

3.4 液状化危険度の予測

液状化とは、図 3.4.1 に示すとおり、地震によって地盤が一時的に液体のようになる現象を指す。水分を多く含んだ砂の地盤で地震動のような繰り返しの外力を受けると、砂と砂の隙間にある水に圧力がかかる。その後、砂どおしの結合がなくなり砂の粒子は水の中に浮いた状態となり、砂は沈下して水と分離し、地盤の沈下や亀裂、家や電柱の傾き、マンホールの浮き上がり等を引き起こす。

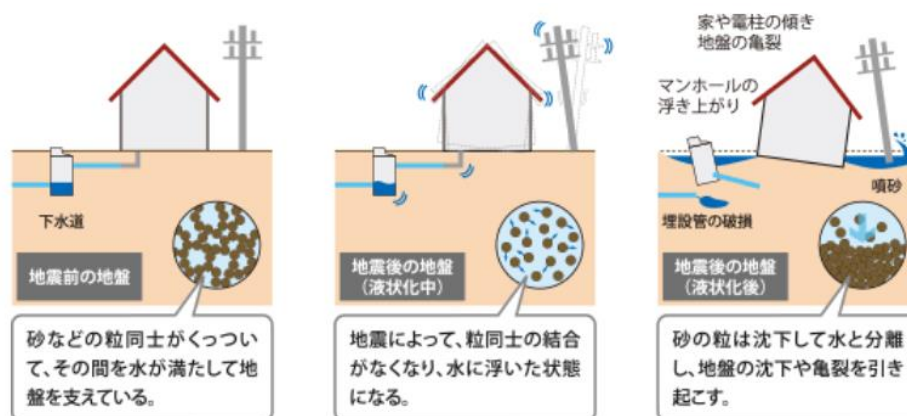


図 3.4.1 液状化の仕組み

出典) 東京都建物における液状化対策ポータルサイト

液状化危険度の予測については、平成 25・26 年度千葉県地震被害想定調査でも採用され、実績も豊富であることから、50m メッシュごとに液状化指数 (PL 値) を求める方法を採用し、加えて、液状化による建物被害の想定に用いるため、50m メッシュごとの地盤沈下量も求めた。

3.4.1 液状化可能性指数の算出

地震時に液状化が起こる可能性のある土質として、沖積砂質土、礫質土、洪積砂質土層を評価対象土層とした。地下水位は、その場所の特性によって異なり、また降雨の影響により時間的にも変化することから、本調査では平成 25・26 年度千葉県地震被害想定調査を参考に、地形ごと、標高ごとに設定した。評価対象となる震度は、震度 4 以下ではほとんど液状化を起こさないことから震度 5 弱以上とした。

液状化可能性指数 (PL) は、平成 25・26 年度千葉県地震被害想定調査でも採用され、実績が豊富な道路橋示方書・同解説・V 耐震設計編 (日本道路協会、2002 年 3 月) の方法を用いて算出した。

評価の流れは、図 3.4.2 のとおりである。

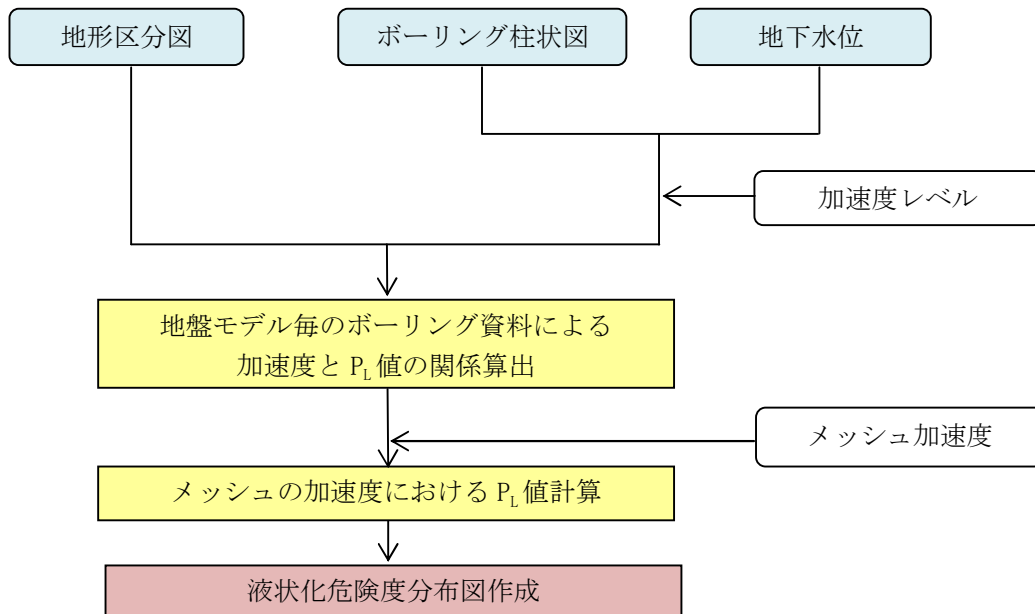


図 3.4.2 評価の流れ

表 3.4.1 地下水位の設定値

微地形分類	地下水位
ローム台地 1	—
ローム台地 2	—
谷底平野 1	2m
谷底平野 2	2m
谷底平野 3	2m
自然堤防	3m
後背湿地・デルタ	1~4m
砂州・砂丘	3m
埋立地・干拓地	1m

