

JMTR 原子炉施設の健全性確認に関する報告書

平成 24 年 9 月

独立行政法人日本原子力研究開発機構

目 次

1.	はじめに	1
1.1	東北地方太平洋沖地震の概要	1
1.2	地震発生時の JMTR 原子炉施設の状況	1
2.	地震観測データの検証	3
3.	施設の健全性に関する総合評価	4
3.1	健全性確認の基本的な考え方	6
3.1.1	方針	6
3.1.2	点検・評価の対象	6
3.1.3	設備点検の方法	8
3.2	地震応答解析	10
3.2.1	建物・構築物	10
3.2.2	設備機器	12
3.3	設備点検及び補修	21
3.3.1	建物周辺の地盤	21
3.3.2	建物・構築物	21
3.3.3	設備機器	29
3.4	原子炉建家屋根の梁の一部変形について	62
3.5	総合評価	63
添付資料 1	JMTR 原子炉施設において取得された地震観測データの検証結果について	
添付資料 2	JMTR 原子炉施設の耐震健全性評価（建家・構築物）	
添付資料 3	JMTR 原子炉施設の耐震健全性評価（原子炉建家鉄骨屋根 B クラス相当の地震力に対する耐震安全性について）	
添付資料 4	JMTR 原子炉施設の耐震健全性評価（設備機器）	
添付資料 5	原子炉建家屋根の梁の一部変形等の調査結果について	

1. はじめに

本報告は、「平成 23 年東北地方太平洋沖地震に関する独立行政法人日本原子力研究開発機構大洗研究開発センター(北地区)における地震観測データに係る報告を踏まえた対応について(指示)(文部科学省平成 23 年 9 月 20 日付け 23 科原安第 30 号)」を受けて実施した健全性に関する総合評価結果等をまとめたものである。

1.1 東北地方太平洋沖地震の概要

平成23年3月11日14時46分頃、三陸沖(北緯38度6.2分、東経142度51.6分)において、大きな地震が発生し、宮城県で最大震度7を観測した他、東北地方を中心に広い範囲で地震動が観測された。気象庁発表によれば、マグニチュード9.0、震源深さは24kmであり、JMTR原子炉施設が所在する大洗町では、震度5強を記録した。震央距離約289km、震源距離約290kmに位置するJMTR原子炉施設は、これにより大きな地震動を受けた。また、大洗町の海岸には約4mの津波が到達したが、標高約35mの大洗研究開発センター敷地内への浸水はなかった。表1.1に東北地方太平洋沖地震の概要を示す。

表 1.1 東北地方太平洋沖地震の概要

発生日時	平成 23 年 3 月 11 日 14 時 46 分頃
震央地名	三陸沖
地震諸元(気象庁暫定値)	
・規模	マグニチュード 9.0
・震央位置	北緯 38 度 6.2 分、東経 142 度 51.6 分
・震源深さ	24km
大洗研究開発センターとの距離	
・震央距離	289km
・震源距離	290km
各地の震度	
・銚田市(当間)	震度 6 強
・大洗町(磯浜町)	震度 5 強

1.2 地震発生時の JMTR 原子炉施設の状況

地震発生当時、JMTR原子炉施設は改修中(施設定期検査期間(平成18年9月1日～))のため、炉心に燃料は装荷されておらず、また、使用済燃料も十分に冷却された状態であった。

JMTR原子炉施設が設置されている大洗研究開発センター(北地区)では、地震の発生

とほぼ同時に外部からの商用電源を喪失し、その後、3月13日までの間、商用電源は受けられなかった。一方で、地震発生当時、炉内点検を行うための準備をしていたため、商用電源とは別に非常用発電機を運転しており、地震後、商用電源が復帰するまでの間、非常用発電機の運転を継続させ、計測制御設備、非常用排気設備等に電源を供給し、JMTR原子炉施設内の状態監視を継続した。なお、JMTR原子炉施設では、炉心及び使用済燃料の安全対策に電源は必要としない。

炉プール及びカナルについては、地震による水面の揺れにより、カナルからのしぶきが床面についたため、拭き取りを行った。なお、炉プール及びカナルの水位に異常はなかった。

炉室の換気空調は、地震に伴う商用電源の喪失により常用の換気設備は停止したが、非常用発電機により非常用換気設備の運転は継続していたため、炉室の負圧は維持された。

給排水については、事業所内の電源が喪失したため、JMTR原子炉施設への給水の供給が遮断されたが、施設の安全を確保するために必要な冷却水等は、施設内のプール及び貯槽に十分蓄えられていた。

原子炉建家については、建家周りの埋め戻しの土の一部が沈下したが、配管やケーブルの断裂等はなかった。

また、原子炉建家等のコンクリート、化粧モルタルにひび割れが生じたが、緊急の処置を要するひび割れは発生しなかった。燃料管理室建家では、一部で壁にひび割れが生じたが、けが人等の発生はなかった。

これらの地震、停電等の影響では、使用済燃料の健全性が損なわれることはなく、放射性物質等の異常な放出などの環境への影響はなかった。

2. 地震観測データの検証

JMTR 原子炉施設（以下「JMTR」という。）には、観測用地震計として建家系(3台)の地震計を設置している。また、同じ大洗研究開発センター敷地内にある HTTR 原子炉施設（以下「HTTR」という。）には観測用地震計として地盤系(9台)の地震計を設置している。今回、東北地方太平洋沖地震時の施設の健全性を確認するに当たり、地震応答解析の前提となる地震観測データの検証を行った。

検証に当たっては、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次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^{※1}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^{※1}で得られた地震観測データの比較

その結果、以下を確認した。

大洗研究開発センター敷地内のHTTR地盤系地震計の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^{※2})の地震観測データとの比較を行い、スペクトル形状^{※3}及び振幅がおおむね整合性を有することを確認した。

地盤系地震計の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及び振幅がおおむね整合性を有することを確認した。

JMTR建家系地震計の鉛直アレーで得られた地震観測データについて、スペクトル形状及び振幅の比較を行い、各層の地震観測データがおおむね整合性を有することを確認した。

以上より、HTTR地盤系及びJMTR建家系地震計は、東北地方太平洋沖地震の地震動を適切に観測したと考えられる。これにより、HTTR地盤系及びJMTR建家系地震計で得られた地震観測データを、地盤及び建家の地震応答解析等に活用できることを確認した。

検証結果の詳細を添付資料1「JMTR 原子炉施設において取得された地震観測データの検証結果について」に示す。

※1：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。

※2：K-NET・KiK-net：防災科学技術研究所が運用する強震観測網のことで全国約1000か所に約20kmの間隔で設置されたK-NETと、Hi-net（防災科学研究所が運営する高感度地震観測網）観測点の地表と地中に設置されたKiK-netから構成される。

※3：スペクトル形状：地震波の波形。

3. 施設の健全性に関する総合評価

JMTR に設置されている地震計で観測された地震記録（以下「観測記録」という。）から、表 3.1 に示すように、今回の地震による地震動の最大加速度は、JMTR 原子炉建家に設置された地震計の一部において、設計時に想定した最大応答加速度を上回っていた。

そのため、JMTR 原子炉施設の建物、構築物及び設備機器について、東北地方太平洋沖地震の影響に対する健全性を確認するため、設備点検及び地震応答解析を実施し、それらの結果により健全性の総合評価を行う。

点検・評価に関するフローチャートを図 3.1 に示す。

表 3.1 JMTR において観測した東北地方太平洋沖地震観測記録

観測位置		原子炉設置許可上の最大加速度 (設計震度からの換算値) (cm/s ²) []は設計震度		東北地方太平洋沖地震 観測記録		
				最大加速度 (cm/s ²)		
		NS* ² 、EW* ³	UD* ⁴	NS	EW	UD
JMTR 原子炉建家	2 階屋上* ¹	294[0.3G]	147[0.15G]	399	497	286
	地下 2 階	294[0.3G]	147[0.15G]	218	249	236
	地下 3 階	294[0.3G]	147[0.15G]	238	208	223

*1：原子炉建家内部鉄骨造部分 2 階屋上における観測記録。

*2：南北方向

*3：東西方向

*4：鉛直方向

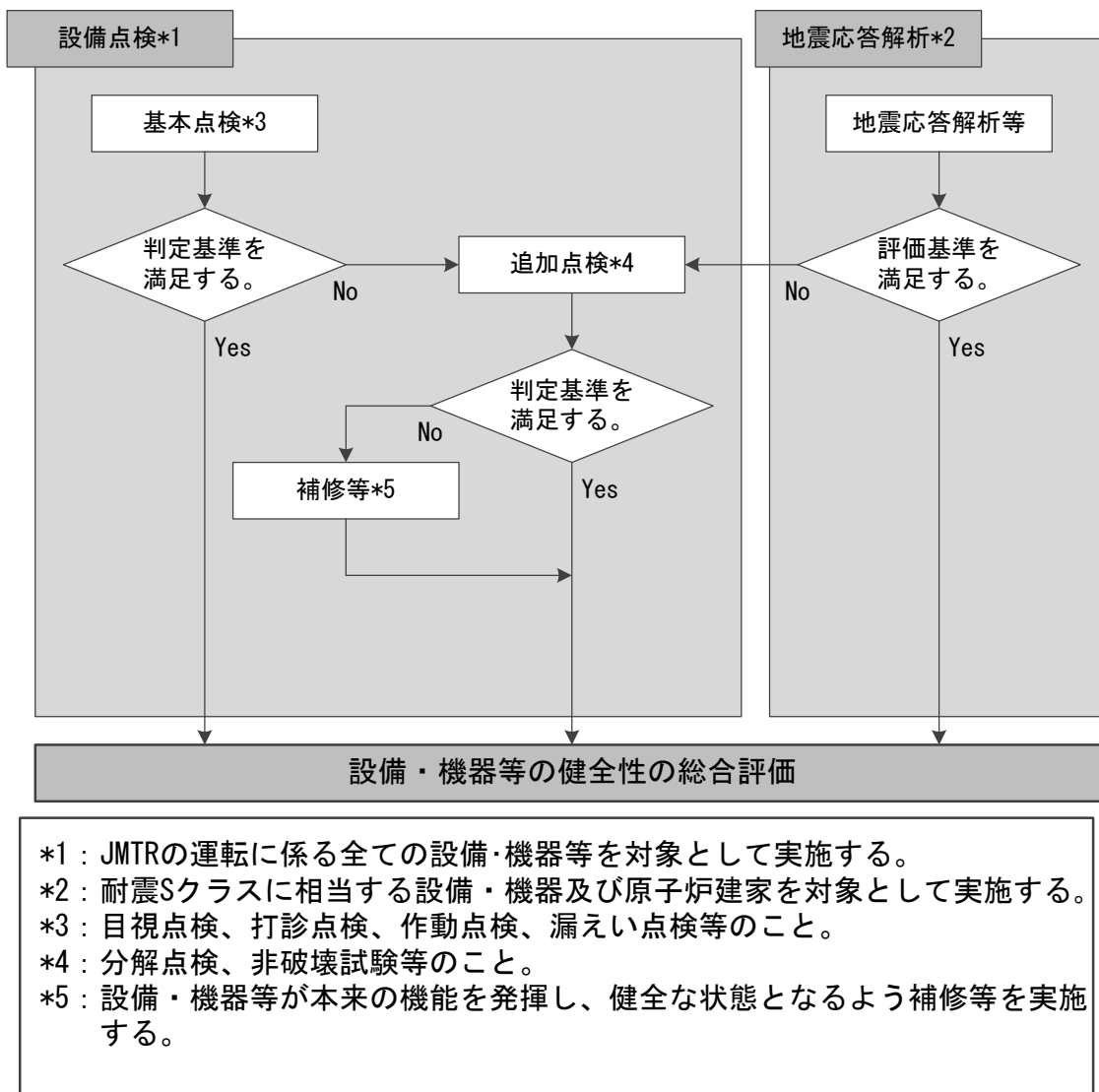


図3.1 点検・評価に関するフローチャート

3.1 健全性確認の基本的な考え方

3.1.1 方針

- (1) 建物・構築物及び設備機器について、設備点検、地震応答解析による評価及びこの結果から必要となった補修の結果を踏まえて総合的に評価する。
- (2) 設備点検は、目視点検、作動点検等の基本点検を実施する。
- (3) 基本点検において判断基準を満足しない場合、又は地震応答解析において評価基準を満足しない場合は、分解点検、非破壊検査等の追加点検を行い、必要に応じて、補修などの必要な対策を実施する。
- (4) 地震応答解析は耐震設計上重要な設備機器等について実施する。
- (5) 地震応答解析では、地震発生時の荷重条件や実際の強度等を考慮して、解析を行う。

3.1.2 点検・評価の対象

健全性確認の対象は、「原子炉設置変更許可申請書 添付書類八」に記載されている JMTR 原子炉施設の設備機器及び運転に係る主要な関連設備機器とし、表 3.2 に示すものとする。

地震応答解析の対象は、平成 18 年度から実施している耐震バックチェックにおいて、重要度分類を S クラス相当として評価対象に選定している建物・構築物及び設備機器とする。

表 3.2 健全性確認対象の設備機器等 (1/2)

施設・設備機器の名称		目視点検			打診点検	作動点検等	漏えい検査	地震応答解析	
		基礎部		機器部					
		基礎ボルト	コンクリート						
原子炉本体	炉心部			○				○	
	原子炉圧力容器	○		○	○		○	○	
	放射線遮へい体			○				○	
核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設	核燃料物質取扱施設	○	○	○	○				
	核燃料物質貯蔵施設	新燃料貯蔵施設	○	○	○	○			
		使用済燃料貯蔵施設			○		○		○
原子炉冷却系統施設	一次冷却設備	主循環系統	○	○	○	○※	○	○	
		精製系統	○※	○	○	○※	○		
		二次冷却設備	○※	○	○	○※	○		
	非常用冷却設備				○		○		
	その他の主要な設備	漏えい水再循環設備	○	○	○	○	○	○	
		UCL 系統	○※	○	○	○※	○	○	
		プールカナル循環系統	○	○	○	○	○	○	
計測制御系統施設	計装	核計装	○	○	○	○			
		プロセス計装	○※	○	○	○※	○		
	安全保護回路	原子炉停止回路	○※	○	○	○※	○		
		その他の主要な安全保護回路	○※	○	○	○※	○		
	制御設備	制御棒駆動装置	○※	○	○	○※	○		
		非常用制御設備	○	○	○	○※	○	○	
放射性廃棄物の廃棄施設	気体廃棄物の廃棄施設	排気設備 (炉室給排気系統)	○	○	○	○			
		液体廃棄物の廃棄施設	第1排水系	○※	○	○	○※	○	
	第2排水系		○※	○	○	○※	○		
	第3排水系貯槽 (I)		○	○	○	○	○		
	第3排水系貯槽 (II)		○	○	○	○※	○		
	第4排水系貯槽		○※	○	○	○※	○		
	タンクヤード		○※	○	○	○※	○		
第4排水系ピット	○	○	○	○		○			
放射線管理施設	放射線モニタ	○	○	○	○				
原子炉格納施設	原子炉建家 (気密扉、天井クレーン)	○	○	○	○				
	換気設備 (排気設備 (炉室給排気系統) と同じ)								
その他原子炉の附属施設	非常用電源設備	ディーゼル発電機	○※	○	○	○※	○		
		蓄電池	○※	○	○	○※	○		
	電源系統		○※	○	○	○※	○		
	主要な実験設備	キャプセル照射装置	○	○	○	○	○		
		水カラビット照射装置	○	○	○	○	○	○	
		ループ照射装置	○	○	○	○	○	○	
空気系統		○	○	○	○※	○			
その他原子炉の附属施設	純水補給系統	一般純水系統	○	○	○	○	○		
		脱気純水系統	○	○	○	○※	○		
	SFC 循環系統		○※	○	○	○※	○		
	CF 循環系統		○	○	○	○※	○		
	排水処理装置		○※	○	○	○※	○		
	水処理装置		○※	○	○	○※	○		

※：目視点検、打診点検等の基本点検の実施が一部困難な設備機器等

表 3.2 健全性確認対象の建物・構築物等 (2/2)

施設・建物・構築物の名称			基本点検			地震 応答 解析
			目視 点検	打診 点検	漏えい 検査等	
核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設	核燃料物質貯蔵施設	燃料管理室	○	/	/	/
原子炉冷却系統施設	その他の主要な設備	ポンプ室 (二次冷却系統・UCL 系統)	○	/	/	/
放射性廃棄物の廃棄施設	気体廃棄物の廃棄施設	排気筒	○	/	/	/
放射性廃棄物の廃棄施設	気体廃棄物の廃棄施設	排風機室	○	/	/	/
		フィルタバンク	○	/	/	/
	液体廃棄物の廃棄施設	第3排水系貯槽(I)	○	/	/	/
		第3排水系貯槽(II)	○	/	/	/
		タンクヤード	○	/	/	/
放射線管理施設		モニタ小屋	○	/	/	/
原子炉格納施設		原子炉建家 (カナル室を含む。)	○	○	○	○
その他原子炉の附属施設		機械室	○	/	/	/
		A トレンチ (A ダクト)	○	/	/	/
		B トレンチ (B ダクト)	○	/	/	/
		C トレンチ (C ダクト)	○	/	/	/

3.1.3 設備点検の方法

点検方法の策定に当たっては、設備機器等の種類、設置方法等から地震時に想定される損傷の形態、重点的に点検を行う部位等の検討を行い、これらを点検方法に反映させる。また、作業員被ばく低減、人身安全等の観点から目視点検、打診点検が困難な場合は、その他の合理的な点検方法を策定し、実施する。

(1) 建物・構築物

建物・構築物の鉄筋コンクリート部については、目視点検により、コンクリートのひび割れ、剥落等の損傷の有無を確認する。鉄骨構造物については、構造骨組等の塗装の剥離、変形、き裂等の有害な損傷の有無を確認する目視点検を実施する。

目視点検に当たっては、「震災建築物の被災度判定区分判断基準および復旧技術指針（日本建築防災協会）」（以下「復旧技術指針」という。）を準用して状態を確認する。

また、原子炉建家については、目視点検に加えて排気設備の作動点検と併せた、負圧確認及び漏えい確認を行う。

(2) 設備機器

① 目視点検

目視点検は、設備機器部及び基礎部に分けて、設備機器毎に想定する損傷形態から重点的に観察する部位を抽出し、地震により想定される損傷部位について異常がないことを確認する。

② 打診点検

耐震設計上考慮している機器の基礎ボルト等について、打診ハンマーを用いた打診点検を行い、ボルトの破損、緩み、ボルトの取付部の破損等の異常がないことを確認する。

③ 作動点検、漏えい検査等

設備機器毎に想定する損傷形態から必要な点検・検査を選定し、作動点検、漏えい検査等を実施する。

④ その他

放射線防護上、構造上、又は、設置場所等の理由により、直接、目視点検、打診点検等の基本点検ができない設備機器等については、これに代わる間接的な点検又は地震応答解析を行うことにより確認する。

(3) 設備点検の判定基準

① 建物・構築物

建物・構築物に対する目視点検の判定基準は、復旧技術指針を準用する。鉄筋コンクリート部については、ひび割れ幅を参考に構造躯体の損傷度の分類を行う。鉄骨構造部については、構造骨組及び非構造部材・仕上げの被災度区分から総合判定を行う。

② 設備機器

設備機器に対する作動点検、漏えい検査等の判定基準は、JMTR 運転手引、施設定期自主検査要領書等に定める管理基準を用いる。

なお、これらに定められていない試験、検査を行う場合は、該当する国内の技術基準等を用いる。

目視点検の判定基準は、「発電用原子力設備規格 維持規格（日本機械学会）」VT-3 等を準用する。これにより、地震による有害な変形、傷等がないことを確認する。

打診点検の判定基準については、ボルトの緩み等がないこととする。

3.2 地震応答解析

3.2.1 建家・構築物

(1) 評価対象

原子炉建家について、原子炉建家躯体及び原子炉建家屋根の耐震健全性を評価する。

(2) 原子炉建家躯体

原子炉建家の基礎底面の観測記録に基づいた入力地震動により、シミュレーション解析(質点系SRモデル)を行った。その結果、質点系SRモデルにより観測記録をおおむねシミュレートでき、耐震健全性評価用の解析モデルとして妥当であることを確認した。

この質点系SRモデルによる解析により、原子炉建家の耐震壁の最大応答値が、せん断スケルトン上の第1折れ点におけるひずみ値に対して十分小さく、おおむね弾性範囲内にあることを確認した。

以上の結果、東北地方太平洋沖地震の発生時において、原子炉建家躯体の全体でみた場合の耐震健全性が確保されていたことを確認した。

次に、原子炉建家全体を3次元FEMでモデル化した東北地方太平洋沖地震の静的弾性解析を実施し、局所的なひび割れの発生の有無について確認を行った。コンクリート強度は平成19年に測定したコア圧縮強度に基づき設定した。

原子炉建家の円筒壁とカナルとの接続部の一部の要素等で発生応力度が評価基準値(コンクリート及び鉄筋の許容応力度)を上回り、ひび割れが発生する結果となった。

評価基準値を上回る箇所のうち、原子炉建家の円筒壁とカナルとの接続部付近及びトラック通路建家との接合部の目視による点検結果(3.3.2.5原子炉格納施設(原子炉建家(カナル室を含む。))参照)からはひび割れ等は確認されていないことから、その他の部分も含めて健全性が確保されていることを確認した。

したがって、原子炉建家の実際の状況と解析結果との相違は、解析が保守的な結果となっているためであり、実際の原子炉建家は健全である。

評価の詳細を添付資料2「JMTR原子炉施設の耐震健全性評価(建家・構築物)」に示す。

(3) 原子炉建家屋根

①東北地方太平洋沖地震に対する耐震健全性評価

原子炉建家の1階円筒壁位置の地震観測記録に基づき、3次元FEMモデル(屋根一円筒壁モデル)による動的弾性解析を行った。なお、屋根の解析に当たっては、各

部材（上弦材、下弦材、ラチス材及びリング材）をビーム要素及びトラス要素、屋根葺き材をシェル要素、地上部円筒壁をシェル要素とし、モデル化した。

その結果、屋根鉄骨部材の屋根アーチ材（トラス梁）を構成する上弦材、下弦材及びラチス材のうち、下弦材及びラチス材の一部において発生する応力が、評価基準値を超える結果となった。

これらの部位について、屋根の目視点検による調査結果(3.4原子炉建家屋根の梁の一部変形について参照)からは、東北地方太平洋沖地震による影響は確認されておらず、原子炉建家屋根の安全機能である負圧維持機能についても、東北地方太平洋沖地震の前後において維持されていることを確認している。

また、原子炉建家躯体に屋根トラスを固定するアンカーボルトについて評価を行った結果、コンクリート側面において発生する応力が、評価基準値を超える結果となったが、原子炉建家のひび割れ調査(3.3.2.5原子炉格納施設(原子炉建家(カナル室を含む。))参照)においては、アンカーボルトの周囲の化粧モルタルのひび割れや浮きは確認したが、化粧モルタルを除去して確認した結果からは、コンクリート側面のひび割れは確認されていない。

以上から、原子炉建家屋根の実際の状況と解析結果との相違は、解析が保守的な計算条件の設定となっているためであり、実際の原子炉建家屋根は健全である。

次に原子炉建家屋根の耐震Sクラス相当機器への波及的影響について検討した。

耐震Sクラス相当の機器のうち、炉プール内の原子炉圧力容器及びその支持構造物は、そのほとんどが地下階に設置されている。そのため、原子炉建家屋根が地震により、原子炉建家屋根の材料の降伏応力を超える応力がかかった場合、原子炉建家屋根の鉄骨が変形し、原子炉建家屋根の一部が炉室内に落下する可能性があるが、原子炉建家屋根の直下には、天井クレーンが設置されており、屋根は天井クレーンのガータに遮られ、炉室1階には落下しない。また、仮に原子炉建家屋根が1階まで落ちて、耐震Sクラス相当の機器は地下階にあるため、原子炉建家屋根の落下による耐震Sクラス相当機器への上位波及はしない。以上から、原子炉建家屋根の耐震Sクラス相当の機器への波及的影響はない。

②耐震設計条件（Bクラス地震力）における耐震性について

原子炉設置変更許可申請書における原子炉建家屋根は、水平震度0.4G、垂直震度0.2G（耐震Bクラス相当）で設計している。

一方で、①の東北地方太平洋沖地震応答解析の結果、鉄骨屋根のアーチ材の下弦材及びラチス材が評価基準値を満足しない結果となったため、参考までに、これらの部材を強度部材として考慮しない状態（モデル化上は剛性0、重量のみ考慮）で、耐震Bクラス相当の地震力を作用させ、3次元FEMモデルによる静的弾性解析を行った。

その結果、原子炉建家屋根について、圧縮応力及び引張応力は、最大でも評価基準値の30%程度となることを確認した。

このことから、東北地方太平洋沖地震観測記録を用いた3次元FEMモデルによる動的解析において評価基準値を満足しない部材を強度部材として考慮しなくても、耐震設計条件である耐震Bクラス相当の地震に対して、十分な耐震安全性を有している。

なお、原子炉建家躯体に屋根トラスを固定するアンカーボルトについても同様に、耐震Bクラスの応力評価を行った結果、発生する応力は、評価基準値を満足する結果となった。

評価の詳細を添付資料3「JMTR原子炉施設の耐震健全性評価（原子炉建家鉄骨屋根 Bクラス相当の地震力に対する耐震安全性について）」に示す。

3.2.2 設備機器

東北地方太平洋沖地震による設備機器等の変形が弾性範囲内であるかどうかを評価するため、原子炉建家の基座上端(地下3階)の観測記録を用いた地震応答解析の結果として得られた地震動を用いて、設備機器等の地震応答解析を行う。

(1) 評価対象

評価の対象は表3.3に示す耐震Sクラス相当の設備機器とし、これらの設備機器について、地震応答解析を実施する。

表 3.3 地震応答解析の対象設備機器等

施設	設備機器等
原子炉本体	炉心、燃料要素、反射体要素、原子炉圧力容器、制御棒案内管、照射装置炉内管、キャプセル*
核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設	使用済燃料ラック
原子炉冷却系統施設	主循環系配管、主要弁、主循環ポンプ、緊急ポンプ、圧力サージタンク、熱交換器、サイフォンブレイクライン
計測制御系統施設	制御棒、制御棒駆動機構
原子炉格納施設	原子炉建家（炉プール、カナルを含む。）

*: キャプセルについては、反射体要素に装荷された反射体要素と同質のプラグとして、反射体要素の評価に含めた。

(2) 評価方法

原子炉建家の基礎底版上面(地下3階)の観測記録を用いた地震応答解析の結果として得られた地震動から求めた床応答スペクトルを用いた応答倍率法又は時刻歴床応答を用いた時刻歴応答解析法を用いて評価する。

評価に当たっては、まず床応答スペクトルを用いて、応答倍率法により解析し、その結果、発生応力が弾性範囲にあることを確認する。

この結果、発生応力が弾性範囲を超えた設備機器について、時刻歴床応答を用いた時刻歴応答解析を実施し、その結果、発生応力が弾性範囲にあるかどうかを確認する。

また、弾性範囲内を超えた場合には、その発生応力が設備機器の機能を維持している範囲にあるかどうかを確認している。

なお、照射装置炉内管については、原子炉圧力容器の内部から大上蓋を経て、炉ポールまでであることから、応答倍率法による単純な比較ができないため、応答倍率法による評価は行わず、時刻歴応答解析のみを実施した。

(3) 地震応答解析の評価基準

設備機器等の評価基準は、「原子力発電所耐震設計技術指針 (JEAG 4601-1987)」に規定されている許容応力状態Ⅲ_ASにおける許容応力とする。

なお、Ⅲ_ASにおける許容応力状態を超えた場合には、許容応力状態Ⅳ_ASを超えていないことを確認する。

(4) 地震応答解析結果

評価対象機器ごとの評価結果(原子炉停止状態)を表3.4、表3.5に示す。なお、照射装置の炉内管については、時刻歴応答解析のみを実施した。

その結果、使用済燃料ラックの一部を除く設備機器等は、評価基準値を満足した。

使用済燃料ラックについては、3種類あり、そのうち1種類(A型)については、転倒モーメントが復元モーメントを上回り、東北地方太平洋沖地震により転倒する解析結果となった。しかし、A型の使用済燃料ラックには蓋にロック機構があるため、転倒しても収納された使用済燃料はラック内に保持されるとともにその形状も維持しており、燃料ラック内の使用済燃料の未臨界性は維持される。なお、地震後の点検の結果、転倒した使用済燃料ラックはなく、A型を含む使用済燃料ラック及びそこに収納された使用済燃料に異常がないことは確認済みである。

次に、東北地方太平洋沖地震時、原子炉は停止中であったが、原子炉を運転していた場合を想定した評価対象機器ごとの評価結果を表3.6に示す。なお、制御棒案内管、燃料要素、反射体要素、主循環ポンプ及び緊急ポンプは、圧力の影響を受けないため原子炉の運転の有無に関わらず同じ評価結果である。

その結果、一次冷却系配管の一部で弾性範囲(許容応力状態Ⅲ_AS)を超える箇所(10%程度)があるが、許容応力状態Ⅳ_ASより小さく、破損はせず、機能は維持することを確認した。

評価の詳細を添付資料4「JMTR 原子炉施設の耐震健全性評価(設備機器)」に示す。

表3.4 評価結果一覧(1/3) (原子炉停止状態)

評価対象機器	評価部位	応力種類	評価 基準値(A) $\text{III}_A S^{*1}$ (N/mm ²)	応答倍率 法による 評価(B) (N/mm ²)	B/A	時刻歴応 答解析に よる評価 (C) (N/mm ²)	C/A
原子炉圧力容器	胴	一次一般膜	175	54	0.31	-	-
	下部スカート	組合せ	205	40	0.2	-	-
		圧縮+曲げ	1	0.4	0.4	-	-
	上部スカート	組合せ	205	58	0.29	-	-
		圧縮+曲げ	1	0.4	0.4	-	-
	上部支持構造物	組合せ	215	432	2.01	162	0.76
圧縮+曲げ		1	1.3	1.3	0.6	0.6	
制御棒駆動機構	胴	一次一般膜	205	97	0.48	-	-
	耐震支持構造物	引張	235	52	0.23	-	-
制御棒案内管	案内管	組合せ	185	19	0.11	-	-
		圧縮+曲げ	1	1.6	1.6	0.3	0.3
燃料要素	側板	組合せ	63	7	0.12	-	-
反射体要素	胴	曲げ	185	2	0.02	-	-
照射装置炉内管 (OSF-1)	直管	一次	221	-	-	44	0.2
	レギュレーサ	一次	205	-	-	39	0.2
	入口配管取付部	一次	205	-	-	97	0.48
	出口配管取付部	一次	221	-	-	53	0.24
照射装置炉内管 (HR-1)	直管	一次	175	-	-	94	0.54
	レギュレーサ	一次	175	-	-	20	0.12
	曲管	一次	175	-	-	63	0.36

*1: 「原子力発電所耐震設計技術指針 (JEAG 4601-1987)」に規定されている許容応力状態 $\text{III}_A S$ における許容応力。

表3.4 評価結果一覧(2/3) (原子炉停止状態)

評価対象 機器	評価部位	応力種 類	評価 基準値 (A) $\text{III}_A S^{*1}$ (N/mm ²)	応答倍率 法による 評価(B) (N/mm ²)	B/A	時刻歴応 答解析に よる評価 (C) (N/mm ²)	C/A
主循環系 配管	配管 1 (原子炉圧力容器～主循環ポン プ、緊急ポンプ～主熱交換器)	一次	205	381	1.86	193	0.95
	配管 2 (主熱交換器～原子炉圧力容器)	一次	205	450	2.2	193	0.95
	配管 3 (圧力サージタンク～原子炉圧 力容器入口配管)	一次	205	149	0.73	-	-
	配管 4 (主循環ポンプ入口ヘッダー～ 脱気タンク)	一次	205	227	1.11	85	0.42
	配管 5 (純水補給系～熱交換器出口ヘ ッダー)	一次	205	63	0.31	-	-
	配管 6 (充填ポンプ～熱交換器入口ヘ ッダー)	一次	205	199	0.98	-	-
サイフォ ン ブ レ ー ク ラ イ ン	配管 7 (サイフォンブレイク弁～サイ フォンブレイクライン B1F 床)	一次	205	129	0.63	-	-
	配管 8 (サイフォンブレイクライン B 1F 床～主循環ポンプ入口配管)	一次	205	17	0.09	-	-
主循環ポ ンプ	取付ボルト	引張	161	5	0.04	-	-
		せん断	124	3	0.03	-	-
	基礎ボルト	引張	161	4	0.03	-	-
		せん断	124	3	0.03	-	-
緊急ポン プ	取付ボルト	引張	161	2	0.02	-	-
		せん断	124	1	0.01	-	-
	基礎ボルト	引張	161	1	0.01	-	-
		せん断	124	2	0.02	-	-

*1: 「原子力発電所耐震設計技術指針 (JEAG 4601-1987)」に規定されている許容応力状態 $\text{III}_A S$ における許容応力。

表3.4 評価結果一覧(3/3) (原子炉停止状態)

評価対象機器	評価部位	応力種類	評価 基準値(A) Ⅲ _A S* ¹ (N/mm ²)	応答倍率 法による 評価(B) (N/mm ²)	B/A	時刻歴応 答解析に よる評価 (C) (N/mm ²)	C/A
熱交換器	胴	一次一般膜	215	33	0.16	-	-
	水室胴	一次一般膜	205	25	0.13	-	-
	スカート	組合せ	215	95	0.45	-	-
		圧縮+曲げ	1	0.5	0.5	-	-
	上部支持構造物	一次一般膜	215	158	0.74	-	-
	主熱交換器 基礎ボルト	引張	161	88	0.55	-	-
		せん断	124	17	0.14	-	-
上部支持構造物 基礎ボルト	引張	161	141	0.88	-	-	
圧力サージタンク	胴	一次一般膜 (長手方向)	205	13	0.07	-	-
		一次一般膜 (周方向)	205	6	0.03	-	-
		組合せ	307	31	0.11	-	-
	支持脚	引張	245	31	0.13	-	-
		圧縮	225	37	0.17	-	-
		曲げ	245	114	0.47	-	-
		せん断	141	50	0.36	-	-
		圧縮+曲げ	1	0.7	0.7	-	-
		引張+曲げ	1	0.6	0.6	-	-
	基礎ボルト X 方向	引張	176	18	0.11	-	-
	基礎ボルト Z 方向	引張	176	2	0.02	-	-

*1: 「原子力発電所耐震設計技術指針 (JEAG 4601-1987)」に規定されている許容応力状態Ⅲ_AS
における許容応力。

表3.5 使用済燃料ラックの評価結果

名称	部位	重量 W (kg)	重心高さ h (mm)	ラックベ ース端か ら重心ま での距離 l _g (mm)	転倒モー メント M1 (A)	復元モー メント M2 (B)	A/B
A 型	長手方向	957	630	370	1.92E+05	1.90E+05	1.01
	短手方向			240	1.92E+05	1.23E+05	1.56
B 型	長手方向	676	445	370	9.57E+04	1.81E+05	0.53
	短手方向			240	9.57E+04	1.17E+05	0.82
C 型	長手方向	1086	624	345	2.16E+05	2.71E+05	0.80
	短手方向			282.5	2.16E+05	2.22E+05	0.98

転倒モーメント M1= C_H・W・h

復元モーメント M2= W・(1- C_v)・l_g

C_H: 解析地震動時の水平加速度 0.318G

C_v: 解析地震動時の鉛直加速度 A 型 0.462G、B、C 型 0.275G

表3.6 評価結果一覧(1/3) (原子炉運転状態)

評価対象機器	評価部位	応力種類	評価基準値(A) Ⅲ _A S* ¹ (N/mm ²)	評価基準値(B) Ⅳ _A S* ² (N/mm ²)	評価結果(C) (N/mm ²)	C/A	C/B
原子炉 圧力容器	胴	一次 一般膜	149	250	74	0.5	0.3
	下部スカート	組合せ	205	246	40	0.2	0.17
		圧縮 +曲げ	1	1	0.4	0.4	0.4
	上部スカート	組合せ	205	246	58	0.29	0.24
		圧縮 +曲げ	1	1	0.4	0.4	0.4
	上部支持構造物	組合せ	215	258	162	0.76	0.63
圧縮 +曲げ		1	1	0.6	0.6	0.5	
制御棒 駆動機構	胴	一次 一般膜	198	302	135	0.69	0.45
	耐震支持構造物	引張	235	280	52	0.23	0.19
制御棒 案内管	案内管	組合せ	171	171	19	0.12	0.12
		圧縮 +曲げ	1	1	0.3	0.3	0.3
燃料要素	側板	組合せ	51	62	7	0.14	0.12
反射体 要素	胴	曲げ	171	171	2	0.02	0.02
照射装置 炉内管 (OSF-1)	直管	一次	173	255	52	0.31	0.21
	レギュレーサ	一次	180	432	49	0.28	0.12
	入口配管取付部	一次	180	432	100	0.56	0.24
	出口配管取付部	一次	173	255	56	0.33	0.22
照射装置 炉内管 (HR-1)	直管	一次	145	367	103	0.72	0.29
	レギュレーサ	一次	145	367	33	0.23	0.09
	曲管	一次	145	367	73	0.51	0.2

*1: 「原子力発電所耐震設計技術指針 (JEAG 4601-1987)」に規定されている許容応力状態Ⅲ_ASにおける許容応力。

*2: 「原子力発電所耐震設計技術指針 (JEAG 4601-1987)」に規定されている許容応力状態Ⅳ_ASにおける許容応力。

表 3.6 評価結果一覧(2/3) (原子炉運転状態)

評価対象 機器	評価部位	応力 種類	評価 基準値(A) $III_A S^{*1}$ (N/mm ²)	評価 基準値(B) $IV_A S^{*2}$ (N/mm ²)	評価 結果 (C) (N/mm ²)	C/A	C/B
主循環系 配管	配管 1 (原子炉圧力容器～主循環ポン プ、緊急ポンプ～主熱交換器)	一次	198	453	215 ^{*3}	1.09	0.48
	配管 2 (主熱交換器～原子炉圧力容器)	一次	198	453	217 ^{*3}	1.1	0.48
	配管 3 (圧力サージタンク～原子炉圧 力容器入口配管)	一次	198	453	157	0.8	0.35
	配管 4 (主循環ポンプ入口ヘッダー～ 脱気タンク)	一次	198	453	95	0.48	0.21
	配管 5 (純水補給系～熱交換器出口ヘ ッダー)	一次	198	453	72	0.37	0.16
	配管 6 (充填ポンプ～熱交換器入口ヘ ッダー)	一次	198	453	97	0.49	0.22
サイフォン ブレイク ライン	配管 7 (サイフォンブレイク弁～サイ フォンブレイクライン B1F 床)	一次	198	453	143	0.73	0.32
	配管 8 (サイフォンブレイクライン B 1F 床～主循環ポンプ入口配管)	一次	198	453	31	0.16	0.07
主循環 ポンプ	取付ボルト	引張	161	193	5	0.04	0.03
		せん断	124	148	3	0.03	0.03
	基礎ボルト	引張	161	193	4	0.03	0.03
		せん断	124	148	3	0.03	0.03
緊急ポンプ	取付ボルト	引張	161	193	2	0.02	0.02
		せん断	124	148	1	0.01	0.01
	基礎ボルト	引張	161	193	1	0.01	0.01
		せん断	124	148	2	0.02	0.02

*1: 「原子力発電所耐震設計技術指針 (JEAG 4601-1987)」に規定されている許容応力状態 $III_A S$ における許容応力。

*2: 「原子力発電所耐震設計技術指針 (JEAG 4601-1987)」に規定されている許容応力状態 $IV_A S$ における許容応力。

*3: 配管 1 の熱交換器 No.3 の入口配管付近 (1 箇所) と配管 2 の熱交換器 No.2 の出口配管付近 (1 箇所) において評価基準値である $III_A S$ を超過しているが、 $IV_A S$ の基準内にある。なお、配管 1 の他の部位については 193MPa 以下、配管 2 の他の部位については 189MPa 以下である。

表3.6 評価結果一覧(3/3) (原子炉運転状態)

評価対象機器	評価部位	応力種類	評価 基準値 (A) $III_A S^{*1}$ (N/mm ²)	評価 基準値(B) $IV_A S^{*2}$ (N/mm ²)	評価 結果 (C) (N/mm ²)	C/A	C/B
熱交換器	胴	一次一般膜	215	240	93	0.44	0.39
	水室胴	一次一般膜	198	302	136	0.69	0.46
	スカート	組合せ	215	258	95	0.45	0.37
		圧縮+曲げ	1	1	0.5	0.5	0.5
	上部支持構造物	一次一般膜	215	258	158	0.74	0.62
	主熱交換器	引張	161	193	88	0.55	0.46
	基礎ボルト	せん断	124	148	17	0.14	0.12
	上部支持構造物 基礎ボルト	引張	161	193	141	0.88	0.74
圧力サージタンク	胴	一次一般膜 (長手方向)	198	302	47	0.24	0.16
		一次一般膜 (周方向)	198	302	74	0.38	0.25
		組合せ	297	453	98	0.33	0.22
	支持脚	引張	245	280	31	0.13	0.12
		圧縮	225	254	38	0.17	0.15
		曲げ	245	280	114	0.47	0.41
		せん断	141	161	21	0.15	0.14
		圧縮+曲げ	1	1	0.7	0.7	0.6
		引張+曲げ	1	1	0.6	0.6	0.6
	基礎ボルト X方向	引張	176	210	18	0.1	0.09
	基礎ボルト Z方向	引張	176	210	2	0.02	0.01

*1: 「原子力発電所耐震設計技術指針 (JEAG 4601-1987)」に規定されている許容応力状態 $III_A S$ における許容応力。

*2: 「原子力発電所耐震設計技術指針 (JEAG 4601-1987)」に規定されている許容応力状態 $IV_A S$ における許容応力。

3.3 設備点検及び補修

3.3.1 建家周辺の地盤

JMTR原子炉建家の外周辺の建家犬走りに局所的な地盤の陥没（建家の東側付近、深さ：約20cm、幅：約7m）が発生した。このため、陥没した箇所（約7m程度）を掘削し、新しい砕石を入れて埋め戻しを行い、周囲の高さと一定になるよう調整等を実施した。

3.3.2 建物・構築物

3.3.2.1 核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設

(1) 核燃料物質貯蔵施設（燃料管理室）

燃料管理室は、原子炉建家北側に設置される鉄骨構造の建家で、新燃料貯蔵ラック、流動試験装置、燃料検査室などから構成される。流動試験装置室の一部を除いては平屋建てで、床面積は約360m²、鉄骨構造の床部はコンクリート、外壁はALC板（100mm厚）、屋根は亜鉛鉄板スレート葺きである。

燃料管理室については、専門家による目視点検を実施した。その結果、構造体に関しては、鉄骨部材、コンクリート部材ともに震災による損傷は確認されなかった。

床部及び壁部のコンクリートのひび割れ幅は、1.0mm以下であった。ひび割れの補修は、幅1.0mmのひび割れに対してはUカットシーリング材充填等により、0.2mm以上1.0mm未満のひび割れに対してはエポキシ樹脂注入により、0.2mm未満のひび割れについては、被覆工法（シーリング工法）により実施する（12月完了予定。この建家は原子炉の運転には直接関係はない。）。なお、これらのひび割れについては、建家の使用上は問題ない。

鉄骨構造部について損傷は見られなかった。外壁（ALC板）については一部（北側）で損傷が生じていた。これについては平成23年9月に補修済みである。

燃料管理室の傾斜角及び沈下量を測定した結果、傾斜角は1/476で、判定基準（1/150以下）以内であり、沈下量は24mmで、判定基準（50mm以下）以内であった。また、周辺部の地盤の陥没の形跡はなかった。

3.3.2.2 原子炉冷却系統施設

(1) その他の主要な設備（ポンプ室（二次冷却系統、UCL系統））

ポンプ室は、鋼管構造平屋建て（492m²）で、地下部に水槽を設置（二次系ポンド、UCLポンド）し、原子炉建家の西側に設置され、二次冷却系統及びUCL系統の各ポンプ、弁の設備を収納する。建家の地上階中央にポンプ設備、北側に電気並びに操作盤、南側に配管ダクト及び塩素処理薬注装置を設けている。天井にはポンプの設置・保守用として7.5tクレーンが設けられている。

ポンプ室は、床部と壁部がコンクリートで地上階は鋼管構造である。

ポンプ室については、専門家による目視点検を実施した。その結果、構造体に関しては、鉄骨部材、コンクリート部材ともに震災による損傷は確認されなかった。

床部及び壁部のコンクリートのひび割れ幅は、幅1.0mm以下であった。ひび割れの補修は、幅1.0mmのひび割れに対してはUカットシーリング材充填等により、0.2mm以上1.0mm未満のひび割れに対してはエポキシ樹脂注入により、0.2mm未満のひび割れについては、被覆工法（シーリング工法）により補修を実施する（9月完了予定）。なお、これらのひび割れについては、建家の使用上は問題ない。

鉄骨構造部については、一部でボルトの緩みや水平ブレース（筋交い）の変形が確認された。緩んだボルトについては、交換又は増し締めを行い、変形したブレース等は交換するなどの補修を実施する（9月完了予定）。なお、これらについては、建家の使用上は問題ない。

ポンプ室の傾斜角及び沈下量を測定した結果、傾斜角は $1/2182$ で、判定基準（ $1/150$ 以下）以内であり、沈下量は11mmで、判定基準（50mm以下）以内であった。また、周辺部の地盤の陥没の形跡はなかった。

3.3.2.3 放射性廃棄物の廃棄施設

(1) 気体廃棄物の廃棄施設

① 排気筒

排気筒は、鉄筋コンクリート造の地上高80m、頂部内径2.5m（150mm厚）、最下部内径5.2m（500mm厚）である。

炉室内の換気された空気は、Cトレンチ内の排気ダクトを通り、フィルタバンク内のフィルタ（HEPAフィルタ、チャコールフィルタ）を通して浄化し、排風機に導き、高さ80mの排気筒（スタック）から大気に放出される。

排気筒については、コンクリート面のひび割れを専門家による目視点検により実施した。この調査では排気筒外壁面に仮設ゴンドラ（デッキ型）を設置し、排気筒外壁コンクリート面のひび割れについて目視による点検を実施した。その結果、ひび割れ幅は0.2mm前後のものがほとんどで、0.3mm以下であった。また、これらは全て地震等によるものと考えられる。

その他、コンクリートの豆板部（コンクリートの一部に、粗骨材だけが集まって出来た空隙などの欠陥部（ジャンカ））が1箇所確認されたが、豆板部周囲には、ひび割れ等は確認されなかった。

ひび割れ等の補修は、0.2mm以上のひび割れに対してはエポキシ樹脂注入等により、また、0.2mm未満のひび割れについては、被覆工法（シーリング工法）により実施した（8月末完了）。

また、豆板部の補修については、モルタル充填工法等による補修を実施した（8

月末完了)。

排気筒の傾斜角及び沈下量を測定した結果、傾斜角は 1/1070 で、判定基準 (1/150 以下) 以内であり、沈下量は 11mm で、判定基準 (50mm 以下) 以内であった。また、周辺部の地盤の陥没の形跡はなかった。

② 排風機室

排風機室は、原子炉建家南西、二次冷却系冷却塔南側に設置され、炉室の給排気設備のうち、排風機及びその他の排気設備を収納する。鋼管造スレート張、地上階 (414m²)、一部鉄筋コンクリート地下 1 階 (126m²) である。

排風機室については、専門家による目視点検を実施した。その結果、構造体のコンクリート部材に関しては、震災による損傷は確認されなかった。

床部コンクリートのひび割れ幅は 1.3mm 以下であった。ひび割れの補修は、幅 1.0mm 以上のひび割れに対しては Uカットシール材充填等により、0.2mm 以上 1.0mm 未満のひび割れに対してはエポキシ樹脂注入により、0.2mm 未満のひび割れについては、被覆工法 (シール工法) により実施中である。(9月完了予定)。

鉄骨構造部については、ブレース (筋交い) 接合部のボルトで地震の影響と思われるボルトの緩みやズレ跡が確認された。緩んだボルトについては、交換又は増し締めを行い、変形したブレース等は交換するなどの補修を実施中である (9月完了予定)。

排風機室の傾斜角及び沈下量を測定した結果、傾斜角は 1/964 で、判定基準 (1/150 以下) 以内であり、沈下量は 22mm で、判定基準 (50mm 以下) 以内であった。また、周辺部の地盤の陥没の形跡はなかった。

③ フィルタバンク

フィルタバンクは、排風機室東側に隣接して設置され、各排気系統のフィルタバンク (プレフィルタ、高性能フィルタ、一部チャコールフィルタ (排気第 1-2 系統、共通予備系統及び排気第 2 系統) から構成される。) を格納し、かつ、排気ダクトを兼ねた鉄筋コンクリート造地下構造 (339m²)、エポキシ樹脂塗料仕上げである。フィルタバンク入口側には、鉄筋コンクリート造地下ダクト (Cトレンチ) と接続して排気ダクト、バルブ等を収める。

フィルタバンクについては、専門家による目視点検を実施した。その結果、構造体に関しては、震災による損傷は確認されなかった。

コンクリート部のひび割れ幅は 2mm 以下であった。ひび割れの補修は、幅 1.0mm 以上のひび割れに対しては Uカットシール材充填等により、0.2mm 以上 1.0mm 未満のひび割れに対してはエポキシ樹脂注入により、0.2mm 未満のひび割れについては、被覆工法 (シール工法) により実施中である (9月完了予定)。

フィルタバンクについては、表面に雨水がたまらないように傾斜角が付けられている。なお、参考までに傾斜角及び沈下量を測定した結果、傾斜角は1/120、沈下量は99mmであり、雨水を流すための機能は維持されている。また、周辺部の地盤の陥没の形跡もなかった。

(2) 液体廃棄物の廃棄施設

① 第3排水系貯槽(I)

第3排水貯槽(I)は、鉄筋コンクリート構造(床面積:61.6m²)の平屋を3部屋に区切り、そのうちの1部屋を第3排水貯槽の排水ポンプ室として使用している。屋根は波型鋼板である。地下には原子炉建家内に設置している精製系統等の樹脂塔内の廃樹脂を収納するための貯槽(約420m³)がある。現在、第3排水貯槽(I)は、廃樹脂の保管のみで受入れは行われていない。

第3排水貯槽(I)については、専門家による目視点検を実施した。その結果、構造体に関しては、鉄骨部材、コンクリート部材ともに震災による損傷は確認されなかった。

コンクリート部のひび割れ幅は0.6mm以下であった。ひび割れの補修は0.2mm以上のひび割れに対してはエポキシ樹脂注入等により、0.2mm未満のひび割れについては、被覆工法(シール工法)により実施する(12月完了予定。この建家は原子炉の運転には直接関係はない。)

第3排水系貯槽(I)の傾斜角及び沈下量を測定した結果、傾斜角は1/1100で、判定基準(1/150以下)以内であり、沈下量は7mmで、判定基準(50mm以下)以内であった。また、周辺部の地盤の陥没の形跡はなかった。

② 第3排水系貯槽(II)

第3排水貯槽(II)は、鉄筋コンクリート構造と鉄骨構造の混合構造平屋(床面積:78.8m²)、高さ6.5mで、5tクレーンを有している。地下には原子炉建家内に設置している精製系統の樹脂塔内の廃樹脂を収納するための貯槽(約220m³)がある。排水貯槽の周囲には点検通路を設けている。

第3排水貯槽(II)については、専門家による目視点検を実施した。その結果、構造体に関しては、鉄骨部材、コンクリート部材ともに震災による損傷は確認されなかった。

コンクリート部のひび割れ幅は0.5mm以下であった。ひび割れ補修は0.2mm以上のひび割れに対してはエポキシ樹脂注入等により、0.2mm未満のひび割れについては、被覆工法(シール工法)により実施する(10月完了予定)。

鉄骨構造部について、損傷は見られなかった。

第3排水貯槽(II)の傾斜角及び沈下量を測定した結果、傾斜角は1/1339で、判

定基準(1/150 以下)以内であり、沈下量は 11mm で、判定基準 (50mm 以下) 以内であった。また、周辺部の地盤の陥没の形跡はなかった。

③ タンクヤード

タンクヤードは、炉室内で発生した放射性廃液を一旦、貯留して、廃棄物管理施設などに送出するための設備(廃液タンクは7基)を収納する。建家は、幅 11.7m ×長さ 23.9m×深さ 4.5m の鉄筋コンクリート地下ピット構造、地上階はコンクリートブロック造、屋根は鉄骨構造スレート張である。

タンクヤードについては、専門家による目視点検を実施した。その結果、構造体に関しては、鉄骨部材、コンクリート部材ともに震災による損傷は確認されなかった。

床部及び壁部のコンクリート部のひび割れ幅は1.5mm以下であった。ひび割れの補修は、幅1.0mm以上のひび割れに対してはUカットシール材充填等により、0.2mm以上1.0mm未満のひび割れに対してはエポキシ樹脂注入により、0.2mm未満のひび割れについては、被覆工法(シール工法)により実施中である(9月完了予定)。

鉄骨構造部について、損傷は見られなかった。

タンクヤードの傾斜角及び沈下量を測定した結果、傾斜角は 1/233 で、判定基準(1/150 以下)以内であり、沈下量は 24mm で、判定基準 (50mm 以下) 以内であった。また、周辺部の地盤の陥没の形跡はなかった。

3.3.2.4 放射線管理施設(モニタ小屋)

モニタ小屋は、長さ2.95m、幅2.65m、高さ2.5mのブロック造で、屋根はセメント防水を施した鉄筋コンクリート構造である。また、床スラブは鉄筋コンクリートである。この建屋内に排気筒のガスモニタ、ダストモニタの測定装置が設置されている。

モニタ小屋については、専門家による目視点検を実施した。その結果、構造体に関しては、コンクリート部材等に震災による損傷は確認されなかった。

ひび割れ幅は0.6mm以下であった。ひび割れの補修は、幅0.2mm以上のひび割れに対してはエポキシ樹脂注入等による工法、0.2mm未満のひび割れについては、被覆工法(シール工法)による工法で補修を実施する(9月完了予定)。

3.3.2.5 原子炉格納施設(原子炉建家(カナル室を含む。))

JMTR を格納する原子炉建家は、鉄筋コンクリート造地下4階地上1階(一部3階)屋根鉄骨トラス鉄板張球面構造で、直径 41m、高さ地上 20m、地下 23m の円筒形建家と、これに連なる鉄筋コンクリート造地上1階のカナル室とからなり、炉プール、CFプール、カナル、照射実験用ループキュービクル室のほか、原子

炉制御室、CF関係諸室（CF室、CF準備室、CF制御室）及び一次冷却系機器、プールカナル循環系機器等を納める諸室、排水貯槽等を含む。

カナル室はこの円型建物とホットラボ間をつなぐカナルの上家で、その両端に設けられた気密扉により、部屋全体が1つのエアロックとなる。

プール及びカナルの規定水面はほぼ1階床面と同じ高さにあり、原子炉建家1階は主として、このプール及びカナル廻りのワーキングエリアとして使用されるほか、原子炉制御室、照射制御室等が納められる。

また、JMTRの屋根は直径約44mの鋼管造鉄板貼球面構造で、34本の梁、頂部リング、屋根の鉄板（厚さ4.5mm）及びトラス梁の下弦材の座屈を防止するため、7本のリング材及び4条のブレース材から構成されている。また、この屋根は、原子炉建家上部の基礎コンクリートに配置された裾リングに取り付けられている。裾リングは、ベースプレートにより、原子炉建家上部の基礎コンクリートに固定されている。

原子炉建家の鉄筋コンクリート部に発生したひび割れについて、専門家による目視点検を実施した。その結果、コンクリート部（モルタルを含む）のひび割れ幅は1.8mm以下であった。このうち、地震による最大のひび割れ幅は1.8mmであり、これは、モルタル部であった。また、原子炉建家躯体の地震による最大のひび割れ幅は0.7mmであった。

ひび割れの補修は、幅1.0mm以上のひび割れに対してはUカットシール材充填等により、0.2mm以上1.0mm未満のひび割れに対してはエポキシ樹脂注入により、0.2mm未満のひび割れについては、被覆工法（シール工法）により実施中であり、また、モルタル等の剥離した箇所については、エポキシ樹脂注入工法、モルタル充填工法等による補修を実施した（8月末完了）。

JMTRの屋根を構成する34本のトラス梁、リング材、ブレース材、頂部リング及び屋根の鉄板の調査を行った。調査に当たっては、トラス梁のズレの測定と専門家による目視点検を実施した。

点検の結果、東北地方太平洋沖地震の影響によるものの他、経年変化によるものがあつた。これらについては、原状復帰のための補修を実施する（10月完了予定）。なお、屋根の調査結果については、次項の「3.4 原子炉建家屋根の梁の一部変形について」に記載する。

天井クレーンについては、外観検査により基部の損傷や脱輪等のないことを確認し、作動試験により正常に作動することを確認した。

また、原子炉建家は、エキスパンションジョイントで接続された隣接する建家（ホットラボ）からの影響を受けていないことを確認した。

原子炉建家の傾斜角及び沈下量を測定した結果、傾斜角は1/241で判定基準値（1/150以下）以内であつた。原子炉建家の不同沈下測定の結果は、外周部犬走り

レベル測定で1/1533であった。また、原子炉建家の壁傾斜を測定した。測定に当たっては、原子炉建家の南南西方向を起点に約90°ずつ4箇所測定を行った。測定結果は、南南西の測定点1：1/289、西北西の測定点2：1/528、北東の測定点3：1/477、南東の測定点4：1/442となっており、測定点4を除いて、外側に柱が傾斜している。測定点2と4は対角にあり、同じ方向に傾斜していることになる。しかし、その方向は、外周部犬走り測定で1/1533となっている方向であり、床レベルでは問題ないことから、施工時の精度によるものと考えられる。

なお、原子炉建家周辺で発生している地盤沈下は、建設時に建家周辺に埋め戻された地盤が揺すり込み沈下したためと考えられる。

原子炉建家の負圧機能を確認ための漏えい率検査及び負圧検査を実施した。その結果、東北地方太平洋沖地震前後を通して基準値内（漏えい率：100%/day、負圧：59～98Pa）であり、安全機能である建家負圧維持機能は維持されていることを確認した。

3.3.2.6 その他原子炉の附属施設

① 機械室

機械室は、鋼管構造平屋建て（1750m²）で、原子炉建家の西側に設置しており、純水製造系統、換気設備、圧縮空気設備、ボイラー設備、ディーゼル発電機設備、電気設備などを収納する。

機械室の調査は、専門家による目視点検を実施した。その結果、構造体に関しては、鉄骨部材、コンクリート部材ともに震災による損傷は確認されなかった。

コンクリート部のひび割れ幅は2.5mm以下であった。ひび割れの補修は、幅1.0mm以上のひび割れに対してはUカットシーリング材充填等により、0.2mm以上1.0mm未満のひび割れに対してはエポキシ樹脂注入により、0.2mm未満のひび割れについては、被覆工法（シーリング工法）により実施中である（9月完了予定）。

鉄骨構造部については、ブレース（筋交い）等の変形や破断、接合部のボルトの緩み、ズレ跡等が確認された。これらは、埃等の付着状況から地震の影響ではないが、緩んだボルトについては、交換又は増し締めを行い、変形したブレース等は交換するなどの補修を実施中である（9月完了予定）。

機械室の傾斜角及び沈下量を測定した結果、傾斜角は1/581で、判定基準値（1/150以下）以内であり、沈下量は43mmで、判定基準（50mm以下）以内であった。また、周辺部の地盤の陥没の形跡はなかった。

② Aトレンチ（Aダクト）

Aトレンチは、機械室から原子炉建家に至る地下ダクトで、幅約4m×高さ約4m×長さ約90mの鉄筋コンクリート構造であり、電気設備の電源ケーブル、圧縮空気配

管などを収納している。

Aトレンチについては、専門家による目視点検を実施した。その結果、構造体に関しては、震災による損傷は確認されなかった。

鉄筋コンクリート部のひび割れ幅は1.0mm以下であった。ひび割れの補修は、幅1.0mmのひび割れに対してはUカットシール材充填等により、0.2mm以上1.0mm未満のひび割れに対してはエポキシ樹脂注入により、0.2mm未満のひび割れについては、被覆工法（シール工法）により実施中である（10月完了予定）。

Aトレンチ周辺部について、地盤の陥没の形跡はなかった。

③ Bトレンチ（Bダクト）

Bトレンチは、機械室から原子炉建家に至る地下ダクトで、幅約4m×高さ約3m×長さ約65mの鉄筋コンクリート構造であり、二次冷却系統、純水系統、UCL系統ろ過水系統の配管などを収納している。

Bトレンチについては、専門家による目視点検を実施した。その結果、構造体に関しては、震災による損傷は確認されなかった。

鉄筋コンクリート部のひび割れ幅は4.0mm以下であった。ひび割れの補修は、幅1.0mm以上のひび割れに対してはUカットシール材充填等により、0.2mm以上1.0mm未満のひび割れに対してはエポキシ樹脂注入により、0.2mm未満のひび割れについては、被覆工法（シール工法）により実施する。（10月完了予定）。

Bトレンチ周辺部について、地盤の陥没の形跡はなかった。

④ Cトレンチ（Cダクト）

Cトレンチは、原子炉建家から排風機室建家、タンクヤードに至る地下ダクトで、幅約4m×高さ約4m×長さ約80mの鉄筋コンクリート構造であり、排気ダクト、排水系統の配管などを収納している。

Cトレンチについては、専門家による目視点検を実施した。その結果、構造体に関しては、震災による損傷は確認されなかった。

鉄筋コンクリート部のひび割れ幅は2.0mm以下であった。ひび割れの補修は、幅1.0mm以上のひび割れに対してはUカットシール材充填等により、0.2mm以上1.0mm未満のひび割れに対してはエポキシ樹脂注入により、0.2mm未満のひび割れについては、被覆工法（シール工法）により実施する（10月完了予定）。

Cトレンチ周辺部について、地盤の陥没の形跡はなかった。

3.3.3 設備機器

3.3.3.1 原子炉本体

(1) 炉心部

炉心部は直径1560mm、実効高さ750mmの円筒形状で、燃料要素、反射体要素、制御要素（中性子吸収体、ショックセクション）、制御棒案内管、制御棒案内管押え枠、格子板、内部タンク、アルミ枠、ベリリウム枠及びガンマ線遮へい板から構成される。

炉心部については、機器部の目視点検を行った。その結果、損傷等がないことを確認した。

(2) 原子炉圧力容器

原子炉圧力容器は全高 9.5m、胴径 3m のステンレス鋼(SUS304L)製で、全体は深さ 12m、直径 6m の炉プール中に据え付けられており、圧力容器、核計装検出器案内管、炉内仮置ラック、シュート、圧力容器支持脚、下部振止め及び整流板から構成される。

原子炉圧力容器は圧力容器、核計装検出器案内管（10 箇所）、炉内仮置ラック、シュート（2 箇所）、整流板、圧力容器支持脚（4 箇所）及び下部振止め（16 箇所）の機器部について目視点検を実施した。その結果、異常がないことを確認した。また、基礎部である圧力容器支持脚、下部振止め等について目視点検を実施した。その結果、損傷等がないことを確認した。

下部振止め取付ボルト（32 箇所）について、打診点検を実施した。その結果、取付ボルトに緩みがないことを確認した。

圧力容器について、漏えい検査を実施した。その結果、異常がないことを確認した。

(3) 放射線遮へい体

放射線遮へい体は、厚さ約 2.5m のコンクリート製の炉プール側壁（内側、外側及びキュービクルエリア）であり、生体遮へいの役割を担っている。

炉プール側壁の内側、炉プール側壁の外側及びキュービクルエリアについて目視点検を行った。その結果、損傷等がないことを確認した。

3.3.3.2 核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設

(1) 核燃料物質取扱施設

核燃料物質取扱施設にはキャスク台車があり、これは、新燃料要素の炉上部までの移送、使用済燃料の取出し、移送等に使用される。

キャスク台車本体及びキャスク台車レール（炉プール、No. 1 カナル、No. 2 カナル

及びNo.3 カナル) の機器部について目視点検を実施した。目視点検の結果、損傷等がないことを確認した。

キャスク台車レールの基礎部について目視点検を実施した。その結果、No.3 カナル台車レールの基礎ボルトに曲がりがあることを確認した。また、基礎ボルト埋込み部周辺コンクリートにひび割れが 22 箇所(幅 1mm 未満:16 箇所、幅 1mm~2mm:6 箇所)、その他、剥落が 9 箇所あることを確認した。これらについては、機能上問題はないが、原状復帰補修を行う(10月完了予定)。

キャスク台車レールの基礎ボルトについて、打診点検を実施した。その結果、異常がないことを確認した。

キャスク台車の作動点検を実施した。その結果、異常がないことを確認した。

(2) 核燃料物質貯蔵施設

①新燃料貯蔵施設

新燃料貯蔵施設として、新燃料貯蔵ラックがあり、新燃料要素は新燃料貯蔵ラックに保管される。

新燃料貯蔵ラック(3基)の機器部及び基礎部について目視点検を実施した結果、損傷等がないことを確認した。また、新燃料貯蔵ラック(3基)の基礎ボルトについて打診点検を実施した結果、異常がないことを確認した。

②使用済燃料貯蔵施設

使用済燃料貯蔵施設として、使用済燃料ラックがあり、使用済燃料は使用済燃料ラックに収めて、キャスク台車によりカナル等に移送し、水中に保管される。

使用済燃料ラック(63台)の機器部(本体部の外側、内側)について、目視点検を実施した。その結果、損傷等がないことを確認した。

使用済燃料ラック(63台)のラック本体と蓋をつなぐ蝶番及び蓋のロック機構について作動点検を実施した。その結果、異常がないことを確認した。

3.3.3.3 原子炉冷却系統施設

(1) 一次冷却設備

一次冷却設備は、主循環系統及び精製系統から構成されている。

①主循環系統

主循環系統は炉心内で発生した熱(50MW)を安全に除去し、これを熱交換器を介して二次冷却系統に伝えるものであり、主熱交換器、主循環ポンプ、緊急ポンプ、圧力サージタンク、アキュムレータ、ストレナ、配管、弁及び配電盤から構成されている。

主熱交換器(3基)、主循環ポンプ(4台)、緊急ポンプ(2台)、圧力サージ

タンク（1基）、アキュムレータ、ストレーナ（4基）、配管、配管サポート（177箇所）、弁（330台）及び配電盤（17面）の機器部について目視点検を行った。その結果、損傷等がないことを確認した。

主熱交換器（3基）、主循環ポンプ（4台）、緊急ポンプ（2台）、圧力サージタンク（1基）、アキュムレータ（1基）、ストレーナ（4基）、配管サポート（89箇所）及び配電盤（17面）の基礎部について目視点検を行った。その結果、アキュムレータ支持脚の基礎ボルトに曲がり1箇所を確認した。配電盤のうち主循環ポンプ起動盤の基礎ボルトに破損を1箇所確認した。また、基礎ボルト等埋込み部周辺コンクリートのひび割れがアキュムレータに7箇所（幅1mm未満）、配管サポートのボルト周りに25箇所（幅1mm未満）、主循環ポンプ起動盤に27箇所（幅1mm未満）あることを確認した。これらについては、機能上問題はないが原状復帰補修を行う（10月完了予定）。

主熱交換器（3基）、主循環ポンプ（4台）、緊急ポンプ（2台）、圧力サージタンク（1基）、アキュムレータ（1基）、ストレーナ（4基）、配管サポート（89箇所）、配電盤の基礎ボルト等について打診点検を実施した。その結果、配管サポートのボルトに3箇所緩みを確認したが、増し締めを実施し、正常に締め付けができたことを確認した。配電盤のうち主循環ポンプ起動盤の基礎ボルト（11箇所）及び一次冷却系統 MCC 盤の基礎ボルト（22箇所）については、盤の構造上、打診点検ができないため、盤の移動痕の有無及び基礎ボルト埋込み部周辺コンクリートのひび割れの有無を確認した。その結果、盤の移動痕はなかったが、主循環ポンプ起動盤の基礎ボルト埋込み部周辺コンクリートにひび割れを27箇所（幅1mm未満）確認した。これらについては機能上問題はないが、原状復帰補修を行う（10月完了予定）。

一次冷却系統 MCC 盤については、損傷等がないことを確認した。

主循環ポンプ（4台）、緊急ポンプ（2台）及び弁（330台）について作動点検を実施した。その結果、異常がないことを確認した。

配電盤について絶縁抵抗測定を実施した。その結果、絶縁抵抗値は基準値以上であることを確認した。

主熱交換器（3基）、主循環ポンプ（4台）、緊急ポンプ（2台）、圧力サージタンク（1基）、アキュムレータ（1基）、ストレーナ（4基）及び配管について漏えい検査を実施した。その結果、異常がないことを確認した。

②精製系統

精製系統は、主循環系統から一次冷却水を一部取出し（約 50m³/h）、一次冷却系内腐食生成物の除去と一次冷却水の汚染を低減するよう水質を調節し、さらに一次冷却水中に含まれる溶存ガス、分解ガスを脱気タンクにより除去を行うも

のであり、精製後、主循環系統に戻される。精製系統は充填ポンプ、移送ポンプ、脱気ブロワ、イオン交換塔、脱気タンク、処理水タンク、出入口フィルタ、脱気出入口フィルタ、前置フィルタ、配管、弁及び配電盤から構成されている。

充填ポンプ（2台）、移送ポンプ（2台）、脱気ブロワ（2台）、イオン交換塔（4基）、脱気タンク（1基）、処理水タンク（1基）、出入口フィルタ（4基）、脱気出入口フィルタ（4基）、前置フィルタ（1基）、配管、配管サポート（179箇所）、弁及び配電盤の機器部について目視点検を行った。その結果、異常がないことを確認した。

充填ポンプ（2台）、移送ポンプ（2台）、脱気ブロワ（2台）、イオン交換塔（4基）、脱気タンク（1基）、処理水タンク（1基）、出入口フィルタ（4基）、脱気出入口フィルタ（4基）、前置フィルタ（1基）、配管サポート（179箇所）及び配電盤の基礎部について目視点検を行った。その結果、基礎部コンクリートのひび割れが配管サポートに29箇所（幅1mm未満）、配電盤に1箇所（幅1mm未満）、基礎部コンクリートの剥落が配管サポートに4箇所あることを確認した。これらについては、機能上問題はないが原状復帰補修を行う（10月完了予定）。

脱気出口フィルタNo.1及びNo.2については、構造上、基礎ボルトの目視点検ができないため、脱気出口フィルタの移動痕の有無及び基礎ボルト埋込み部周辺コンクリートについてひび割れの有無を確認した。その結果、移動痕、ひび割れは確認されなかった。

充填ポンプ（2台）、移送ポンプ（2台）、脱気ブロワ（2台）、イオン交換塔（4基）、脱気タンク（1基）、処理水タンク（1基）、出入口フィルタ（4基）、脱気出入口フィルタ（4基）、前置フィルタ（1基）、配管サポート（105箇所）、配電盤の基礎ボルト等について打診点検を実施した。その結果、配管サポートのボルトに6箇所、配電盤の基礎ボルトに1箇所の緩みを確認したが、増し締めを実施し、正常に締め付けができたことを確認した。

脱気出口フィルタNo.1及びNo.2については、その構造上、基礎ボルトの打診点検ができないため、脱気出口フィルタの移動痕の有無及び基礎ボルト埋込み部周辺コンクリートについてひび割れの有無を確認した。その結果、移動痕及びひび割れは確認されなかった。

充填ポンプ（2台）、移送ポンプ（2台）、脱気ブロワ（2台）、脱気出入口フィルタ（4基）、弁（50台）及び配電盤について作動点検を実施した。その結果、異常がないことを確認した。

イオン交換塔（4基）、脱気タンク（1基）、処理水タンク（1基）、出入口フィルタ（4基）、前置フィルタ（1基）及び配管について漏えい検査を実施した。その結果、異常がないことを確認した。

配電盤について絶縁抵抗測定を実施した。その結果、絶縁抵抗値は基準値以上

であることを確認した。

(2) 二次冷却設備

二次冷却設備は、炉心で発生した熱を熱交換器を介して一次冷却系統から受け、この熱を二次冷却系統冷却塔で大気に放散するものであり、循環ポンプ、冷却塔、冷却塔ファン、ストレーナ、配管、弁、補助ポンプ、ポンド及び配電盤から構成されている。

循環ポンプ（4台）、冷却塔、冷却塔ファン（4台）、ストレーナ（3台）、ストレーナサポート（3箇所）、配管、配管サポート（73箇所）、弁（150台）、補助ポンプ（2台）、ポンド及び配電盤の機器部について目視点検を行った。その結果、冷却塔の柱等に損傷を2箇所確認した。また、配管サポートに損傷が1箇所あることを確認した。これらについては、機能上問題はないが原状復帰補修を行う（10月完了予定）。

循環ポンプ（4台）、冷却塔、冷却塔ファン（4台）、ストレーナサポート（3箇所）、配管サポート（73箇所）、補助ポンプ（2台）及び配電盤の基礎部について目視点検を行った。その結果、配管サポートのボルトに抜けを1箇所確認した。また、基礎ボルト等埋込み部周辺コンクリートのひび割れが循環ポンプに21箇所（幅1mm未満）、冷却塔に143箇所（幅1mm未満：112箇所、幅1mm～2mm：31箇所）、配管サポートに30箇所（幅1mm未満：27箇所、幅1mm～1.4mm：3箇所）、補助ポンプに11箇所（幅1mm未満：9箇所、幅1mm：2箇所）、配電盤に16箇所（幅1mm未満）、コンクリートの剥離が配管サポートに10箇所あることを確認した。これらについては、機能上問題はないが原状復帰補修を行う（10月完了予定）。

二次冷却系統制御盤及び二次冷却系統補助ポンプ電源盤の基礎ボルトについては盤の構造上、目視点検を実施することができないため、盤の移動痕の有無及び基礎ボルト埋込み部周辺コンクリートについてひび割れの有無を確認した。その結果、移動痕及びひび割れがないことを確認した。

循環ポンプ（4台）、冷却塔、冷却塔ファン（4台）、配管サポート（49箇所）、補助ポンプ（4台）、配電盤の基礎ボルト等について、打診点検を実施した。その結果、配管サポートのボルトが1本損傷していることを確認した。これらについては、機能上問題はないが原状復帰補修を行う（10月完了予定）。

二次冷却系統制御盤及び二次冷却系統補助ポンプ電源盤の基礎ボルトについては盤の構造上ベースプレートの底部に基礎ボルトが施工されており、打診点検ができないため、盤の移動痕の有無及び基礎ボルト埋込み部周辺コンクリートについてひび割れの有無を確認した。その結果、移動痕及びひび割れがないことを確認した。

循環ポンプ（4台）、冷却塔ファン（4台）、弁（主要弁6台）、補助ポンプ（2台）及び配電盤について作動点検を実施した。その結果、異常がないことを確認した。

配電盤について絶縁抵抗測定を実施した。その結果、絶縁抵抗値は基準値以上であることを確認した。

ストレーナ（3台）及び配管について漏えい検査を実施した。その結果、漏えいがないことを確認した。

(3) 非常用冷却設備

非常用冷却設備には外部電源喪失時における非常用冷却設備と一次冷却水喪失事故時に漏えい水を炉プールに戻すための漏えい水再循環設備がある。

①非常用冷却設備

非常用冷却設備は異常状態において適切な炉心冷却能力を確保するためのものであり、主循環ポンプ、緊急ポンプ、補助ポンプ、サイフォンブレイク弁及び炉プール連通弁から構成されている。

サイフォンブレイク弁（2台）及び炉プール連通弁（4台）について目視点検及び作動点検を行った。その結果、損傷等がなく、動作についても、異常がないことを確認した。

なお、主循環ポンプ及び緊急ポンプについては「3.3.3.3（1）一次冷却設備」に点検結果を記載した。

②漏えい水再循環設備

漏えい水再循環設備は、一次冷却水流出事故時に漏えいし排水貯槽に達した一次冷却水を炉プールに戻すための設備であり、排水ポンプ（No. 1、No. 2、No. 3 及び No. 4）、配管及び弁から構成されている。

配管、配管サポート（25箇所）及び弁の機器部について目視点検を行った。その結果、損傷等がないことを確認した。

配管サポート（25箇所）の基礎部について目視点検を行った。その結果、基礎部コンクリートのひび割れが1箇所（幅1mm未満）あることを確認した。これらについては、機能上問題はないが原状復帰補修を行う（10月完了予定）。

なお、排水ポンプ（No. 1、No. 2、No. 3 及び No. 4）については「3.3.3.5（2）液体廃棄物の廃棄施設」の点検結果に記載した。

配管サポート（18箇所）のボルトについて、打診点検を実施した。その結果、異常がないことを確認した。

弁（7台）について作動点検を実施した。その結果、異常がないことを確認した。なお、排水ポンプ（No. 1、No. 2、No. 3 及び No. 4）については「3.3.3.5（2）液体廃棄物の廃棄施設」の点検結果に記載した。

配管について漏えい検査を実施した。その結果、漏えいがないことを確認した。

(4) その他の主要な設備

その他の主要な設備には、UCL 系統及びプールカナル循環系統がある。

①UCL系統

UCL 系統は、ループ照射装置の二次系、炉外試験設備、ディーゼル発電機、空気圧縮機、空調機器、制御棒駆動装置リラクタンズ電動機等に必要な冷却水を供給するためのものであり、揚水ポンプ、循環ポンプ、冷却塔、冷却塔ファン、高架水槽、ポンド、ストレーナ、配管、弁及び配電盤から構成されている。

揚水ポンプ（3 台）、循環ポンプ（3 台）、冷却塔、冷却塔ファン（1 台）、高架水槽、ポンド、ストレーナ（2 台）、配管、配管サポート（156 箇所）、弁（185 台）及び配電盤の機器部について目視点検を行った。その結果、配管サポートに 1 箇所、腐食による損傷があることを確認した。これらについては、機能上問題はないが原状復帰補修を行う（10 月完了予定）。

揚水ポンプ（3 台）、循環ポンプ（3 台）、冷却塔、冷却塔ファン（1 台）、高架水槽、ストレーナ（2 台）、配管サポート（156 箇所）及び配電盤の基礎部について目視点検を行った。その結果、配管サポートのボルトに打ち込み不足を 5 箇所確認した。また、基礎ボルト等埋込み部周辺コンクリートのひび割れが、揚水ポンプに 13 箇所（幅 1mm 未満）、循環ポンプに 5 箇所（幅 1mm 未満）、冷却塔に 9 箇所（幅 1mm 未満）、高架水槽に 5 箇所（幅 1mm 未満）、配管サポートに 48 箇所（幅 1mm 未満：43 箇所、幅 1mm～1.3mm：5 箇所）、配電盤のうち UCL 系統起動盤に 8 箇所（幅 1mm 未満）、コンクリートの剥落が冷却塔に 15 箇所あることを確認した。これらについては、機能上問題はないが原状復帰補修を行う（10 月完了予定）。

配電盤のうち制御盤 1、2、3、4 及び中継端子盤の背面側基礎ボルトについては、盤の構造上、基礎ボルトの目視点検ができないため、制御盤 1、2、3、4 及び中継端子盤の移動痕の有無及び基礎ボルト埋込み部周辺コンクリートについてひび割れの有無を確認した。その結果、盤の移動痕はなかったが、中継端子盤背面側の基礎ボルト埋込み部周辺コンクリートにひび割れを 1 箇所（幅 1mm）確認した。これらについては、機能上問題はないが原状復帰補修を行う（10 月完了予定）。

揚水ポンプ（3 台）、循環ポンプ（3 台）、冷却塔、冷却塔ファン（1 台）、高架水槽、配管サポート（67 箇所）、配電盤の基礎ボルト等について、打診点検を実施した。その結果、異常がないことを確認した。

配電盤のうち制御盤 1、2、3、4 及び中継端子盤の背面側基礎ボルトについては、盤の構造上、基礎ボルトの打診点検ができないため、制御盤 1、2、3、4 及び中継端子盤の移動痕の有無及び基礎ボルト埋込み部周辺コンクリートのひび割れの有無を確認した。その結果、盤の移動痕はなかったが、中継端子盤背面側の基礎ボルト埋込み部周辺コンクリートにひび割れを 1 箇所（幅 1mm）確認した。これら

については、機能上問題はないが原状復帰補修を行う（10月完了予定）。

揚水ポンプ（3台）、循環ポンプ（3台）、冷却塔ファン（1台）及び弁（14台）について作動点検を実施した。その結果、異常がないことを確認した。

配電盤について絶縁抵抗測定を実施した。その結果、絶縁抵抗値は基準値以上であることを確認した。

配管及びストレーナ（2台）について、漏えい検査を実施した。その結果、配管フランジ部に1箇所、漏えいがあることを確認した。これらについては原状復帰補修を行う（10月完了予定）。

②プールカナル循環系統

プールカナル循環系統は、炉プール、No.1カナル及びNo.2カナル内で発生する熱を除去し、併せて炉プール、No.1カナル及びNo.2カナル内の腐食生成物の除去と水の汚染を低減するように水質を維持するためのものであり、炉プール、No.1カナル、No.2カナル、循環ポンプ、熱交換器、イオン交換塔、出入口フィルタ、ストレーナ、配管、弁及び配電盤から構成されている。

炉プール、No.1カナル、No.2カナル、循環ポンプ（3台）、熱交換器（3台）、イオン交換塔（1台）、出入口フィルタ（入口フィルタ1台、出口フィルタ1台）、ストレーナ（3台）、配管（溶接部、フランジ、サポート）、弁及び配電盤の機器部について目視点検を行った。その結果、損傷等がないことを確認した。

循環ポンプ（3台）、熱交換器（3台）、イオン交換塔（1台）、出入口フィルタ（入口フィルタ1台、出口フィルタ1台）、ストレーナ（3台）、配管サポート（54箇所）及び配電盤の基礎部について目視点検を行った。その結果、基礎ボルト等埋込み部周辺コンクリートのひび割れが循環ポンプに7箇所（幅1mm未満）、熱交換器に4箇所（幅1mm未満）、イオン交換塔に11箇所（幅1mm未満）、出入口フィルタに20箇所（幅1mm未満）、配電盤に40箇所（幅1mm未満）、及びろ過水戻りライン配管サポートに2箇所（幅1.5mm以下）あることを確認した。これらについては、機能上問題はないが原状復帰補修を行う（10月完了予定）。

循環ポンプ（3台）、熱交換器（3台）、イオン交換塔（1台）、出入口フィルタ（入口フィルタ1台、出口フィルタ1台）、配管サポート（39箇所）、配電盤の基礎ボルト等について、打診点検を実施した。その結果、配電盤に1箇所緩みを確認したが、増し締めを実施し、正常に締め付けができたことを確認した。

循環ポンプ（3台）及び弁（15台）について作動点検を実施した。その結果、異常がないことを確認した。

配電盤について絶縁抵抗測定を実施した。その結果、絶縁抵抗値は基準値以上であることを確認した。

炉プール、No.1カナル、No.2カナル、熱交換器（3台）、イオン交換塔、出入口

フィルタ（入口フィルタ 1 台及び出口フィルタ 1 台）、ストレーナ（3 台）及び配管について漏えい検査を実施した。その結果、異常がないことを確認した。

3.3.3.4 計測制御系統施設

計測制御系統施設には、計装として核計装・プロセス計装、安全保護回路として原子炉停止回路・その他の主要な安全保護回路、制御設備として制御棒駆動装置・非常用制御設備がある。

(1) 計装

①核計装

核計装は、原子炉の起動、運転及び停止に必要な炉心内の中性子レベル及びペリオドの計測を行うものであり、起動系、対数出力系及び線形出力系から成り、中性子計装盤、中性子検出器、中性子検出器駆動装置及び計装ケーブルダクトで構成されている。なお、起動系、対数出力系及び線形出力系は、それぞれ独立した同一の 3 チャンネルから構成されている。

中性子計装盤及び中性子検出器駆動装置の機器部について目視点検を実施した。その結果、損傷等のないことを確認した。

中性子計装盤の基礎部について目視点検を実施した。その結果、基礎部コンクリートにひび割れを 2 箇所（幅 1mm 未満）確認した。これらについては、機能上問題はないが原状復帰補修を行う（10 月完了予定）。

中性子計装盤の基礎ボルトについて打診点検を実施した。その結果、異常がないことを確認した。

中性子計装盤及び中性子検出器駆動装置について作動点検を実施した。その結果、異常がないことを確認した。

中性子検出器について絶縁抵抗測定を実施した。その結果、絶縁抵抗値は基準値以上であることを確認した。

なお、核計装ケーブルダクトの点検結果については、②プロセス計装に記載する。

②プロセス計装

プロセス計装は、圧力、差圧、流量、液面、温度、温度差、pH、電導度等の計測制御を行うものであり、プロセス制御盤（原子炉制御室、機械室プロセス制御盤、PC 系制御盤、二次系・UCL 系制御盤及び M2F 継電器盤）、プロセス制御操作卓（原子炉制御室及び機械制御室）、分電盤（原子炉制御室及び機械制御室）、燃料破損検出器盤、カナル水・樹脂塔モニタ盤、CF プール系プロセス現場盤、SFC プール系プロセス現場盤、二次冷却水モニタ、タンクヤード廃液タンク水モニタ盤、無停電電源装置（炉室及び機械室）、タンクヤード系制御盤、タンクヤード

計装盤、純水補給系統現場制御盤、炉室給排気系統制御盤、第3排水貯槽（Ⅱ）動力制御盤、計装ケーブルダクト及び検出器で構成されている。

プロセス制御盤、プロセス制御操作卓、分電盤、燃料破損検出器盤、カナル水・樹脂塔モニタ盤、CFプール系プロセス現場盤、SFCプール系プロセス現場盤、二次冷却水モニタ、タンクヤード廃液タンク水モニタ盤、無停電電源装置、タンクヤード系制御盤、タンクヤード計装盤、純水補給系統現場制御盤、炉室給排気系統制御盤、第3排水貯槽（Ⅱ）動力制御盤、核計装・プロセス計装ケーブルダクト及び検出器の機器部及び基礎部について目視点検を実施した。その結果、機器部においては核計装・プロセス計装ケーブルダクトのサポート外れ1箇所、検出器のスタンション損傷を1箇所確認した。基礎部については、検出器の基礎ボルト3箇所に締付不良を確認した。また、基礎部コンクリートのひび割れについてプロセス制御盤に34箇所（幅1mm未満：33箇所、幅1.2mm：1箇所）、CFプール系プロセス現場盤に1箇所（幅1mm未満）、無停電電源装置に3箇所（幅1mm未満：2箇所、幅2.0mm：1箇所）、タンクヤード計装盤に2箇所（幅1mm未満）、純水補給系統現場制御盤に2箇所（幅1mm未満）、炉室給排気系統制御盤に1箇所（幅1mm未満）、核計装・プロセス計装ケーブルダクトに75箇所（幅1mm未満）、検出器に104箇所（幅1mm未満）のひび割れを確認した。コンクリートの剥離について核計装・プロセス計装ケーブルダクトのサポート基礎部に30箇所、検出器基礎部に4箇所あることを確認した。これらについては、機能上問題はないが原状復帰補修を行う（10月完了予定）。

プロセス制御操作卓、分電盤、カナル水・樹脂塔モニタ盤、SFCプール系プロセス現場盤、無停電電源装置、タンクヤード計装盤、炉室給排気系統制御盤、検出器の基礎ボルトの一部については構造上、目視点検ができないため、盤、検出器の移動痕の有無及び基礎ボルト埋込み部周辺コンクリートのひび割れの有無を確認した。また、核計装・プロセス計装ケーブルダクトについても、設置場所の構造上、サポート基礎部の一部について目視点検ができないため、ダクトの移動痕の有無を確認した。その結果、盤、ダクト等に移動痕はなかったが、基礎ボルト埋込み部周辺コンクリートのひび割れが、無停電電源装置に1箇所（幅1mm未満）、タンクヤード計装盤に2箇所（幅1mm未満）、炉室給排気系統制御盤に1箇所（幅1mm未満）、検出器に10箇所（幅1mm未満）あることを確認した。これらについては、機能上問題はないが原状復帰補修を行う（10月完了予定）。

プロセス制御盤、プロセス制御操作卓、分電盤、燃料破損検出器盤、カナル水・樹脂塔モニタ盤、CFプール系プロセス現場盤、SFCプール系プロセス現場盤、二次冷却水モニタ、タンクヤード廃液タンク水モニタ盤、無停電電源装置、タンクヤード系制御盤、タンクヤード計装盤、純水補給系統現場制御盤、炉室給排気系統制御盤、第3排水貯槽（Ⅱ）動力制御盤、核計装・プロセス計装ケーブルダク

ト及び検出器の基礎ボルト等について打診点検を実施した。その結果、基礎ボルト等の緩みを二次冷却水モニタに4箇所、炉室給排気系統制御盤に2箇所、核計装・プロセス計装ケーブルダクトに2箇所、検出器に3箇所あることを確認した。このうち、二次冷却水モニタの2箇所、炉室給排気系統制御盤の2箇所、核計装・プロセス計装ケーブルダクトの2箇所、検出器の2箇所については増し締めを実施し、正常に締め付けられたことを確認した。二次冷却水モニタの残りの2箇所及び検出器の1箇所については、機能上問題はないが原状復帰補修を行う（10月完了予定）。

プロセス制御操作卓、分電盤、カナル水・樹脂塔モニタ盤、SFC プール系プロセス現場盤、無停電電源装置、タンクヤード計装盤、炉室給排気系統制御盤及び検出器の基礎ボルトの一部については構造上、打診点検ができないため、盤、検出器の移動痕の有無及び基礎ボルト埋込み部周辺コンクリートのひび割れの有無を確認した。また、核計装・プロセス計装ケーブルダクトは設置場所の構造上、サポート基礎部の一部について打診点検を実施することができないため、ダクトの移動痕の有無を確認した。その結果、基礎ボルト埋込み部周辺コンクリートにひび割れが、無停電電源装置に1箇所（幅1mm未満）、タンクヤード計装盤に2箇所（幅1mm未満）、炉室給排気系統制御盤に1箇所（幅1mm未満）、検出器に10箇所（幅1mm未満）あることを確認した。これらについては、機能上問題はないが原状復帰補修を行う（10月完了予定）。

プロセス制御盤、プロセス制御操作卓、燃料破損検出器盤、カナル水・樹脂塔モニタ盤、CF プール系プロセス現場盤、二次冷却水モニタ、タンクヤード廃液タンク水モニタ盤、無停電電源装置、タンクヤード系制御盤、タンクヤード系計器盤、純水補給系統現場制御盤、炉室給排気系統制御盤及び第3排水貯槽（Ⅱ）動力制御盤について作動点検を実施した。その結果、異常がないことを確認した。

分電盤、無停電電源装置及び第3排水貯槽（Ⅱ）動力制御盤について絶縁抵抗測定を実施した。絶縁抵抗測定の結果、絶縁抵抗値は基準値以上であることを確認した。

検出器について特性試験を実施した。その結果、異常がないことを確認した。

(2) 安全保護回路

安全保護回路にはアラーム、制御棒引抜停止、セットバック、制御棒挿入及びスクラムがある。その他にインターロック回路があり、原子炉の起動及び運転の安全性を確保するものである。原子炉停止回路及びその他の主要な安全保護回路から構成される。

①原子炉停止回路

原子炉停止回路はスクラム遮断器盤、安全保護系盤及び安全保護系変換器盤か

ら構成されている。

スクラム遮断器盤、安全保護系盤及び安全保護系変換器盤の機器部及び基礎部について目視点検を実施した。その結果、損傷等がないことを確認した。

安全保護系変換器盤の基礎ボルトの一部については、盤の構造上、目視点検ができないため、盤の移動痕の有無及び基礎ボルト埋込み部周辺コンクリートについてひび割れの有無を確認した。その結果、移動痕及びひび割れがないことを確認した。

スクラム遮断器盤、安全保護系盤及び安全保護系変換器盤の基礎ボルトに対して打診点検を実施した。その結果、基礎ボルトに緩みがないことを確認した。

なお、安全保護系変換器盤の基礎ボルトの一部については、盤の構造上、打診点検ができないため、盤の移動痕の有無及び基礎ボルト埋込み部周辺コンクリートについてひび割れの有無を確認した。その結果、移動痕及びひび割れがないことを確認した。

スクラム遮断器盤、安全保護系盤及び安全保護系変換器盤について作動点検を実施した。その結果、異常がないことを確認した。

②その他の主要な安全保護回路

その他の主要な安全保護回路は反応度制御盤、原子炉制御操作卓及びプロセス計装盤から構成されている。

反応度制御盤、原子炉制御操作卓及びプロセス計装盤の機器部及び基礎部について目視点検を実施した。その結果、損傷等がないことを確認した。

なお、反応度制御盤及び原子炉制御操作卓の基礎ボルトの一部については、盤の構造上目視点検ができないため、盤の移動痕の有無及び基礎ボルト埋込み部周辺コンクリートについてひび割れの有無を確認した。その結果、移動痕及びひび割れがないことを確認した。

プロセス計装盤の基礎ボルトについて打診点検を実施した。その結果、プロセス計装盤の基礎ボルトに緩みがないことを確認した。

反応度制御盤及び原子炉制御操作卓の基礎ボルトについては、盤の構造上、打診点検ができないため、盤の移動痕の有無及び基礎ボルト埋込み部周辺コンクリートについてひび割れの有無を確認した。反応度制御盤及び原子炉制御操作卓については、移動痕及びひび割れがないことを確認した。

反応度制御盤、原子炉制御操作卓及びプロセス計装盤について作動点検を実施した。その結果、異常がないことを確認した。

(3) 制御設備

制御設備は、制御棒駆動装置及び非常用制御設備から構成されている。

①制御棒駆動装置

制御棒駆動装置は制御棒駆動機構、制御盤(B2F)及び制御盤(M2F)から構成され、圧力容器の下蓋を貫通して下方から制御棒(5本)を駆動させるためのものである。

制御棒駆動機構(5本)、制御盤(B2F)及び制御盤(M2F)の機器部について目視点検を実施した。その結果、損傷等がないことを確認した。

制御盤(B2F)及び制御盤(M2F)の基礎部について目視点検を実施した。その結果、制御盤(B2F)について、基礎ボルト埋込み部周辺コンクリートにひび割れが35箇所(幅1mm未満)、制御盤(M2F)に8箇所(幅1mm未満)、基礎ボルトの浮きを1箇所確認した。これらについては、機能上問題はないが原状復帰補修を行う(10月完了予定)。

なお、制御盤(M2F)の基礎ボルトについては、盤の構造上、目視点検が実施できないため、盤の移動痕の有無及び基礎ボルト埋込み部周辺コンクリートについてひび割れの有無を確認した。その結果、盤の移動痕はなかったが、基礎ボルト埋込み部周辺コンクリートにひび割れが6箇所(幅1mm未満)あることを確認した。これらについては、機能上問題はないが原状復帰補修を行う(10月完了予定)。

制御盤(B2F)の基礎ボルトについて、打診点検を実施し、制御盤(M2F)の基礎ボルトについては、盤の構造上、打診点検ができないため、盤の移動痕の有無及び基礎ボルト埋込み部周辺コンクリートについてひび割れの有無を確認した。その結果、制御盤(B2F)の基礎ボルトに緩みがないことを確認した。

制御盤(M2F)については盤の移動痕はなかったが、基礎ボルト埋込み部周辺コンクリートのひび割れが6箇所(幅1mm未満)あることを確認した。これらについては、機能上問題はないが原状復帰補修を行う(10月完了予定)。

制御棒駆動機構について、特性試験を実施した。その結果、異常がないことを確認した。

制御盤(B2F)及び制御盤(M2F)について作動点検を実施した。その結果、異常がないことを確認した。

直流電源盤、交流電源盤及びLFGRサーボ電源盤について絶縁抵抗測定を実施した。その結果、絶縁抵抗値は基準値以上であることを確認した。

②非常用制御設備

非常用制御設備(液体ポイズン型)は原子炉の停止状態を維持するためのホウ酸ソーダを調合し、ポイズンタンクに貯蔵し、何本かの制御棒が事故により落下不能になった場合に、キセノン等の消滅に伴う反応度増加を吸収し原子炉を停止状態に保たせるためのものであり、ポイズンタンク、弁操作用アキュムレータ、配管、弁及び配電盤から構成される。

ポイズンタンク(1基)、弁操作用アキュムレータ(2基)、配管、弁(26台)及び配電盤(2面)の機器部について目視点検を実施した。その結果、損傷等がないことを確認した。

