

L 1 地震による液状化及び土砂災害の検討結果

1 液状化

液状化の想定条件

L1地震の液状化想定結果

2 土砂災害

土砂災害の想定条件

L1地震の土砂災害想定結果

巻末資料

液状化現象と被害例

■液状化とは

地下水で満たされている軟弱な砂質土地盤が地震による繰返しの強い揺れを受けることで、互いに支えあっていた土の粒子がバラバラになり、地盤全体が液体のような状態になる現象。

液状化が発生すると、**噴砂の発生や建物の沈下・傾斜、地中に埋まっていたマンホール等の浮き上がり**などが生じることがある。道路への噴砂や段差が生じることで**避難時の速度の低下や地震後の復旧に影響**を及ぼす。また、傾いた建物にることによる**健康被害や土壌汚染**が発生する可能性がある。

■高知県での液状化被害

高知県では、過去の地震で液状化が生じたとされる場所が複数記録に残されている。今後発生するおそれのある南海トラフ沿いの地震による液状化のリスクを適切に評価することが防災上重要である。



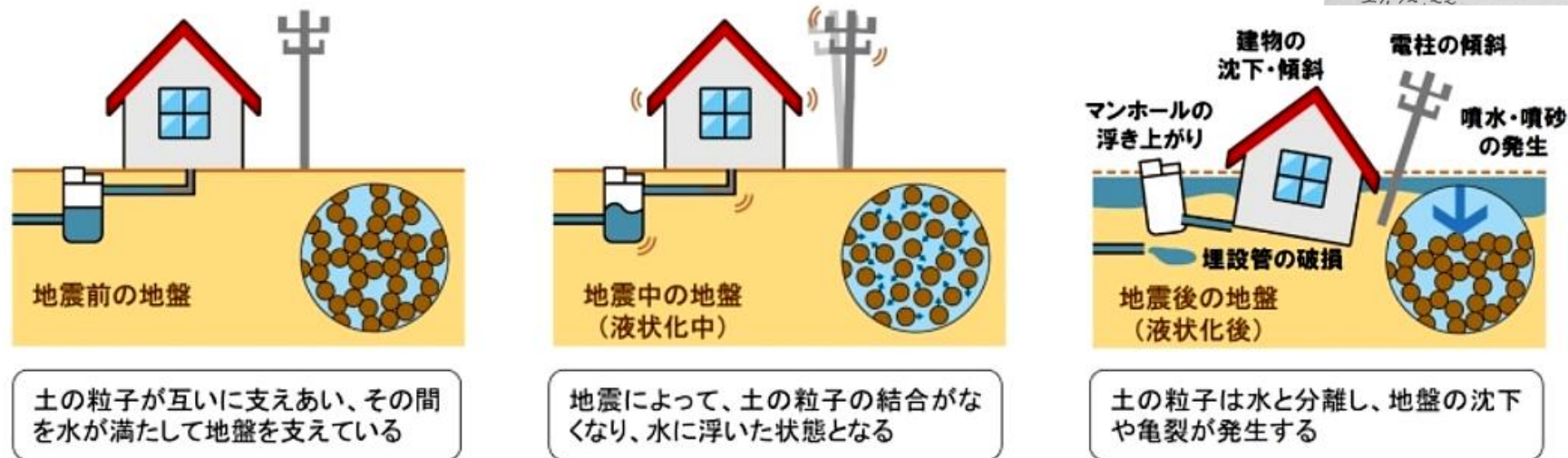
(左図)
2004年新潟県中越地震による電柱の沈下、傾斜と道路の性状

(出典：若松ら, 2004年新潟県中越地震による液状化現象と液状化発生地点の地形・地盤特徴, 土木学会論文集 C Vol.62, No.2, 263-276, 2006年)



(右図)
昭和南海地震による高知市内の液状化被害 (高知大学沢村・上田先生による)

5. 高知市江ノ口川南岸. 堤防の地割れ. 21.12.22



液状化現象と生じる被害のイメージ図

(出典：国土交通省, 液状化現象について https://www.mlit.go.jp/toshi/toshi_fr1_000010.html)

液状化の想定概要

主な目的

- ✓ 液状化によるライフラインへの被害評価、地盤沈下による全壊建物数の評価に用いる。
- ✓ 避難速度の低下や健康被害の評価に用いる。

液状化想定項目：前回調査との比較

項目	前回調査 (H24)	今回調査
液状化可能性	道路橋示方書 (2002) の手法による F_L 値、及び岩崎ら (1980) による液状化可能性指数 P_L 値	道路橋示方書 (2017) の手法による F_L 値、及び岩崎ら (1980) による液状化可能性指数* P_L 値 ※R7内閣府と同じ手法
沈下量	建築基礎構造設計指針 (2001) の手法	建築基礎構造設計指針 (2019) の手法 ※R7内閣府と同じ手法

※岩崎ら (1980)によると F_L 値を深度方向に積分した値を液状化指数 P_L 値としており、この値の大小によって危険度の大小を評価しているが、液状化現象と危険度との関連が一般に分かりにくいことから、ここでは「液状化可能性指数」と表記する

第4回までの報告事項

- 液状化の想定に必要な物性値（細粒分含有率 F_c 、補正 N 値）は前回調査（H24）と同じ方法で設定した。
- 地下水位はボーリングデータの孔内水位を整理し、微地形区分ごとに設定した。
- 地震動の継続時間に関する液状化のしやすさを示す係数 C_w について、高知県独自の設定値として $C_w=0.8$ （L2地震）を採用するものとした。
- L2地震による液状化可能性及び沈下量を想定した。

今回の報告事項

- 第4回までの設定を用いて、L1地震を対象に液状化可能性及び沈下量を想定した。

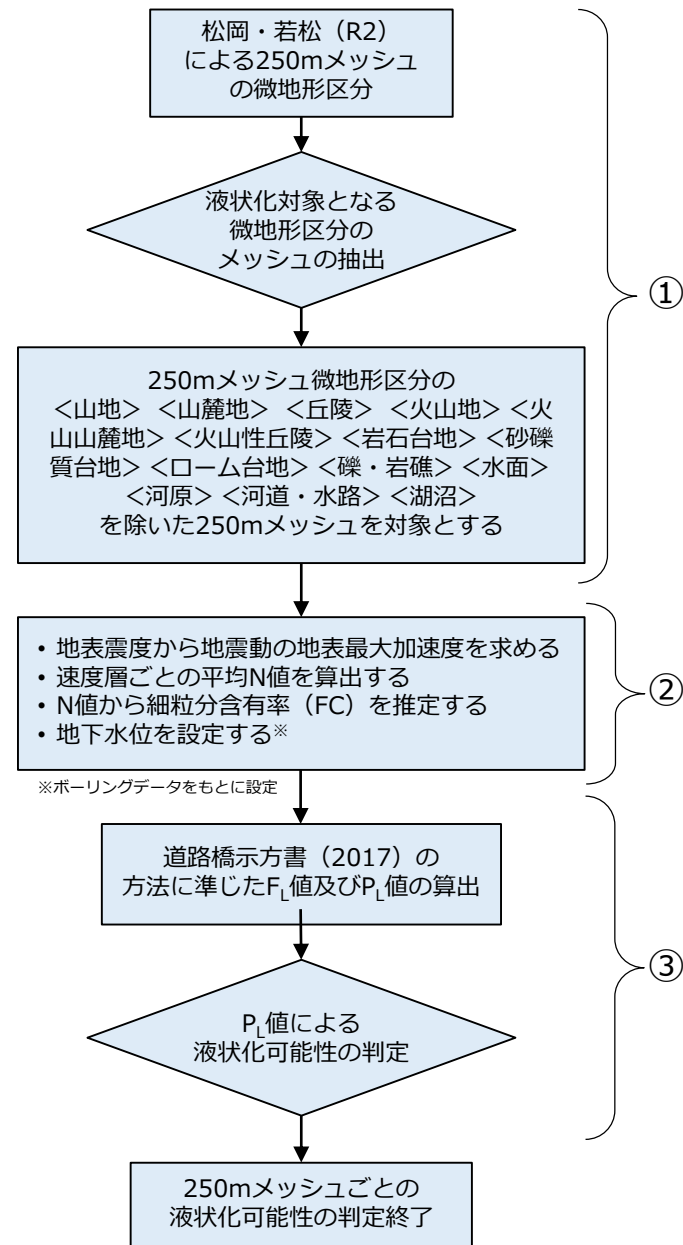
1 液状化

液状化の想定条件

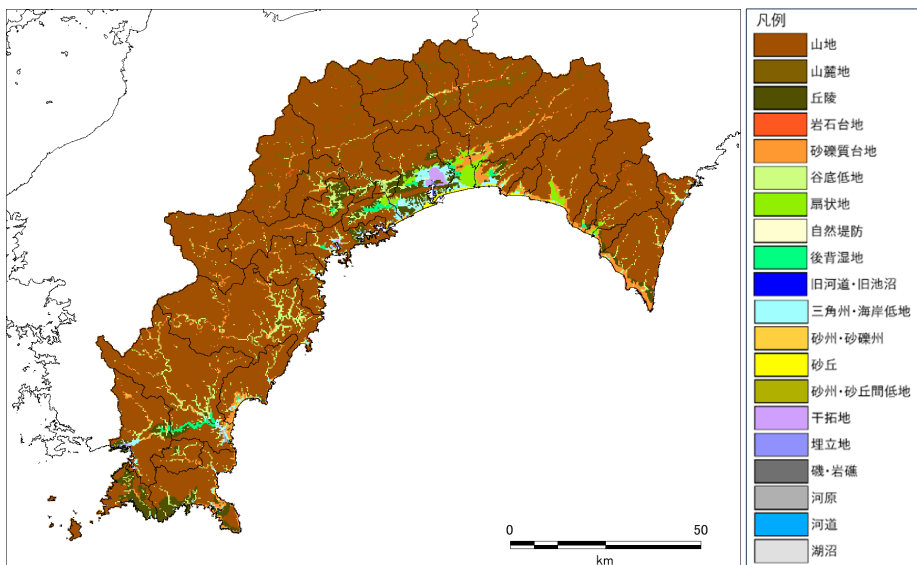
液状化可能性の想定方法

- ① 内閣府 (R7) で用いられている松岡・若松 (R2) 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メッシュを抽出する。
- ② 地震動想定結果ならびに、作成した浅部地盤モデルをもとに、液状化の可能性判定のための設定値を算定する。
 - 地表最大加速度は、地震動想定結果による地表震度から、童・山崎 (1996) による関係式を用いて算定
 - 細粒分含有率FCは、浅部地盤モデルから各S波速度層の平均N値を求め、亀井ら (2002) の方法で算定
 - 収集したボーリングデータの地下水位を整理し、微地形区分ごとに地下水位を設定
- ③ 道路橋示方書 (2017) の方法による液状化可能性指数 (P_L 値) を算定し、その値に応じた区分を用いて、地点ごとの液状化可能性を判定する。
 - 液状化可能性の区分は、岩崎ら (1980) 、内閣府 (R7) に基づき、下表に示す5つとした。

液状化可能性の算定フロー



高知県の微地形区分



液状化可能性の区分

P_L 値	液状化可能性
$15 < P_L$	大
$5 < P_L \leq 15$	中
$0 < P_L \leq 5$	小
$P_L = 0$	なし
-	対象層なし

※「対象層なし」は、液状化判定の対象となる砂質土層がない地点を指す

地震動特性による補正係数 C_w

- C_w は液状化可能性指数 (P_L 値) の算定に用いる液状化抵抗率 (F_L 値) に係る補正係数で、道路橋示方書 (2017) では、海溝型 (プレート境界型) の大地震において $C_w=1.0$ を基準としている。
- L2地震は規模が大きく、東北地方太平洋沖地震のように地震動の継続時間が非常に長くなる可能性があることから、**前回調査では個別に検討を行い、L2地震に対しては高知県の土質特性を考慮した C_w を採用した。**
- **今回調査で新たに入手した高知県の土質データをもとに追加検討を実施した結果、L2地震に対する前回調査の設定値 $C_w=0.8$ が妥当であることを確認した。**
- **以上より、今回調査でもL2地震動は $C_w=0.8$ 、L1地震動は $C_w=1.0$ として液状化の予測を行う。**

C_w の推定手順

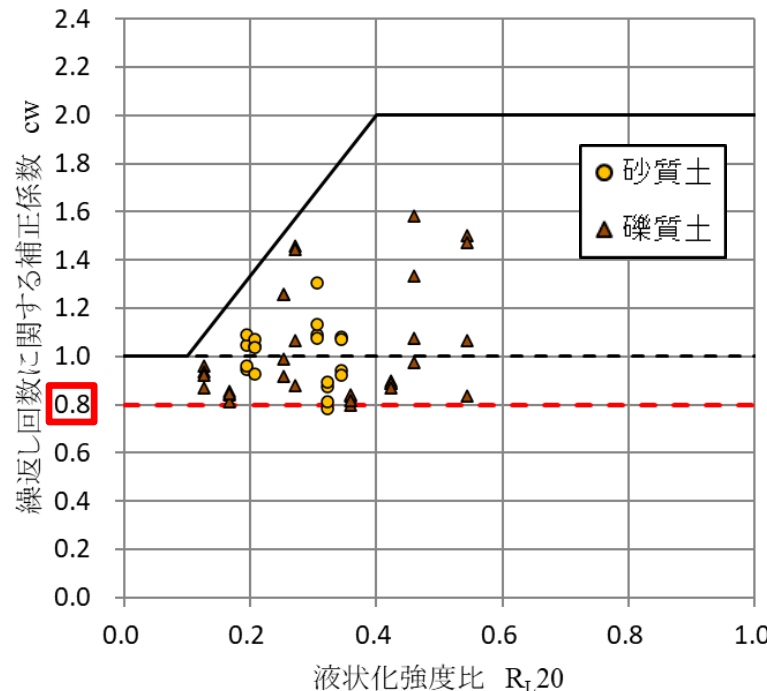
- ① 高知県の土質データ (液状化強度試験結果) の液状化強度と繰返し回数の近似曲線より係数 (b 値) を求める。
- ② L2地震動の応答計算によるせん断応力波形より、繰返し回数 n とせん断応力振幅を求める。
- ③ 上記①②及び道路橋示方書 (2017) の液状化抵抗率の算定式より、地震波荷重の不規則性に関する補正係数 C_w を推定する。

※詳細を巻末資料に掲載

推定結果

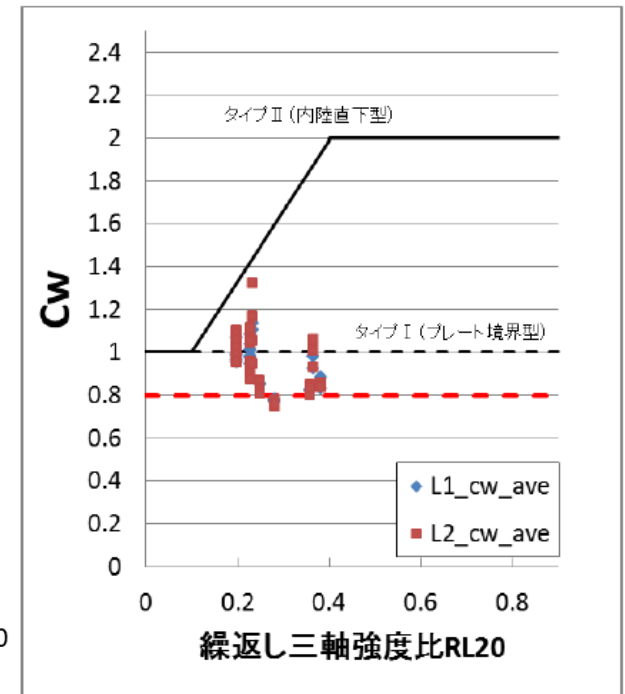
- ✓ 砂質土は、 $C_w=0.8\sim 1.3$ と算出され、前回調査の結果と概ね整合的である。
- ✓ 礫質土は、 $C_w=0.8\sim 1.6$ となり、ややばらつきが大きい。
- ➡ 下限値である $C_w=0.8$ をL2地震動の採用値とする。
- ➡ L1地震はL2と比較して継続時間が短く、その影響が少なくなることから、基準とされる $C_w=1.0$ を採用する。

今回調査



今回収集したデータで検討した地震動特性による補正係数 C_w と繰返し三軸強度比 RL_{20} の関係

前回調査



地震動特性による補正係数 C_w と繰返し三軸強度比 RL_{20} の関係

(出典：高知県, H24)

1 液状化

液状化の想定条件

沈下量の算定方法

- ①～② (液状化可能性と同様の設定を用いる)
- ③ 建築基礎構造設計指針(2019)に示される補正N値と繰返しせん断ひずみの関係を用いて算定する。
 - 補正N値とせん断応力比に対応する繰返しせん断ひずみを対数補間によって求める。
 - 繰返しせん断ひずみを体積ひずみと読み替え、各土層厚に乗じて沈下量とする。

■ 沈下量の算定

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

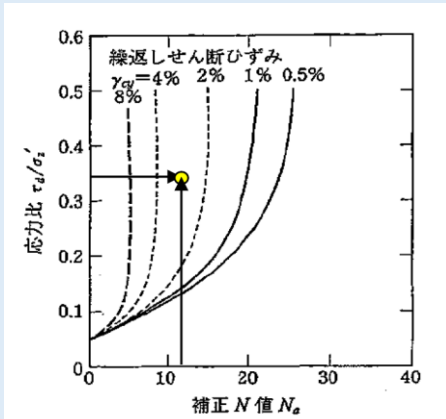
S : 沈下量(m)

H_i : $F_L < 1.0$ となる砂質土層iの層厚

ε_{vi} : $F_L < 1.0$ となる砂質土層iの体積ひずみ

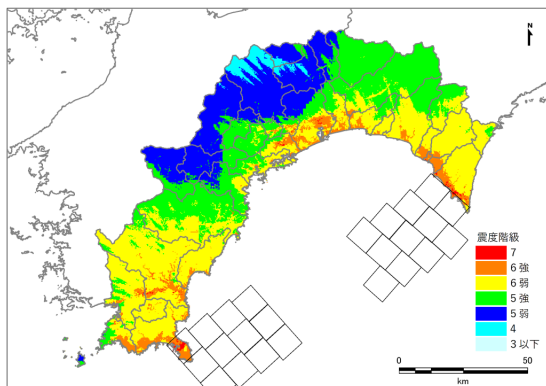
n : $F_L < 1.0$ となる砂質土層iの砂質土層数

補正N値と繰返しせん断ひずみの関係



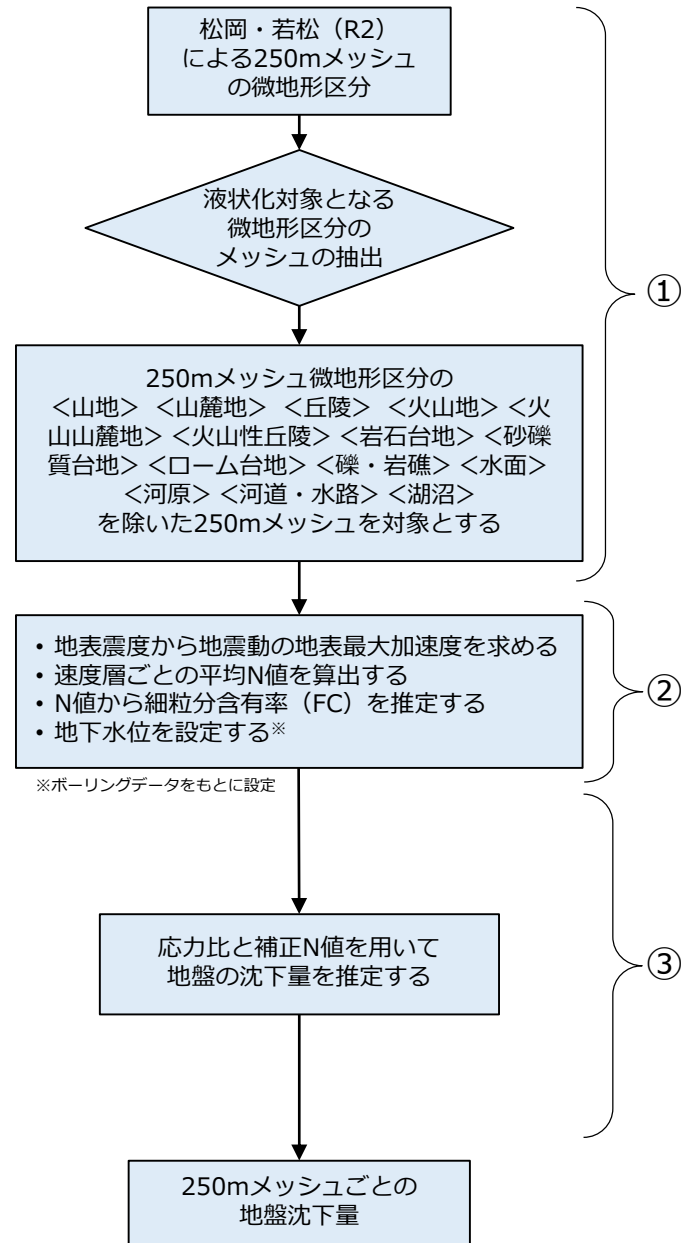
(建築基礎構造設計指針(2019)、一部加筆)

