

平成26年(㍿)第31号, 平成27年(㍿)第38号

債権者 松田 正 外8名(平成26年(㍿)第31号は高橋秀典外4名)

債務者 関西電力株式会社

主張書面(14) 兼 異議審主張書面(9)

平成27年9月30日

福井地方裁判所民事第2部 御中

債務者代理人 弁護士 小 原 正 敏



弁護士 田 中 宏



弁護士 西 出 智 幸



弁護士 原 井 大 介



弁護士 森 拓 也



弁護士 辰 田 淳



弁護士 今 城 智 徳



弁護士 山 内 喜 明



弁護士 中 室 祐



目 次

第1 断層モデルを用いた手法による基準地震動とその基本ケースとの短周期における比較（追加質問事項2，第2の1（1））について.....	4
1 断層モデルを用いた手法により算出した地震動のうち，基準地震動として採用したものについて.....	4
2 短周期の地震動レベルの比較について.....	6
3 基本ケースを下回るケースについて.....	7
第2 本件各発電所敷地における地震計の設置時期（追加質問事項2，第2の1（2））について.....	11
第3 年超過確率の算出過程とその信頼性の根拠（追加質問事項2，第2の1（3））について.....	12
1 はじめに.....	12
2 実施基準の信頼性について.....	13
3 基準地震動の年超過確率の算出過程について.....	14
（1）一様ハザードスペクトルの作成手順.....	14
（2）震源モデルの設定.....	15
（3）地震動伝播モデルの設定.....	20
（4）ロジックツリーの作成.....	21
（5）基準地震動の年超過確率の評価.....	23
4 小括.....	27

債務者は、御庁からの平成27年9月18日付「債務者に対する追加質問事項2」（以下、「追加質問事項2」という）のうち「第2 債権者ら提出の『債務者に対する質問事項（2）』関係」の「1 基準地震動の策定」について、以下のとおり回答する。

なお、以下では、高浜発電所3号機及び4号機を「高浜3, 4号機」といい、大飯発電所3号機及び4号機を「大飯3, 4号機」といい、高浜3, 4号機と大飯3, 4号機を総称して「本件各発電所」という。

第1 断層モデルを用いた手法による基準地震動とその基本ケースとの短周期における比較（追加質問事項2, 第2の1（1））について

1 断層モデルを用いた手法により算出した地震動のうち、基準地震動として採用したものについて

高浜3, 4号機については、FO-A～FO-B～熊川断層による地震を検討用地震とする基準地震動 $S_s-2 \sim S_s-4$, 上林川断層による地震を検討用地震とする S_s-5 の4ケースであり、大飯3, 4号機については、FO-A～FO-B～熊川断層による地震を検討用地震とする $S_s-2 \sim S_s-17$ の16ケースである¹。これらはいずれも基本ケースに対して不確かさを考慮したケースであり（以下、これらの20ケースを総称して「不確かさを考慮したケース」という）、その一覧は図表1及び2のとおりである。

¹ 高浜3, 4号機の基準地震動（ $S_s-1 \sim S_s-7$ ）のうち、 S_s-1 は応答スペクトルに基づく地震動評価結果によるもの、 $S_s-6 \sim S_s-7$ は「震源を特定せず策定する地震動」の評価結果に基づくものである。また、大飯3, 4号機の基準地震動（ $S_s-1 \sim S_s-19$ ）のうち、 S_s-1 は応答スペクトルに基づく地震動評価結果によるもの、 $S_s-18 \sim S_s-19$ は「震源を特定せず策定する地震動」の評価結果に基づくものである。

基準地震動	
Ss-2	FO-A～FO-B～熊川断層(短周期1.5倍ケース、破壊開始点5)
Ss-3	FO-A～FO-B～熊川断層(短周期1.5倍ケース、破壊開始点6)
Ss-4	FO-A～FO-B～熊川断層($V_r=0.87\beta$ ケース、破壊開始点9)
Ss-5	上林川断層(短周期1.5倍ケース、破壊開始点3)

【図表1 高浜3, 4号機のSs-2～Ss-5】

基準地震動	
Ss-2	FO-A～FO-B～熊川断層(短周期1.5倍ケース・破壊開始点1)
Ss-3	FO-A～FO-B～熊川断層(短周期1.5倍ケース・破壊開始点2)
Ss-4	FO-A～FO-B～熊川断層(短周期1.5倍ケース・破壊開始点3)
Ss-5	FO-A～FO-B～熊川断層(短周期1.5倍ケース・破壊開始点4)
Ss-6	FO-A～FO-B～熊川断層(短周期1.5倍ケース・破壊開始点5)
Ss-7	FO-A～FO-B～熊川断層(短周期1.5倍ケース・破壊開始点8)
Ss-8	FO-A～FO-B～熊川断層(傾斜角 75° ケース・破壊開始点1)
Ss-9	FO-A～FO-B～熊川断層(すべり角 30° ケース・破壊開始点3)
Ss-10	FO-A～FO-B～熊川断層(短周期1.25倍かつ $V_r=0.87\beta$ ケース・破壊開始点1)
Ss-11	FO-A～FO-B～熊川断層(短周期1.25倍かつ $V_r=0.87\beta$ ケース・破壊開始点3)
Ss-12	FO-A～FO-B～熊川断層(短周期1.25倍かつ $V_r=0.87\beta$ ケース・破壊開始点4)
Ss-13	FO-A～FO-B～熊川断層(短周期1.25倍かつ $V_r=0.87\beta$ ケース・破壊開始点5)
Ss-14	FO-A～FO-B～熊川断層(短周期1.25倍かつ $V_r=0.87\beta$ ケース・破壊開始点6)
Ss-15	FO-A～FO-B～熊川断層(短周期1.25倍かつ $V_r=0.87\beta$ ケース・破壊開始点7)
Ss-16	FO-A～FO-B～熊川断層(短周期1.25倍かつ $V_r=0.87\beta$ ケース・破壊開始点8)
Ss-17	FO-A～FO-B～熊川断層(短周期1.25倍かつ $V_r=0.87\beta$ ケース・破壊開始点9)

【図表2 大飯3, 4号機のSs-2～Ss-17】

2 短周期の地震動レベルの比較について

上記の不確かさを考慮したケースについて、各々の周期における地震動の大きさを各々の基本ケースと比較した結果（倍率）は、別紙1の図表1～20のとおりである。なお、倍率について数値ではなくグラフで比較することとしたのは、不確かさを考慮したケースの基本ケースに対する倍率が周期帯によって異なるためである。

ここで、大飯3, 4号機のS s - 1 5（別紙1, 図表18）の水平方向（NS）²を例として、別紙1の図表に記載されたグラフを説明する。

大飯3, 4号機のS s - 1 5は、基本ケース（破壊開始点7）について、不確かさの考慮として短周期の地震動レベルを1.25倍し、破壊伝播速度を 0.87β （ β は地震発生層のS波速度）としたものである。

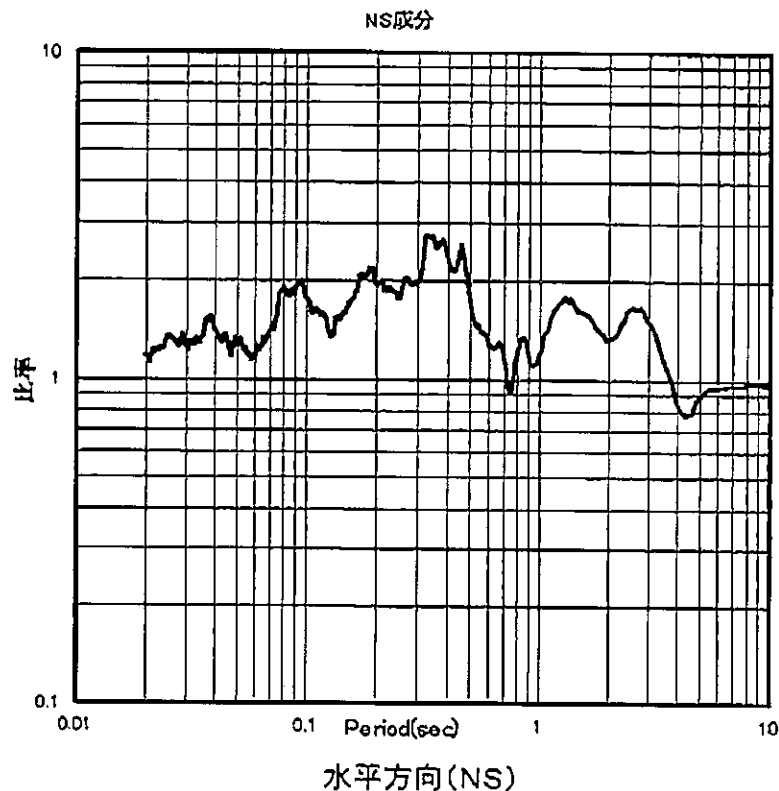
図表3（別紙1, 図表18左上図と同じ）は、大飯発電所敷地における、水平方向（NS）のS s - 1 5の地震動のフーリエスペクトル³と、同方向の基本ケース（破壊開始点7）の地震動のフーリエスペクトルとを比較したものであり、横軸に周期を、縦軸に基本ケースの地震動の大きさを1とした場合のS s - 1 5の地震動の大きさの比率（倍率）を示している。

この図表3から、概ね0.5秒より短周期側（横軸の周期0.1秒の縦線から右側へ4本目の縦線が周期0.5秒であり、この縦線より左側の領域）（以下、「短周期側」という）において、S s - 1 5の地震動の大きさが、1.2倍程度から3倍弱⁴となっていることが分かる。

² なお、別紙1, 図表18には3つのグラフが示されているが、各々、水平2方向（南北（NS）、東西（EW））、鉛直方向（UD）の地震動の比較を示している。

³ 地震動には様々な周期の波が含まれているが、地震動を周期毎の大きさに分解して表したものをフーリエスペクトルという（甲50, 84～90頁）。

⁴ グラフは縦軸、横軸ともに対数表示となっている。縦軸の目盛の読み方について説明すると、比率0.1から1までについては目盛1つ当たり0.1を、1から10までについては目盛1つ当たり1を表しており、S s - 1 5の短周期側における地震動の大きさが基本ケースの1.2倍程度から3倍弱となっていることが分かる。

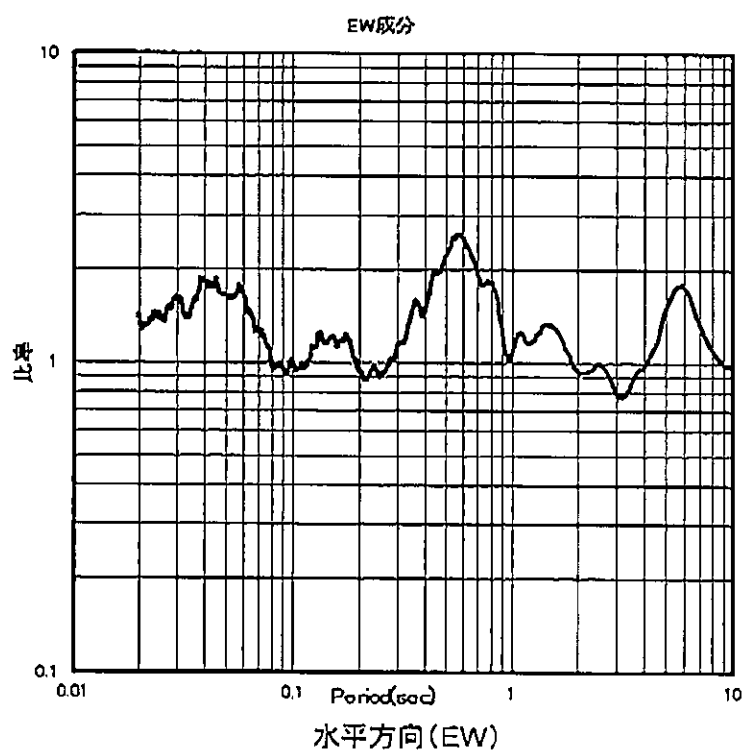
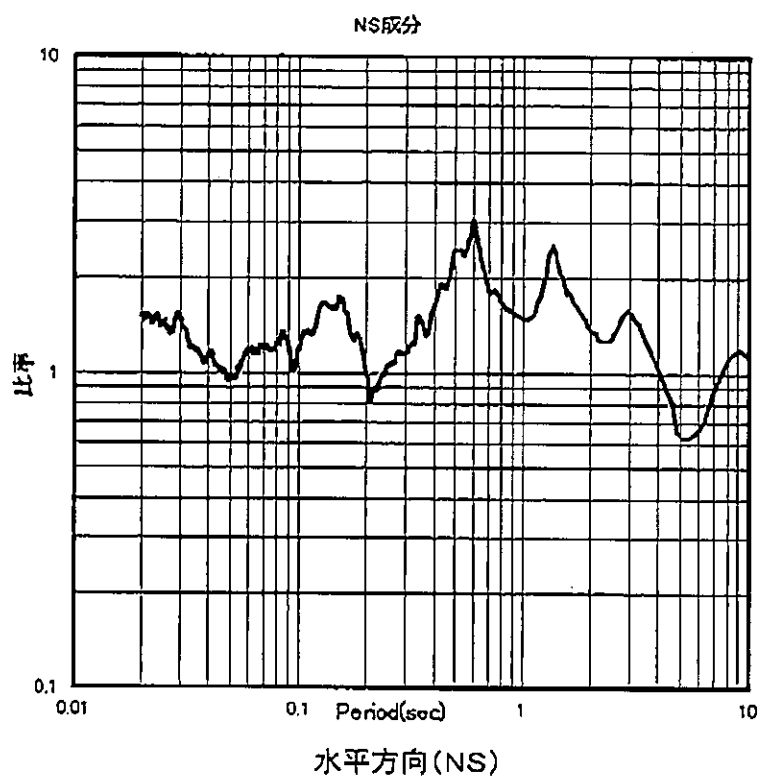


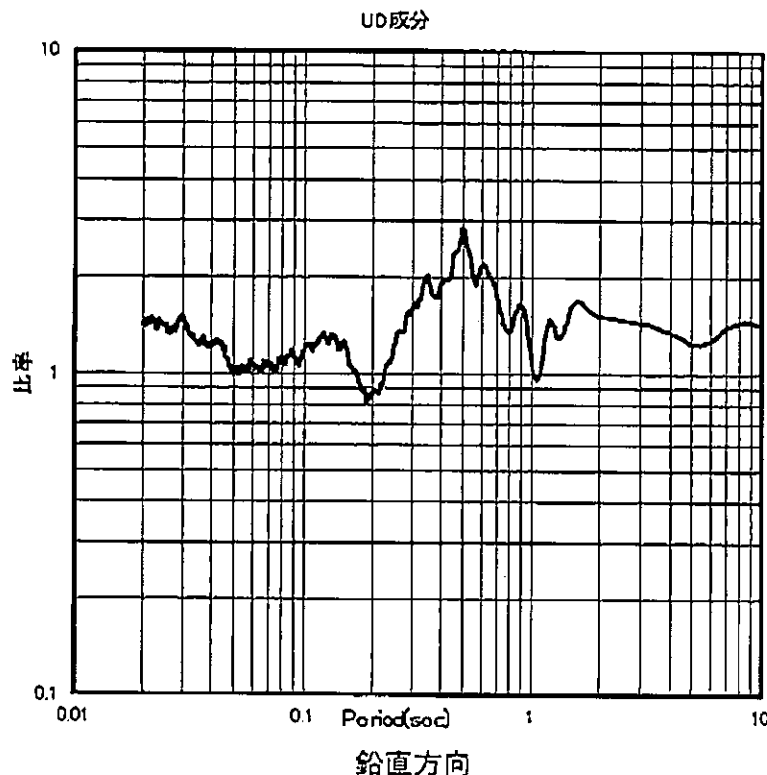
【図表3 大飯3, 4号機のS_s-15と基本ケースとの比較（水平NS成分）】

3 基本ケースを下回るケースについて

3方向（水平（NS, EW）、鉛直）のいずれかにおいて、短周期側の一部の周期について、不確かさを考慮したケースが基本ケースを下回るケースは、高浜3, 4号機ではS_s-4（別紙1, 図表3）、大飯3, 4号機ではS_s-8～14, 17（別紙1, 図表11～17, 20）である。

大飯3, 4号機のS_s-12（図表4（別紙1, 図表15と同じ））を例として説明すると、S_s-12の3方向（水平（NS, EW）、鉛直）の地震動の大きさは、概ね全ての周期帯において基本ケースを上回っているが、短周期側においては、水平方向（NS）では周期0.05秒, 0.2秒付近で、水平方向（EW）では周期0.09秒, 0.2秒付近で、鉛直方向では周期0.2秒付近で、それぞれ基本ケースを下回っている。





【図表 4 大飯 3, 4 号機の S_s-12 と基本ケースとの比較】

なお、念のために付言すると、地震波の重なり方によっては、相互に打ち消し合う等して、特定の周期帯において他の多くの周期帯とは異なる傾向が現れることがあり、上記で示した S_s-12 のように、不確かさの考慮の結果、基本ケースを下回る周期帯が生じることがある。

しかし、債務者は、本件各発電所において、断層モデルを用いた手法による地震動評価を行う際には、基本ケースの段階から十分に保守的な条件を設定した上で、多数のケースで評価を行い⁵⁶、さらに、断層モデルを用いた手法とは異なる

⁵ 高浜 3, 4 号機では 74 ケース、大飯 3, 4 号機では 82 ケースを評価している。

⁶ なお、本件各発電所では、断層モデルを用いた手法により算出した全ての基本ケースに対して、3 方向（水平（NS, EW）、鉛直）の地震動（フーリエスペクトル）の短周期側の大きさが 1.5 倍となるように不確かさを考慮している（債務者主張書面（1）、高浜 3, 4 号機について 69～75 頁、大飯 3, 4 号機について 112～117 頁）。したがって、本文 3 で示した S_s-12 のように、不確かさの考慮の結果が短周期側において基本ケースを下回ることがあったとしても、当該基本ケースやその下回った地震動の大きさを上回る、基本ケースの地震動の大きさの少なくとも 1.5 倍の地震動が考慮されるの

評価手法である応答スペクトルに基づく地震動評価も併せて行うことで、地震動の評価の信頼性を高めている。そして、このようにして得られた評価結果を比較し、いずれかの方向（水平方向（NS，EW），鉛直方向）において、いずれかの周期帯で最も大きな値を示したものを基準地震動として選定し⁷、全ての基準地震動に対して耐震安全性の確認を行っている（債務者主張書面（1），141～154頁）。

したがって、地震波の重なり方によって、一部の基準地震動の特定の周期帯において基本ケースを下回ることがあったとしても、そもそも基本ケースが十分に大きなものである上に、複数の手法による様々な評価結果から基準地震動が策定され、その全てについて耐震安全性が確認されることから、本件各発電所の耐震安全性の評価が不十分となることはない。

である。

⁷ なお、「震源を特定せず策定する地震動」の評価結果に基づく地震動との比較も行った上で、基準地震動を選定している（債務者主張書面（1），高浜3，4号機について77～88頁，大飯3，4号機について120～127頁）。