(1) 液状化に対する抵抗率 FL の算定

地盤内の各深度における液状化に対する抵抗率 FL 値は、地層が有する動的せん断強度比 R と作用する地震動せん断応力比 L によって定義し、この値が 1.0 以下の土層については、液状化の可能性があるとみなす。

$$FL = R / L$$

地震時せん断応力比 L は、地表最大加速度から次の式で算出する。

$$L = (\alpha / g) \cdot (\sigma_v / \sigma_v') \cdot \gamma d$$

- α : 地表最大加速度 (gal)
- g : 重力加速度 (= 980gal)
- σ_v : 全上載圧 (kgf / cm²)

$\sigma v'$: 有効上載圧 (kgf / cm²)

γd : 低減係数 (= 1.0 - 0.015Z Z : 地表面からの深さ (m))

地層が有する動的せん断強度比 R は、地盤の繰返し三軸強度比 RL を用いて次の補正式により求めた。

$$R = CW \cdot RL$$

①タイプⅠ : プレート境界型の大規模な地震の場合

$$CW = 1.0$$

②タイプⅡ : 内陸直下型地震の場合

$$CW = 1.0 \quad (RL \leq 0.1)$$

$$CW = 3.0 \quad (0.1 < RL \leq 0.4)$$

$$CW = 2.0 \quad (0.4 < RL)$$

地盤の繰返し三軸強度比 RL は次の式により算出した。

$$RL = 0.0882 \sqrt{Na / 1.7} \quad (Na < 14)$$

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

Na は次の式により算出した。

①砂質土の場合

$$Na = C1 \cdot N1 \cdot C2$$

$$N1 = 1.7 \cdot N / (\sigma v' + 0.7)$$

$$C1 = 1.0 \quad (0\% \leq FC < 10\%)$$

$$C1 = (FC + 40) / 50 \quad (10\% \leq FC < 60\%)$$

$$C1 = FC / 20 - 1 \quad (60\% \leq FC)$$

$$C2 = 0 \quad (0\% \leq FC < 10\%)$$

$$C2 = (FC - 10) / 18 \quad (10\% \leq FC)$$

②礫質土の場合

$$Na = \{1 - 0.36 \cdot \log_{10}(D50 / 2)\} \cdot N1$$

$$N1 = 1.7 \cdot N / (\sigma v' + 0.7)$$

Na : 標準貫入試験から得られる N 値

N1 : 有効上載圧 1kgf/cm² 相当に換算した N 値

C1、C2 : 細粒分含有率による N 値の補正係数

(2) 液状化指数 PL の算出

建物や埋設管等の構造物に液状化が与える影響を想定するためには、ある深度における液状化の発生の可能性のみではなく、任意の地盤全体の液状化の発生の可能性を評価する必要がある。液状化抵抗率 FL はある深度における液状化の発生の可能性を評価するものであるため、地盤全体を評価する指標として液状化指数 PL を岩崎（1980 年）による次の式で算出した。

