


## 資料 2

### 第 2 回 被害想定部会



#### 資料 2 液状化危険度予測結果（案）

平成 27 年 6 月 30 日





## 目 次

1. 予測手法	1
2. 予測結果	9
3. 前回（H17年3月）の予測結果	13
4. 鳥取県の液状化履歴	16

## 1 予測手法

土木の分野で広く用いられている道路橋示方書(2002)による液状化判定方法である PL 法により液状化危険度を求めた。

### (1) 液状化判定対象地層

過去の液状化事例から、砂・礫を主とする盛土・埋立土 (B)、沖積層・砂質土 (As)、沖積層・礫質土 (Ag) の地層が地下水位以深、深度 20m 以浅に現れる各 250m メッシュの地盤モデルを対象とした。

基本的には、この 250m メッシュと 1 対 1 に対応する地盤モデルにより PL 値を計算したが、微地形区分で明らかに液状化対象外と考えられる微地形区分 (台地、段丘、丘陵地、山地、その他の地形) の場合、液状化判定対象外地域とした。図 1-1 に液状化判定対象メッシュ分布図を示した。

### (2) 地震時最大せん断強度比(L)

地震時最大せん断強度比は各深さで作用する地震力の強さを表すものである。道路橋示方書の FL 法の定義に従って、等価線形法の地震動応答計算による各深度での最大せん断応力を有効上載圧で除して算出した。

### (3) 動的せん断強度比(R)

地盤の持っている液状化に対する抵抗力 (動的せん断強度比) は、定義に従って、N 値、細粒分含有率(Fc)、平均粒径(D50)、地下水位などから算出した。ここで、地震動特性による補正係数  $C_w$  については、5つの想定地震を内陸直下型地震ととらえ、 $C_w=1.0\sim 2.0$ (タイプ II の地震動で繰返し三軸強度比(RL)により変化する)とした。

細粒分含有率及び平均粒径については、前回調査による設定値を採用した。表 1-2 に細粒分含有率及び平均粒径の設定値を示した。

地下水位については、今回収集したボーリングデータに記載されている孔内水位をもとにして新たに設定した。低地において収集したボーリングデータの孔内水位の分布を図 1-2 に示す。

ただし、ボーリングデータによる孔内水位については、値のばらつきが大きいことから、統計的手法などにより妥当性を検討した上で地下水位の値を設定した。すなわち、谷底低地とそれ以外の低地に分け、標高と孔内水位の散布図を作成し、近似式を求めた。図 1-3～4 に検討結果を示す。

それぞれのボーリングで得られる孔内水位には、当然ばらつきがみられる。この孔内水位のばらつきは、位置や測定状況による誤差を含むことはもとより、日変動、季節変動を反映していると考えられる。このことから、近似式から得られた値や平均値を地下水位として採用することは、平均的な季節の地下水位を用いるということである。

図 1-3 の谷底低地については、標高 100m 付近を境に地下水位の分布が変わるため、標高 100m 未満の地点と 100m 以上の地点で分けて検討した。標高 100m 未満の地点については近似式を求め、近似式から得られた値を地下水位とした。標高 100m 以上の地点についてはばらつきが大きいため、有効な近似式が得られない。そのため、平均値を用いることとした。

図 1-4 の谷底低地以外の低地については、近似式を求めた。標高 0m 地点における地下水位が深いため、標準偏差( $\sigma$ )を求め、近似式  $-0.5\sigma$  から得られた値（地下水位は近似式より浅くなる）を地下水位とした。

#### (5) PL 値

道路橋示方書(2002)に示された手順に従い、各深度での FL 値を算出し、その値を深さ方向に重みをつけて足し合わせ、地点での液状化危険度を表す PL 値を算出した。表 1-3 に、PL 値による液状化危険度判定区分を示した。

表 1-1(a) 液状化判定手法 (PL 法) の概要 (その 1)

道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編 (平成 8 年 12 月) (社)日本道路協会	
液状化判定の対象とすべき土層	<ul style="list-style-type: none"> <li>・地下水位が現地盤面から 10m 以内にあり、かつ現地盤面から 20m 以内の深さに存在する飽和土層。</li> <li>・細粒分含有率 FC が 35%以下の土層、または FC が 35%を越えても塑性指数 <math>I_p</math> が 15 以下の土層。</li> <li>・平均粒径 <math>D_{50}</math> が 10mm 以下で、かつ 10%粒径 <math>D_{10}</math> が 1mm 以下である土層。</li> </ul>
液状化の判定方法	<p>液状化に対する抵抗率 <math>F_L</math> を次式により算出し、この値が 1.0 以下の土層については液状化するとみなすものとする。</p> $F_L = R/L$
繰返しせん断応力比 $L$ の求め方	<p> <math>L = r_d \cdot k_{hc} \sigma_v / \sigma'_v</math> (今回の <math>L</math> は、地震応答解析から得られたせん断応力を <math>\sigma</math> で除いたものを使用した)  <math>r_d = 1.0 - 0.015\chi</math>  <math>\sigma_v = \{ \gamma_{t1} h_w + \gamma_{t2} (\chi - h_w) \} / 10</math>  <math>\sigma'_v = \{ \gamma'_{t1} h_w + \gamma'_{t2} (\chi - h_w) \} / 10</math>                      (タイプ I の地震動の場合)  <math>c_w = 1.0</math>                      (タイプ II の地震動の場合)                 </p> $c_w = \left\{ \begin{array}{ll} 1.0 & (R_L \leq 0.1) \\ 3.3R_L + 0.67 & (0.1 < R_L \leq 0.4) \\ 2.0 & (0.4 < R_L) \end{array} \right\}$ <p>                     ここに、  <math>L</math> : 地震時せん断応力比  <math>r_d</math> : 地震時せん断応力比の深さ方向の低減係数  <math>k_{hc}</math> : 地震時保有水平耐力法に用いる設計水平震度で次式による  <math>k_{hc} = C_Z \cdot K_{hco}</math>  <math>C_Z</math> : 地域別補正係数  <math>\sigma_v</math> : 全上載圧(kgf/cm<sup>2</sup>)  <math>\sigma'_v</math> : 有効項載圧(kgf/cm<sup>2</sup>)  <math>\chi</math> : 地表面からの深さ(m)  <math>\gamma_{t1}</math> : 地下水位面より浅い位置での土の単位体積重量(tf/m<sup>3</sup>)  <math>\gamma_{t2}</math> : 地下水位面より深い位置での土の単位体積重量(tf/m<sup>3</sup>)  <math>\gamma'_{t2}</math> : 地下水位面より深い位置での土の有効単位体積重量(tf/m<sup>3</sup>)  <math>h_w</math> : 地下水位の深さ(m)  <math>c_w</math> : 地震動特性による補正係数  <math>R_L</math> : 繰返し三軸強度比                 </p>

表 1-1 (b) 液状化判定手法 (PL 法) の概要 (その 2)

液状化抵抗比 R の求め方	$R = c_w R_L$ $R_L = \left\{ \begin{array}{ll} 0.0882 \sqrt{N_a / 1.7} & (N_a < 14) \\ 0.0882 \sqrt{N_a / 1.7} + 1.6 \times 10^{-6} \cdot (N_a - 14)^{4.5} & (14 \leq N_a) \end{array} \right\}$ <p>ここで、</p> <p>&lt;砂質土の場合&gt;</p> $N_a = c_1 \cdot N_1 + c_2$ $N_1 = 1.7 \cdot N / (\sigma'_v + 0.7)$ $c_1 = \left\{ \begin{array}{ll} 1 & (0\% \leq FC < 10\%) \\ (FC + 40) / 50 & (10\% \leq FC < 60\%) \\ FC / 20 - 1 & (60\% \leq FC) \end{array} \right\}$ $c_2 = \left\{ \begin{array}{ll} 0 & (0\% \leq FC < 10\%) \\ (FC - 10) / 18 & (10\% \leq FC) \end{array} \right\}$ <p>&lt;礫質土の場合&gt;</p> $N_a = \{1 - 0.36 \log_{10} (D_{50}/2)\} N_1$ <p>ここに、</p> <p>R : 動的せん断強度比  <math>c_w</math> : 地震動特性による補正係数  <math>R_L</math> : 繰返し三軸強度比                  N : 標準貫入試験から得られる N 値  <math>N_1</math> : 有効上載圧 <math>1 \text{ kgf/cm}^2</math> 相当に換算した N 値  <math>N_a</math> : 粒度の影響を考慮した補正 N 値  <math>c_1, c_2</math> : 細粒分含有率による N 値の補正係数                  FC : 細粒分含有率(%) (粒径 <math>75 \mu\text{m}</math> 以下の土粒子の通過質量百分率)  <math>D_{50}</math> : 平均粒径(mm)</p>
---------------	--