第2 本件各発電所敷地における地震計の設置時期(追加質問事項2, 第2の1(2))
について

債務者は、高浜3, 4号機及び大飯3, 4号機において、建設当初より、地盤や建物内に地震計を設置している。

しかし、経験的グリーン関数法⁸による地震動評価において観測記録を用いるためには、建物の振動の影響が少ない地盤における、南北・東西・鉛直方向3成分の観測記録がそろっていることが望ましい。

このような、経験的グリーン関数として用いることができる地震観測が可能な地震計を設置した(観測を開始した)時期は、高浜発電所については平成21年3月、大飯発電所については平成22年5月である(乙151, 「高浜発電所及び大飯発電所における地震計の設置時期について」)。

8 経験的グリーン関数法とは、大地震は中小地震の断層運動が多数集まったものと考え、中小地震による地震動の記録を重ね合わせることで大地震による地震動を評価する手法である。したがって、経験的グリーン関数法において中小地震の観測記録を用いて大地震の地震動評価を行うためには、大地震と中小地震の伝播特性や震源特性が似通っている必要がある。すなわち、その中小地震の震源の位置が評価対象の活断層の断層面上またはその付近であることや、中小地震の断層のずれの方向が評価対象の活断層のずれの想定と概ね同じ方向であることが必要である。

第3 年超過確率の算出過程とその信頼性の根拠（追加質問事項2，第2の1（3））について

1 はじめに

（1）債務者は、本件各発電所の基準地震動の大きさが、確率論的な観点から如何なる水準にあるかを確認するため、「基準地震動及び耐震設計方針に係る審査ガイド」（甲 47）（以下、「地震ガイド」という）に従い、本件各発電所の基準地震動の年超過確率を評価した（甲 47，9～11 頁，「6. 超過確率」。後記3（5）を参照）。評価にあたっては、本件各発電所ごとに将来の一定期間以内に襲来するであろう地震動の強さ・頻度（確率）（確率論的地震ハザード⁹。以下、「地震ハザード」という）を評価し、その結果に基づいて一様ハザードスペクトル¹⁰を作成して、これと基準地震動の応答スペクトルを比較することにより行っている。

（2）一様ハザードスペクトルの作成に際しては、地震ガイドに例示されている社団法人日本原子力学会（以下、「日本原子力学会」という）の「原子力発電所の地震を起因とした確率論的安全評価実施基準：2007」（乙 141。以下、「実施基準」という）を用いた。

この実施基準には、ある地点において将来の一定期間中に見舞われる可能性のある地震動の強さ・頻度（確率）を評価するために必要な手順、参照すべき科学的・専門技術的知見、評価方法等が定められており、債務者は、実施基準に沿って、発電所敷地周辺の地質・地質構造調査等、詳細な調査結果に基づき、最新の科学的・専門技術的知見を用いて評価を行った。なお、地震ハザード評価の際には、基準地震動策定の際に用いた科学的・専門技術的知見に加えて、

⁹ 確率論的地震ハザードとは、ある地点において将来の一定期間中に見舞われるであろう任意の地震動強さと、その強さを超過する確率との関係をいい、その期間を一年とした場合の確率を年超過確率という。

¹⁰ 一様ハザードスペクトルとは、地震動の年超過確率をトリバタイト図（債務者主張書面（1）23～24 頁を参照）上に示した応答スペクトルをいう。

確率論的評価に資する知見を適宜参照した。

- (3) 以下では、まず、実施基準の信頼性について述べた上で（下記2）、本件各発電所における基準地震動の年超過確率の算出過程について、高浜3、4号機を例に説明する（下記3）。

2 実施基準の信頼性について

- (1) 実施基準は、日本原子力学会の標準委員会が、原子力発電所の安全性と信頼性を確保してその技術水準の維持・向上を図る観点から、原子力発電所の設計・建設・運転・廃止活動において実現すべき技術のあり方を定めた原子力標準の一つであり、その策定にあたっては、標準委員会・発電炉専門部会の下に地震PSA分科会が設置され、さらに地震ハザード評価作業会等の作業会が設けられて、検討の結果、取りまとめられたものである（乙141、i頁）。これらの委員会、部会、分科会、作業会にはそれぞれ学界の有識者・産業界の専門的技術者等が数十名規模で参集し（乙141、ix～xii頁）、約3年にわたる議論を重ね、さらには、関係者の意見をパブリックコメントをも通じて聴取するなどして、公平、公正、公開の原則を維持しながら審議が行われた（乙141、vii頁）。
- (2) 原子力規制委員会は、有識者による検討とパブリックコメントを経た上で¹¹地震ガイドを策定しているところ、上記の実施基準は、地震ハザードの解析手法

¹¹ 福島第一原子力発電所事故の発生を受けて、原子力安全委員会に設置された原子力安全基準・指針専門部会に地震・津波関連指針等検討小委員会を新たに設置し、「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」（以下、「耐震設計審査指針」という）等に反映すべき事項の検討が行われ、同指針等の改訂案が作成された（乙152～156の2）。

原子力規制委員会発足後は、同委員会の下に発電用軽水型原子炉施設の地震・津波に関わる規制基準に関する検討チームが置かれ、耐震設計審査指針等の改訂案を踏まえた検討が行われた。同チームでは、さらに、IAEAの安全基準、米国、フランス、ドイツの各規制内容を整理した他、福島第一原子力発電所事故を踏まえた各事故調査委員会の主な指摘事項のうち同指針の内容に関するものを整理し、これらと同指針とを比較するなどの検討が行われた。（乙157～159の2）

これらの検討を経て、さらに2度のパブリックコメントを経て（乙160『発電用軽水型原子炉施設に係る新安全基準骨子案』に対するご意見募集について」、乙161の1、「原子力規制委員会設置法の一部の施行に伴う関係規則の整備等に関する規則（案）等に対する意見募集について」）、「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」や地震ガイド等が制定された。

として地震ガイドに採用されている（甲 47, 10 頁, 6.1 解説（1））。また、同委員会は、実施基準の信頼性に関して、「国内の地震ハザード評価では、地震調査研究推進本部（引用者注：以下「地震本部」という）・・・により、・・・地震ハザードマップが公表され、広く一般防災に活用されるとともに、原子力分野でも地震本部の情報・データ及び評価手法等を活用し、これと整合を図っています。地震本部の・・・地震ハザードは、地震・地震動の情報や評価手法から見て、世界的な標準以上の広域かつ詳細な評価といえます」とした上で、「日本原子力学会の確率論的安全評価実施基準における地震ハザード評価は、地震本部のデータや手法との整合を取りながら、サイト近傍の評価や不確実さ評価手法をより詳細化したものであり、評価データやプロセスの透明性・説明性を明確化するよう規定されています」と評価している（乙 162, 「原子力規制委員会設置法の一部の施行に伴う関係規則の整備等に関する規則（案）等に関連する内規（案）に対するご意見への考え方」120 頁）。

- （3）以上のように、実施基準は、学識者、実務者の長年にわたる議論と公正な手続きを経て作成されたものであり、原子力規制委員会も、新規制基準に係る審査基準に採用するなど、その信頼性は広く認められている。

3 基準地震動の年超過確率の算出過程について

（1）一様ハザードスペクトルの作成手順

債務者は、基準地震動の応答スペクトルがどの程度の年超過確率に相当するかを確認するため、基準地震動の応答スペクトルと一様ハザードスペクトルを比較し、当該結果の妥当性を確認した（甲 47, 9～10 頁, 6.1）。

その一様ハザードスペクトルの作成手順は以下のとおりである。すなわち、まず、①対象サイトに将来影響を及ぼす可能性のある地震の発生を確率モデルで表し、震源モデルを設定する（下記（2））。続いて、②対象サイト周辺地域の震源特性や地震動の伝播特性を考慮して、特定位置で特定規模の地震が発生

した場合に評価対象サイトで生じる地震動強さの確率分布を評価するためのモデル（地震動伝播モデル（地震動評価モデルとも言う。以下、地震動伝播モデルで統一する。）を設定する（下記（3））。そして、③これらのモデルの設定において選定した、対象サイトの地震ハザードの評価に大きな影響を与える不確実さの要因で分岐するロジックツリー¹²を作成する（下記（4））。最後に、④このロジックツリーを用いて地震ハザード曲線群を算出し、その結果をもとに、一様ハザードスペクトルを作成することになる（下記（5））（甲 47, 10～11 頁, 乙 141, 25～26 頁, 5.1）。

（2）震源モデルの設定

震源モデルの設定にあたっては、①対象とする領域の範囲を設定し、②対象とする地震を、地震発生様式を考慮して、③対象とする個々の地震の位置、規模、頻度が事前にどの程度特定して設定できるかに応じて、それぞれの地震を特定震源モデル又は領域震源モデルに分け、それぞれについてパラメータの設定を行うことによりモデル化する（甲 47, 10 頁, 6.2.2, 乙 141, 30～31 頁, 5.3.1～2）。

債務者は、実施基準に従い、①耐震安全性に影響を及ぼす地震動のレベルと地震動の伝播特性（距離減衰特性）を考慮し、高浜発電所から半径 100km 以内の領域について、②（i）活断層で発生する固有地震¹³、（ii）プレート境界で発生する固有地震、（iii）活断層が知られていないところで発生する内陸地殻内地震、（iv）プレート境界やプレート内で発生する固有地震以外の地震のうち、③（ア）活断層で発生する地震（上記 i）を対象に¹⁴、震源の位置、地震の規模

¹² ロジックツリーとは、認識論的不確実さ要因のうち評価の対象として選定された項目ごとに、不確実さを分岐とその重みで表し、それらを組み合わせたものをいう。乙 141 号証 47 頁の 5.5.3a)3) を参照。

¹³ 固有地震とは、ある震源において、ほとんど同じ間隔と規模をもって周期的に繰り返し発生する地震をいう。

¹⁴ プレート境界で発生する地震については、敷地から離れた場所で発生していることから、敷地に

及び発生頻度を特定して扱う特定震源モデルと、(イ)活断層との関連が明確でない地震(上記iii及びiv)を対象とする領域震源モデルを設定した(乙163, 「高浜発電所 地震動評価について」スライド1)。

ア 特定震源モデル

特定震源モデルのモデル化にあたっては、活断層で発生する地震関連情報を選定した上で、震源の位置・断層形状、地震の規模、地震発生頻度をパラメータとして設定し、モデル化する。そして、ロジックツリーの分岐として考慮する項目を設定する(乙141, 31頁, 5.3.3)。

また、震源モデルの設定にあたっては、震源モデルの不確実さに係る震源別寄与度を把握し、寄与度の高い震源モデルについて詳細検討を行う必要がある(甲47, 10頁, 6.2.2(2))。

そこで、債務者は、高浜発電所敷地周辺の活断層を、その影響度に応じて、(A)詳細なロジックツリーを設定する主要な活断層、(B)(A)以外の主要な活断層、(C)その他の活断層の3つに分類した上で、パラメータを設定し、モデル化した¹⁵。

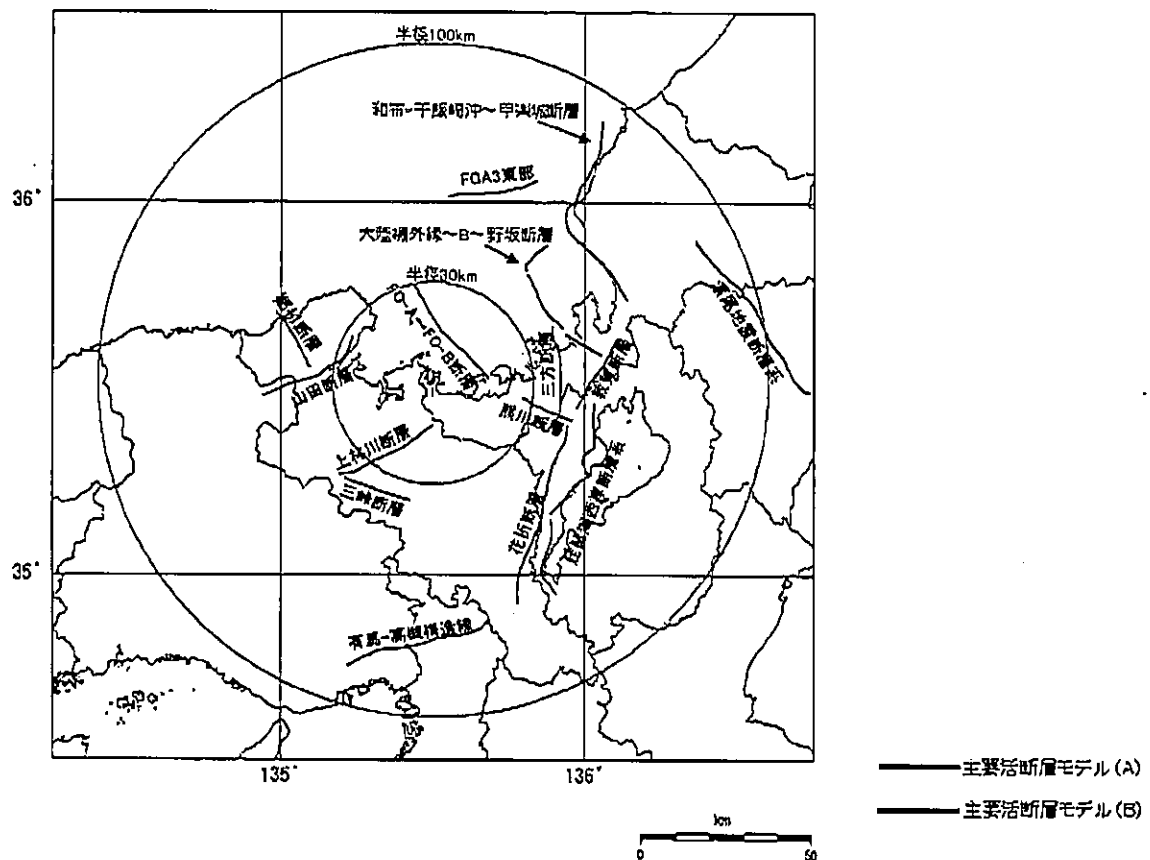
具体的には、まず、基準地震動策定の際に検討用地震として選定したF OーA～F OーB～熊川断層及び上林川断層を上記(A)に、これら以外の活断層で、地震の規模と発電所敷地からの距離により高浜発電所敷地に大きな影響を与えると考えられる主要な活断層を上記(B)に、(A)(B)以外の活断層で、高浜発電所から100km程度以内にあり、『[新編]日本の活断層』¹⁶に掲載されている確実度Ⅰ及びⅡ¹⁷の活断層を上記(C)に、それぞれ分類した(図表5, 乙141, 31～36頁, 5.3.3)。

及ぼす影響は大きくないと判断した。

¹⁵ 実施基準において、活断層で発生する地震をモデル化する際に参照すべき地震関連情報として、原子炉設置許可申請書、『[新編]日本の活断層』等が示されていること(乙141, 32頁)を踏まえ、基準地震動策定の際の発電所敷地周辺の詳細な調査結果(債務者主張書面(1)第3章を参照)及び『[新編]日本の活断層』等に基づき、モデル化を行っている。

¹⁶ 活断層研究会編『[新編]日本の活断層—分布図と資料』東京大学出版会

¹⁷ 確実度Ⅰは活断層であることが確実なもの、同Ⅱは活断層であることが推定されるものをいう。



【図表 5 敷地周辺の主な活断層分布図】

そして、震源モデルの設定に必要な断層の位置や長さ、走向、傾斜角、地震発生層（上端・下端深さ）等の断層の形状に関するものは、発電所敷地周辺の詳細な調査結果（債務者主張書面（1）第3章を参照）により設定し、地震の年平均発生頻度（回／年）については、実施基準において示された方法に従い、『[新編]日本の活断層』及び奥村・石川（1998）¹⁸の知見等を踏まえ、設定した（乙141, 34頁。図表6は、FO-A～FO-B～熊川断層の震源モデル諸元であり（乙163, スライド5）、その他の特定震源モデルの諸元については、乙163号証のスライド6, 8, 10～11を参照）¹⁹。

¹⁸ 奥村俊彦・石川裕「活断層の活動度から推定される平均変位速度に関する検討」土木学会第53回年次学術講演会講演概要集，第I部（B）554-555頁

¹⁹ 断層長さ、すべり量、活断層の年平均変位速度から、乙141号証の34頁の5.3.3-6式を用いて求めた。

ロジックツリーの作成（下記（４））において分岐として考慮する項目の設定については、各パラメータに関する不確実さ要因を分析して行う必要がある（甲 47, 10 頁, 6.2.2(3)）ことから、債務者は、上記（Ａ）ないし（Ｃ）の分類にしたがって、アスペリティ配置や地震の規模の評価式等について、ロジックツリーに展開して評価することとした（乙 163, スライド 1, 3）。

震源断層	断層長さ (km)	傾斜角 (°)	アスペリティ	Xeq(km)	M 松田(1975)	M 武村(1998)	M 入倉・三宅(2001)と Takemura et al.(1990)	活動度	年発生頻度 (回/年)
FO-A～FO-B断層	35.3	90	近傍上端	17.9	7.4	7.5	7.2	B	8.92E-05
			近傍下端	20.5					
			遠方上端	23.2					
			遠方下端	24.7					
			考慮せず	21.0					
		75	近傍上端	16.3	7.4	7.5	7.3		
			近傍下端	18.3					
			遠方上端	21.8					
			遠方下端	22.9					
			考慮せず	19.2					
FO-A～FO-B ～熊川断層	63.4	90	近傍上端	20.2	7.8	8.0	7.7	B	4.98E-05
			近傍下端	22.6					
			遠方上端	25.6					
			遠方下端	26.8					
			Asp一塊	19.7					
			Asp一塊横長	19.5					
			考慮せず	23.5					
		75	近傍上端	18.6	7.8	8.0	7.7		
			近傍下端	20.6					
			遠方上端	24.3					
			遠方下端	25.1					
			Asp一塊	17.1					
			Asp一塊横長	16.9					
			考慮せず	21.8					

