

# 遂に政府機関も断層モデルのレシピを修正！

## 電力会社は断層モデルによる

## 地震規模と地震動の過小評価をやめよ！

### 通用しなくなった活断層の過小評価法

活断層は過去に起こった地震の痕跡を示すだけでなく、その活断層につながる地下深くの断層が将来ふたたび活動し、大きな地震動をもたらす危険性を教えてくれます。しかし、地下深くの断層は実際に動くまで、私たちには見えません。過去に何度も地震が起きて地震断層が現れ、それが長くつながったり、トビトビに連なったりしてできた活断層の帯や、地下深くで生じた断層運動の影響で地層が曲がりくねってできた褶曲(しゅうきょく)構造などから、将来動きうる「震源断層」を見積もるしかないのです。

電力会社はこれまで、活断層をプツリプツリと切り離し、できるだけ短く評価したり、褶曲構造の下に存在する断層をわざと無視したりして、原発周辺で将来起こりうる地震の規模を過小に評価してきました。これらの旧来の方法が現在では通用しなくなっています。

市民運動からの再三の指摘によって、短い活断層の下にはマグニチュード7クラスの地震を引き起こす長い震源断層が存在することを原子力安全・保安院は認めざるを得なくなっています。たとえ活断層を短く切ったとしても、今日ではマグニチュード6.8以上の地震規模を想定せざるを得なくなっています。電力会社はこれまで、「5km以内に隣接する活断層を一連の断層帯と評価する方法は地震調査研究推進本部(政府機関)のやり方にすぎず、詳細な調査を行う原発では必要ない」と豪語してきましたが、今日では一連の断層帯と評価せざるを得なくなっています。また、変動地形学の専門家らによる良心的な批判活動の結果、褶曲構造に潜む地下の震源断層の姿を無視できなくなっています。いわゆる原子力村で通用してきた「原発にのみ特殊な活断層評

価」はもはや通用しなくなったのです。

そこで出てきた新たな過小評価の方法が「断層モデルによる方法」なのです。一見、最もらしくみえ、複雑な理論や式を使うため、私たち一般市民には非常にわかりにくく、どこが間違っているのかよく分かりません。煙にまかれたようで、直感的に「それって、おかしいんじゃないの?」と思いながら、イラついているというのが本当のところではないでしょうか。

「若狭ネットのニュースも数式ばかりでとても読めない。誰がこんなモノを読めるというの?」と批難の声も聞こえてきます。それが原子力村の思うツボなのです。一般市民には「とてもついていけない。」と思わせ、姑息な過小評価法が見破られないように煙幕を張る。そのために断層モデルの小難しいテクニックが使われるのです。「難しい議論は専門家にお任せ下さい!」と。これまで「威風」を放ってきた原子力村の専門家たちは化けの皮をはがされ、「権威」を急速に失っています。ところが、彼らとは一風違った、一見中立的に見える新しい専門家たちが登場してきています。彼らが原子力村の御用学者に転落するのか、それとも科学者の良心に従って市民の立場に立つのかは今のところわかりません。しかし、市民の声に背を向けていては早晚、「居心地のいい場所」に永住し、歴史を繰り返すことになるでしょう。

沼地へ行きたいのなら勝手に行くがよい!

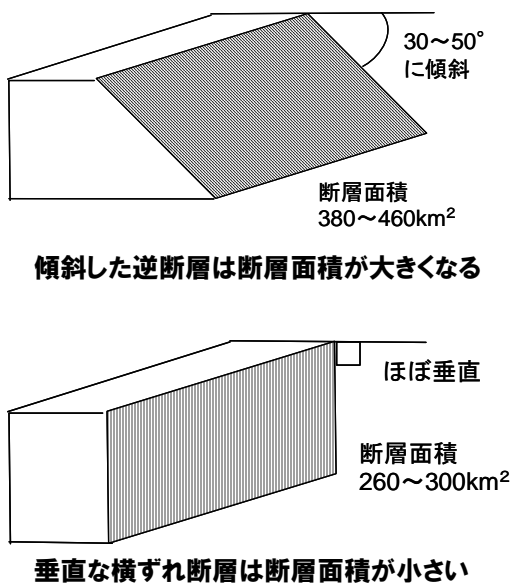
ここでは、若狭ネットのニュースで暴かれた断層モデルの問題点を、難解な数式を使わずに、できるだけ平易に解説したいと思います。

そして、電力会社が3月末までに提出した耐震安全性評価結果の中間報告のどこが問題かについて、最も重要な点に限って明らかにしたいと思います。また、4月に政府機関が改訂した断層モデルの新しいレシピについても紹介したいと思います。

**断層幅の短い日本の横ずれ断層では断層面積が小さいため、地震規模が小さく算定される**

断層モデルでは、マグニチュード6.8～8.7の地震の場合、地震規模(地震モーメントで評価される)は断層面積の2乗に比例して大きくなるとされています。この関係式は米国を中心とする地震のデータに基づいていますが、その地震の多くは、断層面の傾斜した逆断層が多く、同じ規模の地震でも断層面積が大きいのです。ところが、日本の場合、この規模の地震では断層面が垂直の横ずれ断層が多く、断層面積が小さくなります。たとえば、同じマグニチュード7の地震でも、米国の逆断層では面積が380～460km<sup>2</sup>と大きく、日本の横ずれ断層では260～300km<sup>2</sup>と面積が小さいのです。ですから、米国中心の地震データに基づいて断層面積と地震規模の関係を求めた式にそのまま日本の断層面積を代入すると地震の規模が小さく算定されてしまうのです。

この問題点は政府機関の地震調査研究推進本部(以下「推本」)も気付いていました。というのは、推本は、隣接する活断層帯の長さから震源断層の



**図1. マグニチュード7の地震をもたらす震源断層の違い(地震発生層下端深さは15～20km程度で大差はない。断層面積は、断層長さ約20km、日本の典型例から断層深さを13～15kmと想定して求めた)**

長さを推定し、それを松田式に代入して地震の規模を算定していました。その規模がマグニチュード7だとすると、断層モデルで断層面積から求めた地震規模はマグニチュード6.8程度にしかならなかったからです。だから、推本はこの4月に、活断層から求めた地震の規模に合わせて断層面積を修正する方法を断層モデルの新しいレシピとして追加したのです。

ところが、すべての電力会社がこの修正レシピを無視しています。電力会社が中間報告を提出したのは3月末までで、その直後の4月11日に推本が修正レシピを公表したとはいえ、このような修正作業が行われていることは知っていたはずですよ。知って知らぬふりを決め込んでいたのでしょうか。修正レシピによれば、従来通り、断層の長さから松田式で地震規模を算定し、それを使って断層面積をやや大きく調整します。そのため、地震規模はマグニチュードで0.2～0.3程度大きくなります。地震のエネルギーで言えば2～3倍になります。この影響はすべての原発に及びますから重大だといえます。