ポイズンタンク(1基)、弁操作用アキュムレータ(2基)、配管サポート(16箇所)及び配電盤(2面)の基礎部について目視点検を実施した。その結果、基礎ボルト等埋込み部周辺コンクリートのひび割れがポイズンタンクに10箇所(幅1mm未満)、弁操作用アキュムレータに2箇所(幅1mm未満)、配管サポートに2箇所(幅1mm未満)あることを確認した。これらについては、機能上問題はないが原状復帰補修を行う(10月完了予定)。

ポイズンタンク(1基)、弁操作用アキュムレータ(2基)、配管サポート(16箇所)及び配電盤の基礎ボルト等について、打診点検を実施した。その結果、基礎ボルトに緩みがないことを確認した。

配管サポートのボルトの一部については、高所にあり、打診点検が困難であるため、配管サポートの移動痕の有無及びボルト埋込み部周辺コンクリートについてひび割れの有無を確認した。その結果、移動痕、ひび割れがないことを確認した。

弁(26台)について、作動点検を実施した。その結果、異常がないことを確認した。

配電盤について絶縁抵抗測定を実施した。その結果、絶縁抵抗値は基準値以上であることを確認した。

ポイズンタンク(1基)、弁操作用アキュムレータ(2基)及び配管について、漏えい検査を実施した。その結果、ポイズンタンクについて、タンク付属のフランジ1箇所、弁3箇所、圧力計1箇所の漏えいを確認した。これらについては原状復帰補修を行う(9月完了予定)。

3.3.3.5 放射性廃棄物の廃棄施設

放射性廃棄物の廃棄施設には、気体廃棄物の廃棄施設と液体廃棄物の廃棄施設がある。

(1) 気体廃棄物の廃棄施設

①排気設備(炉室給排気系統)

気体廃棄物の廃棄施設(炉室給排気系統(原子炉格納施設の換気設備を含む。))は、排気系に集められた気体廃棄物をフィルタバンクを通して浄化した後、高さ80mの排気筒から大気に放出する施設であり、排風機、給気ファン、主ダクト、弁、フィルタ及び配電盤から構成されている。

排風機(8台)、給気ファン(2台)、主ダクト、弁及び配電盤の機器部について目視点検を行った。目視点検の結果、ダクトサポートの基礎部に浮きを2箇所

(A トレンチ) 確認した。これらについては、機能上問題はないが原状復帰補修を行う(10月完了予定)。

排風機(8台)、給気ファン(2台)、主ダクトサポート(142箇所)、弁サポート(21箇所)及び配電盤の基礎部について目視点検を行った。その結果、主ダクトの配管サポートのボルトに抜け等を14箇所確認した。また、基礎ボルト等埋込み部周辺コンクリートのひび割れが排風機及び給気ファンに47箇所(幅1mm未満:40箇所、幅1mm~1.4mm:7箇所)、主ダクト及び弁のサポートに16箇所(幅1mm未満:5箇所、幅1mm~1.4mm:11箇所)、配電盤に16箇所(幅1mm未満:10箇所、幅1mm~1.4mm:6箇所)あることを確認した。また、コンクリートの剥離・剥落が、排風機及び吸気ファンに1箇所、主ダクト及び弁のサポートに9箇所、配電盤に2箇所あることを確認した。これらについては、機能上問題はないが原状復帰補修を行う(10月完了予定)。

排風機(8台)、給気ファン(2台)、主ダクトサポート(69箇所)、弁サポート(21箇所)及び配電盤の基礎ボルト等について、打診点検を実施した。その結果、配電盤2箇所に緩みを確認したが、増し締めを実施し、正常に締め付けができたことを確認した。

排風機(8台)、給気ファン(2台)及び弁(49台)について作動点検を実施した。その結果、異常がないことを確認した。

フィルタ(HEPAフィルタ及びチャコールフィルタ)について捕集効率測定を実施した。その結果、異常がないことを確認した。

配電盤について絶縁抵抗測定を実施した。その結果、絶縁抵抗値は基準値以上であることを確認した。

(2) 液体廃棄物の廃棄施設

液体廃棄物の廃棄施設は、第1排水系、第2排水系、第3排水系及び第4排水系がある。第1排水系貯槽、第2排水系貯槽及び第4排水系貯槽は原子炉建家の地下4階に、第3排水系貯槽は、原子炉建家の外に設置されている。なお、第3排水系貯槽は一次冷却系統、プールカナル循環系統、SFCプール循環系統等で使用されたイオン交換樹脂を貯蔵するためのもので、第3排水系貯槽(I)及び(II)がある。原子炉建家地下4階の各排水系貯槽、第3排水系貯槽及びその他の管理区域の廃液は、特定施設にあるタンクヤードの廃液タンクを経由した後、配管又はタンクローリ車によって廃棄物管理施設に送られ処理される。

①第1排水系

第1排水系は一次冷却系統、プールカナル循環系統等、純水を使用する系統からの排水を取り扱うためのものであり、貯槽、排水ポンプ、配管、弁及び配電盤から構成されている。

貯槽、排水ポンプ（3台）、配管、配管サポート（31箇所）、弁（23台）及び配電盤（1面）の機器部について目視点検を実施した。その結果、損傷等がないことを確認した。

排水ポンプ（3台）、配管サポート（31箇所）及び配電盤の基礎部について目視点検を実施した。その結果、基礎ボルト等埋込み部周辺コンクリートのひび割れが排水ポンプに56箇所（幅1mm未満）、配管サポートに20箇所（幅1mm未満：19箇所、幅1mm：1箇所）あることを確認した。また、コンクリートの剥離が配管サポートに15箇所あることを確認した。これらについては、機能上問題はないが原状復帰補修を行う（10月完了予定）。

配電盤の基礎ボルトについては盤の構造上目視点検を実施することができなかったため、代替確認として配電盤の移動痕の有無及び基礎ボルト埋込み部周辺コンクリートについてひび割れの有無を確認した。その結果、盤の移動痕は無かったが、基礎ボルト埋込み部周辺コンクリートにひび割れを3箇所（幅1mm未満）確認した。これらについては、機能上問題はないが原状復帰補修を行う（10月完了予定）。

排水ポンプ（3台）及び配管サポート（3箇所）の基礎ボルト等について、打診点検を実施した。その結果、基礎ボルト等に緩みがないことを確認した。

配電盤の基礎ボルトについては盤の構造上、打診点検ができないため、配電盤の移動痕の有無及び基礎ボルト埋込み部周辺コンクリートのひび割れの有無を確認した。その結果、盤の移動痕は無かったが、基礎ボルト埋込み部周辺コンクリートにひび割れを3箇所（幅1mm未満）確認した。これらについては、機能上問題はないが原状復帰補修を行う（10月完了予定）。

排水ポンプ（3台）及び弁（2台）について作動点検を実施した。その結果、異常がないことを確認した。

配電盤について絶縁抵抗測定を実施した。その結果、絶縁抵抗値は基準値以上であることを確認した。

貯槽及び配管について漏えい検査を実施した。その結果、漏えいがないことを確認した。

②第2排水系

第2排水系は主として照射実験装置から発生した液体廃棄物を取り扱うためのものであり、貯槽、排水ポンプ、配管、弁及び配電盤から構成されている。

貯槽、排水ポンプ（2台）、配管、配管サポート（33箇所）、弁（11台）及び配電盤の機器部について目視点検を実施した。その結果、損傷等がないことを確認した。

排水ポンプ（2台）及び配管サポート（33箇所）の基礎部について目視点検を

実施した。その結果、基礎ボルト等埋込み部周辺コンクリートのひび割れが排水ポンプに 19 箇所（幅 1mm 未満）、配管サポートに 2 箇所（幅 1mm 未満：1 箇所、幅 1.4mm：1 箇所）あることを確認した。これらについては、機能上問題はないが原状復帰補修を行う（10 月完了予定）。

排水ポンプ（2 台）及び配管サポート（4 箇所）の基礎ボルト等について、打診点検を実施した。その結果、基礎ボルト等に緩みがないことを確認した。

排水ポンプ（2 台）及び弁（2 台）について作動点検を実施した。その結果、異常がないことを確認した。

貯槽及び配管について漏えい検査を実施した。その結果、漏えいがないことを確認した。

なお、配電盤については、第 1 排水系及び第 4 排水系貯槽と共通となっており、結果は、①第 1 排水系に記載した。

③第 3 排水系貯槽（I）

第 3 排水系貯槽（I）はイオン交換塔の使用済樹脂（純水補給系統のものを除く。）やフィルタ、ストレーナ等の放射性汚染した固体粒子や懸濁物等を含む液体を取り扱うためのものであり、貯槽、排水ポンプ、配管、弁及び配電盤から構成されている。

貯槽、排水ポンプ（1 台）、配管、弁（3 台）及び配電盤の機器部について目視点検を実施した。その結果、貯槽について、貯槽上床コンクリートにひび割れが 20 箇所（幅 1mm 未満：18 箇所、幅 1mm～3mm：2 箇所）あることを確認した。これらについては、機能上問題はないが原状復帰補修を行う（10 月完了予定）

排水ポンプ（1 台）、配管サポート（2 箇所）及び配電盤の基礎部について目視点検を実施した。その結果、基礎ボルト埋込み部周辺コンクリートのひび割れが排水ポンプに 18 箇所（幅 1mm 未満）、配電盤に 9 箇所（幅 1mm 未満）あることを確認した。これらについては、機能上問題はないが原状復帰補修を行う（10 月完了予定）。

配管サポート（2 箇所）及び配電盤の基礎ボルト等について、打診点検を実施した。その結果、基礎ボルト等に緩みがないことを確認した。

排水ポンプ（1 台）及び弁（3 台）について作動点検を実施した。その結果、異常がないことを確認した。

配電盤について絶縁抵抗測定を実施した。その結果、絶縁抵抗値は基準値以上であることを確認した。

貯槽及び配管について漏えい検査を実施した。その結果、漏えいがないことを確認した。

④第3排水系貯槽(Ⅱ)

第3排水系貯槽(Ⅱ)はイオン交換塔の使用済樹脂(純水補給系統のものを除く。)やフィルタ、ストレーナ等の放射性汚染した固体粒子や懸濁物等を含む液体を取り扱うためのものであり、貯槽、排水ポンプ、配管及び弁から構成されている。

貯槽、排水ポンプ(1台)、配管及び弁(16台)の機器部について目視点検を実施した。その結果、貯槽について、貯槽上床及び側壁コンクリートにひび割れが59箇所(幅1mm未満)、配管サポートについて、錆びが2箇所あることを確認した。これらについては原状復帰補修を行う(10月完了予定)。

排水ポンプ(1台)及び配管サポート(51箇所)の基礎部について目視点検を実施した。その結果、配管サポートについて、ボルト埋込み部周辺コンクリートのひび割れが8箇所(幅1mm未満)、ボルトの錆びが8箇所あることを確認した。これらについては原状復帰補修を行う(10月完了予定)。

排水ポンプ(1台)及び配管サポート(51箇所のうち48箇所)の基礎ボルト等について、打診点検を実施し、配管サポートの一部(3箇所)のボルトについては高所にあり、打診点検が困難であるため、配管サポートの移動痕の有無及びボルト埋込み部周辺コンクリートについてひび割れの有無を確認した。その結果、打診点検についてはボルトに緩みがないことを確認し、ひび割れは有無の確認の結果、移動痕及びひび割れがないことを確認した。

排水ポンプ(1台)及び弁(16台)について作動点検を実施した。その結果、異常がないことを確認した。

貯槽及び配管について、漏えい検査を実施した。その結果、漏えいがないことを確認した。

⑤第4排水系貯槽

第4排水系貯槽は炉室内の手洗い水など通常放射性汚染のない液体廃棄物を取り扱うためのものであり、貯槽、排水ポンプ、配管、弁及び配電盤から構成されている。

貯槽、排水ポンプ(1台)、配管、配管サポート(40箇所)、弁(2台)及び配電盤の機器部について目視点検を実施した。その結果、損傷等がないことを確認した。

排水ポンプ(1台)及び配管サポート(40箇所)の基礎部について目視点検を実施した。その結果、基礎ボルト等埋込み部周辺コンクリートのひび割れが排水ポンプに12箇所(幅1mm未満)、配管サポートに3箇所(幅1mm未満)あることを確認した。これらについては、機能上問題はないが原状復帰補修を行う(10月完了予定)。

排水ポンプ(1台)及び配管サポート(40箇所)の基礎ボルト等について、打

診点検を実施した。その結果、基礎ボルト等に緩みがないことを確認した。

排水ポンプ（1台）について作動点検を実施した。その結果、異常がないことを確認した。

貯槽及び配管について漏えい検査を実施した。その結果、漏えいがないことを確認した。

なお、配電盤については、第1排水系及び第2排水系と共通となっており、結果は、①第1排水系に記載した。

⑥タンクヤード

タンクヤードは第1排水系貯槽、第2排水系貯槽、第3排水系貯槽及び第4排水系ピットからの廃液を貯留させるためのものであり、廃液タンク、排水ポンプ、配管、弁及び配電盤から構成されている。

廃液タンク（7台）、排水ポンプ（7台）、配管、弁（81台）及び配電盤の機器部について目視点検を実施した。その結果、損傷等がないことを確認した。

廃液タンク（7台）、配管サポート（19箇所）及び配電盤の基礎部について目視点検を実施した。配電盤の基礎ボルトについては、盤の構造上目視点検を実施できないため、盤の移動痕の有無及び基礎ボルト埋込み部周辺コンクリートについてひび割れの有無を確認した。その結果、配電盤について、盤の移動痕はなかったが、基礎ボルト埋込み部周辺コンクリートのひび割れが2箇所（幅1mm未満）あることを確認し、これらについては、機能上問題はないが原状復帰補修を行う（10月完了予定）。

廃液タンク（7台）及び配管サポート（19箇所）の基礎ボルト等について、打診点検を実施し、配電盤の基礎ボルトについては、盤の構造上、打診点検ができないため、盤の移動痕の有無及び基礎ボルト埋込み部周辺コンクリートについてひび割れの有無を確認した。その結果、廃液タンク及び配管サポートの基礎ボルト等に緩みがないこと、配電盤については、盤の移動痕はなかったが、基礎ボルト埋込み部周辺コンクリートのひび割れが2箇所（幅1mm未満）あることを確認した。これらについては、機能上問題はないが原状復帰補修を行う（10月完了予定）。

排水ポンプ（7台）及び弁（81台）について作動点検を実施した。その結果、異常がないことを確認した。

配電盤について絶縁抵抗測定を実施した。その結果、絶縁抵抗値は基準値以上であることを確認した。

廃液タンク（7台）及び配管について、漏えい検査を実施した。その結果、漏えいがないことを確認した。

⑦第4排水系ピット

第4排水系ピットは第4排水系貯槽からの液体廃棄物を貯留させるためのものであり、ピット、排水ポンプ、配管及び弁から構成されている。

第4排水系ピットは、第4排水系貯槽からの液体廃棄物を貯留し、濃度限度以下のものは排水口から一般配水管へ放出できるように設けられたが、一般排水しないことに変更となったため、設置以来使用していない。配管についても使用しないことから閉止蓋を取り付けてある。この設備は今後も使用する予定がないが、設備点検では目視点検、打診点検及び漏えい検査を実施した。

ピット、排水ポンプ（1台）、配管及び弁（2台）の機器部について目視点検を実施した。その結果、損傷等がないことを確認した。

排水ポンプ（1台）の基礎部について目視点検を実施した。その結果、損傷等がないことを確認した。

排水ポンプ（1台）の基礎ボルトについて、打診点検を実施した。その結果、基礎ボルトに緩みがないことを確認した。

ピット及び配管について漏えい検査を実施した。その結果、漏えいがないことを確認した。

3.3.3.6 放射線管理施設

放射線管理施設は、原子炉建家内外のエリアモニタ（ガンマ線エリアモニタ及び中性子線エリアモニタ）、水モニタ（冷却水モニタ及び排水モニタ）、ガスモニタ（室内ガスモニタ、室内ガスモニタ（ダクト用）及び排気ガスモニタ）、ダストモニタ（室内ダストモニタ、室内ダストモニタ（ダクト用）及び排気ダストモニタ）、各モニタの検出器の信号を制御室に集めた放射線モニタ盤（原子炉制御室及び機械制御室）及び炉室内・炉室外サンプラーから構成されている。

(1) 放射線モニタ

エリアモニタ（26台）、水モニタ（2台）、ガスモニタ（7台）ダストモニタ（9台）、放射線モニタ盤（2台）及びサンプラー（4台）の機器部、基礎部及び取付ボルトについて目視点検を行った。その結果、損傷等がないことを確認した。

エリアモニタ（26台）、水モニタ（2台）ガスモニタ（7台）ダストモニタ（9台）放射線モニタ盤（2台）及びサンプラー（4台）の基礎ボルト、取付ボルトについて、打診点検を実施した。その結果、異常がないことを確認した。

サンプラー（4台）について作動点検を実施した。その結果、異常がないことを確認した。

3.3.3.7 原子炉格納施設

原子炉格納施設には原子炉建家と換気設備がある。

(1) 原子炉建家(天井クレーン・気密扉)

原子炉建家は鉄筋コンクリート造、地下4階、地上1階(一部3階)で屋根は鋼管造鉄板貼球面構造であって、直径41m、高さ地上20m、地下23mの大きさの円筒形建家である。この建家天井には30t/5tの旋回クレーンが設けられ、重量物の移動に使用されている。また、原子炉建家内は、常時大気圧より59～98Pa低く自動的に減圧維持されており、万一、放射性物質が原子炉建家内に漏れた場合でも、建家外に直接放散することを防止している。常時人が出入りする扉は、負圧維持のため相互インターロック方式の二重扉を採用している。

なお、天井クレーン・気密扉以外の原子炉建家の点検結果は、「3.3.2.5 原子炉格納施設」に記載した。

気密扉及び天井クレーンの機器部について目視点検を行った。その結果、損傷等がないことを確認した。

天井クレーンレールの基礎部について目視点検を行った。その結果、基礎ボルト埋込み部周辺コンクリートのひび割れが362箇所(幅1mm未満:360箇所、幅1mm～1.2mm:2箇所)、その他剥落が2箇所あることを確認した。これらについては、機能上問題はないが原状復帰補修を行う(10月完了予定)。

天井クレーンレールの基礎ボルトについて、打診点検を実施した。その結果、基礎ボルトに緩みがないことを確認した。

気密扉及び天井クレーンについて作動点検を実施した。その結果、異常がないことを確認した。

(2) 換気設備(炉室給排気系統)

換気設備は気体廃棄物の廃棄施設(炉室給排気系統(原子炉格納施設の換気設備を含む。))と同様に、排気系に集められた気体廃棄物をフィルタバンクを通して浄化した後、高さ80mの排気筒から大気に放出する施設であり、排風機、給気ファン、主ダクト、弁、フィルタ及び配電盤から構成されている。

この点検結果は、「3.3.3.5 (1) 気体廃棄物の廃棄施設」に記載した。

3.3.3.8 その他原子炉の附属施設

その他原子炉の附属施設として、非常用電源設備、電源系統、主要な実験設備、空気系統、純水補給系統、SFC循環系統、CF循環系統、排水処理装置及び水処理装置がある。

(1) 非常用電源設備

非常用電源設備は、ディーゼル発電機と蓄電池から成り、原子炉運転時には、商用

電源の喪失に対して原子炉が安全に停止できるようにするため、独立したディーゼル発電機による電源を安全上重要な系統及び機器に常時供給している。

①ディーゼル発電機

ディーゼル発電機は2台設置され、原子炉運転時は常時1台運転しているものであり、ディーゼル発電機、燃料等ポンプ、燃料等貯槽、空気圧縮機、空気タンク、熱交換器、配管、弁及び制御盤から構成されている。

ディーゼル発電機(2台)、燃料等ポンプ(10台)、燃料等貯槽(3台)、空気圧縮機(2台)、空気タンク(4台)、熱交換器(2台)、配管、配管サポート(56箇所)、弁(90台)及び制御盤の機器部について目視点検を行った。その結果、損傷等がないことを確認した。

ディーゼル発電機(2台)、燃料等ポンプ(10台)、燃料等貯槽(3台)、空気圧縮機(2台)、空気タンク(4台)、熱交換器(2台)、配管サポート(56箇所)及び制御盤の基礎部について目視点検を行った。その結果、基礎ボルト等埋込み部周辺コンクリートのひび割れがディーゼル発電機に52箇所(幅1mm未満)、燃料等ポンプに9箇所(幅1mm未満)、燃料等貯槽に2箇所(幅1mm未満)、空気タンクに1箇所(幅1mm未満)、熱交換器に4箇所(幅1mm未満)、配管サポートに5箇所(幅1mm未満)あることを確認した。これらについては、機能上問題はないが原状復帰補修を行う(10月完了予定)。

No.1 機関制御盤、No.2 機関制御盤、No.1 発電機盤、No.2 発電機盤、自動同期盤及び現場監視操作盤の基礎ボルトについては、盤の構造上、ベースプレートの底部に基礎ボルトが施工されており目視点検ができないため、これらの盤の移動痕の有無及び基礎ボルト埋込み部周辺コンクリートについて、ひび割れの有無を確認した。その結果、盤の移動痕はなかったが、基礎ボルト埋込み部周辺コンクリートにひび割れが6箇所(幅1mm未満)あることを確認した。これらについては、機能上問題はないが原状復帰補修を行う(10月完了予定)。

ディーゼル発電機(2台)、燃料等ポンプ(10台)、燃料等貯槽(3台)、空気圧縮機(2台)、空気タンク(4台)、熱交換器(2台)、配管サポート(56箇所)及び制御盤の基礎ボルト等について、打診点検を実施した。その結果、熱交換器の基礎ボルトに2箇所緩みを確認したが、増し締めを実施し、正常に締め付けができたことを確認した。

No.1 機関制御盤、No.2 機関制御盤、No.1 発電機盤、No.2 発電機盤、自動同期盤及び現場監視操作盤の基礎ボルトについては盤の構造上、ベースプレートの底部に基礎ボルトが施工されており打診点検ができないため、No.1 機関制御盤、No.2 機関制御盤、No.1 発電機盤、No.2 発電機盤、自動同期盤及び現場監視操作盤の移動痕の有無及び基礎ボルト埋込み部周辺コンクリートについてひび割れの有無を確認した。その結果、盤の移動痕はなかったが、基礎ボルト埋込み部周

辺コンクリートにひび割れが6箇所（幅1mm未満）あることを確認した。これらについては、機能上問題はないが、原状復帰補修を行う（10月完了予定）。

ディーゼル発電機（2台）、燃料等ポンプ（10台）、空気圧縮機（2台）、弁（10台）及び制御盤について作動点検を実施した。その結果、異常がないことを確認した。

制御盤について絶縁抵抗測定を実施した。その結果、絶縁抵抗値は基準値以上であることを確認した。

燃料等貯槽（3台）、空気タンク（4台）及び熱交換器（2台）について漏えい検査を実施した。その結果、漏えいがないことを確認した。

②蓄電池

蓄電池は非常用制御設備であるバックアップスクラム装置等の操作用電源及び停電時の非常灯用電源であり、制御用バッテリー盤及び非常灯用バッテリー盤から構成されている。

制御用バッテリー盤及び非常灯用バッテリー盤の機器部について目視点検を行った。その結果、損傷等がないことを確認した。

制御用バッテリー盤及び非常灯用バッテリー盤の基礎部の目視点検については、基礎ボルトは盤の構造上、目視点検ができないため、制御用バッテリー盤及び非常灯用バッテリー盤の移動痕の有無と基礎ボルト埋込み部周辺コンクリートについてひび割れの有無を確認した。その結果、盤の移動痕はなかったが、基礎ボルト埋込み部周辺コンクリートにひび割れが4箇所（幅1mm未満：2箇所、幅1mm～3mm：2箇所）あることを確認した。これらについては、機能上問題はないが、原状復帰補修を行う（10月完了予定）。

制御用バッテリー盤及び非常灯用バッテリー盤の基礎ボルトについては盤の構造上、打診点検ができないため、制御用バッテリー盤及び非常灯用バッテリー盤の移動痕の有無と基礎ボルト埋込み部周辺コンクリートについてひび割れの有無を確認した。その結果、盤の移動痕はなかったが、基礎ボルト埋込み部周辺コンクリートにひび割れが4箇所（幅1mm未満：2箇所、幅1mm～3mm：2箇所）あることを確認した。これらについては、機能上問題はないが、原状復帰補修を行う（10月完了予定）。

制御用バッテリー盤及び非常灯用バッテリー盤について作動点検を実施した。その結果、異常がないことを確認した。

制御用バッテリー盤及び非常灯用バッテリー盤について絶縁抵抗測定を実施した。その結果、絶縁抵抗値は基準値以上であることを確認した。

(2) 電源系統

電源系統は、JMTRの全施設に電気を供給する設備であり、構内変電所から受電した商用電源と原子炉施設内に設置したディーゼル発電機による非常用電源があり、集中化盤(電源中央操作盤)、商用電源系統受配電盤、非常用電源系統受配電盤、変圧器、バスダクト、ケーブルダクト、低圧配電盤、分電盤、電源盤及びMG装置から構成されている。

集中化盤(電源中央操作盤)、商用電源系統受配電盤、非常用電源系統受配電盤、変圧器(14台)、バスダクト(10台)、バスダクトサポート(87箇所)、ケーブルダクト(電気室ケーブルダクト、電気室ケーブルラック(90箇所)、二次冷却設備ケーブルダクト、二次冷却設備ケーブルダクトサポート(22箇所)、Aトレンチ内ケーブルトレイ、Aトレンチ内トレイサポート(57箇所)、Aトレンチ内バスダクト、Aトレンチ内ダクトサポート(43箇所)、Bトレンチ内ケーブルダクト、Bトレンチ内ケーブルサポート(21箇所)、Cトレンチ内ケーブルラック及びCトレンチ内ハンガー(101箇所)、低圧配電盤、分電盤、電源盤、MG装置(2台)及びMG装置電源盤の機器部について目視点検を行った。その結果、電気室ケーブルダクト壁コンクリートにひび割れが8箇所(幅1mm未満:6箇所、幅1mm~2.5mm:2箇所)あることを確認した。これらについては、機能上問題はないが原状復帰補修を行う(10月完了予定)。

集中化盤(電源中央操作盤)、商用電源系統受配電盤、非常用電源系統受配電盤、変圧器(14台)、バスダクトサポート(87箇所)、ケーブルダクト(電気室ケーブルラック(90箇所)、二次冷却設備ケーブルダクトサポート(22箇所)、Aトレンチ内トレイサポート(57箇所)、Aトレンチ内ダクトサポート(43箇所)、Bトレンチ内ケーブルサポート(21箇所)及びCトレンチ内ハンガー(101箇所)、低圧配電盤、分電盤、電源盤、MG装置(2台)及びMG装置電源盤の基礎部について目視点検を行った。その結果、基礎ボルト等の損傷が集中化盤(電源中央操作盤)に3箇所、二次冷却設備ケーブルダクトサポートに4箇所あることを確認した。また、基礎ボルト等埋込み部周辺コンクリートのひび割れが、変圧器に17箇所(幅1mm未満:5箇所、幅1mm~4.5mm:12箇所)、バスダクトサポートに32箇所(幅1mm未満:27箇所、幅1mm~7.0mm:5箇所)、二次冷却設備ケーブルダクトサポートに7箇所(幅1mm未満)、さらに、コンクリートの剥離が、二次冷却設備ケーブルダクトサポートに10箇所あることを確認した。これらについては、機能上問題はないが原状復帰補修を行う(10月完了予定)。

商用電源系統受配電盤、非常用電源系統受配電盤、低圧配電盤、分電盤、電源盤、MG装置(1台)及びMG装置電源盤の基礎ボルトについては盤(装置)の構造上、目視点検ができないため、ベースプレート等の移動痕の有無及び基礎ボルト埋込み部周辺コンクリートについてひび割れの有無を確認した。その結果、ベースプレート等の

移動痕はなかったが、基礎ボルト埋込み部周辺コンクリートのひび割れが、商用電源系統受配電盤に 15 箇所（幅 1mm 未満：11 箇所、幅 1mm～2.0mm：4 箇所）、非常用電源系統受配電盤に 11 箇所（幅 1mm 未満：6 箇所、幅 1mm～3.0mm：5 箇所）、低圧配電盤に 11 箇所（幅 1mm 未満：8 箇所、幅 1mm～3.0mm：3 箇所）、分電盤に 4 箇所（幅 1mm 未満）、電源盤に 3 箇所（幅 1mm 未満：1 箇所、幅 1mm～5.0mm：2 箇所）、MG 装置電源盤に 2 箇所（幅 1mm 未満）あることを確認した。これらについては、機能上問題はないが原状復帰補修を行う（10 月完了予定）。

集中化盤（電源中央操作盤）、商用電源系統受配電盤、非常用電源系統受配電盤、変圧器（14 台）、バスダクトサポート（87 箇所）、ケーブルダクト（電気室ケーブルラック（90 箇所）、二次冷却設備ケーブルダクトサポート（22 箇所）、A トレンチ内トレイサポート（57 箇所）及び B トレンチ内ケーブルサポート（21 箇所））、低圧配電盤、分電盤、電源盤、MG 装置（2 台）及び MG 装置電源盤の基礎ボルト等について、打診点検を実施した。その結果、基礎ボルト等の緩みが集中化盤（電源中央操作盤）に 4 箇所、電気室ケーブルラックに 3 箇所、低圧配電盤に 6 箇所あることを確認した。このうち電気室ケーブルラックの 3 箇所及び低圧配電盤の 6 箇所については、増し締めを実施し、正常に締め付けができたことを確認した。集中化盤（電源中央操作盤）の基礎ボルト 4 箇所については補修を行う（10 月完了予定）。

商用電源系統受配電盤、非常用電源系統受配電盤、低圧配電盤、分電盤、電源盤、MG 装置（1 台）及び MG 装置電源盤の基礎ボルトについては盤（装置）の構造上、打診点検がでないこと、また、電気室ケーブルラック及び A トレンチ内トレイサポートの一部のボルトについても構造上、打診点検ができないため、ベースプレートの移動痕の有無及び基礎ボルト等埋込み部周辺コンクリートについてひび割れの有無を確認した。その結果、ベースプレートの移動痕は確認されなかったが、基礎ボルト埋込み部周辺コンクリートのひび割れが、商用電源系統受配電盤に 15 箇所（幅 1mm 未満：11 箇所、幅 1mm～2.0mm：4 箇所）、非常用電源系統受配電盤に 11 箇所（幅 1mm 未満：6 箇所、幅 1mm～3.0mm：5 箇所）、低圧配電盤に 11 箇所（幅 1mm 未満：8 箇所、幅 1mm～3.0mm：3 箇所）、分電盤に 4 箇所（幅 1mm 未満）、電源盤に 3 箇所（幅 1mm 未満：1 箇所、幅 1mm～5.0mm：2 箇所）、MG 装置電源盤に 2 箇所（幅 1mm 未満）あることを確認した。これらについては、機能上問題はないが原状復帰補修を行う（10 月完了予定）。

集中化盤（電源中央操作盤）、商用電源系統受配電盤、非常用電源系統受配電盤、低圧配電盤、MG 装置（2 台）及び MG 装置電源盤について作動点検を実施した。その結果、異常がないことを確認した。

商用電源系統受配電盤、非常用電源系統受配電盤、低圧配電盤、電源盤、MG 装置（2 台）及び MG 装置電源盤について絶縁抵抗測定を実施した。その結果、絶縁抵抗値は基準値以上であることを確認した。

(3) 主要な実験設備

その他原子炉の附属施設のうち主要な実験設備には、キャプセル照射装置、水カラビット照射装置及びループ照射装置の実験設備がある。

①キャプセル照射装置

キャプセル照射装置は、電源盤、真空排気装置、機械装置及び He-3 出力可変装置計測制御盤から構成される。

電源盤、真空排気装置（1 台）、機械装置（18 台）、He-3 出力可変装置計測制御盤、He-3 出力可変装置計測制御盤の配管、配管サポート及び弁の機器部について、目視点検を実施した。その結果、損傷等がないことを確認した。

電源盤、真空排気装置（1 台）、He-3 出力可変装置計測制御盤及び He-3 出力可変装置計測制御盤の配管サポートの基礎部について、目視点検を実施した。その結果、損傷等がないことを確認した。

電源盤、真空排気装置（1 台）、He-3 出力可変装置計測制御盤及び He-3 出力可変装置計測制御盤の配管サポートの基礎ボルト等について、打診点検を実施した。その結果、異常がないことを確認した。

電源盤及び He-3 出力可変装置計測制御盤について、絶縁抵抗測定を実施した。その結果、絶縁抵抗値は基準値以上であることを確認した。

真空排気装置（1 台）について、到達真空度確認試験及び作動点検を、機械装置（18 台）について、最高到達真空度確認試験、真空漏えい試験及び加圧漏えい試験を、He-3 出力可変装置計測制御盤について、漏えい試験を実施した。その結果、異常がないことを確認した。

②水カラビット照射装置

水カラビット照射装置は、電源盤、計測制御盤、循環ポンプ（移送ポンプを含む。）、配管及び弁から構成されている。

電源盤、計測制御盤、循環ポンプ（循環ポンプ 2 台、移送ポンプ 1 台）、配管、配管サポート及び弁の機器部について、目視点検を実施した。その結果、損傷等がないことを確認した。

電源盤、計測制御盤、循環ポンプ（循環ポンプ 2 台、移送ポンプ 1 台）及び配管サポートの基礎部について、目視点検を実施した。その結果、損傷等がないことを確認した。

電源盤、計測制御盤、循環ポンプ（循環ポンプ 2 台、移送ポンプ 1 台）及び配管サポートの基礎ボルト等について、打診点検を実施した。その結果、電源盤の取付部 3 箇所のうち、1 箇所、移送設備計測制御盤の取付部 4 箇所のうち、1 箇所についてボルトに緩みがあったため交換した。

電源盤及び計測制御盤について、絶縁抵抗測定を実施した。その結果、絶縁抵抗値は基準値以上であることを確認した。

水力ラビット照射装置全体について、作動点検及び漏えい試験を実施した。その結果、異常がないことを確認した。

③ループ照射装置

ループ照射装置は、電源盤、計測制御盤、循環ポンプ、配管及び弁から構成されている。

電源盤、計測制御盤、循環ポンプ（2台）、配管、配管サポート及び弁について、目視点検を実施した。その結果、損傷等がないことを確認した。

電源盤、計測制御盤、循環ポンプ（2台）及び配管サポートの基礎部について、目視点検を実施した。その結果、配管サポートの基礎ボルト等埋込み部周辺のコンクリート6箇所（幅1mm未満）に、ひび割れがあることを確認した。これらについては、平成24年5月に補修済みである。

電源盤、計測制御盤、循環ポンプ（2台）及び配管サポートの基礎ボルト等について、打診点検を実施した。その結果、異常がないことを確認した。

電源盤及び計測制御盤について、絶縁抵抗測定を実施した。その結果、絶縁抵抗値は基準値以上であることを確認した。

ループ照射装置全体について、作動点検及び漏えい試験を実施した。その結果、異常がないことを確認した。

(4) 空気系統

空気系統は炉室給排気系統のバタフライ弁の操作、一次冷却系統の空気作動弁の操作、中性子検出器脱湿用空気、精製系樹脂攪拌等で使用する圧縮空気を供給する設備であり、空調用空気圧縮機、弁用空気圧縮機、一般用空気圧縮機、空気脱湿装置、検出器空気脱湿装置、空気貯槽、配管、弁及び制御盤から構成されている。

空調用空気圧縮機（2台）、弁用空気圧縮機（2台）、一般用空気圧縮機（2台）、空気脱湿装置（2台）、検出器空気脱湿装置、空気貯槽（6台）、配管、配管サポート、弁及び制御盤の機器部について目視点検を行った。その結果、損傷等がないことを確認した。

空調用空気圧縮機（2台）、弁用空気圧縮機（2台）、一般用空気圧縮機（2台）、空気脱湿装置（2台）、検出器空気脱湿装置、空気貯槽（6台）、配管のサポート（54箇所）及び制御盤の基礎部について目視点検を行った。その結果、基礎ボルトの曲がり及び移動痕が空気貯槽に3箇所、ボルトの抜けが配管サポートに2箇所あることを確認した。また、基礎ボルト埋込み部周辺コンクリートのひび割れが空調用空気圧縮機に30箇所（幅1mm未満）、弁用空気圧縮機に4箇所（幅1mm未満：3箇所、幅1.4mm：

1箇所)、一般用空気圧縮機に40箇所(幅1mm未満)、空気脱湿装置に13箇所(幅1mm未満)、空気貯槽に4箇所(幅1mm未満)あることを確認した。これらについては、機能上問題はないが原状復帰補修を行う(10月完了予定)。

空調用空気圧縮機(2台)、弁用空気圧縮機(2台)、一般用空気圧縮機(2台)、空気脱湿装置(2台)、検出器空気脱湿装置、空気貯槽(6台)、配管サポート(54箇所)及び制御盤の基礎ボルト等について打診点検を行った。その結果、空気貯槽(1台)基礎ボルトに1箇所緩みを確認したが、増し締めを実施し、正常に締め付けができたことを確認した。

弁用空気圧縮機(2台)の基礎ボルトについては構造上、打診点検ができないため、ベースプレートの移動痕の有無及び基礎ボルト埋込み部周辺コンクリートについてひび割れの有無を確認した。その結果、異常がないことを確認した。

空調用空気圧縮機(2台)、弁用空気圧縮機(2台)、一般用空気圧縮機(2台)、空気脱湿装置(2台)、検出器空気脱湿装置、弁及び制御盤について作動点検を行った。その結果、異常がないことを確認した。

制御盤について絶縁抵抗測定を実施した。その結果、絶縁抵抗値は基準値以上であることを確認した。

空気貯槽(6台)及び配管について漏えい検査を実施した。その検査の結果、漏えいがないことを確認した。

(5) 純水補給系統

純水補給系統は、浄水から純水を製造し、原子炉施設、照射装置等に供給する設備であり、一般純水系統と脱気純水系統がある。

①一般純水系統

一般純水系統は、主として一次冷却系統、炉プール、カナル等に使用する純水を製造するためのものであり、純水製造装置、一般純水貯槽、一般純水補給ポンプ、配管及び弁から構成される。

純水製造装置、一般純水貯槽、一般純水補給ポンプ(2台)、配管、配管のサポート(116箇所)及び弁(280台)の機器部について目視点検を行った。その結果、損傷等がないことを確認した。

純水製造装置、一般純水貯槽、一般純水補給ポンプ(2台)及び配管サポート(116箇所)の基礎部について目視点検を行った。その結果、基礎ボルト埋込み部周辺コンクリートのひび割れが純水製造装置に9箇所(幅1mm未満:7箇所、幅1mm~1.4mm:2箇所)、一般純水貯槽に45箇所(幅1mm未満:35箇所、幅1mm~3.0mm:10箇所)、一般純水補給ポンプに14箇所(幅1mm未満)あることを確認した。これらについては、機能上問題はないが原状復帰補修を行う(10月完了予定)。

純水製造装置、一般純水貯槽、一般純水補給ポンプ（2台）及び配管サポート（116箇所）の基礎ボルト等について打診点検を行った。その結果、純水製造装置の基礎ボルトに1箇所緩みを確認したが、増し締めを実施し、正常に締め付けができたことを確認した。

純水製造装置、一般純水補給ポンプ（2台）及び弁（主要弁11台）について作動点検を実施した。その結果、異常がないことを確認した。

純水製造装置について絶縁抵抗測定を実施した。その結果、絶縁抵抗値は基準値以上であることを確認した。

一般純水貯槽及び配管について漏えい検査を実施した。その結果、漏えいがないことを確認した。

②脱気純水系統

脱気純水系統は制御棒及び照射設備等に使用される脱気純水を製造する設備であり、真空脱気塔、脱気純水貯槽、脱気純水加圧補給ポンプ、脱気純水補給ポンプ、真空ポンプ、配管及び弁から構成されている。

真空脱気塔、脱気純水貯槽、脱気純水加圧補給ポンプ、脱気純水補給ポンプ（2台）、真空ポンプ（2台）、配管、配管サポート（12箇所）及び弁（71台）の機器部について目視点検を行った。その結果、損傷等がないことを確認した。

真空脱気塔、脱気純水貯槽、脱気純水加圧補給ポンプ、脱気純水補給ポンプ（2台）、真空ポンプ（2台）及び配管サポート（12箇所）の基礎部について目視点検を行った。その結果、基礎ボルト埋込み部周辺コンクリートのひび割れが真空脱気塔（脱気純水貯槽と同一）に4箇所（幅1mm未満）、脱気純水加圧補給ポンプに5箇所（幅1mm未満）、脱気純水補給ポンプに9箇所（幅1mm未満：8箇所、幅1.1mm：1箇所）、真空ポンプに28箇所（幅1mm未満：27箇所、幅1.4mm：1箇所）あることを確認した。これらについては、機能上問題はないが原状復帰補修を行う（10月完了予定）。

真空脱気塔、脱気純水貯槽、脱気純水加圧補給ポンプ、脱気純水補給ポンプ（2台）、真空ポンプ（2台）及び配管サポート（12箇所）の基礎ボルト等について、打診点検を実施した。その結果、基礎ボルト等に緩みがないことを確認した。

真空ポンプNo.2の基礎ボルトについてはポンプの構造上打診点検ができないため、真空ポンプNo.2のベースプレートの移動痕の有無及び基礎ボルト埋込み部周辺コンクリートについてひび割れの有無を確認した。その結果、ベースプレートの移動痕はなかったが、基礎ボルト埋込み部周辺コンクリートにひび割れが1箇所（幅1mm未満）あることを確認した。これらについては、機能上問題はないが原状復帰補修を行う（10月完了予定）。

脱気純水加圧補給ポンプ、脱気純水補給ポンプ（2台）、真空ポンプ（2台）

及び弁（主要弁 2 台）について作動点検を実施した。その結果、異常がないことを確認した。

真空脱気塔、脱気純水貯槽及び配管について漏えい検査を実施した。その結果、漏えいがないことを確認した。

(6) SFC循環系統

SFC 循環系統は、No.3 カナル及び SFC プールの水質の浄化及び維持を図るためのものであり、No.3 カナル、SFC プール、循環ポンプ、排水ポンプ、イオン交換塔、出入口フィルタ、ストレーナ、配管、弁及び配電盤から構成されている。

No.3 カナル、SFC プール、循環ポンプ（2 台）、排水ポンプ（1 台）、イオン交換塔、出口フィルタ（1 台）、ストレーナ（2 台）、配管（溶接部、フランジ部、サポート）、弁（88 台）及び配電盤の機器部について目視点検を行うとともに、入口フィルタ本体（2 台）については、遮へい容器の中に収納されており目視点検ができないため、SFC 循環系統入口フィルタの漏えい検査を実施した。その結果、目視点検では損傷等がないことを確認し、漏えい検査においても、入口フィルタ本体に漏れがないことを確認した。

循環ポンプ（2 台）、排水ポンプ（1 台）、出口フィルタ（1 台）、配管サポート及び配電盤の基礎部について目視点検を行った。その結果、配管サポートのボルトに取付不良を 27 箇所確認した。内訳は、SFC 機器室の圧空配管ラインに 1 箇所、C トレンチの廃液管ラインに 26 箇所があり、基礎ボルト等埋込み部周辺コンクリートのひび割れが循環ポンプに 9 箇所（幅 1mm 未満）及び C トレンチ配管サポートに 2 箇所（幅 1mm 未満：1 箇所、幅 1.4mm：1 箇所）あり、コンクリートの剥落が配管サポートに 83 箇所あることを確認した。これらについては、機能上問題はないが原状復帰補修を行う（10 月完了予定）。

なお、イオン交換塔及び入口フィルタ（2 台）については、基礎ボルトがコンクリートに埋め込まれており目視点検ができないため、これらの支持脚の移動痕の有無、基礎ボルト埋込み部周辺コンクリートについてひび割れの有無を確認した。その結果、移動痕及びひび割れがないことを確認した。

循環ポンプ（2 台）、排水ポンプ（1 台）、イオン交換塔（1 台）、入口フィルタ（2 台）、配管サポート及び配電盤の基礎ボルト等について、打診点検を実施した。その結果、C トレンチ配管サポートのボルトに 16 箇所の緩みがあることを確認した。これらについては、機能上問題はないが原状復帰補修を行う（10 月完了予定）。

SFC 循環系統イオン交換塔及び入口フィルタ（2 台）については、基礎ボルトがコンクリートに埋め込まれており打診点検ができないため、これらの支持脚の移動痕の有無、基礎ボルト埋込み部周辺コンクリートについてひび割れの有無を確認した。その結果、移動痕及びひび割れがないことを確認した。また、C トレンチ配管サポート（1

箇所)については、配管サポートが高所に取り付けられており、打診点検を実施することが困難なため、C トレンチ配管サポート(1箇所)のボルトの移動痕の有無、ボルト埋込み部周辺コンクリートについてひび割れの有無を確認した。その結果、移動痕及びひび割れがないことを確認した。

循環ポンプ(2台)、排水ポンプ(1台)及び弁(主要弁8台)について作動点検を実施した。その結果、異常がないことを確認した。

配電盤について絶縁抵抗測定を実施した。その結果、絶縁抵抗値は基準値以上であることを確認した。

No.3 カナル、SFC プール、イオン交換塔(1台)、出入口フィルタ(入口フィルタ2台及び出口フィルタ1台)、ストレーナ及び配管について漏えい検査を実施した。その結果、漏えいがないことを確認した。

(7) CF循環系統

CF 循環系統は、CF プール内の腐食生成物の除去と水の汚染を低減するように水質を保ち、水位調節を行うためのものであり、CF プール、循環ポンプ、イオン交換塔、出入口フィルタ、ストレーナ、配管、弁、及び配電盤から構成されている。

CF プール、循環ポンプ(2台)、イオン交換塔、出入口フィルタ、ストレーナ(2台)、配管、配管サポート(37箇所)、弁(72台)及び配電盤の機器部について目視点検を行った。その結果、損傷等がないことを確認した。

循環ポンプ(2台)、イオン交換塔、出入口フィルタ、配管サポート及び配電盤の基礎部について目視点検を行った。その結果、基礎ボルト埋込み部周辺コンクリートのひび割れが循環ポンプ(2台)に5箇所(幅1mm未満)、イオン交換塔に8箇所(幅1mm未満)、出入口フィルタに21箇所(幅1mm未満)、配電盤に4箇所(幅1mm未満)あることを確認した。これらについては、機能上問題はないが原状復帰補修を行う(10月完了予定)。

循環ポンプ(2台)、イオン交換塔、出入口フィルタ、配管サポート及び配電盤の基礎ボルト等について、打診点検を実施した。打診点検の結果、異常がないことを確認した。

なお、配管サポートのボルトの一部が高所にあり、打診点検が困難なため、配管サポートの移動痕の有無、配管サポート周辺部コンクリートのひび割れの有無を確認した。その結果、移動痕及びひび割れがないことを確認した。

循環ポンプ(2台)及び主要弁(9台)について作動点検を実施した。その結果、異常がないことを確認した。

配電盤について絶縁抵抗測定を実施した。その結果、絶縁抵抗値は基準値以上であることを確認した。

CF プール、イオン交換塔、出入口フィルタ、ストレーナ(2台)及び配管について

漏えい検査を実施した。その結果、漏えいがないことを確認した。

(8) 排水処理装置

排水処理装置はボイラー設備のブロー水などの排水を中和するための装置であり、中和槽、中間槽、塩酸タンク、水酸化ナトリウムタンク、中和槽、中間槽ポンプ、配管、弁及び制御盤から構成される。

中和槽、中間槽、塩酸タンク、水酸化ナトリウムタンク、中和槽ポンプ（1台）、中間槽ポンプ（1台）、配管、弁（81台）及び制御盤の機器部について目視点検を行った。その結果、配管のサポート損傷が2箇所あることを確認した。これらについては、機能上問題はないが原状復帰補修を行う（10月完了予定）。

中和槽、中間槽、塩酸タンク、水酸化ナトリウムタンク、中和槽ポンプ（1台）、中間槽ポンプ（1台）、配管のサポート（39箇所）及び制御盤の基礎部について目視点検を行った。その結果、制御盤の基礎部に移動痕が4箇所あることを確認した。基礎ボルト等埋込み部周辺コンクリートのひび割れが中和槽に4箇所（幅1mm未満：3箇所、幅1.0mm：1箇所）、塩酸タンクに10箇所（幅1mm未満）、水酸化ナトリウムタンクに2箇所（幅1mm未満）、中和槽ポンプに2箇所（幅1mm未満）、中間槽ポンプに2箇所（幅1mm未満）、配管サポートに2箇所（幅1mm未満：1箇所、幅1.4mm：1箇所）、制御盤に6箇所（幅1mm未満）あることを確認した。また、コンクリートの剥落が中和槽に2箇所あることを確認した。これらについては、機能上問題はないが原状復帰補修を行う（10月完了予定）。

中和槽及び中間槽ポンプの基礎ボルトについては、構造上基礎ボルトがコンクリートに埋め込まれており目視点検ができないため、中和槽及び中間槽ポンプのベースプレートの移動痕の有無並びに基礎ボルト埋込み部周辺コンクリートについてひび割れの有無を確認した。その結果、ベースプレートの移動痕はなかったが、基礎ボルト埋込み部周辺コンクリートのひび割れが中和槽に4箇所（幅1mm未満：3箇所、幅1.0mm：1箇所）、中間槽ポンプに2箇所（幅1mm未満）あることを確認した。また、コンクリートの剥落が中和槽に2箇所あることを確認した。これらについては、機能上問題はないが原状復帰補修を行う（10月完了予定）。

中和槽、塩酸タンク、水酸化ナトリウムタンク、中和槽ポンプ（1台）、中間槽ポンプ（1台）、配管サポート（39箇所）及び制御盤（2面）について打診点検を実施した。打診点検の結果、制御盤の基礎ボルト1箇所に緩みがあることを確認した。これらについては、機能上問題はないが原状復帰補修を行う（10月完了予定）。

中和槽及び中間槽ポンプ基礎ボルトについては構造上基礎ボルトがコンクリートに埋め込まれており打診点検ができないため、中和槽及び中間槽ポンプのベースプレートの移動痕の有無並びに基礎ボルト埋込み部周辺コンクリートについてひび割れの有無を確認した。その結果、ベースプレートの移動痕はなかったが、基礎ボルト埋

込み部周辺コンクリートのひび割れが中和槽に4箇所(幅1mm未満:3箇所、幅1.0mm:1箇所)、中間槽ポンプに2箇所(幅1mm未満)あることを確認した。また、コンクリートの剥落が中和槽ポンプに2箇所あることを確認した。これらについては、機能上問題はないが原状復帰補修を行う(10月完了予定)。

中和槽ポンプ(1台)、中間槽ポンプ(1台)、弁(主要弁6台)及び制御盤について作動点検を実施した。その結果、異常がないことを確認した。

制御盤について絶縁抵抗測定を実施した。その結果、絶縁抵抗値は基準値以上であることを確認した。

中和槽、中間槽、塩酸タンク、水酸化ナトリウムタンク及び配管について漏えい検査を実施した。その結果、漏えいがないことを確認した。

(9) 水処理装置

水処理装置は、二次冷却系統及びUCL冷却系統について腐食の抑制と藻等の発生を防止するために水質管理を行う装置であり、硫酸タンク、次亜塩素酸タンク、硫酸ポンプ、薬注ポンプ、配管、弁及び制御盤から構成されている。

硫酸タンク、次亜塩素酸タンク(薬剤タンク含む)、硫酸ポンプ(4台)、薬注ポンプ(薬注ポンプ:2台、次亜塩素酸ポンプ:2台)、配管、弁(70台)及び制御盤の機器部について目視点検を実施した。その結果、損傷等がないことを確認した。

硫酸タンク、次亜塩素酸タンク(次亜塩素酸タンク及び薬剤タンク)、硫酸ポンプ(4台)、薬注ポンプ(薬注ポンプ:2台、次亜塩素酸ポンプ:2台)、配管サポート(80箇所)及び制御盤の基礎部について目視点検を実施した。その結果、基礎ボルト等埋込み部周辺コンクリートのひび割れが薬注ポンプに15箇所(幅1mm未満)、配管サポートに4箇所(幅1mm未満)、pH調節操作盤に2箇所(幅1mm未満)あることを確認した。これらについては、機能上問題はないが原状復帰補修を行う(10月完了予定)。

なお、硫酸タンクの基礎ボルトについては、構造上、目視点検を実施することができないため、硫酸タンクの移動痕の有無及び基礎ボルト埋込み部周辺コンクリートについてひび割れの有無を確認した。その結果、移動痕及びひび割れがないことを確認した。

次亜塩素酸タンク(次亜塩素酸タンク及び薬剤タンク)、硫酸ポンプ(4台)、薬注ポンプ(薬注ポンプ:2台、次亜塩素酸ポンプ:2台)、配管サポート(43箇所)及び制御盤の基礎ボルト等について、打診点検を実施した。その結果、基礎ボルト等に緩みがないことを確認した。

なお、硫酸タンクの基礎ボルトについては構造上、打診点検ができないため、硫酸タンクの移動痕の有無及び基礎ボルト埋込み部周辺コンクリートについてひび割れの有無を確認した。その結果、移動痕及びひび割れがないことを確認した。

硫酸ポンプ（4台）、薬注ポンプ（薬注ポンプ：2台、次亜塩素酸ポンプ：2台）、弁（33台）及び制御盤について作動点検を実施した。その結果、異常がないことを確認した。

硫酸タンク、次亜塩素酸タンク（次亜塩素酸タンク及び薬剤タンク）及び配管について漏えい検査を実施した。その結果、漏えいがないことを確認した。

制御盤について絶縁抵抗測定を実施した。その結果、絶縁抵抗値は基準値以上であることを確認した。

3.4 原子炉建家屋根の梁の一部変形について

JMTR原子炉建家の屋根は、直径約44mの鋼管造鉄板貼球面構造で、34本の梁（トラス梁（上弦材、下弦材、ラチス材から構成））、トラス梁の下弦材の座屈を防止するため、34本のトラス梁の周方向に配置した7本のリング材、4条のブレース材、屋根の中央にある頂部リング（頂部リング上弦材、頂部リング下弦材、頂部リングラチス材、頂部リングつなぎ材及び頂部リングブレース材から構成）及び屋根の鉄板から構成されている。また、この屋根は、原子炉建家上部の基礎コンクリートに配置された裾リングに取り付けられている。なお、裾リングは、ベースプレートにより、原子炉建家の基礎コンクリートに固定されている。

東北地方太平洋沖地震を契機として施設の点検を行っていたところ、屋根の梁の一部に変形等（ラチス材：7か所、13本の下弦材：13本）があることを平成23年9月27日に確認した。これについて、平成23年10月5日に文部科学省に報告し、平成23年11月～平成24年1月にJMTRの屋根の34本のトラス梁の変形量の測定、変形原因の確認、補修等に係る対策検討を行うとともに、その他の屋根を構成する部材であるリング材、ブレース材、頂部リング及び屋根の鉄板の調査を行った。

なお、この梁の一部変形等は、原子炉建家の閉じ込め機能を損なうものではないが、JMTRの原子炉建家1階から見上げただけでは確認できないものであり、東北地方太平洋沖地震を契機として、屋根の梁に接近して実施した点検において初めてわかったものである。

その結果、トラス梁の変形量について、基準軸からのズレの最大値は、上弦材については、32～123mm、下弦材については、27～122mmであった。

トラス梁及び屋根の鉄板の目視点検等の結果、トラス梁の変形は、部材加工時、組立て時及び組み上げ時において、加工、溶接及び施工による誤差が積み重なったもの、また、トラス梁の自重による施工完了後における変位置によるものと推定され、その他の経年変化、地震によるものとは異なっていた。

また、東北地方太平洋沖地震後の調査の結果、屋根全体としての健全性は確保されていること、屋根は耐震Bクラス相当であり、万一、屋根が地震により、屋根の材料の降伏応力を超える応力が加わった場合、屋根の鉄骨が変形し、屋根の一部が炉室内

に落下する可能性があるが、屋根の直下には、天井クレーンが設置されており、屋根は天井クレーンのガータに遮られ、炉室1階には落下せず、また、仮に屋根が1階まで落ちても、主なSクラス相当機器は地下階にあるため、屋根の落下によるSクラス相当機器への上位波及はしない。

そのため、トラス梁については、それ自体の補修及び補強は行わない。

詳細は添付資料5「JMTR原子炉建家屋根の一部変形等の調査結果について」に示す。

3.5 総合評価

東北地方太平洋沖地震においてJMTR原子炉施設で観測された地震動の最大加速度は、設計時に想定した最大応答加速度を上回っていたため、健全性確認を実施した。

設備点検の結果、建家・構築物については、壁等にひび割れ等を確認し、設備機器についても基礎部のひび割れ等を確認したが、これらについては、機能上問題となるものではなく、建家・構築物及び設備機器の健全性は確保されており、補修により原状復帰が可能なものである（現在、原状復帰補修を実施中。原子炉の運転に関するものは10月までに補修完了予定）。

東北地方太平洋沖地震に対する原子炉建家の躯体及び屋根の地震応答解析の結果、原子炉建家の躯体については、観測された地震波に対して一部でコンクリートの許容応力を超える結果となったが、原子炉建家躯体の実際の状況を確認した結果、これらの部分についてひび割れ等は確認されていなかったこと、屋根についても下弦材及びラチス材の一部で、発生応力度が評価基準値を超えている箇所があったが、屋根の目視点検の結果から、当該箇所には、地震の影響は確認されていないことから、解析は保守的な結果となっており、耐震健全性が確保されていると判断した。

設備機器等の地震応答解析の結果、使用済燃料ラックの一部を除く設備機器等は、応答倍率法による簡易評価、あるいは時刻歴応答解析による詳細評価により評価基準値を満足した。なお、使用済燃料ラックの一部については、東北地方太平洋沖地震で転倒する解析結果となったが、東北地方太平洋沖地震の際には転倒せず、目視及び作動点検で、異常のないことを確認していること、さらに、万一、転倒した場合でも蓋は閉じたままであり、形状も維持することから、使用済燃料の未臨界は維持されることを確認した。

以上の結果から、東北地方太平洋沖地震により受けた影響に対して、JMTR原子炉施設の健全性は確保されていることを確認した。

JMTR 原子炉施設において取得された
地震観測データの検証結果について

<目次>

はじめに	1
1. 観測用地震計及び地震観測データ	2
1.1 観測用地震計	2
1.1.1 観測用地震計一覧	2
1.1.2 観測用地震計の配置	2
1.1.3 地盤系地震計設置位置の地盤概要	2
1.1.4 地震計の健全性について	2
1.2 地震観測データ	2
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	16
2.1 周辺地震観測データ (K-NET・KiK-net)	16
2.2 深部の地震観測データの比較	16
2.3 浅部 (地表) の地震観測データの比較	16
2.4 検討結果	16
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	31
3.1 地震観測データの速度応答スペクトル比較	31
3.2 検討結果	31
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	33
4.1 地震観測データの速度応答スペクトル比較	33
4.2 検討結果	33
5. まとめ	35

はじめに

本資料は、「平成 23 年東北地方太平洋沖地震に関する独立行政法人日本原子力研究開発機構大洗研究開発センター（北地区）における地震観測データに係る報告を踏まえた対応について（指示）（文部科学省平成 23 年 9 月 20 日 23 科原安第 30 号）」を受けて実施した、地震応答解析の前提となる材料試験炉（以下「JMTR」という。）の地震観測データの詳細な検証結果をまとめたものである。

検証に当たっては、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
- ・JMTR 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

以下に本報告の対象とする観測用地震計及び地震観測データを記す。

1.1 観測用地震計

1.1.1 観測用地震計一覧

大洗研究開発センター（以下「大洗研」という。）では、敷地内の地盤を代表して高温工学試験研究炉の周辺に地盤系地震計を、JMTRに建家系地震計を設置している。これら地震計の一覧を表 1.1.1-1 に示す。

1.1.2 観測用地震計の配置

地盤系及び JMTR 建家系地震計の設置位置を図 1.1.2-1～図 1.1.2-4 に示す。

1.1.3 地盤系地震計設置位置の地盤概要

地盤系地震計を設置する大洗研の敷地地盤概要を表 1.1.3-1 に示す。

1.1.4 地震計の健全性について

平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震の本震（以下「東北地方太平洋沖地震」という。）の地震観測データの検証に当たっては、全ての地震計について装置としての機能の維持を確認するため、地震後に詳細点検を実施し、校正信号を入力した際の出力値に異常がないことを確認し、地盤系地震計については絶縁抵抗値も確認した。また、地震計について現場確認等を実施し、測定方向（設置方向）が正しいことを確認した（表 1.1.4-1 参照）。

以上より、全ての地震計について、東北地方太平洋沖地震時において装置としての健全性が確保されていたことを確認した。

1.2 地震観測データ

東北地方太平洋沖地震において観測された地震観測データの最大加速度を表 1.2-1 及び表 1.2-2 に、加速度時刻歴波形を図 1.2-1 及び図 1.2-2 に示す。

表 1. 1. 1-1 観測用地震計一覧

種別	設置位置		測定方向
地盤系	北側	G. L. -30m	南北, 東西, 鉛直
		G. L. -250m	南北, 東西, 鉛直
	南側	G. L. -1m	南北, 東西, 鉛直
		G. L. -30m	南北, 東西, 鉛直
		G. L. -94m	南北, 東西, 鉛直
	西側	G. L. -1m	南北, 東西, 鉛直
		G. L. -32m	南北, 東西, 鉛直
		G. L. -95m	南北, 東西, 鉛直
G. L. -174m		南北, 東西, 鉛直	
JMTR 建家系	2 階屋上 [※]		南北, 東西, 鉛直
	地下 2 階		南北, 東西, 鉛直
	地下 3 階 (基礎上端)		南北, 東西, 鉛直

※ : 原子炉建家内部の鉄骨造構築物 2 階屋上に地震計を設置している。

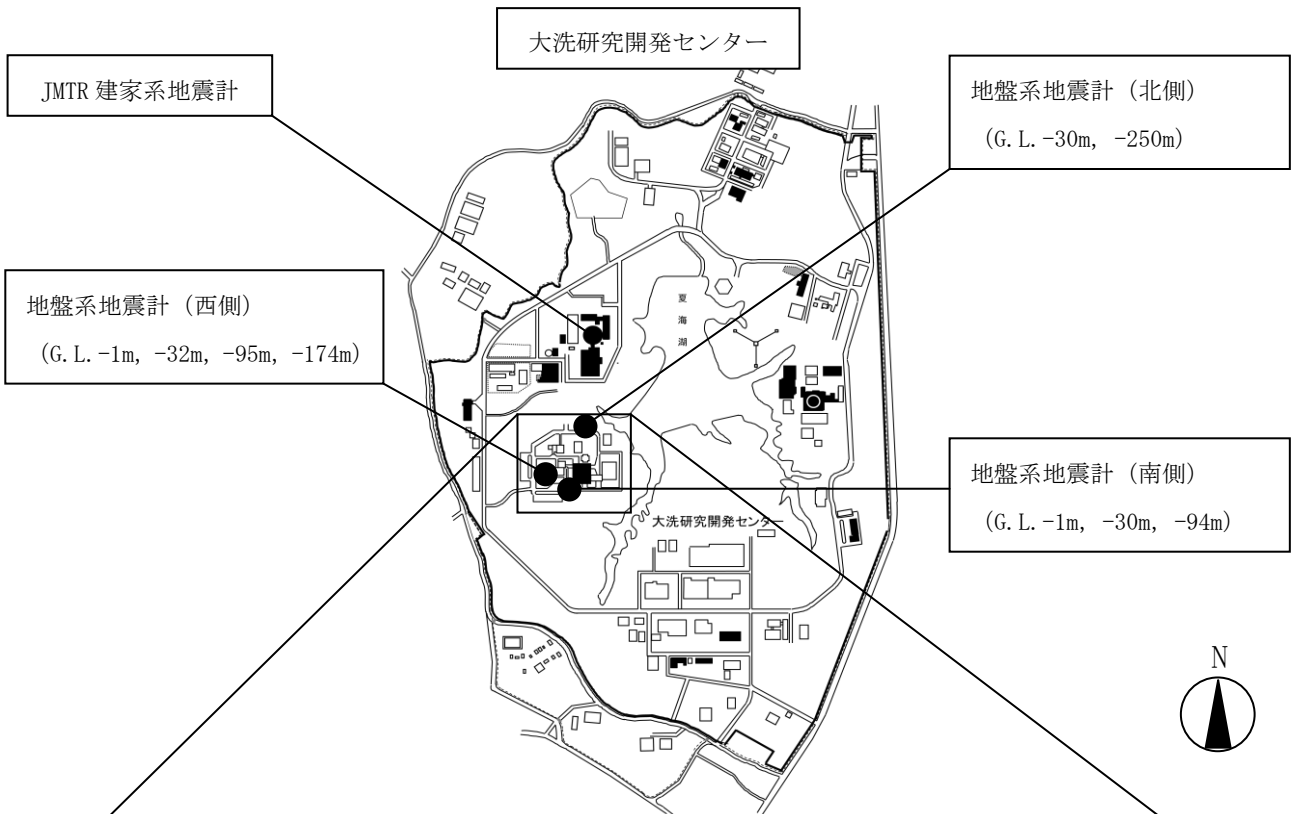


図 1. 1. 2-1 地盤系及び JMTR 建家系地震計の設置位置

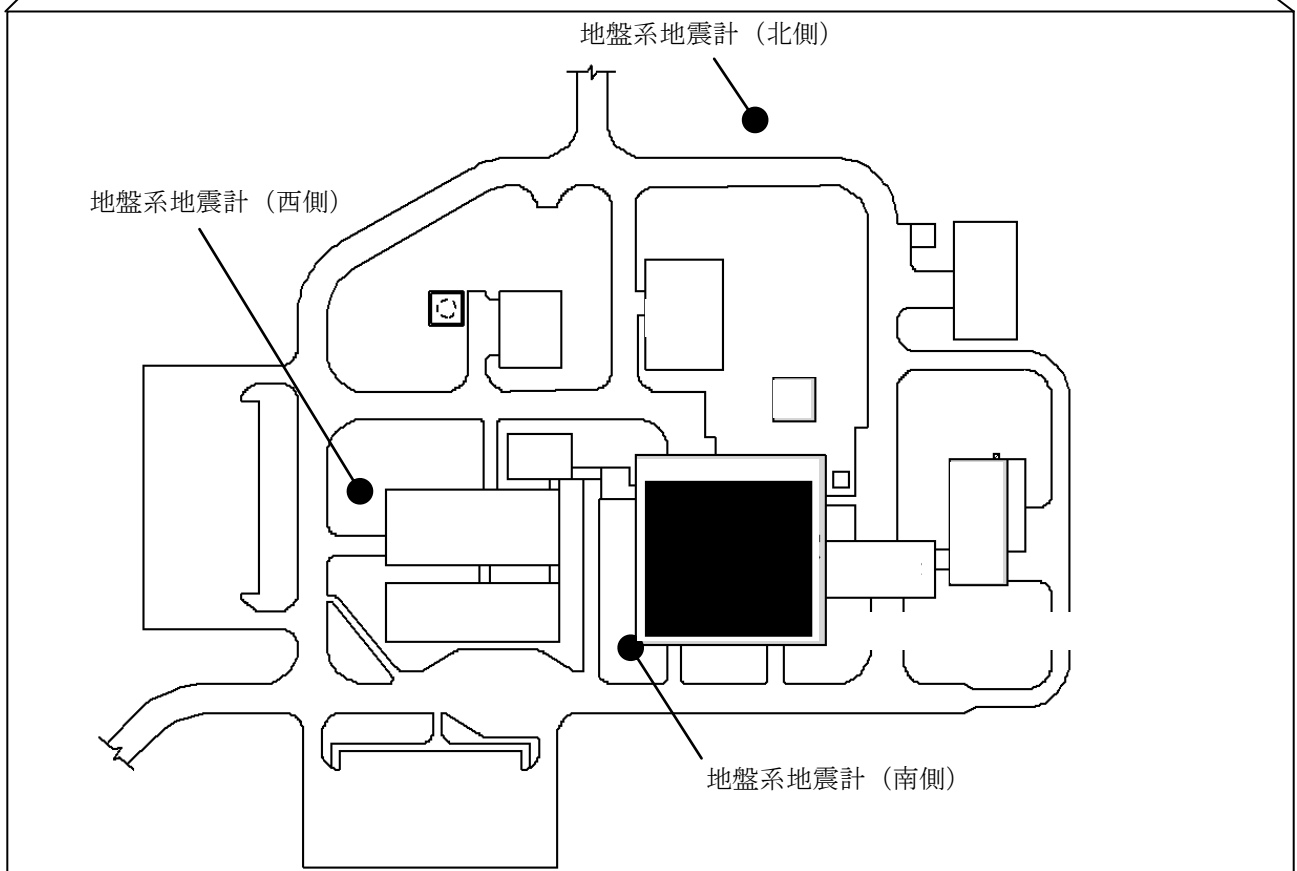


図 1. 1. 2-2 地盤系地震計の設置位置

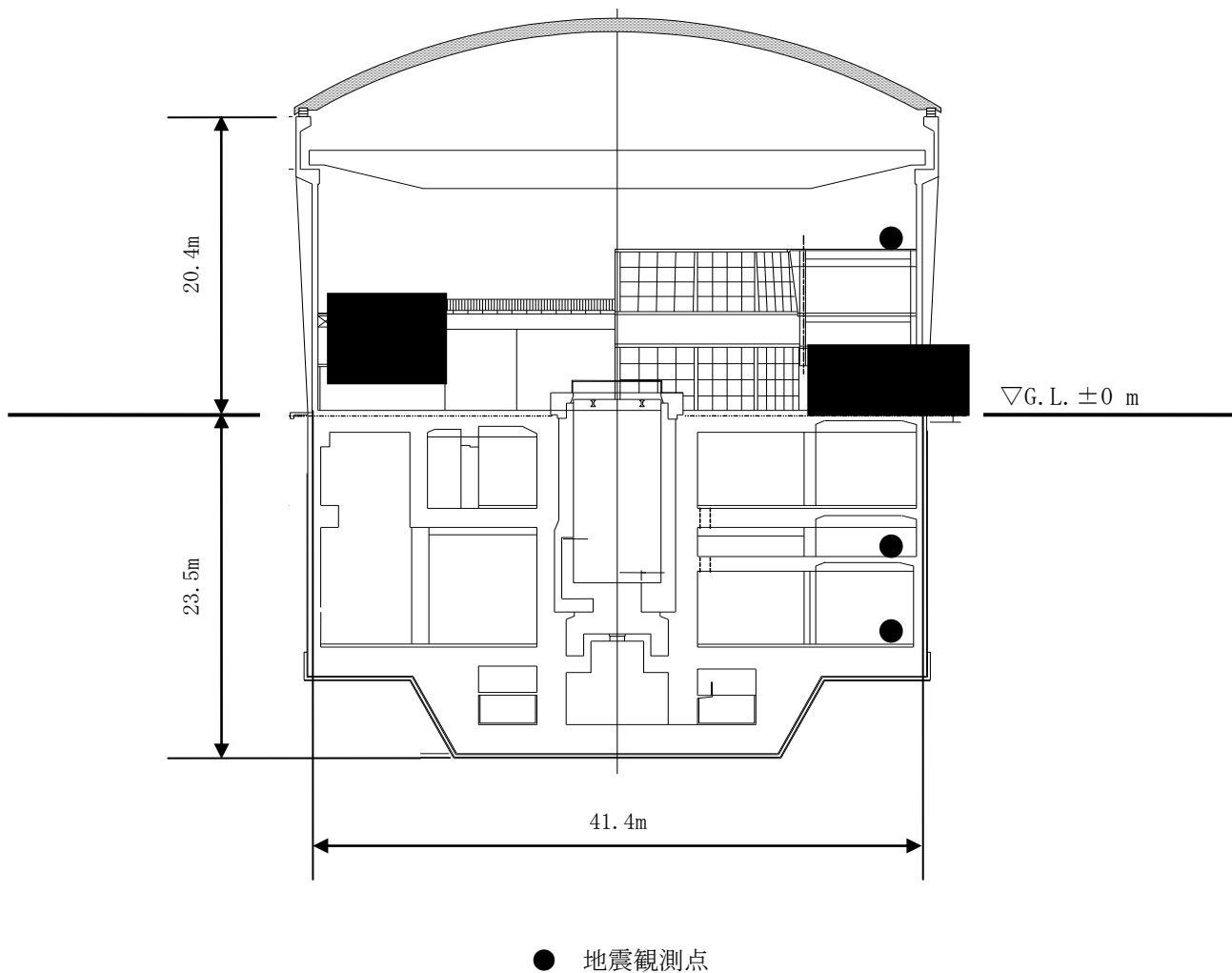


図 1. 1. 2-3 JMTR 建家系地震計の設置位置 (断面図、東西方向)

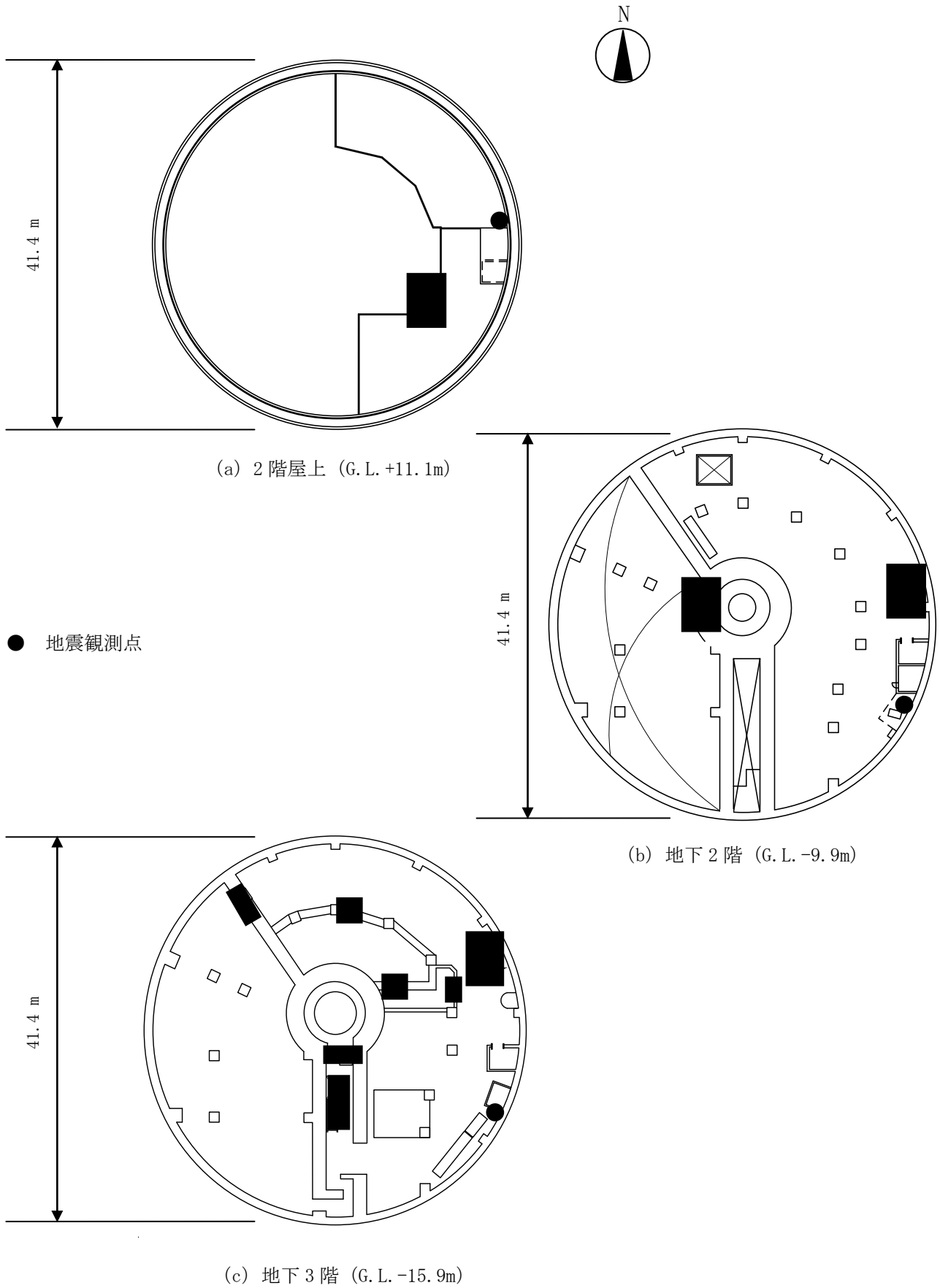


図 1.1.2-4 JMTR 建家系地震計の設置位置 (平面図)

表 1.1.3-1 大洗研の敷地地盤概要※

地層名	地層記号	標高 T.P. (m)	深さ G.L. (m)	単位体積 重量 γt (g/cm ³)	P波速度 V _p (km/s)	S波速度 V _s (km/s)
ローム層	Lm	+37.10 (地表) +33.80	0.00 -3.30	1.33	0.88	0.17
見和層 上部層	Mu-S ₁	+28.40	-8.70	1.92	0.93	0.35
	Mu-C	+26.90	-10.20	1.74	1.00	0.30
	Mu-S ₂	+20.70	-16.40	1.84	1.07	0.43
見和層 中部層	Mm-Sg ₁	+18.80	-18.30	1.79	1.20	0.49
	Mn-S	+16.20	-20.90	1.78	1.05	0.45
	Mm-Sg ₂	+10.50	-26.60	2.02	1.37	0.61
石崎層	Is-S ₁	-2.20	-39.30	1.86	1.58	0.43
	Is-C	-3.30	-40.40	1.89	1.59	0.37
	Is-S ₂	-28.80	-65.90	1.84	1.58	0.37
	Is-Sc	-35.10	-72.20	1.81	1.58	0.39
	Is-S ₃	-47.50	-84.60	1.92	1.63	0.44
	Is-Sg	-48.90	-86.00	2.05	1.70	0.51
	Is-S ₄	-54.00	-91.10	1.97	1.68	0.50
鮮新統	Tm (上)	-100.00	-137.10	/	1.63	0.48
	Tm (下)	-123.60	-160.70		1.68	0.54
	Ts	-135.40	-172.50		1.76	0.62
中新統	Tm・S				2.17	1.01

標高は、9本のボーリングの平均による。標高は、各層の下端を示す。

※：「日本原子力研究所大洗研究所原子炉設置変更許可申請書（完本）〔共通編〕」（日本原子力研究所、平成13年7月）による地盤調査結果

表 1. 1. 4-1 地震計の測定方向の確認結果

種別	設置位置		測定方向の確認結果	備考
地盤系	北側	G. L. -30m	—	※1
		G. L. -250m	—	※1
	南側	G. L. -1m	—	※1
		G. L. -30m	—	※1
		G. L. -94m	—	※1
	西側	G. L. -1m	○	※2
		G. L. -32m	—	※2
		G. L. -95m	—	※2
G. L. -174m		—	※2	
JMTR 建家系	2 階屋上		○	
	地下 2 階		○	
	地下 3 階（基礎上端）		○	

※1：地盤系地震計 G. L. -1m（西側）の地震観測データを基準に方位補正を行い、耐震健全性評価等に用いている。

※2：地盤系地震計（西側）において、東北地方太平洋沖地震の地震観測記録の一部に欠落が生じ、最大加速度値を取得できていないため、地盤系地震計（西側）の地震観測記録は使用していない。ただし、地盤系地震計（西側）において、その後の観測は適切に行われている。

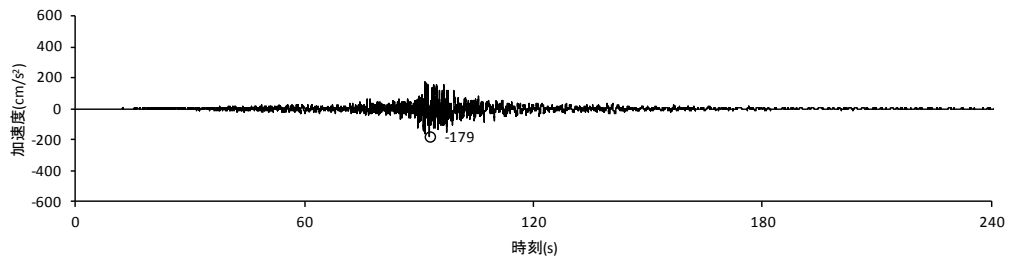
表 1.2-1 地盤系地震計により観測された最大加速度値

種別	設置位置		最大加速度値 (cm/s ²)		
			南北方向	東西方向	鉛直方向
地盤系	北側	G. L. -30m	179	197	139
		G. L. -250m	194	157	115
	南側	G. L. -1m	497	558	506
		G. L. -30m	210	175	192
		G. L. -94m	221	249	118

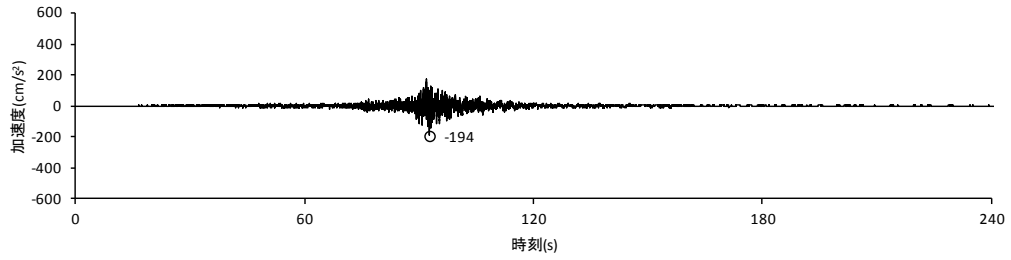
表 1.2-2 JMTR 建家系地震計により観測された最大加速度値

種別	設置位置	最大加速度値 (cm/s ²)		
		南北方向	東西方向	鉛直方向
JMTR 建家系	2 階屋上	399	497	286
	地下 2 階	218	249	236
	地下 3 階 (基礎上端)	238	208	223

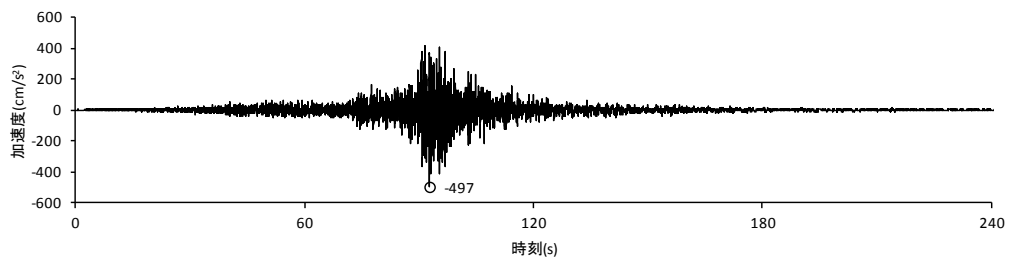
○は最大値を表す



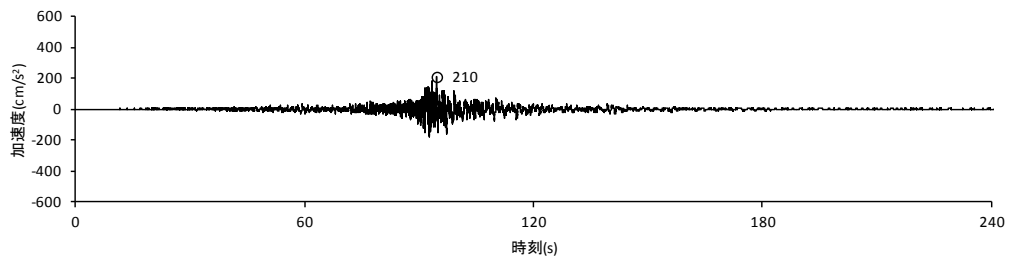
(a) 地中観測点 (北側 G. L. -30m)



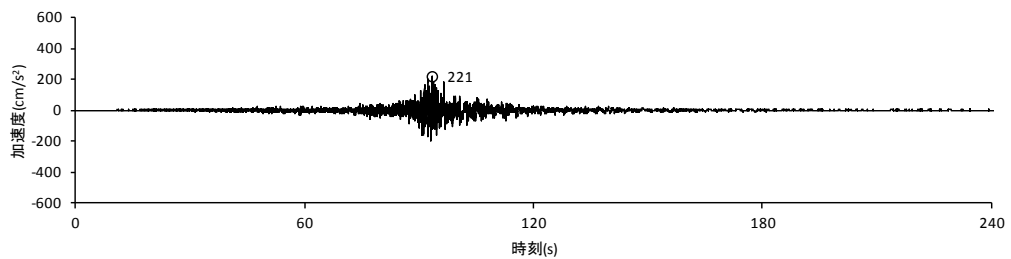
(b) 地中観測点 (北側 G. L. -250m)



(c) 地中観測点 (南側 G. L. -1m)



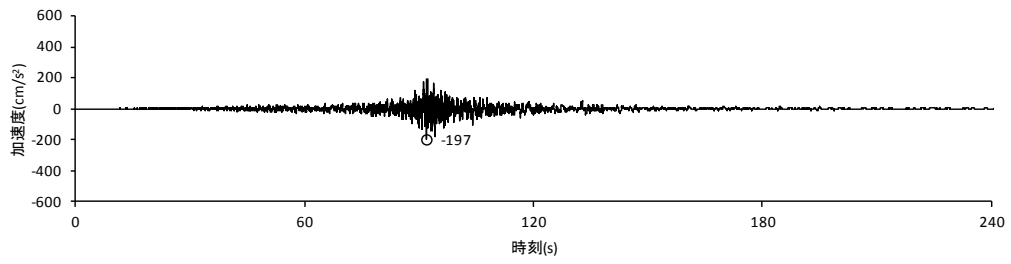
(d) 地中観測点 (南側 G. L. -30m)



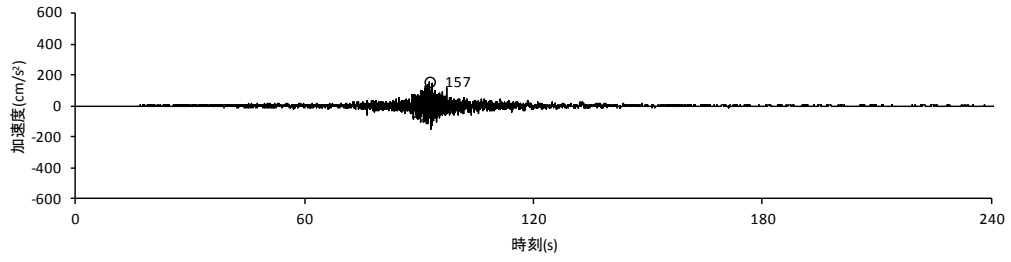
(e) 地中観測点 (南側 G. L. -94m)

図 1.2-1 (1) 地盤系地震計の加速度時刻歴波形 (南北方向)

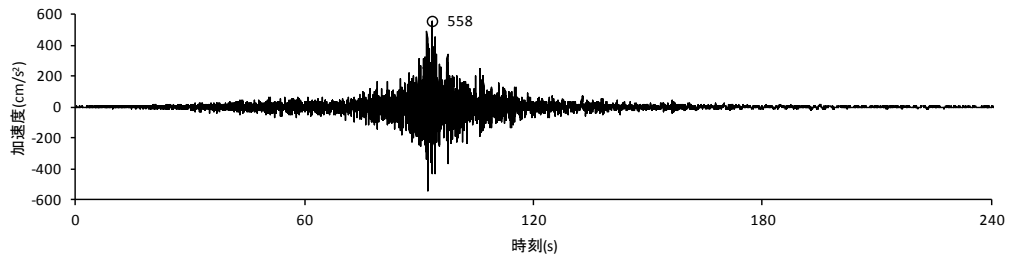
○は最大値を表す



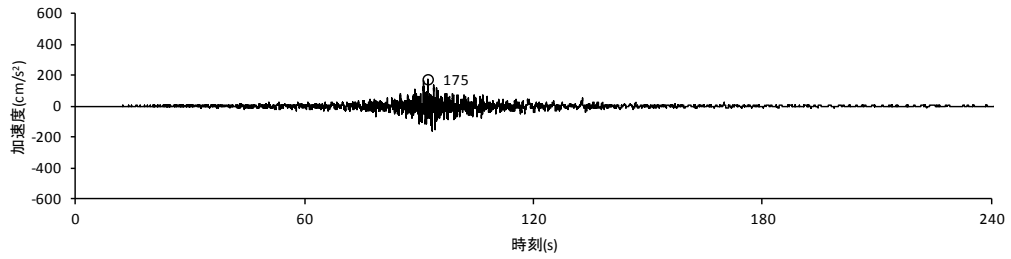
(a) 地中観測点 (北側 G. L. -30m)



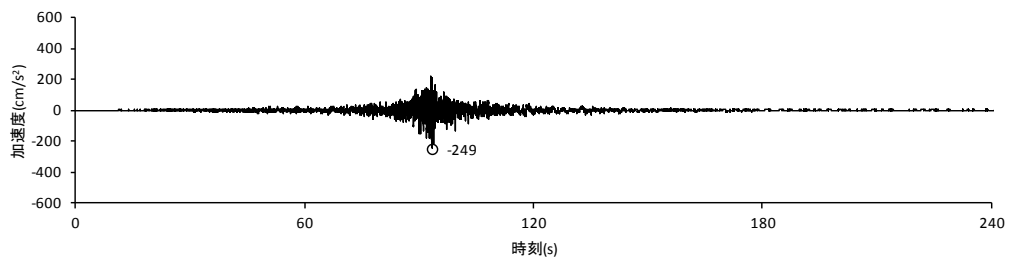
(b) 地中観測点 (北側 G. L. -250m)



(c) 地中観測点 (南側 G. L. -1m)



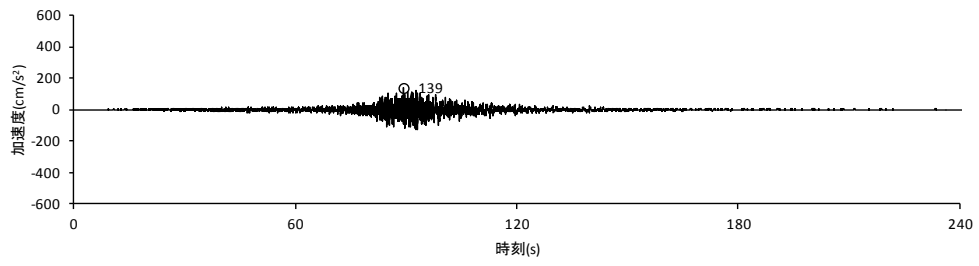
(d) 地中観測点 (南側 G. L. -30m)



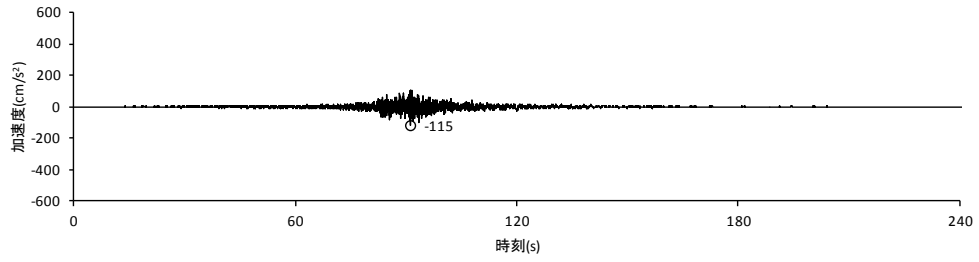
(e) 地中観測点 (南側 G. L. -94m)

図 1.2-1 (2) 地盤系地震計の加速度時刻歴波形 (東西方向)

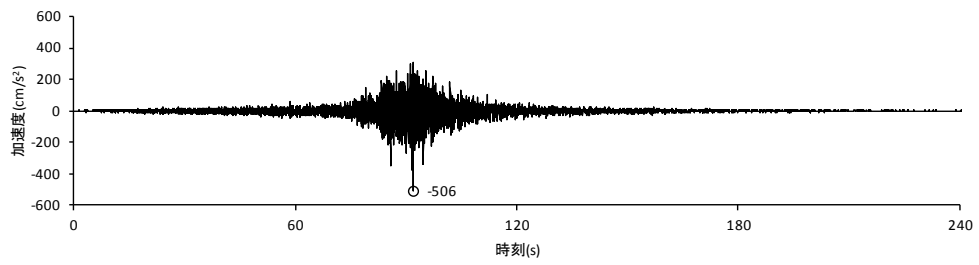
○は最大値を表す



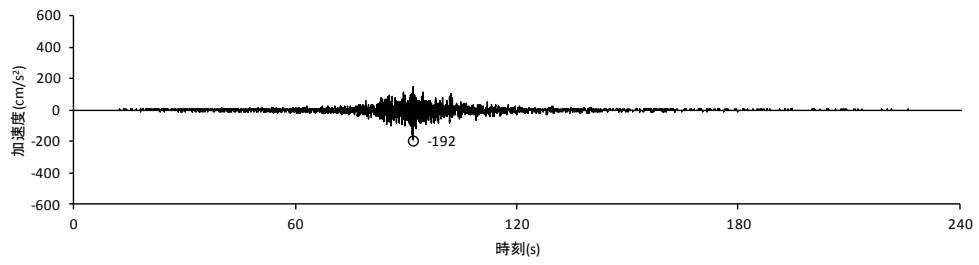
(a) 地中観測点 (北側 G. L. -30m)



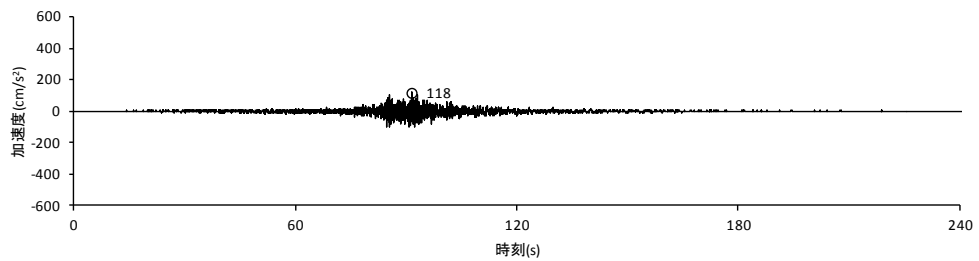
(b) 地中観測点 (北側 G. L. -250m)



(c) 地中観測点 (南側 G. L. -1m)



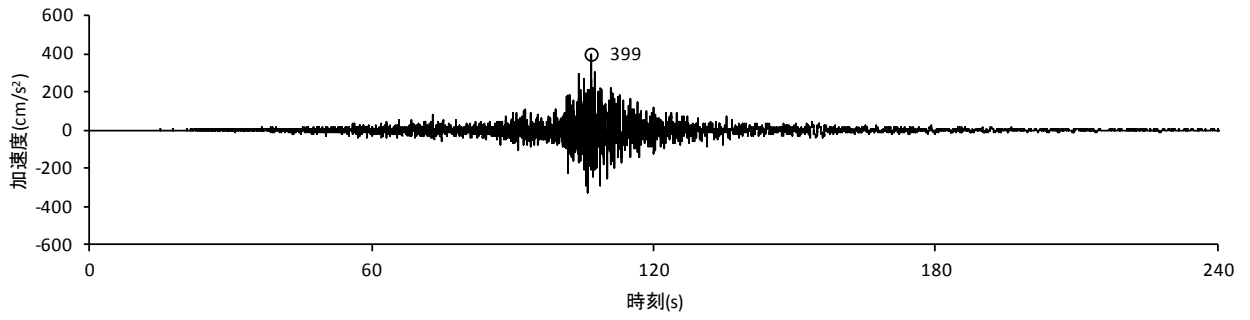
(d) 地中観測点 (南側 G. L. -30m)



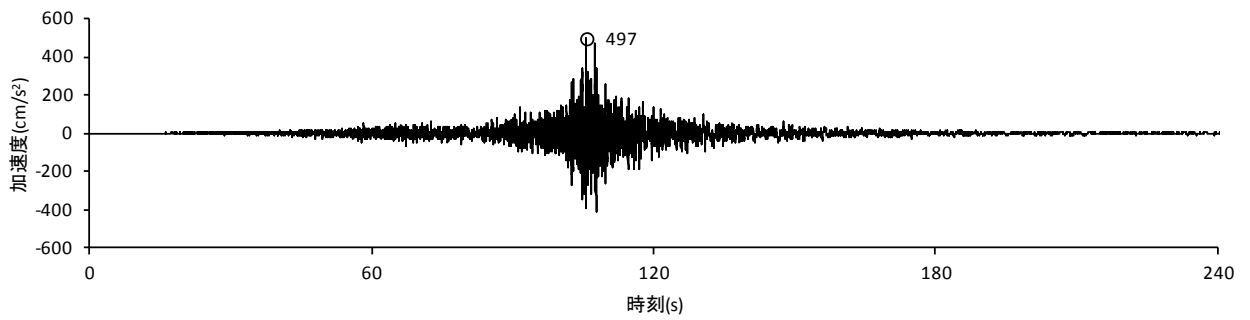
(e) 地中観測点 (南側 G. L. -94m)

