

第2編	自然条件の調査.....	2-1
2.1	地質概要.....	2-1
2.2	微地形区分.....	2-7
2.3	深部地盤モデル.....	2-10
2.4	浅部地盤モデル.....	2-28
2.5	H29 重点調査による地盤モデル.....	2-33
	【参考文献】.....	2-41

第2編 自然条件の調査

2.1 地質概要

後述するように(2.2節)、前回調査(H25調査)までは地震動計算において、前々回調査(H20調査)を踏襲し、地盤を次のように区分してモデル化している。

- ・ 震源～地震基盤 ($V_s > 3.1\text{km/sec}$) 上面まで
- ・ 地震基盤上面～工学的基盤 ($V_s 0.3 \sim 0.6\text{km/sec}$) 上面まで : 深部地盤
- ・ 工学的基盤上面～地表面 : 浅部地盤 (おおむね N 値 50 以下)

大分県内には、古生代から現在までの様々な地質時代の地層が分布しており(唐木田ほか、1992)、北東-南西方向に延びる地質構造線で境された帯状の地域ごとに、上記の「深部地盤」を構成する地層に特徴がある。以下、地盤構造の特徴をもとに、大分県をいくつかの地域に区分し、それぞれの地域の特徴をまとめる。県内の地質分布の概要を図 2-1 に示した。

今回調査では、これらの地盤を踏襲し、平成 29 年度に報告された「別府-万年山断層帯(大分平野-由布院断層帯東部)における重点的な調査観測」(以下、「H29 重点調査」という。)での検討結果等の最新の知見を踏まえて、最新の地盤モデルに更新した。今回調査では、新たに自然災害予測をする地震以外は、これらの地盤が用いられることから、2.4 節までは前回調査時における地盤モデルの設定方法を記述し、2.5 節において H29 重点調査との結果を比較した。

(1) 県の南部地域

「臼杵-八代構造線」以南の地域である。主として付加体の地層が分布しており、標高 300～500mの比較的高い山地を形成している。この地域は、さらに、「仏像構造線」により、白亜紀より古い地層が分布する北部の黒瀬川帯・秩父帯と白亜紀ないしそれより新しい付加体の地層が分布する南部の四万十帯に区分される。

黒瀬川帯と秩父帯に分布する地層は、主に砂岩、泥岩、石灰岩、チャート、塩基性火山岩類である。大分県内の四万十帯に分布する地層は、白亜紀～古第三紀の付加体であり、砂岩・泥岩を主とし、塩基性火山岩類、チャートなどを伴う。いずれも固結している岩石である。

このような古い付加体の地層は、地震動計算のための地盤モデルでは、一般に地震基盤相当の地層と想定されている(藤原ほか、2006)。この地域の地震計設置地点(KiK-net)での検層結果(図 2-2)をみても、掘進範囲では、地震基盤相当の弾性波速度には達していないものの、後述する他の地域の観測地点より大きい弾性波速度を示しており、地下浅部の風化・緩み部を除いたあまり深くない地下で地震基盤相当の弾性波速度を示すことが期待される。

(2) 県の中部～北部地域

「臼杵-八代構造線」より北側には、構造線に近い地域には、礫岩・砂岩・頁岩の互層からなる白亜紀の大野川層群が、それより北側には、県の最北部まで、火山岩類と堆積岩類からなる新第三紀ないし第四紀の地層が広く分布している。ところどころの露頭や深掘りのボーリング結果からみて、その下位には、花崗岩類や変成岩類が分布すると推定される。これらは、領家帯の変成岩・花崗岩類、三波川帯の変成岩類であり、いずれも結晶質で固結しており、地下浅部の風化・緩み部を除き、地震基盤相当の地層である(図 2-3 の右側参照)。

大野川層群の地層は固結度が高く、弾性波速度は、後述する新第三紀、第四紀の地層より大きい、前述した地震基盤相当層よりは小さい(図 2-3 の左側)。これより、作成した地盤モデルで

は、大野川層群については、深部地盤を構成する堆積層の一部（最も古い地層）として扱うこととした。

新第三紀ないし第四紀の地層は、溶岩類や高溶結の凝灰岩類を除き、一般に固結度は、あまり高くなく、弾性波速度も小さい（図 2-4 の地点では、S 波速度 1.5km/秒以下）。堆積層として、「深部地盤」の一部と位置づけられる。大分市付近では、「碩南層群」・「大分層」と名づけられており、広く台地（鶴崎台地や丹生台地など）を形成してひろく分布している。別府湾から阿蘇を経て島原にいたる地域は、新第三紀以降に活発な火山活動が生じた地域であり、「別府－島原地溝」と呼ばれている。この地域には、鶴見・由布・九重などの活火山が分布している。重力探査などの結果から、地下では地震基盤相当層の上面が地溝を形成しており、そこに新第三紀から第四紀の地層が厚く分布していると推定されている。また、耶馬溪火砕流、阿蘇火砕流、久住火砕流などの、比較的規模の大きい火砕流が 100 万年前以降に噴出し、厚く堆積している。

このような火山岩類は、明瞭な溶岩台地や火砕流台地、火山体を形成しており、別府－島原地溝の内部には、それらを変位させている活断層が発達している。被害想定では、このような活断層の活動による地震被害を想定した。

「深部地盤モデル」作成にあたっては、ここに述べた県内の地盤の地質的特長をふまえて地盤の区分、物性値の設定を行った。

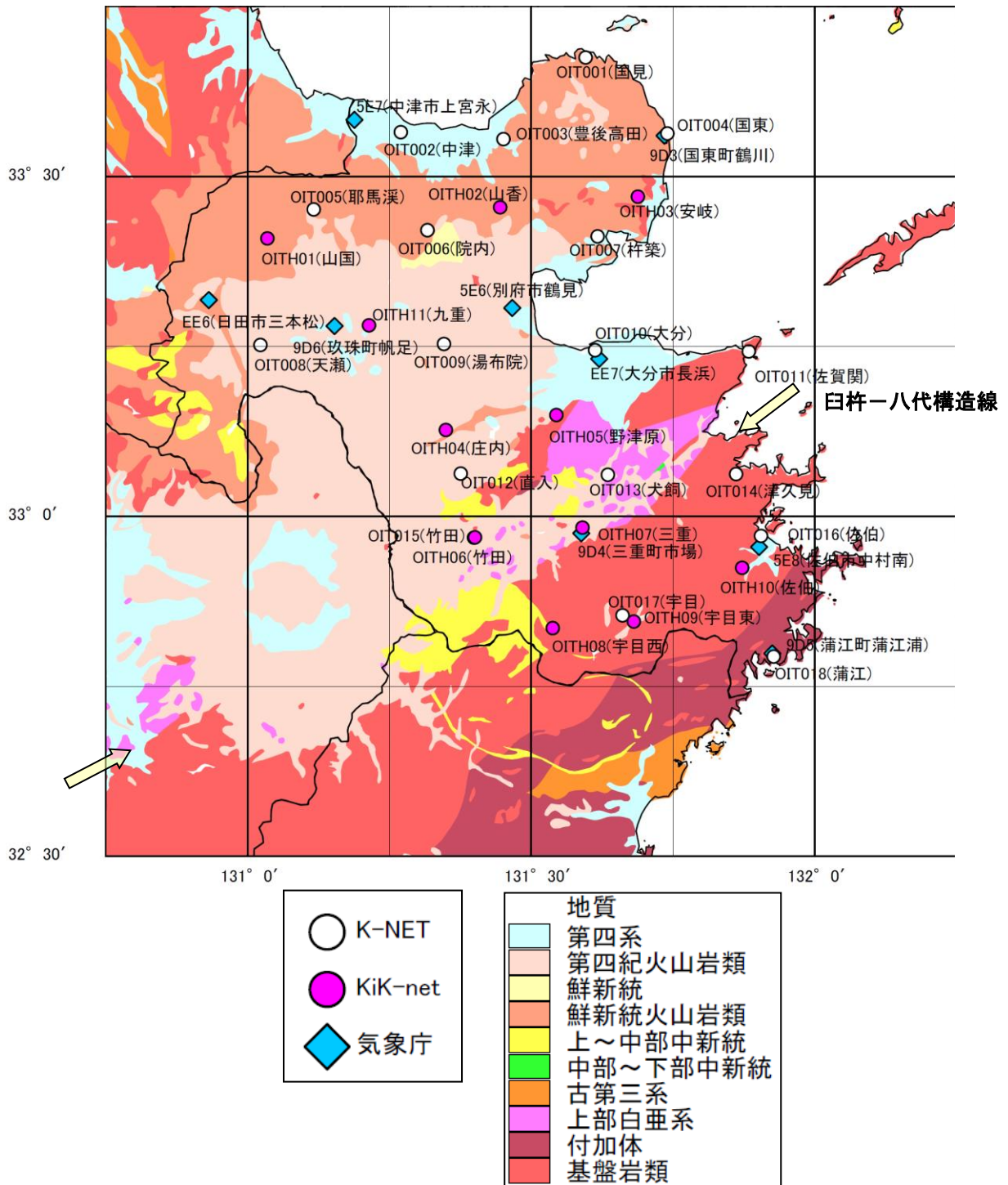


図 2-1 大分県内の地質分布図とモデル作成に用いた地震観測地点の位置
産業技術総合研究所のシームレス地質図をトレースして作成。

OITH08 地点

OITH09 地点

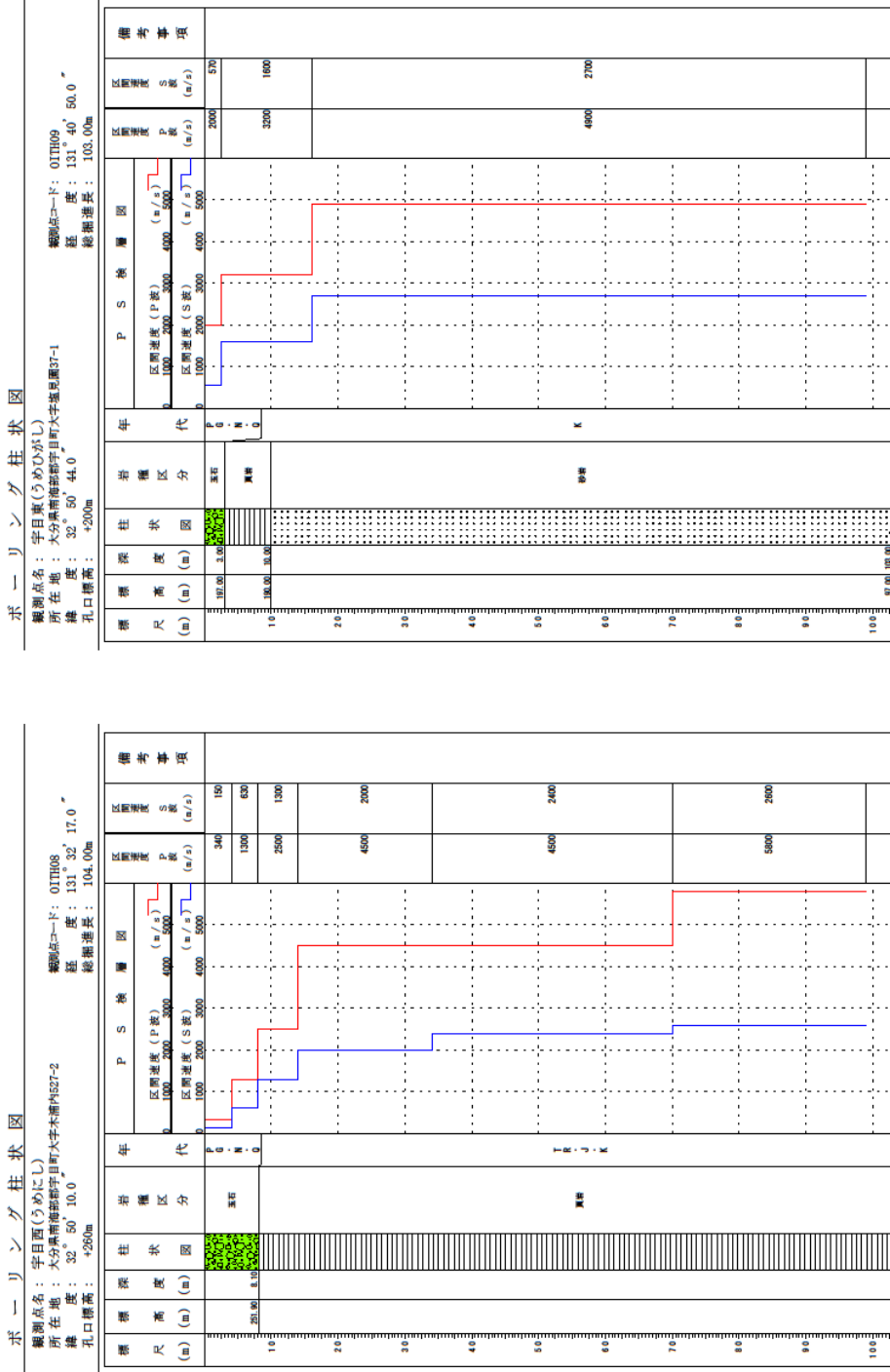


図 2-2 地震計設置地点 (Kik-net) におけるボーリング柱状図と P S 検層結果 [秩父帯]

OITH05 地点 [大野川層群の分布域]

OITH05 地点 [花崗岩\新しい火山岩類の分布域]

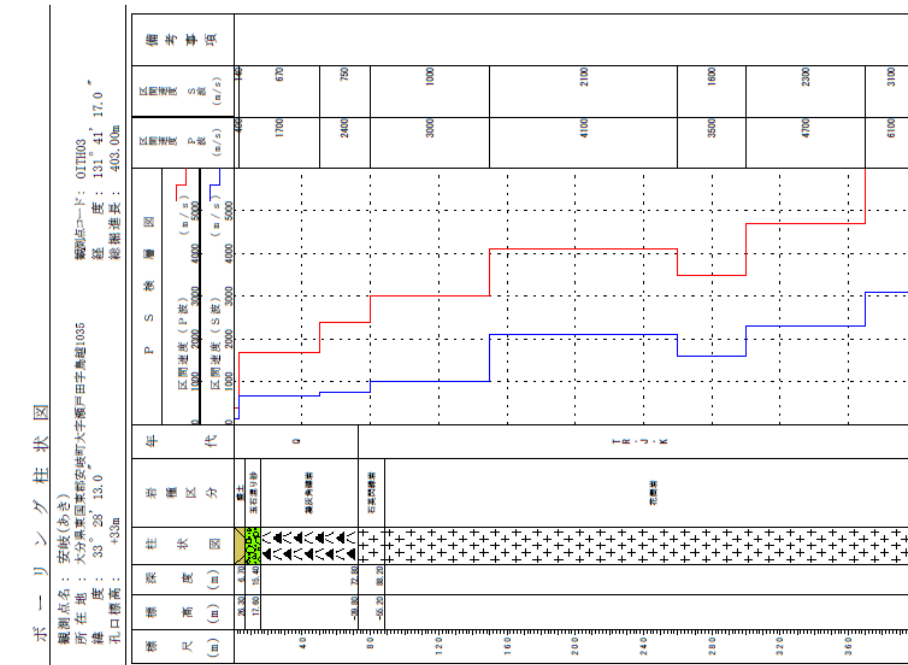
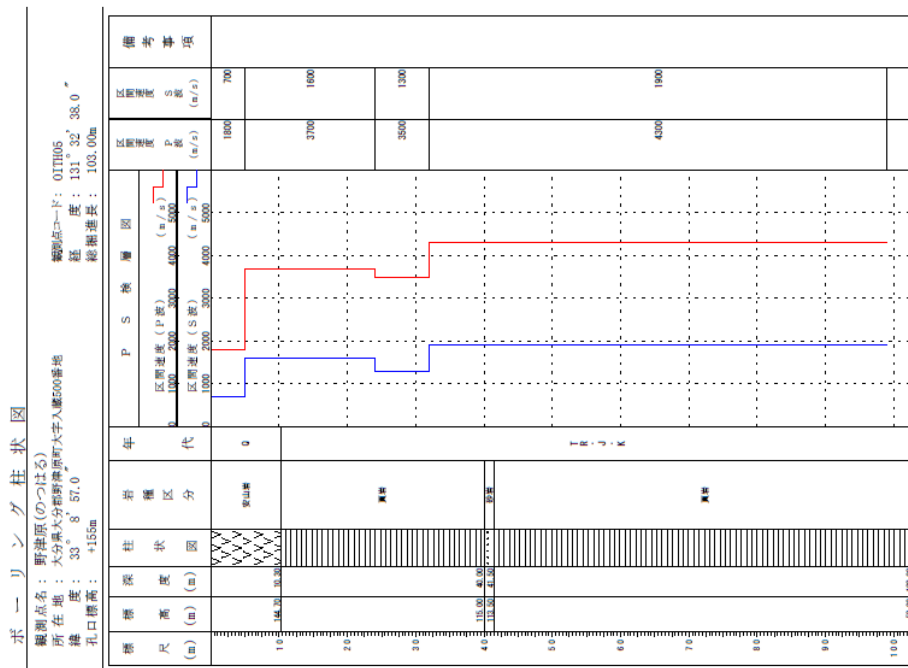


