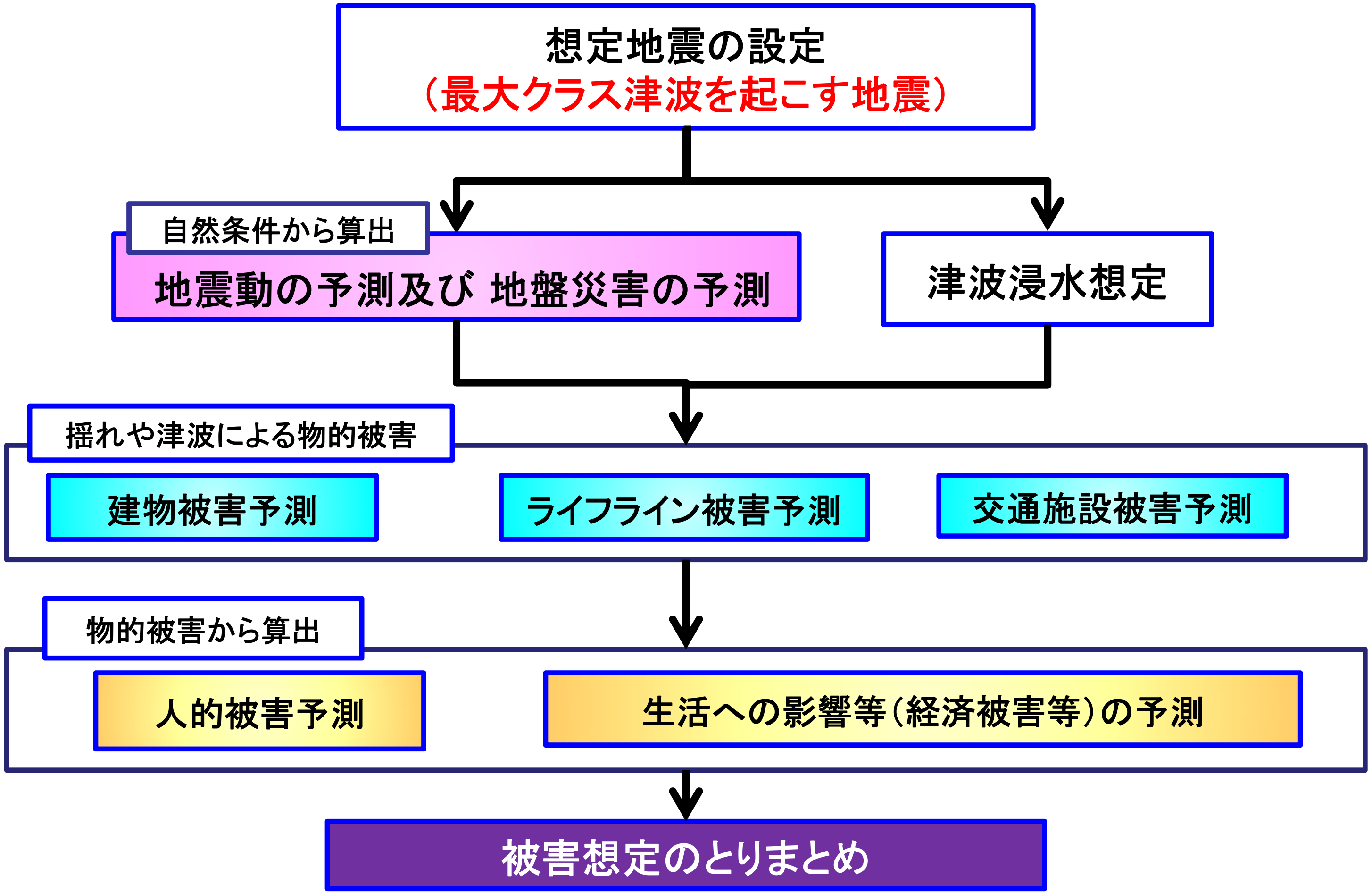
資料－3

被害想定の計算条件について

1．被害想定の基本的な考え方
2．地震動の予測手法と計算条件
3．建物被害・人的被害の予測手法と計算条件
4．ライフライン被害・交通被害・生活支障等の予測手法と計算条件

1－1　被害想定の流れ

【計算単位】
250mメッシュを基本とする。ただし、津波浸水に関わる建物・人的被害については50mメッシュで算出する。

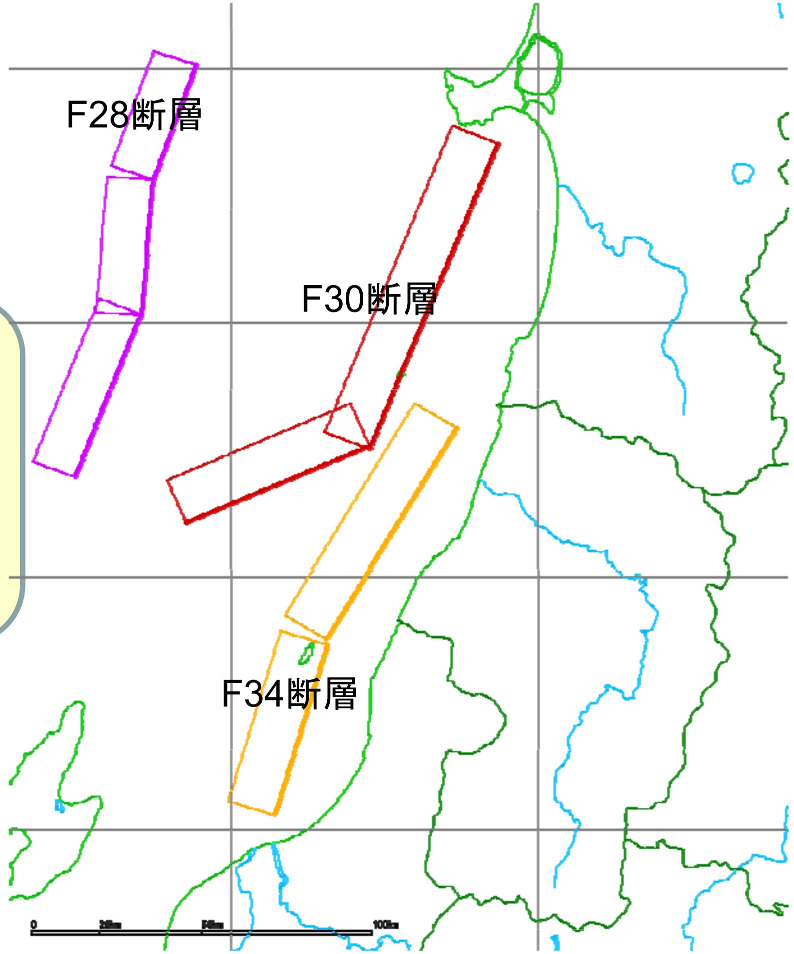


1－2　被害想定の対象地震

【L2津波地震の選定】
○国土交通省「津波浸水想定の設定の手引き（平成24年10月）」に基づき、地域海岸ごとに最大となる地震・検討ケースを選定
⇒F28断層、F30断層、F34断層

【地震被害想定・地域防災計画の考え方】
○**想定地震毎**に県全域の集計・市町村単位の集計が必要となる。
○**津波による人的被害では、津波浸水深よりも到達時間**の方が被害の大小への影響が大きい。

【被害想定の対象地震】
○**全地域海岸に対し**、F30断層、F34断層の津波浸水シミュレーションをそれぞれ必ず1ケース以上で実施する。
○F28断層は、津波浸水想定の結果でF30断層による被害を上回る可能性がある場合に、津波被害のみ算出する。



○飛島ではF28断層の浸水深が最大だが、到達はF30断層の方が明らかに早い。
○地震動は遠いほど小さくなるため、F28断層による揺れでは建物被害はほとんど生じないと想定される。

1－3　計算条件について

想定する季節、時間帯（3ケース）

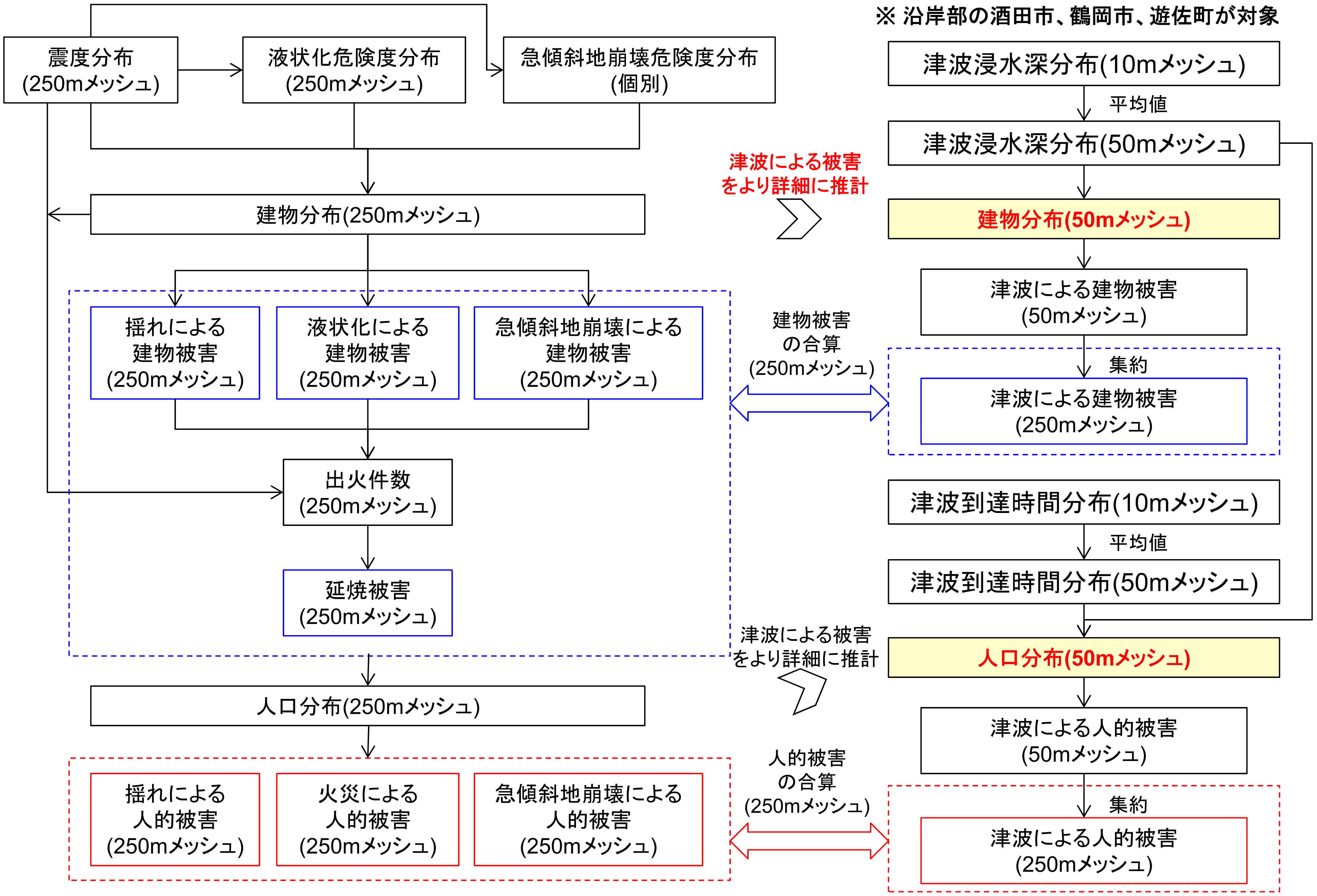
冬深夜	・多くが自宅で就寝中に被災するため、家屋倒壊による死者が発生する危険性が高く、また津波からの避難が遅れることにもなる。
夏12 時	・オフィス、繁華街等に多数の滞留者が集中しており、自宅外で被災する場合が多い。 ・木造建物内滞留人口は、1日の中で少ない時間帯であり、老朽木造住宅の倒壊による死者数は冬深夜と比較して少ない。 ・海辺には、海水浴客が多い。
冬18 時	・住宅、飲食店などで火気使用が最も多い時間帯で、出火件数が最も多くなる。