図 1.2-1 (3) 地盤系地震計の加速度時刻歴波形 (鉛直方向)

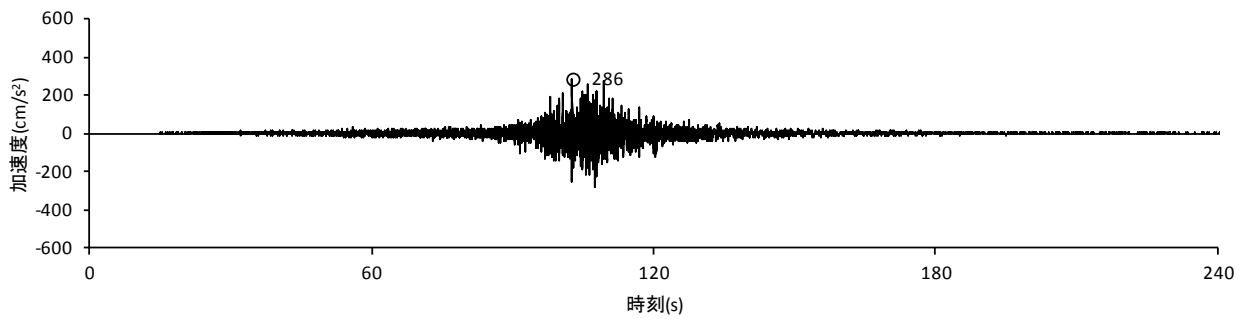
○は最大値を表す



(a) 南北方向



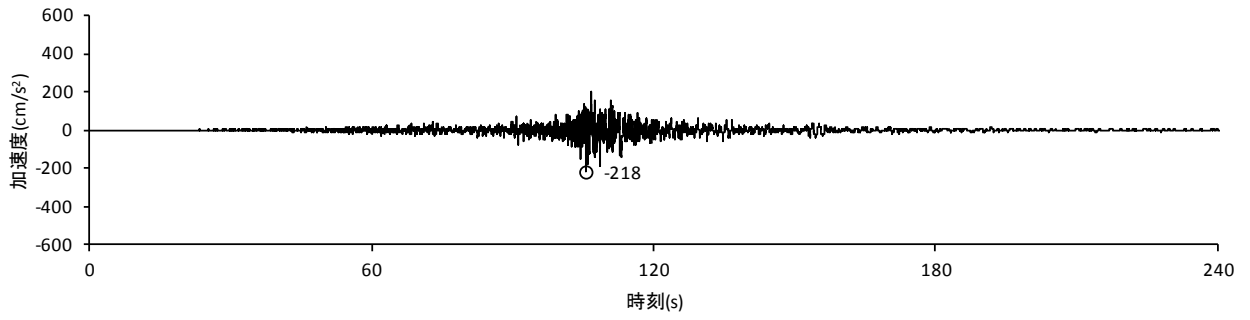
(b) 東西方向



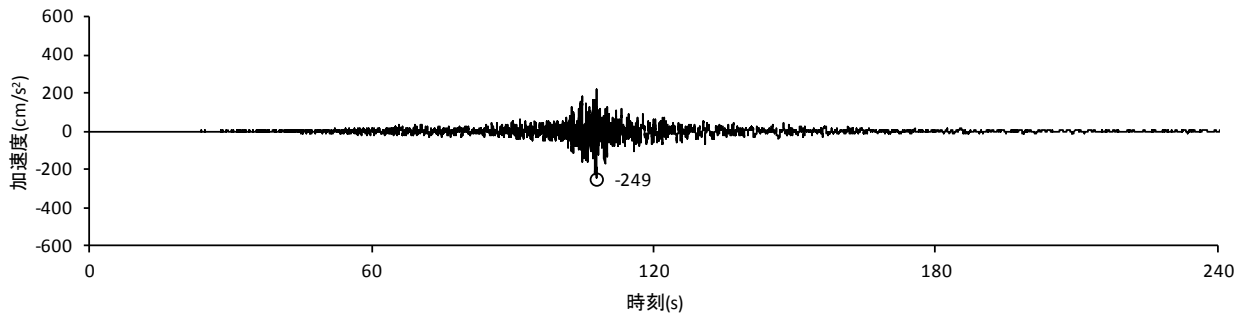
(c) 鉛直方向

図 1.2-2 (1) JMTR 建家系地震計の加速度時刻歴波形 (2 階屋上)

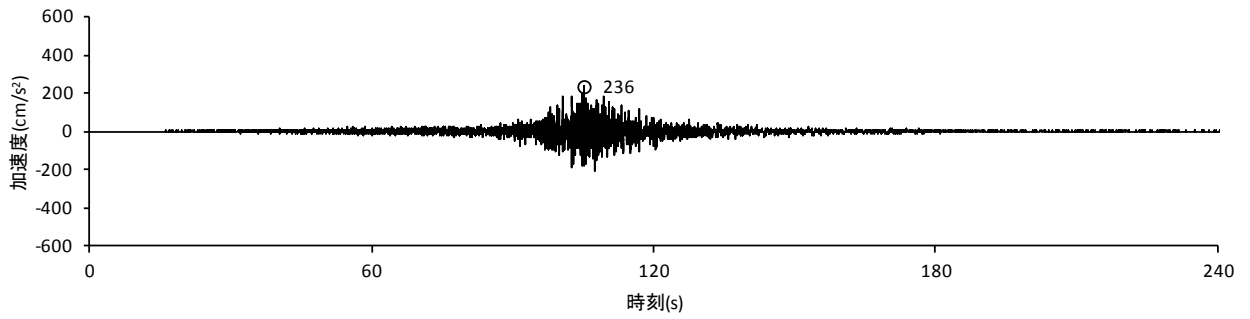
○は最大値を表す



(a) 南北方向



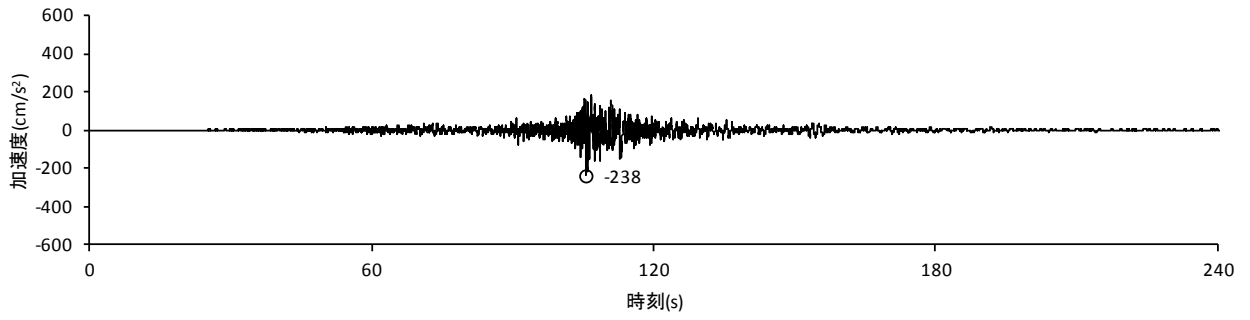
(b) 東西方向



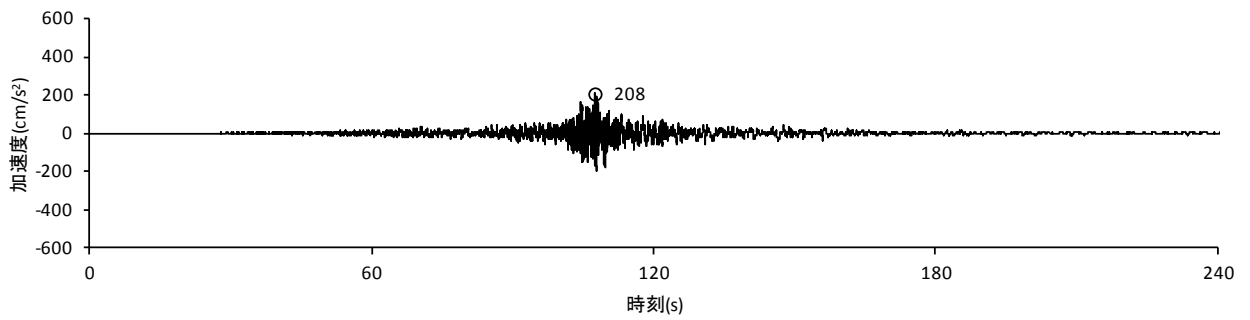
(c) 鉛直方向

図 1.2-2 (2) JMTR 建家系地震計加速度時刻歴波形 (地下 2 階)

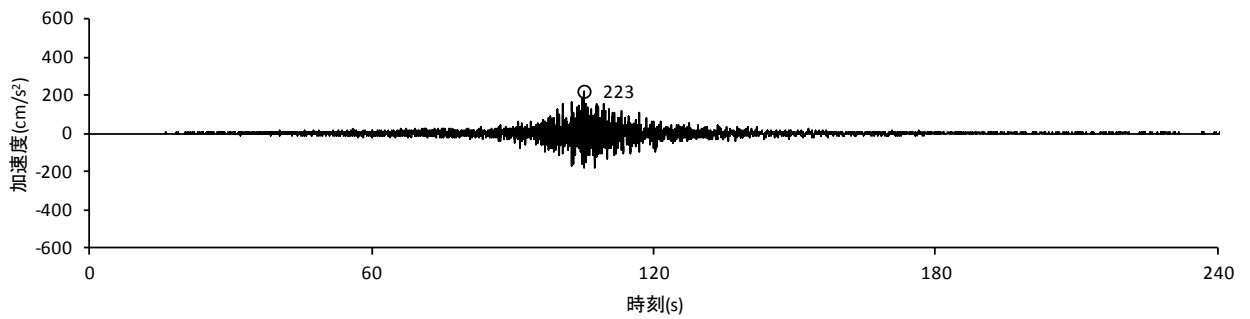
○は最大値を表す



(a) 南北方向



(b) 東西方向



(c) 鉛直方向

図 1.2-2 (3) JMTR 建家系地震計の加速度時刻歴波形 (地下3階 (基礎上端))

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
震源からの伝播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（以下「防災科研」という。）の K-NET・KiK-net と敷地内の地盤系地震計で得られた地震観測データを整理し、当該地震計が敷地周辺の地震観測データと整合した傾向を示し、東北地方太平洋沖地震の地震動を適切に観測したことを確認する。

2.1 周辺地震観測データ（K-NET・KiK-net）

K-NET・KiK-net の地震観測データのうち、敷地周辺（半径約 30km 内）における観測点で得られた東北地方太平洋沖地震の地震観測データを対象とした。

茨城県内にある防災科研の観測点一覧を表 2.1-1 及び表 2.1-2 に示す。同表中、色塗りの 9 観測点（黄緑色：30km 以内の 6 観測点、黄色：30～35km の 3 観測点）を地震観測データ分析の対象とした。分析に用いた K-NET・KiK-net の各観測点の地盤構造を図 2.1-1 に、加速度時刻歴波形を図 2.1-2 に示す。

2.2 深部の地震観測データの比較

KiK-net と大洗研の地震観測データの速度応答スペクトル（減衰 5%）を図 2.2-1 に示す。スペクトルの形状は、地盤構造等の影響により周期帯によって多少の差異はあるものの、全体的な形状は KiK-net と大洗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、大洗研の方が全体的に大きいものの、大洗研の地盤のせん断波速度が相対的に小さいこと（大洗研：せん断波速度 $V_s=1080\text{m/s}$ 、KiK-net： $V_s=2200\sim 2300\text{m/s}$ ）を踏まえれば、おおむね整合した傾向を示している。

なお、本報告では、擬似速度応答スペクトルを速度応答スペクトルと表記する。

2.3 浅部（地表）の地震観測データの比較

K-NET・KiK-net と大洗研の地震観測データの速度応答スペクトル（減衰 5%）を図 2.3-1 に示す。スペクトルの形状は、地盤構造等の影響により周期帯によって多少の差異はあるものの、全体的な形状は K-NET・KiK-net と大洗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、大洗研と K-NET・KiK-net は同程度であり、敷地周辺の地震観測データと整合した傾向を示している。

2.4 検討結果

周辺の地震観測データ（K-NET・KiK-net）と大洗研の地震観測データの速度応答スペクトルの比較を行い、両者の記録がおおむね整合した傾向を示していることを確認した。よって、大洗研の地盤系地震計は東北地方太平洋沖地震の地震動を適切に観測したと考えられる。

表 2. 1-1 地震観測データの比較に用いた周辺 (K-NET) の観測点一覧

観測点 コード	観測点名	観測点位置*1)		標高 (m)	大洗研との 距離(km)
		北緯(°)	東経(°)		
IBR001	大子	36.7761	140.3569	104.8	59.1
IBR002	高萩	36.7061	140.7068	9.2	50.9
IBR003	日立	36.5915	140.6453	57.5	37.2
IBR004	大宮	36.5516	140.4102	61.0	34.0
IBR005	笠間	36.3851	140.2372	62.6	30.8
IBR006	水戸	36.3690	140.4528	20.0	14.2
IBR007	那珂湊	36.3523	140.5955	23.6	10.5
IBR008	下館	36.3062	139.9828	20.4	50.9
IBR009	古河	36.1848	139.7037	17.3	76.4
IBR010	下妻	36.1843	139.9653	23.4	53.1
IBR011	つくば	36.1251	140.0903	26.0	44.0
IBR012	石岡	36.1901	140.2869	24.2	24.9
IBR013	鉾田	36.1587	140.4892	28.5	13.0
IBR014	土浦	36.0729	140.1947	11.0	38.3
IBR015	岩井	36.0693	139.9080	13.5	61.5
IBR016	取手	35.9112	140.0494	20.4	59.7
IBR017	江戸崎	35.9537	140.3194	17.4	40.3
IBR018	鹿嶋	35.9770	140.6322	38.8	33.0
IBR019	北茨城	36.8808	140.6544	—	68.9

*1) 観測点位置:世界測地系による

※: 黄緑色: 大洗研から 30km 以内、黄色: 大洗研から 30~35km

表 2. 1-2 地震観測データの比較に用いた周辺 (KiK-net) の観測点一覧

観測点 コード	観測点名	観測点位置*1)		地表標高 (m)	設置深度 (m)	大洗研との 距離(km)
		北緯(°)	東経(°)			
IBRH07	江戸崎	35.9521	140.3301	3	1200	40.0
IBRH08	大洋	36.1187	140.5621	40	1200	16.4 *2)
IBRH09	常北	36.4390	140.3559	50	106	25.8 *2)
IBRH10	石下	36.1112	139.9889	15	900	53.1
IBRH11	岩瀬	36.3701	140.1401	67	103	38.3
IBRH12	大子	36.8369	140.3181	210	200	66.6
IBRH13	高萩	36.7955	140.5750	505	100	58.8
IBRH14	十王	36.6922	140.5484	330	100	47.3
IBRH15	御前山	36.5566	140.3013	45	107	39.1
IBRH16	山方	36.6405	140.3976	90	300	43.7
IBRH17	霞ヶ浦	36.0864	140.3140	20	510	28.9
IBRH18	ひたちなか	36.3631	140.6198	20	504	12.6
IBRH19	つくば	36.2137	140.0893	175	210	41.6
IBRH20	波崎2	35.8284	140.7323	6	923	51.3
IBRH21	つくば南	35.9814	140.1050	22	929	50.8

*1) 観測点位置:世界測地系による

*2) IBRH08大洋及びIBRH09常北については大洗研との距離が30km以内であるが、未選別データのため使用していない。

※: 黄緑色: 大洗研から 30km 以内

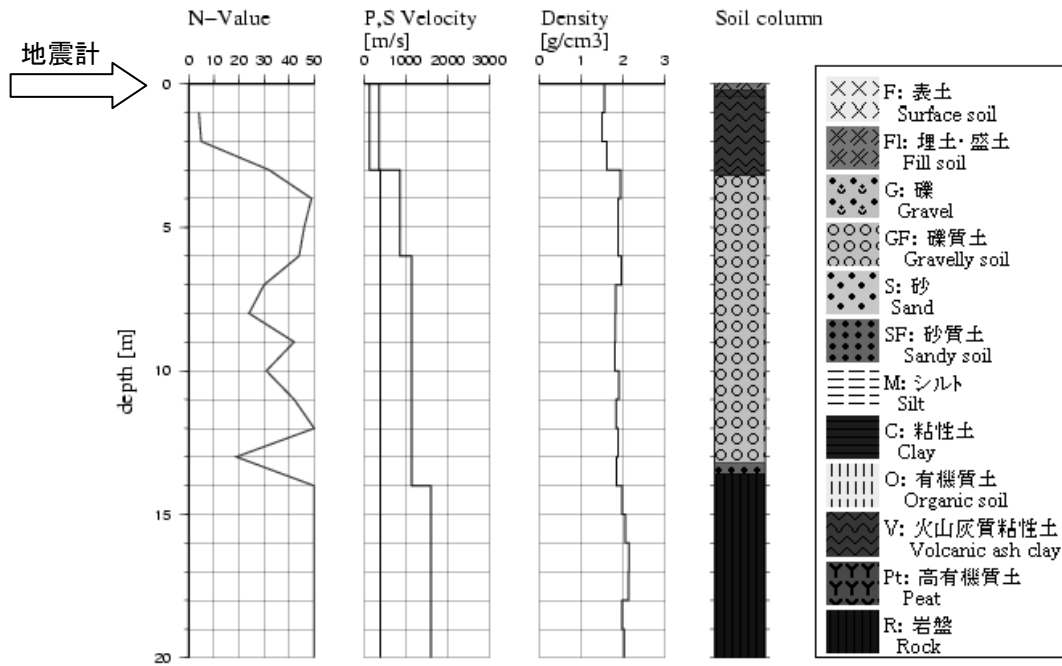


図 2.1-1 (a) 防災科研 K-NET 観測点の土質柱状図 (一部加筆) : 大宮 (IBR004)

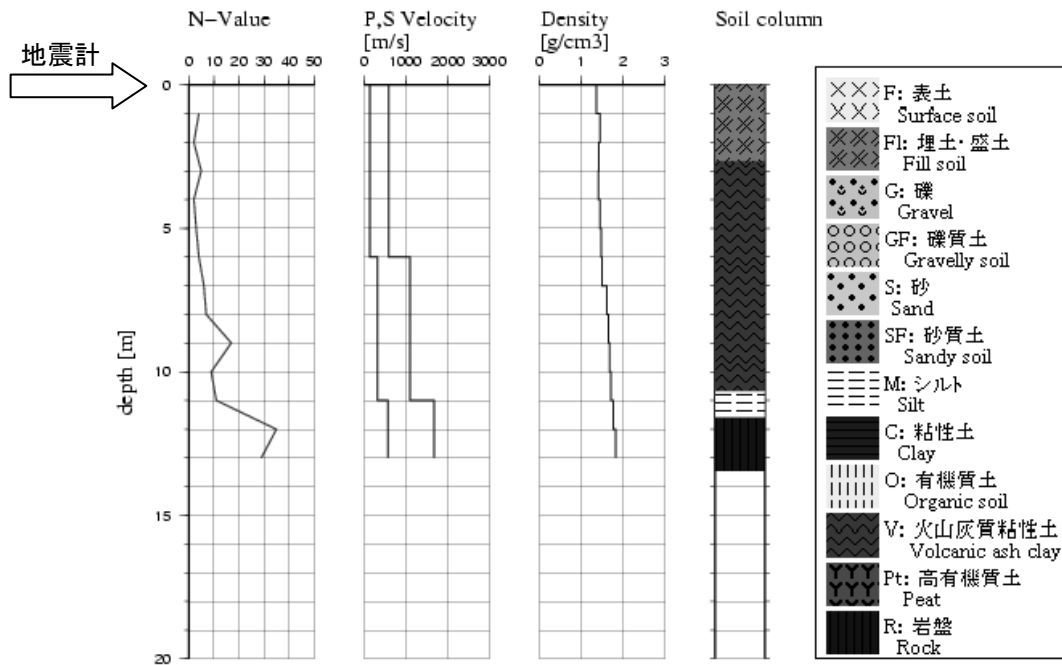


図 2.1-1 (b) 防災科研 K-NET 観測点の土質柱状図 (一部加筆) : 笠間 (IBR005)

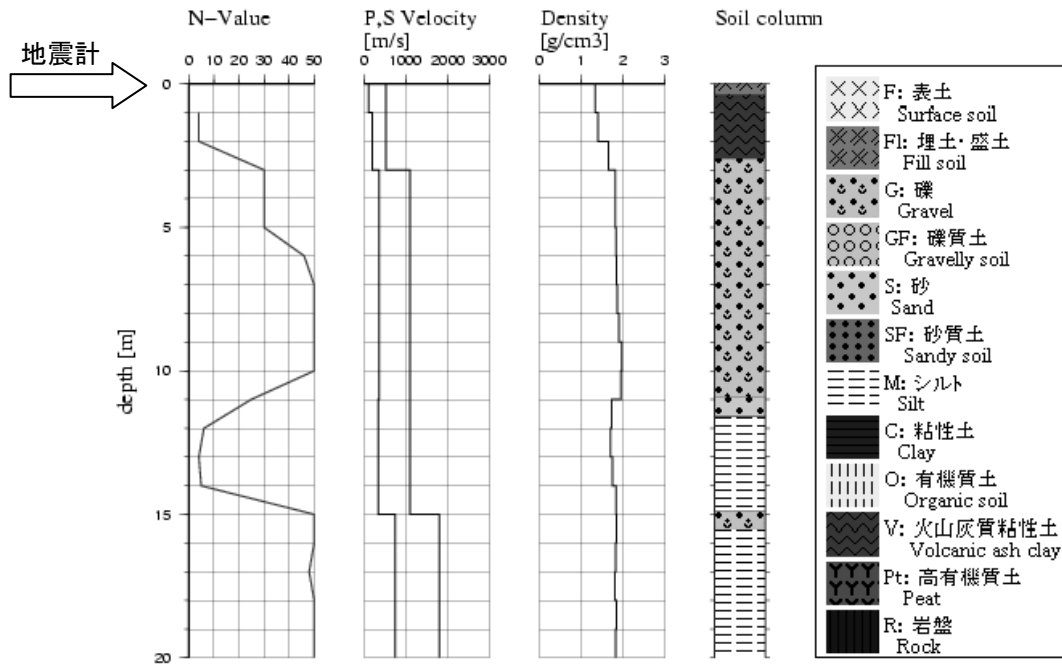


図 2.1-1 (c) 防災科研 K-NET 観測点の土質柱状図 (一部加筆) : 水戸 (IBR006)

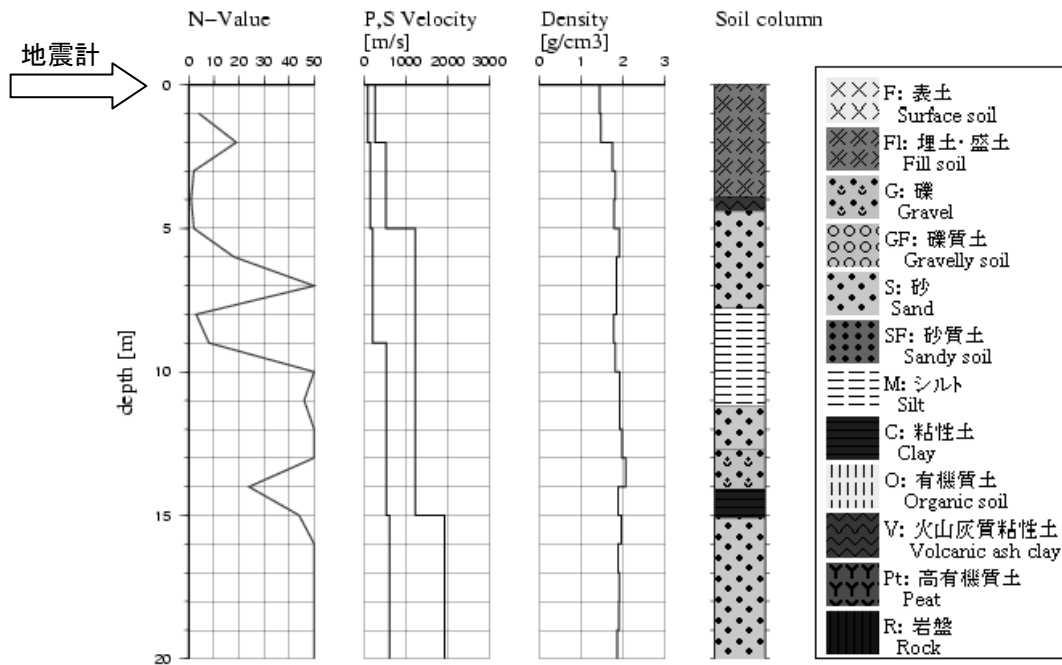


図 2.1-1 (d) 防災科研 K-NET 観測点の土質柱状図 (一部加筆) : 那珂湊 (IBR007)

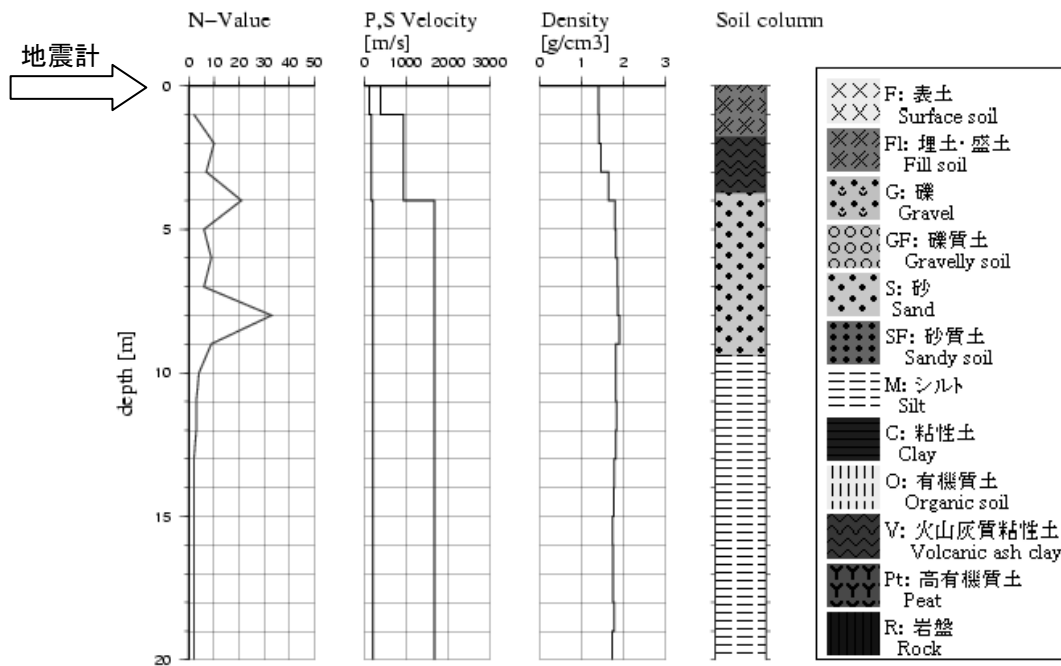


図 2.1-1 (e) 防災科研 K-NET 観測点の土質柱状図 (一部加筆) : 石岡 (IBR012)

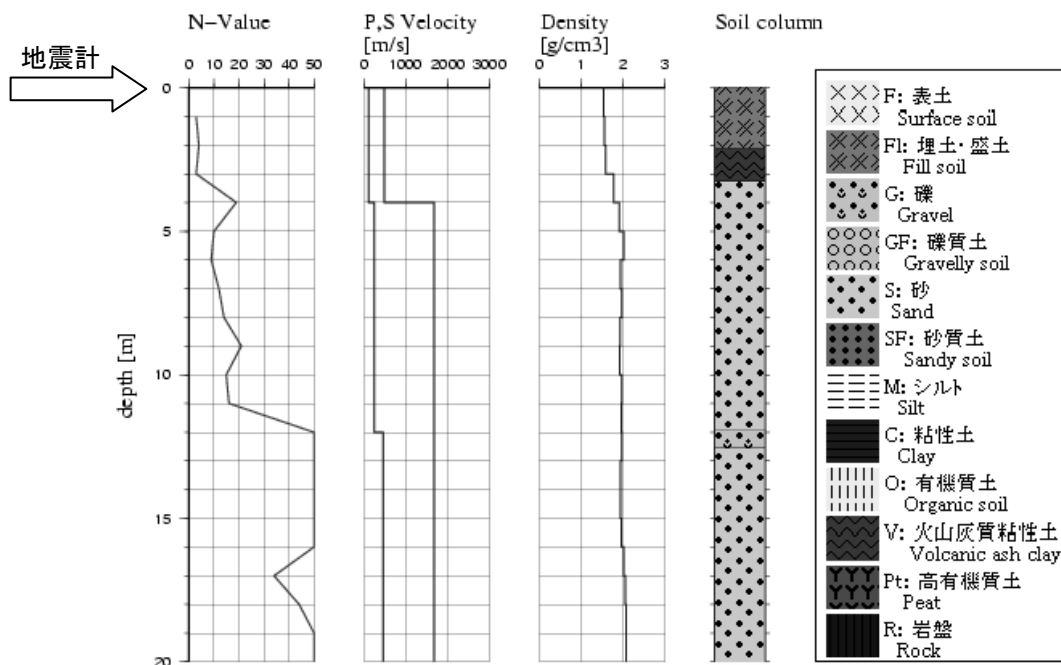


図 2.1-1 (f) 防災科研 K-NET 観測点の土質柱状図 (一部加筆) : 鉾田 (IBR013)

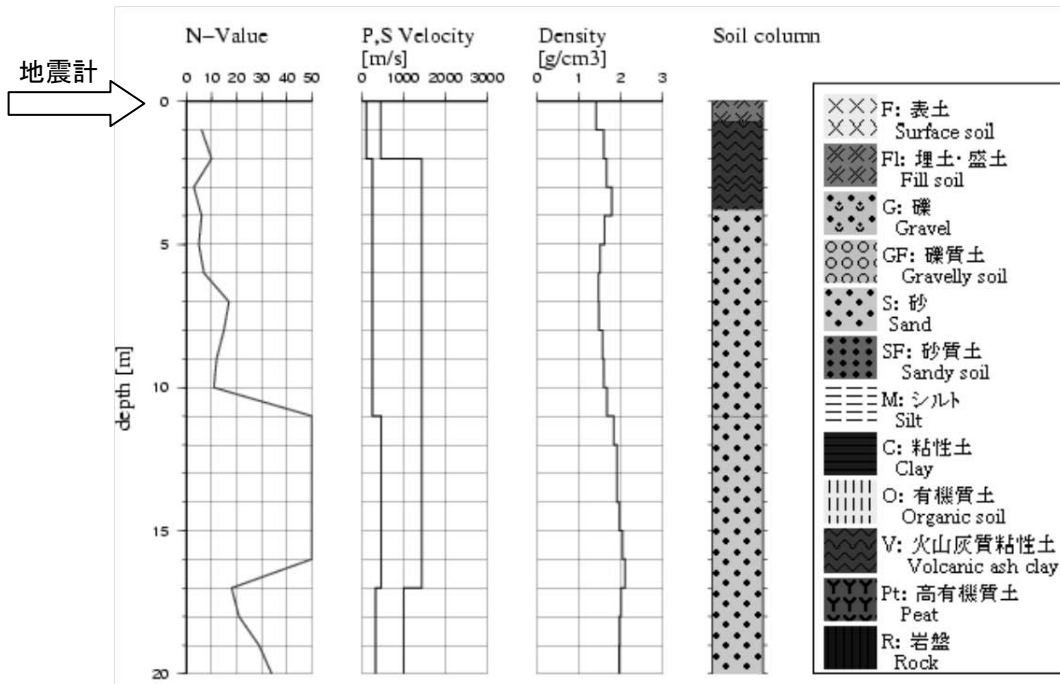


図 2. 1-1 (g) 防災科研 K-NET 観測点の土質柱状図： 鹿嶋 (IBR018)

ボーリング柱状図(暫定版)

観測点名：霞ヶ浦(かすみがうら)
 所在地：茨城県新治郡霞ヶ浦町深谷3719-5
 緯度：36° 4' 59.5"
 孔口標高：+20m

観測点コード：IBRH17
 経度：140° 19' 2.3"
 総掘進長：514.00m

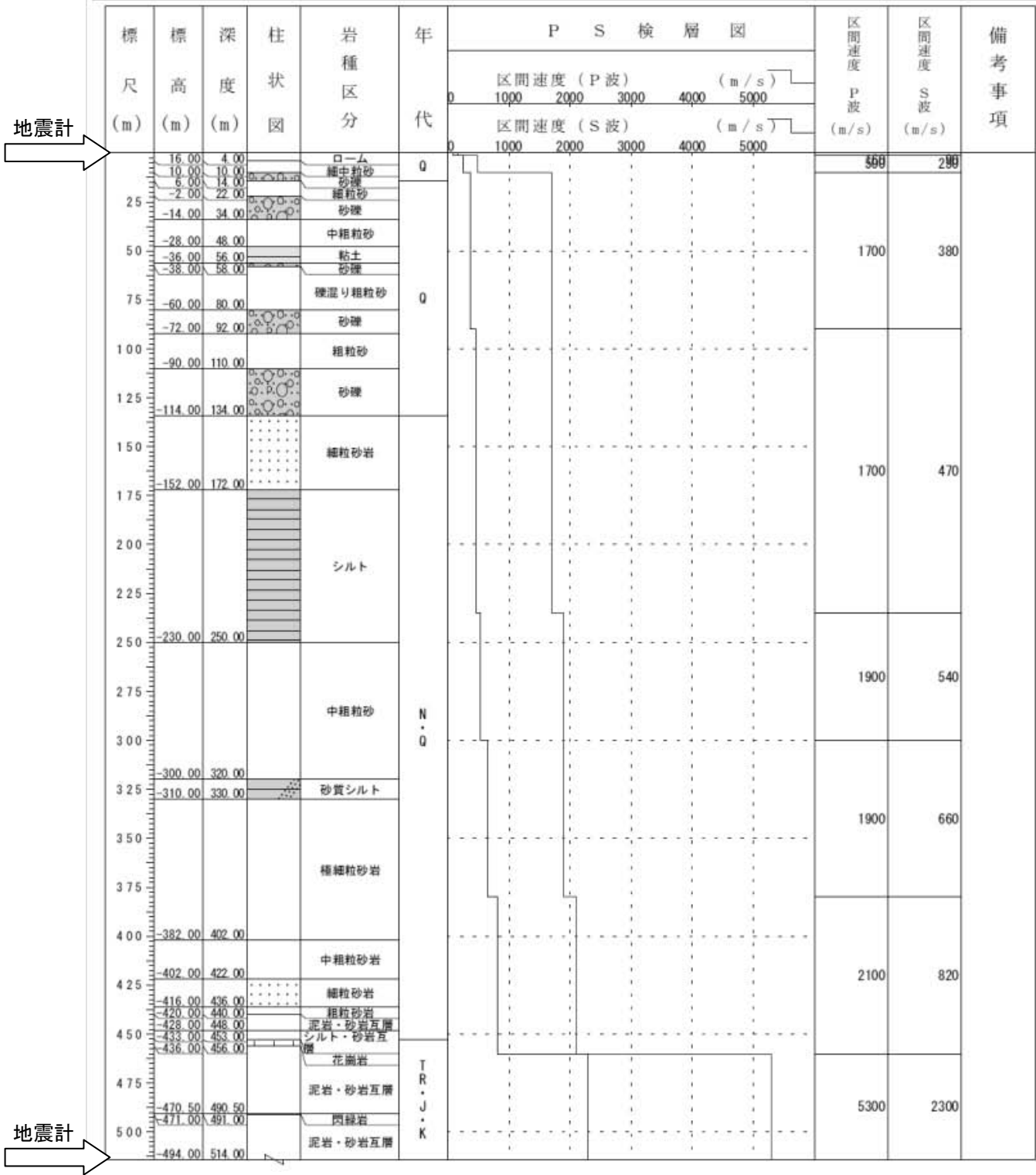


図 2.1-1 (h) 防災科研 KiK-net 観測点の土質柱状図 (一部加筆)：霞ヶ浦 (IBRH17)

ボーリング柱状図(暫定版)

観測点名： ひたちなか

所在地： 茨城県ひたちなか市平磯町3550

緯度： 36° 21' 35.6"

孔口標高： +17m

観測点コード： IBRH18

経度： 140° 37' 23.2"

総掘進長： 507.00m

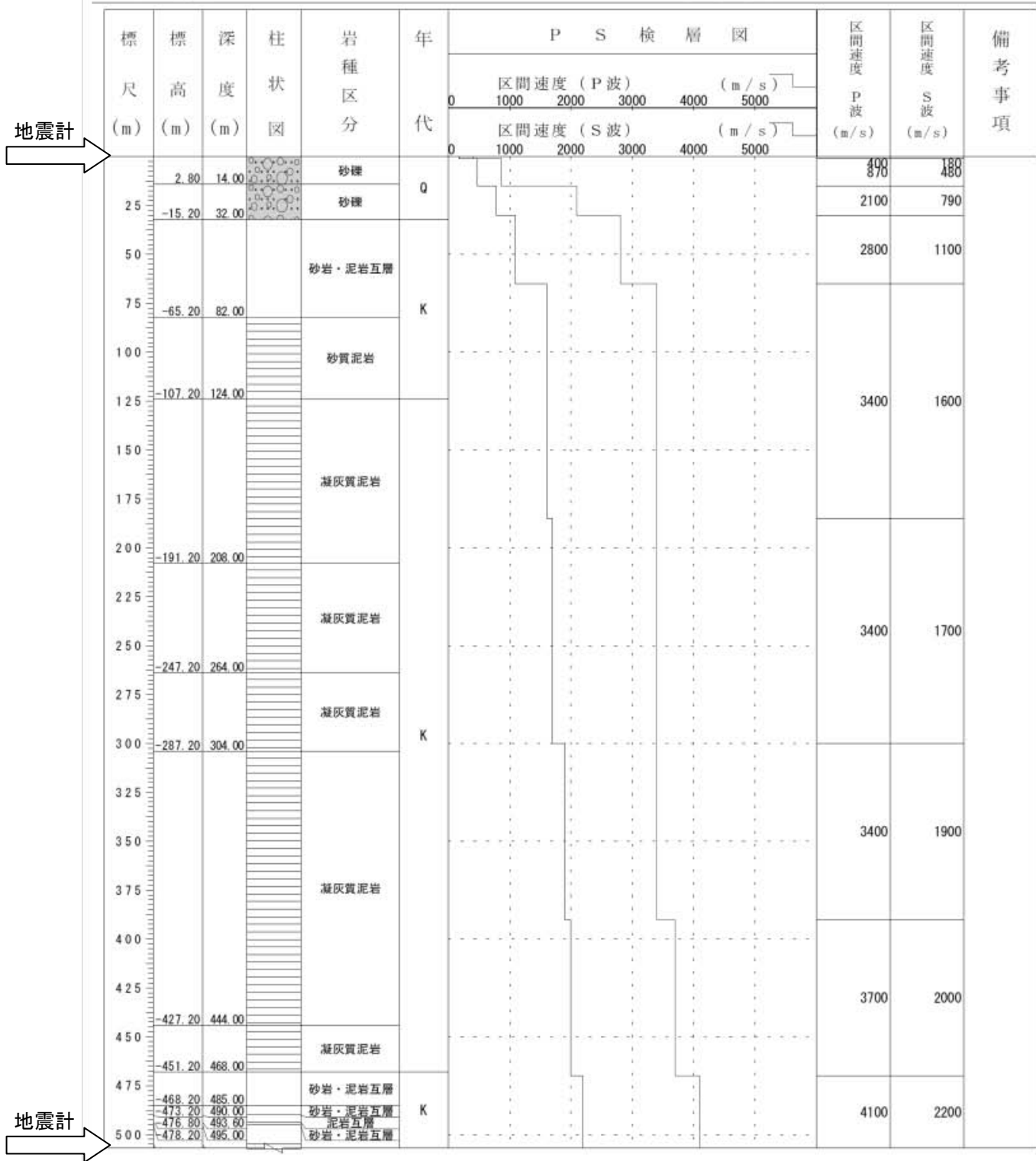


図 2.1-1 (i) 防災科研 KiK-net 観測点の土質柱状図 (一部加筆)： ひたちなか (IBRH18)

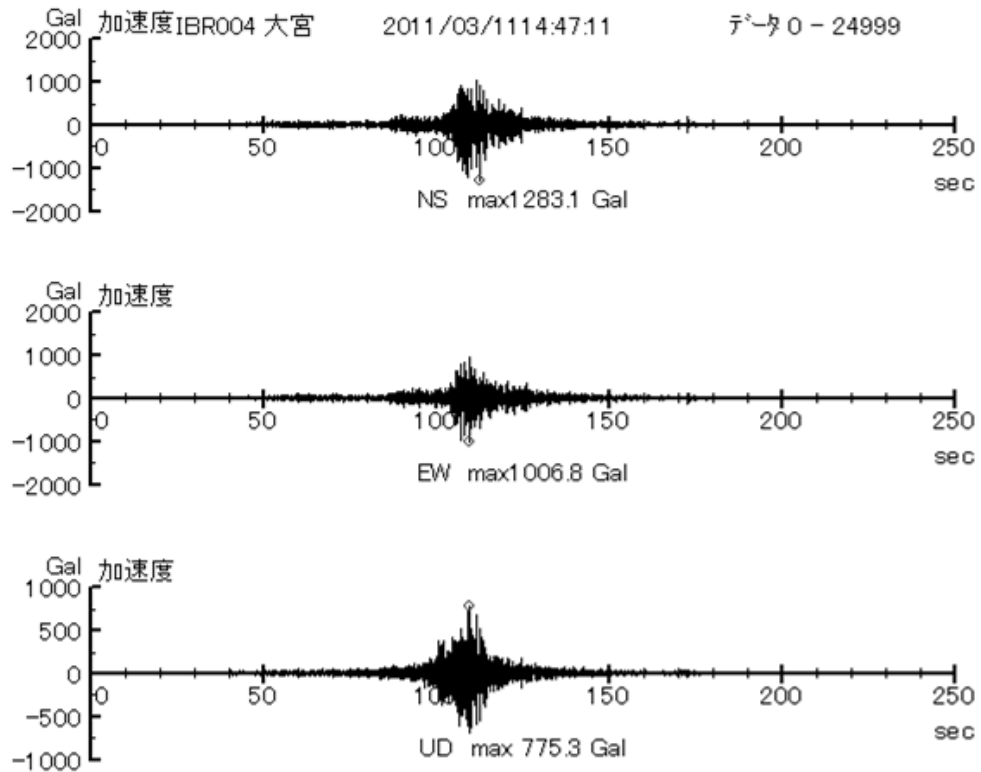


図 2.1-2 (a) 防災科研 K-NET の東北地方太平洋沖地震の観測記録：大宮 (IBR004)

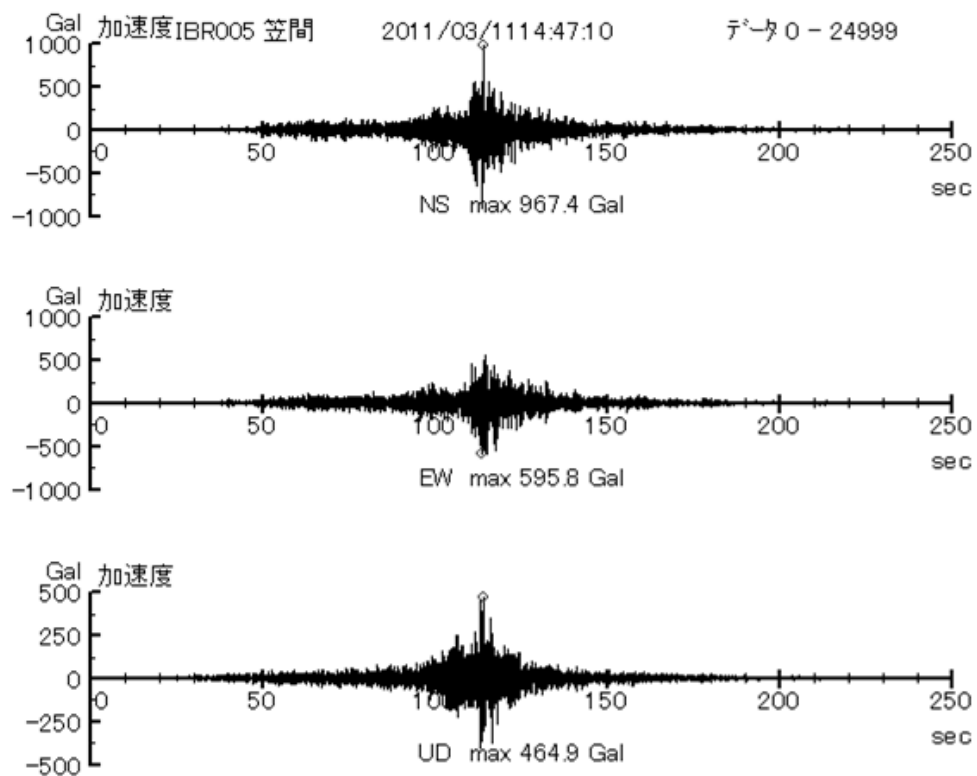


図 2.1-2 (b) 防災科研 K-NET の東北地方太平洋沖地震の観測記録：笠間 (IBR005)

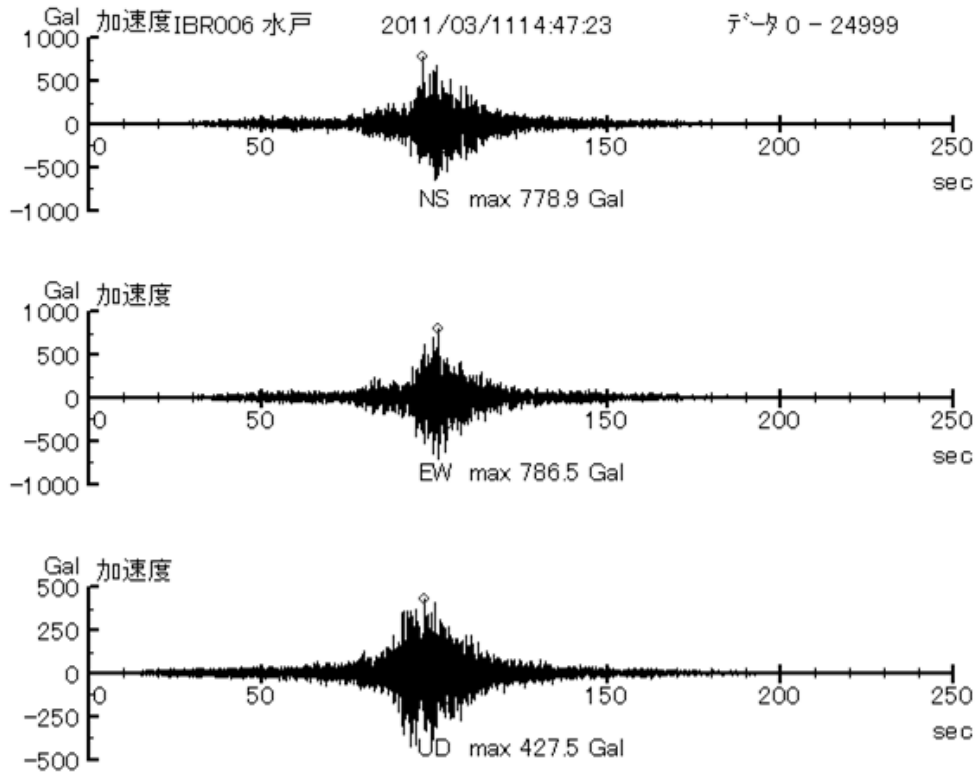


図 2.1-2 (c) 防災科研 K-NET の東北地方太平洋沖地震の観測記録： 水戸 (IBR006)

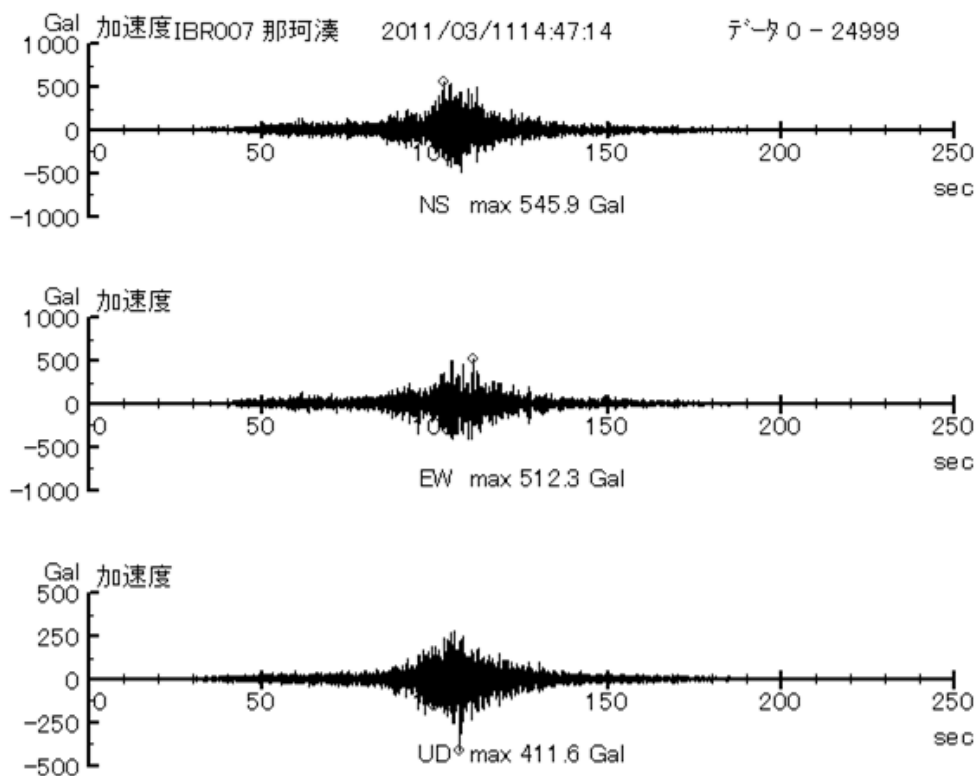


図 2.1-2 (d) 防災科研 K-NET の東北地方太平洋沖地震の観測記録： 那珂湊 (IBR007)

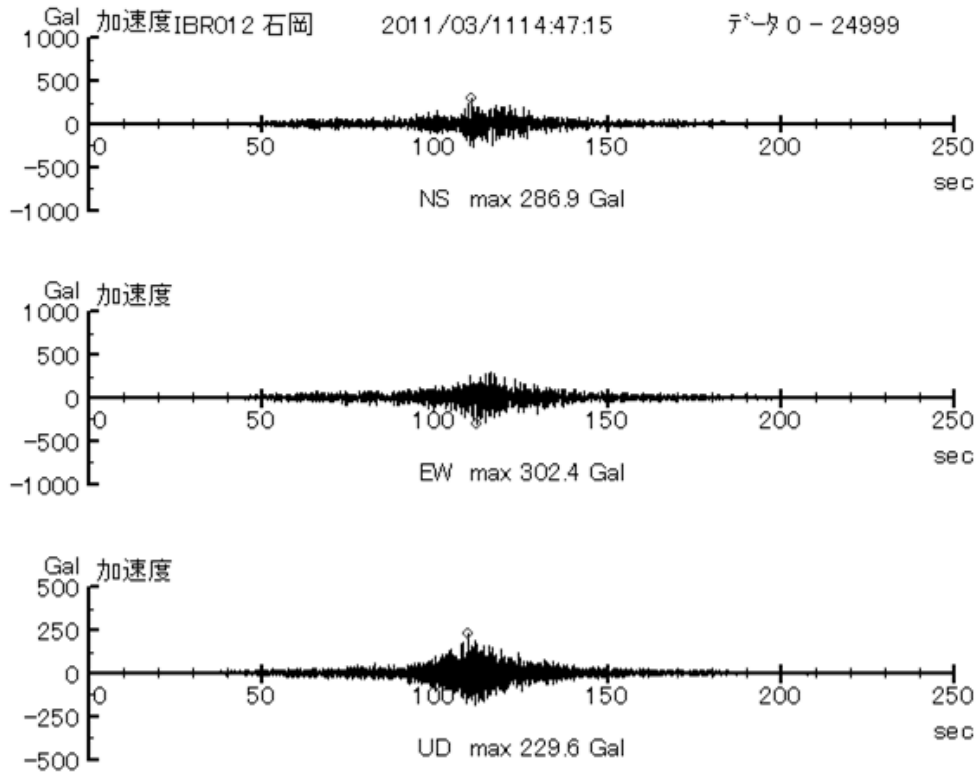


図 2.1-2 (e) 防災科研 K-NET の東北地方太平洋沖地震の観測記録：石岡 (IBR012)

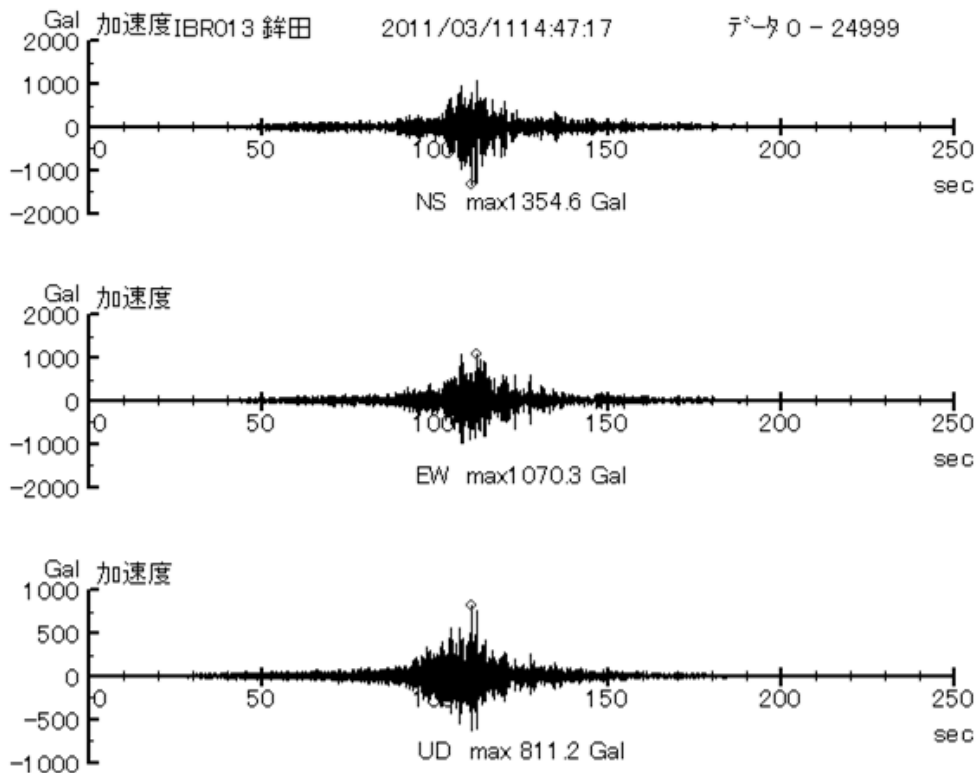


図 2.1-2 (f) 防災科研 K-NET の東北地方太平洋沖地震の観測記録：鉾田 (IBR013)

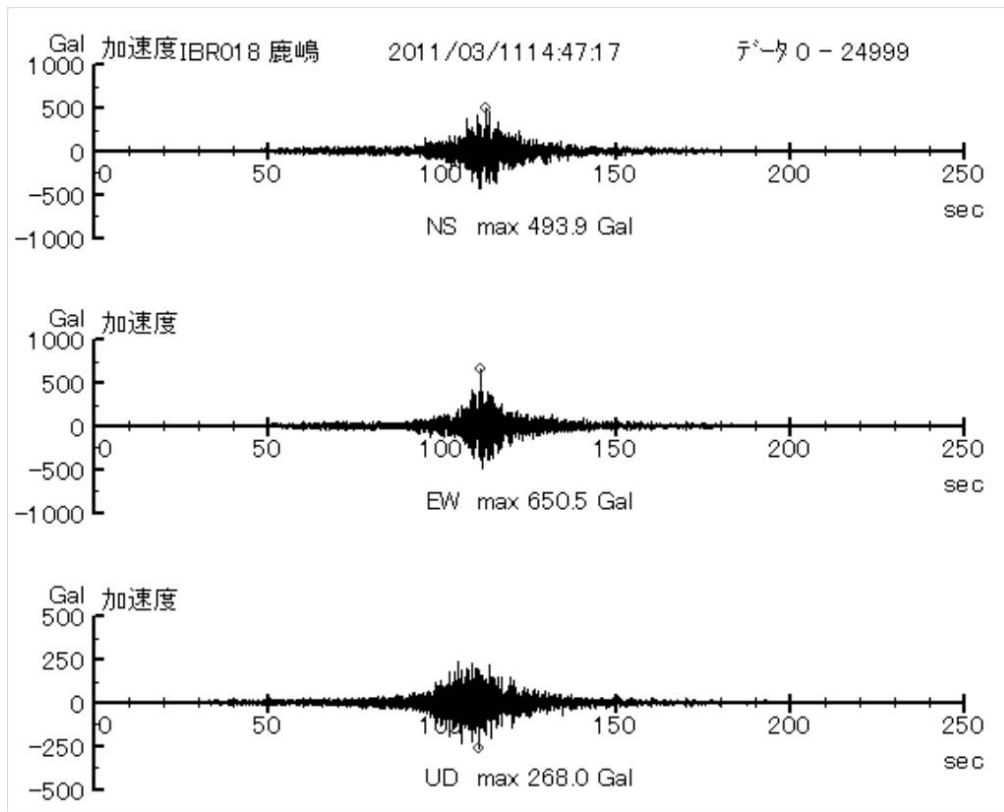


図 2.1-2 (g) 防災科研 K-NET の東北地方太平洋沖地震の観測記録：鹿嶋（IBR018）

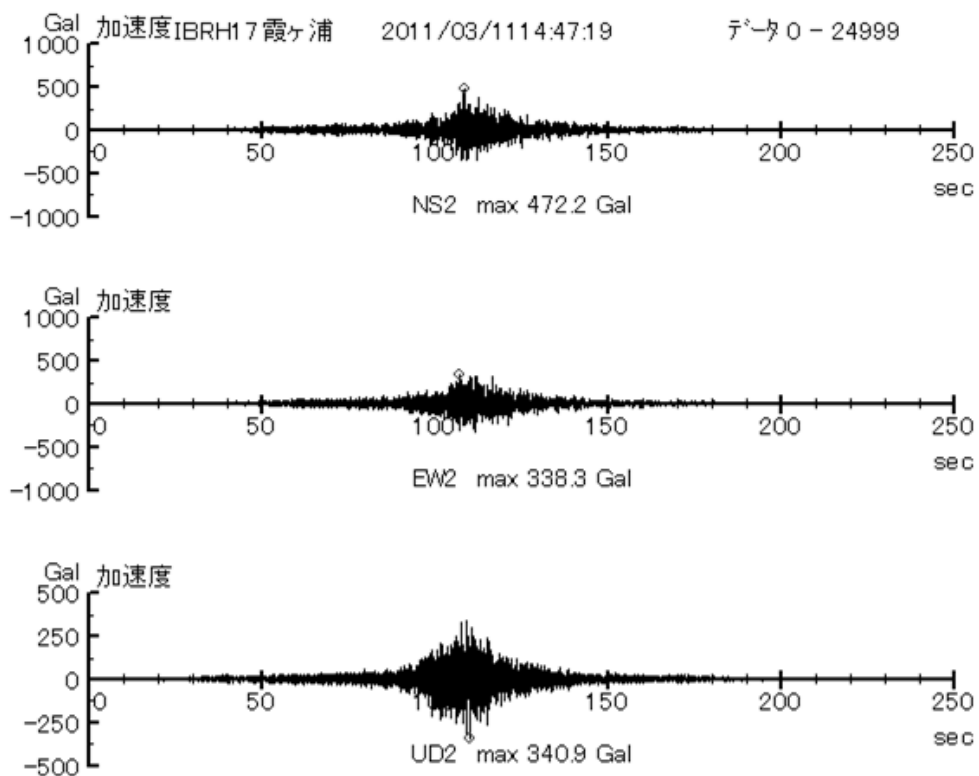


図 2.1-2 (h) 防災科研 KiK-net の東北地方太平洋沖地震の観測記録：霞ヶ浦（IBRH17）、地表

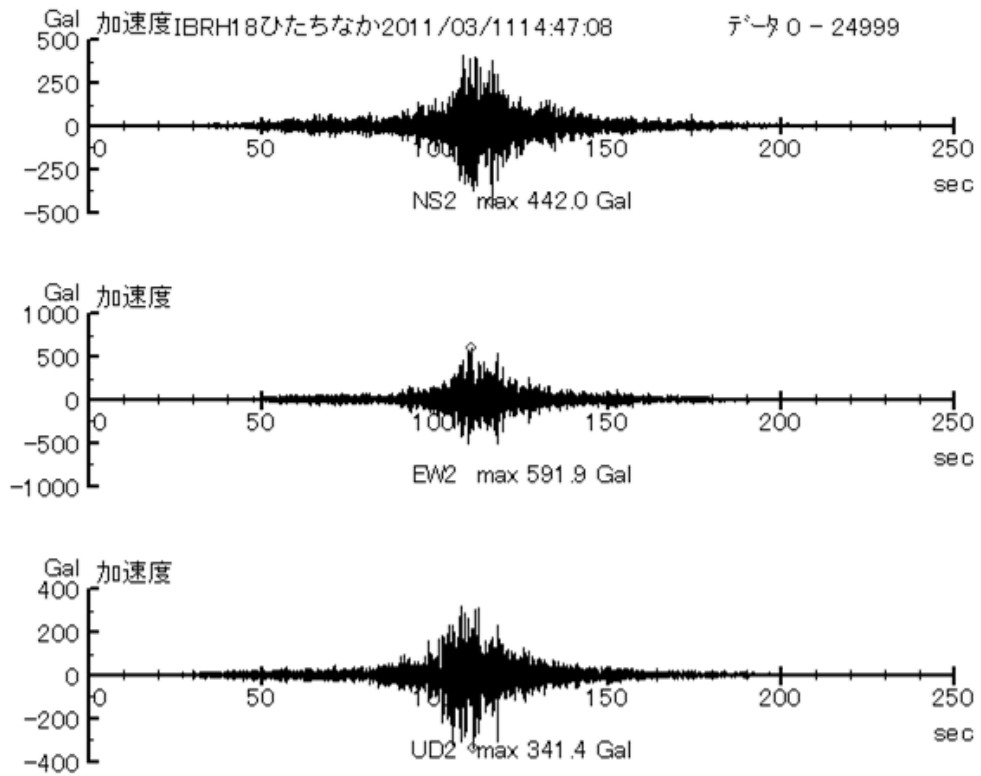


図 2.1-2 (i) 防災科研 KiK-net の東北地方太平洋沖地震の観測記録： ひたちなか (IBRH18)、地表

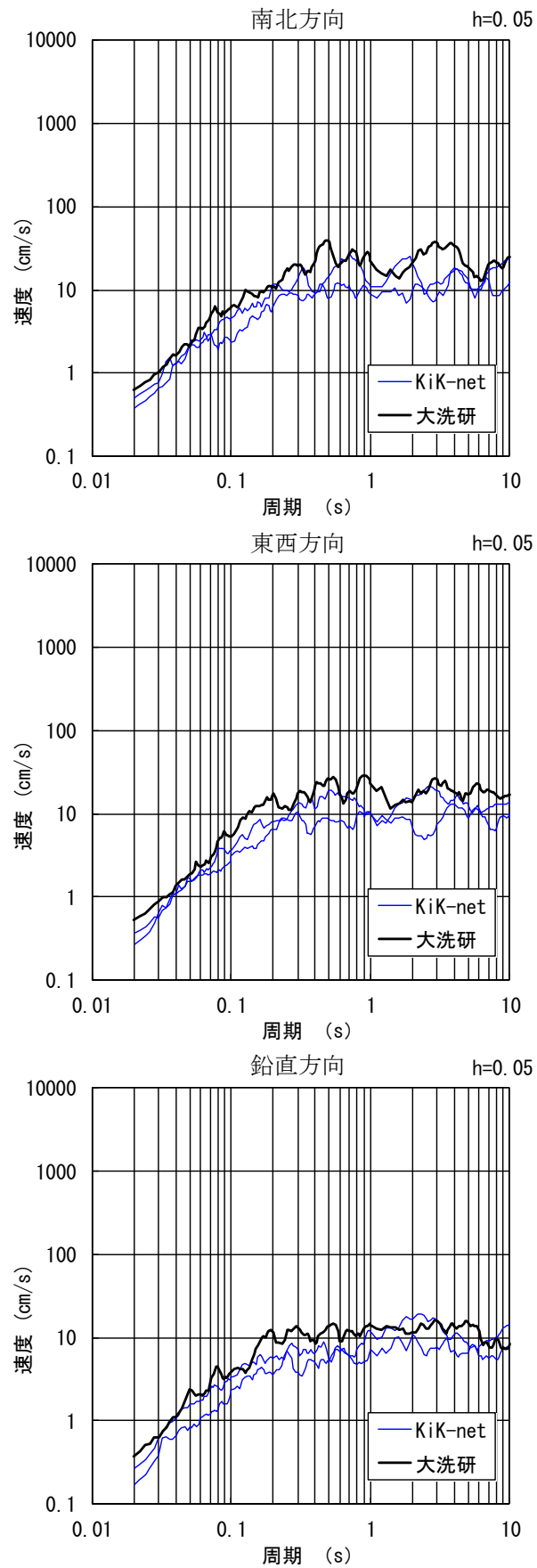


図 2.2-1 敷地周辺及び敷地内の地盤系地震計 速度応答スペクトル ($h=0.05$ 、深部地盤)

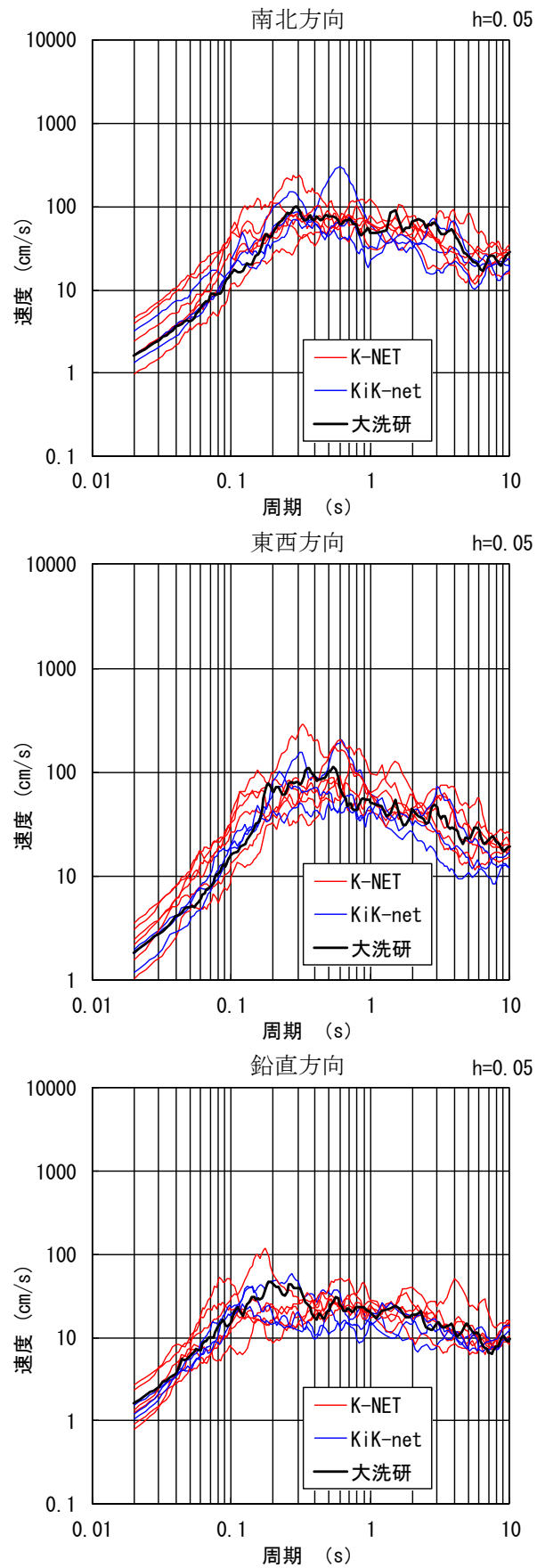


図 2.3-1 敷地周辺及び敷地内の地盤系地震計 速度応答スペクトル ($h=0.05$ 、浅部地盤 (地表))

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

3.1 地震観測データの速度応答スペクトル比較

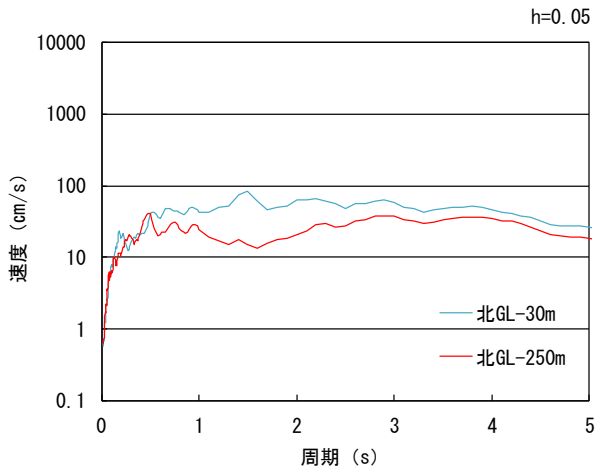
地盤系地震計については、G. L. -1m の地震計はローム層（せん断波速度 $V_s=170\text{m/s}$ 程度）の位置に、G. L. -30m の地震計は砂質土層（せん断波速度 $V_s=370\sim 510\text{m/s}$ 程度）の位置に、G. L. -94m の地震計は砂質泥岩層（せん断波速度 $V_s=480\sim 620\text{m/s}$ 程度）の位置に、G. L. -250m の地震計は砂岩泥岩互層（せん断波速度 $V_s=1010\text{m/s}$ 程度）の位置に設置されている。

地盤系地震計の鉛直アレーで得られた地震観測データについて、速度応答スペクトルを図 3.1-1 に示す。各深さのスペクトル形状及び振幅はおおむね同様の傾向を示している。

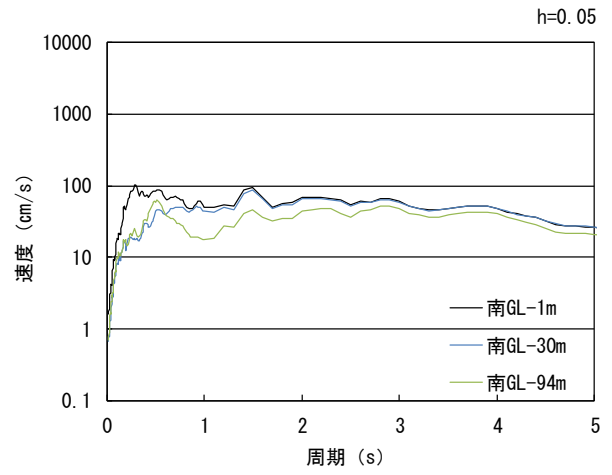
各深さの地震観測データが整合性を有することから、地盤系地震計は、東北地方太平洋沖地震の地震動を適切に観測したと考えられる。

3.2 検討結果

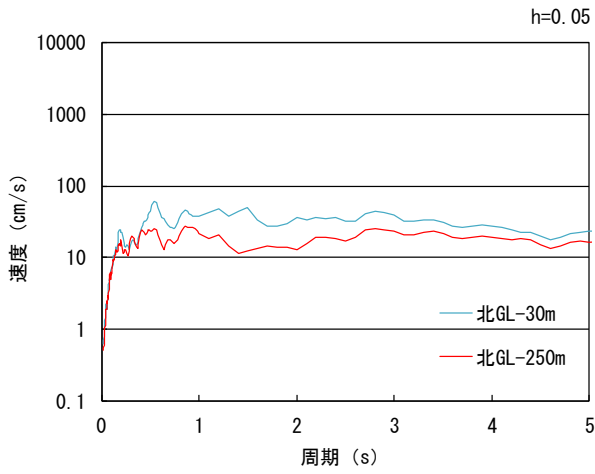
地盤系地震計は、東北地方太平洋沖地震の地震動を適切に観測したと考えられる。これにより、地盤系地震計で得られた地震観測データを、地盤の地盤応答解析等に活用できることを確認した。



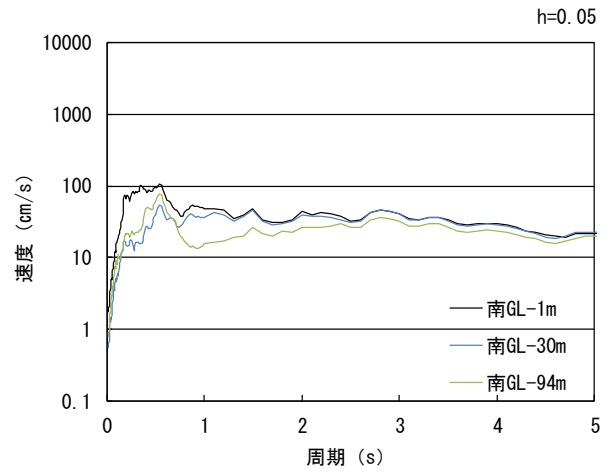
(a) 北側 (南北方向)



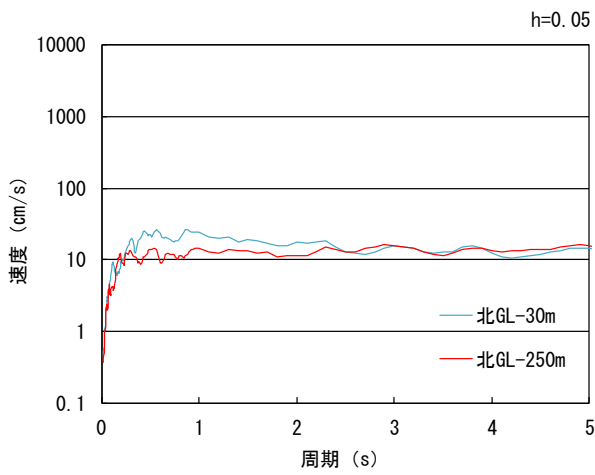
(b) 南側 (南北方向)



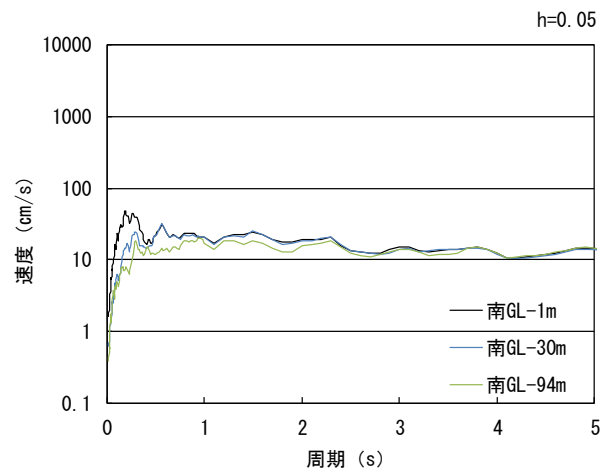
(c) 北側 (東西方向)



(d) 南側 (東西方向)



(e) 北側 (鉛直方向)



(f) 南側 (鉛直方向)

図 3.1-1 地盤系地震計鉛直アレー 速度応答スペクトルの比較 (h=0.05)

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

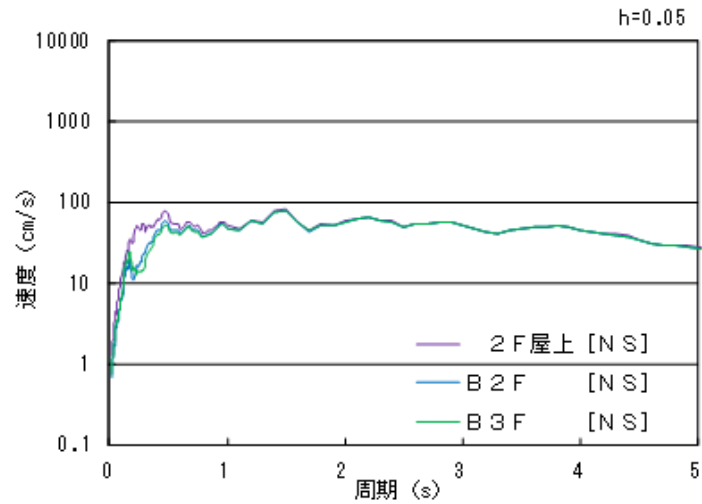
4.1 地震観測データの速度応答スペクトル比較

JMTR 建家系地震計の鉛直アレーで得られた地震観測データについて、速度応答スペクトルを図 4.1-1 に示す。各層のスペクトル形状及び振幅は、建家の振動特性の影響により、約 1 秒以下の短周期側では異なるものの、長周期側ではほぼ同一である。

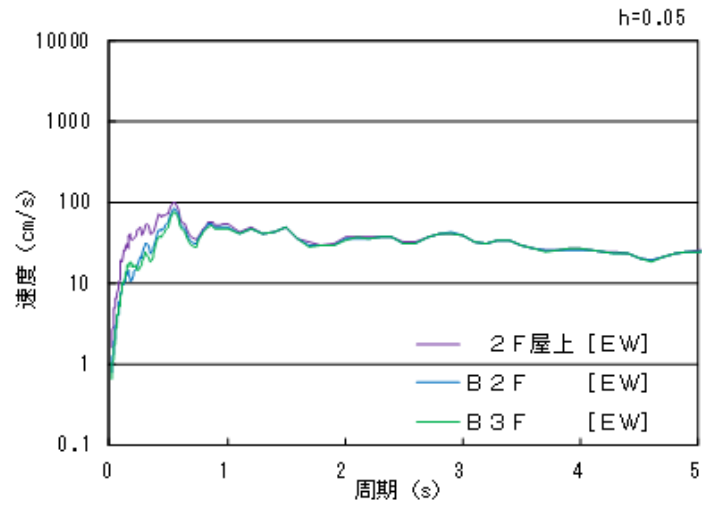
各層の地震観測データが整合性を有することから、JMTR 建家系地震計は、東北地方太平洋沖地震の地震動を適切に観測したと考えられる。

4.2 検討結果

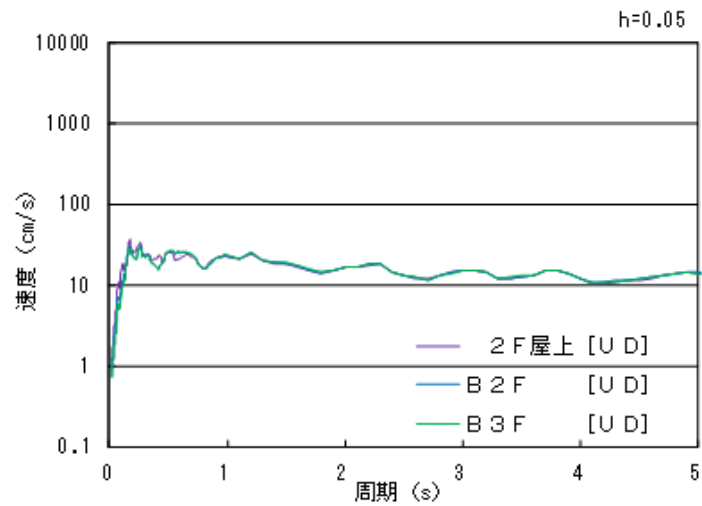
JMTR 建家系地震計は、東北地方太平洋沖地震の地震動を適切に観測したと考えられる。これにより、JMTR 建家系地震計で得られた地震観測データを、建家の地震応答解析等に活用できることを確認した。



(a) 南北方向



(b) 東西方向



(c) 鉛直方向

図 4.1-1 JMTR 建家系地震計 速度応答スペクトル

5. まとめ

地盤系地震計の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、スペクトル形状及び振幅が整合性を有することを確認した。また、地盤系地震計の鉛直アレーで得られた地震観測データについて、スペクトル形状及び振幅の比較を行い、各深さの地震観測データが整合性を有することを確認した。

JMTR 建家系地震計の鉛直アレーで得られた地震観測データについて、スペクトル形状及び振幅の比較を行い、各層の地震観測データが整合性を有することを確認した。

以上より、地盤系及び JMTR 建家系地震計は東北地方太平洋沖地震の地震動を適切に観測したと考えられる。これにより、地盤系及び JMTR 建家系地震計で得られた地震観測データを、地盤及び建家の地震応答解析等に活用できることを確認した。

※：比較に用いた K-NET・KiK-net 地震観測データは、防災科研のデータを利用させていただいた。

JMTR 原子炉施設の耐震健全性評価
(建物・構築物)

<目次>

1. はじめに	1
2. 評価方針	2
3. 原子炉建家の地震観測記録の概要	5
4. 原子炉建家の解析に用いた地震動	15
5. 原子炉建家のシミュレーション解析	19
6. 原子炉建家の耐震健全性評価	42
7. 原子炉建家鉄骨屋根の耐震健全性評価	54

1. はじめに

本資料は、「平成 23 年東北地方太平洋沖地震に関する独立行政法人日本原子力研究開発機構大洗研究開発センター（北地区）における地震観測データに係る報告を踏まえた対応について（指示）（文部科学省平成 23 年 9 月 20 日付け 23 科原安第 30 号）」を受けて実施した地震応答解析を用いた材料試験炉（以下「JMTR」という。）の耐震健全性評価の結果について取りまとめたものである。

2. 評価方針

評価対象は JMTR 原子炉施設のうち、原子炉建家とする。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の本震（以下「東北地方太平洋沖地震」という。）に対する耐震健全性を評価する。

建物・構築物の耐震健全性評価は、地震観測記録を用いた地震応答解析（時刻歴応答解析法）によることを基本とし、原子炉建家の応答性状を適切に表現できる地震応答解析モデルを設定した上で行う。

東北地方太平洋沖地震に対する JMTR 原子炉建家の耐震性評価においては、次のことを確認する。

- 原子炉建家躯体：

地震観測記録に基づく質点系 SR モデルによるシミュレーション解析を実施し、その応答性状により観測記録をおおむねシミュレートできる解析モデルであることを確認する。応答値（最大応答せん断ひずみ）がおおむね弾性範囲内に収まることを確認する。

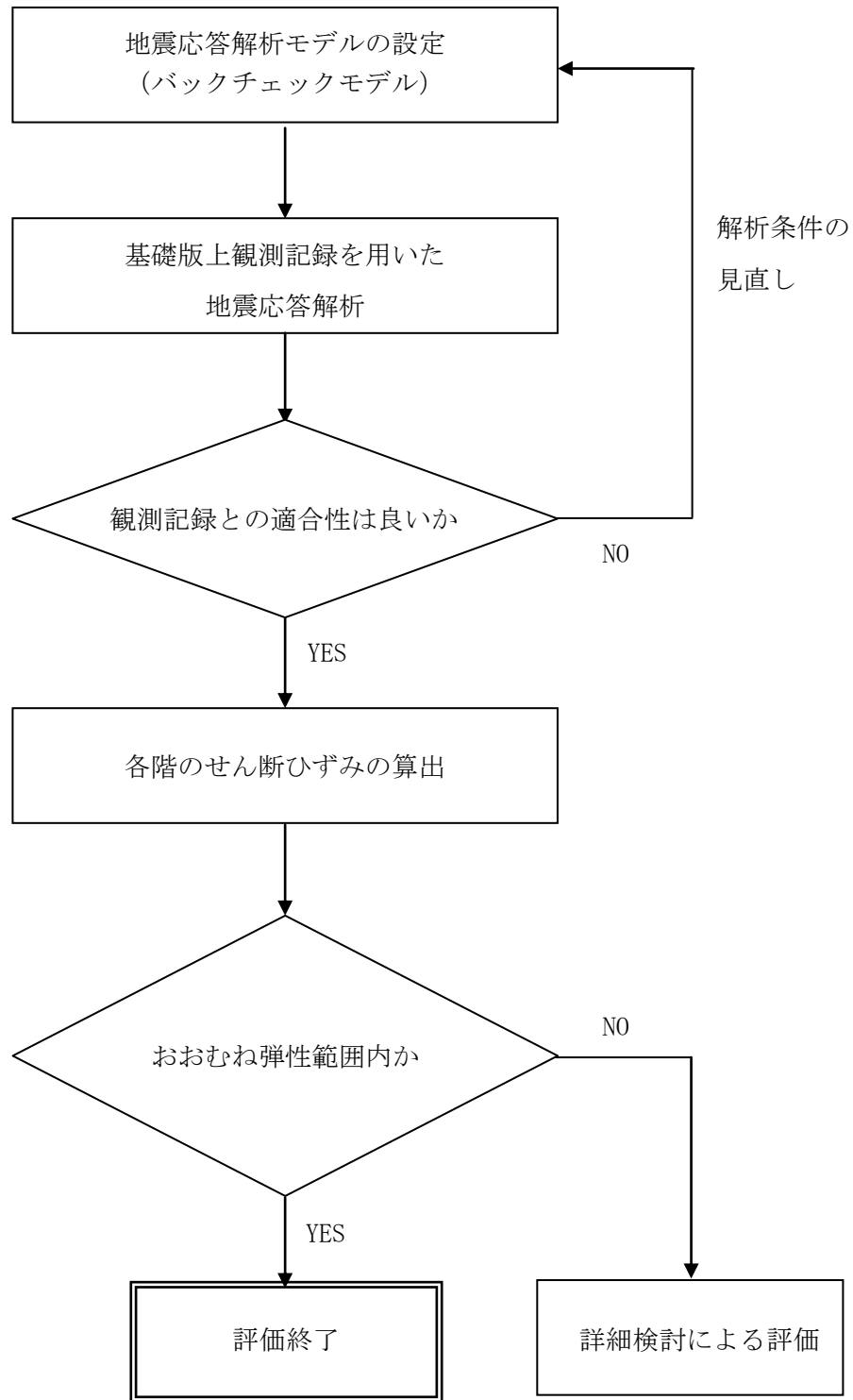
原子炉建家躯体の評価手順例を第 2-1 図に示す。

- 原子炉プール等の耐震健全性：

地震観測記録に基づく質点系 SR モデルによる解析及び 3 次元 FEM 解析を実施し、プール躯体がおおむね弾性範囲内に収まることを確認する。また、3 次元 FEM 解析により、原子炉プール等の躯体に発生する応力が評価基準値を下回ることを確認する。

- 原子炉建家鉄骨屋根：

地震観測記録に基づく 3 次元 FEM 解析を実施し、屋根の構造部材に発生する応力度を確認する。



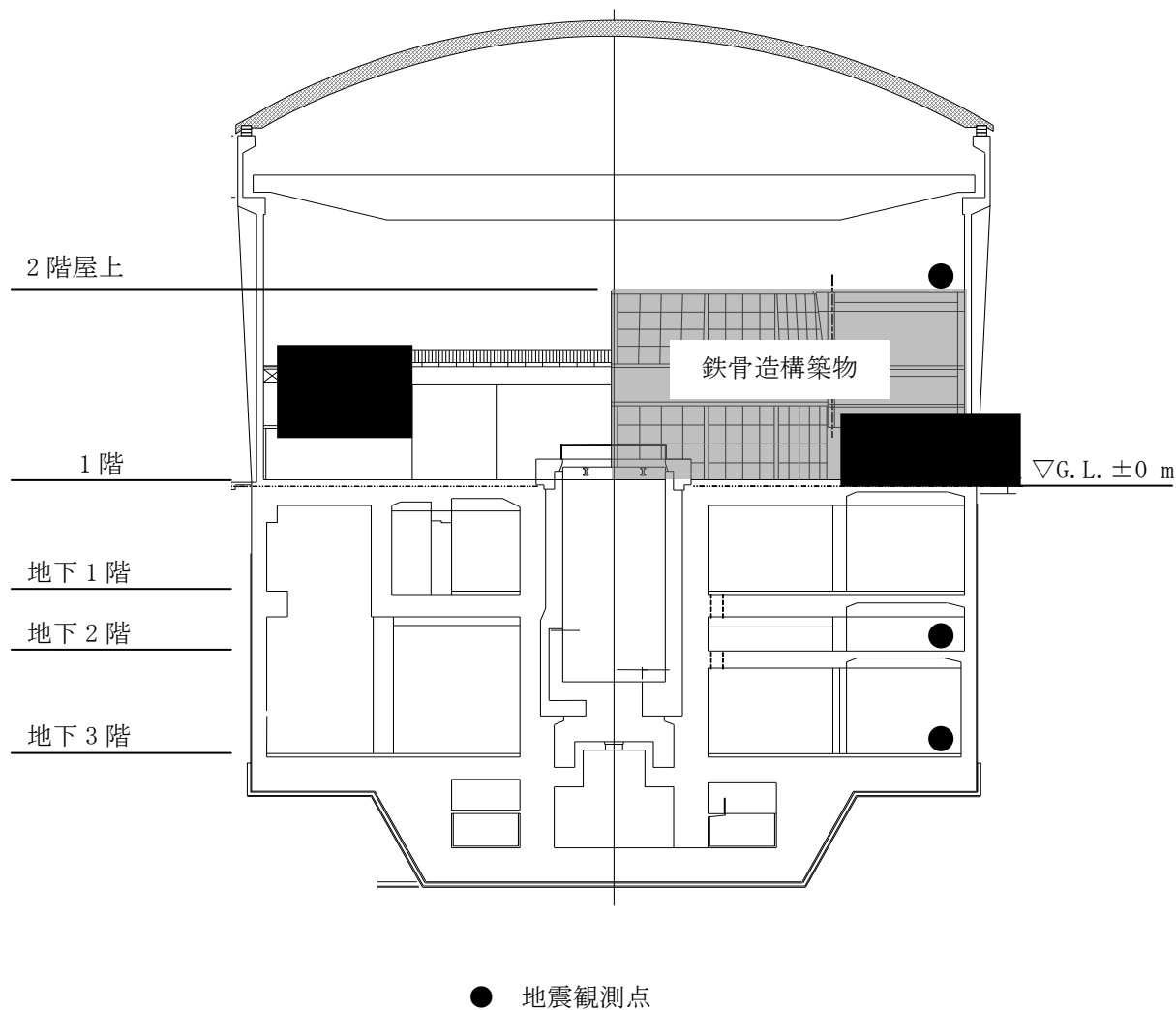
第 2-1 図 原子炉建家の評価手順例

3. 原子炉建家の地震観測記録の概要

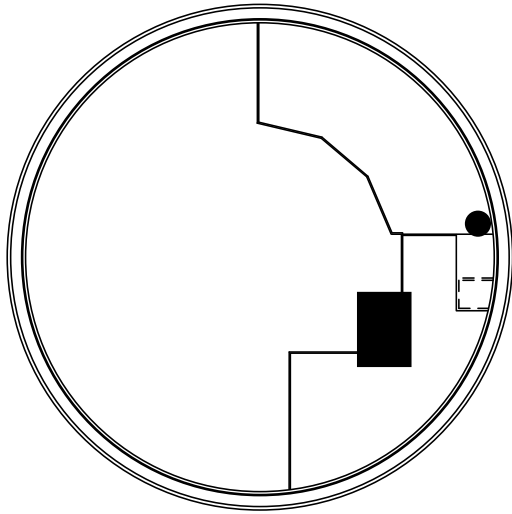
3.1 地震観測

地震計は、基礎上端（地下3階）、地下2階及び原子炉建家内部の鉄骨造構築物2階屋上の各階の東側に1箇所、合計3箇所に設置されている。各地震計は外壁の近傍にある。

地震計の設置位置を第3.1-1図及び第3.1-2図に示す。

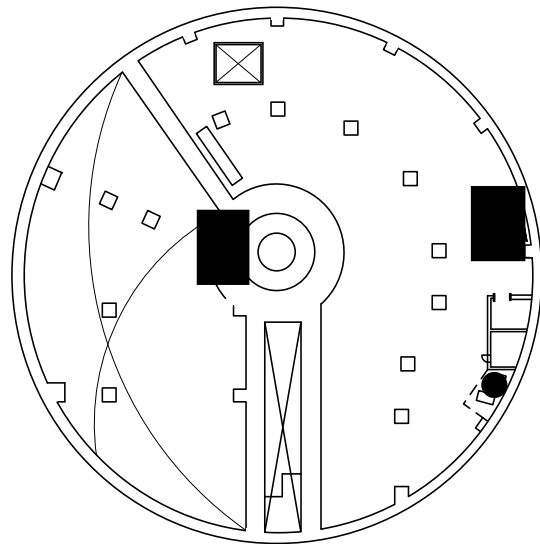


第 3. 1-1 図 地震計の設置位置 (断面図、東西方向)

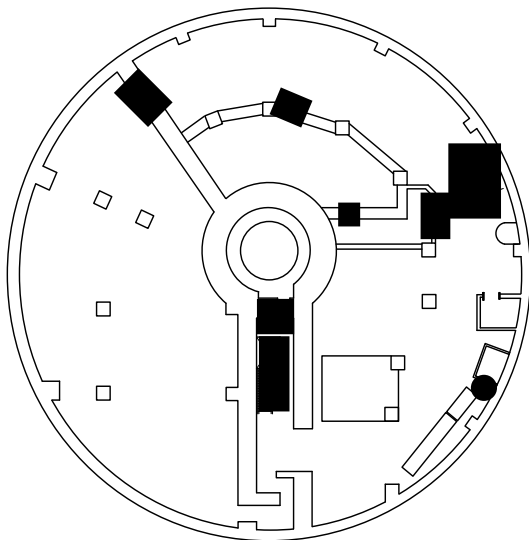


(a) 2階屋上 (G.L. +11.1m)

● 地震観測点



(b) 地下2階 (G.L. -9.9m)



(c) 地下3階 (G.L. -15.9m)

第 3.1-2 図 地震計の設置位置 (平面図)

3.2 地震観測記録

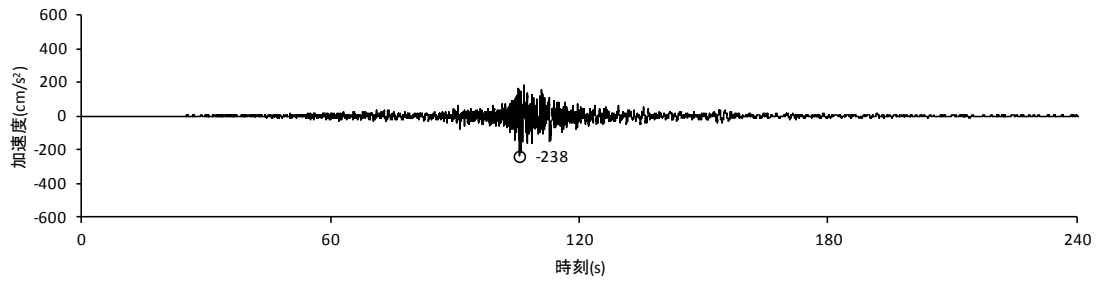
東北地方太平洋沖地震において、原子炉建家で観測された観測記録の最大加速度を第 3.2-1 表に示す。地下 3 階（基礎上端）の地震観測記録の最大加速度は、南北方向で 238cm/s^2 、東西方向で 208cm/s^2 、鉛直方向で 223cm/s^2 であった。地震観測記録の加速度時刻歴波形を第 3.2-1 図～第 3.2-3 図に、加速度応答スペクトルを第 3.2-4 図～第 3.2-6 図に示す。

第 3.2-1 表 観測記録の最大加速度 (cm/s^2)

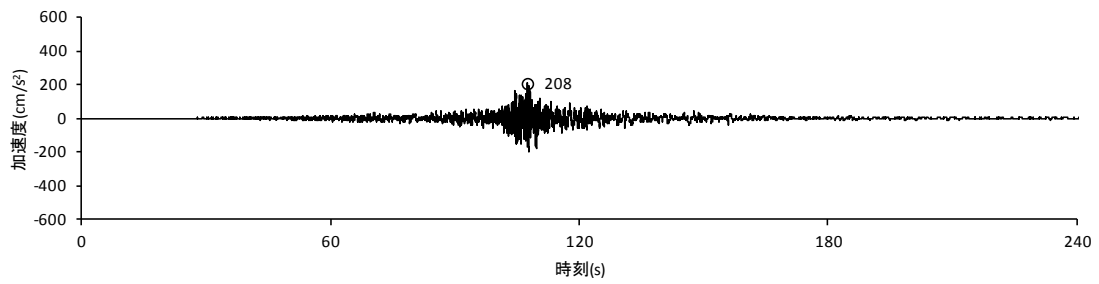
観測点		最大加速度値 (cm/s^2)		
		南北方向	東西方向	鉛直方向
JMTR 建家系	2 階屋上 [※]	399	497	286
	地下 2 階	218	249	236
	地下 3 階 (基礎上端)	238	208	223

