

シビアアクシデント対策規制の 基本的考え方に関する検討 (外的事象に対する対策の基本的考え方)

平成24年7月12日
原子力安全・保安院

目次

- 0. 背景情報
- 1. 本日の検討内容
- 2. 航空機衝突等への対策
- 3. 自然現象への対策の基本的考え方
- 4. 外部事象への対応の基本的な考え方

1. 本日の検討内容

【外的事象に関する検討課題】

これまでの本意見聴取会において、外的事象への対応について基本的考え方を示し、議論を行ってきた。前回までの議論を通じて、外的事象に関して以下に示す検討課題がある。

- ✓ 外的事象に対する深層防護の考え方は、内的事象に対するものと異なるのではない。
- ✓ 日本の場合、原子力発電所のリスクは、内的事象よりも外的事象に起因するリスクが支配的である。
- ✓ したがって、日本の場合はPSA結果(内的事象)の絶対値はリスクの全体像を表せていない。なお、日本のPSA結果(内的事象によるCDF)は、海外のものより低い傾向がある。これは日本独自のデータ、モデル化、人的因子等によるものと推定されるが、改めて検証するとともに、PSAを安全性向上に活用していくことが必要。
- ✓ 規制側としては、外的事象PSAを事業者任せではなく、外的事象PSAを使って対策を要求する事故シナシスグループ群を示すべき。
- ✓ 事故シナシスグループが同じであっても、対策は、起因事象が内的か外的かによって全く異なる。外的事象の特徴に応じた対策が抽出されるための方法論が必要。
- ✓ これまで、本意見聴取会においては、航空機衝突やテロリズムに対して議論を行っていない。

【本日の検討内容】

- 航空機衝突等に関する欧米の規制動向等
- 航空機衝突等に関する我が国としての対策の基本的考え方
- 自然現象への対策の基本的考え方

2. 航空機衝突等への対策

英国の航空機衝突・テロ対策(サイズウェルB原子力発電所)

英国の安全目標

放射性物質放出事故の確率の合計値:

10⁻⁶/炉年

大規模放射性物質放出をもたらす種類の事故確率: 10⁻⁷/炉年

100mSvの公衆被曝を引き起こす事故:

10⁻⁴/炉年

発電所概要

出力: 118.8万kW

炉型: PWR

建設開始: 1988年

運転開始: 1995年2月14日

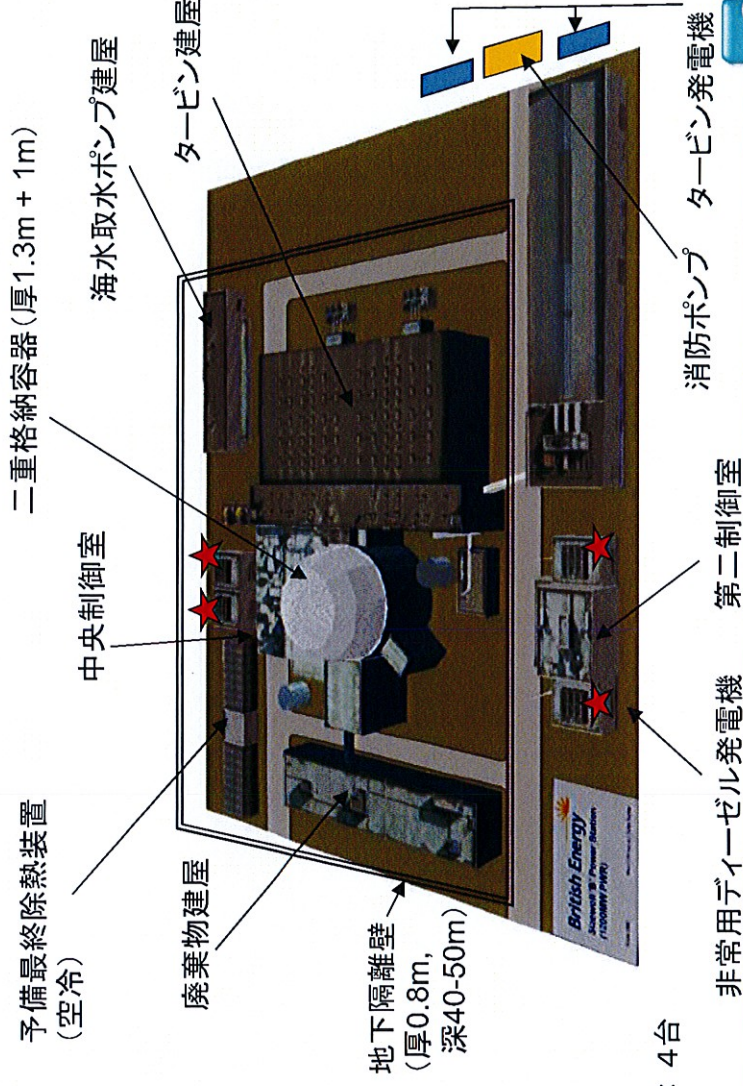
場所: 英国ソフォーク

航空機衝突・テロ対策の特徴

- 1) 除熱システムの強化
 - 海水取水ポンプを建屋に収納
 - 海水が取水できない場合に備えた空冷式予備最終除熱装置
- 2) 閉じ込め機能の強化
 - 格納容器(鉄ライナー+1.3mプレストレスコンクリート)を半球殻(1m)で覆う(ミサイル対策でもある)
- 3) 制御システムの強化
 - 離れた位置に第二制御室
- 4) 電源の強化
 - 独立建屋に非常用ディーゼル発電機 3.3kV × 4台
 - タービン発電機 23.5kV × 2台

