

Ⅲ－４ 液状化危険度の予測

1 液状化危険度の予測手法

地震動の算出結果を用いて、道路橋示方書（2002）を基本とし、安田ほか（2009）による細粒分含有率の補正を加えた F_L 法、 P_L 法により 250m メッシュごとの液状化危険度を求めた。検討の流れを以下に示す。

まず、若松・松岡（2011）の世界測地系 250m メッシュ微地形区分図より液状化対象となるメッシュを抽出し、GL-20m 以浅の盛土層（砂質土）及び砂質土層を対象とした。

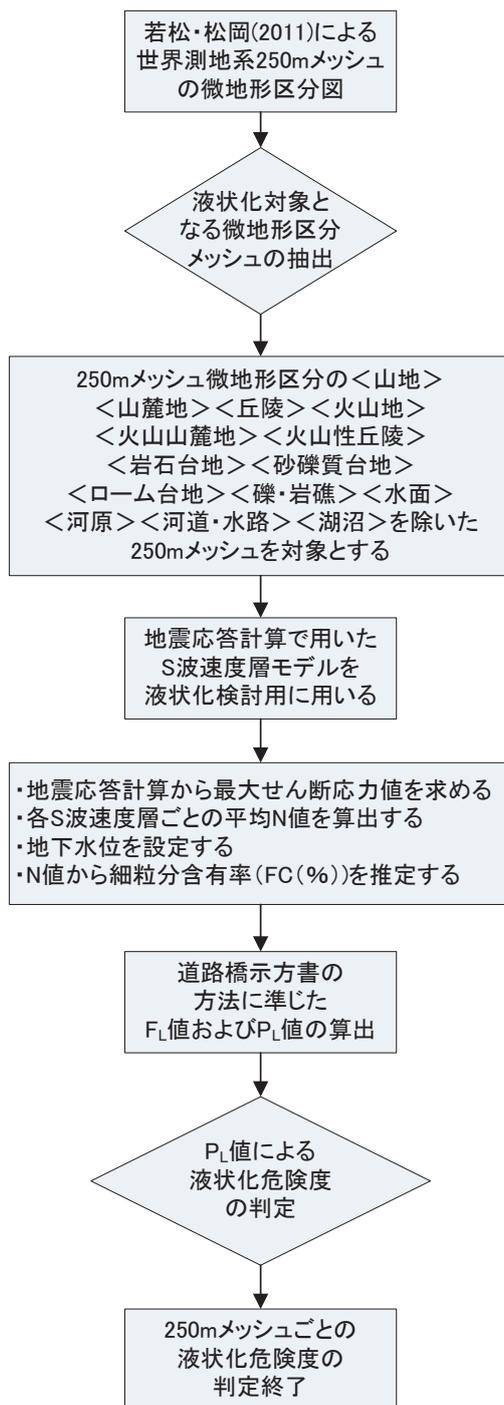


図 液状化危険度の判定フロー

液状化危険度の予測は、道路橋示方書（2002）を基本とし、安田ほか（2009）による細粒分含有率の補正を加えた F_L 法、 P_L 法によって行う。 P_L 法では、地震時に作用する地震動の強さ（最大せん断応力）と地盤のもっている液状化に対する抵抗力（液状化強度）を各深度で比較して判定し、その判定値（液状化に対する抵抗率： F_L 値）を深さ方向に重みをつけて（地表で 10、深さ 2m で 9、…深さ 20m で 0 となる係数を掛けて）足し合わせ、地点での液状化危険度の指標となる P_L 値を算定する。具体的な P_L 値の算定式は以下のとおりである。

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

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

x : 地表面からの深さ(m)

ある地震に対して地盤が液状化する可能性が高いかどうかは、通常、 P_L 値により判定される。

液状化判定の対象とする地層は、過去の液状化事例に基づいて、緩い砂を主体とする地層が深度 20m 以浅に現れる地下水位以深の地層とする。

液状化危険度は、岩崎ほか（1980）による新潟地震等の液状化事例の評価に基づいた、 P_L 値と液状化危険度の関係から求める。以下に P_L 値による液状化危険度判定区分を示した。

P_L 値の計算結果については、250m メッシュ地盤モデルでの評価を行った。

表 P_L 値による液状化危険度判定区分（岩崎ほか（1980）に加筆）

| | $PL=0$ | $0 < PL \leq 5$ | $5 < PL \leq 15$ | $PL > 15$ |
|----------------|------------------------------|-----------------------------------|--|----------------------------------|
| PL値による液状化危険度判定 | 液状化危険度は極めて低い。液状化に関する詳細な調査は不要 | 液状化危険度は低い。特に重要な構造物に対して、より詳細な調査が必要 | 液状化危険度がやや高い。重要な構造物に対してはより詳細な調査が必要。液状化対策が一般には必要 | 液状化危険度が高い。液状化に関する詳細な調査と液状化対策は不可避 |

F_L 値の算出については、安田ほか（2009）の式に従った。

$$Na = N_1 + \Delta N$$

$$\Delta N = 0 \quad (F_c < 8\%)$$

$$= 20.769 \cdot \log_{10}(F_c) - 18 \quad (8\% \leq F_c < 40\%)$$

$$= 15.27 \quad (F_c \geq 40\%)$$

ただし、

Na : 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 : 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)

道路橋示方書の波形の継続時間による補正係数（地震動特性による補正係数： C_w ）は、以下のような定義となっている。

$$R = C_w \cdot R_L$$

ここで R ：動的せん断強度比

R_L ：繰返し三軸強度比（ N 値と F_c から算出する。）

（タイプ I 地震動：プレート境界型地震動）

$$C_w = 1.0$$

（タイプ II 地震動：内陸直下型地震動）

$$\begin{aligned} C_w &= 1.0 && (R_L \leq 0.1) \\ &= 3.3R_L + 0.67 && (0.1 < R_L \leq 0.4) \\ &= 2.0 && (0.4 < R_L) \end{aligned}$$

平成 23 年東北地方太平洋沖地震ではタイプ II 地震動とは逆に継続時間が非常に長く波数が非常に多いことから C_w を 1.0 より小さな値に設定するのが妥当だと考えられる。

安田（2011）では、繰返しねじりせん断試験で東北地方太平洋沖地震の実波形及び余震の波形も加えて検討している。以下にねじりせん断試験に用いたせん断応力波形を示す。

