

## 地震安全の基本原則（素案）

（地震安全の対象）地震安全の検討は、原子力発電所の構築物・系統・機器の機能喪失とその結果を考える。シビアアクシデントを含む事故の結果評価には、原子力発電所における事故が周辺地域等サイト外に与える影響を含める。

備考 1：原子力発電所の構築物・系統・設備には、使用済み燃料プール、使用済み燃料や廃棄物とその倉庫、シビアアクシデントに対処するための施設、サイト内道路等、原子力発電所の地震安全に関わる活動に直接・間接に関わりうるサイト内の全ての施設がその対象に含まれる。

備考 2：実際の地震被害では、原子力発電所の地震被害と周辺地域の地震被害が相互に影響する。原子力発電所における事故対応や、オフサイトにおける緊急時対応の計画等の議論にあたっては、このような相互の影響があることを前提としなければならない。

（地震安全の対象とする地震随件事象）原子力発電所サイトに対する地震安全は、地震（本震・余震）による地盤の揺れの効果と、津波、斜面崩壊、断層変位、火災、溢水(浸水)等、地震に随伴する全ての事象のいくつかの効果が重畳（同時発生／事後発生）する可能性があることを前提とする。

備考 1：地震による地盤の揺れとその他全ての随件事象に対して、事故の発生防止、事故の影響緩和に係る工学的手段を準備しておくことは原子力安全を実現する上で重要である。

備考 2：対象サイトにおいて、地震による地盤の揺れやその他随件事象が物理的に発生し得ない、あるいはその発生確率が極めて小さいことが確認できる場合には、事故の発生防止、影響緩和策を検討しないことも可能である。

備考 3：原子力発電所の立地の適否を判断する場合には、対象サイトにおいて将来発生しうる地震の地盤の揺れやその他随件事象が工学的に対処でき、事故の発生する確率を十分小さくできることを確認しなければならない。また、このことは、それらの誘因事象による事故の影響緩和策が不要であることを示すわけではない点にも十分留意が必要である。

（対象とする原子力発電所の状態・原子炉の状態）地震の作用に、原子力発電所の構築物・系統および機器の(ランダム)故障の顕在化、人的過誤の発生の可能性を重ねて評価する。また、事故時を含め様々な原子炉の状態の可能性を重ねて評価する。

（地震安全を確保する手段）地震に対する原子力安全は、事業者による高い品質の耐震設計、建設、定期的な安全性評価、運転、維持管理（保守）、および廃止措置に加え、規制機関の効果的かつ合理的な審査、サイト内外における事故対応、緊急時対応、復旧等に関する準備、これらの活動を円滑にするための効果的な議論を含む利害関係者間のコミュニケーションにより実現する。

（耐震設計の目的）原子力発電所の耐震設計の目的は、以下の二点の要求を実現するように、その性能を最適化することにある。

i 地震により原子力発電所で発生するシビアアクシデントが人と環境への影響に関するリスクについ

て、合理的に達成可能な限り最小化する

i 地震が発生しても原子力発電所の運転が継続できる等、社会の便益を最大化（リスクを最小化）する

備考 1：人と環境への影響に関するリスクは、国の安全規制対象となる。一方、運転の継続については、国や地域のエネルギー供給、事業者経営等の最適化の観点から議論されるものであり、国の安全規制とは別の枠組みで扱われることが一般的で、原子力発電所とその活動の正当性と関連する。

備考 2：原子力発電所の全生涯において、上記目的を達成するためには、構築物・系統・機器の耐震設計に併せて、その保守や運用に関する適切な計画が必要である。

（深層防護）地震による原子力発電所事故による人と環境への影響に関するリスクについて、合理的に達成可能な限り最小化することは、異常の発生防止、異常の拡大による事故の発生防止、事故やシビアアクシデントが発生した場合のサイト内外における影響緩和の組み合わせ（深層防護）により実現される。