図 2-3 地震計設置地点 (Kik-net) におけるボーリング柱状図と P S 検層結果

2.2 微地形区分

前節で述べたような、「深部地盤モデル」に関連する県内の地質分布状況は、それぞれの地域の地形に反映されている。また、後述するように、「浅部地盤モデル」は、収集したボーリングデータの地質状況やN値を用いて作成しているが、ボーリングデータのない箇所については、近傍で同じ微地形区分に属する地点のボーリングデータをもとに補完している。

このように、地盤モデルを作成するには、基礎的な情報として、地形の区分とその分布を示すデータが不可欠である。この作業に資するために、国土交通省から公開されている1/5万土地分類基本調査の地形区分図をもとに、区分基準や凡例を統一して、県全体の微地形区分図を作成した。区分基準を表2-1に、作成した微地形区分図を図2-5、図2-6に示した。

大分県地域には、大分川流域の大分市や番匠川流域の佐伯市、中津市付近などを除いて、海岸沿いの平野は見られない。これらの平野も全国的に見ると規模は、あまり大きくない。一方、内陸には、新しい火山岩類の分布する地域の中に、いくつかの比較的まとまった山間盆地が形成されている（玖珠・日田・竹田の各盆地など）。「浅部地盤モデル」においては、これらの海岸平野や山間盆地の地盤構成を解明することが必要である。作成した微地形区分図には、これらの地域の広がりや特徴が示されている。

表 2-1 統一地形区分の基準

大区分	微地形区分	地形分類図での使用されている用語	地形分類図の区分理由	備考（地盤のイメージ）	
山地・山麓	山地/火山山地	大起伏山地（起伏量 400m 以上） 大起伏火山山地（起伏量 400m 以上） 中起伏山地（起伏量 400～200m） 中起伏火山山地（起伏量 400～200m） 小起伏山地（起伏量 200m 以下） 小起伏火山山地（起伏量 200m 以下） 急斜面 急斜面Ⅰ（谷密度 80/km ² 以上） 急斜面Ⅱ（谷密度 80/km ² 以下） 山頂緩斜面 両子開析火山山麓尾根性緩斜面 山腹緩斜面	・山地と火山山地を明確に区分していない図幅がある。 ・急斜面として使用している図幅やⅠⅡに区分している図幅がある。 ・「両子・・・」はローカルな名称で地形的に山麓・尾根性で山地に区分した。 →以上の理由で“山地/火山山地”として一括した。	山地・山麓 →風化部を除き、新鮮部は一般に“地震基盤”に相当する。 (地震基盤；Vs=2,700m/s)	
	山麓地/火山山麓地	山麓緩斜面 火山山麓地 山麓地Ⅰ（起伏量 100～50m） 火山山麓地Ⅰ（起伏量 100～50m） 山麓地Ⅱ（起伏量 50m 以下） 火山山麓地Ⅱ（起伏量 50m 以下）	・山麓地と火山山麓地を明確に区分していない図幅や、山麓地をⅠⅡ区分している図幅がある。 →以上の理由で“山麓地/火山山麓地”として一括した。		
丘陵地・台地・段丘	丘陵地・岩石台地	丘陵地Ⅰ（起伏量 200～100m） 丘陵地Ⅱ（起伏量 100m 以下） 岩石台地・段丘 溶岩台地 石灰岩台地 上位岩石台地 下位岩石台地 下上位岩石台地	・丘陵地と岩石台地、岩石台地の区分は図幅によって使用がまちまちで、全体を“岩石台地”として一括した。	丘陵地・台地・段丘 →一般に“工学的地震基盤”に相当する。なお、丘陵地・岩石台地の新鮮部や火砕流台地の凝灰岩などには“地震基盤”に相当する部分も存在する。 (工学的地震基盤；Vs=700m/s)	
	砂礫台地	砂礫台地・段丘 上位砂礫台地/河岸段丘（上位） 中上位砂礫台地 中位砂礫台地 下上位砂礫台地 下位砂礫台地/河岸段丘（下位） 下位砂礫台地（旧期扇状地） 下位砂礫台地（新規扇状地） 河岸段丘	・図幅によって使用がまちまちで、全体を“砂礫台地”として一括した。		
	火砕流台地	火山灰砂礫台地 火山灰砂台地 火山灰台地 耶馬溪火砕流台地 阿蘇火砕流台地 阿蘇4火砕流堆積物 飯田火砕流台地 松の木台岩層なだれ堆積物台地	・火山灰台地と火砕流台地は図幅によって使用がまちまちで、ローカルな用語を使用している図幅もあり、全体を“火砕流台地”として一括した。		
低地	谷底低地・氾濫原	谷底平野 台地上浅谷 河原/河原（氾濫原）/河原・浜 氾濫原（上位） 氾濫原（下位） 洪水氾濫原	・いずれも沖積低地に包含されるものであるが、地形区分が図幅によってまちまちである。 ・これらは、低地の特徴的な地形であるので、可能な限り原著を使用し、以下のように区分した。 ①谷底低地・氾濫原 ②扇状地 ③自然堤防 ④旧河道 ⑤浜堤 ⑥後背湿地 ⑦干潟 ・なお、その他の欄の沖積堆は基本的には“低地”に堆積し、扇状地と共通するが、図幅毎に使用の一貫性がないこと、低地以外の箇所にも分布すること、災害を生じやすいことなどから、その他（沖積堆として区分した） ・人工改変地であるが、沖積地盤上の人工改変地であることから、その他の人工改変地と区分した。	低地（平地） →一般に“工学的地震基盤”より上位の地盤で、“建物の評価基盤”がこの地盤中に存在する。 (建物の評価基盤；Vs=400m/s)	
	扇状地	扇状地			
	自然堤防	自然堤防 下位台地上自然堤防			
	旧河道	旧河道			
	三角州・海岸低地	三角州・海岸平野/三角州/デルタ/デルタ及び低地			
	浜堤	磯			
		浜			
		海浜			
		被覆砂丘（浜堤）			
		裸出砂丘（浜堤）			
砂礫堆（浜・自然堤防）					
砂嘴・砂州・浜堤					
後背湿地	湿地/湿地（後背地）				
干潟	干潟				
埋立地	干拓地				
	干拓地（造成中）				
	埋立地				
その他	地すべり地	地すべり地形/崩壊地すべり地形/大岳地すべり地 /地すべり崩壊地形	→いずれも不安定地形で、分布地が比較的明瞭に区分されるため、地すべり地・崖地・沖積堆に区分した。		
	崖地	崩壊地形			
		崩壊地 崖			
	沖積堆	麓斜面及び崖錐/崖錐・麓斜面/崖錐/沖積堆			
		土石流地形 沖積堆			
人工改変地	人工改変地/人工平坦地/人工地形	→低地（平地）以外の切土地、盛土地・造成地など。			

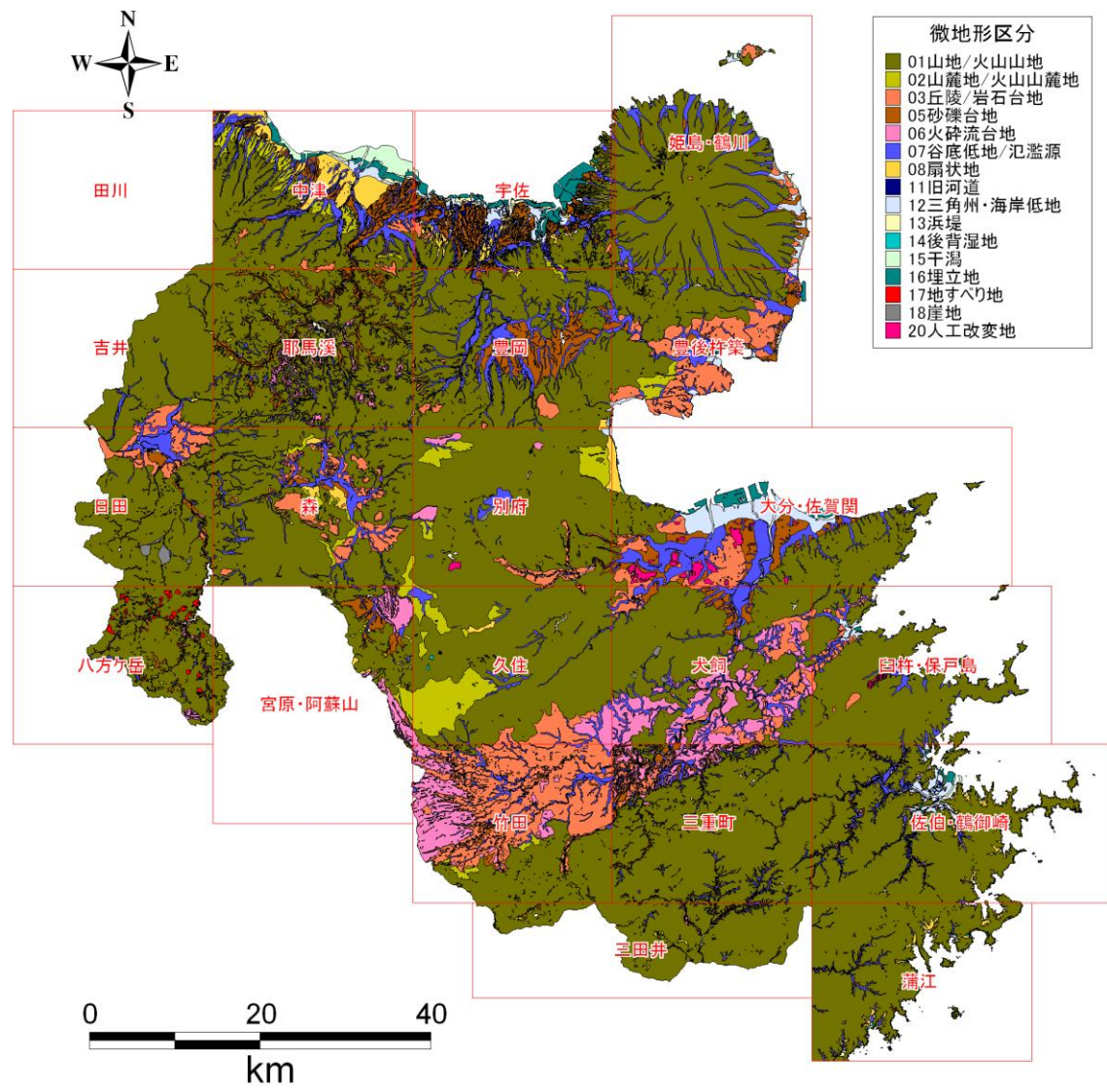


図 2-5 統一・修正後の微地形区分（ポリゴン）

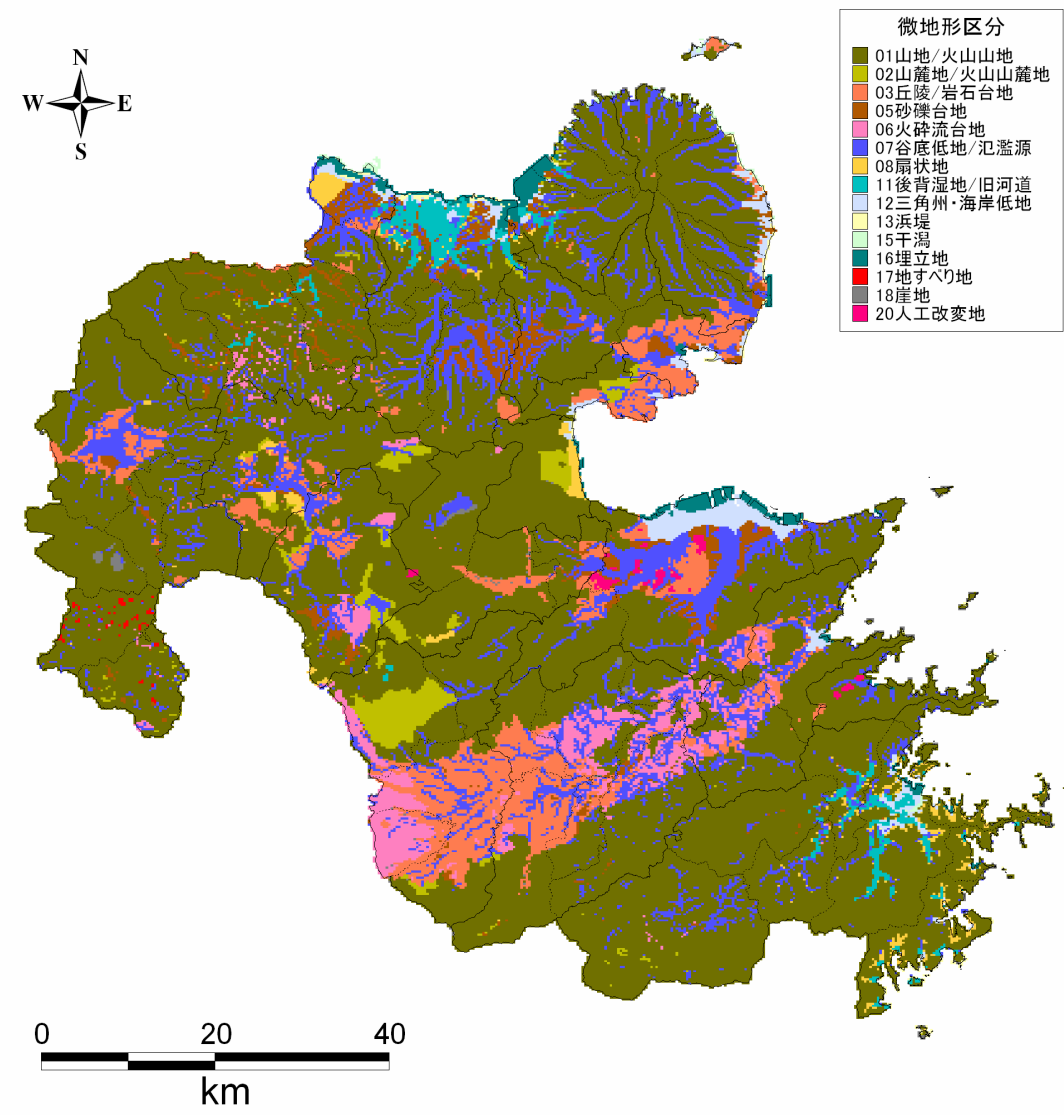


図 2-6 統一・修正後の微地形区分（メッシュ）

2.3 深部地盤モデル

(1) 深部地盤モデルの初期モデル

大分県地域を含み、地震動計算に用いることのできる既往の深部地盤モデルとしては、次のものが公開されている。

- ・ 地震調査研究推進本部による中部九州地方のモデル
「布田川・日奈久断層帯の地震を想定した地震動予測地図作成手法の検討」
(防災科研、2005)
- ・ 地震調査研究推進本部による日向灘－南部・中部九州地方のモデル
「日向灘の地震を想定した地震動予測地図作成手法の検討」(防災科研、2006)

防災科研では、これらのモデルにさらにデータを付加した北部九州地方のモデルも作成している。

これらのモデルでは、用いられたデータのほとんどがP波速度や地質構造に関するデータであり、S波速度に関する情報はきわめて少ない(図2-7参照)。特に、堆積層が厚いと推定されている大分市および周辺における、深度1km以浅の物性値に関する情報が少ないことが問題である。

本業務においては、防災科研の了解のもとに、北部九州地方の地盤構造モデルを利用し、これらのモデル作成後に得られた地質構造や物性値に関するデータを追加して初期モデルとして用いた。既往の物理探査データをもとにした、防災科研モデルの速度構造を表2-2に示した。また、新規のデータとして追加した大分市内で実施され微動アレイ探査、反射法地震探査データ(大分県で過去に実施した探査への追加)の測線・点を図2-8に示した。

(2) 地震動データによる地盤構造モデルの修正

上記の初期モデルをもとに、地盤モデルにより計算されるレイリー波のH/Vスペクトルと地震動のR/Vスペクトルの形状を比較して、両者がおおむね一致するようにモデルを修正して地震動計算に用いるモデルとして調整した。地震動のR/Vスペクトルは、S波初動の20秒以降の表面波成分のラディアル成分と上下動成分のフーリエスペクトルの比である。

観測データとして使用した地震の諸元と震央位置を図2-9に示した。データを得た観測地点(防災科研のK-net、KiK-net、気象庁観測点)の位置は、前出の図2-1に示してある。図2-10に実際の観測波形から作成したR/Vスペクトルを示した。

例えば、0IT010(大分)地点では、周期1.2秒付近にピークが見られ、周期8秒程度にもばらつきがあるもののピークが見られる。図2-11に2000年10月6日 鳥取県西部地震の速度波形を、図2-12に2005年3月20日 福岡県西方沖地震の速度波形を示した。図2-10で長周期帯域にR/Vスペクトルのピークがみられる0IT001(国見)地点、0IT010(大分)地点などにおいては、後続位相の振幅が大きく、地震動のR/Vスペクトルとの相関が見られる。

実際の地盤構造モデルの修正作業では、周期1秒以上のピークが整合するようにした。観測R/Vスペクトルのピークが1秒以下で、地下構造モデルの理論H/Vスペクトルが1秒以下の場合はモデルを修正していない。それぞれの観測地点でのモデル修正方法を図2-13にまとめた。代表的な観測地点でのスペクトルの比較と修正前後の速度構造を、図2-19に検証結果とあわせて示した。

