

L 2 地震動予測の検討結果

1 地震動

地震動の想定条件一覧
浅部地盤モデルの作成
L2地震の震度想定結果

2 その他

長周期地震動の影響について

巻末資料

深部地盤モデルの設定について
L2地震動の震度想定結果一覧

第2回までの報告事項と第3回の報告内容

地震動想定条件一覧

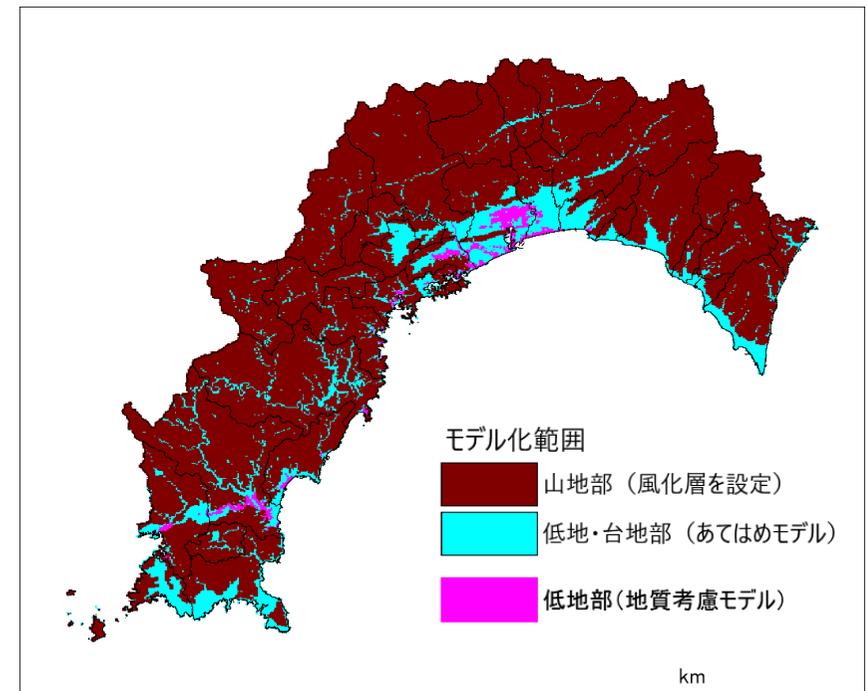
項目	条件	備考
想定地震 (震源モデル)	L1: 「高知県モデル」 (H16高知県被害想定による提案モデル)	「アスペリティⅠモデル」「アスペリティⅡモデル」を想定
	L2: 「南海トラフ巨大地震」 (内閣府モデル(R7))	「基本」「東側」「西側」「陸側」ケースを想定
深部地盤モデル	前回調査(H24)時に作成された深部地盤モデルを採用	第2回検討委員会にて、最新の知見を反映している内閣府のモデルと近いモデルであることを確認した
浅部地盤モデル	前回調査(H24)モデルにボーリングデータを追加して更新	作成内容について今回報告
予測手法	<ul style="list-style-type: none"> 予測手法による想定結果の違いに配慮し、複数の手法で予測、地点ごとに最大となる震度を採用する 想定地震、深部地盤モデルについて、前回調査(H24)と同じものを用いるため、深部地盤による予測結果は前回調査(H24)結果を利用する 	<ul style="list-style-type: none"> 予測手法は下表参照のA~Dの手法とする。 ※前回調査では手法Aを採用している。 各手法による想定結果を今回報告 →浅部地盤モデル作成結果を踏まえて、採用手法について再検討

本調査における地震動の予測手法一覧

対象	本調査			
	A	B	C	D
浅部地盤	等価線形解析	線形解析	震度増分	震度増分
深部地盤	統計的 グリーン関数法	統計的 グリーン関数法	経験的手法 (距離減衰式)	統計的 グリーン関数法

浅部地盤モデルの作成方法の概要

- 新たに収集する**ボーリングデータ**と最新の**微地形区分**^{*1}を用いて最新の知見を反映した浅部地盤モデルの作成を行う。ボーリングデータは、国と県が保有するデータを基本として用いる。
 - 高知平野及び県西部に分布する火山灰層が分布する低地部では、火山灰層の等深度面を作成し、その上位層と下位層について層構造の連続性を考慮したモデルを作成する。
 - 火山灰層が分布しない低地部（山間の低地部も含む）及び台地部については、同一微地形区分で最も距離の近いメッシュのボーリングデータからモデルを作成する。
 - 山地部については、収集したPS検層の速度構造から平均的な風化層厚を与える。
- 地震動への影響の評価に必要な設定値は、**前回調査（H24）と同じ方法で設定する**。なお、内閣府（R7）でも同様の設定方法が用いられている。
 - S波速度^{*2}：内閣府（H13）^{*3}による、土質を考慮したN値とS波速度の関係式を用いる。
 - 単位堆積質量：内閣府（H13）による、土質ごとの設定値を用いる。
 - 動的変形特性：ボーリングデータとともに収集した土質試験データを整理し、前回調査の設定と比較して、異なる傾向が見られた場合には更新する。
- 浅部地盤モデルは、地表震度分布図の縮尺に合わせて**250mメッシュ単位**で作成する。



浅部地盤モデルの作成方法

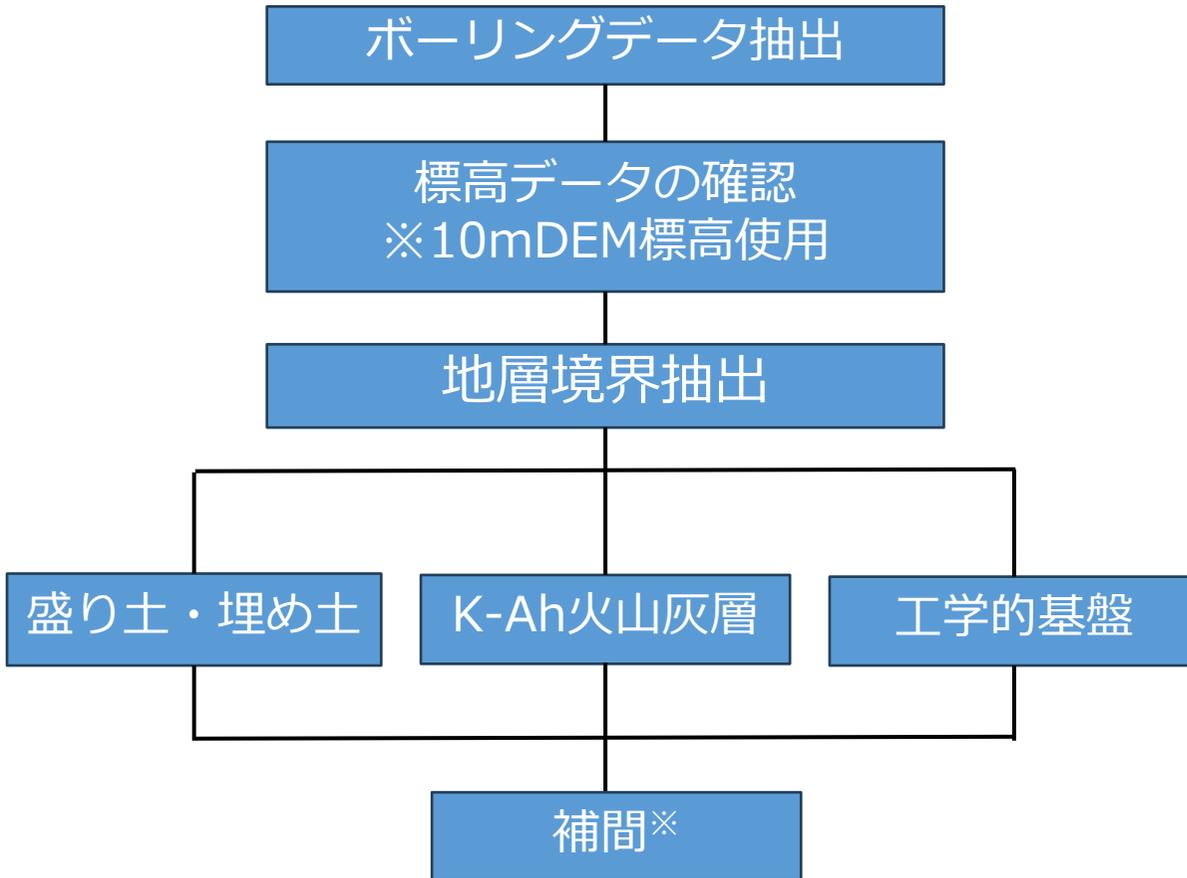
*1:若松加寿江・松岡昌志: 地形・地盤分類250mメッシュマップの更新, 日本地震工学会誌, No.40, pp.24-27, 2020 *2:S波（地盤を伝わる弾性波のひとつで、進行方向の直方向に揺れる波）が伝わる速さのこと。
*3:内閣府, 中央防災会議東海地震に関する専門調査会報告, 平成13年12月

火山灰層の分布を考慮した低地部のモデル化（高知平野から西部）

【低地のモデル作成方針】

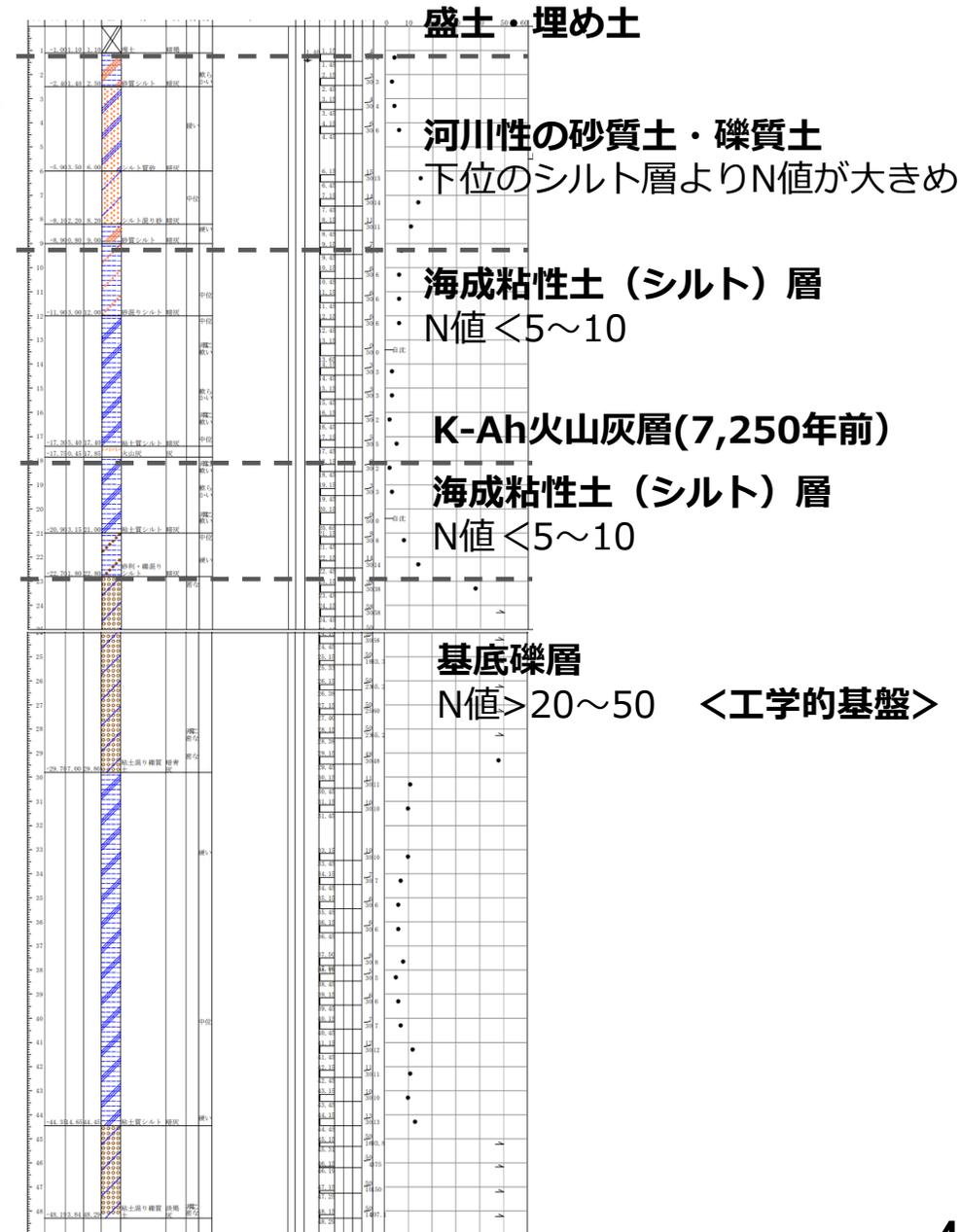
- 低地部については、標準的な沖積層の層序を想定し、ボーリングデータを区分する。
- 「K-Ah火山灰層（アカホヤ）」（「火山灰層」）が記載されていることが多いため、この層を基準として地盤構造を推定した。
- 当該火山灰層については、主に安芸よりも西側で確認されている。