人口データを上記の3時間帯で構築する。

火災延焼予測では、風向・風速も考慮する。
　風速については、平均時、強風時の2ケースを考慮することとし、山形県内の気象データ（約20点）から決定する

（参考：中央防災会議では平均時3m/s、強風時8m/sだが、酒田市の20年間平均の値では強風時は15m/s程度となる。）

1－4　建物・人的被害の想定の流れ



2－1　地震動予測の流れ

2-3 震源パラメータの設定

↓

2-4　深部地盤のモデル化
（地震調査研究推進本部）

↓

2-2　工学的基盤地震動算定
（統計的グリーン関数法）

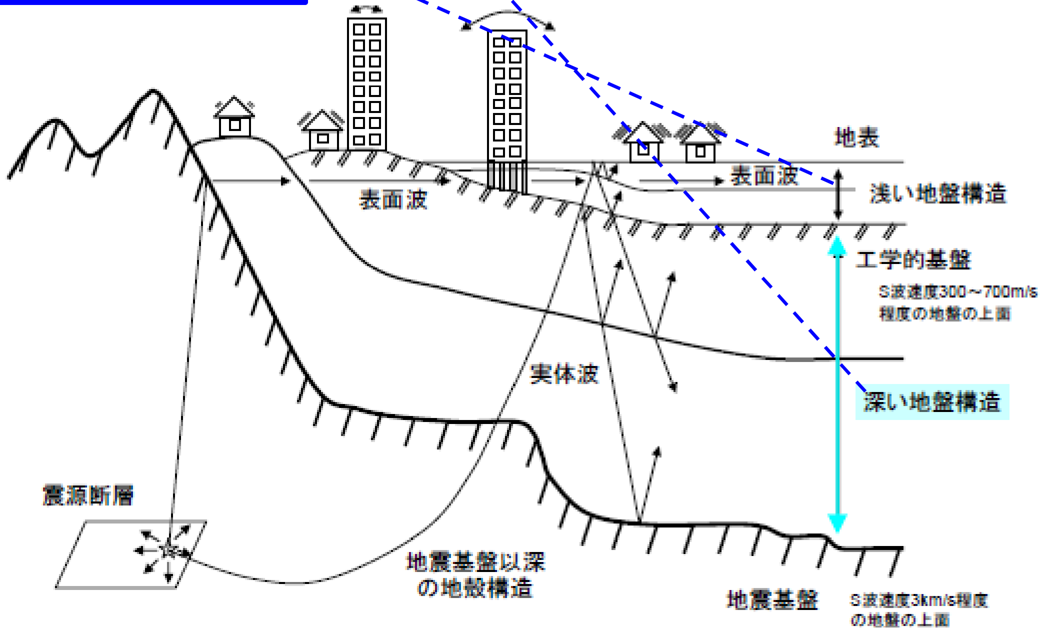
↓

2-5　浅部地盤のモデル化
（地形分類、ボーリングデータ）

↓

地表地震動分布算定
（詳細法と簡易法）

詳細法：成層地盤モデルによる地震応答解析
簡易法：深さ30mまでのS波速度(AVS30)と地震動増幅の関係
⇒各メッシュで震度の**大きい方を用いる**

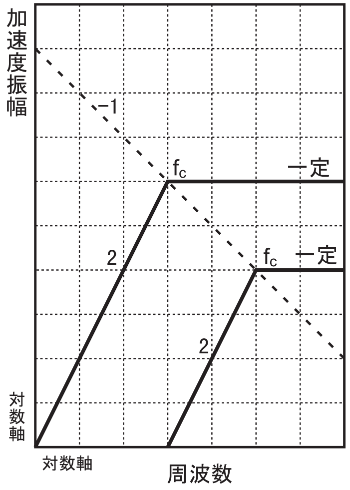


地下構造と地震波伝播の概要
（地震動予測地図　解説編より）

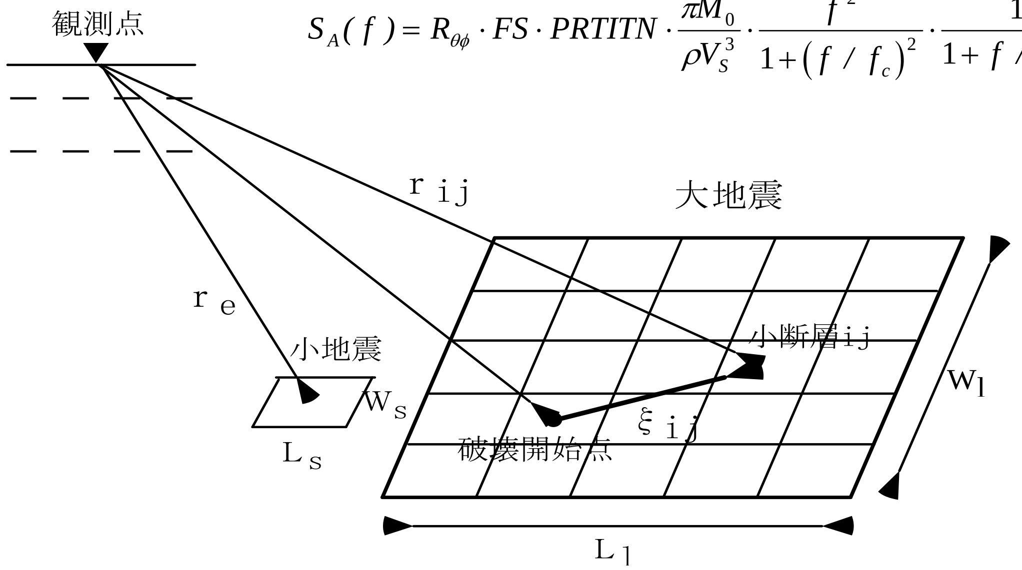
2－2 工学的基盤地震動算定（統計的グリーン関数法）

