

南海トラフの巨大地震モデル検討会
第 6 回会合

深部地盤モデルの作成の考え方

平成 23 年 12 月 12 日

1. 震度分布の推計方法

中央防災会議(2003)¹は、強震波形計算によって求められた地表の震度と経験的手法によって求められた地表の震度を比較検討し、強震波形計算による結果を主に、それにより表現できていないところについては、経験的手法による結果も加えて、最終的な震度分布を求めている。これらの手法については、これらを見直すほどの知見の蓄積が十分でないことから、本検討会の震度計算においても、同様の手法により震度分布を推計することとする（図 1.1）。

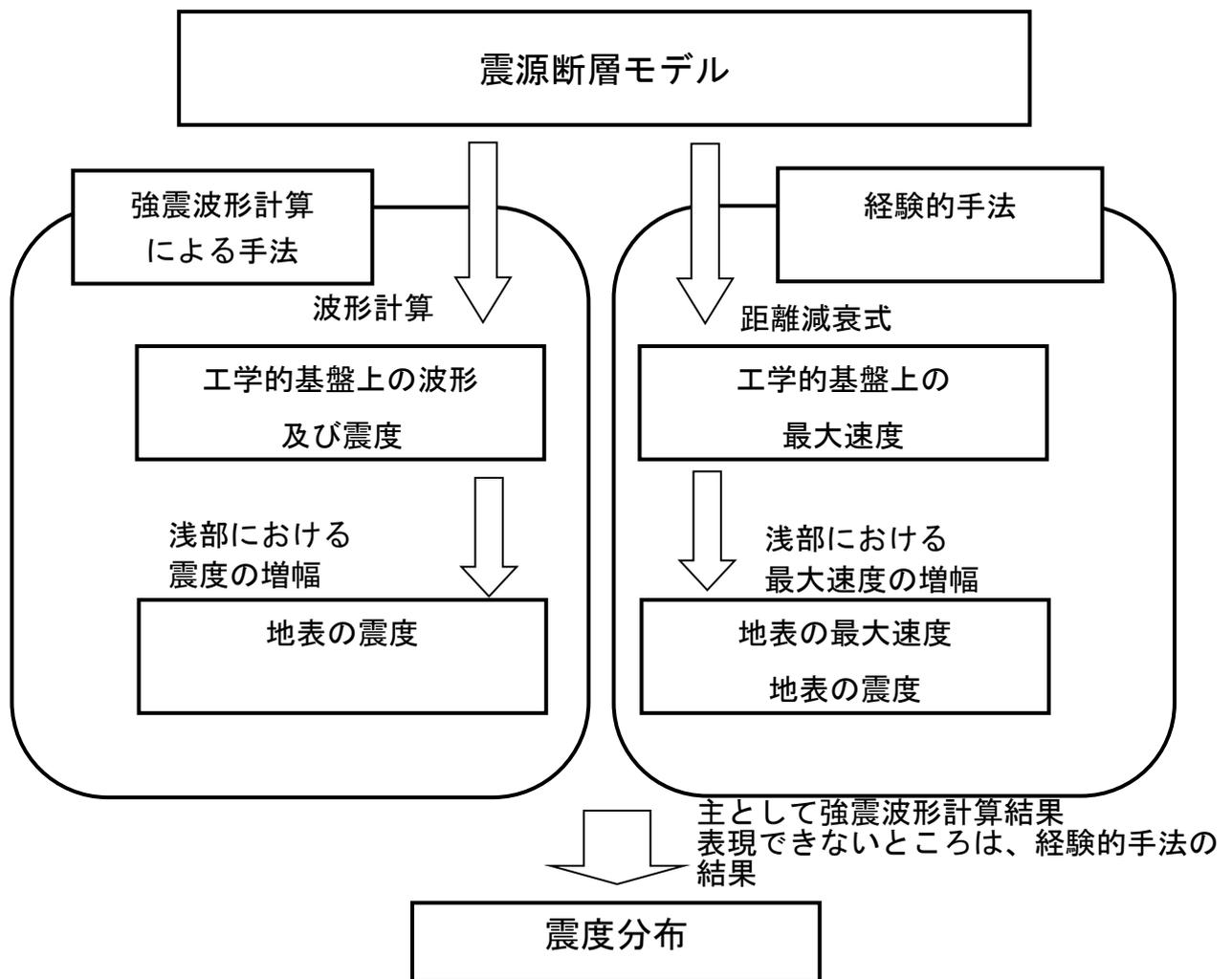


図 1.1 震度分布の求め方（概要）

¹ 中央防災会議(2003):「東南海、南海地震等に関する専門調査会」(第 16 回) 東南海、南海地震に関する報告

2. 強震波形計算による手法

強震波形計算では、中央防災会議(2003)と同様に統計的グリーン関数法を用いる。統計的グリーン関数法は、入倉・他(1997)²による重ね合わせ手法に基づく経験的グリーン関数法を基本とする。

震源断層から計算地点の地震基盤までについては伝播過程における減衰、地震基盤から工学的基盤までについては、重複反射理論による増幅を考慮して、工学的基盤上における水平2成分と上下成分の波形を計算する。この3成分の波形より工学的基盤の震度を計算し、さらに浅部地盤³における増幅を考慮して地表の震度を計算する。

震源断層から計算地点に至る地盤構造については、地震基盤 ($V_s=3\text{km/s}$ 相当層) 以深、地震基盤から工学的基盤 ($V_s=0.35\sim 0.7\text{km/s}$ 相当層) 上面、および工学的基盤以浅の3つの領域に分割し、このうち、工学的基盤以浅の地盤モデルを「浅部地盤モデル」、地震基盤から工学的基盤までの地盤モデルを「深部地盤モデル」と呼ぶ (図 2.1)。