ここに「レシピ」とは、料理番組で「おいしい料理の調理法」を指すのと同じ意味です。「与えられた震源断層に対して断層モデルを作り、地震動を評価するための方法」をレシピと言います。今は未完成ですが、「このレシピに従って断層モデルをつくと、誰でも同じように地震動を評価できる」というものをめざしているのです。ここで大事なことは、この断層モデルのレシピは決して完成されたものではないということです。まだまだ、地震の観測データが不足しており、とくに、直下地震のデータがほとんどありません。鳥取県西部地震、能登半島地震、新潟県中越地震など地震が起きるたびに新しい知見を探しだし、断層モデルのレシピに修正を重ねていく以外にないのです。ちょうど新しい素材を得るたびに新しい調理法を考え出さざるを得ないように。とくに、中国の四川大地震のように、100km以上の長い活断層で起きる巨大地震の場合には断層モデルのレシピは未完成です。これを前提として、地震動を過小評価しないように気を付けることが最も大切なことなのです。その謙虚さが電力会社の姿勢には微塵も感じられません。

## 断層モデルによる地震動の過小評価(その2)

### 四国電力は断層モデルによって過小評価された地震規模さえ改ざんし、小さくしている

四国電力は断層モデルから求められるマグニチュードをさらに0.2だけ小さく算定しています。これは地震による放出エネルギーをさらに半分小さく見積もることになります。たとえば、伊方原発の敷地前面海域の断層群(約42km)は断層モデルでマグニチュード7.3と評価されていますが、四国電力はこれをマグニチュード7.1と評価しています。従来通り、断層長さ42kmから松田式でマグニチュードを求めるとマグニチュード7.5になりますから、四国電力はこれをマグニチュード7.1とし、地震エネルギーで4分の1に過小評価していることになります。

四国電力は伊方原発近くの中央構造線断層帯を構成する伊方セグメント(33km)や川上セグメント(51km)でも同じような手口で次のようにマグニチュードを過小評価しています。地震エネルギーでは4~6分の1に小さく見積もっていることになります。

#### 松田式→断層モデル→四国電力

敷地前面海域の断層群	M7.5	→	M7.3	→	M7.1
伊方セグメント	M7.4	→	M7.1	→	M6.9
川上セグメント	M7.7	→	M7.4	→	M7.2

このマグニチュードの値は断層モデルで地震動を算定する際には使われませんが、「耐専スペクトル」と呼ばれる建屋・機器・配管の応答スペクトル(地震動によってどの程度の破壊力が加わるかを表す図)を求める際に使われます。このマグニチュードが小さいほど地震による破壊力は小さく評価されることになります。したがって、四国電力は考慮すべき断層による地震動を従来の方法よりかなり小さく評価していることになるのです。

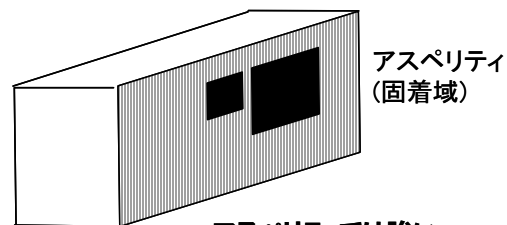
他方、中国電力や北陸電力などは、断層長さから求めたマグニチュードで耐専スペクトルを求めています。本来はこうすべきです。ところが、関西電力、日本原電、日本原子力研究開発機構などは断層モデルによって過小算定されたマグニチュードを使い、四国電力はさらに一層過小評価されたマグニチ

ュードを使っています。これらの事実は断層モデルによるマグニチュードの値を実際に式に当てはめて計算してみないと分かりません。簡単な計算ですが、安全審査にたずさわる偉い「専門家」も、自分でチェックせず、出された数値を鵜呑みにしていると思われま。それをいいことに、黙って数値だけ公表し、どのように過小評価したのかは黙っているのです。実に巧妙な手口ではありませんか。

## 断層モデルによる地震動の過小評価(その3)

### マグニチュード7前後の地震では断層モデルの選び方によって地震動の評価に大差が出る

地震規模がマグニチュード6.8未満では震源断層はほぼ正方形または円形モデルで近似できるよう。ところが、震源断層の中でも「アスペリティ」と呼ばれる固着域のモデル化は単純ではありません。この部分は地震前に大きな歪みを貯めているため、断層がずれたときに一挙に大きくずれ動き、強いビブリ振動を発生します。この強いビブリ振動は原発が最も苦手とする地震波であり、ビブリ振動が強すぎると原発の重要な機器や配管が破壊されてしまいます。このアスペリティ部分での強いビブリ振動を評価する方法には、「短周期レベル」と呼ばれるビブリ振動の大きさに対応する値を使って求める方法(「短周期レベルによる方法」と呼ぶ)とアスペリティの総面積を断層面積の22%に固定する方法(「アスペリティ総面積固定法」と呼ぶ)の2種類があります。



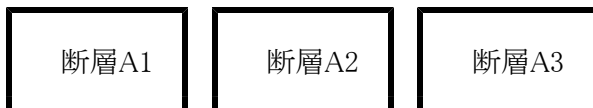
アスペリティ  
(固着域)

アスペリティでは強い  
ビブリ振動が発生する

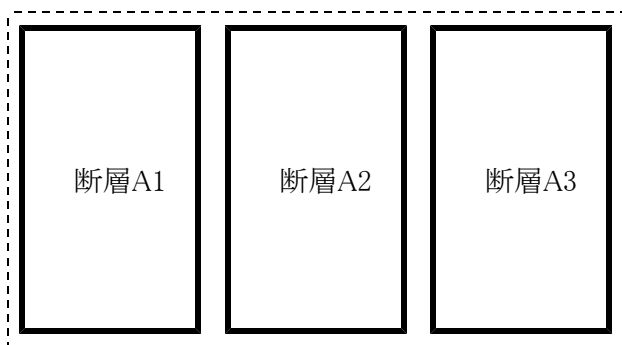
ビブリ振動評価法	M7.2未満	M7.2以上
短周期レベルによる方法	評価大	評価小
アスペリティ総面積を断層面積の22%にする方法	評価小	評価大

## 短い断層モデルを単純にたし合わせて 長い断層の地震動を過小評価している

ところが、これら2種類の方法は性質が異なり、地震規模がマグニチュード7.2未満(S波速度3.5km/sと仮定)ではアスペリティ総面積固定法のほうがビビリ振動の評価値が小さく、逆に、地震規模がマグニチュード7.2を超えると短周期レベルによる方法のほうがビビリ振動の評価値が小さくなります。電力会社によっては、この性質の違いをうまく利用して、ビビリ振動の評価値が小さくなる方法を意図的に用いたりしています。たとえば、2004～5年の頃の中国電力がそうでしたし、関西電力の場合も野坂断層とB断層が一体となって活動する野坂断層帯の評価を短周期レベルによる方法で過小評価していると思われる(詳しい断層パラメータの値は公表されていません)。



(a) 断層A1、A2、A3がそれぞれ違う時期に、別々に動く場合の地震規模(断層面積が同じと仮定している)



(b) 3つの断層が一体になって活動すると、地震規模(地震モーメント)は断層面積の2乗に比例するため、全体の地震規模は1つの断層による地震規模の9倍! それぞれの断層では、3倍の地震規模になる!



