

平成 23 年 8 月 30 日、独立行政法人日本原子力研究開発機構は経済産業省原子力安全・保安院に、平成 23 年 3 月 11 日に発生した平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震（以下、「本震」という。）による東海研究開発センター核燃料サイクル工学研究所（以下、「サイクル研」という。）再処理施設における地震観測データ及び津波調査結果並びに東海再処理施設の健全性に係る概略調査の結果及び今後行う詳細な点検・評価の計画について報告した。これに対し、同日、経済産業省原子力安全・保安院から地震応答解析の前提となる地震観測データの詳細な検証結果ほかの報告が求められた（平成 23・08・30 原院第 1 号、平成 23 年 8 月 30 日付け）。本報告書は、同指示に対し地震応答解析の前提となる地震観測データの詳細な検証結果を報告するものである。

なお、データ検証の過程で、8 月 30 日に報告した地震観測データの一部に測定方向の誤りを確認した（添付資料参照）。これを踏まえ、すべての地震計について測定方向の確認を行い、測定方向が正しいことを再確認した。本検証においては、あらかじめ当該測定方向を訂正した上で検証を行った。

検証にあたっては、まず、各地震計の装置としての健全性を確認するため「地震計の点検」及び「地震後の設置状況の確認」を行った上で、各地震計で得られた地震観測データについて以下の観点より検証を実施した。

- ・敷地周辺の地盤系地震計と敷地内の地盤系地震計で得られた地震観測データの比較
- ・敷地内の地盤系地震計鉛直アレーで得られた地震観測データの比較
- ・敷地内の建家系地震計鉛直アレーで得られた地震観測データの比較

これらの比較を行い、スペクトル形状及び振幅の整合性を確認した。

※地震計鉛直アレー：鉛直（深さ及び高さ）方向に複数の地震計を設置した地震観測システム

## 1. 観測用地震計及び地震観測データ

### 1.1 観測用地震計の配置

再処理施設では、分離精製工場（以下、「MP」という。）及びユーティリティ施設（以下、「UC」という。）の地盤系 2 箇所、MP、UC 及び高放射性廃液貯蔵場（以下、「HAW」という。）の建家系 3 箇所に地震計を設置している。地盤系及び建家系地震計の設置位置を図 1 に、建家系地震計のうち HAW 建家系地震計の平面及び断面配置を図 2 に例示する。