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

FL：液状化に対する抵抗率（FL ≥ 1.0 の場合には FL = 1.0）

X：地表面からの深さ（m）

15 < PL：液状化の危険度が高い

5 < PL ≤ 15：液状化の危険度がやや高い

0 < PL ≤ 5：液状化の危険度は低い

PL = 0：液状化の危険度は極めて低い

想定地震ごとの液状化危険度分布図を図 3.4.3～図 3.4.6 に示す。

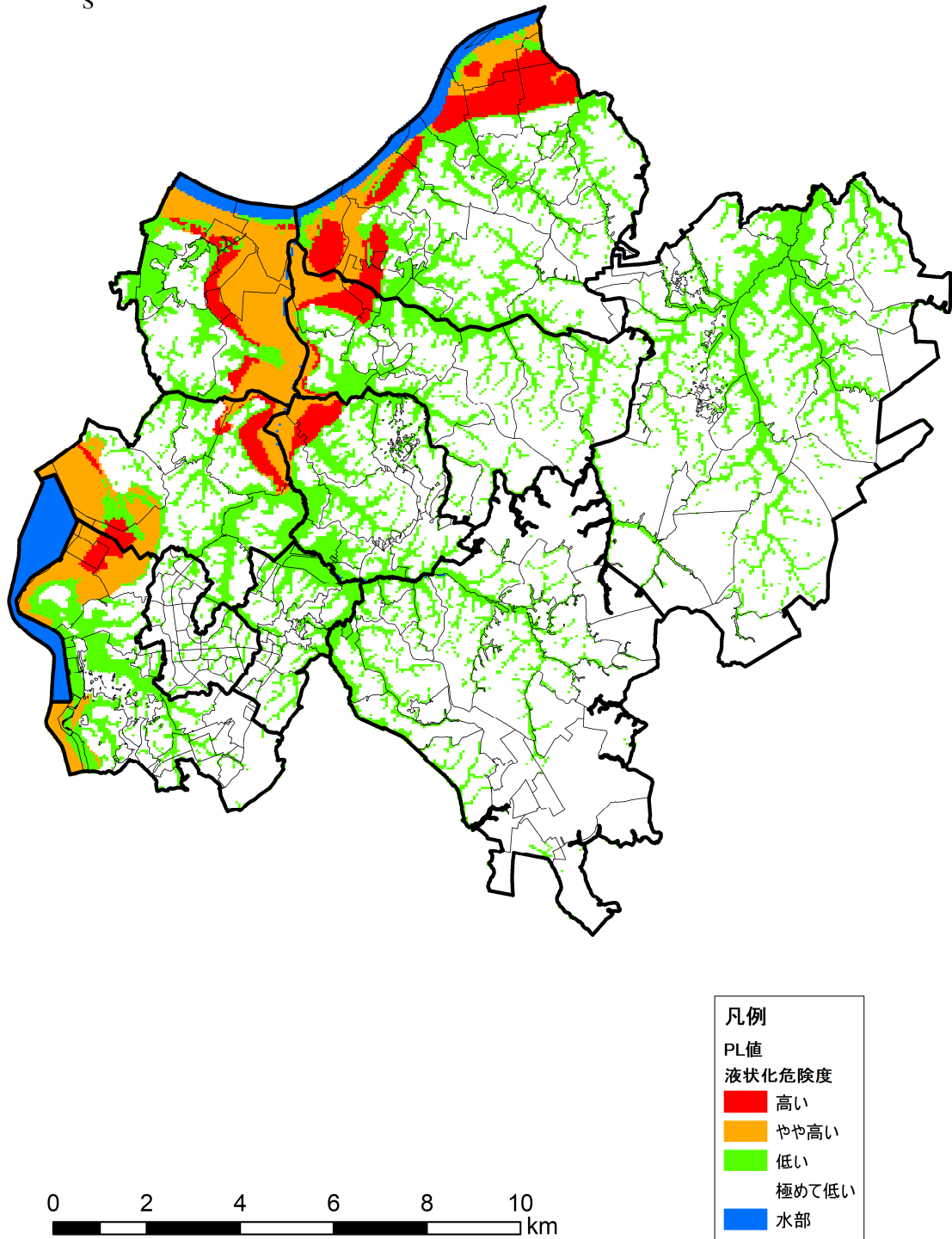


図 3.4.3 液状化危険度分布図 (A. 千葉県北西部直下地震)

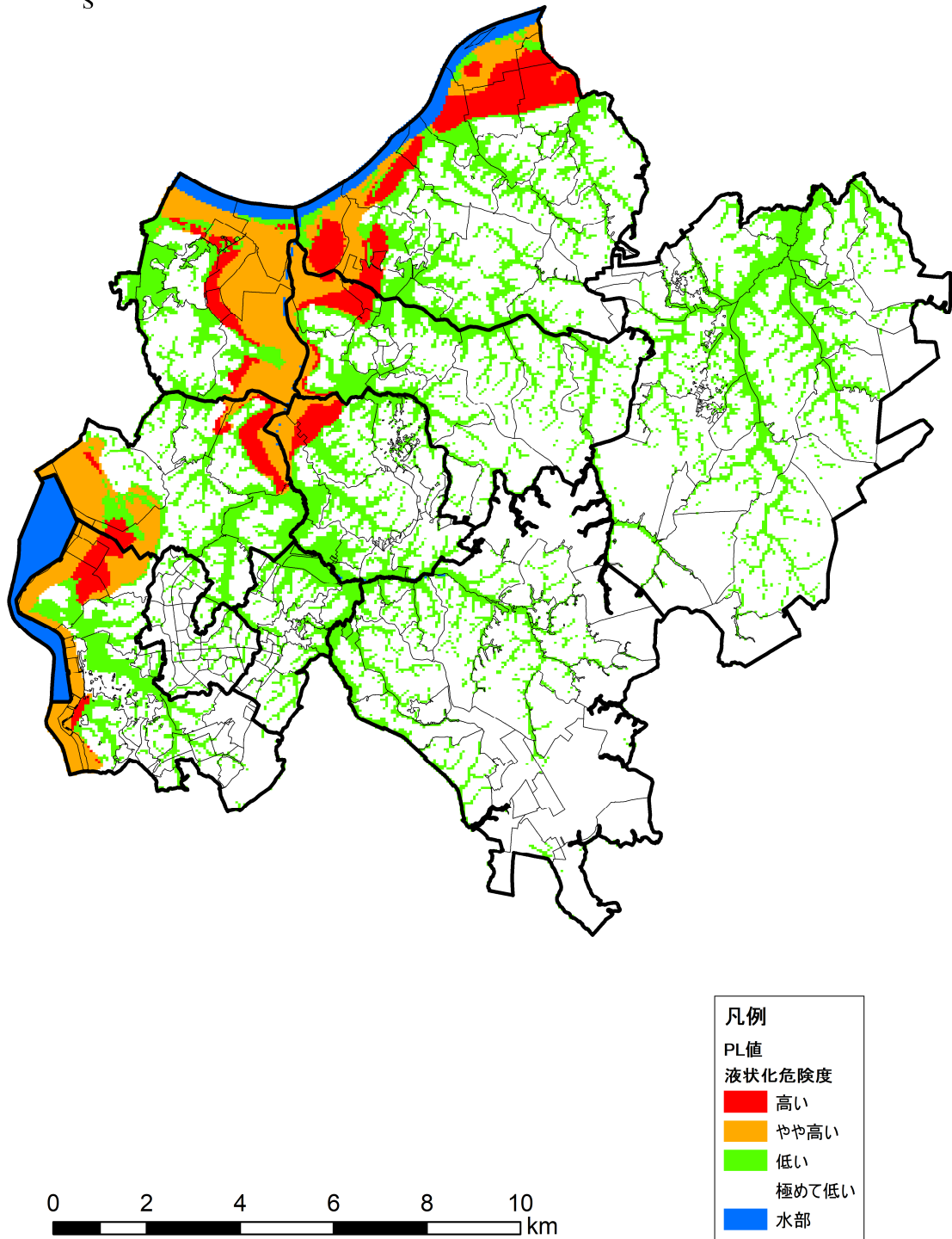


図 3.4.4 液状化危険度分布図 (B. 成田空港直下地震)