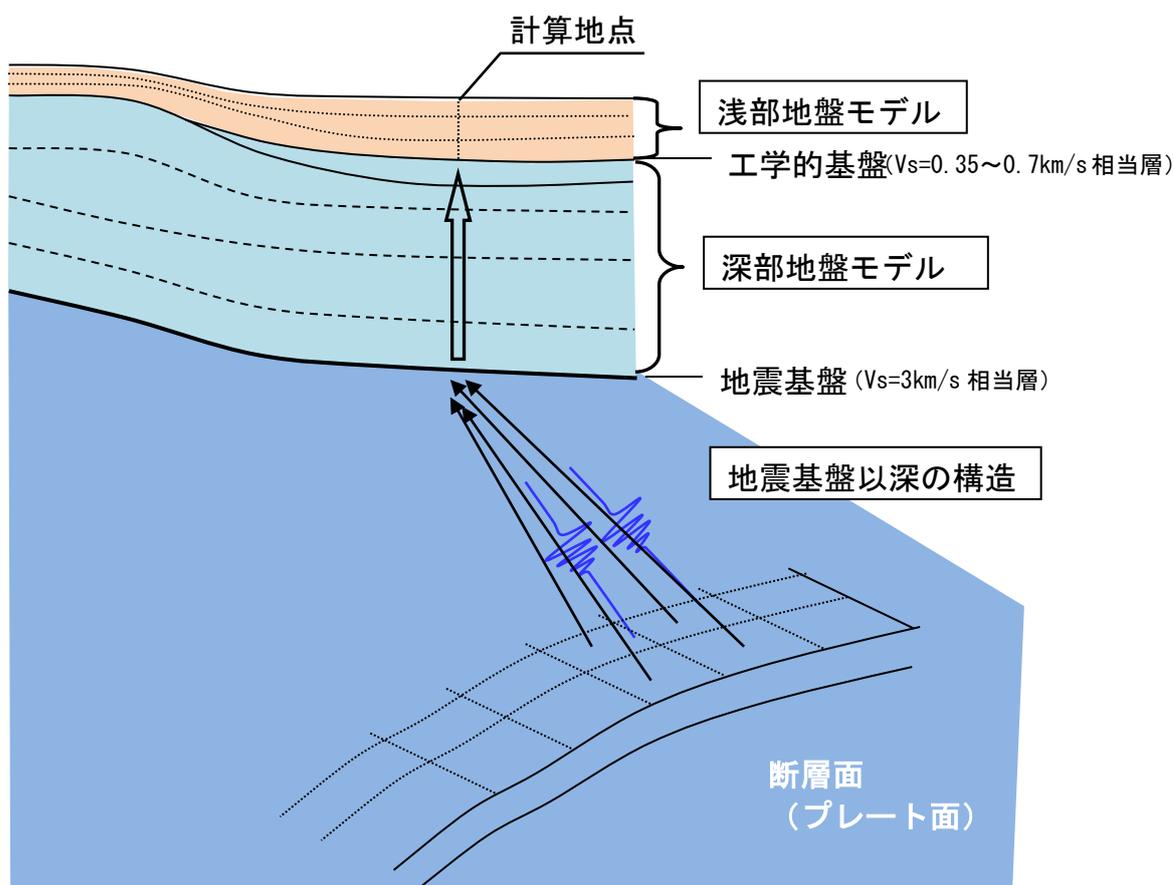


図 2.1 地盤構造の概念

² 入倉孝次郎・香川敬生・関口春子(1997): 経験的グリーン関数を用いた強震動予測方法の改良, 日本地震学会講演予稿集, 1997 年度秋季大会, B25.

³ 「南海トラフの巨大地震モデル検討会」第4回会合 資料2 表層地盤モデルの作成の考え方

① 地震基盤における波形の計算

対象とする断層面を小断層に分割し、その小断層毎に要素波形を作成する。グリーン関数としては ω^{-2} 則に従う震源スペクトル (Boore,1983)⁴に経験的な位相特性を与えたものを用いる。

震源から地震基盤までの速度構造としては、計算領域下の平均的な速度構造を用いることとし、各要素から計算地点下の地震基盤に伝播する時間、および地震基盤における入射角を計算する。

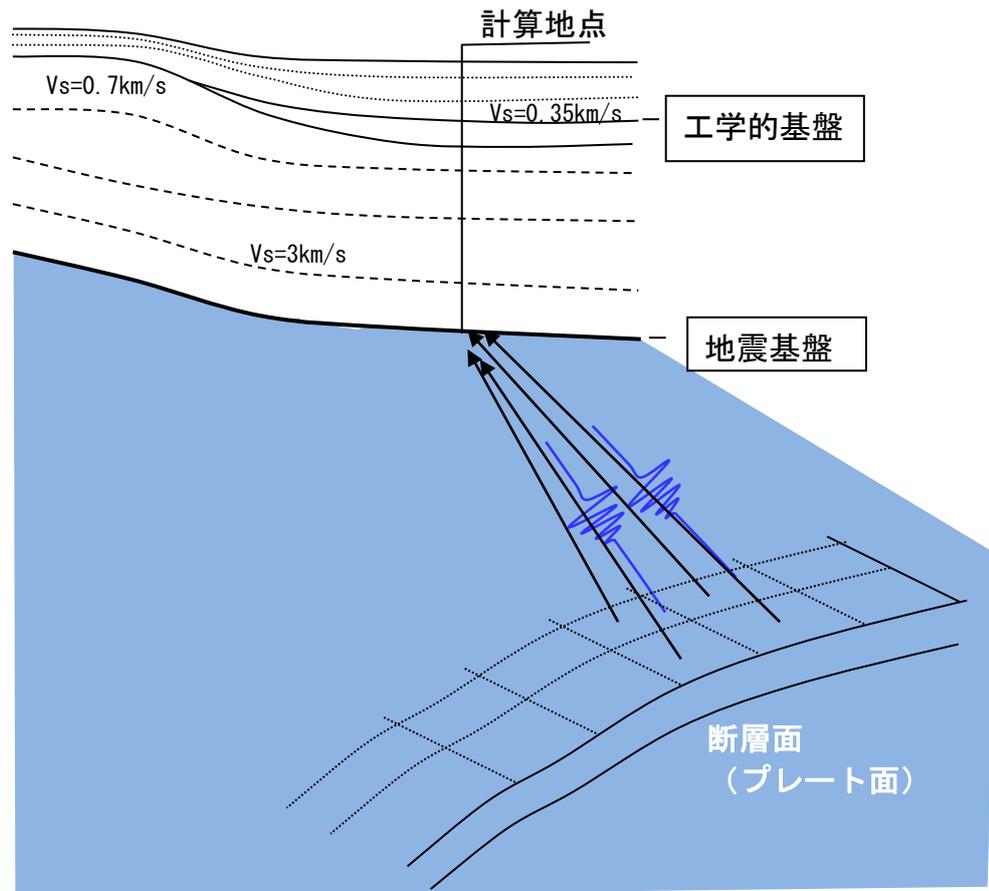


図 2.2 地震基盤における波形の計算

⁴ Boore, D. M.: Stochastic simulation of high-frequency ground motions based on seismological models of the radiation spectra, Bull. Seism. Soc. Am., Vol. 73, 1983, pp.1865-1894.

② 工学的基盤における波形の計算

地震基盤における要素波形に対して、工学的基盤までの地盤構造による増幅を考慮するため、SH波については斜め入射のSH波動場、SV波については、P-SV波動場の応答計算を行い工学的基盤の波形を計算する。工学的基盤上の3成分の波形より、計測震度を計算する。

