

岡山南部地域の 地震・液状化・津波

土質工学(株) 橘 徹

本日の内容

自然災害とは？

活断層地震

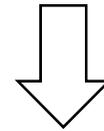
地盤の液状化

津波災害

自然災害とは？

自然災害とは

非日常的な激しい自然現象によって人命や財産に被害が及ぶこと



自然災害をよりよく理解するための枠組みとして
自然災害とは誘因が素因に作用する結果
としてとらえる

誘因：災害を引き起こす自然の力
（地震動や集中豪雨など）

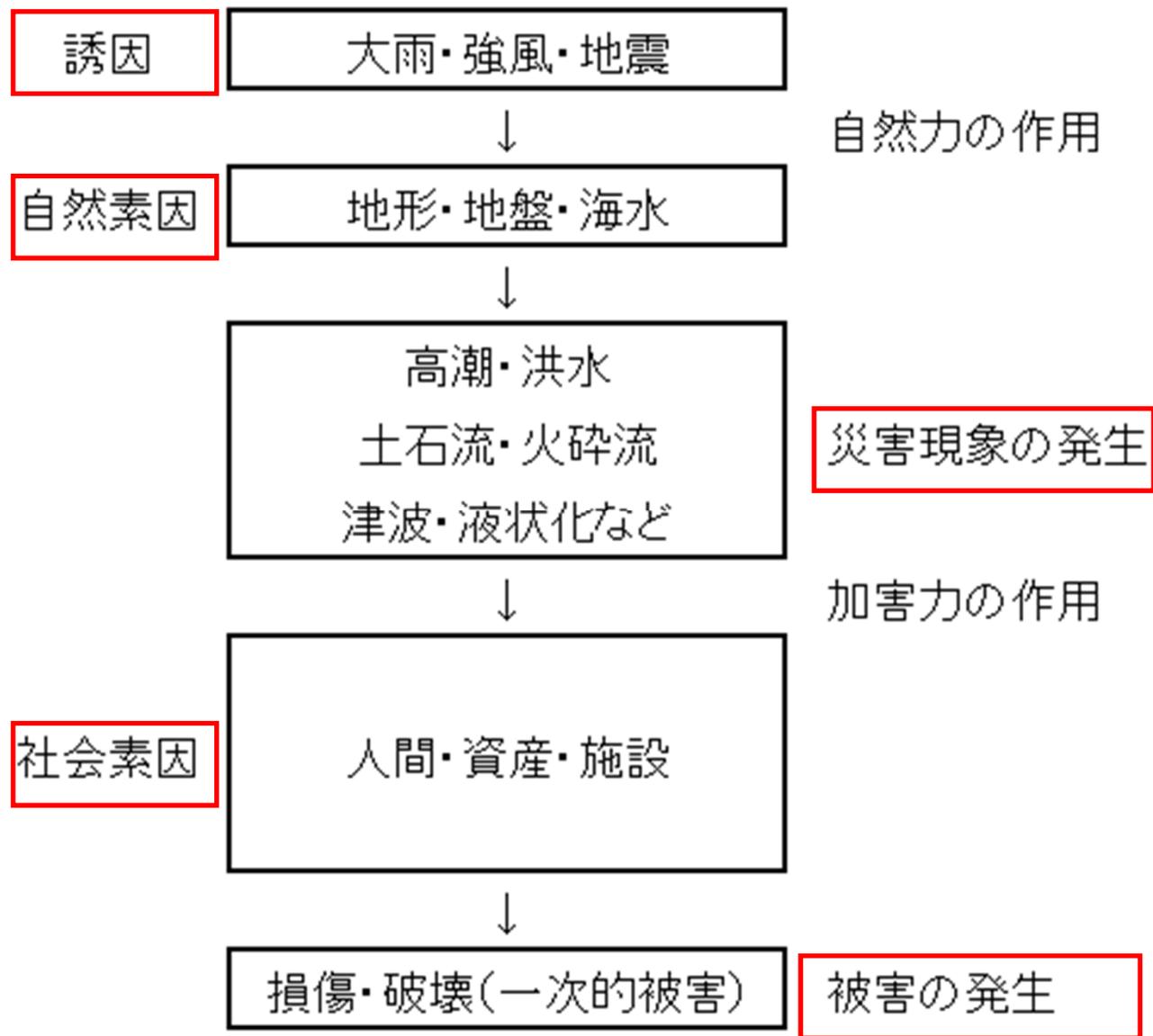
素因：自然素因と社会素因に分けられる

自然素因：災害が発生するような（しやすい）

自然条件（地形や地質、地盤の状態など）

社会素因：災害が発生するような社会的条件

（人口分布や土地利用など）



(防災科学研究所HPの資料を一部改編)

主な誘因と災害現象

誘因	災害現象
地震	強震動（強い揺れ） 液状化 津波
火山	火砕流・溶岩流・火山泥流 噴石・降灰
気象	洪水・土砂災害・雪崩 台風・竜巻 高潮 旱魃
地球外	隕石衝突・宇宙線

参考：気象が誘因となる災害現象



高潮（1959伊勢湾台風）
（山口大学HPより）



洪水（2012年福岡県、矢部川の堤防決壊）
（朝日新聞デジタルHPより）

近年（2007～2016）の日本の主な自然災害

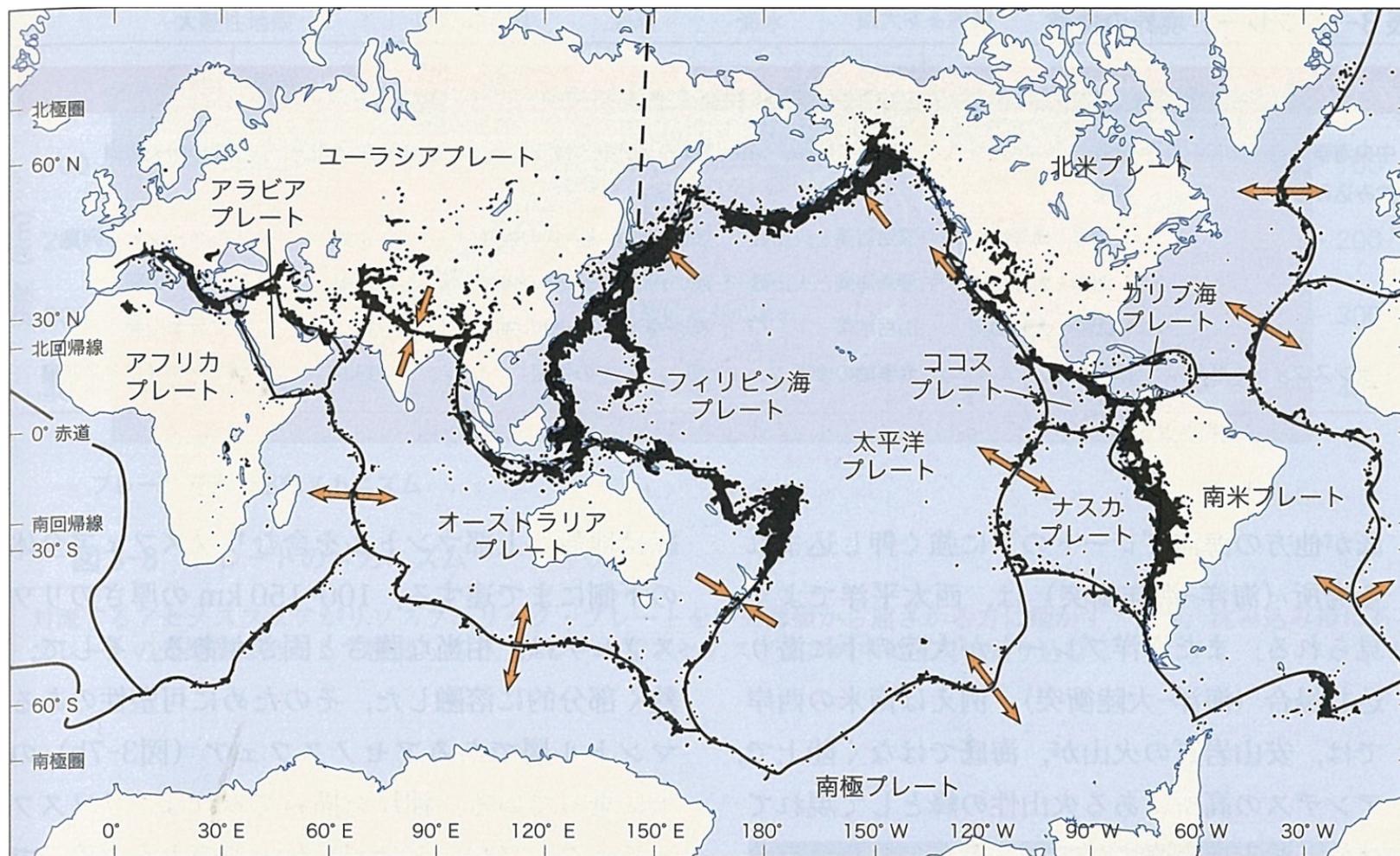
発生年月	誘因	主な災害現象	主な被災地域
2016年4月	熊本地震	強震動・液状化	熊本・大分
2015年9月	豪雨（台風18号）	洪水	茨城・宮城
2014年9月	御嶽山噴火	噴火	長野・岐阜
2014年8月	豪雨	土石流	広島
2013年10月	台風26号	土石流	伊豆大島
2012年7月	豪雨（梅雨前線）	洪水・土砂災害	九州北部
2011年8月	台風12号	土砂災害	奈良・和歌山・三重
2011年3月	東北地震	津波・強震動・液状化	東北～関東
2010年7月	豪雨（梅雨前線）	洪水・土砂災害	九州・山口・広島・岐阜
2009年8月	台風9号	土砂災害	兵庫・岡山
2009年7月	豪雨（梅雨前線）	洪水・土砂災害	九州北部・山口
2008年6月	岩手宮城内陸地震	強震動・崩壊	岩手・宮城
2007年7月	中越沖地震	強震動・崩壊	新潟県
2007年3月	能登半島沖地震	強震動	能登半島

活断層による地震災害

(1) 地震のメカニズムと被害

(2) 岡山地域周辺の活断層

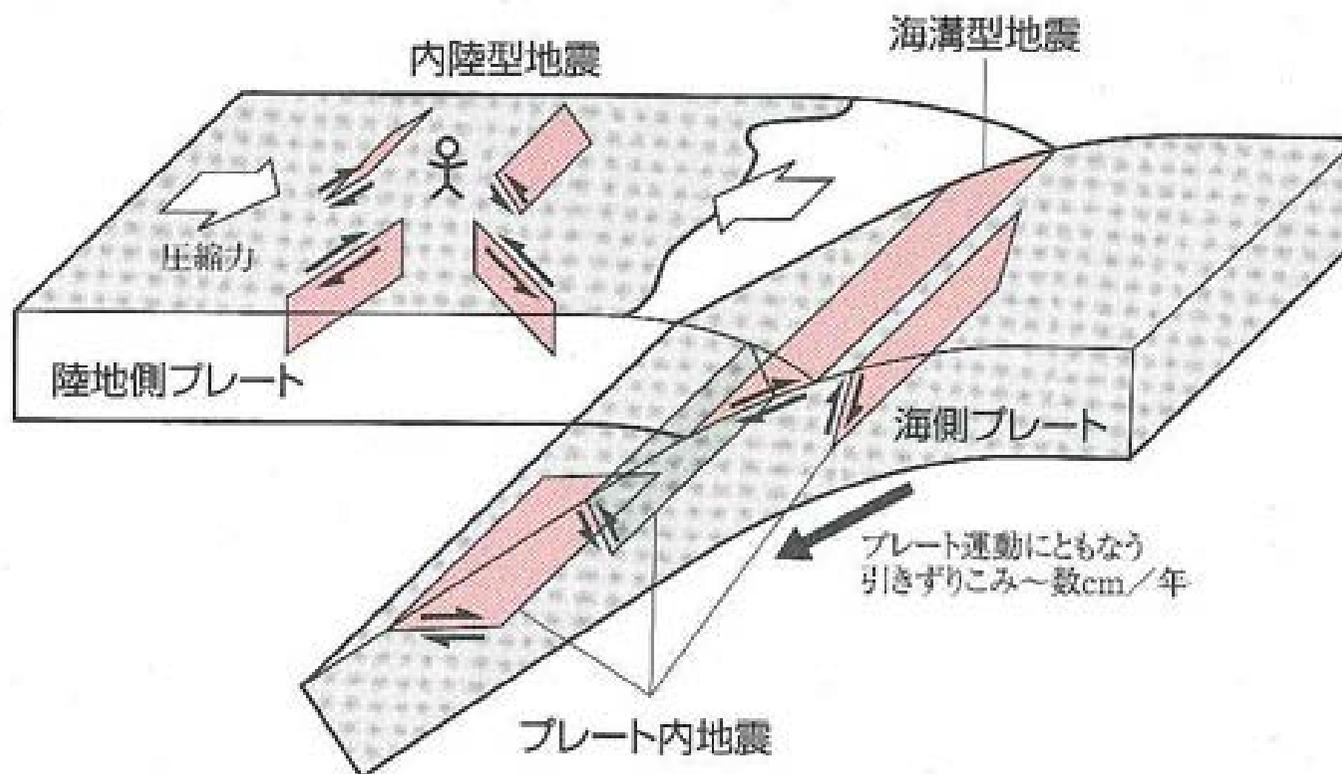
世界の地震の分布



(Pinet, 2006, (木暮他訳). 海洋学, 東海大学出版会を改変)

日本でよく起こる地震は以下の2タイプ

- プレート境界地震 ≡ 海溝型地震
- プレート内地震 ≡ 活断層地震



(国土地理院WEBより)

海溝型地震と活断層地震との違い

	海溝型地震	活断層地震
発生場所	沖合（深海）	主に陸上
間隔と周期	発生間隔が短く、周期的	発生間隔が長く、周期性も不明瞭
規模	最大でM9程度	最大でM8程度
主な災害現象	津波・強震動・液状化	強震動・液状化・地震性斜面災害

プレート境界地震に比べ活断層の地震は規模（マグニチュード）が概して小さい。しかし、生活圏により近いところでおきることが多いため、被害は必ずしも小さくない

活断層とは？

最近の地質時代に繰り返し活動し、**将来も活動する**と考えられる断層

国内で2000ほど確認されているが、未発見のものも多くあると考えられている



(産総研 活断層データベースより)

活断層地形の例（徳島県東みよし町付近）



地表付近に現れた活断層



(産総研 活断層データベースより)

主な活断層地震とその被害



1891年（明治24年）

濃尾地震（M8.0）

主な活断層地震とその被害



1948年（昭和23年）
福井地震（M7.1）

（福井市立郷土歴史博物館WEBより）

主な活断層地震とその被害



1995年（平成7年）
阪神大震災（M7.3）



（神戸震災と戦災資料館HPより）

主な活断層地震とその被害



2016年（平成28年）
熊本地震（M7.3）

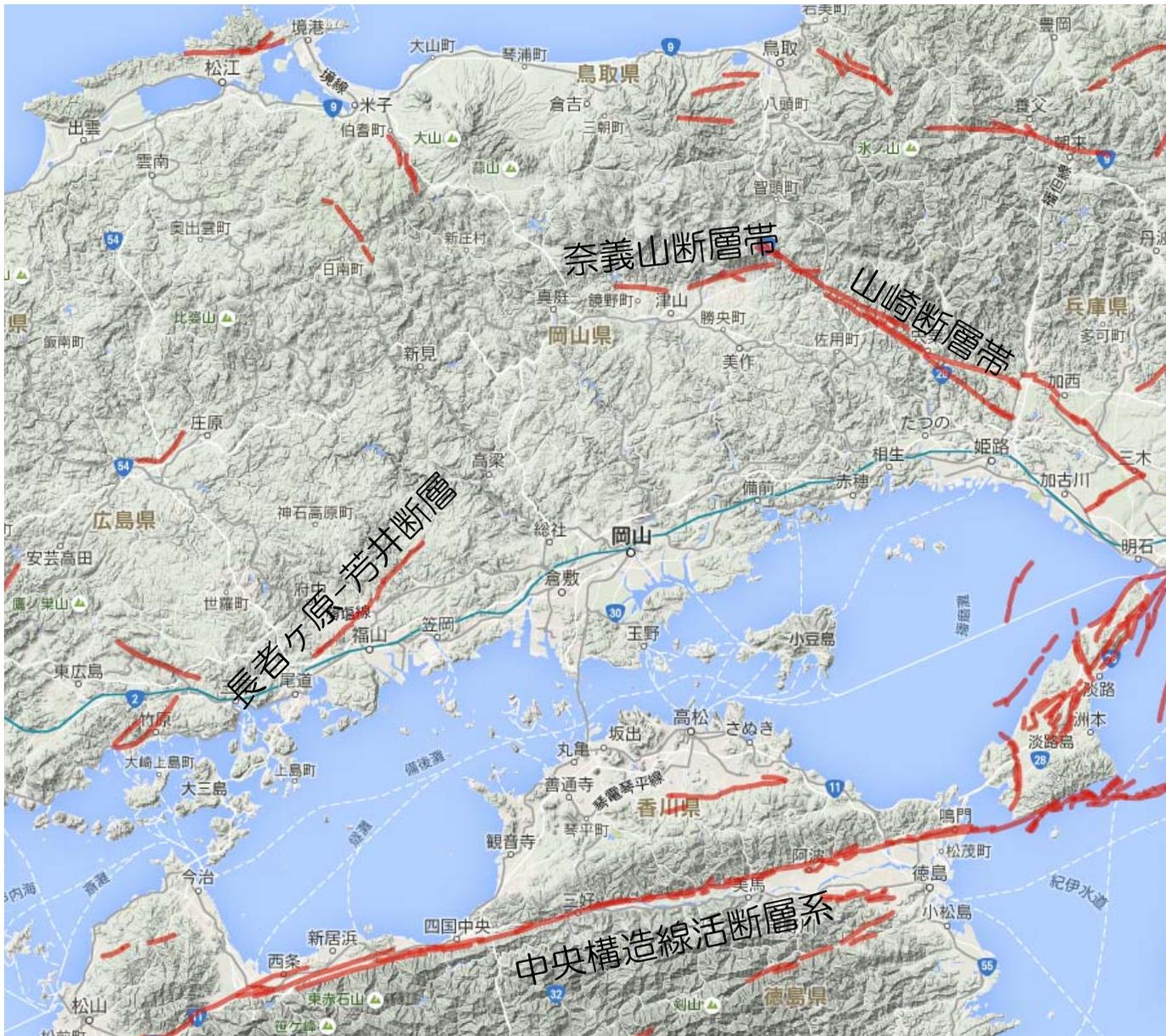
（毎日新聞WEBより）

活断層による地震災害

(1) 地震のメカニズムと被害

(2) 岡山地域周辺の活断層

岡山周辺の活断層



(産総研 活断層データベースより)

