

平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震後の
独立行政法人日本原子力研究開発機構東海研究開発センター
核燃料サイクル工学研究所再処理施設の健全性に係る
詳細な点検・評価の結果について（概要）

平成 25 年 9 月 27 日
日本原子力研究開発機構
核燃料サイクル工学研究所

1. はじめに

平成 23 年 8 月 30 日付け「平成 23 年東北地方太平洋沖地震に対する日本原子力研究開発機構東海研究開発センター核燃料サイクル工学研究所再処理施設における地震観測データ及び津波調査結果並びに同施設の健全性に係る概略調査の結果及び今後行う詳細な点検・評価の計画に係る報告を踏まえた対応について（指示）」（平成 23・08・30 原院第 1 号）の指示事項のうち、地震応答解析等を用いた施設の健全性に関する総合評価結果について報告する。

2. 点検・評価対象

点検・評価の対象は、「再処理施設の設計及び工事の方法」の認可申請の対象となる建物・構築物及び設備である。具体的には、以下に示す施設を構成する建物・構築物及び設備であり、点検・評価の対象となる建物は 35 棟、構築物は 37 基、設備は約 18,000 設備である。

点検・評価の対象施設 ※1		
耐震重要度分類 S クラス相当施設	耐震重要度分類 S クラス相当施設以外の施設	
・分離精製工場 ※2 ・高放射性廃液貯蔵場 ※2 ・プルトニウム転換技術開発施設 ・ガラス固化技術開発施設 (ガラス固化技術開発棟、ガラス固化技術管理棟) ・ユーティリティ施設 ※2 ・中間開閉所 ・第二中間開閉所	・廃棄物処理場 ・第二低放射性廃液蒸発処理施設 ・第三低放射性廃液蒸発処理施設 ・放出廃液油分除去施設 ・低放射性濃縮廃液貯蔵施設 ・分析所 ・ウラン貯蔵所 ・第二ウラン貯蔵所 ・第三ウラン貯蔵所 ・ウラン脱硝施設 ・クリプトン回収技術開発施設 ・廃溶媒貯蔵場 ・アスファルト固化処理施設 ・アスファルト固化体貯蔵施設	・第二アスファルト固化体貯蔵施設 ・廃溶媒処理技術開発施設 ・第一低放射性固体廃棄物貯蔵場 ・第二低放射性固体廃棄物貯蔵場 ・高放射性固体廃棄物貯蔵庫 ・第二高放射性固体廃棄物貯蔵施設 ・焼却施設 ・スラッジ貯蔵場 ・第二スラッジ貯蔵場 ・低放射性廃棄物処理技術開発施設 (低放射性廃棄物処理技術開発棟、発電機棟) ・除染場 ・資材庫

※1：排気筒（主排気筒、第一付属排気筒、第二付属排気筒）、海中放出設備、トレンチ、中央運転管理室内の再処理用蒸気設備等を含む。

※2：地震計が設置されている施設。この他に分離精製工場及びユーティリティ施設の地盤系に地震計が設置されている。

3. 点検・評価の結果

点検・評価の対象となる建物・構築物及び設備については、基本的に点検により健全性を評価した。また、耐震上重要な建物・構築物及び設備（耐震重要度分類 S クラス相当（以下「S クラス相当」という）の建物・構築物及び設備）については、点検に加えて地震応答解析を実施し、両者の結果を踏まえた総合評価により健全性を評価した。

3.1. 建物・構築物の点検・評価結果

3.1.1. 建物・構築物の点検結果

(1) 鉄筋コンクリート構造物（鉄骨鉄筋コンクリート構造物を含む）

ひび割れ及び剥離・剥落の有無について、コンクリート診断士等による目視点検を実施した。点検の結果、地震に起因すると考えられるひび割れが認められたが、いずれも微細なものであり、構造強度上問題となるものではなかった。