※：原子炉建家内部の鉄骨造構築物 2 階屋上において観測した値。

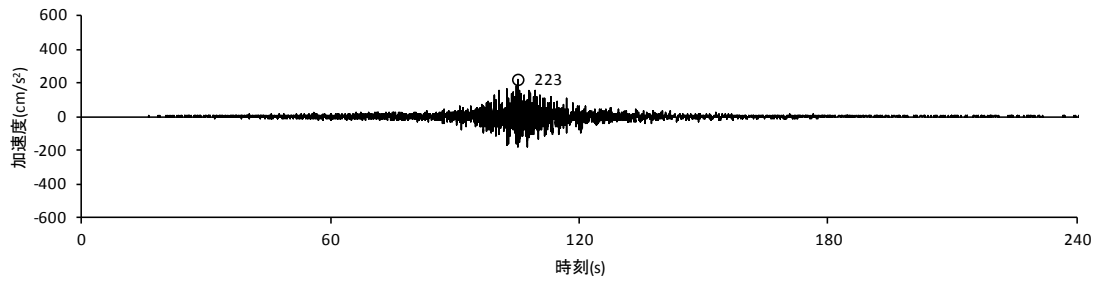
○は最大値を表す



(a) 南北方向



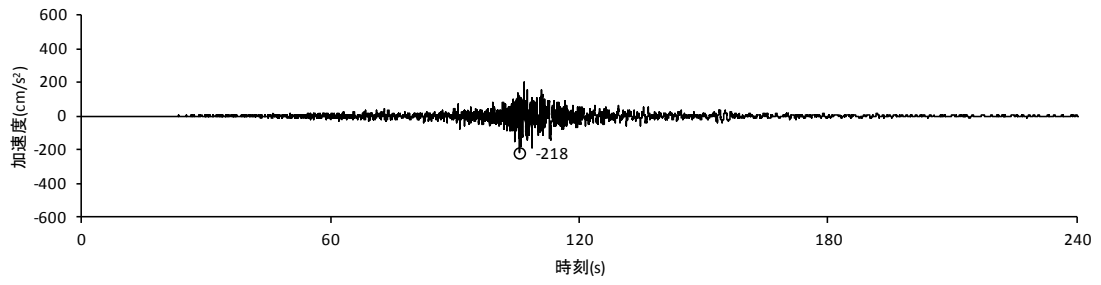
(b) 東西方向



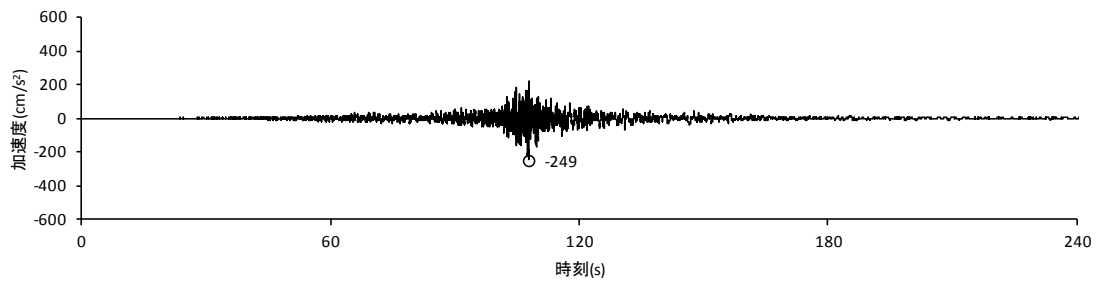
(c) 鉛直方向

第 3.2-1 図 建家観測記録の加速度時刻歴波形（地下 3 階（基礎上端））

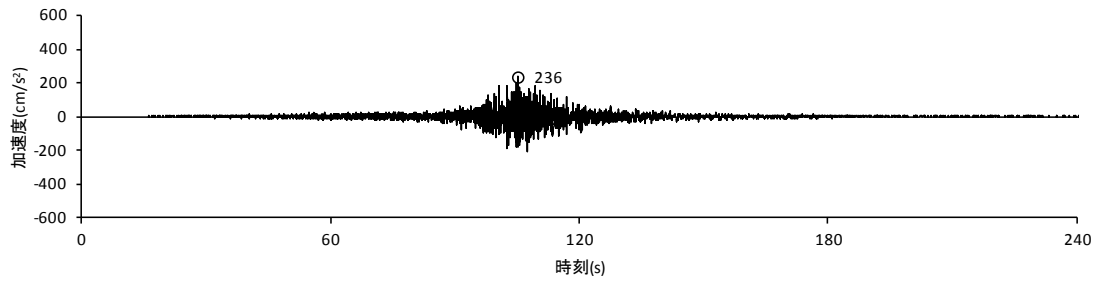
○は最大値を表す



(a) 南北方向



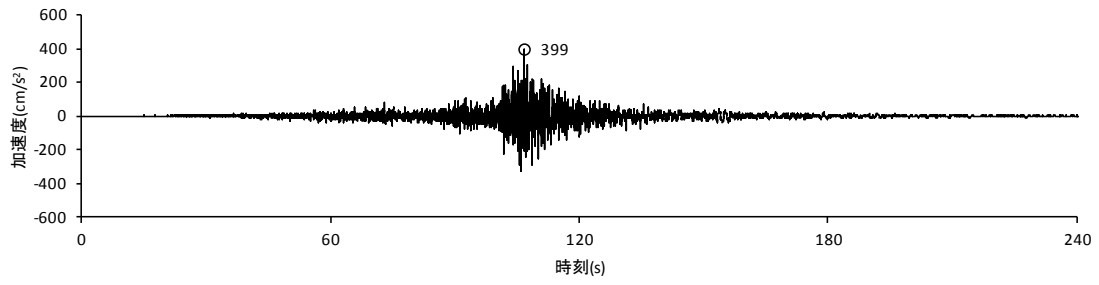
(b) 東西方向



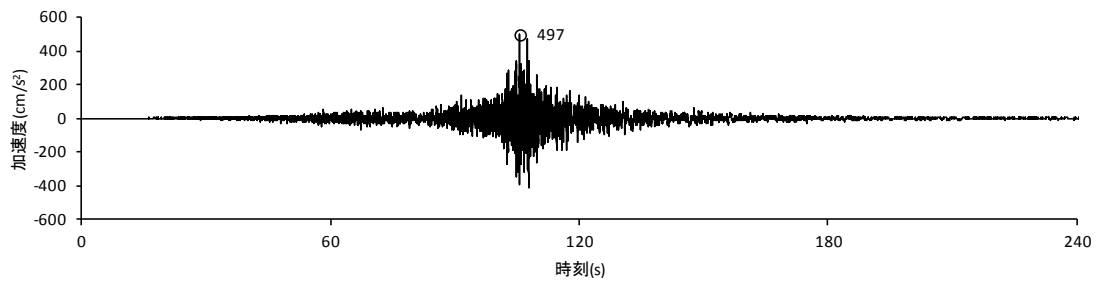
(c) 鉛直方向

第 3. 2-2 図 建家観測記録の加速度時刻歴波形 (地下 2 階)

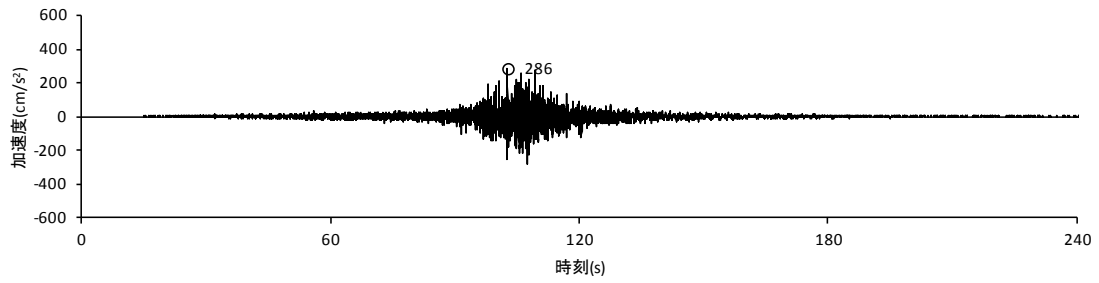
○は最大値を表す



(a) 南北方向

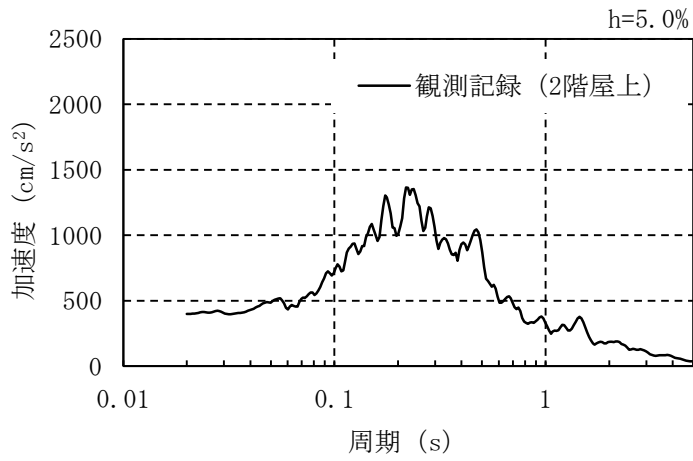


(b) 東西方向

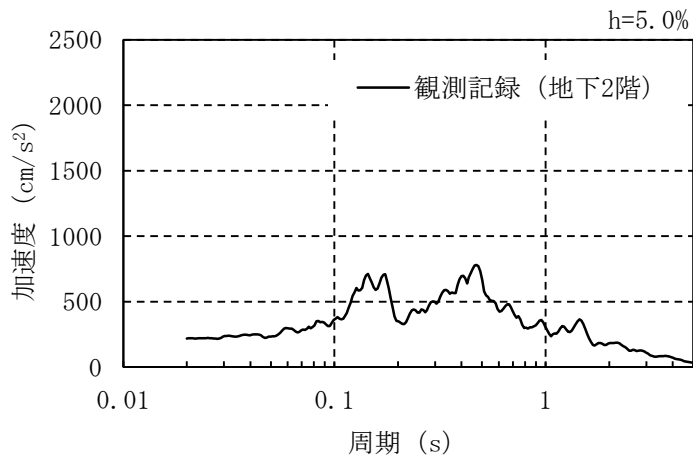


(c) 鉛直方向

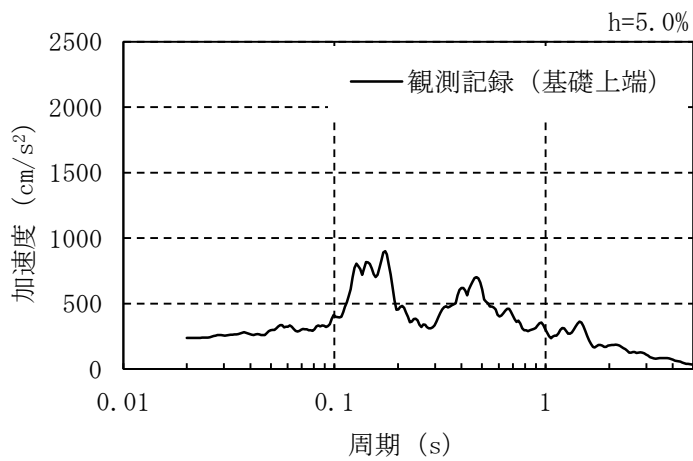
第 3.2-3 図 建家観測記録の加速度時刻歴波形 (2 階屋上)



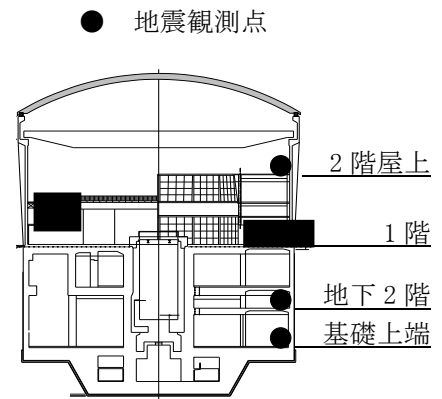
(a) 2階屋上



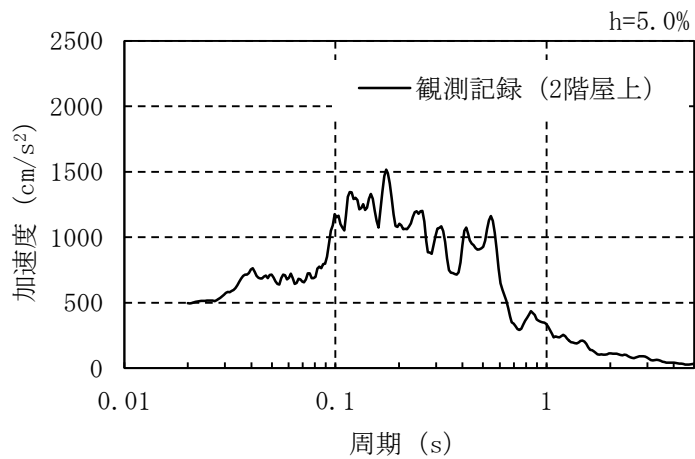
(b) 地下2階



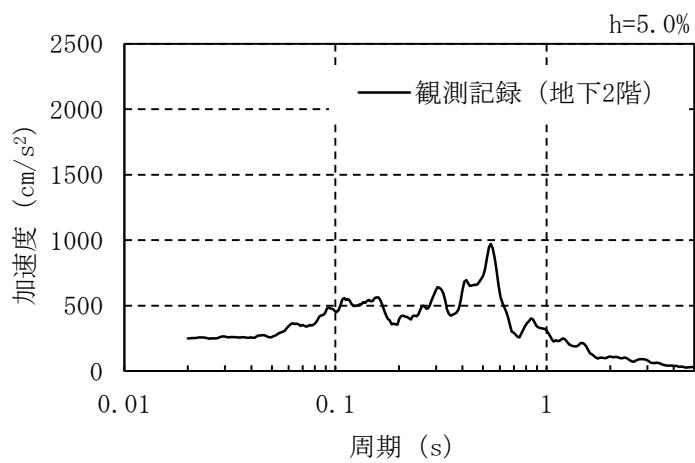
(c) 地下3階 (基礎上端)



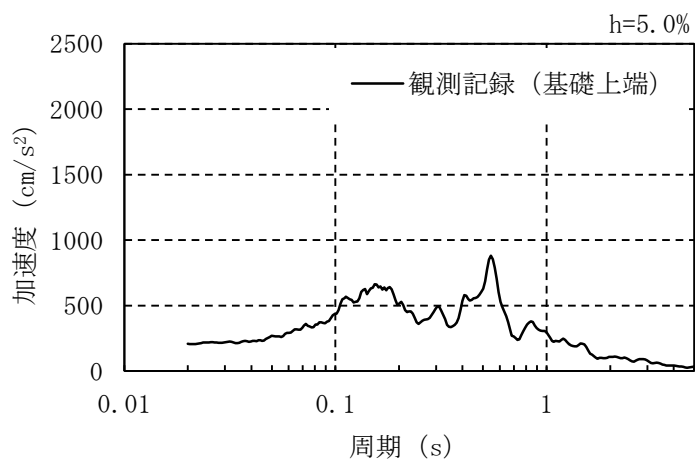
第 3. 2-4 図 建家観測記録の加速度応答スペクトル (南北方向)



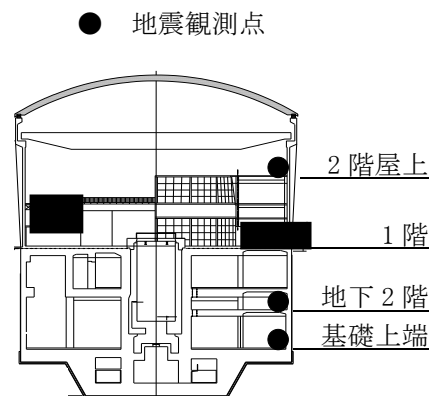
(a) 2階屋上



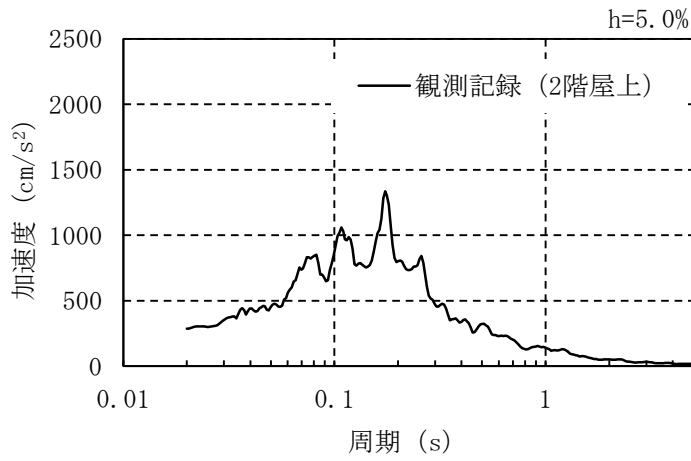
(b) 地下2階



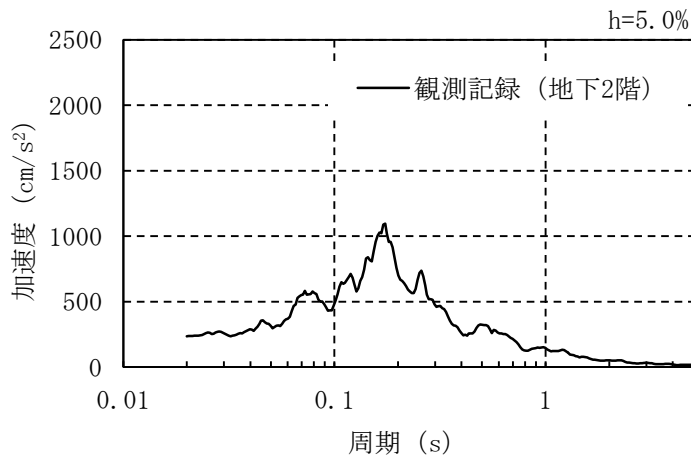
(c) 地下3階 (基礎上端)



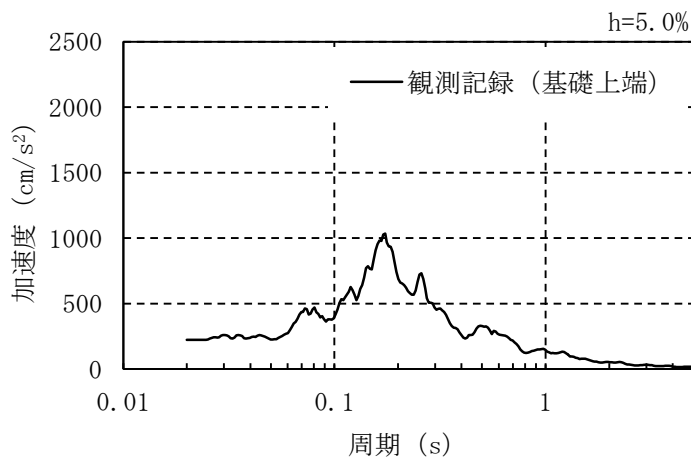
第 3.2-5 図 建家観測記録の加速度応答スペクトル (東西方向)



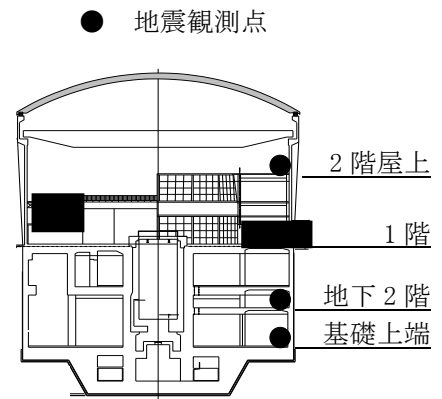
(a) 2階屋上



(b) 地下2階



(c) 地下3階 (基礎上端)



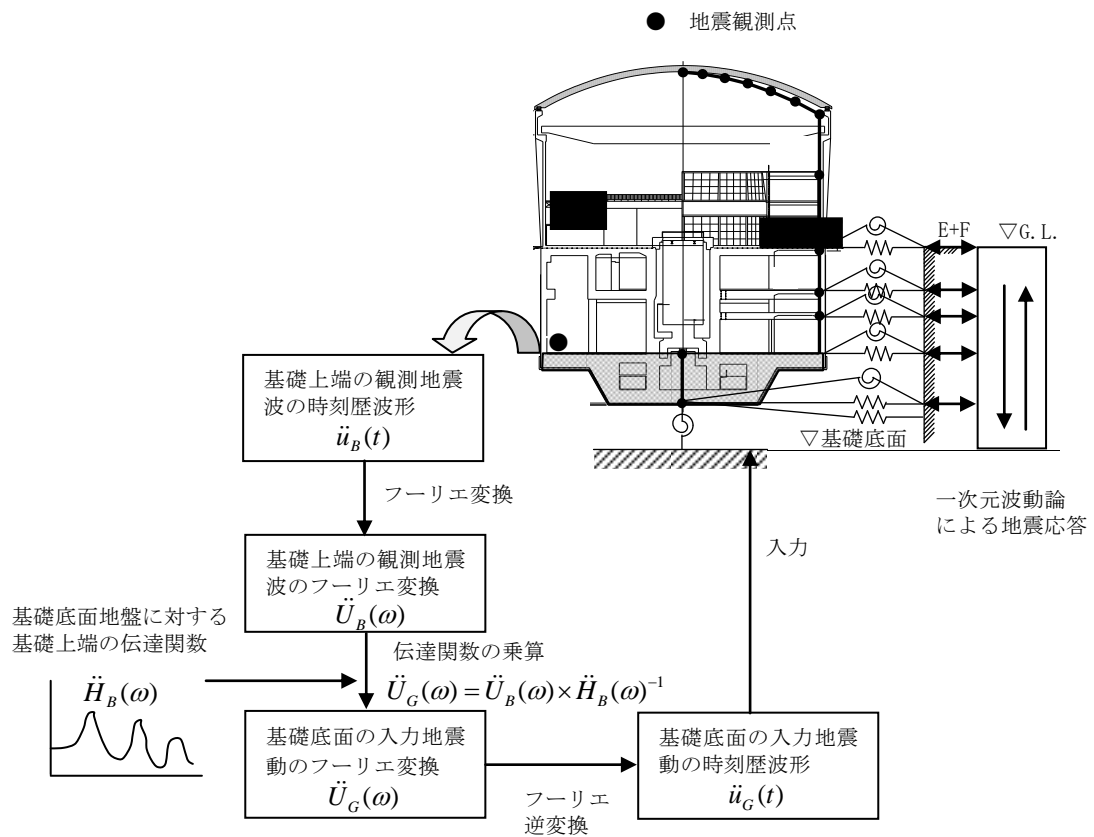
第 3.2-6 図 建家観測記録の加速度応答スペクトル (鉛直方向)

4. 原子炉建家の解析に用いた地震動

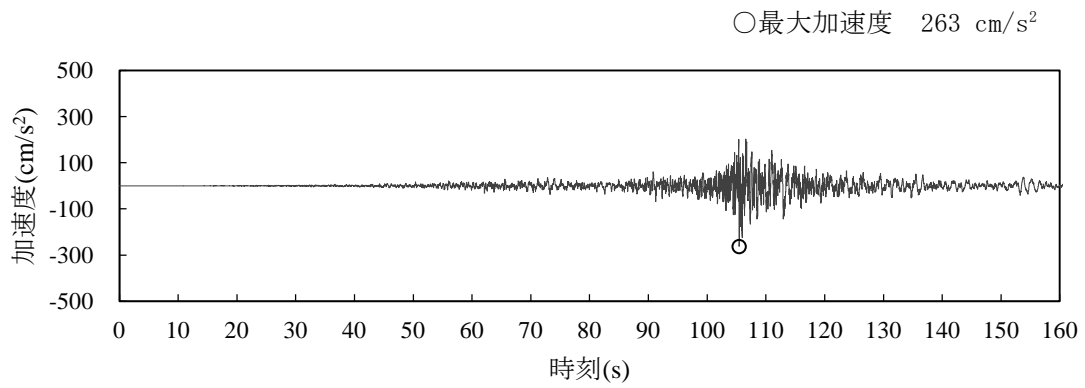
原子炉建家の観測記録に基づく入力地震動算定手法の考え方を第 4-1 図に示す。

質点系 SR モデルを用いて、基礎上端の地震観測記録と基礎底面地盤に対する基礎上端の伝達関数との関係より、基礎底面地盤における振動モデルへの入力地震動を算定する。

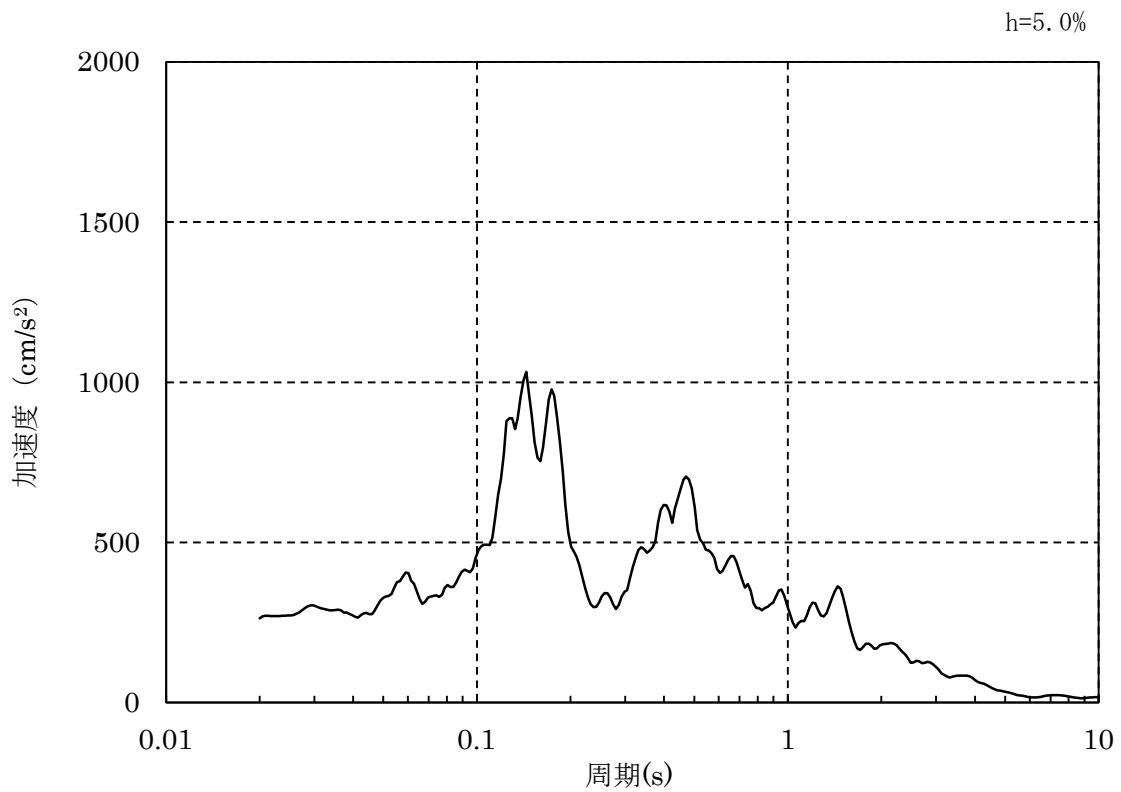
基礎底面地盤における加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトルを第 4-2 図～第 4-4 図に示す。



第 4-1 図 入力地震動算定手法の考え方



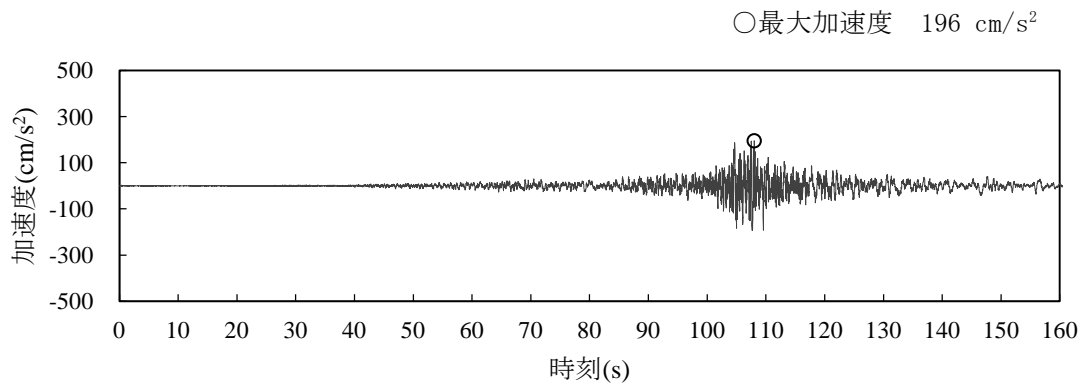
(a) 加速度時刻歴波形



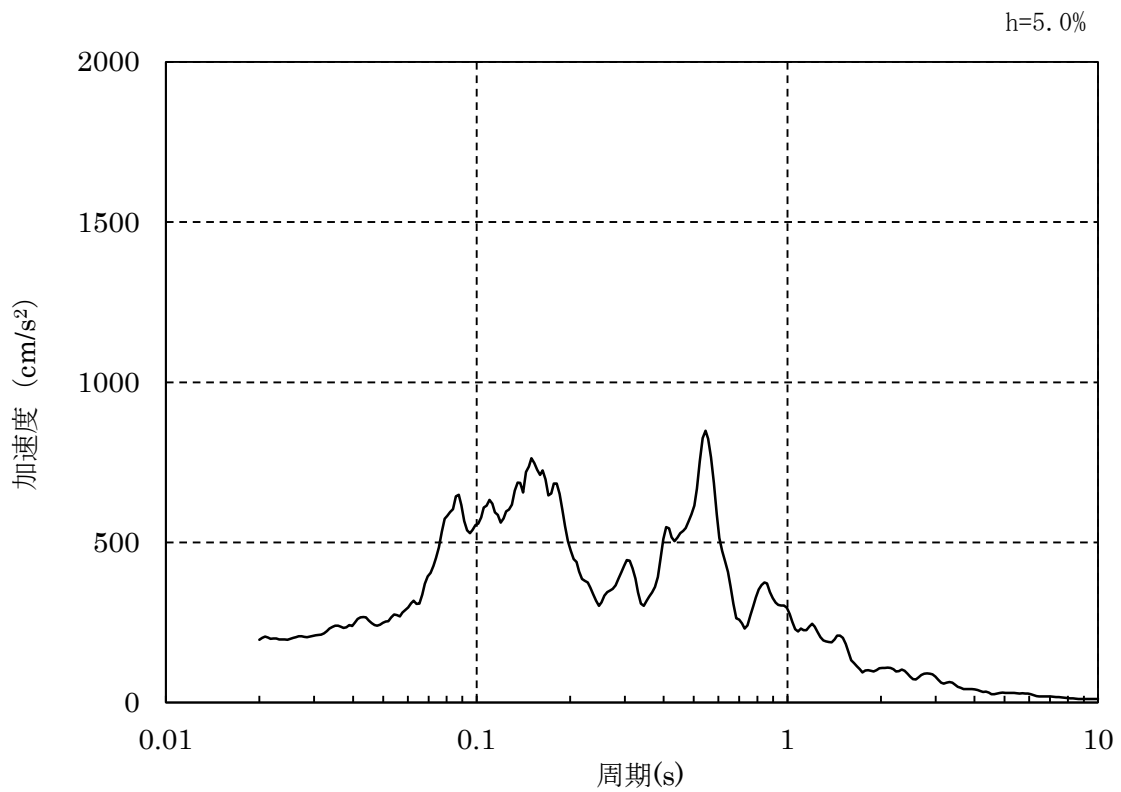
(b) 加速度応答スペクトル

第 4-2 図 基礎底面における入力地震動 E+F※の加速度時刻歴波形及び
加速度応答スペクトル（南北方向）

※：E：上昇波、F：下降波



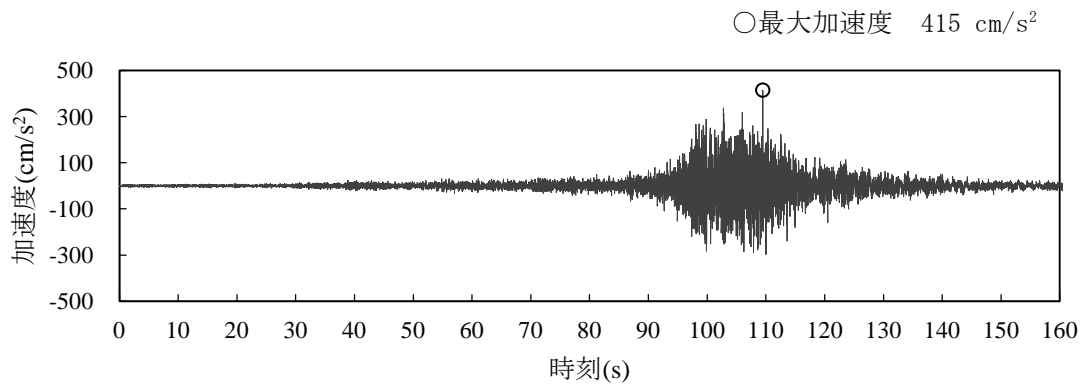
(a) 加速度時刻歴波形



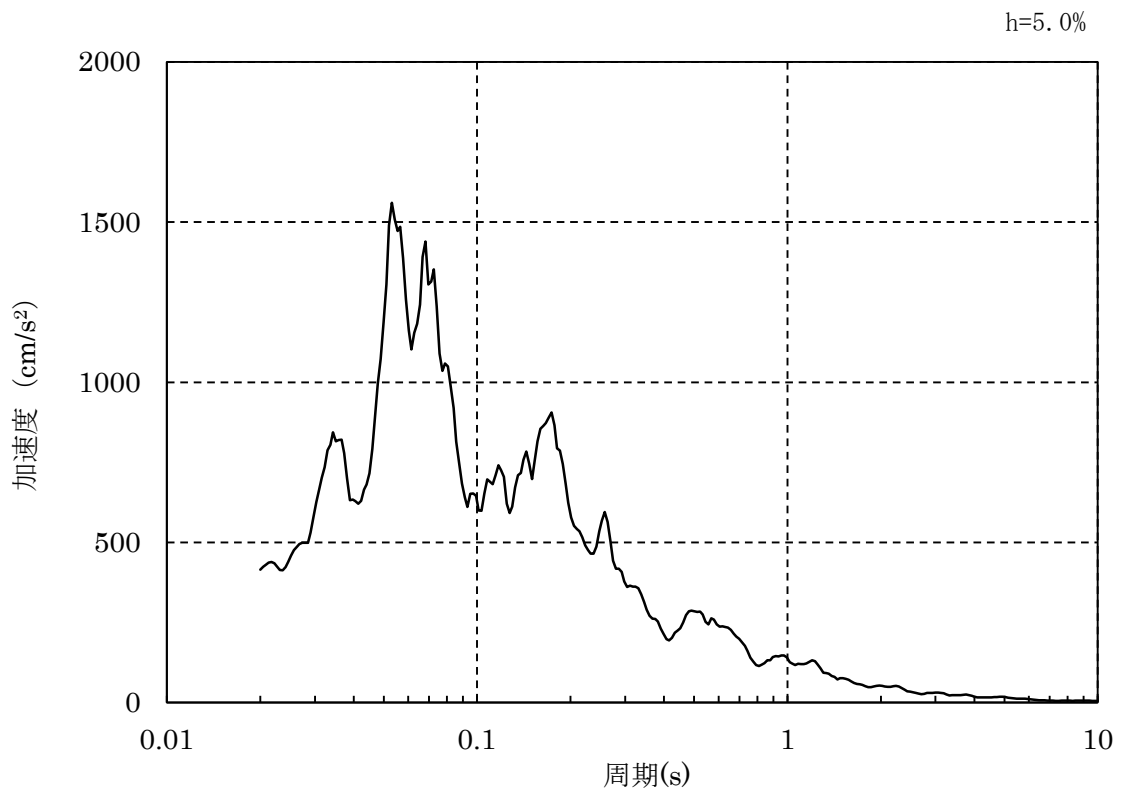
(b) 加速度応答スペクトル

第 4-3 図 基礎底面における入力地震動 E+F※の加速度時刻歴波形及び
加速度応答スペクトル (東西方向)

※ : E : 上昇波、F : 下降波



(a) 加速度時刻歴波形



(b) 加速度応答スペクトル

第 4-4 図 基礎底面における入力地震動 2E^{*}の加速度時刻歴波形及び
加速度応答スペクトル（鉛直方向）

※E：上昇波

5. 原子炉建家のシミュレーション解析

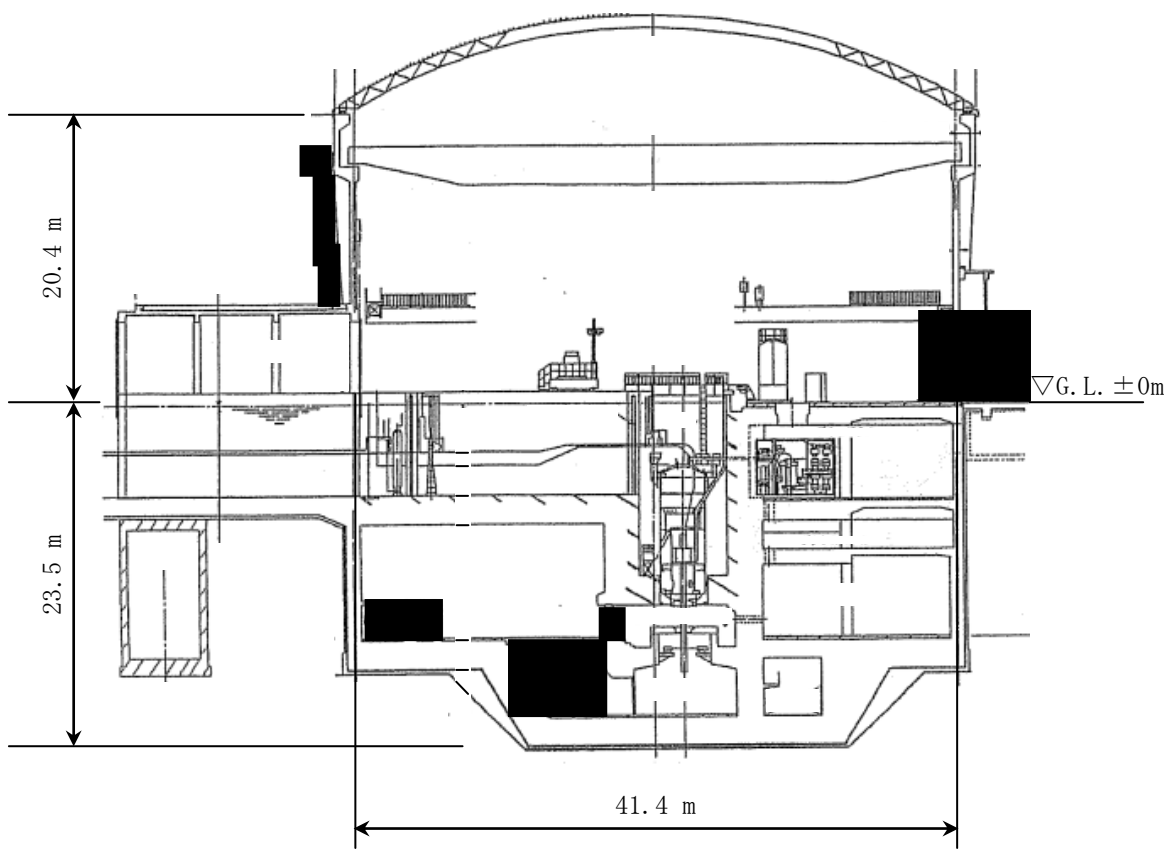
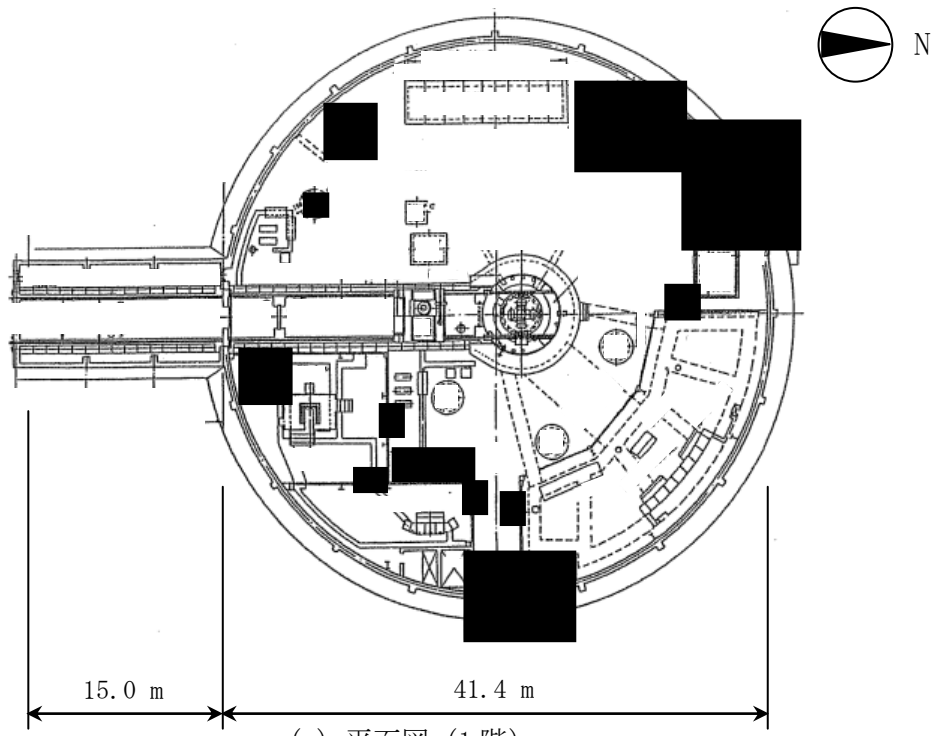
5.1 原子炉建家の概要

原子炉建家の主体構造は、鉄筋コンクリート造（一部鉄骨造）であり、屋根はドーム形状の鉄骨トラスである。

平面形状は、真径で 41.4m の円形を成しており、地上 1 階、地下 4 階建の高さ地上 20.4m、地下 23.5m の建物である。

基礎版は厚さ 2.2m～7.8m の鉄筋コンクリート造であり、支持地盤である第四系更新統の見和層中部層に直接設置している。

原子炉建家の概要を第 5.1-1 図に、使用材料を第 5.1-1 表に示す。



(b) 断面図 (南北方向)
 第 5.1-1 図 原子炉建家の概要

第 5.1-1 表 原子炉建家の使用材料

(a) コンクリート

箇所	コンクリートの種類	設計基準強度
原子炉建家	普通コンクリート	20.6 N/mm ² (210 kg/cm ²)

(b) 鉄筋

箇所	鉄筋の種類	種別
原子炉建家	異形鉄筋	SD345

(c) 鉄骨

箇所	種類	種別
原子炉建家鉄骨屋根	一般構造用圧延鋼材	SS400
	溶接構造用圧延鋼材	SM400
	一般構造用炭素鋼鋼管	STK400

5.2 地震応答解析モデル

5.2.1 水平方向地震応答解析モデル

水平方向の地震応答解析モデルは、耐震壁の非線形を考慮した曲げせん断型の質点系モデルとし、建家-地盤の相互作用を考慮するために水平及び回転地盤ばねを設ける。また、建家埋込み部分にも側面地盤ばねを設け、地盤への埋込み効果を考慮する。ただし、設計時には、地盤表層部も建物と地盤の相互作用を反映するために側面地盤ばねとして Novak の水平及び回転地盤ばねを考慮していたが、地盤ばね評価の結果、観測記録と整合性のよい地盤表層部との相互作用がないモデルとして考慮することとした。

水平方向の地震応答解析モデルを第 5.2.1-1 図に、解析モデルの諸元を第 5.2.1-1 表及び第 5.2.1-2 表に示す。

建家の減衰定数は、鉄筋コンクリート部を 3%、鉄骨部を 2%とし、モード減衰として与える。各次のモード減衰定数は、建家各部のひずみエネルギーに比例した値として算定する。

耐震壁のせん断非線形特性については、トリリニア型スケルトン曲線とし、履歴特性は最大点指向型^{※1}としている。また、曲げモーメントはトリリニア型スケルトン曲線とし、履歴特性はディグレイディングトリリニア型^{※1}として解析する。

地盤ばね定数算定における地盤モデルは、東北地方太平洋沖地震による地盤同定解析に基づく結果を用いている。

底面地盤ばねは、振動アドミッタンス理論に基づき求め、建家埋込み部分側面の水平地盤ばね及び回転地盤ばねは、Novak の方法により算定する。

これらの振動数依存の複素ばねを近似して解析に用いており、底面地盤ばねの剛性は、静的理論解を用いて振動数に対して一定値とし、底面地盤ばねの減衰は、円振動数 ω の一次式で示し、地盤-建物連成系の一次固有円振動数で虚数の値と一致するように設定する。

側面地盤ばねの剛性については、理論解の極大値を用いて振動数に対して一定値とし、側面地盤ばねの減衰は、底面地盤ばねと同様に近似さ

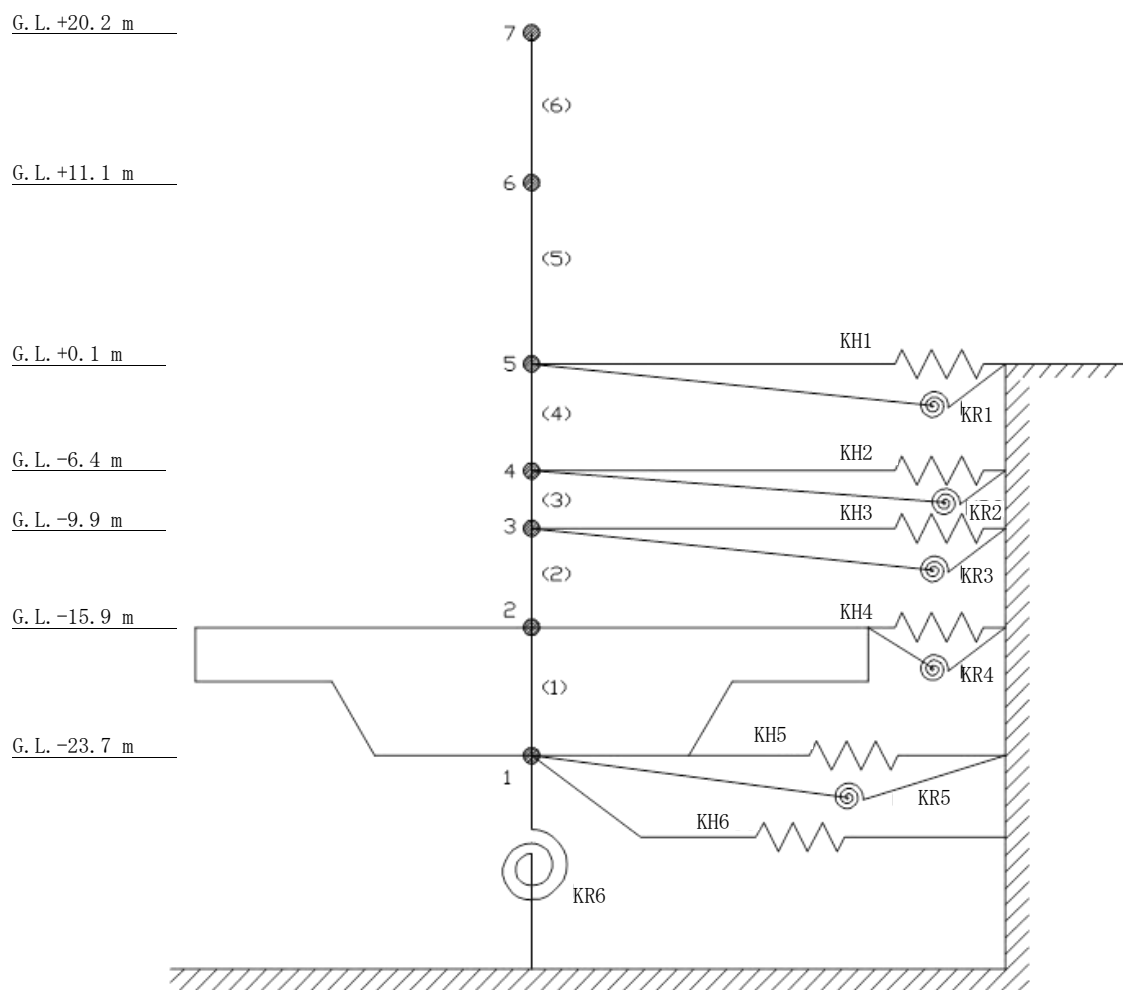
※1 : 「社団法人日本電気協会 原子力発電所耐震設計技術規定 JEAC4601-2008」に準拠し、設定する。

せて設定する。

同定地盤の物性値を第 5.2.1-3 表に、地盤ばねの近似法を第 5.2.1-2 図に、水平方向の地盤ばね定数を第 5.2.1-4 表に示す。

なお、底面地盤回転ばねには基礎の浮上りによる幾何学的非線形を考慮する。

1, 2, ... : 質点 No.
(1), (2), ... : 部材 No.



第 5. 2. 1-1 図 水平方向の地震応答解析モデル

第 5.2.1-1 表 水平方向の地震応答解析モデルの諸元（南北方向）

質点 No.	質点標高 G.L. (m)	重量 (kN)	回転慣性 ($\times 10^3 \text{kN}\cdot\text{m}^2$)	部材 No.	せん断断面積 (m^2)	断面二次モーメント ($\times 10^3 \text{m}^4$)
7	20.2	15,710	1,716			
6	11.1	17,460	1,834	6	23.50	10.59
5	0.1	103,400	11,700	5	26.00	11.14
4	-6.4	91,300	10,320	4	139.0	23.08
3	-9.9	51,180	5,757	3	149.2	24.01
2	-15.9	81,130	9,277	2	144.2	27.67
1	-23.7	81,120	9,277	1	673.0	144.2

建物総重量：441,300 kN、基礎形状：円形基礎 直径 42.4 m
 鉄筋コンクリート部：設計基準強度 20.6 N/mm²、ヤング係数 2.15×10^7 kN/m²、
 ポアソン比 0.2、減衰定数 3%

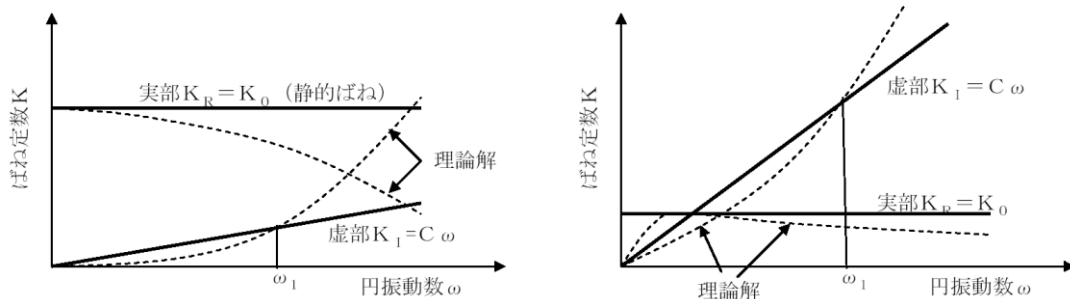
第 5.2.1-2 表 水平方向の地震応答解析モデルの諸元（東西方向）

質点 No.	質点標高 G.L. (m)	重量 (kN)	回転慣性 ($\times 10^3 \text{kN}\cdot\text{m}^2$)	部材 No.	せん断断面積 (m^2)	断面二次モーメント ($\times 10^3 \text{m}^4$)
7	20.2	15,710	1,716			
6	11.1	17,460	1,834	6	23.50	10.59
5	0.1	103,400	11,700	5	21.60	11.14
4	-6.4	91,300	10,320	4	73.30	22.06
3	-9.9	51,180	5,757	3	88.90	23.26
2	-15.9	81,130	9,277	2	96.30	26.00
1	-23.7	81,120	9,277	1	673.0	144.2

建物総重量：441,300 kN、基礎形状：円形基礎 直径 42.4 m
 鉄筋コンクリート部：設計基準強度 20.6 N/mm²、ヤング係数 2.15×10^7 kN/m²、
 ポアソン比 0.2、減衰定数 3%

第 5.2.1-3 表 同定地盤の物性値

深さ G. L. (m)	地質 記号	地質名	単位体 積重量 γt (kN/m ³)	南北方向		東西方向		鉛直方向
				S 波 速度 V_s (m/s)	せん断 弾性係数 G (kN/m ²)	S 波 速度 V_s (m/s)	せん断 弾性係数 G (kN/m ²)	P 波 速度 V_p (m/s)
-0.60	Lm	ローム層	13.0	138	2.533×10^4	140	2.607×10^4	
-3.15	Lm		13.0	141	2.644×10^4	136	2.460×10^4	
-9.08	M-S	見和層	18.8	298	1.705×10^5	282	1.527×10^5	
-11.56	M-C		17.1	250	1.088×10^5	345	2.071×10^5	
-15.11	M-S		18.0	360	2.385×10^5	349	2.241×10^5	
-18.44	Mm-Sg		17.6	467	3.904×10^5	457	3.738×10^5	
-20.37	M-S		17.5	406	2.934×10^5	383	2.611×10^5	
-26.69	Mm-Sg		19.8	519	5.441×10^5	507	5.192×10^5	
-39.35	Is-S	石崎層	18.2	459	3.919×10^5	448	3.733×10^5	1304
-64.93	Is-S		18.0	317	1.849×10^5	327	1.967×10^5	1786
-70.88	Is-S		17.8	322	1.877×10^5	364	2.398×10^5	1725
-82.28	Is-S		18.8	433	3.600×10^5	411	3.243×10^5	1925
-84.54	Is-S		20.1	538	5.934×10^5	450	4.151×10^5	1975
-88.58	Is-S		19.3	594	6.951×10^5	556	6.090×10^5	1397
-93.60	Km-U~Ks	久米層	17.6	451	3.641×10^5	396	2.807×10^5	1697
-136.70	Km-U~Ks		17.6	536	5.143×10^5	570	5.816×10^5	1708
-151.70	Km-U~Ks		17.8	576	6.038×10^5	603	6.618×10^5	1792
-164.43	Km-U~Ks		17.8	744	1.002×10^6	551	5.495×10^5	1564
	Tg-S	多賀層	19.4	1010	2.020×10^6	1010	2.020×10^6	2170



ω_1 : 地盤—建物連成系の一次固有円振動数

(a) 底面地盤ばねの近似法

(b) 側面地盤ばねの近似法

第 5.2.1-2 図 地盤ばねの近似法

第 5. 2. 1-4 表 水平方向の地盤ばね定数

方向	地盤ばね成分		剛性 Kc	減衰係数 Cc
			水平(KH) : kN/m 回転(KR) : kN・m/rad	水平(KH) : kN・s/m 回転(KR) : kN・m・s/rad
南北	側面	KH1	0*	0*
		KR1	0*	0*
		KH2	0*	0*
		KR2	0*	0*
		KH3	3.10×10^6	5.97×10^5
		KR3	1.06×10^9	6.84×10^7
		KH4	9.33×10^6	1.18×10^6
		KR4	3.15×10^9	1.34×10^8
		KH5	8.17×10^6	8.41×10^5
		KR5	2.80×10^9	9.51×10^7
	底面	KH6	3.18×10^7	1.06×10^6
		KR6	1.26×10^{10}	1.31×10^8
東西	側面	KH1	0*	0*
		KR1	0*	0*
		KH2	0*	0*
		KR2	0*	0*
		KH3	0*	0*
		KR3	0*	0*
		KH4	0*	0*
		KR4	0*	0*
		KH5	7.76×10^6	8.21×10^5
		KR5	2.66×10^9	9.25×10^7
	底面	KH6	3.22×10^7	1.06×10^6
		KR6	1.27×10^{10}	1.28×10^8

※：地盤ばね評価の結果、地盤表層部との相互作用がないモデルとして考慮することとした。

5.2.2 鉛直方向地震応答解析モデル

鉛直方向の地震応答解析モデルは、耐震壁の軸剛性を軸ばねで表現した質点系モデルとし、建家-地盤の相互作用を考慮するため、鉛直地盤ばねを設ける。なお、建家埋込み部分については考慮しないモデルとする。

屋根トラスは、軸変形と曲げ変形を生じる質点系の軸曲げ梁モデルとし、屋根トラス端部はピン支持として解析する。

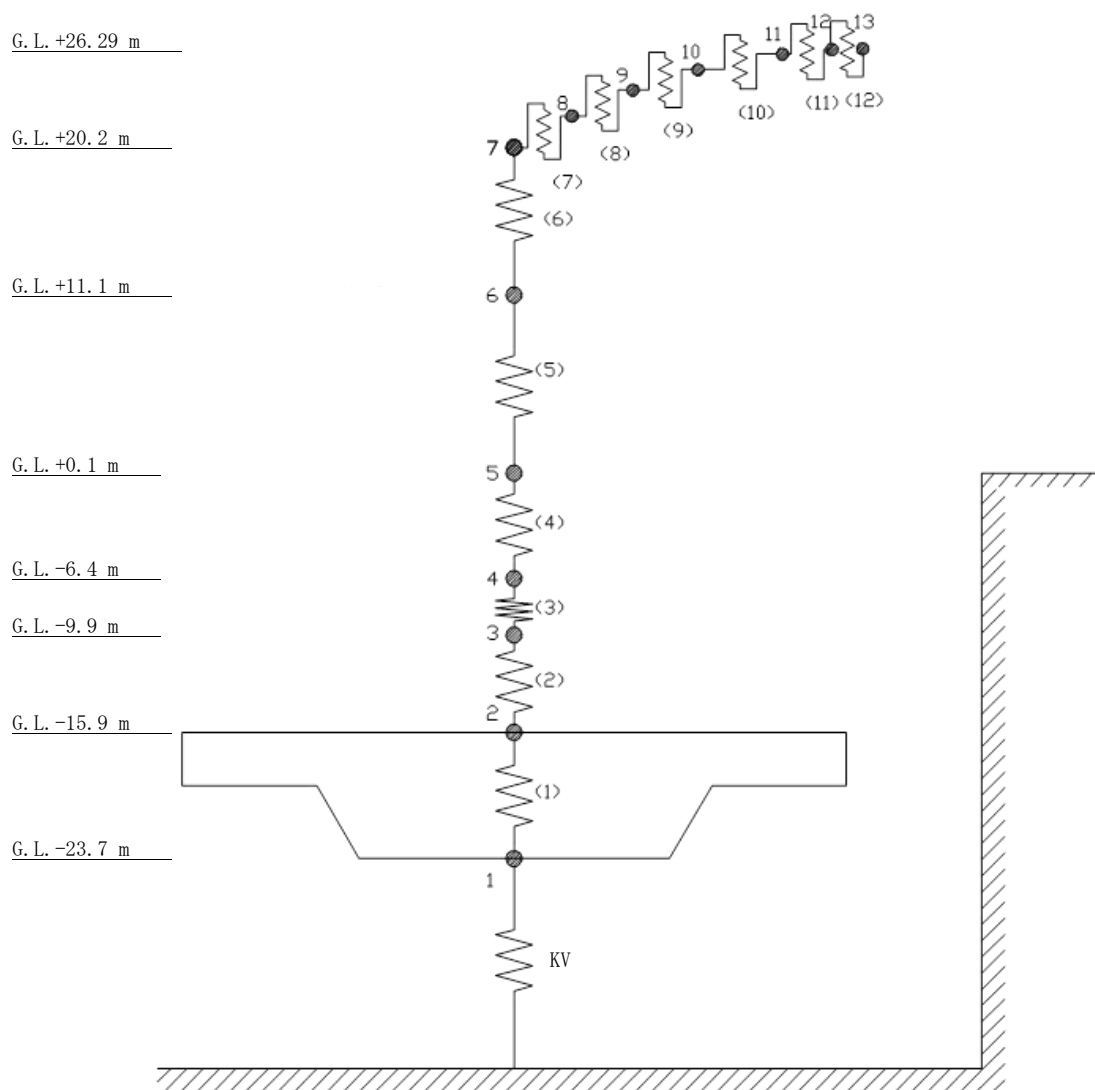
鉛直方向の地震応答解析モデルを第 5.2.2-1 図に、地震応答解析モデルの諸元を第 5.2.2-1 表に示す。

建家の減衰定数は、鉄筋コンクリート部を 3%、鉄骨部を 2%とし、モード減衰として与える。各次のモード減衰定数は、建家各部のひずみエネルギーに比例した値として算定する。

地盤ばね定数算定における地盤モデルは、水平モデルの地震応答解析モデルと同様に、東北地方太平洋沖地震による地盤同定解析に基づく結果を用いている。

底面地盤ばねは、振動アドミッタンス理論に基づき算定する。この振動数依存の複素ばねを水平及び回転の底面ばねと同様に近似したものを解析に用いる。地盤ばね定数を第 5.2.2-2 表に示す。

1, 2, ... : 質点 No.
 (1), (2), ... : 部材 No.



第 5.2.2-1 図 鉛直方向の地震応答解析モデル

第 5.2.2-1 表 鉛直方向の地震応答解析モデルの諸元

(a) 原子炉建家

質点 No.	質点標高 G. L. (m)	水平位置 (m)	重量 (kN)	部材 No.	軸剛性 ($\times 10^7$ kN/m)
7	20.2	/	14,930		
6	11.1		17,460	6	11.10
5	0.1		103,400	5	10.20
4	-6.4		91,300	4	69.30
3	-9.9		51,180	3	141.8
2	-15.9		81,130	2	83.50
1	-23.7		81,120	1	185.5

(b) 原子炉建家屋根

質点 No.	質点標高 G. L. (m)	水平位置 (m)	重量 (kN)	部材 No.	せん断ばね ($\times 10^4$ kN/m)
13	26.29	21.50	2		
12	26.25	19.60	21	12	24.40
11	25.99	16.56	86	11	29.50
10	25.01	11.34	177	10	41.80
9	23.76	7.32	220	9	73.00
8	22.16	3.57	274	8	106.9
				7	173.2

建物総重量：441,300 kN、基礎形状：円形基礎 直径 42.4 m
 鉄筋コンクリート部：設計基準強度 20.6 N/mm²、ヤング係数 2.15×10^7 kN/m²、
 ポアソン比 0.2、減衰定数 3%
 鉄骨造トラス部：ヤング係数 2.05×10^8 kN/m²、ポアソン比 0.3、減衰定数 2%

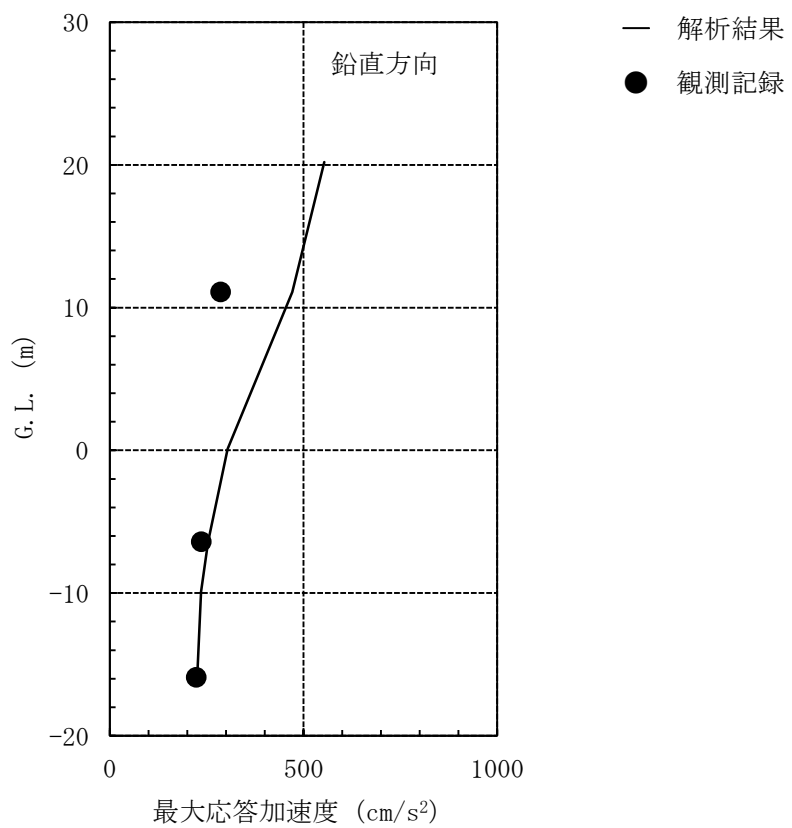
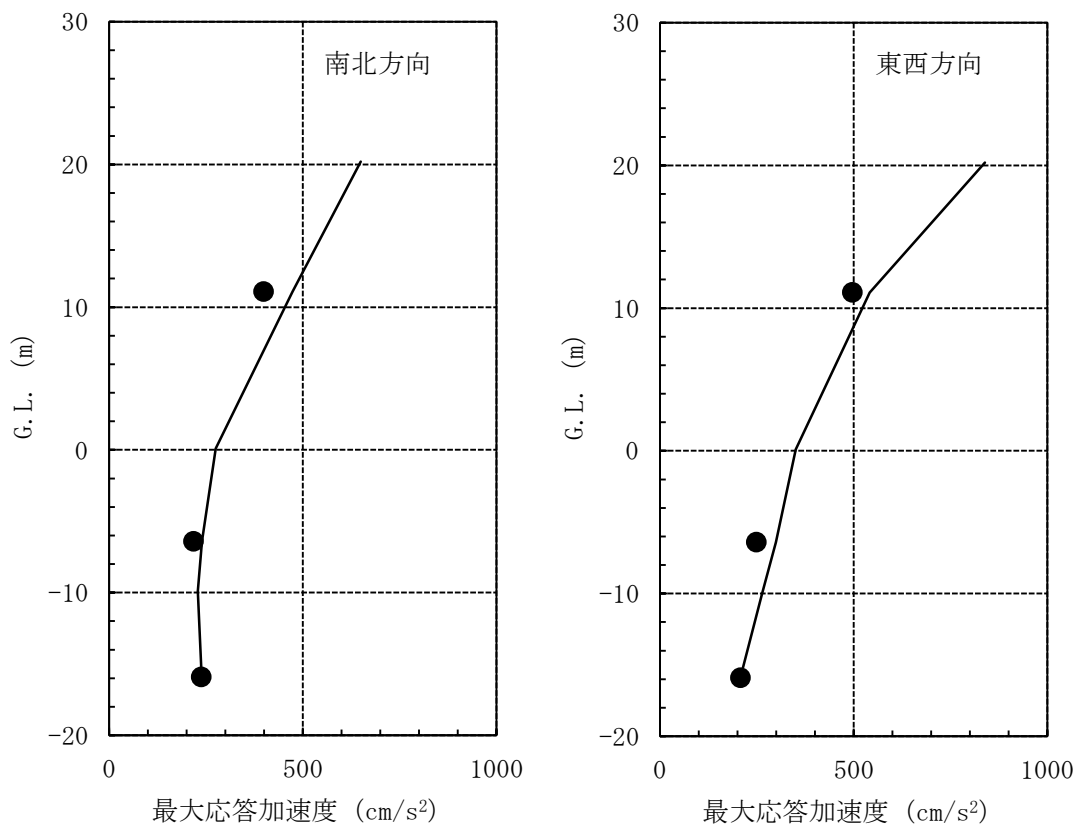
第 5.2.2-2 表 鉛直方向の地盤ばね定数

方向	地盤ばね成分		剛性 Kc	減衰係数 Cc
			鉛直 (KV) : kN/m	鉛直 (KV) : kN・s/m
鉛直	底面	KV	4.28×10^7	2.02×10^6

5.3 最大応答加速度

水平方向及び鉛直方向の最大応答加速度を第 5.3-1 図に示す。

解析結果と観測記録の最大応答加速度は、おおむね整合しており、水平方向及び鉛直方向の地震応答解析モデルにより地震観測記録をおおむねシミュレートできることを確認した。



第 5.3-1 図 最大応答加速度の比較 (原子炉建家)

5.4 加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル

(1) 水平方向

解析結果及び観測記録の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトルを比較して第 5.4-1 図～第 5.4-4 図に示す。

解析結果と観測記録はおおむね整合しており、地震観測記録をおおむねシミュレートできることを確認した。

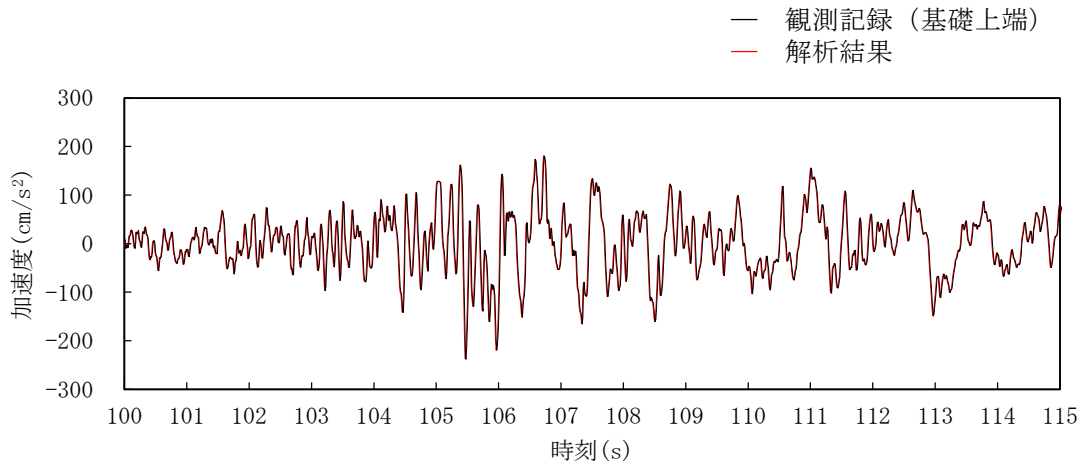
(2) 鉛直方向

解析結果及び観測記録の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトルを比較して第 5.4-5 図～第 5.4-6 図に示す。

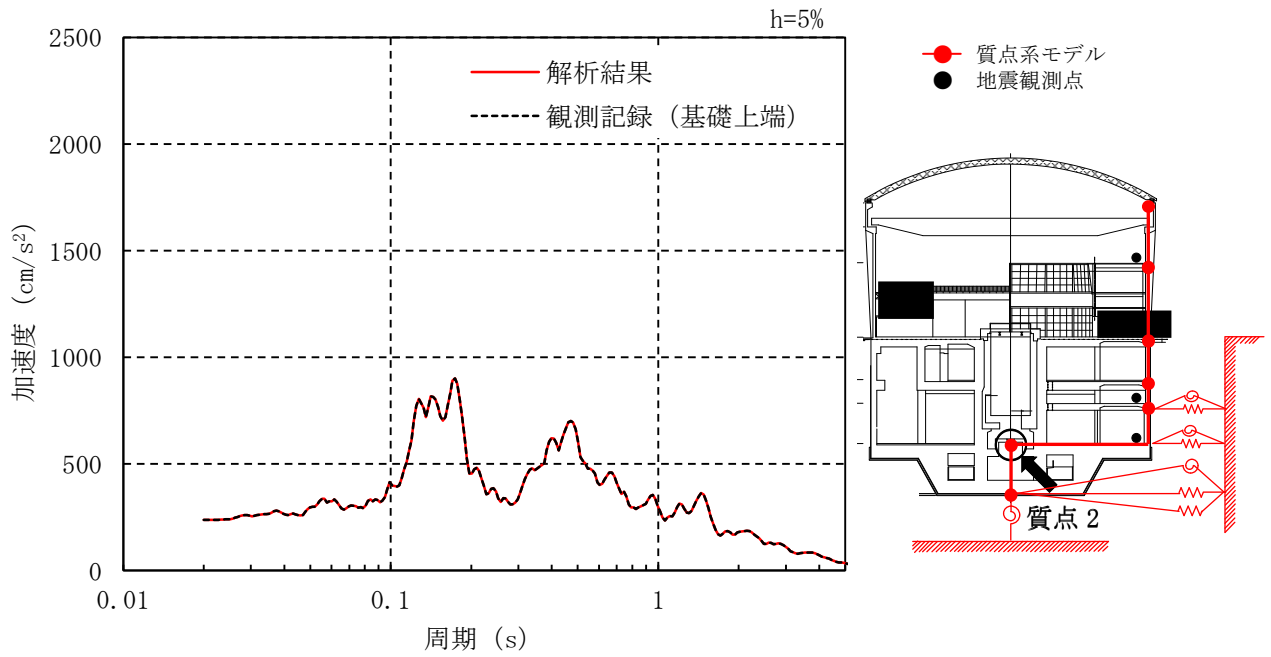
解析結果と観測記録はおおむね整合しており、地震観測記録をおおむねシミュレートできることを確認した。

なお、2 階屋上の観測記録は、原子炉建家内部の鉄骨造構築物に設置され、鉄筋コンクリート造とは振動特性が異なるため、解析モデルとの比較は行わない。

加速度時刻歴波形は 100～115 s 間の記録を示す



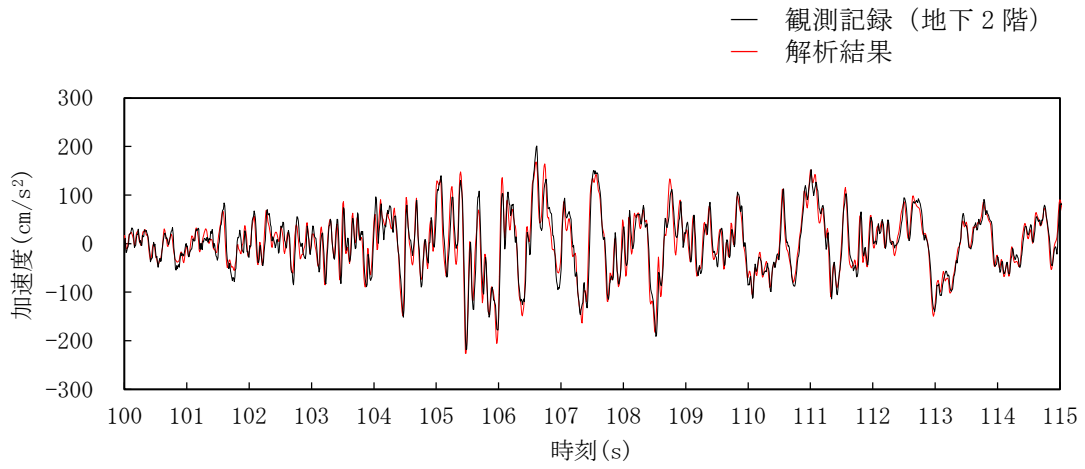
(a) 加速度時刻歴波形 (観測記録)



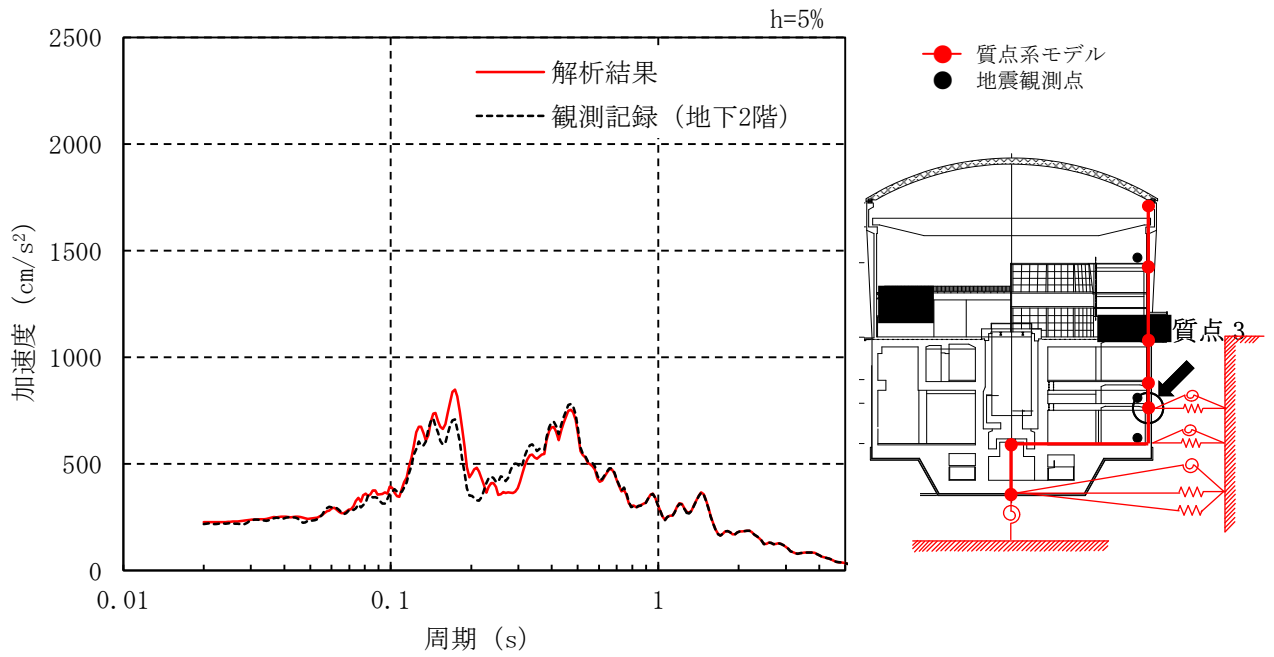
(b) 加速度応答スペクトル

第 5.4-1 図 加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル (基礎上端、南北方向)

加速度時刻歴波形は 100～115 s 間の記録を示す



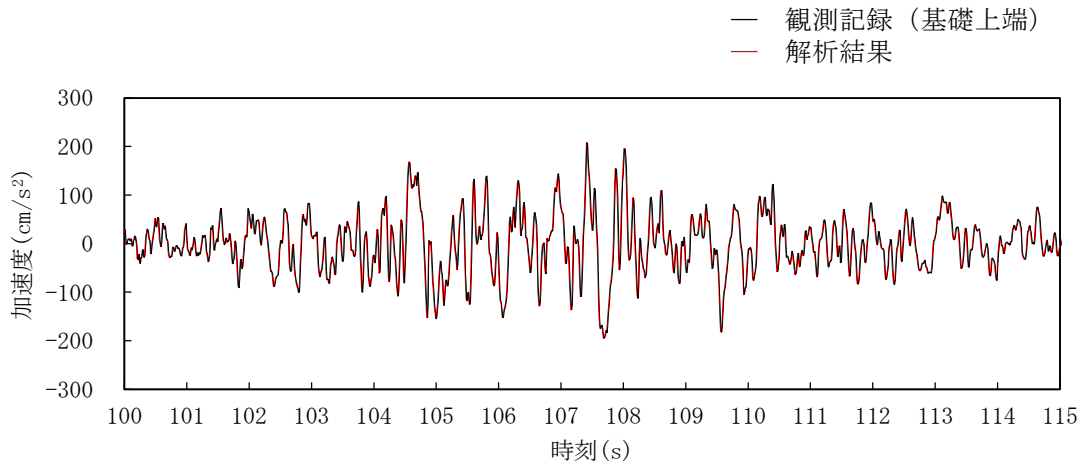
(a) 加速度時刻歴波形 (観測記録)



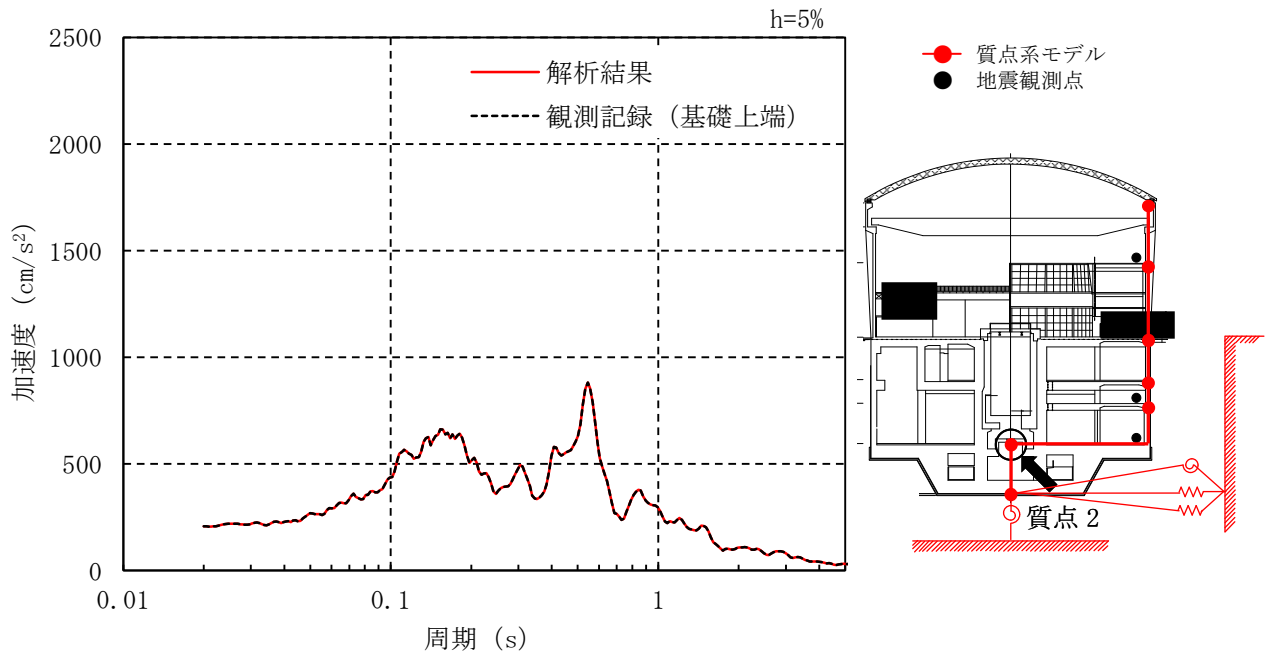
(b) 加速度応答スペクトル

第 5.4-2 図 加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル (地下2階、南北方向)

加速度時刻歴波形は 100～115 s 間の記録を示す



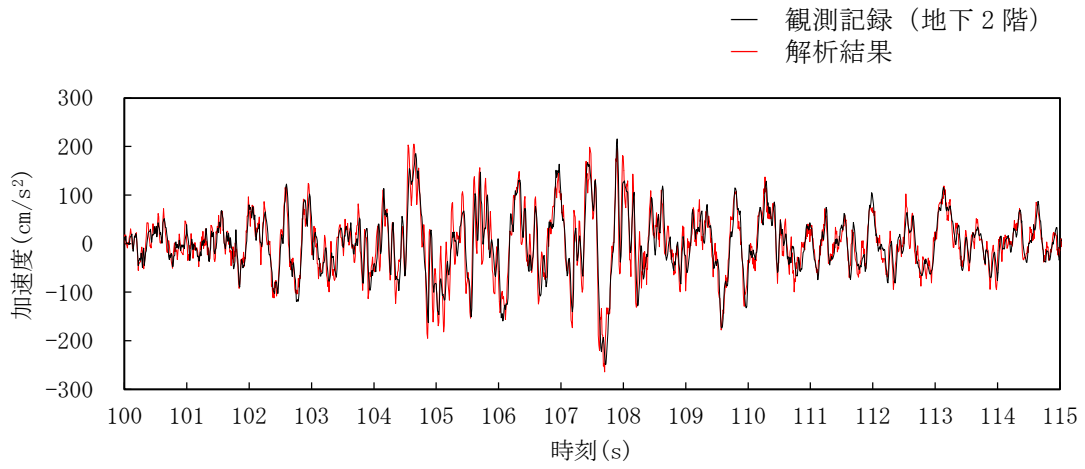
(a) 加速度時刻歴波形 (観測記録)



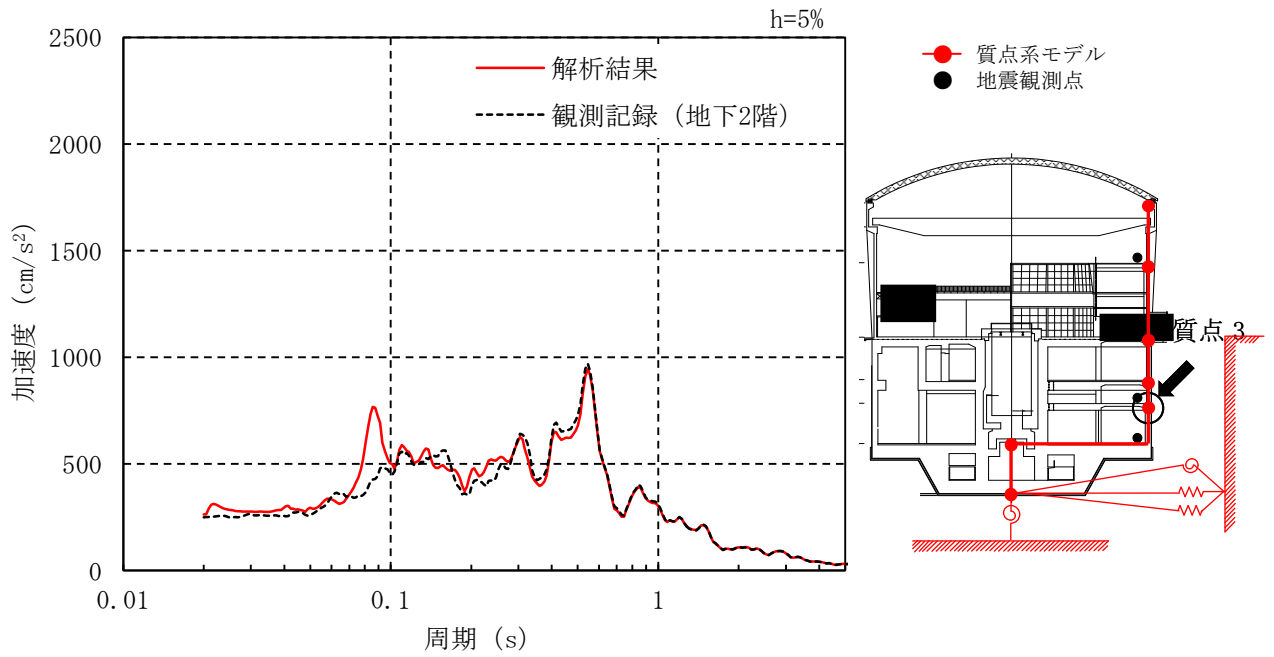
(b) 加速度応答スペクトル

第 5.4-3 図 加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル (基礎上端、東西方向)

加速度時刻歴波形は 100～115 s 間の記録を示す



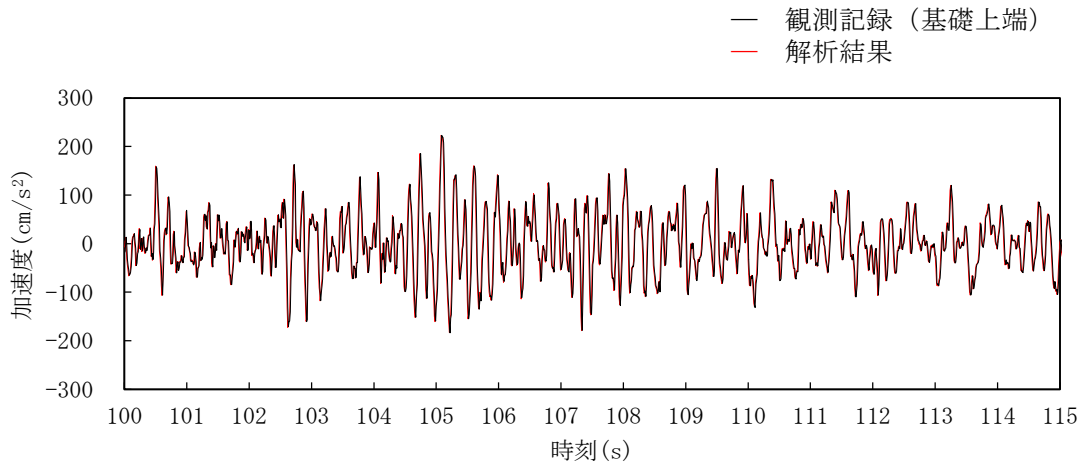
(a) 加速度時刻歴波形 (観測記録)



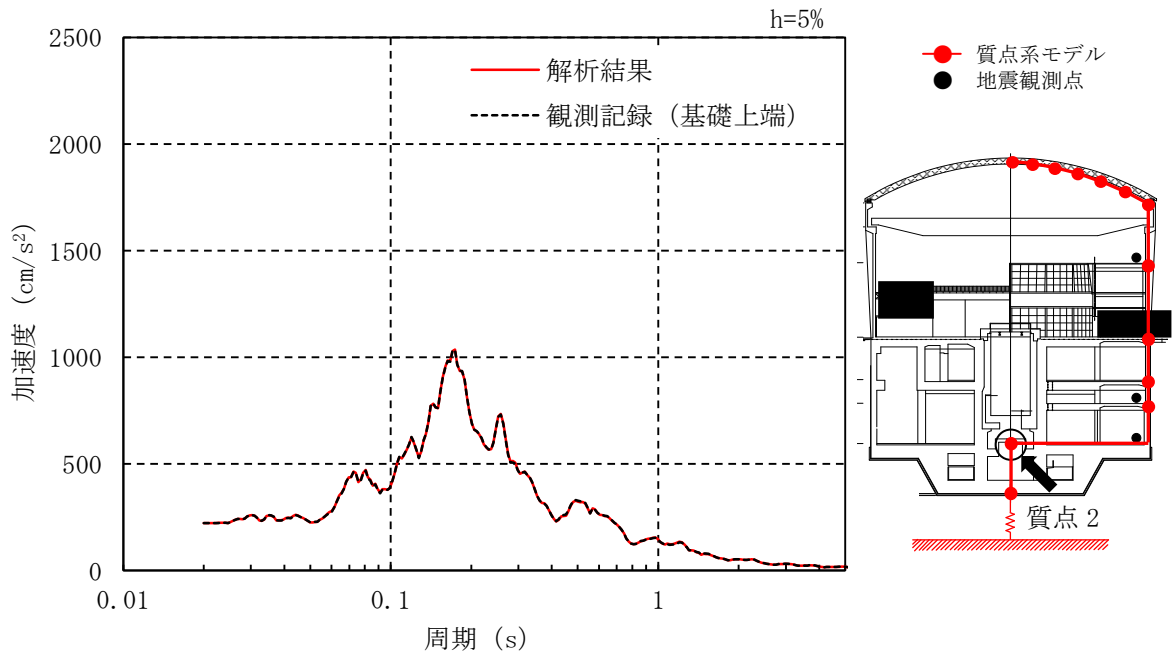
(b) 加速度応答スペクトル

第 5.4-4 図 加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル (地下2階、東西方向)

加速度時刻歴波形は 100～115 s 間の記録を示す



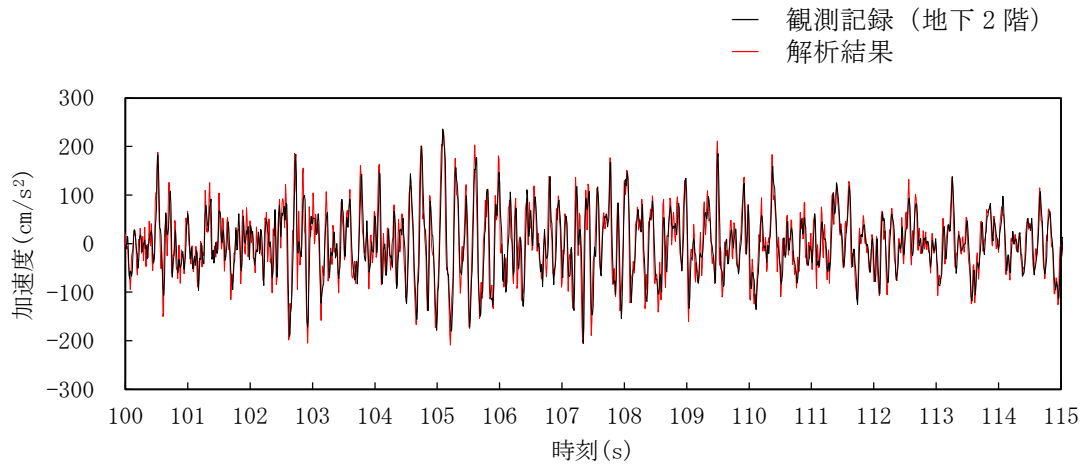
(a) 加速度時刻歴波形 (観測記録)



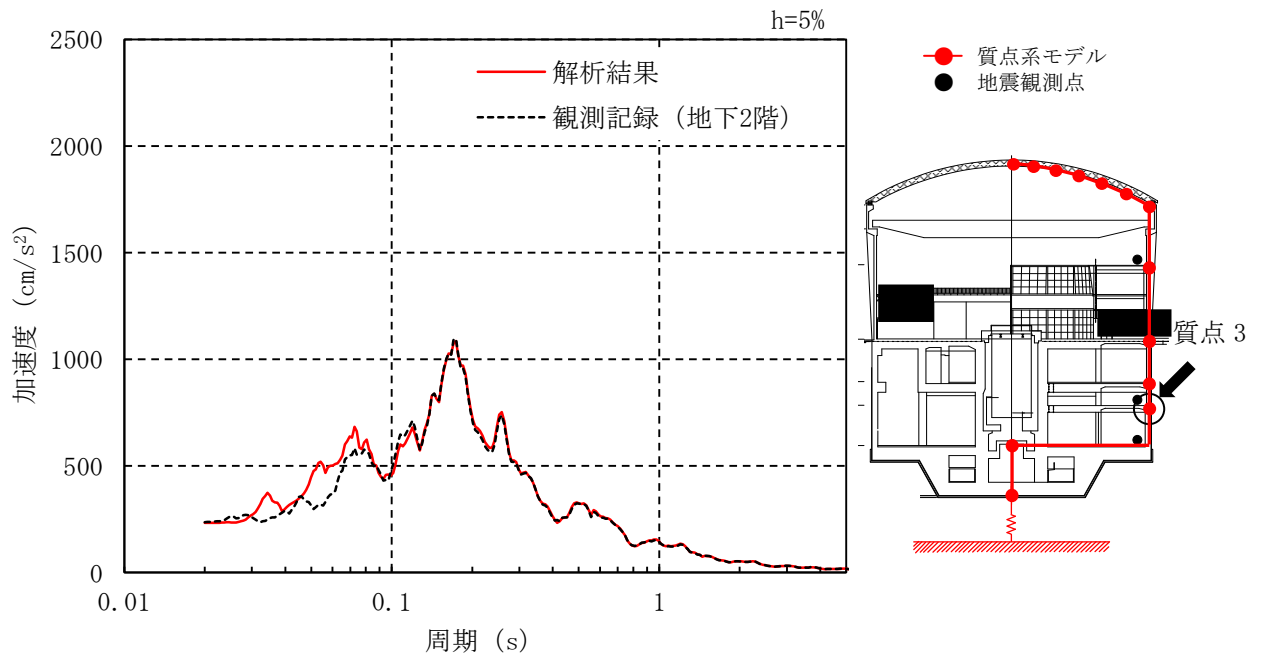
(b) 加速度応答スペクトル

第 5.4-5 図 加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル (基礎上端、鉛直方向)

加速度時刻歴波形は 100～115 s 間の記録を示す



(a) 加速度時刻歴波形 (観測記録)



(b) 加速度応答スペクトル

第 5.4-6 図 加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル (地下2階、鉛直方向)

5.5 接地率

建家の接地率は水平方向の地震応答解析の結果より得られた最大転倒モーメントを用い、地盤反力を三角形分布と仮定して算定する。

接地率は南北方向 100%、東西方向 100%であり、質点系 SR モデル解析の適用範囲内^{※2}である。

※2： 「社団法人日本電気協会 原子力発電所耐震設計技術規定 JEAC4601-2008」に示される、地盤の底面回転ばねに浮上り非線形を考慮した非線形地震応答解析法の適用限界である接地率 65%を上回っている。

5.6 まとめ

5.1～5.5に示すように、本評価で採用した解析モデルにより東北地方太平洋沖地震の観測記録をおおむねシミュレートできることを確認した。

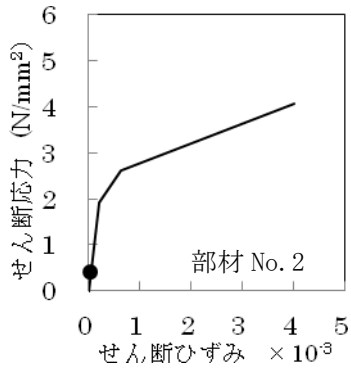
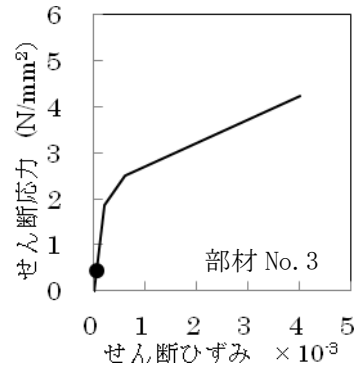
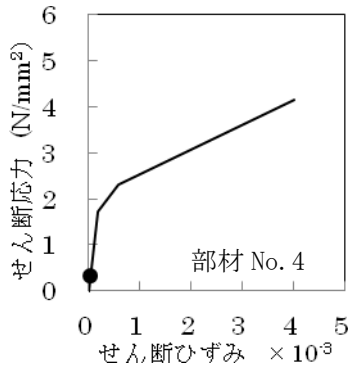
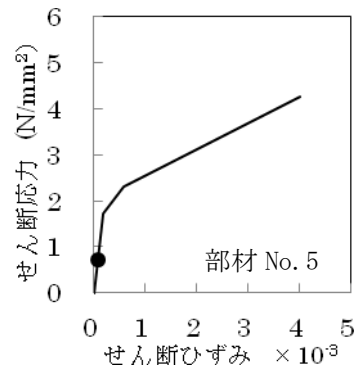
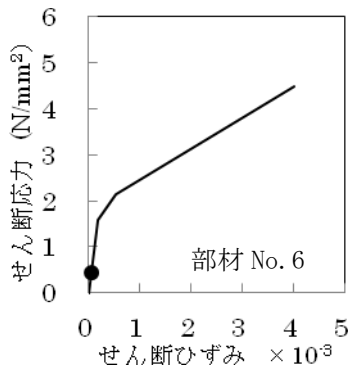
6. 原子炉建家の耐震健全性評価

6.1 質点系 SR モデルによる耐震健全性評価

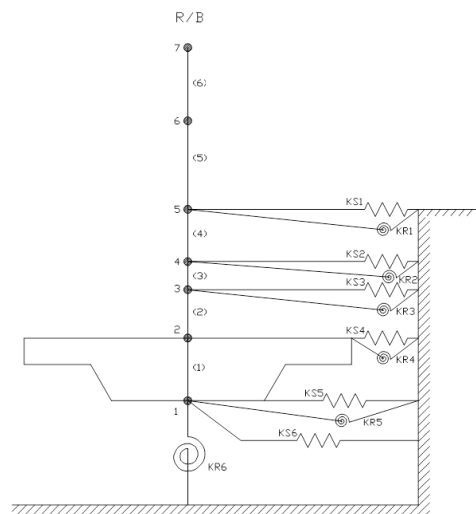
5. の質点系 SR モデルによるシミュレーション解析結果による建家の各層における耐震壁の最大応答値をせん断スケルトン曲線上にプロットし、第 6.1-1 図及び第 6.1-2 図に示す。

最大応答せん断ひずみは、せん断スケルトン上の第一折れ点におけるひずみ値に対して十分小さく、建家全体としては、おおむね弾性範囲内に収まっている。

● シミュレーション解析による最大応答値

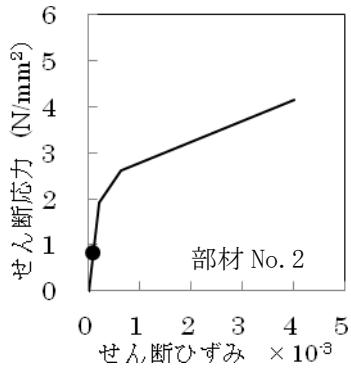
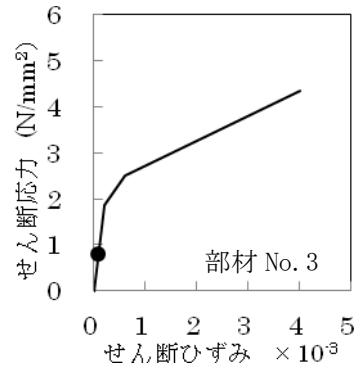
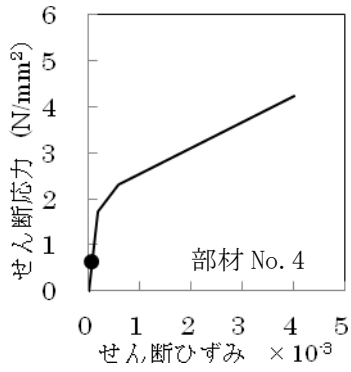
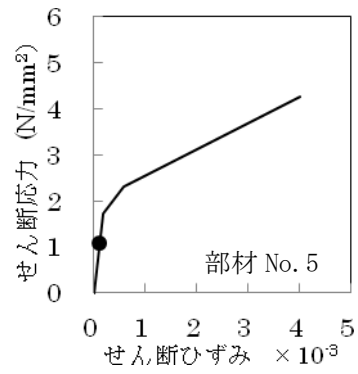
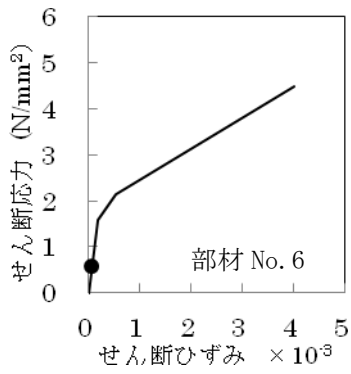


1, 2, … : 質点 No.
 (1), (2), … : 部材 No.