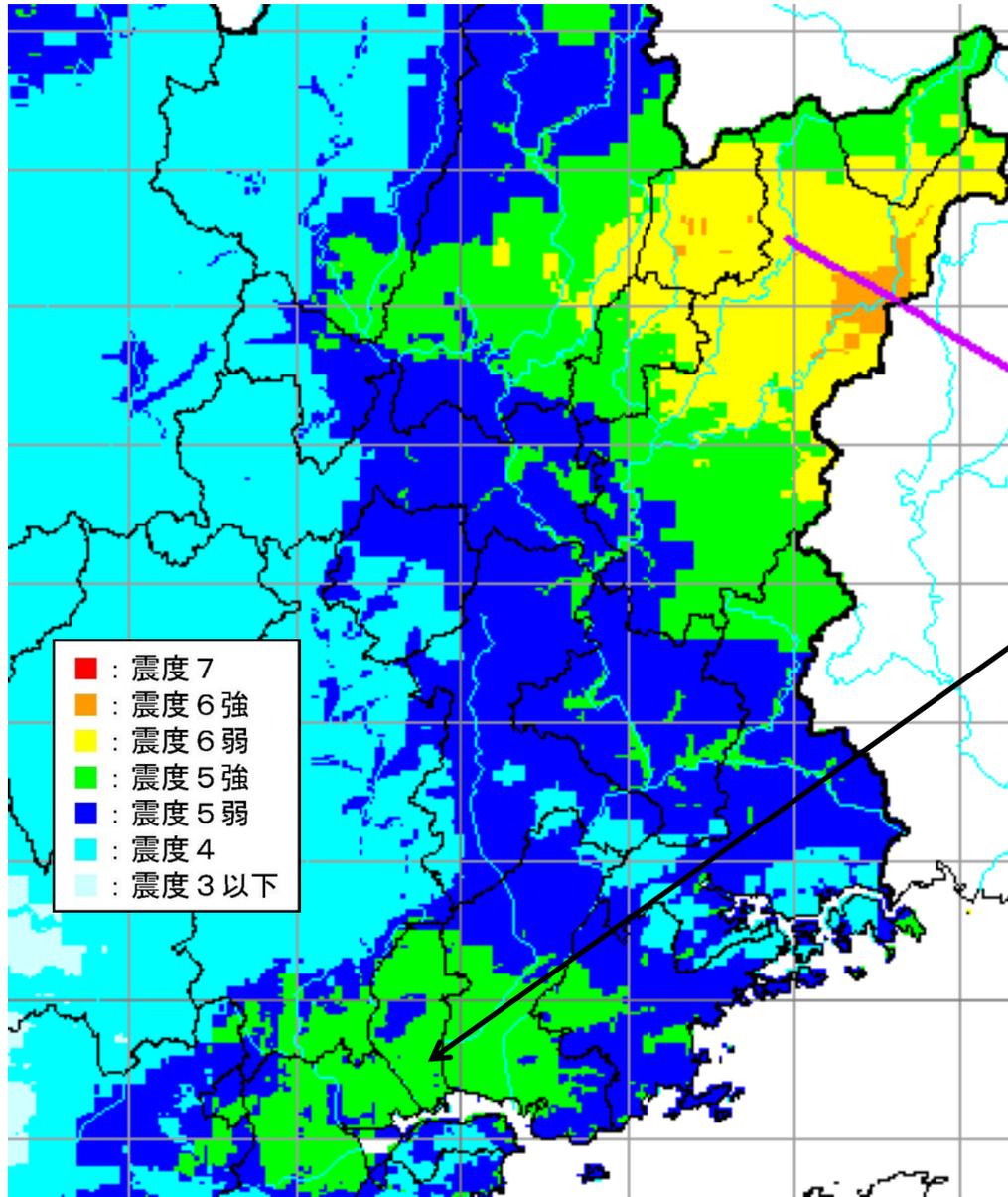
岡山周辺の活断層の規模と震度

断層	マグニチュード	岡山県最大震度
山崎断層帯	M8.0	6強
中央構造線 活断層系	M8.0	6弱
那岐山断層帯	M7.6	6強
長者ヶ原一 芳井断層	M7.4	6強
参考： 南海トラフ巨大地震	M9.0	6強

参考：震度階級（気象庁による）

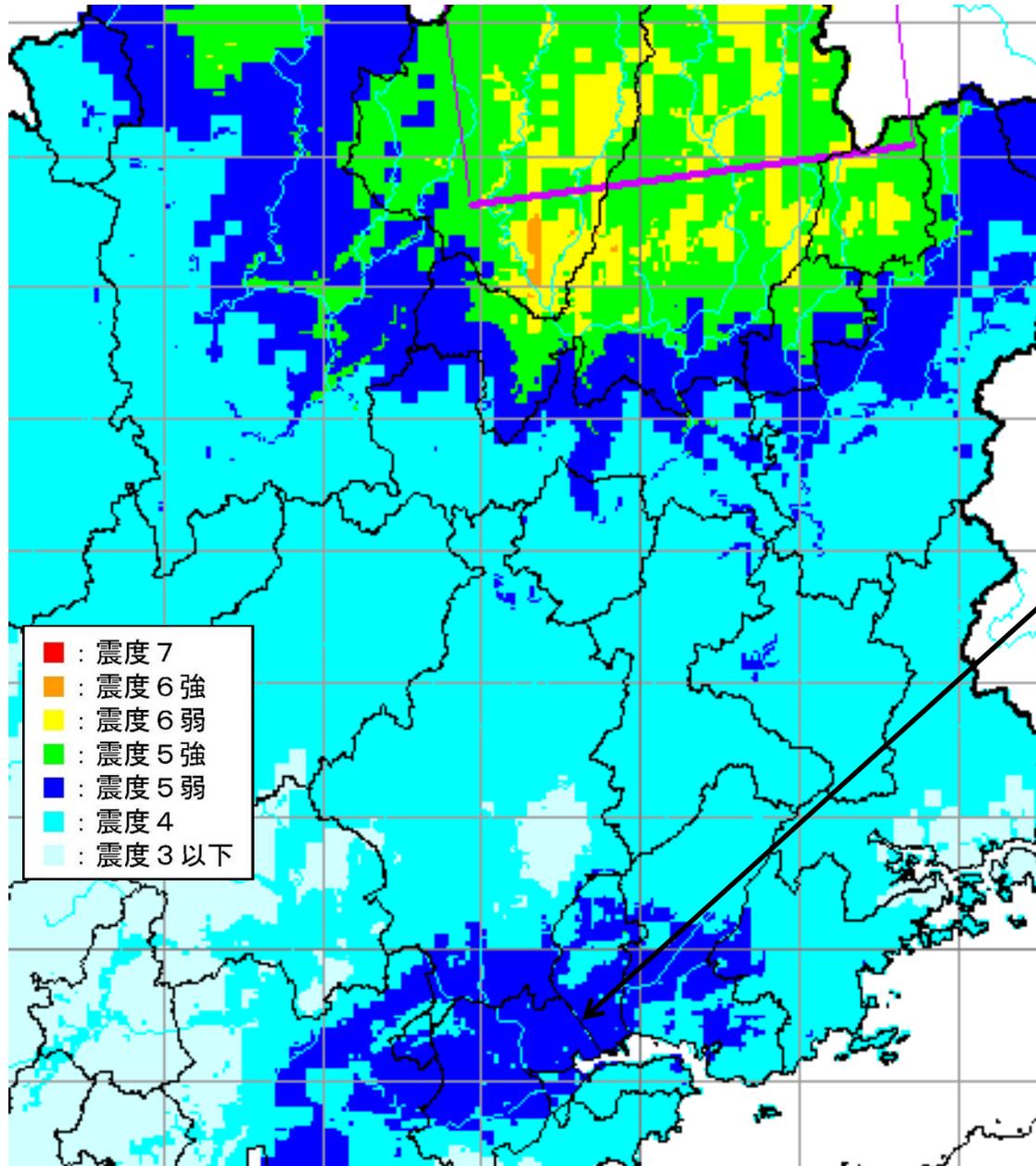
震度階級	人の体感・行動
4	ほとんどの人が驚く。歩いている人のほとんどが、揺れを感じる。眠っている人のほとんどが、目を覚ます。電灯などのつり下げ物は大きく揺れ、棚にある食器類は音を立てる。座りの悪い置物が、倒れることがある。電線が大きく揺れる。自動車を運転していて、揺れに気付く人がいる。
5弱	大半の人が、恐怖を覚え、物につかまりたいと感じる。電灯などのつり下げ物は激しく揺れ、棚にある食器類、書棚の本が落ちることがある。座りの悪い置物の大半が倒れる。固定していない家具が移動することがあり、不安定なものは倒れることがある。まれに窓ガラスが割れて落ちることがある。電柱が揺れるのがわかる。道路に被害が生じることがある。
5強	大半の人が、物につかまらなると歩くことが難しいなど、行動に支障を感じる。棚にある食器類や書棚の本で、落ちるものが多くなる。テレビが台から落ちることがある。固定していない家具が倒れることがある。窓ガラスが割れて落ちることがある。補強されていないブロック塀が崩れることがある。据付けが不十分な自動販売機が倒れることがある。自動車の運転が困難となり、停止する車もある。
6弱	立っていることが困難になる。固定していない家具の大半が移動し、倒れるものもある。ドアが開かなくなることがある。壁のタイルや窓ガラスが破損、落下することがある。
6強	立っていることができず、はわないと動くことができない。揺れにほんろうされ、動くこともできず、飛ばされることもある。固定していない家具のほとんどが移動し、倒れるものが多くなる。壁のタイルや窓ガラスが破損、落下する建物が多くなる。補強されていないブロック塀のほとんどが崩れる。
7	固定していない家具のほとんどが移動したり倒れたりし、飛ぶこともある。壁のタイルや窓ガラスが破損、落下する建物がさらに多くなる。補強されているブロック塀も破損するものがある。