このように修正した速度構造を用いて、地質断面図を作成し(図2-14、図2-15)、断面図間を

補完して各速度層の上面深度データを作成した(図 2-16)。防災科研モデルとの比較を図 2-17 に示した。

さらに、得られた地盤モデルの妥当性を検証するために、差分法により 2007 年 6 月 6 日の大分県中部の地震(図 2-18)の再現計算を行い、求められた波形と観測波形を比較した(図 2-19、図 2-20)。

多くの観測点でモデルのチューニングによる波形の一致度の改善が見られるが、OIT010 においてやや過小評価気味になっている。本地域では、微動アレイ探査データによりモデルを修正しており、修正前のモデルより堆積層の S 波速度が早く修正されている。その結果相対的に、修正前のモデルに比べ、修正後のモデルの波形の振幅が小さくなっていると考えられる。

(3) 表層モデルの検討

以上の検討では、主として深部地盤の速度構造に起因すると考えられる、スペクトルの周期の長いピークに着目して、深部地盤モデルを修正した。しかしながら、実際の観測スペクトルには、より短い周期でのピークもみられる。これは、深部地盤としてモデル化した範囲より浅い地盤の特性によると考えられる。

例えば、図 2-21 に示したように、OIT013 地点において、ボーリングでの PS 検層結果および微動アレイ探査データでの浅部のデータを用いて、深度 200m 程度より浅い部分の速度構造を設定してモデルの理論 H/V スペクトルを求めると、深部地盤モデルのみでは再現できない、周期 1-2 秒程度のピーク周期も説明できる速度構造が得られる。

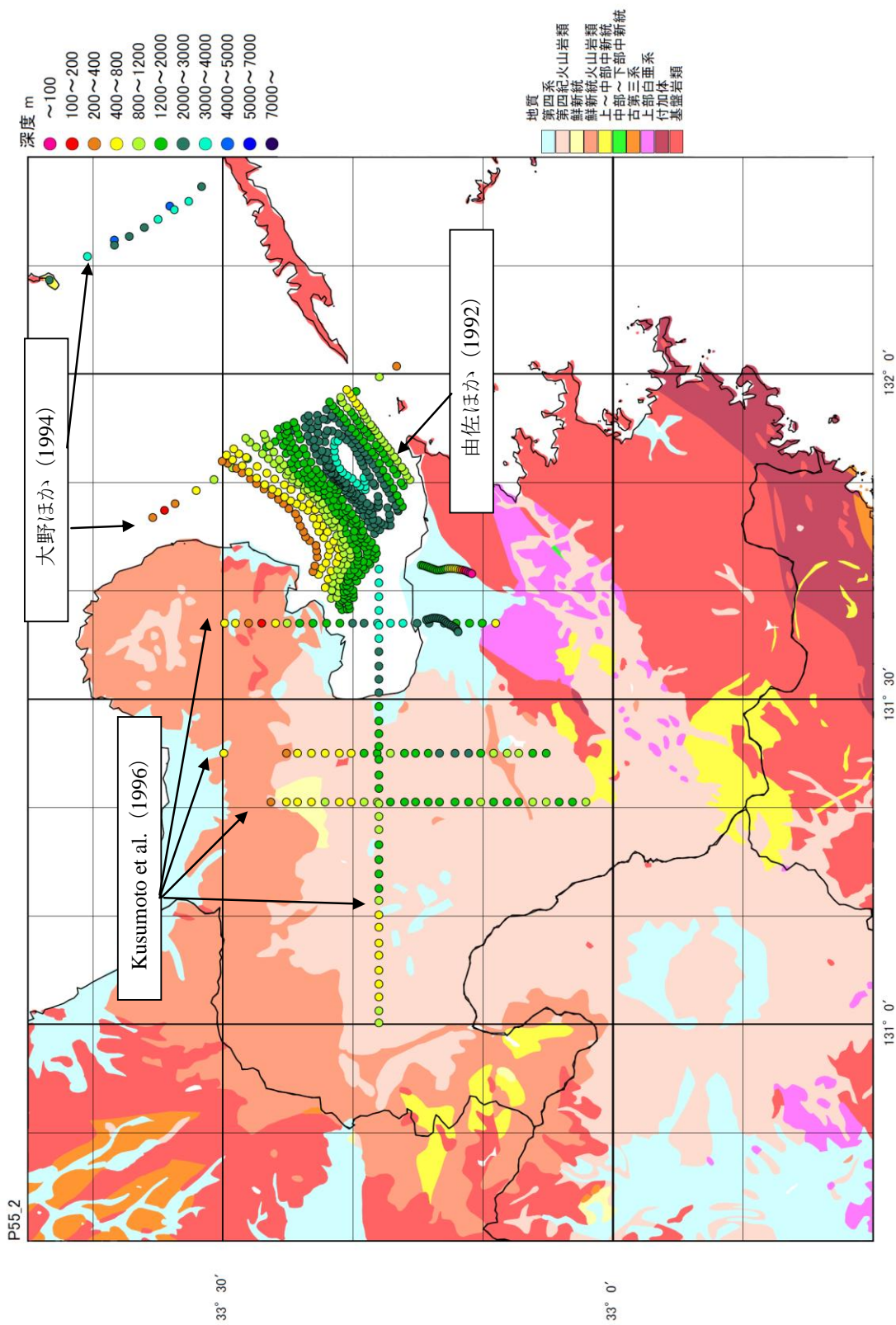


図 2-7 大分県の地質図と物理探査データの位置 (地震基盤深度を深さに応じて色分けして表示)

表 2-2 深部地盤モデル（初期モデル）の物性値一覧

速度層	P 波速度 (km/s)	S 波速度 (km/s)	密度 (g/cm ³)	およその地層との対応
第 1 層	2.0	0.6	1.9	大分層群（上部），沖積層
第 2 層	2.5	1.1	2.15	大分層群， 豊肥火山岩類相当
第 3 層	3.0	1.4	2.25	碩南層群相当
第 4 層	3.5	1.7	2.3	大野川層群（上部）相当
第 5 層	4.0	2.1	2.4	大野川層群（下部）相当
第 6 層	5.0	2.7	2.5	三波川変成岩類， 領家変成岩・花崗岩類 <地震基盤>

※防災科研モデルを参考に設定

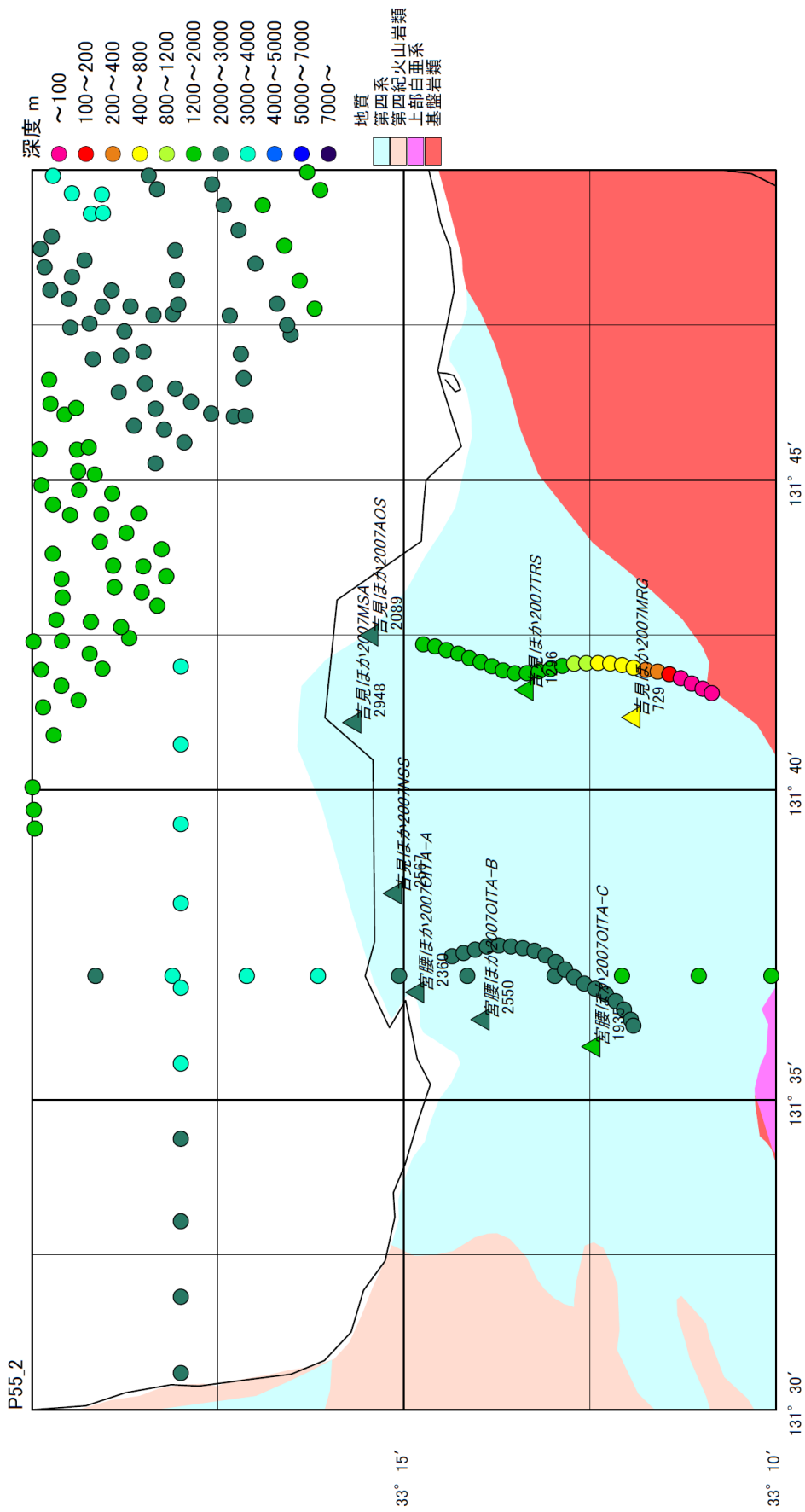
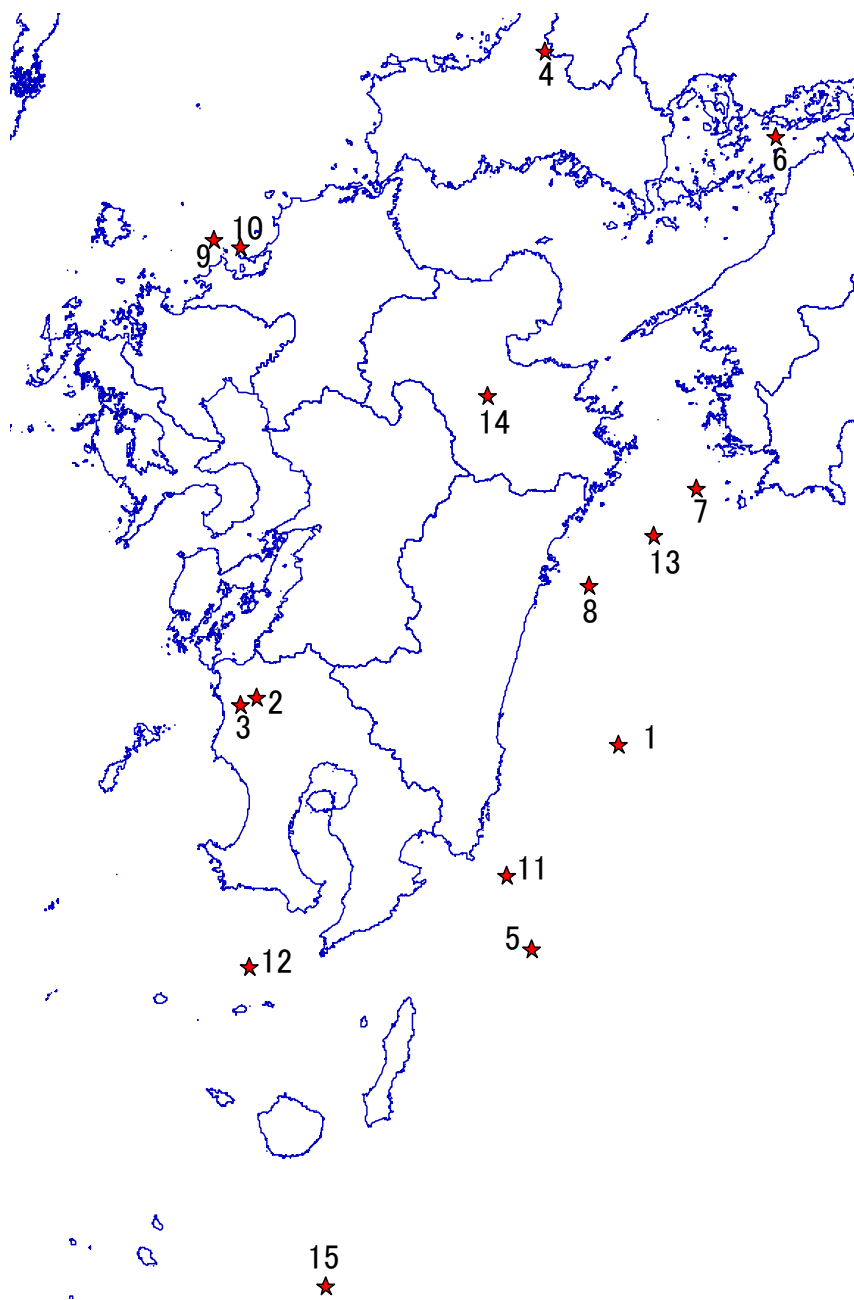


図 2-8 大分市内の物理探査データ（地震基盤深度を深さに応じて色分けして表示）



番号	年	月	日	時	分	秒	緯度(°)	経度(°)	深さ(km)	マグニチュード
1	1996	10	19	23	44	0	31.8	132	39	6.6
2	1997	3	26	17	31	0	31.98	130.37	8	6.3
3	1997	5	13	14	38	0	31.95	130.3	8	6.2
4	1997	6	25	18	50	0	34.45	131.67	12	6.1
5	2000	6	25	15	34	0	31.02	131.61	48	5.9
6	2001	3	24	15	28	0	34.12	132.71	51	6.4
7	2001	4	25	23	40	0	32.78	132.35	42	5.6
8	2002	11	4	13	36	0	32.41	131.87	35	5.7
9	2005	3	20	10	53	0	33.73	130.18	9	7
10	2005	4	20	6	11	0	33.7	130.3	10	5.7
11	2005	5	31	11	4	0	31.3	131.5	30	5.7
12	2005	11	22	0	36	0	30.95	130.34	146	6
13	2006	3	27	11	50	0	32.6	132.16	35	5.5
14	2006	6	12	5	1	0	33.13	131.41	146	6.2
15	2006	12	11	0	28	0	29.73	130.68	54	5.7

