資料1－3

中部電力

浜岡原子力発電所
敷地ごとに震源を特定して策定する地震動について
（補足説明資料①）
（敷地における地震動の増幅特性）

2021年7月16日

目次

1 敷地における地震動の増幅特性

1.1 地震観測

補足説明資料①-01：地震観測記録（鉛直アレイ観測）の分析 ・・・・・p.2~
補足説明資料①-02：地震観測記録（多点連続観測）の分析 ・・・・・p.13~
補足説明資料①-03：地震観測記録（海底試掘トンネル観測）の分析 ・・・・・p.25~

1.2 地下構造調査

補足説明資料①-04：敷地周辺の地下構造（深部からやや浅部）の調査 ・・・・・p.31~
補足説明資料①-05：敷地近傍の地下構造（浅部）の調査 ・・・・・p.50~
補足説明資料①-06：地下構造調査に基づくS波低速度層の分布 ・・・・・p.78~
補足説明資料①-07：S波低速度層と地質的特徴との対応 ・・・・・p.92~

1.3 解析検討

補足説明資料①-08：深部地下構造モデルの設定及び解析検討 ・・・・・p.100~
補足説明資料①-09：浅部地下構造モデルの設定及び解析検討 ・・・・・p.119~
補足説明資料①-10：地震波の伝播経路に関する検討 ・・・・・p.134~

2 敷地における地盤増幅特性の地震動評価への反映方法

補足説明資料①-11：統計的グリーン関数法に用いる一次元地下構造モデルの設定 ・・・・・p.161~
補足説明資料①-12：波数積分法に用いる一次元地下構造モデルの設定 ・・・・・p.180~
補足説明資料①-13：地震動の顕著な増幅を考慮しない領域と地震動の顕著な増幅を考慮する領域の設定 ・・・・・p.207~

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

補足説明資料①-01
地震観測記録（鉛直アレイ観測）の分析

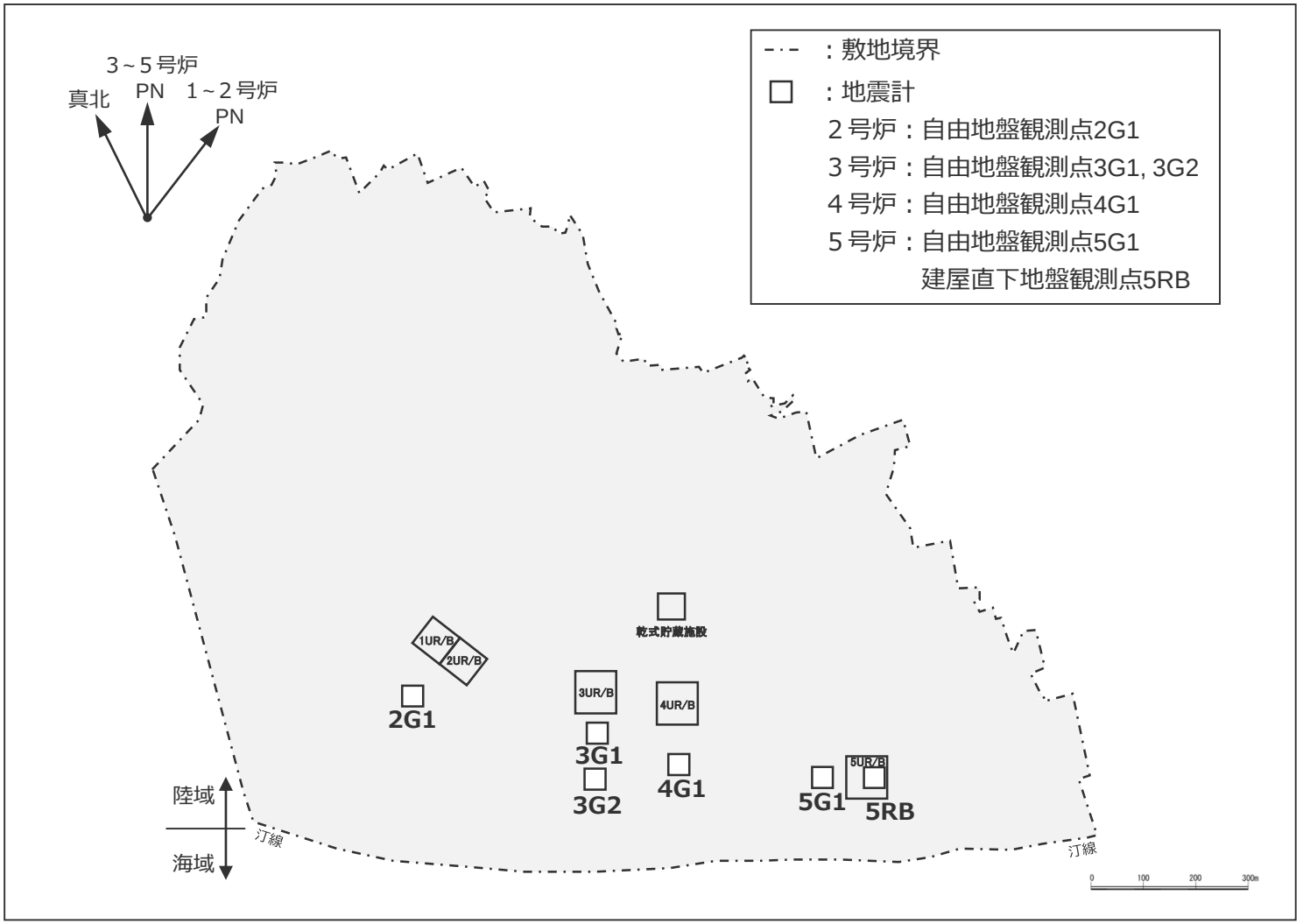
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

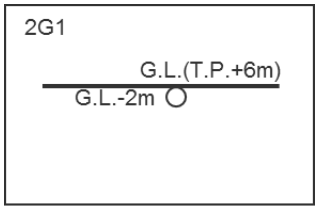
<補足説明資料①-01 地震観測記録（鉛直アレイ観測）の分析>

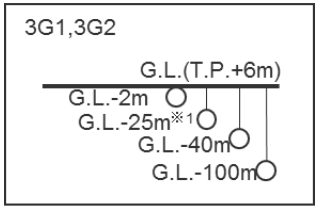
第940回
資料2 p.15一部修正

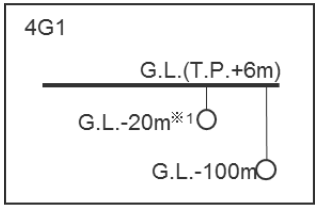
各号炉周辺における鉛直アレイ観測
（地震計の位置）

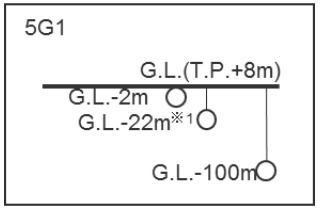
○敷地では、各号炉周辺において鉛直アレイ観測（サーボ型加速度計）を自由地盤及び建屋直下地盤で行っている。

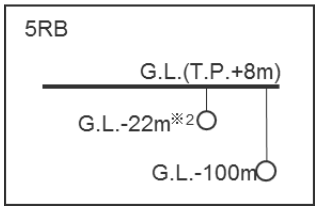












※1 解放基盤表面付近、※2 5号炉基礎スラブ底面

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

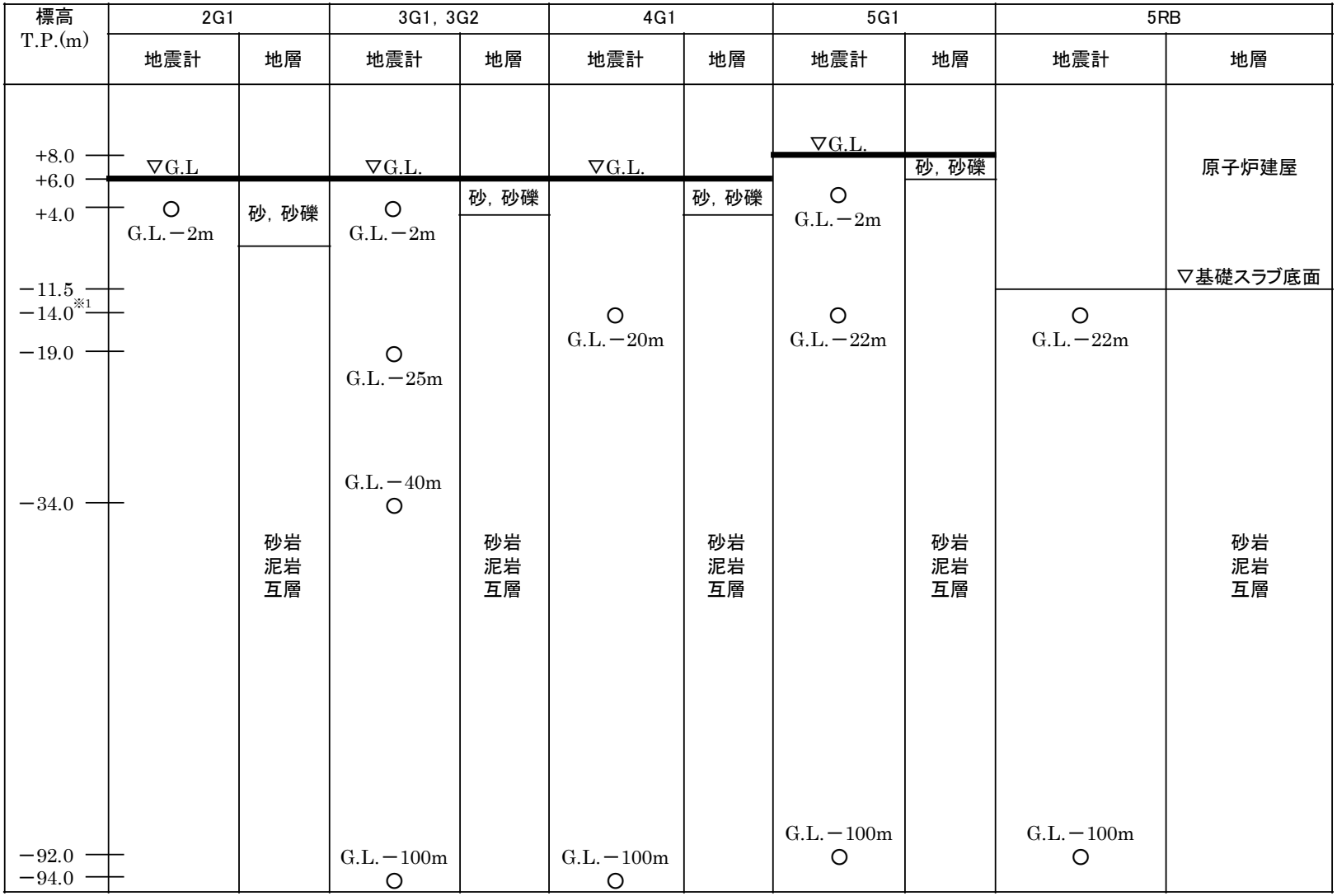
・敷地図を変更。
・各観測点の鉛直方向における配置図を追加。

<補足説明資料①-01 地震観測記録（鉛直アレイ観測）の分析>

各号炉周辺における鉛直アレイ観測
（地震計の柱状図）

第940回
資料2 p.16再掲

○：地震計設置位置



※1：解放基盤表面（T.P.−14.0m）

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

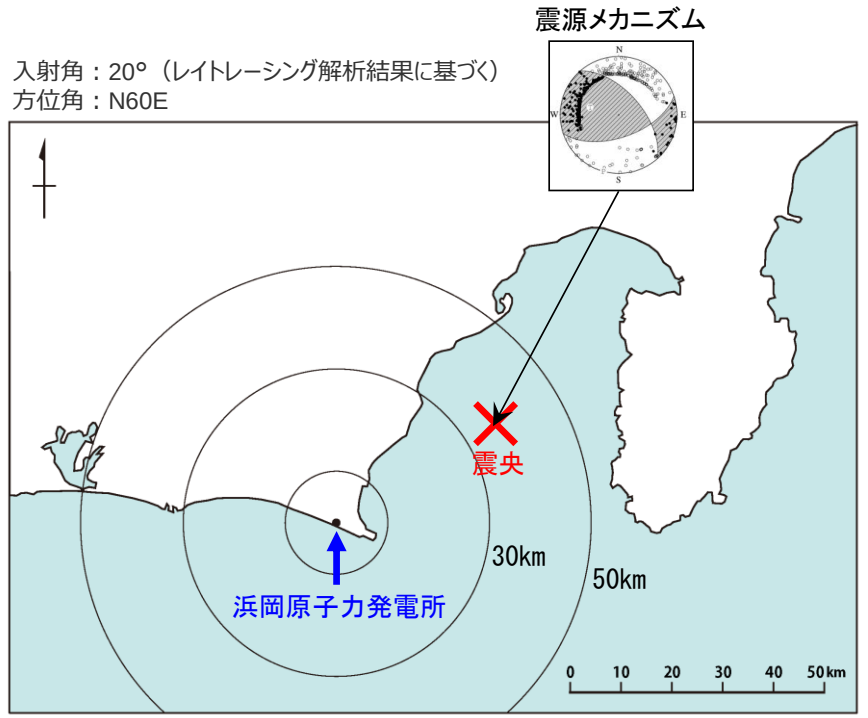
<補足説明資料①-01 地震観測記録（鉛直アレイ観測）の分析>

第940回
資料2 p.17再掲

各号炉周辺における鉛直アレイ観測
（2009年駿河湾の地震（本震）の概要）

○2009年8月11日に発生した駿河湾の地震において、浜岡原子力発電所５号炉周辺の観測記録が他号炉に比べ大きかった。2009年駿河湾の地震（本震）の概要（気象庁HPによる）は以下のとおり。

・発生日時：2009年8月11日5時7分
・地震諸元
　地震規模： マグニチュード6.5
　震央位置： 北緯34度47.1分，東経138度29.9分
　震源深さ ： 23km
　発震機構： 横ずれ成分を持つ逆断層
　　（圧力軸は北北東－南南西方向）
・浜岡原子力発電所との距離
　震央距離： 37.0km
　震源距離： 43.5km
・各地の震度
　震度６弱： 伊豆市、焼津市、牧之原市、御前崎市
　震度５強： 東伊豆町、松崎町、西伊豆町、伊豆の国市、富士宮市、静岡駿河区、静岡葵区、静岡清水区、袋井市、菊川市
　震度５弱： 泰阜村、下田市、河津町、南伊豆町、函南町、沼津市、長泉町、島田市、藤枝市、吉田町、磐田市、掛川市



<2009年駿河湾の地震（本震）の震央位置及び震源メカニズム>

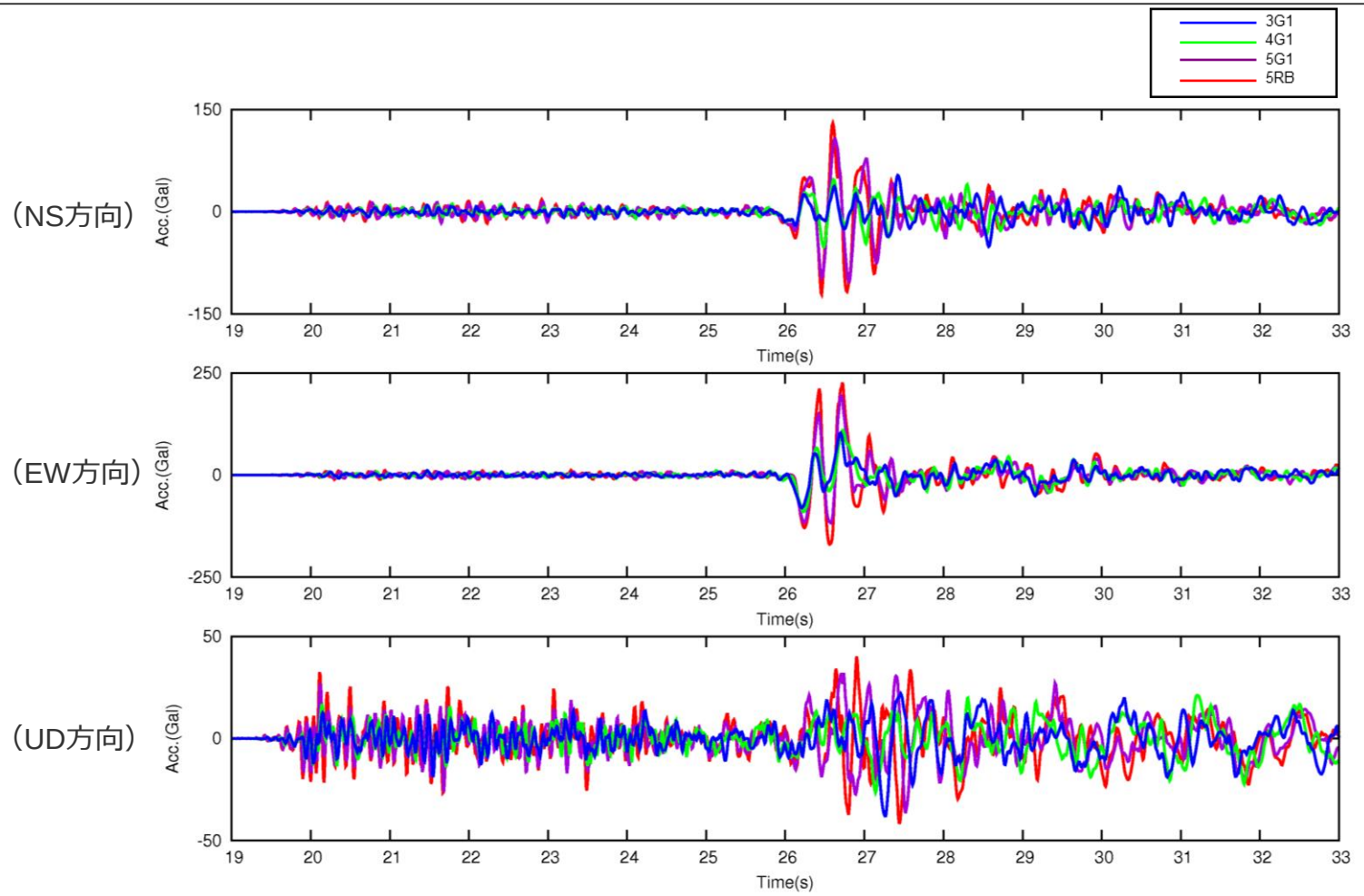
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

<補足説明資料①-01 地震観測記録（鉛直アレイ観測）の分析>

第940回
資料2 p.18再掲

各号炉周辺における鉛直アレイ観測
（2009年駿河湾の地震（本震）の加速度時刻歴波形）

○ 5 号炉周辺の顕著な増幅はS波主要動部のみに見られ、このS波主要動部では、若干の位相遅れを伴い、一波目より二波目以降でより増幅が大きい。



<2009年駿河湾の地震（本震）の加速度時刻歴波形>
（3G1, 4G1, 5G1, 5RB（G.L.-100m）、3～5号炉PN基準）

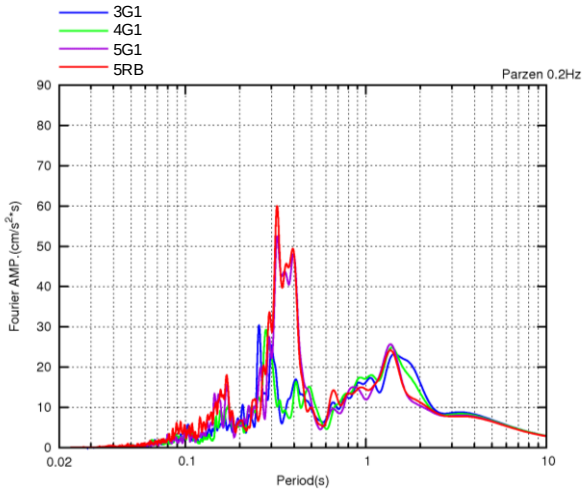
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

<補足説明資料①-01 地震観測記録（鉛直アレイ観測）の分析>

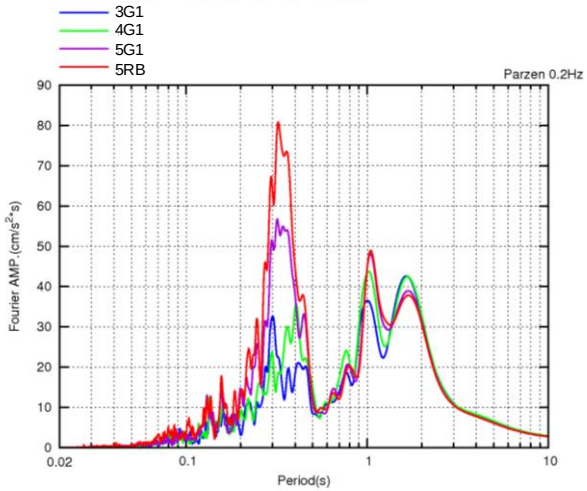
第940回
資料2 p.19再掲

各号炉周辺における鉛直アレイ観測
（2009年駿河湾の地震（本震）の加速度フーリエスペクトル）

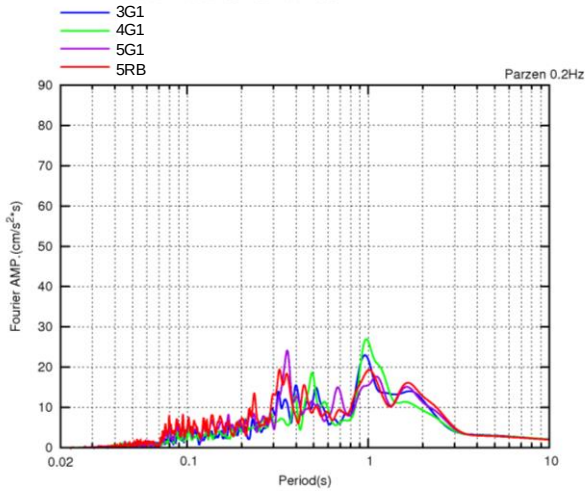
○ 5 号炉周辺の顕著な増幅は、周期0.2～0.5秒付近の狭帯域に見られ、これ以外の周期帯には見られない。



（NS方向）



（EW方向）



（UD方向）

＜2009年駿河湾の地震（本震）の加速度フーリエスペクトル＞
（3G1, 4G1, 5G1, 5RB（G.L.-100m）、3 ～ 5 号炉PN基準）

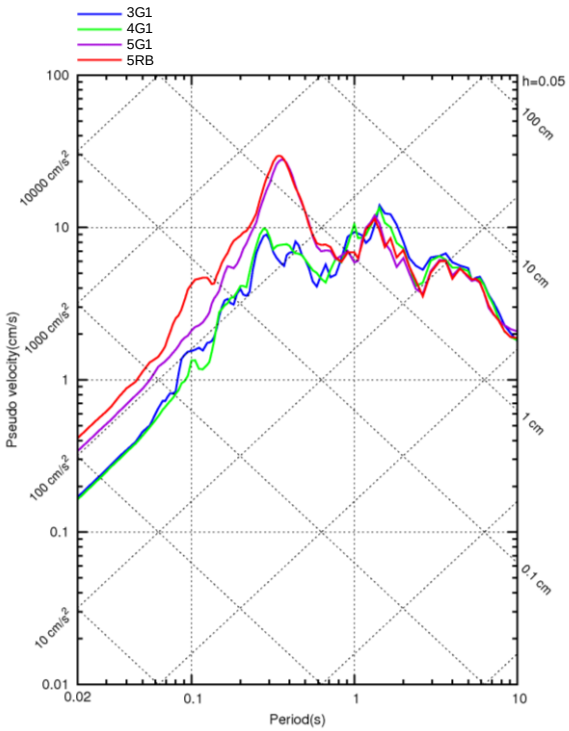
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

<補足説明資料①-01 地震観測記録（鉛直アレイ観測）の分析>

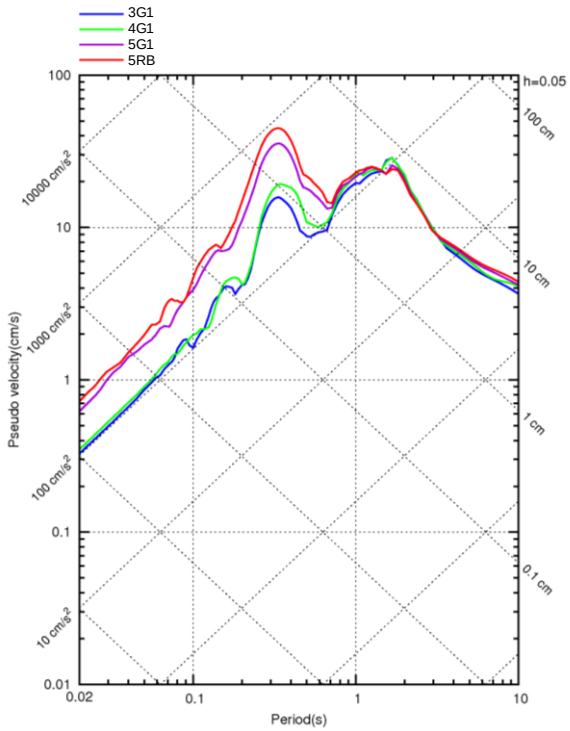
第940回
資料2 p.20再掲

各号炉周辺における鉛直アレイ観測
（2009年駿河湾の地震（本震）の応答スペクトル）

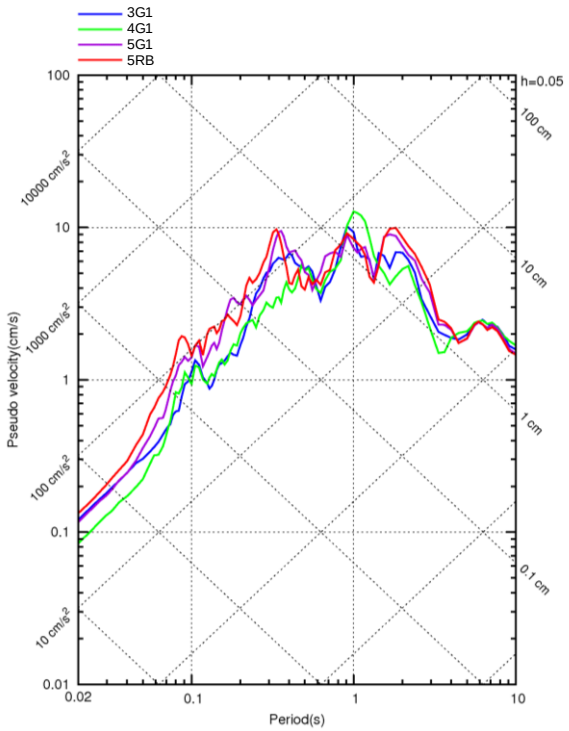
○ 5 号炉周辺の顕著な増幅は、周期0.5秒以下の短周期側に見られ、周期0.5秒以上には見られない。



（NS方向）



（EW方向）



（UD方向）

<2009年駿河湾の地震（本震）の応答スペクトル>
（3G1, 4G1, 5G1, 5RB（G.L.-100m）、3～5 号炉PN基準）

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

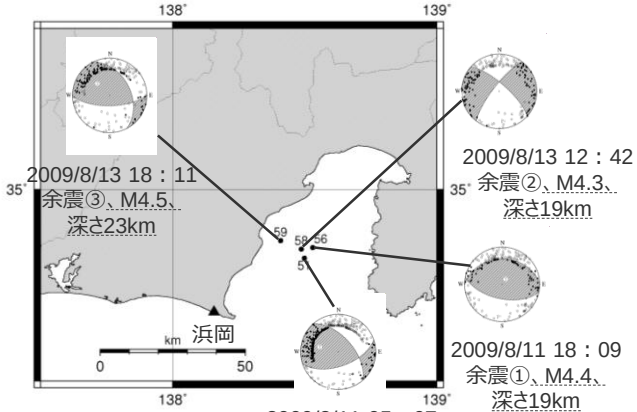
<補足説明資料①-01 地震観測記録（鉛直アレイ観測）の分析>

第940回
資料2 p.21一部修正

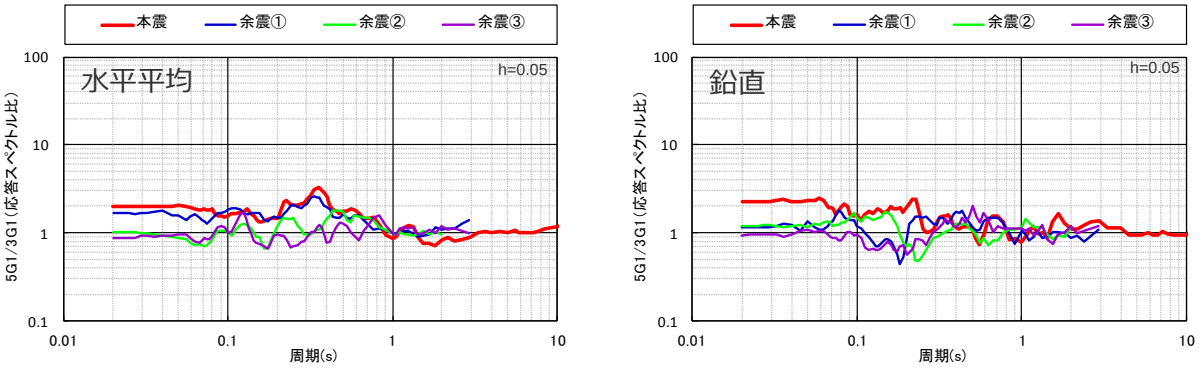
各号炉周辺における鉛直アレイ観測

（2009年駿河湾の地震（本震及び余震）の応答スペクトル比（はぎとり波））

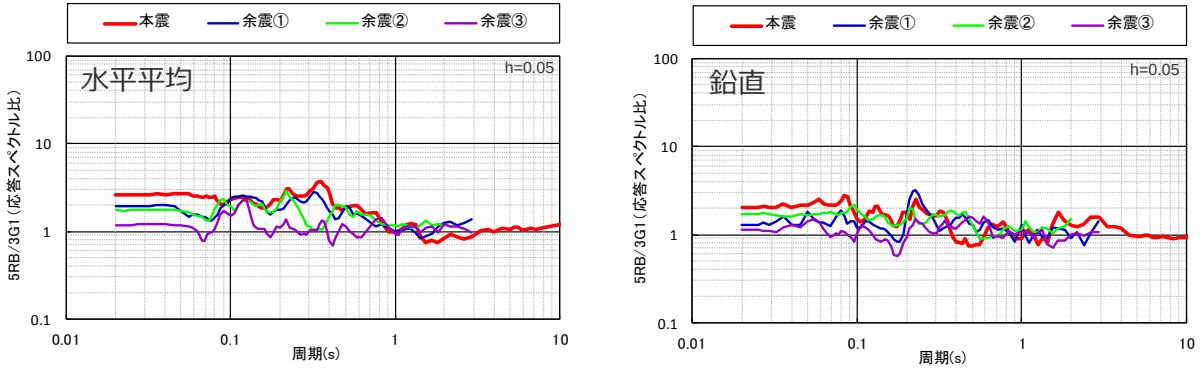
○2009年駿河湾の地震の本震及び３つの余震について、３号炉（3G1）に対する５号炉（5G1,5RB）の応答スペクトル比（はぎとり波）によると、本震の震源位置からやや離れた余震③を除き、本震及び余震①・余震②では５号炉周辺の顕著な増幅が見られており、応答スペクトル比の比率は本震が最も大きい。



<2009年駿河湾の地震の本震及び余震の震央位置・震源メカニズム>
（震央位置・震源メカニズムは気象庁HPの地震月報(カタログ編)による）



（3G1に対する5G1の応答スペクトル比）



（3G1に対する5RBの応答スペクトル比）

＜３号炉（3G1）に対する５号炉（5G1,5RB）の応答スペクトル比＞
（観測記録：はぎとり波）

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

・下線（＿＿）は、一部修正箇所を示す。

<補足説明資料①-01 地震観測記録（鉛直アレイ観測）の分析>

各号炉周辺における鉛直アレイ観測

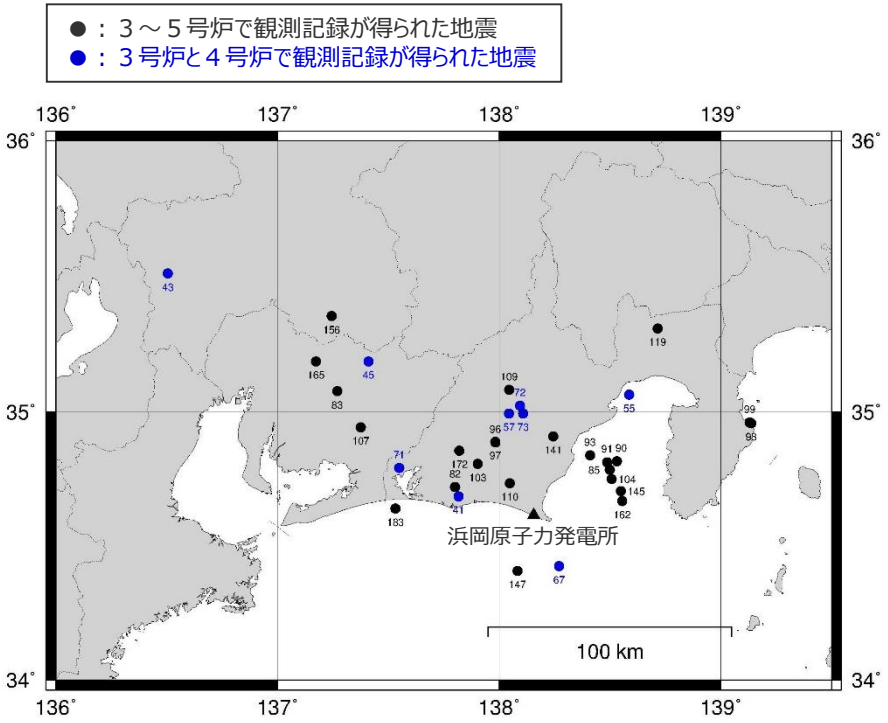
（地震波到来方向毎の地盤増幅特性の検討に用いる対象記録）

第164回
資料2 p.100一部修正

（諸元）

	No	震源地	地震発生時刻 年	月	日	時	分	北緯 度	分	東経 度	分	深さ（km）	M
3号炉と4号炉で観測記録が得られた地震	41	静岡県西部	1992	7	21	15	4	34	41.2	137	49	41.1	4.2
	43	岐阜県美濃中西部	1992	7	30	20	16	35	30.8	136	30.3	37.7	5.4
	45	愛知県西部	1993	1	11	9	58	35	11.3	137	24.6	56.1	5.0
	55	駿河湾	1995	4	18	20	26	35	3.9	138	35.2	24.1	4.9
	57	静岡県中部	1996	10	5	9	51	34	59.7	138	2.6	32.0	4.6
	67	駿河湾南方沖	1997	10	11	14	44	34	25.6	138	16.2	34.1	5.1
	71	静岡県西部	2001	2	23	7	23	34	47.6	137	32.9	32.0	5.0
	72	静岡県中部	2001	4	3	23	57	35	1.5	138	5.7	30.3	5.3
	73	静岡県中部	2001	6	1	0	41	34	59.6	138	6.4	30	5.0
3号炉～5号炉で観測記録が得られた地震	82	静岡県西部	2009	5	25	20	26	34	43.3	137	48.0	26	4.7
	83	愛知県西部	2009	7	27	9	44	35	4.7	137	16.2	41	4.0
	85	駿河湾(本震)	2009	8	11	5	7	34	47.1	138	29.9	23	6.5
	90	駿河湾(余震①)	2009	8	11	18	9	34	49.1	138	31.8	20	4.4
	91	駿河湾(余震②)	2009	8	13	12	42	34	48.8	138	29.2	19	4.3
	93	駿河湾(余震③)	2009	8	13	18	11	34	50.4	138	24.5	23	4.5
	96	静岡県西部	2009	12	10	5	55	34	53.3	137	58.9	16	3.7
	97	静岡県西部	2009	12	10	6	0	34	53.3	137	58.9	16	3.3
	98	静岡県伊豆地方	2009	12	17	23	45	34	57.5	139	8.1	4	5.0
	99	静岡県伊豆地方	2009	12	18	8	44	34	57.7	139	8.2	5	5.1
	103	静岡県西部	2010	4	22	9	40	34	48.4	137	54.2	29	3.4
	104	駿河湾	2010	5	1	0	45	34	45.1	138	30.3	22	3.0
	107	愛知県西部	2010	8	26	5	54	34	56.6	137	22.5	39	4.0
	109	静岡県西部	2010	10	12	22	40	35	5.0	138	2.6	13	3.8
	110	静岡県西部	2010	11	2	4	1	34	44.1	138	2.9	28	3.8
	119	静岡県東部	2011	3	15	22	31	35	18.5	138	42.8	14	6.4
	141	静岡県中部	2011	7	10	5	58	34	54.5	138	14.6	28	3.8
	145	駿河湾	2011	8	1	23	58	34	42.5	138	32.8	23	6.2
	147	遠州灘	2011	8	12	4	37	34	24.5	138	4.9	27	5.2
	156	岐阜県美濃東部	2011	12	14	13	1	35	21.3	137	14.6	49	5.1
	162	駿河湾	2012	4	5	20	56	34	40.2	138	33.3	21	3.6
	165	愛知県西部	2012	5	5	18	56	35	11.3	137	10.4	45	4.3
	172	静岡県西部	2012	9	9	3	38	34	51.4	137	49.2	28	3.4
	183	遠州灘	2013	8	3	9	56	34	38.5	137	31.9	34	4.9

○2009年駿河湾の地震及びその他の地震における観測記録について、３号炉（3G1）を基準として、４号炉（4G1）、５号炉（5G1，5RB）の最大加速度比及び周期別SI値比を算定し、地震波到来方向毎の地盤増幅特性を検討する。



（震央位置）

<分析対象地震>

・下線（＿＿）は、一部修正箇所を示す。
・過去審査会合回に関する記載を削除。

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

<補足説明資料①-01 地震観測記録（鉛直アレイ観測）の分析>

第940回
資料2 p.24一部修正

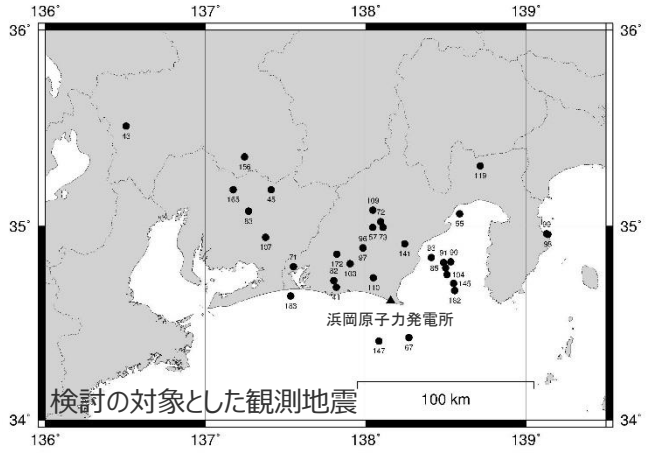
各号炉周辺における鉛直アレイ観測

（３～５号炉の観測点における地震波到来方向毎の地盤増幅特性）

○地震波到来方向毎の地盤増幅特性を検討するため、３号炉（3G1）を基準として、４号炉（4G1）、５号炉（5G1，5RB）の最大加速度比、周期別SI値比を算定。

⇒ **３号炉（3G1）に対する４号炉（4G1）の比率は、いずれの地震波到来方向も１程度**である。

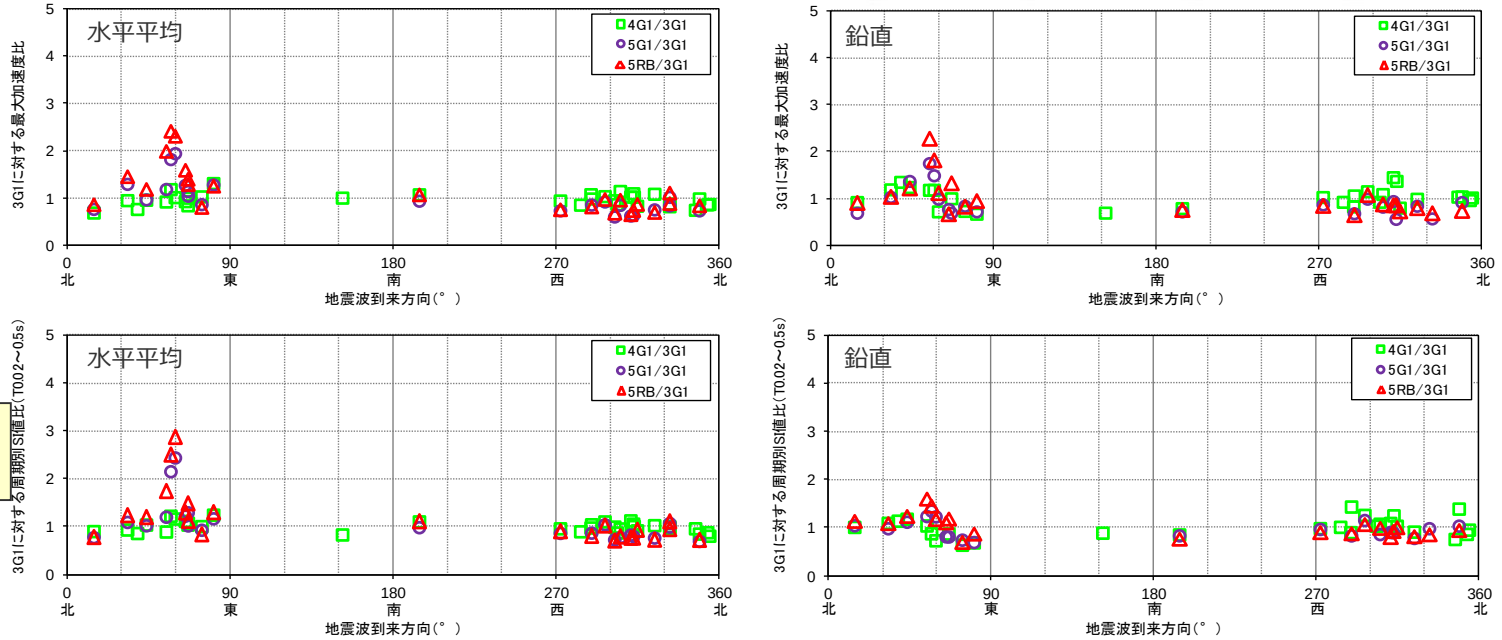
⇒ **３号炉（3G1）に対する５号炉（5G1，5RB）の比率は、2009年駿河湾の地震の地震波到来方向付近では大きいが、それ以外の地震波到来方向では１程度**である。



最大加速度比

周期別SI値比
（周期0.02～0.5秒※）

地震波到来方向の凡例
0°



※2009年駿河湾の地震の応答スペクトルにおいて５号炉周辺の顕著な増幅が見られた周期帯

＜地震波到来方向毎の最大加速度比、周期別SI値比（4G1/3G1, 5G1/3G1, 5RB/3G1(G.L.-100m)）＞
（検討対象記録の観測分析期間：1992年7月21日～2013年8月3日）

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.
・下線（＿）は、一部修正箇所を示す。

<補足説明資料①-01 地震観測記録（鉛直アレイ観測）の分析>

第940回
資料2 p.25一部修正

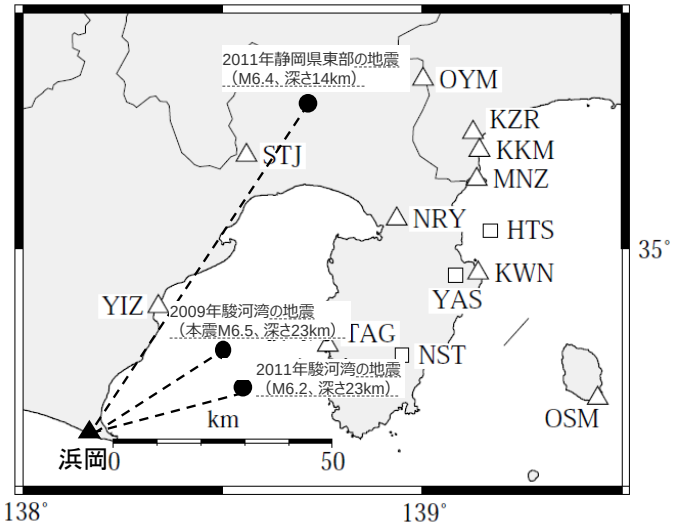
各号炉周辺における鉛直アレイ観測
（周辺観測点の地盤増幅特性との関係）

○鉛直アレイ観測点と周辺観測点の地盤増幅特性の関係を検討するため、比較的規模が大きい地震を対象として、露頭岩盤上強震観測システム（RK-net）観測点及び鉛直アレイ観測点について、地震観測記録とNoda et al.(2002)の方法による応答スペクトルの比を算出。

⇒ **2009年駿河湾の地震（本震M6.5）**では、**５号炉（5G1, 5RB）の応答スペクトル比はRK-net観測点の平均レベルより顕著に大きく、３号炉（3G1）、４号炉（4G1）の応答スペクトル比はRK-net観測点の平均レベルと同程度**である。

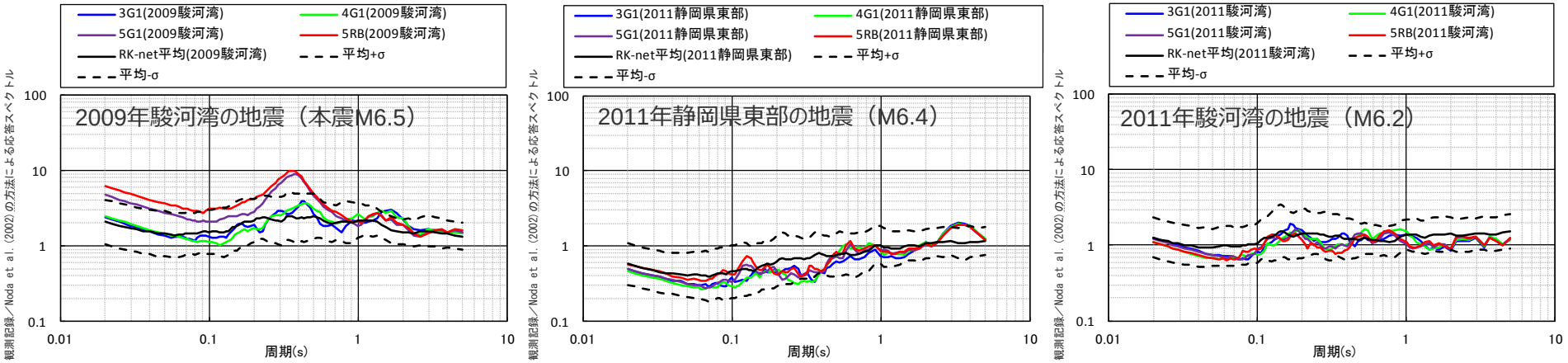
⇒ **2011年静岡県東部の地震（M6.4）及び2011年駿河湾の地震（M6.2）**では、**３号炉（3G1）、４号炉（4G1）、５号炉（5G1, 5RB）の応答スペクトル比はいずれもRK-net観測点の平均レベルと同程度**である。

・RK-net観測点については露頭岩盤上の観測記録を、鉛直アレイ観測点については推定したはぎとり波を検討に用いる。



△：RK-net観測点　□：RK-net観測点（地中）

<RK-net観測点及び検討の対象とした観測地震>



<地震観測記録とNoda et al.(2002)の方法による応答スペクトルの比（水平平均）>

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

・下線（＿＿）は、一部修正箇所を示す。

補足説明資料①-02
地震観測記録（多点連続観測）の分析

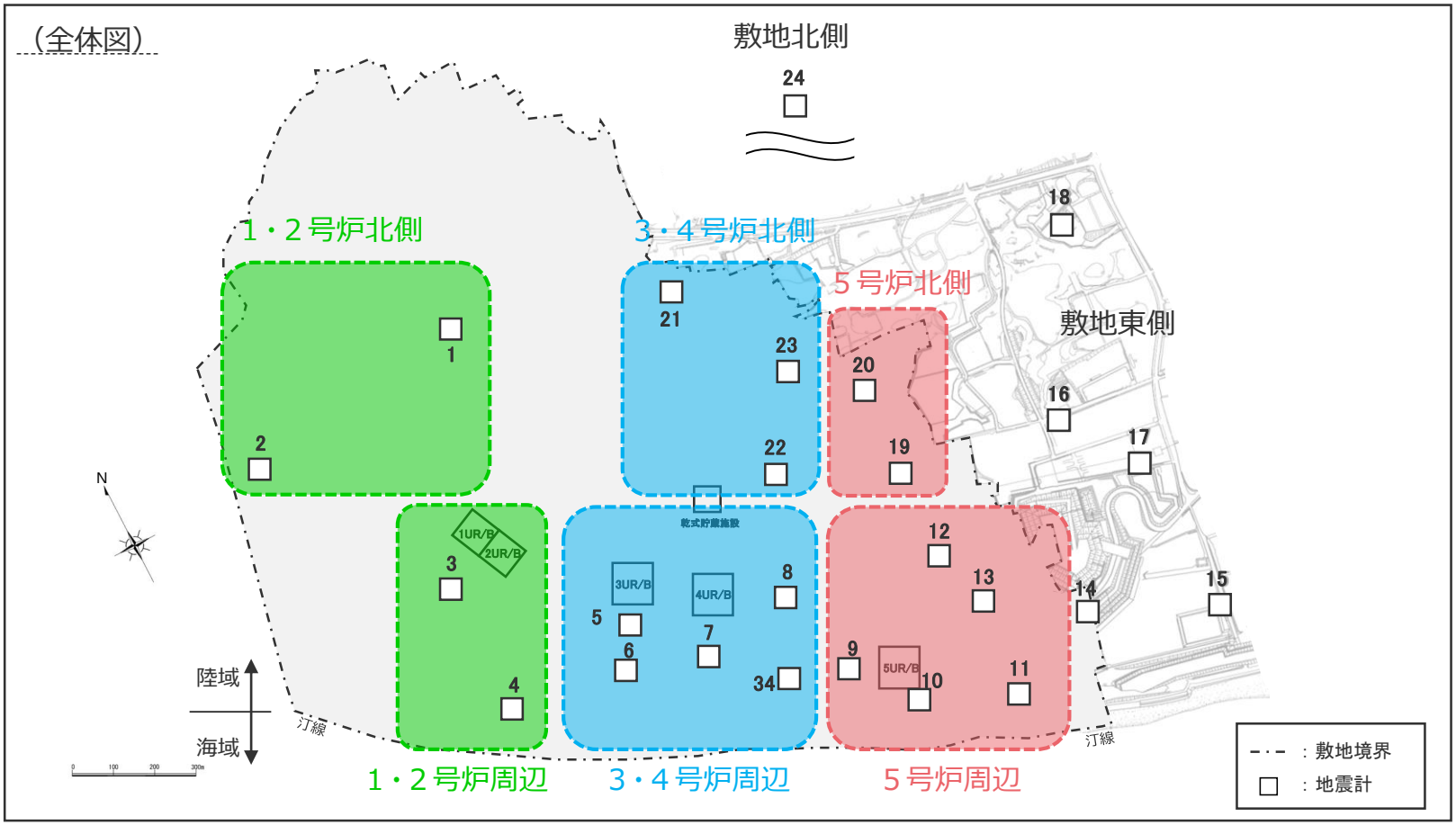
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

<補足説明資料①-02 地震観測記録（多点連続観測）の分析>

第940回
資料2 p.26一部修正

敷地全体を対象とした多点連続地震観測
（敷地全体における地震波到来方向毎の地盤増幅特性の分析）

○敷地の地表に地震計（2Hz速度計）を多数設置して連続地震観測を行い、地盤増幅特性を分析する。



<多点連続地震観測の地震計配置>
（観測分析期間：2009年9月20日～2014年7月26日）

・追加観測による4号炉周辺と5号炉周辺の間の領域の地盤増幅特性の分析は、p.23~及び補足説明資料①-13参照。

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

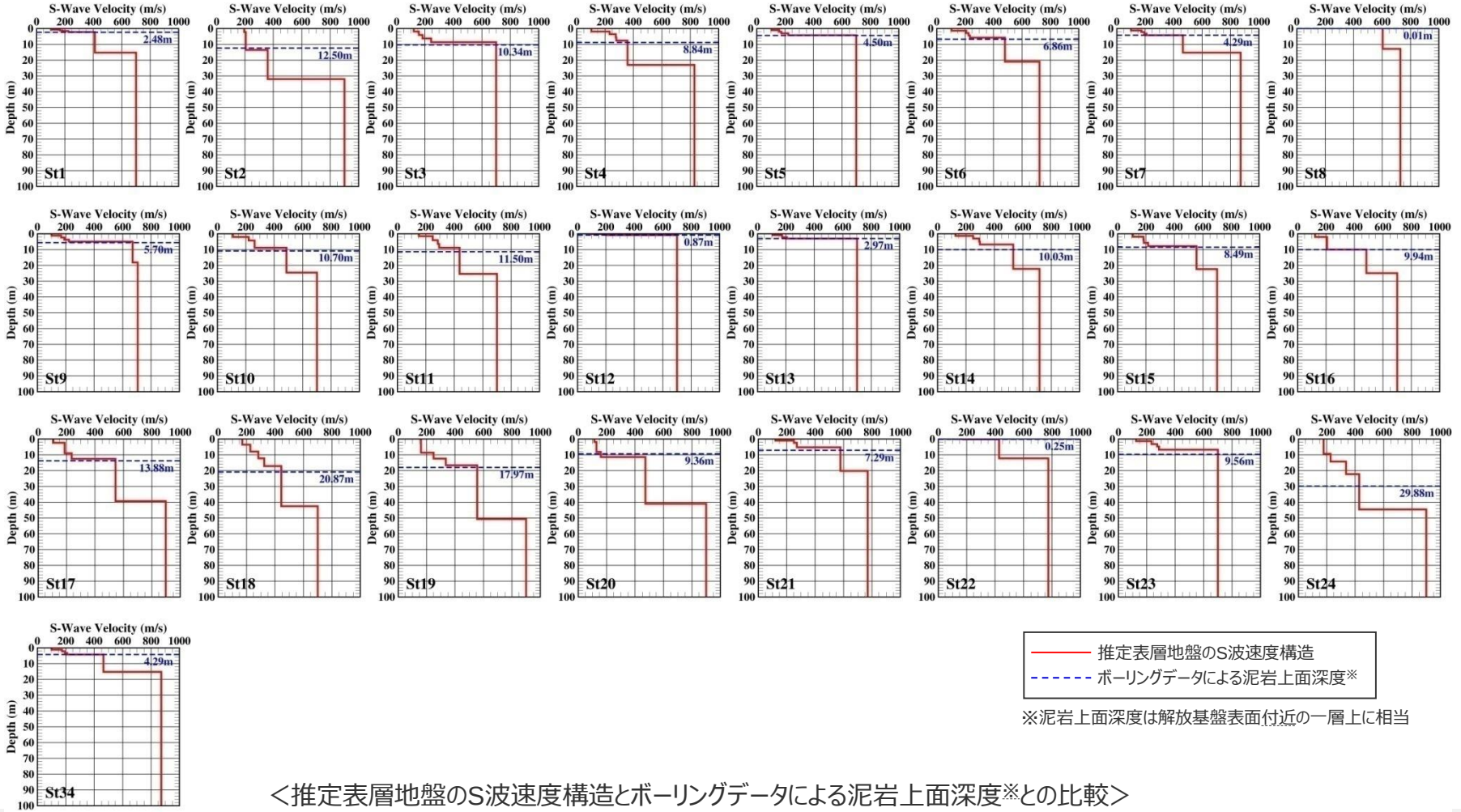
・下線（　）は、一部修正箇所を示す。
・敷地図を変更。

<補足説明資料①-02 地震観測記録（多点連続観測）の分析>

第164回
資料2 p.106一部修正

敷地全体を対象とした多点連続地震観測
（表層地盤の推定）

○敷地全体の解放基盤表面付近の地盤増幅特性を検討するため、自然地震のフーリエスペクトル、微動アレイ探査の分散曲線、ボーリングデータを用いて、観測点間の地盤構造の連続性を考慮して表層地盤を推定し、地表で得られた観測記録から解放基盤表面付近における地震動（はぎとり波）を推定する。