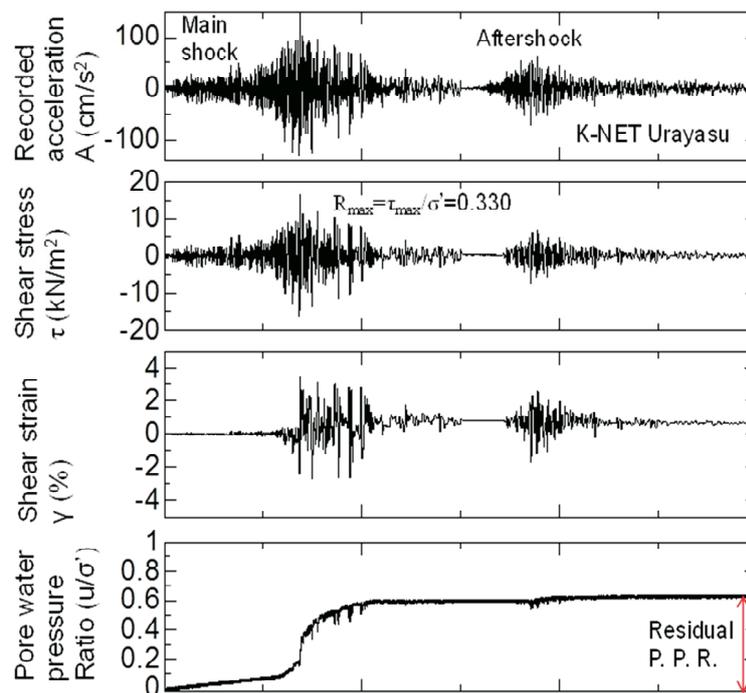


図 試験に用いたせん断応力波形(上から2つ目の図)

室内実験の結果、間隙水圧比 1.0 の正弦波と上記の地震波の比から $C_w = 0.82$ となり、今回の地震の地震動特性による補正係数 C_w は $C_w = 0.8$ 程度の値を使用しても差し支えないと考えられる。南海トラフ巨大地震（東側ケース）（M9.0）の液状化危険度の計算においては、 $C_w = 0.8$ を採用した。

2 南海トラフ巨大地震の液状化危険度の分布

南海トラフ巨大地震（東側ケース）（M9.0）発生時の液状化危険度分布図を区部・多摩と島しょ部に分けて示した。ここでは元々の4ランクの P_L 値の区分を、 $P_L=5.0$ 以下とそれを越えるものとして2ランクで示している。

区部・多摩では、液状化評価に用いた地表震度は5弱と小さいため、液状化が大規模に発生する地域はない。また、島しょ部においては、元々の地形・地質が火山地となっていることから、液状化評価対象とする地盤がほとんどないため、港湾など人工的に埋め立て等を行ったところのみが液状化評価対象となる。さらに、震度は5弱が主体であることから液状化の危険度は全島しょ部で低いと考えられる。

小笠原諸島については、深部地盤モデルが整備されていないため、東側ケースで波形計算を行っていない。司・翠川（1999）の距離減衰式により、小笠原諸島の計測震度を求めたところ、工学的基盤において0～0.58、小笠原諸島の微地形区分から内閣府（2012）の方法により震度増分を求めて算出した地表計測震度は0～1.32（震度は最大で1）であることから、小笠原諸島では液状化の可能性はないと考えられる。

