療機能支障による要転院患者数・医療受療過不足数・日常受療困難者数	季節・時間帯別	—
	5.6 保健衛生等の被害様相	—	—
その他の被害	6.1 災害廃棄物等の発生量	季節・時間帯別	季節・時間帯による焼失棟数の違いを反映
	6.2 閉じ込めに繋がりがうるエレベータ台数	—	季節・時間帯によって変化しない
	6.3 危険物施設の火災、流出、破損箇所数	—	季節・時間帯によって変化しない
	6.4 孤立集落数	—	季節・時間帯によって変化しない
	6.5 応急活動支障（庁舎の被災等）	—	季節・時間帯によって変化しない
	6.6 地盤沈下による長期浸水面積	—	季節・時間帯によって変化しない
	6.7 決壊可能性のあるため池数	—	季節・時間帯によって変化しない
	6.8 津波による漁船・船舶、水産関連施設の被害様相	—	—
直接被害額	季節・時間帯別	季節・時間帯による焼失棟数の違いを反映	
減災効果	季節・時間帯別	減災効果を評価した各項目（建物被害、人的被害等）に同じ	
被災シナリオ	—	—	

1 建物被害想定

「地震動の予測」において設定した地震動の予測結果を基に建物被害を想定した。

本調査における建築物被害の算出基準は、り災証明に用いる全壊・半壊の定義(表 1-1：平成 13 年 6 月内閣府政策統括官(防災担当)通知)を基本として用いている。なお、被害想定項目によっては、「大破」もしくは「倒壊」といった基準が示されており、それらの関係は概ね図 1-1 に示すとおりとなる。

<各被害基準と特徴>

- ①構造的基準(日本建築学会調査)
 - ・構造的被害に基づく調査
 - ・主として、建築構造系の研究者が調査したもの
- ②震災復興都市づくり特別委員会基準
 - ・再使用、再利用可能性に基づく調査
 - ・主として、建築計画系の研究者が調査したもの
- ③自治体基準
 - ・建物の財産的価値に基づく調査
 - ・主として、自治体の職員が調査したもの

表 1-1 り災証明における全半壊の定義

種類	認定基準
全壊	住家はその居住のための基本的機能を喪失したもの、すなわち、住家全部が倒壊、流失、埋没、焼失したもの、または住家の損壊が甚だしく、補修により元通りに再使用することが困難なもので、具体的には、住家の損壊、消失若しくは流失した部分の床面積がその住家の延床面積の70%以上に達した程度のも、または住家の主要な構成要素の経済的被害を住家全体に占める損害割合で表し、その住家の損害割合が50%以上に達した程度のもとする。
大規模半壊	居住する住宅が半壊し、構造耐力上主要な部分の補修を含む大規模な補修を行わなければ当該住宅に居住することが困難なもの。具体的には、損壊部分はその住家の延床面積の50%以上70%未満のもの、または住家の主要な構成要素の経済的被害を住家全体に占める損害割合で表し、その住家の損害割合が40%以上50%未満のものとする。
半壊	住家はその居住のための基本的機能の一部を喪失したもの、すなわち、住家の損壊が甚だしいが、補修すれば元通りに再使用できる程度のも、具体的には、損壊部分はその住家の延床面積の20%以上70%未満のもの、または住家の主要な構成要素の経済的被害を住家全体に占める損害割合で表し、その住家の損害割合が20%以上50%未満のものとする。

日本建築学会調査	無被害	被害 軽微	小破	中破	大破	倒壊
震災特別委員会調査	外観上被害なし		軽微な損傷		中程度の損傷	全壊 または 大破
自治体調査	無被害	一部損壊	半壊	全壊		

図 1-1 1995 年兵庫県南部地震における被災度指標の対応関係(宮腰ほか, 2000)

(1) 現況データ

建物被害の想定を行うにあたり、高知県内の各市町村から提供された固定資産台帳データおよび非課税建物データを基に大字等を参考に、建物構造を分類した上で各建物を250mメッシュに分配した。建物の構造は、木造(木造、レンガ造およびその他)、非木造(S造、鉄筋コンクリート・鉄骨コンクリート造等)に分類した。

なお、今回の被害想定では人が一定時間以上滞留する建屋を対象に想定することとし、小さな物置小屋などは想定から除くこととし、総床面積が20㎡以上の建物についてのみ評価対象とした。

表 1-2 市町村別の建物構造・年代区分別棟数

市町村名	建物数			建築年代								
	総数	木造	非木造	木造						非木造		
				～1962	1963～1971	1972～1980	1981～1989	1990～2001	2002～	～1971	1972～1980	1981～
高知市	130,425	101,105	29,320	28,382	14,368	20,515	14,480	16,451	6,909	2,709	6,255	20,356
室戸市	14,158	12,800	1,358	4,674	2,147	2,419	1,753	1,392	415	154	481	723
安芸市	13,807	11,629	2,178	4,602	1,634	1,852	1,401	1,437	703	169	627	1,382
南国市	31,115	23,247	7,868	6,662	3,242	4,209	3,468	3,915	1,751	802	2,086	4,980
土佐市	19,084	14,999	4,085	3,566	2,490	3,193	2,194	2,362	1,194	508	1,199	2,378
須崎市	15,770	12,570	3,200	2,901	2,259	2,797	1,929	1,961	723	409	980	1,811
宿毛市	12,061	9,225	2,836	2,789	1,314	2,103	1,247	1,618	154	226	894	1,716
土佐清水市	13,291	11,496	1,795	3,219	1,620	2,843	1,656	1,607	551	102	566	1,127
四万十市	22,722	17,811	4,911	5,722	2,610	3,583	2,584	2,939	373	417	1,549	2,945
香南市	21,400	16,357	5,043	4,917	1,535	2,577	2,523	3,251	1,554	336	1,638	3,069
香美市	22,151	18,375	3,776	8,146	1,899	2,949	2,385	2,010	986	445	1,084	2,247
安芸郡 東洋町	2,532	2,329	203	1,165	224	381	320	167	72	19	46	138
安芸郡 奈半利町	2,560	2,192	368	802	207	325	346	413	99	25	139	204
安芸郡 田野町	2,750	2,261	489	953	319	347	281	252	109	47	195	247
安芸郡 安田町	3,098	2,514	584	942	334	403	339	383	113	62	196	326
北川村	1,801	1,436	365	697	134	155	185	166	99	28	129	208
馬路村	863	780	83	344	159	72	70	89	46	9	27	47
安芸郡 芸西村	1,770	1,427	343	579	179	202	197	215	77	34	128	207
本山町	3,467	3,040	427	1,269	382	495	385	366	143	50	106	271
大豊町	7,856	7,254	602	4,478	868	821	571	381	135	126	177	299
土佐町	4,372	3,866	506	791	871	764	551	635	254	41	193	272
大川村	489	433	56	250	55	70	35	11	12	4	21	31
いの町	16,097	13,126	2,971	6,556	1,112	1,657	1,147	1,945	708	873	457	1,641
仁淀川町	8,232	7,047	1,185	3,969	531	970	711	746	119	139	423	623
高岡郡 中土佐町	7,110	6,283	827	2,239	923	1,250	739	788	344	49	242	536
佐川町	12,077	10,117	1,960	3,331	1,123	1,968	1,377	1,615	703	113	453	1,394
越知町	5,747	4,510	1,237	1,824	587	782	532	582	203	137	394	706
橋原町	4,024	3,838	186	1,457	375	644	499	582	281	54	43	89
日高村	4,719	3,655	1,064	1,180	300	732	610	606	227	59	243	762
津野町	6,225	5,676	549	1,779	650	1,057	832	947	412	43	136	370
高岡郡 四万十町	18,181	14,940	3,241	4,688	1,783	2,806	2,349	2,270	1,044	271	868	2,102
大月町	4,530	3,962	568	1,548	456	698	534	549	177	47	190	331
幡多郡 三原村	2,069	1,745	324	741	159	284	215	253	93	10	85	229
幡多郡 黒潮町	11,567	10,053	1,514	2,800	1,378	2,175	1,514	1,617	569	86	442	986
合計	448,120	362,098	86,022	119,962	48,227	68,098	49,959	54,521	21,352	8,603	22,692	54,753

1.1 揺れによる全半壊棟数

(1) 予測方針

建物の被害想定は、図 1.1-1 に示す流れに沿って実施した。

揺れによる全半壊棟数は、その構造別、建築年代別に異なることが知られている。今回の調査では、平成 24 年 8 月 29 日に内閣府より公表された過去の地震動により構築された計測震度と建物被害の関係を示す被害率（図 1.1-2）を 250mメッシュに分配した建物データにあてはめ被害数を算出した。

翠川・伊東・三浦(2011)や日本建築学会(2011)によると、2003 年から 2007 年までの新潟県中越地震や中越沖地震等の地震、2011 年の東日本大震災などの被害実態は、この被害率曲線を概ね下回るか近傍に分布するとされている。

そのため、本被害率を用いると実際の被害よりも多少過大に算出されることが想定されるが、今回は安全側の評価（被害を大きめに評価し、対策に余裕を持たせる）として、内閣府（2012）の被害率曲線を使用することとした。

内閣府（2012）の被害率曲線では、昭和 56 年（1981 年）以降の新耐震基準に準じた建物が、さらに 3 つの建築年代で分類されている。長尾・山崎(2011)によると、昭和 56 年以降の木造建物でも各年代によって被害率に大きな差が生じる。これを踏まえ、今回の想定でも昭和 56 年以降の木造建物についてその被害実態から年代毎に区分した。

表 1.1-1 揺れによる建物被害の想定に用いた建築年次区分

建物	建築年次区分
木造建物	昭和 37 年（1962 年）以前
	昭和 38 年（1963 年）～ 昭和 46 年（1971 年）
	昭和 47 年（1972 年）～ 昭和 55 年（1980 年）
	昭和 56 年（1981 年）～ 平成 元年（1989 年）
	平成 2 年（1990 年）～ 平成 13 年（2001 年）
	平成 14 年（2002 年）以降
非木造建物	昭和 46 年（1971 年）以前
	昭和 47 年（1972 年）～ 昭和 55 年（1980 年）
	昭和 56 年（1981 年）以降

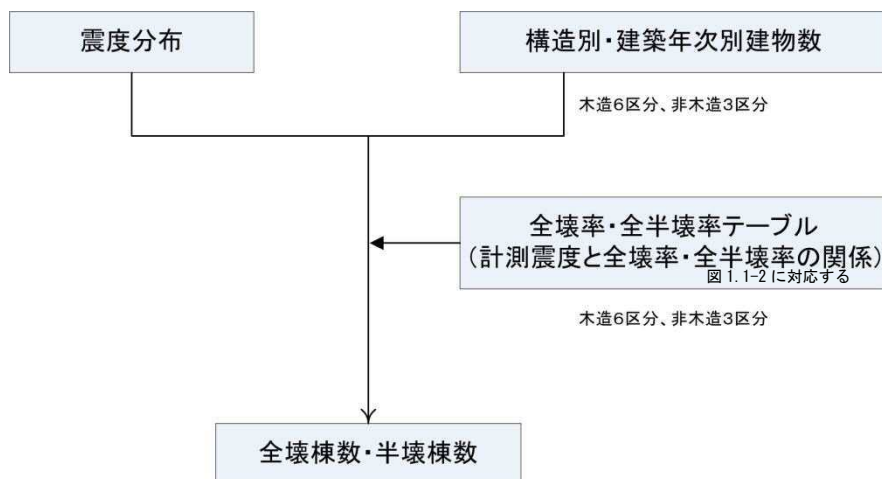
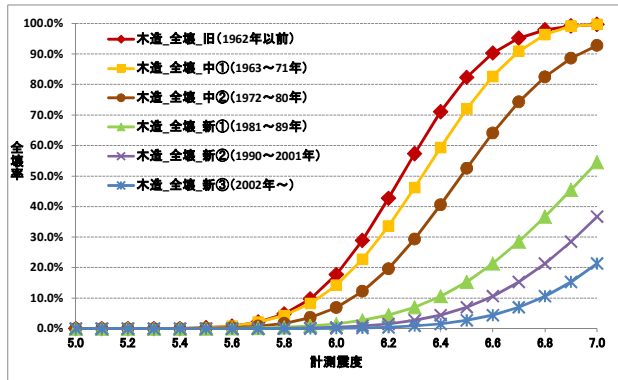


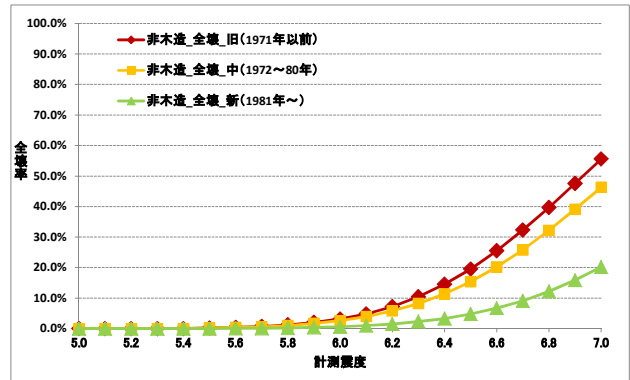
図 1.1-1 揺れによる建物被害の想定手順

(2) 予測手法

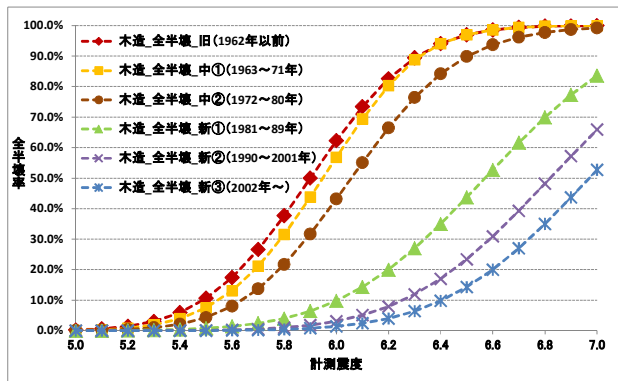
図 1.1-2 に示された各年代の計測震度に対する全壊率および全半壊率を乗じて被害数を算出した。



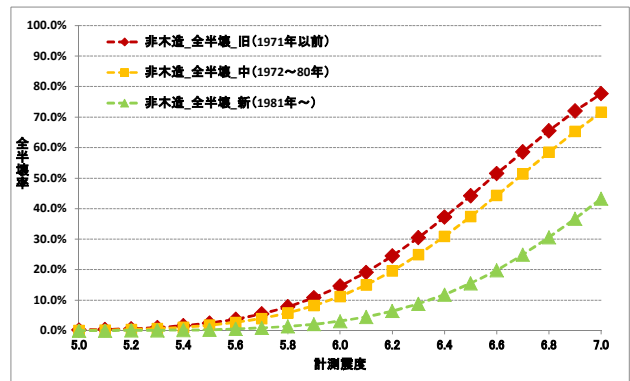
木造建物の全壊率曲線



非木造建物の全壊率曲線



木造建物の全半壊率曲線



非木造建物の全半壊率曲線

図 1.1-2 建物の被害率曲線（内閣府 平成 24 年 8 月 29 日公表資料）

1.2 液状化による全半壊棟数

(1) 予測方針

建物の被害想定は、図 1.2-1 に示す流れに沿って実施した。

Tokimatsu(2012)によると、液状化による地盤沈下量が大きくなれば、建物平均傾斜角が大きくなり、全壊率や半壊率に違いが生じるとされている。このことから、揺れによる被害同様、250 mメッシュに分配した建物データに、地盤沈下量と建物被害の関係から求められた被害率（図 1.2-2）を乗ずることで被害を想定した。

ここで、被害率は建物の構造で異なり、木造については年代を基準として2区分、非木造については杭あり建物と杭なし建物で異なる。そのため、杭なし建物については全年代、杭ありについてはアスペクト比の大きい小規模建物については年代によって3区分に、それ以外の建物は被害がないと仮定し計5区分とした。

また、今回の想定では非木造建物における杭あり建物は3階建て以上の建物とした。また、アスペクト比の大きい小規模建物(短編方向スパンが1-2程度)の3階建て以上の建物に占める割合は地域によって異なり、かつ実態調査も困難なため1割と設定した。

表 1.2-1 液状化による建物被害の想定に用いた建築年次区分

建物		建築年次区分
木造建物		昭和 55 年 (1980 年) 以前
		昭和 56 年 (1981 年) 以降
非木造建物	杭なし	全年代
	杭あり*	昭和 49 年 (1974 年) 以前
		昭和 50 年 (1975 年) ~ 昭和 58 年 (1983 年)
		昭和 59 年 (1984 年) 以降

※ 杭あり建物のうち、被害が生じるのはアスペクト比の大きい小規模建物のみを対象とし、アスペクト比の小さいもしくはアスペクト比が大きいても大規模建物については半壊以上の被害はないものとする。

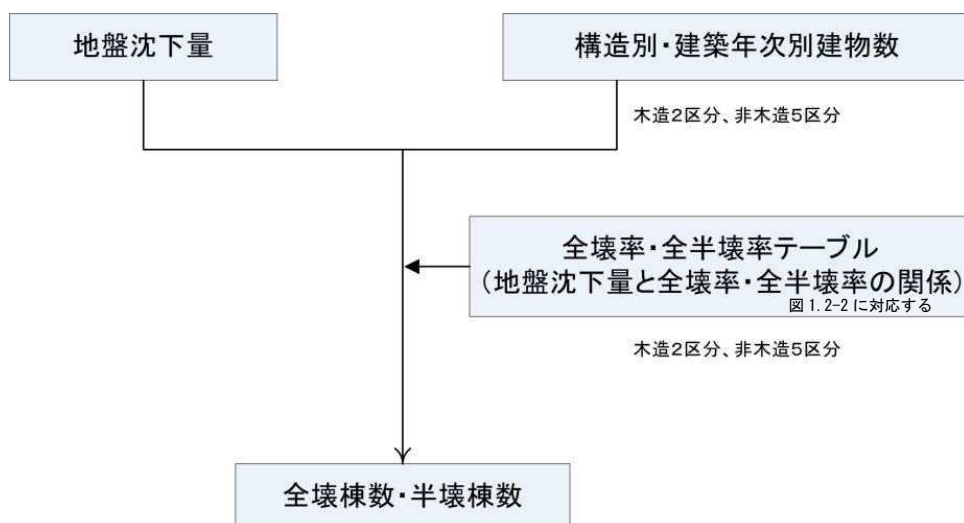


図 1.2-1 液状化による建物被害の想定手順

(2) 予測手法

図 1.2-2 に示された各年代の地盤沈下量に対する全壊率および全半壊率を乗じて被害数を算出した。

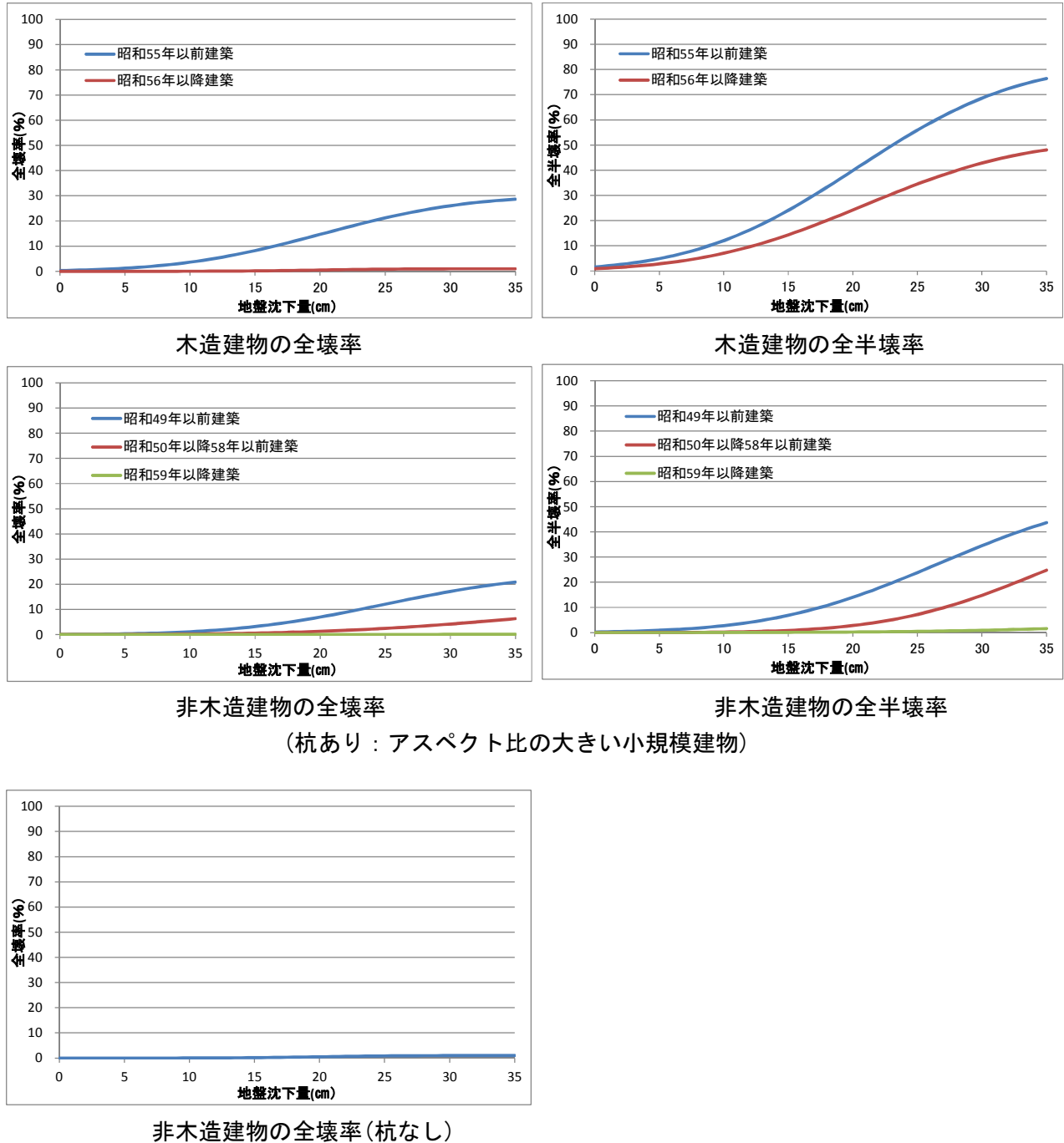


図 1.2-2 地盤沈下量に対する建物全半壊率
(東京工業大学 時松教授のデータにもとづき内閣府が設定)

(3) 液状化危険度の想定（参考資料）

① 液状化危険度の想定手順

高知県の液状化危険度については、250mメッシュでの想定手順を図 1.2-3 に示した。まず、内閣府（2012）の南海トラフの巨大地震モデル検討会、第二次報告でも用いられている若松・松岡（2011）¹による微地形区分を用いて液状化対象となる微地形区分のメッシュを抽出する。次に、今回作成した浅層地盤モデル（S波速度構造モデル）を用いて道路橋示方書²に準拠して F_L 値、 P_L 値を求め、液状化危険度を判定した。

さらに、建物の液状化による被害を算出するため、内閣府（2012）³により提案された手法により 250mメッシュごとに地盤沈下量を求めた。以下に手法の詳細を述べる。

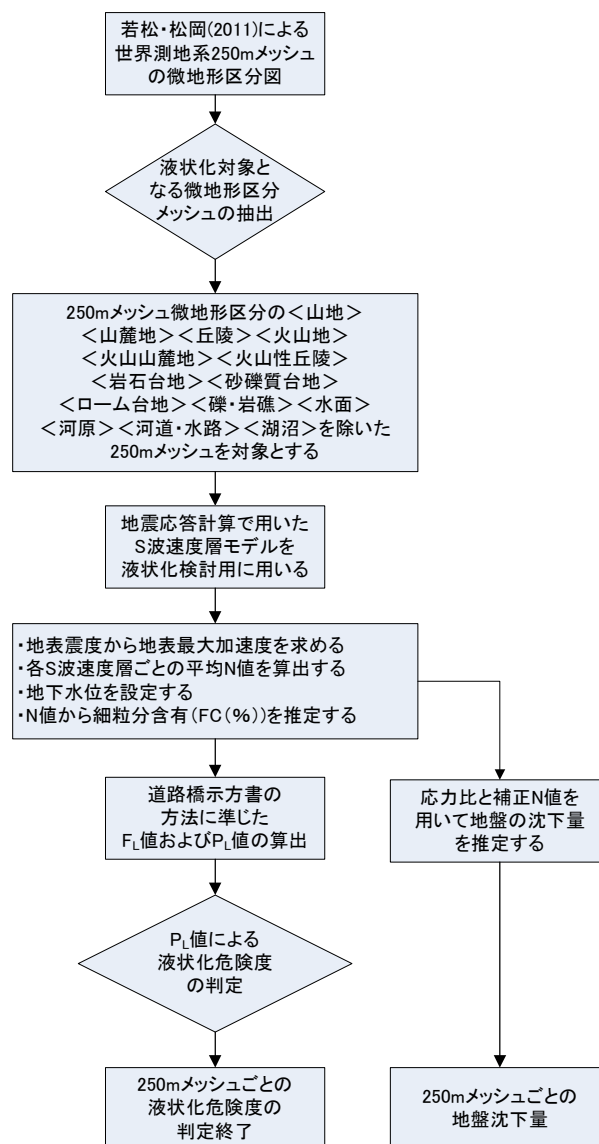


図 1.2-3 液状化危険度の想定手順

¹ 若松加寿江, 松岡昌志 (2011): 世界測地系に準拠した地形・地盤分類 250mメッシュマップの構築, 日本地震工学会大会-2011 梗概集, pp.84-85, 2011.11.

² (社) 日本道路協会 (2002): 道路橋示方書・同解説V耐震設計編, 平成14年3月.

³ 内閣府 (2012): 南海トラフの巨大地震モデル検討会 (第二次報告), 強震断層モデル編 (別添資料) -液状化可能性、沈下量について-, 平成24年8月29日

② 液状化可能性評価手法

液状化可能性の評価については、「道路橋示方書・同解説（2002年3月発行）」による、砂質土層の液状化の判定手法を採用した。すなわち、地震動計算結果から地表から20mまでの地中のせん断応力（L）と液状化対象層の繰り返し三軸強度比（R）を求め、液状化対象層ごとに液状化に対する抵抗率（ $F_L=R/L$ ）を求め、さらに地層全体の液状化可能性指数（ P_L ）を評価した。

1) 動的せん断強度比Rについては、下記の方法で求めた。

$$R = C_w \cdot R_L$$
$$R_L = \begin{cases} 0.0882(N_a/1.7)^{0.5} & (N_a < 14) \\ 0.0882(N_a/1.7)^{0.5} + 1.6 \times 10^{-6} \cdot (N_a - 14)^{4.5} & (N_a \geq 14) \end{cases}$$

C_w : 地震動特性による補正係

高知県内での振動三軸試験のデータを用いて試験実施地点に最も近いモデル柱状図の砂層におけるせん断力波形より $C_w (=0.67 \times C_2)$ を算出し、せん断応力波形の繰り返し回数 N と C_w の関係および繰り返し三軸強度比 R_L と C_w の関係を検討した。

通常 M8.0 以下のプレート型は $C_w=1.0$ である。最大クラス（レベル2）の地震動で高知県の地盤を対象に検討すると、安全側にみて $C_w=0.8$ 程度と評価される。今回の想定では、継続時間の長い最大クラスの地震（レベル2）については $C_w=0.8$ と設定した。

2) N 値及び F_c の算出については、亀井ほか(2002)⁴ の式に従った。

$$N_a = N_1 + \Delta N$$
$$\Delta N = \begin{cases} 0 & (F_c < 8\%) \\ 20.769 \times \log_{10}(F_c) - 18 & (8\% \leq F_c < 40\%) \\ 15.27 & (F_c \geq 40\%) \end{cases}$$

ただし、

N_a : 道路橋示方書の液状化強度比を推定する式における粒度の影響を考慮した補正 N 値

N_1 : 有効土載圧 100kN/m^2 相当に換算した N 値

ΔN : 東京低地における細粒分の影響を補正する N 値

$$F_c = \begin{cases} 916 / (N + 9.21) - 29.5 & (N < 22) \\ 0 & (N \geq 22) \end{cases}$$

⁴ 亀井祐聡、森本 巖、安田 進、清水善久、小金井健一、石田栄介（2002）：東京低地における沖積砂質土の粒度特性と細粒分が液状化強度に及ぼす影響、地盤工学会論文報告集、Vol.42、No.4、101-110.

3) 地震時せん断応力比 L

$$L = r_d \cdot K_s \cdot \sigma_v / \sigma_v'$$

$$r_d = 1.0 - 0.015x$$

$$\sigma_v = [\rho_{t1} + \rho_{t2} (x - h_w)] / 10$$

$$\sigma_v' = [\rho_{t1} + \rho_{t2}' (x - h_w)] / 10$$

ここに、

r_d : 地震時せん断応力比の深さ方向の低減係数

K_s : 液状化に対する設計震度

x : 地表面からの深さ (m)

ρ_{t1} : 地下水面より浅い位置での土の密度 (tf/m³)

ρ_{t2} : 地下水面より深い位置での土の密度 (tf/m³)

ρ_{t2}' : 地下水面より深い位置での土の有効密度 (tf/m³)

h_w : 地表面から地下水面までの深さ (m)

$$K_s = A_{\max} / 9.8$$

A_{\max} : 地表最大加速度 (m/s²)

9.8 : 重力加速度 (m/s²)

ここで地表最大加速度は、地震動予測解析により求められた地表の計測震度から、童・山崎 (1996) による計測震度 (I) と最大加速度 (PGA) の関係式を用いて求めた。

$$I = 0.59 + 1.89 \cdot \log_{10} (\text{PGA})$$

4) 液状化指数 P_L 値の算出

$$P_L = \int_0^{20} (1 - F_L)(10 - 0.5x) dx$$

ここに、 F_L : 液状化に対する抵抗率 ($F_L \geq 1$ の場合には $F_L = 1$)

x : 地表面からの深さ (m)

求められたメッシュ毎の P_L 値より、以下の基準で液状化可能性を評価する。

$P_L > 15$: 液状化の可能性が大

$5 < P_L \leq 15$: 液状化の可能性が中

$0 < P_L \leq 5$: 液状化の可能性が小

$P_L = 0$: 液状化の可能性なし

③ 液状化に伴う地盤の沈下量の推定方法

液状化に伴う地盤の沈下量 S は、建築基礎構造設計指針(2001)に示されている補正 N 値と繰返しせん断ひずみの関係を用いて、補正 N 値と応力比のプロット点に対応する繰返しせん断ひずみを隣接する γ_{cy} 曲線の対数補間により求める。

このとき、繰返しせん断ひずみ8%の曲線より左側にプロットされる場合には $\gamma_{cy} = 8\%$ とし、0.5%より右側にプロットされる場合には、 $\gamma_{cy} = 0.5\%$ とする。

ここで、繰返しせん断ひずみ γ_{cy} を体積ひずみ ε_v として読み替え、沈下量 S を次式で推定する。

$$S = \sum (H_i \times \varepsilon_{v,i}), \quad i = 1 \sim n$$

S : 沈下量

H_i : $F_L < 1.0$ となる砂質土層 i の層厚

$\varepsilon_{v,i}$: $F_L < 1.0$ となる砂質土層 i の体積ひずみ

n : $F_L < 1.0$ となる砂質土層数

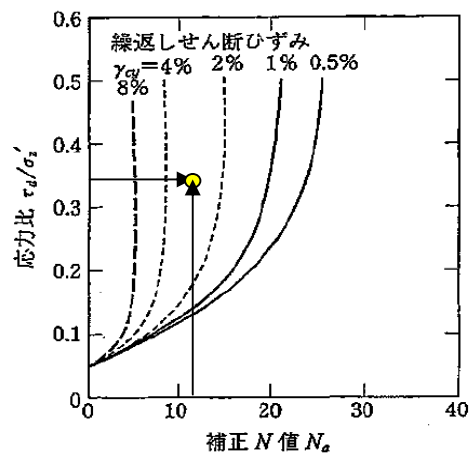


図 1.2-4 補正 N 値と繰返しせん断ひずみの関係
(建築基礎構造設計指針(2001), p. 66,
補正 N 値と繰返しせん断ひずみの関係図に加筆)

1.3 津波による全半壊棟数

(1) 予測方針

津波による被害は、木造、非木造の構造別で異なるため、これらを分けて予測した。

また、国土交通省都市局による「東日本大震災による被災現況調査データ」(国土交通省、平成23年10月時点)によると、平成17年における人口集中地区(図1.3-1)とそれ以外の地区とに分けて分析した結果、人口集中地区では、それ以外の地区と比較して浸水深が浅いところでも全壊率、全半壊率ともに高くなっている。これは、津波被害を受けた地域のうち、人口集中地区の方が船舶・建築物の漂流物が多く、波力の増大によって建物被害率が高くなるためである。この結果を踏まえ、人口集中地区とそれ以外の地区で異なる被害率曲線(内閣府, 2012)を採用した。

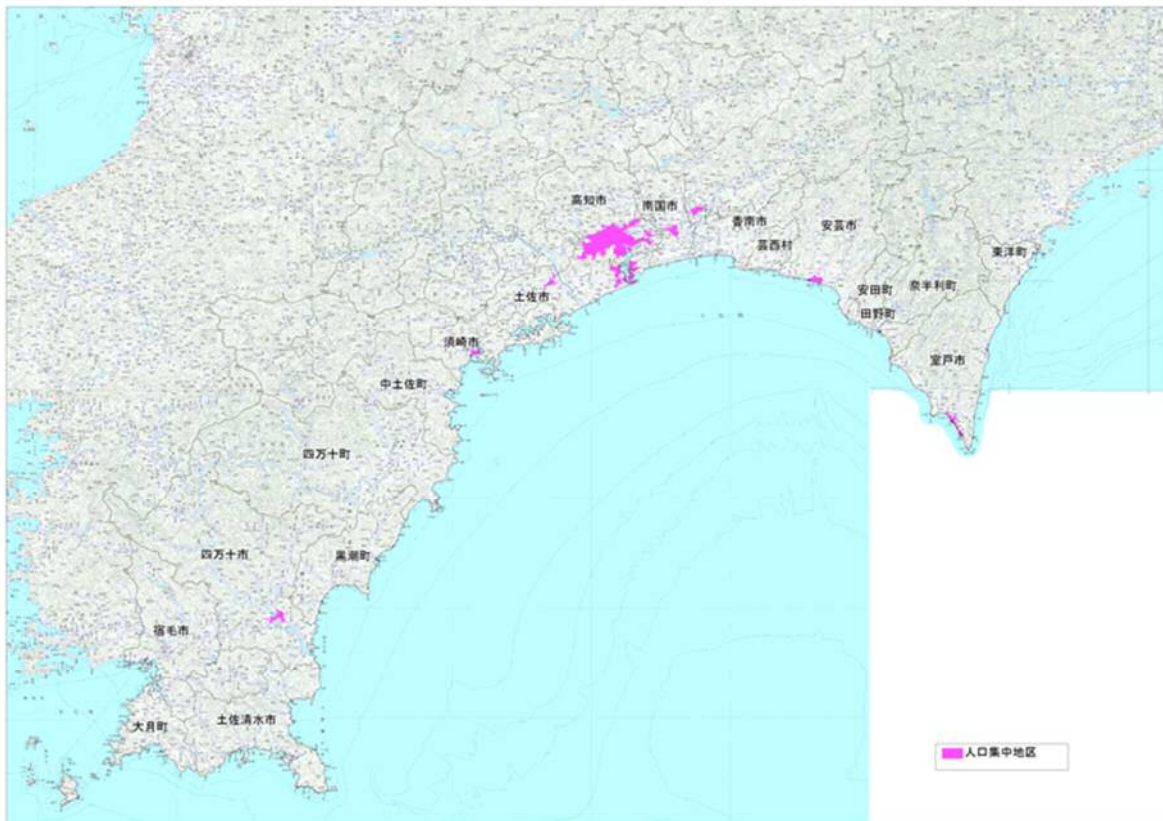


図 1.3-1 人口集中地区

(2) 予測方法

人口集中地区とそれ以外の地区における浸水深別・建物構造別被害率（内閣府，2012）を基に、津波浸水深から建物被害を算出した。使用した被害率曲線を図 1.3-2 に示す。

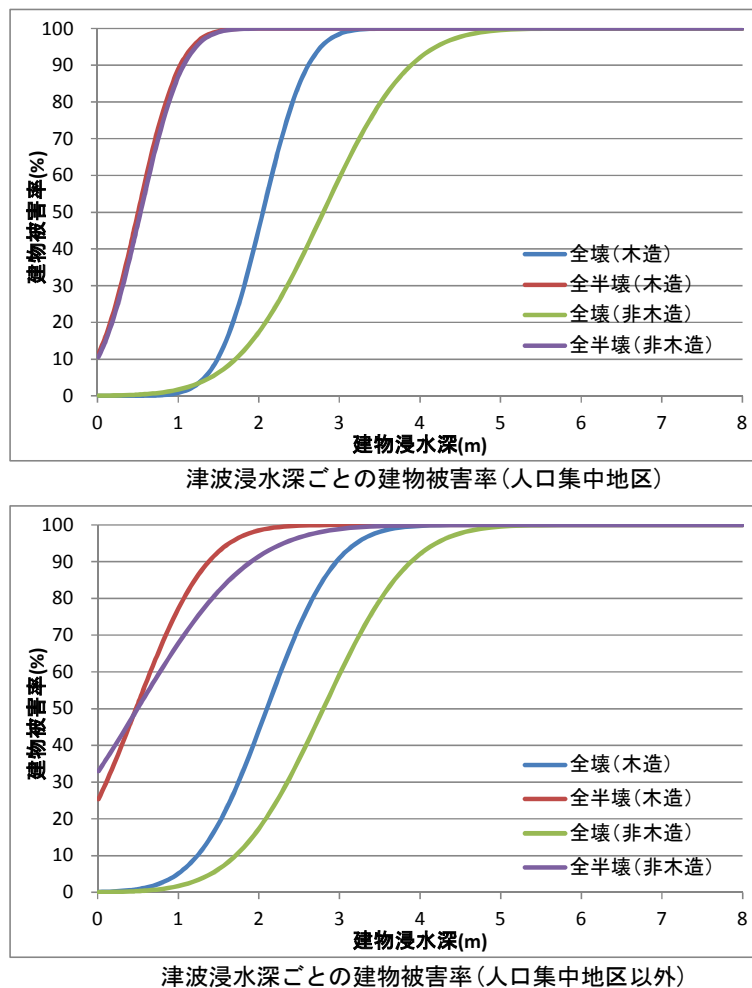


図 1.3-2 津波による建物被害率曲線（内閣府，2012）

1.4 急傾斜地崩壊による全半壊棟数

(1) 現況データ

高知県内の急傾斜地崩壊危険箇所及び山腹崩壊危険地区の分布を図 1.4-1 に示す。高知県内には急傾斜地崩壊危険箇所^{※1}が約 13,000 箇所、山腹崩壊危険地区^{※2}が約 4,800 箇所存在する。