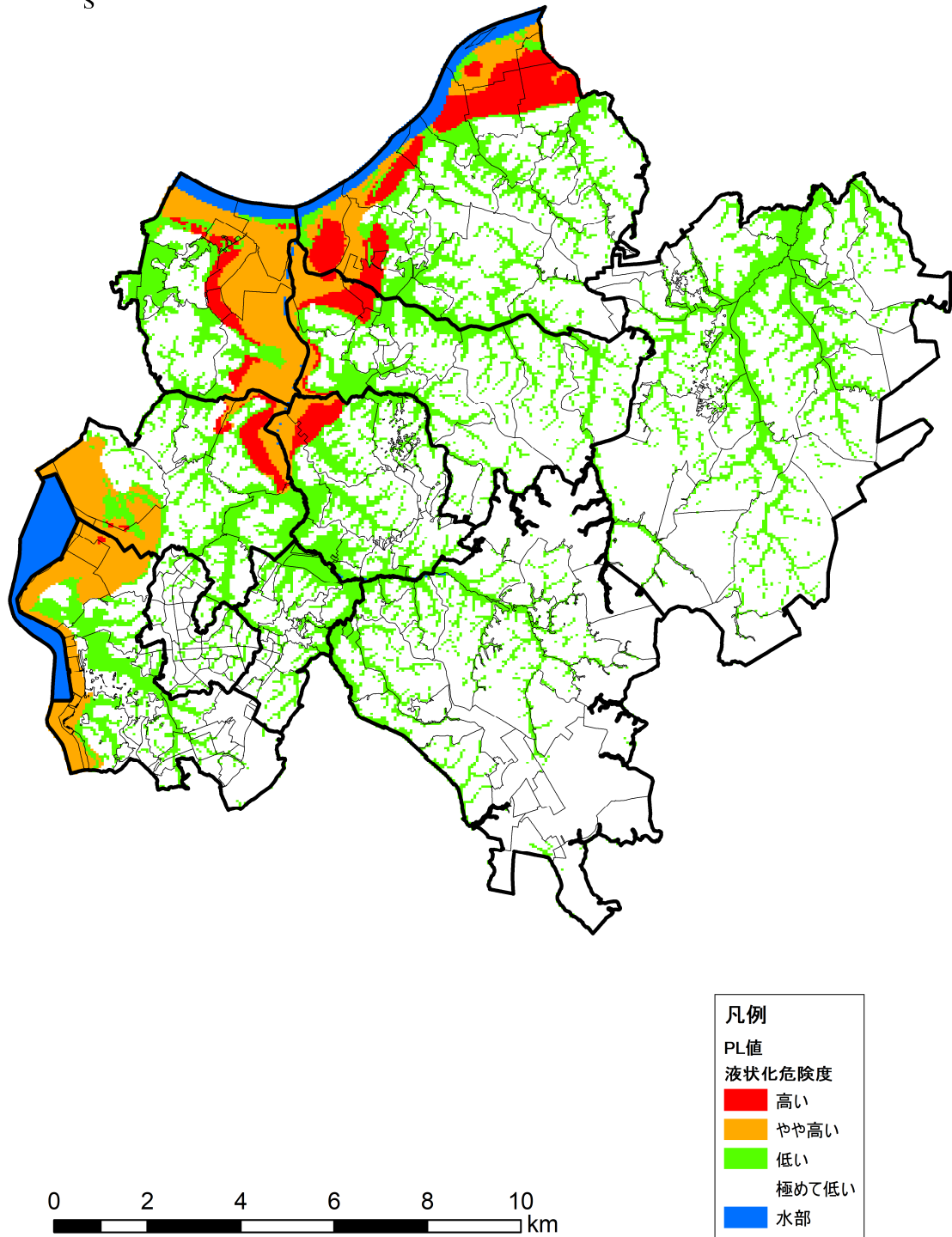


図 3.4.5 液状化危険度分布図 (C. 茨城県南部地震)