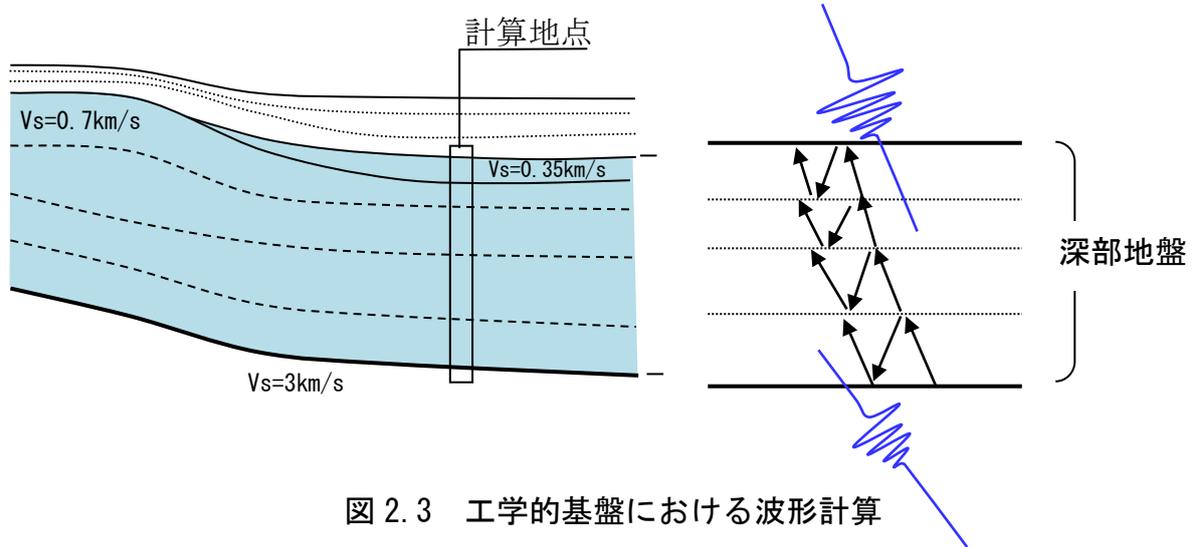


図 2.3 工学的基盤における波形計算

断層近傍における強震動の補正

統計的グリーン関数法は遠方近似に基づいているので、幾何学的減衰は震源距離 R の逆数 $1/R$ で表現されるが、震源との距離が近い場合は地震波の振幅が過大評価される。地震波振幅の幾何減衰は、遠方では $1/R$ で近似されるが、断層に近いところでは $1/(R+C)$ でよりよい近似となることが解析的に示されている。このことは経験的な手法でも同様の形で表現されている。このため、中央防災会議「東海地震に関する専門調査会」と同様に、幾何学的減衰として $1/(R+C)$ を導入し、 C の値を調節することで経験的な手法と平均的に一致するようにした。

3. 深部地盤モデル作成の考え方

(1) 中央防災会議の従来モデル

中央防災会議(2001⁵、2003⁶、2006⁷)は、強震波形計算を行うために、深部地盤の速度構造については、いくつかの領域での弾性波探査、常時微動探査により得られている成果から、地震基盤および工学的基盤の深さの平均的な分布を内挿により求めた。その際、重力異常、深層ボーリングデータ及び地質構造を参照した。参考資料1に各速度層の代表値と上面深度分布図を示す。

(2) 文部科学省地震調査研究推進本部地震調査委員会⁸のモデル

文部科学省地震調査研究推進本部地震調査委員会(以下、「地震調査委員会」という。)は、「震源断層を特定した地震の強震動予測手法(レシピ)⁹」をとりまとめ、レシピを用いた強震動評価(16地震)及び検証(3地震)を実施してきた。強震動評価に用いる深部地盤構造モデルは、物理探査資料、地形・地質資料、深層ボーリング資料等より速度層ごとの深度コンター図を地域ごとに作成していた(参図2.1参照)。

その後、2009年に地震調査委員会⁸は、地震動予測地図作成の一環として実施してきた強震動評価のために全国深部地盤構造モデルを構築した。この全国深部地盤構造モデルは、上述の強震動評価及び検証を実施した領域のモデル、さらに既往の深部地盤構造モデルも取り込んで全国の速度層ごとの深部コンター図を作成したものである(参表2.1、参図2.2~2.3参照)。作成に際しては、地震観測記録による確認及び調整を行っている。なお、この全国深部地盤構造モデルは、独立行政法人防災科学技術研究所が運営している地震ハザードステーション(J-SHIS)¹⁰によってWeb公開されている。

(3) 本検討会の深部地盤モデル

本検討会の強震波形計算においては、最新の資料を活用して全国を統一して作成した地震調査委員会の全国深部地盤構造モデルを用いることとする。

なお、今後の強震波形計算結果の震度分布を求めた際に歴史地震の震度分布や近年の観測記録等との整合性を点検し、必要であれば本検討会において深部地盤モデルの一部修正を行うこととする。その際は、地震調査委員会と連携して実施することとする。

⁵ 中央防災会議(2001):「東海地震に関する専門調査会」(第11回)資料3-1 関連資料

⁶ 中央防災会議(2003):「東南海、南海地震等に関する専門調査会」(第16回)参考資料2 地盤構造に関する資料

⁷ 中央防災会議(2006):「東南海、南海地震等に関する専門調査会」(第26回)地盤構造に関する資料

⁸ 文部科学省地震調査研究推進本部地震調査委員会(2009):全国地震動予測地図 — 地図を見て 私の街の 揺れを知る — 技術報告書 2009年12月

⁹ 文部科学省地震調査研究推進本部地震調査委員会(2008):震源断層を特定した地震の強震動予測手法(「レシピ」)(平成20年4月11日更新)

¹⁰ (独)防災科学研究所:地震ハザードステーション(J-SHIS)、<http://www.j-shis.bosai.go.jp/>

表 3.1 地震調査委員会の全国深部地盤モデルの層構造

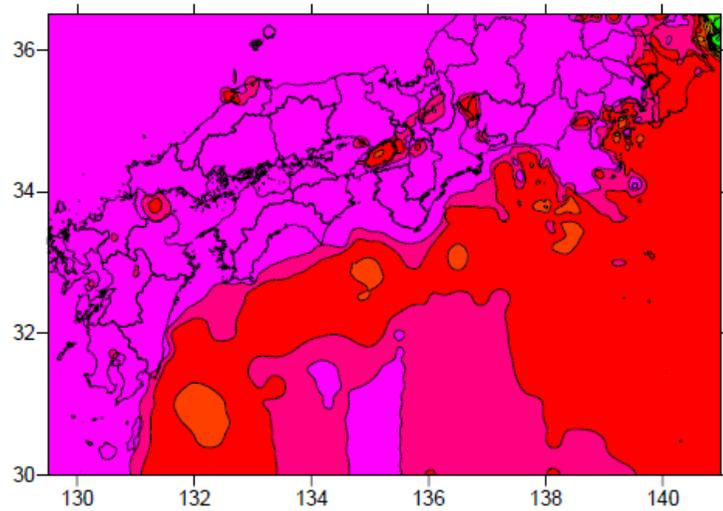
番号	P 波速度 (km/s)	S 波速度 (km/s)	密度 (g/cm ³)	Q 値 (Qs)
1	1.6	0.35	1.85	60
2	1.6	0.40	1.85	60
3	1.7	0.45	1.90	60
4	1.8	0.50	1.90	60
5	1.8	0.55	1.90	60
6	2.0	0.60	1.90	100
7	2.0	0.65	1.95	100
8	2.1	0.70	2.0	100
9	2.1	0.75	2.0	100
10	2.2	0.80	2.0	100
11	2.3	0.85	2.05	100
12	2.4	0.90	2.05	100
13	2.4	0.95	2.10	100
14	2.5	1.00	2.10	150
15	2.5	1.1	2.15	150
16	2.6	1.2	2.15	150
17	2.7	1.3	2.20	150
18	3.0	1.4	2.25	150
19	3.2	1.5	2.25	150
20	3.4	1.6	2.30	150
21	3.5	1.7	2.30	150
22	3.6	1.8	2.35	150
23	3.7	1.9	2.35	150
24	3.8	2.0	2.40	200
25	4.0	2.1	2.40	200
26	4.0	2.1	2.40	200
27	5.0	2.7	2.50	200
28	4.6	2.9	2.55	200
29	5.0	2.7	2.50	200
30	5.5	3.1	2.60	300
31	5.5	3.2	2.65	300
32	5.7	3.3	2.70	300
33	6.0	3.4	2.75	300