火山灰層の分布を考慮した低地部のモデル作成フロー



※ボーリングデータの土質区分やN値を空間的に補間して作成

高知中央IC：高知平野の標準的な層序



火山灰層が分布しない低地部及び台地部のボーリングと微地形区分に基づいたモデル化手順

① 250mメッシュ地形区分

➢ 若松・松岡（2020）をもとに250mメッシュ地形区分を設定

② ボーリングを有するメッシュのモデルの設定

➢ ボーリングを有するメッシュについては、掘進長が長いデータを採用してモデルを作成

③ ボーリングの無いメッシュへのモデルのあてはめ

➢ ボーリングデータが無いメッシュについては、250mメッシュ地形区分を用いて同一微地形区分で最も距離の近いメッシュにあてはめモデルを作成

➢ あてはめモデルの下端深度が工学的基盤に達していない場合、以深については同一微地形区分で最も距離の近い工学的基盤に達したメッシュのモデルをあてはめる

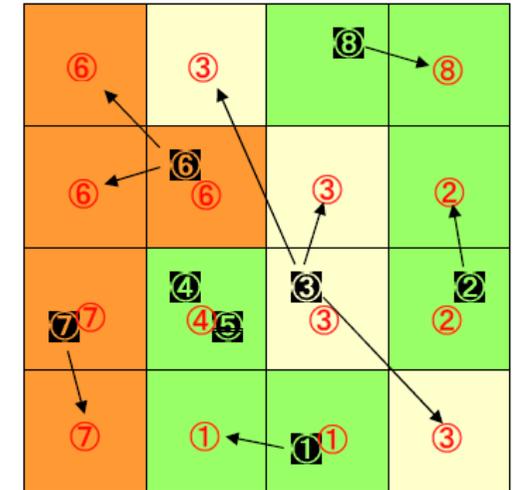
④ 沖積層基底面・工学的基盤上面の設定

➢ ボーリングデータでN値50以上が続く上面や前回調査における設定をもとに作成

⑤ 土質区分・N値モデルからS波速度モデルへの変換

➢ 中央防災会議（2003）の式を採用

モデルあてはめの模式図



ボーリングデータ: 土質区分・N値

250mメッシュ地形区分

メッシュ毎に代表ボーリングを選定

ボーリング有メッシュの土質区分・N値

工学的基盤深さ

ボーリングの無いメッシュに同一微地形区分で最も近いメッシュを割当

土質区分・N値の浅部地盤構造モデル

換算式を用いて、土質区分・N値からS波速度値に変換

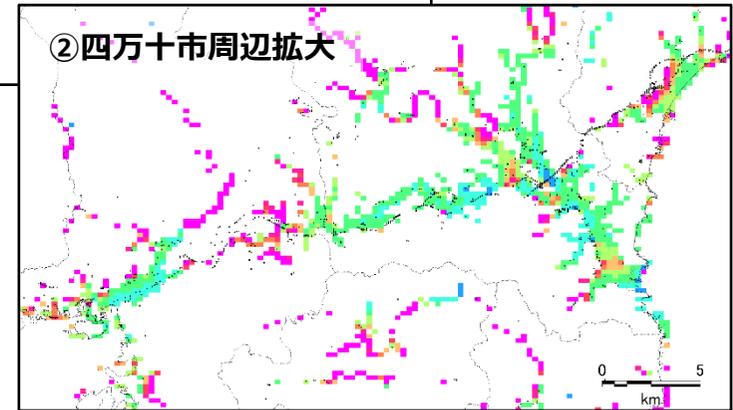
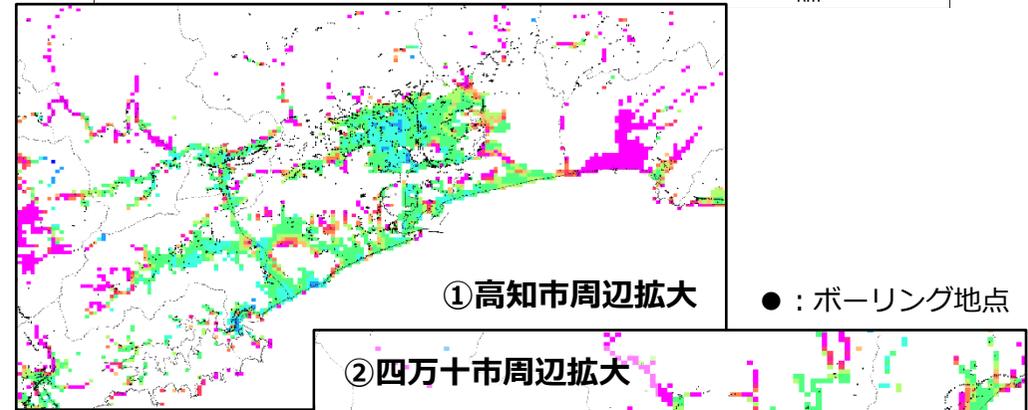
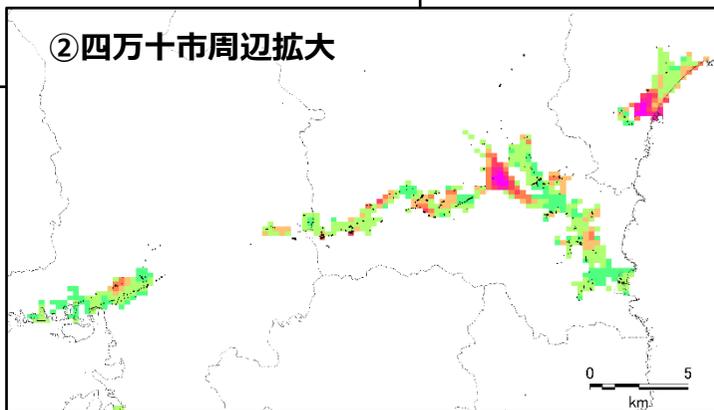
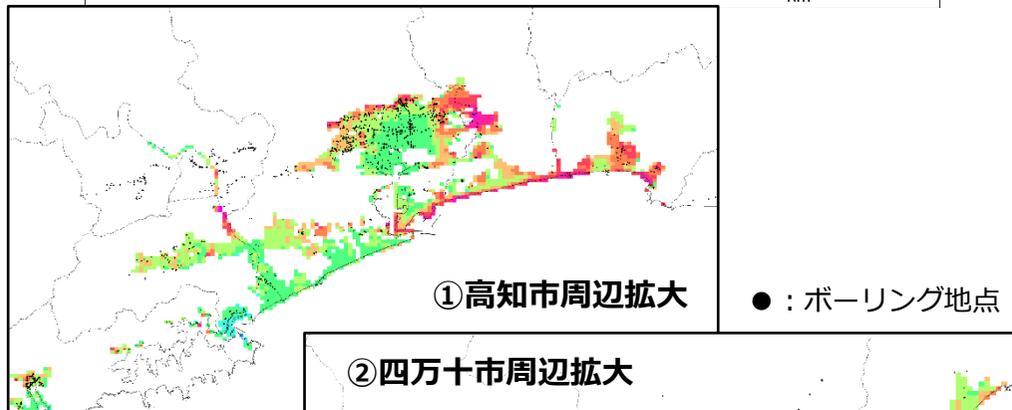
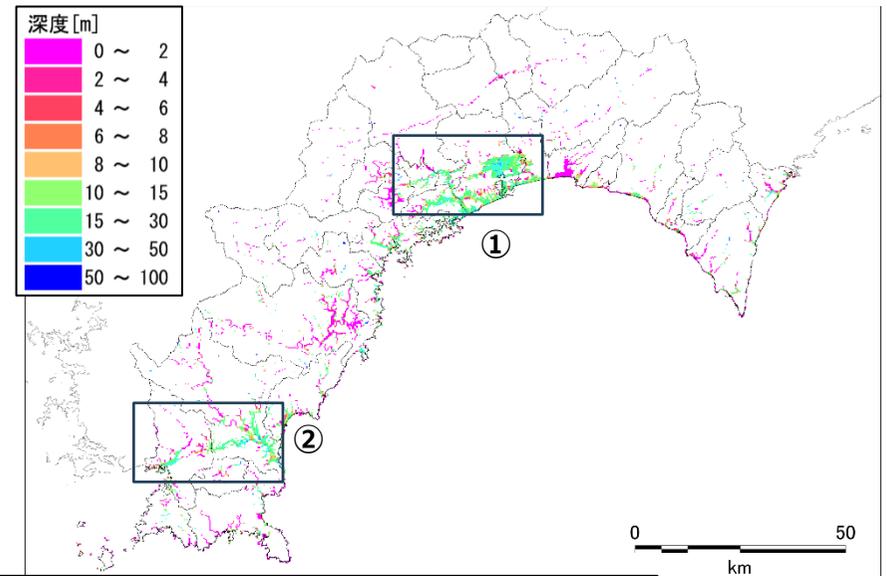
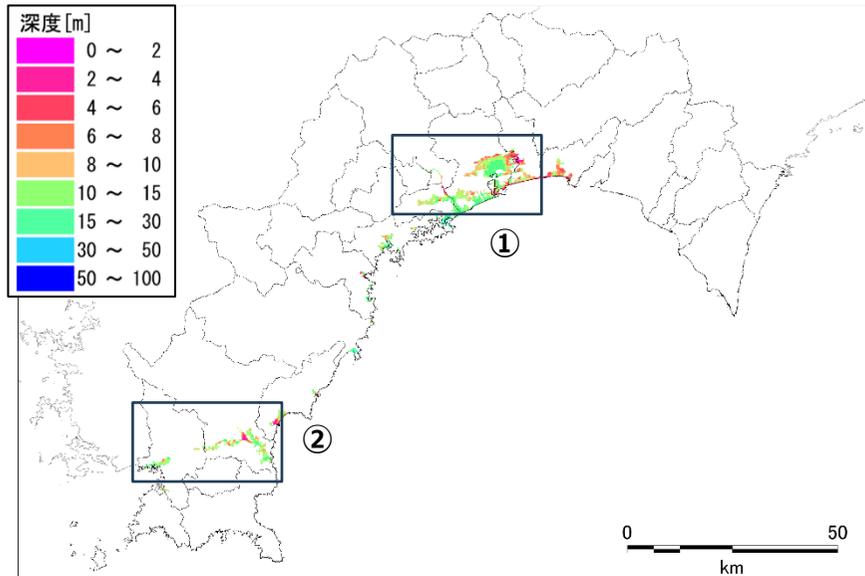
浅部地盤構造モデル

1 地震動

浅部地盤モデルの作成

低地部：火山灰層の深さ分布

低地部：工学的基盤の深さ分布



山地部のモデル化

- 山地部では、低地部のような「火山灰層」の分布が乏しく、層序を想定したモデル作成が困難である。
- 前回調査で用いた、PS検層結果を補間する方法では、山地部の少ないデータの偏りがそのまま広域のモデルに反映されるといったデメリットがある。

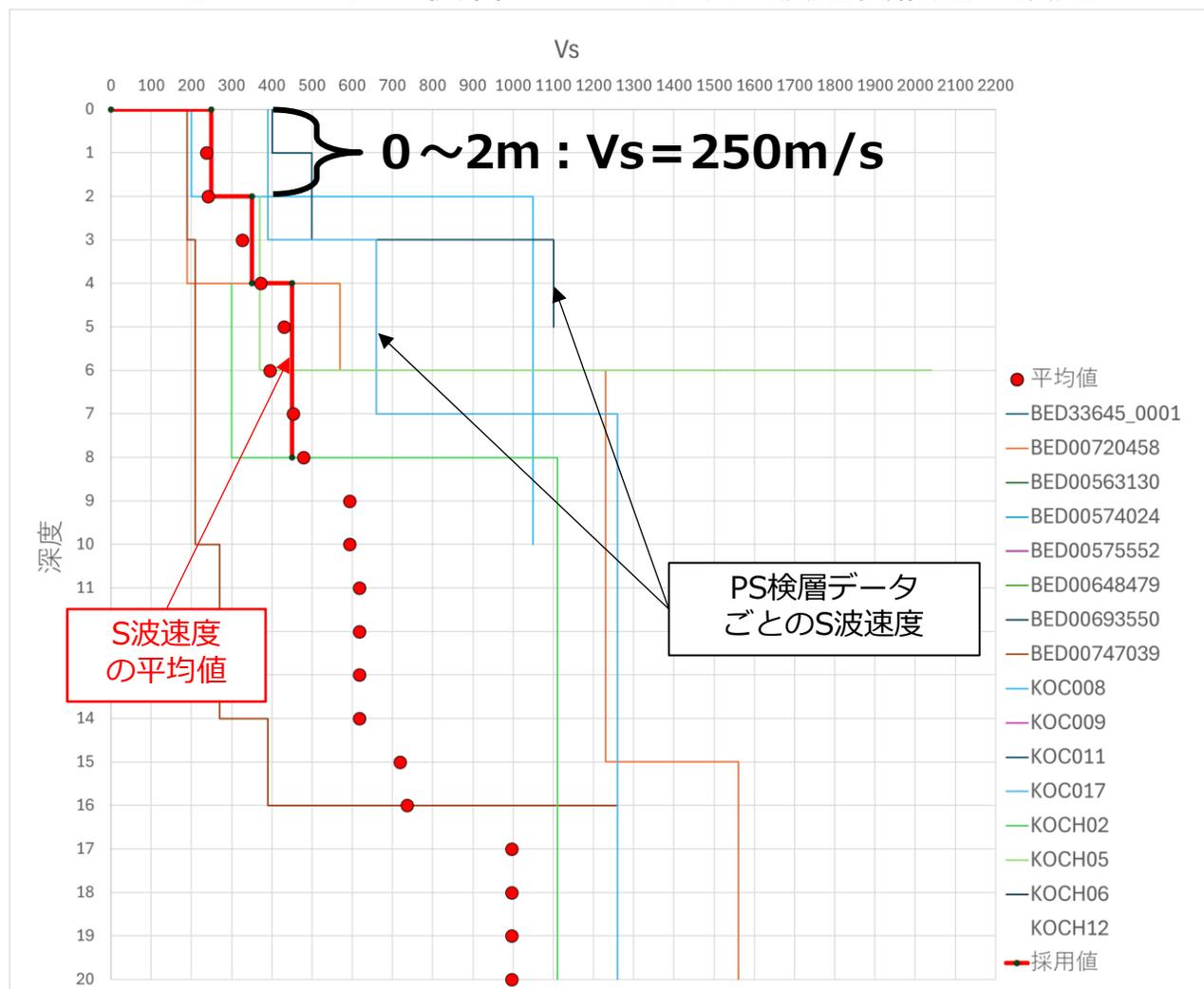
【山地部のモデル作成方針】

- 山地に位置するPS検層データから、平均化した速度構造を作成し、それを広域に適用する。
- その際、山地部の地盤は全体に硬質で、地震動の増幅は小さいと想定されることから、この平均化した構造を県内の山地で採用する。
- 山地に位置するかどうかの判断については、若松・松岡（2020）の微地形区分に依った。

【作成結果】

- PS検層データを整理した結果、深さ2 m以深においてS波速度（Vs）350m/s程度となった。
- この層を工学的基盤相当として、2 mまでに分布するVs250m/s層を風化層（山地における表土層）として設定し、これを山地の浅部地盤モデルとした。

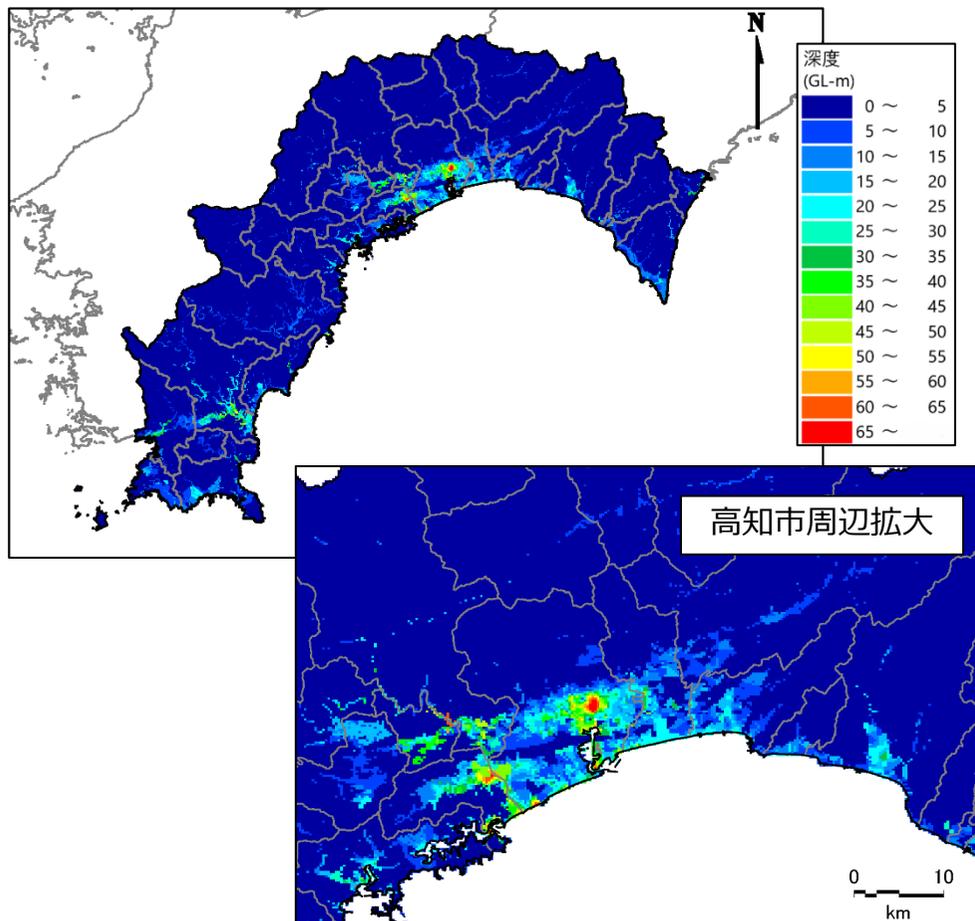
山地におけるPS検層データと採用S波速度構造の設定



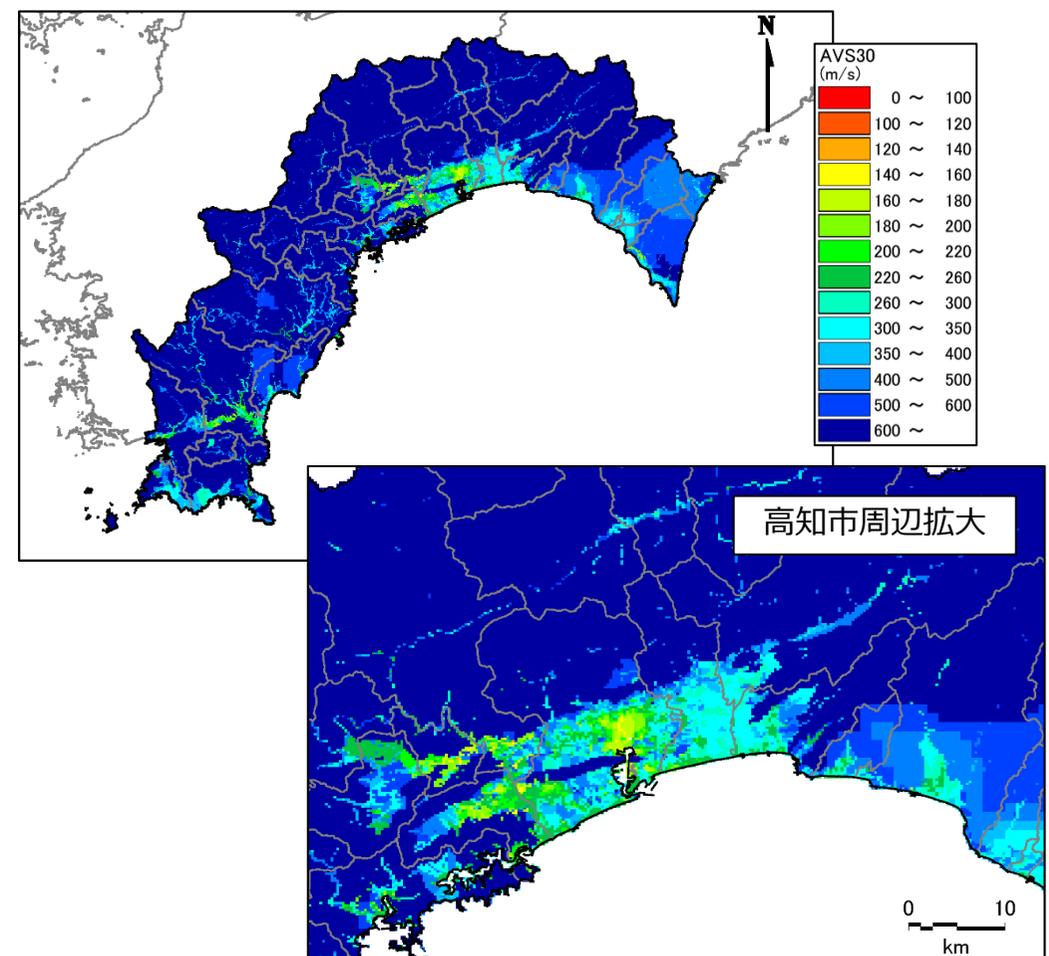
浅部地盤モデルの作成結果 工学的基盤深さ・AVS30の分布

- 一般的に、工学的基盤は深いほど、AVS30は低いほど、浅部地盤によって地震動が増幅すると考えられる。
- 山地部は工学的基盤が非常に浅くAVS30が高いため、地震動の増幅は少ないと考えられる。一方で、河川沿いではAVS30がやや低く、地震動の増幅が大きくなる。
- 南国市～土佐市の低地部、四万十川流域の一部ではAVS30が120～140m/sと低く、このような場所では、地震動が大きく増幅され、地表の揺れ（震度）が大きくなる可能性がある。

