

L 2 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

L2地震の液状化想定結果

2 土砂災害

土砂災害の想定条件

L2地震の土砂災害想定結果

巻末資料

L2地震動の液状化想定結果一覧

L2地震動の土砂災害想定結果一覧

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（高知県(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

第3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、前回調査以降に得られたデータを追加して設定値を検討中である。
- 第3回時点の地震動予測結果を用いた液状化可能性と沈下量の想定結果について報告した。

今回の報告事項

- C_w について新たなデータを用いて検討し、高知県独自の設定値として $C_w=0.8$ を採用するものとした。
- 地盤モデル、地震動の更新に合わせて液状化可能性及び沈下量を想定した。

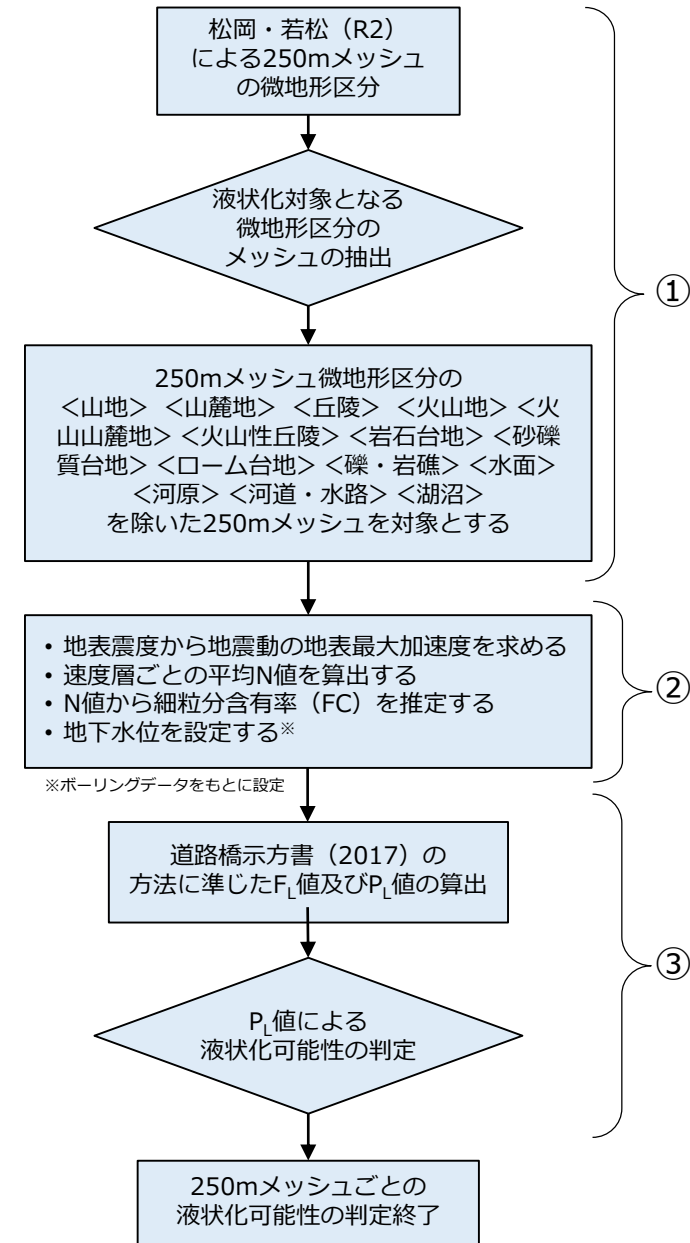
1 液状化

液状化の想定条件

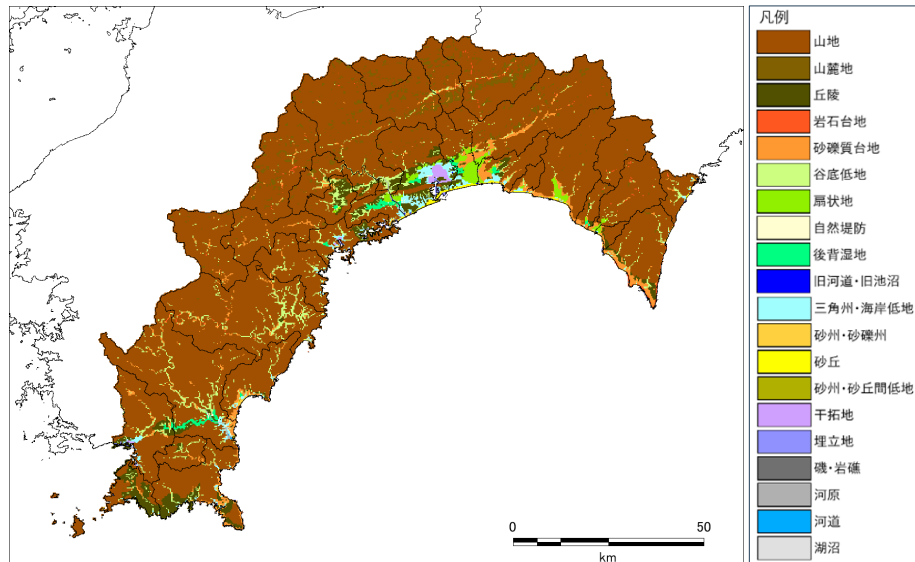
液状化可能性の想定方法

- 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、液状化可能性算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、液状化可能性の区分を用いて、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

1 液状化

液状化の想定条件

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。**

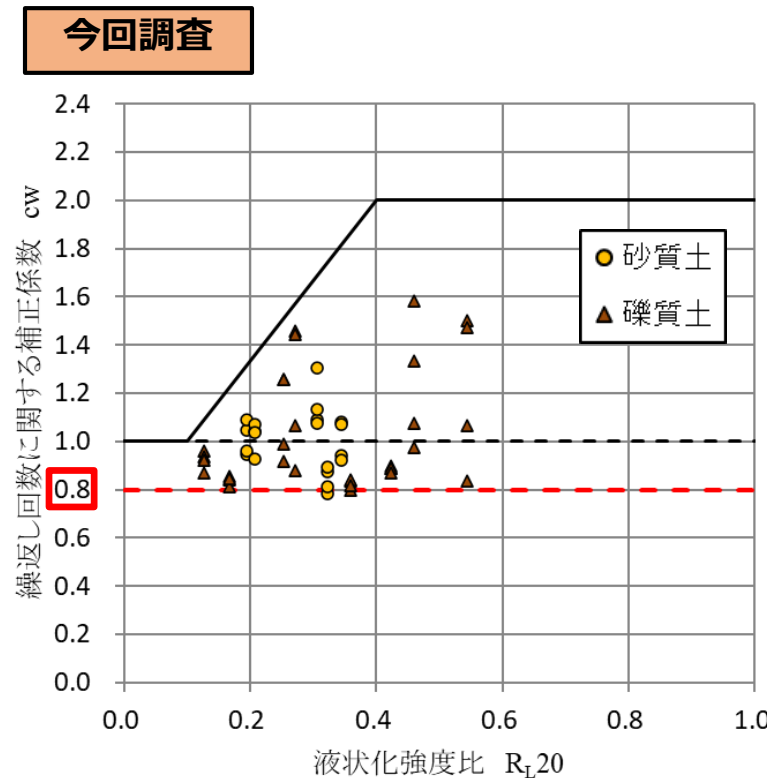
C_w の推定手順

- 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。
- ②L2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。

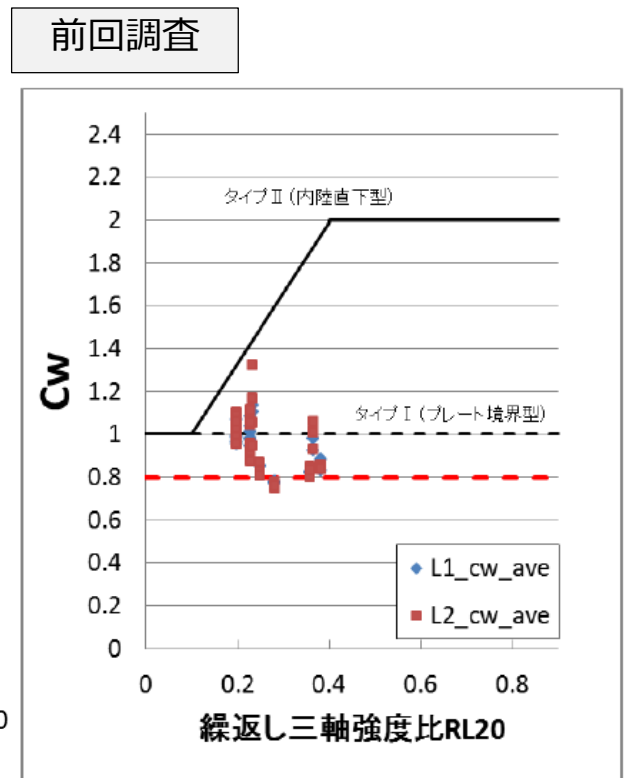
※詳細を巻末資料に掲載

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。



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 R_{L20} の関係



地震動特性による補正係数 C_w と繰返し三軸強度比 R_{L20} 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

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

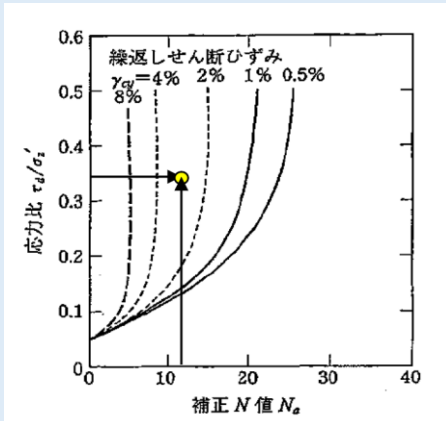
S : 沈下量(m)

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

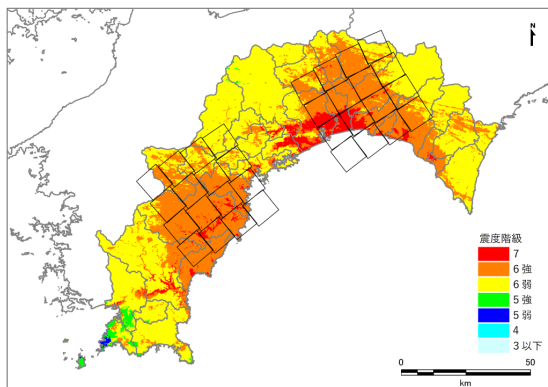
n : F_L<1.0となる砂質土層iの砂質土層数

補正N値と繰返しせん断ひずみの関係



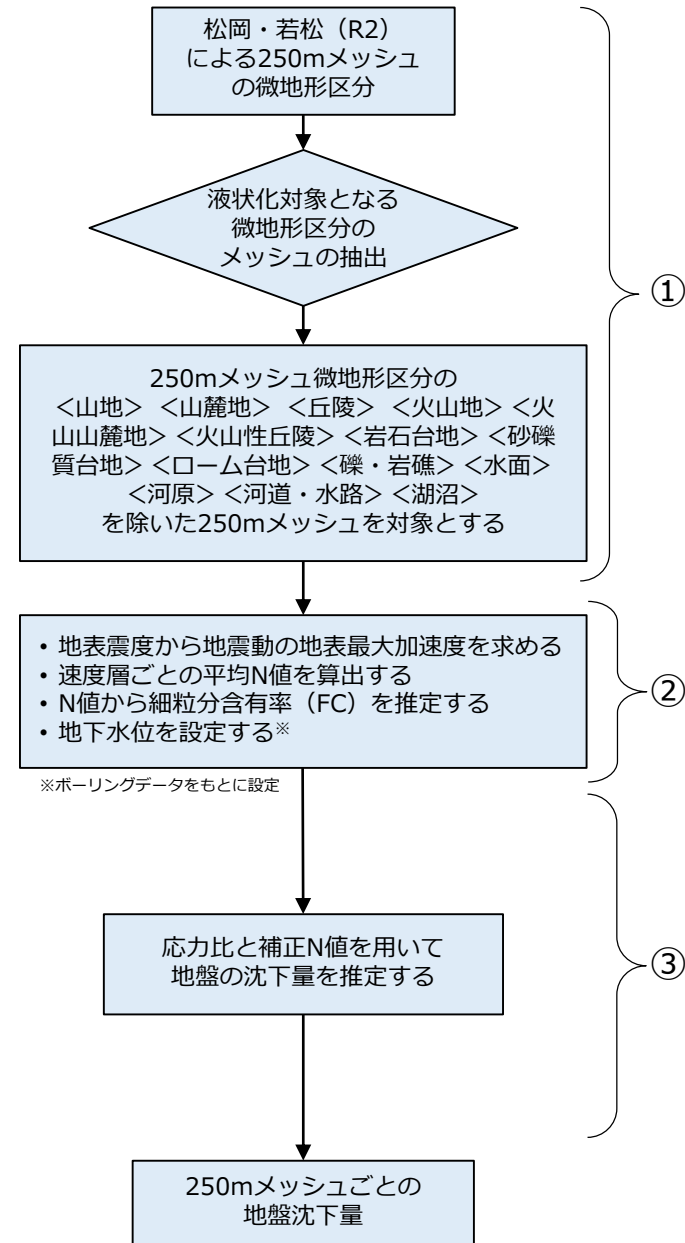
(建築基礎構造設計指針(2019)、一部加筆)

L2地震(陸側ケース)の地表震度



➔ 以上の想定条件を用いて、L2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



*ボーリングデータをもとに設定

1 液状化

L2地震の液状化想定結果

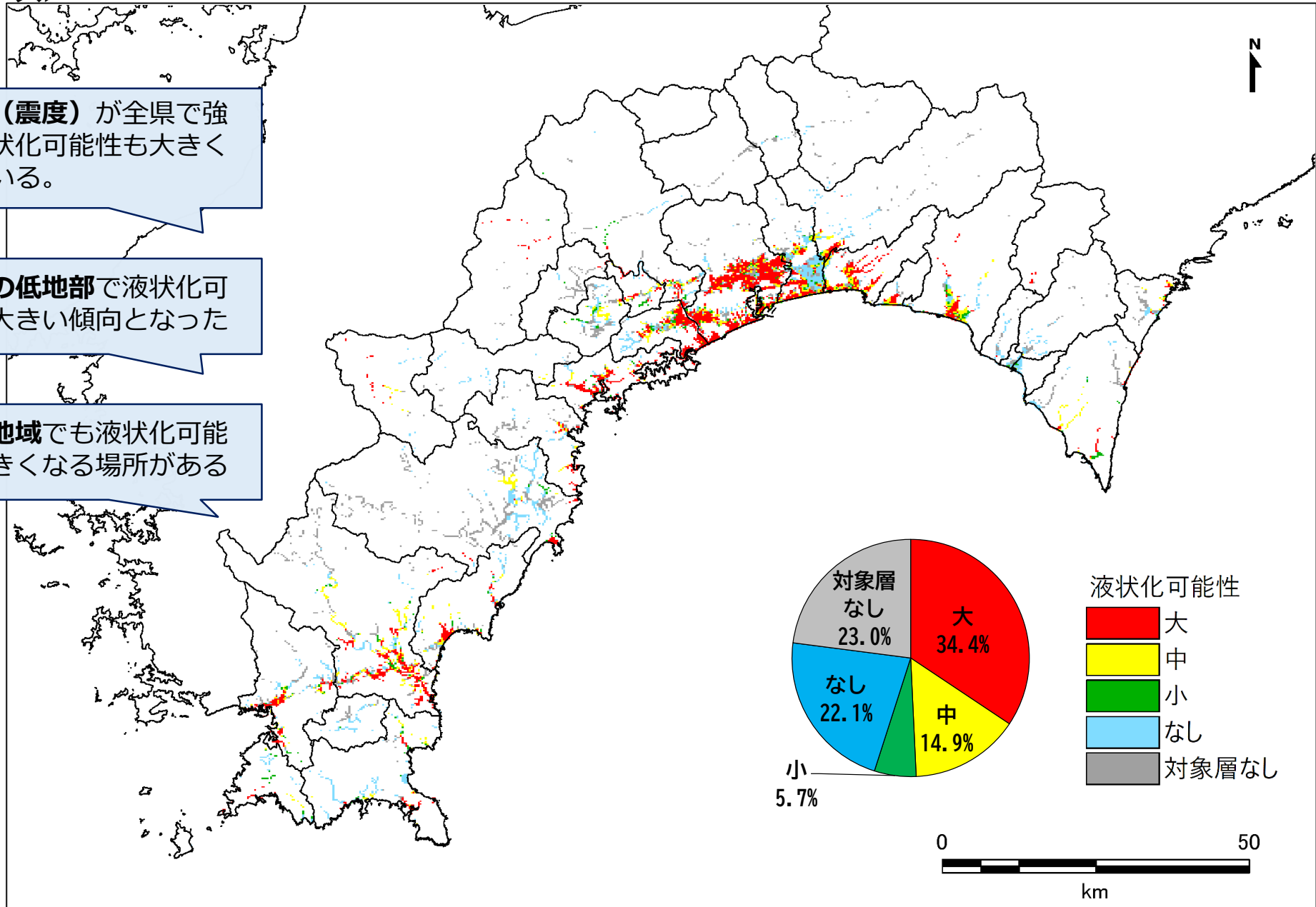
液状化可能性

<陸側ケース>

地震動（震度）が全県で強く、液状化可能性も大きくなっている。

沿岸域の低地部で液状化可能性が大きい傾向となった

中山間地域でも液状化可能性が大きくなる場所がある



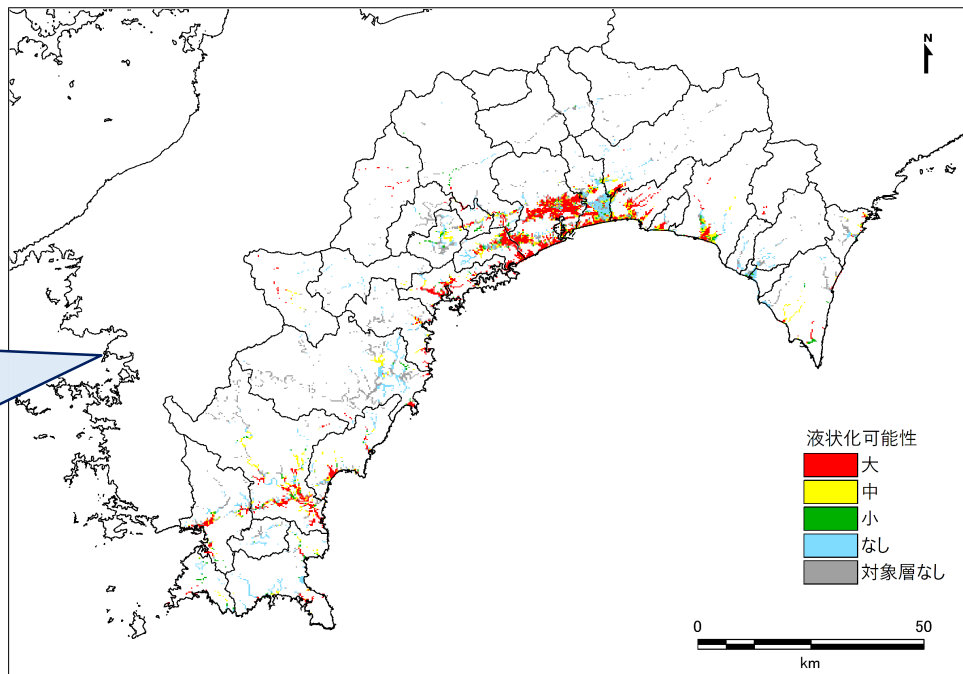
1 液状化

L2地震の液状化想定結果

液状化可能性

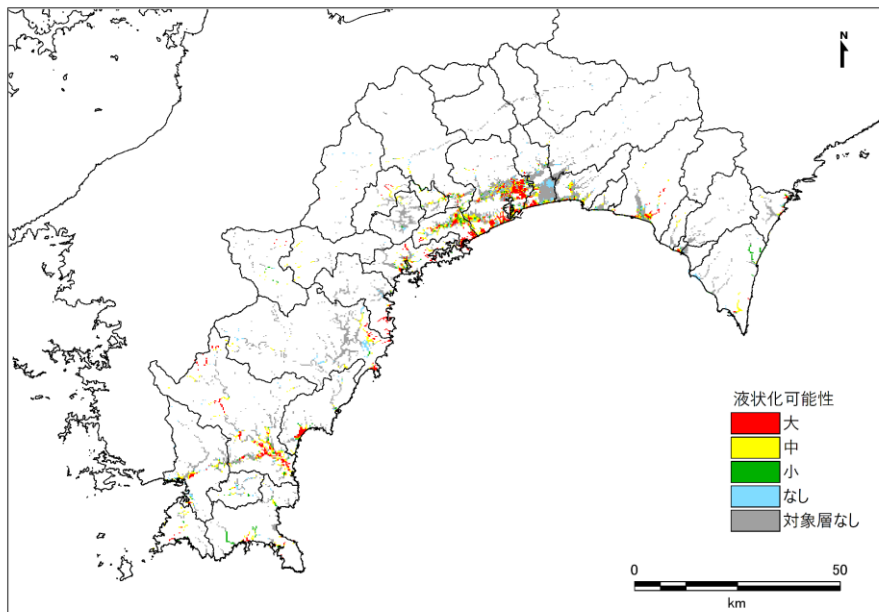
＜陸側ケース＞
前回、内閣府との比較

今回想定の液状化可能性想定結果

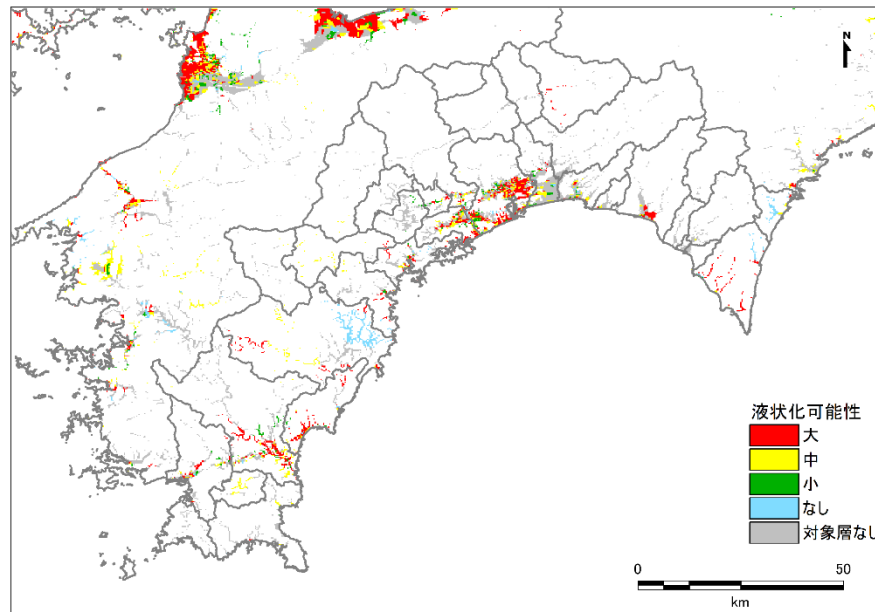


以下の要因で前回調査と比較して液状化可能性「大」の地域が増加
✓ 地震動（震度）の見直し
✓ 浅部地盤モデルの見直し

前回調査の液状化可能性分布



R7内閣府想定の液状化可能性分布



1 液状化

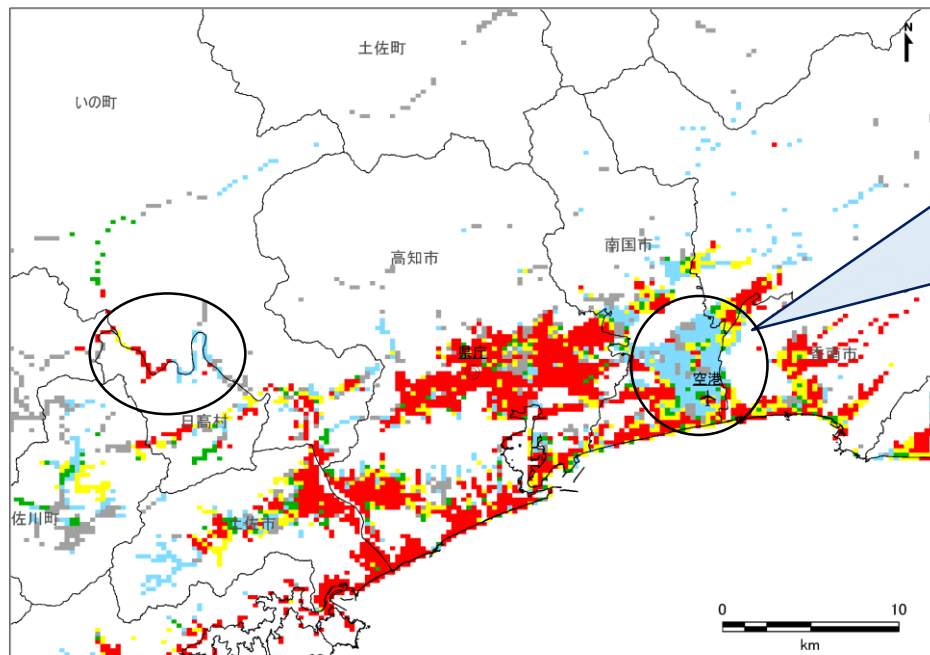
L2地震の液状化想定結果

液状化可能性

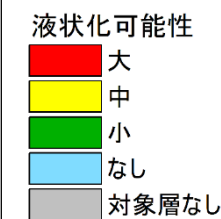
<陸側ケース>
前回、内閣府との比較
高知市周辺

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

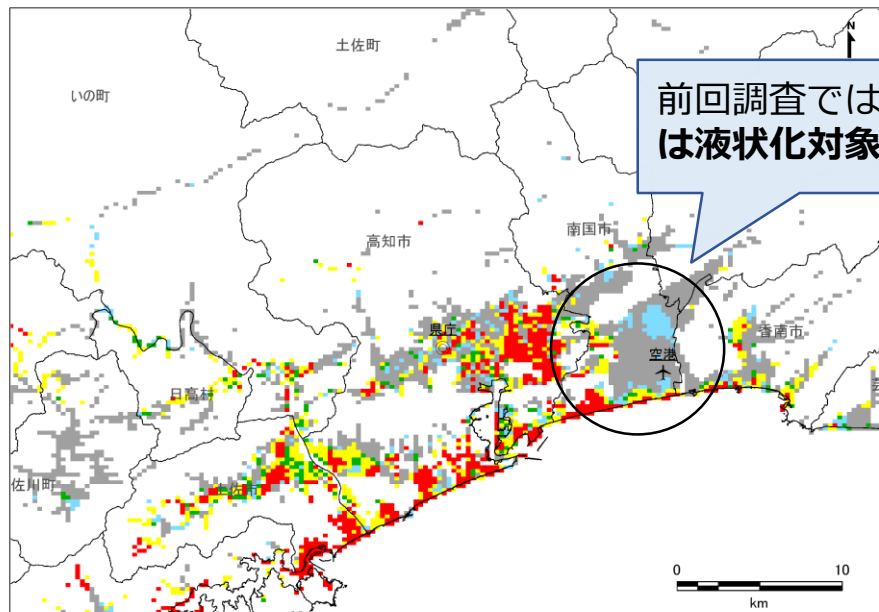
今回想定の液状化可能性想定結果



南国市～香美市南部、香南市西部
地域：
扇状地で表層に礫質土が分布し、
N値が高いため液状化可能性「なし」となった
ただし、宅地地盤や埋設管の埋設
など、局所的に液状化する可能性
がある