原子力施設の安全評価原則(SAP)

- 航空機墜落の予想される全頻度が、設計基準事象として代表的に決められている頻度よりも低くかつ自動的に排除される頻度よりも大きいことが判明した場合、安全に重要な構造物、系統および構成機器に与える衝突の潜在的影響を理解し、かつ最小にする努力が払われるべき
- この衝突に関連する外的障害には、航空機燃料が原因の火災および爆発の可能性が含まれる



2. 航空機衝突等への対策

フランスの航空機衝突対策 (Flamanville3号機)

フランスの安全目標

EPRは設計段階からPSAを用いた安全設計
全プラント状態及び事象に対する全炉心損傷頻度<1E-05/年
インベントリの0.1%放出を超える大規模放出頻度<1E-06/年

発電所概要

出力: 160万kW
炉型: EPR
建設開始: 2007年
運転開始: 2016年(予定)
場所: Flamanville原子力発電所

航空機衝突対策の特徴

- 1) 航空機落下下の評価
 - 一般航空機と軍用機衝突を考慮 (設置許可政令)
 - 高速の軍用機及び商用航空機の衝突に耐える外殻厚さ (Areva社EPRカタログ)
- 2) 除熱システムの強化
 - 安全系を物理的に分離された4区画の建屋に設置
 - 各区画に中圧・低圧安全注入系、蓄圧注入系を設置
- 3) 閉じ込め機能の強化
 - 2重格納容器
 - ・内側格納容器: 金属ライナー+プレストレスコンクリート
 - ・外側格納容器: 鉄筋コンクリート
- 4) 電源の強化
 - 専用の建屋に設置された4セットの非常用ディーゼル発電機 (10kV)
 - 小型ディーゼル発電機2基 (690V)

原子力安全・保安院

- 原子力施設の基本安全規則(RFS)
- ① 一般小型機、軍用機、商業用航空機を対象とし、航空機のタイプ別に、安全機能に対する衝突確率評価を行い、各安全機能ごとにサイト境界で容認できない量の放射性物質が放出される確率が 10^{-6} /炉・年以下となること。
 - ② 統計解析の結果に基づく、標準プラントの構造物設計に対して考慮すべきリスクは、一般小型機によるものだけとなることから、2つのタイプの小型機 (セスナ210: 重量1.5トン、リアジェット 23: 同5.7トン) による衝突を考慮すること。
- EPRの建設許可政令 (デクレ: 第2007-534号)
- ・安全機能の空間的な冗長系の分離、直接的、間接的な衝撃からの防護
 - ・主要設備は鉄筋コンクリートで外壁を防護 等



Protection against external hazards

• Airplane crash
The EPR reactor provides particularly effective physical protection against extreme external hazards. The reactor building (1), spent fuel building (2), two of the four safeguard buildings (3) with the control room (4) are protected by an outer shell (5) made of reinforced concrete, thick enough to withstand the high-speed impact of a commercial or military aircraft. The other two safeguard buildings are located at opposite sides of the reactor building so that only one would be affected by an aircraft crash without any safety consequences. Similarly, the diesel generators for emergency electricity supply are located in two different buildings (6), also protected by geographical separation.

• Earthquakes
To withstand severe earthquakes, the entire nuclear island stands on a single 6-meter thick reinforced concrete basement. The height of the buildings has been minimized. The heaviest components, in particular the water tanks, are located at the lowest possible level.

2. 航空機衝突等への対策

仏ASNの補完的安全性評価に係るEDFに対する指示

- 仏原子力安全規制機関(ASN)は2012年6月28日、原子力安全年報2011の公表に併せ、福島事故後に実施された補完的安全性評価(ECS)の結果を受けたフランス電力(EDF)に対する指示を公表

- ASNは2012年6月26日付でDEFの19発電所への指示を決定
 - ✓ 各決定は、EDFの原子力発電所に対する約30の補完的な指示を定めている。
 - ✓ これらの措置を講じることによって、設計で想定されたレベルを超えて安全裕度が飛躍的に強化される。

- EDFに“ハードンドコア”(中核的措置)の設置を義務付け
 - 全サイトにおいて、複数の施設に影響を及ぼす大規模な事象が発生した場合にも耐えられる、ロバスト性を有した組織と建屋が確保されなければならない。