作成した浅部地盤モデルによる**工学的基盤深さ**分布



作成した浅部地盤モデルによる**AVS30**分布



1 地震動

浅部地盤モデルの作成

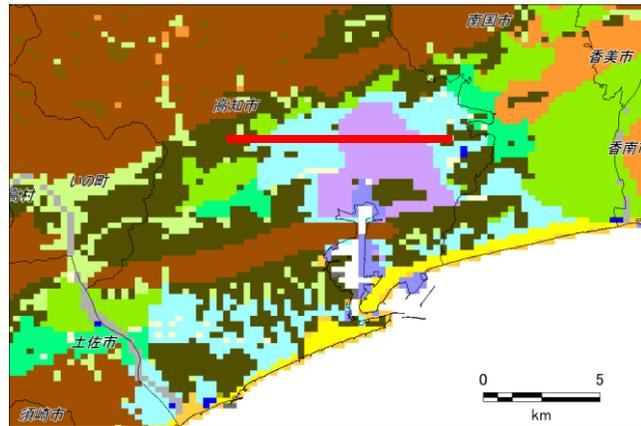
浅部地盤モデルの作成結果

断面図（東西方向）

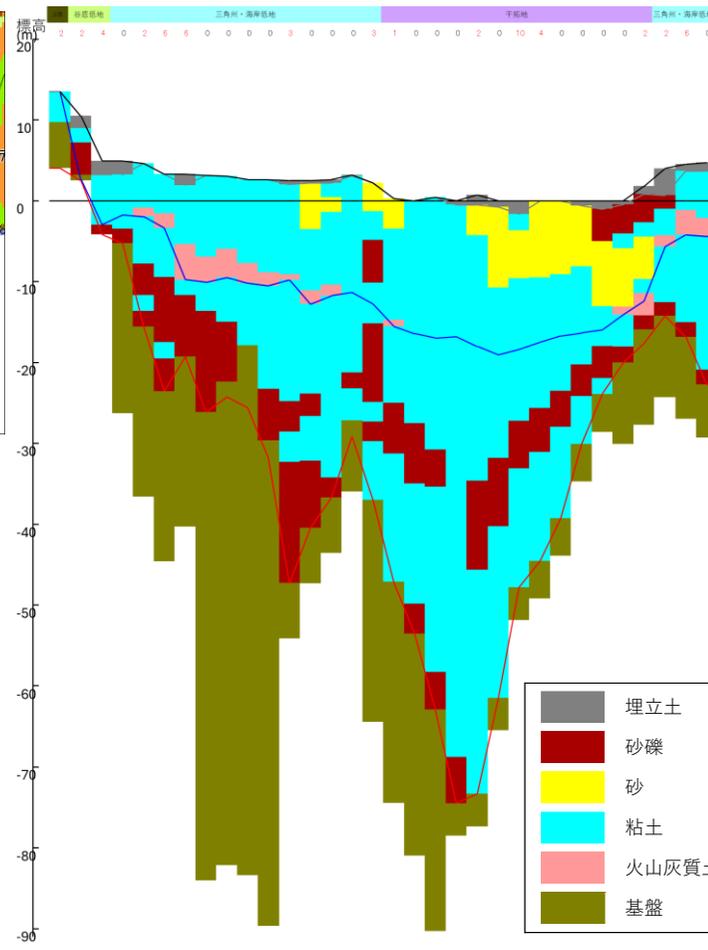
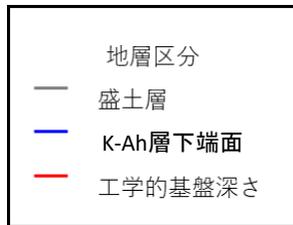
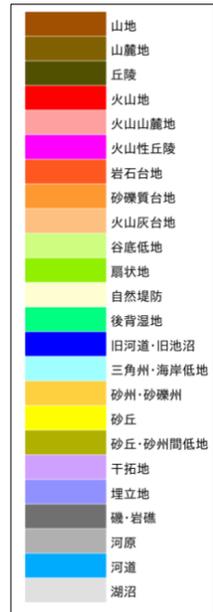
- 高知市内の代表的な位置において、土質構造と速度構造の断面図を作成した。
- 全体として粘土層の分布が厚く、沖積層においては、最も遅いところでVs=80~100m/sとなり、軟弱な地盤となっている。

土質構造モデル

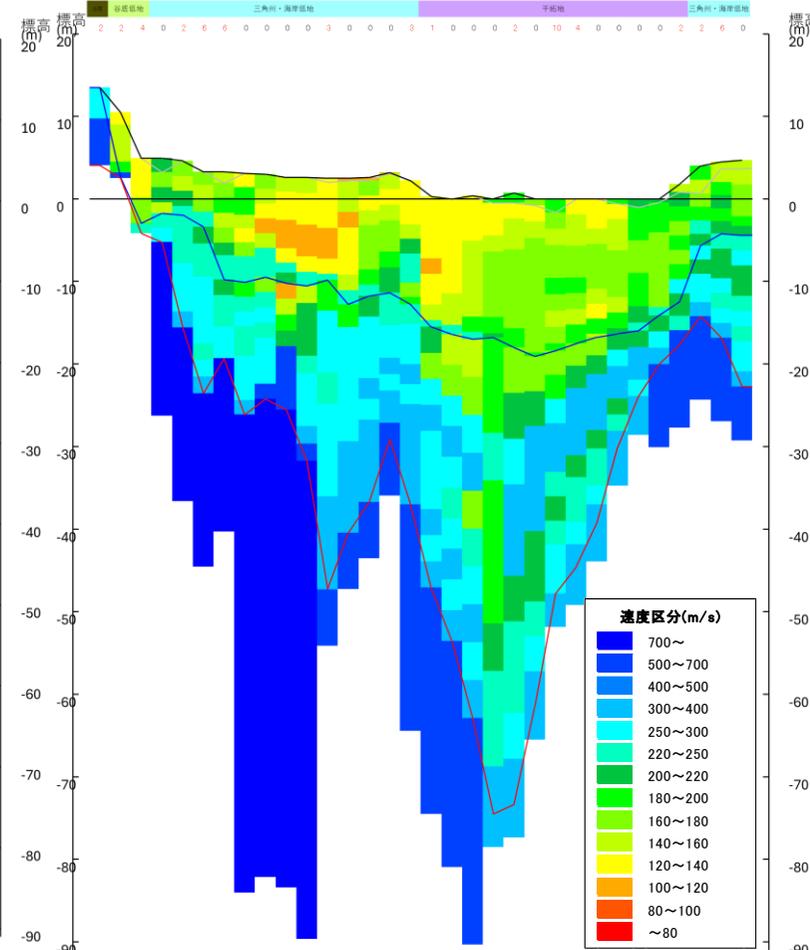
速度構造モデル



作成した断面図の位置



作成した浅部地盤モデルの土質構造断面図



作成した浅部地盤モデルの速度構造断面図

1 地震動

浅部地盤モデルの作成

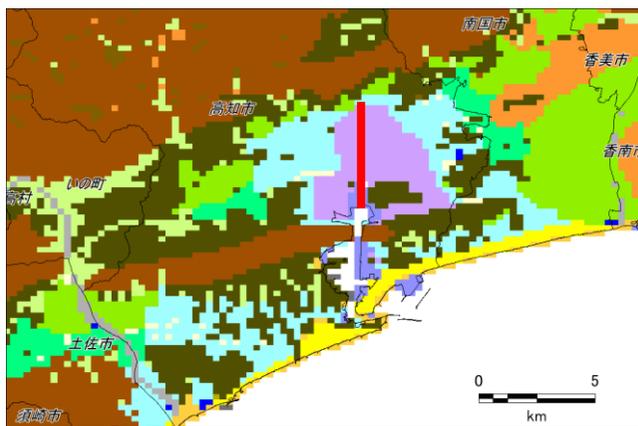
浅部地盤モデルの作成結果

断面図（南北方向）

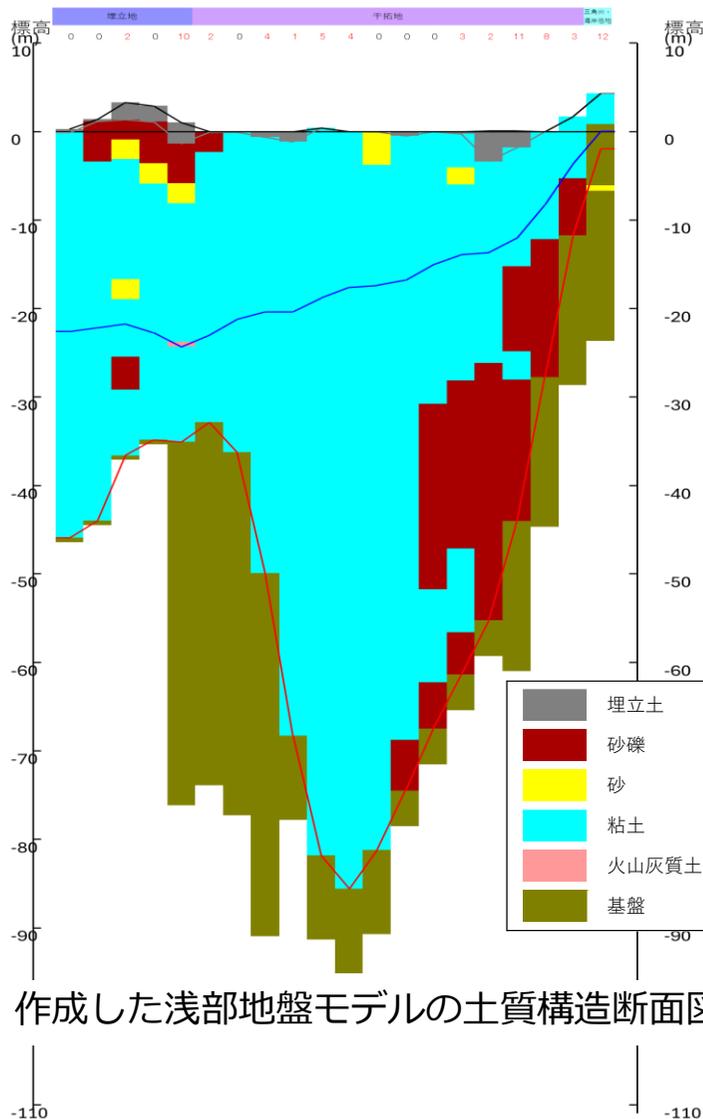
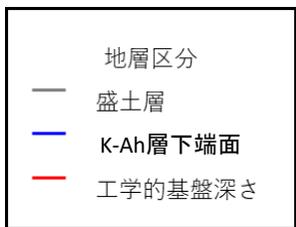
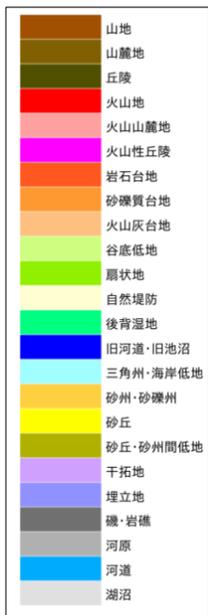
- 高知市内の代表的な位置において、土質構造と速度構造の断面図を作成した。
- 全体として粘土層の分布が厚く、沖積層においては、最も遅いところでVs=80~100m/sとなり、軟弱な地盤となっている。

土質構造モデル

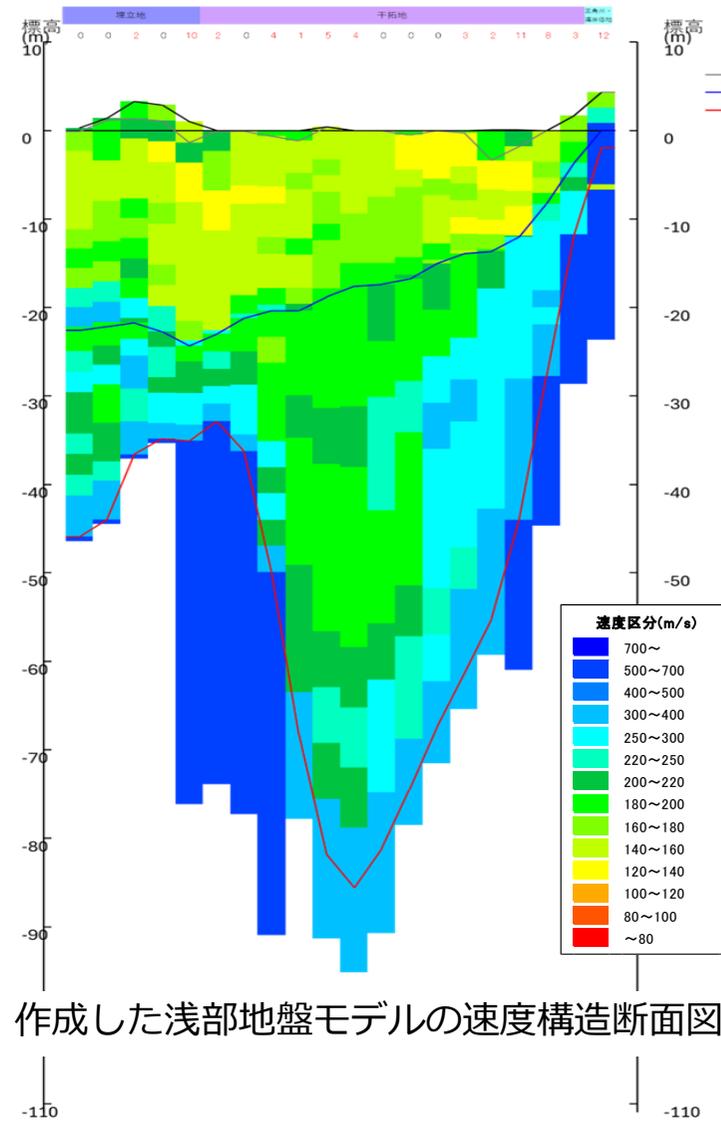
速度構造モデル



作成した断面図の位置



作成した浅部地盤モデルの土質構造断面図



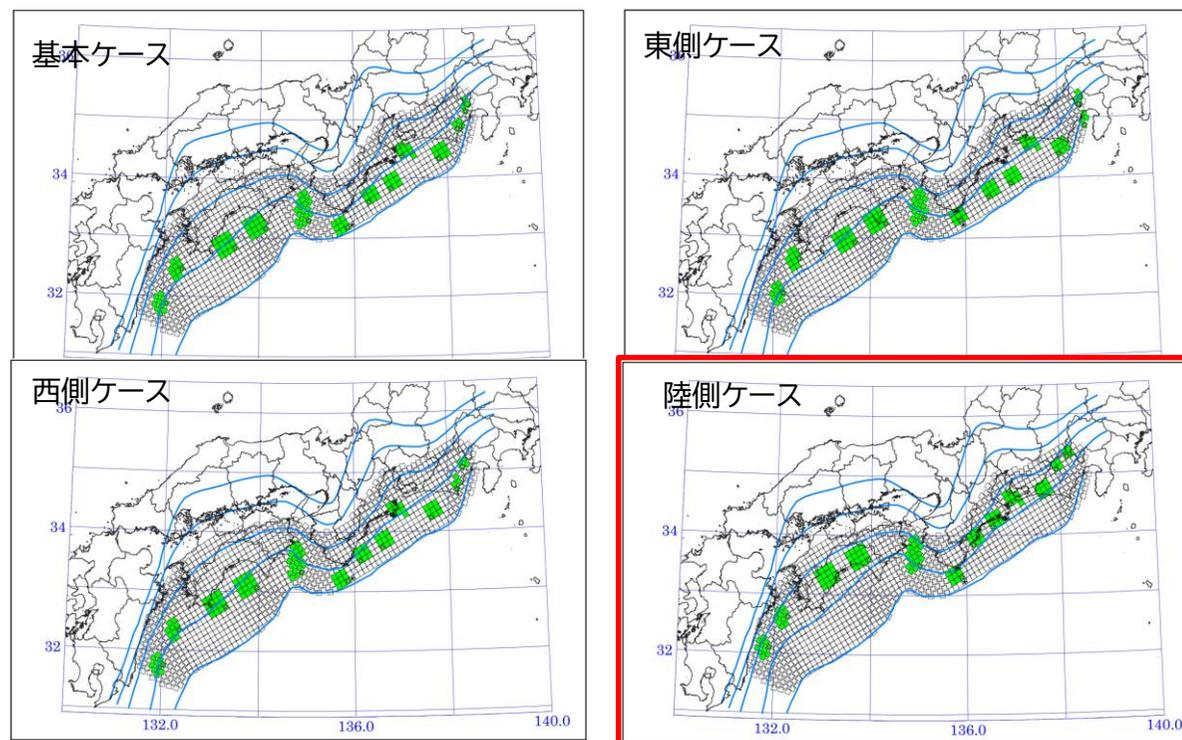
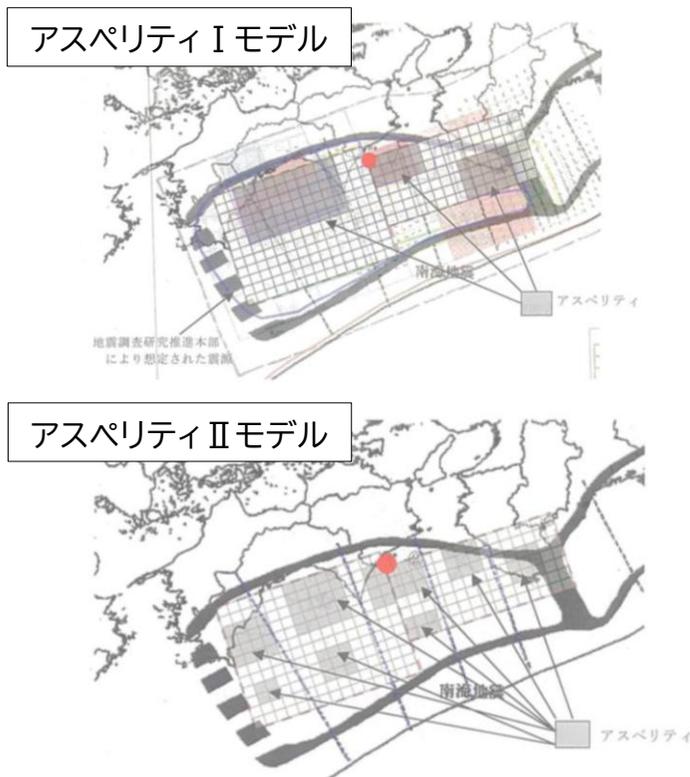
作成した浅部地盤モデルの速度構造断面図