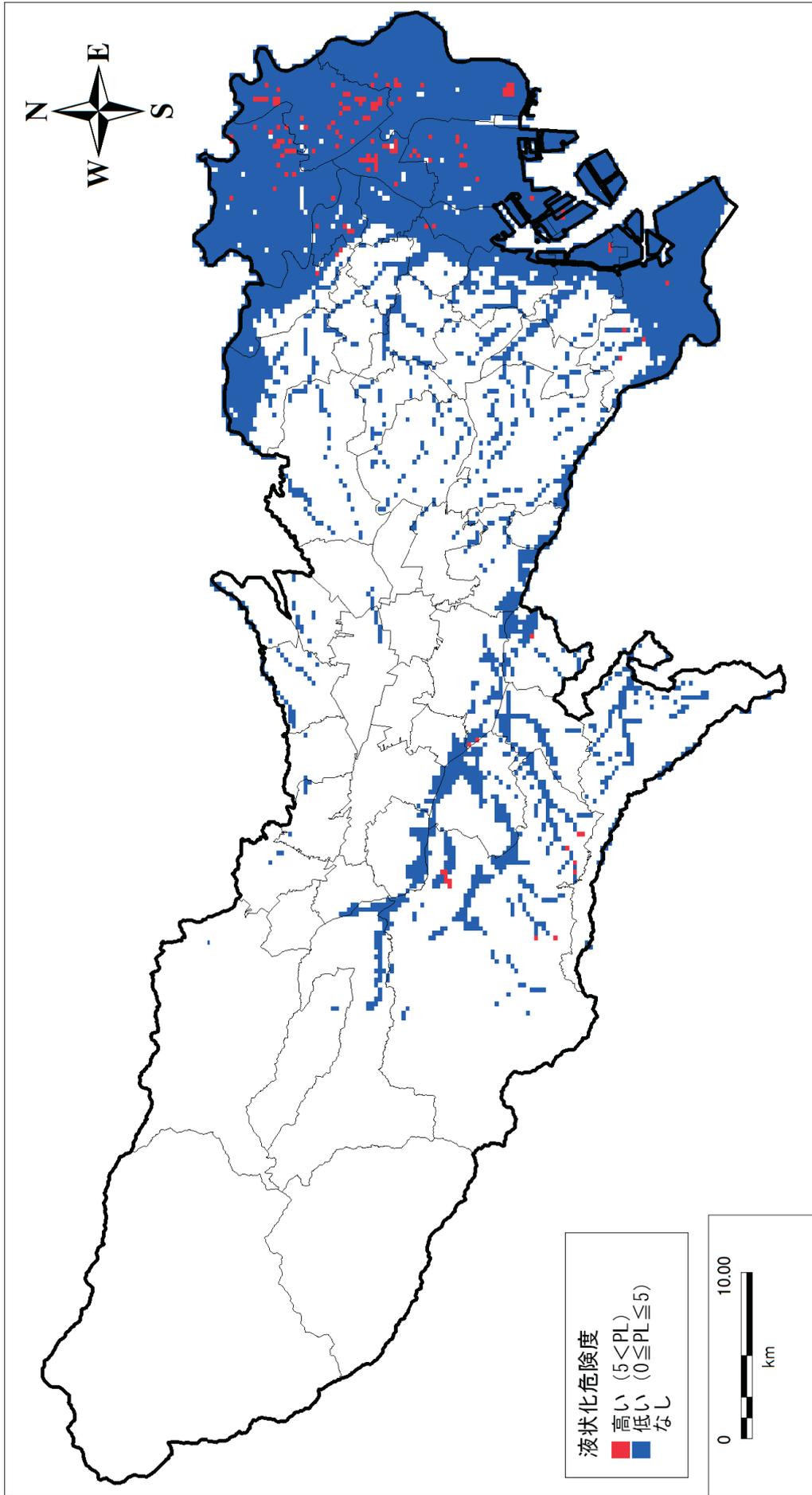


図 南海トラフ巨大地震(東側ケース)M9.0 発生時の液状化危険度分布図(Cw=0.8)