- ・ 大部分のひび割れは、「震災構築物の被災度区分判定基準および復旧技術指針」（以下「復旧技術指針」という）において、エポキシ樹脂の注入等による簡易な補修が可能とされている幅 1.0mm 未満のひび割れであった。
- ・ S クラス相当の建物・構築物である分離精製工場で 1 箇所（最大幅 1.0mm、長さ 2.0m 程度）、主排気筒で 1 箇所（最大幅 1.0mm、長さ 13.3m 程度）、最大幅 1.0mm のひび割れが認められた。また、S クラス相当以外となるトレンチ内に 2 箇所（最大幅 1.0mm、長さ 2.0m 程度及び最大幅 1.2mm で長さ 0.7m 程度）、最大幅 1.0mm ～1.2mm のひび割れが認められた。これらについては復旧技術指針に従い補修方法を検討した結果、エポキシ樹脂の注入等で補修可能なものであった。なお、これらのひび割れについては、補修済みである。

(2) 鋼構造物

部材の変形・座屈・破断、溶接接合部のきれつ・破断、ボルト接合部の破断・緩み等の有無について目視点検を実施した結果、異常は認められなかった。

3.1.2. 建物・構築物の地震応答解析結果

S クラス相当の建物・構築物について、観測記録を基に入力地震動を作成し、地震応答解析を実施した結果、分離精製工場、プルトニウム転換技術開発施設、高放射性廃液貯蔵場、ガラス固化技術開発棟、ガラス固化技術管理棟及び第二中間開閉所については、せん断ひずみ（変形）が小さく、最大でもせん断スケルトン曲線（せん断力とひずみの関係を表した曲線）の第 1 折れ点から第 2 折れ点の間に位置しており、大きく塑性変形する領域に達しておらず、おおむね弾性範囲にあることを確認した（図-1(1)参照）。ユーティリティ施設については、免震構造であることから、上部構造のせん断ひずみと免震層の変形量について確認した結果、いずれも評価基準を満足しており（表-1 参照）、弾性範囲にあることを確認した。中間開閉所については、せん断ひずみ（変形）が大きく、弾性範囲を超える結果が得られた（図-1(2)参照）ことから、追加点検等を実施した。その結果、構造強度上問題となるひび割れが無いことを確認した。

主排気筒、第二付属排気筒、トレンチ（3 基）等その他の構築物等については、いずれも評価基準を満足することを確認した。

3.1.3. 建物・構築物の総合評価

点検の結果、全ての建物・構築物において構造強度上問題となるひび割れや異常は確認されておらず、健全性が確保されていると考えられる。

S クラス相当の建物・構築物を対象に実施した地震応答解析では、分離精製工場、高放射性廃液貯蔵場、プルトニウム転換技術開発施設、ガラス固化技術開発棟、ガラス固化技術管理棟、ユーティリティ施設及び第二中間開閉所について、おおむね弾性範囲にあることを確認しており、これらの建物については、解析結果からも健全性が確保されているものと評価した。

主排気筒、第二付属排気筒、トレンチ（3 基）等その他の S クラス相当の構築物等の地震応答解析においても評価基準を満足する結果が得られており、同様に健全性は確保されているものと評価した。

中間開閉所の地震応答解析では、弾性範囲を超える結果が得られたが、追加点検等で構造強度上問題となるひび割れが無いことを確認している。また、中間開閉所については、耐震補強工事を計画している段階で本地震を受けたが、その後、耐震補強工事を実施済み（平成 24 年 9 月完了）であり、中間開閉所の健全性は十分に確保されていると考えられる。

以上のように、点検及び地震応答解析の結果から、全ての建物・構築物において、健全性が確保されているものと判断した。

本地震では、東海再処理施設の設計時の想定を超える地震動が観測されたが、点検や地震応答解析の結果、建物・構築物の健全性について問題は確認されなかった。これは、建設当初の設計が十分保守的に行われていたため、想定を超える地震動を受けても建物・構築物の健全性が確保されたことによるものである。