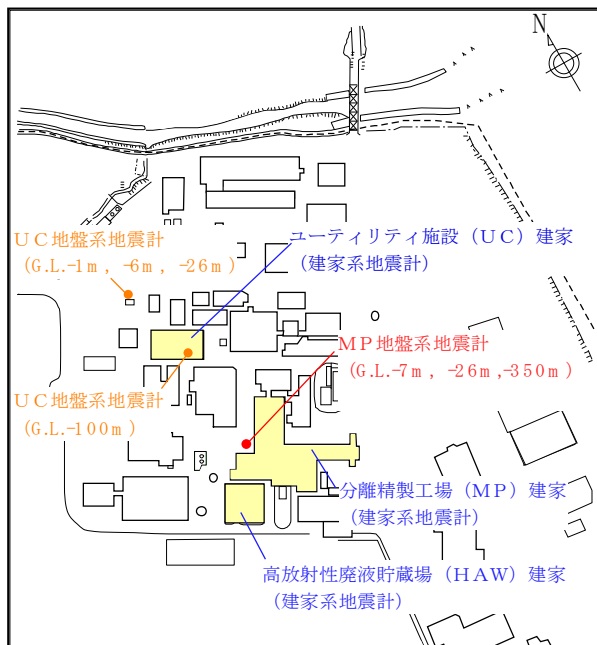


図 1. 地震計の設置位置

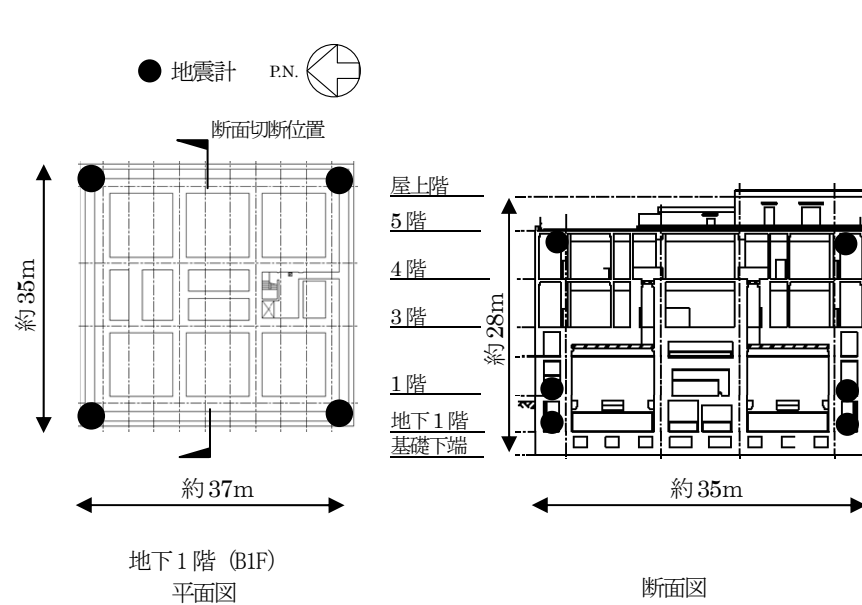


図 2. HAW 建家系地震計の平面及び断面配置

### 1.2 地震観測データ（加速度時刻歴波形）

観測された本震の地震観測データのうち、地盤系及び建家系の加速度時刻歴波形を図 3～図 7 に例示する。

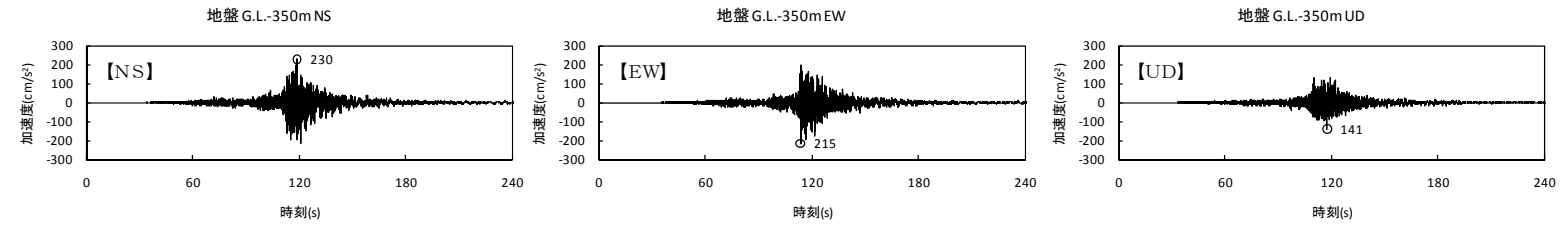


図 3. MP 地盤系地震計 加速度時刻歴波形（G. L. -350m）

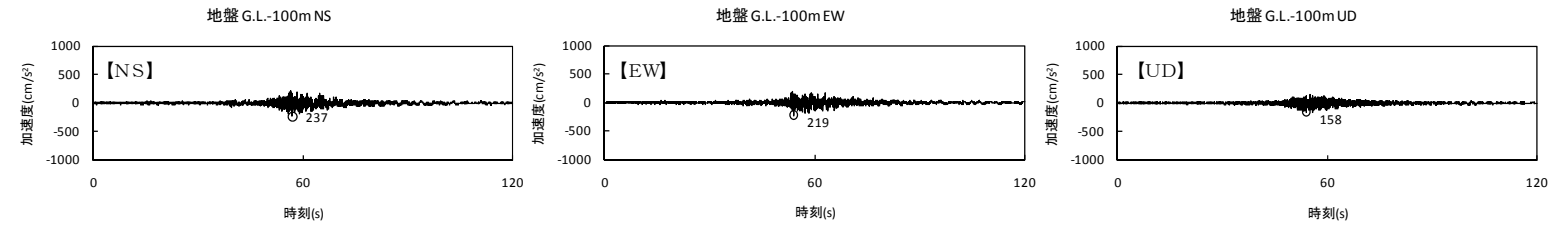


図 4. UC 地盤系地震計 加速度時刻歴波形（G. L. -100m）

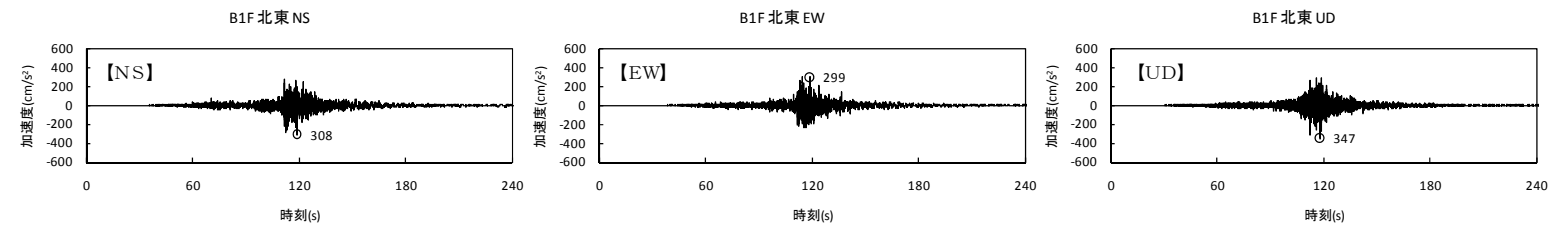


図 5. HAW 建家系地震計 加速度時刻歴波形（北東）

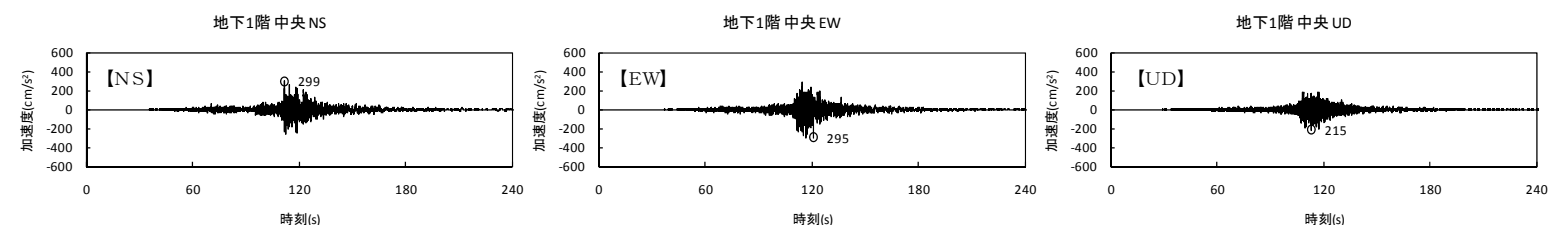


図 6. MP 建家系地震計 加速度時刻歴波形（中央）

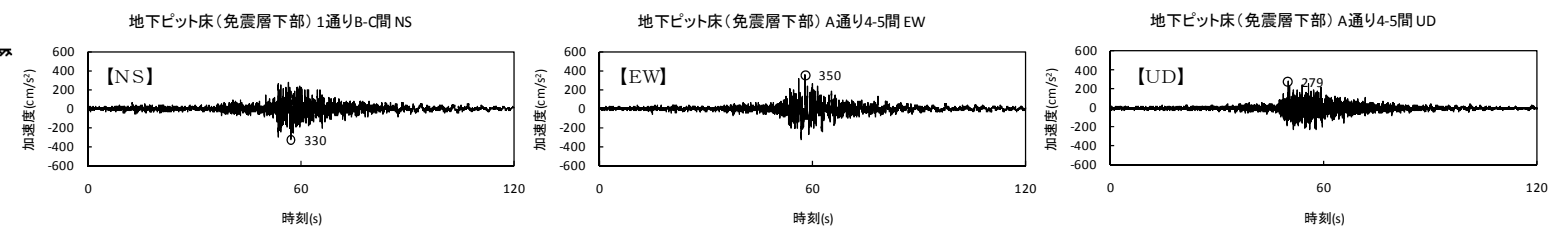


図 7. UC 建家系地震計 加速度時刻歴波形（地下ピット床(免震層下部)）

## 2. 敷地周辺の地盤系地震計と敷地内の地盤系地震計で得られた地震観測データの比較

震源からの伝搬特性の相対的な比較を行うため、敷地周辺（半径約30km内）における独立行政法人防災科学技術研究所のK-NET・KiK-netと敷地内で観測された地盤系地震計の地震観測データを整理した。