※泥岩上面深度は解放基盤表面付近の一層上に相当

<推定表層地盤のS波速度構造とボーリングデータによる泥岩上面深度※との比較>

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

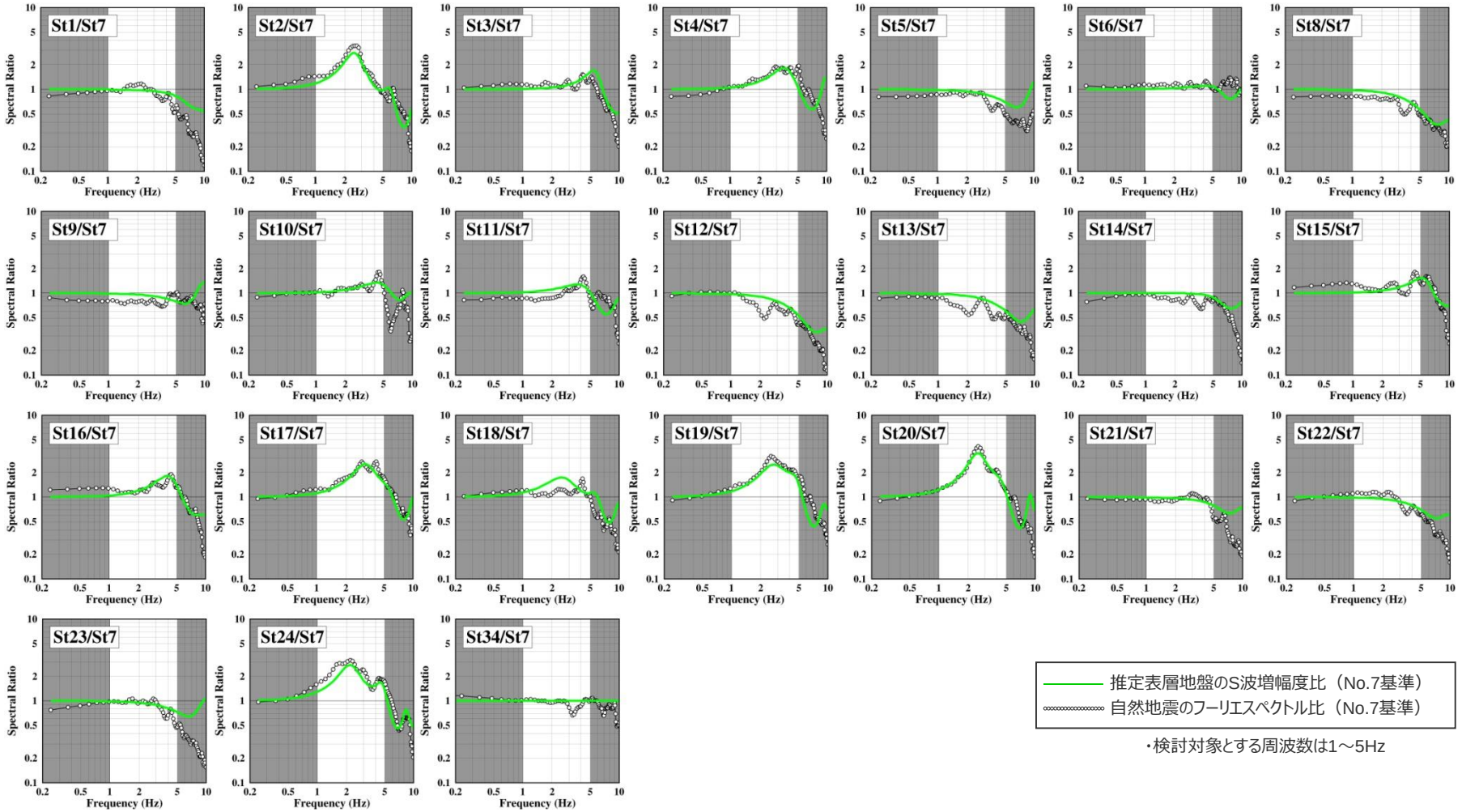
・下線（＿＿）は、一部修正箇所を示す。

<補足説明資料①-02 地震観測記録（多点連続観測）の分析>

敷地全体を対象とした多点連続地震観測
（表層地盤の推定）

第164回
資料2 p.107再掲

○ 5 号炉周辺の顕著な増幅が見られた2009年駿河湾の地震の地震波到来方向で発生した地震を除き、敷地の北～西で発生した地震を対象として、敷地のほぼ中央に位置するNo.7を基準とした各観測点のフーリエスペクトル比（水平 2 方向の平均）を算出した。このフーリエスペクトル比はNo.7に対する各観測点の表層地盤の相対的な増幅特性を表していると考えられる。



・検討対象とする周波数は1～5Hz

<推定表層地盤によるS波増幅度比と自然地震のフーリエスペクトル比との比較>

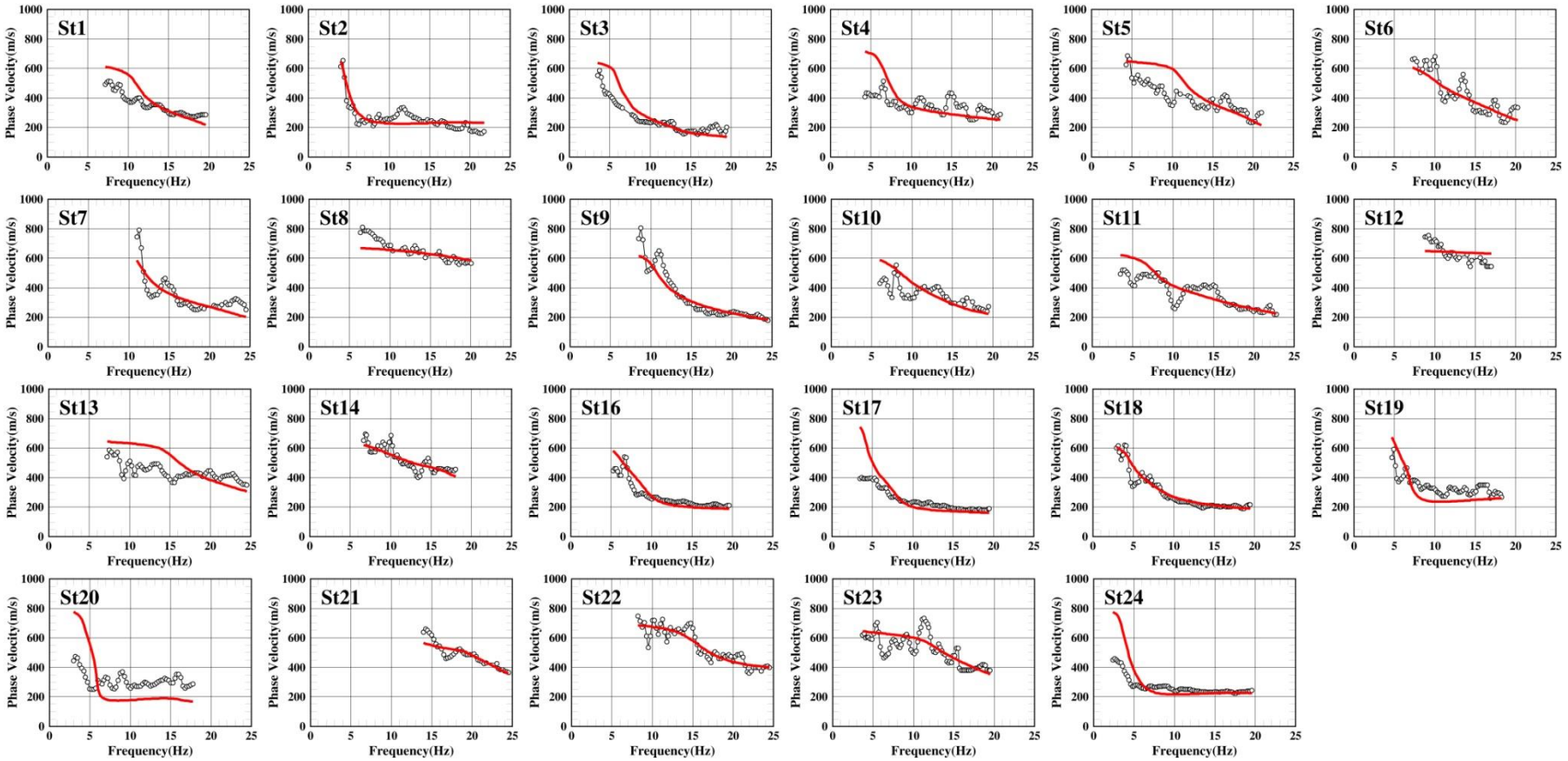
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

<補足説明資料①-02 地震観測記録（多点連続観測）の分析>

敷地全体を対象とした多点連続地震観測
（表層地盤の推定）

第164回
資料2 p.108再掲

○表層地盤の推定に際しては、前述の自然地震のフーリエスペクトルを重視するが、観測点近傍において表層地盤を対象に実施した微動アレイ観測による分散曲線のデータも用いる。



・No.15,34はデータ欠測。分散曲線へのフィッティングは地震計設置状況を踏まえ極表層（2m以浅）のみ拘束なし。

推定表層地盤の理論分散曲線
微動アレイ探査による分散曲線

<推定表層地盤による理論分散曲線と微動アレイ探査による分散曲線との比較>

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

<補足説明資料①-02 地震観測記録（多点連続観測）の分析>

第940回
資料2 p.27一部修正

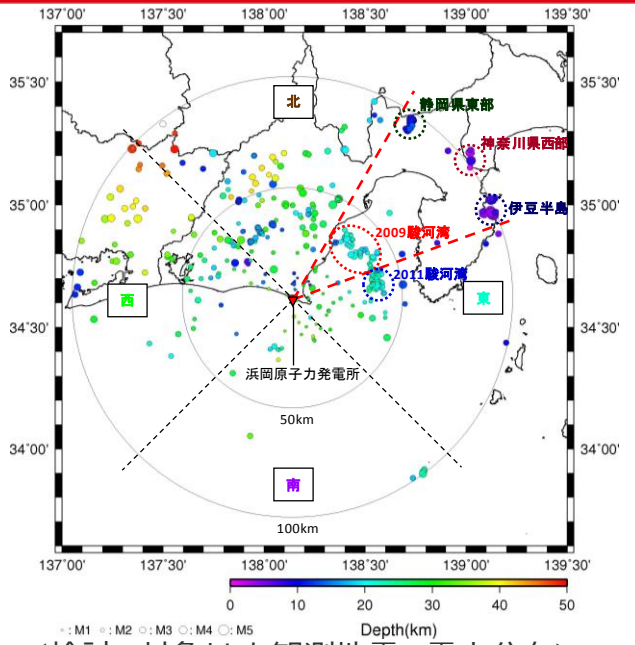
敷地全体を対象とした多点連続地震観測
（敷地全体における地震波到来方向毎の地盤増幅特性の分析）

○地震波到来方向毎の地盤増幅特性を検討するため、地震波到来方向毎に地震をグルーピングして、各観測点の振幅比（No.7基準）を算出。

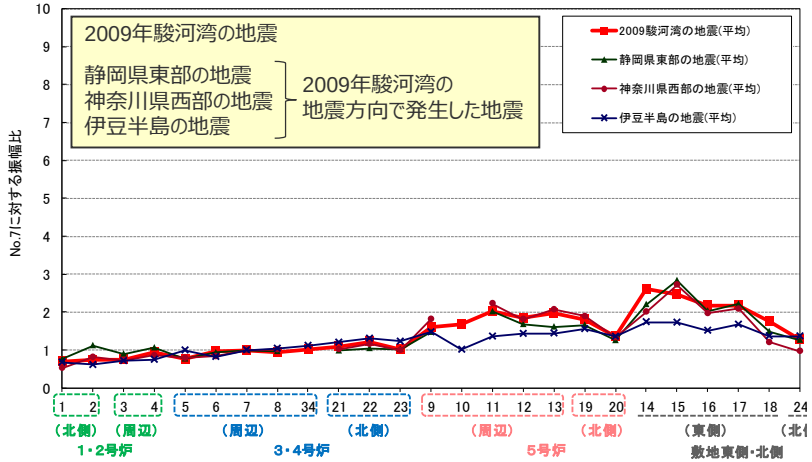
⇒**５号炉周辺及び敷地東側の観測点では、2009年駿河湾の地震のグループ及びその遠方で発生した地震のグループの振幅比は大きいが、その他の地震のグループの振幅比は１程度**であり、振幅比が最も大きい地震のグループは2009年駿河湾の地震のグループである。

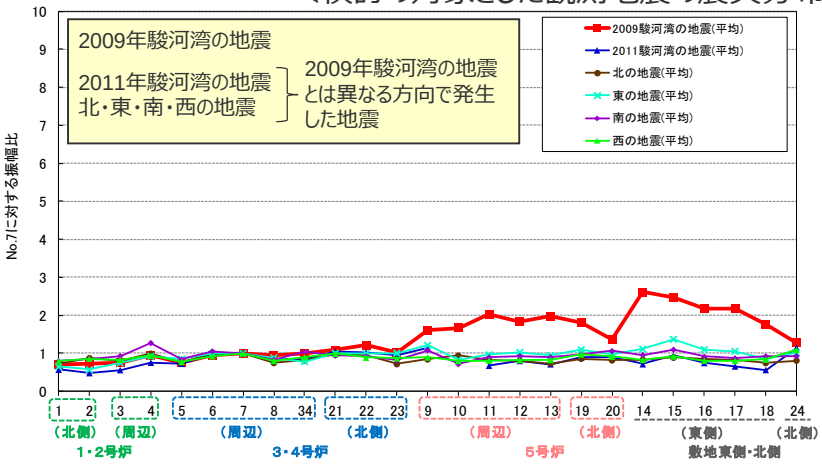
⇒**１～４号炉周辺を含むその他の観測点では、いずれの地震のグループにおいても振幅比が１程度**である。

・自然地震のフーリエスペクトル比、微動アレイ探査の分散曲線及びボーリングデータを用いて表層地盤を推定し、地表で得られた観測記録からはぎとり波を推定する。
・推定したはぎとり波について、No.7に対する各観測点の振幅比を算出し、地震波到来方向毎の地盤増幅特性を検討する。
・振幅比の算出は、はぎとり波に対し2009年駿河湾の地震で５号炉周辺の顕著な増幅が見られた周期0.2～0.5秒のバンドパスフィルターを施し、時刻歴波形のS波主要動部付近の最大値（水平2方向の平均値）を対象とする。



<検討の対象とした観測地震の震央分布>





<各地震グループにおける各観測点の振幅比（No.7基準）（水平平均）>（観測分析期間：2009年9月20日～2014年7月26日）

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

・下線（＿＿）は、一部修正箇所を示す。

<補足説明資料①-02 地震観測記録（多点連続観測）の分析>

第940回
資料2 p.28一部修正

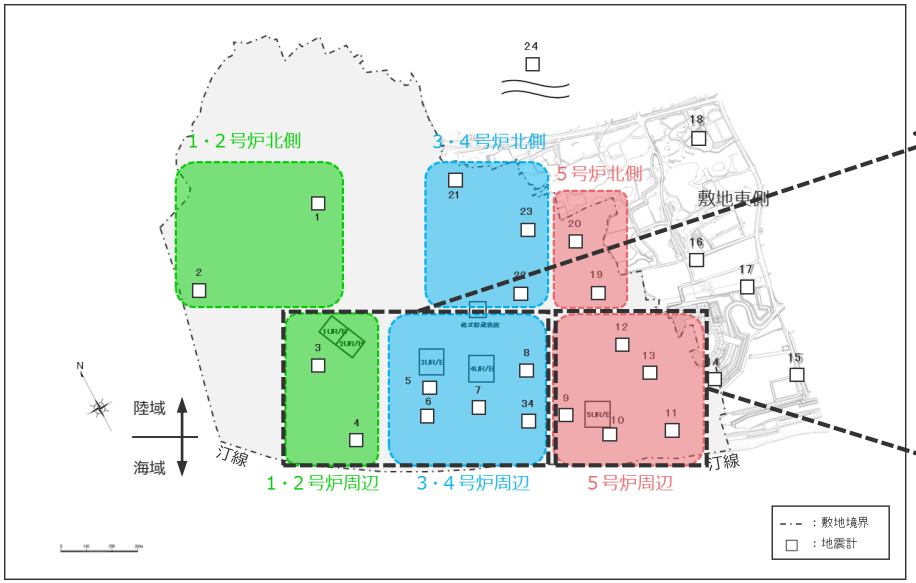
敷地全体を対象とした多点連続地震観測

（敷地全体における地震波到来方向毎の地盤増幅特性の分析）

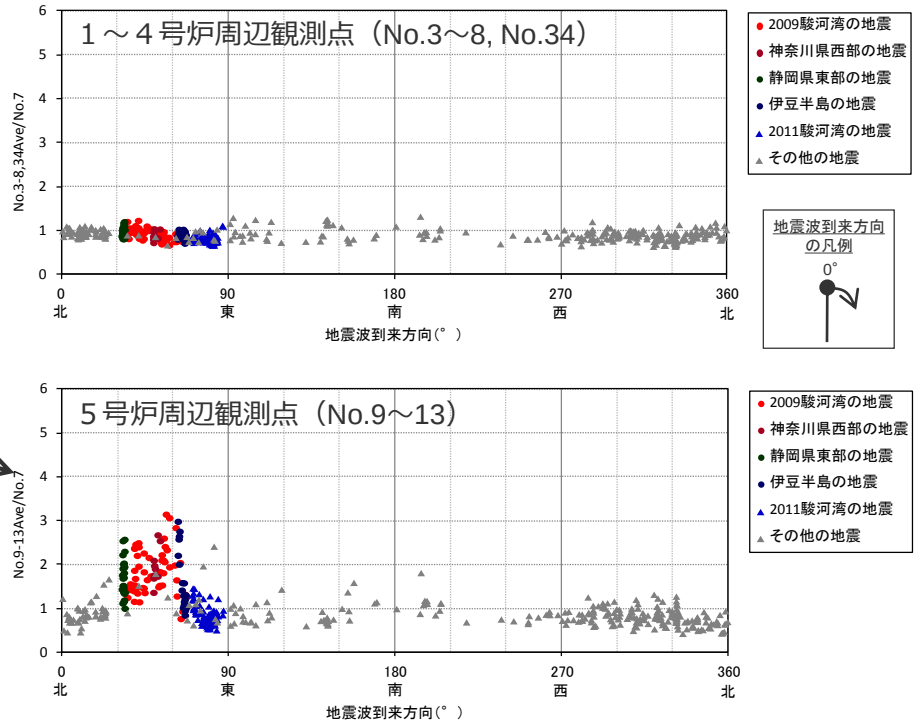
○振幅比が大きい地震のグループが確認された観測点として５号炉周辺（No.9～No.13）を、いずれの地震のグループにおいても振幅比が１程度であった観測点として１～４号炉周辺（No.3～No.8，No.34）をそれぞれグルーピングして、地震波到来方向毎に各地震の振幅比（No.7基準）を算出。

⇒**５号炉周辺では、2009年駿河湾の地震を含むN30E～N70Eの地震波到来方向の地震では振幅比が大きいが、その他の地震波到来方向の地震では振幅比が１程度**である。

⇒**１～４号炉周辺では、2009年駿河湾の地震の地震波到来方向を含め、いずれの地震波到来方向の地震も振幅比は１程度**である。



<多点連続地震観測の地震計配置>



<各地震の振幅比（No.7基準）と地震波到来方向との関係（水平平均）>
（観測分析期間：2009年9月20日～2014年7月26日）

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

・下線（　）は、一部修正箇所を示す。
・敷地図を変更。

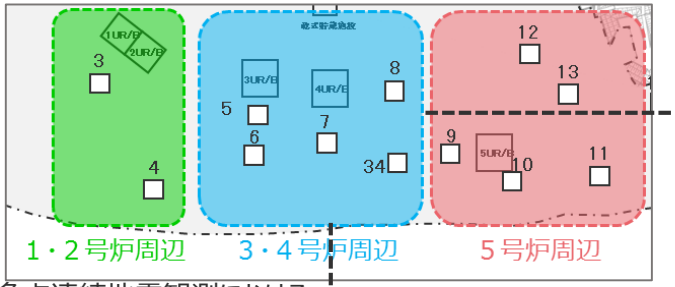
<補足説明資料①-02 地震観測記録（多点連続観測）の分析>

第940回
資料2 p.29一部修正

敷地全体を対象とした多点連続地震観測

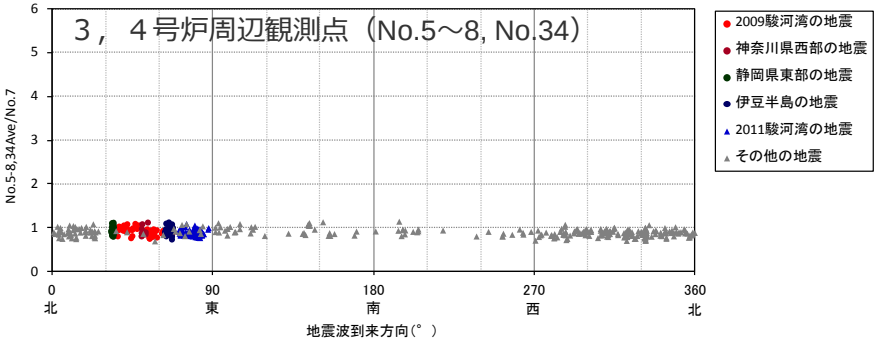
（３，４号炉周辺における地震波到来方向毎の地盤増幅特性の分析）

○ **３，４号炉周辺の観測点（No.5～No.8，No.34）をグルーピングした場合の各地震の振幅比（No.7基準）についても、いずれの地震波到来方向の地震でも振幅比は１程度**である。また、**３，４号炉周辺の観測点それぞれの各地震の振幅比（No.7基準）についても、若干のばらつきはあるものの、いずれの地震波到来方向の地震でも振幅比は１程度**である。

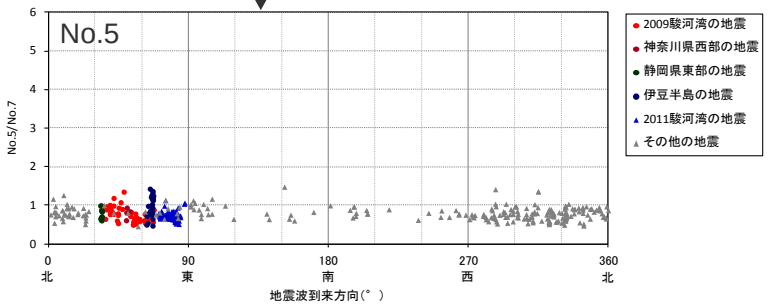


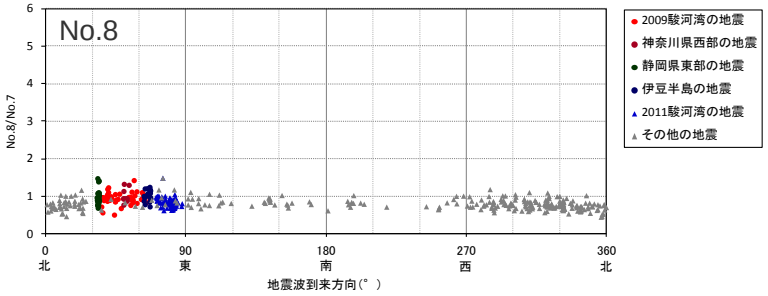
多点連続地震観測における
地震計の配置

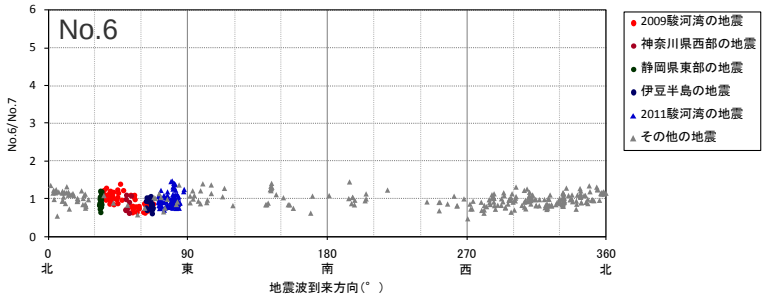
３，４号炉
周辺の観測点を
グルーピング

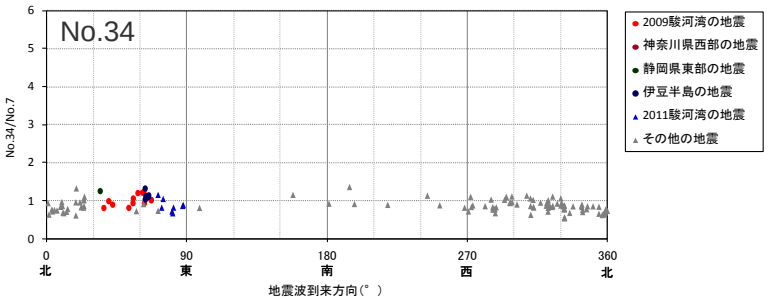


３，４号炉周辺の各観測点









<各地震の振幅比（No.7基準）と地震波到来方向との関係（水平平均）>（観測分析期間：2009年9月20日～2014年7月26日）

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

・下線（　）は、一部修正箇所を示す。
・敷地図を変更。

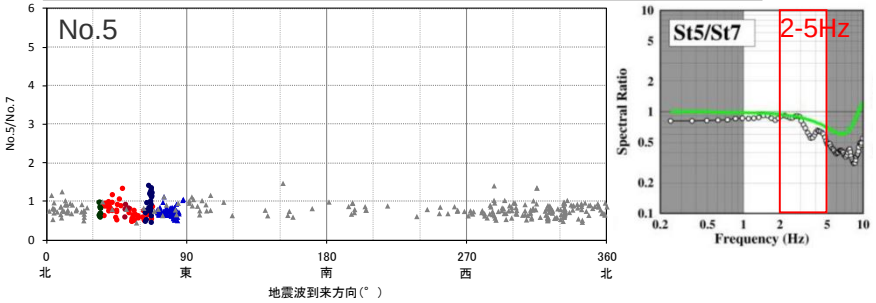
<補足説明資料①-02 地震観測記録（多点連続観測）の分析>

第164回
資料2 p.114一部修正

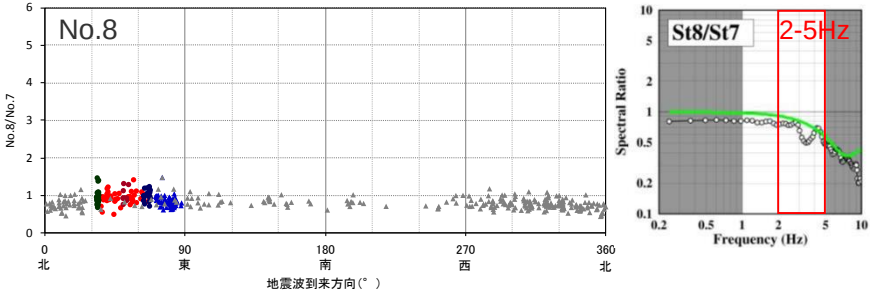
敷地全体を対象とした多点連続地震観測
（３，４号炉周辺におけるNo.7基準の振幅比に対する考察）

○観測点間の地盤構造の連続性を考慮して表層地盤を推定しているため、その際に重視している自然地震のフーリエスペクトルにおいて、観測記録（下図の┈┈）と理論値（下図の――）に若干の差が生じる場合があり、その差がNo.7観測点のはぎとり波を基準とした各観測点の振幅比に反映される。
○No.5, 8, 34観測点の振幅比（No.7基準）は１より若干小さくなっているが、これは上記の理由によるものであり、有意な特性を示すものではない。また、S波低速度層による影響を受ける場合、特定方向（対象観測点からS波低速度層への方向）の地震波のみに顕著な増幅が見られることとなるが、そのような傾向も認められない。

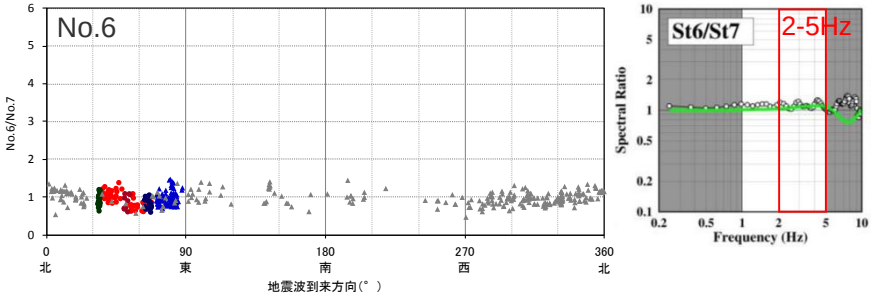
―― は ┈┈より若干大きい。
⇒No.5観測点の振幅比（No.7基準）は１より若干小さくなる。



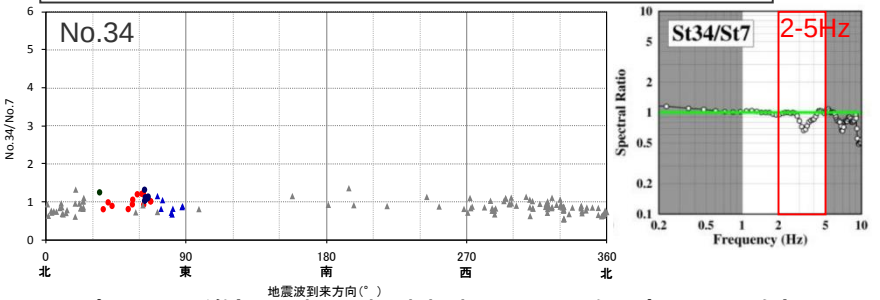
―― は ┈┈より若干大きい。
⇒No.8観測点の振幅比（No.7基準）は１より若干小さくなる。



―― は ┈┈と同程度。
⇒No.6観測点の振幅比（No.7基準）は１程度。



―― は ┈┈より若干大きい。
⇒No.34観測点の振幅比（No.7基準）は１より若干小さくなる。



―― 推定表層地盤のS波増幅度比（No.7基準）
┈┈ 自然地震のフーリエスペクトル比（No.7基準）

<左図：各地震の振幅比（No.7基準）と地震波到来方向との関係（水平平均）>
（観測分析期間：2009年9月20日～2014年7月26日）
<右図：推定表層地盤によるS波増幅度比と自然地震のフーリエスペクトル比との比較>

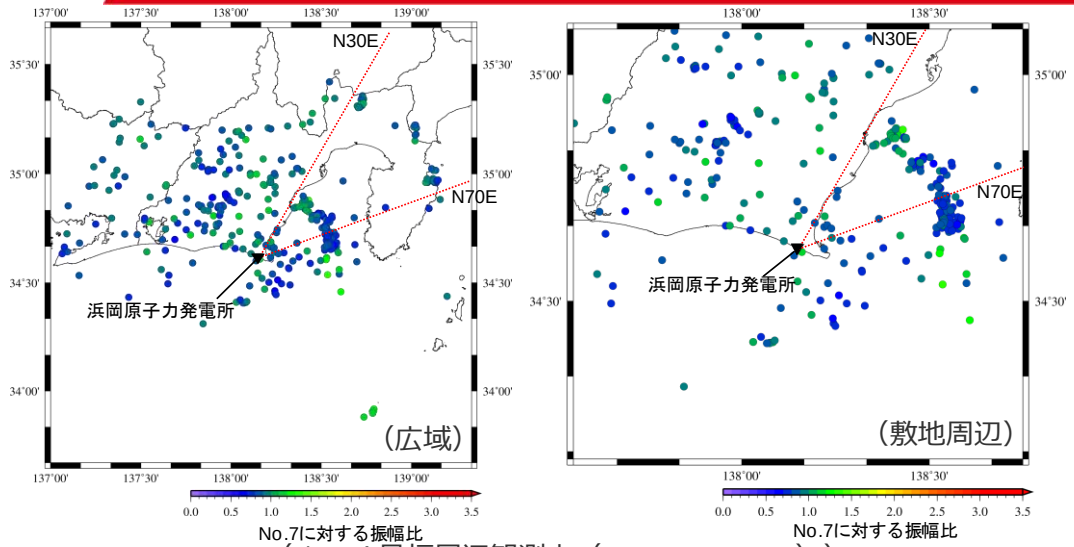
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

・下線（＿）は、一部修正箇所を示す。

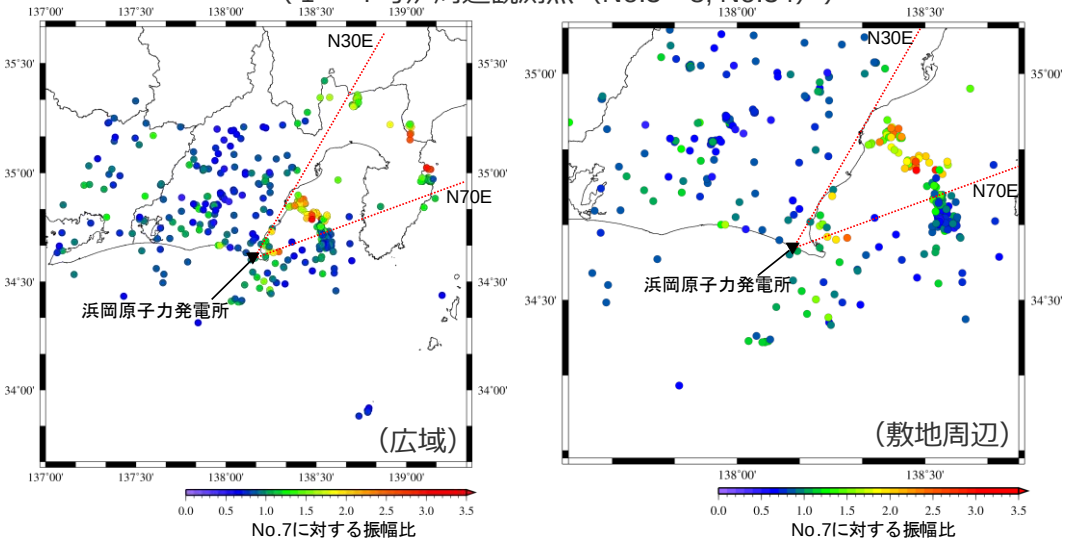
<補足説明資料①-02 地震観測記録（多点連続観測）の分析>

敷地全体を対象とした多点連続地震観測
（各地震の振幅比（No.7基準）と震央位置との関係）

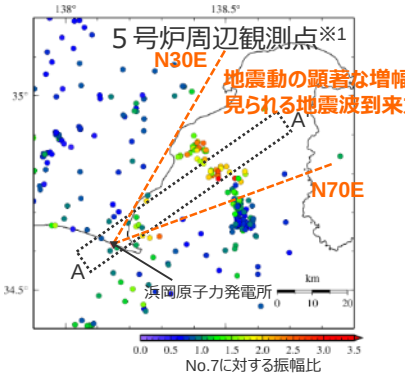
第128回
資料1 p.26,138合体



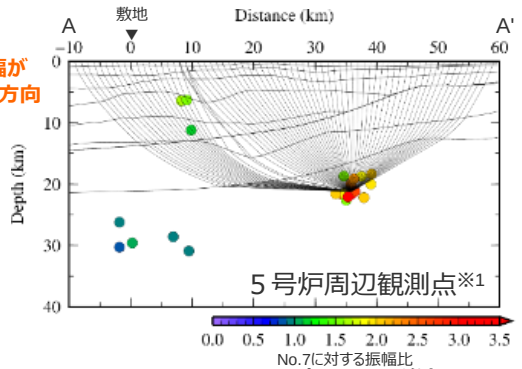
（１～４号炉周辺観測点（No.3～8, No.34））



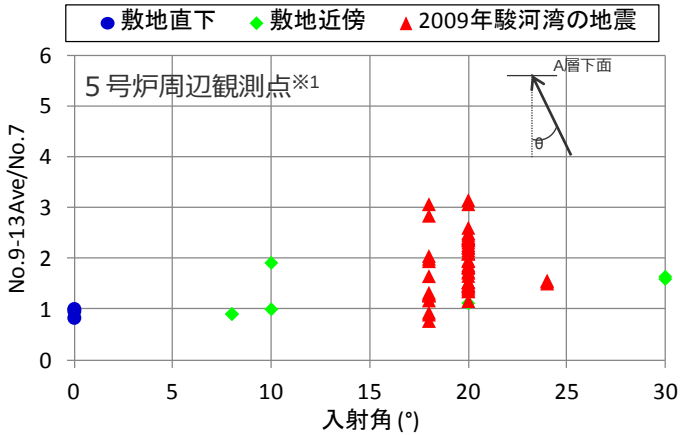
（５号炉周辺観測点（No.9～13））
<各地震の振幅比（No.7基準）の震央分布図>



<各地震の振幅比（No.7基準）
の震央分布図>



<振幅比（No.7基準）
の断面図（A－A'断面）>



<入射角毎※2の振幅比（No.7基準）>
（N30E～N70E方向＋敷地直下の地震）

※1 No.9～No.13観測点の記録を使用。
※2 浅部三次元地下構造モデルの底面に相当するA層下面への入射角について、各断面の地震クラスター毎にレイトレーシングを行い評価。

・浅部三次元地下構造モデルの作成は、本資料p.73~及び補足説明資料①-09参照。

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

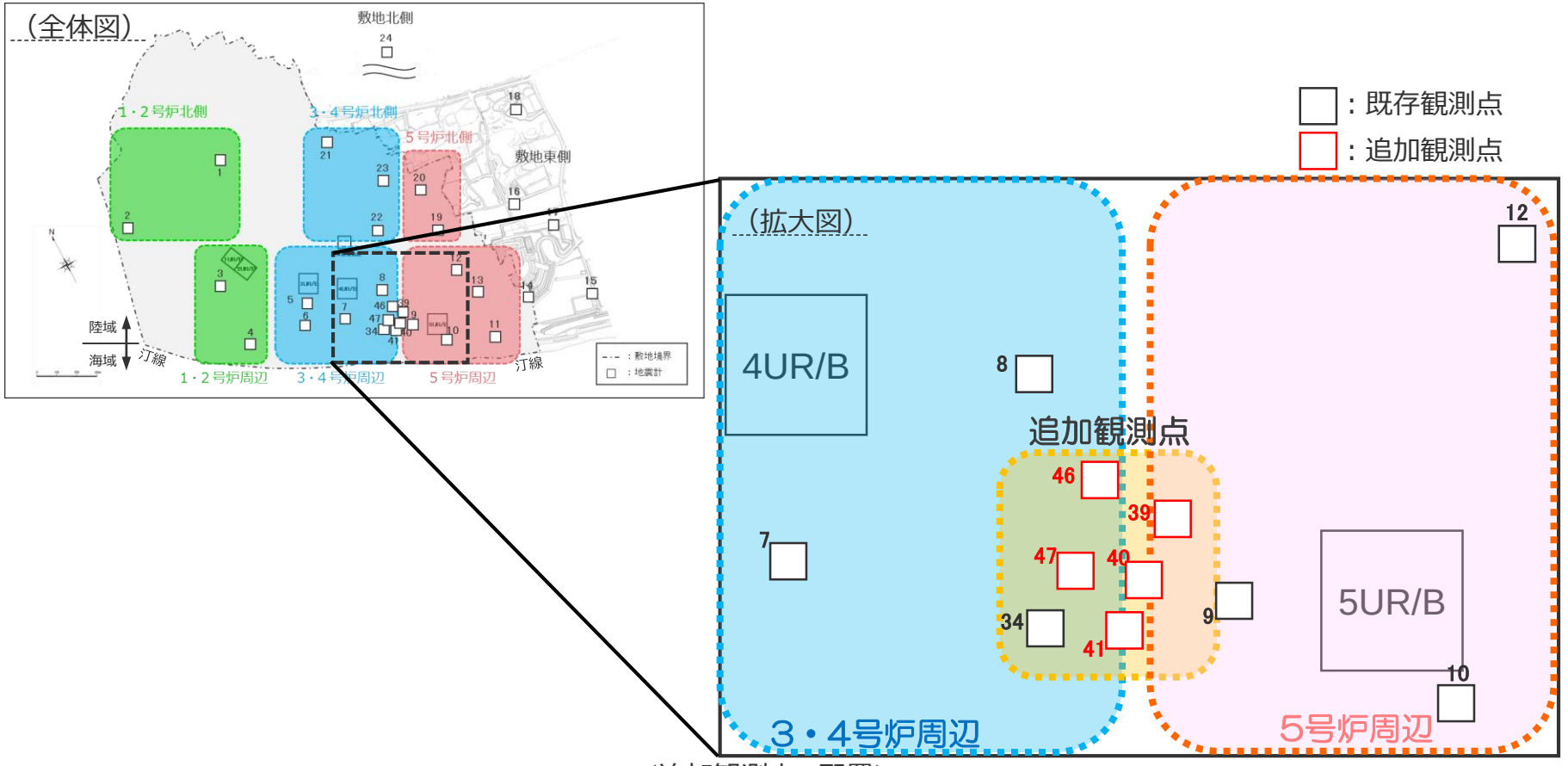
<補足説明資料①-02 地震観測記録（多点連続観測）の分析>

第532回
資料1-2 p.23一部修正

敷地全体を対象とした多点連続地震観測

（追加観測による４号炉周辺と５号炉周辺の間の領域の地盤増幅特性の分析）

○いずれの地震波到来方向の地震も振幅比が１程度である４号炉周辺と2009年駿河湾の地震を含むN30E～N70Eの地震波到来方向の地震で振幅比が大きい５号炉周辺の間において、追加観測点を５箇所設置し、地盤増幅特性を分析する。



<追加観測点の配置>
（観測分析期間：2013年7月1日～2017年3月30日）

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

・下線（　）は、一部修正箇所を示す。
・敷地図を変更し、全体図に観測点（No,39~41,46,47）追加。
・観測点配置図（拡大図）の観測点の表示方法を変更（○→□）。

<補足説明資料①-02 地震観測記録（多点連続観測）の分析>

第532回
資料1-2 p.24一部修正

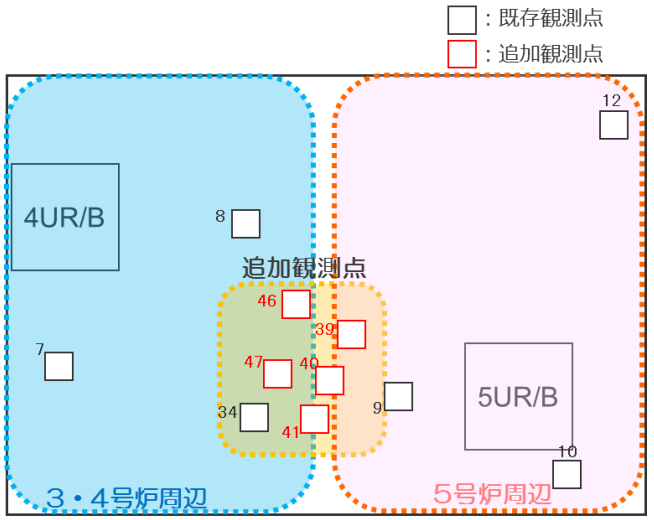
敷地全体を対象とした多点連続地震観測

（追加観測による４号炉周辺と５号炉周辺の間の領域の地盤増幅特性の分析）

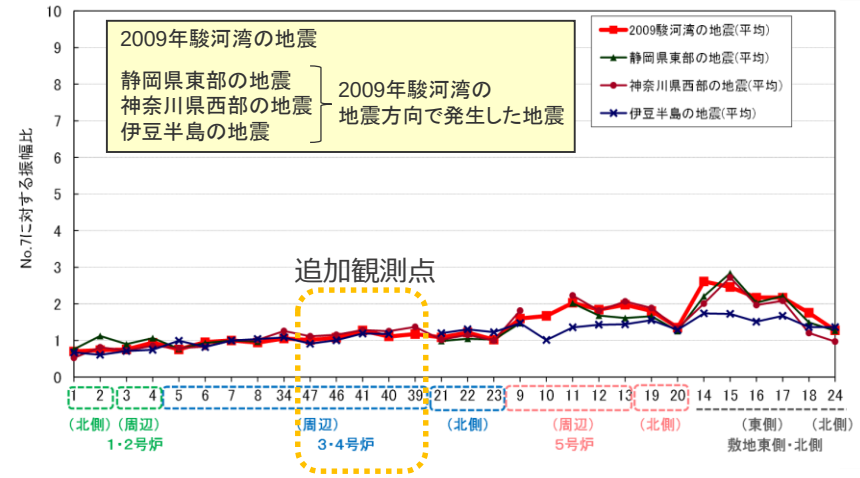
○地震波到来方向毎に地震をグルーピングして、追加観測点の振幅比（No.7基準）を算出。

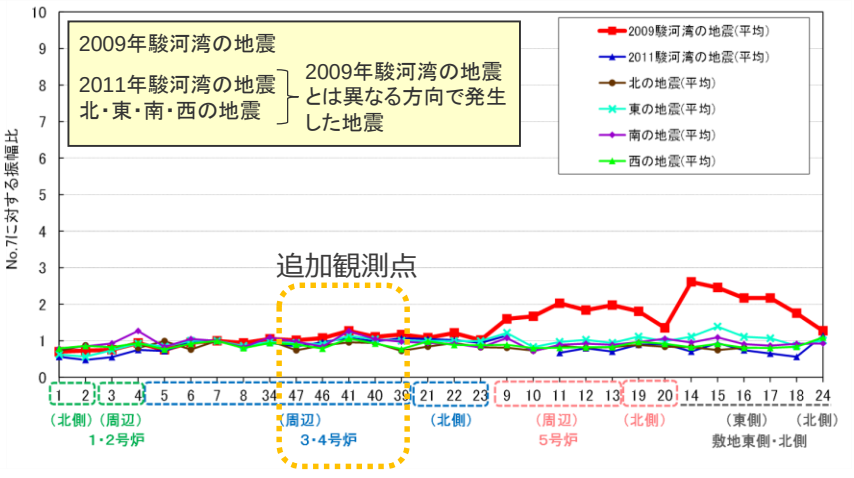
⇒追加観測点では、１～４号炉周辺を含むその他の観測点と同様、いずれの地震のグループにおいても振幅比が１程度であり、地震動の顕著な増幅は見られない。

・自然地震のフーリエスペクトル比及びボーリングデータを用いて表層地盤を推定し、地表で得られた観測記録からはぎとり波を推定する。
・推定したはぎとり波について、No.7に対する各観測点の振幅比を算出し、地震波到来方向毎の地盤増幅特性を検討する。
・振幅比の算出は、はぎとり波に対し2009年駿河湾の地震で５号炉周辺の顕著な増幅が見られた周期0.2～0.5秒のバンドパスフィルターを施し、時刻歴波形のS波主要動部付近の最大値（水平2方向の平均値）を対象とする。



<追加観測点の配置>





<各地震グループにおける各観測点の振幅比（No.7基準）（水平平均）>

（観測分析期間：2009年9月20日～2014年7月26日（既存観測点），2013年7月1日～2017年3月30日（追加観測点））

・下線（＿＿）は、一部修正箇所を示す。
・敷地図を変更。
・配置図の観測点の表示方法を変更（○→□）。

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

補足説明資料①-03
地震観測記録（海底試掘トンネル観測）の分析

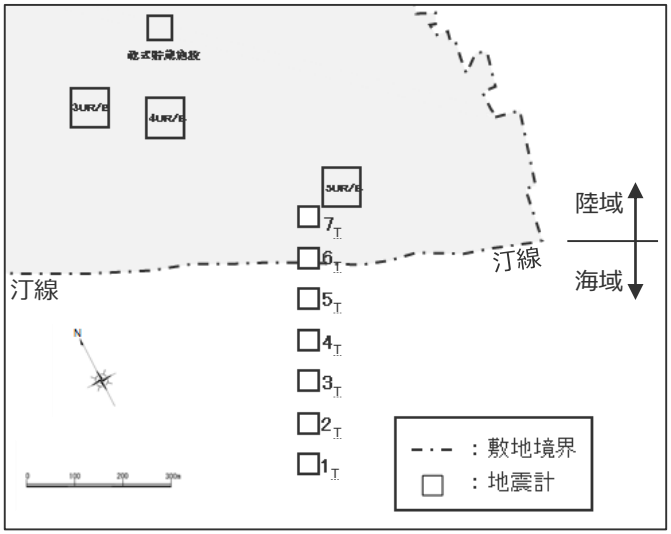
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

<補足説明資料①-03 地震観測記録（海底試掘トンネル観測）の分析>

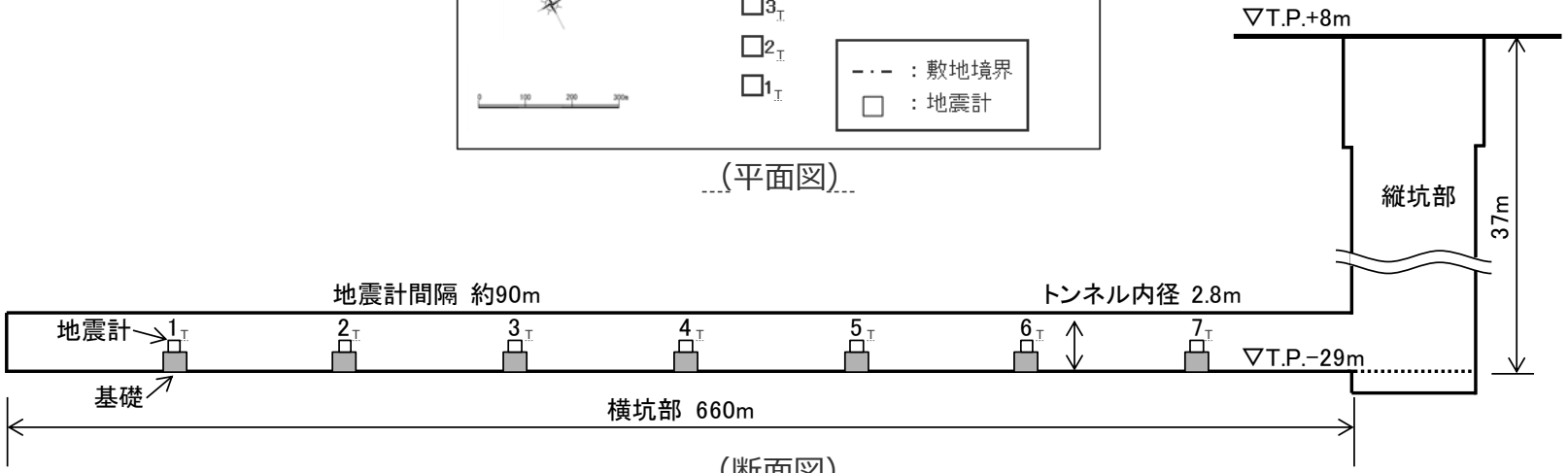
第940回
資料2 p.30一部修正

海底試掘トンネルにおける連続地震観測
（地震計の配置）

○敷地の５号炉周辺から海側沖合方向に延びる海底試掘トンネルにおいて連続地震観測を行い、地盤増幅特性を分析する。
○海底試掘トンネルはS波速度が700m/s以上の岩盤部に位置しており、そのトンネル内に地震計（過減衰型加速度計）を約90m間隔で７箇所（No.1_T～No.7_T）設置した。



（平面図）



（断面図）

＜海底試掘トンネルにおける地震計の配置＞
（観測分析期間：2010年12月5日～2012年10月8日）

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

・下線（　）は、一部修正箇所を示す。
・敷地図を変更。

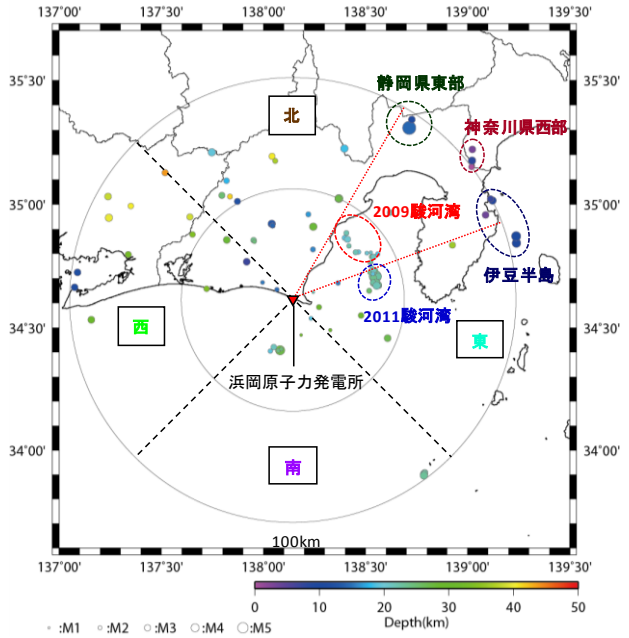
<補足説明資料①-03 地震観測記録（海底試掘トンネル観測）の分析>

海底試掘トンネルにおける連続地震観測
（海域部における地震波到来方向毎の地盤増幅特性）

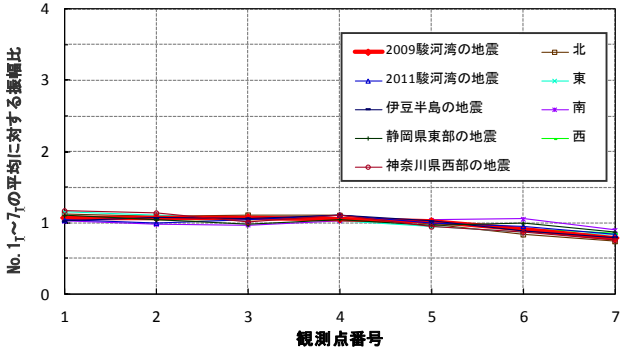
第940回
資料2 p.31一部修正

○ 地震波到来方向毎の地盤増幅特性を検討するため、前述の「多点連続地震観測」と同様、No.1$_T$～No.7$_T$の平均値に対する各観測点の振幅比を算出。

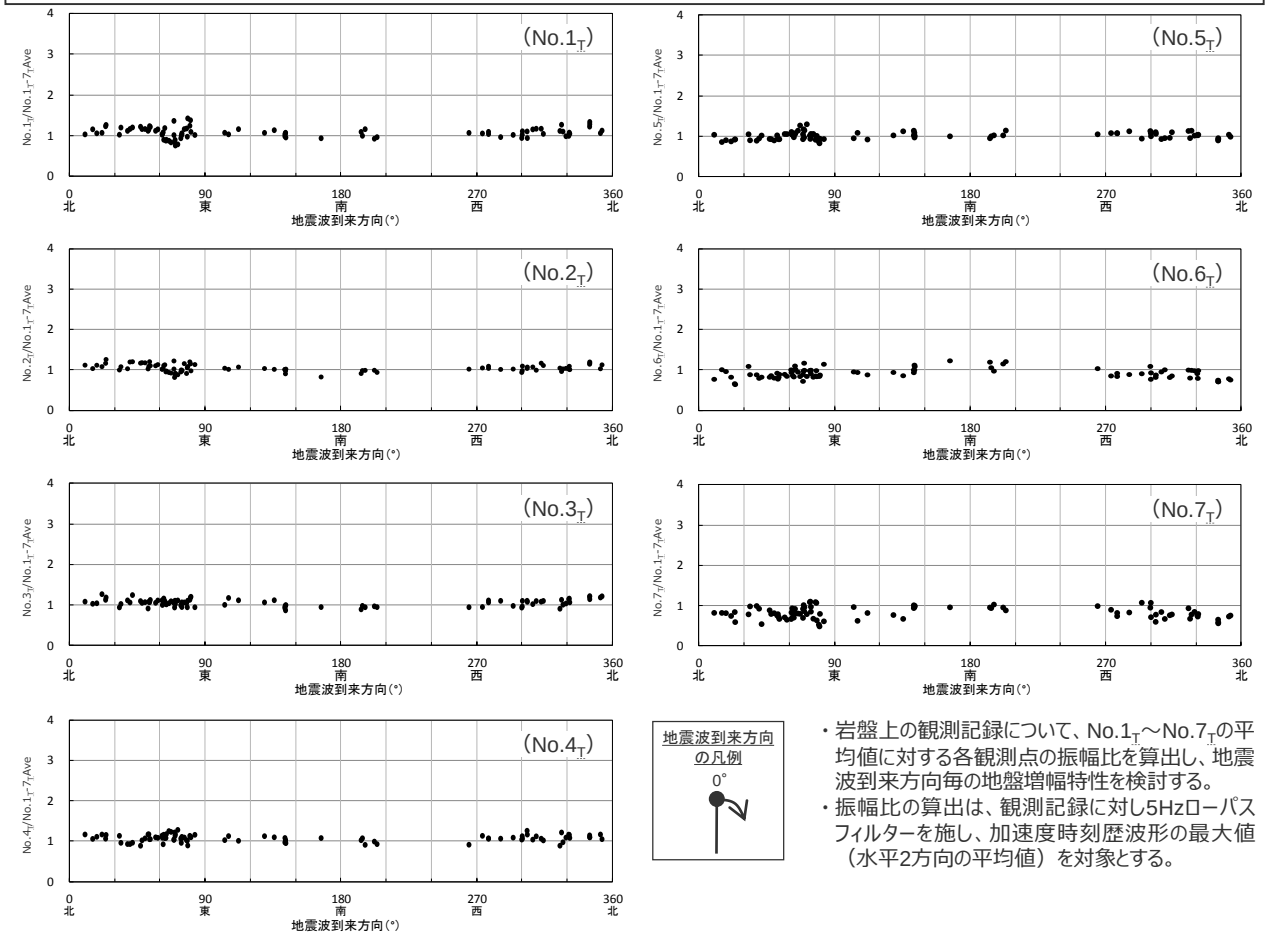
⇒2009年駿河湾の地震の地震波到来方向を含めて**各観測点の振幅比は１程度である**。