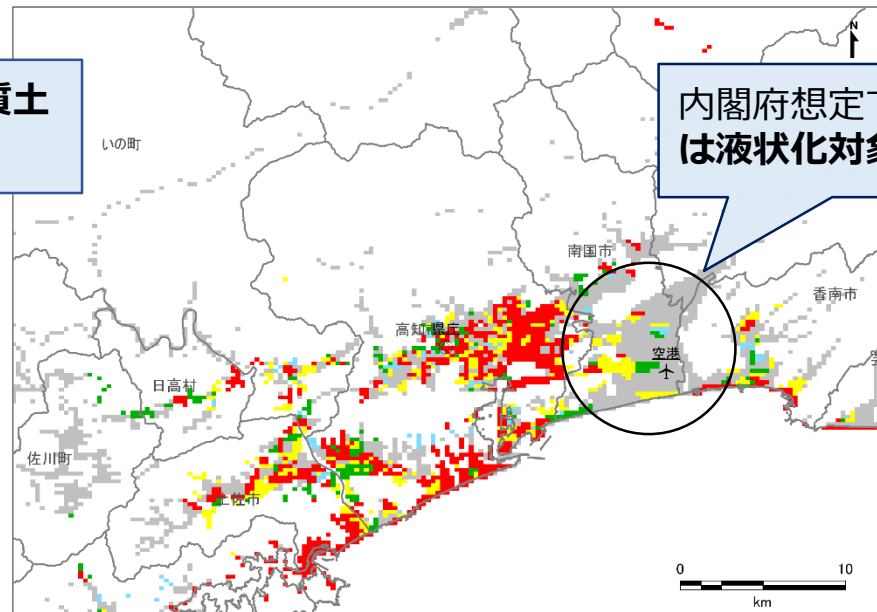


前回調査の液状化可能性分布



前回調査では礫質土
は液状化対象外

R7内閣府想定での液状化可能性分布



内閣府想定では礫質土
は液状化対象外

1 液状化

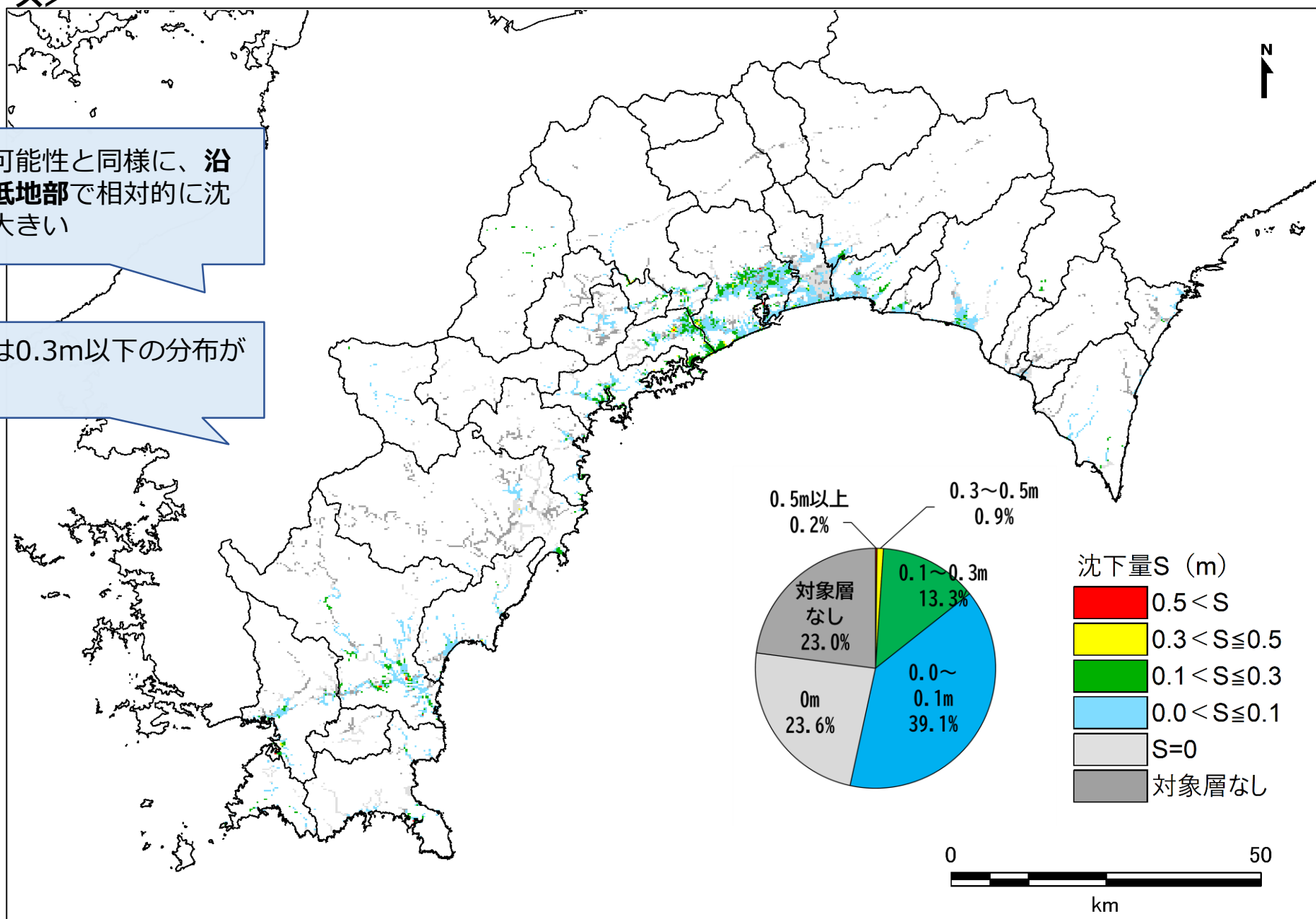
L2地震の液状化想定結果

沈下量

<陸側ケース>

液状化可能性と同様に、沿岸域の低地部で相対的に沈下量が多い

沈下量は0.3m以下の分布が多い

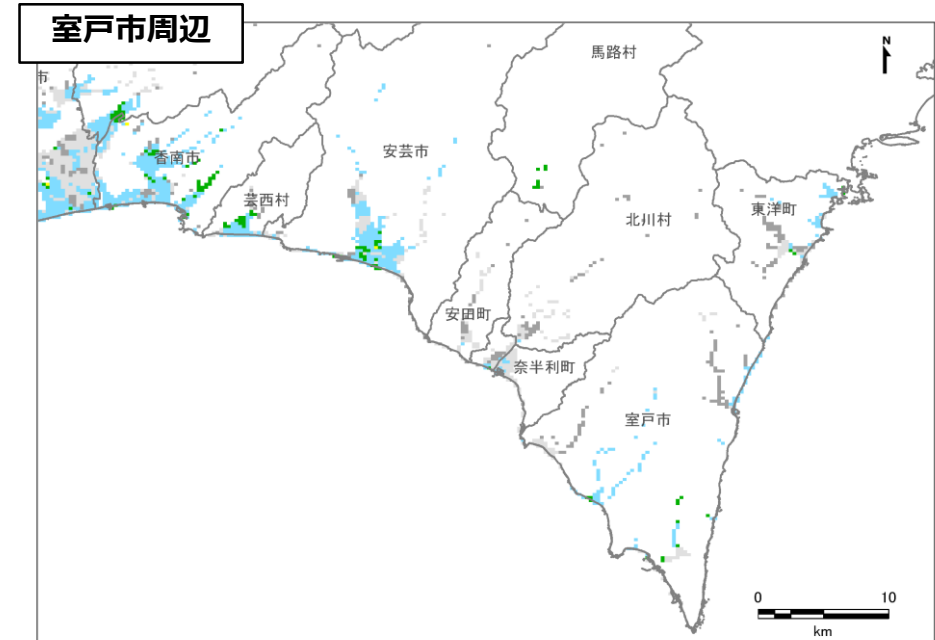
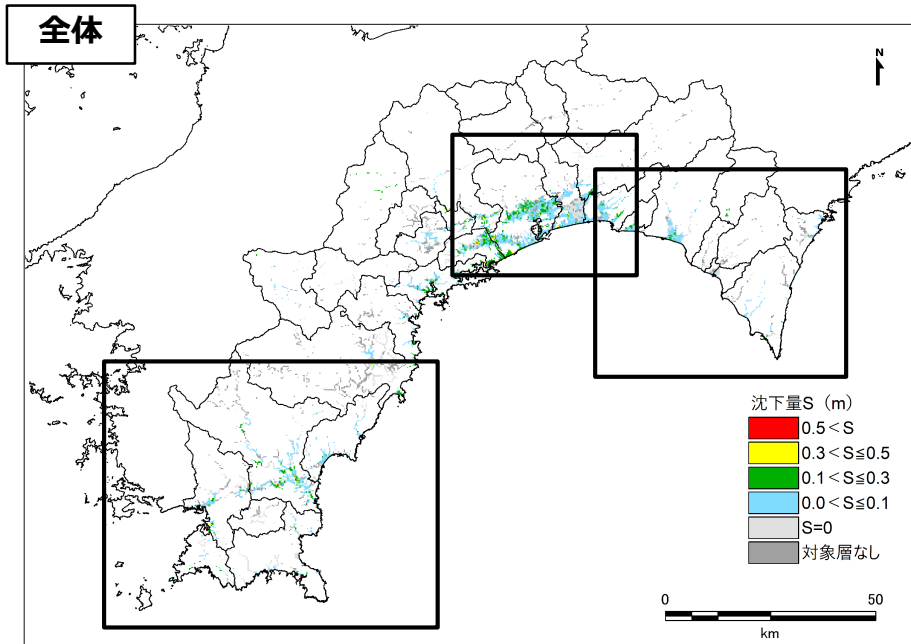


1 液状化

L2地震の液状化想定結果

沈下量

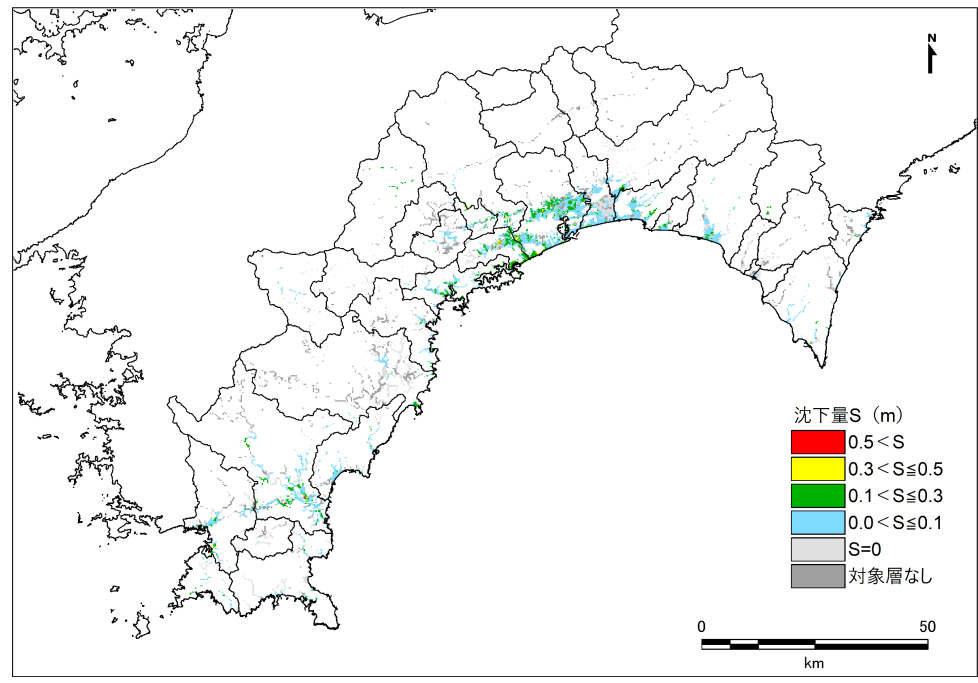
<陸側ケース> 地域拡大図



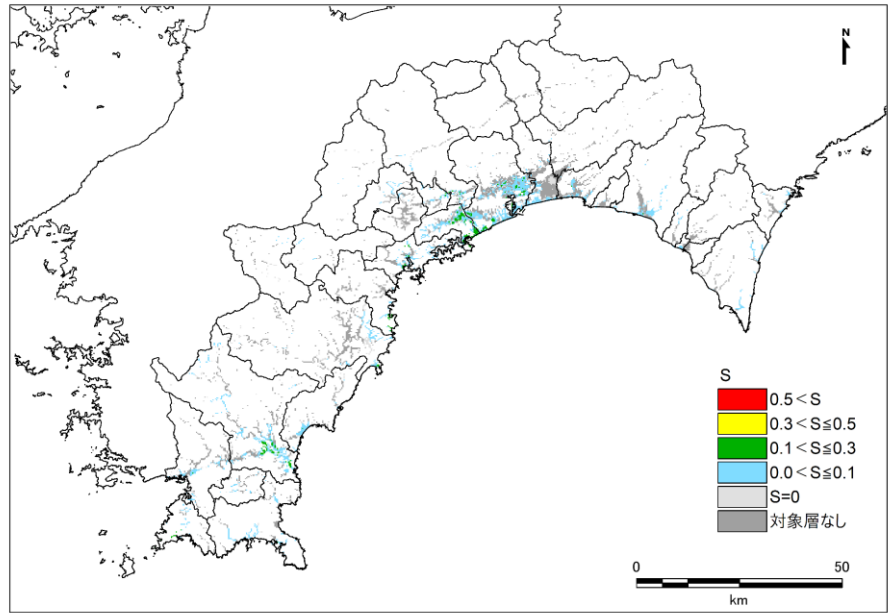
沈下量

<陸側ケース>
前回、内閣府との比較

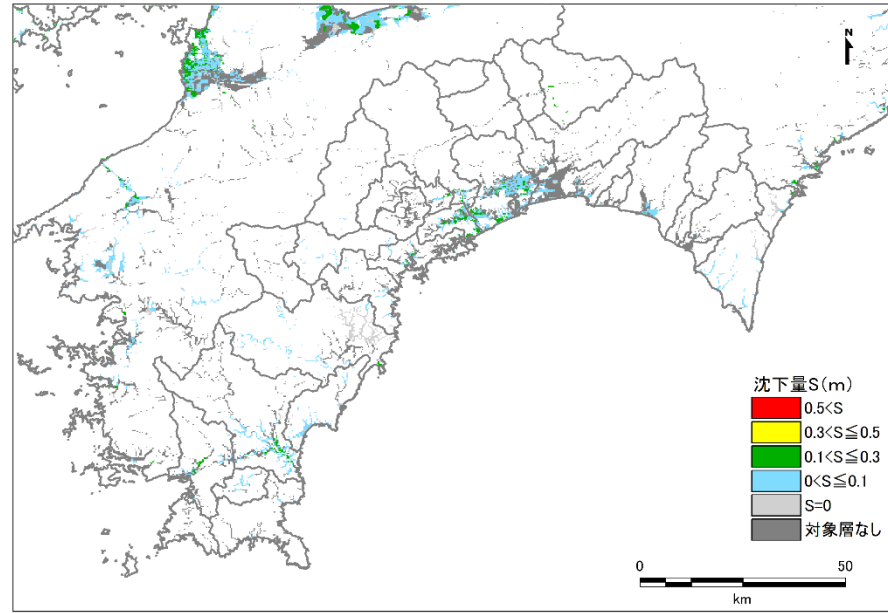
今回想定の沈下量想定結果



前回調査の液状化沈下量分布



R7内閣府想定の沈下量分布



1 液状化

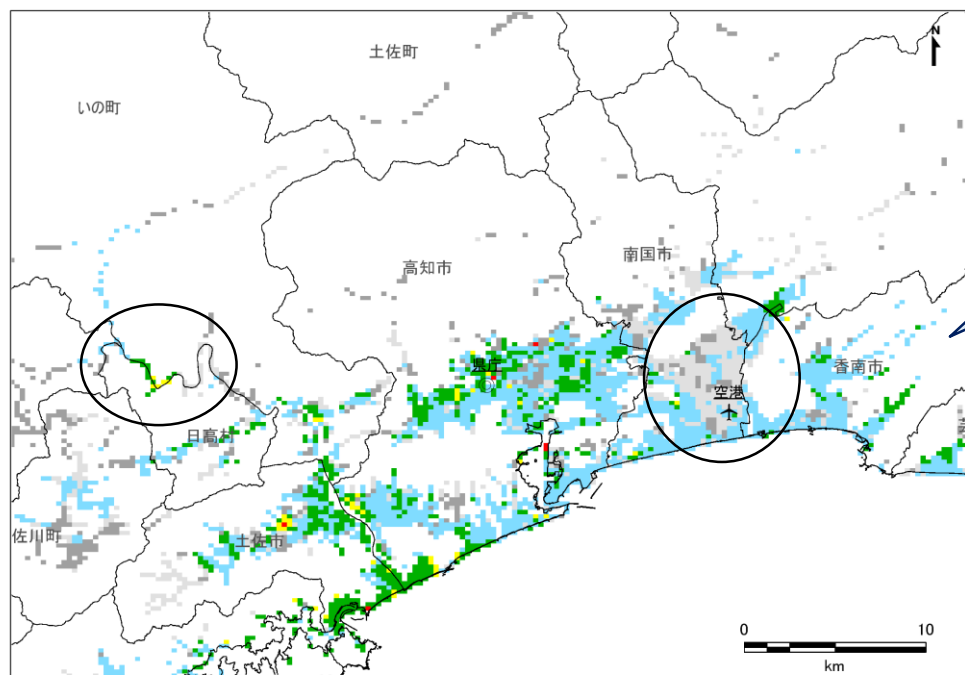
L2地震の液状化想定結果

沈下量

<陸側ケース>
前回、内閣府との比較
高知市周辺

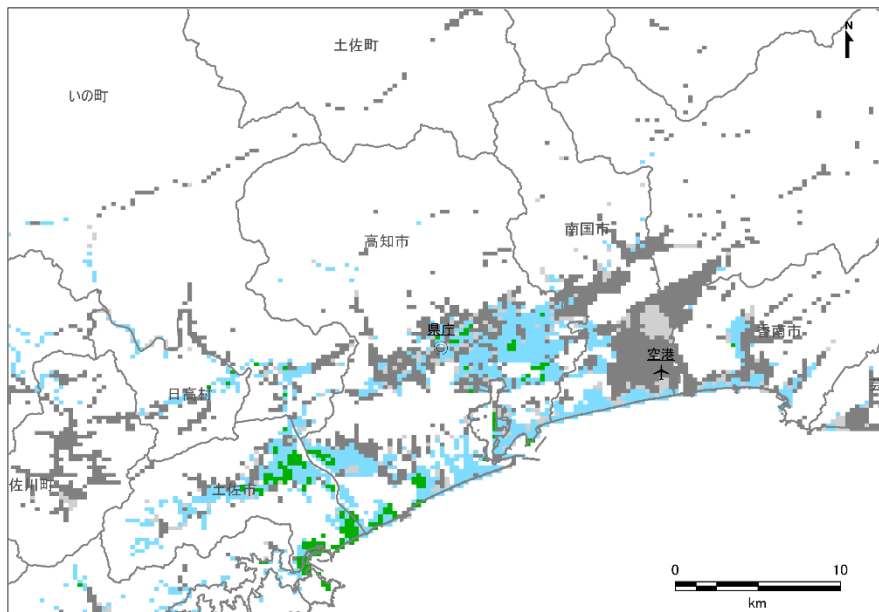
中山間地：
0.3m程度の沈下量が想定
される地点がある

今回想定の沈下量想定結果

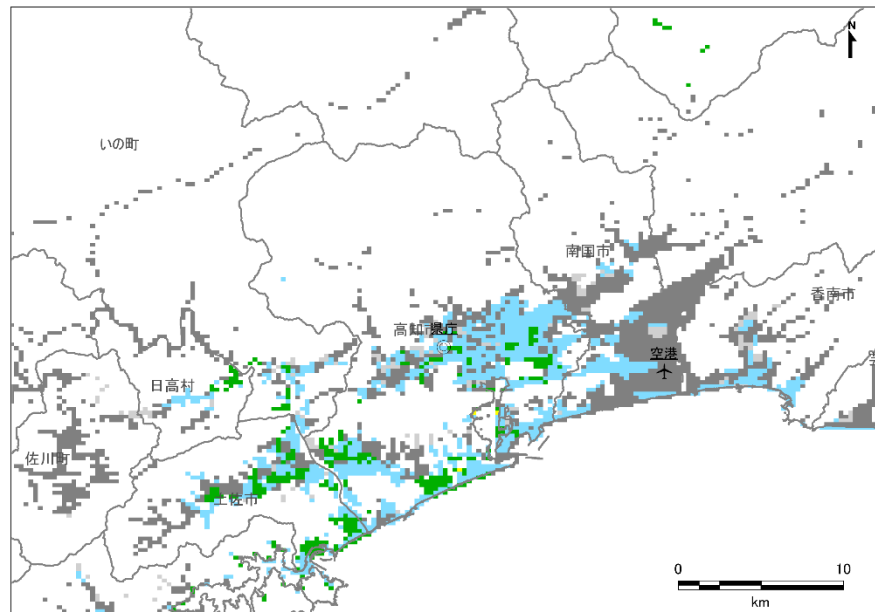


南国市南部地域：
液状化可能性と同様に、**N値が高い礫質土層**が分布するため沈下量は0mが主体となっている

前回調査の液状化沈下量分布



R7内閣府想定沈下量分布



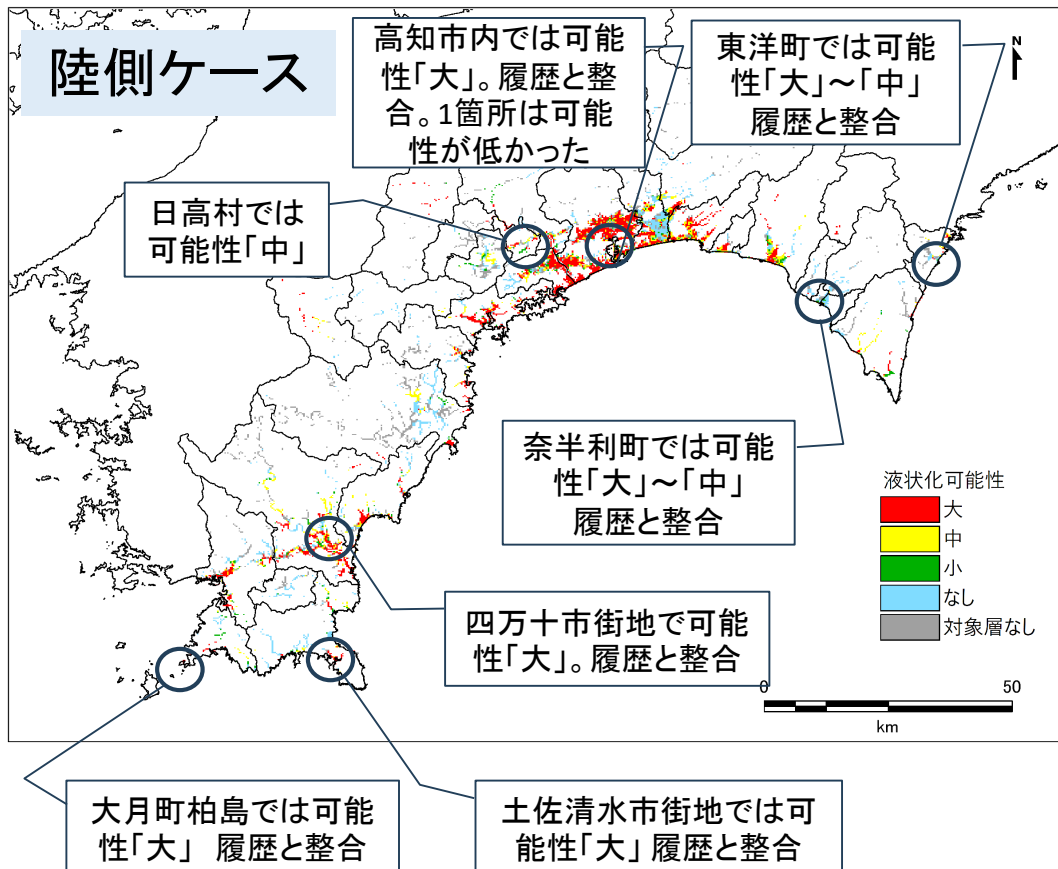
1 液状化 L2地震の液状化想定結果の液状化履歴との比較

液状化想定結果の分析

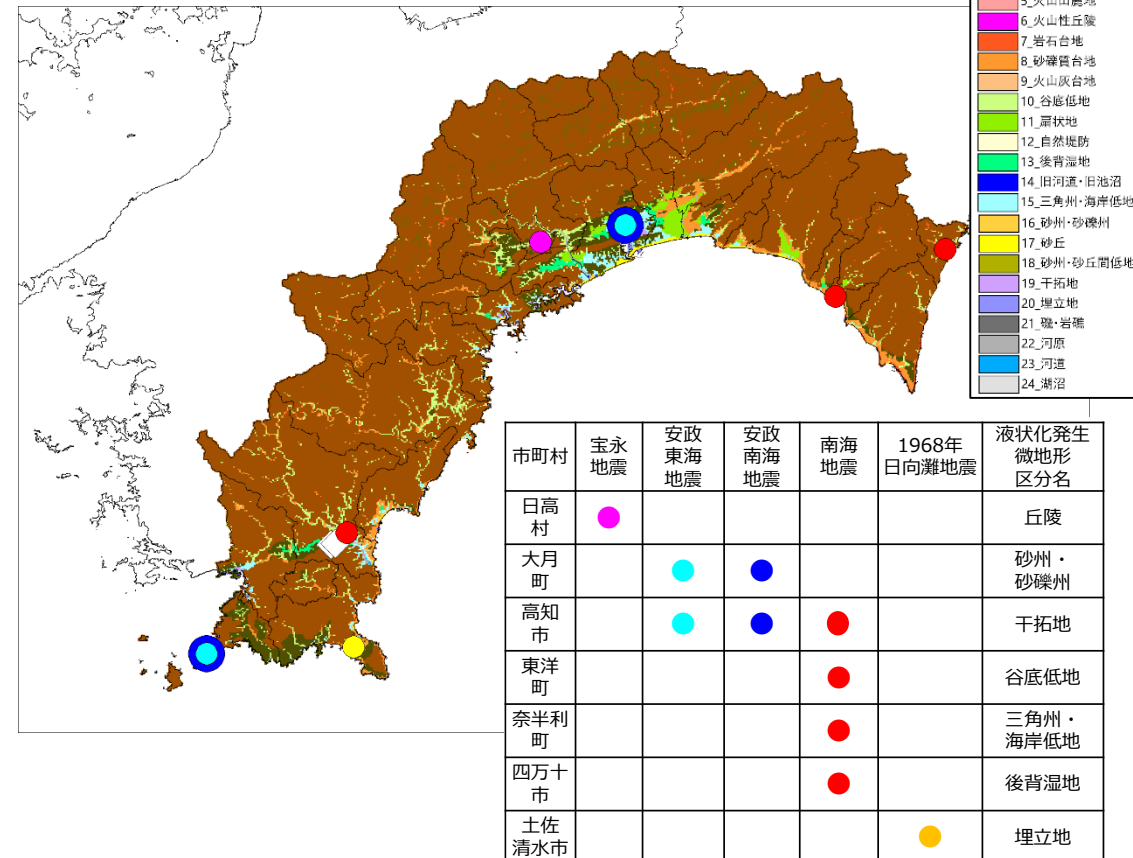
◆ L2地震による液状化可能性と液状化履歴

- ✓ 液状化可能性と液状化履歴を比較すると、履歴があった場所では液状化可能性が「大」または「大～中」と判定されている。高知市においては1箇所のみ、液状化の可能性は「低い」となっている。

陸側ケース



高知県の微地形と液状化履歴



土砂災害の想定概要

主な目的

- ✓ 急傾斜地の地震時崩壊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

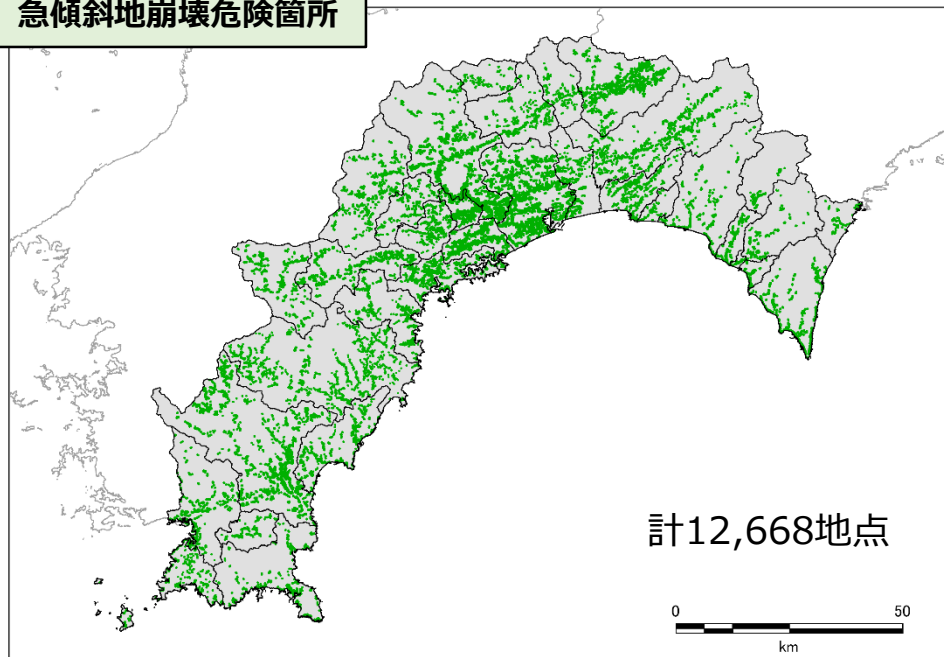
- 急傾斜地崩壊危険箇所** : 建設省砂防課長通達に基づいて指定される、崩壊するおそれのある急傾斜地
- 山腹崩壊危険地区** : 林野庁が定める山地災害危険地区のひとつで、山腹崩壊（山くずれ）や落石などにより災害が発生するおそれがある地区
- 土砂災害警戒区域等** : 土砂災害が発生した場合に、住民の生命または身体に危害が生ずるおそれがあると認められる区域で、土砂災害を防止するために警戒避難体制を特に整備すべき土地の区域（土砂災害警戒区域）及び、土砂災害が発生した場合に、建築物の損壊が生じ住民等の生命又は身体に著しい危害が生ずるおそれがあると認められる区域（土砂災害特別警戒区域）のこと