図8に地盤系（深部及び浅部（地表））の速度応答スペクトルを示す。スペクトルの形状は、深部及び浅部（地表）とも周期帯によって地盤構造等の影響により多少の差異はあるものの、全体的な形状はK-NET・KiK-netとサイクル研の地震観測データは同様の傾向を示している。振幅（速度）レベルは浅部（地表）では、K-NET・KiK-netの地震観測データと同程度であり、深部地盤では、地盤のせん断波速度の違い（サイクル研：せん断波速度  $V_s=700$  m/s、KiK-net  $V_s=1700\sim 3200$  m/s）により、サイクル研が全体的に大きくなっているが、この違いによる増幅を踏まえれば概ね整合した傾向を示しており、当該地震計は本震の地震動を適切に観測したと考えられる。

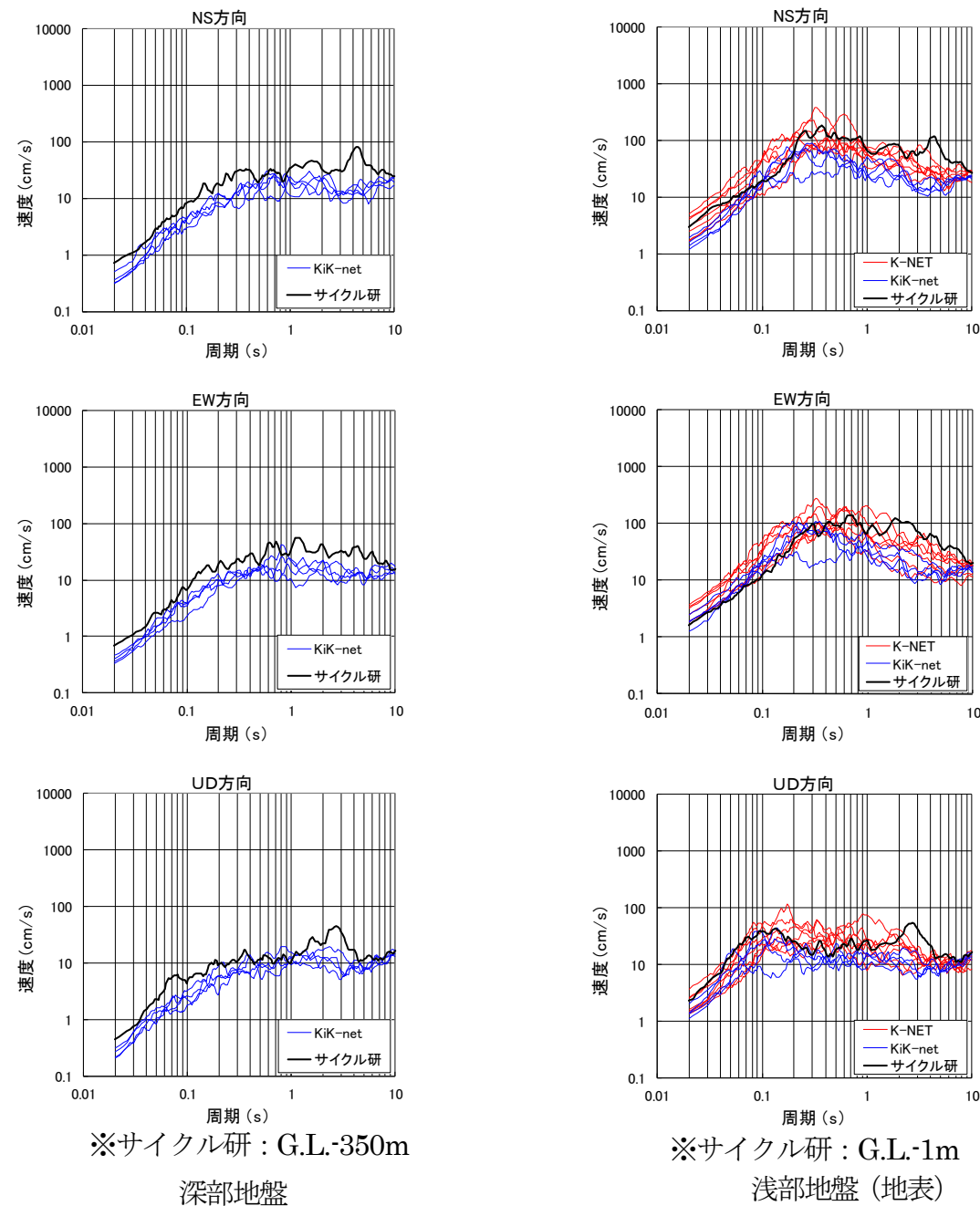


図8. 敷地周辺及び敷地内の地盤系地震計 速度応答スペクトル ( $h=0.05$ )

※比較に用いたK-NET・KiK-net地震観測データは、独立行政法人防災科学技術研究所のデータを利用させていただいた。

## 3. 敷地内の地盤系地震計鉛直アレーで得られた地震観測データの比較

MP地盤系地震計 G.L.-7m 以深及びUC地盤系地震計 G.L.-6m 以深の地盤系地震計については硬い砂質泥岩（せん断波速度  $V_s=500\sim 700$  m/s 程度）に、UC地盤系地震計（G.L.-1m）については地表の軟弱な埋土（せん断波速度  $V_s=100\sim 200$  m/s 程度）に設置している。これらのMP地盤系及びUC地盤系地震計の地震観測データについて、鉛直アレーの速度応答スペクトルの重ね描きを図9に示す。

