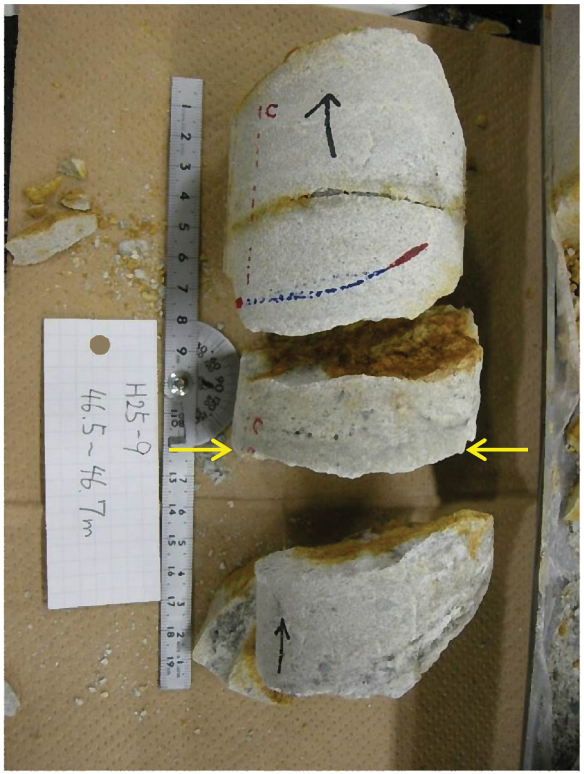
F-C（H25-9孔　破砕部1）



※赤下線を拡大。



ボーリングコア観察結果
・深度46.6～46.7mに厚さ5cmの破砕部があり、厚さ3.5cmの淡緑灰白色の角礫状破砕部と厚さ1.5cmの礫を伴う粘土状破砕部からなる。
・断層の走向/傾斜：N52E/9NW



ボーリングコア観察結果
黄色矢印箇所を最新面と認定。

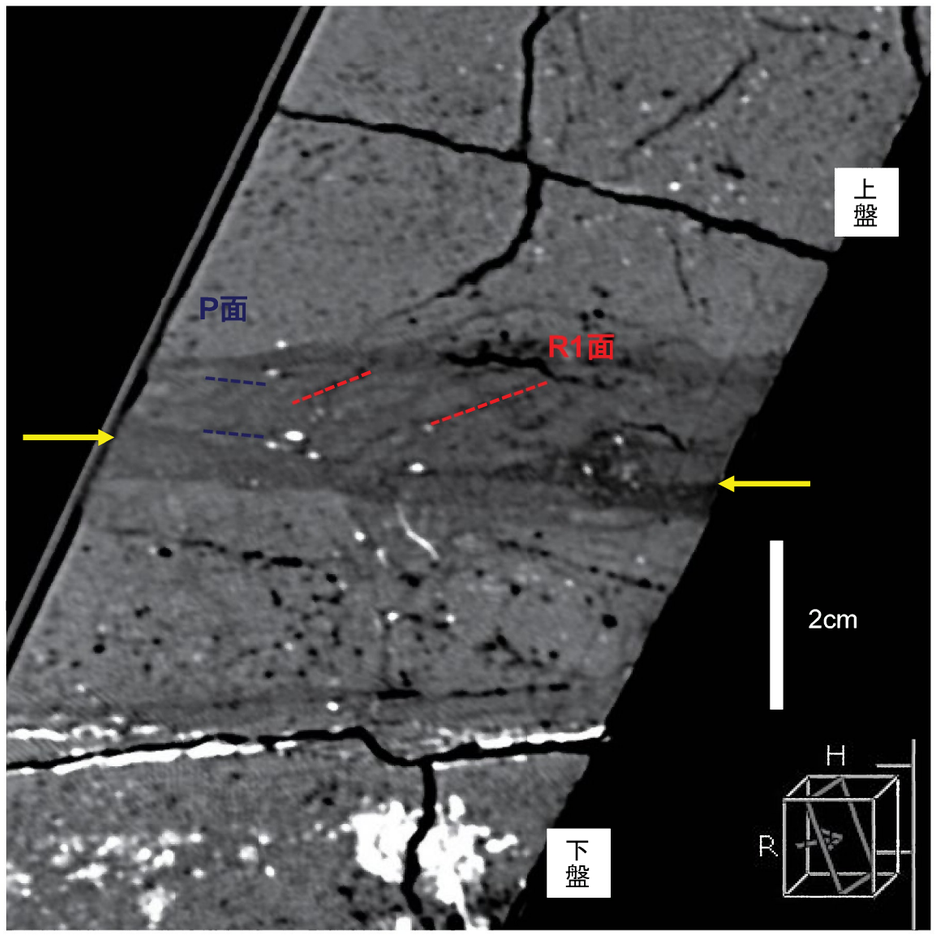
第1.2.3.4.10図　Ｆ－Ｃ（H25-9孔破砕部1）ボーリングコア観察結果

F-C（H25-9孔　破砕部1）

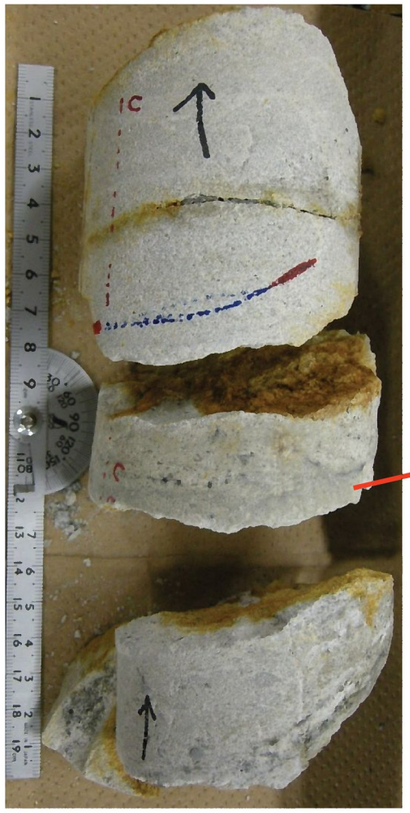
CT画像

条線に平行な方向で断面を取り、断層の縦ずれ変位を観察。

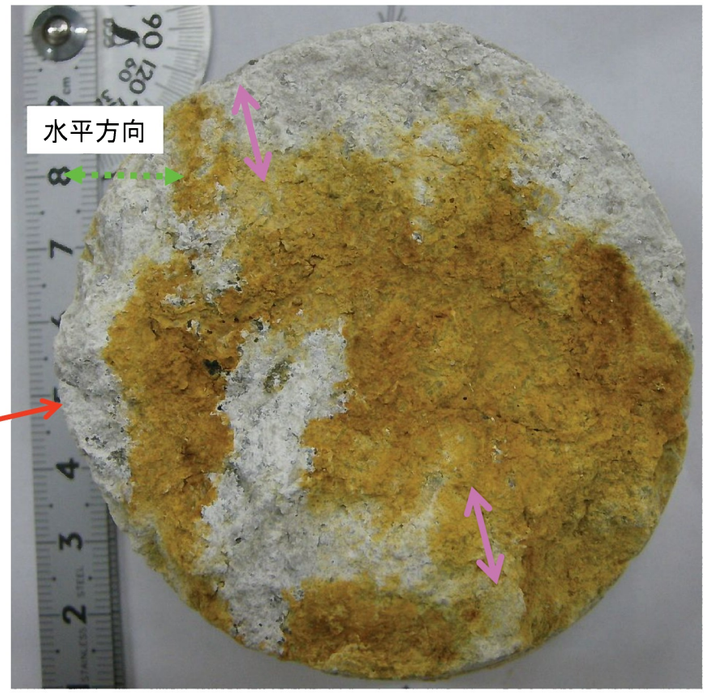
正断層センス



H25-9 46.6-46.7m

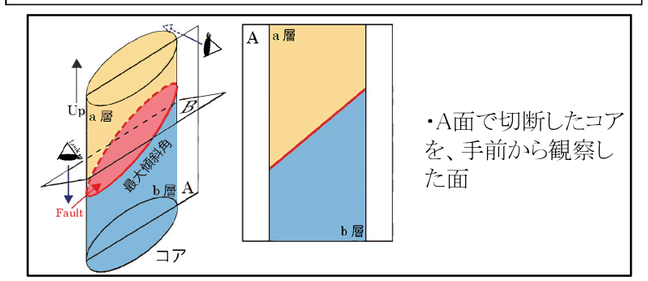


上盤下面



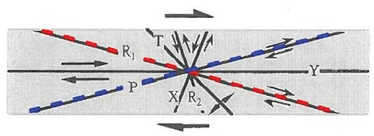
条線観察結果
・条線は不明瞭で、断片的である。

CT画像解析結果
・最新面には厚さ1.5cmの礫を伴う粘土状破砕部。
・複合面構造が認められ、正断層センスを示す。



・A面で切断したコアを、手前から観察した面

最新面
R1面
P面



せん断センスを示す複合面構造（狩野・村田、1998[25]）

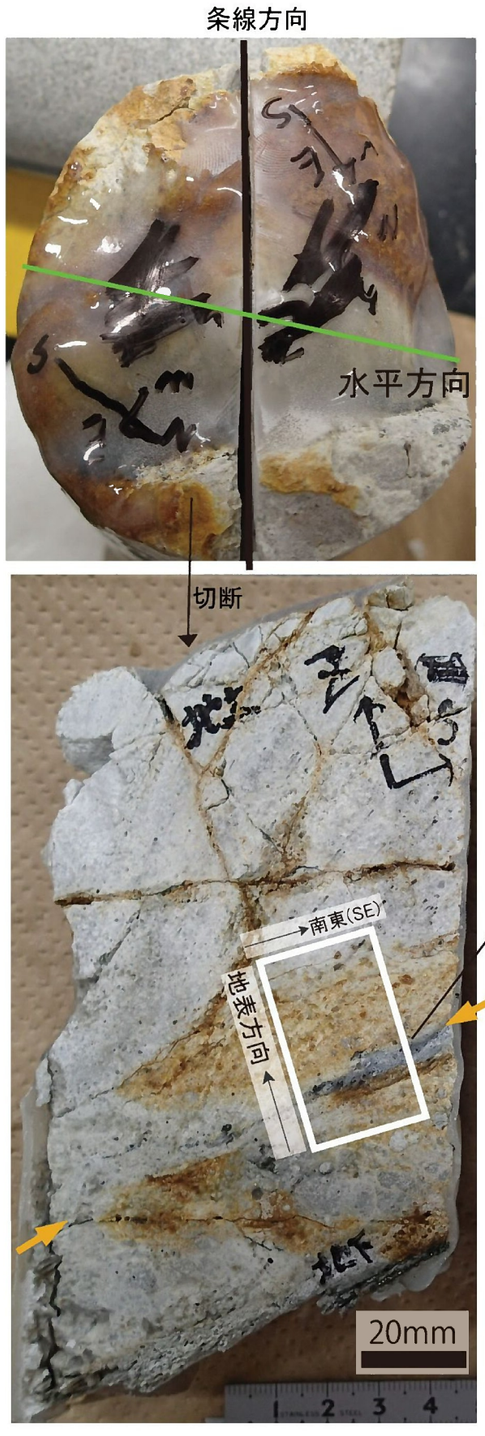
下盤側でみた条線方向

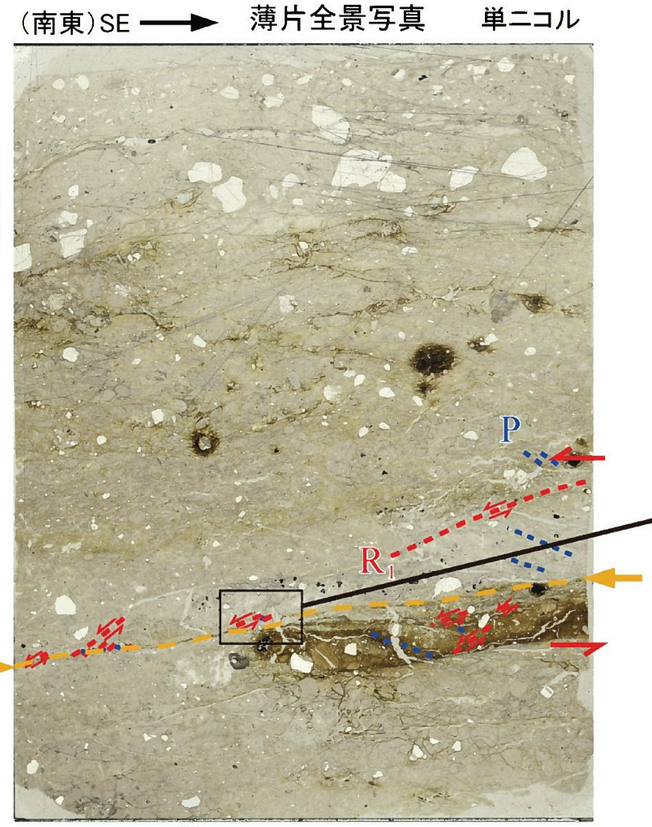
断層面の走向

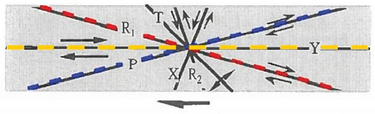


第1.2.3.4.11図　Ｆ－Ｃ（H25-9孔破砕部1）条線観察結果

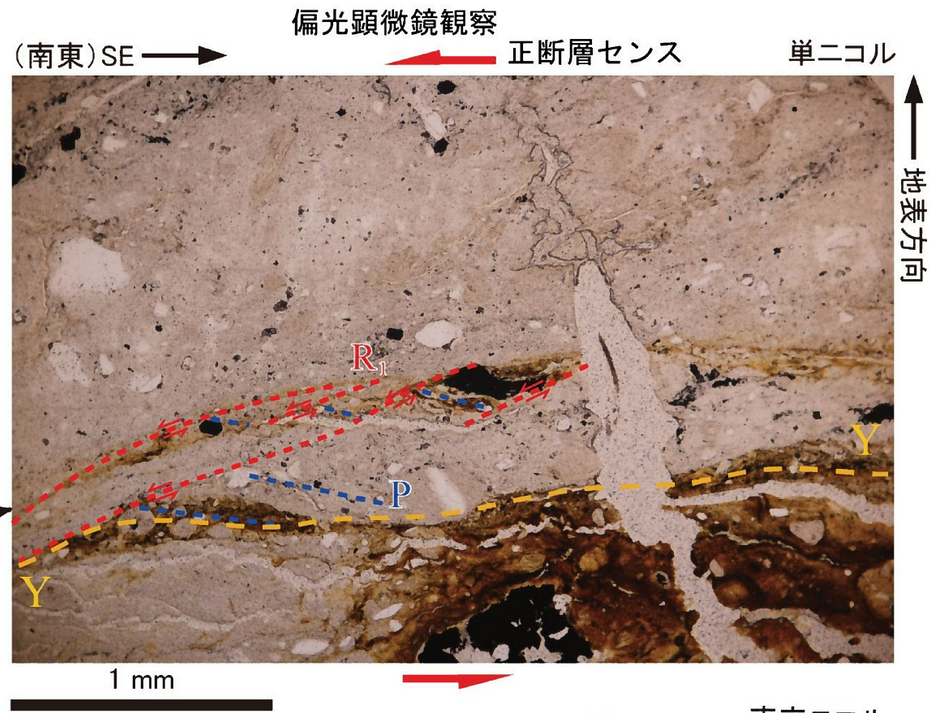
F-C（H25-9孔　破砕部1）

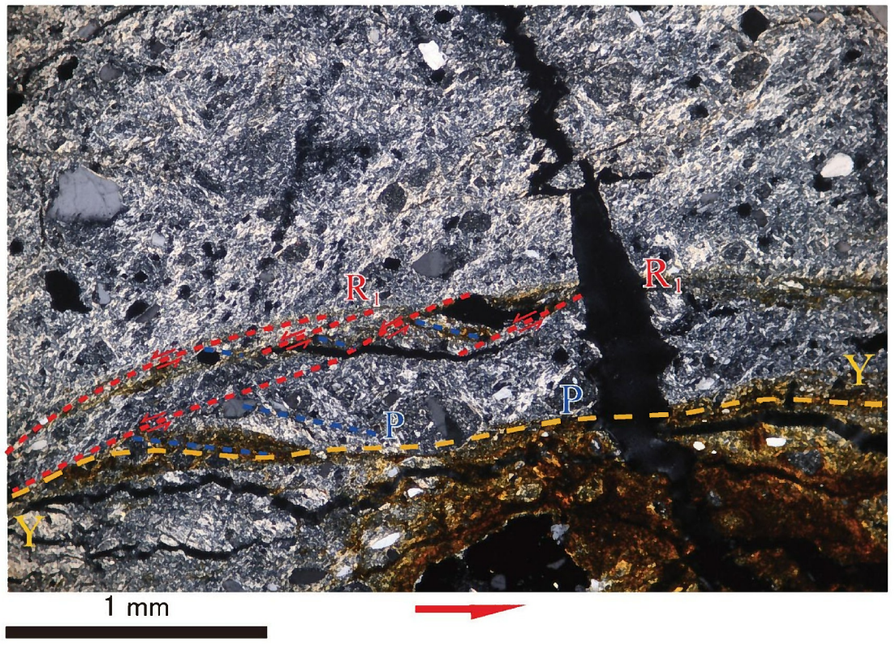






せん断センスを示す複合面構造(狩野・村田、1998[25])





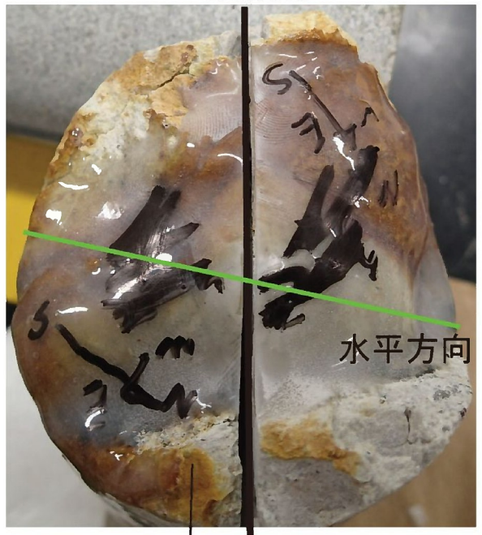
Y面
R1面
P面

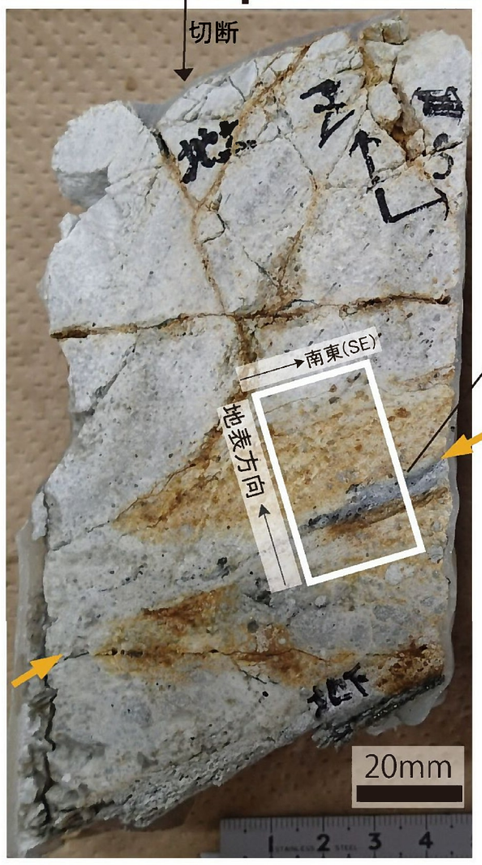
薄片観察結果
・角礫を伴う粘土状破砕部の下盤側に厚さ最大5mm程度の粘土状破砕部を伴う。
・Y面とP面・R1面の関係から正断層センスを示す。

第1.2.3.4.12図(1)　Ｆ－Ｃ（H25-9孔破砕部1）薄片観察結果(1)

F-C（H25-9孔　破砕部1）

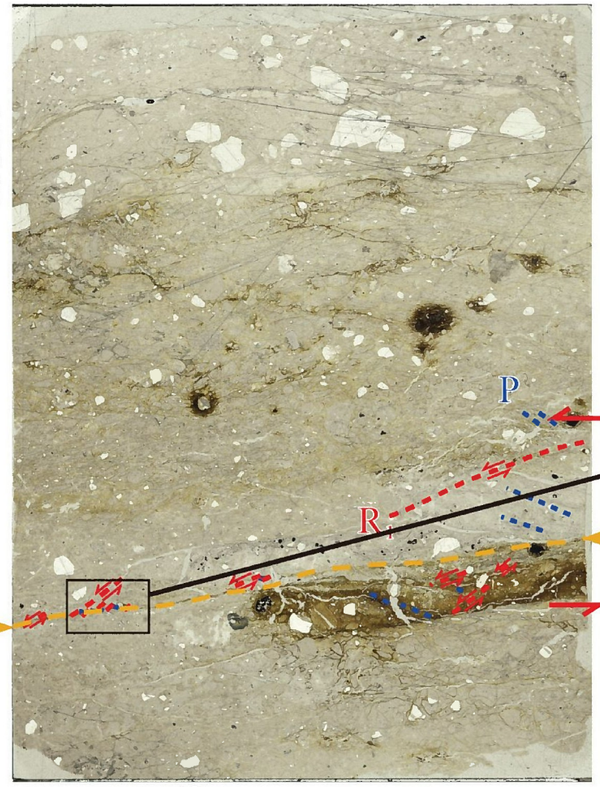
条線方向



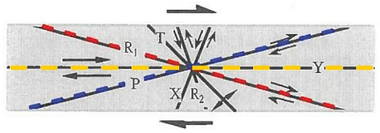


（南東）SE ⟶　薄片全景写真　単ニコル

地表方向 ⟶



10 mm



せん断センスを示す複合面構造（狩野・村田、1998[25]）

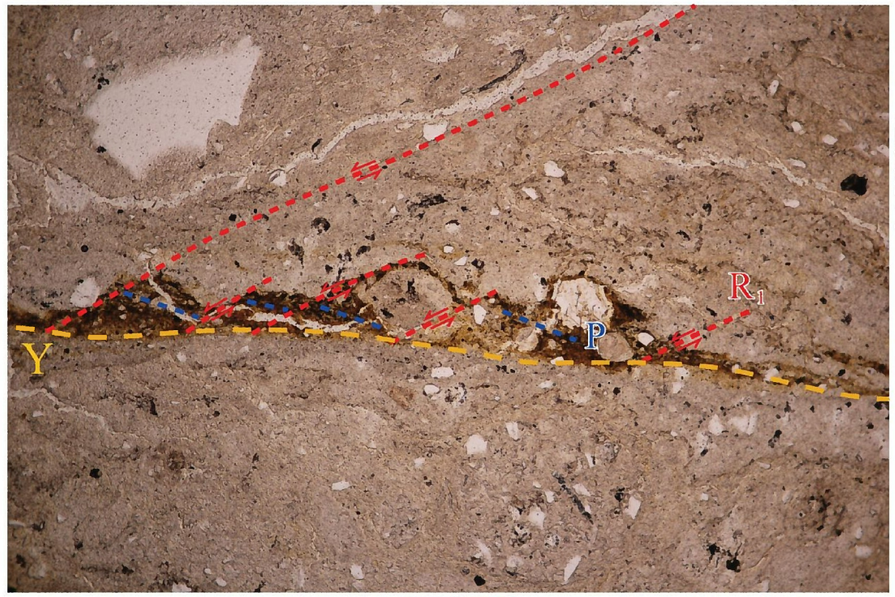
Y面
R1面
P面

<u>薄片観察結果</u>
・角礫を伴う粘土状破砕部の下盤側に厚さ最大5mm程度の粘土状破砕部を伴う。
・Y面とP面・R1面の関係から正断層センスを示す。

偏光顕微鏡観察

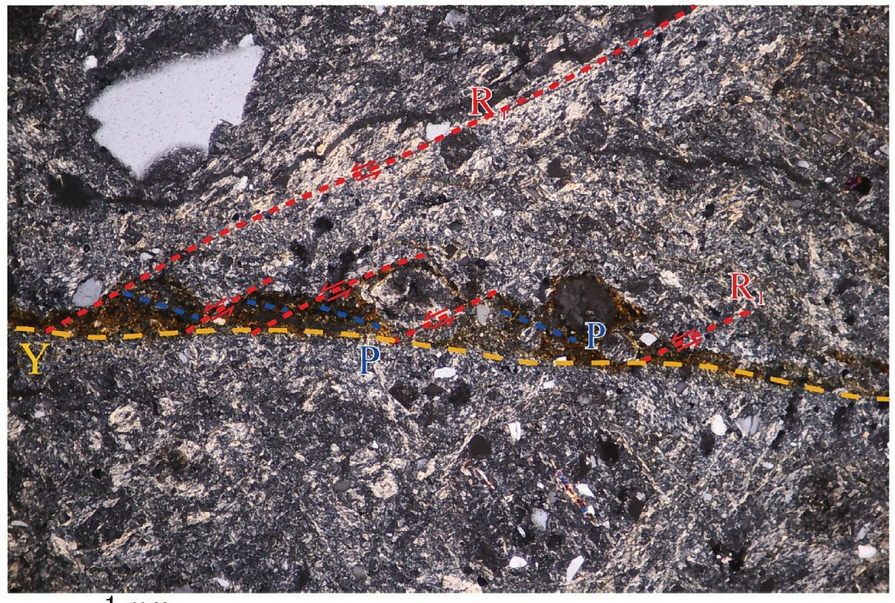
（南東）SE ⟶　正断層センス　単ニコル

地表方向 ⟶



1 mm

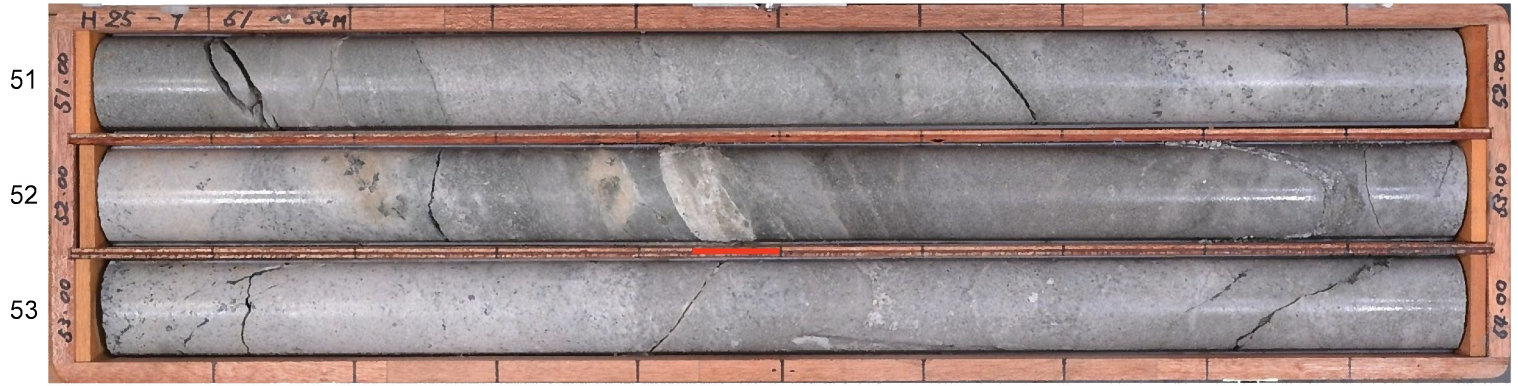
正断層センス　直交ニコル



1 mm

第1.2.3.4.12図(2)　Ｆ－Ｃ（H25-9孔破砕部1）薄片観察結果(2)

F-C（H25-9孔 破砕部2）



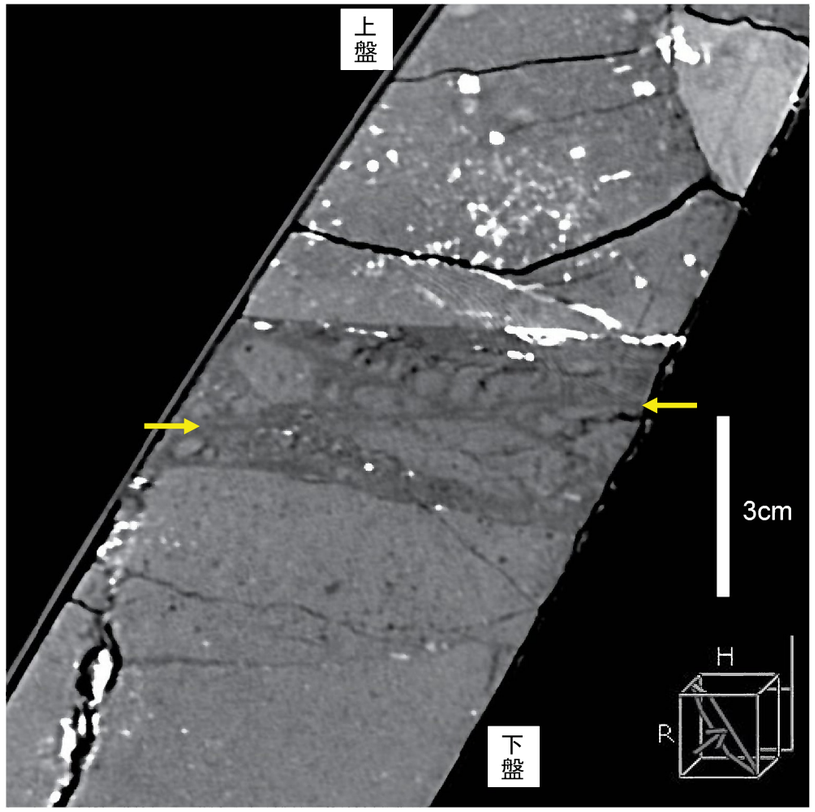
※赤下線を拡大。



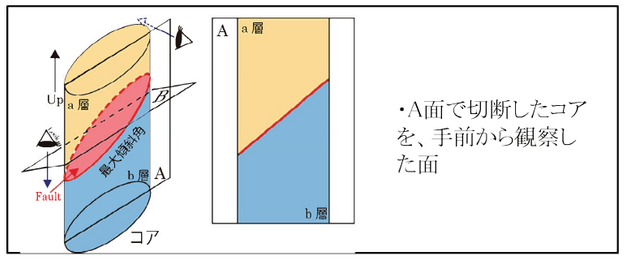
ボーリングコア観察結果
・深度52.4～52.5mに厚さ6cmの灰白色の角礫状破砕部(固結)と粘土状破砕部。
・断層の走向/傾斜：N64E/14NW

