

原子力・放射能基礎論
No.12 原発の安全確保対策 - 海外との比較

講師：岡村 章

< 講義概要 >

福島第一原子力発電所事故以前は、国内では原子力発電所の設計用の基準地震動を一部上回る地震が数度発生していたが、再稼働のための新規制基準に基づく設計変更では、各原子力発電所の基準地震動が大幅に引き上げられ、現在は世界的に見ても厳しい水準と言えるレベルの想定となっている。重大事故対策については、フィルター付ベント設備（重大事故発生時に放射能フィルターを通して蒸気等を放出し格納容器を減圧する装置）や緊急時制御室の設置などが要求されており、また、今後の新たな知見等により規制基準が見直された場合、既設炉にも適合を義務づける制度も導入された。

最新型の原子力発電所は第3世代炉（改良型軽水炉）に分類される。米国で開発されたAP1000は、動力電源に頼らない受動的な炉心冷却システムを採用しており、欧州加圧水型炉（EPR）は、重大事故時に溶融した炉心が压力容器底部を突き抜け落下した場合の対策であるコアキャッチャーや、航空機衝突に耐えられる2重格納容器が備えられている。また、2030年以降の実用化を目指した炉概念として、安全性、信頼性や核拡散抵抗性が高い第4世代炉の開発も進められている。

新規制基準は、欧米では以前から講じられていた重大事故対策を規制要件として取り込んだものであり、既設炉に適用する基準としては、概ね最高水準に達したと言える。ただし、今後、アジア諸国を中心として新規原子力発電所の建設が増加すると見込まれるが、これらの原子力後進国の新規原子力発電所計画に関しては、より高い水準の設計基準がナショナルスタンダードとなり、適用されることが望ましいと考える。

< 主な内容 >

- 1．新規制基準の概要
 - ・自然現象の対する対策、共通要因故障の防止、重大事故対策
- 2．海外の安全基準
 - ・国際原子力機関(IAEA)、西欧原子力規制者協会(WENRA)
- 3．原子力施設の安全目標
 - ・原子力規制委員会の安全目標、確率論的リスク評価
- 4．発電用原子炉開発の動向
 - ・世界の原子力開発の動向
 - ・欧米新型炉の安全対策
 - ・第4世代の原子力発電所

海外の原子力安全基準

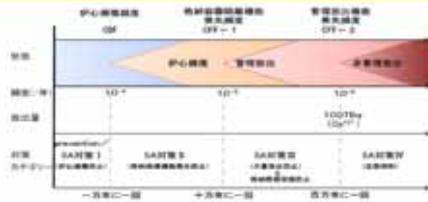
- IAEA(International Atomic Energy Association:国際原子力機関の安全基準)
 - IAEAの安全基準は、加盟国に順守を義務付けるものではないが、国際規格とみなされており、加盟各国の活動や判断によって、それぞれの国内法に反映されている。
- WENRA (West European Nuclear Regulators Association: 西欧原子力規制者協会)
 - 西欧17か国の原子力安全規制機関の長によって構成される組織。原子力安全に関する問題・知識を共有し、共通の取り組みを構築するとともに、独立した調査を実施する。
 - ヨーロッパは隣国の事故が他国に及ぼす影響が大きく、WENRAの新型炉を対象とした基準は、世界的にみて厳しい基準とされている。
- 米国NRC基準 (Nuclear Regulatory Commission)
 - 連邦規則集10編第1章(Code of Federal Regulations)としてNRC規則が、また、これを補完する標準審査指針(Standard Review Plan)、規制指針(Regulatory Guide)が制定されている。
 - 米国の基準は日本国内の原子力発電所の安全指針のベースとなっている。

IAEA基準の深層防護の考え方

深層防護のレベル	レベルの目的	必須の手帳	備考
第1の防護レベル	通常運転からの逸脱と安全上重要な設備の故障を防止	品質管理と工学的手法によってプラントを健全かつ保守的に運転、設計、建設、保守、運転。	
第2の防護レベル	プラントの運転時に予想される事故が事故の状態に拡大するのを防止	設計で特定の系統-設備を保護、有効性を安全解析で確認。	
第3の防護レベル	炉心への損傷や重大な炉外放出を防止	設計では事故の進展可能性を想定、固有の工学的安全性、安全系、手順書を用意。	設計基準事故
第4の防護レベル	深層防護の第3の防護レベルが失敗した結果の事故の影響を軽減	閉じ込め機能も確保には、放射性物質の放出を合理的に達成可能な限り抑制。	設計仕様状態 シビアアクシデント 状態を含むことも ある。
第5の防護レベル	放射性物質の放出による放射線の影響を軽減	緊急時管理センターの整備、緊急時対応に対する緊急時計画と緊急時要員の確保。	

原子力規制委員会の安全目標

- 安全目標 (原子力規制委員会 平成25年4月)
- 旧原子力安全委員会の定めた目標を基礎(原子力事故による人の死亡リスク 10^{-6} /年、炉心損傷頻度 10^{-6} /年程度、格納容器破損頻度 10^{-6} /年程度)
 - 放射性物質による環境への汚染の観点も取り込み、事故後、発電所の周辺に帰宅困難な領域をつくらないため、事故時のセシウム137の放出量が100テラ・ベクレルを超えるような事故の発生頻度は、100万年に1回程度に抑制する。
 - 福島第一事故の放出量の100分の1



確率論的リスク評価(PRA)

- 確率論的安全評価(PRA: Probabilistic Risk Assessment)とは？
 - 原子力発電所の複雑なシステムについて、系統-設備間の相互関係、機器の共通原因故障、人間と機械の関係、事故時に発生する物理・化学現象等を考慮しモデル化しながら、考え得るすべての事故のシナリオについて、その発生頻度と結果を解析することにより、重大事故の発生確率や影響を定量的に評価する手法
 - 【得られる情報の例】
 - 炉心損傷頻度、格納容器破損頻度、公衆へのリスク
 - 重大な事象に至る起因事象、シナリオ
- PRAの評価対象
 - ① 起因事象による分類
 - ① 内的事象 : 機器故障、運転員による誤操作等
 - ② 外的事象 : 地震、火災、洪水等
 - ② プラント出力状態による分類
 - ③ 出力運転時
 - ④ 原子炉停止時(定期検査等)

発電用原子炉開発の動向

- 1950年代に商業用原子炉(第1世代)が運転開始されてから、安全性の向上等を目的として、原子炉の開発は進展。
- 現在の最新原子炉は第3世代炉(BWR, APWR等)、第3世代炉は、第2、第3世代炉と比較し先進的な安全方を導入。
- さらに、2030年以降の炉概念として、安全性、信頼性や核燃料抵抗性が高い第4世代炉の開発も進捗。



第3世代炉での安全性向上