3.2. 設備の点検・評価結果

3.2.1. 設備の点検結果

点検対象の約 18,000 設備について所定の点検（目視、漏えい、作動等）を実施した結果、12 件の不具合（地震直後の点検で確認された不具合 11 件、今回の点検で新たに確認された不具合 1 件）を確認した。これらの不具合は、全て S クラス相当以外の設備に生じたものである。

12 件の不具合のうち、9 件については既に復旧を完了しており、残り 3 件の不具合（ウラン脱硝施設の冷凍機を支持するフレームの変形及び付属配管の割れ（2 件）、スラッジ貯蔵場のスラッジ貯槽の基礎アンカボルトの浮き上がり）についても今後、復旧していく計画である（表-2 及び表-3 参照）。

3.2.2. 設備の地震応答解析結果

S クラス相当の設備及び点検が困難なため代替として地震応答解析を行うとした設備約 1,600 設備について構造強度評価を行った結果、各設備の発生応力は、いずれも評価基準を満足することを確認した（表-4 参照）。また、地震時又は地震後に動的機能が要求される動的機器約 90 設備について動的機能維持評価を行った結果、各設備の応答加速度は、いずれも機能確認済加速度以下であることを確認した。

3.2.3. 設備の総合評価

点検対象の約 18,000 設備について所定の点検（目視、漏えい、作動等）を実施した結果、12 件の不具合が確認された。これらはいずれも S クラス相当以外の設備で生じたものであり、うち 9 件の不具合については既に復旧を完了している。残りの 3 件の不具合についても、スラッジ貯蔵場の不具合については、平成 25 年以内に復旧する計画であり、ウラン脱硝施設の 2 件の不具合についても、今後の運転計画に合わせ計画的に復旧していく。

また、上記の点検に加えて地震応答解析を実施した S クラス相当の設備（点検が困難なため代替として地震応答解析を行うとした設備を含む）については、解析の結果、全ての設備について評価基準を満足していることを確認した。

これらの点検及び地震応答解析の結果から、対象となる設備について 3 件の不具合を除き健全性が確保されていると判断した。3 件の不具合については今後の復旧により健全性を確保する。

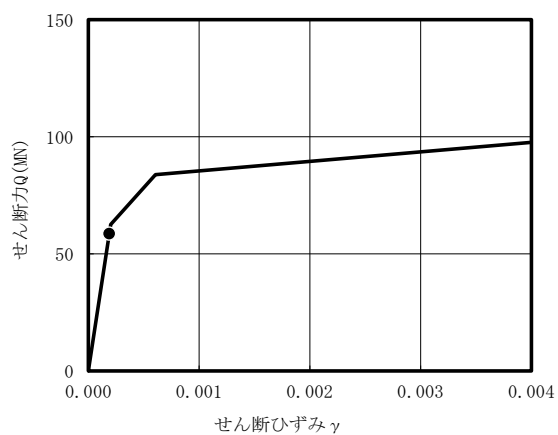
本地震では、東海再処理施設の設計時の想定を超える地震動が観測されたが、点検や地震応答解析の結果、ほぼ全ての設備において健全性が維持されていることを確認した。これは、建物・構築物と同様に、設備についても建設当初の設計が十分保守的に行われていたため、想定を超える地震動を受けても設備の健全性が確保されたことによるものである。