第1.2.3.4.13図　Ｆ－Ｃ（H25-9孔破砕部2）ボーリングコア観察結果

CT画像
条線に平行な方向で断面を取り、断層の縦ずれ変位を観察。

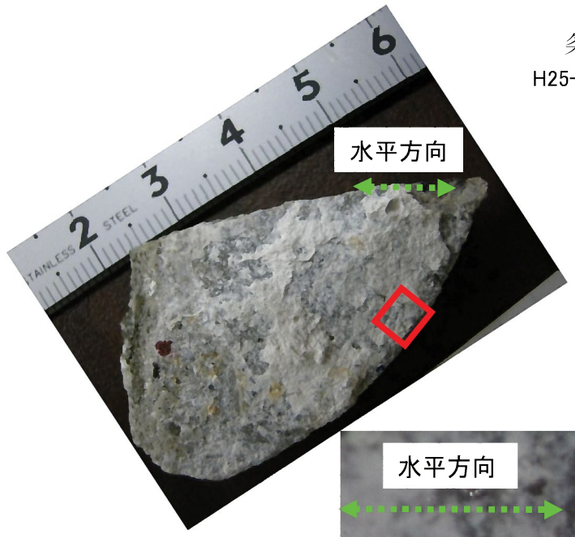


CT画像解析結果
・最新面は黄色矢印箇所。



・A面で切断したコアを、手前から観察した面

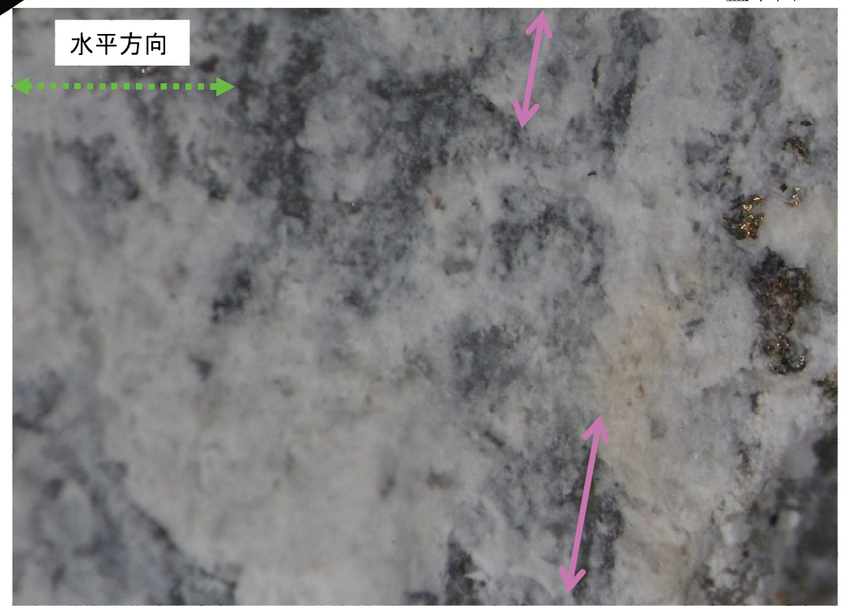
条線観察
H25-9　52.4-52.5m



下盤側でみた条線方向



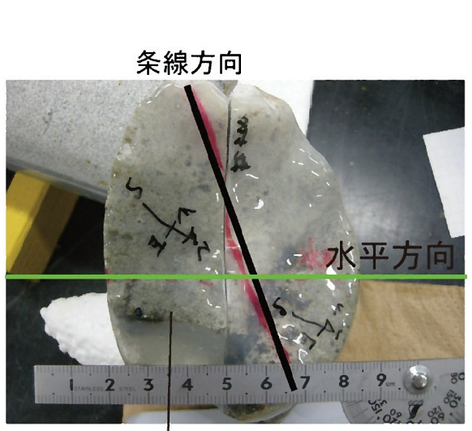
上盤下面

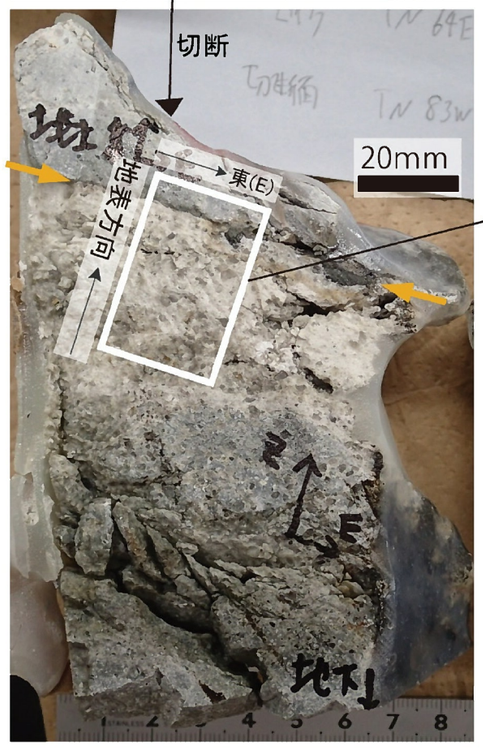


条線観察結果
・不明瞭な条線が認められる。

第1.2.3.4.14図　Ｆ－Ｃ（H25-9孔破砕部2）条線観察結果

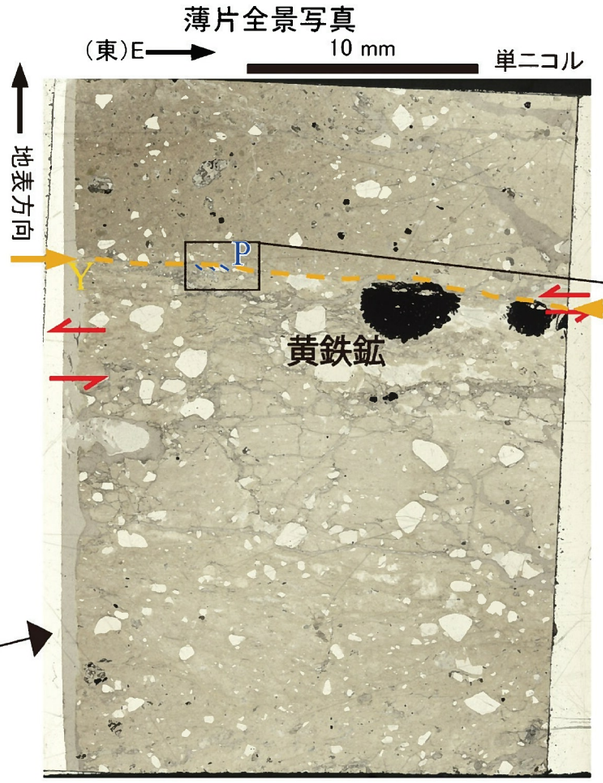
F-C（H25-9孔　破砕部2）

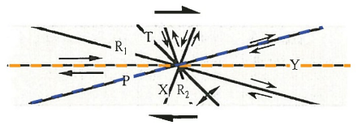




Y面
P面

薄片全景写真

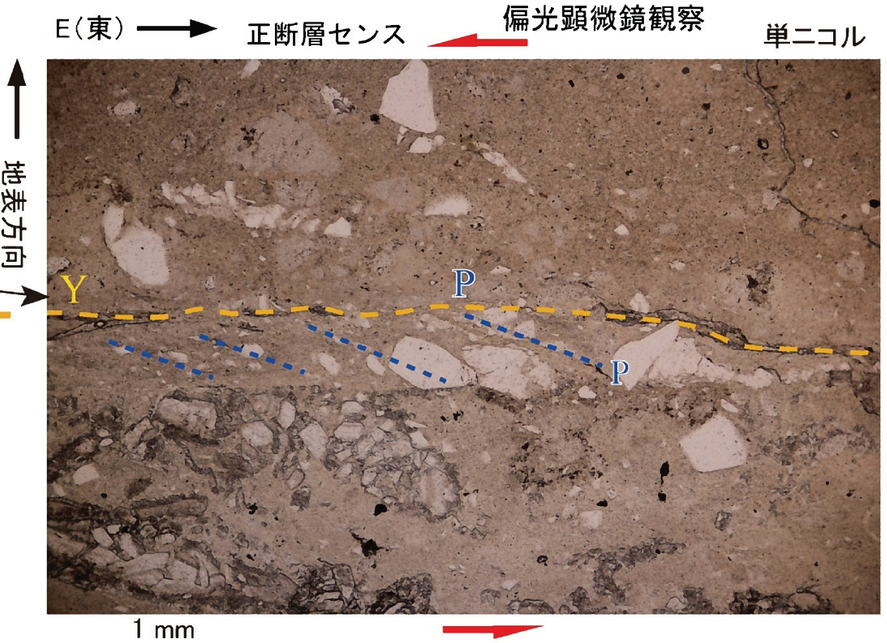


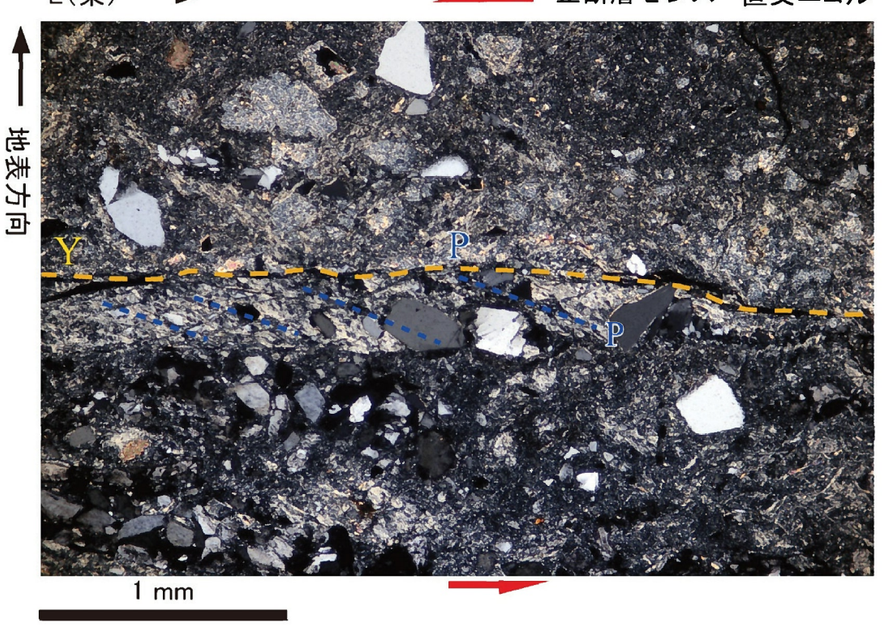


せん断センスを示す複合面構造（狩野・村田、1998[25]）

薄片観察結果
- 厚さ最大10mm程度の粘土状破砕部を伴う。
- Y面は直線性に欠ける。
- Y面に沿って晶出している黄鉄鉱は、破砕されていない。
- Y面とP面との関係から、正断層センスを示す。

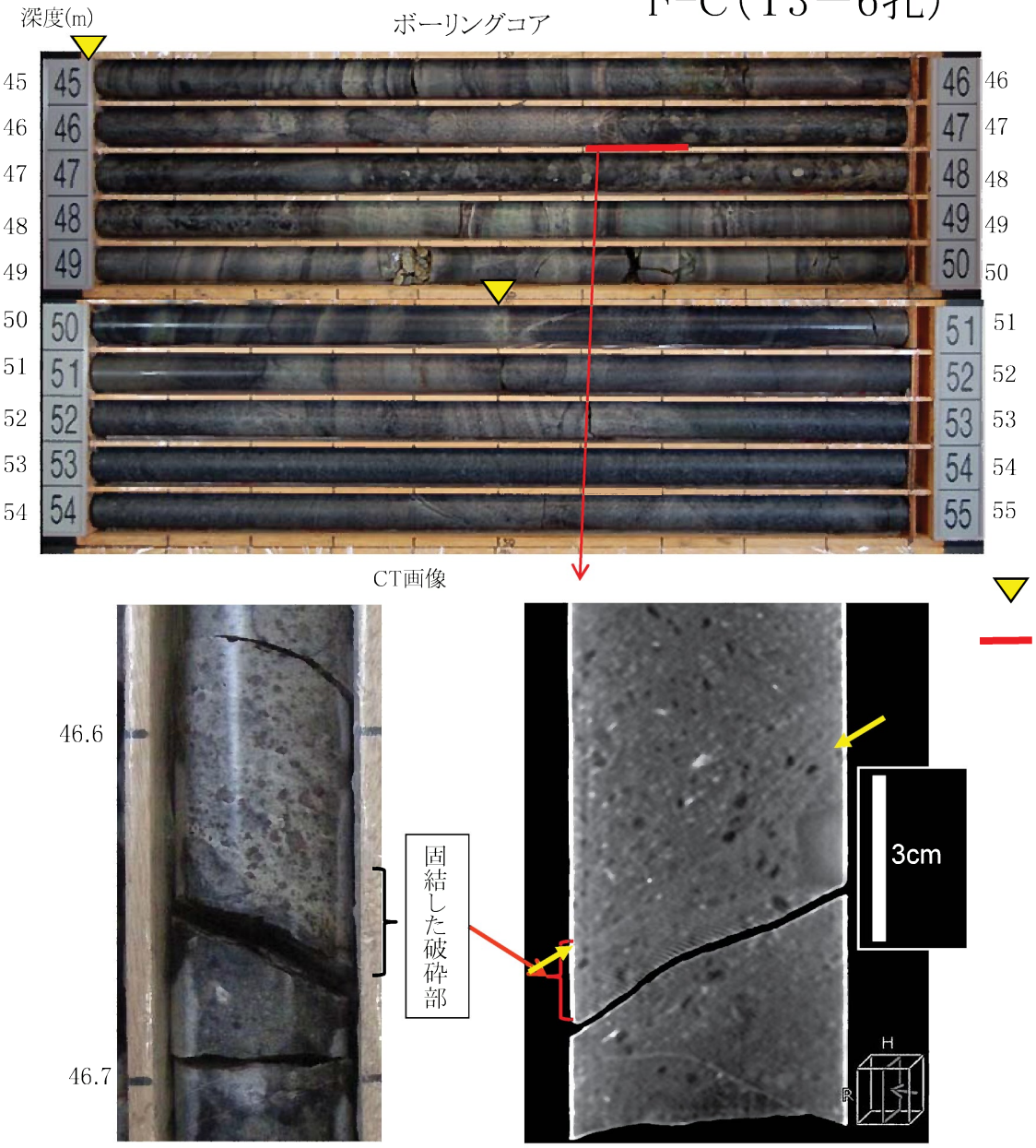
偏光顕微鏡観察





第1.2.3.4.15図　Ｆ－Ｃ（H25-9孔破砕部2）薄片観察結果

F-C（T3－6孔）



ボーリングコア観察結果

・緻密堅固な流紋岩質凝灰岩中（深度45.0～50.5m）に、幅2cmの固結した角礫状破砕部と幅1cmの固結した粘土状破砕部を伴う断層が1条（深度46.6～46.7m）認められた。

・周辺の流紋岩中には断層が認められないことから、この断層をF－Cと評価した。

▽ 流紋岩質凝灰岩の上限(深度45.0m)及び下限(深度50.5m)

━ 流紋岩質凝灰岩中に認められた1条の破砕部(深度46.6～46.7m)

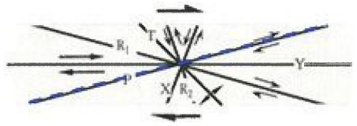
CT画像解析結果

・黄色の矢印箇所にせん断組織と思われる構造が認められる。

第1.2.3.4.16図　F－C（T3-6孔）ボーリングコア観察結果

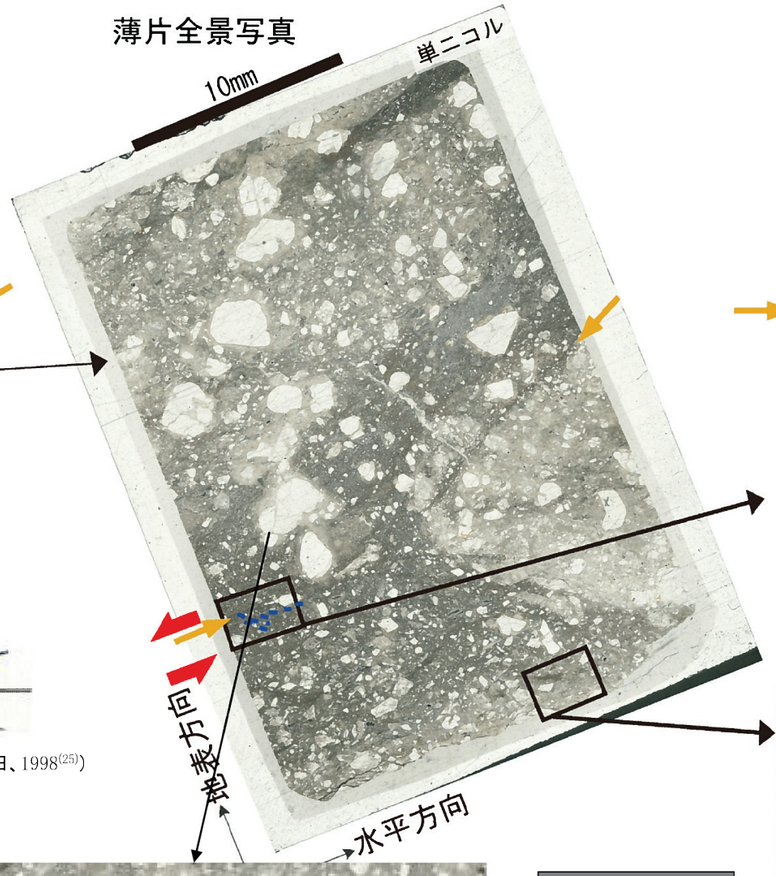
F-C（T3－6孔）
薄片

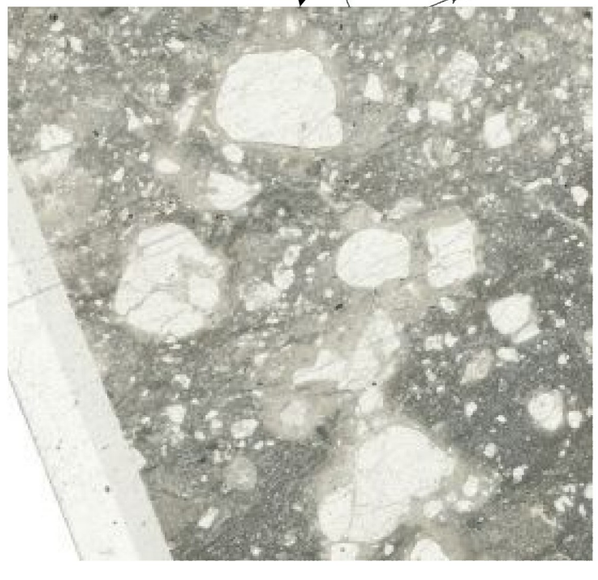




せん断センスを示す複合面構造（狩野・村田、1998[25]）

薄片全景写真

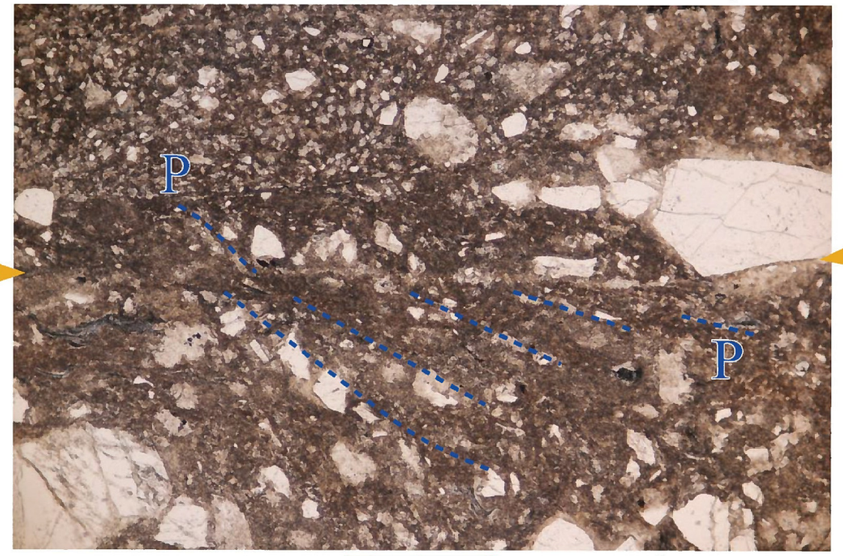


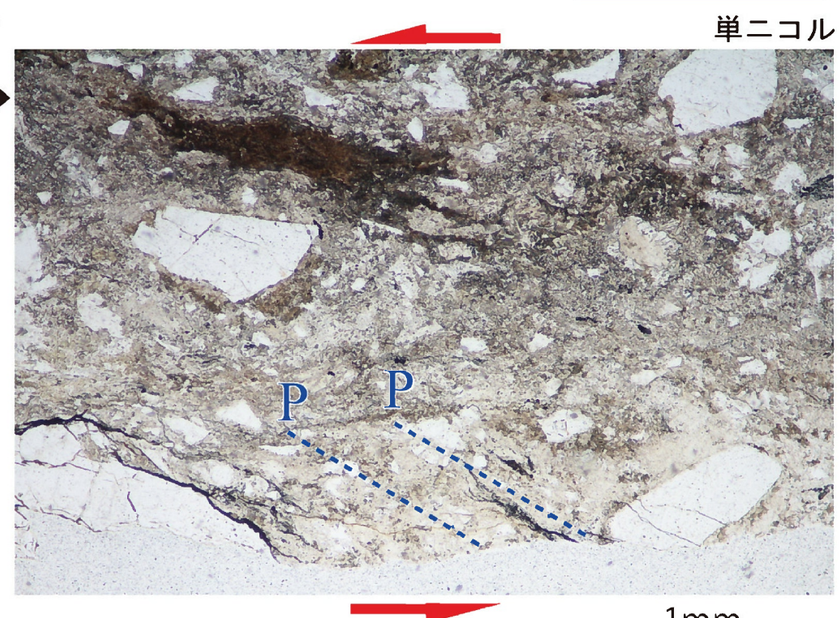


P面

偏光顕微鏡写真

正断層センス





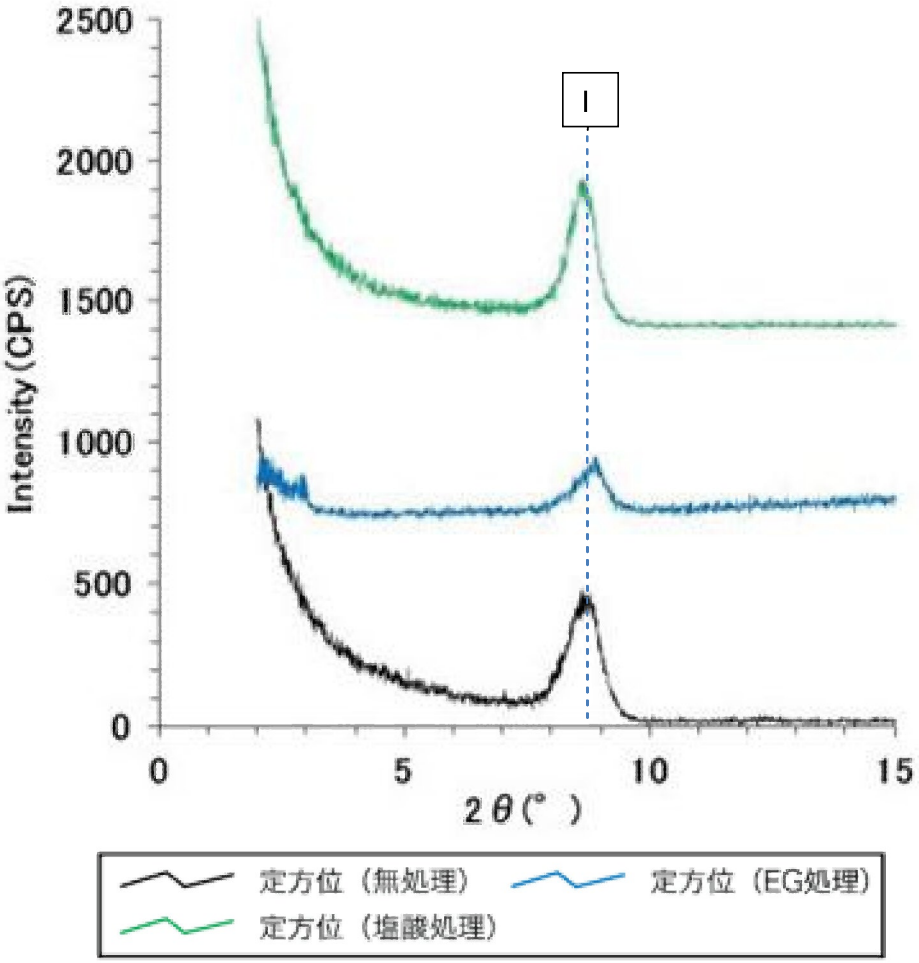
薄片観察結果
・薄片中央部に正断層成分を示すせん断構造（P面）が認められる。
・岩石片の周囲を白色の変成鉱物が取り巻いている。

第1.2.3.4.17図　Ｆ－Ｃ（T3-6孔）薄片観察結果

F-C（水抜き坑No.1ブロック）

定方位　水簸

XRD分析

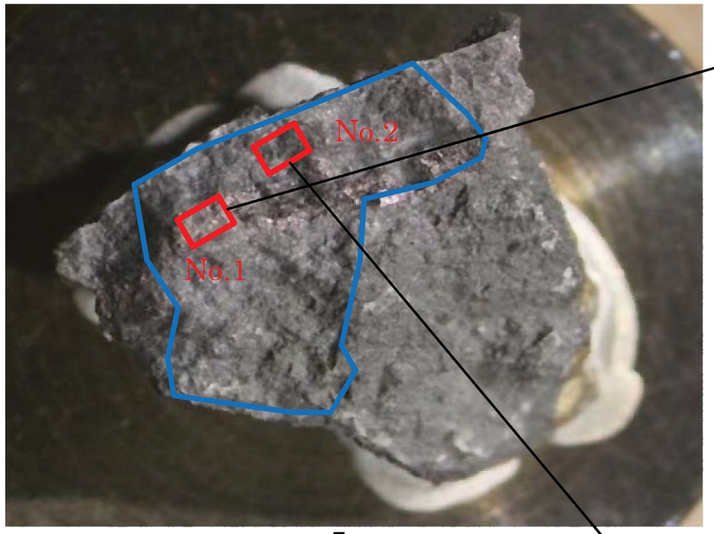


I　イライト

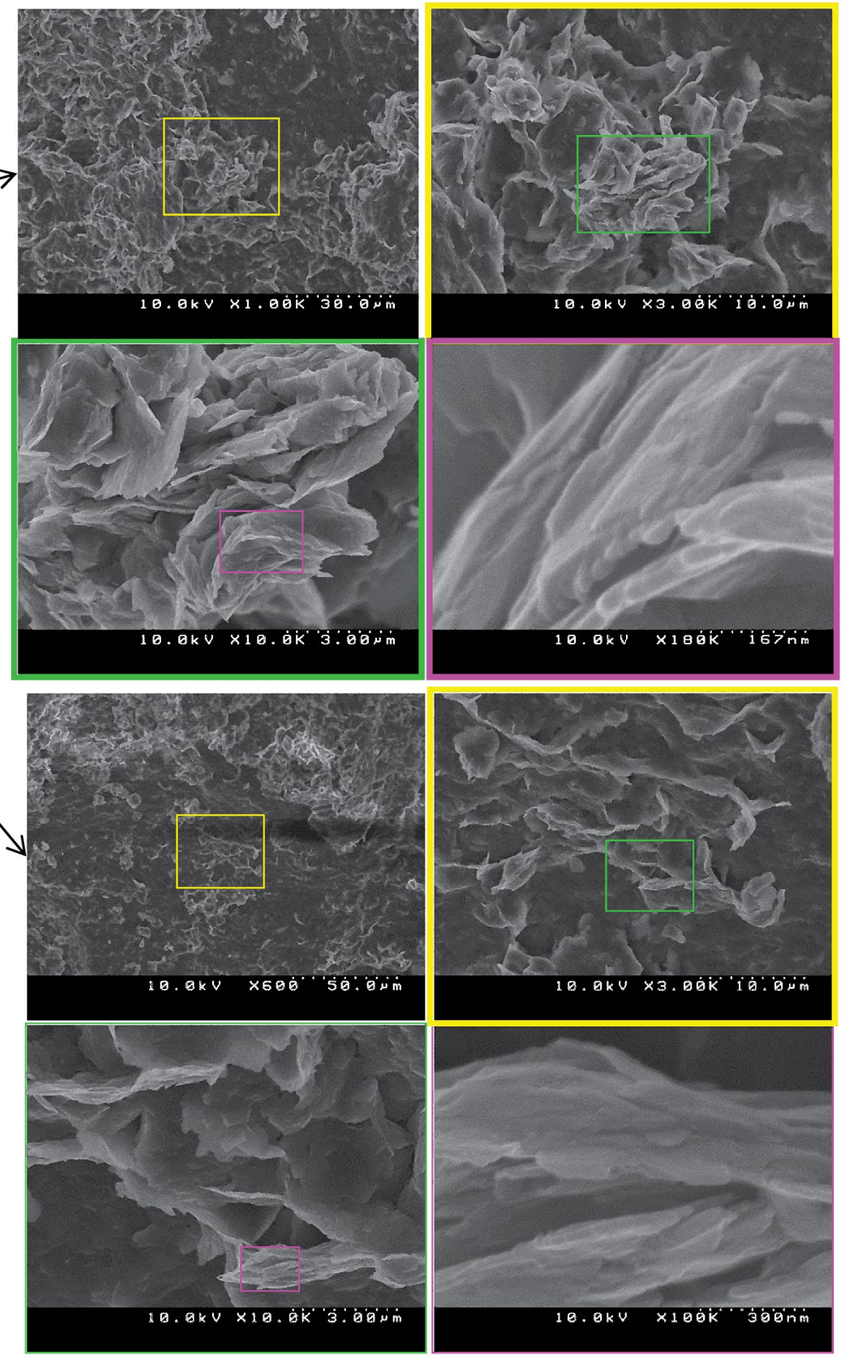
粘土鉱物分析結果
最新面に存在する粘土鉱物は、イライトである。

第1.2.3.4.18図　Ｆ－Ｃ（水抜き坑No.1ブロック）Ｘ線回折法による分析結果

水抜き坑ブロックNo．1から作成した最新面上のサンプル



蒸着後のサンプル写真
赤枠は観察箇所、青枠は同様のものが観察される範囲を示す。



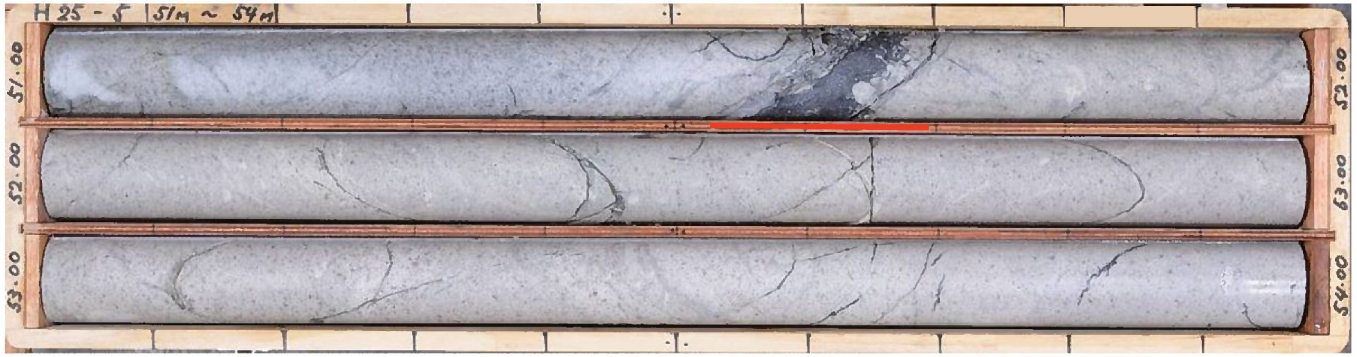
SEM観察結果
・最新面には粘土鉱物(イライト)が密集している。

SEM観察結果
・最新面には粘土鉱物(イライト)が密集している。

第1.2.3.4.19図　Ｆ－Ｃ（水抜き坑No.1ブロック）電子顕微鏡観察結果

F-A（H25-5孔）

深度(m)



※赤下線は破砕部を示す。

H25-5孔 51.55-51.65mの破砕部拡大



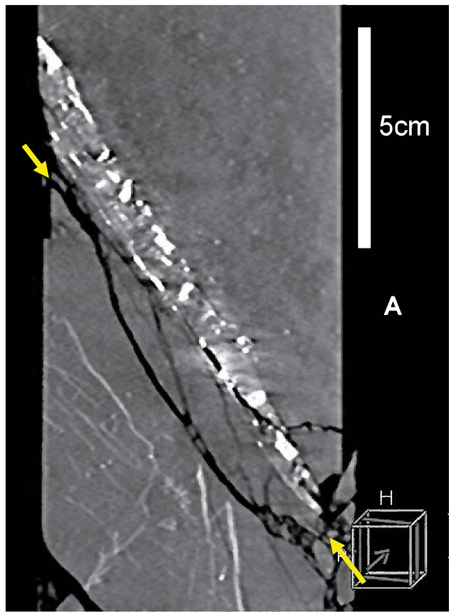
ボーリングコア観察結果
・厚さ8cmの角礫状破砕部(固結)。
・走向・傾斜：N45° W/62° SW

第1.2.3.4.20図　Ｆ－Ａ（H25-5孔）ボーリングコア観察結果

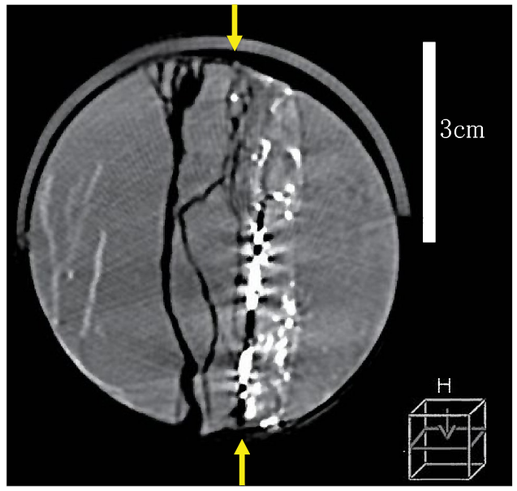
F-A（H25-5孔）

CT画像

最大傾斜方向



水平断面



CT画像解析結果
・最新面は黄色矢印。



※赤枠を拡大

H25-5 51.55-51.65mの断層面（下盤上面）



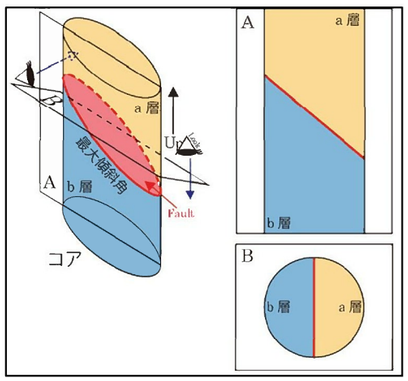
下盤側でみた条線方向

断層面の走向

条線の方向(85°L)