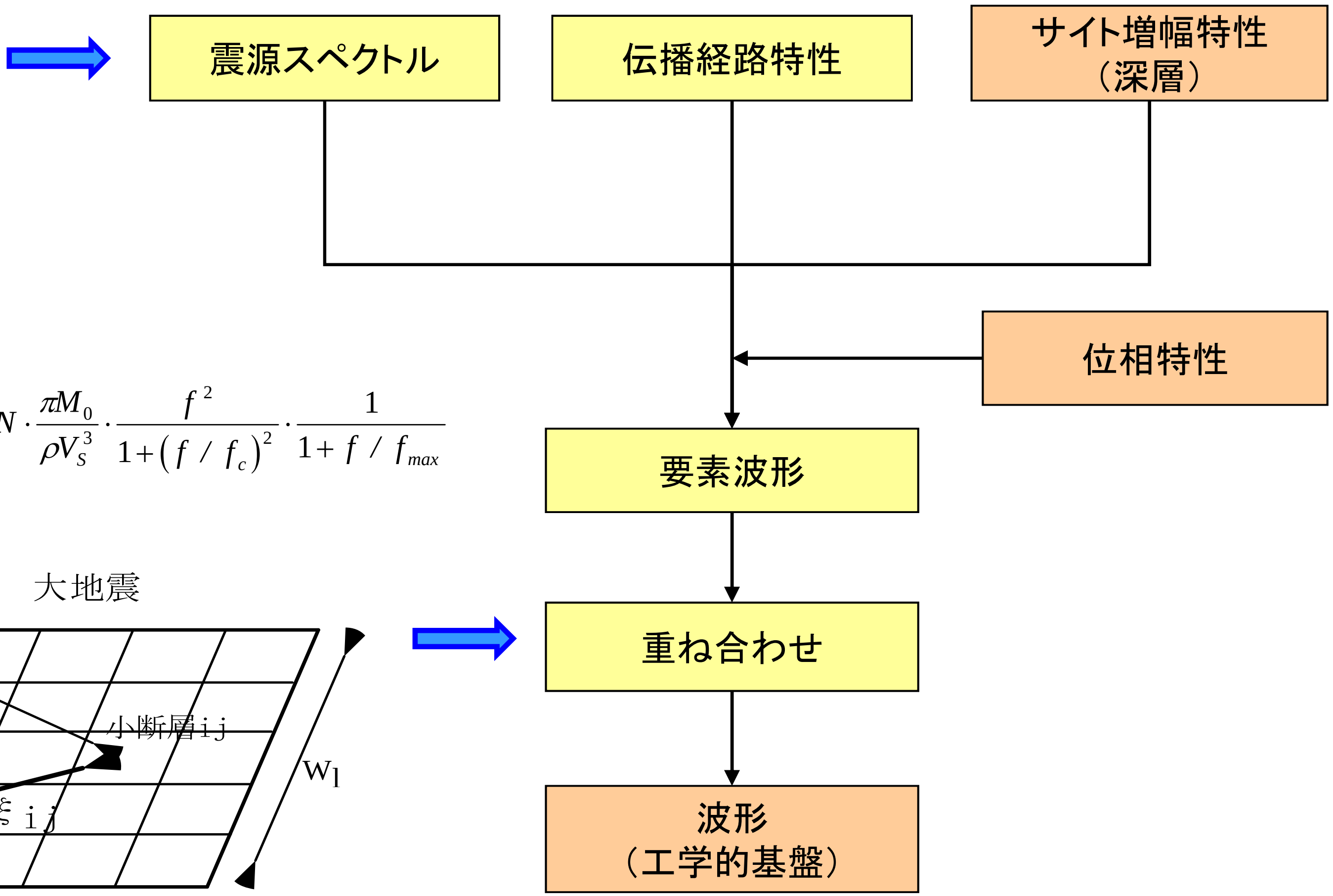
統計的グリーン関数法を採用

内閣府中央防災会議、地震調査研究推進本部など、多く利用されている。



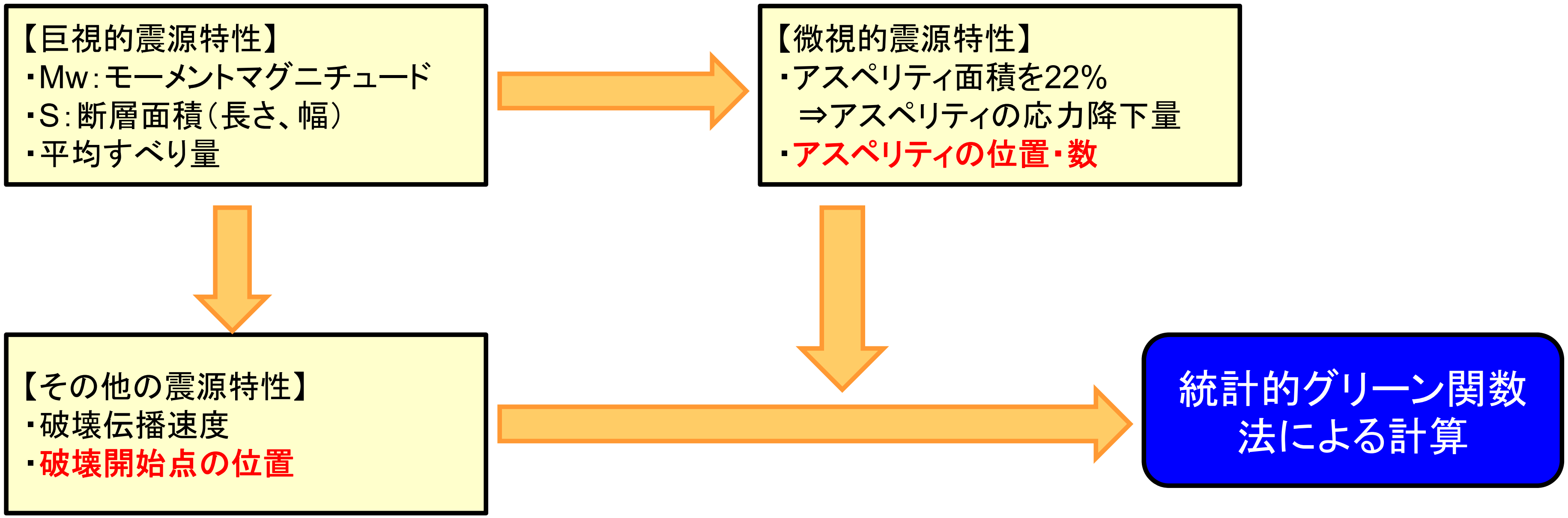
$$S_A(f) = R_{\theta\phi} \cdot FS \cdot PRTITN \cdot \frac{\pi M_0}{\rho V_S^3} \cdot \frac{f^2}{1+\left(f/f_c\right)^2} \cdot \frac{1}{1+f/f_{max}}$$





2－3　震源パラメータの設定

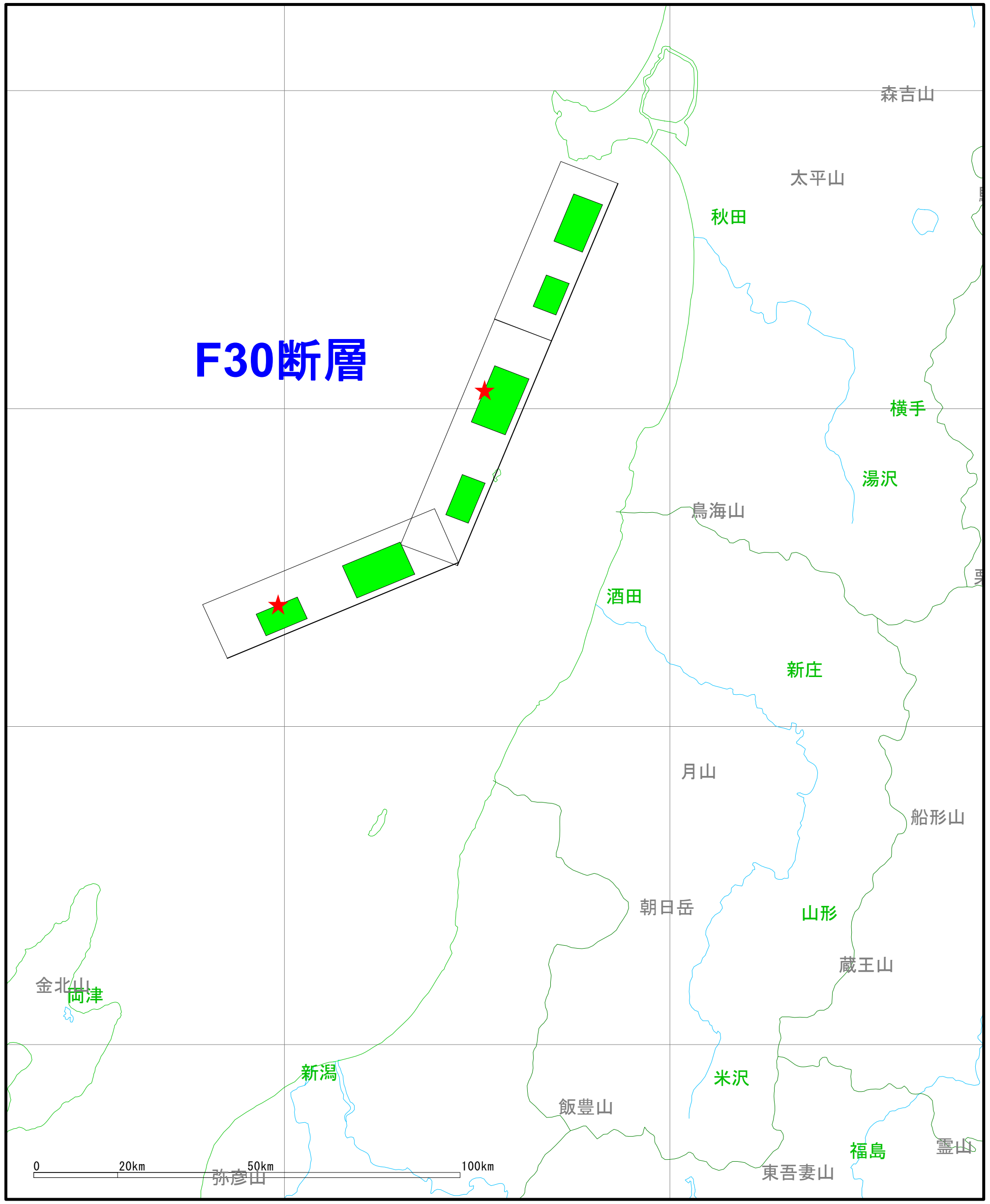
○巨視的震源特性は、「日本海における大規模地震に関する調査検討会」による設定を用いる。
○ 地震調査研究推進本部による「強震動予測のレシピ」（手順書）に基づき、震源パラメータを順次決定する。
（特性化震源モデルの考え方により、強震動生成域（アスペリティ）を設定する）
○強震動生成域と破壊開始点の位置については、一義的に決まらないので、全国地震動予測地図（地震調査研究推進本部）の事例に倣って、それぞれ2通りの計4ケースで算出する。
○被害想定に用いる地震動としては、各メッシュで最大となるケースの震度を用いる。