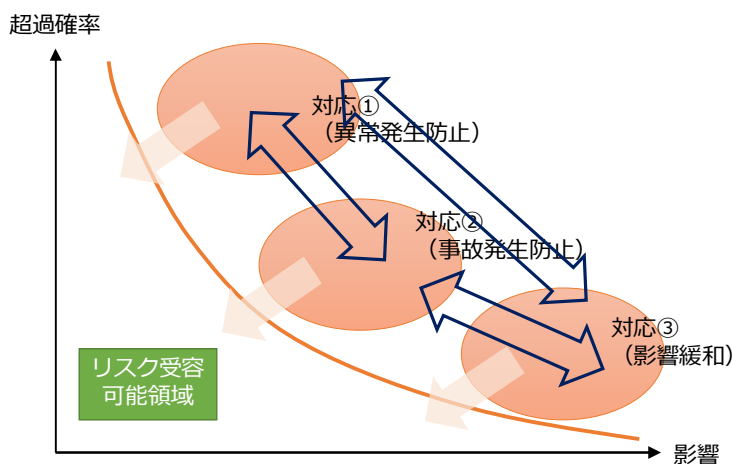
備考 1：様々な規模の地震に対する深層防護は、耐震設計により実現される。尚、耐震設計は、想定する地震に対する安全性の確認と想定を超える地震に対する対応策の準備からなる。

備考 2：深層防護はシビアアクシデントを含めた事故のリスクを低減するための一般的な戦略である。しかし、従来、その実装は機器のランダムな故障（内的事象）による事故を中心に議論されてきた。地震に対する深層防護の実装には、それとは異なるアプローチが求められる。

備考：深層防護、特にシビアアクシデントを含めた事故の影響緩和が適切に機能することはクリフエッジ【要解説】を回避するための重要な戦略である。

（統合的リスク情報）深層防護が地震に対して適切に実装されているかどうかは、確率論的リスク評価をはじめとする各種評価に基づく、統合的リスク情報に基づき判断される。

備考：確率論的リスク評価は、深層防護の有効性を判断するための有効な手法ではある。しかし、確率論的リスク評価の評価範囲の限界について十分留意し、何らかの補完的方法の結果と統合して判断することが必要である。補完的方法としては、決定論的評価や国内外の良好事例など（要検討）が考えられる。



## 図 深層防護によるリスク低減効果（詳細は今後修正）

（地震の想定と安全性の確認）原子力発電所は、一般構造物と比較して、事故が発生した際の放射性物質が人と環境へ与える影響、社会便益の喪失（ここに社会便益の喪失を含めるべきかどうかは要検討）などの社会的な影響が大きい。そのため、敷地において将来発生する可能性が否定できない最大級の揺れを想定し、その揺れに対して、その安全上重要な機能を確実に確保しなければならない。

備考 1：敷地において将来発生する可能性が否定できない最大級の揺れは、決定論的アプローチ、確率論的アプローチなど様々な検討を統合して合理的に決定されなければならない。合理的な決定にあたっては、安全目標やその補助的目標である性能目標も参照される。

備考 2：耐震設計においては、通常運転状態、異常状態、事故状態など様々なプラント状態下での地震の発生を前提とする。

（設計基準を超える事態への対応策）設計の想定を超える地震に対する原子力発電所の挙動を検討し、残存リスクを合理的に達成可能な限り低減させなければならない。

備考：原子力発電所の挙動には、関わる人と組織の挙動も含む。

（設計基準を超える事態への対処／設計拡張状態）地震に対して、原子力発電所からの放射性物質の早期あるいは大量の放出を防ぐような工学的な対処を行わなければならない。原子力発電所の個々の構造物・系統・機器の性能は、そのために最適化される。

備考：新設の原子力発電所においては、当初設計においてこのような考え方を採り、地震後の放射性物質の早期大量放出を実質的に排除するように損傷を制御するような耐震設計を行うことが望ましい。既設の発電所においては、常設設備、可搬型設備やアクシデントマネジメントを含む人の対応を組み合わせることにより、可能な範囲で同等な性能を実現する。

（設計基準を超える事態における個々の設備機器の性能）設計の想定を超える揺れに対する原子力発電所の性能は、個々の設備機器に完全な機能を要求することは現実的ではない。それらの集合（システム）の性能として議論されなければならない。これらの設備機器が地震という共通原因により同時に機能喪失することを防ぐには、その性能を、裕度、多様性、多重性（他にないか要検討）の観点から検討することが有効である。

備考：地震動に対する多様性は、例えば、位置的な分散、振動特性（固有周期等）の多様性により与えられる。物理的分離や機能的隔離により設備機器間の独立性を高めることはこれらの検討の前提として必要である。設備機器の裕度は、強度や延性（粘り）の付与により増加する。