条線観察結果
・鏡肌が部分的に認められる。
・鏡肌部に条線が観察される。

・A面で切断したコアを、手前から観察した面
・B面で切断したコアを、頭上から見下ろした面



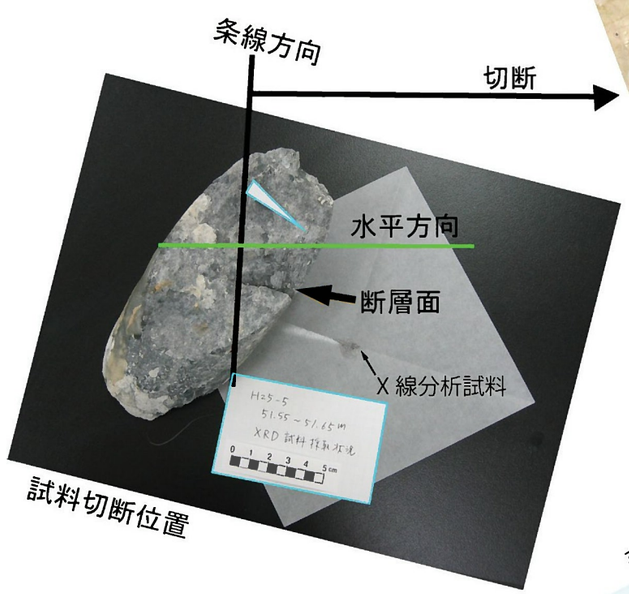
第1.2.3.4.21図　Ｆ－Ａ（H25-5孔）条線観察結果

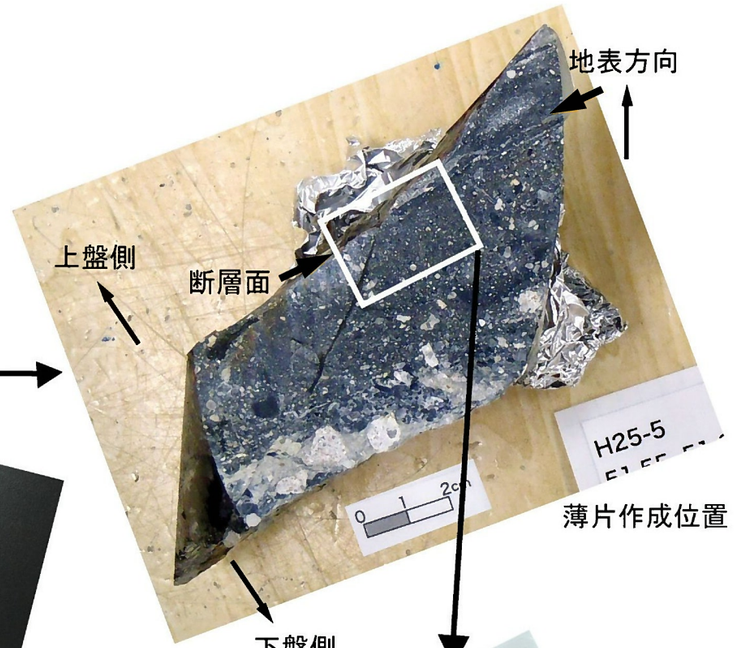
F-A（H25-5孔）

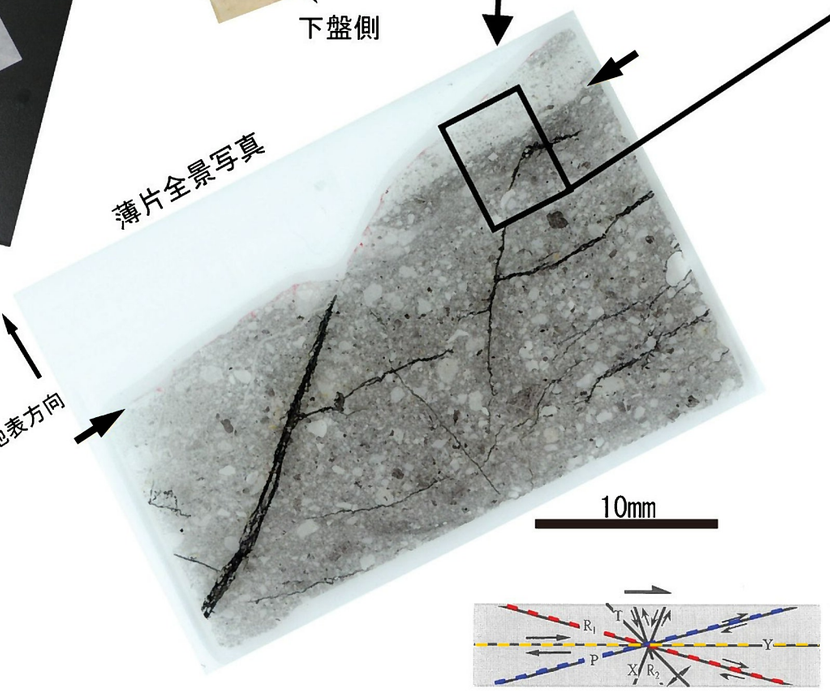
H25-5 孔

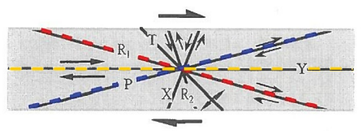
掘進方向：334°，掘進角度：60°

断層面の走向；N45° W/62° SW

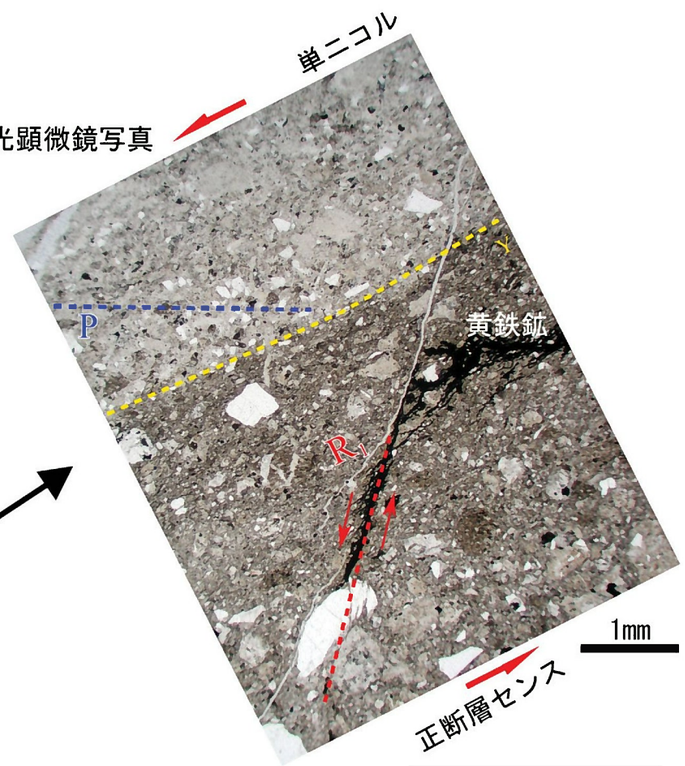


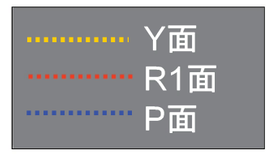






せん断センスを示す複合面構造（狩野・村田、1998[25]）





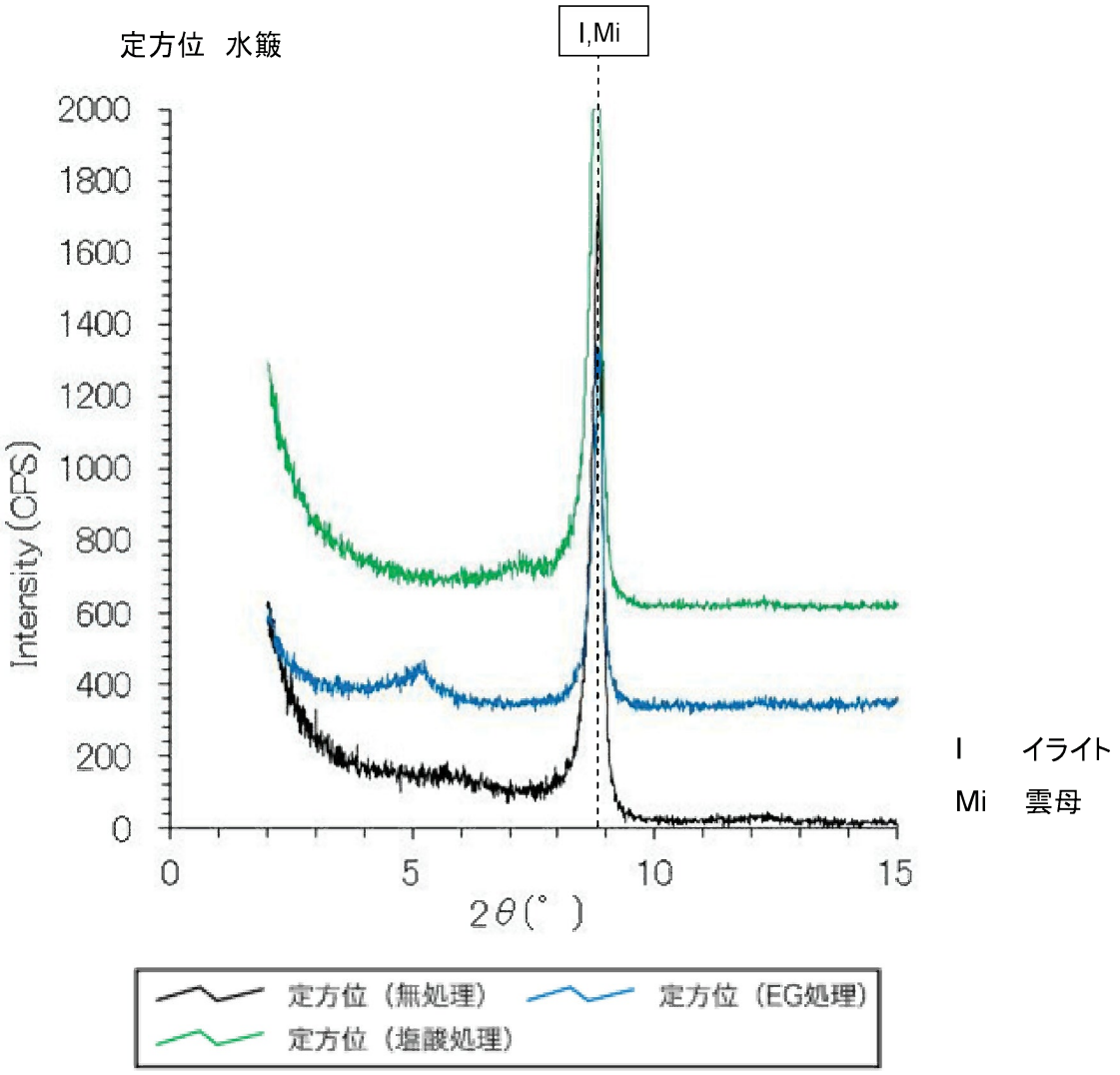
薄片観察結果

・流紋岩が全体に弱く破砕されている。

・上盤側は凝灰質で、下盤側はやや細粒である。その境界は、直線性に欠ける。

・Y面とP面・R1面の関係から、正断層センスを示す。

第1.2.3.4.22図　Ｆ－Ａ（H25-5孔）薄片観察結果



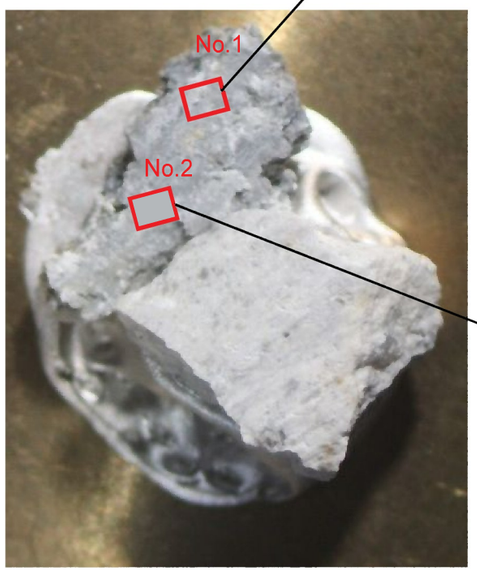
粘土鉱物分析結果
最新面に存在する粘土鉱物は、イライトなどである。

第1.2.3.4.23図　Ｆ－Ａ（H25-5孔）Ｘ線回折法による分析結果

F-A（H25-5孔）



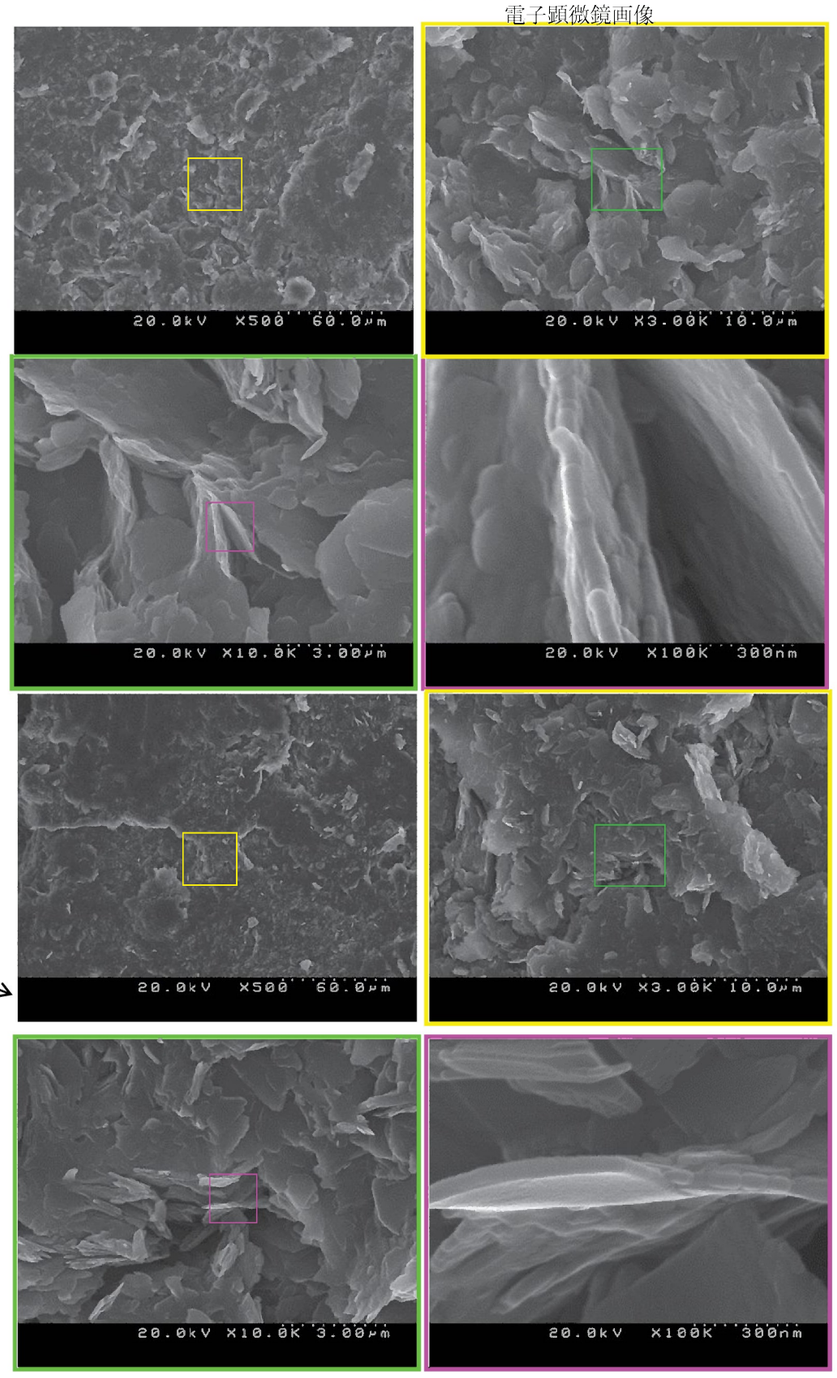
水平方向



ボーリングコアから作成した
最新面上のサンプル

赤枠は観察箇所を示す。

電子顕微鏡画像



電子顕微鏡観察結果
・最新面には粘土鉱物(イライト)が密集している。

電子顕微鏡観察結果
・最新面には粘土鉱物(イライト)が密集している。

第1.2.3.4.24図　Ｆ－Ａ（H25-5孔）電子顕微鏡観察結果

F-D(H25-8孔)





ボーリングコア観察結果
・厚さ5cmの割れ目密集部。
・走向・傾斜：N35° W/89° SW

第1.2.3.4.25図　Ｆ－Ｄ（H25-8孔）ボーリングコア観察結果

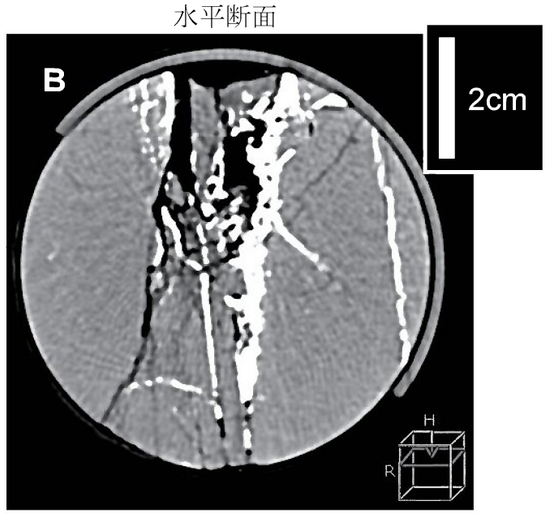
F-D(H25-8孔)

CT画像

最大傾斜方向



水平断面



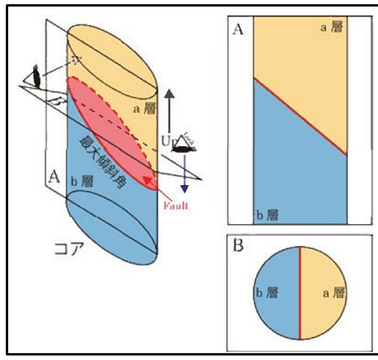
条線観察

破断面





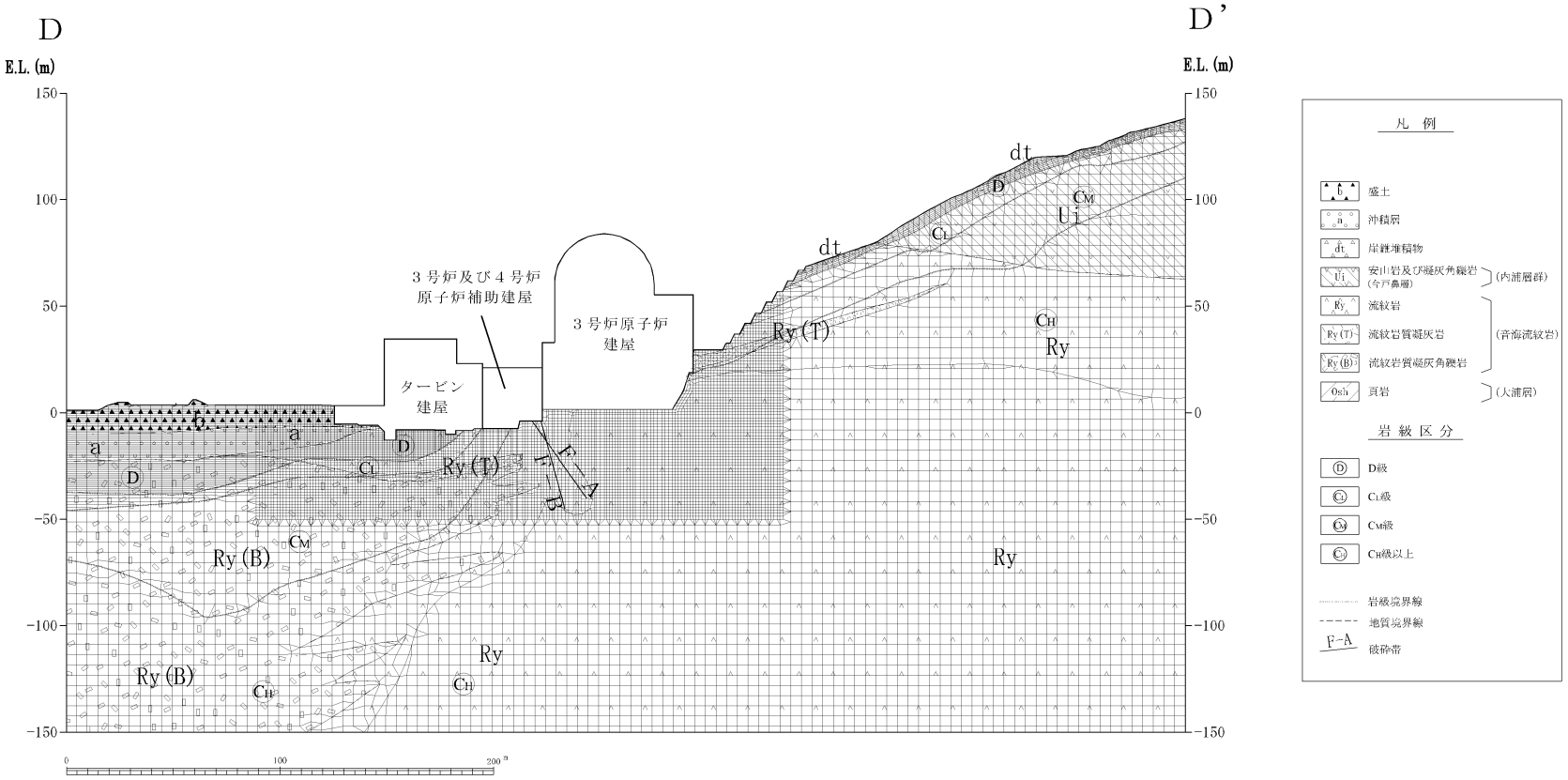
CT画像解析結果
- 破砕部は湾曲。
- 破砕部に割れ目が密集。
- 割れ目には黄鉄鉱が晶出。



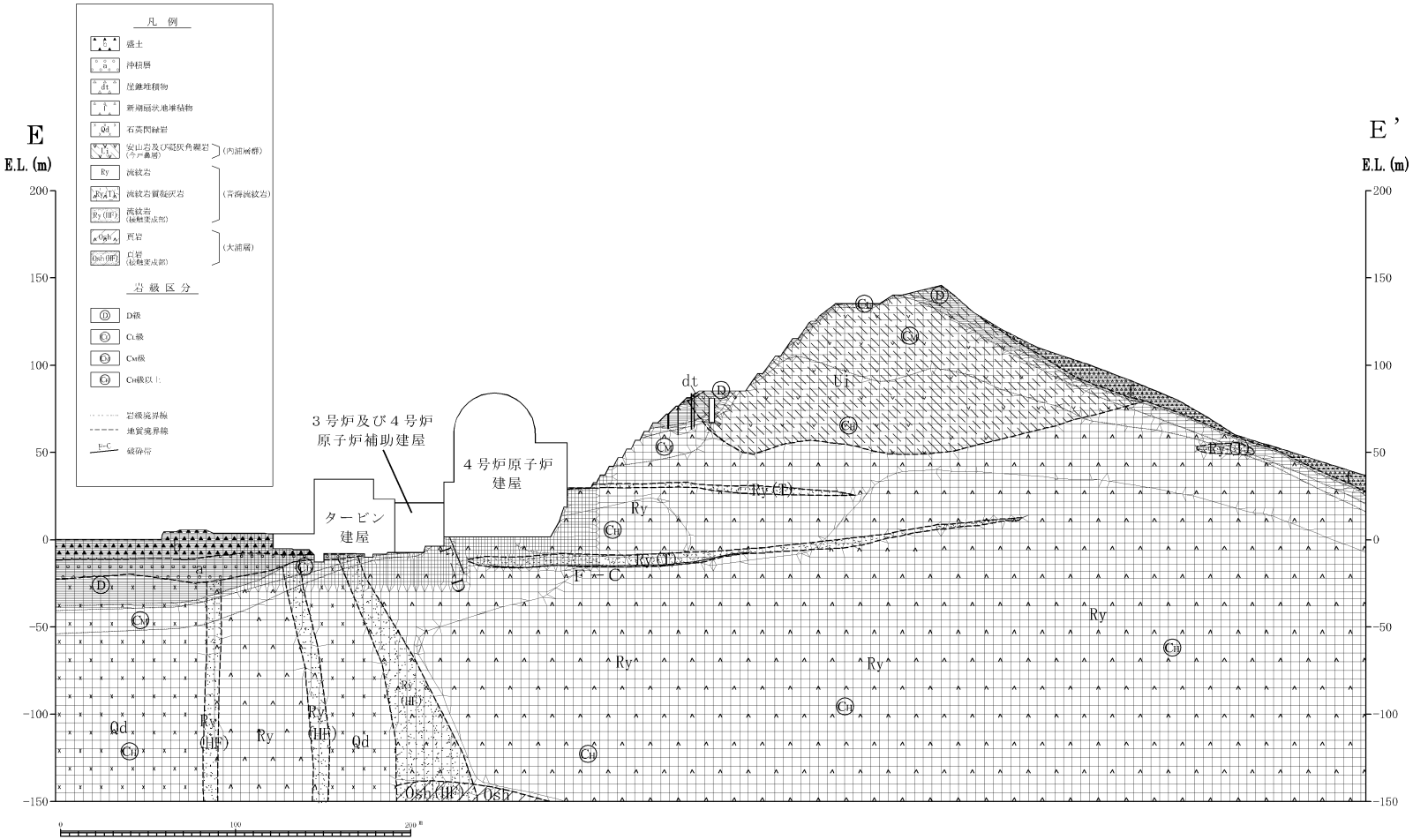
- A面で切断したコアを、手前から観察した面
- B面で切断したコアを、頭上から見下ろした面