今回の報告事項

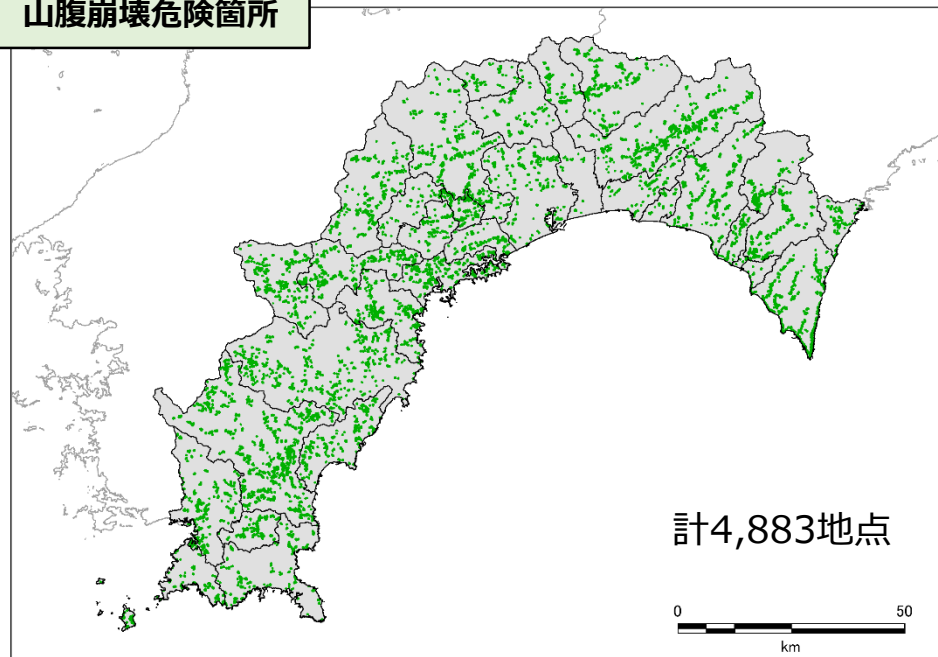
- 地震時崩壊危険度、急傾斜地の崩壊の危険度を想定し、道路被害状況と合わせて結果を整理した。

土砂災害の想定箇所

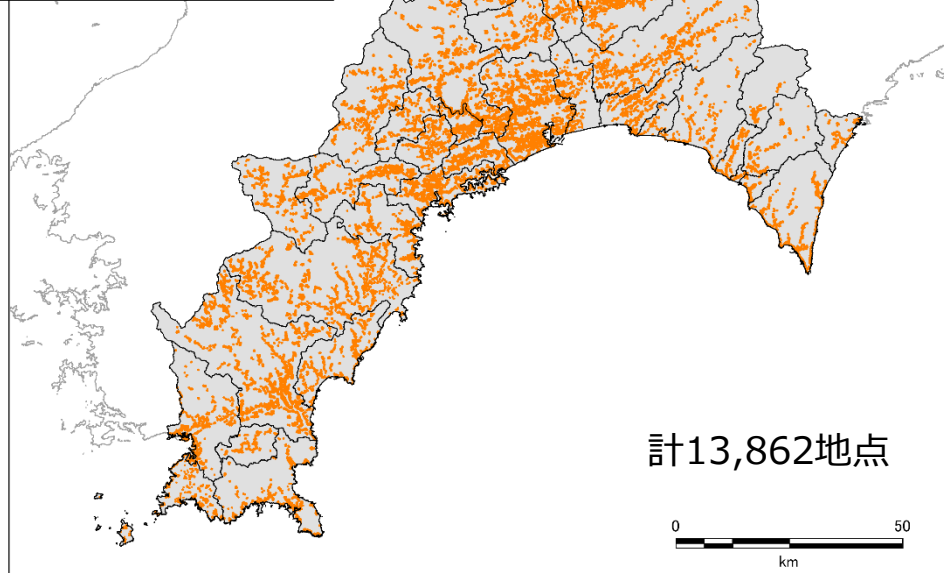
急傾斜地崩壊危険箇所



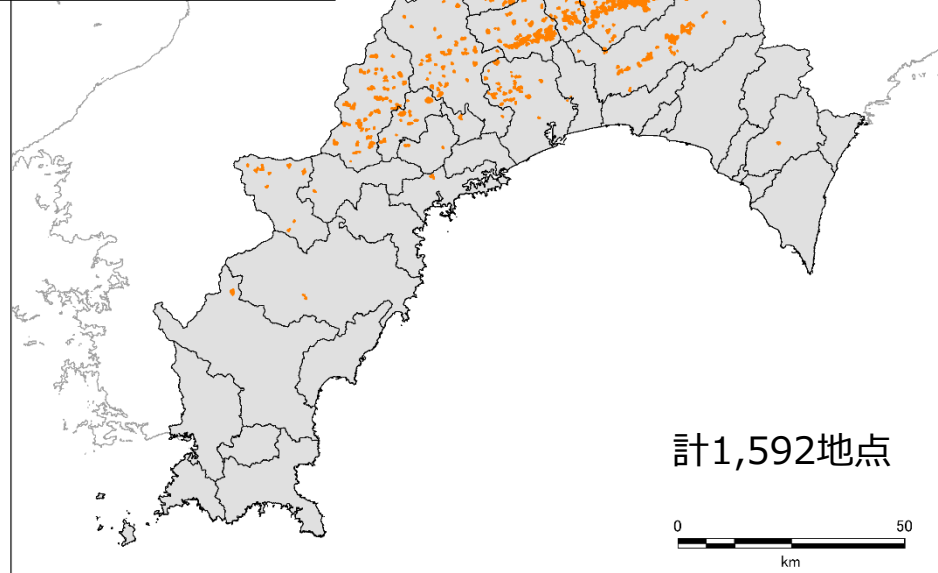
山腹崩壊危険箇所



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)

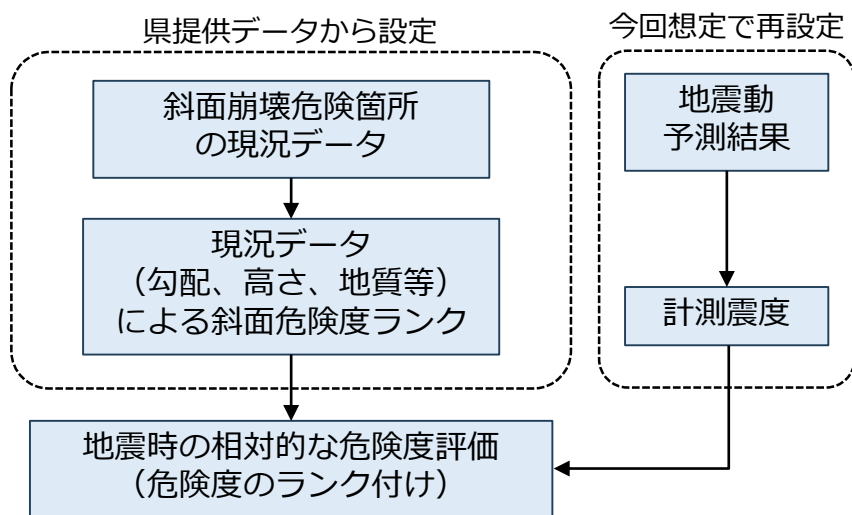


2 土砂災害

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

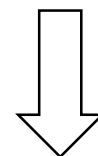
地震時における斜面被害の相対的な危険度ランク

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（2012））

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】

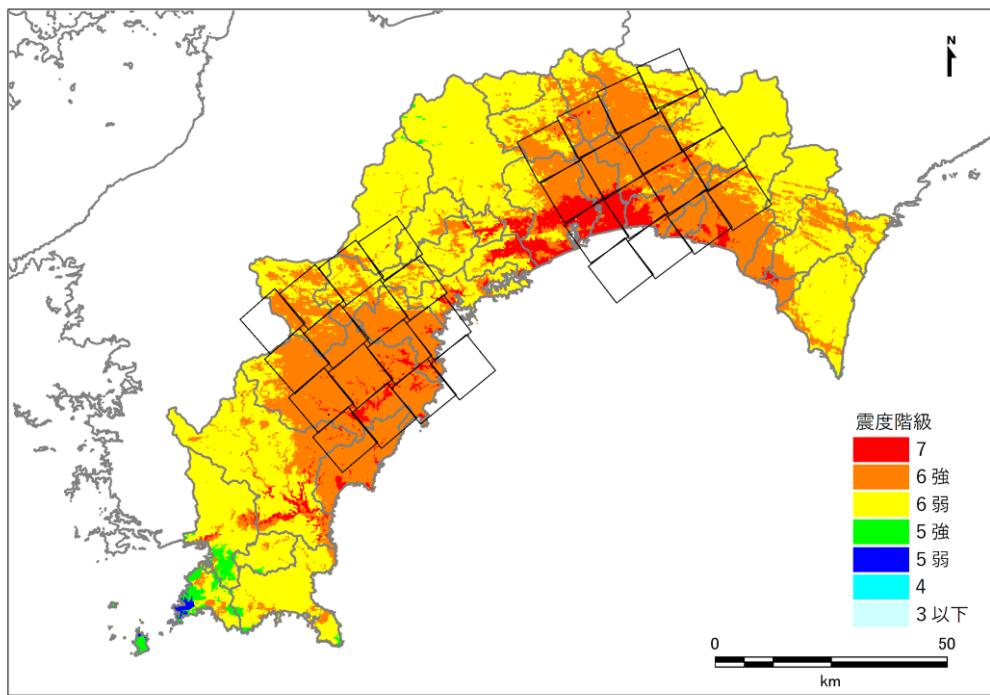
- ✓ 250mメッシュ毎の斜面崩壊危険度と地すべり危険度の最大値を計算し、これを250mメッシュの斜面災害危険度とした。
- ✓ 危険度ランク=1, 2を小、3を中、4を大としてランク分けした。