<検討の対象とした観測地震の震央分布>



<各地震グループにおける
各観測点の振幅比（水平平均）>



地震波到来方向の凡例
0°

・岩盤上の観測記録について、No.1$_T$～No.7$_T$の平均値に対する各観測点の振幅比を算出し、地震波到来方向毎の地盤増幅特性を検討する。
・振幅比の算出は、観測記録に対し5Hzローパスフィルターを施し、加速度時刻歴波形の最大値（水平2方向の平均値）を対象とする。

<各地震の振幅比と地震波到来方向との関係（水平平均）
（観測分析期間：2010年12月5日～2012年10月8日）>

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

・下線（＿）は、一部修正箇所を示す。

<補足説明資料①-03 地震観測記録（海底試掘トンネル観測）の分析>

海底試掘トンネルにおける連続地震観測
（陸域観測点の地盤増幅特性との関係）

第532回
資料1-2 p.26一部修正

○海底試掘トンネルについては、地震波到来方向毎の地盤増幅特性を検討し、地震動の顕著な増幅が見られないことを確認している。（なお、この結果は後述するベイケーブル探査及び海域オフセットVSP探査において、５号炉周辺の増幅要因であるS波低速度層が海側に認められないことと整合している。）

○海底試掘トンネル観測点（G.L.-37m）について、陸域観測点の地盤増幅特性との関係を検討し、海底試掘トンネルで地震動の顕著な増幅が見られないことを確認する。観測記録の分析方法は以下のとおり。

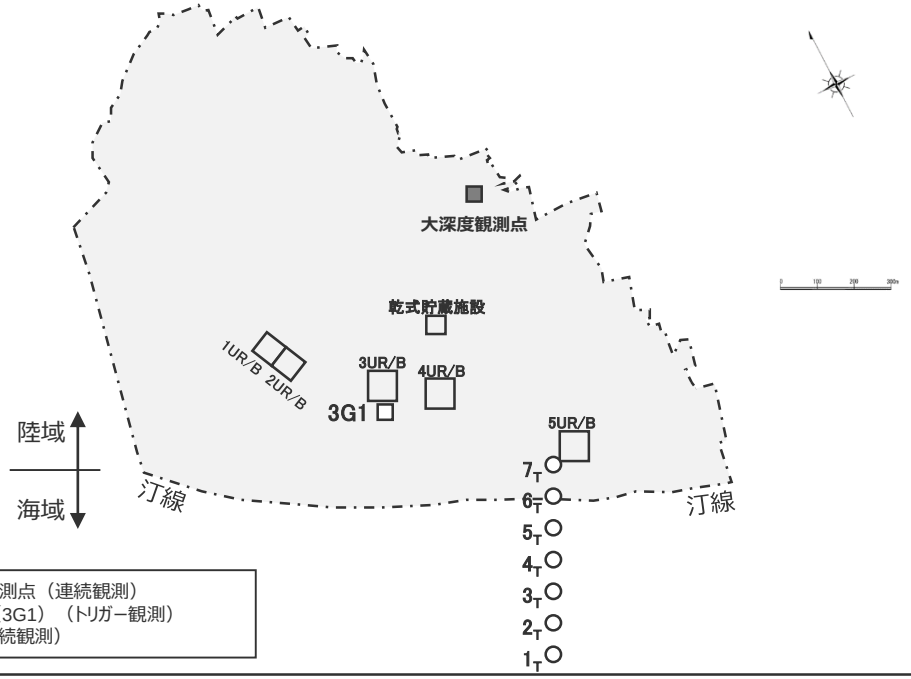
【陸域観測点】

・検討対象とする陸域観測点は、地震動の顕著な増幅が見られない観測点である鉛直アレイ観測点3G1（G.L.-25m）及び大深度観測点（G.L.-30m）とする。いずれの観測点も、海底試掘トンネル観測点と同様、S波速度が700m/s以上の岩盤部に位置する。

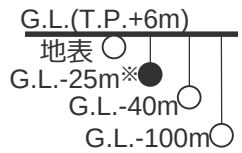
【分析方法】

・陸域観測点に対する海底試掘トンネル各観測点の振幅比として、地震波到来方向毎に各地震の振幅比を算出する。
なお、海底試掘トンネル観測点と陸域観測点では設置状況（設置深さ、土被り状況、S波速度等）が異なるため、分析にあたっては、地震波到来方向毎に振幅比の傾向が一定であることを確認する。

地震計配置図

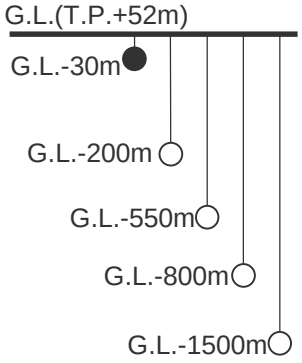


鉛直アレイ観測点（3G1）

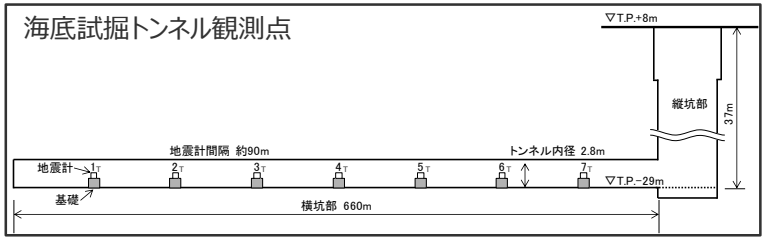


※解放基盤表面付近

大深度観測点



海底試掘トンネル観測点



・下線（　）は、一部修正箇所を示す。
・敷地図を変更。
・鉛直アレイ観測点・大深度観測点の鉛直方向における配置図及び海底試掘トンネル観測点の断面図を追加。

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

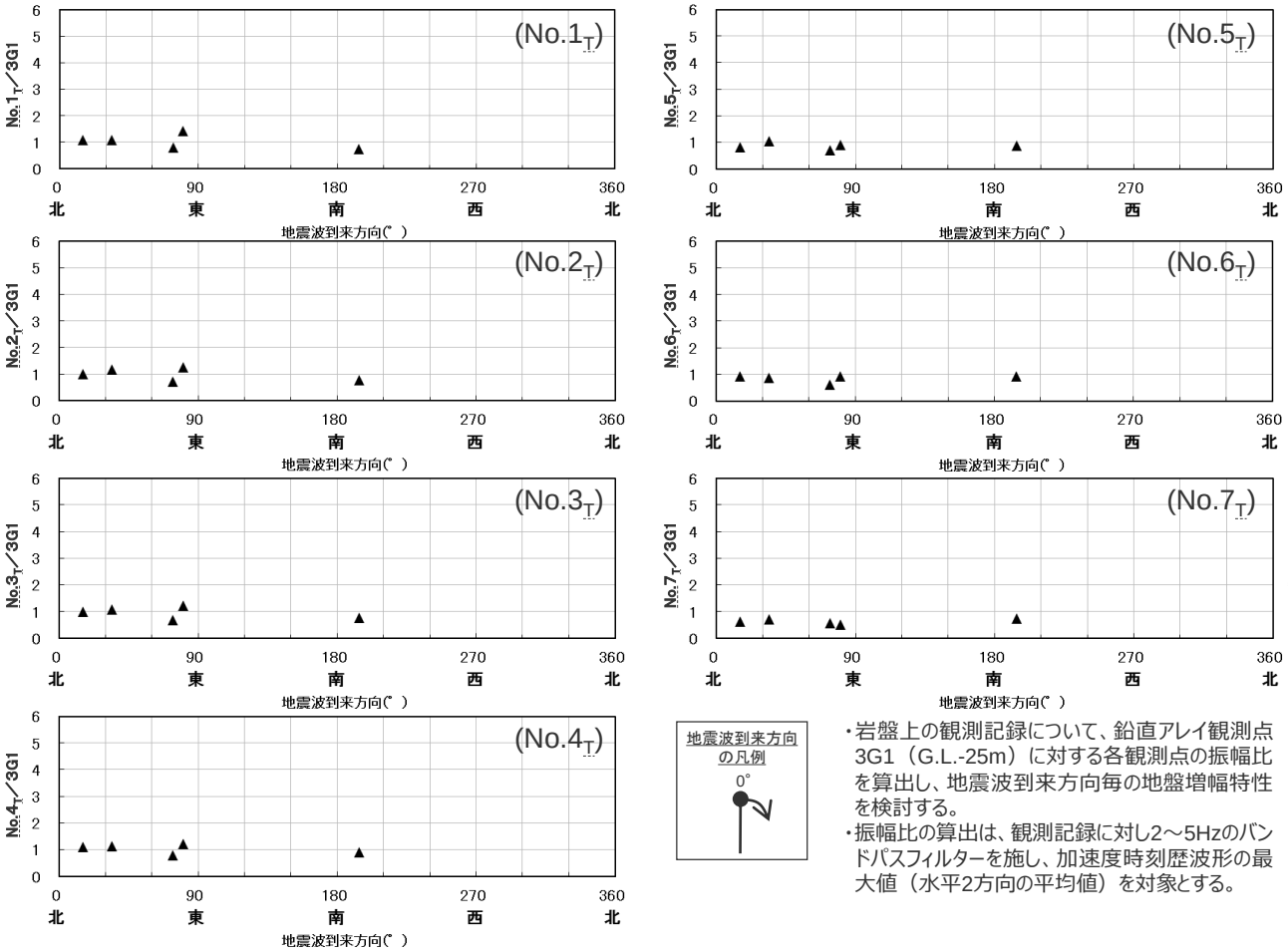
<補足説明資料①-03 地震観測記録（海底試掘トンネル観測）の分析>

第532回
資料1-2 p.27一部修正

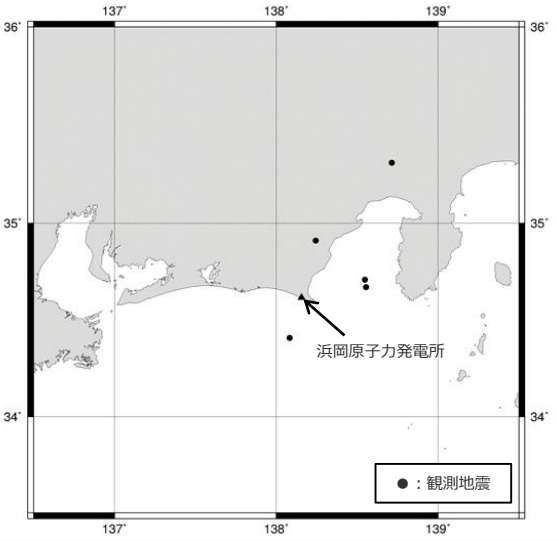
海底試掘トンネルにおける連続地震観測

（陸域観測点の地盤増幅特性との関係（鉛直アレイ3G1観測点における地震観測記録を用いた分析））

○鉛直アレイ観測点3G1（G.L.-25m）について、海底試掘トンネル観測点と共通して観測された記録を抽出し、振幅比を算出した。
⇒数は少ないが、観測された地震は、いずれの地震波到来方向でも、振幅比は一定である。



<各地震の震央分布>



地震波到来方向の凡例

・岩盤上の観測記録について、鉛直アレイ観測点3G1（G.L.-25m）に対する各観測点の振幅比を算出し、地震波到来方向毎の地盤増幅特性を検討する。
・振幅比の算出は、観測記録に対し2～5Hzのバンドパスフィルターを施し、加速度時刻歴波形の最大値（水平2方向の平均値）を対象とする。

<各地震の振幅比と地震波到来方向との関係（水平平均）>
（観測分析期間：2010年12月5日～2012年10月8日）

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

・下線（＿＿）は、一部修正箇所を示す。

<補足説明資料①-03 地震観測記録（海底試掘トンネル観測）の分析>

第532回
資料1-2 p.28一部修正

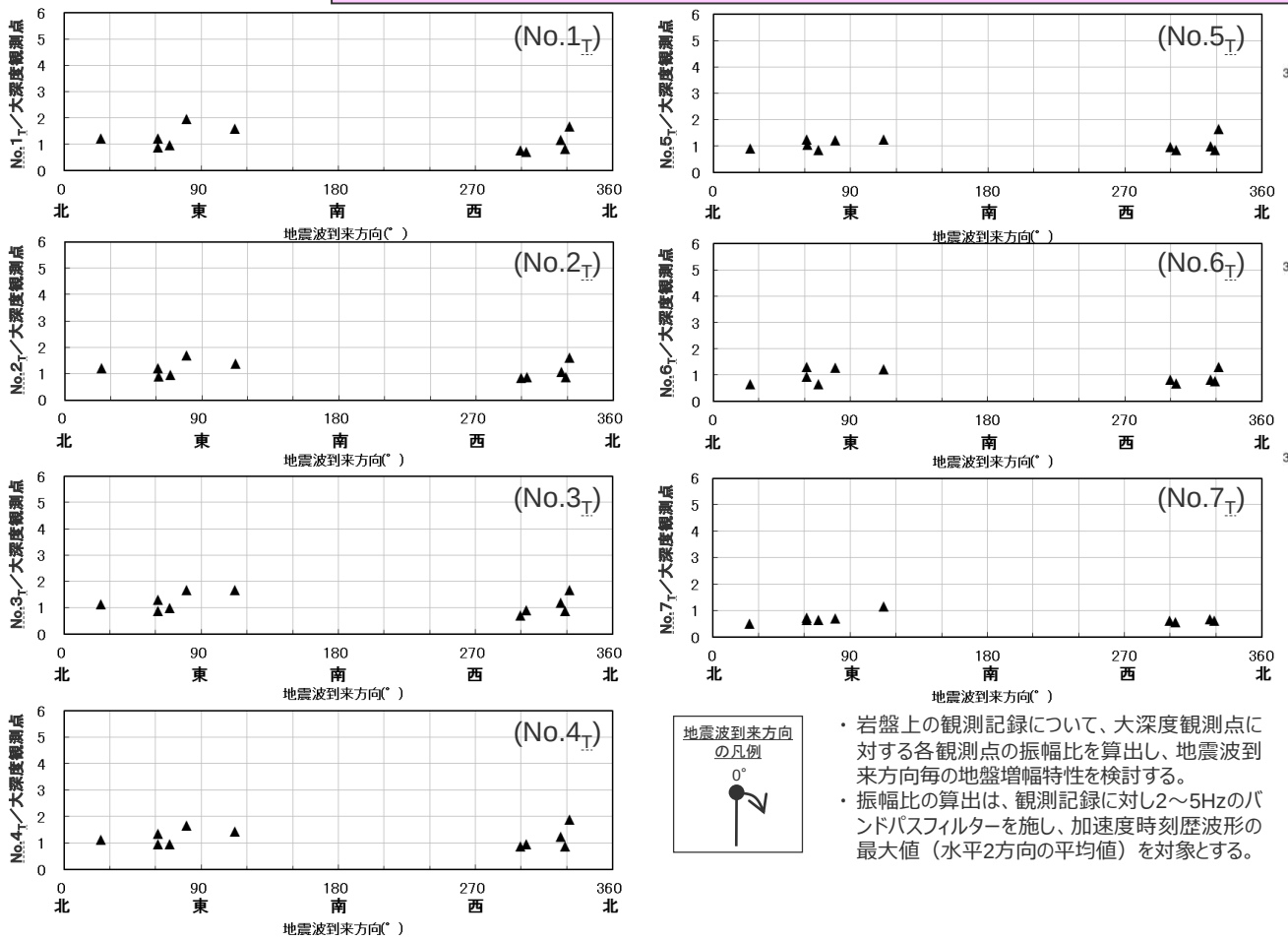
海底試掘トンネルにおける連続地震観測

（陸域観測点の地盤増幅特性との関係（大深度観測点における地震観測記録を用いた分析））

○大深度観測点（G.L.-30m）について、海底試掘トンネル観測点と共通して観測された記録を抽出し、振幅比を算出した。

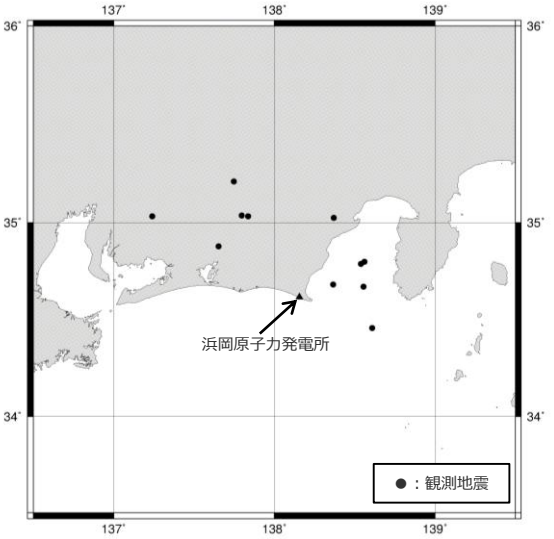
⇒設置状況が異なること等から若干のばらつきはあるが、2009年駿河湾の地震の到来方向を含めて、いずれの地震波到来方向でも、振幅比は一定である。

以上の検討から、海底試掘トンネルでは地震動の顕著な増幅が見られないことを確認した。



地震波到来方向の凡例

・岩盤上の観測記録について、大深度観測点に対する各観測点の振幅比を算出し、地震波到来方向毎の地盤増幅特性を検討する。
・振幅比の算出は、観測記録に対し2～5Hzのバンドパスフィルターを施し、加速度時刻歴波形の最大値（水平2方向の平均値）を対象とする。



<各地震の震央分布>

<各地震の振幅比と地震波到来方向との関係（水平平均）>（観測分析期間：2010年12月5日～2012年10月8日）

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

・下線（＿＿）は、一部修正箇所を示す。

補足説明資料①-04
敷地周辺の地下構造（深部からやや浅部）の調査

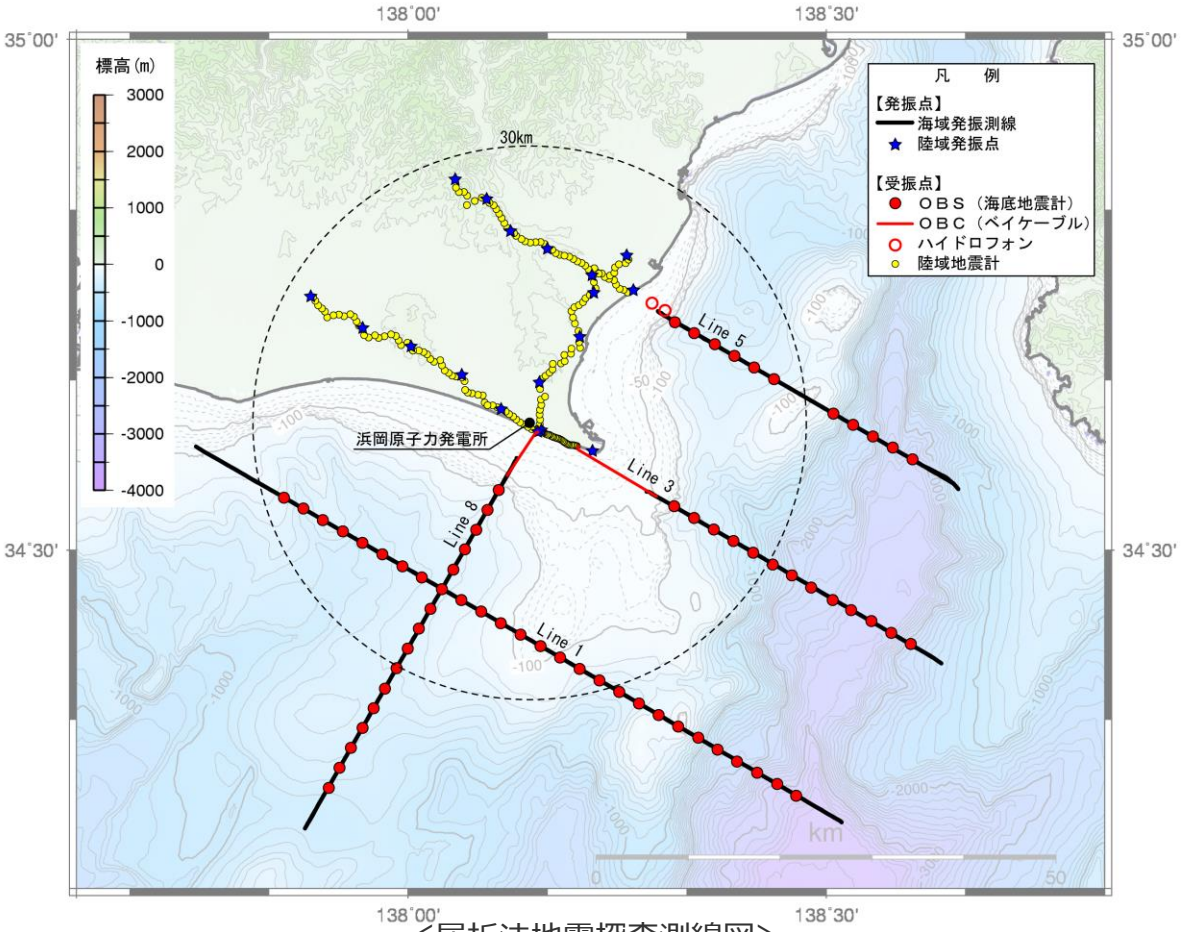
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

調査概要

第164回
資料2 p.7一部修正

○浜岡原子力発電所では、敷地周辺の深部からやや浅部の地盤の速度構造の把握を目的に、速度構造調査として屈折法地震探査を実施するとともに、地質構造調査として大深度ボーリング調査・物理検層、反射法地震探査を実施している。

・調査結果は、第120回審査会合机上配布資料、第128回審査会合机上配布資料参照。

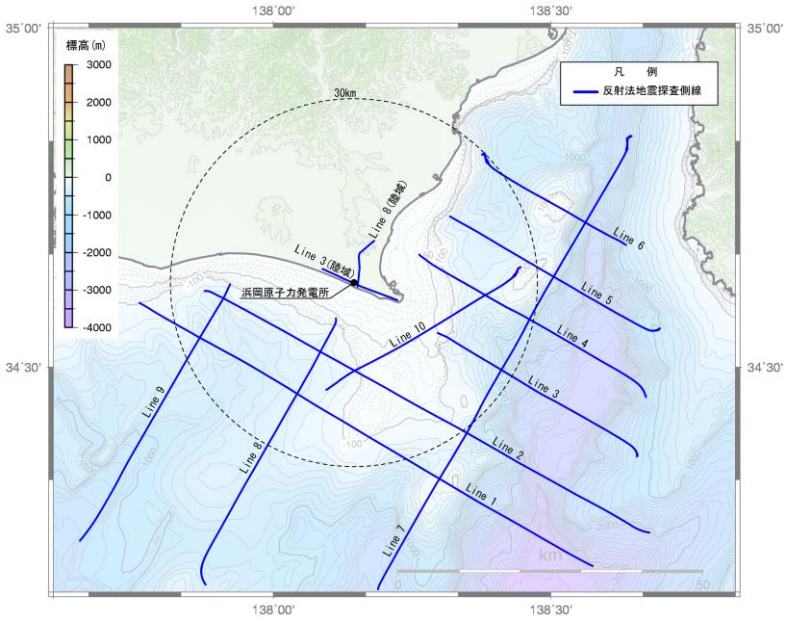


＜屈折法地震探査測線図＞



（国土地理院1:25,000地形図に各号炉位置、敷地周辺で実施した地下構造調査の位置を加筆）

＜大深度ボーリング調査・物理検層位置図＞



＜反射法地震探査測線図＞

・箱書き「2007年新潟県中越沖地震時に柏崎刈羽原子力発電所において観測された地震動が大きくなった要因を受け、」を削除。
・下線（　）は、一部修正箇所を示す。
・屈折法地震探査測線図、反射法地震探査測線図を分けて提示、図の配置を変更。

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

<補足説明資料①-04 敷地周辺の地下構造（深部からやや浅部）の調査>

調査の仕様

・屈折法地震探査

	発振源	仕様	発振間隔
海域部	チューンドアレイエアガン	7800cu.in（1,950cu.in×4列）	約50m
陸域部	起振車（バイブロサイス車） 18t×4台	起振マス　：3t（最大荷重約13.6t） 発振周波数　：6～30Hz程度 発振時間　：16秒×（200回程度）	約5km

	受振器	仕様	受振間隔
海域部	ＯＢＳ（独立式海底地震計）	3成分速度計＋圧力センサー	約2.5km
	ハイドロフォン	圧電素子	約2.5km
	ＯＢＣ（ベイケーブル）	圧電素子	約25m
陸域部	独立式地震計	1成分速度計（固有周波数：10Hz）	約500m※

※敷地近傍（反射法地震探査区間）では25m間隔で受振、左記の一部区間では3成分速度計も設置

・反射法地震探査

	発振源	仕様	発振間隔
海域部	チューンドアレイエアガン	7800cu.in（1,950cu.in×4列）	約50m
陸域部	起振車（バイブロサイス車） 18t×1～4台	起振マス　：3t（最大荷重約13.6t） 発振周波数　：8～60Hz程度 発振時間　：16秒×（10回程度）	約50m

	受振器	仕様	受振間隔
海域部	ハイドロフォン	圧電素子	約12.5m
陸域部	独立式地震計	1成分速度計（固有周波数：10Hz）	約25m

・大深度ボーリング調査、物理検層

深度	掘削本数	測定物性
1,500m	4本	PS検層（ダウンホール法、サスペンション法）、密度検層、温度検層

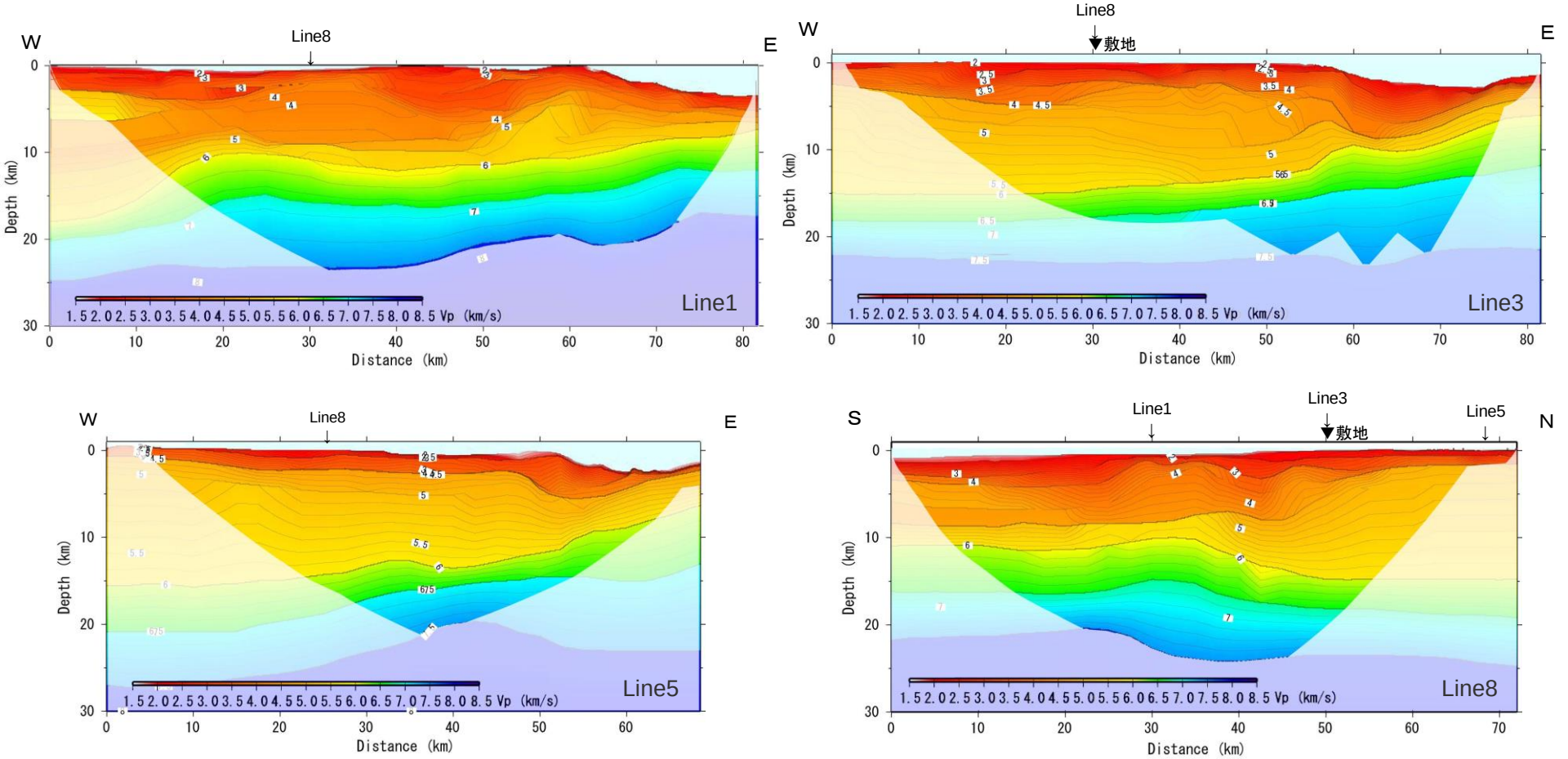
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

第164回
資料2 p.9一部修正

敷地周辺の速度構造（屈折法探査結果（海陸統合））

○速度構造調査として実施した海陸統合の屈折法地震探査により、敷地周辺の深部からやや浅部のP波速度構造を把握している。

・海域発振-海域・陸域受振、陸域発振-陸域受振のデータを用い、海陸統合のトモグラフィックインバージョン解析とフォワードモデリングによる走時解析を実施。



＜屈折法地震探査（海陸統合）の各測線（Line1, 3, 5, 8）のP波速度構造＞

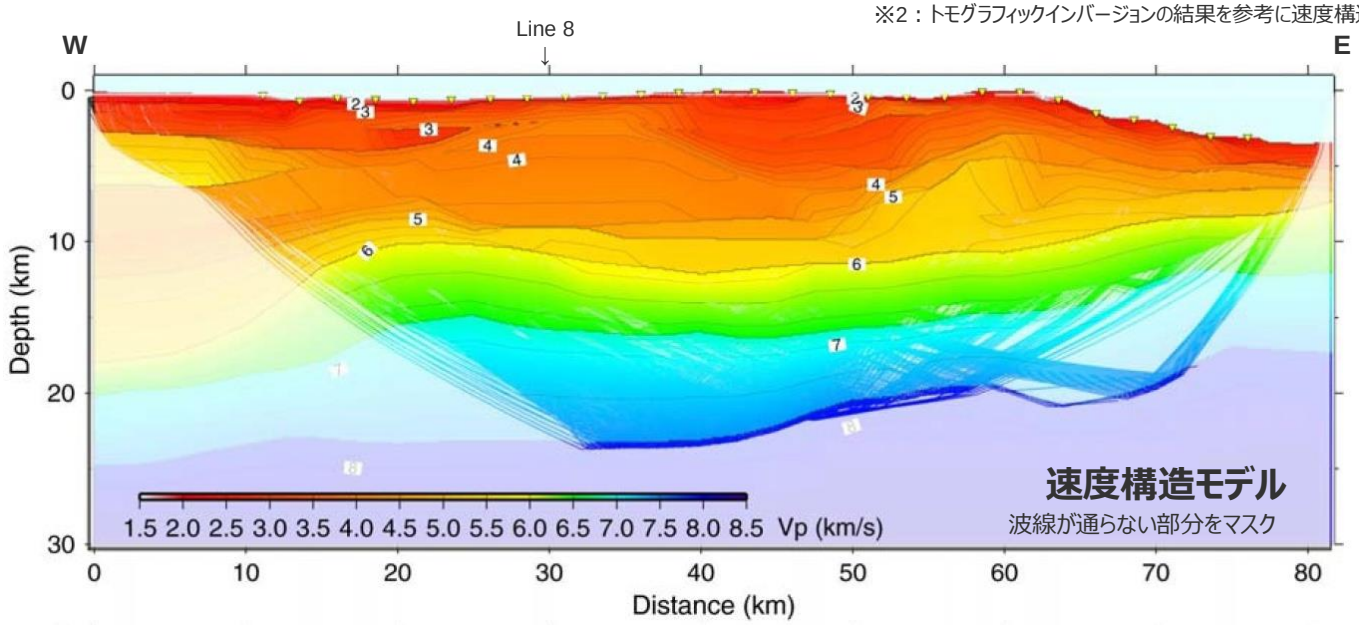
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

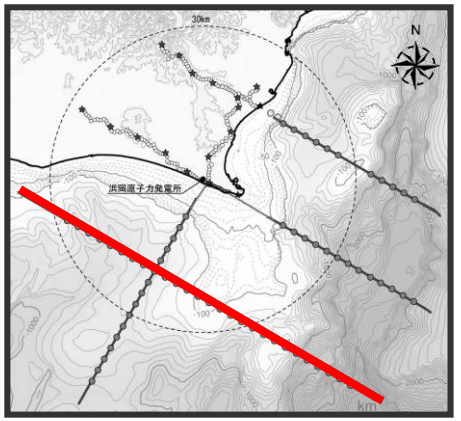
・下線（＿＿）は、一部修正箇所を示す。

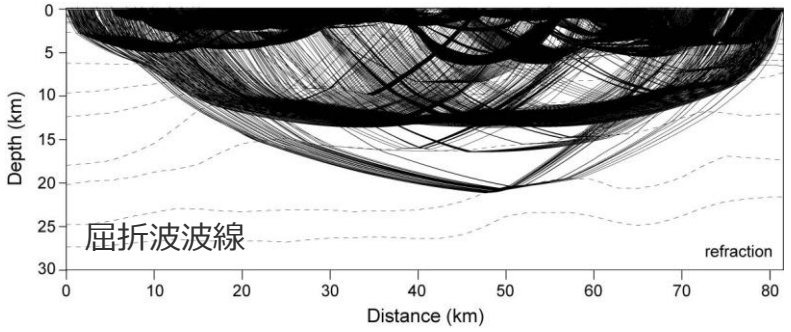
敷地周辺の速度構造（屈折法探査結果（海陸統合））
（P波速度構造（Line1））

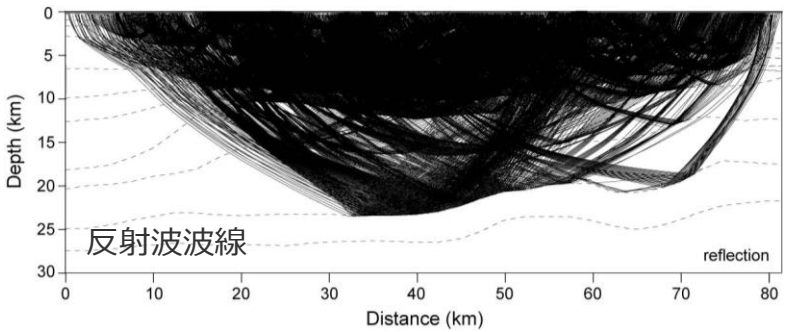
○海域発振-海域・陸域受振、陸域発振-陸域受振のデータを用い、海陸統合のトモグラフィックインバージョン解析※1とフォワードモデリングによる走時解析※2を実施し、P波速度構造を検討。
○東西方向（駿河トラフのトラフ軸直交方向）の深部からやや浅部のP波速度構造が確認できる。

※1：反射波と屈折波の走時の解釈をせず、最初に到達したフェースを初動として解析
※2：トモグラフィックインバージョンの結果を参考に速度構造を層構造と仮定し、反射波と屈折波を判定して解析









Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

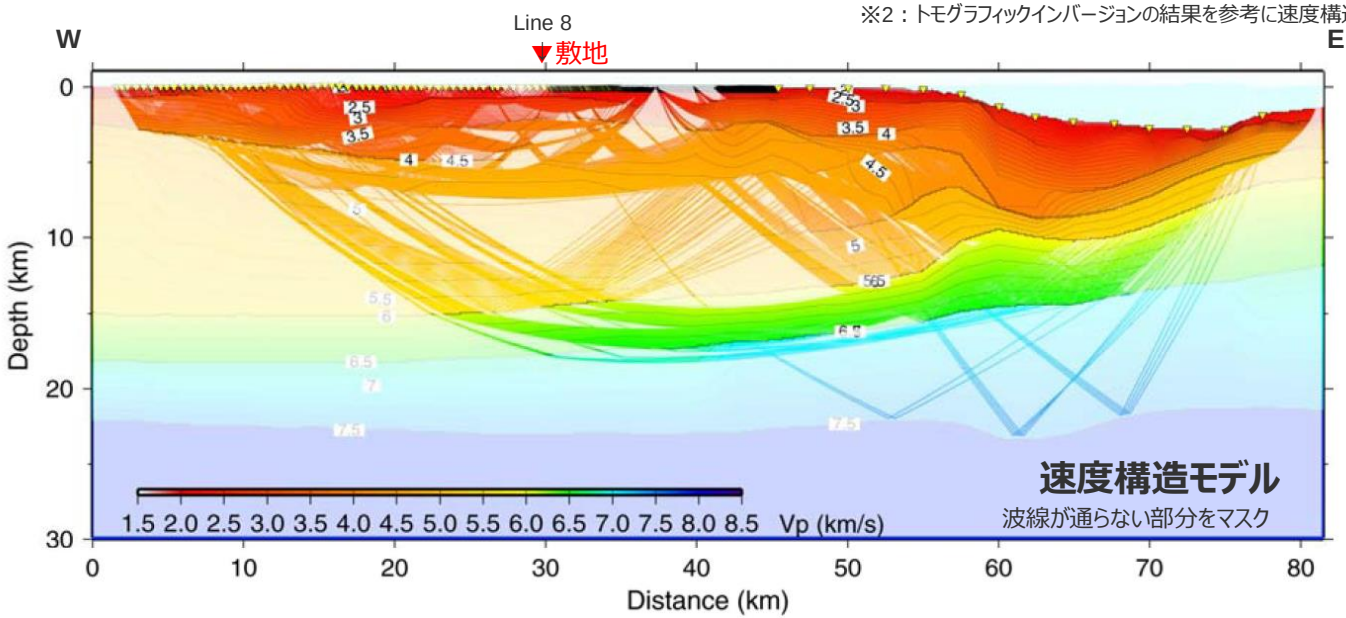
<補足説明資料①-04 敷地周辺の地下構造（深部からやや浅部）の調査>

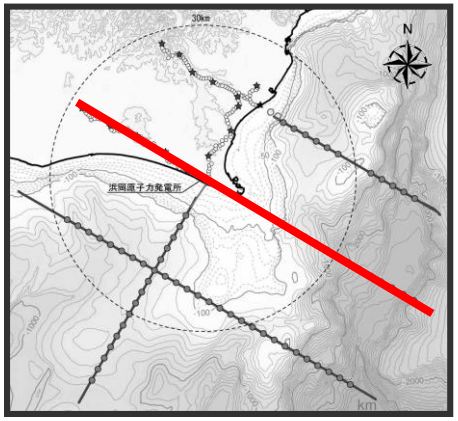
第128回
資料1 p.40再掲

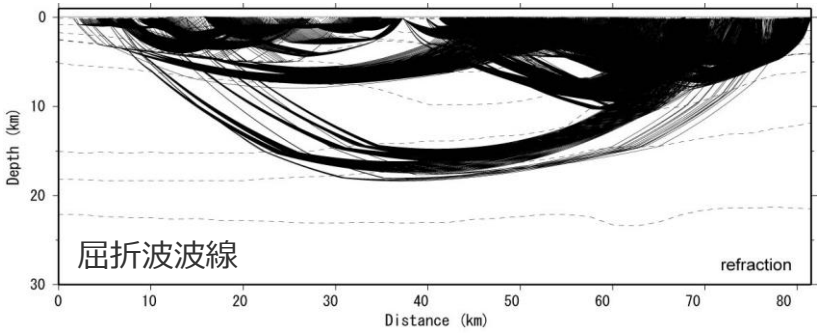
敷地周辺の速度構造（屈折法探査結果（海陸統合））
（P波速度構造（Line3））

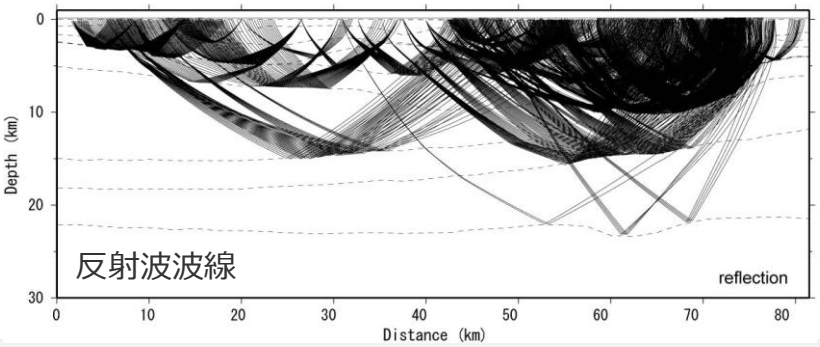
○海域発振-海域・陸域受振、陸域発振-陸域受振のデータを用い、海陸統合のトモグラフィックインバージョン解析※1とフォワードモデリングによる走時解析※2を実施し、P波速度構造を検討。
○敷地を通る東西方向（駿河トラフのトラフ軸直交方向）の深部からやや浅部のP波速度構造が確認できる。

※1：反射波と屈折波の走時の解釈をせず、最初に到達したフェースを初動として解析
※2：トモグラフィックインバージョンの結果を参考に速度構造を層構造と仮定し、反射波と屈折波を判定して解析









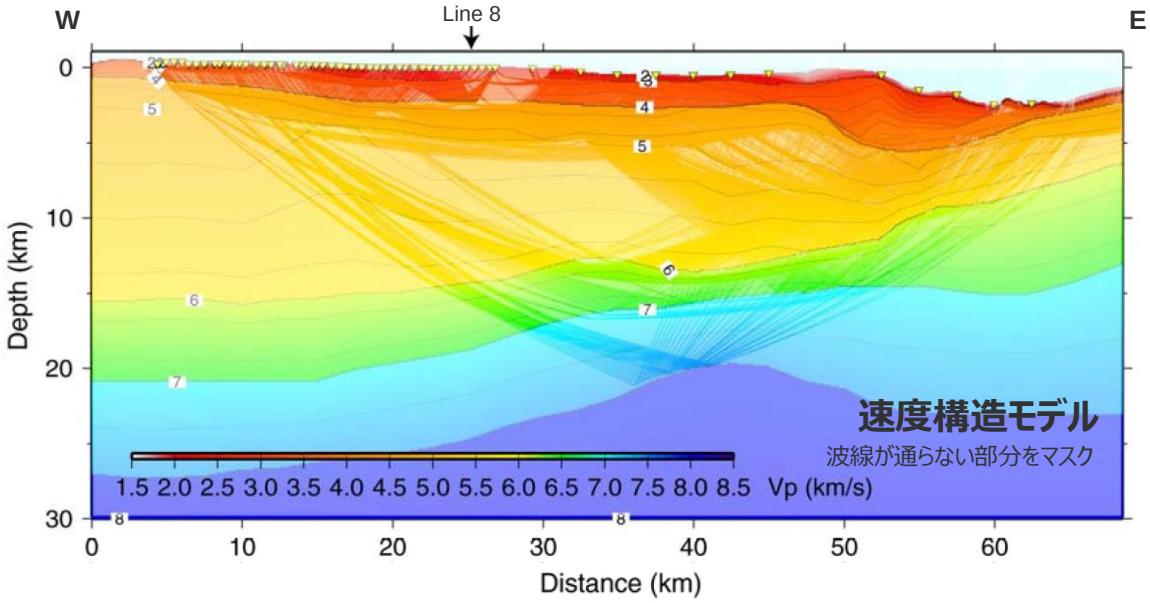
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

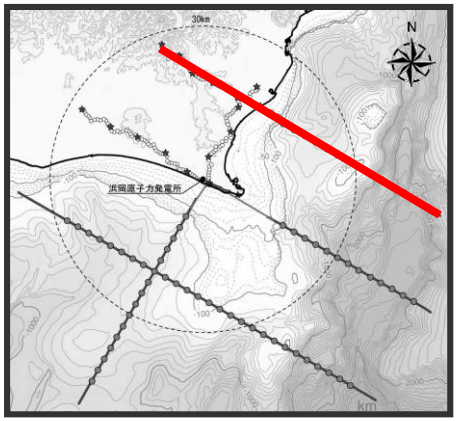
第128回
資料1 p.41再掲

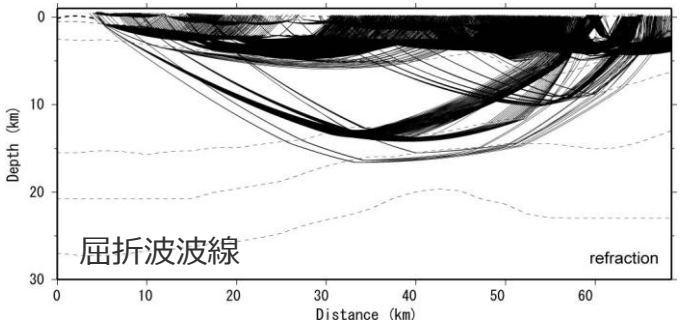
敷地周辺の速度構造（屈折法探査結果（海陸統合））
（P波速度構造（Line5））

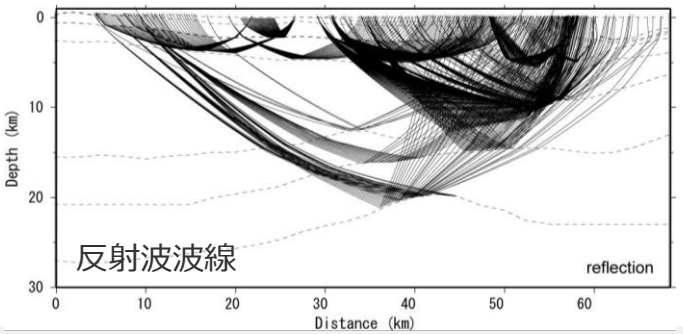
○海域発振-海域・陸域受振、陸域発振-陸域受振のデータを用い、海陸統合のトモグラフィックインバージョン解析※1とフォワードモデリングによる走時解析※2を実施し、P波速度構造を検討。
○東西方向（駿河トラフのトラフ軸直交方向）の深部からやや浅部のP波速度構造が確認できる。

※1：反射波と屈折波の走時の解釈をせず、最初に到達したフェースを初動として解析
※2：トモグラフィックインバージョンの結果を参考に速度構造を層構造と仮定し、反射波と屈折波を判定して解析









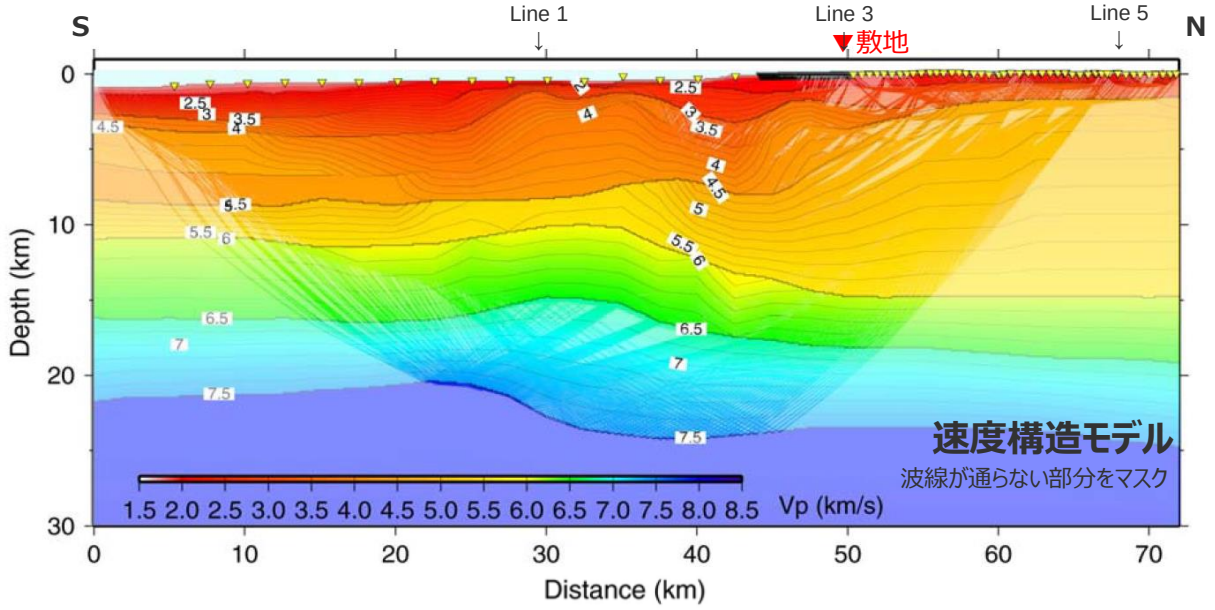
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

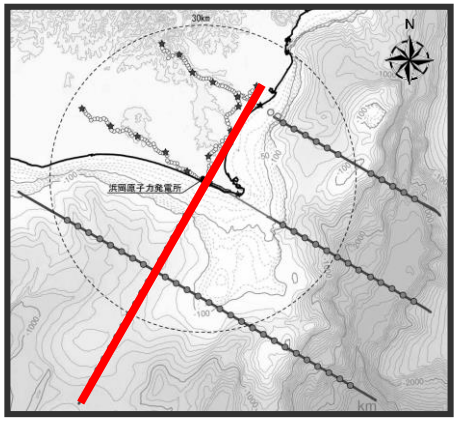
第128回
資料1 p.42再掲

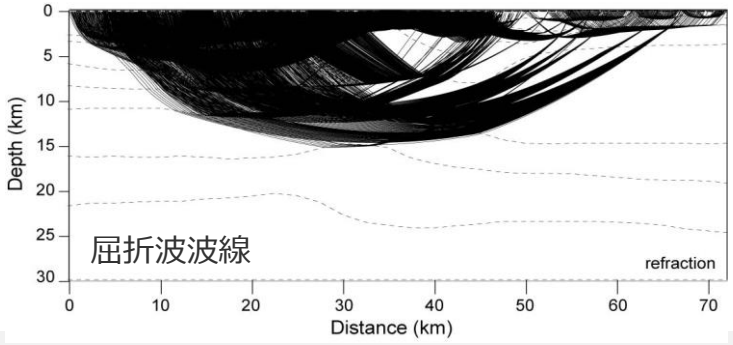
敷地周辺の速度構造（屈折法探査結果（海陸統合））
（P波速度構造（Line8））

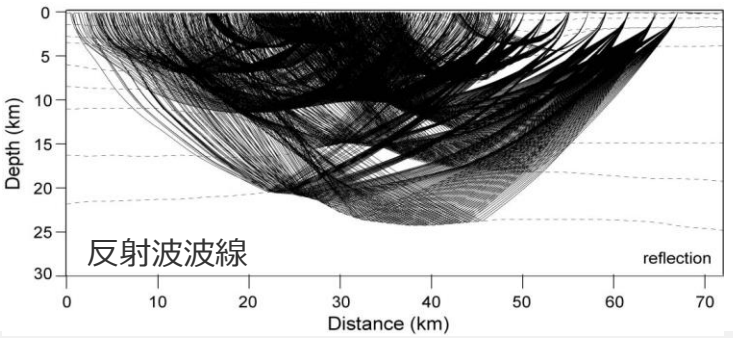
○海域発振-海域・陸域受振、陸域発振-陸域受振のデータを用い、海陸統合のトモグラフィックインバージョン解析※1とフォワードモデリングによる走時解析※2を実施し、P波速度構造を検討。
○敷地近傍を通る南北方向（駿河トラフのトラフ軸平行方向）の深部からやや浅部のP波速度構造が確認できる。

※1：反射波と屈折波の走時の解釈をせず、最初に到達したフェースを初動として解析
※2：トモグラフィックインバージョンの結果を参考に速度構造を層構造と仮定し、反射波と屈折波を判定して解析









Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

第164回
資料2 p.10一部修正

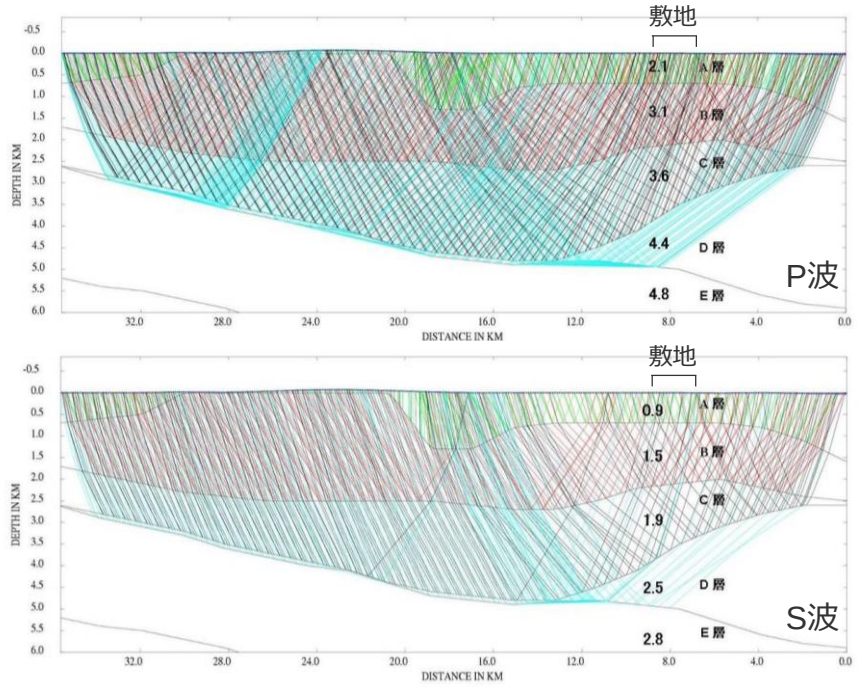
敷地周辺の速度構造（屈折法探査結果（陸域部））

○速度構造調査として実施した屈折法地震探査のうち、明瞭なSV波が観測されたLine3及びLine8測線の陸域部については、P波及びSV波の走時解析を実施しており、敷地周辺の地震基盤面及びそれ以浅のP波、S波速度構造を把握している。

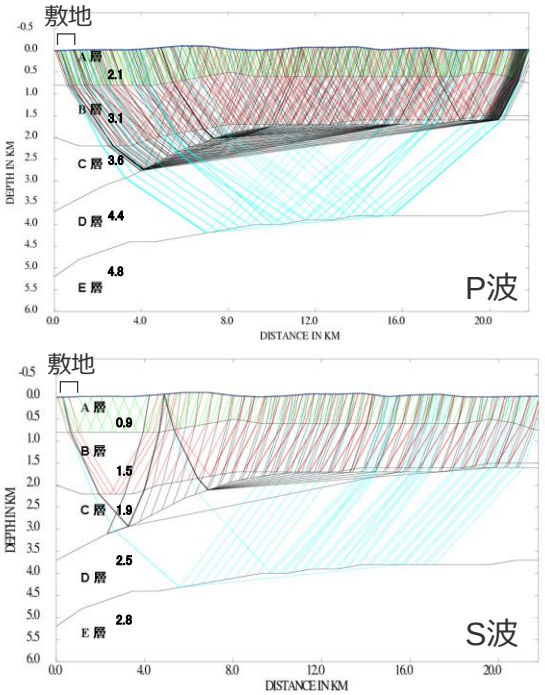
・前述の海陸統合のP波速度構造を踏まえ、５層（A-E層）の多層速度モデルを設定し、レイトレーシング解析によりP波、S波速度構造を検討。