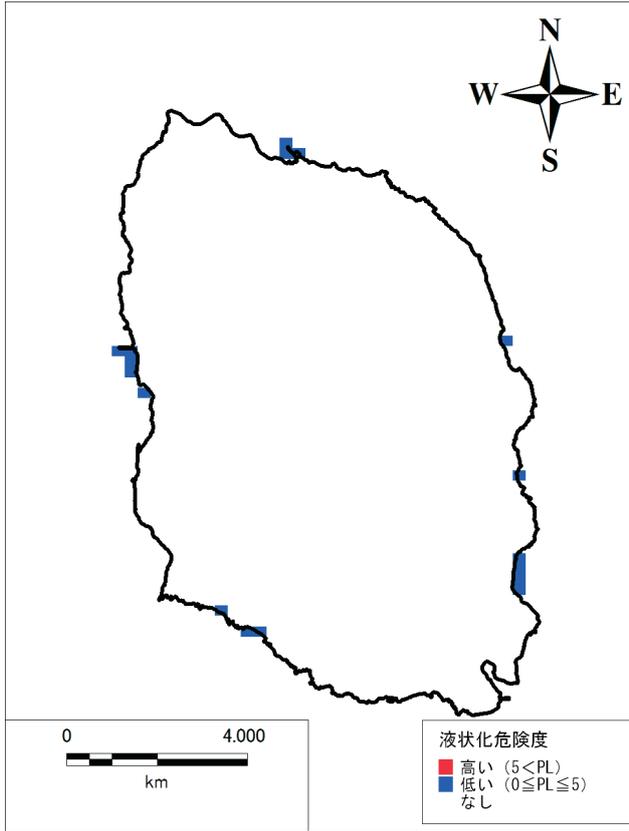


図 大島の液状化危険度

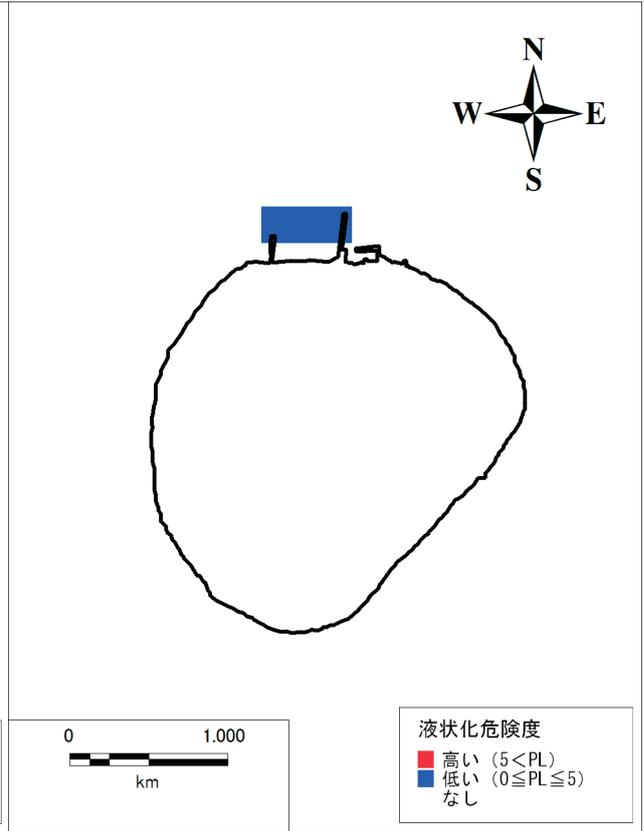


図 利島の液状化危険度

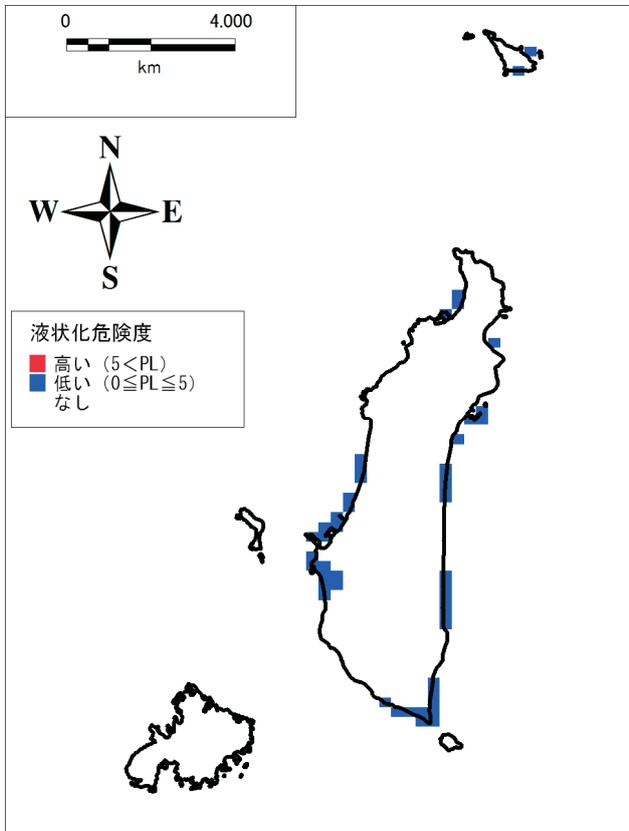


図 新島・式根島の液状化危険度

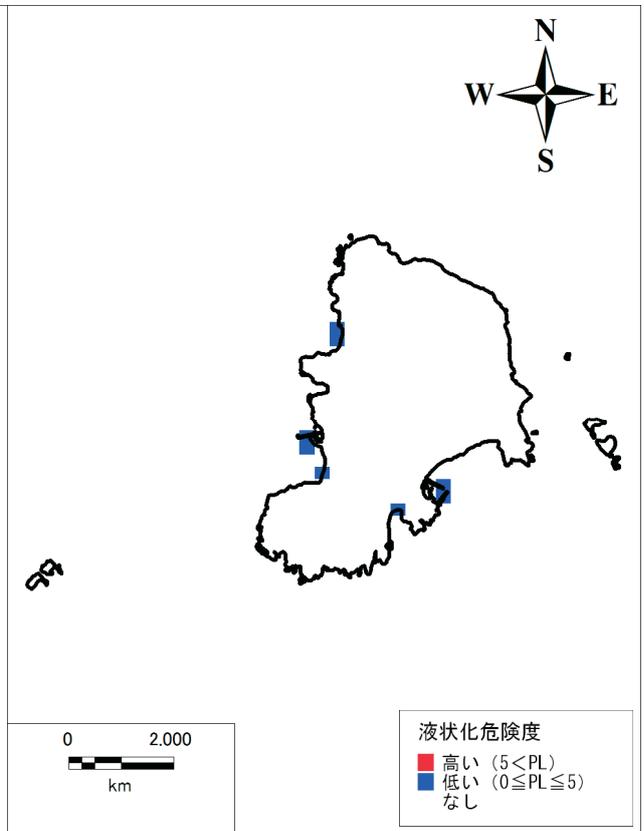


図 神津島の液状化危険度

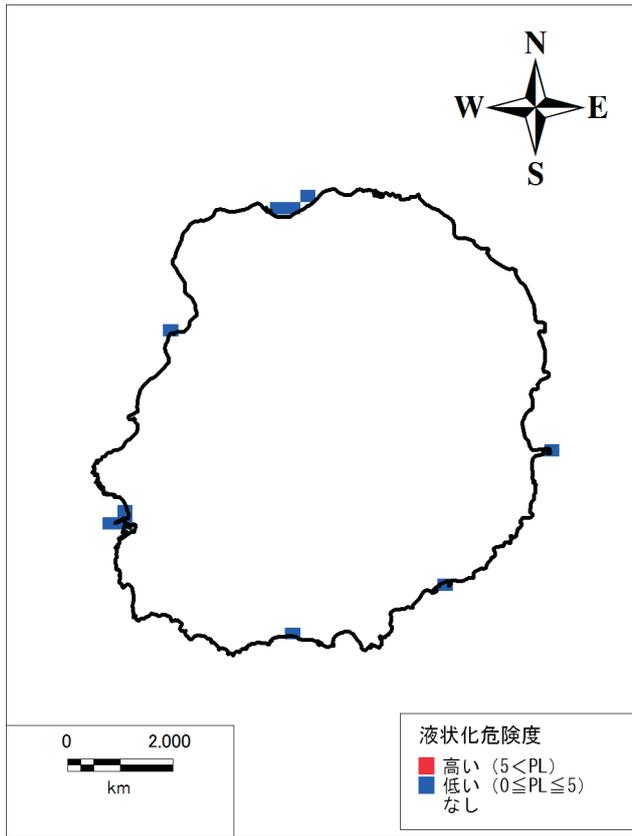


図 三宅島の液状化危険度

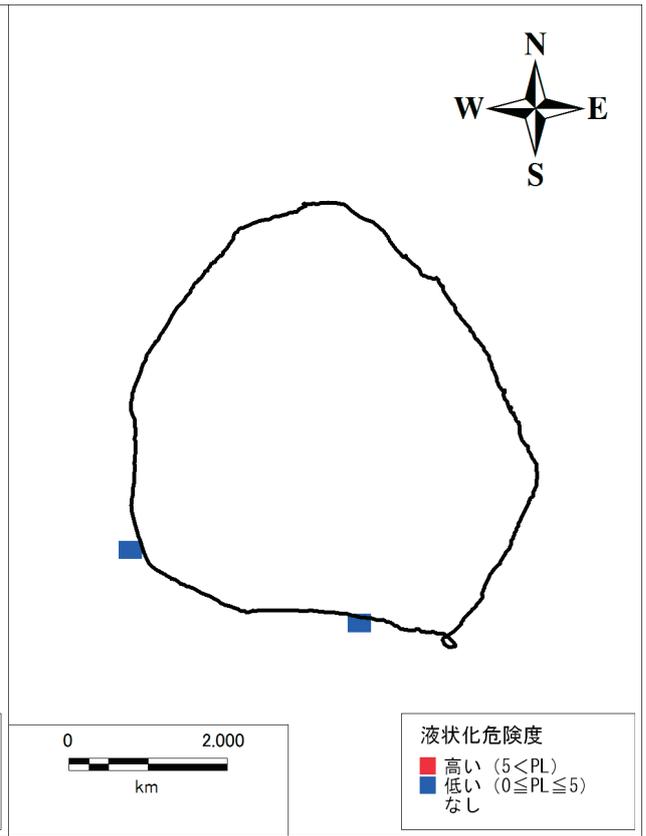