G.L.-6m 以深の地盤系地震計のスペクトルの形状は、各深さでは概ね同様の傾向を示している。また、振幅（速度）レベルについても各深さでは概ね同様の傾向を示し、各深さの地震観測データは整合性を有することから、本震の地震動を適切に観測したと考えられる。

長周期成分を用いて地盤系地震計の方位補正を行うために設置しているUC地盤系地震計（G.L.-1m）についても、周期約1秒以上の長周期は、スペクトル形状・振幅ともG.L.-6m 以深と同様の傾向であり、長周期成分を用いた地盤系地震計の地震観測データの方位補正には活用可能である。一方、周期1秒以下の短周期においてG.L.-6m 以深と比べてG.L.-1mの速度応答スペクトルが大きい傾向が見られるため、以下にその要因と影響について示す。

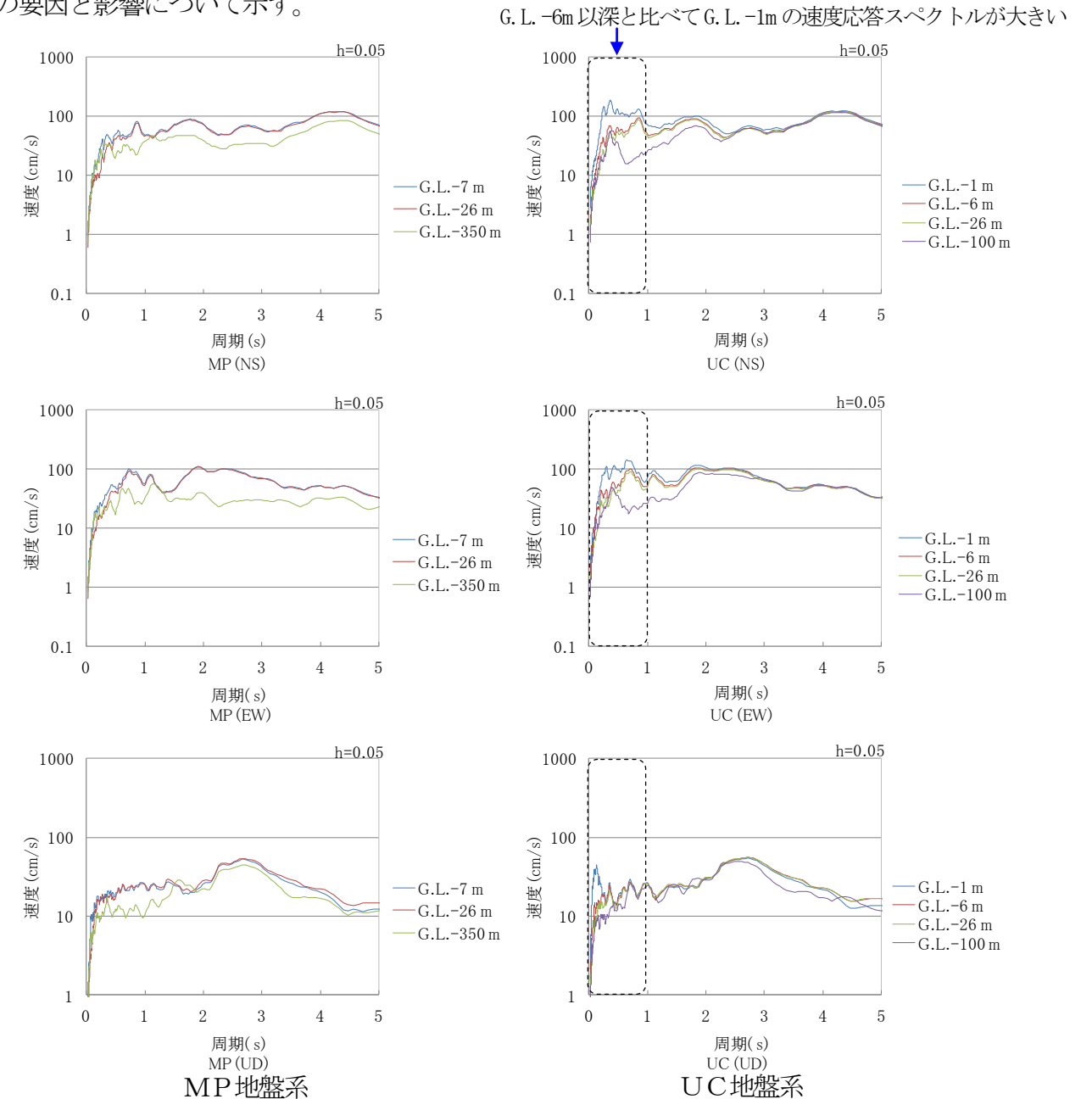


図9. 地盤系地震計鉛直アレー 速度応答スペクトル ( $h=0.05$ )

図10にUC地盤系地震計(G.L. -1m)の加速度時刻歴波形、表1にUC地盤系地震計の各深さの最大加速度値を示す。UC地盤系では、最大加速度値がG.L. -6mからG.L. -1mの間で大きく増幅し、NS方向で最大900 cm/s<sup>2</sup>となっている。この要因としては、以下のことが挙げられる。

- ・地表の軟弱な埋土による地盤増幅の影響
  - ・周辺の構造物の振動及びその周囲の軟弱な埋土の局所的な地盤陥没による振動の影響
- (図11、写真1参照)

なお、UC建家等の施設の健全性評価対象建家は砂質泥岩で支持しており、図12に示すとおり、建家への入力動は建家基礎下端位置の地震動であり、地表の地震動は建家への入力動とならないため建家耐震性には影響を及ぼさず、建家地震応答解析には直接用いることもなく影響はない。