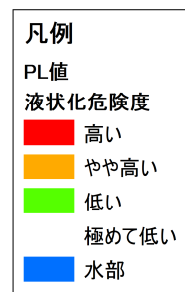
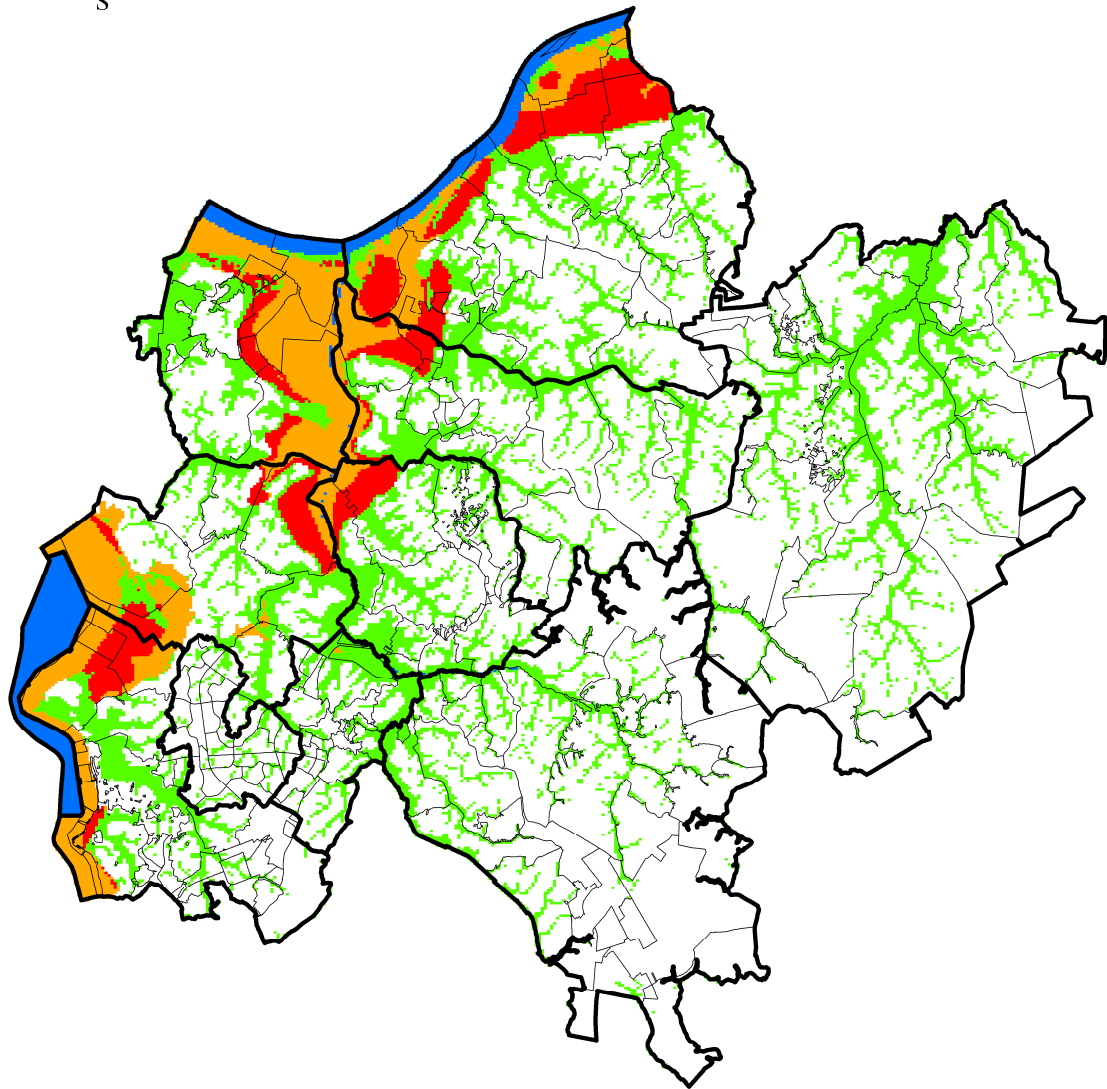


図 3.4.6 液状化危険度分布図 (D. 成田市直下地震)

3.4.2 液状化沈下量の算出

建物被害の想定のために沈下量を算出した。沈下量の算出は、中央防災会議（2012年）の手法に準じ、建築基礎構造設計指針（日本建築学会、2001年）に示されている補正N値と繰返しせん断ひずみの関係を用いて、補正N値と応力比のプロット点に対応する繰返しせん断ひずみを隣接する γ_{cy} 曲線の対数補間により求めた。

繰返しせん断ひずみ8%の曲線より左側にプロットされる場合には $\gamma_{cy}=8\%$ 、0.5%より右側にプロットされる場合には、 $\gamma_{cy}=0.5\%$ とし、繰返しせん断ひずみ γ_{cy} を体積ひずみ ε_v として読み替える。

例えば、液状化層厚が $H=8\text{ m}$ 、 $N_a=12$ の地盤がせん断応力比 $\tau_d/\sigma'_z=0.35$ の時に液状化すると、 $\gamma_{cy}=3\%$ になることから（図 3.4.7）、 $D_{cy}=S=24\text{ cm}$ となる