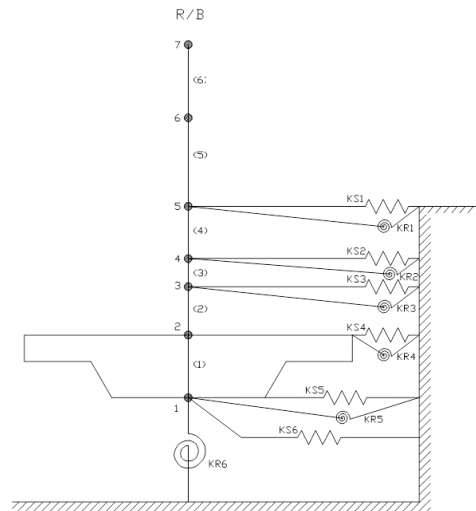


第 6.1-1 図 せん断スケルトン曲線上の最大応答値（南北方向）

● シミュレーション解析による最大応答値



1, 2, ... : 質点 No.
 (1), (2), ... : 部材 No.



第 6.1-2 図 せん断スケルトン曲線上の最大応答値 (東西方向)

6.2 3次元FEM解析による耐震健全性評価結果

i) 評価方法

建屋全体を3次元FEMでモデル化した東北地方太平洋沖地震の静的弾性解析を実施し、躯体の発生応力を確認する。

ii) 解析手法(3次元FEMによる静的応力解析)

耐震壁をシェル要素、柱等を梁要素とした3次元FEMモデルによる静的弾性解析を行う。基礎底面の地盤ばねは質点系SRモデルで用いた地盤ばねに基づいて設定した。地下部側面のばねは、受動側の側面に対して設定した。

荷重は、自重、原子炉プール等の内水圧、土圧、地震時慣性力等を考慮する。なお、地震時慣性力は、原子炉建家のシミュレーション解析における質点系SRモデルから得られた応答加速度から算定したものを作用させる。

また、地震時の慣性力及び土圧は同時刻性を考慮して設定する。

解析モデルを第6.2-1図及び第6.2-2図に示す。

今回の応力解析におけるコンクリート強度については、JMTR原子炉建家において過去に実施したコア圧縮強度に基づき設定した圧縮強度を用いる。

コンクリート強度を第6.2-1表に示す。

第6.2-1表 コンクリート強度

コンクリート種別	圧縮強度
普通コンクリート	33.0 N/mm ²

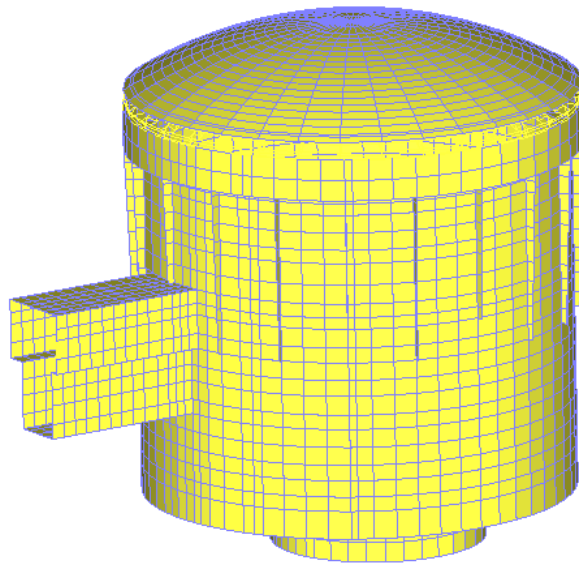
ヤング係数は、「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 許容応力度設計法1999」(日本建築学会)に従い算定した。

$$E = 3.35 \times 10^4 \cdot \left(\frac{\gamma}{24} \right)^2 \cdot \left(\frac{Fc}{60} \right)^{1/3}$$

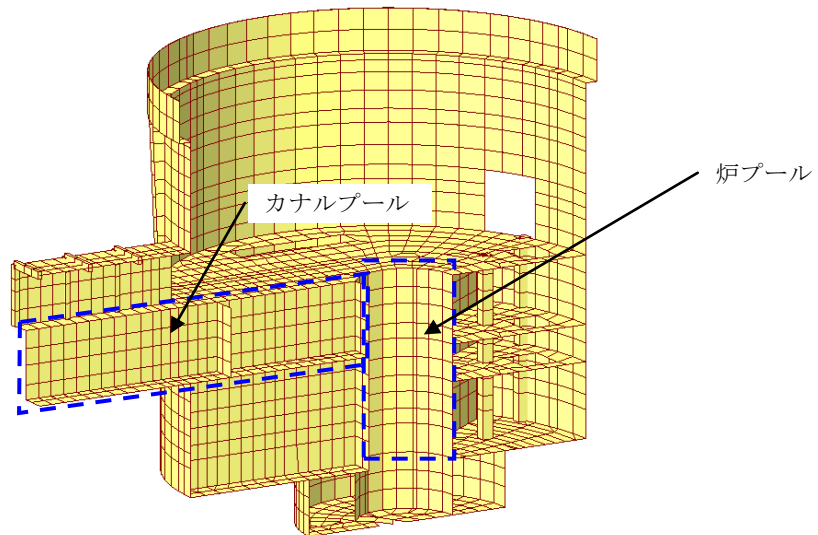
ここで、 $Fc = 33 \text{ N/mm}^2$

$\gamma = 23 \text{ kN/m}^3$ より

$E = 2.52 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$



第 6.2-1 図 3 次元 FEM モデル (外周壁)



第 6.2-2 図 3 次元 FEM モデル (炉プールの断面)

6.3 評価基準

3次元 FEM 解析結果、各要素に発生応力とコンクリートの材料強度又は引張強度を比較する。発生応力がコンクリートの材料強度を超える場合には断面算定を行い、鉄筋の健全性について確認する。

コンクリートの材料強度及び鉄筋の許容応力度は下記による。

i) コンクリートのせん断

「建築基準法施行令 第 91 条」及び「平成 12 年建設省告示第 1450 号」より以下の値とする。

$$\tau_a = 2.460 \text{ N/mm}^2$$

ii) コンクリートの引張

コンクリートの引張強度 f_{tk} は、「コンクリート標準示方書（土木学会 2007 年設計編）」より、以下の値とする。

$$\begin{aligned} f_{tk} &= 0.23 \times f'_{ck}{}^{2/3} \\ &= 2.366 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

iii) 鉄筋の引張

鉄筋は、「建築基準法施行令 第 90 条」及び「平成 12 年建設省告示第 2464 号」の短期許容応力度とし以下の値とする。

$$f_t = 345 \text{ N/mm}^2$$

6.4 評価結果

i) 原子炉建家躯体の健全性

3次元 FEM モデルによる原子炉建家躯体の解析結果を第 6.4-1 表及び第 6.4-2 表に、評価基準値に対する発生応力度の比が 1.0 を超える要素の位置を第 6.4-1 図及び第 6.4-2 図に示す。

1 階の外壁円筒壁のカナル壁との接続部付近において、コンクリートが一部ひび割れる結果であった。

第 6.4-1 表 せん断応力に対する評価結果

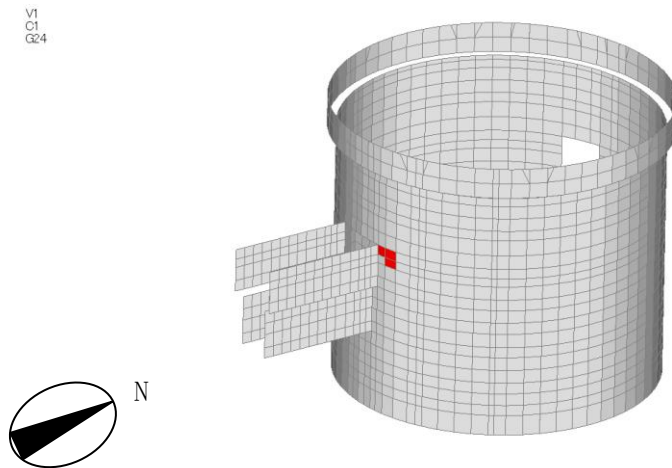
位置	発生応力 (N/mm ²)	評価基準値 ^{※1} (N/mm ²)	発生応力／評価基準値
外壁円筒壁 1 階	2.560	2.460	1.04
外壁円筒壁 地下 1 階	1.595	2.460	0.65
炉心壁 地下 3 階	0.786	2.460	0.32
カナル壁 1 階	1.814	2.460	0.74
カナル壁 地下 1 階	1.211	2.460	0.49

※1：コンクリートの材料強度（せん断）

第 6.4-2 表 主応力による評価結果

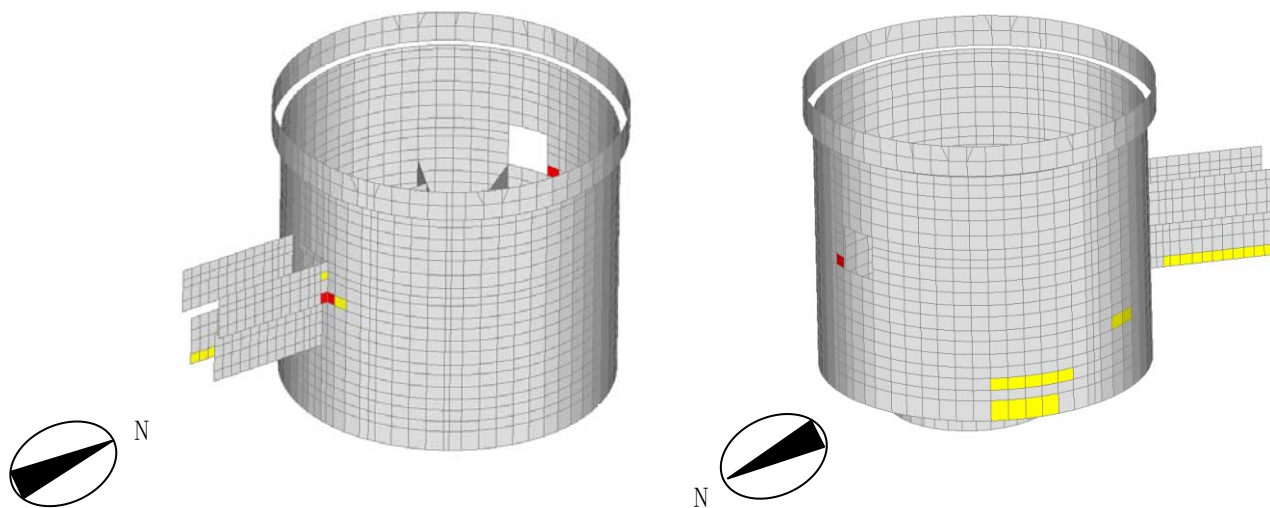
位置		発生応力 (N/mm ²)	評価基準値 (N/mm ²)	発生応力／評価基準値
外壁円筒壁 1 階	コンクリート	3.977	2.366	1.16
	鉄筋	399	345	
外壁円筒壁 地下 1 階	コンクリート	2.942	2.366	0.41
	鉄筋	143	345	
炉心壁 地下 3 階	コンクリート	1.343	2.366	0.57
	鉄筋	—	—	
カナル壁 1 階	コンクリート	2.956	2.366	1.94
	鉄筋	671	345	
カナル壁 地下 1 階	コンクリート	4.310	2.366	0.82
	鉄筋	283	345	

灰色：評価基準値に対する発生応力度の比が 1.0 未満の要素
 赤色：鉄筋が短期許容応力度を超える要素



第 6. 4-1 図 せん断応力に対する評価結果

灰色：評価基準値に対する発生応力度の比が 1.0 未満の要素
 黄色：コンクリートが引張強度を超える要素
 赤色：鉄筋が短期許容応力度を超える要素



第 6. 4-2 図 主応力に対する評価結果

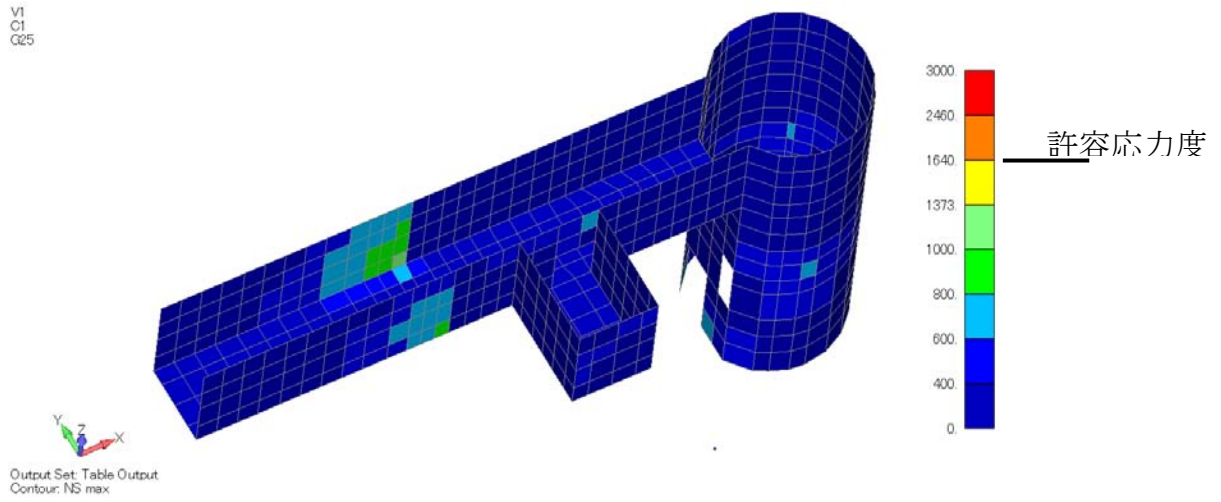
ii) 原子炉プール及びチャンネルプール躯体の健全性

チャンネルプール及び炉プール壁躯体の健全性を確認する。評価する部位は、壁及び床の内側部分(水に触れる側の部分)とし、最大せん断応力度については、コンクリートの短期許容せん断応力度と、最大主応力度については、コンクリートの引張強度と比較する。

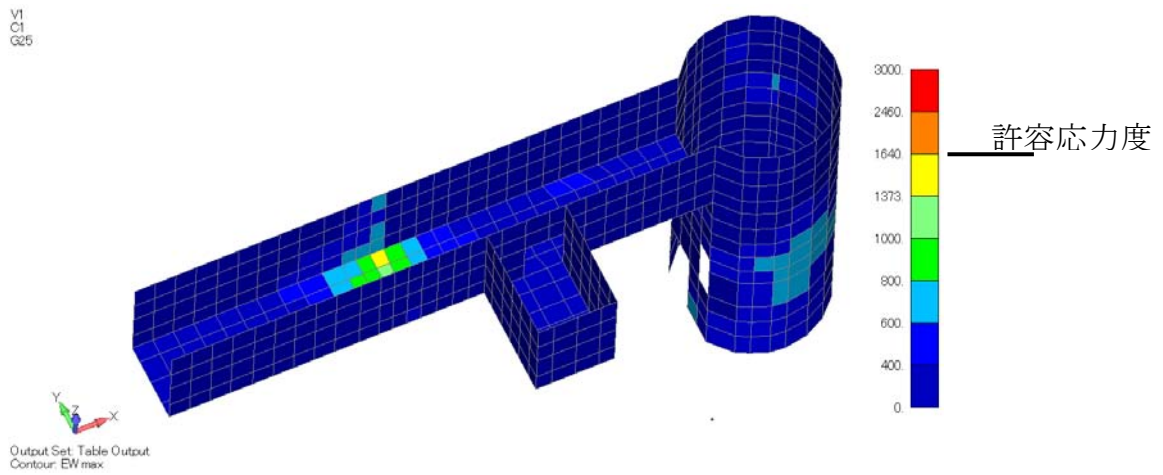
チャンネルプール及び炉プール壁躯体の評価結果を第 6.4-3 図～第 6.4-6 図に示す。

チャンネルプール及び炉プール壁躯体は全てコンクリートの短期許容応力度以下であることを確認した。

赤色：せん断応力度がコンクリートのせん断に対する材料強度を超えた要素
 オレンジ色：せん断応力度が実強度によるコンクリートの許容せん断応力度を超えた要素
 黄色：せん断応力度が設計基準強度によるコンクリートの許容せん断応力度を超えた要素

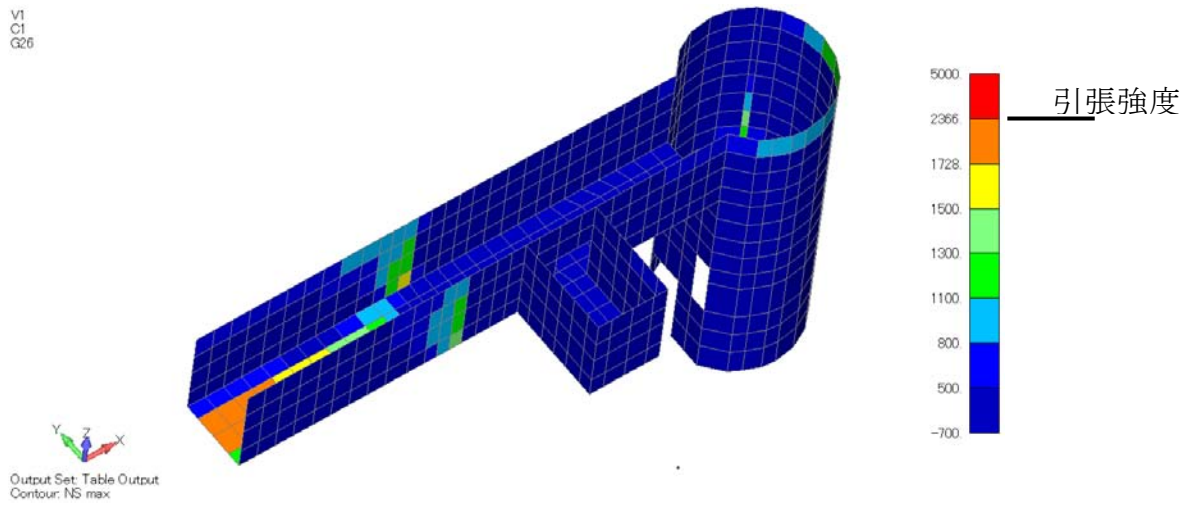


第 6. 4-3 図 せん断応力度（南北方向加力）

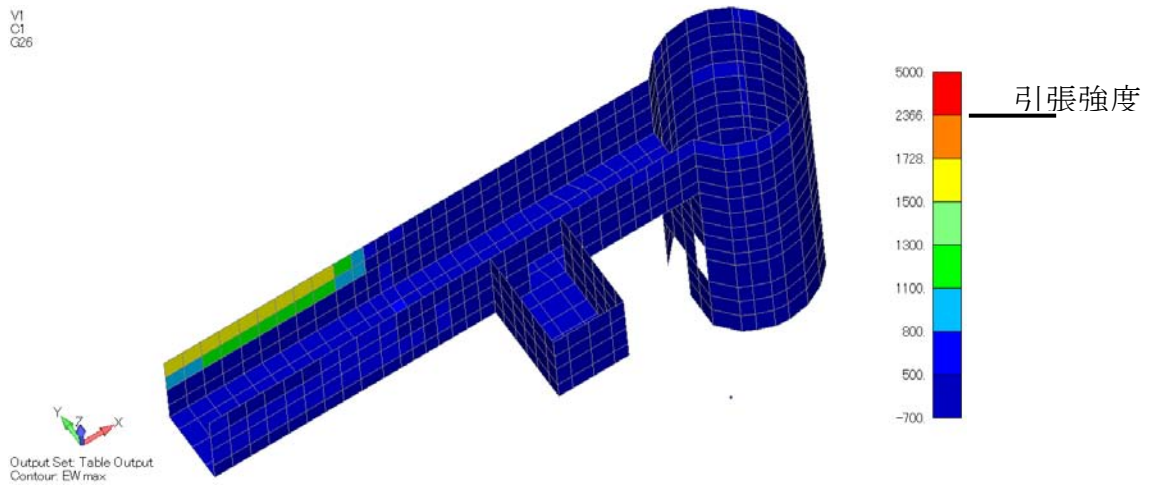


第 6. 4-4 図 せん断応力度（東西方向加力）

赤色：最大主応力度がコンクリートの実強度による引張強度を超えた要素
 オレンジ色：最大主応力度がコンクリートの設計基準強度による引張強度を超えた要素



第 6. 4-5 図 最大主応力度（南北方向加力）



第 6. 4-6 図 最大主応力度（東西方向加力）

6.5 まとめ

質点系 SR モデル及び 3 次元 FEM モデルにより、原子炉建家躯体の耐震健全性を確認した結果、3 次元 FEM モデルによる解析結果では一部の壁にコンクリートのひび割れが発生する結果となったが、質点系 SR モデルの解析結果ではせん断ひずみはせん断スケルトン上の第一折れ点におけるひずみ値に対して十分小さく、全体としてはおおむね弾性内であることを確認した。

なお、当該部分について、調査の結果ではひび割れは確認されていない。

また、カナルプール及び炉プールの内側部分（水に触れる側の部分）の躯体については、3 次元 FEM 解析においても、コンクリートにひび割れは生じない結果であった。

以上より、東北地方太平洋沖地震の発生時において、原子炉建家の躯体の耐震健全性が確保されていたことを確認した。

7. 原子炉建家鉄骨屋根の耐震健全性評価

7.1 鉄骨屋根の概要及び評価方針

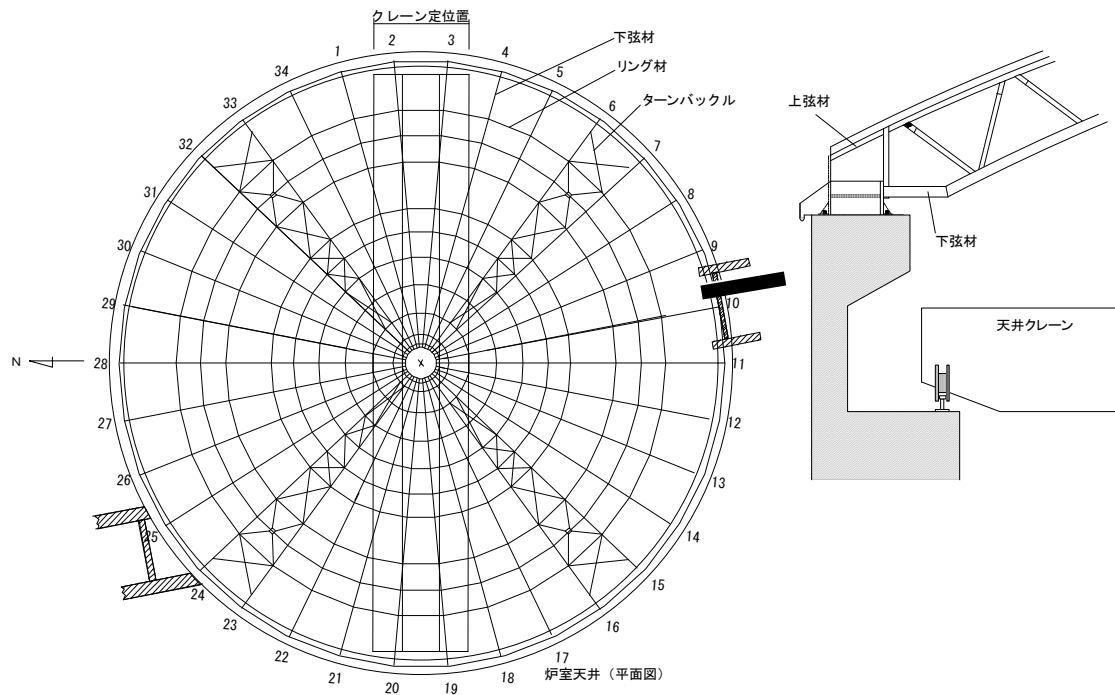
原子炉建家の鉄骨屋根は、スパン約 44m（支点間距離）の鉄骨造球面ドーム型の屋根であり、上弦材、下弦材及びラチス材で構成されるアーチ材の上面を鉄板（ $t=4.5\text{mm}$ ）膜で覆った構造である。

第 7.1-1 表及び第 7.1-1 図に屋根構造の概要を示す。

原子炉建家の 1 階円筒壁（G. L. +36.8m）位置の地震観測記録に基づき、3 次元 FEM モデル（屋根－円筒壁モデル）による動的弾性解析により、鉄骨屋根の耐震健全性を評価する。

第 7.1-1 表 屋根構造の概要

	部位	部材断面
架構形式	アーチ材 (ワーレントラス構造)	上弦材：CT-87.5×175×7.5×11 下弦材：φ-114.3×3.5 ラチス材：φ-60.5×2.9
	リング材	上弦材：L-75×75×6 下弦材：φ-60.5×2.9
	水平ブレース	19φ
	頂部リング材	上弦材：H-200×200×8×12 下弦材：H-200×200×8×12 ラチス材：φ-60.5×2.9
	裾リング材	2H-600×200×11×17
	ドーム屋根	屋根葺き材：鉄板 t=4.5mm



第 7.1-1 図 屋根構造の概要

7.2 評価モデル

屋根モデルは、各部材（上弦材、下弦材、ラチス材及びリング材）を梁要素及びトラス要素、屋根葺き材を平面応力要素、地上部円筒壁をシェル要素とした3次元FEMモデルとする。

東北地方太平洋沖地震後の調査において、アーチ材に施工誤差等による曲がり認められたため（設計寸法に対して最大123mm）、施工誤差を考慮した形状に基づく自重解析を行ってから、地震応答解析を実施した。

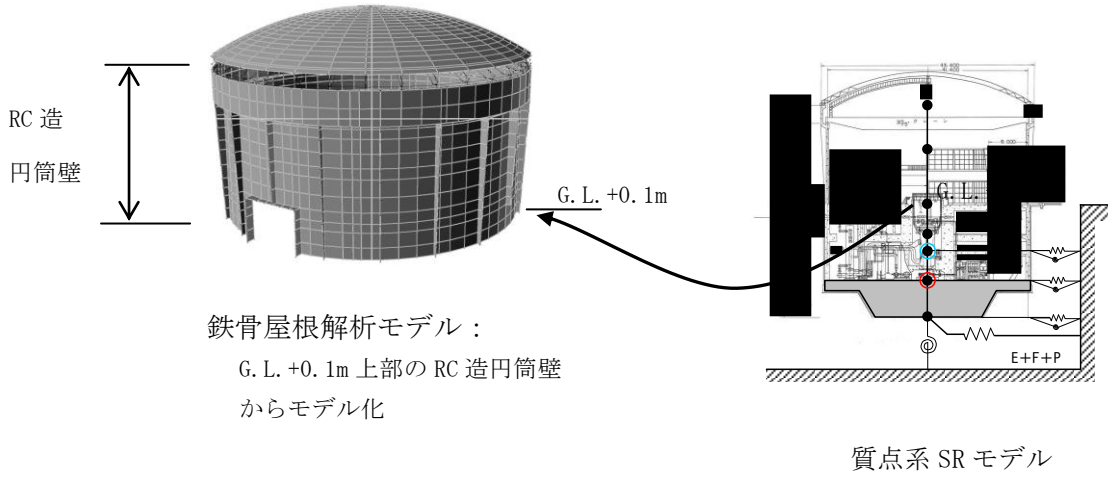
解析モデルへの入力地震動は、東北地方太平洋沖地震の観測波における質点系SRモデルの応答解析より算出された地上1階位置（質点5：G. L. +0.1m）の応答加速度時刻歴を屋根解析モデルに入力する。水平の南北と東西と上下の3方向同時入力の動的弾性解析を行う。

減衰は屋根トラスで2%、地上部円筒壁で3%を考慮する。使用計算機コードは「RESP-T/B」を使用する。

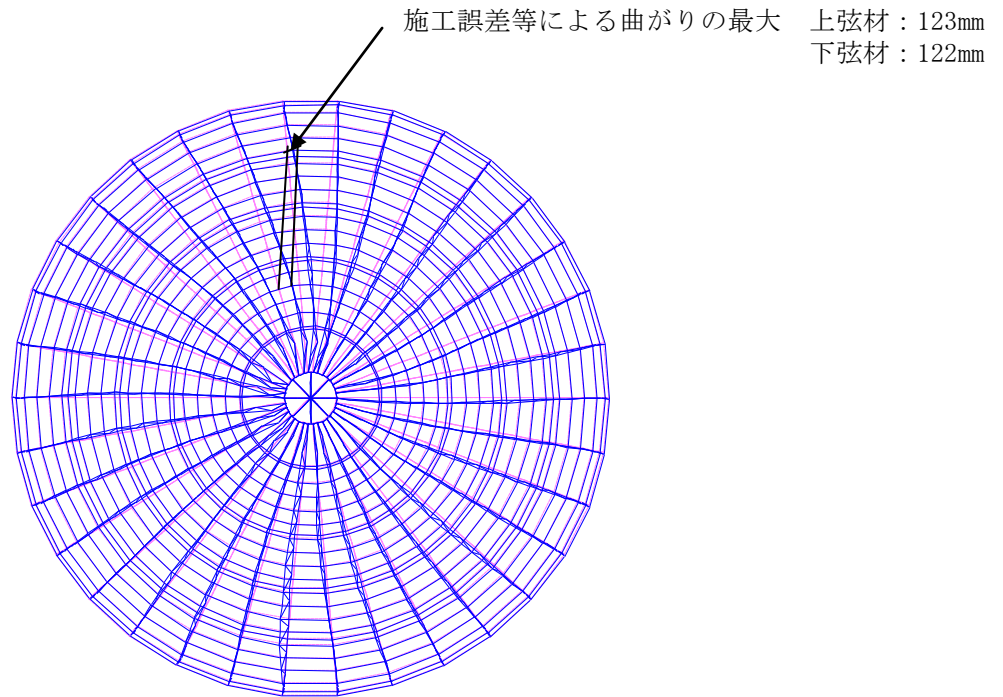
評価手法の概要を第7.2-1図に、入力地震動を第7.2-2図及び第7.2-3図に示す。

なお、解析時間は70～130秒とした。

屋根材：平面応力要素
 アーチ，リング各部材：梁要素，トラス要素

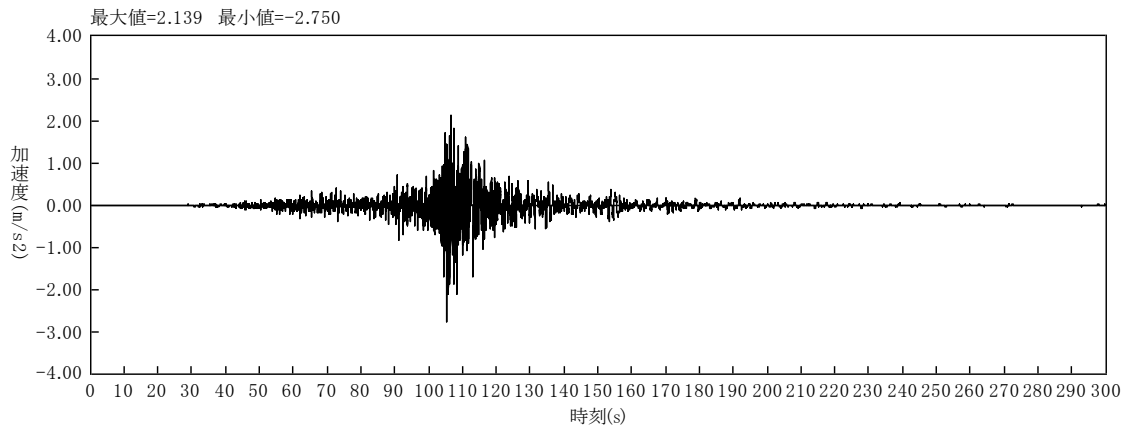


(b) 解析モデル及びイメージ

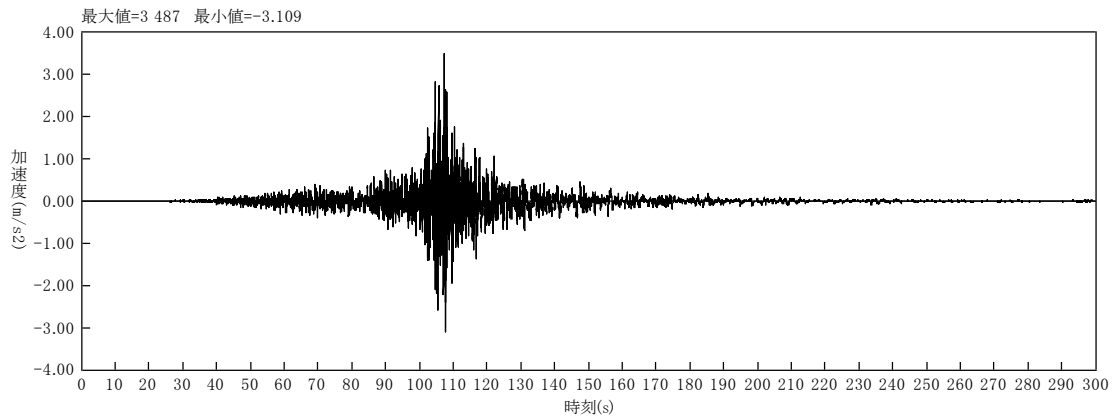


(a) 施工誤差による曲がり状況

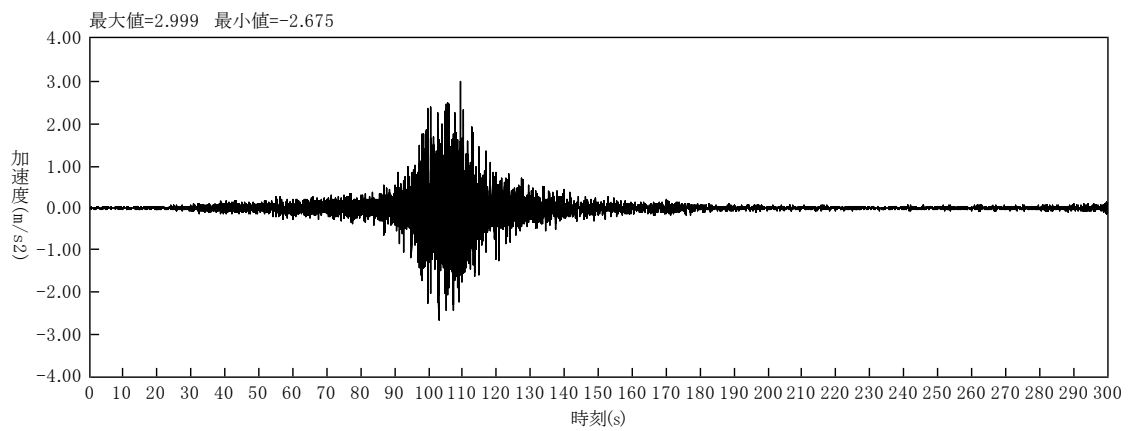
第 7.2-1 図 評価手法の概要



JMTR建家入力加速度(TP+36.8m,SRモデル応答:NS方向)
(a) 南北方向

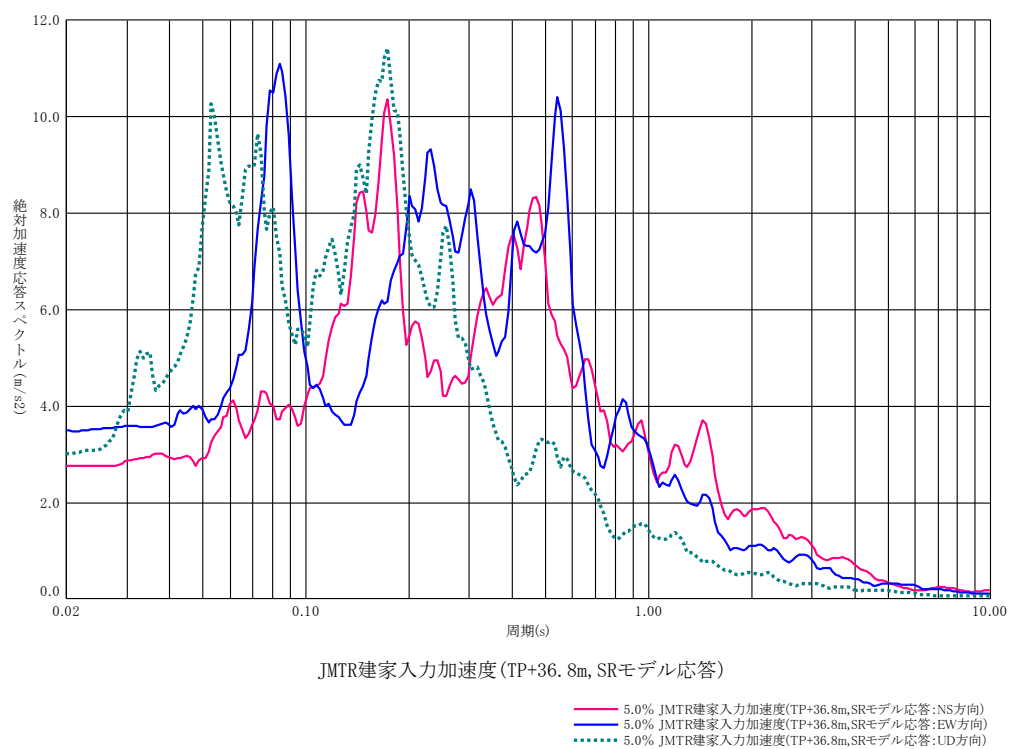


JMTR建家入力加速度(TP+36.8m,SRモデル応答:EW方向)
(b) 東西方向



JMTR建家入力加速度(TP+36.8m,SRモデル応答:UD方向)
(c) 鉛直方向

第 7.2-2 図 入力地震動 (加速度時刻歴、質点 5 : G. L. +0.1m)



第 7.2-3 図 入力地震動 (加速度応答スペクトル、質点 5 : G. L. +0.1m)

7.3 評価基準

上弦材、下弦材、ラチス材及びリング材について、「鋼構造設計規準」(日本建築学会、2005年)に準拠し、以下のように断面を検討する。

屋根の各部材について、発生応力度が評価基準値(許容応力度)を下回ることを確認する。許容応力度はF値の1.1倍に基づき求める。

$$\text{【引張と曲げモーメント】} \quad \frac{\sigma_t + \sigma_b}{f_t} \leq 1$$

$$\text{【圧縮と曲げモーメント】} \quad \frac{\sigma_c}{f_c} + \frac{\sigma_b}{f_b} \leq 1$$

ここに、 σ_t : 引張応力度

σ_c : 圧縮応力度

σ_b : 曲げ応力度

f_t : 短期許容引張応力度

f_c : 短期許容圧縮応力度

f_b : 短期許容曲げ応力度

ただし、曲げモーメントが生じない部位(ラチス材等)では $\sigma_b=0$ とする。

7.4 評価結果

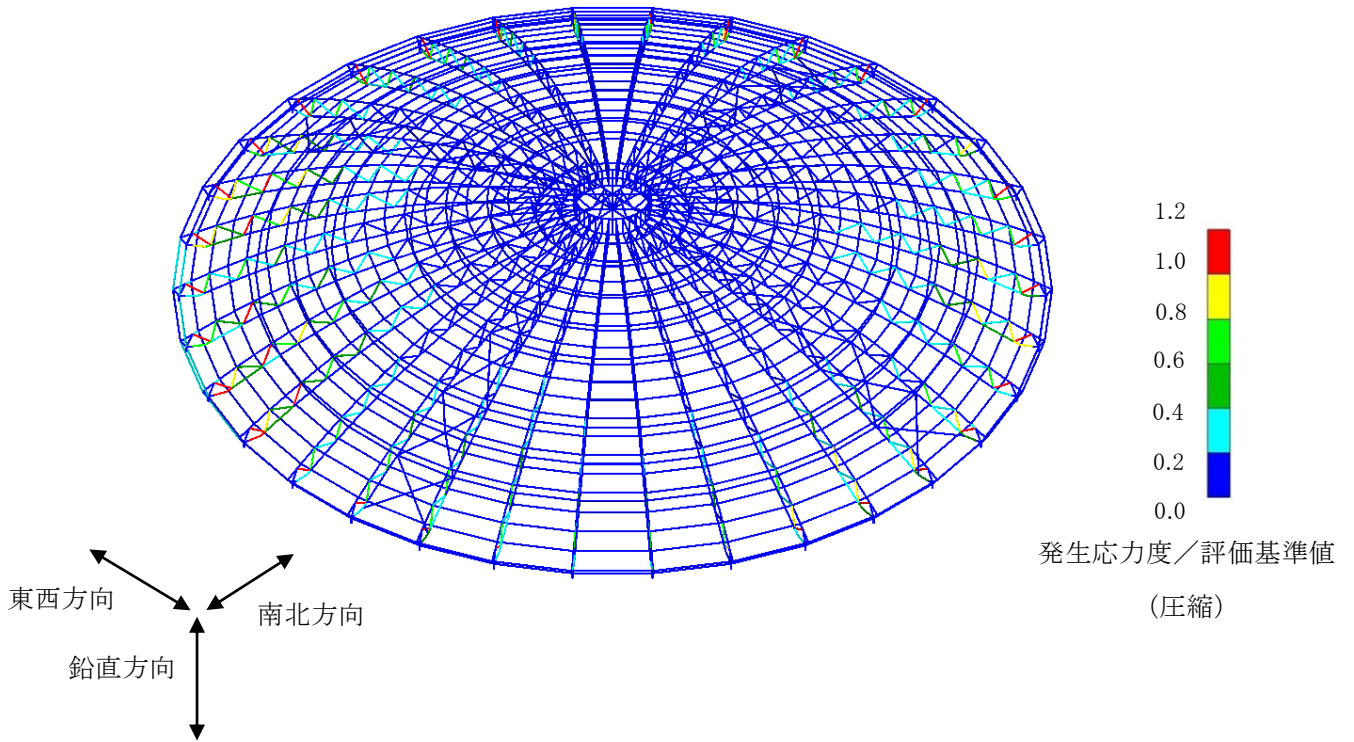
鉄骨屋根部材の評価結果を第 7.4-1 表に、アンカーボルトの評価結果を第 7.4-2 表に、評価基準値に対する発生応力度の比の分布を第 7.4-1 図及び第 7.4-2 図に示す。

以上より、東北地方太平洋沖地震の発生時において、原子炉建家の屋根アーチ材の下弦材の一部及びラチス材の一部並びにアンカーボルト周辺のコンクリート側面が評価基準値を超える結果であった。

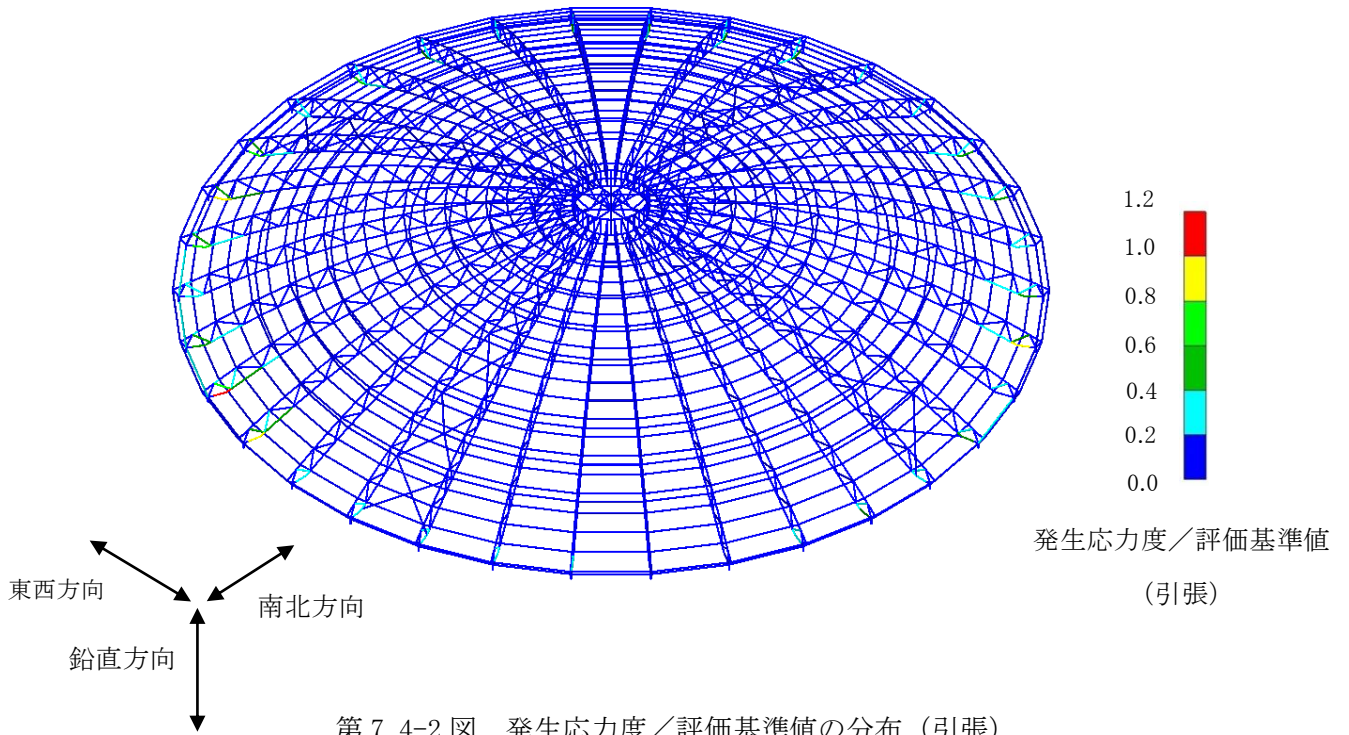
第 7.4-1 表 鉄骨屋根部材の評価結果

部位	部材	使用鋼材	耐震性能評価 応力比 (最大値/許容値)	
			圧縮	引張
アーチ材 (ワーレントラス構造)	上弦材	CT-87.5×175×7.5×11	0.29	0.27
	下弦材	φ-114.3×3.5	<u>1.17</u>	<u>1.10</u>
	ラチス材	φ-60.5×2.9	0.57 (<u>3.18</u> ※)	0.62
頂部 リング	上弦材	H-200×200×8×12	0.07	0.06
	下弦材	H-200×200×8×12	0.05	0.05
	ラチス材	φ-60.5×2.9	0.01	0.01
リング	上弦材	L-75×75×6	0.23	0.10
	下弦材	φ-60.5×2.9	0.17	0.04

※：接合部の評価結果を示す。



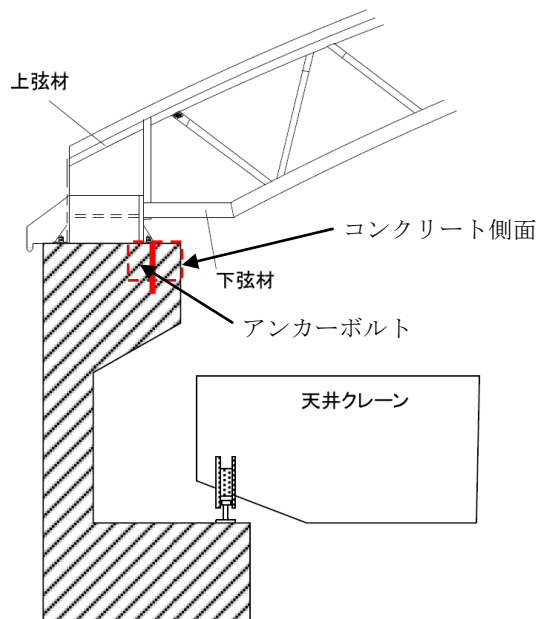
第 7. 4-1 図 発生応力度／評価基準値の分布 (圧縮)



第 7. 4-2 図 発生応力度／評価基準値の分布 (引張)

第 7.4-2 表 アンカーボルトの評価結果

部位	発生値	評価基準値	発生値／評価基準値
コンクリート側面	88.5 (kN)	58.9 (kN)	<u>1.50</u>
アンカーボルト	58.25 (N/mm ²)	135.7 (N/mm ²)	0.43



JMTR 原子炉施設の耐震健全性評価
(原子炉建家鉄骨屋根 B クラス相当の地震力に
対する耐震安全性について)

1. Bクラス相当の地震力に対する耐震安全性について

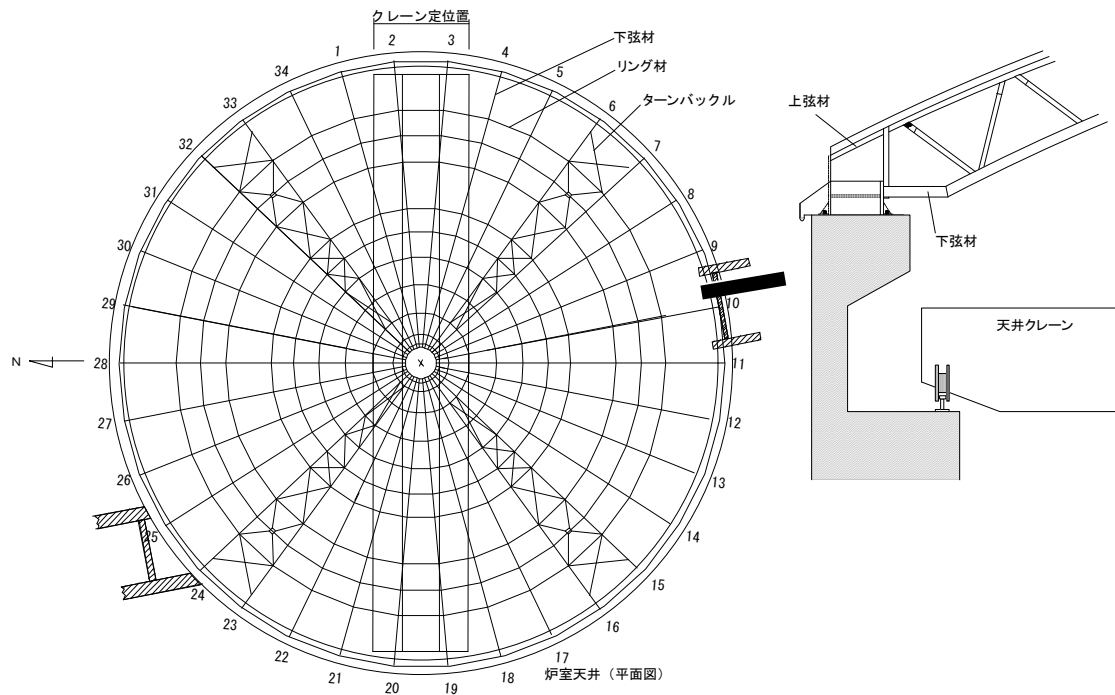
1.1 鉄骨屋根の概要及び評価方針

原子炉建家の屋根トラスは、スパン約 44m（支点間距離）の鉄骨造球面ドーム型の屋根であり、上弦材、下弦材及びラチス材から構成されるアーチ材の上面を鉄板($t=4.5\text{mm}$)膜で覆った構造である。第 1.1-1 表及び第 1.1-1 図に屋根構造の概要を示す。

Bクラス相当の地震力に対して、3次元 FEM モデルによる静的弾性解析により、耐震安全性を評価する。

第 1.1-1 表 屋根構造の概要

	部位	部材断面
架構形式	アーチ材 (ワーレントラス構造)	上弦材：CT-87.5×175×7.5×11 下弦材：φ-114.3×3.5 ラチス材：φ-60.5×2.9
	リング材	上弦材：L-75×75×6 下弦材：φ-60.5×2.9
	水平ブレース	19φ
	頂部リング材	上弦材：H-200×200×8×12 下弦材：H-200×200×8×12 ラチス材：φ-60.5×2.9
	裾リング材	2H-600×200×11×17
	ドーム屋根	屋根葺き材：鉄板 t=4.5mm



第 1.1-1 図 屋根構造の概要

1.2 評価モデル

東北地方太平洋沖地震の地震応答解析の結果、鉄骨屋根のアーチ材の下弦材及びラチス材が、評価基準値を満足しない結果となったため、評価基準値を満足しない部材を強度部材として考慮しない状態（モデル化上は剛性0、重量のみ考慮）で、Bクラス相当の地震力に対する検討を行った。

Bクラス相当の地震力として水平方向及び鉛直方向に以下の震度を考慮した。

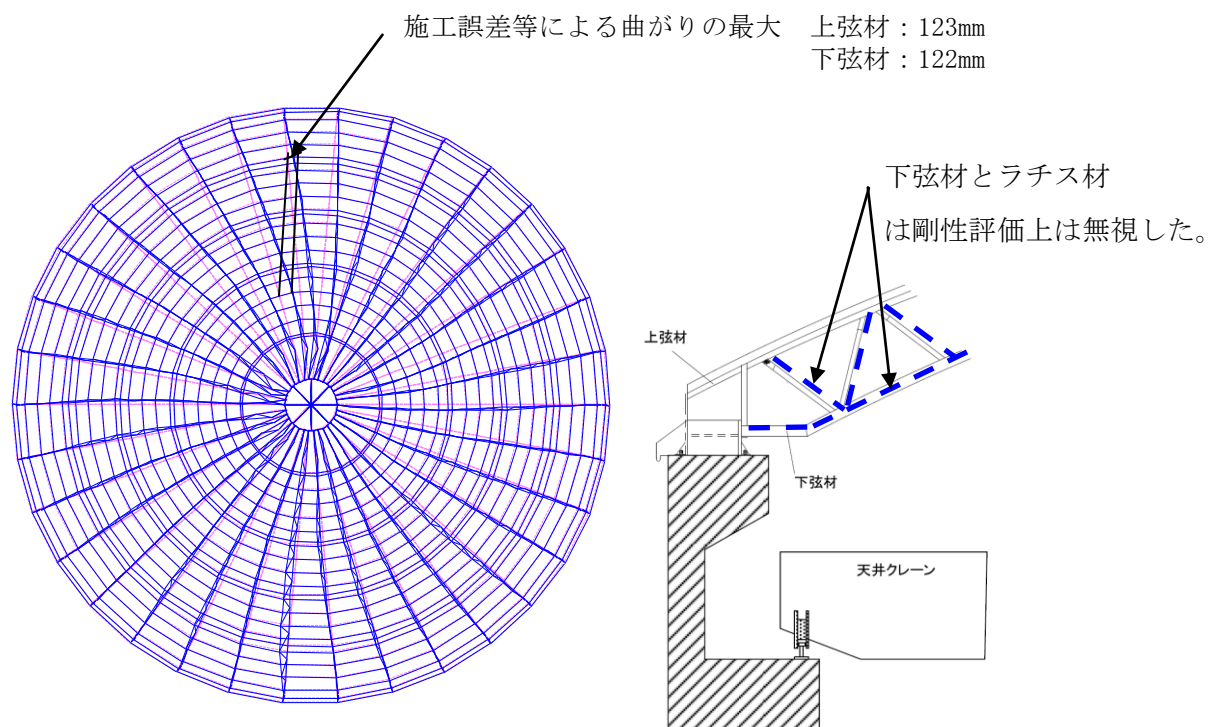
水平震度 0.4G

鉛直震度 0.2G

なお、東北地方太平洋沖地震後の調査において、アーチ材に施工誤差等による曲がりが見られたため（設計寸法に対して最大 123mm）、施工誤差を考慮した形状に基づく自重解析を行ってから、地震時解析を実施した。

ただし、鉄骨屋根の各部材は、非破壊検査により健全性が確認されているため、健全な状態として評価する。

評価概念を第 1.2-1 図に示す。



第 1.2-1 図 評価概念

1.3 評価基準

上弦材、下弦材及びラチス材について、「鋼構造設計規準」（日本建築学会、2005年）に準拠し、以下のように断面を検討する。

屋根の各部材について、発生応力度が評価基準値（許容応力度）を下回ることを確認する。許容応力度はF値に基づき求める。

$$\text{【引張と曲げモーメント】 } \frac{\sigma_t + \sigma_b}{f_t} \leq 1$$

$$\text{【圧縮と曲げモーメント】 } \frac{\sigma_c}{f_c} + \frac{\sigma_b}{f_b} \leq 1$$

ここに、 σ_t ：引張応力度
 σ_c ：圧縮応力度
 σ_b ：曲げ応力度
 f_t ：短期許容応力度
 f_c ：短期許容応力度
 f_b ：短期許容応力度

ただし、曲げモーメントが生じない部位（ラチス材等）では $\sigma_b=0$ とする。

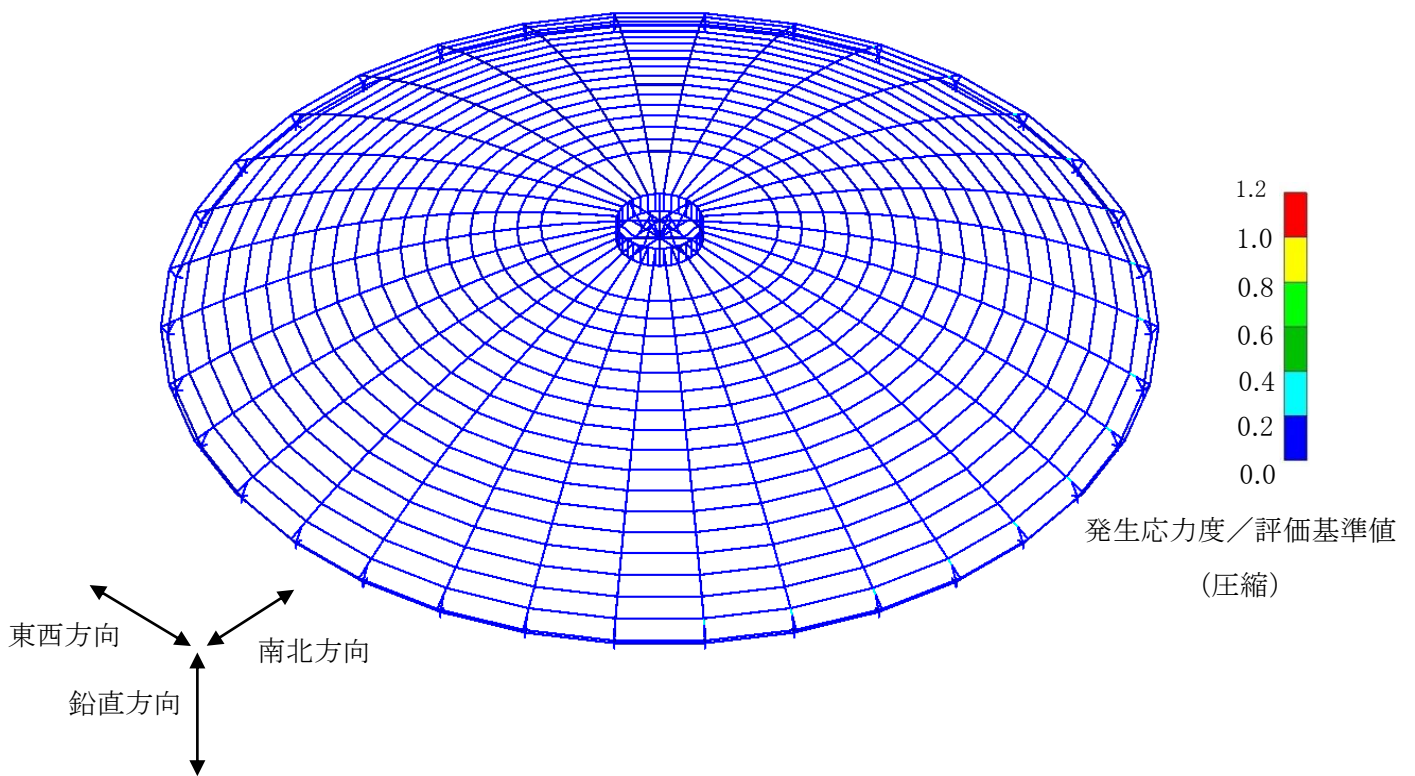
1.4 評価結果

第 1.4-1 表に鉄骨屋根部材の評価結果を、第 1.4-1 図及び第 1.4-2 図に評価基準値に対する発生応力度の比の分布を、アンカーボルト部の評価結果を第 1.4-2 表に示す。

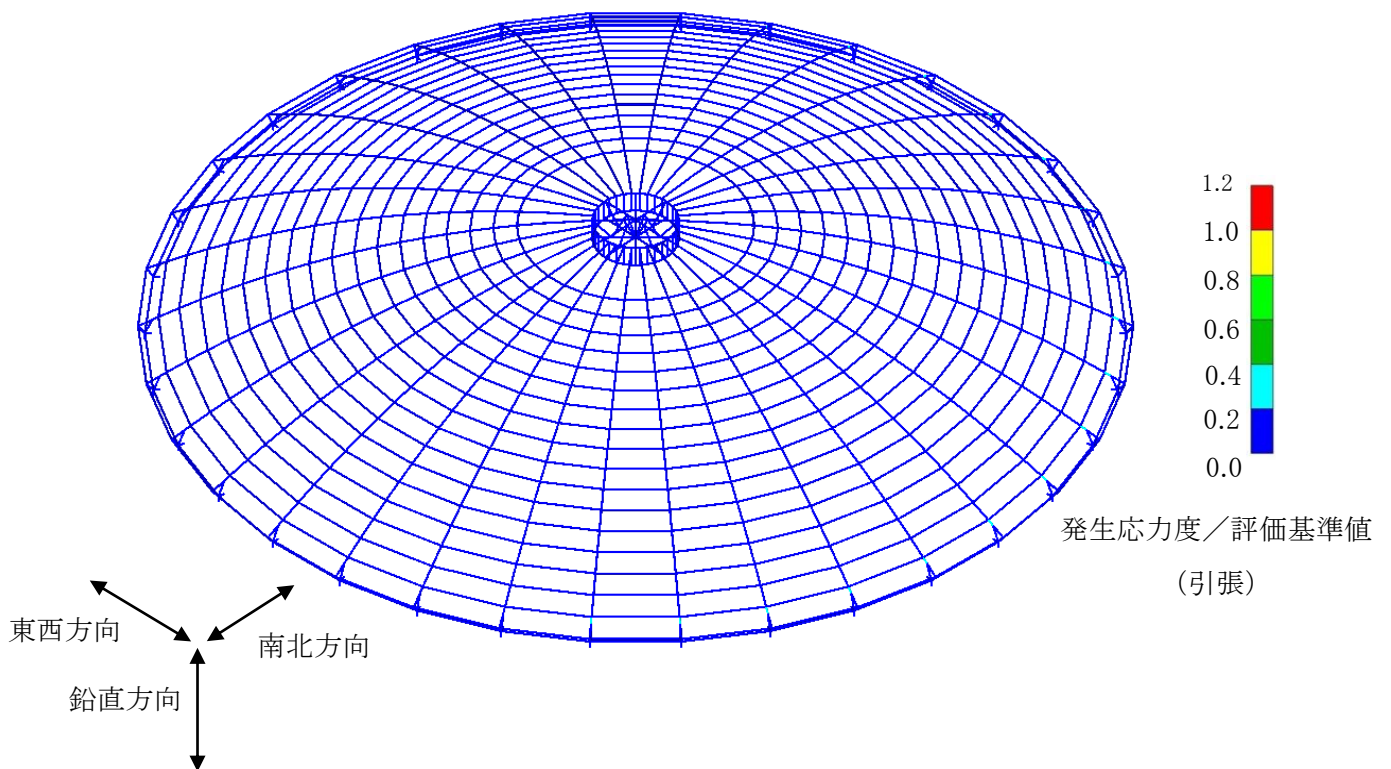
以上より、東北地方太平洋沖地震において評価基準値を満足しない部材を強度部材として考慮しなくとも、既認可条件である B クラスの地震に対しては、十分な耐震安全性を有している。

第 1.4-1 表 鉄骨屋根部材の評価結果

部位	部材	使用鋼材	耐震性能評価 応力比 (最大値/許容値)	
			圧縮	引張
アーチ材 (ワーレントラス構造)	上弦材	CT-87.5×175×7.5×11	0.31	0.29
	下弦材	φ-114.3×3.5	—	—
	ラチス材	φ-60.5×2.9	—	—
頂部 リング	上弦材	H-200×200×8×12	0.03	0.01
	下弦材	H-200×200×8×12	0.02	0.01
	ラチス材	φ-60.5×2.9	0.01	0.02
リング	上弦材	L-75×75×6	0.04	0.05
	下弦材	φ-60.5×2.9	—	—



第 1.4-1 図 発生応力度／評価基準値の分布 (圧縮)

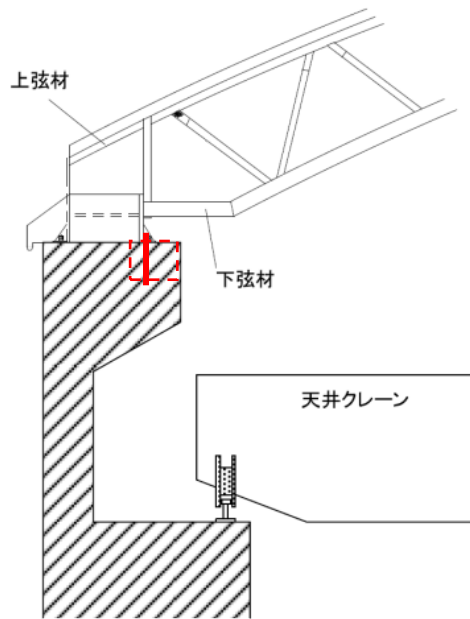


第 1.4-2 図 発生応力度／評価基準値の分布 (引張)

第 1.4-2 表 アンカーボルトの評価結果

部位	発生値 (N/mm ²)	評価基準値 (N/mm ²)	発生値／評価基準値
コンクリート側面	39.5	58.9	0.67
アンカーボルト	26.0	135.6	0.19

※支承部アンカーボルトは、側面コンクリートに損傷が認められたため、片側のみ有効（建屋内側アンカーボルトは建屋外部方向のみに有効、建屋外側アンカーボルトは建屋内部方向にのみ有効であるとして評価）。



JMTR 原子炉施設の耐震健全性評価
(設備機器)

<目次>

1. 評価の方針	1
2. 評価の方法	1
2.1 応答倍率法による評価	1
2.2 時刻歴応答解析による評価	2
3. 地震応答解析の評価基準	2
4. 地震応答解析結果	2
4.1 応答倍率法による評価結果	2
4.2 時刻歴応答解析評価結果	3
4.3 原子炉運転中を仮定した場合の設備機器等評価	3
5. まとめ	4

1. 評価の方針

東北地方太平洋沖地震(以下「3.11地震」という。)に対して、原子炉建家の基礎底板上面(地下3階)の観測記録を用いた地震応答解析の結果として得られた地震動(以下「解析地震動」という。)を用いた設備機器等の地震応答解析を行い、耐震健全性を評価する。

地震応答解析の対象とした設備機器等は、JMTRの運転に係るもののうち耐震設計上重要な設備機器等として、耐震Sクラスに相当する設備機器等で表1に示すとおりである。

2. 評価の方法

設備機器等の地震応答解析に当たっては、まず、応答倍率法による評価を行い、評価基準を満足することを確認する。この方法により評価基準を満足しない場合には、時刻歴応答解析による評価を実施し、評価基準を満足することを確認する。

なお、照射装置炉内管については、原子炉圧力容器の内部から大上蓋を経て、炉プールまでであることから、応答倍率法による単純な比較ができないため、応答倍率法による評価は行わず、時刻歴応答解析のみを実施した。

この他、東北地方太平洋用沖地震に対して、原子炉が運転していたと仮定した場合の設備機器等の内圧、温度、荷重等の条件も考慮する。

2.1 応答倍率法による評価

原子炉建家の基礎底板上面(地下3階)の観測記録を用いた地震応答解析により求めた原子炉建家各階の結果として得られた床応答スペクトルと平成18年から実施しているJMTRの耐震バックチェックのために求めた床応答スペクトル(以下「安全確認地震動」という。)を用いて、応答倍率法により評価を行う。これらの床応答スペクトルを図1～6に示す。

なお、観測記録に基づく床応答スペクトルは、原子炉建家の地震応答解析で得られた時刻歴波より、水平方向(EW方向、NS方向)及び鉛直方向(UD方向)について求め、「原子力発電所耐震設計技術指針(JEAG 4601-1987)」を参考に、周期軸方向を±10%拡幅したものを使用する。

また、使用済燃料ラックについては、観測記録に基づく床応答スペクトルを用いて転倒の有無を評価する。

応答倍率法の評価方法は次の式等による。

$$\text{発生応力 } \sigma = \sigma_a + \sigma_b \beta$$

$$\beta = \left(\frac{\sqrt{(CH_t^2 + CV_t^2)}}{\sqrt{(CH^2 + CV^2)}} \right)$$

σ_a : 安全確認地震動評価時における地震以外の荷重(自重等)による応力
(3.11地震時の状況を考慮した応力とする。)

σ_b : 安全確認地震動評価時における応力

β : 水平と鉛直の合成応答比

CH_t : 解析地震動の水平加速度

CV_t : 解析地震動の鉛直加速度

CH : 安全確認地震動時の水平加速度

CV : 安全確認地震動時の鉛直加速度

発生応力が評価基準値を満足しない場合は、時刻歴応答解析を実施する。

2.2 時刻歴応答解析による評価

原子炉建家の基礎底版上面(地下3階)の観測記録を用いた地震応答解析の結果として得られた原子炉建家各階の時刻歴波を用いて、時刻歴応答解析により発生する応力を評価する。複数階に跨り支持されている配管等では、各階毎の時刻歴波を入力する多質点同時入力による解析を行う。時刻歴波を図7～15に示す。

3. 地震応答解析の評価基準

設備機器等の評価基準は、「原子力発電所耐震設計技術指針(JEAG 4601-1987)」に規定されている許容応力状態Ⅲ_ASにおける許容応力とする。また、Ⅲ_ASにおける許容応力状態を超えた場合には機能維持の観点から許容応力状態Ⅳ_ASを超えていないことを確認する。

4. 地震応答解析結果

東北地方太平洋沖地震における評価対象機器ごとの評価結果(原子炉停止状態)を表2に示す。

4.1 応答倍率法による評価結果

- (1) 压力容器の上部支持構造物、制御棒案内管及び主循環系配管の一部を除き、評価基準値を満足した。

- (2) 压力容器の上部支持構造物及び制御棒案内管については、一次応力が評価基準値を超過した。
- (3) 主循環系配管については、配管1（原子炉压力容器～主循環ポンプ、緊急ポンプ～主熱交換器）、配管2（主熱交換器～原子炉压力容器）、配管4（主循環ポンプ入口ヘッダー～脱気タンク）の部位で一次応力が評価基準値を超過した。

原子炉压力容器の上部支持構造物及び制御棒案内管の概要を図16に示す。また、主循環系配管の配管1, 2, 4の部位の概要を図17～19に示す。

応答倍率法による評価で評価基準値を満足しなかった上記の機器については、時刻歴応答解析評価を行った。

また、使用済燃料ラックはA型、B型、C型の3種類あるが、これらについて、転倒の有無を評価した結果を表3に示す。そのうち、A型の使用済燃料ラックは、転倒モーメントが復元モーメントを上回り、転倒する評価結果となった。しかし、図20に示すように、A型の使用済燃料ラックには、蓋にロック機構が有り（なお、B型にはロック機構有り、C型にはロック機構無し。）、転倒しても使用済燃料ラックに収納された使用済燃料はラック内に保持されているため、未臨界状態は維持される。

なお、地震後の点検結果から、転倒した使用済燃料ラックはなく、使用済燃料ラック及びそこに収納されている使用済燃料に異常がないことは既に確認済みである。

照射装置炉内管については、応答倍率法による評価は行わず、時刻歴応答解析を実施した。

4.2 時刻歴応答解析による評価結果

压力容器上部支持構造物、制御棒案内管、主循環系配管及び照射試験装置炉内管の解析の結果、全ての評価点において評価基準値を満足した。

4.3 原子炉運転中を仮定した場合の設備機器等評価

東北地方太平洋沖地震時、原子炉は改修中のため停止中であつたが、原子炉が運転していたと仮定した場合の設備機器等の内圧、温度、荷重等の条件での地震応答解析を行った。

なお、原子炉運転中における原子炉停止中での計算条件との違いは、原子炉の一次冷却系（主循環系配管、サイフォンブレイクライン、熱交換器、圧力サージタンク）の温度を40℃から使用温度50℃に、原子炉压力容器及び制御棒駆動機構の温度を40℃から最高使用温度90℃に、制御棒案内管及び反射体の温度を40℃から最高使用温度100℃に、燃料要素の温度を40℃から原子炉運転時の燃料板の最

高使用温度186°Cに、照射装置炉内管(HR-1)の温度を40°Cから最高使用温度100°Cに、照射装置炉内管(OSF-1)の温度を40°Cから最高使用温度90°Cに、原子炉の一次冷却系の圧力を0.11MPa(水頭圧)から運転中の1.44MPaに、照射装置炉内管(HR-1)の圧力を0.13MPa(水頭圧)から最高使用圧力1.96MPaに照射装置炉内管(OSF-1)の圧力を0.11MPa(水頭圧)から最高使用圧力1.76MPaに変更していることである。そのため、原子炉の運転の有無で評価結果が変わるのは、原子炉圧力容器、制御棒駆動機構、制御棒案内管、燃料要素、反射体要素、照射装置炉内管、主循環系配管、サイフォンブレイクライン、熱交換器及び圧力サージタンクである。

評価結果を表4に示す。その結果、一次冷却系配管の一部(熱交換器No.3の入口配管付近と熱交換器No.2の出口配管の2か所)を除き許容応力状態Ⅲ_ASを満足した。なお、熱交換器No.3の入口配管付近と熱交換器No.2の出口配管の2か所については、弾性範囲(許容応力状態Ⅲ_AS)をわずかに超えたが(10%程度)、許容応力状態Ⅳ_ASより小さく、破損することなく、機能を維持することを確認した。

5. まとめ

東北地方太平洋沖地震に対するJMTR原子炉施設の設備機器等の耐震評価を行った結果、使用済燃料ラックの一部を除き評価基準値を満足した。また、使用済燃料ラック3.11地震により転倒する結果となったが(実際には転倒していなかった。)それに収納された使用済燃料は使用済燃料ラック内に保持されると共にその形状も維持しており、使用済燃料ラック内の使用済燃料ラックの未臨界性は維持される。

以上から、東北地方太平洋沖地震に対するJMTR原子炉施設の設備機器等の健全性は確保されていることを確認した。

表 1 地震応答解析の対象設備機器等

施設	設備機器等
原子炉本体	炉心、燃料要素、反射体要素、圧力容器、制御棒案内管、照射装置炉内管、キャプセル*
核燃料貯蔵設備	使用済燃料ラック
原子炉冷却系統施設	主循環系配管、主要弁、主循環ポンプ、緊急ポンプ、圧力サージタンク、熱交換器、サイフォンブレイクライン
計測制御系統施設	制御棒、制御棒駆動機構

*: キャプセルについては、反射体要素に装荷された反射体要素と同質のプラグとして、反射体要素の評価に含めた。

表2 評価結果一覧(1/3)(原子炉停止状態)

評価対象機器	評価部位	応力種類	評価基準値 (A) III_AS^* (N/mm ²)	応答倍率 法による 評価(B) (N/mm ²)	B/A	時刻歴応 答解析に よる評価 (C) (N/mm ²)	C/A
原子炉圧力容器	胴	一次一般膜	175	54	0.31	-	-
	下部スカート	組合せ	205	40	0.2	-	-
		圧縮+曲げ	1	0.4	0.4	-	-
	上部スカート	組合せ	205	58	0.29	-	-
		圧縮+曲げ	1	0.4	0.4	-	-
	上部支持構造物	組合せ	215	432	2.01	162	0.76
圧縮+曲げ		1	1.3	1.3	0.6	0.6	
制御棒駆動機構	胴	一次一般膜	205	97	0.48	-	-
	耐震支持構造物	引張	235	52	0.23	-	-
制御棒案内管	案内管	組合せ	185	19	0.11	-	-
		圧縮+曲げ	1	1.6	1.6	0.3	0.3
燃料要素	側板	組合せ	63	7	0.12	-	-
反射体要素	胴	曲げ	185	2	0.02	-	-
照射装置炉内管 (OSF-1)	直管	一次	221	-	-	44	0.2
	レジューサ	一次	205	-	-	39	0.2
	入口配管取付部	一次	205	-	-	97	0.48
	出口配管取付部	一次	221	-	-	53	0.24
照射装置炉内管 (HR-1)	直管	一次	175	-	-	94	0.54
	レジューサ	一次	175	-	-	20	0.12
	曲管	一次	175	-	-	63	0.36

* : 「原子力発電所耐震設計技術指針 (JEAG 4601-1987)」に規定されている許容応力状態 III_AS における許容応力。

表2 評価結果一覧(2/3)(原子炉停止状態)

評価対象 機器	評価部位	応力種類	評価基準値 (A) III_{AS}^* (N/mm ²)	応答倍率 法による 評価(B) (N/mm ²)	B/A	時刻歴応 答解析に よる評価 (C) (N/mm ²)	C/A
主循環系 配管	配管 1 (原子炉圧力容器～主循環ポンプ、緊急ポンプ～主熱交換器)	一次	205	381	1.86	193	0.95
	配管 2 (主熱交換器～原子炉圧力容器)	一次	205	450	2.2	193	0.95
	配管 3 (圧力サージタンク～原子炉圧力容器入口配管)	一次	205	149	0.73	-	-
	配管 4 (主循環ポンプ入口ヘッダー～脱気タンク)	一次	205	227	1.11	85	0.42
	配管 5 (純水補給系～熱交換器出口ヘッダー)	一次	205	63	0.31	-	-
	配管 6 (充填ポンプ～熱交換器入口ヘッダー)	一次	205	199	0.98	-	-
サイフォン ブレーク ライン	配管 7 (サイフォンブレーク弁～サイフォンブレークライン B1F 床)	一次	205	129	0.63	-	-
	配管 8 (サイフォンブレークライン B1F 床～主循環ポンプ入口配管)	一次	205	17	0.09	-	-
主循環ポンプ	取付ボルト	引張	161	5	0.04	-	-
		せん断	124	3	0.03	-	-
	基礎ボルト	引張	161	4	0.03	-	-
		せん断	124	3	0.03	-	-
緊急ポンプ	取付ボルト	引張	161	2	0.02	-	-
		せん断	124	1	0.01	-	-
	基礎ボルト	引張	161	1	0.01	-	-
		せん断	124	2	0.02	-	-

* : 「原子力発電所耐震設計技術指針 (JEAG 4601-1987)」に規定されている許容応力状態 III_{AS} における許容応力。

表2 評価結果一覧(3/3)(原子炉停止状態)

評価対象機器	評価部位	応力種類	評価基準値 (A) III_AS^* (N/mm ²)	応答倍率 法による 評価(B) (N/mm ²)	B/A	時刻歴応 答解析に よる評価 (C) (N/mm ²)	C/A
熱交換器	胴	一次一般膜	215	33	0.16	-	-
	水室胴	一次一般膜	205	25	0.13	-	-
	スカート	組合せ	215	95	0.45	-	-
		圧縮+曲げ	1	0.5	0.5	-	-
	上部支持構造物	一次一般膜	215	158	0.74	-	-
	主熱交換器 基礎ボルト	引張	161	88	0.55	-	-
		せん断	124	17	0.14	-	-
上部支持構造物 基礎ボルト	引張	161	141	0.88	-	-	
圧力サージタンク	胴	一次一般膜 (長手方向)	205	13	0.07	-	-
		一次一般膜 (周方向)	205	6	0.03	-	-
		組合せ	307	31	0.11	-	-
	支持脚	引張	245	31	0.13	-	-
		圧縮	225	37	0.17	-	-
		曲げ	245	114	0.47	-	-
		せん断	141	50	0.36	-	-
		圧縮+曲げ	1	0.7	0.7	-	-
		引張+曲げ	1	0.6	0.6	-	-
	基礎ボルト X 方向	引張	176	18	0.11	-	-
	基礎ボルト Z 方向	引張	176	2	0.02	-	-

* : 「原子力発電所耐震設計技術指針 (JEAG 4601-1987)」に規定されている許容応力状態 III_AS における許容応力。

表3 使用済燃料ラックの評価結果

名称	部位	重量 W (kg)	重心高さ h (mm)	ラックベース端から重心までの距離 l_g (mm)	転倒モーメント M1 (A)	復元モーメント M2 (B)	A/B
A 型	長手方向	957	630	370	1.92E+05	1.90E+05	1.01
	短手方向			240	1.92E+05	1.23E+05	1.56
B 型	長手方向	676	445	370	9.57E+04	1.81E+05	0.53
	短手方向			240	9.57E+04	1.17E+05	0.82
C 型	長手方向	1086	624	345	2.16E+05	2.71E+05	0.80
	短手方向			282.5	2.16E+05	2.22E+05	0.98

転倒モーメント $M1 = C_H \cdot W \cdot h$

復元モーメント $M2 = W \cdot (1 - C_V) \cdot l_g$

C_H : 解析地震動時の水平加速度 0.318G

C_V : 解析地震動時の鉛直加速度 A 型 0.462G、B, C 型 0.275G

表4 評価結果一覧(1/3)(原子炉運転状態)

評価対象 機器	評価部位	応力 種類	評価 基準値(A) $III_A S^{*1}$ (N/mm ²)	評価 基準値(B) $IV_A S^{*2}$ (N/mm ²)	評価 結果 (C) (N/mm ²)	C/A	C/B
原子炉 压力容器	胴	一次 一般膜	149	250	74	0.5	0.3
	下部スカート	組合せ	205	246	40	0.2	0.17
		圧縮 +曲げ	1	1	0.4	0.4	0.4
	上部スカート	組合せ	205	246	58	0.29	0.24
		圧縮 +曲げ	1	1	0.4	0.4	0.4
	上部支持構造物	組合せ	215	258	162	0.76	0.63
圧縮 +曲げ		1	1	0.6	0.6	0.5	
制御棒 駆動機構	胴	一次 一般膜	198	302	135	0.69	0.45
	耐震支持構造物	引張	235	280	52	0.23	0.19
制御棒 案内管	案内管	組合せ	171	171	19	0.12	0.12
		圧縮 +曲げ	1	1	0.3	0.3	0.3
燃料要素	側板	組合せ	51	62	7	0.14	0.12
反射体 要素	胴	曲げ	171	171	2	0.02	0.02
照射装置 炉内管 (OSF-1)	直管	一次	173	255	52	0.31	0.21
	レギュレーサ	一次	180	432	49	0.28	0.12
	入口配管取付部	一次	180	432	100	0.56	0.24
	出口配管取付部	一次	173	255	56	0.33	0.22
照射装置 炉内管 (HR-1)	直管	一次	145	367	103	0.72	0.29
	レギュレーサ	一次	145	367	33	0.23	0.09
	曲管	一次	145	367	73	0.51	0.2

*1:「原子力発電所耐震設計技術指針 (JEAG 4601-1987)」に規定されている許容応力状態 $III_A S$ における許容応力。

*2:「原子力発電所耐震設計技術指針 (JEAG 4601-1987)」に規定されている許容応力状態 $IV_A S$ における許容応力。

表4 評価結果一覧(2/3)(原子炉運転状態)

評価対象 機器	評価部位	応力 種類	評価 基準値 (A) III _A S* ¹ (N/mm ²)	評価 基準値(B) IV _A S* ² (N/mm ²)	評価結果 (N/mm ²)	C/A	C/B
主循環系 配管	配管 1 (原子炉圧力容器～主循環ポン プ、緊急ポンプ～主熱交換器)	一次	198	453	215* ³	1.09	0.48
	配管 2 (主熱交換器～原子炉圧力容器)	一次	198	453	217* ³	1.1	0.48
	配管 3 (圧力サージタンク～原子炉圧力 容器入口配管)	一次	198	453	157	0.8	0.35
	配管 4 (主循環ポンプ入口ヘッダー～脱 気タンク)	一次	198	453	95	0.48	0.21
	配管 5 (純水補給系～熱交換器出口ヘッ ダー)	一次	198	453	72	0.37	0.16
	配管 6 (充填ポンプ～熱交換器入口ヘッ ダー)	一次	198	453	97	0.49	0.22
サイフォン ブレイク ライン	配管 7 (サイフォンブレイク弁～サイフ オンブレイクライン B1F 床)	一次	198	453	143	0.73	0.32
	配管 8 (サイフォンブレイクライン B1F 床～主循環ポンプ入口配管)	一次	198	453	31	0.16	0.07
主循環 ポンプ	取付ボルト	引張	161	193	5	0.04	0.03
		せん断	124	148	3	0.03	0.03
	基礎ボルト	引張	161	193	4	0.03	0.03
		せん断	124	148	3	0.03	0.03
緊急ポンプ	取付ボルト	引張	161	193	2	0.02	0.02
		せん断	124	148	1	0.01	0.01
	基礎ボルト	引張	161	193	1	0.01	0.01
		せん断	124	148	2	0.02	0.02

*1:「原子力発電所耐震設計技術指針 (JEAG 4601-1987)」に規定されている許容応力状態III_AS
における許容応力。

*2:「原子力発電所耐震設計技術指針 (JEAG 4601-1987)」に規定されている許容応力状態IV_AS
における許容応力。

*3:配管 1 の熱交換器No.3 の入口配管付近(1 箇所)と配管 2 の熱交換器No.2 の出口配管付近(1 箇所)
において評価基準値であるIII_AS を超過しているが、IV_AS の基準内にある。なお、配管 1 の他
の部位については 193MPa 以下、配管 2 の他の部位については 189MPa 以下である。

表4 評価結果一覧 (3/3) (原子炉運転状態)

評価対象機器	評価部位	応力種類	評価 基準値 (A) III _A S* ¹ (N/mm ²)	評価 基準値(B) IV _A S* ² (N/mm ²)	評価結 果 (N/mm ²)	C/A	C/B
熱交換器	胴	一次一般膜	215	240	93	0.44	0.39
	水室胴	一次一般膜	198	302	136	0.69	0.46
	スカート	組合せ	215	258	95	0.45	0.37
		圧縮+曲げ	1	1	0.5	0.5	0.5
	上部支持構造物	一次一般膜	215	258	158	0.74	0.62
	主熱交換器	引張	161	193	88	0.55	0.46
	基礎ボルト	せん断	124	148	17	0.14	0.12
上部支持構造物 基礎ボルト	引張	161	193	141	0.88	0.74	
圧力サージタンク	胴	一次一般膜 (長手方向)	198	302	47	0.24	0.16
		一次一般膜 (周方向)	198	302	74	0.38	0.25
		組合せ	297	453	98	0.33	0.22
	支持脚	引張	245	280	31	0.13	0.12
		圧縮	225	254	38	0.17	0.15
		曲げ	245	280	114	0.47	0.41
		せん断	141	161	21	0.15	0.14
		圧縮+曲げ	1	1	0.7	0.7	0.6
		引張+曲げ	1	1	0.6	0.6	0.6
	基礎ボルト X 方向	引張	176	210	18	0.1	0.09
	基礎ボルト Z 方向	引張	176	210	2	0.02	0.01

*1: 「原子力発電所耐震設計技術指針 (JEAG 4601-1987)」に規定されている許容応力状態 III_AS
における許容応力。

*2: 「原子力発電所耐震設計技術指針 (JEAG 4601-1987)」に規定されている許容応力状態 IV_AS
における許容応力。

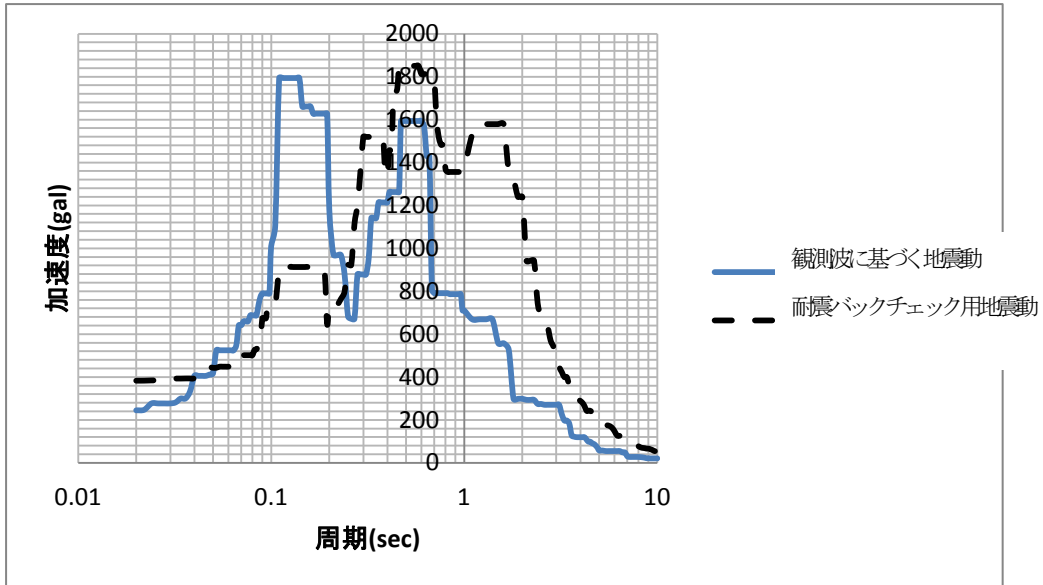


図 1 地下 3 階における地震動の比較(水平方向減衰定数 1%)

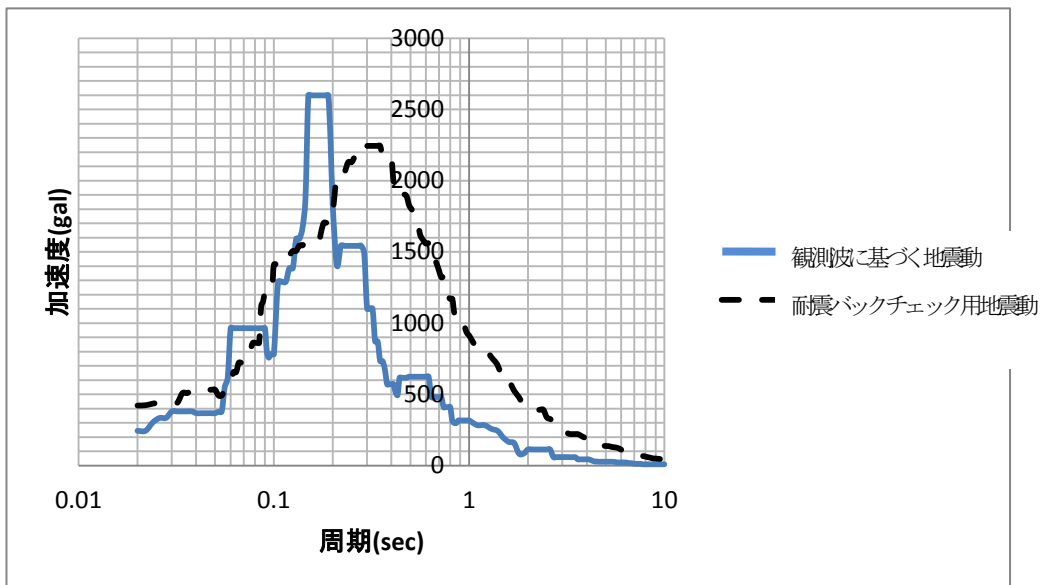


図 2 地下 3 階における地震動の比較(鉛直方向減衰定数)