(c) 四国電力は3つの断層の地震規模を単純にたし、「各断層では地震規模は変わらない」と過小評価

図2. 断層面積が同じ3つの断層が一体となって動く場合の地震規模の評価

四国電力はさらにあくどい地震動の過小評価をしています。「石鎚山脈北縁西部～伊予灘区間(約130km)」の中央構造線断層帯を評価する際に、それを構成する3つの断層による地震動を個別に求め、それらを単純にたし合わせています。これは断層モデルのルールに反するやり方です。

断層モデルでは、複数の断層が一体となって活動する場合、マグニチュード6.8～8.7の範囲では、地震規模は断層面積の2乗に比例して大きくなります。断層面積が同じ3つの断層なら図2(a)のように断層面積が3倍になりますので、図2(b)のようにその2乗で9倍の地震規模(地震モーメント)になります。つまり、個々の断層による地震規模は、3つの断層が一体になって活動する場合には、それぞれ3倍になるのです。

ところが、四国電力はこのような扱いをせず、図2(c)のように「3つの断層が一体になって活動しても、それぞれの地震規模は変わらない」と仮定しているのです。このようなトリックで、一体となって活動する中央構造線断層帯の地震規模を3分の1に過小評価しているのです。

ただし、一体となって動く中央構造線断層帯の長さが130kmではなく、360kmにまで長くなり、地震の規模がマグニチュード8.7程度にまで大きくなると、話は別です。図3のように、図2(b)と同じ長大な3つの断層帯A、B、Cが一体となって動くとするれば、全体の地震規模は断層帯A、B、Cの地震規模を単純にたし合わせたものに近づくと言われていています。この場合も、断層帯A、B、Cのそれぞれでは、図2(b)のように地震規模が断層面積の2乗に比例して大きくなります。それ以上の規模になると断層帯A、B、Cの地震規模を単純にたし合わせた形になるだけです。

四国電力は130kmの中央構造線断層帯の評価を360kmの長大な中央構造線断層帯の評価と同じように扱うというトリックを使っているのです。



### 長大な断層帯A、B、Cの3つが一体となって動く場合

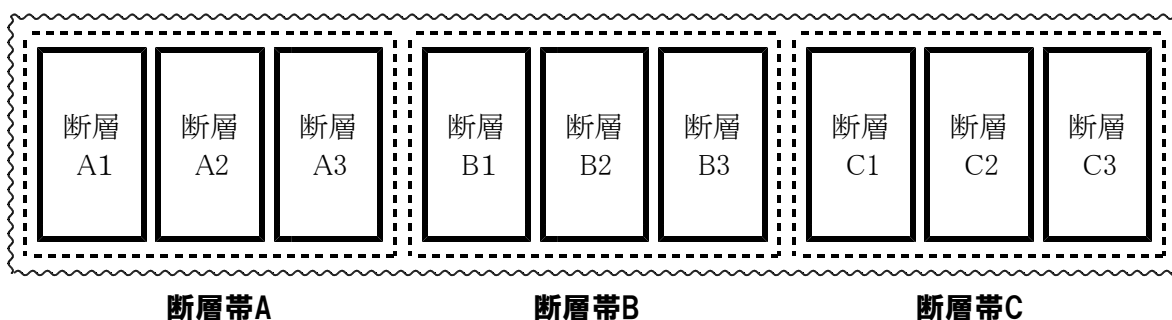


図3. 100~130kmもの長大な断層帯A、B、Cの3つが一体となって活動する場合の地震規模(地震モーメント)は、断層帯A、B、Cの地震規模をたし合わせたものに近くなると言われている。しかし、各断層帯の中での地震規模は断層面積の2乗に比例して地震規模が大きくなる

#### 断層モデルによる地震動の過小評価(その5)

#### 推本のレシピ修正モデルを適用し、断層モデルに関する最新の知見を反映すべきである

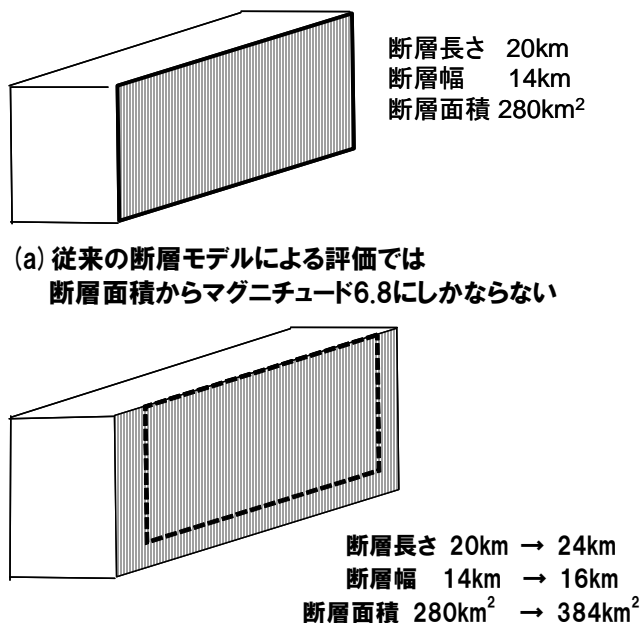
文部科学大臣を長とする地震調査研究推進本部(推本)は、日本の活断層による地震では、断層モデルによるマグニチュードが活断層の評価から算出したマグニチュードより小さくなるという問題点に悩んでいました。2005年3月に福岡県西方沖の地震が起きたことから、推本は、この地震データの分析に基づき、その震源断層の南東延長部にある警固(けご)断層の評価を行い、その中でレシピ修正モデルを適用しています。そのレシピが今年4月11日に公表されたのです。