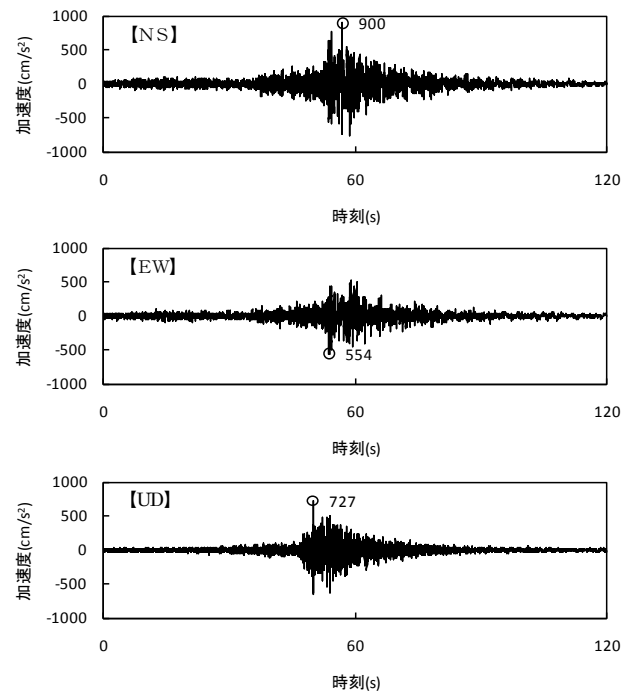


図10. UC地盤系地震計(G.L. -1m) 加速度時刻歴波形

表1. UC地盤系地震計の最大加速度値

設置レベル		最大加速度値(cm/s <sup>2</sup> )		
		NS	EW	UD
UC地盤系	G.L. -1m	900	554	727
	G.L. -6m	351	425	277
	G.L. -26m	312	242	187
	G.L. -100m	237	219	158

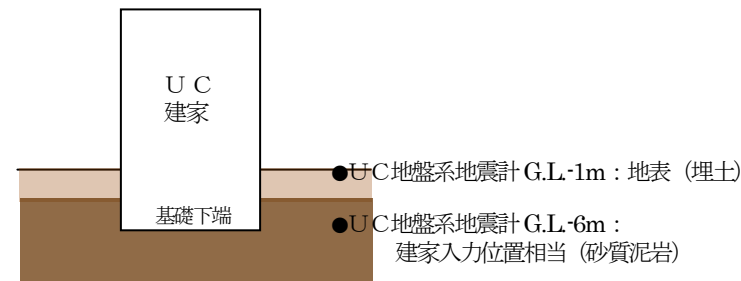


図12. 地震計設置位置と建家入力概念

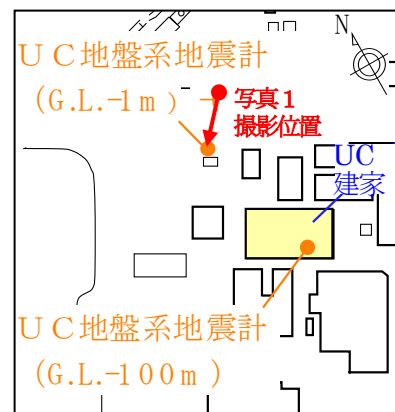


図11. 地震計の設置位置 (図1拡大、一部追記)

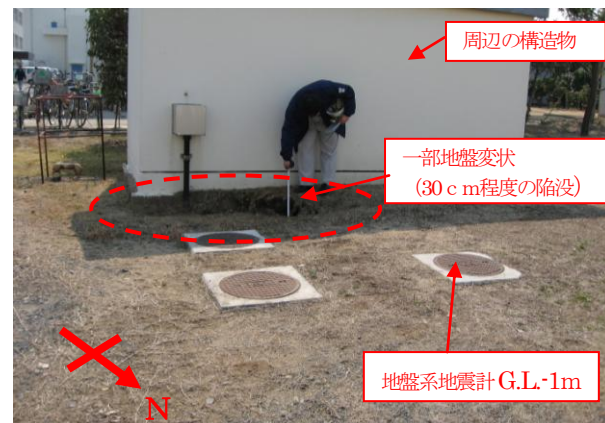


写真1. UC地盤系地震計(G.L. -1m)の設置状況(本震後)

#### 4. 敷地内の建家系地震計鉛直アレーで得られた地震観測データの比較

図13に建家系地震観測データの数値応答スペクトルの一例を示す。建家、平面同一位置の鉛直方向に設置した地震計の地震観測データの数値応答スペクトルを重ね描いたものである。剛構造建家(MP、HAW)では、周期約1秒以下の短周期ではスペクトル形状・振幅は異なるものの長周期では同一である。一方、免震構造建家(UC)では、主要な周期帯である約4秒付近の長周期では上階が増幅しており、建家が有する振動特性から見て整合した傾向を示している。