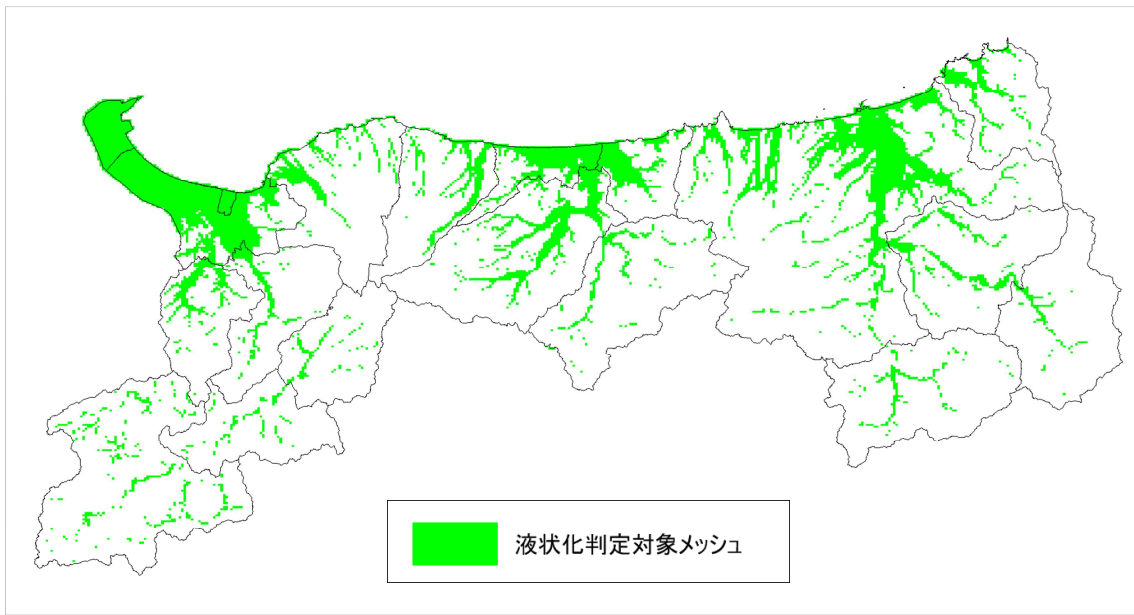


図 1-1 液状化判定対象メッシュ分布図

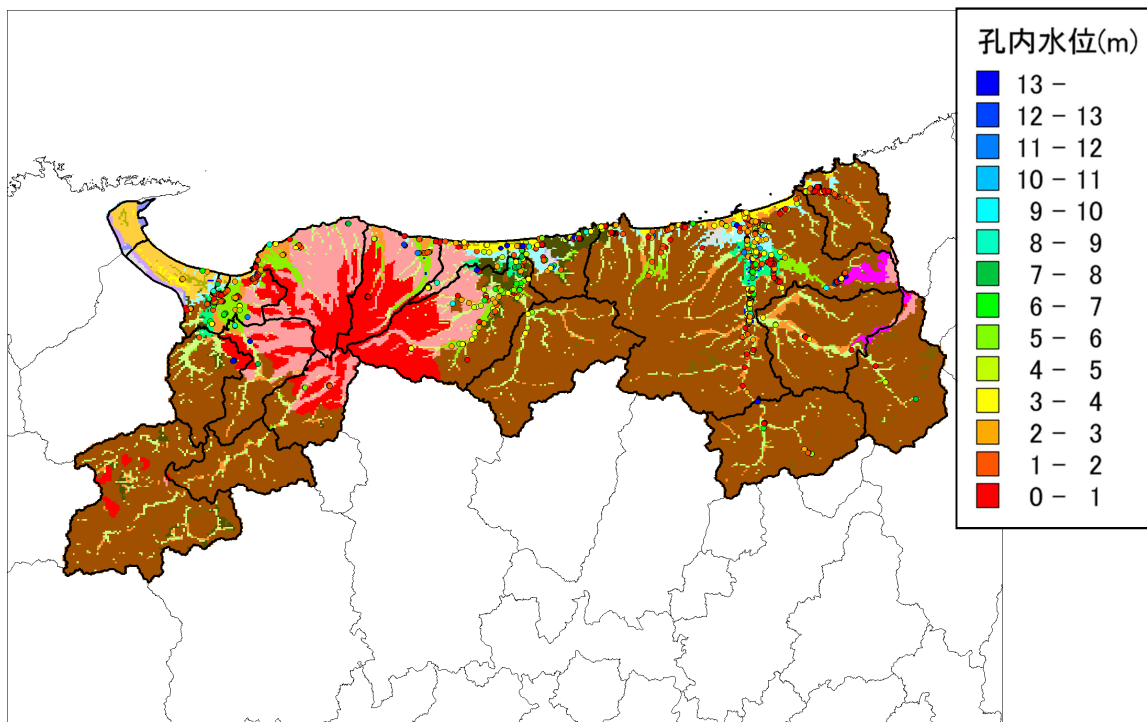


図 3.1-2 鳥取県内におけるボーリングデータの孔内水位の分布(低地)



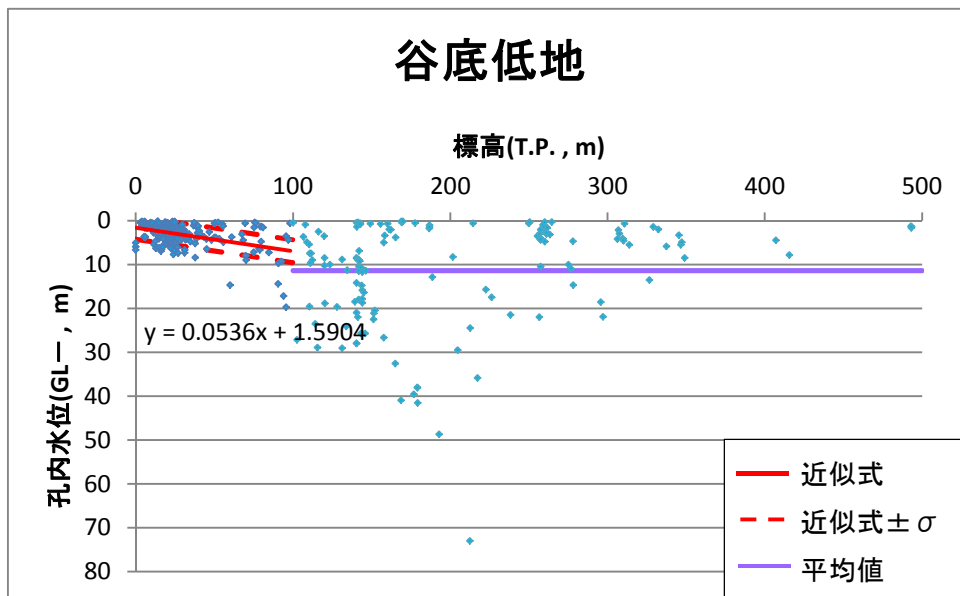


図 3.1-3 ボーリング地点の地下水位の分布(谷底低地)

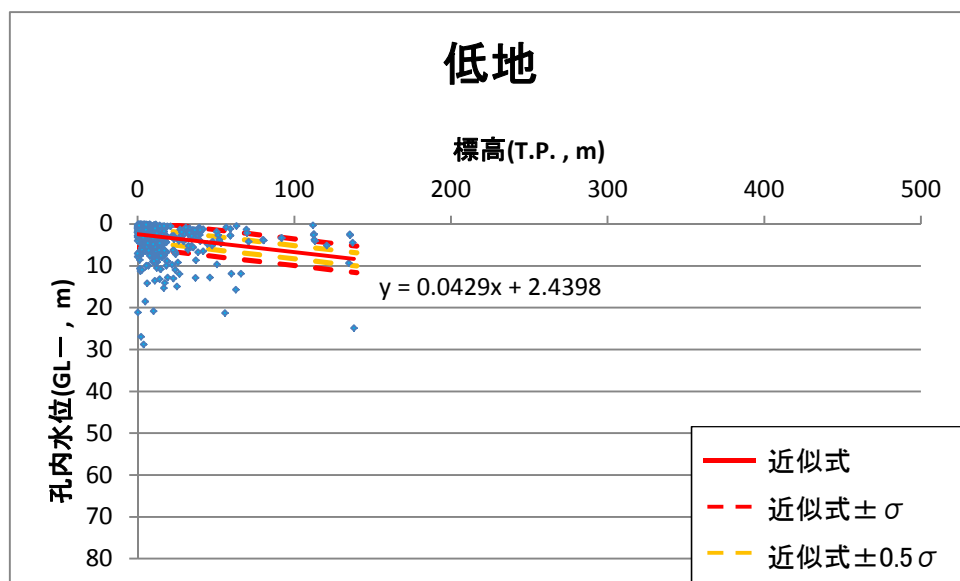


図 3.1-4 ボーリング地点の地下水位の分布(谷底低地を除く低地)

表 1-2 細粒分含有率 (Fc)、平均粒径 (D50) の設定値

		土質区分	東部	西部	中部	備考
細粒分含有率 (Fc) (mm)	沖積層砂質土	As ( $0 < N \leq 4$ )	25(%)	10(%)	10(%)	山陰臨海地盤図の平均データによる
		As ( $4 < N \leq 10$ )	20(%)	5(%)		
		As ( $10 < N \leq 30$ )	5(%)			
		As ( $30 < N$ )	5(%)			
	盛土	B ( $0 < N \leq 4$ )	24(%)			主に中海等の埋立地の平均データによる
B ( $4 < N \leq 10$ )		24(%)				
平均粒径 (D50) (mm)	沖積層礫質土	Ag ( $N \leq 20$ )	2.3mm			各種土質試験データの平均値
		Ag ( $20 < N \leq 30$ )	2.3mm			
		Ag ( $30 < N \leq 50$ )	2.3mm			
		Ag ( $50 < N$ )	2.3mm			