山崎断層帯による揺れ



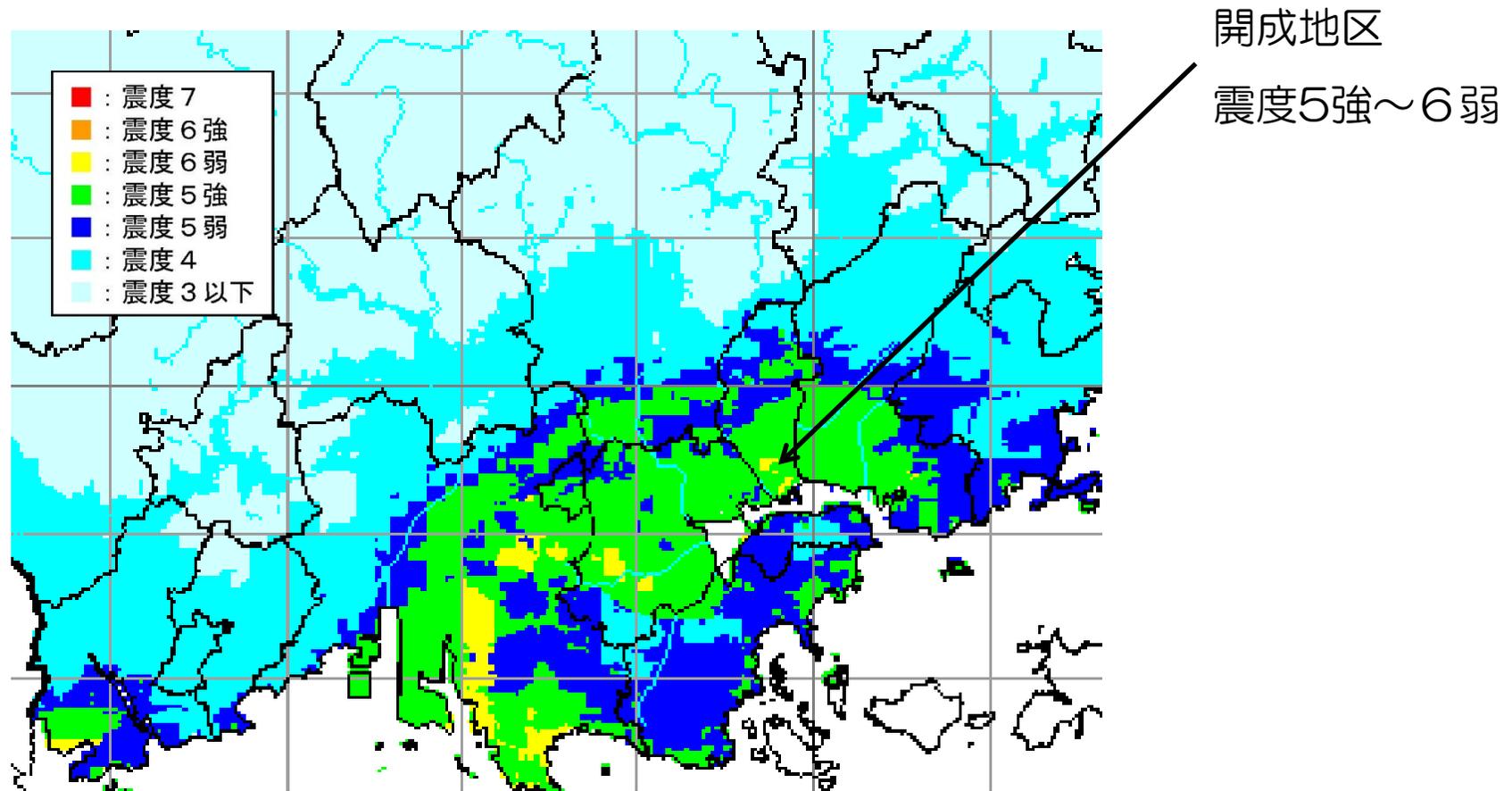
開成地区
震度5強

那岐山断層による揺れ

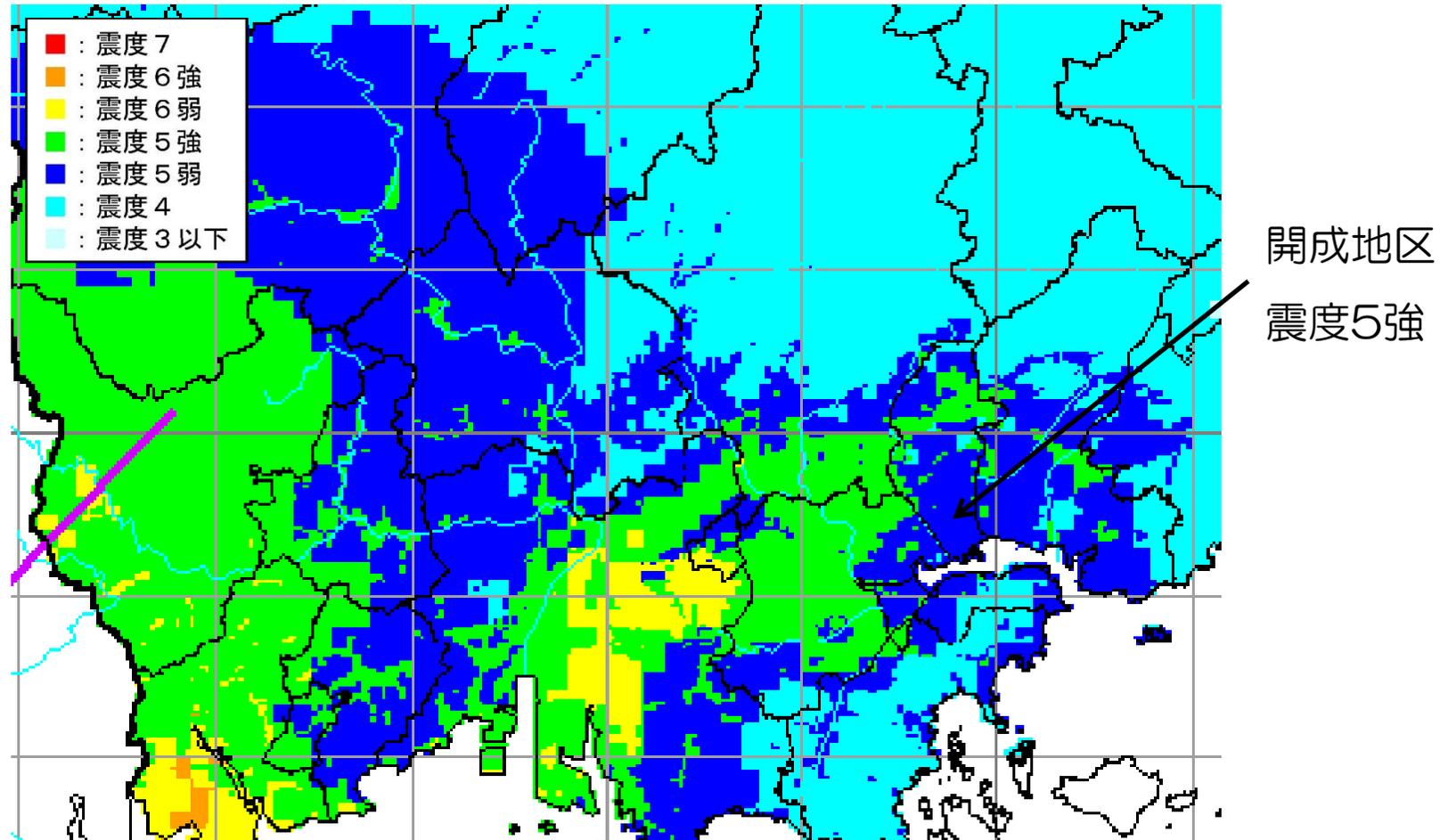


開成地区
震度5弱

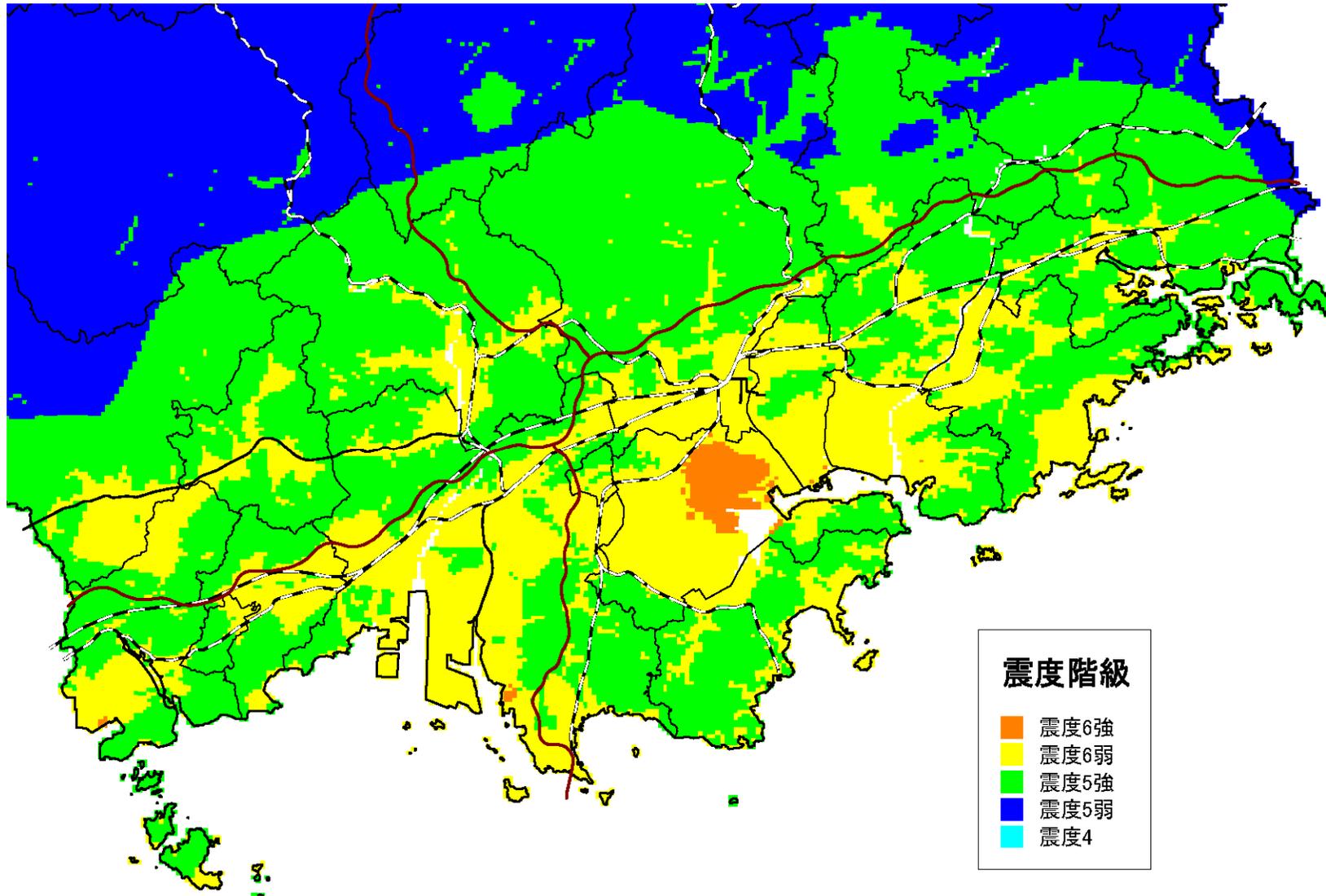
中央構造線による揺れ



長者ヶ原-芳井断層による揺れ



参考：南海トラフ地震による震度予測



活断層地震の対策

発生の確実性や揺れの規模は南海トラフ地震のほうが上

活断層地震で起きる被害は揺れによる倒壊と液状化；南海トラフ地震で起きる被害は揺れによる倒壊と液状化と津波

開成地区では、まずは南海トラフ地震に備えるべき

ただし、活断層地震があることも忘れないほうがよい

液状化災害

- (1) 地盤の液状化とは？
- (2) 岡山南部の誘因・素因
- (3) 液状化の対策

地盤の液状化とは？

地震による揺れによって地盤が液体状になること。

液状化によって、地表に泥水が噴き出したり、建物が沈下や倒壊したり、地下埋設物（上下水道管やガス管）が破損するといった被害が発生する。

液状化被害の実例



噴砂の瞬間

(1983日本海中部地震)

(若松、2011より)

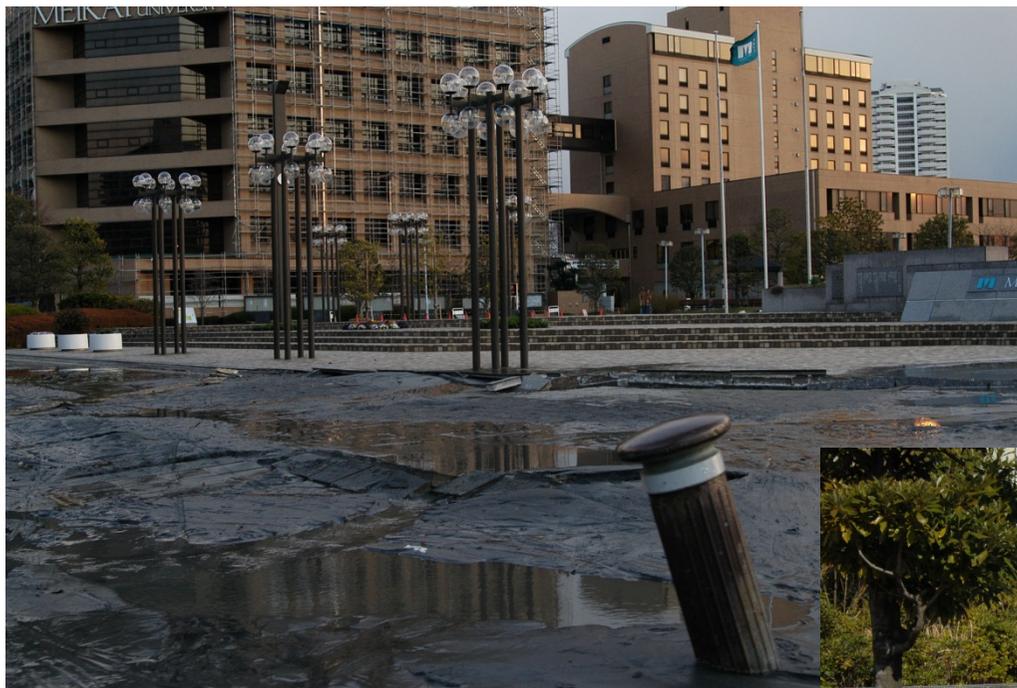


液状化による湛水

(2007中越沖地震)

(若松、2011より)

液状化被害の実例



噴砂と水（2011東日本大震災）
（浦安震災アーカイブ（WEB）
より）

液状化による噴砂の堆積
（2011東日本大震災）
（浦安震災アーカイブ（WEB）より）



液状化被害の実例



アパートの傾倒

(1964新潟地震)

(若松、2011より)

住宅の傾倒

(1995阪神大震災)

(若松、2011より)



液状化被害の実例



建物の沈下・塀の倒壊
(2016熊本地震)

(村上・永瀬、2016より)

建物の周囲の地盤の沈下

(2011東日本大震災)

(浦安震災アーカイブ (WEB) より)



液状化被害の実例



マンホールの浮上がり
(2011東日本大震災)
(浦安震災アーカイブ (WEB)
より)

地下埋設タンクの浮上がり
(1993北海道南西沖地震)
(若松、2011より)



液状化被害の実例



護岸の流動

(1983日本海中部地震)

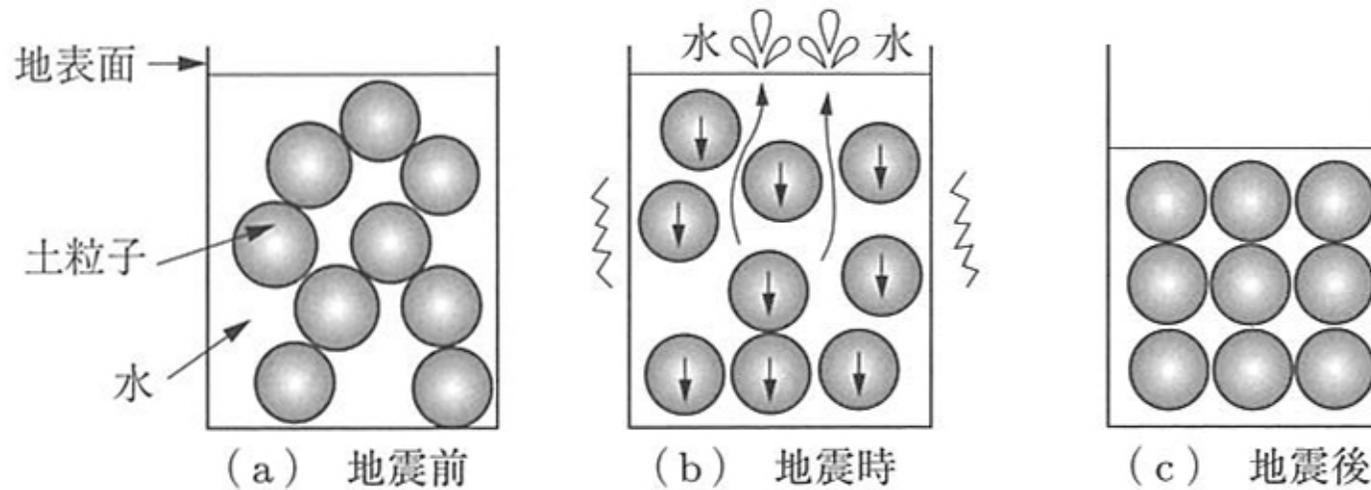
(若松、2011より)



耕作地の地割れ・噴砂
(2016熊本地震)

(村上・永瀬、2016より)

液状化のメカニズム

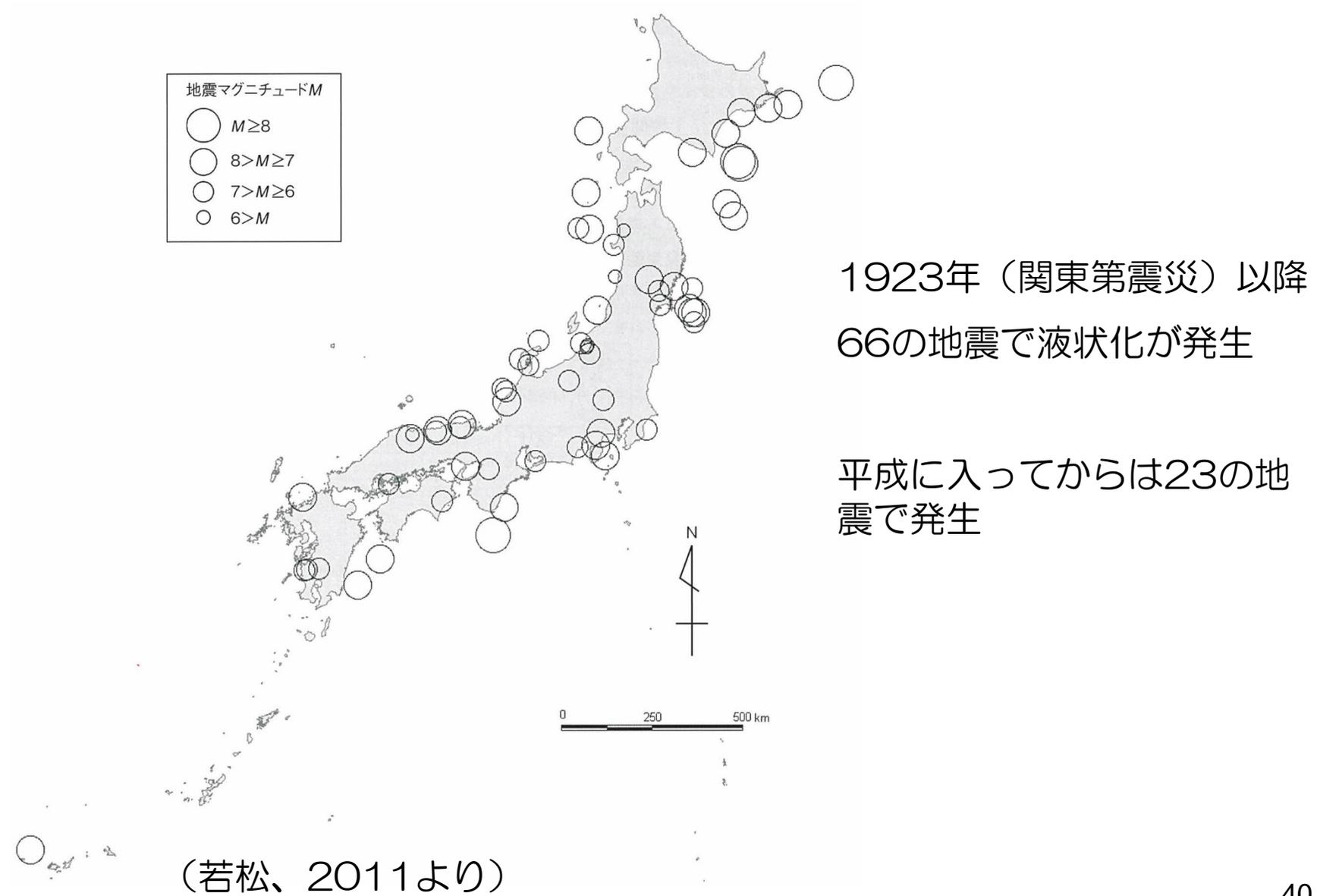


誘因：地震動

素因：緩く詰まった砂質土

高い（地表付近までである）地下水位

液状化の誘因：地震動



液状化の誘因：地震動

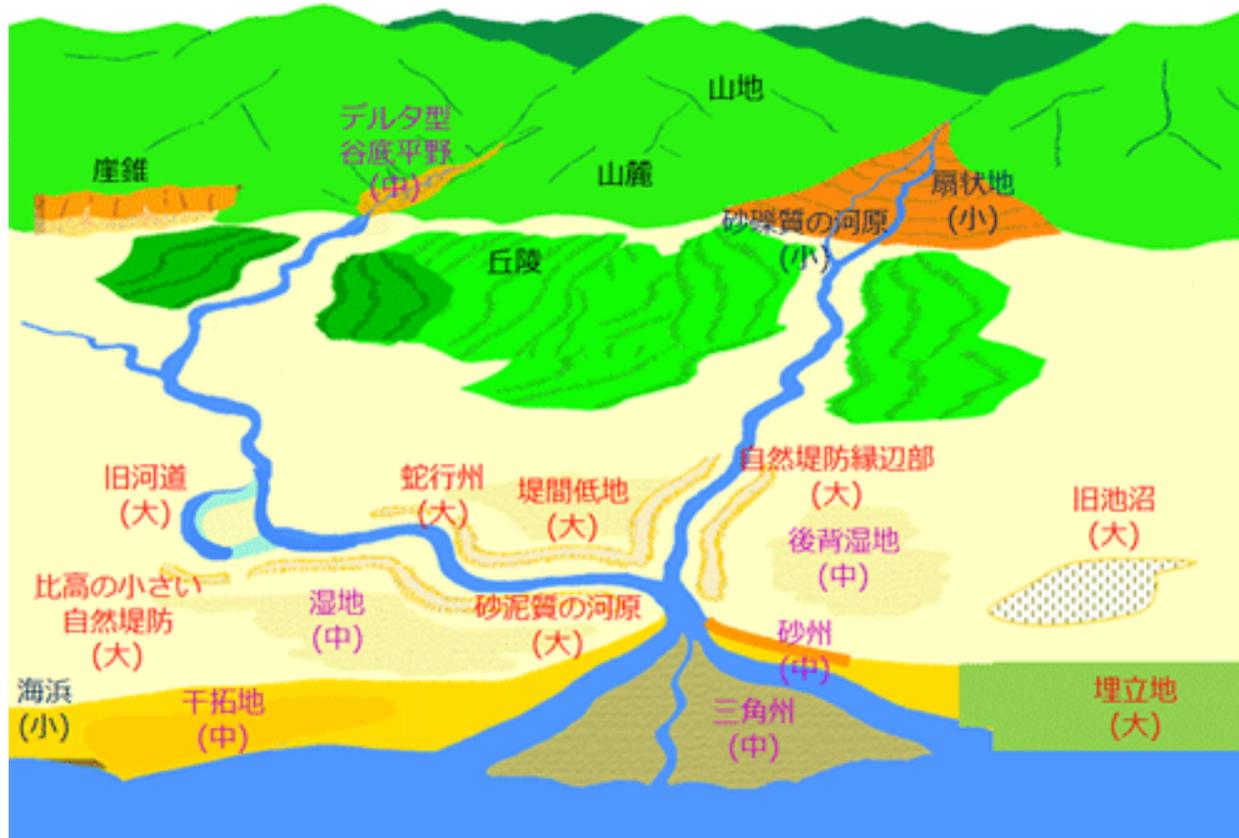
震度階級	地盤の状況
5弱～5強	亀裂や液状化が生じることがある
6弱	地割れが生じることがある
6強～7	大きな地割れが生じることがある

液状化が発生する震度

(気象庁WEBを一部改変)

液状化の素因：地盤条件

地盤が砂質で、かつ地下水位が高い場所



河川地形と液状化

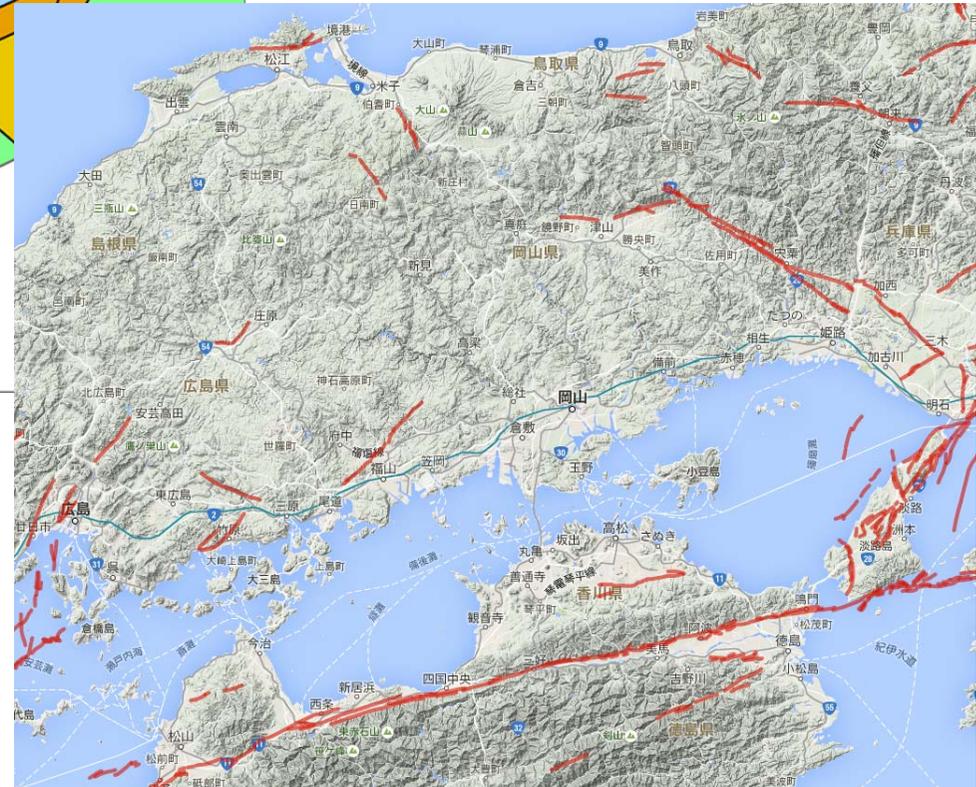
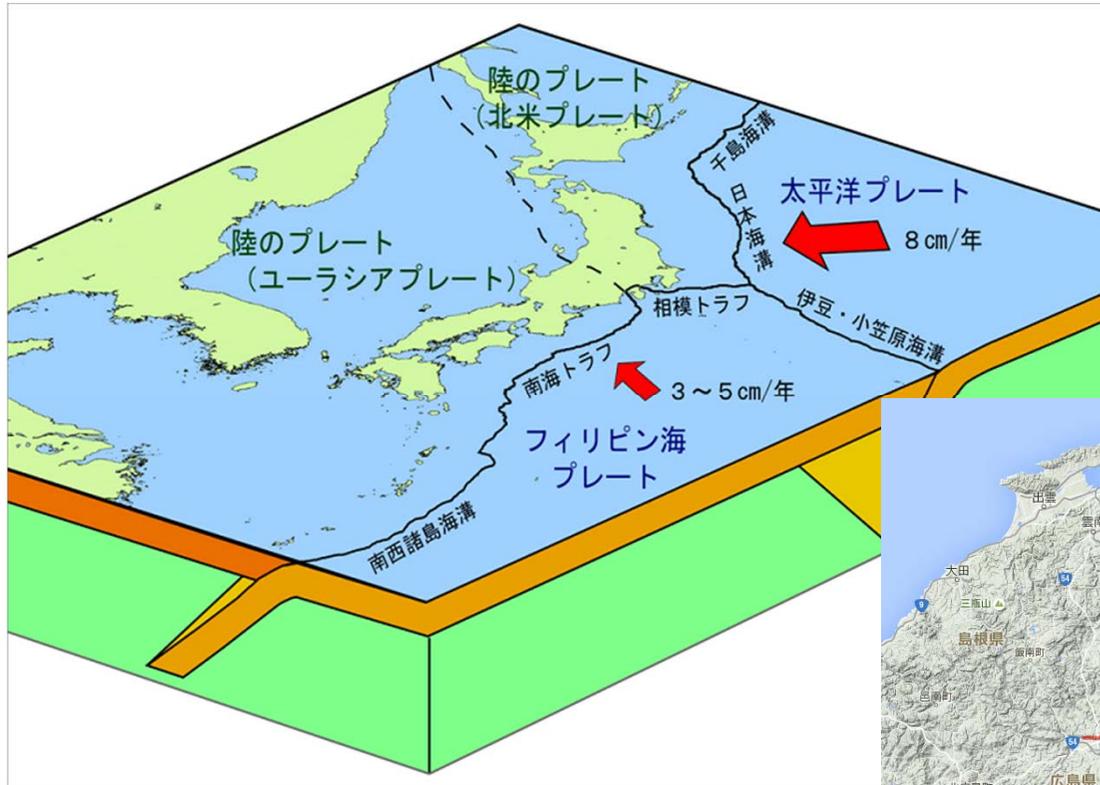
(日本建築学会WEBより)