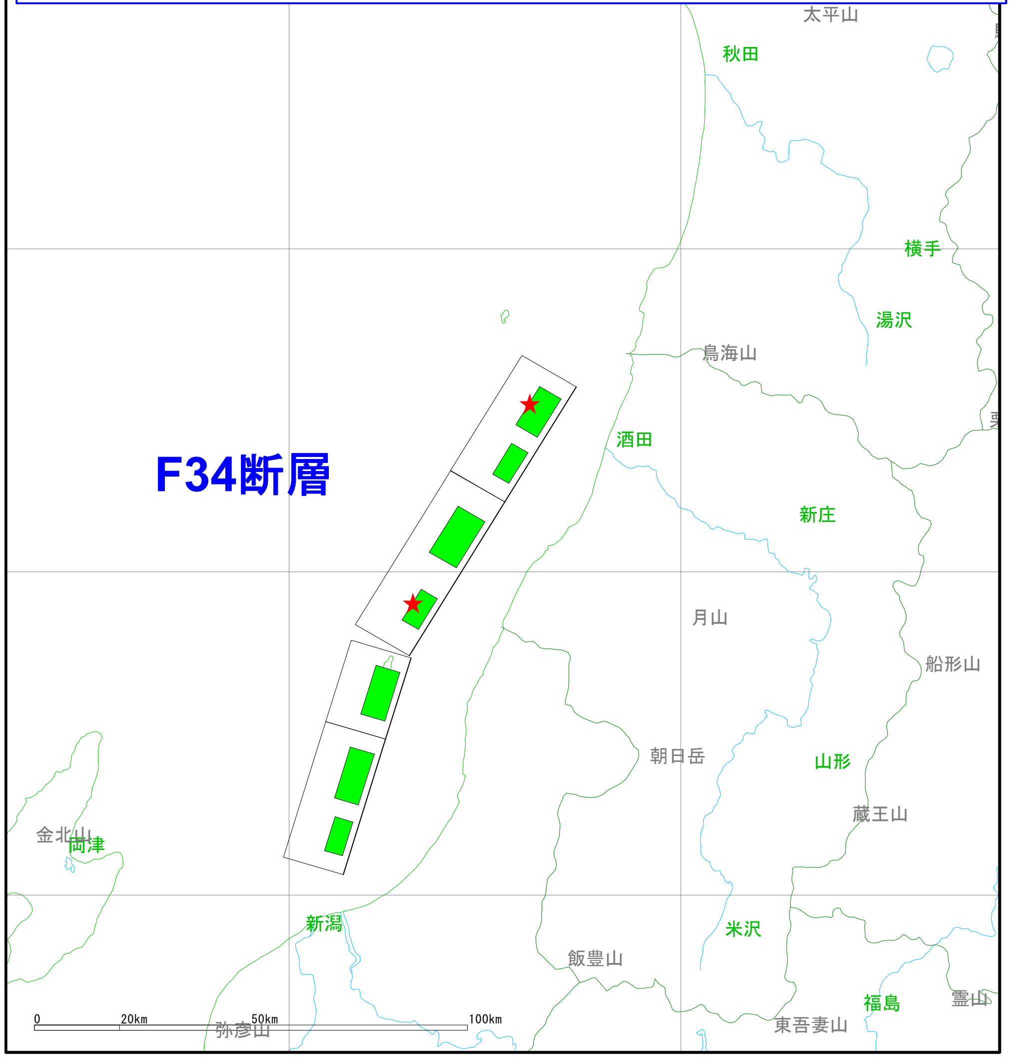


断層モデルの計算条件

補足

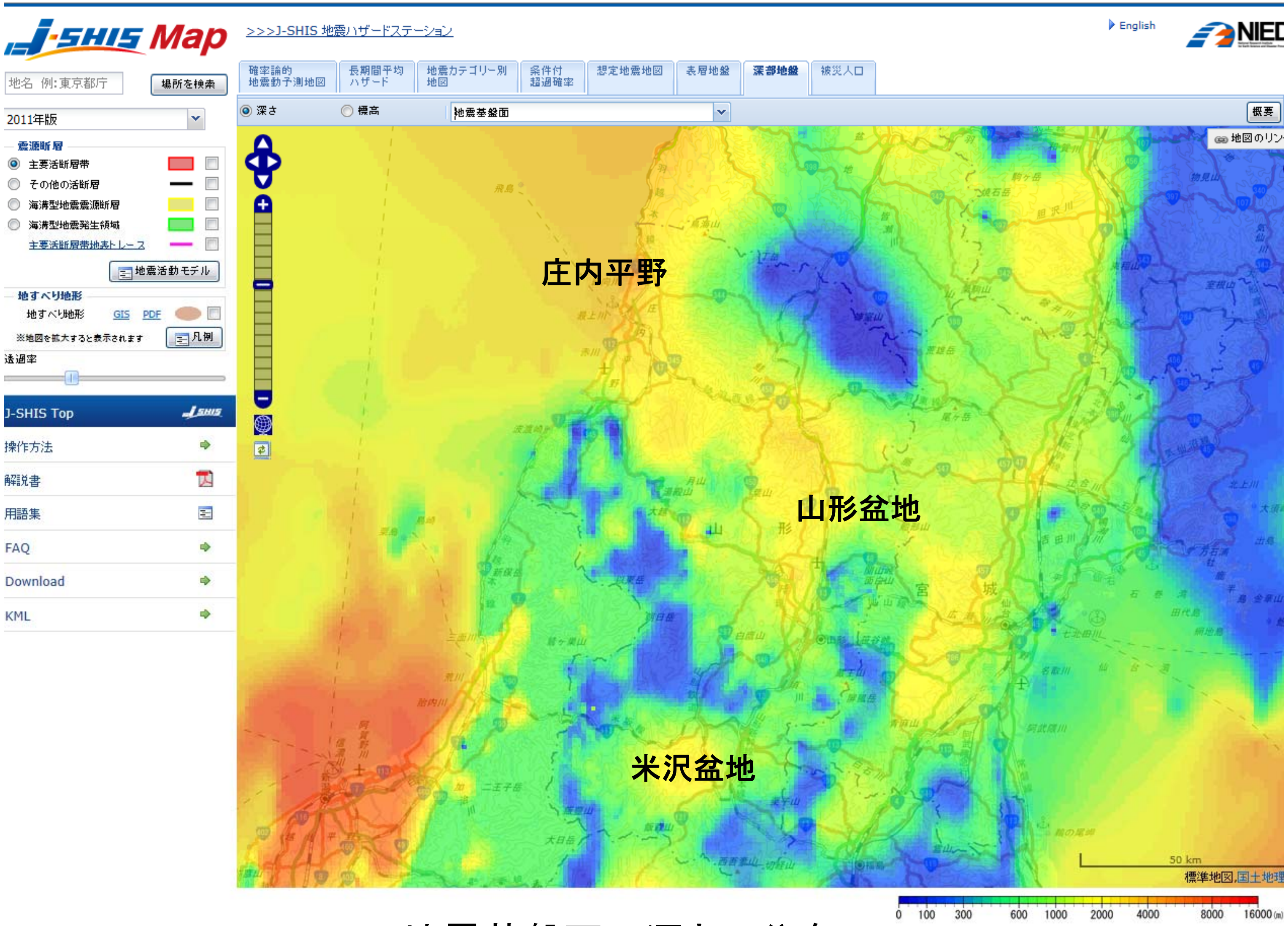
■：強震動生成域
（アスペリティ）
★：破壊開始点（震源）
強震動生成域の大小を入れ替えたケースも行い、計4ケース





２－４　深部地盤のモデル化

地震ハザードステーション(J-SHIS)から公表されている「全国深部地盤構造モデル」を用いる。
下図のように、全国で層の深さが与えられている。平野や盆地で深くなる（明るい色で表示。）



地震基盤面の深さの分布

2－5　浅部地盤のモデル化

〇浅層地盤モデルは、下記の手順で作成する。

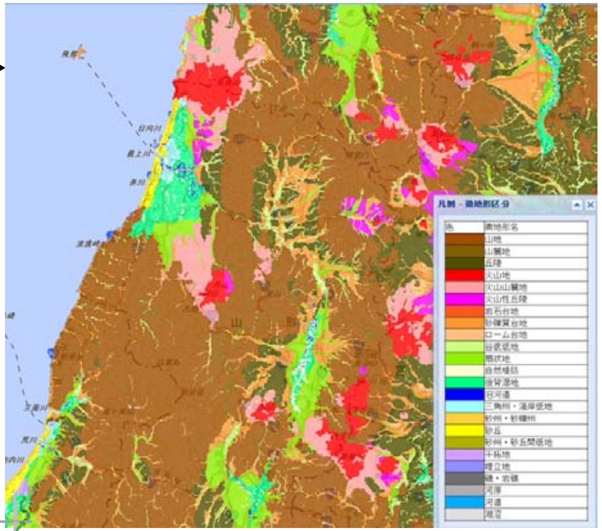
250mメッシュ地形分類データ
（地震ハザードステーション：全国統一基準で作成）

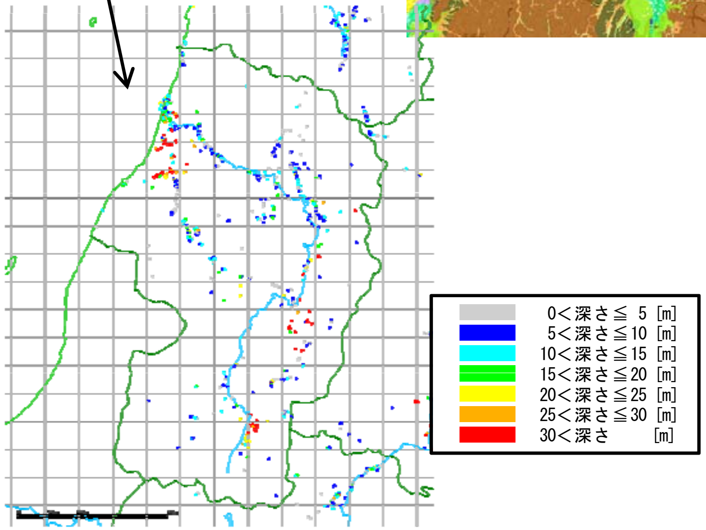
土地分類基本調査での地質分類、表層地質等

山形県内のボーリングデータ
（約3,000点）

モデル分類（50~100種類）
土質（粘土・砂等）・層厚

【各層の物性】
・S波速度、動的変形特性等（地震応答解析）
・平均N値、平均粒径、細粒分含有率





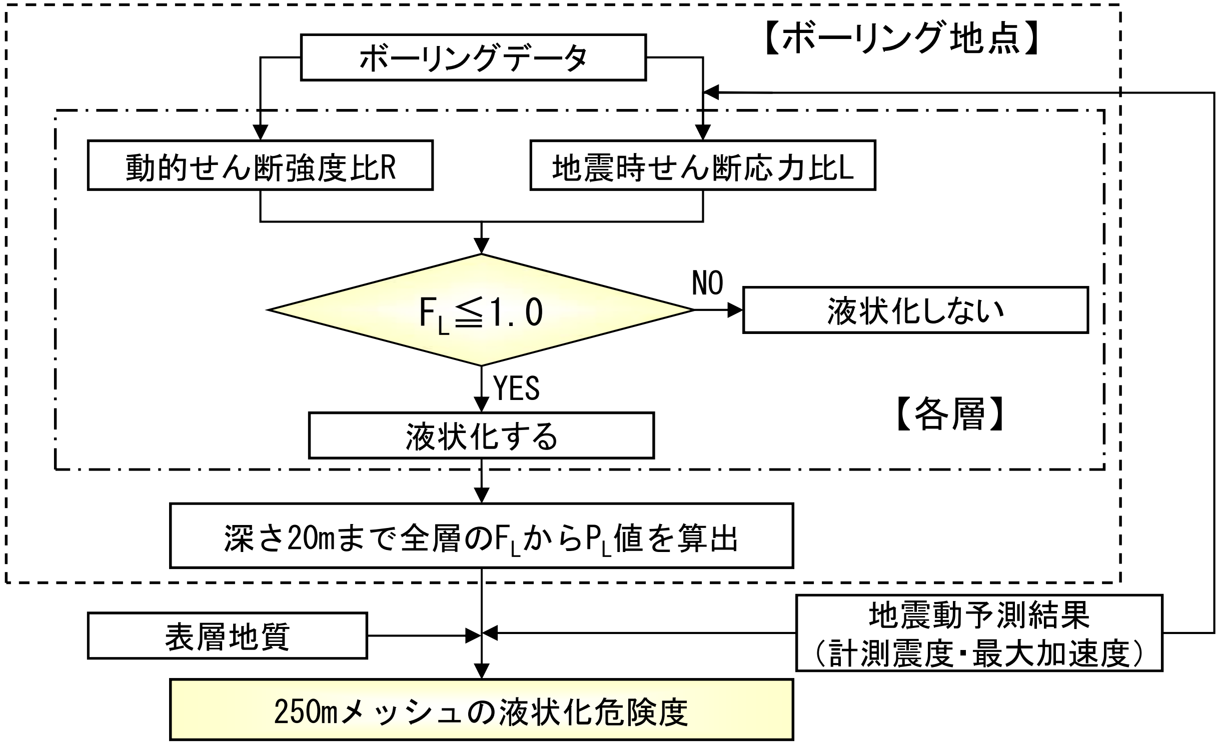
2－6　液状化危険度の予測手法

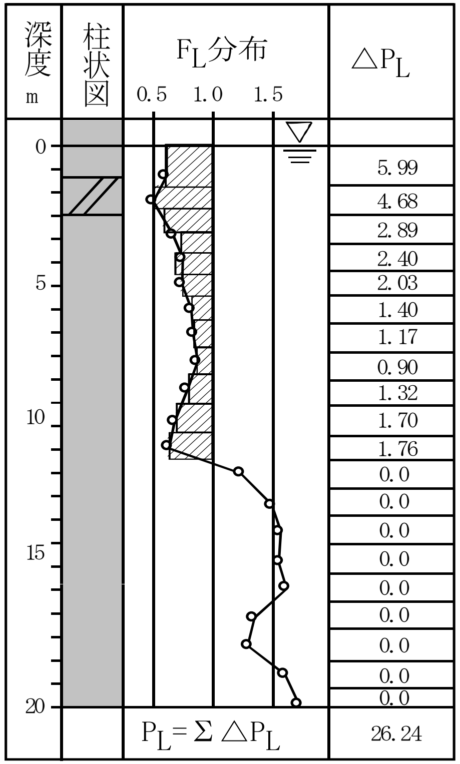
広く用いられている液状化指数(P_L値)により、液状化危険度を予測する。

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

$$F_L = \frac{R}{L} \quad \cdots \quad \begin{cases} F_L \leq 1.0\text{: 液状化すると判定} \\ F_L > 1.0\text{: 液状化しないと判定} \end{cases}$$

