

2.3 液状化危険度の予測

2.3.1 予測手法

a) 液状化危険度の予測

液状化危険度の予測は、「道路橋示方書・同解説（2017年11月発行）」による、砂質土層の液状化の判定手法を採用した。地震動の予測結果から地表から20mまでの地中のせん断応力比(L)と液状化対象層の動的せん断強度比(R)を算出し、液状化対象層ごとに液状化に対する抵抗率(FL=R/L)を求め、さらに地層全体の液状化可能性指数(PL)を評価した。

計算の基本的な考え方は次のとおりである。

■ 動的せん断強度比 (R)

動的せん断強度比 (R) は、次の方法で求めた。

$$R = C_W \cdot R_L$$

$$R_L = 0.0882 \sqrt{(0.85 N_a + 2.1/1.7)} \quad (N_a < 14)$$

$$0.0882 \sqrt{N_a/1.7} + 1.6 \cdot 10^{-6} (N_a - 14)^{4.5} \quad (N_a \geq 14)$$

N_a : 粒度の影響を考慮した補正 N 値

C_W : 地震動特性による補正係数

海溝型地震の際 $C_W = 1.0$

直下型地震の際 $C_W = 1.0$ ($R_L \leq 0.1$)

$C_W = 3.3 R_L + 0.67$ ($0.1 < R_L \leq 0.4$)

$C_W = 2.0$ ($0.4 < R_L$)

■ N_a 値及び F_c

N_a 値及び F_c の算出については、次式に従い求めた。

<砂質土 ($D_{50} < 2\text{mm}$) の場合>

$$N_a = c_{FC} \cdot (N_1 + 2.47) - 2.47$$

$$N_1 = 1.7 \cdot N / (\sigma_v' + 0.7)$$

$$c_{FC} = \begin{cases} & (0\% \leq FC < 10\%) \\ (FC + 20)/30 & (10\% \leq FC < 40\%) \\ (FC - 16)/12 & (40\% \leq FC) \end{cases}$$

$$FC = 916 / (N + 9.21) - 29.5 \quad (N < 22)$$

$$0 \quad (N \geq 22)$$

<礫質土 ($D_{50} \geq 2\text{mm}$) の場合>

$$N_a = \{1 - 0.36 \log_{10}(D_{50}/2)\} \cdot N_1$$

ここに、

N : 標準貫入試験から得られる N 値

N_1 : 有効上載圧 1kgf/cm^2 相当に換算した N 値

N_a : 粒度の影響を考慮した補正 N 値

c_1, c_2 : 細粒分含有率による N 値の補正係数

F_c : 細粒分含有率 (%) (粒径 $75\mu\text{m}$ 以下の土粒子の通過質量百分率)

D_{50} : 平均粒径 (mm)

■ 地震時せん断応力比(L)

$$L = \gamma_d \cdot K_s \cdot \sigma_v / \sigma'_v$$

$$\gamma_d = 1.0 - 0.015 x$$

$$\sigma_v = [\rho_{t_1} + \rho_{t_2}(x - h_w)] / 10$$

$$\sigma'_v = [\rho_{t_1} + \rho'_{t_2}(x - h_w)] / 10$$

γ_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_{t_1} : 地下水面より浅い位置での土の密度 (tf/m³)

ρ_{t_2} : 地下水面より深い位置での土の密度 (tf/m³)

ρ'_{t_2} : 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)

南海トラフ地震の地震動予測では、地表は震度のみの出力となっている。地表最大加速度は、地表の震度より、童・山崎 (1996) による計測震度と最大加速度の関係式を用いて求めた。

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

■ 液状化の判定指標 P_L 値の算定

P_L 値は、ある地点での液状化の可能性を総合的に評価するための指標である。 P_L 値は、 F_L 値を深さ方向に重みをつけ足し合わせた値であり、次の式で算出した。

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

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)

■ 液状化危険度の判定

求められたメッシュごとの PL 値より、次の基準で液状化の可能性を評価した。

表 2.3.1 液状化可能性判定基準

危険度ランク	液状化の可能性なし（危険度D）	液状化の可能性小（危険度C）	液状化の可能性中（危険度B）	液状化の可能性大（危険度A）
P_L 値	$P_L = 0$	$0 < P_L \leq 5$	$5 < P_L \leq 15$	$15 < P_L$
調査および対策の必要性	液状化に関する詳細な調査は不要	特に重要な構造物の設計に際しては、より詳細な調査が必要	重要な構造物の設計に際しては、より詳細な調査が必要 液状化対策が一般的に必要	液状化に関する詳細な調査と液状化対策は不可避