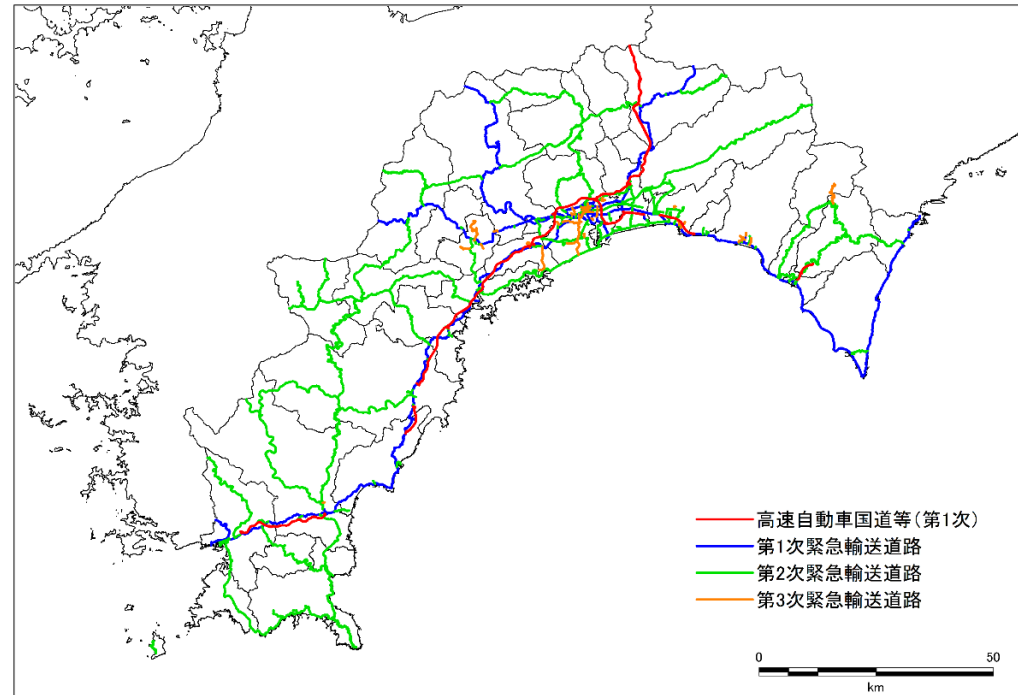
土砂災害の想定結果

- 以上の想定条件を用いて、L2地震（陸側ケース）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。

L2地震（陸側ケース）の地表震度



高知県内の緊急輸送道路（R7.5.時点）

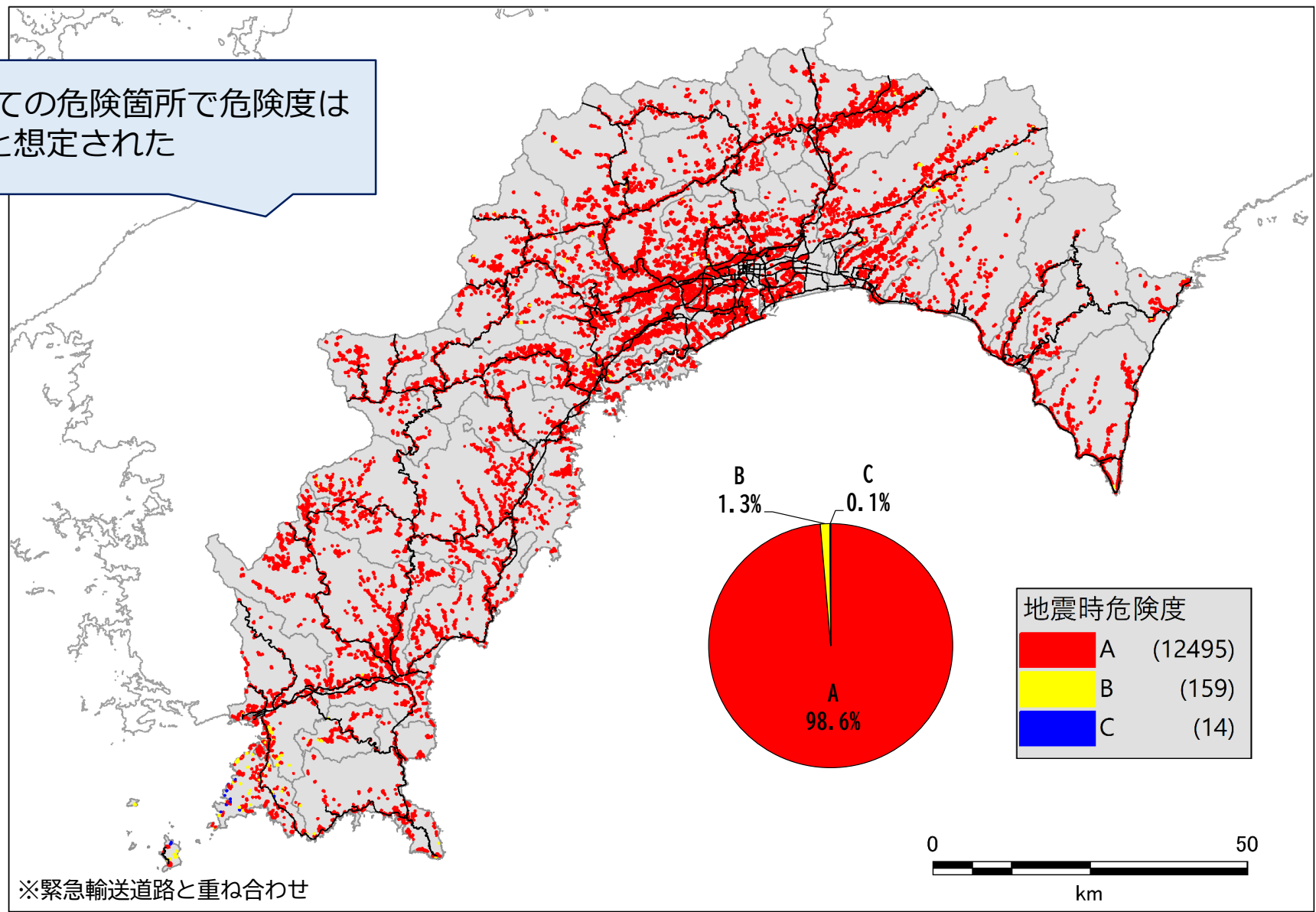


斜面崩壊危険箇所の地震時危険度ランク

<陸側ケース>

急傾斜地崩壊危険箇所

ほぼ全ての危険箇所
で危険度は【A】と想定された

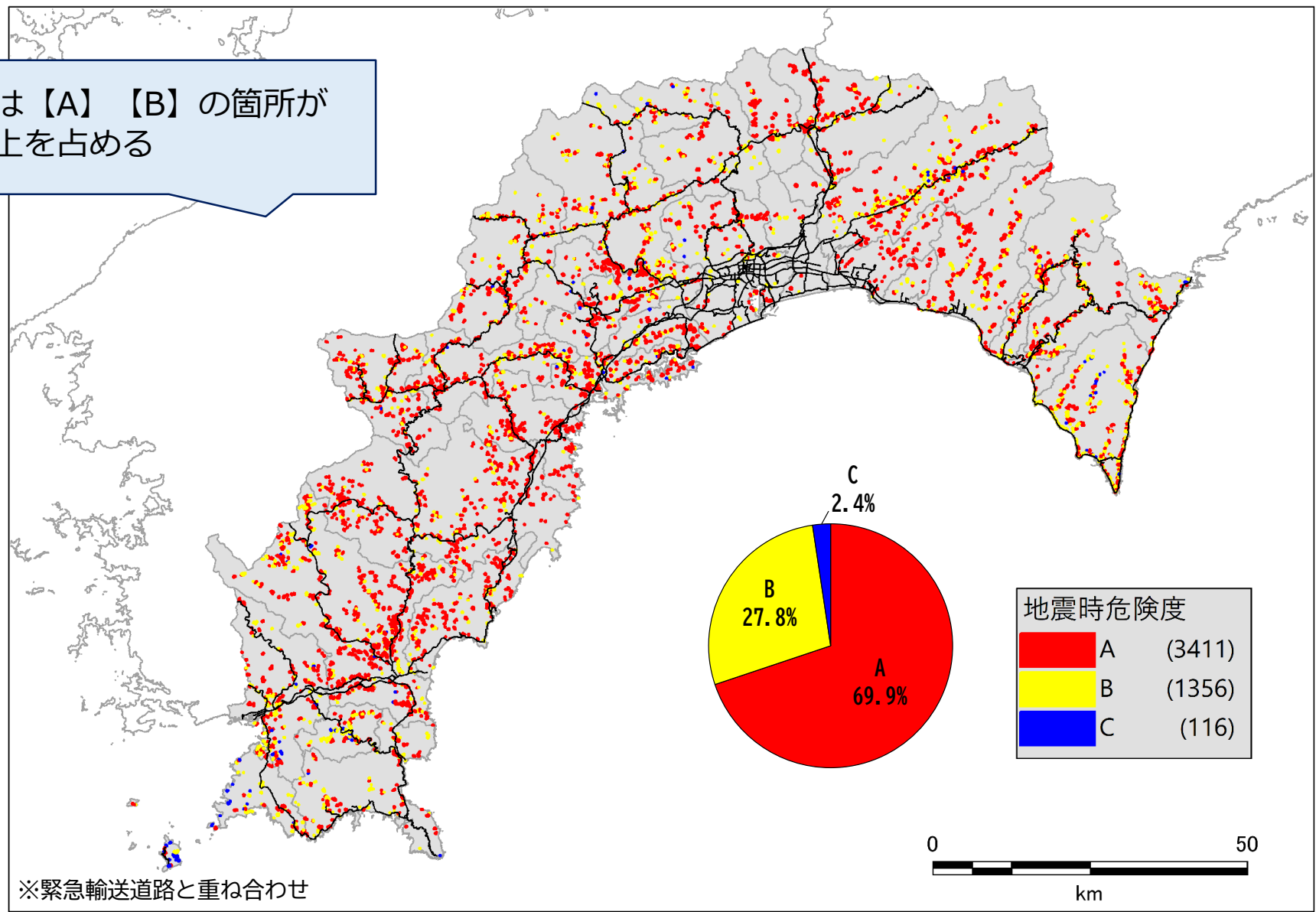


斜面崩壊危険箇所の地震時危険度ランク

<陸側ケース>

山腹崩壊危険地区

危険度は【A】 【B】 の箇所が
9割以上を占める

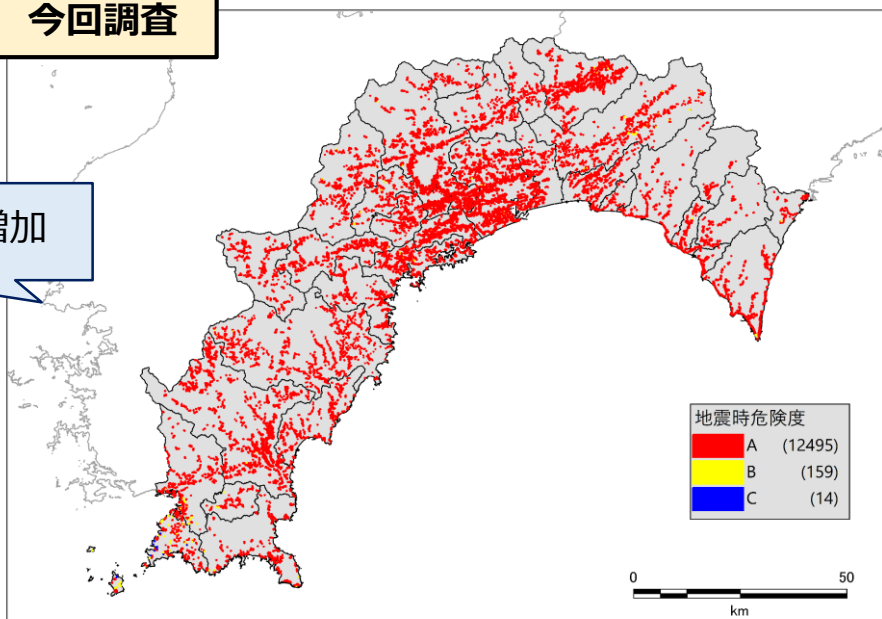


斜面崩壊危険箇所の地震時危険度ランク 前回調査との比較

<陸側ケース>

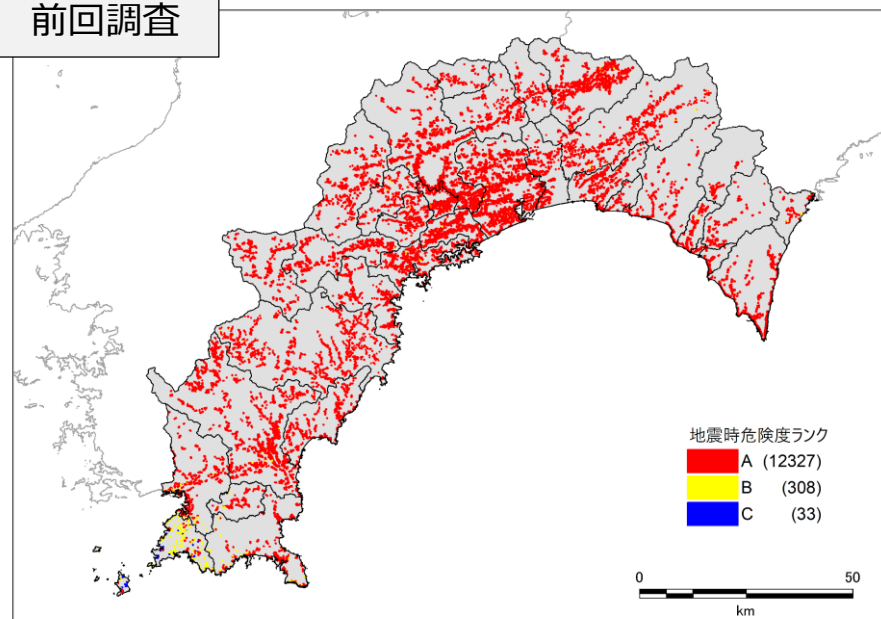
急傾斜地崩壊
危険箇所

今回調査



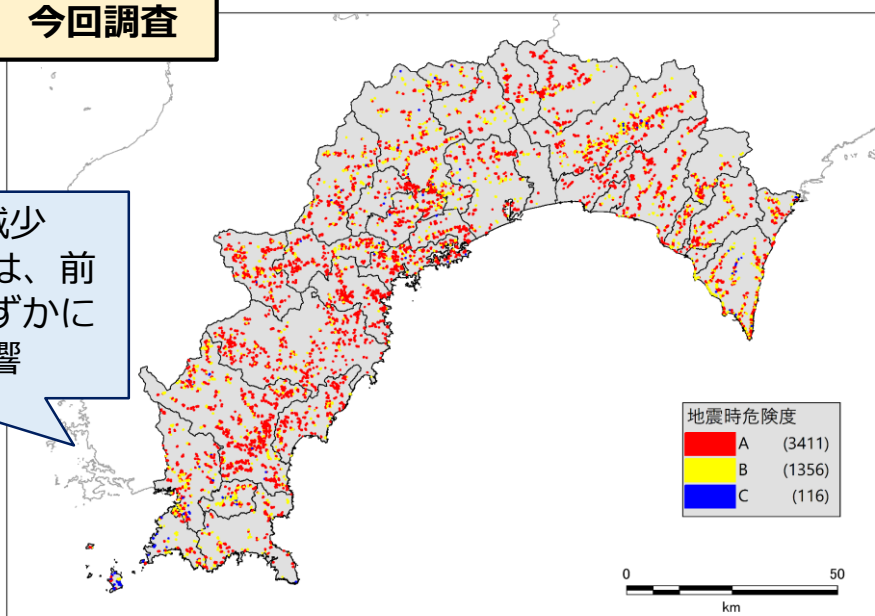
危険度【A】がやや増加

前回調査



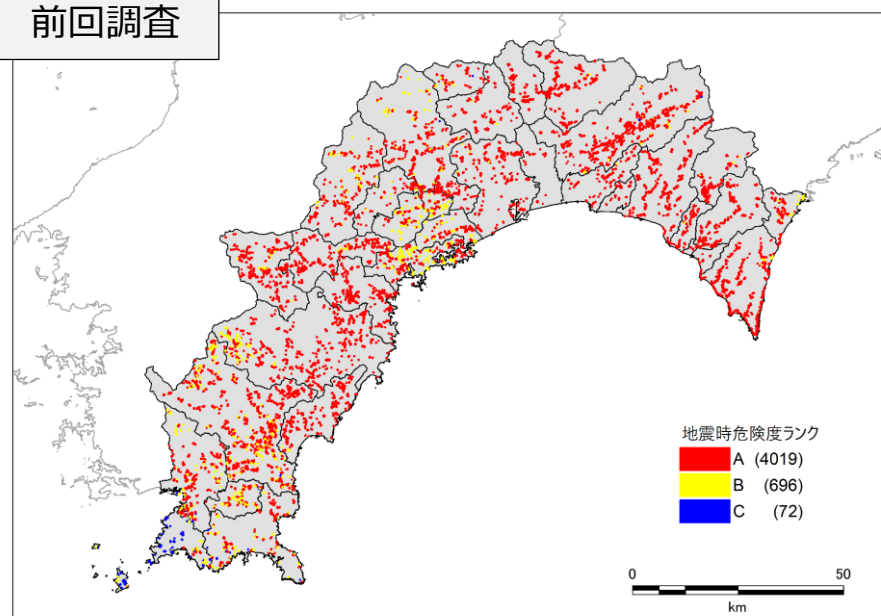
山腹崩壊
危険地区

今回調査



危険度【A】がやや減少
山地部などの一部では、前
回調査より揺れがわずかに
小さくなっている影響

前回調査



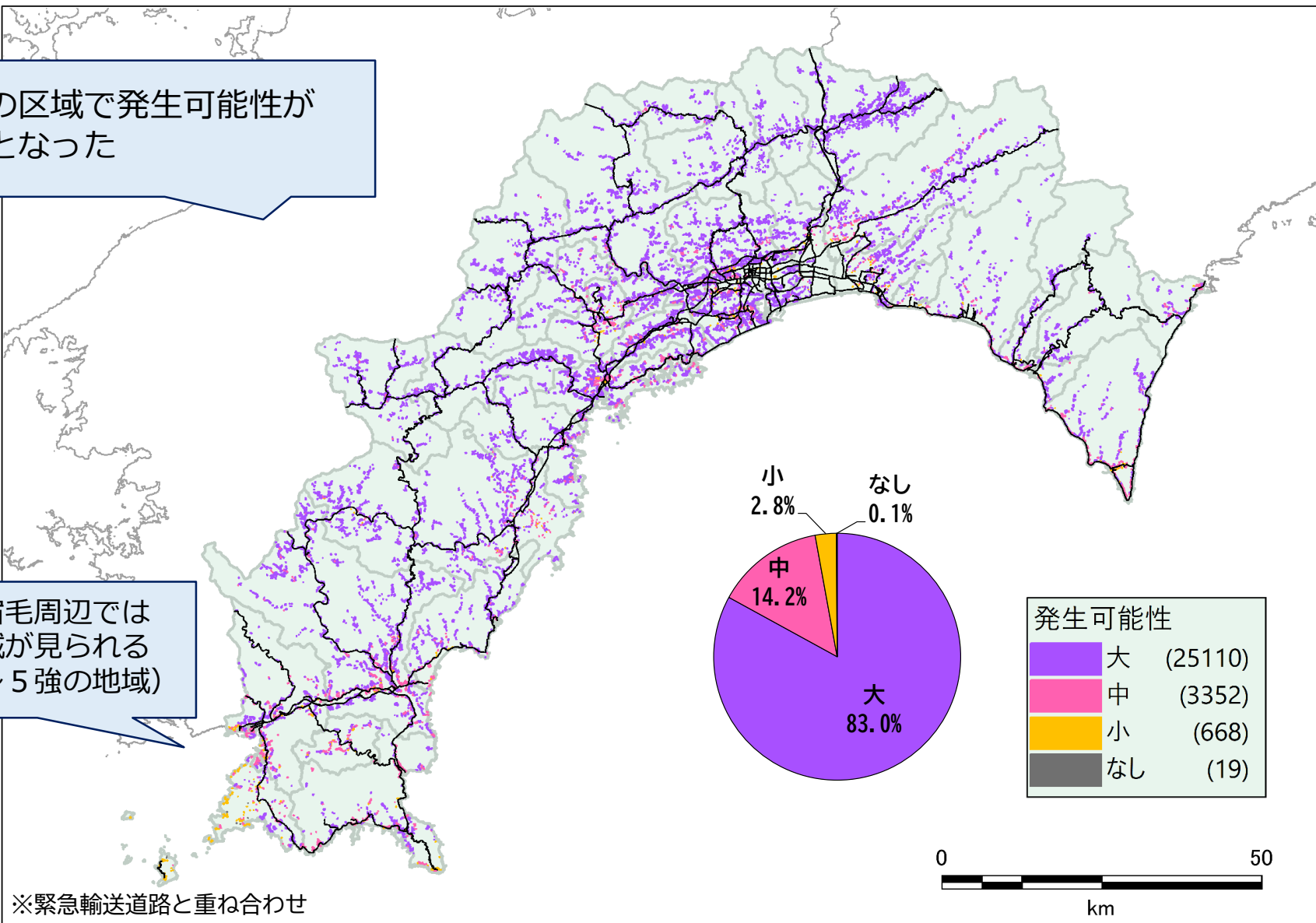
土砂災害警戒区域等の地震時危険度ランク

<陸側ケース>

土砂災害警戒区域等（急傾斜地の崩壊）

約8割の区域で発生可能性が【大】となった

四万十市～宿毛周辺では【中】の区域が見られる（震度5弱～5強の地域）

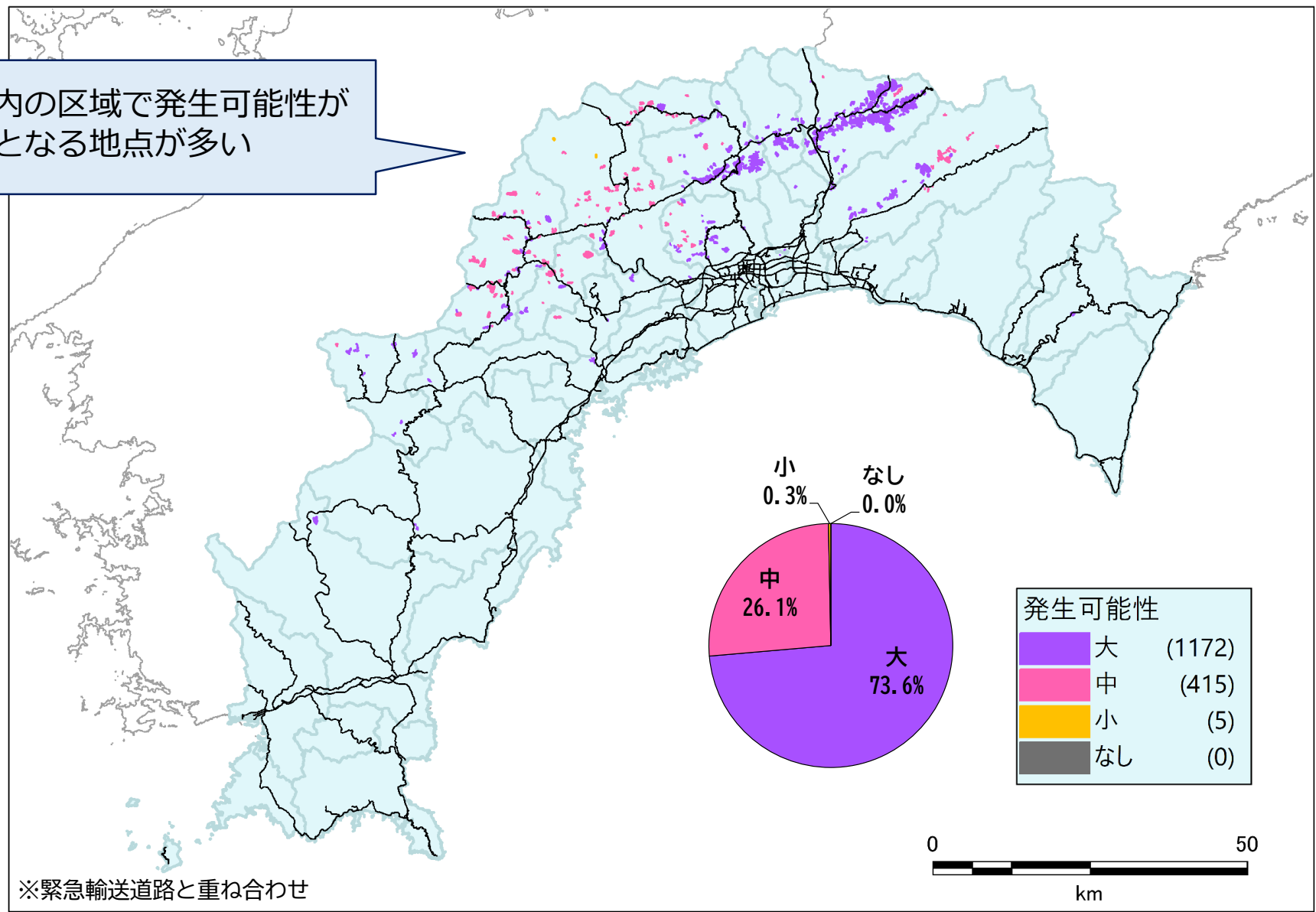


土砂災害警戒区域等の地震時危険度ランク

<陸側ケース>

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



土砂災害の想定結果

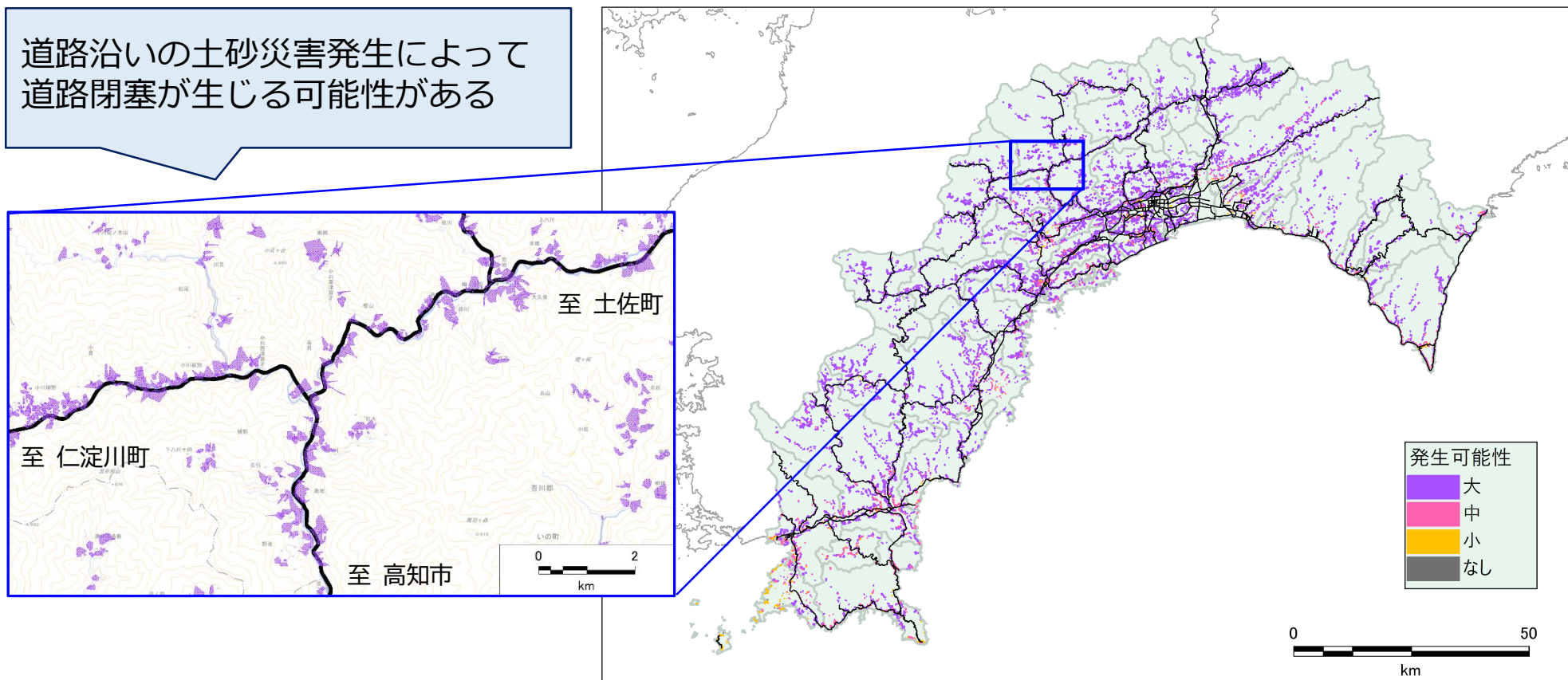
■ L2地震（陸側ケース）による土砂災害の想定結果

- ✓ 高知県は山地が多く、L2地震動の非常に強い揺れが生じた場合には、多くの斜面で土砂災害が発生する可能性がある。
- ✓ 建物の倒壊だけでなく、重要な道路の閉塞によって支援物資の輸送等に遅れが生じるおそれがある。

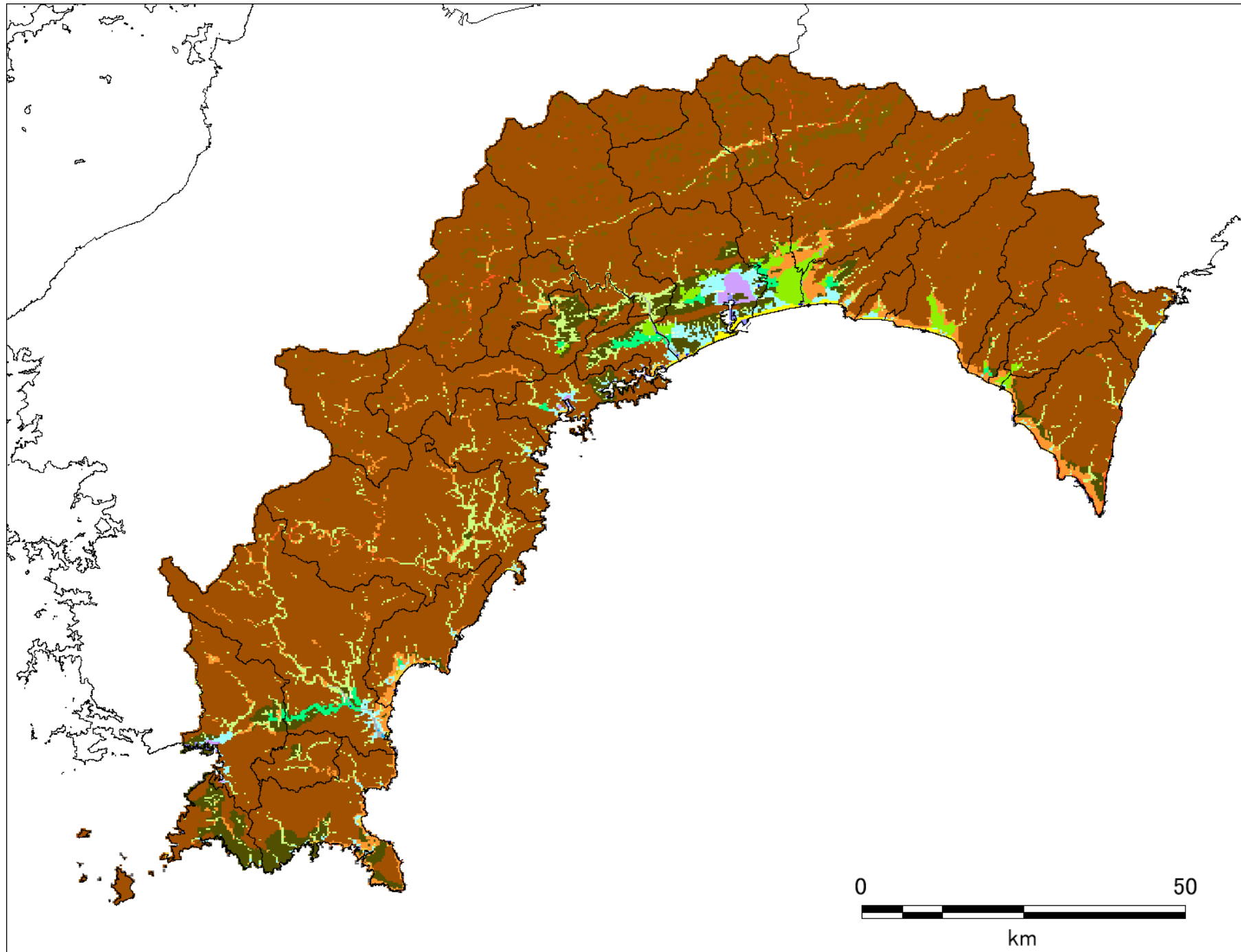
■ 今後の想定

- ✓ 土砂災害の予測結果を用いた定量的、定性的な被害想定の実施。

土砂災害警戒区域等（急傾斜地の崩壊）の土砂災害発生可能性分布



卷末資料



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

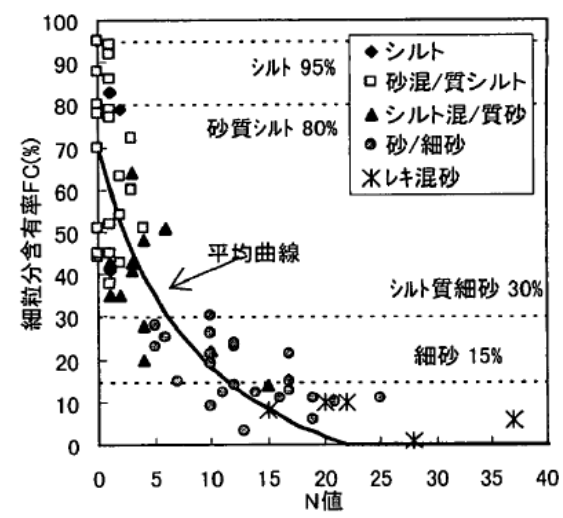
$$FC = \begin{cases} 916/(N + 9.21) - 29.5 & (N < 22) \\ 0 & (N \geq 22) \end{cases}$$

FC : 細粒分含有率(%), N : N値

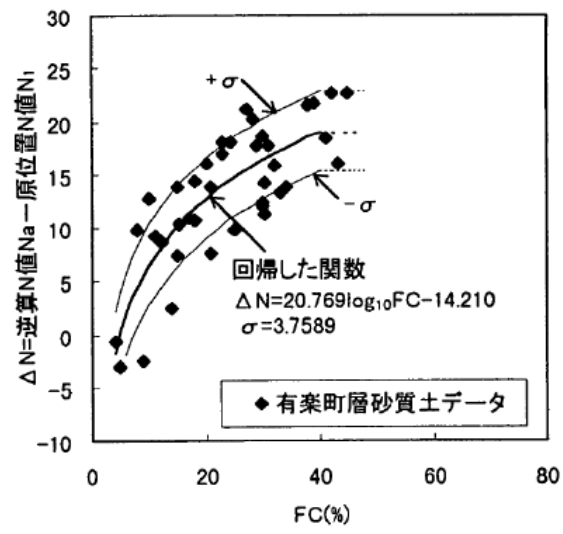
補正N値 ΔN

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

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

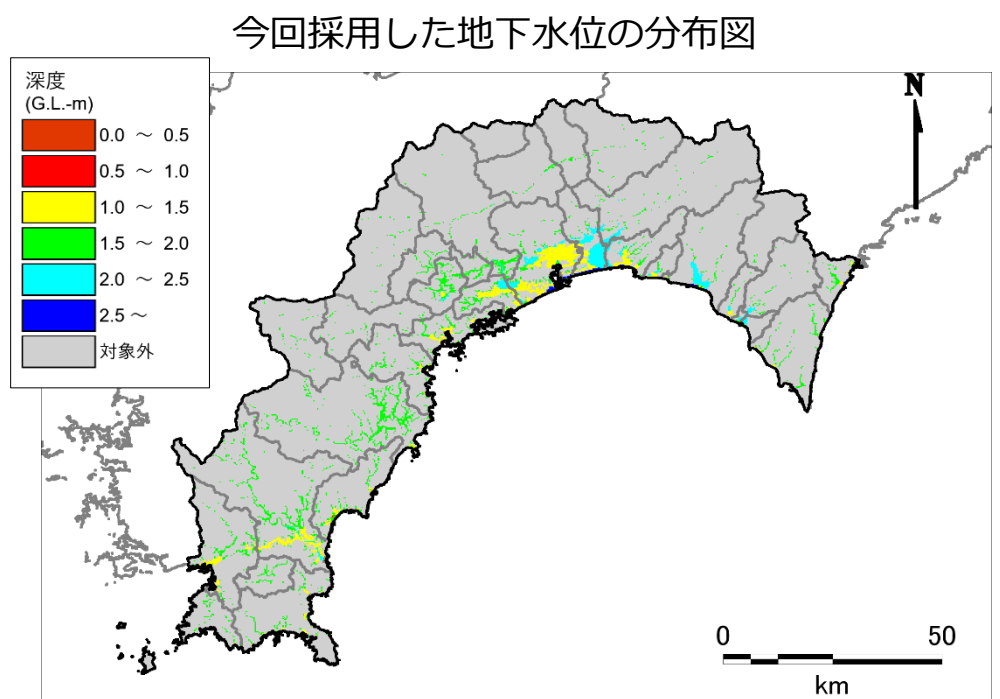
亀井祐聡、森本 巖、安田 進、清水善久、小金丸健一、石田栄介：東京低地における沖積砂質土の粒度特性と細粒分が液状化強度に及ぼす影響、地盤工学会論文報告集、Vol.42、No.4、101-110、2002年8月

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。

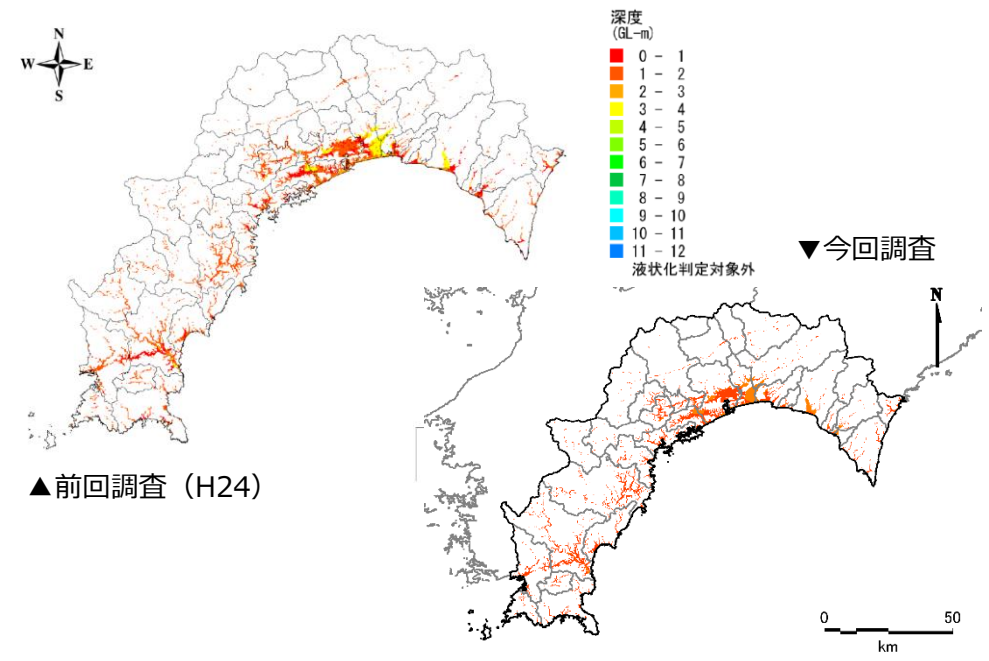
地形区分に対応して設定した地下水位

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

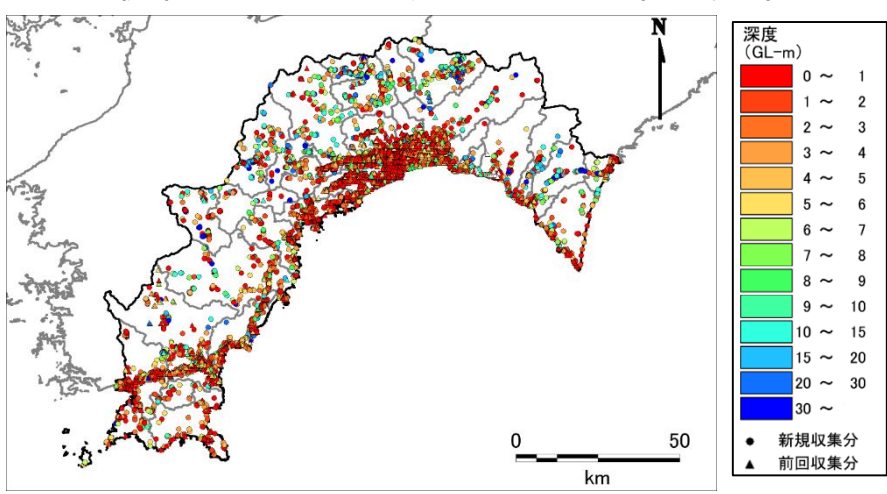


今回採用した地下水位の分布図

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、
 $Cw = C1 \times C2 \times C3 \times C4 \times C5$

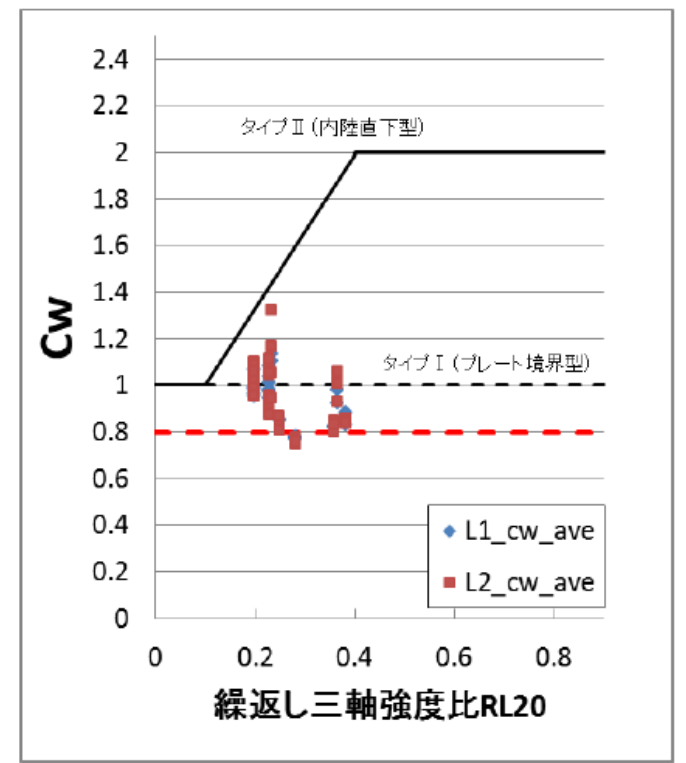
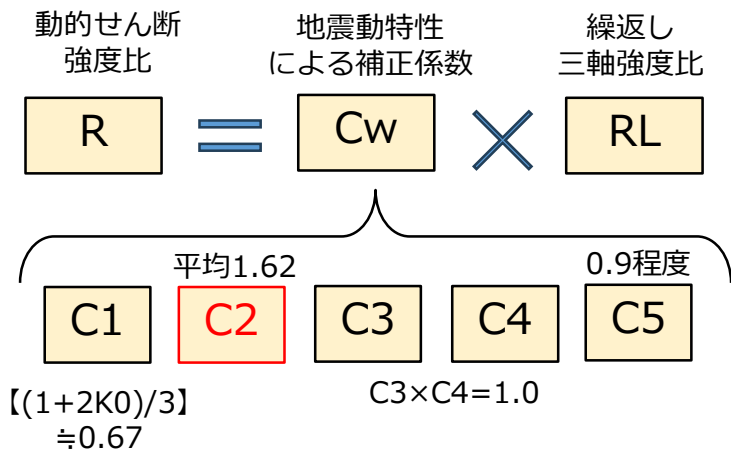
- ここで、
- C1：要素試験と原位置での拘束圧の相違に関する補正係数で、 $\frac{[(1+2K0)/3]}{0.67}$ とされる。
※K0：静止土圧係数（K0を0.5としたとき、C1≒0.67）
 - C2：地震波荷重の不規則性に関する補正係数で、既往の試験結果の平均値より1.62とされている。
 - C3：サンプリングから試験までの過程中的攪乱に関する補正係数
 - C4：同過程中的高密度化に関する補正係数
 ➔これらの値の評価は非常に困難であり、 $C3 \times C4 = 1.0$ と考えられている。
 - C5：地震動の水平面での2次元性に関する補正係数で、0.9程度と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