●中央防災会議による深部地盤モデル

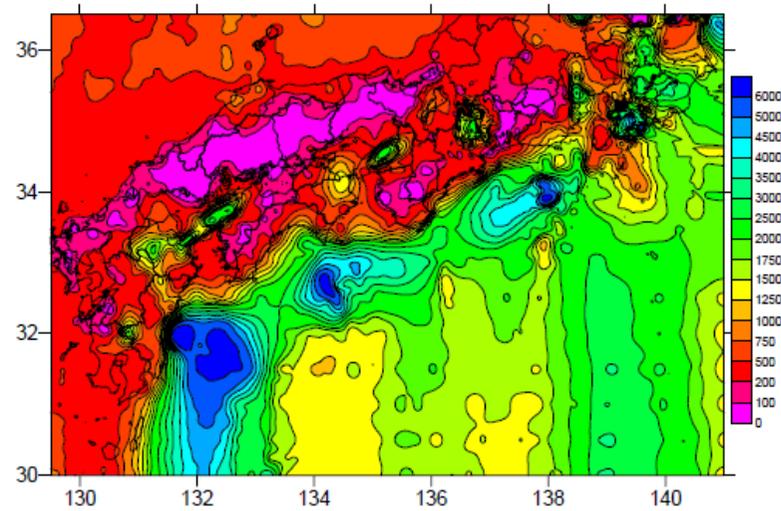
中央防災会議「東南海、南海地震等に関する専門調査会」は、東南海、南海地震の強震動の検討を行うために、屈折法及び反射法探査結果、ボーリング孔におけるP S 検層結果、微動アレイ探査結果などを用いて、深部地盤モデルを作成している。

参表 1.1 中央防災会議(2003)⁶による深部地盤の各速度層の閾値及び代表値

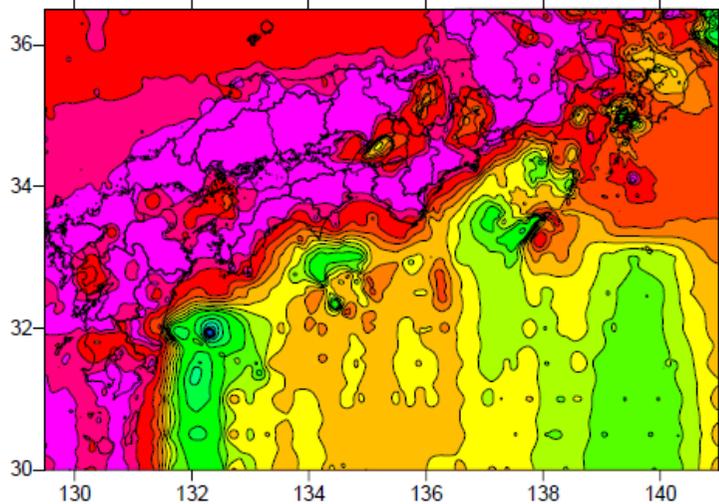
層	P波速度 (km/s)	S波速度 (km/s)	密度 (g/cm ³)
1	2.0 - 2.8 (2.1)	0.67 - 1.0 (0.7)	2.0
2	2.8 - 3.8 (3.1)	1.0 - 1.8 (1.4)	2.1
3	3.8 - 5.3 (4.7)	1.8 - 2.6 (2.4)	2.6
4	5.3以上 (5.5)	2.6以上 (2.9)	2.6



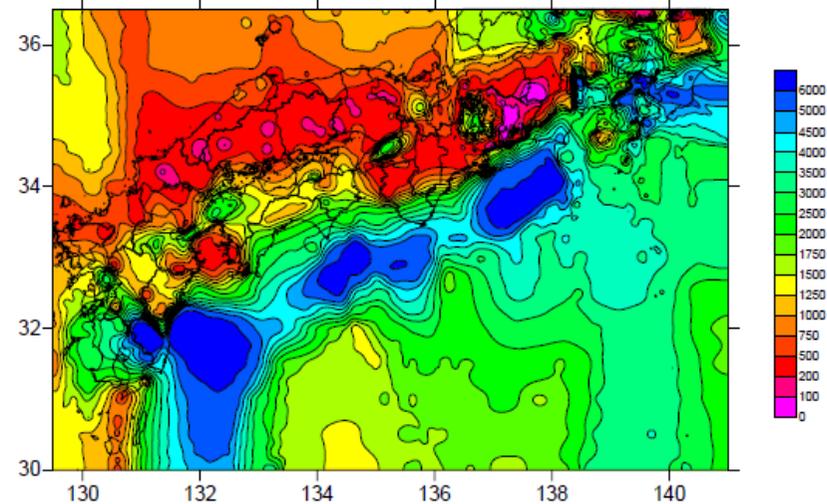
第1層上面深度 (代表速度 : 0.7km/s)



第2層上面深度 (代表速度 : 1.4km/s)



第3層上面深度 (代表速度 : 2.4km/s)

