

平成23年11月25日、原子力安全・保安院から当社に対し、「東京電力株式会社福島第一原子力発電所における事故を踏まえた核燃料サイクル施設の安全性に関する総合的評価の実施について（指示）」（指示文書）が発出されました。当社は、加工事業者として、施設の頑健性を総合的に評価することにより、安心・信頼を確保し、施設の安全性向上に繋げるためのプロセスの一環とすることを目的とし、当社加工施設の安全性に関する総合的評価（ストレステスト）を実施し、評価結果をまとめました。

1. 経緯

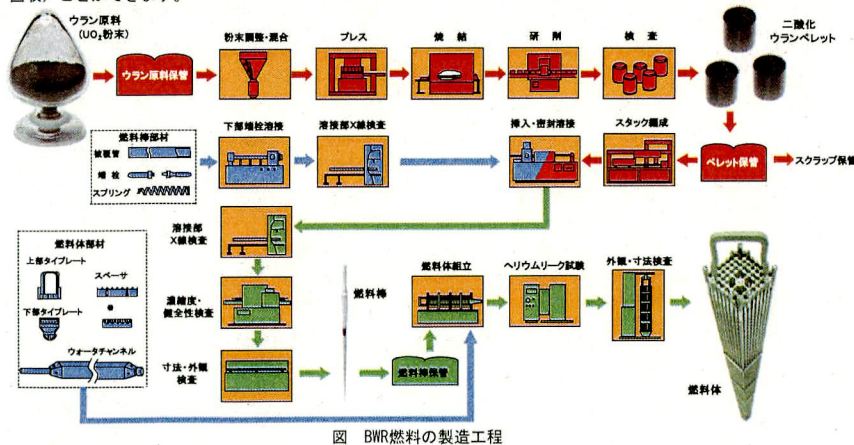
原子力発電所については、平成23年7月22日に原子力安全・保安院から電力会社に対し「ストレステスト」の指示が出され、設計上の想定を超える地震・津波や電源喪失等の事故の発生を仮定して発電所の炉心損傷や使用済燃料ピットの燃料損傷に至るまでの安全上の余裕を評価する「一次評価」が実施されています。発電所では、原子炉停止後の炉心の残留熱・崩壊熱の除去・冷却あるいは使用済燃料ピットの燃料の崩壊熱を踏まえた冷却の観点で、燃料の冷却に寄与する機器等が機能喪失し、炉心や燃料の損傷が回避できなくなる限界の地震の大きさ・津波の高さ、又は、炉心や燃料の損傷が回避できなくなるまでの限界の時間を「クリフエッジ」として評価しています。

一方、加工施設では新燃料の製造を行っており、原子炉で燃料を使用する場合に発生する核分裂生成物の崩壊熱はありませんが、平成23年11月25日に原子力安全・保安院から当社に対し、地震・津波その他の自然現象等（評価項目）によって交流電源等の安全機能が失われること（起因事象）を仮定して、製造工程で使用している水素の爆発、放射性物質を放出する火災、臨界、放射性物質・放射線の漏えい等の「設計上の想定を超える事象」（以下、想定事象）の発生及びさらなる進展を防止するためのアクシデントマネジメント（AM）の有効性と限界を示す「ストレステスト」が求められたものです。

2. 原子燃料工業東海事業所の加工施設の概要

当事業所では、濃縮度5%以下のウランを原料として、下図に示すように、粉末調整・混合から燃料体組み立て工程があり、沸騰水型軽水炉（BWR）で使用される燃料体の製造を行っています。