レシピ修正モデルでは、断層長さからマグニチュードを求め、マグニチュードから断層モデルの式で断層面積を求め、これにできるだけ合うよう、断層長さを5kmまで、断層幅を2kmまで大きくすることを認めています。たとえば、図4(a)のように長さ20kmの活断層があった場合、松田式からマグニチュード7.0の地震が将来起こると推定されます。これに対応する断層面積は382km<sup>2</sup>ですが、断層幅が14kmだと断層面積は280km<sup>2</sup>にしかありません。そこで、図4(b)のように断層幅を16kmまで広げ、長さを24kmまで広げると384km<sup>2</sup>になりますので、切りのよい値として長さを24kmに設定するのです。このように、震源断層としては280km<sup>2</sup>の断層面積ですが、マグニチュードを7.0とし、断層モデルで地震動を解析するための震源断層モデルでは384km<sup>2</sup>に大きくするのです。

このような方法によると、地震規模は過小評価されず、断層モデルによる評価にも近づきます。これでよいかどうかは今後の地震データにつきあわせて見る以外にありませんが、少なくともこれまでのように地震規模が過小評価されることはなくなります。

電力会社は少なくとも、この新しいレシピ修正モデルを適用すべきです。

また、レシピによる方法をそのまま使うと、鳥取県西部地震や新潟県中越沖地震では地震動を再現できませんので、レシピがいろいろと修正されています。



(a) 従来の断層モデルによる評価では断層面積からマグニチュード6.8にしかならない

(b) レシピ修正モデルでは、断層長さ20kmからマグニチュード7.0とし、断層面積を修正する

図4. レシピ修正モデルでは断層長さからマグニチュードを求め、それに対応する断層面積を求め、断層モデルの長さを+5km、幅を+2kmまで長くするのを認める

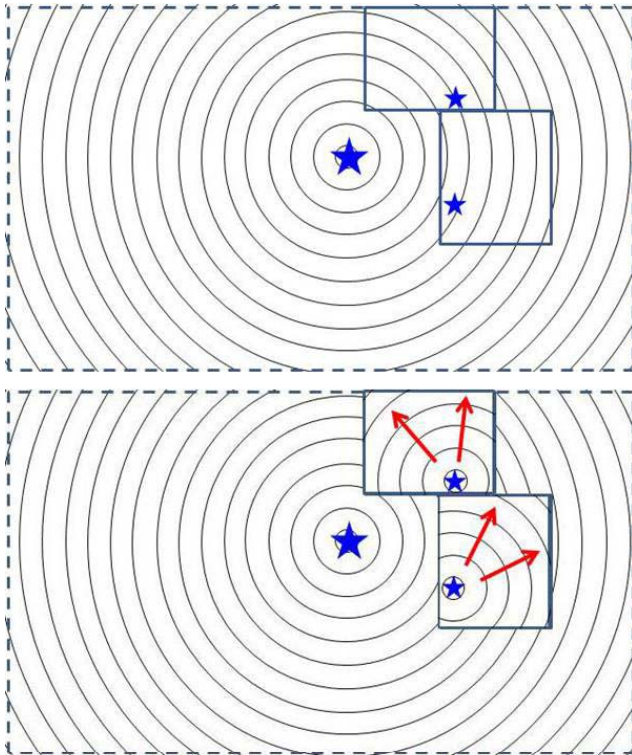


図5. 上図はレシピの同心円状破壊伝播、  
下図はマルチハイポセンター破壊

す。たとえば、地震動を過小評価しないためには、アスペリティ内のライズタイムを小さくし、図5のようにアスペリティ毎に破壊開始点を置いてそこから同心円状に広がるようにするなど、さまざまな工夫が必要です。地震動のディレクティビティ効果やフォーカシング効果などが起こりやすいようにアスペリティの大きさや配置を工夫する必要があります。このような工夫をしなければ、地震動は小さな値に留まるでしょう。それでは耐震安全性を安全側に評価したことはありません。原発にとって最も不利な形で地震が起こることを想定しないと安全性の確認にはならないのです。

#### 断層モデルによる地震動の過小評価(その6)

### 新潟県中越沖地震による柏崎刈羽原発敷地内解放基盤表面はざとり波で基準地震動を見直すべきである

電力各社は耐震安全性の中間報告で、表1のように各原発サイトでの基準地震動Ssをこれまでの限界地震動S2から一斉に引き上げました。これは従来の活断層調査で見逃し、短く区切り、活動時期を古く

表1. 中間報告での基準地震動Ss(ガル)

原発名	最大加速度	活断層・地震名
泊	550 (370)	※
女川	580 (375)	想定宮城県沖地震
東通	450 (375)	※
福島第1	600 (370)	敷地下方の地震
福島第2	600 (370)	敷地下方の地震
浜岡	800 (600)	想定東海地震など
志賀	600 (490)	笹波沖断層
美浜	600 (405)	C断層
高浜	550 (370)	Fo-A断層
大飯	600 (405)	Fo-A断層
島根	600 (456)	宍道断層
伊方	570 (473)	中央構造線断層帯
玄海	500 (370)	※
川内	540 (372)	※
敦賀	650 (532)	浦底一内池見断層等
東海第2	600 (380)	※
もんじゅ	600 (466)	C断層
六ヶ所再処理	450 (375)	出戸西方断層

注1:解放基盤表面での最大加速度(ガル)で、括弧内は従来の限界地震動S2の値

注2:※は「震源を特定せず策定する地震動」が最大であることを示す

評価していた活断層を見直さざるをえなかったためです。したがって、電力各社は過去の過小評価をまず自己批判すべきところですが、「当時の知見では適切だった」と居直っています。

たとえば、関西電力の美浜原発では、すぐそばにC断層という海域断層があるのですが、これまで全く評価してこなかった断層です。そのため基準地震動Ssはこれまでの限界地震動S2の約1.5倍になったのです。この基準地震動Ssの応答スペクトルは図6および7のように描かれています。

ところが、柏崎刈羽原発で5月22日に公表された解放基盤表面でののはざとり波(上部地層の影響を補正した地震波)の最大加速度は1699ガル(柏崎刈羽1号)という非常に大きなものでした。表1の浜岡原発の800ガルの倍以上という大きさです。その応答スペクトルは図8~12のように極めて大きなものでした。図8では周期0.05~0.3秒では2000ガルを遙かに超え、0.15秒付近で4000ガルにもなっています。美浜原発の図6では0.09~0.3秒で1700ガル未満、0.15秒で2000ガルちょうどです。柏崎刈羽原発のはざとり波を美浜原発に適用すれば耐震安全性は保証さ