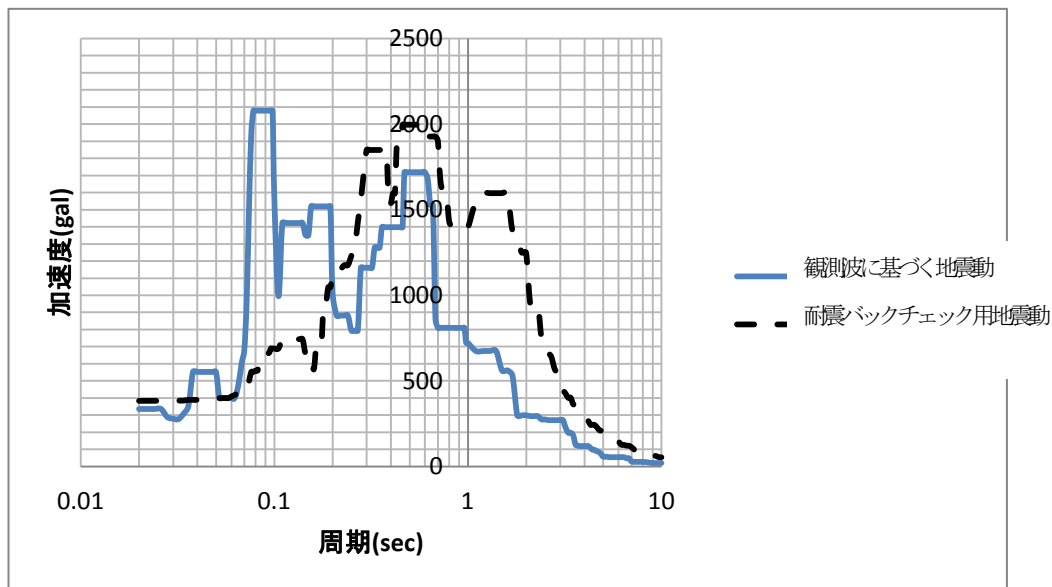


図3 地下2階における地震動の比較(水平方向減衰定数1%)

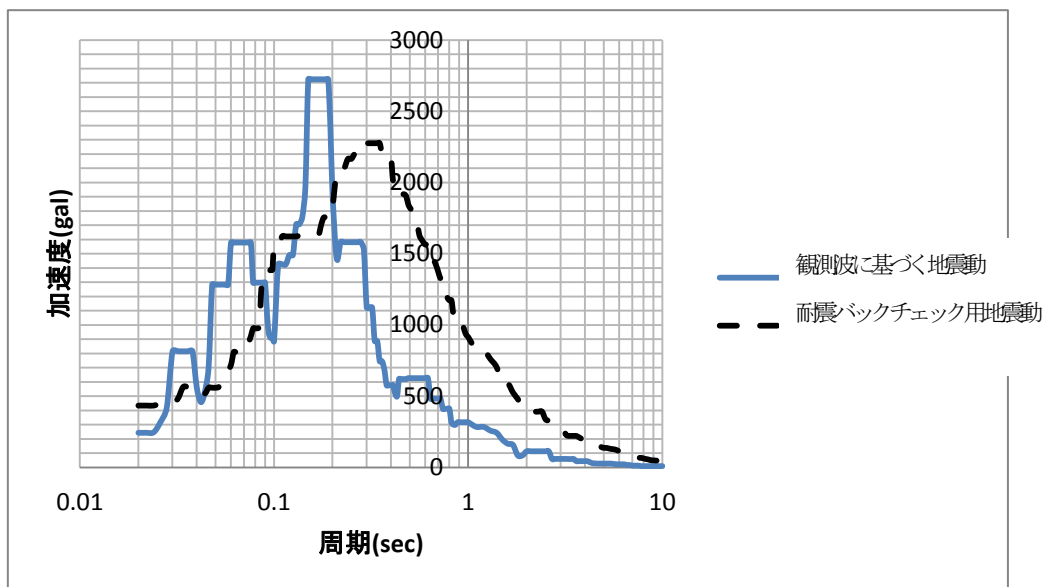


図4 地下2階における地震動の比較(鉛直方向減衰定数1%)

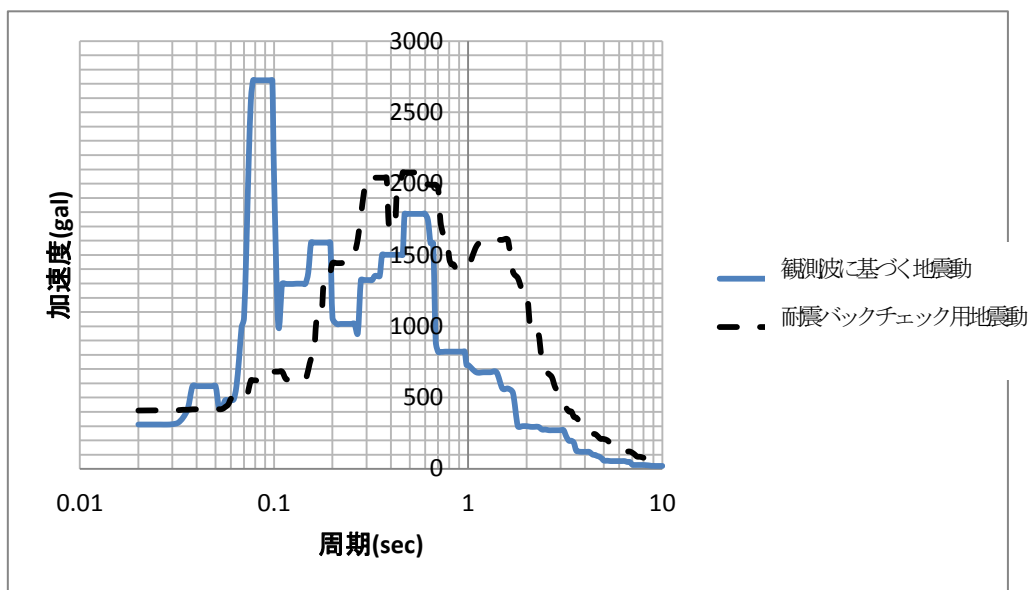


図5 地下1階における地震動の比較(水平方向減衰定数1%)

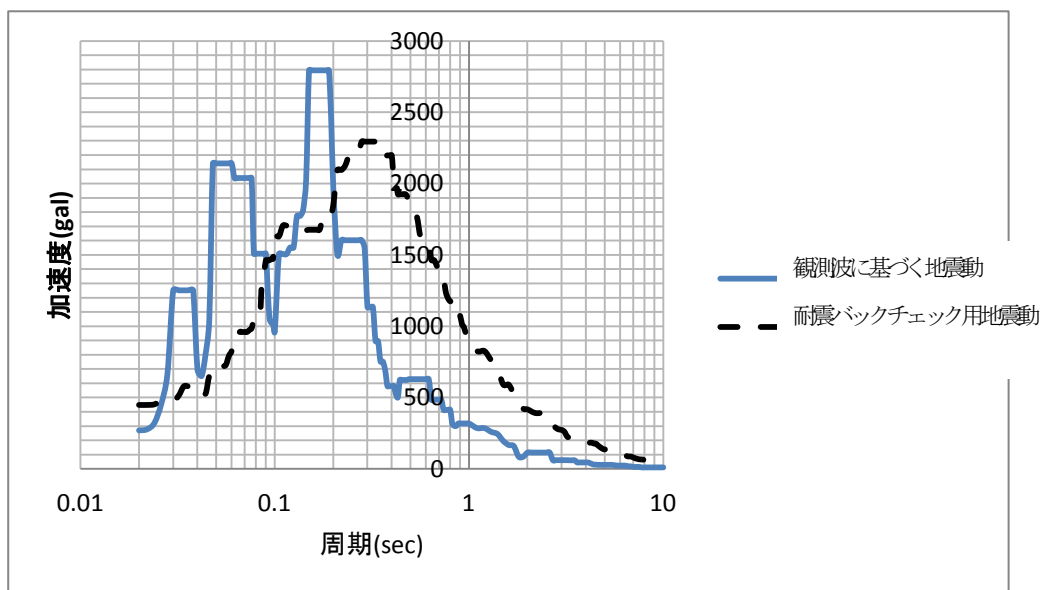


図6 地下1階における地震動の比較(鉛直方向減衰定数1%)

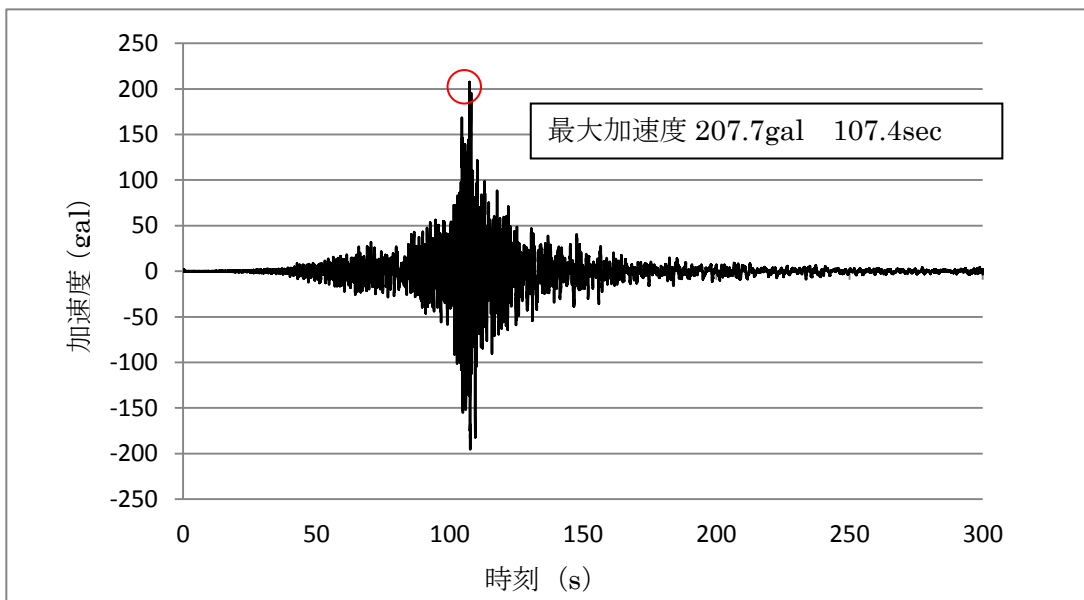


图 7 原子炉建家地下 3 階時刻歴(EW)

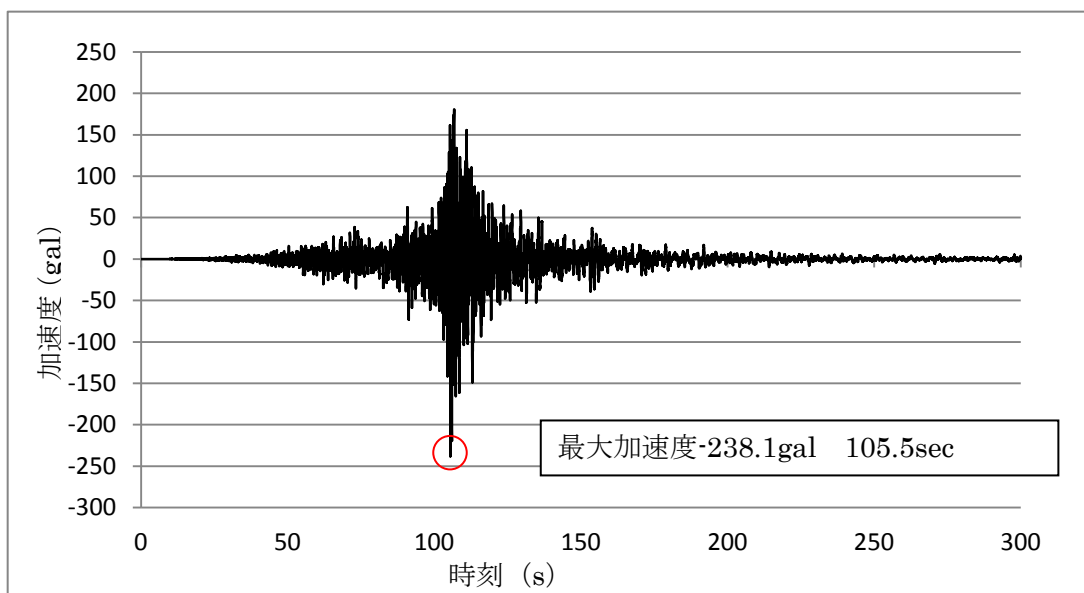


图 8 原子炉建家地下 3 階時刻歴(NS)

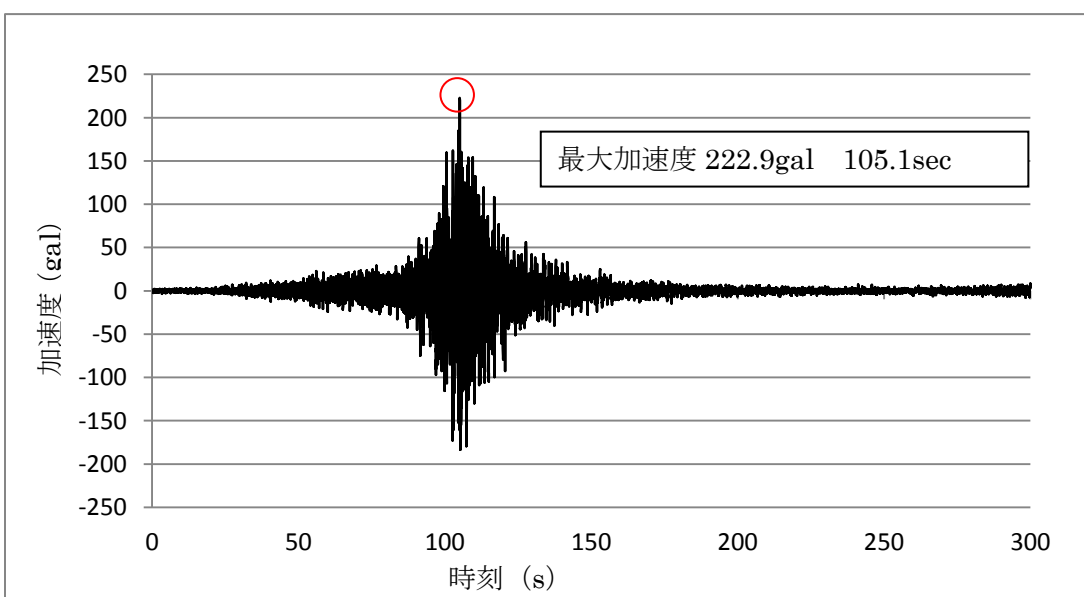


图 9 原子炉建家地下 3 階時刻歴(UD)

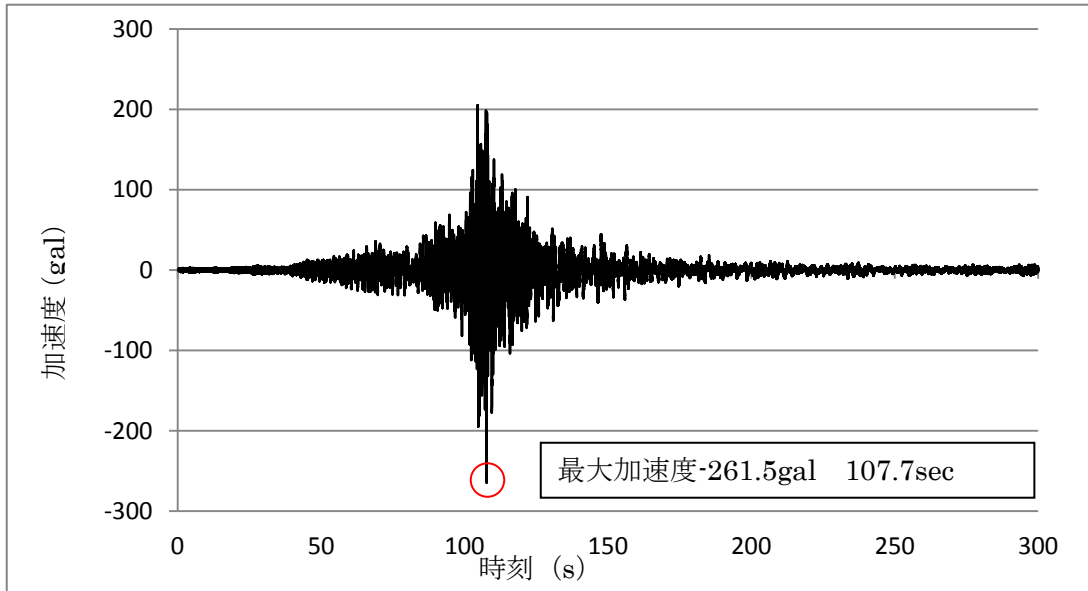


图 10 原子炉建家地下 2 階時刻歴(EW)

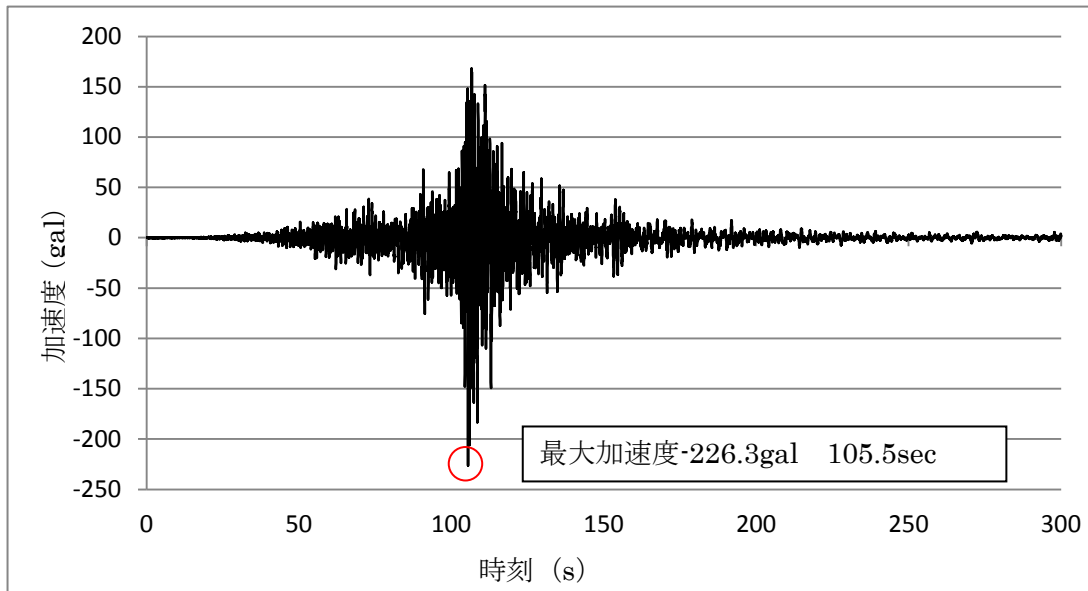


图 11 原子炉建家地下 2 階時刻歴(NS)

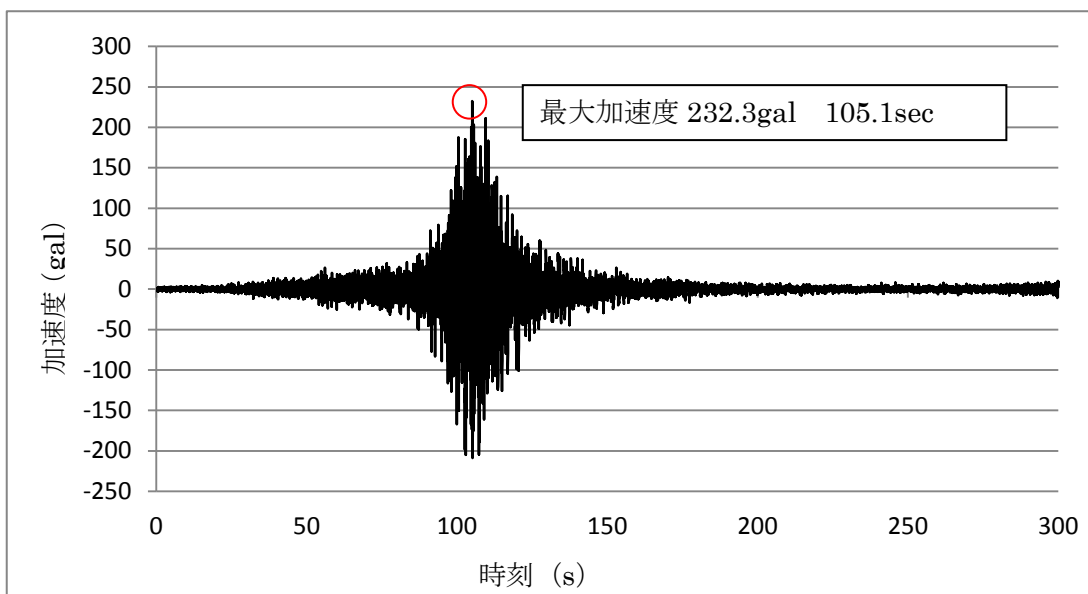


图 12 原子炉建家地下 2 階時刻歴(UD)

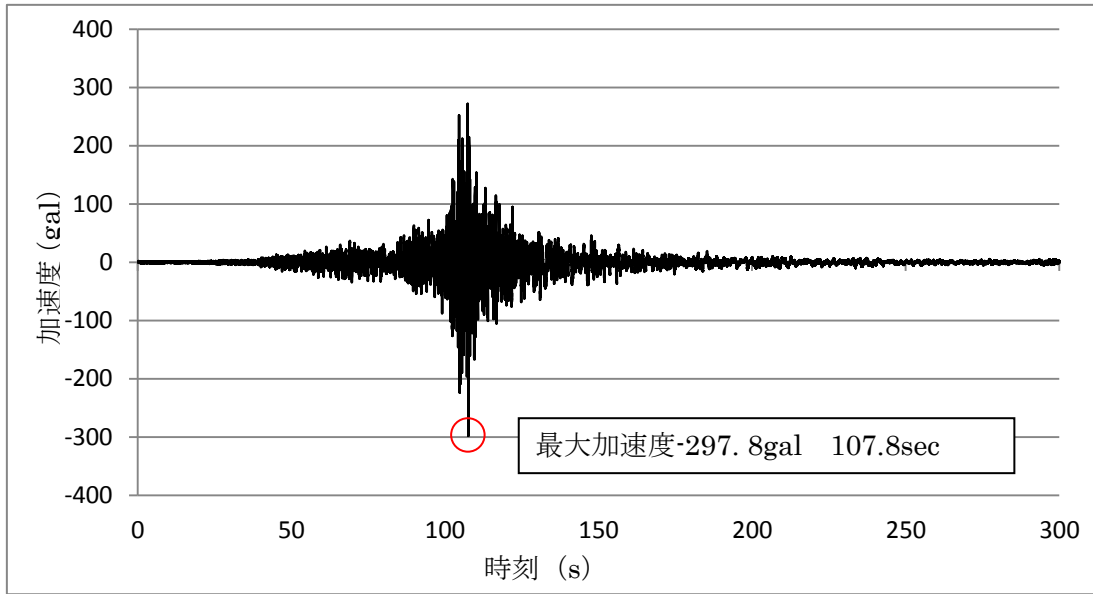


图 13 原子炉建家地下 1 階時刻歴(EW)

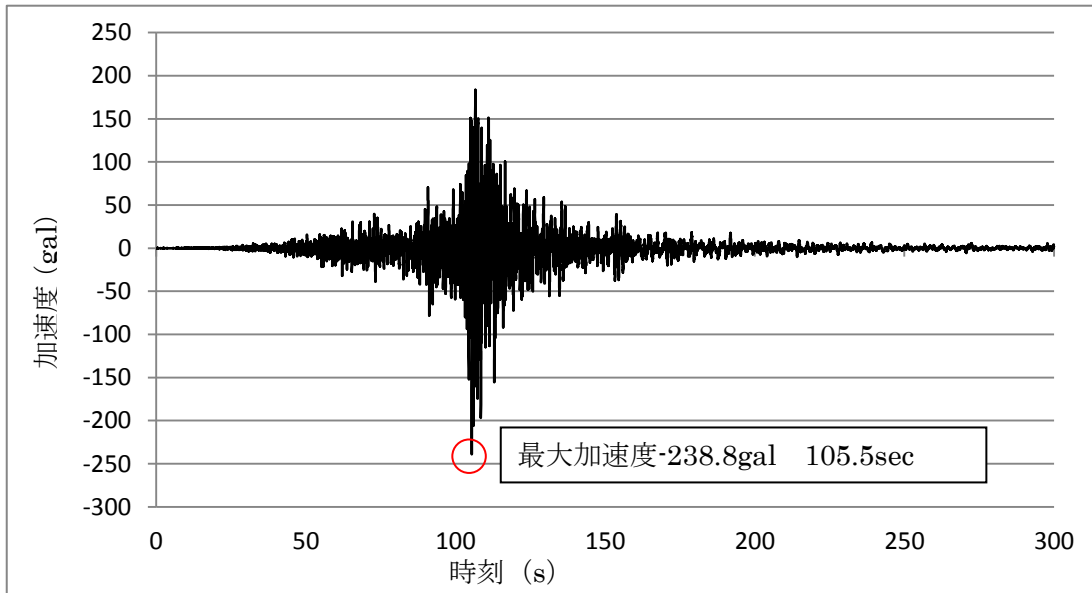


图 14 原子炉建家地下 1 階時刻歴(NS)

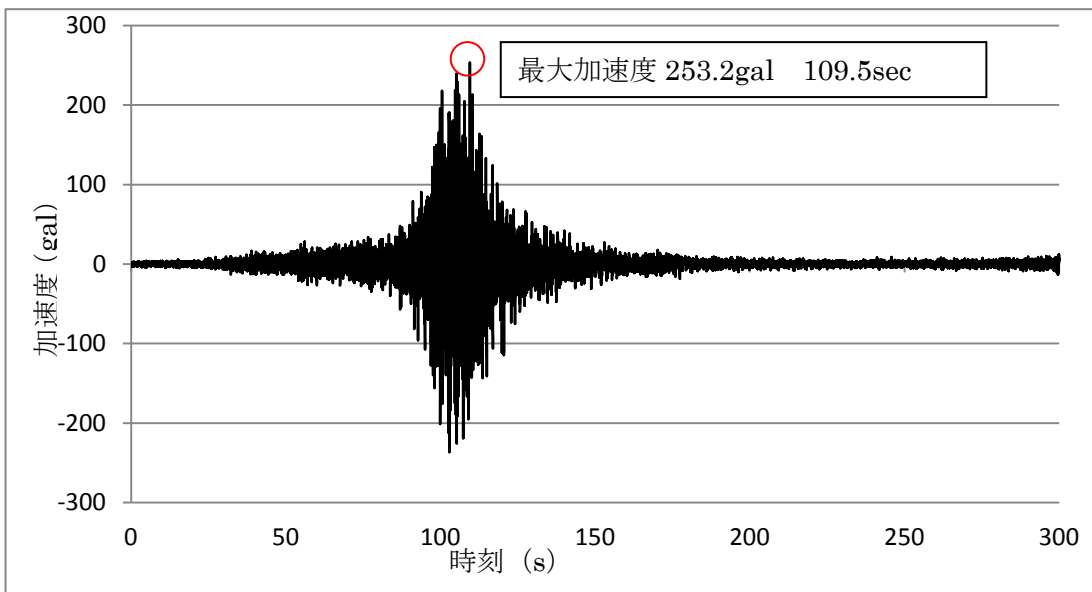
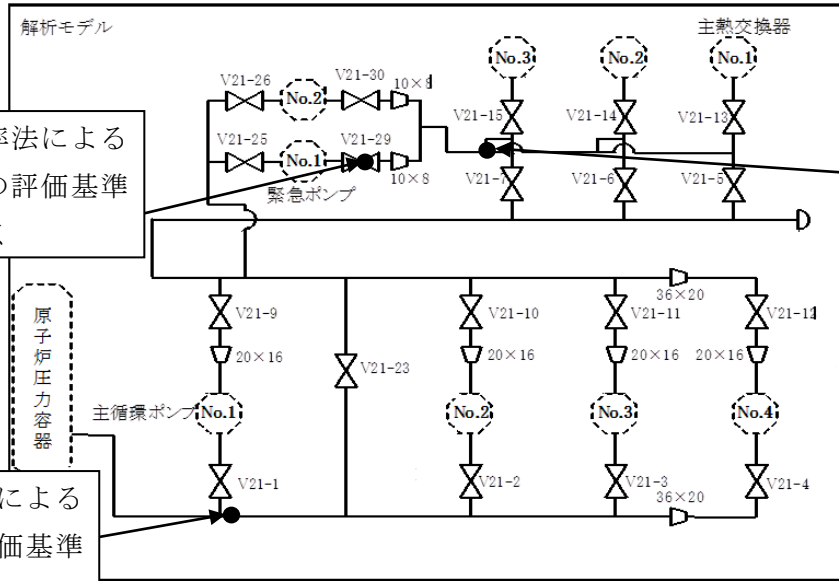


图 15 原子炉建家地下 1 階時刻歴(UD)

名称	主循環系配管	ブロック	配管1
----	--------	------	-----



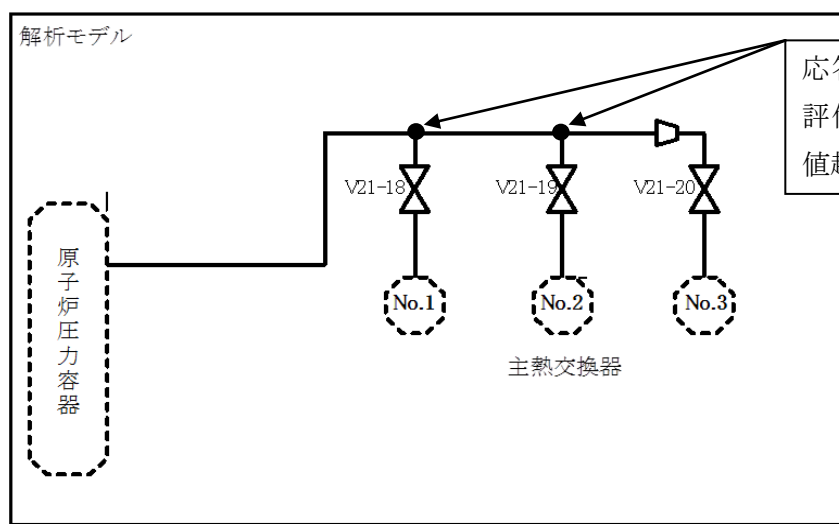
応答倍率法による
評価での評価基準
値超過点

応答倍率法による
評価での評価基準
値超過点

応答倍率法による
評価での評価基準
値超過点

図 17 主循環系配管 1

名称	主循環配管	ブロック	配管2
----	-------	------	-----

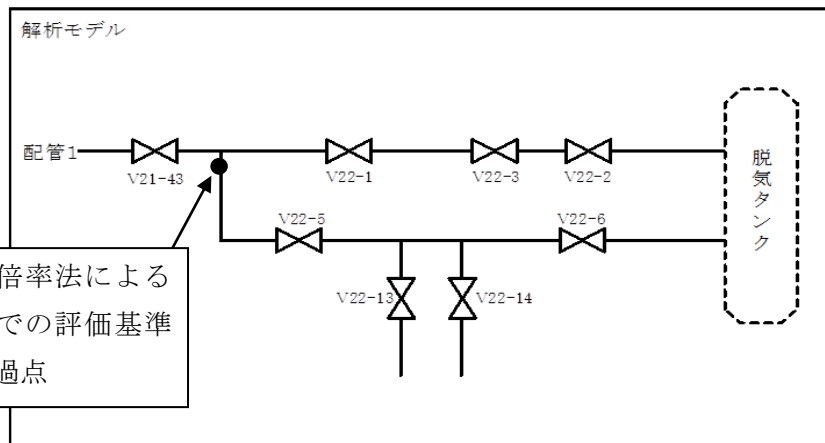


応答倍率法による
評価での評価基準
値超過点

原子炉圧力容器

図 18 主循環系配管 2

名称	主循環配管	ブロック	配管4
----	-------	------	-----



応答倍率法による
評価での評価基準
値超過点

図 19 主循環系配管 4

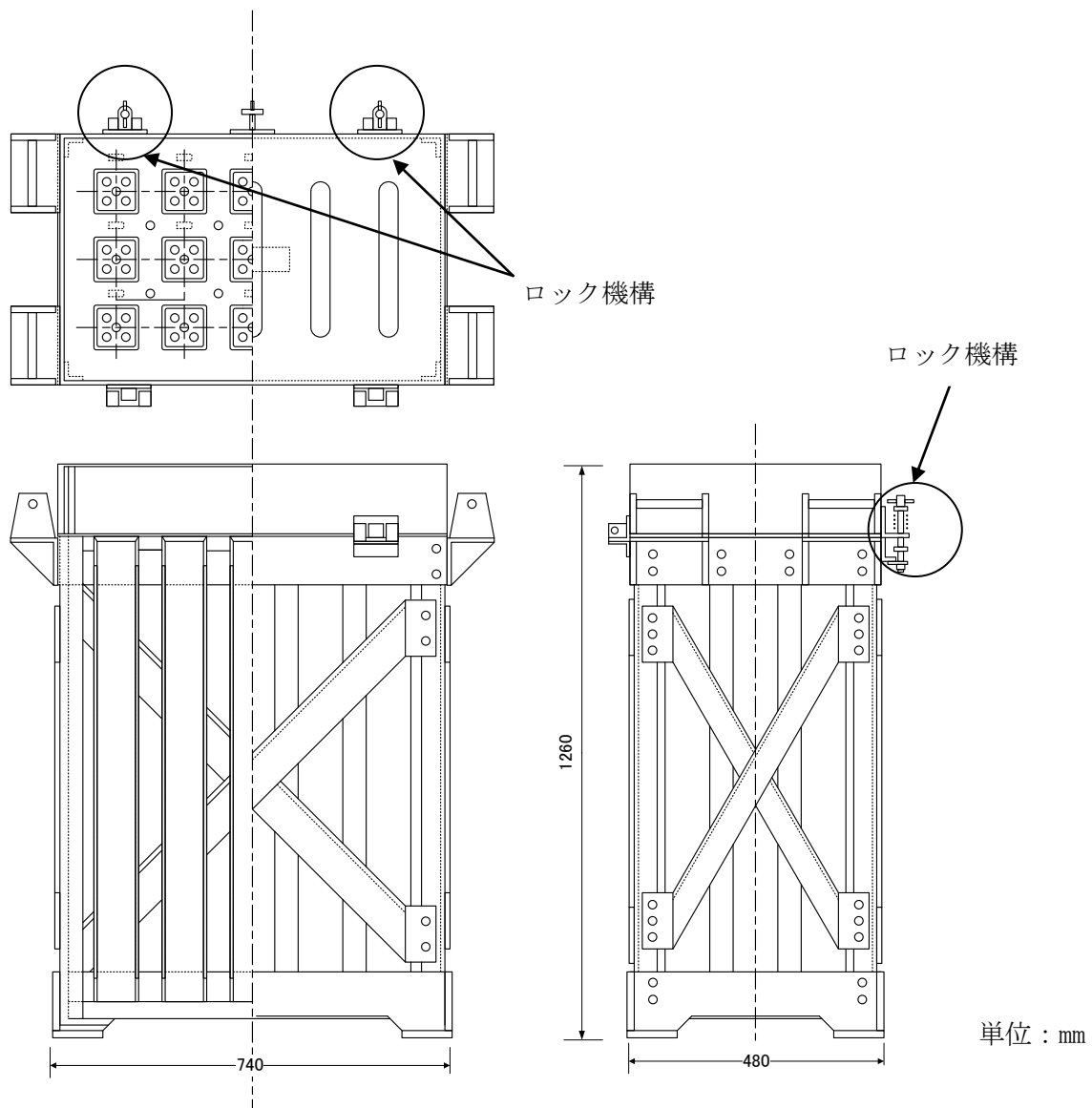


図 20 使用済燃料ラック A 型

JMTR 原子炉建家屋根の梁の一部変形等
の調査結果について

<目次>

1.	はじめに	1
2.	屋根の概要	1
3.	屋根の変形の状況	1
4.	屋根の施工	1
5.	調査方法及び結果	4
6.	原因の推定	6
7.	原子炉建家の健全性について	8
8.	補修に係る対策検討	8
9.	まとめ	9

別紙 JMTR 原子炉建家の調査結果について

1. はじめに

東北地方太平洋沖地震(3.11地震)を契機として施設の点検を行っていたところ、JMTR(材料試験炉)の天井の梁が変形していることが発見されたため、平成23年10月5日に文部科学省に報告し、その原因について調査することとした。これを受けて、平成23年11月～平成24年1月にJMTR原子炉建家の屋根の調査を行い、34本のトラス梁の変形量の測定、変形原因の推定及び補修等に係る対策検討を行った。

2. 屋根の概要

JMTR原子炉建家の屋根は、図1に示す直径約44mの鋼管造鉄板貼球面構造で、34本のトラス梁(上弦材、下弦材、ラチス材)及び屋根の鉄板等から構成され、原子炉建家上部の裾リングに取り付けている。

3. 梁の変形の状況

梁の変形の状況については、図2(a)のように、天井を見上げただけではわからないが、図2(b)に示すように天井の梁に近接して見ると分かるもので、屋根の中心部から外側に向かって緩やかにカーブしている。

4. 屋根の施工

屋根の施工については、工場で各々長さ約10,000mmのアーチ状に加工した上弦材(カットティール材)及び下弦材(直径114.3mmの鋼管)にラチス材を溶接し、トラス構造とした。これらを梱包、輸送し、JMTR建設現場で2つの部材を溶接により組み立て、1梁の長さ約20,000mmのトラス梁として、クレーンで組み上げた(図3)。

なお、屋根の組み上げに当たっては、まず、屋根の中央部の頂部リングを支保工(やぐら)により固定し、クレーンによりトラス梁を組み上げる。その後、上弦材に屋根の鉄板を溶接し、支保工を取り外した。この時、屋根は、自重により屋根全体がアーチを形成する。

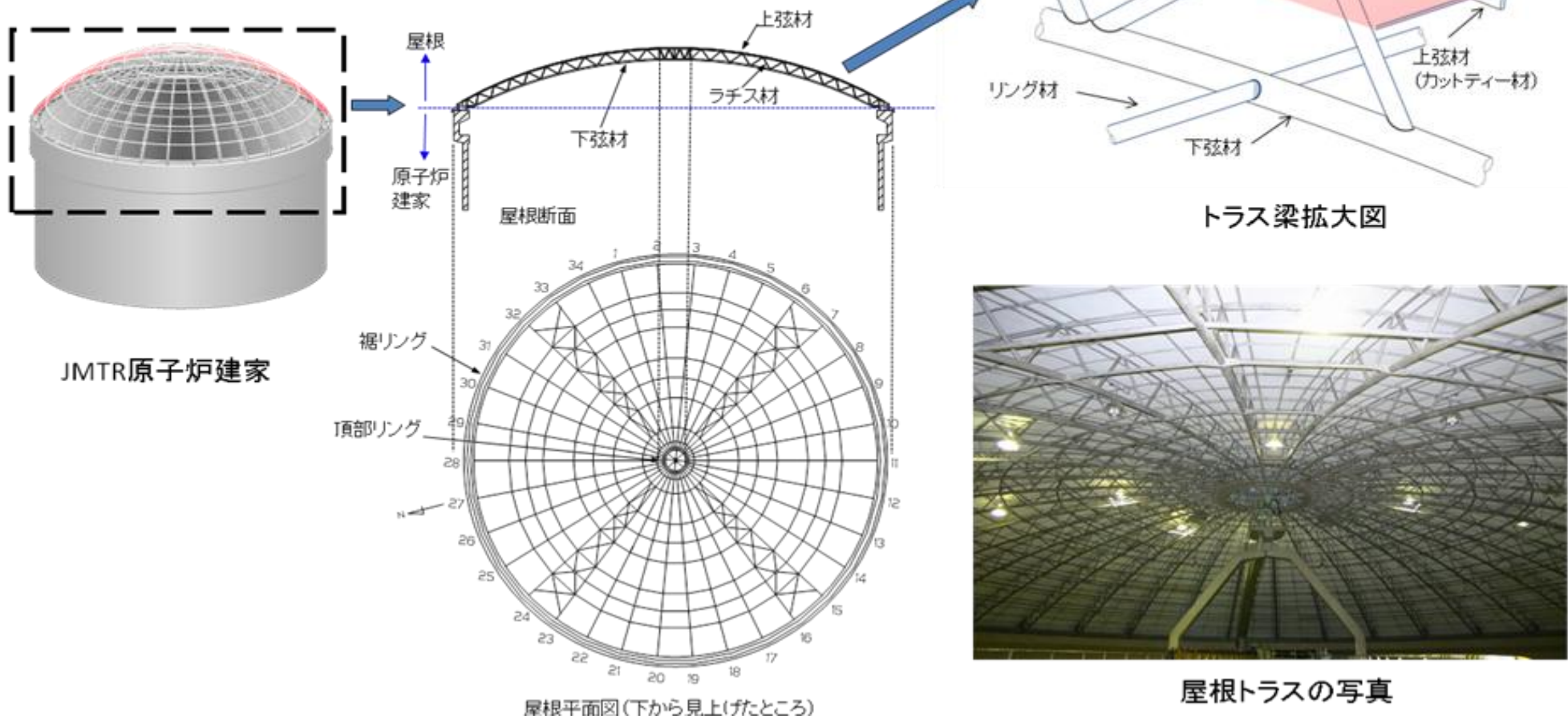
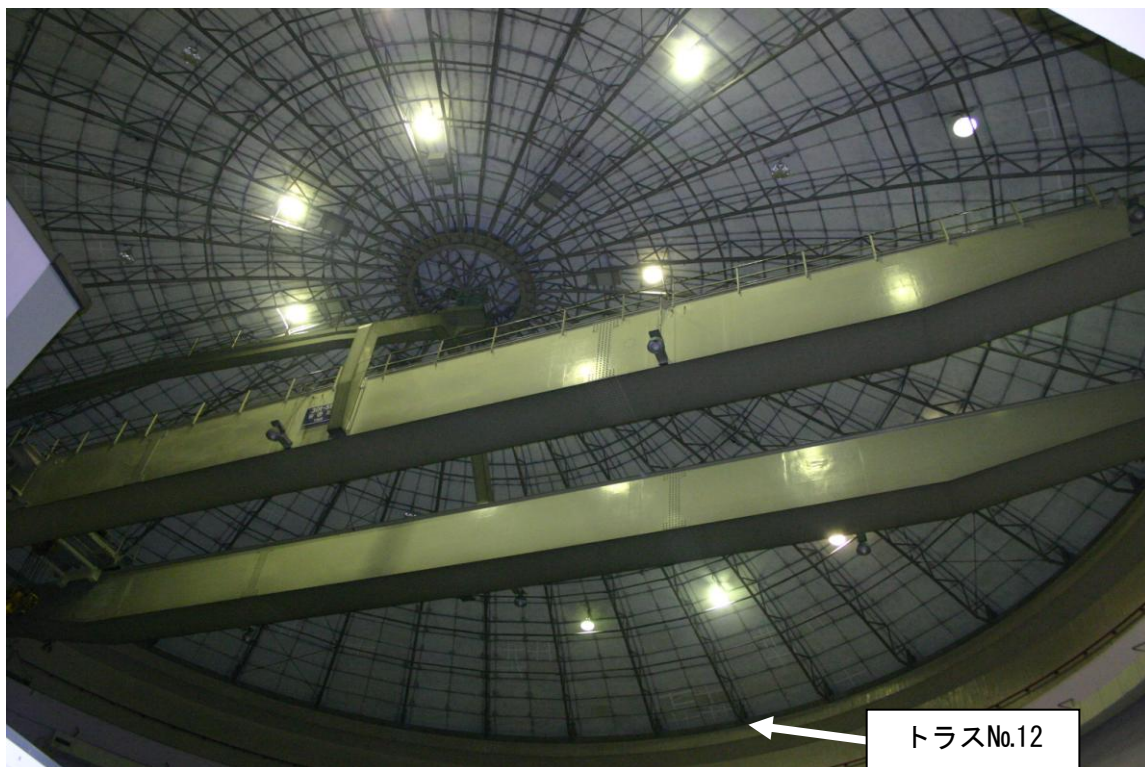
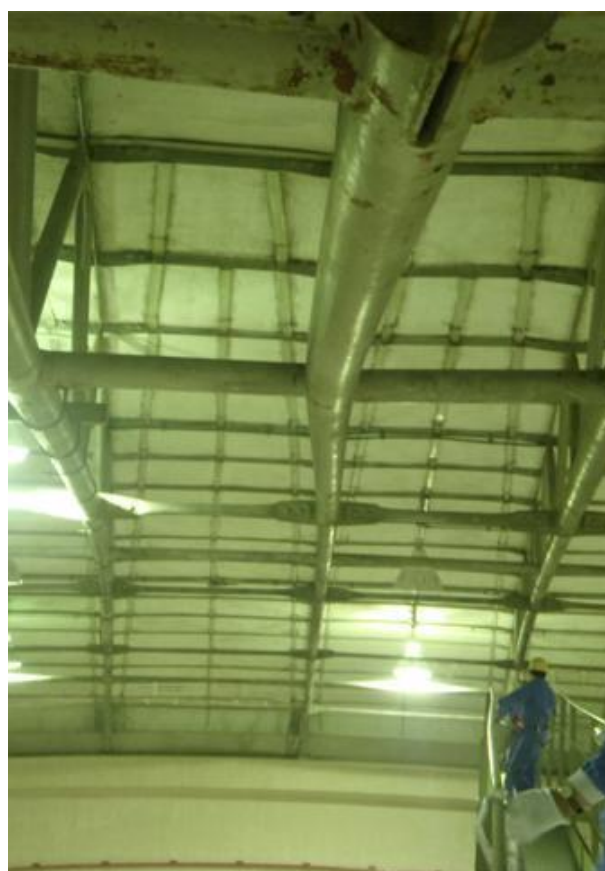


図1 JMTR 原子炉建家の屋根の概略図



(a) 1階から天井を見上げた状況



(b) 梁に近接して見た状況(トラスNo.12)

図2 JMTR 原子炉建家の屋根の概略図

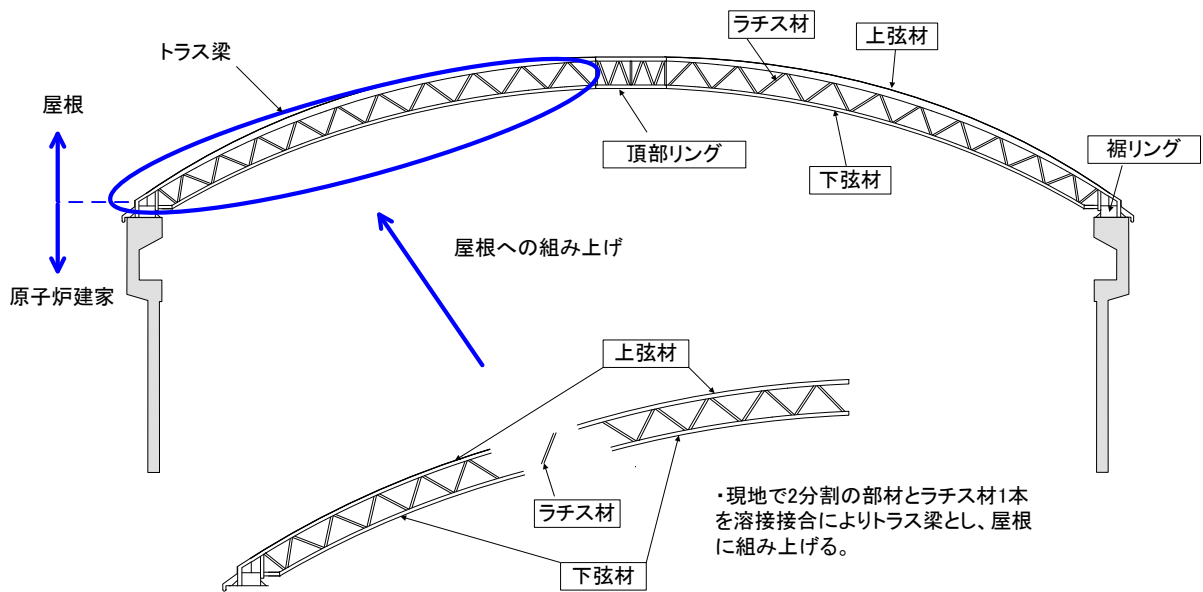


図3 トラス梁の組み上げ

5. 調査方法及び結果

トラス梁の変形量の測定においては、レーザー変位計（レーザースキャナー）を用いて、屋根の中心にある頂部リングとトラス梁の接合部から原子炉建家上部の裾リングとの接合部を結んだ軸（以下、基準軸）からの変形量を測定した。

その結果、1梁の長さ約 20,000mm のトラス梁の基準軸からの変形量は、27～123mm であった。

また、トラス梁の目視点検から、トラス梁が強制的に変形した場合に見られるトラス梁の塗装のはがれ、部材のよじれは見られなかった。表1に各トラス梁の変形量を示す。

表 1 各トラス梁の基準軸からの変形量

トラス梁 No.	部材名	変形量 (mm)	トラス梁 No.	部材名	変形量 (mm)	トラス梁 No.	部材名	変形量 (mm)
1	上弦材	7~59	13*	上弦材	2~49	25	上弦材	41~75
	下弦材	0~27		下弦材	19~59		下弦材	14~86
2	上弦材	23~90	14	上弦材	14~95	26*	上弦材	9~45
	下弦材	1~28		下弦材	12~83		下弦材	2~53
3	上弦材	8~51	15	上弦材	39~104	27	上弦材	6~45
	下弦材	1~37		下弦材	31~103		下弦材	9~49
4	上弦材	9~60	16*	上弦材	38~102	28	上弦材	12~38
	下弦材	7~41		下弦材	29~105		下弦材	2~53
5	上弦材	32~57	17	上弦材	41~123	29*	上弦材	9~49
	下弦材	3~40		下弦材	40~122		下弦材	1~34
6*	上弦材	5~33	18*	上弦材	50~119	30	上弦材	0~35
	下弦材	3~37		下弦材	34~121		下弦材	2~42
7*	上弦材	14~56	19	上弦材	44~109	31	上弦材	5~67
	下弦材	0~41		下弦材	26~111		下弦材	3~48
8*	上弦材	7~50	20	上弦材	4~32	32	上弦材	11~48
	下弦材	1~41		下弦材	5~51		下弦材	1~48
9*	上弦材	11~58	21*	上弦材	6~60	33	上弦材	6~47
	下弦材	4~41		下弦材	7~62		下弦材	0~28
10*	上弦材	13~55	22*	上弦材	20~57	34	上弦材	12~62
	下弦材	7~46		下弦材	2~48		下弦材	0~32
11	上弦材	11~54	23	上弦材	28~58			
	下弦材	8~52		下弦材	1~39			
12*	上弦材	6~62	24	上弦材	14~41			
	下弦材	16~51		下弦材	1~48			

* : は、平成 23 年 9 月 27 日に変形を確認したトラス梁 (13 梁)

6. 原因の推定

梁の変形に関して考えうる原因は、以下の4点である。

- (1) 梁の部材を加工する際の加工誤差。
- (2) アーチ状に形成された上弦材及び下弦材をラチス材により溶接する際の誤差。
これによりトラス構造に組み立てた2組の部材とラチス材により溶接する際の誤差。
- (3) トラス梁の組み上げ時の施工による誤差。
- (4) トラス梁の自重による施工完了後の変位置。

詳細は次の通り。

(1) 部材加工時の誤差

梁の部材である長尺物のカットティー材及び鋼管は、機械加工によりアーチ状の上弦材及び下弦材を形成するが、その際、主に機械本体の精度により加工による誤差が発生したと考えられる(図4参照)。

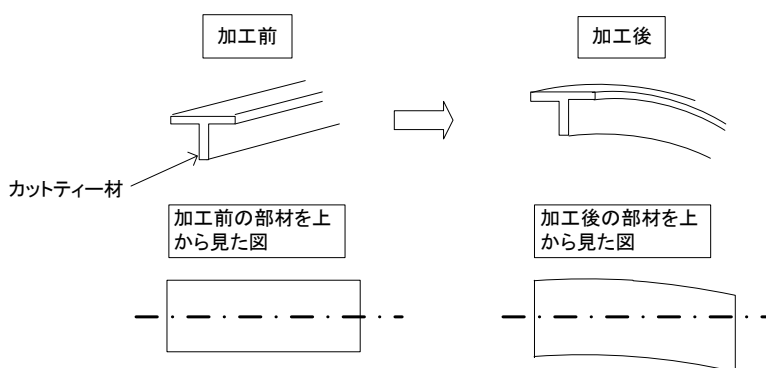


図4 梁の部材を加工する際の加工誤差の概略図

(2) 溶接時の誤差

アーチ状に形成された上弦材及び下弦材をラチス材によりトラス構造に形成する際には、図5に示すように、下弦材が、上弦材の中心から垂直に下ろした線(中心線)からずれて溶接されたこと及び溶接による誤差が発生したと考えられる(図5参照)。

また、トラス構造に組み立てた2組の部材とラチス材1本を繋げてトラス梁を形成する際には、図6に示すように、各部材の中心線からずれて溶接されたこと及び溶接による誤差が発生したと考えられる(図6参照)。

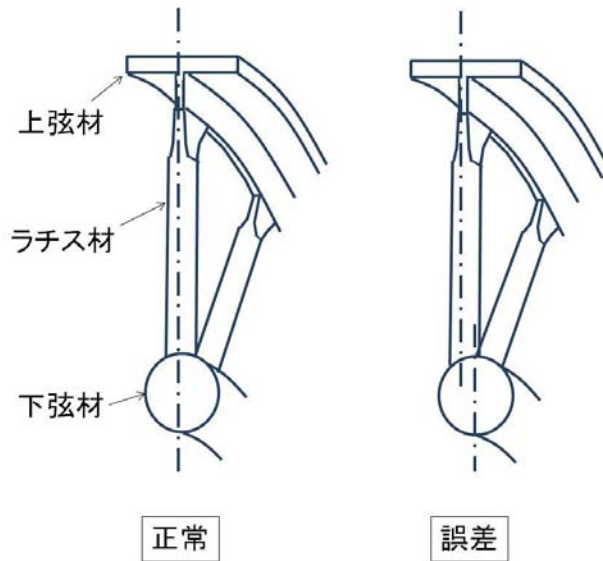


図5 アーチ状に形成された上弦材及び下弦材をラチス材により溶接する際の誤差の概略図

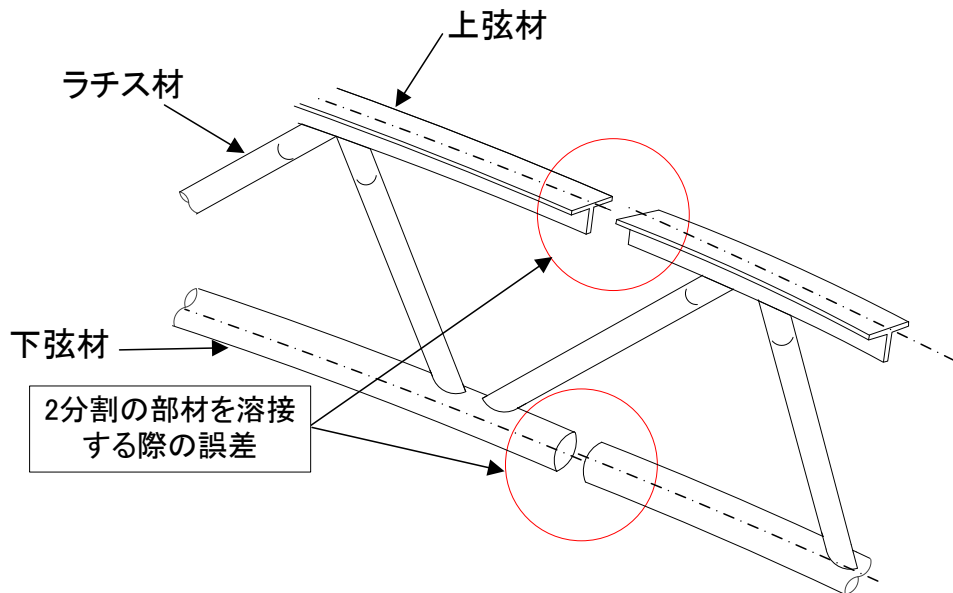


図6 トラス構造に組み立てた2組の部材とラチス材により溶接する際の誤差の概略図

(3) 組み上げ施工時の誤差

JMTRのトラス梁は長さが約20mあり、トラス梁を屋根に組み上げた時には、トラス梁の両端部しか固定していないため、自重によるたわみ、よじれが生ずる（不具合ではない）。このたわみ、よじれの程度は、部材の加工誤差、トラス構造の部材及びトラス梁を形成する際の誤差に依存する。更に、トラス梁の両端部を頂部リングと裾リングに固定する際に、取付け位置を調整しながら取り付けていたため、施工の際に誤差が発生したと考えられる。

(4) アーチ形成時の変位置

屋根の施工完了後、頂部リングを支えていた支保工を外し、屋根のアーチを形

成する。その際、トラス梁は自重によりたわみ、よじれを生じるため（不具合ではない）、その際の変位置によるものと考えられる。

現状においては、完全に原因を特定することはできないが、ここで考える原因のうち単独もしくは、複合して梁が変形したものと考えられる。

7. 原子炉建家の健全性について

今回、確認された屋根のトラス梁の変形は、製作時の誤差及び建設時の調整によるものであり、屋根の完成後に新たな外力が加わったことによるものではないため、屋根の強度には影響しない。また、原子炉建家に要求される安全機能である負圧機能（漏えい率及び負圧）について、3.11 地震前とその後の検査の結果を比較した結果を表 2 に示す。3.11 地震前の直近に実施した漏えい率及び負圧の検査結果（平成 22 年 12 月に実施）は、各々、19.2%/day、-78Pa であり、3.11 地震後の平成 23 年 6 月に実施した結果は、各々、22.0%/day、-80Pa であった。従って、3.11 地震前後で負圧維持機能に変化は見られず、原子炉建家に要求される安全機能である負圧機能は維持されている。

JMTR の原子炉建家の屋根のトラス梁の変形量の測定、トラス梁の目視点検等を実施した。その結果、トラス梁の変形は、部材加工時、組み立て時及び組み上げ時において、加工、溶接及び施工による誤差が積み重なったもの、また、施工完了後におけるトラス梁の変位置によるものであること、3.11 地震によるトラス梁の変形の痕跡はみられなかったこと、屋根の鉄板の溶接部や鉄板表面にトラス梁が変形した時に見られる痕跡がなかったこと、そして、原子炉建家の負圧維持機能についても維持されており、3.11 地震の前後で屋根の状況が変化したことを示す明白な結果は得られなかった。

表 2 負圧確認検査及び漏えい検査の測定結果

	平成 20 年 11 月	平成 21 年 9 月	平成 22 年 12 月	平成 23 年 6 月	基準値
漏えい率(%)	36.8	25.6	19.2	22.0	100%/day 以下
負圧(Pa)	-80	-78	-78	-80	-59~-98

8. 補修に係る対策検討

調査の結果、梁の変形については、3.11 地震前後での変化は見られず、これは、トラス梁部材加工時、トラス梁組み立て時及びトラス梁組み上げ時において、加工、溶接及び施工による誤差が積み重なったもの、また、施工完了後におけるトラス梁の変位置によるものと推定され、その他の劣化、地震による劣化とは異なる。しかしながら、今後の JMTR 原子炉施設の地震影響評価の結果を踏まえ、設工認の可否を検討しつつ、必要に応じて補強を実施する。

9. まとめ

トラス梁については、それ自体の補修は行わないが、今後の JMTR 原子炉施設の地震影響評価の結果を踏まえ、必要に応じて補強を実施する。

今後の屋根の点検については、これまで原子炉建家の外から見える範囲での点検であったが、今回の詳細調査を機に今後は、点検要領を作成し、定期的に原子炉建家内部から屋根のトラス梁に近接した点検を実施していく。

以上

JMTR 原子炉建家屋根の調査結果について

1. はじめに

JMTR 原子炉建家の屋根は、図 1 に示す直径約 44m の鋼管造鉄板貼球面構造で、34 本の梁（トラス梁（上弦材、下弦材、ラチス材から構成））、トラス梁の下弦材の座屈を防止するため、34 本のトラス梁の周方向に配置した 7 本のリング材、4 条のブレース材、屋根の中央にある頂部リング（頂部リング上弦材、頂部リング下弦材、頂部リングラチス材、頂部リングつなぎ材、頂部リングブレース材から構成）及び屋根の鉄板から構成されている。

また、この屋根は、原子炉建家上部の基礎コンクリートに配置された裾リングに取り付けられている。なお、裾リングは、ベースプレートにより、原子炉建家の基礎コンクリートに固定されている。

平成 23 年 9 月に JMTR 原子炉建家の屋根の目視点検を行った結果、屋根の梁の一部に変形等（ラチス材：7 か所、13 本の下弦材：13 本）があることを平成 23 年 9 月 27 日に確認した。なお、この梁の一部変形等は、原子炉建家の閉じ込め機能を損なうものではないが、JMTR の原子炉建家 1 階から見上げただけでは、確認できないものであり、東北地方太平洋沖地震（3.11 地震）を契機として、屋根の梁に接近して実施した点検において初めてわかったものである。

そのため、平成 23 年 11 月～平成 24 年 1 月に JMTR の屋根の 34 本のトラス梁の変形量の測定、変形原因の確認及び補修等に係る対策検討を行うと共に、その他の屋根を構成する部材であるリング材、ブレース材、頂部リング及び屋根の鉄板の調査を行った。

調査にあたっては、専門業者に依頼し、一級建築士及びコンクリート技士の資格を有する専門家 1 名、建物鉄骨製品検査技術者等の資格を有する専門家 3 名を含む 14 人の技術者が、3 ヶ月間計 198 人・日の現場調査を実施した。

2. 調査

2.1 トラス梁

2.1.1 概要

トラス梁は、図 1 に示すように、1 梁の長さ約 20,000mm、曲率 41,000mm のアーチ状のもので、1 梁あたり上弦材 1 本、下弦材 1 本及びラチス材 21 本で構成されている。

このトラス梁については、各々長さ約 10,000mm の上弦材及び下弦材を 10 本のラチス材を用いて接合したトラス構造の部材を 2 つ製作した。これを梱包、輸送し、JMTR 建設現場で、2 つのトラス構造の部材とラチス材 1 本を溶接接合し、1 梁の長さ約 20,000mm のトラス梁として、クレーンで吊り

上げ、JMTR の屋根に組み上げている。

なお、上弦材は、材質 SS41^{*1} のカットティー材 (H-175mm×175 mm×7.5 mm×11 mm の 2 つ割)、下弦材は材質 STK41^{*2} の鋼管 (φ114.3mm, t4.0mm)、ラチス材は材質 STK41^{*2} の鋼管 (φ60.5mm, t2.9mm) である。

2.1.2 トラス梁の上弦材及び下弦材の調査

(1) 調査方法

JMTR の屋根を構成する 34 本のトラス梁の上弦材及び下弦材について、ズレの測定及び専門家による目視点検を実施した。

ズレの測定においては、建設物の 3 次元ドキュメント化のための用途に一般に使用されているレーザー変位計 (レーザー扫描仪) を用いて、屋根の中心にある頂部リングと上弦材の接合部及び頂部リングと下弦材の接合部から原子炉建家上部の基礎コンクリートに配置された裾リングとの接合部を結んだ軸 (以下、基準軸) からのズレを測定した。

(2) 調査結果

上弦材及び下弦材についての基準軸からのズレの測定結果を図 2、図 3 に示すとともに表 1 に示す。

基準軸からのズレの各トラス梁の最大値は、上弦材については、32～123mm であり、下弦材については、27～122mm であった。なお、平成 23 年 9 月 27 日に変形を確認したトラス梁 (13 梁) における、基準軸からのズレの各トラス梁の最大値は、上弦材 33～119mm、下弦材 34～121mm であった (表 1)。

なお、鉄骨構造物の施工管理について、当時の日本建築学会「建築工事標準仕様書 JASS6 鉄骨工事」(昭和 28 年 11 月版。以下「JASS6」) では、JMTR 原子炉建家の屋根の梁にみられるこのようなズレ (梁の水平方向の曲がり。ここでは、基準軸からのズレのこと) についての基準は規定されていない。

上弦材の状況を図 4、下弦材の状況を図 5 に示す。目視点検結果から、上弦材または下弦材が強制的に変形した場合に見られる塗装のはがれ、部材のよじれ、断熱材の落下は見られなかった。

*1 : SS41 は、現在の鋼種では SS400 (一般構造用圧延鋼材)

*2 : STK41 は、現在の鋼種では STK400 (一般用構造用炭素鋼管)

表1 各トラス梁の基準軸からの変形量

トラス梁 No.	部材名	変形量 (mm)	トラス梁 No.	部材名	変形量 (mm)	トラス梁 No.	部材名	変形量 (mm)
1	上弦材	7~59	13*	上弦材	2~49	25	上弦材	41~75
	下弦材	0~27		下弦材	19~59		下弦材	14~86
2	上弦材	23~90	14	上弦材	14~95	26*	上弦材	9~45
	下弦材	1~28		下弦材	12~83		下弦材	2~53
3	上弦材	8~51	15	上弦材	39~104	27	上弦材	6~45
	下弦材	1~37		下弦材	31~103		下弦材	9~49
4	上弦材	9~60	16*	上弦材	38~102	28	上弦材	12~38
	下弦材	7~41		下弦材	29~105		下弦材	2~53
5	上弦材	32~57	17	上弦材	41~123	29*	上弦材	9~49
	下弦材	3~40		下弦材	40~122		下弦材	1~34
6*	上弦材	5~33	18*	上弦材	50~119	30	上弦材	0~35
	下弦材	3~37		下弦材	34~121		下弦材	2~42
7*	上弦材	14~56	19	上弦材	44~109	31	上弦材	5~67
	下弦材	0~41		下弦材	26~111		下弦材	3~48
8*	上弦材	7~50	20	上弦材	4~32	32	上弦材	11~48
	下弦材	1~41		下弦材	5~51		下弦材	1~48
9*	上弦材	11~58	21*	上弦材	6~60	33	上弦材	6~47
	下弦材	4~41		下弦材	7~62		下弦材	0~28
10*	上弦材	13~55	22*	上弦材	20~57	34	上弦材	12~62
	下弦材	7~46		下弦材	2~48		下弦材	0~32
11	上弦材	11~54	23	上弦材	28~58			
	下弦材	8~52		下弦材	1~39			
12*	上弦材	6~62	24	上弦材	14~41			
	下弦材	16~51		下弦材	1~48			

*：は、平成23年9月27日に変形を確認したトラス梁（13梁）

下弦材のリング材の変形や曲がりもなかったこと、上弦材と屋根の鉄板は溶接されているため、上弦材が変形した場合には屋根の鉄板の溶接線の変形や曲がり等が見られるが、それらも見られなかった（屋根の鉄板の調査結果の詳細は2.2.4参照）ことから、上弦材及び下弦材については、3.11地震による影響は確認されなかった。

梁の変形に関して考えうる原因は、以下の4点である。

- (1) 梁の部材を加工する際の加工誤差。
- (2) アーチ状に形成された上弦材及び下弦材をラチス材により溶接する際の誤差。これによりトラス構造に組み立てた2組の部材とラチス材により溶接する際の誤差。
- (3) トラス梁の組み上げ時の施工による誤差。
- (4) トラス梁の自重による施工完了後の変位置。

詳細は次の通り。

(1) 部材加工時の誤差

梁の部材である長尺物のカットティー材及び鋼管は、機械加工によりアーチ状の上弦材及び下弦材を形成するが、その際、主に機械本体の精度により加工による誤差が発生したと考えられる（図 6 参照）。

(2) 溶接時の誤差

アーチ状に形成された上弦材及び下弦材をラチス材によりトラス構造に形成する際には、図 7 に示すように、下弦材が、上弦材の中心から垂直に下ろした線（中心線）からずれて溶接されたこと及び溶接による誤差が発生したと考えられる。

また、トラス構造に組み立てた 2 組の部材とラチス材 1 本を繋げてトラス梁を形成する際には、図 8 に示すように、各部材の中心線からずれて溶接されたこと及び溶接による誤差が発生したと考えられる。

(3) 組み上げ施工時の誤差

JMTR のトラス梁は長さが約 20,000mm あり、トラス梁を屋根に組み上げた時には、トラス梁の両端部しか固定していないため、自重によるたわみ、よじれが生ずる（不具合ではない）。このたわみ、よじれの程度は、部材の加工誤差、トラス構造の部材及びトラス梁を形成する際の誤差に依存する。更に、トラス梁の両端部を頂部リングと裾リングに固定する際に、取り付け位置を調整しながら取り付けていたため、施工の際に誤差が発生したと考えられる。

(4) アーチ形成時の変位置

屋根の施工完了後、頂部リングを支えていた支保工を外し、屋根のアーチを形成する。その際、トラス梁は自重によりたわみ、よじれを生じるため（不具合ではない）、その際の変位置によるものと考えられる。

現状においては、完全に原因を特定することはできないが、ここで考えうる原因のうち単独もしくは、複合して梁が変形したのと考えられる。

今回、確認された屋根のトラス梁の変形は、製作時の誤差及び建設時の調整によるものであり、屋根の完成後に新たな外力が加わったことによるものではないため、屋根の強度には影響しない。

また、建設後 45 年以上経過し、3.11 地震のような大地震の災害を経験し

ながら、トラス梁（上弦材、下弦材）には、新たな損傷は特に見られず、補修は行う必要はないものと考えられる、との専門家（大林組鹿島建築工事事務所）の見解を得ている。

2.1.3 トラス梁のラチス材の調査

(1) 調査方法

ラチス材については、図 1 に示すように、トラス梁 1 梁あたり、上弦材と下弦材の間に、21 本のラチス材が溶接により接合されている。

なお、ラチス材の上弦材との接合については、ラチス材端部を平板状に加工して上弦材に溶接接合した。また、下弦材との接合については、管状のまま下弦材に溶接接合している。

ラチス材の調査にあたっては、専門家による目視点検を実施した。

(2) 調査結果

屋根の周端部のラチス材については、図 9 に示すように、34 箇所のうち 7 箇所に座屈を確認したが、それ以外に、変形、割れ、座屈等は見られなかった。

座屈していた部分は、ラチス材と上弦材の溶接部付近の端部が平板状になっている部分で、そこには、塗装の剥離と濃い茶褐色の錆があった。これについては、塗装が剥離していることから施工後のものであり、錆の状況から、最近のものではなく、かなり以前からのものである。

なお、7 箇所の座屈について推定される要因は次のとおり（参考資料 1 ラチス材座屈の要因分析表）。

- ①座屈部は、南西方向付近に集中しているが、南西方向は、日射の影響を受けやすく、日射により屋根の鉄板及び上弦材は、熱膨張する。一方、下弦材は、建家内にあることから熱膨張は小さく、上弦材の伸縮による繰り返しの応力がラチス材に作用し、また、トラス梁は、アーチ状で、屋根の荷重は、屋根の周端部にかかる構造である。座屈が確認されたラチス材は屋根の周端部にあることから、熱応力による繰り返しの応力がラチス材に作用した可能性。
- ②屋根の鉄板の塗装時に原子炉建家の南西部に足場を設置し、屋根の鉄板上への資材の搬入等を行ったことや、避雷針設置の際に屋根の鉄板上での作業を行っていることから、これらの作業時に屋根周端部に過大な荷重が作用した可能性。

また、参考までに、屋根周端部の座屈が確認されたラチス材の長さを測

定した結果は、900～920mm であり、座屈が確認されていない屋根周端部のラチス材の長さ 910～925mm に比較して長さに大きな差はなかった。

2.2 その他の屋根の部材の調査

2.2.1 リング材、ブレース材

(1) 調査方法

リング材（ $\phi 60.5$ 、 $t2.9\text{mm}$ 及び $\phi 76.3$ 、 $t3.2\text{mm}$ の鋼管）、ブレース材（約 $\phi 20$ の鋼棒）は、トラス梁の下弦材の座屈を防止するためのものである。図 1 に示すように、ブレース材は 4 条配置され、リング材はトラス梁の周方向に 7 本配置されている。

リング材及びブレース材の調査については、専門家による目視点検を実施した。

(2) 調査結果

調査の結果、図 10 に示すように、座屈、割れ、変形は見られず、また、変形があった場合に見られる塗装の剥離や剥落は確認されなかった。

2.2.2 頂部リング

(1) 調査方法

頂部リングは、図 1 に示すように半径 2000mm のリング状で、屋根の中央部に配置され、頂部リング上弦材、頂部リング下弦材、頂部リングラチス材、頂部リングつなぎ材、頂部リングブレース材から構成され、34 本のトラス梁を支持している。

頂部リングの調査については、専門家による目視点検を実施した。

(2) 調査結果

調査の結果、図 11 に示すように、頂部リングのブレース材 68 箇所のうち、2 箇所に溶接部の隙間があった。これについては、濃い茶褐色の錆びの状況から、最近のものではなく、かなり以前からのものである。

頂部リングとトラス梁の下弦材との接続部分 34 か所のうち、27 か所についてはボルトで固定され、7 か所（トラス No. 14～20）は溶接により固定されていた。溶接により固定されていたトラス梁の下弦材については、基準軸からのズレが比較的大きかった（103～111mm）トラス梁の位置（トラス No. 15～19）と一致していた。

これについては、トラス梁（1 梁の長さは約 20,000mm）は、図 1 に示すように 2 分割されて JMTR 建設現場に運び、そこで溶接接合し、長さ約 20,000mm のトラス梁とし、屋根に取り付けており、その際、トラス梁は、

その端部を裾リングに差し込んでから頂部リングに取り付けていた。

そのため、梁を裾リングに固定した後、頂部リングに取り付けとした際、頂部リングのボルト固定のための接続部に合わなかったため、溶接施工を行ったものと推定される。

なお、トラス梁と頂部リングの接続部分 34 か所については、ボルト止め部分や溶接部分に割れ、変形、ゆるみ、損傷は見られなかった。

2.2.3 屋根鉄骨構成部材の接合部

(1) 調査方法

屋根鉄骨構成部材（上弦材、下弦材、ラチス材、リング材、ブレース材）は、各々を溶接、リベット、ボルトのいずれかで接合している。これらの接合部について、専門家による目視点検を実施した。

(2) 調査結果

調査の結果、図 12 に示すように屋根の周端部近くの下弦材突合せ溶接部の 1 箇所にき裂があり、また、屋根鉄骨構成部材の接合部の 7 箇所に溶接部の錆、隙間があった。

屋根の周端部近くの下弦材突合せ溶接部の 1 箇所のき裂については、経年変化（熱応力の繰り返しによるもの）または 3.11 地震（屋根荷重が水平力として下弦材に伝わり、突き合わせ溶接部が応力を受けたことによるもの）によるものと推定される。溶接部の錆、隙間については、経年変化によるものである。

一方で、下弦材とリング材との接合部の部材（ガセットプレート）の形状は、図 12 に示すように形状は 2 種類あり、リベット止めされているものと、ボルト止めにされているもの（1 箇所）があったが、変形、緩み、損傷は見られなかった。

2.2.4 屋根の鉄板

(1) 調査方法

屋根の鉄板（材質 SM41^{*3}）は、厚さ 4.5mm の 246 枚の鋼板から構成されており、トラス梁の上弦材に溶接されている。

調査にあたっては、屋外から屋根の鉄板の表面及び溶接線について、専門家が屋根にのぼり目視点検を実施した。

*3：SM41 は、現在の鋼種では SM400（溶接構造用圧延鋼材）

(2) 調査結果

屋根の鉄板の溶接部(トラス梁に沿って溶接)は、図 13 に示すように、歪み、ねじれ、変形は確認できなかった。また、屋根面が変形した場合に見られる断熱材の炉室内への落下もなかった。

2.3 屋根以外の部材（裾リング、ベースプレート、基礎コンクリート）

(1) 調査方法

屋根と原子炉建家躯体部は、原子炉建家上部の基礎コンクリートに設置されている裾リングにボルトで接合されている。裾リングは、ベースプレートにより、基礎コンクリートの上にアンカーボルトで固定されている。

調査にあたっては、専門家による目視点検を実施した。

(2) 調査結果

調査結果を図 14 に示す。屋根と原子炉建家上部の基礎コンクリートとの接合部のベースプレートには、浮きや移動痕があった。また、ベースプレート周囲のコンクリート部分（化粧モルタル部含む）では、ひびや浮きがあった。

ベースプレートが取り付けられているコンクリート部のひびは、3.11 地震時に屋根の荷重が水平力としてアンカーボルトに伝わり、アンカーボルトが周囲のコンクリートを押し出し、ひび割れやベースプレートの浮き、移動痕等を発生させたものである。

ベースプレートのアンカーボルトについては、ナットの外れ（1箇所）やワッシャの滑りなどを確認した。

アンカーボルトのナットの外れ（1箇所）については、アンカーボルトの長さが不足していたこと、また、3.11 地震を含む地震や屋根面から繰返し熱応力がボルトに伝わり、経年変化からナットが緩み、外れたものと推定される。ワッシャについてもまた、3.11 地震を含む地震や屋根面からの繰返し熱応力がアンカーボルトに伝わり、経年変化により滑りが発生したものと推定される。

3. 補修に係る対策検討

JMTR 原子炉建家の座屈の点検により確認した事象について整理し、表 2 にこれらに係る対策をまとめた。また、補修を行う部位を図 15 に示す。

3.1 3.11 地震によるものについて

3.11 地震によるものについては、必要に応じてその部分の補修を行う。補修

内容は次のとおり。なお、3.11 地震を踏まえた補強については、今後の JMTR 原子炉建家の 3.11 地震に対する地震応答解析の結果に基づき、必要に応じて実施する。

- (1) 屋根の周端部近くの下弦材突合せ溶接部の 1 箇所のみ裂
再溶接による補修を行う。
- (2) ベースプレート部
ベースプレートの浮き、移動痕については、大きく浮いているものはなく、移動痕についても、痕はあるが、ベースプレートは本来の位置にあるため、これについては補修しない。
- (3) ベースプレート周囲のコンクリート部分（化粧モルタル部含む）のひびや浮き
ベースプレート周囲のコンクリートは、原子炉建家の一部であり、建家のひび割れ補修の一環として補修を行う。コンクリートひび割れ幅が 0.2mm 未満の幅のひび割れに関しては被覆工法を行う。また、0.2mm 以上の幅のひび割れについてはエポキシ樹脂の注入を行う。
- (4) ベースプレート部のアンカーボルトのナットの外れ（1 箇所）
ベースプレート部のアンカーボルトのナットの外れは、施工後の繰り返しの熱応力、3.11 地震を含む地震によるものと推定される。
これについては、ベースプレートの追加設置などにより、同等の機能を担保させる。追加で設置するベースプレートの設置場所や形状、アンカーボルトの径や数量などについては、現在、実施している屋根を含む JMTR 原子炉建家の 3.11 地震に対する地震応答解析の結果を踏まえて行う。

3.2 3.11 地震以外のもの

3.2.1 施工後の繰り返しの熱応力、経年変化によるもの

3.11 地震以外の原因によるもののうち、施工後の繰り返しの熱応力、経年変化によるものについては、現状に復帰させるための補修を行う。
補修内容は次の通り。

- (1) 屋根鉄骨構成部材接合部の溶接部の錆びや隙間 7 箇所
錆びを除去したのちに、再溶接による補修を行う。
- (2) 頂部リングブレース材の溶接部の隙間 2 箇所

錆びを除去したのちに、再溶接による補修を行う。

(3) 屋根の周端部のラチス材 7 箇所座屈

ラチス材の座屈に関しては、ラチス材の変形を抑えるためにプレートを接合する等の方法で補修を行う。耐震解析の結果を基に必要な補修部材を決定する。

3.2.2 施工時のもの

確認した事象のうち、施工時のものについては、補修の必要はないが、確認した事象は以下の3つである。

- (1) トラス梁の上弦材及び下弦材の基準軸からのズレ
- (2) 下弦材とリング材接合部の形状相違
- (3) 頂部リングと下弦材の溶接接合部(7箇所)

表2 項目（原因）による事象の分類と補修方法

項目（原因）		事象	補修方法
3.11 地震 (複合的な要因(施工後の繰り返し熱応力や3.11地震を含む地震)によるものを含む)		屋根の周端部近くの下弦材突合せ溶接部の1箇所のみき裂	再溶接による補修を行う。
		ベースプレートの浮きや移動痕	ベースプレートの浮き、移動痕に対しては、大きく浮いているものはなく、移動痕についても、痕はあるが、ベースプレートは本来の位置にあるため、これについては補修しない。
		ベースプレート周囲のコンクリート部分(化粧モルタル部含む)のひびや浮き	ベースプレート周囲のコンクリートは、原子炉建家の一部であり、建家のひび割れ補修の一環として補修を行う。ひび割れ幅0.2mm未満については被覆工法、それを超えるものについてはエポキシ樹脂注入による補修を行う。
		ベースプレート部のアンカーボルトのナットの外れ(1箇所)	ベースプレートの追加設置などにより、同等の機能を担保するものとする。
3.11 地震以外	施工後の繰り返しの熱応力、経年変化等	屋根鉄骨構成部材接続部の溶接部の錆びや隙間7箇所	錆びを除去したのちに、再溶接による補修を行う。
		頂部リングブレース材の溶接部の隙間2箇所	錆びを除去したのちに、再溶接による補修を行う。
		屋根の周端部のラチス材7箇所の座屈	ラチス材の変形を抑えるためにプレートを接合する等の方法で補修を行う。
施工時		トラス梁の上弦材及び下弦材の基準軸からのズレ	-
		下弦材とリング材接合部の形状相違	-
		頂部リングと下弦材の溶接接合部(7箇所)	-

4. 原子炉建家の負圧維持機能について

原子炉建家に要求される安全機能である負圧機能（漏えい率及び負圧）を確認するため、毎年実施している施設定期自主検査において原子炉建家の負圧確認検査及び漏えい検査を行っている。過去3年分の測定結果を表3に示す。

その結果、3.11地震前の直近に実施した漏えい率及び負圧の検査結果（平成22年12月に実施）は、各々、19.2%/day、-78Paであり、3.11地震後の平成23年6月に実施した結果は、各々、22.0%/day、-80Paであり、3.11地震前後で負圧維持機能に変化は見られなかった。

また、負圧確認検査及び漏えい検査の測定結果は、3.11地震前後を通して基準値内にあり、安全機能が維持されている。

表3 負圧確認検査及び漏えい検査の測定結果

	平成20年 11月	平成21年 9月	平成22年 12月	平成23年 6月	基準値
漏えい率(%)	36.8	25.6	19.2	22.0	100%day以下
負圧(Pa)	-80	-78	-78	-80	-59~-98

5. まとめ

JMTRの原子炉建家の屋根のトラス梁のズレの測定、専門家（大林組鹿島建築工事事務所）によるトラス梁、屋根の鉄板の目視点検等を実施した。

その結果、基準軸からのズレの各トラス梁の最大値は、上弦材については、32～123mm、下弦材については、27～122mmであった。

トラス梁、屋根の鉄板の目視点検等の結果、トラス梁のズレは、部材加工時、組み立て時及び組み上げ時において、加工、溶接及び施工による誤差が積み重なったもの、また、施工完了後におけるトラス梁の変位置によるものであること、3.11地震によるトラス梁の変形の痕跡もみられなかったこと、屋根の鉄板についても屋根の溶接部や鉄板表面にトラス梁が変形した時に見られる痕跡がなかったこと、そして、原子炉建家の負圧維持機能についても3.11地震の前後で変化は見られなかったことから、3.11地震の前後で、原子炉建家に要求される安全機能（負圧機能）等、屋根の状況が変化したことを示す明白な結果は得られなかった。

また、専門家からも、製作時の誤差及び建設時の調整によるものであり、3.11地震等の大地震によりトラス梁が強制的に変形した場合に見られるトラス梁の塗装のはがれ、部材のよじれが見られず、さらにトラス梁が変形した際に見られる屋根の鉄板の溶接線の変形等が確認できなかったことから、3.11地震の前後で、屋根の状況に変化はみられなかったとの見解を得た。

補修に係る対策については、梁のズレについては、3.11 地震前後での変化は見られず、製作時の誤差及び建設時の調整によるものと推定されたため、それ自体の補修は行わないが、今後の JMTR 原子炉施設の地震影響評価の結果を踏まえ、必要に応じて補強を実施する。

屋根のその他の部材について、3.11 地震で被災した屋根の周端部近くの下弦材突合せ溶接部の 1 箇所のみ裂、3.11 地震以外の経年変化による屋根の周端部のラチス材 7 箇所の座屈等があったため、これについて補修を行う。

今後の屋根の点検については、これまで原子炉建家の外から見える範囲での点検であったが、今回の詳細調査を機に今後は、点検要領を作成し、定期的に原子炉建家内部から屋根のトラス梁に近接した点検を実施していく。

以上

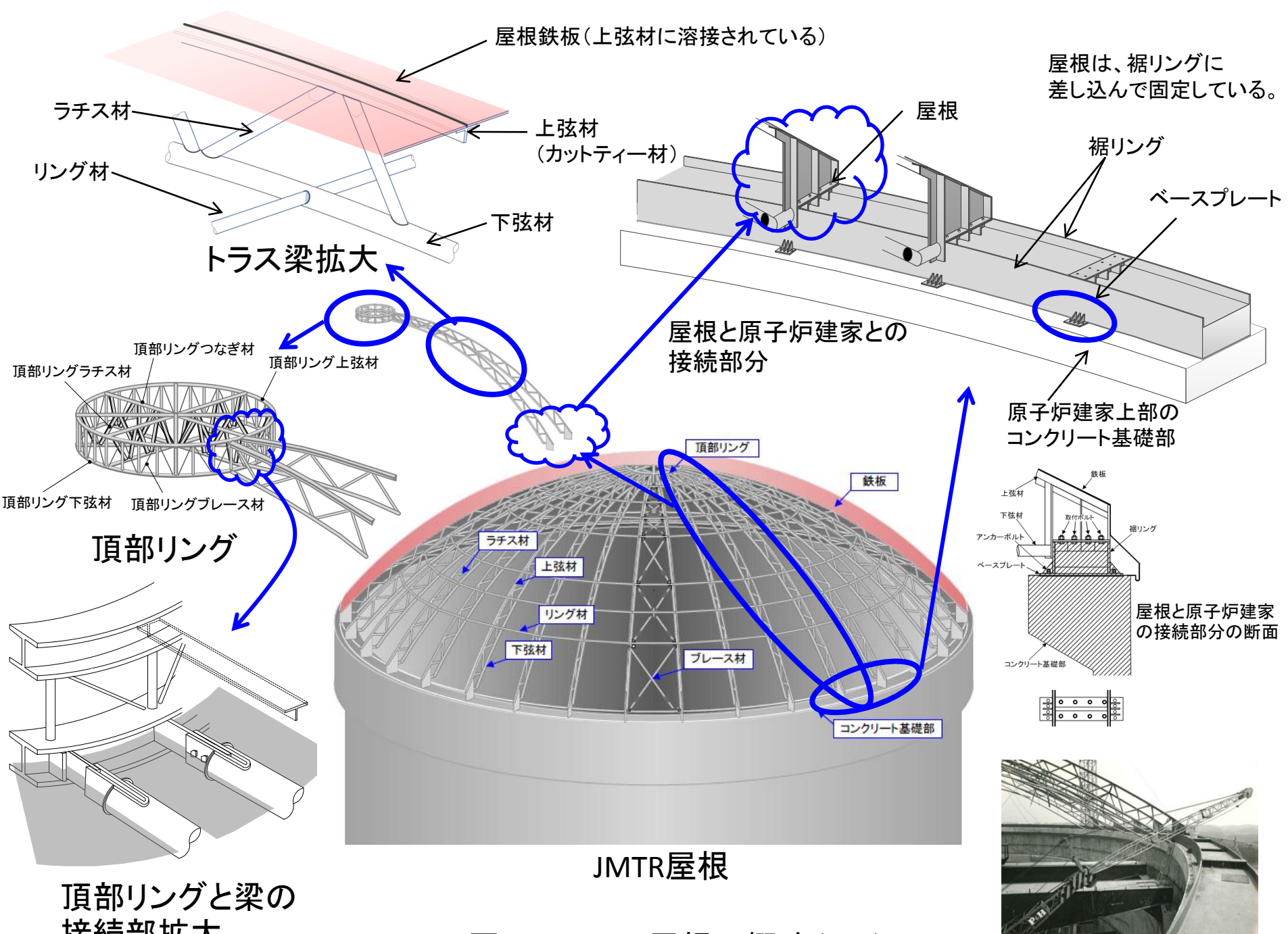
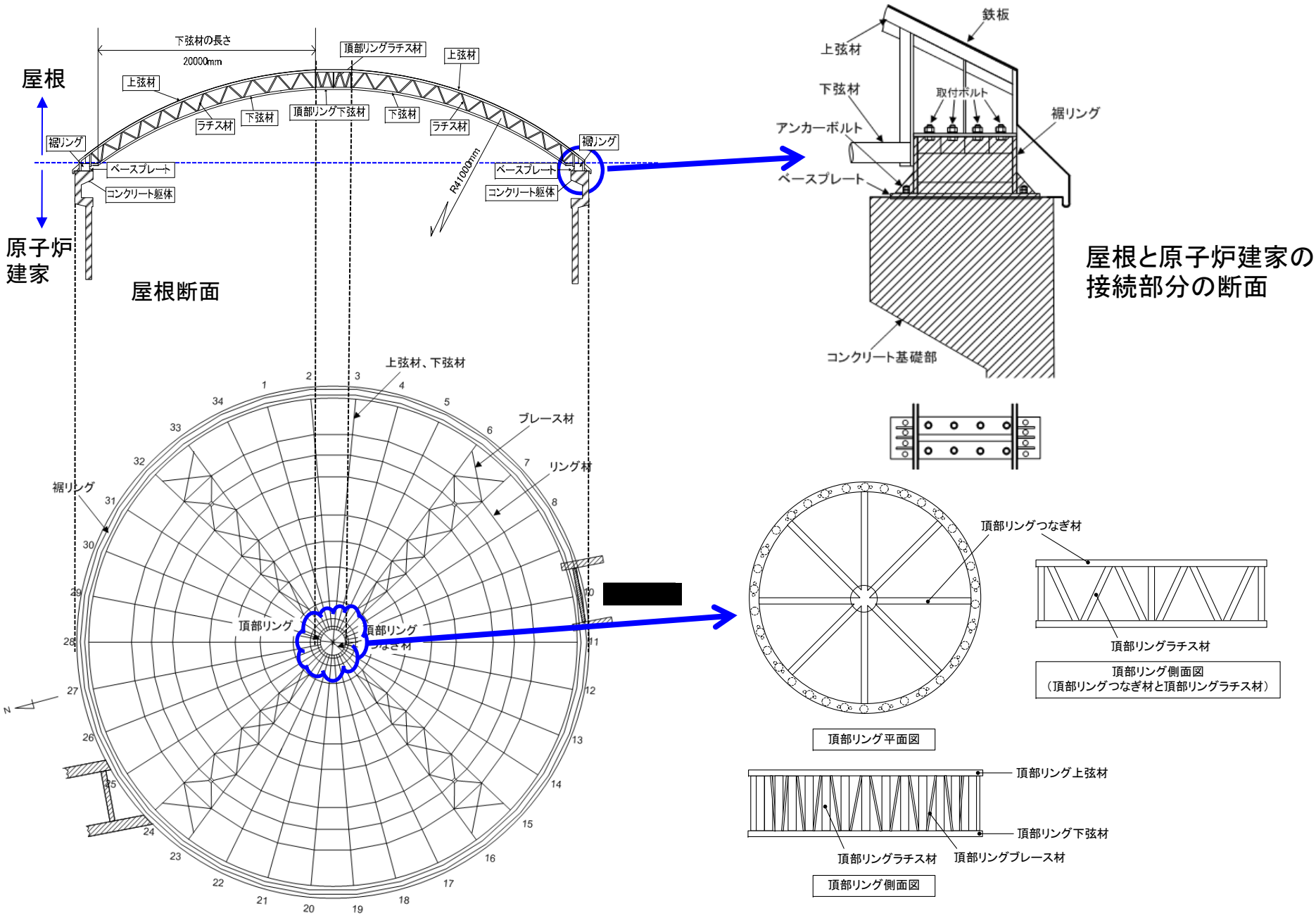


図1 JMTRの屋根の概略(1/3)

屋根建設時の状況



屋根平面図(下から見上げたところ)

図1 JMTRの屋根の概略(2/3)

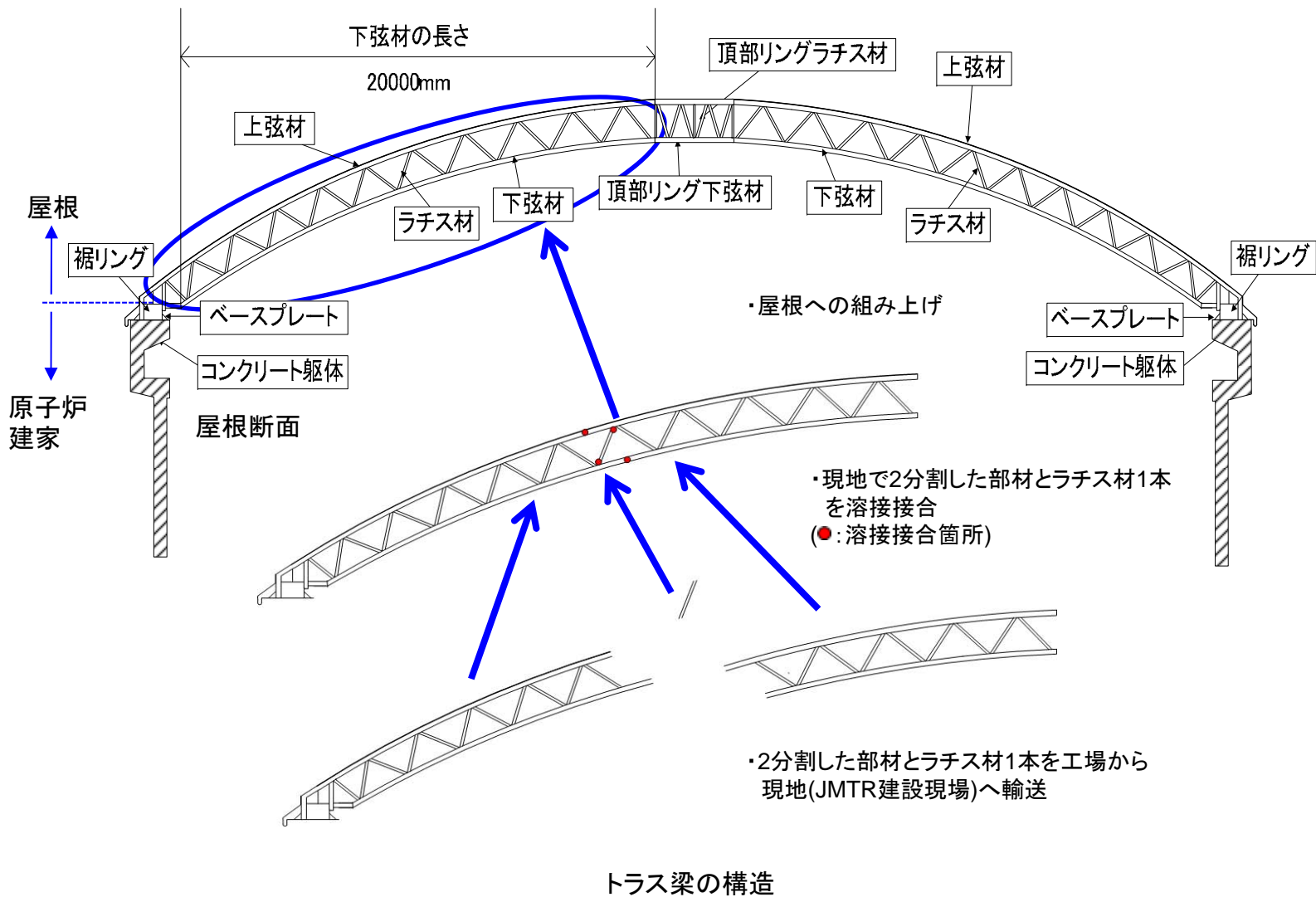
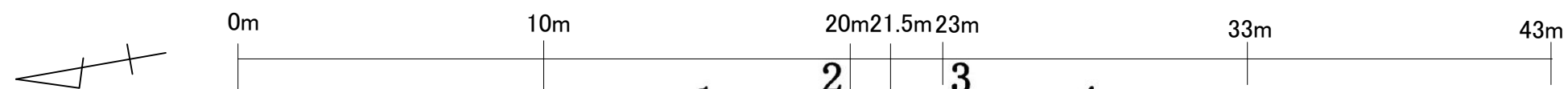


図1 JMTRの屋根の概略(3/3)



図中の数字は各トラスの上弦材、下弦材の両端を基準にした基準軸に対する水平方向のズレの値である。(単位: mm)

また、赤く囲った○はズレが100mmを超えるものである。

上弦材
リング材
トラス番号(No.)