R:動的せん断強度比
L:地震時せん断応力比

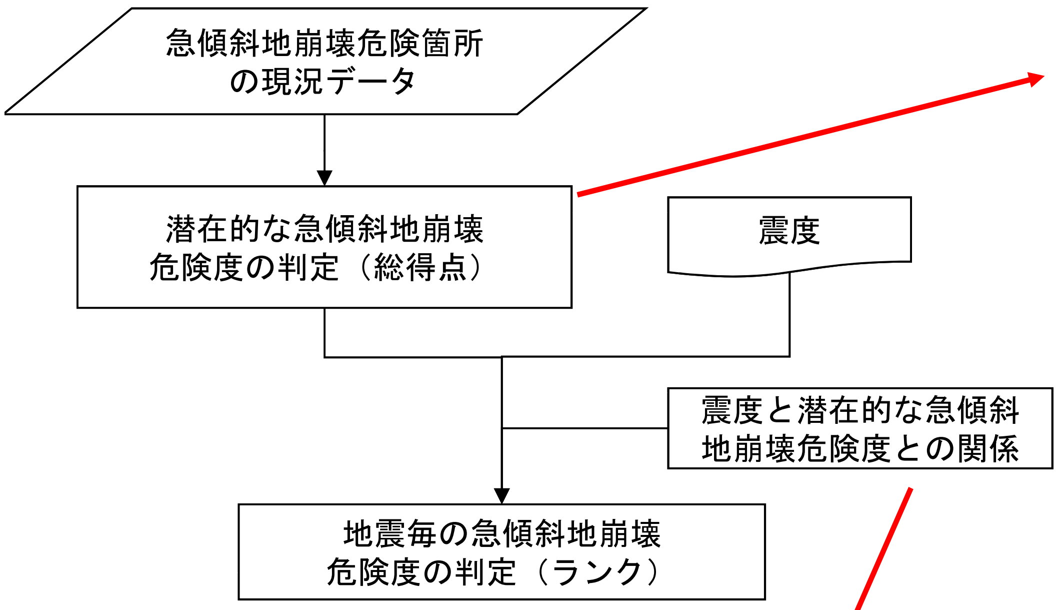




ボーリングデータの数は十分とは言えないので、地盤モデルによる値とボーリングデータによる値を距離の重みで統合する(岡山県、徳島県で採用)

2－7　急傾斜地崩壊危険度の予測方法

広く用いられている急傾斜地震災対策危険度判定に基づく方法を用いる。



大項目	データ項目	小項目	点数
①斜面高(H) [m]	斜面の高さ(H) [m]	50≦H	10
		30≦H＜50	8
		10≦H＜30	7
		H＜10	3
②傾斜勾配(α) [°]	傾斜度(α) [°]	59≦α	7
		45≦α＜59	4
		α＜45	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、浮石が点在する	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	2
		無	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

震度階	急傾斜地崩壊危険箇所の潜在危険度ランク		
	a	b	c
震度6強以上	A	A	A
震度6弱	A	A	B
震度5強	A	B	C
震度5弱	B	C	C
震度4以下	C	C	C

潜在危険度ランク	a	b	c
①～⑦の点数の合計値	24点以上	14～23点	13点以下

3－1　建物被害・人的被害の予測手法の概要

中央防災会議等に基づき、次の被害要因について算出する。算定においては、寒冷地である山形県の特性（冬期間の積雪及び路面凍結、沿岸部の強風）を踏まえる。

被害要因	建物被害算出方法	人的被害算出方法
揺れ	• 計測震度と構造・年代別の被害率の関係（中央防災会議2012）から全壊棟数、半壊棟数を算出する。寒冷地特性考慮。	• 建物全半壊棟数における人的被害率と人口データから、死傷者数を算出する（中央防災会議2012）。
液状化	• 液状化危険度（PL値）と被害率の関係（横浜市2012）から全壊棟数、大規模半壊棟数、半壊棟数を算出する。	ー （液状化では亡くならない）
急傾斜地	• 震度階と急傾斜地危険度ランクによる被害率の関係（中央防災会議2012）から全壊棟数、半壊棟数を算出する。	• 建物全壊棟数における人的被害率と人口データから、死傷者数を算出する（中央防災会議2012）。
津波	• 津波浸水深と被害率の関係（中央防災会議2012）から全壊棟数、半壊棟数を算出する。	• 避難行動と避難完了率、浸水深と被害率の関係から算出（中央防災会議2012）。夏季の海水浴客も考慮。
火災	• 季節・時間帯別の震度階・建物用途と出火率の関係（中央防災会議2012）から全出火件数を算出する。 • 初期消火を踏まえた炎上出火件数を算出する。 • 延焼速度式（消防運用と火災周長を考慮）により焼失棟数を算出する（中央防災会議2007）。	• 3つの要因による死傷者数を建物被害から算出する（中央防災会議2012）。 ①出火家屋内からの逃げ遅れ ②家屋内の救出困難者 ③延焼拡大時の逃げ惑い

（注）以降、次のとおり読み替える。
中部圏・近畿圏の内陸地震に係る被害想定手法について：中央防災会議(2007)
南海トラフ巨大地震の被害想定について（第一次報告）、建物被害・人的被害の想定項目及び手法の概要：中央防災会議(2012)
南海トラフ巨大地震の被害想定について（第二次報告）、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～：中央防災会議(2013)

３－２　揺れによる建物被害(寒冷地特性を考慮)の予測手法

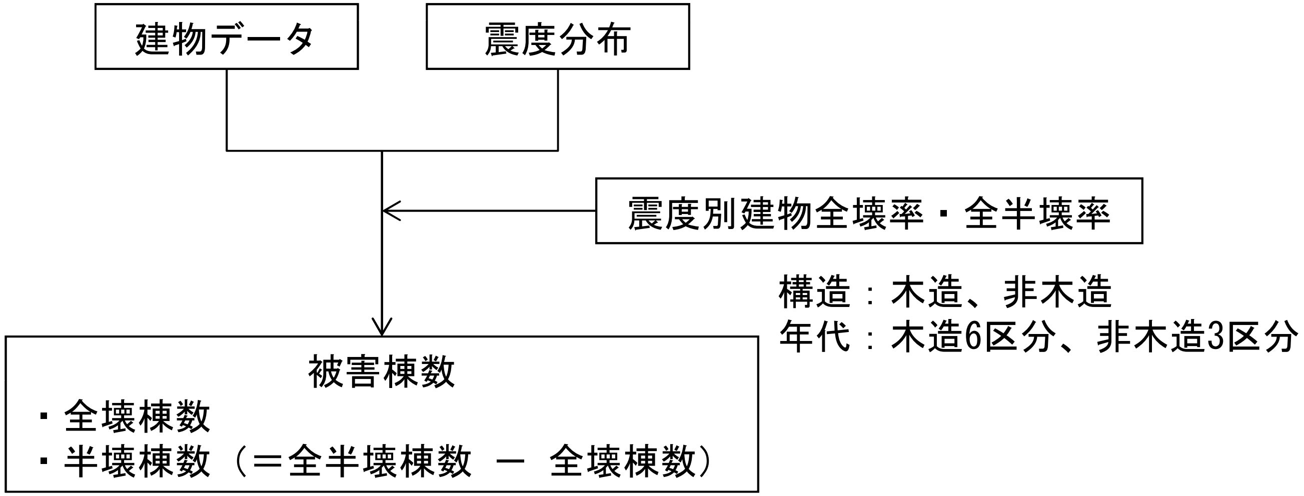
〇建物の構造区分（木造･非木造）と建築年代に応じた震度と建物被害率の関係が用いられることが多く（下図）、この考え方を用いる。