- 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。

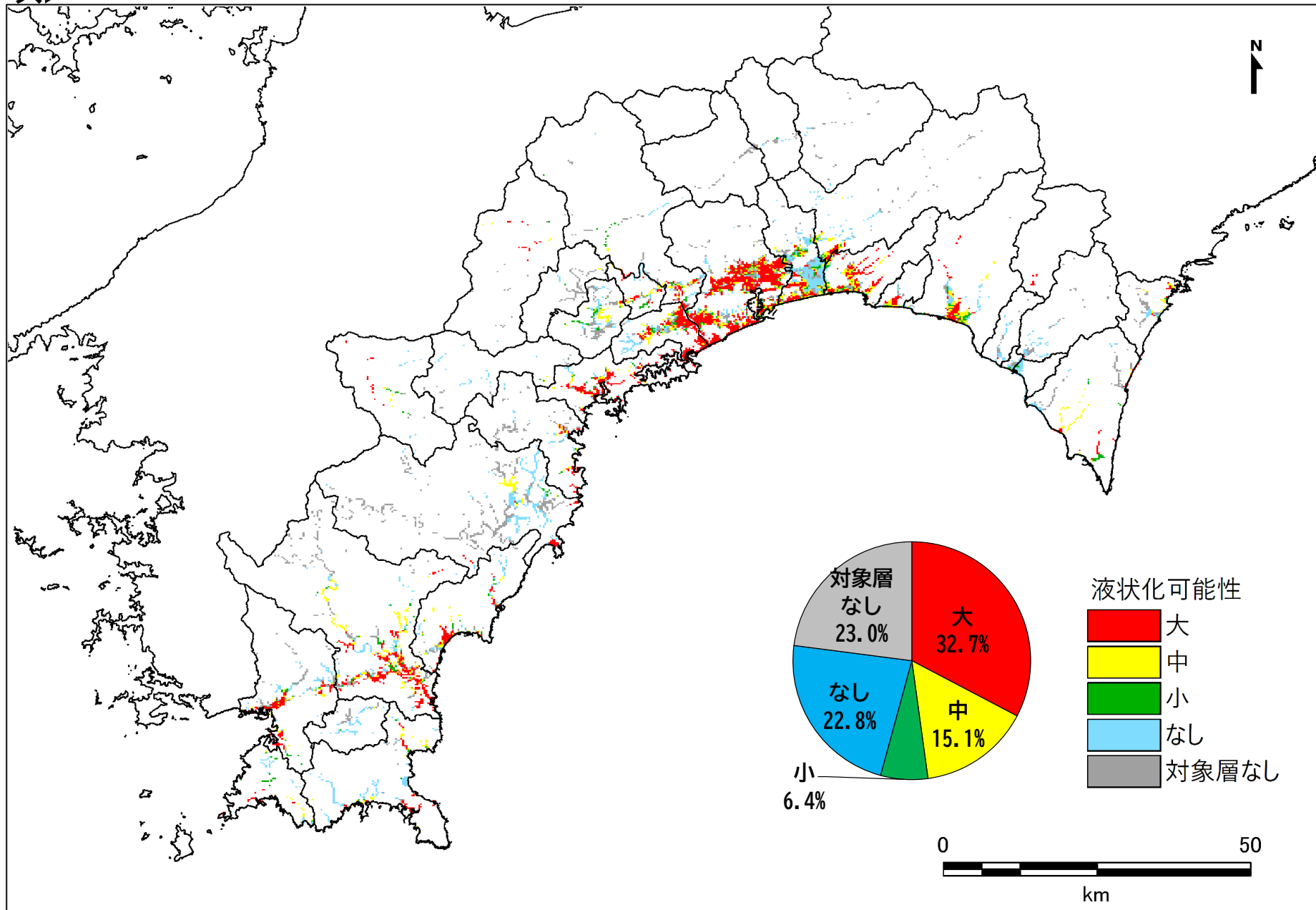


地震動特性による補正係数Cw と繰返し三軸強度比RL20 の関係
 （出典：高知県，H24）

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。

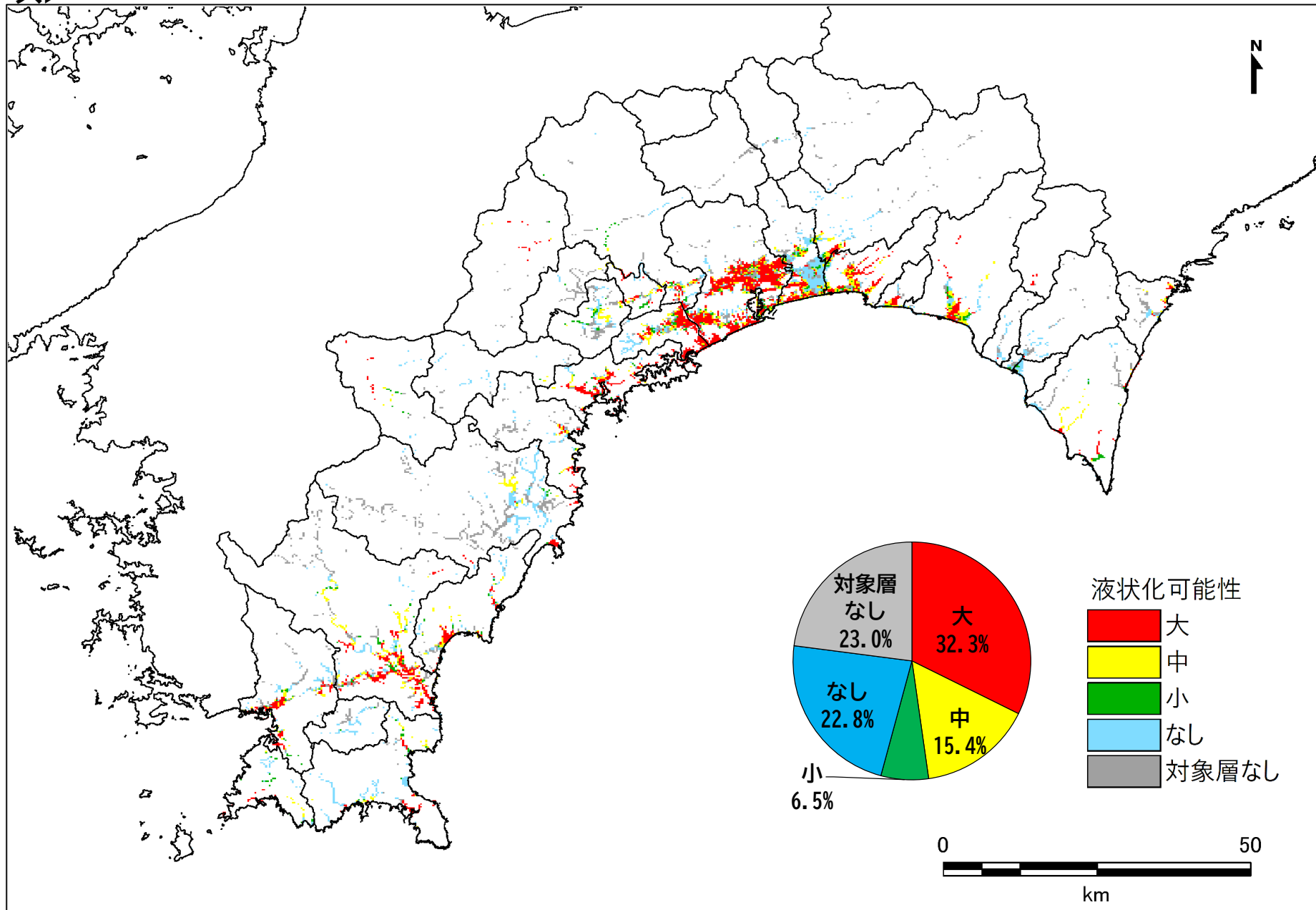
液状化可能性

<基本ケース>



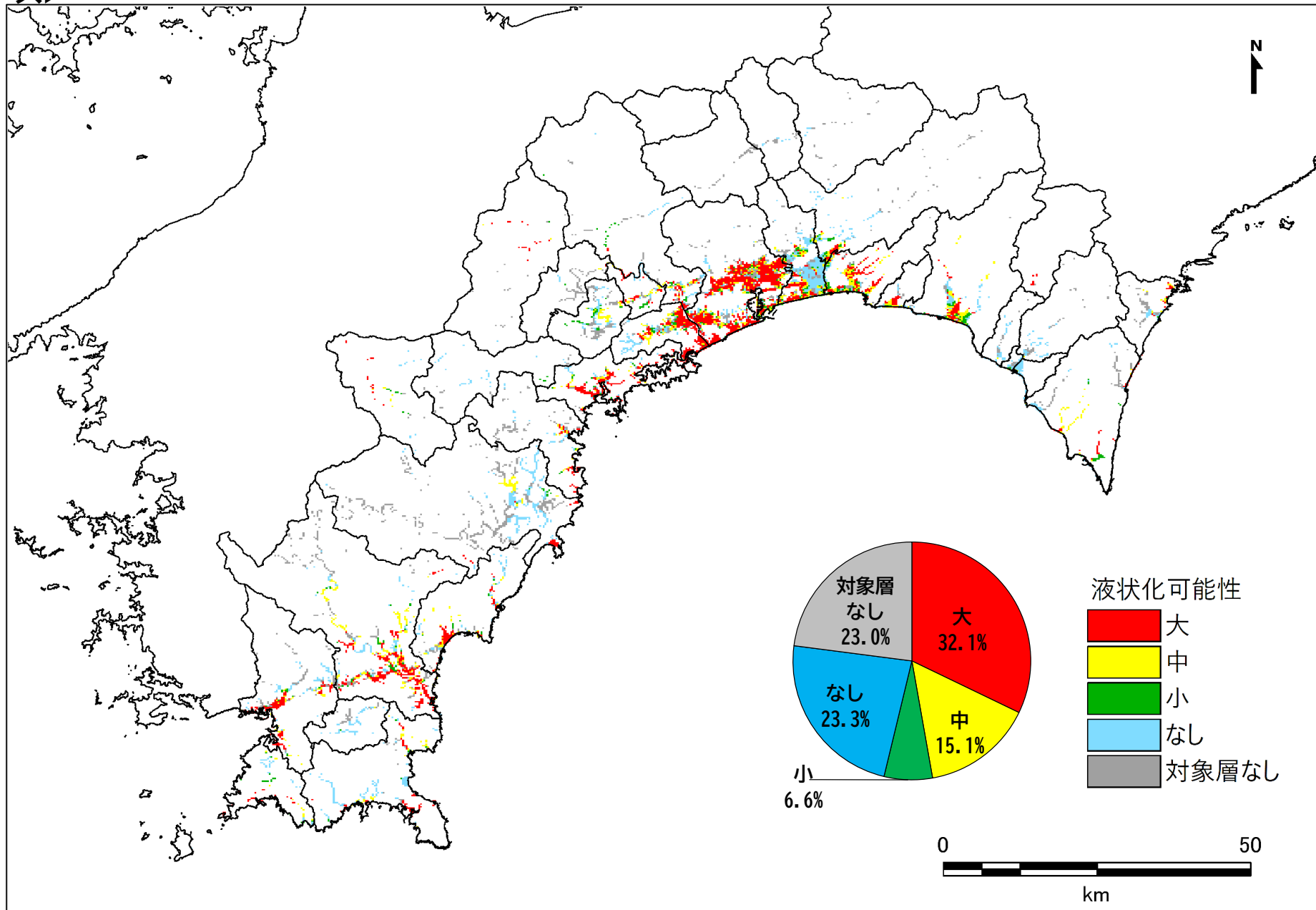
液状化可能性

<東側ケース>



液状化可能性

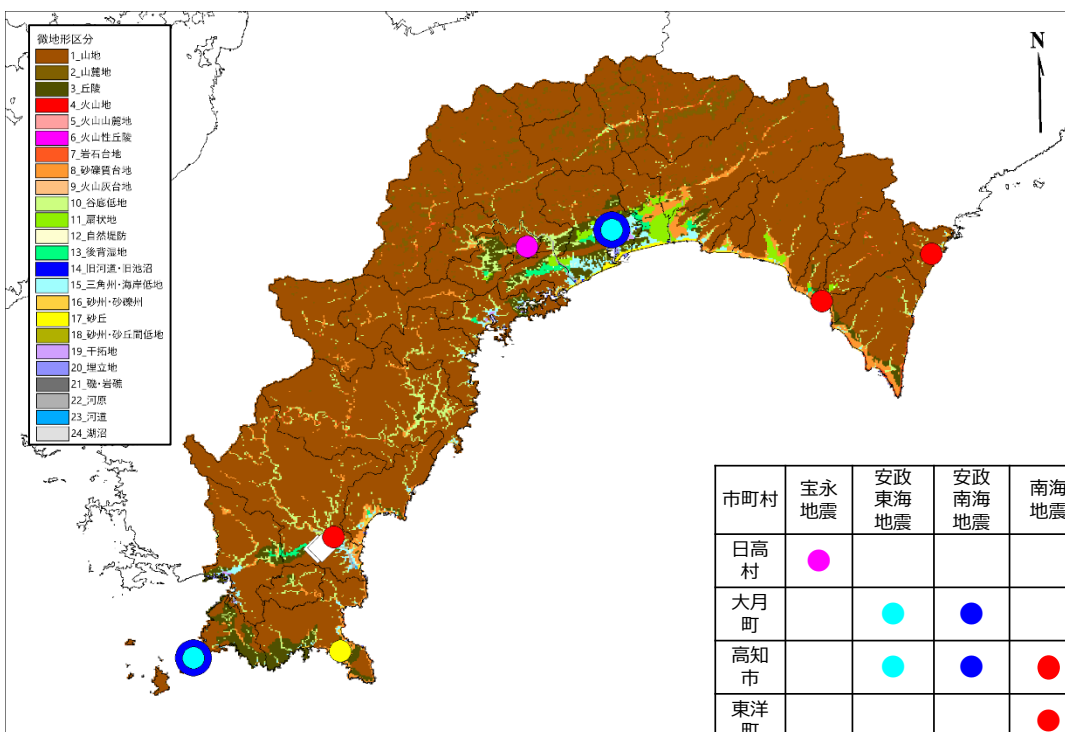
<西側ケース>



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**が見つかった。
- 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



液状化の痕跡が確認された遺跡情報（四万十市）



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				●		三角洲・海岸低地
四万十市				●		後背湿地
土佐清水市					●	埋立地

アゾノ遺跡

- ✓ 1989年に、四万十市のアゾ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

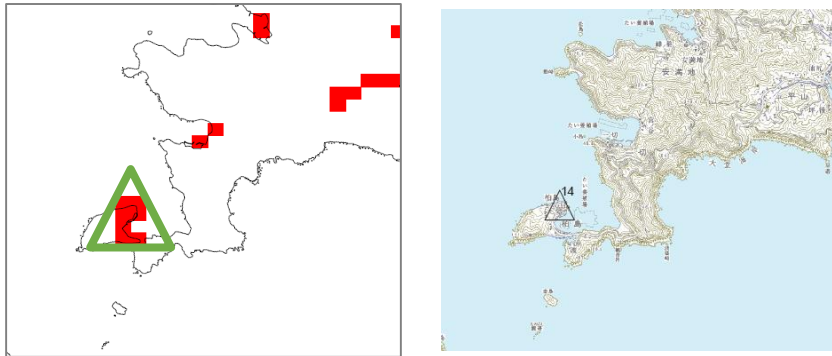
- ✓ 地震に伴う地割れ跡数箇所を確認
- ✓ 戦国期の南海地震に関連するものと推測

1 液状化

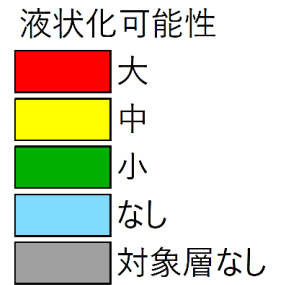
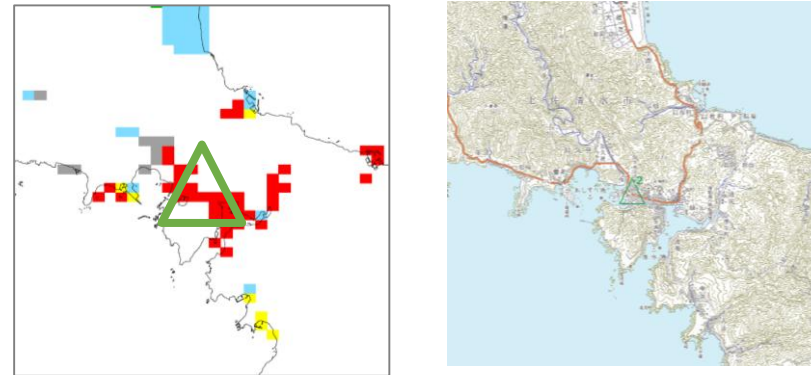
液状化想定結果と液状化履歴の比較（1）

- 液状化想定結果（陸側）と液状化履歴を比較した。履歴地点における想定結果は、液状化可能性が大または中の結果となり、履歴と対応している。

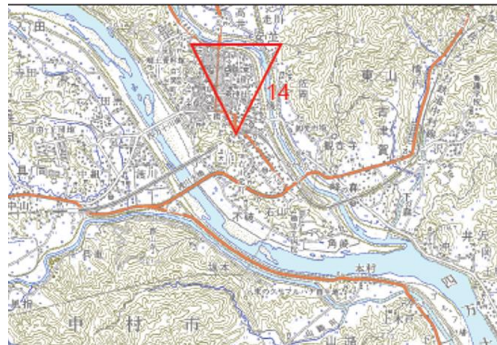
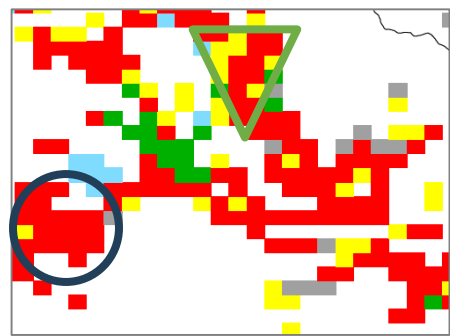
大月町（安政東海地震・南海地震）



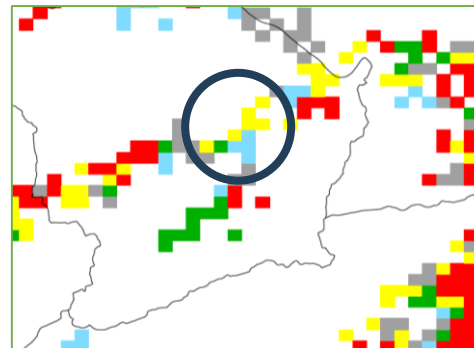
土佐清水市（日向灘地震）



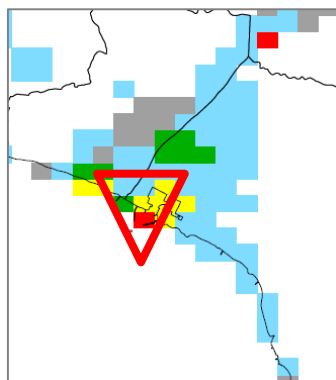
四万十市（昭和南海地震）



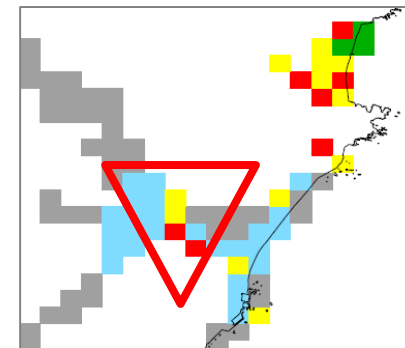
日高村（宝永地震）



奈半利町（昭和南海地震）



東洋町（昭和南海地震）



※ 若松：日本の液状化履歴マップ 745-2008、平成23年3月14日

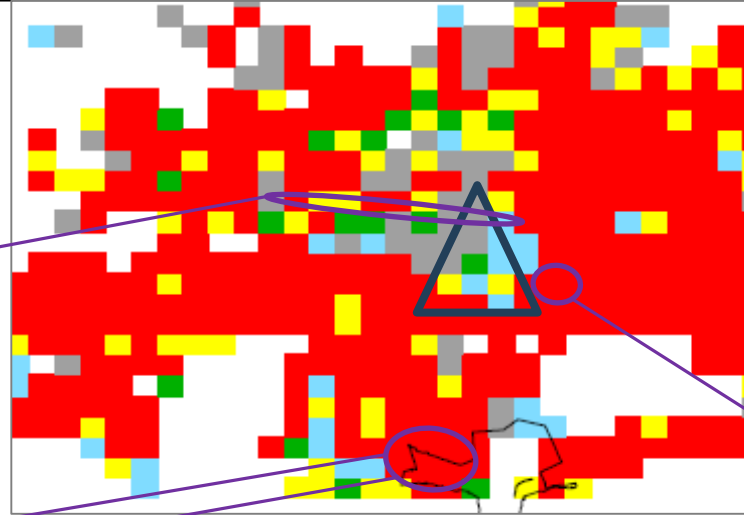
1 液状化 液状化想定結果と液状化履歴の比較 (2)

- 高知市内における昭和南海地震の液状化履歴と液状化想定結果を比較した。高知大学沢村・上田先生による当時の写真の場所では液状化可能性が大となっている。若松先生の履歴では、液状化の想定は可能性中またはなしと判定された。

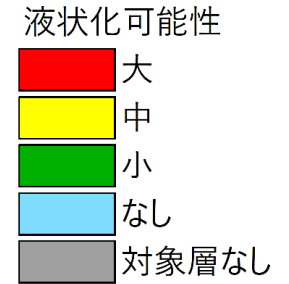
江ノ口川南岸 (昭和南海地震)



5. 高知市江ノ口川南岸. 堤防の地割れ.
21.12.22



四万十市 (昭和南海地震)



棧橋港警察署付近 (昭和南海地震)



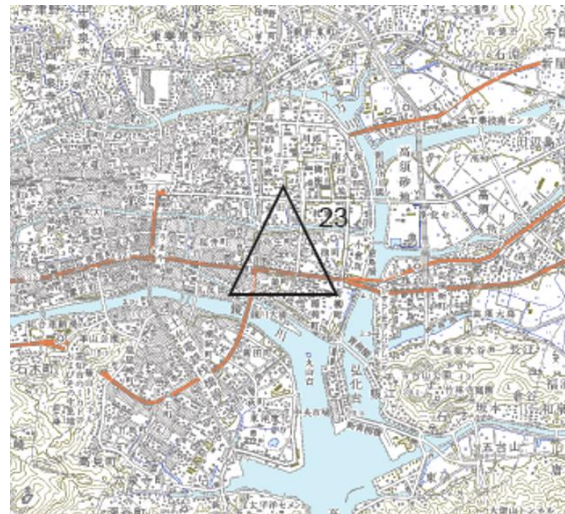
29. (21.12.26) 人工埋立地の脆弱性
高知市棧橋. 港警察署付近.

棧橋土佐商船乗船場 (昭和南海地震)



27. (21.12.26) 地盤の沈下と家屋の傾斜. 2日間沈下
高知市棧橋土佐商船乗船場 (埋立地)

高知市 (安政東海地震・南海地震)



葛島橋 (昭和南海地震)

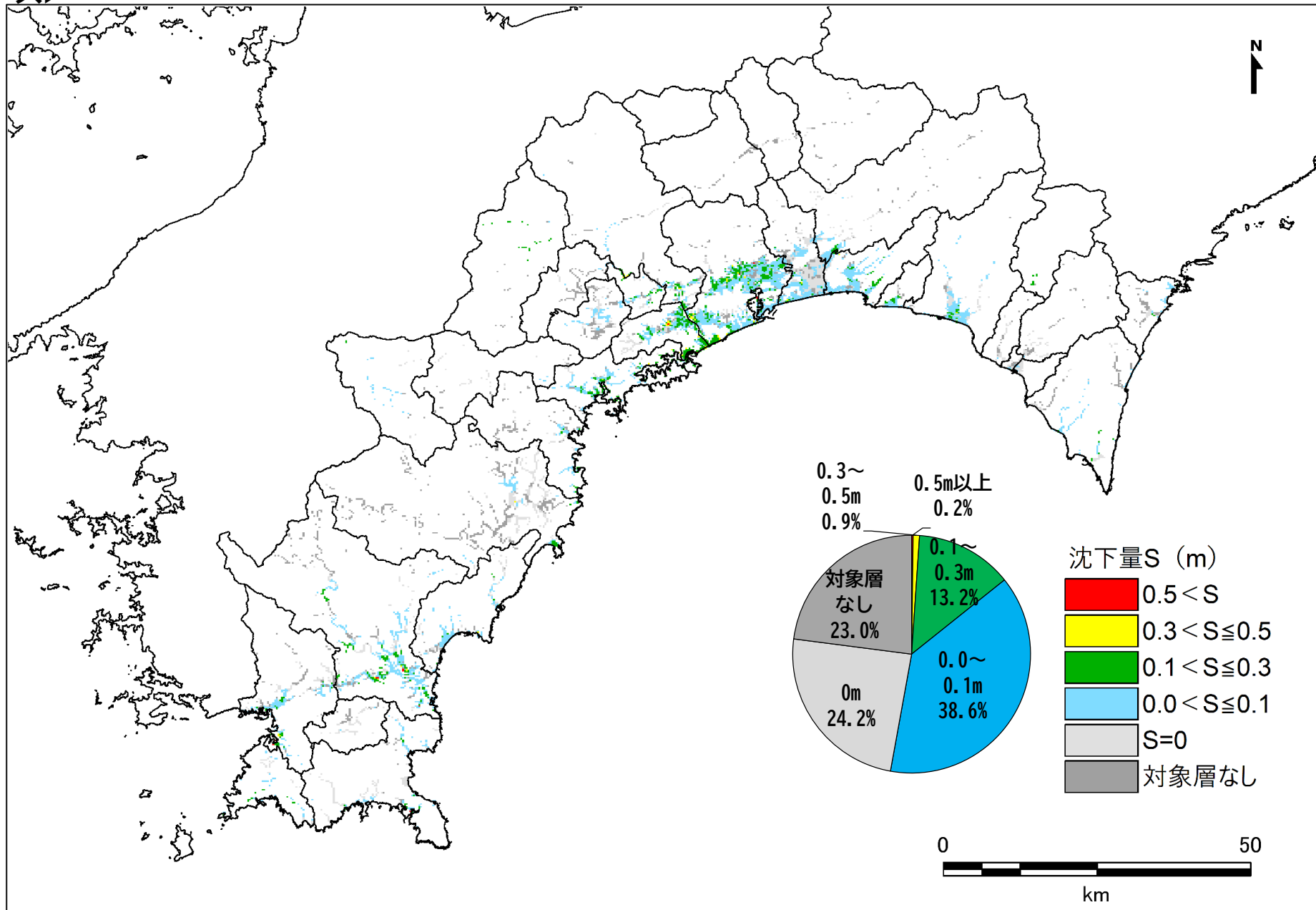


2. 21.12.22 葛島橋より昭和国民学校に至る道路
道路の亀裂. 堤防欠壊による浸水を見る.