4. まとめ

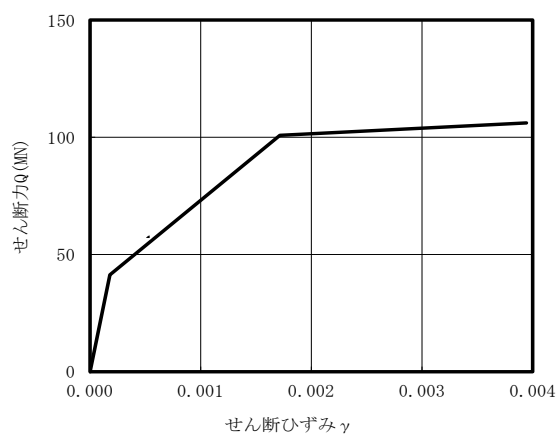
本地震では、東海再処理施設の設計時の想定を超える地震動が観測されたが、建物・構築物及び設備に与えた影響について詳細な点検や地震応答解析及び両者の結果を踏まえた総合評価を行った結果、本地震後の東海再処理施設の健全性について問題ないと判断した。

なお、平成 23 年 8 月 30 日付け「平成 23 年東北地方太平洋沖地震に対する日本原子力研究開発機構東海研究開発センター核燃料サイクル工学研究所再処理施設における地震観測データ及び津波調査結果並びに同施設の健全性に係る概略調査の結果及び今後行う詳細な点検・評価の計画に係る報告を踏まえた対応について（指示）」（平成 23・08・30 原院第 1 号）に関して、これまで、「地震応答解析の前提となる地震観測データの詳細な検証結果（平成 23 年 10 月 28 日報告）」及び「今回の地震の影響により発生した津波に関する再現計算等を用いた詳細な分析結果（平成 24 年 3 月 30 日報告）」について報告してきており、今回の「地震応答解析等を用いた施設の健全性に関する総合評価結果」の報告をもって、本地震による東海再処理施設の健全性に係る評価作業を全て完了する。

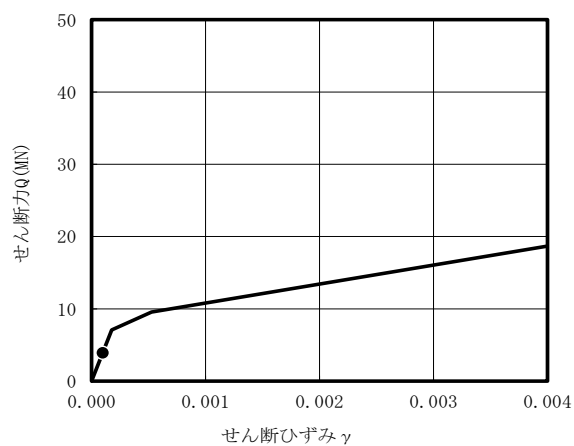
以上



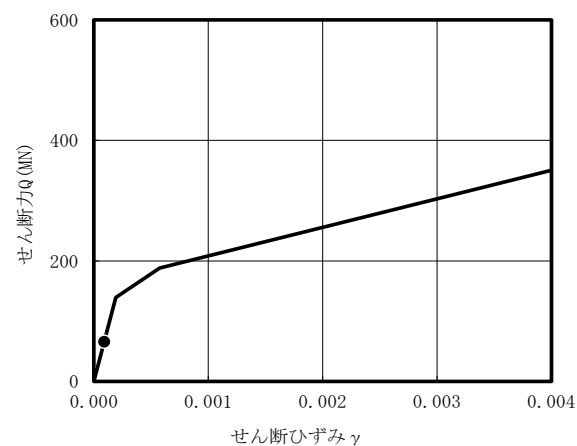
分離精製工場
(5階、東西方向)



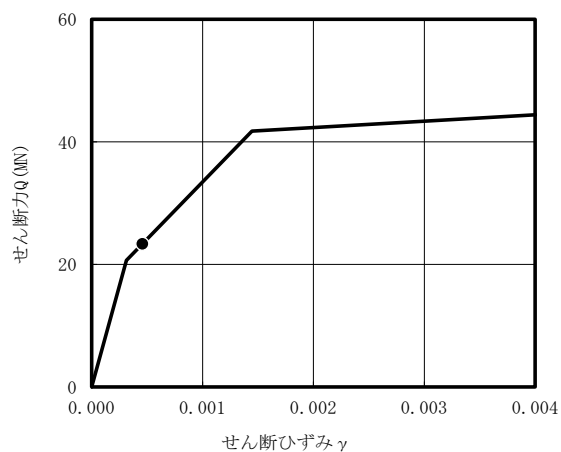
プルトニウム転換技術開発施設
(1階、南北方向)