（国土地理院1:200,000地形図に敷地位置、敷地周辺で実施した地下構造調査の位置を加筆）



（Line3陸域部）



（Line8陸域部）

＜屈折法地震探査（陸域部）のP波・S波速度構造＞

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

・下線（＿＿）は、一部修正箇所を示す。

<補足説明資料①-04 敷地周辺の地下構造（深部からやや浅部）の調査>

第128回
資料1 p.44一部修正

敷地周辺の速度構造（屈折法探査結果（陸域部））

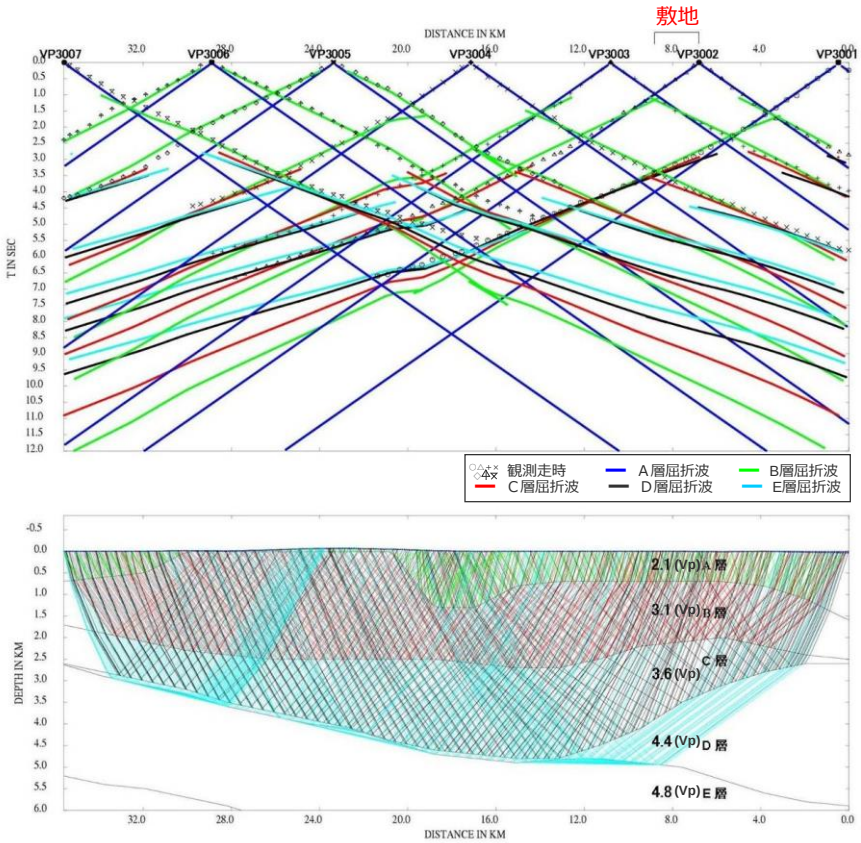
（P波、S波速度構造（Line3陸域部））

○海陸統合の速度構造モデルを踏まえ、速度モデルを5層（A-E層）に層区分し、レイトレーシング解析により各層のP波、S波速度が一様である多層速度モデルを検討。
○敷地を通る東西方向の地震基盤面とそれ以浅のP波、S波速度構造が確認できる。

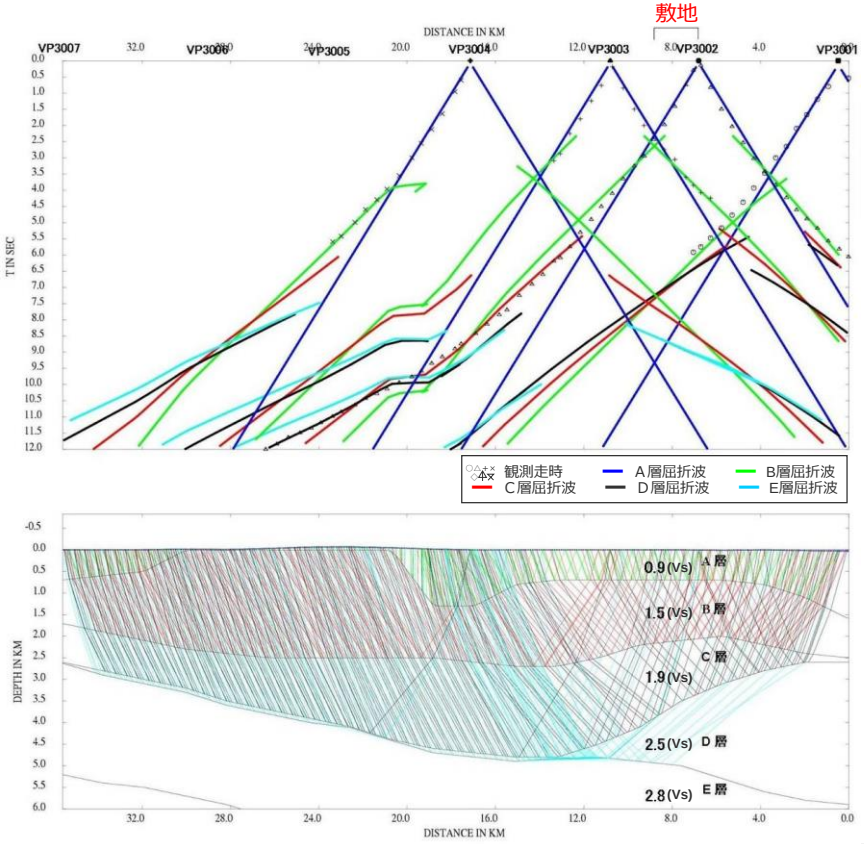


（国土地理院1:200,000地形図に敷地位置、敷地周辺で実施した地下構造調査の位置を加筆）

P波



SV波



Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

・下線（＿＿）は、一部修正箇所を示す。

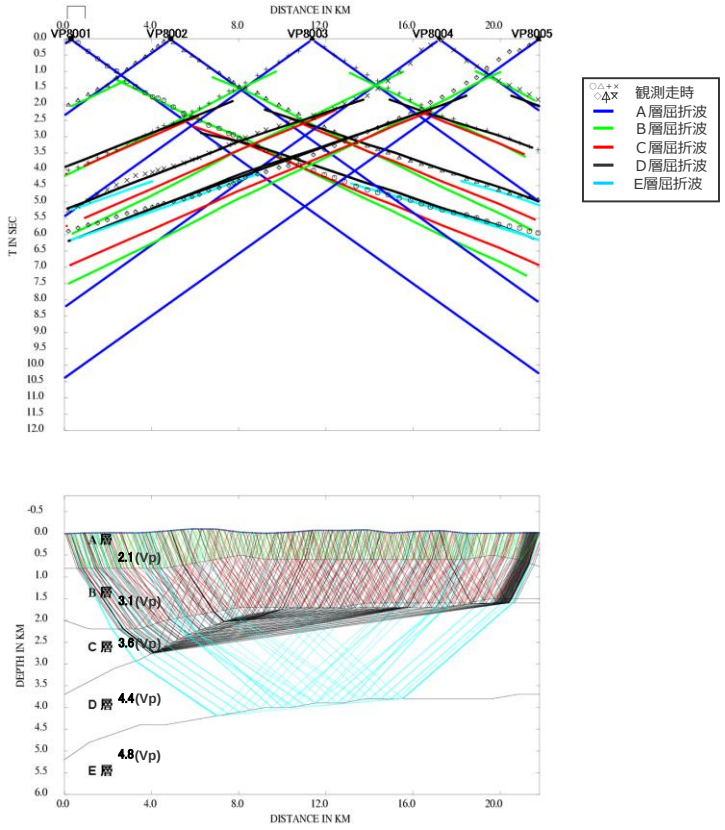
<補足説明資料①-04 敷地周辺の地下構造（深部からやや浅部）の調査>

第128回
資料1 p.45一部修正

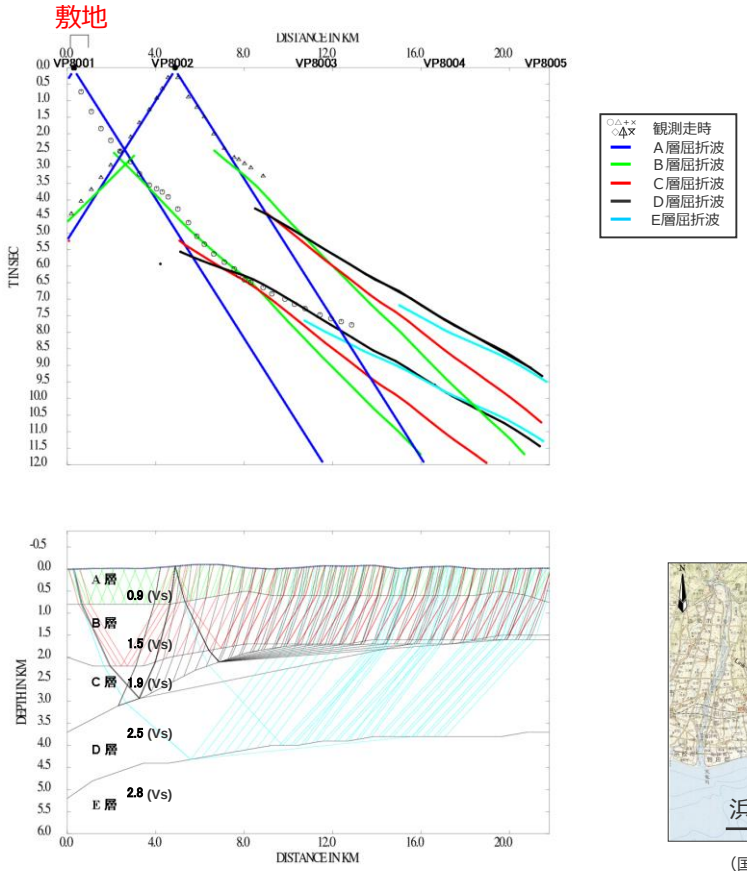
敷地周辺の速度構造（屈折法探査結果（陸域部））
（P波、S波速度構造（Line8陸域部））

○海陸統合の速度構造モデルを踏まえ、速度モデルを5層（A-E層）に層区分し、レイトレーシング解析により各層のP波、S波速度が一様である多層速度モデルを検討。
○敷地近傍を通る南北方向の地震基盤面とそれ以浅の速度構造が確認できる。

P波



SV波





（国土地理院1:200,000地形図に敷地位置、敷地周辺で実施した地下構造調査の位置を加筆）

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

・下線（＿＿）は、一部修正箇所を示す。

<補足説明資料①-04 敷地周辺の地下構造（深部からやや浅部）の調査>

第128回
資料1 p.46一部修正

敷地周辺の速度構造（屈折法探査結果（海陸統合及び陸域部））

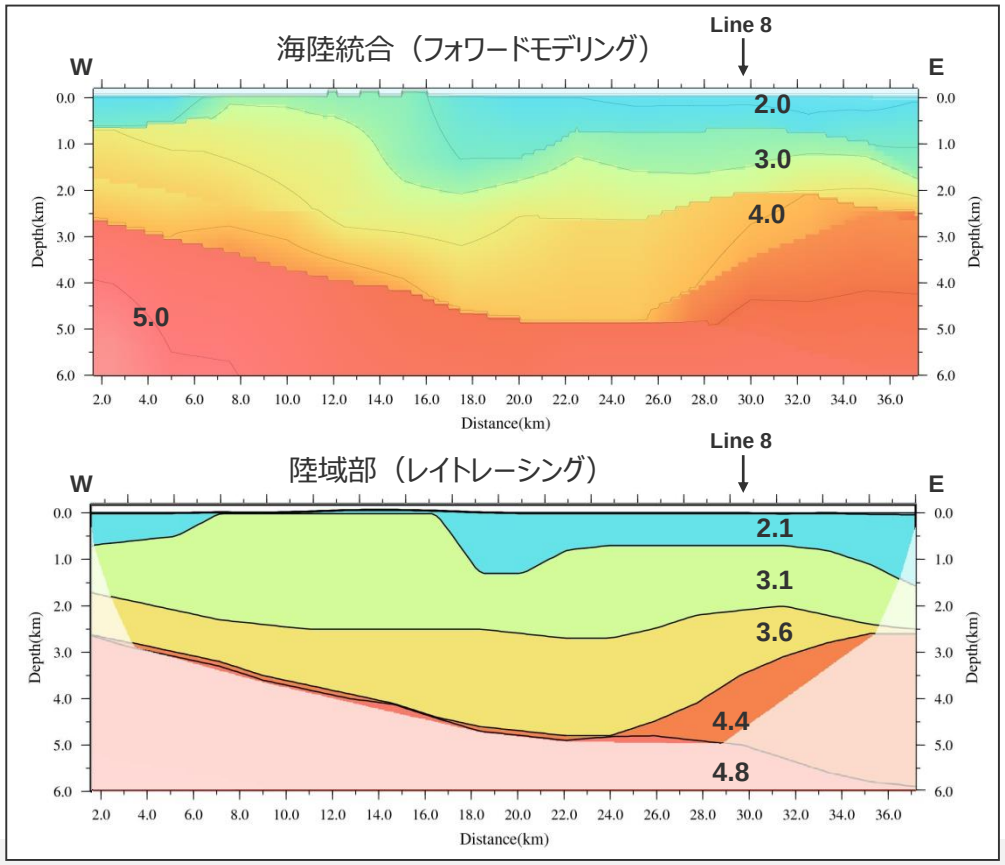
（P波速度構造の比較（海陸統合及び陸域部））

○海陸統合のフォワードモデリング解析結果と、陸域部のレイトレーシング解析結果を示す。
○フォワードモデリング解析とレイトレーシング解析によるP波速度構造は比較的良く一致する。

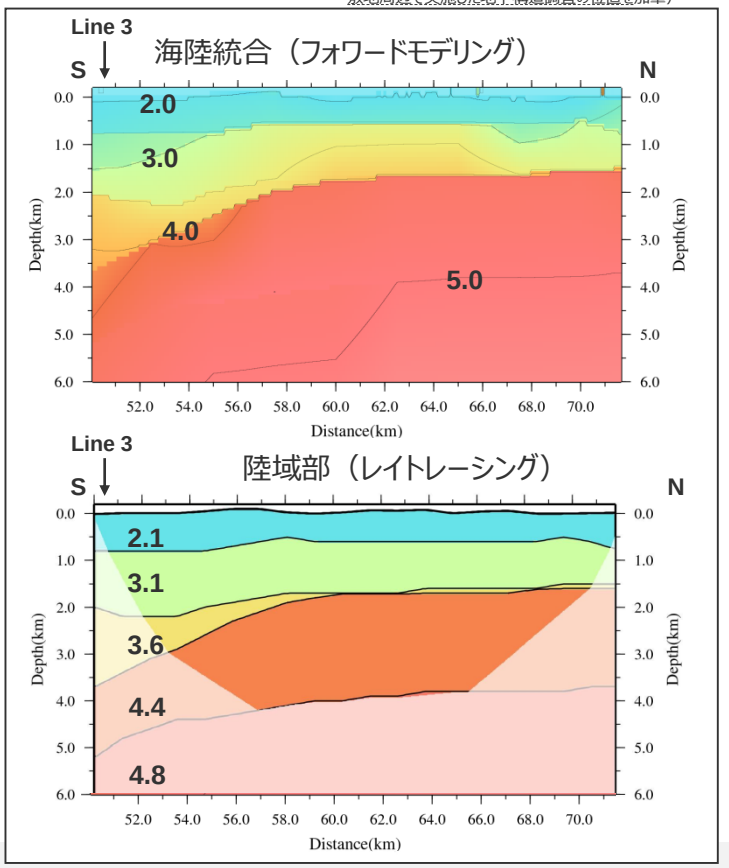


（国土地理院1:200,000地形図に敷地位置、
敷地周辺で実施した地下構造調査の位置を加筆）

＜Line3＞



＜Line8＞



Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

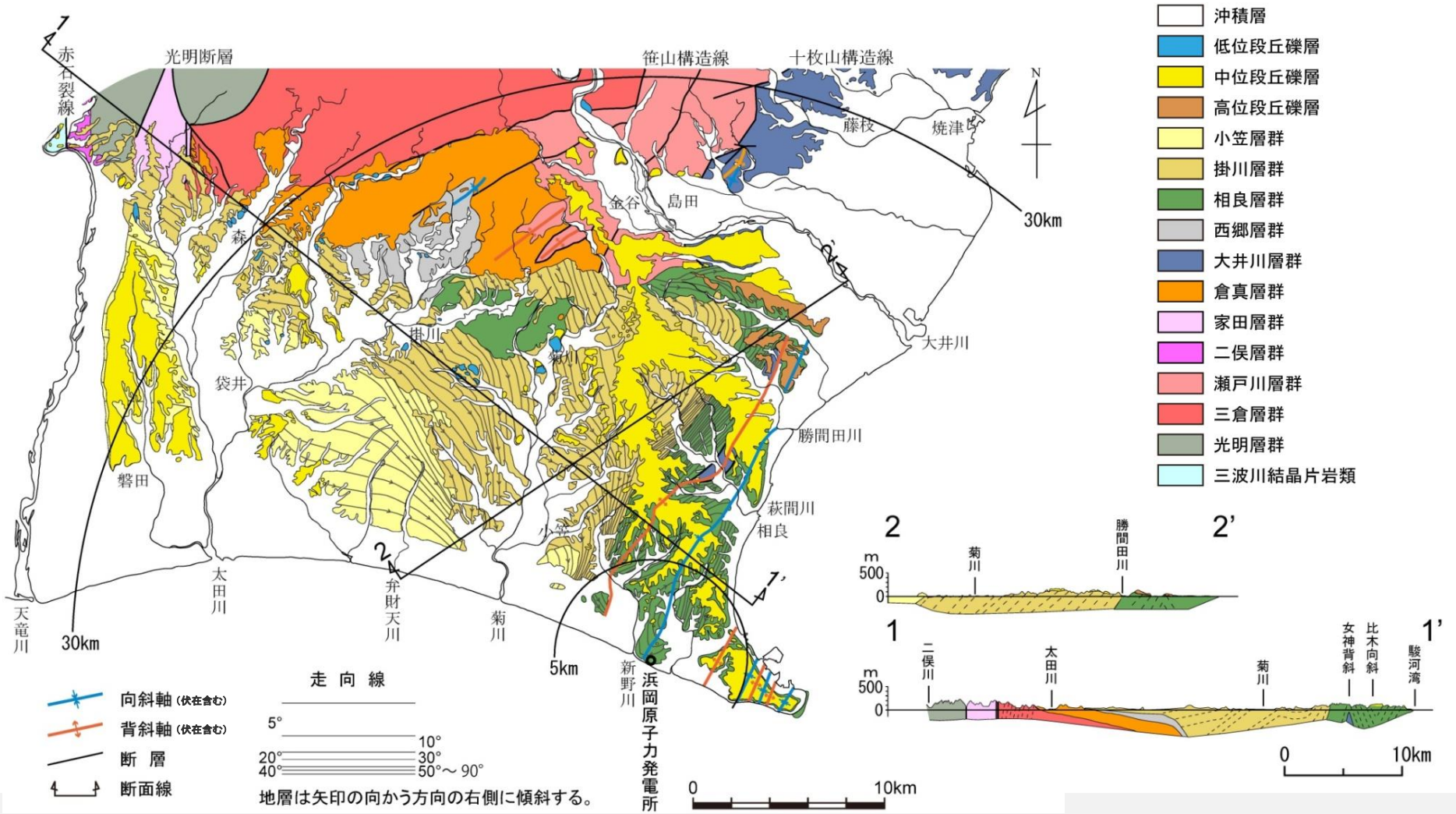
・下線（＿＿）は、一部修正箇所を示す。

<補足説明資料①-04 敷地周辺の地下構造（深部からやや浅部）の調査>

第164回
資料2 p.11一部修正

敷地周辺の地下構造（敷地から半径約30km）
（地質図・地質構造図）

○敷地周辺の陸域に分布する中生代～新生代新第三紀中新世前期の地層は、一般に東西方向で帯状に分布し、北から南に向かって順次新しい地層が分布する。



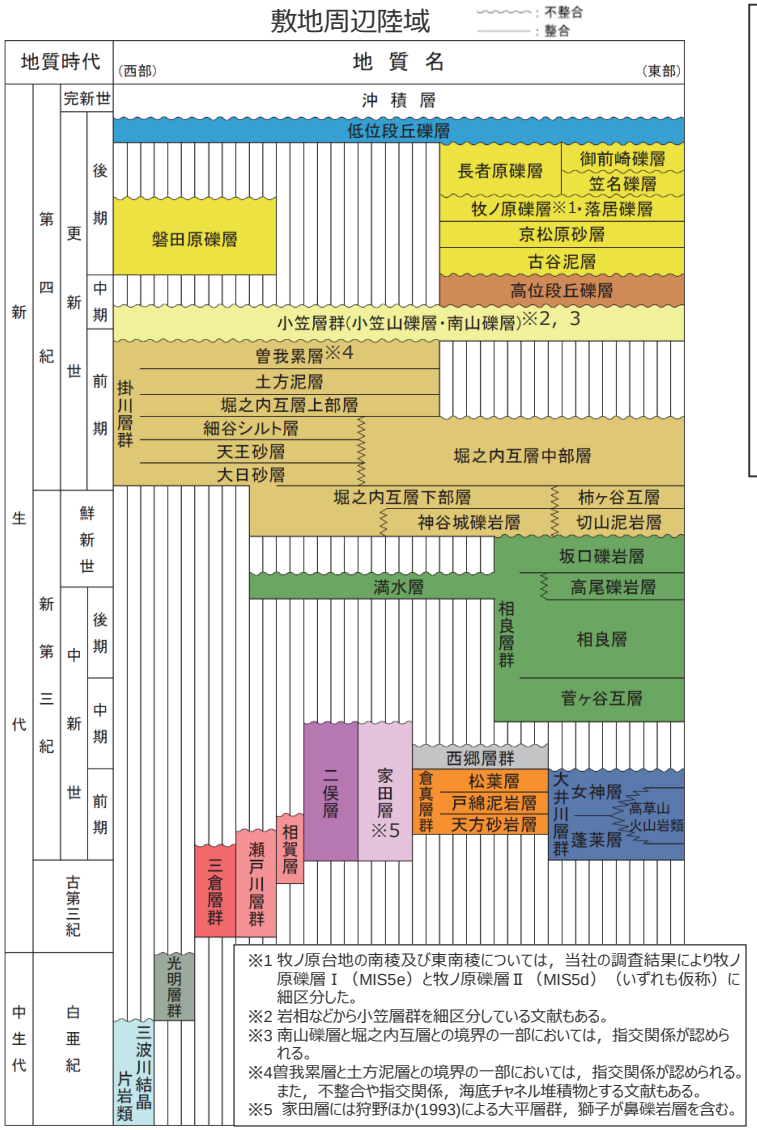
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

・「（地層の年代については１０頁参照）」を削除。

<補足説明資料①-04 敷地周辺の地下構造（深部からやや浅部）の調査>

敷地周辺の地下構造（敷地から半径約30km）
（地質層序表）

第164回
資料2 p.12一部修正



○敷地周辺の地質は、下位より中生代の三波川帯に属する結晶片岩類及び四万十帯に属する光明層群、古第三紀～新第三紀中新世前期の三倉層群及び瀬戸川層群、新第三紀中新世前期～中期の大井川層群、倉真層群及び西郷層群、新第三紀中新世中期～鮮新世前期の相良層群及び新第三紀鮮新世～第四紀前期の掛川層群から構成される。
○これらは一般に東西方向で帯状に分布し、北から南に向かって順次新しい地層が分布する。

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

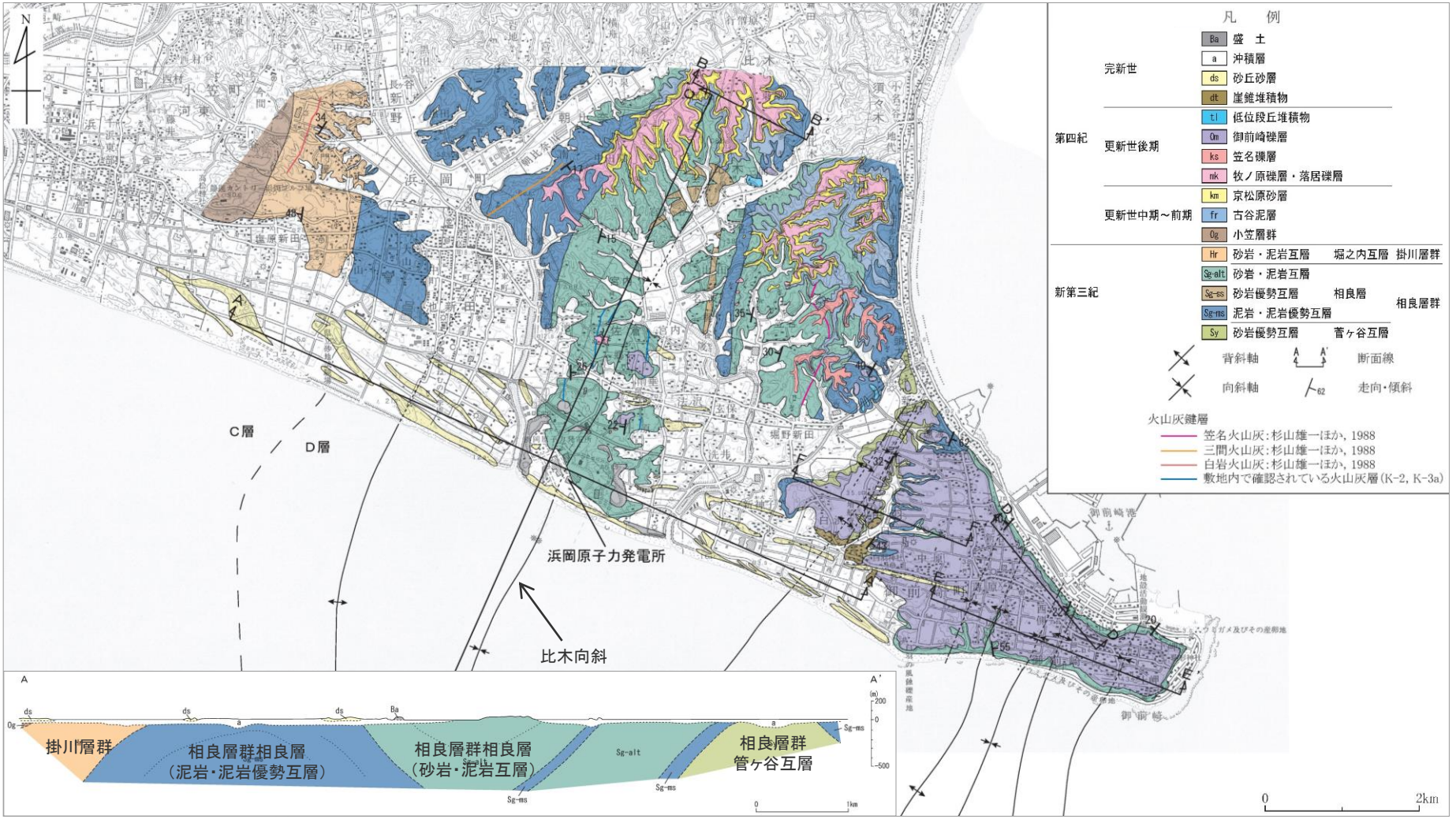
・第871回資料2-1 p.12の地質層序表に修正。

<補足説明資料①-04 敷地周辺の地下構造（深部からやや浅部）の調査>

第194回
資料1 p.5一部修正

敷地周辺の地下構造
（敷地周辺の地質構造）

○敷地周辺の陸域には下位より新第三系の相良層群及び掛川層群が分布しており、相良層群には北北東－南南西方向の褶曲構造が発達している。



この地図は、国土地理院発行の５万分の１地形図「御前崎」「掛川」を使用

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

・下線（＿＿）は、一部修正箇所を示す。

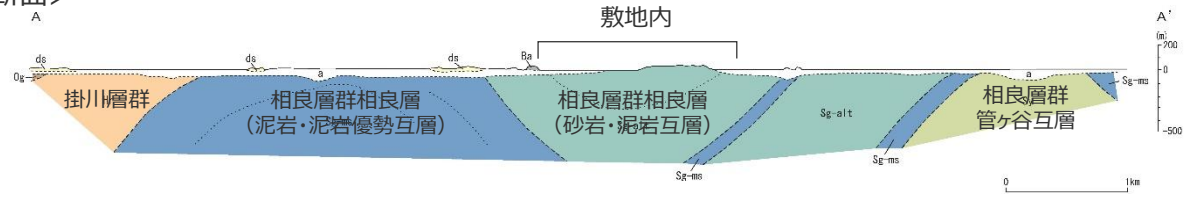
<補足説明資料①-04 敷地周辺の地下構造（深部からやや浅部）の調査>

第194回
資料1 p.6一部修正

敷地周辺の地下構造
（反射法地震探査結果）

○反射法地震探査結果（Line3）によると、相良層群の褶曲構造が現れており、地表地質調査結果から想定される地質構造と概ね整合している。

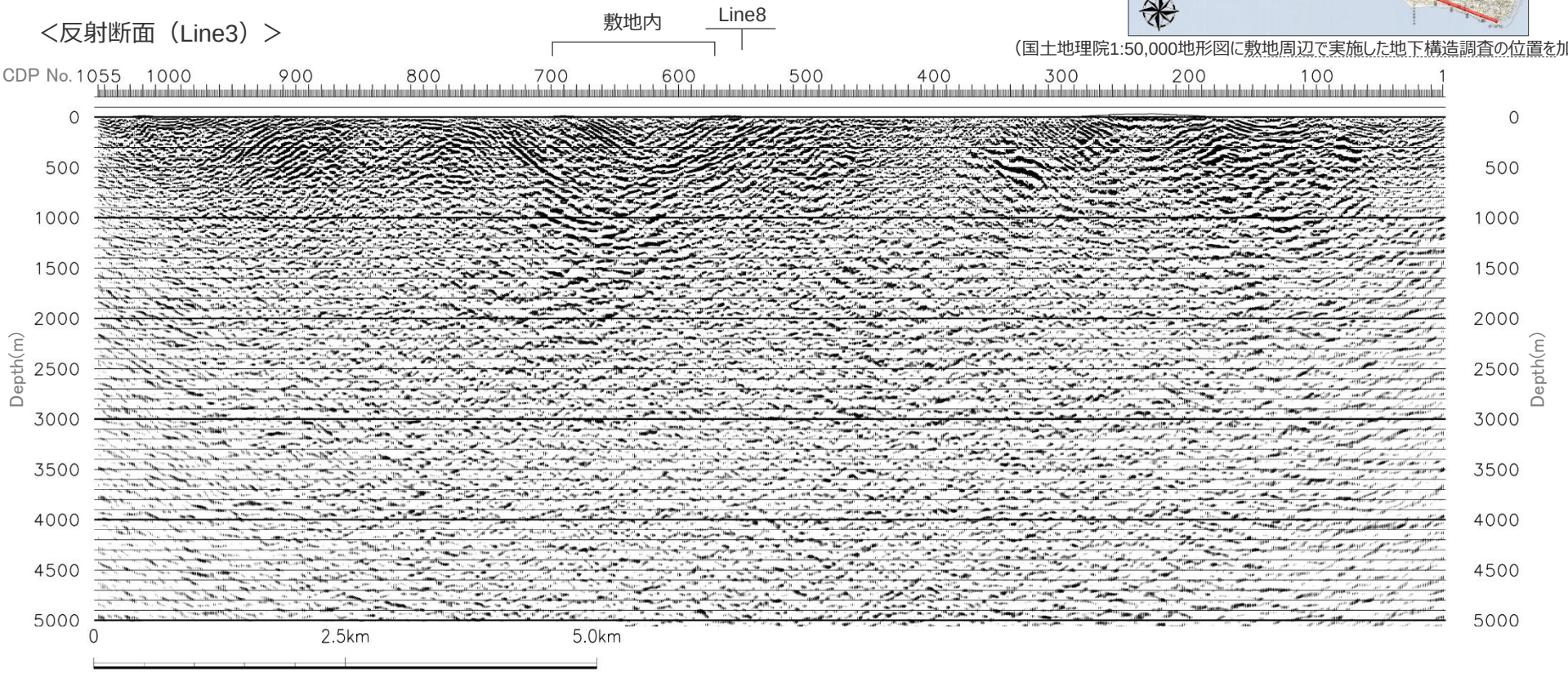
<A-A'断面>





（国土地理院1:50,000地形図に敷地周辺で実施した地下構造調査の位置を加筆）

<反射断面（Line3）>



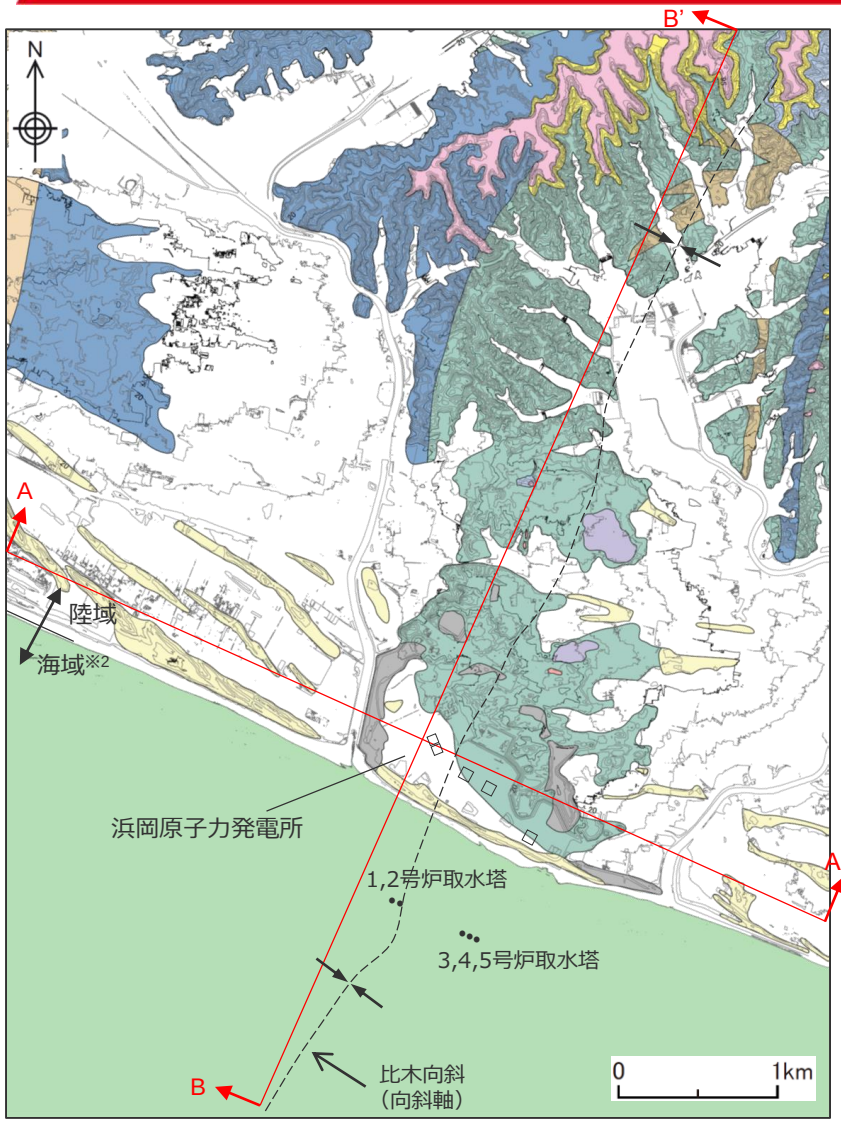
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

・下線（＿＿）は、一部修正箇所を示す。

<補足説明資料①-04 敷地周辺の地下構造（深部からやや浅部）の調査>

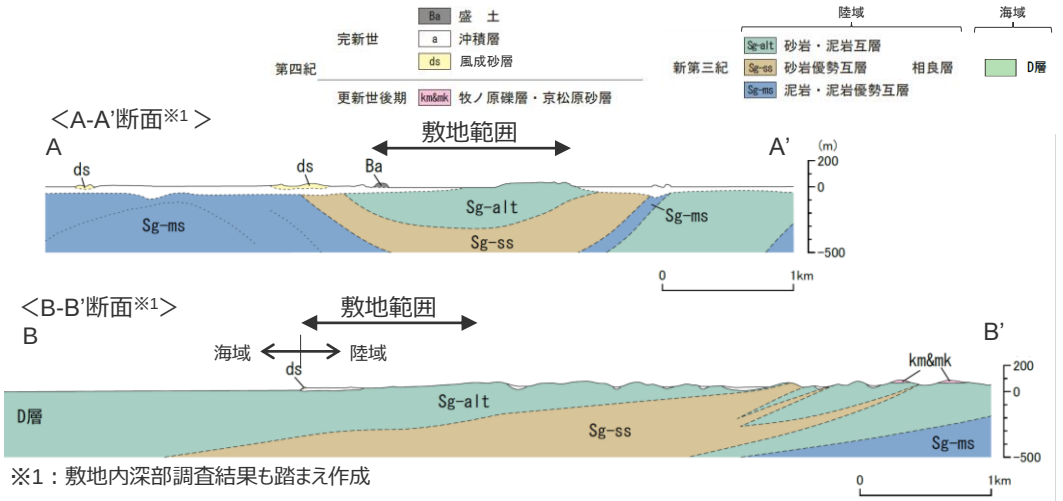
第194回
資料1 p.7一部修正

敷地周辺の地下構造
（敷地の地質構造）

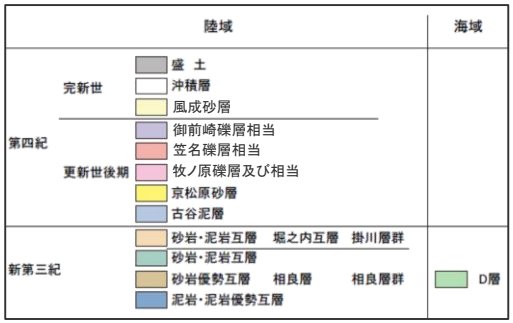


※2：海域についてはA層（完新統）を除いて記載した。

○敷地の基盤を構成する相良層群相良層は砂岩・泥岩互層として一様に分布し、２号炉と３号炉の間には北北東－南南西に軸を持つ向斜構造（比木向斜）が認められる。



※1：敷地内深部調査結果も踏まえ作成



<敷地の地質図、地質断面図>

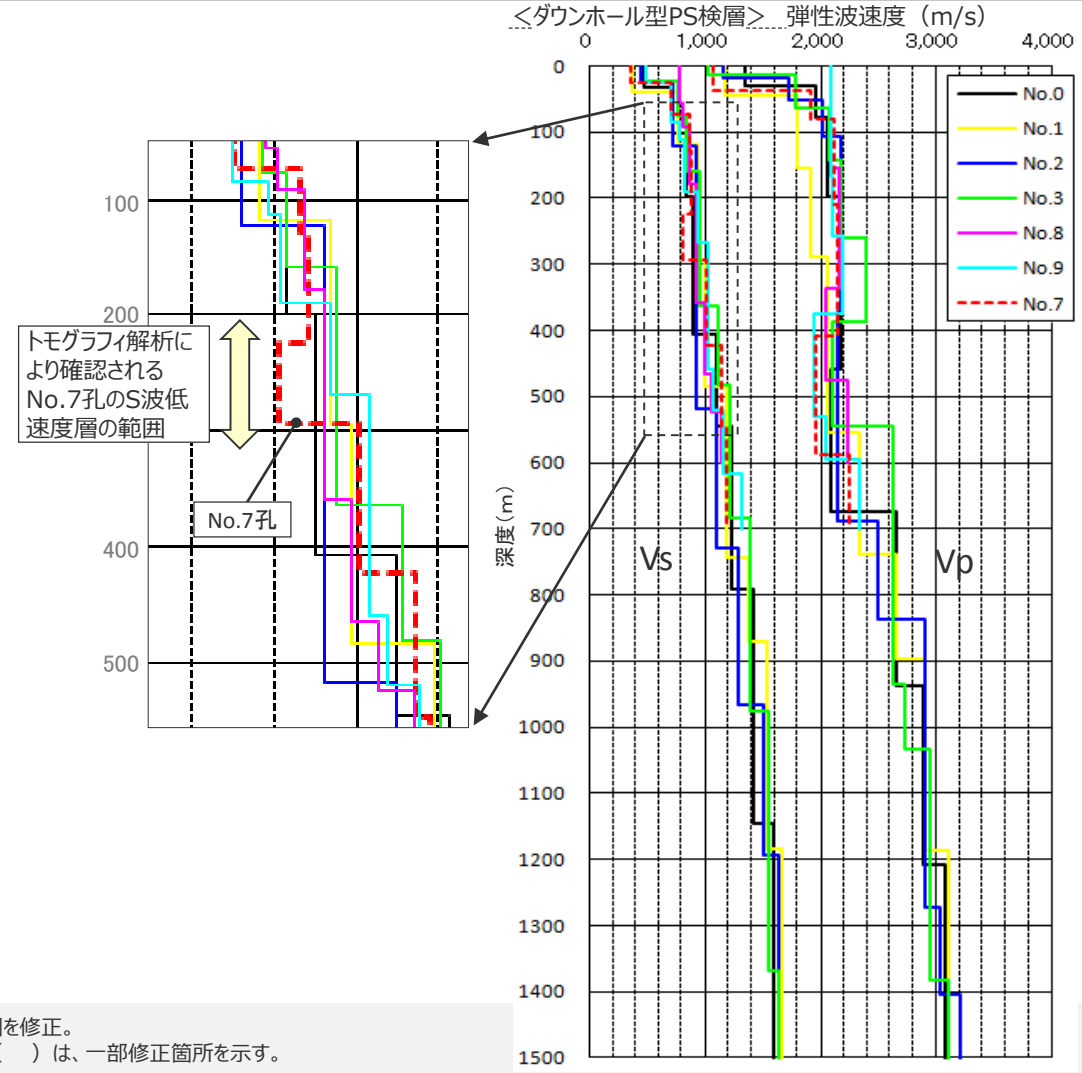
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

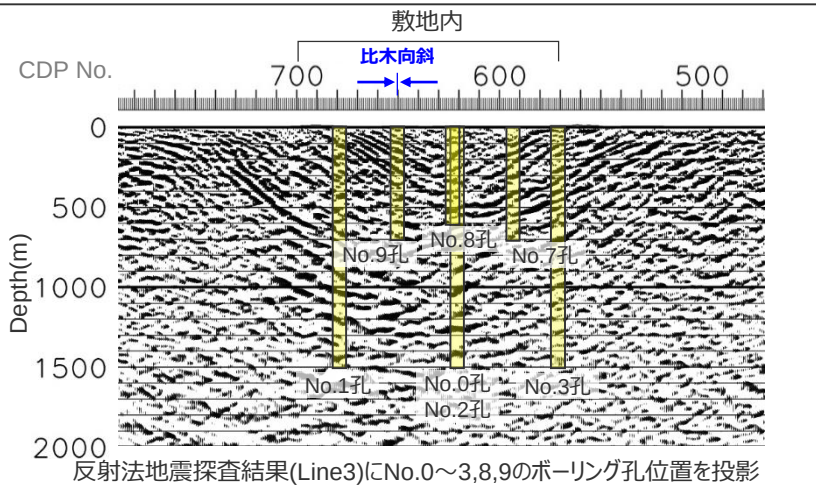
<補足説明資料①-04 敷地周辺の地下構造（深部からやや浅部）の調査>

第194回
資料1 p.8一部修正

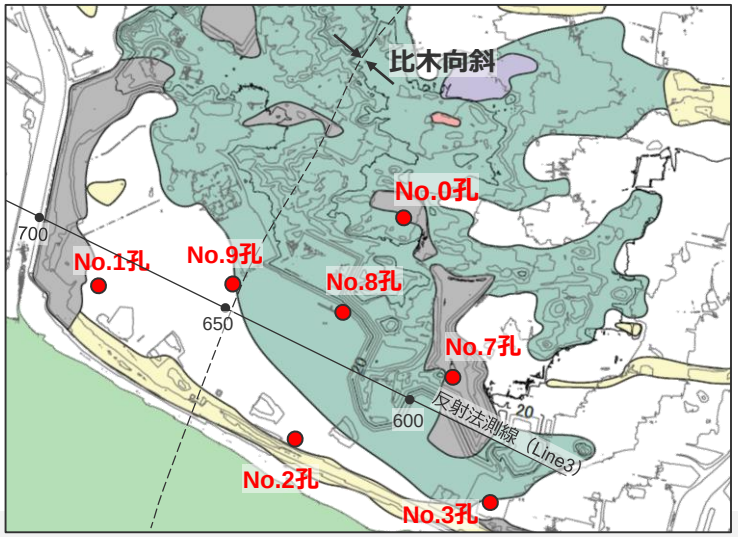
敷地周辺の地下構造（深部からやや浅部）
（向斜構造と速度構造との関係）

○深度1500mのボーリング孔（No.0～3）及び深度600～700mのボーリング孔（No.8、9）を用いたダウンホール型PS検層結果によると、P波、S波速度は深度方向に概ね漸増し、各調査地点の同じ深度における速度値は同程度であり、地質構造として認められる向斜構造と対応していない。
○また、S波低速度層付近に位置するNo.7孔のPS検層結果によると、 P波、S波速度は深度方向に概ね漸増する構造となっており、S波低速度層に対応する深度でS波速度の低下が認められる。





反射法地震探査結果(Line3)にNo.0～3,8,9のボーリング孔位置を投影



・右下図を修正。
・下線（　）は、一部修正箇所を示す。

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

<補足説明資料①-04 敷地周辺の地下構造（深部からやや浅部）の調査>

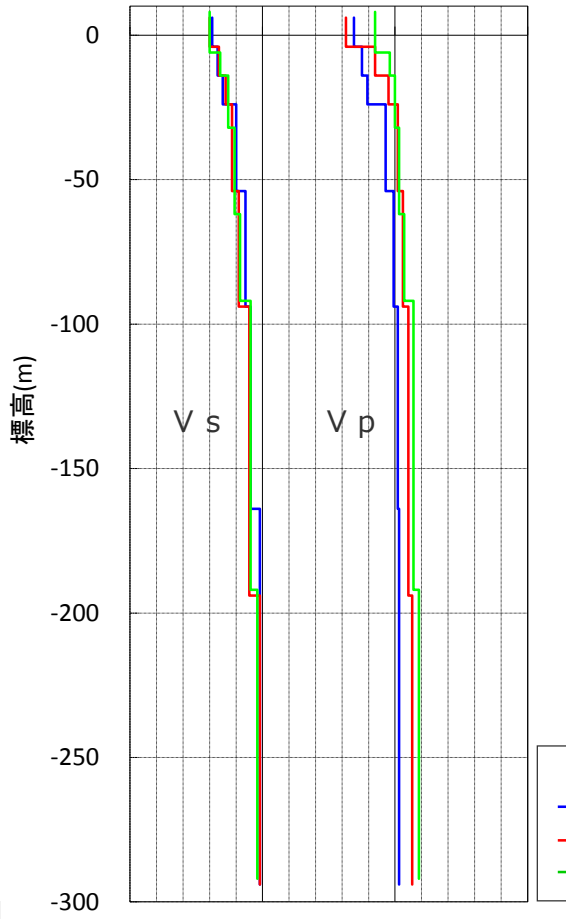
第194回
資料1 p.9一部修正

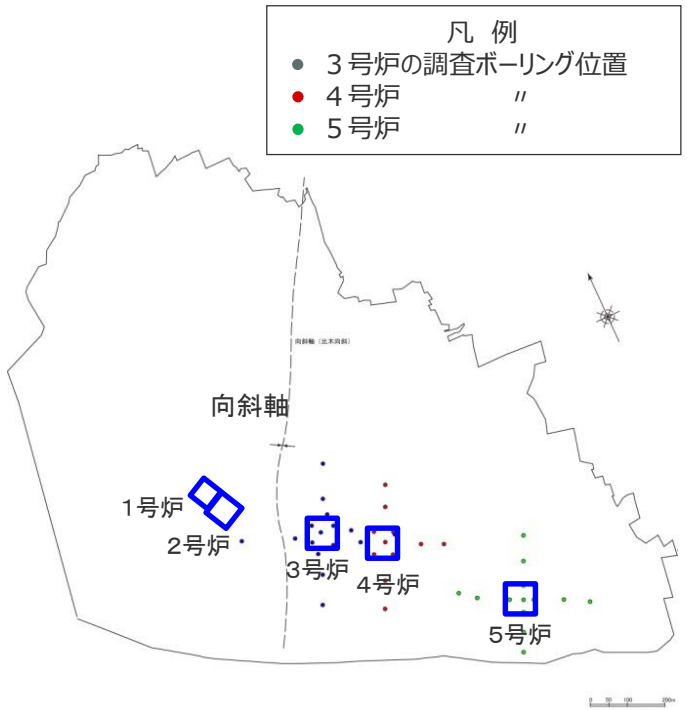
敷地周辺の地下構造（深部からやや浅部）
（向斜構造と速度構造との関係）

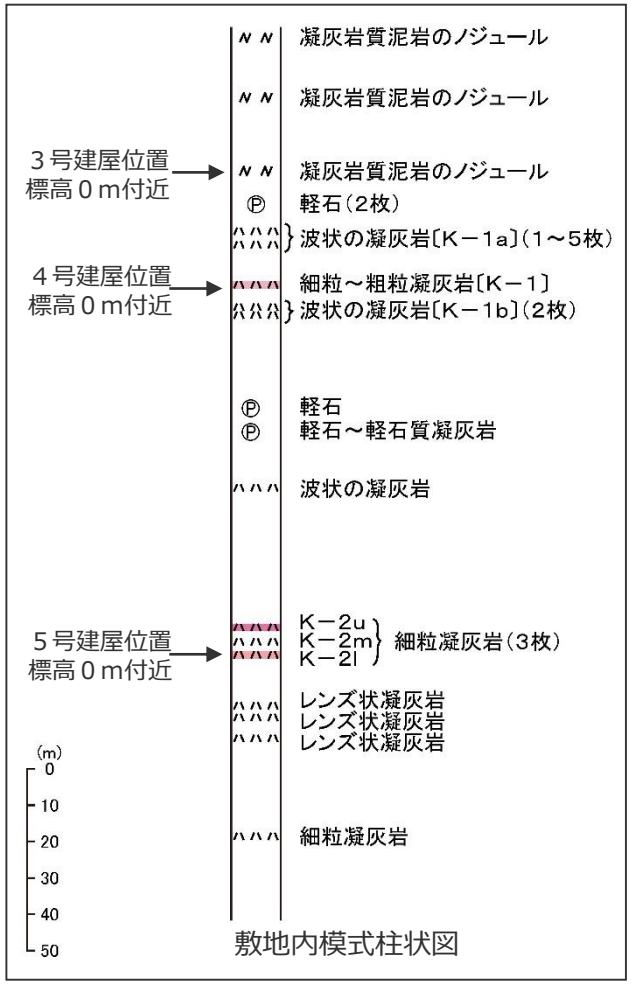
○３～５号炉のボーリング孔を用いた標高-300mまでのダウンホール型PS検層結果においても、P波、S波速度は深度方向に漸増し、各調査地点の同じ深度における速度値は同程度であり、地質構造として認められる向斜構造と対応していない。

⇒**敷地の地質構造として認められる向斜構造は速度構造と対応しておらず、地震動の顕著な増幅に影響を及ぼすものではない**。

<ダウンホール型PS検層>







<各号炉位置における相良層の層準>

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

・下線（＿＿）は、一部修正箇所を示す。

補足説明資料①-05
敷地近傍の地下構造（浅部）の調査

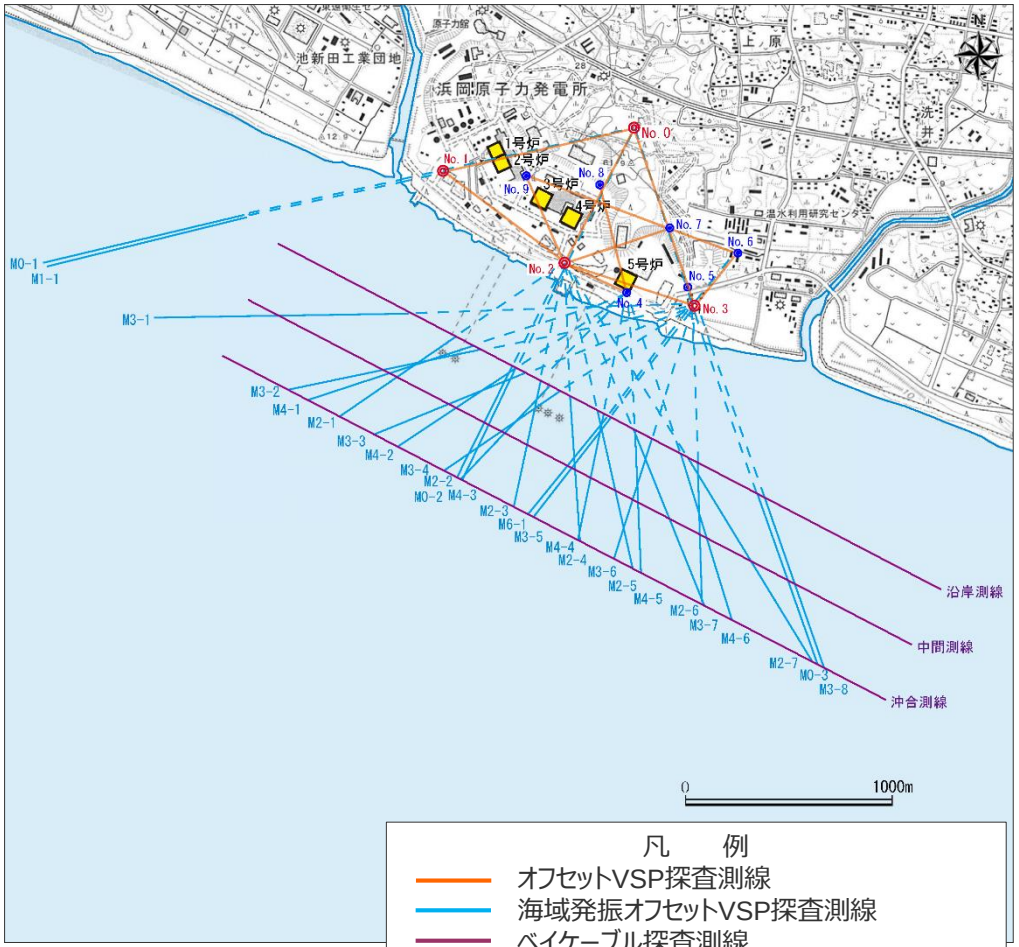
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

調査概要

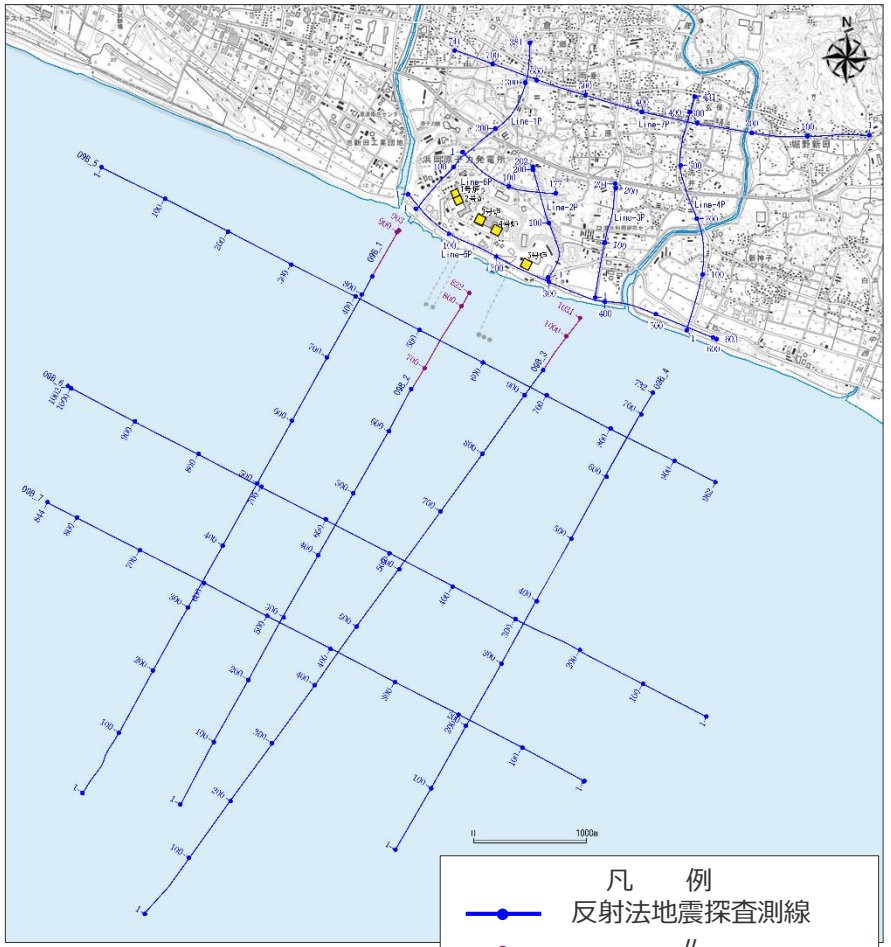
第164回
資料2 p.24一部修正

○ 浜岡原子力発電所では、敷地近傍の浅部地盤のS波速度構造の把握を目的に、速度構造調査として複数の測線でオフセットVSP探査、海域発振オフセットVSP探査、ベイケーブル探査を実施し、地質構造調査として反射法地震探査、ボーリング調査・物理検層を実施している。