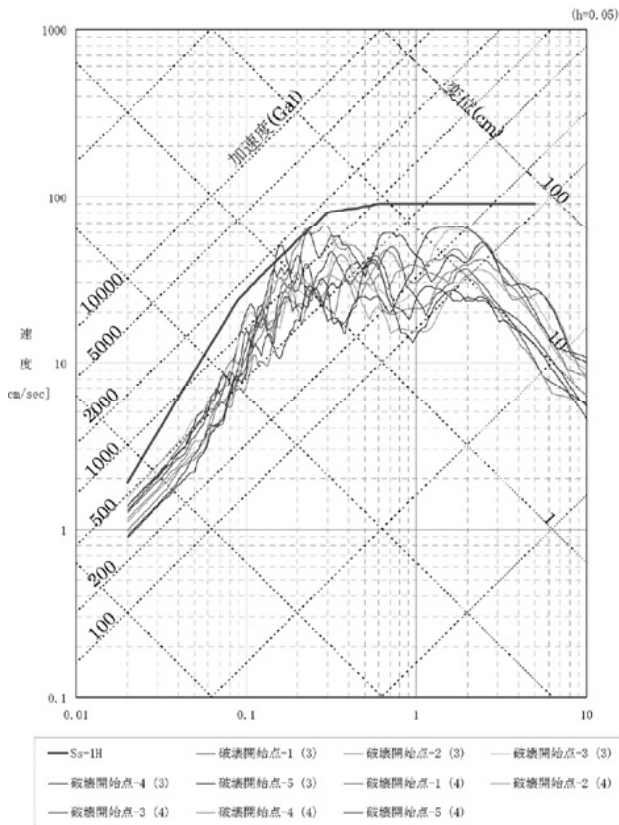


図6. 関西電力による美浜原発基準地震動Ss (EW)

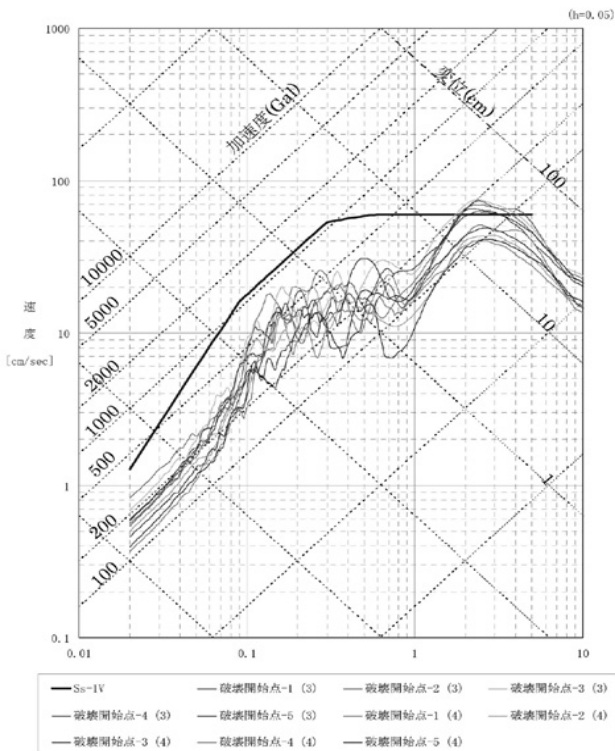


図7. 関西電力による美浜原発基準地震動Ss (UD)

れないでしょう。全国の原発で、このはぎとり波による耐震性評価をやり直させる必要があります。

しかも、東電による5月22日の報告によれば、柏崎刈羽原発1号と5号の解放基盤表面相当位置での

地震計は上書きされて地震波の記録が残されていませんでしたが、メンテナンス用のペンレコーダ記録が図16および17のように残っていました。ところが、はぎとり波で再現されたペンレコーダ記録は、柏崎刈羽1号の図16では最も強い地震動が襲った時間帯(35~36秒)にペンレコーダが振り切れています。再現波はこれを再現できていません。柏崎刈羽5号の図17でも再現波は29~30秒および33秒付近の強い地震波を再現できていません。したがって、はぎとり波はもっと大きい可能性すらあるのです。

新潟県中越沖地震の震源断層は地震が起こる前にわかっていただけではありません。あの位置に震源断層があり、あの規模の地震が起こり、原発敷地内の解放基盤表面にこれほどの激しい地震動をもたらすとは、事前に予測できなかったはずですが、したがって、このはぎとり波を「震源を特定せず策定する地震動」として全原発に適用すべきです。

また、新しい耐震設計審査指針では、断層モデルによる地震動評価の他に「耐専スペクトルによる評価」も行うことになっています。ところが、この耐専スペクトルは図14および15のように、地層補正した場合には柏崎刈羽1-4号で約6分の1、柏崎刈羽5-7号で約3分の1に過小評価することになります。

この過小評価ははぎとり波だけではありません。耐専スペクトルでは、100km程度までの中距離の地震動でも過小評価されることが明らかになっています。図13がその解析結果です。図13では地震観測記録による応答スペクトルと耐専スペクトルの比をとり、どの程度ずれるかを解析しています。耐専スペクトルでは等価震源距離という震源距離を用いますが、図13(a)のように、200kmまでの地震観測データを全部平均化すればほぼ一致するように見えます。ところが、100kmまでのデータだけをみると、図13(b)のように周期が0.3秒以下では観測データのほうが大きくなっています。この傾向は周期が小さくなるほど大きくなり、近距離ほど耐専スペクトルが地震動を過小評価することは一目瞭然です。つまり、耐専スペクトルによって基準地震動を策定すると、地震動を過小評価することは明白です。

電力会社は全面的に評価をやり直すべきです。

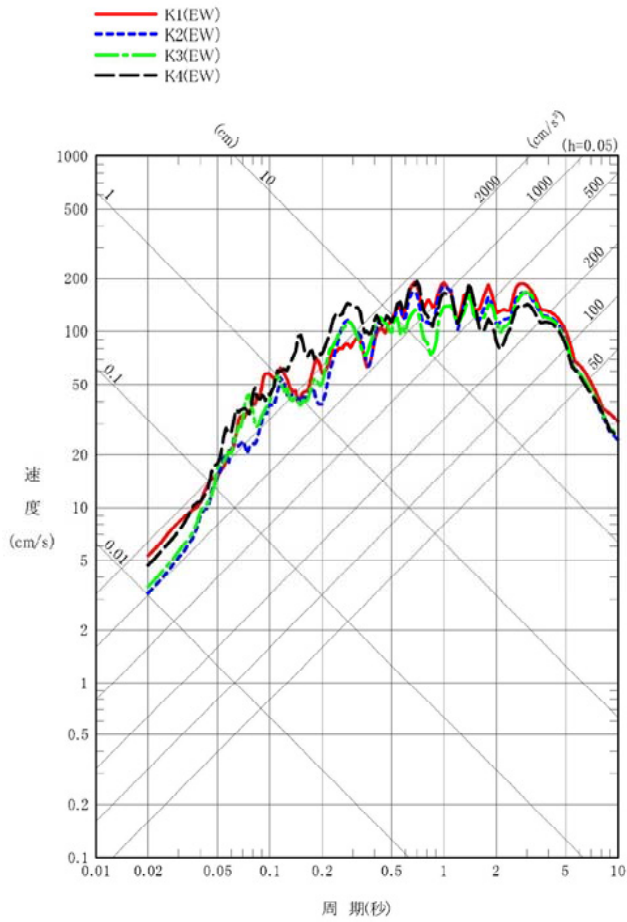


図8. 解放基盤表面はぎとり波：柏崎刈羽1-4号(EW)

