

核不拡散・保障措置・核セキュリティ連絡会セッション
「原子力における 2S（原子力安全と核セキュリティ）に係る課題と提言」

(4) 妨害破壊行為対策の合理的判断

(4) Rational-comprehensive decision approach for countermeasures against sabotage

*鈴木 美寿¹，西田 誠志²

¹日本原子力研究開発機構，²日本原子力学会核不拡散等連絡会

1. はじめに

新規制基準では、「特定重大事故等対処施設」が、航空機テロのような人為的な外部事象対策としても有効とされ、また、枢要区域を把握してこれを防護することを念頭においた核物質防護実地訓練も行われて来ており、我が国の原子力発電所における核セキュリティ対策は確実に向上している。

一方で、施設設計との干渉の少ない外部フェンス、監視カメラ、出入り口扉の鍵や警報アラーム等は別としても、設計・運転に影響を及ぼすような妨害破壊行為対策の導入においては、枢要区域(設備)を特定し、検知・遅延・対抗を考慮したタイムライン評価をするだけでは十分でなく、安全との相反性、費用対効果、運用面での効率等も考慮して、緩和措置、設計変更、防護対策等を総合的に判断することが必要である。

既存の原子力発電所に対しては、可搬型設備及び上記の恒設設備の対策が採られて来ており、妨害破壊行為対策の為に新たな改造を行うこと等は現実的では無いものの、我が国の原子炉メーカーが核セキュリティに対する意識の高い中東・東欧の原子力新興国に対して新規原子力発電所を売り込む際には、規制要求に応じた核セキュリティ脅威に対する設計対応能力及びコストとのバランスが問われるだろう。

本発表では、合理的で包括的な妨害破壊行為対策の事例紹介として、1980年代の米国の報告書より、枢要区域(設備)の特定結果から導き出された代替設計案を、安全や運用面での相反性、コスト、防護性能等の点から評価した結果について紹介する。

2. 合理的判断の事例

2-1. 代替設計案

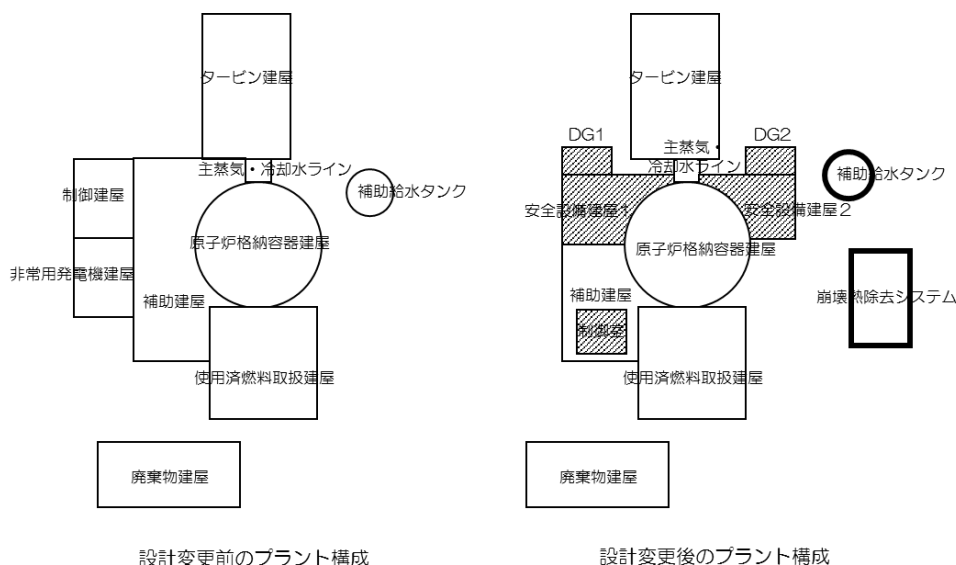
本評価は、ウエスティングハウス(WH)社の標準原子炉プラント(SNUPPS: Standardized Nuclear Unit Power Plant System)をモデルとして、'70年代に米国サンディア国立研究所が行った妨害破壊行為対策としての、核物質防護、設計変更、及び緩和措置についての検討結果である。特に、妨害破壊行為対策としての代替設計案については、コスト、施設の運用、安全管理への影響の観点から評価している。

枢要区域(設備)の特定(VAI: Vital Area Identification)の結果として取り上げられる「区画化」(Compartmentalization、複数の枢要設備に容易に接近出来ない様に、個々の設備に対して障壁を設け、区画し離れて設置し鍵を設ける等)は、設備の安全管理及び非常事態時の要件との相反性が指摘される。1箇所だけでも妨害破壊を受けると、多量の放射性物質の放出(HRC: High Radiological Consequences)に繋がる区域には、原子炉格納容器、中央制御室、補助停止盤、使用済燃料プール、及び使用済燃料搬出口がある。また、防護すべき区域(設備)として 17 箇所を防護出来れば HRC を防ぐことが出来るとされた。