【図表 6 FO-A～FO-B～熊川断層の震源断層モデルの諸元】

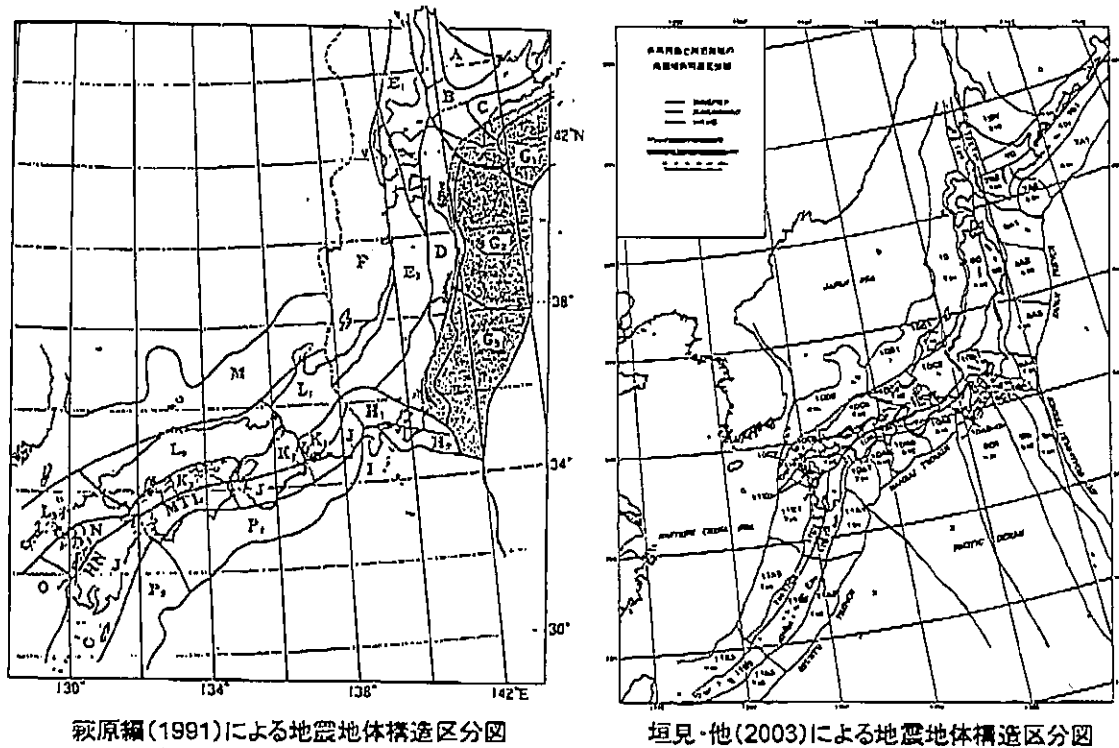
イ 領域震源モデル

実施基準では、地震地体構造区分情報²⁰等の地震関連情報を収集した上で、震源の発生領域、地震の規模、発生頻度を設定する（乙 141, 36 頁, 5.3.4）。

そこで、債務者は、実施基準において、最新の知見を反映したものとして

²⁰ 地震の特性は地域毎に共通するものがあることが知られている。すなわち、地下構造や応力場が同じとみなせる地域では、地震の規模と頻度の関係、震源深さの分布、震源メカニズム等の地震の起こり方に共通性が認められる。このような共通性が認められる領域を区分したものを地震地体構造区分という。

選択することが望ましいとされている萩原 (1991)²¹, 垣見ほか (2003)²²の地震地体構造区分図を採用し (図表 7。乙 141, 36 頁, 5.3.4 a) 1), 同図に示された領域区分のうち, 高浜発電所から半径 100km 以内に該当する地域 (以下, 「対象地域」という) を対象に, 領域震源モデルを設定した。



萩原編(1991)による地震地体構造区分図

垣見・他(2003)による地震地体構造区分図

【図表 7 萩原 (1991) (左) 及び垣見ほか (2003) による地震地体構造地区分図】

そして, 領域震源モデルの設定に必要な, 地震の規模 (マグニチュード) については, 過去の地震データ²³に基づき, 対象地域を含む, 地震地体構造区分図に示された領域内で過去に発生した地震のうち, 活断層との関連が明

²¹ 萩原敬禮編『日本列島の地震—地震工学と地震地体構造—』鹿島出版会

²² 垣見俊弘ほか「日本列島と周辺海域の地震地体構造区分」地震第 2 輯, Vol. 55, 389-406 頁。この垣見ほか (2003) は, 例えば, 地震本部の「全国地震動予測地図 2014 年版」(乙 165) においても, 陸域の浅い震源断層を予め特定しにくい地震の評価において参照されている (乙 165, 付録-1, 25 頁, 4.3.2, 30 頁, 図 4.3.2-1)。

²³ 気象庁「地震年報 2011 年版」, 宇津徳治「日本付近の M6.0 以上の地震および被害地震の表: 1885 年～1980 年」(東京大学地震研究所彙報 Vol. 57), 宇佐美龍夫ほか『日本被害地震総覧 599-2012』(東京大学出版会) (以下, 併せて「地震カタログ」という) による。

確でない地震の最大値をもとに設定し、地震発生頻度(回/年)については、実施基準に示されたG-R式(Gutenberg-Richter 式)により設定した(乙141, 36~42 頁, 5.3.4, 乙163, スライド14)。

ロジックツリーの作成(後記(4))において分岐として考慮する項目の設定については、実施基準を踏まえ、債務者は、萩原(1991)、垣見ほか(2003)の領域区分モデルや地震の規模(マグニチュード)の最大値²⁴について、ロジックツリーに展開して評価することとした(乙163, スライド1, 13)。

(3) 地震動伝播モデルの設定

地震動伝播モデルの設定にあたっては、地震動伝播モデルの選択を行った上で、その選択に従いパラメータを設定し、モデル化を行う。そして、上記(2)と同様にロジックツリーの分岐として考慮する項目の設定を行う(甲47, 10 頁, 6.2.3, 乙141, 42 頁, 5.4)

地震動伝播モデルの選択については、既往の地震観測記録に基づき経験的に評価する距離減衰式を用いることとされていることから(乙141, 42~43 頁, 5.4.1), 債務者は、水平、鉛直方向を評価でき、実際の観測記録による検証により信頼性が確認されているNoda et al. (2002)の方法(以下、「耐専式」という)を用いることとした。

そして、実施基準において、距離減衰式における推定値の誤差を確率分布として考慮すべきこととされていることから²⁵(乙141, 43 頁), 耐専式における地震動評価のばらつき²⁶等を考慮して地震動伝播モデルを設定した(乙163, ス

²⁴ 地震カタログに記載されている過去の複数の地震の規模(マグニチュード)の最大値に幅がある場合には、その中央値・上限値・下限値をロジックツリーの分岐として考慮した。

²⁵ 実施基準では、「距離減衰式による推定値の誤差(観測値と推定値の違い)を確率分布として考慮する。距離減衰式による地震動強さの確率分布は、距離減衰式によって求めた値を中央値とする対数正規分布で与える。ばらつきの大きさは対数標準偏差で与える。実際の現象として、対数正規分布が成立する範囲は有限と考えられるので、打ち切り範囲を設定する」(乙141, 43 頁, 5.4.2b)とされている。

²⁶ 債務者は、本件各発電所敷地周辺の詳細な調査を行っており、耐専式による地震動評価がばらつ

ライド1)

ロジックツリーの作成(後記(4))において分岐として考慮する項目の設定については、耐専式の内陸補正係数²⁷を不確実さの要因として選定した(図表8はF O-A~F O-B~熊川断層のロジックツリーである。乙163, スライド4)。²⁸

(4) ロジックツリーの作成

上記(2)震源モデルの設定及び(3)地震動伝播モデルの設定においてそれぞれ選定した、地震ハザードの評価に大きな影響を及ぼす要因を対象としてロジックツリーを作成する(甲47, 10~11頁, 6.2.4, 乙141, 45頁, 5.5)。

債務者もこれに従い、地震ハザードの評価に大きな影響を与えるパラメータについて、ロジックツリーに展開した(乙163, スライド3~14頁)。

以下には、具体例として、震源モデルにおけるF O-A~F O-B断層と熊川断層に関するロジックツリー(図表8)を挙げる²⁹。

くことは考えにくいものの、耐専式の元となった地震のデータのばらつき(対数標準偏差0.53)を考慮することとし(対数標準偏差(0.53)が増えるごとに地震動は約1.7倍となる)、また、極端なばらつきは考えにくいことから、データのばらつきの範囲を対数標準偏差の3倍で打ち切ることとした(乙163, スライド1)。

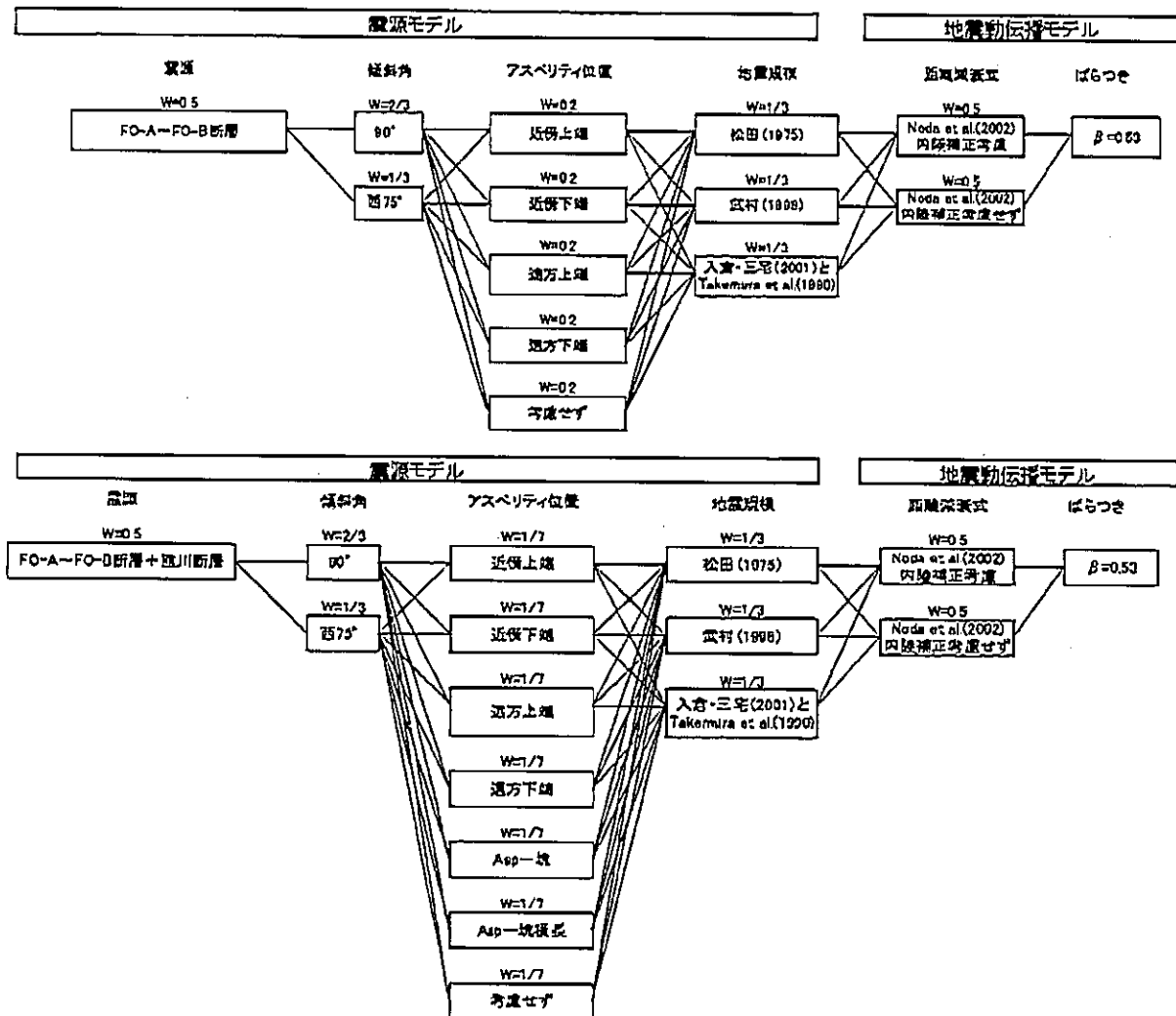
²⁷ 耐専式の内陸補正係数については、地震動評価対象の地震のほとんどが内陸地殻内地震であるため、係数を考慮する(周期ごとに0.6~1.0を乗じて地震動を小さくする)のが原則であるが、基準地震動策定の際に安全側に評価するために係数を考慮しなかったことを踏まえ、係数の考慮の有無を不確実さの要因として選定した(乙163, スライド4等)。

²⁸ 債務者は、大飯発電所の地震ハザード評価では、基準地震動の策定において断層モデルを用いた手法を重視したF O-A~F O-B~熊川断層について、断層モデルを用いた手法もロジックツリーの分岐として考慮し、耐専式と等しい重み付けとした(乙166, 「大飯発電所 地震動評価について」スライド145~146)。なお、実施基準は、評価対象の発電所近傍に想定する震源に対しては、断層モデルを用いる方法を用いてもよいとしている(乙141, 43頁, 5.4.1)。

²⁹ F O-A~F O-B断層と熊川断層については、断層間の距離が15kmあって連動するとは考えにくいいため、F O-A~F O-B断層と熊川断層が連動する(3連動)ケースと、F O-A~F O-B断層のみが動く(2連動)ケースに分けることとした(乙163, スライド4)。

断層傾斜角については、応力場と断層の走向、活断層調査結果によれば、F O-A~F O-B~熊川断層は90°の横ずれ断層であると判断できるものの、縦ずれ成分も含まれていることから断層が傾斜していることもあり得ると考えて、90°よりも重み付けを減らした上で、基準地震動で考慮した75°ケースを分けて考えることとした(乙163, スライド3)。

アスペリティ位置については、F O-A~F O-B断層で動くケースについては、発電所敷地近傍及び遠方、断層上端及び下端の4通りと考慮しないケースを合わせた5通りについて考慮し、F



【図表8 FO-A~FO-B~熊川断層のロジックツリー】

FO-A~FO-B~熊川断層（3連動）は、上記に加えて基準地震動策定の際に考慮したアスペリティ塊ケースとアスペリティ塊横長ケースを追加した7通り考えることとし、偶然的な不確実さとして、等しい重み付けをして評価した（乙163, 同スライド）。

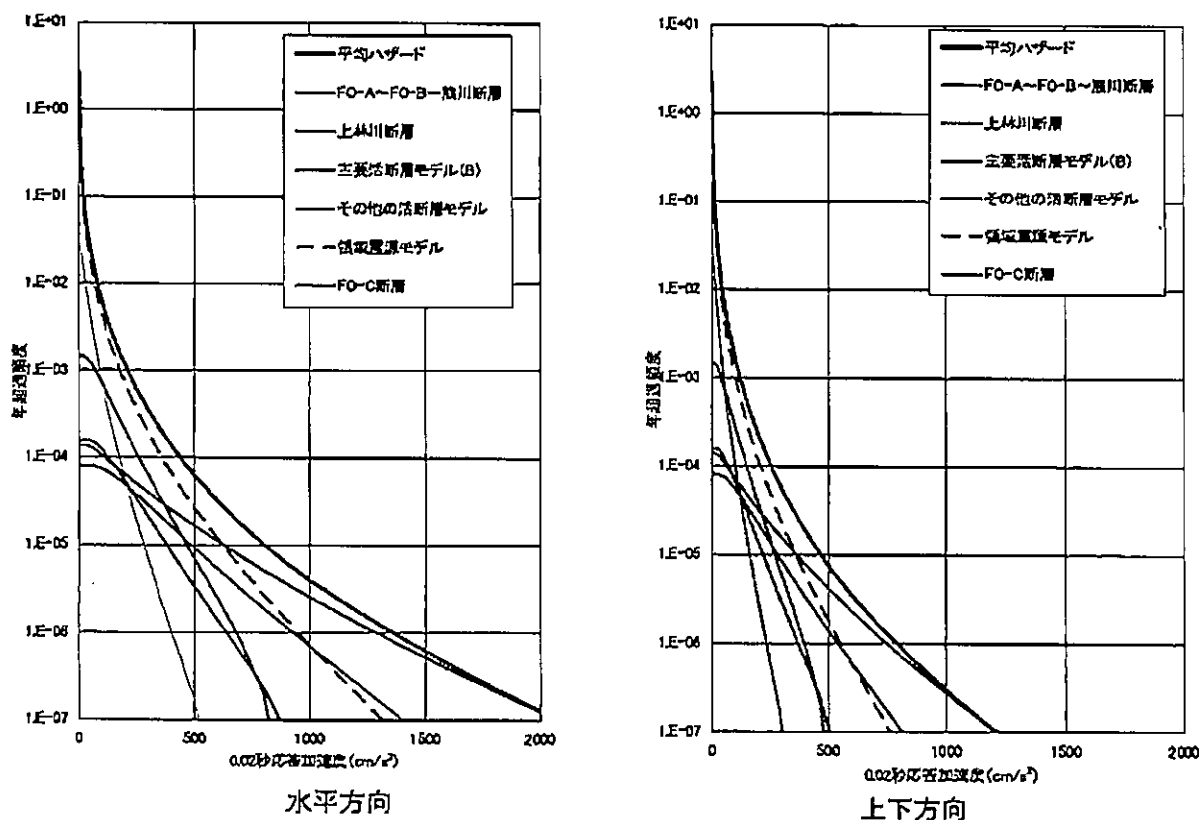
地震の規模（マグニチュード）については、実施基準に記載され基準地震動策定でも用いている松田（1975）、実施基準に記載されている断層長さLから地震の規模Mを求める手法（武村（1998））に加えて、基準地震動の評価において断層モデルを用いた手法を用いていることを考慮して断層面積Sから地震の規模Mを求める手法（入倉・三宅（2001）とTakemura et al.（1990））をロジックツリーに展開し、いずれの式も一般によく利用されることから、それぞれ等しい重み付けとした（乙163, 同スライド）。

耐震式の内陸補正係数については、地震動評価対象の地震のほとんどが内陸地殻内地震であるため、係数を考慮するのが原則であるが、基準地震動策定の際に安全側に評価するために係数を考慮しなかったことを踏まえ、係数を考慮するケースと考慮しないケースを等しい重み付けとした（乙163, スライド4等）。

(5) 基準地震動の年超過確率の評価

上記(4)で作成したロジックツリーを用いて地震ハザード曲線(縦軸を年超過確率, 横軸を地震動の加速度とするグラフ)を算出し, 平均ハザード曲線の妥当性を検討するとともに, それらを踏まえて一様ハザードスペクトルを適切に算定する(甲 47, 11 頁, 6.2.5)。そして, 基準地震動の応答スペクトルと地震ハザード解析による一様ハザードスペクトルを比較し, 地震動の超過確率のレベルを評価する(甲 47, 同頁, 6.2.6)。

債務者は, 上記(2)で設定した震源モデル及び(3)で設定した地震動伝播モデルについて, (4)で作成したロジックツリーを用いて, 震源ごとに地震ハザード曲線を作成し, 各震源の地震ハザード曲線を足し合わせて平均ハザード曲線を作成した(図表9。図中の赤い線が平均ハザード曲線である。乙 163, スライド 17)。