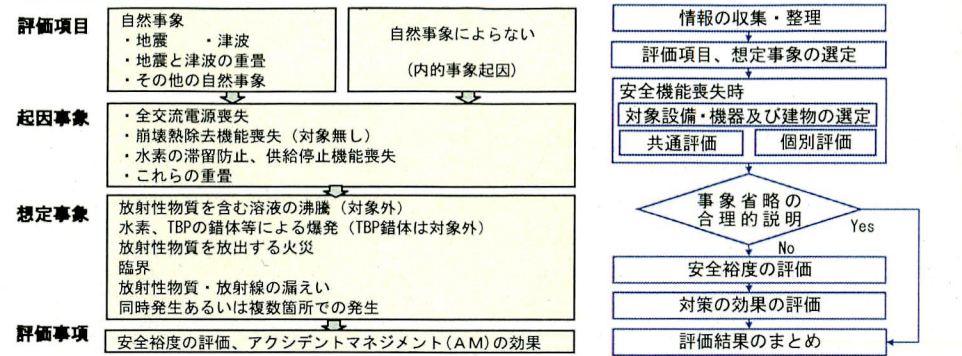
当事業所で扱うウランの性状は、粉末及び焼結体（直径約1cm、高さ約1cmの円柱状のセラミックでペレットという。）に大別されます。粉末は、飛散を防ぐため閉じ込め機能を持つ設備で扱います。加工施設では核分裂を起こさせることはなく、また、ウラン自体は発熱することがないため冷却の必要はありません。ウランからは、ガンマ線とアルファ線が放出されます。アルファ線は紙一枚で止めることができ、ガンマ線の放出量及び放出エネルギーは小さいため、作業員が容易に近づいてウランを取扱う（移動、回収）ことができます。



当事業所は茨城県那珂郡東海町の南東に位置し、太平洋岸から内陸に約2.8km離れた海拔約30mの高台にあります。平成23年3月11日の東北地方太平洋沖地震により、当事業所は、震度6弱の揺れを経験しました。地震により、加工施設の安全機能は設計通り作動しました（焼結炉^[*1]への可燃性ガスの供給停止機能作動、窒素バージ作動、非常用発電機の作動等）。事業所対策本部を立ち上げ適切に対応を実施しました。特に、施設の閉じ込め機能を維持するために実施した大扉の目張り、交流電源（非常用発電機を含む）が長い間喪失した場合に有効な対策でした。ウラン加工施設安全審査指針に基づいて設計された加工施設内の主要な設備・機器^[*2]は損傷を受けず、ウランの飛散・漏えい、火災等の発生はありませんでした。また、津波の影響もありませんでした。施設の詳細な点検により運転に支障がないことを確認し、5月27日操業を再開しました。

【*1】 焼結炉とは、圧縮成型したウラン粉末を水素ガス雰囲気下でセラミック状のペレットに焼結するための電気加熱炉
【*2】 耐震設計上の重要度分類に応じて、静的水平震度0.26~0.45G（約255~440gal）を基準として設計

3. 総合的評価の手法



評価項目	当事業所加工施設の特徴
地震	茨城県耐震改修促進計画(平成21年5月改正)より地域(東海村)で想定される地震として現時点で震度6弱を見込む。なお、設備・機器は、新耐震設計法に基づき評価し、重要度の高い耐震第1類剛構造の評価基準(震度6強に相当する静的水平震度440galで発生する応力に対する許容応力の比)で裕度を示す。建物は、新耐震設計法に基づき評価し、保有水平耐力比で裕度を示す。
津波	海岸線より内陸部に約2.8km離れた、海拔約30mの高台にあるので地域(東海村)で想定される津波(6.6m)の影響はない。
地震と津波の重畳	(地震と同じ)
その他の自然現象の重畳	洪水: 敷地は海拔約30mの台地上にあり、台地には河川はない。敷地境界より約50m離れた新南川は約20m低い位置を流れているため洪水のおそれはない。 台風: 施設は建築基準法施行令で定める風圧力(基準風速30m/秒)に耐える設計となっている。 積雪: 当事業所の位置は、多雪地域に該当していない。また、積雪40cmに耐える設計となっている。 地すべり: 敷地及びその周辺には、急斜面はなく地すべりが発生するおそれはない。また、過去に陥没が起こった例はなく陥没のおそれはない。地質調査に基づき液状化の危険度は低いことを確認している。 大雨: 最大降雨量(水戸地方:昭和13年6月29日)277mm/日を記録。 外部火災: 施設周辺に森林、民家の密集地帯はなく、外部火災の影響を受けるおそれはない。