L1地震(安政南海)の地表震度



➔ 以上の想定条件を用いて、L1地震による液状化可能性、沈下量を想定した。

沈下量の算定フロー



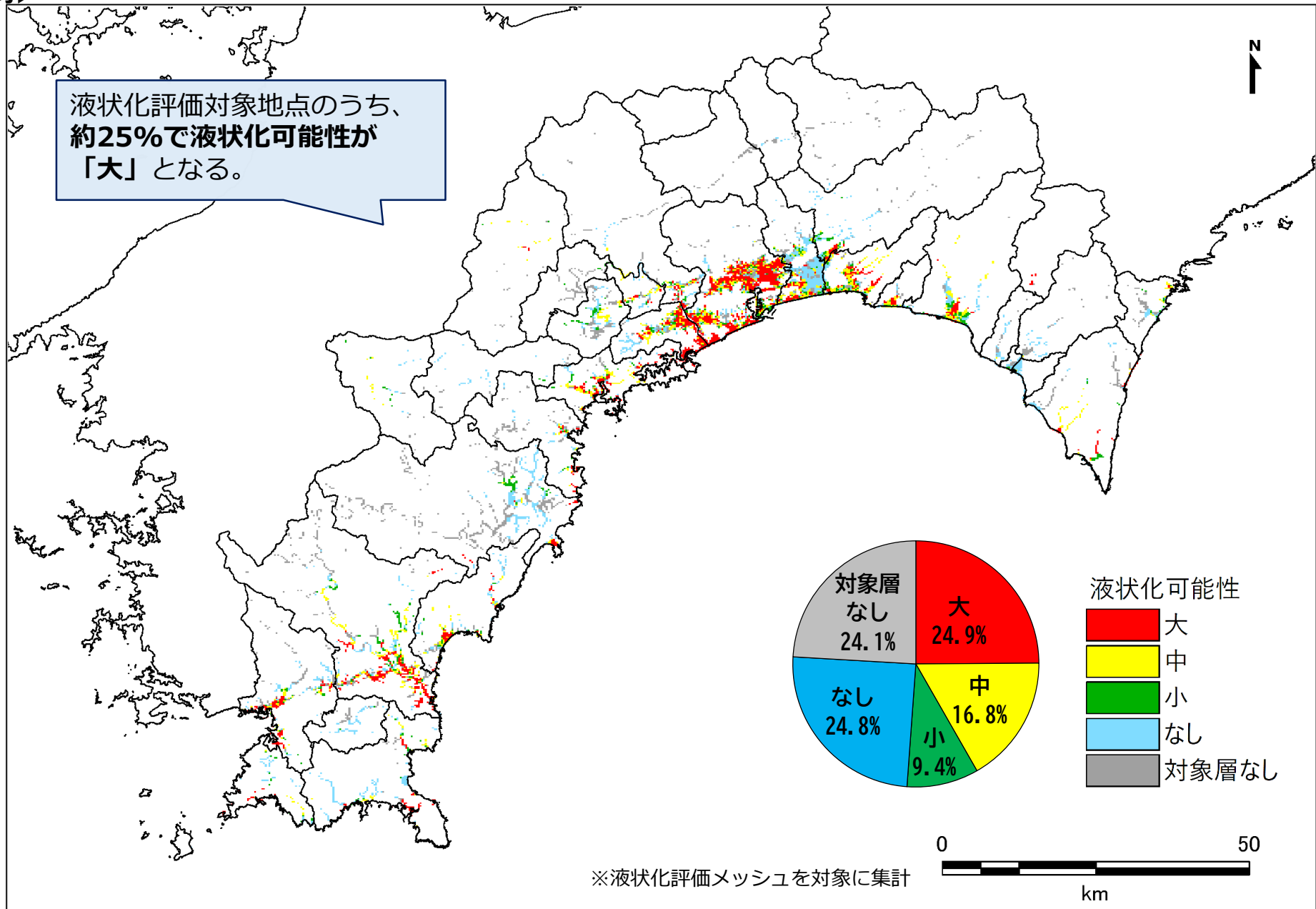
1 液状化

L1地震の液状化想定結果

液状化可能性

<安政南海>

液状化評価対象地点のうち、
約25%で液状化可能性が
「大」となる。

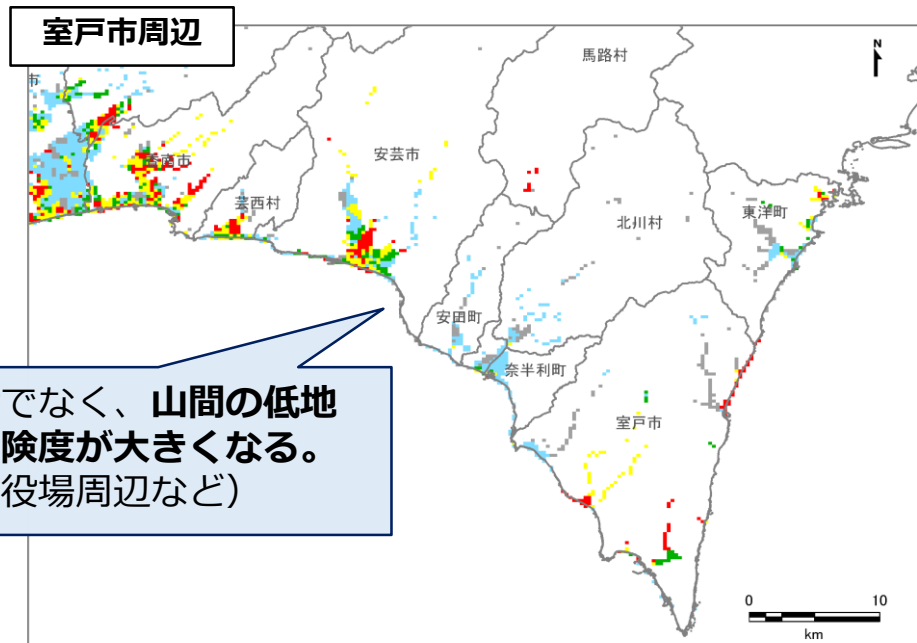
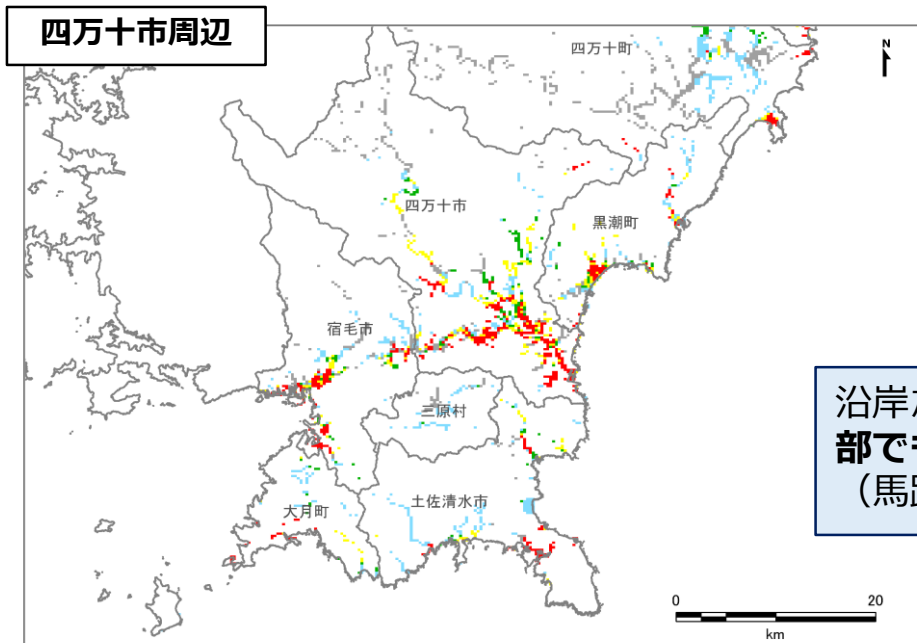
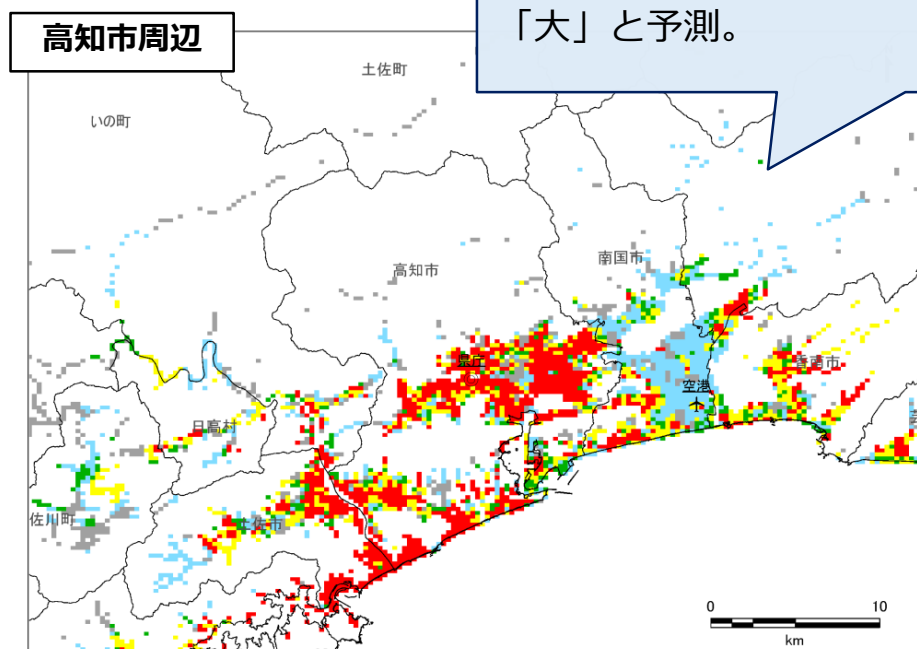
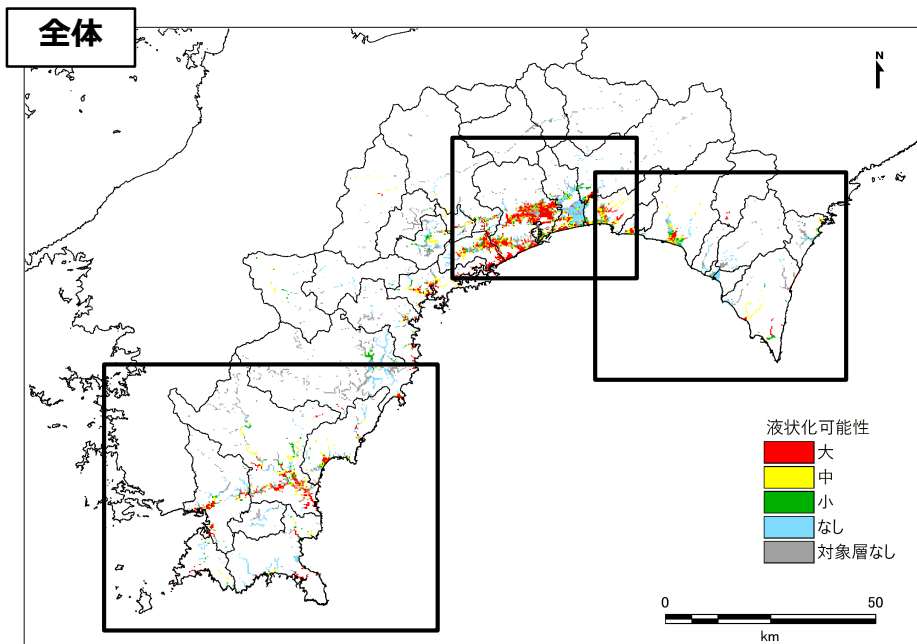