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

S：沈下量

H_i ：FL < 1.0となる砂質土層 i の層厚

ε_{vi} ：FL < 1.0となる砂質土層 i の体積ひずみ

n：FL < 1.0となる砂質土層数

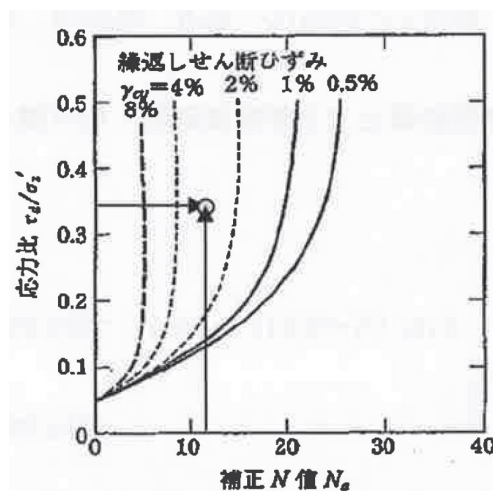


図 3.4.7 補正N値と繰返しせん断ひずみの関係

想定地震ごとの液状化沈下量を図 3.4.8～図 3.4.11に示す。

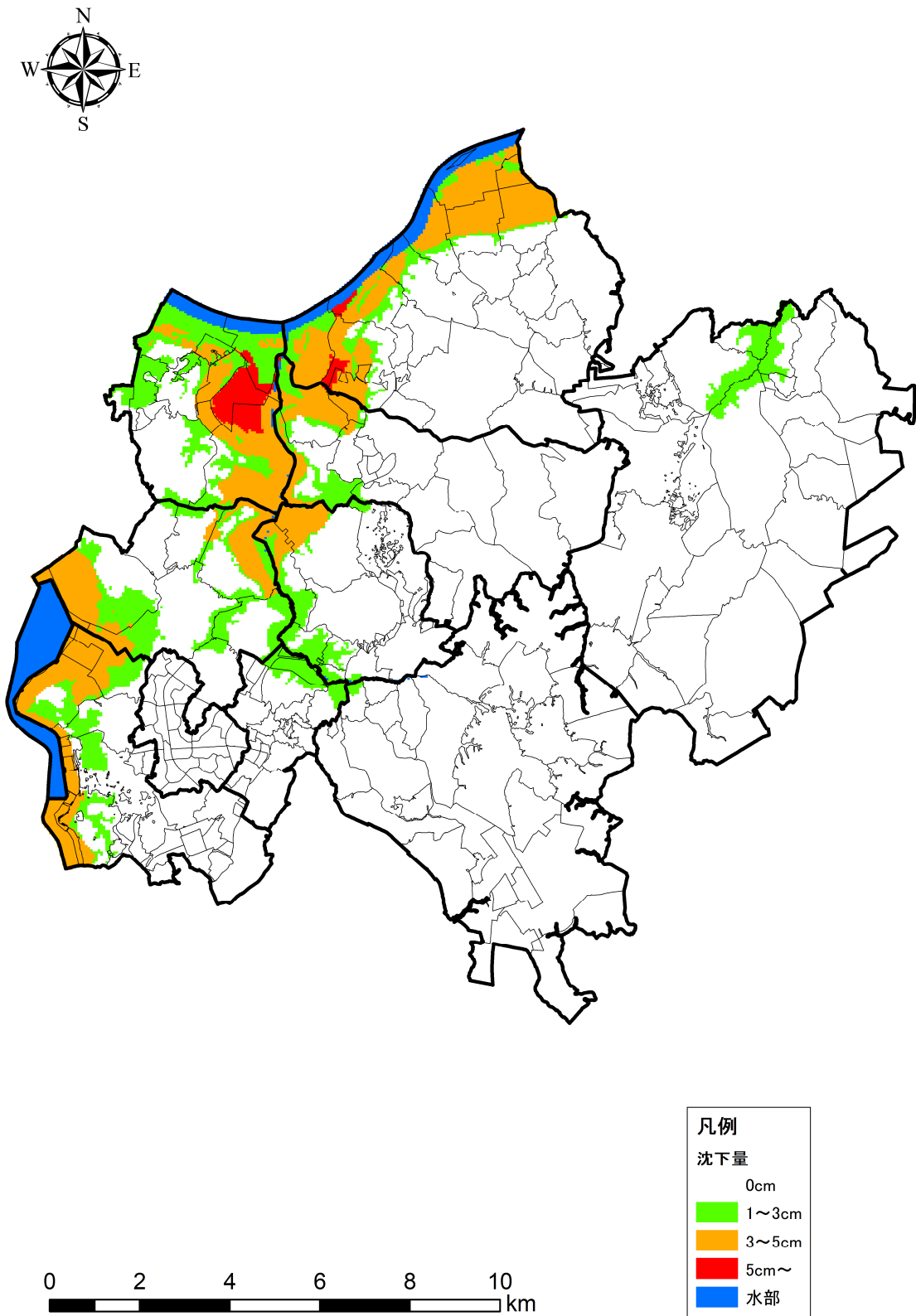


図 3.4.8 液状化沈下量 (A. 千葉県北西部直下地震)