想定事象 (設計上の想定を超える事象)	指示文書	当事業所加工施設の特徴	評価内容
放射性物質を含む溶液の沸騰	使用済燃料の取扱がないことから崩壊熱による沸騰の可能性はない。		—
水素、TBPの錯体等による爆発	水素ガスを使用している工程あり。TBP(リン酸トリブチル)は、加工施設では使用していない。		水素ガスを使用している焼結工程について爆発の可能性を評価(個別評価) ^[*3]
放射性物質を放出する火災	建物の主要構造は、鉄筋コンクリート造又は鉄骨造等の耐火建築物又は準耐火建築物としている。また、設備・機器も可能な限り不燃性又は難燃性材料を使用している。		建物内の着火源・可燃物の有無等で対象の選定を行い延焼及び放射性物質放出の可能性を評価(共通評価) ^[*3]
臨界	取り扱うウラン(濃縮度は5%以下)の質量・容積・直径・厚さ及びユニーク間距離を制限し浸水しても臨界にならないようにしている。また、電気制御による臨界管理は行っておらず、電源喪失による臨界のおそれはない。		地震・漏出等によるウランの集積・堆積・浸水の有無で対象の選定を行い臨界の可能性を評価(共通評価)
放射性物質・放射線の漏えい	取り扱うウランの比放射能は10 ¹⁰ Bq/g(主にα線放出)で、使用済燃料(1年冷却)の10 ¹¹ Bq/g(α、γ、中性子線放出)に比べ低線量であるため作業員は容易に近づける。ウラン粉末等の放射性物質の漏えいを防止するため、給排気システムを設置している。		地震による設備損傷・建物からの漏えい有無で対象の選定を行い、敷地境界での公衆被ばくの可能性を評価(共通評価)
同時発生あるいは複数箇所での発生	保安上重要な資機材を確保している。		同時発生・複数箇所発生時のAMの有効性と限界を評価

【*3】 個別評価: 設備・機器毎にイベントツリーを用いて評価。共通評価: 共通の判定ツリーにより複数の設備・機器をまとめて評価。

4. 評価結果

事象 評価及びAMの有効性

【評価方法】地震により排風機が停止し、水素ガス配管が破断又は焼結炉が損傷し、水素ガスが建物内に滞留するとした場合の爆発の可能性を評価。

【評価結果】
 震度6強(静的水平地震力440gal相当)の地震に対して、以下の理由により全ての安全機能が喪失することなく爆発のおそれはないことを確認した。
 ① 水素ガス配管及び焼結炉は、十分な耐震裕度(水素ガス配管>2.3、焼結炉>1.6)が確認されており、破断・損傷には至らない。
 ② 水素ガス用緊急遮断弁は、これが損壊に至ることのない揺れ(50カイン;震度6弱相当)で作動することが、東北地方太平洋沖地震で確認されている。
 ③ 本緊急遮断弁は、駆動用空素ガス配管破断等で空素ガス供給が止まると遮断弁が作動する(フェイルセーフ)。
 ④ 震度6弱相当の地震発生時に水素ガス供給弁を手動で閉操作する手順を定めている。

放射線物質を放出する火災

【評価方法】地震による設備損傷により、着火源と周辺の可燃性ガス等の可燃物との関係で発火し、さらに周辺のウラン保有設備内の可燃物に延焼することを想定。加工施設内の全ての設備(約300設備)を対象として、火災による放射性物質の放出の可能性を評価。