条線観察結果
- 破断面は、湾曲して直線状を呈しておらず、条線も認められない。
- せん断構造は認められない。

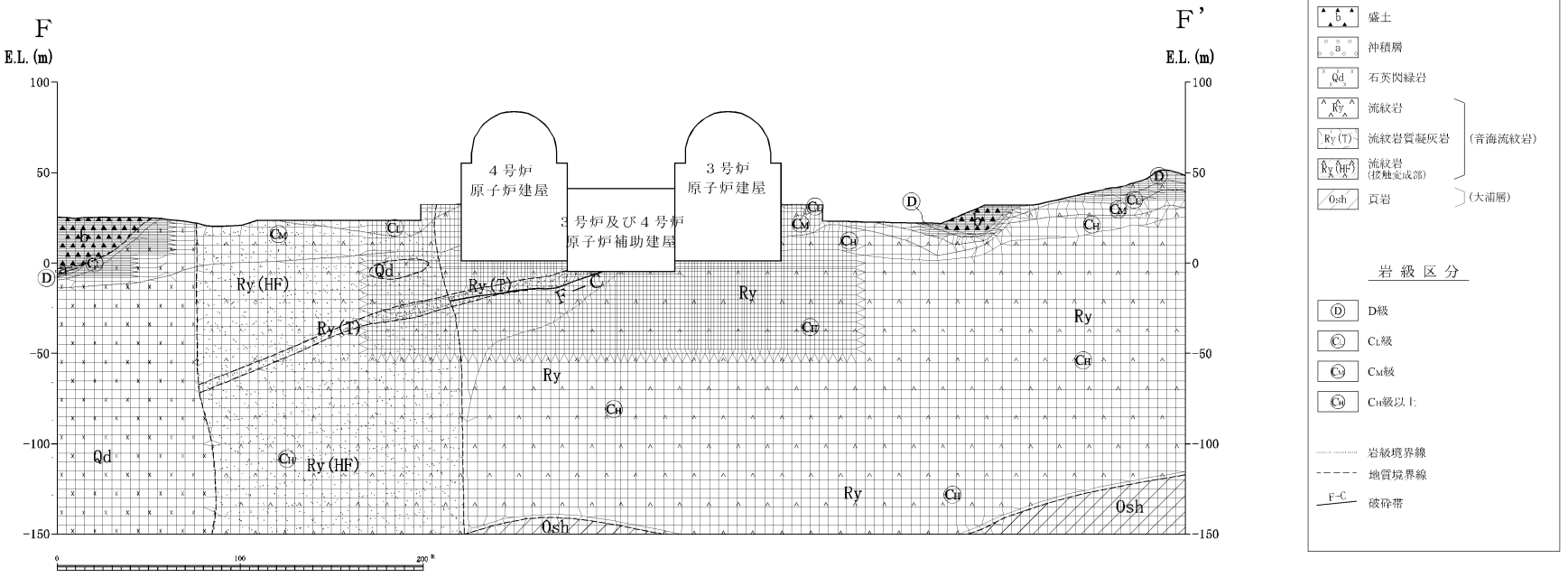
第1.2.3.4.26図　Ｆ－Ｄ（H25-8孔）条線観察結果



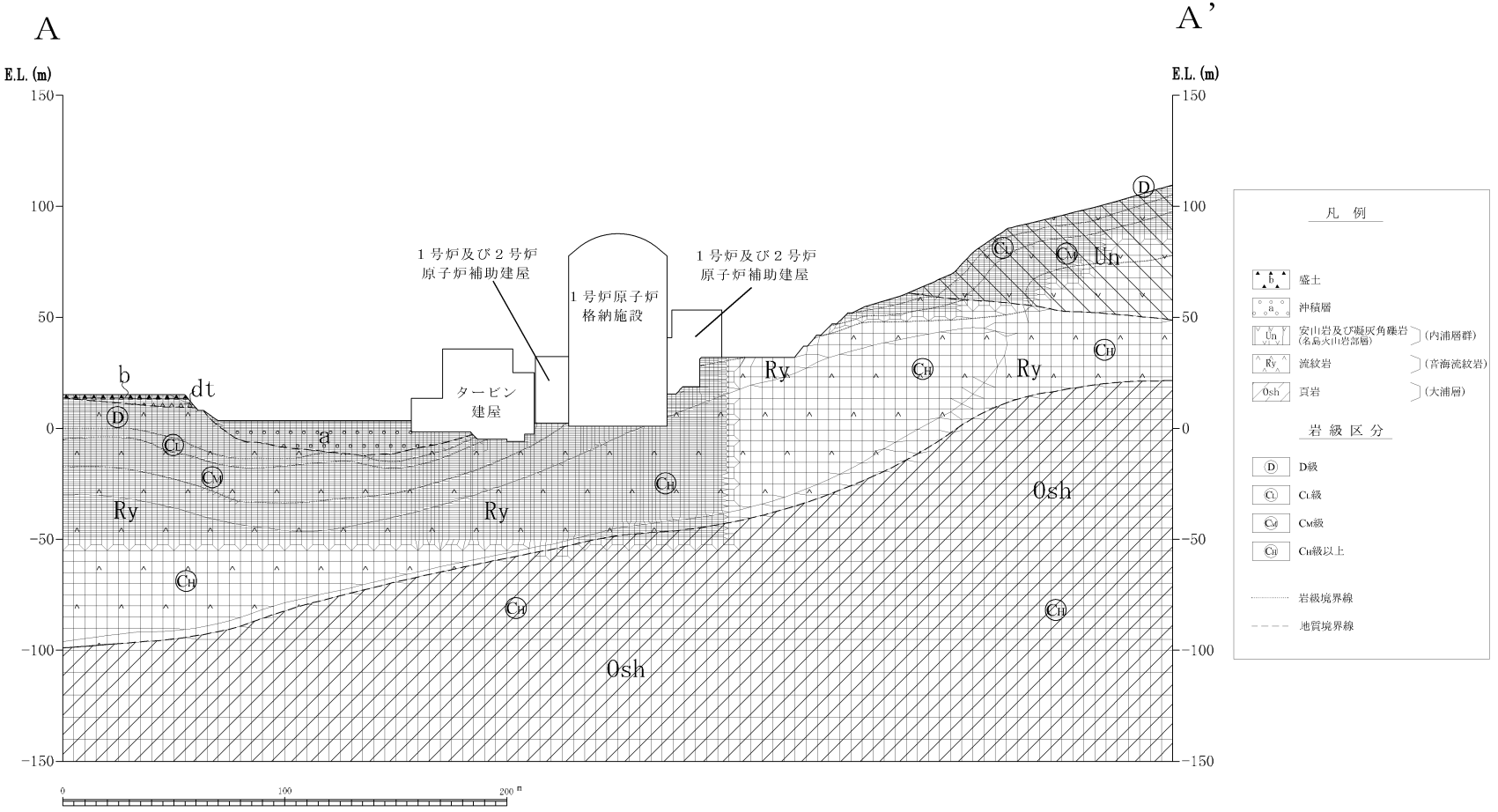
第1.2.3.5.2図　解析用要素分割図（D－D’）



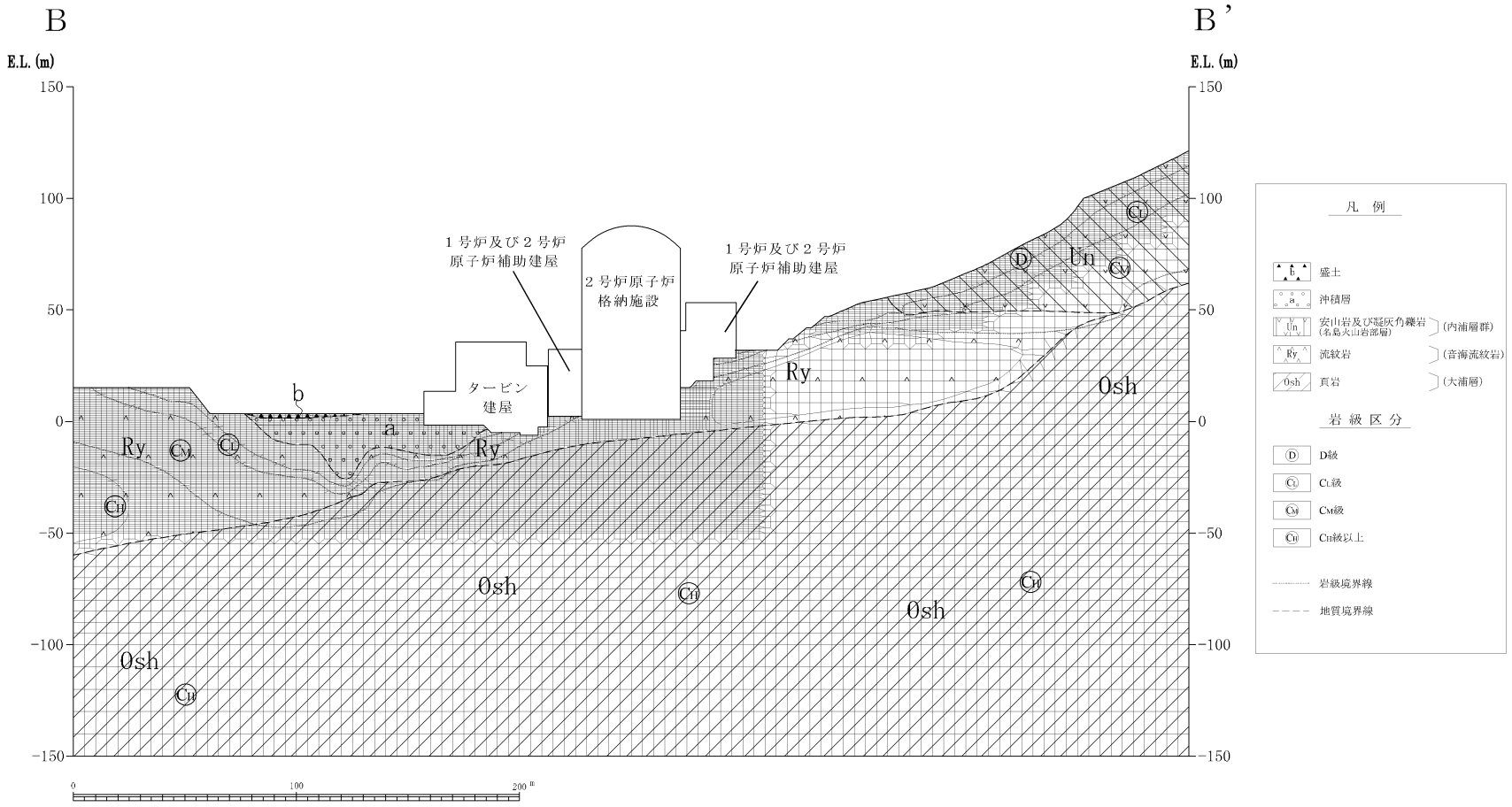
第1.2.3.5.3図　解析用要素分割図（Ｅ－Ｅ’）



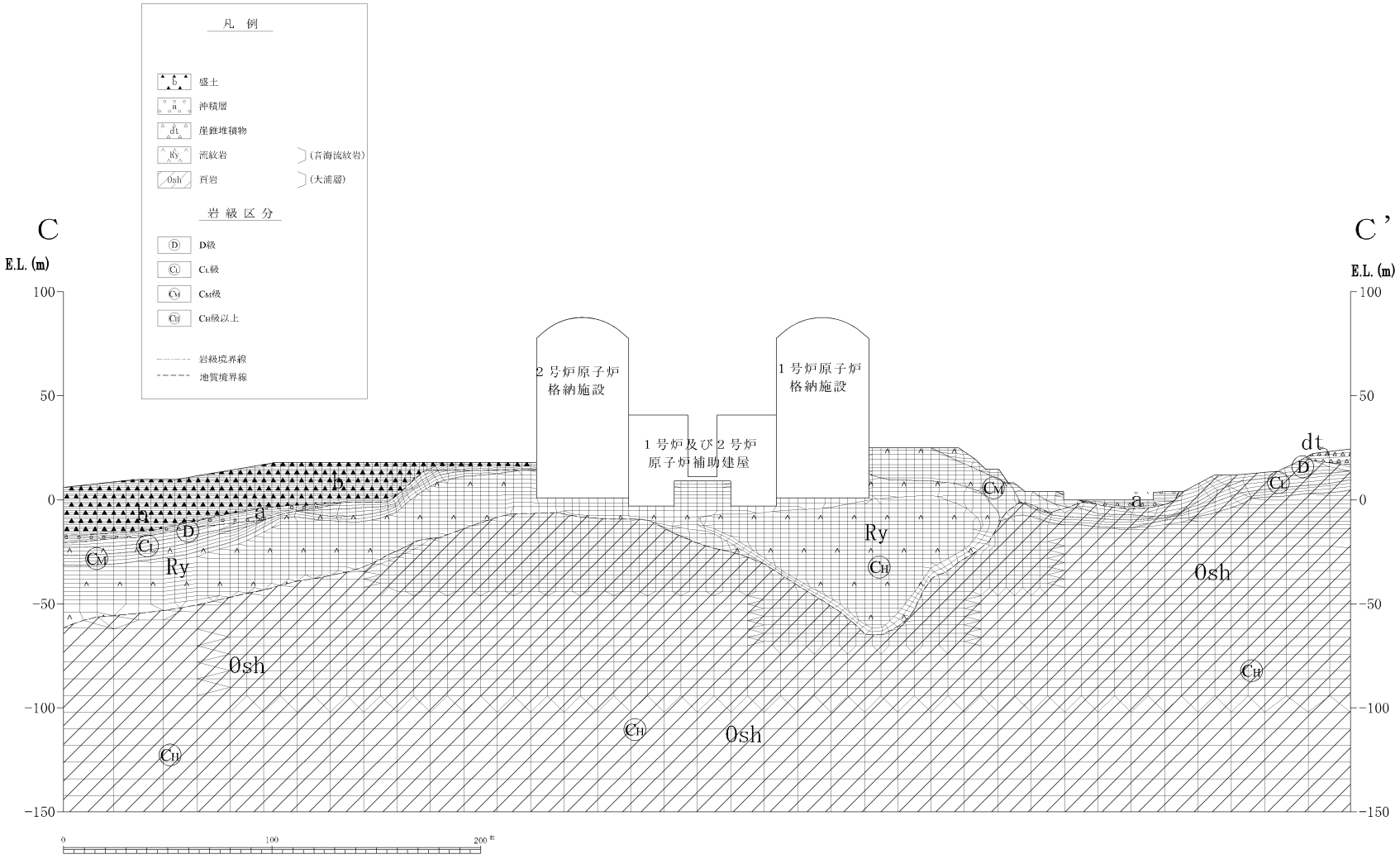
第1.2.3.5.4図　解析用要素分割図（Ｆ－Ｆ’）



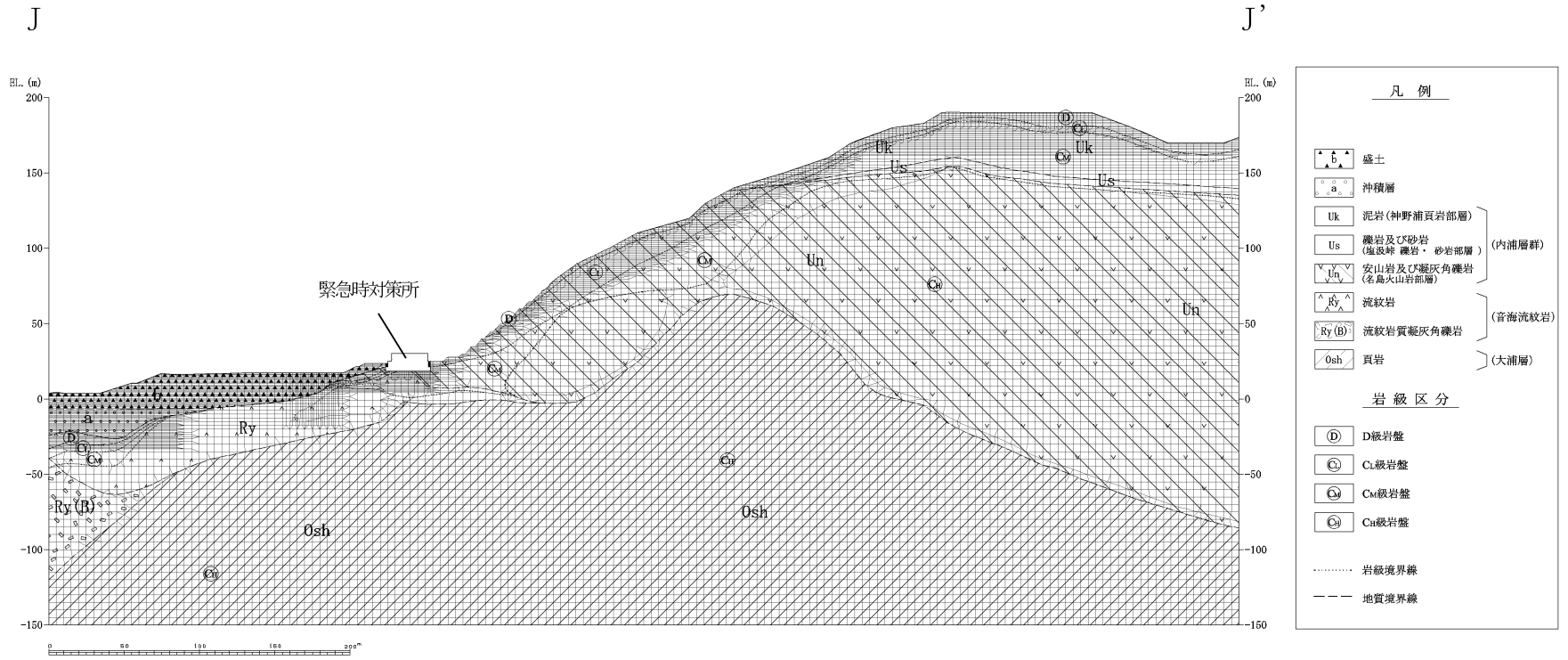
第1.2.3.5.5図　解析用要素分割図（A－A’）



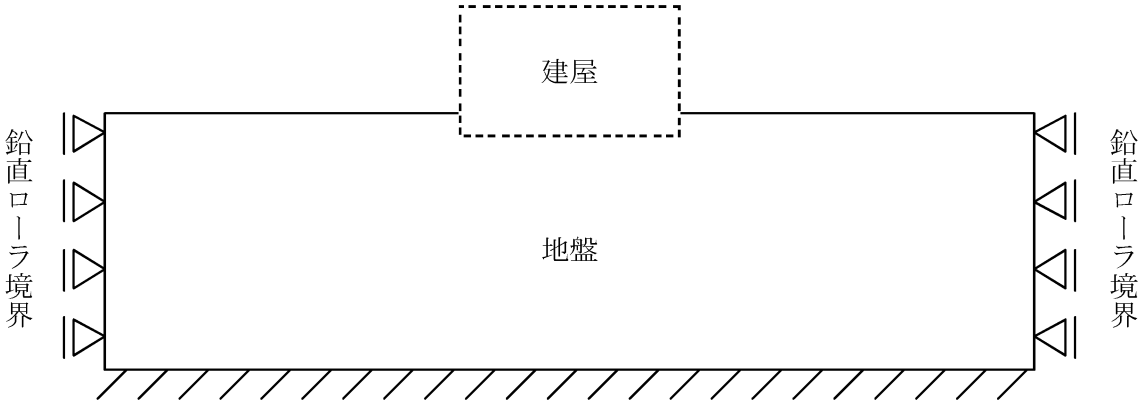
第1.2.3.5.6図　解析用要素分割図（Ｂ－Ｂ’）



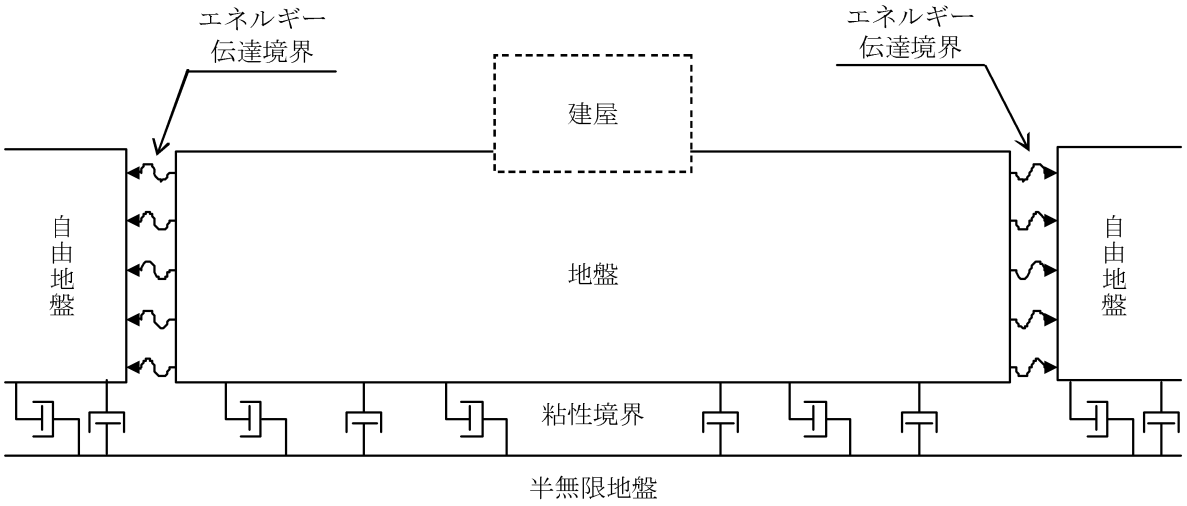
第1.2.3.5.7図　解析用要素分割図（Ｃ－Ｃ’）



第1.2.3.5.8図　解析用要素分割図（Ｊ－Ｊ’）

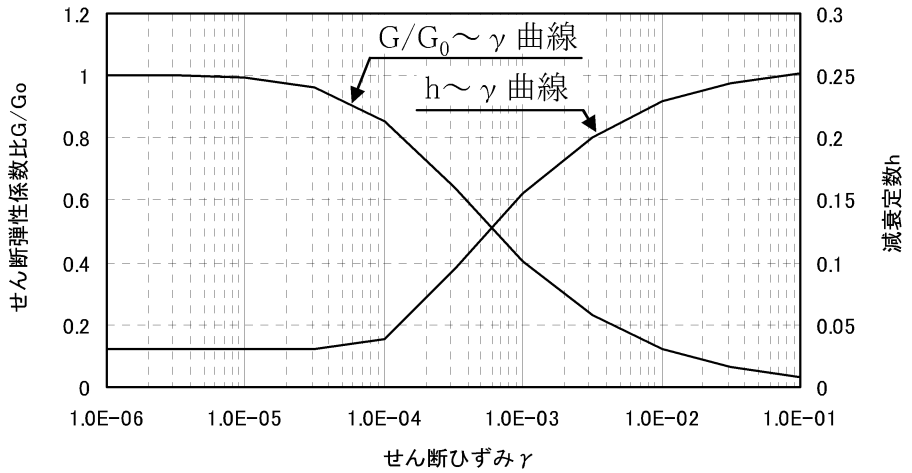


静 的 解 析 時



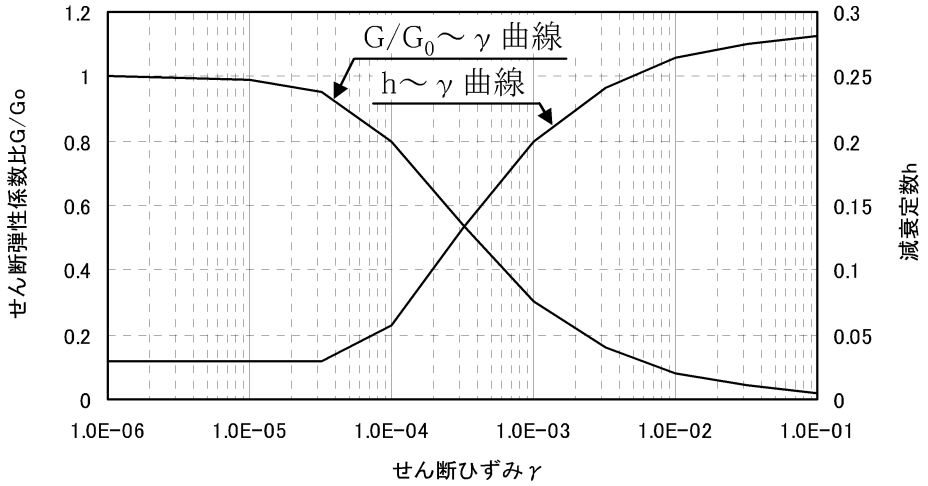
動 的 解 析 時

第1.2.3.5.9図　境界条件



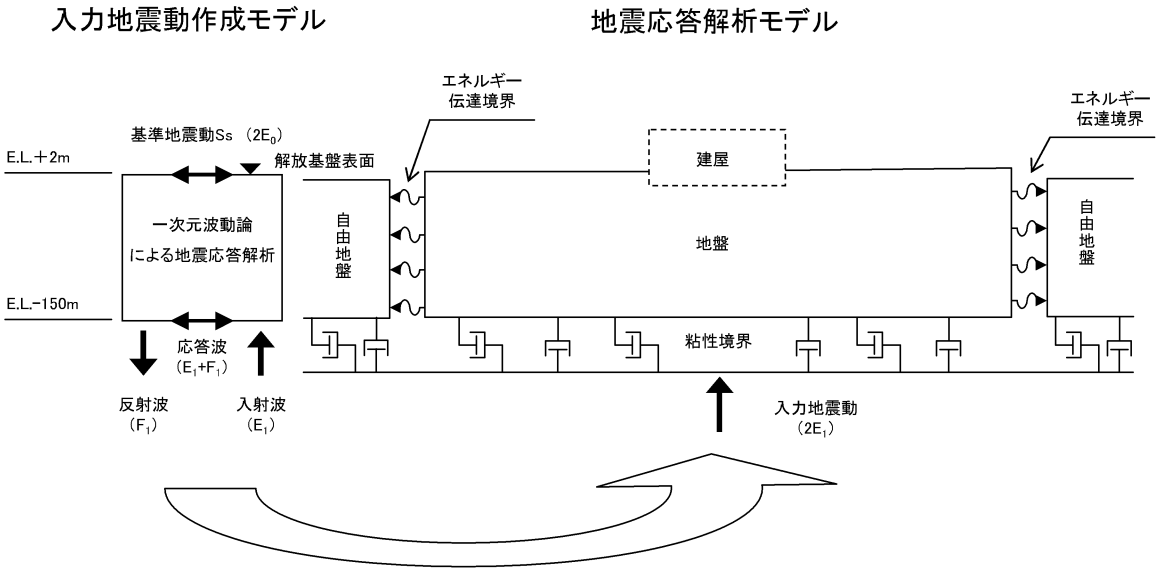
第1.2.3.5.10図　せん断弾性係数及び減衰定数のひずみ依存特性

（D級、破砕帯）

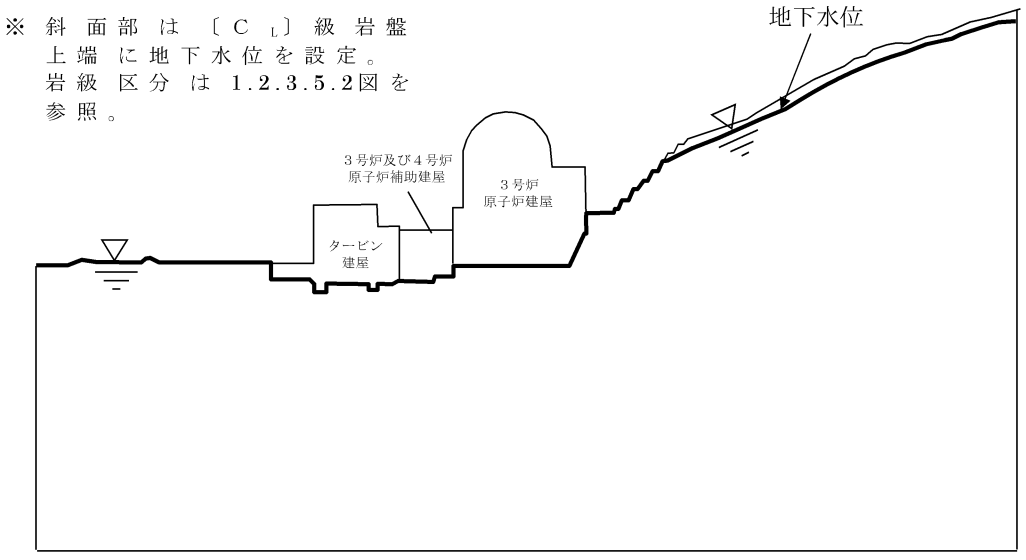


第1.2.3.5.11図　せん断弾性係数及び減衰定数のひずみ依存特性

（盛土、沖積層、新期扇状地堆積物及び崖錐堆積物）

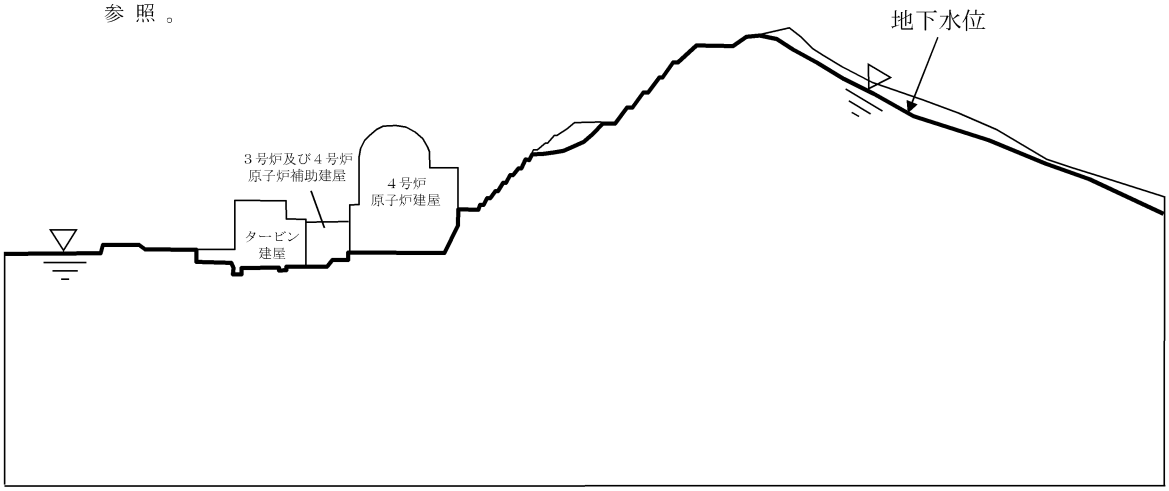


第1.2.3.5.12図　入力地震動の考え方

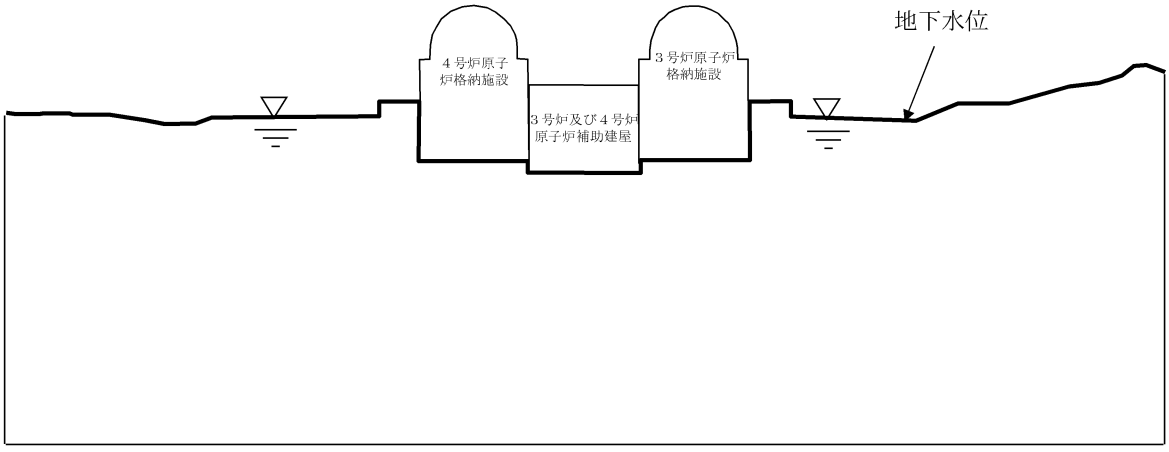


第1.2.3.5.13図　解析用地下水位（Ｄ－Ｄ’）

※ 斜面部は〔C_L〕級岩盤上端に地下水位を設定。
岩級区分は第1.2.3.5.3図を参照。

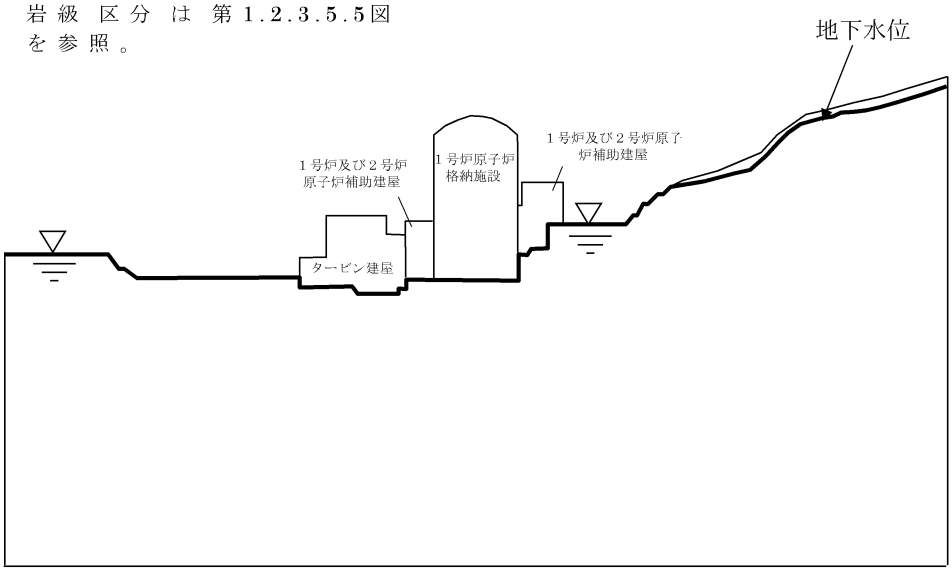


第1.2.3.5.14図　解析用地下水位（Ｅ－Ｅ’）



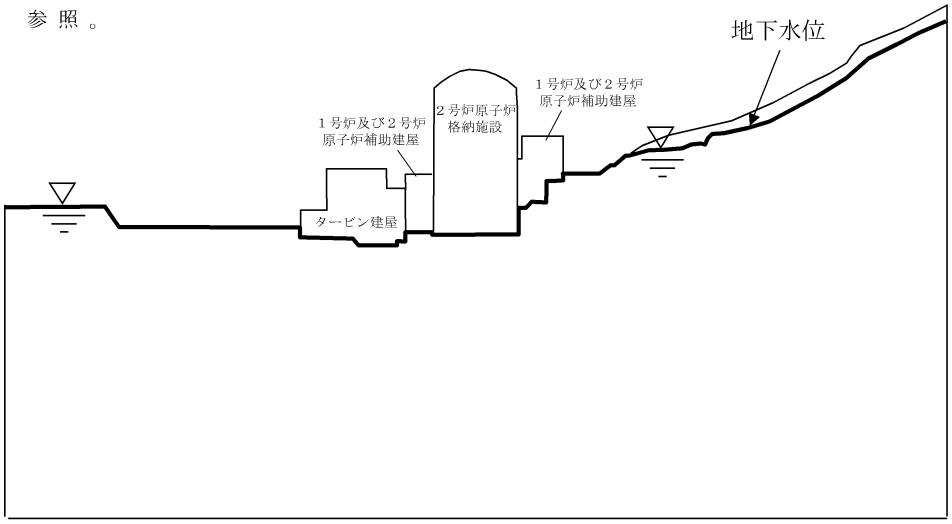
第1.2.3.5.15図　解析用地下水位（Ｆ－Ｆ’）

※ 斜面部は〔C_L〕級岩盤上端に地下水位を設定。岩級区分は第1.2.3.5.5図を参照。

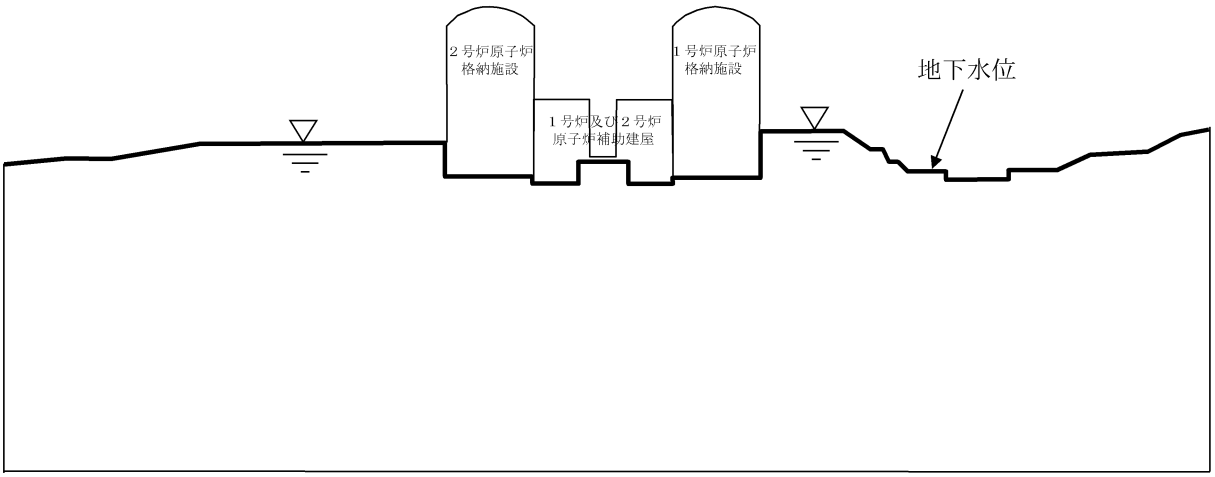


第1.2.3.5.16図　解析用地下水位（A－A’）

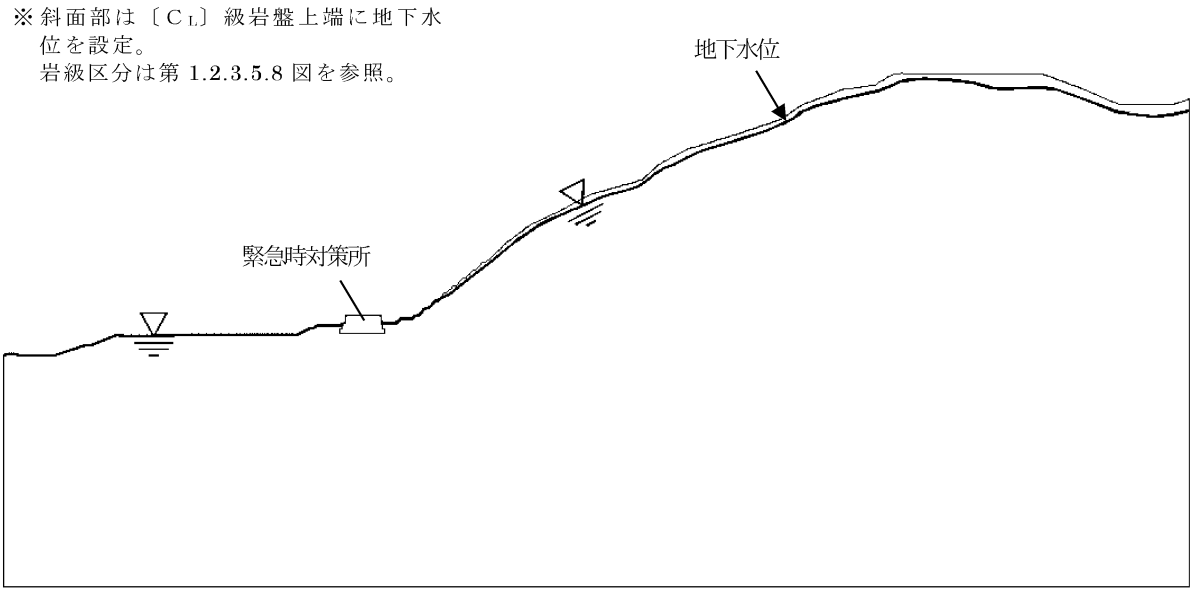
※ 斜面部は〔C_L〕級岩盤上端に地下水位を設定。岩級区分は第1.2.3.5.6図を参照。



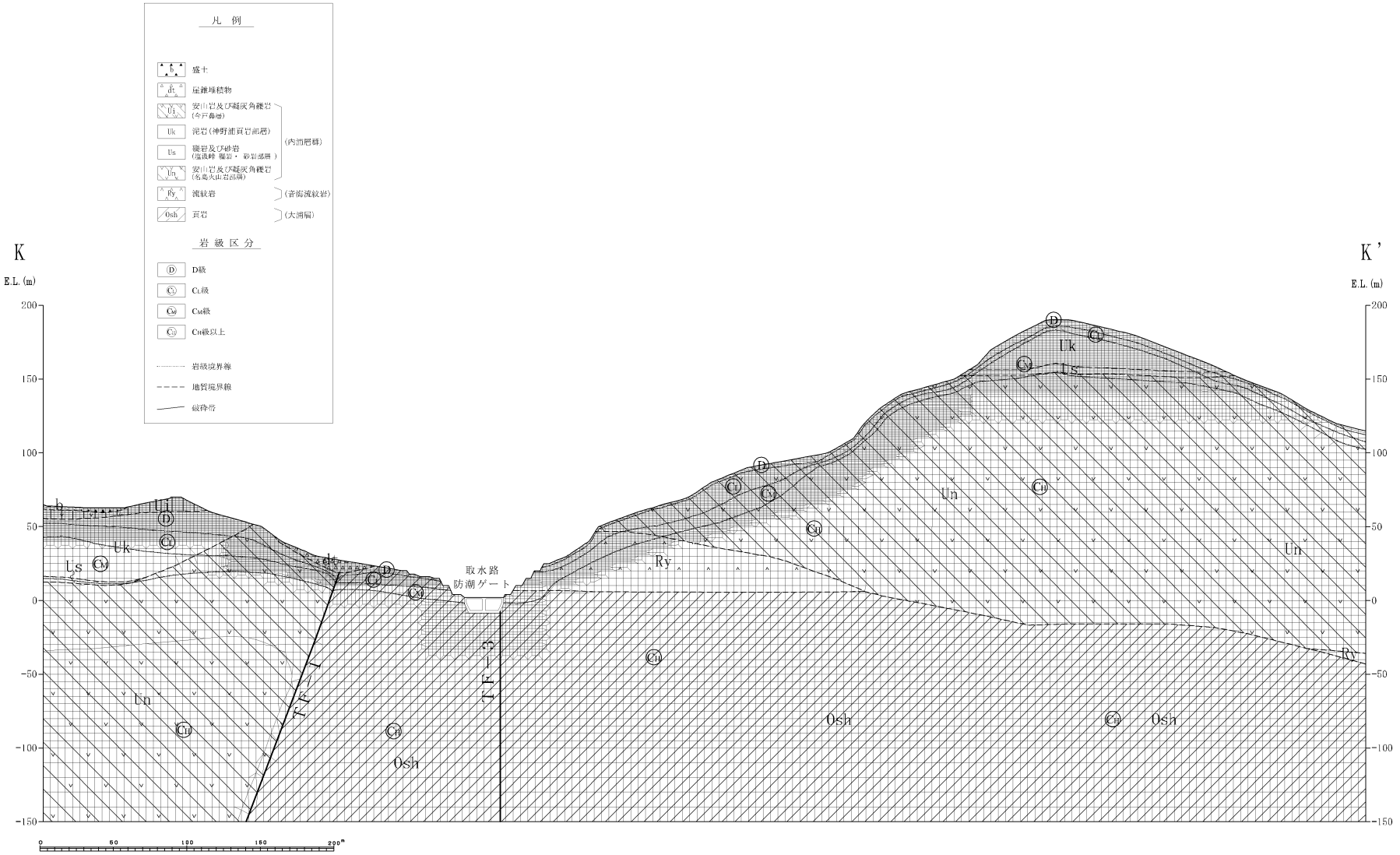
第1.2.3.5.17図　解析用地下水位（B－B’）



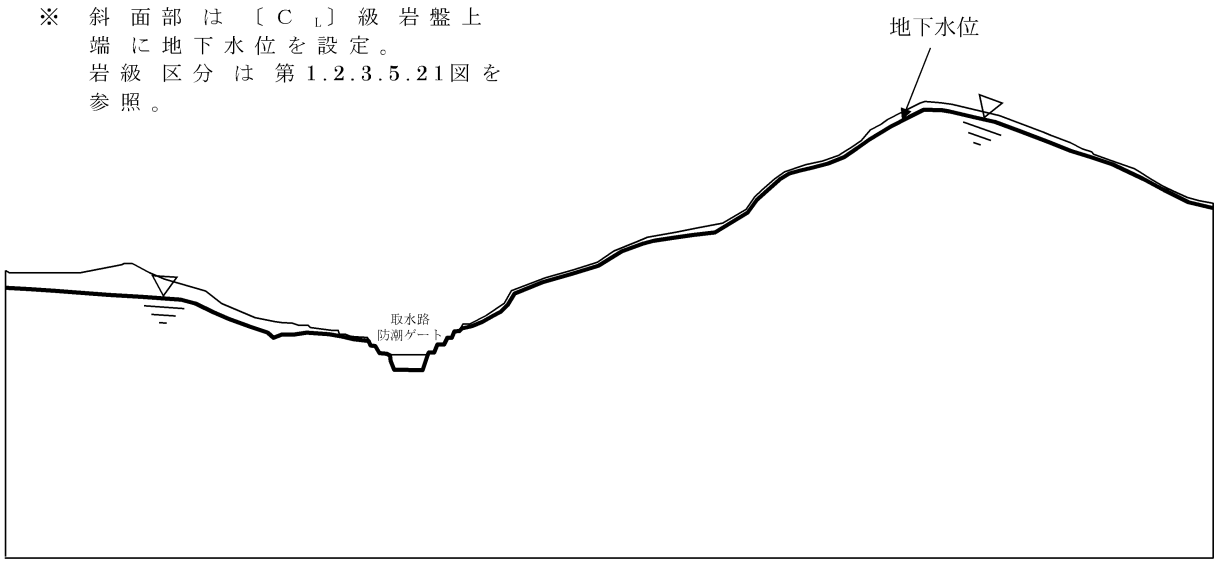
第1.2.3.5.18図　解析用地下水位（Ｃ－Ｃ’）



第1.2.3.5.19図　解析用地下水位（Ｊ－Ｊ’）



第1.2.3.5.21図　解析用要素分割図（K－K’）



第1.2.3.5.22図　解析用地下水位（K－K’）

1.2.3.8 参考文献

(1) 活断層研究会編(1991)：新編日本の活断層　分布図と資料,東京大学出版会

(2) 岡田篤正・東郷正美編(2000)：近畿の活断層,東京大学出版会

(3) 中田高・今泉俊文編(2002)：活断層詳細デジタルマップ,東京大学出版会

(4) 土木学会原子力土木委員会編(1999)：原子力発電所の立地多様化技術（追補版）

(5) 井上大栄・宮腰勝義・上田圭一・宮脇明子・松浦一樹(2002)：2000 年鳥取県西部地震震源域の活断層調査,地震　第 2 輯,Vol.54,No.4,p.557－p.573

(6) 地震調査研究推進本部地震調査委員会(2004)：山田断層帯の長期評価について

(7) 吉岡敏和・佐竹健治・松井和夫(2001)：近畿北西部、山田断層系・中藤断層の活動履歴調査,活断層・古地震研究報告,No.1,p.167－p.174,産業技術総合研究所地質調査総合センター

(8) 産業技術総合研究所(2011)：山田断層帯（主部）の活動性および活動履歴調査　「活断層の追加・補完調査」成果報告書 No.H22-4,p.1-p.16,産業技術総合研究所地質調査総合センター