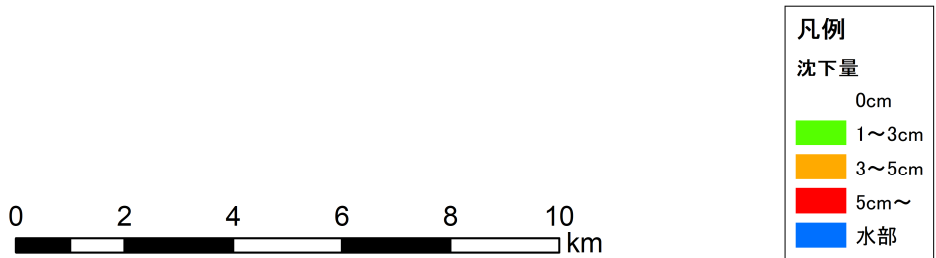
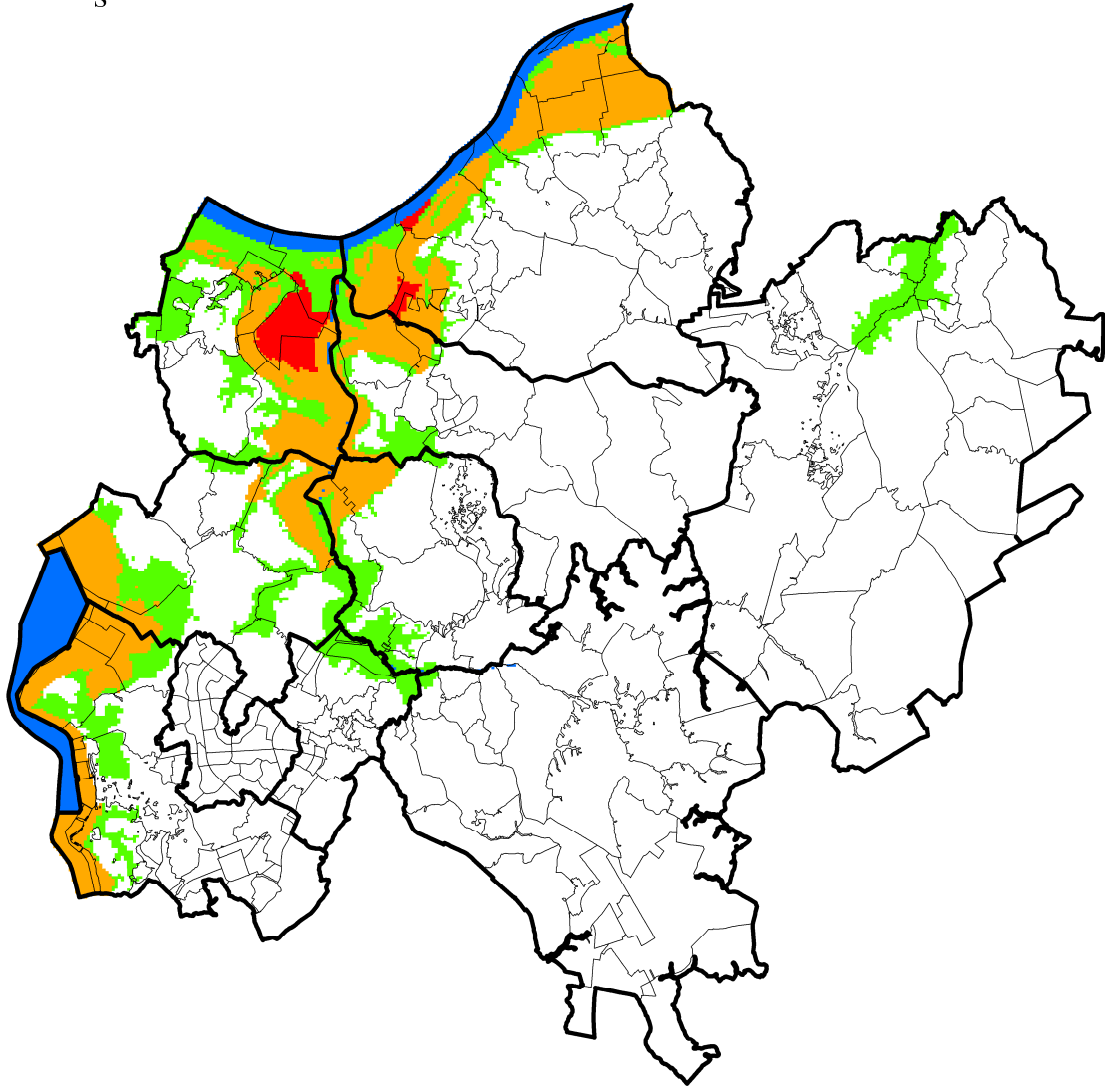


図 3.4.9 液状化沈下量 (B. 成田空港直下地震)