図 御蔵島の液状化危険度

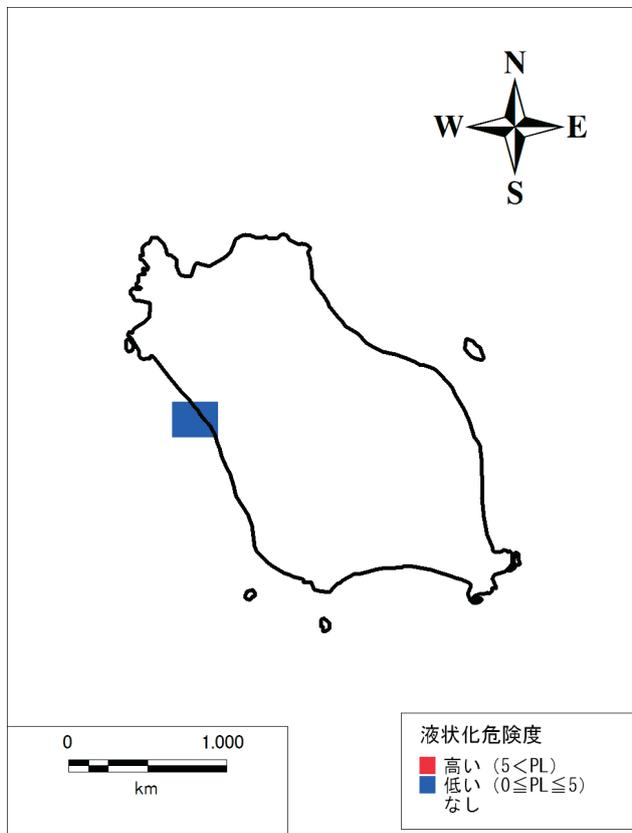


図 八丈小島の液状化危険度

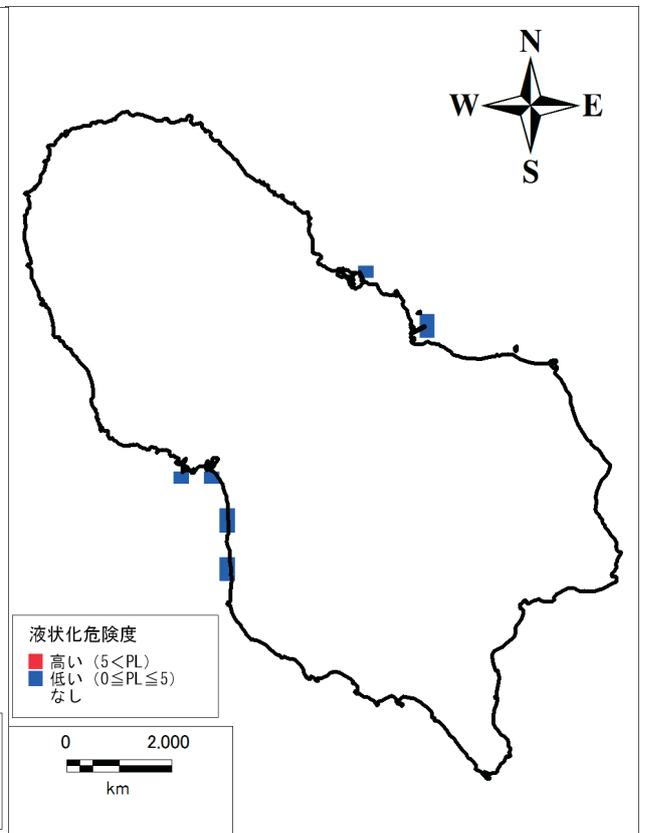


図 八丈島の液状化危険度

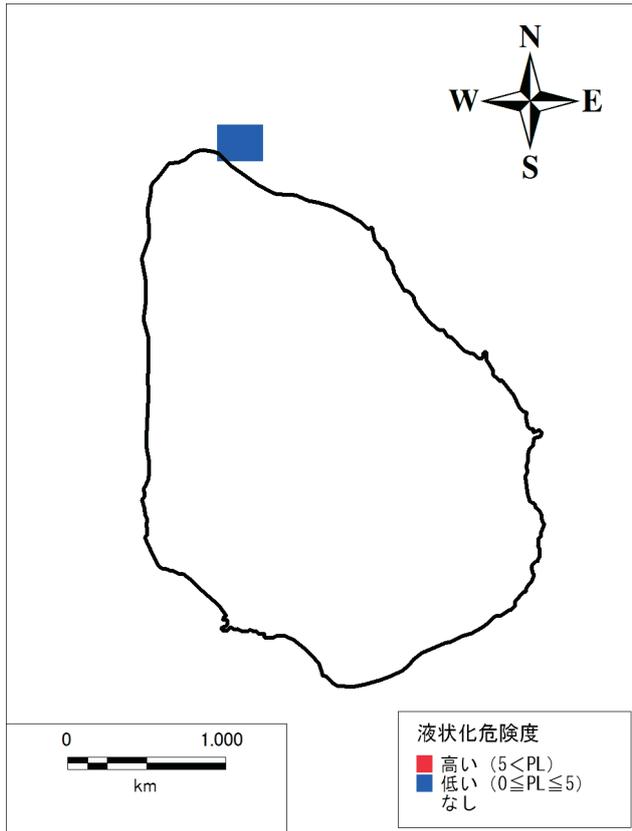


図 青ヶ島の液状化危険度

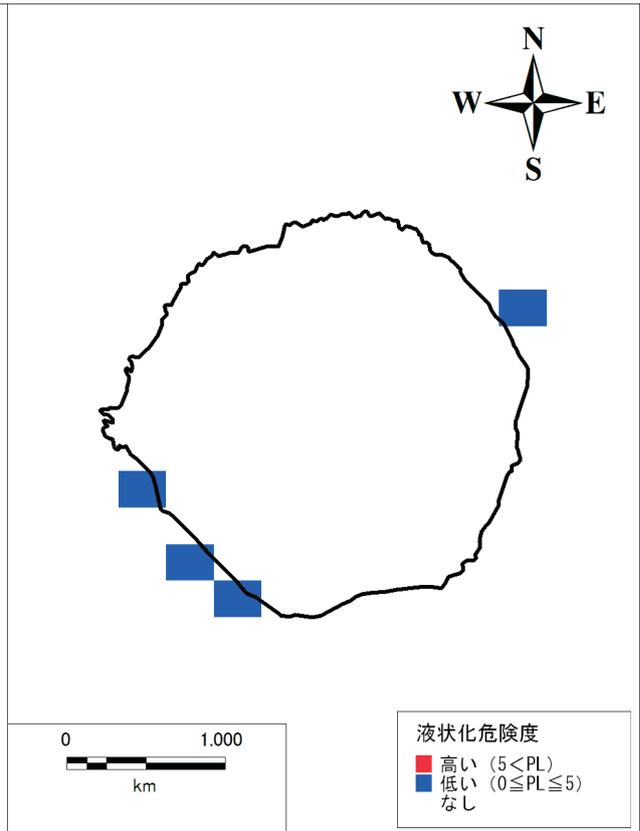


図 鳥島の液状化危険度

3 元禄型関東地震の液状化危険度の分布

東京都（2012）「首都直下地震等による東京の被害想定」の報告書で元禄型関東地震の発生時における区部・多摩の液状化危険度の分布が発表されている。この報告書の時点では、島しょ部において深い地盤構造モデルとして公表されているものがなかったため、島しょ部においては液状化危険度の分布を作成することができなかった。そのため、今回島しょ部について、元禄型関東地震（M8.2）発生時の液状化危険度分布について検討した結果を示す。検討においては、東京都（2012）の手法と同様に、元禄型関東地震（M8.2）がタイプ I 地震動（プレート境界型地震動）であることから $C_w=1.0$ を用い、工学的基盤波形には、統計的グリーン関数法と差分法とによる地震波形を周期 2 秒で結合したハイブリッド波形を算出して用いた。