(9) 佃栄吉・寒川旭・水野清秀(1985a)：50 万分の 1 活構造図「岡山」,地質調査所

(10) 加藤碩一・杉山雄一(1985b)：50 万分の 1 活構造図「金沢」,地質調査所

(11) 水野清秀・寒川旭・関口春子・駒沢正夫・杉山雄一・吉岡敏和・佐竹健治・苅谷愛彦・栗本史雄・吾妻崇・須貝俊彦・粟田泰夫・大井田徹・片尾浩・中村正夫・森尻理恵・広島俊男・村田泰章・牧野雅彦・名和一成 (2002)：50 万分の 1 活構造図「京都」（第 2 版）及び同説明書,産業技術総合研究所地質調査総合センター

(12) 中川登美雄(2009)：福井県内浦層群下層から産出した熱帯砂底

ならびに岩礁棲軟体動物化石群集,瑞浪市化石博物館研究報告,no.35,p.127－p.151
(13) Okada, Y. (1992) : Internal deformation due to shear and tensile faults in a half-space. Bulletin of the Seismological Society of America, vol.82-2, p.1018－p.1040.
(14) 社団法人　日本電気協会　電気技術基準調査委員会編(1987) : 原子力発電所耐震設計技術指針　JEAG4601-1987,p.89,p.170,p.184
(15) 土砂災害警戒区域等における土砂災害防止対策の推進に関する法律（平成十二年五月八日法律第五十七号）
(16) 脇田浩二・岡村行信・粟田泰夫(1992) : 300 万分の 1 日本地質構造図,日本地質アトラス（第２版）,地質調査所編,朝倉書店
(17) 玉木賢策・本座栄一・西村清和・村上文敏(1981) : 100 万分の 1 海洋地質図「日本海中部海域広域海底地質図」,地質調査所
(18) 山本博文・上嶋正人・岸本清行(1993) : 20 万分の 1 海洋地質図「経ヶ岬沖海底地質図」及び同説明書,地質調査所
(19) 山本博文・上嶋正人・岸本清行(2000) : 20 万分の 1 海洋地質図「ゲンタツ瀬海底地質図」及び同説明書,地質調査所
(20) 海上保安庁海洋情報部(2004) : 沿岸海域海底活断層調査「加賀－福井沖」資料整理作業報告書
(21) 海上保安庁水路部(1980a) : 沿岸の海の基本図（5 万分の 1)「若狭湾東部」及び同報告書
(22) 海上保安庁水路部(1980b) : 沿岸の海の基本図（5 万分の 1)「若狭湾西部」及び同報告書
(23) 福井県 (1997) : 柳ヶ瀬断層帯（甲楽城断層、山中断層）に関する調査報告書
(24) 徳山英一・本座栄一・木村政昭・倉本真一・芦寿一郎・岡村行信・荒戸裕之・伊藤康人・徐垣・日野亮太・野原壮・阿部寛信・坂井眞一・向山建二郎(2001) : 日本周辺海域中新世最末期以降の構造発達史（200 万分の 1）及び同説明書,海洋調査技術学会海域

地質構造マップワーキンググループ,vol.13,no.1,p.27－p.53
(25) 狩野謙一・村田明広(1998)：構造地質学,朝倉書店

1.2.4 水理

1.2.4.1 陸水

発電所敷地内の表流水は周囲の山から海へ小さな渓流として注いでいる。また敷地周辺の地質調査時に掘った横坑の状況から判断すると中央平地部の堆積層には少量の地下水が存在する。

発電所付近の河川としては敷地の南方約 5km のところに関屋川があり、また敷地西側境界に接して渓流（才谷川）がある。

ダムについては、発電所の近くにダムはなく、発電所から南西方向約 10km の地点に岸谷ダムが存在する。

発電所周辺の陸水状況を第 1.2.4.1.1 図に示す。

1.2.4.2 海象

(1) 潮汐

日本海側の特徴として潮差は小さく、例えば敷地から約 11km 離れた舞鶴湾における大潮升は約 30cm、小潮升は約 20cm である。平均水面は 3 月に最低で 8 月が最高となる。

舞鶴検潮所の記録による 5 ヶ年（平成 19 年～平成 23 年）の平均潮位及び昭和 44 年の観測開始以来の最高、最低潮位は次のとおりである。

最高潮位（H.H.W.L.）	T.P. +0.93m
朔望平均満潮位（H.W.L.）	T.P. +0.49m
平均潮位（M.W.L.）	T.P. +0.25m
朔望平均干潮位（L.W.L.）	T.P. -0.01m
最低潮位（L.L.W.L.）	T.P. -0.45m

（T.P.は東京湾平均海面）

高浜発電所における 1 年間（平成 24 年 1 月～平成 24 年 12 月）の潮位観測において、舞鶴検潮所の潮位とほとんど差がない結果を得ている。

なお、敷地では過去において高潮による被害を受けた例はみられない。

(2) 波高

敷地は、若狭湾内にあって内浦湾を形成する音海半島の根元部にあり、東は高浜湾、西は内浦湾に面しているが、地形上直接沖波を受ける可能性は少ない。年間の波浪の卓越周期は4～7秒程度である。

昭和45年1月から4年間当地点で実施した観測記録によると、波高1.0m以下が全体の約99%で、とくに波高0.5m以下の静穏は全体の約41%を占めており、月別では5～6月に多い。

(3) 海水温度

発電所取水路において 1 時間ごとに水温を記録した。それにより得られた昭和 50 年 1 月から 1 年間の水温記録を第 1.2.4.2.1 表に示す。これによると月平均最高温度は 27.7℃、月平均最低温度は10.4℃である。

また昭和 50 年 5 月から昭和 51 年 3 月に行った敷地周辺海域の水温観測結果では、水温の鉛直分布は春期から夏期への水温が上昇する時期には上層部の水温が下層部の水温より高く、夏期から秋期への水温が下降する時期には上下層の水温はほぼ等しく、また冬期には下層の水温が上層の水温より少し高くなる。

1.2.4.3 利水計画

(1) 淡水所要量

① 所要水量

淡水の所要水量は、１，２，３，４号炉運転時で合計最大約5,000m^3/d と予想される。

② 取水計画

発電所の諸補給水、雑用水等の淡水使用量は１，２，３，４号炉合計平均 4,200m^3/d、年間約 153 万 m^3が見込まれる。これらの淡水については、発電所構内に設置する海水淡水化装置（1,000m^3/d×4）及び必要時には関屋川周辺の地下水からの取水（3,000m^3/d）を利用する。

(2) 復水器冷却水及び補機冷却用水

① 取水量

海水取水量は、３，４号炉の復水器冷却水として約 126m³/s、補機冷却水として約６m³/s、合計約 132m³/s である。

② 取放水計画

海水は、既設取水路からタービン建屋付近まで取水路を延長し、そこに循環水ポンプ等を設置し取水する。

１次系補機冷却水は別置のポンプにより取水し、２次系補機冷却水は循環水ポンプ出口から分岐して海水ブースタポンプによって取水する。

復水器、及び補機を冷却した水は３，４号炉共用の放水口を経て内浦湾に放出する。

第 1.2.4.2.1 表　海水温度

本表の数値は発電所取水路における日平均水温を基礎としたものである。

(1)　月間および年間平均温度（昭和 50 年 1 月～50 年 12 月）

年　　月	温　　度
50 年　　1 月	12.3℃
2	10.4
3	10.4
4	13.4
5	16.0
6	21.2
7	25.0
8	27.7
9	27.1
10	23.2
11	18.2
12	14.8
平　　均	18.3

(2)　夏期温度

項　目 ＼ 年	昭和 50 年
最 高 温 度	29.8℃
10 日温度	28.2
20 日温度	27.8
30 日温度	27.5

(注)　10 日（20 日、30 日）温度は、それ以上の日平均温度の日が 10 日（20 日、30 日）存在したという定義による水温を示す。



第 1.2.4.1.1 図　発電所周辺の陸水状況

1.2.5 地震

1.2.5.1 活断層の分布状況

敷地から 30km 程度以内には、ＦＯ－Ａ～ＦＯ－Ｂ断層、ＦＯ－Ｃ断層、上林川断層、熊川断層等がある。

ＦＯ－Ａ～ＦＯ－Ｂ断層と熊川断層については、連動を考慮して地震動評価を行う。

1.2.5.2 地震の分類

(1) 内陸地殻内地震

敷地周辺の過去の被害地震について、そのマグニチュード（以下「M」と記す。）と震央距離及び敷地で想定される震度の関係を第 1.2.5.2.1 図に示す。また、敷地周辺の主な活断層から想定される地震について、その M と震央距離及び敷地で想定される震度の関係を第 1.2.5.2.2 図に示す。

気象庁(1996)[1]における気象庁震度階級関連解説表の記載によると、地震によって建物等に被害が発生するのは震度 5 弱（1996 年以前は震度Ⅴ）程度以上であると考えられることから、敷地に大きな影響を及ぼすものとして、過去の地震については第 1.2.5.2.1 表のとおり、活断層による地震については第 1.2.5.2.2 表のとおり抽出する。

(2) プレート間地震

南海トラフに沿って有史以来 M8 クラスの大地震が繰返し発生しているが、これらの地震は敷地から約 200km 以遠に位置し、敷地への影響は大きくない。

(3) 海洋プレート内地震

沈み込んだフィリピン海プレート内で発生した陸域のやや深い地震としては、近年では 1994 年滋賀県中東部の地震(M5.3)等が発生しているが、敷地への影響は小さい。また、1819 年伊勢・美濃・近江の地震(M7.25)等が発生しているが、敷地への影響は大きくない。

海溝軸付近で発生した地震として 2004 年紀伊半島南東沖地震が該当するが、敷地への影響は大きくない。

1.2.5.3 敷地地盤の振動特性

(1) 解放基盤表面の設定

発電所敷地内で実施した PS 検層結果及び試掘坑内弾性波試験結果より、敷地地盤の S 波速度は約 2.2km/s である。

また、敷地内で実施した単点微動観測結果により Vs=2.2km/s 層の上面深度は敷地全体にわたって著しい高低差がないことを確認している。

以上のことから、原子炉建屋設置位置付近の E.L.＋2m の位置に解放基盤表面を設定した。

(2) 地下構造モデル

敷地内で実施した反射法地震探査より、深さ 1,500m 程度までの地下構造に特異な構造が見られないことから、水平成層構造とみなして 1 次元の速度構造をモデル化する。

1 次元の速度構造は、敷地内で実施した微動アレイ観測による位相速度と、敷地周辺で実施した地表面地震観測の連続データを基に地震波干渉法を用いて評価した位相速度を目的関数として、ジョイントインバージョン解析により推定する。

敷地内で実施した PS 検層のデータを用いて不均質性の評価を行い、佐藤・山中(2010)[2]による地盤の不均質性と減衰定数の関係を基に、減衰定数を設定する。

1.2.5.4 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

(1) 検討用地震の選定

第 1.2.5.2.1 表及び第 1.2.5.2.2 表に示す地震のうち影響が大きいと考えられる地震について、Noda et al.(2002)[3]の方法（以下「耐専式」という。）により求めた応答スペクトルの比較を第 1.2.5.4.1 図及び第 1.2.5.4.2 図に、その算定に用いた諸元を第 1.2.5.4.1 表及び第 1.2.5.4.2 表に示す。

第 1.2.5.2.1 図、第 1.2.5.2.2 図、第 1.2.5.4.1 図及び第 1.2.5.4.2 図

より敷地への影響が大きいと考えられるＦＯ－Ａ～ＦＯ－Ｂ～熊川断層及び上林川断層を検討用地震として選定した。

(2) 震源モデルの設定

① 基本ケースの設定

基本ケースのモデル化は、強震動予測レシピ[4]や入倉・三宅(2001)[5]等に基づき、巨視的断層パラメータ、微視的断層パラメータ及びその他のパラメータを設定して特性化震源モデルを作成した。

ここで、断層上端深さ及び下端深さは、発電所敷地の速度構造の Vp=5.8km/s 層の上面深度や微小地震の発生状況から、上端深さを 3km、下端深さを 18km と設定した。平均応力降下量の算定は、強震動予測レシピに従って算定したアスペリティの面積比に応じて、ＦＯ－Ａ～ＦＯ－Ｂ～熊川断層では Fujii and Matsu'ura(2000)[6]による値を用い、上林川断層については円形クラックの式により設定した。アスペリティは敷地近くに配置し、破壊開始点は断層面下端及びアスペリティ下端に複数設定した。

② 不確かさを考慮したケースの設定

設定した基本ケースに対して、地震動評価に影響が大きいと考えられるパラメータについて、不確かさを考慮したケースの地震動評価を行う。

第 1.2.5.4.3 表に応答スペクトルに基づく地震動評価の検討ケース一覧を、第 1.2.5.4.4 表に断層モデルを用いた手法による地震動評価の検討ケース一覧を示す。

(3) 応答スペクトルに基づく地震動評価

応答スペクトルに基づく地震動評価は、岩盤における観測記録に基づいて提案された距離減衰式で、解放基盤表面における水平方向及び鉛直方向の地震動の応答スペクトルを評価することができる耐専式を用いる。

地震動評価にあたって使用する M は、断層長さ L(km)から松田

(1975)[7]により求める。

なお、耐専式における内陸地殻内地震の補正係数は、地震動評価上は適用しないものとする。また、上林川断層については、震源近傍における破壊伝播効果を考慮して評価を行う。

(4) 断層モデルを用いた手法による地震動評価

断層モデルを用いた手法による地震動評価では、敷地における適切な地震観測記録がないため、短周期領域は統計的グリーン関数法[8],[9]を、長周期領域は離散化波数法[10]を用いて評価し、それらを組み合わせることにより評価するハイブリッド合成法により評価する。

1.2.5.5 震源を特定せず策定する地震動

検討対象地震を第 1.2.5.5.1 表に示す。

(1) Mw6.5 以上の地震

2008 年岩手・宮城内陸地震の震源域は、高浜発電所周辺地域とは地質学的背景が異なることから、観測記録収集対象外とする。

2000 年鳥取県西部地震については、震源域近傍と高浜発電所周辺地域との間に地質学的背景に差はあるものの明瞭には認められないことから、観測記録を収集し、その地震動レベル及び地盤特性を評価した。その結果、震源近傍に位置する賀祥ダムの観測記録が得られており、また観測点位置のＳ波速度は 1.2km/s～1.3km/s 程度であることから、地盤補正を行わずに賀祥ダムの観測記録をそのまま震源を特定せず策定する地震動として採用する。

(2) Mw6.5 未満の地震

第 1.2.5.5.1 表に示した検討対象地震のうち、2008 年岩手・宮城内陸地震及び 2000 年鳥取県西部地震を除いた 14 地震について、震源近傍の観測記録を収集して、その地震動レベルを整理した。その結果、2004 年北海道留萌支庁南部地震では、震源近傍の K-NET 港町観測点において、加藤他(2004)[11]の応答スペクトルを超える記録が得られており、また、佐藤他(2013)[12]で詳細な地盤調査及び基盤地震動の推定が行われていることから、これらを参考に地下構造モ

デルを設定し基盤地震動を評価する。この基盤地震動に不確かさを考慮した地震動を、震源を特定せず策定する地震動として採用する。

1.2.5.6 基準地震動 Ss の策定

基準地震動 Ss は、「1.2.5.4 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」及び「1.2.5.5 震源を特定せず策定する地震動」の評価結果に基づき、敷地の解放基盤表面における水平方向及び鉛直方向の地震動として策定する。

(1) 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動による基準地震動

応答スペクトルに基づく地震動評価による基準地震動 Ss－1 は、「1.2.5.4(3) 応答スペクトルに基づく地震動評価」による評価結果を包絡するように設定した。基準地震動 Ss－1 の応答スペクトルのコントロールポイントを第 1.2.5.6.1 表に、応答スペクトルを第 1.2.5.6.1 図に示す。また、検討用地震の応答スペクトルに基づく評価結果と基準地震動 Ss－1 の応答スペクトルを重ねた図を第 1.2.5.6.2 図に示す。

次に、「1.2.5.4(4) 断層モデルを用いた手法による地震動評価」の地震動評価結果（全ケース）と基準地震動 Ss－1 の応答スペクトルを第 1.2.5.6.3 図に重ねて示す。同図より、一部の周期帯で Ss－1 の応答スペクトルを上回る 4 ケースの地震動を Ss－2～Ss－5 とする。

基準地震動 Ss－2～Ss－5 と Ss－1 の応答スペクトルを第 1.2.5.6.4 図に示す。

(2) 震源を特定せず策定する地震動による基準地震動

「1.2.5.5 震源を特定せず策定する地震動」の地震動評価結果と基準地震動 Ss－1 の応答スペクトルを第 1.2.5.6.5 図に重ねて示す。同図より、2000 年鳥取県西部地震の賀祥ダムの観測記録及び 2004 年北海道留萌支庁南部地震を考慮した地震動については、一部の周期帯で Ss－1 の応答スペクトルを上回ることから、基準地震動 Ss－6 及び Ss－7 とする。

1.2.5.7 基準地震動 Ss の設計用模擬地震波

基準地震動 Ss－1 の模擬地震波の加速度時刻歴波形を第 1.2.5.7.1 図に示す。また、基準地震動 Ss－2～Ss－7 の加速度時刻歴波形を第 1.2.5.7.2 図～第 1.2.5.7.7 図に、Ss－1～Ss－7 の最大加速度を第 1.2.5.7.1 表に示す。

1.2.5.8 基準地震動 Ss の超過確率の参照

基準地震動 Ss－1 の応答スペクトルと年超過確率ごとの一様ハザードスペクトルとの比較を第 1.2.5.8.1 図に示す。基準地震動 Ss－1 の年超過確率は、水平・鉛直方向ともに、短周期側で 10^{-4}～10^{-5} 程度、長周期側で 10^{-5}～10^{-6} 程度となっている。

また、「震源を特定せず策定する地震動」に基づき設定した基準地震動 Ss－6 及び Ss－7 の応答スペクトルと領域震源による一様ハザードスペクトルの比較を第 1.2.5.8.2 図に示す。同図より、「震源を特定せず策定する地震動」の年超過確率は 10^{-4}～10^{-6} 程度である。

第 1.2.5.2.1 表　敷地に影響を及ぼしたと考えられる過去の地震

番号	発生年月日	マグニチュード	震央距離 (km)	地　名 （地震名）
1	745.6.5	7.9	106	美濃
2	1185.8.13	7.4	64	近江・山城・大和
3	1586.1.18	7.8	118	畿内・東海・東山・北陸諸道
4	1596.9.5	7.5	80	畿内および近隣
5	1662.6.16	7.5	44	山城・大和・河内・和泉・摂津・丹後・若狭・近江・美濃・伊勢・駿河・三河・信濃
6	1819.8.2	7.25	81	伊勢・美濃・近江
7	1891.10.28	8.0	100	愛知県・岐阜県 （濃尾地震）
8	1927.3.7	7.3	53	京都府北西部 （北丹後地震）
9	1963.3.27	6.9	42	福井県沖 （越前岬沖地震）

第 1.2.5.2.2 表　敷地に影響を及ぼすと考えられる活断層による地震

番号	断層名	長さ (km)	マグニチュード	震央距離 (km)
1	安島岬沖~和布－干飯崎沖～甲楽城断層	76	8.0	76
2	敦賀断層	23	7.1	50
3	大陸棚外縁～B～野坂断層	49	7.7	44
4	三方断層	27	7.2	37
5	花折断層	58	7.8	50
6	琵琶湖西岸断層系	60	7.8	53
7	濃尾地震断層系	80	8.0	110
8	上林川断層	39.5※1	7.5	26
9	有馬－高槻構造線	45	7.6	77
10	山田断層	33	7.4	38
11	郷村断層	34	7.4	51
12	三峠断層	20	7.0	35
13	$F_{GA}3$ 東部断層	29	7.3	60
14	ＦＯ－Ａ～ＦＯ－Ｂ～熊川断層	63.4※1	7.8	15
15	ＦＯ－Ｃ断層	20※1	6.8※2	18
16	甲楽城沖断層~浦底断層~池河内断層~柳ヶ瀬山断層	36	7.4	56

※１　地震動評価上の長さとして設定した。

※２　孤立した短い活断層として扱うため、M6.8 の地震規模を想定した。

第 1.2.5.4.1 表　敷地に影響を及ぼしたと考えられる過去の地震の評価に用いた諸元

番号	地震名	マグニチュード	等価震源距離※ (km)
1	745 年美濃の地震	7.9	113.2
2	1185 年近江・山城・大和の地震	7.4	68.3
3	1586 年畿内・東海・東山・北陸諸道の地震	7.8	123.3
4	1596 年畿内および近隣の地震	7.5	84.2
5	1662 年山城・大和・河内・和泉・摂津・丹後・若狭・近江・美濃・伊勢・駿河・三河・信濃の地震	7.5	51.1
6	1819 年伊勢・美濃・近江の地震	7.25	83.5
7	1891 年愛知県・岐阜県の地震＜濃尾地震＞	8.0	109.2
8	1927 年京都府北西部の地震＜北丹後地震＞	7.3	57.2
9	1963 年福井県沖の地震＜越前岬沖地震＞	6.9	44.4

※円形断層を仮定して算定

第 1.2.5.4.2 表　敷地に影響を及ぼすと考えられる活断層による地震の評価に用いた諸元

番号	断層名	マグニチュード	等価震源距離※ (km)
1	安島岬沖～和布－干飯崎沖～甲楽城断層	8.0	79.3
2	敦賀断層	7.1	51.2
3	大陸棚外縁～Ｂ～野坂断層	7.7	47.5
4	三方断層	7.2	44.5
5	花折断層	7.8	51.4
6	琵琶湖西岸断層系	7.8	52.0
7	濃尾地震断層系	8.0	109.0
8	上林川断層	7.5	24.8
9	有馬－高槻構造線	7.6	77.6
10	山田断層	7.4	38.6
11	郷村断層	7.4	50.9
12	三峠断層	7.0	36.9
13	$F_{GA}3$ 東部断層	7.3	60.5
14	ＦＯ－Ａ～ＦＯ－Ｂ～熊川断層	7.8	23.5
15	ＦＯ－Ｃ断層	6.8	20.5
16	甲楽城沖断層～浦底断層～池河内断層～柳ヶ瀬山断層	7.4	57.5

※矩形断層を仮定して算定

第 1.2.5.4.3 表　応答スペクトルに基づく地震動評価における検討ケース一覧

ＦＯ－Ａ～ＦＯ－Ｂ～熊川断層

ケース名	傾斜角	アスペリティ	マグニチュード	等価震源距離
基本ケース	90°	敷地近くに配置	7.8	20.2km
傾斜角 75°ケース	75°	敷地近くに配置	7.8	18.6km
アスペリティ一塊ケース	90°	敷地近くで一塊に配置	7.8	19.7km
アスペリティ一塊横長ケース	90°	敷地近くで一塊横長に配置	7.8	19.5km

上林川断層

ケース名	傾斜角	アスペリティ	マグニチュード	等価震源距離
基本ケース	90°	敷地近くに配置	7.5	19.9km

第 1.2.5.4.4 表　断層モデルを用いた手法による地震動評価における検討ケース一覧

ＦＯ－Ａ～ＦＯ－Ｂ～熊川断層

ケース名	短周期の地震動レベル	傾斜角	すべり角	破壊伝播速度	アスペリティ	破壊開始点
基本ケース	レシピ平均	90°	0°	Vr=0.72β※	敷地近くに配置	複数設定
短周期の地震動1.5倍ケース	レシピ平均×1.5	90°	0°	Vr=0.72β	敷地近くに配置	複数設定
傾斜角75°ケース	レシピ平均	75°	0°	Vr=0.72β	敷地近くに配置	複数設定
すべり角30°ケース	レシピ平均	90°	30°	Vr=0.72β	敷地近くに配置	複数設定
Vr=0.87βケース	レシピ平均	90°	0°	Vr=0.87β	敷地近くに配置	複数設定
アスペリティ一塊ケース	レシピ平均	90°	0°	Vr=0.72β	敷地近くで一塊に配置	複数設定
アスペリティ一塊横長ケース	レシピ平均	90°	0°	Vr=0.72β	敷地近くで一塊・横長に配置	複数設定

※βは地震発生層のS波速度

上林川断層

ケース名	短周期の地震動レベル	破壊伝播速度	アスペリティ	破壊開始点
基本ケース	レシピ平均	Vr=0.72β※	敷地近くに配置	複数設定
短周期の地震動1.5倍ケース	レシピ平均×1.5	Vr=0.72β	敷地近くに配置	複数設定
Vr=0.87βケース	レシピ平均	Vr=0.87β	敷地近くに配置	複数設定

※βは地震発生層のS波速度

第 1.2.5.5.1 表　震源を特定せず策定する地震動に関する検討対象地震

	地震名	発生日時	規模
1	2008 年岩手・宮城内陸地震	2008/06/14 08:43	Mw6.9
2	2000 年鳥取県西部地震	2000/10/06 13:30	Mw6.6
3	2011 年長野県北部地震	2011/03/12 03:59	Mw6.2
4	1997 年 3 月鹿児島県北西部地震	1997/03/26 17:31	Mw6.1
5	2003 年宮城県北部地震	2003/07/26 07:13	Mw6.1
6	1996 年宮城県北部（鬼首）地震	1996/08/11 03:12	Mw6.0
7	1997 年 5 月鹿児島県北西部地震	1997/05/13 14:38	Mw6.0
8	1998 年岩手県内陸北部地震	1998/09/03 16.58	Mw5.9
9	2011 年静岡県東部地震	2011/03/15 22:31	Mw5.9
10	1997 年山口県北部地震	1997/06/25 18:50	Mw5.8
11	2011 年茨城県北部地震	2011/03/19 18:56	Mw5.8
12	2013 年栃木県北部地震	2013/02/25 16:23	Mw5.8
13	2004 年北海道留萌支庁南部地震	2004/12/14 14:56	Mw5.7
14	2005 年福岡県西方沖地震の最大余震	2005/04/20 06:11	Mw5.4
15	2012 年茨城県北部地震	2012/03/10 02:25	Mw5.2
16	2011 年和歌山県北部地震	2011/07/05 19:18	Mw5.0

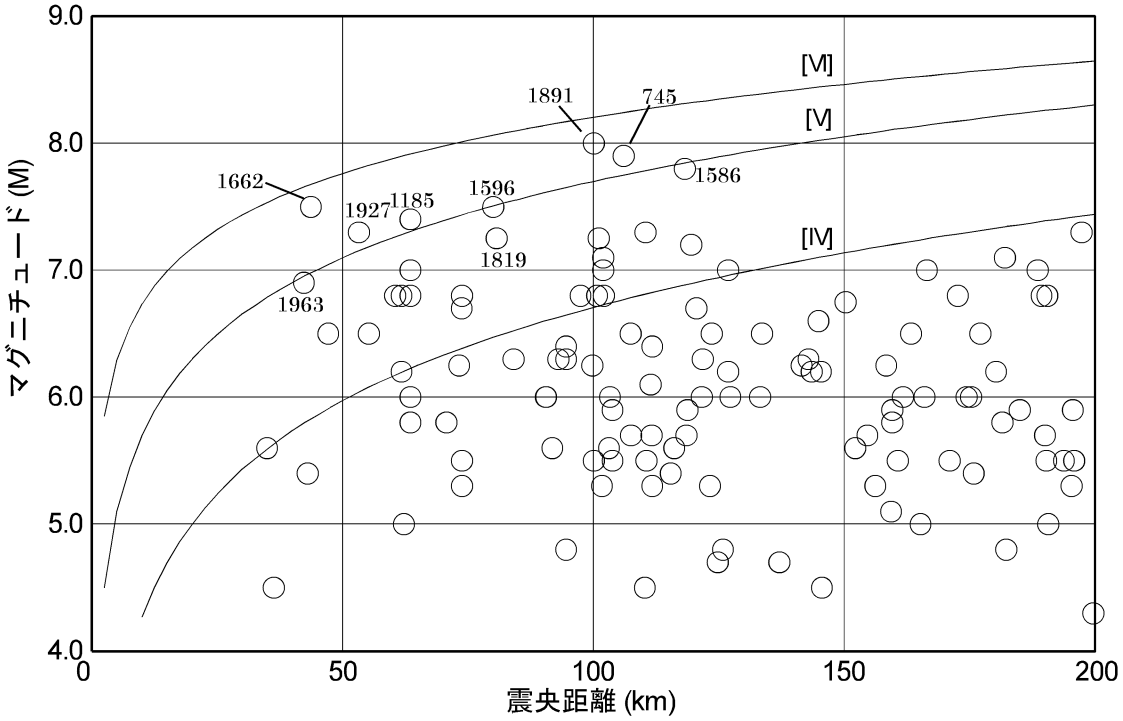
第 1.2.5.6.1 表　設計用応答スペクトル Ss－1 のコントロールポイント

周期 (s)	0.02	0.09	0.13	0.3	0.6	5
Ss － 1 （水平方向） (cm/s)	2.23	25.78	37.24	73.53	100	100
Ss － 1 （鉛直方向） (cm/s)	1.49	17.19	24.83	49.02	66.7	66.7

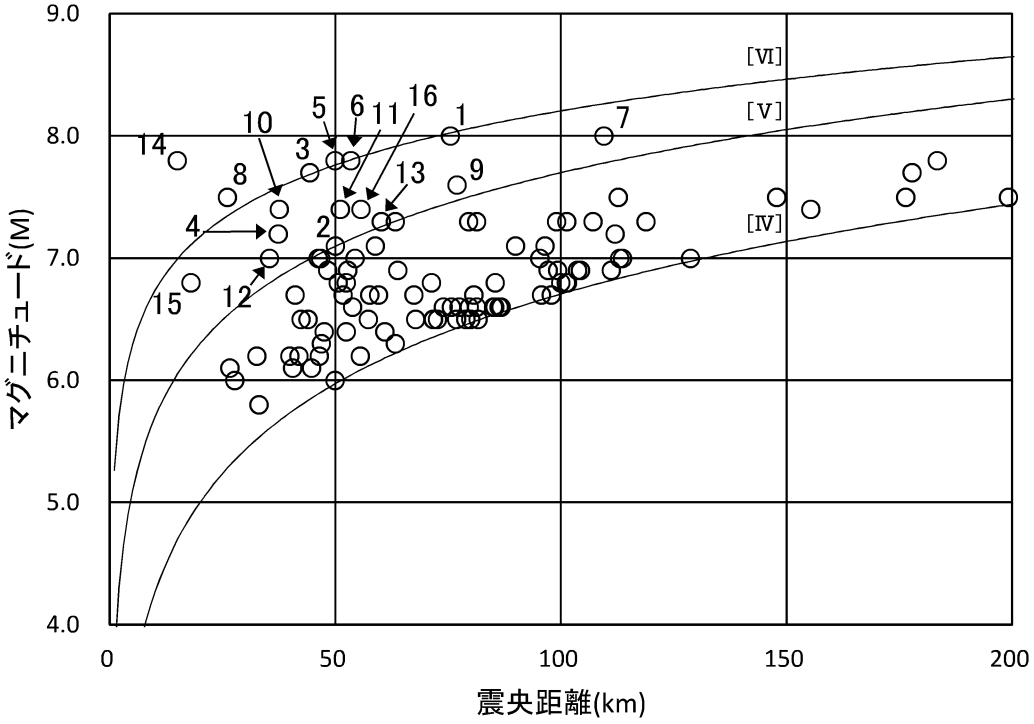
第 1.2.5.7.1 表　基準地震動の最大加速度

（単位：cm/s²）

基準地震動		NS 方向	EW 方向	UD 方向
Ss－1	設計用模擬地震波	700		467
Ss－2	ＦＯ－Ａ～ＦＯ－Ｂ～熊川断層 （短周期の地震動 1.5 倍ケース、破壊開始点 5）	376	248	334
Ss－3	ＦＯ－Ａ～ＦＯ－Ｂ～熊川断層 （短周期の地震動 1.5 倍ケース、破壊開始点 6）	396	240	313
Ss－4	ＦＯ－Ａ～ＦＯ－Ｂ～熊川断層 （Vr=0.87β ケース、破壊開始点 9）	255	205	218
Ss－5	上林川断層 （短周期の地震動 1.5 倍ケース、破壊開始点 3）	180	374	320
Ss－6	2000 年鳥取県西部地震・賀祥ダムの観測記録	528	531	485
Ss－7	2004 年北海道留萌支庁南部地震を考慮した地震動	620		320