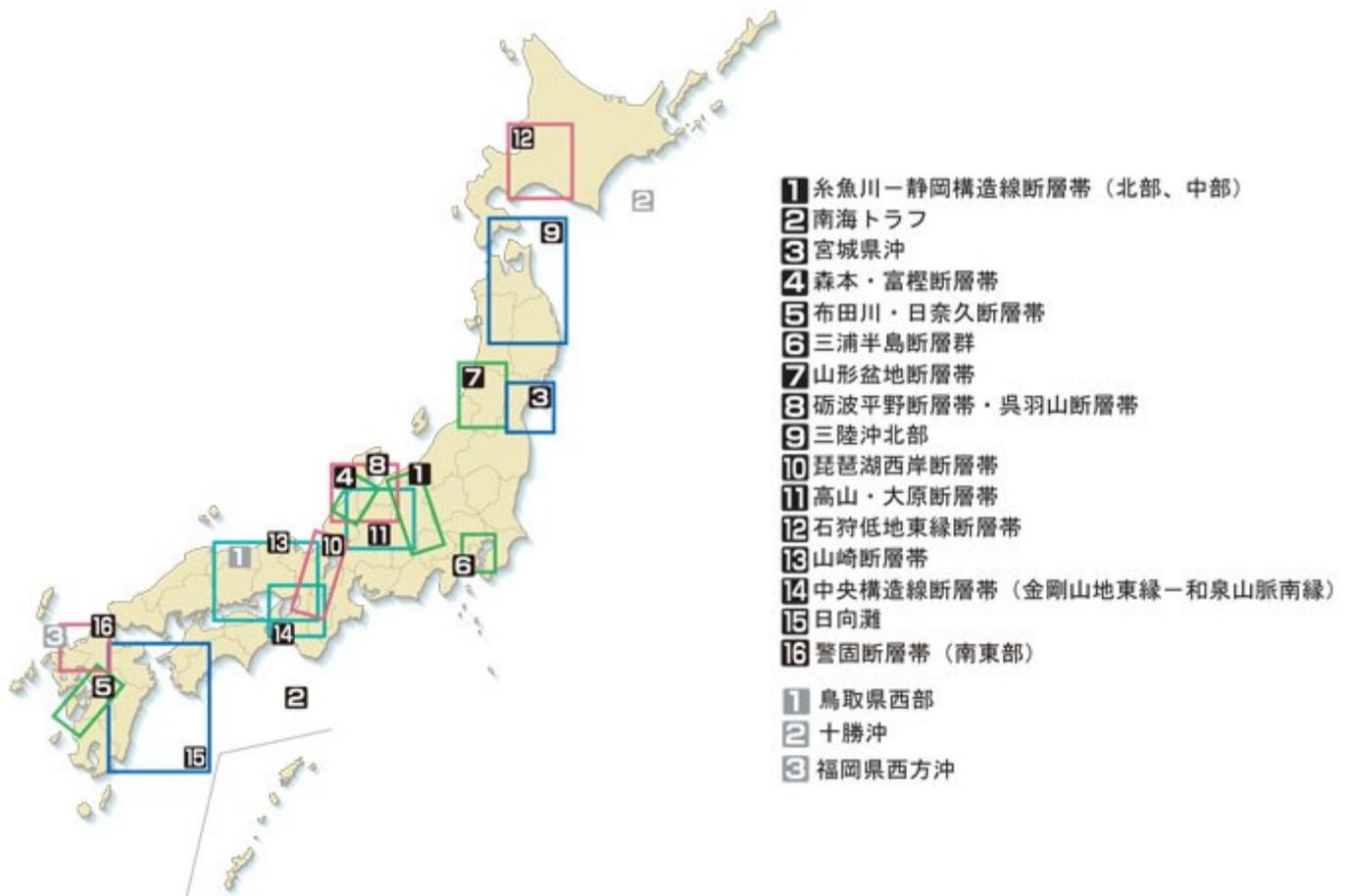


第4層上面深度 (代表速度 : 2.9km/s)

参図 1.1 中央防止会議(2006)⁷による深部地盤の各速度層の上面深度分布図

●文部科学省地震調査研究推進本部地震調査委員会による強震動評価の評価領域及び深部地盤全国モデル

地震調査委員会は、参図 2-1 に示す評価領域に対して強震動評価及び検証を行うために、物理探査資料、地形・地質資料、深層ボーリング資料等をもとに深部地盤構造モデルを作成した。さらに、これらの成果及び他の研究者による成果、そして新たな物理探査結果等をもとに、全国を統一した深部地盤構造モデルの構築を行った。この深部地盤構造モデルは、地震観測記録をもとに、モデルの修正を行っている。



参図 2.1 地震調査委員会による強震動評価の評価領域¹¹

¹¹ 地震調査研究推進本部ホームページより、http://www.jishin.go.jp/main/p_hyoka03.htm

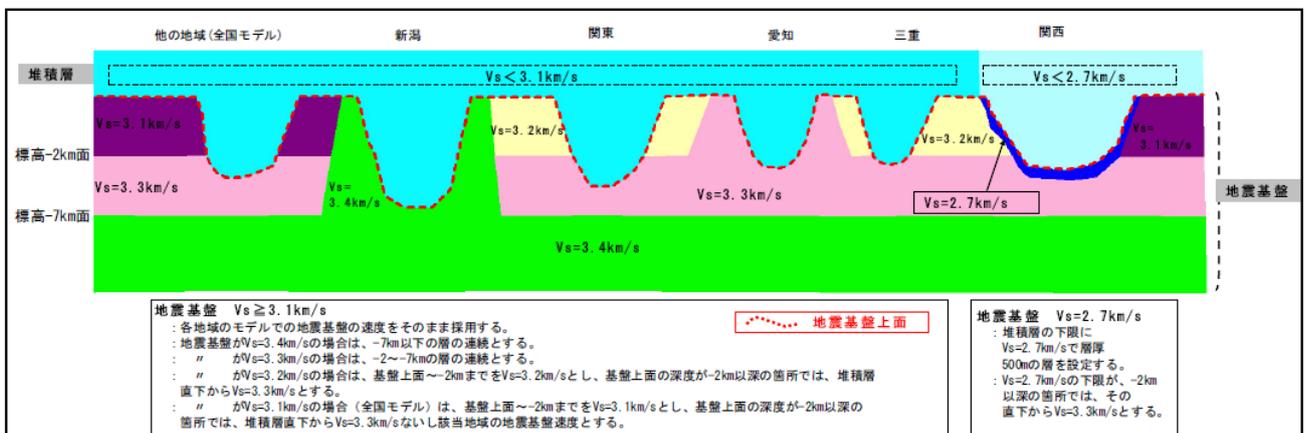
参表 2.1 各地域のモデルを取り込んだ全国地震動予測地図のための
深い地盤構造モデルの速度構造 地震調査委員会 (2009)⁸

全国モデル <初期モデル>	全国モデル <層を追加>					関西モデル	関東モデル	愛知モデル	三重モデル	新潟モデル
	層区分	Vp	Vs	ρ	Q	Vs	Vs	Vs	Vs	Vs
—	1	1.6	0.35	1.85	60	0.35	—	0.35	—	—
—	2	1.7	0.40	1.85	60	0.38 (京都) 0.39 (近江)	—	—	0.4	—
—	3	1.8	0.45	1.9	60	—	—	—	—	—
—	4	1.8	0.50	1.9	60	—	0.5	—	—	—
—	5	1.8	0.55	1.9	60	0.55	—	—	—	—
第1層	6	2.0	0.60	1.9	100	0.59 (京都) 0.62 (近江)	—	0.6	—	0.6
—	7	2.0	0.65	1.95	100	—	—	—	—	—
—	8	2.1	0.70	2.0	100	—	—	—	—	—
—	9	2.1	0.75	2.0	100	—	—	—	—	—
—	10	2.2	0.80	2.0	100	0.80	—	0.8	—	—
—	11	2.3	0.85	2.05	100	—	—	—	—	—
—	12	2.4	0.90	2.05	100	—	0.9	—	0.9	—
—	13	2.4	0.95	2.1	150	0.93 (京都) 0.95 (近江)	—	—	—	—
—	14	2.5	1.00	2.1	150	1.00	—	—	—	1.00
第2層	15	2.5	1.1	2.15	150	—	—	—	—	—
—	16	2.6	1.2	2.15	150	—	—	—	—	—
—	17	2.7	1.3	2.2	150	—	—	1.3	—	1.3
第3層	18	3.0	1.4	2.25	150	—	—	—	1.4	—
—	19	3.2	1.5	2.25	150	—	1.5	—	—	—
—	20	3.4	1.6	2.3	150	—	—	—	—	1.6
第4層	21	3.5	1.7	2.3	150	—	—	—	—	—
—	22	3.6	1.8	2.35	150	—	—	—	—	—
—	23	3.7	1.9	2.35	150	—	—	—	—	1.9
—	24	3.8	2.0	2.4	200	—	—	2.0	—	—
第5層	25	4.0	2.1	2.4	200	—	—	—	—	—
第6層	26	4.0	2.1	2.4	200	—	—	—	—	2.1
第7層	27	5.0	2.7	2.5	300	—	—	—	—	—
—	28	4.6	2.9	2.55	300	—	—	—	—	2.9
—	29	5.0	2.7	2.5	300	2.7	—	—	—	—
第8層(地震基盤)	30	5.5	3.1	2.6	300	—	—	—	—	—
—	31	5.5	3.2	2.65	300	—	3.2	—	3.2	—
—	32	5.7	3.3	2.7	300	—	—	3.3	—	—
—	33	6.0	3.4	2.75	300	—	—	—	—	3.4