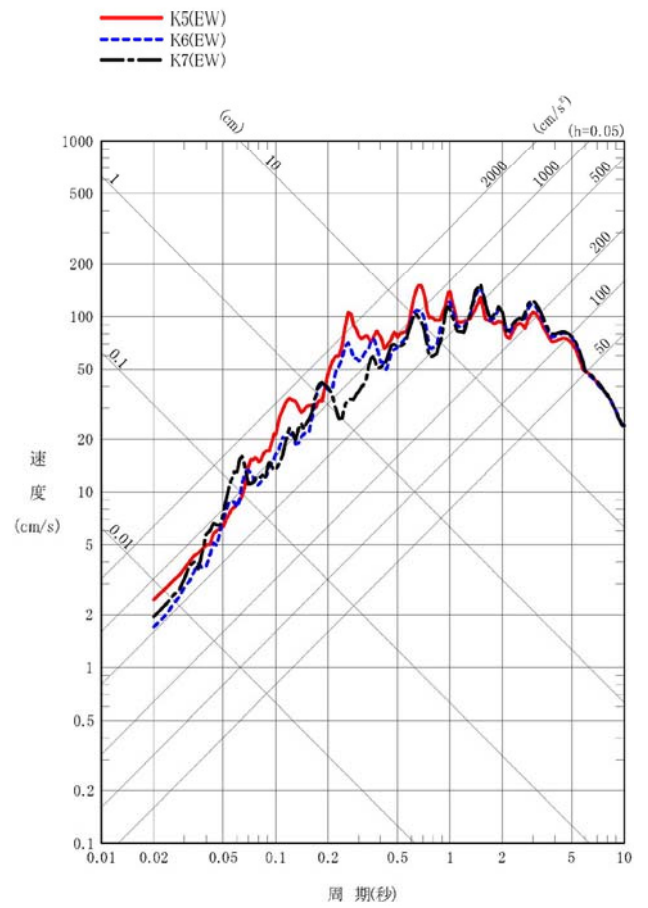


図10. 解放基盤表面はぎとり波：柏崎刈羽5-7号(EW)

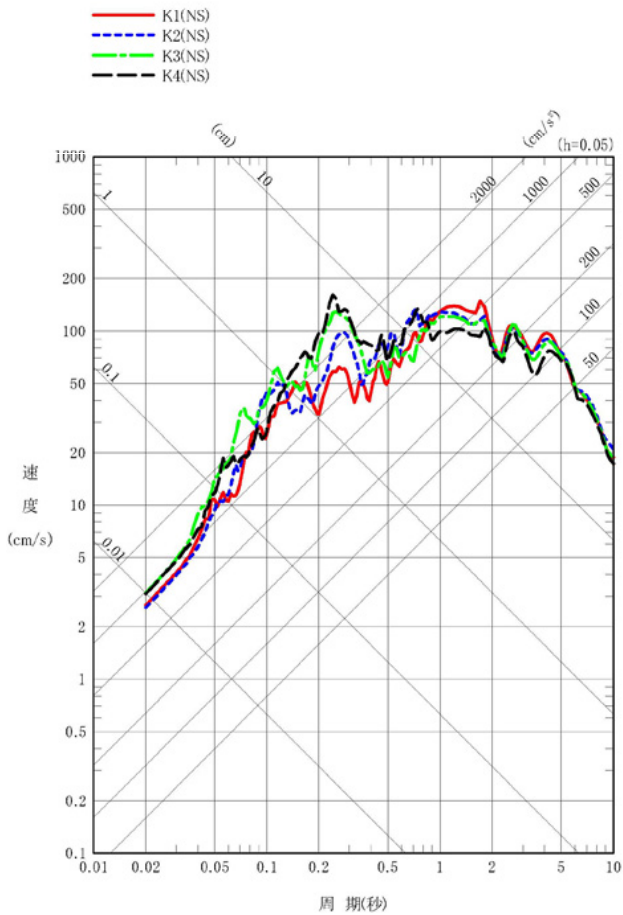


図9. 解放基盤表面はぎとり波：柏崎刈羽1-4号(NS)

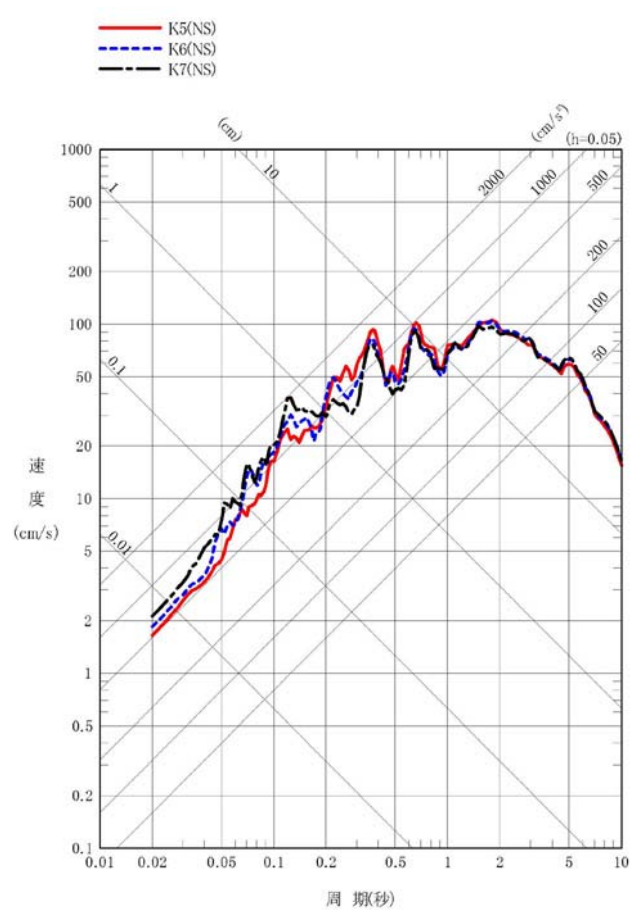


図11. 解放基盤表面はぎとり波：柏崎刈羽5-7号(NS)