図 2-9 R/V スペクトル比の検討に用いた地震の震央位置およびリスト

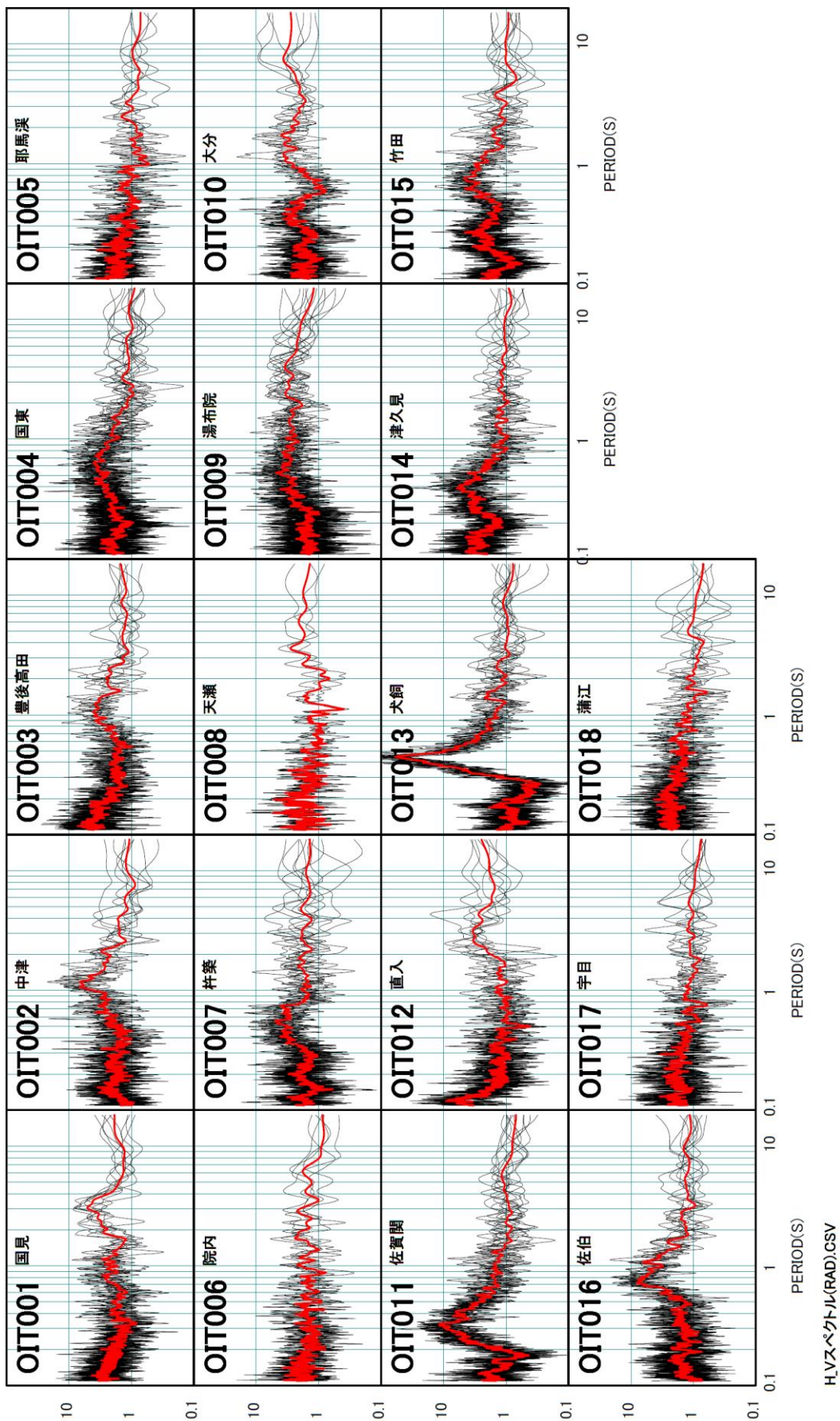
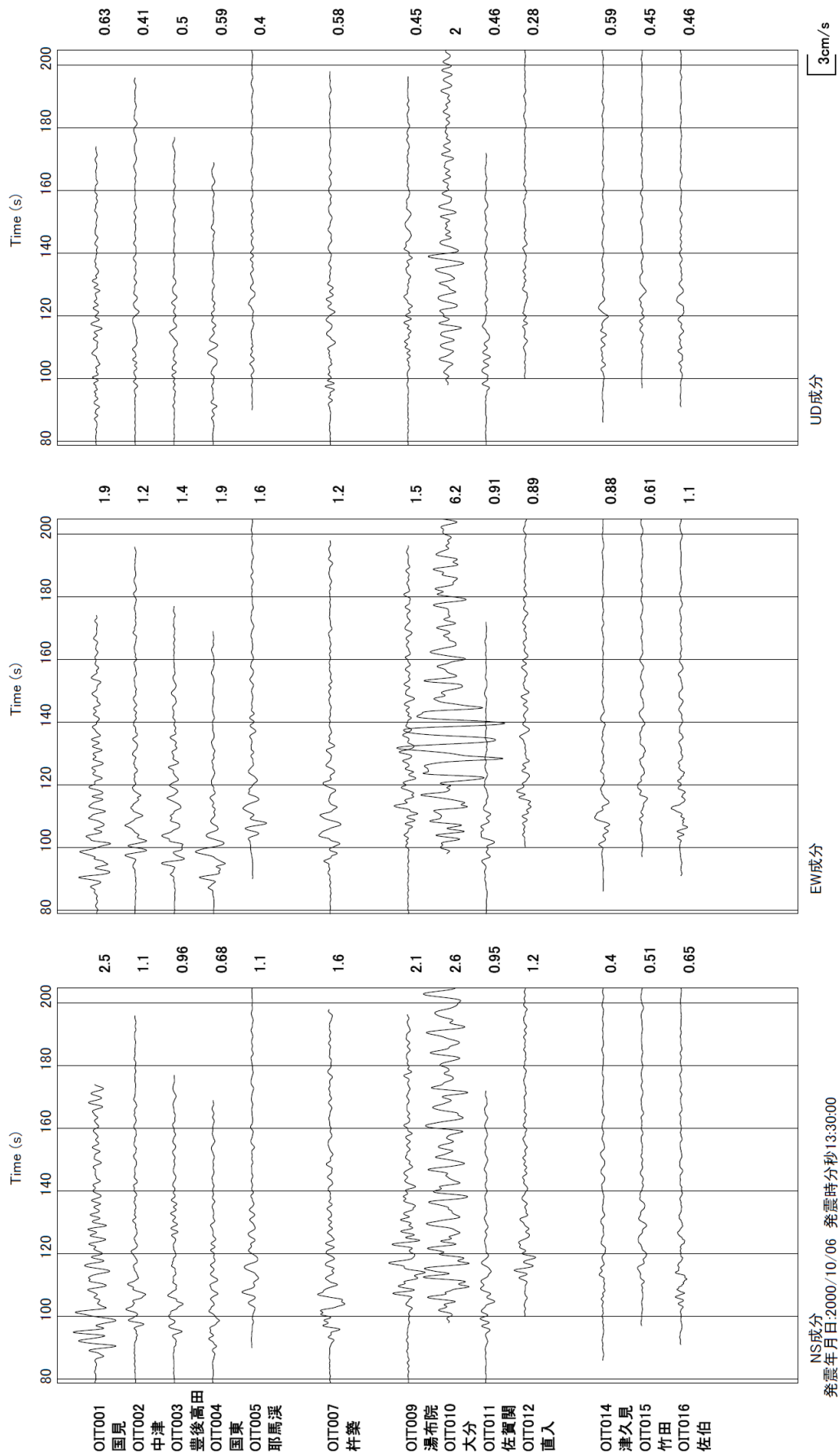
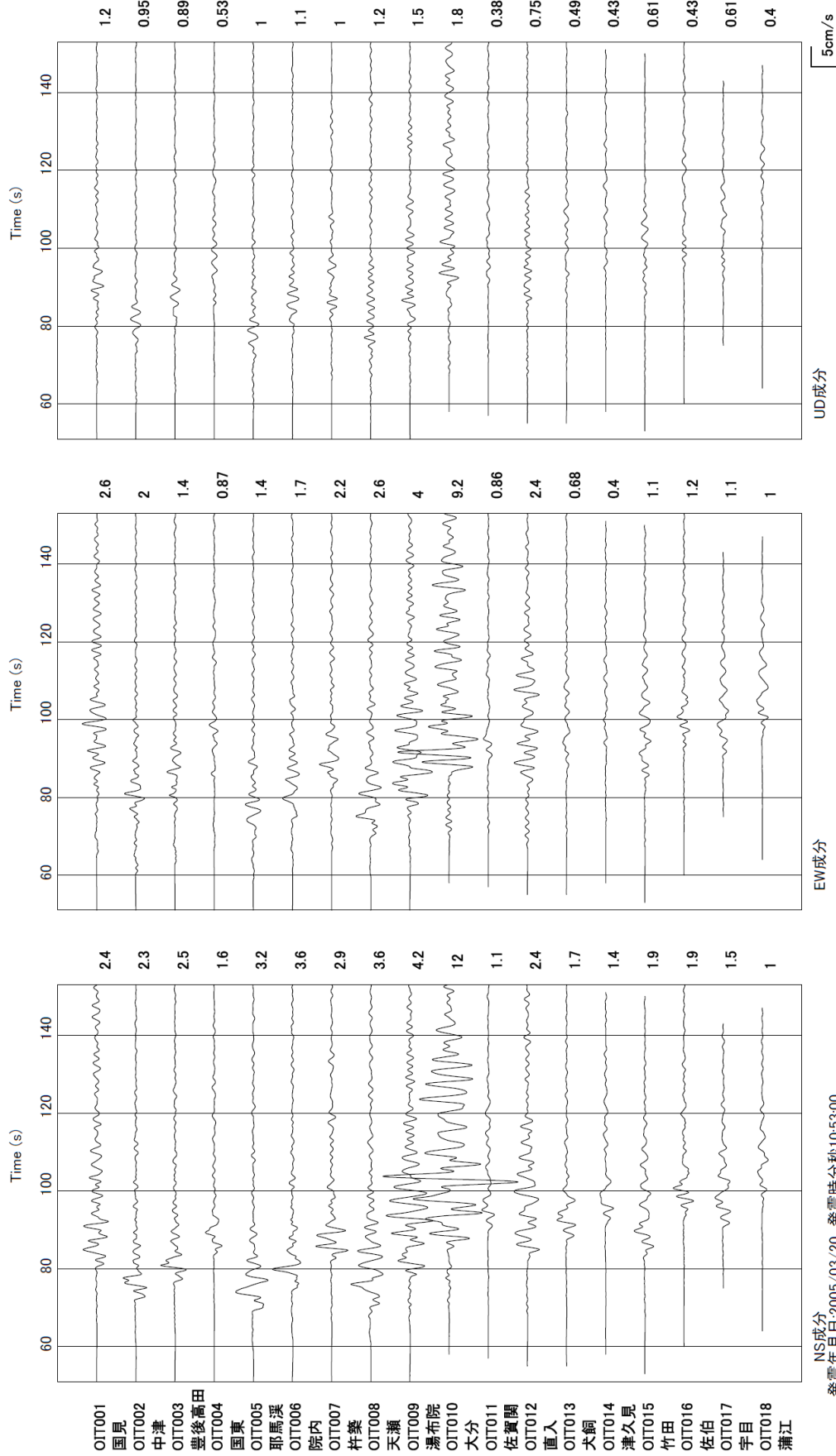


図 2-10 地震動の R/V スペクトル



NS成分
 発震年月日:2000/10/06 発震時分秒:13:30:00

図 2-11 2000 年 10 月 6 日 鳥取県西部地震の速度波形 (周期 2-20 秒)



NS成分
発震年月日:2005/03/20 発震時分秒:10:53:00

図 2-12 福岡県西方沖地震の速度波形 (周期 2-20 秒)

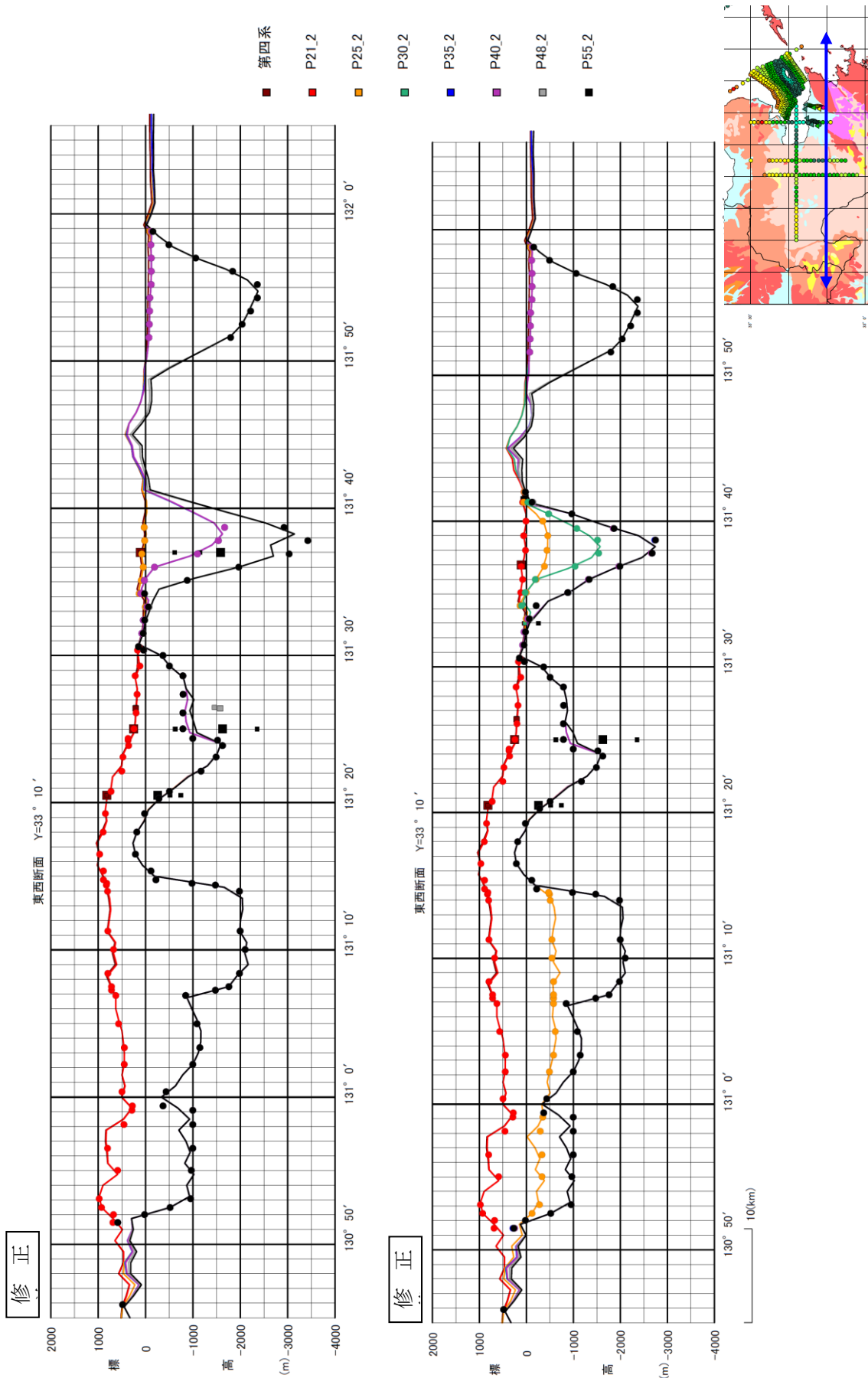


图 2-14 地下構造断面图 (北緯 33° 10' 断面 上图：修正前、下图：修正後)

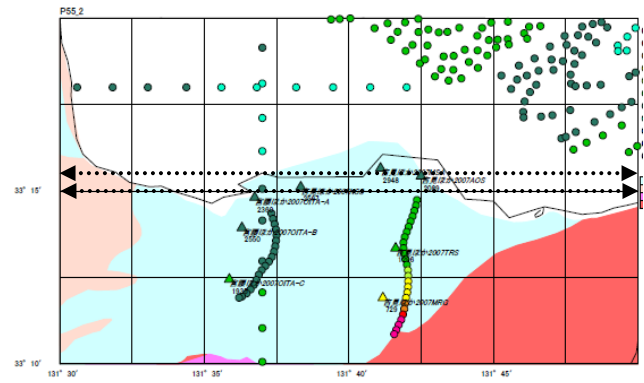
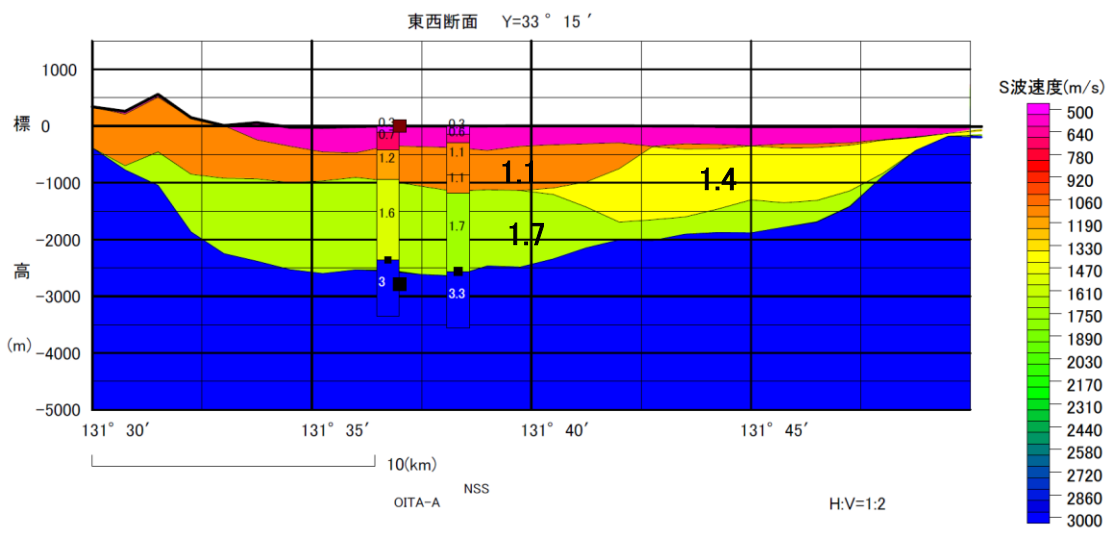
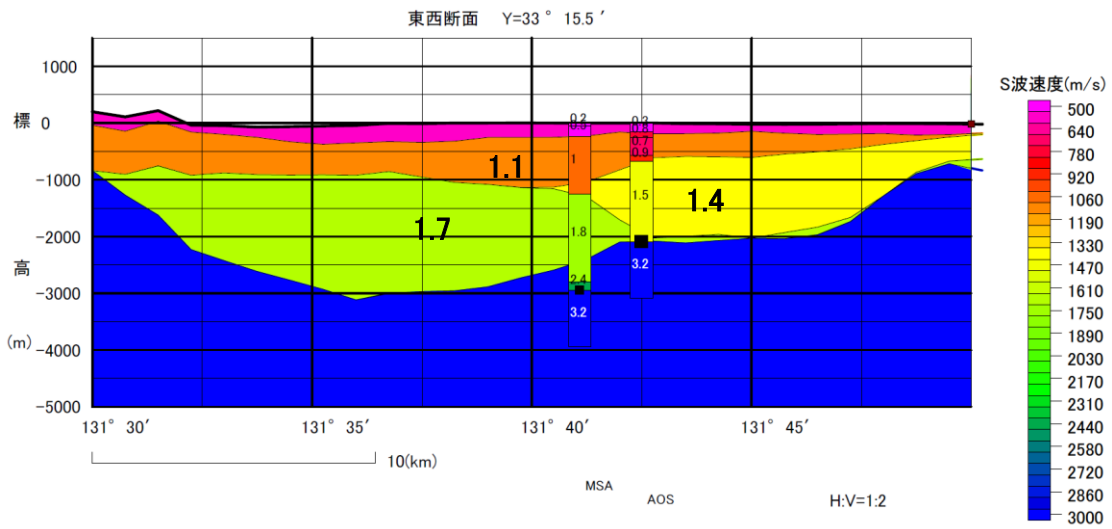
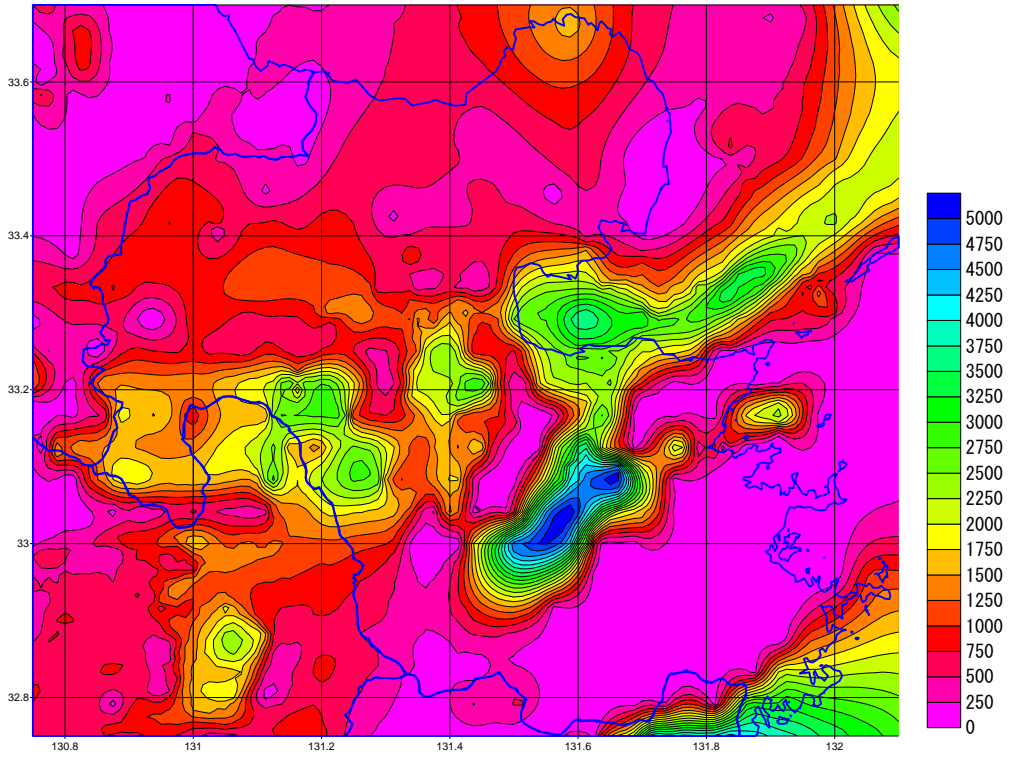