2.3.2 液状化危険度予測結果

ボーリングデータの更新や微地形区分の把握から、旧河道等の液状化危険度が高い地域を詳細に反映したため、より精緻な液状化危険度予測となった。

(1) 南海トラフの最大クラスの地震（L2）

a) 液状化危険度予測分布図

液状化の危険度は三角州、後背湿地、埋立地などの軟らかい地盤と地表加速度が影響するため、液状化危険度が高い地域は県内全域に広く分布している。また、今回推計では、メッシュサイズに合わせて微地形区分を見直したことで、液状化発生傾向の高い旧河道等を表現でき、より詳細な分布となった。

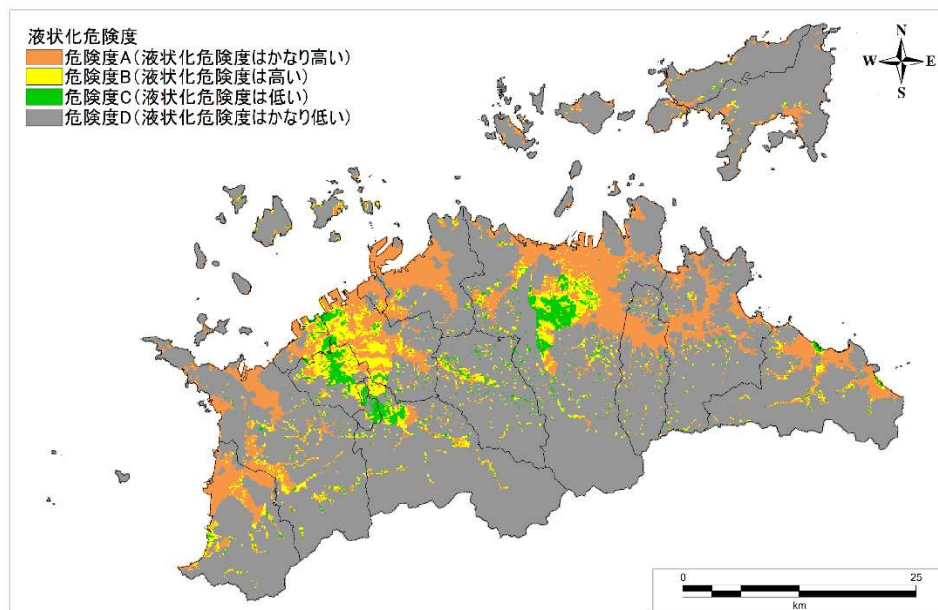


図 2.3.1 南海トラフの最大クラスの地震（L2）による液状化危険度予測分布図

b) 前回推計との比較

前回推計と同様の傾向がみられるが、高松市及び中讃地域の平野部では、微地形区分として今回調査では、旧河道を明確にしたことにより液状化危険度が高くなった箇所がみられる。