1 液状化

L1地震の液状化想定結果

液状化可能性

<安政南海> 地域拡大図



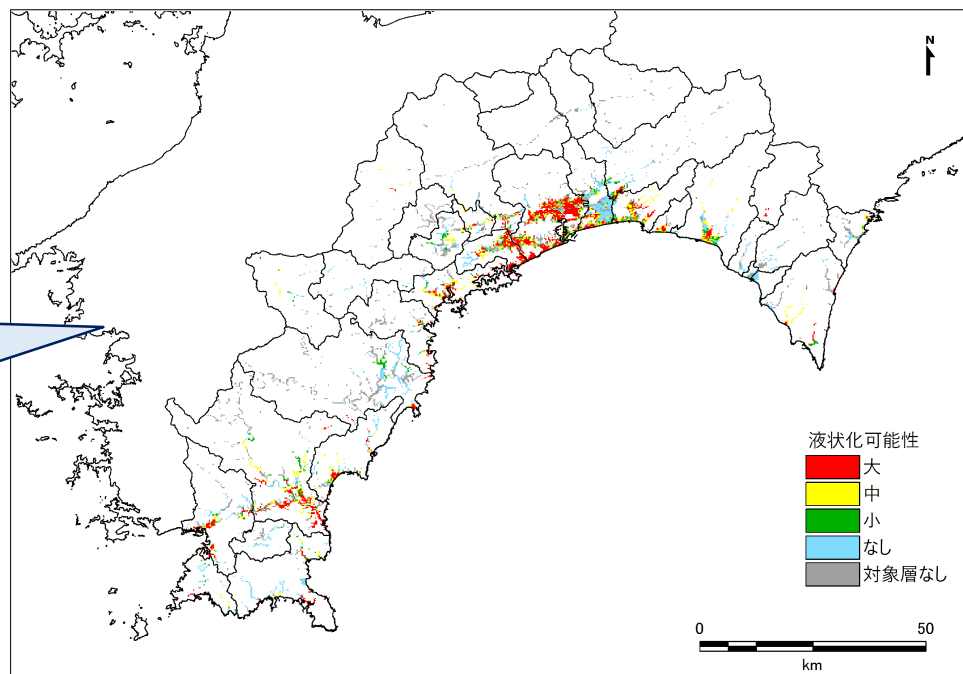
1 液状化

L1地震の液状化想定結果

液状化可能性

＜安政南海＞
前回、L2地震との比較

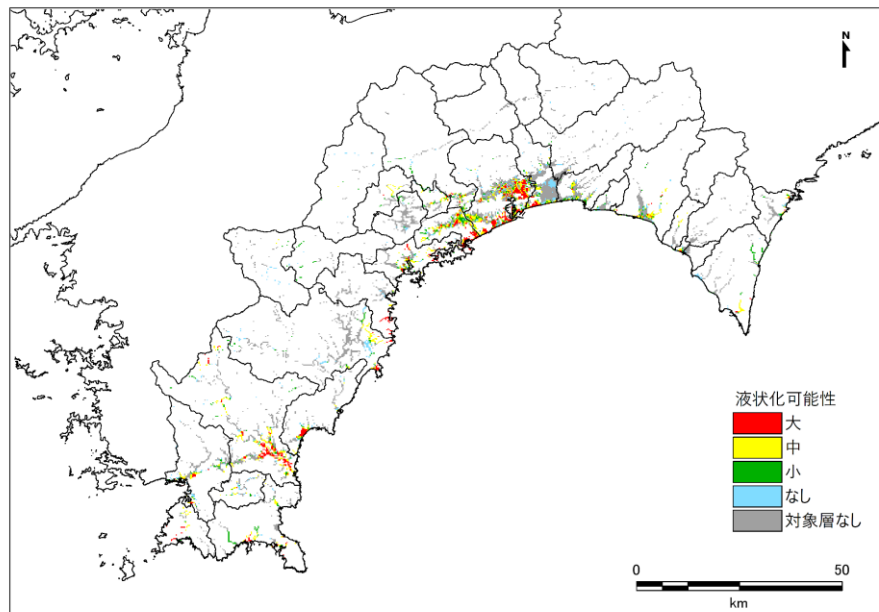
今回想定の液状化可能性想定結果



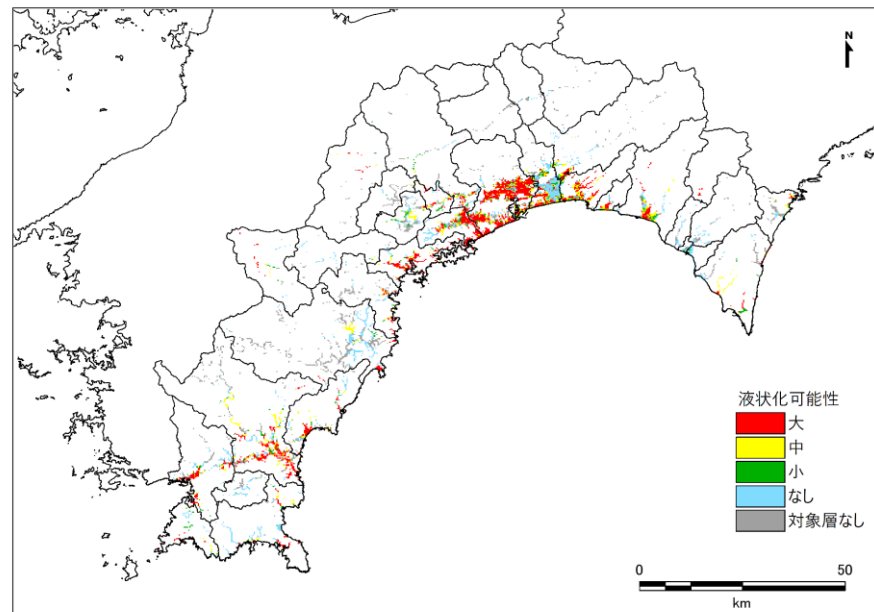
地震動の更新によって、前回調査よりも液状化可能性が大きくなる傾向。

L2地震（基本ケース）と比較すると、地点によって液状化可能性は小さくなる。（四万十町など）

前回調査の液状化可能性分布



（比較用）L2基本ケースの液状化可能性分布



1 液状化

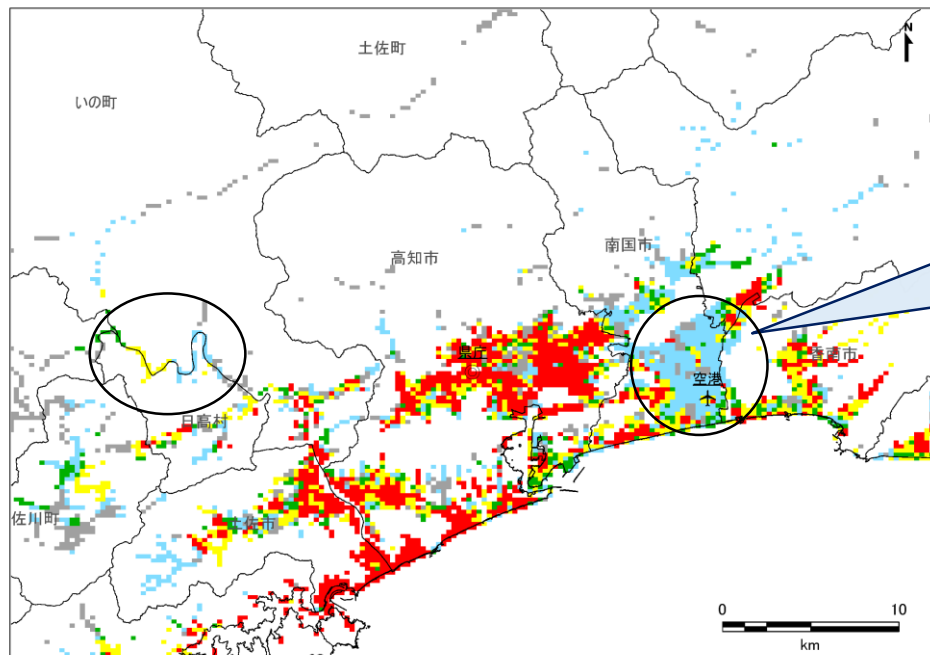
L1地震の液状化想定結果

液状化可能性

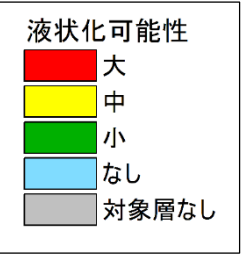
＜安政南海＞
前回、L2地震との比較

中山間地：
内陸部であっても河川沿
いで可能性が大きくなる
場所がある

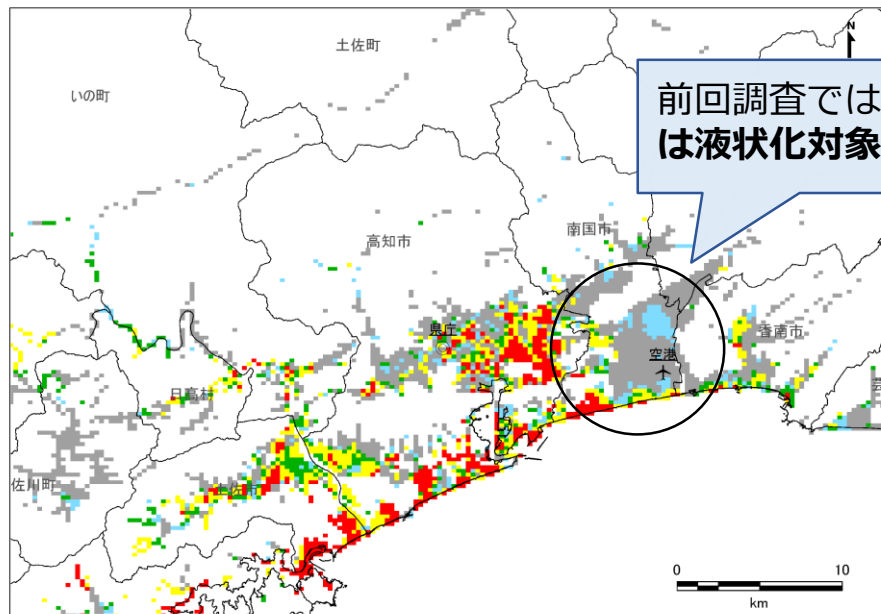
今回想定の液状化可能性想定結果



南国市～香美市南部、香南市西部
地域：
L2同様、礫質土のN値が高く、液
状化可能性「なし」と評価。

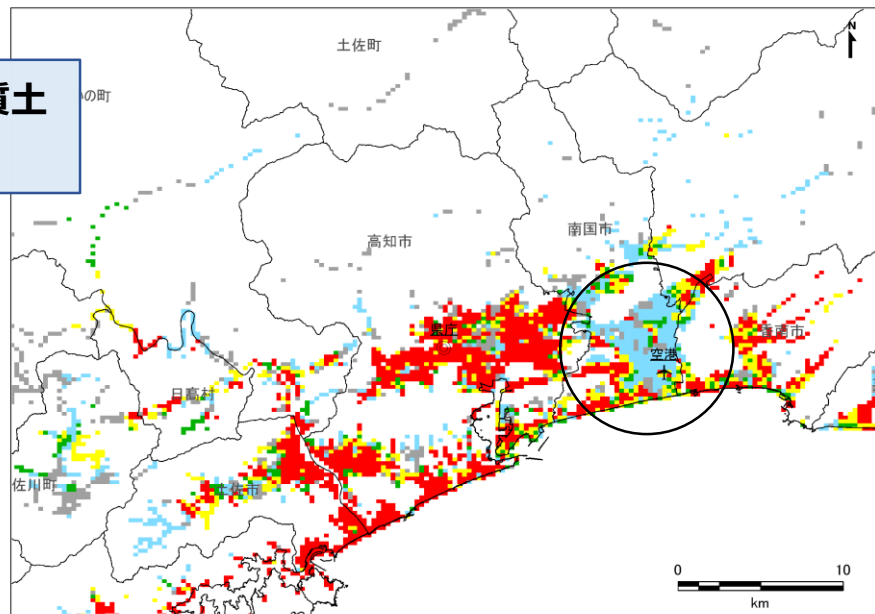


前回調査の液状化可能性分布



前回調査では礫質土
は液状化対象外

(比較用) L2基本ケースの液状化可能性分布



1 液状化

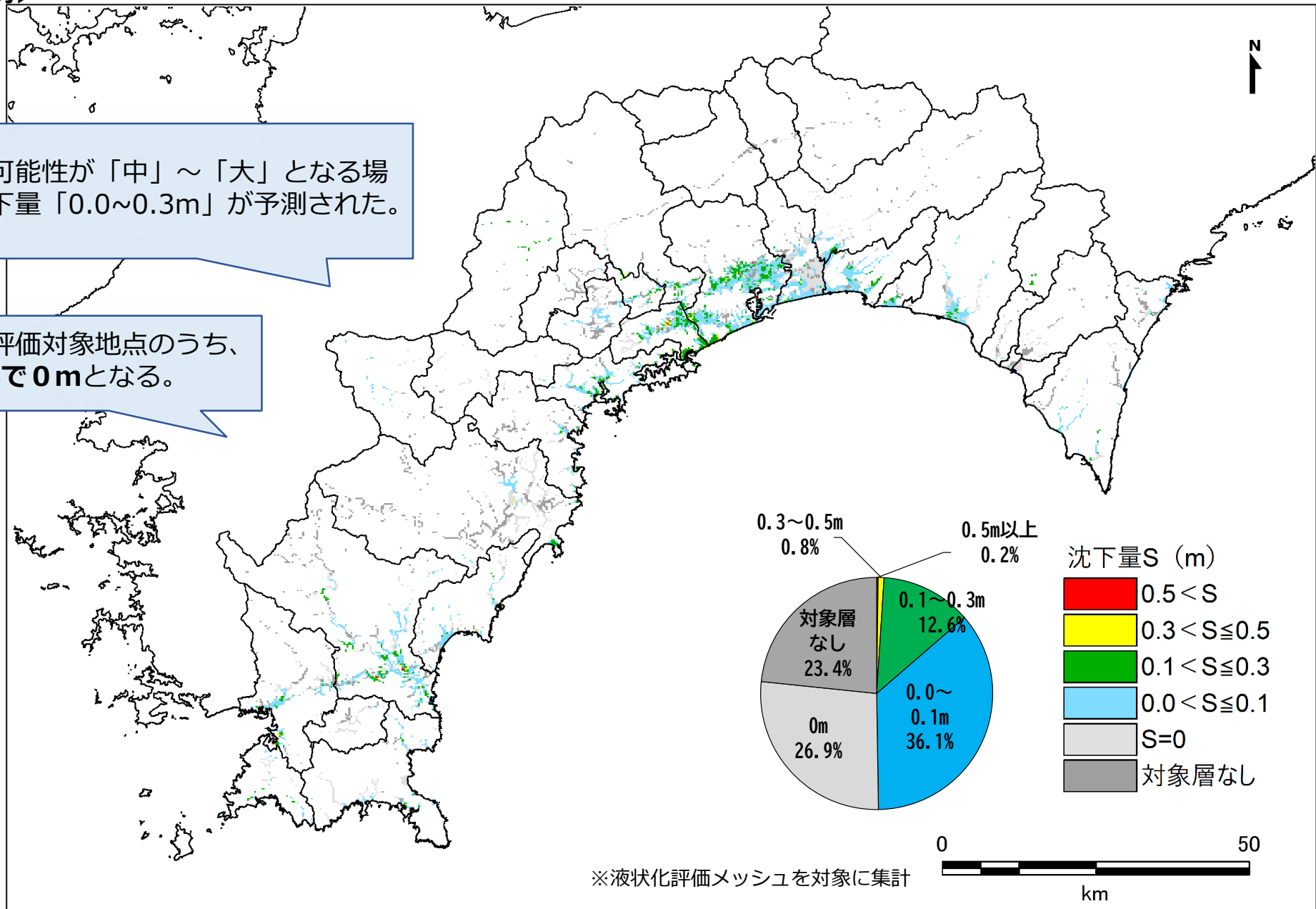
L1地震の液状化想定結果

沈下量

<安政南海>

液状化可能性が「中」～「大」となる場所で沈下量「0.0~0.3m」が予測された。

液状化評価対象地点のうち、約25%で0mとなる。

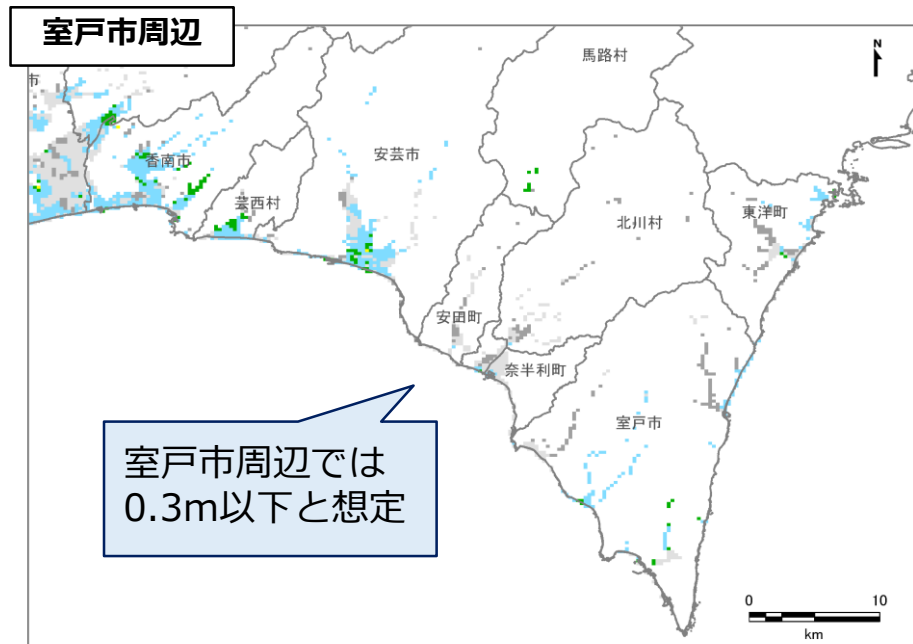
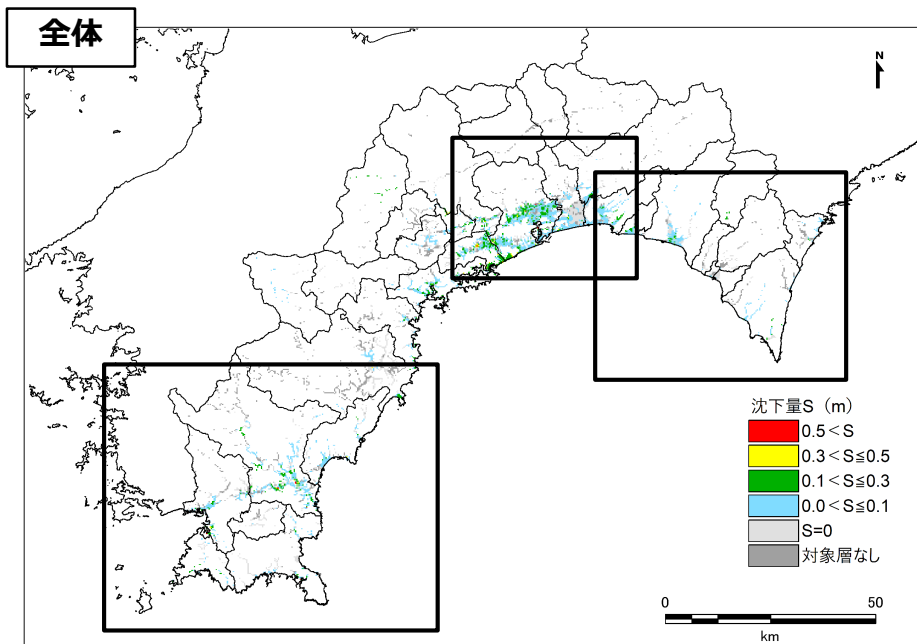


1 液状化

L1地震の液状化想定結果

沈下量

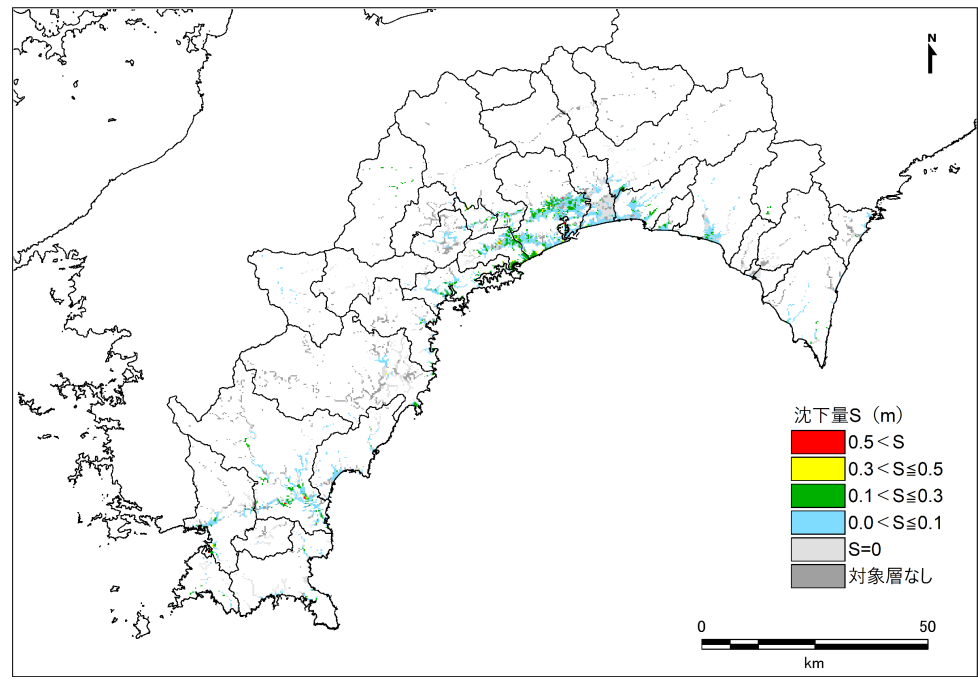
<安政南海> 地域拡大図



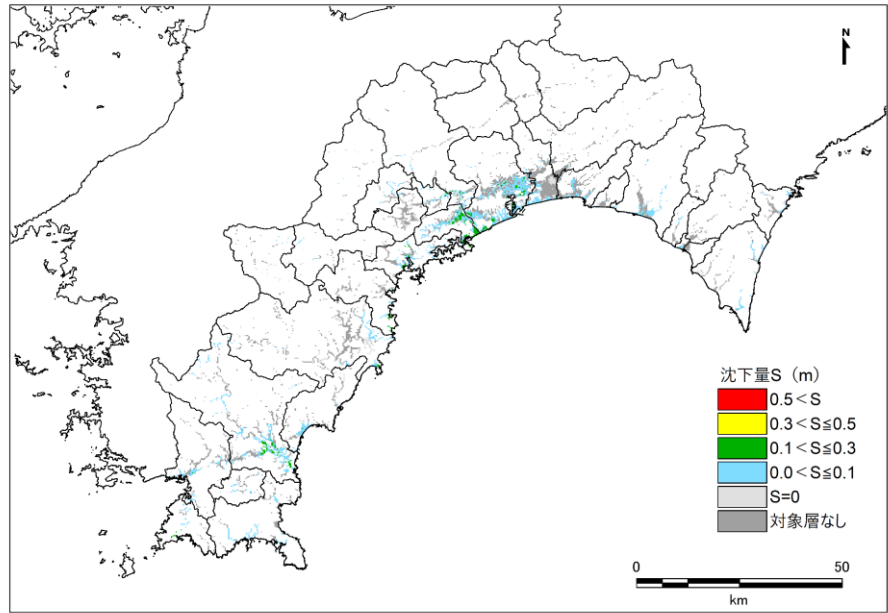
沈下量

＜安政南海＞
前回、L2地震との比較

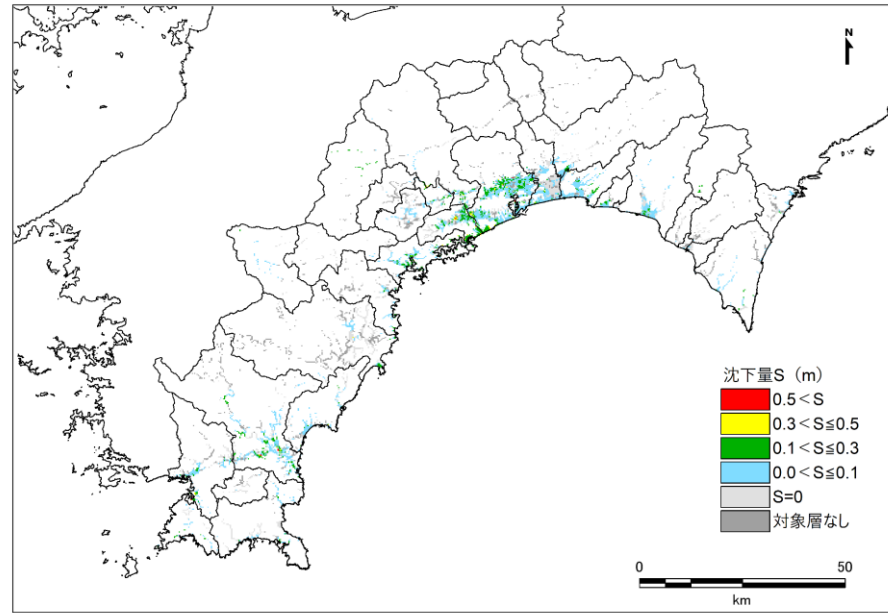
今回想定の沈下量想定結果



前回調査の液状化沈下量分布



(比較用) L2基本ケースの沈下量分布



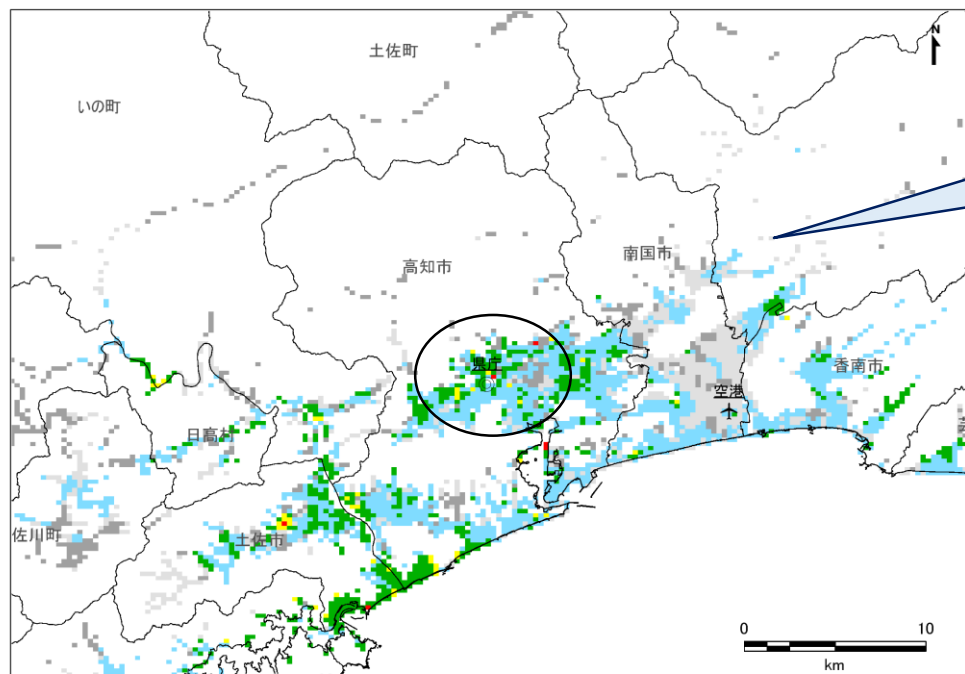
1 液状化

L1地震の液状化想定結果

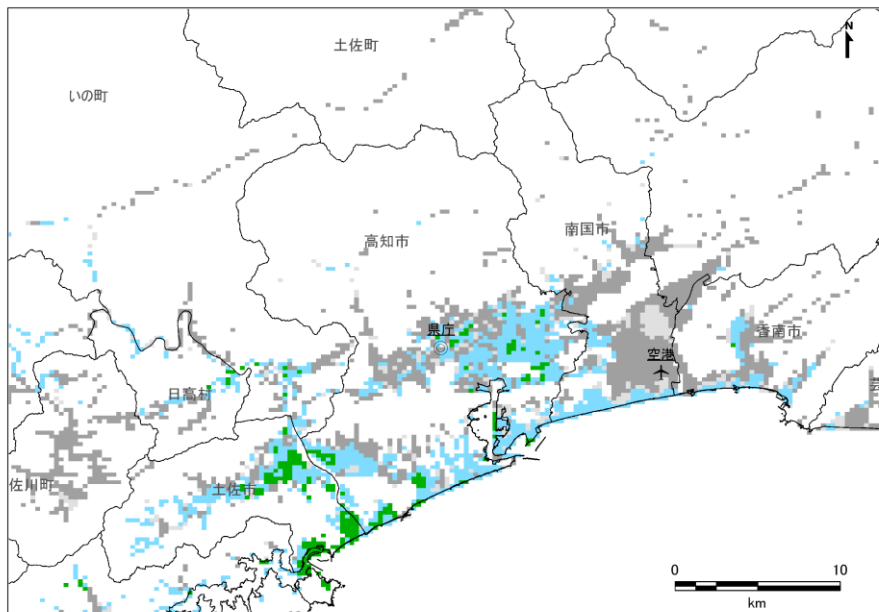
沈下量

＜安政南海＞
前回、L2地震との比較
高知市周辺

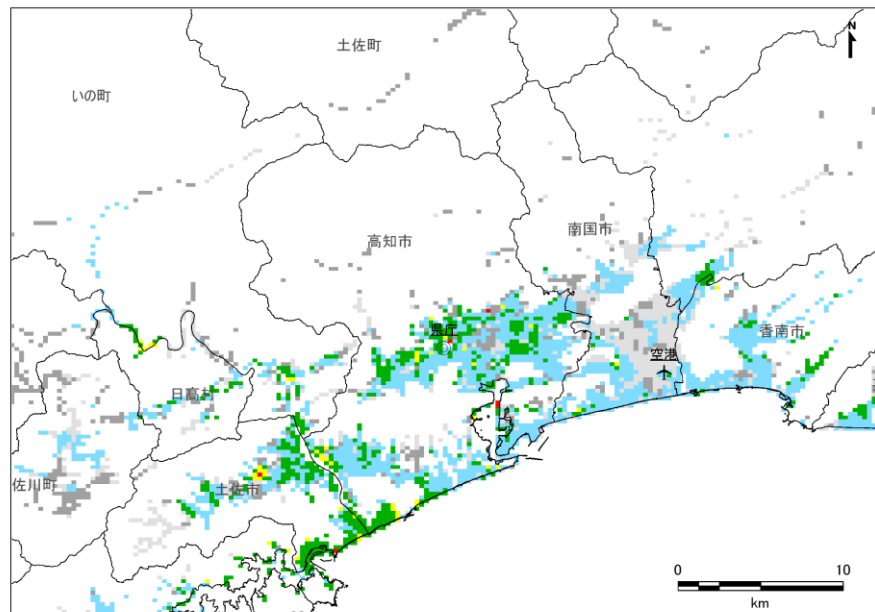
今回想定の沈下量想定結果



前回調査の液状化沈下量分布



(比較用) L2基本ケースの沈下量分布



1 液状化

L1地震の液状化想定結果

履歴図との比較

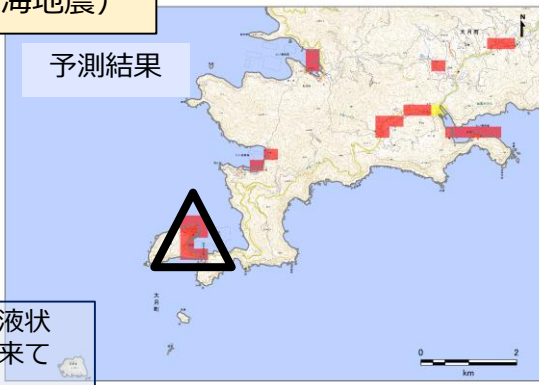
- L1地震動による液状化想定結果と液状化履歴図を比較した。南海地震（安政東海・南海、昭和南海）で履歴が確認された地点では液状化可能性が小～大と予測されており、履歴とおおむね対応していることを確認した。

大月町（安政東海地震・南海地震）

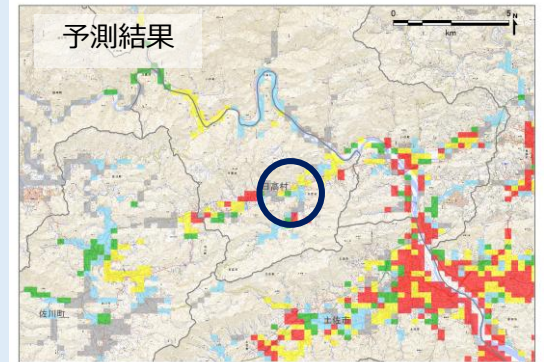


図形が大きいものほど液状化発生地点の特定ができていない。（概略位置）

予測結果



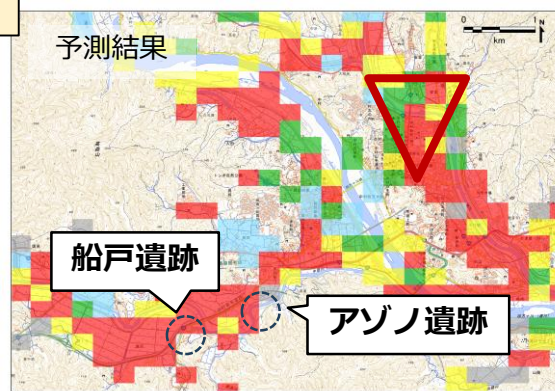
日高村（宝永地震）



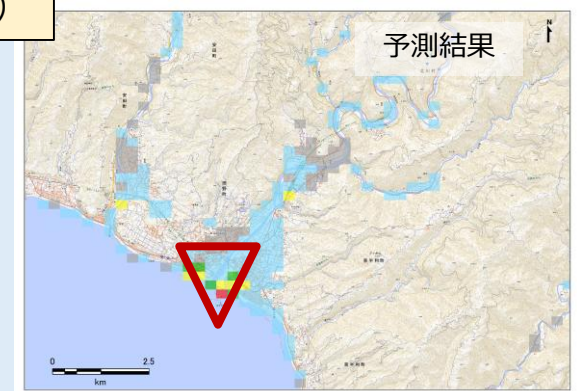
四万十市（昭和南海地震）



予測結果



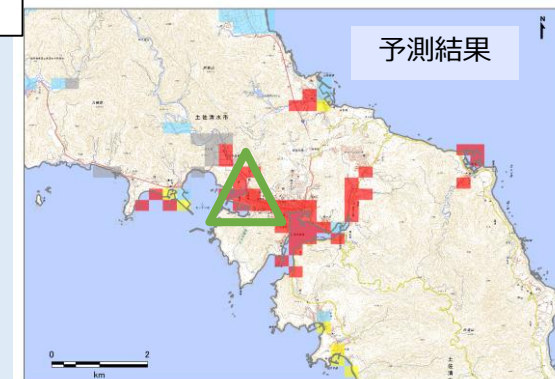
奈半利町（昭和南海地震）



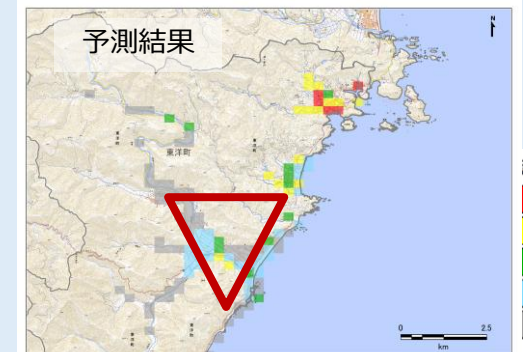
土佐清水市（日向灘地震）



予測結果



東洋町（昭和南海地震）



液状化可能性

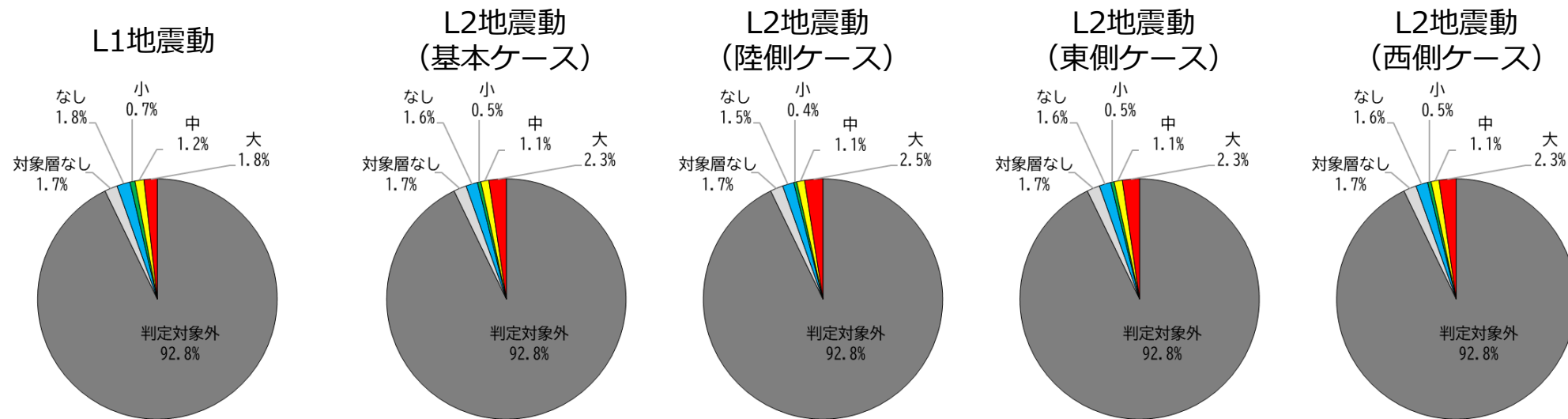
- 大
- 中
- 小
- なし
- 対象層なし

液状化の想定結果 液状化可能性メッシュ集計

- 県全域を対象にとして、L1、L2地震動の液状化可能性ごとのメッシュ数を集計した。
- 県の約93%は判定対象外（微地形対象外）である。
- L2地震動の陸側ケースにおいて液状化可能性「大」の割合がやや大きくなる。