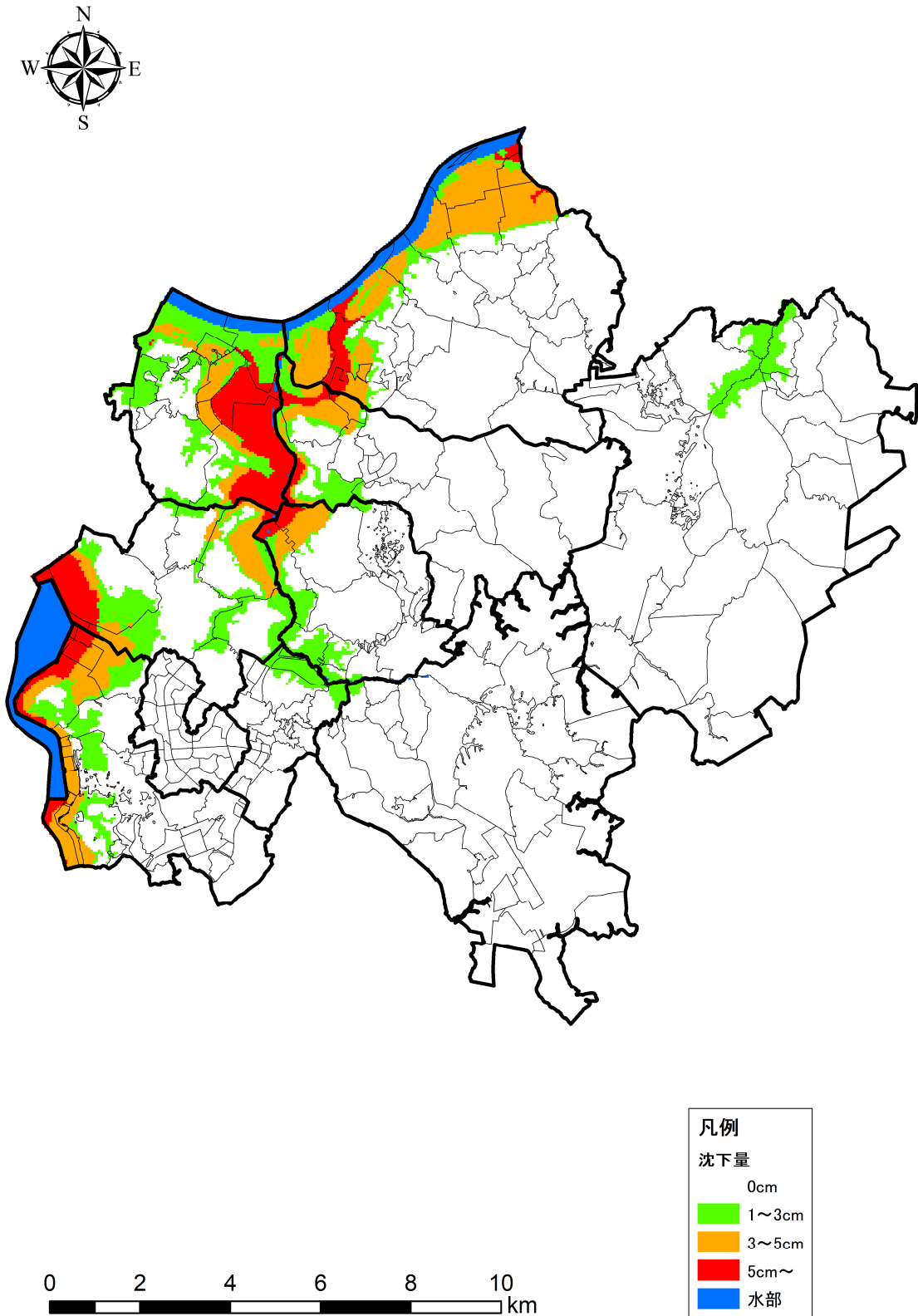


图 3.4.10 液化沈下量 (C. 茨城县南部地震)

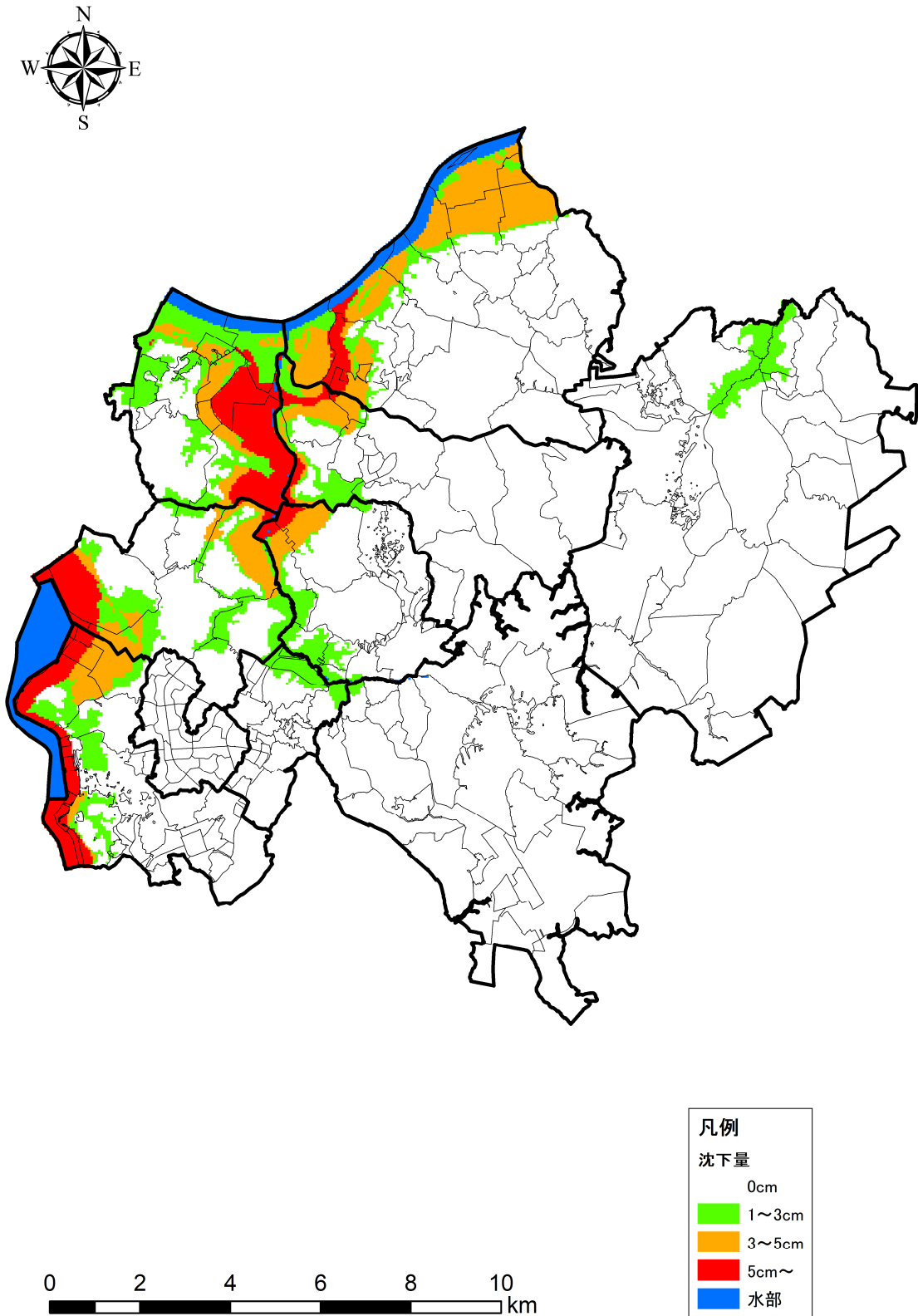


图 3.4.11 液化沈下量 (D. 成田市直下地震)