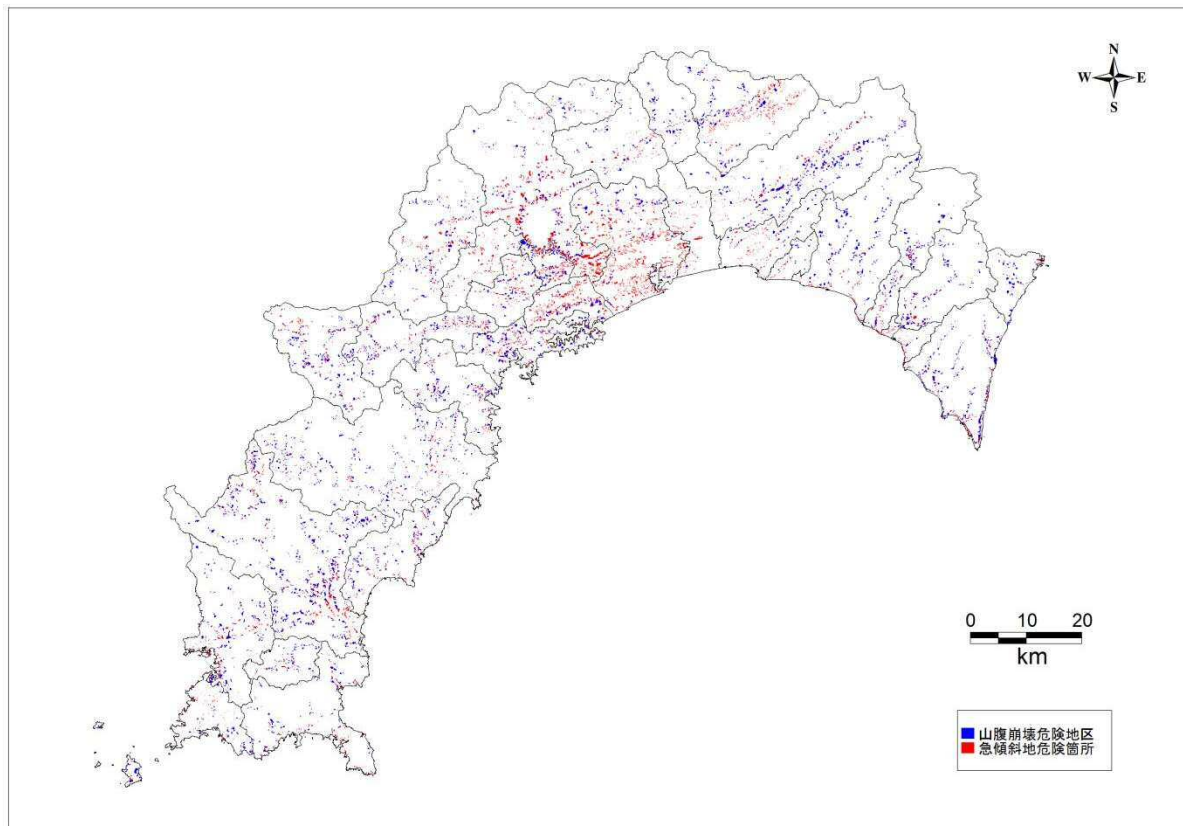


図 1.4-1 山腹崩壊危険地区および急傾斜地崩壊危険箇所分布図

※1 急傾斜地崩壊危険箇所 : 高知県 急傾斜地崩壊危険箇所調査表 (平成 15 年)
※2 山腹崩壊危険地区 : 高知県 地震津波関連調書 (山腹崩壊危険地区)
高知県 ホームページ「山地災害危険地区位置図」
<http://www.pref.kochi.lg.jp/soshiki/030601/kikenti-itizu.html>

(2) 予測方針

急傾斜地崩壊及び山腹崩壊による建物被害は、図 1.4-2 に示す流れに沿って実施した。

まず、急傾斜地崩壊及び山腹崩壊が発生する可能性のある箇所について表 1.4-1 の基準を用いて危険度ランク別に点数付を行い、各箇所について表 1.4-2 を基に震度別の危険度ランクを決定した。

その上で決定した危険度ランクから、近年発生した直下型地震のデータに基づく崩壊確率（表 1.4-3）を設定し、崩壊確率と崩壊地における建物全半壊率を用いて斜面災害による建物被害数を算出した。

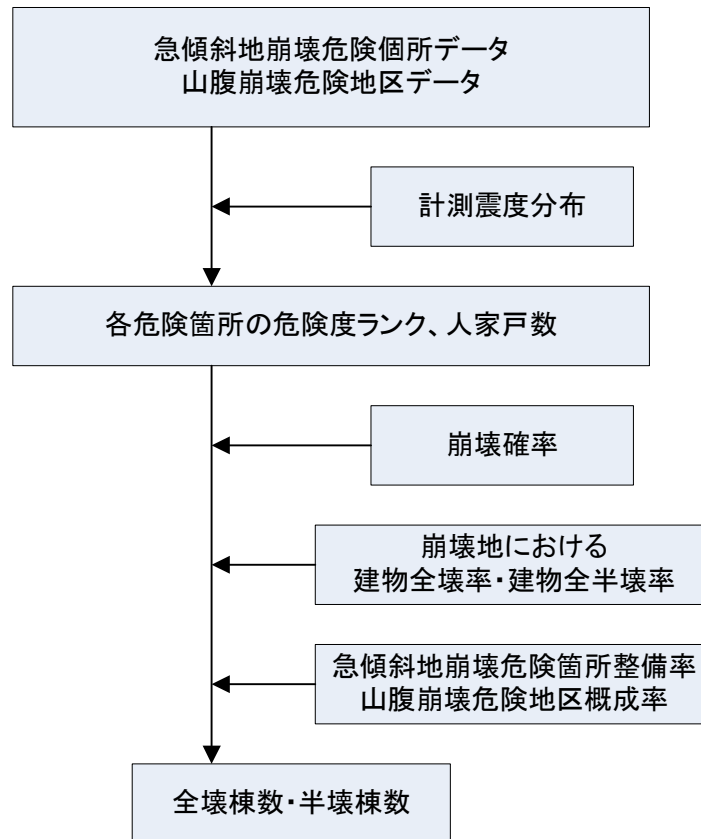


図 1.4-2 急傾斜地崩壊による建物被害の想定手順

(3) 予測方法

上記の方針に沿って、各予測ケース別に危険度ランクを判定し、建物被害数を求めた。

予測に用いる建物データは、NTT 空間情報株式会社の geospace 電子地図を基に作成した。本データは、空中写真等を基に建物がポリゴンとして設定されており、高知県の建物分布の現状に即したデータである。

表1.4-1 急傾斜地震災害対策危険度判定基準の点数付

大項目	小項目		点数
	データ項目		
①斜面高(H)m	・斜面の高さ	$50 \leq H$	10
		$30 \leq H < 50$	8
		$10 \leq H < 30$	7
		$H < 10$	3
②斜面勾配(α)	・傾斜度	$59^\circ \leq \alpha$	7
		$45^\circ \leq \alpha < 59^\circ$	4
		$\alpha < 45^\circ$	1
③オーバーハング	・横断形状	オーバーハングあり	4
		オーバーハングなし	0
④斜面の地盤	・地表の状況	亀裂が発達、開口しており転石、浮石が存在する	10
		風化、亀裂が発達した岩である	6
		礫混じり土、砂質土	5
		粘質土	1
		風化、亀裂が発達していない岩である	0
⑤表土の厚さ	・表土の厚さ	0.5m以上	3
		0.5m未満	0
⑥湧水	・湧水	有り	2
		無し	0
⑦落石・崩壊頻度	・崩壊履歴	新しい崩壊地がある	5
		古い崩壊地がある	3
		崩壊地は認められない	0

※：国土交通省河川局砂防部の急傾斜地崩壊危険箇所別の位置及び人家戸数データ(斜面台帳)から、急傾斜地震災害対策危険度判定基準の点数を計算する。

表1.4-2 震度による危険度ランク判定基準 (上表の合計点から、震度ごとの危険度ランクを設定)

震度 \ 基準要素点	13点以下	14~23点	24点以上
6強以上	A	A	A
6弱	B	A	A
5強	C	B	A
5弱	C	C	B
4	C	C	C

表1.4-3 危険度ランク別崩壊確率

ランク	崩壊確率
A	10%

※：近年発生した直下地震の事例(新潟県中越地震、新潟県中越沖地震、岩手・宮城内陸地震)を踏まえ、崩壊危険度ランク別の崩壊確率を次のように設定する(ランクB,Cの崩壊確率はゼロ)。

<p>急傾斜地崩壊による全壊棟数 =</p> <p style="margin-left: 40px;">危険箇所内人家戸数 × 崩壊確率 × 崩壊地における震度別建物全壊率</p> <p style="margin-left: 80px;">× (1 - 高知県の急傾斜地崩壊危険箇所整備率)</p> <p>急傾斜地崩壊による全半壊棟数 =</p> <p style="margin-left: 40px;">危険箇所内人家戸数 × 崩壊確率 × 崩壊地における震度別建物全半壊率</p> <p style="margin-left: 80px;">× (1 - 高知県の急傾斜地崩壊危険箇所整備率)</p>

1.5 地震火災による焼失棟数

(1) 予測方針

火災被害の予測は次の方針で実施する。

- ・火災の被害は発生時刻や気象によって状況が大きく異なることから、気象条件と発生時刻に基づき、1地震あたり3つのケース(冬深夜、夏12時、冬18時)を想定して予測する。
- ・気象条件については、高知地方気象台の公表データ(アメダスデータ)から、過去の風向・風速データ(1976~2011年)を収集し、設定した。風向・風速は、該当する季節・時間帯の期間の収集データ内から各ケースに該当するデータをランダムに抽出した。
- ・出火要因として、①火気器具、②電気器具、③化学薬品、④工業炉、⑤危険物施設、⑥その他(LPガス、ガスボンベ、高圧ガス施設)の6つの要因に分類し、これらの出火要因別の出火率を用いる。しかし、③~⑥の全出火要因に占める出火割合は非常に小さいため、ここでは火気器具・電気関係からの出火のみを取り扱う。
- ・国勢調査や事業所・企業統計調査より世帯や用途別の事業所の分布状況を把握し、出火要因別の出火率や分布状況、使用状況を掛け合わせた震度別用途別時間帯別の全出火率を用いる。
- ・さらに、震度別の初期消火成功率を考慮して、各予測ケース毎の炎上出火件数を算出した。
- ・消防運用については、「平成22年 消防年報」(高知県、平成24年)を基に設定した。
- ・以上の流れで算出した出火件数を基に、延焼シミュレーションにより焼失棟数を算出した。

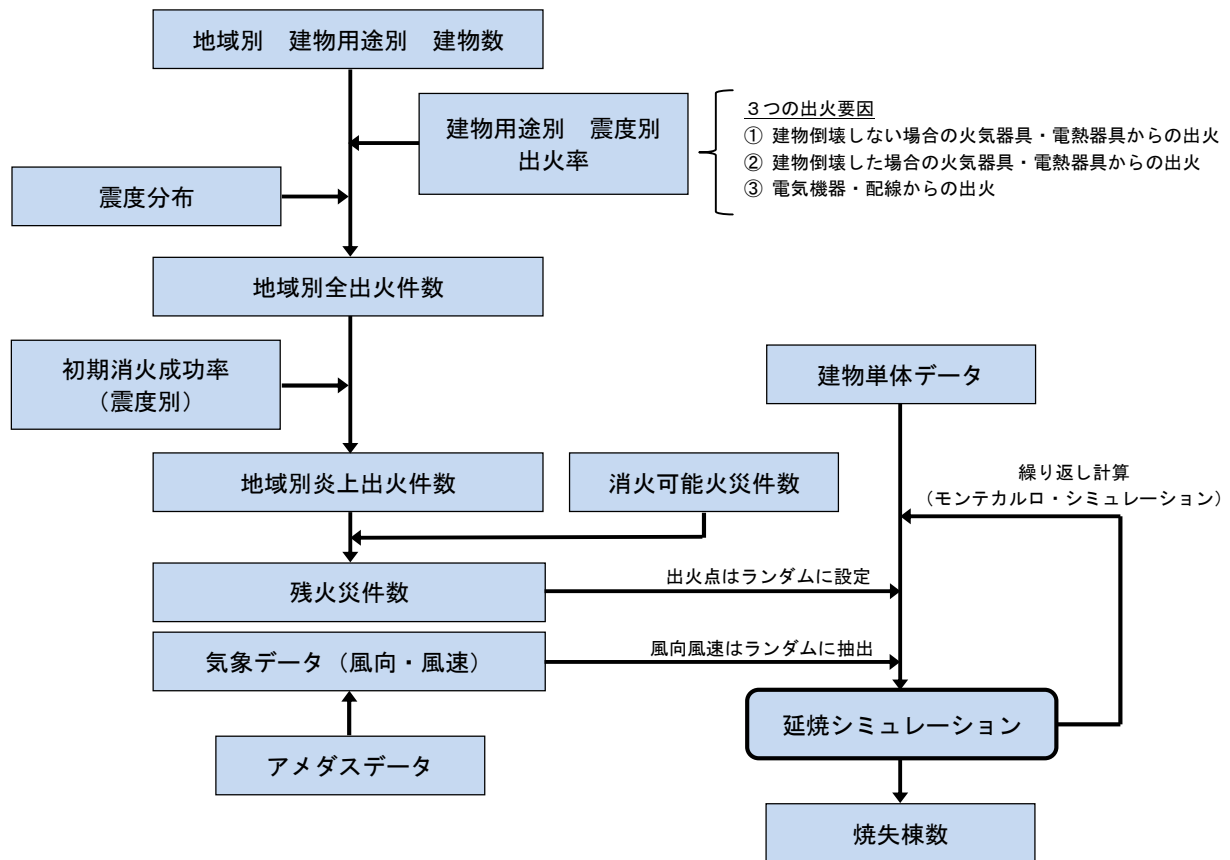


図 1.5-1 火災被害の想定手順

(2) 予測手法

① 出火

1) 建物倒壊しない場合の火気器具・電熱器具からの出火

火気器具・電熱器具からの震度別・用途別・季節時間帯別の全出火率は、内閣府（2012）を基に以下の様に設定する。

表 1.5-1 火気器具・電熱器具からの震度別・用途別・季節時間帯別の出火率

冬深夜					
	震度5弱	震度5強	震度6弱	震度6強	震度7
飲食店	0.0003%	0.0009%	0.0047%	0.0188%	0.0660%
物販店	0.0001%	0.0004%	0.0013%	0.0059%	0.0510%
病院	0.0002%	0.0004%	0.0014%	0.0075%	0.1180%
診療所	0.0000%	0.0002%	0.0005%	0.0018%	0.0070%
事務所等その他事務所	0.0000%	0.0001%	0.0004%	0.0020%	0.0110%
住宅・共同住宅	0.0002%	0.0006%	0.0021%	0.0072%	0.0260%
夏12時					
	震度5弱	震度5強	震度6弱	震度6強	震度7
飲食店	0.0029%	0.0076%	0.0346%	0.1152%	0.3310%
物販店	0.0005%	0.0015%	0.0071%	0.0253%	0.1230%
病院	0.0009%	0.0016%	0.0070%	0.0296%	0.3130%
診療所	0.0004%	0.0004%	0.0016%	0.0050%	0.0230%
事務所等その他事務所	0.0005%	0.0017%	0.0083%	0.0313%	0.1830%
住宅・共同住宅	0.0003%	0.0003%	0.0013%	0.0043%	0.0210%
冬18時					
	震度5弱	震度5強	震度6弱	震度6強	震度7
飲食店	0.0047%	0.0157%	0.0541%	0.1657%	0.5090%
物販店	0.0007%	0.0020%	0.0085%	0.0302%	0.1580%
病院	0.0008%	0.0017%	0.0072%	0.0372%	0.5290%
診療所	0.0004%	0.0010%	0.0036%	0.0130%	0.0410%
事務所等その他事務所	0.0003%	0.0012%	0.0052%	0.0216%	0.1770%
住宅・共同住宅	0.0010%	0.0034%	0.0109%	0.0351%	0.1150%

※ 出典：南海トラフ巨大地震の被害想定（第二次報告）について 報道発表資料一式（平成24年8月29日発表）、資料2-2 建物被害・人的被害の被害想定項目及び手法の概要

2) 建物倒壊した場合の火気器具・電熱器具からの出火

建物倒壊時の火気器具・電熱器具については、阪神・淡路大震災時の事例から、3)で検討する電気機器・配線からの出火を除いて、冬における倒壊建物1棟あたりの出火率を0.0449%とし、さらに時刻別に補正する。一方、暖房器具類を使用しない夏の場合には、倒壊建物1棟あたりの出火率を0.0286%とし、こちらも時刻別に補正する。

火気器具・電熱器具からの出火率の違いと別に、時刻ごとの総出火件数の違いによる補正については、次ページに示す過去の時間別・月別の火災発生件数データを基に、各時刻の差異が出るように設定した。

$$\begin{aligned}
 & \text{深夜の火災件数} : \text{昼の火災件数} : \text{夕方の火災件数} \quad (\text{年間、図 1.5-2 右}) \\
 & = 7.5 \text{ (0~5 時の最も低い件数)} : 26.9 \text{ (13~14 時の件数)} : 23.2 \text{ (18~19 時の件数)} \\
 & = 1.0 : 3.5 : 3.1
 \end{aligned}$$

また、夏期は冬期に比べて降雨が多く、発火したとしても火災に繋がりにくくなる傾向があり、時期別にみて冬期(12-3月) (平均 46 件、図 1.5-2 左) は夏秋期(6-11月) (平均 28 件、図 1.5-2 左) の 1.6 倍の火災発生件数であることを踏まえ、以下の補正係数を設定した。

$$\begin{aligned}
 & \text{冬深夜の火災件数} : \text{夏昼の火災件数} : \text{冬夕方の火災件数} \\
 & = 1.0 : 3.5 \div 1.6 : 3.1 = 1.0 : 2.2 : 3.1
 \end{aligned}$$

建物倒壊した場合の全出火件数＝

建物倒壊棟数※×季節時間帯別の倒壊建物1棟あたり出火率

ここで、季節時間帯別の倒壊建物1棟あたり出火率：0.0449%（冬深夜）、
0.0629%（夏12時）、0.1392%（冬18時）（※倒壊棟数＝0.3×全壊棟数）

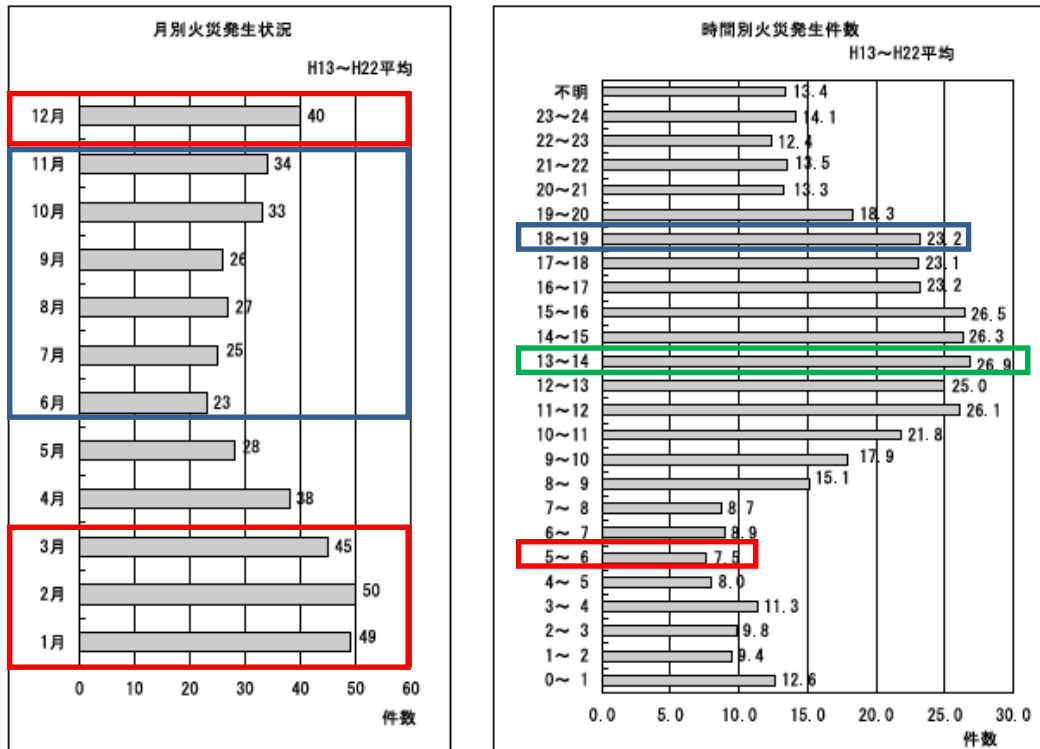


図 1.5-2 高知県内の火災多発時期および多発時間 (H13~22)

※出典：平成 22 年 消防年報 (H24. 3, 高知県) より抜粋

3) 電気機器・配線からの出火

電気機器・配線からの出火は、建物全壊の影響を強く受けると考えられることから、全壊率との関係を基に設定する。

阪神・淡路大震災時における主要な被災市における全壊棟数と電気機器・配線からの全出火件数との関係は次式のとおりである。今回の想定では、1.1 節の方法で求めた全壊棟数を用いて出火件数を算出した。

$$\begin{aligned} \text{電気機器からの出火件数} &= 0.044\% \times \text{全壊棟数} \\ \text{配線からの出火件数} &= 0.030\% \times \text{全壊棟数} \end{aligned}$$

4) 炎上出火件数

上記 3 点の出火要因による出火件数を足しあわせ、全出火件数を算出する。ここに初期消火によって消火されるものを考慮し、炎上出火件数を算出する。初期消火の成功率は、表 1.5-2 に示すとおりである。

$$\text{炎上出火件数} = (1 - \text{初期消火成功率}) \times \text{全出火件数}$$

表 1.5-2 初期消火成功率(出典：東京消防庁出火危険度測定(第8回、平成23年))

震度	6弱以下	6強	7
初期消火成功率	67%	30%	15%

② 消防運用

1) 消火可能件数

消火可能件数は、下式で表される。

$$\begin{aligned} \text{消火可能件数(発災直後)} = & 0.3 \times (\text{消防ポンプ自動車数}/2 + \text{小型動力ポンプ数}/4) \\ & \times \{1 - (1 - 3.14 \times 140 \times 140 / \text{市街地面積}(\text{m}^2))^{水利数}\} \dots \text{式1.5-1} \end{aligned}$$

※ 出典：南海トラフ巨大地震の被害想定(第二次報告)について 報道発表資料一式(平成24年8月29日発表)

本計算で用いた消防ポンプ自動車数及び小型動力ポンプ数は、表1.5-3に示す高知県消防年報に基づいた各市町村の消防ポンプ車数、小型動力ポンプ数を採用した。

表 1.5-3 各市町村の消防ポンプ車数、小型動力ポンプ数

対象地域名	消防ポンプ車数	小型動力ポンプ数	対象地域名	消防ポンプ車数	小型動力ポンプ数
高知市	58	17	馬路村	2.8	2
室戸市	13	14	仁淀川町	4	24
安芸市	13	5	佐川町	8	7
香南市	13	8	越知町	4	10
香美市	8	26	いの町	11	30
南国市	24	2	日高村	5	4
土佐市	16	13	本山町	3	13
土佐清水市	8	29	大豊町	0	14
須崎市	6.6	14.6	土佐町	2	9
中土佐町	6.6	14.6	大川村	0	5
四万十町	6.6	14.6	四万十市	11	35
津野町	6.6	14.6	黒潮町	6	13
梶原町	6.6	14.6	宿毛市	8	26
奈半利町	2.8	2	大月町	1	18
田野町	2.8	2	三原村	2	4
安田町	2.8	2	東洋町	2	7
北川村	2.8	2	芸西村	7	0

※ 出典：平成22年 消防年報(H24.3)、高知県

※ 消防ポンプ自動車数は、消防本部・署・所、消防団の消防ポンプ自動車数の合計値である。

※ 小型動力ポンプ数は、消防本部・署・所の小型動力ポンプ付積載車と小型動力ポンプ、消防団の小型動力ポンプ付積載車と小型動力ポンプの合計値である。

※ 奈半利町、田野町、安田町、北川村、馬路村については、中芸広域連合消防本部の総数を均等に配分した。

※ 須崎市、中土佐町、四万十町、津野町、梶原町については、高幡消防組合の総数を均等に配分した。

また、本計算で用いた水利数は、表 1.5-4 に示す高知県消防年報に基づいた防火水槽（40 トン以上）、プール、池、自然水利、その他の水利の合計値を用いた。

市街地面積は、式 1.5-1 の根拠となった阪神・淡路大震災における、平面的な市街地形状や津波被害のなかった阪神地区との違い、すなわち、点在する集落に対する広範な消火対応の必要性や津波浸水による消防活動の阻害を考慮した、消火可能件数の低減を加味するために、各市町村面積を用いた。

表 1.5-4 各市町村の消防水利

対象地域名	防火水槽	プール	池	自然水利	その他	合計
高知市	331	78	49	690	55	1203
室戸市	23	15	0	7	0	45
安芸市	49	13	0	0	0	62
香南市	201	6	5	11	0	223
香美市	188	21	2	0	0	211
南国市	108	22	0	5	36	171
土佐市	35	17	1	330	0	383
土佐清水市	47	0	0	32	0	79
須崎市	66.6	2.2	0	0.6	4	73.4
中土佐町	66.6	2.2	0	0.6	4	73.4
四万十町	66.6	2.2	0	0.6	4	73.4
津野町	66.6	2.2	0	0.6	4	73.4
梶原町	66.6	2.2	0	0.6	4	73.4
奈半利町	41.2	0	0	0	0.2	41.4
田野町	41.2	0	0	0	0.2	41.4
安田町	41.2	0	0	0	0.2	41.4
北川村	41.2	0	0	0	0.2	41.4
馬路村	41.2	0	0	0	0.2	41.4
仁淀川町	103	12	0	17	0	132
佐川町	61	2	0	0	0	63
越知町	38	0	0	0	0	38
いの町	169	25	0	11	0	205
日高村	63	7	2	25	0	97
本山町	88	5	0	10	0	103
大豊町	140	1	0	17	0	158
土佐町	103	7	0	11	0	121
大川村	1	2	0	0	0	3
四万十市	154	36	0	5	0	195
黒潮町	98	10	0	0	0	108
宿毛市	18.3	9	0	0	0	27.3
大月町	18.3	9	0	0	0	27.3
三原村	18.3	9	0	0	0	27.3
東洋町	36	0	0	0	0	36
芸西村	55	2	1	0	0	58

※ 出典：平成 22 年 消防年報（H24.3）、高知県

※ 防火水槽は、公設・私設の 40m³ 以上の防火水槽を集計した。

※ 奈半利町、田野町、安田町、北川村、馬路村については、中芸広域連合消防本部の総数を均等に配分した。

※ 須崎市、中土佐町、四万十町、津野町、梶原町については、高幡消防組合の総数を均等に配分した。

算出した市町村ごとの発災直後の消火可能件数は、表 1.5-5 に示す。

表 1.5-5 市町村ごとの発災直後の消火可能件数

対象地域名	消火可能件数	対象地域名	消火可能件数
高知市	2.12	馬路村	0.01
室戸市	0.03	仁淀川町	0.06
安芸市	0.03	佐川町	0.07
香南市	0.26	越知町	0.03
香美市	0.08	いの町	0.10
南国市	0.30	日高村	0.13
土佐市	0.77	本山町	0.07
土佐清水市	0.06	大豊町	0.03
須崎市	0.07	土佐町	0.03
中土佐町	0.05	大川村	0.00
四万十町	0.01	四万十市	0.08
津野町	0.05	黒潮町	0.06
禰原町	0.04	宿毛市	0.02
奈半利町	0.05	大月町	0.02
田野町	0.18	三原村	0.01
安田町	0.03	東洋町	0.02
北川村	0.01	芸西村	0.09

2) 残出火件数

以上のように、各消防本部・組合について求めた消火可能な件数と、想定される炎上出火件数を比較し、次式により消火されなかった火災が延焼拡大すると考え、延焼拡大件数を求める。

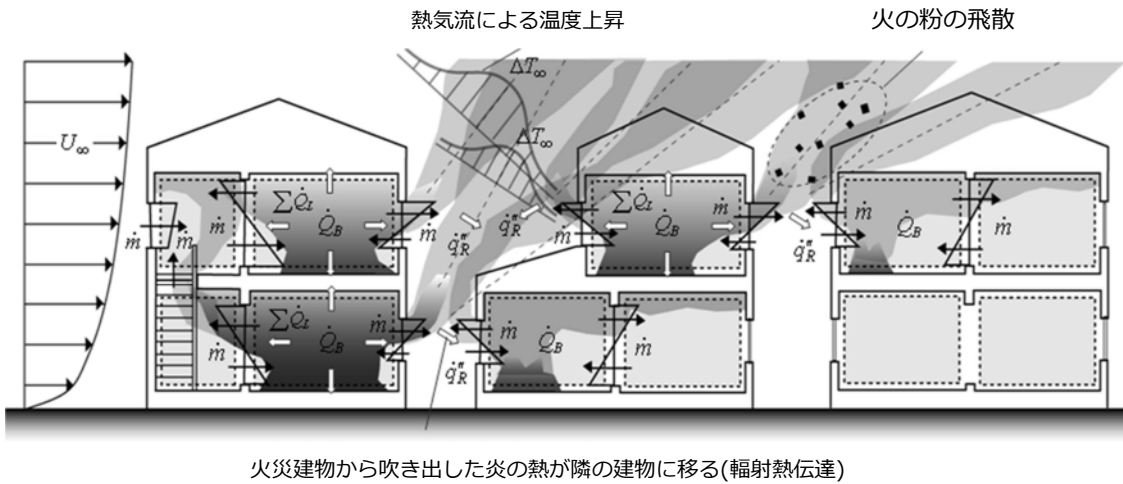
$$\text{残火災件数} = \text{炎上出火件数} - \text{消火可能火災件数 (発災直後)}$$

延焼シミュレーションの解析では、個々の建物に出火点を1件ずつ設定するために、残出火件数は切り上げて整数値とし、解析を行った。

③ 延焼シミュレーション

ここでは、他の火災建物の熱的な影響下における個々の建物の火災性状を物理的知見に基づき予測することで、市街地全体の火災拡大性状の予測を行う計算モデル^{*}を使用する。同モデルの概要を図 1.5-3 に示す。同モデルは、建築火災安全工学の分野で建物内部の火災性状や煙流動性状予測に実績のあるゾーンモデルに、噴出火炎からの放射や対流による熱伝達、ならびに飛び火による延焼の効果を組み込むことで、市街地火災の延焼性状の予測を行う。個々の建物の形態や防火性能、隣接する建物との配置といった条件から、市街地風の風速・風向とその時間変化といった市街地火災性状に影響を及ぼす条件を反映させた計算を行うことができる。

^{*} 樋本・田中 (2006) : 都市火災の物理的延焼性状予測モデルの開発、日本建築学会環境系論文集、2006. 9.



^{*} U_∞ : 風速 (m/s) \dot{m} : 酸素や可燃性ガスの流量 (kg/s) \dot{Q}_B : 発熱速度 (kW)
 $\sum \dot{Q}_L$: 失熱速度 (kW) q''_R : 放射熱流束 (kW/m²) ΔT_∞ : 熱気流による温度上昇 (K)

図 1.5-3 都市火災性状予測モデルの概念図

建物内部の火災性状については、建物を構成する部屋ごとに定式化される火災性状の支配方程式を連立して解くことで時々刻々の予測を行う。ここでは、ゾーンモデルの考え方に基づき、任意の部屋における質量、熱エネルギー、ならびに化学種の質量分率の各保存式を次のように表す。

$$\frac{d}{dt}(\rho_i V_i) = \dot{m}_{F,i} - \sum_j (\dot{m}_{ij} - \dot{m}_{ji}) \quad \dots \text{式1.5-2}$$

$$\frac{d}{dt}(c_p \rho_i T_i V_i) = (\dot{Q}_{B,i} + c_p \dot{m}_{F,i} T_p) - \left\{ \sum \dot{Q}_{L,i} + \sum_j (c_p \dot{m}_{ij} T_i - c_p \dot{m}_{ji} T_j) \right\} \quad \dots \text{式1.5-3}$$

$$\frac{d}{dt}(\rho_i V_i Y_{X,i}) = \dot{\Gamma}_{X,i} - \sum_j (\dot{m}_{ij} Y_{X,i} - \dot{m}_{ji} Y_{X,j}) \quad (X = O, F) \quad \dots \text{式1.5-4}$$

また、気体の状態方程式は次のように表わされる。

$$\rho T \cong 353 \quad \dots \text{式1.5-5}$$

ここで、 c_p は比熱、 ρ は密度、 T は温度、 T_p は可燃物の熱分解温度、 V は体積、 Y は化学種の質量分率、 \dot{m}_F は可燃物の熱分解に基づく可燃性ガスの生成速度、 \dot{m} は開口流量、 \dot{Q}_B は発熱速度、

$\Sigma \dot{Q}_L$ は開口部や壁などを経由した失熱速度の和、 r は化学種の生成速度を表している。また添え字の ij および ji は部屋間や部屋と外部間の気流の方向、 O は酸素、 F は可燃性ガスを示している。

上式1.5-2~1.5-5を連立して解くことで、建物内部の気体温度、密度、化学種の質量分率の時系列変化を計算することができる。こうした計算をもとに、

- 1) 家具や衣類などの収納可燃物や、内装材や建物部材などといった固定可燃物の熱分解による可燃性ガスの供給
- 2) 開口部を経由して流入した酸素と可燃性ガスが反応することによる燃焼・発熱
- 3) 火災室から隣接室への、開口部を通じた換気や、壁などの面材を通じた伝熱、さらには延焼
- 4) 長時間の加熱による壁などの面材の燃え抜けによる新たな延焼経路の形成

といった一連の延焼拡大過程を追跡している。

一方、燃焼状態にある建物から周辺の建物への火災拡大は、次のいずれかの要因、もしくはこれらの要因が複合して作用することによってもたらされるものとする。

- 1) 火災室内の高温ガスや開口噴出火炎といった熱源からの輻射熱伝達
- 2) 市街地風によって火災建物の風下側に形成される熱気流からの対流熱伝達
- 3) 市街地風によって飛散する火の粉

上記3点の建物間の計算を行い、以下の要件が満たされた場合に、火災建物からの熱的影響を受けた建物内部の可燃物の着火、すなわち延焼が起こるものとみなす。

- 1) 開口を経由して入射する熱流束が可燃物の着火限界値を超えた場合
- 2) 木質系の外装材温度が木材の着火限界温度を超えた場合
- 3) 十分な熱エネルギーを有する火の粉が可燃物上に落下した場合

延焼拡大要因の扱いは、以下のように要約できる。

1) 建物間の火災拡大性状（火災建物からの輻射による熱伝達）

火災建物からの輻射による熱伝達は、火災建物内部の高温ガスと火災建物の開口部から噴出する火炎を熱源とする。

火災建物内部の高温ガスについては、受熱建物を構成する各部位への入射熱流束 \dot{q}''_R を下式で算出する。

$$\dot{q}''_R = \varepsilon \sigma T_j^4 F_{ij} \quad \dots \text{式 1.5-6}$$

ε : 受熱部位の輻射率

σ : ステファン・ボルツマン係数

T_j : 火災建物内部のガス温度

F_{ij} : 受熱部位から見た輻射熱源の形態係数

一方、火災建物の開口部から噴出する火炎による温度上昇については、噴出火炎の代表点 X からの距離 s の位置にある受熱建物の各部位に伝達される熱流束 \dot{q}''_R は下式で計算できる。

$$\dot{q}''_R = \frac{\dot{Q}_R}{4\pi s^2} \quad \dots \text{式 1.5-7}$$

\dot{Q}_R : 噴出火炎の見かけの発熱速度のうち、
輻射によるもの

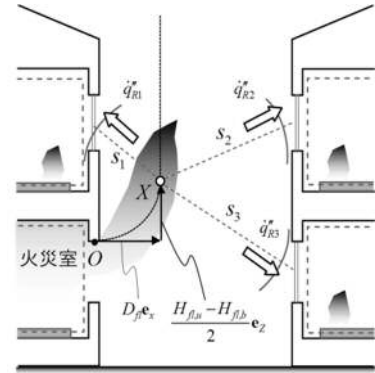


図 1.5-3 噴出火炎からの輻射熱流束

なお、輻射伝熱は火源に直接露出した部位にのみ作用する。市街地では、多くの建物が複雑に立地しているが、建物の配置状況に基づく輻射伝熱の遮蔽効果を事前に処理した上で延焼予測計算を行っている。

2) 建物間の火災拡大性状（熱気流による建物間の延焼）

市街地風の風速が大きな場合には、火災建物を熱源とする火災気流が吹き倒され、風下側の建物を高温の熱気流領域に巻き込む。火災建物からの気流の軸に沿った温度上昇 ΔT_∞ は下式で表される。

$$\Delta T_\infty = 24 \left(\frac{\xi}{\dot{Q}^{2/5}} \right)^{-5/3} \quad \dots \text{式 1.5-8}$$

ΔT_∞ : 火災建物から発生した熱気流による中心軸上の温度上昇

ξ : 火災建物から発生した熱気流の中心軸上の高さ

\dot{Q} : 火災建物から噴出する火炎からの発熱速度

なお、一般に熱気流にさらされる建物は、気流軸からある程度離れた場所にあることから、熱気流の中心軸から距離 r の離れた位置での温度上昇 $\Delta T(r)$ は、下式で表される。

$$\Delta T(r) = \Delta T_\infty \cdot \exp \left[- \left(\frac{r}{b_r} \right)^2 \right] \quad \dots \text{式 1.5-9}$$

$\Delta T(r)$: 熱気流の中心軸から距離 r の離れた位置での温度上昇

b_r : 温度上昇の半値幅 ($\cong 0.1\xi$)