液状化可能性メッシュ集計

地震種類	判定対象外	対象層なし	なし $P_L=0$	小 $0 < P_L \leq 5$	中 $5 < P_L \leq 15$	大 $15 < P_L$
L1地震動	92.8%	1.7%	1.8%	0.7%	1.2%	1.8%
L2地震動（基本ケース）	92.8%	1.7%	1.6%	0.5%	1.1%	2.3%
L2地震動（陸側ケース）	92.8%	1.7%	1.5%	0.4%	1.1%	2.5%
L2地震動（東側ケース）	92.8%	1.7%	1.6%	0.5%	1.1%	2.3%
L2地震動（西側ケース）	92.8%	1.7%	1.6%	0.5%	1.1%	2.3%



土砂災害の種類と被害例

■土砂災害の種類

地震動や降雨などが原因となって引き起こされる土砂災害は大きく分けてがけ崩れ（急傾斜地の崩壊）、土石流、地すべりの3種類がある。地質、地形、地下水の発生状況などの要素が発生の下地となっている。

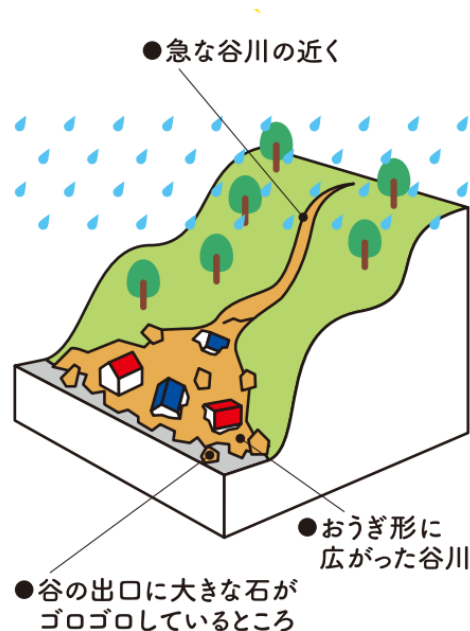
■土砂災害による被害

土砂災害によって人家が倒壊することや、ライフライン設備が破損することがある。また、道路沿いで土砂災害が生じた場合は道路が使えなくなり、避難や復旧復興など、短期～長期的な影響が生じる。

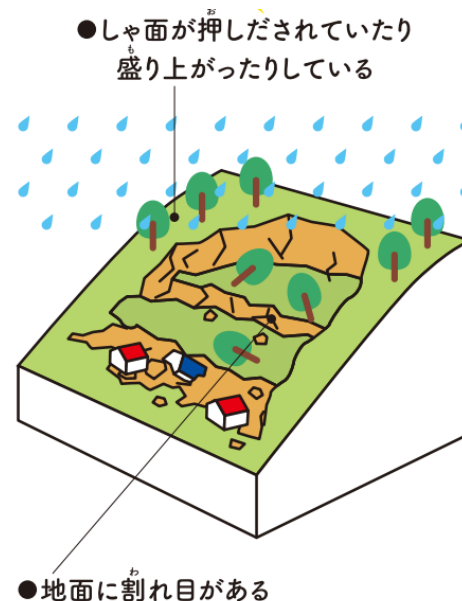
なお、高知県で記録の残る土砂災害は大雨が要因とされるものが多いが、急峻な地形が多いため、地震時の土砂災害リスクも高いと言える。



がけ崩れ（急傾斜地の崩壊）
急な斜面が雨水の浸透や地震により突然崩れ落ちる現象。



土石流
集中豪雨などで崩れ落ちた山腹の岩や土砂が一気に下流へ押し流される。



地すべり
比較的緩やかな斜面が、地下水の増加によって移動する現象。



平成28年熊本地震による立野川地区（南阿蘇村）の被害

（出典：国土交通省 水管理・国土保全局 砂防部、平成28年熊本地震による土砂災害の概要、平成28年9月14日時点）

土砂災害の主な種類

（出典：高知県，土砂災害防止啓発冊子「みんなで学ぼう なぜ？なに？土砂災害」）

2 土砂災害

土砂災害の想定条件

土砂災害の想定概要

主な目的

- ✓ 急傾斜地の地震時危険度ランクを評価し、**土砂災害による建物の崩壊及び人的被害**の推計に用いる。
- ✓ **道路閉塞**によって孤立する集落や、支援が遅れる可能性について評価する。

土砂災害想定項目：前回調査との比較

項目		前回調査（高知県(H24)）	今回調査
地震時崩壊危険度	対象	■ 斜面崩壊危険箇所 ・ 急傾斜地崩壊危険箇所（12,668地点） ・ 山腹崩壊危険地区（4,883地点）	■ 斜面崩壊危険箇所 ・ 同左（12,668地点） ・ 同左（4,883地点）
	想定手法	各箇所ごとの斜面危険度判定結果と、地震動の大きさの対応表から、 地震時崩壊危険度（危険度ランク） をA,B,Cで評価	同左 ※R7内閣府と同じ手法（急傾斜地崩壊危険箇所のみ）
斜面災害の推計	対象	（想定なし）	土砂災害警戒区域等 ・ 急傾斜地の崩壊（13,862地点） ・ 地すべり（1,592地点）
	想定手法	（想定なし）	標高データ（5 mDEM）を用いた当該区域の危険度【大,中,小】を地震時崩壊危険度とする

急傾斜地崩壊危険箇所

： 砂防三法のうち「急傾斜地の崩壊による災害の防止に関する法律」に基づいて指定される、崩壊するおそれのある急傾斜地

山腹崩壊危険地区

： 林野庁が定める山地災害危険地区のひとつで、山腹崩壊（山くずれ）や落石などにより災害が発生するおそれがある地区

土砂災害警戒区域等

： 土砂災害が発生した場合に、住民の生命または身体に危害が生ずるおそれがあると認められる区域で、土砂災害を防止するために警戒避難体制を特に整備すべき土地の区域（土砂災害警戒区域）及び、土砂災害が発生した場合に、建築物の損壊が生じ住民等の生命又は身体に著しい危害が生ずるおそれがあると認められる区域（土砂災害特別警戒区域）のこと

今回の報告事項

- L1地震について地震時崩壊危険度及び急傾斜地の崩壊の危険度を想定し、道路被害状況と合わせて結果を整理した。

建設省調査の危険箇所等

建設省砂防課長通達に基づく指定

■ 土砂災害危険箇所

- └ 土石流危険渓流
- └ 地すべり危険箇所
- └ 急傾斜地崩壊危険箇所 **前回調査対象**

法律の施行にともない
令和6年4月より読み替え*

土砂災害警戒区域等における土砂災害防止対策の推進に関する法律に基づく指定

■ 土砂災害警戒区域等

- └ 土砂災害警戒区域
 - └ 地すべり
 - └ 急傾斜地の崩壊
 - └ 土石流
- └ 土砂災害特別警戒区域
 - └ 地すべり
 - └ 急傾斜地の崩壊
 - └ 土石流

黄マーカー：
今回調査で
対象とした
危険箇所等

林野庁調査の危険地区等

山地災害危険地区調査要領に基づく指定

■ 山地災害危険地区

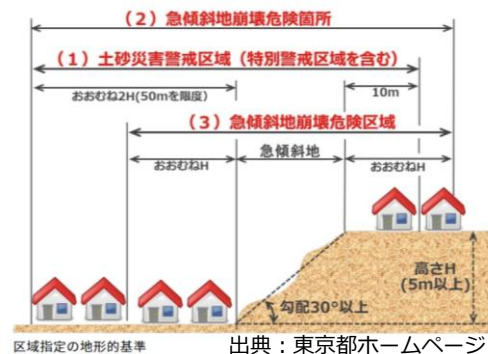
- └ 山腹崩壊危険地区 **前回調査対象**
- └ 崩壊土砂流出危険地区
- └ 地すべり危険地区

斜面崩壊危険箇所

※ 高知県前回調査において対象とした「急傾斜地崩壊危険箇所」「山腹崩壊危険地区」の総称

■ 急傾斜地崩壊危険箇所：

傾斜度30度以上、高さ5m以上の急傾斜地で被害想定区域内に人家が5戸以上（5戸未満でも官公署、学校、病院、駅、旅館等のある場合を含む）ある箇所



■ 山腹崩壊危険地区：

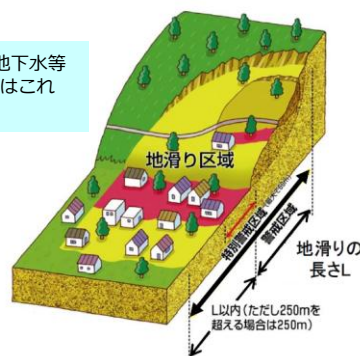
地形（傾斜、土層深）、地質、林況からみて、山腹崩壊等により人家、公共施設に被害を与えるおそれがある地区。



土砂災害警戒区域等

土砂災害が発生した場合に、住民の生命または身体に危害が生ずるおそれがあると認められる区域で、土砂災害を防止するために警戒避難体制を特に整備すべき土地の区域（土砂災害警戒区域）及び、土砂災害が発生した場合に、建築物の損壊が生じ住民等の生命又は身体に著しい危害が生ずるおそれがあると認められる区域（土砂災害特別警戒区域）のこと

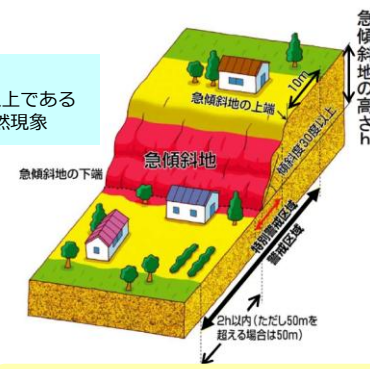
地滑り ※土地の一部が地下水等に起因して滑る自然現象又はこれに伴って移動する自然現象



- 地滑りの長さの2倍以内※1
- ※1 ただし250mを越える場合は250m

急傾斜地の崩壊

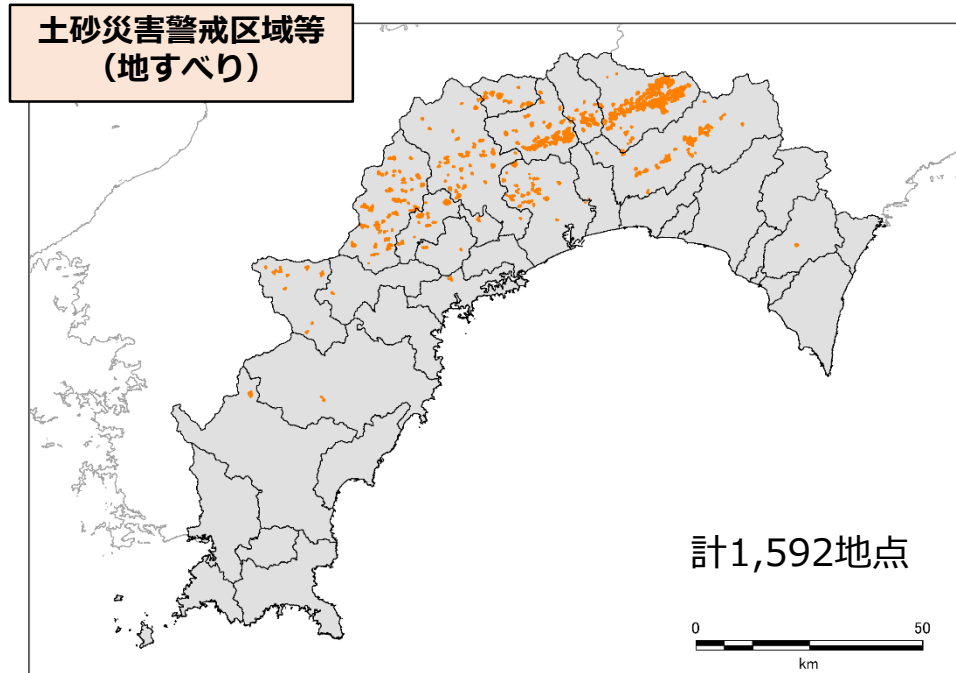
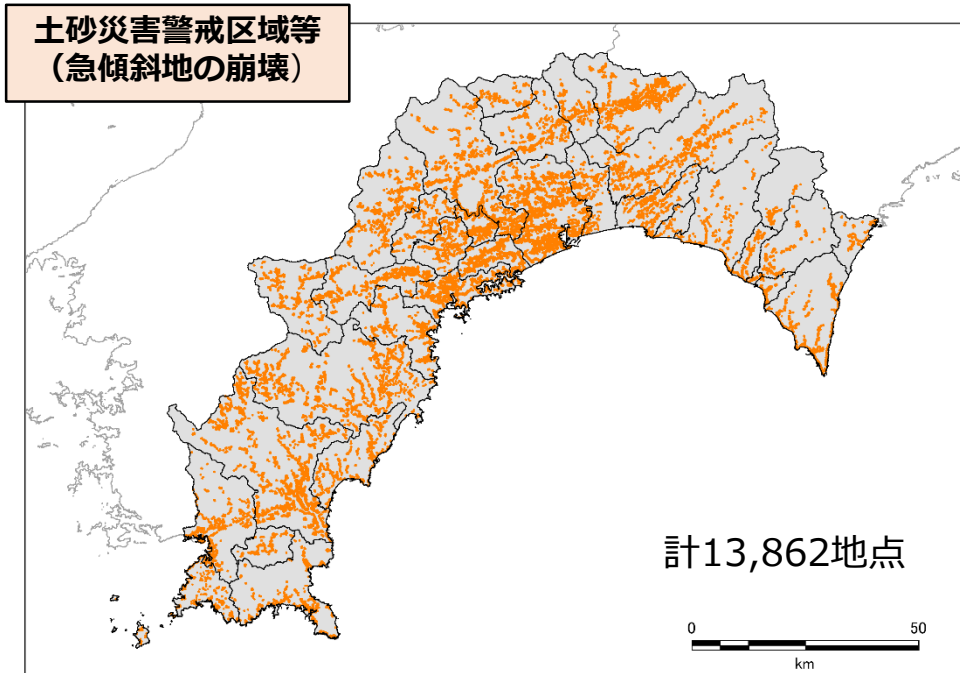
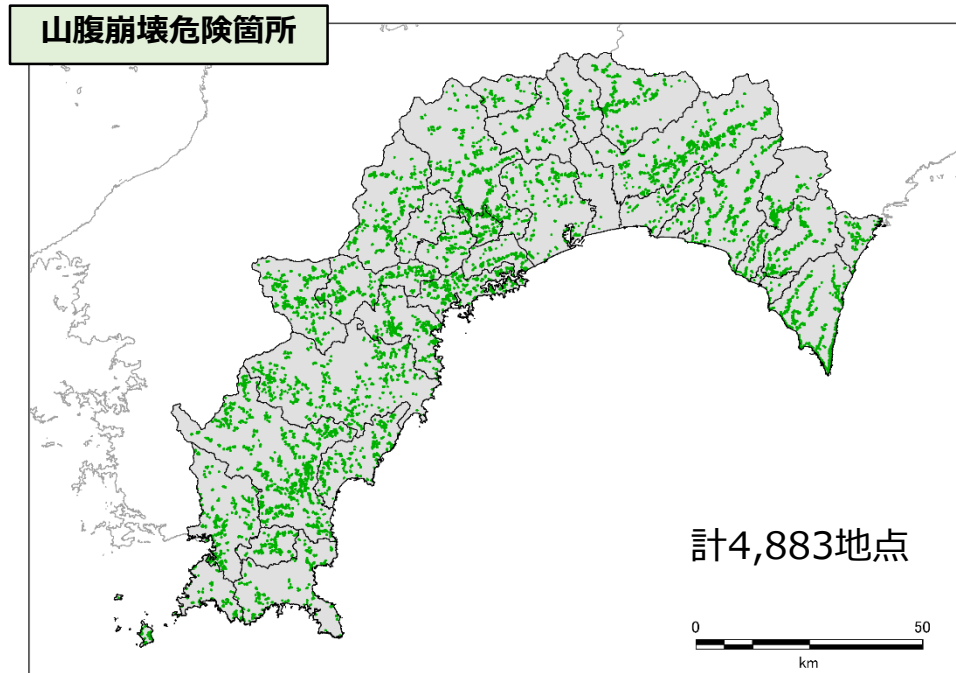
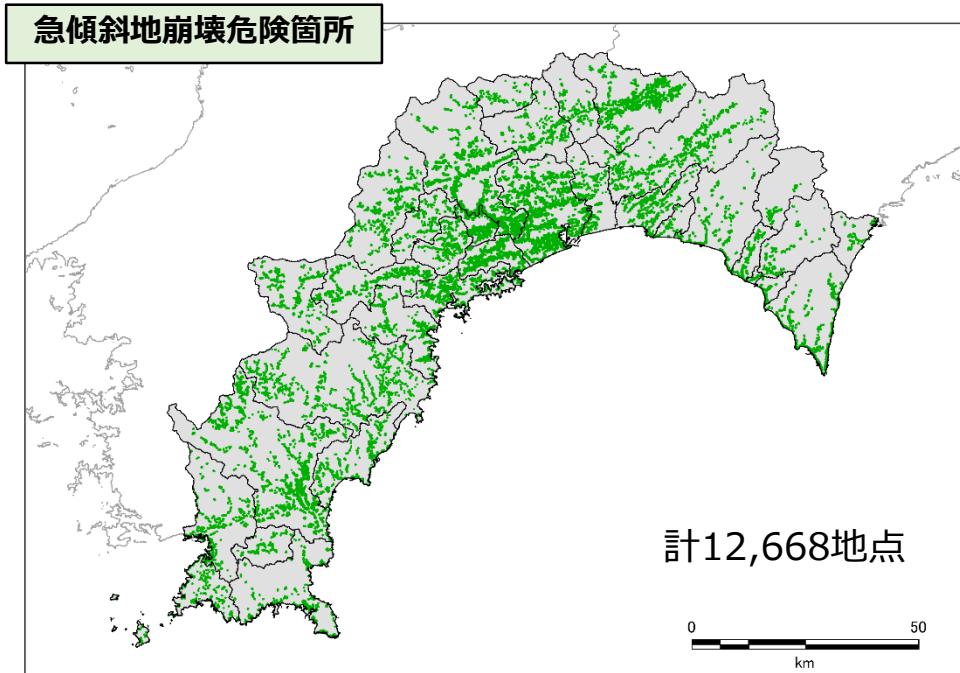
※傾斜度が30°以上である土地が崩壊する自然現象



- 急傾斜地の上端から10m
- 急傾斜地の下端から高さの2倍以内※2
- ※2 ただし50mを越える場合は50m

(出典：国土交通省「土砂災害防止法に基づく土砂災害警戒区域等について」)

土砂災害の想定箇所

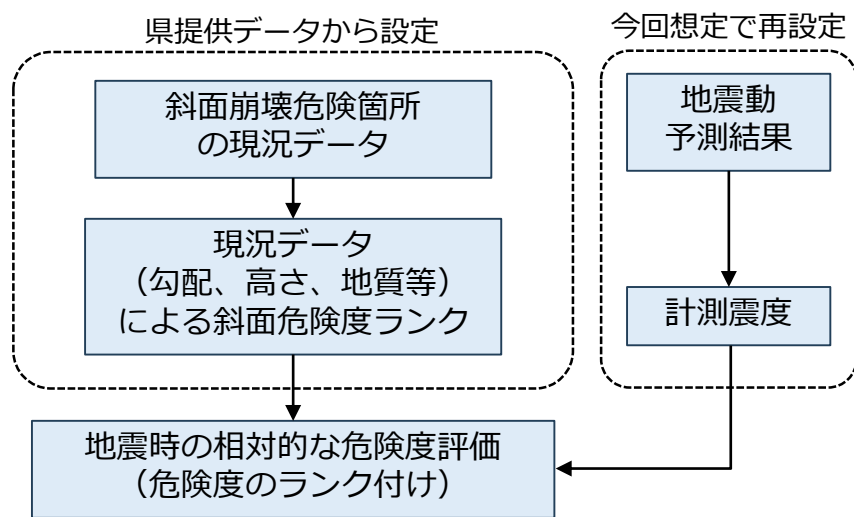


2 土砂災害

土砂災害の想定条件

斜面崩壊危険箇所の危険度

- 斜面崩壊危険箇所（急傾斜地崩壊危険箇所、山腹崩壊危険地区）については、危険箇所ごとの現況を踏まえた危険度判定結果と、地震動の想定結果を用いて、地震時の相対的な危険度（危険度ランク：A～C）を想定する。
- 危険箇所ごとの危険度判定結果は、県からの提供データに基づいて設定する。
 - 急傾斜地崩壊危険箇所は、現況データ（斜面高さ、勾配等）と日本道路協会道路震災対策委員会（1986）*1の急傾斜地震対策危険度判定基準の点数による危険度判定結果（斜面危険度ランク1～3）を使用
 - 山腹崩壊危険地区は、林野庁の山腹崩壊危険地区調査実施要領による斜面危険度ランクa～cを使用*2



斜面崩壊危険箇所の予測フロー

地震時における斜面被害の相対的な危険度ランク

計測震度	斜面危険度ランク		
	ランク1 ランクa	ランク2 ランクb	ランク3 ランクc
6.0以上	A		
5.5以上～6.0未満	B	A	
5.0以上～5.5未満	C	B	A
4.5以上～5.0未満	C		B
4.5未満	C		

急傾斜地崩壊危険箇所の基準要素点判定基準と斜面危険度ランク

大項目	データ項目	小項目	
		判定基準	点数
①斜面高(H) m	・斜面の高さ	50 ≦ H	10
		30 ≦ H < 50	8
		10 ≦ H < 30	7
		H < 10	3
②斜面勾配(a)	・傾斜度	59° ≦ a	7
		45° ≦ a < 59°	4
		a < 45°	1
③オーバーハング	・地表の状況	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
		砂質土	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・崩壊履歴	・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

現況データを用いて点数化、斜面危険度ランクを設定

斜面崩壊危険箇所	ランク	危険度	備考
急傾斜地崩壊危険箇所	ランク 1	危険度高い	表より 24 点以上
	ランク 2	危険度中	表より 14～23 点
	ランク 3	危険度低い	表より 13 点以下
山腹崩壊危険地区	ランク a	危険度高い	林野庁（2006）により ランク付け済み
	ランク b	危険度中	
	ランク c	危険度低い	