表 1-3 PL 値による液状化危険度判定区分

	PL=0	$0 < PL \leq 5$	$5 < PL \leq 15$	$15 < PL$
PL値による液状化危険度判定	液状化危険度はかなり低い。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必要。	液状化危険度が極めて高い。液状化に関する詳細な調査と液状化対策は不可避

## 2 予測結果

前節で述べた手法を用いて、液化化危険度の予測を行った。予測結果を図 2-1～6 に示した。

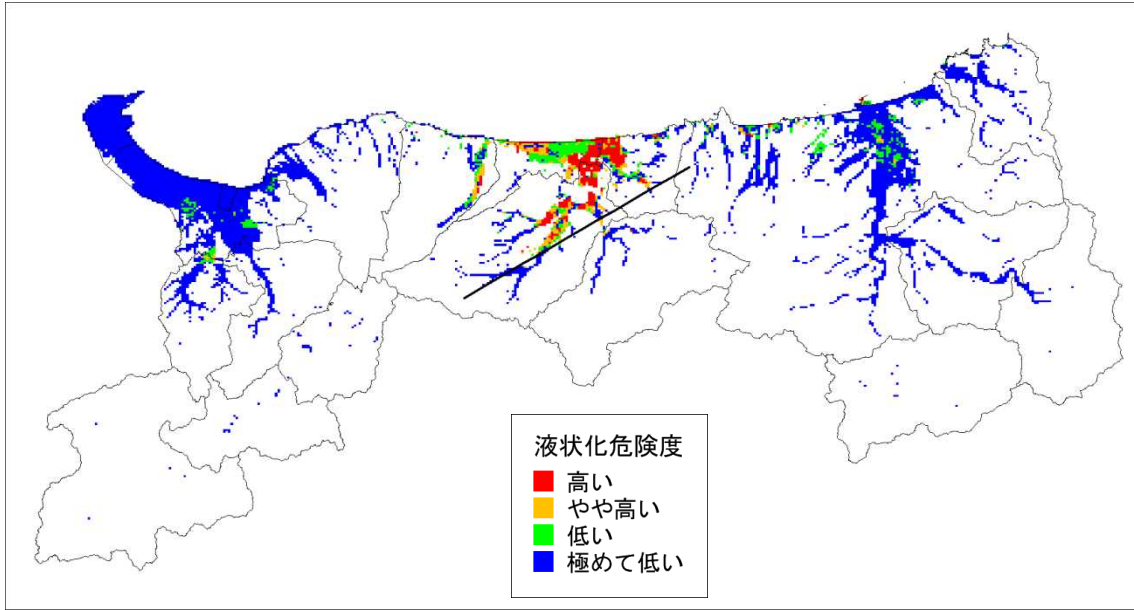


図 2-1 倉吉南方の推定地震の液状化危険度分布

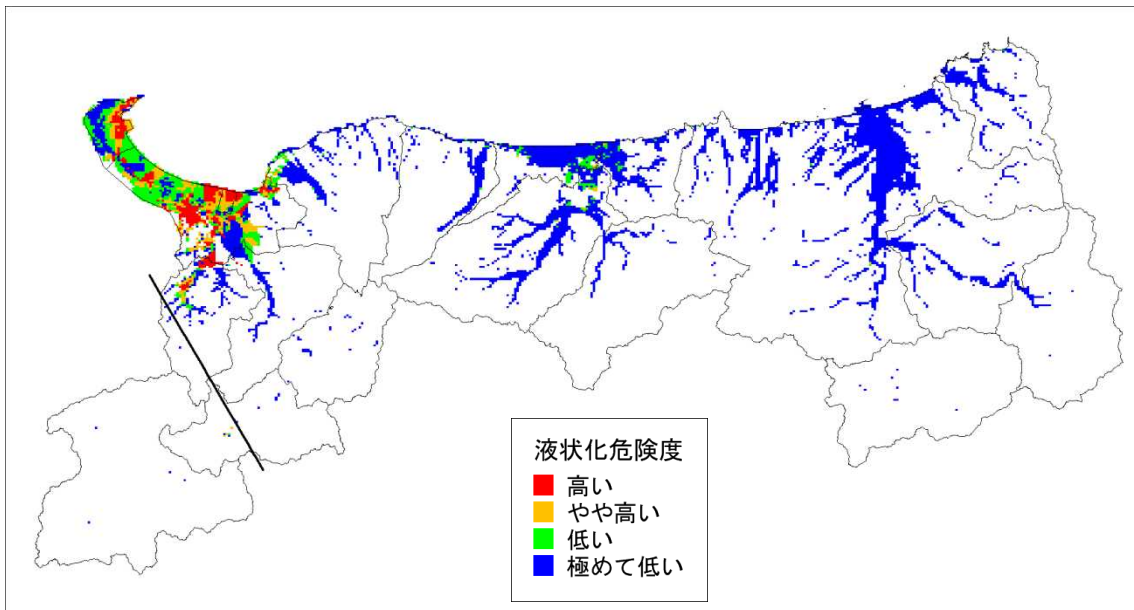


図 2-2 鳥取県西部地震断層の液状化危険度分布

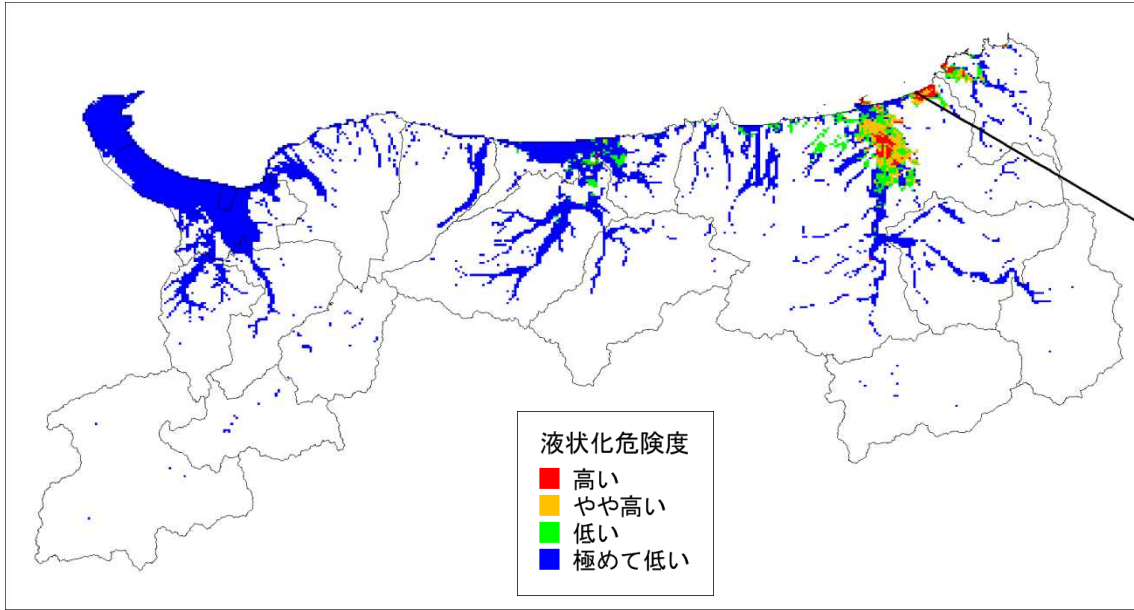