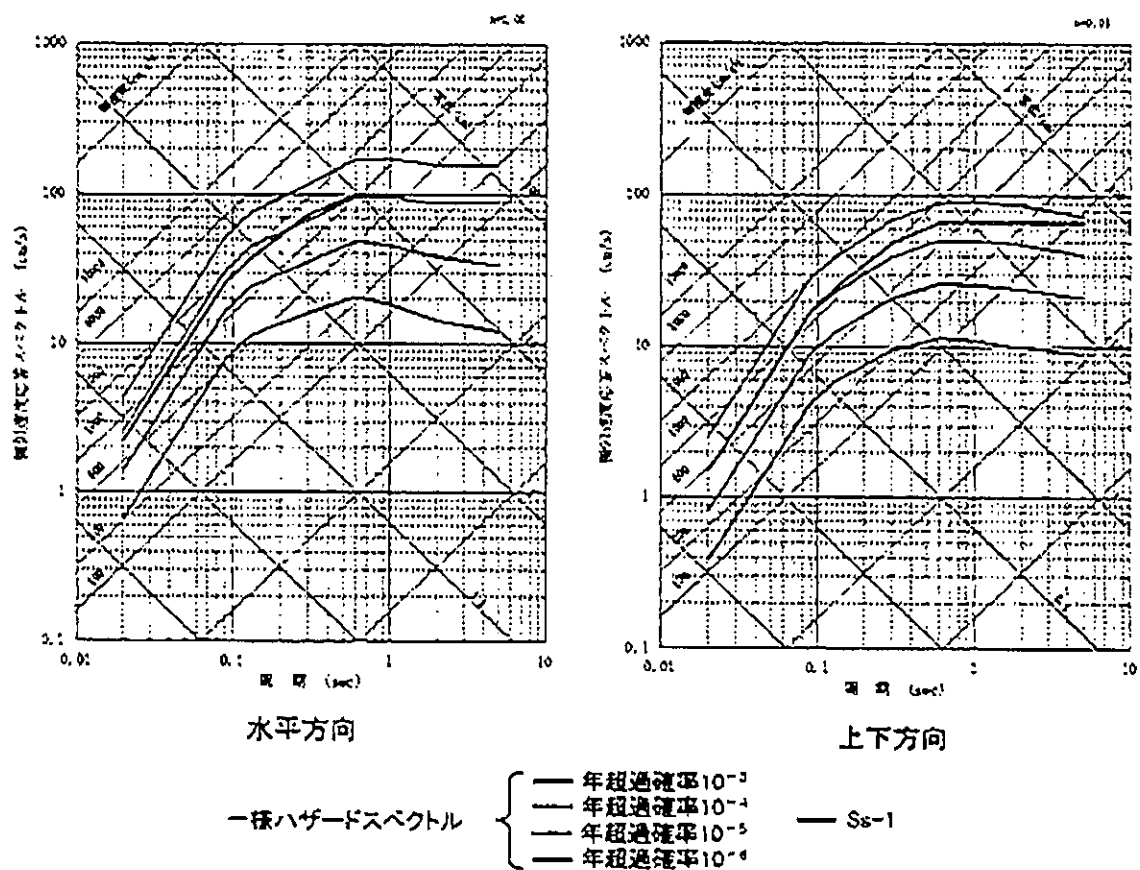
【図表9 地震ハザード曲線(縦軸:年超過頻度, 横軸:応答加速度)】

そして、これを踏まえて年超過確率が 10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5} , 10^{-6} の一様ハザードスペクトルを作成する。これに基準地震動 $S_s - 1 \sim S_s - 7$ の応答スペクトルを重ね書きすることによって、年超過確率を算出することになる。

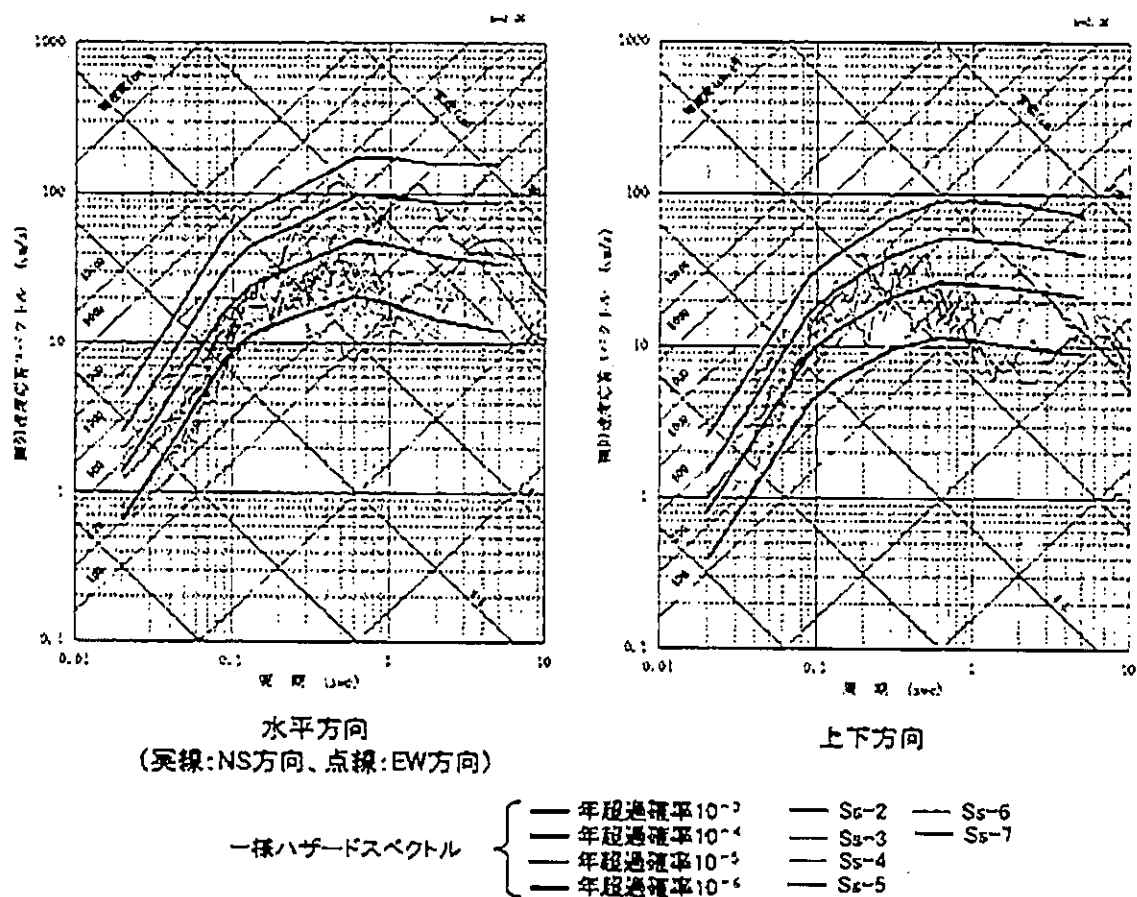
基準地震動 $S_s - 1$ と比較したものが図表 10 であり、 $S_s - 2 \sim S_s - 7$ と比較したものが図表 11 であるところ、 $S_s - 1$ の年超過確率は、短周期側では $10^{-4} \sim 10^{-5}$ 程度、長周期側では $10^{-6} \sim 10^{-6}$ 程度となった。また、「震源を特定せず策定する地震動」の $S_s - 6$ 及び $S_s - 7$ と領域震源モデルのみの一様ハザードスペクトルとを比較したものが図表 12 であるところ、 $S_s - 6$ 及び $S_s - 7$ の年超過確率は、 $10^{-4} \sim 10^{-6}$ 程度となった。

以上に述べた地震ハザード評価に基づく一様ハザードスペクトルの作成、基準地震動の年超過確率の評価に関しては、原子力規制委員会の新規制基準の適合性審査において債務者より説明を行い、その内容について審議が行われており、高浜 3, 4 号機については、原子力規制委員会によりその内容が確認されている（乙 73, 「関西電力株式会社高浜発電所の発電用原子炉設置変更許可申請書（3 号及び 4 号発電用原子炉施設の変更）に関する審査書（修正案）」20 頁）。また、大飯 3, 4 号機の基準地震動の年超過確率についても、原子力規制委員会により概ね了承されている³⁰。

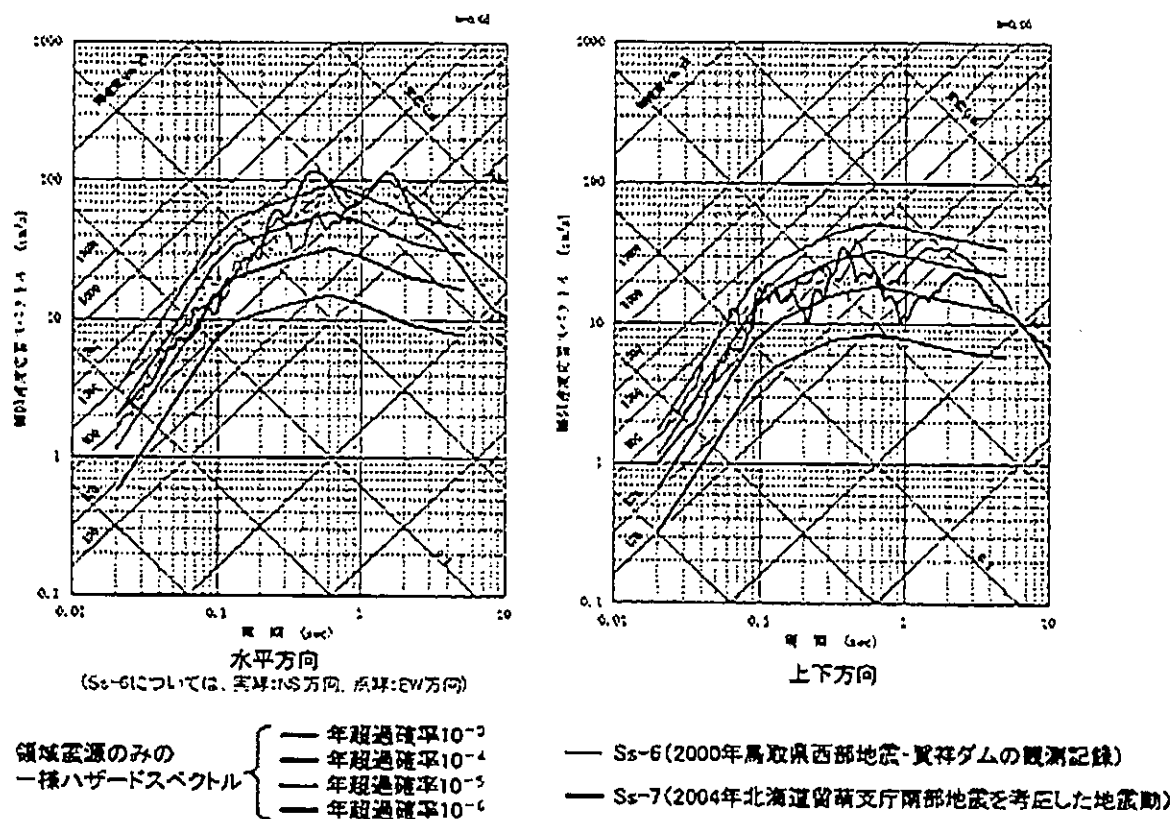
³⁰ 大飯 3, 4 号機についても、原子力規制委員会の新規制基準の適合性審査において債務者より説明を行い、その内容について審議が行われた結果、原子力規制委員会は、「詳細に不確実さの要因を分析されて、破壊開始点を振ったりとか、アスペリティの位置を変えたりとか、いろんな分岐を設けられて評価をされているので、 S_s の超過確率の参照という観点では妥当なものかなというふうに考えてございます」として、基準地震動の年超過確率について概ね了承している（乙 167, 第 206 回原子力発電所の新規制基準適合性に係る審査会合議事録, 71 頁）。



【図表 10 一様ハザードスペクトルと基準地震動 S_s-1 との比較】



【図表 1.1 一様ハザードスペクトルと基準地震動 $S_s-2 \sim S_s-7$ との比較】



【図表 1 2 領域震源モデルのみの一様ハザードスペクトルと

基準地震動 S s - 6 及び S s - 7 との比較】

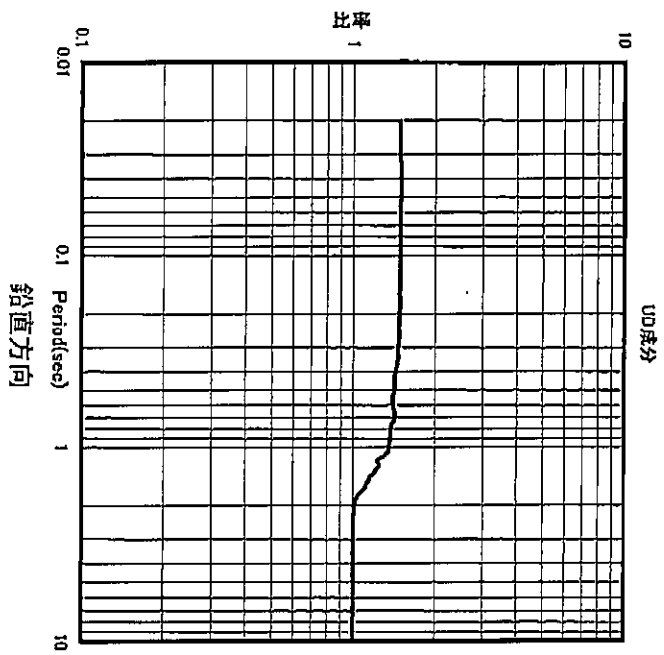
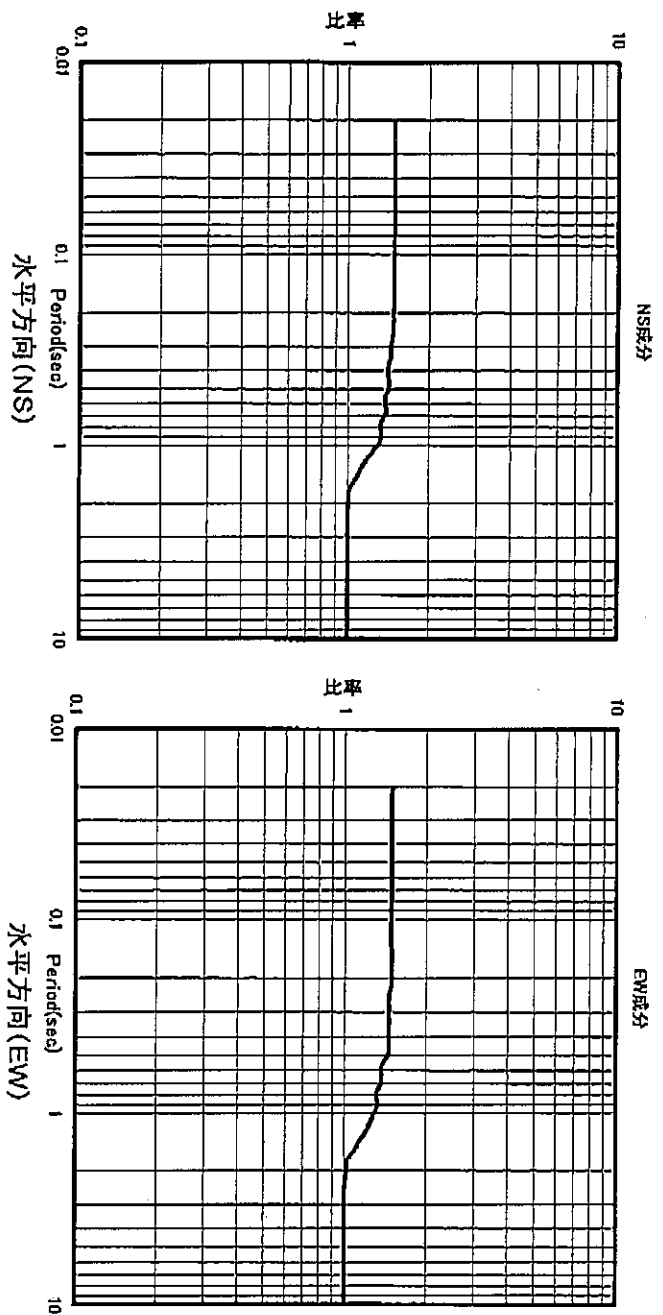
4 小括

以上のとおり、債務者は、原子力規制委員会の地震ガイドに従って基準地震動の年超過確率を評価しているところ、同ガイドが例示し、債務者が用いている実施基準は、学界の有識者・産業界の専門的技術者等が約3年にわたる検討を経て策定したもので、地震本部における地震ハザード評価のデータや手法とも整合の取れたものと評価されており、妥当性、信頼性の高いものである。

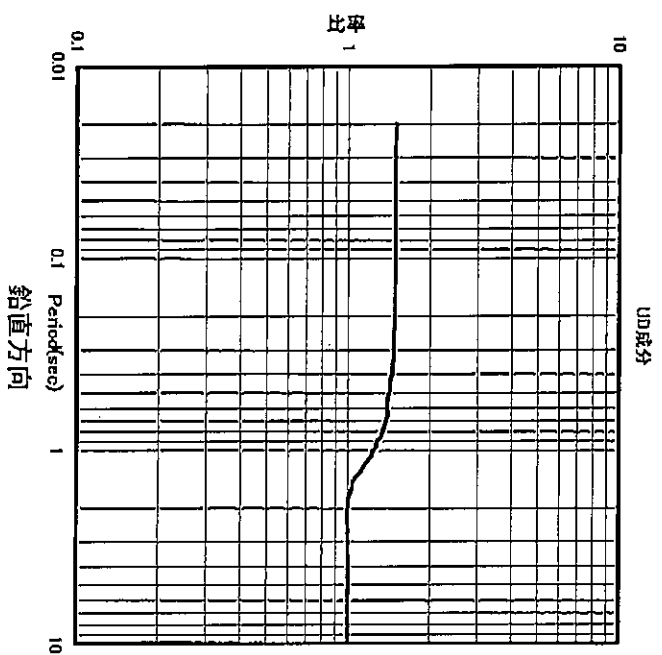
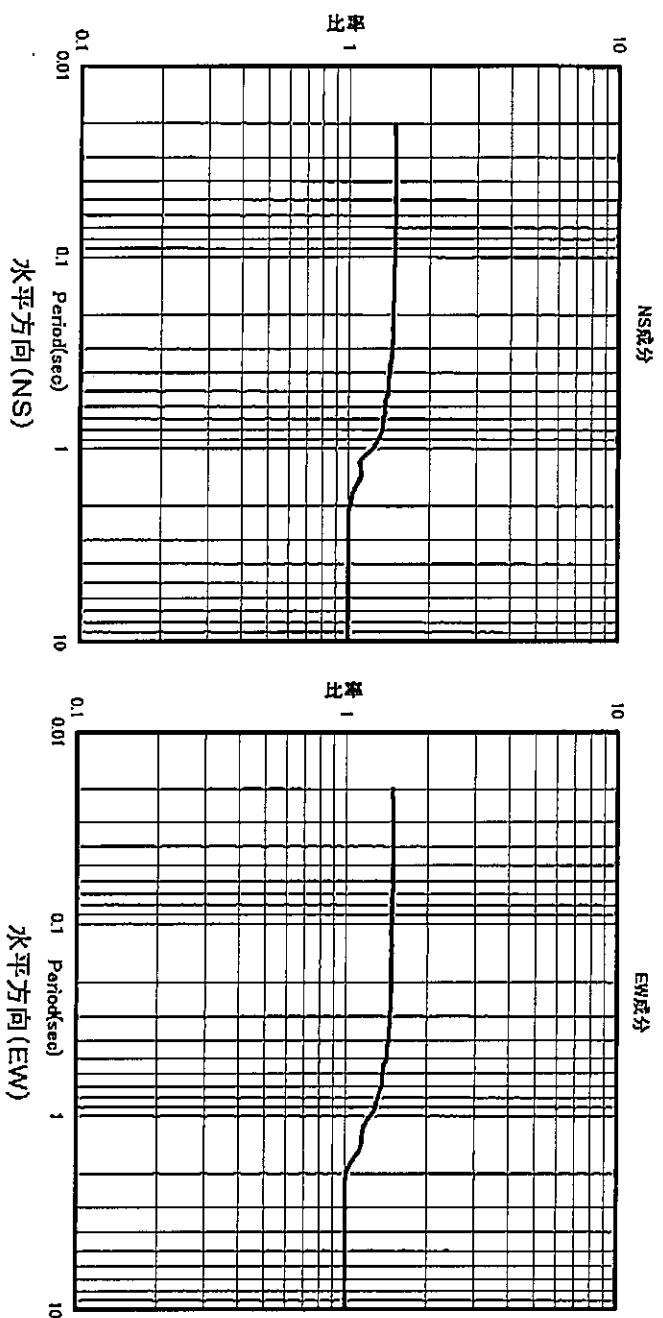
そして、地震ガイドに従い、実施基準を用いて債務者が行った本件各発電所における年超過確率の評価内容については、原子力規制委員会も確認している。