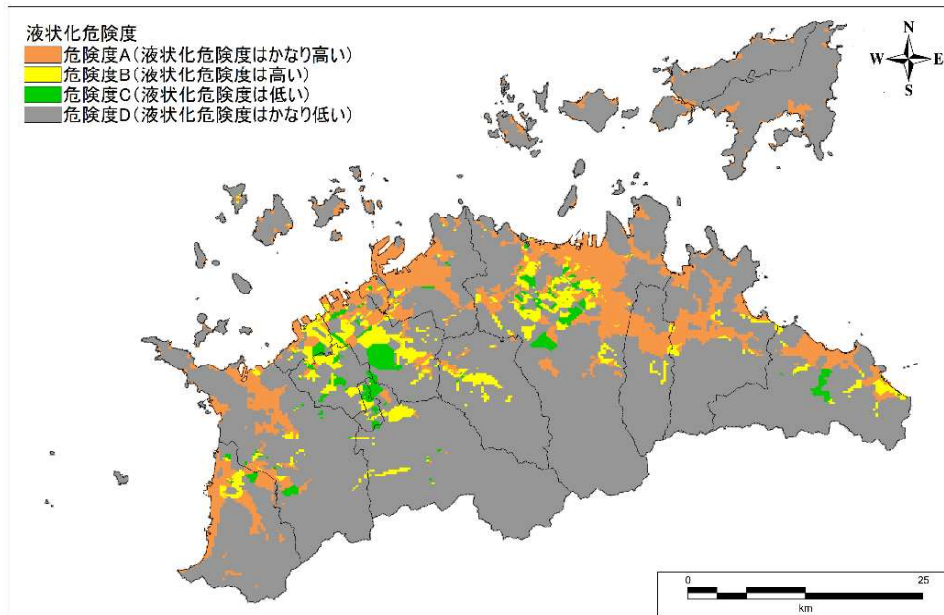


図 2.3.2 前回推計の南海トラフの最大クラスの地震（L2）による液状化危険度予測分布図

c) 前回推計との差異の要因

差異の要因は、ボーリングデータの更新や微地形区分の把握及び旧河道等の液状化危険度が高い地域を詳細に反映したことによるものである。

(2) 南海トラフの発生頻度の高い地震（L1）

a) 液状化危険度予測分布図

液状化の危険度は三角州、後背湿地、埋立地などの軟らかい地盤と地表加速度が影響するため、液状化危険度の分布は南海トラフの最大クラスの地震（L2）に比べ規模は小さいものの県内全域に広く分布している。