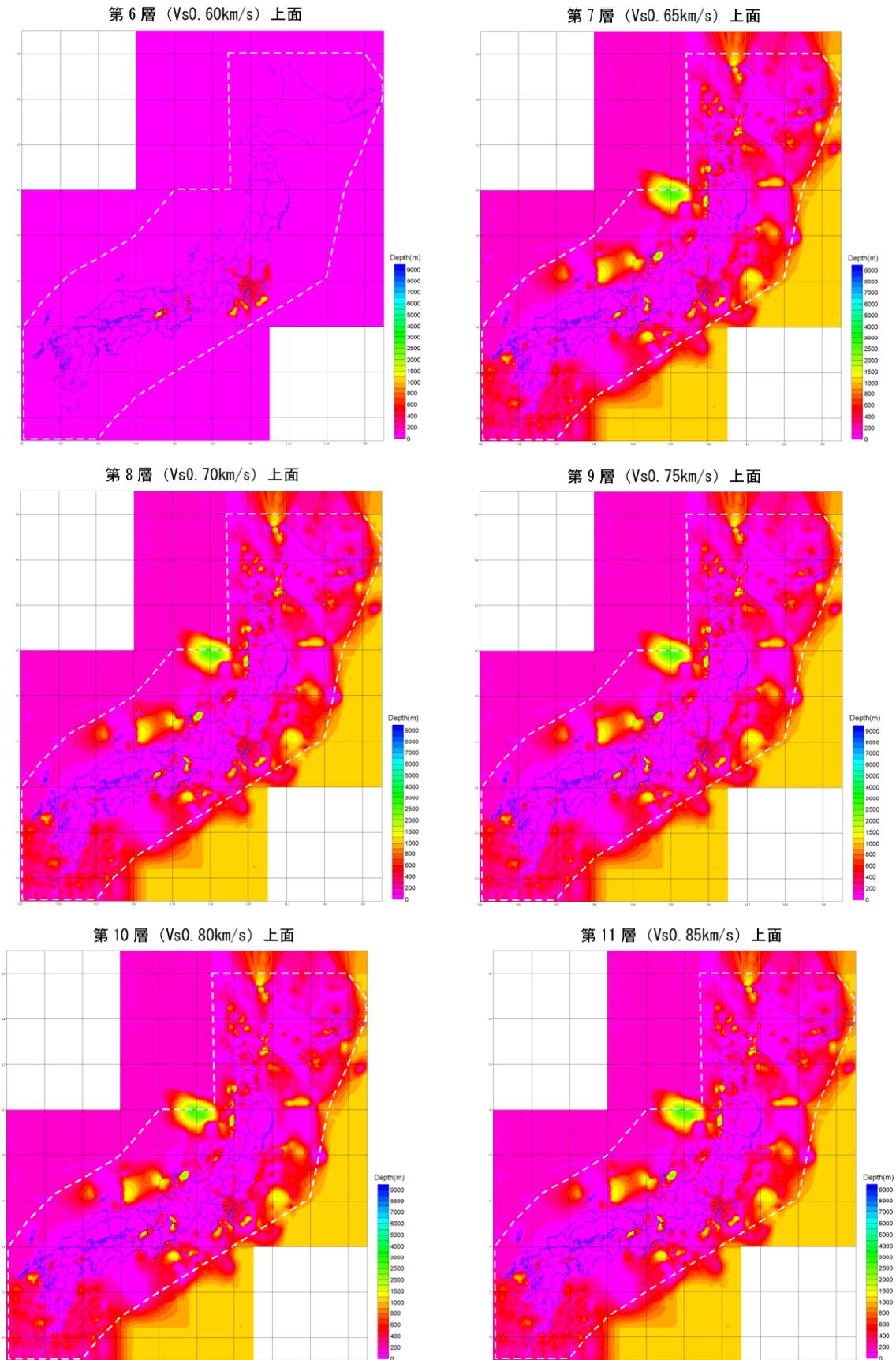
初期モデルの速度層構造

追加した速度層

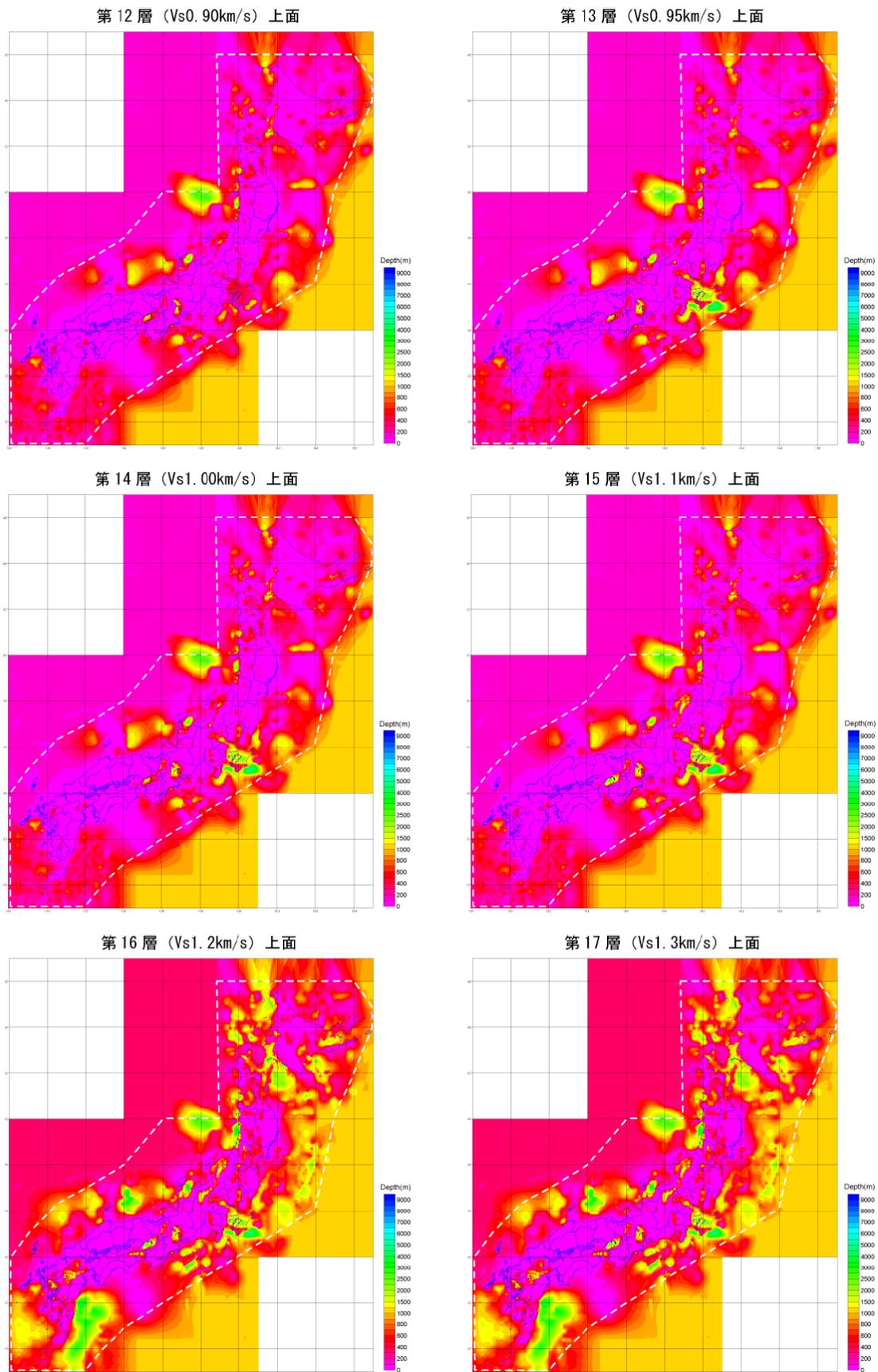
Vp : P波速度(km/s)、Vs : S波速度(km/s)、 ρ : 密度(g/cm³)、Q : 内部減衰