最大水平変位[mm]	本数[本]
0-50	12
51-100	17
101-	5

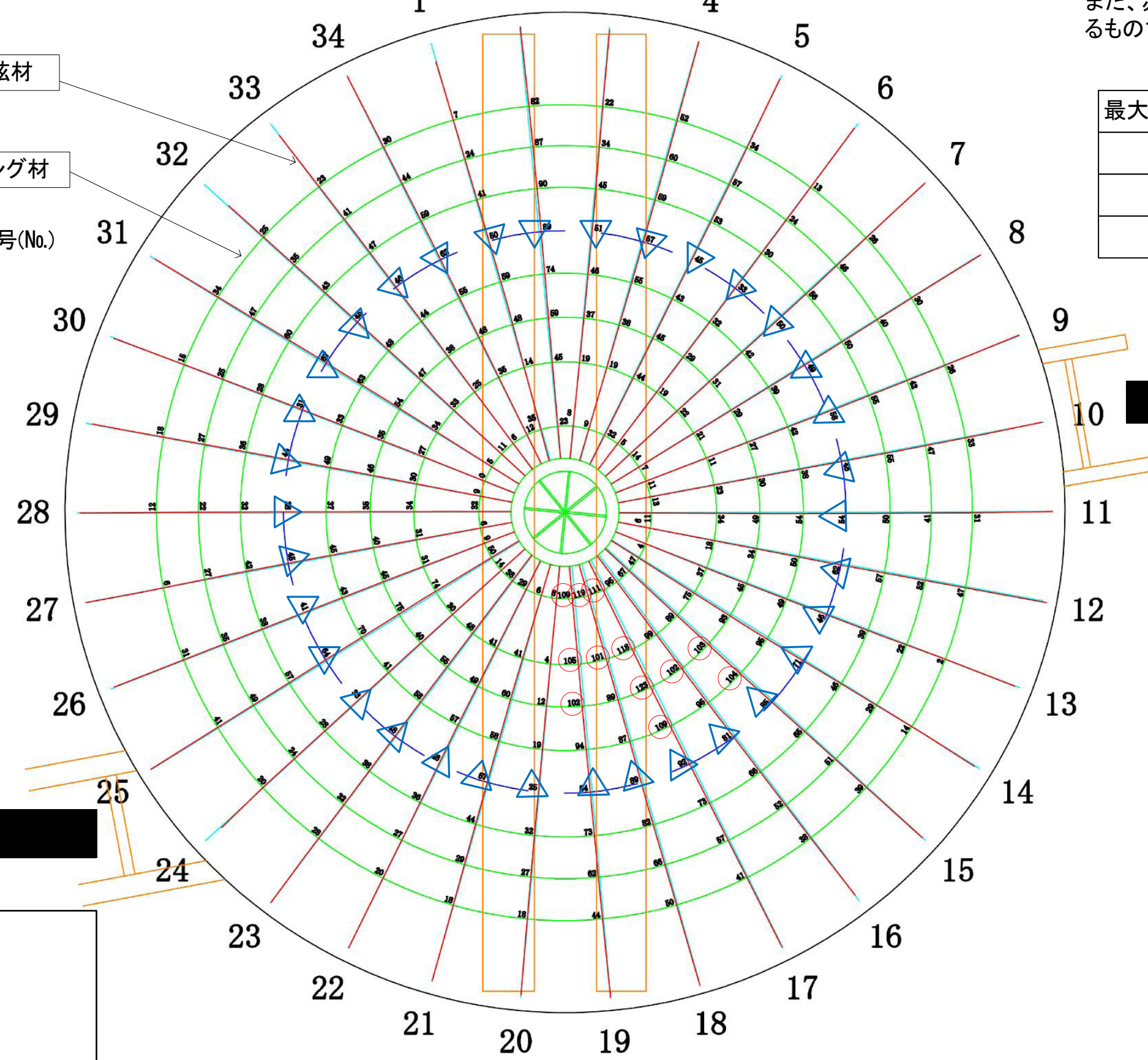
図中の数字が軸の右側にある場合は基準軸*に対して右側へのズレを示す。また、左側に有る場合は左側へのズレを示す。
* 基準軸: 頂部リング接合部における上弦材または下弦材の中心と裾リング接合部のこれらの中心を結んだ線

矢視



凡例

- 現況
- 現況 (下弦材中心)
- 基準軸 (両端留具)
- △ 上弦材溶接箇所付近



トラスNo.	最大水平変位[mm]
1	59
2	90
3	51
4	60
5	57
6	33
7	56
8	50
9	58
10	55
11	54
12	62
13	49
14	95
15	104
16	102
17	123
18	119
19	109
20	32
21	60
22	57
23	58
24	41
25	75
26	45
27	45
28	38
29	49
30	35
31	67
32	48
33	47
34	62

図2 上弦材の基準軸からのズレ

0m 10m 20m 21.5m 23m 43m

図中の数字は各トラスの上弦材、下弦材の両端を基準にした基準軸に対する水平方向のズレの値である。(単位:mm)

また、赤く囲った○はズレが100mmを超えるものである。

最大水平変位[mm]	本数[本]
0-50	20
51-100	9
101-	5

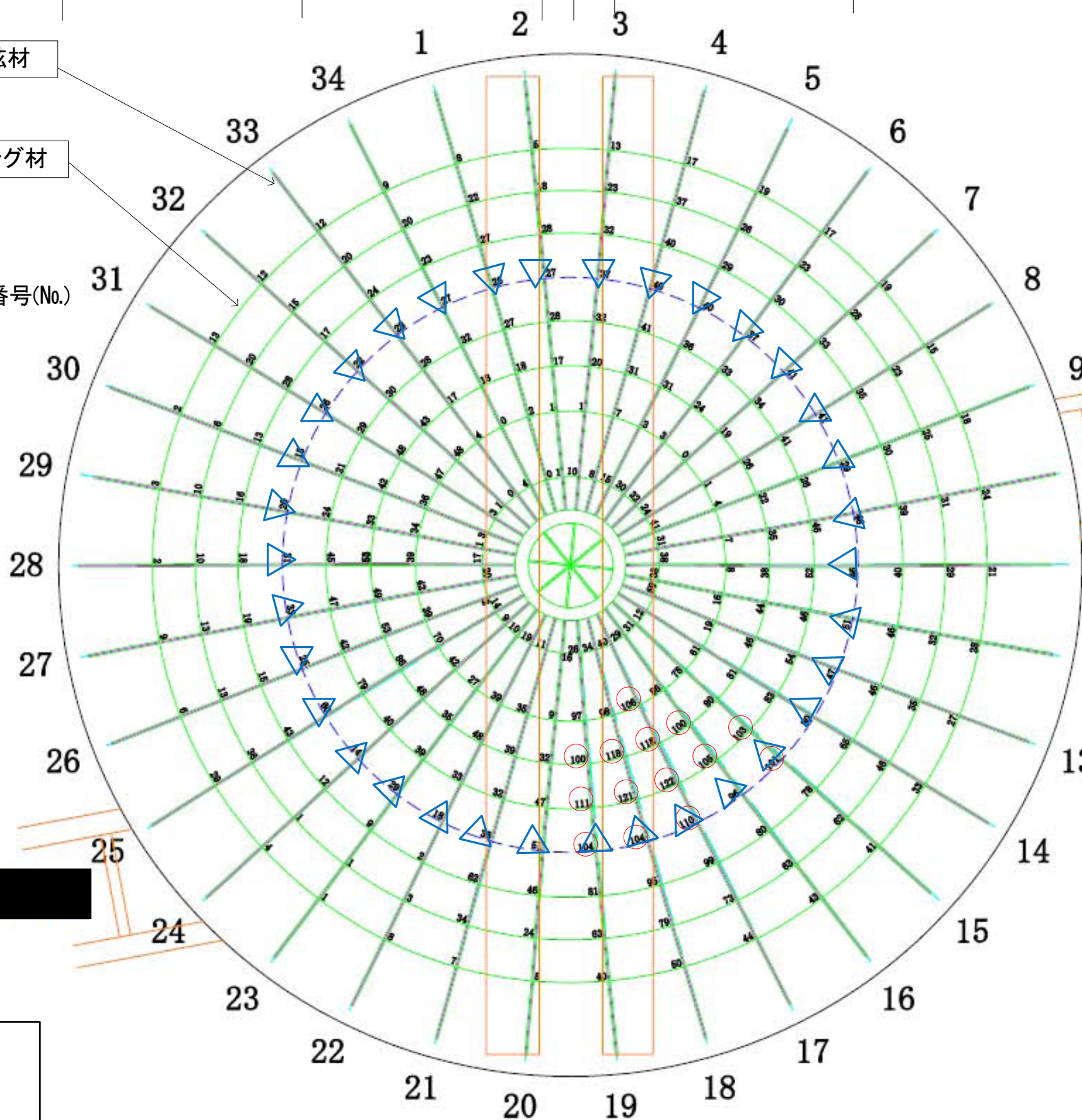
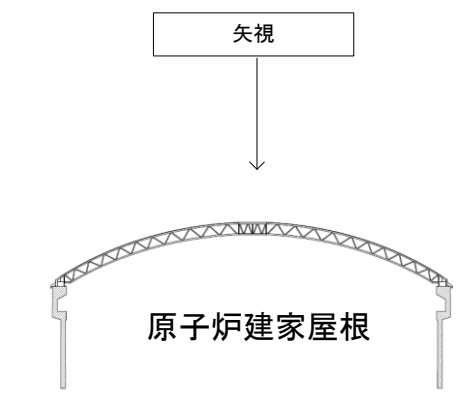
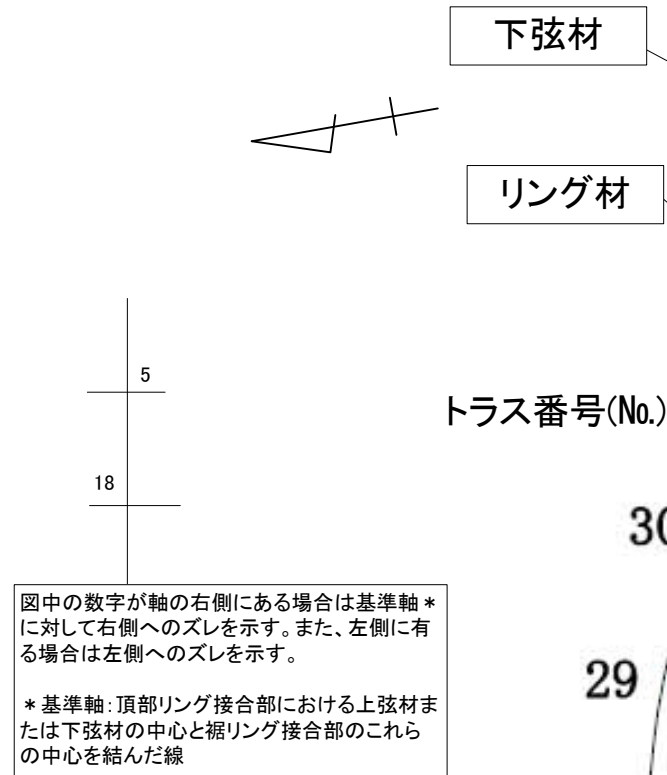


図3 下弦材の基準軸からのズレ

- 凡例
- 現況
 - 現況 (下弦材中心)
 - 基準軸 (両端留具)
 - △ 下弦材付き合せ溶接箇所付近

トラスNo.	最大水平変位[mm]
1	27
2	28
3	37
4	41
5	40
6	37
7	41
8	41
9	41
10	46
11	52
12	51
13	59
14	83
15	103
16	105
17	122
18	121
19	111
20	51
21	62
22	48
23	39
24	48
25	86
26	53
27	49
28	53
29	34
30	42
31	48
32	48
33	28
34	32

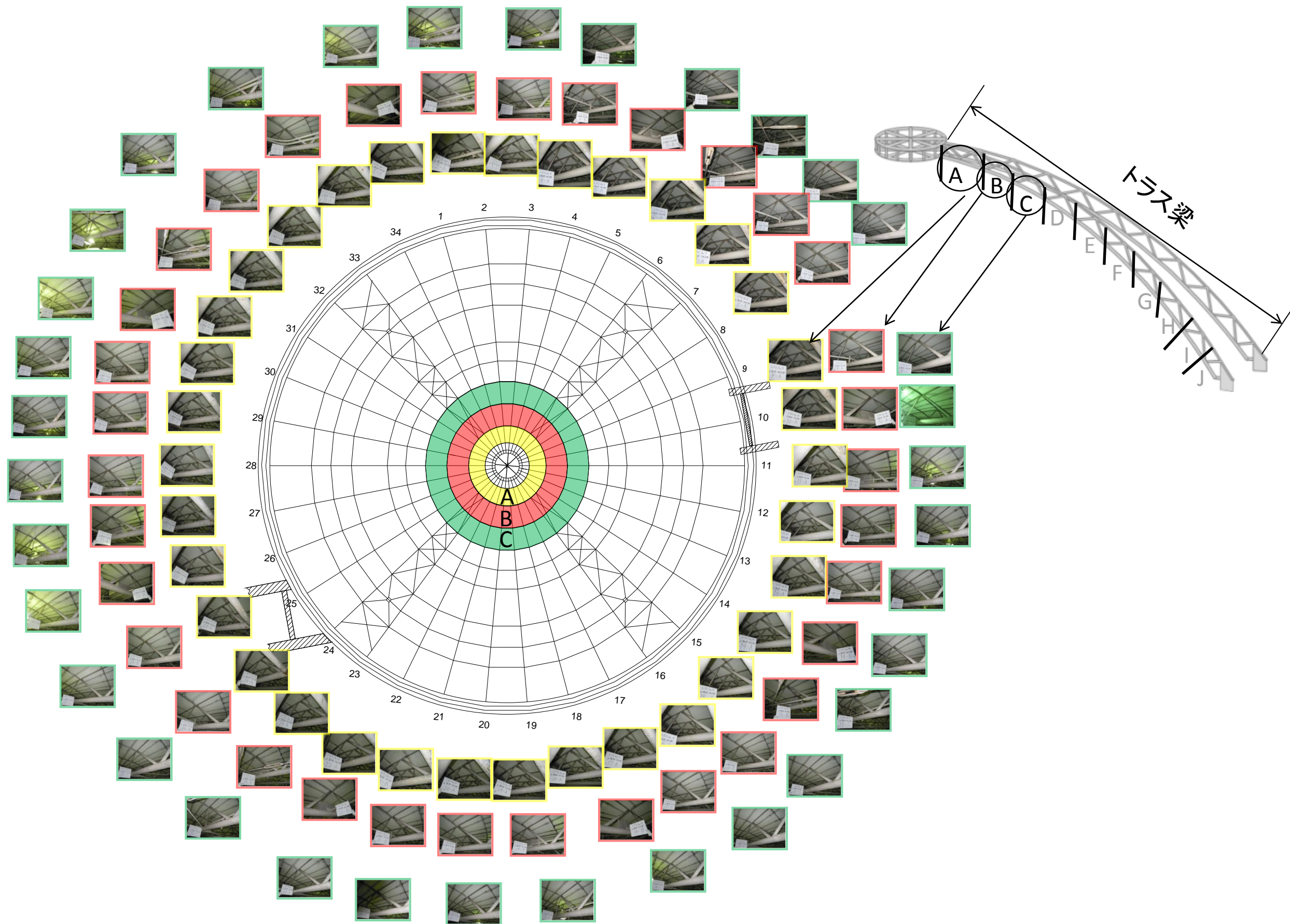


図4 トラス梁上弦材の状況(1/3)

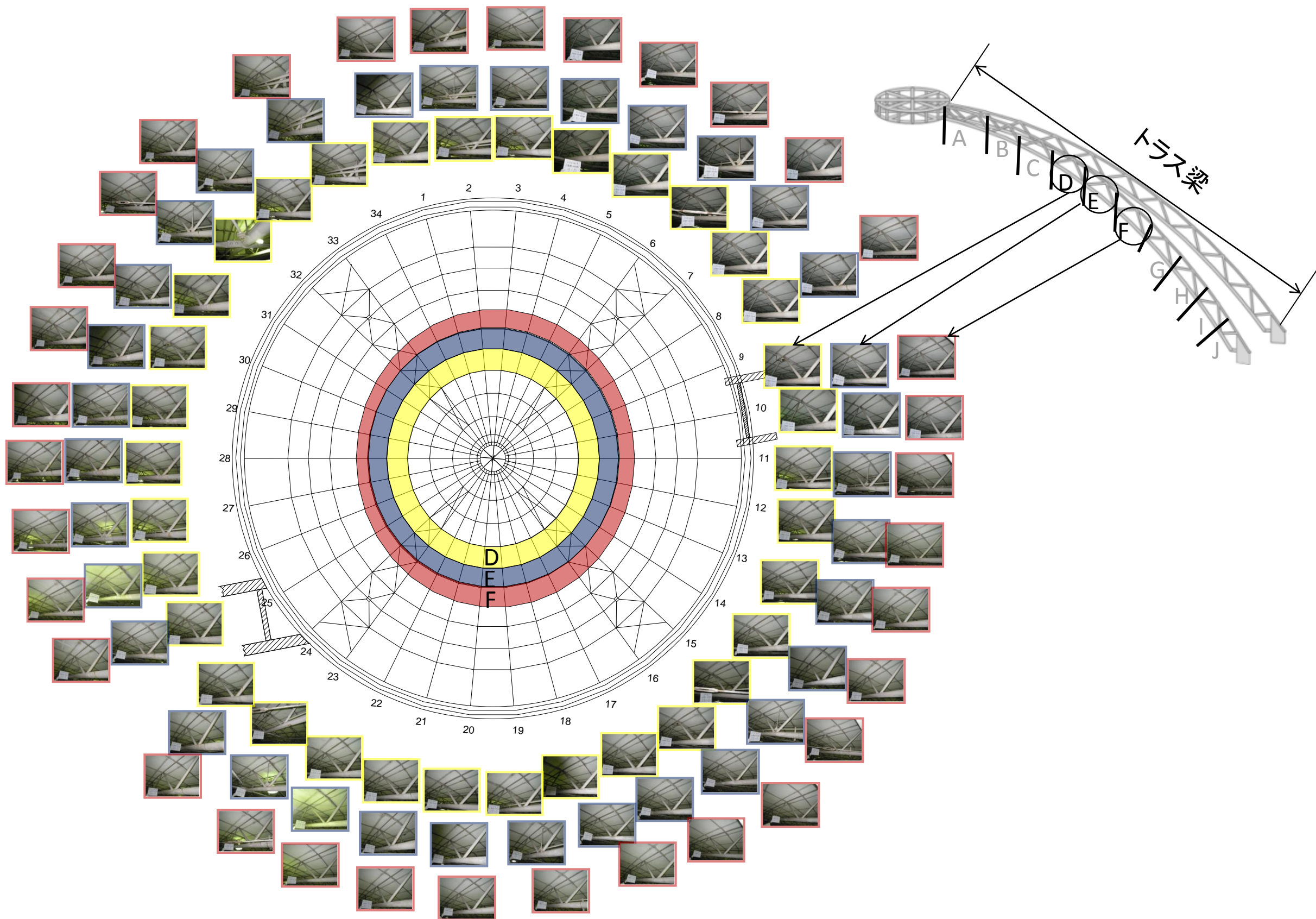


図4 トラス梁上弦材の状況(2/3)

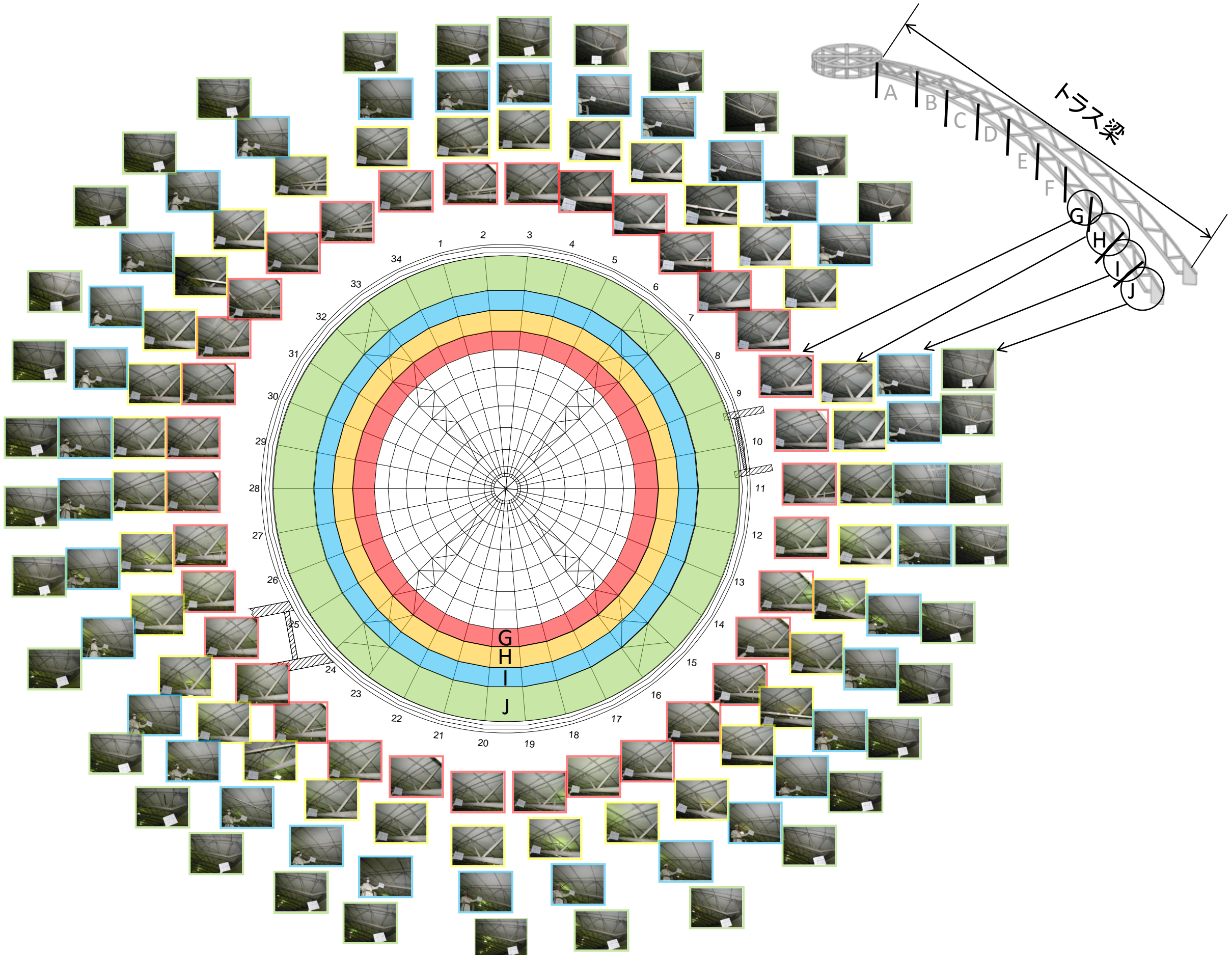


図4 トラス梁上弦材の状況(3/3)

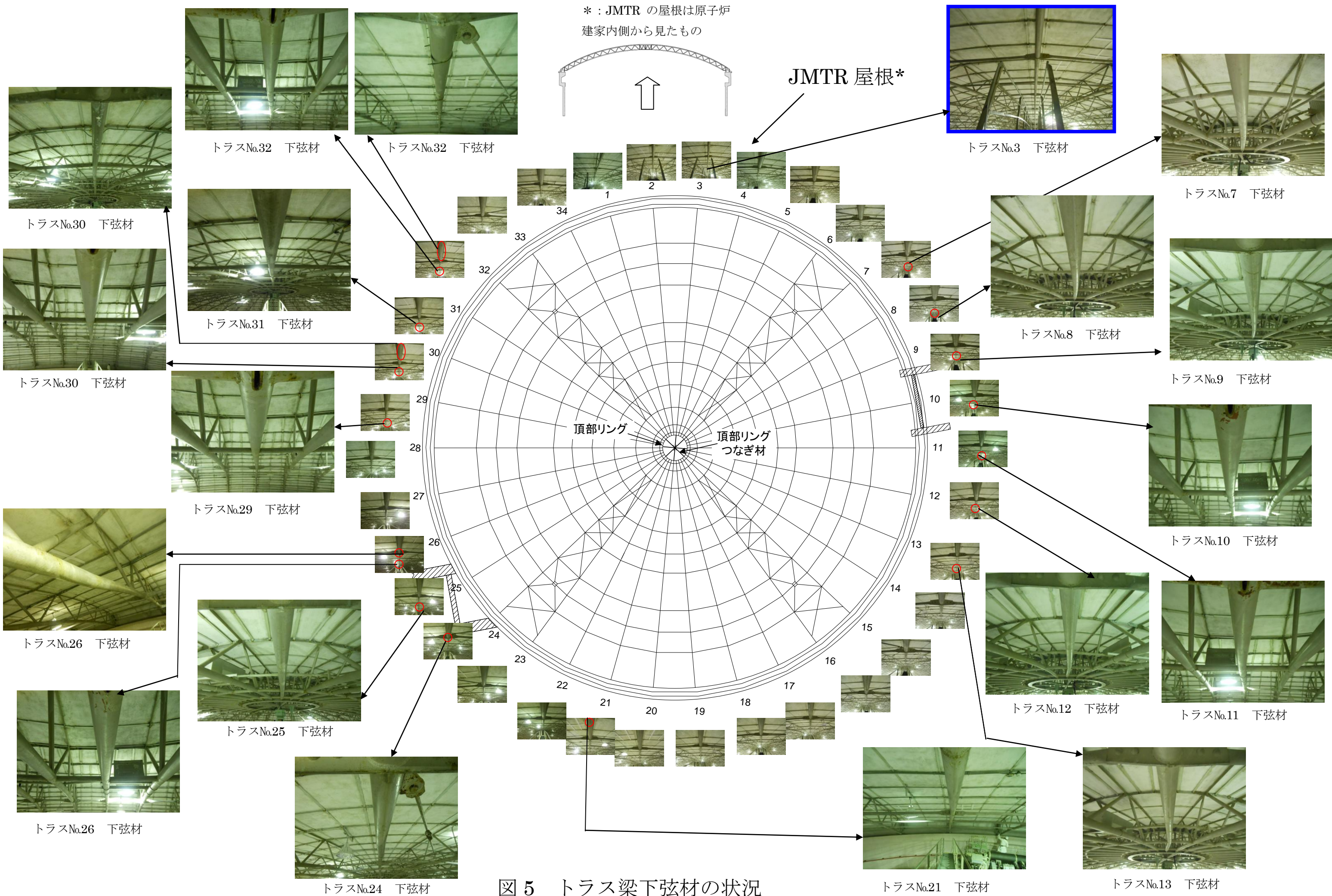


図5 トラス梁下弦材の状況

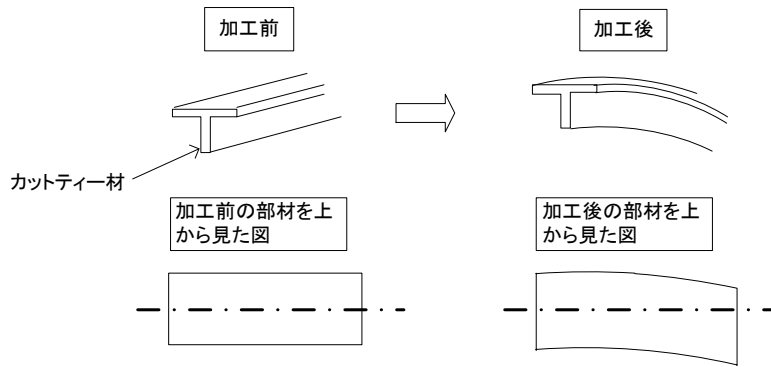


図6 梁の部材を加工する際の加工誤差の概略図

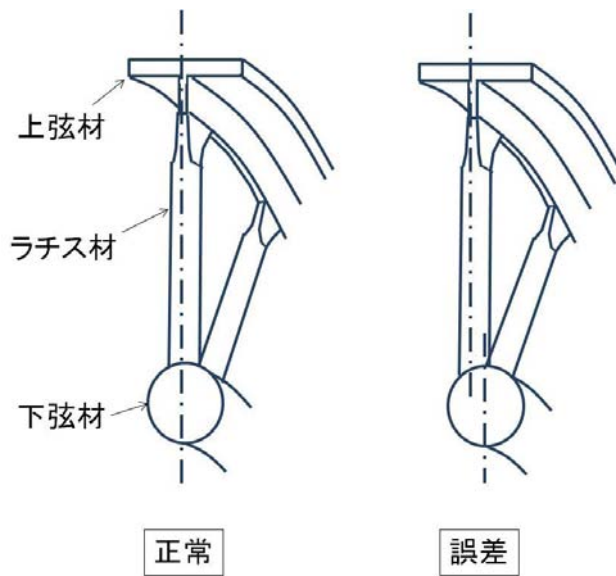


図7 アーチ状に形成された上弦材及び下弦材をラチス材により溶接する際の誤差の概略図

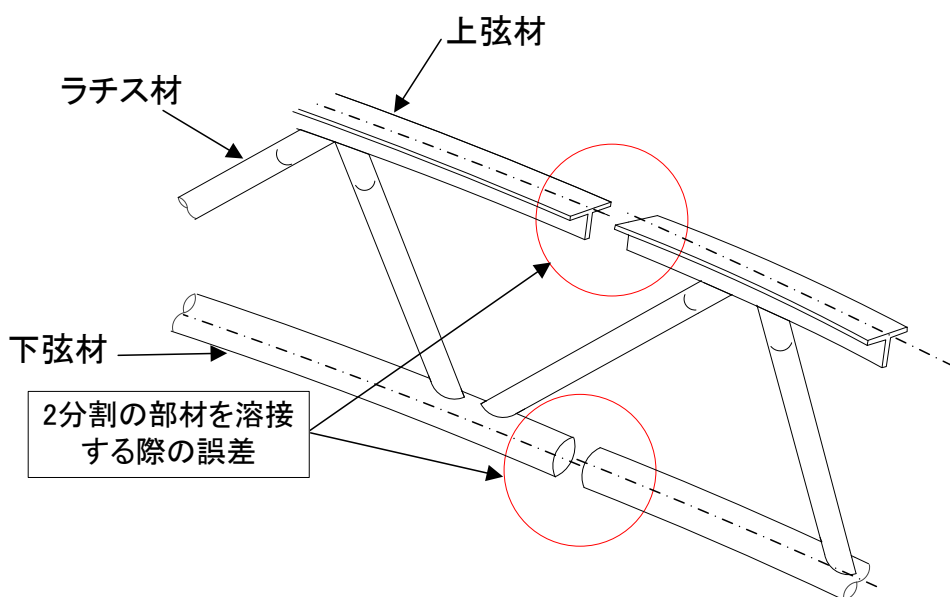
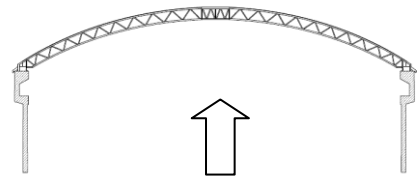
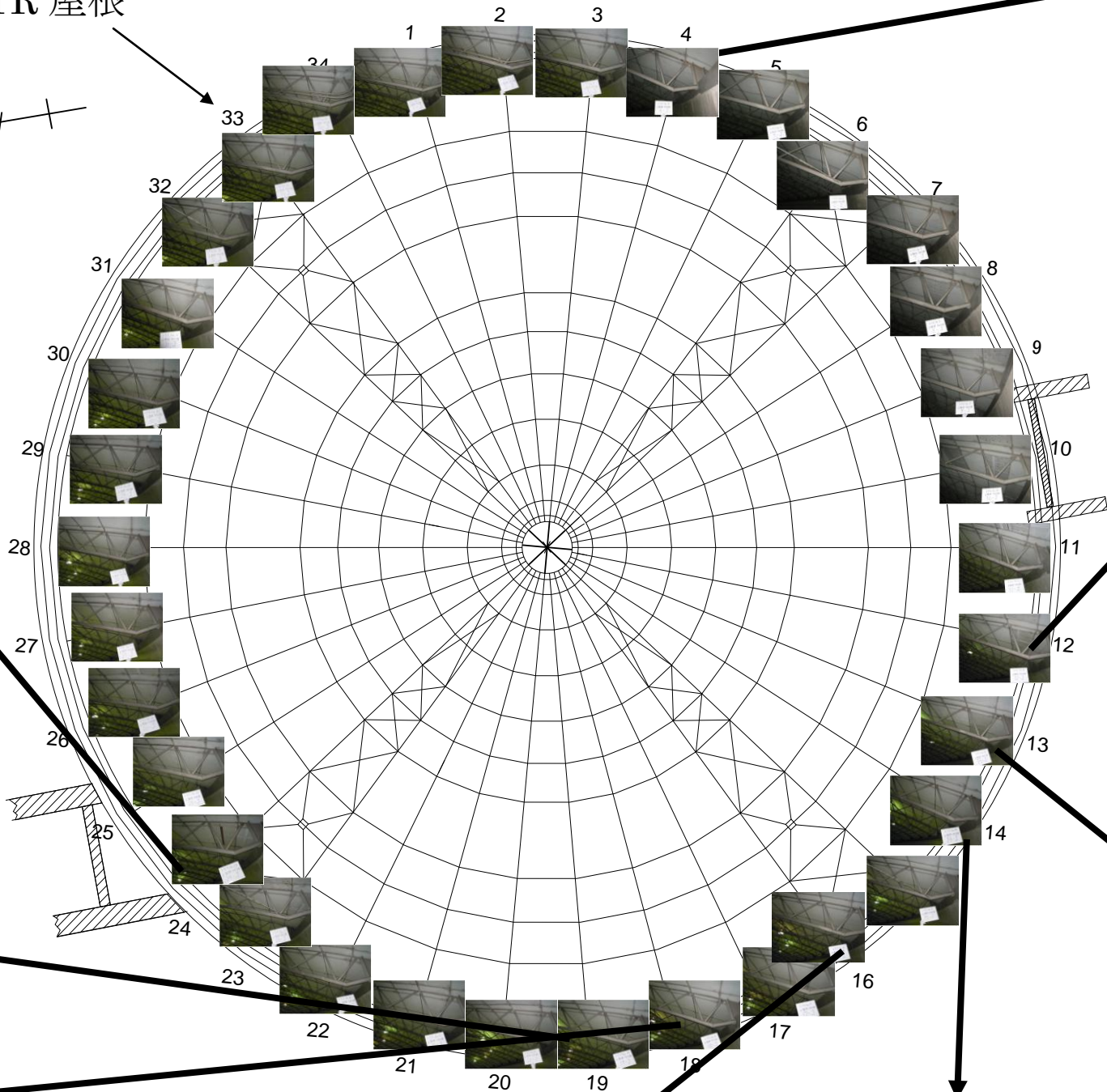


図8 トラス構造に組み立てた2組の部材とラチス材により溶接する際の誤差の概略図

* : JMTR の屋根は原子炉
建家内側から見たもの



JMTR 屋根*



トラスNo.4 ラチス材正常部位



トラスNo.24 ラチス材座屈



トラスNo.12 ラチス材座屈



トラスNo.19 ラチス材座屈



トラスNo.13 ラチス材座屈



トラスNo.18 ラチス材座屈



トラスNo.16 ラチス材座屈



トラスNo.14 ラチス材座屈

図9 周端部ラチス材の状況

* : JMTR の屋根は原子炉建家外側から見たもの

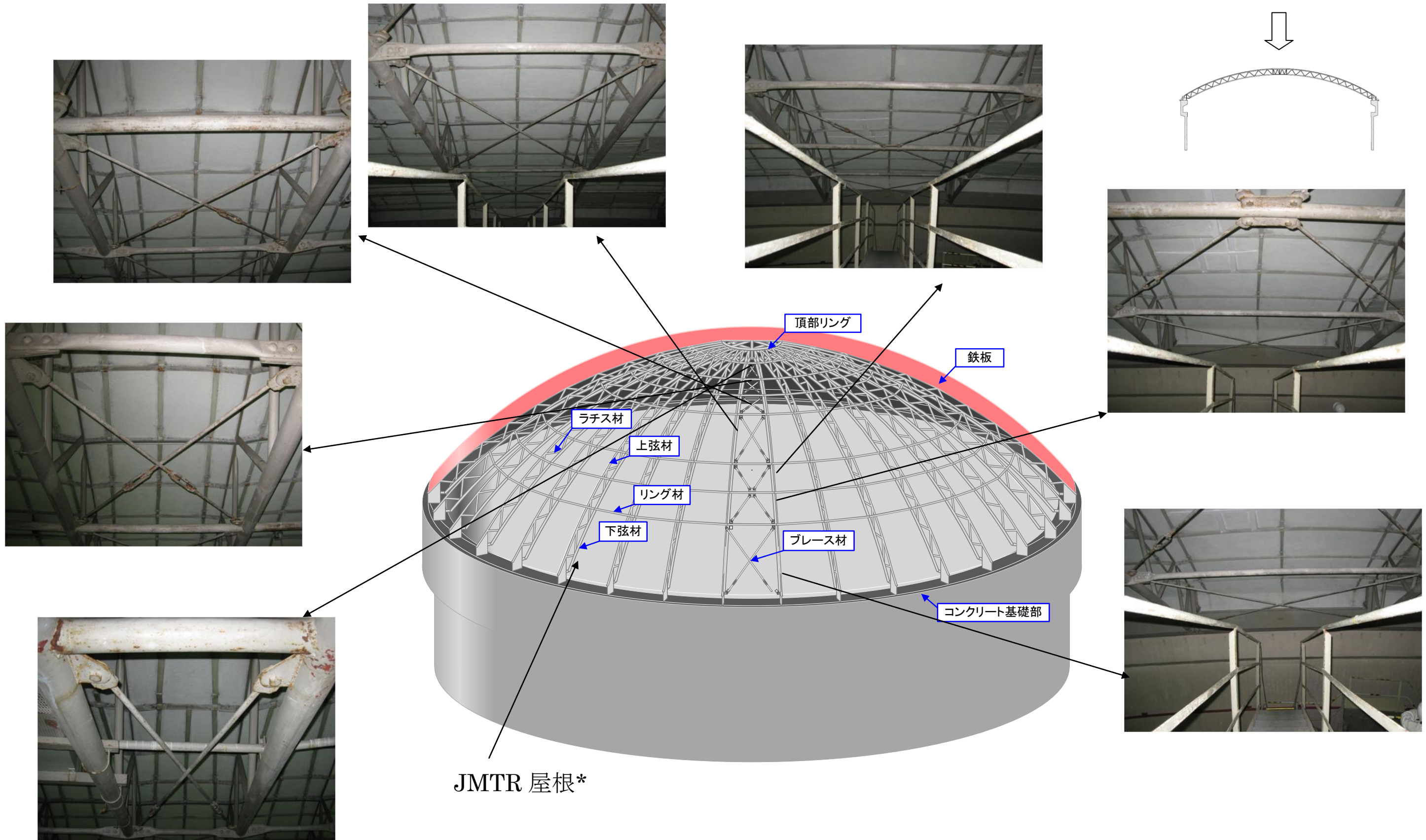
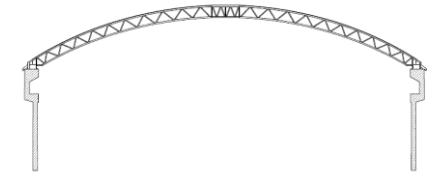
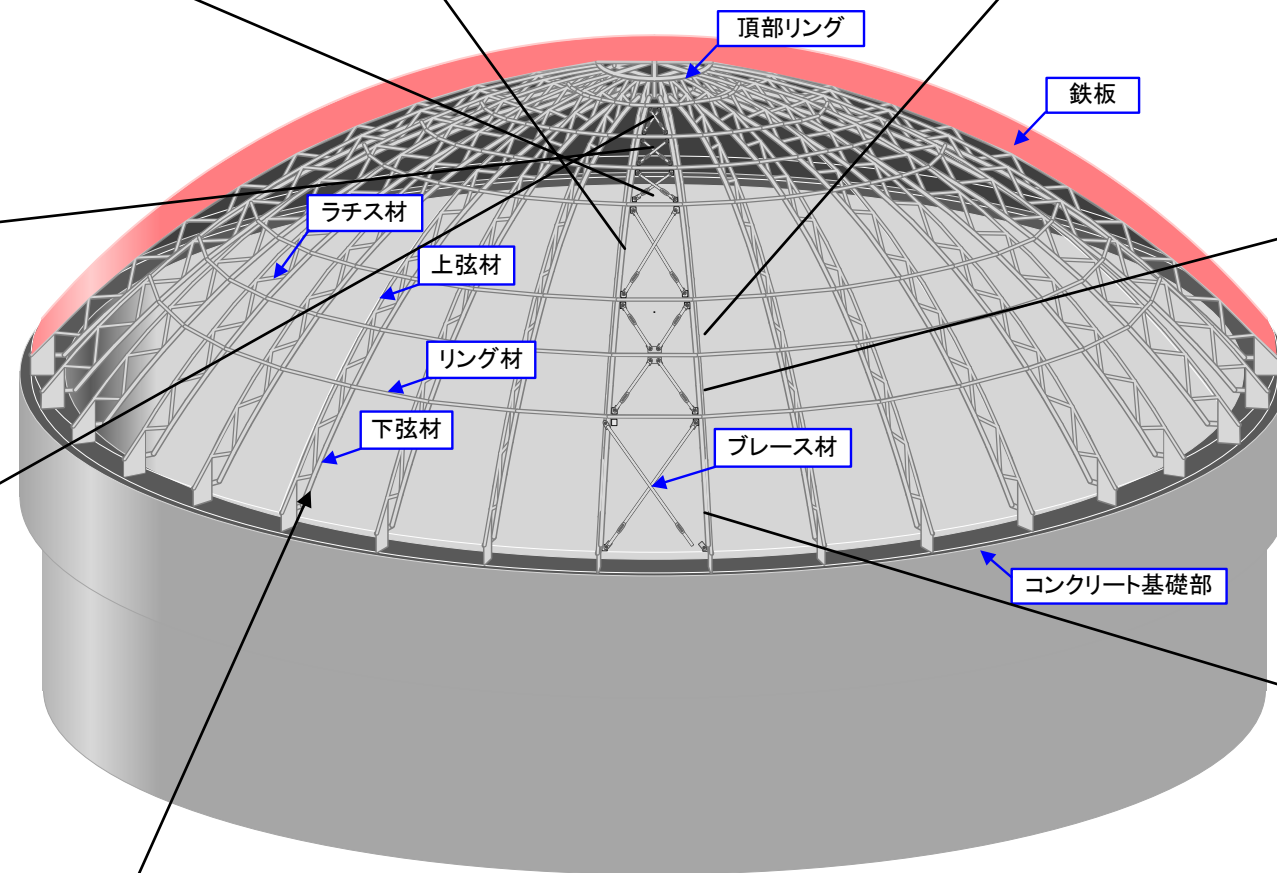
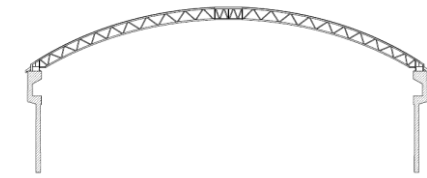


図 10 ブレース材の状況(ブレース材トラスNo.6-7 間)

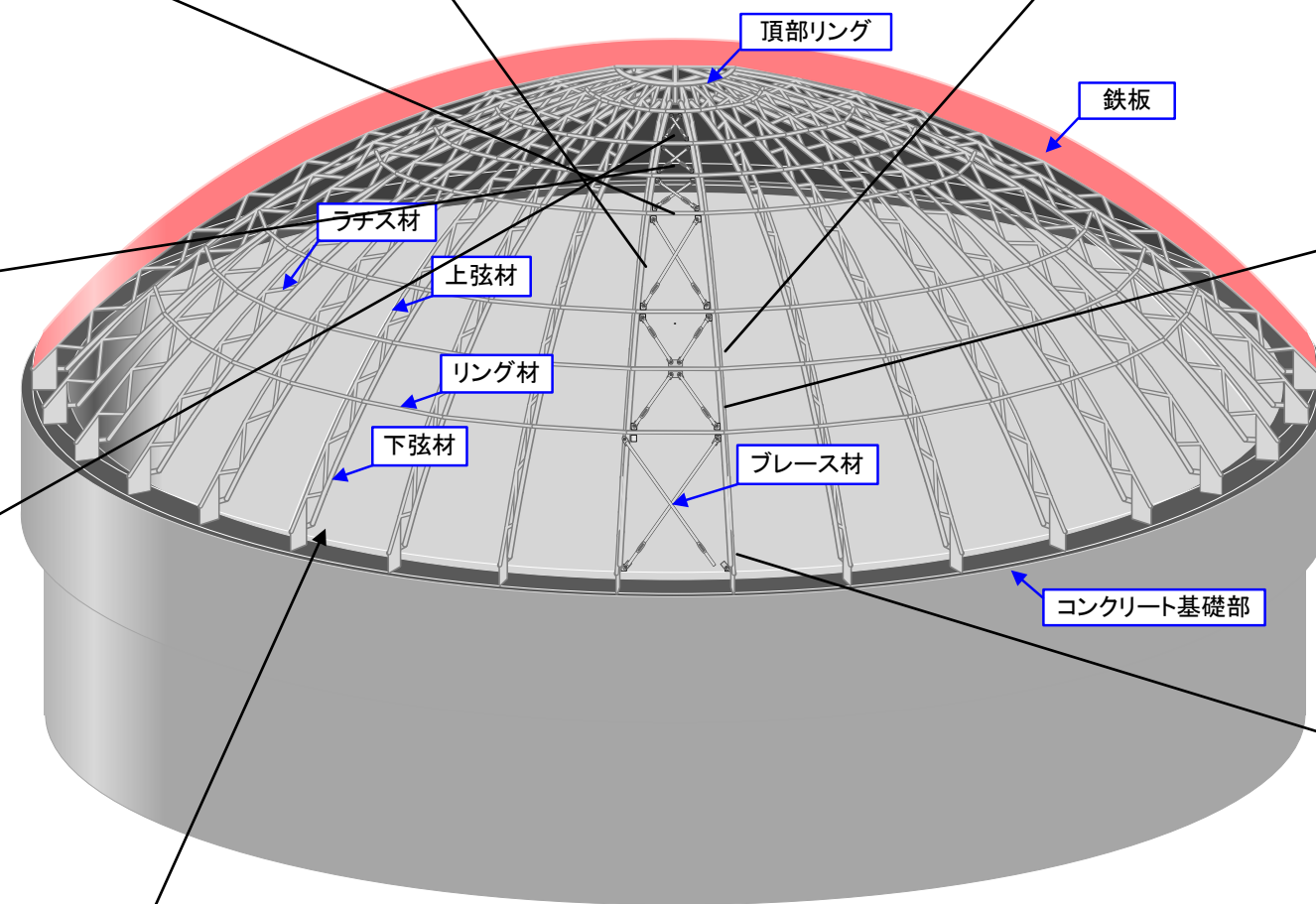
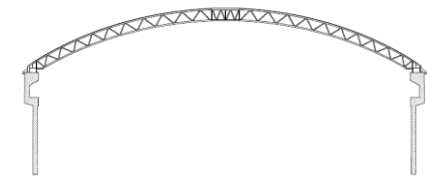
* : JMTR の屋根は原子炉建
家外側から見たもの



JMTR 屋根*

図 10 ブレース材の状況(ブレース材トラスNo.15-16 間)

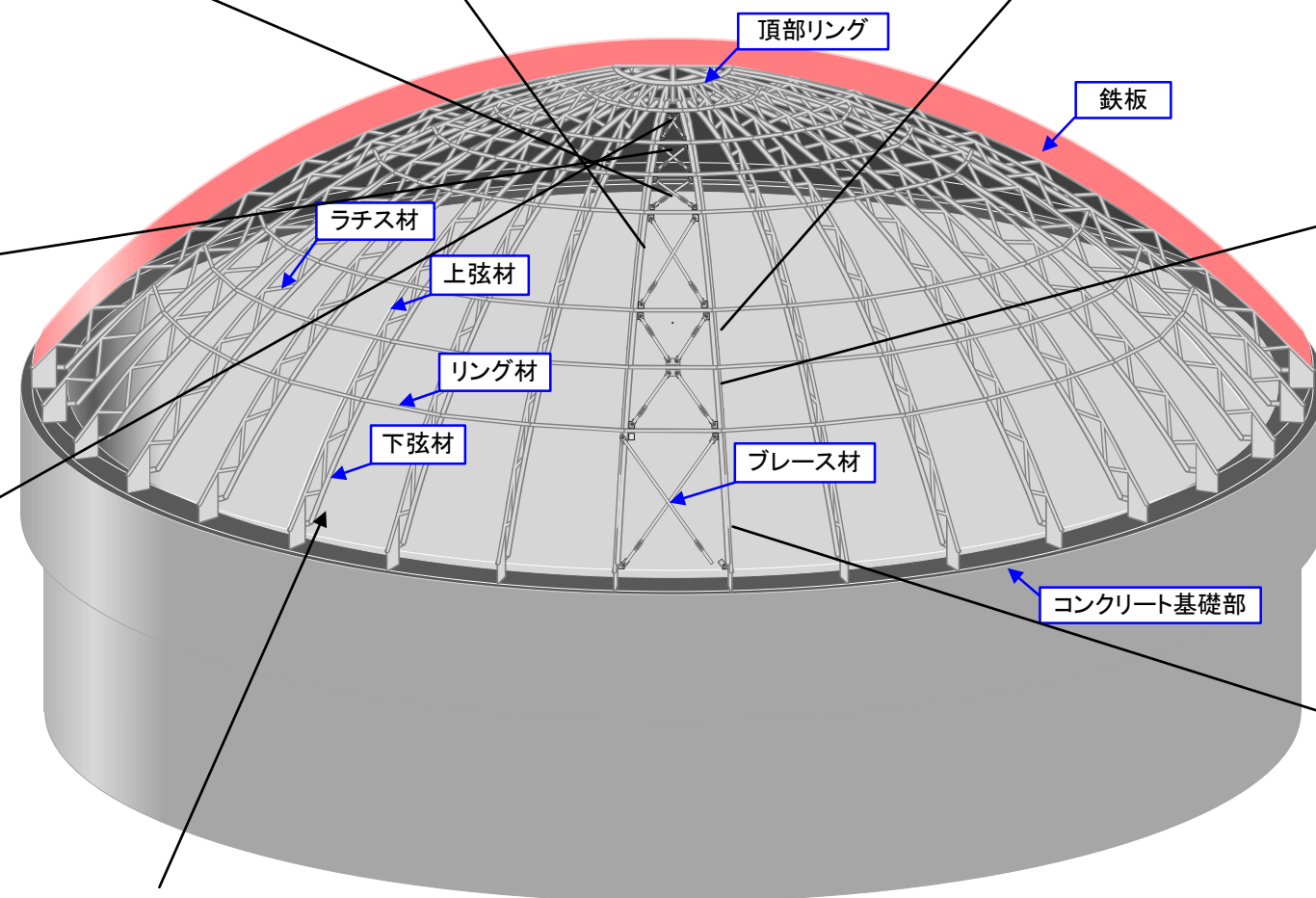
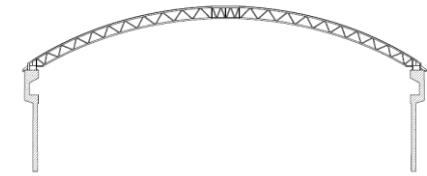
* : JMTR の屋根は原子炉建
家外側から見たもの



JMTR 屋根*

図 10 ブレース材の状況(ブレース材トラスNo.23-24 間)

* : JMTR の屋根は原子炉建
家外側から見たもの



JMTR 屋根*

図 10 ブレース材の状況(ブレース材トラスNo.32-33 間)

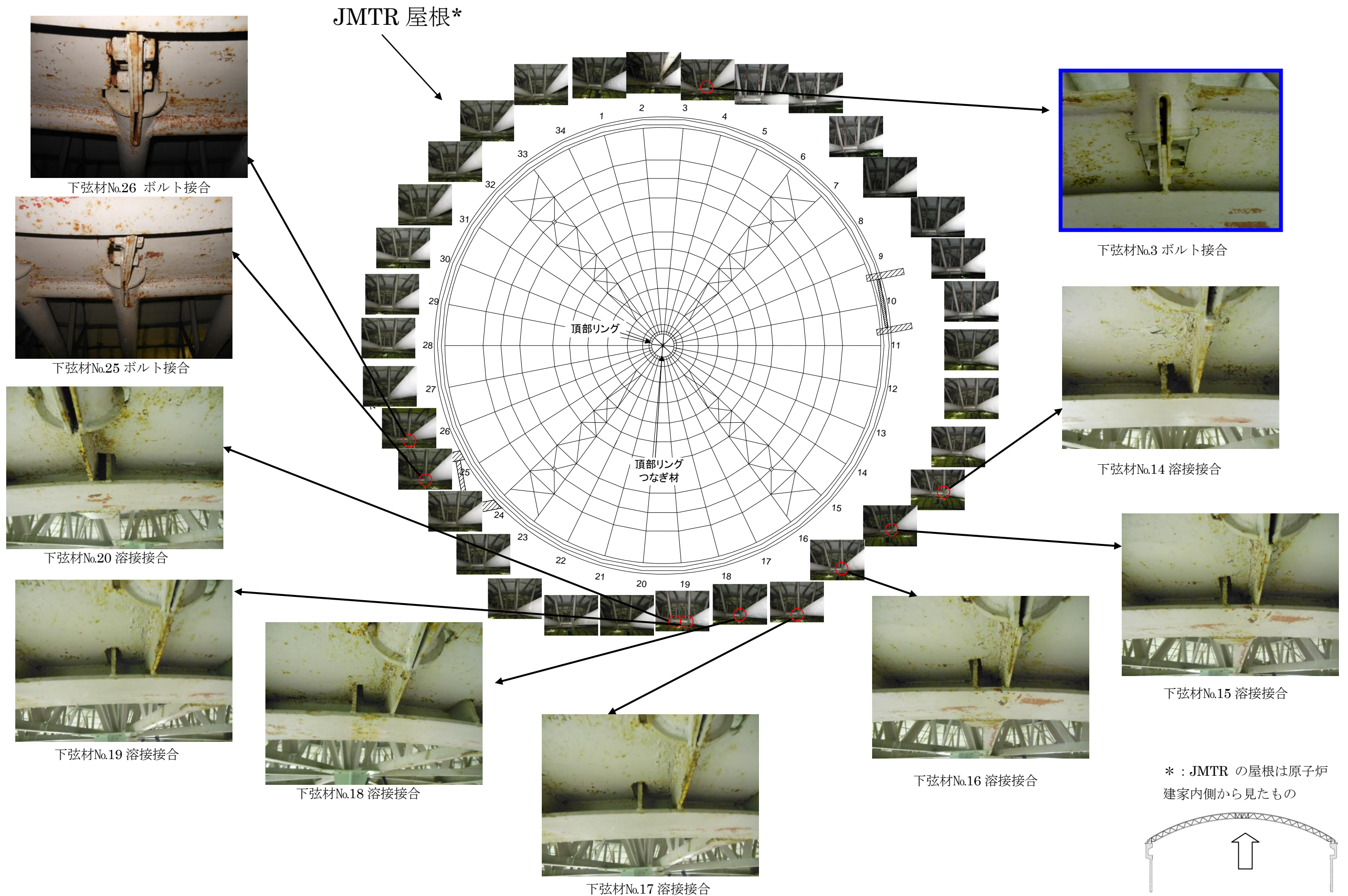


図 11 頂部リングの状況(1/2)

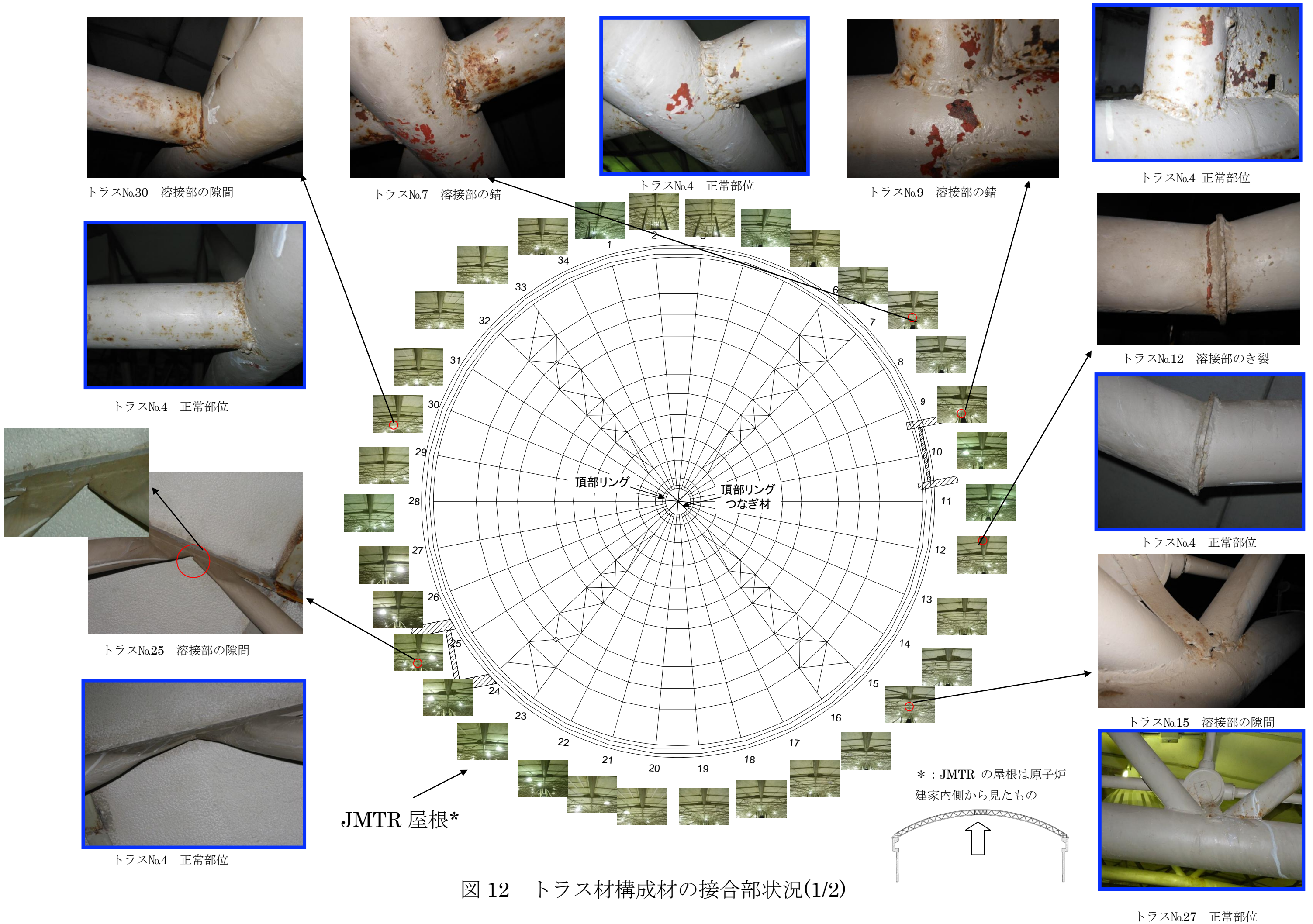


図 12 トラス材構成材の接合部状況(1/2)

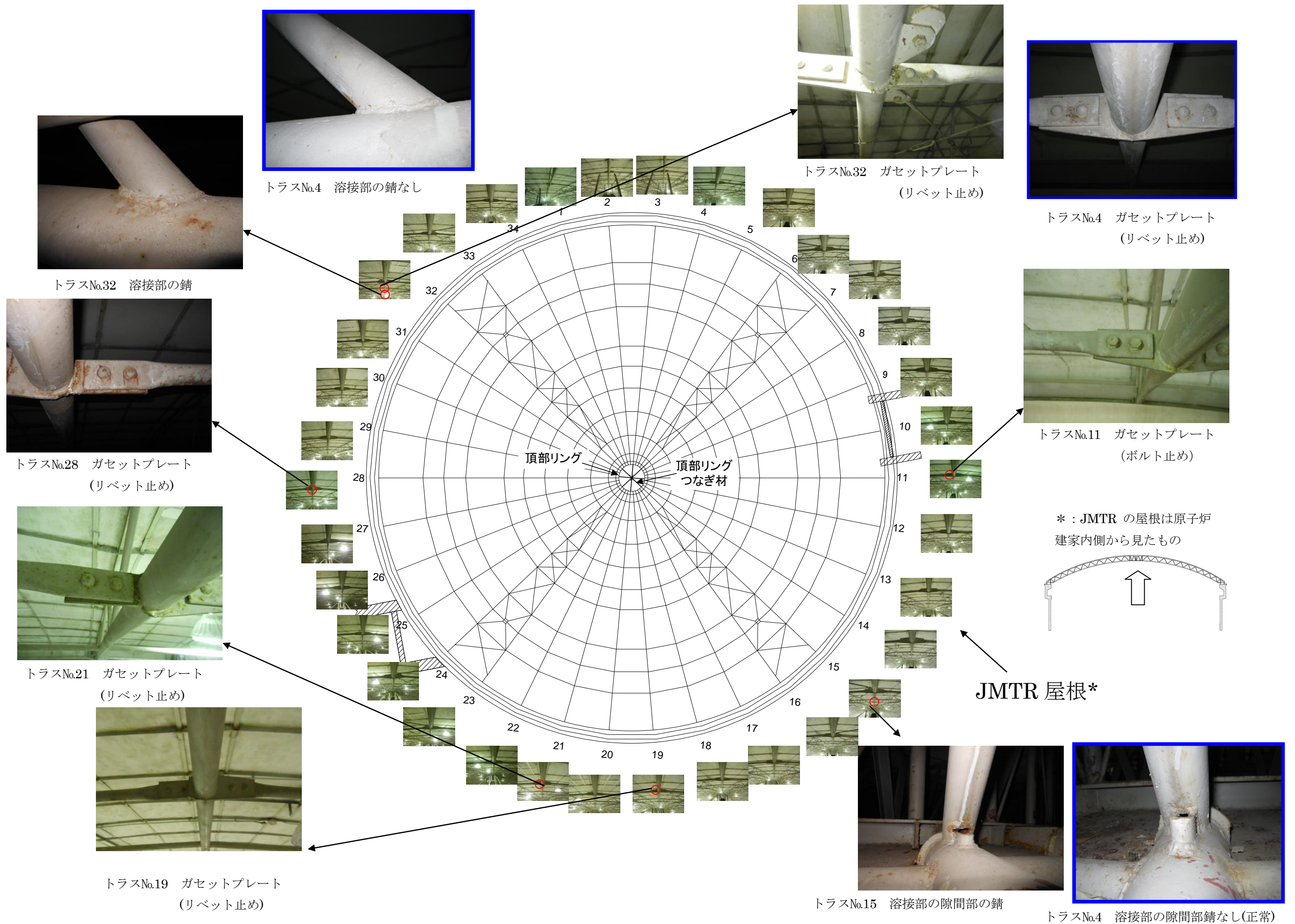
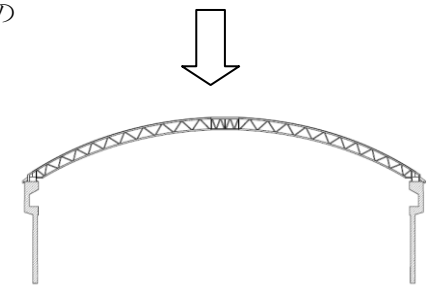


図 12 トラス材構成材の接合部状況(2/2)

* : JMTR の屋根は原子炉
建家内側から見たもの



JMTR 屋根*



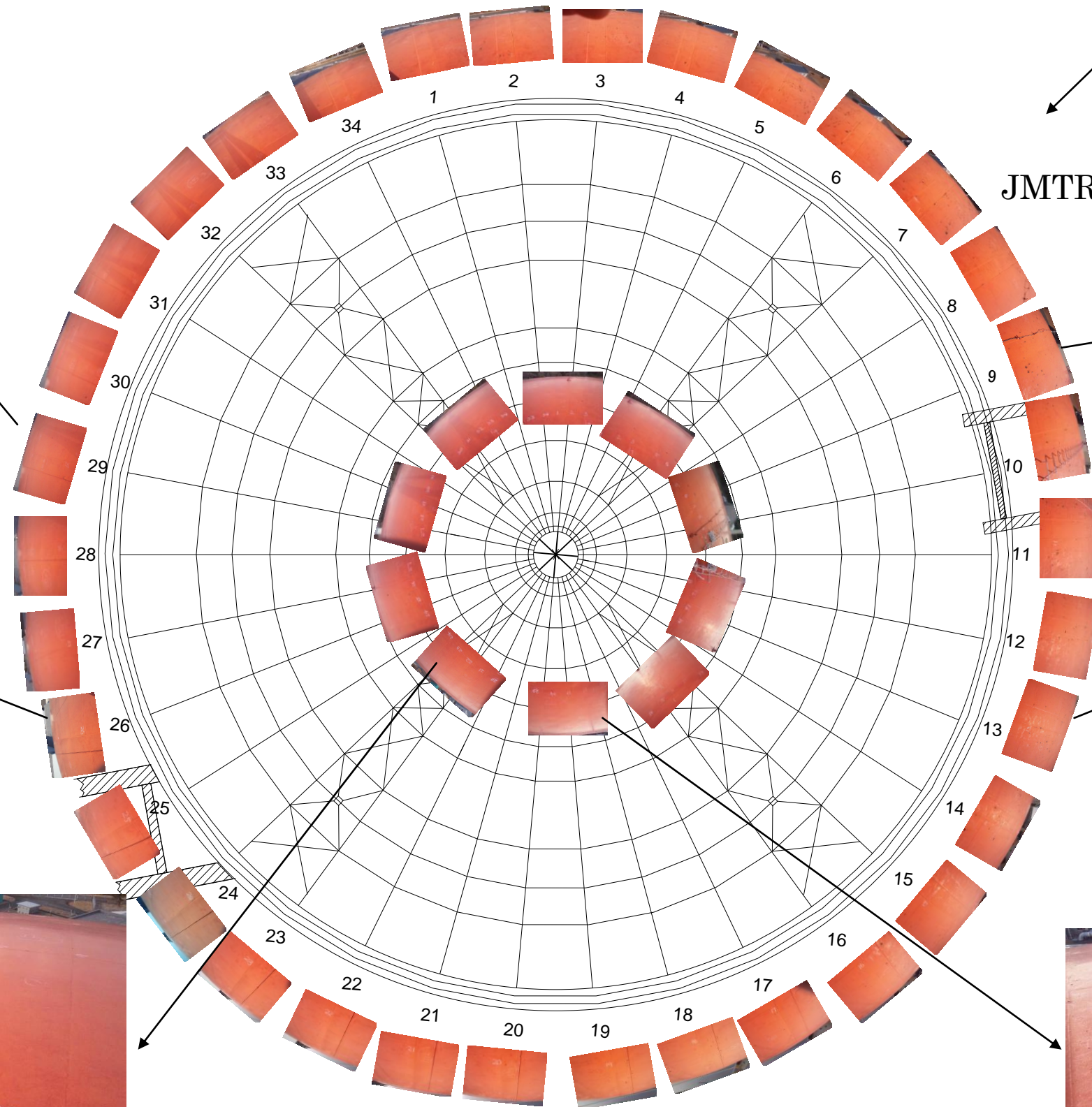
No.29 鉄板



No.26 鉄板



中央部付近鉄板



No.9 鉄板



No.13 鉄板



中央部付近鉄板

図 13 屋根鉄板の状況

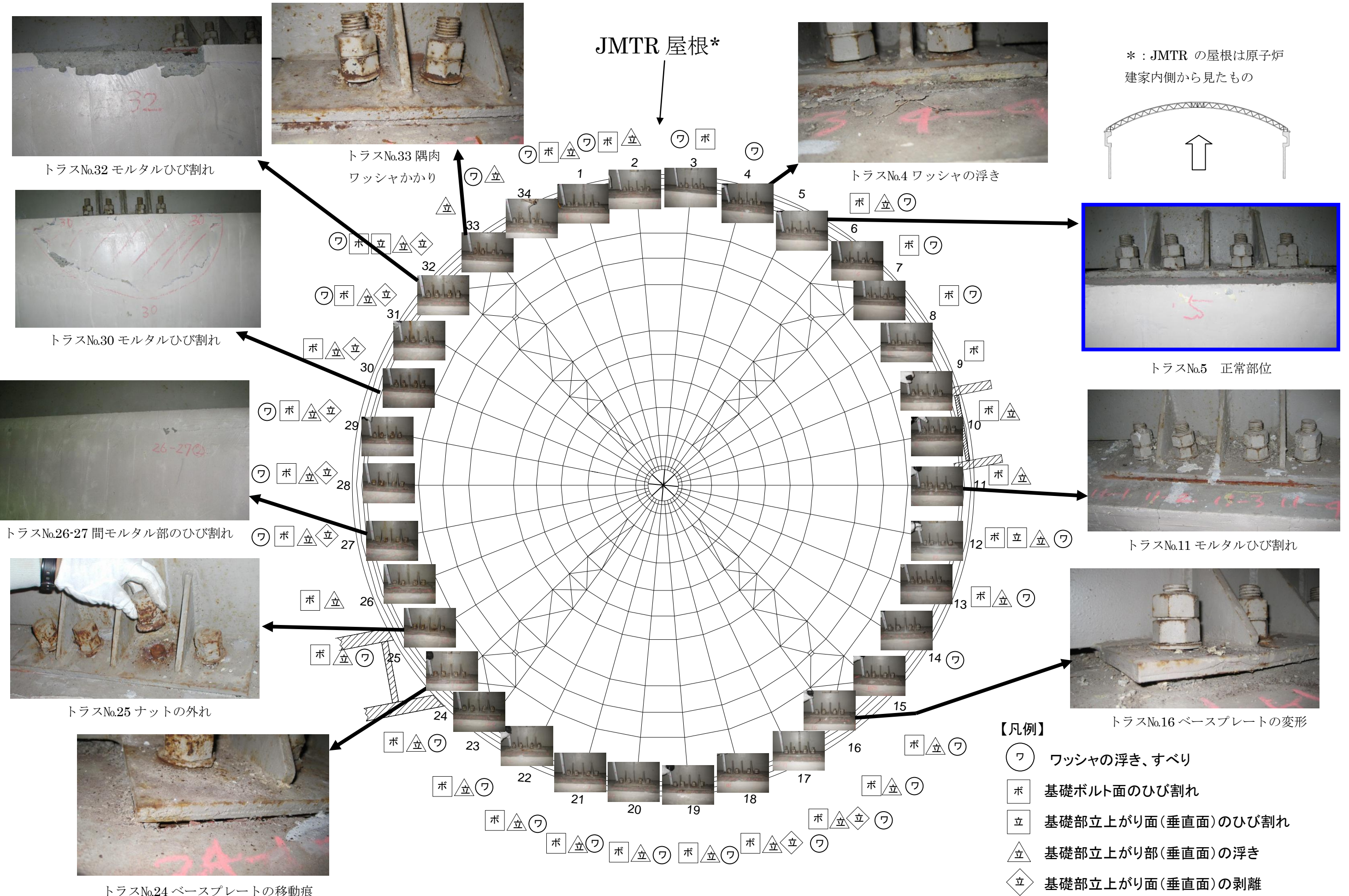


図 14 ベースプレート部の状況



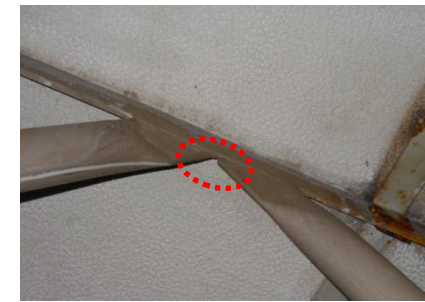
① 下弦材No.30のリング材溶接部



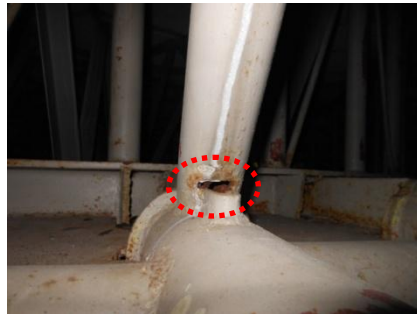
② 頂部リングとラチス材の溶接部 (下弦材No.1付近)



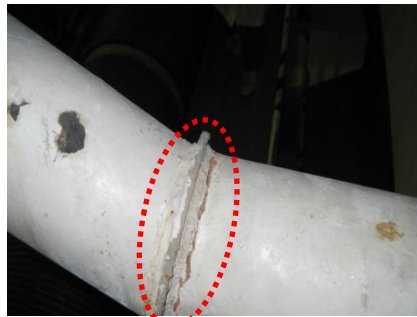
③ 頂部リングとラチス材の溶接部 (上弦材No.34付近)



④ 上弦材No.25とラチス材の溶接部



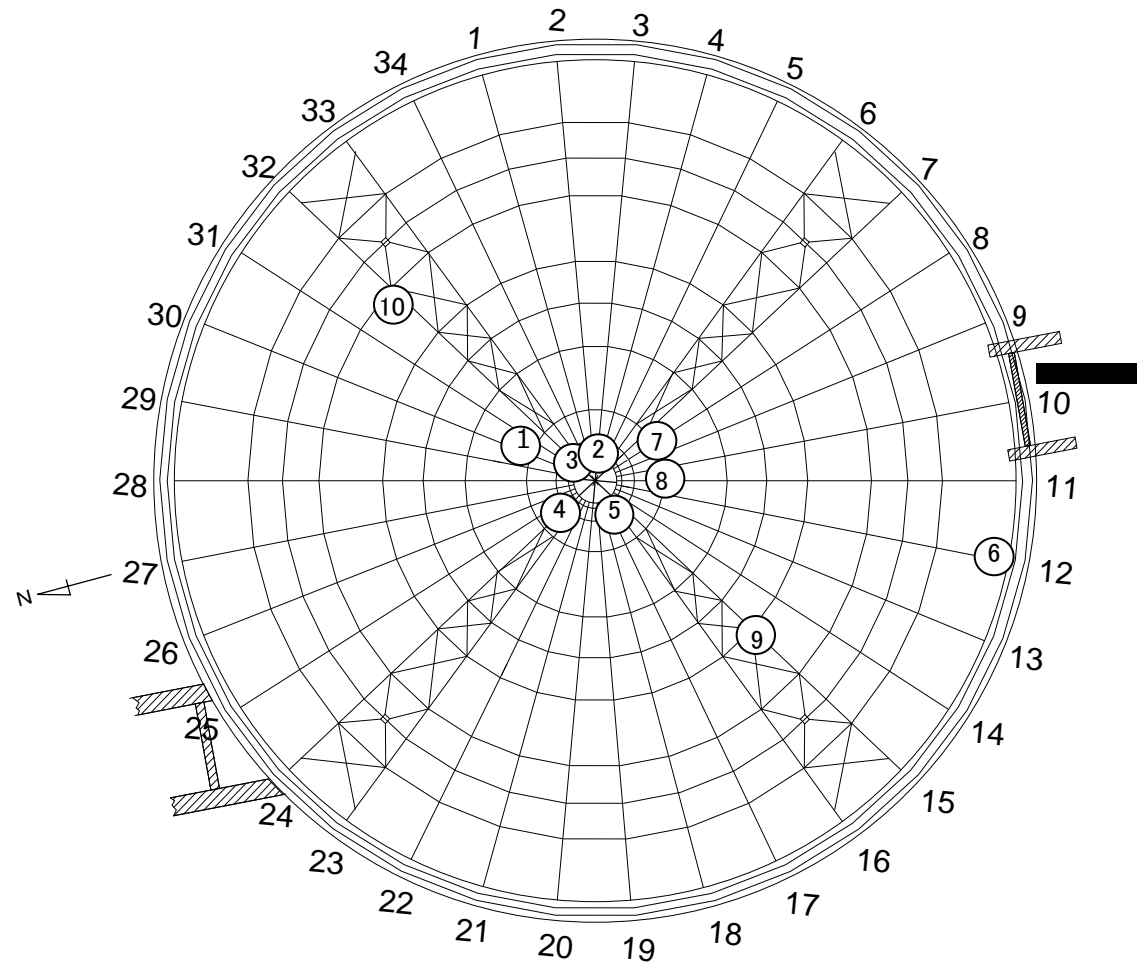
⑤ 下弦材No.15とラチス材の溶接部



⑥ 下弦材No.12の溶接部



⑦ 下弦材No.7とリング材の溶接部



梁接合部の溶接部に確認されている錆等については再溶接などを実施する。



⑧ 下弦材No.9とリング材の溶接部



⑨ 下弦材No.15とラチス材の溶接部



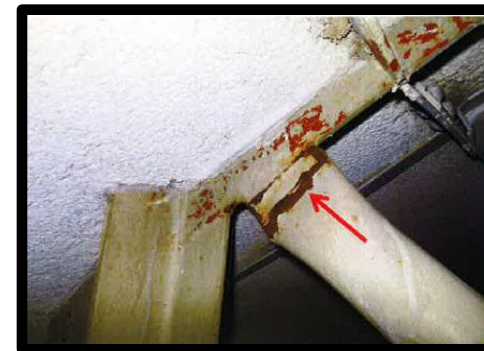
⑩ 下弦材No.32とラチス材の溶接部

梁接合部

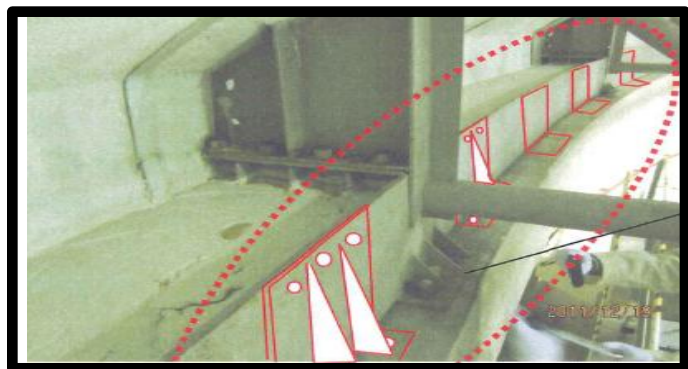
図15 補修方法の案(1/2)



コンクリート躯体部の補修
(ベースプレートを含む)

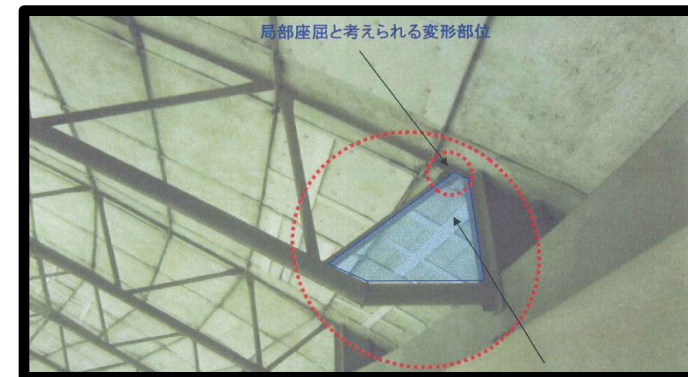
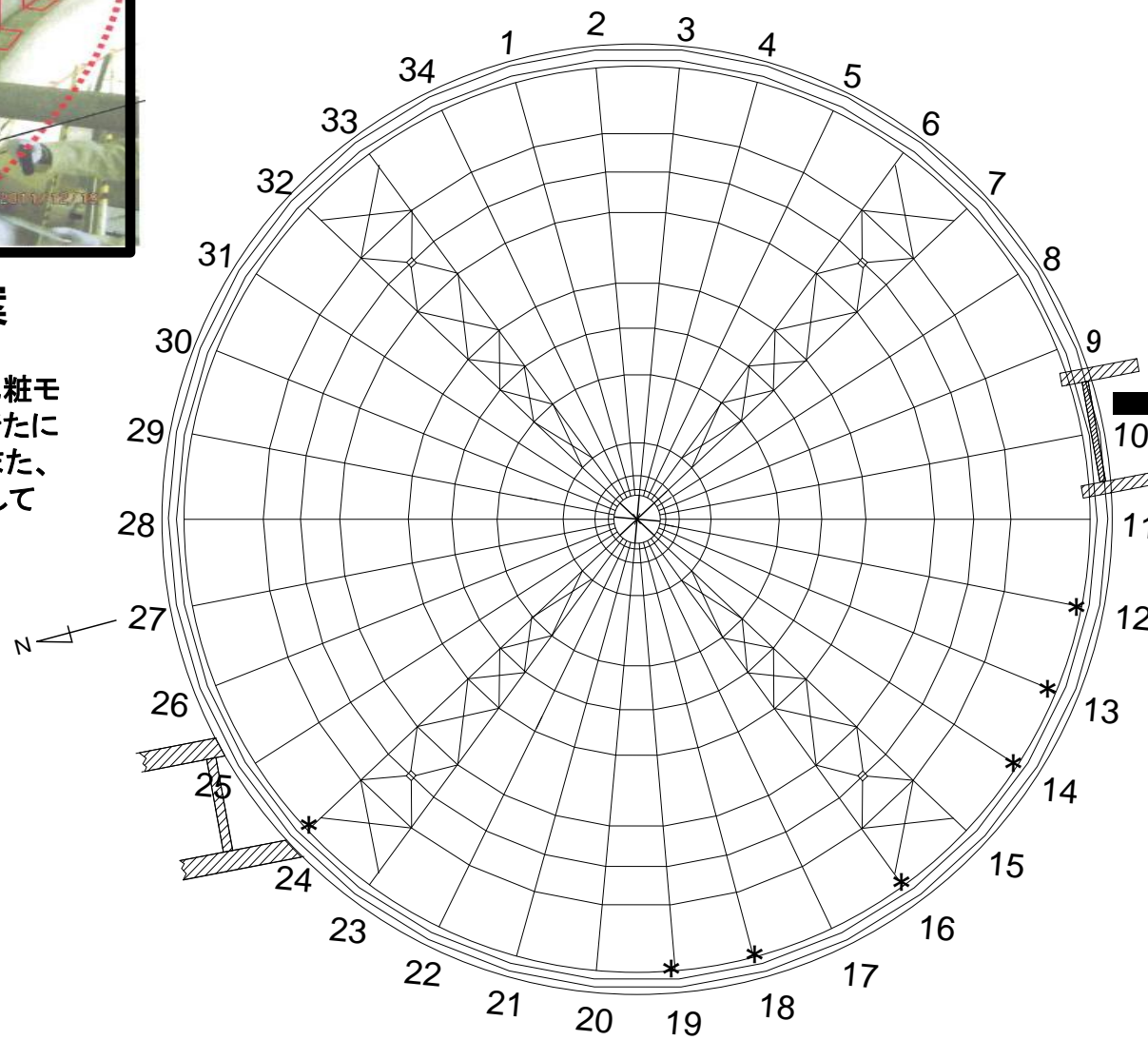


周端部ラチス材の補修(*印7箇所)



ベースプレート補強案

コンクリート躯体部の補修に関しては、化粧モルタルの剥離やひび割れについては、新たにモルタルを塗布するなどして実施する。また、ベースプレートについては増設するなどして補強を行う。



周端部ラチス材の補修案

座屈が確認されている周端部ラチス材については、部材の取り換え等が困難であるため、プレートを取り付けるなどの補修を行う。

図15 補修方法の案(2/2)

図面集

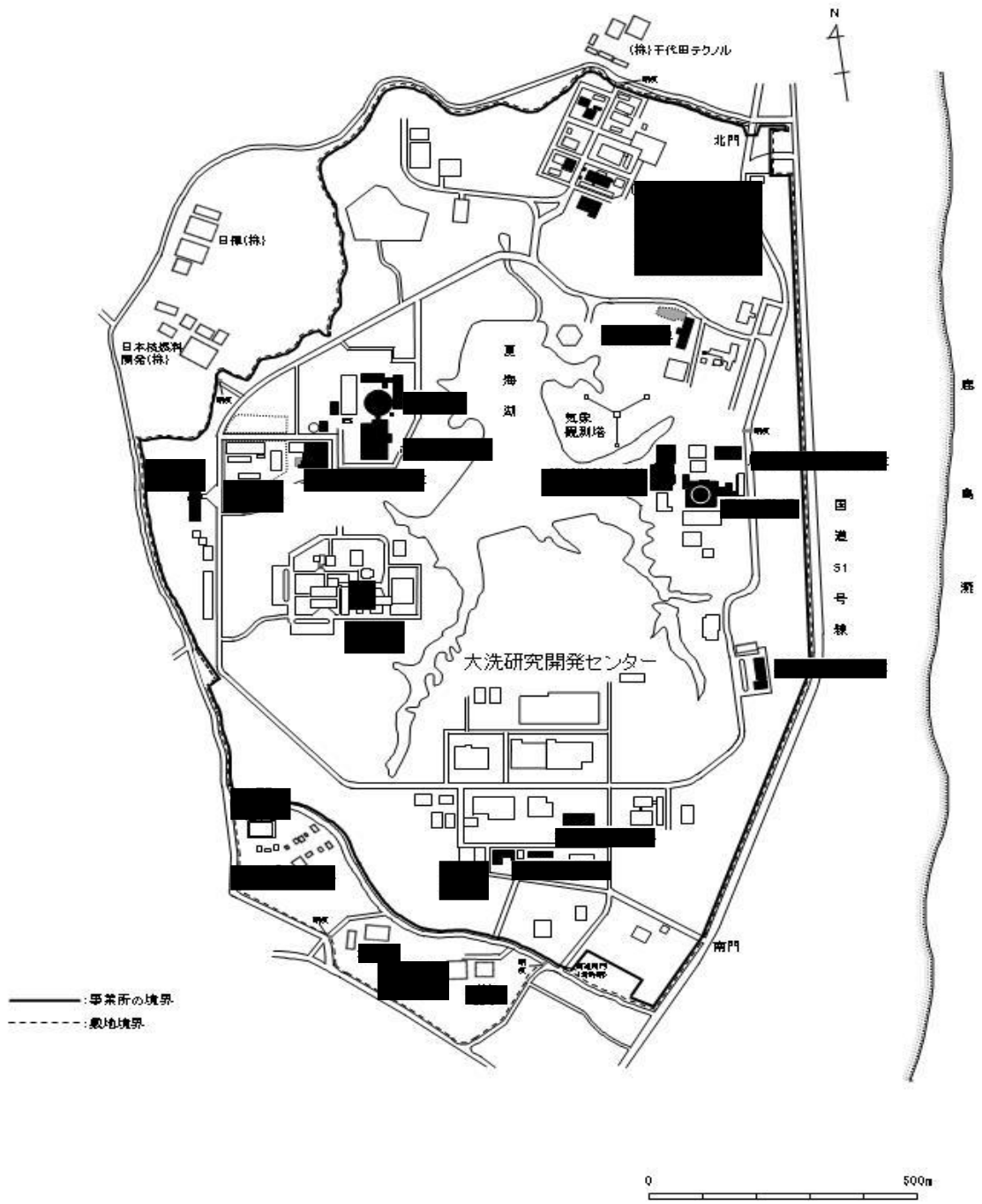


図1 大洗研究開発センター敷地図

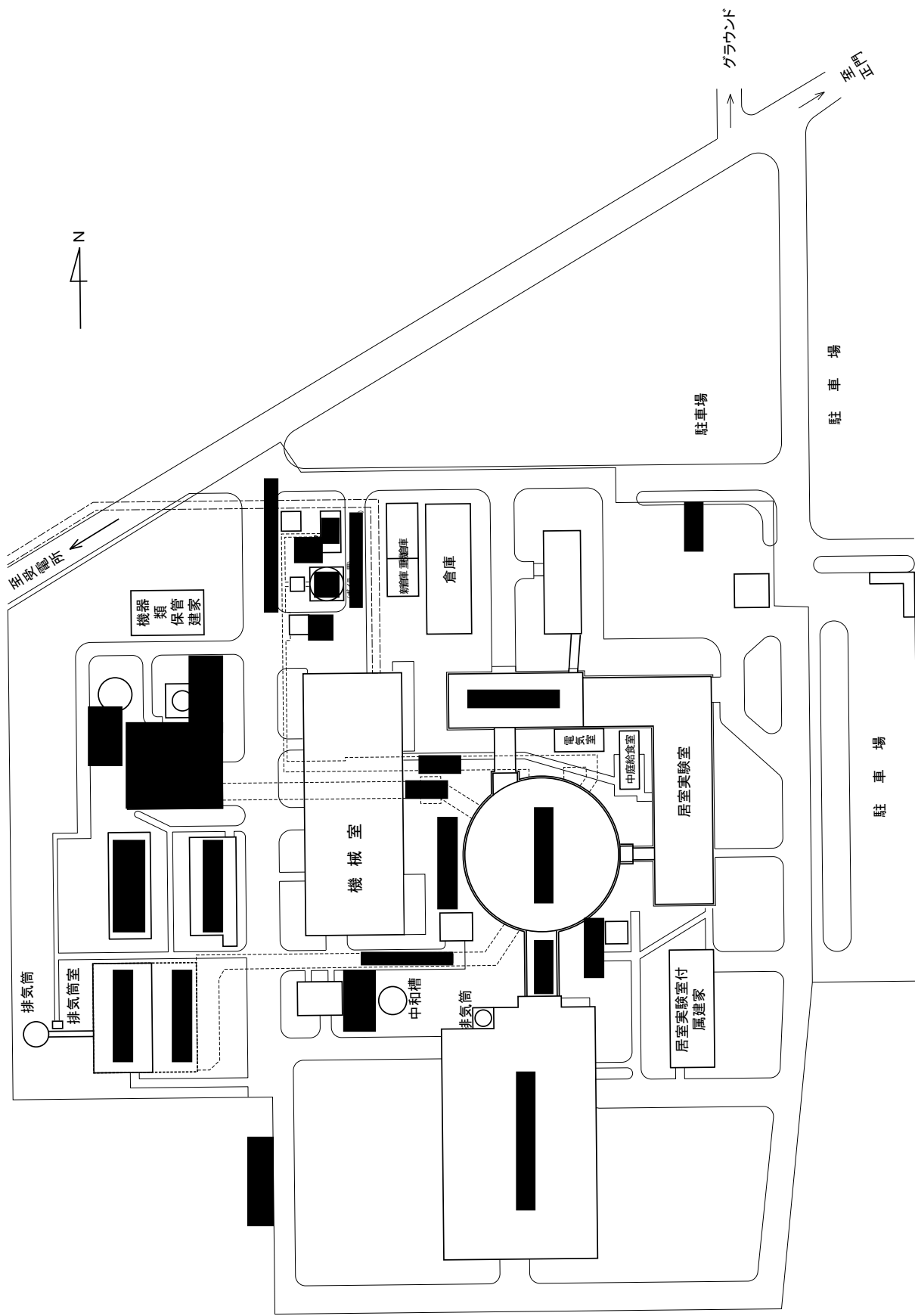


図2 JMT R施設の建家配置図

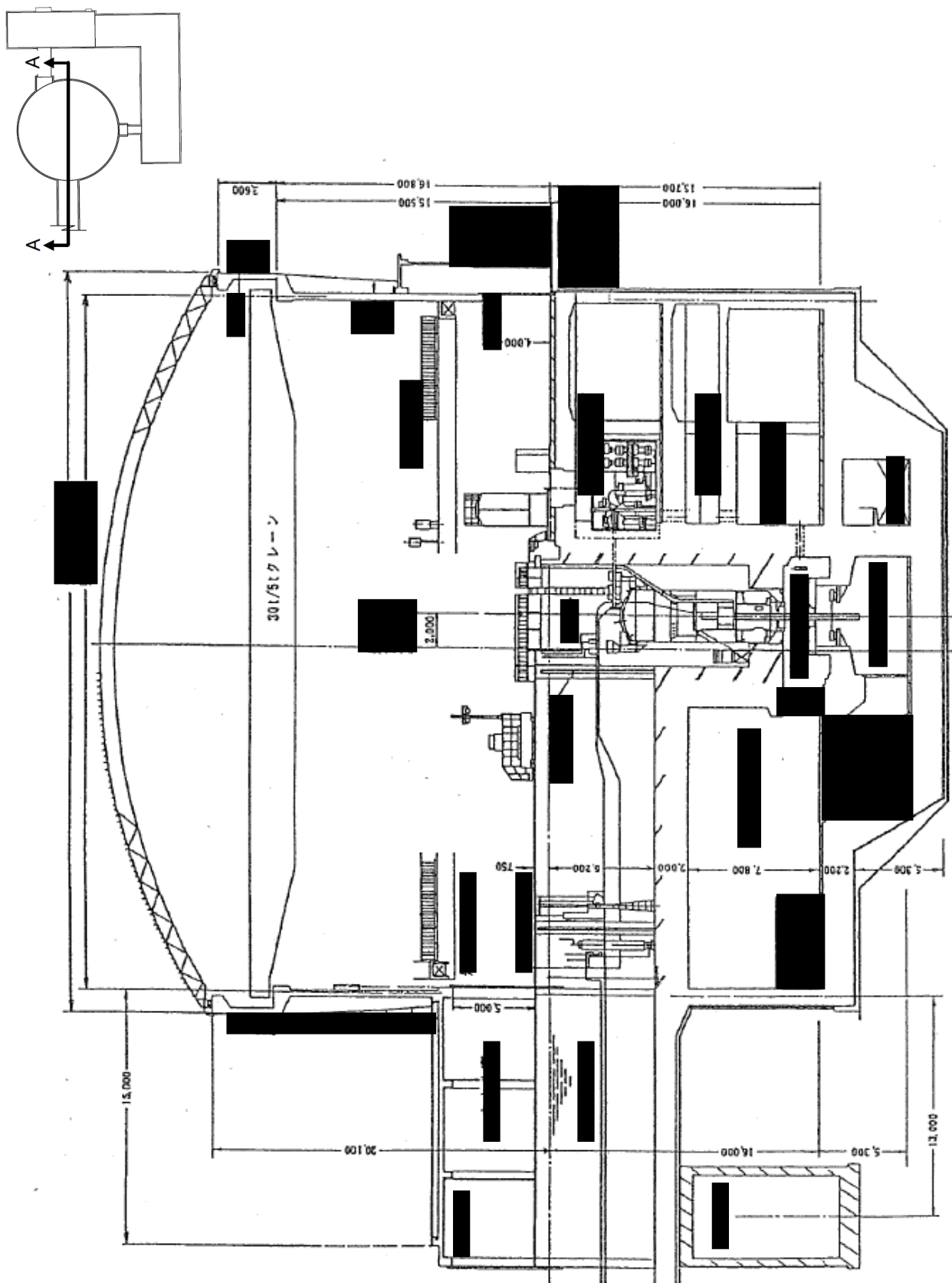


図3 原子炉建家断面図 (A-A断面)