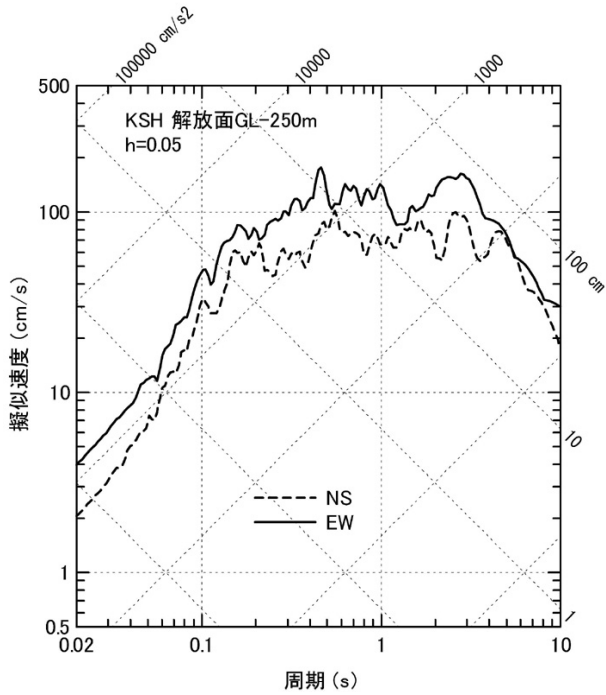


図12. 解放基盤表面はざとり波：敷地内サービスホール

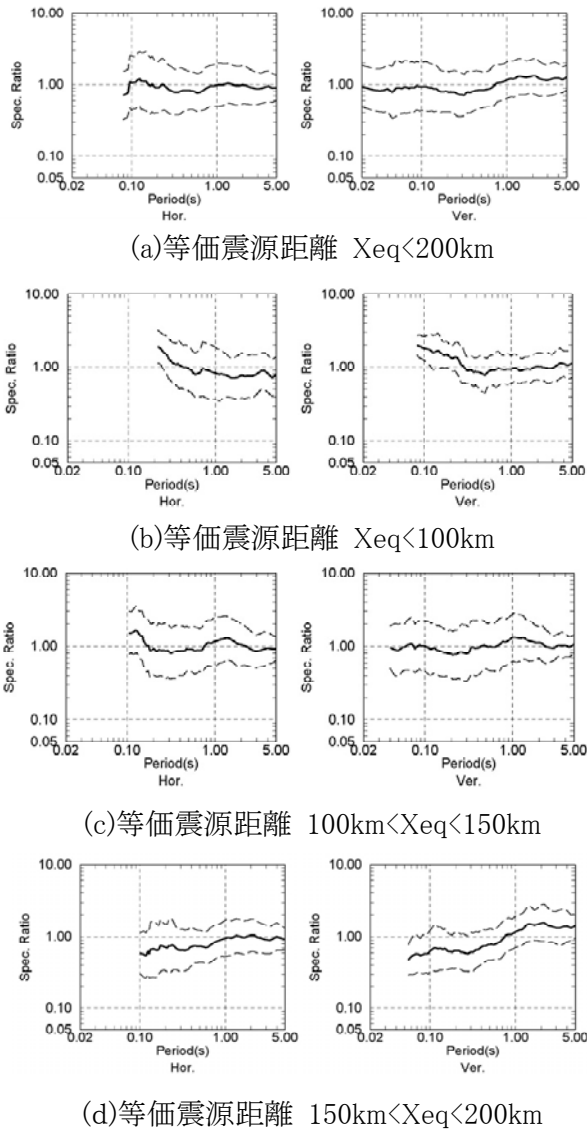


図13. 地震観測スペクトルと耐専スペクトルの比 (左:水平、右:上下、実線は平均、破線は±標準偏差)