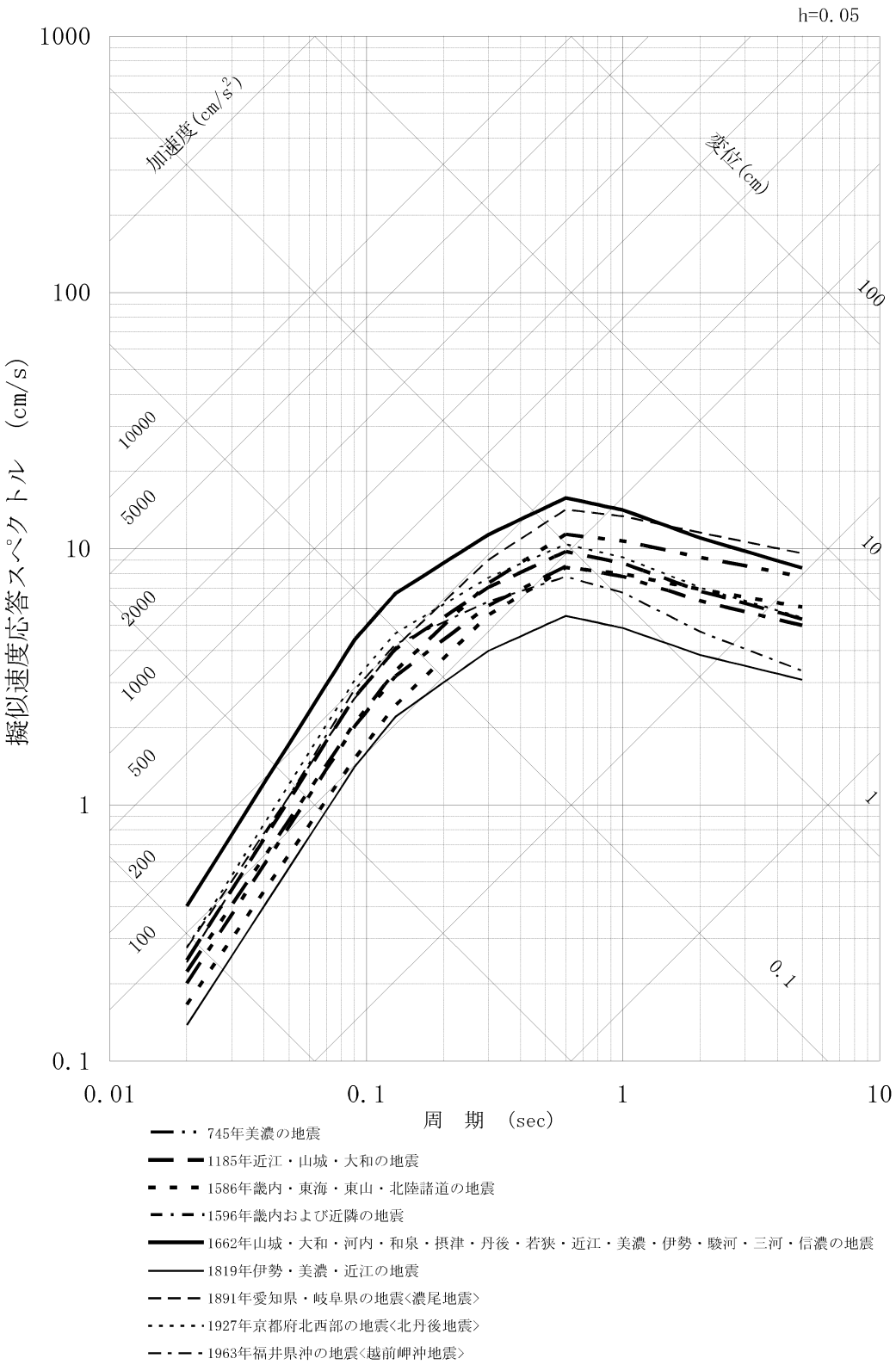


第 1.2.5.2.1 図　敷地周辺の被害地震のマグニチュードと震央距離の関係



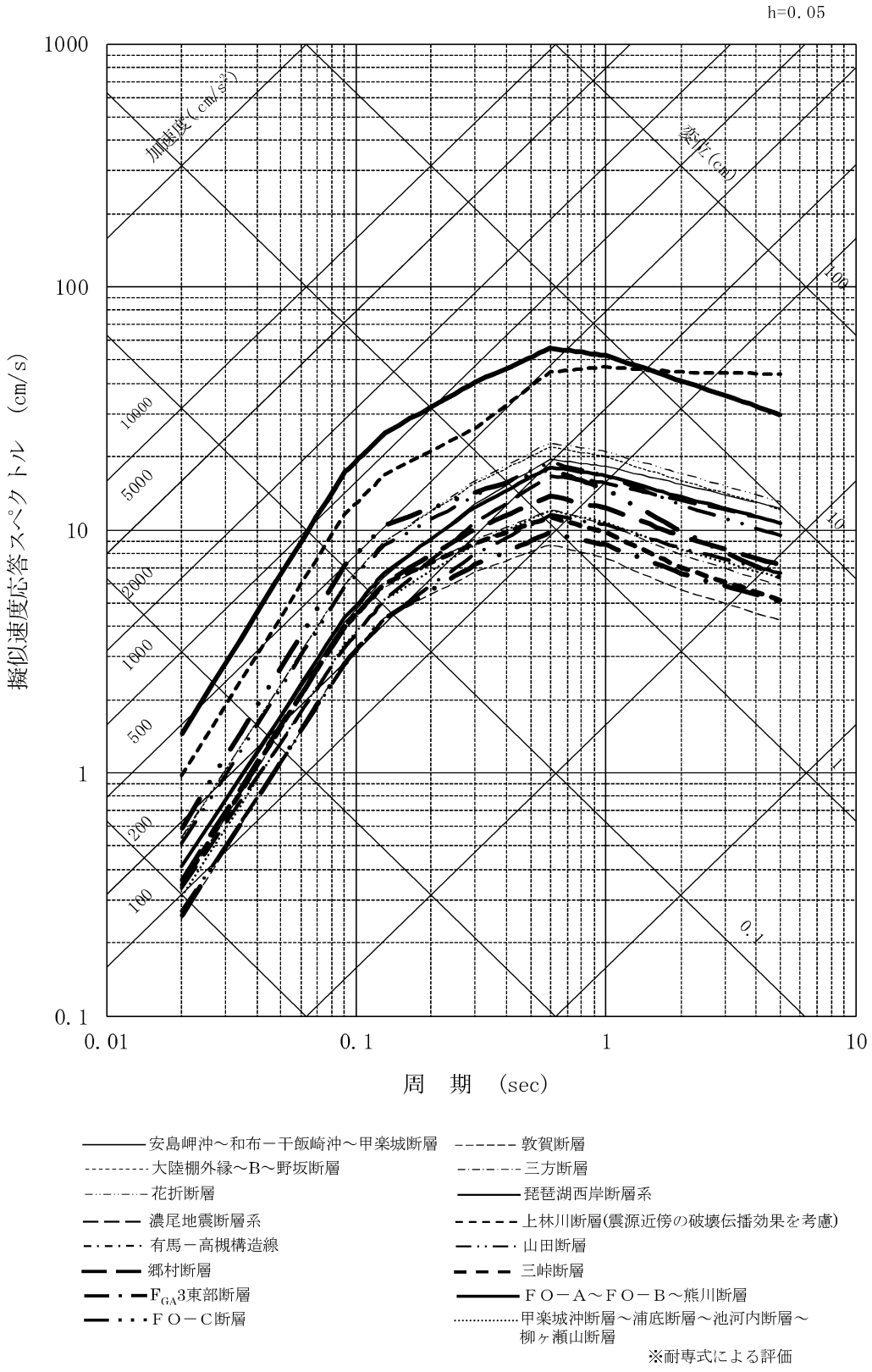
No	断層名
1	安島岬沖～和布－干飯崎沖～甲楽城断層
2	敦賀断層
3	大陸棚外縁～B～野坂断層
4	三方断層
5	花折断層
6	琵琶湖西岸断層系
7	濃尾地震断層系
8	上林川断層
9	有馬－高槻構造線
10	山田断層
11	郷村断層
12	三峠断層
13	$F_{GA}3$ 東部断層
14	ＦＯ－Ａ～ＦＯ－Ｂ～熊川断層
15	ＦＯ－Ｃ断層
16	甲楽城沖断層～浦底断層～池河内断層～柳ヶ瀬山断層

第 1.2.5.2.2 図　敷地周辺の主な活断層から想定される地震のマグニチュードと震央距離の関係

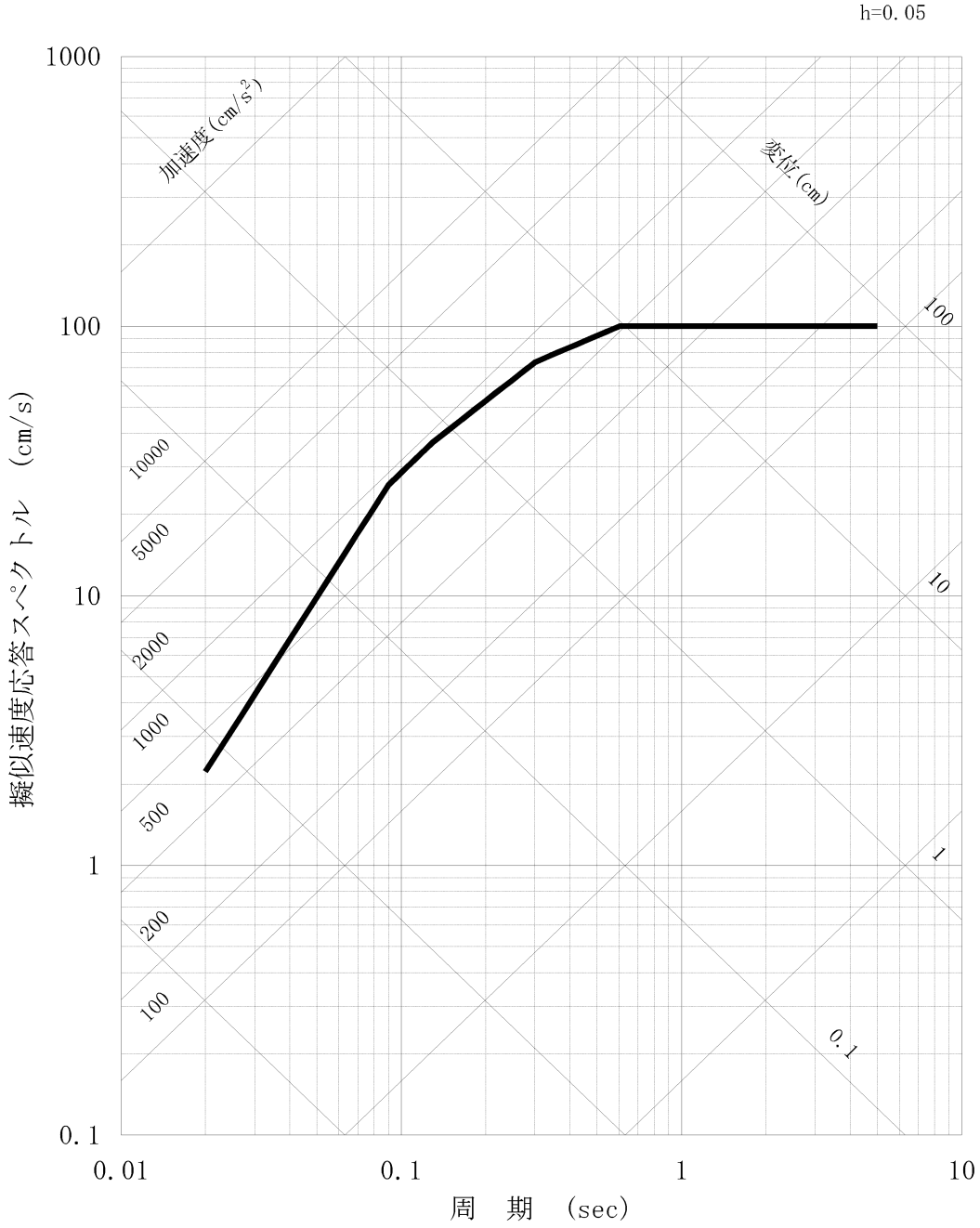


※耐専式による評価

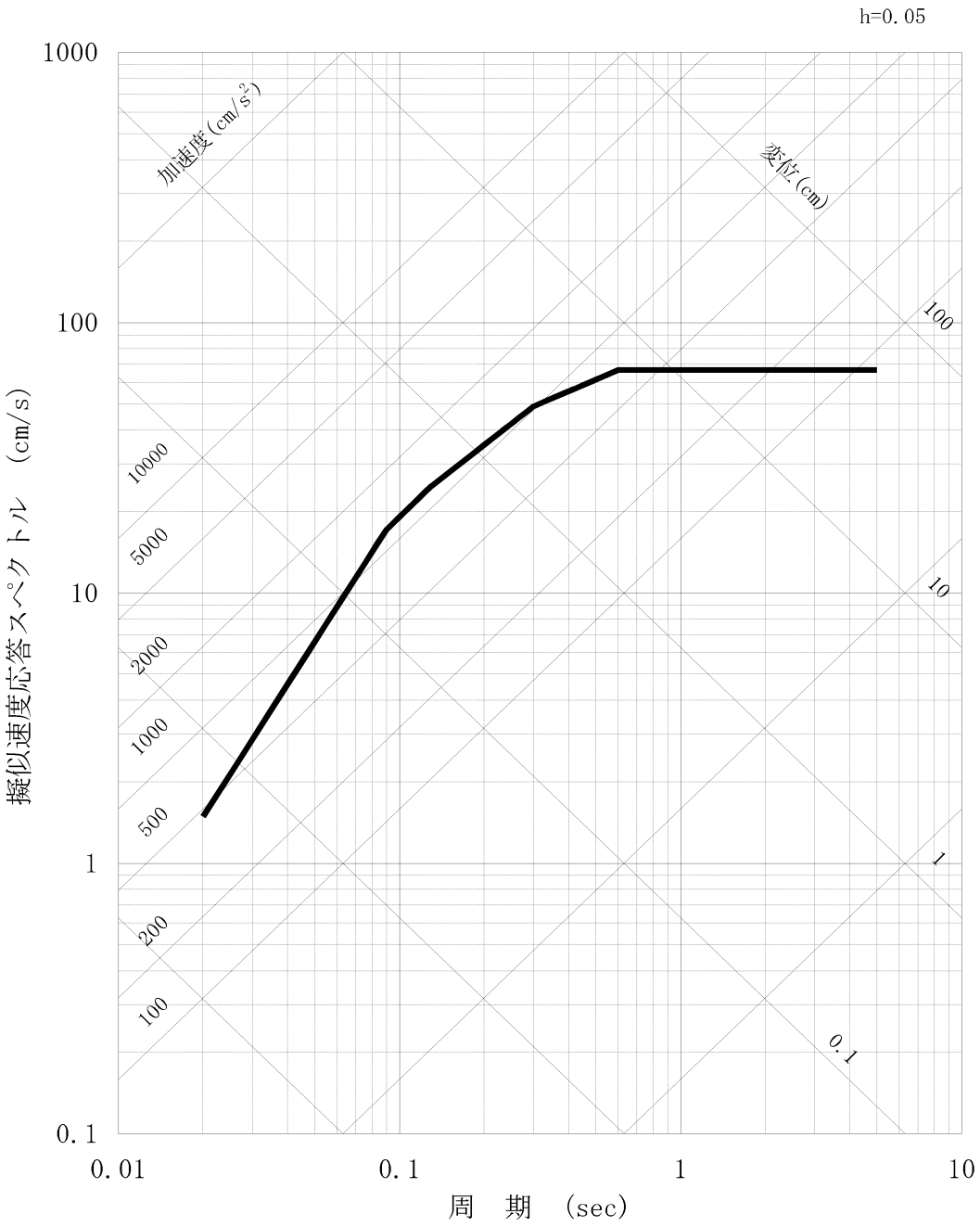
第 1.2.5.4.1 図　敷地に影響を及ぼしたと考えられる過去の地震の応答スペクトル



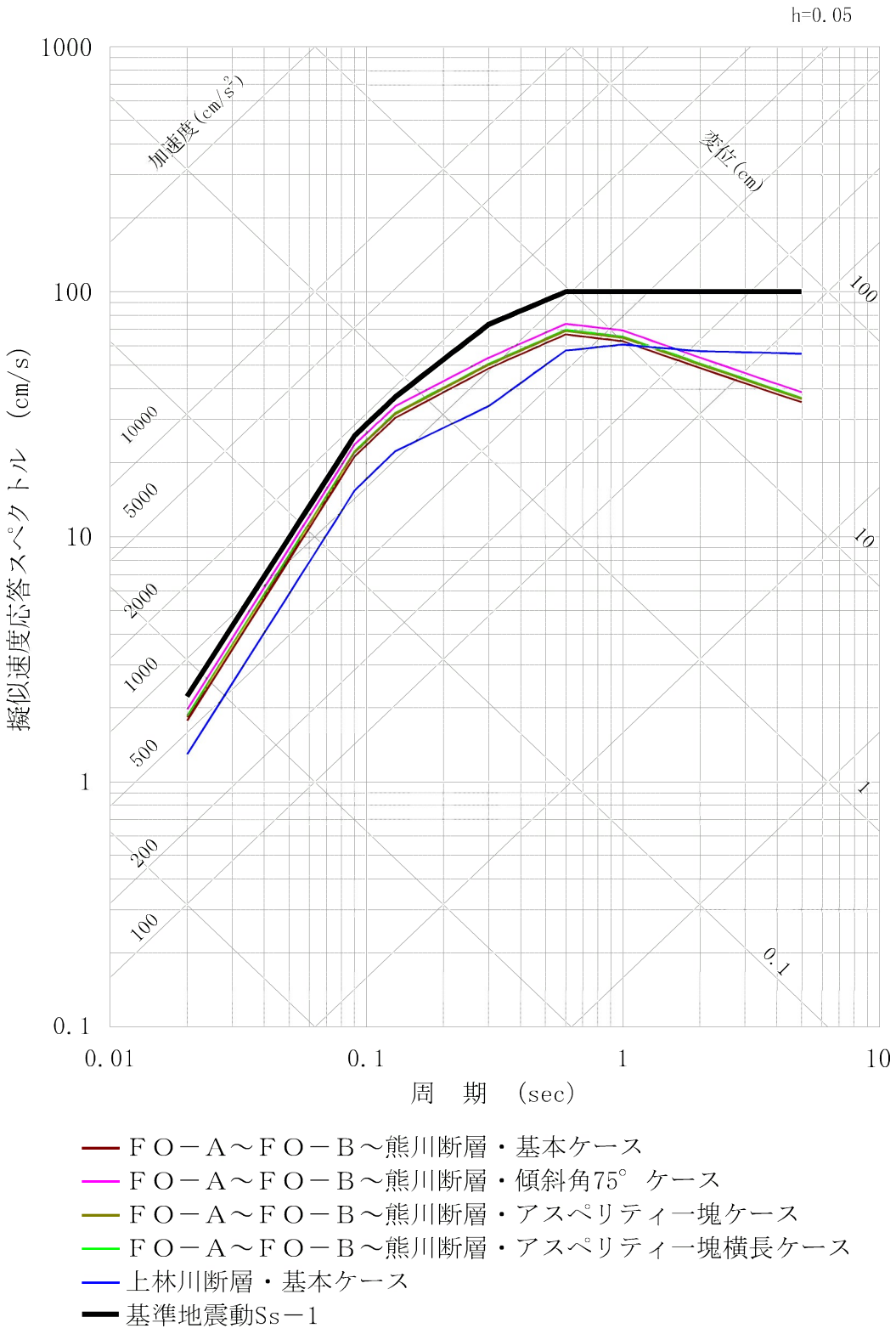
第 1.2.5.4.2 図　敷地に影響を及ぼすと考えられる活断層の地震による応答スペクトル



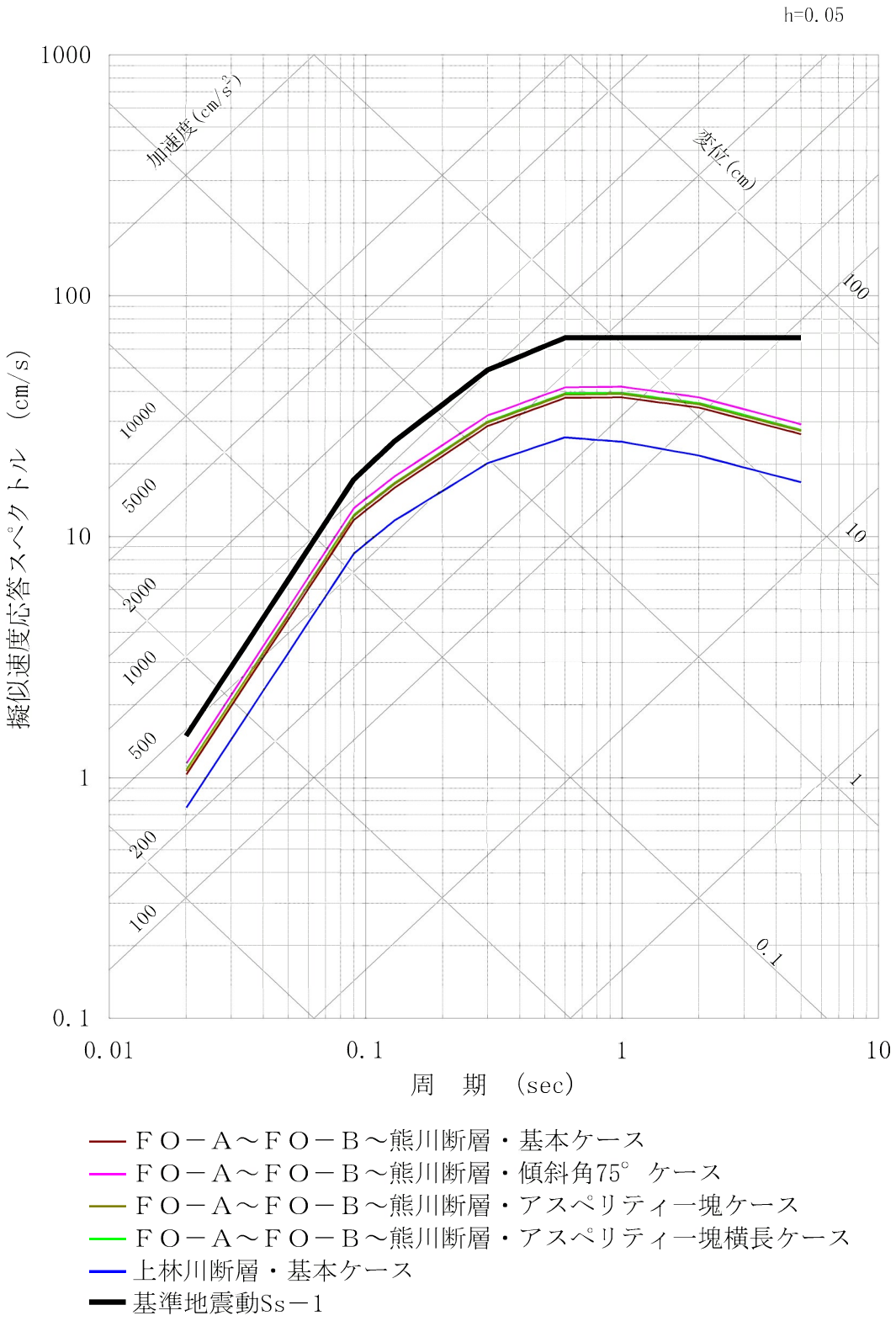
第 1.2.5.6.1 図(1)　基準地震動 Ss－1 の応答スペクトル（水平方向）



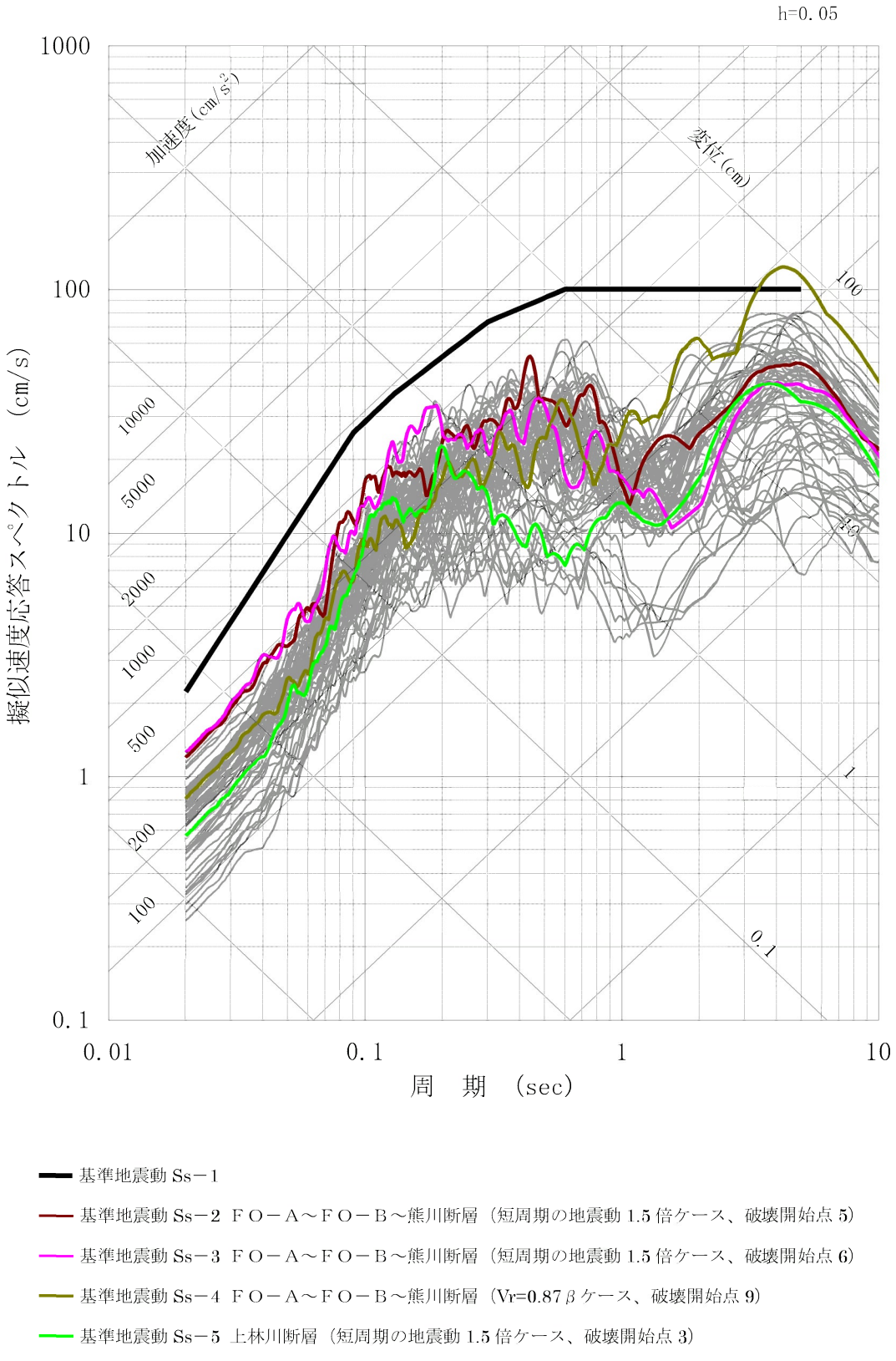
第 1.2.5.6.1 図(2)　基準地震動 Ss－1 の応答スペクトル（鉛直方向）



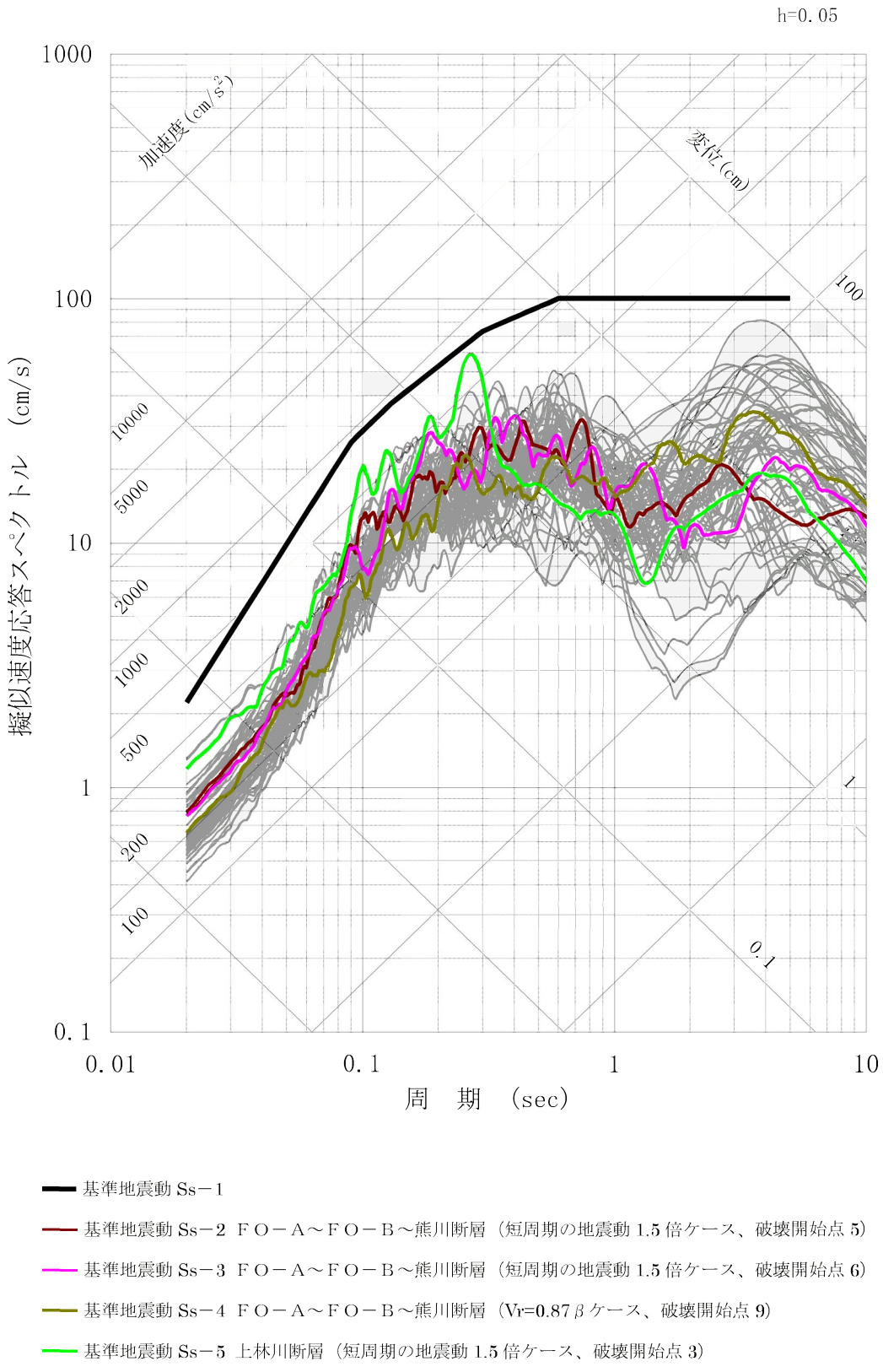
第 1.2.5.6.2 図(1)　基準地震動 Ss－1 の応答スペクトルと応答スペクトルに基づく地震動評価結果の比較（水平方向）



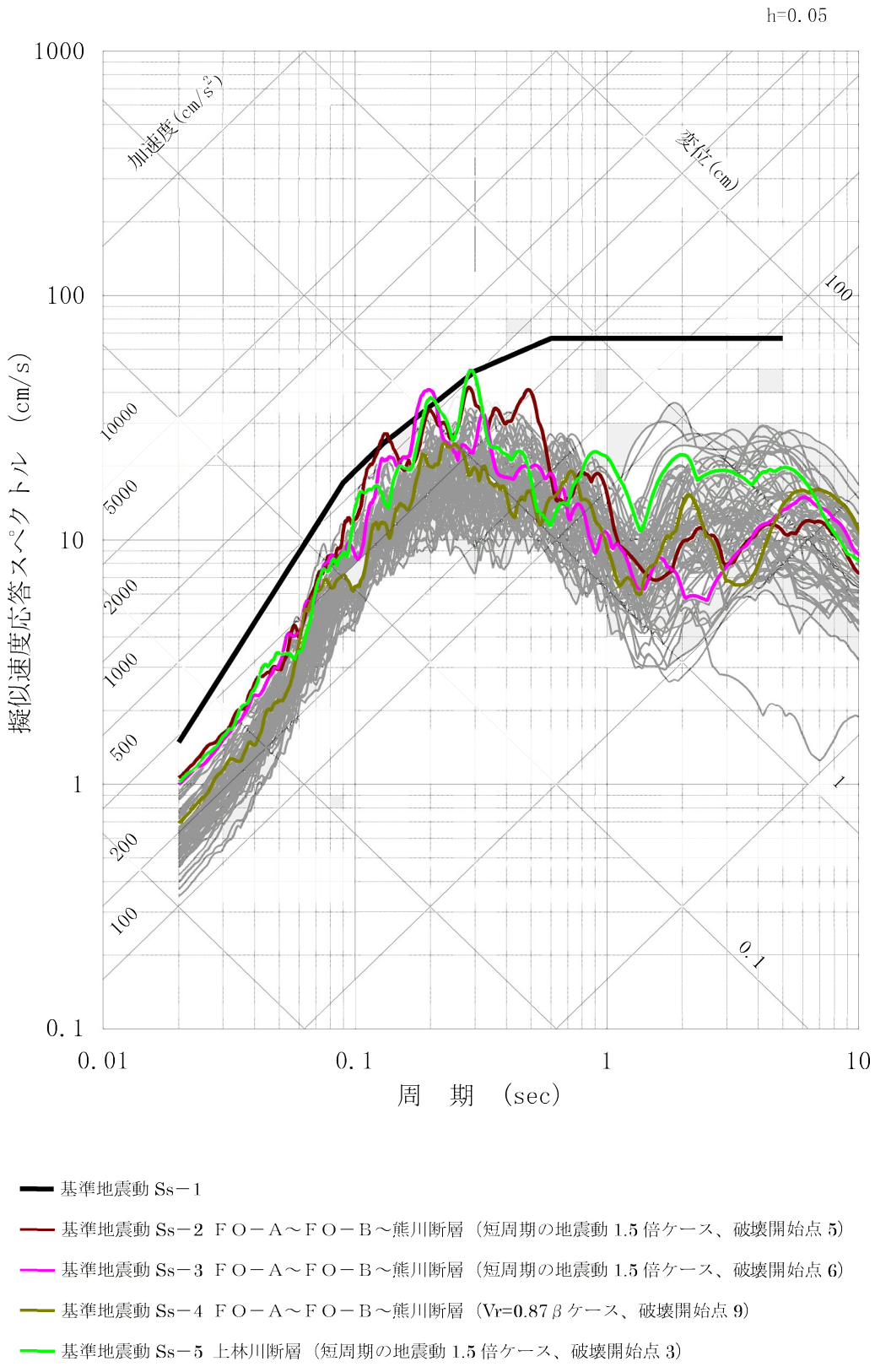
第 1.2.5.6.2 図(2)　基準地震動 Ss－1 の応答スペクトルと応答スペクトルに基づく地震動評価結果の比較（鉛直方向）



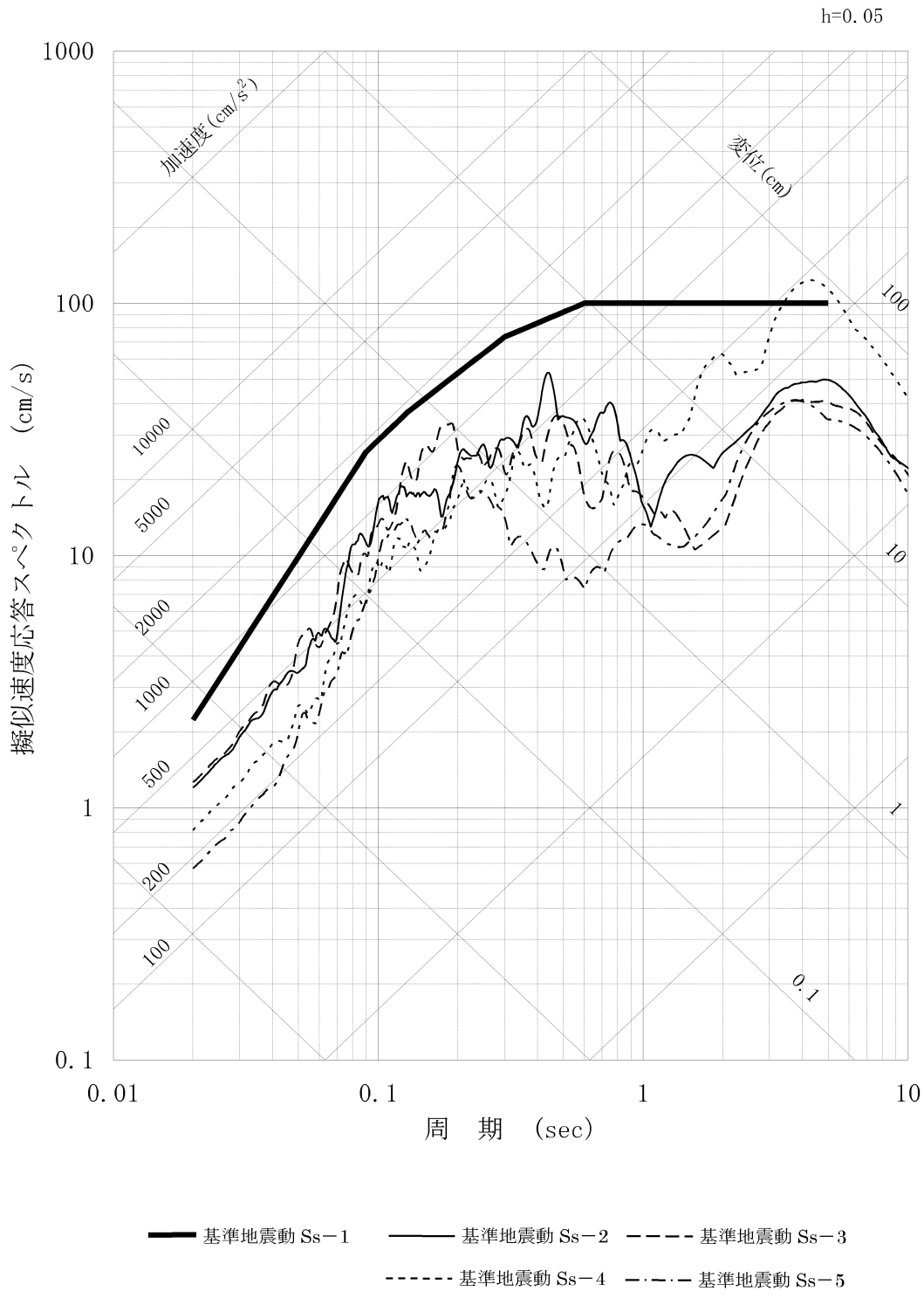
第 1.2.5.6.3 図(1)　基準地震動 Ss－1 の応答スペクトルと断層モデルを用いた手法による地震動評価結果（全ケース）との比較（NS 方向）