- “ハードンドコア”について、EDFは2012年6月30日までに、追加的に設置する機器及びその設置予定期限を報告する文書を提出する必要がある。

➢ ASNはこれらの文書の技術的な内容について、放射線防護・原子力安全研究所(IRS)の支援も受けて、2013年初めまでに評価する方針である。

- EDFの原子力発電所については、“ハードンドコア”は“強力に防御された”電源供給手段を含むもの

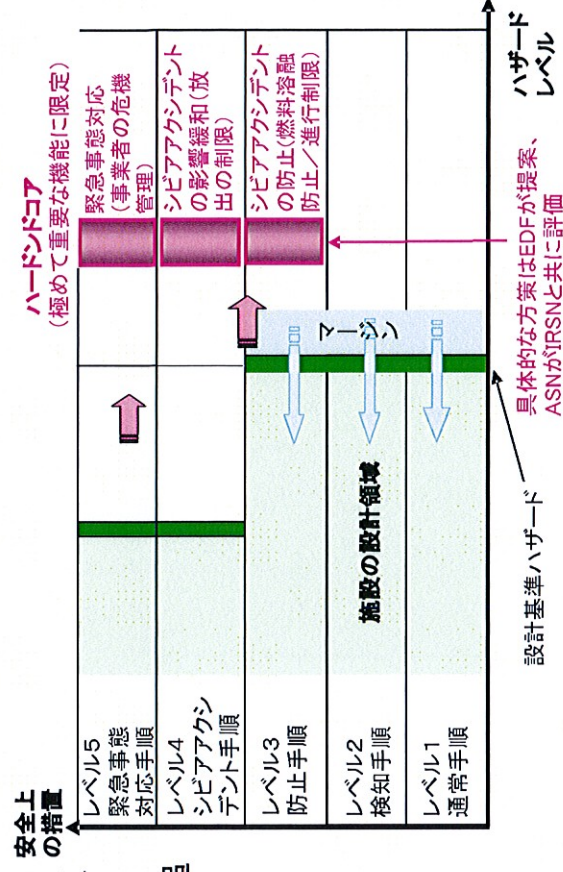
ハードンドコア:原子力施設のロバスト性の強化

◆対象事象:

- ・設計又は安全レビューの対象を超える例外的な規模の自然現象及びそれらの組合せ
- ・サイト内の全ての施設に影響する熱の逃し場又は電源の非常に長期間の喪失

◆防護目標:

- ・燃料溶融を伴う事故の防止又はその進行の制限
- ・大規模な放射性物質の放出の制限
- ・事業者の危機管理上の責務実施可能



ハードンドコアの概念(IRS)

2. 航空機衝突等への対策

ドイツの安全目標

確率論的安全基準の定義なし
(EPR設計のCDF $<10^{-6}$ /年(目標))
(OCED/NEA, "Use and Development of Probabilistic Safety Assessment" NEA/CSNI/R(2007)12)