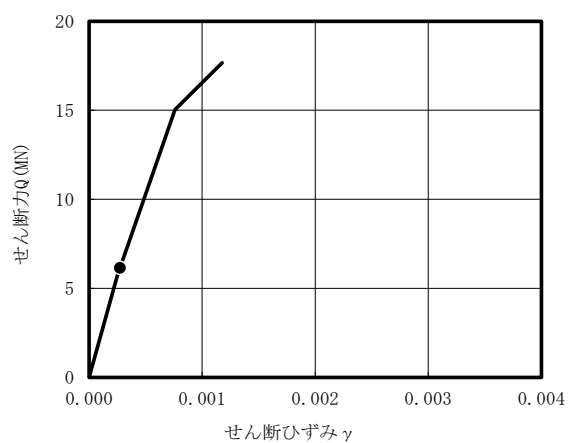
高放射性廃液貯蔵場
(5階、南北方向)



ガラス固化技術開発棟
(2階、東西方向)

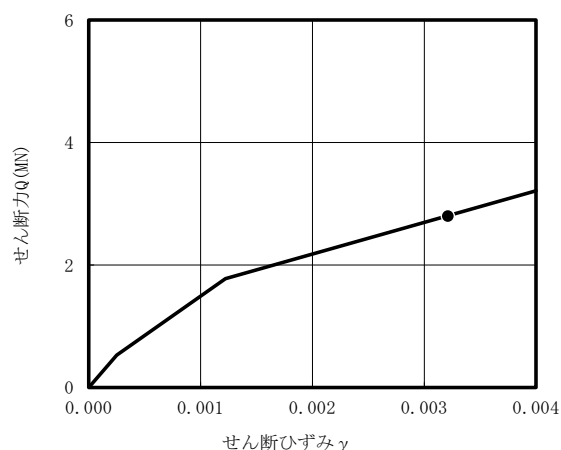


ガラス固化技術管理棟
(2階、南北方向)



第二中間閉鎖所
(1階、東西方向)

図-1(1) 建物の地震応答解析結果
(各施設のせん断ひずみが最大の階、方向を示す)



中間開閉所
(建家北側 1 階、東西方向)

図-1 (2) 建物の地震応答解析結果
(施設のせん断ひずみが最大の階、方向を示す)

表-1 建物の地震応答解析結果 (ユーティリティ施設 (免震構造))

評価項目	応答値※1	評価基準値	応答値/評価基準値
免震層の変形量 (積層ゴム φ800)	262mm (東西方向)	390mm※2	0.68
上部構造の せん断ひずみ	0.14×10^{-3} (3 階、南北方向)	0.25×10^{-3} ※3	0.56

※1： 各評価項目の最大応答値を示す。

※2： 積層ゴムの線形弾性範囲。

※3： ひび割れ発生を目安値 (日本建築学会「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説」において、実験結果によれば、せん断初ひび割れが発生する時の耐震壁のせん断変形は、 $0.2 \sim 0.3 \times 10^{-3}$ = 平均 0.25×10^{-3} とされている。)