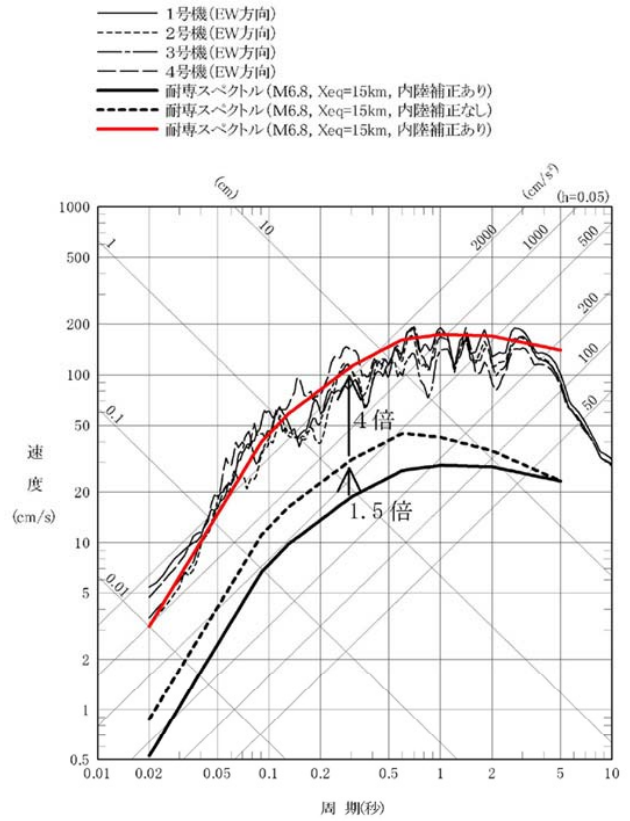


図14. 解放基盤表面はざとり波：柏崎刈羽1-4号 (EW)と耐専スペクトルの重ね書き

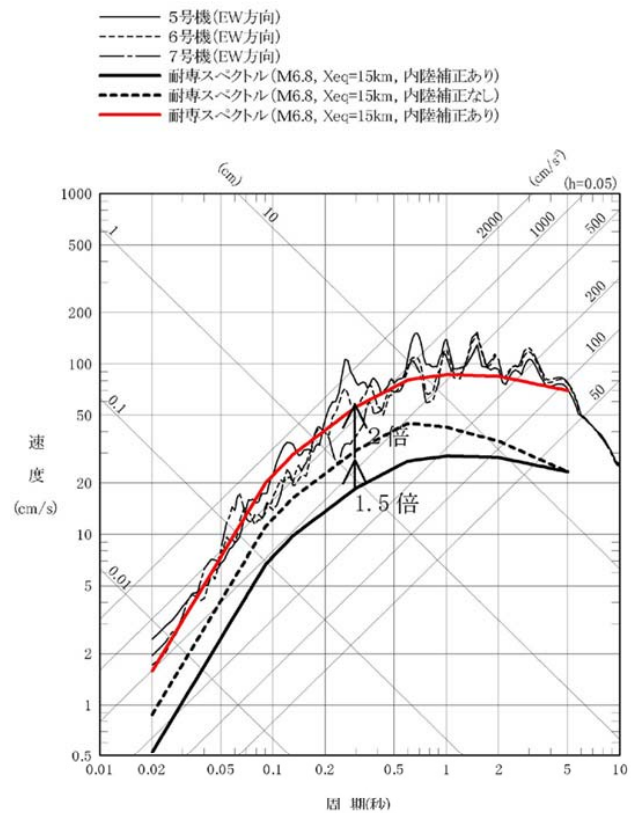
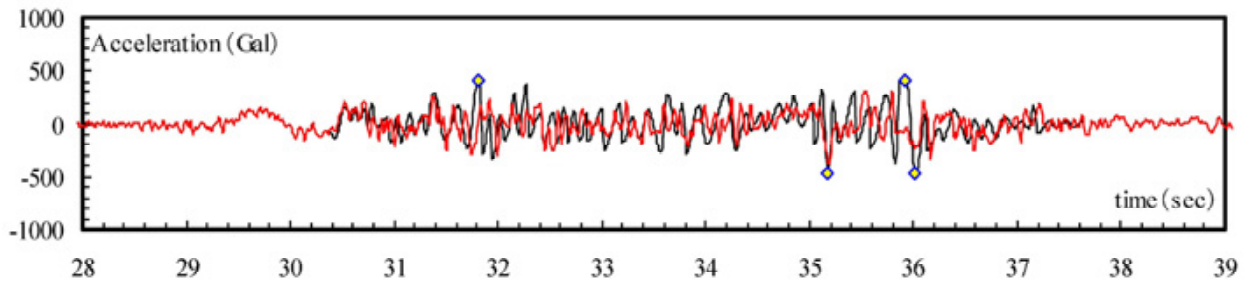
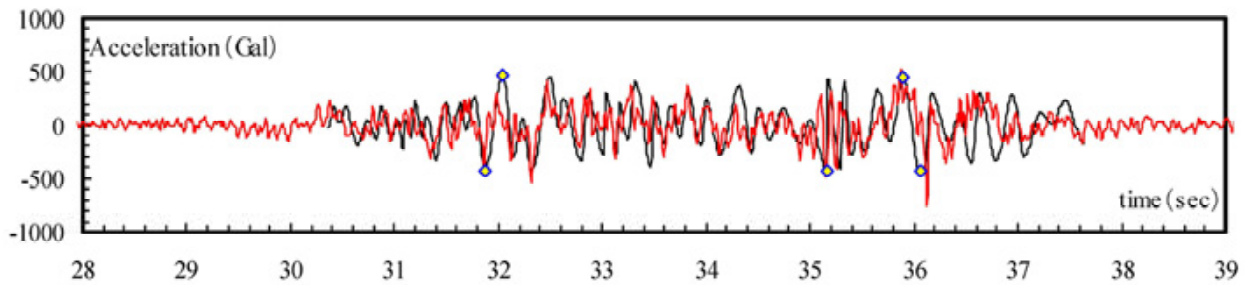


図15. 解放基盤表面はざとり波：柏崎刈羽5-7号 (EW)と耐専スペクトルの重ね書き



(c) G10 (T. M. S. L -250m) NS 成分

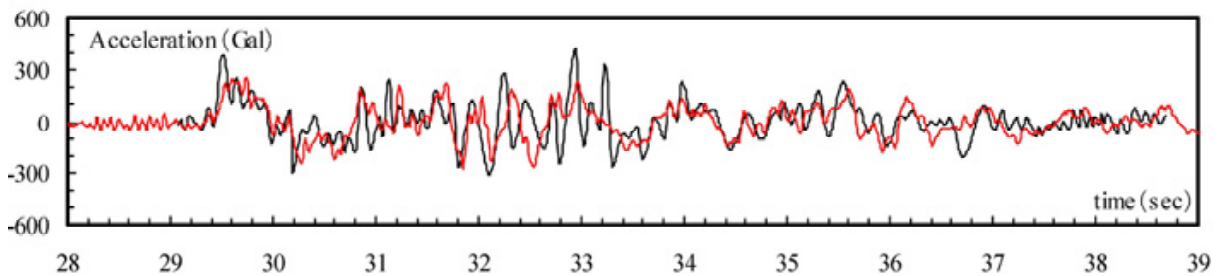


(d) G10 (T. M. S. L -250m) EW 成分

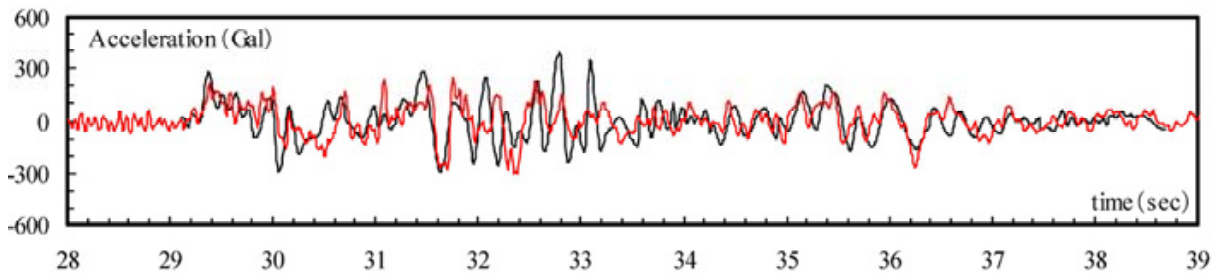
注) ペンレコーダ記録の極性は新設地震計と同一となるように補正

図16. 柏崎刈羽1号ペンレコーダ記録との比較 (T.M.S.L-250km:解放基盤表面位置): 図中の○はペンレコーダ波形が振り切れた箇所を指す。35~36秒の箇所が一番大きな地震波形だが、振り切れを考慮すると、東電のように「比較的よく対応している」とは言えない。

— ペンレコーダ記録  
— 解析



(a) G52 (T. M. S. L -24m) NS 成分



(b) G53 (T. M. S. L -100m) NS 成分

図17. 柏崎刈羽5号ペンレコーダ記録との比較(下図:G53(T.M.S.L-100km)はS波速度660m/sでほぼ解放基盤表面位置、上図:G52(T.M.S.L-24km)はS波速度5000m/s): 5号のペンレコーダは振り切れてはいないが、その波形にも29~30秒や33秒付近で「比較的よく対応している」とは言えない。