*1:日本道路協会道路震災対策委員会（1986）：道路の震災対策に関する調査報告－道路構造物の耐震調査及び震災対策工に関する研究－
 *2:前回調査では平成18年の危険度ランクを使用した。本調査では情報の更新を確認して、最新のデータを使用する。

2 土砂災害

土砂災害の想定条件

斜面災害の推計

- **土砂災害警戒区域等（急傾斜地の崩壊、地すべり）**を対象とした斜面災害の推計については危険度ランクの設定基準がないため、数値標高データ（5mDEM）を用いて、SGDAS（地震時地盤災害推計システム）の手法によって評価した。
 - SGDASの手法による危険度ランクは250mメッシュごとに算定されるため、土砂災害警戒区域等のポリゴン内で最大値となるものを当該区域の地震時崩壊危険度ランクとした。

斜面災害の推計方法の概要

▼第3回から追加

【斜面崩壊の推計】（対象区域：急傾斜地の崩壊）

- ✓ DEMデータをもとに5mメッシュ単位で崩壊/非崩壊を「修正六甲式*2」により判定し、これを積算して250mメッシュごとの危険度を0~4の5段階で判定する。
- ✓ 修正六甲式は、兵庫県南部地震時（阪神淡路大震災時）の六甲地域における斜面崩壊のデータから斜面崩壊の発生可能性を算定した推計式（六甲式）を改良したものである。

$$G = 4.38 \cdot \log_{10}(s - 119c) + 3.93 \log_{10} a - 15.27$$
G:修正六甲式（神谷他 2013）による斜面崩壊危険度判定式（G > 0：崩壊、G < 0：非崩壊）
 s：地表面の傾斜（°）
 c：曲率（m⁻¹）
 a：地表面最大加速度（gal）
- ✓ 脆弱な地質については、神谷他（2013）*3が作成したモデルに基づき、斜面崩壊の危険度を1ランク高くする。
- ✓ 既往調査では、斜面崩壊は危険度ランク3，4の範囲に集中しているが、その被害発現率は、0.05~0.7程度である。

修正六甲式による手法における危険度ランク（神谷（2013））

危険度ランク	0	1	2	3	4
G _i の平均値	0.0~0.2	0.2~0.4	0.4~0.8	0.8~1.6	1.6~
土砂災害発生可能性	なし	小	←—————→ 大		

【地すべりの推計】（対象区域：地すべり）

- ✓ 地すべりの危険度については、防災科学技術研究所による地すべり地形 GIS データを用いて以下の流れで計算した。
- ✓ 250mメッシュ内で地すべり地形ポリゴンの占める面積を求め、これを近隣のメッシュと重みづけ平均して、各メッシュの地すべり面積率を求めた。
- ✓ 次式により、250mメッシュ毎の地すべり発生可能性を判定した。

$$R = \log_{10} S / \log_{10} A + (I - C) / B + 1$$
R:地すべり発生可能性（Rの整数部分を取り、0~4の5段階）
 S：地すべり面積率
 I：計測震度
 A, B, C：係数（=2.5, 0.33, 5.0）
- ✓ 土砂災害警戒区域（地すべり）については、地すべり面積率=1としてポリゴン内の最大震度からRを計算した。



【斜面災害の推計】

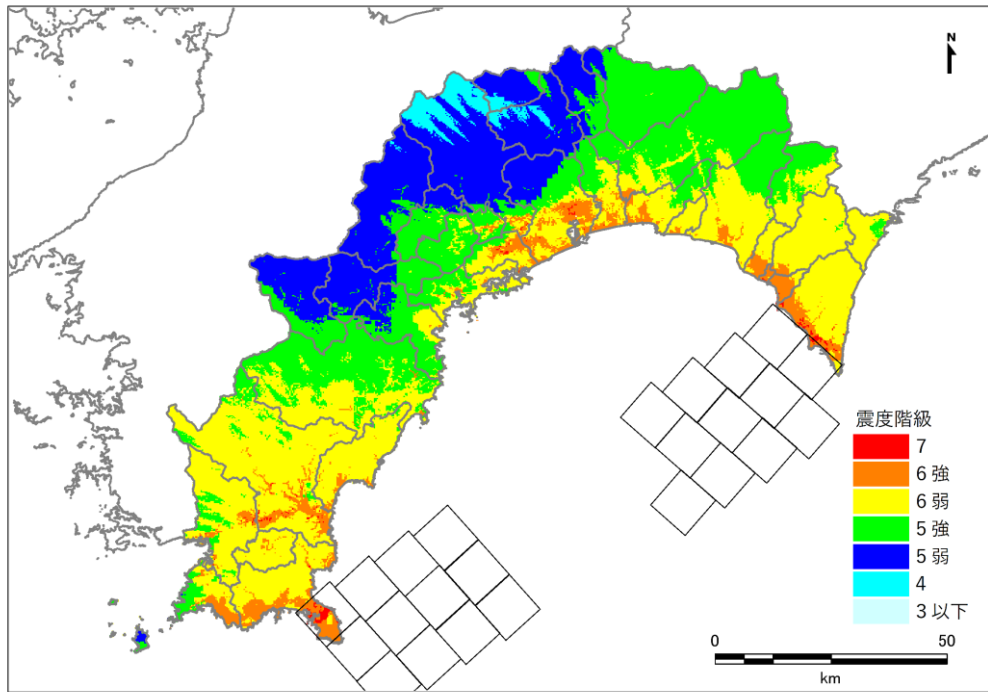
- ✓ 250mメッシュ毎の斜面崩壊危険度と地すべり危険度の最大値を計算し、これを250mメッシュの斜面災害危険度とした。
- ✓ 危険度ランク=1, 2を小、3を中、4を大としてランク分けした。



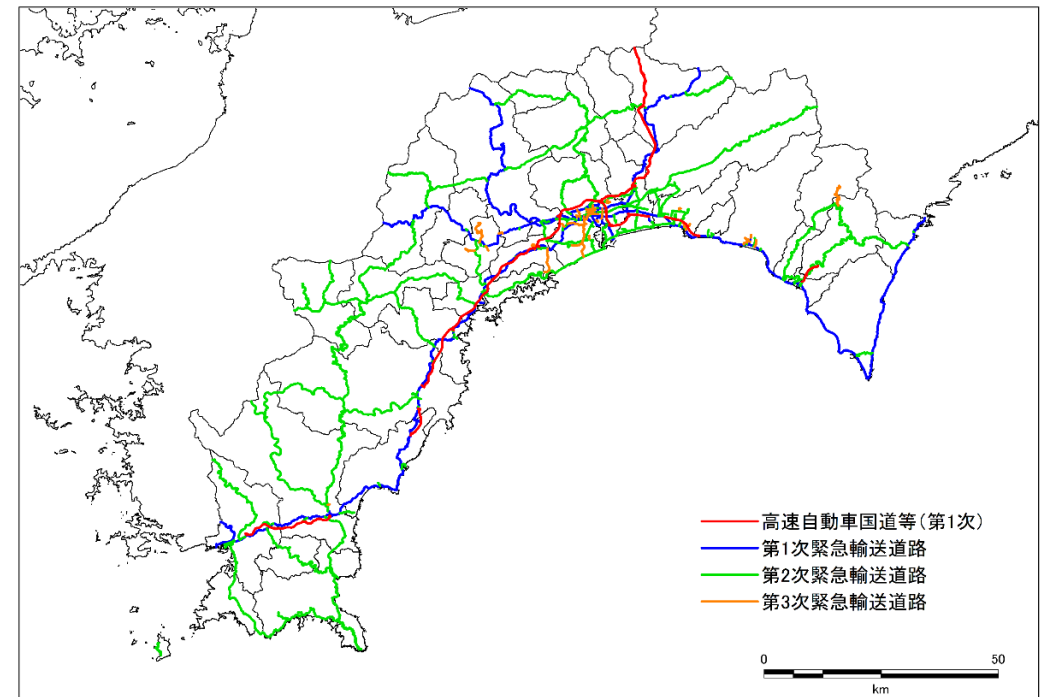
土砂災害の想定結果

- 以上の想定条件を用いて、L1地震による土砂災害を想定した。
- 土砂災害は建物等への直接的な被害に加えて、道路閉塞による救助、支援活動への影響も大きいことから、高知県内の緊急輸送道路網と地震時危険度ランク（発生可能性）※を合わせて結果を示した。
※地震時危険度ランク（発生可能性）は、災害の相対的な危険度を示すもので、土砂災害が発生した場合にはランクによらず被害が生じる可能性がある。