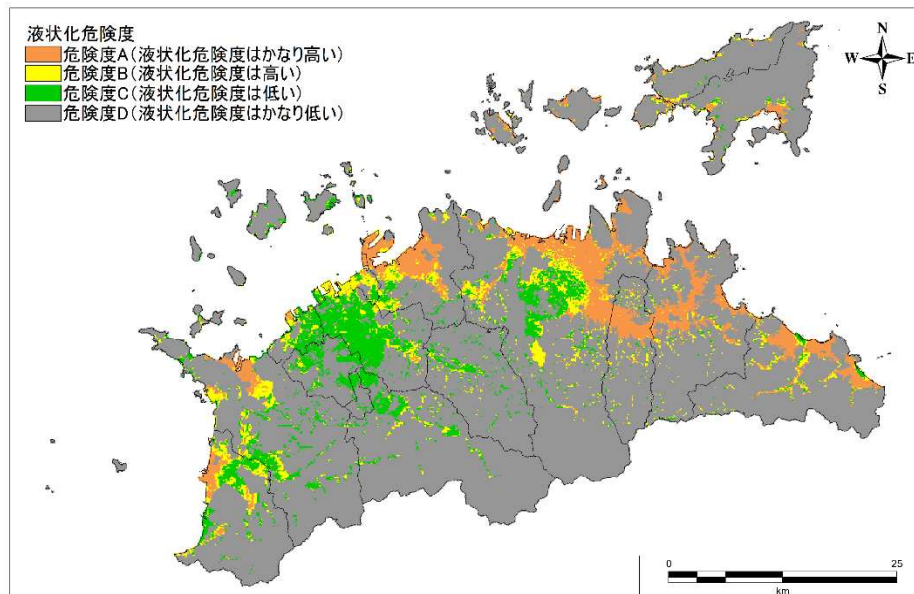


図 2.3.3 南海トラフの発生頻度の高い地震（L1）による液状化危険度予測分布図

b) 前回推計との比較

微地形区分を更新したことで、旧河道等の液状化危険度が高い地域を詳細に反映した箇所は、液状化危険度が高くなった。

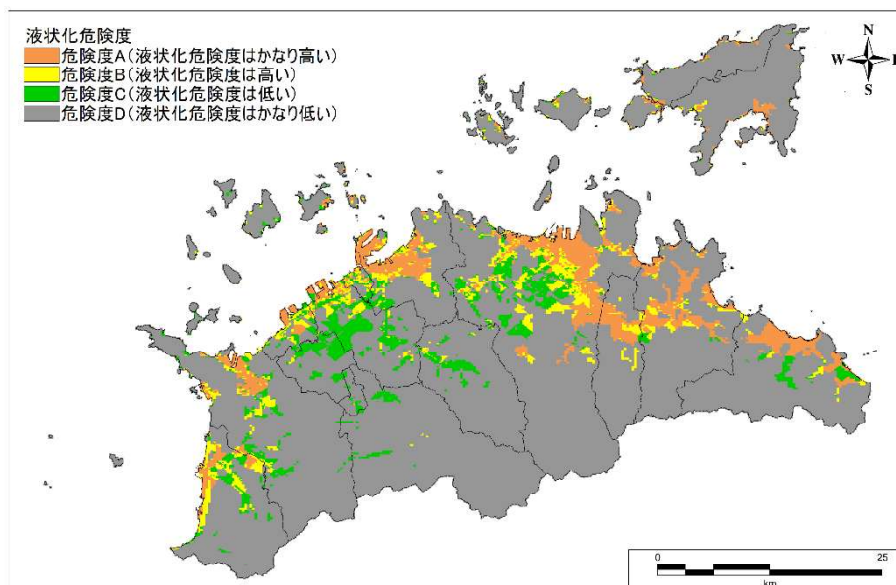


図 2.3.4 前回推計の南海トラフの発生頻度の高い地震（L1）による液状化危険度予測分布図

(3) 中央構造線断層帯で発生する地震

a) 液状化危険度予測分布図

液状化の危険度は三角州、後背湿地、埋立地などの軟らかい地盤と地表加速度が影響するため、液状化危険度の分布は島嶼部を除く地域で広く分布している。

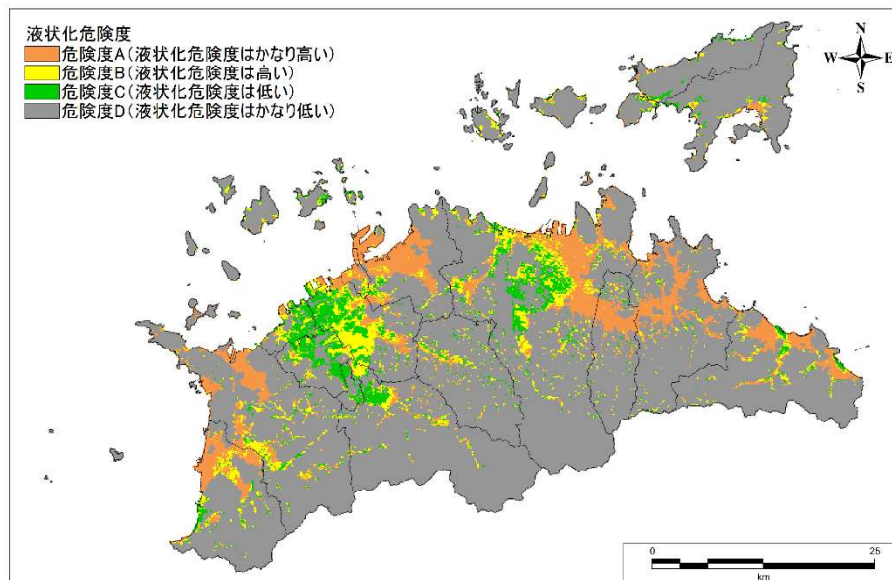


図 2.3.5 中央構造線断層帯で発生する地震による液状化危険度予測分布図

b) 前回推計との比較

断層モデルを更新し、断層内で強く揺れを生じさせる箇所（強震動生成域）が変わり、地震動が強くなった中讃地域の内陸部やさぬき市で液状化危険度が高くなった。

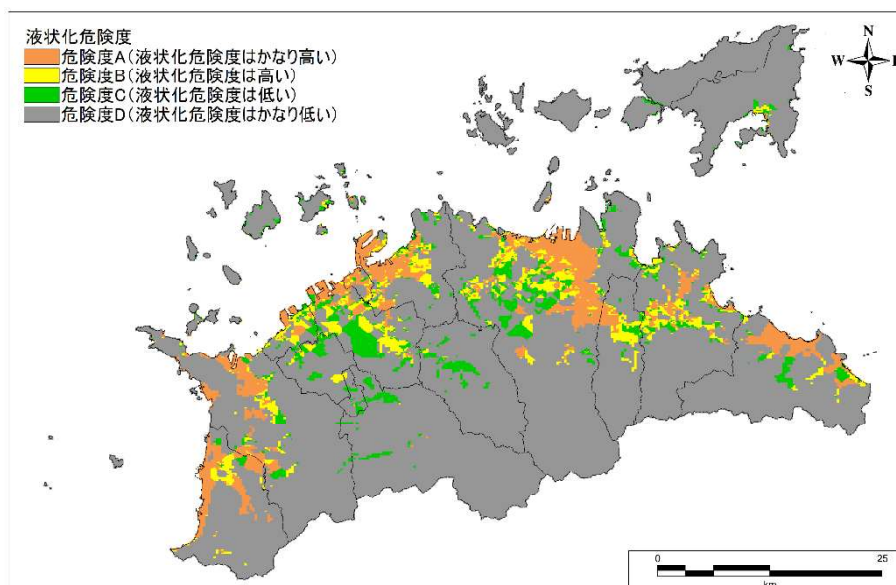


図 2.3.6 前回推計の中央構造線断層帯で発生する地震による液状化危険度予測分布図

(4) 長尾断層帯で発生する地震

a) 液状化危険度予測分布図

液状化の危険度は三角州、後背湿地、埋立地などの軟らかい地盤と地表加速度が影響するため、液状化危険度の分布は想定断層付近に集中している。