図 2-15 地下構造断面図 (大分市内、微動アレイ探査データとの比較)
 上図：北緯 33° 15.5' 断面、下図：北緯 33° 15' 断面

修正後



修正前

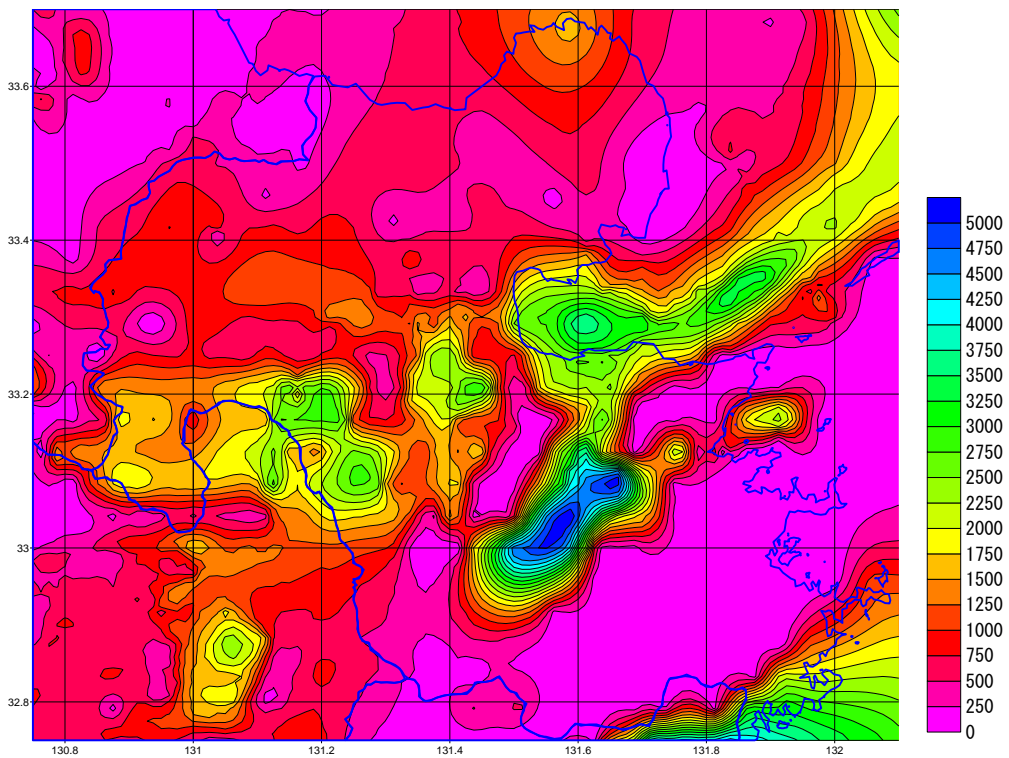


図 2-16 第 5 層 (Vs3.1) 上面深度コンター

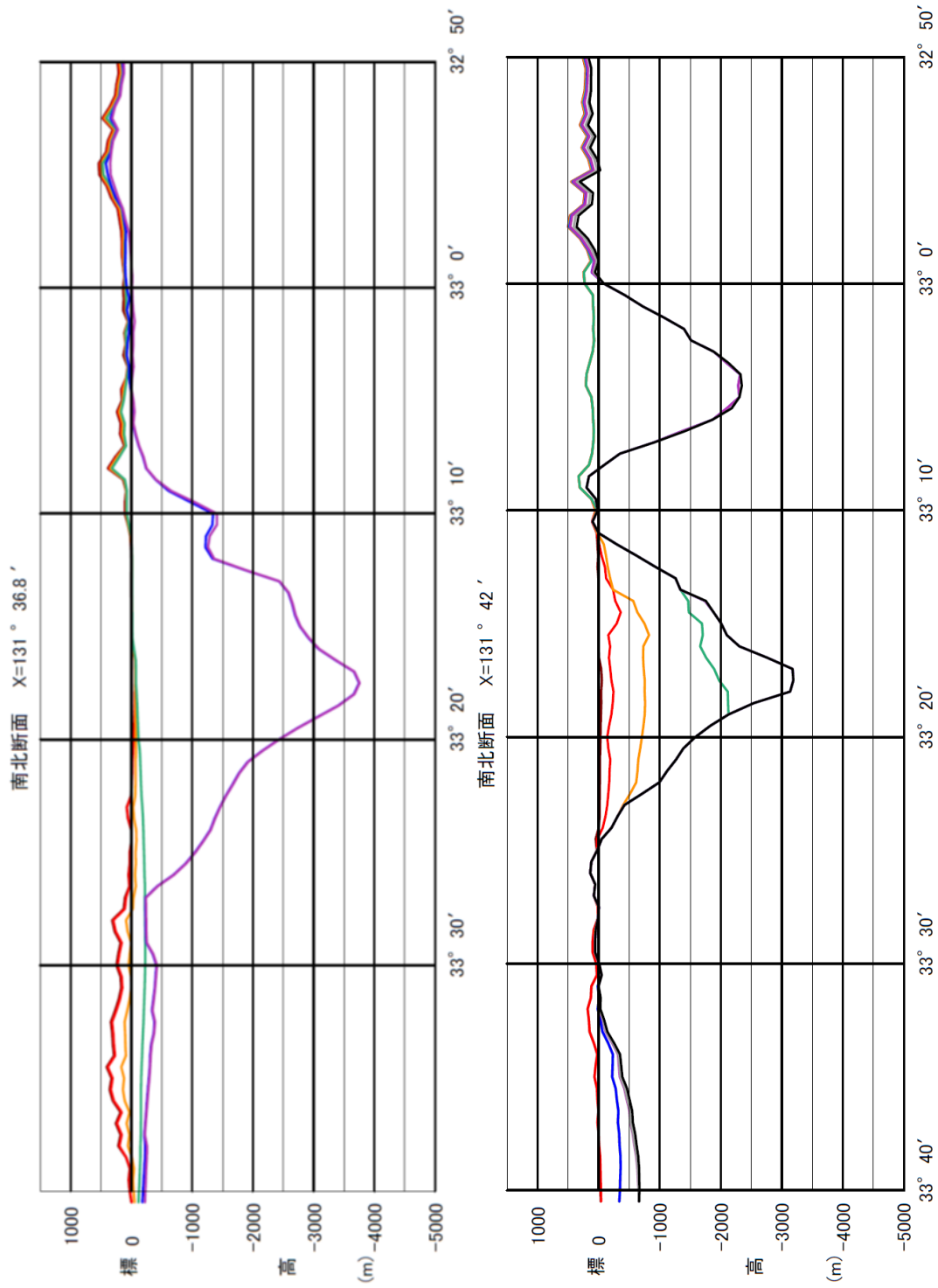


図 2-17 防災科研モデルとの比較（上：日向灘地震の予測に用いた防災科研モデル 下：本検討のモデル）

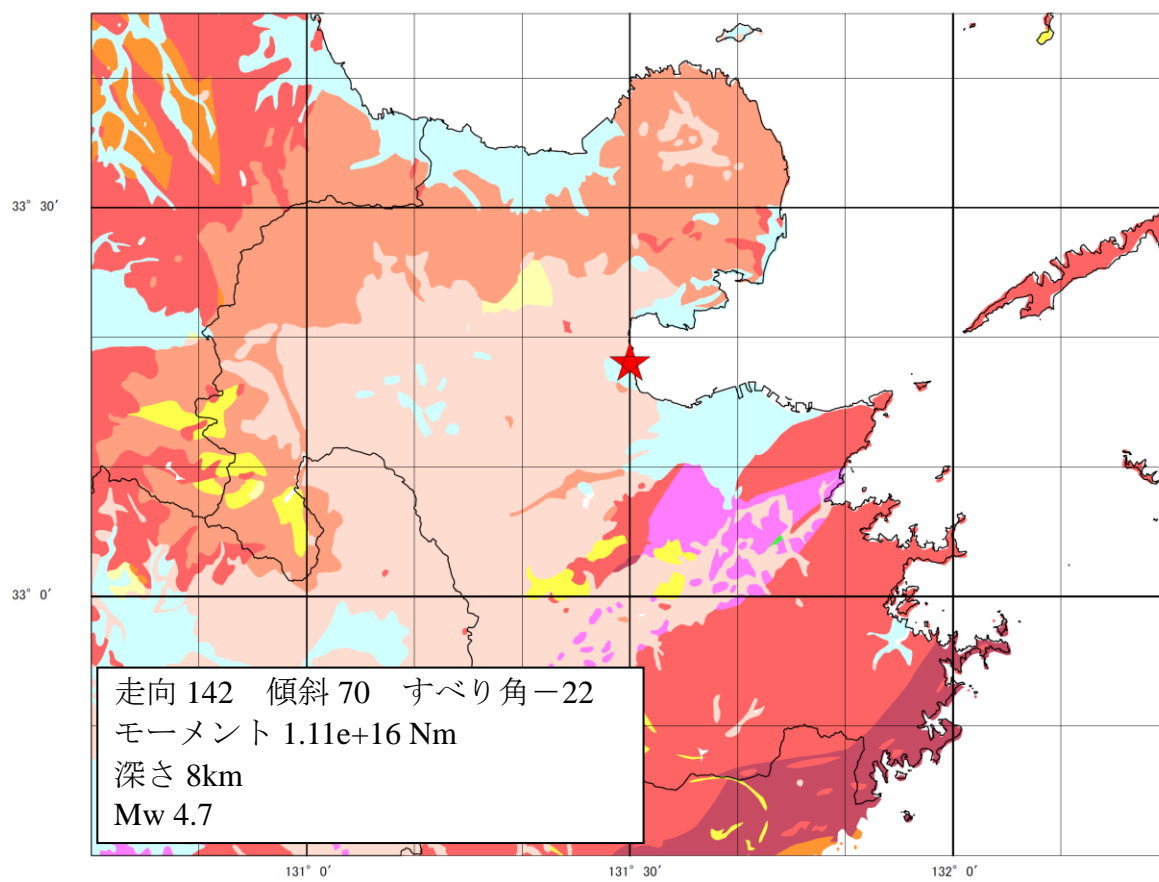
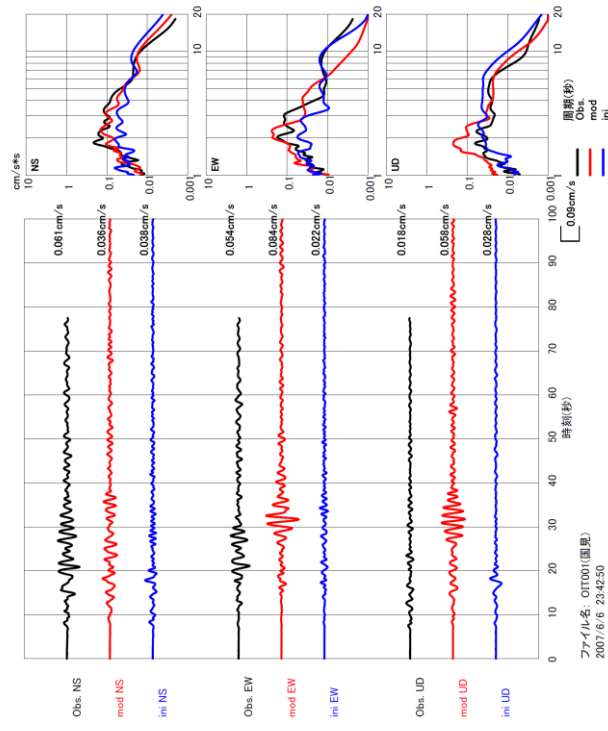


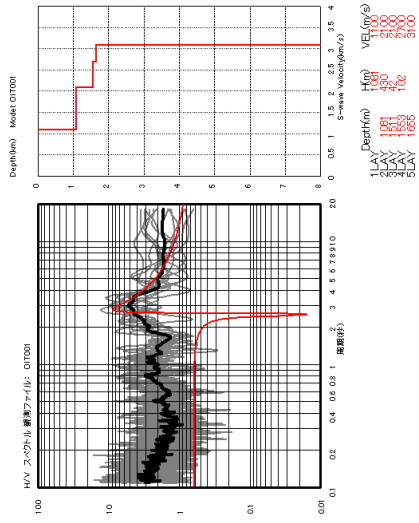
図 2-18 2007 年 6 月 6 日 23 時 42 分 大分県中部の地震の震央位置
 (震央位置は気象庁速報による)

01T001(国見)



ファイル名: 01T001(国見)
2007/6/6 23:42:50

修正前



修正後

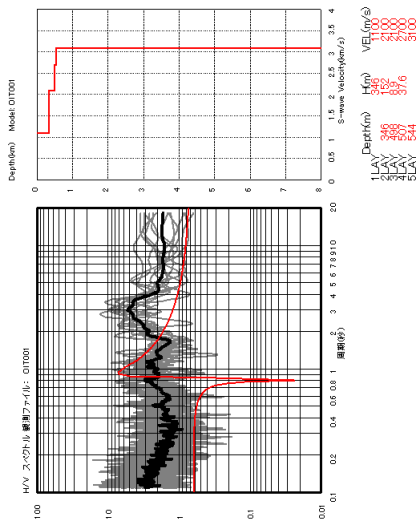


図 2-19 2007 年 6 月 6 日大分県中部の地震の観測速度波形と差分法による計算波形との比較 (01T001 国見)