※ 若松: 日本の液状化履歴マップ 745-2008、平成23年3月14日
写真は、昭和南海地震における高知大学沢村・上田先生による

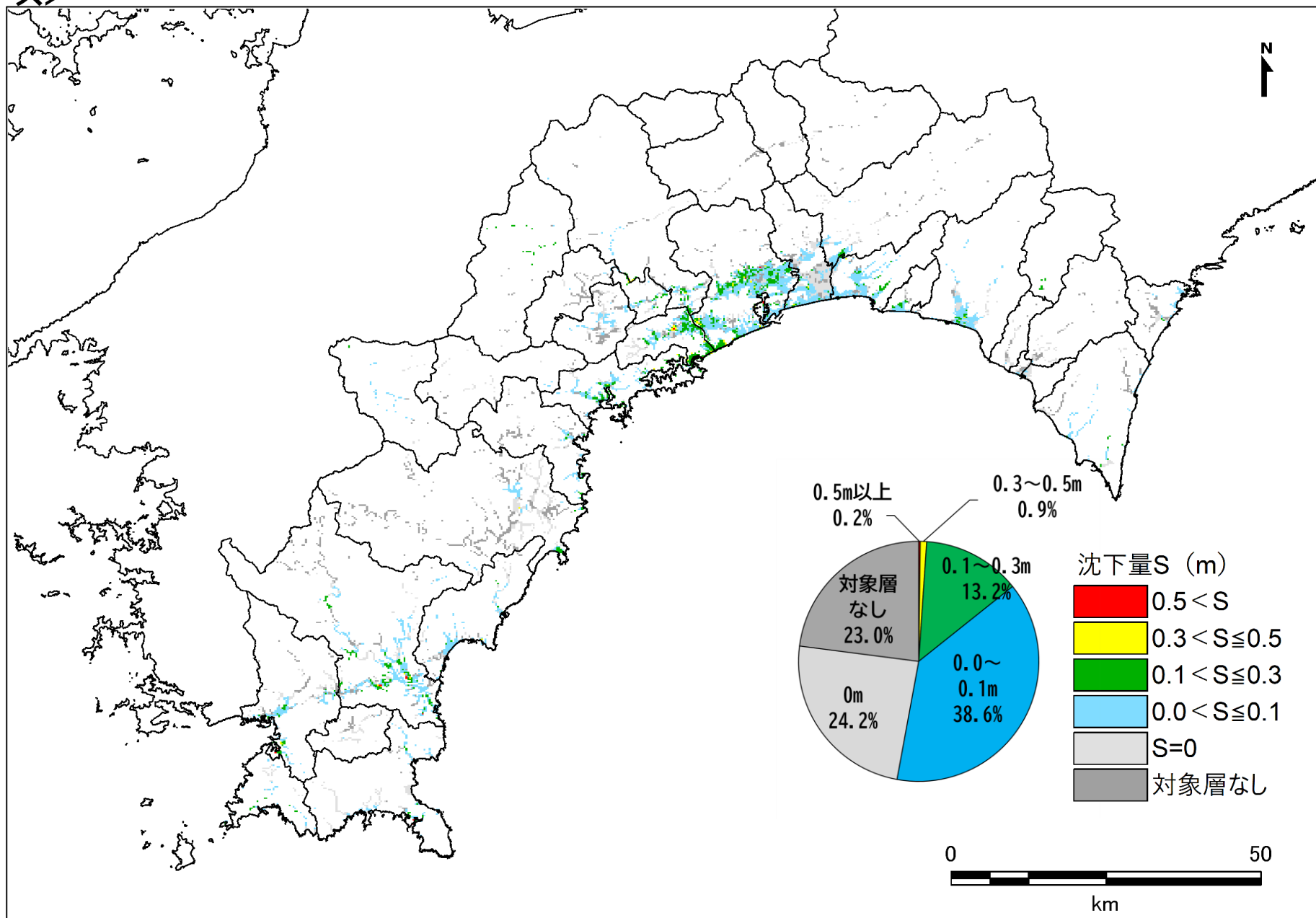
沈下量

<基本ケース>



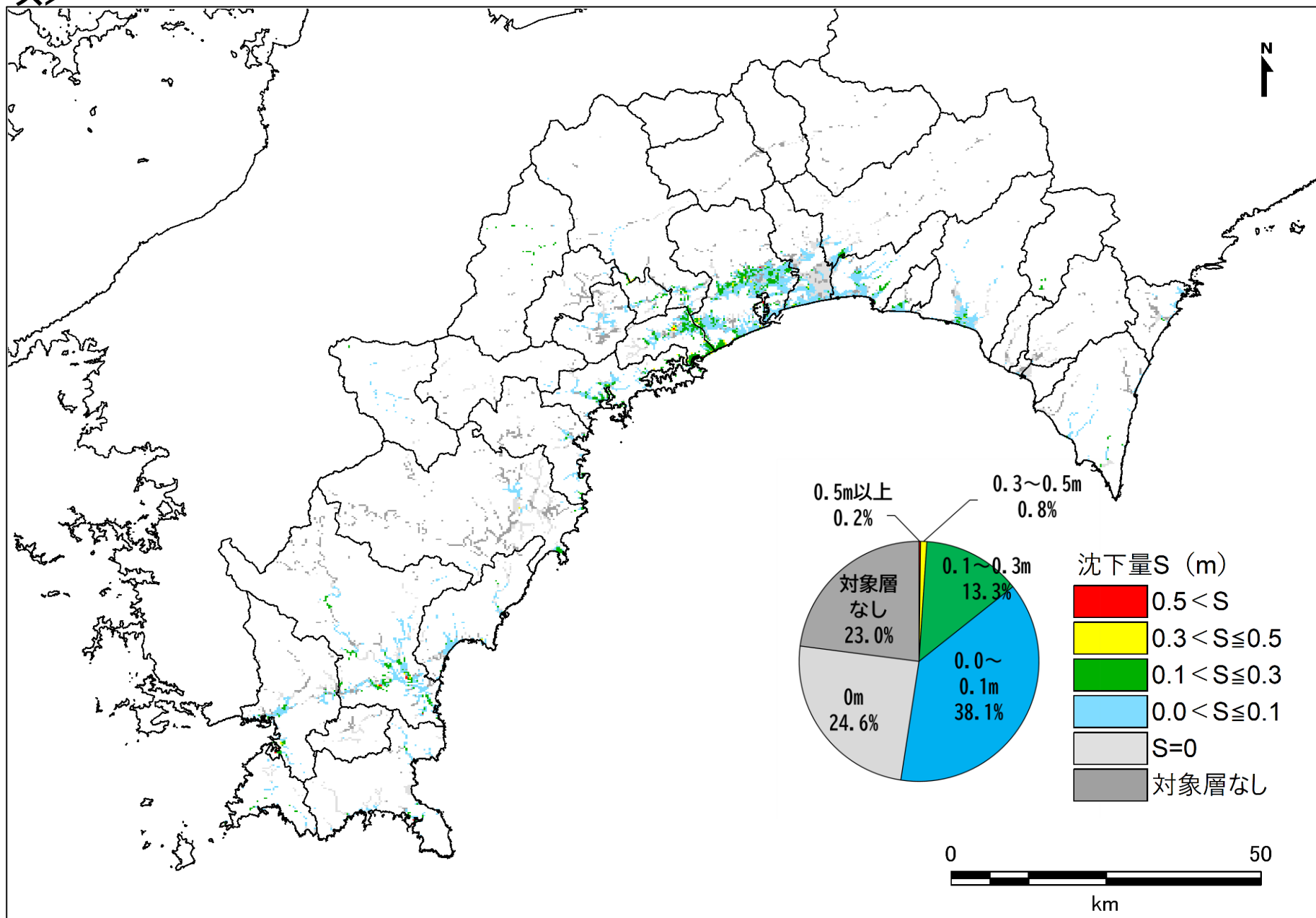
沈下量

<東側ケース>



沈下量

<西側ケース>

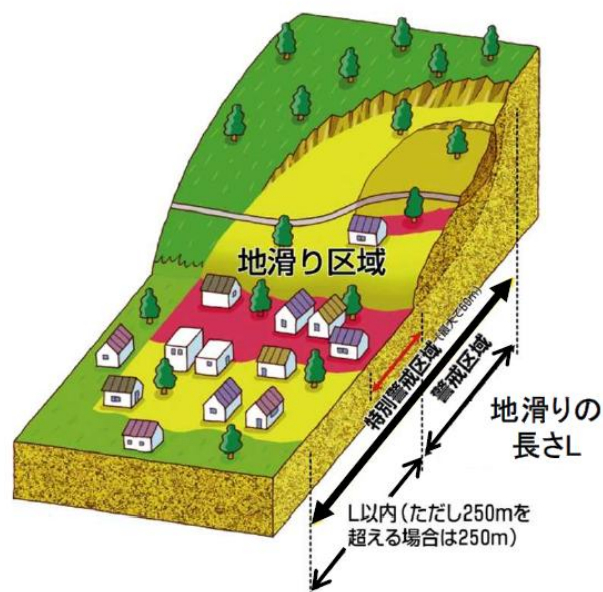


土砂災害警戒区域等

- 土砂災害防止法に基づいて指定される区域で、土砂災害警戒区域（イエローゾーン）及び土砂災害特別警戒区域（レッドゾーン）として指定される。
 - ✓ イエローゾーン：土砂災害による被害を防止・軽減するため、危険の周知、警戒避難体制の整備を行う区域
 - ✓ レッドゾーン：避難に配慮を要する方々が利用する要配慮者利用施設等が新たに土砂災害の危険性の高い区域に立地することを未然に防止するため、開発段階から規制していく必要性が特に高いものに対象を限定し、特定の開発行為を許可制とするなどの制限や建築物の構造規制等を行う区域。

地滑り

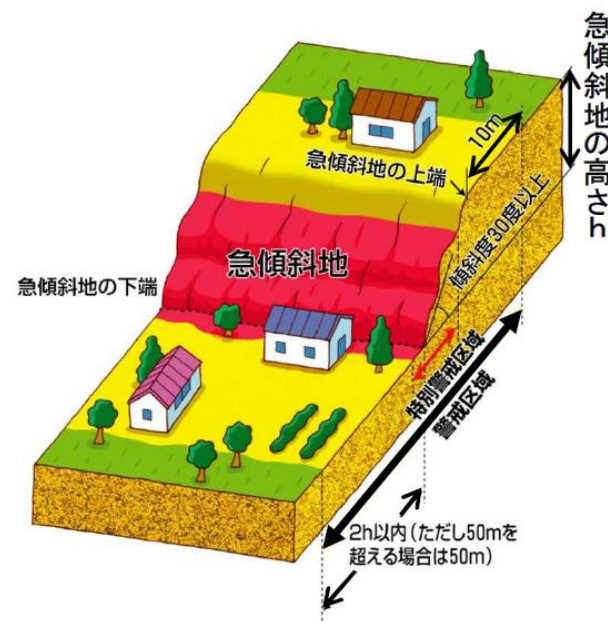
※土地の一部が地下水等に起因して滑る自然現象又はこれに伴って移動する自然現象



- 地滑りの長さの2倍以内※1
- ※1 ただし250mを超える場合は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を超える場合は50m

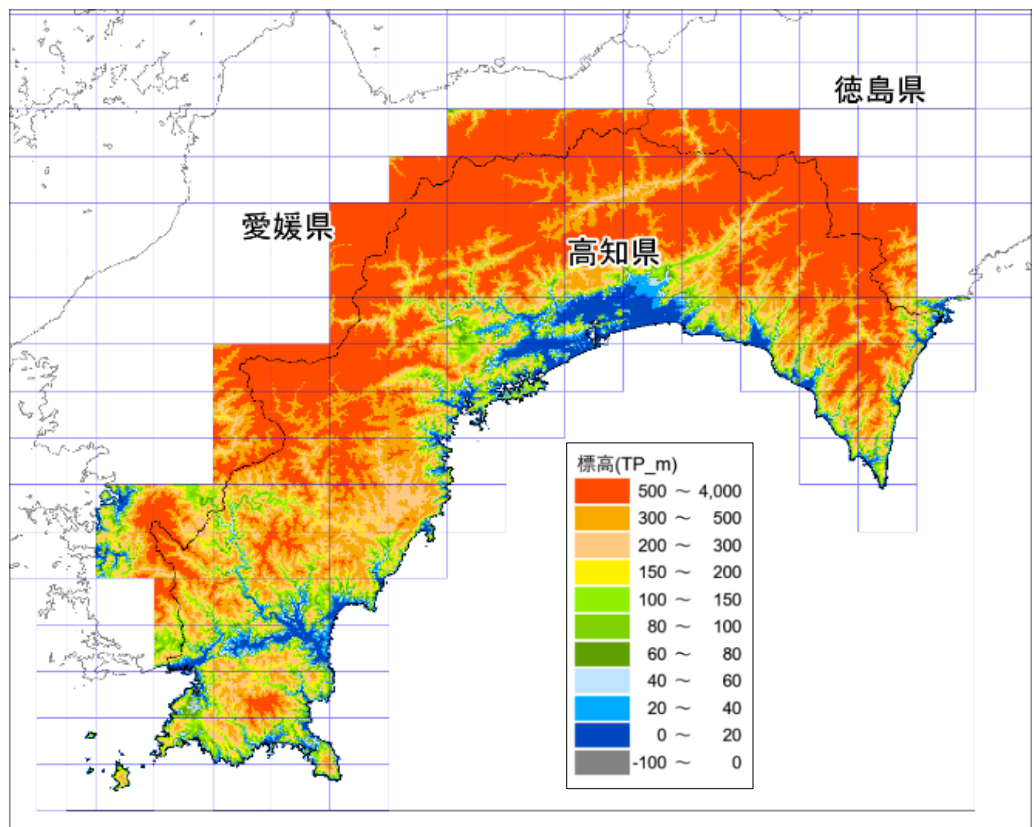
2 土砂災害

土砂災害の想定条件

斜面災害の推計

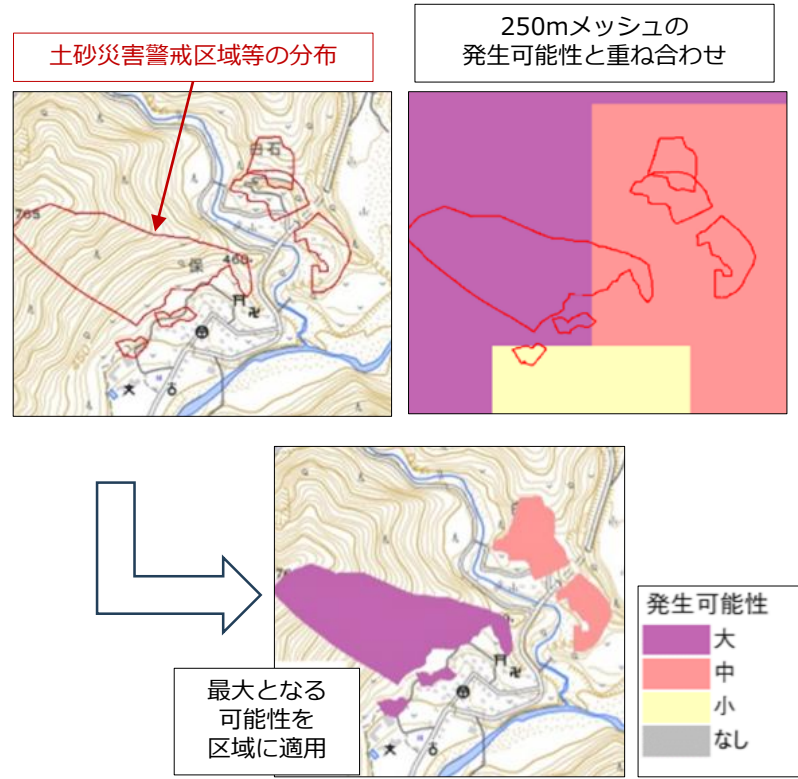
土砂災害警戒区域等を対象とした斜面災害の推計に用いるデータと区域における危険度の与え方

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

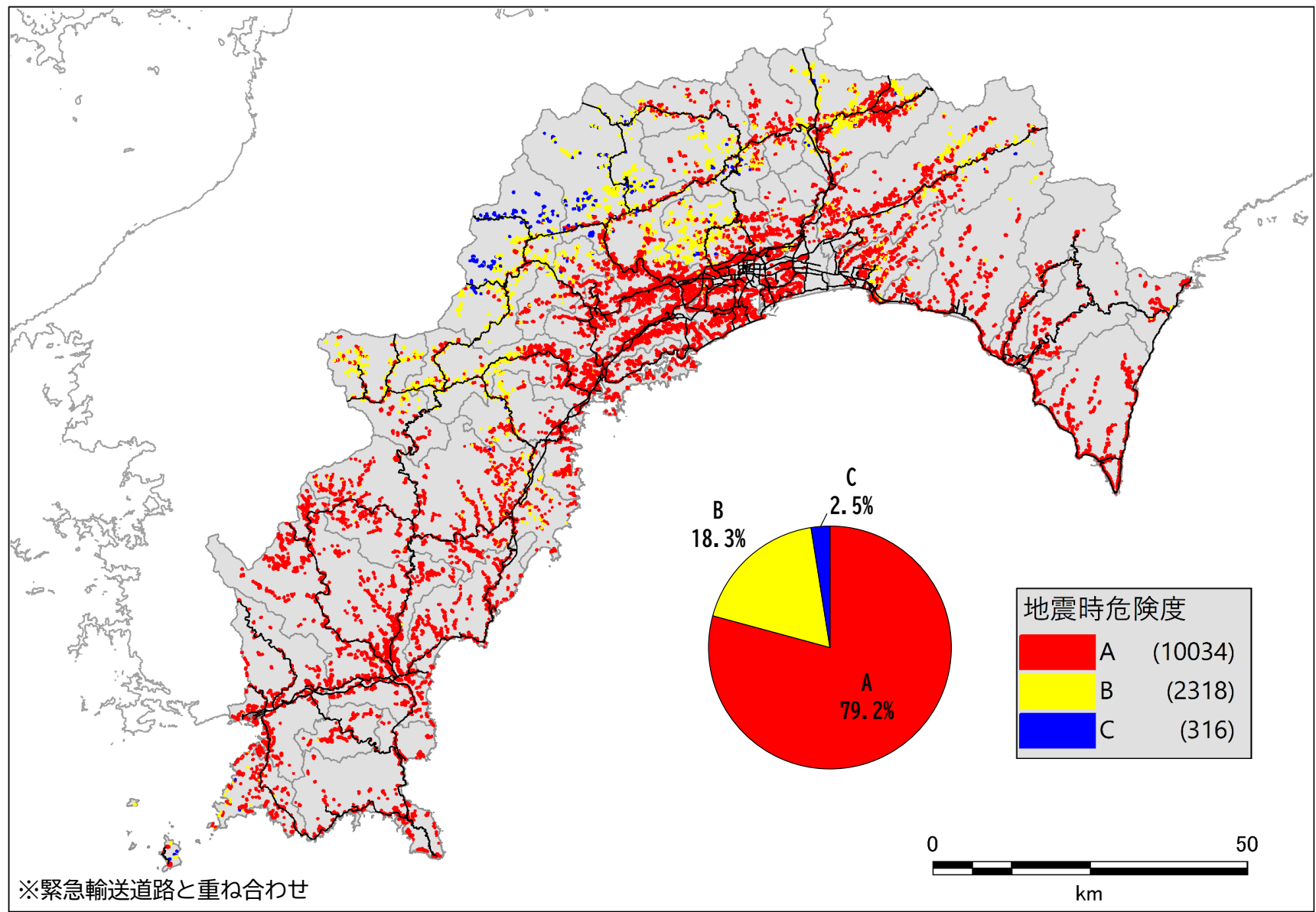


出典：山梨県地震被害想定調査結果 (令和5年5月26日発表)