L1地震（安政南海）の地表震度



高知県内の緊急輸送道路（R7.5.時点）



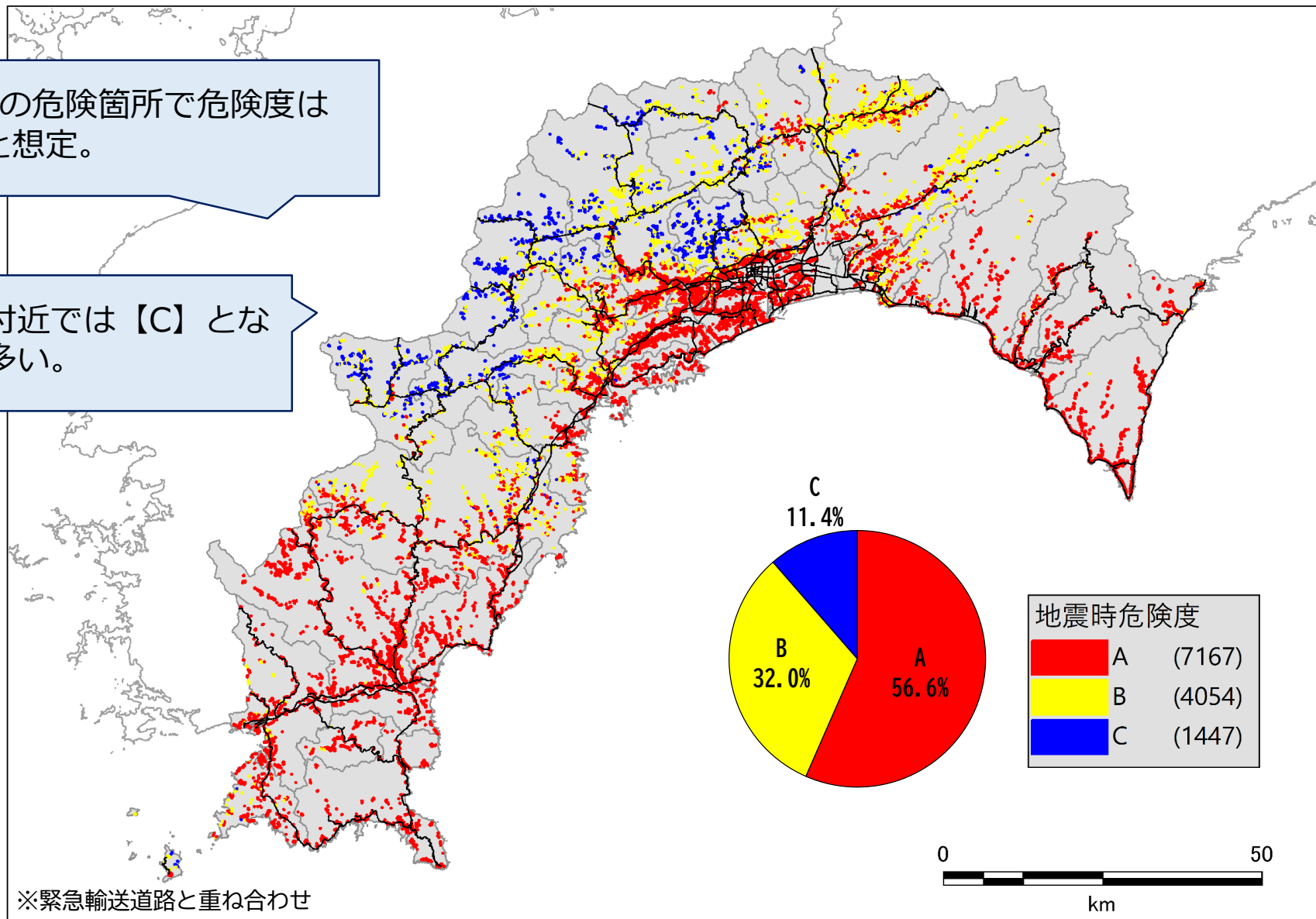
斜面崩壊危険箇所の地震時危険度ランク

<安政南海>

急傾斜地崩壊危険箇所

約57%の危険箇所では危険度は【A】と想定。

県北西部付近では【C】となる箇所が多い。

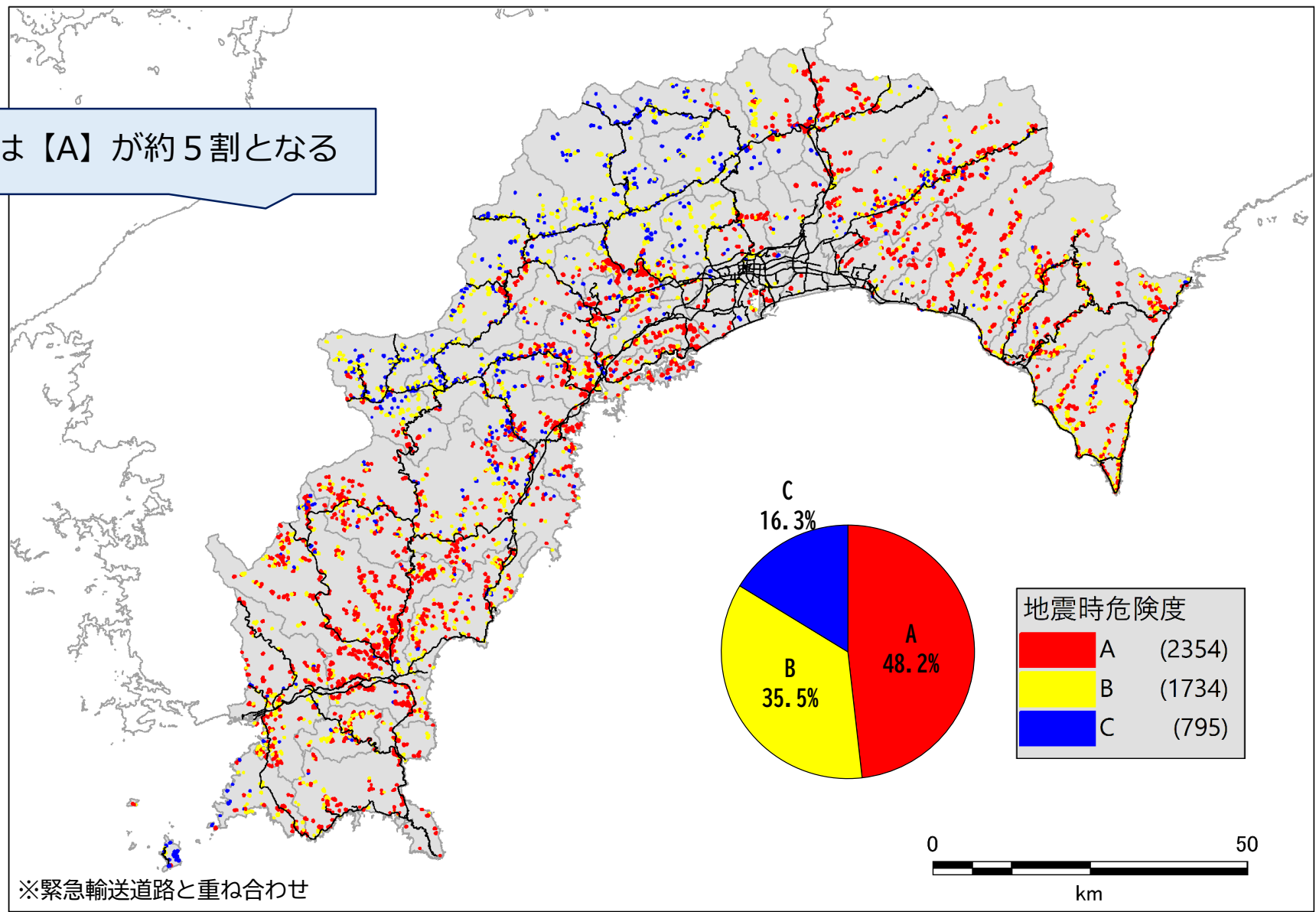


斜面崩壊危険箇所の地震時危険度ランク

<安政南海>

山腹崩壊危険地区

危険度は【A】が約5割となる



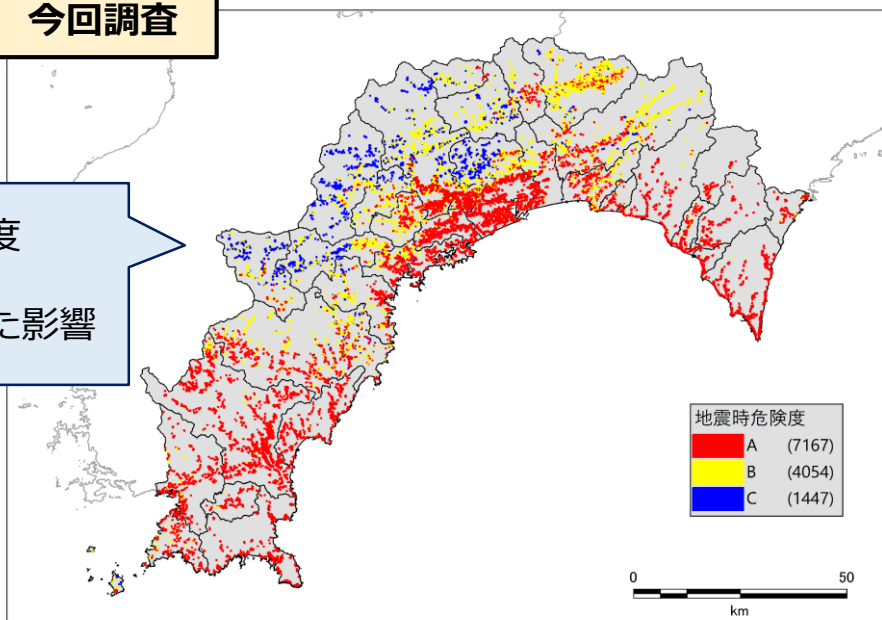
斜面崩壊危険箇所の地震時危険度ランク 前回調査との比較

<安政南海>

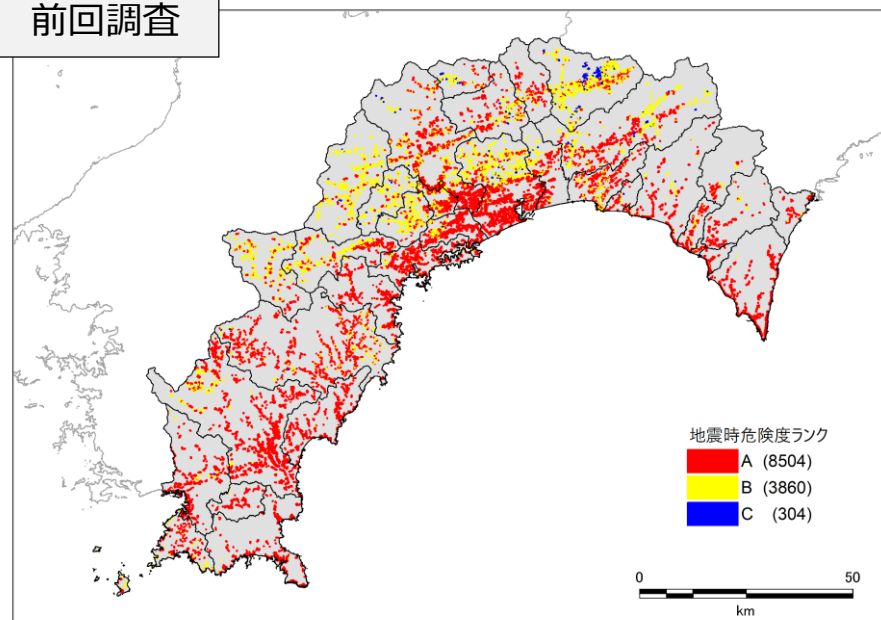
急傾斜地崩壊
危険箇所

今回調査

県中央～西部で危険度
【C】が増加。
→震度が小さくなった影響



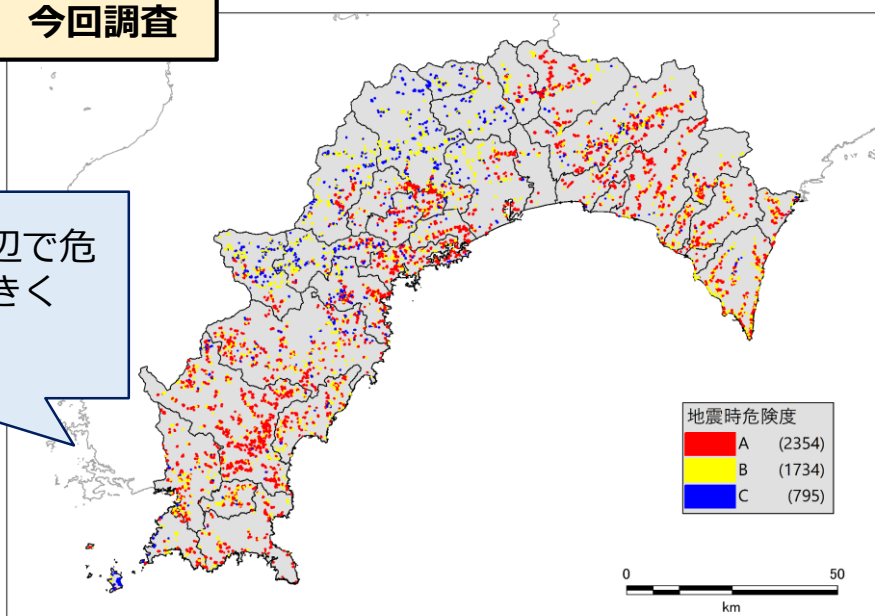
前回調査



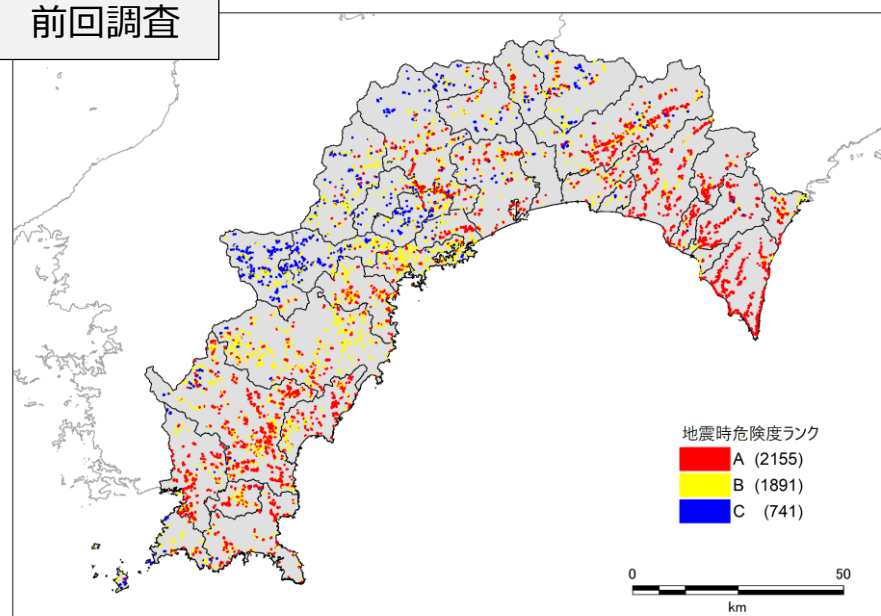
山腹崩壊
危険地区

今回調査

梶原町～四万十町周辺で危
険度が1段階程度大き
くなっている。



前回調査



土砂災害警戒区域等の地震時危険度ランク

<安政南海>

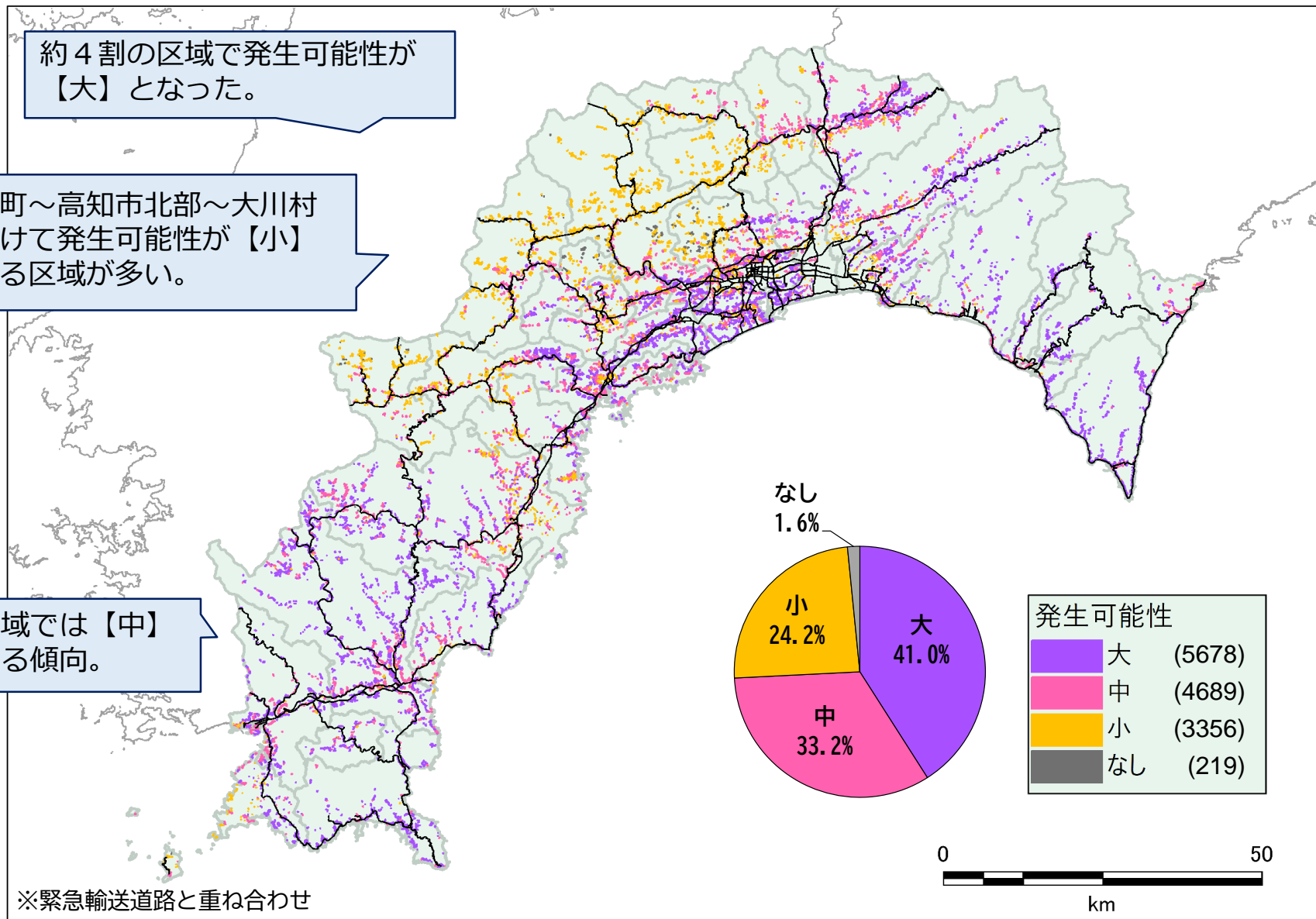
土砂災害警戒区域等（急傾斜地の崩壊）

約4割の区域で発生可能性が【大】となった。

梶原町～高知市北部～大川村にかけて発生可能性が【小】となる区域が多い。

四万十市川流域では【中】～【大】となる傾向。

※緊急輸送道路と重ね合わせ

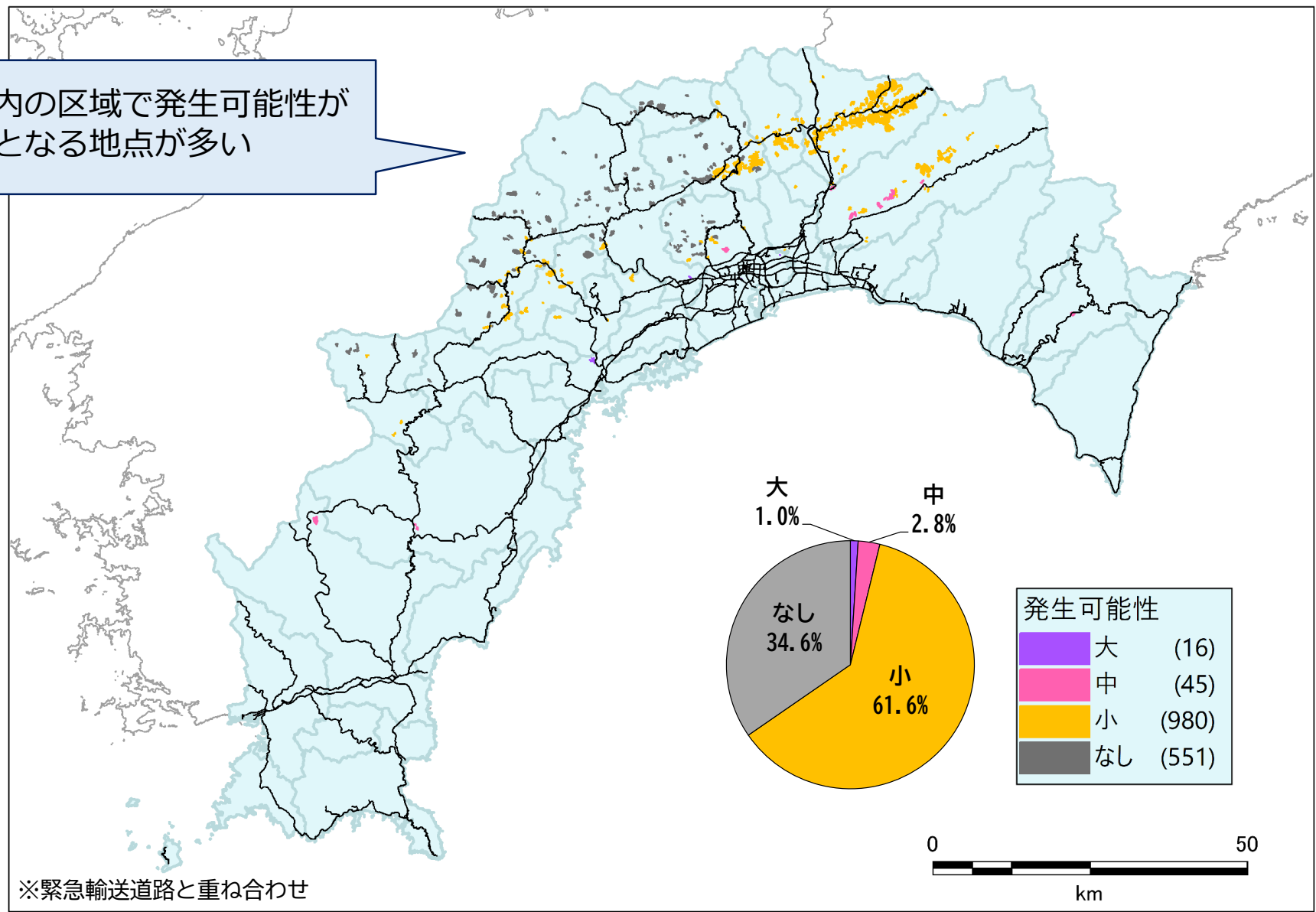


土砂災害警戒区域等の地震時危険度ランク

<安政南海>

土砂災害警戒区域等（地すべり）

大豊町内の区域で発生可能性が【大】となる地点が多い



※緊急輸送道路と重ね合わせ

土砂災害の想定結果

斜面崩壊危険箇所及び土砂災害警戒区域等のランク別数量（L1、L2地震）

ランクA：斜面被害の危険性が高い、ランクB：斜面被害の危険性がある、ランクC：斜面被害の危険性が低い

■ 斜面崩壊危険箇所

(数字は箇所数)

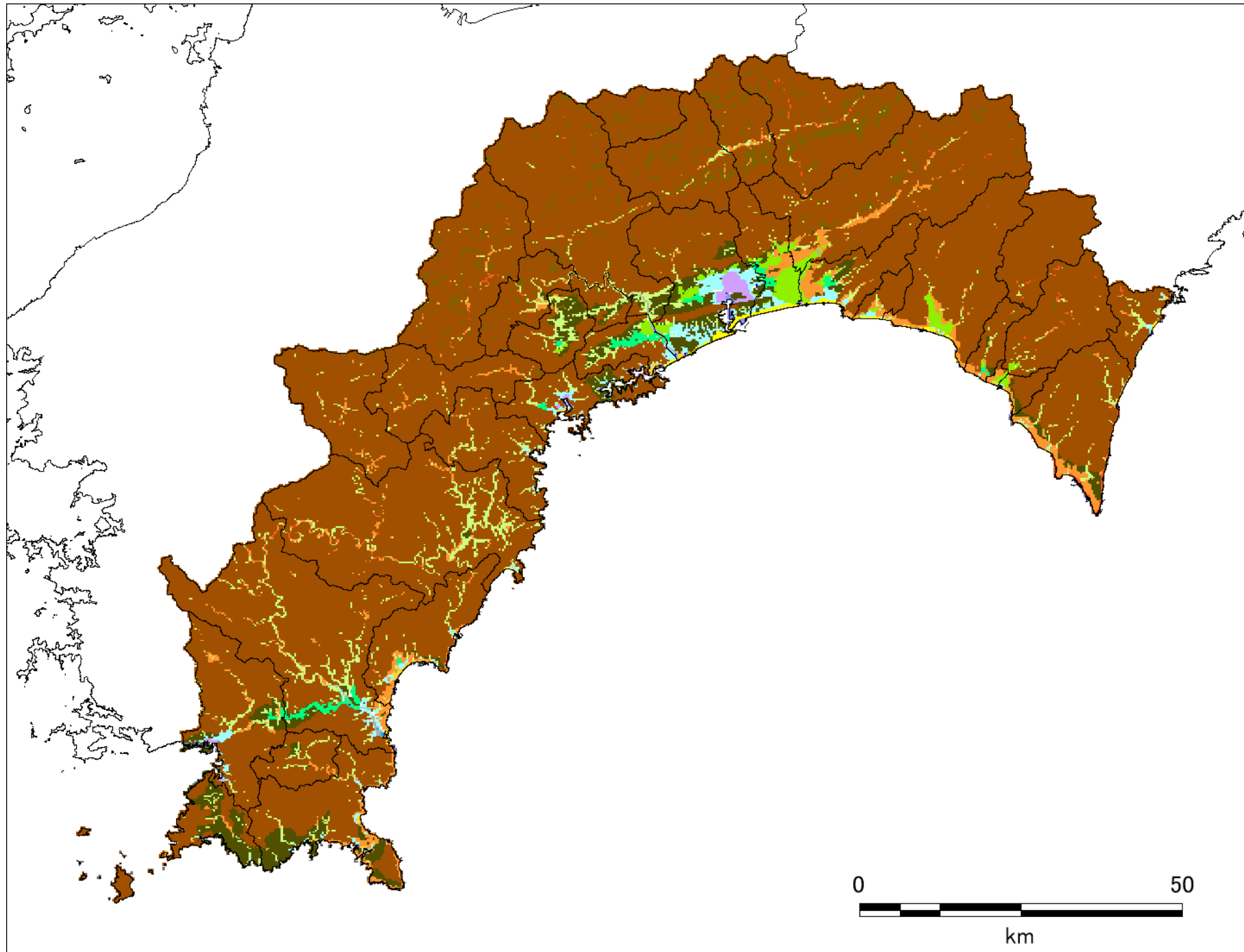
地震種類	急傾斜地崩壊危険箇所				山腹崩壊危険地区			
	A	B	C	計	A	B	C	計
L1地震動	7,167	4,054	1,447	12,668	2,354	1,734	795	4,883
L2地震動（基本ケース）	10,034	2,318	316	12,668	3,067	1,440	376	4,883
L2地震動（陸側ケース）	12,495	159	14	12,668	3,411	1,356	116	4,883
L2地震動（東側ケース）	10,049	2,325	294	12,668	3,000	1,490	393	4,883
L2地震動（西側ケース）	9,181	3,186	301	12,668	3,039	1,442	402	4,883

■ 土砂災害警戒区域等

(数字は箇所数)

地震種類	土砂災害警戒区域等（急傾斜地の崩壊）					土砂災害警戒区域等（地すべり）				
	大	中	小	なし	計	大	中	小	なし	計
L1地震動	5,678	4,609	3,356	219	13,862	16	45	980	551	1,592
L2地震動（基本ケース）	8,360	3,855	1,616	31	13,862	76	346	966	204	1,592
L2地震動（陸側ケース）	11,503	1,962	384	13	13,862	1,172	415	5	0	1,592
L2地震動（東側ケース）	7,751	4,329	1,736	46	13,862	58	382	1,016	136	1,592
L2地震動（西側ケース）	7,172	4,649	1,986	55	13,862	36	131	1,301	124	1,592

卷末資料



凡例	
山地	山地
山麓地	山麓地
丘陵	丘陵
岩石台地	岩石台地
砂礫質台地	砂礫質台地
谷底低地	谷底低地
扇状地	扇状地
自然堤防	自然堤防
後背湿地	後背湿地
旧河道・旧池沼	旧河道・旧池沼
三角州・海岸低地	三角州・海岸低地
砂州・砂礫州	砂州・砂礫州
砂丘	砂丘
砂州・砂丘間低地	砂州・砂丘間低地
干拓地	干拓地
埋立地	埋立地
磯・岩礁	磯・岩礁
河原	河原
河道	河道
湖沼	湖沼

*1:若松加寿江, 松岡昌志 (2020) : 地形・地盤分類250mメッシュマップの更新, 日本地震工学会誌, No.40, pp.24-27

2:防災科学技術研究所 (J-SHIS) よりダウンロード、<https://www.j-shis.bosai.go.jp/labs/wm2020/>

1 液状化

液状化の想定条件

物性値の算定

- 地表最大加速度は、童・山崎（1996）による地表震度との関係式を用いた。

最大加速度

$$I_k = 1.89 \cdot \log(A) + 0.59$$

I_k : 計測震度、 A : 最大加速度(cm/s²)

- 細粒分含有率FC及び補正N値 ΔN は、前回調査及び内閣府（R6）でも採用している亀井ら（2002）のN値との関係式によって算定した。

【亀井ら（2002）の方法】

次のデータを用いて、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を検討している。

- ✓ 東京低地（荒川低地、中川低地を含む）
- ✓ 河川沿いの自然堤防地帯のデータを用いる
- ✓ 整理した河川は、荒川、隅田川、中川、古利根川及び多摩川

細粒分含有率FC

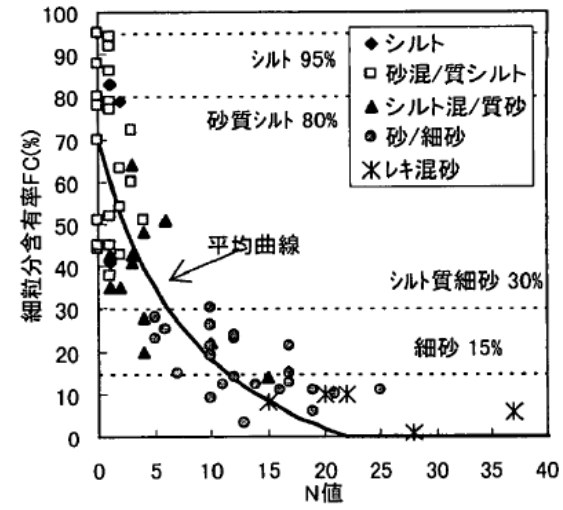
$$FC = \begin{cases} 916/(N + 9.21) - 29.5 & (N < 22) \\ 0 & (N \geq 22) \end{cases}$$

FC : 細粒分含有率(%), N : N値

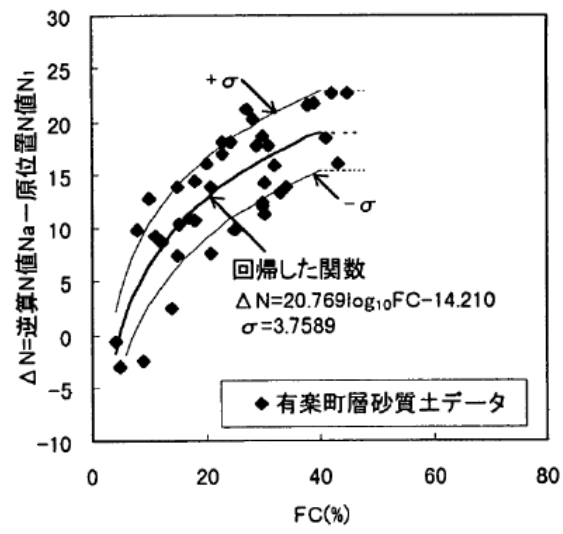
補正N値 ΔN

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

ΔN : 補正N値



沖積層の N 値と細粒分の関係



細粒分補正関数

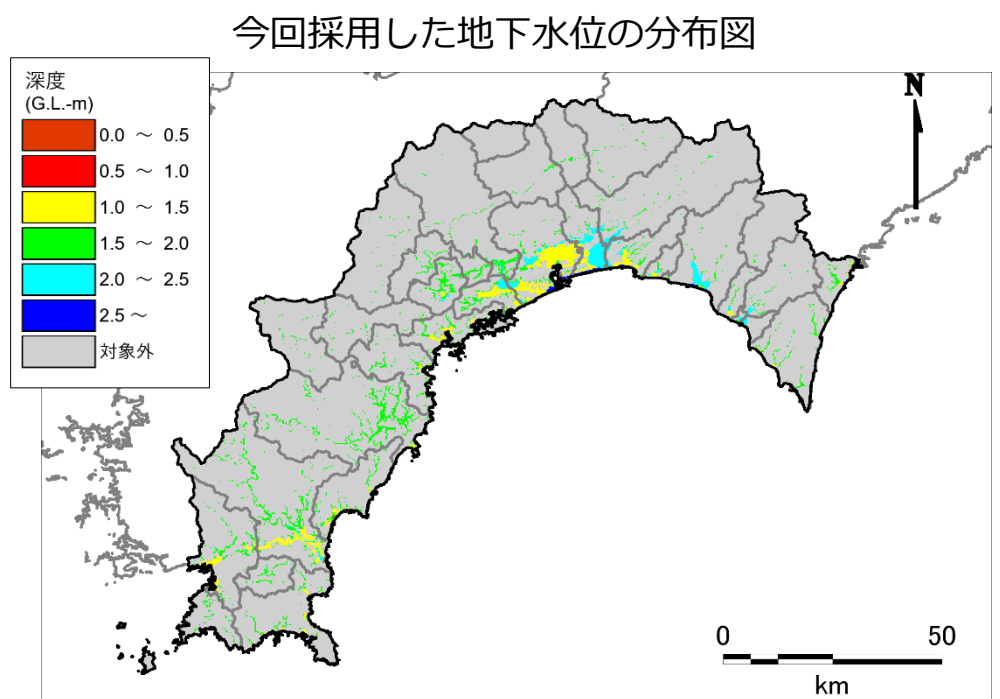
亀井祐聡、森本 巖、安田 進、清水善久、小金丸健一、石田栄介：東京低地における沖積砂質土の粒度特性と細粒分が液状化強度に及ぼす影響、地盤工学会論文報告集、Vol.42、No.4、101-110、2002年8月

地下水位の設定

● 新たに収集したボーリングデータを追加して、地形区分に対応した地下水位の再整理を行った。この水位を、液状化可能性計算のための地下水位として採用した。

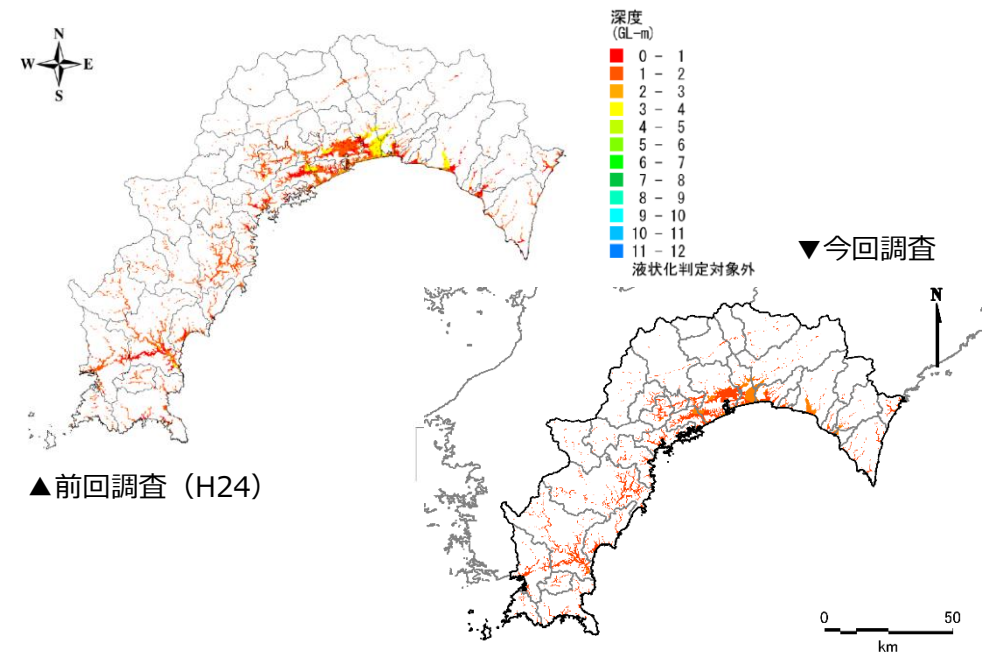
地形区分に対応して設定した地下水位

色No	区分名	データ数	平均値	中央値	最頻値	四分位数	採用値
10	谷底低地	1848	4.17	2.85	2.30	1.54	1.5
11	扇状地	938	3.73	3.50	2.20	2.20	2.2
12	自然堤防	103	3.39	2.20	1.20	1.20	1.2
13	後背湿地	938	3.03	2.47	0.90	1.10	1.1
14	旧河道・旧池沼	14	2.79	2.35	0.90	1.05	1.1
15	三角州・海岸低地	2141	2.45	2.00	1.40	1.14	1.1
16	砂州・砂礫州	429	3.26	2.50	1.60	1.60	1.6
17	砂丘	172	5.13	4.72	2.80	2.76	2.8
18	砂州・砂丘間低地	5	0.61	0.40	-	0.35	0.3
19	干拓地	986	2.13	1.70	1.10	1.00	1.0
20	埋立地	135	2.92	2.08	1.80	1.50	1.5
22	河原	43	3.75	3.85	1.75	2.06	2.1