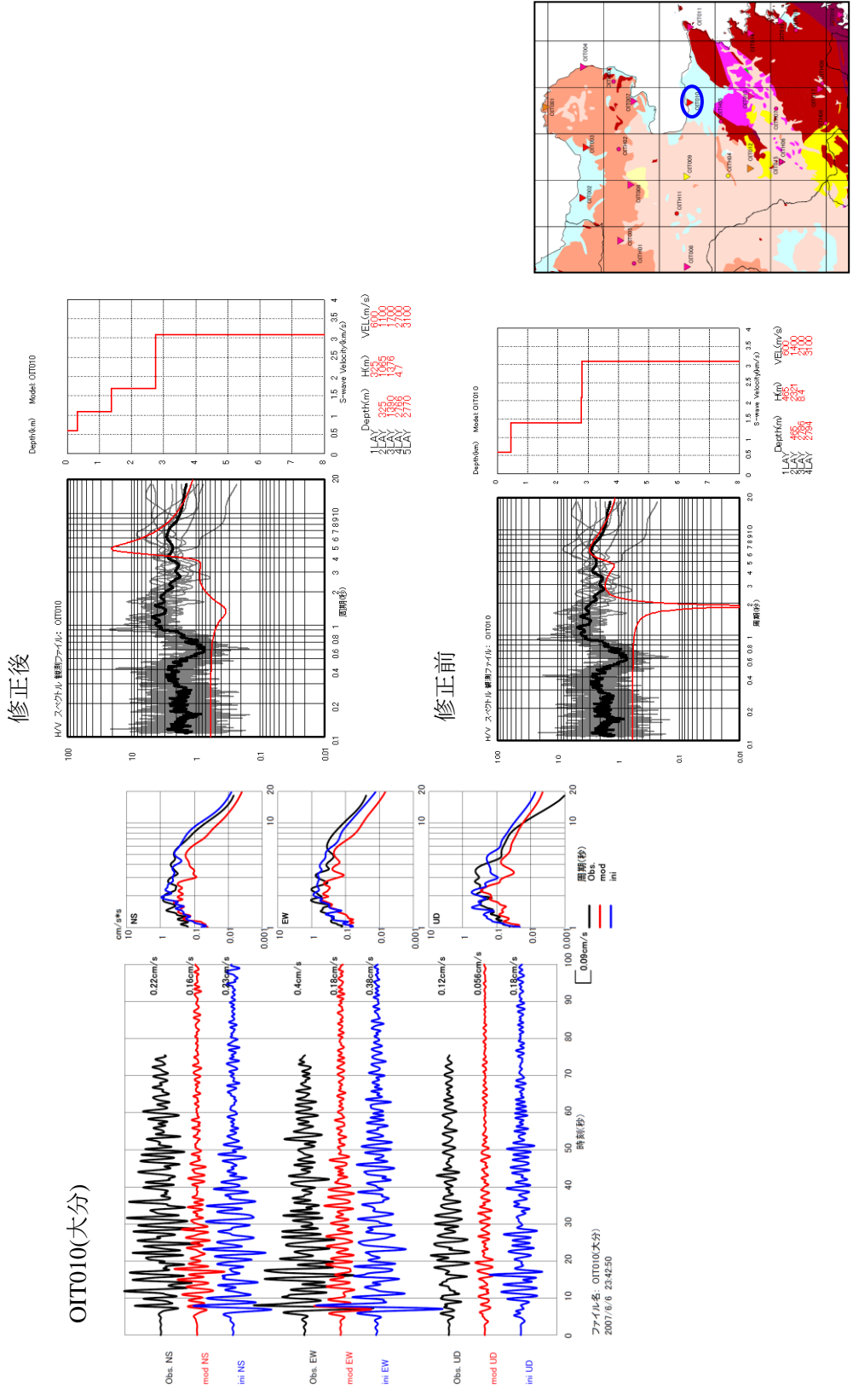


図 2-20 2007 年 6 月 6 日大分県中部の地震 観測速度波形と差分法による計算波形との比較 (OIT010 大分)

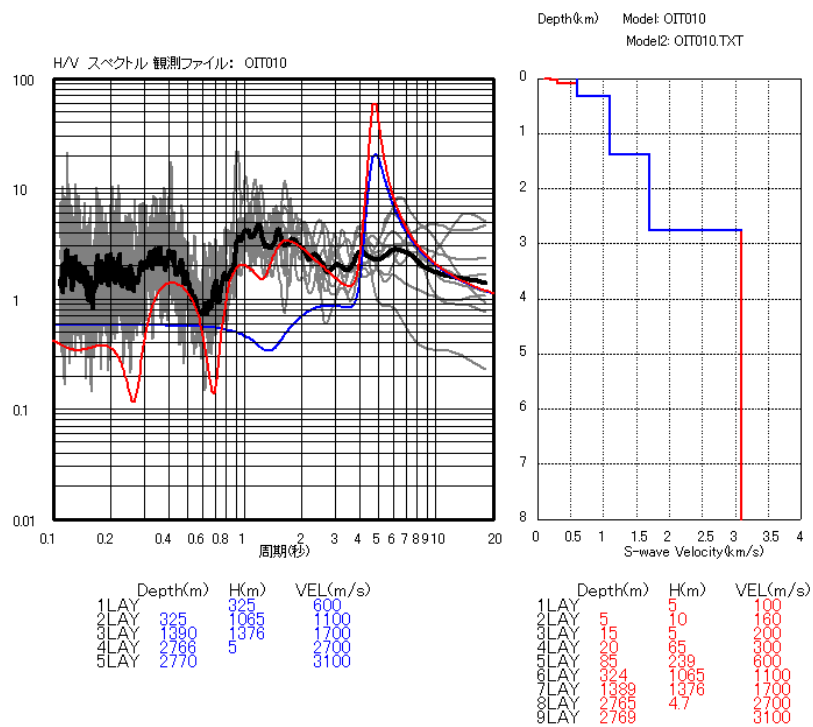


図 2-21 OIT010 地点の理論H/Vスペクトル

赤：浅部の構造を PS 検層および微動アレイ探査データを参考に設定したモデル
 (深度 0-20m : PS 検層データ、深度 20m 以深 : 微動アレイ探査データを参考に
 観測スペクトルのピークおよび谷形状にモデルの計算結果を合致させた。)

青：深部地下構造モデル

2.4 浅部地盤モデル

本調査で使用したボーリングは、前回調査で利用した地盤工学会の九州地盤情報共有データベースの約 2,600 本、大分県土木所有の約 3,600 本、各市町村から収集した約 2,400 本、大分地盤図から約 700 本に、官界で追加収集・整理した地盤工学会の九州地盤情報共有データベース第二版の約 1,600 本、NEXCO 西日本提供の約 100 本の合計約 11,000 本である。図 2-22 にボーリング位置図を示した。

なお、本調査では大分県内を 250m メッシュで区分している。

(1) 工学的基盤の設定

追加した地盤資料をもとに、工学的基盤はとして S 波速度 300m/s 相当 (\approx N 値 ≥ 50) 層上面に再設定することとした。

ボーリングの N 値と S 波速度との相関関係 (図 2-23) から得られた S 波速度 300m/s に対応する N 値の深度、PS 検層、ボーリングデータ、各地質 (微地形区分) を参考に工学的基盤コンター図を作成したうえで、最終的に各メッシュの工学的基盤の深度を設定した。工学的基盤の深度分布図を図 2-24 に示す。

(2) 層構造モデルの設定

同じように追加した地盤資料をもとに、層構造モデルを再設定した。手法は前回調査と同様に、250m メッシュ毎に代表ボーリングを 1 本設定し、そのボーリングデータをもとに作成した。なお、ボーリングデータがない、あるいはあっても浅いものしかないメッシュも多くあるため、そうしたメッシュへの拡張には微地形区分 (図 2-25) を活用した。これは、微地形区分は表層 30m までの平均 S 波速度 (以下、AVS30 と称す) および表層の地震動増幅度との関係が深いためである。

以下に、表層地盤モデル作成の手順を記す。

- ① 大分県内のボーリングポイントおよび PS 検層ポイントの把握
- ② 各ボーリングポイントおよび PS 検層ポイントの微地形区分の把握
- ③ 直近の同一微地形でのボーリングを採用
- ④ メッシュ毎に代表ボーリングを設定
- ⑤ 推定した工学的基盤の深さをもとに層厚を補正しモデル化
- ⑥ 深部地盤モデルの最上層 ($V_s=600\text{m/s}$) まで KiK-net, K-NET からモデル化 (図 2-26)

(3) 浅部地盤モデル

作成した表層地盤モデルの AVS30 を図 2-27 に示す。一般的に、AVS30 が小さいほど地盤が軟弱であるといえる。

同じ平野である宇佐、大分、佐伯の 3 平野でも違いがあることがわかる。工学的基盤の深さでは大分で 70m を越すような沖積層があるが、宇佐では 10m 程度である。AVS30 では番匠川が流れている佐伯が小さい値を示している。

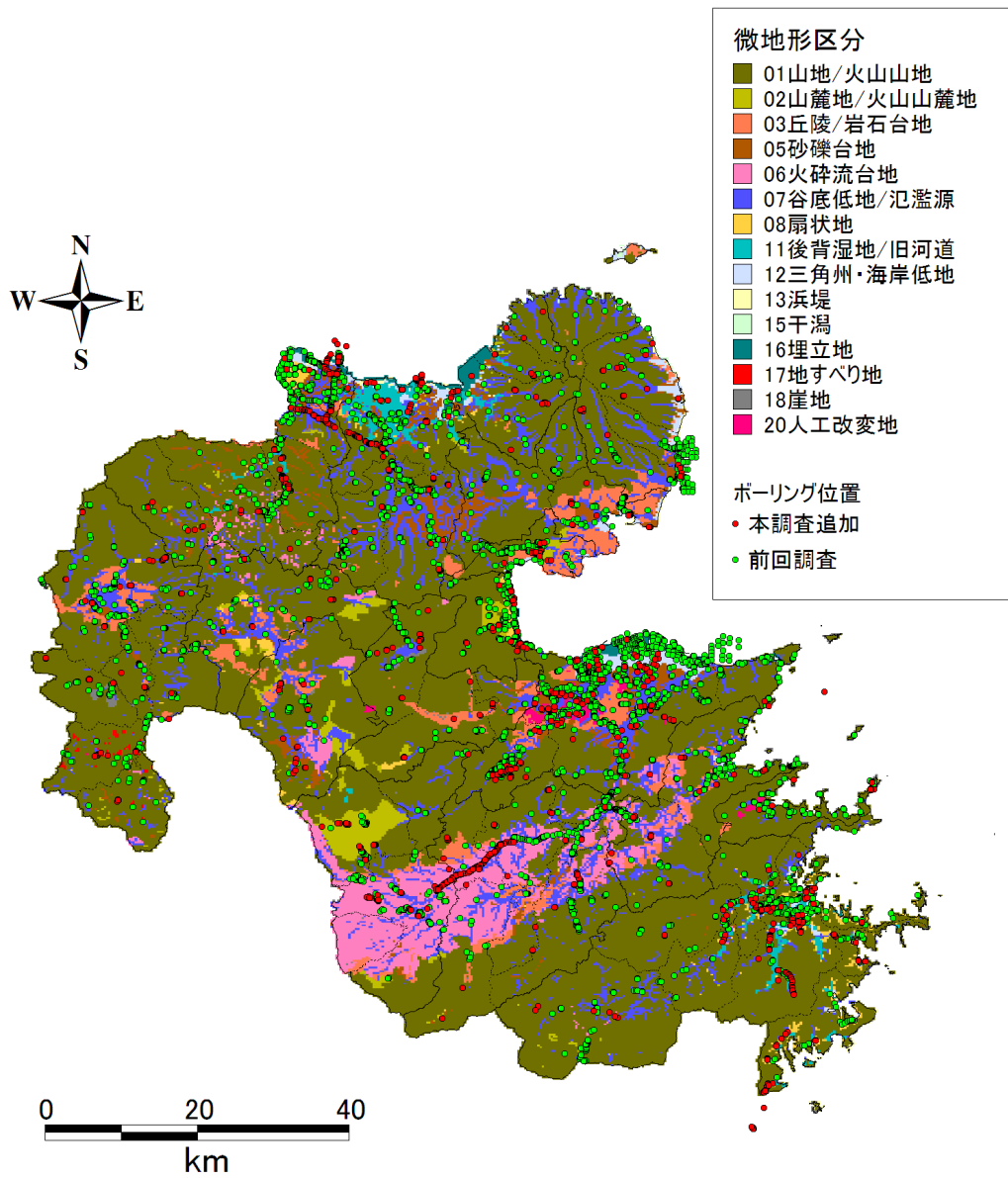


図 2-22 微地形とボーリング位置図

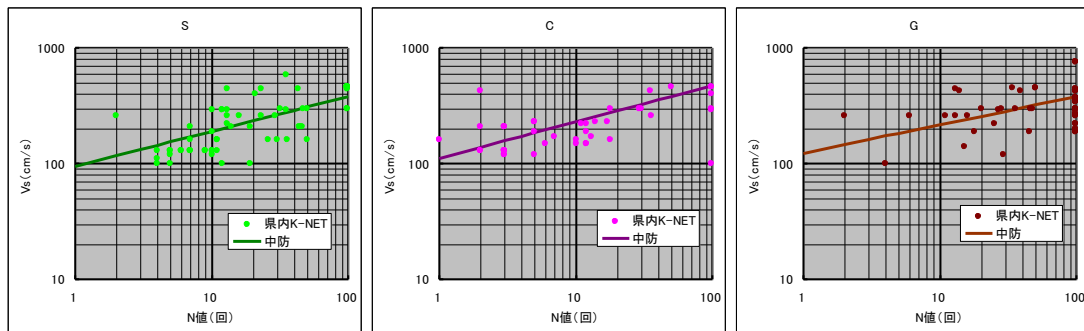


図 2-23 N 値と V_s の関係 (県内 K-NET より)