液状化災害

- (1) 地盤の液状化とは？
- (2) 岡山南部の誘因・素因**
- (3) 液状化の対策

岡山県南部地域の誘因

日本列島周辺のプレート配置
(気象庁WEBより)

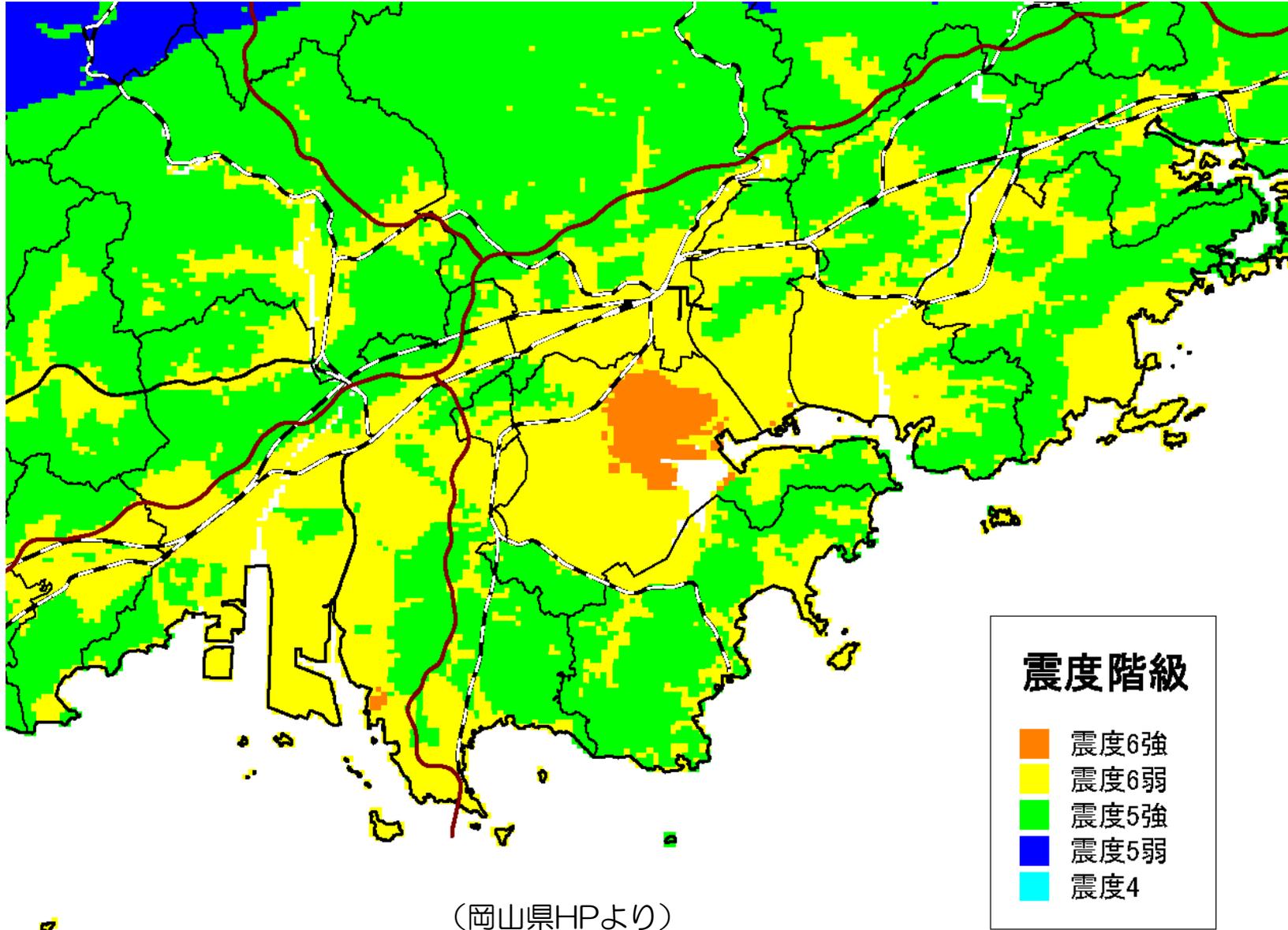


岡山周辺の活断層
(産総研WEBより)

岡山県南部地域に震度5以上をもたらす地震

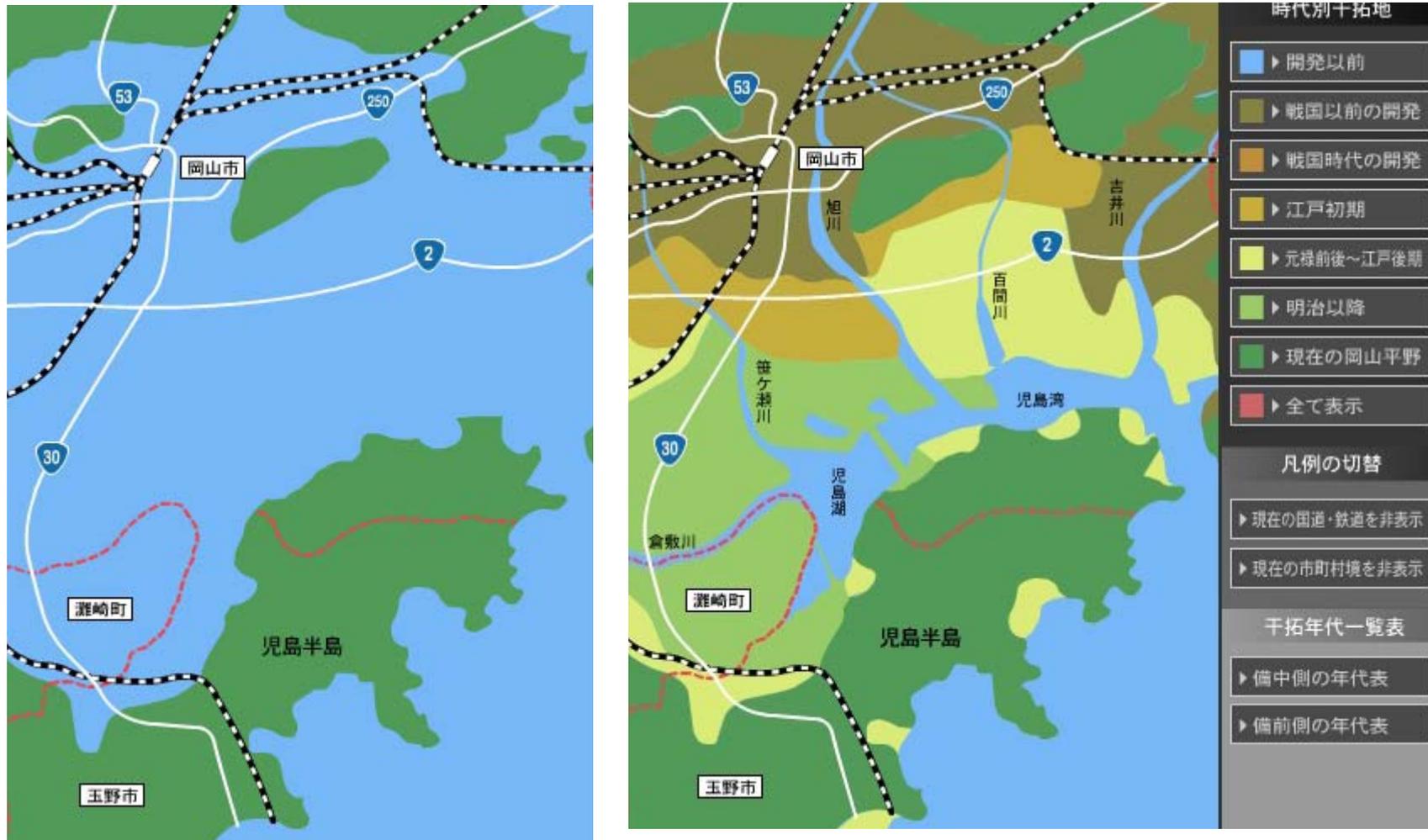
震源	マグニチュード	最大震度
南海トラフ	M9.0	6強
山崎断層帯	M8.0	6強
中央構造線 活断層系	M8.0	6弱
那岐山断層帯	M7.6	6強
長者ヶ原一 芳井断層	M7.4	6強

岡山地域の現状（南海トラフ地震による震度予測）



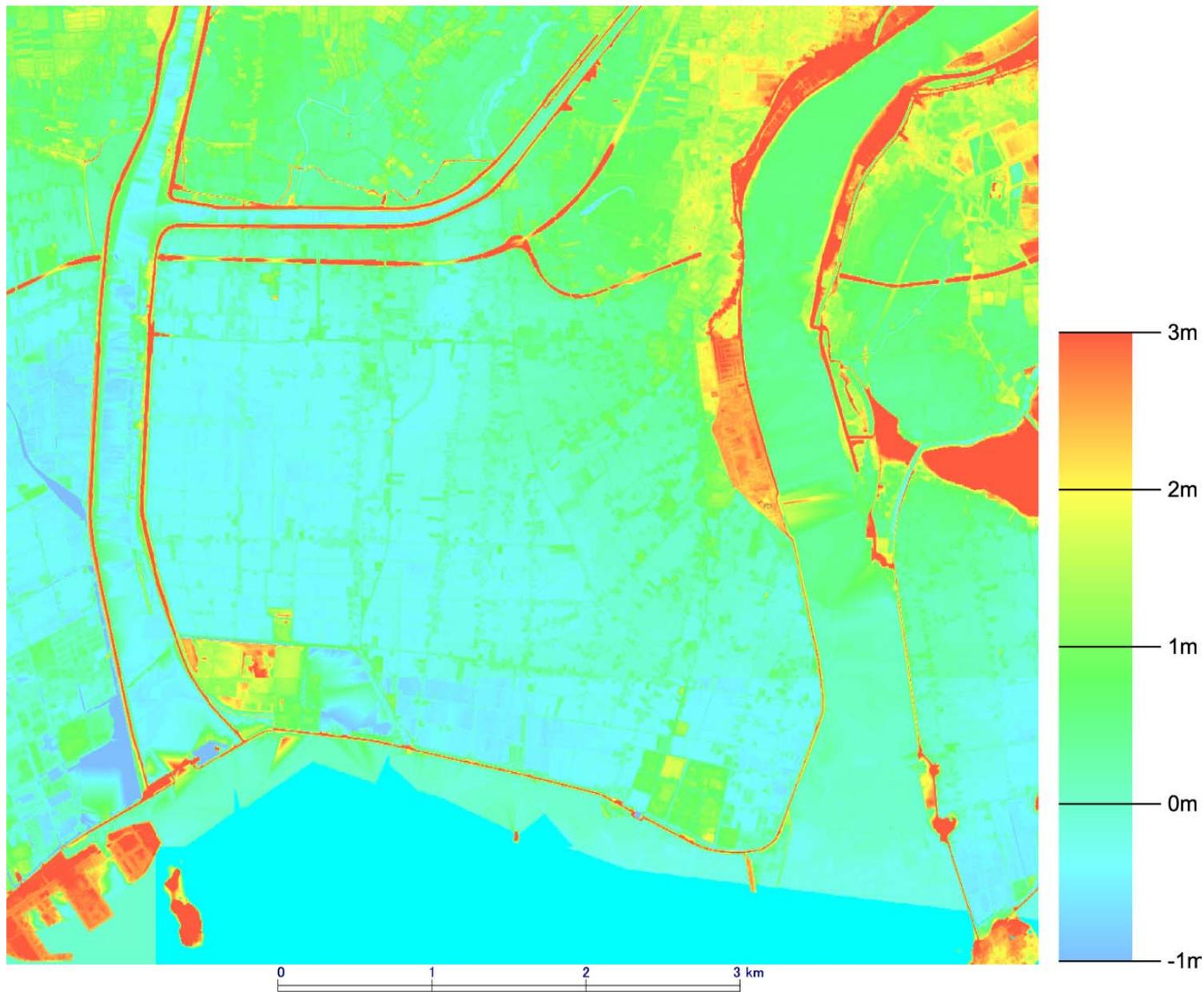
素因：岡山南部の地形と地質

岡山平野の成り立ち：干拓により標高の低く、軟弱な低地が広がることとなった

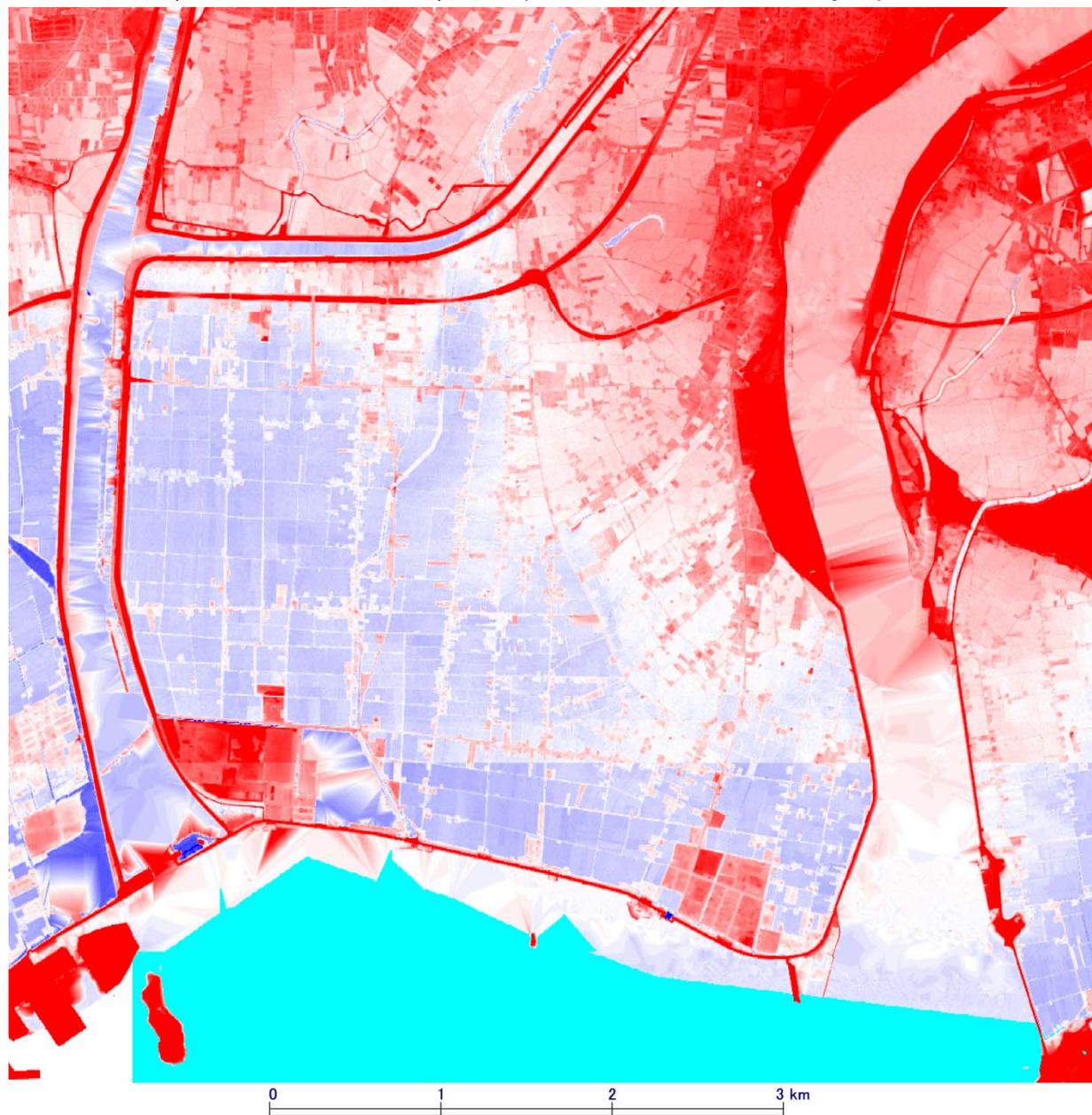


(水土の礎HPより)

素因：岡山南部の地形と地質



素因：岡山南部の地形と地質



素因：岡山南部の地形と地質



(産総研 シームレス地質図より)

素因：岡山南部の地形と地質



(岡山県地盤情報WEBより)