ドイツの航空機衝突対策設備の特徴

○独立RHR系

1) 除熱システムの強化

- 独立RHR系{独立非常用系UNS

(Unabhängigen Notstandssystem),

独立妨害行為・事故防護系USUS

(Unabhängige Sabotage- und Störfallschutzsystem)}

- 独立の機器冷却系・熱交換器

- 独立のヒートシンク

2) 電源

- 独立の非常用ディーゼル発電機2基

- バッテリー

3) 配置

- プラントの他の建屋と別に設置

ドイツの航空機衝突対策

ドイツでは、1970年代末のNATO諸国における多数の軍用機墜落事故を受けて、確率評価に係なく、軍用機の航空機衝突事象を設計基準事故として評価。

1970年代中頃から建設されたプラントにはこの独立RHR系が設置されている。それ以前のプラントには独立RHR系設置のバックフィットが実施された。

PWRに関する原子力安全委員会(RSK)指針19章

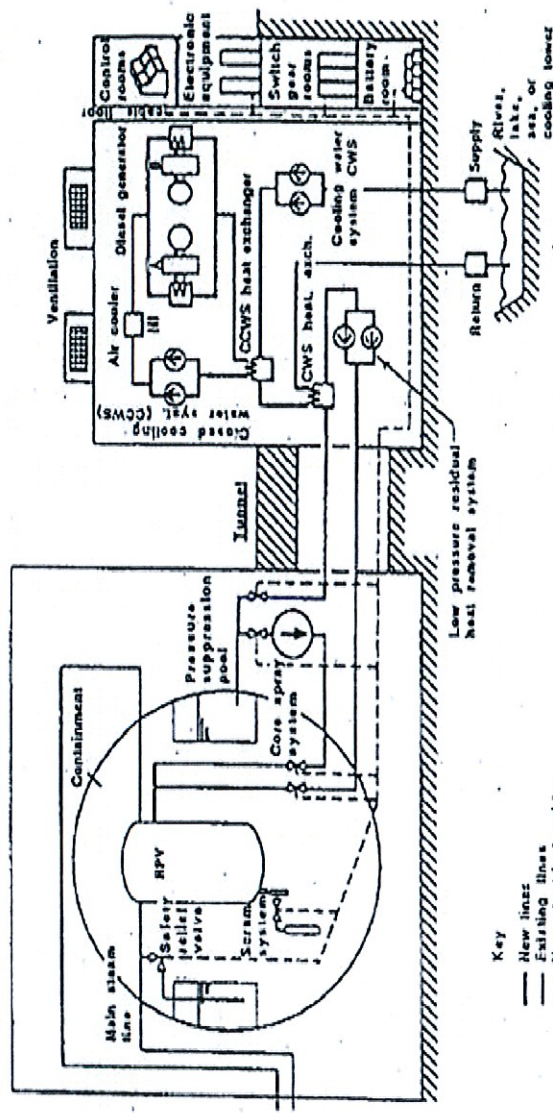
① 設計ベースで考慮すべき航空機衝突条件

- ・ 荷重-時間曲線 ... RF-4ファントムベースのデータ
- ・ 衝撃面積 ... 7m² (RF-4ファントムベースのデータ)

② その他の記載事項

- ・ 安全関連設備は、航空機衝突及び火災に備えて空間的、物理的に冗長化し分離すべき
- ・ 高放射性物質を内包する燃えやすい機器は、火災等を特に考慮した構造設計とすべき
- ・ 衝突時の建屋安定性を目的に、周波数 $\sim 16\text{Hz}$ 、水平・垂直方向 $\pm 0.5\text{G}$ に耐えること
- ・ 単一故障に対する考え(同時発生(30分)に耐える)の考慮(不要)、手動対応(30分)に対する考え等も記載

Independent residual heat removal system building



独BWRのIRHRの系統構成

2. 航空機衝突等への対策

スイスの安全目標

炉心損傷頻度(CDF): $<10^{-5}$ / 炉年

スイスの航空機衝突対策

スイスでは、1970年代末のNATO諸国における多数の軍用機墜落事故を受けて、確率評価に関係なく、軍用機の航空機衝突事象を設計基準事故として評価。
スイスでも、ドイツと同様に独立RHR 系設置のバックアップが実施された。

スイス連邦原子力検査局ガイドライン(ENSIR-102)

「航空機衝突の影響から原子力発電所の安全関連装置を防護する設計基準」では、航空機攻撃の影響から今後の原子力発電所を有効に防護するため、原子炉建屋の建造は面積の円形面7m² に対し774km/h で飛行する20トンの質量の軍用機(当時はNATO のF104G スターファイター、その後はファントムII)の衝撃に耐える設計にしなければならない。さらに、その後の燃料火災も想定し、設計はその影響に対処できなければならない。冗長安全系およびまたは潜在的に大量の放射性物質を含む他の建屋は、少なくともR-102 に定められた残骸から防護されなければならない。

スイスの航空機衝突対策設備の特徴

○独立RHR系

1) 除熱システムの強化

- 特設非常用除熱系(SEHR)
- SEHR水源は地下水

2) 電源

- SEHR系用非常用ディーゼル発電機×2基

3) 配置

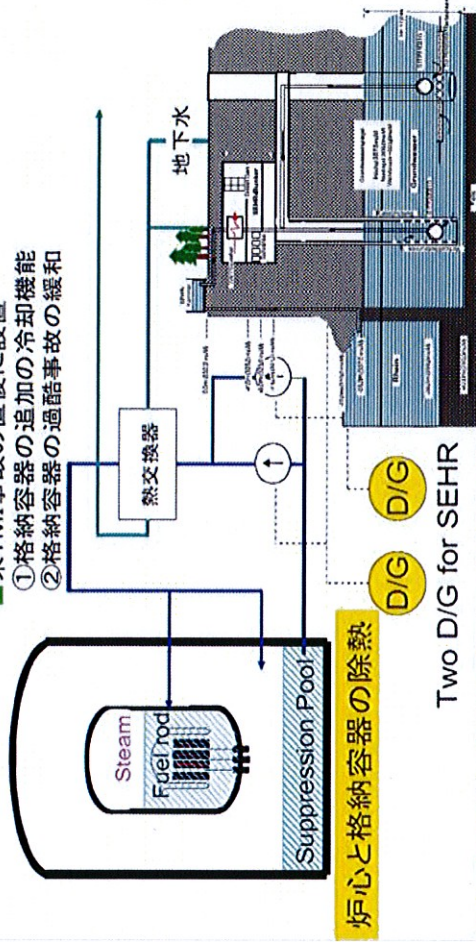
- プラントの他の建屋と別のバンカーに設置

SEHR (特設非常用除熱システム)

SEHR (Special Emergency Heat Removal System)

■ 米TMI事故の直後に設置

- ① 格納容器の追加の冷却機能
- ② 格納容器の過酷事故の緩和



2. 航空機衝突等への対策

EUの航空機衝突対策

EU理事会「核セキュリティAd Hocグループ(AHGNS)」最終報告書(2012年5月31日付)

- 福島事故後、セキュリティ分野の作業を実施するためAHGNSを設置
- 核物質の窃盗・妨害破壊・無許可アクセス・不法移転・その他悪意のある行為に関してEU内NPPのセキュリティに対処(意図的な航空機衝突も検討)