表-2 地震直後の点検で確認された不具合の状況及び対応

No	施設及び設備	不具合の状況	対応
①	施設：プルトニウム転換技術開発施設 設備：硝酸貯槽（P01V11）の基礎 （S クラス相当設備以外）	屋外に設置している硝酸貯槽（P01V11）置き場の地盤が地震の影響で一部沈下し、硝酸貯槽の基礎に傾きが生じた。	傾いた基礎（貯槽含む）をクレーンで吊り上げ移動させ、地盤を平滑化した後に元の位置へ再設置し、正常な状態へ復旧した。
②	施設：ウラン脱硝施設 設備：冷凍機（264X881） （S クラス相当設備以外）	地震前より冷凍機、付属配管等に経年的な劣化を確認していたことから補修する予定であった。このため、設計時と比較し冷凍機を支持するフレーム及び付属配管の強度が低下していたと考えられ、地震の影響により冷凍機を支持するフレームに変形及び付属配管に割れが生じた。	割れが生じた付属配管の上流側のバルブを閉にするとともに、系統内の冷水の抜き出しを行い、冷凍機及び付属配管から冷水の漏えいが生じないように処置した。今後の運転計画に合わせ計画的に復旧していく。
③	施設：ウラン脱硝施設 設備：冷凍機（264X882） （S クラス相当設備以外）		
④	施設：アスファルト固化処理施設 設備：グローブボックス（A65GB07） （S クラス相当設備以外）	地震の揺れにより、グローブボックス（A65GB07）上部の給気フィルタ接続配管（塩化ビニル製）が折損したことで給気フィルタが落下した。	給気フィルタ接続配管の補修を行い、正常な状態へ復旧した。
⑤	施設：廃溶媒処理技術開発施設 設備：エポキシ樹脂受入ポンプの蒸気配管（S クラス相当設備以外）	建家周辺の地盤が地震の影響で一部沈下し、エポキシ樹脂受入ポンプの設置位置がずれたことにより、屋外に設置されている蒸気配管の一部に亀裂が生じた。	建家周辺の地盤の補修を行ったうえで、配管の損傷部位の更新を行い、正常な状態へ復旧した。
⑥	施設：廃溶媒処理技術開発施設 設備：エポキシ樹脂受入ポンプの圧空配管（S クラス相当設備以外）	建家周辺の地盤が地震の影響で一部沈下し、エポキシ樹脂受入ポンプの設置位置がずれたことにより、屋外に設置されている圧空配管の一部に破断が生じた。	建家周辺の地盤の補修を行ったうえで、配管の損傷部位の更新を行い、正常な状態へ復旧した。
⑦	施設：焼却施設 設備：チラーユニット（342H91） （S クラス相当設備以外）	地震の揺れにより、焼却施設の運転に使用する冷水を製造するチラーユニット（342H91）のケーシング（FRP 製）及びファン（ステンレス鋼製）が接触し、双方に割れが生じた。	ファン及びケーシングの交換を実施し、正常な状態へ復旧した。
⑧	施設：ガラス固化技術開発施設 設備：純水製造に係るタンク等の置場 （S クラス相当設備以外）	屋外タンク置場周辺の地盤が地震の影響で一部沈下し、屋外タンク置場に傾きが生じた。	屋外タンク置場下部の空洞化した箇所を埋め戻し、ジャッキにより傾きを修正した後にエアモルタルを打設する沈下修正工事を実施し、正常な状態へ復旧した。
⑨	施設：再処理施設（屋外部） 設備：特殊放射線作業に用いる呼吸用の圧空配管 （S クラス相当設備以外）	地震の影響で分析所と廃棄物処理場間に生じた相対変位によるせん断応力により、廃棄物処理場の建家壁貫通部の当該圧空配管が破断に至った。	配管の交換を行い、正常な状態へ復旧した。
⑩	施設：再処理施設（トレンチ内） 設備：浄水配管 （S クラス相当設備以外）	地震の影響で資材庫、トレンチ間に変位が生じた結果、浄水配管のフランジ部ボルトの緩み、フレキシブルホースの曲がりが生じた。	フランジ部の増し締め、フレキシブルホースの交換を実施し、正常な状態へ復旧した。
⑪	施設：再処理施設（屋外埋設） 設備：浄水配管 （S クラス相当設備以外）	地震の影響で埋設場所の地面、アスファルト、接続されるコンクリート樹等が沈下したことにより、浄水配管に大きな負荷が生じ、複数の配管の損傷に至った。	配管の交換、フランジ部の増し締めを実施し、正常な状態へ復旧した。