【評価結果】
 初期消火に期待しない場合でも、以下の理由から放射性物質を放出する火災が発生するおそれはないことを確認した。
 ① 震度6強(静的水平地震力440gal相当)の地震に対して、一部の設備(※)を除いてウランを保有する設備は損傷・転倒しない。前記の一部の設備は転倒しても周辺に可燃物はない。また、これらの設備自体が着火源になることはない。
 ② 漏電遮断器により電源が遮断されるため、漏電によるケーブル火災の可能性は低いものの、電源ケーブルの一部が難燃性ではないため、ケーブル火災が発生することを想定したが、初期消火活動により設備側に延焼することはない。
 ③ 万一、初期消火が不調に終わっても、ウランを保有する設備は主に不燃性・難燃性材料で構成されているため、設備に延焼することはない。

【AM】加工施設内は可燃物量が限られているため、自衛消防隊による初期消火活動を行う。
AMの有効性
 本AMは、外部支援に頼ることなく当事業所内の組織で実施できる有効な手段である。

【*4】スクリーニングは、各設備・機器を対象に、共通のツリーを用いて想定事象に至るかどうかを評価すること。
 【*5】燃料棒解体装置及び検査装置

4. 評価結果(続き)

事象 評価及びAMの有効性

【評価方法】加工施設内の全てのウラン保有設備(約300設備)を対象に耐震裕度を評価し、設備の損傷・転倒による臨界の可能性を評価。

【評価結果】
 以下の理由から臨界のおそれはないことを確認した。
 ① 震度6強(静的水平地震力440gal相当)の地震に対して、一部の設備を除いてウランを保有する設備は損傷・転倒せず、安全形状は維持される(スクリーニング2)。
 ② 損傷・転倒する可能性のある上記設備が保有するウランは、ペレット、燃料棒、集合体の形状である。設備の損壊、或いは転倒設備からウランが落下した場合でも、以下のいずれかの理由により、水の浸入によらず臨界となるおそれはない。
 - 設備で取扱うウラン量が臨界質量未満である(スクリーニング1)。
 - 設備で取扱う燃料棒本数や集合体数が臨界質量以下である(スクリーニング1)。
 - 施設内の設備配置状況について現場確認を行った結果、設備が転倒しウランが床面に落下しても、臨界のおそれが生じるほど積み上がることはない(スクリーニング2)。

放射線物質の漏えい

【評価方法】全てのウラン保有設備の耐震裕度を評価。地震により設備が損傷・転倒し、内部のウランが漏えいし、損傷した建物から敷地境界に漏えいする可能性を評価。

【評価結果】
 ① 震度6強(静的水平地震力440gal相当)の地震に対して、一部の設備を除いてウランを保有する設備は損傷・転倒せず、放射性物質を放出する可能性はない。前記一部の設備で取扱うウランは、粉末の形態ではないためほとんど飛散しない。
 ② ウラン加工施設の建物の保有水平耐力比は1.0以上であり、震度6強(保有水平耐力比1.0相当)の地震で倒壊に耐える。また、重要度分類1類の建物は1.3以上の保有水平耐力比を有する。

【AM】以上のとおり、地震の発生により排気設備の運転が停止しても放射性物質が漏えいするおそれはないが、以下のAMを講ずることとしている。なお、外部電源喪失に際しては、非常用発電機(複数台あり共用ケーブルで相互バックアップが可能)が準備されている。
 ① 建物厚に目張りを行い施設の閉じ込め機能を維持する。
 ② 排気設備のフィルタ過性能が確認出来ない状態になった時には、給排気設備を停止するとともに、給気ダンパを閉止する。
AMの有効性
 ①は施設に入ることなく指示を受けてから2名が20分で実施可能であり、有効性は東北地方太平洋沖地震で確認している。また、②も屋外から容易に立入ることができる場所で実施可能である。

5. まとめ

地域(東海村)での想定を超える震度6強の地震、その他の自然現象が発生しても、十分な施設設備の耐震裕度に加え実効性の高いアクシデントマネジメントが準備されていることから、水素爆発、放射性物質を放出する火災、臨界、放射性物質の漏えいが発生するおそれはないことを確認しました。当社は、今後も皆さまに安心いただけるよう、更なる安全性の向上をはかるため、引き続き安全対策の一層の充実に努めていきます。