概要

- 最大クラスの地震である**L2地震**を対象として地表震度の想定を行い、前回調査との比較、予測手法による違いを整理した。
- ここでは、高知県への影響が最も大きいと考えられる「**南海トラフの巨大地震（陸側ケース）**」を代表として示した。
※他のケースについては巻末資料に掲載

L1「高知県モデル」の震源モデル設定

L2「南海トラフの巨大地震」の震源モデル設定



▲想定結果を整理

採用する予測手法について

- 浅部地盤（工学的基盤～地表）の地震動予測手法とその特徴を踏まえて、今回調査で採用する手法について再検討した。
- 今回調査では、ボーリングデータに基づいた**地点ごとの詳細な地盤構造モデル**を作成した。これを踏まえて、数値計算によって、**地点ごとの地盤構造に基づく増幅特性を反映できる方法（前述の手法A、B）**を採用する方針とした。
- なお、手法B（線形解析）については、地盤の非線形挙動を評価することはできないが、非線形効果によって加速度が低下するような軟弱な地盤におけるリスクに配慮して、手法Aと重ね合わせた地点ごとの最大震度を被害想定算定用の地震動とすることを目的に採用する。

浅部地盤の地震動の主な予測手法と特徴

予測手法		特徴	○：長所 ×：短所
震度増分		AVS30* ¹ を用いた経験式によって震度増分を求め、工学的基盤の震度に足すことで地表震度を求める。	○経験式によって、 一定の非線形性を考慮 できる。 ○計算量が少なく、面的な評価に適する。 ×地震動の詳細な挙動を捉えることはできない。
数値解析	線形解析	重複反射理論* ² によって地盤の増幅率を考慮する。非常に硬い地盤や微小地震などを対象として用いられる。	○簡易な計算によって評価可能。 ×非線形挙動を表現できない。
	等価線形解析	重複反射理論によって地盤の増幅率を考慮する。地盤の 非線形特性を等価な線形と置き換えて 評価する。	○比較的簡易な設定で 地盤の非線形性を考慮した数値計算ができる 。（波形計算が可能） ×非常に強い揺れや軟弱地盤では 加速度が低下する 。 ×地盤ひずみで1%未満で適用できる。
	非線形解析	逐次積分法によって 時間ごとの変化を評価 する。地盤の非線形特性を時刻経過に合わせて反映することができる。土中の水の扱い方によって「全応力解析」「有効応力解析」がある。	○非常に強い揺れや軟弱地盤の予測も可能。 ×計算量が多く時間がかかる。 ×非常に強い揺れや軟弱地盤では 加速度が低下する 。 «有効応力解析» ○動的に液状化発生を評価できる ×設定が複雑で面的な評価は難しい。

（第2回資料より抜粋、一部編集）

*1:地表から深さ30mまでの平均S波速度

*2:地層が水平成層であると仮定し、地震波が鉛直上方に伝達する間に地層境界で透過・反射を繰り返しながら地表まで伝播するという考え方より抜粋

1 地震動

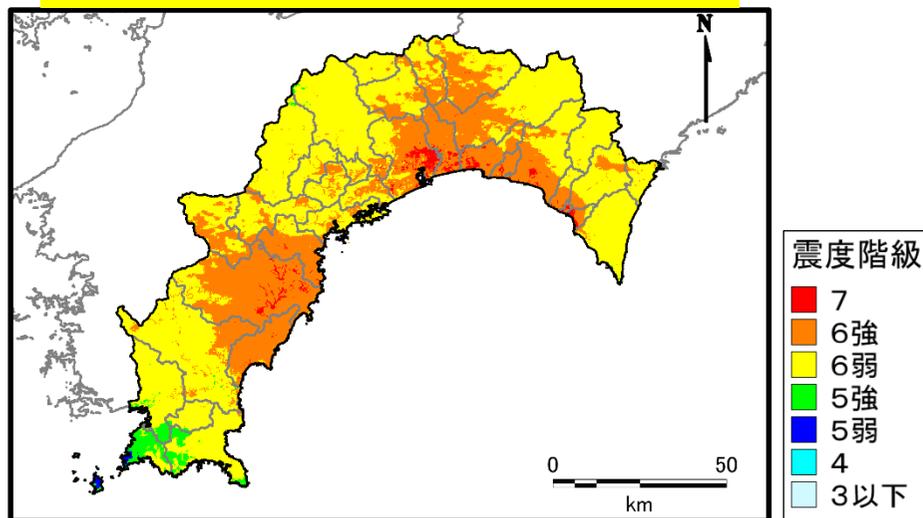
L2地震の震度想定結果

予測手法ごとの地表震度分布

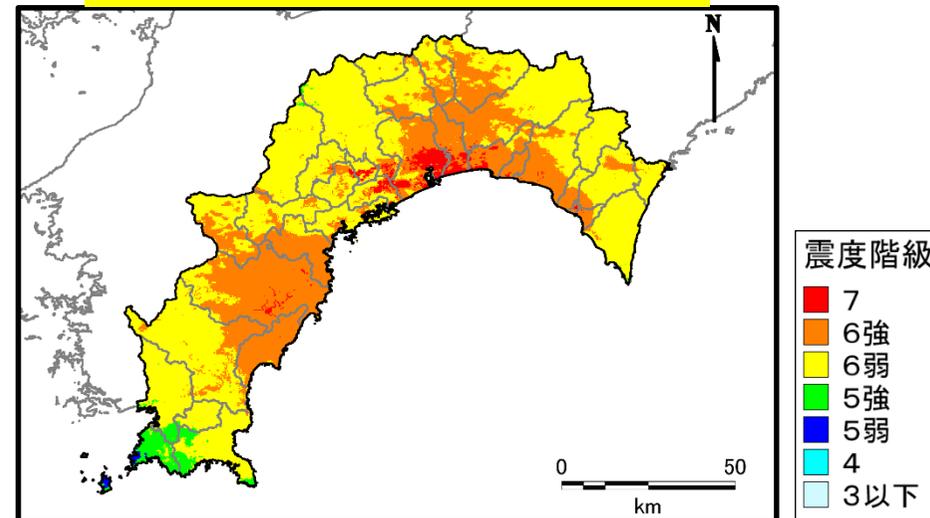
<陸側ケース>

- 今回調査による予測手法A～Dの結果を示した。ほぼ全域で震度6弱以上となり、特に、高知市周辺の平野部で震度7の範囲が広い傾向となっている。
- 地点ごとに、手法AとBの最大震度を採用したものを次スライドに示す。

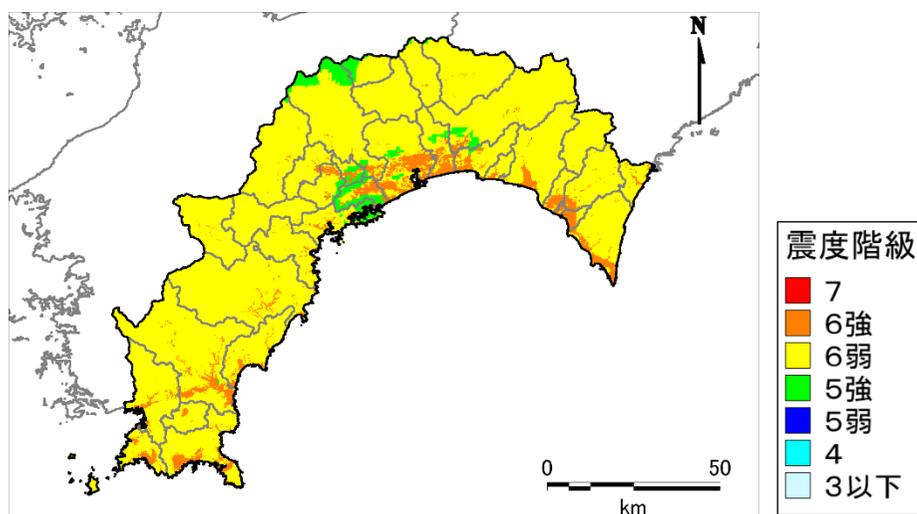
A : 統計的グリーン関数法+等価線形解析



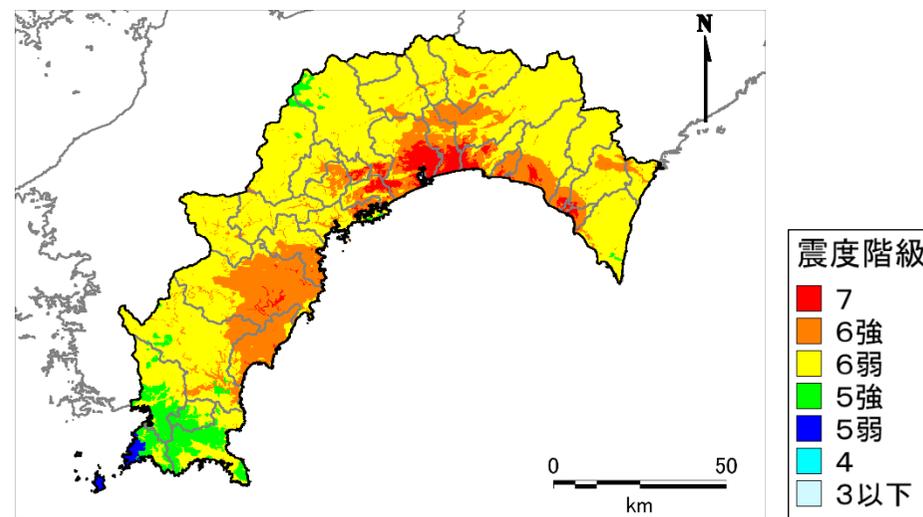
B : 統計的グリーン関数法+線形解析



C : 経験的手法+震度増分



D : 統計的グリーン関数法+震度増分



1 地震動

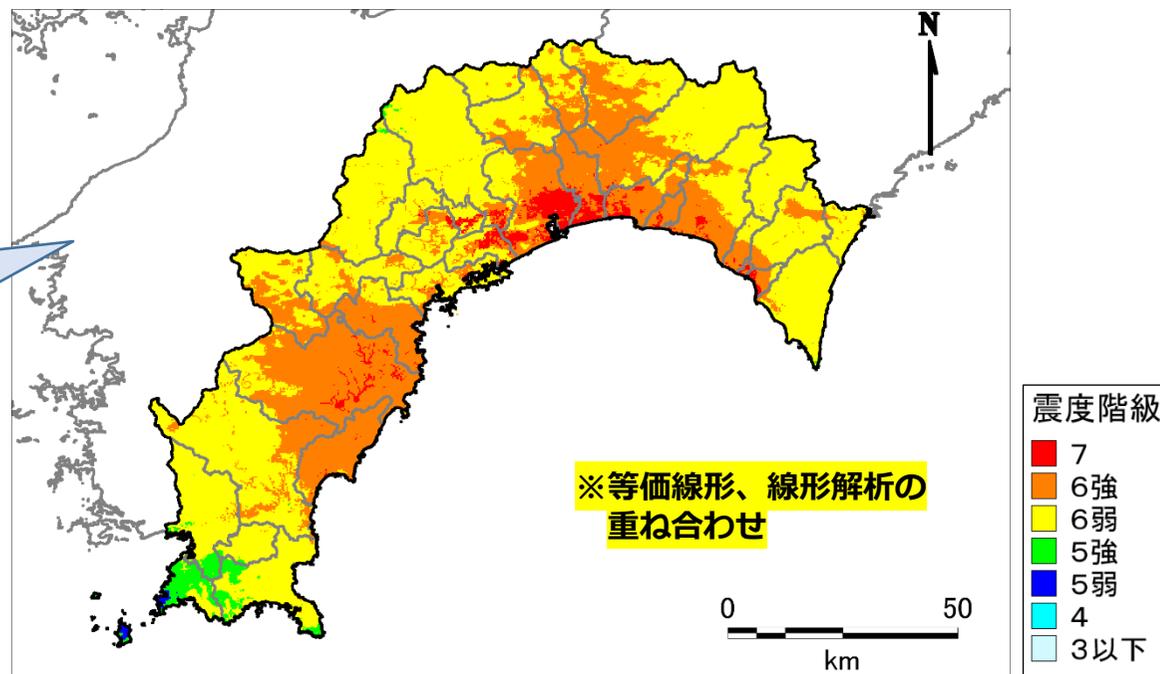
L2地震の震度想定結果

地表震度分布

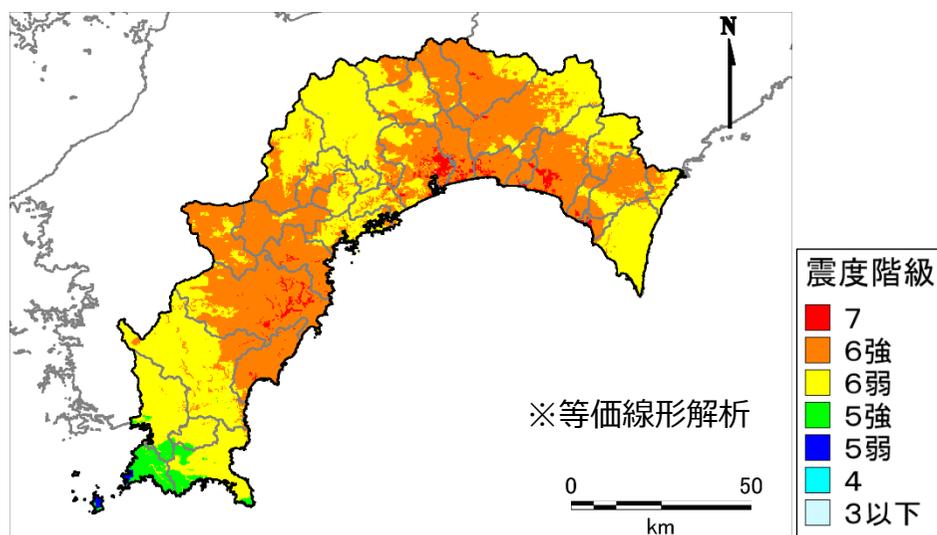
L2「南海トラフの巨大地震（陸側ケース）」の地表震度想定結果

<陸側ケース>

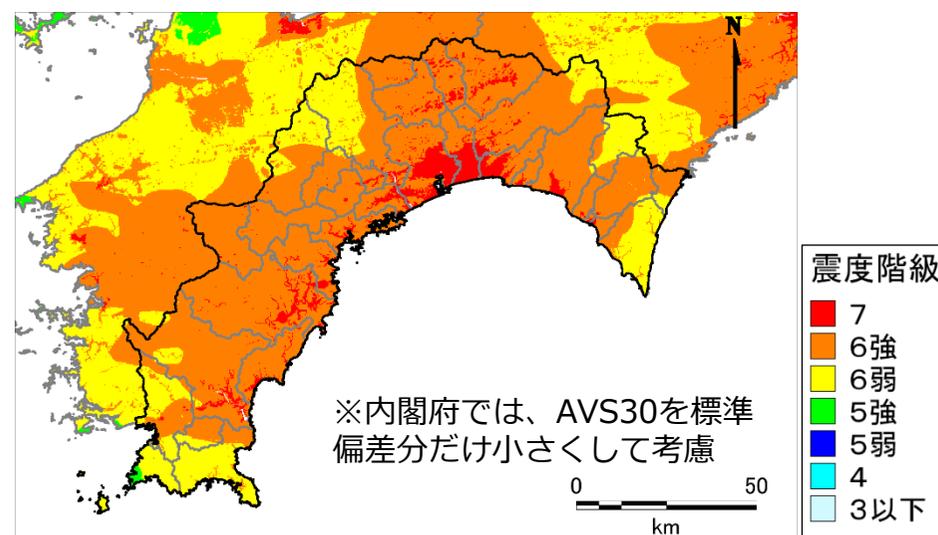
前回調査と比較して、高知市周辺の低地部でやや震度が高い



前回調査（H24高知県）の地表震度分布



参考：R7内閣府想定地表震度分布



1 地震動

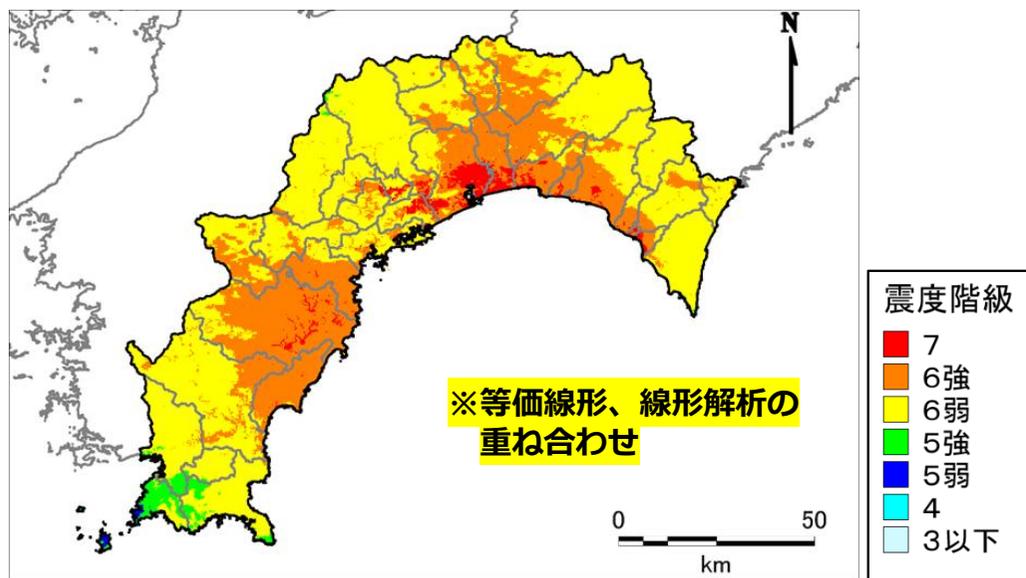
L2地震の震度想定結果

前回調査との比較

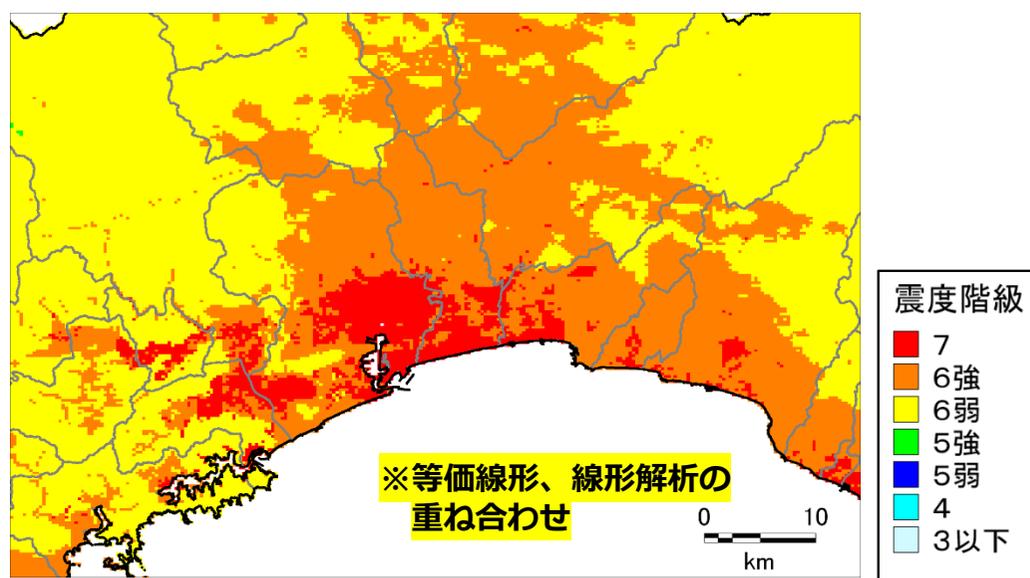
- 今回調査と前回調査との震度分布を比較した。高知市周辺では、浅部地盤モデルの更新と手法の違いによって、今回調査で震度6強～7の範囲が広がっている。