〇中央防災会議(2012)では、木造の年代区分を6に増やすなど最新の知見を反映している。

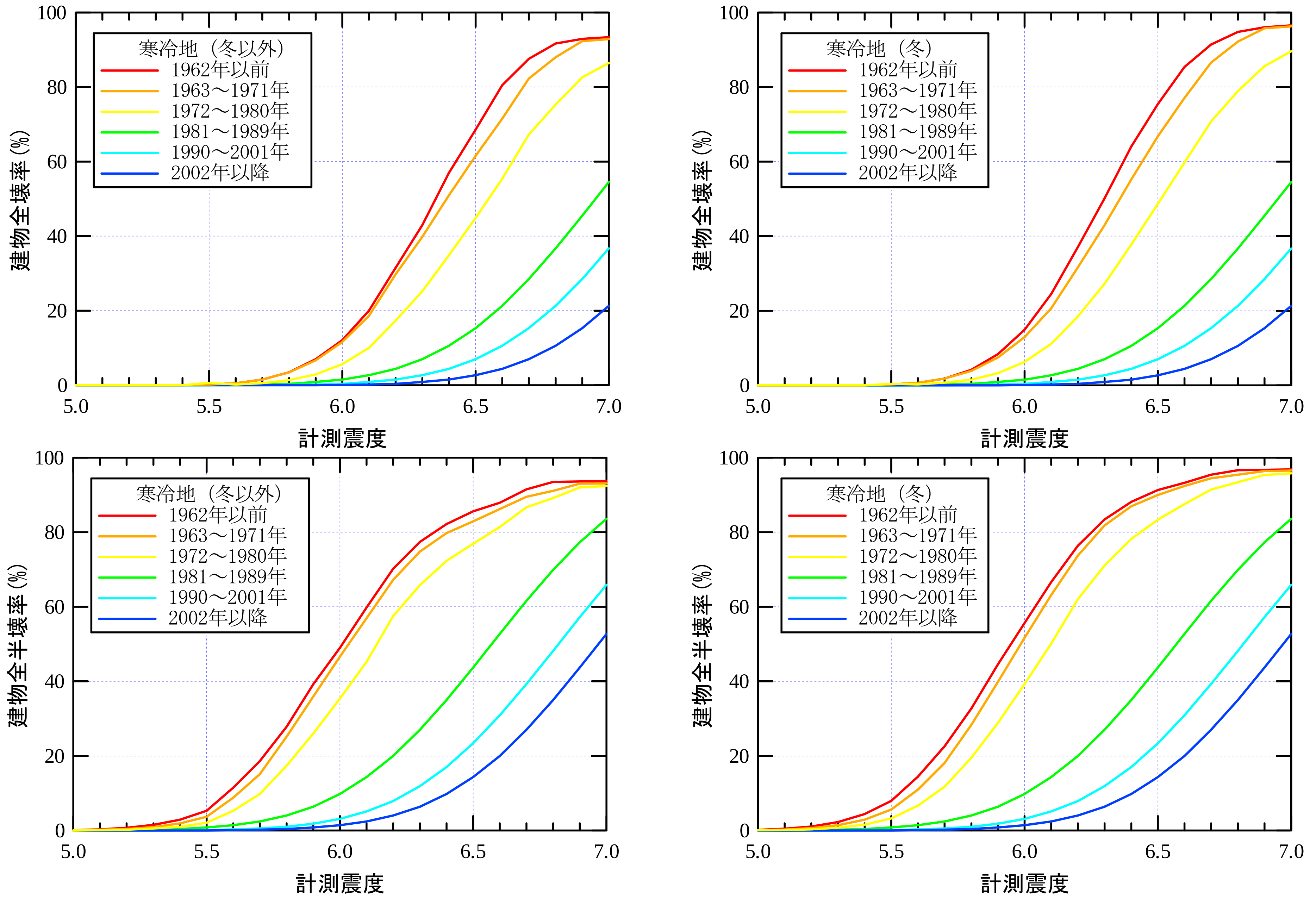
〇山形県では、中央防災会議「日本海溝･千島海溝周辺海溝型地震に関する専門調査会」（2006年1月公表）で検討しているような寒冷地モデルを導入するのが適切と考えられる。

↓

〇中央防災会議(2012)に、中央防災会議(2006)の寒冷地モデルを導入した建物被害率を構築し、これを適用する。



中央防災会議(2012)に寒冷地モデルを適用したモデル

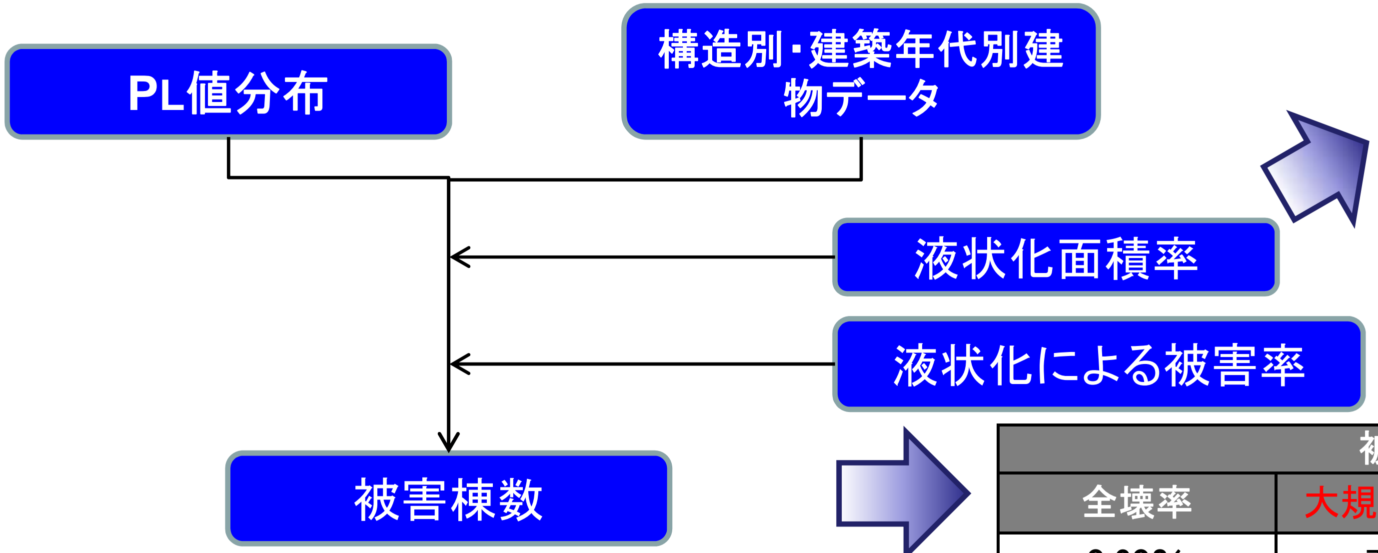


3－3　液状化による建物被害の予測手法

東京都（2012）をベースに0<PL≦5の液状化面積率を見直した横浜市（2012）の手法を用いる。

- 従来のPL値に基づく方法を用いる（中央防災会議(2012)は沈下量に基づく式を提案しているが、震災後に設けられた大規模半壊の区分に対応しておらず、検証資料も示されていない）。
- 東京都(2012)では、0＜PL≦5で面積率7%、被害率を適用していた。横浜市(2012)は、この範囲での液状化の発生は稀であり、かつ建物被害は軽微なものにとどまっていることから、面積率を2%（従来値）、建物被害は考慮しないと見直している。

（被害棟数）＝（建物棟数）×（液状化面積率）×（液状化による被害率）



区分	面積率
15＜PL	65%
5＜PL≦15	18%
0＜PL≦5	2%

被害率		
全壊率	大規模半壊率	半壊率
0.60%	7.96%	14.38%

液状化による建物被害の算出フロー

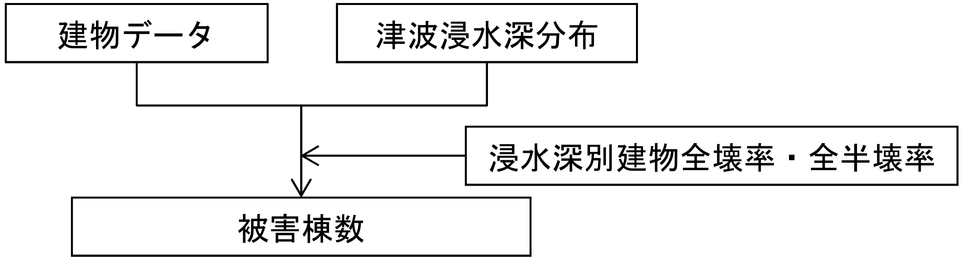
0＜PL≦5では、被害率0%

杭を有する非木造建物の被害率は0%とする。
4階以上の建物すべてと昭和55年以降の1～3階の20%を「杭有り」と仮定。

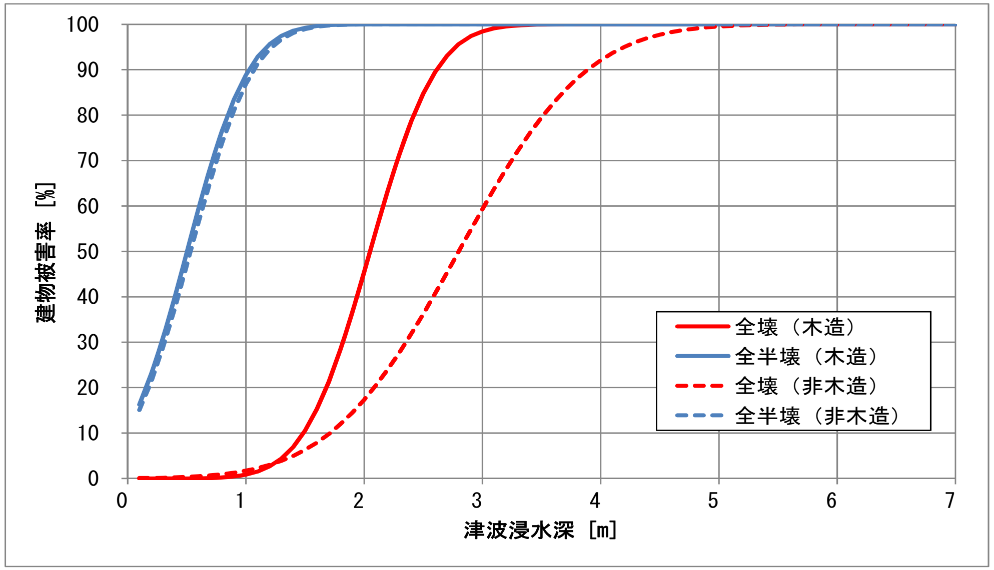
3－4　津波による建物被害の予測手法

中央防災会議 (2012)による浸水深と建物被害率の関係を用いる。

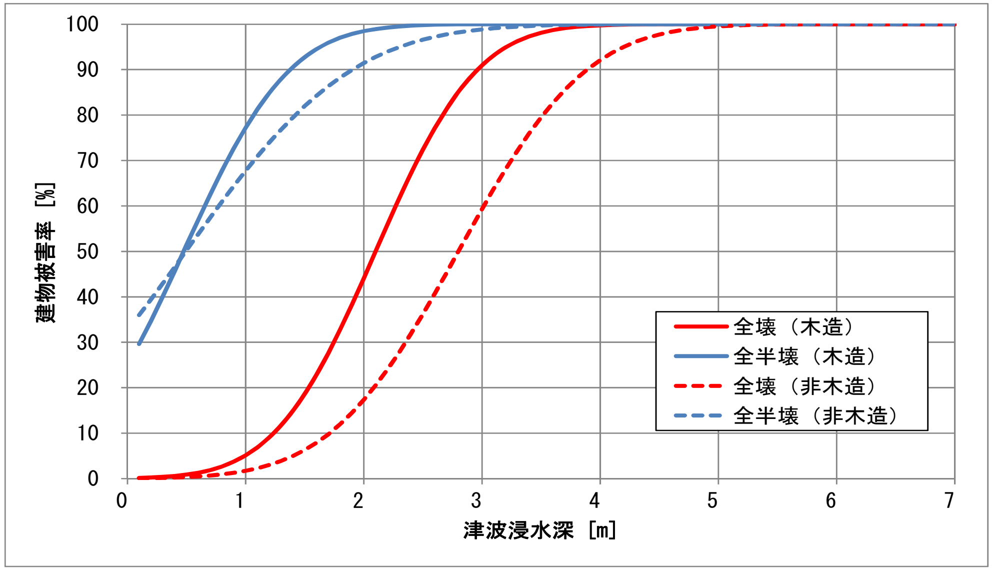
- この被害率は、「東日本大震災による被災現況調査結果について（第1次報告）」（国土交通省、平成23年8月4日）を踏まえている。