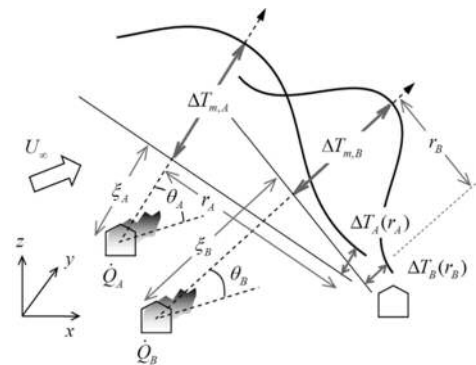


図 1.5-4 風下側への熱気流の影響

熱気流の傾きは、風速と火災建物から発する炎の長さ（火災建物の床面積に依存）から算出している。また、複数の火災建物からの熱気流の重ね合わせを行うことで、同時に多数の建物が燃焼する場合の評価も行っている。

3) 建物間の火災拡大性状（飛び火による建物間の延焼）

飛び火は、熱気流の場合と同様、市街地風の風速が大きい場合に風下側の建物への重要な延焼拡大要因となる。飛び火では、火災建物の発熱の規模や、木造か非木造かといった種別によって延焼危険性が左右される。また、火の粉が飛散する建物の種別によっても延焼危険性は左右される。同モデルでは火の粉の延焼確率 $P_{S,i}$ を、下式によって評価している。

$$P_{S,i} = \alpha_B \cdot P_{B,i} \quad (i=1 \sim N_B : \text{火の粉の数}) \cdots \text{式 1.5-10}$$

$P_{S,i}$: 火の粉が移った先の建物に対して延焼を起こす確率

α_B : 火の粉が落下した先に可燃物があり、それに着火する確率 (定数)

$P_{B,i}$: ある火の粉 i が移り先の建物に運ばれる可能性

火の粉の数 N_B は、下式で表される。なお、火災建物からの火の粉の放出は、フラッシュオーバー発生後に顕著になるため、フラッシュオーバーを起こした後の時間を考慮している。

$$N_B = \beta_B \cdot \int_{t_{FO}}^t \dot{Q}_B dt \quad \cdots \text{式 1.5-11}$$

N_B : 火の粉の数

β_B : 比例係数

t_{FO} : フラッシュオーバーを起こす時間

\dot{Q}_B : 火災建物内部の発熱速度

ある火の粉が移り先の建物に運ばれる可能性 P_B は、下式で表される。なお、風向方向・風向と直角な方向への火の粉の飛散分布確率は、風速と火災建物から発する炎の長さ (火災建物の床面積に依存) から算出する。

$$P_B = P_{B,X} \cdot P_{B,Y} \quad \cdots \text{式 1.5-12}$$

$P_{B,X}$: 風向方向への火の粉の飛散分布確率

$P_{B,Y}$: 風向と直角な方向への火の粉の飛散分布確率

$$\begin{cases} P_{B,X} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_{L,X}X} \exp\left\{-\frac{(\ln X - \mu_{L,X})^2}{2\sigma_{L,X}^2}\right\} & (0 < X < \infty) \\ P_{B,Y} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_Y} \exp\left(-\frac{Y^2}{2\sigma_Y^2}\right) & (-\infty < Y < \infty) \end{cases}$$

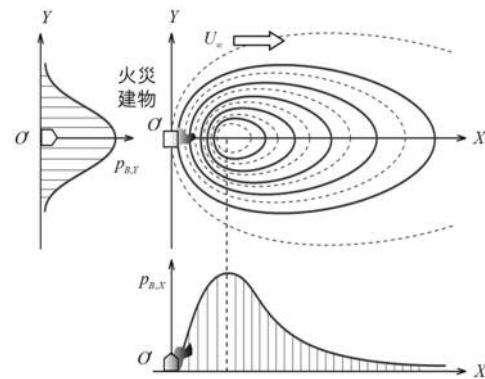


図 1.5-5 風下側への火の粉の飛散分布確率

ただし、 $\mu_{L,X}$ と $\sigma_{L,X}$ はそれぞれ火源からの距離 X の自然対数 $\ln X$ の平均値と標準偏差、 σ_Y は主流と直角な Y 軸方向の飛散距離の標準偏差である。

こうして全ての建物の燃焼が終わるまで計算を進める。この延焼シミュレーションは、モンテカルロシミュレーション (繰り返し計算) により、1,000 回の各種条件 (出火点、気象条件 (風向・風速)) の設定を繰り返し行い、全計算結果を平均することで、メッシュごとの焼失リスクを算出する。

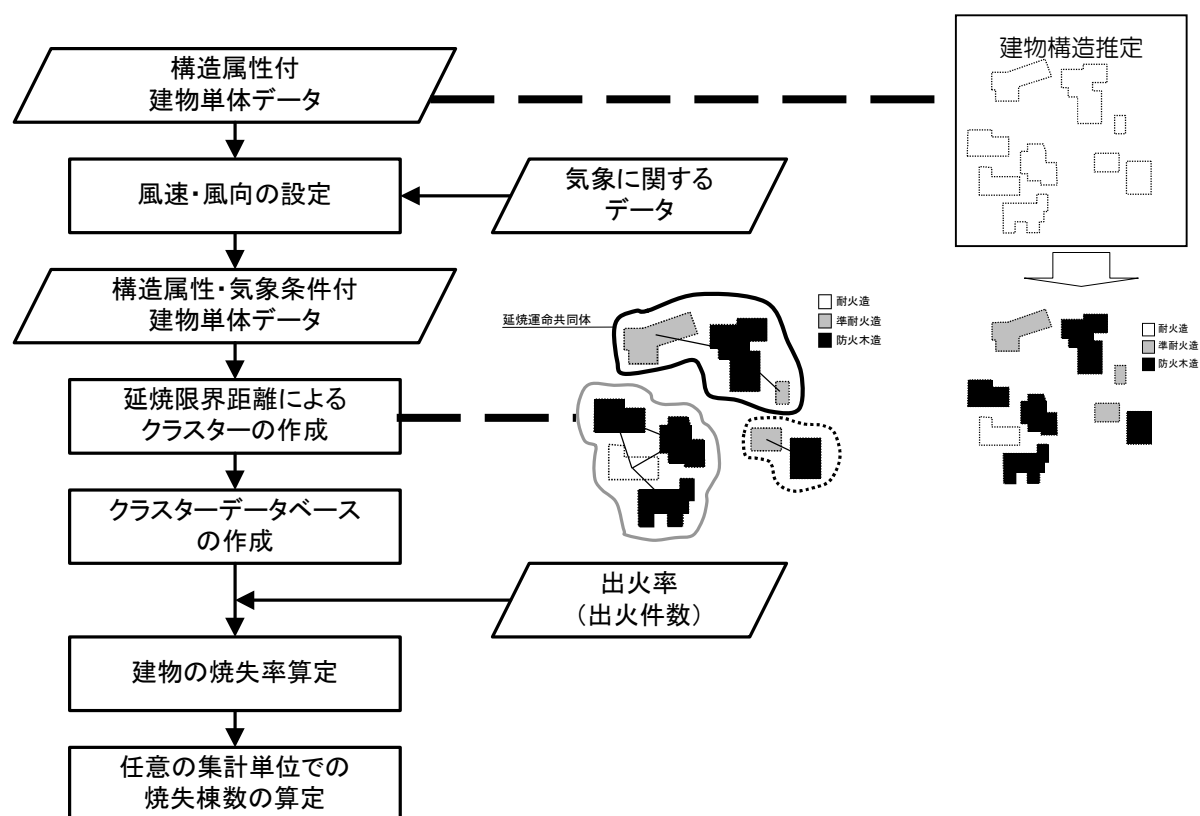
<参考：南海トラフ巨大地震の被害想定(第二次報告)(内閣府、平成24年8月発表)との違い>

延焼については、南海トラフ巨大地震の被害想定(第二次報告)(内閣府、平成24年8月発表)(以下、内閣府手法とする。)と異なる手法を採用している。以下に、内閣府手法の概要を示すとともに、内閣府と比較した際の高知県手法の特徴を整理する。

内閣府手法は、延焼クラスター*に基づく地震火災リスク算定手法(加藤ら、2006)を用いている。この手法では、消防運用の結果、消火することができなかった残火災件数を用いて、1棟あたりの残火災件数期待値(件/棟)を求め、それに対して、延焼クラスターデータベースを適用し、焼失棟数期待値を算定する。風向については再頻度の風向を与え、風速については平均風速と悪条件下として風速8m/sの2通りを検討している。

今回採用した高知県手法では、建物が連担するかどうかを評価するものでなく、物理的知見に基づく延焼モデルを利用することで、出火条件、気象条件といった不確実な要因を反映させながら、市街地火災の延焼性状そのものの再現を図った手法である。

* 延焼クラスター(延焼運命共同体)とは、風速・風向及び建物構造から延焼限界距離を求め、この距離内に連担する建物群を一体的に延焼する可能性のある塊とみなしたものの



- ① 延焼クラスターに基づく地震火災リスク算定手法(加藤ら、2006)による。
- ② 各地域の最頻度の風向を前提条件とし、平均風速と風速8m/sの2ケースで検討。

項目		内閣府手法	高知県手法
出火		震度別用途別出火率と用途別の対象物数の数から出火件数を算出し、初期消火成功率、消火活動による消火を評価して、炎上する出火件数を算出。	計算の流れは内閣府手法に同じ。
消防力		出火の評価に加味する。出火件数を抑止する際に震度によらず地域の公設消防力（消防ポンプ自動車数と小型動力ポンプ数）に応じて一定の値を導入。	計算の流れは内閣府手法に同じ。
延焼	気象	アメダスデータの統計値を基に時間帯ごとの最頻の風向と平均風速・悪条件の風速（風速 8m/s）を与える。すなわち一定の風向・風速の風が吹き続けるという設定。	アメダスデータの時別値を基に時間帯ごとの風向・風速を抽出し、計算回数ごとに与える。平均的な風、最悪条件の風という区分は行わない。
	出火点からの延焼評価	<p>< 1. クラスタ（運命共同体）の設定 > 建物構造種別に応じて、燃え移るかどうかの距離（延焼限界距離）が設定されており、全建物間の距離が延焼限界距離より短ければ、全て延焼すると判定している。 この延焼限界距離内にある建物同士の群をクラスタと呼び、クラスタ内の 1 戸が燃焼すれば、同一クラスタ内の建物は同時に全て延焼して焼失することになる。</p> <p>< 2. 焼失棟数の算出 > 一棟ごとの出火確率からクラスタ内の 1 棟当たりの焼失リスクを算出し、これを集計して焼失棟数を算出。</p>	<p>< 1. 建物単体の燃焼判定 > 可燃物の熱分解～火災室内での発熱～開口部を経由した質量移動～開口部と区画境界部材を経由した熱移動～燃え抜けを考慮して、実際の火災性状を再現する。 開口部の大きさや火炎物密度、部材特性などは木造・非木造に応じて仮定の値を割り当てる。</p> <p>< 2. 建物間の延焼判定 > 輻射熱、熱気流、火の粉の影響を考慮し、各現象の物理的知見に基づく建物間の火災性状を定式化し、全建物間個々燃え広がるかどうかの評価を行っている。</p> <p>< 3. 焼失棟数の算出 > 1、2の延焼シミュレーション結果から焼失した建物数を合計して計算回数で割った数値を焼失棟数として算出。</p>
計算過程と結果		時間帯・気象条件ごとの各 1 回の計算結果を評価結果として提示。気象条件、出火件数は時間帯ごとに固定の値が設定される。気象条件は、平均的な風と、悪条件の風に分かれる。	時間帯ごとに繰り返し計算を行い（モンテカルロシミュレーション）、焼失した回数／計算回数の値をその建物の焼失期待値として算出する。出火件数は時間帯ごとに固定の値が設定されるが、気象条件は約 30 年間のアメダスデータの中から、その時間帯の値がランダムに設定される。
特徴		○どのように燃えるかではなく、出火確率を持った建物同士がつながるかどうかの判定を行なっている。	○実際の火災による延焼動態の再現に努めており、都市構造に基づきどのように燃え広がるかを表現する事ができる。

1.6 津波火災による被害様相

津波火災による被害様相を予測した。

1.7 ブロック塀等の転倒箇所数

(1) 現況

高知県内では、ブロック塀等の数を確認したデータがない。しかし、「第3回4県共同(三重県・和歌山県・徳島県・高知県)地震・津波県民意識調査(報告書)、平成23年2月」によると、ブロック塀や石塀、門柱の有無について約60%の人が「ある」と回答している。

この質問では、門柱も含まれているが、今回の設定では対策検討上の安全側の設定として、高知県内の全建物(1.1節参照)の6割にブロック塀や石塀があると仮定して算出することとした。

なお、コンクリート塀については調査がないため、「東京都における直下地震の被害想定に関する調査報告書」(東京都, 1997)に基づいて設定した。

(2) 予測方針

「第3回4県共同地震・津波県民意識調査報告書」(平成23年2月)、東京都(1997)及び愛知県(2003)に基づき、建物あたりのブロック塀等の存在割合からブロック塀、石塀等の分布数を250mメッシュごとに求め、宮城県沖地震における地震動の強さと被害率との関係式を用いて各施設の被害数を求めた。

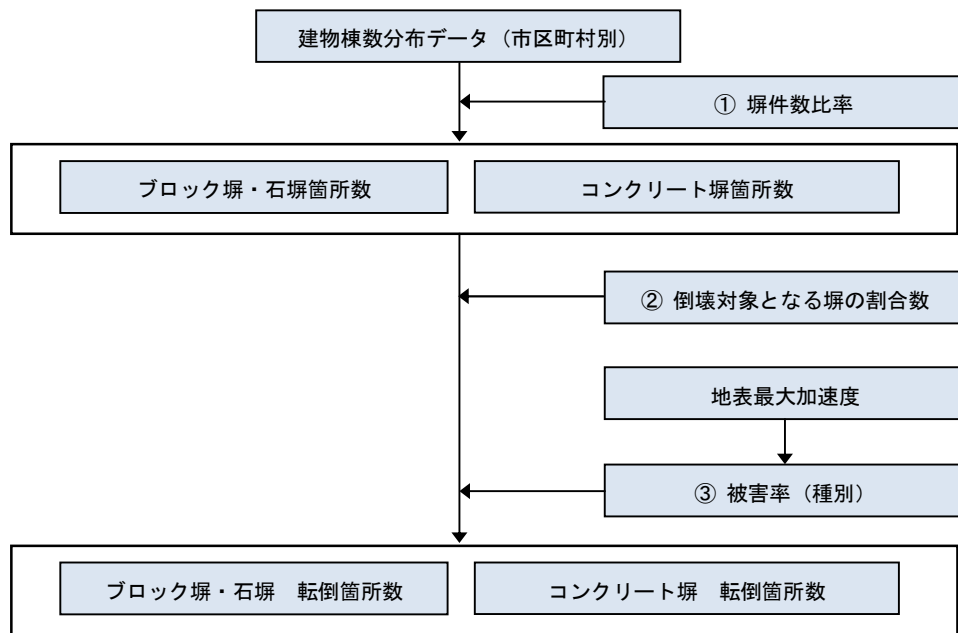


図 1.7-1 ブロック塀等の転倒箇所数の想定手順

(3) 予測方法

次の4ステップの手順で転倒箇所数を予測した。

① 塀の数

ブロック塀・石塀については第3回4県共同地震・津波県民意識調査報告書(2011)、コンクリート塀については東京都(1997)による木造棟数と各塀数との関係を用いてそれぞれの数量を求めた。

表 1.7-1 ブロック塀・石塀とコンクリート塀と木造住宅棟数との関係

ブロック塀・石塀	コンクリート塀
$0.6 \times (\text{木造住宅棟数})$	$0.036 \times (\text{木造住宅棟数})$

※ 出典：第3回4県共同地震・津波県民意識調査報告書(2011) (ブロック塀・石塀)

※ 出典：東京都における直下地震の被害想定に関する調査報告書、東京都、1997 (コンクリート塀)

② 倒壊対象となる塀の割合

東京都(1997)に基づき、各塀の危険度調査結果から、特に改善が必要のない塀の比率を設定した。

表 1.7-2 倒壊対象となる塀の割合

塀の種類	外見調査の結果特に改善が必要ない塀の比率(A)	倒壊対象となる割合 ($1-0.5A$)
ブロック塀・石塀	$0.431^{※1}$	$0.785^{※1}$
コンクリート塀	0.576	0.712

※ 出典：東京都における直下地震の被害想定に関する調査報告書、東京都、1997

※1 第3回4県共同地震・津波県民意識調査報告書(2011)にはブロック塀、石塀の個別の算出式がなかったため、東京都(1997)のブロック塀の比率・割合と石塀の比率・割合の平均値を採用した。

③ 被害率

宮城県沖地震時の地震動の強さ(加速度)とブロック塀等の被害率の関係実態から次式を設定した。

$\cdot \text{ブロック塀・石塀被害率}(\%) = -12.6 + 0.07 \times (\text{地表最大加速度})(\text{gal})$
$\cdot \text{コンクリート塀被害率}(\%) = -12.6 + 0.07 \times (\text{地表最大加速度})(\text{gal})$

※ ただし、右辺の式の値が負になる場合には0%に、100を超える場合には100%に置き換える。

※ 出典：東京都における直下地震の被害想定に関する調査報告書、東京都、1997

※ 第3回4県共同地震・津波県民意識調査報告書(2011)にはブロック塀、石塀の個別の算出式がなかったため石塀にも東京都被害想定(1997)のブロック塀の被害率を採用した。

④ 転倒数の算出

①、②で求めたメッシュ毎の転倒の可能性のある塀の数と、予測ケースにおける各メッシュの地震時の最大地表加速度(計測震度から換算)を用いて、③式を介して各メッシュでの塀の転倒数を算出した。

1.8 自動販売機の転倒箇所数

(1) 現況

高知県内の自動販売機の屋外設置台数として、自動販売機業者へのアンケート結果から集計した値を表 1.8-1 に示す。

表 1.8-1 高知県内の屋外自動販売機設置数

市町村名	合計
高知市	4,171
室戸市	251
安芸市	410
南国市	736
土佐市	418
須崎市	437
宿毛市	471
土佐清水市	255
四万十市	295
香南市	461
香美市	362
東洋町	5
奈半利町	72
田野町	56
安田町	74
北川村	34
馬路村	17
芸西村	83
本山町	38
大豊町	61
土佐町	62
大川村	0
いの町	312
仁淀川町	36
中土佐町	123
佐川町	159
越知町	94
榛原町	25
日高村	90
津野町	85
四万十町	295
大月町	98
三原村	23
黒潮町	178
合計	10,621

※出典：清涼飲料水メーカーへのヒアリング結果

(2) 予測方針

自動販売機の予測方針を図 1.8-1 に示す。自動販売機の転倒は、阪神・淡路大震災時の実態から震度 6 弱以上のエリアで発生するとした。

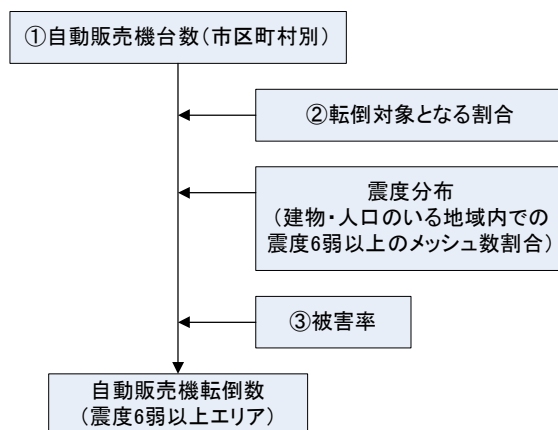


図 1.8-1 自動販売機の転倒数の想定手順

(3) 予測方法

次の手順で自動販売機の転倒数を予測した。

① 自動販売機台数

自動販売機台数は、高知県内に自動販売機を設置している各メーカーに問い合わせた各市町村における設置数を基にした。

② 転倒の可能性のある自動販売機の割合

高知県内における自動販売機にはほぼ100%の転倒防止策が施工されているが、今回は防災対策上の安全側の設定として転倒対象となる自動販売機の割合は、屋外設置比率(約9割^{※1})と転倒防止措置未対応率(約1割^{※2})を乗じて設定する。

※1 清涼飲料水メーカーへのヒアリング結果

※2 自動販売機転倒防止対策の進捗状況を踏まえて設定

③ 被害率

自動販売機の被害率は、阪神・淡路大震災時の(概ね震度6弱以上の地域における)転倒率から約20.9%と設定する。

(阪神・淡路大震災時の(概ね震度6弱以上の地域における)転倒率25,880台/124,100台=約20.9%)

(神戸市、西宮市、尼崎市、宝塚市、芦屋市、淡路島：全数調査)

④ 転倒数の算出

メッシュ毎の人口分布を用いて、メッシュ毎に自動販売機の台数を按分し、②、③の割合を用いて、予測ケースにおける各メッシュの地震動が震度6弱以上となるメッシュについて、自動販売機の転倒数を算出した。

1.9 屋外落下物の発生数

(1) 現況

屋外落下物の発生可能性検討の元データについては、調査及びアンケート等の数値がないため「東京都における直下地震の被害想定に関する調査報告書」（東京都，1997）に基づいて設定することとした。

(2) 予測方針

屋外落下物発生の予測方針を図 1.9-1 に示す。東京都(1997)を参考に、全壊する建物および震度 6 弱以上の地域における 3 階建て以上の非木造建物のうち落下危険物を有する建物から、落下物の発生が想定される建物棟数を算出した。また、揺れによって全壊する建物については、すべての建物で落下物の発生が想定されるものとした。

一方、揺れによって全壊しない建物のうち落下物が想定される建物棟数は、震度 6 弱以上のエリア内の 3 階以上の非木造建物棟数に、落下物を保有する建物棟数比率と安全化指導実施による建物改修率(100%－87%＝13%)を乗することで算出した。

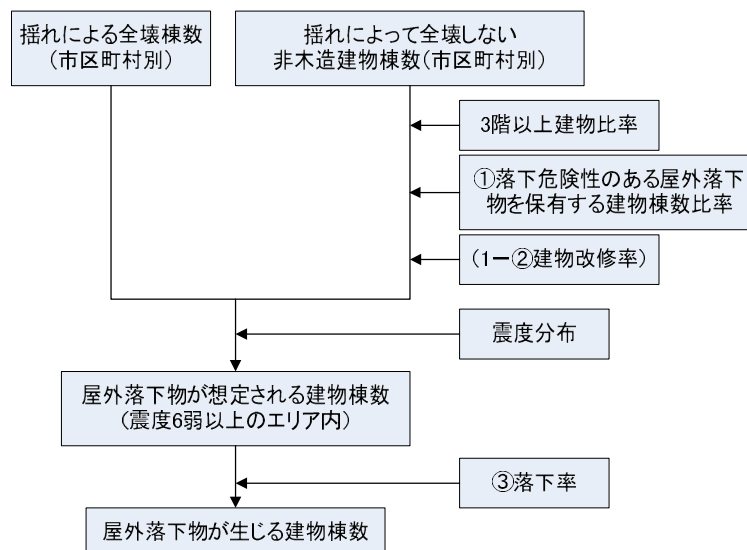


図 1.9-1 屋外落下物による被害の想定手順

(3) 予測方法

次の手順で、屋外落下物の発生数を予測した。

① 落下危険性のある屋外落下物を保有する建物棟数比率

屋外落下物を保有する建物棟数比率は、東京都の調査結果(東京都，1997)をもとに、対象となる建物の築年別に設定した。

表 1.9-1 屋外落下物を保有する建物棟数比率

建築年代	飛散物(窓ガラス、壁面等)	非飛散物(吊り看板等)
～昭和45年	30%	17%
昭和46年～55年	6%	8%
昭和56年～	0%	3%

※ 出典：東京都における直下地震の被害想定に関する調査報告書、東京都、1997

② 建物改修率

建物改修率には、東京都(1997)で用いられている平均改修率87%を用いた。

③ 落下率

落下物の発生が想定される建物のうち落下が生じる建物の割合(落下率)には、東京都(1997)で設定したブロック塀の被害率と同じ式を用いた。

$$\text{(落下率)} (\%) = -12.6 + 0.07 \times \text{(地表最大加速度)} (\text{gal})$$

※ ただし、右辺の式の値が負になる場合には0%に、100を超える場合には100%に置き換える。

④ 屋外落下物発生数の算出

メッシュ毎の建物総数から、①、②の関係を用いて、屋外落下物を有する建物棟数を算出し、予測ケースにおける各メッシュの地震時の最大地表加速度(計測震度から算出)を用いて、③式により、各メッシュでの塀の落下率、さらに落下物の発生件数を算出した。

2 人的被害想定

2.1 建物倒壊による死傷者数

(1) 予測方針

建物被害による人的被害予測は以下の方針に沿って想定を実施した。

1) 死者数

木造建物と非木造建物では、死者等の発生の様相が異なることから、木造建物、非木造建物を区別し、それぞれの建物種別について、死者数・負傷者数を想定した（内閣府，2013）。

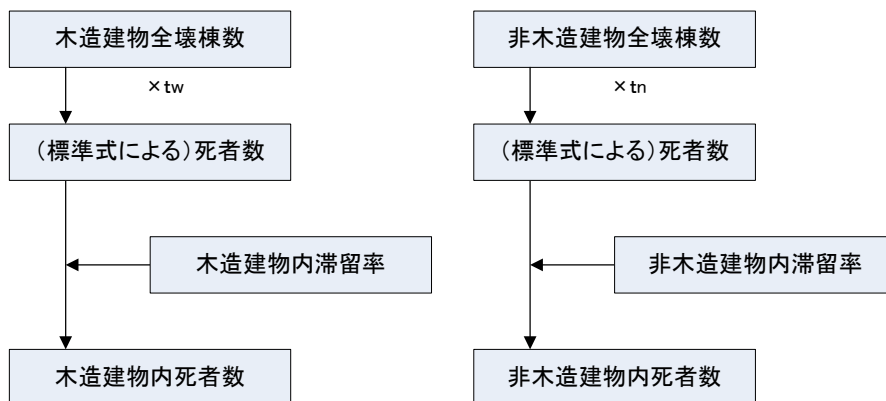


図 2.1-1 揺れによる建物被害に伴う人的被害の想定手順(死者数)

2) 負傷者数及び重傷者数

近年の地震の鳥取西部地震、新潟県中越地震、新潟県中越沖地震、能登半島地震、岩手・宮城内陸地震の主な被災市町村、東北地方太平洋沖地震の内陸被災市町村の建物被害数(全壊棟数、全半壊棟数)と負傷者・重傷者数との関係を採用して算出した（内閣府，2013）。

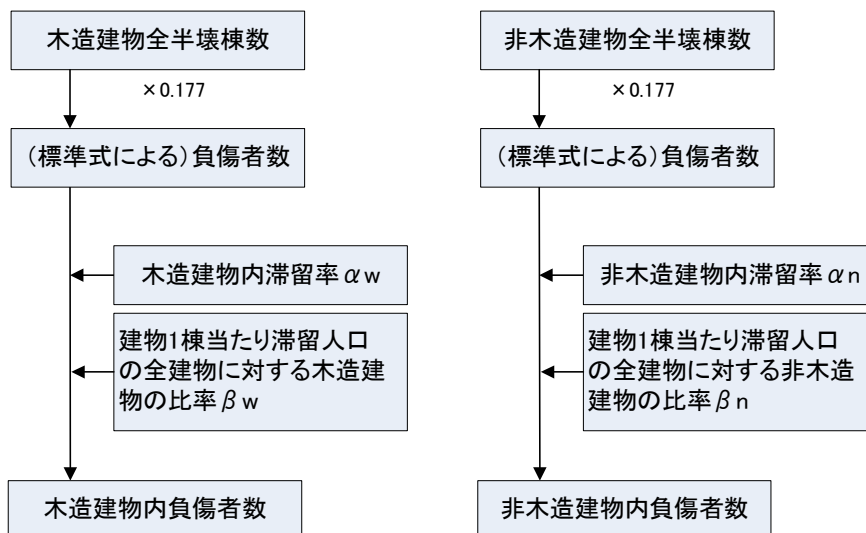


図 2.1-2 揺れによる建物被害に伴う人的被害の想定手順(負傷者数)

※ 重傷者：30 日以上の治療を要する

※ 軽傷者：30 日未満の治療を要する

※ 負傷者：軽傷者+重傷者

(2) 予測方法

建物被害による死者数及び負傷者の算出式を以下に示す（内閣府，2013）。1.1 節の方法で算出した方法で算出した建物の全半壊棟数とメッシュ毎に按分した人口データをもとに、これらの式を用いて建物被害の死者数・負傷者数を算出した。

1) 死者数

ここで、使用した関係式は、300 人以上の死者が発生した近年の 5 地震（鳥取地震、東南海地震、南海地震、福井地震、阪神・淡路大震災）の被害事例から算出した全壊棟数と死者数の関係を基に構築されている。

$$(\text{死者数}) = (\text{木造 死者数}) + (\text{非木造 死者数})$$

$$(\text{木造 死者数})$$

$$= t_w \times (\text{市町村別の揺れによる木造全壊棟数}) \times (\text{木造建物内滞留率})$$

$$(\text{非木造 死者数})$$

$$= t_n \times (\text{市町村別の揺れによる非木造全壊棟数}) \times (\text{非木造建物内滞留率})$$

$$(\text{木造建物内滞留率})$$

$$= (\text{発生時刻の木造建物内滞留人口}) \div (\text{朝5時の木造建物内滞留人口})$$

$$(\text{非木造建物内滞留率})$$

$$= (\text{発生時刻の非木造建物内滞留人口}) \div (\text{朝5時の非木造建物内滞留人口})$$

$$t_w = 0.0676 \quad t_n = 0.00840 \times \left(\frac{P_{n0}}{B_n} \times \frac{B_w}{P_{w0}} \right)$$

P_{w0} : 夜間人口(木造) P_{n0} : 夜間人口(非木造)

B_w : 建物棟数(木造) B_n : 建物棟数(非木造)

2) 負傷者数(重傷者数)

近年の地震の鳥取西部地震、新潟県中越地震、新潟県中越沖地震、能登半島地震、岩手・宮城内陸地震の主な被災市町村、東北地方太平洋沖地震の内陸被災市町村の建物被害数(全壊棟数、全半壊棟数)と負傷者・重傷者数との関係を採用する。

$$(\text{木造建物における負傷者数}) = 0.177^* \times (\text{揺れによる木造全半壊棟数}) \times \alpha_w \times \beta_w$$

$$(\text{非木造建物における負傷者数}) = 0.177^* \times (\text{揺れによる非木造全半壊棟数}) \times \alpha_n \times \beta_n$$

※ : 係数を0.100にすると重傷者数となる

$$(\text{木造建物内滞留率}) \alpha_w$$

$$= (\text{発生時刻の木造建物内滞留人口}) \div (\text{朝5時の木造建物内滞留人口})$$

$$(\text{非木造建物内滞留率}) \alpha_n$$

$$= (\text{発生時刻の非木造建物内滞留人口}) \div (\text{朝5時の非木造建物内滞留人口})$$

$$(\text{建物1棟あたり滞留人口の全建物に対する木造建物の比率(時間帯別)}) \beta_w$$

$$= (\text{木造建物1棟あたりの滞留人口}) \div (\text{全建物1棟あたりの滞留人口})$$

$$(\text{建物1棟あたり滞留人口の全建物に対する非木造建物の比率(時間帯別)}) \beta_n$$

$$= (\text{非木造建物1棟あたりの滞留人口}) \div (\text{全建物1棟あたりの滞留人口})$$

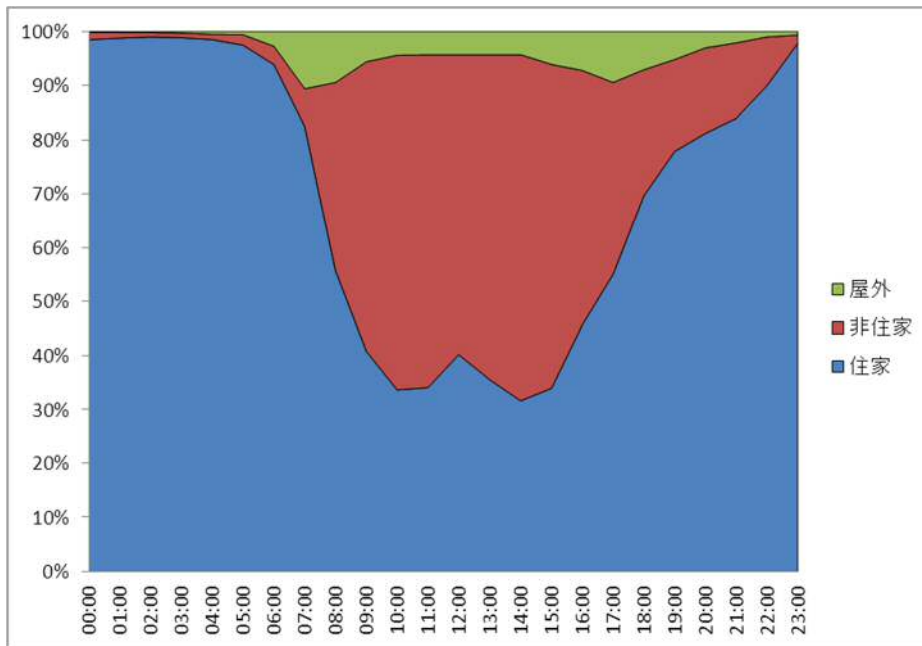


図 2.1-3 平成 18 年社会生活基本調査より求めた時間帯別人口割合

2.2 津波による死傷者数

(1) 予測方針

津波による死傷者数の予測方針を図 2.2-1 に示す（内閣府，2013）。

津波浸水域において津波が到達する時間（浸水深 30cm 以上）までに避難が完了できなかった者を津波に巻き込まれたものとし、そこでの浸水深をもとに死亡か負傷かを判定することとした。

人的被害については、①避難行動（避難の有無、避難開始時期）、②津波到達時間までの避難完了可否、③津波に巻き込まれた場合の死者発生度合の 3 つに分けて設定した。

なお、揺れによる建物倒壊に伴う自力脱出困難者は津波から避難できないものとした。

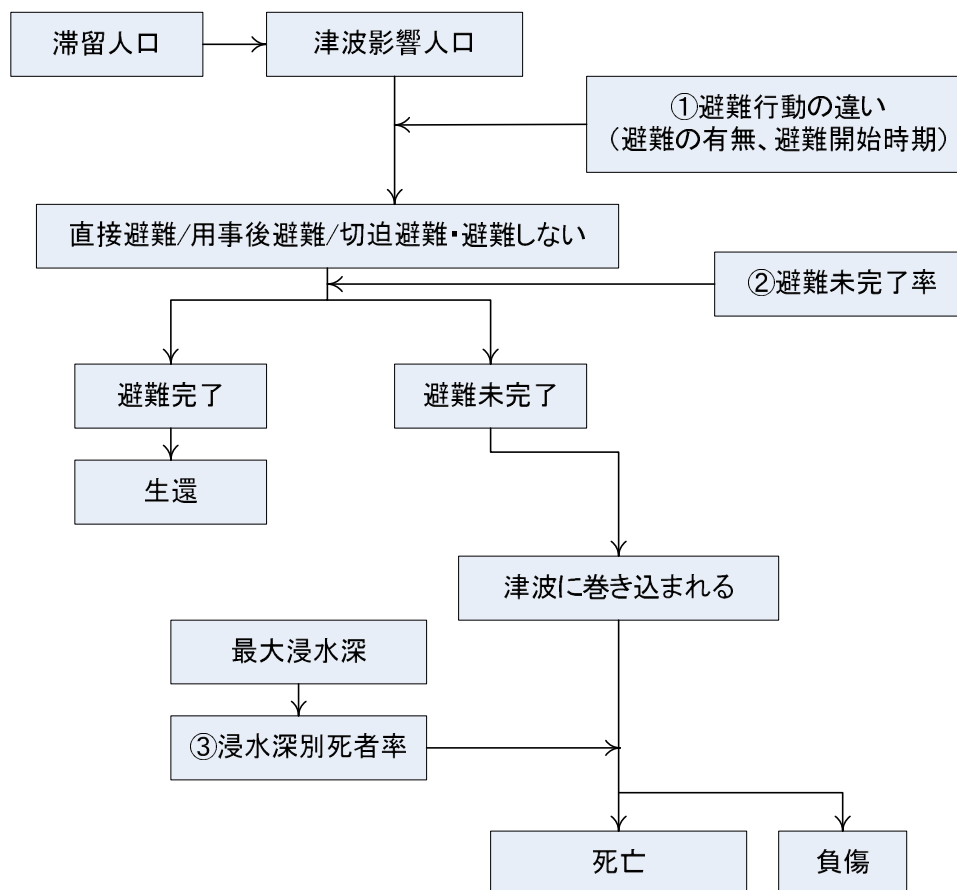


図 2.2-1 津波による死傷者数の想定手順

(2) 予測方法

津波による死傷者数は、次の方法で算出した。

① 避難行動の違い(避難の有無、避難開始時期)

東日本大震災の被災地域での調査結果(「津波避難等に関する調査結果」(内閣府・消防庁・気象庁))及び過去の津波被害(北海道南西沖地震、日本海中部地震)の避難の状況を踏まえ、次表①～④のような避難パターン(内閣府, 2013)に加え、高知県の東日本大震災時の避難者率の実態から直接避難6%、切迫避難94%を新たに⑤に設定した。

表 2.2-1 避難の有無、避難開始時期の設定

		避難行動別の比率		
		避難する		切迫避難あるいは 避難しない
		すぐに避難する (直接避難)	避難するがすぐには 避難しない (用事後避難)	
①	全員が発災後すぐに避難を開始した場合	100%	0%	0%
②	早期避難者比率が高い場合(避難呼びかけ)	70%	30%	0%
③	早期避難者比率が高い場合	70%	20%	10%
④	早期避難者比率が低い場合	20%	50%	30%
⑤	東日本大震災における実績*を反映	6%	0%	94%

※ 東日本大震災時の高知県内の避難実績

② 避難未完了率

発災時の所在地から安全な場所まで避難完了できない人の割合であり、以下の考え方で算出した（内閣府，2013）。

1) 要避難メッシュの特定

最大津波浸水深が30cm以上となる要避難メッシュを特定した。

2) 避難先メッシュの設定

各要避難メッシュ（避難元メッシュ）から最短距離にあり、かつ避難元メッシュよりも津波浸水深1cm到達時間が長い、津波浸水深30cm未満の避難先メッシュを特定した。

3) 避難距離の算定

メッシュ中心間の直線距離の1.5倍を避難距離とした（東日本大震災の実績^{※1}）。

※1 国土交通省（2012）：「津波避難を想定した避難路、避難施設の配置及び避難誘導について」（平成24年4月）によると、避難距離は直線距離の1.5倍。

4) 避難完了所要時間の算定

各要避難メッシュについて、避難距離を避難速度（東日本大震災の実績から平均時速2.65km/hと設定）で割って避難完了所要時間を算出した^{※2}。なお、避難開始時間は、昼間発災時は、直接避難者で発災5分後、用事後避難者で15分後とし、切迫避難者は当該メッシュに津波が到達してから避難するものとした。