5.3. 意図的な航空機衝突

5.3.1. 背景

航空機の事故による衝突はいくつかの加盟国のNPP(原子力発電所)の設計段階において考慮されている。事故による衝突は起り得る(possible)と考えられている。いくつかの安全対策がこのような事故の影響に対処するために導入されている。特に航空機衝突に対して設計されていないなかったNPPについても、冗長性の分離、非常用冷却系統などのように、計画的にある程度の抵抗力を備えている。

2001年9月11日のテロリスト攻撃の後、特に商用航空機を使った意図的な航空機衝突が世界的な懸念事項となった。さらに、それら攻撃の状況と影響を考慮に入れて、核セキュリティという点においては、意図的な航空機衝突の防止のための具体的対策の重要性が高くなっている。

以下の記述は、国によるDBT(設計基準脅威)の一部でなく、NPPの建設時の設計基準でもない意図的な攻撃だけに焦点を当てている。

同時に、どのような追加のセキュリティ措置であっても、それらは全て、安全対策と整合的かつ相乗的な効果を持つように設計・実施・管理されるべきであると理解されている。

5.3.2. DBT事象を超えた意図的な航空機衝突に対する対抗措置

たとえば、NPPに対する航空機による攻撃がDBTの一部ではないとしても、専用の対抗措置が実施されることについて加盟国の間で共通の理解がある。

第1に、このような特定の種類の脅威に対しては、「反逆的」(RENEGADE)[1]な状況を防止するために実施されている一般的な措置が役に立つものの、特定の専用対抗措置は、とりわけ迅速な緊急事態対応手順を発動することによって、航空機衝突による影響を緩和するのに役立つ可能性がある。

関連する諸報情報を集めることは脅威を評価・予想し、実施されるべき防護措置を適用させるために最重要である。それは深層防護概念に関して最初の防衛ラインを構成する。

国際的航空保安規則(例:規則(EC)300/2008)もまた、2番目の防衛ラインとして効果的な手段を構成する。これらの措置は、主にハイジャック・シナリオの防止を狙っている。さらに、標準的なフライト安全対策は、「反逆的」シナリオを最小限に保つためのもう1つの手段である。

しかしながら、加盟国は、さらなるセキュリティ措置が各国の核セキュリティ体制の枠組の中で実行されるべきであるということに同意する。

差し迫った航空機攻撃の可能性につきNPP職員に対して迅速な警告を行うことが、これらの措置のうちの1つとして特定された。このような警告は、国内・国際的に民間又は軍用の空域の管理に責任を有する当局との調整により保証される。「反逆的」な航空機が確認され場合に、脅威を受ける可能性があるNPPが可及的速やかに警告されるように、対策が講じられるべきである。

NPP事業者は、消防能力(マン・パワー、装備等)を含めて、意図的な航空機衝突の影響を緩和するための一連の措置を講じるべきである。

「反逆的」警告が発せられた場合に容易に発動し得る緊急事態対応計画は、関係当局によって準備され、定期的に試験されなくてはならない。

「反逆的」警告・警告の確度(警報レベル)によって防止策に等級別アプローチを行うことが有益であると考えられている。

諜報機関がNPPに対する攻撃に関する具体的な計画・準備についての知識を得た時にも、サイト内対応準備を増加させるのに際してこのような異なった警報レベル方式を利用することができる。

手順(緊急事態対応計画と通信手段)の訓練と警告・警告の経路と警戒計画の試験は、特に重要であり、定期的の実施されるべきである。

5.3.3. 結論

AHGNSは、以下の一連の良好慣行が、NPPを運転している加盟国にとって役立つと考えている:

所管当局は、対抗措置を講じる上での基礎として、意図的な航空機衝突による影響の可能性について十分な理解を有しているべきである。

NPPに対して脅威を及ぼす可能性がある「反逆的」な航空機が特定された場合のNPPに対する迅速な警告・警告のための措置と手順については、国のレベルで検討されるべきである。事業者は既存の緊急事態対応計画を改定して、事故又は意図的な航空機衝突を含むようにしなければならない。警報レベルの差別化(特定の警報レベルにに応じた特定の措置の実施)が考慮されるべきである。

所管当局は、必要に応じて迅速にNPP事業者に対して推定される脅威に基づいた情報を提供するべきである。

関係当局と協力しつつ事業者は、手順・通信手段・警戒計画の定期的な訓練演習を実施するべきである。

[1] 原注:「RENEGADE: 反逆的」とは、民間空機をハイジャックして意図的な攻撃に使用することを言う。

2. 航空機衝突等への対策

米国の航空機衝突対策(新設炉・既設炉)