図 2-3 雨滝－釜戸断層の液状化危険度分布

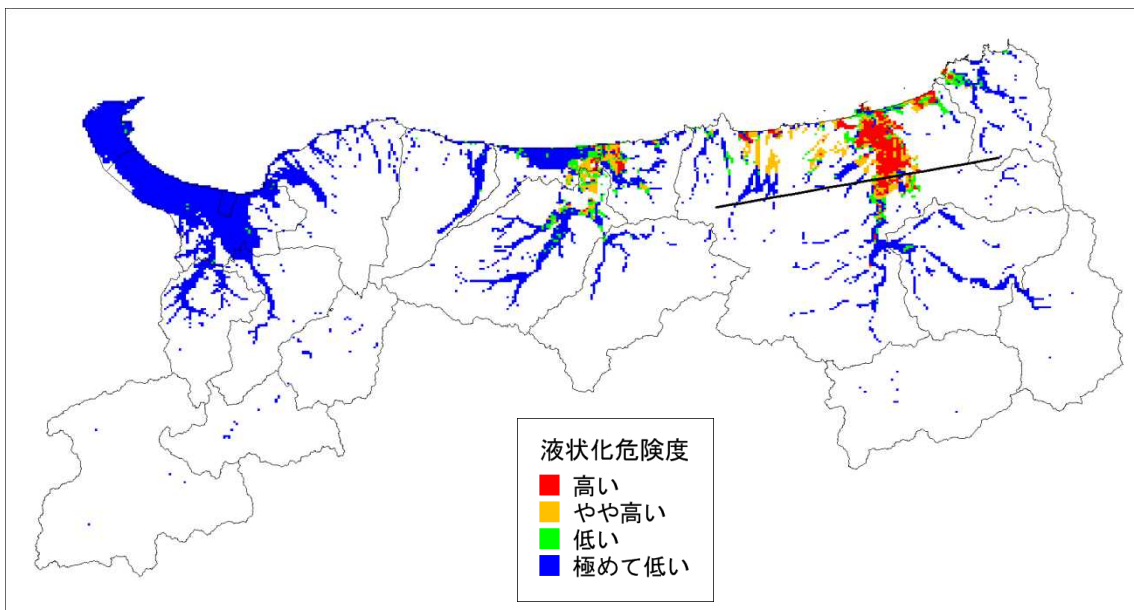


図 2-4 鹿野・吉岡断層の液状化危険度分布

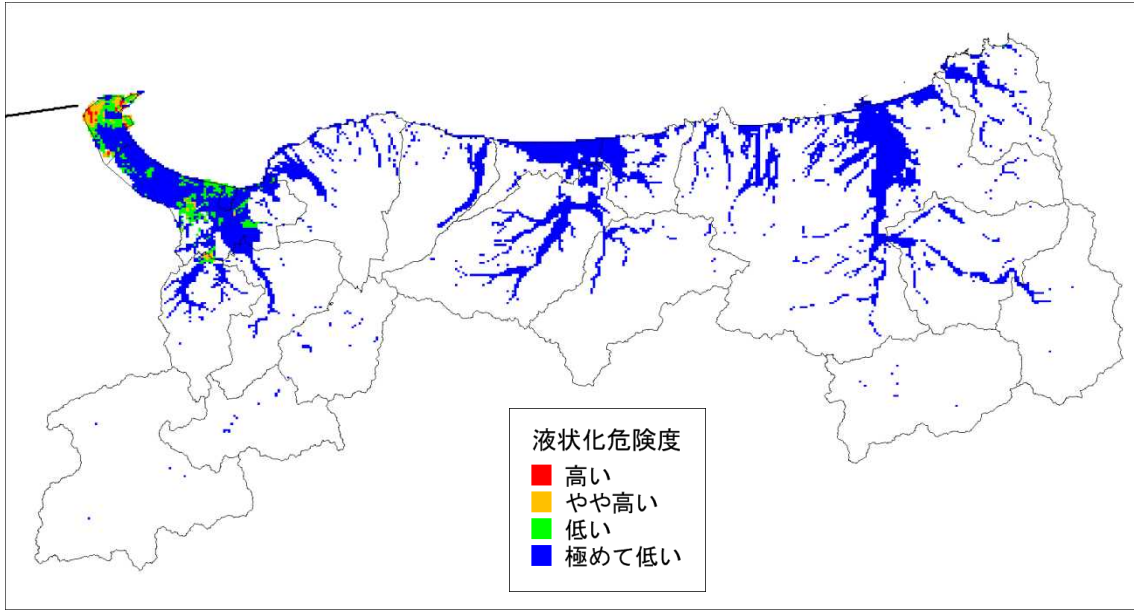


図 2-5 島根県鹿島断層の液状化危険度分布

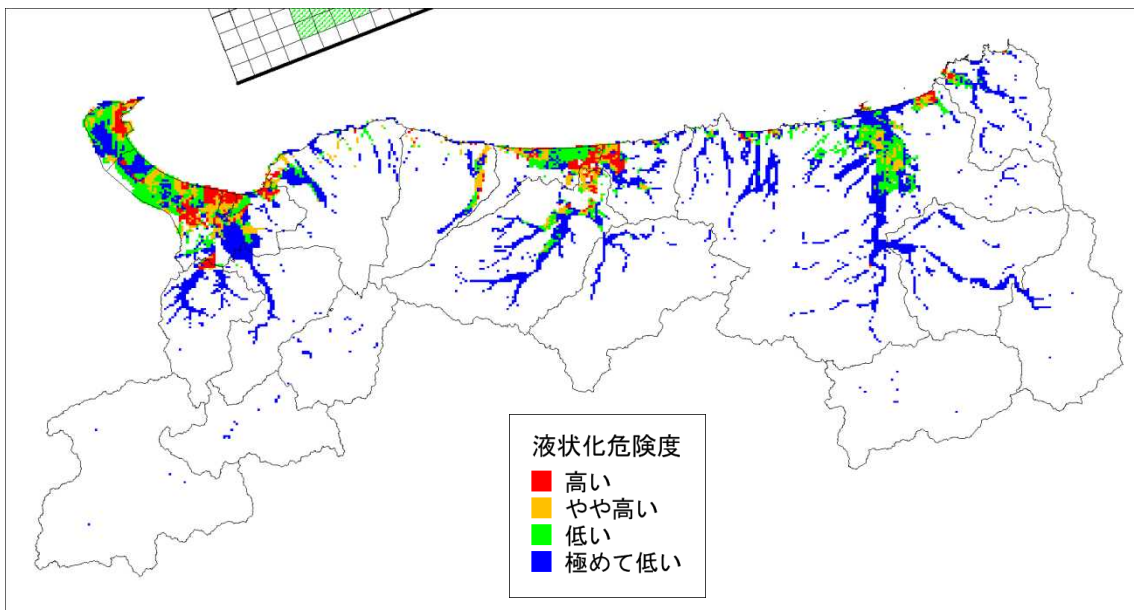


図 2-6 F55 断層（北傾斜 すべり角 55 度）の液状化危険度分布

### 3 前回 (H17 年 3 月) の予測結果

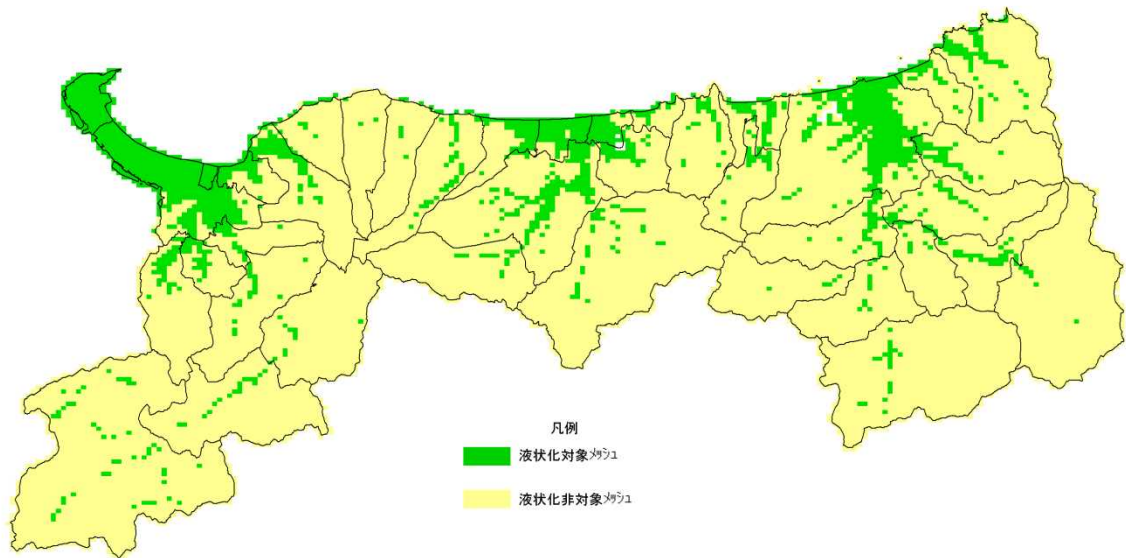


図 3-1 液状化判定対象メッシュの分布【前回 H17 結果】

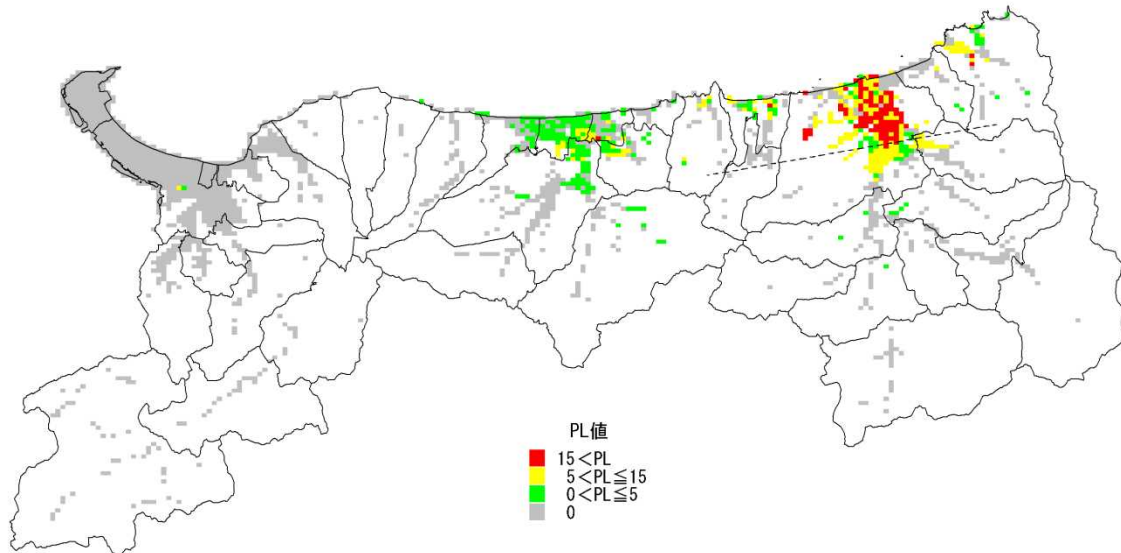


図 3-2 PL 値による液状化危険度の分布【前回 H17 結果】  
(鹿野・吉岡断層)