岡山県の液状化災害

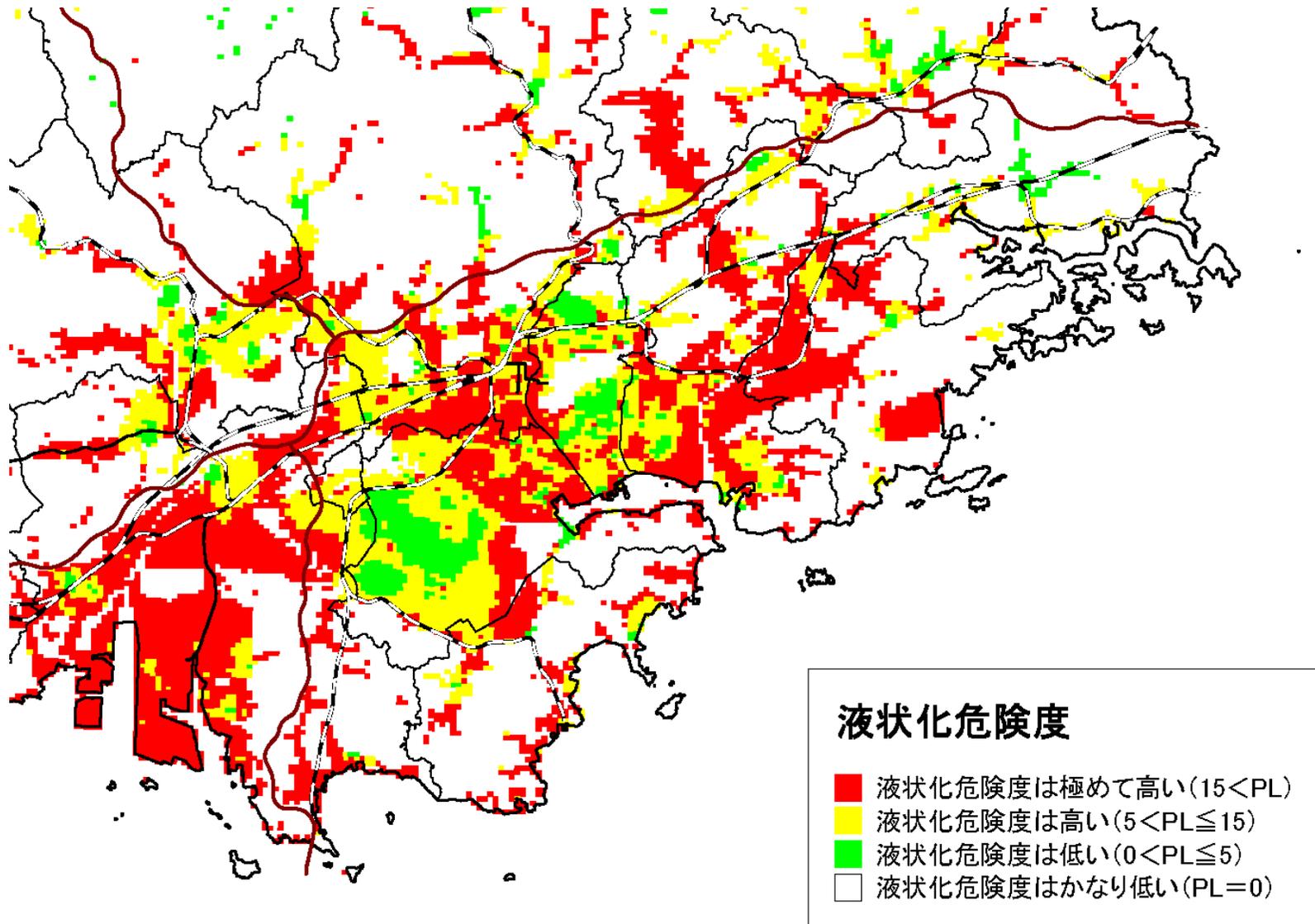
1854安政南海地震（M8.4程度、岡山の震度4～6と推定される）

田んぼが割れ、そこから青い泥水が噴き出した等、液状化によるものと考えられる被害が古文書記録として残されている

1946昭和南海地震（M8.0、岡山の震度4～6）

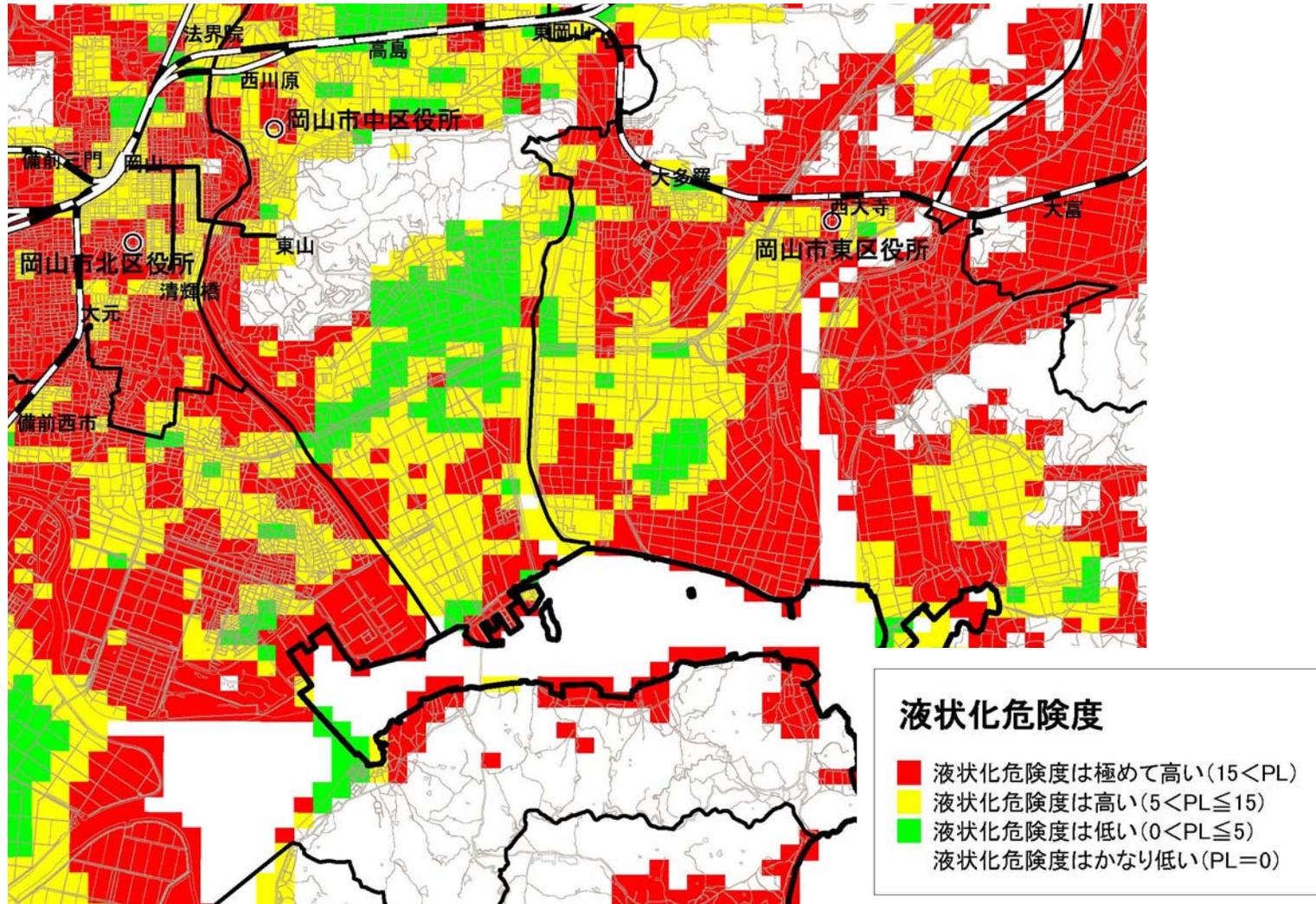
この地震による県内の被害の主要な災害現象は液状化であった（津波は到達したが被害はなかったかごくわずかであったと考えられる）

南海トラフ地震による液状化危険度予測



(岡山県WEBより)

南海トラフ地震による液状化危険度予測



(岡山県WEBより)

液状化災害

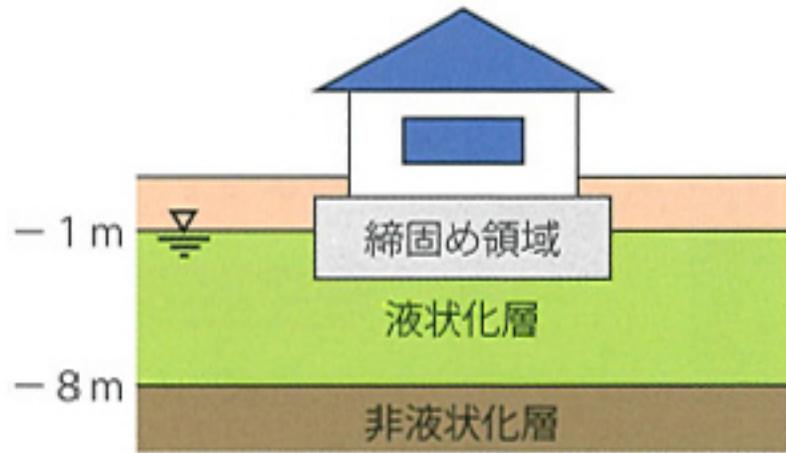
- (1) 地盤の液状化とは？
- (2) 岡山南部の誘因・素因
- (3) 液状化の対策**

基本的な考え方

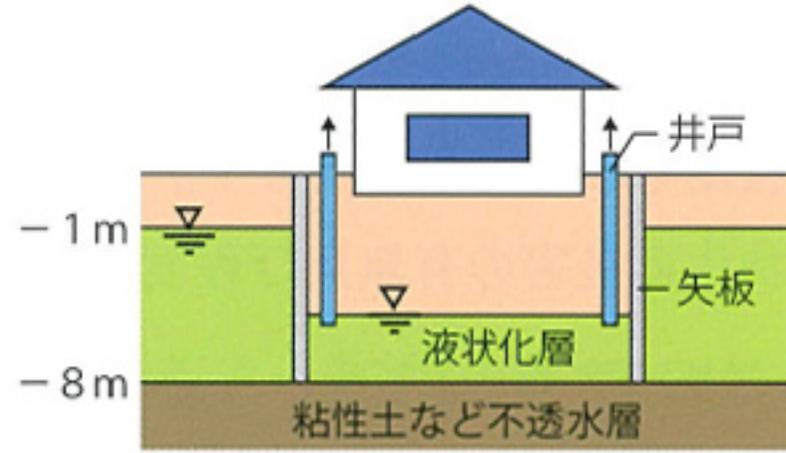
誘因（地震）をなくすことは不可能
素因（地盤条件）をなくすようにする

着目点	主な工法
液状化を発生させない	
地盤を強化	締め固め 格子状改良 薬液注入
地下水の影響を抑える	井戸排水（地下水低下）
液状化被害を低減させる	
	小口径杭 べた基礎

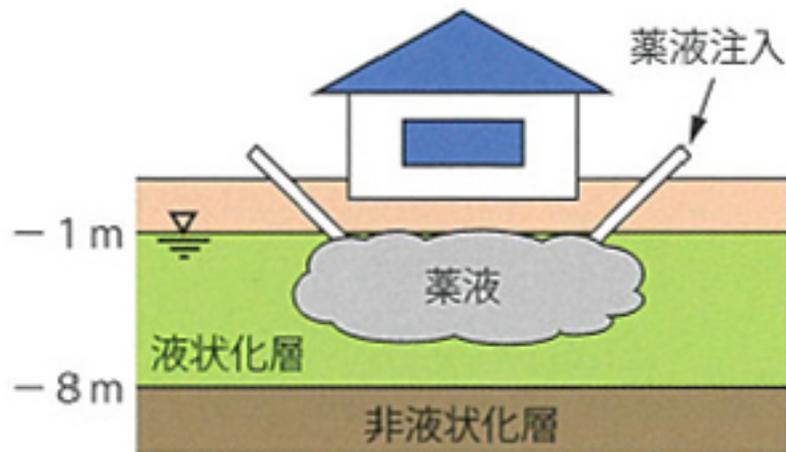
液状化を発生させない方法



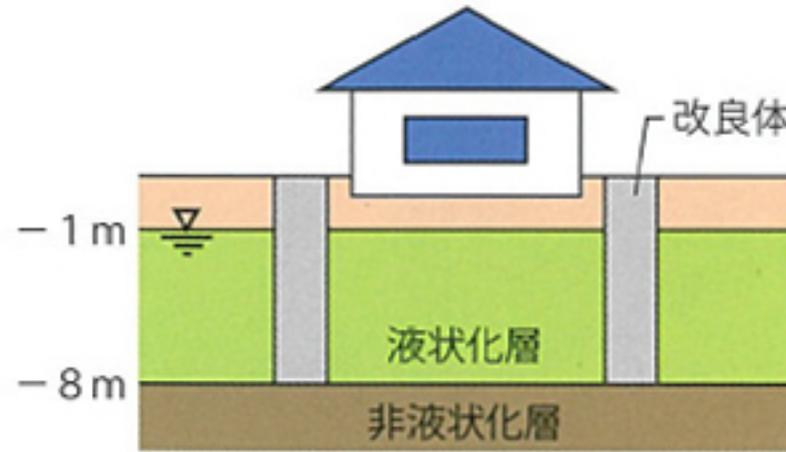
① 圧入締固め工法



③ 地下水位低下工法



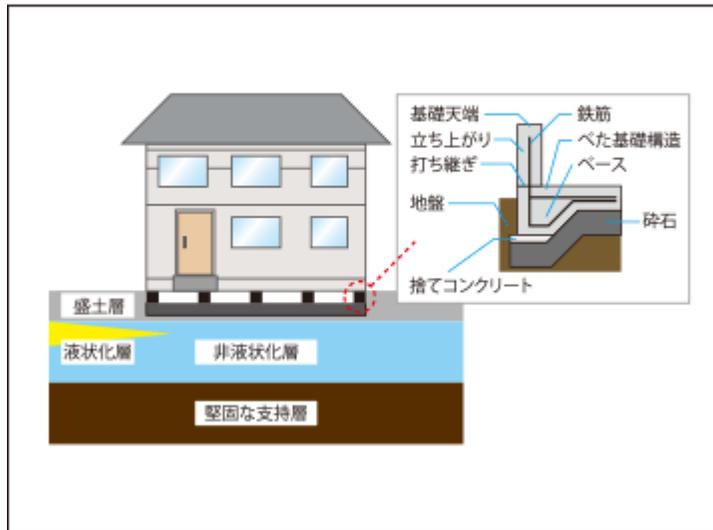
② 薬液等注入工法



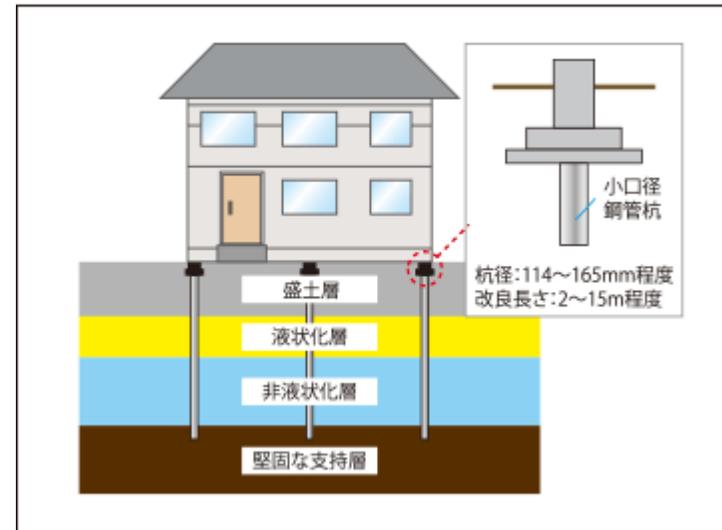
④ 格子状改良工法

液状化被害を低減させる方法

直接基礎(べた基礎)



小口径杭工法



(東京都WEBより)

液状化対策をすべきか・・・？

- 想定すべき地震は南海トラフ地震
- 2050年頃に発生しそうであるが、誤差は数10年
- 地震の規模はM8～M9と考えられる

M8であれば津波被害はほとんどないであろうが、液状化は発生する可能性大

M9であれば開成地区にも津波が押し寄せる可能性大

津波災害

(1) 津波とは？

(2) 岡山南部地域の津波

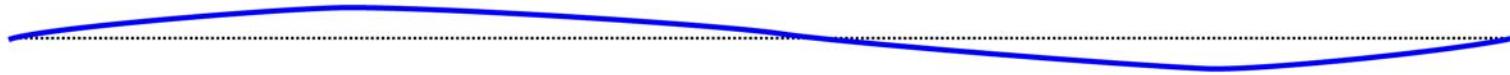
(3) 津波の防災・減災対策



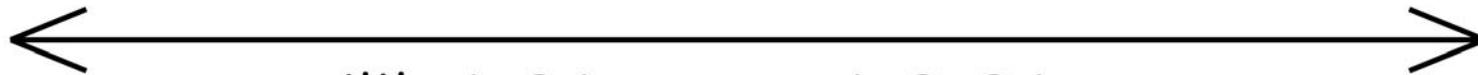
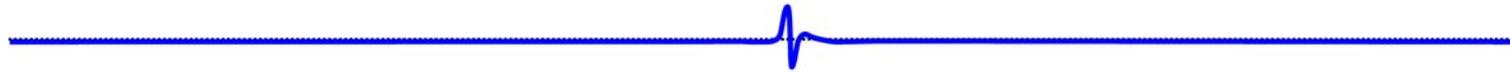
津波（2011東日本大震災）
（毎日新聞社ヘリより撮影されたもの）

津波とはどういうものか
(普通の波とどうちがうのか)