元禄型関東地震（M8.2）による島しょ部の液状化危険度の分布を以下に示す。液状化の検討対象となる地点は、港湾施設など人工的に埋め立て等を行った地点に限られるが、南海トラフ巨大地震より地表震度が 1 ランク程度高いため、液状化危険度が高い地点も発生している。

小笠原諸島については、深部地盤モデルが整備されていないため、元禄型関東地震で波形計算を行っていない。司・翠川（1999）の距離減衰式により、小笠原諸島の計測震度を求めたところ、工学的基盤において 0 であり、地表計測震度も 0 であることから、小笠原諸島では液状化の可能性はないと考えられる。

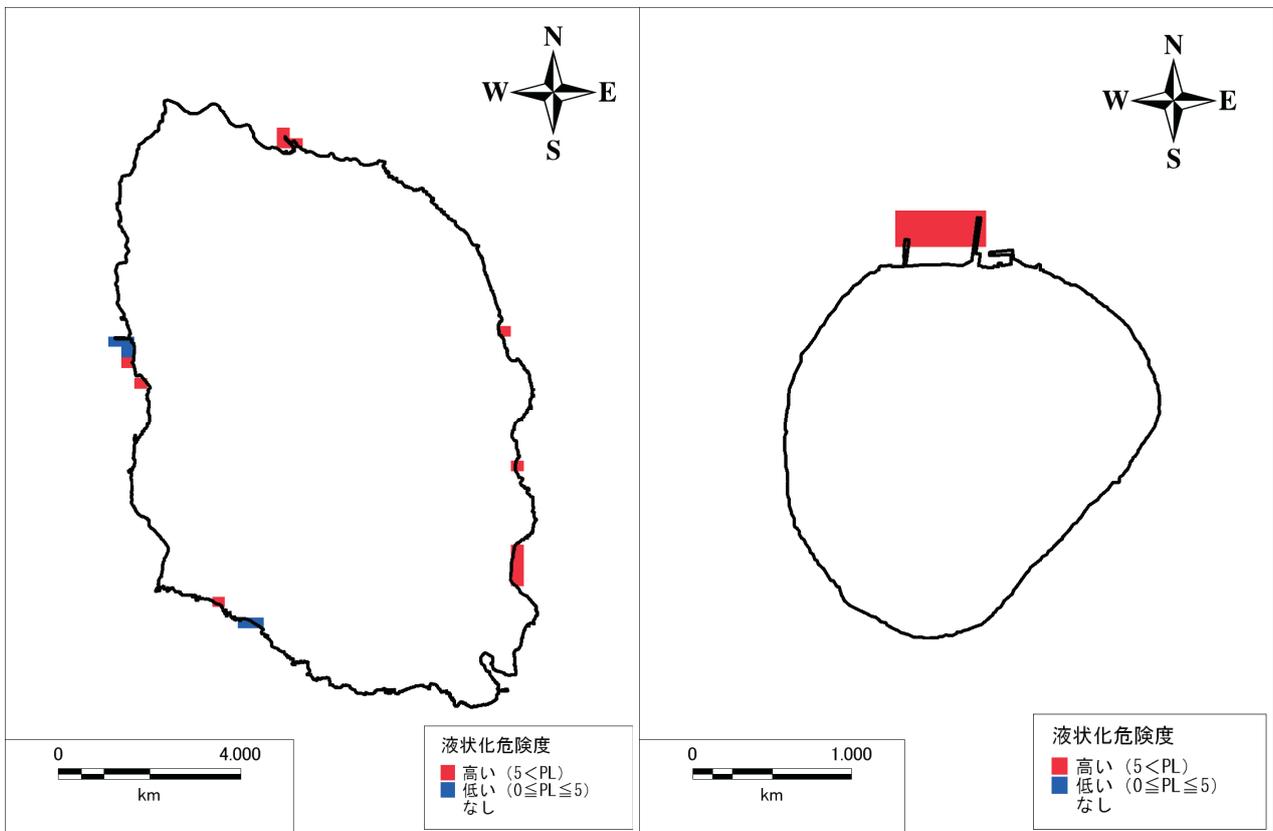


図 大島の液状化危険度

図 利島の液状化危険度

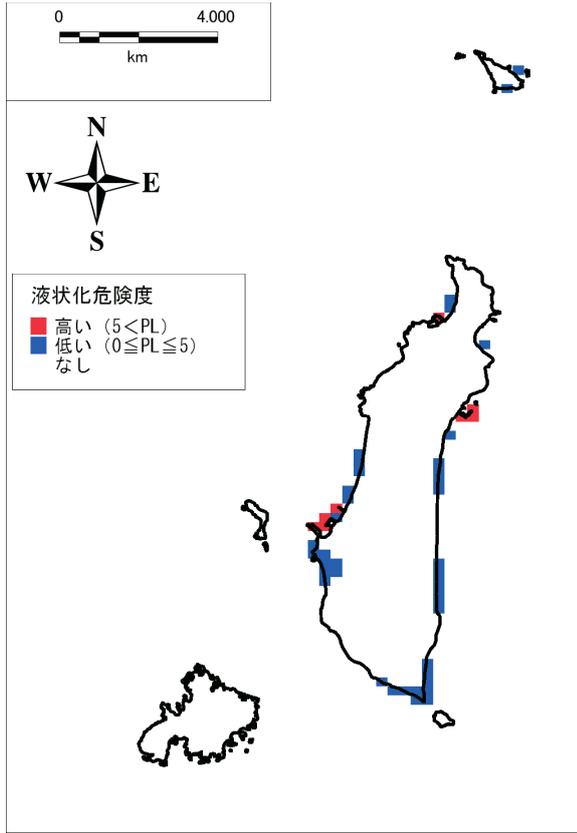


図 新島・式根島の液状化危険度