以 上

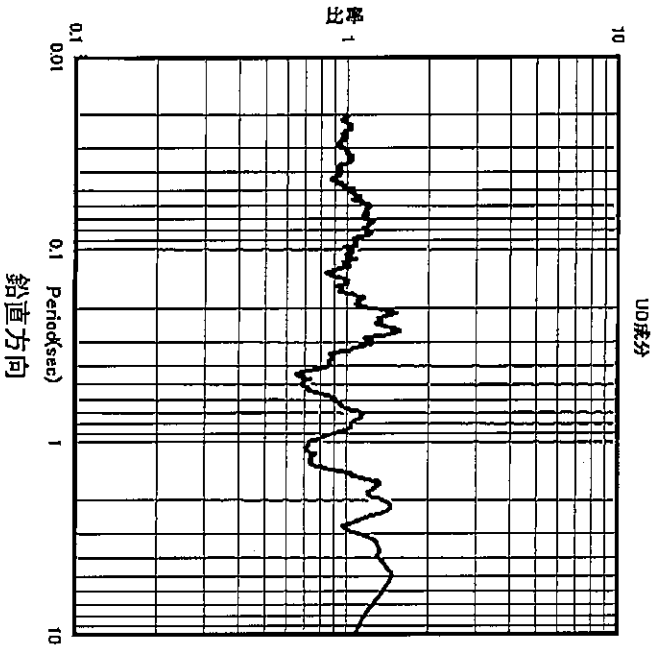
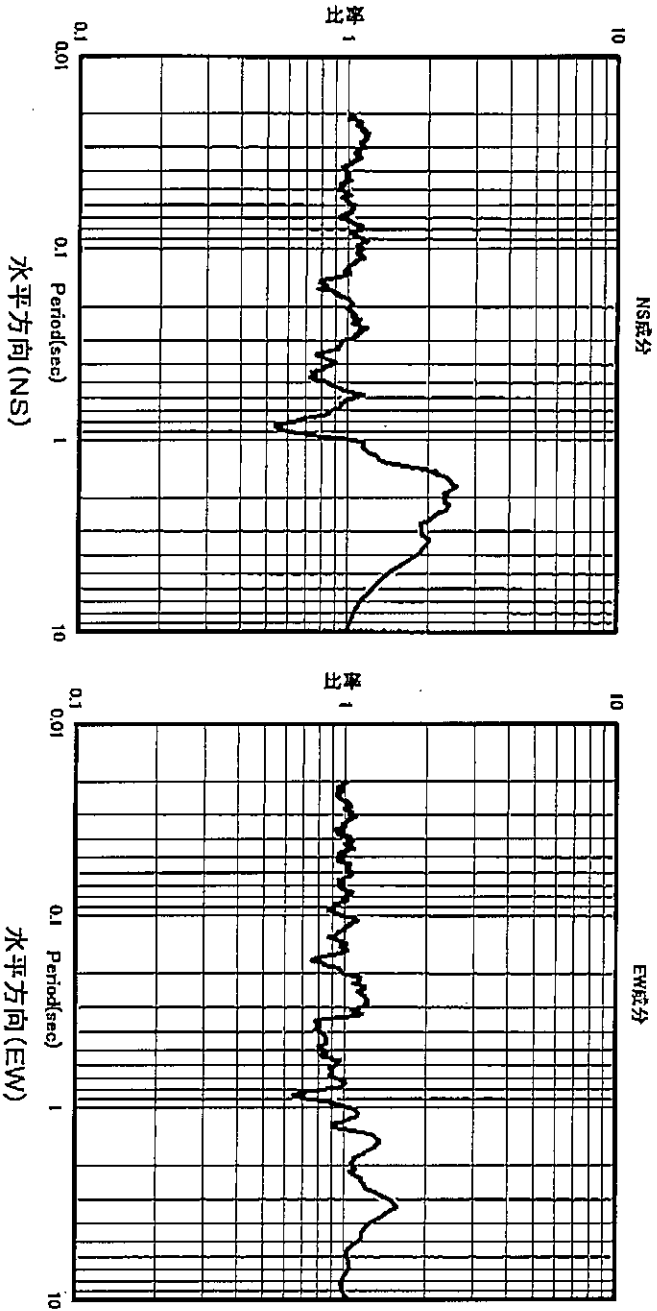
高浜Ss-2 FO-A~FO-B~熊川断層
短周期の地震動レベル1.5倍ケース 破壊開始点5
別紙1—図表1



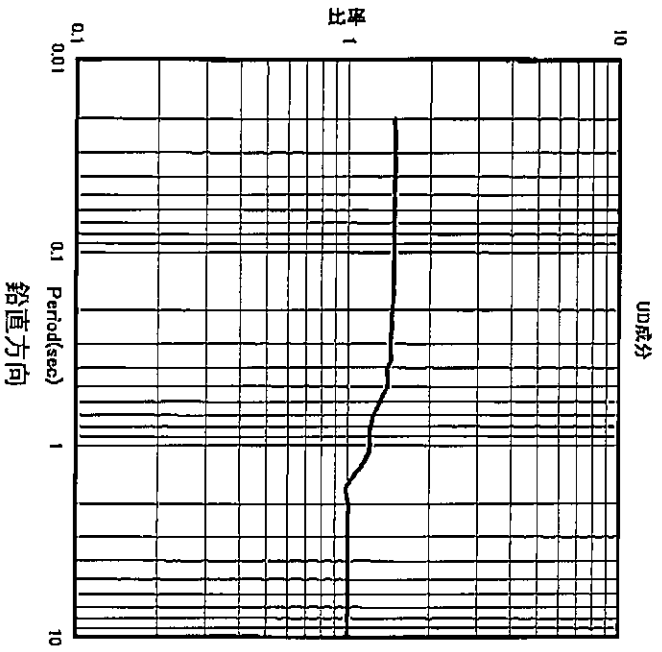
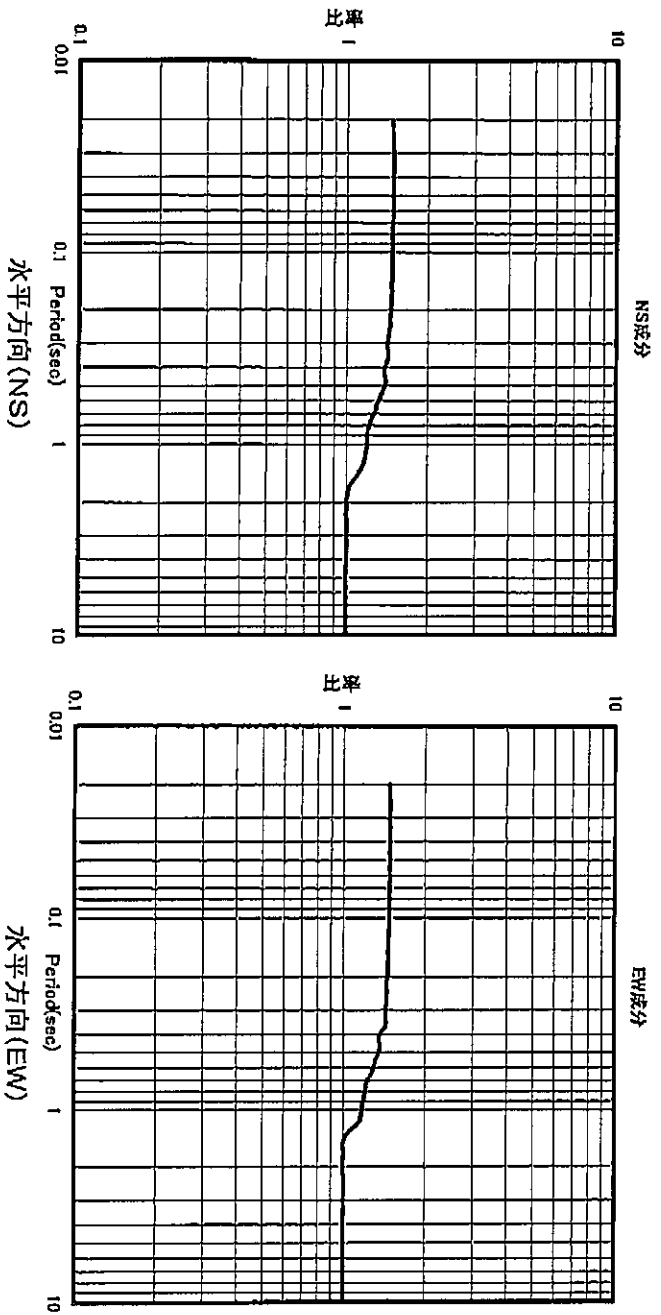
高浜Ss-3 FO-A~FO-B~熊川断層
短周期の地震動レベル1.5倍ケース 破壊開始点6
別紙1—図表2



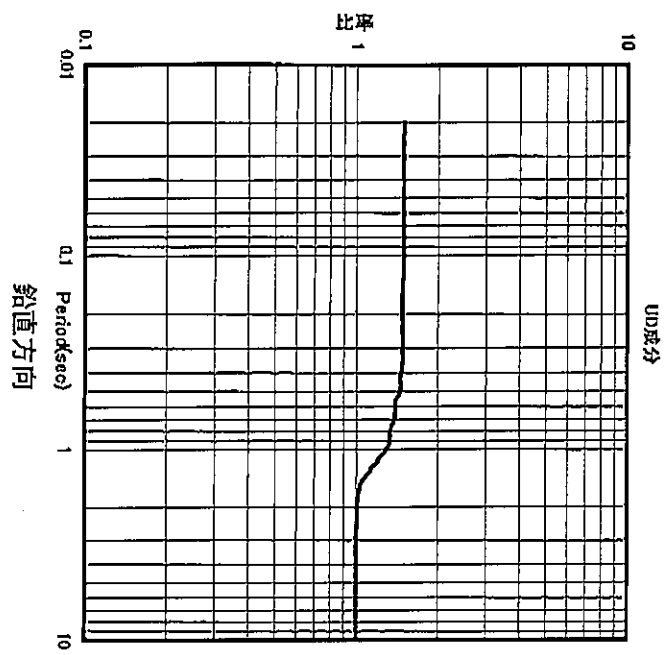
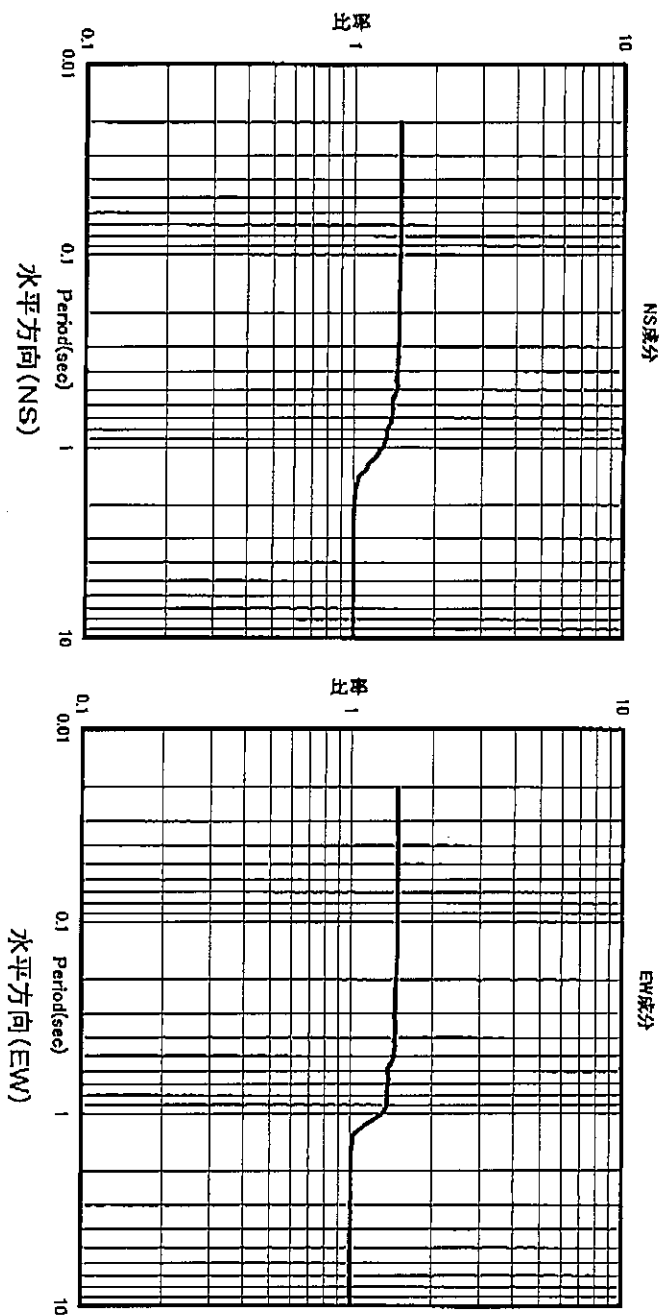
高浜Ss-4 FO-A~FO-B~熊川断層
破壊伝播速度 $V_r=0.87\beta$ ケース 破壊開始点9
別紙1-図表3



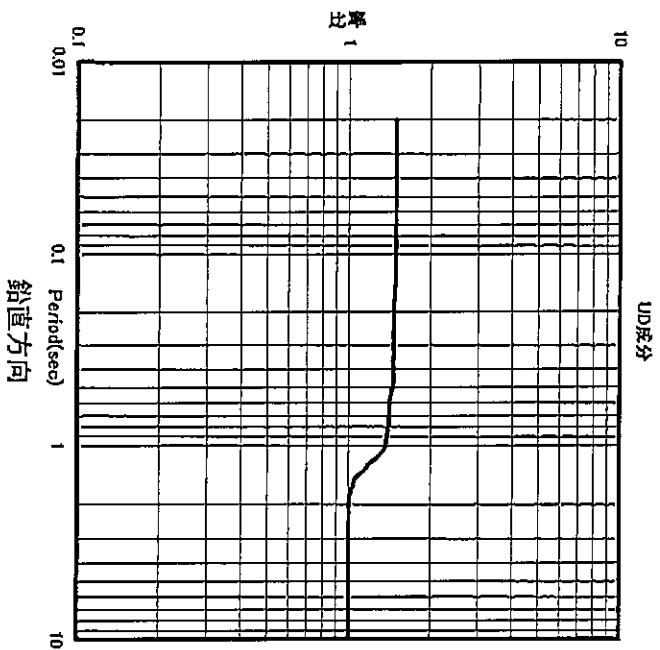
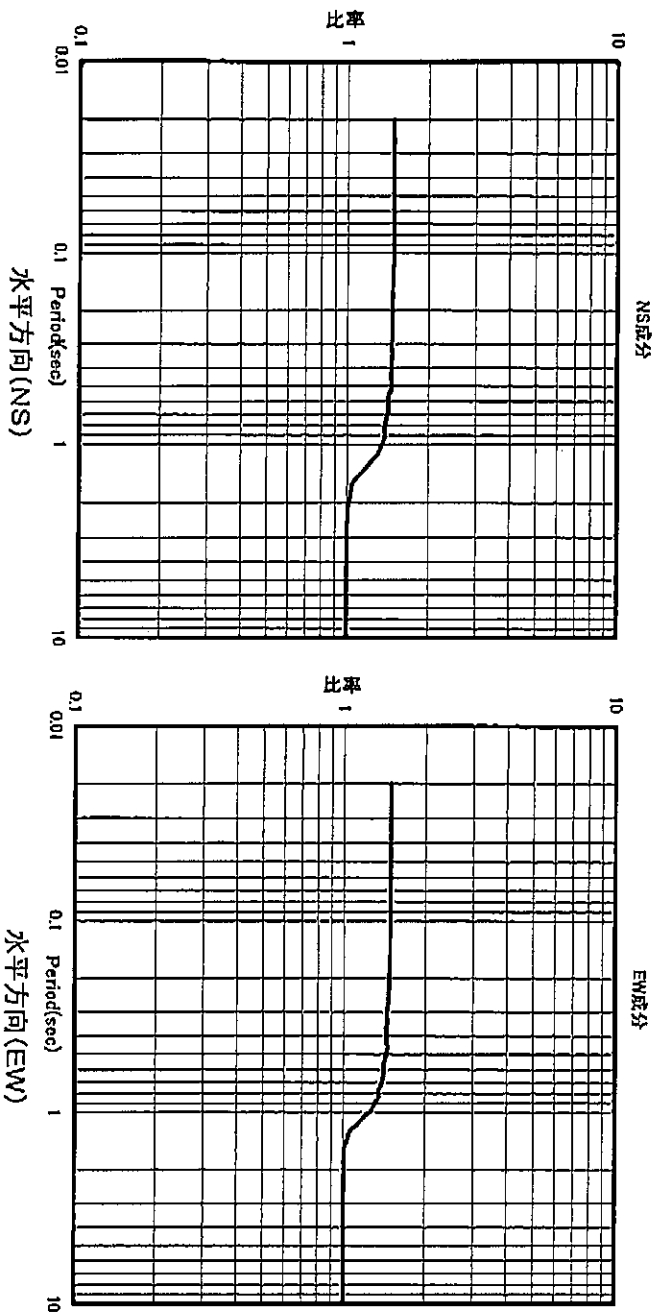
高浜Ss-5 上林川断層
短周期の地震動レベル1.5倍ケース 破壊開始点3
別紙1ー図表4