<陸側ケース>

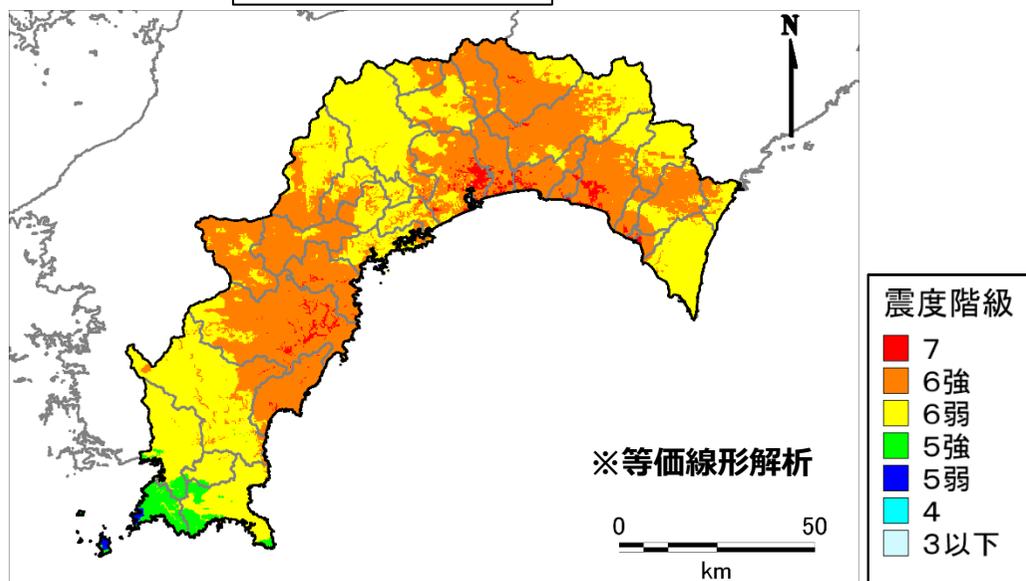
今回調査



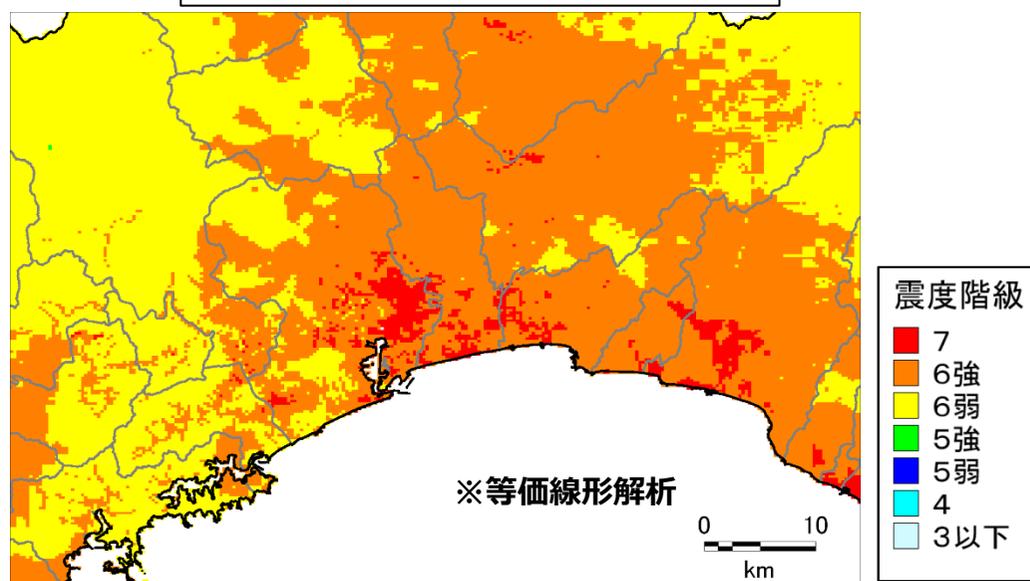
今回調査（高知市周辺拡大）



前回調査（H24）



前回調査（H24）（高知市周辺拡大）



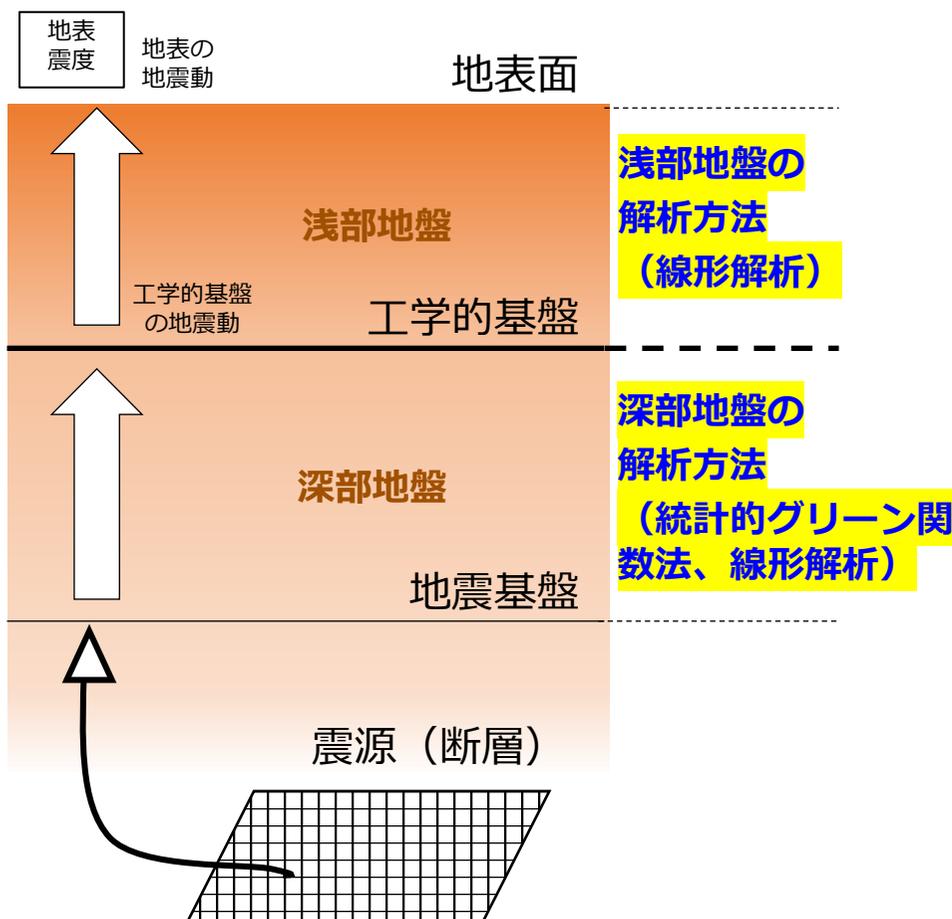
地震動想定に関するまとめ

- 浅部地盤モデルについて、今回約1万本のボーリングデータを追加（計約2万本）し、低地部では特徴的な土層の分布を、山地部ではボーリングデータの密度を踏まえて、**各地形に適した方法でモデルの作成を行った。**
 - ✓ 作成した浅部地盤モデルを確認すると、高知市内などでは軟弱な地盤の分布が見られた。AVS30はおおむね200～300m/sであるが、一部で120～140m/s程度と低い地点があった。
- 作成した浅部地盤モデルと、工学的基盤～地表までの地震動予測手法の特徴より、今回調査では、地盤構造に基づく増幅特性を反映する方法として、**等価線形解析及び線形解析を採用するものとした。**
- 想定される地震動が最も大きくなると考えられるL2地震「南海トラフの巨大地震」の陸側ケースを対象として、地震動の想定を行った。
 - ✓ 今回調査の地表震度は前回調査と比較して、高知市周辺で震度6強～7となる地点が多くなった。浅部地盤モデルの更新によって低地部では、工学的基盤が深くなり、軟弱になったことで、等価線形解析による非線形性が大きくなったところの確認された。これより地震動の低下が懸念されたことから、線形解析も採用し等価線形解析結果と比較し地震動が大きくなる方をとったことが要因として挙げられる。

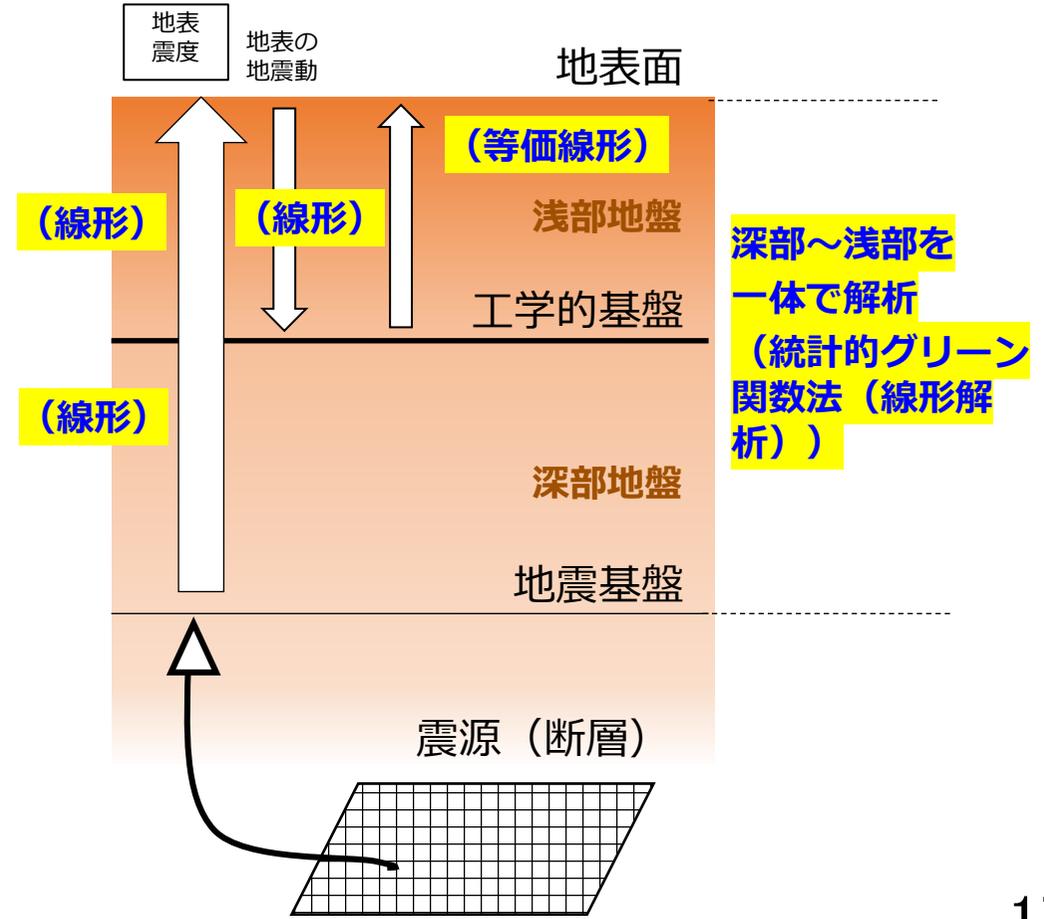
今後の検討について

- 地震動の想定では、前回調査の方法を踏まえて、工学的基盤までと地表までを分離して解析を行っている。
- しかし、浅部地盤モデルの作成結果より、工学的基盤がやや深い場所や、軟弱な地盤が分布する地点があることが確認された。このような場所では、深部地盤と浅部地盤を分離すると、地震動の周期特性が変化する可能性があるとしてされている。
- 今後、深部地盤と浅部地盤を一体とした検討の必要性について整理し、最終的な震度分布図の作成に反映していくものとする。

深部地盤と浅部地盤を分離して評価する方法



深部地盤と浅部地盤を一体として評価する方法



調査概要

- 基本方針：県内の超高層、免震建築物や油槽所のタンクなどの構造物の位置・数を調査し、内閣府（H27）による長周期地震動の予測結果等を踏まえて**定性的な評価**を行う。
 - 内閣府（H27）の予測は周期2～10秒が対象であるため、これ以上の固有周期を持つ構造物がある場合には、長周期地震動の予測を別途行う必要がある。
 - 比較的規模の大きいタンクを対象に固有周期を推計した結果、最も長いもので固有周期が約4秒であることから、長周期地震動の新たな予測が必要ないことを確認した。

〈固有周期の考え方〉

- ✓ **超高層建築物**は、高さ100mで**固有周期が2秒程度**とされる。
- ✓ **免震建築物**は、**固有周期が2～4秒程度**とされることが多い。
- ✓ 石油の貯蔵タンクについては、規模によって固有周期が10秒超となることがある。
 - 県の保有するデータ*1を用いて、主要な石油基地である「タナスカ地区」「中ノ島地区」のタンクを対象に、固有周期を調査した。
 - **タンク**の大きさから求められるスロッシング固有周期は、最も長いもので**約4秒**であった。
 - その他の地域にある貯蔵タンクについては、上記のものよりも規模が小さく、固有周期が10秒を超える可能性は低い。

長周期地震動による定性的な評価（被害の様相の記述）のイメージ
（出典：内閣府（R7））

- 上層階の多くの人々が、揺れによって動作上の支障があり、吐き気やめまいを感じる人も発生する。
- 揺れに対する不安から、地上へ避難しようとする人が多数発生する。
- 建築物の防災設計は火災からの特定階避難を前提としている中、「全館一斉避難」が発生した場合、非常階段等に多数の在館者が殺到し、転倒等による二次災害が発生する。

高知市周辺の油槽所の概略位置



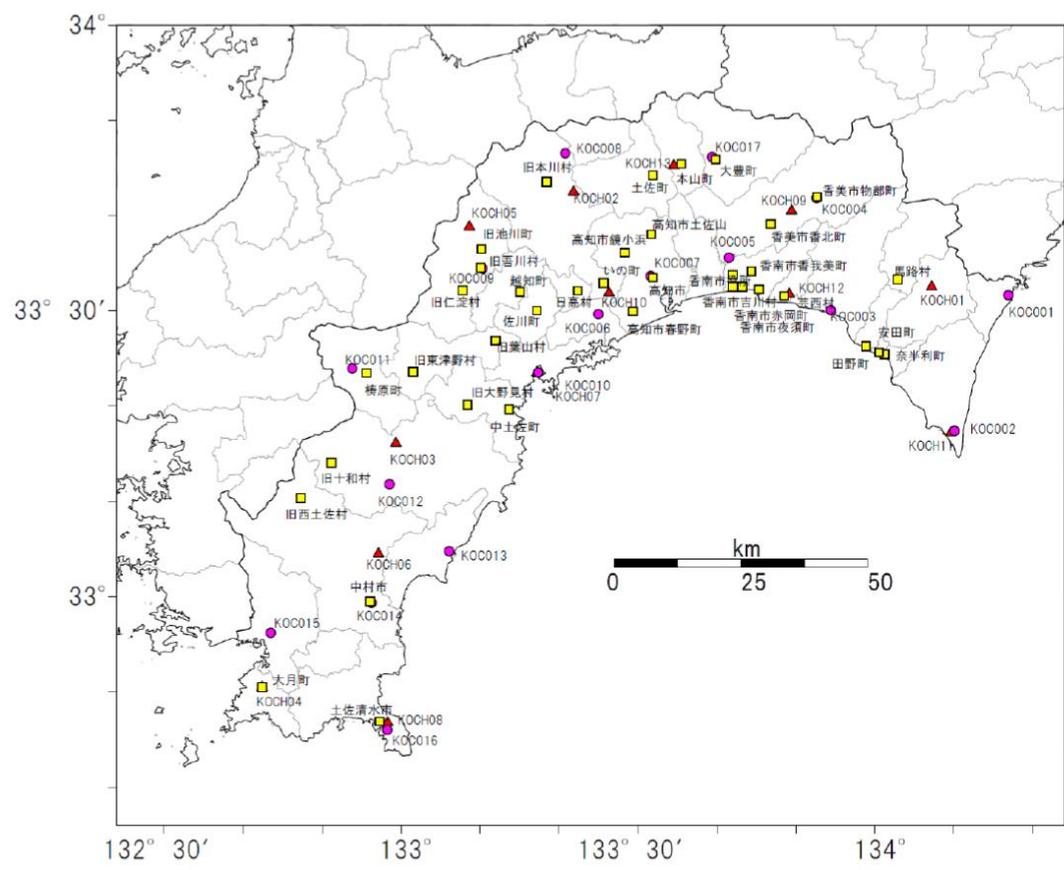
容量[kL]	タンクの数
0-200	16
200-500	16
500-1000	14
1000-2000	4
2000	17
計	67