*Mitsutoshi Suzuki¹ and Seishi Nishida²

¹Japan Atomic Energy Agency, ²The Atomic Energy Society of Japan

この場合に、17 箇所の枢要区域(設備)を堅牢な障壁で区画化して防護すると考えるのではなく、冗長性を考慮した設備の設計変更、脆弱性を補うシステムの追加の考慮等、合計 29 の代替策について、防護性能、他の設計に及ぼす影響、運転や保守に対する影響及び副次的効果の面から評価して、以下の 3 つの設計案について絞り込んでいる。a. 補助給水タンクの堅牢化、b. 安全設備の冗長系ケーブル等の格納容器貫通孔の防護と分離、c. 崩壊熱除去システムの堅牢化。これら 3 つの設計案について、設計変更前の標準プラントに対して、設計変更後にどの様に設備の配置が変わるのかについて以下の図に示す。



2-2. 合理的・総合的評価

前節で示した 3 つの設計案に対して、脆弱性、外部敵対者及び内部脅威者に対する防護性能、安全との相反性、コスト等を考慮した評価について記す。

(a) 補助給水タンクの堅牢化

補助給水タンクの堅牢化として、強化コンクリート又は鋼鉄製内張りを施した強化壁によってタンク全体を囲む建物を設置することは、コスト的に大きな増加では無く、施設運転する際の作業員の負荷が増えることも無い。一方、外部敵対者が、強化された防護壁を破壊して内部に侵入する際に、侵入に要する時間は増大し、警備員に検知される確率が高くなる。ただし、アクセス権限を有する内部脅威者に対しては、効果は無いであろう。

(b) 安全設備の冗長系ケーブル等の格納容器貫通孔の防護と分離

安全設備建屋、非常用発電機建屋の扉を強化することによって、作業員が点検や維持管理を行う時の出入りには影響があるものの、外部敵対者に対する防護性能は向上する。完全に再設計することはコストを増加させ、増えた設備は作業員の労力も増加させる。本方法は、設計に伴う適切なアクセス管理及び作業手順と組み合わせることで、内部脅威者に対しても効果がある。ただし、残念ながら、設計変更に伴う点検・維持管理に携わる作業員への影響は避けられないし、これら作業員からの本対応策や規制管理に対するネガティブな反応もある。

(c) 崩壊熱除去システムの堅牢化

本方法は、既存枢要設備の防護性能への効果は無いが、全ての過渡的事象に対して、防護の点から良い評価を得ることが出来る冗長系システムとなり得る。若干のコスト増があり、運用方法

に依存する部分はあるが、作業員の労力の増加も有り得る。ただし、内部脅威者に対する防護設備としても機能する可能性がある。冗長性が向上することと併せて、離れた建屋に分離して設置していることから、作業員の点検、維持管理等の際に発生する時間の増加等の相反する影響を避けることが可能で、適切な運用管理を達成できる。

以下に、3つの代替設計案に対する総合評価結果を下表にまとめる。

分類	代替設計案の内容	概要区域（設備）	外部脅威 P_{SI} （阻止・鎮圧確率）	内部脅威	コスト	評価
	標準プラント	総計42=5(type I) + 37(type II) 56 シーケンス	P_{SI} （最悪ケース）= 0.7 P_{SI} （通常下限値） $\approx$ 0.9	「区画化」	標準コスト	
a	補助給水タンクの堅牢化 （個別タンク又は複数タンクの堅牢化建屋設置、タンク自体の堅牢化構造）	同上	P_{SI} （凝縮水タンク区域） = 0.9 (0.7)	効果なし	2～4%増	低
b	安全設備の冗長系ケーブル等の格納容器貫通孔の防護と分離 （金庫室扉のボルトタイプ扉の設置又は通常鍵とアラームの設置等、幾つかのケースに分けて検討）	総計43=4(type I) + 39(type II) 292 シーケンス	P_{SI} （最悪ケース） = 0.4～0.9 P_{SI} （通常下限値） $\approx$ 0.7～1.0	防護機能の追加	2倍	中
c	崩壊熱除去システムの堅牢化	総計43=3(type I) + 40(type II) 56 シーケンス	P_{SI} （最悪ケース）= 0.9 P_{SI} （通常下限値） $>$ 0.9	付加的な防護の可能性	同程度	高～中

3. まとめ

概要区域(設備)VAIの結果をどの様に実際の施設設計又は防護措置に取り入れるかについて、合理的で総合的な評価事例を紹介した。現在、欧州及び米国の核セキュリティ規制要件としても、VAI結果の活用についての具体的で統一的な手順は見当たらない。国内では、VAIの結果より求められたプロテクトセットを、実地での武力対抗訓練のシナリオ策定において考慮する、地震・津波等の自然災害対策措置が外部人為事象対応としても十分かどうかを評価する、航空機テロ対策としても有効な「特定重大事故等対処施設」の設置を進める等の動きが見られる。核テロの生起確率を見積もることは困難であるし、その対応策として事業者や設計者が出来ることに限界はあるものの、VAIの結果をどの様に原子力発電所の設計に活用するのかについての考え方や手順の検討が求められている。

参考文献

David M. Ericson, Jr., and G. Bruce Varnado, “Nuclear Power Plant Design Concepts for Sabotage Protection”, NUREG/CR-1345, SAND80-0477 (Albuquerque, NM, Sandia National Laboratories, January 1981).