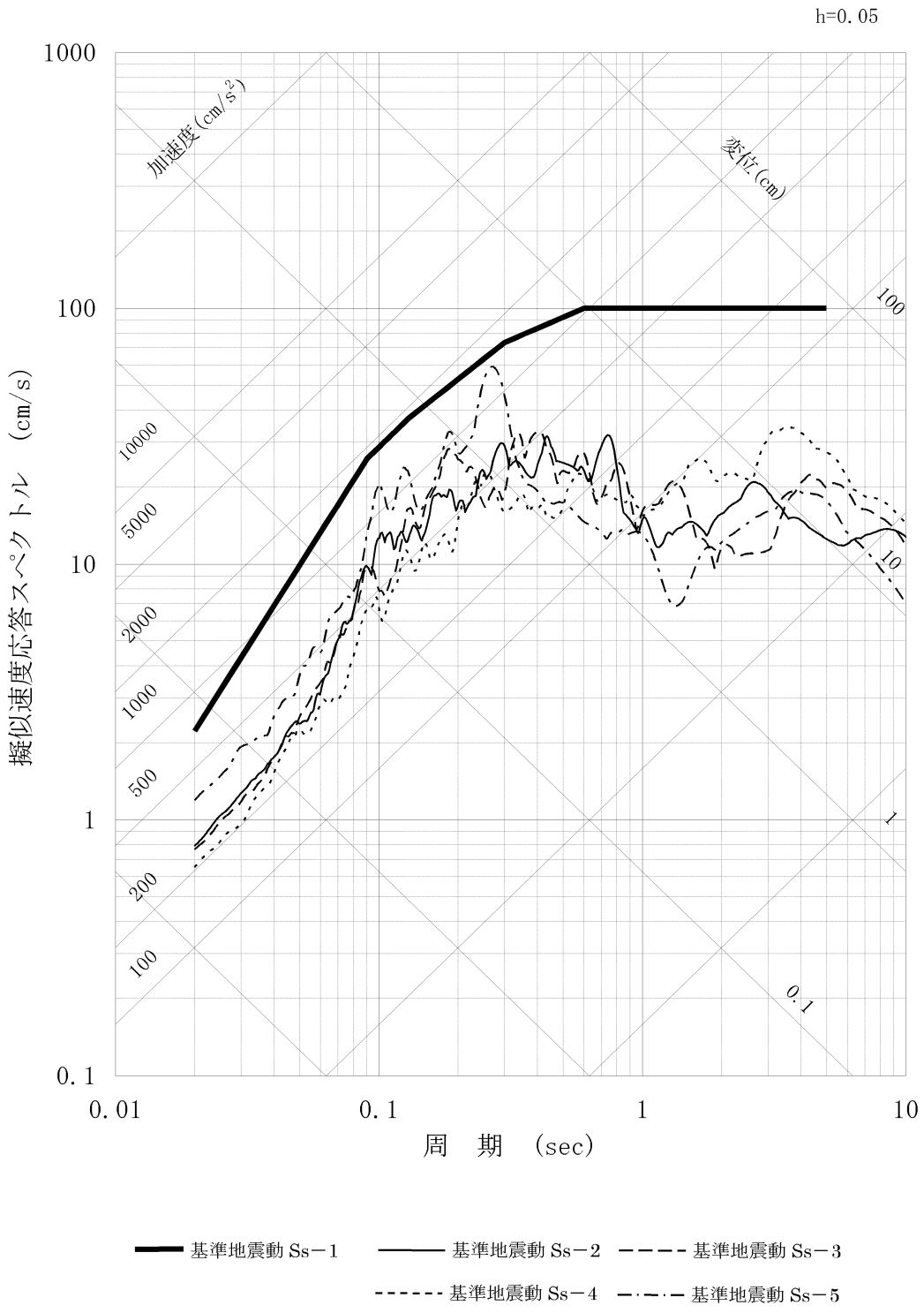
第 1.2.5.6.3 図(2)　基準地震動 Ss－1 の応答スペクトルと断層モデルを用いた手法による地震動評価結果（全ケース）との比較（EW 方向）



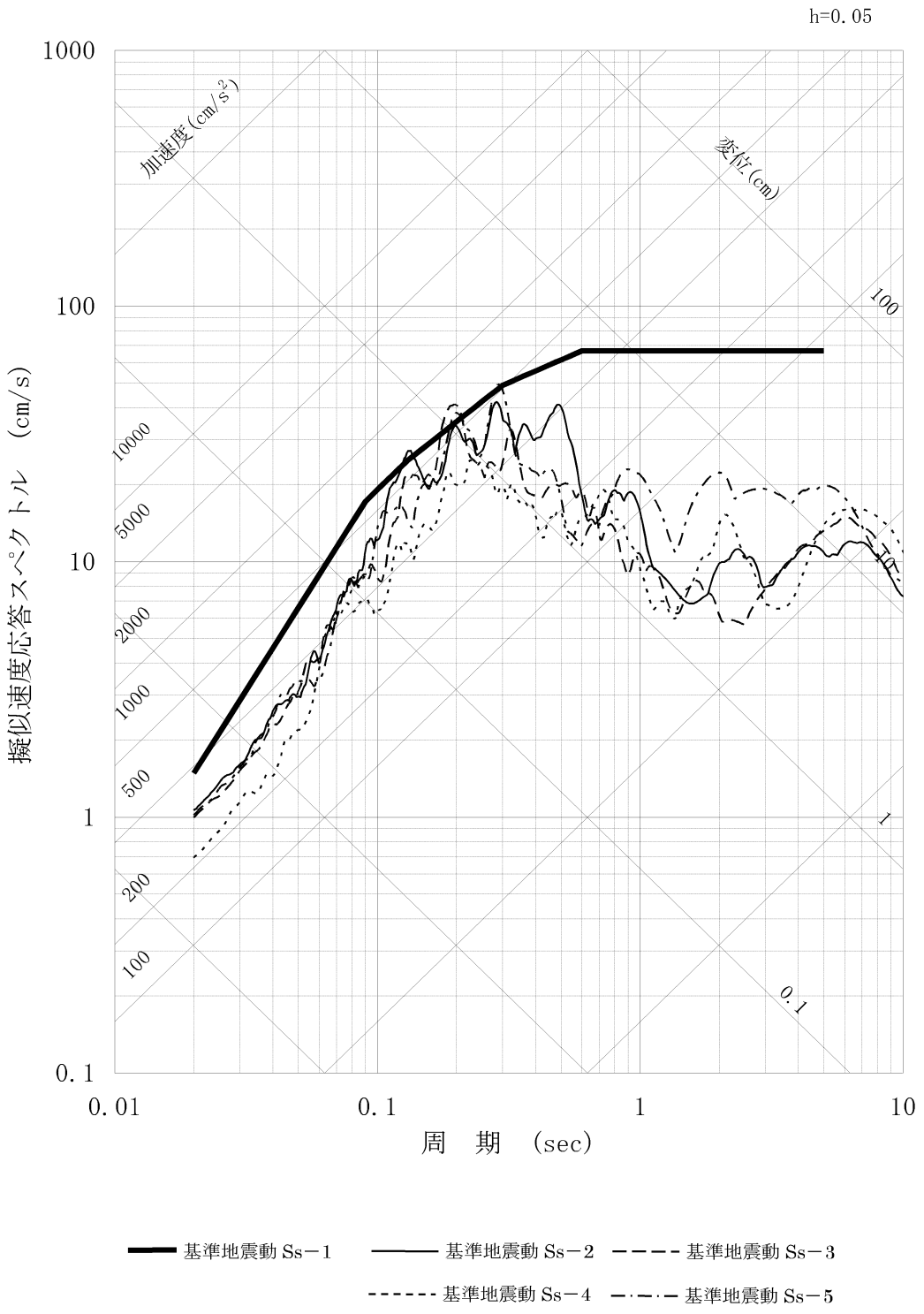
第 1.2.5.6.3 図(3)　基準地震動 Ss－1 の応答スペクトルと断層モデルを用いた手法による地震動評価結果（全ケース）との比較（UD 方向）



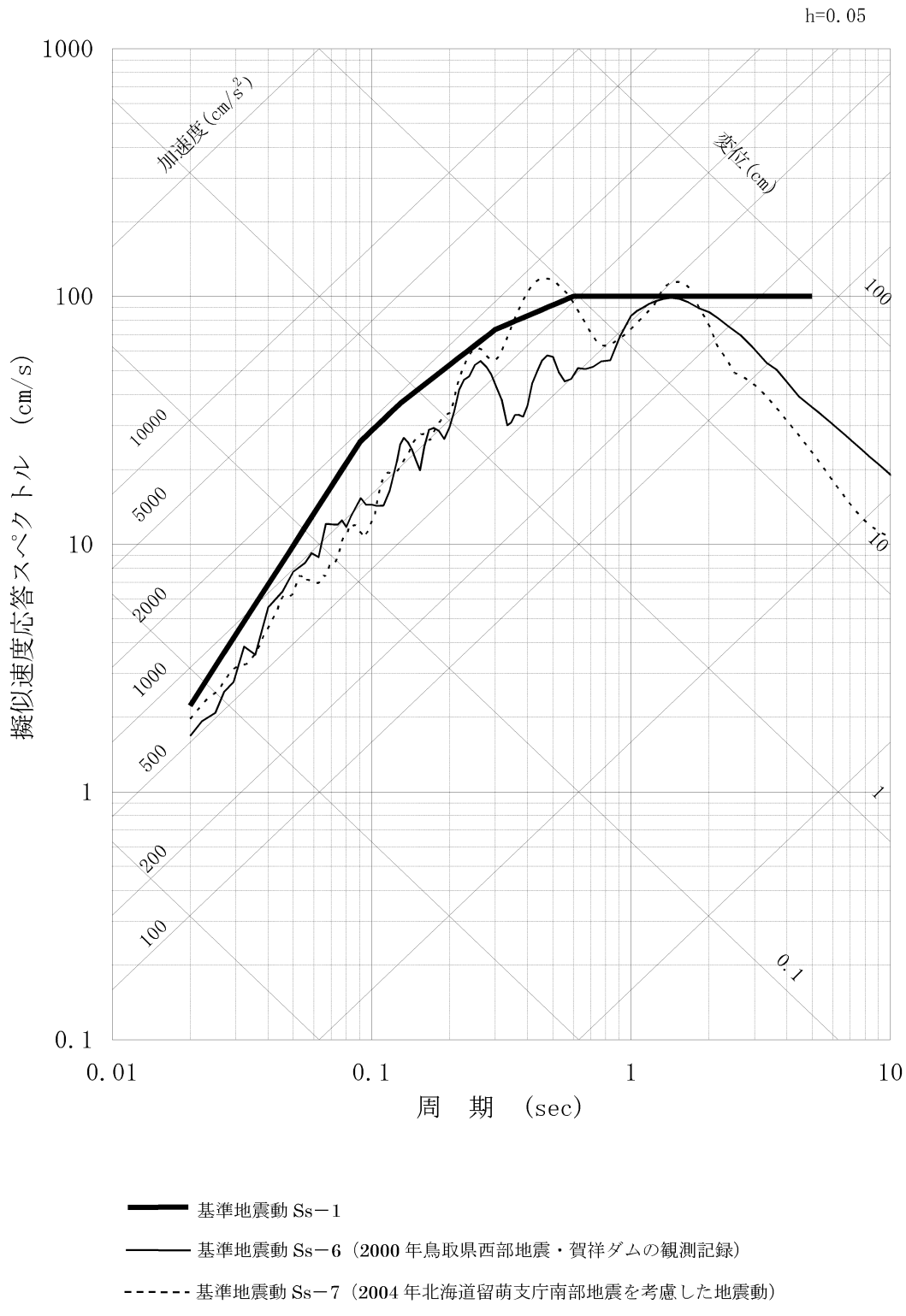
第 1.2.5.6.4 図(1)　基準地震動 Ss－1 と Ss－2～Ss－5 の応答スペクトル
（NS 方向）



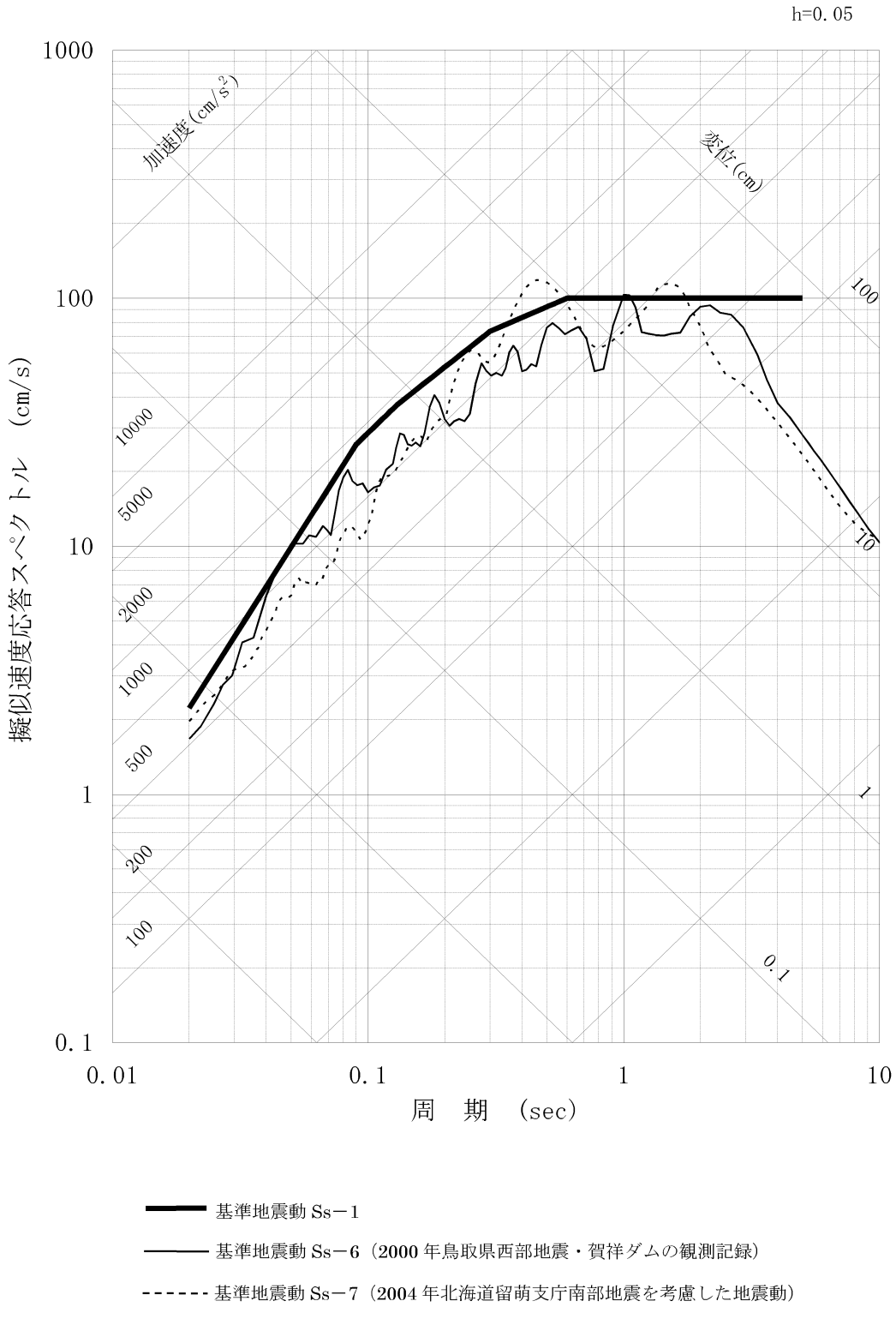
第 1.2.5.6.4 図(2)　基準地震動 Ss－1 と Ss－2～Ss－5 の応答スペクトル
（EW 方向）



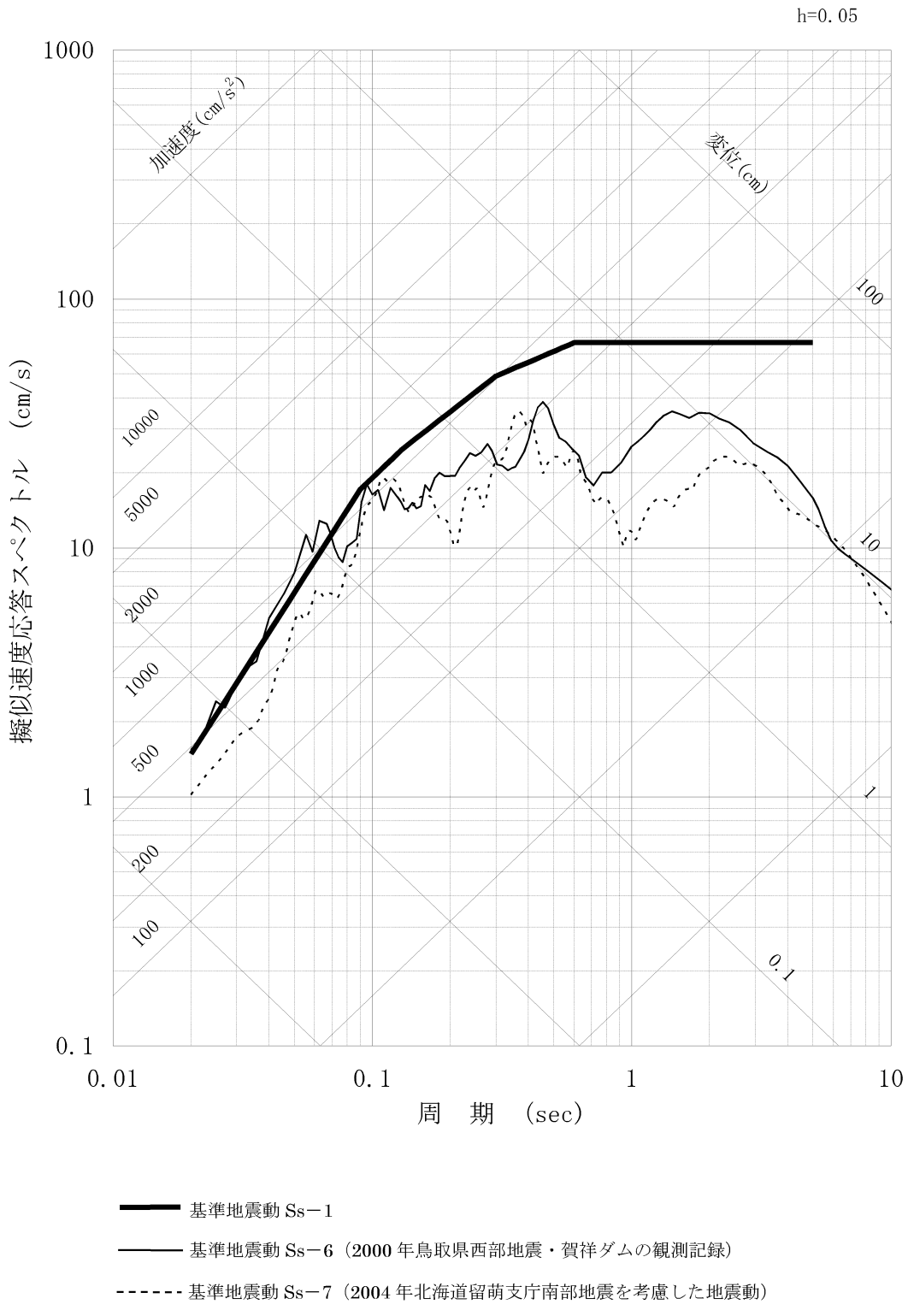
第 1.2.5.6.4 図(3)　基準地震動 Ss－1 と Ss－2～Ss－5 の応答スペクトル
（UD 方向）



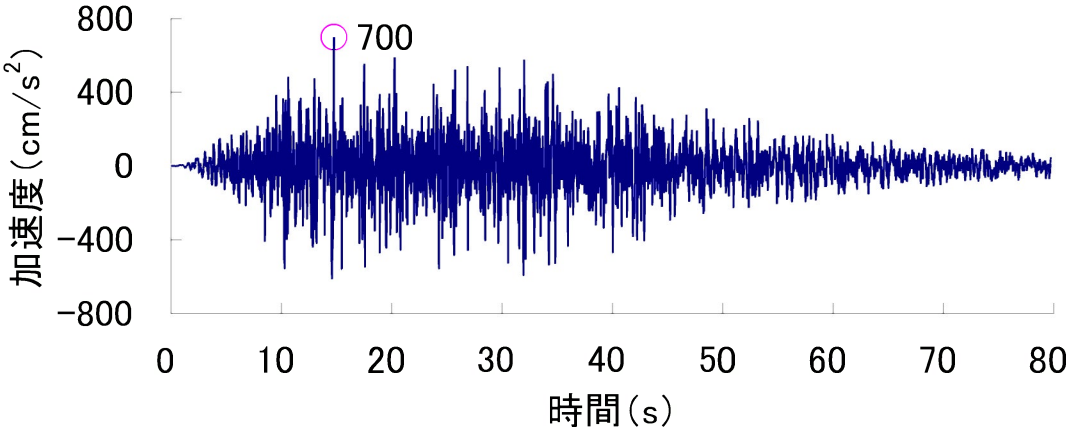
第 1.2.5.6.5 図(1)　基準地震動 Ss－1 と Ss－6，Ss－7 の応答スペクトル
（NS 方向）



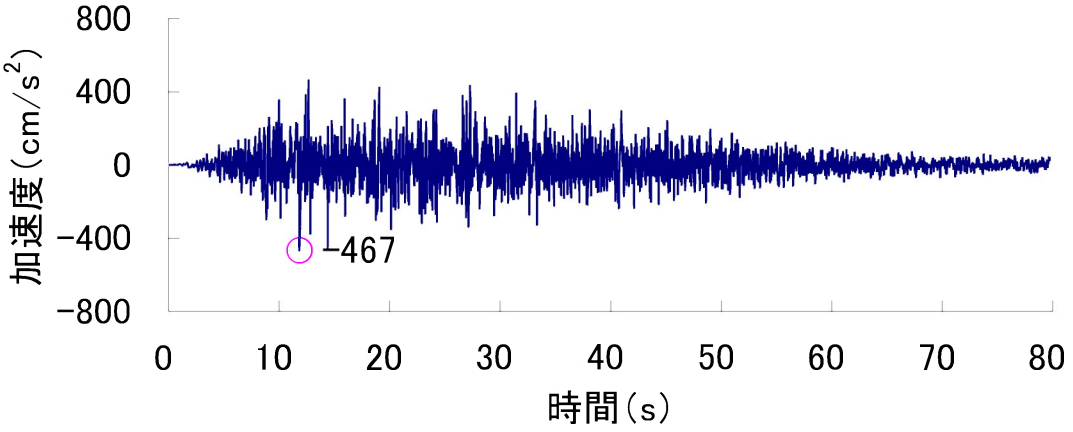
第 1.2.5.6.5 図(2)　基準地震動 Ss－1 と Ss－6，Ss－7 の応答スペクトル
（EW 方向）