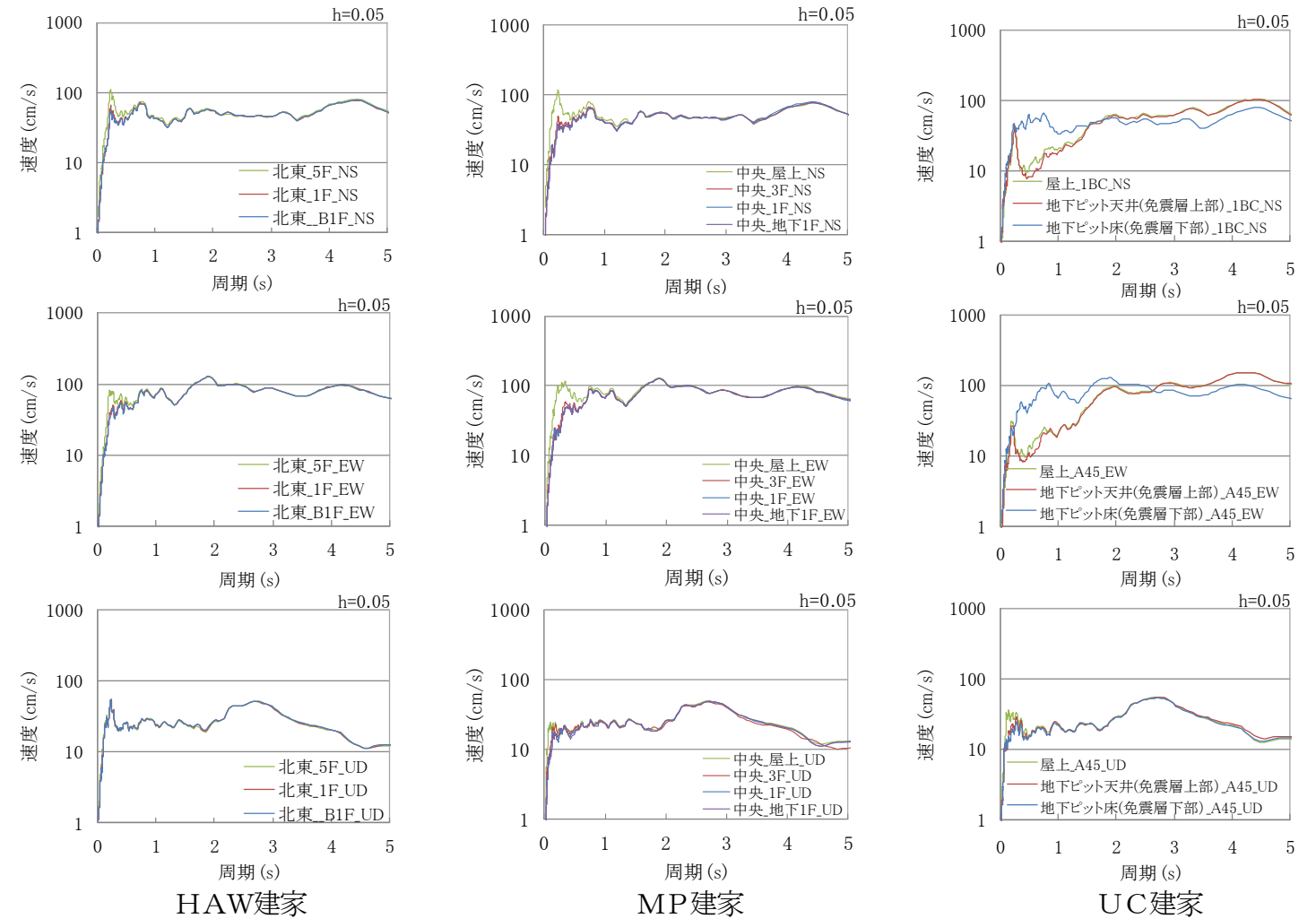


図13. 建家系地震計 速度応答スペクトル (h=0.05)

#### 5. まとめ

サイクル研敷地内の地盤系地震計で得られた地震観測データについて、敷地周辺の地盤系地震計(K-NET・KiK-net)の地震観測データとの比較を行い、スペクトル形状、振幅が整合性を有することを確認した。また、G.L. -6m以深の地盤系地震計鉛直アレーで得られた地震観測データの比較を行い、各深さのスペクトル形状、振幅が整合性を有することを確認した。これより、地盤系地震計の地震観測データが今後地盤応答解析等に活用できることを確認した。なお、UC地盤系地震計(G.L. -1m)については、短周期成分は地震計設置位置の局所的な影響が含まれると考えられるものの、長周期成分は地盤系地震計の地震観測データの方位補正に活用できることを確認した。

建家系地震計については、建家系地震計鉛直アレーで得られた地震観測データの比較を行い、スペクトル形状、振幅が整合性を有することを確認し、今後の建家応答解析等に活用できることを確認した。

今後、これら整理・検証した地震観測データを用いて地盤応答解析や建家応答解析等を行い、施設の健全性評価を行っていく。

## 核燃料サイクル工学研究所再処理施設における 東北地方太平洋沖地震時に取得した地震観測データの一部修正について

### 1. 概要

地震観測データの検証を実施している過程で、分離精製工場に設置した地震計のうち1台に測定方向の誤りを確認したことから、平成23年8月30日付け「核燃料サイクル工学研究所再処理施設における東北地方太平洋沖地震時に取得した地震観測記録及び津波の調査結果並びに今後の対応について」(23原機(再)014)に記載した地震観測データのうち当該地震計での地震観測データについて修正を行う(別添参照)。

なお、この報告においては、地震観測データに基づく建家及び機器の影響評価結果についても報告しているが、当該地震計の地震観測データは用いていないことから影響はない。

### 2. 地震計の測定方向の誤りの原因及び対策について

当該地震計を設置した際に、本来南北方向に設置するべきところを、誤って東西方向に設置したものであり、発端は設置工事の受注者の設置ミスであるが、発生を防止できなかったのは機構側の工事管理が不適切であったことが原因である。

再発防止策として、購買に係る社内規程を改訂するとともに、当該規程に基づき購買管理を確実に実施するよう周知することとした。

なお、当該地震計については、測定方向を当初計画の南北方向に変更し、他の地震計については、現場確認により測定方向に誤りがないことを確認した。また、工程に設置している計器類については、再処理施設に関する設計及び工事の方法の認可申請書に従って設置しているが、念のため、設置場所、測定項目及び測定値に誤りがないことを確認した。

以上

8月30日付けで報告した地震観測データの修正内容(1/2)

添付資料 1-2 東海再処理施設における平成 23 年(2011 年)東北地方太平洋沖地震時に取得された地震観測記録【分離精製工場】

<1-17 頁>

表 1.4-2 MP 建家地震観測点の加速度波形データに基づく最大加速度値

観測点			最大加速度値 (cm/s <sup>2</sup> )		
			NS	EW	UD
MP 建家	屋上階	中央	770	763	529
		北	—	1045	550
		南	—	941	803
		西	—	941	543
	4 階	東	670	—	363
	3 階	中央	337	318	246
		北	—	514	348
		南	—	342	345
		東	438	—	292
		西	522	—	403
	1 階	中央	292	277	208
		北	—	358	240
		南	—	309	224
		東	347	—	269
		西	366	—	319
	地下 1 階	中央	299	295	215
		北	—	344	209
		南	—	286	207
		東	273	—	227
		西	349	—	268