津波

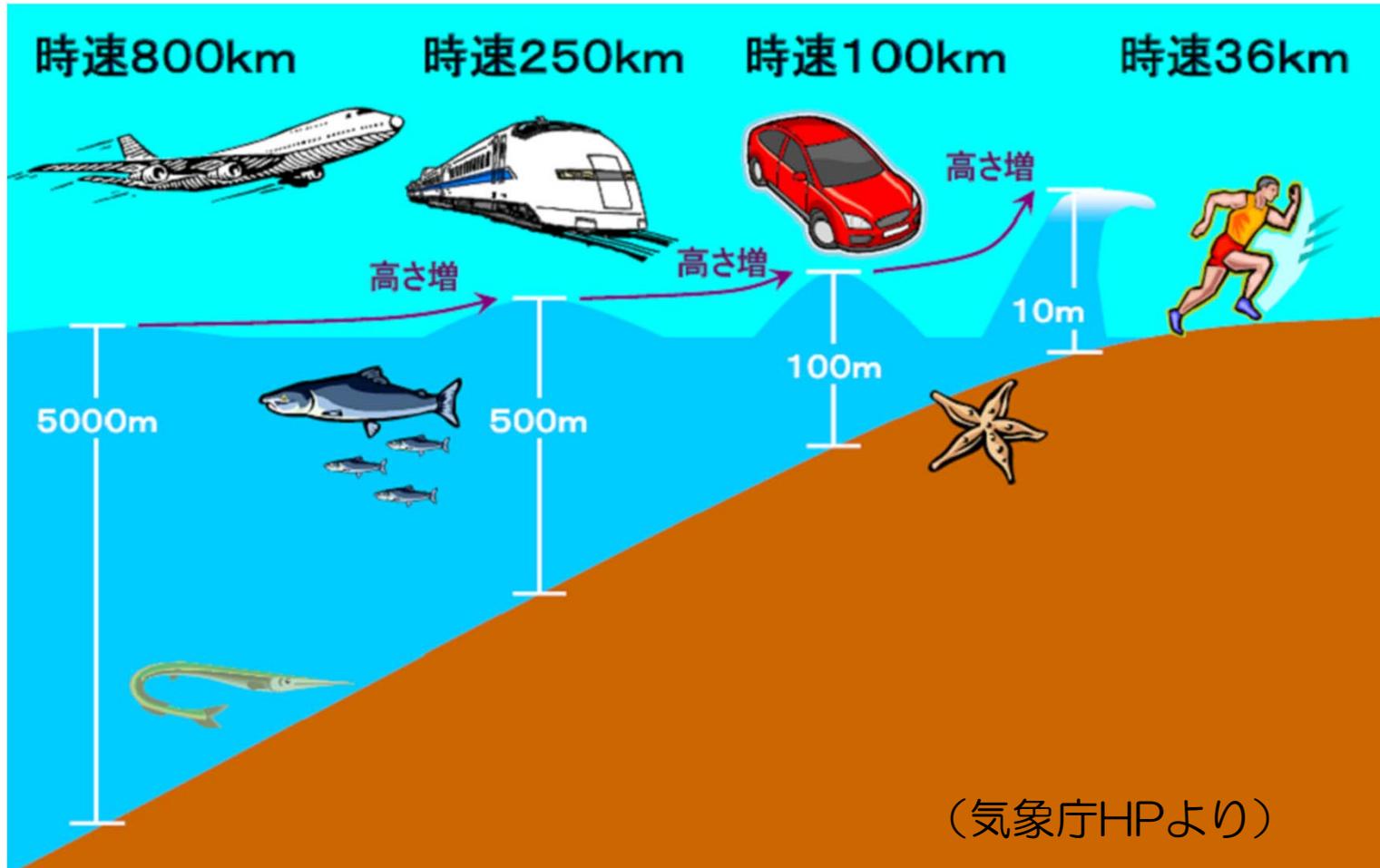


波浪 (いわゆる”波”)



数10km~100km

津波の伝播



沖合で発生した津波は海岸に近付くにつれて高くなる（浅水変形）



田老地区中心部の被災状況



農地の被災状況の例（宮城県亘理町）

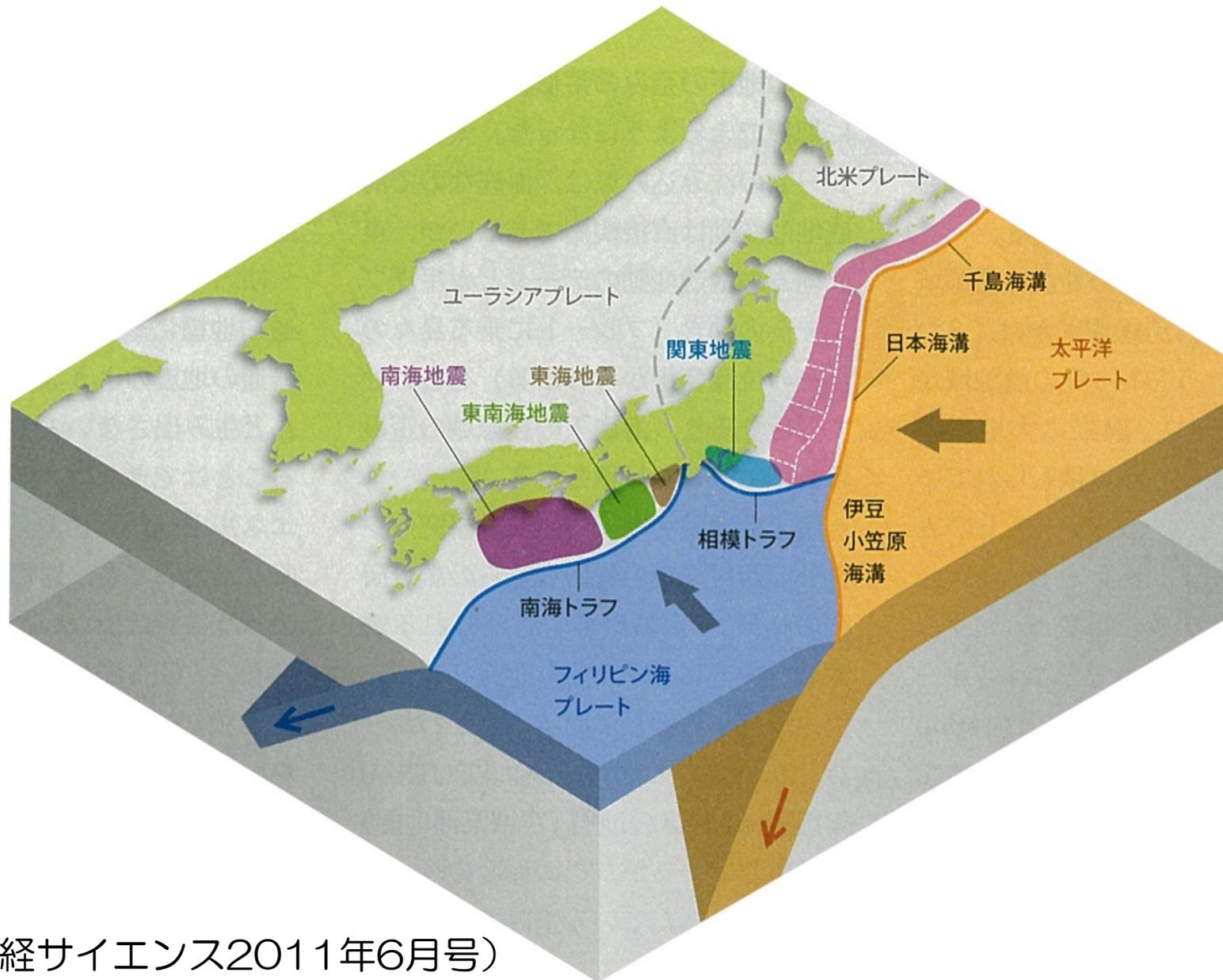


市街地・住宅地の被災状況
(岩手県大槌町)



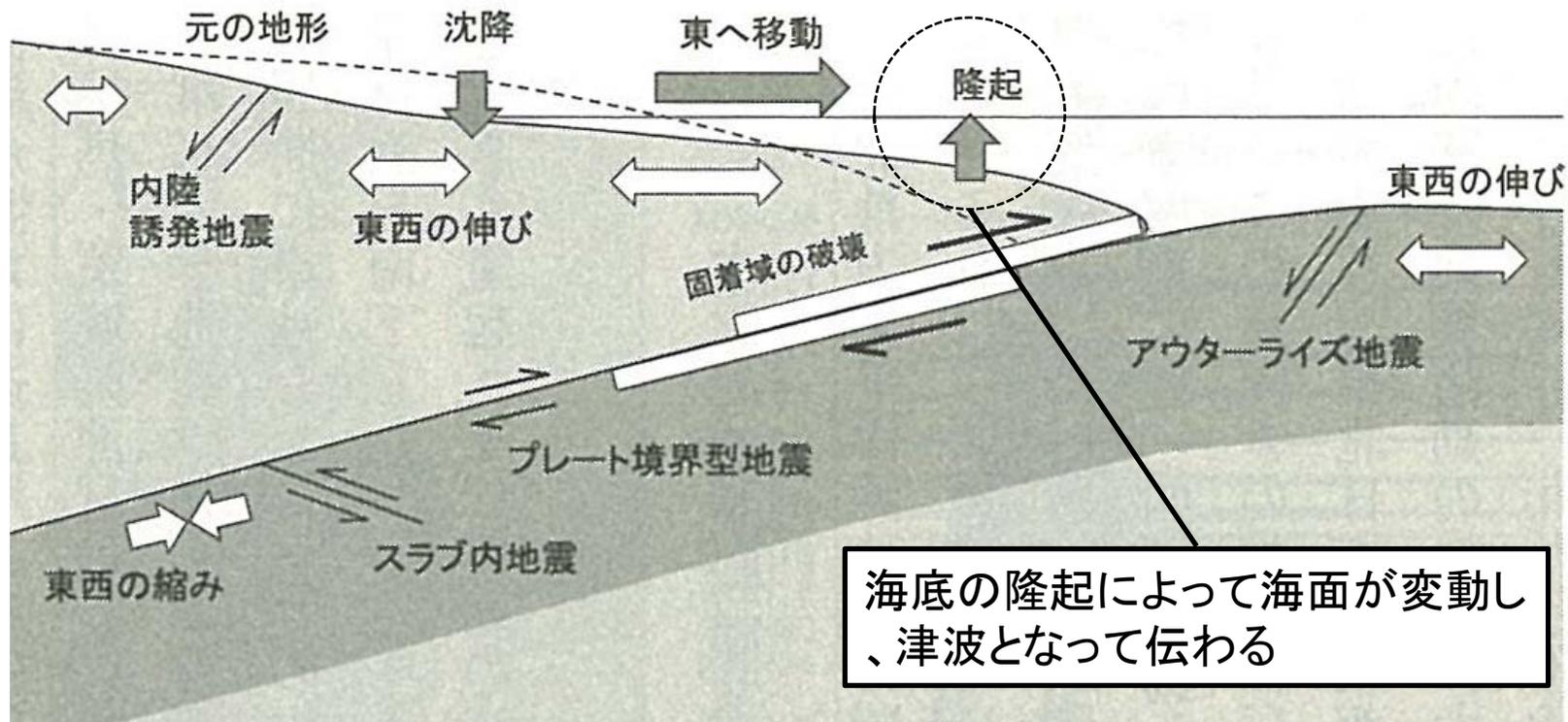
海岸保全施設の被災状況の例
(宮城県亘理町)

日本付近のプレートの分布



(日経サイエンス2011年6月号)

海底地震による津波の発生メカニズム

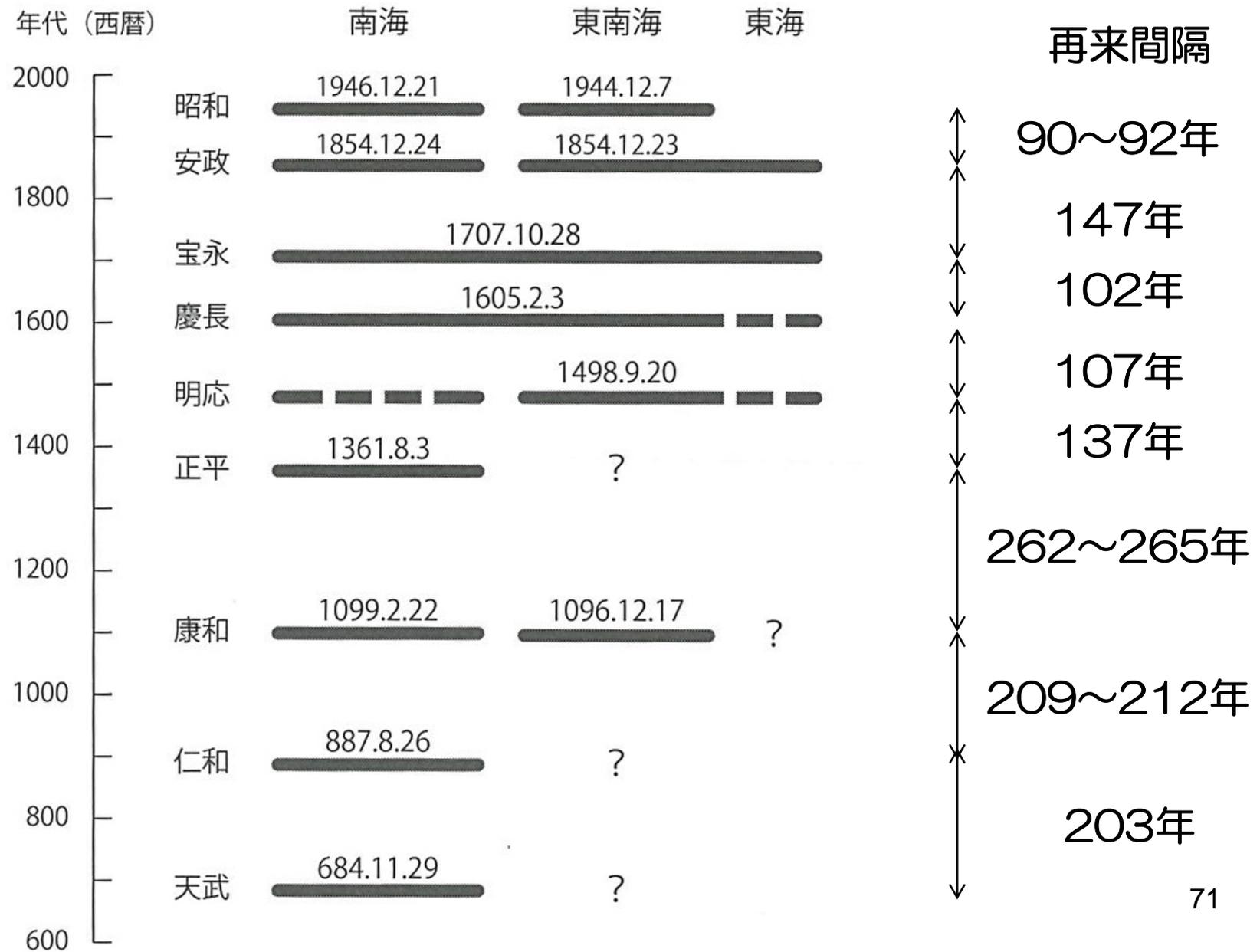


佐竹・堀（編）（2012），東日本大震災の科学，東京大学出版会より

南海トラフ地震による津波の古文書記録

年代	地震名	規模	概要
684	白鳳地震	M8~M9	南海道沖で発生；東海～南海沖、西日本一帯が被災
887	仁和地震	M8~8.5	紀伊半島沖；九州～紀伊半島に津波、摂津の津波被害大
1096	永長（嘉保）地震	M8~8.5	遠州灘；近畿～東海地域に被害
1099	康和地震	M8?	紀伊半島沖；近畿に被害
1361	正平地震	>M8.5	紀伊半島沖；摂津で3~5mの津波
1498	明応南海地震	M?	南海道沖？；中国上海付近にも影響？
1498	明応地震	M8.2~8.4	遠州灘；紀伊～房総に大きな被害
1605	慶長地震	M8	四国～東海沖；四国沿岸で大きな被害
1707	宝永地震	M8.5~8.7	紀伊半島沖；西日本一帯で大きな被害
1854	安政東海地震	M8.4	遠州灘；この32時間後に安政南海地震が発生
1854	安政南海地震	M8.5	紀伊半島沖；西日本一帯で大きな被害
1944	昭和東南海地震	M8.0	熊野灘沖
1946	昭和南海地震	M8.0	紀伊半島沖；岡山に津波被害なし、液状化の被害大