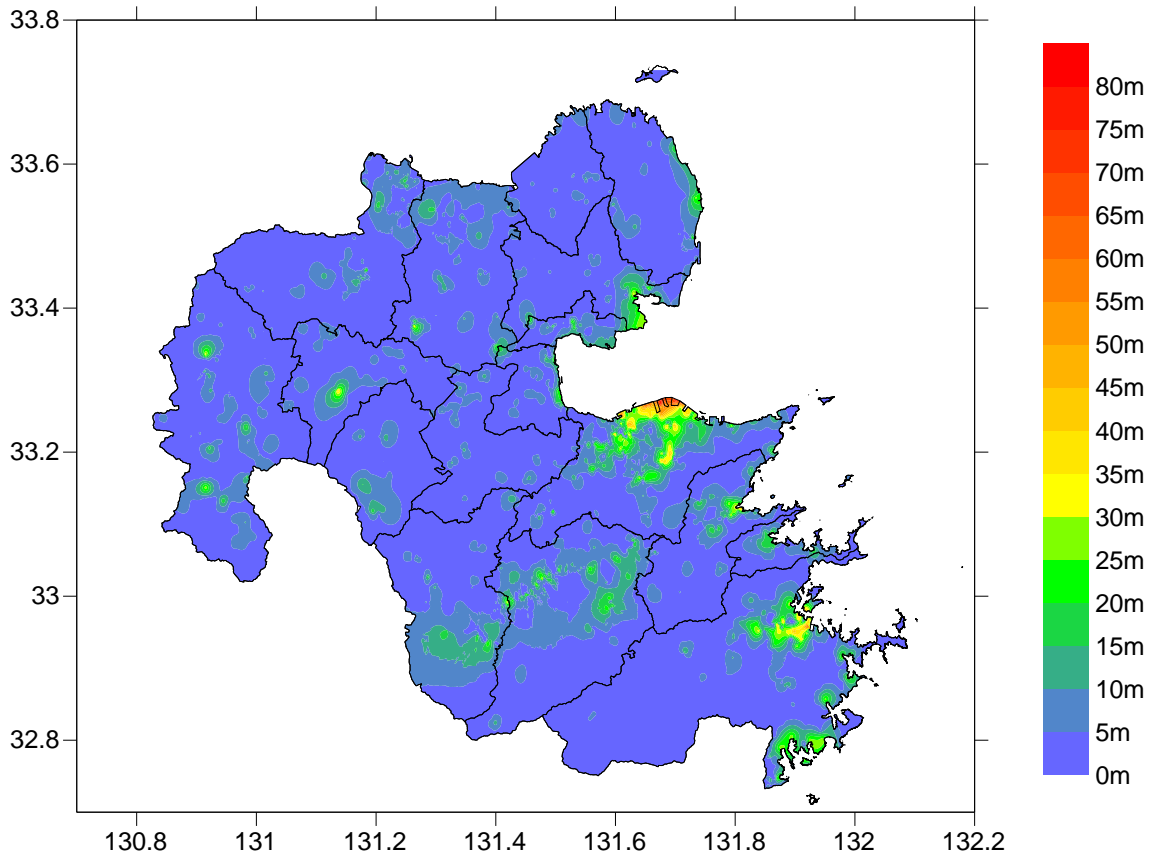


図 2-24 工学的基盤コンター

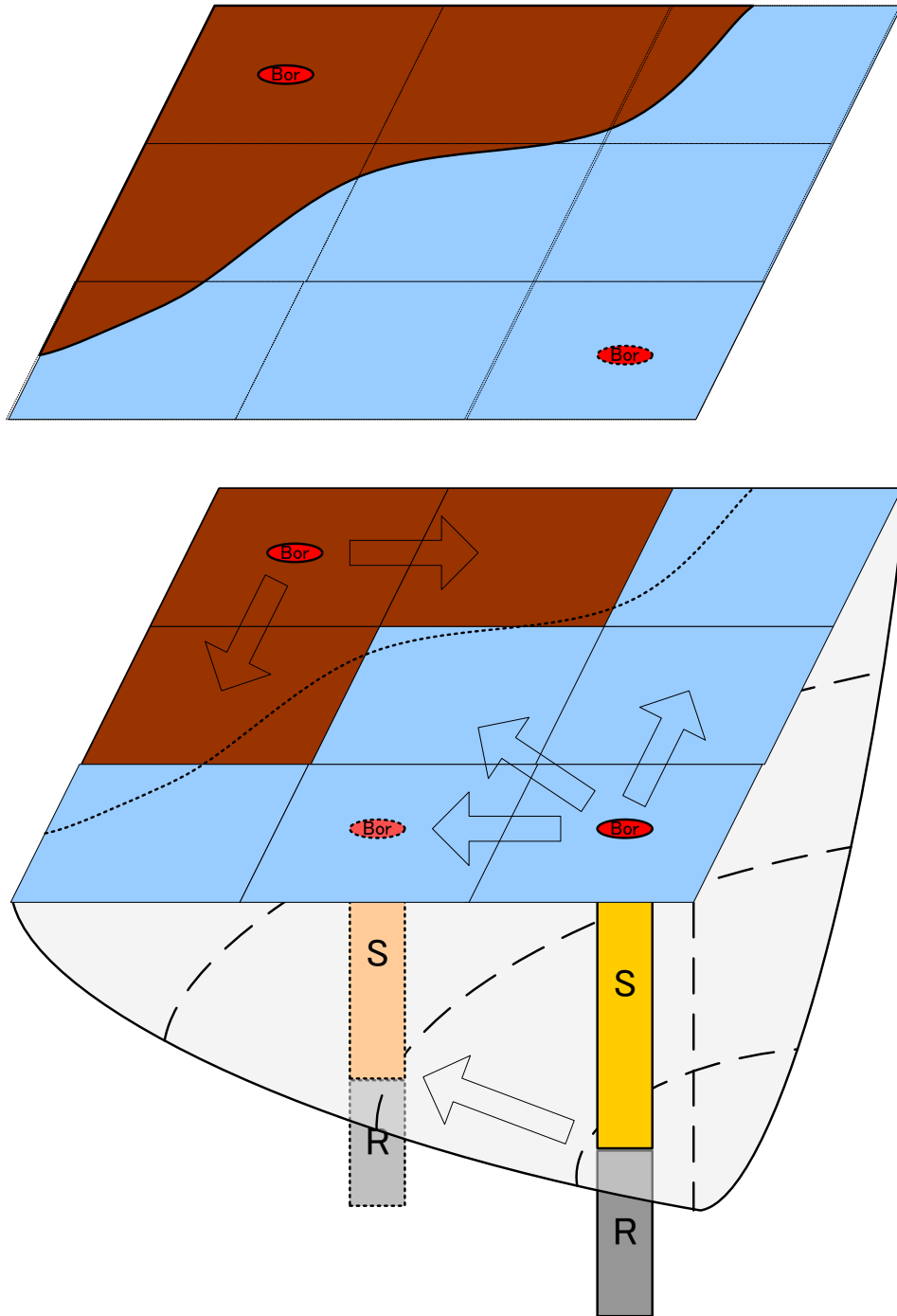


図 2-25 ボーリングの分配・補正の模式図

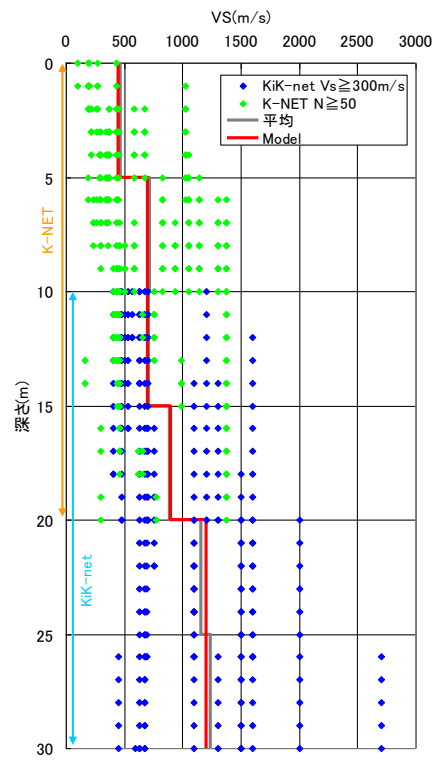


図 2-26 N \geq 50 以下の層構造 (県内 K-NET, KiK-net より)

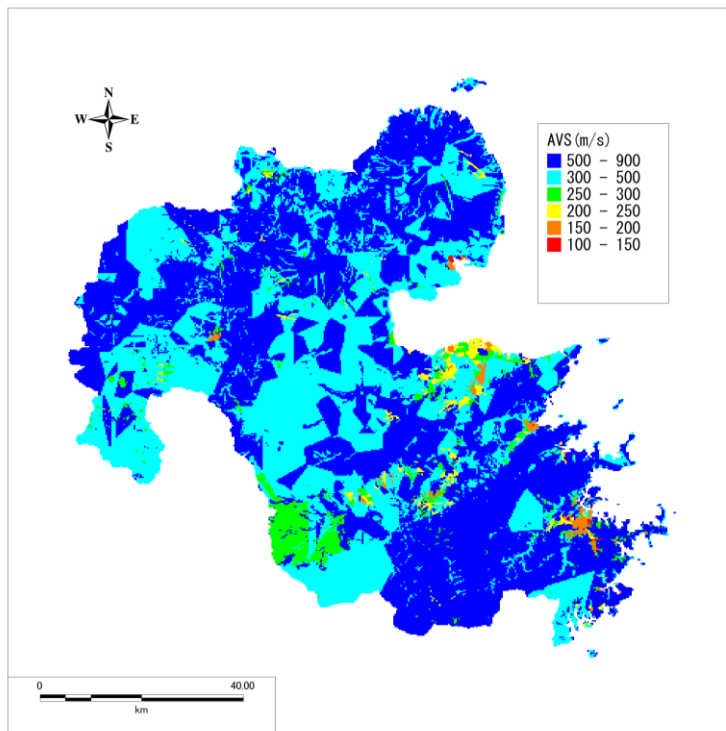


図 2-27 AVS30

2.5 H29 重点調査による地盤モデル

(1) 過去調査との比較

2.1 節で述べたように、今回自然災害予測をする下記 3 地震は、上述の地盤モデルを踏襲しながら、H29 重点調査結果を参照して、地盤モデルを更新した。ここでは、本県モデルとの違いを整理・比較を示した。

表 2-3 H20 調査、H25 調査及び H29 重点調査の違い

		H20 調査、H25 調査	H29 重点調査
関連する想定地震		大分県周辺で発生する地震	別府一万年山断層帯
モデル範囲	浅部	大分県全域	大分平野～別府湾周辺域
	深部	大分県全域	大分県全域
地盤モデル	浅部	H25 調査モデル	2017 重点浅部速度構造モデル
	深部	H25 調査モデル (防災科研 (2004, 2006)を改良)	2017 重点モデル (H25 調査モデルを改良)

H20 調査、H25 調査では、ほぼ同じ手法であり、浅部・深部地盤モデルともに、防災科研 (2004, 2006) で用いられたデータに基づき、県独自のモデルが作成されている。H29 重点調査では、H25 調査モデルを基に、改良がなされている。H25 調査、H29 重点調査及び地震本部による速度層の比較を表 2.4 に示した。

詳しくは H29 重点調査報告書にまとめられているが、参考のため H29 重点報告書を参照し、作成された地盤モデルについてを (2) 以降にまとめた。

表 2.4 H25 調査及び重点調査における速度構造の比較

H25 調査					重点調査				
速度層	Vp (km/s)	Vs (km/s)	ρ (g/cm ³)	およその地層と の対応	J-SHIS- v2 の層	Vp (km/s)	Vs (km/s)	ρ (g/cm ³)	地質との対応
					1	1.7	0.35	1.8	
					2	1.8	0.5	1.95	
1	2.0	0.6	1.9	大分層群（上部）, 沖積層	3	2.0	0.6	2.0	大分層群（上部）, 段丘礫層
2	2.5	1.1	2.15	大分層群, 豊肥火 山岩類相当	8	2.5	1.1	2.15	大分層群, 豊肥火 山岩類相当
3	3.0	1.4	2.25	碩南層群相当	10	3.0	1.4	2.3	碩南層群相当
4	3.5	1.7	2.3	大野川層群（上部） 相当	12	3.2	1.7	2.3	大野川層群（上部） 相当
5	4.0	2.1	2.4	大野川層群（下部） 相当	16	4.0	2.1	2.4	大野川層群（下部） 相当
6	5.0	2.7	2.5	三波川変成岩類, 領家変成岩・花崗 岩類	19	5.0	2.7	2.5	付加体
7	5.5	3.1	2.6		21	5.5	3.1	2.6	三波川変成岩類、 領家変成岩・花崗 岩類
					22	5.5	3.2	2.65	三波川変成岩類、 領家変成岩・花崗 岩類

(2) 大分県域の深部速度構造モデル

大分県域の3次元速度構造のモデル化においては、大分県(2008)による深部速度構造モデルを初期モデルとして、大分県全域を含むモデルが作成された。その際、既存の情報収集に加えて、以下の観測等が実施され、地下速度構造の拘束条件として集約された。

- ・ 微動アレイ探査
- ・ 地震波形記録収集
- ・ 広帯域地震観測網による連続観測を用いた地震波干渉法解析
- ・ 単点微動観測
- ・ 小半径微動アレイ観測

これらを用いて、特に別府湾周辺域の速度構造モデルが重点的に修正された。大分県全域については、観測された地震動のH/Vスペクトル、R/Vスペクトルを参照して、速度構造モデルが修正された。その結果、地震観測データと整合的な速度構造モデルが作成された。速度モデルの修正に用いられた微動アレイ探査位置、強震観測点位置を図2-28に示した。

重点調査報告書に記載されている修正前後の速度層上面震度分布図の比較を図2-29～図2-31に示した。

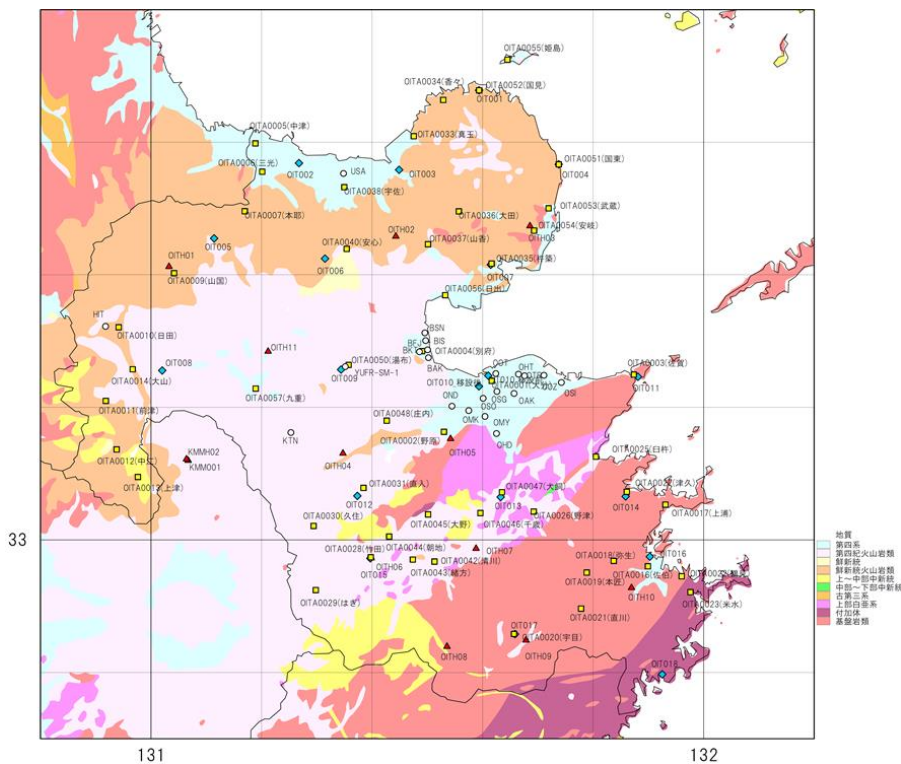


図2-28 観測点位置。青菱形：K-NET観測点 赤三角：KiK-net観測点 黄色四角：震度計観測点 白丸：大規模微動アレイ探査位置

(出典：別府-万年山断層帯(大分平野-由布院断層帯東部)における重点的な調査観測 平成26～28年度 成果報告書)