・調査結果は、第128回審査会合机上配布資料、第871回審査会合机上配布資料1・2参照。



（国土地理院1:25,000地形図に各号炉位置、敷地近傍で実施した地下構造調査の位置を加筆）



（国土地理院1:25,000地形図に各号炉位置、敷地近傍で実施した地下構造調査の位置を加筆）

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

・箱書き「地震観測記録に基づく5号炉周辺の増幅要因の考察を踏まえて、」を削除。
・下線（＿＿）は、一部修正箇所を示す。

調査の仕様

●速度構造調査

・オフセットVSP探査

	発振源	仕様	発振間隔
P波	起振車（バイブロサイス車） 18t×1台	起振マス　：3t（最大荷重約13.6t） 発振周波数　：8～60Hz程度 発振時間　：20秒×（5～30回）	約100m
S波	起振車（バイブロサイス車） 18t×1台	起振マス　：0.7t（最大荷重約13.6t） 発振周波数　：4～30Hz程度 発振時間　：20秒×（5～30回）	約100m

	受振器	仕様	受振間隔
孔内	多連式孔中3成分受振器	3成分速度計（固有周波数：15Hz）	約15m
地表	独立式地震計	3成分速度計（固有周波数：10Hz）	約50m

・海域発振オフセットVSP探査

発振源	仕様	発振間隔
エアガン	460cu.in（汀線側の水深が浅い区間は260cu.in）	約50m

	受振器	仕様	受振間隔
孔内	多連式孔中3成分受振器	3成分速度計（固有周波数：15Hz）	約15m

・ベイケーブル探査

発振源	仕様	発振間隔
エアガン	460cu.in（汀線側の水深が浅い区間は260cu.in）	約20m（海底受振）

受振器	仕様	受振間隔
ＯＢＣ（ベイケーブル）	圧電素子	約10m

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

調査の仕様

●地質構造調査

・反射法地震探査

		発振源	仕様	発振間隔
海域部		エアガン	460cu.in 40cu.in（汀線側の水深が浅い区間）	約12.5m（沖合） 約10m（沿岸）
陸域部	P波	起振車（油圧インパクタ） 6t×1台	ロッド重量　：200kg 最大圧力　：10気圧 総重量　：6t	約10m
		起振車（バイブロサイス車） 8t×1台	起振マス　：0.8t（最大荷重約8t） 発振周波数　：10～110Hz程度 発振時間　：18秒×（7～10回）	約10m
	S波	起振車（バイブロサイス車） 18t×1台	起振マス　：0.7t（最大荷重約13.6t） 発振周波数　：10～50Hz程度 発振時間　：20秒×（10～20回）	約10m

		受振器	仕様	受振間隔
海域部	沖合	ハイドロフォン	圧電素子	約12.5m
	沿岸	ＯＢＣ（ベイケーブル）	圧電素子	約10m
陸域部		有線式地震計	3成分速度計（固有周波数：10Hz）	約10m（P波） 約20m（S波）

・ボーリング調査、物理検層

深度	掘削本数	測定物性
500～700m	6本	PS検層（ダウンホール法、サスペンション法）、密度検層、温度検層

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

第128回
資料1 p.55一部修正

オフセットVSP探査データを用いた速度構造解析の解析条件

	初動トモグラフィックインバージョン解析		フルウェーブインバージョン解析※
	陸域部	海域部	
格子分割サイズ	４ｍ	１０ｍ	４ｍ
解析データ	初動走時	初動走時	初動走時より2sの波形
フォワードモデリング解析	アイコナールの差分解法（Vidale(1988)）	アイコナールの差分解法（Vidale(1988)）	2次元の波動方程式（AcousticEquation）
インバージョン解析	同時反復再構成法（ＳＩＲＴ法）	同時反復再構成法（ＳＩＲＴ法）	最急降下法
初期速度構造モデル	水平成層構造	水平成層構造	初動トモグラフィ解析結果

※ フルウェーブインバージョン解析の結果については補足説明資料①-06参照。

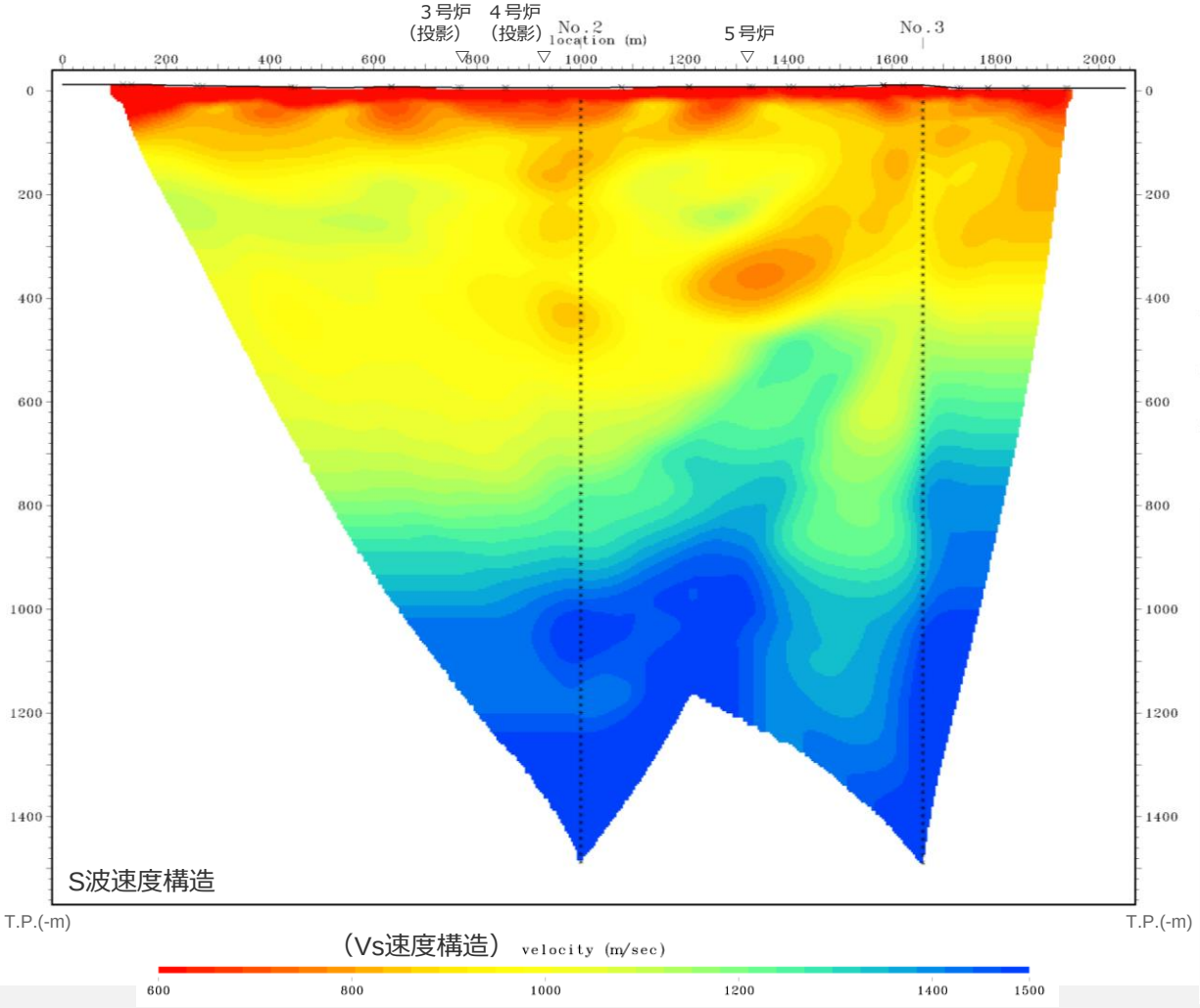
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

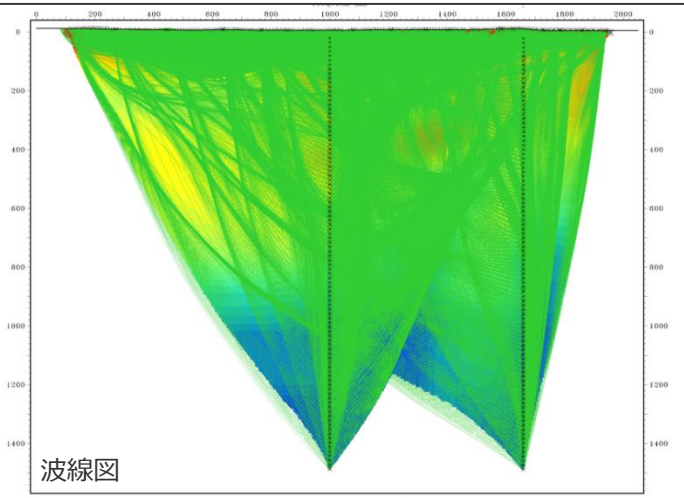
<補足説明資料①-05 敷地近傍の地下構造（浅部）の調査>

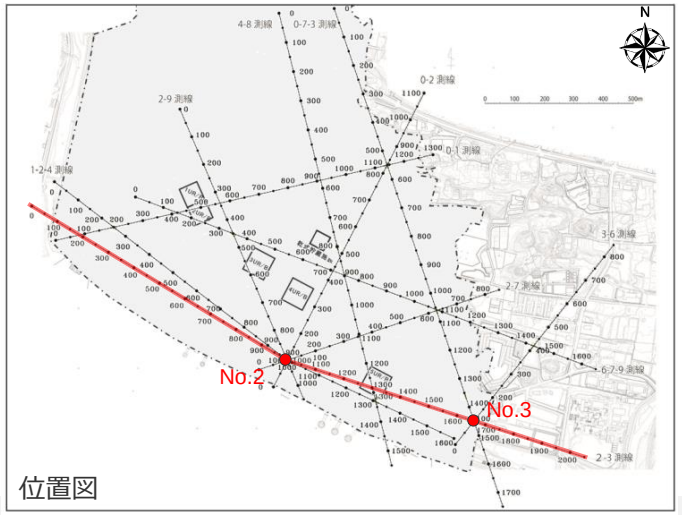
第164回
資料2 p.27一部修正

敷地近傍の速度構造（オフセットVSP探査結果）
（S波速度構造（2-3測線））

○No.2孔及びNo.3孔を利用し、オフセットVSP（Multi-Well,multi-offset/Walkaway VSP）で収録したS波の初動データを用い、初動トモグラフィックインバージョン解析によりS波速度構造を検討。
○敷地東側を東西方向に位置する2-3測線のS波初動トモグラフィックインバージョン解析結果によると、No.2孔とNo.3孔の間、深度200～400m付近に周囲に比べて顕著にS波速度が低下した構造が確認される。







Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

・位置図を修正。

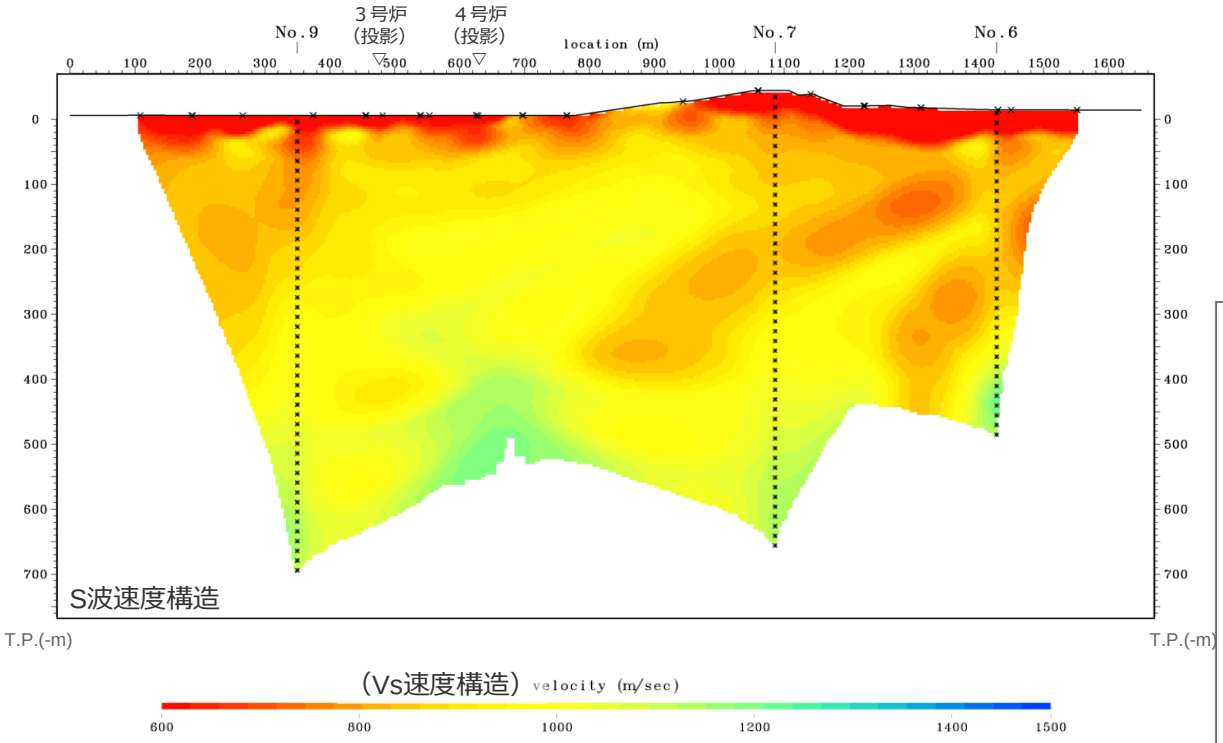
<補足説明資料①-05 敷地近傍の地下構造（浅部）の調査>

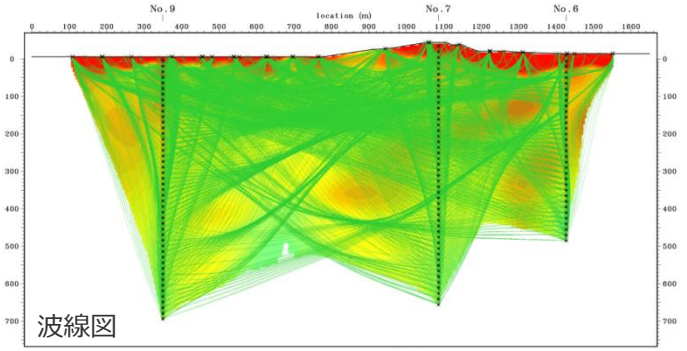
第164回
資料2 p.28一部修正

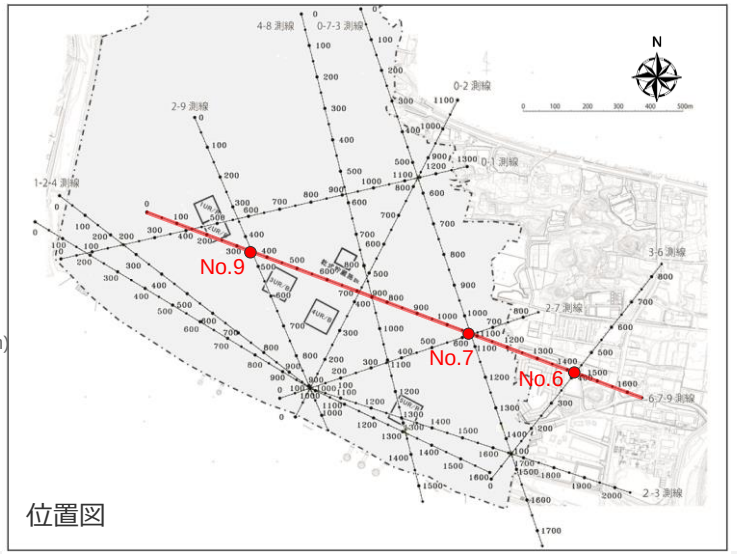
敷地近傍の速度構造（オフセットVSP探査結果）

（S波速度構造（6-7-9測線））

○No.6孔、No.7孔及びNo.9孔を利用し、オフセットVSP（Multi-Well,multi-offset/Walkaway VSP）で収録したS波の初動データを用い、初動トモグラフィックインバージョン解析によりS波速度構造を検討。
○敷地中央部を東西方向に位置する6-7-9測線のS波初動トモグラフィックインバージョン解析結果によると、No.6孔からNo.7孔の西側にかけての深度100～400m付近に周囲に比べて顕著にS波速度が低下した構造が確認され、その西側は深度方向に漸増している。







Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

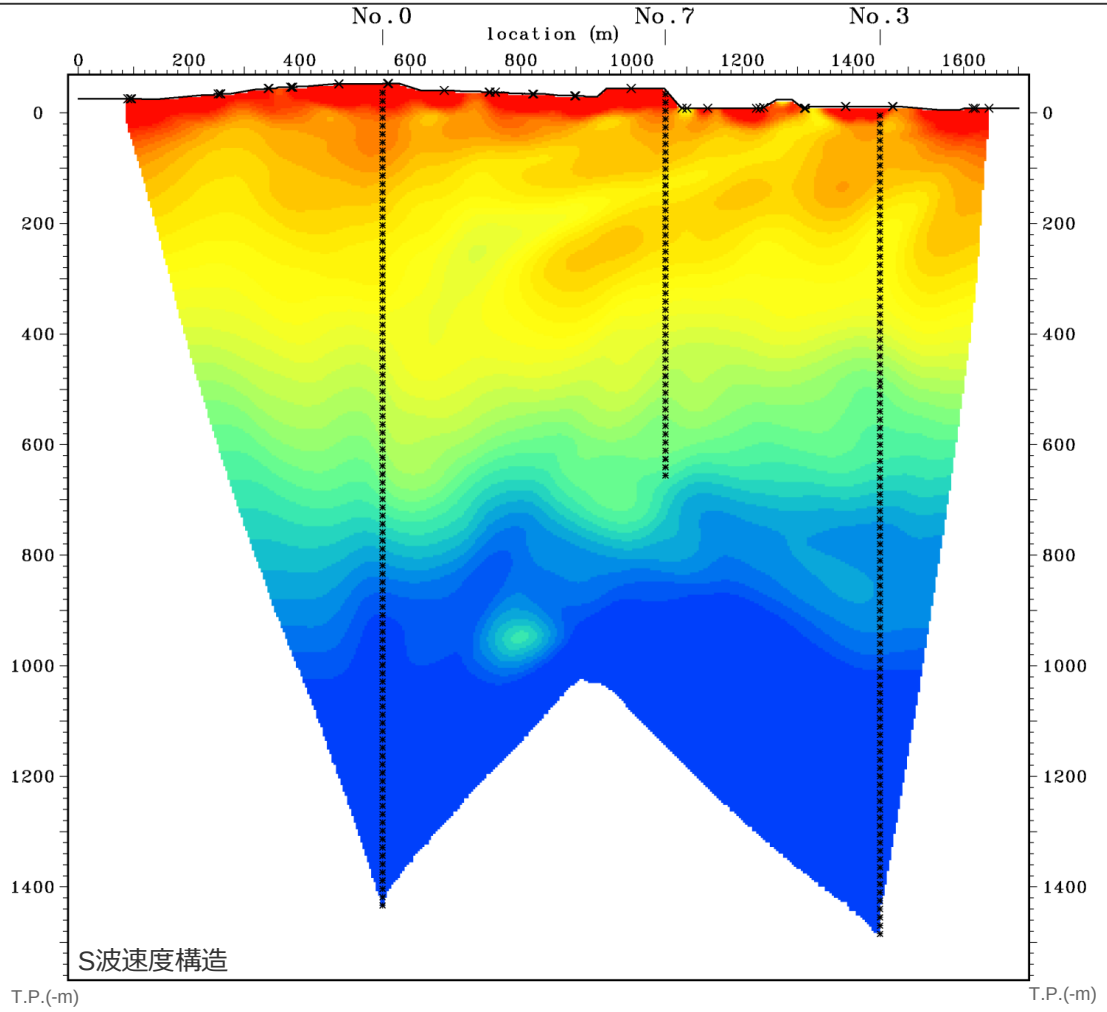
・位置図を修正。

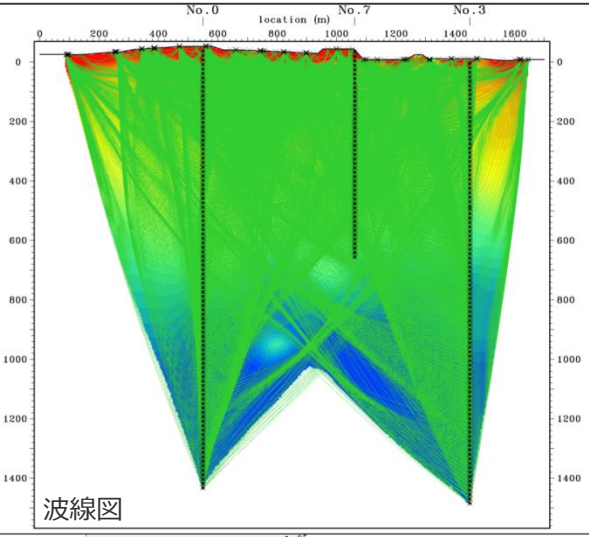
<補足説明資料①-05 敷地近傍の地下構造（浅部）の調査>

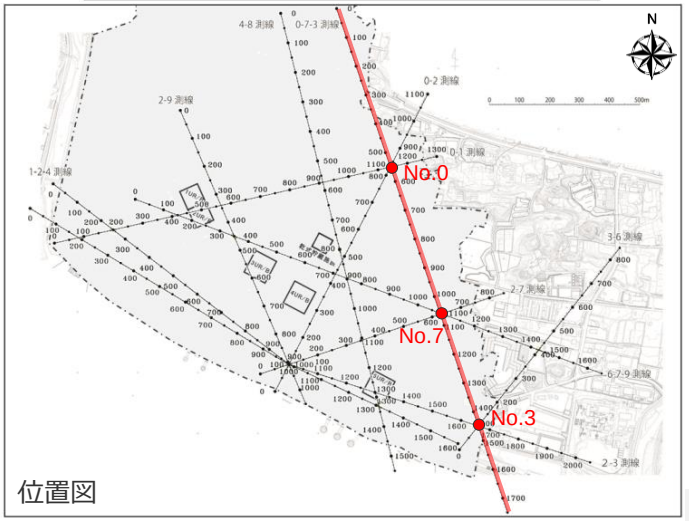
第164回
資料2 p.29一部修正

敷地近傍の速度構造（オフセットVSP探査結果）
（S波速度構造（0-7-3測線））

○No.0孔、No.7孔及びNo.3孔を利用し、オフセットVSP（Multi-Well,multi-offset/Walkaway VSP）で収録したS波の初動データを用い、初動トモグラフィックインバージョン解析によりS波速度構造を検討。
○敷地東側を南北方向に位置する0-7-3測線のS波初動トモグラフィックインバージョン解析結果によると、No.3孔からNo.7孔の北側にかけての深度100～300m付近に周囲に比べてS波速度が低下した構造が確認され、それより北側は深度方向に漸増している。







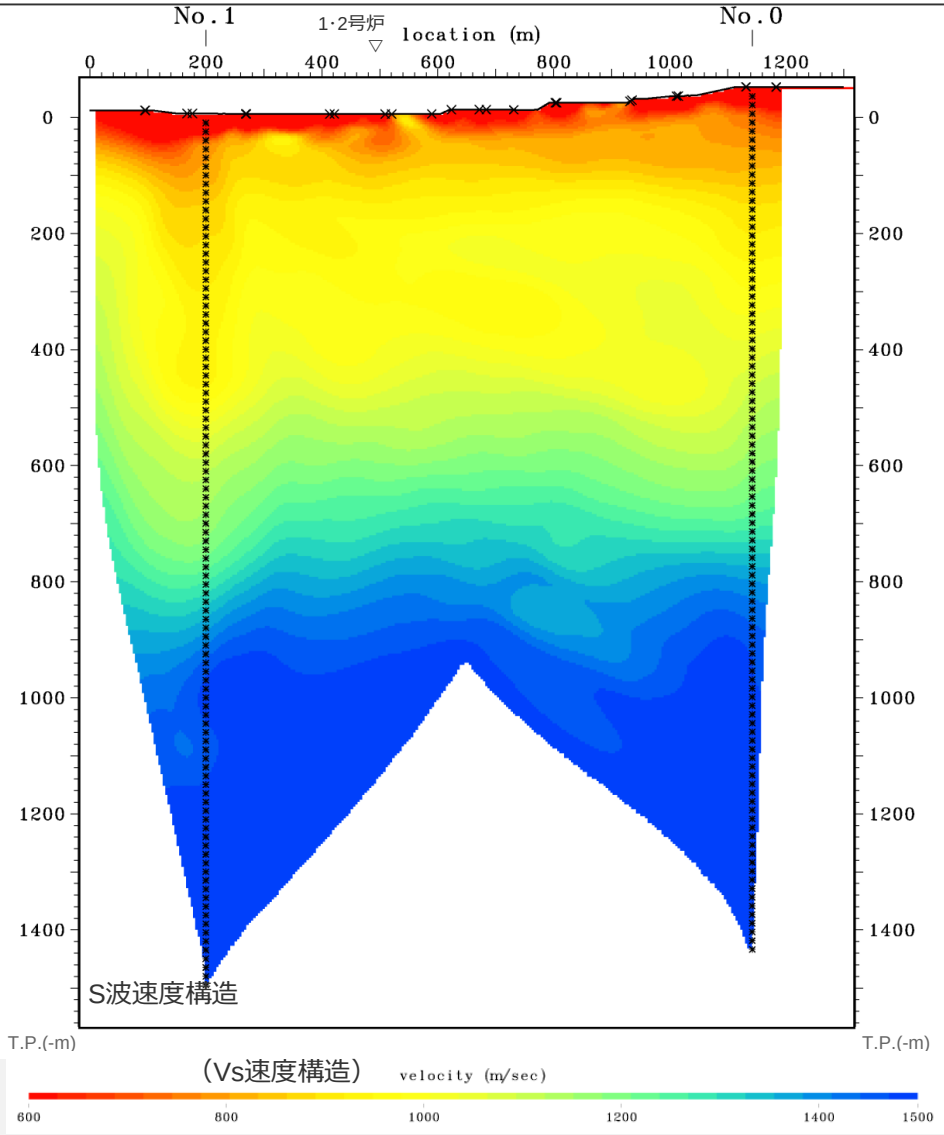
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved. ・位置図を修正。

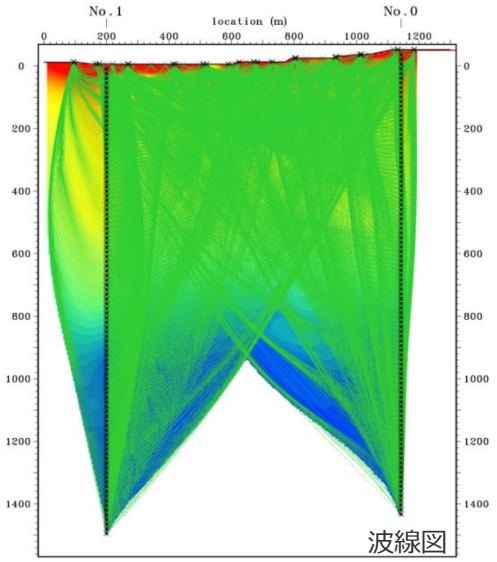
<補足説明資料①-05 敷地近傍の地下構造（浅部）の調査>

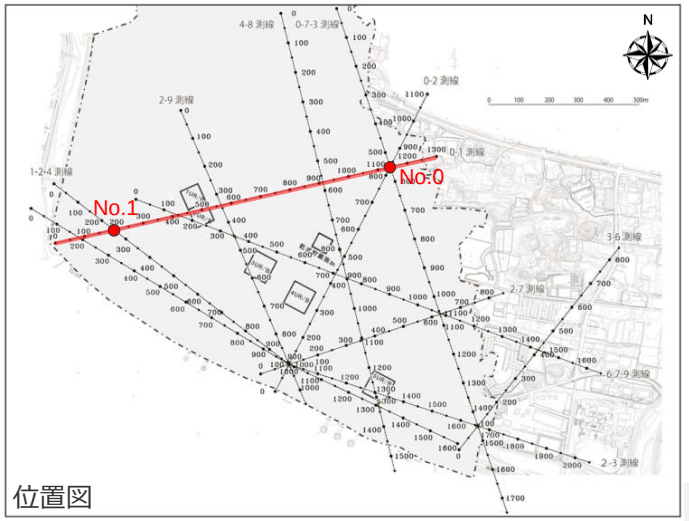
第164回
資料2 p.30一部修正

敷地近傍の速度構造（オフセットVSP探査結果）
（S波速度構造（0-1測線））

○No.0孔及びNo.1孔を利用し、オフセットVSP（Multi-Well,multi-offset/Walkaway VSP）で収録したS波の初動データを用い、初動トモグラフィックインバージョン解析によりS波速度構造を検討。
○敷地西側を東西方向に位置する0-1測線のS波初動トモグラフィックインバージョン解析結果によると、S波速度は深度方向に漸増している。







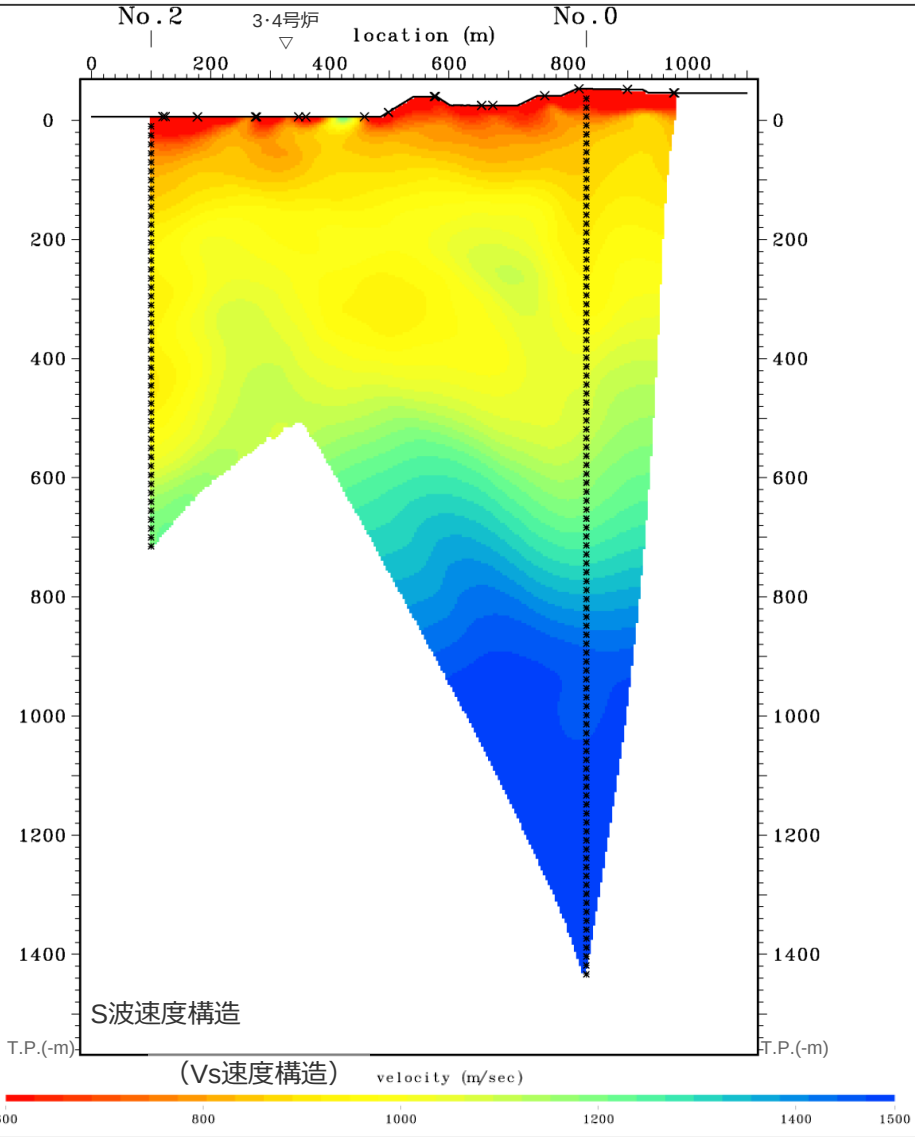
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved. ･位置図を修正。

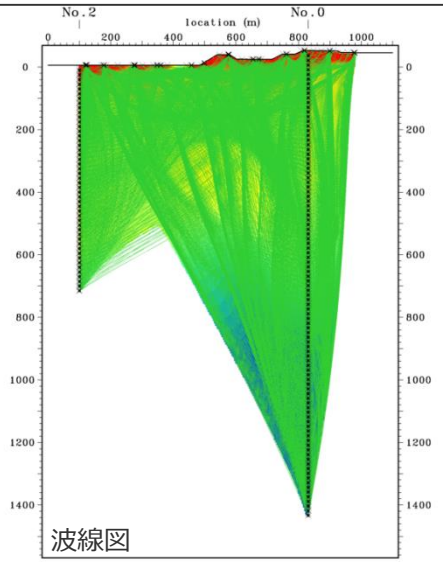
<補足説明資料①-05 敷地近傍の地下構造（浅部）の調査>

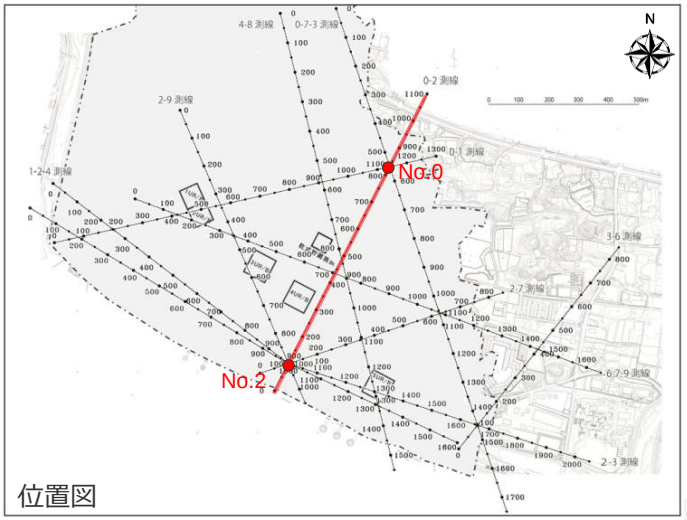
敷地近傍の速度構造（オフセットVSP探査結果）
（S波速度構造（0-2測線））

第164回
資料2 p.31一部修正

○No.0孔及びNo.2孔を利用し、オフセットVSP（Multi-Well,multi-offset/Walkaway VSP）で収録したS波の初動データを用い、初動トモグラフィックインバージョン解析によりS波速度構造を検討。
○敷地中央を南北方向に位置する0-2測線のS波初動トモグラフィックインバージョン解析結果によると、S波速度は深度方向に漸増している。







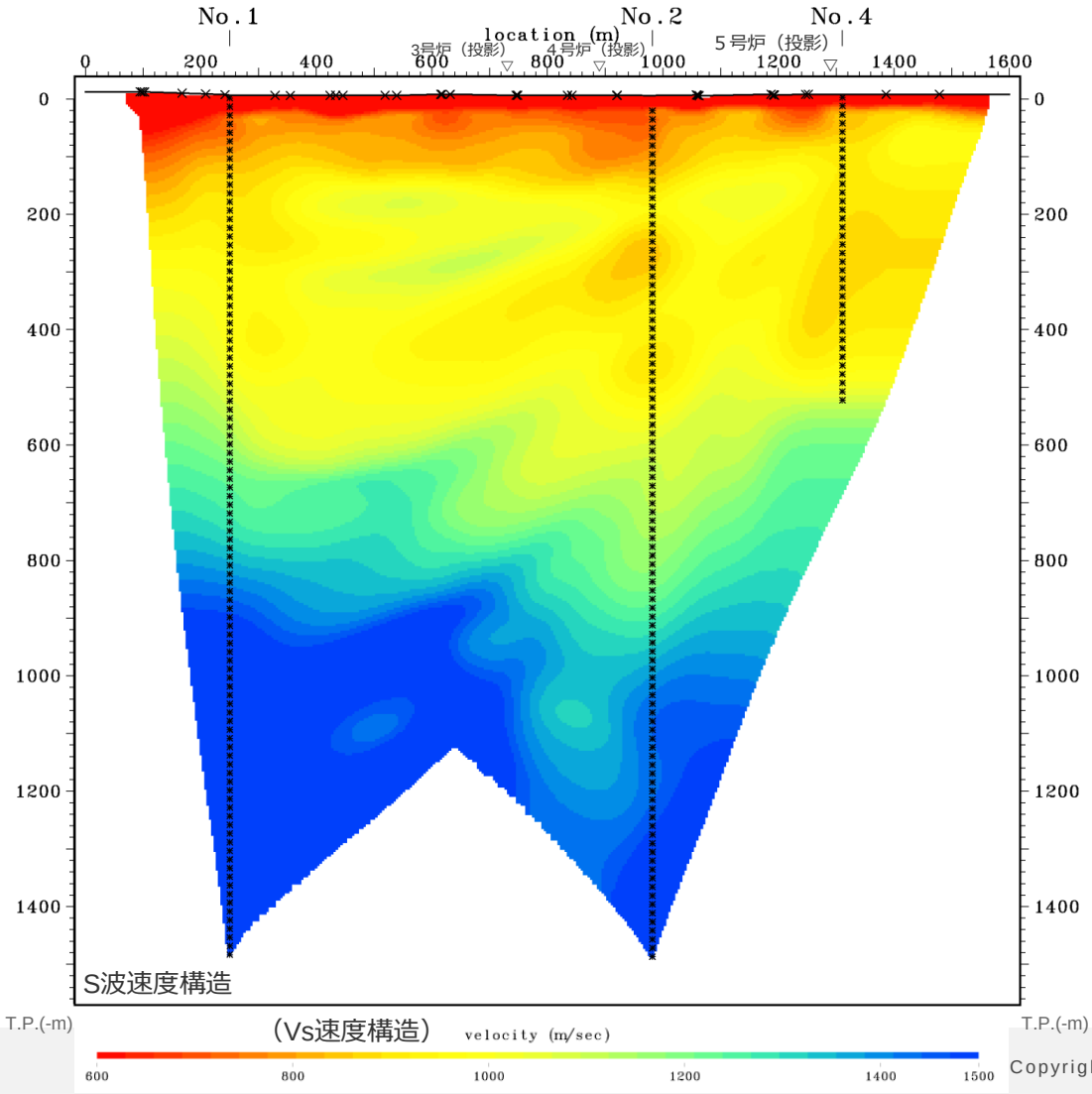
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved. ・位置図を修正。

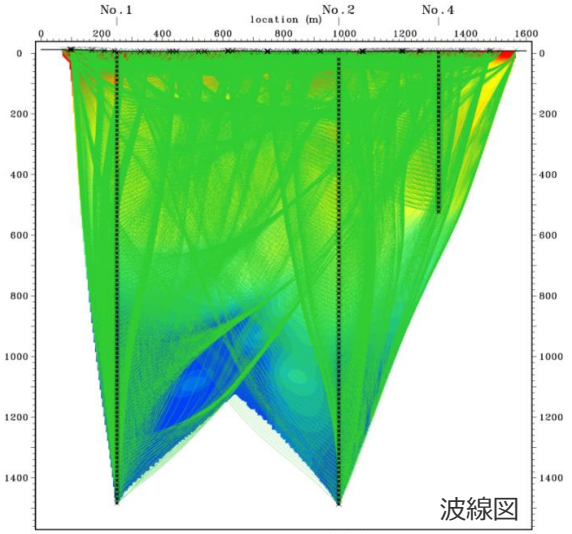
<補足説明資料①-05 敷地近傍の地下構造（浅部）の調査>

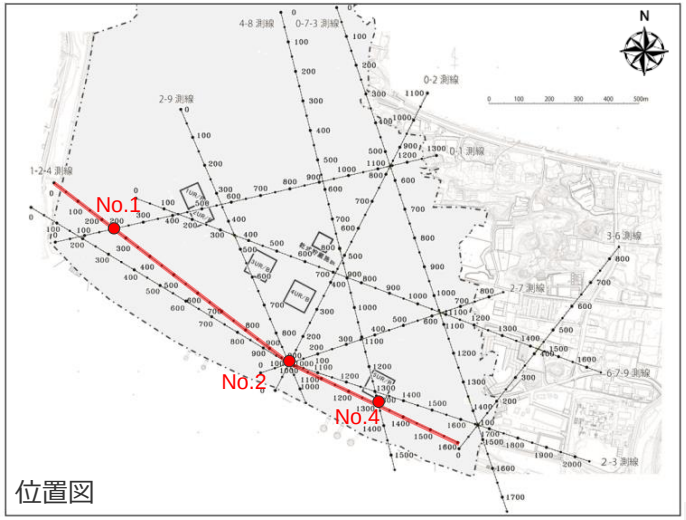
第164回
資料2 p.32一部修正

敷地近傍の速度構造（オフセットVSP探査結果）
（S波速度構造（1-2-4測線））

○No.1孔、No.2孔及びNo.4孔を利用し、オフセットVSP（Multi-Well,multi-offset/Walkaway VSP）で収録したS波の初動データを用い、初動トモグラフィックインバージョン解析によりS波速度構造を検討。
○敷地西側を東西方向に位置する1-2-4測線のS波初動トモグラフィックインバージョン解析結果によると、S波速度は概ね深度方向に漸増している。





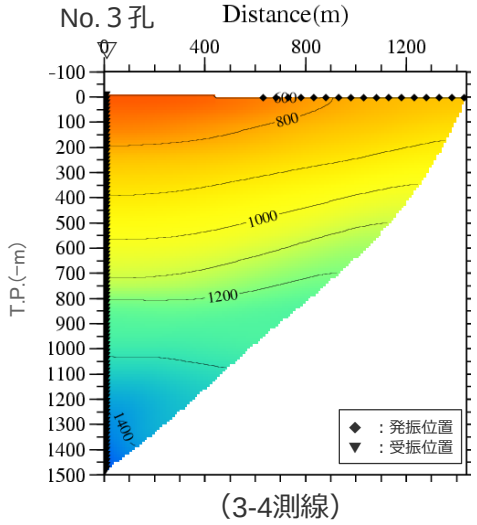


Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved. ・位置図を修正。

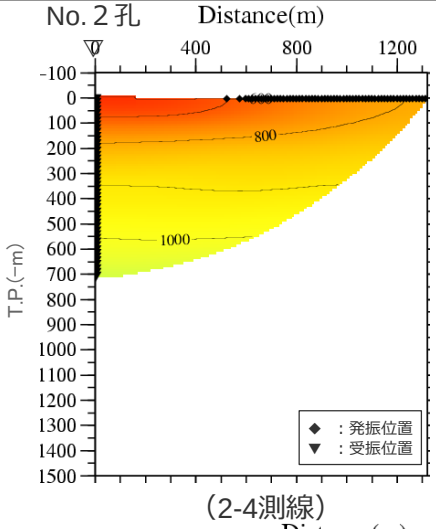
第532回
資料1-2 p.6一部修正

敷地近傍の速度構造（海域オフセットVSP探査結果）（S波速度構造）

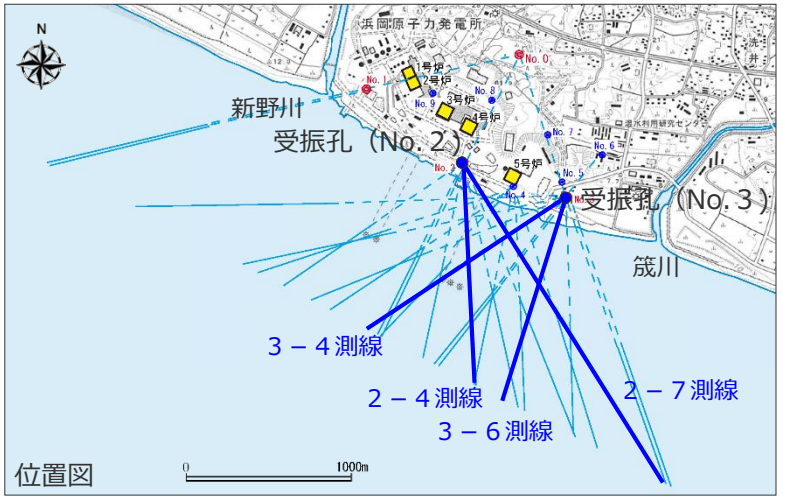
○陸域のボーリング孔を利用し、オフセットVSP（multi-offset/Walkaway VSP）で収録したエアガンにより発生する変換SV波の初動データを用い、初動トモグラフィックインバージョン解析によりS波速度構造を検討。
○P-SV変換波を用いた初動トモグラフィックインバージョン解析結果によると、いずれの測線においても、概ね深度方向に漸増している。



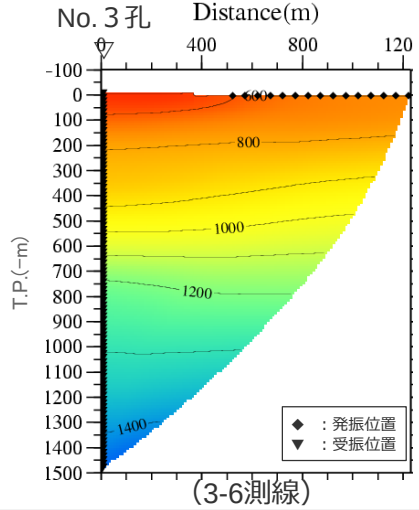
（3-4測線）



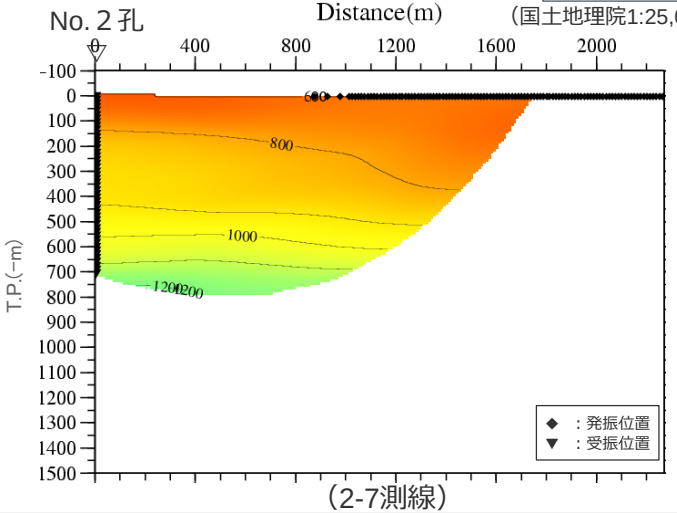
（2-4測線）



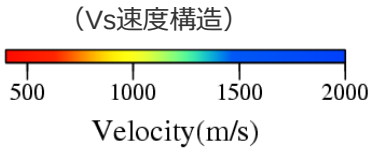
（国土地理院1:25,000地形図に各号炉位置、敷地近傍で実施した地下構造調査の位置を加筆）



（3-6測線）



（2-7測線）



Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

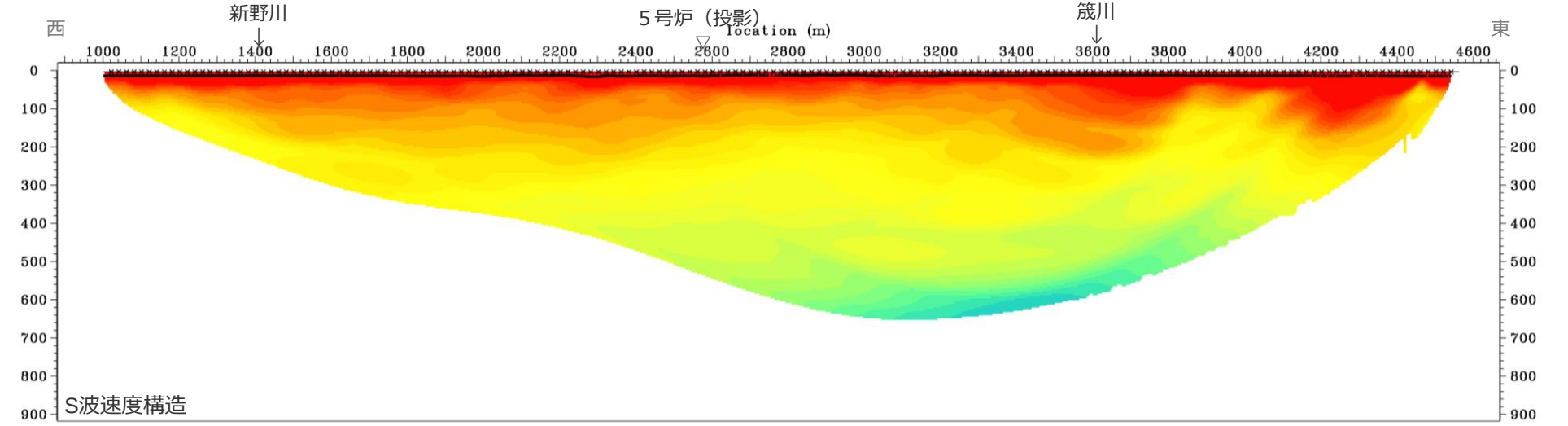
・下線（　）は、一部修正箇所を示す。

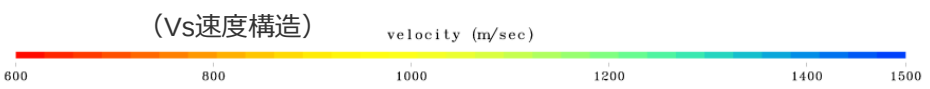
<補足説明資料①-05 敷地近傍の地下構造（浅部）の調査>

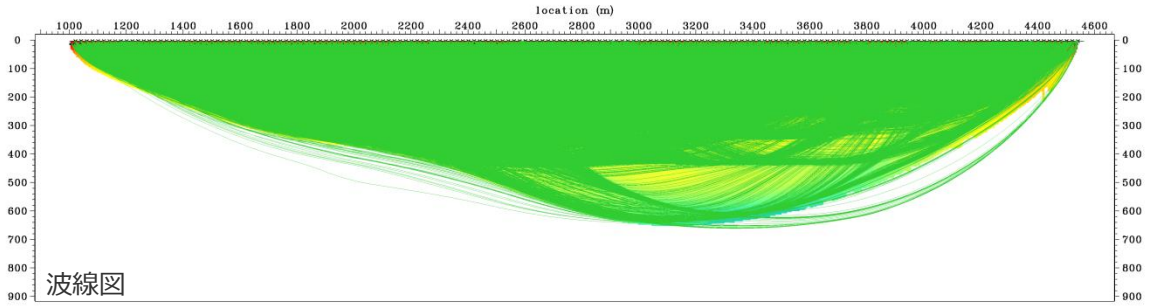
第164回
資料2 p.33一部修正

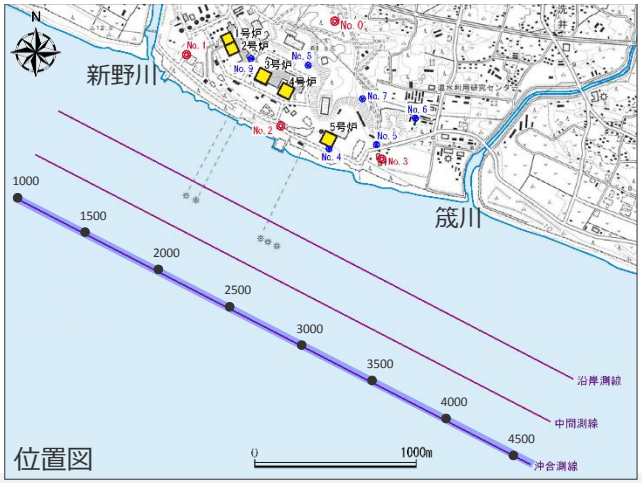
敷地近傍の速度構造（ベイケーブル探査結果）
（S波速度構造（沖合測線））

○エアガンにより発生する変換SV波を用いた屈折波トモグラフィ解析を実施し、S波速度構造を検討。
○P-SV変換波を用いた沖合測線の屈折波トモグラフィックインバージョン解析結果によると、河川の河口延長部にあたる海域では速度のやや遅い領域が浅部に見られるが、それ以外は概ね深度方向に漸増している。
○なお、河口付近のやや速度の遅い領域は、河口付近に堆積する表層の影響と思われる。









（国土地理院1:25,000地形図に各号炉位置、敷地近傍で実施した地下構造調査の位置を加筆）
・下線（＿＿）は、一部修正箇所を示す。

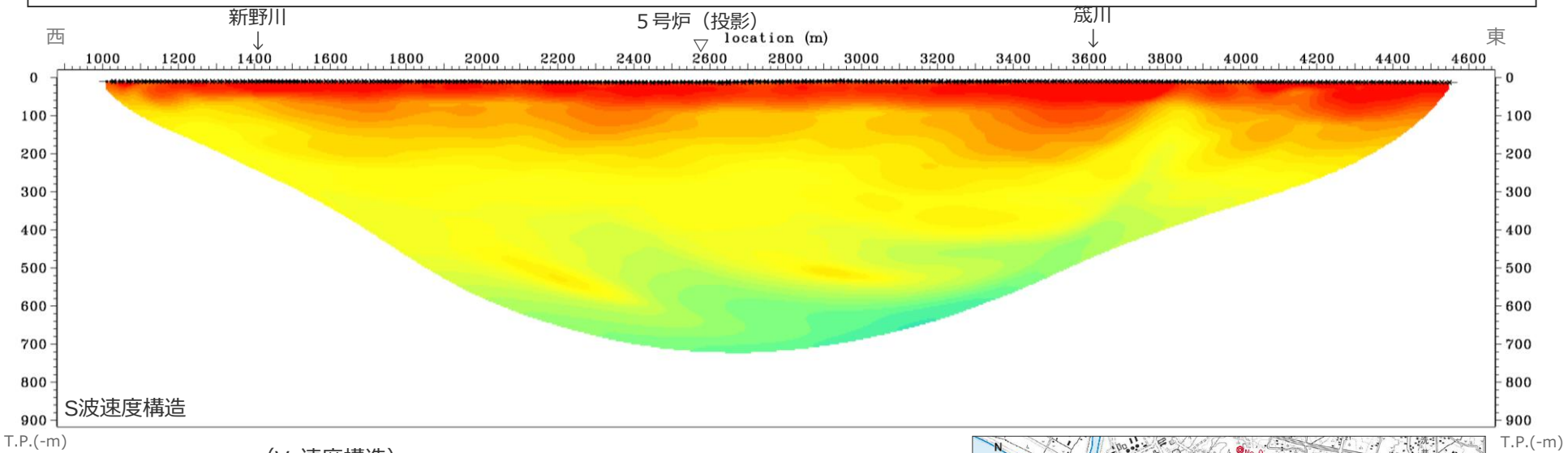
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

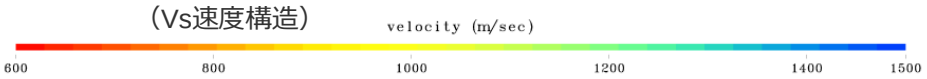
<補足説明資料①-05 敷地近傍の地下構造（浅部）の調査>

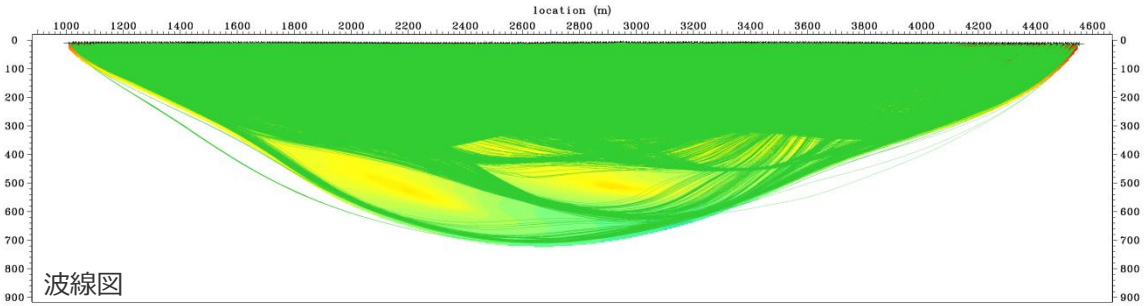
第164回
資料2 p.34一部修正

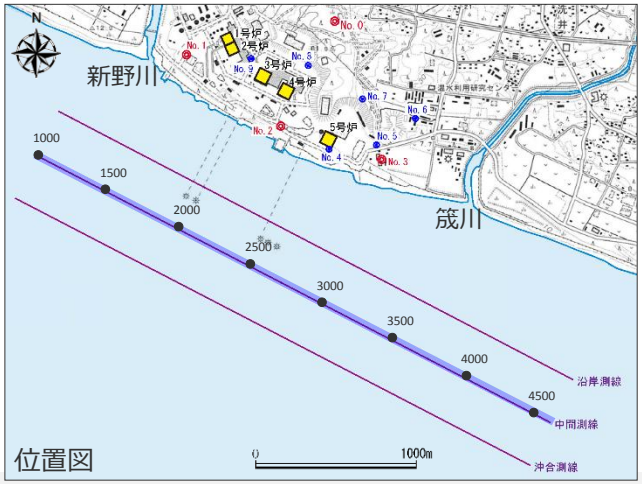
敷地近傍の速度構造（ベイケーブル探査結果）
（S波速度構造（中間測線））

○エアガンにより発生する変換SV波を用いた屈折波トモグラフィ解析を実施し、S波速度構造を検討。
○P-SV変換波を用いた中間測線の屈折波トモグラフィックインバージョン解析結果によると、河川の河口延長部にあたる海域では速度のやや遅い領域が浅部に見られるが、それ以外は概ね深度方向に漸増している。
○なお、河口付近のやや速度の遅い領域は、河口付近に堆積する表層の影響と思われる。