古文書記録に基づく南海トラフ地震の再来間隔



津波災害

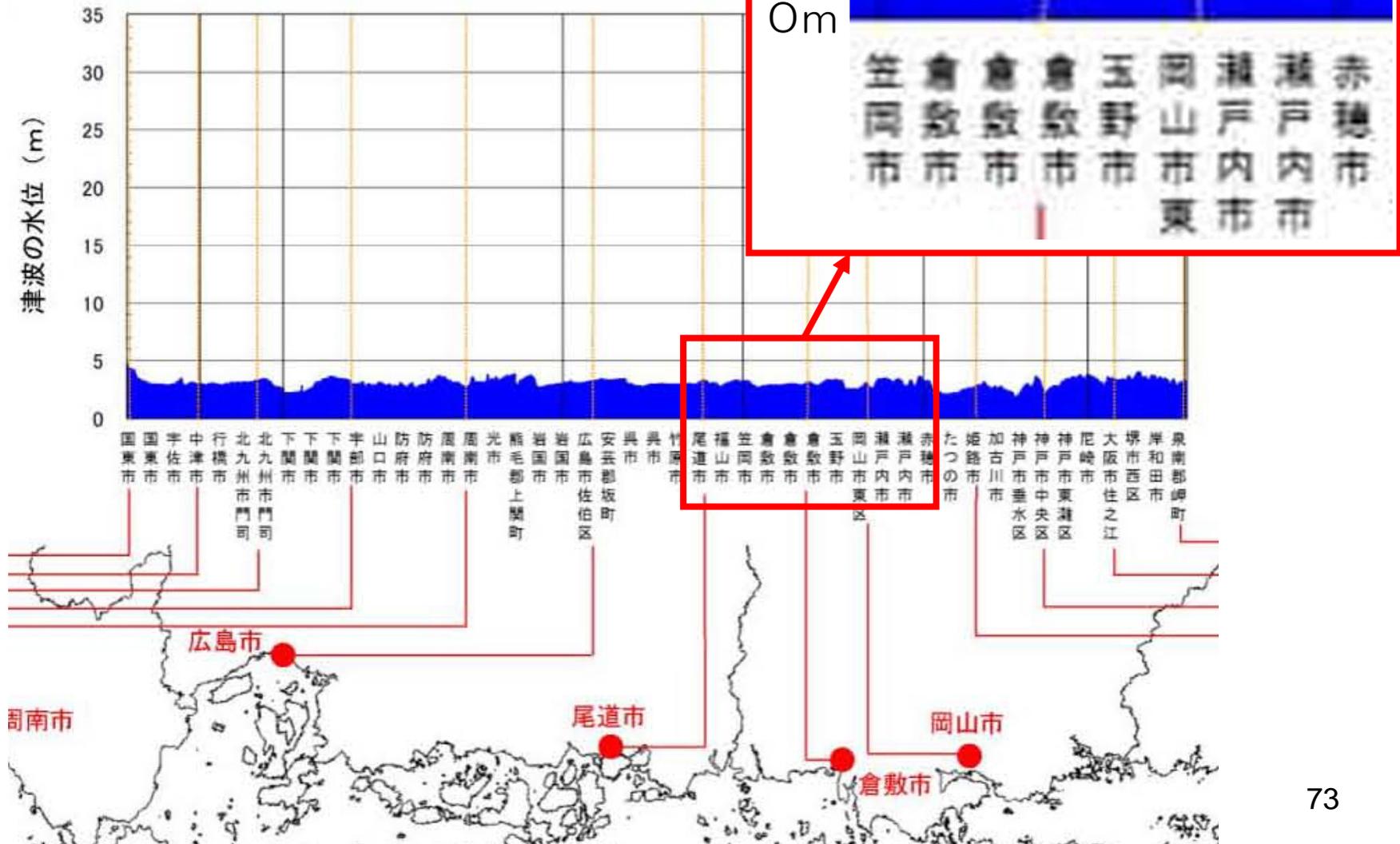
(1) 津波の特徴

(2) 岡山南部地域の津波

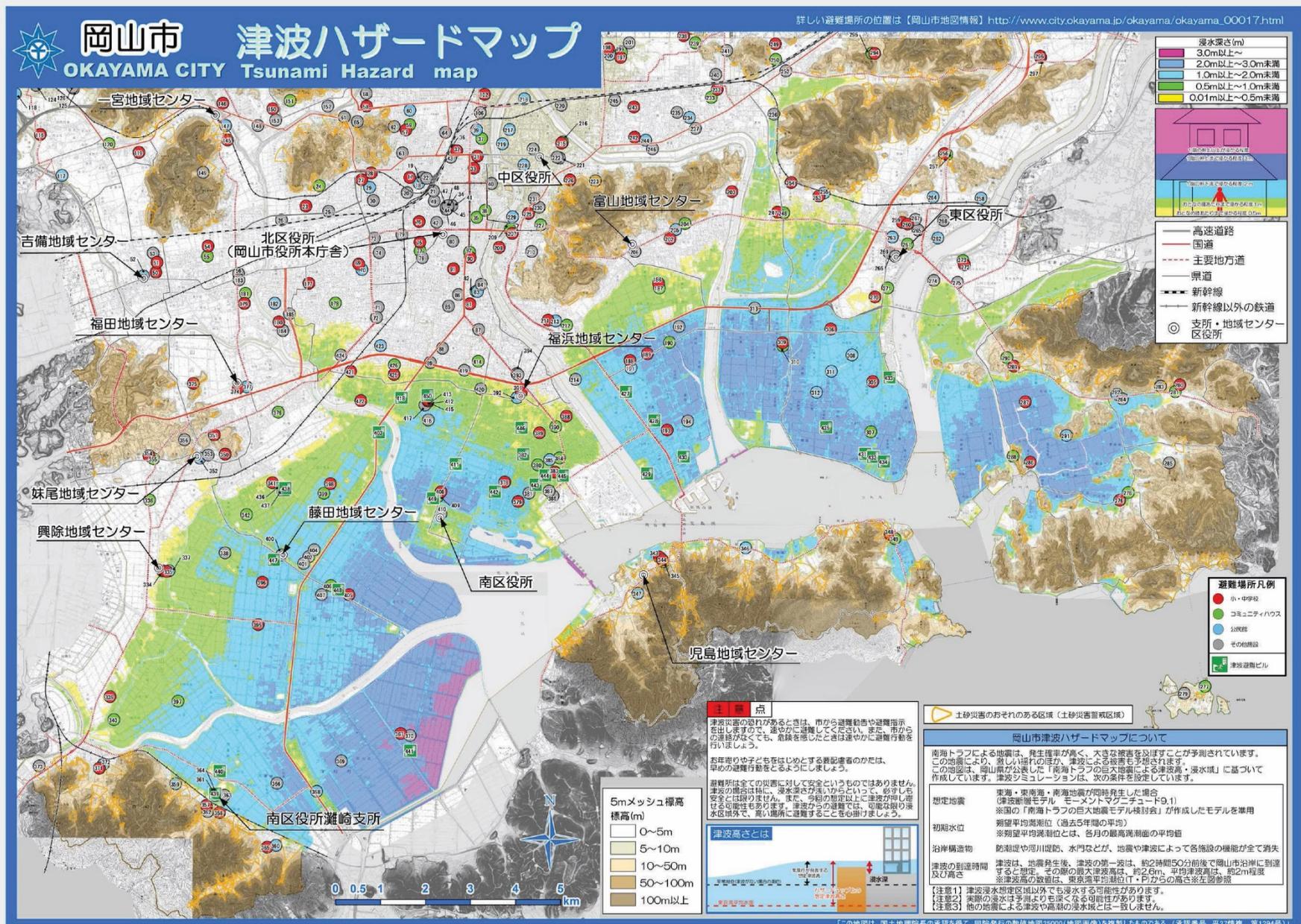
(3) 津波の防災・減災対策

岡山県沿岸部での津波高予測

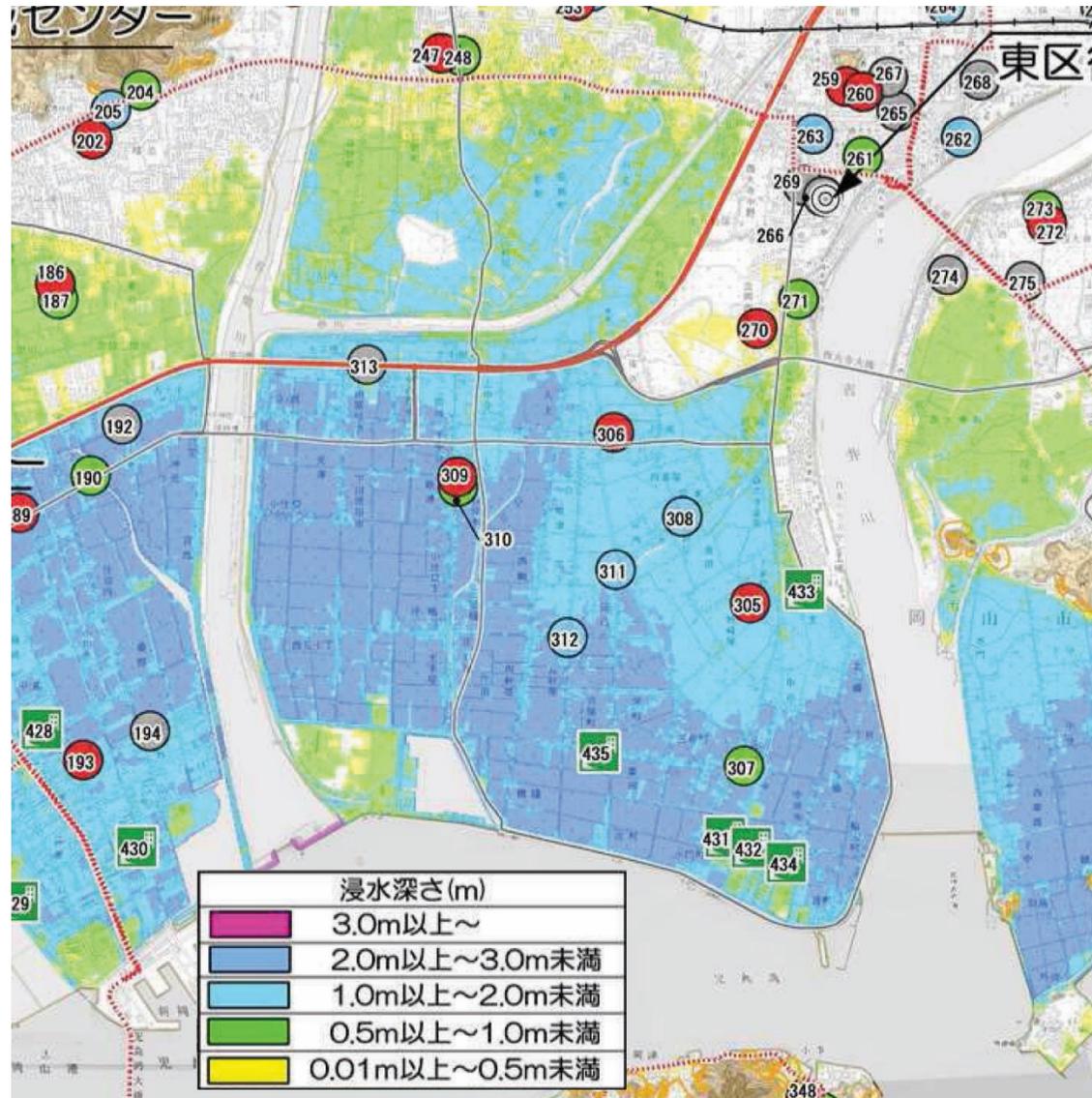
M9クラスの南海トラフ巨大地震が発生した場合に最大でどの程度の高さの津波が襲来するかを予測



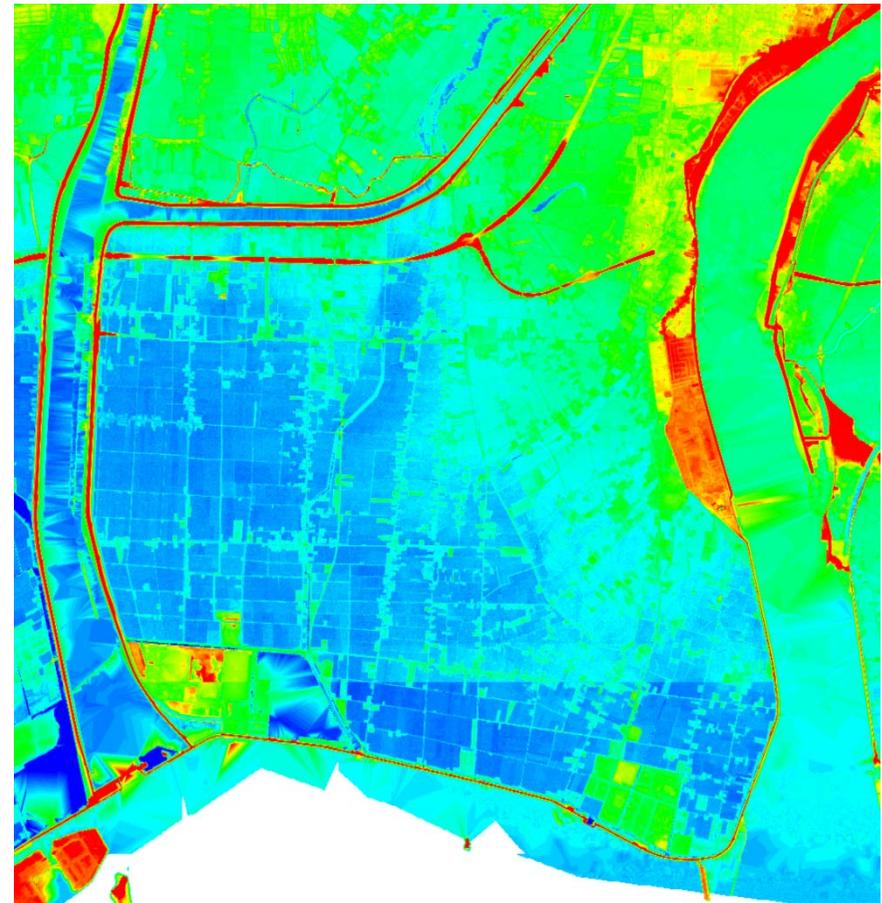
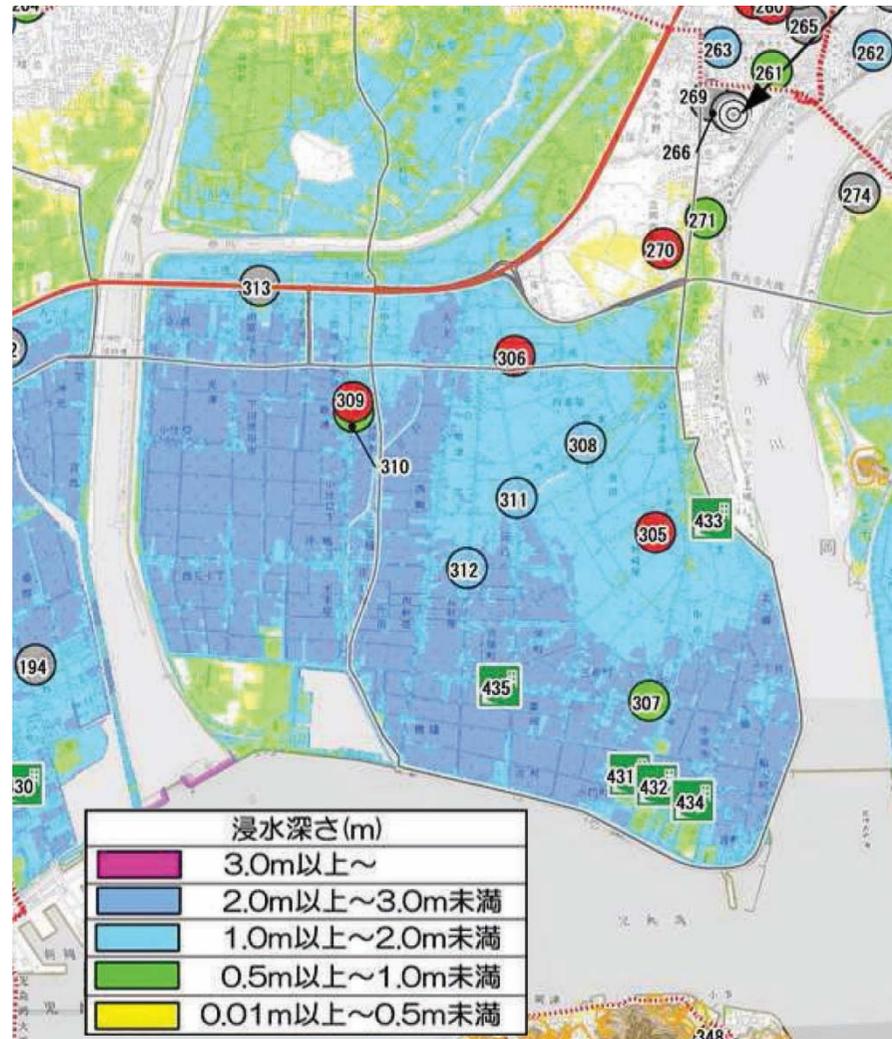
津波浸水予測