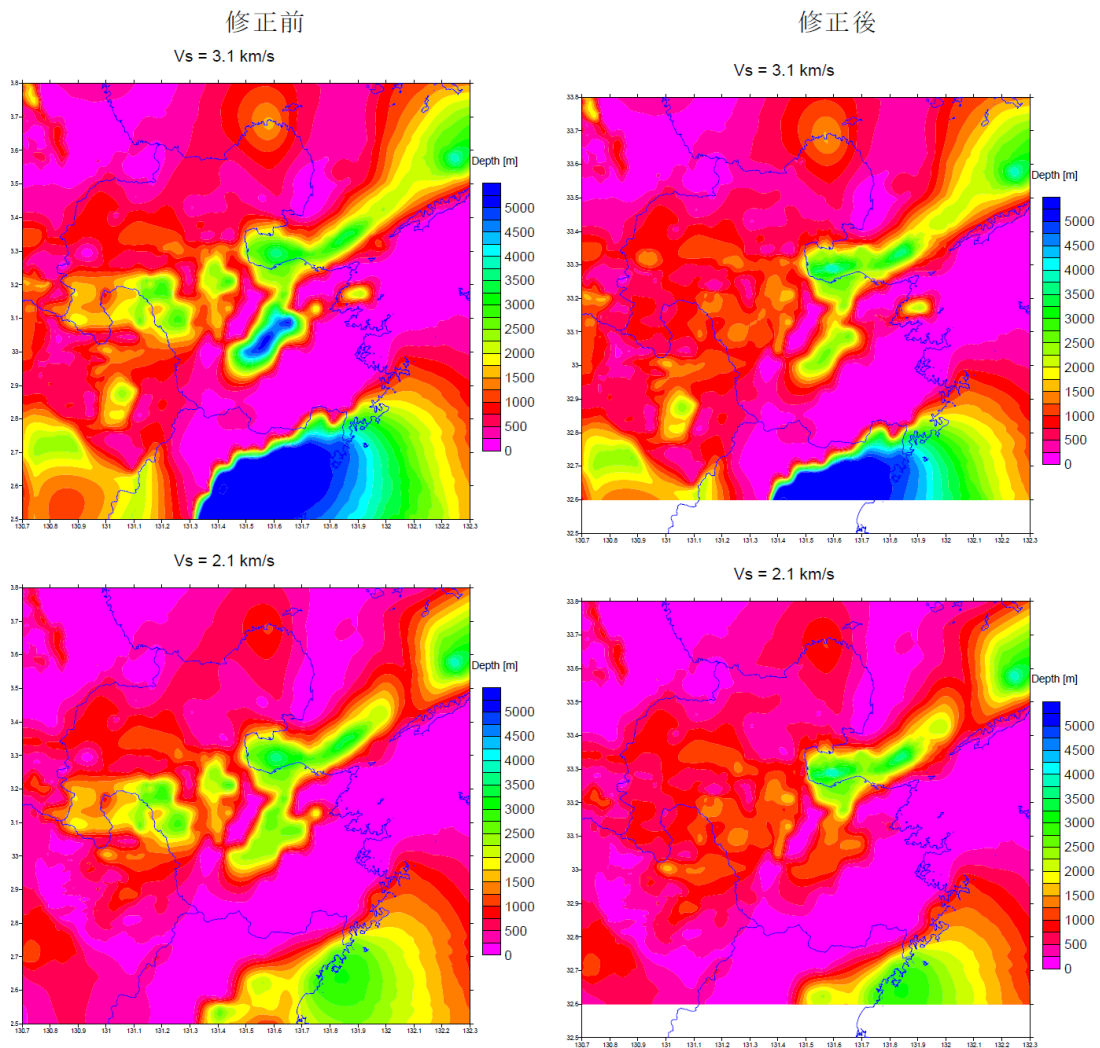


図 3.3.6-4 深部地盤構造モデルの修正前後の比較（各速度層上面深度分布）

上図：S波速度 3100 m/s 層 下図：2100 m/s 層

図 2-29 深部地盤構造モデルの比較（Vs3100m/s 層、Vs2100m/s 層）

左：H25 調査、右：重点調査

（出典：別府-万年山断層帯（大分平野-由布院断層帯東部）における重点的な調査観測 平成 26～28 年度 成果報告書）

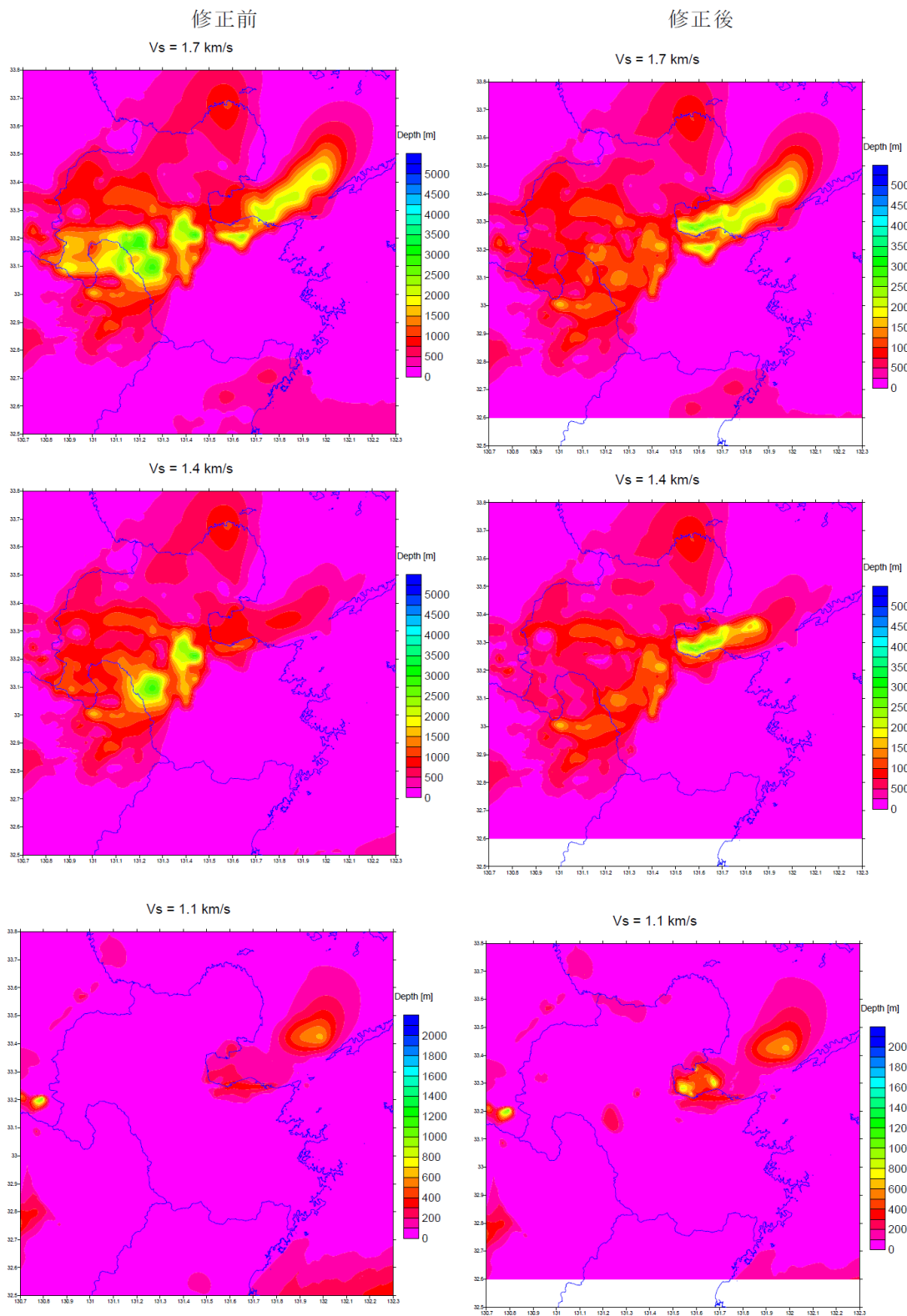


図 2-30 深部地盤構造モデルの比較 (V_s 1700m/s 層、 V_s 1400m/s 層、 V_s 1100m/s 層)

左 : H25 調査、右 : 重点調査

(出典 : 別府-万年山断層帯 (大分平野-由布院断層帯東部) における重点的な調査観測 平成 26 ~28 年度 成果報告書)

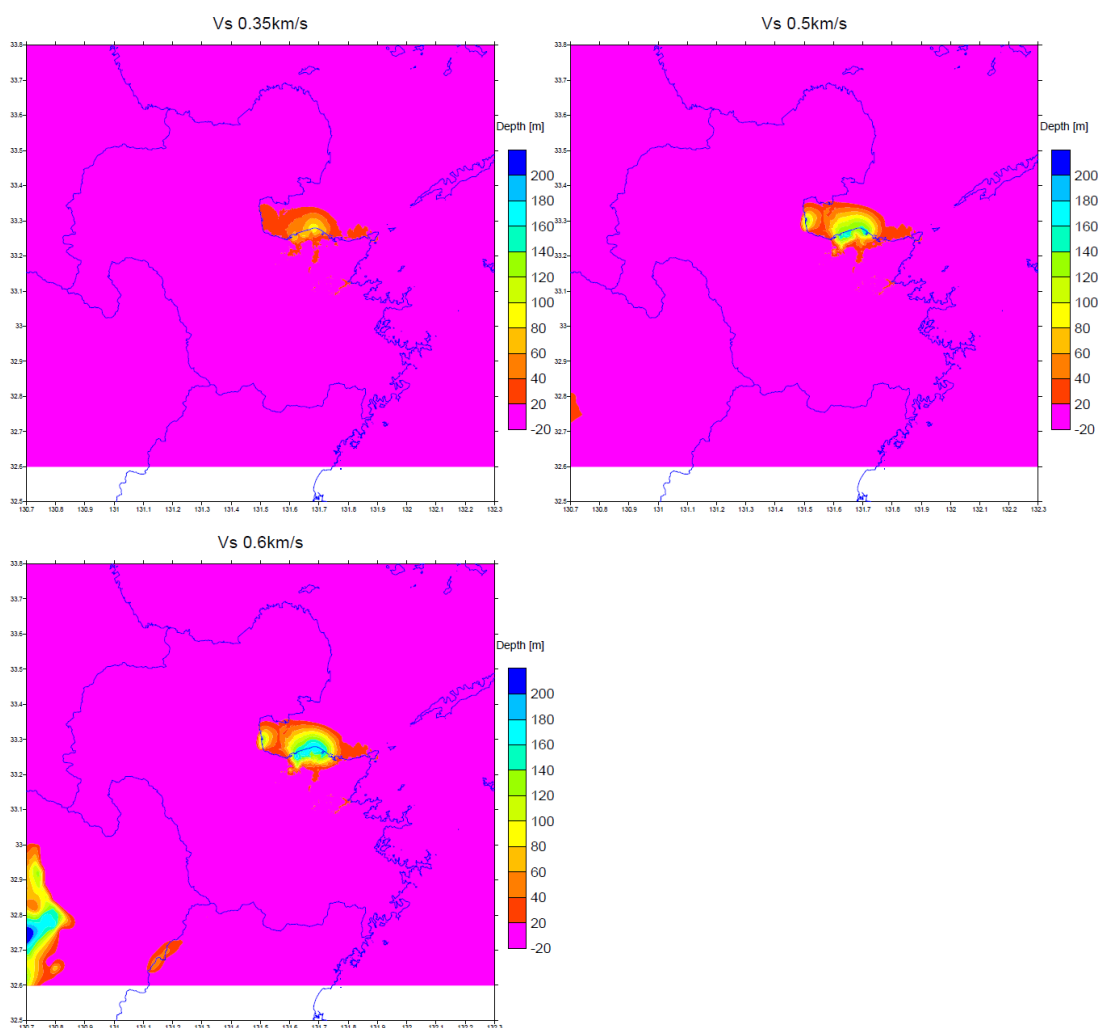


図 3.3.6-7 深部地盤構造モデルとして新たに設定した各上面深度分布

左上：S波速度 350 m/s 層

右上：S波速度 500 m/s 層

左下：S波速度 600 m/s 層

図 2-31 重点調査モデルで追加された深部地盤構造モデル

(出典：別府-万年山断層帯（大分平野-由布院断層帯東部）における重点的な調査観測 平成 26～28 年度 成果報告書)

(3) 別府湾周辺域の浅部速度構造モデルの作成

H29 重点調査では、別府湾周辺域については震源近傍である上に人口密集地であることから、浅部速度構造モデルが作成された。既存ボーリングデータの収集整理のほか、小半径微動アレイ探査が稠密に実施され、浅部速度構造を拘束するデータを集約された。これらのデータを用いて、250m メッシュの S 波速度構造モデル(2017 重点浅部速度構造モデル)が作成された。浅部速度構造モデルは、地質層序モデル(稲垣・他(2008); 先名・他(2013))の考え方にに基づき、250mメッシュモデルとして作成された。この手法は、ボーリングデータのメッシュモデルの作成と、地層境界面の作成、および、両者を参照したメッシュ地質モデル・速度構造モデルの作成からなる。作成手法は、H29 重点調査報告書にまとめられたように、以下のとおりである。

1. ボーリングデータの重み付き平均により、250mメッシュの代表的柱状モデル(層相、N値)を作成する。
2. これに並行して、地質学的・堆積学的な観点から浅部地盤の構成地層を選定し、各ボーリングデータにおけるこれらの地層境界深度を読み取る。
3. 次に、微地形区分を参照しながら地層境界深度を補完して地層境界面(レイヤーモデル)を作成する。地層境界面の連続を追跡して 250mメッシュの代表的柱状モデルを内挿・外挿し、抜けのないメッシュ 3 次元モデル(地質層序およびN値)を作成する。
4. 最後に、このメッシュ地質モデルとN値モデルを用いて S 波速度モデルを作成し、浅部速度構造モデルとする。

なお、浅部速度構造モデルと深部速度構造モデルとの間に速度のギャップが生じないように、微動アレイ探査結果を基に工学的基盤相当層の速度構造を設定する。モデル作成フローを図 2-32 に示した。また、重点調査で収集・仕様されたボーリングデータの位置図を図 2-33 に示した。

浅部地盤モデルについては、H29 重点調査では大分平野～別府湾周辺域のみ作成された。浅部地盤モデルの違いとして、AVS30(表層 30m の平均 S 波速度)の違いを図 2-34 に示した。

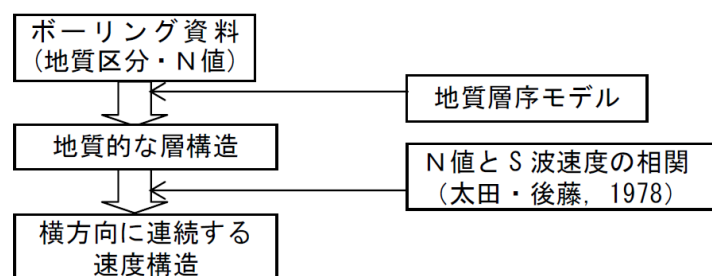


図 2-32 浅部速度構造モデルの作成フロー

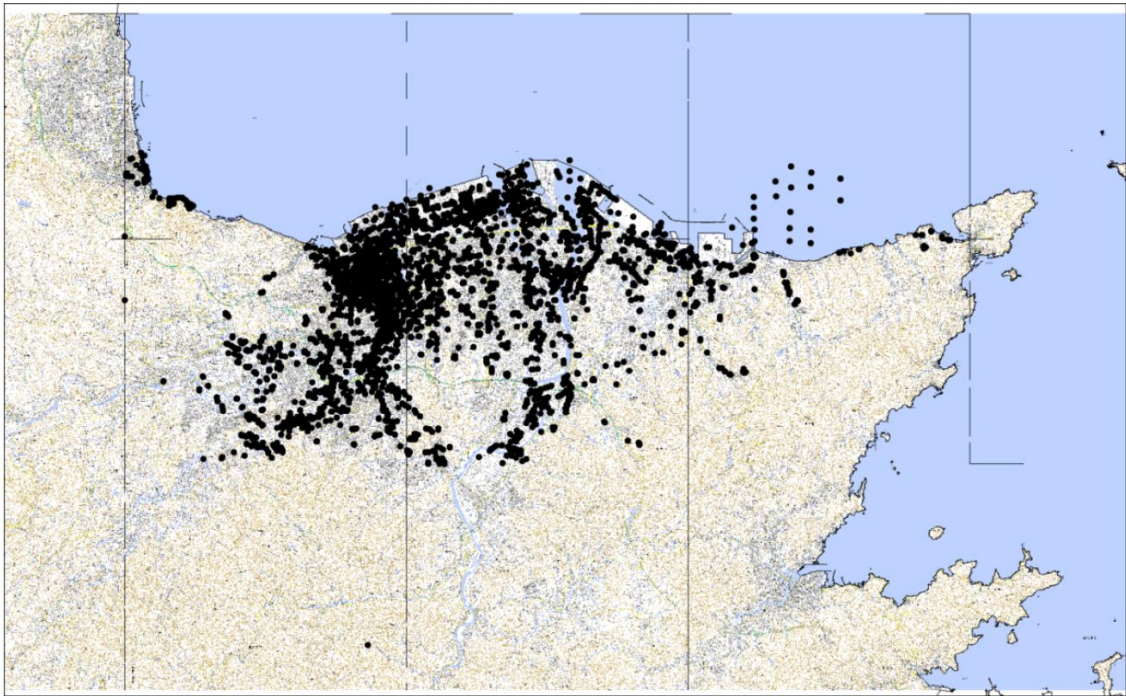


図 2-33 ボーリング分布の全体像 (● ボーリング位置)

(出典：別府-万年山断層帯 (大分平野-由布院断層帯東部) における重点的な調査観測 平成 26～28 年度 成果報告書)

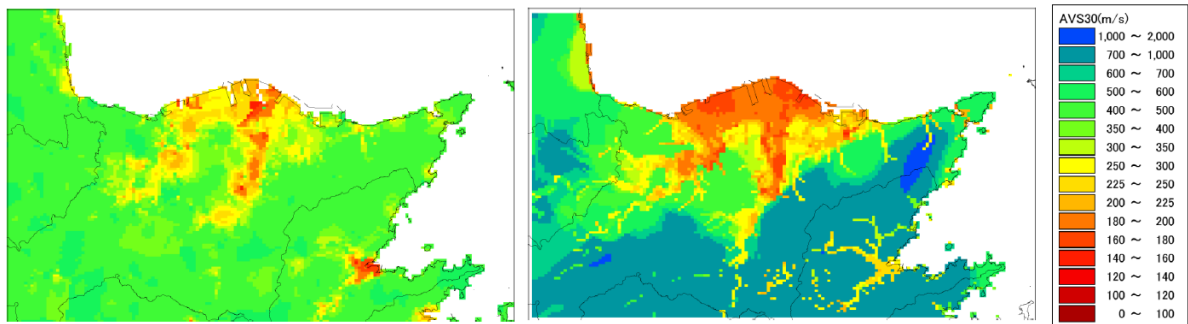


図 2-34 AVS30(表層 30m の平均 S 波速度)の違い

(左：H25 調査モデル、右：H29 重点調査モデル)

(出典：別府-万年山断層帯 (大分平野-由布院断層帯東部) における重点的な調査観測 平成 26～28 年度 成果報告書)

【参考文献】

- 文部科学省研究開発局, 国立大学法人京都大学大学院理学研究科 (2017): 別府-万年山断層帯 (大分平野-由布院断層帯東部) における重点的な調査観測 平成 26~28 年度 成果報告書
- 唐木田芳文, 早坂祥三・長谷義隆 (1992): 日本の地質「九州地方」共立出版, 371 頁.
- 藤原広行・河合伸一・青井 真・先名重樹・大井昌弘・松山尚典・岩本綱司・鈴木晴彦・早川 讓 (2006): 強震動評価のための深部地盤構造全国初期モデル, 日本地震工学シンポジウム論文集(第 12 回)(CD-ROM), 1466-1469, 日本地震工学会.
- 国土交通省 土地・水資源局 国土調査課: 5 万分の 1 土地分類基本調査
<http://nrb-www.mlit.go.jp/kokjo/inspect/inspect.html>
- 防災科学技術研究所(2005): 布田川・日奈久断層帯の地震を想定した地震動予測地図作成手法の検討, CD-R.
- 防災科学技術研究所(2006): 日向灘の地震を想定した地震動予測地図作成手法の検討, CD-R.
- Kusumoto Shigekazu, Y. Fukada, S. Takemoto, Y. Yusa(1996): Three-dimensional Subsurface Structure in the Eastern Part of the Beppu-Shimabara Graben Kyusyu, Japan, as Revealed by Gravimetric Data, 測地学会誌, 42, 167-181.
- 大野一郎・河野芳輝・藤本博巳・小泉金一郎(1994): 瀬戸内海西部の重力異常と負異常帯の地下構造, 地震 2, 47, 395-401.
- 由佐悠紀・竹村恵二・北岡豪一・神山孝吉・堀江正治・中川一郎・小林芳正・久保寺 章・須藤靖明・井川 猛・浅田正陽(1992): 反射法地震探査と重力測定による別府湾の地下構造, 地震 2, 45, 199-212.
- 宮腰研・山本容維・凌 魁群・岩田知孝(2007): 微動アレイ観測による大分平野の地下構造調査, 日本地球惑星科学連合 2007 年大会予稿集, S150-P005.
- 吉見雅行・吉田邦一・関口春子・堀川晴央・竿本英貴・松浦旅人 (2008): 微動アレイ探査で推定した大分平野の S 波速度構造, 活断層・古地震報告, No. 8, p. 295-315
<https://www.gsj.jp/data/actfault-eq/h19seika/pdf/13yoshimi.pdf>
- 地盤工学会九州支部: 九州地盤情報共有データベース, (社), 2005
- 防災科学技術研究所: 強震観測網 K-NET <http://www.k-net.bosai.go.jp/k-net/>
- 防災科学技術研究所: 基盤強震観測網 KiK-net <http://www.kik.bosai.go.jp/kik/>
- 稲垣賢亮・山本明夫・浅尾一巳・中井正一, 地震被害想定のための浅部地盤モデル作成—千葉県地震被害想定調査 (2), 日本地震工学会大会—2008 梗概集, pp.304-305, 2008.
- 先名重樹・前田宜浩・稲垣賢亮・鈴木晴彦・神薫・宮本賢治・松山尚典・森川信之・河合伸一・藤原広行, 強震動評価のための千葉県・茨城県における浅部・深部統合地盤モデルの検討, 防災科学技術研究所研究資料, 第 370 号, 2013.