地区：人口集中地区、人口集中地区以外
構造：木造、非木造



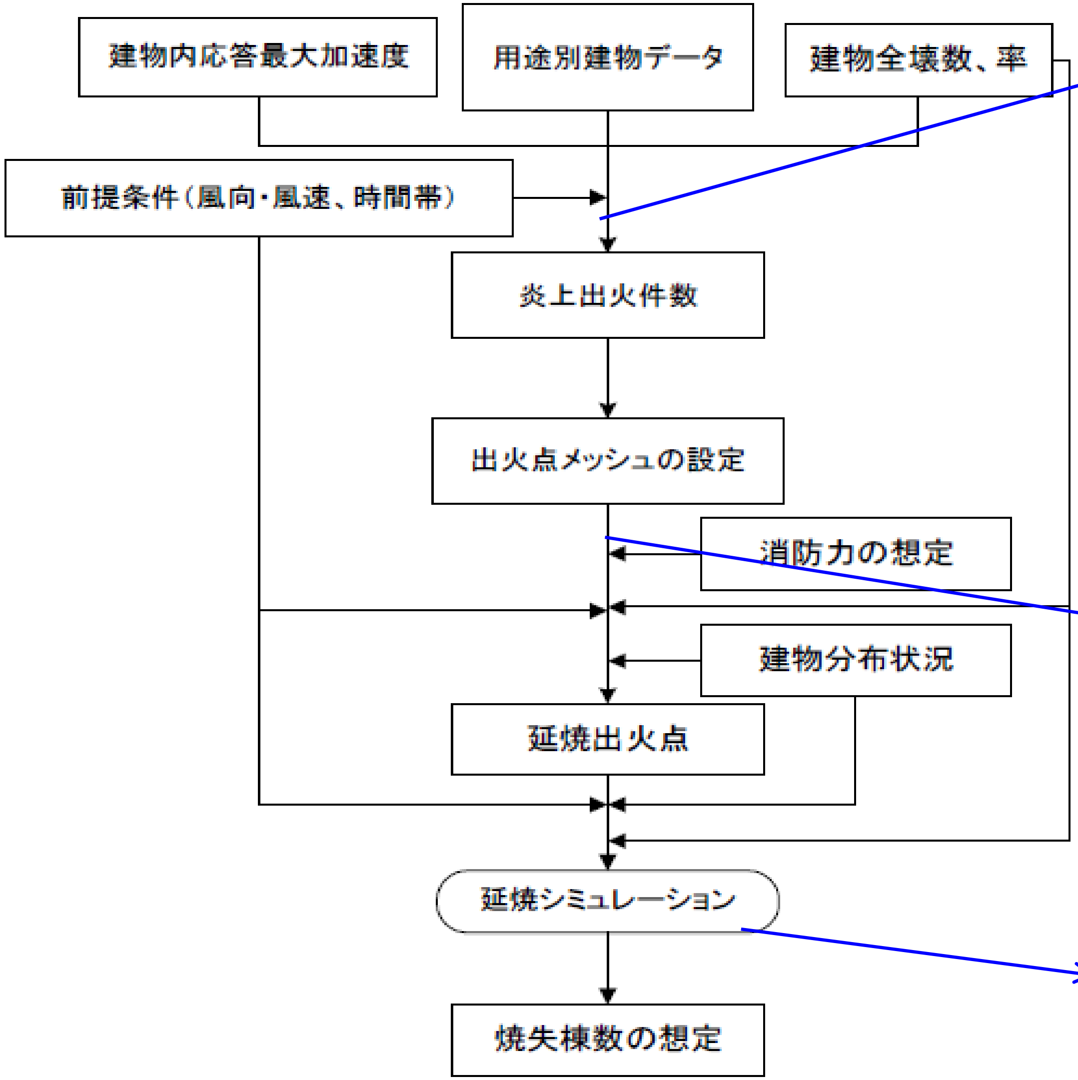
人口集中地区



人口集中地区以外

人口集中地区では木造住宅が多く、押し流されてきた家屋によって次々と壊れるので、建物が少ない地区に比べて被害率が高くなる。

３－５　火災延焼による建物被害の予測方法（全体フロー：延焼速度式）

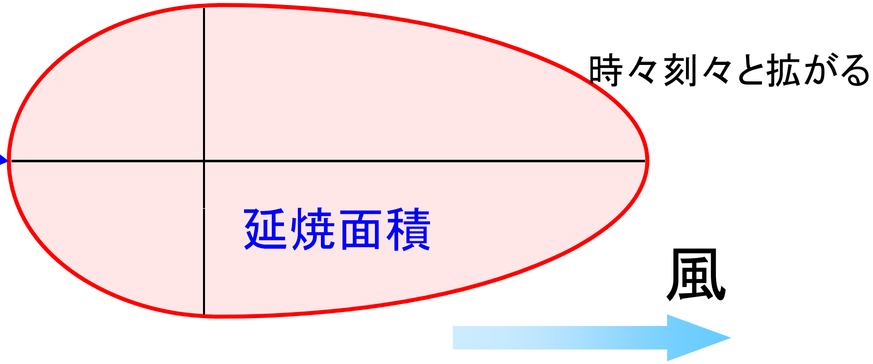


季節・時間、建物用途、揺れ別の出火率

冬深夜					
建物用途	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					
建物用途	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					
建物用途	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%

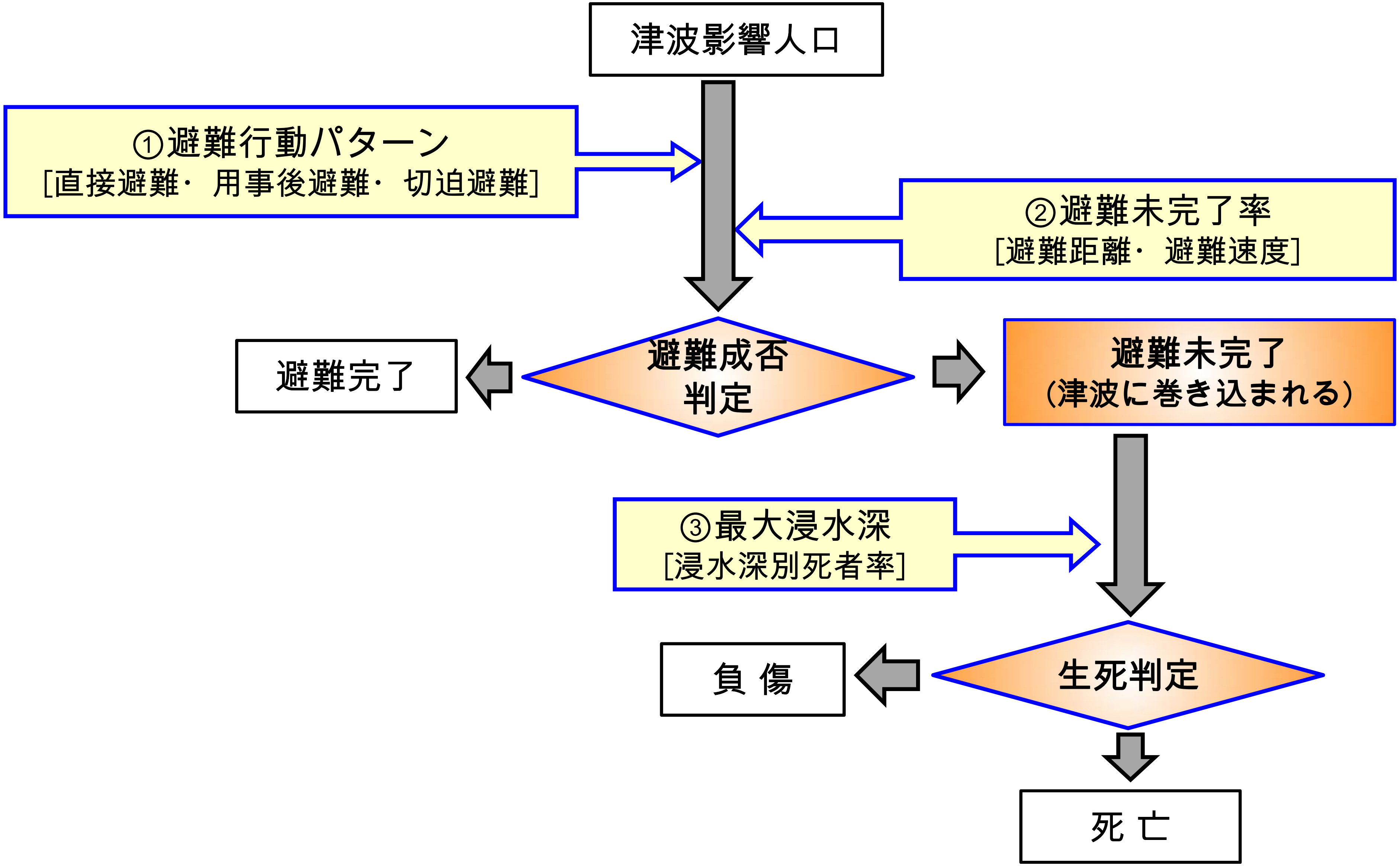
住民による初期消火

震度	6弱以下	6強	7
初期消火成功率	67%	30%	15%



３－６ 津波による人的被害推定の予測手法(全体フロー)

中央防災会議(2012)に基づき、下記のフローにより推定



3－7　津波による人的被害の計算条件

①避難行動パターン

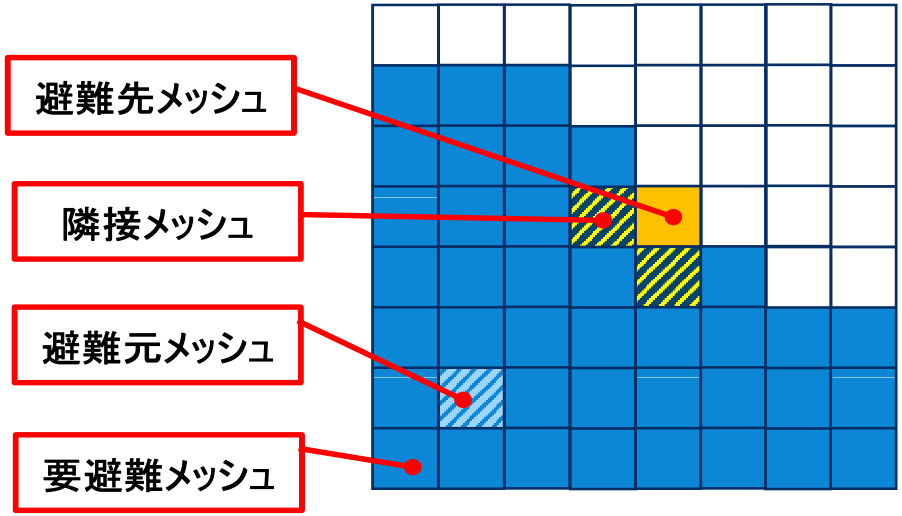
○現状としては、「意識が低いケース」で算出（今後の減災効果算定のため「意識が高いケース」でも算出）