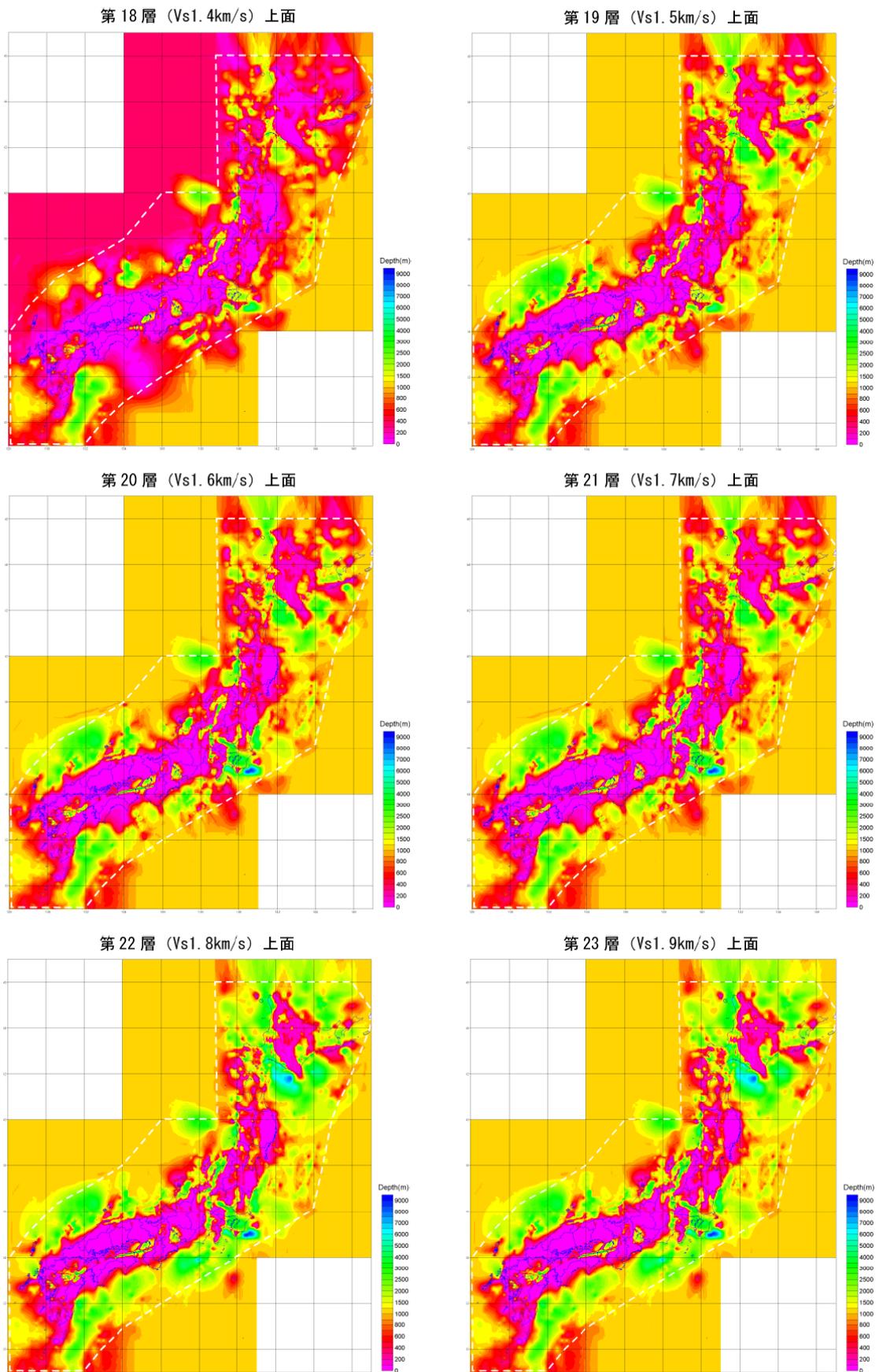
参図 2.2 全国モデルにおける堆積層・地震基盤以深の速度構造の模式図
地震調査委員会 (2009)⁸