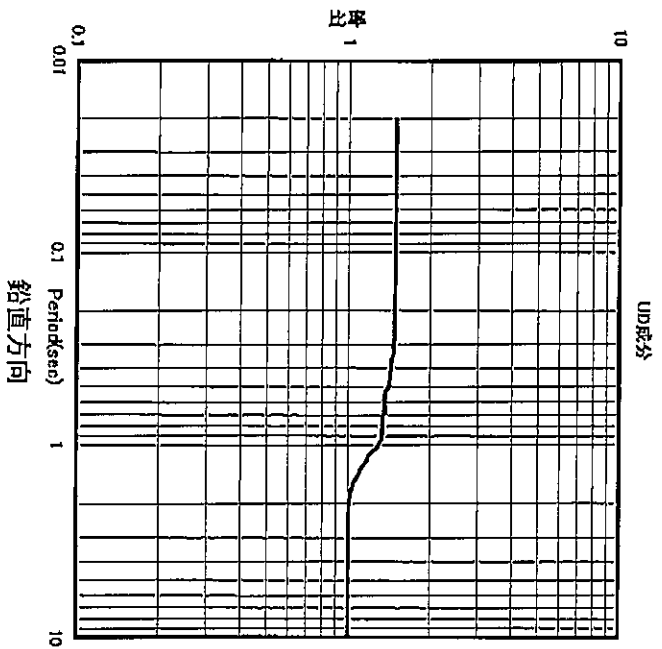
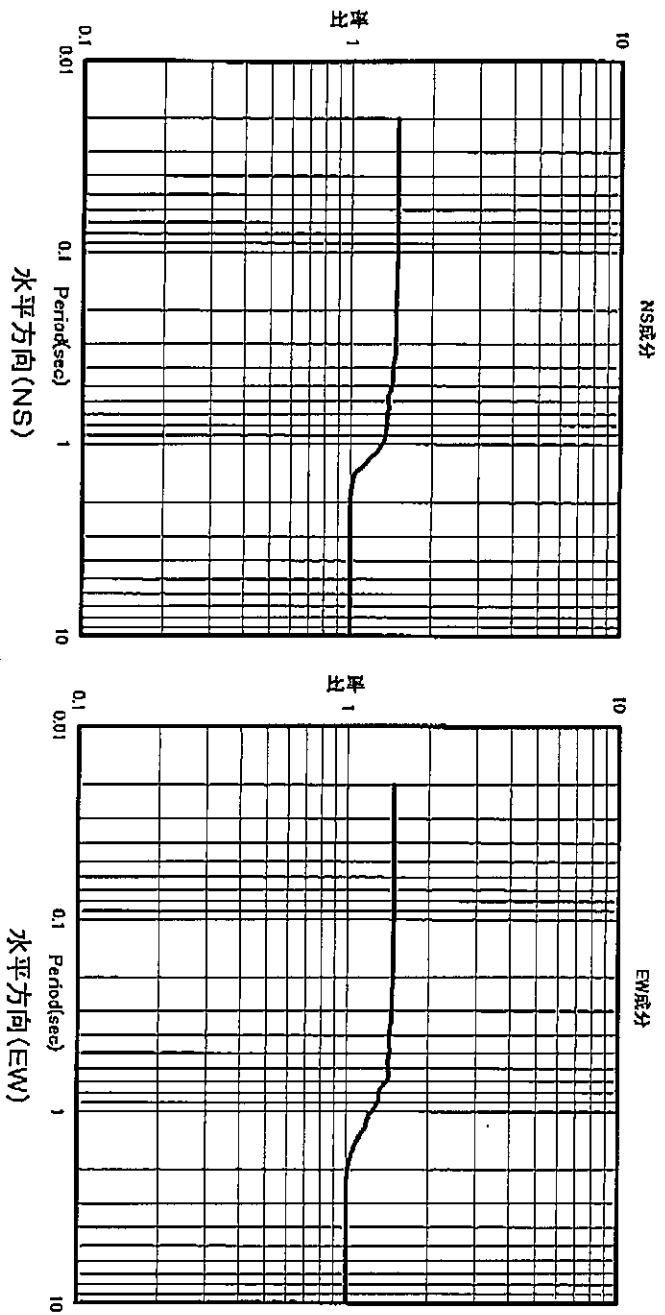
大飯Ss—2 FO—A～FO—B～熊川断層
短周期の地震動レベル1.5倍ケ—又 破壊開始点1
別紙1—図表5



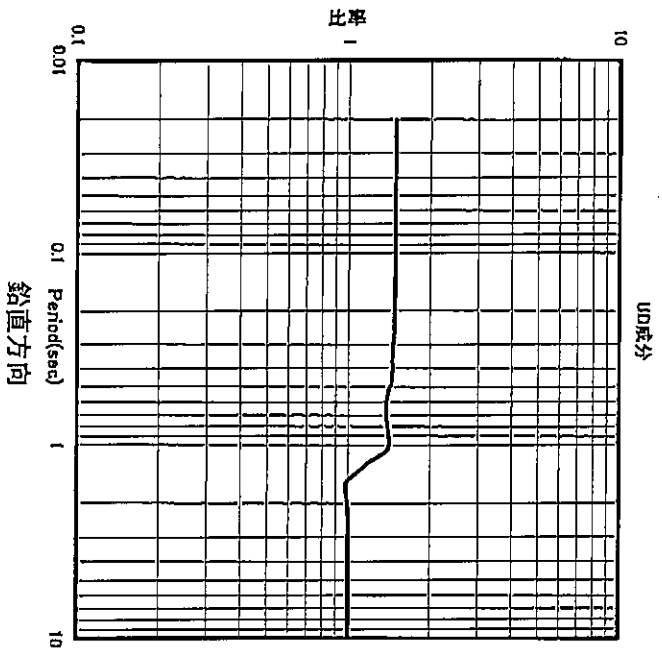
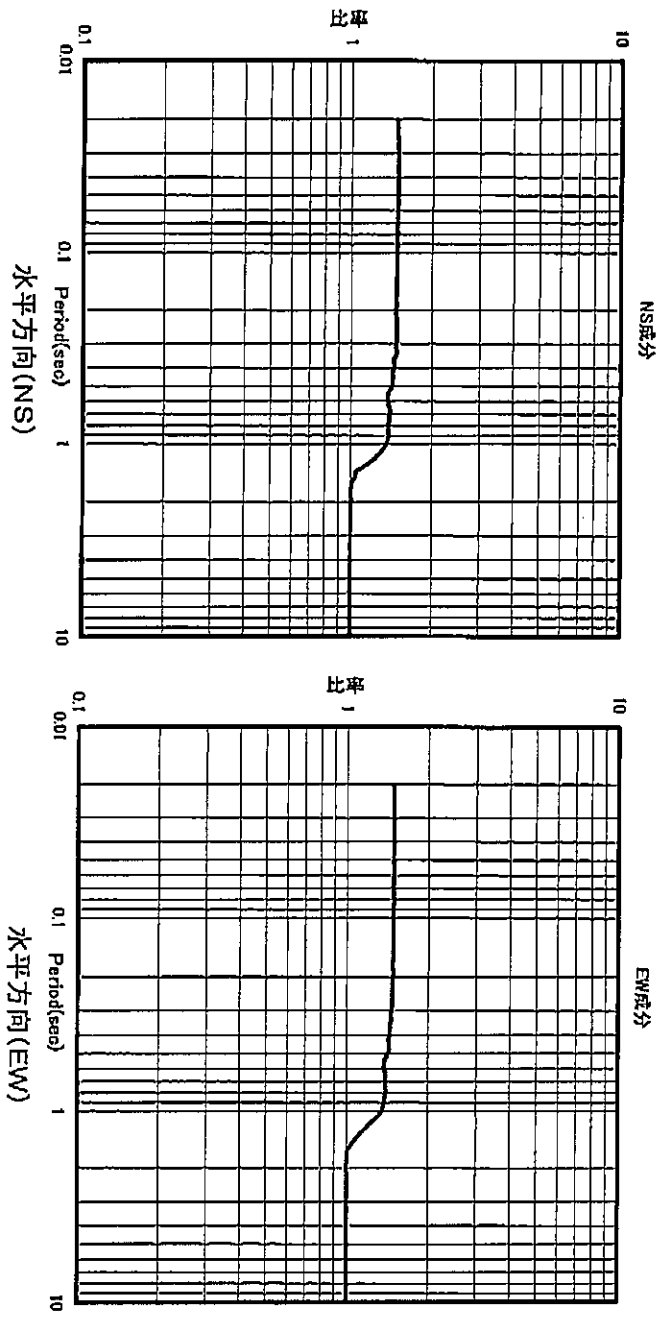
大飯Ss-3 FO-A~FO-B~熊川断層
短周期の地震動レベル1.5倍ケース 破壊開始点2
別紙1—図表6



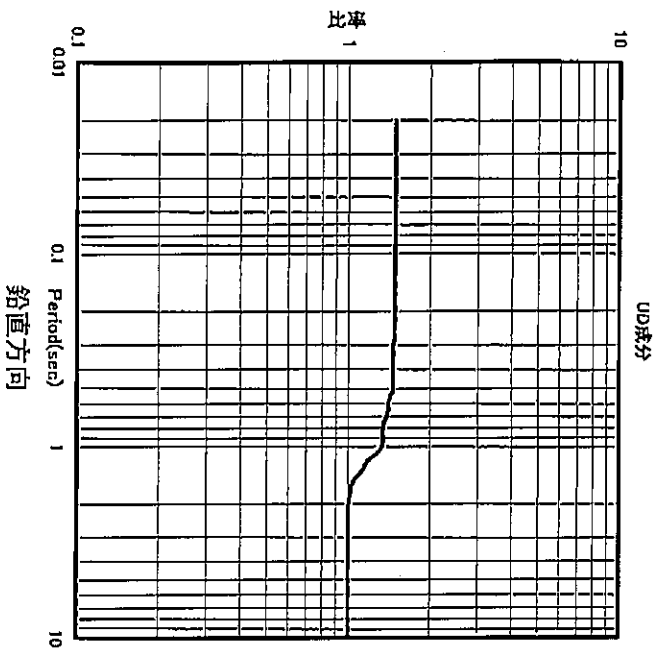
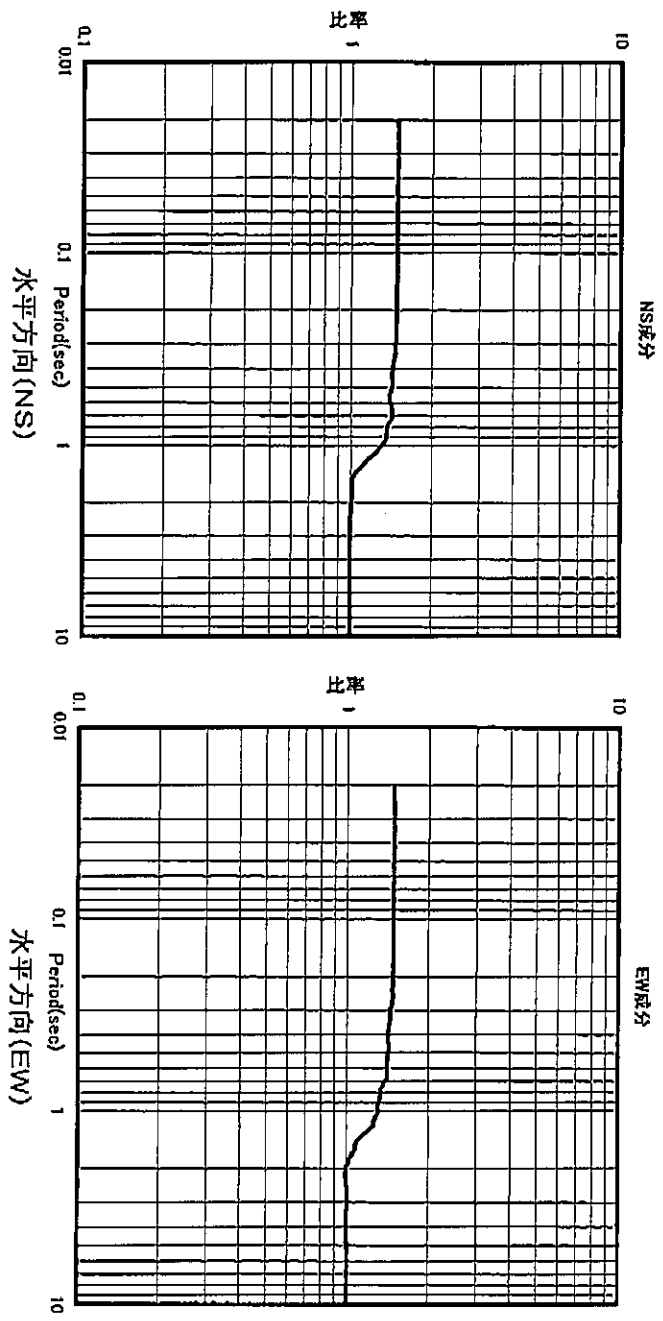
大飯Ss-4 FO-A~FO-B~熊川断層
短周期の地震動レベル1.5倍ケース 破壊開始点3
別紙1-図表7



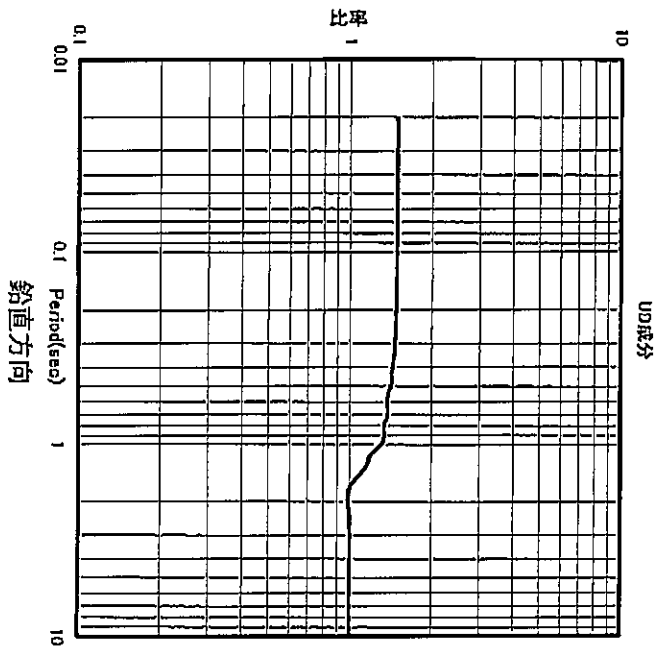
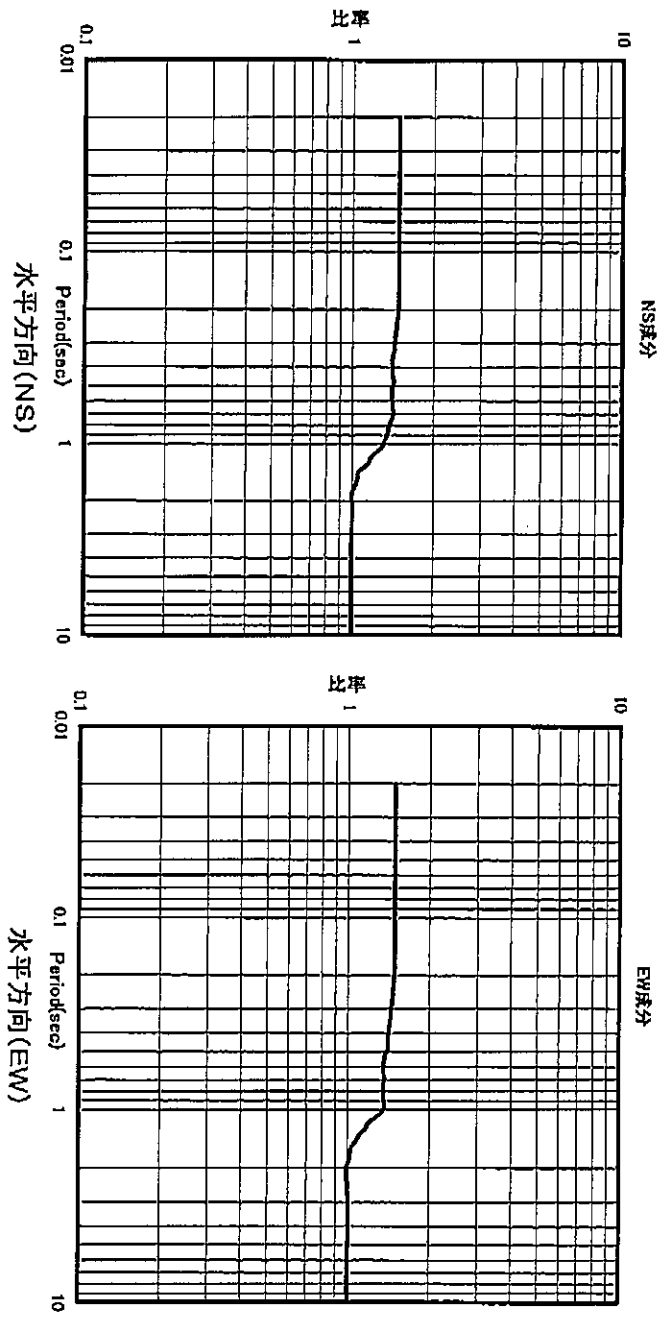
大飯Ss-5 FO-A~FO-B~熊川断層
短周期の地震動レベル1.5倍ケース 破壊開始点4
別紙1—図表8