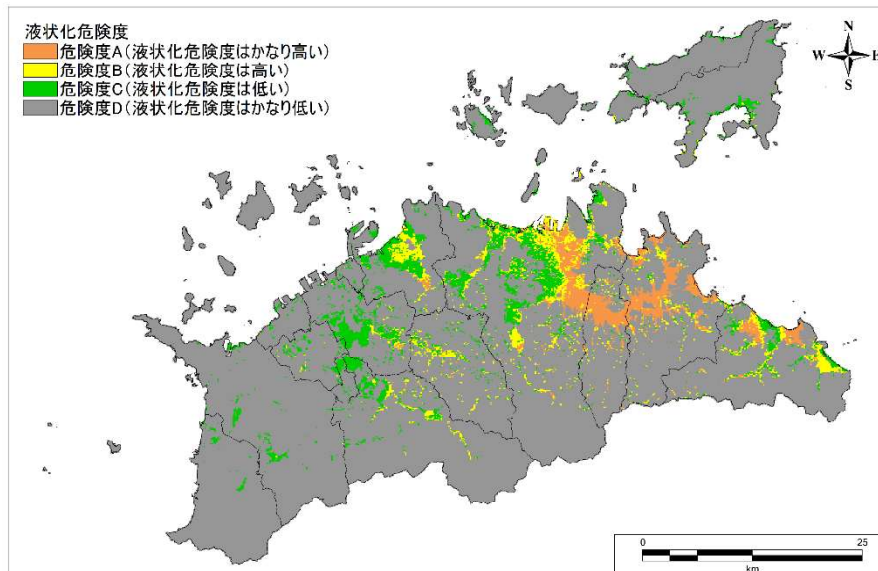


図 2.3.7 長尾断層帯で発生する地震による液状化危険度予測分布図

b) 前回推計との比較

断層モデルを更新し、位置が北上したこと等により、地震動が強くなった高松市からさぬき市にかけて液状化危険度が高くなった。

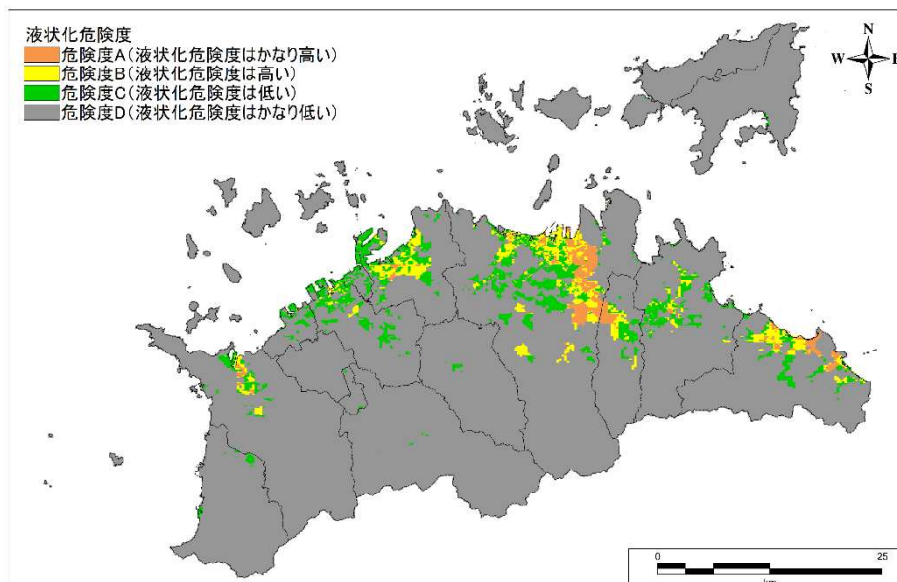


図 2.3.8 前回推計の長尾断層帯で発生する地震による液状化危険度予測分布図

(5) 液状化危険度一覧

南海トラフの最大クラスの地震及び発生頻度の高い地震、中央構造線断層帯、長尾断層帯で発生する地震の液状化危険度一覧を以下に整理した。

表 2.3.2 液状化危険度一覧

危険度		南海トラフ (L2)	南海トラフ (L1)	中央構造線 断層帯	長尾断層帯
A	液状化の可能性大	31,092ha	16,680ha	21,989ha	8,167ha
	県面積※に対する割合	16.6%	8.9%	11.7%	4.4%
B	液状化の可能性中	10,095ha	10,456ha	12,653ha	8,963ha
	県面積※に対する割合	5.4%	5.6%	6.7%	4.8%
C	液状化の可能性小	4,942ha	15,170ha	9,316ha	14,383ha
	県面積※に対する割合	2.6%	8.1%	5.0%	7.7%
D	液状化の可能性なし	141,556ha	145,380ha	143,728ha	156,174ha
	県面積※に対する割合	75.4%	77.5%	76.6%	83.2%

注：県面積は 187,686ha である。