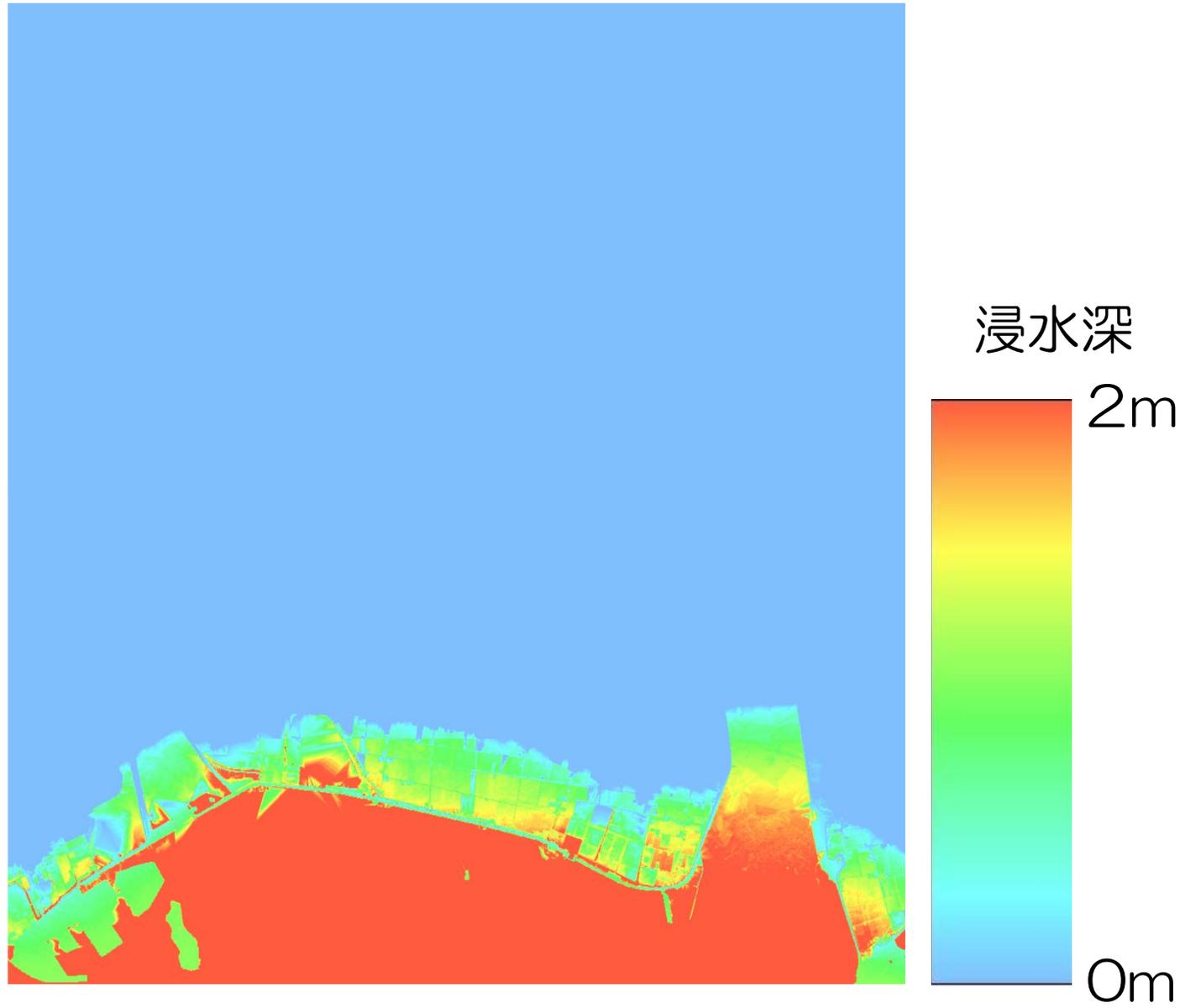


津波浸水予測

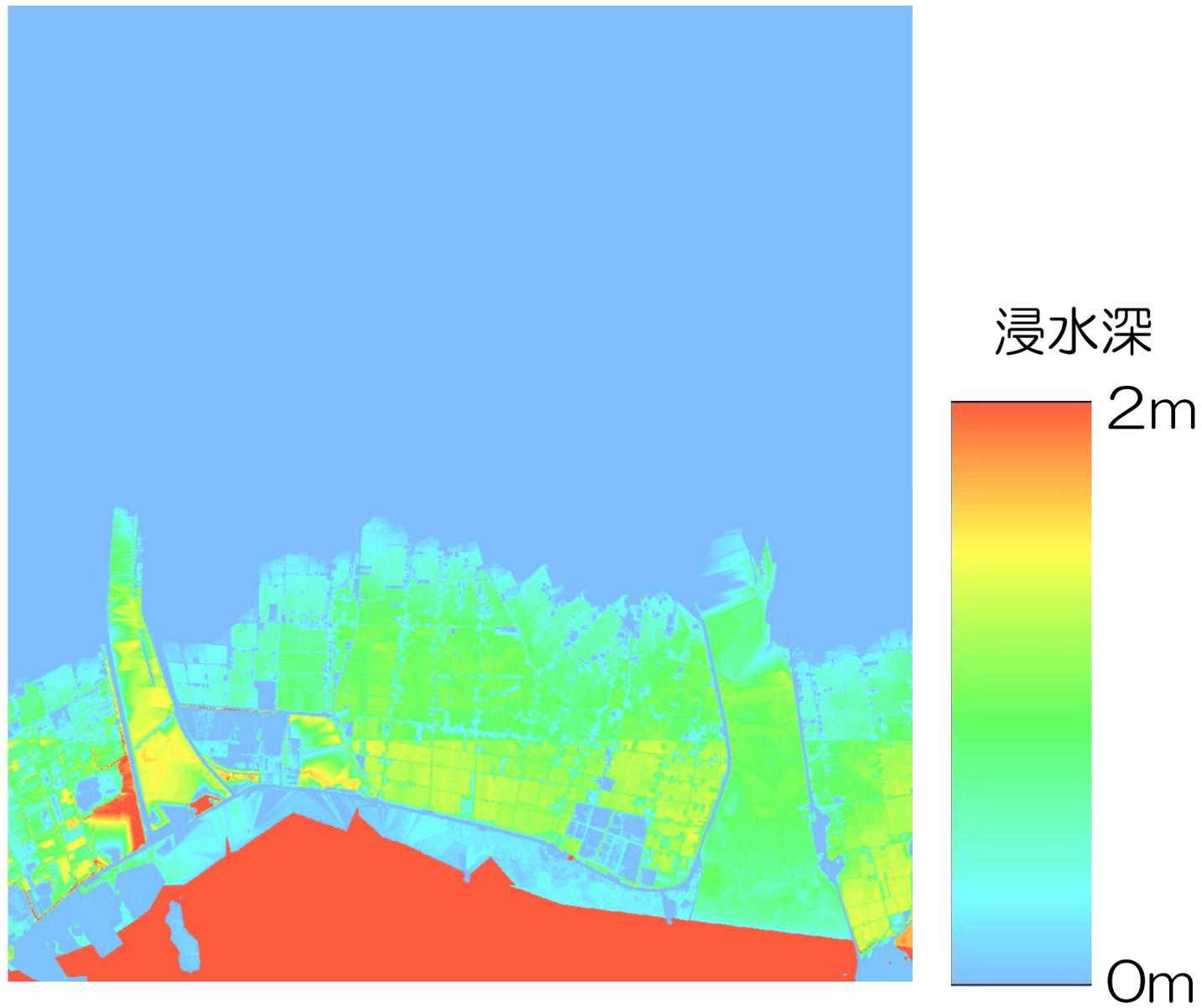


津波浸水予測（標高との比較）

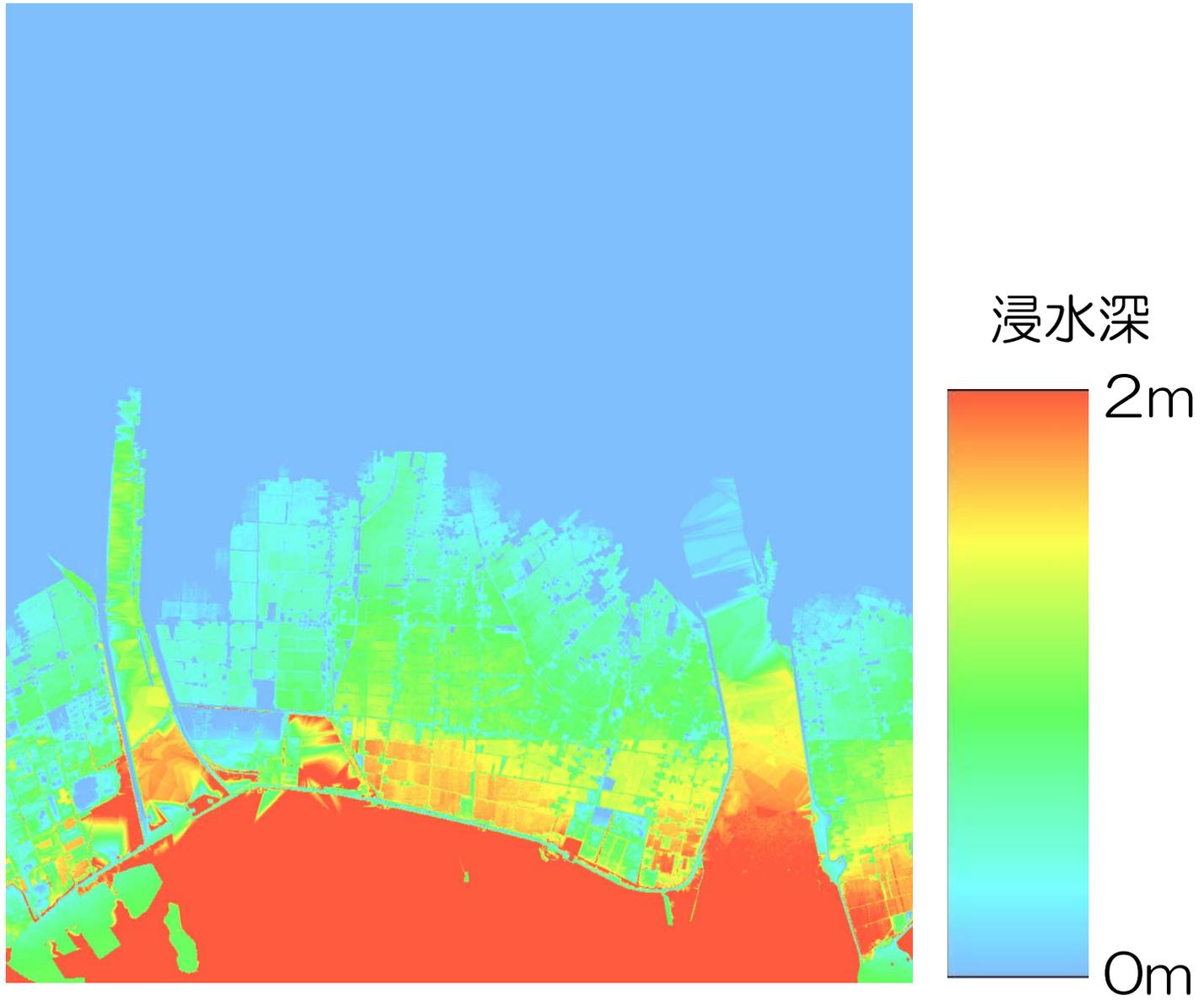




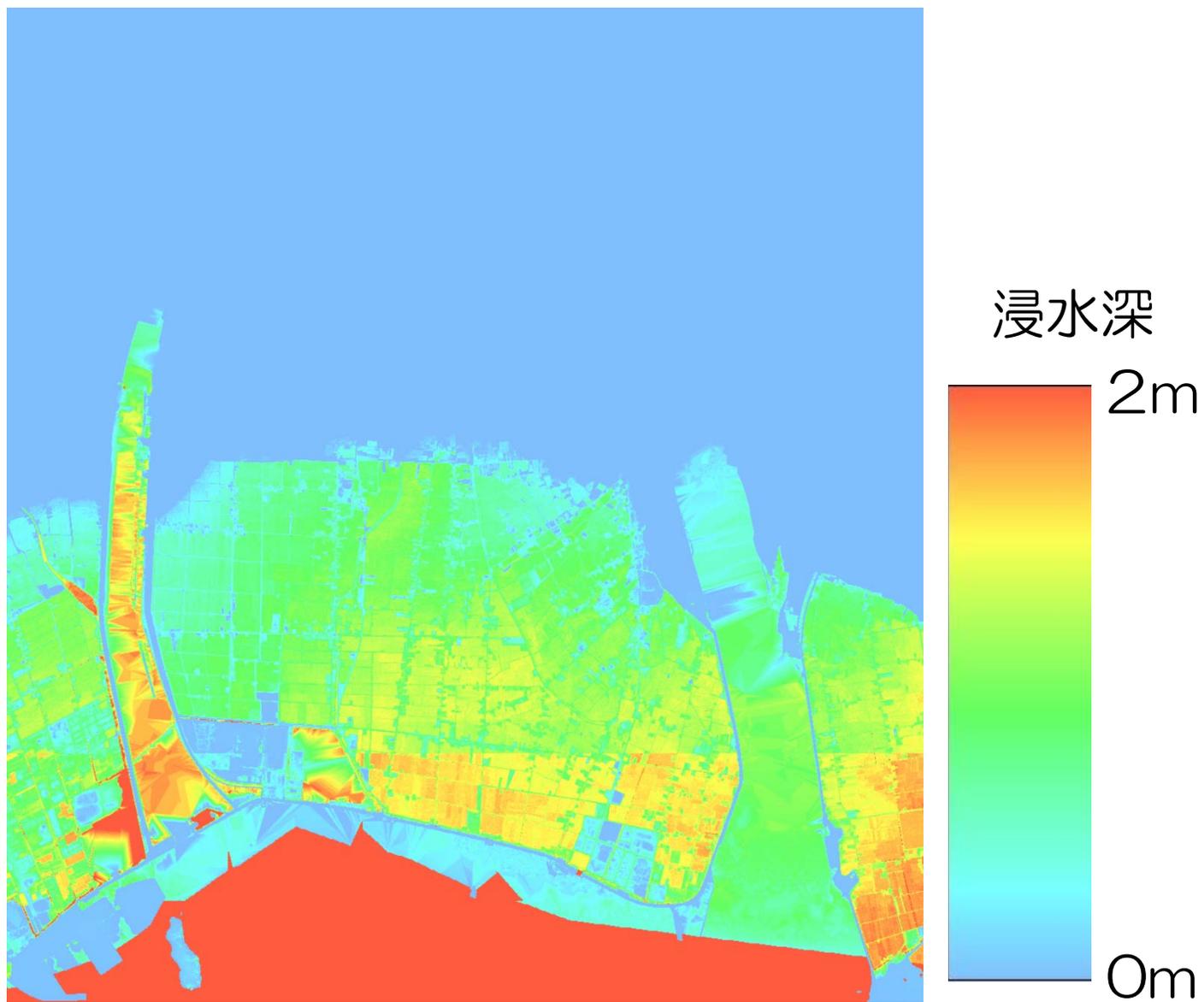
開成地区津波シミュレーション（30分）



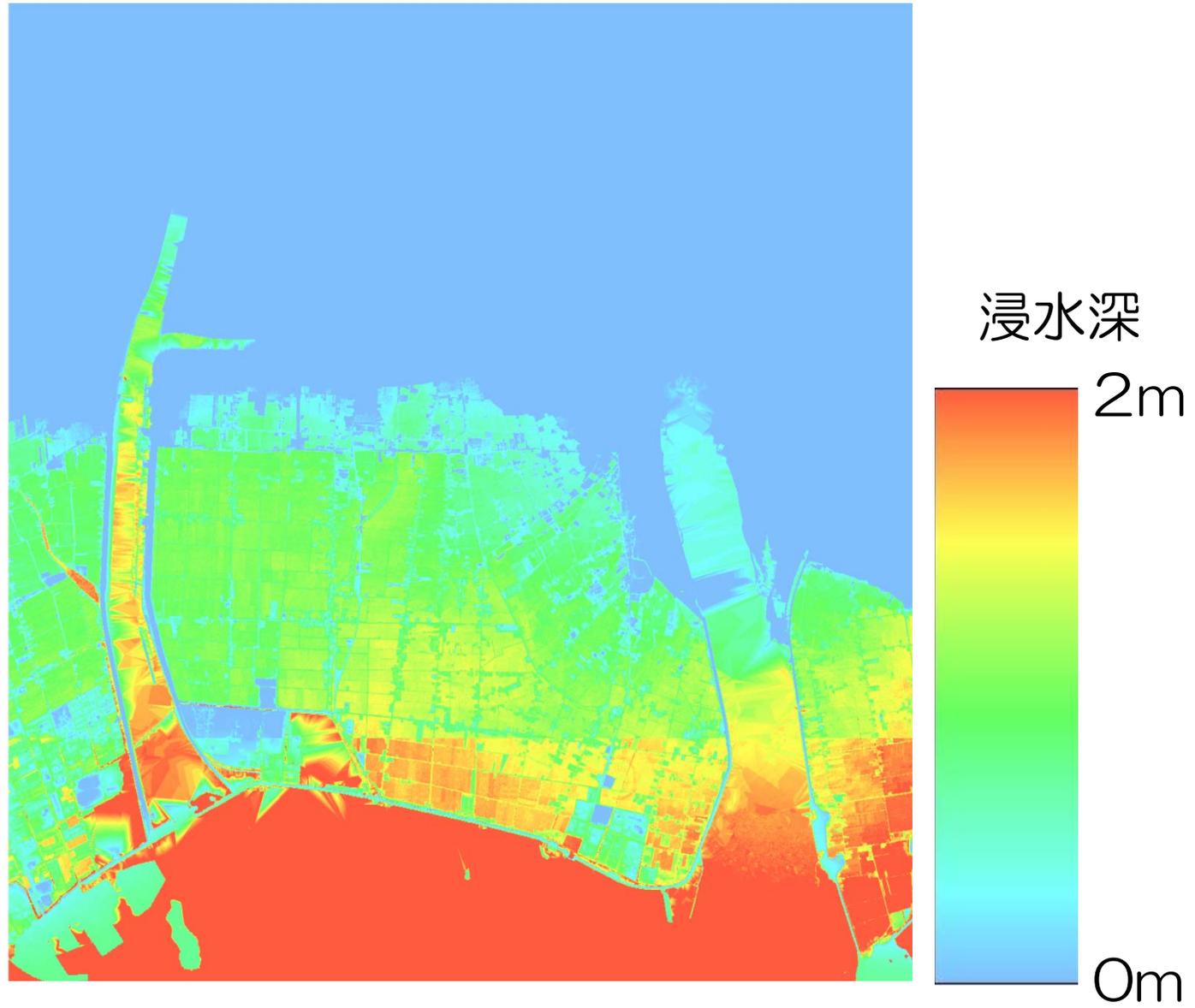
開成地区津波シミュレーション（60分）



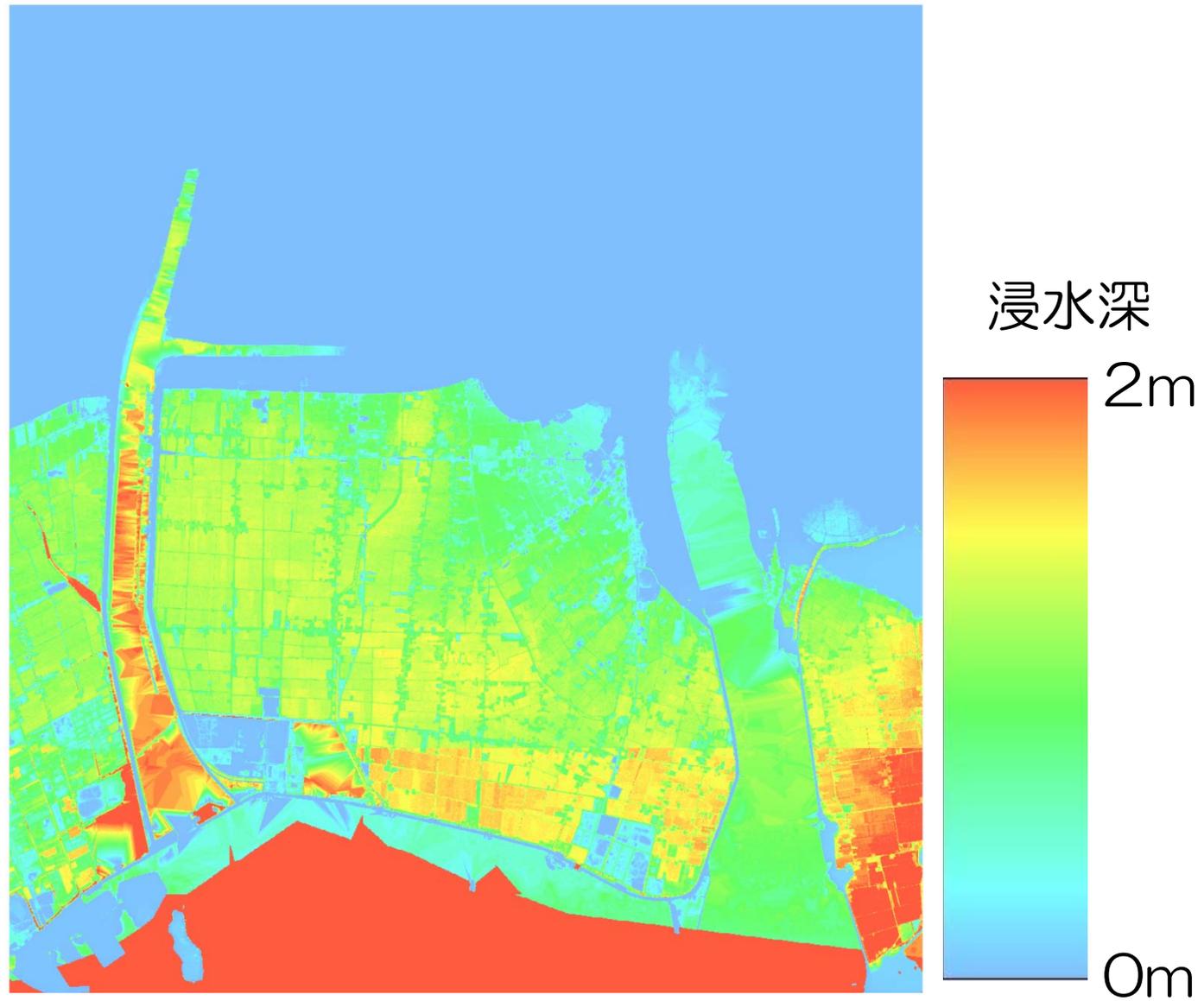
開成地区津波シミュレーション（90分）



開成地区津波シミュレーション (120分)



開成地区津波シミュレーション（150分）



開成地区津波シミュレーション（180分）

津波災害

- (1) 津波の特徴
- (2) 岡山南部地域の津波
- (3) 津波の防災・減災対策**

東日本大震災以降の基本的な考え方

レベル	津波の概要	対策方針
最大級 (レベル2) (M9クラス)	数100年～1000年程度に1度発生する津波。 発生頻度は極めて低いが、発生すれば甚大な被害をもたらす。	住民避難を柱とした総合的防災対策により減災を目指す。人的被害をなくすことを主眼とするとともに物的被害をなるべく小さくすることを目指す。ハザードマップの果たす役割が大きい。
高頻度 (レベル1) (M8クラス)	数10年～100数10年に1度発生する津波。 発生頻度が高く、津波高は低いが、大きな被害をもたらす。	被害の発生を防ぐことを目的とする(防災)。 海岸保全施設(防潮堤等)の果たす役割が大きい。 海岸保全施設の設計で想定される津波。

津波災害への対策

自然災害への対策には「ハード」と「ソフト」の2種類がある

ソフト対策

被災前に確実に避難することを目標に、ハザードマップの作成や防災訓練などを行うこと

ハード対策

海岸堤防などの構造物によって人命や家屋等を守ること

津波災害のソフト対策

ハザードマップ

- 住民に災害の危険度・避難場所・避難経路等の情報を提供するもの。津波防災のための主たるソフト的対策。
- ワークショップ等を通じて住民がハザードマップの作成に参画することが、ハザードマップへの地域特性の反映や周知、利活用促進の上で有効。

住民参加のワークショップの例

● ワークショップの様子 (住民参加によるハザードマップ作成)



● ワークショップの様子 (避難経路の現地での確認・検討)



(内閣府の資料より)

津波災害のハード対策

レベル2の津波の被害を防ぐあるいは低減させる手段のひとつとして、海岸保全施設の設置は有効なものである（と考えられている）

主な海岸補選施設

津波防波堤

防潮堤

津波水門

防潮林

津波災害のハード対策



防潮堤
奥尻島（北海道）



津波水門
岩手県普代村

本日のまとめ

開成地区における地震性災害の主たる誘因は南海トラフ地震である

南海トラフ地震では液状化および津波が懸念される

災害対策としては液状化災害および津波災害の両者を想定してなされることが望ましい

以上です
ご清聴ありがとうございました