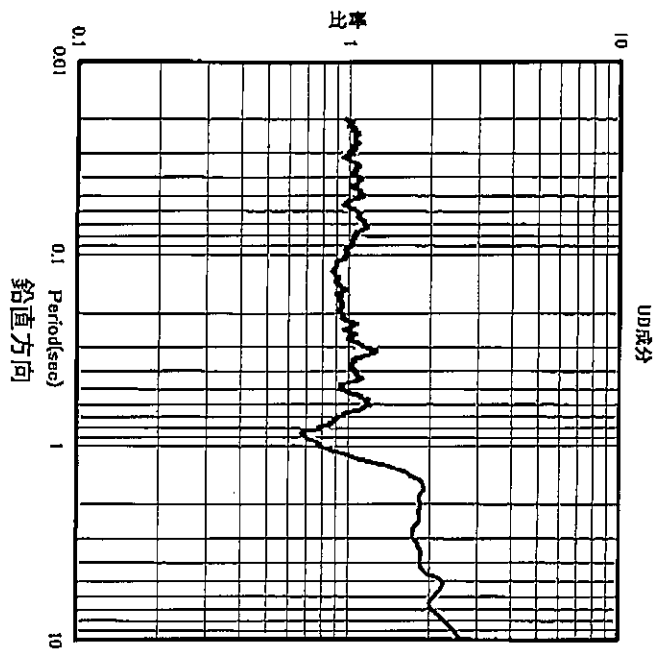
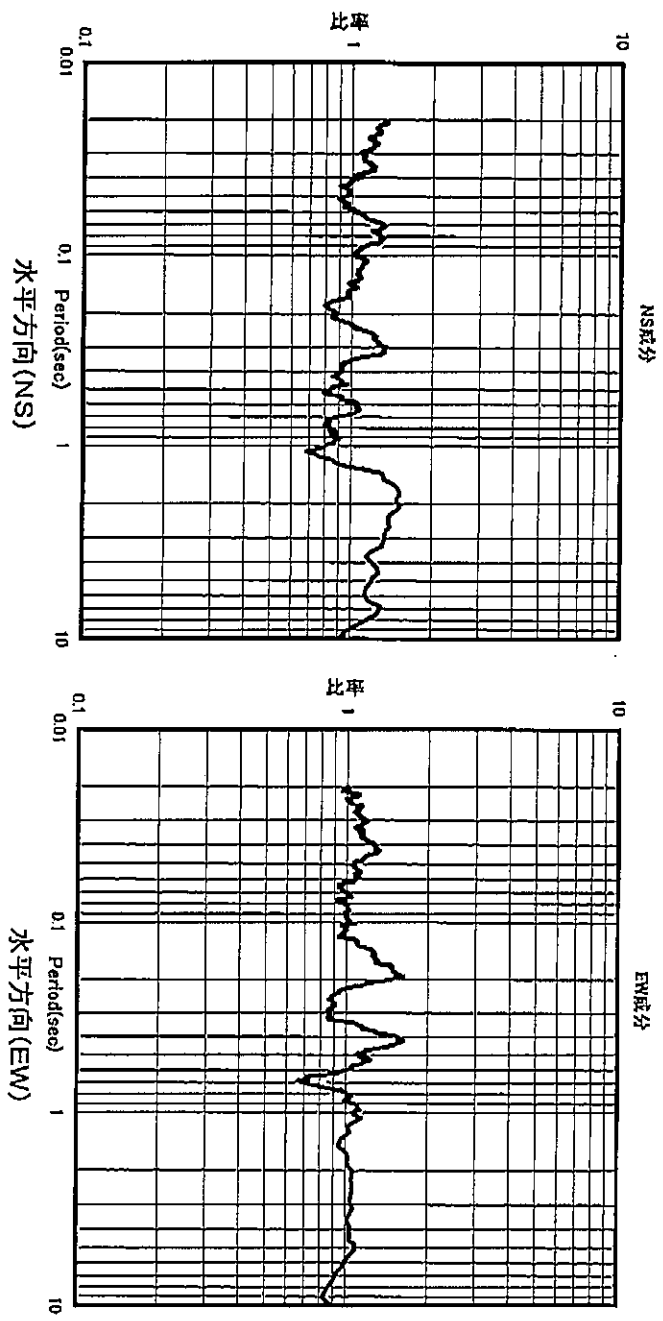
大飯Ss-6 FO-A~FO-B~熊川断層
短周期の地震動レベル1.5倍ケース 破壊開始点5
別紙1ー図表9



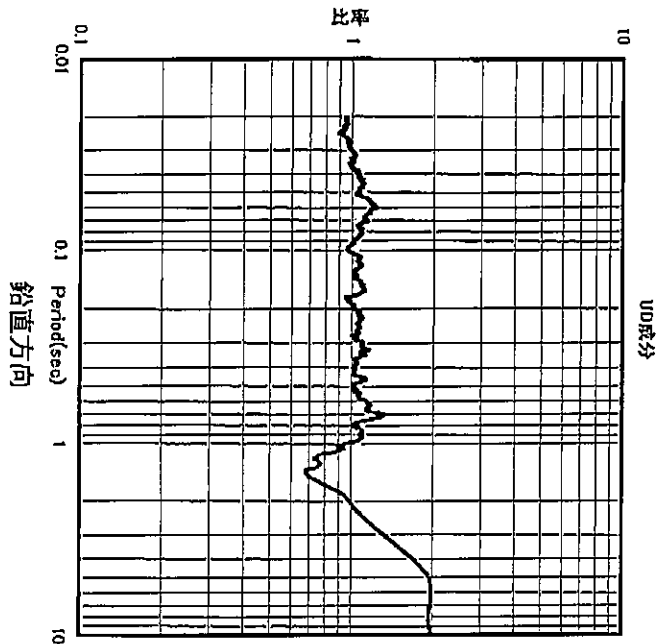
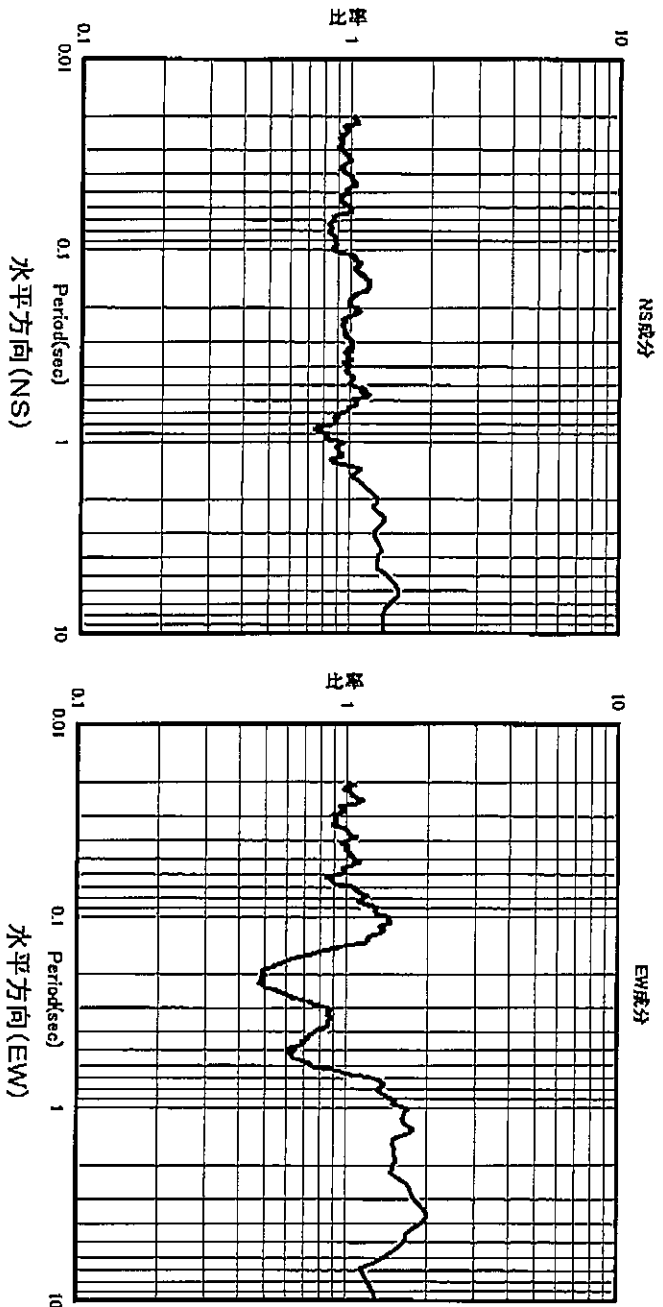
大飯Ss-7 FO-A~FO-B~熊川断層
短周期の地震動レベル1.5倍ケース 破壊開始点8
別紙1-図表10



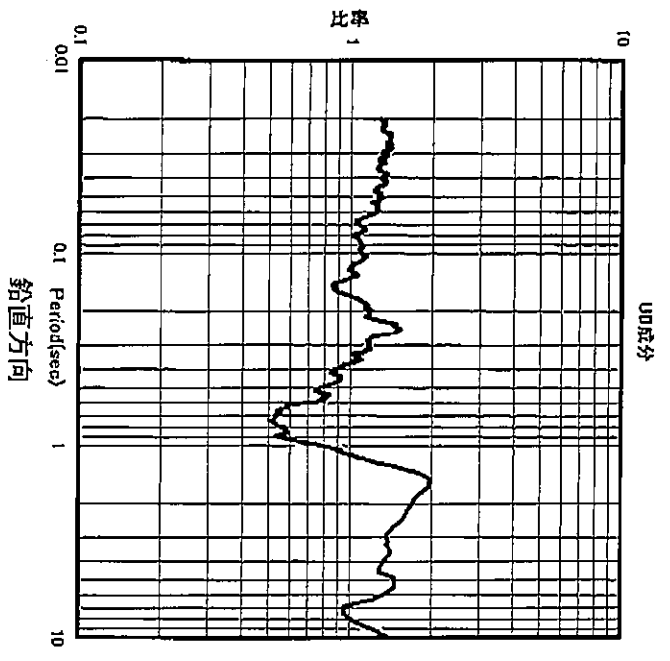
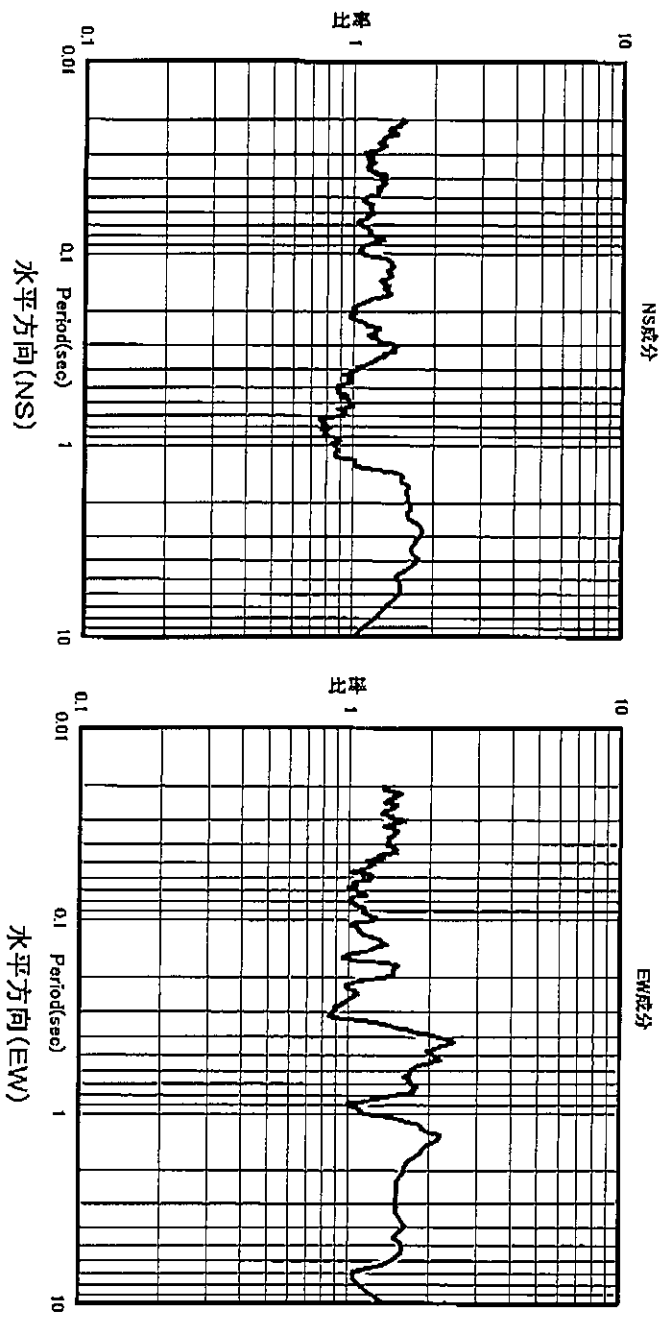
大飯Ss-8 FO-A~FO-B~熊川断層
断層傾斜角75° ケー入 破壊開始点1
別紙1—図表11



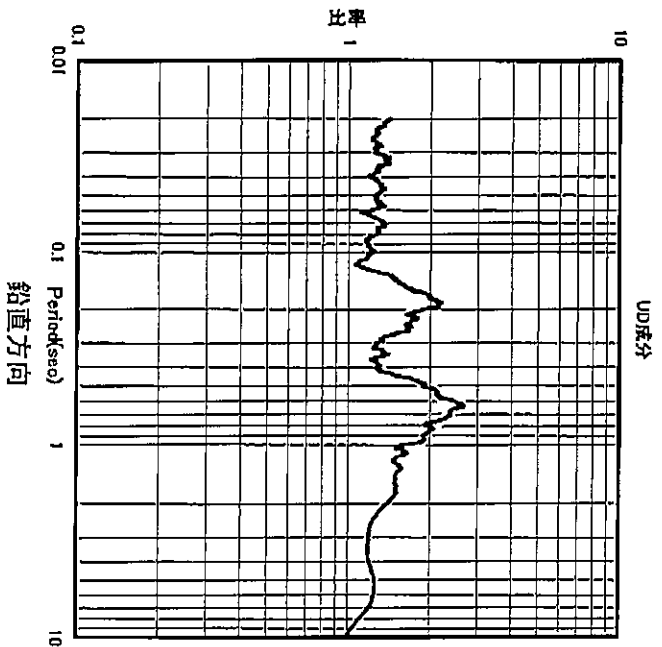
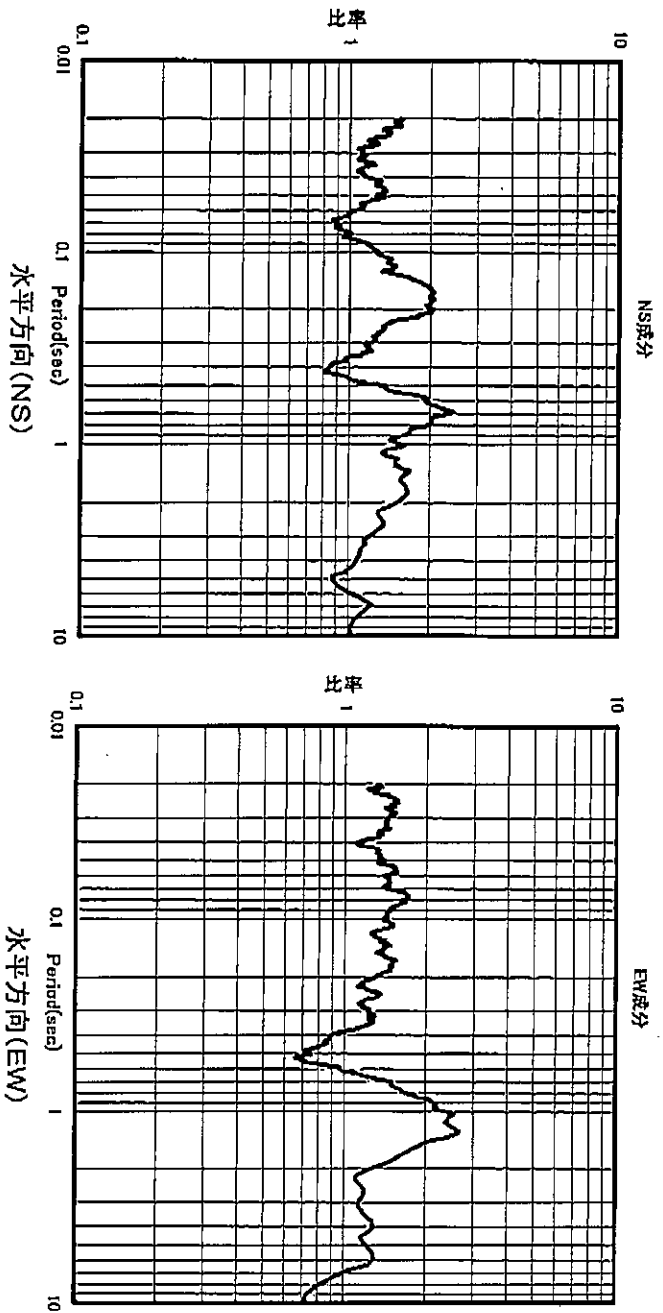
大飯Ss-9 FO-A~FO-B~熊川断層
すべり角30° ケース 破壊開始点3
別紙1-図表12



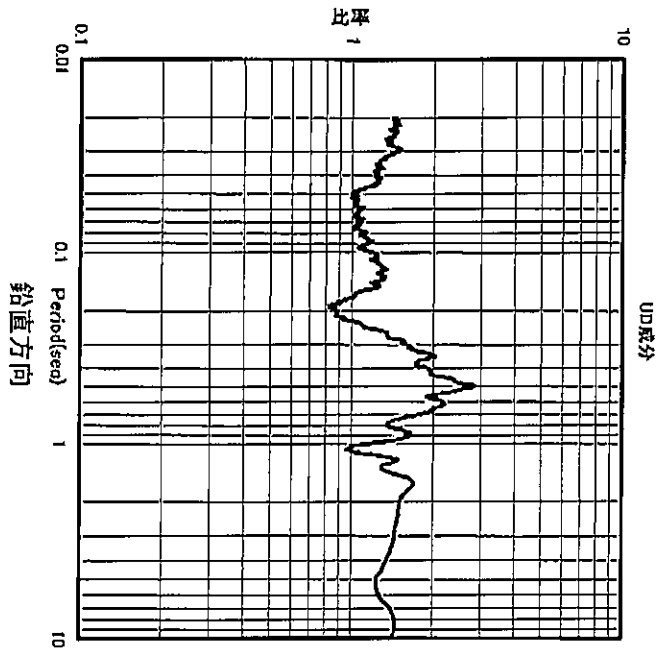
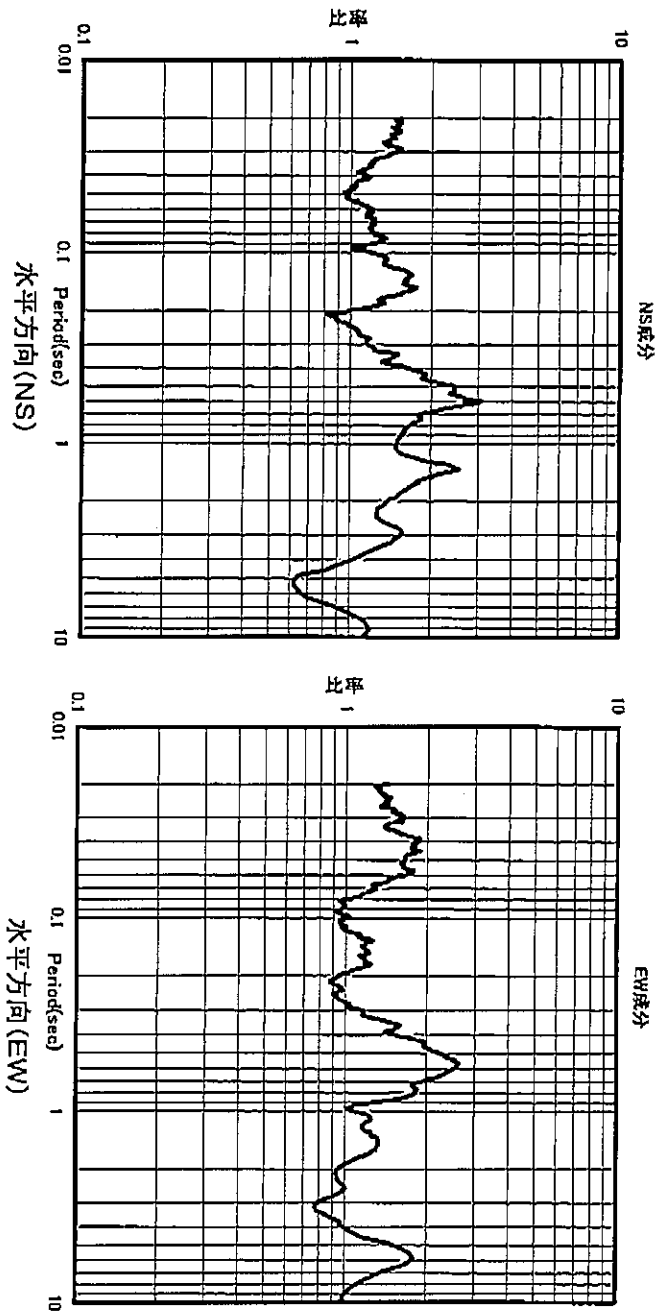
大飯Ss-10 FO-A~FO-B~熊川断層 別紙1-図表13
短周期の地震動レベル1.25倍かつ破壊伝播速度 $V_r=0.87\beta$ ケース 破壊開始点1