※2 国土交通省（2012）：「津波避難を想定した避難路、避難施設の配置及び避難誘導について」（平成24年4月）によると、避難速度は平均2.65 km/h。

5) 避難成否の判定

各要避難メッシュについて、避難先メッシュの隣接メッシュにおける浸水深30cm到達時間と避難先メッシュまでの避難完了所要時間を比較し、避難行動者別に避難成否を判定した。

なお、避難完了/未完了の判定計算は次のように実施した。

【入力データ】

- 10mメッシュ浸水深データ : $h(x, y, t)$
- 10mメッシュ最大浸水深データ : $h_{\max}(x, y)$
- 10mメッシュ浸水深30cm到達時間 : $t_{30}(x, y)$ (地震発生からの時間)
- 10mメッシュ浸水深1cm到達時間 : $t_1(x, y)$ (地震発生からの時間)
- 10mメッシュ内人口 : $n(x, y)$
- 10mメッシュ避難行動者割合
直後避難者率 : p_i 、用事後避難者率 : p_l 、切迫避難者率 : $1 - (p_i + p_l)$
- 各津波避難ビルの30cm津波浸水到達時間 : $t_{\text{bui}l}$ (地震発生からの時間)

【計算手順】

1) 要避難メッシュ (x_m, y_m) の特定

以下の条件を満たすメッシュ

$$h_{\max}(x_m, y_m) \geq 30 \text{ cm}, t_{30}(x_m, y_m) > 0$$

2) 避難先メッシュ (x_n, y_n) の特定

各要避難メッシュ(避難元メッシュ)から最短距離にあり、かつ避難元メッシュよりも津波浸水深 1 cm 到達時間が長い、津波浸水深 30 cm 未満の避難先メッシュを特定した。

$$h_{\max}(x_n, y_n) < 30 \text{ cm}, t_1(x_n, y_n) - t_1(x_m, y_m) > 0$$

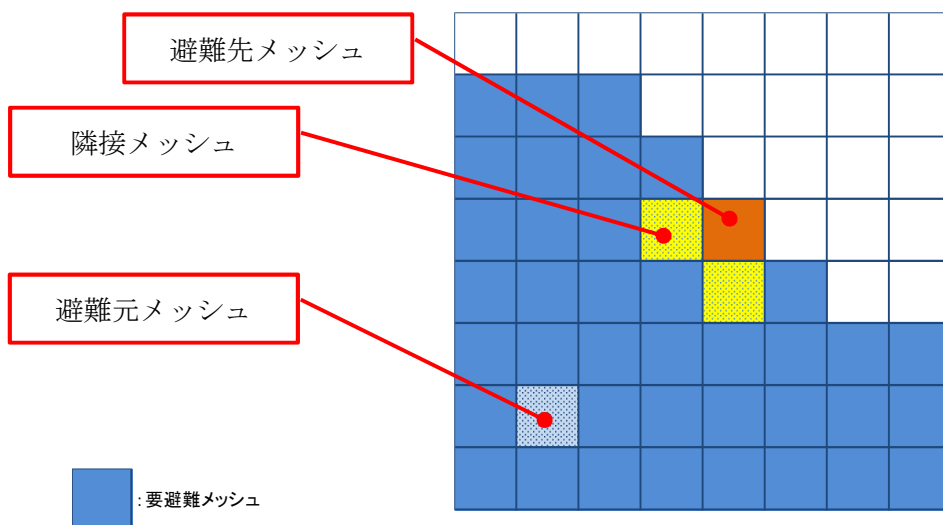


図 2.2-2 要避難メッシュと避難元メッシュ、避難先メッシュ、隣接メッシュ

3) 避難距離 le の算定

メッシュ中心間の直線距離の 1.5 倍を避難距離 $le(x_m, y_m)$ とした^{※1}。

4) 避難完了所要時間 t_e の算定

各要避難メッシュについて、避難完了所要時間 $t_e(x_m, y_m)$ を算出した。また、要避難メッシュと避難先メッシュの標高差が大きい場合避難に時間を要するものと考え、標高差が 5m 以上ある場合は、標高差を昇降速度 0.21m/秒^{※3} で割った時間を避難完了所要時間に追加した。

$$t_e(x_m, y_m) = le(x_m, y_m) / 2.65 \text{ km/h}$$

※3 足立・小松・荒木 (1980) : 「障害者を考慮した住宅団地の研究 (その1) 歩行行動から見た障壁の分析」
(日本建築学会大会学術講演梗概集)

5) 避難成否の判定

各要避難メッシュについて、避難先メッシュの隣接メッシュにおける浸水深 30 cm到達時間と避難先メッシュまでの避難完了所要時間を比較し、避難行動者別に避難成否を判定した。 (x_{n-1}, y_n) は避難先メッシュ (x_n, y_n) の隣接メッシュを表す。

<直後避難者>

$$\begin{aligned} t_{30}(x_{n-1}, y_n) > t_e(x_m, y_m) + 5 \text{分} & \quad \text{避難完了}^{※4} \\ t_{30}(x_{n-1}, y_n) \leq t_e(x_m, y_m) + 5 \text{分} & \quad \text{避難失敗(津波巻き込まれ)}^{※4} \end{aligned}$$

※4 直後避難者の避難開始時間を地震後 5 分(揺れが収まるまで 3 分+収まってから避難開始まで 2 分)と設定。

<用事後避難者>

$$\begin{aligned} t_{30}(x_{n-1}, y_n) > t_e(x_m, y_m) + 15 \text{分} & \quad \text{避難完了}^{※5} \\ t_{30}(x_{n-1}, y_n) \leq t_e(x_m, y_m) + 15 \text{分} & \quad \text{避難失敗(津波巻き込まれ)}^{※5} \end{aligned}$$

※5 「津波避難等に関する調査結果」(内閣府・消防庁・気象庁)の分析結果によれば、「用事後避難(避難するがすぐには避難しない)」の場合、東日本大震災において避難開始が早い地域で地震発生後 10 分、遅い地域で地震発生後 15 分~20 分であった。また、「津波避難を想定した避難路、避難施設の配置及び避難誘導について」(国土交通省、平成 24 年 4 月)によると、避難開始時刻として最も多いのが 15 分後であった。以上のことから、用事後避難者の避難開始時間を地震後 15 分と設定した。

<切迫避難者>

$$\begin{aligned} t_{30}(x_{n-1}, y_n) > t_e(x_m, y_m) + t_1 & \quad \text{避難完了}^{※6} \\ t_{30}(x_{n-1}, y_n) \leq t_e(x_m, y_m) + t_1 & \quad \text{避難失敗(津波巻き込まれ)}^{※6} \end{aligned}$$

※6 切迫避難者の避難開始時間を当該メッシュ津波浸水深 1 cm到達時間 t_1 と設定。

③ 浸水深別死者率

- 各要避難メッシュにおける、避難未完了者（避難失敗者）に関して、死亡率曲線（浸水深30cm以上で死者発生、浸水深1mで全員死亡という正規分布の累積分布関数：下図）を用いて、死亡者数を算出した（内閣府，2013）。死亡者以外（生存と想定される人）は負傷者としたが、浸水深30cm未満の避難未完了者は巻き込まれても負傷しないものとした。

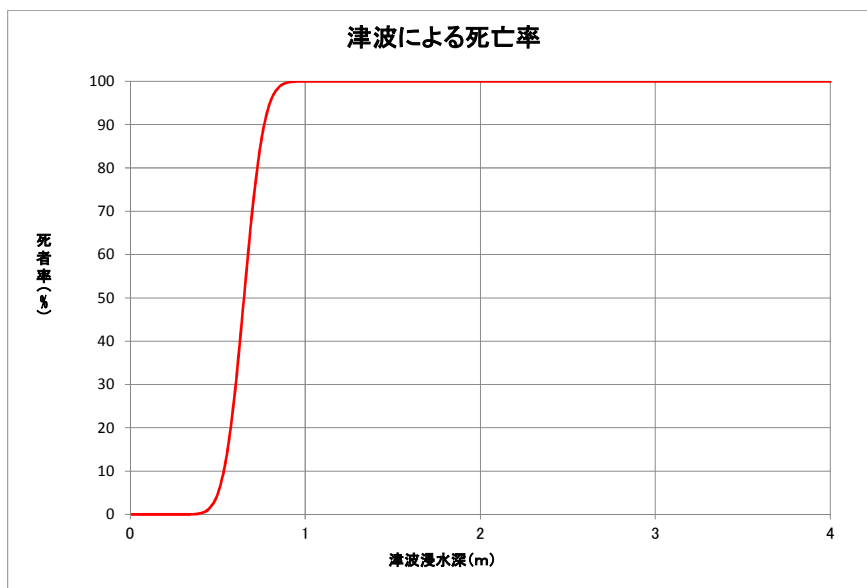


図 2.2-3 浸水深別死者率

判定対象とする浸水深は移動中メッシュ (x_{n-s}, y_{n-t}) の浸水深 $h(x_{n-s}, y_{n-t})$ とする。

<直後避難者>

$$h(x_{n-s}, y_{n-t}) = h(x_m, y_m) - \{h(x_m, y_m) - h(x_n, y_n)\} \times \{t_{30}(x_{n-1}, y_n) - 5\text{分}\} \div t_e(x_m, y_m)$$

※5分> $t_{01}(x_m, y_m)$ の場合は $t_{01}(x_m, y_m)$

<用事後避難者の場合>

$$h(x_{n-s}, y_{n-t}) = h(x_m, y_m) - \{h(x_m, y_m) - h(x_n, y_n)\} \times \{t_{30}(x_{n-1}, y_n) - 15\text{分}\} \div t_e(x_m, y_m)$$

※15分> $t_{01}(x_m, y_m)$ の場合は $t_{01}(x_m, y_m)$

<切迫避難者の場合>

$$h(x_{n-s}, y_{n-t}) = h(x_m, y_m) - \{h(x_m, y_m) - h(x_n, y_n)\} \times \{t_{30}(x_{n-1}, y_n) - t_{01}(x_m, y_m)\} \div t_e(x_m, y_m)$$

負傷者の重傷：軽傷の割合については、北海道南西沖地震における奥尻町の人的被害の事例を参考にし、重傷者数：軽傷者数=49人：94人=34：66として配分することとした。なお、東日本大震災における人的被害の内訳(2012年3月11日現在、消防庁発表)をみると、沿岸市町村における重傷者数：軽傷者数=458人：3,464人=12：88となるが、津波以外の要因も含まれる可能性があることと、危険側をみるため、北海道南西沖地震の際の重傷：軽傷の比率を用いた。

④ その他考慮事項

★夜間における避難開始の遅れ、避難速度低下の考慮

- ・東北地方太平洋沖地震は昼間の発生(14時46分発生)であったが、夜間発災の場合にはより避難が遅れることが想定される。「津波避難を想定した避難路、避難施設の配置および避難誘導について」(国土交通省、平成24年4月)によると、東日本大震災の沿岸被災地における徒歩での避難速度は2.65km/hであり、これまでの目安(3.60km/h)よりも低い値となっている。一方、夜間に発生した1993年北海道南西沖地震(22時22分発生)では平均的な避難速度は51.3m/分(3.08km/h)[「1993年北海道南西沖地震の総合調査研究報告」(東京都立大学都市研究センター、1994年3月)]であり、東日本大震災のほうが避難速度は遅い。ただし、東日本大震災を含め過去の地震災害における犠牲者は60歳以上の高齢者の占める割合が高く、60歳以上に限定した分析をしたところ、東日本大震災の2.59km/h(ただし、津波到達前に避難を開始した人で、一人で徒歩避難した人)に対して、北海道南西沖地震では2.09km/hであった。ここでは、夜間の場合には、避難開始は昼間に比べてさらに5分準備に時間がかかると仮定するとともに、避難速度も昼間の80%(2.09/2.59)に低下すると仮定した。

★高層階滞留者の考慮

- ・襲来する津波の最大浸水深に応じてそれよりも高い高層階の滞留者は避難せずにとどまることができる場合を考慮した。
- ・最大浸水深別の避難対象者を次のように設定した。

表2.2-2 最大浸水深と高層建物内の避難対象者

最大浸水深	避難対象者
30cm以上6m未満	1、2階滞留者が避難
6m以上15m未満	1～5階滞留者が避難
15m以上30m未満	1～10階滞留者が避難
30m以上の場合	全員避難

★津波避難ビルの考慮

- ・浸水域内に津波避難ビルが整備されているところでは、浸水域内にいる人は津波避難ビルに逃げ込むことで助かることができる。ここでは、津波避難ビルによる人的被害軽減効果を考慮したケースも検討した。
- ・現実的には、避難までに時間的猶予があり浸水域外まで水平避難できる人でも、近くの津波避難ビルを使用するケースが考えられる。しかし、ここでは避難を要する浸水予想区域の人のうち、避難が間に合わないような人から優先的に津波避難ビルへの収容を考えることとした。
- ・津波避難ビルの指定数及び1棟当たり収容人数については、市町村からのアンケート調査結果を用いた。津波避難ビル指定数は、平成25年3月31日現在における地方公共団体が自ら地域防災計画等において位置づけている津波避難ビル等の棟数であり、また、1棟当たり収容人数は市町村アンケートの結果を用いた。ただし、収容人数が明示されていない棟については全国の避難ビルの平均収容可能人数558人/棟を使用した。なお、今回はマクロ的な想定であることから、各地の津波避難ビルの効果測定では、各ビルの具体的な配置や属性、周辺環境等を考慮して詳細に分析する必要がある。
- ・まず、浸水域内の津波避難ビルにおける収容可能人数を設定する。

$$\text{避難可能人数} = \text{津波避難ビルの避難場所の収容可能人数} \cdots (A)$$

- ・ただし、津波到達時間が短い場合には、避難ビルに逃げ込めない可能性があり、その場合の避難可能人数は次のように求めるものとした。

$$\text{避難可能人数} = \{ \pi \times (\text{避難距離m})^2 \} \times \text{周辺人口密度(人/m}^2) \times \alpha \cdots (B)$$

ここで、

$$\text{避難距離(m)} = \{ \text{歩行速度(m/分)} \times \text{避難時間(分)} \} \div 1.5$$

$$\text{周辺人口密度(人/m}^2) = \text{津波浸水区域人口(人)} \div \text{津波浸水面積(m}^2)$$

(周辺：津波避難ビルを中心とした2km四方)

計算上30cm津波浸水到達時間 t_{bui1} が長いと避難距離も長くなるが、実際は徒歩での避難距離には限界がある。そこで、東日本大震災の実績^{※7}に基づき避難距離の上限を500mとした。

歩行速度は東日本大震災の実態に基づき昼間2.65km/h(44.2m/分)、そして夜間はその80%とする。

ここで、避難時間(避難開始後に避難にかけられる時間)($t_{\text{bui1}} - t_1$)は、避難パターン別に次表のとおりを設定した。

避難時間は、各津波避難ビルの30cm津波浸水到達時間 t_{bui1} が長く、避難開始時間 t_1 が早ければ長くなり、津波避難ビルに逃げ込める人が増える。反面、階段によってタワーや高層階等まで上がるには時間がかかり、避難時の混乱・混雑時には通常のようにスムーズにいかないことが予想される。現状、その設定は困難であるため、内閣府(2012.8)同様に係数 α を設け、いうなれば避難阻害率(α)0.5とした。この係数は、地域の状況、避難ビル等の周知や避難訓練の充実具合などによって細かく設定し、減災の効果、進捗管理が行われることが望まれる。

※7 国土交通省東(2011)：日本大震災の津波被災現況調査結果(第3次報告)

★津波避難ビルの考慮(続き)

表2. 2-3 避難開始後に避難にかけられる時間

	避難開始後に避難にかけられる時間($t_{ave}-t_1$)	
東日本大震災における実績を反映	昼間	$(t_{bui1}-5分) \times 0.06 + (t_{bui1}-15分) \times 0$
	夜間	$(t_{bui1}-10分) \times 0.06 + (t_{bui1}-20分) \times 0$
全員が発災後直後に避難を開始した場合	昼間	$(t_{bui1}-5分) \times 1.0$
	夜間	$(t_{bui1}-10分) \times 1.0$
早期避難者比率(避難意識)が高く、さらに津波情報の伝達や避難の呼びかけが効果的に行われた場合	昼間	$(t_{bui1}-5分) \times 0.7 + (t_{bui1}-15分) \times 0.3$
	夜間	$(t_{bui1}-10分) \times 0.7 + (t_{bui1}-20分) \times 0.3$
早期避難者比率(避難意識)が高い場合	昼間	$(t_{bui1}-5分) \times 0.7 + (t_{bui1}-15分) \times 0.2$
	夜間	$(t_{bui1}-10分) \times 0.7 + (t_{bui1}-20分) \times 0.2$
早期避難者比率(避難意識)が低い場合	昼間	$(t_{bui1}-5分) \times 0.2 + (t_{bui1}-15分) \times 0.5$
	夜間	$(t_{bui1}-10分) \times 0.2 + (t_{bui1}-20分) \times 0.5$

注：上表で()内がマイナスになる場合は0とする

- ・求めた(A)と(B)を比較して少ない方を最終的な津波避難ビルへの避難可能人数とする。津波避難ビル考慮前の津波による人的被害数に対して、津波避難ビルへの避難可能人数分だけ人的被害が軽減されるものとする。

★揺れによる建物倒壊に伴う死者及び自力脱出困難者の考慮

- ・浸水域内における揺れによる建物倒壊に伴う死傷者については、建物倒壊による死傷者としてカウントし、津波による人的被害からは除く。
- ・浸水域内における揺れによる建物倒壊に伴う自力脱出困難者(うち生存者)については、津波による死者としてカウントするものとする(近隣住民等による救助活動が行われずに、建物倒壊により閉じ込められた状態で浸水する可能性があるとともに、浸水地域の救助活動が難航し、一定時間を経過すると生存率が低下することを考慮)。

- (1) 算定される津波による死者数(もしくは負傷者数)に対して、(1-時間帯別の市町村別の建物倒壊による死者数(もしくは負傷者数)÷市町村別全人口)を乗じることによって、浸水域における建物倒壊による死傷者数との重複を処理した。

津波による死者数(重複処理後)＝

[前頁までの計算による]津波による死者数(重複処理前)×(1-時間帯別の市町村別の建物倒壊による死者数÷市町村別全人口)

津波による負傷者数(重複処理後)＝

[前頁までの計算による]津波による負傷者数(重複処理前)×(1-時間帯別の市町村別の建物倒壊による負傷者数÷市町村別全人口)

★揺れによる建物倒壊に伴う死者及び自力脱出困難者の考慮(続き)

- (2) 自力脱出困難者数から建物倒壊による死者数を差し引いた分(=自力脱出困難生存者数)のうち、津波浸水域内で発生した分、および津波による死者数(重複処理後)との重複をさらに取り除いた分(=A)について、(1)の結果としての津波による死者数に対してさらに加算した。

津波による死者増分＝

$$\{(\text{揺れによる建物倒壊に伴う自力脱出困難者数} - \text{揺れによる建物倒壊による死者数}) \times (\text{時間帯別の市町村別浸水域人口} \div \text{市町村別全人口})\} \times (1 - \text{津波による死者数(重複処理後)} \div \text{浸水域人口})$$

ここで、(A)のすべてが津波に巻き込まれて死亡するとは限られないが、津波浸水域での救助活動は津波警報等が出ている中で制限されるし、救助活動を開始しても救助には相当の時間を要すると考えられる中(夜間の救助にもなるとさらに活動困難)、生き埋め者の生存率は時間とともに減少するため、ここでは津波浸水域内の自力脱出困難生存者数は津波浸水深の大小にかかわらず死亡するものとした。

★年齢構成を考慮した死傷者数の算定

- ・東日本大震災における岩手、宮城、福島の被災地域では、生存者においては高齢者ほど直後の避難率が高い傾向があるが、65歳以上及び75歳以上の方は結果として死者率が他年齢に比べて高い。ここでは、年齢構成が東日本大震災の被災地の状況よりも高齢化していれば津波に巻き込まれる可能性がより高いものとする。
- ・各市町村における年齢構成を考慮した人的被害を推定するため、平成22年国勢調査に基づく市町村別の年齢区分比率をもとにして、次式により人的被害補正係数を算出し、算出した市町村別死傷者数に掛け合わせるものとする。

市町村別の人的被害補正係数

$$\begin{aligned} &= \sum (\text{年齢区分別比率} \times \text{年齢区分別重み係数}) \\ &= 15\text{歳未満人口比率} \times 0.34 + 15\sim 64\text{歳人口比率} \times 0.62 + 65\text{歳}\sim 74\text{歳人口比率} \times 1.79 \\ &\quad + 75\text{歳以上人口比率} \times 2.81 \end{aligned}$$

★夏期の海水浴客等観光客の考慮

- ・浸水域内に海水浴場等が存在するところでは、夏期のピーク時には住民数(夜間人口・昼間人口)と比較しても無視できない人数の海水浴客が存在することから、津波による人的被害の算定において、海水浴客の被害を想定する必要がある。
- ・市町村単位の海水浴入り込み数(7・8月の月単位データ)をもとに、7・8月中の休日及び盆休み等に集中すること、ピーク時には一日単位利用者数の100%がいることを仮定し、これらの海水浴客等観光客の分だけ津波浸水域内人口が増加すると考えて、海水浴客人的被害増加率を設定する。

2.3 急傾斜地崩壊による死傷者数

(1) 予測方針

揺れにより引き起こされた斜面の崩壊により家屋が倒壊し、それに伴い死傷者が発生する場合を想定した。その際、当該ケースでの地震の発生時刻に建物内にどれだけの人がいるのか、その滞留状況についても考慮した。

(2) 予測方法

1.4 節の方法で算出した急傾斜地崩壊危険箇所毎の全壊棟数と、当該メッシュでの人口分布データから死者数、負傷者数、重傷者数を求めた。

東京都防災会議（1991）の手法に従い、1967年から1981年までの崖崩れの被害実態から求められた、被害棟数と死者数・負傷者数との関係式を用いて、人的被害数を算出した（ここで木造建物の大破棟数は、全壊棟数×0.7に等しいものとされている）。

$$(\text{死者数}) = 0.098 \times (\text{急傾斜地崩壊による全壊棟数}) \times 0.7 \times (\text{木造建物内滞留者人口比率})$$

$$(\text{負傷者数}) = 1.25 \times (\text{死者数})$$

$$(\text{重傷者数}) = (\text{負傷者数}) \div 2$$

ここで、(木造建物内滞留人口比率)

$$= (\text{発生時刻の木造建物内滞留人口}) \div (\text{木造建物内滞留人口の24時間平均})$$

2.4 火災による死傷者数

(1) 予測方針

火災による死傷者数は、①炎上出火家屋からの逃げ遅れ、②倒壊による家屋内の救出困難者の発生とその後の焼失、③延焼拡大時の逃げまどいの3つの場合に生じる考え方に沿って市町村毎に想定した。

(2) 予測方法

1.5節の方法で算出した市町村毎の出火件数と屋内滞留者の人口比率から、死者数、重傷者数、軽傷者数を算出した。

① 死者数

火災による死者数は以下の3つの要因による死者数を合計して算出した。なお、a)、b)については中央防災会議(2005)、c)については諸井・武村(2004)によった。

a) 炎上出火家屋からの逃げ遅れ

(炎上出火家屋内から逃げ遅れた死者数) = 0.074 × 出火件数 × (屋内滞留人口比率)

※係数0.074は、平成16年～22年の6年間の高知県における1建物出火当たりの死者数

ここで、(屋内滞留人口比率) = (発生時刻の屋内滞留人口) ÷ (屋内滞留人口の24時間平均)

b) 倒壊による家屋内の救出困難者の発生とその後の焼失

(閉込めによる死者数)

= (倒壊かつ焼失家屋内の救出困難な人) × (1 - 生存救出率(0.387))

ここで、(倒壊かつ焼失家屋内の救出困難な人)

= (1 - 早期救出可能な割合(0.72)) × (倒壊かつ焼失家屋内の要救助者数)

(倒壊かつ焼失家屋内の要救助者数)

= (建物倒壊による自力脱出困難者数) × (倒壊かつ焼失の棟数 / 倒壊建物数)

(倒壊かつ焼失の棟数)

= (倒壊建物数) × (焼失棟数 / 全建物数)

c) 延焼拡大時の逃げまどい

諸井・武村(2004)による関東大震災における「火災による死者の増加傾向」に係る推定式を適用し、全潰死者数及び世帯焼失率から火災死者数を算出した。

log {(全潰死者数 + 火災死者数) / (全潰死者数)} = 1.5 × 世帯焼失率

ここで、全潰死者数 = 全壊死者数、世帯焼失率 = 焼失世帯数 / 全世帯数

② 負傷者数

火災による負傷者数は以下の2つの要因による負傷者数を合計して算出した。なお、a)、b)については中央防災会議(2005)によった。

a) 炎上出火家屋からの逃げ遅れ

(出火直後の火災による重傷者数) = 0.075 × 出火件数 × (屋内滞留人口比率)

(出火直後の火災による軽傷者数) = 0.187 × 出火件数 × (屋内滞留人口比率)

ここで、(屋内滞留人口比率) = (発生時刻の屋内滞留人口) ÷ (屋内滞留人口の24時間平均)

b) 延焼拡大時の逃げまどい

(延焼火災による重傷者数) = 0.0053 × 焼失人口

(延焼火災による軽傷者数) = 0.0136 × 焼失人口

ここで、焼失人口 = (市区町村別焼失率) × (発生時刻の市区町村別滞留人口)

2.5 ブロック塀等の転倒による死傷者数

(1) 予測方針

ブロック塀等の倒壊による死傷者数については、図 2.5-1 の方針に沿って市町村毎の被害数を予測した。

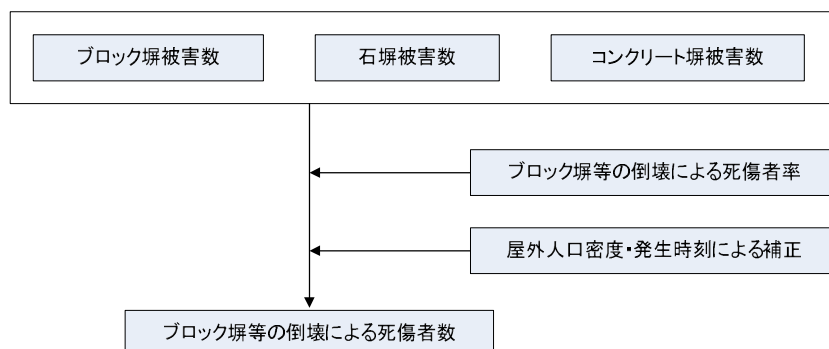


図 2.5-1 ブロック塀等の転倒による人的被害の想定手順

(2) 予測方法

1.7 節の方法で算出した市町村毎のブロック塀等の転倒数と、宮城県沖地震（1978）時のブロック塀等の被害件数と死傷者数との関係（東京都(1997)、愛知県(2003)）から設定された死傷者率を用いて死傷者数を算出した。

$$\begin{aligned}
 \text{死傷者数} &= \text{死傷者率} \times \text{市町村別のブロック塀等被害件数} \times \\
 &\quad \text{市町村別時刻別移動者数} / \text{市町村別18時移動者数} \\
 &\quad \times \left(\text{市町村別屋外人口密度} / 1689.16 \text{ (人/km}^2\text{)} \right)
 \end{aligned}$$

死傷者率 (=倒壊1件当たり死傷者数)

死者率	負傷者率	重傷者率
0.00116	0.04	0.0156

なお、死傷者率は、1978年の宮城県沖地震時の仙台市の屋外人口密度(1689.16/k m²)を前提としており、高知県の各市町村における屋外人口密度に応じて補正した。補正に用いた市町村別屋外人口密度は、次の式で求めている。

$$\text{市町村別屋外人口密度} = \text{市町村別屋外人口 (時間別)} / \text{各市町村で人口が確認された面積 (km}^2\text{)}$$

2.6 自動販売機の転倒による死傷者数

(1) 予測方針

既往災害時による被害事例や被害想定手法の検討は存在しないため、ブロック塀の倒壊による死傷者算定式を適用して市町村毎の死傷者数を算出した。ただし、ブロック塀と自動販売機の幅の違いによる死傷者率の違いを考慮し、死傷者率はブロック塀等と同様とし、自動販売機とブロック塀の幅の平均長の比(1 : 12.2)によって補正した[※]。

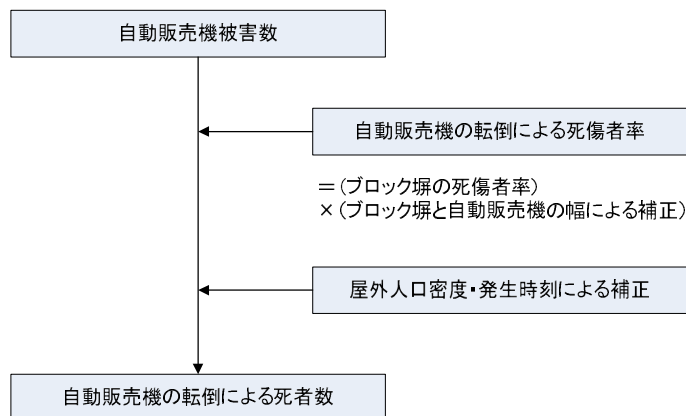


図 2.6-1 自動販売機の転倒による死傷者数の想定方針

※ 東京都において、ブロック塀の幅は最大で約 12.2m (=1 棟あたりの敷地面積の平方根) とし、自動販売機の幅については統計的な実測データが存在しないため、仮に 1m とした。

(2) 予測方法

1.8 節の方法で算出したメッシュ毎の自動販売機の転倒数と、2.5 節で示した死傷者率を用いて死傷者数を算出した。

$$\begin{aligned} \text{(死傷者数)} = & \text{(死傷者率)} \times \text{(市町村別の自動販売機被害件数)} \times \\ & \text{(市町村別時刻別移動者数)} \div \text{(市町村別18時移動者数)} \times \\ & \text{(市町村別屋外人口密度)} \div 1689.16 \text{(人/km}^2\text{)} \end{aligned}$$

※ なお、死傷者率の補正は、「2.5 ブロック塀等の転倒による死傷者数」と同じ方法による。

2.7 屋外落下物による死傷者数

(1) 予測方針

屋外落下物については、宮城県沖地震(1978)時の落下物による被害事例に基づく、屋内落下物及び窓ガラスの屋外落下による死傷者率を設定して、市町村毎の死傷者数を算出した。

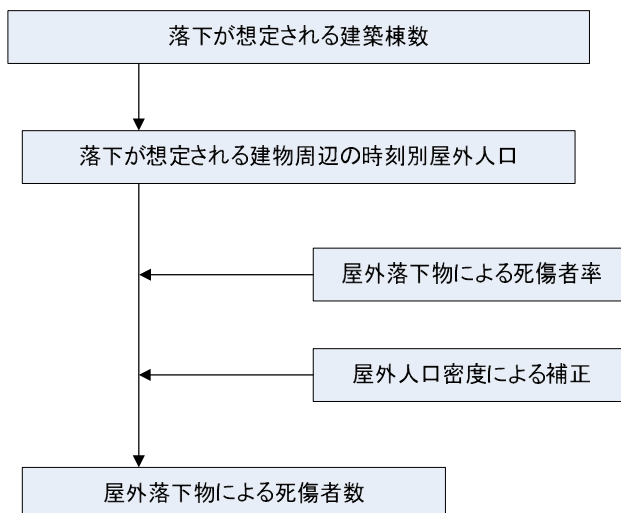


図 2.7-1 屋外落下物による人的被害の想定方針

(2) 予測方法

屋外落下物については、宮城県沖地震(1978)時の落下物による被害事例に基づき、屋内落下物及び窓ガラスの屋外落下による死傷者率を設定し、この値と 1.9 節の方法で求めた屋外落下物の件数を用いて死傷者数を算出した。

$$\begin{aligned}
 \text{(死傷者数)} = & \text{(死傷者率)} \times \{ \text{(市町村別の落下危険性のある落下物を保有する建物棟数)} / \text{(市町} \\
 & \text{村別建物棟数)} \times \text{(市町村別時刻別移動者数)} \} \times \text{(市町村別屋外人口密度)} / \\
 & 1689.16 \text{(人/km}^2\text{)}
 \end{aligned}$$

※ なお、死傷者率の補正は、2.5 節「ブロック塀等の転倒による死傷者数」と同じ方法による。

表 2.7-1 屋外落下物による死傷者率 (=死傷者数÷屋外人口)

	死者率	負傷者率	重傷者率
震度7	0.00504%	1.69%	0.0816%
震度6強	0.00388%	1.21%	0.0624%
震度6弱	0.00239%	0.700%	0.0383%
震度5強	0.000604%	0.0893%	0.00945%
震度5弱	0%	0%	0%
震度4以下	0%	0%	0%

※ 出典：火災予防審議会・東京消防庁「地震時における人口密集地域の災害危険要因の解明と消防対策について」(平成17年)における屋外落下物(壁面落下)と屋外ガラス被害による死者率の合算値

※ 震度7を計測震度6.5相当、震度6強以下を各震度階の計測震度の中間値として内挿補間する。

2.8 屋内収容物移動・転倒、屋内落下物による死傷者数

(1) 予測方針

屋内収容物の転倒、もしくは落下物による死傷者数は以下の方針に沿って想定を実施した。

火災予防審議会・東京消防庁（2005）における、木造建物、非木造建物別の死者率設定の基となった北浦ほか（1996）では、低層建物、中高層建物の区分で屋内転倒物の状況が分析されている。北浦ほか（1996）によると、屋内転倒物による死亡とされた人の多くが建物被害との複合的な要因によるものであり、かつ、低層建物の多くが木造建物、中高層建物の多くが非木造建物である。これを踏まえ、東京消防庁では、低層建物を木造建物、中高層建物を非木造建物とし、木造・非木造建物の別で屋内転倒物による死者率を設定している。

兵庫県南部地震における家具転倒物による死者は、大破建物の96%で発生しており、上記手法で負傷者も同様としていたが、大破建物と中破以下建物では負傷者発生比率は同等と考えている。

なお、兵庫県南部地震のデータは純粋な屋内転倒物のみによるものではなく、建物被害との複合的な要因によるものが多く含まれていると考えられることから、屋内転倒物による死傷者と、別途算出される揺れによる建物被害に伴う死傷者との区別は難しい。このため、今回の想定では屋内転倒物による死傷者数は揺れによる建物被害の内数として取り扱った。

① 死者数

建物構造別の震度分布、人口データ、転倒防止措置の実施状況に応じた被害率を用いて、屋内収容物の移動や転倒に伴う死者数を想定した。

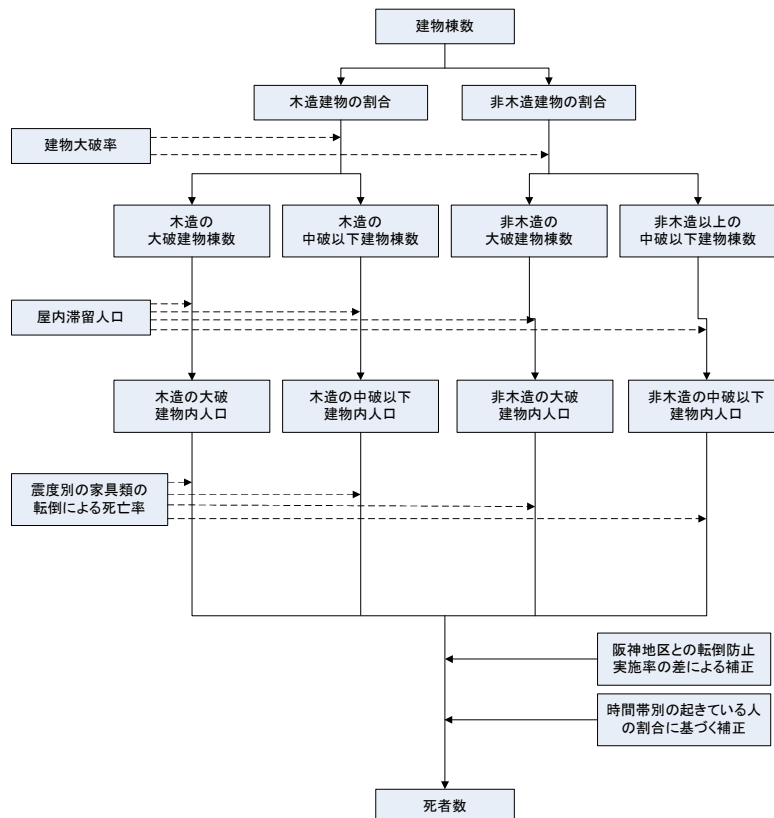


図 2.8-1 屋内収容物の移動・転倒による人的被害の想定手順(死者数)

(家具類の転倒による死亡率を屋内落下物の死亡率もしくは屋内ガラス被害による死者率に置き換えるとそれぞれの死亡数となる)

(ここで木造大破率=木造全壊率×0.7、非木造大破率=非木造全壊率)

② 負傷者数

負傷者数についても死者数と同様の考え方で想定した。

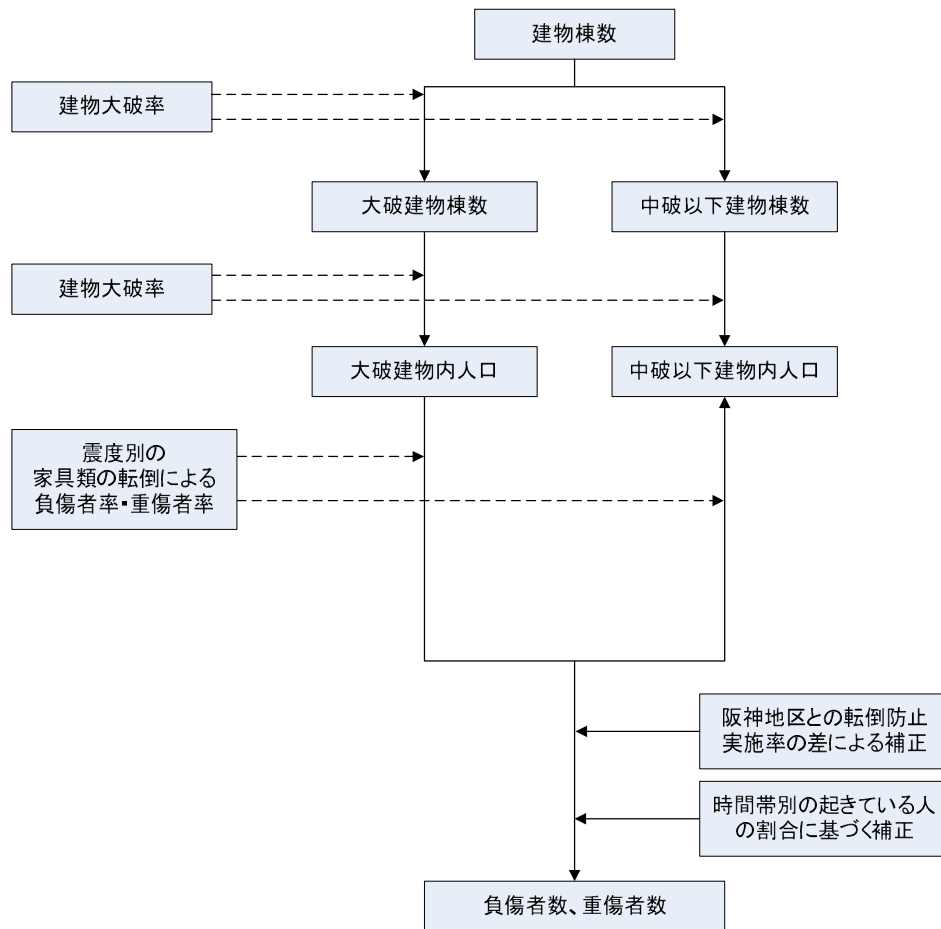


図 2.8-2 屋内収容物の移動・転倒による人的被害の想定手順(負傷者数)