第 1.2.5.6.5 図(3)　基準地震動 Ss－1 と Ss－6，Ss－7 の応答スペクトル
（UD 方向）

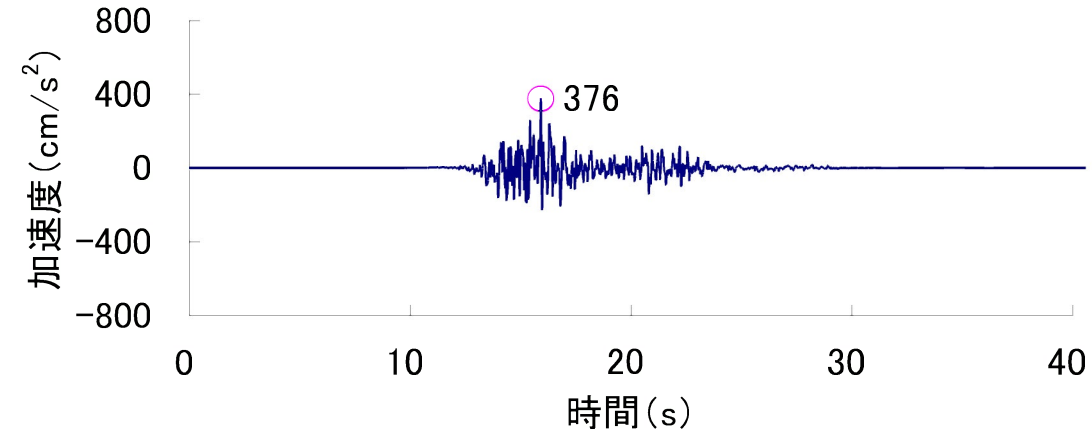


Ss－1（水平方向）

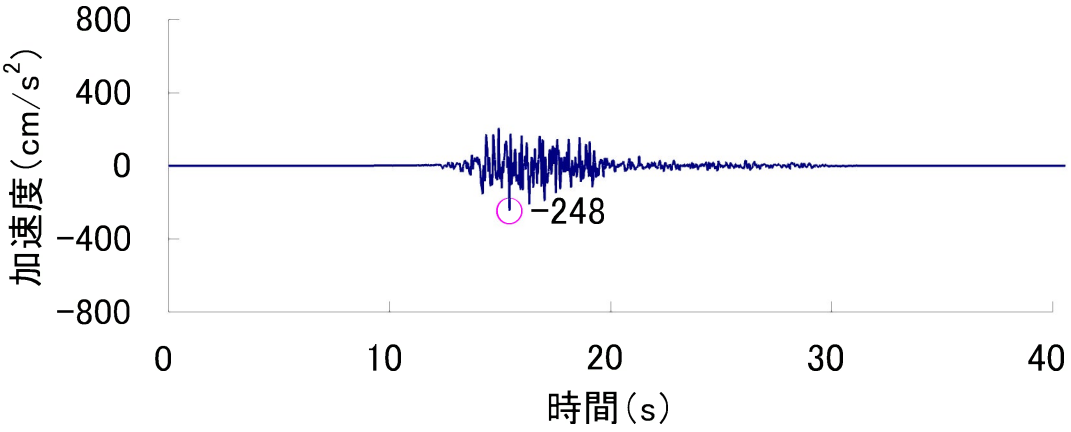


Ss－1（鉛直方向）

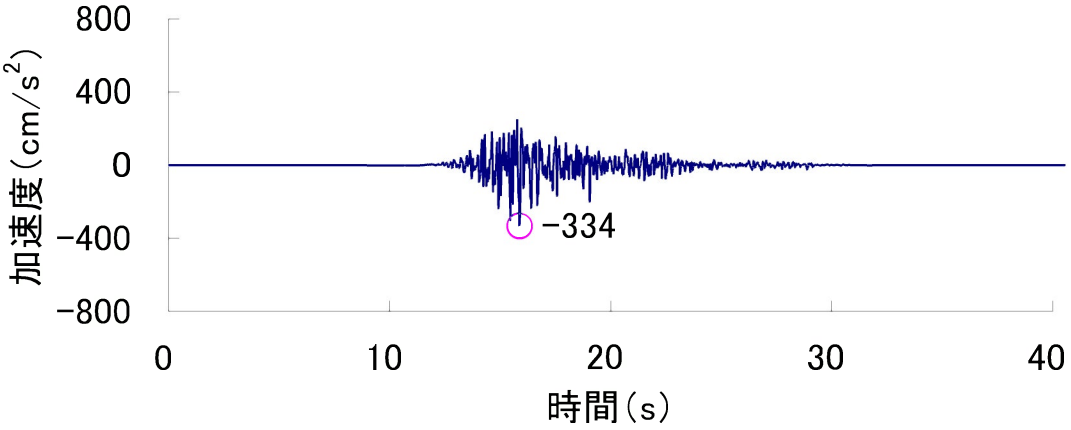
第 1.2.5.7.1 図　設計用模擬地震波 Ss－1 の加速度時刻歴波形



Ss－2（NS 方向）

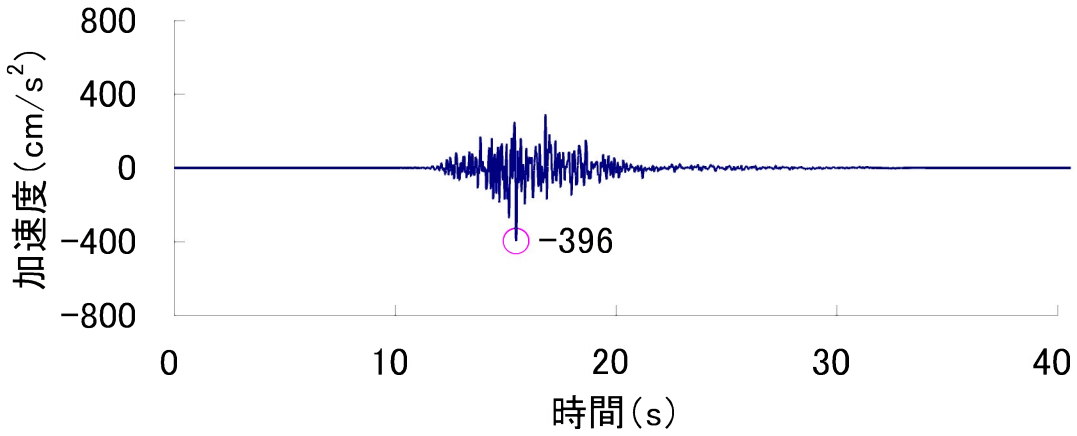


Ss－2（EW 方向）

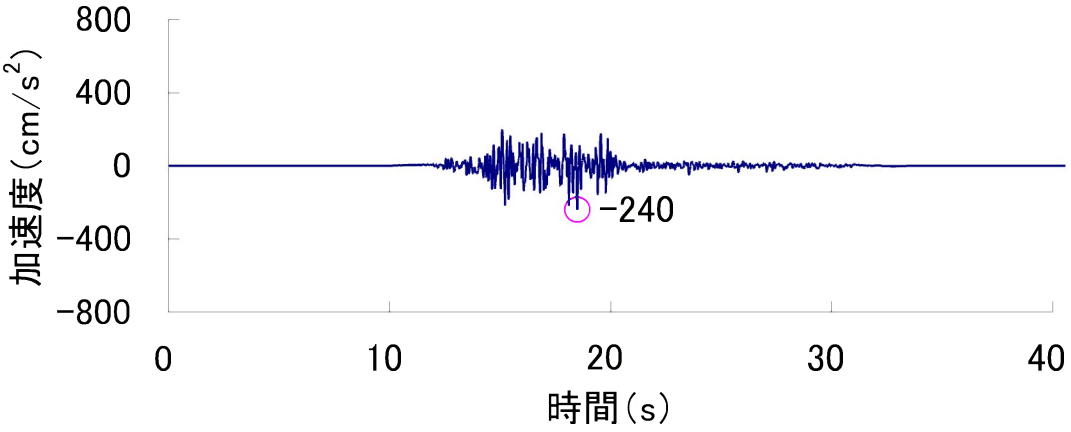


Ss－2（UD 方向）

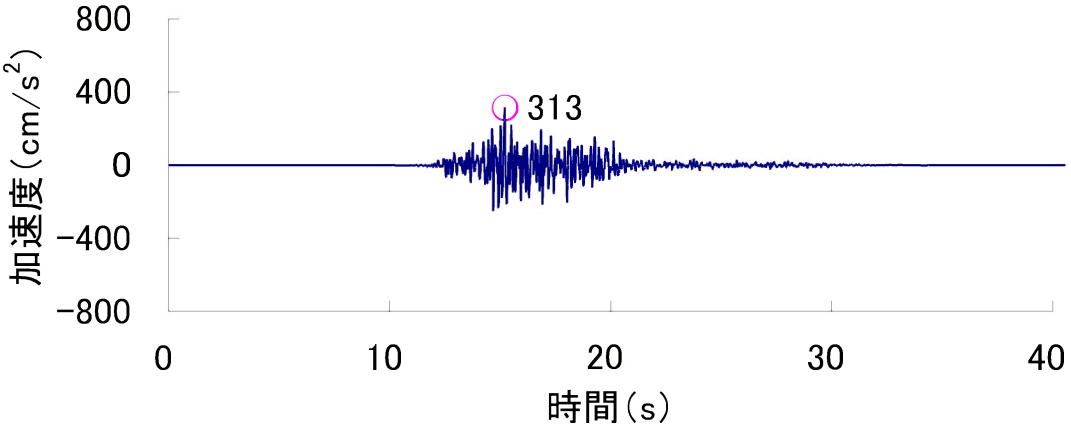
第 1.2.5.7.2 図　Ss－2 の加速度時刻歴波形



Ss－3（NS 方向）

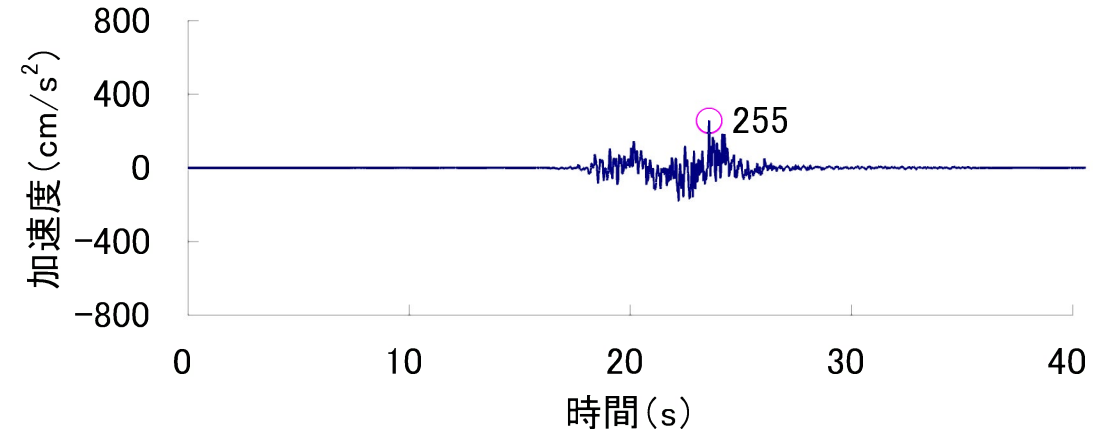


Ss－3（EW 方向）

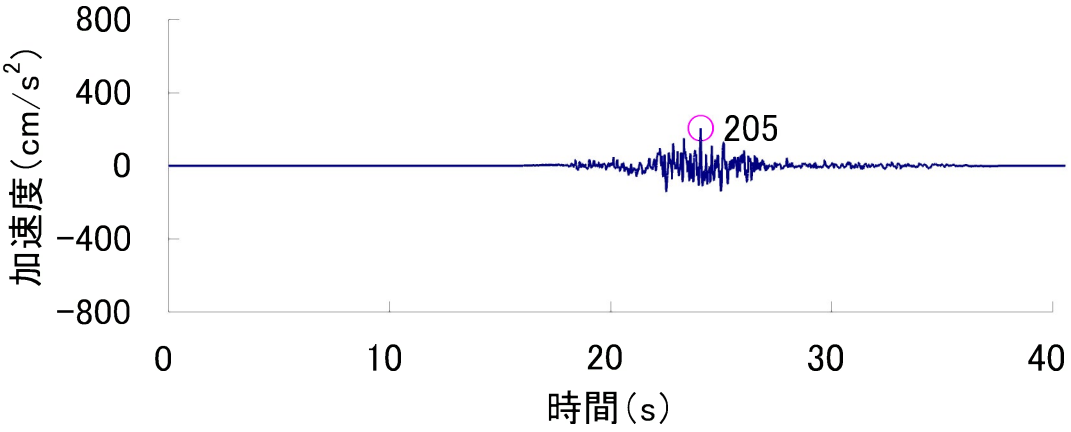


Ss－3（UD 方向）

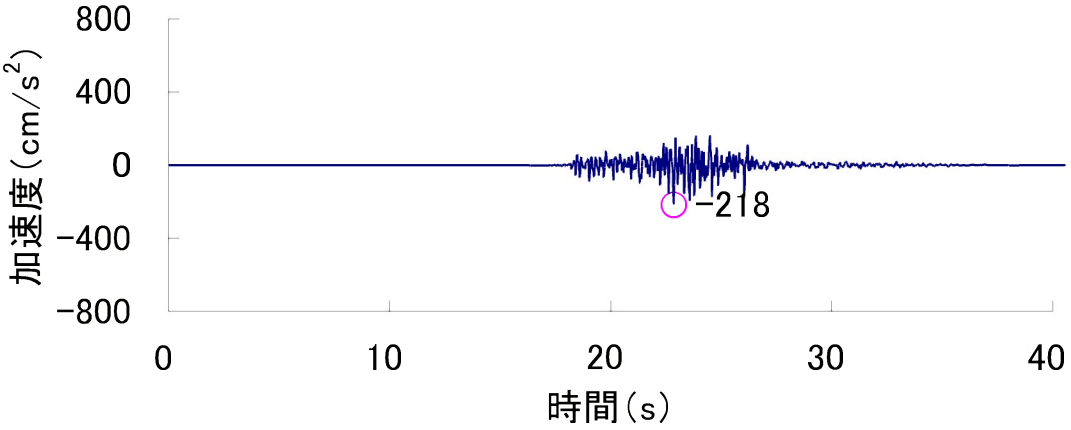
第 1.2.5.7.3 図　Ss－3 の加速度時刻歴波形



Ss－4（NS 方向）

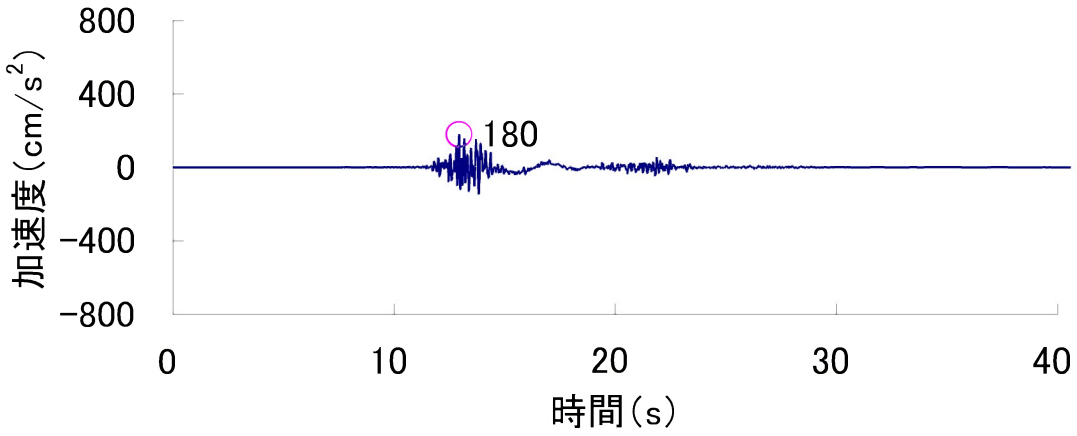


Ss－4（EW 方向）

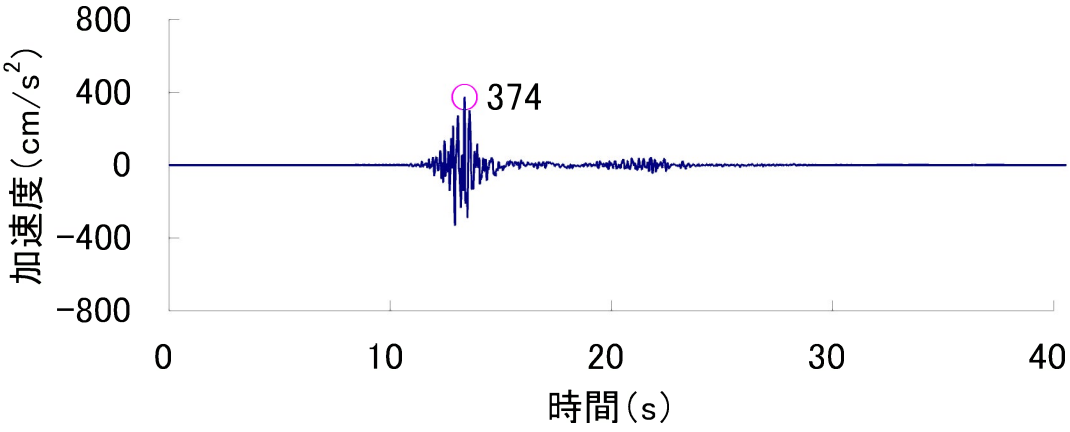


Ss－4（UD 方向）

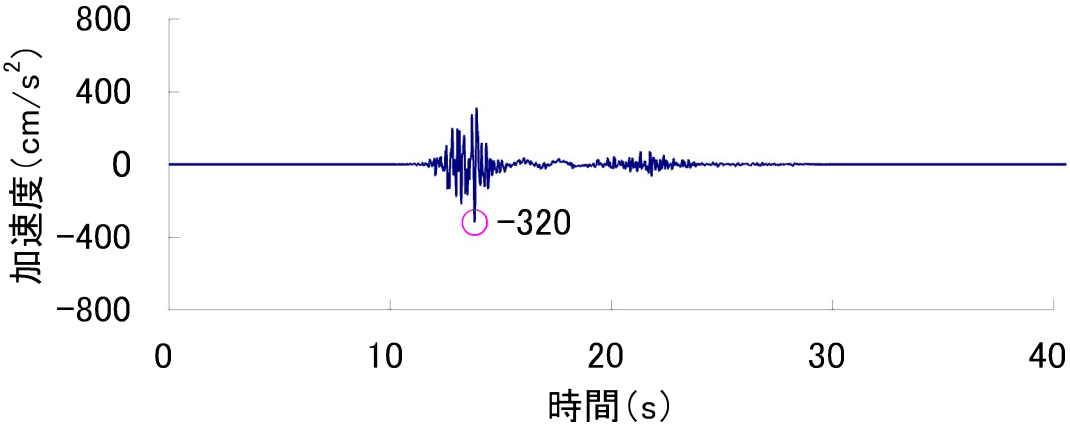
第 1.2.5.7.4 図　Ss－4 の加速度時刻歴波形



Ss－5（NS 方向）

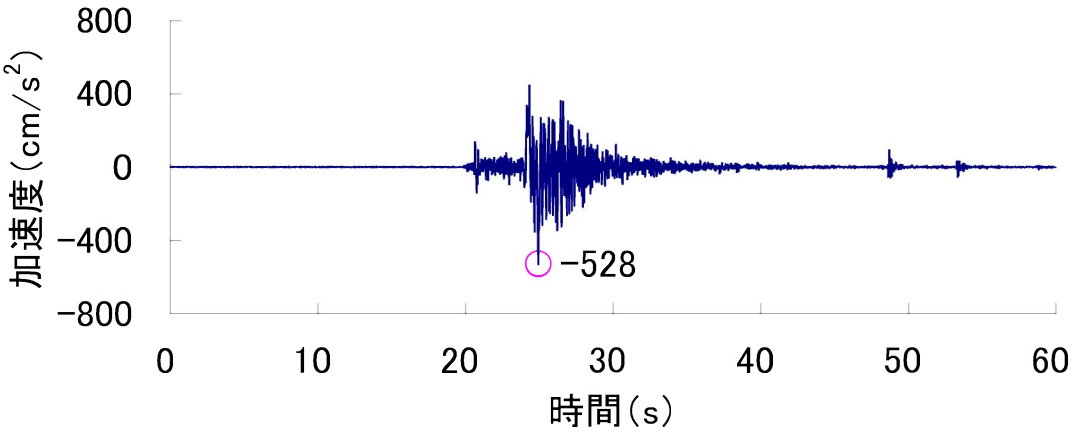


Ss－5（EW 方向）

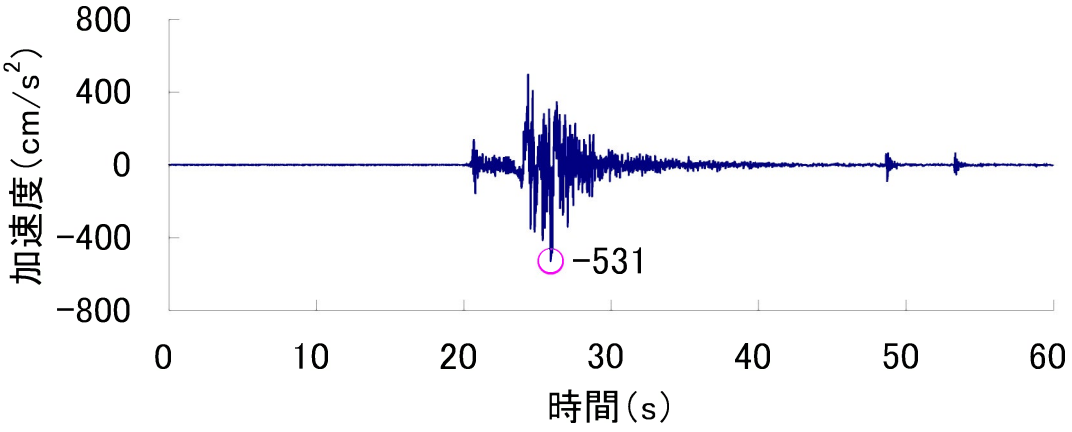


Ss－5（UD 方向）

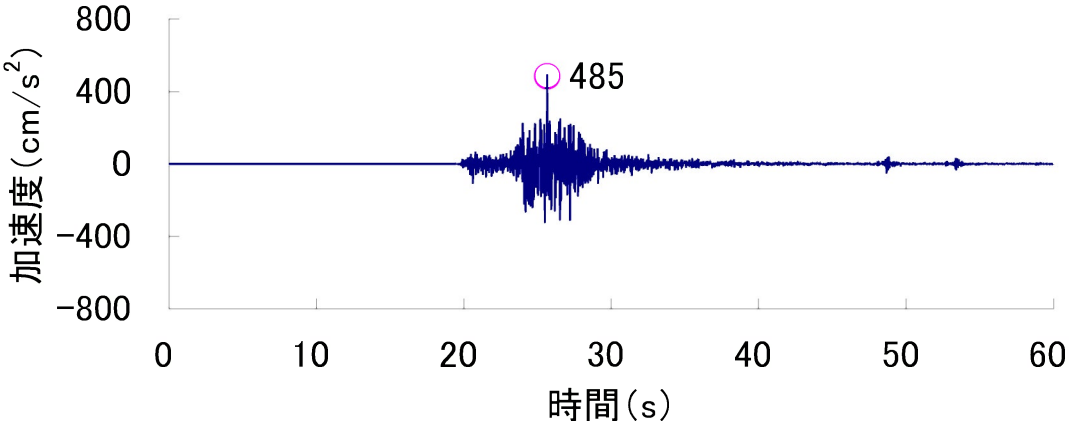
第 1.2.5.7.5 図　Ss－5 の加速度時刻歴波形



Ss－6（NS 方向）

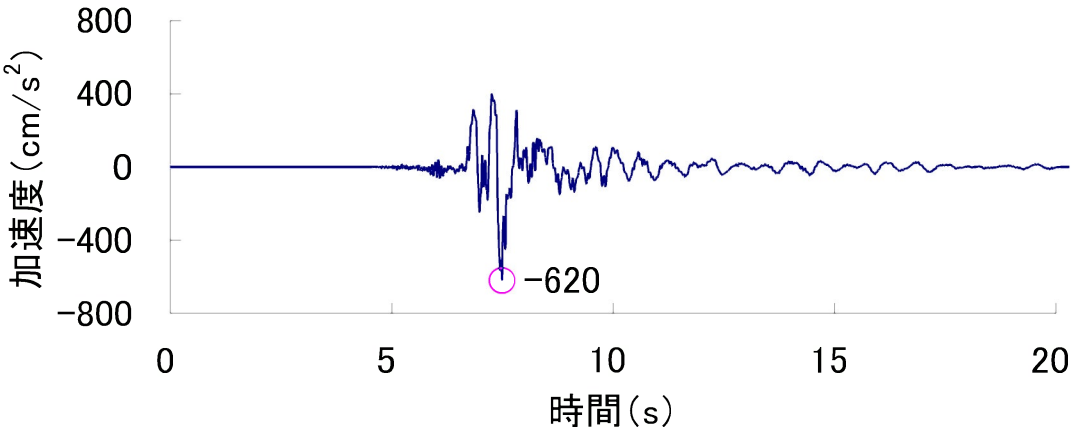


Ss－6（EW 方向）

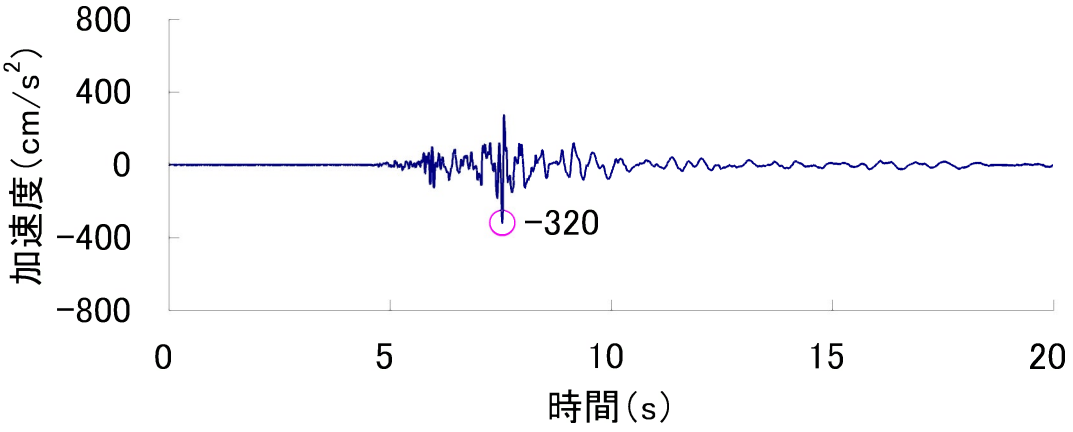


Ss－6（UD 方向）

第 1.2.5.7.6 図　Ss－6 の加速度時刻歴波形

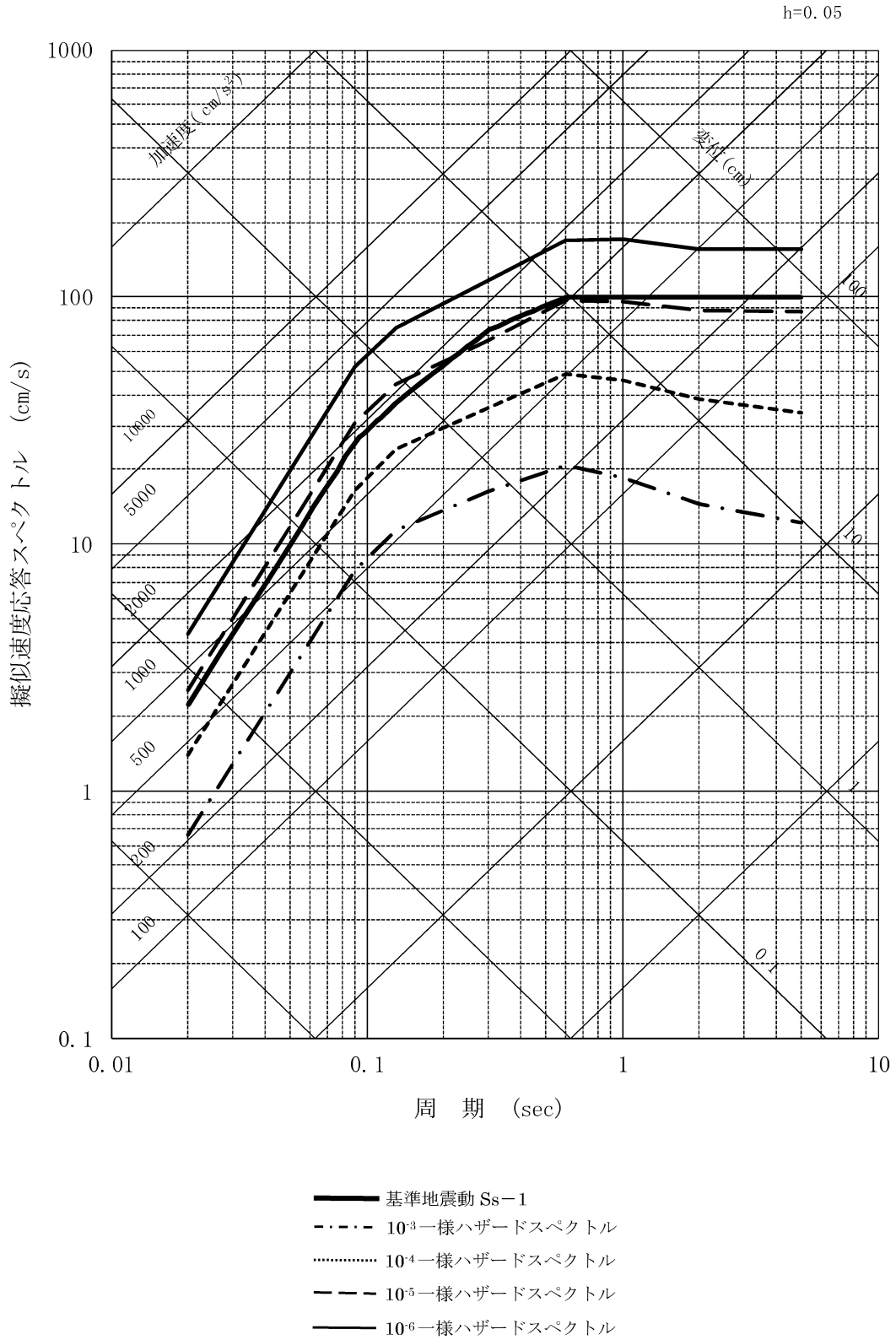


Ss－7（水平方向）

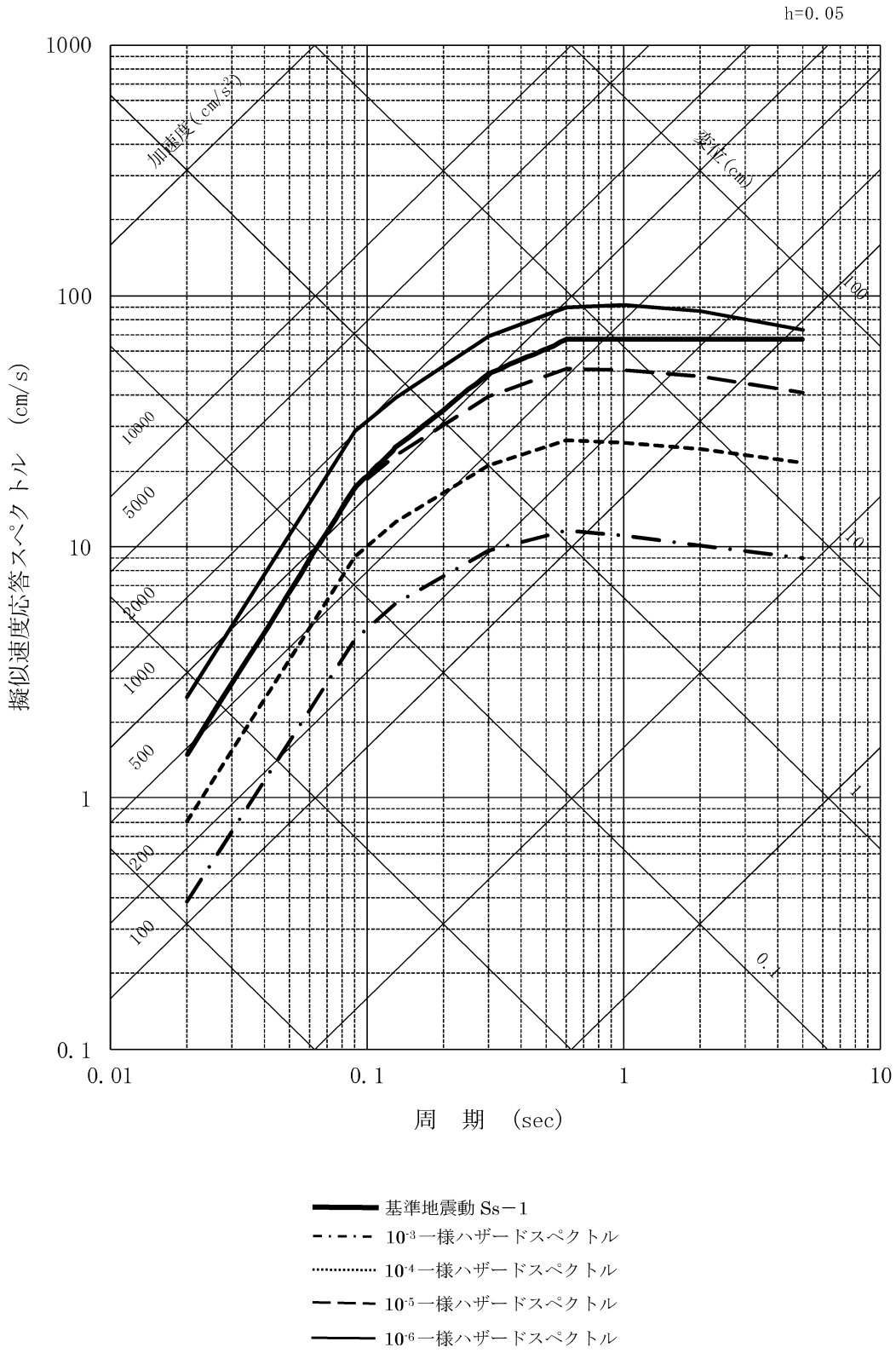


Ss－7（鉛直方向）

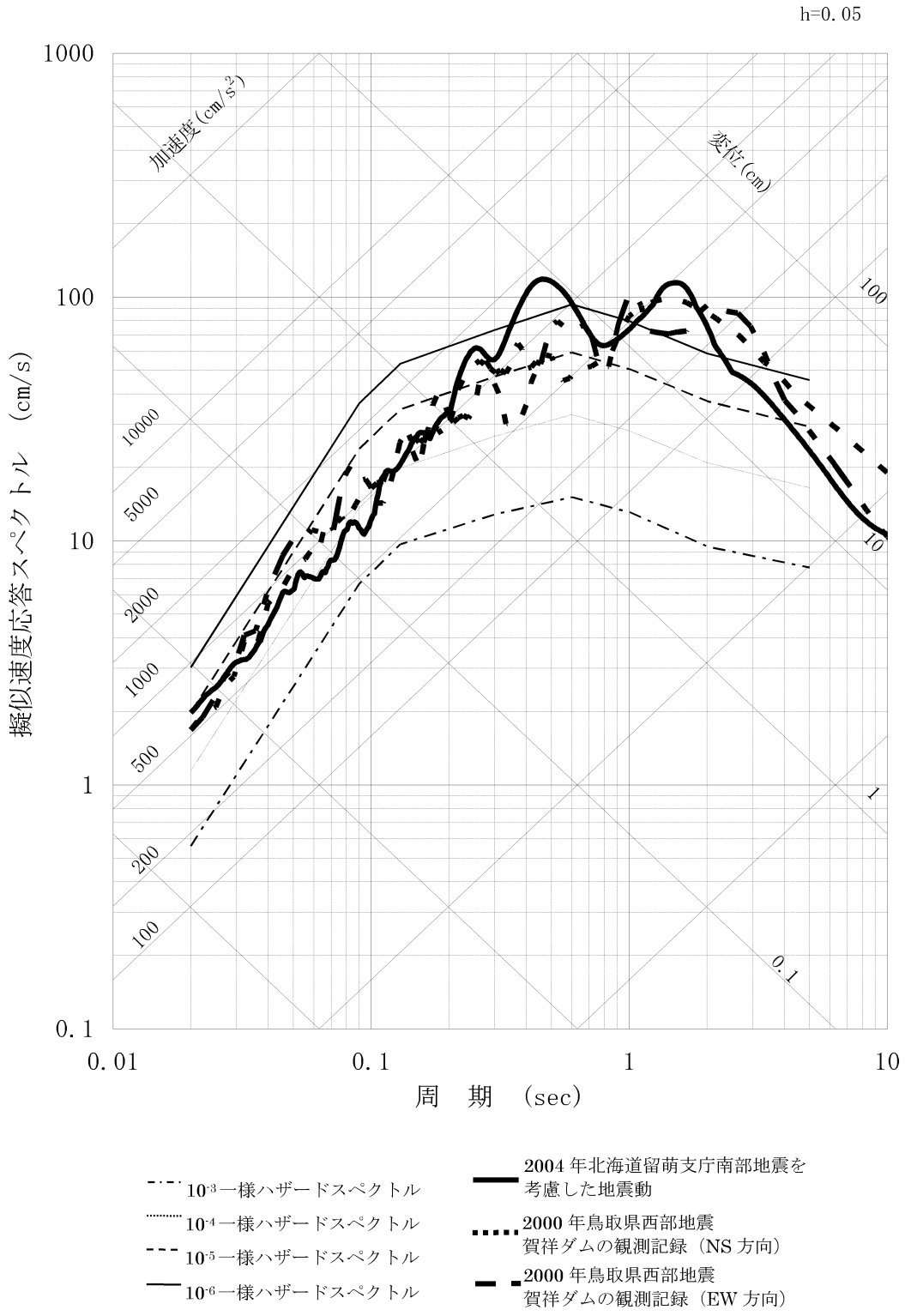
第 1.2.5.7.7 図　Ss－7 の加速度時刻歴波形



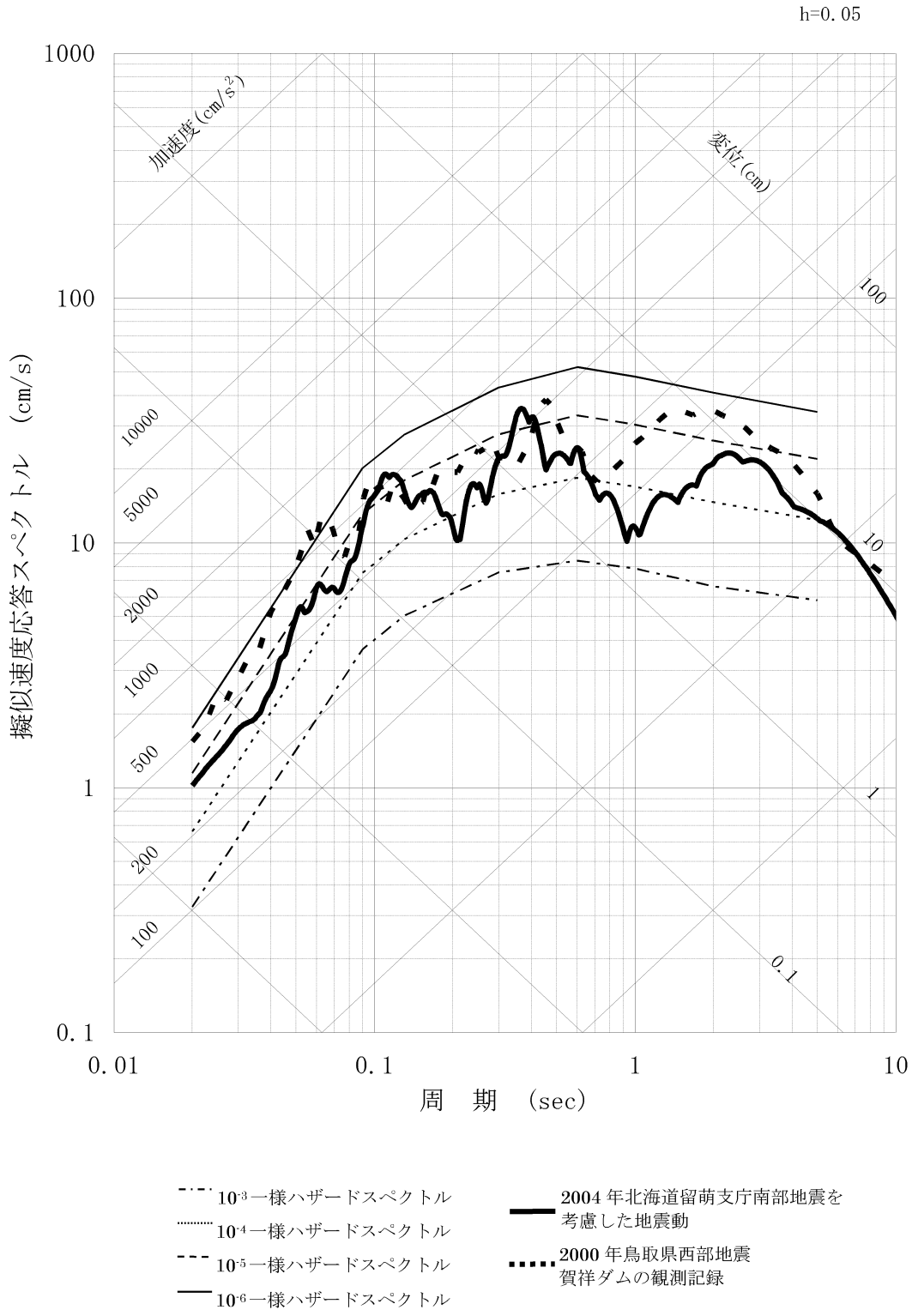
第 1.2.5.8.1 図(1)　基準地震動 Ss－1 と一様ハザードスペクトルの比較（水平方向）



第 1.2.5.8.1 図(2)　基準地震動 Ss－1 と一様ハザードスペクトルの比較（鉛直方向）



第 1.2.5.8.2 図(1)　震源を特定せず策定する地震動の応答スペクトルと領域震源による地震動の一様ハザードスペクトルの比較（水平方向）



第 1.2.5.8.2 図(2)　震源を特定せず策定する地震動の応答スペクトルと領域震源による地震動の一様ハザードスペクトルの比較（鉛直方向）

1.2.5.9 参考文献

(1) 気象庁監修(1996)：震度を知る,ぎょうせい,p.76- 77

(2) 佐藤浩章・山中浩明(2010)：広帯域サイト増幅特性評価のための深部地盤の不均質性のモデル化に関する研究,日本建築学会構造系論文集,第 648 号,pp.289- 298

(3) Noda,S., K.Yashiro, K.Takahashi, M.Takemura, S.Ohno, M.Tohdo and T.Watanabe(2002) : RESPONSE SPECTRA FOR DESIGN PURPOSE OF STIFF STRUCTURES ON ROCK SITES,OECD-NEA Workshop on the Relations between Seismological Data and Seismic Engineering Analysis, Oct.16-18, Istanbul

(4) 地震調査研究推進本部地震調査委員会(2009)：震源断層を特定した地震の強震動予測手法（「レシピ」),「全国地震動予測地図」技術報告書　付録 3

(5) 入倉孝次郎・三宅弘恵(2001)：シナリオ地震の強震動予測, 地学雑誌,Vol.110,No.6, pp.849- 875

(6) Fujii, Y. and M. Matsu'ura, (2000) : Regional Difference in Scaling Laws for Large Earthquakes and its Tectonic Implication, Pure and Applied Geophysics, 157,2283-2302

(7) 松田時彦(1975)：活断層から発生する地震の規模と周期について, 地震,第 2 輯,第 28 巻, 269- 283

(8) 釜江克宏・入倉孝次郎・福知保長(1990)：地域的な震源スケーリング則を用いた大地震（M7 級）のための設計用地震動予測,日本建築学会構造系論文報告集,第 416 号,pp.57-70.

(9) Boore,D.M.(1983) : Stochastic simulation of high-frequency ground motions based on seismological models of the radiated spectra , Bulletin of the Seismological Society of America, Vol.73,pp.1865-1894

(10) Bouchon,M. (1981) : A simple method to calculate Green's functions for elastic layered media, Bulletin of the Seismological

Society of America , Vol.71, pp.959- 971

(11) 加藤研一・宮腰勝義・武村雅之・井上大榮・上田圭一・壇一男(2004)：震源を事前に特定できない内陸地殻内地震による地震動レベルー地質学的調査による地震の分類と強震観測記録に基づく上限レベルの検討ー，日本地震工学会論文集，第 4 巻，第 4 号，pp.46-86

(12) 佐藤浩章・芝良昭・東貞成・功刀卓・前田宜浩・藤原広行(2013)：物理探査・室内試験に基づく 2004 年留萌支庁南部の地震による K-NET 港町観測点(HKD020)の基盤地震動とサイト特性評価，電力中央研究所報告