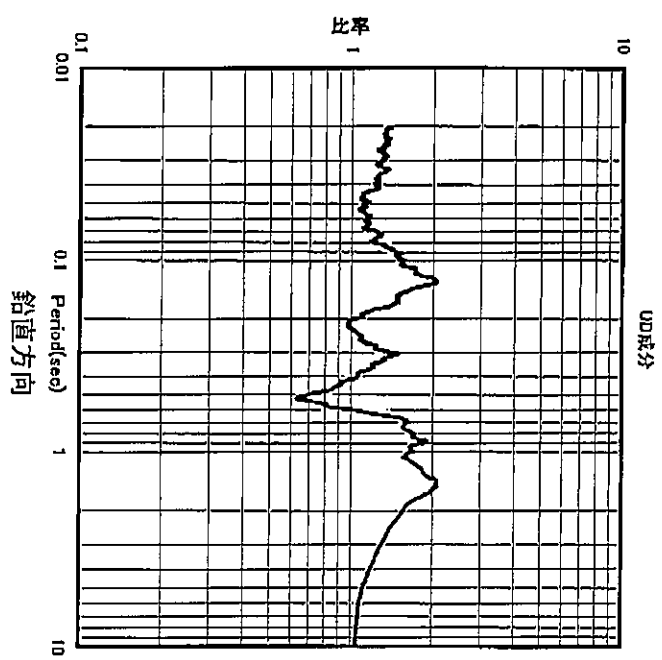
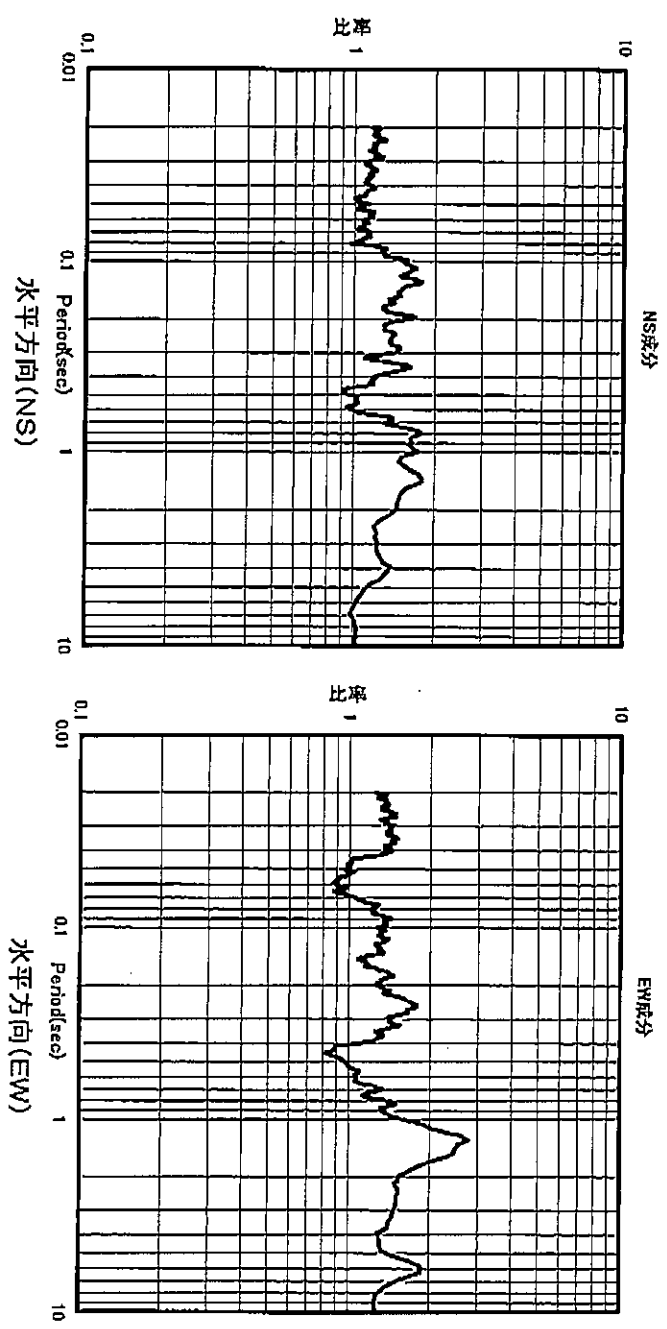
大飯Ss-11 FO-A~FO-B~熊川断層
短周期の地震動レベル1.25倍かつ破壊伝播速度 $V_r=0.87\beta$ ケース 破壊開始点3
別紙1-図表14



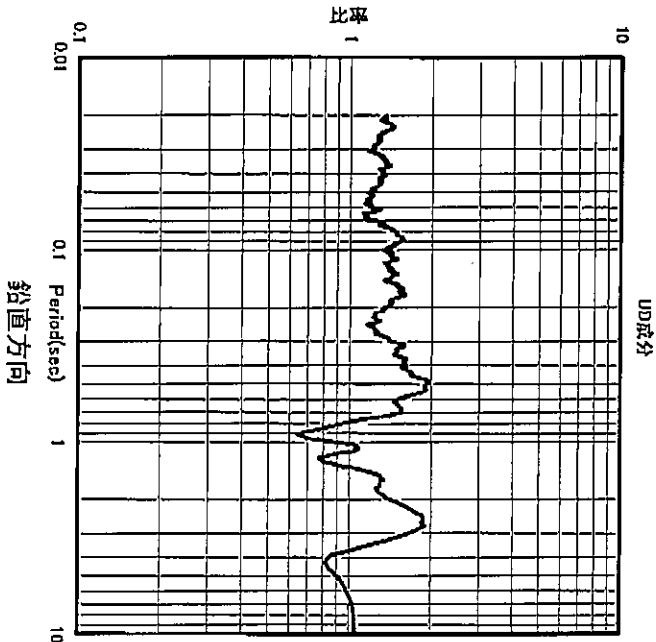
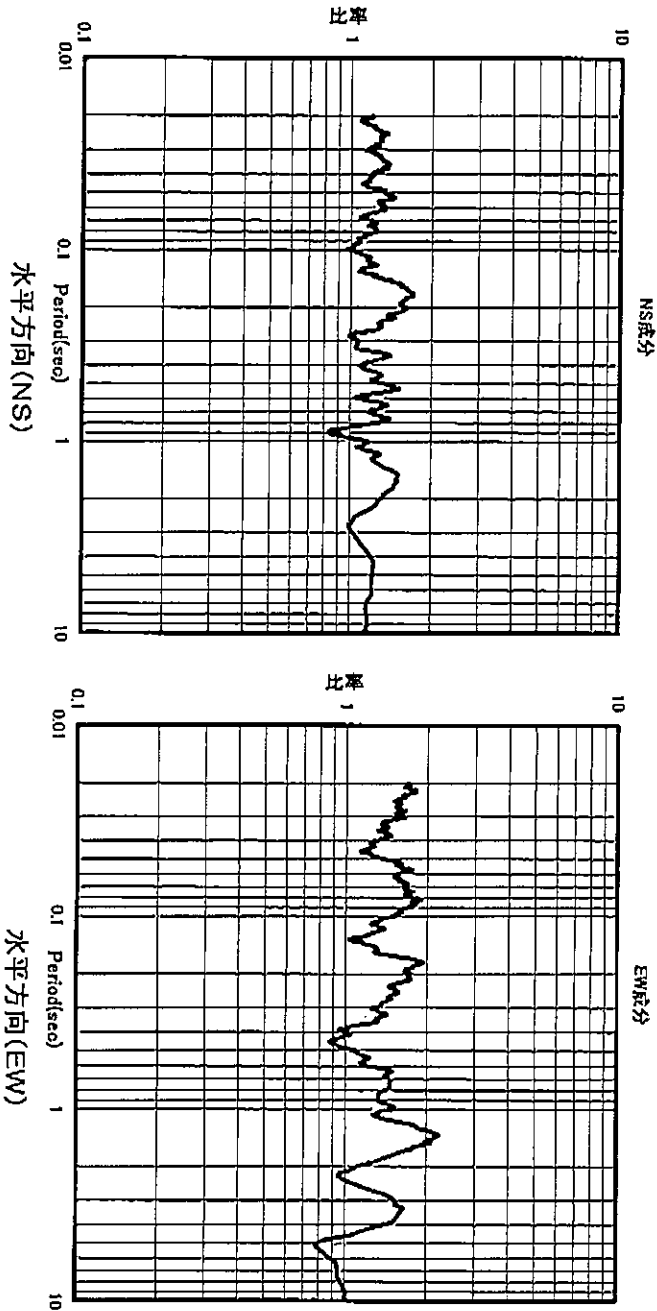
大飯Ss-12 FO-A~FO-B~熊川断層
短周期の地震動レベル1.25倍かつ破壊伝播速度 $V_r=0.87\beta$ ケース 破壊開始点4
別紙1-図表15



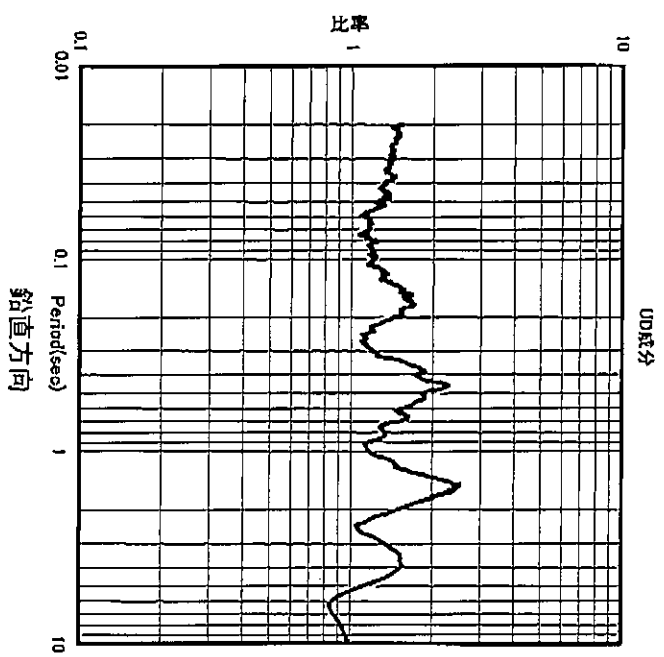
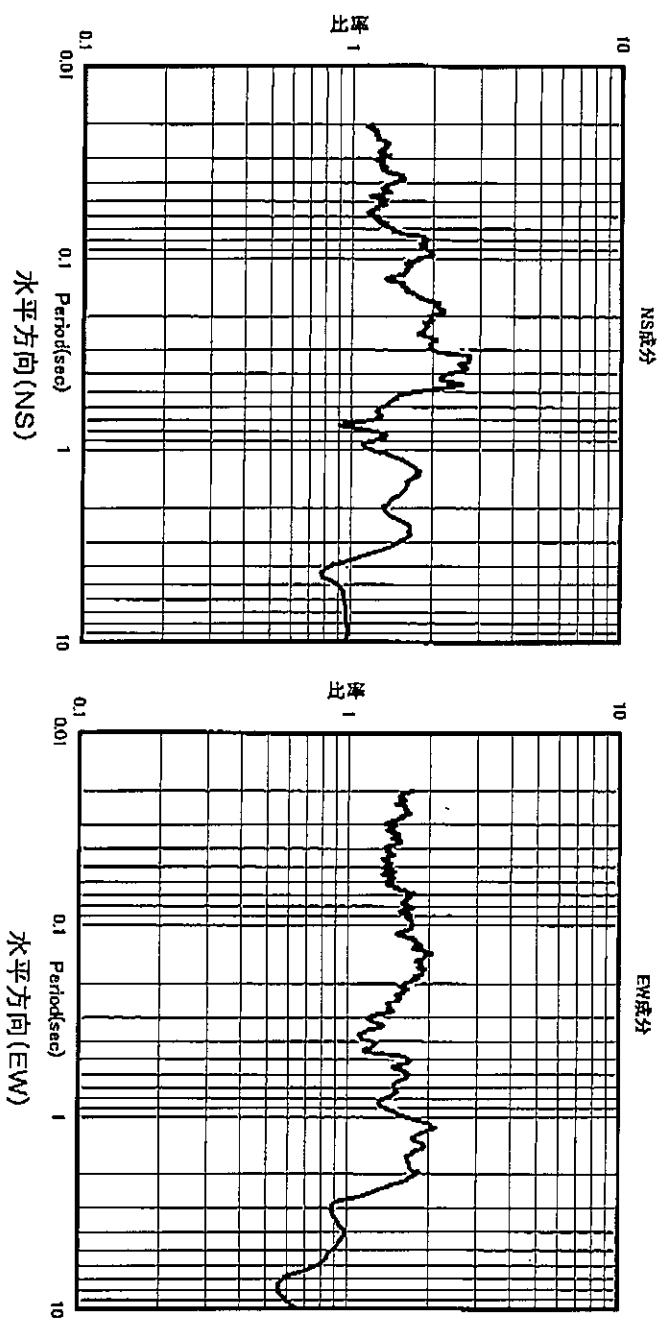
大飯Ss-13 FO-A~FO-B~熊川断層
短周期の地震動レベル1.25倍かつ破壊伝播速度 $V_r=0.87\beta$ ケース 破壊開始点5
別紙1-図表16



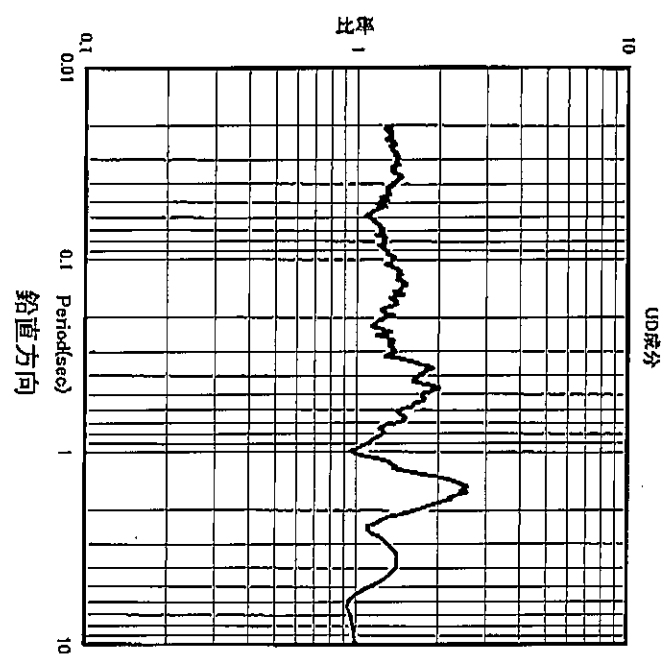
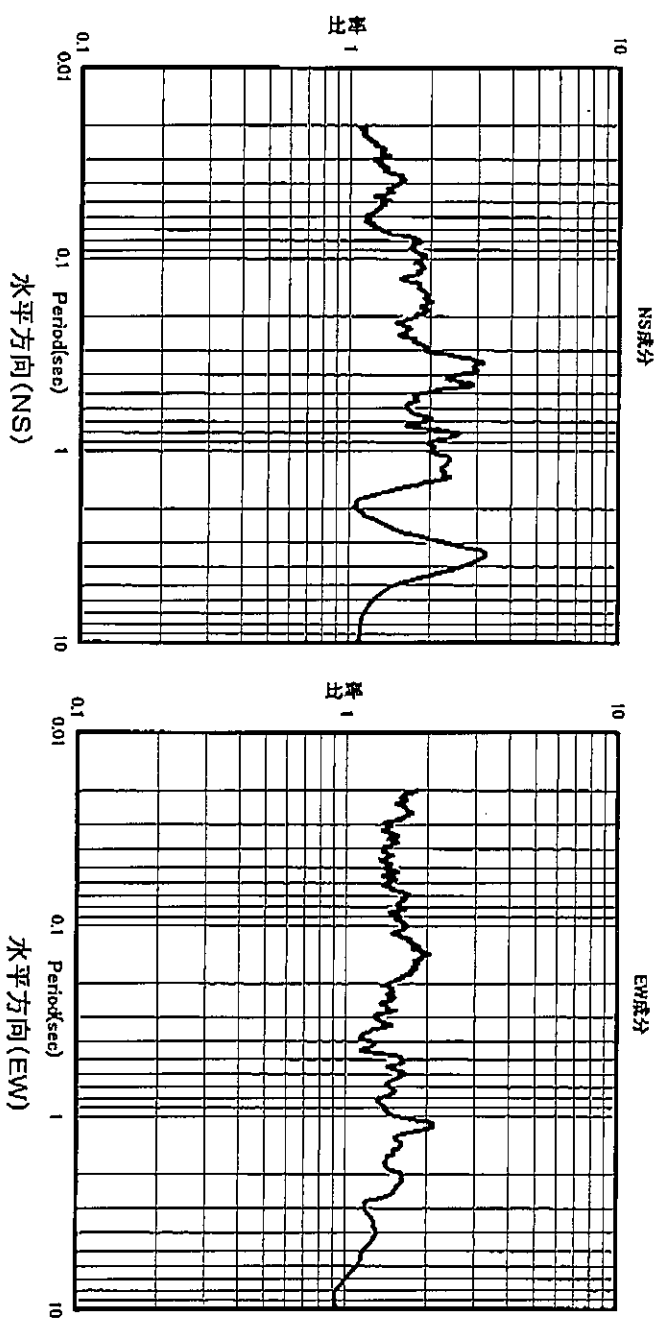
大飯Ss-14 FO-A~FO-B~熊川断層
短周期の地震動レベル1.25倍かつ破壊伝播速度 $V_r=0.87\beta$ ケース 破壊開始点6
別紙1-図表17



大飯Ss-15 FO-A~FO-B~熊川断層
短周期の地震動レベル1.25倍かつ破壊伝播速度 $V_r=0.87\beta$ ケース 破壊開始点7
別紙1-図表18



大飯Ss-16 FO-A~FO-B~熊川断層
短周期の地震動レベル1.25倍かつ破壊伝播速度 $V_r=0.87\beta$ ケース 破壊開始点8
別紙1-図表19



大飯Ss-17 FO-A~FO-B~熊川断層
別紙1-図表20
短周期の地震動レベル1.25倍かつ破壊伝播速度 $V_r=0.87\beta$ ケース 破壊開始点9