表-3 今回の点検で新たに確認された不具合の状況及び対応

No	施設及び設備	不具合の状況	対応
①	施設：スラッジ貯蔵場 設備：スラッジ貯槽 （S クラス相当設備以外）	貯槽本体及び付属配管に異常はないものの、貯槽の基礎アンカボルト（16 本）がベースプレートから浮き上がっていることを確認した。 本事象は、設計を超える地震力を受け、定着が不十分な状態の基礎アンカボルトに浮き上がりが生じたものである。	当該貯槽への受入れバルブの施錠及び他工程からの廃液の受入禁止処置を行い、当該貯槽に貯蔵されていた化学スラッジ等の大半を廃棄物処理場及び第二スラッジ貯蔵場に移送した。なお、水平展開の結果、当該貯槽と同様な、基礎アンカボルトの定着が不十分な状態の設備は無いことを確認している。 平成 25 年内に、既設の基礎アンカボルトを撤去した後、新設のアンカボルトを設置し、復旧する計画である。

表-4 主な設備の構造強度評価結果

施 設	設備名称（設備番号）	評価部位※1	応力※1 分類	発生応力 (MPa)	評価基準 値 (MPa)	発生応力 と評価基 準値の比	判定 結果
分離精製工場	濃縮ウラン溶解槽（242R10）	胴	一次	156	207	0.76	良
	パルスフィルタ（243F16）	胴	一次	24	262	0.10	良
	調整槽（251V10）	タイロッド	引張	15	205	0.08	良
	分離第1抽出器（252R11）	胴	一次	147	207	0.72	良
	プルトニウム溶液蒸発缶 （266E20/T21）	胴	一次	16	306	0.06	良
	プルトニウム製品貯槽（267V13）	据付ボルト	引張	84	104	0.81	良
	高放射性廃液蒸発缶（271E20）	据付ボルト	せん断	42	117	0.36	良
	高放射性廃液貯槽（272V12）	据付ボルト	せん断	81	101	0.81	良
	熱交換器（283H30）	フレーム	一次	28	215	0.14	良
	ポンプ（283P331）	据付ボルト	せん断	4	141	0.03	良
高放射性廃液貯蔵場	高放射性廃液貯槽（272V31）	胴（冷却ジャケット含む）	一次	112	262	0.43	良
	ブロワ（272K63）	据付ボルト	せん断	4	141	0.03	良
	冷却塔（272H81）	据付ボルト	引張	86	153	0.57	良
プルトニウム転換 技術開発施設	硝酸プルトニウム受入計量槽 （P11V11）	据付ボルト	せん断	14	118	0.12	良
	混合槽（P12V11）	据付ボルト	せん断	14	118	0.12	良
	脱硝加熱器（P13X12）	架台	曲げ	33	205	0.17	良
ガラス固化技術開発施設	受入槽（G11V10）	胴（冷却ジャケット含む）	一次	196	262	0.75	良
	熔融炉（G21ME10）	ケーシング据付ボルト	引張	70	153	0.46	良
	空気圧縮機（G86K10）	据付ボルト	せん断	7	106	0.07	良
	冷却塔（G83H10）	据付ボルト	せん断	38	118	0.33	良
ユーティリティ施設	空気圧縮機（586K401）	据付ボルト	引張	7	177	0.04	良
	冷却塔（583T101）	据付ボルト	引張	65	177	0.37	良
中間開閉所	非常用発電機（1号機）	発電機据付ボルト	せん断	11	135	0.09	良
第二中間開閉所	非常用発電機（1号機）	発電機据付ボルト	せん断	9	135	0.07	良

※1：各設備の発生応力と評価基準値の比が最も大きい評価部位、応力分類を記載。