暫定保障措置命令(EA-02-026)/10CFR50.54(hh)対応

- NRCは、2001年9月11日の同時多発テロ後、セキュリティ強化命令(Order)を多数発行
- 2002年2月25日付の暫定補償措置命令(EA-02-026)
 - B.5.a項: 脅威警報システム(非公開)
 - B.5.b項: 総合対抗計画(非公開)
- 既設炉及び新設炉に対して運用面での対応(潜在的または実際の航空機攻撃に対する緩和措置及び対応手順書の策定)が要求(これを実現するための発電所手順書は「大規模損傷緩和ガイドライン(EDMG)」)
- 2009年3月27日付官報(74FR13926)で、B.5.a項及びB.5.b項の要求事項は10CFR50.54(hh)として規則化
- 10CFR50.54(hh)「航空機脅威通報への対応と火災及び爆発に対する緩和措置要件」

(1) 認可取得者は、潜在的な航空機脅威が迫っていると通報を受けた場合、対応方法について記載した手順書を作成、維持及び実施しなければならない。

(2) 認可取得者は、爆発または火災によってプラントの大部分が喪失した状況で、炉心冷却、格納容器及び使用済燃料プール冷却の機能を維持または復旧することを目的としたガイダンス及び方策を作成し、実施しなければならない。

- 2011年5月5日にNEI06-12(B.5.bガイドライン)公表

- 内部SFP(使用済燃料プール)補給戦略
- 外部SFP補給・スプレイ戦略
- 原子炉への脅威に対する初期の指揮・管理
- 原子炉への脅威に対するサイト対応戦略
- 発電所対応の例(以下を配備・整備)
 - ・移動式電源
 - ・移動式ポンプ
 - ・移動式空気供給機器
 - ・RCIC手動操作(直流電源不要) など

福島短期タスクフォース(NTTF)の勧告4.2「緩和戦略」対応

NRCは「福島第一原子力発電所の考察を踏まえた短期対策タスクフォース(NTTF)」を公表し、設計基準上の想定を超える外的事象への緩和戦略(勧告4.2)について指示。

<緩和戦略の要件>

本命令では、設計基準を超える外部事象を緩和するため、①初期段階(既存設備・リソース利用)、②過渡段階(サイト内に可搬式機器及び消耗品利用)、③最終段階(無期限に機能維持するためサイト外リソース利用)の3段階のアプローチを要求。主な要件は以下。

- 設計基準を超える外部事象後の炉心、格納容器、SFP冷却を維持・回復するためのガイダンス及び戦略を作成、実施及び維持しなければならない。
- 戦略はSBO及び最終ヒートシンク(UHS)喪失を緩和し、炉心冷却等の脅威に対応する十分な容量を有するものでなければならない。
- 戦略の関連機器の外部事象からの適切な防護を行わなければならない。
- 戦略をあらゆるモードにおいて実施できなければならない。
- 完全な適合のため戦略に必要な機器の手順書等を含まなければならない。

<産業界の対策: FLEX>

FLEXは、炉心冷却、閉じ込めの健全性、及び使用済燃料の冷却という主要な安全機能を果たすための戦略としてNEIが提案。NRCスタンプは命令の要件を満足できるものとしている。FLEXアプローチの概要は以下。

- 原子炉の重要安全機能を支援する電力確保の多重手段に係る携帯ポンプ、発電機、バッテリー、バッテリー充電器、圧縮器、ホース、カップリング、道具類、デブリ洗浄機器及びその他の材料を含む、機器を提供
- 多様な場所に機器を配置することによって、そのサイトで予測される厳しい自然現象から防護する携帯機器を合理的に防護

2. 航空機衝突等への対策

米国の航空機衝突対策(新設炉)

米国の安全目標

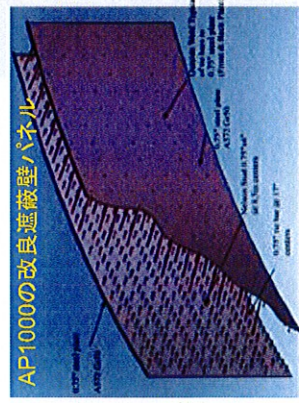
炉心損傷頻度(CDF): $<10^{-4}$ /炉年
格納容器からの放射性物質の大規模放出頻度: $<10^{-6}$ /炉年

発電所概要

出力: 100万kW
炉型: AP1000
建設開始: 2011/12年
運転開始: 2016/17年(予定)
場所: Vogtle建設サイト

航空機衝突対策の特徴(10CFR50.150対応)

- 航空機衝突に対応するためAP1000の遮蔽壁設計を変更
- 中央制御室、遠隔停止ステーション、補助作動系パネルを3エリアに分散/障壁により全てが破壊されないよう配置