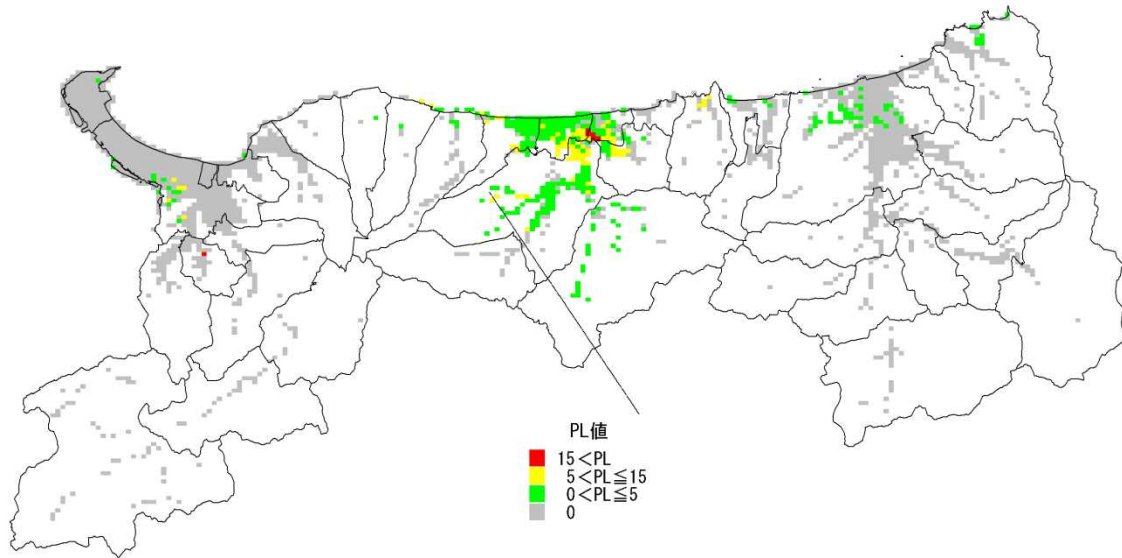


図 3-3 PL 値による液状化危険度の分布【前回 H17 結果】  
 (大立断層・田代峠-布江断層)

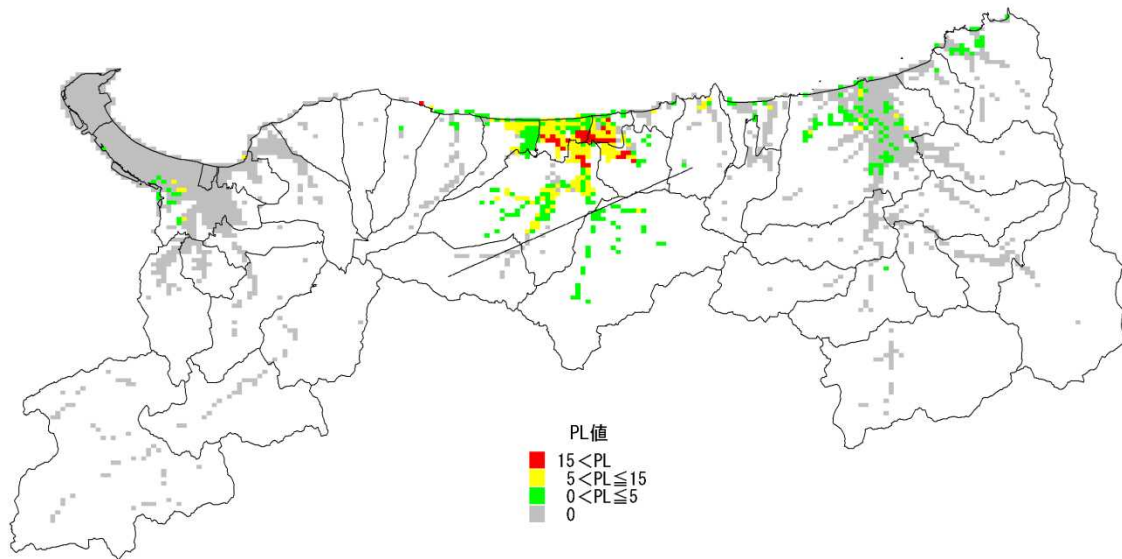


図 3-4 PL 値による液状化危険度の分布【前回 H17 結果】  
 (倉吉南方の推定断層)



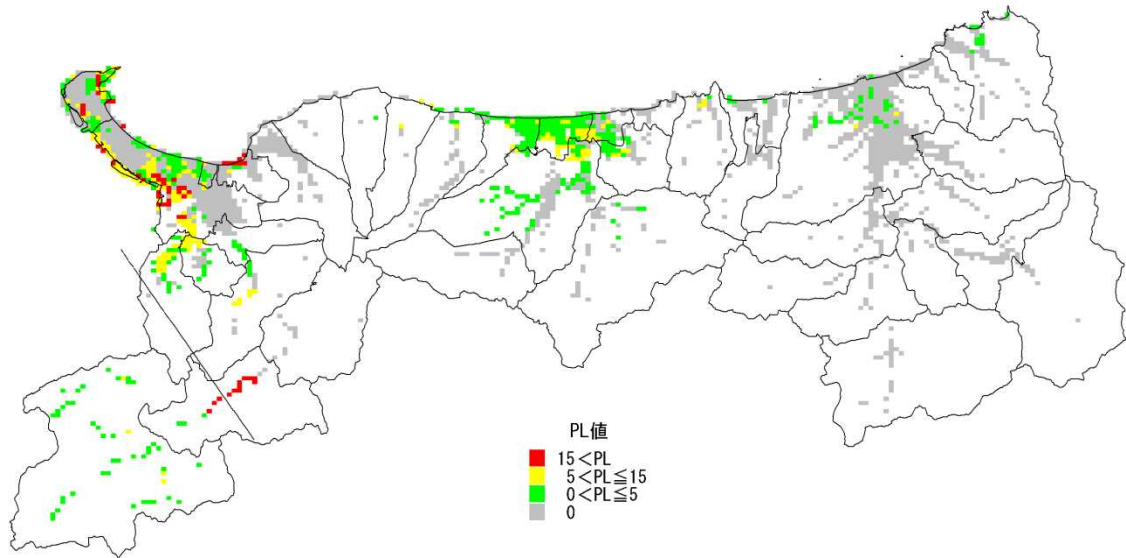


図 3-5 PL 値による液状化危険度の分布【前回 H17 結果】  
 (鳥取県西部地震断層)