(家具類の転倒による負傷者率・重傷者率を屋内落下物もしくは屋内ガラス被害の負傷者率・重傷者率に置き換えるとそれぞれの負傷者数、重傷者数となる)
(ここで木造大破率=木造全壊率×0.7、非木造大破率=非木造全壊率)

(2) 予測方法

① 屋内転倒物による死者

死傷者率については、火災予防審議会・東京消防庁（2005）「地震時における人口密集地域の災害危険要因の解明と消防対策について（平成17年）」の設定を用いた。

表2.8-1～表2.8-4に屋内転倒物による死者率、重傷者及び負傷者率を示す。

表2.8-1 屋内転倒物による死者率（大破） 表2.8-2 屋内転倒物による死者率（中破以下）

	木造建物	非木造建物
震度7	0.314%	0.192%
震度6強	0.255%	0.156%
震度6弱	0.113%	0.0688%
震度5強	0.0235%	0%
震度5弱	0.00264%	0%

	木造建物	非木造建物
震度7	0.00955%	0.000579%
震度6強	0.00689%	0.000471%
震度6弱	0.00343%	0.000208%
震度5強	0.000715%	0.0000433%
震度5弱	0.0000803%	0.00000487%

（ここで木造大破率＝木造全壊率×0.7、非木造大破率＝非木造全壊率）

② 屋内転倒物による負傷者

表2.8-3 屋内転倒物による負傷者率（大破） 表2.8-4 屋内転倒物による負傷者率（中破以下）

	負傷者率	重傷者率
震度7	3.69%	0.995%
震度6強	3.00%	0.809%
震度6弱	1.32%	0.357%
震度5強	0.276%	0%
震度5弱	0.0310%	0%

	負傷者率	重傷者率
震度7	0.112%	0.0303%
震度6強	0.0809%	0.0218%
震度6弱	0.0402%	0.0109%
震度5強	0.00839%	0.00226%
震度5弱	0.000943%	0.000255%

1) 阪神・淡路大震災当時の阪神地区との転倒防止実施率の違いによる補正

北浦ほか(1996)は、家具の設定方式別に転倒・被害状況を調査している。それによると、比較的設置対策がなされていた本棚・飾り棚・食器棚について、「家具などで止めている」だけでも移動を約1/2に防ぐ効果がある。「金具をとめている」、「造りつけ」を転倒防止対策あり、「単においていた」を転倒防止対策なしとして、その対策状況別の「遠くへ飛んだ」および「倒れた」の割合（転倒率）を次表に示す。

表2.8-5 対策状況別転倒率（本棚・飾り棚・食器棚）

	転倒率
対策あり	4.4%
（金具で止めていた）	（11.0%）
（造りつけ）	（1.4%）
対策無し（単においていた）	19.0%

上表より、転倒防止対策を行った場合の転倒率は、対策を行っていなかった場合の転倒率の（4.4%/19.0%×100＝）23%と考えることができる。

また、阪神地域における転倒防止対策措置率は、北浦ほか（1996）によるアンケート結果における重量家具類（タンス・戸棚・食器棚・テレビ等）の対策措置率をもとにすると約 7.8%であった。

一方、「平成 24 年度 県民世論調査」（平成 24 年 12 月）によると、高知県内の津波危険地区に居住する世帯の家具の転倒防止対策実施率（「大部分固定している」）は、19.7%である。

以上をふまえて、今回の想定における高知県と、阪神・淡路大震災当時の阪神地区との転倒防止対策実施率の違いを次式により補正することとする。

転倒防止対策実施効果の補正係数

$$= (\text{現状での転倒率}^{\ast}) / (\text{阪神・淡路大震災当時の阪神地区での転倒率}^{\ast})$$

$$= ((100 - \text{現状の対策実施率}) + \text{現状の対策実施率} \times \text{対策後の転倒率}) /$$

$$((100 - \text{阪神・淡路の対策実施率}) + \text{阪神・淡路の対策実施率} \times \text{対策後の転倒率})$$

$$= ((100 - \text{現状の対策実施率}) + \text{現状の対策実施率} \times 0.23) / ((100 - 7.8\%) + 7.8\% \times 0.23)$$

※対策なしの転倒率を1とした場合

ここで、現状の対策実施率を一律 19.7%とすると、高知県の補正係数は 90%となる。そのため、震度別死傷者率に対して補正係数 0.9 を乗じて、対策実施状況による被害低減状況を補正することとする。これは、阪神・淡路大震災当時と比較して、現在の転倒防止対策が進み当時と同じ条件で地震動が発生した場合に当時の被害率の 90%まで被害が減少する可能性があることを意味する。また、仮に対策実施率を 100%にすると補正係数は 24%となる。これは、対策はあくまで対策でありその方法や設置環境および地震動によって、100%の効果を発揮させることが困難なためである。

2) 時間帯による起きている人の割合に基づく補正

時間帯による起床率に基づき、補正係数を設定する。起床率は 2010 年 NHK 国民生活時間調査に基づき、深夜で 1.0、12 時および 18 時で 0.82 とする。したがって、震度別死傷者率に対して時間帯別補正係数をさらに乗じて、時間帯ごとの危険性の違いを補正する。

③ 屋内落下物による死者

屋内転倒物の被害想定と同様、建物構造別の被害状況や震度分布、人口データ、転倒防止措置の実施状況に応じた被害率から死傷者数を想定する。死傷者率については、火災予防審議会・東京消防庁（2005）「地震時における人口密集地域の災害危険要因の解明と消防対策について（平成 17 年）」の設定を用いた。

表 2.8-6 屋内落下物による死者率(大破)

	木造建物	非木造建物
震度7	0.0776%	0.0476%
震度6強	0.0542%	0.0351%
震度6弱	0.0249%	0.0198%
震度5強	0.0117%	0%
震度5弱	0.00586%	0%

表 2.8-7 屋内落下物による死者率(中破以下)

	木造建物	非木造建物
震度7	0.00270%	0.000164%
震度6強	0.00188%	0.000121%
震度6弱	0.000865%	0.0000682%
震度5強	0.000407%	0.0000404%
震度5弱	0.000204%	0.0000227%

④ 屋内落下物による負傷者者

表 2.8-8 屋内落下物による負傷者率(大破)

	負傷者率	重傷者率
震度7	1.76%	0.194%
震度6強	1.23%	0.135%
震度6弱	0.566%	0.0623%
震度5強	0.266%	0%
震度5弱	0.133%	0%

表 2.8-9 屋内落下物による負傷者率(中破以下)

	負傷者率	重傷者率
震度7	0.0613%	0.00675%
震度6強	0.0428%	0.00471%
震度6弱	0.0197%	0.00216%
震度5強	0.00926%	0.00102%
震度5弱	0.00463%	0.000509%

1) 阪神・淡路大震災当時の阪神地区との転倒防止実施率の違いによる補正

屋内転倒物と同様、震度別死傷者率に対して補正係数 0.9 を乗じて、対策実施状況による被害低減状況を補正するものとする。

2) 時間帯による起きている人の割合に基づく補正

時間帯による起床率に基づき、補正係数を設定する。起床率は 2010 年 NHK 国民生活時間調査に基づき、深夜で 1.0、12 時および 18 時で 0.82 とする。したがって、震度別死傷者率に対して時間帯別補正係数をさらに乗じて、時間帯ごとの危険性の違いを補正する。

⑤ 屋内ガラス被害

屋内転倒物と同様、屋内ガラス被害による揺れによる建物被害に伴う死傷者の内数として取り扱うものとする。死傷者率については、火災予防審議会・東京消防庁（2005）「地震時における人口密集地域の災害危険要因の解明と消防対策について(平成 17 年)」の設定を用いた。

表 2.8-10 屋内ガラス被害による死傷者率

	死者率	負傷者率	重傷者率
震度7	0.000299%	0.0564%	0.00797%
震度6強	0.000259%	0.0490%	0.00691%
震度6弱	0.000180%	0.0340%	0.00480%
震度5強	0.000101%	0.0190%	0.00269%
震度5弱	0.0000216%	0.00408%	0.000576%

以上の死者・負傷者数と、予測ケースで想定される当該メッシュの震度、別途設定された屋内人口を用いて、メッシュ毎に屋内収容物の移動と転倒、屋内落下物による死傷者数を算出した。

2.9 揺れによる建物被害に伴う要救助者数(自力脱出困難者)

(1) 予測方針

図 2.9-1 に示す方針に沿って自力脱出困難者を想定した。

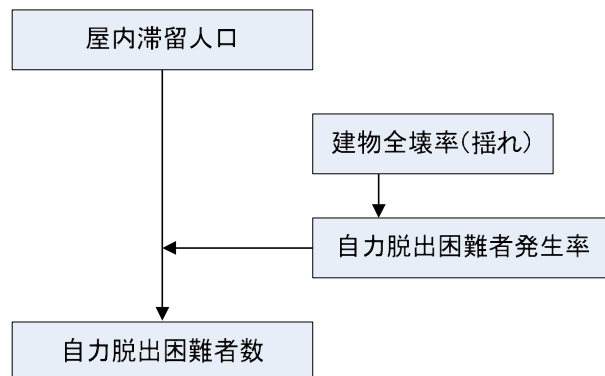


図 2.9-1 自力脱出困難者の想定手順

(2) 予測方法

阪神・淡路大震災における建物全壊率と救助が必要となる自力脱出困難者の数との関係を用いた静岡県（2000）や東京都（1997）の手法を参考にして、自力脱出困難者を算出した。

① 木造建物

阪神・淡路大震災における地区別の下敷き・生き埋め者数を次表に示す。この全壊棟数は木造全壊棟数だけではなく非木造全壊棟数も含んでいるが、多くが木造建物であるので、この値を用いて、全壊率 $\%((\text{全壊棟数}/\text{全木造棟数}) \times 100)$ を設定した。また、下敷き・生き埋め者率は、下敷き・生き埋めになった大半が木造建物と考えられるので、この値を用いて、下敷き・生き埋め者率 $\%(\text{下敷き・生き埋め者数}/\text{木造建物内人口})$ を設定した。木造建物内人口は地区別人口を木造建物の比率で割り振ったものである。

表 2.9-1 地区別の下敷き・生き埋め者数

地区名	全壊棟数	下敷き・生き埋め者数
東灘区	11,171	428人
灘区	11,693	417人
中央区	4,947	197人
兵庫区	8,374	252人
長田区	12,515	390人
須磨区	6,042	189人
垂水区	90	2人
北区	117	6人
西区	0	2人

※出典：建物被害は神戸市災害対策本部資料(1995年4月14日現在)

下敷き・生き埋め者数は神戸市消防局「阪神・淡路大震災における消防活動の記録

これらの数値は、消防団によって救助・遺体搬出された実績だが、警察・自衛隊および市民によって救助・搬出された人数は含まれていない。宮野ほか（1996）によると、東灘区の一部の地域では、死者の発生した家屋に聞き取り調査を行ったところ、搬出者の内訳は近隣の住民（64%）、消防（14%）、家族（4%）や親戚（4%）、その他（14%）であった。

この結果は、東灘区のごく一部ではあるが、消防隊によって救出された人は全体の 1/10 程度であり、下敷き・生き埋め者の 7 割程度が家族や近隣住民によって救出されたことが分かる。以上のことから、消防により救出された人は全体の 14%程度と考えられる。これらの割合をもとにメッシュ毎の建物全壊による自力脱出困難者数（遺体込）は以下の式で表される。

$$\begin{aligned} \text{自力脱出困難者率(木造)} &= 100/14 \times 0.0164 \times \text{木造建物全壊率} \\ &= 0.117 \times \text{木造建物全壊率} \\ \text{自力脱出困難者数(木造)} &= \text{自力脱出困難者率(木造)} \times \text{木造屋内人口} \\ 0.0164 &= \text{下敷き・生き埋め者率/木造全壊率} \quad (\text{兵庫県南部地震における}) \end{aligned}$$

② 非木造建物

阪神・淡路大震災の事例から、倒壊した建物における閉じ込め率（閉じ込め者数/非木造建物内人口）は約 50%であった。これは木造建物でも同様であるため、非木造建物における自力脱出困難者も木造建物の場合と同様に求めた。

$$\begin{aligned} \text{自力脱出困難者率(非木造)} &= 0.117 \times \text{非木造建物全壊率} \\ \text{自力脱出困難者数(非木造)} &= \text{自力脱出困難者率(非木造)} \times \text{非木造屋内人口} \end{aligned}$$

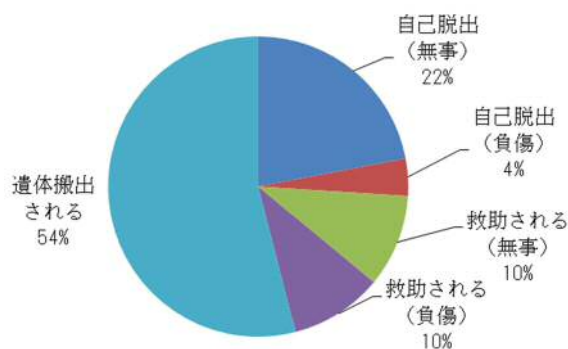


図 2.9-2 自己脱出と救助の状況

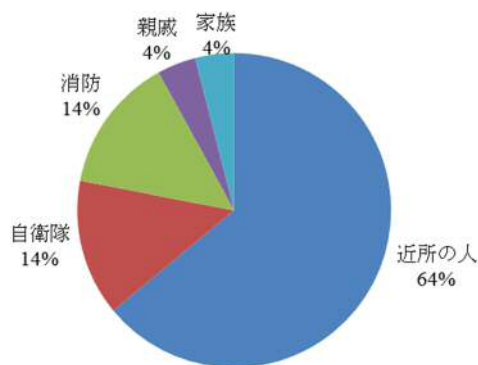


図 2.9-3 救助者(延べ)

※ 出典：宮野ほか（1996）、1995 年兵庫県南部地震による人的被害その 5.神戸市東灘区における人命救助に関する聞き取り調査、日本建築学会大会学術講演梗概集（近畿）、1996.9

2.10 津波被害に伴う要救助者・要探索者数

(1) 予測方針

津波に伴う要救助者・要探索者は、津波浸水域人口、中高層建物の滞留者及び津波に巻き込まれた人の数から算出した。

(2) 予測方法

以下に述べる方法で、津波被害に伴う要救助者・要探索者を予測した。

① 要救助者数

東日本大震災においては、防衛相・自衛隊、警察庁、消防庁および海上保安庁により救助活動が行われ、救出等の総数は27,157人(浸水域外での孤立者や海上船舶漂流者等を含む)となっている。総務省統計局による「浸水範囲概況にかかる人口・世帯数(平成22年国勢調査人口集計結果による)」によれば、津波浸水範囲の人口は約60万人であり、浸水範囲人口の約4.5%が救助された計算となる。

この結果をもとに、概ねの救助需要を見積もると、次式により津波被害に伴う要救助者数が算出される。

$$\text{津波被害に伴う要救助者数} = 0.045 \times \text{津波浸水域人口}$$

一方、津波による人的被害の想定においては、津波の最大浸水深よりも高い階に滞留する者は避難せずにその場にとどまる場合を考慮しており、その結果、中高層階に滞留する人が要救助対象となる。これより下表の考え方に沿って、要救助者数を算出した。ただし、最大浸水深が1m未満の場合には中高層階に滞留した人でも自力で脱出が可能であるとし、中高層階滞留に伴う要救助者は最大浸水深1m以上の地域で発生するものとした。また、津波浸水時間が1時間以上ある地域では中高層階滞留者の3割が避難せずにとどまるとして要救助対象とした。

図 2.10-1 中高層階滞留に伴う要救助者の設定の考え方

最大浸水深	中高層階滞留に伴う要救助者対象者
1m未満	(自力脱出可能とみなす)
1m以上6m未満	3階以上の滞留者が要救助対象
6m以上15m未満	6階以上の滞留者が要救助対象
15m以上	11階以上の滞留者が要救助対象

② 要探索者数

東日本大震災では大規模な津波浸水による行方不明者が多く発生したが、津波による人的被害の算定の際に考慮した「津波に巻き込まれた人(避難未完了者=津波による死傷者)」を津波被害に伴う初期の要探索者と考えた(捜索が進むにつれ、行方不明者が死亡者や生存者として判明していくため、時系列でみた場合、津波に巻き込まれた人が要探索者の最大値として想定される)。

$$\text{津波被害に伴う要探索者数(最大)} = \text{津波による漂流者数(=死傷者数)}$$

3 ライフライン施設の被害想定

3.1 上水道施設の断水人口

(1) 現況

高知県内の上水道施設の分布状況を図 3.1-1 に示す。浄水場 141 箇所、管路延長が約 6,020km である。

なお、今回の想定では上水道及び簡易水道を調査対象とし、需要家数が 100 人未満の飲料水供給施設等は除外した。

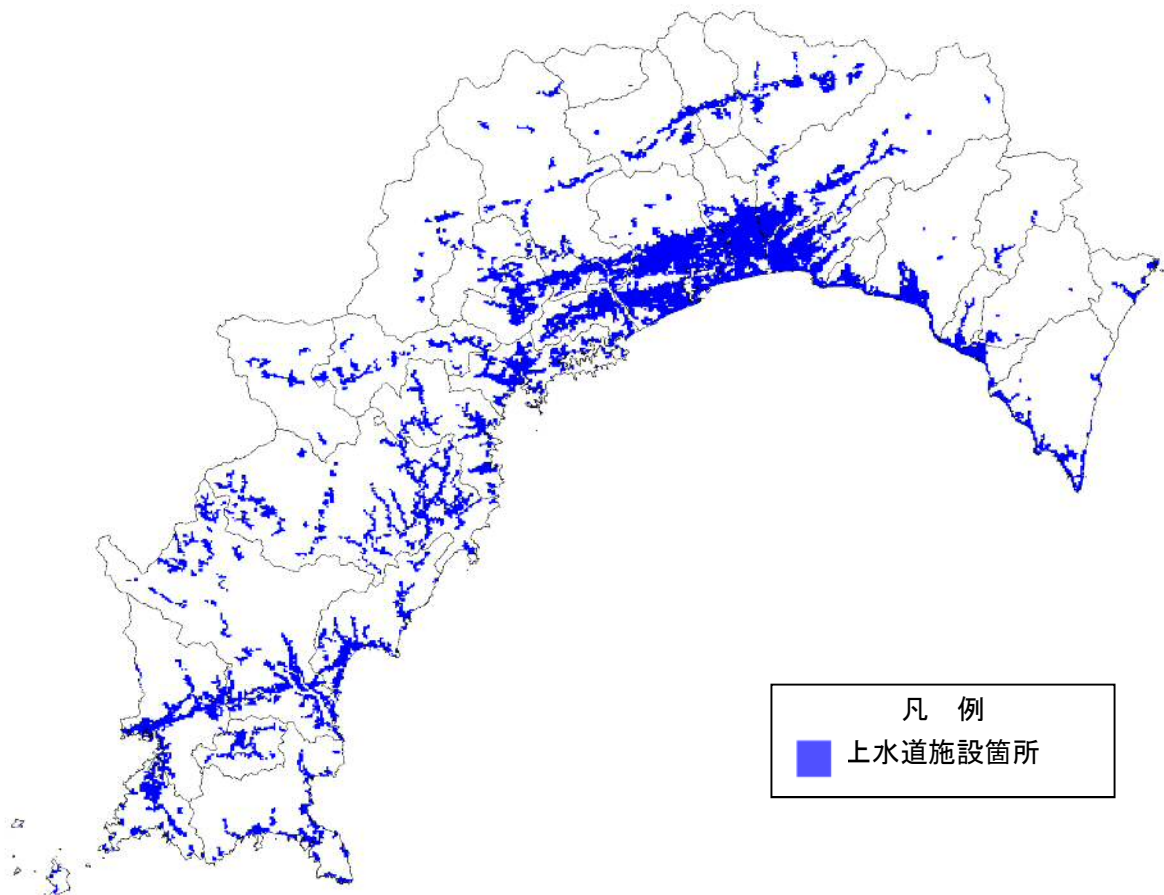


図 3.1-1 高知県内の上水道施設分布状況

(2) 予測方針

上水道施設の被害によって生じる断水人口を予測する手順を図 3.1-2 に示す。上水道の被害は、①浄水場の津波浸水、②停電による給水施設の停止、③揺れによる管路被害の 3 段階で行うこととした。

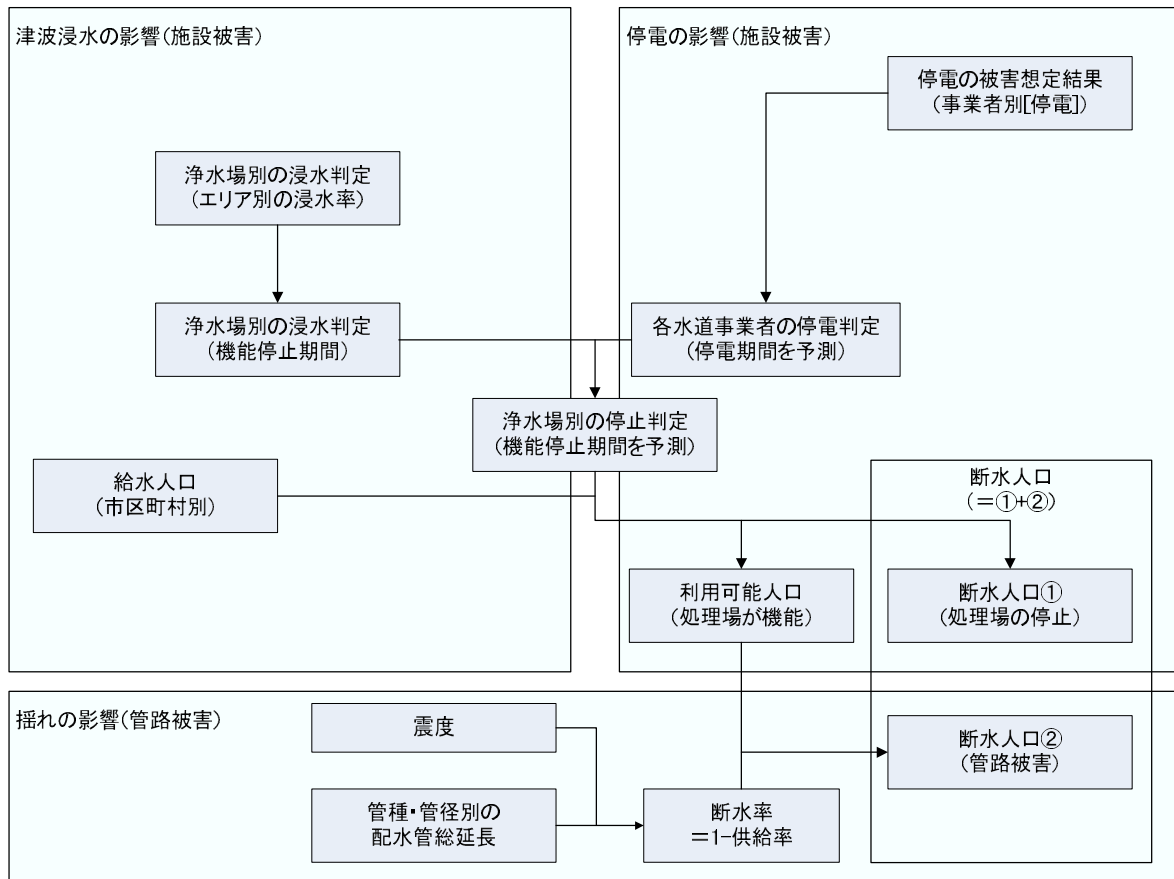


図 3.1-2 上水道被害の予測手順（内閣府（2013）を一部修正）

(3) 予測方法

上水道の施設被害および断水人口は以下の方法で予測した。

① 津波の影響

各浄水場が浸水する場合には、供給エリアで断水が発生するものとする。この際、浄水場の機能停止判定は容易ではなく、かつ位置としては標高の低い場所にある需要家のほうがより重大な被害を受けることが多いと考えられる。そのため、津波による建物全壊率と同様の割合で断水が発生するものとして評価する。また、津波の影響による需要の喪失は一定期間続くと考えられるため復旧対象から除外する。

② 停電の影響

浄水場が停電する場合には供給エリアで断水が発生すると考えられるが、浄水場などの重要施設は非常用発電の整備が進められており、かつ配電系統の切り替えなどにより、優先的に電力が回復されることが見込まれる。

このことは、兵庫県南部地震の被害事例より、川上（1996）等が上水道の断水率を取りまとめた結果からも確認されている。直後と1日後の断水率には大きな差があるが、発災直後から1日後の間に管路が復旧された可能性は低いいため、自家発電の稼働や電力の優先復旧などの要因と考えられる。

今回の想定では、3.3 節の方法で想定した停電率は、一般家庭・事業者を主な対象として算出しているため、母数が大きく、高い値になる。しかしながらこの方法では、断水の想定にうまく組み込めない。よって今回は、停電率を浄水場には適用することはせずに、発災直後、1日後、2日後と断水の影響が停電も含めて考えられる川上式^{*}を適用した。

[地震直後の断水率]

地震発災直後の断水率は川上式（1996）^{*}から、配水管について水道管の被害率Rに対して以下のように与えられる。

地震直後の断水率	$= 1 / (1 + 0.0473 \times R^{-1.61})$
1日後の断水率	$= 1 / (1 + 0.307 \times R^{-1.17})$
2日後の断水率	$= 1 / (1 + 0.319 \times R^{-1.18})$

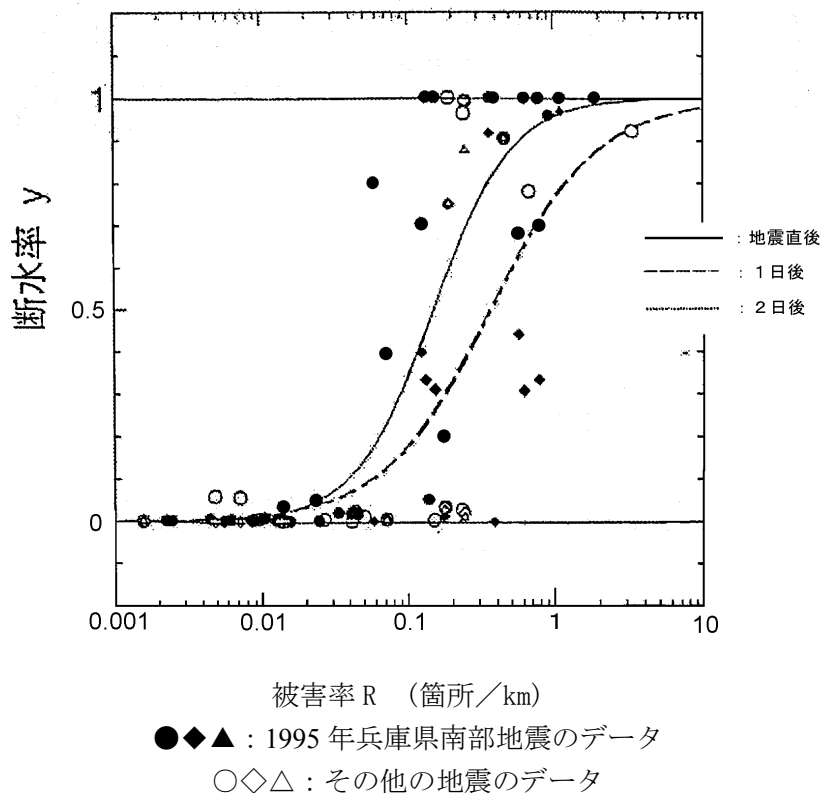


図 3.1-2 1995年兵庫県南部地震等の過去の地震被害による物的被害率と断水率との関係

^{*} 出典：川上（1996）、道路交通システムの形状と連結確率との関係、第1回都市直下地震災害による総合シンポジウム、pp. 169-172.

③ 管路被害

兵庫県南部地震の被害実態を基に構築された丸山・山崎（2010）＊の評価モデルを基に「管路の推定被害率(件/km)」を算出したうえで、川上式（1996）により「断水率」を算出する。ここで各市町村から集計した上水道及び簡易水道の埋設管延長数は、配水管の管種・管径毎に建物の分布を基に250mメッシュに分配し、被害箇所数を算出した。

なお、管種・管径データは一部の市町村に限定されていたため、データがない市町村についてはデータが存在する市町村の管種・管径の存在割合を基に水道統計（平成22年度水道統計 施設・業務編 第93-1号、日本水道協会）に示されている市町村別の延長データを用いて割り振った。

※ 丸山・山崎、2010、近年の地震データを考慮したマクロな排水管被害予測式、第30回土木学会地震工学研究発表会論文集

[管路の被害率の推定方法]

管路の属性情報のうち、「管種・継手」、「口径」、「布設されている箇所の微地形分類」と、地震動の予測解析結果から求められた地表最大速度を用いて、地震発生時に管路1kmに対する被害箇所数を表わす「管路の推定被害率(件/km)」を算出した。

$$D = \sum L \cdot R \quad \dots \text{式 3.1-1}$$

$$R = C_p \times C_g \times R(v) \quad \dots \text{式 3.1-2}$$

$$R(v) = C\Phi\left(\frac{\ln v - \lambda}{\zeta}\right) \quad \dots \text{式 3.1-3}$$

D : 総被害件数(件) L : 管路延長(km) R : 被害率(件/km)

$R(v)$: 標準被害率評価式 C_p : 管種・管径補正係数 C_g : 液状化補正係数

$\Phi(x)$: 標準正規分布の確率分布関数 v : 地表最大速度(cm/s)

表 3.1-1 標準被害率曲線の回帰係数

管種	ζ	λ	C
CIP・VP	0.860	5.00	2.06
DIP	0.864	6.04	4.99

表 3.1-2 補正係数 ①

管種・管径(C_p)	Φ75 mm以下	Φ100-150 mm	Φ200-450 mm	Φ500 mm以上
DIP	0.6	0.3	0.3	0.09
CIP	1.7	1.2	0.8	0.4
SP	0.84	0.42	0.36	0.24
VP	1.5	1.2	1.2	1.2
ACP	6.9	2.7	2.0	1.2
その他	0.3	0.3	0.3	0.3

表 3.1-3 補正係数 ②

	管が布設されている微地形	C_g
液状化の情報を有していない場合または、液状化の可能性がない場合	山地、山麓地、丘陵、火山地、火山山麓地、火山性丘陵	0.4
	砂礫質台地、ローム台地	0.8
	谷底低地、扇状地、後背湿地、三角州、海岸低地	1.0
	自然堤防、旧河道、砂州・砂礫洲、砂丘	2.5
	埋立地、干拓地、湖沼	5.0
液状化の情報を有しており、かつ液状化の可能性ありの場合	全微地形分類	6.0

3.2 下水道施設の機能支障人口

(1) 現況

高知県内の下水道施設（処理場、管路）の分布状況を図 3.2-1 に示す。処理場 20 ヲ所、管路延長約 1,957km である。今回の想定では下水道および農業集落排水、漁業集落排水等を対象とした。

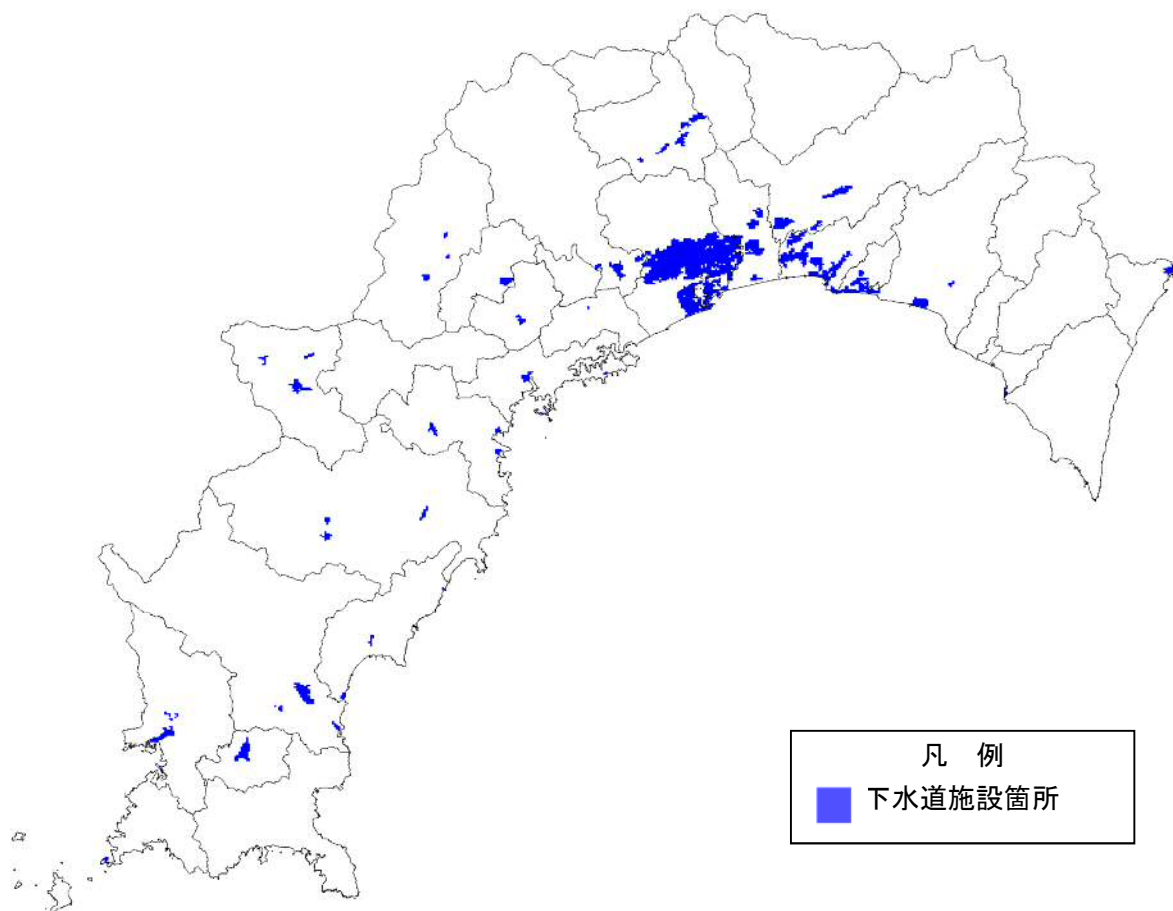


図 3.2-1 高知県内の下水道施設分布状況

(2) 予測方針

下水道施設の被害による機能支障人口を予測する手順を図 3.2-2 に示す。

機能支障人口等の予測にあたっては、汚水系の下水道管を対象に①津波の影響、②停電の影響、③管路被害(=被害延長)を考慮する。なお、処理場に津波浸水による被害がなくても、管路に被害があった場合は使用不能とした。

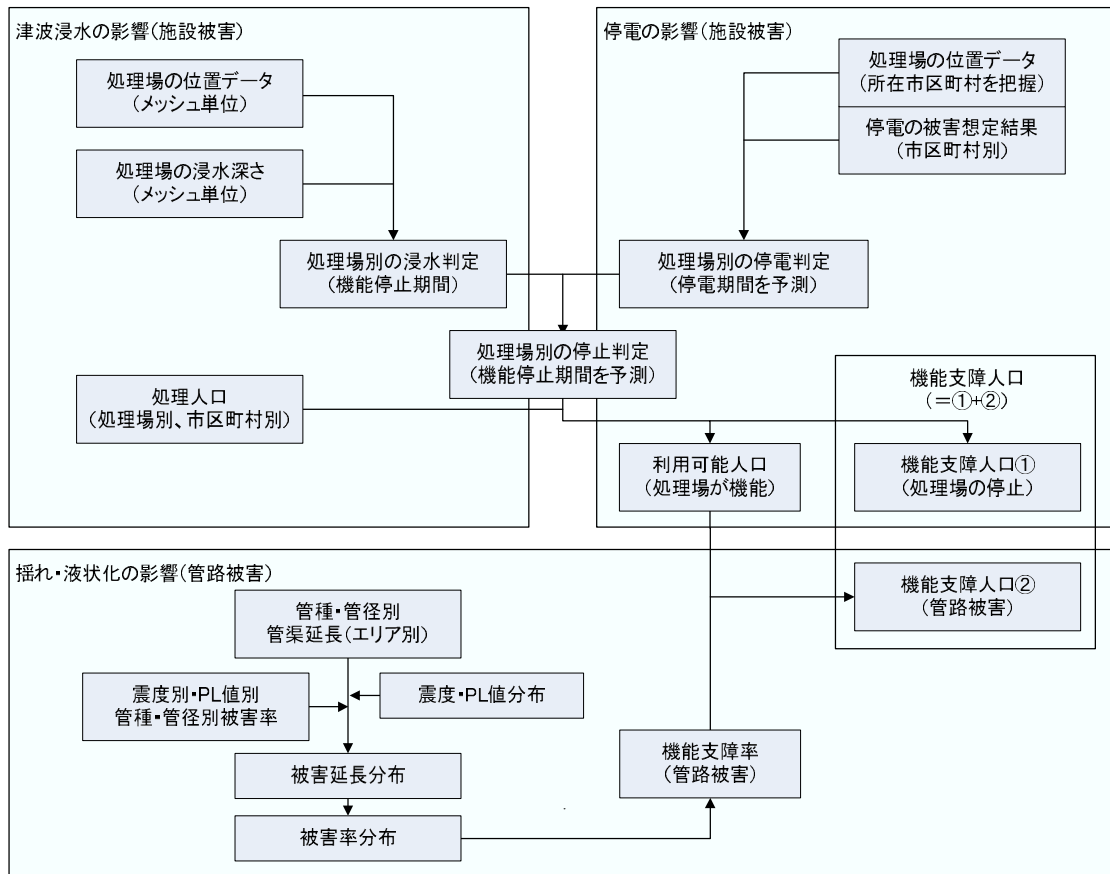


図 3.2-2 下水道施設の機能支障人口の予測手順（内閣府（2013）を一部修正）

(3) 予測方法

下水道の施設被害および機能支障人口は、以下の方法で予測した。

① 津波の影響

一般的には処理場のほうが、需要家よりも標高の低い場所にあるため、津波による被害を受けやすい。処理場の位置データと津波浸水の予測結果を基に、1cm でも浸水が認められた場合には処理場が機能停止になると評価する。また、津波の影響による需要家の喪失は一定期間続くことから復旧対象からは除外する。