（性能最適化の考え方）原子力発電所の発電・送電機能に支障がないことを求める地震動レベル、原子力

発電所の自動緊急停止（スクラム）を行い修復なしに短期間に運転に復帰できることを求める地震動レベル等様々な地震動レベルを定め、その機能を確認することを耐震設計評価として行うことも有効である。その場合、原子力発電所の継続運転等の経済性等、社会の便益を最適化するように設定されるべきである。

備考：地震後の再稼働に関する準備も含まれる。

（図の説明） 追而

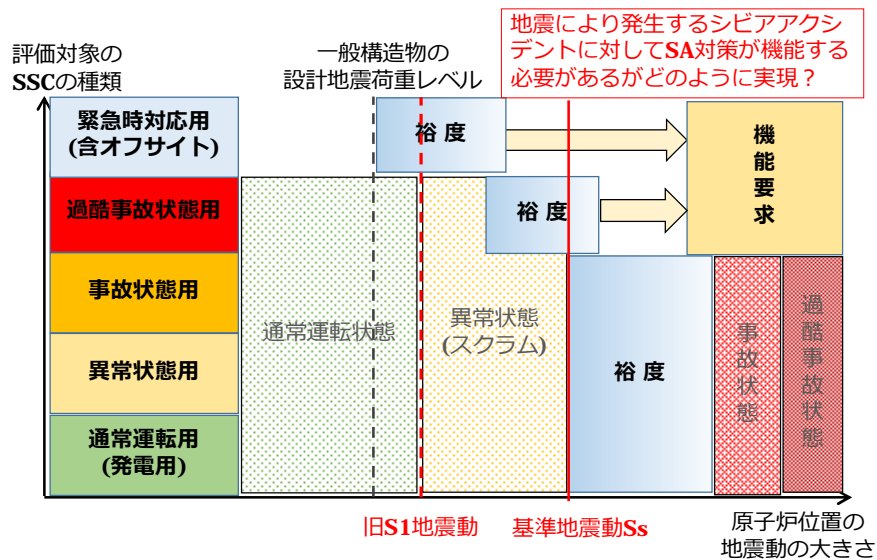


図 深層防護を含めた個々の設備機器の性能の最適化のための構成要素

（耐震設計における等級別アプローチ） 構造物・系統・機器については、以上の観点から、段階的に重要度を設定し、重要度に応じた等級別耐震設計を行う。

備考：等級別耐震設計とは、設計で想定する地震の揺れの強さ、検証手法の詳細さ、妥当性確認のレベル等様々な観点で実装される。

備考：安全上重要な構造物・系統・機器の機能としては、異常の発生防止、異常の拡大防止、事故の影響緩和だけではなく、これらの機能を支えるサポート系、損傷することでこれらの構造物・系統・機器に影響を与えるものも含める。さらに、シビアアクシデントの進展の防止や結果の緩和に関わる構造物・系統・機器に対する重要度の考え方も検討する必要がある。

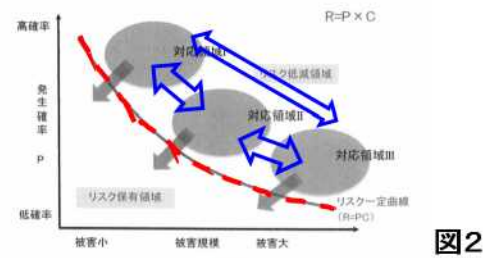
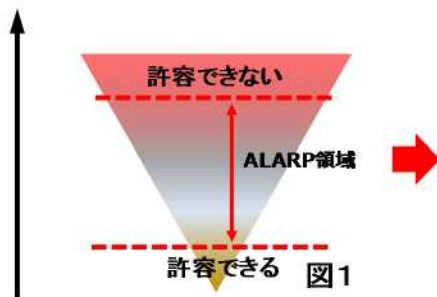
（個々の構造物・系統・機器の性能） 個々の構造物・系統・機器は、設計の想定を超える地震に対して、その規模の増加に対して急激に機能が低下することがないように設計しなければならない。

（オフサイトの緊急時対応） 原子力発電所に起因する原子力災害に対するオフサイトの緊急時の準備と対応は、一般地震災害に対する準備と対応と連携した取り組みとしなければならない。また、原子力発電所における様々な取り組みが周辺地域の地震災害リスクの低減に寄与するものとなることが望ましい。