*1: 「高危第1号 石油基地等被害想定（L2地震動）調査等委託業務報告書（平成27年3月）」

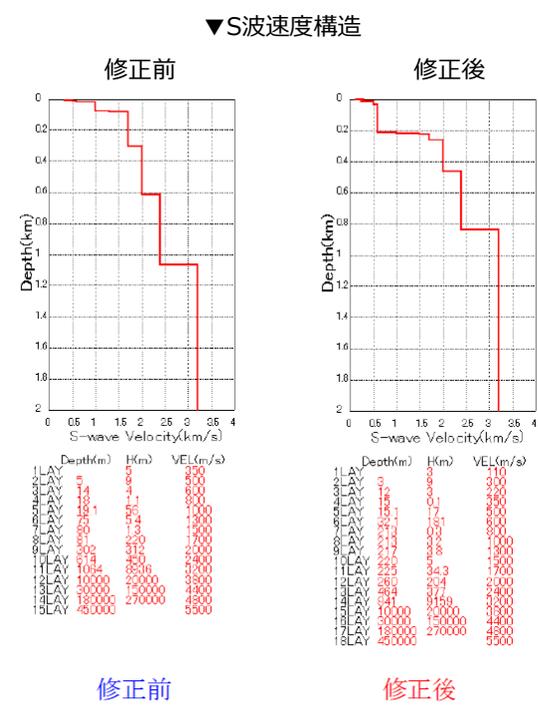
卷末資料

深部地盤モデルのチューニングについて

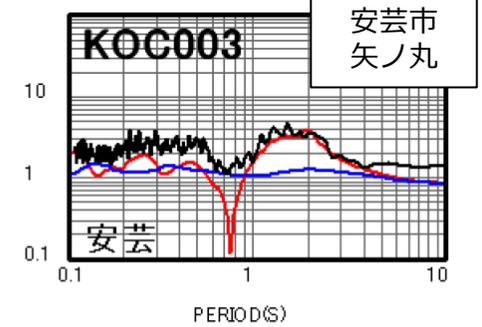
- 前回調査では、県内66か所の地震観測点におけるR/Vを用いて、次の手順で深部地盤モデルのチューニング（観測記録の周期特性に合うように地盤モデルを修正）を行った。
 - ① 観測記録によるR/Vを用いて、逆解析によって地点の初期モデルの速度構造を修正する（初期モデルで観測記録とが再現できる地点は修正対象としない）
 - ② 修正量がそれぞれ周囲(半径5km~10km 程度)に影響するものと仮定して、補間し3次元深部地盤構造を作成



高知県内の地震観測地点
(出典：前回調査報告書)



▼黒：観測によるR/Vスペクトル
 青：モデルによるR/Vスペクトル（修正前）
 赤：モデルによるR/Vスペクトル（修正後）

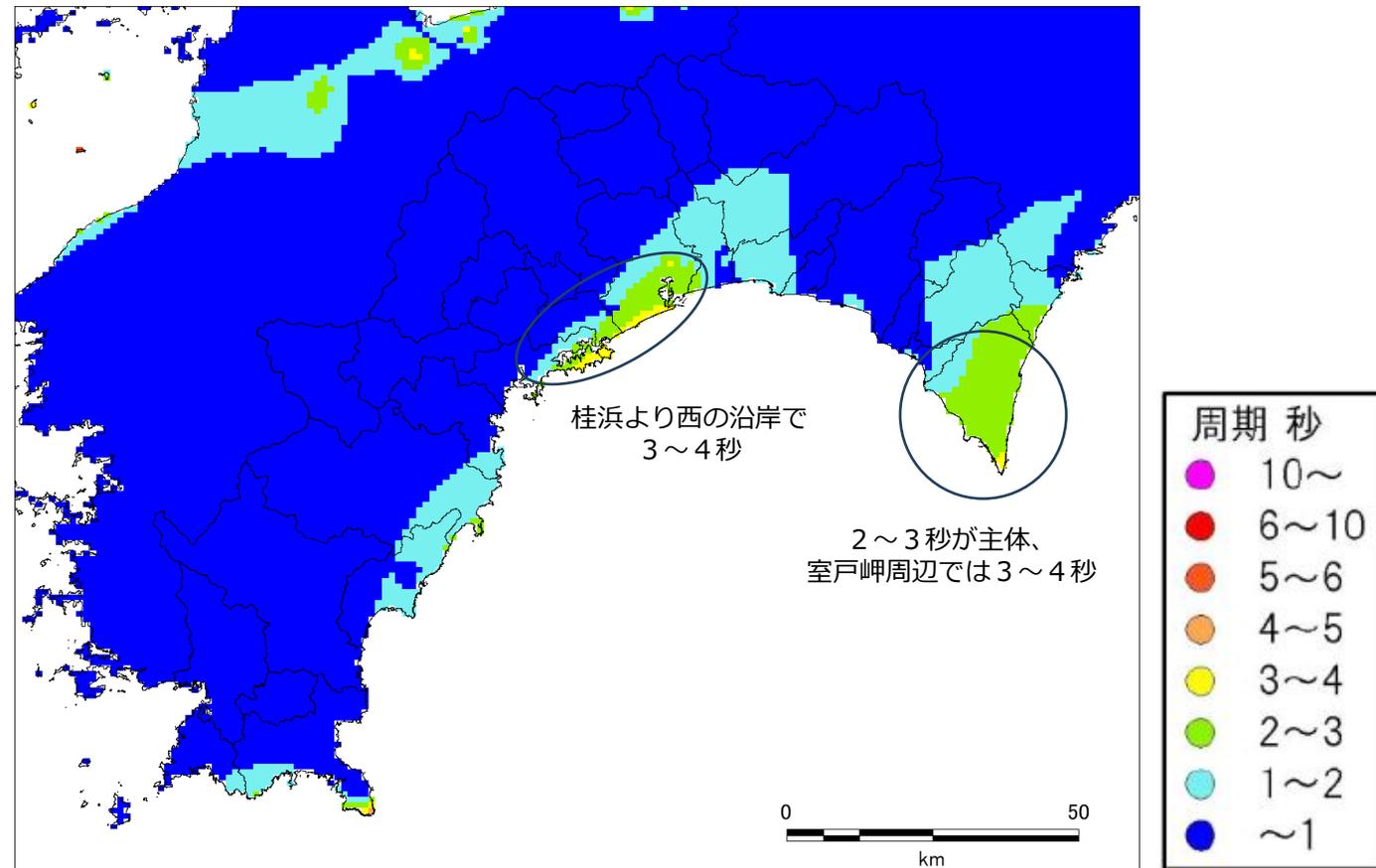


地点における深部地盤モデルのチューニングの例
(出典：前回調査報告書)

深部地盤の固有周期

- 前回調査において作成した深部地盤モデルを用いて、地点ごとの固有周期（大きな揺れが生じやすい周期）を算出、整理した。
- 深部地盤の固有周期は、山地部を中心1秒以下が主体である。
- 高知市や室戸市では2～3秒、特に沿岸部では3～4秒と算定された。このような地域では、やや長周期の揺れが強く生じる可能性がある。

高知県の深部地盤モデルによる固有周期分布

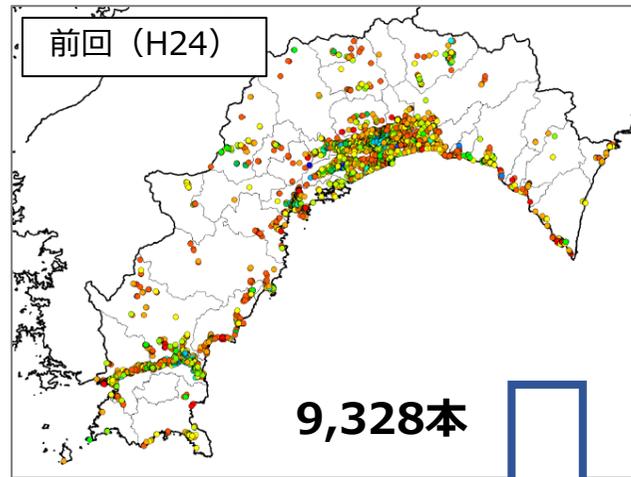


浅部地盤モデル作成データ

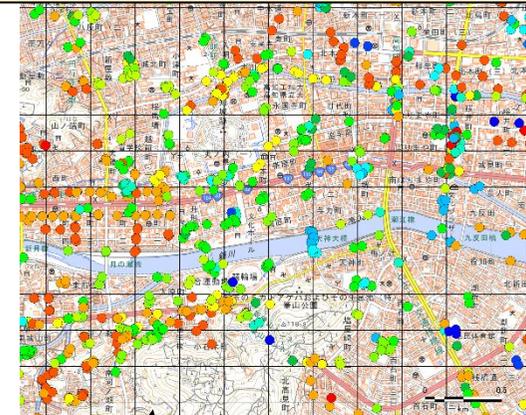
モデル作成に用いたボーリングデータの本数

分類	提供機関名	デジタル化したボーリング本数
前回 (H24)	前回収集	9,328本
今回調査	国土地盤情報センター	7,901本
	高知県(技術管理課)	2,249本
合計		19,478本

- ・国土地盤情報センターのデータは国土交通省及び高知県(令和元年)のデータ。
- ・国土地盤情報センター及び高知県(技術管理課)のデータは、県外、重複を取り除いたデータ。

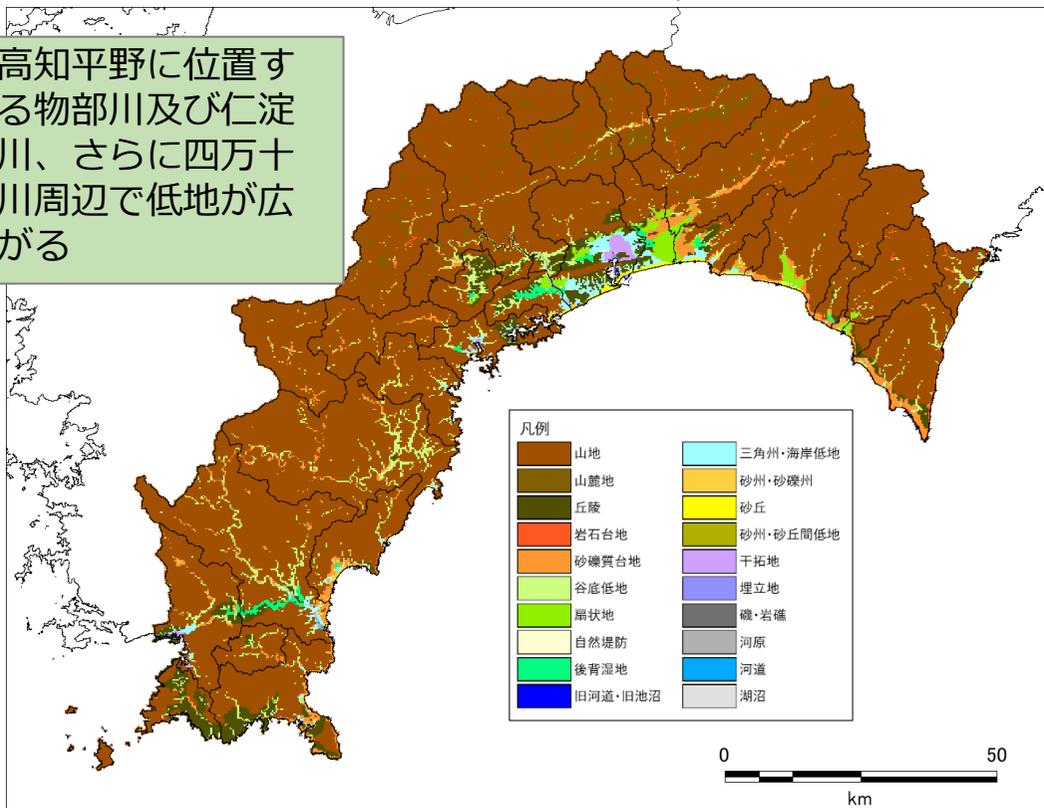


高知市内では250mメッシュ内に複数のボーリングデータが分布している

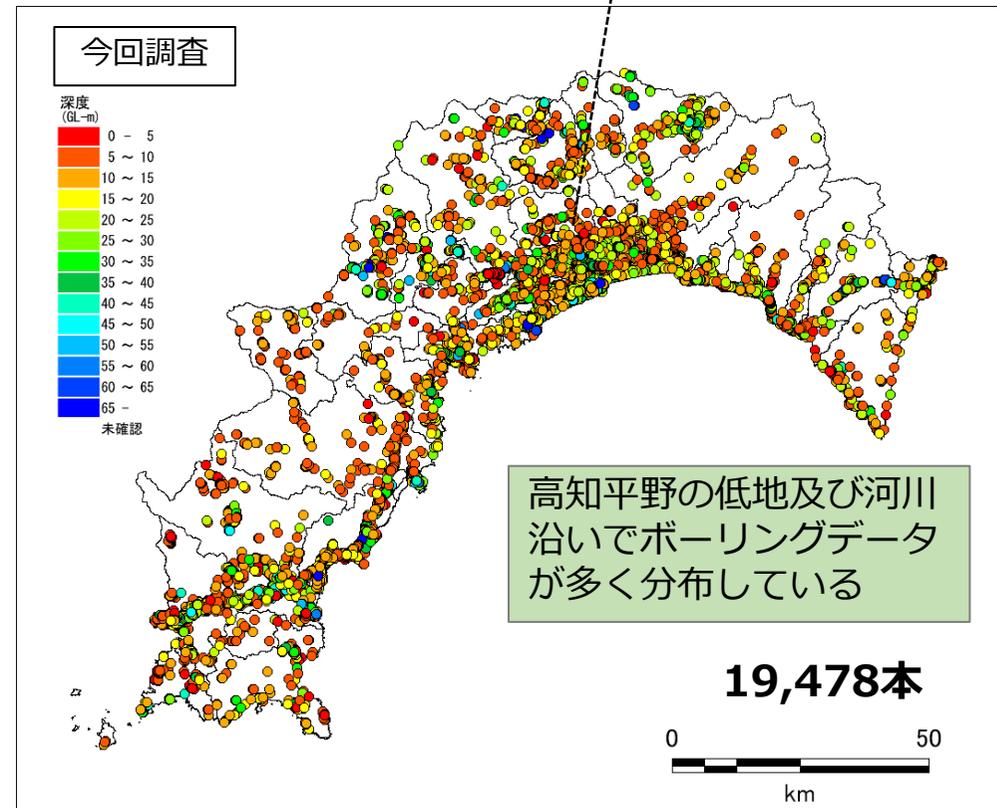


微地形区分 (若松・松岡, R2)

高知平野に位置する物部川及び仁淀川、さらに四万十川周辺で低地が広がる



収集したボーリングデータの掘進深度分布



高知平野の低地及び河川沿いでボーリングデータが多く分布している

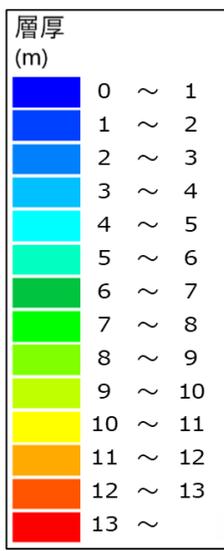
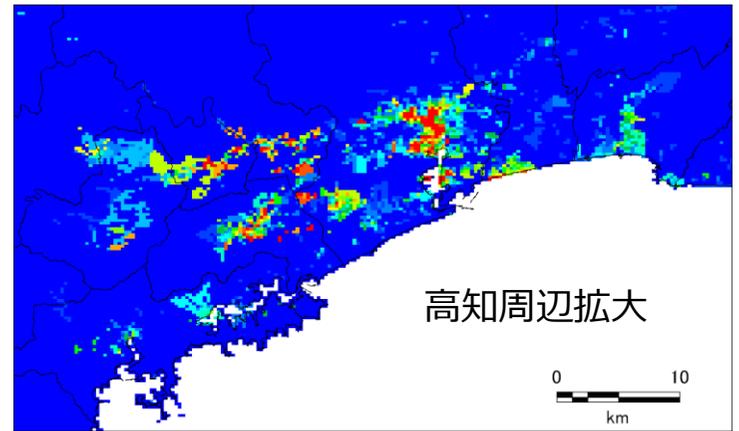
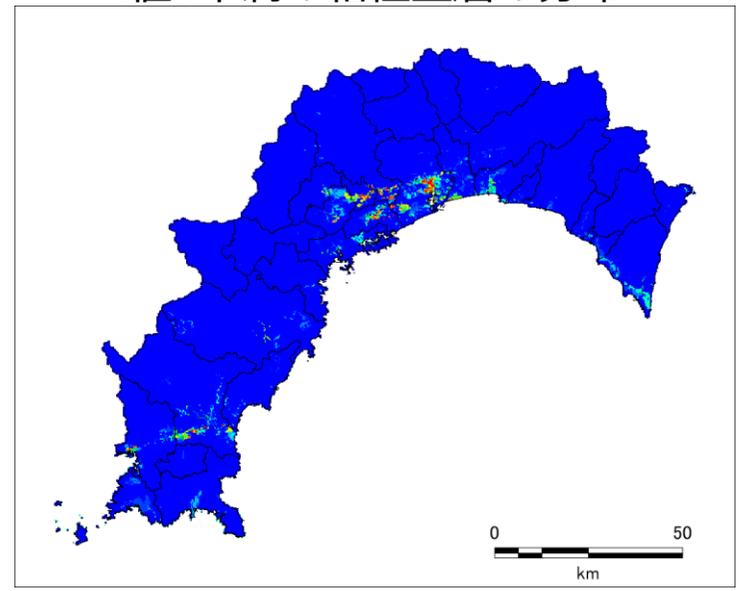
19,478本