② 停電の影響

電力事業者からの電力供給状況を加味して、3.3 節の方法で停電被害を予測し、下水処理場が停電する場合には、管轄エリアで機能支障が発生するものとする。

③ 管路被害

大規模地震による下水道被害想定検討委員会における永田ほか（2010）の評価モデルを基に、250m メッシュ単位で管路の被害を予測する。管路の分布は、領域内の延長を管路の管種・管径別に、建物の分布を基に 250m メッシュに分配し、これを用いて被害箇所数を算出した。

なお、管種・管径データはすべての資料に記載されていないので、データがない地域については、データが存在する地域の割合を基に下水道統計（平成 22 年度版 下水道統計 第 67 号、日本下水道協会）に示された延長データから割り振った。

$$D = \sum L \cdot R(v) \quad \dots \text{式 3.2-1}$$

$$R(v) = C\Phi\left(\frac{\ln v - \lambda}{\zeta}\right) \quad \dots \text{式 3.2-2}$$

D : 総被害件数(件) L : 管路延長(km) $R(v)$: 標準被害率評価式(km/km)
 $\Phi(x)$: 標準正規分布の確率分布関数 v : 地表最大速度(cm/s)

表 3.2-1 管路の機能支障率の回帰係数

液状化	ζ	λ	C
液状化あり ($PL \geq 15$)	0.072	3.680	0.216
液状化あり ($0 < PL < 15$)	0.004	3.652	0.289

3.3 電力施設の停電軒数

(1) 現況データ

平成24年10月19日に四国電力㈱から提供された高知県内の電力施設の現況を表3.3-1に示す。

高知県内では528,000口の電灯契約口数があり、そのうち地中線による電灯口数は2,000口である。この内訳は、ほぼ100%が高知市知寄町・旭町1丁目間と高知駅・棧橋通2丁目間の電車通りである。

表 3.3-1 現況データ

項目	施設
電灯契約口数	528,000口
配電用支持物数	197,590基
配電線路亘長	11,195km
地中線による供給電灯口数	2,000口

(2) 予測方針

図 3.3-1 の手順に則って電力の停電軒数を予測した。

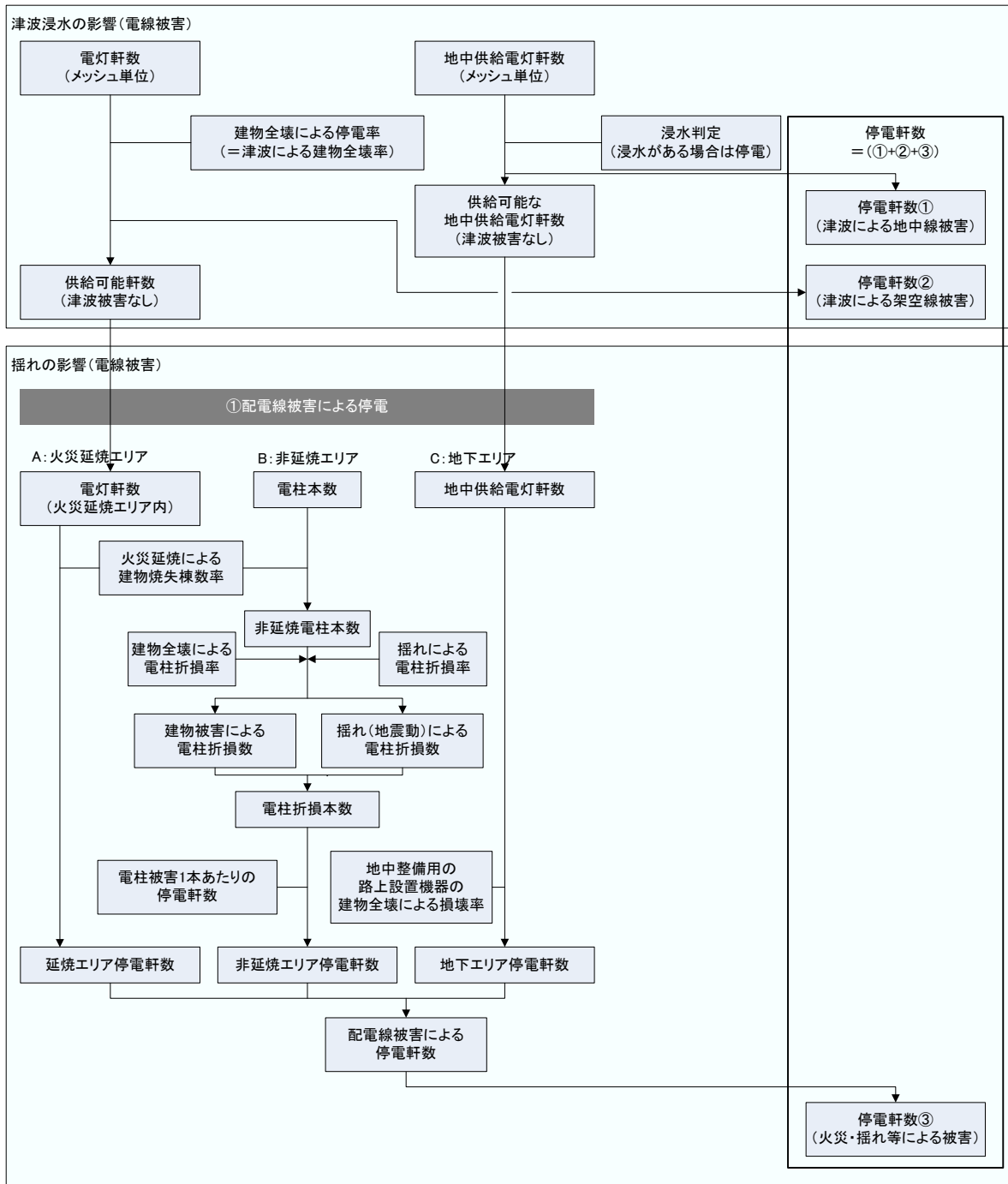


図 3.3-1 電力施設の停電軒数の予測手順 (内閣府 (2013) を一部修正)

停電軒数等の予測においては、①津波による電線被害、③火災による電線被害、②揺れ等による電線被害を考慮した。

① 津波による電線被害

津波による配電線(架空線)被害は、津波による建物全壊率と同様の割合で停電が発生するものとして予測する。津波による配電線(地中線)被害は、地上機器が被害を受けるため、浸水エリアでは停電するものとして予測した。また、津波による被害を受けた範囲は、一定期間は需要がなくなることが想定されるため復旧想定では対象外とした。

② 火災による電線被害

火災による建物焼失率と同様の割合で停電が発生するものとして、火災による配電線(架空線)被害を予測した。火災による配電線被害では、電柱が被害を受けるため延焼エリアは停電するものとした。また、延焼範囲は一定期間需要がなくなることが想定されるため復旧想定では対象外とした。

③ 揺れ等による電線被害

津波による浸水域及び火災による延焼範囲以外については、中央防災会議(2004)の地震被害想定で使用された手法を基に、架空線被害と地中線被害に起因した停電軒数を算出した。このうち、架空線被害は揺れによる被害は、「建物倒壊による巻き込まれ」及び「揺れによる電柱被害」として予測した。ここで用いる被害率は、阪神・淡路大震災の実態に基づき中央防災会議(2004)で用いられている被害率を使用した。また、東日本大震災時の関東地方の停電の調査・分析によると、震度6弱(計測震度5.5以上)を超える領域内の市区町村ではすべて停電したことから、今回はこれを適用して250mメッシュ毎の停電の有無を予測した。

(3) 予測方法

電力施設の停電軒数は、以下の方法で予測した。

① 停電率(津波浸水域)

津波が浸水したエリアでは津波による全壊建物率と同様の停電率が発生すると考えられた。この際の停電率は以下によって求められる。

$$\text{津波による建物全壊率} = \text{津波による停電率}$$

$$\text{津波による建物全壊率} = \text{津波による建物全壊数} / \text{全建物数}$$

② 延焼エリアの停電率(津波浸水域外)

火災によって延焼したエリアは建物焼失率と同様の停電率が発生すると考えられる。この際の、停電率は以下によって求められる。

$$\text{火災による建物全焼率} = \text{火災による停電率}$$

$$\text{火災による建物全焼率} = \text{焼失建物数} / \text{全建物数}$$

③ 揺れによる停電率(津波浸水域外、火災延焼範囲外)

津波による全壊及び火災による延焼を免れた範囲において、揺れによる被害が生じる。揺れによる被害は、倒壊した建物に巻き込まれて折損する電柱率、電柱そのものの揺れによる折損率により求める。高知市内では地中に埋設された設備もあることから、これらについては全壊建物の巻き込まれによる路上設置機器の被害から停電軒数を予測した。

$$\text{停電軒数} = \text{電柱被害本数} \times \text{電柱被害 1 本あたりの停電軒数}$$

○電柱被害 1 本あたりの停電軒数の求め方

兵庫県南部地震の電柱被害 1 本あたりの停電軒数の実態に基づき以下のように設定した。

対象地域における電柱被害に関する停電比

$$= \text{停電回線比} \times \text{配電係数} \times \text{電灯軒数} / \text{配電線数}$$

$$= 0.143 \times ((\text{配電線数} / \text{電柱本数}) / 1.303 \times 100) \times \text{電灯軒数} / \text{配電線数}$$

$$= 0.143 \times \text{電灯軒数} / \text{電柱本数} / 1.303 \times 100$$

$$= \text{電灯軒数} / \text{電柱本数} \times 10.975$$

$$\approx 29.22$$

ここで、四国電力(株)から提供されたデータによると、需要家回線数は528,000口(うち地中線による契約口数は2,000口)、電柱本数は197,590本である。

被害の算出にあたっては、電柱本数をメッシュ毎に建物数に応じて分配した。

○揺れによる電柱被害本数の求め方

$$\text{電柱被害本数} = \text{電柱本数} \times \text{揺れによる電柱折損率}$$

表 3.3-2 揺れによる電柱折損率

区分	揺れによる電柱折損率
震度 7	0.8%
震度 6	0.056%
震度 5	0.00005%

※ 阪神・淡路大震災での被害実態を基に中央防災会議(2004)で設定

○建物被害の巻き込まれによる電柱被害本数の求め方

$$\text{電柱被害本数} = \text{電柱本数} \times \text{建物全壊による電柱折損率} \times (\text{木造建物全壊率})$$

(阪神・淡路大震災の実態による)

ここで、建物全壊による電柱折損率=0.17155

$$\text{木造建物全壊率} = \text{木造建物全壊棟数} / \text{木造建物数}$$

○地中設備の損壊率の求め方

$$\text{停電軒数} = \text{地中供給電灯軒数} \times \text{路上設置機器損壊率}$$

$$\text{地中設備の路上設置機器の損壊率} = (\text{木造建物全壊率}) \times (\text{損壊係数 : 0.005})$$

$$\text{木造建物全壊率} = \text{木造建物全壊棟数} / \text{木造建物数}$$

これに加えて、東日本大震災において震度 6 弱以上の地域すべてで停電したことを踏まえ、震度 6 弱以上の地域では、全域が停電するものとした。

(4) 復旧日数

電力の復旧は兵庫県南部地震の電気復旧の実績を参考とする。兵庫県南部地震では、図 3.3-2 に示すように、地震発生後 24 時間までは電力系統の遠隔操作で復旧が進み、地震発生後 24 時間以後に配電の復旧作業が始まっている。

ただし、兵庫県南部地震では通電時に漏電し、火災が発生したことを踏まえて現在は電力の供給再開を行うにあたり、需要家立ち合いのもと点検作業を実施している。また、復旧にあたっては各病院や上水道など重要施設を優先することから、一般の需要家の復旧は図 3.3-2 に示されている時間より長くなると考えられる。

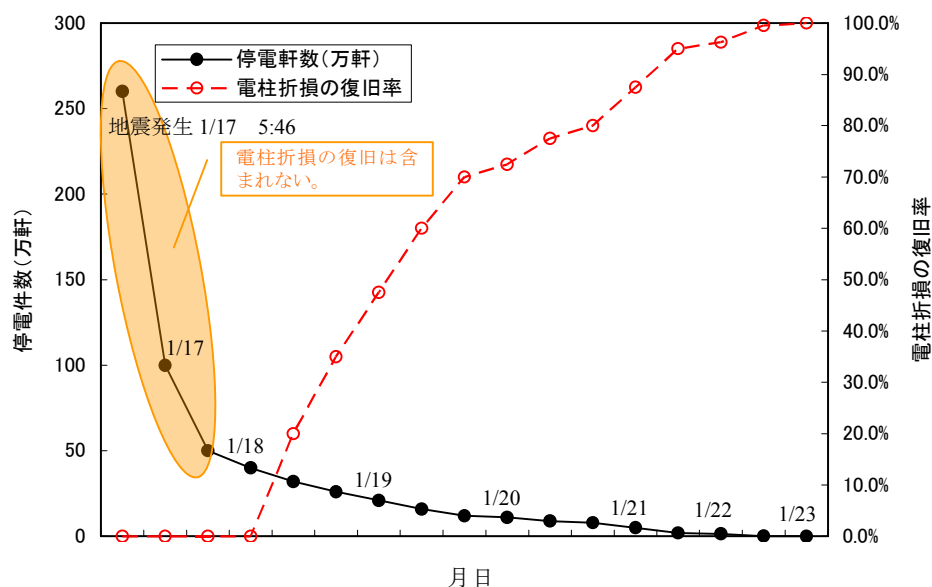


図 3.3-2 兵庫県南部地震時の電力復旧(関西電力株)

以上の考え方を基にして、下記の条件を設定し、上水道と同様に被害箇所数、復旧速度、復旧人員から応急復旧日数を予測した。

<復旧作業の条件>

対象：

- ・ 四国電力株管理の電柱本数
- ・ 系統の切り替えなどにより支障件数の 80%が復旧
- ・ 津波浸水域及び延焼範囲は応急復旧対象外
- ・ 電柱復旧作業に取り掛かるのは 2 日目から
- ・ 投入班数は 200 班と仮定
- ・ 復旧速度は 3 本/(班・日)
- ・ 長期湛水エリアは考慮しない

3.4 通信施設の不通回線数

東日本大震災の際には、固定通信の約 190 万回線の通信回線が被災している（内閣府，2013）。この被災の大部分は東北地方の回線であり、東北・関東の総回線契約数は約 2,400 万回線である。

NTT では一部エリアを除くと 4 月末までに復旧を完了していることから、およそ 1 月半で復旧したことになる。

なお、固定電話について NTT 東日本では、通常時の約 4～9 倍の通信量が発生したため最大 80～90%の規制を実施した。一方、携帯電話では NTT ドコモで通常時の約 50～60 倍の通信量が発生したため、こちらも最大 70～95%の規制を実施している。

これらの被害が生じた理由は、需要家と交換設備間のケーブル切断や電柱の倒壊である。さらに、各固定電話や携帯電話からの通信料が基地局の交換設備の容量を超過したこと、NTT 局舎の倒壊、通信設備の津波による水没や流出そして長時間の停電による発電機燃料の枯渇があった。

高知県で南海もしくは東南海地震が発生した際には、同様の被害が生じることが予測される。

ここで、停電の際に利用できる可能性がある固定電話として、総務省より以下の条件が示されている。

利用できる可能性がある固定電話

- ・公衆電話
- ・アナログ電話（商用電源を使用しない電話機で利用の場合）
- ・停電対応の電話機や利用者で独自の電源を用意している電話機

利用できない固定電話

- ・光回線を使用した電話
- ・ADSL回線を使用した電話
- ・CATV回線を使用した電話
- ・ISDN
- ・アナログ電話（商用電源を使用する電話機で利用の場合）

今回は、過去の被害予測と収集可能なデータの現状を踏まえて、被害想定を実施した。

(1) 予測方法

被害予測には、内閣府（2013）の方法を用いた。ただし、非常用発電機などの稼働時間については、データを入手できなかったため、保守側の設定で評価した。図 3.4-1 に被害予測の手順を示す。

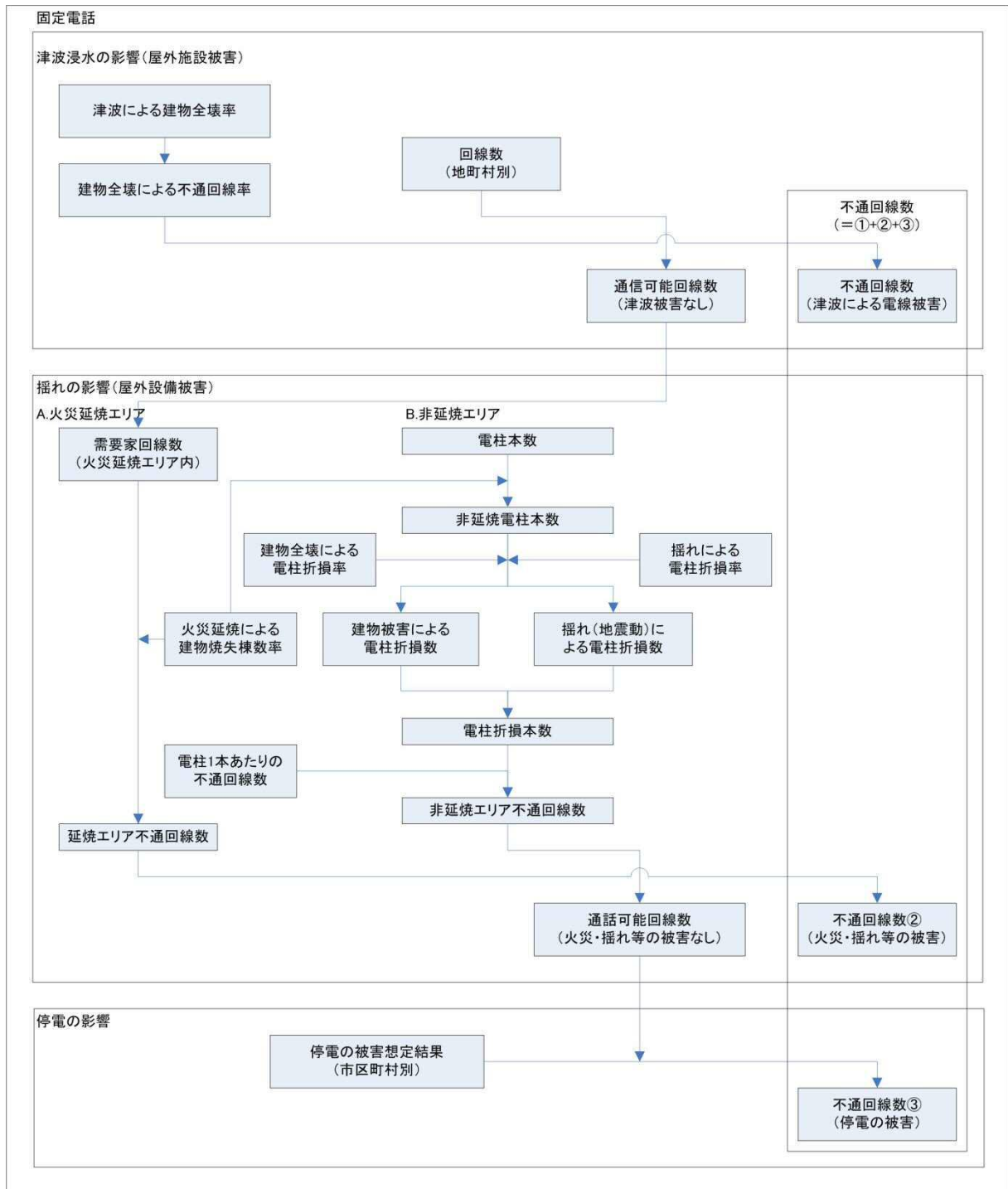


図 3. 4-1 通信施設の不通回線数の予測手順 (内閣府, 2013)

3.5 ガス施設の供給停止戸数、要点検需要家数

(1) 現況

高知県内のガス供給は都市ガス（四国ガス(株)）とLPガスの2つである。このうち、都市ガスについては高知市の一部のみ施設されており、それ以外の地域ではLPガスのみが供給されている。都市ガスの管路延長は約480kmである。

高知県内の各市町村のLPガス消費者世帯数を表3.5-1に示す。

表 3.5-1 高知県内のLPガス消費者世帯数（平成24年3月31日現在）

市町村名	LPガス消費者世帯数			合計
	業務	共同	一般	
高知市	4,032	40,213	48,767	93,012
室戸市	334	783	6,270	7,387
安芸市	435	912	5,620	6,967
南国市	755	4,469	10,475	15,699
土佐市	345	996	7,519	8,860
須崎市	549	1,733	6,068	8,350
宿毛市	582	1,138	6,534	8,254
土佐清水市	397	502	6,116	7,015
四万十市	899	2,665	10,501	14,065
香南市	508	2,595	8,522	11,625
香美市	603	2,062	8,256	10,921
安芸郡 東洋町	12	111	890	1,013
安芸郡 奈半利町	87	161	1,061	1,309
安芸郡 田野町	72	75	963	1,110
安芸郡 安田町	77	46	1,015	1,138
安芸郡 北川村	43	1	514	558
安芸郡 馬路村	70	0	351	421
安芸郡 芸西村	94	86	1,241	1,421
長岡郡 本山町	66	127	1,492	1,685
長岡郡 大豊町	109	127	2,184	2,420
土佐郡 土佐町	138	95	1,594	1,827
土佐郡 大川村	13	22	183	218
吾川郡 いの町	343	824	7,242	8,409
吾川郡 仁淀川町	83	221	2,672	2,976
高岡郡 中土佐町	151	98	2,484	2,733
高岡郡 佐川町	248	386	4,027	4,661
高岡郡 越知町	90	281	2,163	2,534
高岡郡 梶原町	52	76	1,618	1,746
高岡郡 日高村	101	185	1,642	1,928
高岡郡 津野町	105	14	2,102	2,221
高岡郡 四万十町	398	655	6,779	7,832
幡多郡 大月町	106	26	2,298	2,430
幡多郡 三原村	40	1	618	659
幡多郡 黒潮町	210	194	4,041	4,445
合計	12,147	61,880	173,822	247,849

※出典：高知県LPガス協会、平成24年10月

(2) 予測方針

ガス施設の被害については、都市ガスとLPガスの2つに分けて予測する。都市ガス被害の予測手順を図3.5-1に示す(内閣府, 2013)。都市ガスの供給停止戸数等の予測にあたっては、①津波の影響、②停電の影響、③管路被害を考慮する。一方、LPガスについては揺れによる影響のみを考慮する。

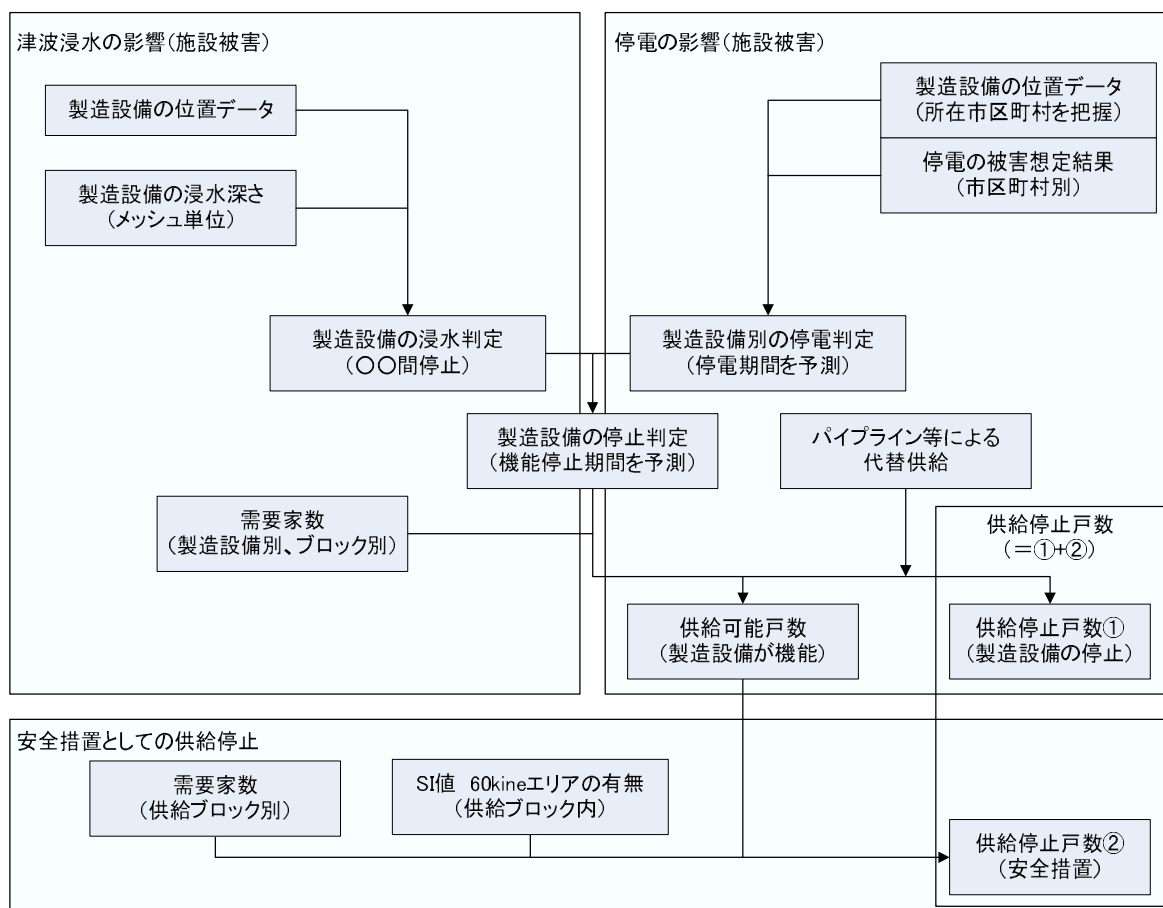


図 3.5-1 都市ガスの被害予測手順 (内閣府, 2013)

(3) 予測方法

① 都市ガス

供給停止戸数については、県内の都市ガス事業者（四国ガス(株)）を対象とする。

1) 津波の影響

各製造設備が浸水する場合には、供給エリアでのガス供給が停止する。

2) 停電の影響

電力事業者からの電力供給が停止(停電)する期間、および非常用発電機の稼働時間を踏まえて、製造設備が停電する場合には、供給エリアでのガス供給が停止するものとする。

3) 安全措置による供給停止

予測ケースの地震動予測解析で求められる SI 値*が 60 カインを超過する場合には、安全措置が稼働すると仮定して供給停止を判定した。中圧管等の耐震性の高いガス管が施設されているエリア等では、安全措置としての供給停止が行われない場合もある。

※SI 値：地震によって一般的な構造物がどれくらい大きく揺れるかを表す指標。SI 値が大きいほど、構造物は大きく揺れることになる。

4) 管路被害

ガス管の被害については内閣府（2013）と同じ手法を用いて「管路の推定被害率(箇所/km)」を算出したうえで、「被害箇所数」を算出した。

② LP ガス

LP ガスの物的被害及び機能支障については、阪神・淡路大震災における被害事例を基に要点検需要家数を想定する。阪神・淡路大震災では、LP ガスの需要家世帯のうち、建物が全半壊した世帯はほとんどすべてが LP ガスの安全点検を実施しないと使用できない状態となった。これを踏まえ、建物被害から算出される要点検需要家数を基に機能支障率を算出する。

$\begin{aligned} \text{要点検需要家数} &= \text{全半壊率} \times \text{需要家数} \\ \text{LP ガス機能支障率} &= \text{要点検需要家数} / \text{総需要家数} \end{aligned}$
--

4 交通施設の被害想定

4.1 道路の被害箇所数

道路については、高速道路、国道および主要地方道を対象として被害想定を行った。道路及び橋梁データは道路台帳及び三井造船システム技研株式会社の 2012 年度版道路地図を基として作成した。橋梁については橋梁現況調書及び平成 23 年度管理橋梁リストを基とした。

4.1.1 揺れによる道路被害

(1) 予測方針

揺れによる道路被害としては、高速道路、国道及び主要地方道の被害と細街路(幅員 13m未満の一般道)の閉塞率を想定した。

① 高速道路、国道及び主要地方道

高速道路、国道及び主要地方道の被害については、図 4.1.1-1 の手順に沿って予測した(内閣府, 2013)。

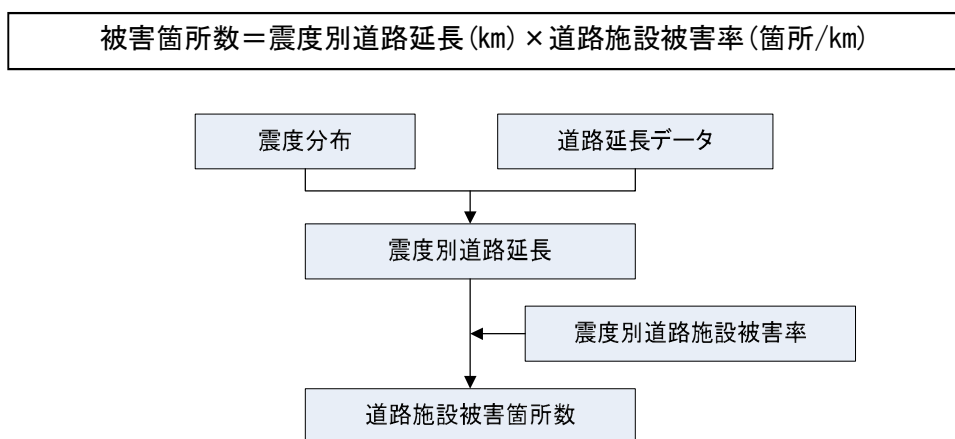


図 4.1.1-1 道路の被害箇所数の予測手順

② 細街路

地震時には、道路周辺の建物の倒壊等による道路の閉塞により、人命救助、消防活動・避難等が困難となることから、阪神・淡路大震災時の調査データに基づき、家屋等の倒れ込みによる道路リンクの閉塞率をメッシュ毎に算出した。

閉塞率の想定は図 4.1.1-2 の方針に沿って実施した。

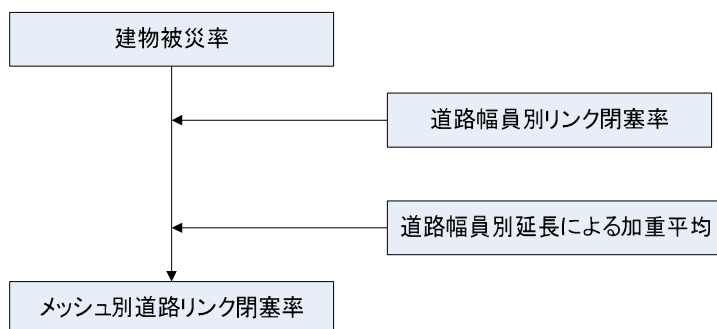


図 4.1.1-2 細街路の閉塞率の予測手順

(2) 予測方法

① 高速道路、国道及び主要地方道

道路の被害箇所数の予測は、高速道路、国道及び主要地方道を対象とした。被害想定を行うにあたり、国道と補助国道・主要地方道に分け、それらの位置をデジタル化して250mメッシュで分割し、各メッシュにおける予測ケースでの震度で区分し、東日本大震災における道路の被害率から設定された震度別道路施設被害率（表4.1.1-1、表4.1.1-2）を用いて、メッシュ毎の被害箇所数を算出した（内閣府，2013）。

表 4.1.1-1 東日本大震災における道路施設被害率（浸水域外）

震度	被災箇所	道路延長(km)	原単位（箇所/km）
震度4以下	5	-	-
震度5弱	9	256	0.035
震度5強	87	767	0.11
震度6弱	135	832	0.16
震度6強	25	149	0.17
震度7	1	2	0.48

表 4.1.1-2 補助国道・都府県道に用いる道路施設被害率（浸水域外）

震度	原単位（箇所/km）
震度4以下	-
震度5弱	0.016
震度5強	0.049
震度6弱	0.071
震度6強	0.076
震度7	0.21

※ 出典：内閣府（2013）：南海トラフ巨大地震の被害想定項目及び手法の概要～ライフライン被害、交通施設被害、被害額など、平成25年3月

② 細街路

幅員13m未満の道路を対象とし、下記の方法で道路リンク閉塞率^{*}を算出した。

<p>【幅員 3m 未満の道路】 道路リンク閉塞率(%) = 1.28 × 建物被災率(%)</p> <p>【幅員 3m 以上 5.5m 未満の道路】 道路リンク閉塞率(%) = 0.604 × 建物被災率(%)</p> <p>【幅員 5.5m 以上 13m 未満の道路】 道路リンク閉塞率(%) = 0.194 × 建物被災率(%)</p> <p>メッシュ別道路リンク閉塞率 = $\frac{\sum \{(\text{道路幅員別延長}) \times (\text{道路幅員別リンク閉塞率})\}}{\sum (\text{道路幅員別延長})}$</p> <p>メッシュごとの建物被災率は、揺れの被害を対象として、次の式より算出した。 建物被災率 = 全壊率 + (1/2) × 半壊率</p>

※ 交差点間の道路を1つのリンクと考え、閉塞によって残存車道幅員（遮蔽されていない幅員）が3m以下になったリンクの割合をリンク閉塞率とする。（家田ほか，1997）

4.1.2 津波による道路被害

(1) 予測方針

津波浸水域の道路の被害箇所数については、図4.1.2-1の手順に沿って予測した(内閣府, 2013)。橋梁への津波の影響は、既往災害事例の報告が少なく詳細が不明なため、各予測ケースでの津波浸水深を橋梁位置に重ねることで影響を検討した。

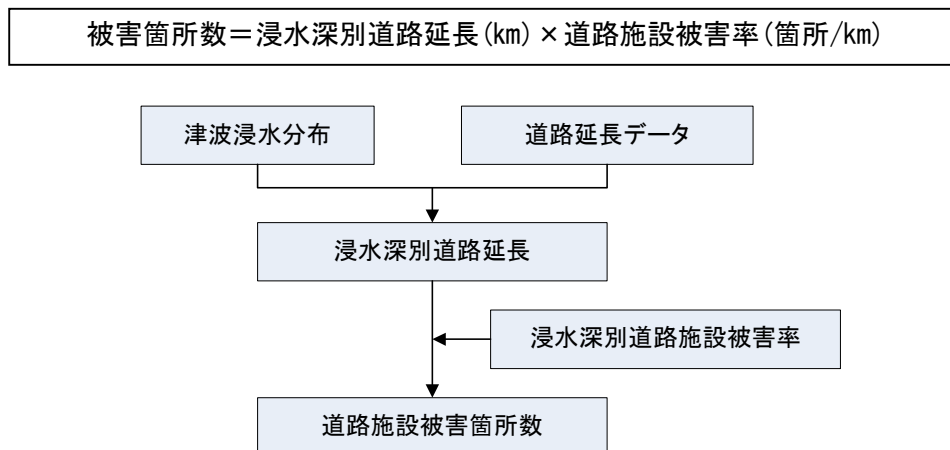


図 4.1.2-1 津波による道路被害の予測手順

(2) 予測方法

道路の被害箇所数は、各震度別の道路延長に東日本大震災における道路の被害率を用いて、各メッシュでの津波浸水深をもとに算出した(内閣府, 2013)。

図 4.1.2-1 東日本大震災における道路施設被害率(浸水域)

浸水深	被災箇所	道路延長(km)	原単位 (箇所/km)
1m未満	9	68	0.13
1m-3m	19	51	0.37
3m-5m	9	14	0.65
5m-10m	35	23	1.52
10m以上	39	15	2.64

図 4.1.2-2 補助国道・都府県道に用いる道路施設被害率(浸水域)

震度	原単位 (箇所/km)
1m未満	0.058
1m-3m	0.16
3m-5m	0.29
5m-10m	0.68
10m以上	1.17

※出典 内閣府(2013):南海トラフ巨大地震の被害想定項目及び手法の概要～ライフライン被害、交通施設被害、被害額など、平成25年3月

4.1.3 交通機能支障の想定（緊急輸送道路の渋滞予測方法）

(1) 渋滞の予測

緊急輸送道路の渋滞について予測する。ここでいう渋滞とは警視庁交通量統計表に基づき、通行速度が一般道路では時速 20 km/h 以下、高速道路では時速 40km/h 以下となる状態とする。

以上の考え方を基に、平成 22 年道路交通センサスのデータベース上の「平均旅行速度(km/h)」のうち、「混雑時」の速度を基に各路線において走行時速が 20 km/h 以下となる区間を特定し、道路延長に対して渋滞割合を算出した。また、それによって影響を受ける車両台数を平常時の車両通行量の値から算出した。

(2) 交通支障の予測

上記に加え、途中に懸架されている橋梁・橋脚については日下部ほか（2004）に基づき、各橋梁・橋脚の建設年代と各地の SI 値から被害状況を推定し機能支障を予測する。

表 4.1.3-1 地震動強さ別の被害状況および被害率（日下部・谷屋・吉澤，2004*）

示方書 SI値	昭和55年以前	昭和55年	平成2年	平成7年	平成8年
10以下	無被害 (軽微被害を含む)	無被害 (軽微被害を含む)	無被害 (軽微被害を含む)	無被害 (軽微被害を含む)	無被害 (軽微被害を含む)
10	中規模被害	中規模被害	中規模被害	中規模被害	中規模被害
15					
30	大規模被害	大規模被害	大規模被害	大規模被害	大規模被害
40					
45	落橋・大被害	落橋・大被害	落橋・大被害	落橋・大被害	大規模被害
65					
70	落橋・大被害	落橋・大被害	落橋・大被害	落橋・大被害	大規模被害
75					
105	落橋・大被害	落橋・大被害	落橋・大被害	落橋・大被害	大規模被害
110					
115	落橋・大被害	落橋・大被害	落橋・大被害	落橋・大被害	大規模被害
120					
190以上	落橋・大被害	落橋・大被害	落橋・大被害	落橋・大被害	大規模被害