<1-19> 頁

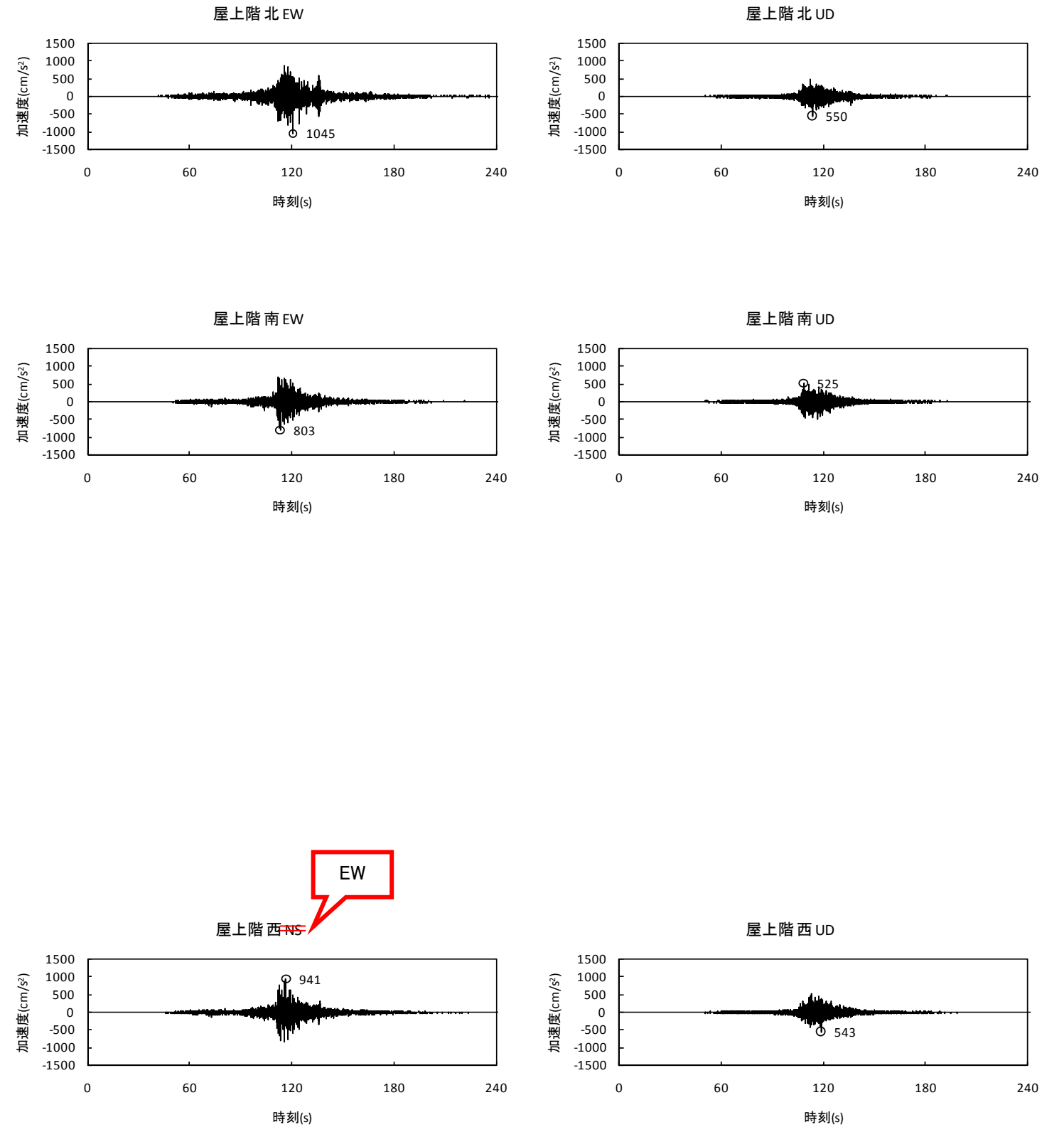


図 1.4-4(2) MP 建家屋上階 (西-南) 加速度時刻歴波形 [平成 23 年(2011 年)東北地方太平洋沖地震]

8月30日付けで報告した地震観測データの修正内容(2/2)

添付資料-3 東海再処理施設における東北地方太平洋沖地震後の設備健全性に係る点検・評価の実施について

<1-28 頁>

<5 頁>

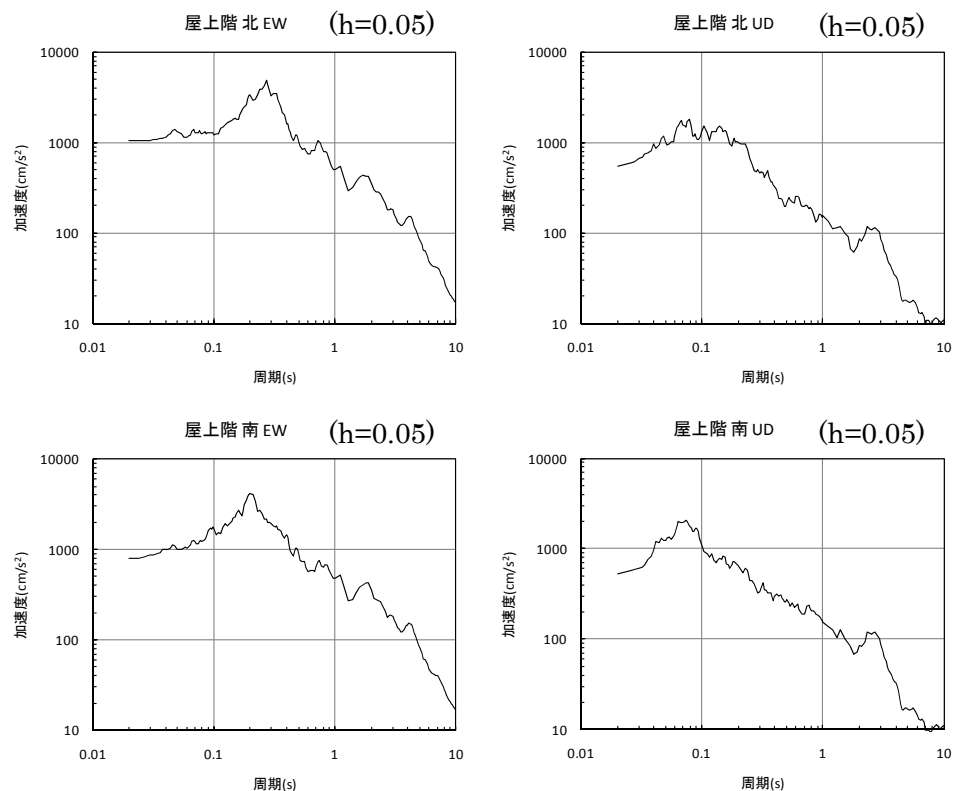


表2 建家の最大加速度 (□: 設工認の最大加速度値を上回る箇所、青字: 基準地震動 Ss の最大加速度値を上回る箇所)