（国土地理院1:25,000地形図に各号炉位置、敷地近傍で実施した地下構造調査の位置を加筆）
・下線（＿＿）は、一部修正箇所を示す。

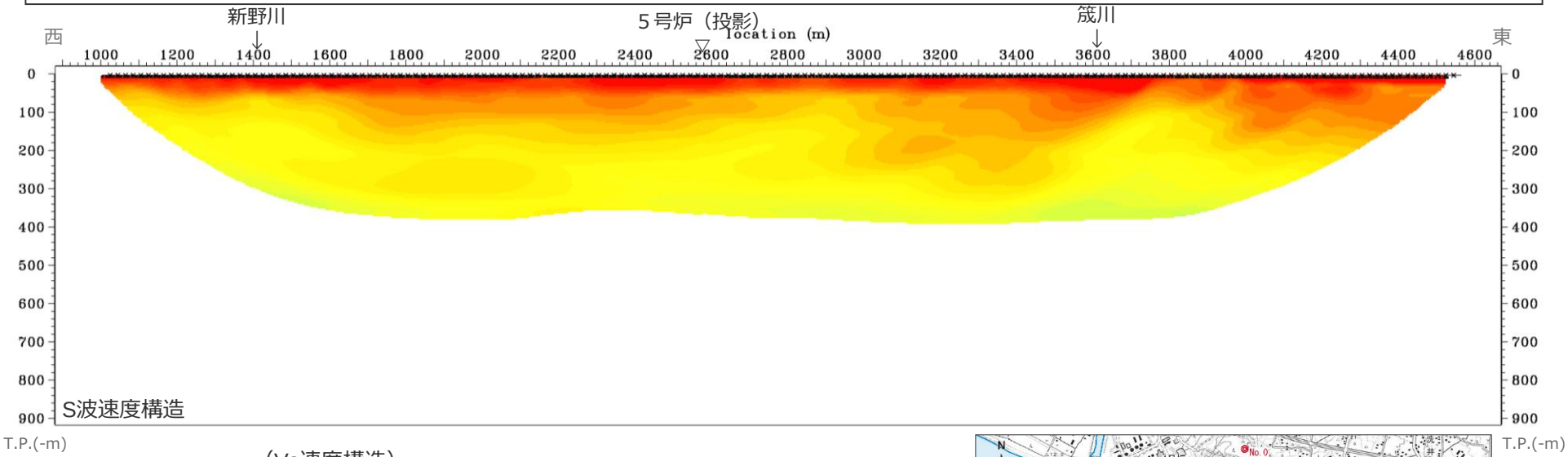
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

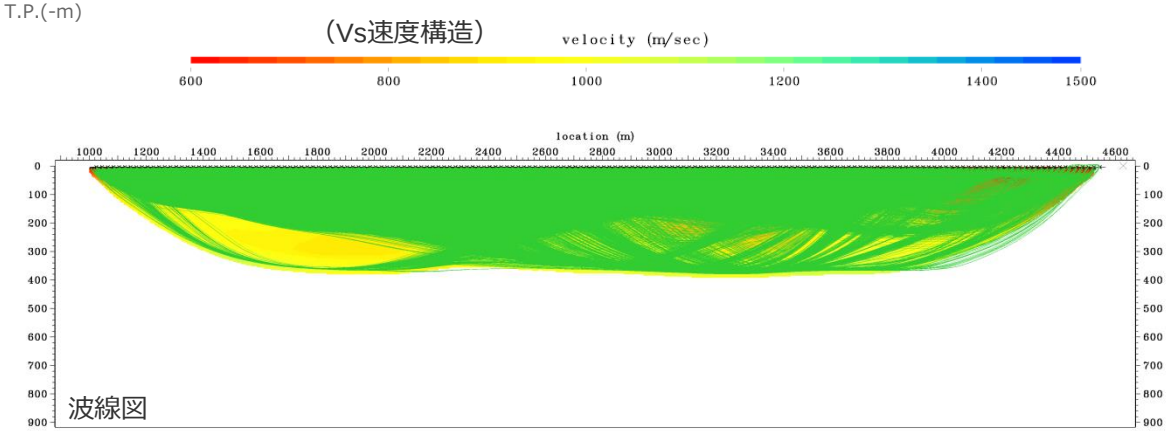
<補足説明資料①-05 敷地近傍の地下構造（浅部）の調査>

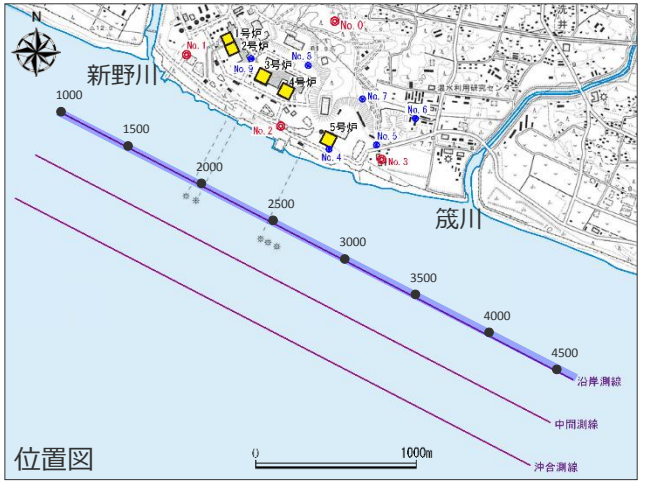
第164回
資料2 p.35一部修正

敷地近傍の速度構造（ベイケーブル探査結果）
（S波速度構造（沿岸測線））

○エアガンにより発生する変換SV波を用いた屈折波トモグラフィ解析を実施し、S波速度構造を検討。
○P-SV変換波を用いた沿岸測線の屈折波トモグラフィックインバージョン解析結果によると、河川の河口延長部にあたる海域では速度のやや遅い領域が浅部に見られるが、それ以外は概ね深度方向に漸増している。
○なお、河口付近のやや速度の遅い領域は、河口付近に堆積する表層の影響と思われる。







（国土地理院1:25,000地形図に各号炉位置、敷地近傍で実施した地下構造調査の位置を加筆）

・下線（＿＿）は、一部修正箇所を示す。

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

<補足説明資料①-05 敷地近傍の地下構造（浅部）の調査>

敷地近傍の速度構造（オフセットVSP探査結果）

（S波の初動トモグラフィ解析結果に関する検討）

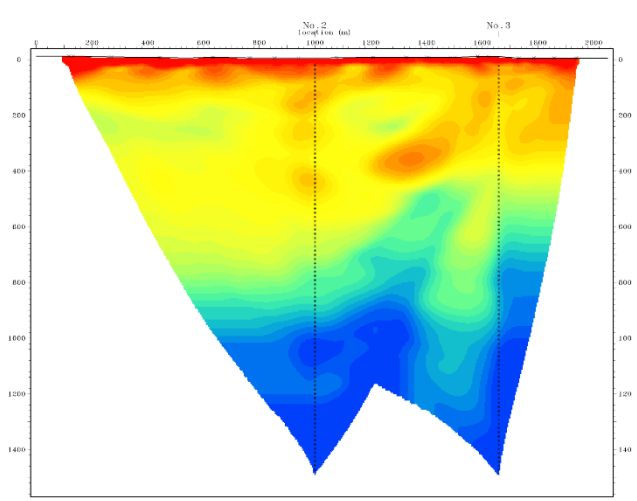
第164回
資料2 p.37一部修正

○陸域の測線（2-3測線、6-7-9測線、0-7-3測線）で確認された、周囲に比べてS波速度が顕著に低下した構造は、地震動の増幅（５号炉周辺の増幅）に影響を及ぼすことが考えられる。

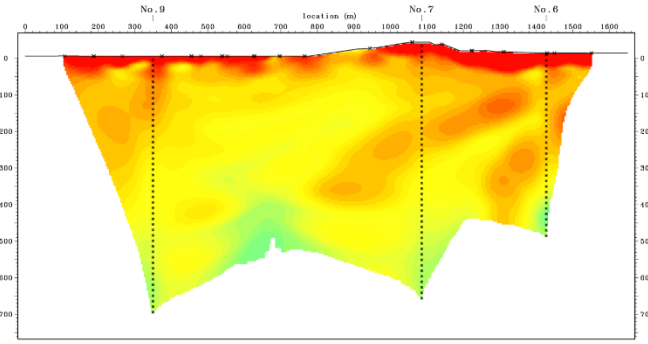
○そこで、これらの構造の信頼性を評価するため、チェッカーボードテスト※1及びスパイクテスト※2による分解能の検討、並びに解析の初期条件（速度構造）が解析結果に与える影響を検討する。

※1：トモグラフィ解析で得られた速度構造の分解能を評価
※2：トモグラフィ解析で確認されたS波速度が顕著に低下した構造の信頼性を評価

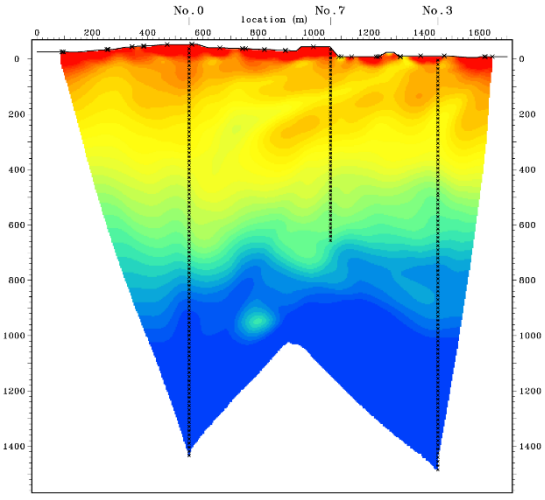
S波の初動トモグラフィ解析結果



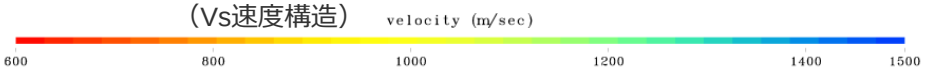
（2-3測線）



（6-7-9測線）



（0-7-3測線）



Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

・下線（＿）は、一部修正箇所を示す。
・凡例を追加。

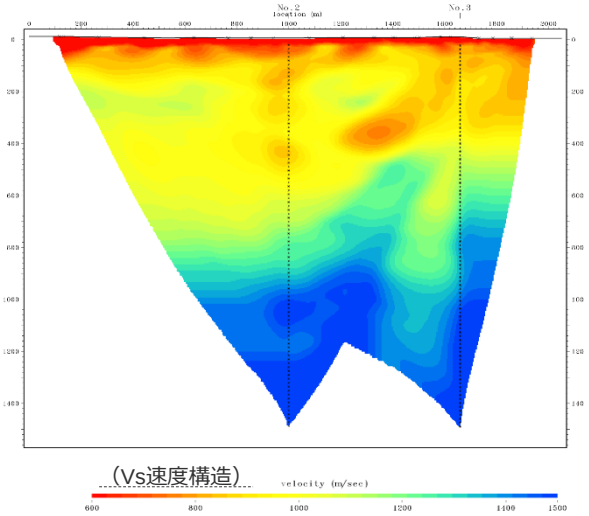
<補足説明資料①-05 敷地近傍の地下構造（浅部）の調査>

第164回
資料2 p.38一部修正

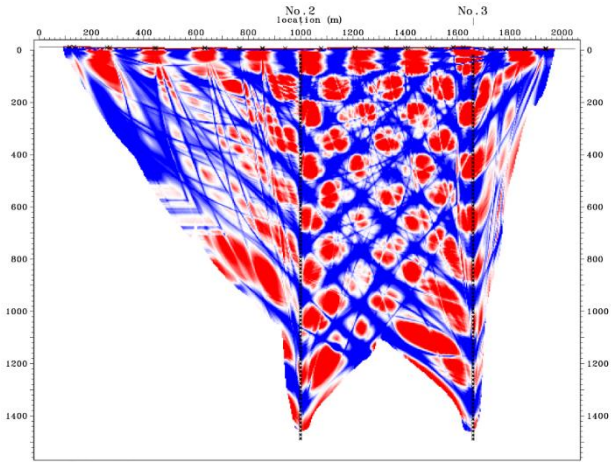
敷地近傍の速度構造（オフセットVSP探査結果）
（S波の初動トモグラフィ解析結果に関する検討（2-3測線））

○チェッカーボードテスト

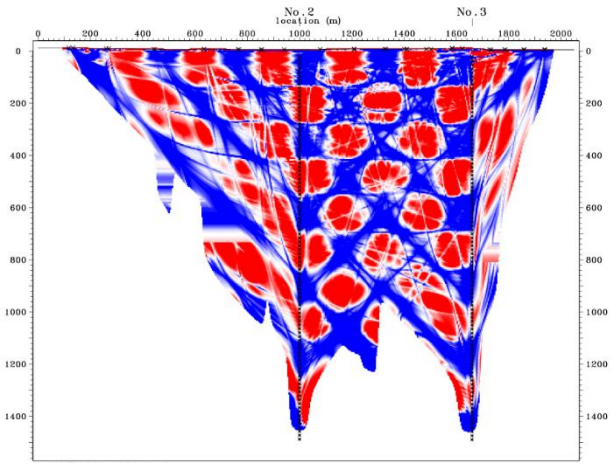
- 初動トモグラフィ解析結果の分解能を検討するため、使用した初期速度構造モデルに±5%の速度変化を格子状（100,140,180m）に与え、観測誤差を考慮しない理論走時でチェッカーボードテストを実施。なお、全波形の誤差のRMSが最少となった時点で解析は終了とした。
- No.2孔とNo.3孔のボーリング孔の間において、標高0m～標高-400mの領域ではチェッカーサイズ140mで、標高-400m～標高-800mの領域ではチェッカーサイズ180mで格子が概ね再現されている。
- これらの結果より、S波の初動解析結果においてNo.2孔とNo.3孔の間、深度200～400m付近に確認される周囲に比べて顕著にS波速度が低下した構造については、十分な分解能があると評価。
- なお、No.2孔付近にみられる若干速度が低下した構造については、その大きさに応じた格子が再現されていないことから、分解能は低いと考えられる。



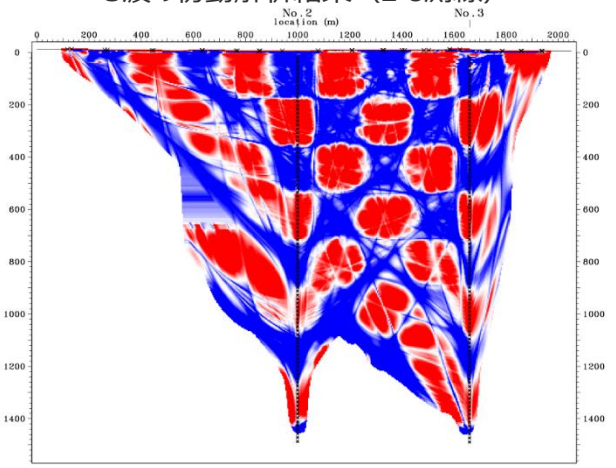
S波の初動解析結果（2-3測線）



CHECKER SIZE = 100m



CHECKER SIZE = 140m



CHECKER SIZE = 180m



Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

・下線（___）は、一部修正箇所を示す。

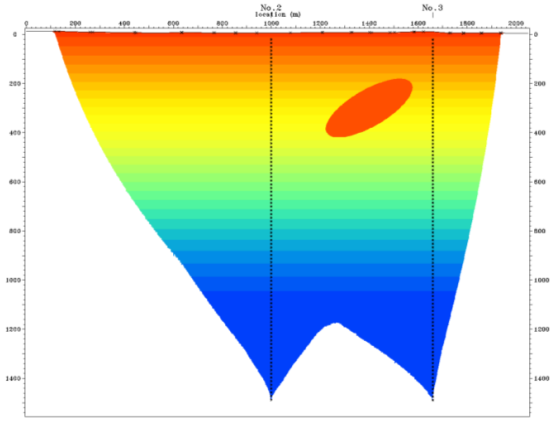
<補足説明資料①-05 敷地近傍の地下構造（浅部）の調査>

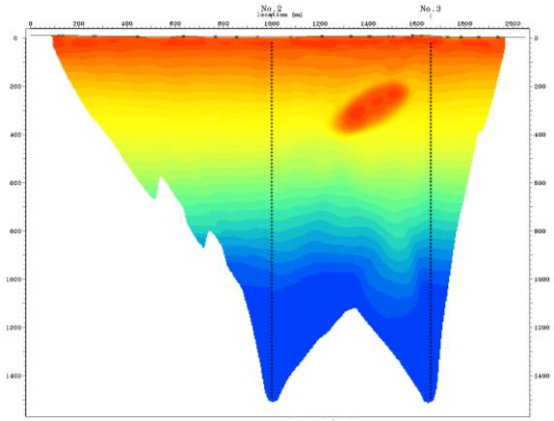
第164回
資料2 p.39一部修正

敷地近傍の速度構造（オフセットVSP探査結果）
（S波の初動トモグラフィ解析結果に関する検討（2-3測線））

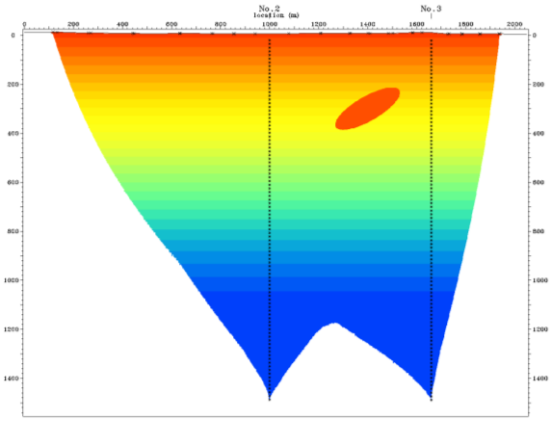
○スパイクテスト

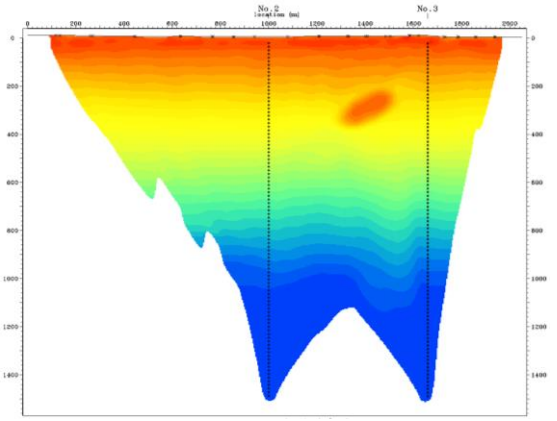
①速度異常域が400m×150m（700m/s）のモデル



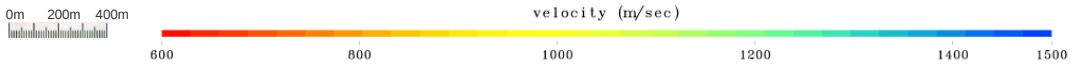


②速度異常域が300×100m（700m/s）のモデル



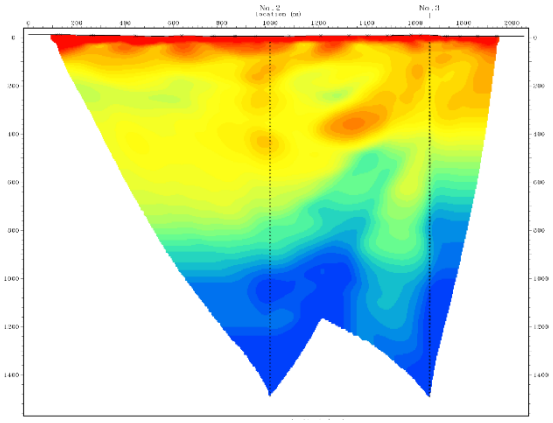


（Vs速度構造）



- 初動トモグラフィ解析結果で確認された顕著にS波速度が低下した構造の信頼性を検討するため、この構造を対象に、異なる大きさの速度異常域を有するモデルを設定し、スパイクテストを実施。
- その結果、いずれのモデルにおいても、速度境界は不明瞭になるものの、初期速度構造モデルとほぼ同様の位置に速度異常域が確認される。
- これらの結果から、S波の初動解析結果においてNo.2孔とNo.3孔の間、深度200～400m付近に確認された顕著にS波速度が低下した構造については、信頼性が高いと評価。

（上段：初期速度構造モデル
下段：トモグラフィ解析結果）



S波の初動解析結果（2-3測線）

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

敷地近傍の速度構造（オフセットVSP探査結果）
（S波の初動トモグラフィ解析結果に関する検討（2-3測線））

○初期速度構造の影響検討－１

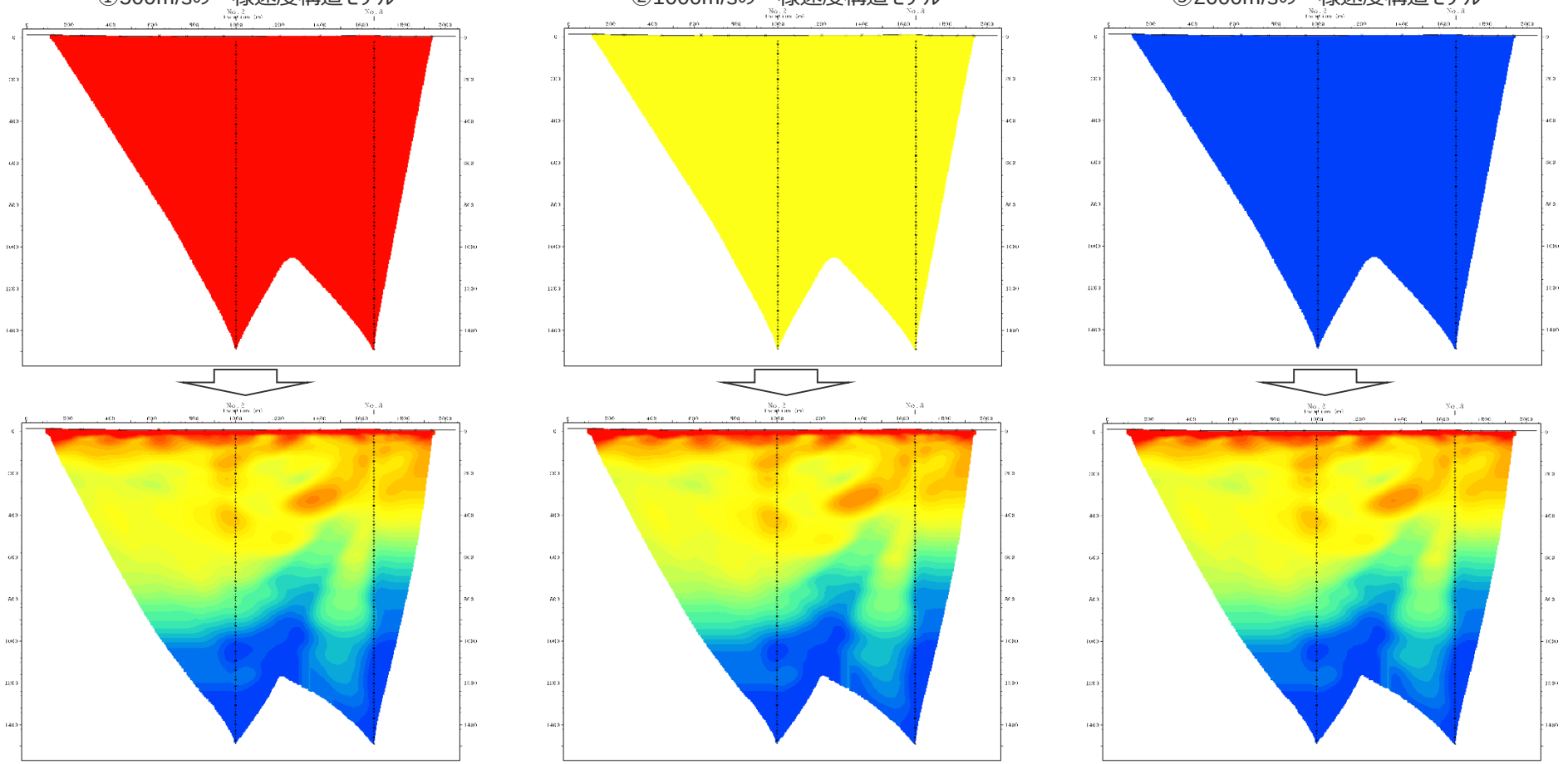
・解析の初期条件（速度構造）が解析結果に与える影響を検討するため、異なる一様速度構造モデル（500m/s、1000m/s、2000m/s）を用いてトモグラフィ解析を実施した。いずれのケースにおいても、同様の解析結果となっている。

（上段：初期速度構造モデル、下段：トモグラフィ解析結果）

①500m/sの一様速度構造モデル

②1000m/sの一様速度構造モデル

③2000m/sの一様速度構造モデル



Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

<補足説明資料①-05 敷地近傍の地下構造（浅部）の調査>

第164回
資料2 p.41再掲

敷地近傍の速度構造（オフセットVSP探査結果）

（S波の初動トモグラフィ解析結果に関する検討（2-3測線））

○初期速度構造の影響検討－2

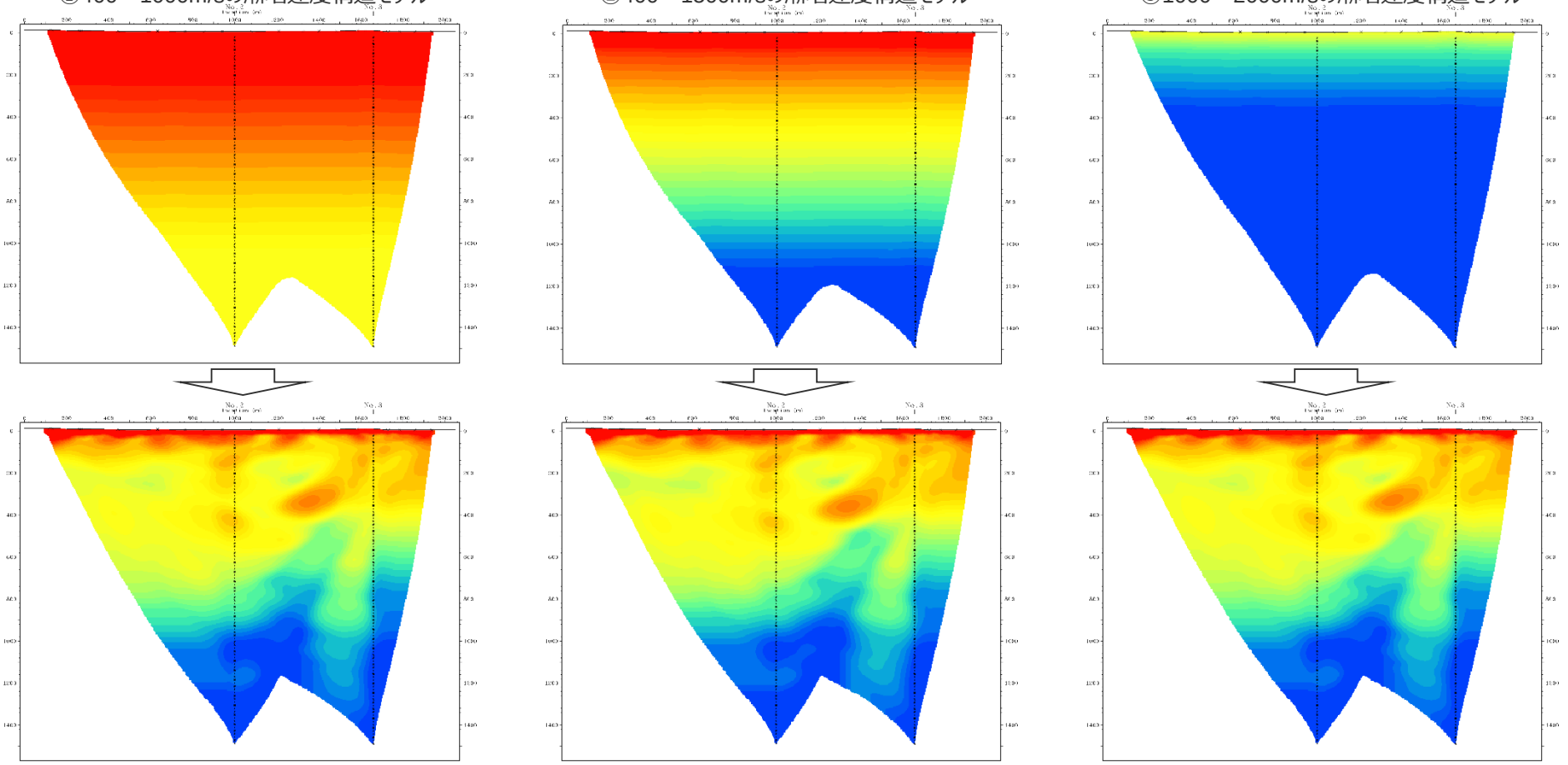
・解析の初期条件（速度構造）が解析結果に与える影響を検討するため、異なる漸増速度構造モデル（400～1000m/s、400～1500m/s、1000～2000m/s）を用いてトモグラフィ解析を実施した。いずれのケースにおいても、同様の解析結果となっている。

（上段：初期速度構造モデル、下段：トモグラフィ解析結果）

①400～1000m/sの漸増速度構造モデル

②400～1500m/sの漸増速度構造モデル

③1000～2000m/sの漸増速度構造モデル



Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

<補足説明資料①-05 敷地近傍の地下構造（浅部）の調査>

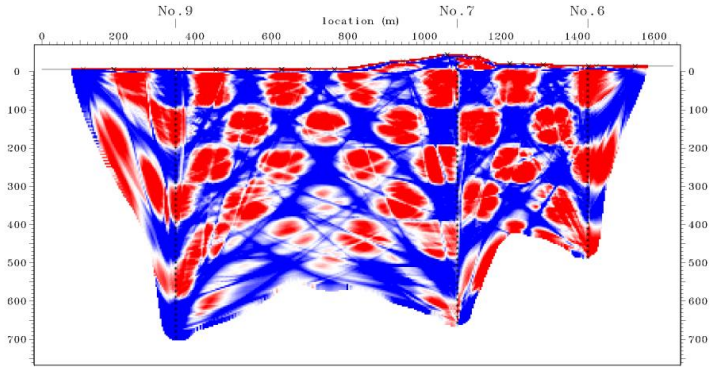
第164回
資料2 p.42一部修正

敷地近傍の速度構造（オフセットVSP探査結果）

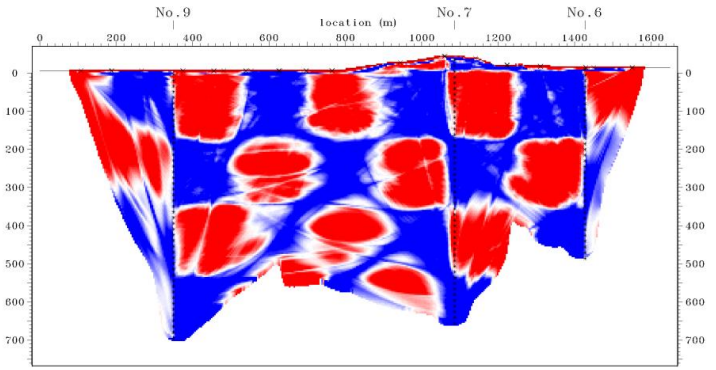
（S波の初動トモグラフィ解析結果に関する検討（6-7-9測線））

○チェッカーボードテスト

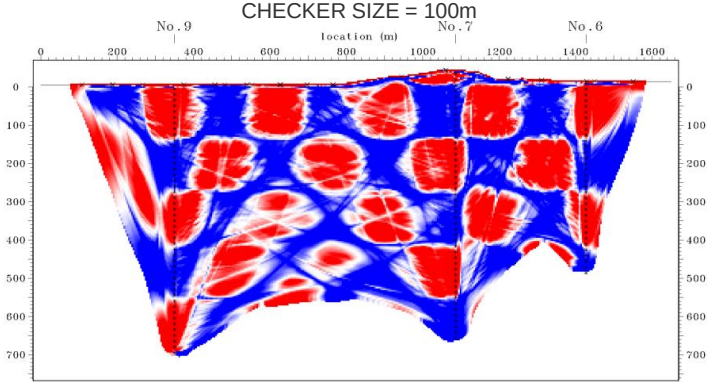
- 初動トモグラフィ解析結果の分解能を検討するため、使用した初期速度構造モデルに±5%の速度変化を格子状（100,140,180m）に与え、観測誤差を考慮しない理論走時でチェッカーボードテストを実施。なお、全波形の誤差のRMSが最少となった時点で解析は終了とした。
- No.6孔とNo.7孔のボーリング孔間の標高0m～標高-400mの領域では、チェッカーサイズ140mで格子が概ね再現され、No.7孔とNo.9孔のボーリング孔間の標高0m～標高-500mの領域では、チェッカーサイズ140mで格子が概ね再現されている。
- これらの結果より、S波の初動解析結果においてNo.6孔からNo.7孔の西側にかけて、深度100～400m付近に認められる周囲に比べて顕著にS波速度が低下した構造については、十分な分解能があると評価。



CHECKER SIZE = 100m

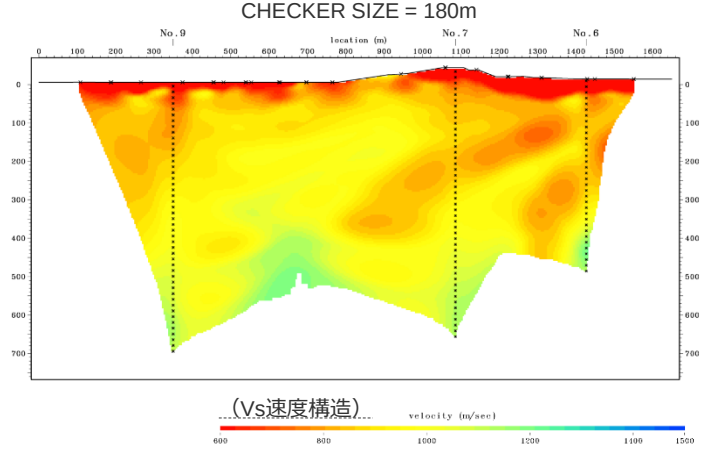


CHECKER SIZE = 180m



CHECKER SIZE = 140m





S波の初動解析結果（6-7-9測線）

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

・下線（＿＿）は、一部修正箇所を示す。

<補足説明資料①-05 敷地近傍の地下構造（浅部）の調査>

第164回
資料2 p.43一部修正

敷地近傍の速度構造（オフセットVSP探査結果）

（S波の初動トモグラフィ解析結果に関する検討（6-7-9測線））

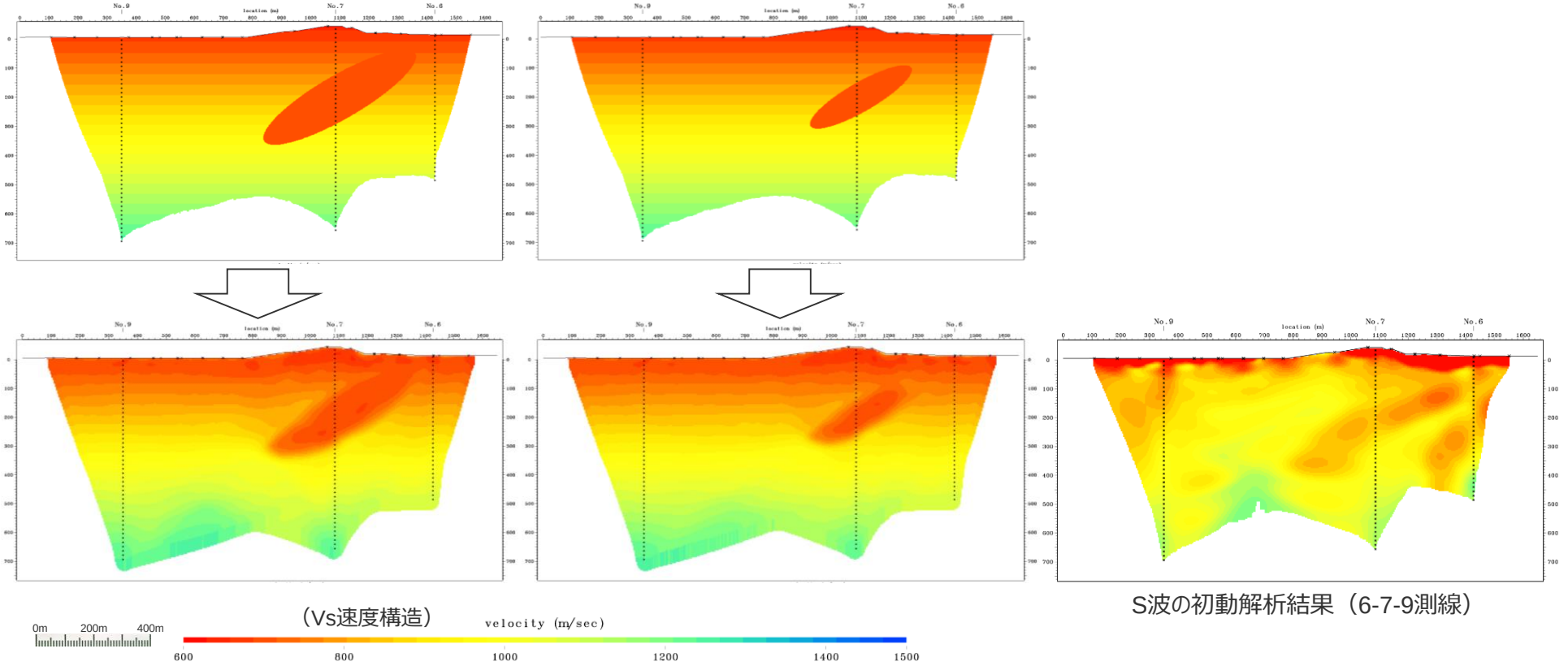
○スパイクテスト

・初動トモグラフィ解析結果で確認された顕著にS波速度が低下した構造の信頼性を検討するため、この構造を対象に、異なる大きさの速度異常域を有するモデルを設定し、スパイクテストを実施。
・その結果、いずれのモデルにおいても、速度境界は不明瞭になるものの、初期速度構造モデルとほぼ同様の位置に速度異常域が確認される。
・これらの結果から、S波の初動解析結果においてNo.6孔からNo.7孔の西側にかけて、深度100～400m付近に認められる周囲に比べて顕著にS波速度が低下した構造については、信頼性が高いと評価。

（上段：初期速度構造モデル、下段：トモグラフィ解析結果）

①速度異常域が600m×150m（700m/s）のモデル

②速度異常域が400×100m（700m/s）のモデル



（Vs速度構造）

S波の初動解析結果（6-7-9測線）

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

・下線（＿）は、一部修正箇所を示す。

<補足説明資料①-05 敷地近傍の地下構造（浅部）の調査>

第164回
資料2 p.44再掲

敷地近傍の速度構造（オフセットVSP探査結果）

（S波の初動トモグラフィ解析結果に関する検討（6-7-9測線））

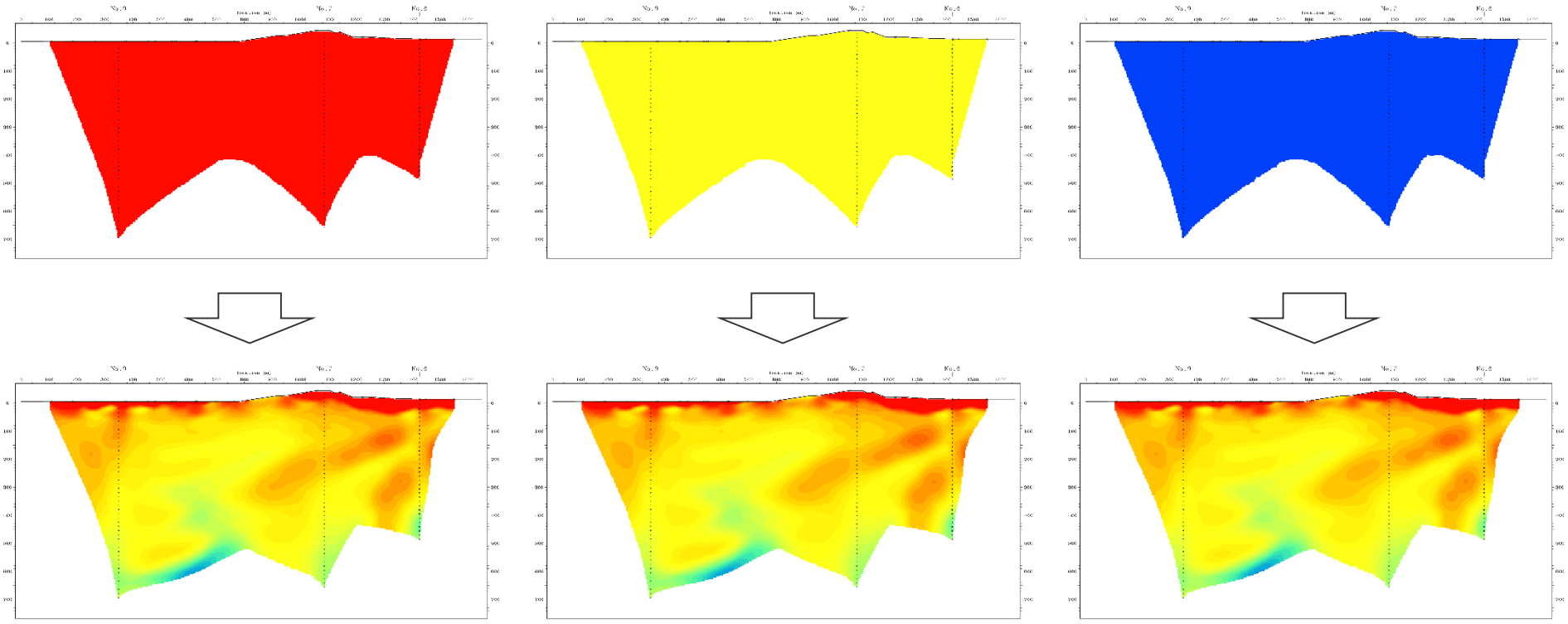
○初期速度構造の影響検討

・解析の初期条件（速度構造）が解析結果に与える影響を検討するため、異なる一様速度構造モデル（500m/s、1000m/s、2000m/s）を用いてトモグラフィ解析を実施した。いずれのケースにおいても、同様の解析結果となっている。
（上段：初期速度構造モデル、下段：トモグラフィ解析結果）

①500m/sの一様速度構造モデル

②1000m/sの一様速度構造モデル

③2000m/sの一様速度構造モデル



Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

<補足説明資料①-05 敷地近傍の地下構造（浅部）の調査>

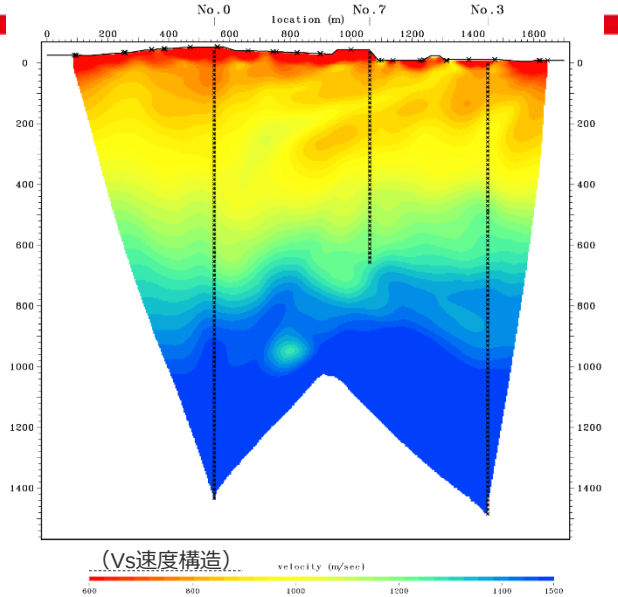
第164回
資料2 p.45一部修正

敷地近傍の速度構造（オフセットVSP探査結果）

（S波の初動トモグラフィ解析結果に関する検討（0-7-3測線））

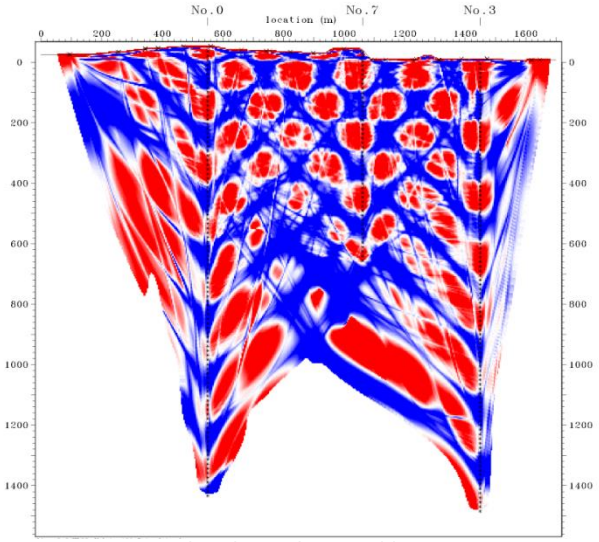
○チェッカーボードテスト

- 初動トモグラフィ解析結果の分解能を検討するため、使用した初期速度構造モデルに±5%の速度変化を格子状（100,140,180m）に与え、観測誤差を考慮しない理論走時でチェッカーボードテストを実施。なお、全波形の誤差のRMSが最少となった時点で解析は終了とした。
- No.0孔、No.7孔、No.3孔のボーリング孔の間において、標高0m～標高-600mの領域では、チェッカーサイズ140mで格子が概ね再現されている。
- これらの結果より、S波の初動解析結果において、No.3孔からNo.7孔の北側にかけて、深度100～300m付近に認められる周囲に比べてS波速度が低下した構造については、十分な分解能があると評価。

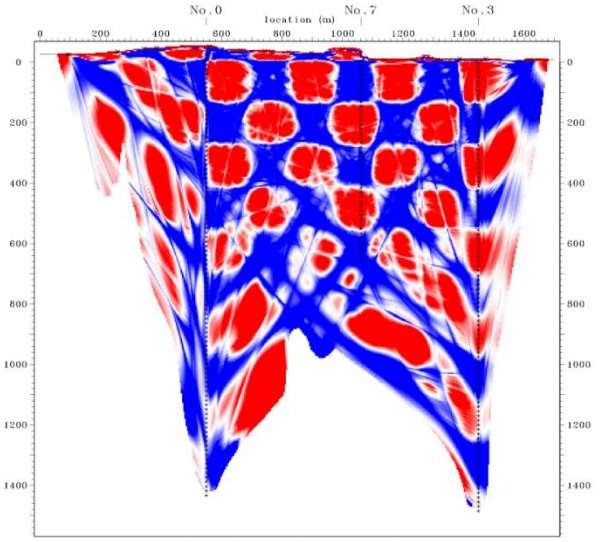


（Vs速度構造）

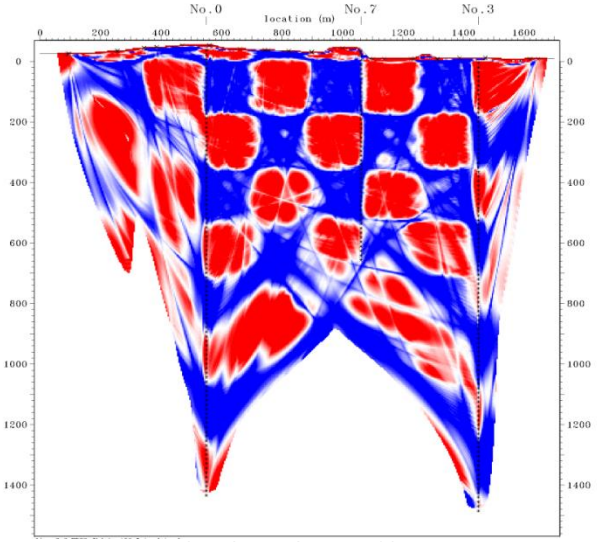
S波の初動解析結果（0-7-3測線）



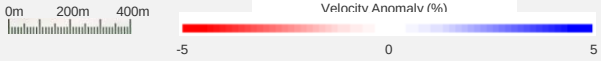
CHECKER SIZE = 100m



CHECKER SIZE = 140m



CHECKER SIZE = 180m



Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

・下線（＿＿）は、一部修正箇所を示す。

第164回
資料2 p.46一部修正

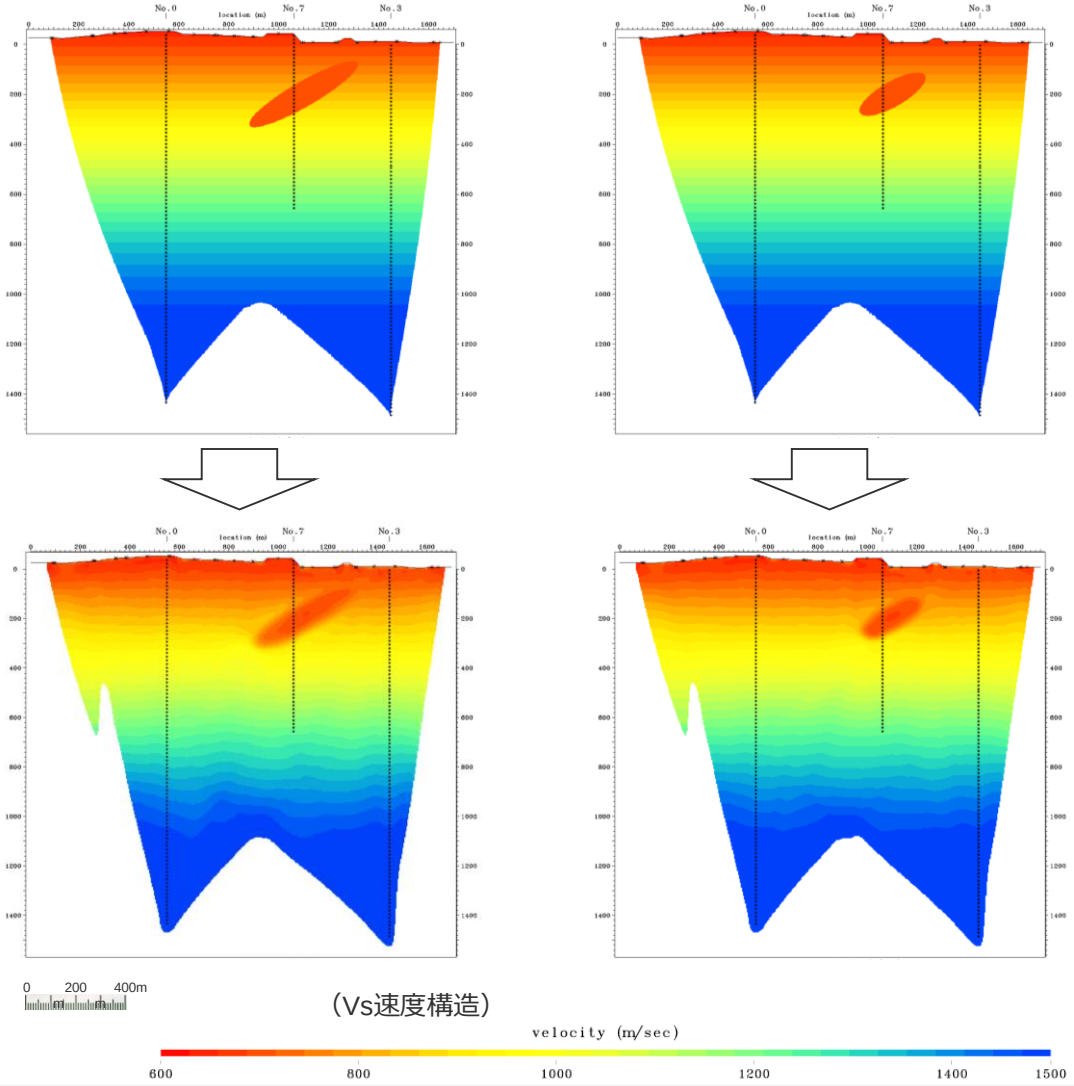
敷地近傍の速度構造（オフセットVSP探査結果）

（S波の初動トモグラフィ解析結果に関する検討（0-7-3測線））

○スパイクテスト

①速度異常域が500m×100m（700m/s）のモデル

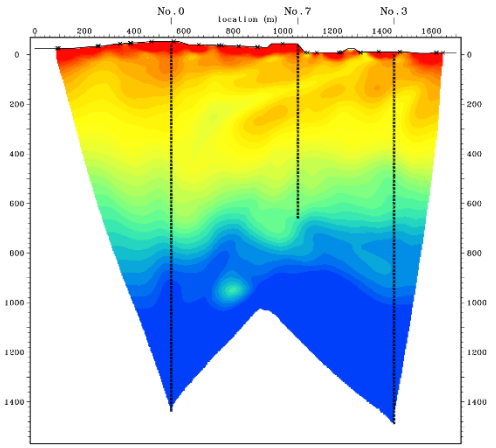
②速度異常域が300×100m（700m/s）のモデル



（Vs速度構造）

- 初動トモグラフィ解析結果で確認されたS波速度が低下した構造の信頼性を検討するため、この構造を対象に、異なる大きさの速度異常域を有するモデルを設定し、スパイクテストを実施。
- その結果、いずれのモデルにおいても、速度境界は不明瞭になるものの、初期速度構造モデルとほぼ同様の位置に速度異常域が確認される。
- これらの結果から、S波の初動解析結果において確認されたS波速度が低下した構造については、信頼性が高いと評価。

（上段：初期速度構造モデル
下段：トモグラフィ解析結果）



S波の初動解析結果（0-7-3測線）

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

・下線（＿）は、一部修正箇所を示す。

<補足説明資料①-05 敷地近傍の地下構造（浅部）の調査>

第164回
資料2 p.47再掲

敷地近傍の速度構造（オフセットVSP探査結果）

（S波の初動トモグラフィ解析結果に関する検討（0-7-3測線））

○初期速度構造の影響検討

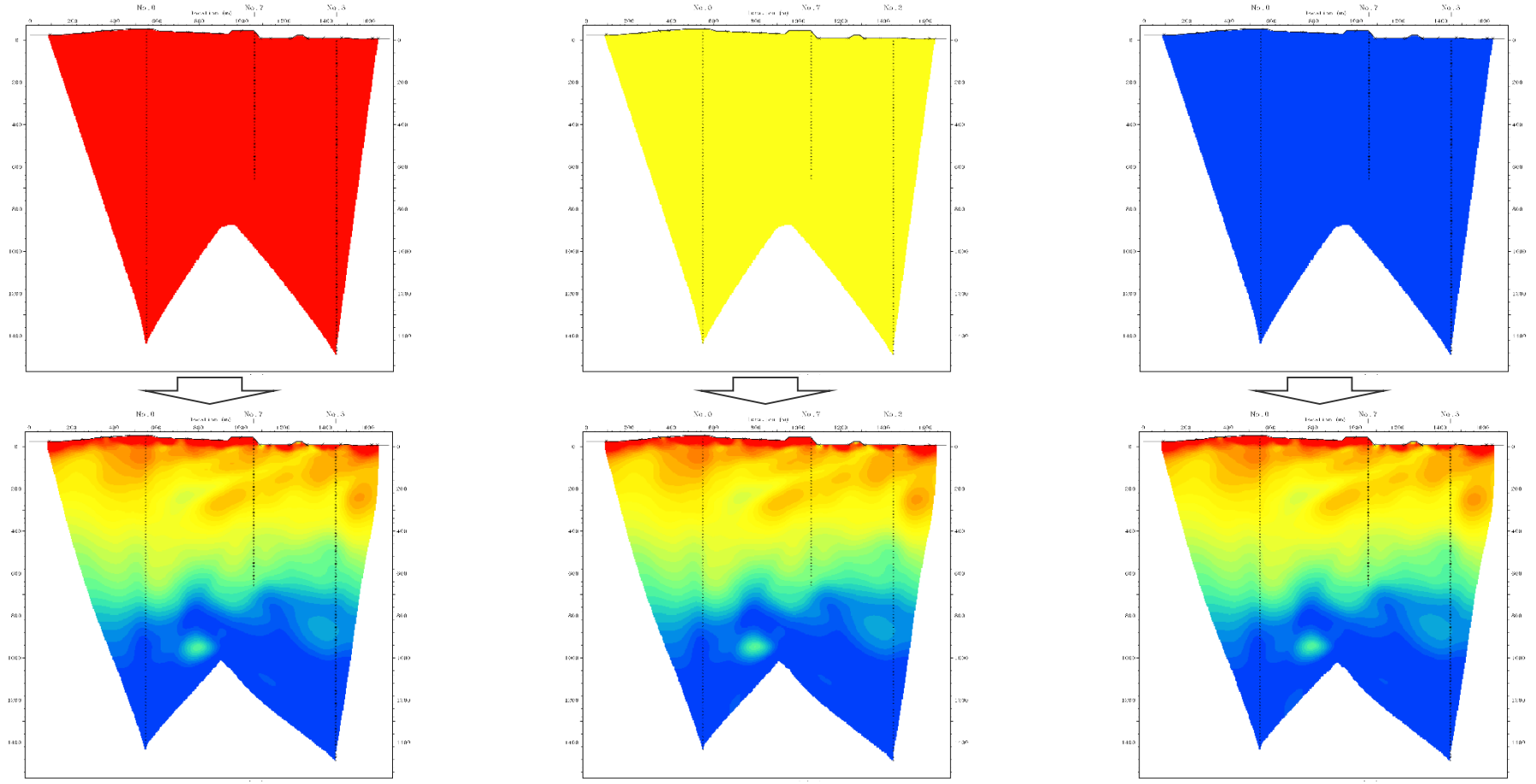
・解析の初期条件（速度構造）が解析結果に与える影響を検討するため、異なる一様速度構造モデル（500m/s、1000m/s、2000m/s）を用いてトモグラフィ解析を実施した。いずれのケースにおいても、同様の解析結果となっている。