(3) 復旧・影響

影響率とは、橋梁に被害が生じた場合の交通容量の減少を表す。地震後の交通状態の影響率として、通行止めの場合は 1.0、幅員規制となる場合は 0.5 を設定し、橋梁の被災度に対応した経過時間ごとの交通状態の影響率を表 4.1.3-2 に示す。

表 4.1.3-2 橋梁の被災度と交通状況の影響率

被災度	軽微な損傷 規制なし	中規模損傷 通行規制 (1か月)	大規模損傷 通行止め (1か月)	大被害 通行止め (2.5か月)	倒壊 通行止め (10か月)
経過時間					
発災 ≤ t < 3日	0.0	0.5	1.0	1.0	1.0
3日 < t ≤ 7日	0.0	0.5	1.0	1.0	1.0
7日 < t ≤ 1か月	0.0	0.5	1.0	1.0	1.0
1か月 < t ≤ 2か月	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0
2か月 < t ≤ 2.5か月	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0
2.5か月 < t ≤ 4か月	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
4か月 < t ≤ 10か月	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
10か月 < t ≤ 18か月	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

※ 出典：経過時間に記載する数値は発災日からの日・月数（日下部・谷屋・吉澤，2004）

4.1.4 復旧予測

道路の被害は、その程度によって復旧速度が大幅に異なる。今回の被害想定では、過去の地震動や津波による被害を基に被害箇所を算出しているが、過去の地震や津波における道路被害の規模は橋梁の落橋や道路の陥没といった大規模なものからクラックなど比較的小規模なものまで様々であり、復旧日数を予測することは困難である。そのため、東日本大震災における復旧状況を基に定性シナリオを作成することとした。シナリオについては「9 被災シナリオ」で述べる。

4.2 鉄道施設の被害箇所数

鉄道の路線図は、三井造船システム技研株式会社の2012年度版道路地図を基に作成した。各橋脚については各鉄道会社から提供された「橋梁・橋脚に関する管理台帳」からデータを作成した。

4.2.1 揺れによる鉄道施設被害

(1) 予測方針

鉄道の被害箇所数の予測は以下のような方針に沿って実施した。

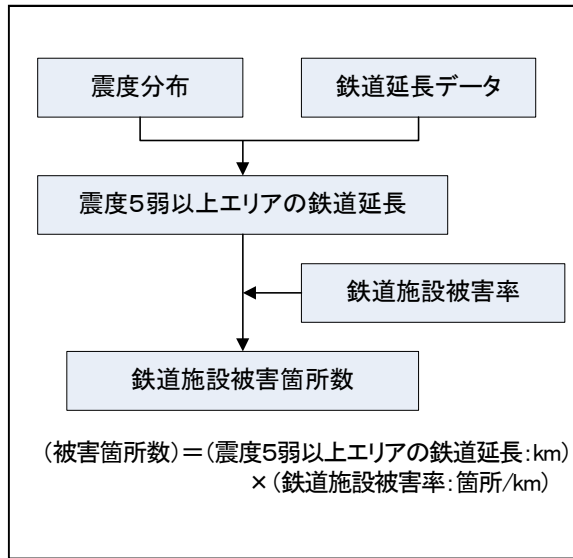


図 4.2.1-1 鉄道被害の予測手順

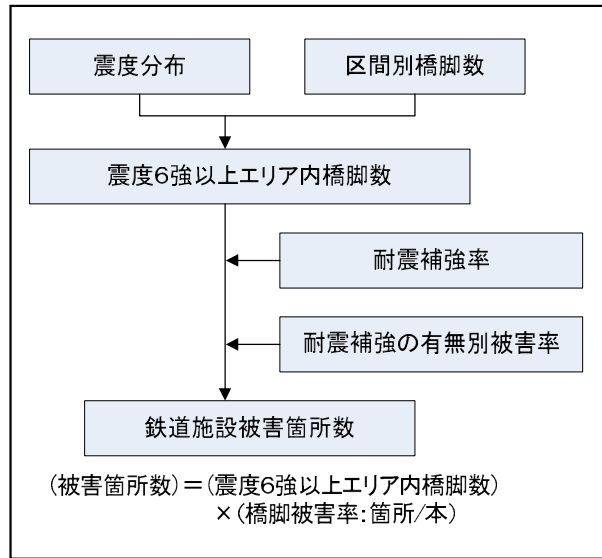


図 4.2.1-2 橋脚被害の予測手順

(2) 予測方法

鉄道の路線図を250mメッシュで分割し、各メッシュの震度と表4.2.1-1の被害率の関係から被害箇所数を算出した（内閣府，2013）。

橋脚については、震度と表4.2.1-2の被害の発生率の関係から被害箇所数を算出した（運輸省鉄道局，1996）。なお、提供された「橋梁・橋脚に関する管理台帳」には耐震施工の有無が記載されていないため、阪神淡路大震災以降に提示された「新設構造物の当面の耐震設計に関する参考資料(平成8年3月)」に基づいて建設されたと考えられる1997年3月(完成年月)以降の橋脚は耐震強化後として扱い、それ以前のものについては耐震強化前として扱うこととした。

表 4.2.1-1 震度と被害率の関係

震度	被害率(箇所/km)
震度5弱	0.26
震度5強	1.01
震度6弱	2.03
震度6強以上	2.80

表 4.2.1-2 耐震強化前後における被害の発生率・震度の関係

	震度	耐震強化前	耐震強化後
大被害(落橋・倒壊)の発生率[箇所/本]	6強以上	0.00293	0
中小被害(損傷・亀裂)の発生率[箇所/本]	6強以上	0.0315	0.0344

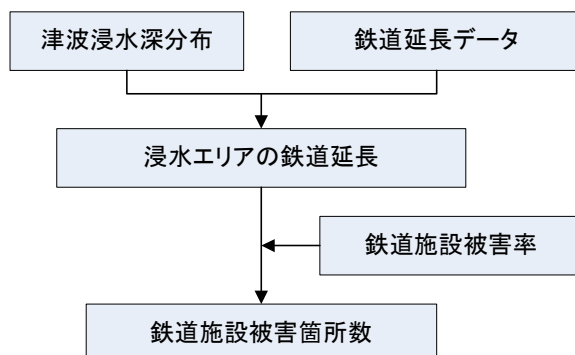
(出展) 運輸省鉄道局「よみがえる鉄路」(pp.19-27)をもとに集計

※ 出典：内閣府（2013）、東日本旅客鉄道（株）（2011）の被害データ（浸水域除く）に基づく（土木・保線のみ）

4.2.2 津波による鉄道施設被害

(1) 予測方針

津波浸水域の路線被害については、図 4.2.2-1 の方針に沿って予測した。



(被害箇所数)
= (浸水域の鉄道延長:km) × (鉄道施設被害率:箇所/km)

図 4.2.2-1 津波による路線被害の予測手順

(2) 予測方法

路線被害は、次の式を用いて、浸水域の鉄道延長に東日本大震災における鉄道の被害率(表 4.2.2-1)を乗じて算出した(内閣府, 2013)。

表 4.2.2-1 鉄道延長と被害箇所数の関係

	被災箇所	鉄道延長(km)	原単位 (箇所/km)
津波被害を受けた線区	640	325	1.97

$$\text{被害箇所数} = \text{浸水域の鉄道延長 (km)} \times \text{鉄道施設被害率 (箇所/km)}$$

※出典 内閣府(2013)、東日本旅客鉄道(株)(2011)「津波を受けた7線区の主な被害と点検状況」より推計(土木・保線のみ)

4.3 港湾施設の被害箇所数

4.3.1 揺れによる岸壁被害

(1) 現況データ

被害予測の対象は、高知県が指定する緊急輸送対象施設に該当する港湾、漁港における岸壁等の係留施設とする。

(2) 予測方針

港湾、緊急輸送拠点漁港については、図 4.3.1-1 に示す方針に沿って被害を予測した。

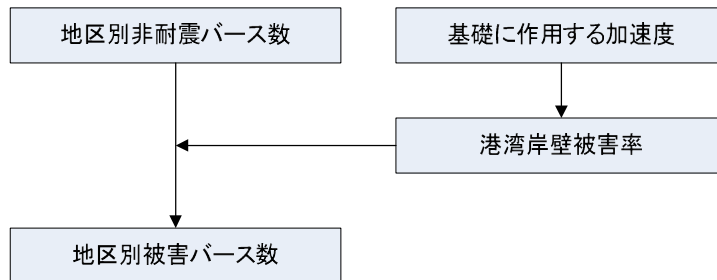


図 4.3.1-1 港湾施設の被害予測手順

(3) 予測方法

地震発生に伴い復旧に長期間を要する被害バースを算出する。被害バース数は次の式で求めた。

※ バースとは、船舶が荷役のために停泊する岸壁・栈橋等の船舶係留場所で、岸壁等の数を表す単位としても用いられる。

$$\text{被害バース数} = \text{非耐震バース数} \times \text{港湾岸壁被害率}^{\ast}$$

※ Koji ICHII(2004)の研究により数式を設定

港湾岸壁被害率としては、図 4.3.1-2 に示す工学的基盤の加速度(gal)と被害率の関係を用了。この図は、阪神・淡路大震災における神戸港及び釧路沖地震における釧路港の被害実態を元に作成されたもので、近年、港湾施設(岸壁)を対象とした地震被害予測の被害率として用いられている手法である。なお、今回の想定では、図 4.3.1-2 に併示した被害率のうち、港湾岸壁がほぼ崩壊かつ復旧に長期間を要する場合(Level-III)の港湾岸壁被害率を用了。

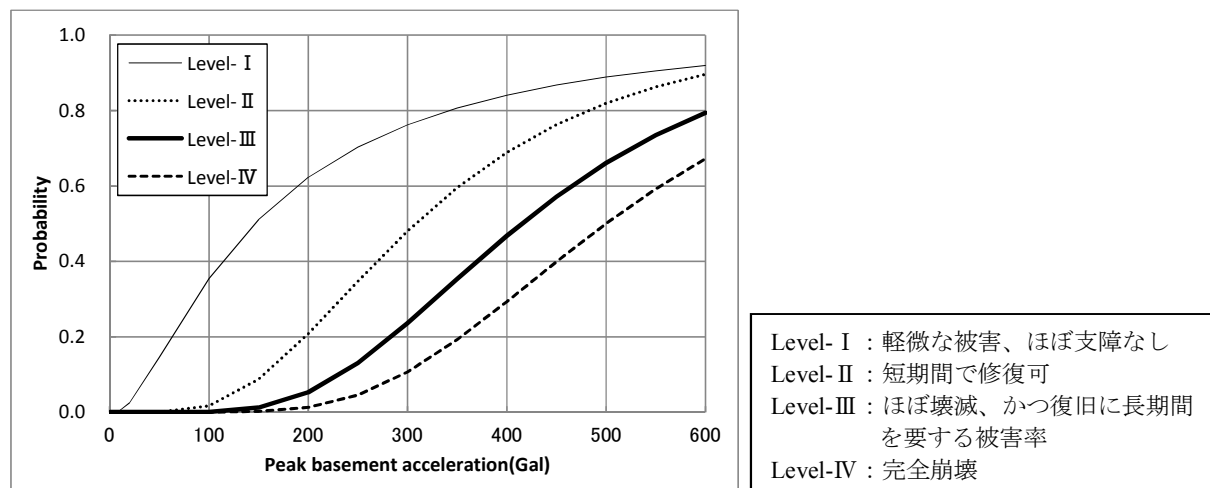


図 4.3.1-2 港湾岸壁被害率の累積分布関数(Koji ICHII, 2004)

4.3.2 津波による岸壁被害

(1) 現況データ

被害予測の対象は、高知県が指定する緊急輸送対象施設に該当する港湾、漁港における岸壁とする。

(2) 予測方針

東日本大震災では概ね津波高 4m以上の港湾で機能が停止している*。そのため港湾、緊急輸送拠点漁港について、図 4.3-3 に示す方針に沿って被害を予測した。

※ 出典：国土交通省（2011）：東北地方太平洋沖地震及び津波の概要

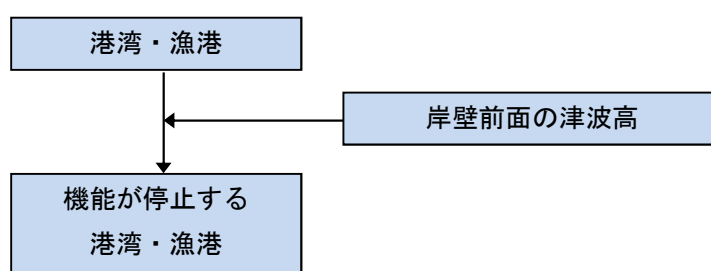


図 4.3.2-1 港湾施設の被害予測手順

(3) 予測方法

防波堤前面の津波高は次の式により算出する。

$$\text{岸壁前面の津波高} = \text{津波高} - \text{地殻変動量 (沈下を負とする)}$$

各港湾・漁港における岸壁前面の津波高の最大が 4m以上となる場合は機能が停止するとした。

4.4 空港施設の被害様相

(1) 予測方針

空港については、定量的な評価が困難なことから定性的なシナリオを作成する。

高知龍馬空港の被害予測については、国土交通省大阪航空局及び高知空港ビル株式会社と打ち合わせの上、被災シナリオを作成した。

5 生活支障の被害想定

5.1 避難生活者数

各市町村の避難生活者数は、津波の影響を受けない範囲(内陸部)と、津波浸水地域(沿岸部)の避難生活者数を区分して算出した。津波浸水地域(沿岸部)については、被害を受けた建物棟数から地震発生後(3日間)の避難生活者数と4日目以降の避難生活者数を分けて想定した。

(1) 内陸部(津波浸水域外)における避難生活者数の算出

$$\text{全避難生活者数} = (\text{全壊建物棟数} + 0.13 \times \text{半壊棟数}) \times \text{市町村別の1棟当たり平均人員数} \\ + \text{断水人口}^{\ast 1} \times \text{断水時生活困窮度}^{\ast 2}$$

$$\text{生活困窮度} : (\text{当日} \cdot \text{1日後}) 0.0 \Rightarrow (\text{1週間後}) 0.25 \Rightarrow (\text{1か月後}) 0.90$$

※1 断水人口は、自宅建物被害を原因とする避難者を除く断水世帯人員を示す。

※2 断水時生活困窮度とは、自宅建物は大きな損傷をしていないが、断水が継続されることにより自宅での生活を続けることが困難となる度合いを意味する。時間とともに数値は大きくなる。阪神・淡路大震災の事例によると、水が手に入れば自宅の被害がひどくない限りは自宅で生活しているし、半壊の人でも水道が復旧すると避難所から自宅に帰っており、逆に断水の場合には生活困窮度が増す。

阪神・淡路大震災の実績及び南海トラフ巨大地震による被害の甚大性・広域性を考慮して、発災当日・1日後、1週間後、1か月後の避難所避難者と避難所外避難者の割合を以下のように想定する。

避難所避難者と避難所外避難者の割合：

$$(\text{当日} \cdot \text{1日後}) 60 : 40 \Rightarrow (\text{1週間後}) 50 : 50 \Rightarrow (\text{1か月後}) 30 : 70$$

(2) 津波浸水域における避難生活者数の算出

① 地震発生直後(3日間)における避難生活者数の算出

1) 全壊建物、半壊建物

全員が避難する。(半壊建物も、屋内への漂流物等により、自宅では生活不可)

2) 一部損壊以下の被害建物(床下浸水を含む)

津波警報に伴う避難指示・勧告により全員が避難する。

3) 避難所避難者と避難所外避難者・疎開者等

東日本大震災における浸水範囲の全人口は約60万人(総務省統計局の集計より)

内閣府の集計より、東日本大震災における最大の避難所避難者数は約47万人(3月14日)である。沿岸部の避難所避難者数は約40万人であることから、

避難所避難者：避難所外避難者=40：(60-40)=2：1 と設定する。

$$\text{避難所避難者数(発災当日} \sim \text{発災2日後)} = \text{津波浸水地域の居住人口} \times 2/3$$

② 地震発生後4日目以降の避難者数の算出

$$\text{全避難生活者数} = (\text{全壊建物棟数} + 0.13 \times \text{半壊棟数}) \times \text{市町村別の1棟当たり平均人員数} \\ + \text{断水人口} \times \text{断水時生活困窮度}$$

東日本大震災の実績及び南海トラフ巨大地震による被害の甚大性・広域性を考慮して、発災当日・1日後、1週間後、1か月後の避難所避難者と避難所外避難者の割合を以下のように想定する。

$$\text{避難所避難者と避難所外避難者の割合} : (\text{1週間後}) 90 : 10 \Rightarrow (\text{1か月後}) 30 : 70$$

5.2 避難所へ避難する災害時要援護者数

(1) 現況

災害時要援護者とは以下の条件に該当する人とする。市町村別の対象者数を表 5.2-1 に示す。

- ① 65 歳以上の単身高齢者
- ② 5 歳未満の乳幼児
- ③ 要介護認定者
- ④ 難病患者
- ⑤ 妊産婦
- ⑥ 外国人
- ⑦ 身体障害者
- ⑧ 知的障害者
- ⑨ 精神障害者

表 5.2-1 災害時要援護者一覧

市町村名	災害時要援護者								
	65歳以上の単身高齢者	5歳未満の乳幼児	要介護認定者※2	難病患者※3	妊産婦※4	外国人※5	障害者※1		
							身体	知的	精神
高知市	57,011	14,311	12,369	2,502	2,799	1,214	20,250	2,540	1,488
室戸市	2,521	360	987	111	53	82	897	113	66
安芸市	2,536	621	980	142	106	34	1,153	145	85
南国市	5,846	2,080	1,633	360	345	215	2,917	366	214
土佐市	2,612	922	1,151	209	196	174	1,692	212	124
須崎市	2,698	749	1,164	180	128	436	1,456	183	107
宿毛市	2,703	853	876	165	158	69	1,333	167	98
土佐清水市	2,312	415	878	117	66	54	945	119	69
四万十市	4,721	1,332	1,411	262	265	108	2,119	266	156
香南市	3,405	1,365	1,319	246	248	126	1,995	250	147
香美市	4,366	831	1,378	210	162	188	1,696	213	125
安芸郡 東洋町	583	69	204	21	15	43	174	22	13
安芸郡 奈半利町	462	95	199	26	23	8	209	26	15
安芸郡 田野町	354	87	165	21	20	5	173	22	13
安芸郡 安田町	361	52	167	22	12	2	175	22	13
安芸郡 北川村	191	44	77	10	3	2	81	10	6
安芸郡 馬路村	152	34	57	7	3	2	60	7	4
安芸郡 芸西村	409	130	201	29	25	8	239	30	18
長岡郡 本山町	608	110	266	30	24	14	242	30	18
長岡郡 大豊町	881	61	368	34	13	50	278	35	20
土佐郡 土佐町	595	120	288	32	28	21	257	32	19
土佐郡 大川村	90	10	47	3	1	1	24	3	2
吾川郡 いの町	2,345	754	1,208	183	127	25	1,478	185	109
吾川郡 仁淀川町	1,093	133	558	47	37	28	383	48	28
高岡郡 中土佐町	872	195	468	55	32	23	447	56	33
高岡郡 佐川町	1,378	449	794	102	64	43	823	103	60
高岡郡 越知町	806	162	486	46	27	14	376	47	28
高岡郡 椿原町	577	109	220	29	19	5	235	29	17
高岡郡 日高村	522	144	295	40	36	7	321	40	24
高岡郡 津野町	625	212	315	47	37	17	378	47	28
高岡郡 四万十町	2,317	561	1,122	136	91	51	1,105	139	81
幡多郡 大月町	813	141	302	42	26	8	341	43	25
幡多郡 三原村	227	40	81	12	9	11	99	12	7
幡多郡 黒潮町	1,362	334	765	90	46	84	729	91	54
合計	108,354	27,885	32,798	5,569	5,244	3,172	45,081	5,655	3,312

※1：障害者は高知県内の障害者手帳交付状況から各市町村の人口割合で算出した。

※2：要介護認定者は、中芸広域連合（奈半利町、田野町、安田町、北川村、馬路村）については人口割合で算出した。

※3：難病患者は高知県内の難病患者数から各市町村の人口割合で算出した。

※4：妊産婦はH22国勢調査の人口動態調査結果より出生数を用いた。

※5：外国人はH22国勢調査の登録者数を用いた。

(2) 予測方針

災害時要援護者については、以下の手法により避難所避難者数を算出する。

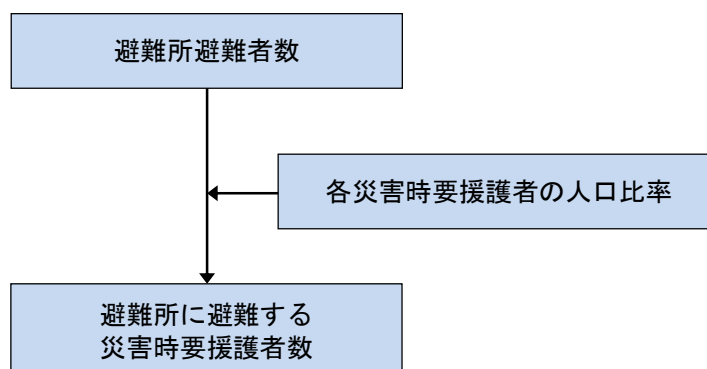


図 5.2-1 災害時要援護者の予測手順

(3) 予測方法

避難所避難者数に、災害時要援護者の比率を乗じて算出した。

5.3 帰宅困難者数

自宅までの距離が遠く、徒歩で一定時間内に帰宅することが困難な人を「帰宅困難者」として算出した。

(1) 帰宅困難者の算出方法

帰宅困難者は以下の事例を参考に、帰宅距離 20km 以上の人を帰宅困難者として算出した。なお、前提として地震発生時に土砂崩れ、津波による浸水が発生し、全域的に道路、鉄道に不通区間が発生し、公共交通機関・自動車・二輪車による交通手段は使えないものとした。

市町村間の距離は、庁舎間の直線距離とした。また、高知県内では多くの従業者が車通勤をしていると考えられるため、車での帰宅が可能な場合は実際の帰宅困難者数はより少なくなる可能性がある。

- ・自宅までの距離が 10km 以内の人は、全員「帰宅可能」である。
- ・帰宅距離 10～20km では、個人の運動能力の差から、距離が 1km 長くなるごとに帰宅困難となる人の割合が 10%増加する。
- ・帰宅距離 20km 以上の人、は、全員帰宅困難である。

※出典：「千葉県地震被害想定調査」、千葉県、2007

帰宅困難者を把握するためのデータは、総務省による「平成 22 年国勢調査」において、通勤・通学の状況が調査され公表されているので（表 5.3-1）、このデータを用いて算出した。

表 5.3-1 男女別 15 歳以上自宅外就業者・通学者数（平成 22 年国勢調査）

従業地・ 通学地	常駐地																																		
	高知市	室戸市	安芸市	南国市	土佐市	須崎市	宿毛市	土佐清水市	四万十市	香南市	香美市	東洋町	奈半利町	田野町	安田町	北川村	馬路村	芸西村	本山町	大豊町	土佐町	大川村	いの町	仁淀川町	中土佐町	佐川町	越知町	梶原町	日高村	津野町	四万十町	大月町	三原村	黒潮町	他県
高知市	157,814	108	533	9,011	1,878	782	26	24	113	1,484	1,507	0	21	46	28	0	0	97	125	157	76	32	2,062	82	44	357	112	23	373	34	83	0	0	0	1,057
室戸市	75	6,654	289	26	0	0	0	0	0	0	0	37	144	130	42	17	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	149
安芸市	637	180	8,550	295	0	0	0	0	0	366	67	0	114	147	105	38	35	297	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	41
南国市	8,608	27	236	15,727	78	39	0	0	0	1,089	1,162	0	0	18	11	0	0	54	39	85	33	0	88	0	0	13	0	0	11	0	0	0	0	122	
土佐市	4,018	11	0	218	10,207	527	0	0	0	0	0	35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	502	14	25	80	18	0	101	17	28	0	0	0	86
須崎市	1,202	0	0	71	524	11,022	0	0	12	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	91	12	235	167	28	34	33	165	124	0	0	0	42
宿毛市	32	0	0	0	0	0	10,061	67	1,208	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	250	81	38	289	
土佐清水市	20	0	0	0	0	0	108	6,900	460	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	51	0	42	243	
四万十市	67	0	0	0	0	0	1,271	262	17,060	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	85	36	61	527	252
香南市	3,531	15	479	2,253	13	10	0	0	0	10,585	1,131	0	0	12	15	0	0	180	0	21	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	79
香美市	2,868	10	94	1,612	18	14	0	0	0	804	10,993	0	0	0	0	0	0	26	14	42	11	0	34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	73
東洋町	0	85	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,036	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	269
奈半利町	41	88	184	16	0	0	0	0	0	0	0	0	1,036	153	39	45	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12
田野町	74	61	202	25	0	0	0	0	0	0	0	0	127	998	66	49	19	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
安田町	74	37	214	27	0	0	0	0	0	0	0	0	79	105	1,122	12	30	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
北川村	16	14	68	0	0	0	0	0	0	0	0	0	69	40	25	578	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
馬路村	38	0	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	551	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
芸西村	182	0	230	121	0	0	0	0	0	146	24	0	0	0	0	0	0	1,554	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
本山町	181	0	0	51	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	1,593	114	266	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14
大豊町	228	0	0	115	0	0	0	0	0	0	55	0	0	0	0	0	0	0	76	1,852	59	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	36
土佐町	70	0	0	29	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0	0	269	60	1,858	31	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
大川村	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	12	248	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
いの町	5,503	0	18	302	545	156	0	0	0	21	48	0	0	0	0	0	0	0	0	18	10	6,908	58	0	175	68	0	246	0	0	0	0	0	126	
仁淀川町	99	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35	2,513	0	127	104	0	18	0	0	0	0	26		
中土佐町	234	0	0	0	38	579	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	3,061	21	0	0	0	14	188	0	0	102		
佐川町	1,322	0	0	76	152	295	0	0	0	0	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	267	256	17	4,366	478	0	237	17	11	0	0	26		
越知町	328	0	0	12	36	52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	101	155	0	399	2,161	0	77	0	0	0	18			
梶原町	19	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,644	0	52	0	0	23			
日高村	846	0	0	39	108	49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	318	21	0	167	41	0	1,411	0	0	0	31			
津野町	213	0	0	17	30	551	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	0	53	22	0	136	0	2,465	16	0	0	21		
四万十町	208	0	0	0	20	224	0	0	162	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0	184	0	0	0	0	10	9,839	0	0	43	36	
大月町	15	0	0	0	0	519	64	105	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,042	0	10	74	
三原村	0	0	0	0	0	0	151	0	137	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	591	0	6		
黒潮町	19	0	0	0	0	0	225	28	1,673	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	208	0	4,681	66	
県外	923	45	23	117	57	53	467	27	164	23	85	107	3	1	12	4	0	4	8	37	2	1	25	16	11	10	1	23	1	4	10	18	2	36	0

5.4 物資不足量

物資不足量は、以下の方針に則って予測した。

- ・ 予測対象は、食糧、飲料水、生活必需品とした。
- ・ 高知県の現在の主要備蓄・調達量（表 5.4-1；飲料水については給水可能量）と需要との差からそれぞれの不足量を算出した。
- ・ 不足量の算出は各市町村別とした。
- ・ 東日本大震災で発生した燃料不足や被災地外への影響（商品不足等）について、定性的な被害シナリオを作成した。

(1) 食糧不足量の算出

- ・ 食糧需要は阪神・淡路大震災の事例に基づき、避難所避難者の 1.2 倍を対象者として、1 日 3 食を原単位と考えた。
- ・ 対象とする食糧は、米、主食系食糧（米以外）、粉ミルク（0 歳児が対象）とした。
- ・ 食糧の供給は、市町村の持つ備蓄・調達量及び家庭内持ち出し用在庫を想定した。
- ・ 需要と供給の差より、不足量を算出した。

(2) 給水不足量の算出

- ・ 給水需要量は断水人口（1 日後）を給水需要者として 1 日 1 人 3 リットルを原単位と考える。
- ・ 給水供給量は、市町村による備蓄及び家庭内在庫を想定した。
- ・ 需要と供給の差より、不足量を算出した。

(3) 生活必需品不足量の算出

- ・ 生活必需品は、毛布を対象とし、住居を失って避難所避難をしている者を対象として需要（1 人 2 枚）を算出し、備蓄量との差から不足量を想定した。

表 5.4-1 市町村別主要備蓄一覧※

市町村	食料		水 (ℓ)	毛布 (枚)
	主食 (食分)	育児用調整粉乳 (kg)		
高知市	-	-	-	24,810
室戸市	6,662	-	1,752	771
安芸市	5,100	-	10,200	-
南国市	-	3	120	4,000
土佐市	10,716	11	16,766	1,892
須崎市	9,807	-	519	297
宿毛市	-	-	105	65
土佐清水市	-	-	108	500
四万十市	26,974	-	720	200
香南市	4,330	-	3,600	3,826
香美市	94,962	-	-	2,174
東洋町	560	-	-	-
奈半利町	560	-	321	210
田野町	2,430	-	1,018	544
安田町	1,107	-	1,562	80
北川村	630	-	1,260	100
馬路村	-	-	-	-
芸西村	16,208	-	-	1,547
本山町	-	-	-	800
大豊町	-	-	24,000	130
土佐町	-	-	-	850
大川村	550	-	-	150
いの町	3,050	-	1,224	1,388
仁淀川町	70	30	-	560
中土佐町	5,243	4	45	848
佐川町	400	-	17,280	240
越知町	-	-	6,900	50
橋原町	-	-	-	-
日高村	-	8	-	100
津野町	350	-	180	220
四万十町	2,302	-	9,675	1,151
大月町	500	-	216	420
三原村	-	-	3,456	30
黒潮町	11,960	5	15,084	3,910
合計	204,471	61	116,111	51,863

※ 出典：災害用備蓄物資に関する調査結果（2012年6月）

5.5 医療機能支障による要転院患者数・医療受療過不足数・日常受療困難者数

医療機能支障による要転院患者数・医療受療過不足数・日常受療困難者数は、以下の方針に則って予測した。

- ・医療機関の施設の損壊、ライフラインの途絶による転院を要する患者数を算出した。
- ・新たに入院の需要が発生する数から医療機関の重傷者受け入れの許容量を差し引いたときの医療需給過不足数を算出した。
- ・東日本大震災で課題となった、多数の転院を要する患者の発生や、医療機関における燃料、水の不足等について定性的な被害シナリオを作成した。

(1) 要転院患者数の算出

- ・平常時入院者数をベースに、医療機関建物被害率、ライフライン機能低下による医療機能低下率、転院を要する者の割合を乗じて算出した。
- ・医療機関建物被害率は、非木造全壊率+1/2 非木造半壊率+焼失棟数率とした。
- ・ライフライン機能低下による医療機能低下率は、阪神・淡路大震災の事例データを参考とし、断水あるいは停電した場合、震度 6 強以上地域では医療機能の 60%がダウンし、それ以外の地域では 30%がダウンすると仮定した。
- ・転院を要する者の割合は 50%と設定した。

$$\text{要転院患者数} = \text{入院患者数} \times (\text{医療機関建物被害率} + \text{ライフライン機能低下による医療機能低下率} - \text{医療機関建物被害率} \times \text{ライフライン機能低下による医療機能低下率}) \times 0.5$$

$$\text{医療機関建物被害率} = \text{非木造全壊率} + 1/2 \times \text{非木造半壊率} + \text{焼失棟数率}$$

$$\text{ライフライン低下による医療機能低下率} = 0.6 \text{ (震度 6 強以上)}$$

$$\text{もしくは ライフライン低下による医療機能低下率} = 0.3 \text{ (それ以外)}$$

病床を備えた医療機関の多くは非木造建物のため、建物被害率については、非木造の全壊率および半壊率を使用した。

(2) 医療需要過不足数の算出

- ・医療需給過不足数は、重傷者対応を対象とした。
- ・医療需要は、震災後の新規入院需要発生数として、重傷者+病院での死者(全死者数の 10%にあたる)を想定した。
- ・医療供給量は、医療機関の病床数をベースとして、医療機関建物被害率(全壊率+1/2 半壊率+焼失棟数率)、空床率、ライフライン機能低下による医療機能低下率を乗じて算出する。
- ・需要と供給の差より、過不足量を算出した。

$$\text{入院需要量} = \text{地震時の重傷者数}$$

$$\text{医療需給過不足数(重傷)} = \text{地震後の対応可能重傷患者数} - \text{入院需要量}$$

$$= (\text{市町村別病床数(ICU 除く)} \times \text{医療機関使用可能率} \times \text{空床率} \times \text{ライフライン低下後の医療機能率}) - \text{地震時の重傷者数}$$

(3) 日常受療困難者数の算出

外来需要量＝地震時の負傷者数

日常受療困難者(負傷)＝地震後の受け入れ可能患者数－外来需要量

$$= (\text{市町村別平常時外来患者数} \times \text{医療機関使用可能率} \times \text{空床率} \\ \times \text{ライフライン低下後の医療機能率}) - \text{地震時の負傷者数}$$

ここで医療機関での死者数は、1995年の阪神・淡路大震災の事例から死者の10%が医療機関で亡くなると仮定する。

また、平常時入院者数、空床率は、病床数に平成21年地域保健医療基礎統計(厚労省)の病床利用率(高知県85.4%、高知市84.1%)を乗じて算出する。

表 5.5-1 病院一覧(1)

No	医療圏	市町村コード	市町村名	施設名	合計病床数	平常時入院者数	災害拠点病院
1	安芸	39202	室戸市	山本病院	150	128	
2	安芸	39202	室戸市	室戸中央病院	96	82	
3	安芸	39202	室戸市	室戸病院	50	43	
4	安芸	39203	安芸市	高知県立あき総合病院	348	297	○
6	安芸	39203	安芸市	森澤病院	72	61	
7	安芸	39303	安芸郡 田野町	田野病院	84	72	
8	安芸	39307	安芸郡 芸西村	芸西病院	219	187	
9	中央	39201	高知市	浅井病院	60	50	
10	中央	39201	高知市	朝倉病院	312	262	
11	中央	39201	高知市	いずみの病院	238	200	
12	中央	39201	高知市	医療法人杏林会高知ハーモニー・ホスピタル	155	130	
13	中央	39201	高知市	医療法人博信会中ノ橋病院	80	67	
14	中央	39201	高知市	瀬江高橋病院	80	67	
15	中央	39201	高知市	海辺の杜ホスピタル	410	345	
16	中央	39201	高知市	岡林病院	91	77	
17	中央	39201	高知市	岡村病院	145	122	
18	中央	39201	高知市	上町病院	179	151	
19	中央	39201	高知市	川村病院	77	65	
20	中央	39201	高知市	木村病院	59	50	
21	中央	39201	高知市	国吉病院	106	89	
22	中央	39201	高知市	下司病院	50	42	
23	中央	39201	高知市	毛山病院	45	38	
24	中央	39201	高知市	厚生年金高知リハビリテーション病院	165	139	
25	中央	39201	高知市	高知いちよう病院	27	23	
26	中央	39201	高知市	高知鏡川病院	273	230	
27	中央	39201	高知市	高知記念病院	174	146	
28	中央	39201	高知市	高知県・高知市病院企業団立高知医療センター	676	569	○
29	中央	39201	高知市	高知厚生病院	76	64	
30	中央	39201	高知市	高知城東病院	243	204	
31	中央	39201	高知市	高知生協病院	114	96	
32	中央	39201	高知市	高知整形・脳外科病院	102	86	
33	中央	39201	高知市	高知赤十字病院	468	394	○
34	中央	39201	高知市	高知総合リハビリテーション病院	255	214	
35	中央	39201	高知市	高知高須病院	63	53	
36	中央	39201	高知市	高知脳神経外科病院	47	40	
37	中央	39201	高知市	高知病院	124	104	
39	中央	39201	高知市	三愛病院	146	123	
40	中央	39201	高知市	島津病院	50	42	
41	中央	39201	高知市	島本病院	139	117	
42	中央	39201	高知市	下村病院	41	34	
43	中央	39201	高知市	新松田会愛宕病院	562	473	
44	中央	39201	高知市	新松田会愛宕病院分院	180	151	
45	中央	39201	高知市	だいちリハビリテーション病院	180	151	
46	中央	39201	高知市	高橋病院	54	45	
47	中央	39201	高知市	竹下病院	85	71	
48	中央	39201	高知市	田中整形外科病院	112	94	
49	中央	39201	高知市	田辺病院	245	206	
50	中央	39201	高知市	谷病院	70	59	
51	中央	39201	高知市	田村内科整形外科病院	70	59	
52	中央	39201	高知市	近森病院	452	380	○
53	中央	39201	高知市	近森病院第二分院	104	87	
54	中央	39201	高知市	近森リハビリテーション病院	180	151	
55	中央	39201	高知市	近森オルソリハビリテーション病院	100	84	
56	中央	39201	高知市	独立行政法人国立病院機構高知病院	424	357	
57	中央	39201	高知市	土佐田村病院	90	76	
58	中央	39201	高知市	土佐病院	180	151	
59	中央	39201	高知市	國南病院	183	154	
60	中央	39201	高知市	永井病院	92	77	
61	中央	39201	高知市	長浜病院	50	42	
62	中央	39201	高知市	久病院	85	71	
63	中央	39201	高知市	平田病院	68	57	
64	中央	39201	高知市	藤戸病院	80	67	
65	中央	39201	高知市	細木病院	320	269	
66	中央	39201	高知市	細木ユニティ病院	243	204	
67	中央	39201	高知市	町田病院	60	50	
68	中央	39201	高知市	海里マリン病院	76	64	
69	中央	39201	高知市	南病院	70	59	

表 5.5-1 病院一覧(2)