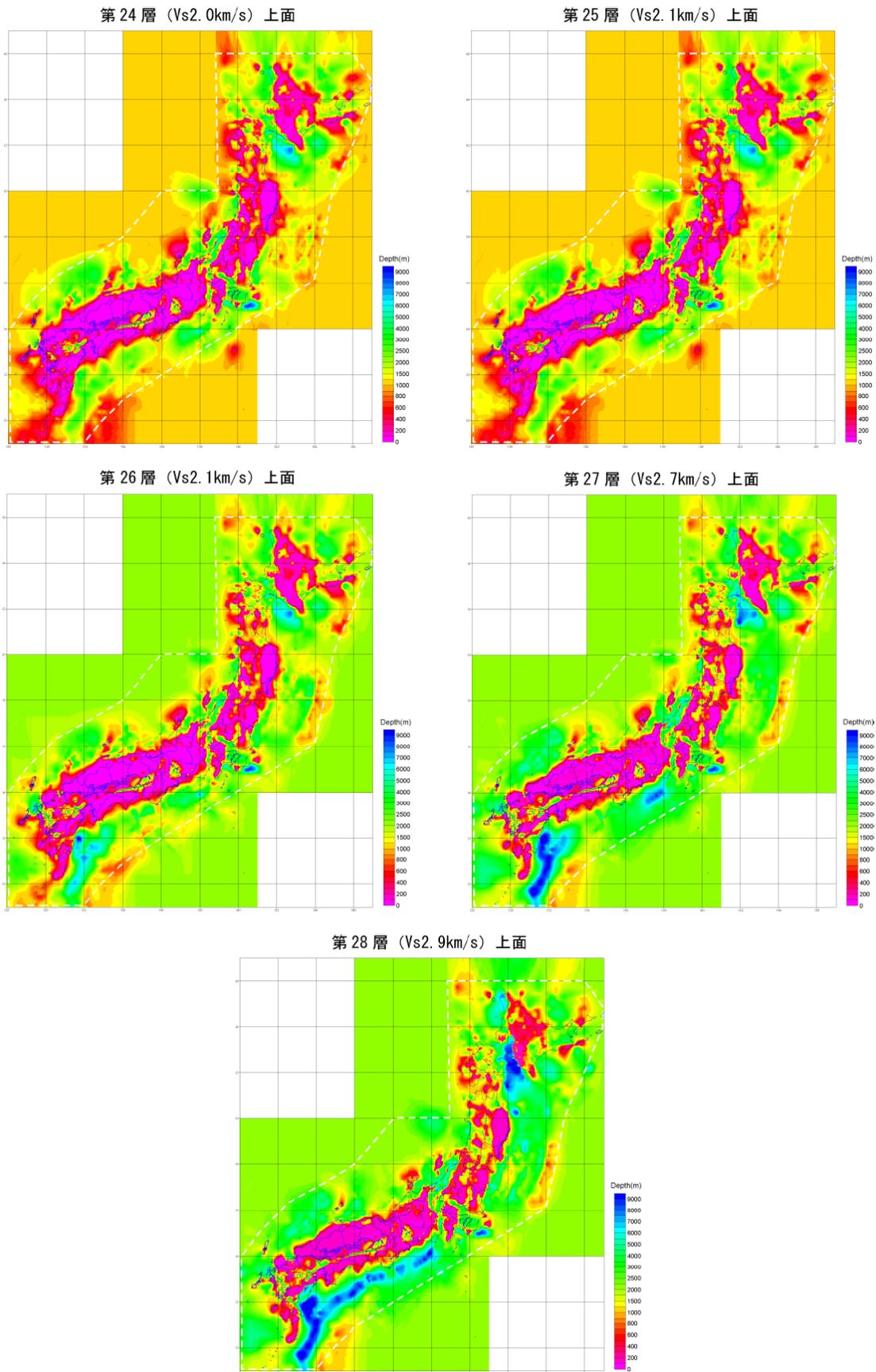
参図 2.3 深い地盤構造のモデルの各層上面深さ分布 (その1)
地震調査委員会 (2009)⁸



参図 2.3 深い地盤構造のモデルの各層上面深さ分布 (その2)
地震調査委員会 (2009)⁸

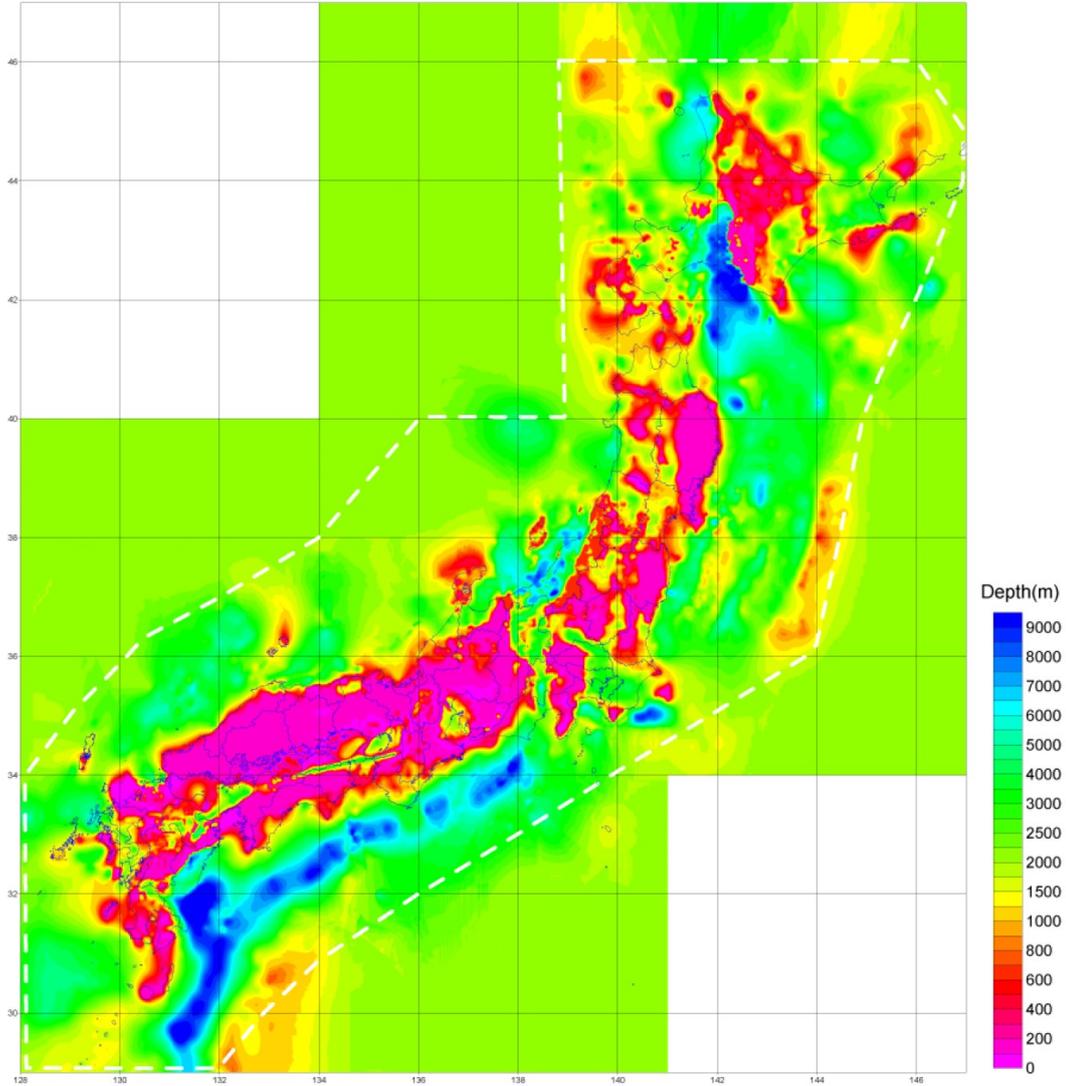


参図 2.3 深い地盤構造のモデルの各層上面深さ分布 (その3)
地震調査委員会(2009)⁸



参図 2.3 深い地盤構造のモデルの各層上面深さ分布 (その4)
地震調査委員会(2009)⁸

地震基盤上面



参図 2.3 深い地盤構造のモデルの各層上面深さ分布（その5）
地震調査委員会(2009) ⁸