（上段：初期速度構造モデル、下段：トモグラフィ解析結果）

①500m/sの一様速度構造モデル

②1000m/sの一様速度構造モデル

③2000m/sの一様速度構造モデル



Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

<補足説明資料①-05 敷地近傍の地下構造（浅部）の調査>

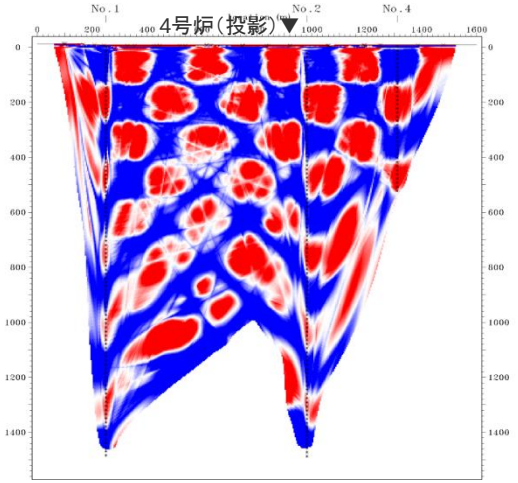
第164回
資料2 p.48一部修正

敷地近傍の速度構造（オフセットVSP探査結果）

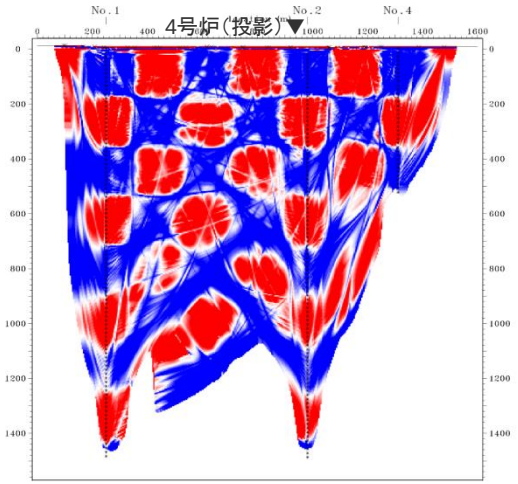
（S波の初動トモグラフィ解析結果に関する検討（４号炉周辺））

・初動トモグラフィ解析結果の分解能を検討するため、使用した初期速度構造モデルに±5%の速度変化を格子状（140,180m）に与え、観測誤差を考慮しない理論走時でチェッカーボードテストを実施。なお、全波形の誤差のRMSが最少となった時点で解析は終了とした。
・1-2-4測線の4号炉周辺のNo.2孔付近では、チェッカーサイズ140mで格子が概ね再現され、6-7-9測線の4号炉周辺のNo.7孔とNo.9孔のボーリング孔間では、チェッカーサイズ140mで格子が概ね再現されている。
・これらの結果より、4号炉周辺のS波速度構造については、十分な分解能があると評価。

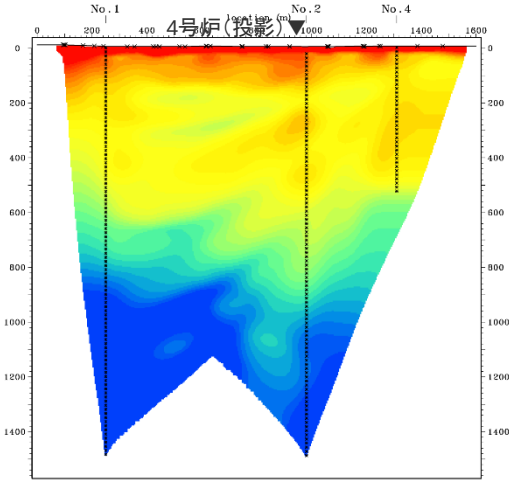
1-2-4測線



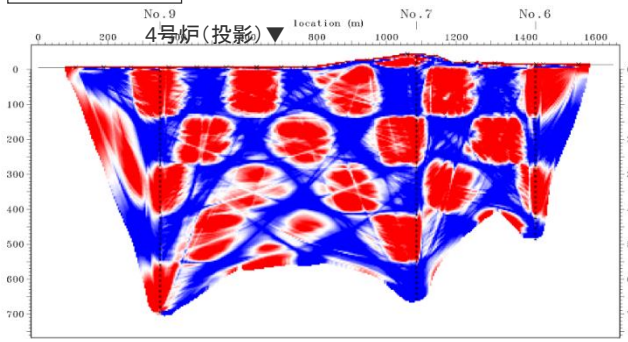
CHECKER SIZE = 140m



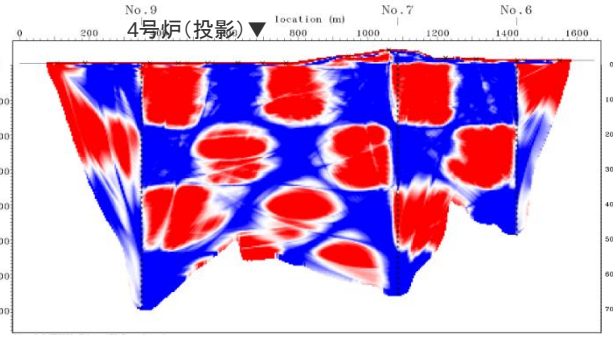
CHECKER SIZE = 180m



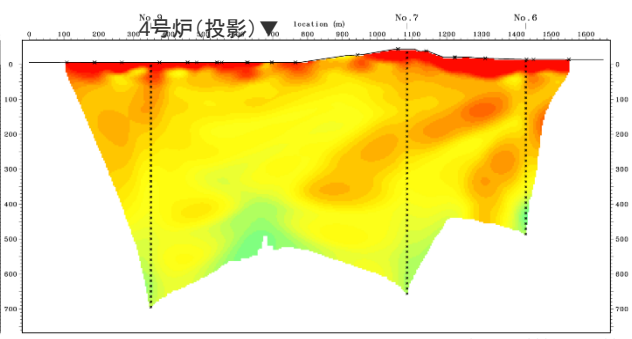
6-7-9測線



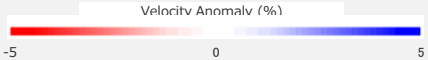
CHECKER SIZE = 140m



CHECKER SIZE = 180m



S波の初動解析結果





・下線（＿＿）は、一部修正箇所を示す。

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

<補足説明資料①-05 敷地近傍の地下構造（浅部）の調査>

第164回
資料2 p.49一部修正

敷地近傍の速度構造（オフセットVSP探査結果）
（S波の初動トモグラフィ解析結果に関する検討（まとめ））

○ 陸域の測線（2-3測線、6-7-9測線、0-7-3測線）で確認された、周囲に比べてS波速度が顕著に低下した構造について、その構造の信頼性を評価するため、チェッカーボードテスト及びスパイクテストによる分解能の検討、並びに解析の初期条件（速度構造）が解析結果に与える影響を検討。

○ これらの周囲に比べて顕著にS波速度が低下した構造は、チェッカーボードテスト及びスパイクテストにより、いずれも十分な分解能があり、信頼性が高いと評価。また、４号炉周辺のS波速度構造についても、十分な分解能があると評価。

○ S波の初動トモグラフィ解析結果において、初期条件（速度構造）の違いは解析結果に影響を与えないことを確認。

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

補足説明資料①-06
地下構造調査に基づくS波低速度層の分布

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

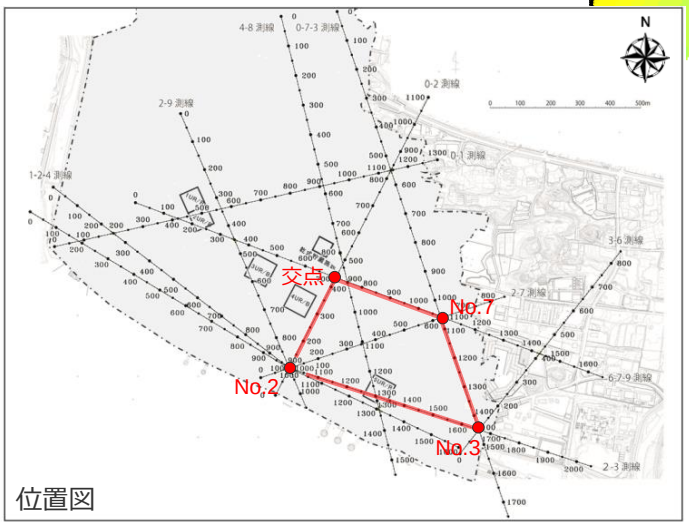
<補足説明資料①-06 地下構造調査に基づくS波低速度層の分布>

S波低速度層の考え方について

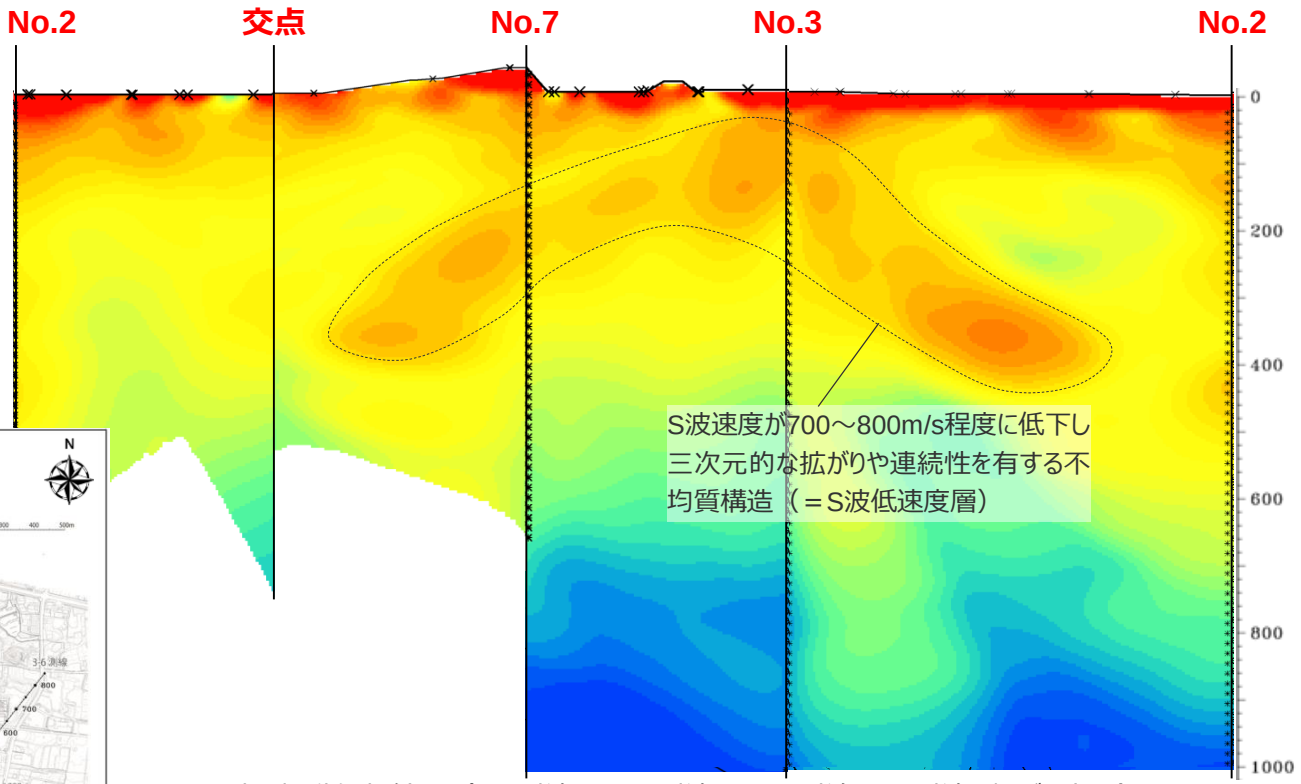
第164回
資料2 p.50一部修正

【S波低速度層の考え方】
○周囲に比べてS波速度が顕著に低下※し、三次元的な拡がりや連続性を有する不均質構造をS波低速度層とする。

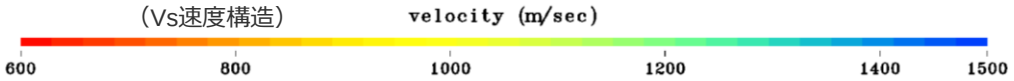
※周囲に比べて２～３割程度の速度低下を目安とする。



位置図



S波の初動解析結果（2-3測線、0-7-3測線、6-7-9測線、0-2測線を繋げて表示）



Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

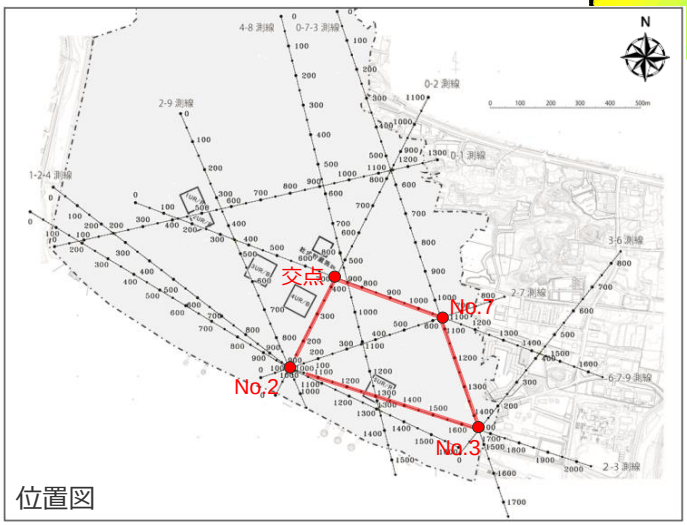
・位置図を修正。

<補足説明資料①-06 地下構造調査に基づくS波低速度層の分布>

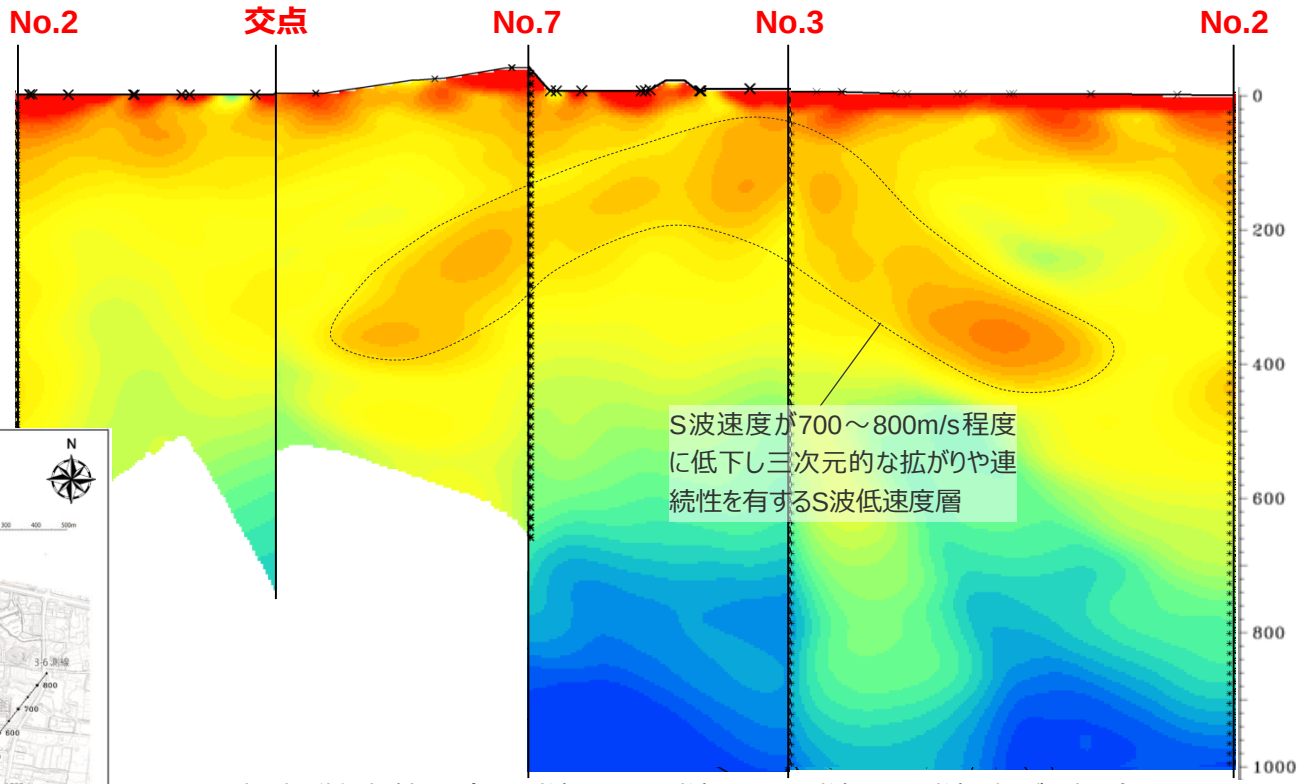
第164回
資料2 p.51一部修正

S波低速度層の分布
（敷地東側）

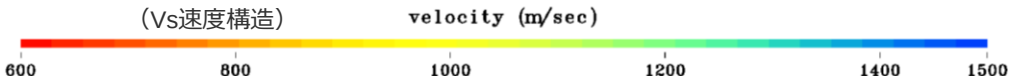
○敷地東側では、深度100～400m付近にかけて、複数の測線でS波速度が700～800m/s程度に低下し、三次元的な拡がりや連続性を有するS波低速度層が確認される。
○上記以外に、周囲に比べてS波速度が顕著に低下し、三次元的な拡がりや連続性を有するS波低速度層は確認されない。



位置図



S波の初動解析結果（2-3測線、0-7-3測線、6-7-9測線、0-2測線を繋げて表示）



Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

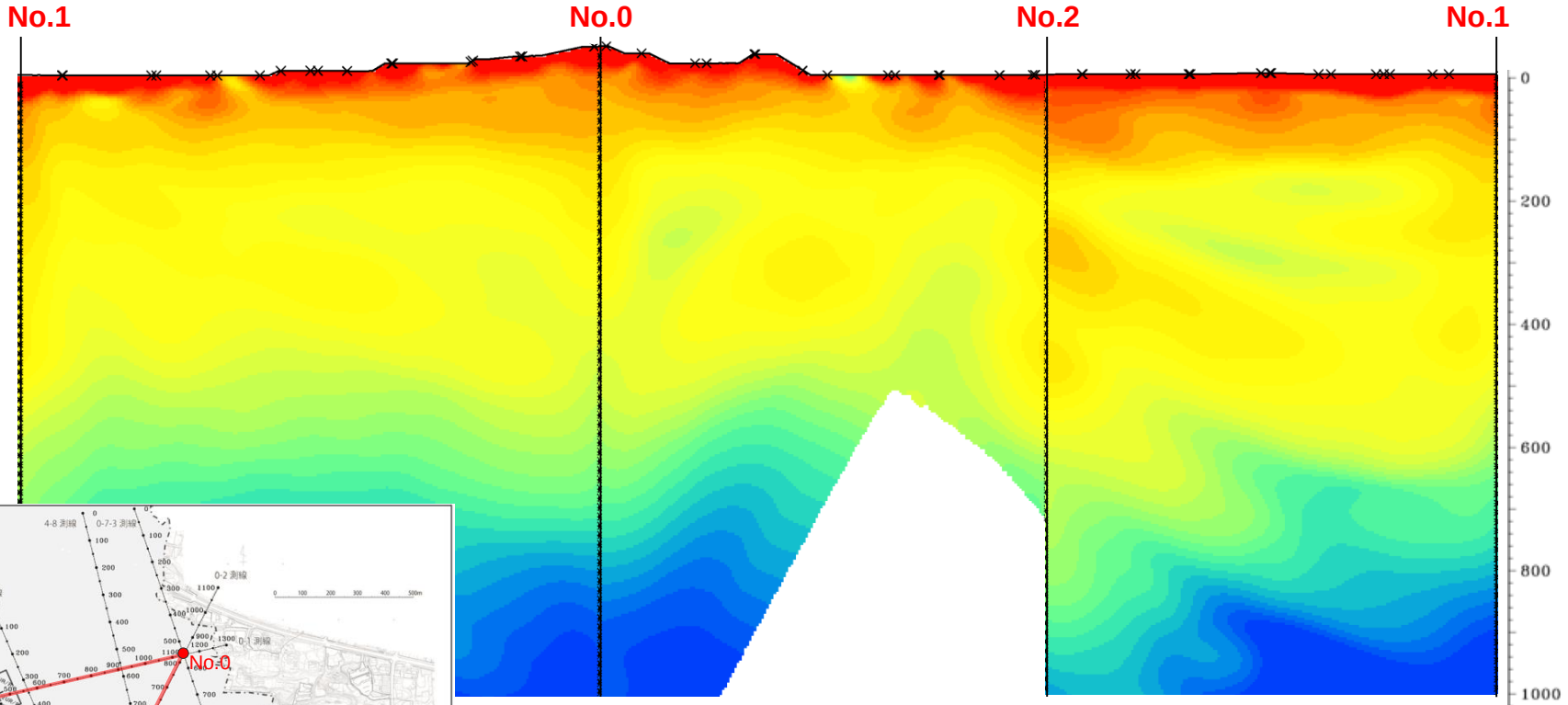
・位置図を修正。

<補足説明資料①-06 地下構造調査に基づくS波低速度層の分布>

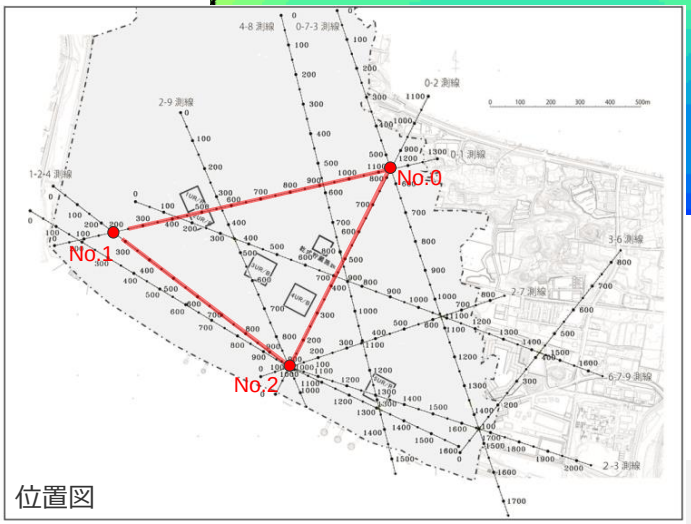
第164回
資料2 p.52一部修正

S波低速度層の分布
（敷地西側）

○敷地西側には、周囲に比べてS波速度が顕著に低下し、三次元的な拡がりや連続性を有するS波低速度層は確認されない。
○No.2孔付近にS波速度が若干低下した構造が認められるが、顕著な速度低下や直交する0-2測線方向への三次元的な拡がりや連続性は認められない。

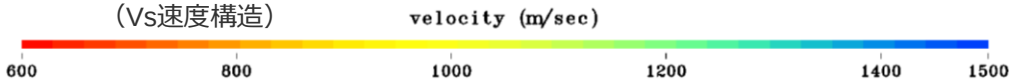


S波の初動解析結果（0-1測線、0-2測線、1-2測線を繋げて表示）



位置図

（Vs速度構造）



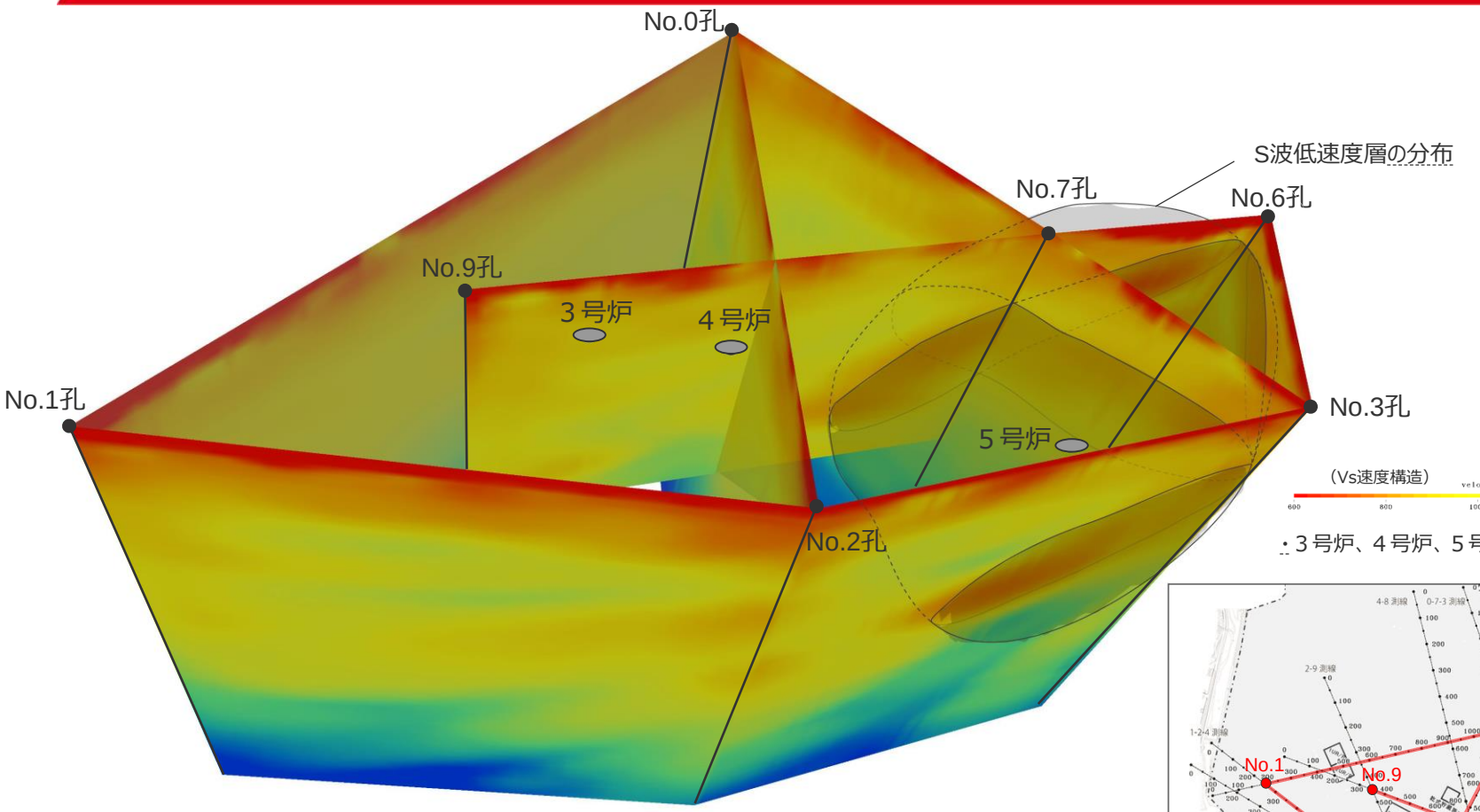
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

・位置図を修正。

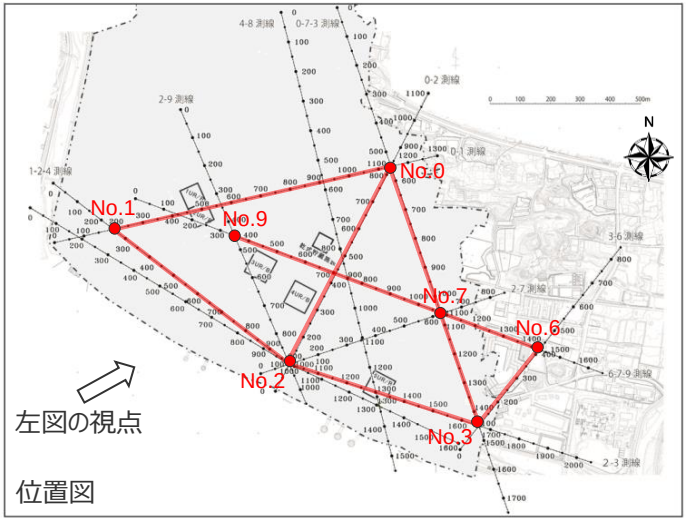
<補足説明資料①-06 地下構造調査に基づくS波低速度層の分布>

第164回
資料2 p.53一部修正

S波低速度層の分布
（立体図）



・3 号炉、4 号炉、5 号炉は地表面位置を投影



○敷地東側では、深度100～400m付近にかけて、複数の測線でS波速度が700～800m/s程度に低下し、三次元的な拡がりや連続性を有するS波低速度層が確認される。
○敷地東側以外に、周囲に比べてS波速度が顕著に低下し、三次元的な拡がりや連続性を有するS波低速度層は確認されない。

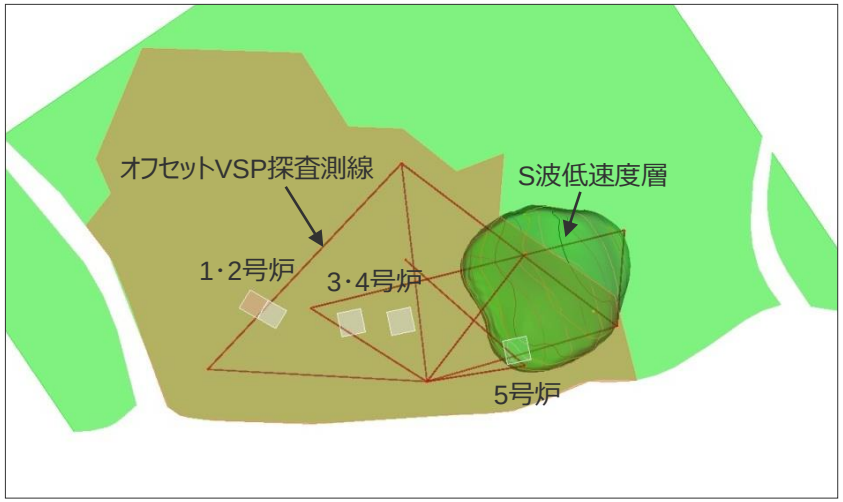
・下線（　）は、一部修正箇所を示す。
・S波低速度層の分布が見やすくなるよう立体図を修正、凡例を追加。
・位置図を修正。

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

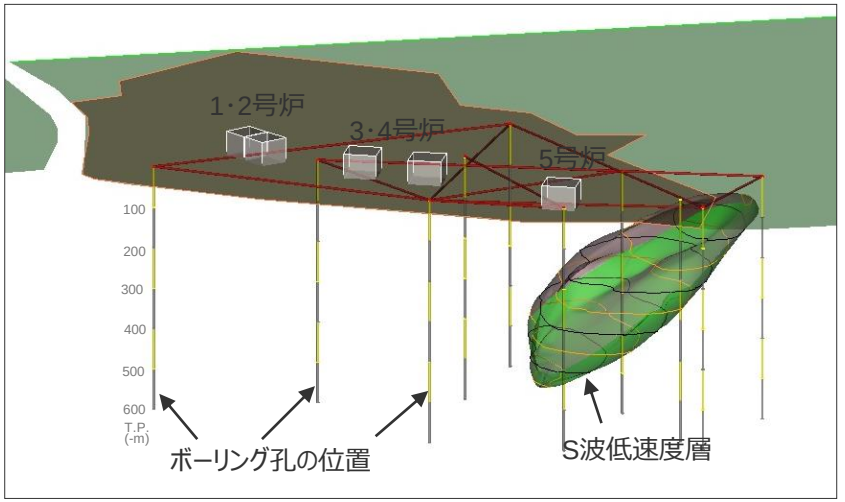
第940回
資料2 p.35一部修正

S波低速度層の三次元分布

○敷地近傍の複数の速度構造調査結果によると、**S波低速度層は５号炉周辺より東側に分布**し、**１，２号炉周辺及び３，４号炉周辺や海側には分布していない**。
○この調査結果に基づき敷地近傍の地質・地質構造を参考に推定したS波低速度層の分布図によると、S波低速度層は５号炉から2009年駿河湾の地震の到来方向である北東方向にかけて、深さ数百mの浅部に局所的に分布している。



＜平面分布図＞



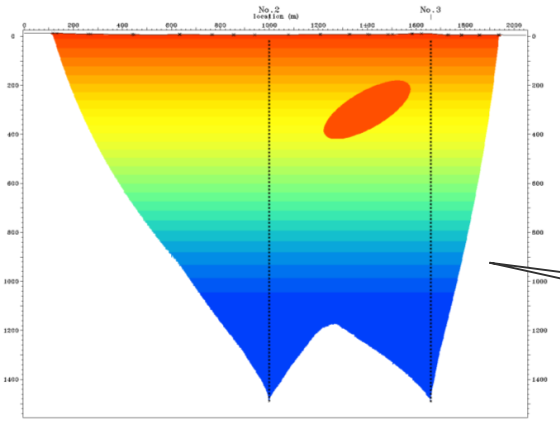
＜鳥瞰図＞

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

・下線（　）は、一部修正箇所を示す。
・箱書き「と考えられる。」を削除。

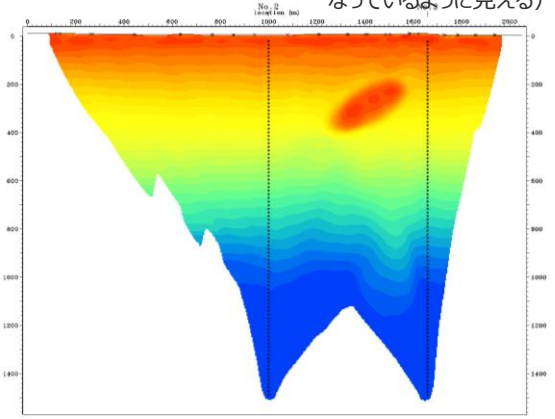
スパイクテストにおける速度異常域とS波低速度層の三次元分布との対応

スパイクテスト（2-3測線）

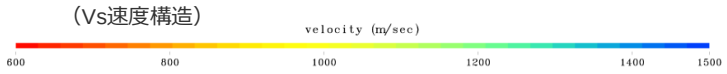


初期速度構造モデル（速度異常域：400m×150m（700m/s））

速度境界は不明瞭
（速度異常域の範囲が若干小さくなっているように見える）



上記速度構造モデルのトモグラフィ解析結果



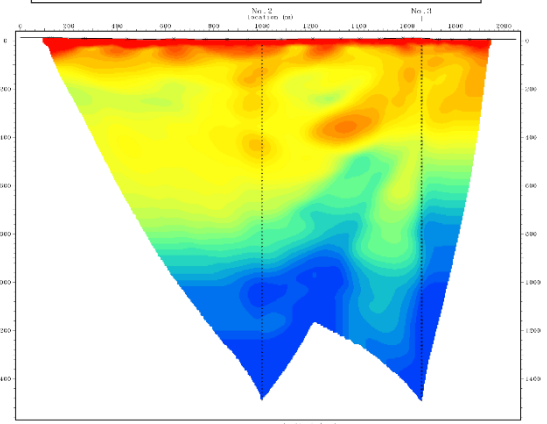
○ スパイクテストのトモグラフィ解析結果では、初期速度構造モデルとほぼ同様の位置に速度異常域が確認されるが、初期速度構造モデルに比べ速度異常域の境界は不明瞭になり、その範囲が若干小さくなっているように見える。

⇒ トモグラフィ解析により、速度異常域の境界は不明瞭になることを踏まえて、初動トモグラフィ解析結果等に基づき設定したS波低速度層の三次元分布について、スパイクテストにおける初期速度構造モデルの速度異常域との対応を検討する。

スパイクテストにおける初期速度構造モデルの速度異常域と
S 波低速度層の三次元分布との対応について検討

S波速度が低下した
範囲が概ね同様

初動トモグラフィ解析結果（2-3測線）



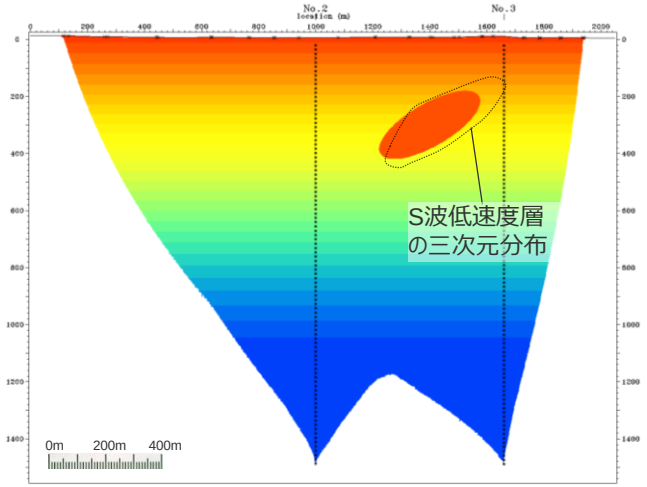
・スパイクテストの初期速度構造モデルについて、その解析結果（速度異常域）が初動トモグラフィ解析結果におけるS波低速度層の分布範囲と概ね整合するものは以下のとおり。
＜2-3測線＞　速度異常域：400m×150m　＜6-7-9測線＞速度異常域：600m×150m
＜0-7-3測線＞速度異常域： 500m×100m

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

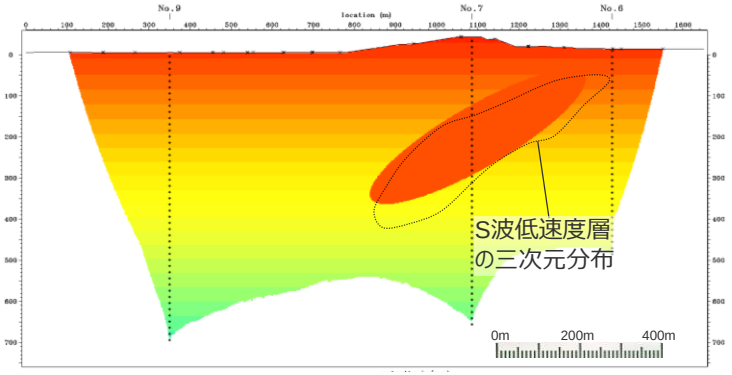
<補足説明資料①-06 地下構造調査に基づくS波低速度層の分布>

スパイクテストにおける速度異常域とS波低速度層の三次元分布との対応

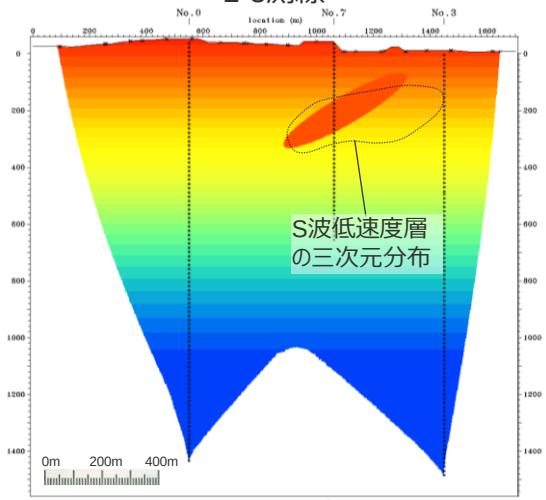
○ S波低速度層は、初動トモグラフィ解析結果等に基づき、三次元的な拡がりや連続性を考慮して設定しており、その三次元分布については、いずれの測線においても、スパイクテストにおける初期速度構造モデルの速度異常域を概ね包含している。



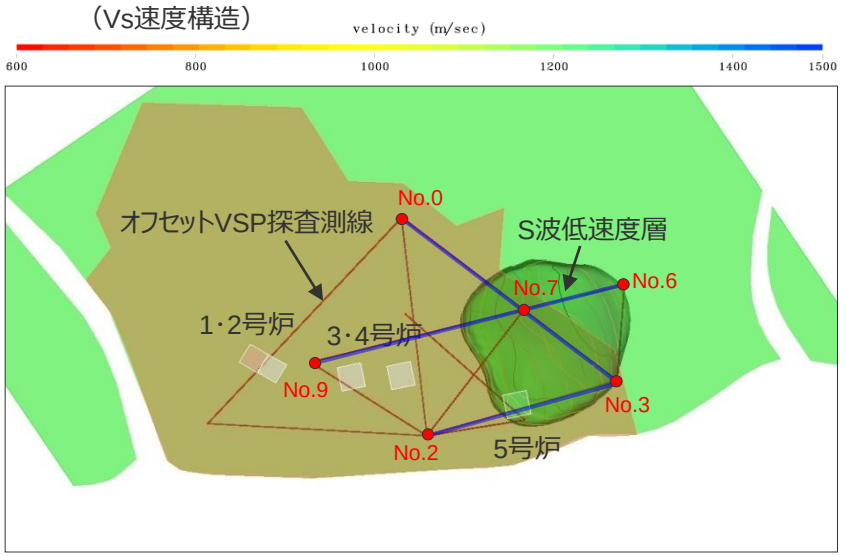
2-3測線



6-7-9測線



0-7-3測線



S波低速度層の分布（平面図）

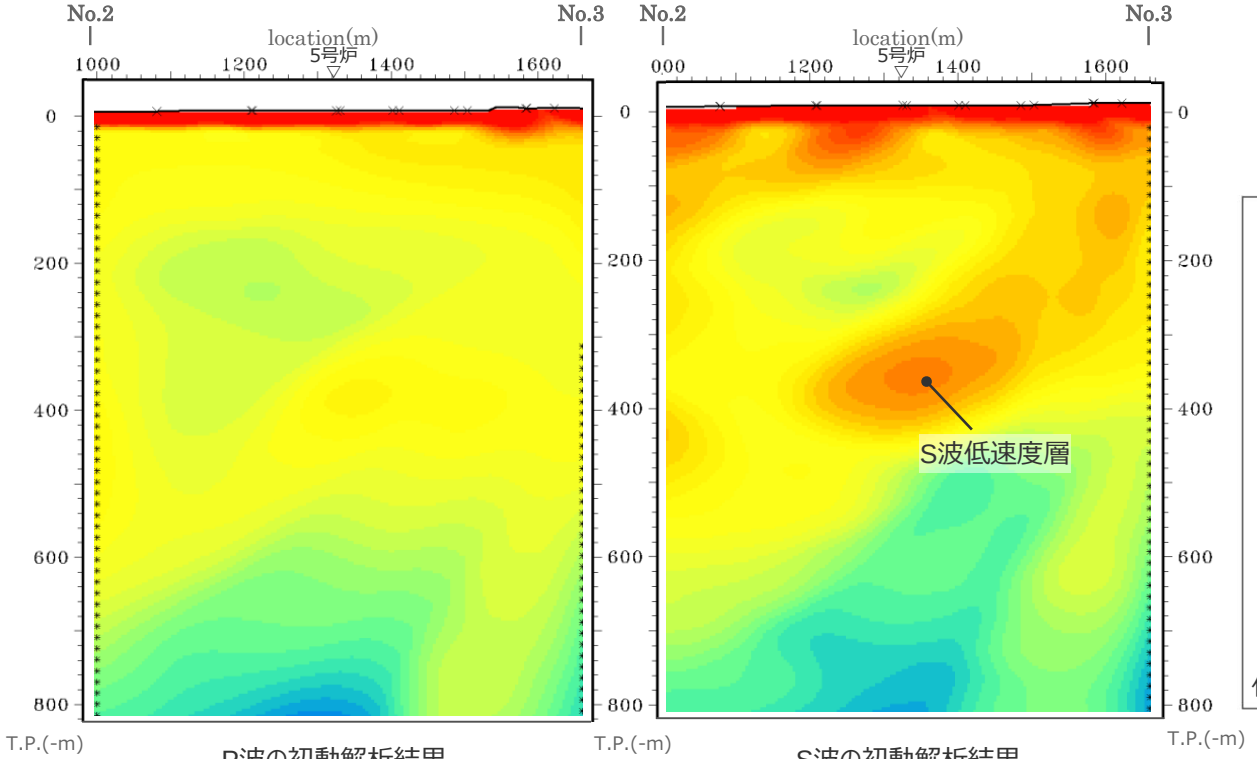
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

<補足説明資料①-06 地下構造調査に基づくS波低速度層の分布>

第128回
資料1 p.65一部修正

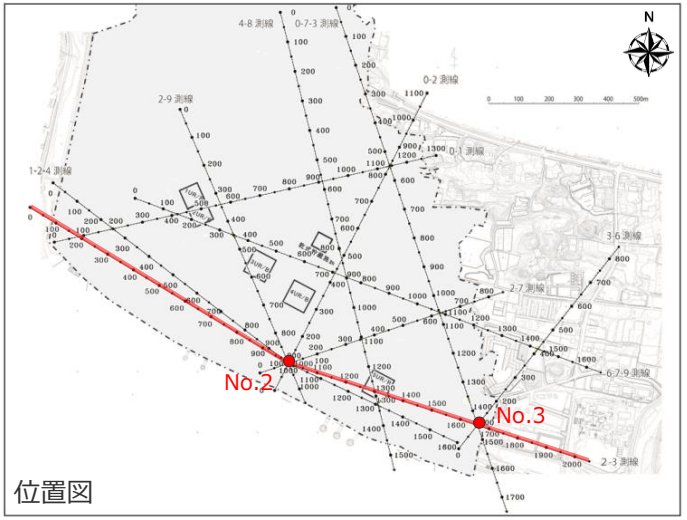
オフセットVSP探査によるP波速度構造とS波速度構造の比較（2-3測線）

○No.2孔及びNo.3孔を利用し、オフセットVSP（Multi-Well,multi-offset/Walkaway VSP）で収録したP波の初動データを用い、初動トモグラフィックインバージョン解析によりP波速度構造を検討。
○敷地東側を東西方向に位置する2-3測線のP波初動トモグラフィックインバージョン解析結果によると、P波速度は概ね深度方向に漸増する構造となっており、S波低速度層に対応する変化は認められない。



P波の初動解析結果

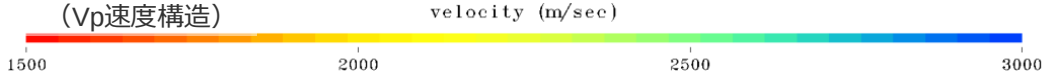
S波の初動解析結果



（Vs速度構造）



（Vp速度構造）



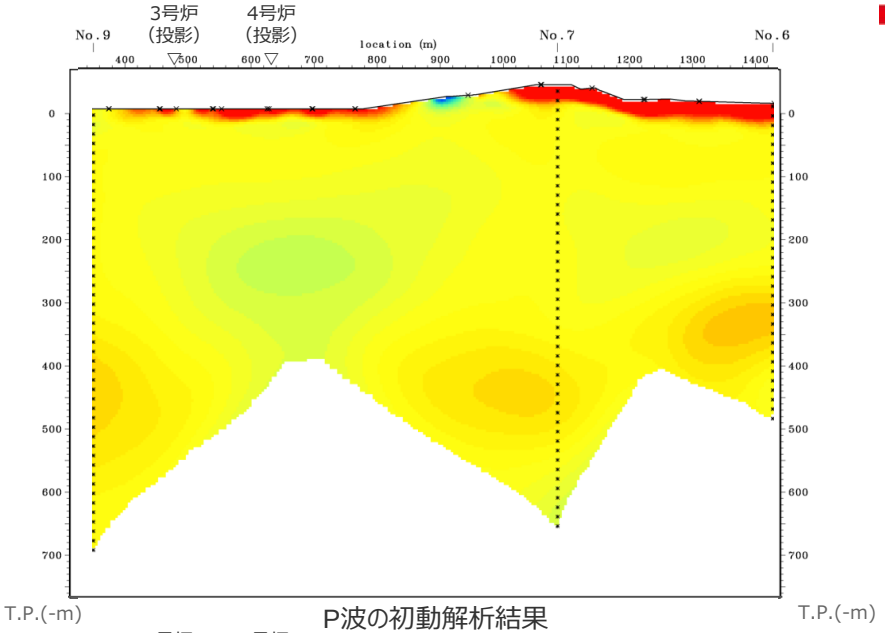
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

・位置図を修正。

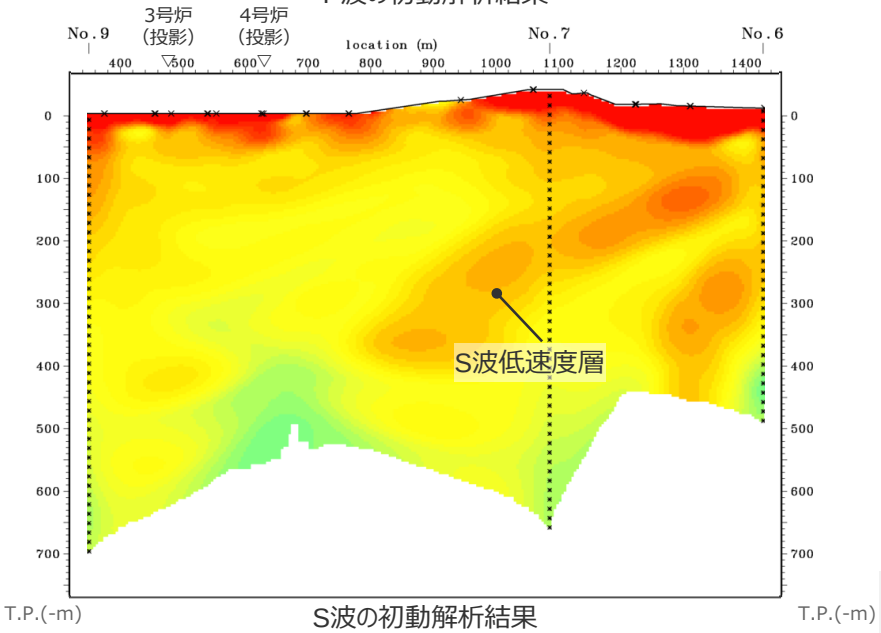
<補足説明資料①-06 地下構造調査に基づくS波低速度層の分布>

オフセットVSP探査によるP波速度構造とS波速度構造の比較（6-7-9測線）

第128回
資料1 p.66一部修正



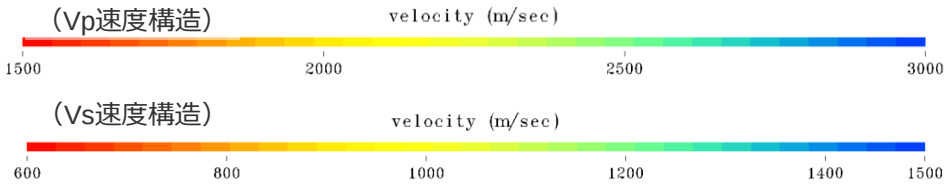
P波の初動解析結果

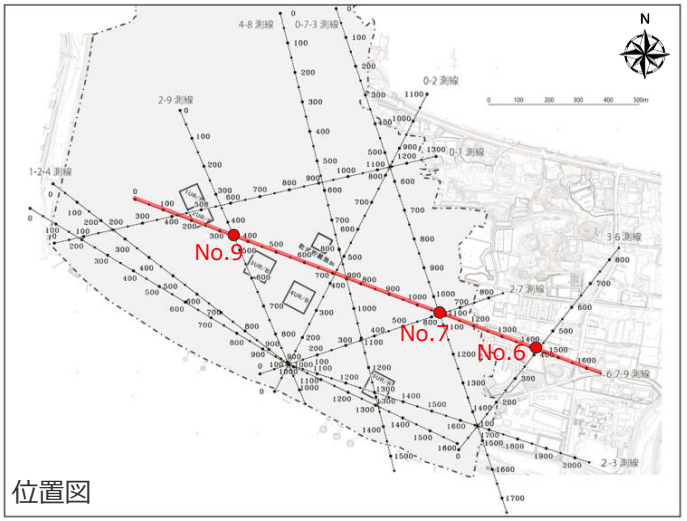


S波の初動解析結果

○No.6孔、No.7孔及びNo.9孔を利用し、オフセットVSP（Multi-Well,multi-offset/Walkaway VSP）で収録したP波の初動データを用い、初動トモグラフィックインバージョン解析によりP波速度構造を検討。

○敷地中央部を東西方向に位置する6-7-9測線のP波初動トモグラフィックインバージョン解析結果によると、P波速度は概ね深度方向に漸増する構造となっており、S波低速度層に対応する変化は認められない。



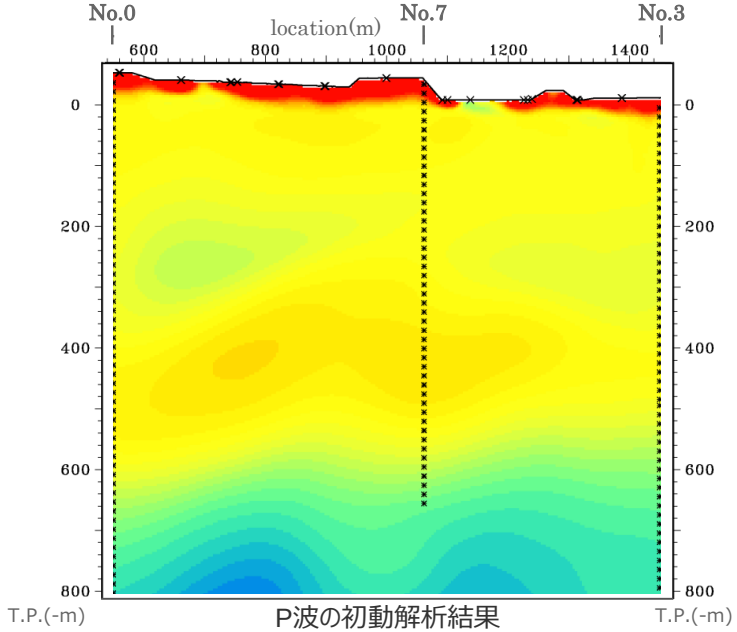


Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.
・位置図を修正。

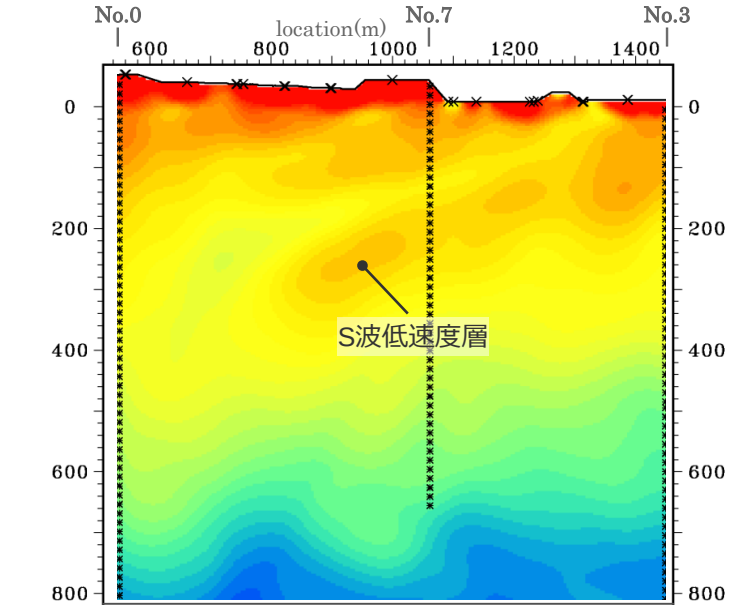
<補足説明資料①-06 地下構造調査に基づくS波低速度層の分布>

オフセットVSP探査によるP波速度構造とS波速度構造の比較（0-7-3測線）

第128回
資料1 p.67一部修正

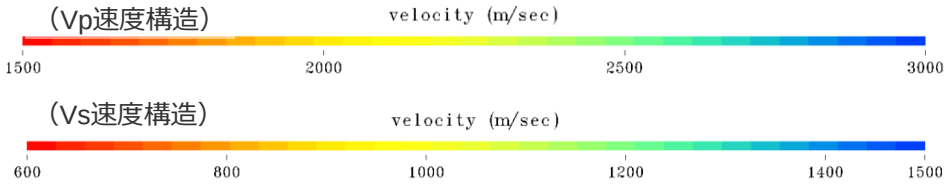


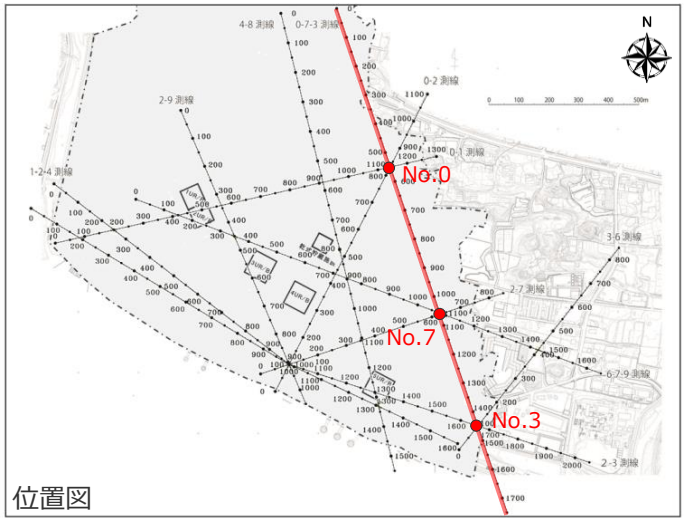
P波の初動解析結果



S波の初動解析結果

○No.0孔、No.7孔及びNo.3孔を利用し、オフセットVSP（Multi-Well,multi-offset/Walkaway VSP）で収録したP波の初動データを用い、初動トモグラフィックインバージョン解析によりP波速度構造を検討。
○敷地東側を南北方向に位置する0-7-3測線のP波初動トモグラフィックインバージョン解析結果によると、P波速度は概ね深度方向に漸増する構造となっており、S波低速度層に対応する変化は認められない。





Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.
・位置図を修正。

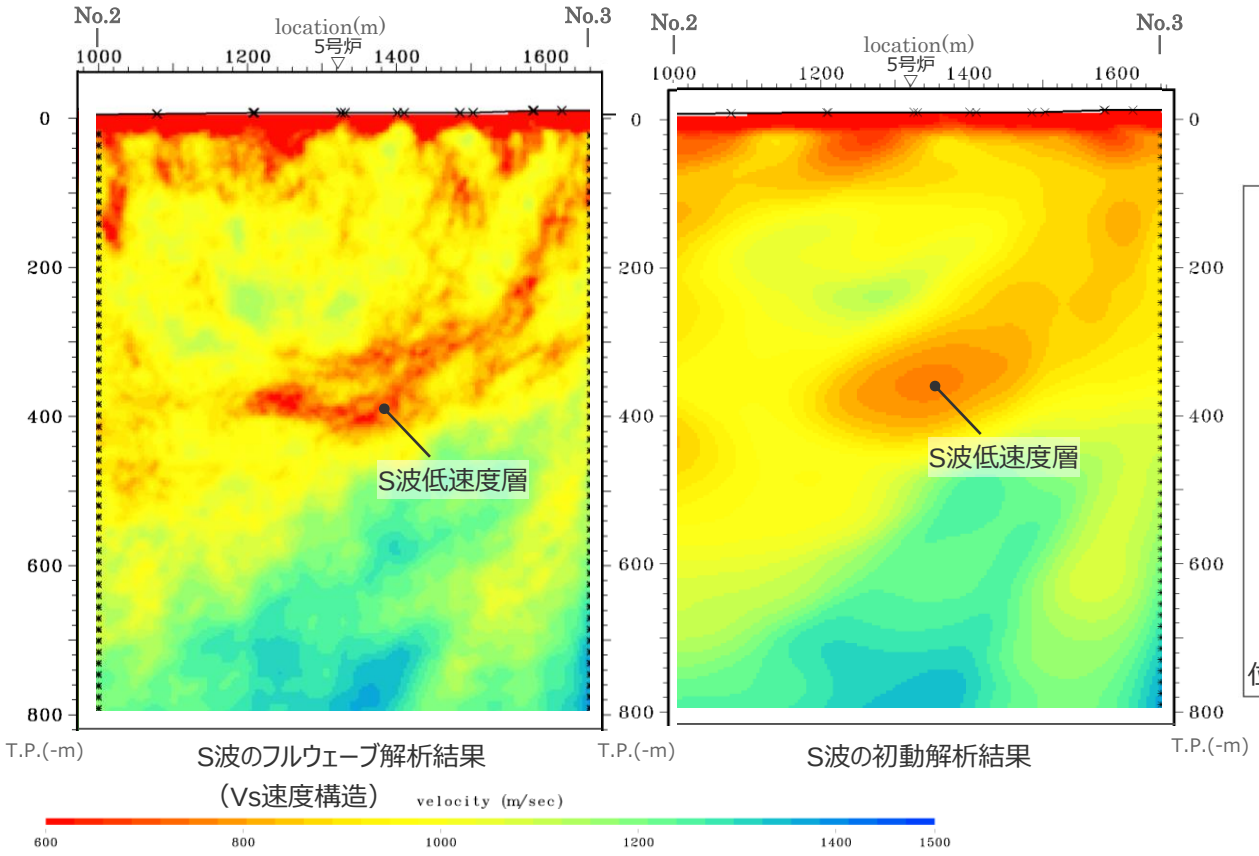
<補足説明資料①-06 地下構造調査に基づくS波低速度層の分布>

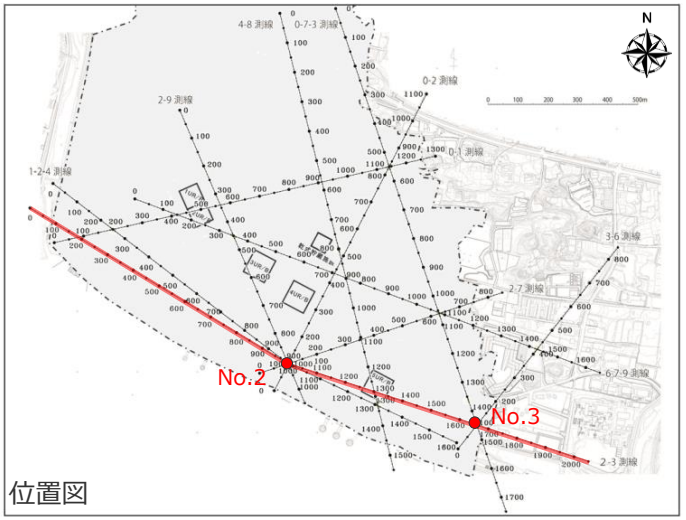
第128回
資料1 p.62一部修正

オフセットVSP探査によるS波の初動解析とフルウェーブ解析の比較（2-3測線）

○S波低速度層が確認された2-3測線について、後続波も利用したフルウェーブインバージョン解析を実施し、S波速度構造を検討※。
○フルウェーブインバージョン解析結果においても、初動トモグラフィックインバージョン解析結果と同様の位置にS波低速度層が確認される。
○フルウェーブインバージョン解析結果によると、S波低速度層の内部は、一様に分布しているのではなく、濃淡のある不均質な速度構造の集合体として分布しており、初動トモグラフィックインバージョン解析結果に比べて速度が低下している。

※ フルウェーブインバージョン解析の解析条件については補足説明資料①-05参照。





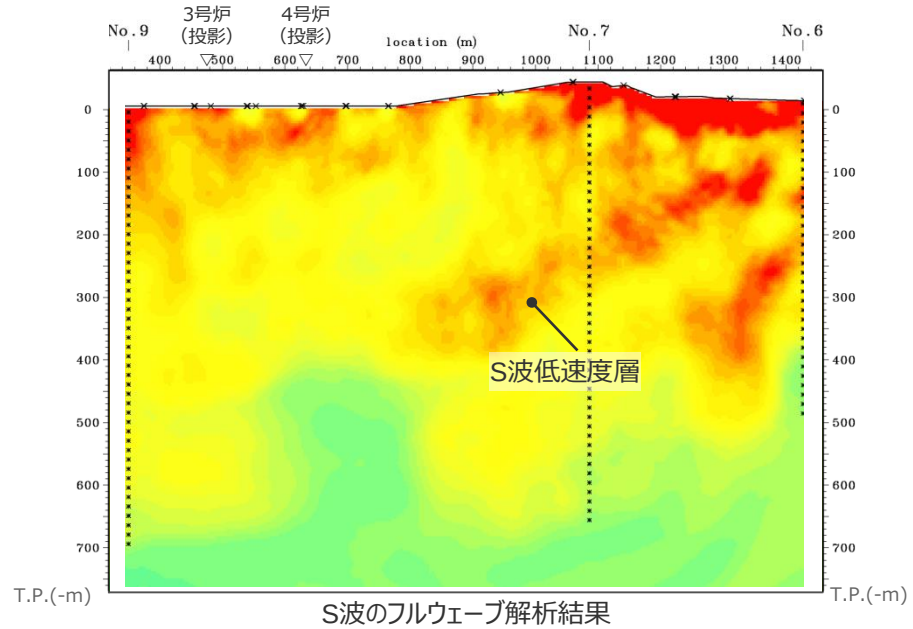
・下線（ ）は、一部修正箇所を示す。
・位置図を修正。

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

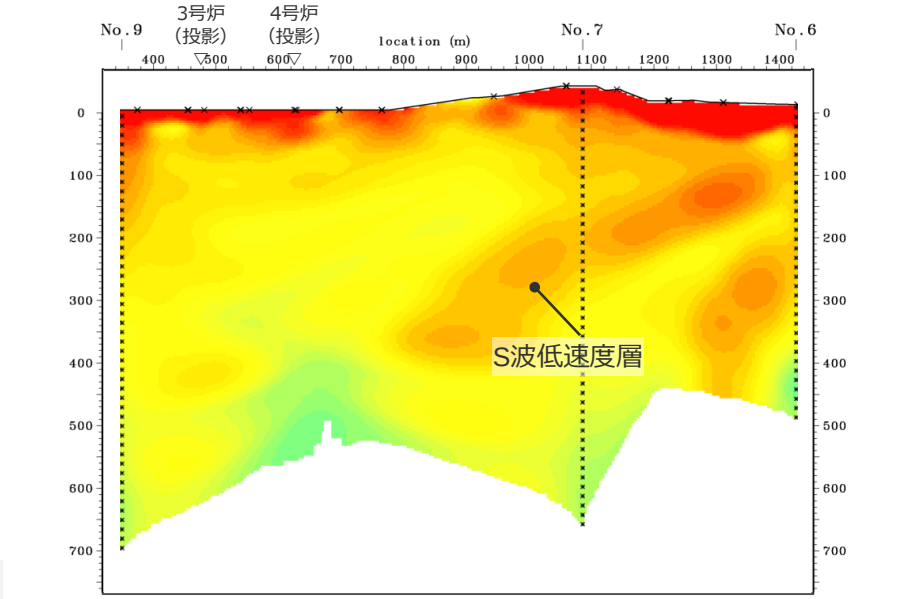
<補足説明資料①-06 地下構造調査に基づくS波低速度層の分布>

オフセットVSP探査によるS波の初動解析とフルウェーブ解析の比較（6-7-9測線）

第128回
資料1 p.63一部修正



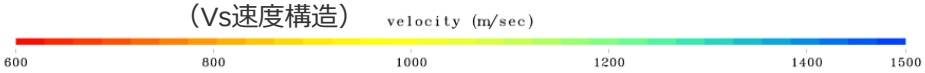
S波のフルウェーブ解析結果

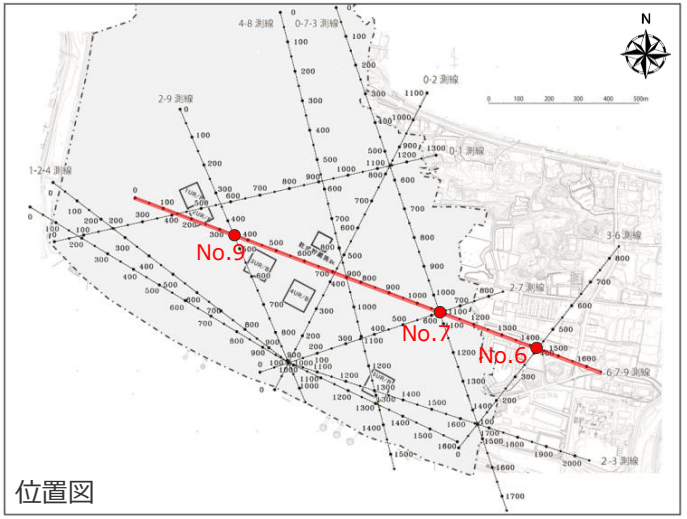


S波の初動解析結果

○S波低速度層が確認された6-7-9測線について、後続波も利用したフルウェーブインバージョン解析を実施し、S波速度構造を検討※。
○フルウェーブインバージョン解析結果においても、初動トモグラフィックインバージョン解析結果と同様の位置にS波低速度層が確認される。
○フルウェーブインバージョン解析結果によると、S波低速度層の内部は、一様に分布しているのではなく、濃淡のある不均質な速度構造の集合体として分布しており、初動トモグラフィックインバージョン解析結果に比べて速度が低下している。

※ フルウェーブインバージョン解析の解析条件については補足説明資料①-05参照。





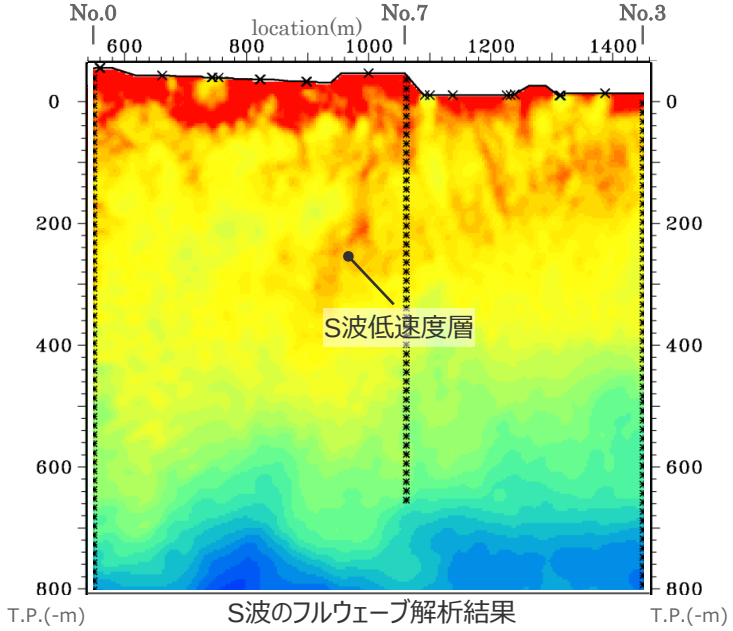
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

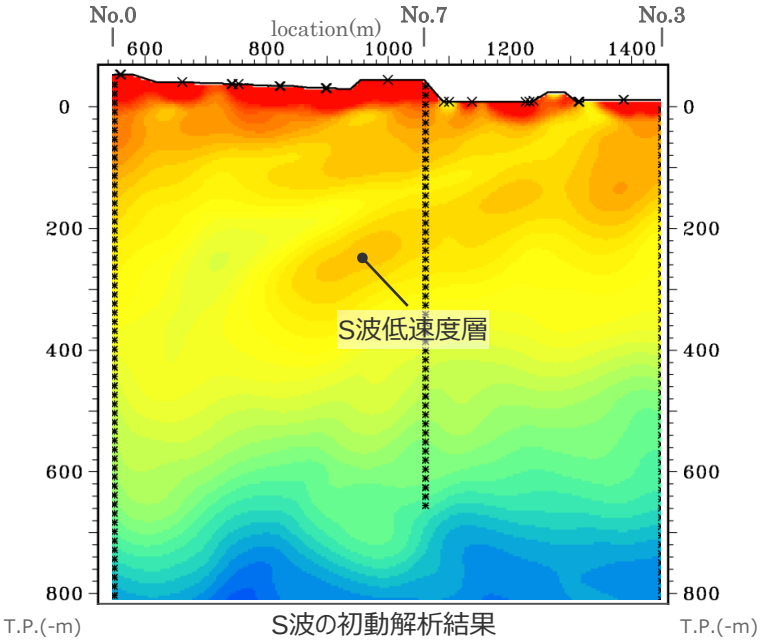
・下線（ ）は、一部修正箇所を示す。
・位置図を修正。

<補足説明資料①-06 地下構造調査に基づくS波低速度層の分布>

オフセットVSP探査によるS波の初動解析とフルウェーブ解析の比較（0-7-3測線）

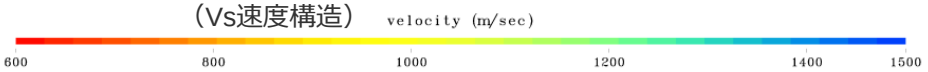
第128回
資料1 p.64一部修正

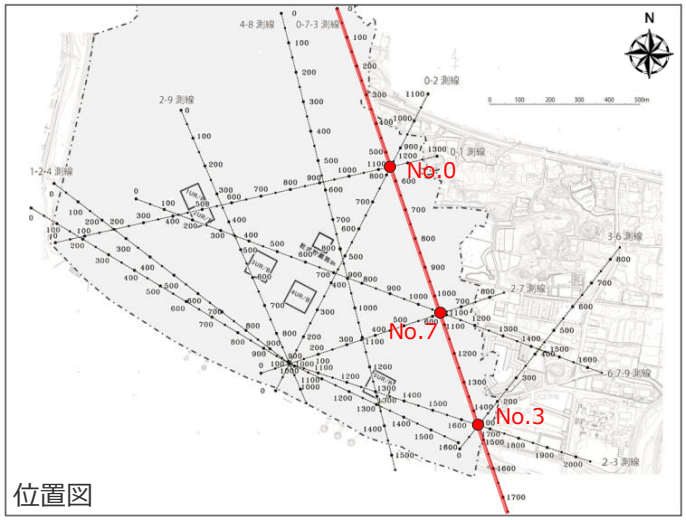




○S波低速度層が確認された0-7-3測線について、後続波も利用したフルウェーブインバージョン解析を実施し、S波速度構造を検討※。
○フルウェーブインバージョン解析結果においても、初動トモグラフィックインバージョン解析結果と同様の位置にS波低速度層が確認される。
○フルウェーブインバージョン解析結果によると、S波低速度層の内部は、一様に分布しているのではなく、濃淡のある不均質な速度構造の集合体として分布しており、初動トモグラフィックインバージョン解析結果に比べて速度が低下している。

※ フルウェーブインバージョン解析の解析条件については補足説明資料①-05参照。





Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

・下線（ ）は、一部修正箇所を示す。
・位置図を修正。

補足説明資料①-07
Ｓ波低速度層と地質的特徴との対応

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

検討概要

速度構造調査結果等に基づくS波低速度層の特徴

○敷地近傍の複数の速度構造調査結果等によると、周囲に比べて顕著にS波速度が低下したS波低速度層は、５号炉から2009年駿河湾の地震の到来方向である北東方向にかけて、深さ数百mの浅部に局所的に分布し、その内部は濃淡のある不均質な速度構造の集合体であると考えられる。
○これらのS波低速度層の特徴は、「地震観測記録に基づく５号炉周辺の増幅要因の考察」と整合していることから、S波低速度層が５号炉周辺の増幅要因であると推定される。

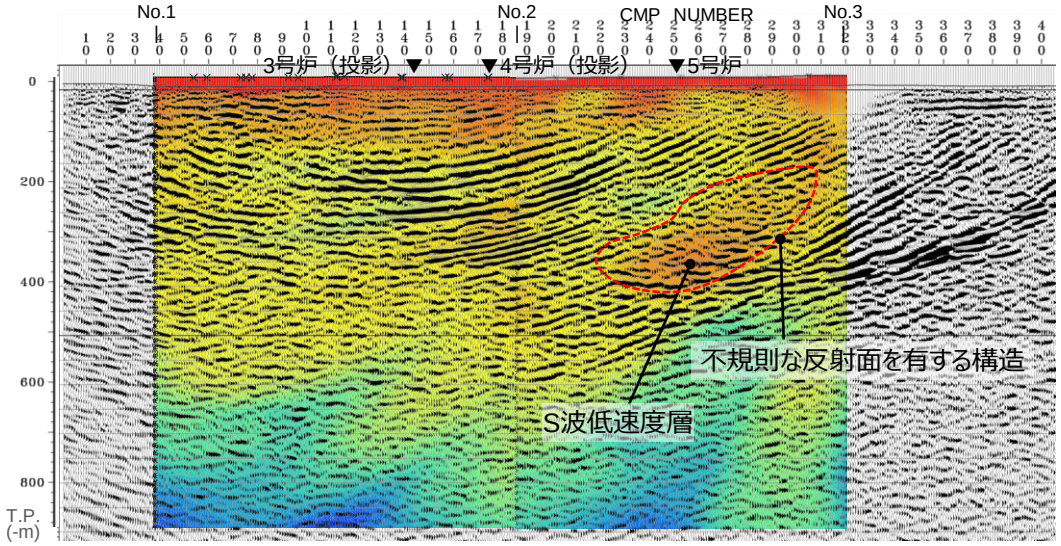
S波低速度層と地質的特徴との対応

○以降では、地質構造調査結果（反射断面、ボーリングコア、物理検層、室内試験）を踏まえて、S波低速度層と地質的特徴との対応について検討する。また、参考として、地質的特徴を踏まえたS波低速度層の形成についても考察する。

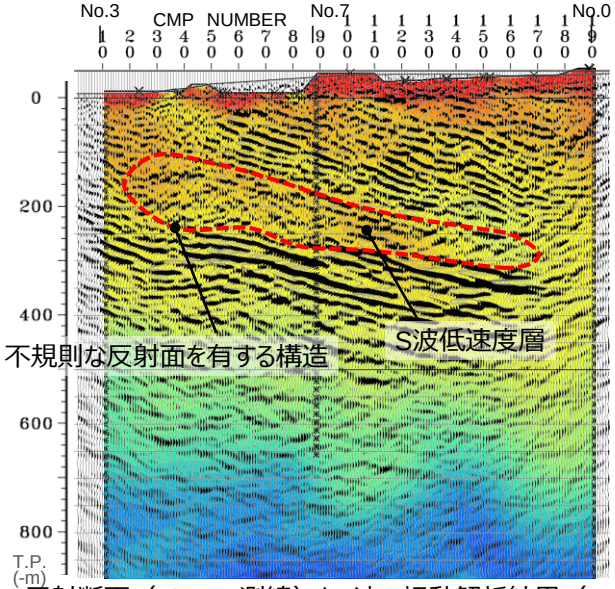
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

第164回
資料2 p.61一部修正

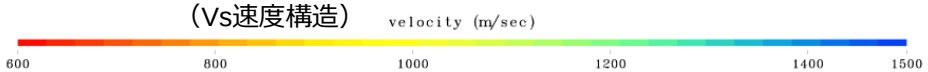
反射断面



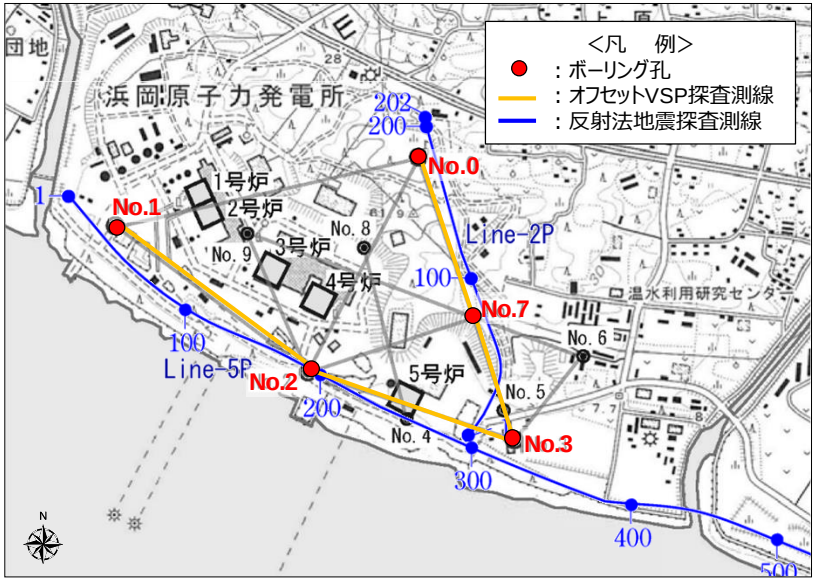
P波の反射断面（Line5P測線）とS波の初動解析結果（1-2測線、2-3測線）



P波の反射断面（Line2P測線）とS波の初動解析結果（0-7-3測線）
（Vs速度構造）



○敷地周辺に一様に分布する相良層群は、褶曲構造が発達しており、敷地近傍の反射法地震探査測線（Line5P）からも、相良層内の褶曲構造が明瞭に確認される。
○敷地近傍の地質は、砂岩と泥岩の互層からなり、反射断面は一般的に規則的な反射面を示すのに対して、S波の初動トモグラフィックインバージョン解析結果により確認されたS波低速度層付近の反射断面は、層理面と斜交した不規則な反射面を示している。
○S波低速度層を含む不規則な反射面を有する構造は、褶曲構造と調和的に分布する。



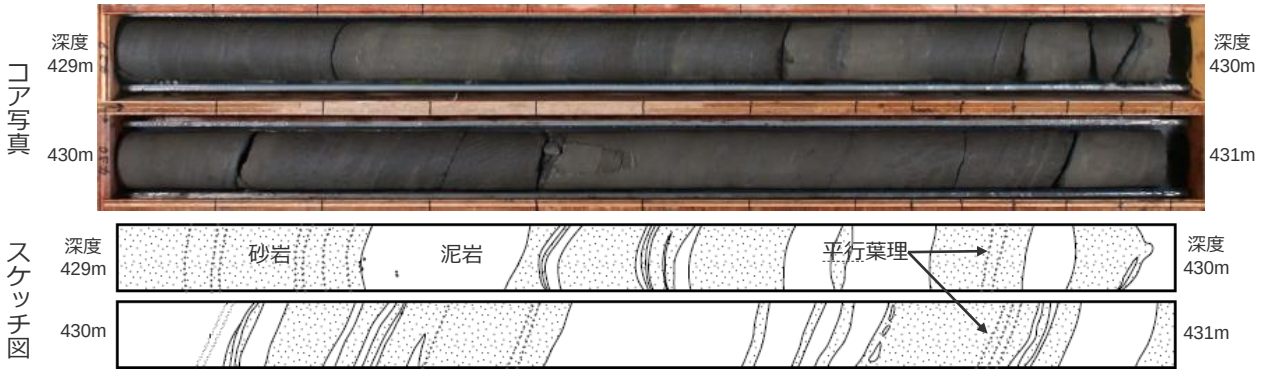
（国土地理院1:25,000地形図に各号炉位置、敷地で実施した地下構造調査の位置を加筆）

・下線（　）は、一部修正箇所を示す。

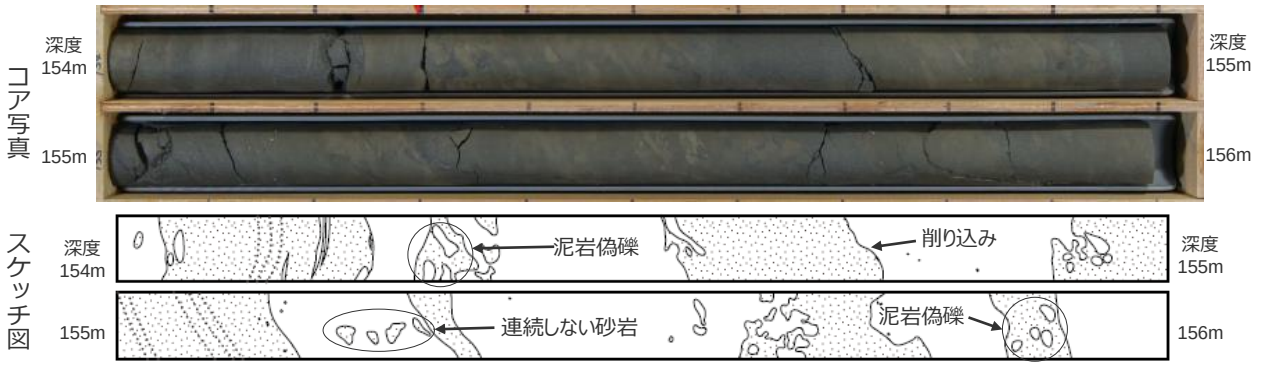
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

ボーリングコア

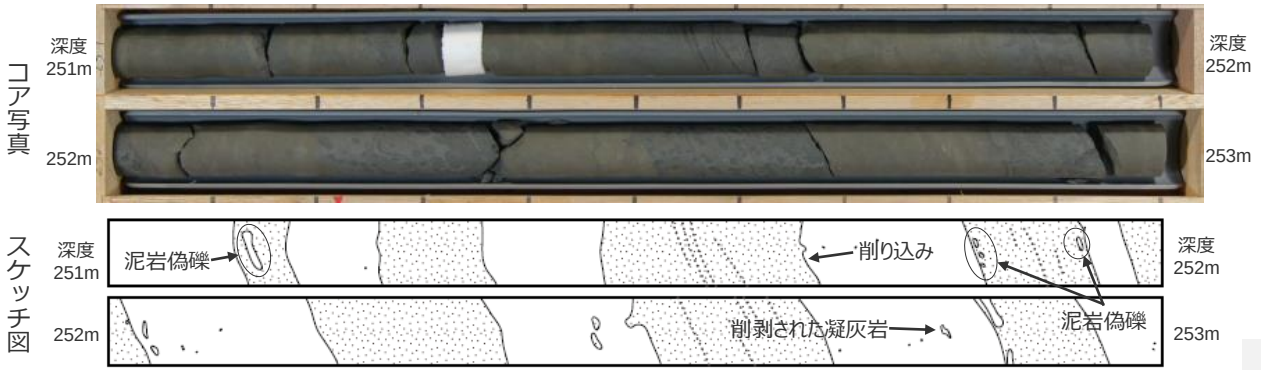
①敷地近傍の一般的なボーリングコア（No.0孔：深度429m～）



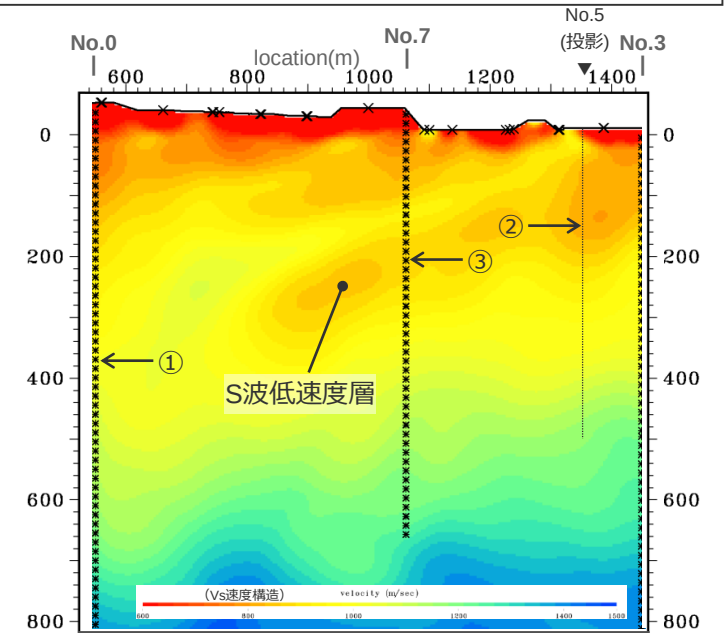
②No.5孔（S波低速度層付近）のボーリングコア（深度154m～）



③No.7孔（S波低速度層付近）のボーリングコア（深度251m～）



- S波低速度層から離れたNo.0孔は、泥岩と砂岩の境界が明瞭で級化層理や平行葉理が認められ、層構造が周辺の構造と調和的な整然とした互層を示す。
- S波低速度層付近のNo.5孔、No.7孔のボーリングコアは、「泥岩の偽礫やブロック状の泥岩・凝灰岩を含む」、「顕著な削り込みが見られる」、「急傾斜の葉理が見られる」といった堆積構造の乱れが、S波低速度層に対応する深度に連続する傾向が認められる。



S波の初動解析結果（0-7-3測線）

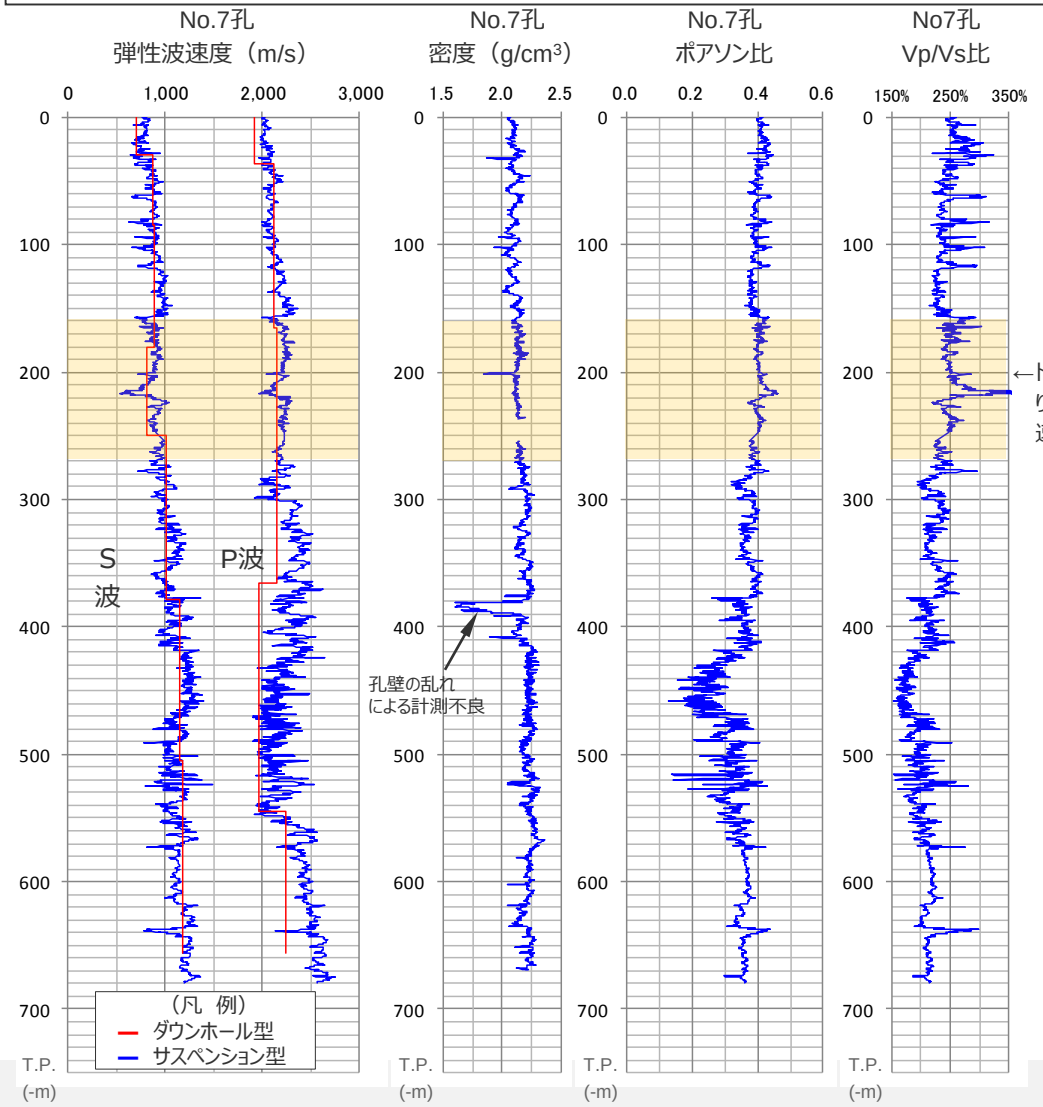
・下線（ ）は、一部修正箇所を示す。
・コア写真、スケッチ図に深度を追記。
・説明文に枠囲みを追加。

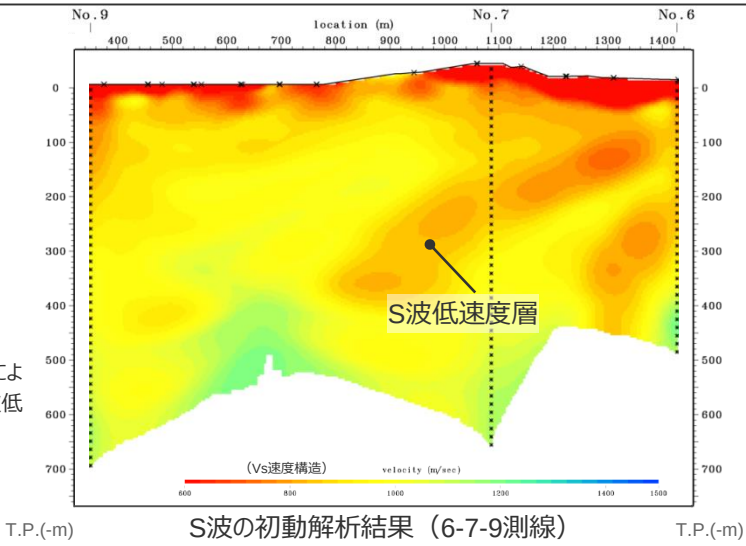
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

物理検層

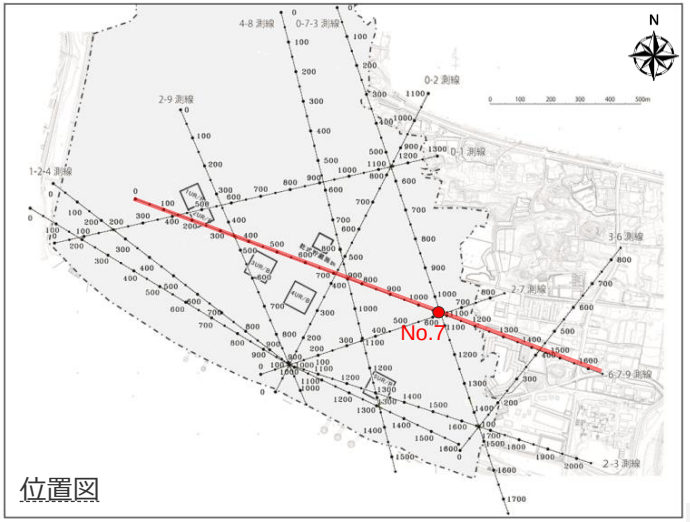
第164回
資料2 p.63一部修正

○S波の初動トモグラフィックインバージョン解析結果により確認されたS波低速度層付近に位置するNo.7孔の物理検層結果では、S波低速度層に対応する深さに弾性波速度（S波）の低下が認められ、ポアソン比やVp/Vs比の緩やかな上昇が認められる。





S波の初動解析結果（6-7-9測線）



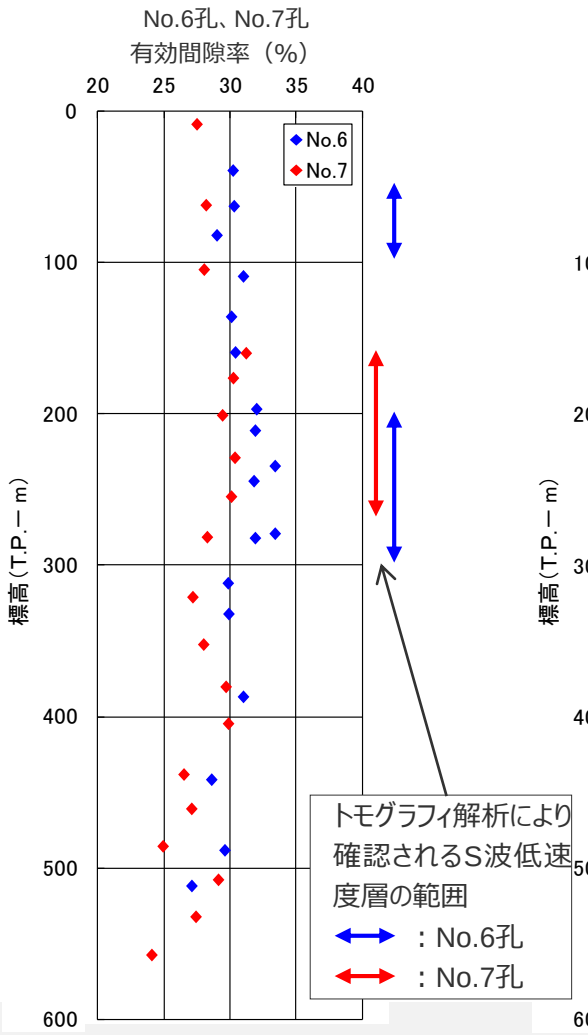
・下線（ ）は、一部修正箇所を示す。
・位置図を修正。

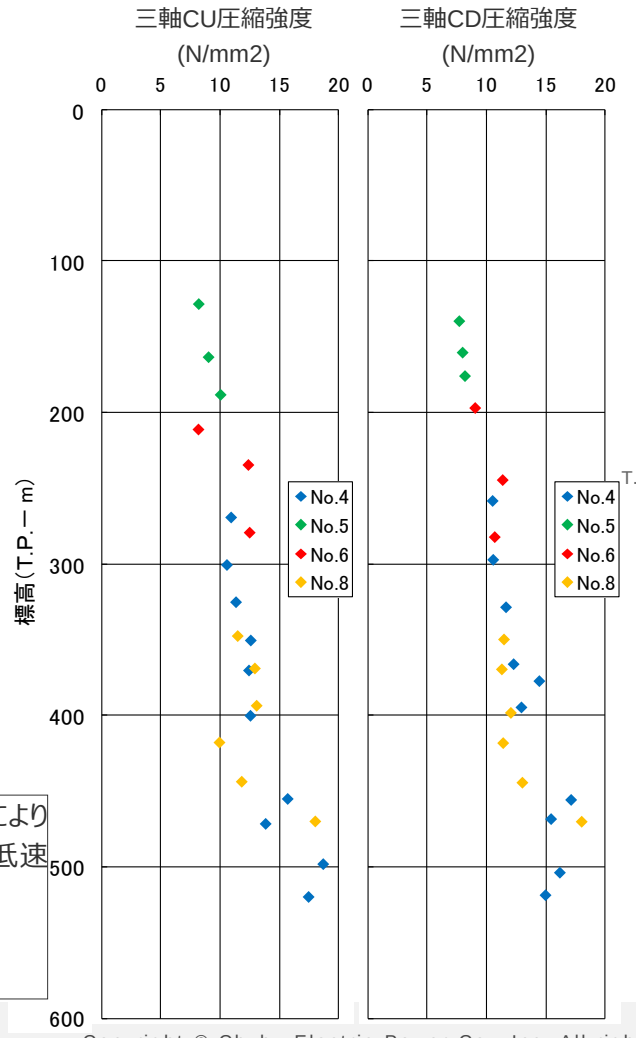
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

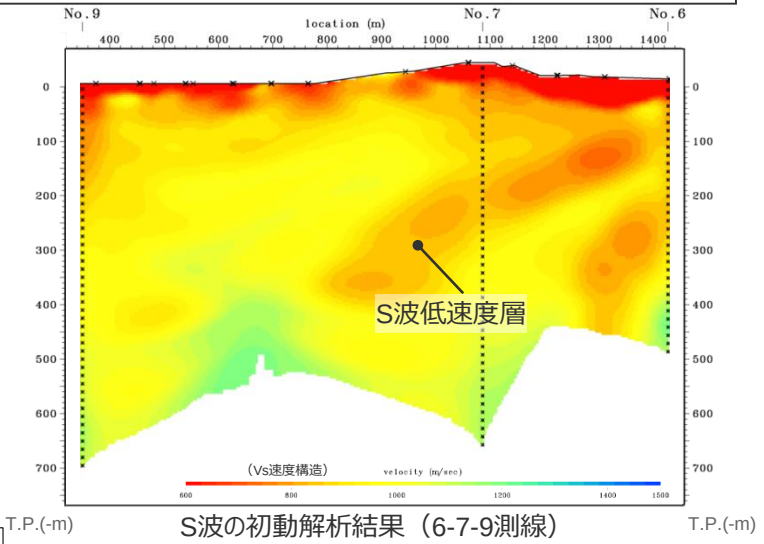
室内試験-1

第164回
資料2 p.64一部修正

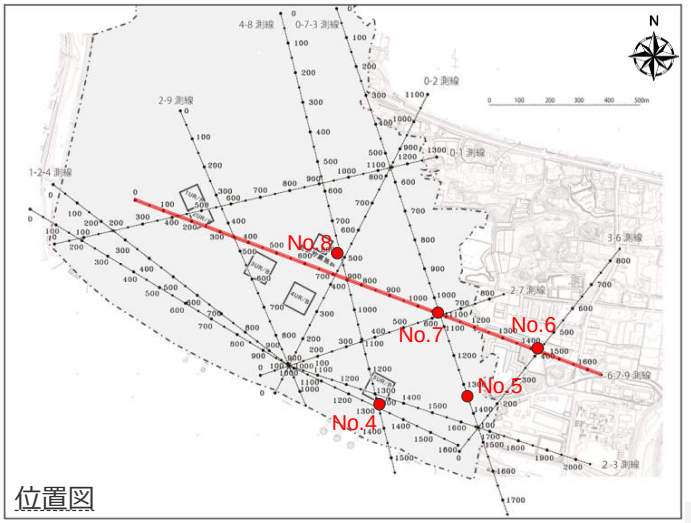
○ S波低速度層付近に位置するNo.6孔、No.7孔の砂岩のボーリングコアで実施した室内試験結果によると、有効間隙率の試験結果について、S波低速度層に対応する深さの試料は周辺に比べて数値の高い傾向が認められる。
○ 三軸圧縮強度試験（CU,CD）では、いずれの試料（砂岩）も深度方向に漸増する傾向が認められ、S波低速度層との対応はみられない。







S波の初動解析結果（6-7-9測線）



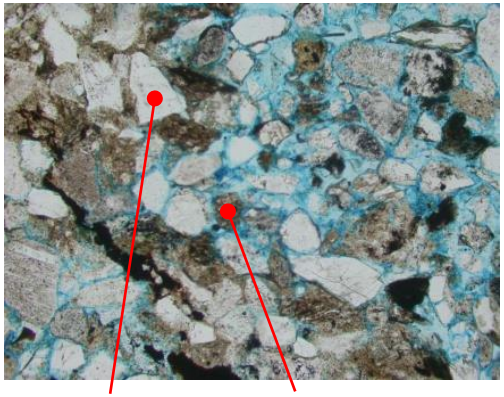
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

・下線（＿＿）は、一部修正箇所を示す。
・位置図を修正。

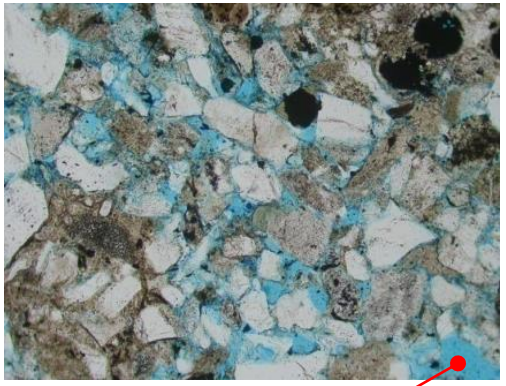
室内試験-2

○ ブルーレジンを注入した砂岩の薄片をボーリングコアから作成し、顕微鏡による間隙の観察を実施。
○ S波低速度層付近に位置するボーリングコア（写真①：No.7孔、写真③：No.6孔）において、S波低速度層に対応する深さに、周辺に比べて間隙（水色着色部）が多い傾向が認められる。また、これら試料には、泥の基質が少なく、泥質の基質の一部は粒子状を呈するといった傾向がみられる。

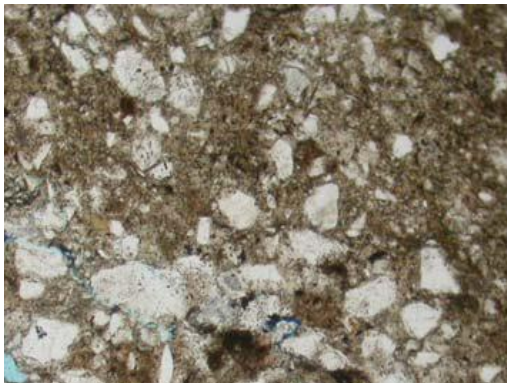
（①No.7孔　T.P.-221m地点）



（③No.6孔　T.P.-109m地点）



（②No.7孔　T.P.-556m地点）

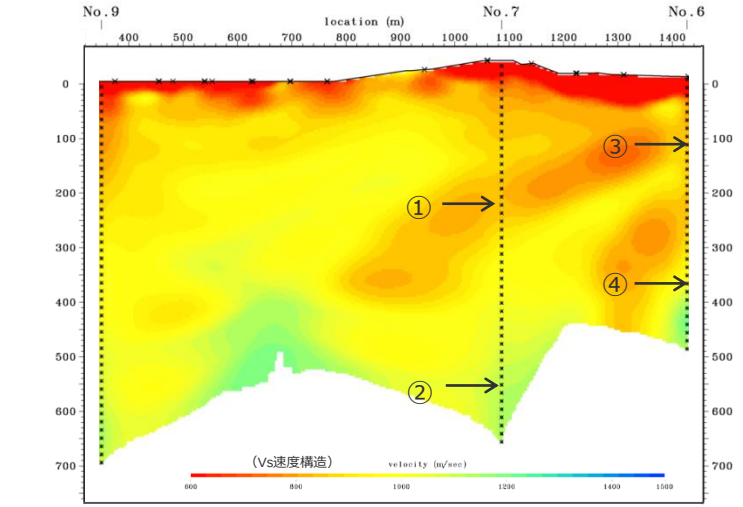


（④No.6孔　T.P.-368m地点）

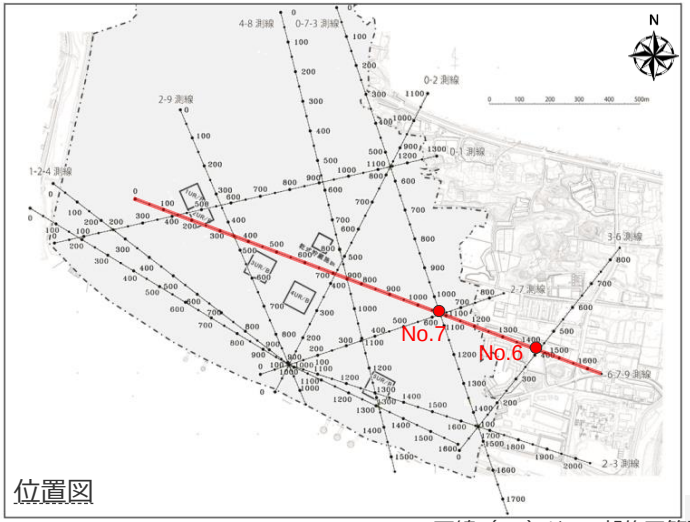


健全な砂岩では泥質の基質が密に詰まっている





T.P.(-m)　試料の深さ位置（S波の初動解析結果）　T.P.(-m)



位置図

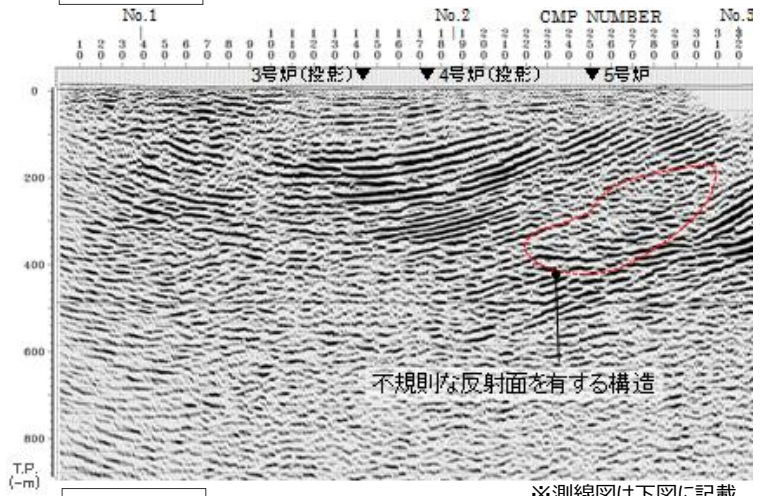
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

・下線（＿＿）は、一部修正箇所を示す。
・位置図を修正。

第164回
資料2 p.66再掲

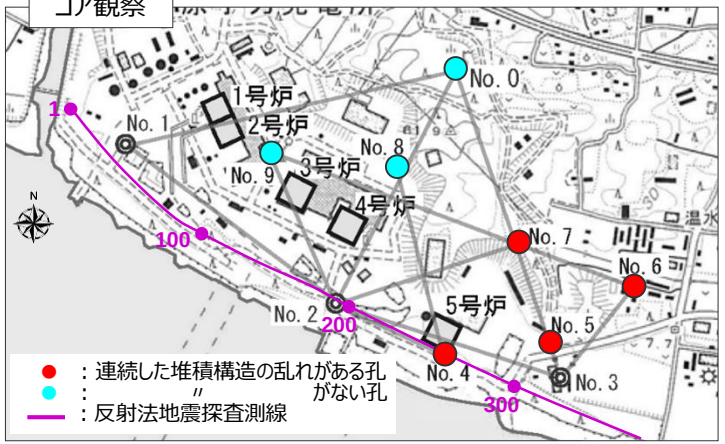
S波低速度層の時空間的変化に関する考察

反射断面



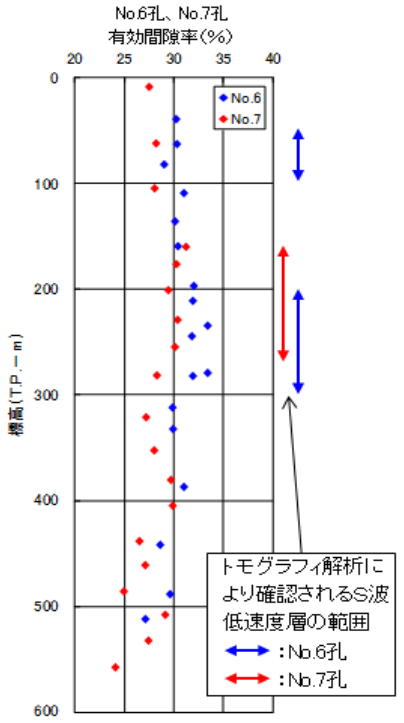
※測線図は下図に記載

コア観察

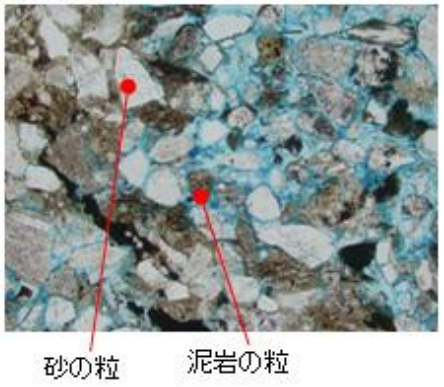


・S波低速度層は、反射断面より、不規則な反射面を有する構造と対応し、コアの観察より、堆積構造の乱れが連続する傾向と対応する。
・不規則な反射面や堆積構造の乱れが連続する傾向は、３、４号炉周辺では認められない。

室内試験



薄片観察



・S波低速度層は、室内試験の結果との対応より、間隙の多い構造が関係していると考えられ、間隙の多い構造が拡がりをもって分布している地盤の一部がＳ波低速度層に対応していると考えられる。

・S波低速度層と対応する不規則な反射面や堆積構造の乱れが連続する傾向は、３、４号炉周辺では認められない。
・S波低速度層は、間隙の多い構造が関係していると考えられることから、時空間的に変化するものではないと考えられる。なお、地盤は飽和していることから、水の移動は低速度層の時空間的な変化に影響を及ぼさないと考えられる。

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.