観測位置	地震観測データ※1 最大加速度値(cm/s <sup>2</sup> )			設工認※3の最大加速 度値(cm/s <sup>2</sup> )		基準地震動Ssから求められる 最大加速度値※5 (cm/s <sup>2</sup> )		
	南北方向	東西方向	上下方向	南北方向	東西方向	南北方向	東西方向	上下方向
分離精製 工場	屋上階	941	1045	550	369	424	1020	497
	3階	522※2	514※2	403※2	214	214	452	382
	1階	366	358	319	190	190	393	380
	地下1階	349	344	268	-※4	-※4	380	378

- ※1: 各階に複数設置している地震計の中で最大のものを示す。
- ※2: 3階に複数設置している地震計のうちセル近傍に設置した地震計での最大加速度値は、南北方向 337 cm/s<sup>2</sup>、東西方向 318 cm/s<sup>2</sup>、上下方向 246 cm/s<sup>2</sup>であり、基準地震動 Ss の最大加速度値を下回っていた。
- ※3: 設計及び工事の方法の認可申請書。
- ※4: 設工認時は、基礎固定モデルで実施しているため、地下1階の加速度値はなし。
- ※5: 新耐震指針に基づく耐震バックチェックで策定。

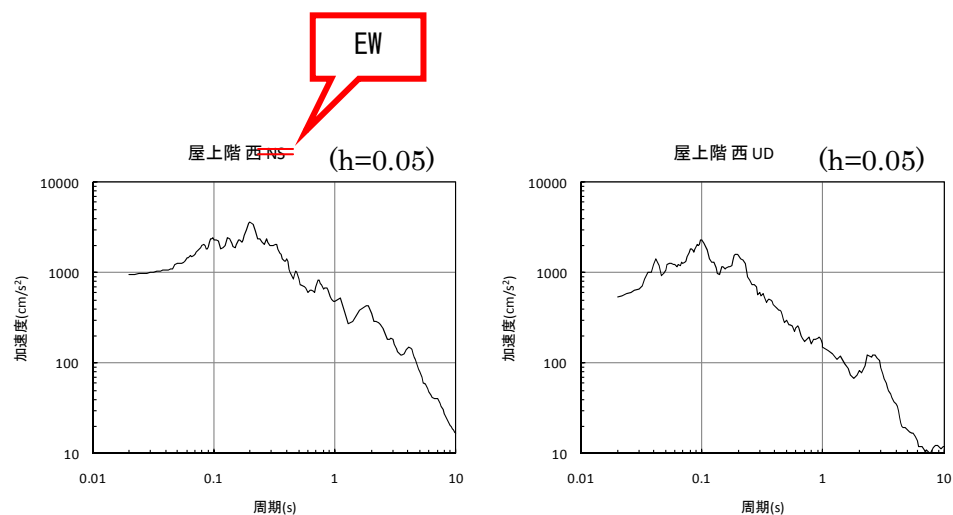


図 1.4-5(2) MP 建家屋上階(西南北)加速度応答スペクトル [平成 23 年(2011 年)東北地方太平洋沖地震]

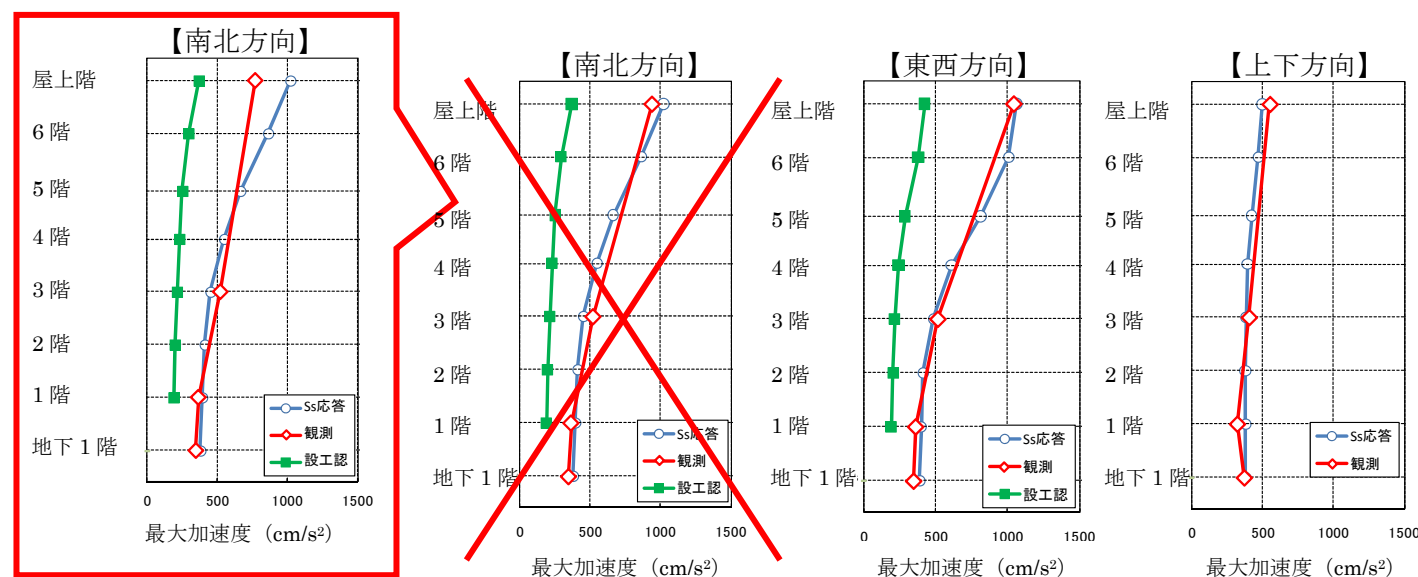


図6 建家の最大加速度分布