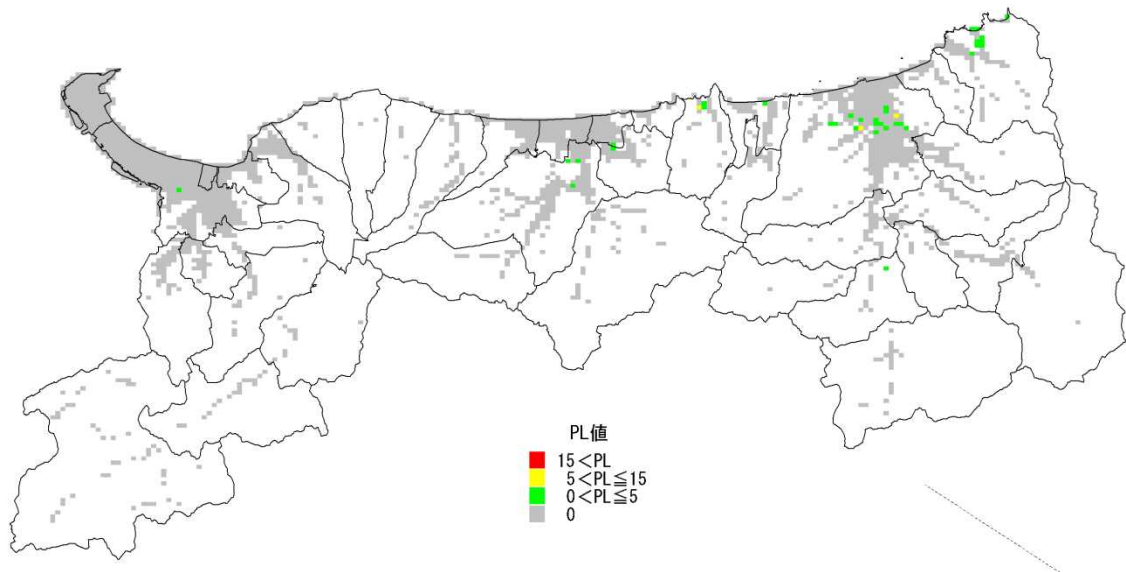
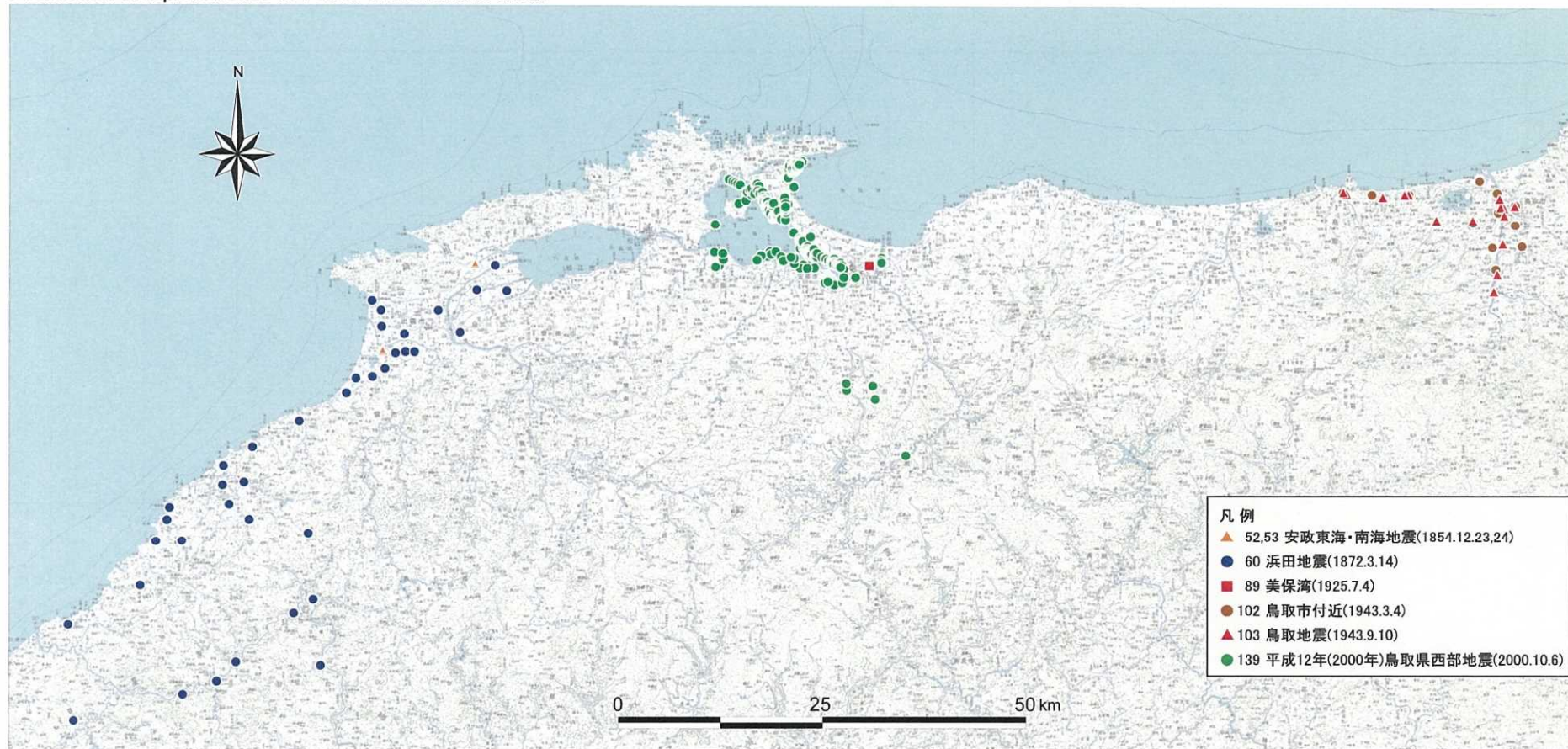


図 3-6 PL 値による液状化危険度の分布【前回 H17 結果】  
 (山崎断層)

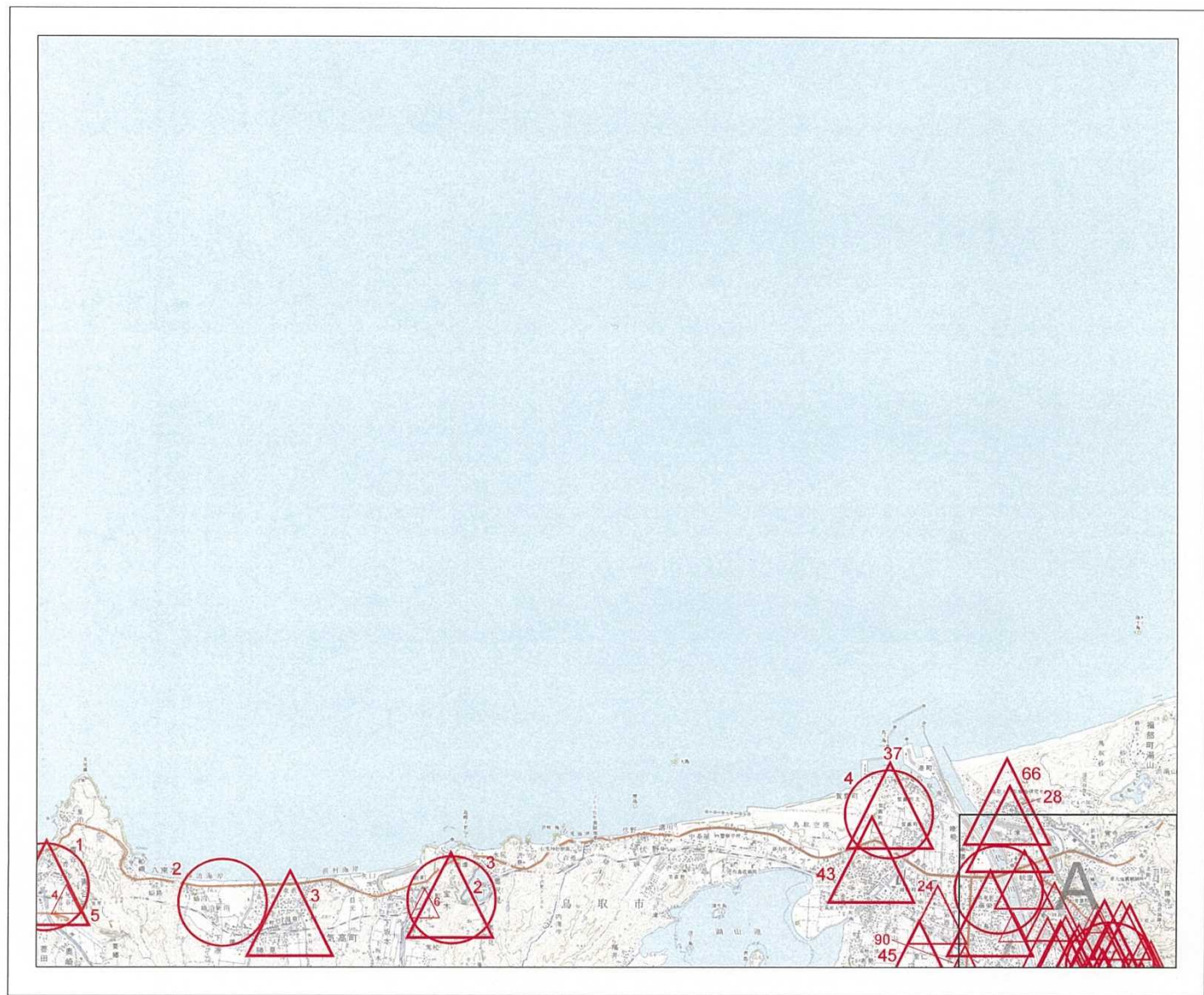
#### 4 鳥取県の液状化履歴

鳥取・島根地域の液状化履歴地点の分布  
Distribution of liquefied sites in Tottori and Shimane areas



若松加寿江: 日本の液状化履歴マップ745-2008, 東京大学出版会, ©2011  
Kazue Wakamatsu: Maps for Historic Liquefaction Sites in Japan, 745-2008, University of Tokyo Press, ©2011

図 4-1 鳥取県の液状化履歴図 その1 (若松(2011)日本の液状化履歴マップ 745-2008 年より)