(オフサイトの個別施設等に対する要求については、必要に応じて追記)

(維持管理 (保守) における地震リスクの考慮) 原子力発電所の維持管理 (保守) は、継続的改善、継続的安全性向上を含めた地震安全に係る活動と整合したものでなければならない。(以上は素案。要検討)

(地震安全の構成要素の関係図) 追而  
亀田委員会のキーワード関連図のようなもの  
たとえば以下の図等がベースになる可能性



- 地震安全に係る各分野に横串を通すための論理的体系 (関係) のフレームワークを作るため、図3に示すようなマトリクス構造で整理

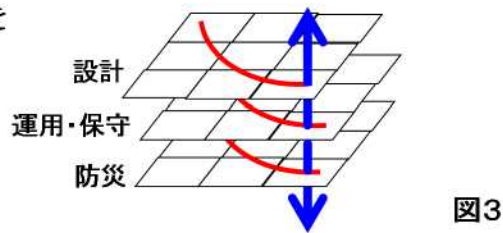


図 地震に対する原子力発電所のリスク概念と整理の枠組み

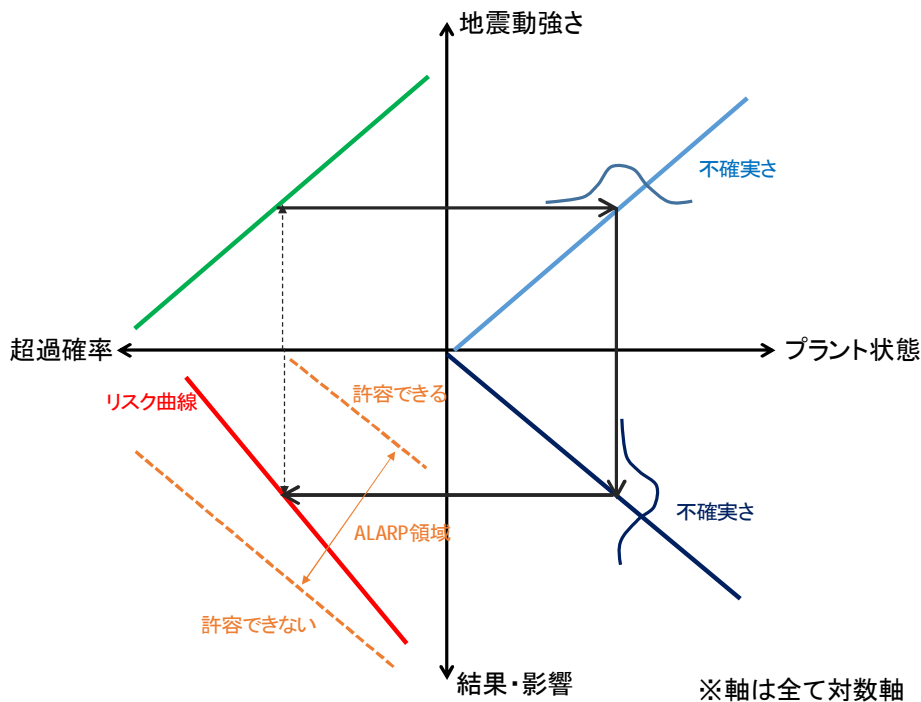


図 地震リスクマネジメントにおける各構成要素の関係

Operational states	通常運転状態	(1)A	地震安全の基本原則では、 許容されないリスク領域				
	異常運転状態 (AOs)	(1)B					
Accident conditions	設計基準内事故状態 (DBA)	(1)C	ECCS作動				
	炉心損傷発生状態	(1)D	(2)D				
	格納容器損傷発生状態	(1)E	(2)E	(3)E	(4)E	(5)E	
Y軸は、IAEA SSR-2/1のPlant statesを参考に作成		建屋・機器等の地震時損傷による放射性物質の管理外放出	建屋内線量上昇	環境中への放射性物質の放出	長期避難区域の設定	公衆急性死亡の発生	原子力安全の目的「人と環境を放射線から守る」という観点での結果・影響がX軸
			建屋・敷地内への影響		環境と人体への影響		Consequence (結果・影響)

図 地震安全基本原則を考える上でのマトリクス

履歴

- 2016.10.31 素案
- 2016.11.02 企画 G 打ち合わせを踏まえて修正
- 2016.11.05 修正