連邦規則10CFR50.150

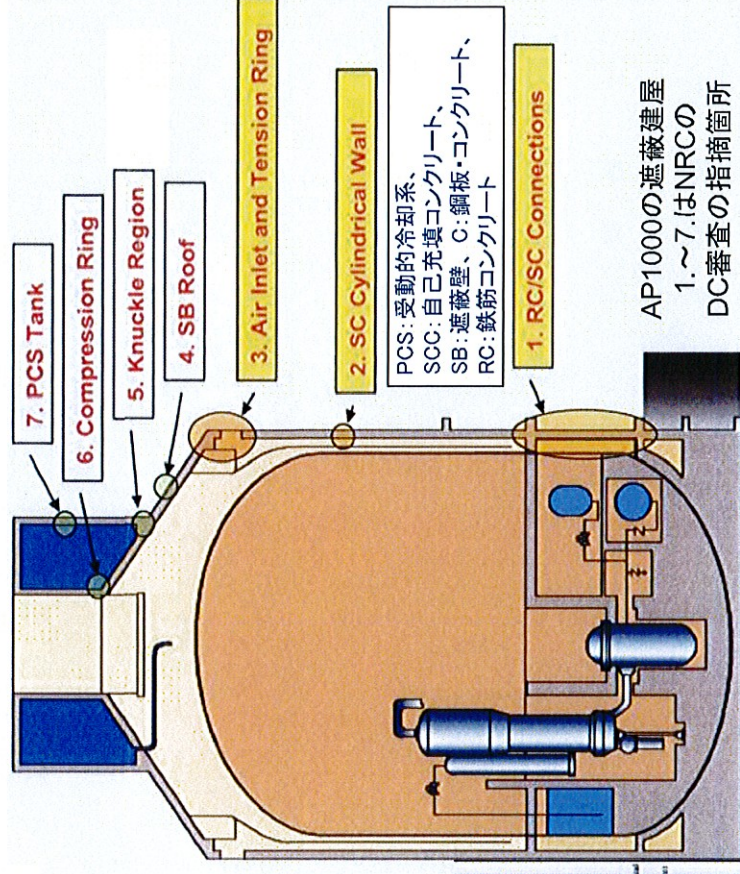
- 新設炉に対する航空機衝突影響評価
- 1. 炉心冷却・格納容器健全性維持、使用済燃料冷却及びSFP健全性維持を要求
- 2. 長距離フライト用大型航空機の衝突に基づく評価を要求

規制指針(Reg. Guide 1.217)

- 産業界指針NEI 07-13, Rev. 8「新設炉における航空機衝突評価手法」を容認

原子力発電所の標準審査指針(SRP 3.5.1.6)

- 立地基準の線量限度を超える放出につながる航空機衝突確率: 10^{-7} /炉年



2. 航空機衝突等への対策

IAEAの航空機衝突対策

- IAEA安全基準シリーズNS-G-1.5「原子力発電所の設計における地震以外の外部事象」
(2003年発行)
- － 第4章
 - 航空機衝突事象評価について、設計ベースにする必要はないが、この衝突事象を評価し安全設計に適用するよう記載
 - 衝突事象自体は発電所側では避けられないが、その衝突による二次的な災害は、発電所側で対応できるので対応するよう記載
 - 1) 安全機能も含めた重要な機能の空間的、物理的な分離
 - 2) 衝突時の直接的、間接的な衝撃による影響防護
(衝突時の振動による影響緩和、サポート等)
- － 添付1
 - 航空機衝突に関する補足として、一般的な航空機の荷重－時間特性(ボーイング720, ボーイング707-320, フォントムRF-4E, セスナ210, リアジェット23)や、衝突面積に関する記載
 - EPRにおける荷重-時間特性等(大型機考慮前のもと考えられる)も記載
- IAEA安全基準シリーズNo.NS-G-3.1「原子力発電所の立地評価における外部人為事象」
(2002年発行)
- － 第5章「航空機衝突」として以下を扱っている。
 - 予備的スクリーニング
 - 詳細評価
 - ハザード評価

2. 航空機衝突等への対策

2-2 まとめ及び論点

【まとめ】

(我が国における航空機衝突への対応)

- 航空機衝突(航空機落下(事故))については、発生確率が 10^{-7} (回/炉・年)を超えなければ、想定される外部人為事象として設計上考慮する必要はないとされてきた。

(海外における対応)

- 海外においては、航空機衝突への対応として、我が国と同様に航空機衝突の発生確率を考慮している国がある。また、ハード面のみならずソフト面での対応を規制要求としている国もある。特徴的なものは以下のとおり。

- 欧州では、航空機衝突への対策として、ハード面(離隔、独立RHR等)の対策を既設炉に要求している例がある。

なお、フランスでは、福島第一原子力発電所の事故を受け、2012年6月、ASNがEDFに対して、全てのサイトにおいて、複数の施設に影響を及ぼす大規模な事象が発生した場合にも耐えられるようハードンドコア(中核的措置)の設置を義務付ける指示を行った。

- 米国では、2001年9月11日のテロを受け、新設炉及び既設炉に対し、爆発又は火災によりプラントの大部分が喪失した状況で、炉心冷却、格納容器及び燃料プール冷却の機能を維持又は復旧することを目的としたガイダンス及び方策の策定・実施を要求している。これに加え、新設炉に対しては、大型商用航空機衝突に対して、設計面での対応を求めている。

【論点】

- ☆ 今後、我が国も、航空機衝突等に対して、米国型のソフト面の対策のみならず、欧州型のハード面の対策も規制に取り込むべきではないか？

(参考資料)