浅部地盤モデルの作成結果

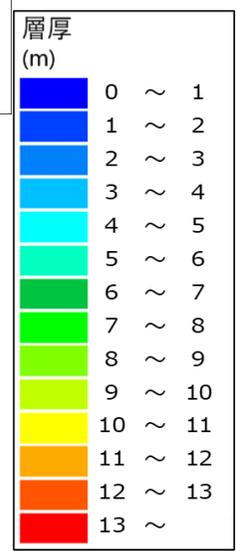
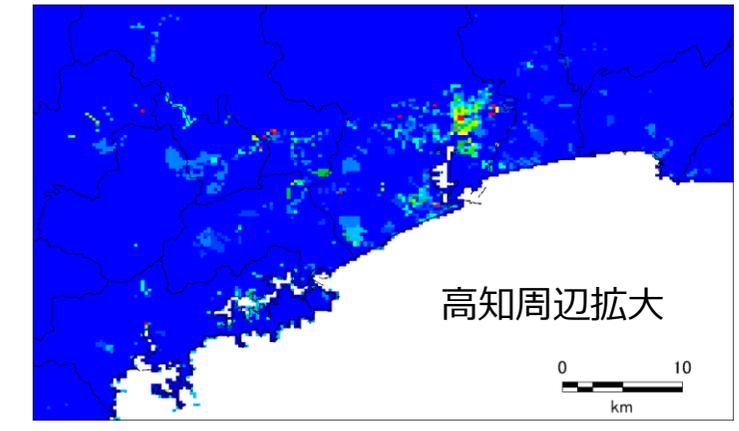
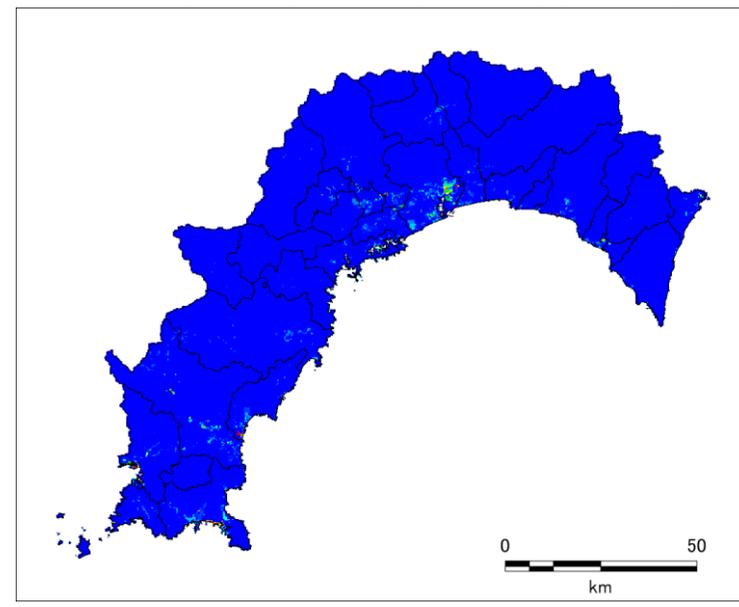
軟弱層厚の分布

- 等価線形解析によって非線形性が生じる可能性のある**軟弱地盤（N値4未満の粘性土層の分布とN値10未満の砂質土層）**の分布について調査した。
- 高知市やいの町南部地域でN値4未満の粘性土層分布が比較的厚く見られる。このような場所を対象に等価線形解析を行った場合、非線形性が現れることで地表の加速度が低下する可能性がある。