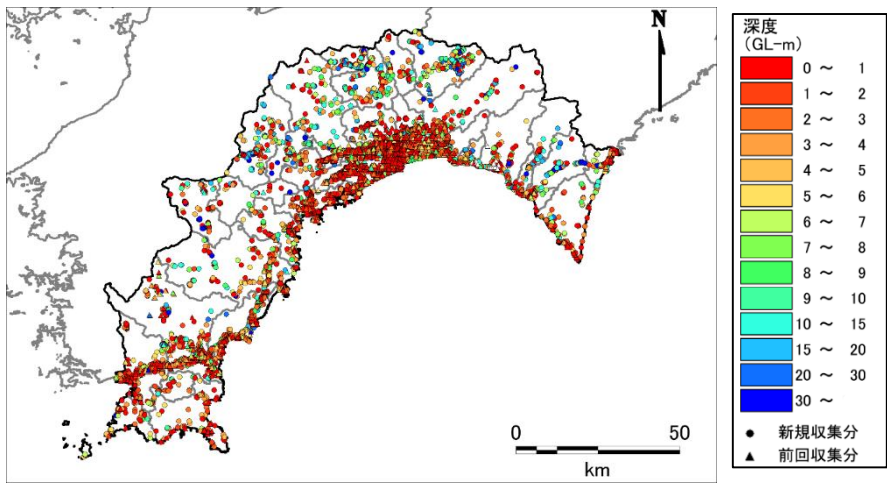


今回採用した地下水位の分布図

参考：前回調査の地下水位分布図との比較



収集したデータを加えた孔内水位の分布



1 液状化

液状化の想定条件

地震動特性による補正係数Cw

【高知県土質試料によるCw検討の概要（前回調査結果の整理）】

- 道路橋示方書（2017）による液状化抵抗率の算定式
 $R = Cw \times RL \rightarrow R = C1 \times C2 \times C3 \times C4 \times C5 \times RL$ （岩崎ほか（1978））

すなわち、
 $Cw = C1 \times C2 \times C3 \times C4 \times C5$

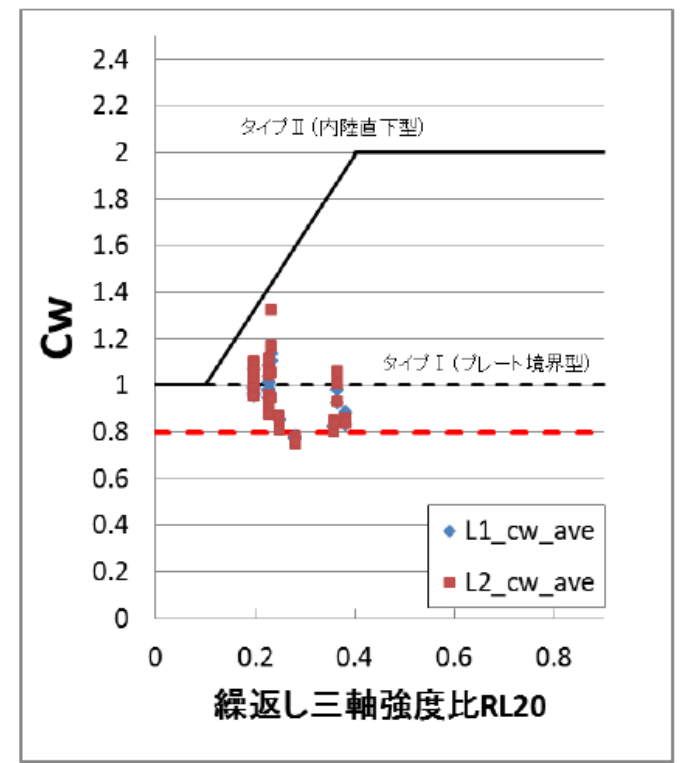
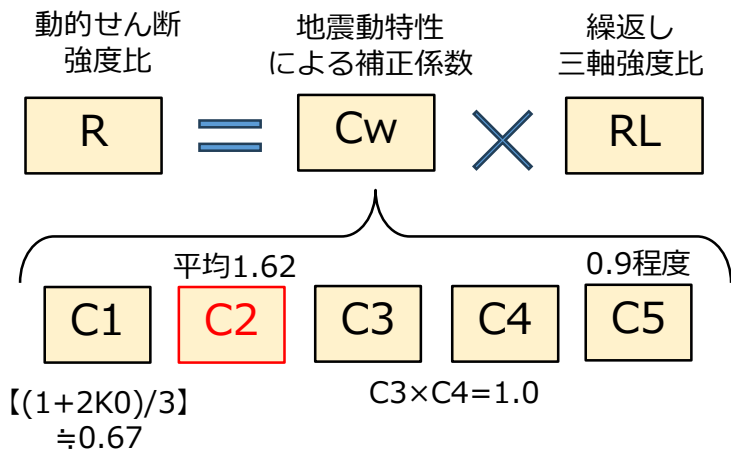
- ここで、
- C1：要素試験と原位置での拘束圧の相違に関する補正係数で、 $\frac{[(1+2K0)/3]}$ とされる。
 ※K0：静止土圧係数（K0を0.5としたとき、 $C1 \approx 0.67$ ）
 - C2：地震波荷重の不規則性に関する補正係数で、既往の試験結果の平均値より1.62とされている。
 - C3：サンプリングから試験までの過程中的攪乱に関する補正係数
 - C4：同過程中的高密度化に関する補正係数
 ➔これらの値の評価は非常に困難であり、 $C3 \times C4 = 1.0$ と考えられている。
 - C5：地震動の水平面での2次元性に関する補正係数で、0.9程度と考えられている。

- C3~C5の積を1.0をした場合、C2（地震波荷重の不規則性に関する補正係数）について、今回調査のL2地震に対応した値を考慮することで、その波形に対応したCw (=C1×C2)を算出することができる。
- C2は次式によって求められる。地震波形を用いて、土質試料ごとにC2を求めた。

$$C_2 = \left(\frac{20}{\sum_{j=1}^n \left(\frac{R_j}{R_{jmax}} \right)^{-\frac{1}{b}}} \right)^{-b}$$

Rj：n回目に作用するせん断応力、Rjmax：せん断応力の最大値、b：土質試料ごとの三軸試験結果から求められる設定値

- 算定したCwを整理すると、L2地震においてはCw=1.0を下回る結果が得られた。検討結果のばらつき踏まえて、Cw=0.8を採用値としている。



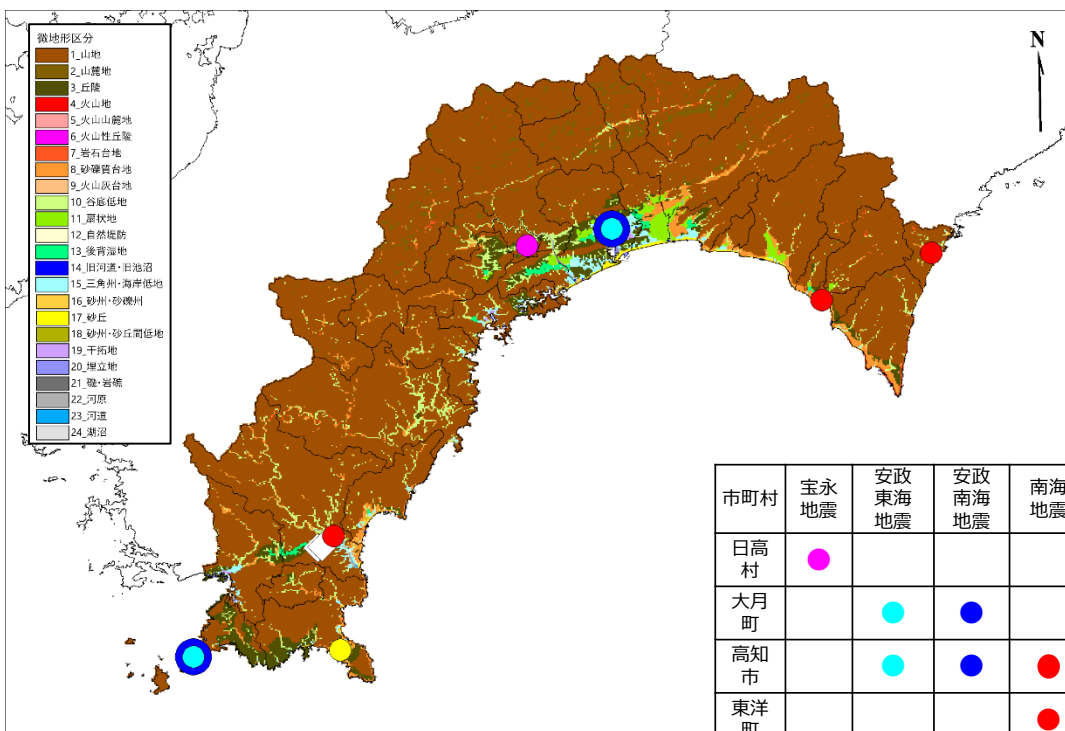
地震動特性による補正係数Cw と 繰返し三軸強度比RL20 の関係 (出典：高知県，H24)

岩崎敏男，龍岡文夫，常田賢一，安田進：砂質地盤の地震時流動化の簡易判定法と適用例，第5回日本地震工学シンポジウム講演集，pp.641-648，1978。
 石原研而，安田進：液状化に及ぼす地震波の不規則性と初期拘束圧の影響，土と基礎 Vol.23，No.6，pp.29-35，1975。

②高知県の液状化履歴

- 液状化は繰り返し発生すると言われていることから、県内の液状化履歴を整理した。日本の液状化履歴マップ（若松,2011）や文献調査から、**高知県内の液状化発生地点**を整理した。**大月町から東洋町の沿岸部、高知市内だけでなく内陸部の日高村でも履歴が示されている。**
- **四万十市**における遺跡調査より、**15世紀末ごろの液状化の痕跡**が見つまっている。
- 液状化危険度の予測結果と液状化履歴の整合を確認し、結果の妥当性を評価する。

高知県の微地形と液状化履歴



市町村	宝永地震	安政東海地震	安政南海地震	南海地震	1968年日向灘地震	液状化発生微地形区分名
日高村	●					丘陵
大月町		●	●			砂州・砂礫州
高知市		●	●	●		干拓地
東洋町				●		谷底低地
奈半利町				●		三角州・海岸低地
四万十市				●		後背湿地
土佐清水市					●	埋立地

液状化の痕跡が確認された遺跡情報（四万十市）



アソノ遺跡

- ✓ 1989年に、四万十市のアソノ遺跡で液状化跡を発見し、液状化をもたらせた地震の時期は、15世紀末頃と考えられる
- ✓ 1498年明応東海地震の資料があるが、南海地震が発生したことを明確に示す記録は無かった。1498年東海地震と南海地震が同時に発生した可能性が考えられる

船戸遺跡

- ✓ 地震に伴う地割れ跡数箇所を確認
- ✓ 戦国期の南海地震に関連するものと推測

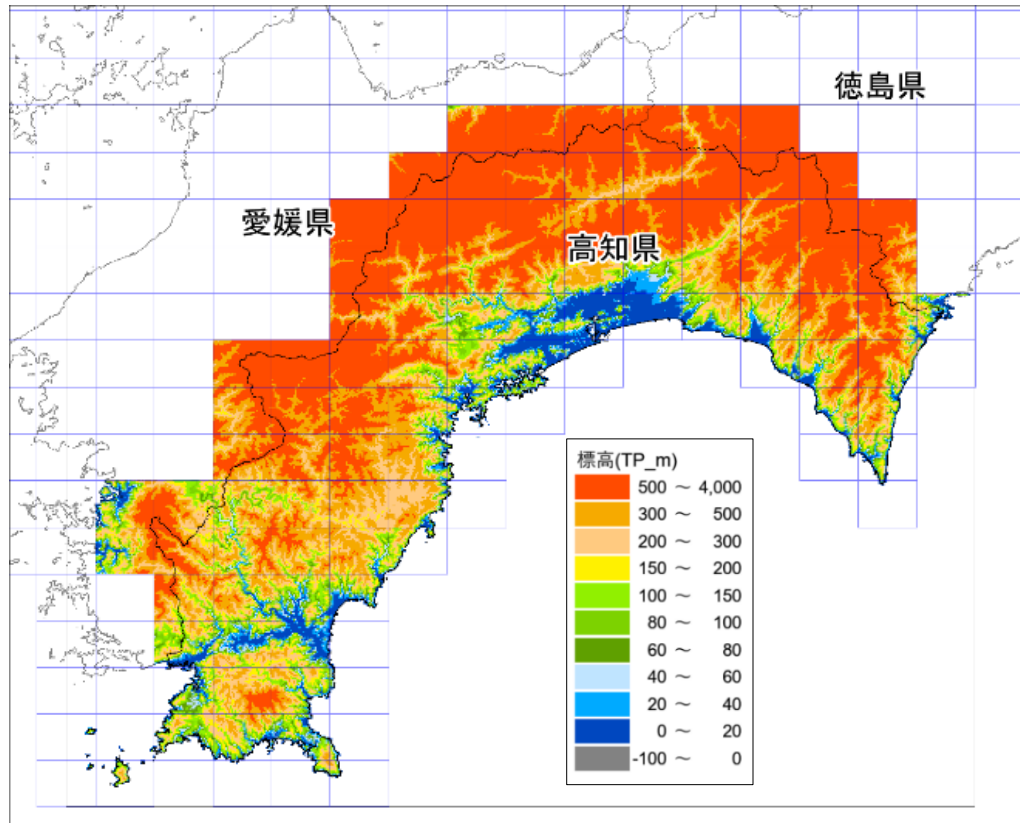
2 土砂災害

土砂災害の想定条件

斜面災害の推計

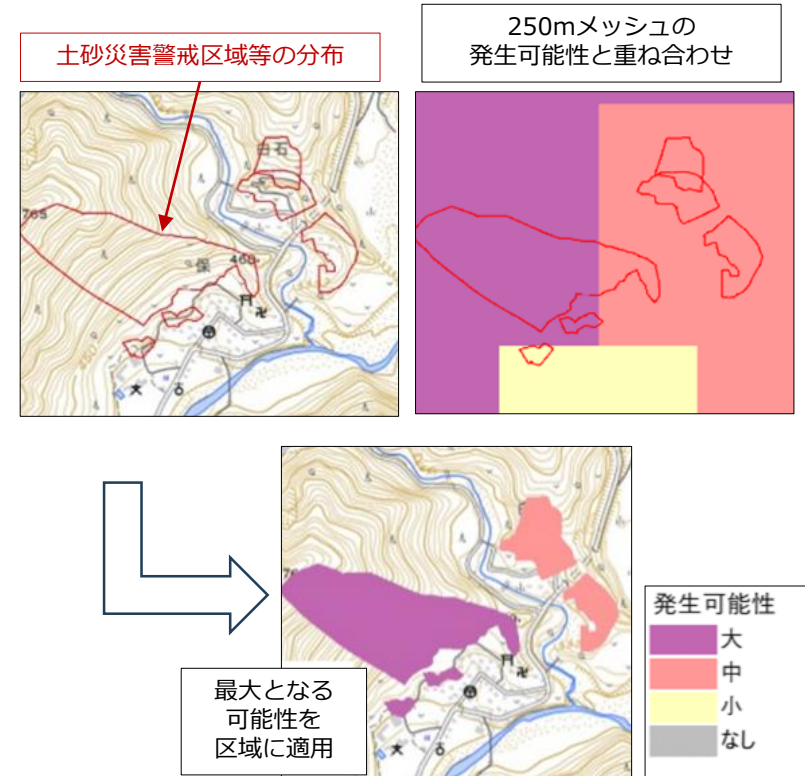
土砂災害警戒区域等を対象とした斜面災害の推計に用いるデータと区域における危険度の与え方

高知県の標高分布



国土交通省 国土地理院, 基盤地図情報サイトよりデータをダウンロードして作成

メッシュ危険度と土砂災害危険区域の重ね合わせのイメージ

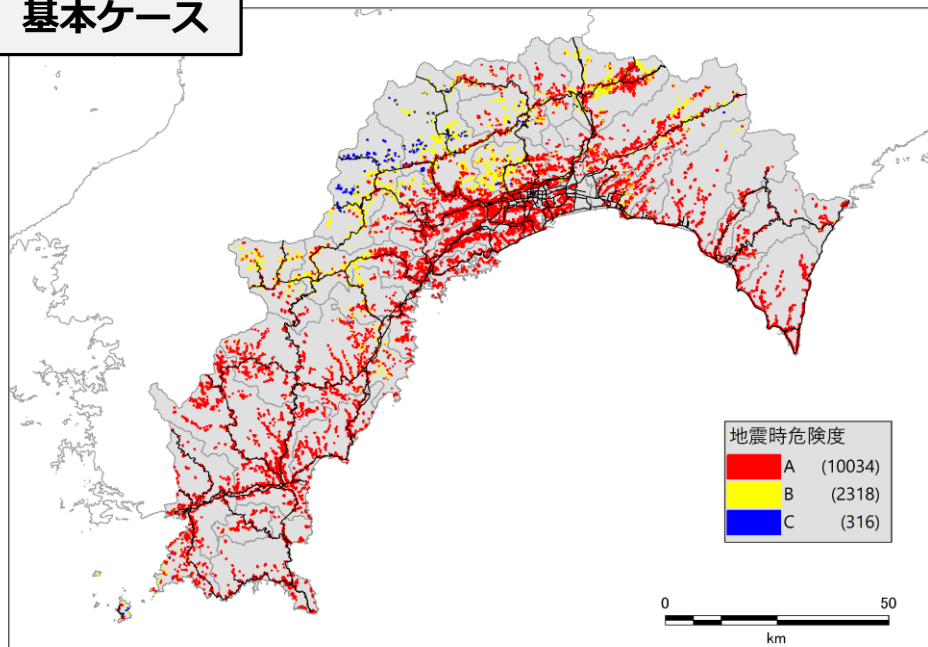


出典：山梨県地震被害想定調査結果 (令和5年5月26日発表)