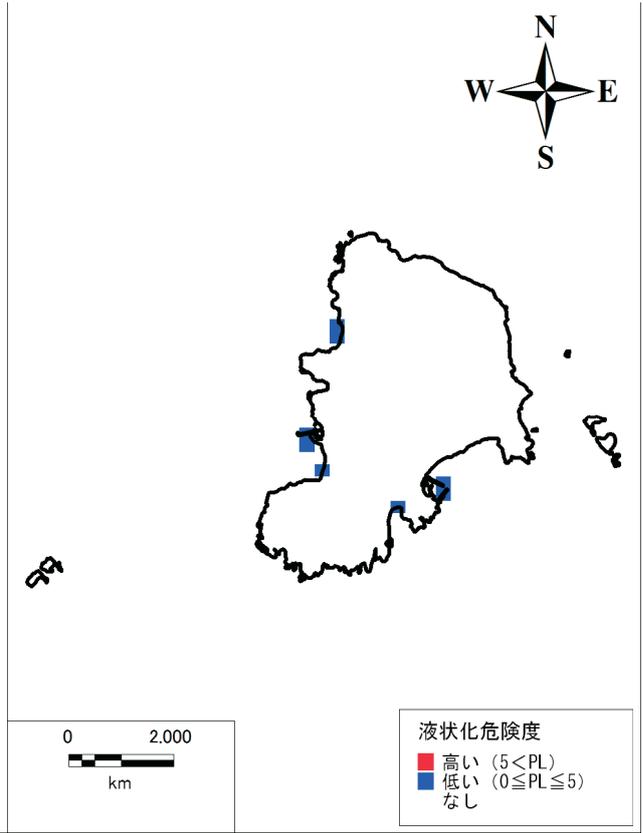


図 神津島の液状化危険度

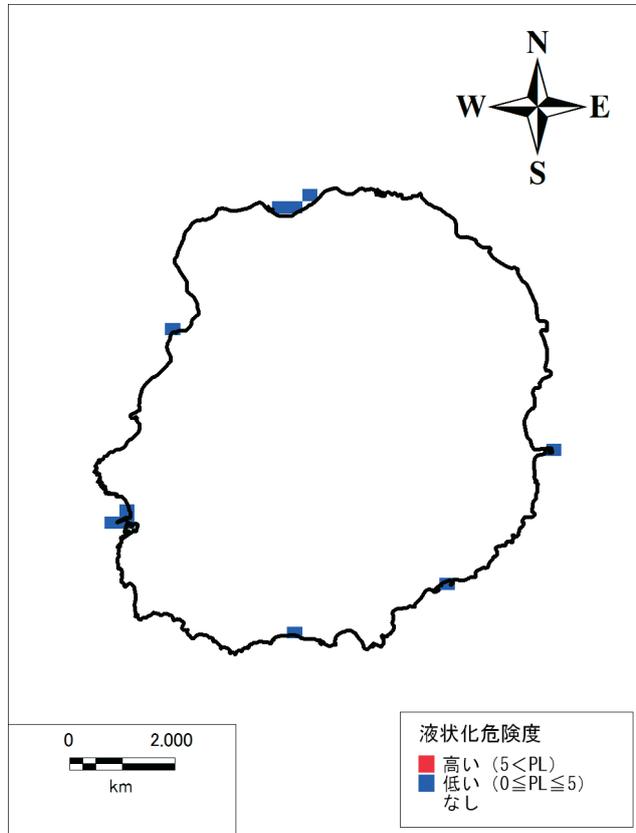


図 三宅島の液状化危険度

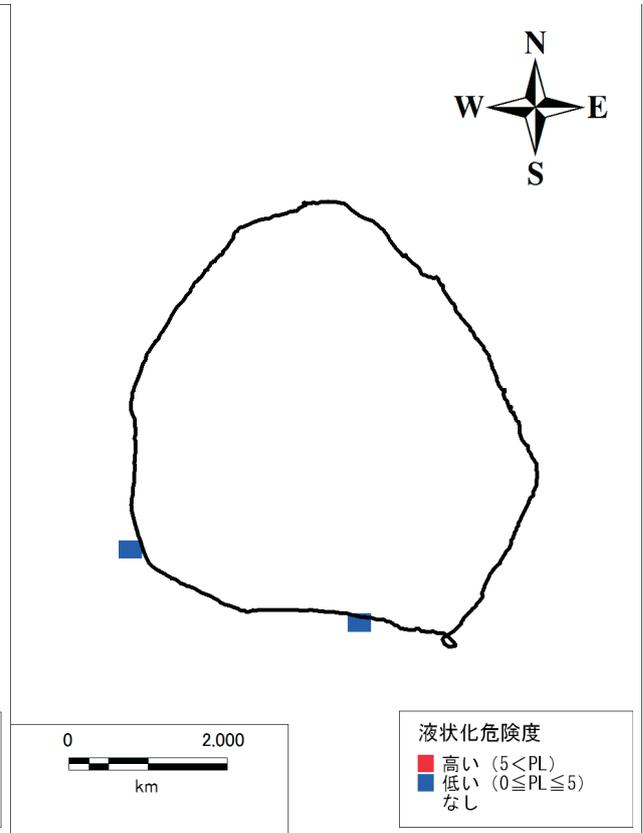


図 御蔵島の液状化危険度

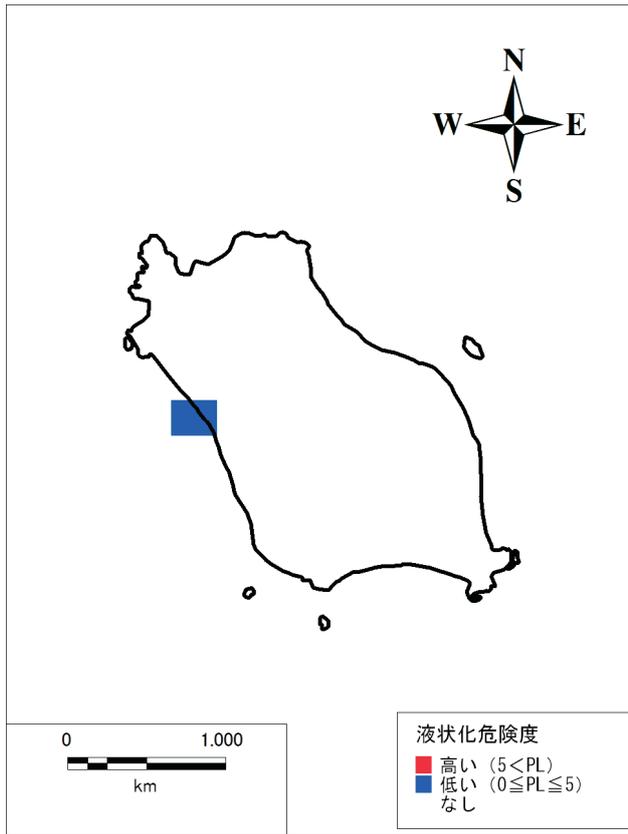


図 八丈小島の液状化危険度

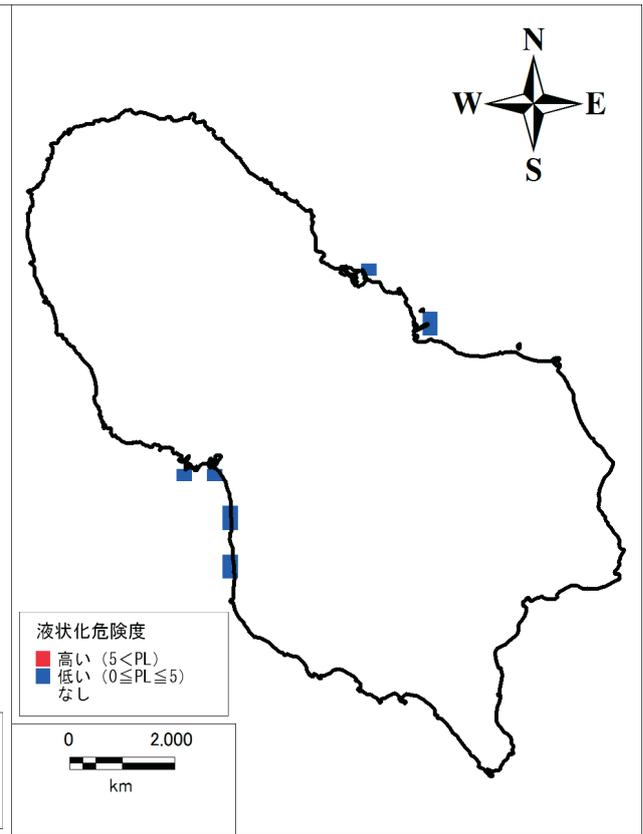


図 八丈島の液状化危険度

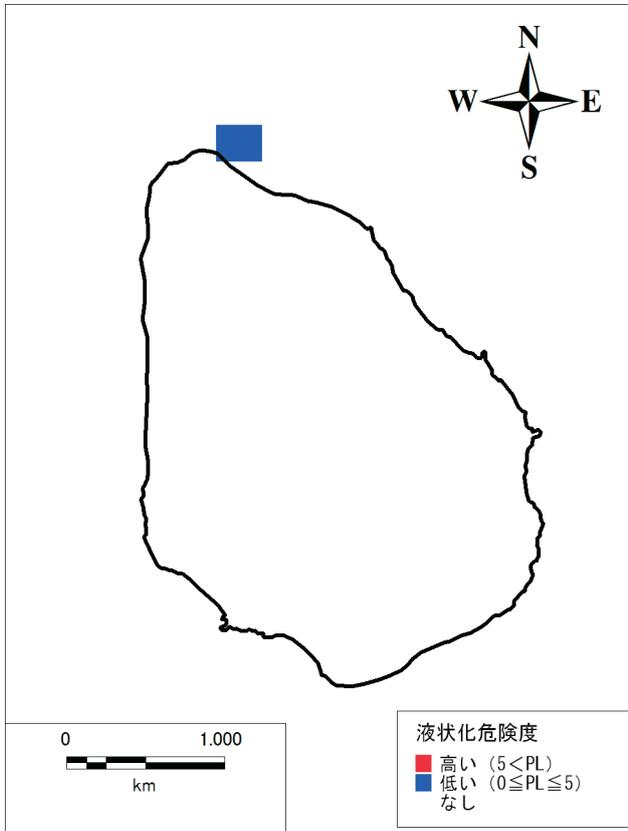


図 青ヶ島の液状化危険度

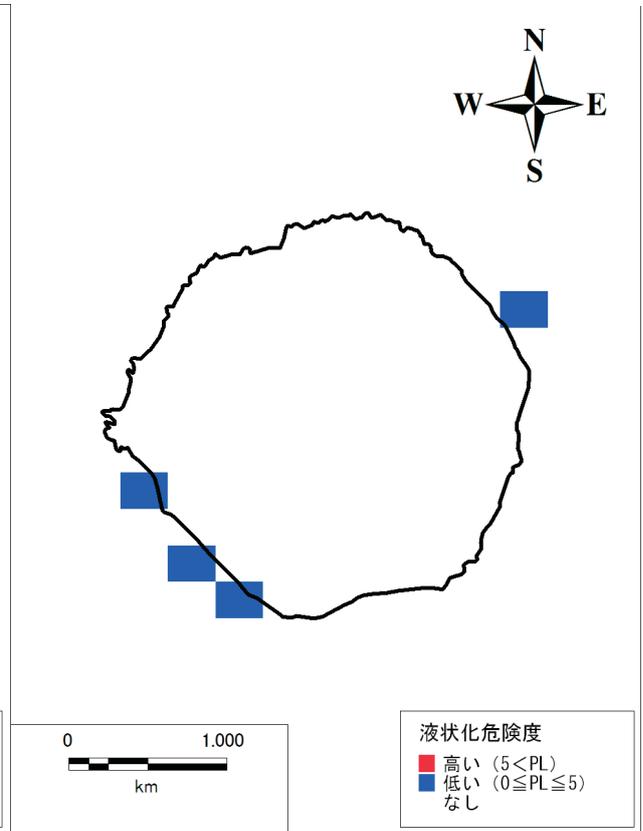


図 鳥島の液状化危険度