斜面崩壊危険箇所の地震時危険度ランク

<基本ケース>

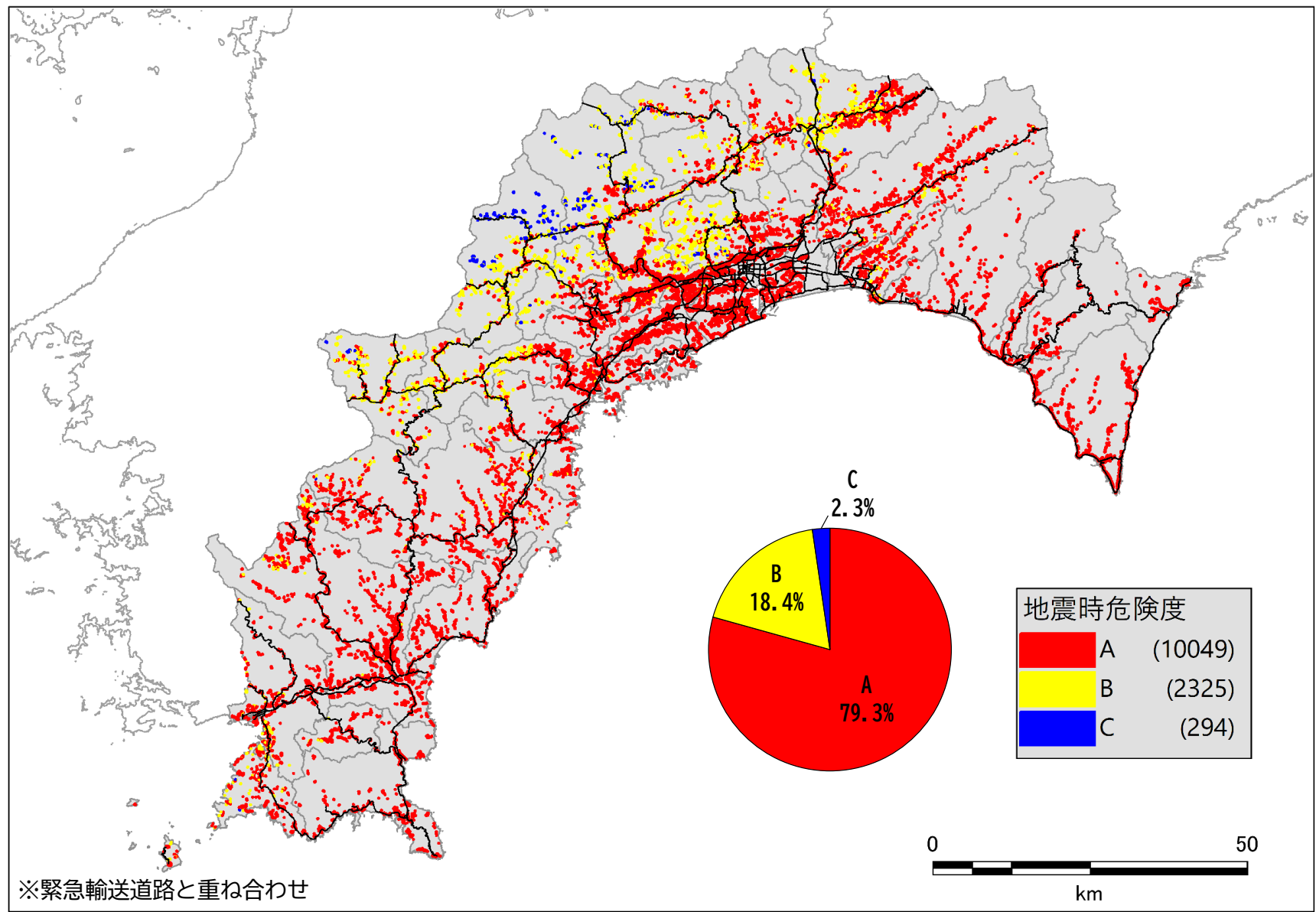
急傾斜地崩壊危険箇所



斜面崩壊危険箇所の地震時危険度ランク

<東側ケース>

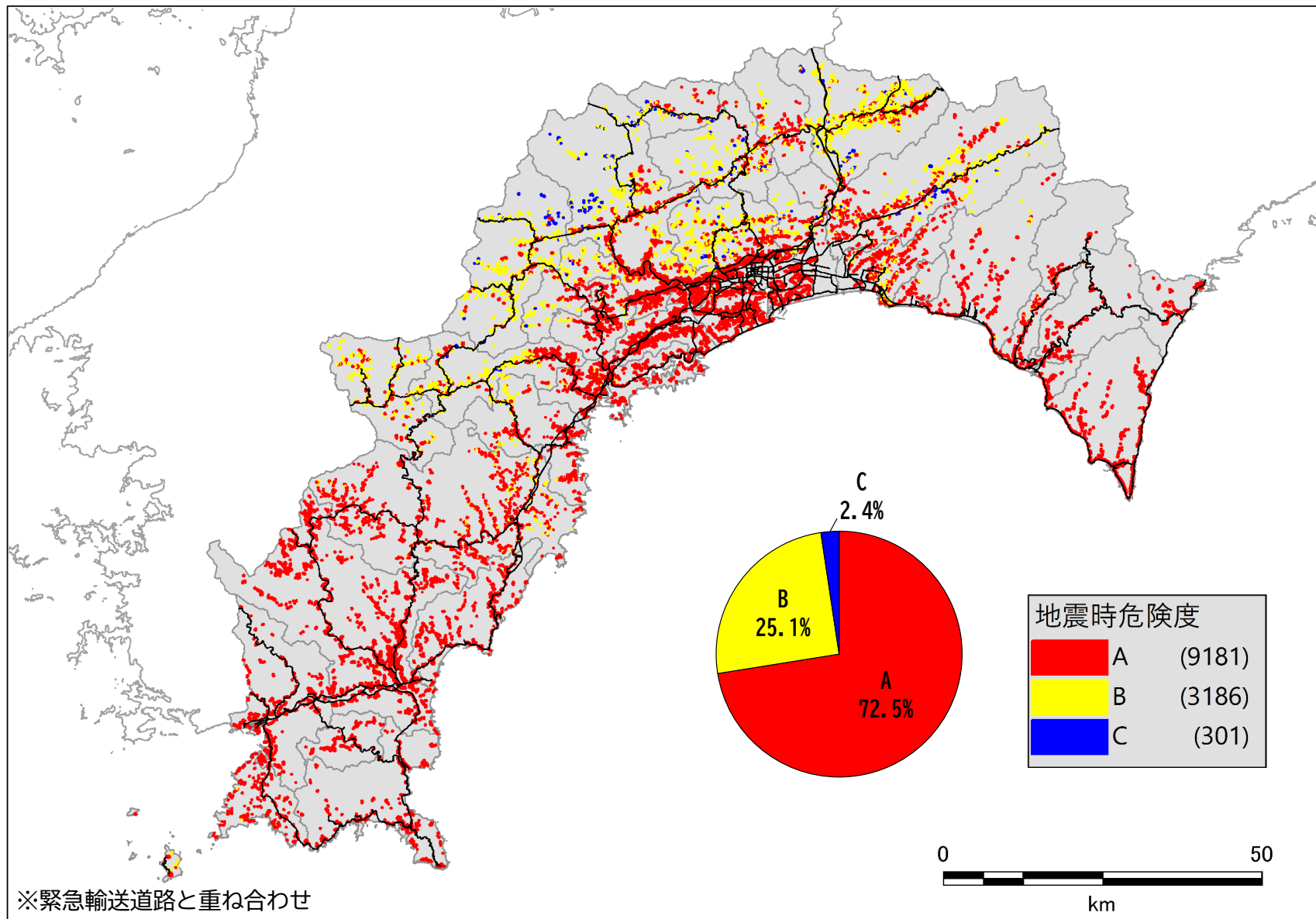
急傾斜地崩壊危険箇所



斜面崩壊危険箇所の地震時危険度ランク

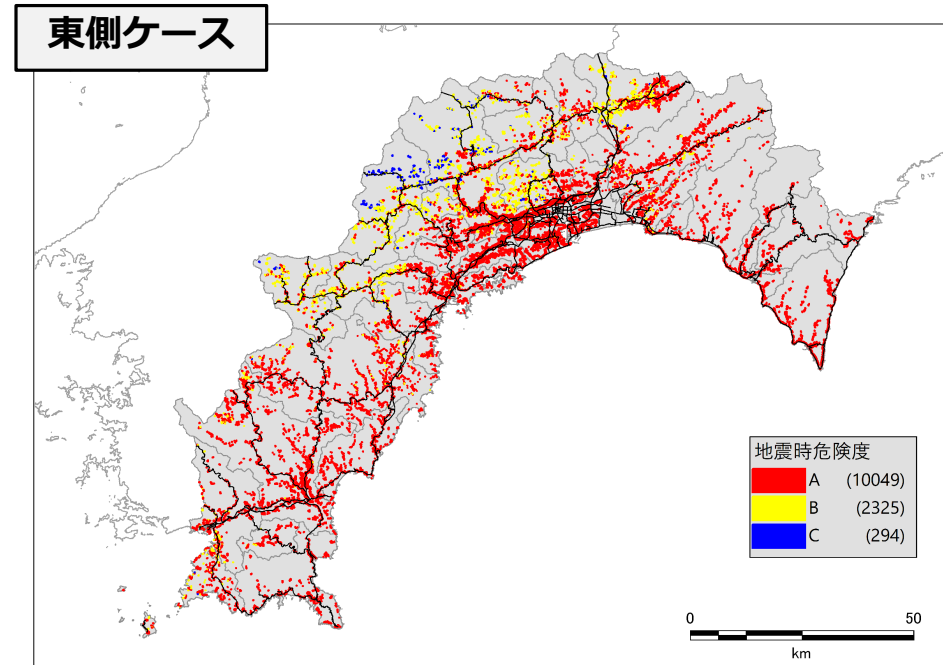
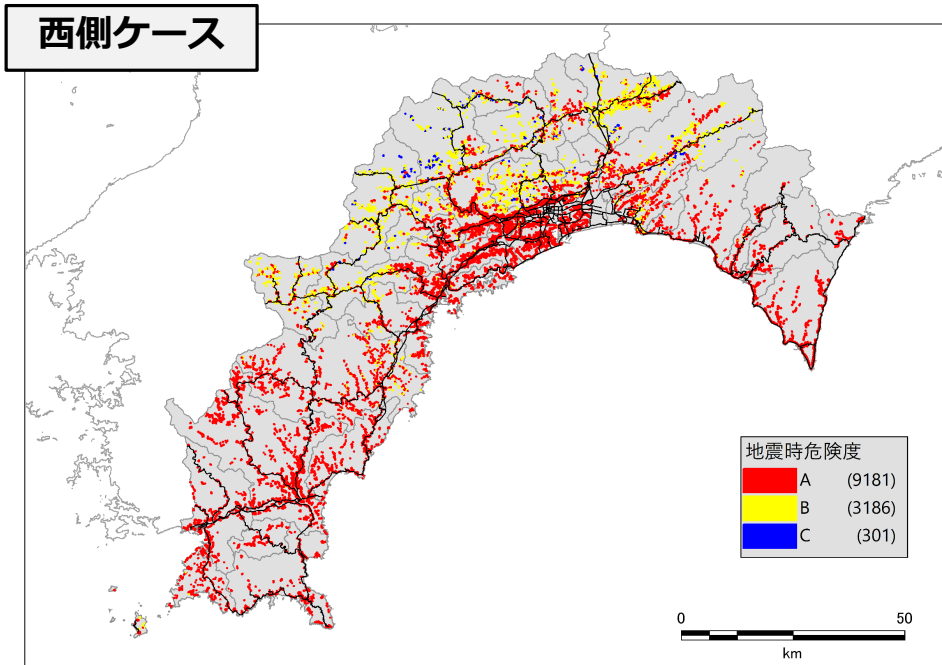
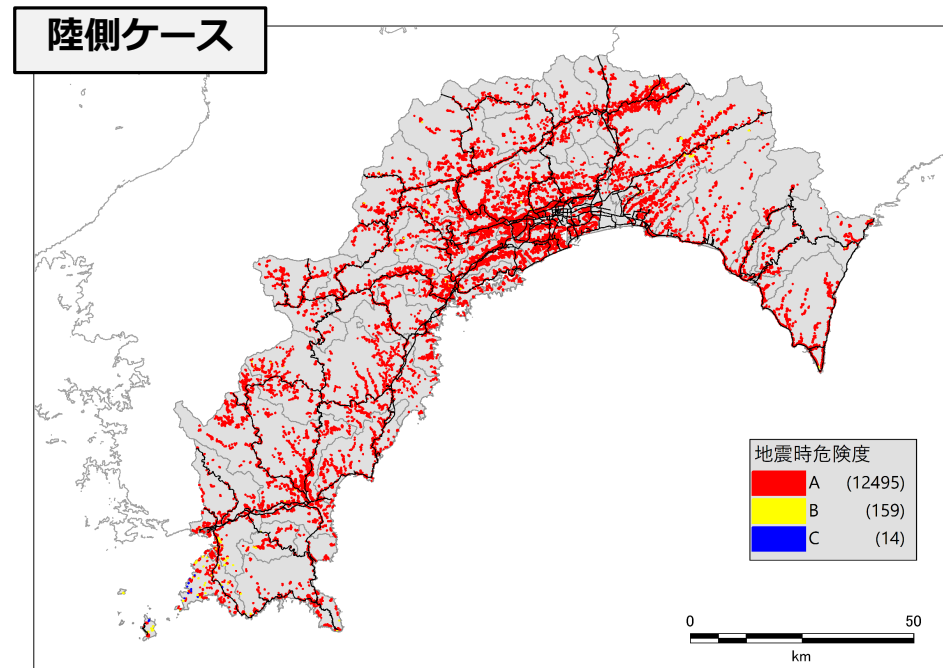
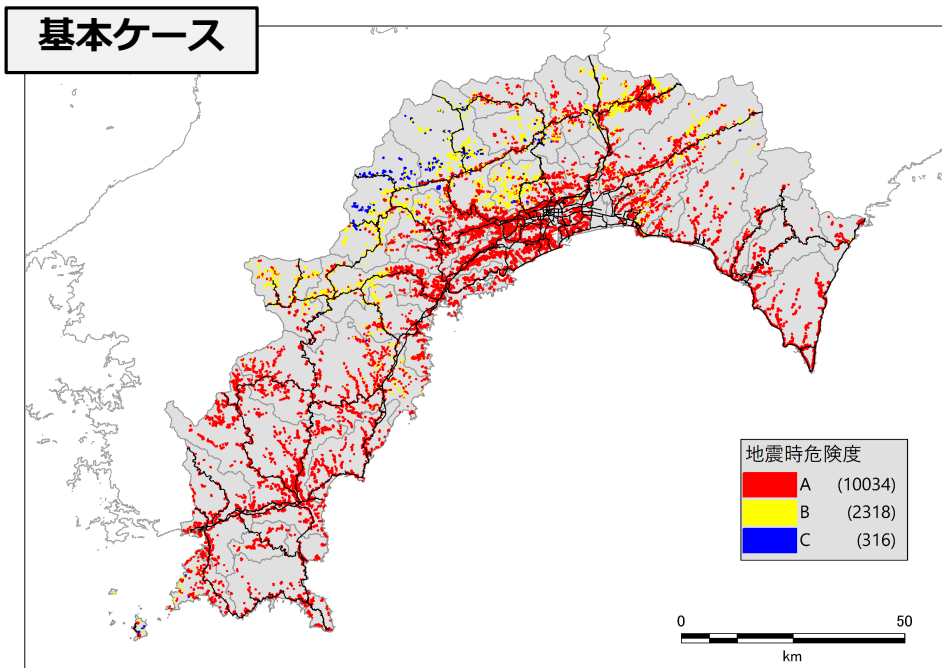
<西側ケース>

急傾斜地崩壊危険箇所



斜面崩壊危険箇所の地震時危険度ランク

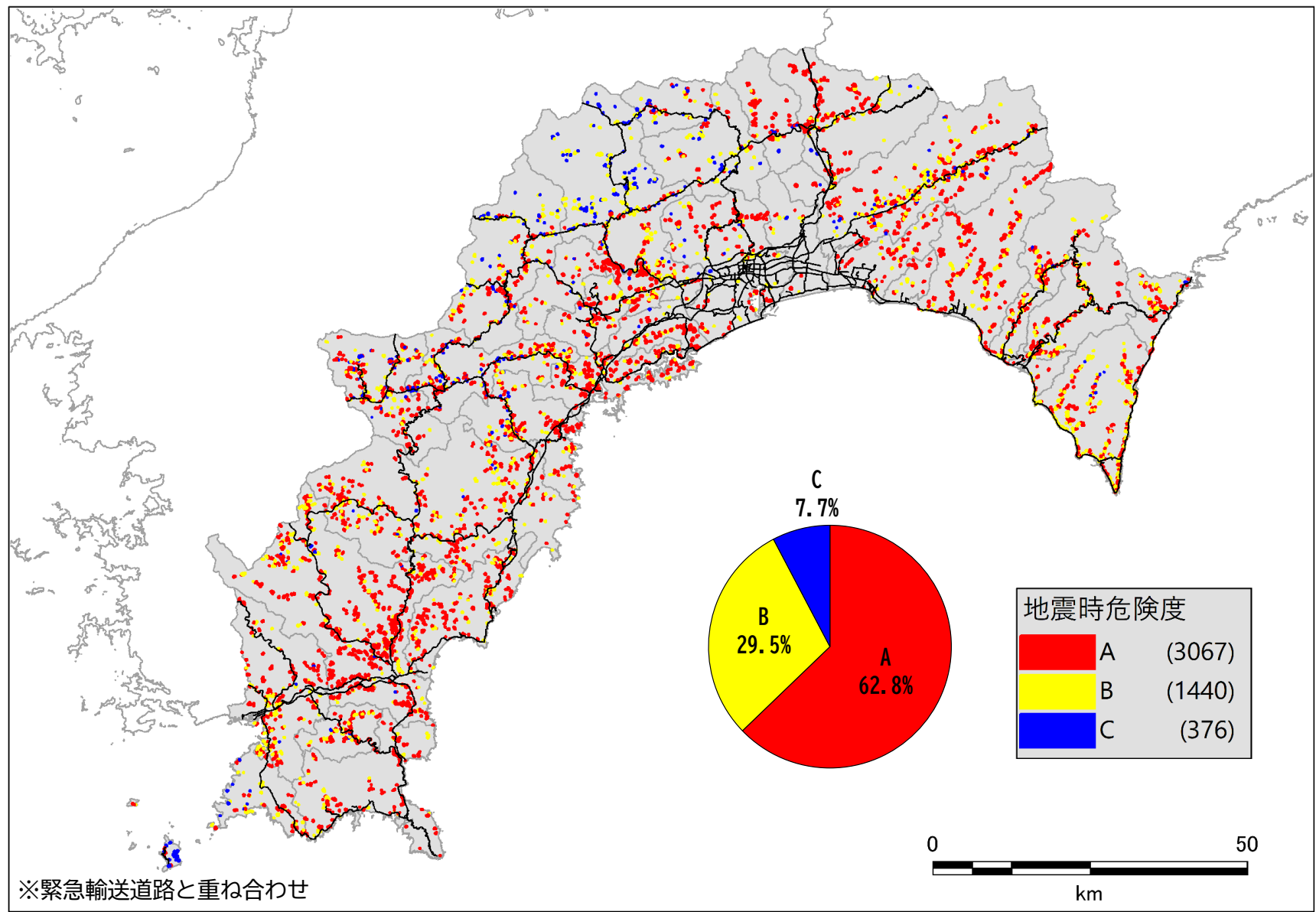
急傾斜地崩壊危険箇所：4ケース



斜面崩壊危険箇所の地震時危険度ランク

<基本ケース>

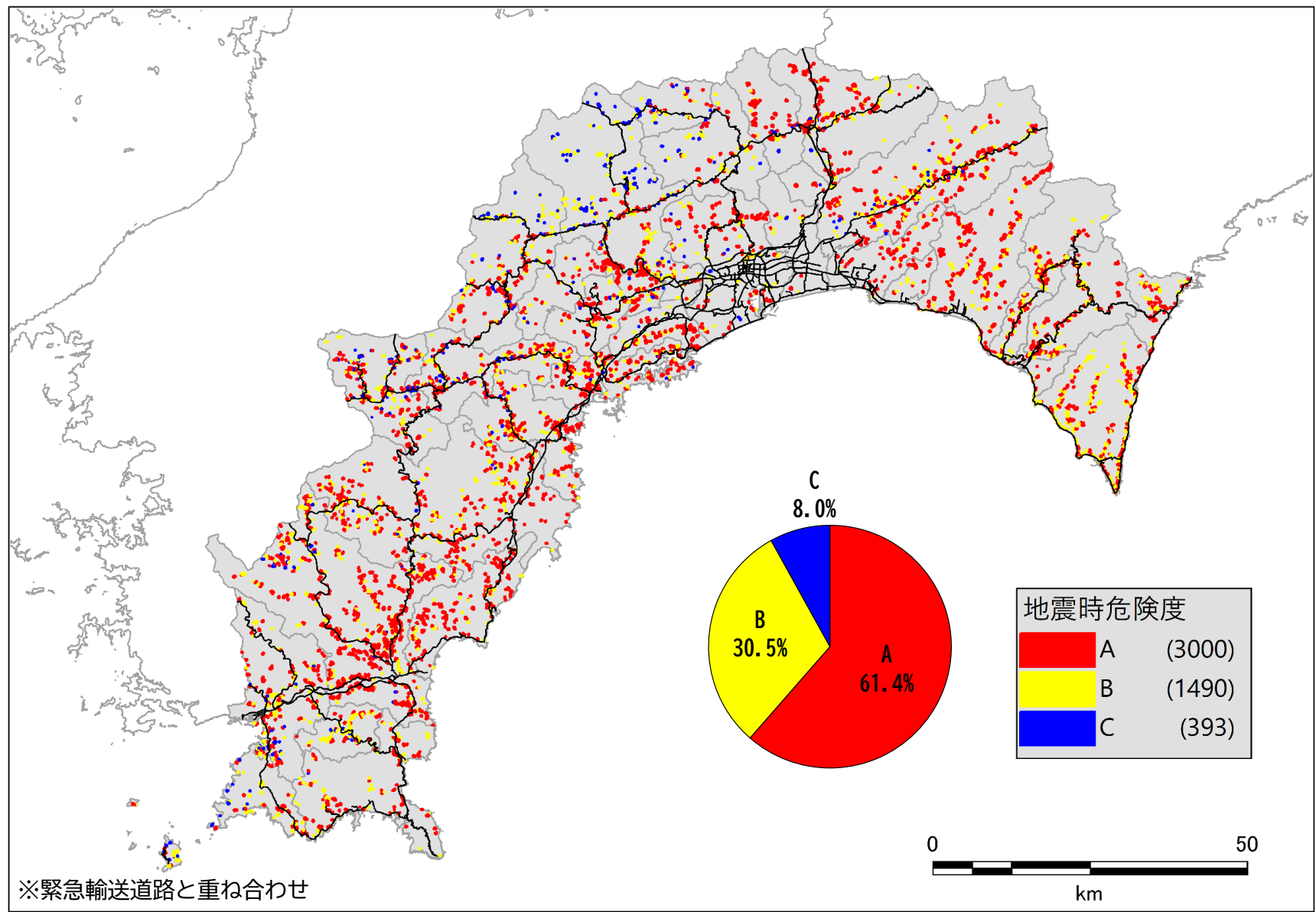
山腹崩壊危険地区



斜面崩壊危険箇所の地震時危険度ランク

<東側ケース>

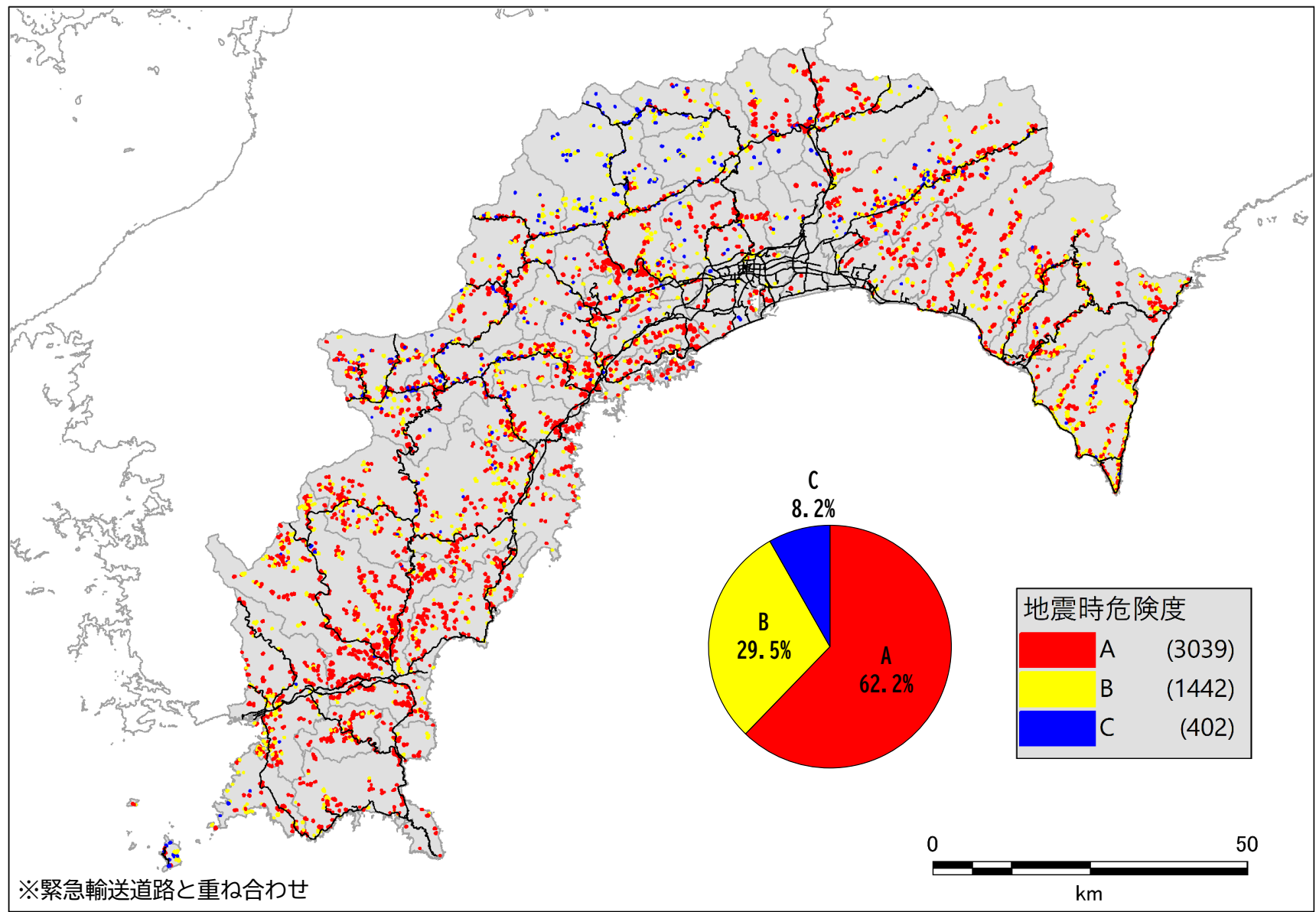
山腹崩壊危険地区



斜面崩壊危険箇所の地震時危険度ランク

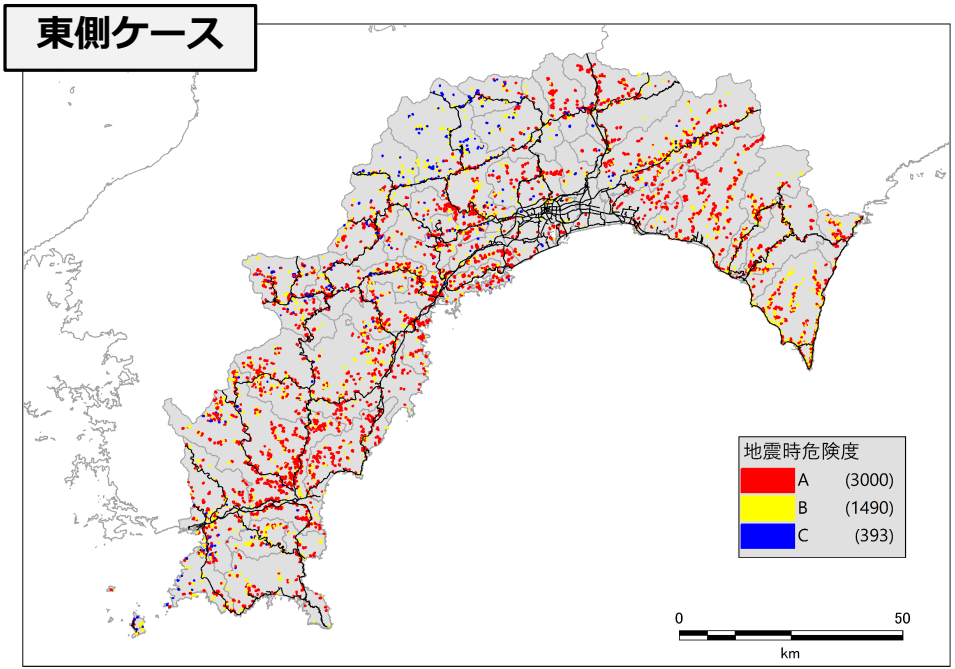
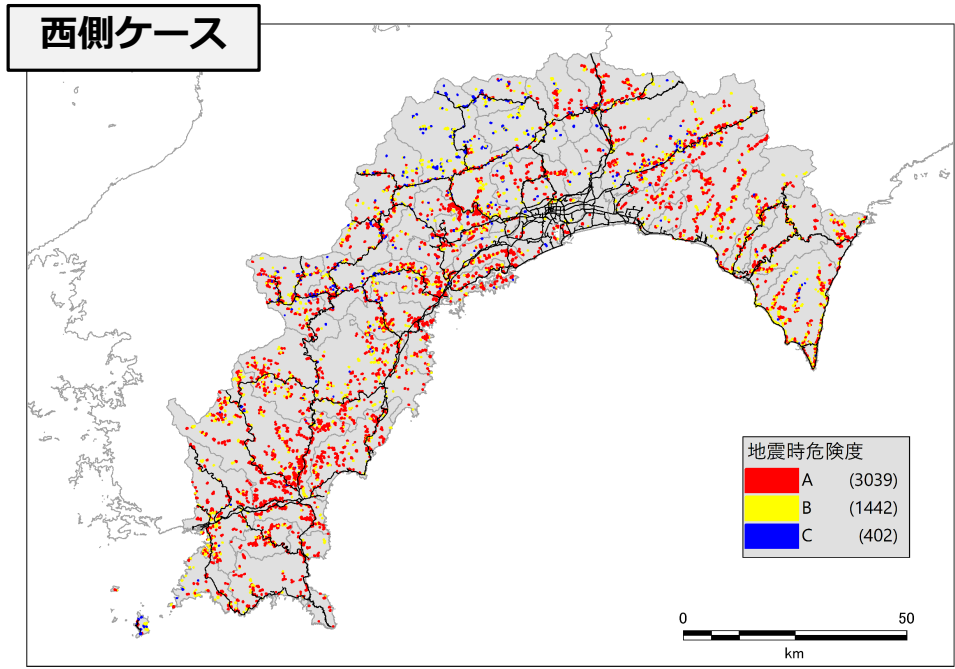
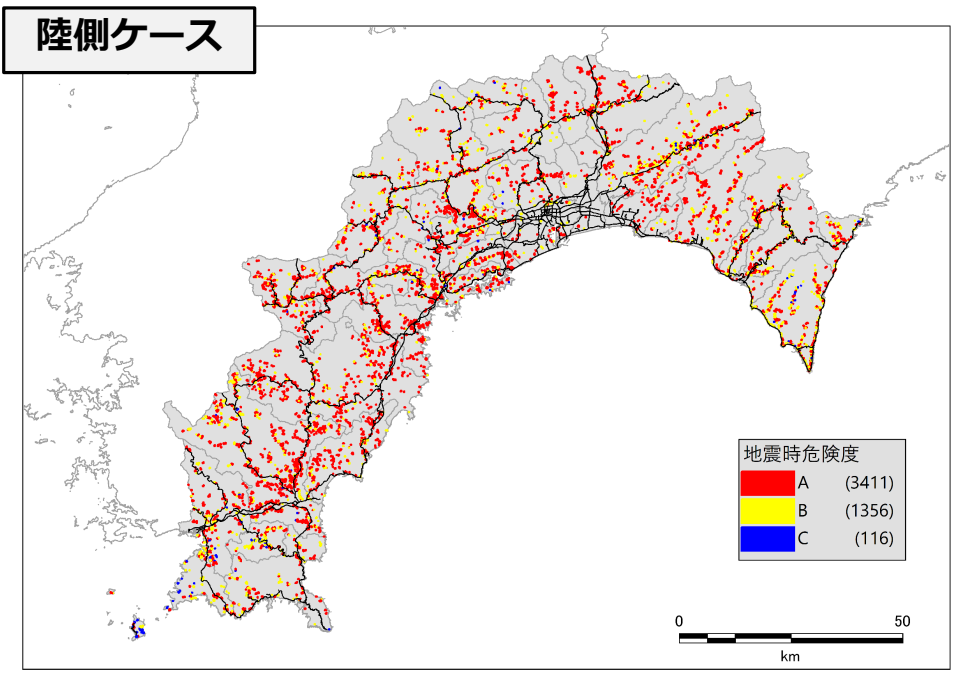
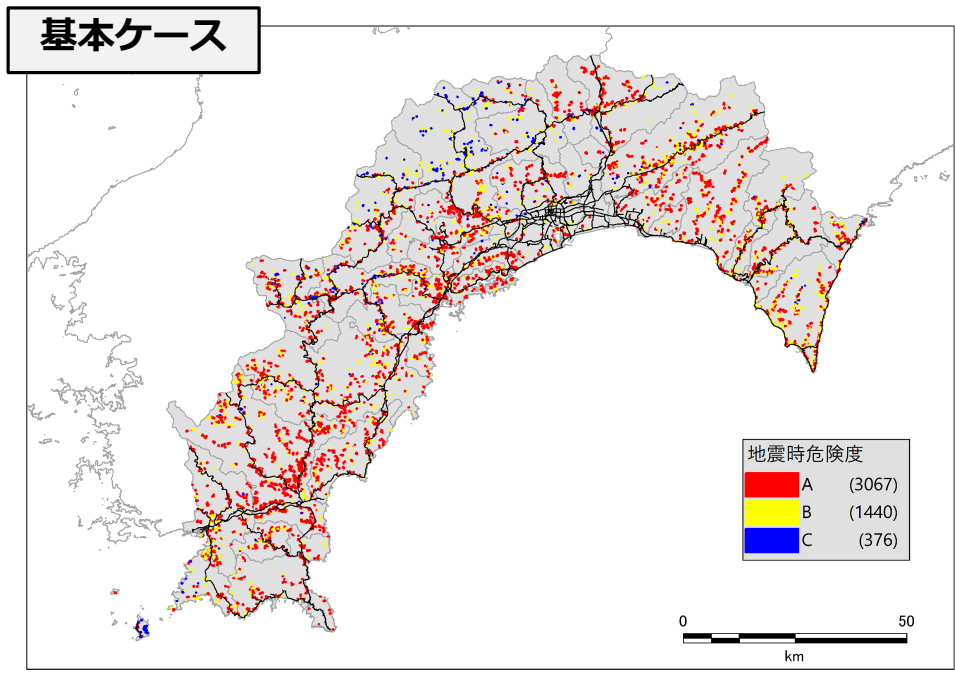
<西側ケース>