	直接避難	用事後避難	切迫避難
意識が高いケース（中央防災会議） 早期避難率高＋呼びかけ	70%	30%	0%
意識が低いケース（中央防災会議） 早期避難率低	20%	50%	30%
避難開始時刻	5分後	15分後	当該メッシュに津波が到達した時刻

○夜間の場合、避難開始時刻を5分遅くする。

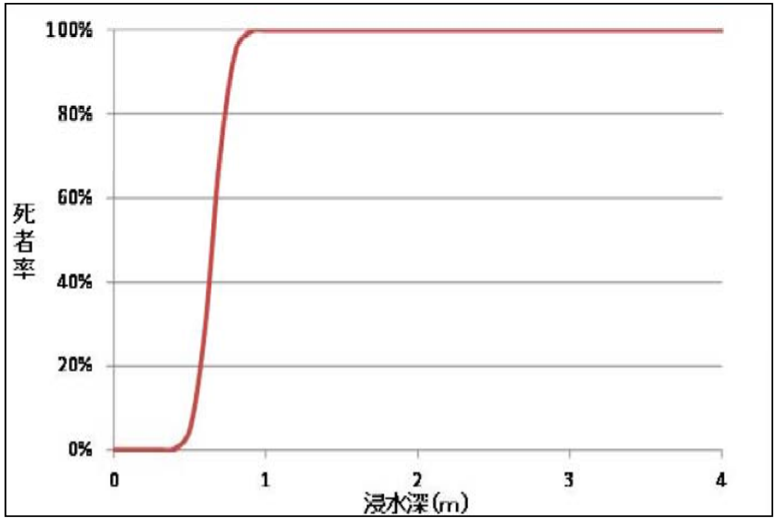
②避難（未完了）率

○避難先メッシュに津波とどちらが先に到達するかを判定



③浸水深別死者率

○中央防災会議（2012）による、浸水深に対する死者率を用いる。



避難速度と高齢者の扱い

補足

■中央防災会議(2012) の方法

○全員2.65km/hで計算した後に、死者数を年齢構成に応じて補正する。

⇒年齢に応じて速度を変える方が正確であり、震災の実績数値と言いながら、諸々の状況をひとまとめにした値でもある。

【今回の計算条件】

下表のように、年齢に応じて避難速度を設定する。

- 既往のシミュレーション(研究事例)を参考に、避難速度を設定。
- 冬の深夜は凍結の影響などで遅くなると考えられるので、中央防災会議(2006)を参考に50%の速度とする。

年齢	夏12時、冬18時	冬深夜
64歳以下	90m/分	45m/分
65歳以上	60m/分	30m/分

※60m/分=3.6km/h

4－1　ライフライン被害の予測

地震動・地盤災害の予測及び津波浸水想定結果から、次の小項目について算出する。

小項目	手法出典	算出方法
上水道	中央防災会議2013	• 最大速度と管路被害率の関係式、補正係数（管種、口径、地形、液状化）から被害箇所数を算出 • 被害率と断水率の関係式から断水人口を算出
下水道	中央防災会議2013	• 震度階、液状化危険度と被害率の関係から、被害延長を算出 • 被害率から機能支障人口を算出
電力	中央防災会議2013	• 震度階と揺れによる電柱折損率から被害本数を算出 • 火災延焼に伴う電柱被害本数を算出 • 電柱被害本数から停電軒数を算出
通信	中央防災会議2013	• 震度階と揺れによる電柱折損率から被害本数を算出 • 火災延焼に伴う電柱被害本数を算出 • 電柱被害本数から不通回線数を算出
都市ガス	中央防災会議2013	• SI値に基づく供給停止判断に基づき、供給停止需要家件数を想定
復旧	中央防災会議（近畿圏：2007）	• それぞれの復旧班数と1日1班当たりの復旧能力から算定する（具体的にはそれぞれ事業者と相談）

4－2　交通施設被害の予測

地震動・地盤災害の予測及び津波浸水想定結果から、次の小項目について算出する。

小項目	手法出典	算出方法
道路	中央防災会議2013	• 緊急輸送道路を対象に、震度階と被害率の関係から被害箇所を算出
道路橋梁 道路法面・盛土	中央防災会議（近畿圏2007）	• 緊急輸送道路上の橋梁を対象に、震度階と橋脚被害率の関係から被害箇所数を算出 • 防災点検結果と震度階から危険度ランクを算出 • 個別施設の対策状況や揺れの大きさを反映
道路閉塞	中央防災会議2013	• 幅員13m未満の道路を対象に、幅員別の道路リンク閉塞率をメッシュ毎に算出
鉄道	中央防災会議2013	• 震度階と被害率の関係から被害箇所数を算出
港湾	中央防災会議2013	• 地震動と被害率の関係から、岸壁被害数を算出 • 津波浸水深から防波堤被害を算出
空港	中央防災会議2013	• 定性的に記述

4－3 生活への影響等の予測

揺れや津波による物的被害から、次の小項目について算出する。

小項目	手法出典	算出方法
避難者数	中央防災会議 2013	• 建物被害とライフライン被害から避難者数を算出
帰宅困難者数	中央防災会議 2013	• 自宅までの距離と帰宅困難率から帰宅困難者数を算出
物資不足量	中央防災会議 2013	• 避難者数と備蓄量から飲料水、食料等の不足量を算出
医療機能支障	中央防災会議 2013	• 重傷者数と空床数等から要転院患者数や医療従事者不足数を算出
災害廃棄物量	中央防災会議 2013	• 建物被害棟数と津波堆積物量から災害廃棄物量を算出
直接経済被害額	中央防災会議 2013	• 建物、交通施設、ライフライン施設の被害から、その復旧費用として算出

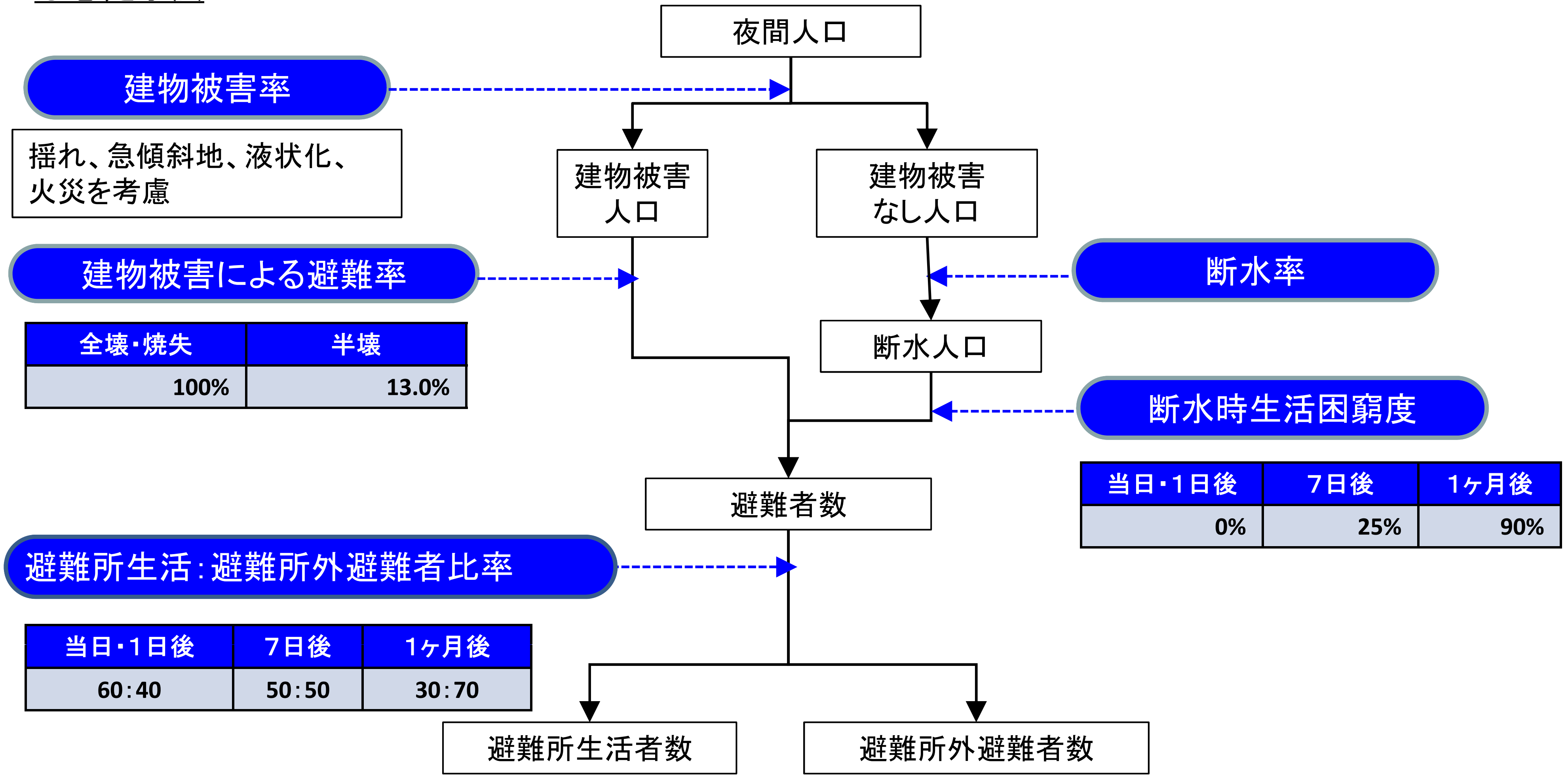
避難者数の予測方法

補足

○基本的な考え方

- 中央防災会議(2013)の方法を用いる。
- 住宅半壊による避難者の避難率は、東日本大震災での実態に基づき、内閣府が設定した値である。
- 避難所避難者と避難所外避難者の比率、断水時生活困窮度は、阪神・淡路大震災での実績に基づき、中央防災会議が設定した値である。

○想定手法



建物被害による避難率

全壊・焼失	半壊
100%	13.0%

断水時生活困窮度

当日・1日後	7日後	1ヶ月後
0%	25%	90%

避難所生活：避難所外避難者比率

当日・1日後	7日後	1ヶ月後
60：40	50：50	30：70