- 英国の航空機衝突・テロ対策(3ページ)
 - ・G. Meyer and E. Stokke, "Description of Sizewell B Nuclear Power Plant", NKS/RAK-2(97)TR-C4, Sept., 1997.
- フランスの航空機衝突対策(4, 5ページ)
 - ・Nuclear Power International, "EPR Safety Concept", Annual Meeting on Nuclear Technology'94 Proceeding.
 - ・Flamanville-3設置許可政令(2007/4/10).
 - ・Areva社EPRカタログ.
 - ・ASN, CODEP-DCN-2012-020754, "2011年にEDFによって達成されたポスト福島の新補完的安全評価(ECS)", 2012/6/26.
- フィンランドの航空機衝突対策(6ページ)
 - ・OECD/NEA, "USE AND DEVELOPMENT OF PROBABILISTIC SAFETY ASSESSMENT", NEA/CSNI/R(2007)12.
 - ・"Oikiluoto 3 Basic Facts", TVO.
 - ・IAEA-TECDOC-1487.
- ドイツの航空機衝突対策(7ページ)
 - ・OECD/NEA, "USE AND DEVELOPMENT OF PROBABILISTIC SAFETY ASSESSMENT", NEA/CSNI/R(2007)12.
 - ・G. Eckert(KWU), et al., "Backfitting of Independent Residual Heat Removal Systems in West Germany and Switzerland", Nuclear Safety, Vol.29, No.3, July-Sept., 1988.
- スイスの航空機衝突対策(8ページ)
 - ・OECD/NEA, "USE AND DEVELOPMENT OF PROBABILISTIC SAFETY ASSESSMENT", NEA/CSNI/R(2007)12.
 - ・東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故の技術的知見に関する意見聴取会(第5回)参考資料3
「意見聴取会メンバーからの資料」
- EUの航空機衝突対策(9ページ)
 - ・COUNCIL OF THE EUROPEAN UNION, "Ad Hoc Group on Nuclear Security-final report", 31 May 2012.
- 米国の航空機衝突対策(10, 11ページ)
 - ・安全目標政策声明書、SECY報告書、連邦規則、NRC命令、NEIガイダンス、
 - ・"AP1000 Shield Building Structural Review Update", Westinghouse (2010/1/28 Meeting Slides).
- IAEAの航空機衝突対策(12ページ)
 - ・IAEA NS-G-1.5, NS-G-3.1

3. 自然現象への対策の基本的考え方

3-1 論点

【論点】

☆ 自然現象への対策として、以下のように考えることは適当か？

(基本的考え方)

✓ 設計基準を超える自然現象に対しても、著しい炉心損傷の発生及び拡大を防止・緩和することを規制要求することが必要ではないか？

✓ 外的事象の深層防護は、内的事象の深層防護と異なる考え方が必要である。以下のように考えることは適当か？

- ① 想定される自然現象（設計基準）によって、原子炉施設の安全性を損なうことのない設計とする。
- ② 設計基準を超える自然現象にも「耐える」範囲を増すよう、裕度を向上させる。イベントツリーによる影響評価や外的事象PSAの結果を活用した重要度解析等により対象設備や対策を選定する方法が考えられる。
- ③ イベントツリーによる影響評価や外的事象PSAの知見も活用して、著しい炉心損傷の発生及び拡大を防止・緩和するために必要な設備（仮に「特定安全設備」という。）を特定した上で、特定安全設備について、設計基準を超える自然現象に対しても、自然現象からの「隔離」や、その影響を「緩和」することにより、外的事象に対する頑健性を高めることが考えられる。
- ④ 特定安全設備が機能を喪失した場合、安全機能の「復旧」又は「移動式・可搬式設備による代替手段」を講じることが考えられる。

☆ 起因事象が航空機衝突等の外部人為事象か、自然現象かに関わらず、著しい炉心損傷の発生及び拡大を防止・緩和するために必要な設備は、相当の共通性があるのではないか？このため、特定安全設備を設け、これについて外的事象に対する頑健性を高めることにより、設計基準を超える外的事象に対応していくことが適当ではないか？（16頁参照）

☆ 特定安全設備が外的事象に対して機能を維持できる設計目標又は設計要求を定めることが適当か？

4. 外的事象への対応の基本的考え方

4-1 整理案

自然現象	航空機衝突	テロ
安全機能を有する全ての設備について、外的事象に 耐える	早期検知 停止・出力低下 事故発生確率 ($\leq 10^{-7}$)※ 設計上考慮不要 事故発生確率 ($> 10^{-7}$)※ 意図的 検知(警報) 警戒体制	検知 遅延
特定安全設備(仮称)を外的事象から 隔離 緩和	設備の安全機能維持 ① 裕度 ② 設計基準に基づいて設備が機能喪失 相当の共通性があるのではないか？ 頑健性 離す(位置的分散)	設計基準 防護設計、 分離配置設計 設計基準 対応
安全機能を 復旧 代替	免震 離す(位置的分散) 部屋の水密化 多様化(水冷+空冷) ③ 設計目標又は設計要求を定めることが適当か？ ④ 復旧・代替移動式 (保管場所は、外的事象から隔離)	設計基準 対応