鳥取北部  
TOTTORI-HOKUBU

青谷	鳥取北部	浜坂	
倉吉	鳥取南部	若松	

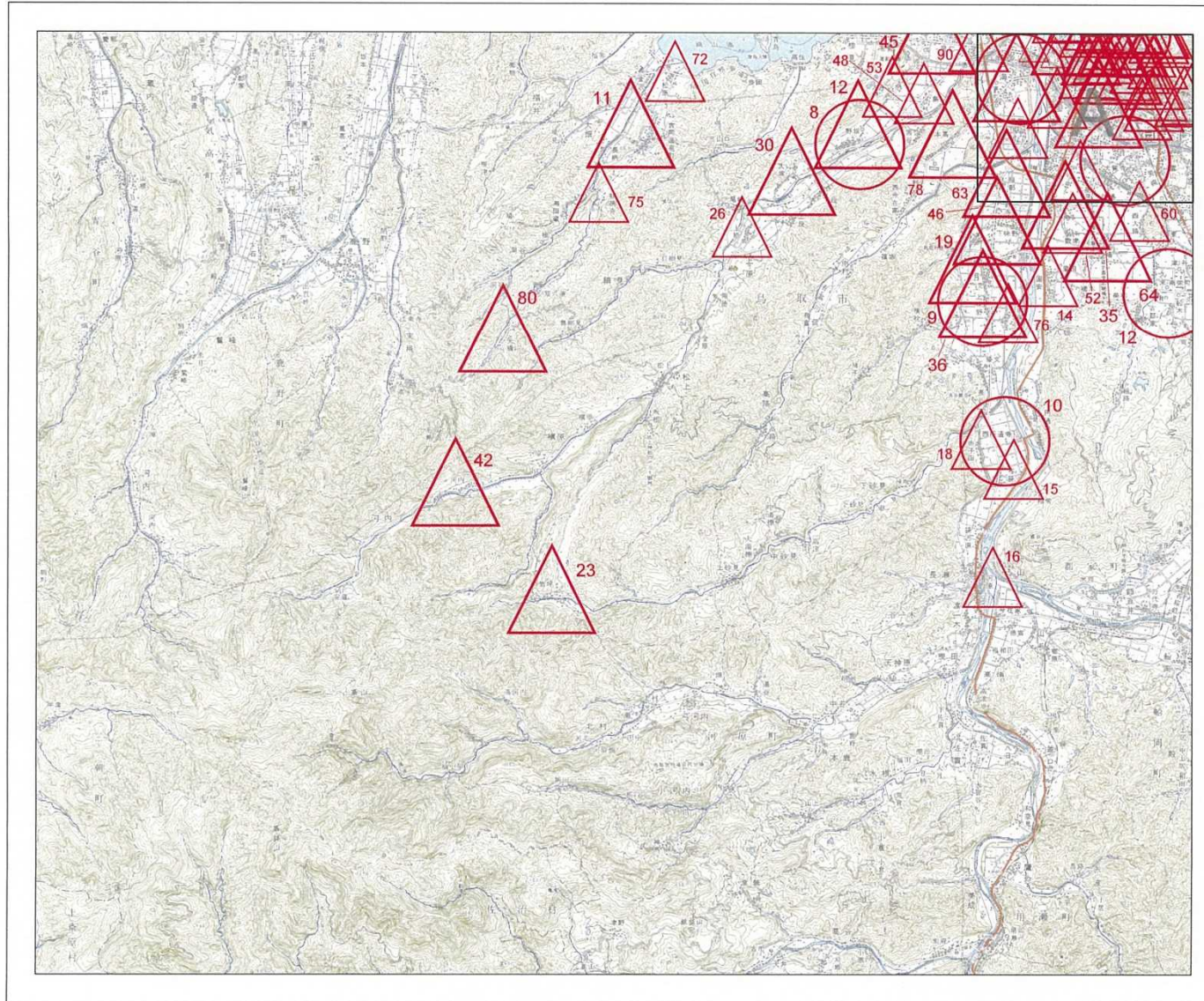
凡例		
○	地震番号	102
	地震名(気象庁)	
	被害地域・震央地名	鳥取市付近
△	地震番号	103
	地震名(気象庁)	鳥取地震
	被害地域・震央地名	鳥取付近
	発震年月日	1943.3.4, 5
	発震年月日	1943.9.10

鳥取北部 533420 NI-53-19-15

0 2 4 km

2007年09月01日発行 数値地図50000(地図情報)「鳥取・岡山」

図 4-2 鳥取県の液状化履歴図 その2 <鳥取北部> (若松(2011)日本の液状化履歴マップ 745-2008年より)



鳥取南部  
TOTTORI-NANBU

青谷	鳥取北部	浜坂
倉吉	鳥取南部	若桜
奥津	智頭	坂根

凡例		
○	地震番号	102
	地震名(気象庁)	
	被害地域・震央地名	鳥取市付近
	発震年月日	1943.3.4, 5
△	地震番号	103
	地震名(気象庁)	鳥取地震
	被害地域・震央地名	鳥取付近
	発震年月日	1943.9.10

鳥取南部 533400 NI-53-19-16

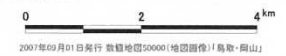
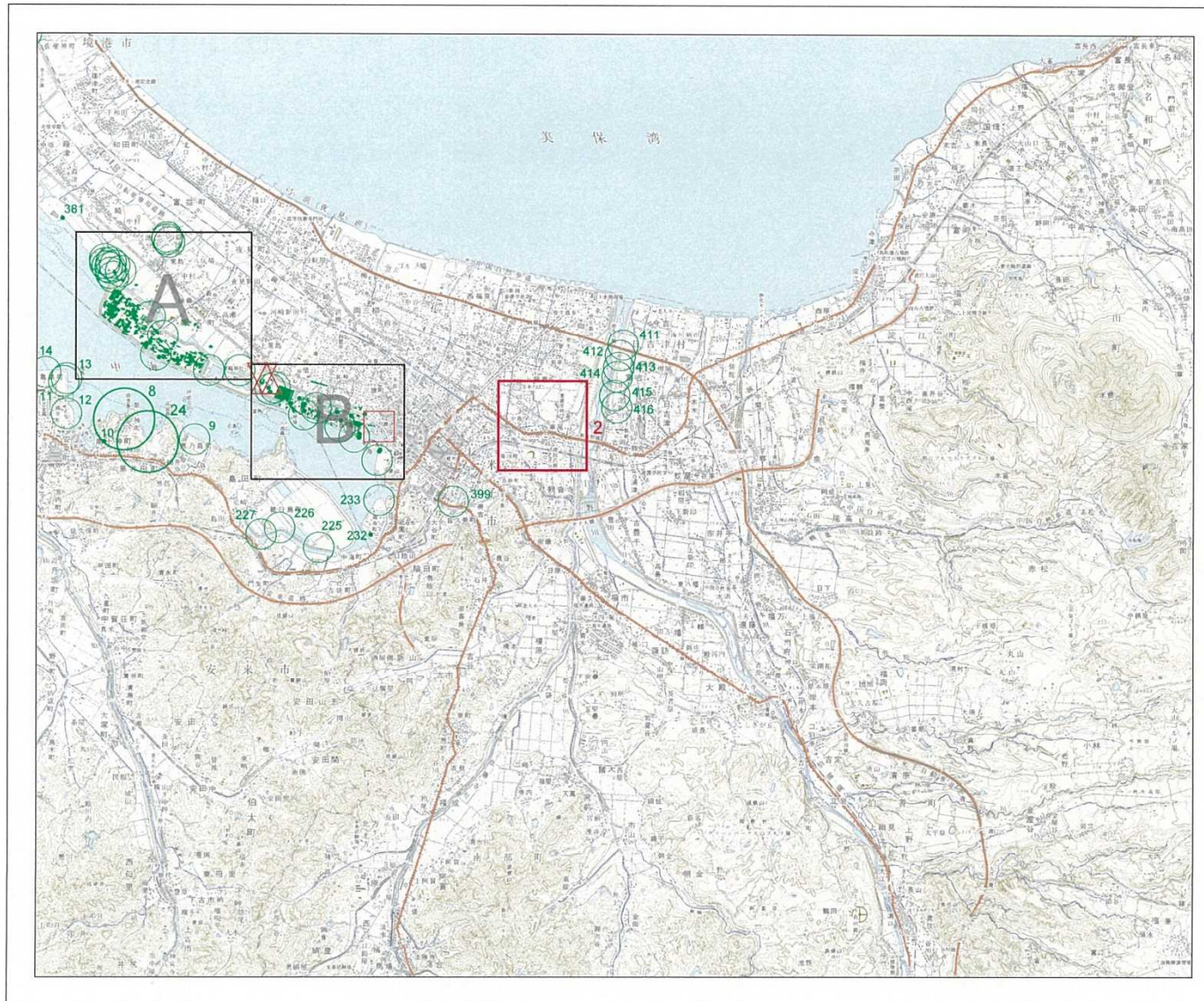


図 4-3 鳥取県の液状化履歴図 その3 <鳥取南部> (若松(2011)日本の液状化履歴マップ 745-2008 年より)