No	医療圏	市町村 コード	市町村名	施設名	合計病床数	平常時入院者数	災害拠点病院
70	中央	39201	高知市	見元回生病院	60	50	
71	中央	39201	高知市	もみのき病院	60	50	
72	中央	39201	高知市	森病院	82	69	
73	中央	39201	高知市	山村病院	78	66	
74	中央	39201	高知市	横浜病院	180	151	
75	中央	39201	高知市	リハビリテーション病院すこやかな社	60	50	
76	中央	39204	南国市	岡豊病院	235	201	
77	中央	39204	南国市	北村病院	60	51	
78	中央	39204	南国市	高知大学医学部附属病院	605	517	○
79	中央	39204	南国市	JA高知病院	178	152	
80	中央	39204	南国市	土佐希望の家(旧第二希望の家)	140	120	
82	中央	39204	南国市	南国厚生病院	88	75	
83	中央	39204	南国市	南国中央病院	99	85	
84	中央	39204	南国市	南国病院	162	138	
85	中央	39204	南国市	藤原病院	117	100	
86	中央	39205	土佐市	井上病院	108	92	
87	中央	39205	土佐市	白菊園病院	187	160	
88	中央	39205	土佐市	土佐市立土佐市民病院	150	128	
89	中央	39211	香南市	野市整形外科病院	50	43	
90	中央	39211	香南市	野市中央病院	171	146	
91	中央	39211	香南市	三谷病院	60	51	
92	中央	39212	香美市	香長中央病院	198	169	
93	中央	39212	香美市	同仁病院	252	215	
94	中央	39212	香美市	香北病院	90	77	
95	中央	39212	香美市	間崎病院	38	32	
96	中央	39341	本山町	本山町立国民健康保険嶺北中央病院	131	112	
97	中央	39344	大豊町	大杉中央病院	92	79	
98	中央	39363	土佐町	早明浦病院	150	128	
99	中央	39386	いの町	石川記念病院	104	89	
100	中央	39386	いの町	さくら病院	102	87	
101	中央	39386	いの町	關田病院	58	50	
102	中央	39386	いの町	いの町立国民健康保険仁淀病院	100	85	
103	中央	39386	いの町	森木病院	33	28	
104	中央	39387	仁淀川町	安部病院	51	44	
105	中央	39402	佐川町	佐川町立高北国民健康保険病院	108	92	
106	中央	39402	佐川町	清和病院	354	302	
107	中央	39403	越知町	北島病院	50	43	
108	中央	39403	越知町	前田病院	60	51	
109	中央	39403	越知町	山崎外科整形外科病院	62	53	
110	中央	39403	越知町	山崎病院	60	51	
111	高幡	39206	須崎市	一陽病院	218	186	
112	高幡	39206	須崎市	高陵病院	188	161	
113	高幡	39206	須崎市	須崎くろしお病院	160	137	○
114	高幡	39206	須崎市	ネオリニちひろ病院	89	76	
115	高幡	39401	高岡郡 中土佐町	なかとさ病院	51	44	
116	高幡	39412	高岡郡 四万十町	大西病院	97	83	
117	高幡	39412	高岡郡 四万十町	くぼかわ病院	172	147	
118	高幡	39405	梶原町	梶原町立国民健康保険梶原病院	30	26	
119	幡多	39210	四万十市	医療法人島津会幡多病院	45	38	
120	幡多	39210	四万十市	医療法人慈恵会中村病院	120	102	
121	幡多	39210	四万十市	医療法人和光会木俣病院	90	77	
122	幡多	39210	四万十市	竹本病院	131	112	
123	幡多	39210	四万十市	四万十市国民健康保険四万十市立市民病院	130	111	
124	幡多	39210	四万十市	松本病院	40	34	
125	幡多	39210	四万十市	森下病院	131	112	
126	幡多	39210	四万十市	吉井病院	40	34	
127	幡多	39210	四万十市	渡川病院	180	154	
128	幡多	39208	宿毛市	医療法人祥星会聖ヶ丘病院	214	183	
129	幡多	39208	宿毛市	医療法人長生会大井田病院	93	79	
130	幡多	39208	宿毛市	高知県立幡多けんみん病院	355	303	○
131	幡多	39208	宿毛市	簡井病院	56	48	
132	幡多	39208	宿毛市	幡多希望の家	51	44	
133	幡多	39209	土佐清水市	足摺病院	60	51	
134	幡多	39209	土佐清水市	医療法人聖真会渭南病院	105	90	
135	幡多	39209	土佐清水市	土佐清水病院	63	54	
136	幡多	39209	土佐清水市	松谷病院	54	46	
138	幡多	39424	大月町	大月町国民健康保険大月病院	25	21	

5.6 保健衛生等の被害様相

南海トラフ巨大地震の被災地では、東日本大震災をはるかに上回る避難者、死者、災害廃棄物の発生が予想される。また、避難所における保健衛生の確保、浸水域等の防疫対策や遺体処理が困難となること等が予想される。この点を踏まえ、東日本大震災をはじめとする過去の災害事例を参考に、定性的な被害シナリオを作成した。

6 その他の被害想定

6.1 災害廃棄物等の発生量

(1) 予測方針

震災廃棄物の発生量は以下の方針に沿って予測した。

- ・建物の全壊・焼失による「災害廃棄物」、津波により陸上に運ばれて堆積した土砂・泥状物等の「津波堆積物」の発生量について算定した。
- ・「災害廃棄物」は厚生省（1998）「震災廃棄物対策指針」におけるがれきの発生量の推定式を採用した。
- ・「津波堆積物」は平均堆積高を設定し、それに浸水面積を乗じて堆積量を推定した。

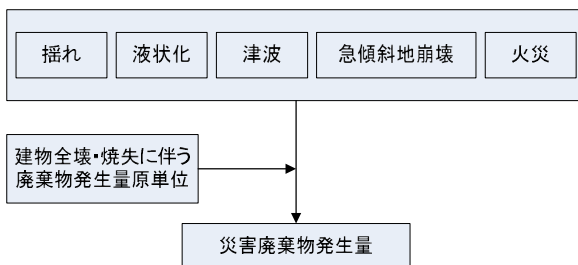
(2) 予測方法

① 災害廃棄物

下に示す厚生省（1998）「震災廃棄物対策指針」におけるがれき発生量の推定式を用いた。原単位としては、阪神・淡路大震災の際の種別原単位を用いた。

$$Q_1 = s \times q_1 \times N_1$$

Q_1 : がれき発生量
 s : 1棟当たりの平均延床面積(平均延床面積) (m²/棟)
 q_1 : 単位延床面積当たりのがれき発生量(原単位) (t/m²)
 N_1 : 解体建築物の棟数(解体棟数=全壊棟数) (棟)



(原単位 (t/m²))

	木造可燃	木造不燃	鉄筋可燃	鉄筋不燃	鉄骨可燃	鉄骨不燃
神戸市	0.206	0.599	0.117	0.854	0.053	0.358
尼崎市	0.193	0.425	0.000	0.877	0.079	0.726
西宮市	0.180	0.395	0.140	1.426	0.140	1.131
芦屋市	0.179	0.392	0.148	1.508	0.139	1.125
伊丹市	0.134	0.373	0.108	1.480	0.106	1.136
宝塚市	0.179	0.392	0.053	1.321		
川西市	0.174	0.392	0.098	1.426		
明石市	0.264	0.430	0.140	1.330	0.140	1.130
三木市	0.225	0.489				
淡路地域	0.179	0.468	0.129	1.388	0.140	1.123
合計	0.194	0.502	0.120	0.987	0.082	0.630

図 6.1-1 災害廃棄物発生量の予測手順

② 津波堆積物

廃棄物資源循環学会（2011）より、東北地方太平洋沖地震における津波堆積物の堆積高測定結果より、津波堆積物の平均堆積高を2.5cmから4cmに設定し、それに浸水面積を乗じて津波堆積物の体積量を推定した。

推定された体積量に対して、汚泥の体積重量換算係数を用いて、津波堆積物の重量を推定した。ここでは、体積重量換算係数として、国立環境研究所の測定結果(体積比重2.7g/cm³、含水率約50%)を用いて、1.46トン/m³※を用いた。

※ (2.7+2.7)/(1.0+2.7)=1.46 (一般社団法人廃棄物資源循環学会(2011)「津波堆積物処理指針(案)」より)

6.2 閉じ込めに繋がりうるエレベータ台数

(1) 現況

高知県内の昇降機の設置箇所及び設置数について整理した。高知県内では2,412箇所の建造物内で3,028基のエレベータが稼働している。なお、個人住宅で設置されているエレベータについてはここでは予測対象としない。

(2) 予測方針

閉じ込めに繋がりうるエレベータ台数は図6.2-1の方針に沿って予測した。

- ・閉じ込めに繋がりうるようなエレベータ停止が発生する建物棟数及びエレベータ台数を算出する。
- ・以下の3つの被害事象による閉じ込めを対象とする。
 - (A) 地震時管制運転中の安全装置優先茶道に伴うエレベータ停止
 - (B) 揺れによる故障等に伴うエレベータ停止
 - (C) 地域の停電に伴うエレベータ停止

A)地震時管制運転中の安全装置作動に伴う停止

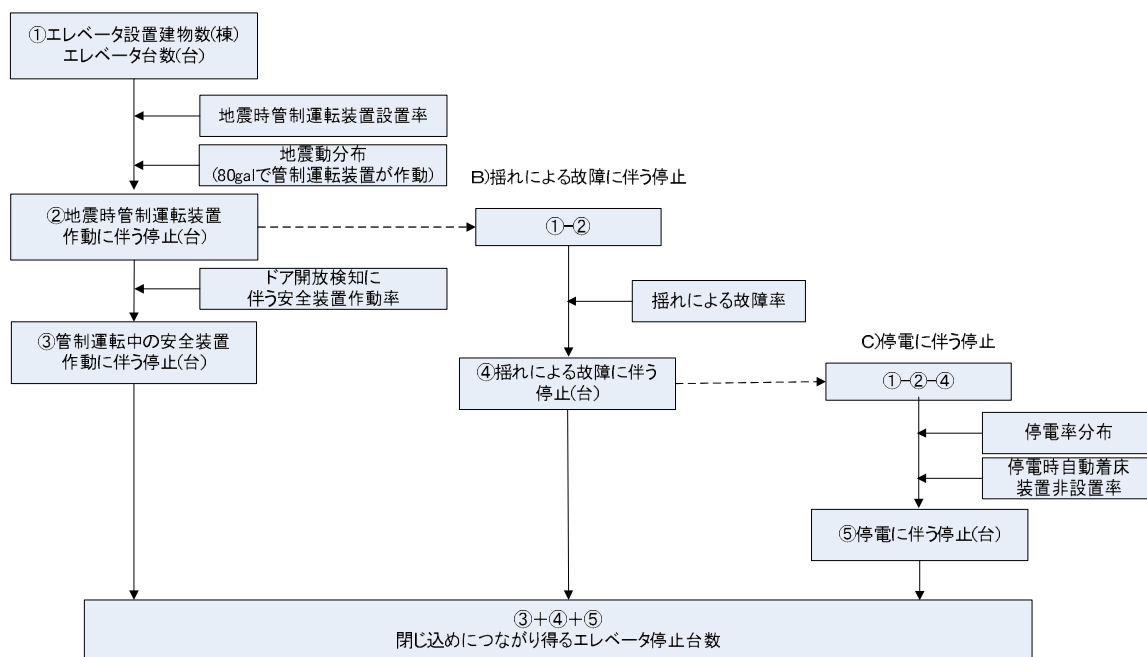


図 6.2-1 エレベータ閉じ込めの予測手順

(3) 予測方法

図6.2-1中の故障率等を表6.2-1に示す。各エレベータについて、それぞれの故障率を乗じることで被害数を算出した。

表 6.2-1 予測方法一覧

事象	設定パラメータ		出典												
A	地震時管制運転装置設置率	63.77% (428,621 台/全国 672,097 台)	(社) 日本エレベータ協会 (2012) : 「2011 年度昇降機台数調査報告」												
	ドア解放検知に伴う安全装置作動率	0.114% (2005 年千葉県北西部地震では、地震時管制運転装置が作動して緊急停止した台数 64,000 台のうち 73 台で閉じ込め発生)													
B	揺れによる故障率	<table border="1" data-bbox="560 647 925 925"> <thead> <tr> <th>震度</th> <th>故障率</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>7</td> <td>24%</td> </tr> <tr> <td>6 強</td> <td>22%</td> </tr> <tr> <td>6 弱</td> <td>15%</td> </tr> <tr> <td>5 強</td> <td>8%</td> </tr> <tr> <td>5 弱</td> <td>1%</td> </tr> </tbody> </table>	震度	故障率	7	24%	6 強	22%	6 弱	15%	5 強	8%	5 弱	1%	火災予防審議会・東京消防庁 (1999) : 「地震発生時における人命危険要因の解明と対策」(H11)
震度	故障率														
7	24%														
6 強	22%														
6 弱	15%														
5 強	8%														
5 弱	1%														
C	停電時自動着床装置非設置率	68.4% ((社) 日本エレベータ協会の東京 23 区における調査資料より)	中央防災会議 (2008) : 「東南海、南海地震等に関する専門調査会」(第 34 回) 資料 3 中部圏・近畿圏の内陸地震に係る被害想定手法(案)について												

6.3 危険物施設の火災、流出、破損箇所数

(1) 現況

高知県内にある危険物施設を表 6.3-1 に示す。高知県内には 2,532 箇所の危険物施設が存在する。

表 6.3-1 高知県内の危険物施設一覧

市町村名	製造所	屋内貯蔵所	屋外タンク貯蔵所	屋内タンク貯蔵所	地下タンク貯蔵所	移動タンク貯蔵所	屋外貯蔵所	給油取扱所	一般取扱所	不明	総計
総計	2	136	313	91	530	186	14	679	241	340	2532
高知市	2	56	38	45	169	46	6	158	56	1	577
室戸市		4	37	13	13	9		23	10		109
安芸市		1	7	3	24	4		20	8	1	68
南国市		15	17	3	31	18	2	45	24		155
土佐市		1	13	4	22	12		27	15		94
須崎市		6	8	1	14	6	2	29			66
宿毛市		3	17	2	16	15	2	36	15	1	107
土佐清水市			1	2	16	4		25	5		53
四万十市		7	13		35	10		54	11	69	199
香南市		8	16	2	20	6		25	14	21	112
香美市		2	56	3	17	1	1	17	10	7	114
東洋町		2	4	2	7	2		10	1		28
奈半利町					3	1		4	1	8	17
田野町			1		3	2		2	1	1	10
安田町			3			4		6	2	11	26
北川村		2			2			2	1	11	18
馬路村					6			2	2	14	24
芸西村			2		20	3		18	6		49
本山村		1			6	4		5	2	15	33
大豊町				2	3			9	2	27	43
土佐町		2			4	3		8	2	17	36
大川村		2						1	1	4	8
いの町		10	46	5	33	10	1	31	15	37	188
仁淀川町			5		9	5		11	5	1	36
中土佐町			3	1	3	1		6	2		16
佐川町		2	1		9	4		8	5		29
越知町			2		4	1		6	3		16
橋原町		2	1		5	7		7			22
日高村		4	3	1	7	1		8	3	18	45
津野町		1	2		5			8	3		19
四万十町		3	5		11	4		23	4		50
大月町			3	1	8	3		24	8	34	81
三原村		1	1		1			2	1		6
黒潮町		1	8	1	4			19	3	42	78

表 6.3-2 危険物箇所の説明

製造所	危険物を製造する施設	
製造所	指定数量以上の危険物を取り扱う危険物の製造施設	
貯蔵所	屋内貯蔵所	屋内の場所において、危険物を貯蔵し、又は取り扱う貯蔵所
	屋外タンク貯蔵所	屋外にあるタンクにおいて危険物を貯蔵し、又は取り扱う貯蔵所
	屋内タンク貯蔵所	屋内にあるタンクにおいて危険物を貯蔵し、又は取り扱う貯蔵所
	地下タンク貯蔵所	地盤面下に埋設されているタンクにおいて危険物を貯蔵し、又は取り扱う貯蔵所
	移動タンク貯蔵所	車両に固定されたタンクにおいて危険物を貯蔵し、又は取り扱う貯蔵所
	屋外貯蔵所	屋外の場所において第二類の危険物のうち硫黄、硫黄のみを含有するもの若しくは引火性固体(引火点が0度以上のものに限る。)又は第四類の危険物のうち第二石油類、第三石油類、第四石油類もしくは動植物油類を貯蔵し、又は取り扱う貯蔵所
取扱所	給油取扱所	固定した給油設備(航空機への給油については、車両に設けられた給油設備を含む。)によって自動車等の燃料タンクに直接給油するため危険物を取り扱う取扱所
	一般取扱所	給油取扱所、販売取扱所、移送取扱所以外の危険物を取り扱う取扱所

(2) 予測方針

危険物施設の被害は以下の方針に沿って予測する。

- ・揺れによる影響として、危険物施設数に震度別の被害率を乗じ、火災、漏洩、破損個所の予測数を算出する。
- ・津波による影響は、東日本大震災の被災状況に関する情報やデータを踏まえて定量化を行い、それに基づき定性的な被害シナリオの作成を行う。

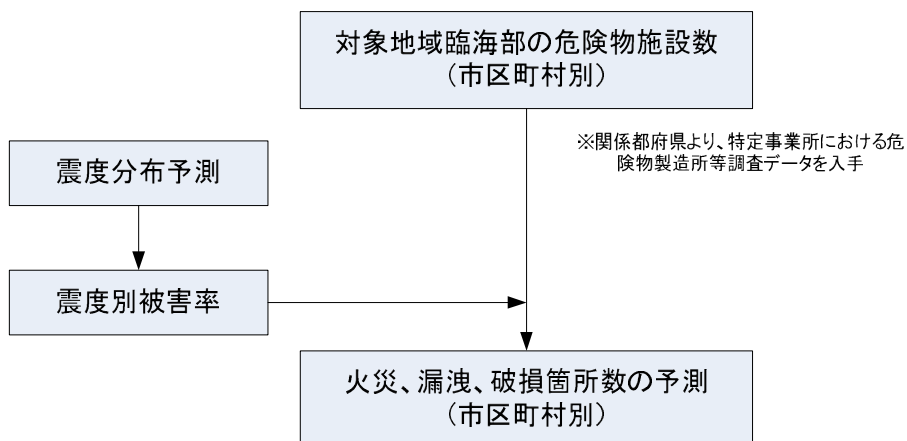


図 6.3-1 危険物取扱施設の予測手順

(3) 予測方法

各危険物施設について、内閣府（2013）で設定された震度ごとの被害率を表 6.3-3 に示す。各施設数量に震度ごとの被害率を乗じて、被害施設数を算出した。

表 6.3-3 危険物取扱施設の震度ごとの被害率

製造所等の区分	震度6弱							震度6強						
	施設数	被害数			被害率			施設数	被害数			被害率		
		火災	流出	破損等	火災	流出	破損等		火災	流出	破損等	火災	流出	破損等
製造所	918	0	1	54	0.00%	0.11%	5.88%	177	0	0	17	0.00%	0.00%	9.60%
屋内貯蔵所	7,160	0	27	24	0.00%	0.38%	0.34%	2,918	0	35	60	0.00%	1.20%	2.06%
屋外タンク貯蔵所	6,988	0	10	254	0.00%	0.14%	3.63%	3,051	0	13	301	0.00%	0.43%	9.87%
屋内タンク貯蔵所	1,758	0	1	1	0.00%	0.06%	0.06%	578	1	1	8	0.17%	0.17%	1.38%
地下タンク貯蔵所	10,043	0	7	36	0.00%	0.07%	0.36%	5,176	0	16	98	0.00%	0.31%	1.89%
移動タンク貯蔵所	6,970	0	0	0	0.00%	0.00%	0.00%	3,850	0	0	3	0.00%	0.00%	0.08%
屋外貯蔵所	1,573	0	0	0	0.00%	0.00%	0.00%	904	0	0	33	0.00%	0.00%	3.65%
給油取扱所	6,799	0	1	245	0.00%	0.01%	3.60%	3,572	0	5	329	0.00%	0.14%	9.21%
移送取扱所	104	0	3	14	0.00%	2.88%	13.46%	29	0	2	8	0.00%	6.90%	27.59%
一般取扱所	6,805	0	7	82	0.00%	0.10%	1.20%	3,556	0	14	153	0.00%	0.39%	4.30%

※ 南海トラフ巨大地震の被害想定項目及び手法の概要より（2013年3月18日）

なお、数値については阪神・淡路大震災及び東日本大震災の実績から想定されている。

6.4 孤立集落数

(1) 現況データ

孤立の可能性がある集落は「中山間地等の集落散在地域における孤立集落発生の可能性に関する状況調査」（内閣府，2010）において孤立の可能性があると考えられた集落を対象とした。表 6.4-1 に市町村別の農業集落数及び漁業集落数を示す。

道路データは三井造成システム技研株式会社の2012年度版道路地図を基に作成した。

急傾斜地崩壊危険箇所及び山腹崩壊危険地区データは高知県資料（2012）を用いた（1.4 節参照）。

表 6.4-1 高知県内の市町村別農業集落数及び漁業集落数

市町村名	農業集落数	漁業集落数
高知市	44	7
室戸市	37	5
安芸市	25	0
南国市	24	0
土佐市	11	7
須崎市	15	7
宿毛市	6	5
土佐清水市	7	20
四万十市	47	4
香南市	0	0
香美市	56	0
東洋町	3	0
奈半利町	7	0
田野町	0	0
安田町	12	0
北川村	18	0
馬路村	7	0
芸西村	4	0
本山町	7	0
大豊町	78	0
土佐町	19	0
大川村	14	0
いの町	74	0
仁淀川町	122	0
中土佐町	19	3
佐川町	20	0
越知町	13	0
梶原町	45	0
日高村	1	0
津野町	45	0
四万十町	51	3
大月町	1	0
三原村	13	0
黒潮町	18	11
合計	863	72

(2) 予測方針

孤立集落の発生については、図 6.4-1 の方針に沿って予測した。

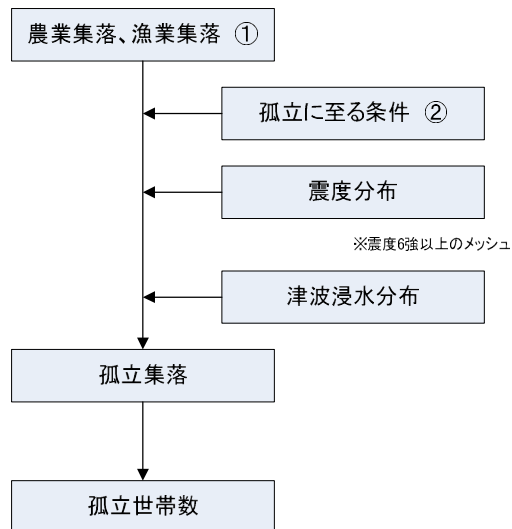


図 6.4-1 孤立集落発生の予測手順

(3) 予測方法

「中山間地等の集落散在地域における孤立集落発生の可能性に関する状況調査」（内閣府，2010）において孤立の可能性があるとされた集落を対象とした。

① 孤立に至る条件

次の条件に当てはまるものを孤立する可能性のある集落とする。地区の範囲は字境界で分割し、以下の条件が重なった場合に孤立集落が発生する地区とした。また、孤立集落が発生する地区に囲まれる地区についても孤立集落が発生するとした。

1) 揺れによる孤立集落

集落への全てのアクセス道路が土砂災害危険箇所等に隣接しているため、地震に伴う土砂災害等の要因により道路交通が途絶し外部からのアクセスが困難となるおそれのある集落。

- ・ 孤立の可能性のある集落が存在する
- ・ 震度 6 強以上の範囲に急傾斜地もしくは山腹崩壊地が存在する

2) 津波による孤立集落

船舶の停泊施設がある場合は、地震または津波により当該施設が使用不可能となり、海上交通についても途絶するおそれのある集落。東日本大震災での浸水深と道路被害箇所数の関係では、浸水深 5m 以上で 1km あたり 1 箇所以上の被害が発生していることから、浸水深 5m 以上のメッシュを対象とした。

- ・ 孤立の可能性のある集落が存在する
- ・ 浸水深 5m 以上の範囲が存在する

② 孤立世帯数

孤立集落が発生する地区の世帯数を積算し孤立世帯数とした。

6.5 応急活動支障（すぐに使用可能な施設数等）

(1) 予測方針

応急活動支障(庁舎の被災等)は以下の方針に沿って、重要施設を対象として被害を予測する。ここでいう重要施設とは、以下の施設とする。

- ① 災害対策本部および消防活動拠点となる施設(県庁舎、警察署、消防署、土木事務所、国道事務所)
- ② 避難拠点施設(学校、公民館等)
- ③ 要援護者関連施設(社会福祉施設、病院、幼稚園等)

(2) 予測方法

これらの施設の位置や耐震性のデータについては、高知県資料の他、位置情報については国土数値情報を基に設定した。

以下の内容で、災害シナリオを作成した。

- ・ 地方自治体の庁舎の被災により応急対策の拠点が失われ、応急活動が停滞するほか、復旧復興活動にも支障をきたすおそれがあることから、庁舎被害による被害様相について、定性的な被害シナリオを作成した。その際、災害対策本部が計画どおりに設置できず、対応が停滞する可能性や、職員・電力・通信等の業務資源の不足についても考慮した。
- ・ 避難拠点施設として、地震動や津波の影響を受けた結果の利用可能性を考慮し、それを基に定性シナリオを作成した。
- ・ 災害時に援護が必要となる要援護者が滞留する要援護者施設について、津波の影響を考慮し定性シナリオを作成した。

災害対策本部については、東日本大震災の事例を考慮すると、地震よりも津波による浸水の影響を受けることが機能支障の要因となると考えられる。そのため、津波において浸水する施設数を差し引くことで発災後すぐに災害拠点施設として機能を確保できる施設数を整理した。

施設の機能支障は、津波の浸水深が 10 cm 以上の場合に生じると考えた。

6.6 地盤沈下による長期浸水面積

地震時の地殻変動に伴う地盤沈下による長期浸水エリアについては、高知県（2010）「平成 22 年度高知県第 1 回南海地震長期浸水対策検討会」の考え方に基づいて、浸水メッシュから長期浸水の可能性があるメッシュを抽出した。

抽出にあたっては、各波源における浸水メッシュについて地震動に伴う地殻変動後の地盤高（T.P. 基準）と今回の津波計算で使用した高知県の朔望平均満潮位の最大値を引いてマイナスを示すメッシュについて長期浸水範囲とした。

また、農用地において海水が長期にわたり浸水することで、その機能を果たすことが困難となると考えられるため、これらについてもその範囲を算出することとし、平成 21 年度版の土地利用細分メッシュ（100mメッシュ）において、田及びその他の農用地とされている地域を対象に浸水範囲を算出した。

6.7 ため池の被害様相

東日本大震災では、農業用貯水池である藤沼湖（福島県須賀川市江花字田向地内）が決壊し、下流に住む7人が死亡、1人が行方不明となった（福島県農業用ダム・ため池耐震性検証委員会（2012）：「藤沼湖の決壊原因調査報告書（要旨）」）。東日本大震災におけるため池の被災状況は以下のとおりである。

- ・岩手県、宮城県、福島県では約12,500箇所のため池のうち、約1,800箇所が被災（被災率14%）しており、決壊したため池は、いずれもため池設計指針（平成12年制定）以前に築造（改修）*されたものであった。

※ 藤沼湖はアースダムの基準化（昭和31年）以前に築堤された。

- ・一方、平成12年度以降に改修した3県のため池の被災数は13箇所（被災率14%）であり、決壊等の深刻な被害が生じたものはなかった。
- ・ため池の被害として、縦断亀裂、横断亀裂、斜面崩壊（はらみ）等が多く報告されている。（平成24.3.28農林水産省）

上述に示す東日本大震災をはじめとする過去の災害事例を参考に、定性的な被害シナリオを作成した。表6.7-1に市町村別のため池数を示す。

表 6.7-1 高知県内の市町村別ため池数

市町村名	ため池数	市町村名	ため池数
高知市	3	本山町	4
室戸市	60	大豊町	7
安芸市	9	土佐町	39
南国市	9	大川村	0
土佐市	1	いの町	3
須崎市	1	仁淀川町	0
宿毛市	36	中土佐町	1
土佐清水市	11	佐川町	3
四万十市	25	越知町	4
香南市	16	梶原町	0
香美市	51	日高村	0
東洋町	3	津野町	0
奈半利町	9	四万十町	45
田野町	12	大月町	23
安田町	17	三原村	3
北川村	2	黒潮町	23
馬路村	2		
芸西村	8	合計	430

6.8 津波による漁船・船舶、水産関連施設の被害様相

(1) 現況

高知県には88の漁港がある。各市町村における漁港数と登録漁船を図6.8-1に示す。

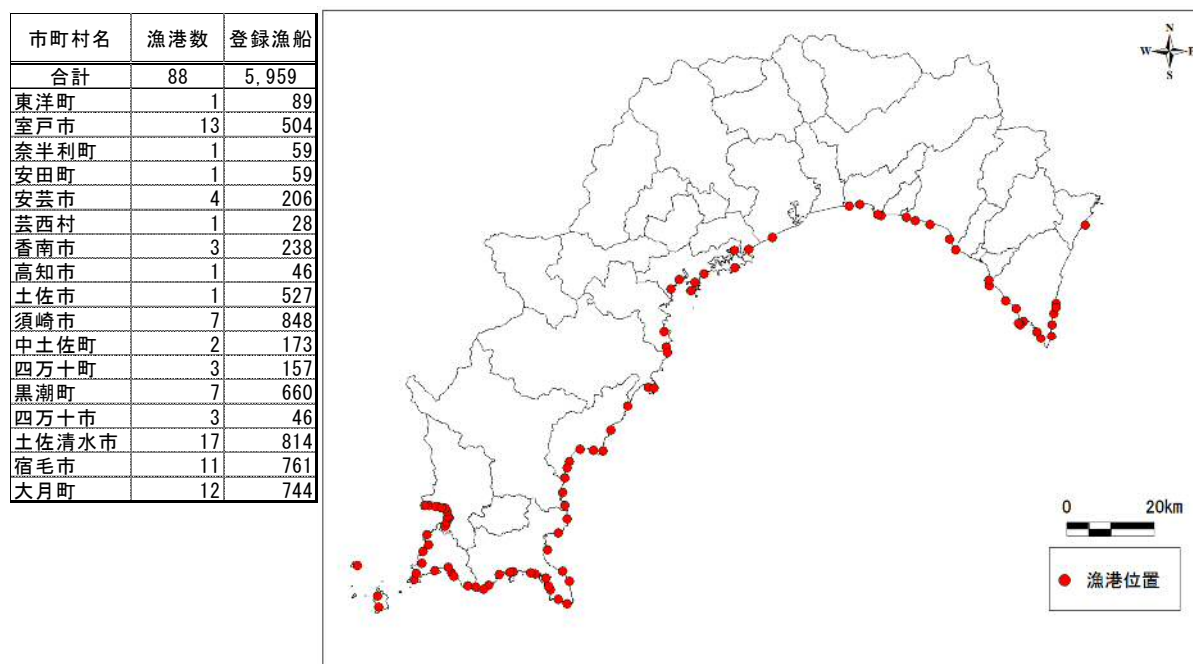


図 6.8-1 高知県の漁港分布図

(2) 予測方針

高知県内の漁港の位置を基に、津波浸水による被害を予測した。

7 直接経済被害額

7.1 建築被害による直接経済被害額

1章の方法で予測した、各予測ケースにおける建物被害数量に、被害の復旧に必要な費用（原単位：表 7.1-1）を乗じて、直接経済被害額を算出した。

表 7.1-1 建物被害による直接経済被害額の算出に用いる原単位（内閣府，2013）

定量評価対象項目	①被害量	②原単位	原単位の値	備考
建物	木造住宅	被害のあった住宅数 (全壊棟数+ 半壊棟数×0.5)	新規1棟あたり 工事必要単価【都府県別】 (木造住宅の工事費予定額の合計 ／木造住宅の数の合計)	高知県で約1,819万円/棟 内閣府公表原単位 (1,500万円～2,100万円/棟)
	木造非住宅 (事務所、 工場建屋)	被害のあった建物数 (全壊棟数+ 半壊棟数×0.5)	新規1棟あたり 工事必要単価【都府県別】 (木造非住宅の工事費予定額の合計 ／木造非住宅の数の合計)	高知県で約2,238万円/棟 内閣府公表原単位 (1,300万円～2,500万円/棟)
	非木造住宅	被害のあった住宅数 (全壊棟数+ 半壊棟数×0.5)	新規1棟あたり 工事必要単価【都府県別】 (非木造住宅の床面積あたり工事費予定額 ×1棟あたり床面積)	高知県で約6,430万円/棟 内閣府公表原単位 (1.2億円～1.9億円/棟)
	非木造非住宅 (事務所、 工場建屋)	被害のあった建物数 (全壊棟数+ 半壊棟数×0.5)	新規1棟あたり 工事必要単価【都府県別】 (非木造非住宅の床面積あたり工事費予定額 ×1棟あたり床面積)	高知県で約1億円/棟 内閣府公表原単位 (2.8億円～6.0億円/棟)
	家庭用品	甚大な被害のあった住宅数 (倒壊棟数+ (全壊棟数-倒壊棟数) ×0.5)	1世帯あたり評価単価【全国】	単身世帯300万円/世帯 家族世帯の世帯主年齢 29歳以下500万円/世帯 30代800万円/世帯 40代1,100万円/世帯 50歳以上1,150万円/世帯
	その他 償却資産	建物被害率 (非木造住宅の全壊建物率 +半壊建物率)	償却資産評価額【都府県別】 (産業分類別従事者1人あたり評価額【全国】 ×産業分類別従事者数【都府県別】)	高知県で2,186(千円)/人 ・都府県により差が大 きい
	棚卸資産 (在庫)	同上	在庫資産評価額【都府県別】 (産業分類別従事者1人あたり評価額【全国】 ×産業分類別従事者数【都府県別】)	高知県で1,031(千円)/人 ・都府県により差が大 きい

7.2 ライフライン被害による直接経済被害額

3章の方法で予測した、各予測ケースにおけるライフライン被害数量に、被害の復旧に必要な費用（原単位：表 7.2-1）を乗じて、直接経済被害額を算出した。

表 7.2-1 ライフライン被害による直接経済被害額の算出に用いる原単位

定量評価対象項目		①被害量	②原単位	原単位の値	備考
ライフライン	上水道	断水人口	人口あたり復旧額	約 1.59 万円/人 (阪神淡路大震災時) (内閣府, 2013)	・東日本大震災は復旧中のため阪神・淡路大震災の実績値を使用
	下水道	影響人口または管渠被害延長	影響人口または管渠被害延長あたり復旧額	管渠被害延長あたり 約 31.97 万円/m (東日本大震災時) (内閣府, 2013)	
	電力	停電軒数	電柱 1 本あたり復旧額	約 121.52 万円/本 (東日本大震災時) (内閣府, 2013)	
	通信	不通回線数	回線あたり復旧額	約 41.4 万円/回線 (阪神淡路大震災時) (内閣府, 2013)	・東日本大震災は復旧中のため阪神・淡路大震災の実績値を使用
	都市ガス	供給停止戸数	戸数あたり復旧額	7.4 万円/戸 (東日本大震災での仙台市ガス局、塩釜ガス)	

7.3 交通施設等の被害による直接経済被害額

4章の方法で予測した、各予測ケースにおける交通施設等の被害数量に、被害の復旧に必要な費用（原単位：表 7.3-1）を乗じて、直接経済被害額を算出した。

表 7.3-1 交通施設等の被害による直接経済被害額の算出に用いる原単位（内閣府，2013）

定量評価対象項目		①被害量	②原単位	原単位の値	備考
交通施設	道路	被害箇所数	箇所あたり復旧額（道路種別）	約 9,857 万円/箇所 （東日本大震災時の直轄国道） 約 2,153 万円/箇所 （地方自治体管理）	
	鉄道	被害箇所数	箇所あたり復旧額（在来線）	約 2,300 万円/箇所 （東日本大震災時三陸鉄道等）	
	港湾	被害バース数	バースあたり復旧額	岸壁等：約 30 億円/岸壁 防波堤：800 万円/m	阪神・淡路大震災、東日本大震災での実態データより
	漁港	被害漁港数	漁港あたり復旧額	(1種) 約 12 億円等 (2種) 約 48 億円等 (3種) 約 100 億円等 (4種) 約 36 億円等 (東日本大震災時)	
	その他の公共土木施設	道路、下水道とその他の公共土木施設等の復旧費を比較することで推計			
その他	災害廃棄物	災害廃棄物発生量	トンあたり処理費用	約 2.2 万円/トン （阪神淡路大震災時）	・東日本大震災時のデータは現在とりまとめ途中

8 減災効果

減災効果は、表 8.1 に示す対策項目に対して、影響を受ける主な項目の建物全壊棟数や死者数の軽減状況について整理した。なお、対象とした地震動・津波はL2 陸側、ケース④で、季節・時間帯は、冬深夜である。

対策項目	条件	影響する主な項目
1) 建物の耐震化	<ul style="list-style-type: none"> ・現状 (74%) ・対策 100%実施 	<ul style="list-style-type: none"> ・揺れによる建物全壊棟数 ・揺れによる死者数 ・火災による死者数 ・避難生活者数 ・自力脱出困難による津波死者数 ・建物被害による直接経済被害額
2) 家具などの転倒防止対策	<ul style="list-style-type: none"> ・現状 (20%) ・対策 100%実施 	<ul style="list-style-type: none"> ・家具の転倒による死傷者数
3) 津波の早期避難意識率	<ul style="list-style-type: none"> ・早期避難意識率 20% ・早期避難意識率 100% 	<ul style="list-style-type: none"> ・津波による死者数
4) 建物耐震化、津波の早期避難意識率、津波避難空間の整備状況	<ul style="list-style-type: none"> ・耐震化率 74%、早期避難意識率 20%、津波避難空間なし ・耐震化率 74%、早期避難意識率 20%、H24 年度末時点の津波避難空間 ・耐震化率 74%、早期避難意識率 100%、H24 年度末時点の津波避難空間 ・耐震化率 74%、早期避難意識率 100%、整備予定の津波避難空間も考慮 ・耐震化率 100%、早期避難意識率 20%、H24 年度末時点の津波避難空間 ・耐震化率 100%、早期避難意識率 100%、H24 年度末時点の津波避難空間 ・耐震化率 100%、早期避難意識率 100%、整備予定の津波避難空間も考慮 	<ul style="list-style-type: none"> ・死者数

9 被災シナリオ

被害想定作業においては、被害の全体像を俯瞰するとともに、可能な限り詳細な被害状況を明らかにする観点から、「施設等の被害」と「経済的な被害」に分類した上で、それぞれ、地震時に発生する可能性のある事象を幅広く想定した「被害の様相」を作成するとともに、定量化が可能な一部の項目について「定量的な被害量」を予測している。

とりまとめられた施設等及び経済的な被害の様相は、行政のみならず、個別の施設管理者、民間企業、地域、一人ひとりの個人が、防災・減災対策を検討する上で備えておくべきことを具体的に確認するための材料として活用していただくことを目的に作成したものである。

この被害様相は、あくまで一つの想定として作成したものであり、実際に巨大地震が発生した場合に、この様相どおりの事象が発生するものではないことに留意した上で、今後、この被害様相も参考にして、各関係機関において、詳細な被災状況を検討するとともに、具体的な防災・減災対策の検討に活用していただくことを望むものである。