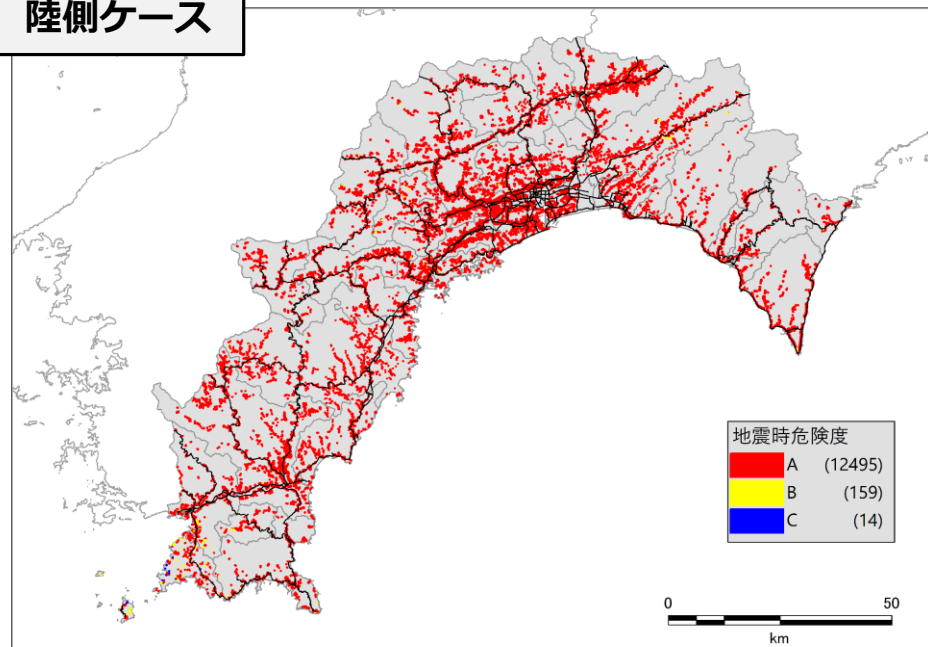
斜面崩壊危険箇所の地震時危険度ランク

急傾斜地崩壊危険箇所：4ケース

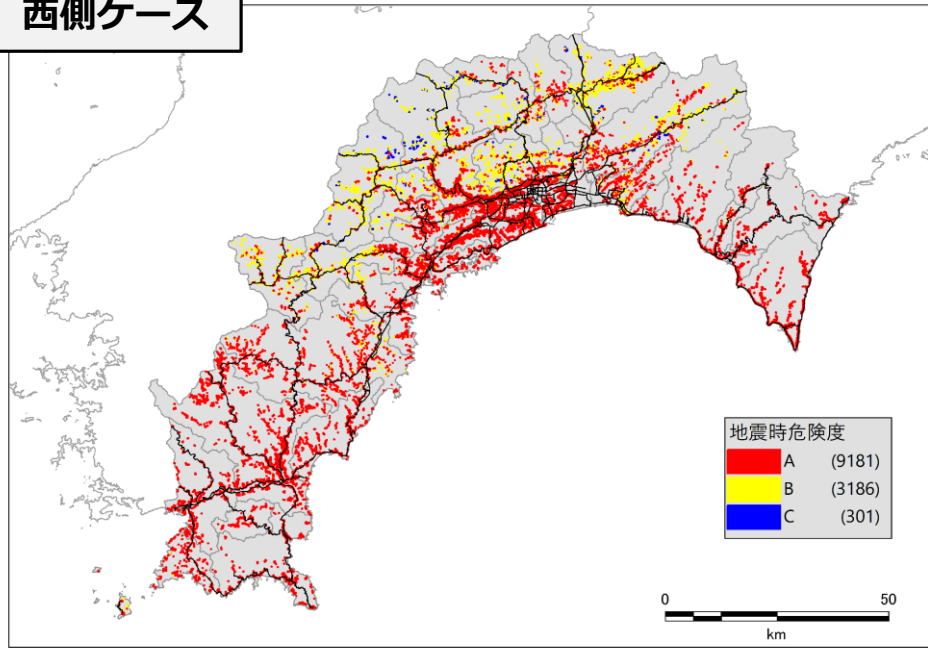
基本ケース



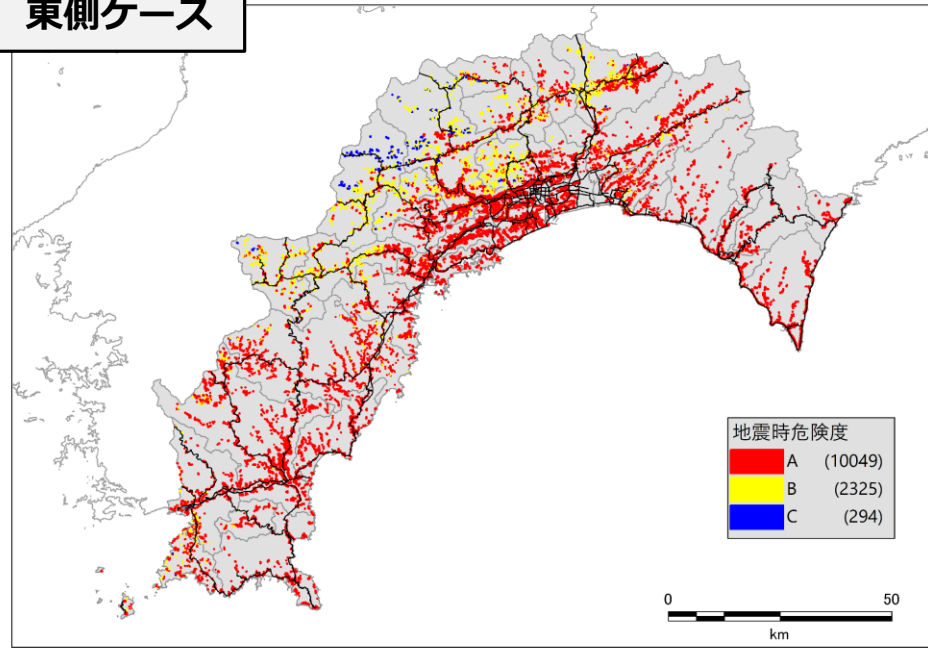
陸側ケース



西側ケース

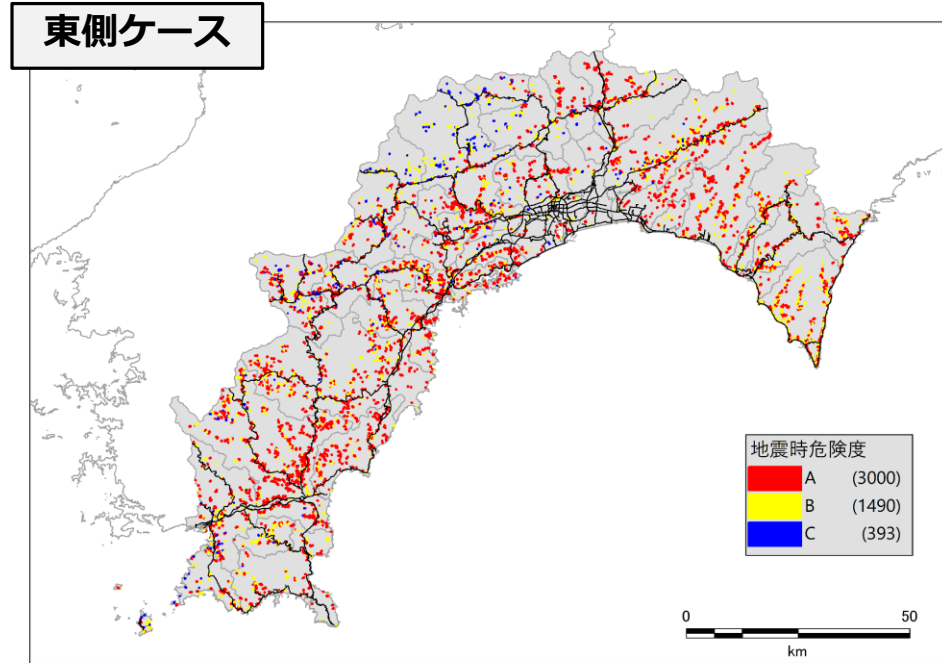
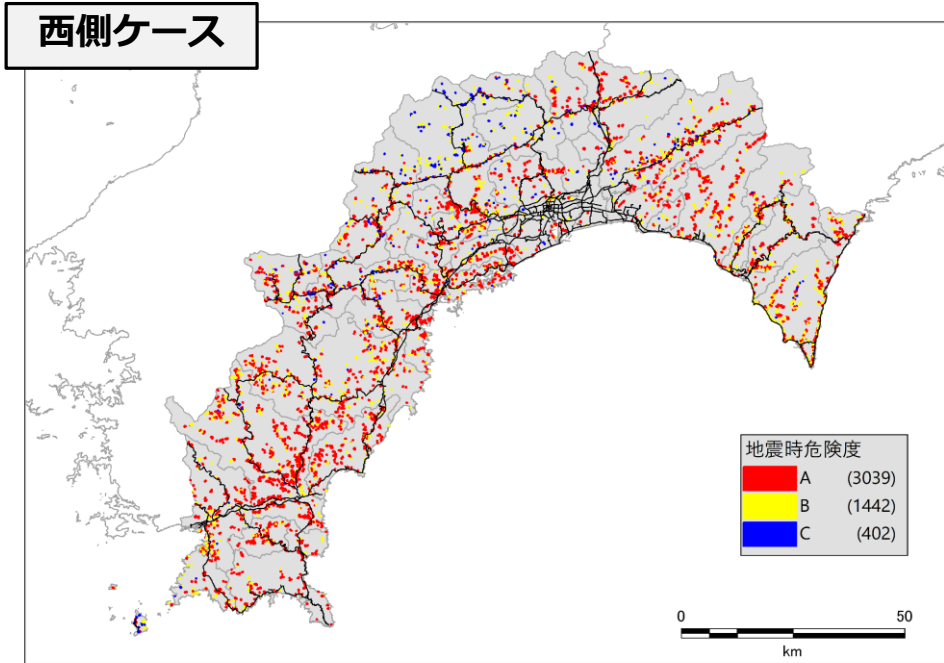
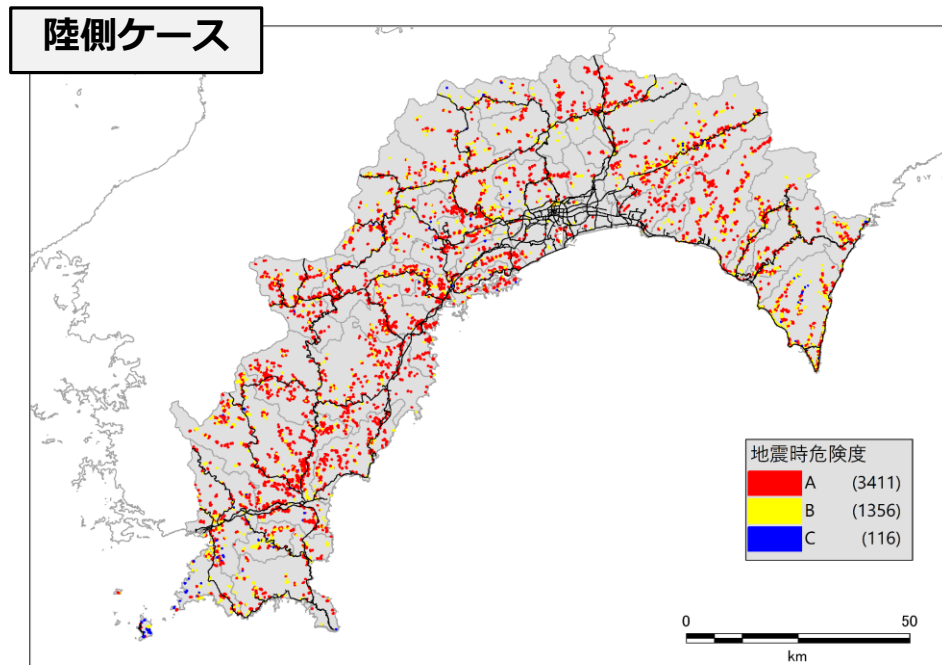
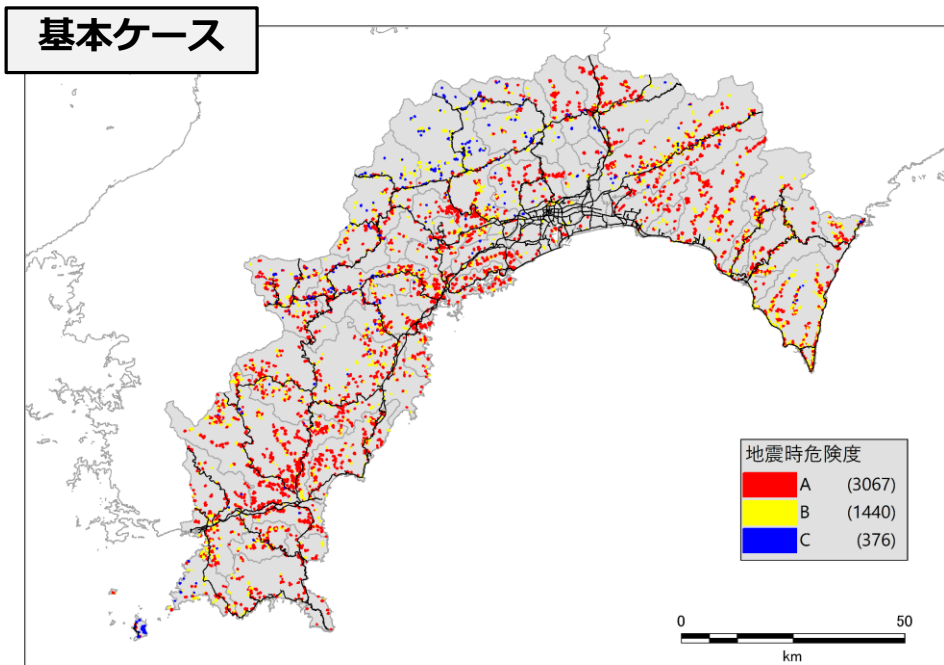


東側ケース



斜面崩壊危険箇所の地震時危険度ランク

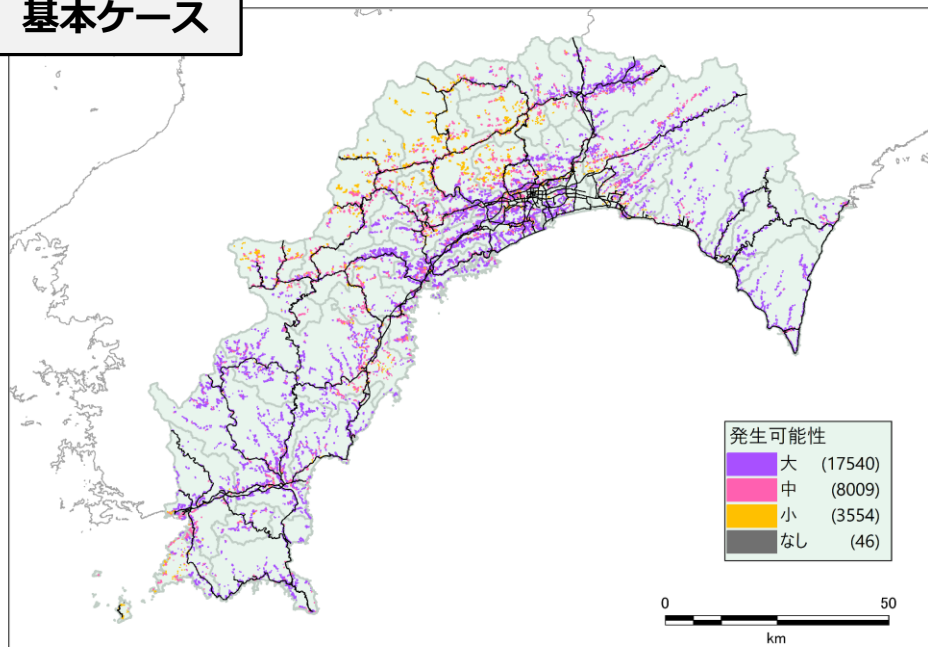
山腹崩壊危険地区：4ケース



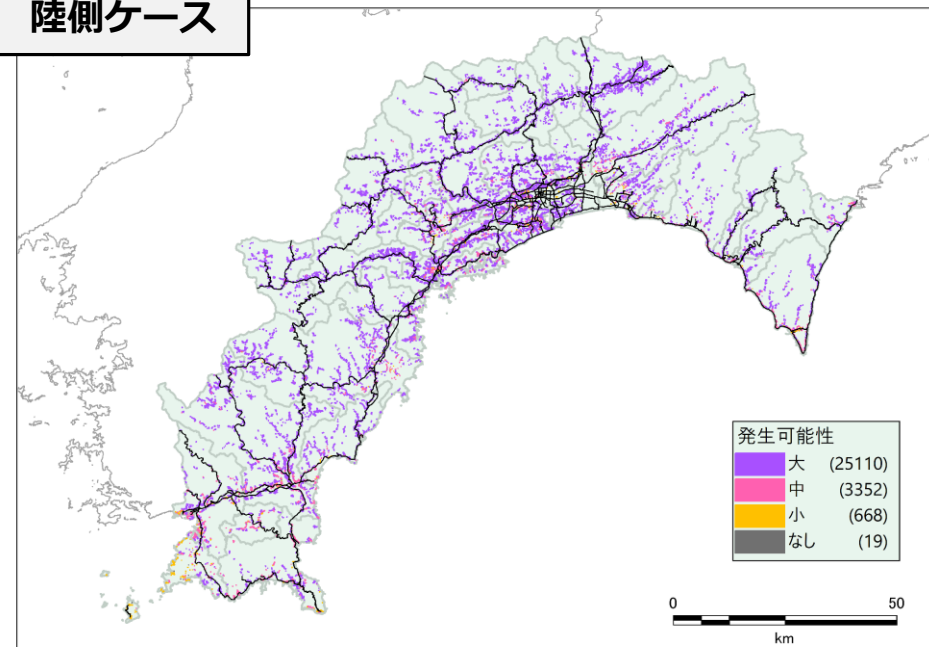
土砂災害警戒区域等の地震時危険度ランク

急傾斜地の崩壊：4ケース

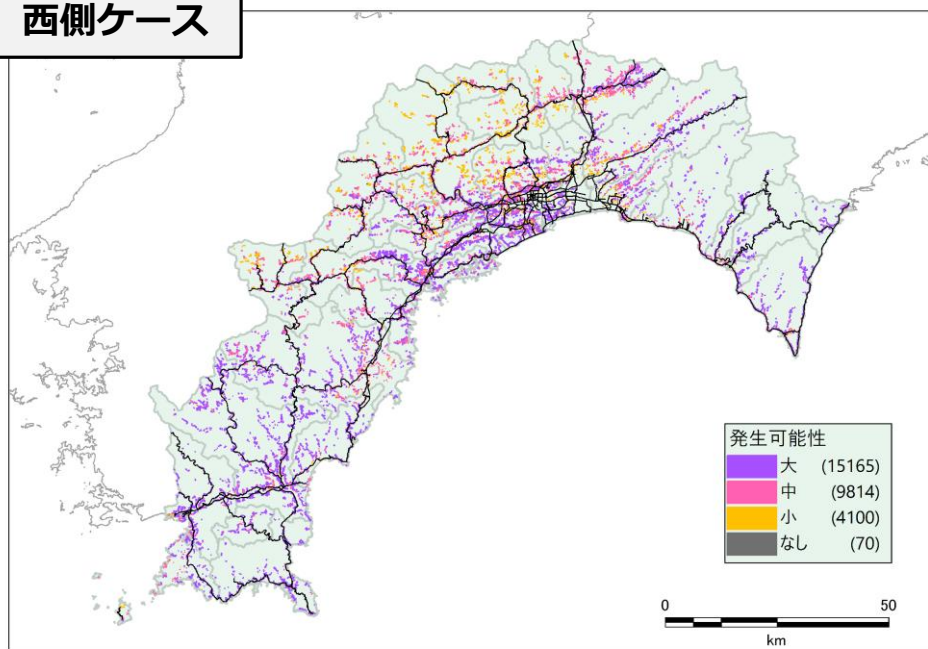
基本ケース



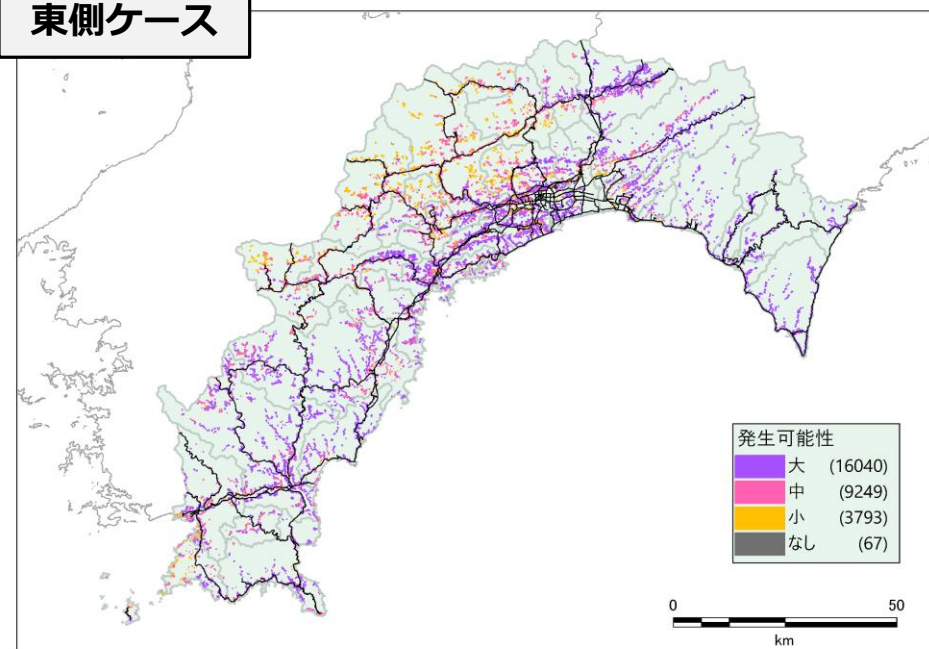
陸側ケース



西側ケース

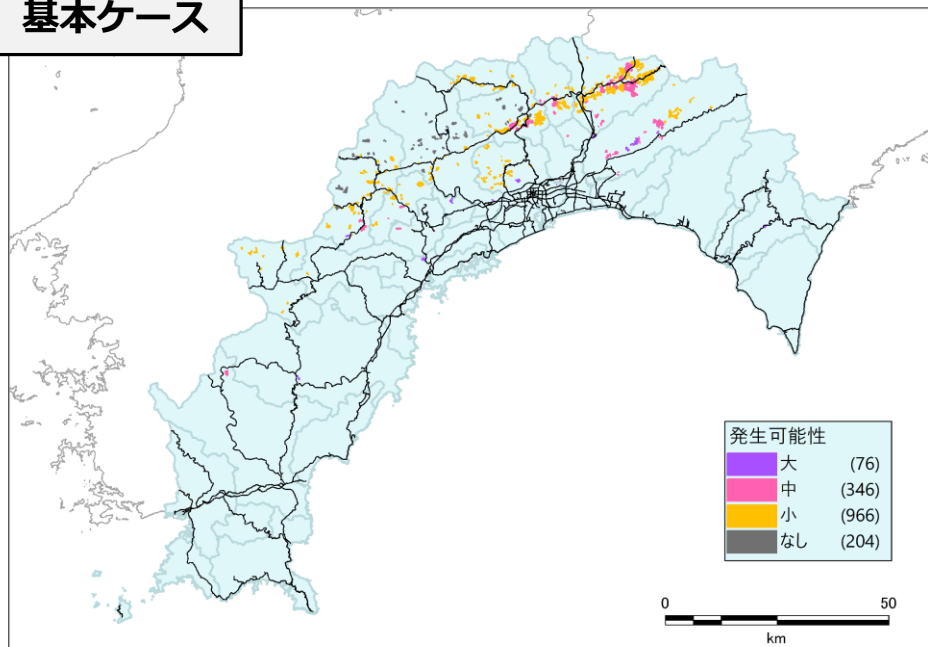


東側ケース

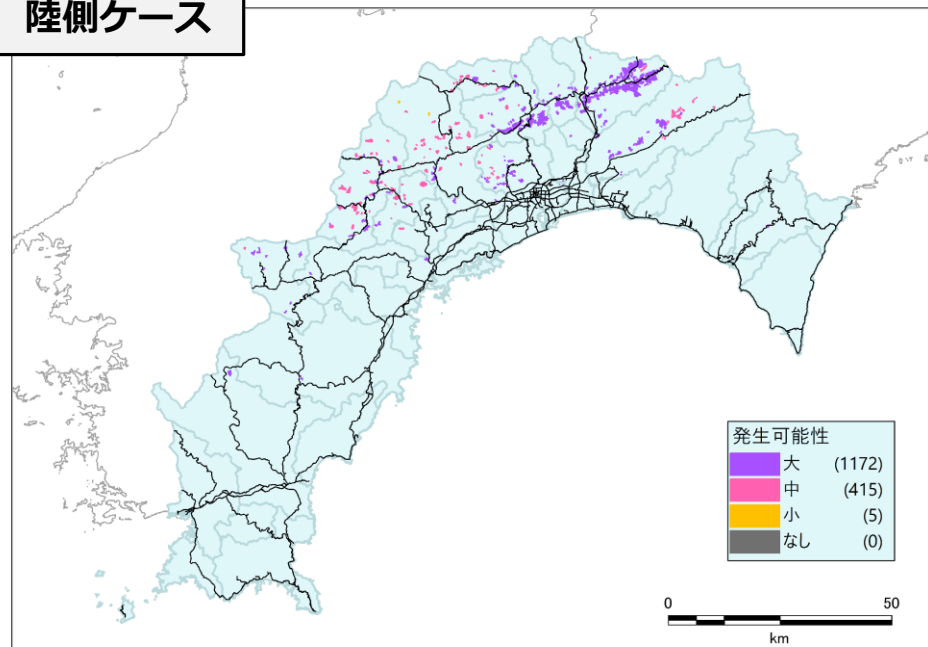


土砂災害警戒区域等の地震時危険度ランク 地すべり：4ケース

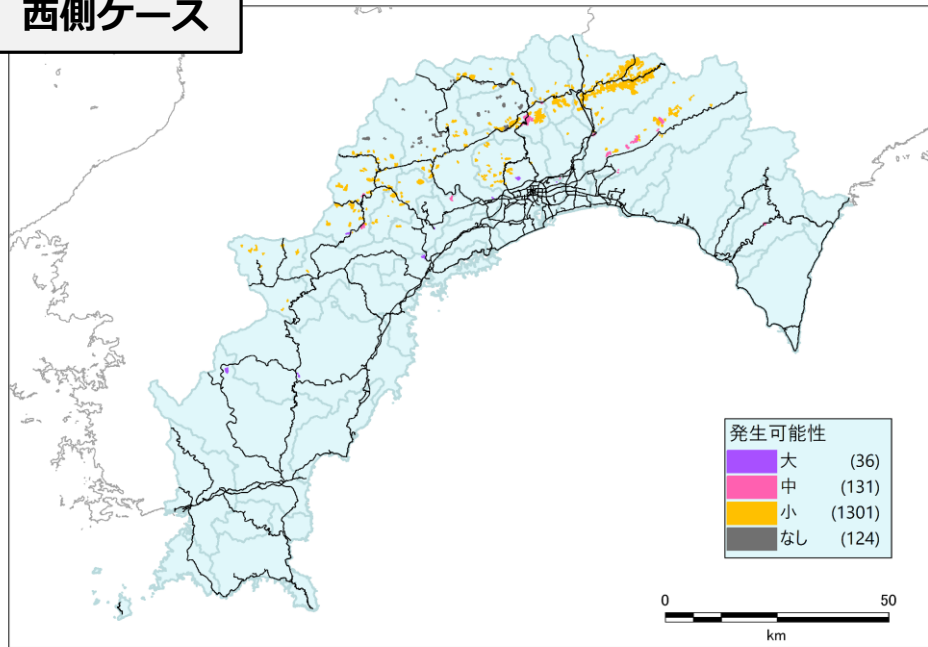
基本ケース



陸側ケース



西側ケース



東側ケース