N値4未満の粘性土層の分布



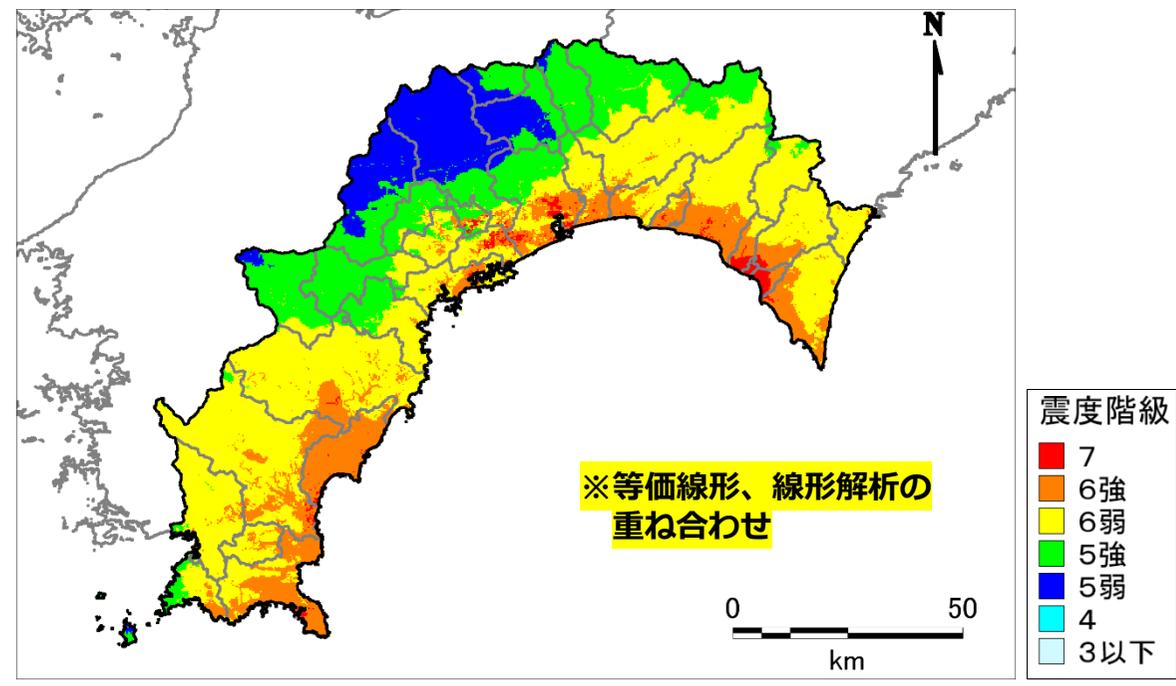
N値10未満の砂質土層の分布



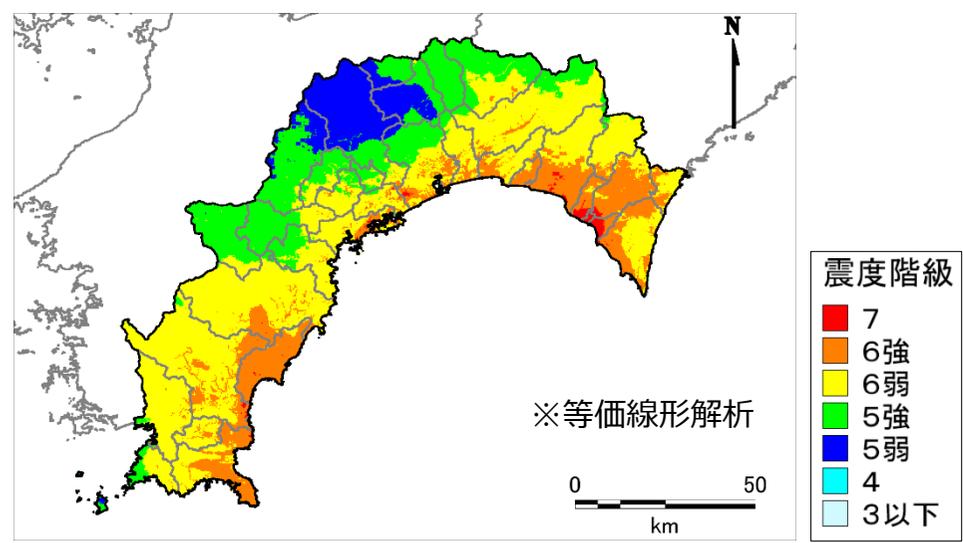
地表震度分布

<基本ケース>

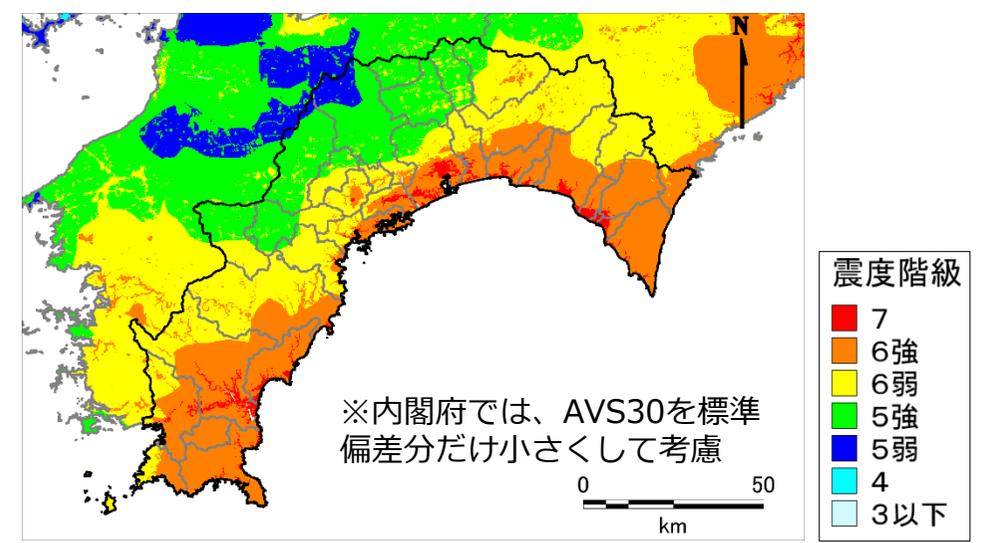
L2「南海トラフの巨大地震（基本ケース）」の地表震度想定結果



前回調査（H24高知県）の地表震度分布



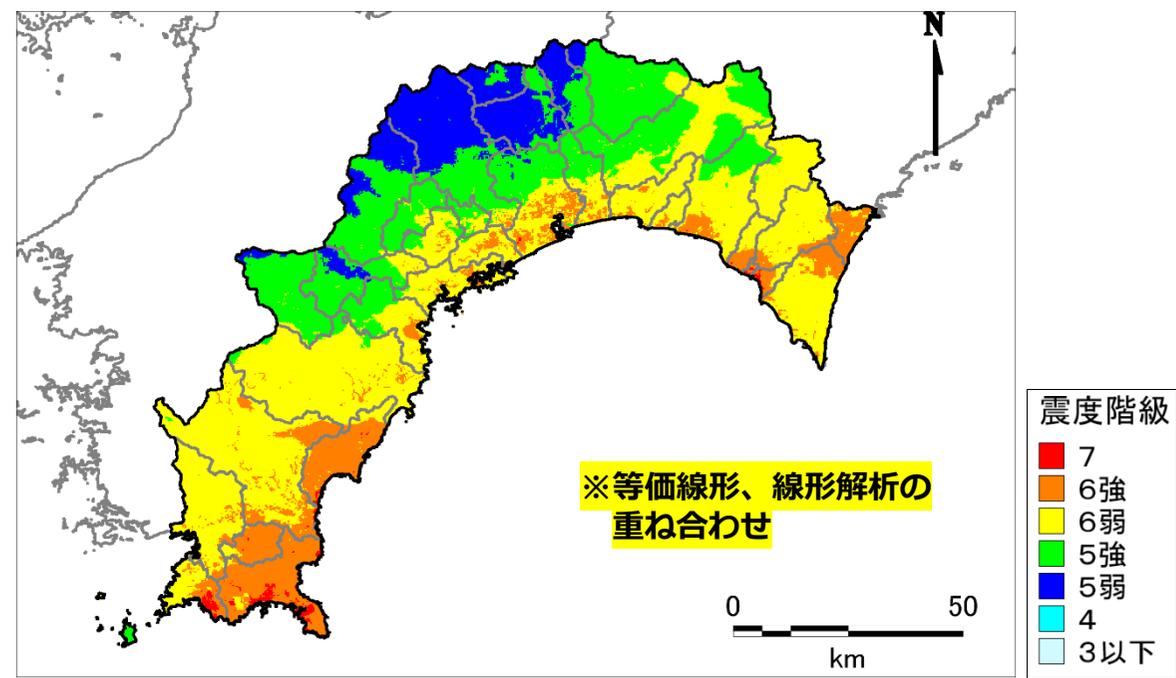
参考：R7内閣府想定地表震度分布



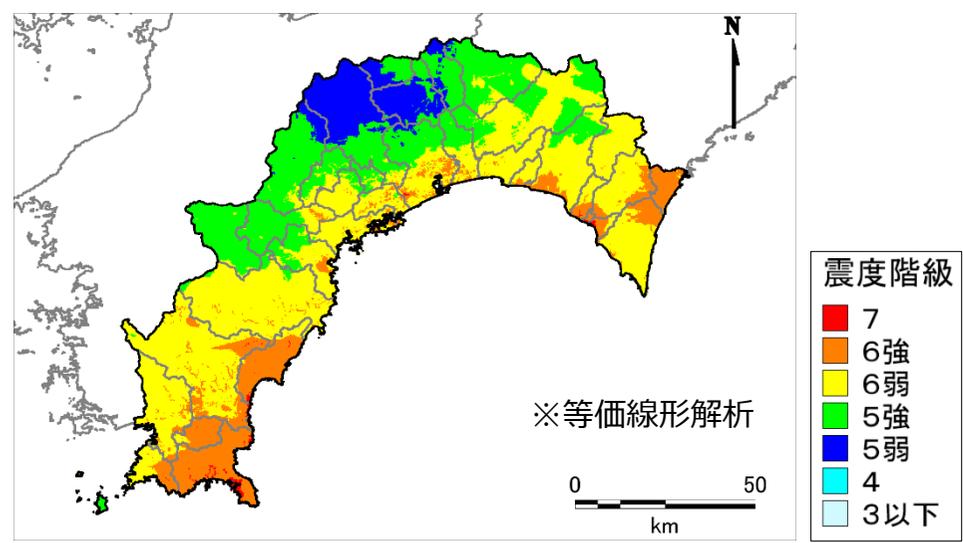
地表震度分布

<西側ケース>

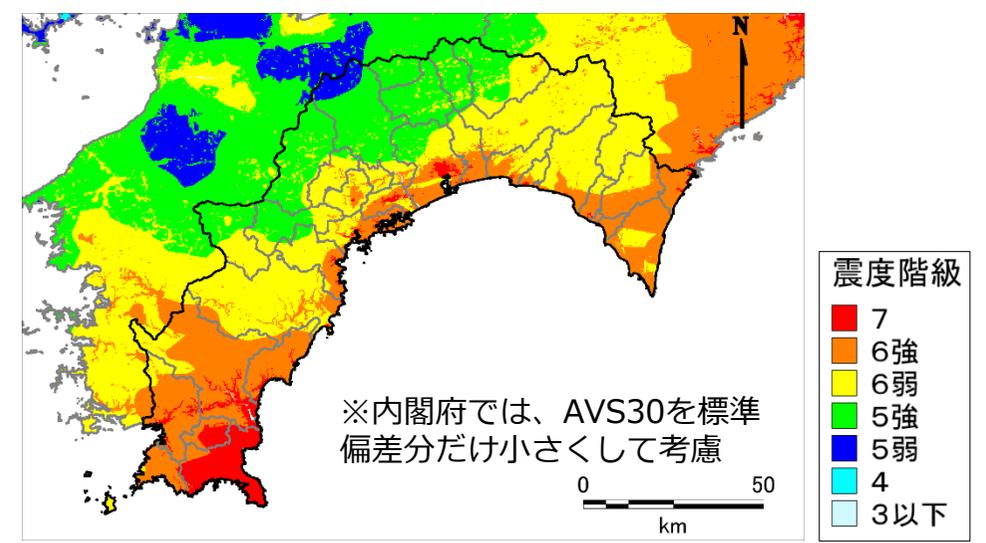
L2「南海トラフの巨大地震（西側ケース）」の地表震度想定結果



前回調査（H24高知県）の地表震度分布



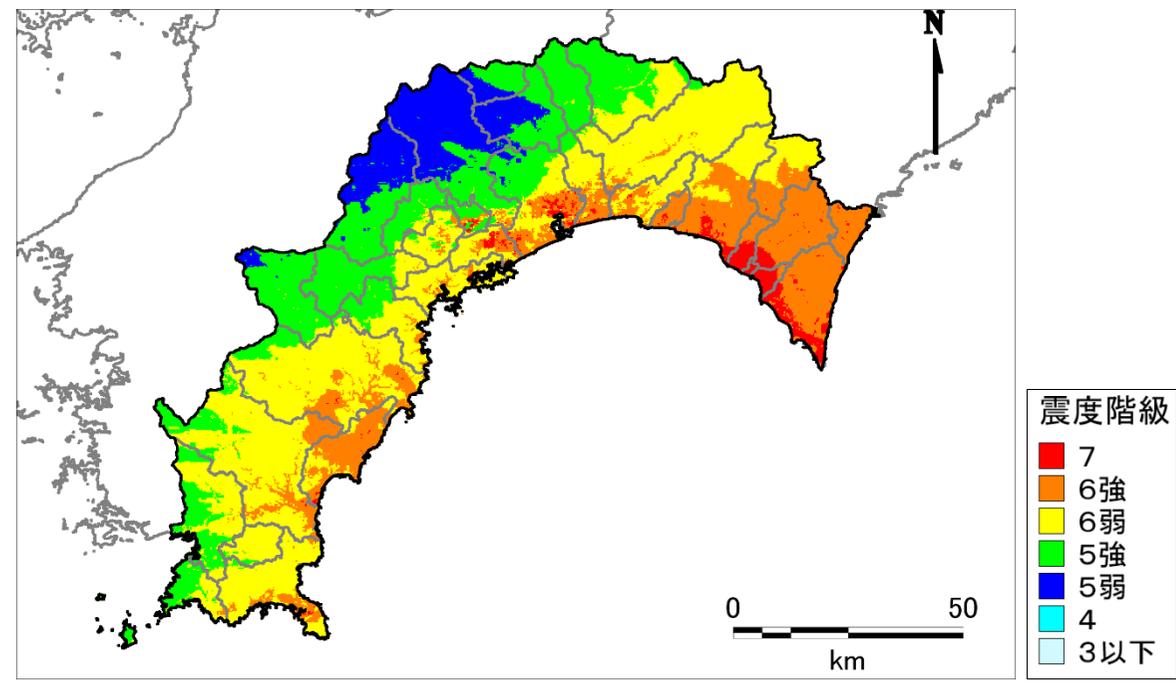
R7内閣府想定の地表震度分布



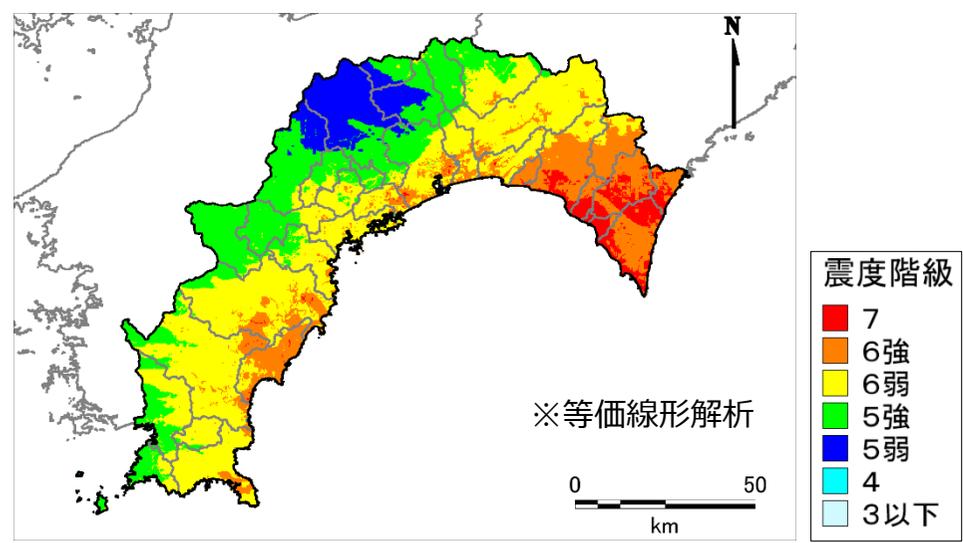
地表震度分布

<東側ケース>

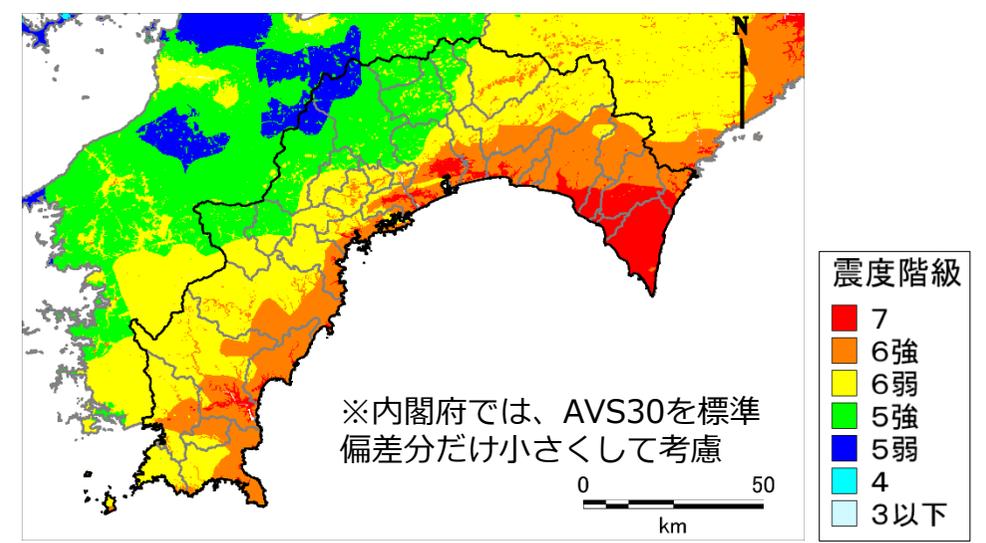
L2「南海トラフの巨大地震（東側ケース）」の地表震度想定結果



前回調査（H24高知県）の地表震度分布

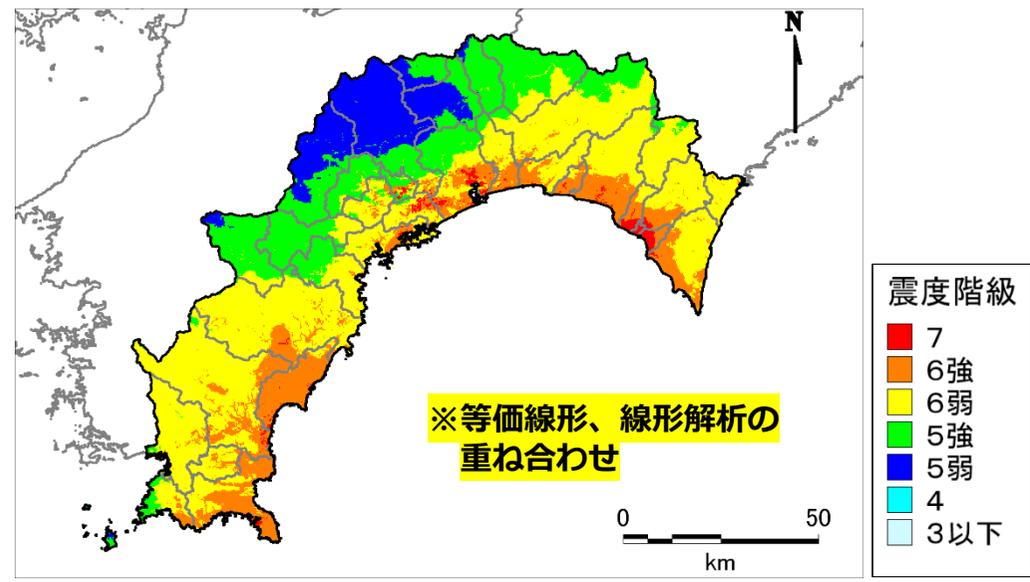


R7内閣府想定地表震度分布

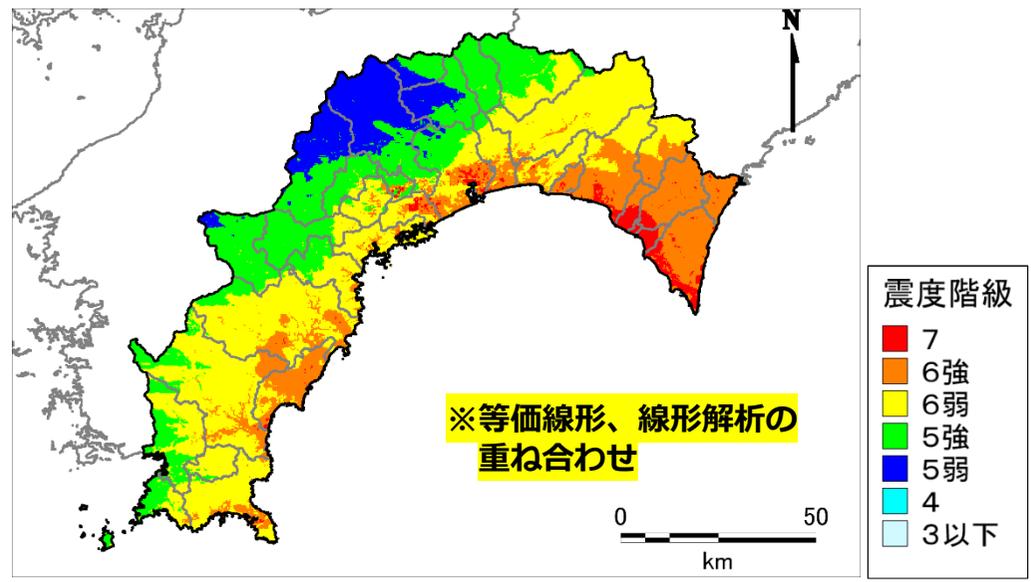


地表震度分布 : 今回調査によるL2地震動の震度想定結果一覧

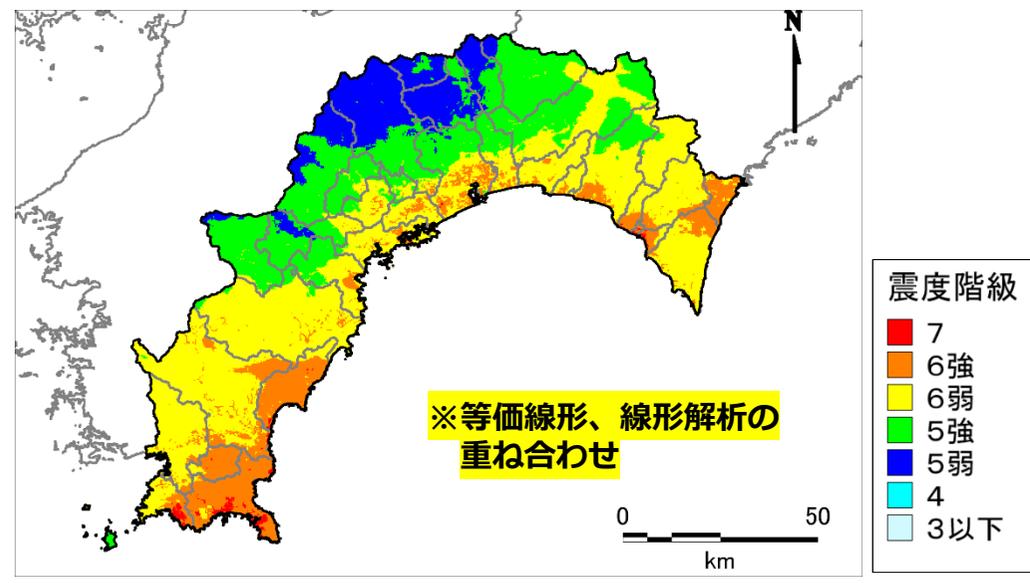
<基本ケース>



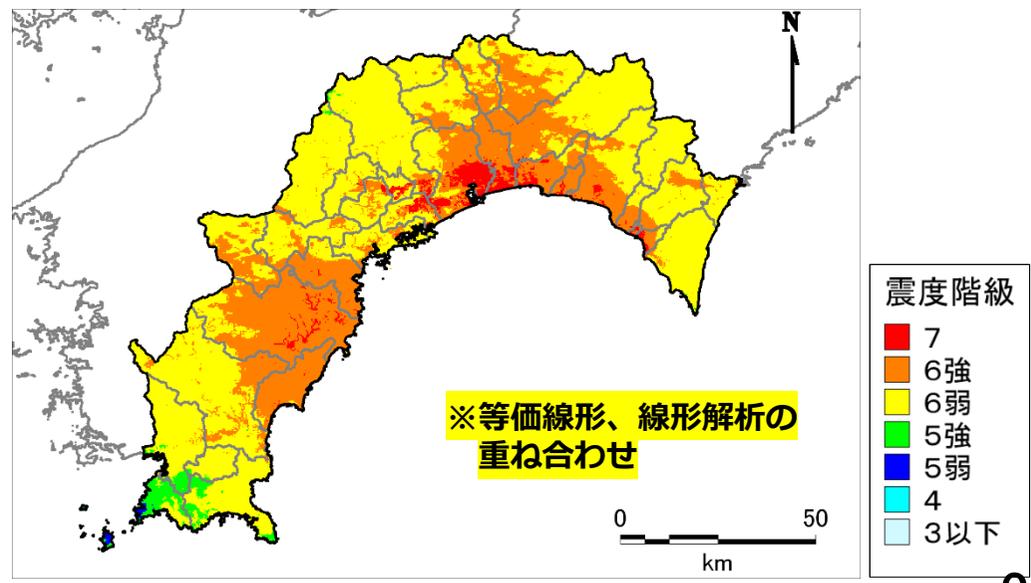
<東側ケース>



<西側ケース>



<陸側ケース>



2 その他

長周期地震動の影響について

- 「タナスカ地区」「中ノ島地区」の円筒形貯蔵タンクを対象に、スロッシング固有周期の理論値を算出した結果、**スロッシング固有周期は2.29~4.14秒**であった。

※基データは「高危第1号 石油基地等被害想定（L2 地震動） 調査等委託業務報告書（平成27年3月）」に整理されているタンク直径、容量を使用。

※農用石油中継タンクについては、石油基地より大きいタンクはないものとして、対象としなかった。

○スロッシング固有周期の算定式

$$T_{S1} = 2\pi \sqrt{\frac{D}{3.68g} \coth\left(\frac{3.68H}{D}\right)}$$

ここで、D:タンク直径、H:液高、g:重力加速度



石油基地の位置

中ノ島地区



タナスカ地区



タンクの設置状況

深部地盤の予測

深部地盤の地震動の主な予測手法と自治体の採用例

予測手法		特徴	採用自治体（都道府県）※
経験的手法 (距離減衰式)		多数の地震観測記録を統計的に処理して求められた回帰モデルを用いて予測する手法	青森県(16)、岩手県(04)、山形県(06)、茨城県(18)、千葉県(16)、福井県(12)、長野県(15)、鳥取県(18)、佐賀県(15)、長崎県(06)、沖縄県(14)
半経験的手法	経験的グリーン関数法	予測地点で得られた中小地震観測記録を要素波*1とし、断層モデルの考え方に基づいて、これを重ね合わせることで大地震の地震動を評価する方法	-
	統計的グリーン関数法	多数の地震観測記録を処理して求められた平均特性を有する要素波を作成し、断層モデルの考え方に基づいて重ね合わせて大地震の地震動を評価する方法。地盤増幅特性*2は別途考慮する	<p>■都道府県で独自に計算</p> 宮城県(04)、秋田県(13)、茨城県(18)、栃木県(15)、群馬県(12)、埼玉県(14)、神奈川県(15)、新潟県(21)、静岡県(13)、愛知県(14)、滋賀県(14)、島根県(18)、岡山県(14)、広島県(13)、山口県(14)、香川県(14)、愛媛県(13)、佐賀県(15)、長崎県(06)、宮崎県(20)、鹿児島県(14)
理論的方法		断層モデルの理論に基づいて震源特性を求め、地震波の伝播特性と表層地盤の増幅特性を弾性波動論*3により理論的に計算し評価する手法	千葉県(16)、東京都(12)、神奈川県(15)、長野県(15)、鳥取県(18)、大分県(19)
ハイブリッド合成法		長周期帯域は理論的方法、短周期帯域は半経験的方法で求め、それらを合成する手法。それぞれの寄与は中間的な周期(マッチング周期)でフィルター処理して足し合わせる。	千葉県(16)、東京都(12)、神奈川県(15)、長野県(15)、鳥取県(18)、大分県(19)

※カッコ内は、発行年(西暦)の下二桁のみを表示(例:北海道(2018)→北海道(18))

出典:日本建築学会「地盤振動-現象と理論-」、損害保険料算出機構「地震保険研究, No.37国・自治体の地震被害想定における被害予測手法の調査(2021年度調査)」

*1:震源断層を分割した小断層(要素断層)から放出される地震動のこと *2:対象地点近傍の地盤構造によって地震波動受ける影響のこと *3:弾性体内での波の伝播を解析する理論のこと

浅部地盤の予測

浅部地盤の地震動の主な予測手法と自治体の採用例

予測手法		特徴	採用自治体（都道府県）※
震度増分		AVS30 ^{*1} を用いた経験式によって震度増分を求め、工学的基盤の震度に足すことで地表震度を求める。	①中央防災会議の手法 茨城県（18）、千葉県（16）、東京都（12）、長野県（15）、滋賀県（14）、山口県（14）、香川県（14）、長崎県（06）、宮崎県（20） ②松岡・翠川（1994）の手法 青森県（16）、岩手県（04）、宮城県（04）、山形県（06）、長野県（15）、長崎県（06） ③地震調査研究本部の手法 北海道（18）、秋田県（13）、茨城県（18）、佐賀県（15）
数値解析	線形解析	重複反射理論 ^{*2} によって地盤の増幅率を考慮する。非常に硬い地盤や微小地震などを対象として用いられる。	埼玉県（14）、愛知県（14）
	等価線形解析	重複反射理論によって地盤の増幅率を考慮する。地盤の 非線形特性を等価な線形と置き換えて 評価する。	福島県（97）、群馬県（12）、千葉県（16）、神奈川県（15）、新潟県（21）、福井県（12）、山梨県（05）、長野県（15）、京都府（17）、奈良県（05）、鳥取県（18）、島根県（18）、岡山県（14）、広島県（13）、愛媛県（13）、福岡県（12）、大分県（19）、鹿児島県（14）
	非線形解析	逐次積分法によって 時間ごとの変化を評価 する。地盤の非線形特性を時刻経過に合わせて反映することができる。土中の水の扱い方によって「全応力解析」「有効応力解析」がある。	静岡県（13）、滋賀県（14）

※かっこ内は、発行年（西暦）の下二桁のみを表示（例：北海道（2018）→北海道（18））

出典：日本建築学会「地盤振動-現象と理論-」、損害保険料算出機構「地震保険研究，No.37国・自治体の地震被害想定における被害予測手法の調査（2021年度調査）」

*1:地表から深さ30mまでの平均S波速度

*2:地層が水平成層であると仮定し、地震波が鉛直上方に伝達する間に地層境界で透過・反射を繰り返しながら地表まで伝播するという考え方