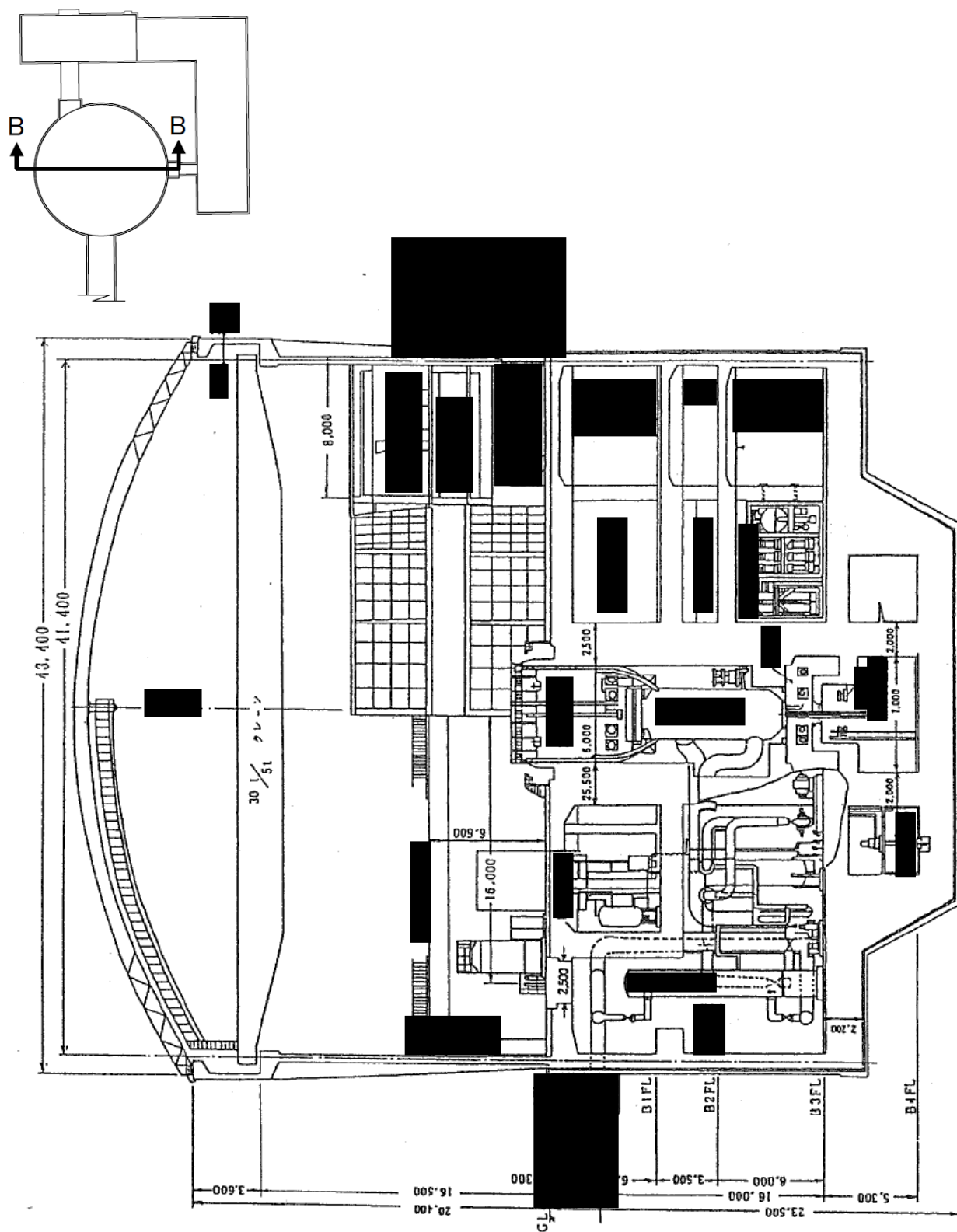


図4 原子炉建家断面図 (B-B断面)

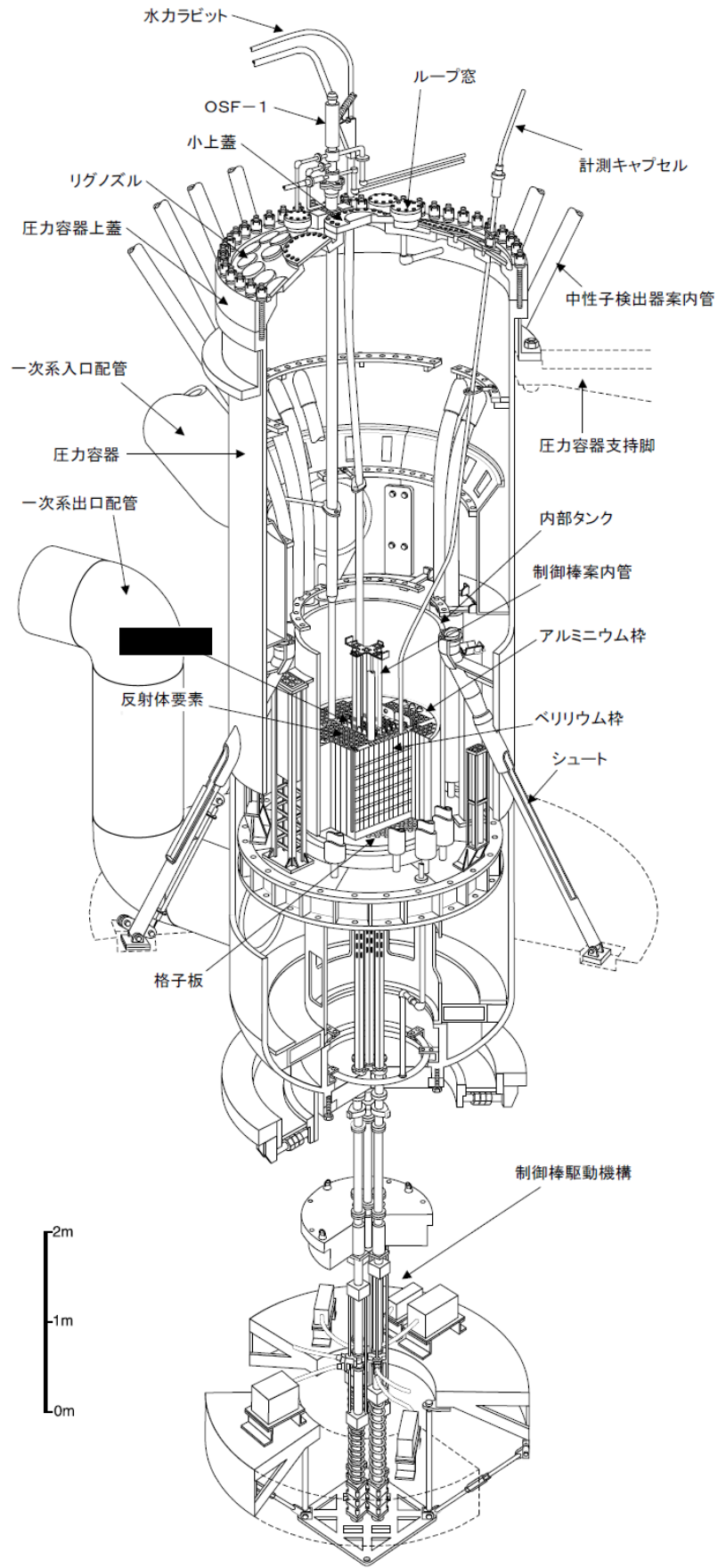


図5 原子炉本体概略図

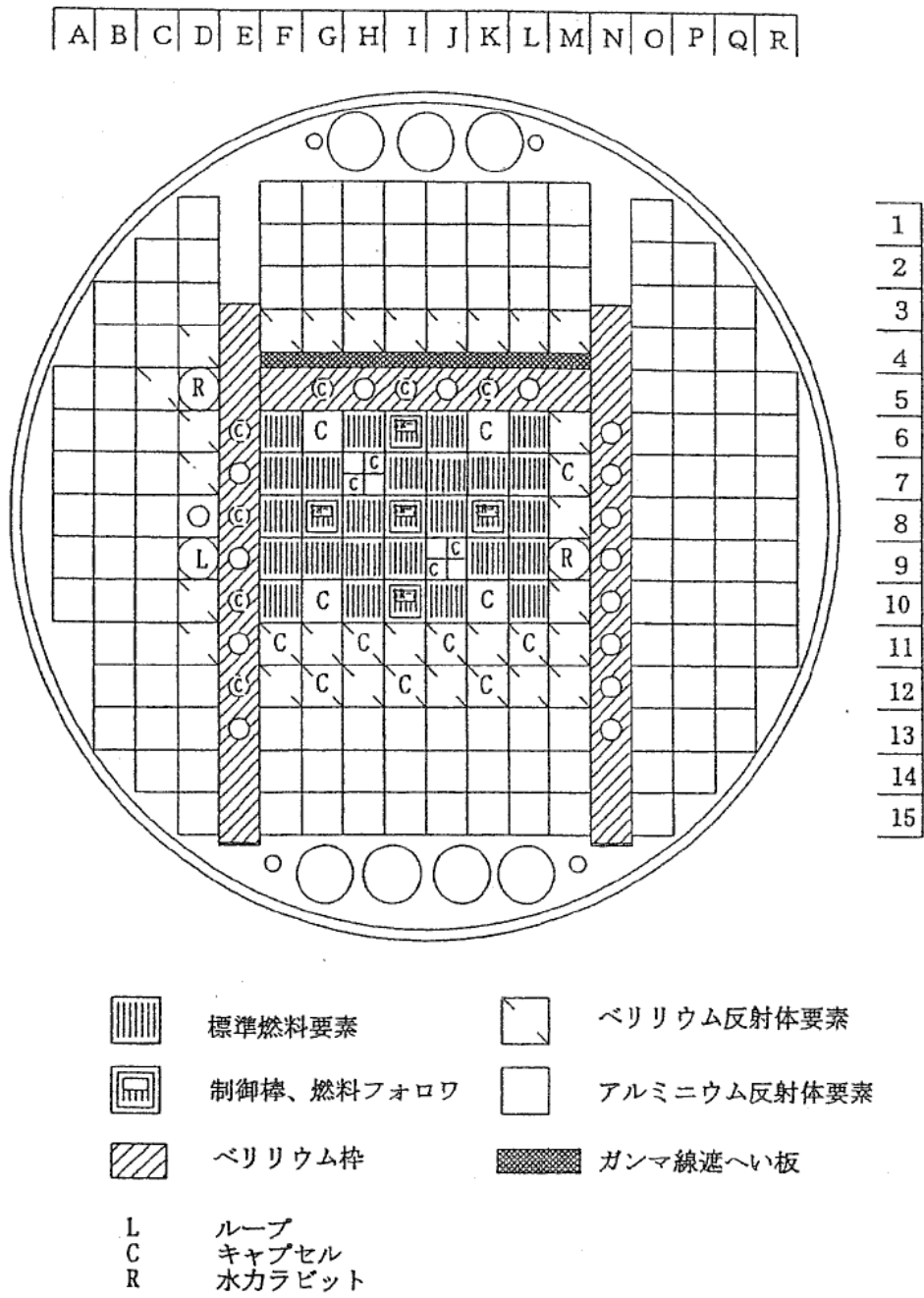


図6 炉心配置図 (一例)

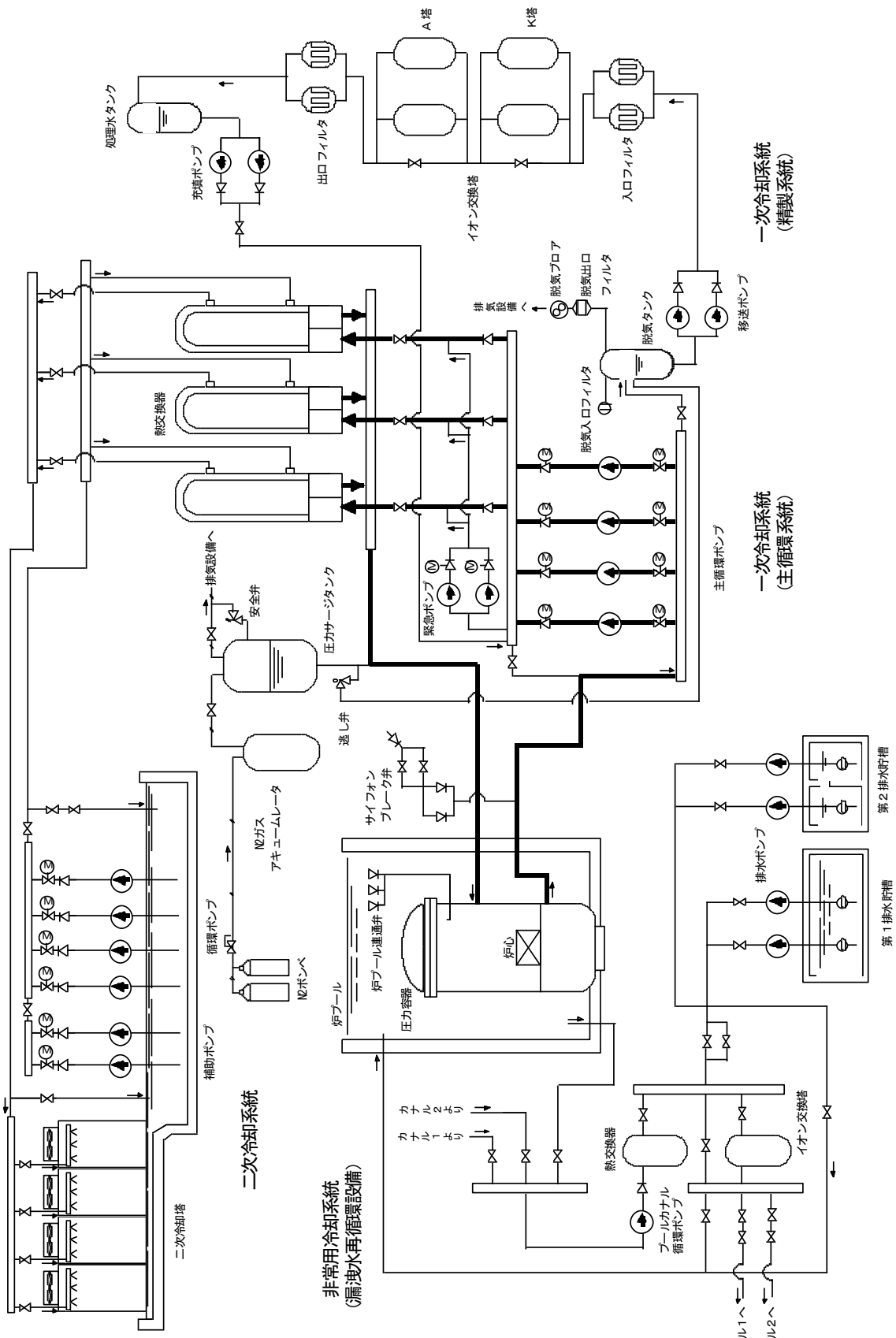


図7 主要な冷却システムの概要

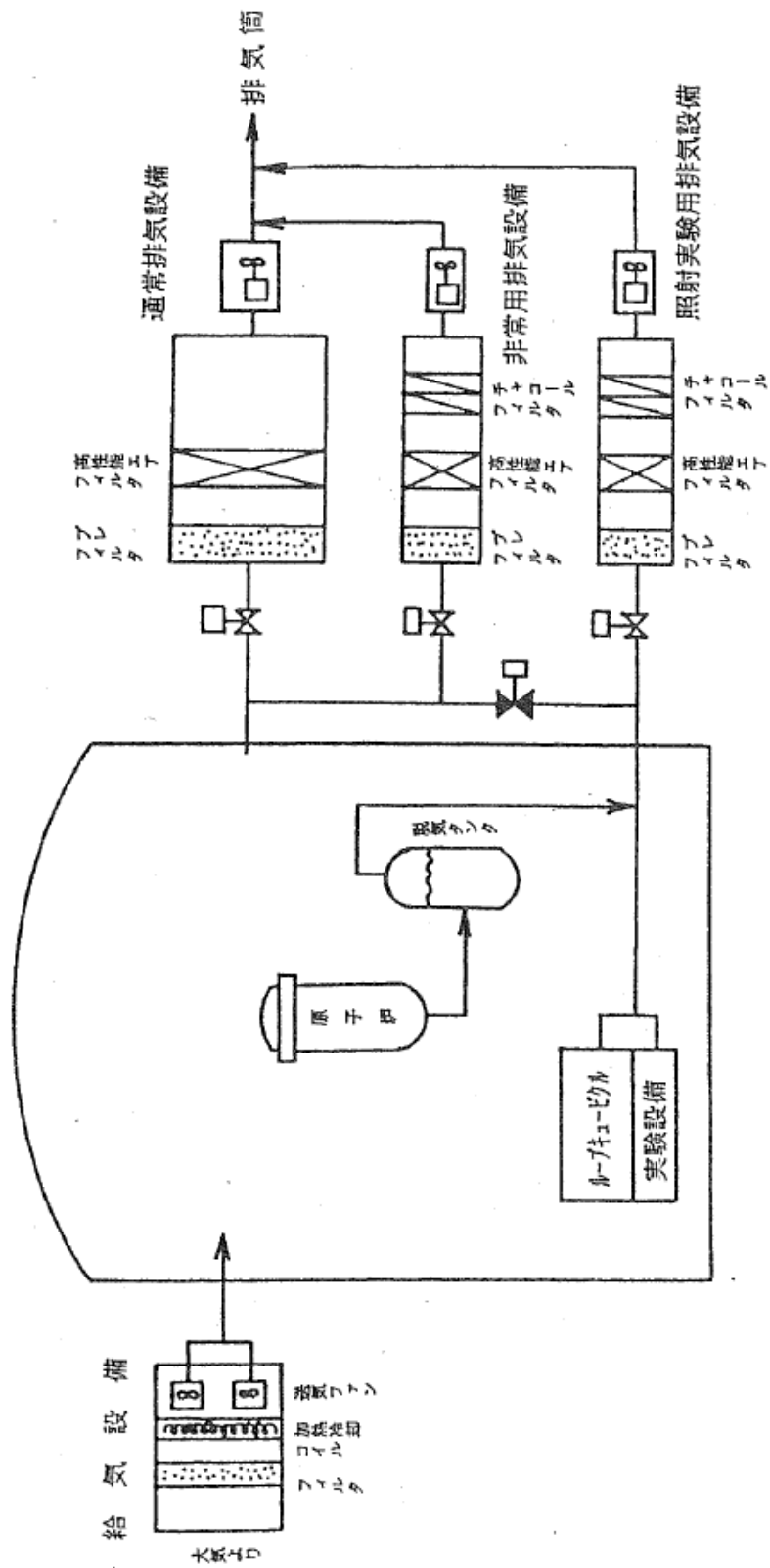
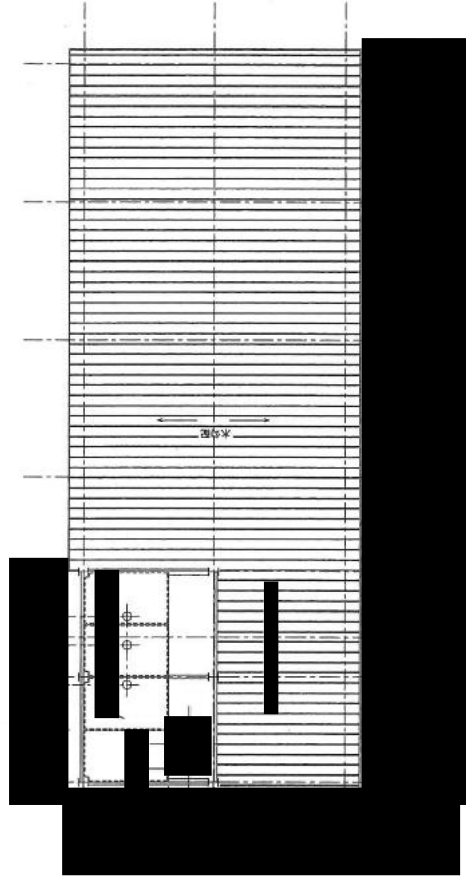
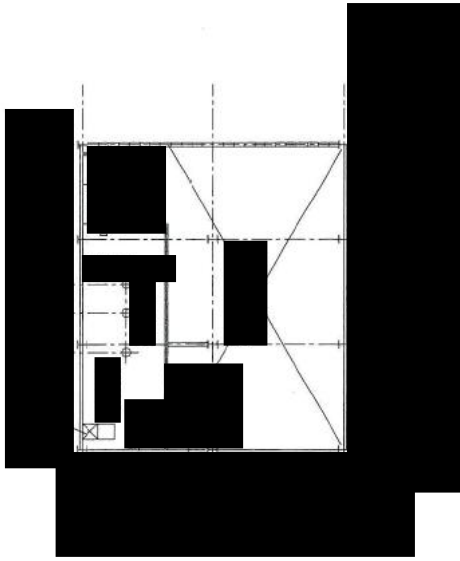


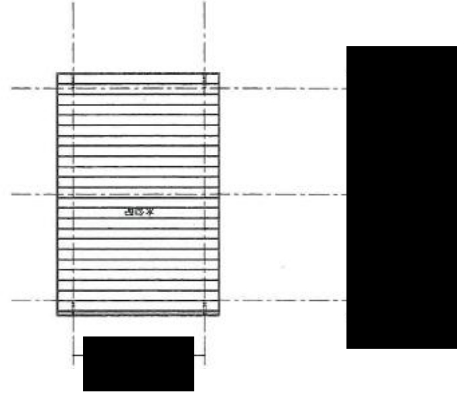
図 8 原子炉建家換気設備概要図



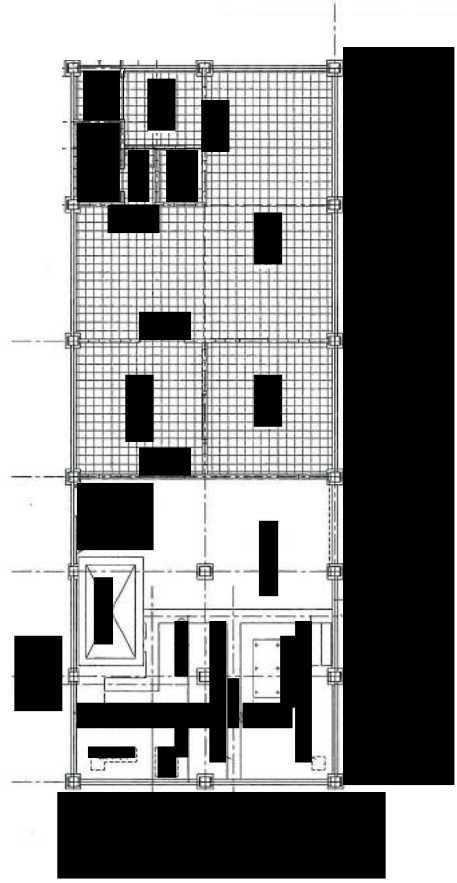
3・4F平面図 1/100



2F平面図 1/100



階層状況図 1/100



1F平面図 1/100

図9 燃料管理室建家平面図

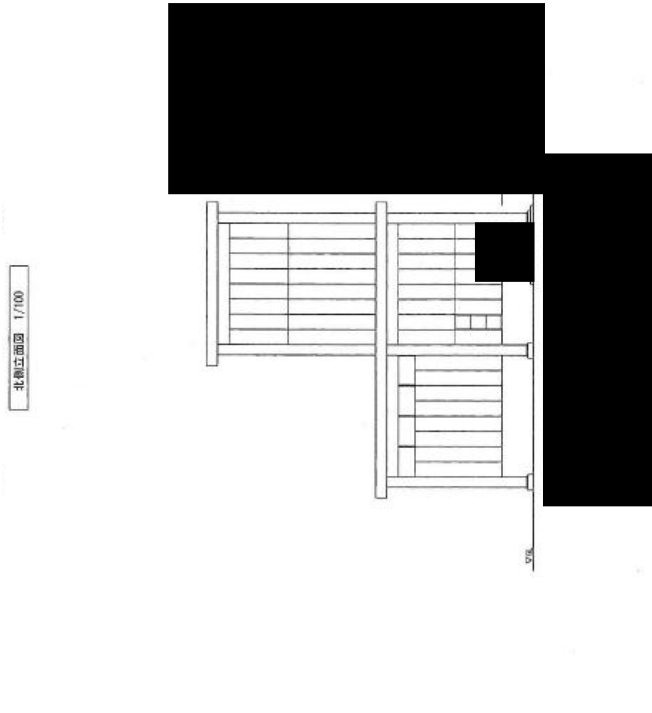
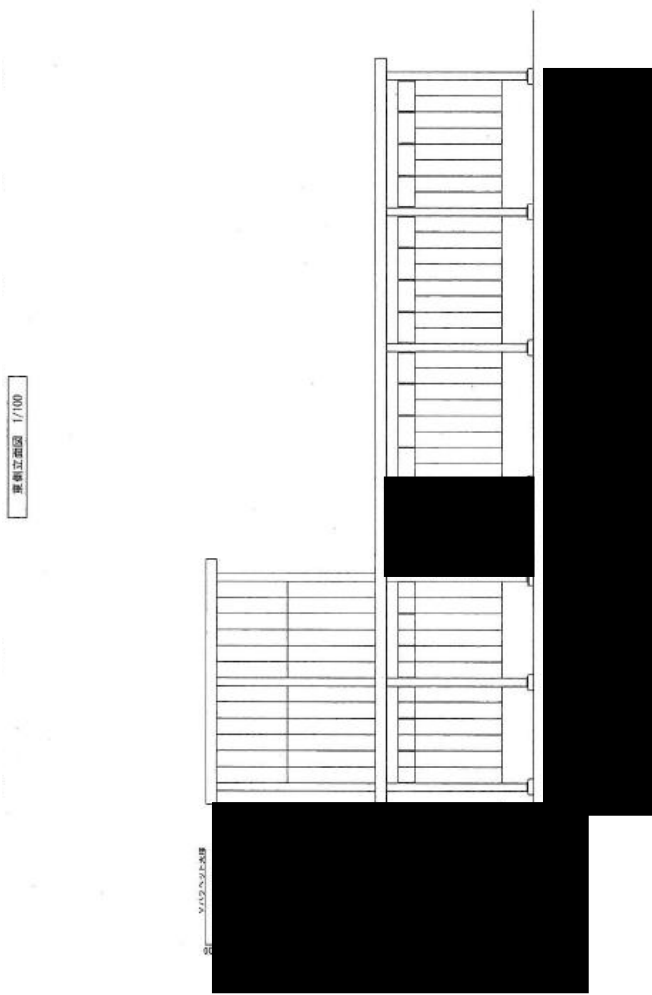
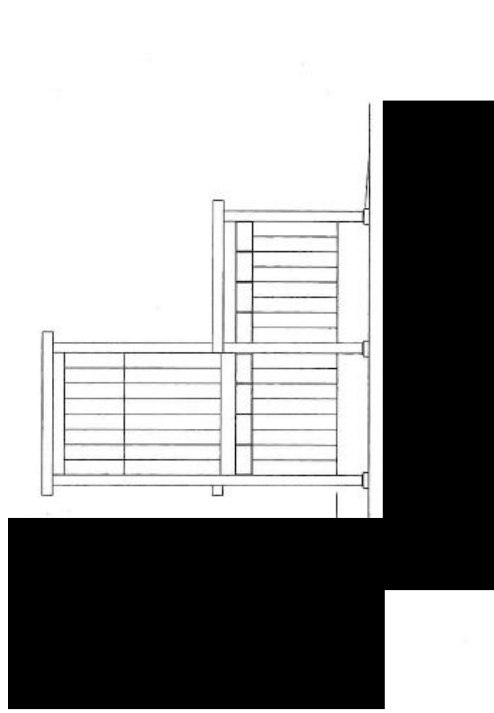
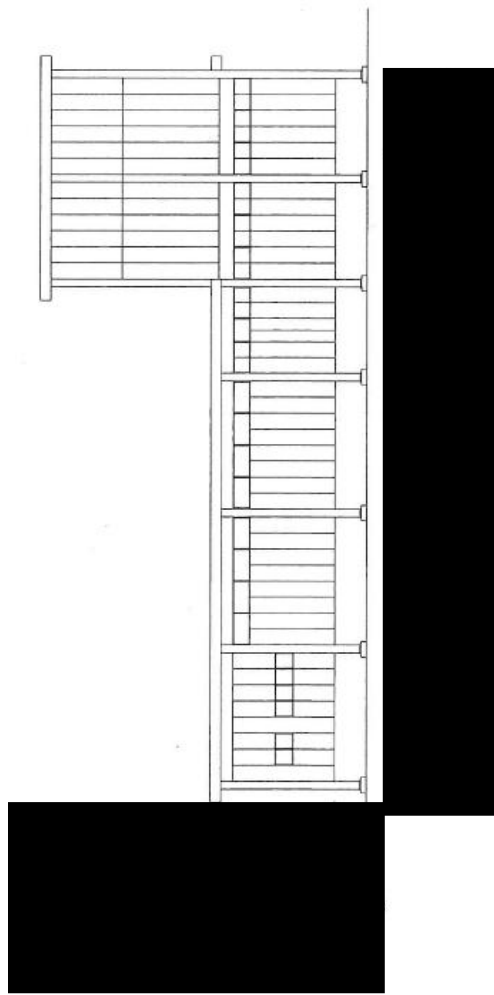
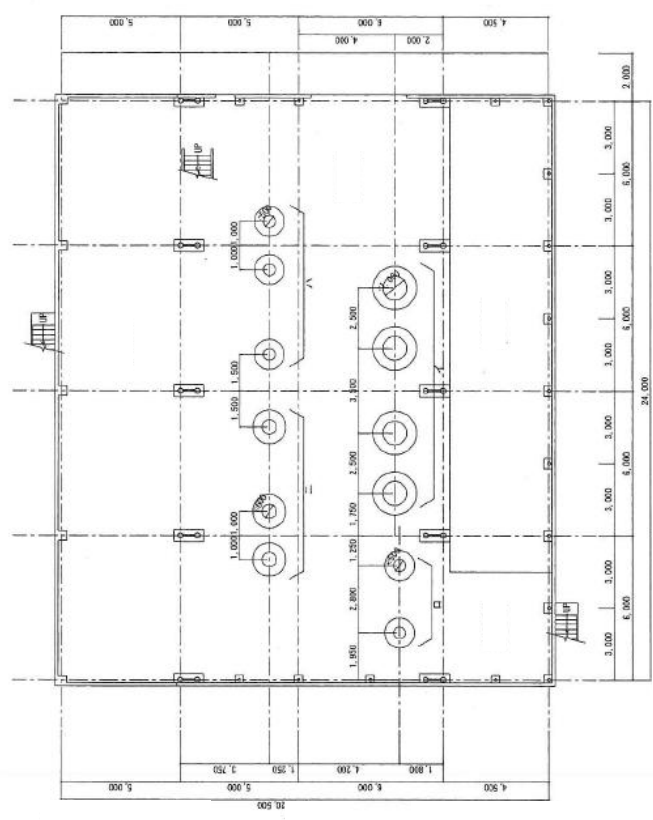
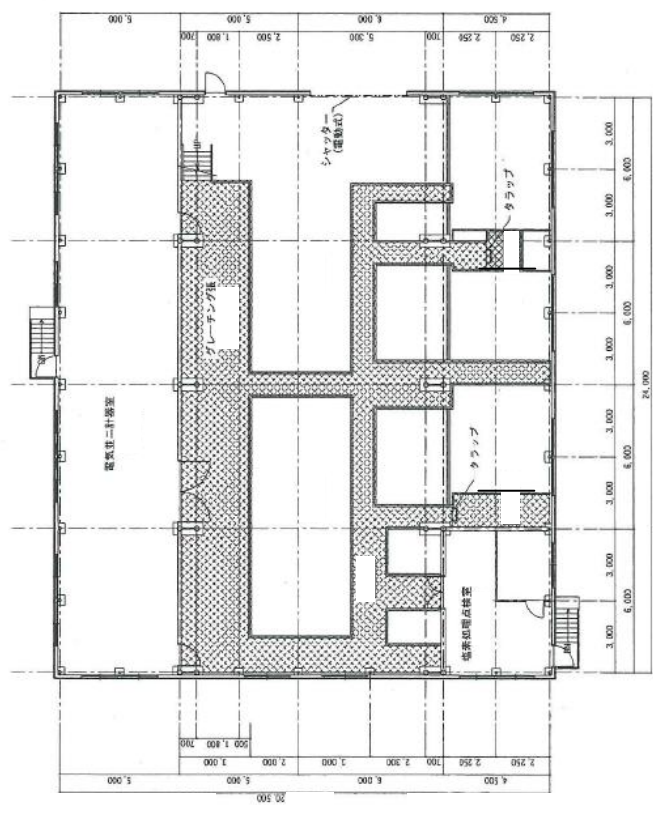


图 10 燃料管理室建家断面图



ポンプ機付平面図 1/100



平面図 1/100

図 11 二次系・UCL系ポンプ室建家平面図



图 12 二次系・UCL 系ポンプ室建家断面図

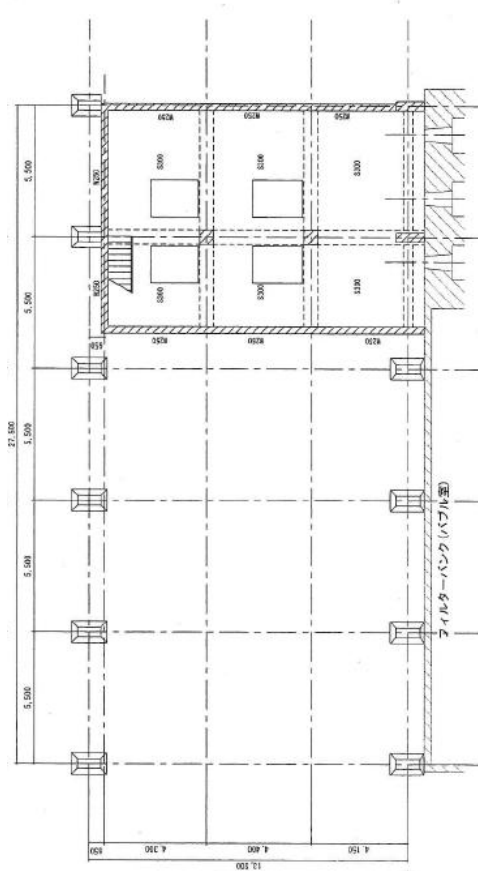
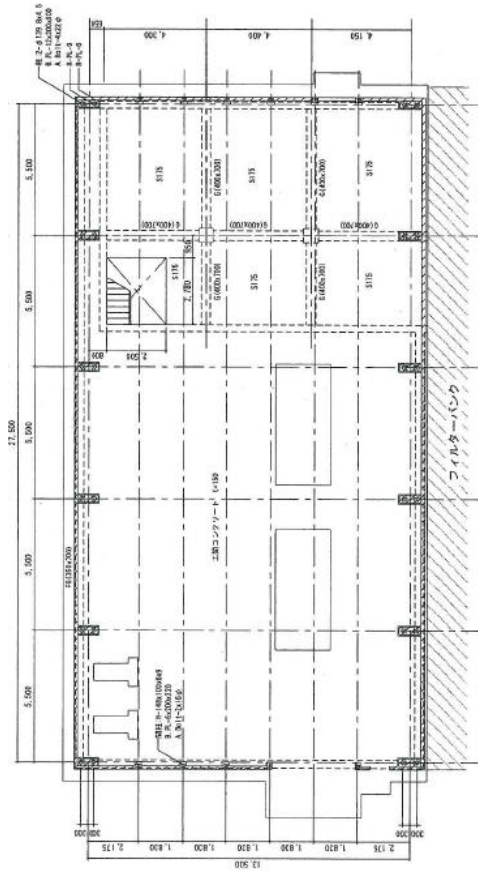
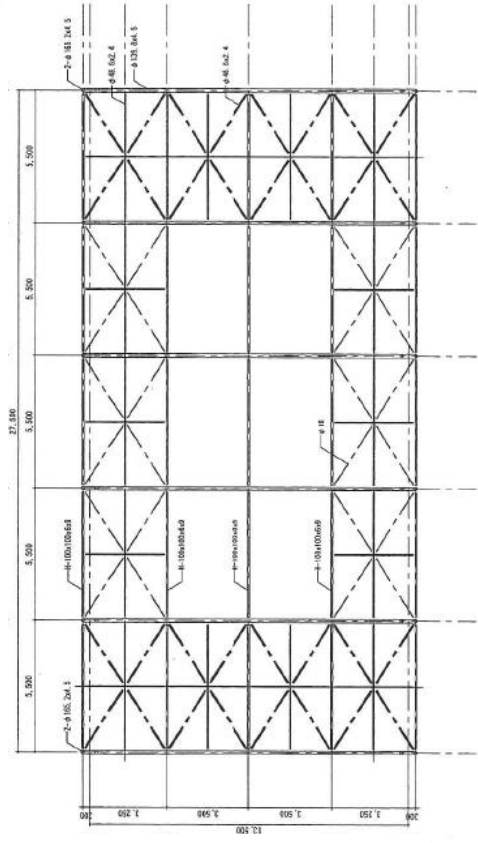
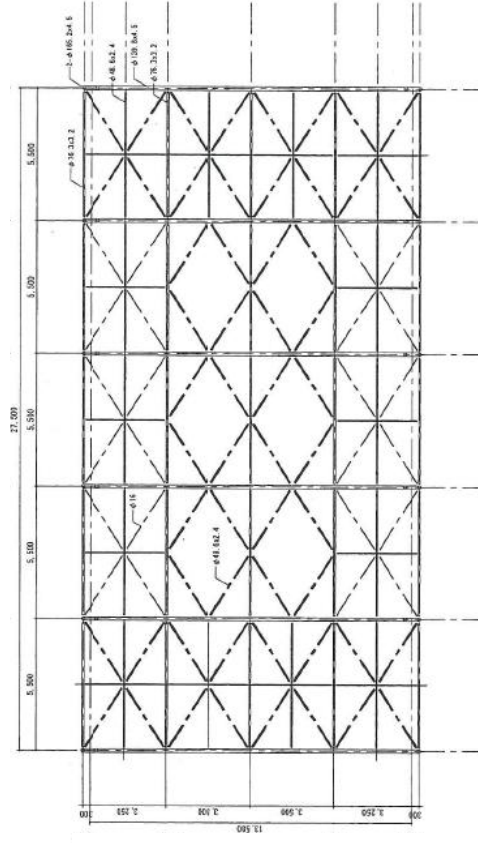


図 13 排風機室建家平面図

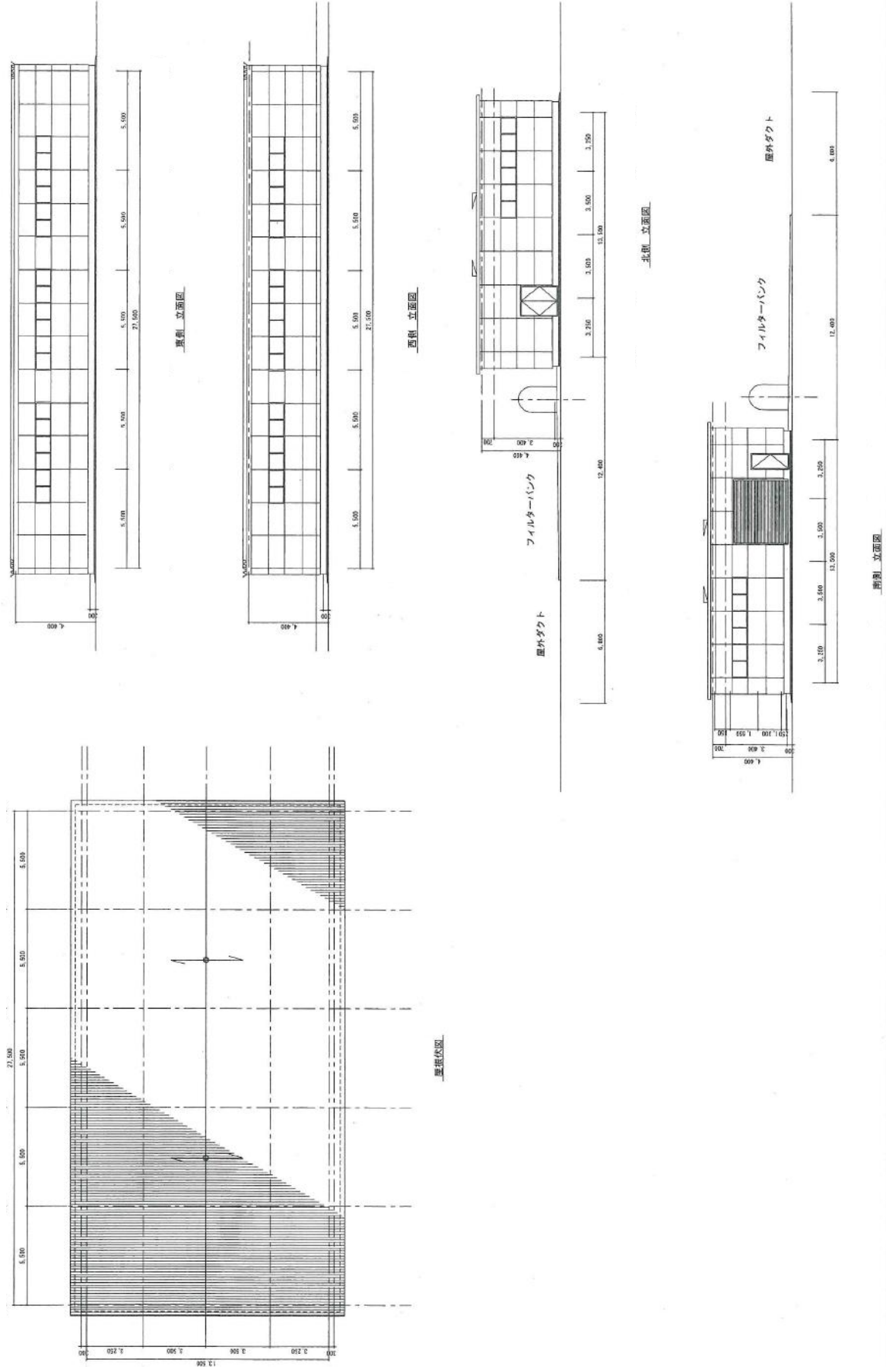


図 14 排風機室建家断面図

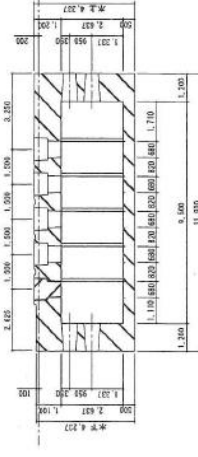
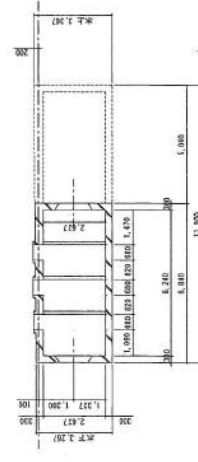
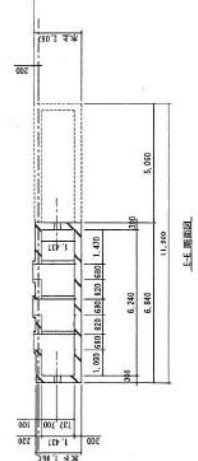
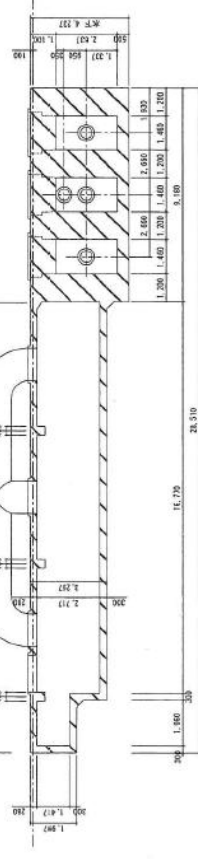
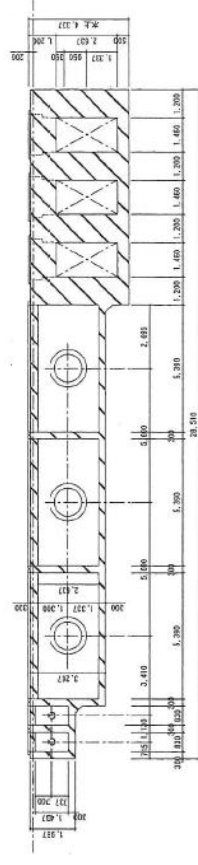
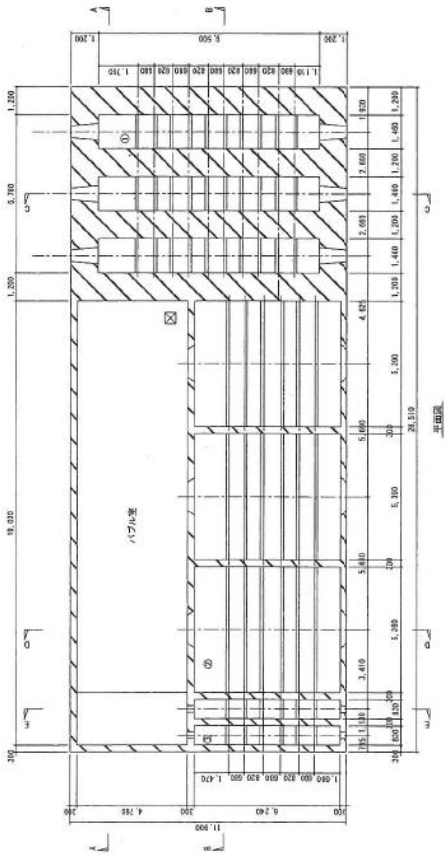
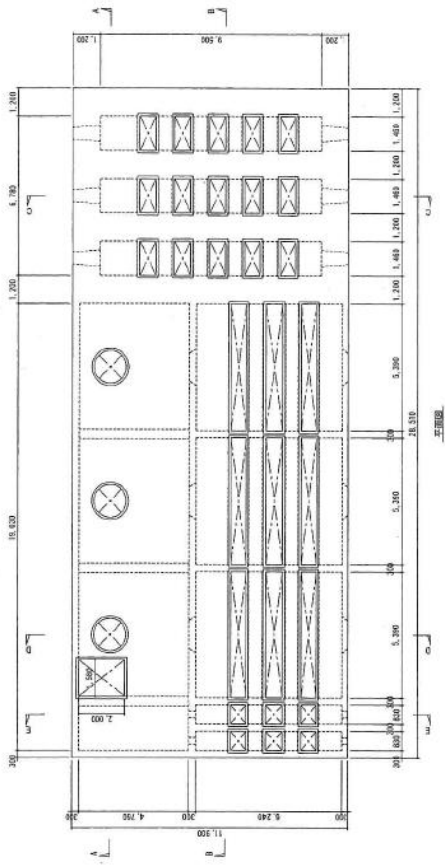


図 15 フィルタバンク概略図

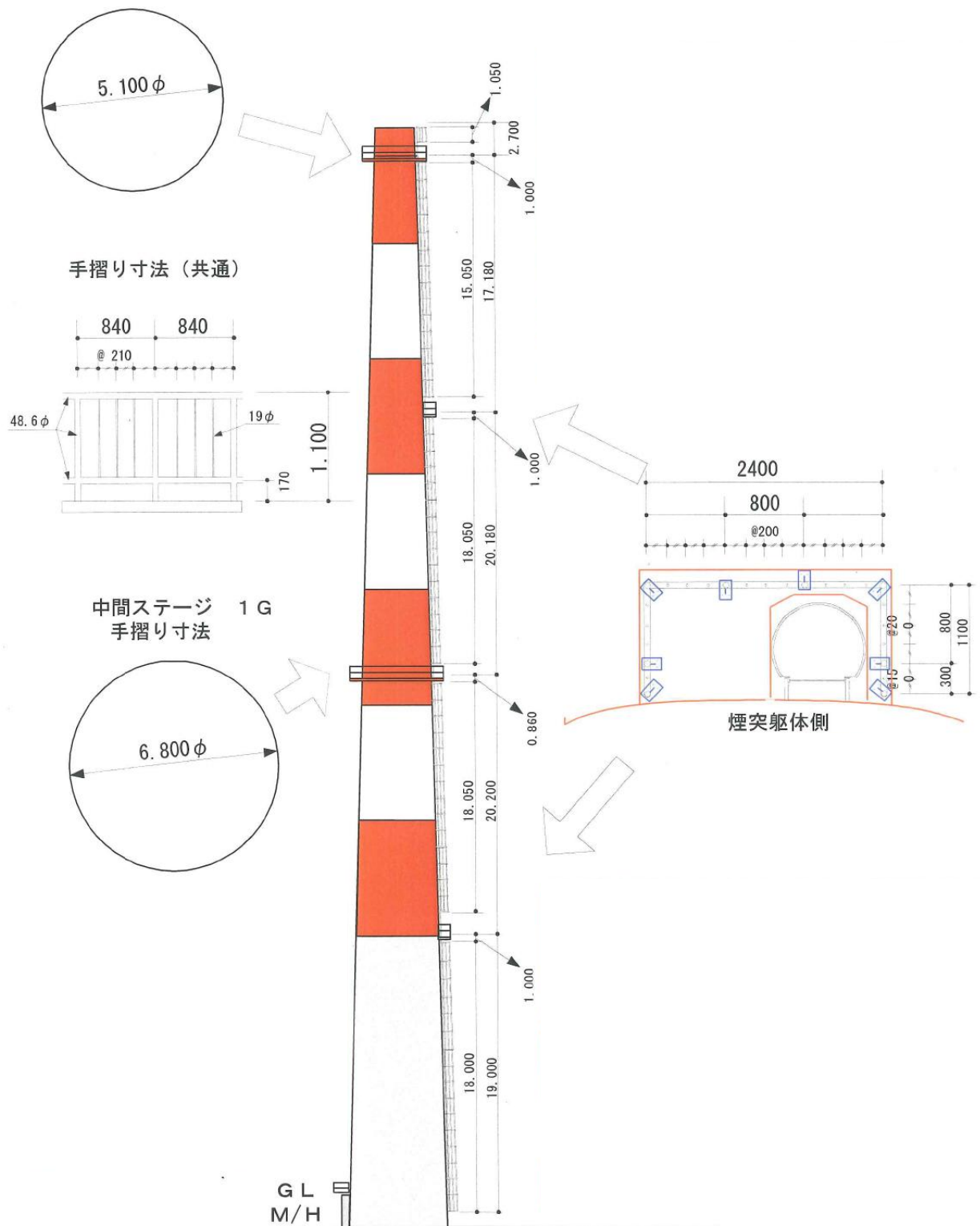


図 16 排気筒概略図

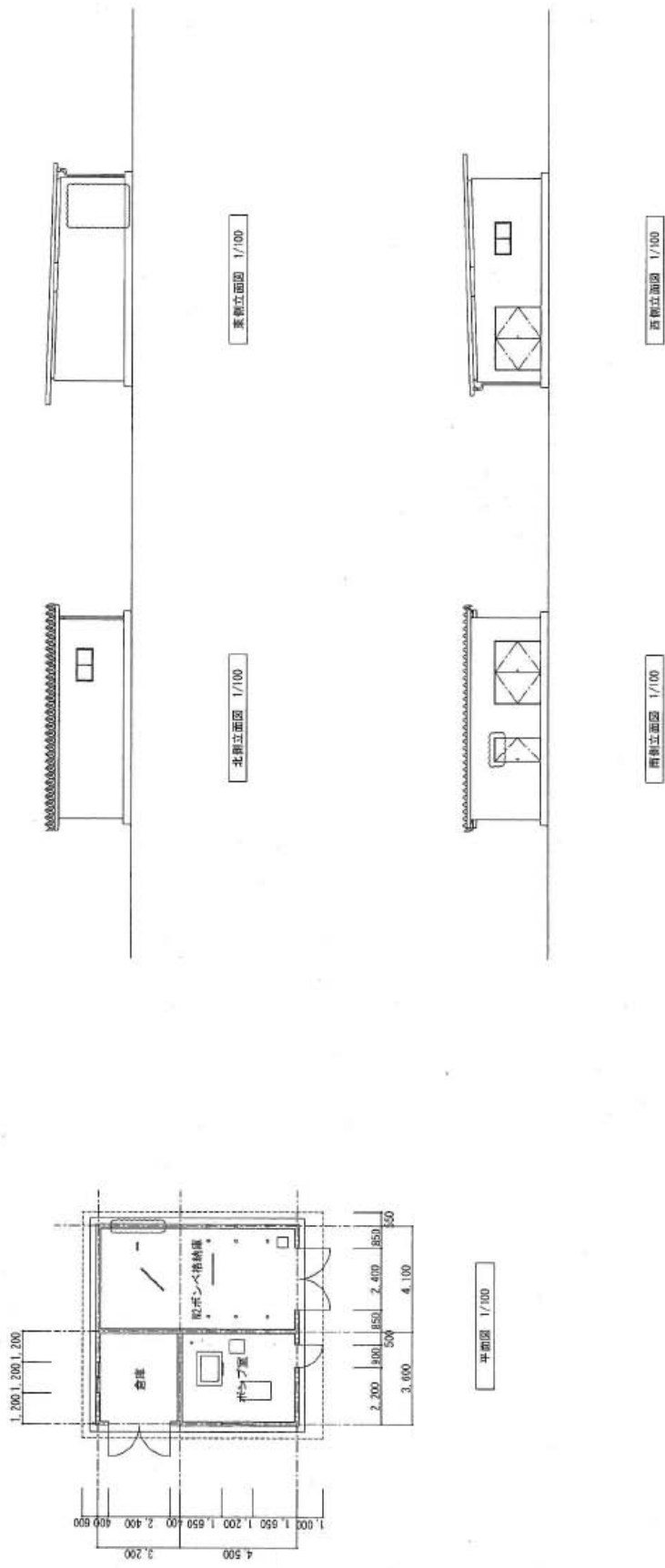
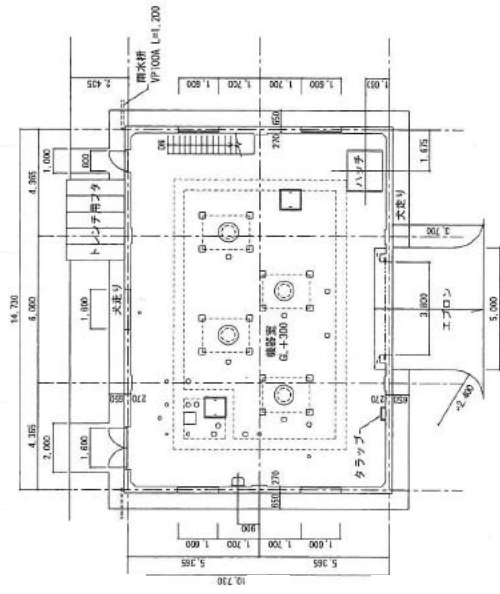
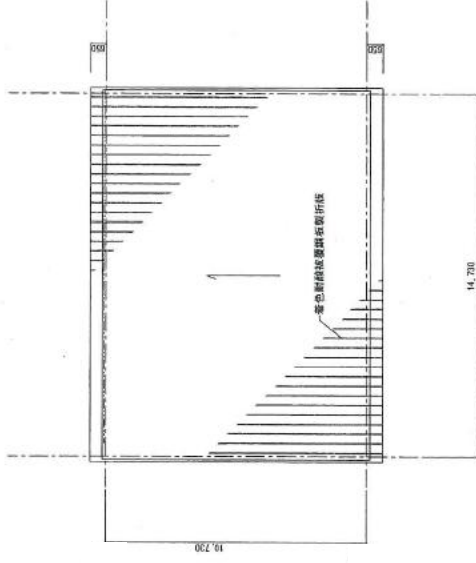


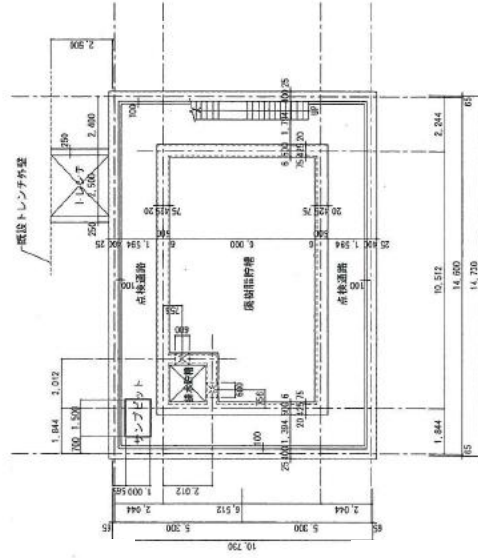
図 17 第 3 排水貯槽 (I) 建家概略図



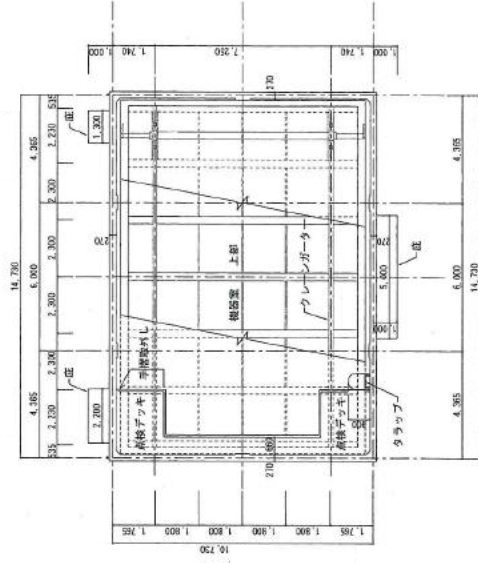
階平面図 1/100



階段状図 1/100



階上平面図 1/100



階上平面図 1/100

図 18 第 3 排水貯槽 (II) 建家平面図

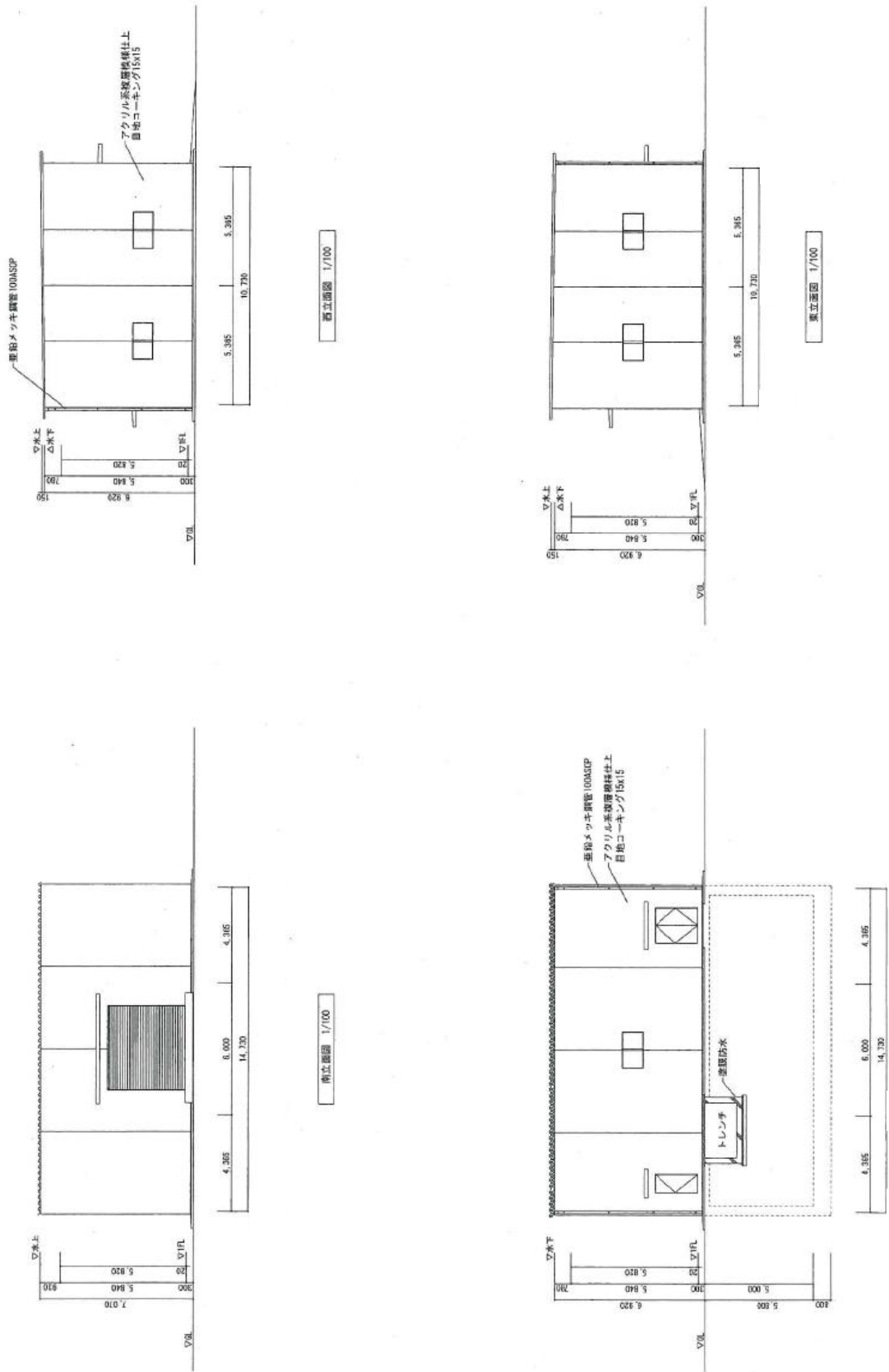


図 19 第 3 排水貯槽 (Ⅱ) 建家断面図

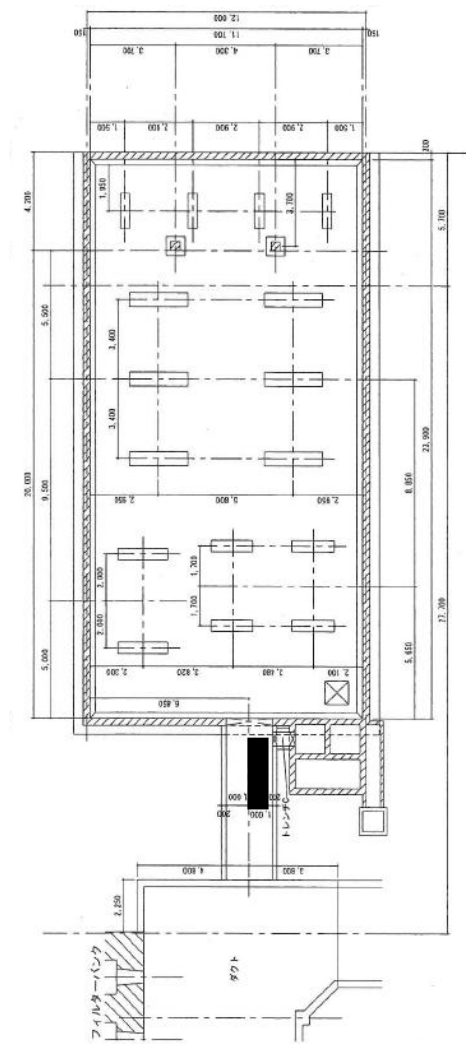
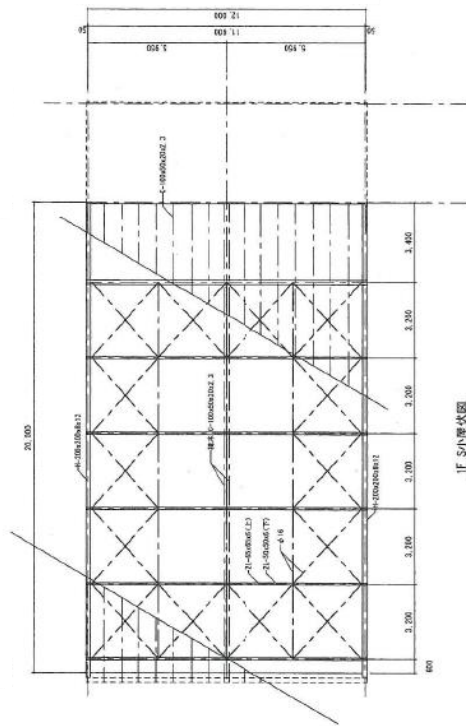
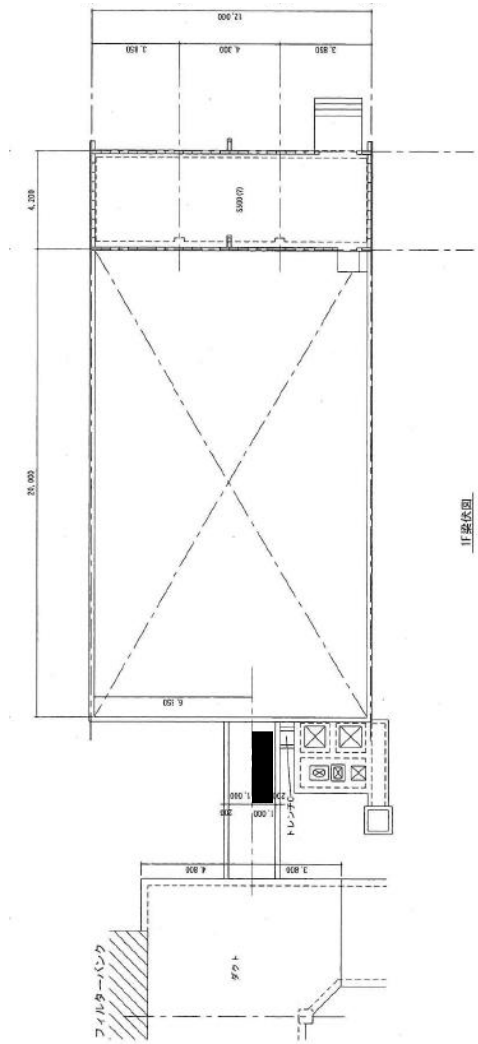
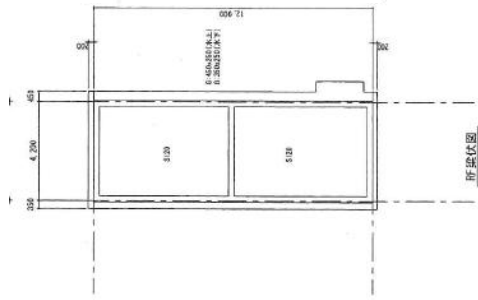
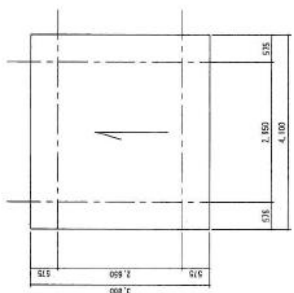
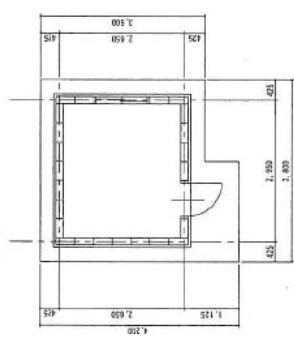


図 20 タンクヤード建家平面図



主要居住区



次要居住区



主要居住区



次要居住区



主要居住区



次要居住区

图 22 モニタ室建家概略図

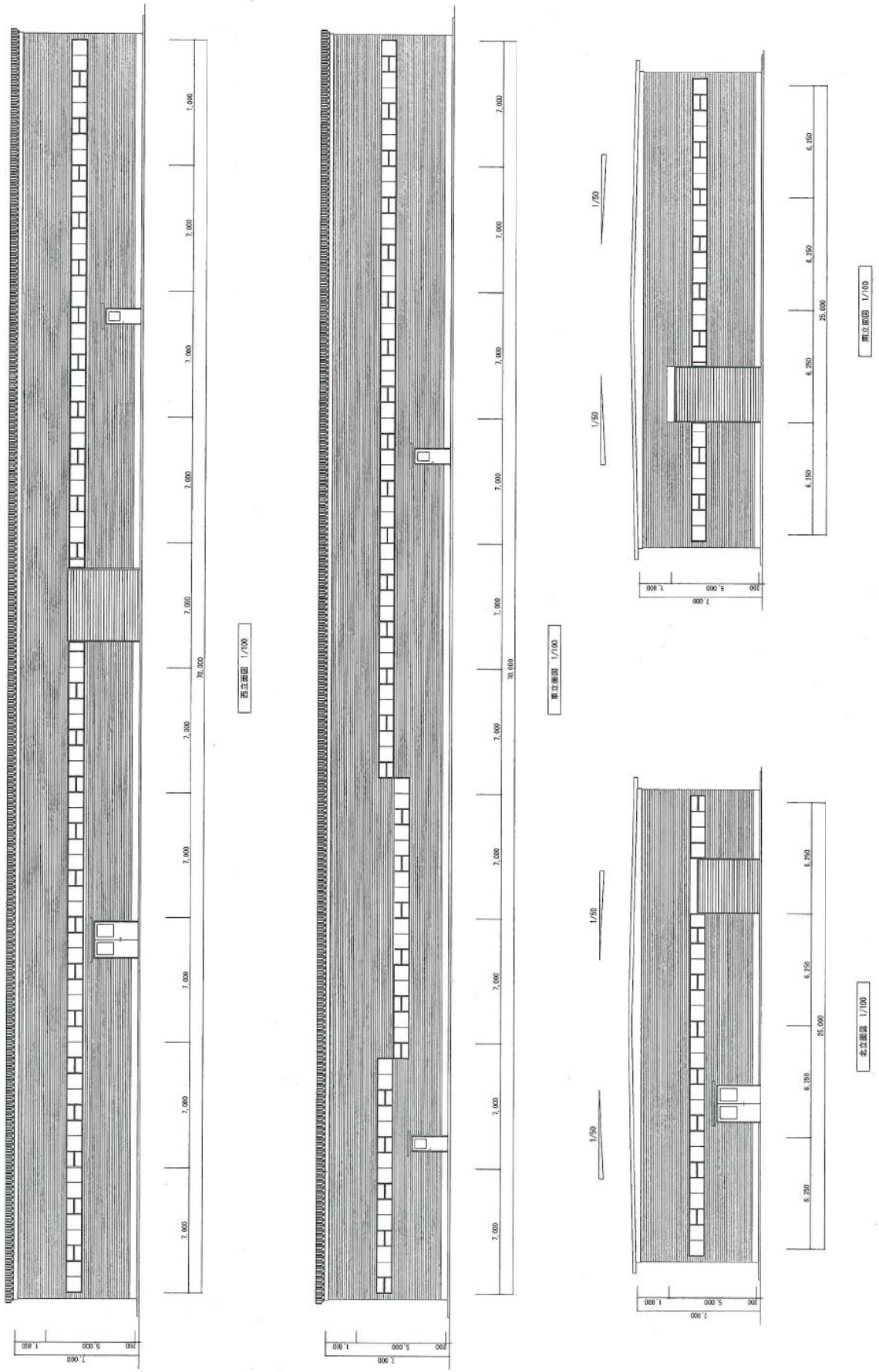


图 24 机械室建家断面图

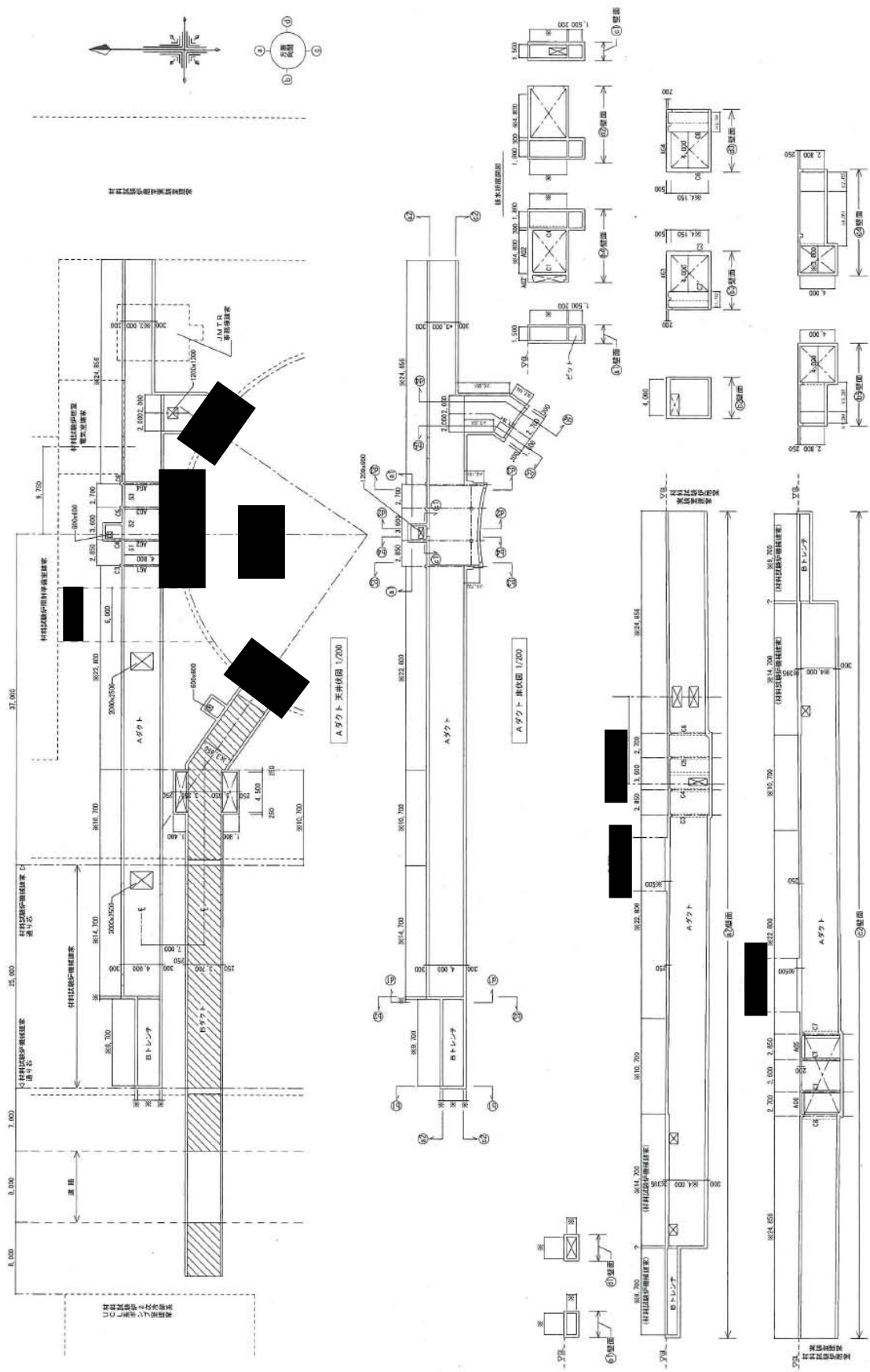


図 25 A トレンチ概略図

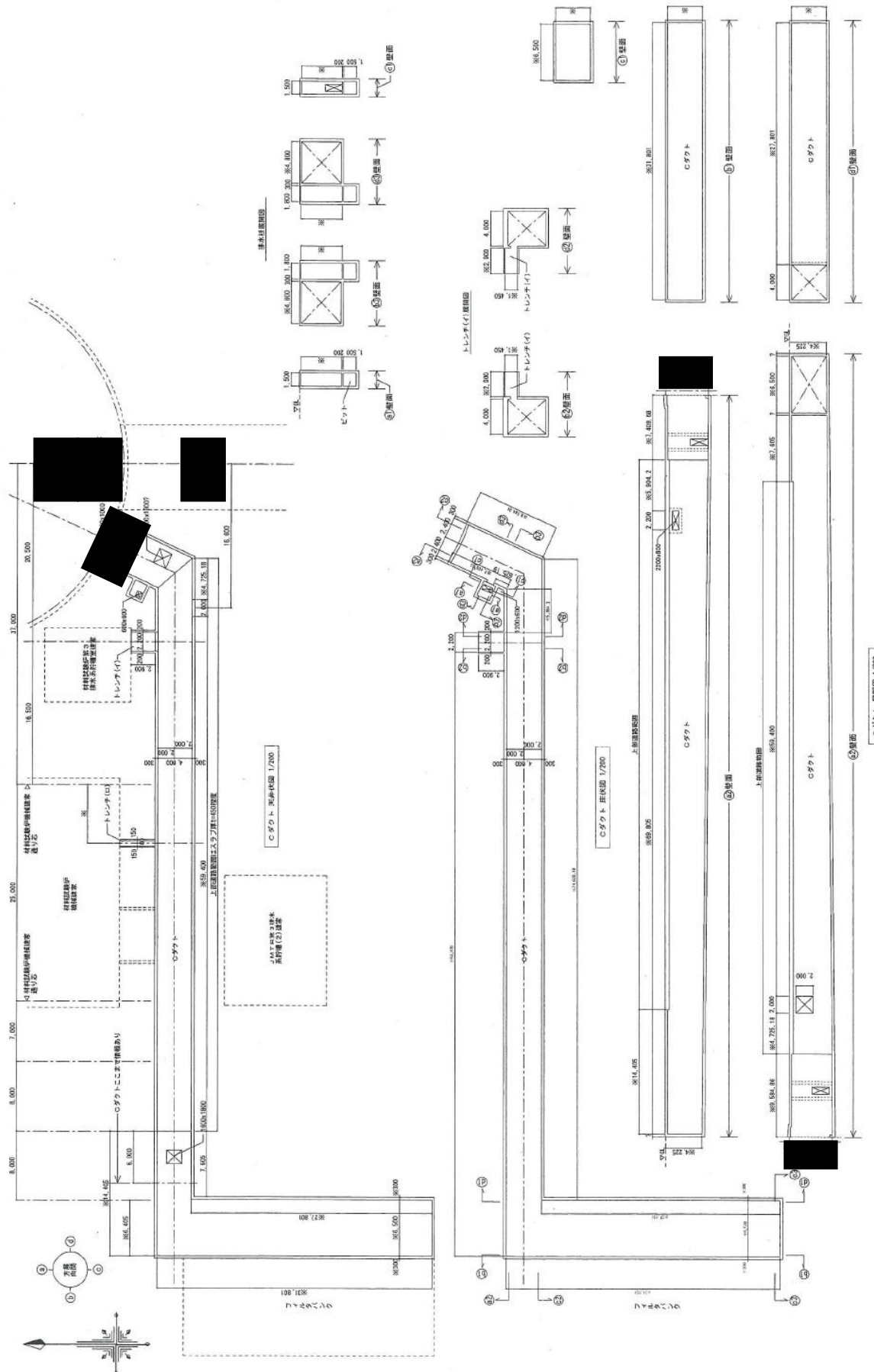
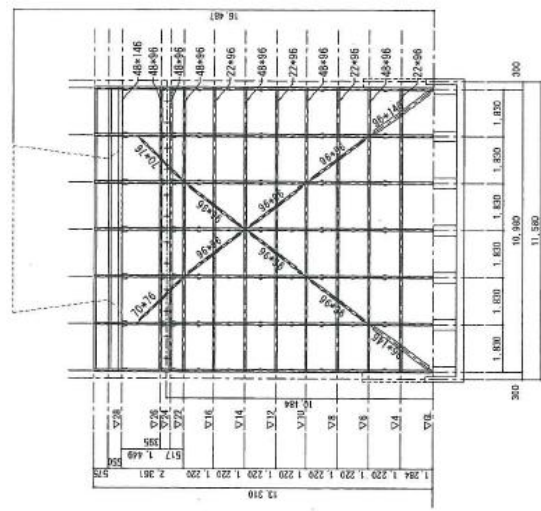
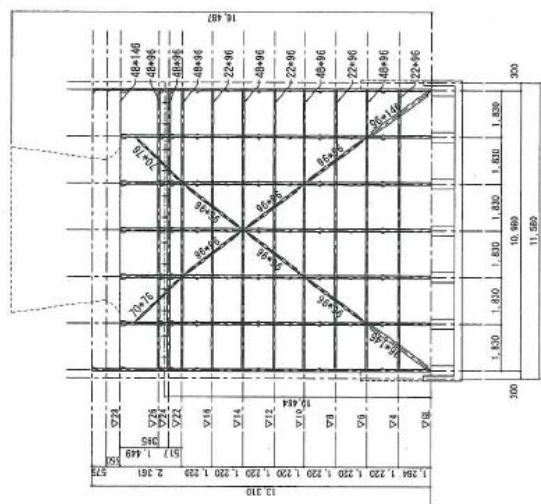


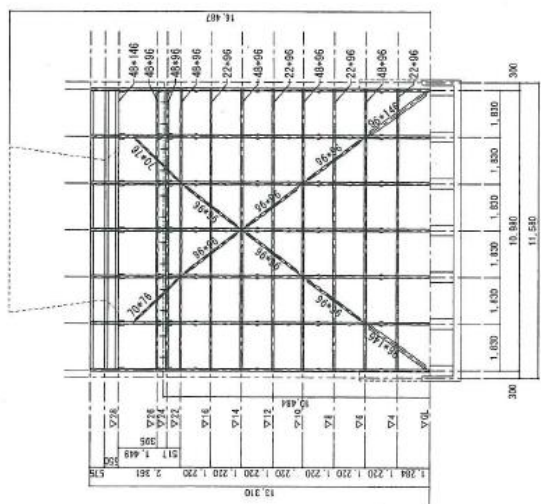
図 27 C トレンチ概略図



1) 二次冷却塔側面 1/100

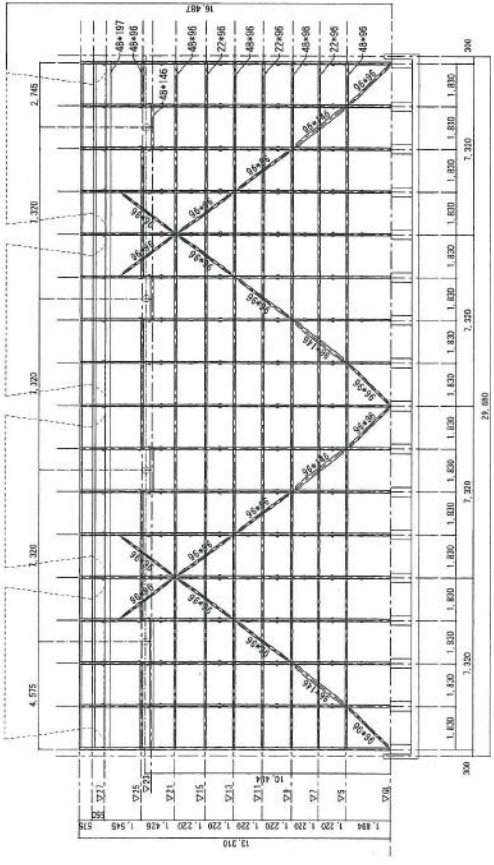
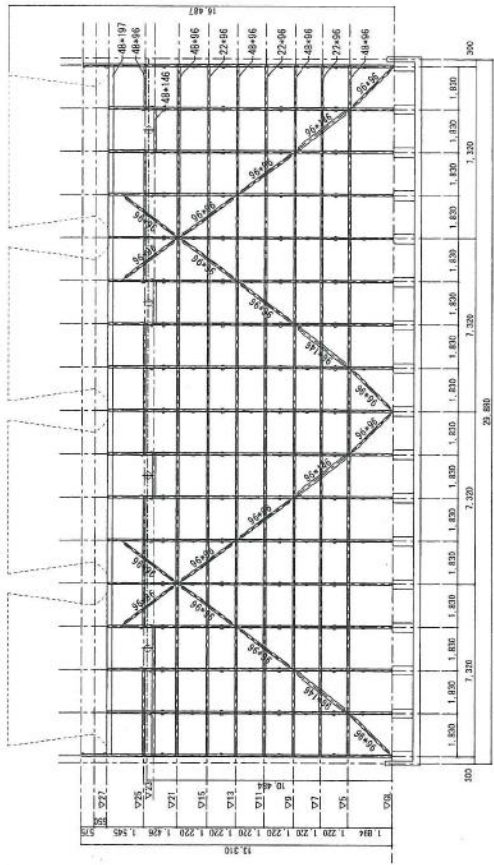


2) 二次冷却塔側面 1/100



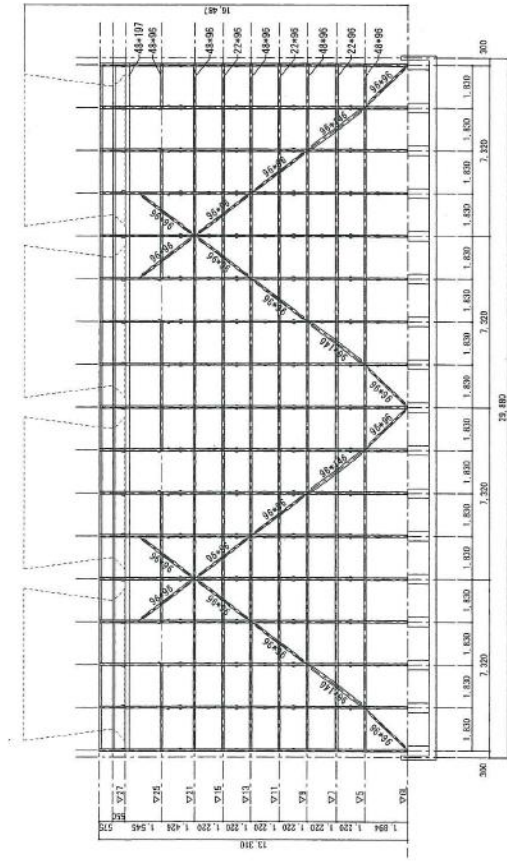
3) 二次冷却塔側面 1/100

図 29 二次系冷却塔側面(1) 図



8-1 二次系冷却塔侧面(2)图

A系V轴剖面图 1/100



B系V轴剖面图 1/100

图 30 二次系冷却塔侧面(2)图

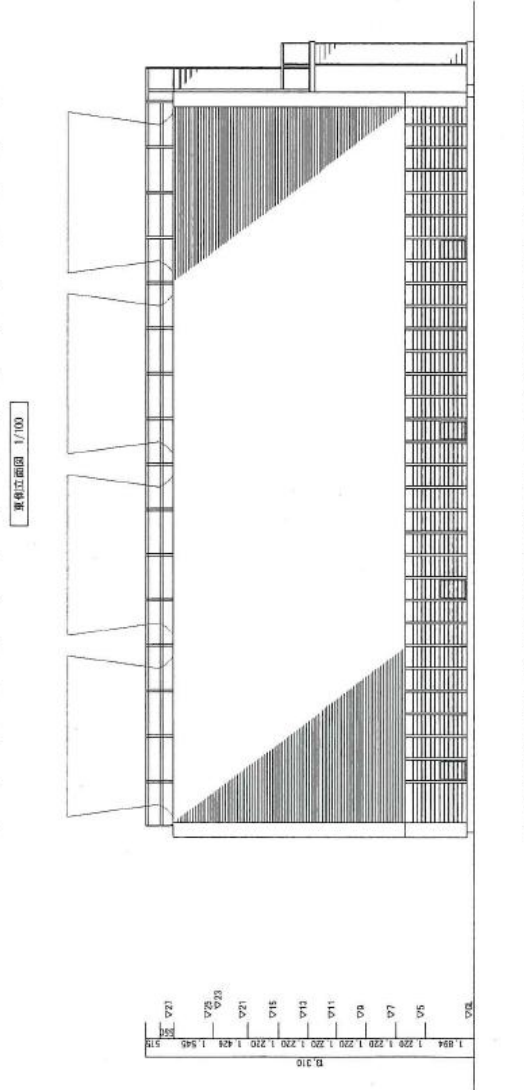
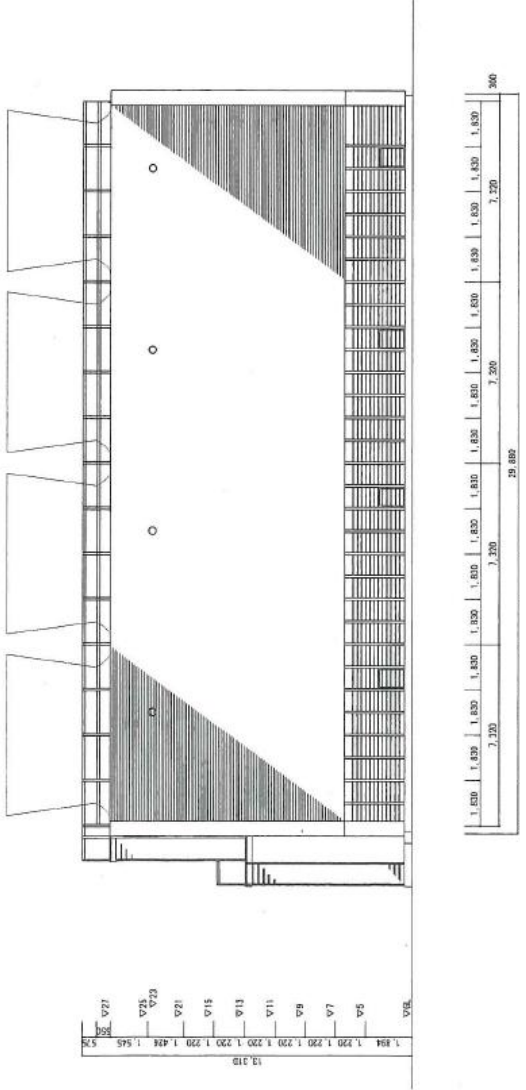
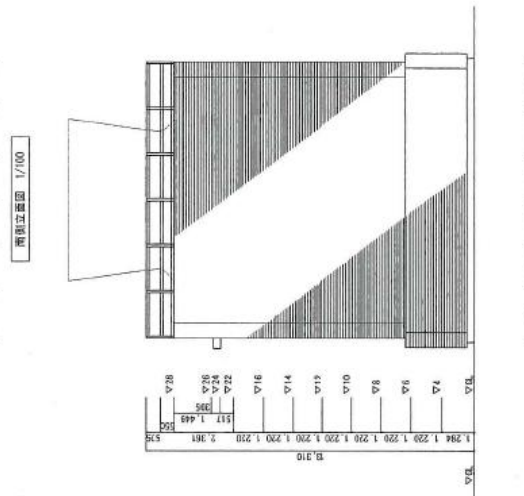
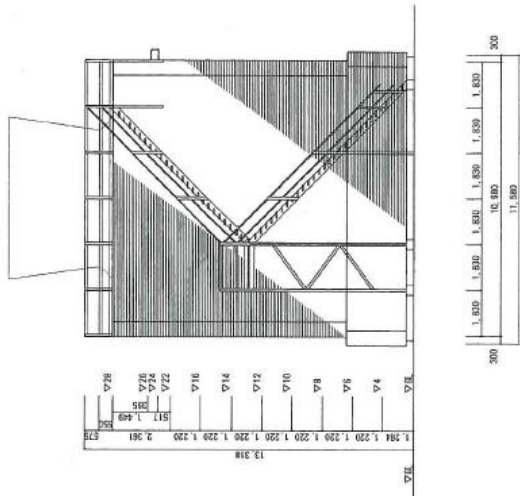


图 31 二次系冷却塔断面图

参考資料 2

写真集

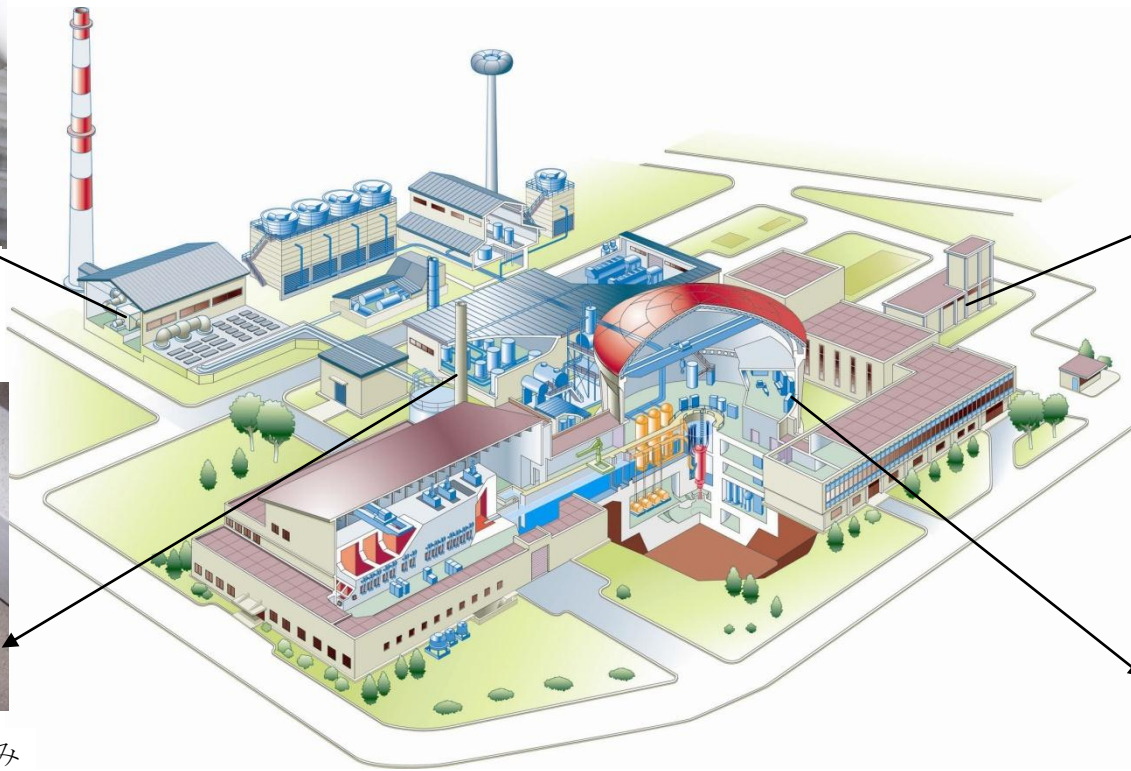
JMTR の被害の概要



排風機室外壁(波板スレート)破損



純水製造装置の基礎ボルト埋め込み部周辺コンクリートのひび割れ







外壁(ALC)の一部損傷



犬走りの一部陥没

JMTR の補修状況

補修箇所	補修前	補修後
■■■■ 外壁 (ALC)		
■■■■ 犬走り		

建物・構築物の点検



屋根調査



コンクリートひび割れ調査

設備機器の点検



打診点検



目視点検

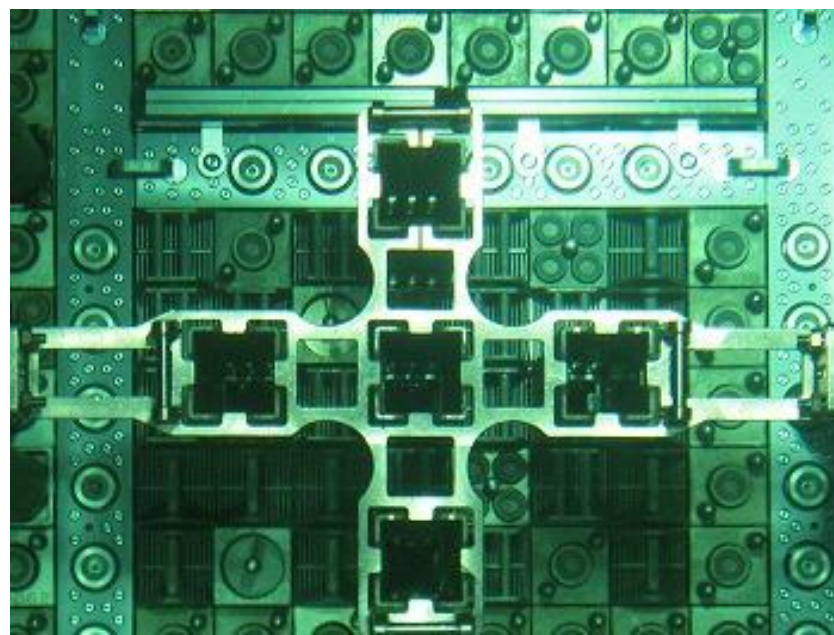
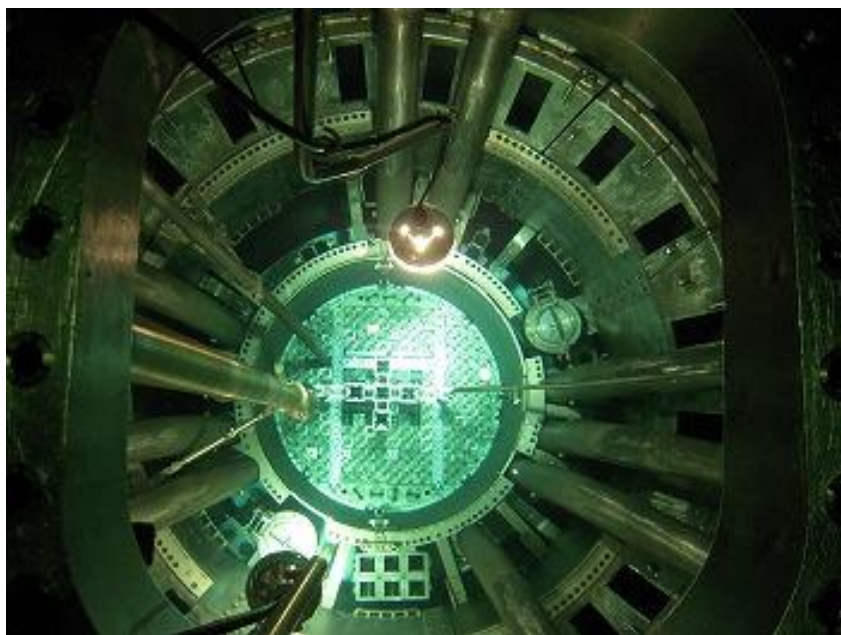


打診点検



絶縁抵抗測定

設備機器の点検



炉心部