米子  
YONAGO

境港	美保湾	赤崎
松江	米子	大山
横田	根雨	湯本

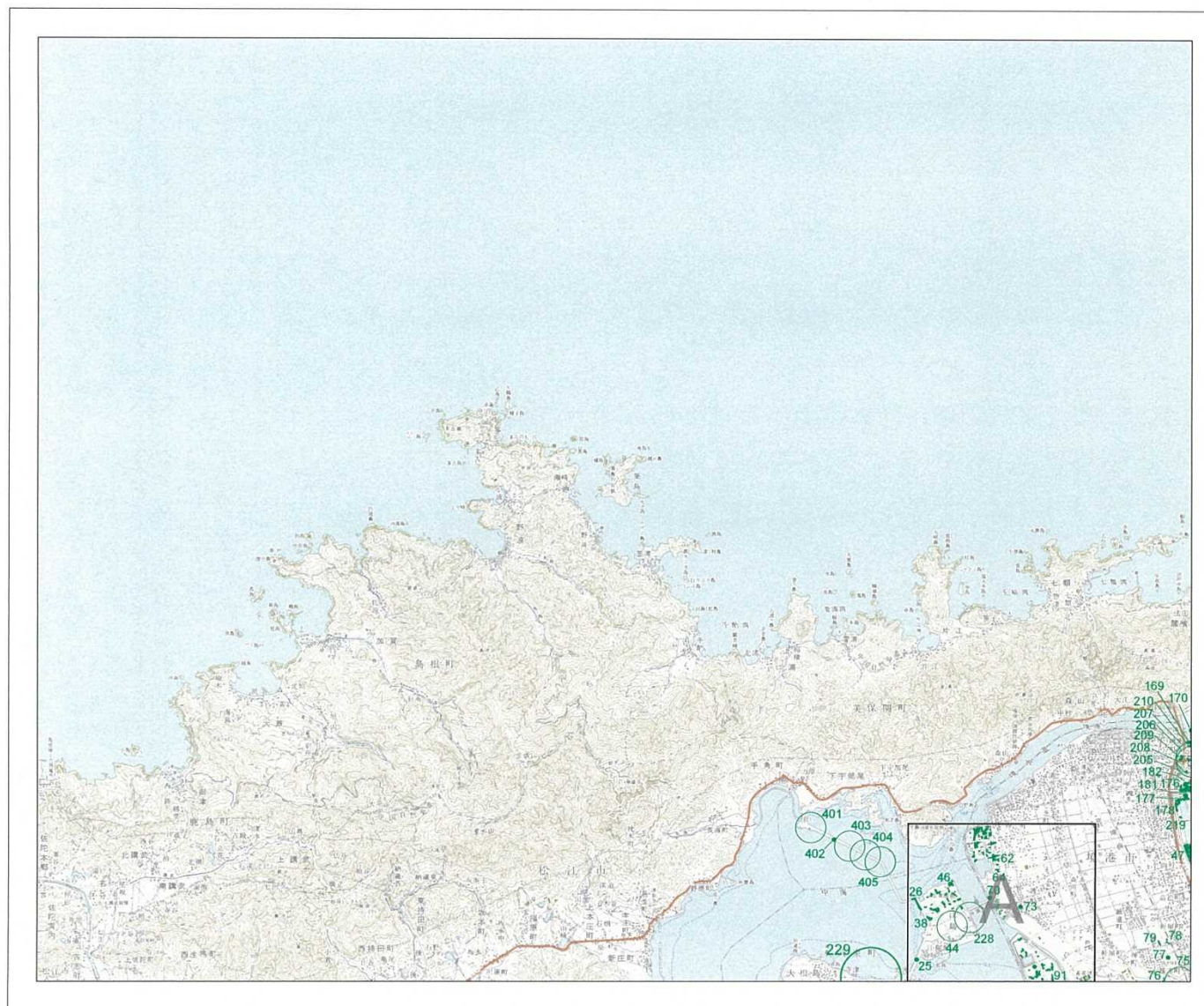
凡例	
地震番号	89
地震名(気象庁)	
被害地域・震央地名	美保湾
発震年月日	1925.7.4
地震番号	103
地震名(気象庁)	鳥取地震
被害地域・震央地名	鳥取付近
発震年月日	1943.9.10
地震番号	106
地震名(気象庁)	南海地震
被害地域・震央地名	南海道沖
発震年月日	1946.12.21
地震番号	139
地震名(気象庁)	平成12年(2000年)鳥取県西部地震
被害地域・震央地名	鳥取県西部
発震年月日	2000.10.06

米子 533302 NI-53-25-12



2009年07月01日発行 数値地図50000(地図国産)「鳥取・広島」

図 4-4 鳥取県の液状化履歴図 その 4 <米子> (若松(2011)日本の液状化履歴マップ 745-2008 年より)

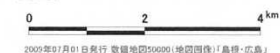


境港  
SAKAIMINATO

忍濃	境港	美保間
今市	松江	米子

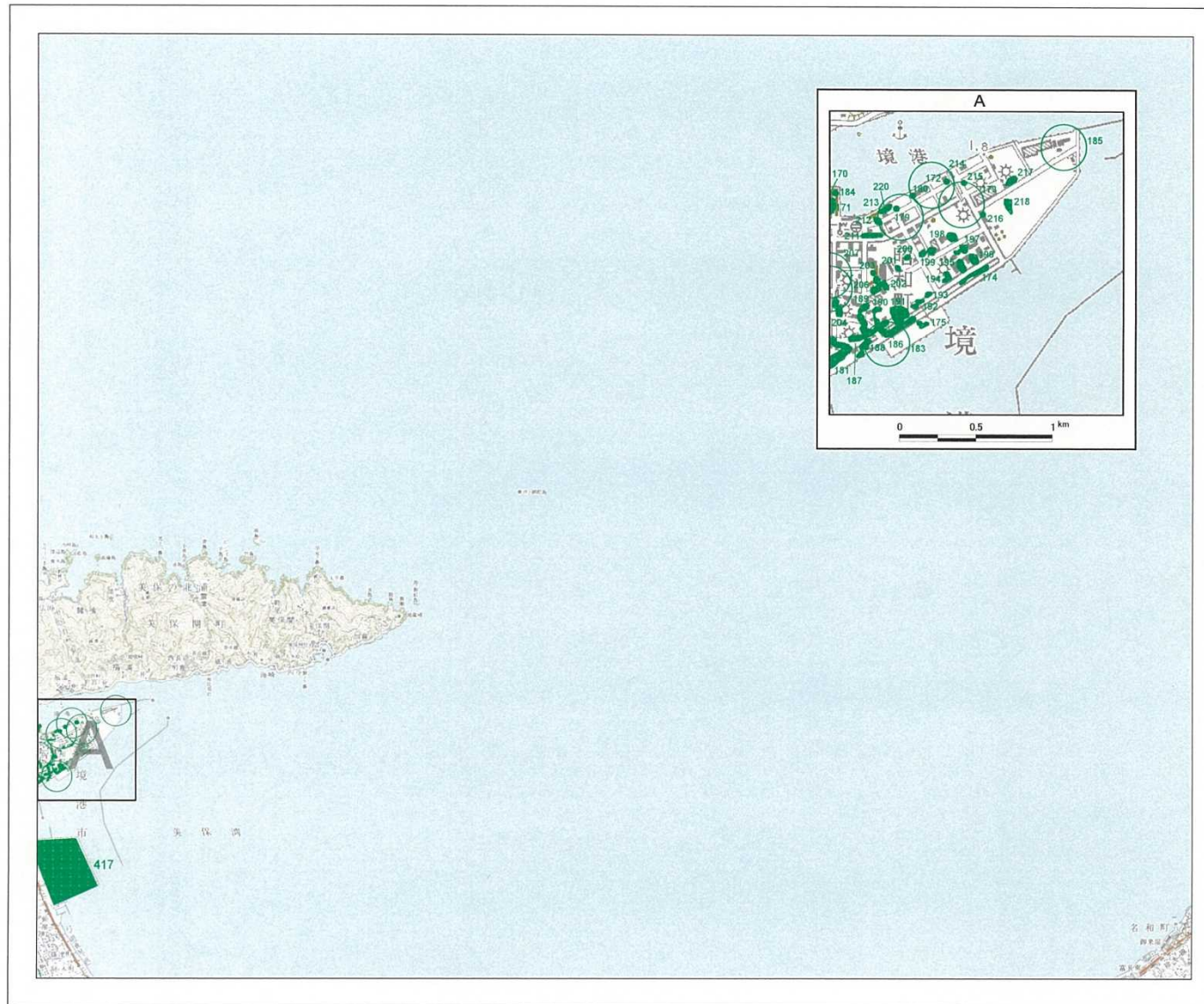
凡例	
	地震番号 139
	地震名(気象庁) 平成12年(2000年)鳥取県西部地震
	被害地域・震央地名 鳥取県西部
	発震年月日 2000.10.06

境港 533320 NI-53-25-15



2009年07月01日発行 数値地図50000(地図データ)「鳥取・広島」

図 4-5 鳥取県の液状化履歴図 その5 <境港> (若松(2011)日本の液状化履歴マップ 745-2008 年より)



美保関  
MIHONOSEKI

境港	美保関	赤碕
松江	米子	大山

凡例		
○	地震番号	139
○	地震名(震源序)	平成12年(2000年)鳥取県西部地震
●	被害地域・震央地名	鳥取県西部
●	発震年月日	2000.10.06

美保関 533322 NI-53-25-11



図 4-6 鳥取県の液状化履歴図 その6 <美保関> (若松(2011)日本の液状化履歴マップ 745-2008 年より)