山腹崩壊危険地区



斜面崩壊危険箇所の地震時危険度ランク

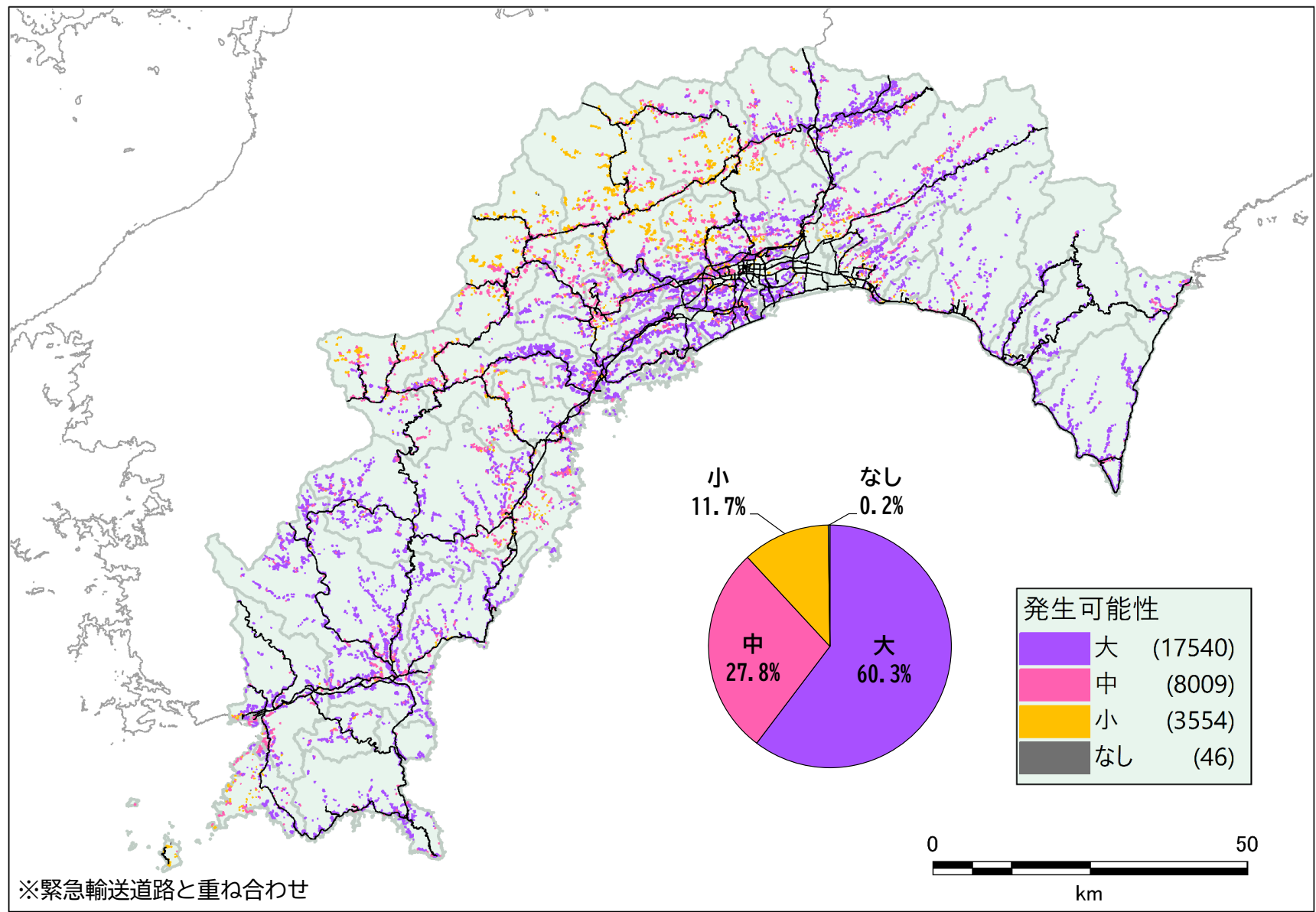
山腹崩壊危険地区：4ケース



土砂災害警戒区域等の地震時危険度ランク

<基本ケース>

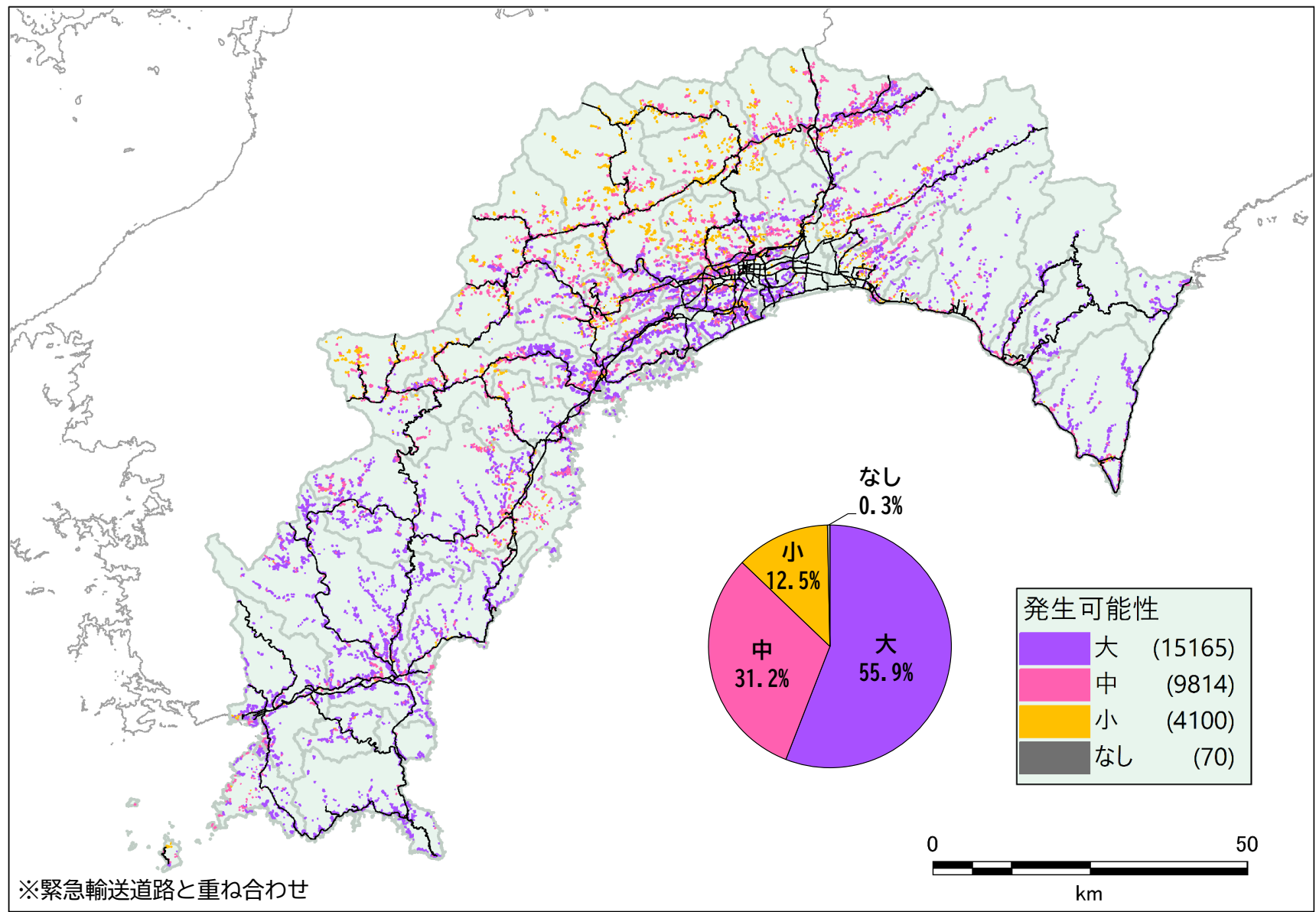
土砂災害警戒区域等（急傾斜地の崩壊）



土砂災害警戒区域等の地震時危険度ランク

<東側ケース>

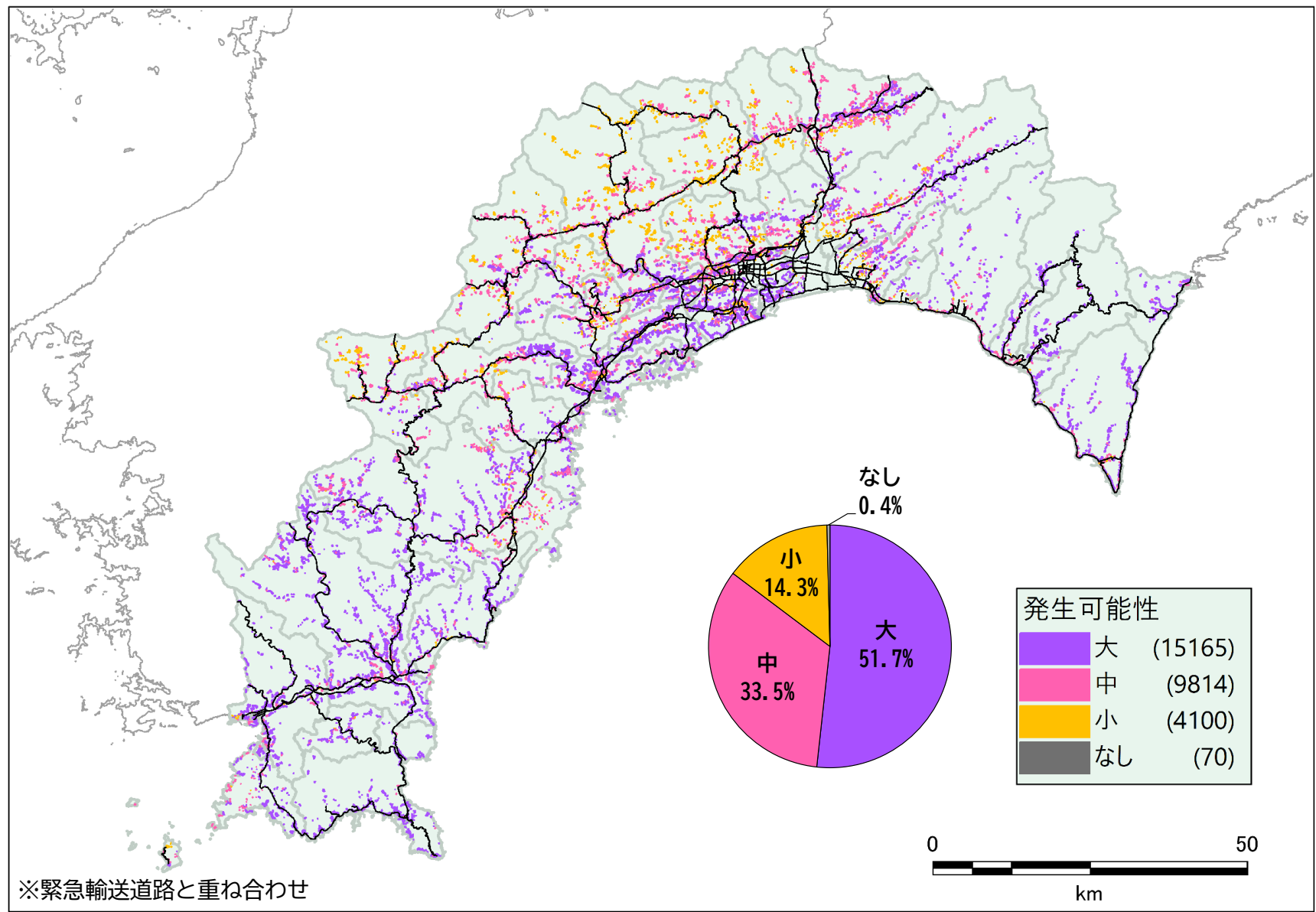
土砂災害警戒区域等（急傾斜地の崩壊）



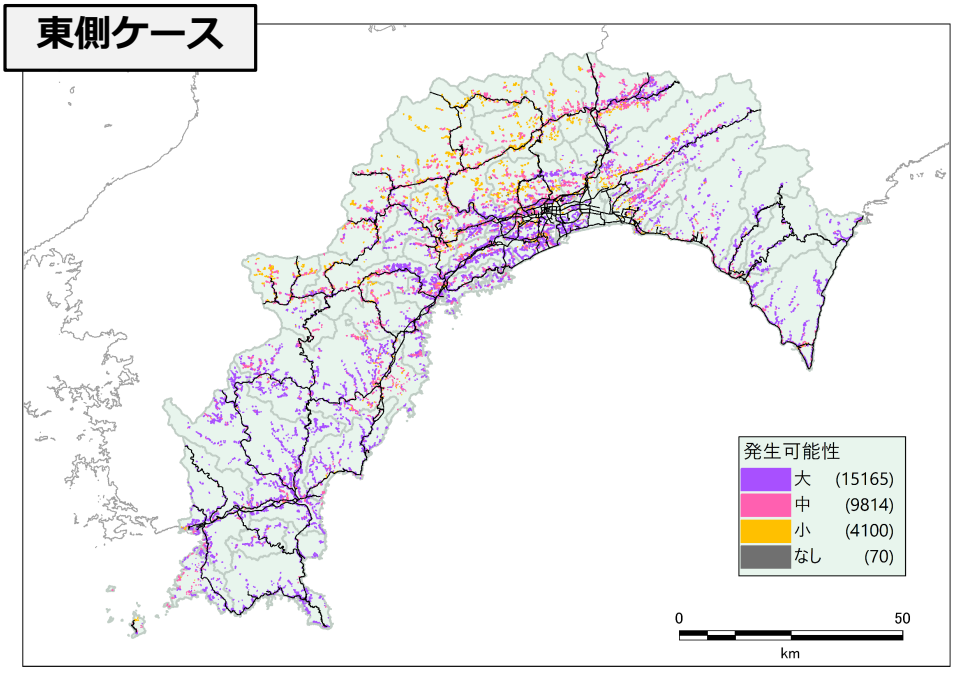
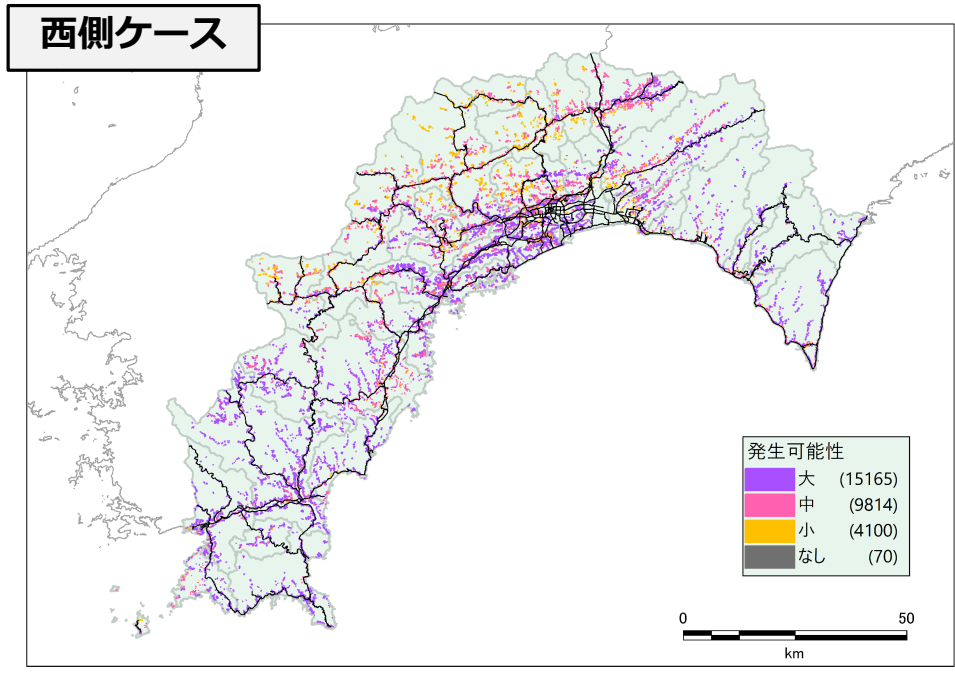
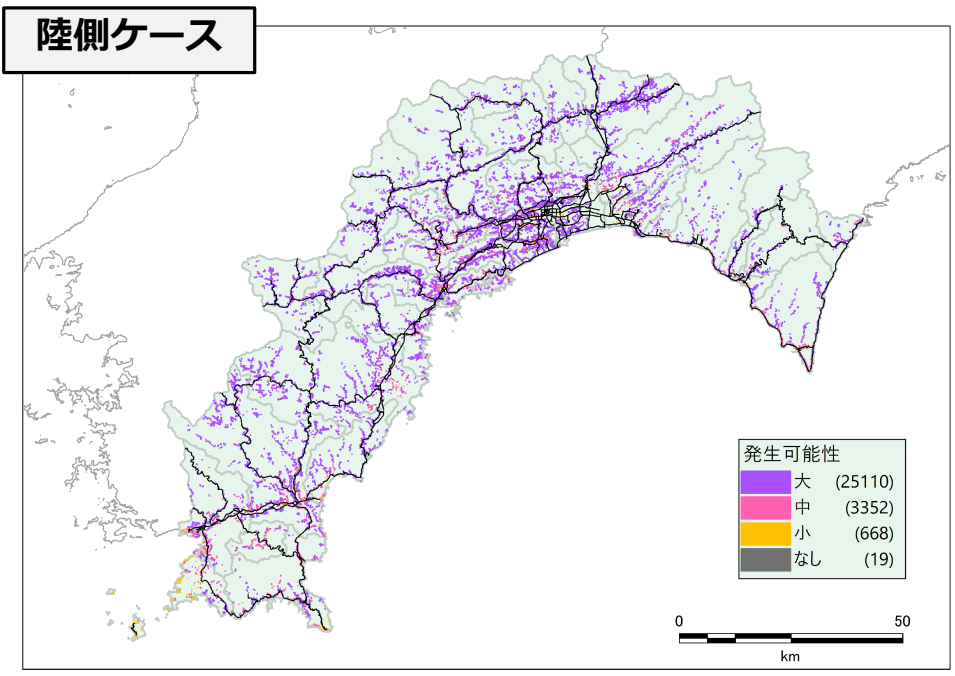
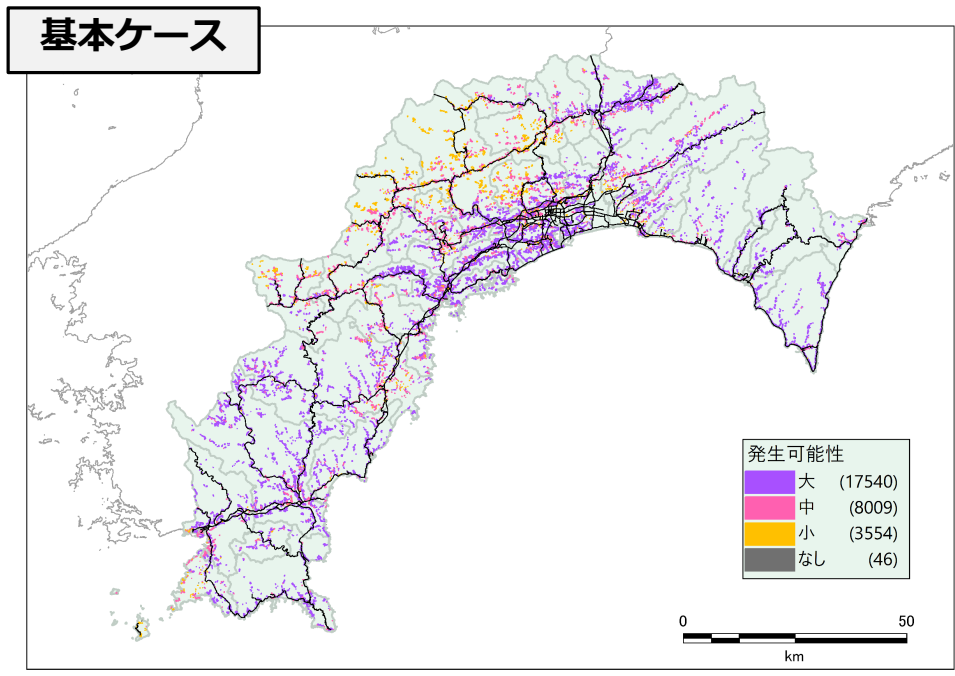
土砂災害警戒区域等の地震時危険度ランク

<西側ケース>

土砂災害警戒区域等（急傾斜地の崩壊）



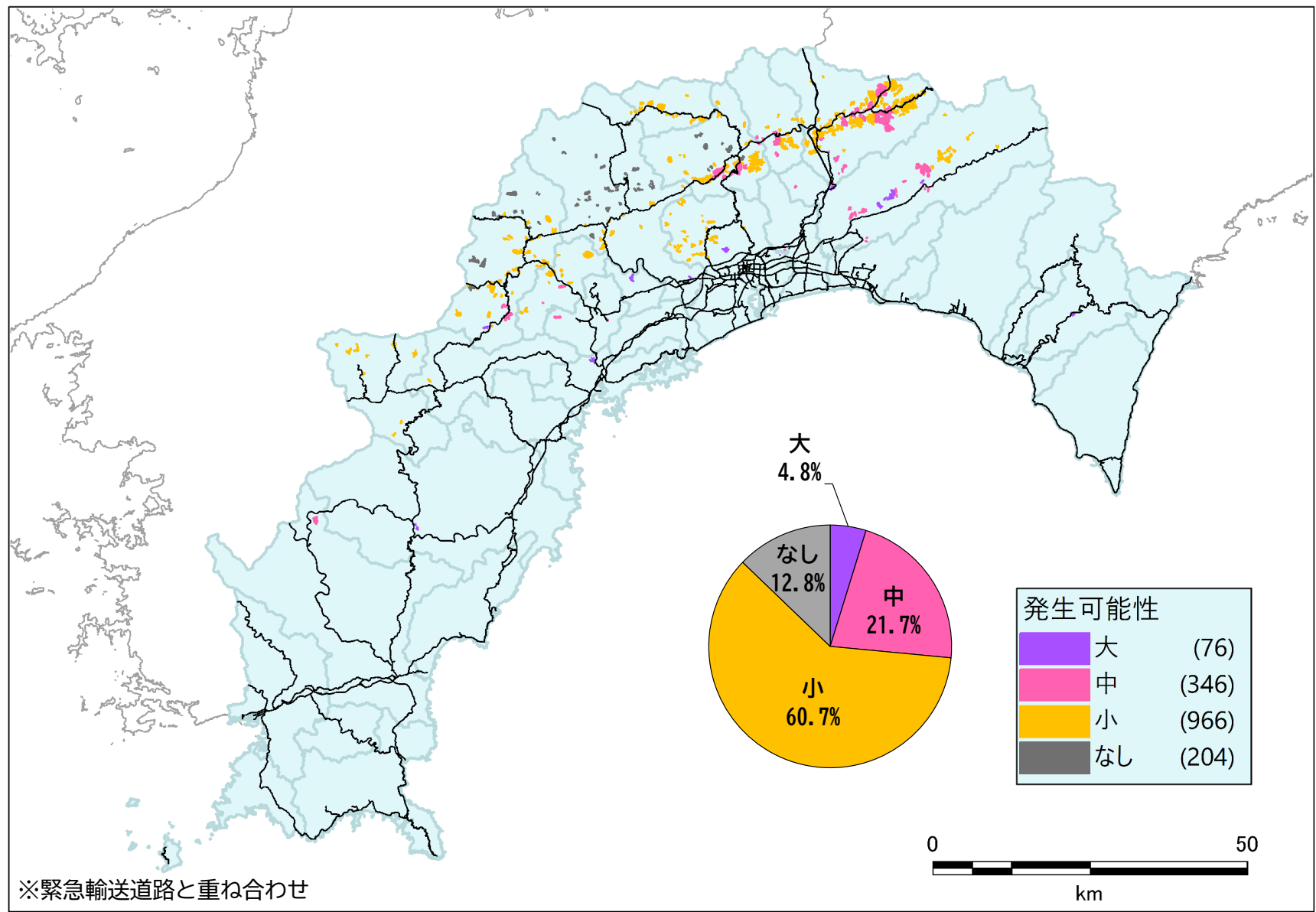
土砂災害警戒区域等の地震時危険度ランク 急傾斜地の崩壊：4ケース



土砂災害警戒区域等の地震時危険度ランク

<基本ケース>

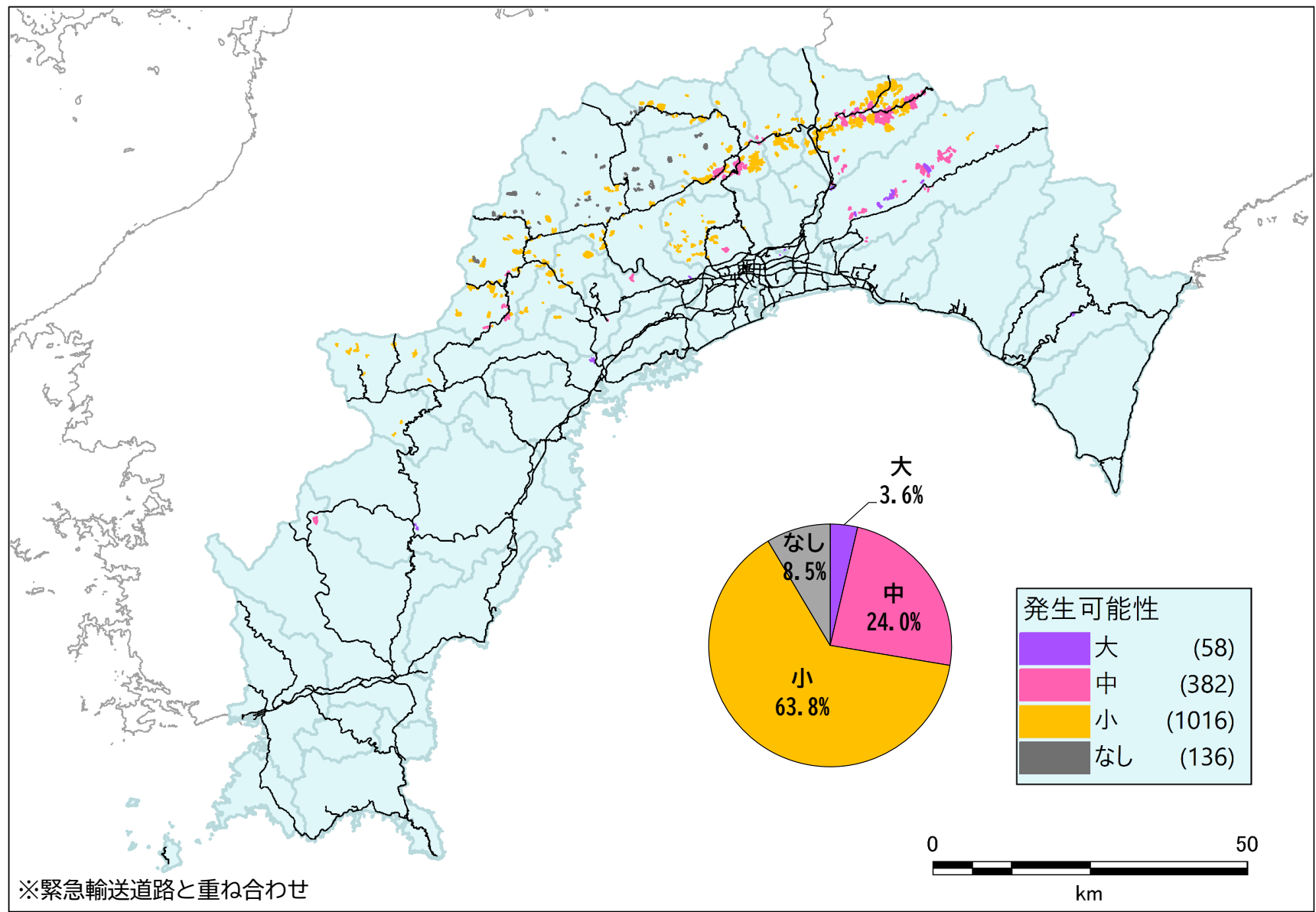
土砂災害警戒区域等（地すべり）



土砂災害警戒区域等の地震時危険度ランク

<東側ケース>

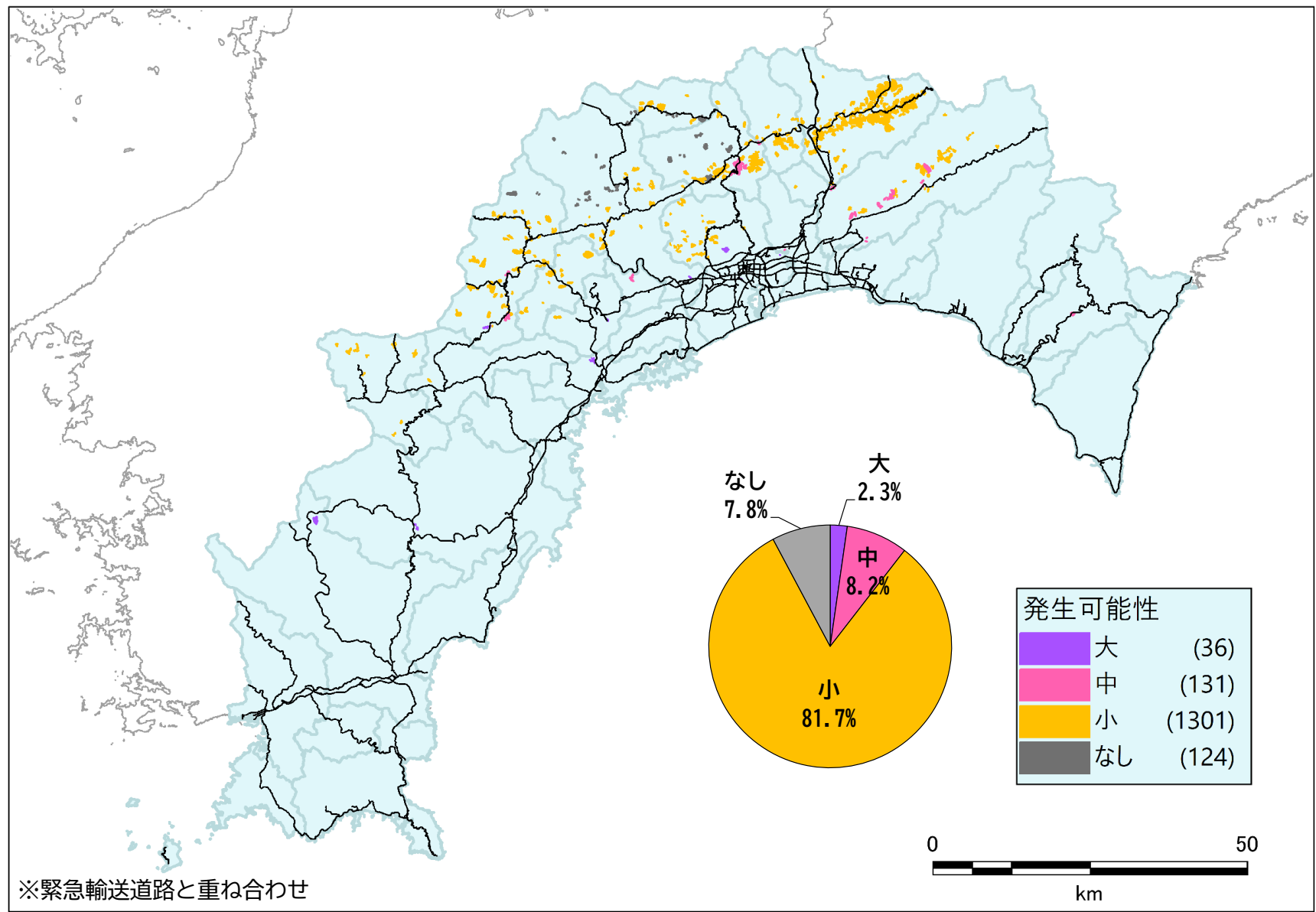
土砂災害警戒区域等（地すべり）



土砂災害警戒区域等の地震時危険度ランク

<西側ケース>

土砂災害警戒区域等（地すべり）



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

