

## 第10回 再処理・リサイクル部会セミナー

# 核燃料サイクル施設シビアアクシデント研究 ワーキンググループ報告

2015年1月16日

東京工業大学 池田 泰久  
日本原子力研究開発機構 吉田 一雄

# 内容

- はじめに
- シビアアクシデント(SA)の選定方法
- 選定の判断基準
- 選定方法の具体例への適用
- リスク評価及びリスク情報活用に関する課題

# 核燃料サイクル施設シビアアクシデント研究WGの設置趣旨

福島第一原子力発電所事故の教訓を踏まえて、核燃料サイクル施設についてもシビアアクシデント(SA)のリスクを検討し、これに基づいて安全確保のあり方を見直し、一層の安全性向上について検討することが、喫緊の課題となっている。

再処理・リサイクル部会は、再処理施設等の建設、運転、安全評価、研究開発、人材育成等に係わる多様な組織の研究者、技術者で構成される。この特質を活かして、部会員が有する最新の知見及び専門的経験に基づき、技術的観点から上記課題を検討し、科学的合理性の高い安全確保及び安全規制並びに社会への説明責任の達成に資するよう、その成果を社会に発信することは、当部会の使命と認識する。

当部会では、核燃料サイクル施設において想定しうる事故を体系的に検討し、SAとして認識し、対策の必要性を含めて検討すべき事故を科学的・技術的観点から選定する方法を明らかにすることが重要な課題であると考えた。

この課題を検討することを目的として、平成25年4月に本WGを設置した。

# SA研究WGの委員

主査:池田泰久(東工大)

副主査:村松 健(東京都市大)

幹事:浅沼徳子(東海大)、阿部 仁(JAEA)、深澤哲生(日立GE)

委員:青柳春樹(JNFL)、井上 正(部会長, 電中研)、佐藤修彰(東北大)、  
澤田佳代(名大)、清水武範(JAEA)、竹内 努→池田 昭(東芝)、  
玉置等史→吉田一雄(JAEA)、塚田毅志(電中研)、中島 健(京大)、  
平野光将(電中研)、眞部文聡(MHI)、丸茂俊二→林 昭宏(電事連)、  
水田 仁→大濱稔浩(関電)、森岡信男(MMC)

オブザーバ:飯塚政利(電中研)、越智英治(JNFL)、久野祐輔(JAEA)、  
小玉貴司(JNFL)、瀬川智史(JNFL)、関根啓二(JNFL)、  
玉内義一(JNFL)、藤田玲子(副部会長, 東芝)、  
松岡伸吾(JNFL)

WG経緯:H25.4.16からH26.7.18までの間に計17回開催  
新規制基準案のパブコメに対して2回意見を提出

# 報告書の目次

1. はじめに	
1.1 検討の目的	1
1.2 報告書の構成	2
2. 対応を検討すべきシビアアクシデントの選定方法	
2.1 基本的な考え方	5
2.2 選定の手順	8
2.3 選定手順の各ステップの詳細	13
3. 対応を検討すべきシビアアクシデント選定の判断基準	
3.1 新規制基準が示す判断基準等	26
3.2 英国, 米国の判断基準	28
3.3 WGでの検討	33
4. 対応を検討すべきシビアアクシデント選定方法の具体例への適用	
4.1 概要	36
4.2 セル内有機溶媒火災	36
4.3 臨界事故	39
5. まとめ及び課題	
5.1 リスク情報を活用した対応を検討すべきシビアアクシデント選定方法の提案	45
5.2 リスク評価及びリスク情報活用に関する課題	46
6. おわりに	47

# はじめに

本WGでは、原子力分野で用いられてきたリスク分析の手法をレビューし、これを基に  
対応を検討すべきSAの選定方法を提案し、またその選定方法の実行可能性を確認す  
るために、再処理施設をサイクル施設の代表施設として事故の発生可能性や影響の  
評価事例を検討した。さらに、これらの検討を通して認識された今後の課題をまとめた。

なお、サイクル施設においては、発電用原子炉施設のようなSAという用語はこれまで  
使われていなかった。本報告書で用いる“**サイクル施設のSA**”とは、“**設計基準事故の  
想定を超える条件で発生し、その判断基準を超えて大きい影響をもたらす事故**”と定義  
することとする。ここでは、新規制基準での“**重大事故**”(「設計上定める条件より厳しい  
条件の下において発生する事故」とし、6種\*の具体的な事故形態が定義されている)と  
区別して用いている。

上述のSAの定義から、その選定方法は、SAと呼ぶべき“**影響の大きい事故を網羅的  
に同定する手法**”と、同定されたSAの中から、発生の可能性を考慮しつつ、施設の安  
全確保の観点から“**対応を検討すべきSAを選定する手法**”の2つの内容を含んでいる。

\*・セル内において発生する**臨界事故**

- ・使用済燃料から分離されたものであって液体状のもの又は液体状の放射性廃棄物を冷却する機能が喪失した  
場合にセル内において発生する**蒸発乾固**
- ・放射性分解によって発生する水素が再処理設備の内部に滞留することを防止する機能が喪失した場合にセル  
内において発生する**水素による爆発**
- ・セル内において発生する有機溶媒その他の物質による**火災又は爆発**(前号に掲げるものを除く。)
- ・使用済燃料貯蔵設備に貯蔵する**使用済燃料の著しい損傷**
- ・**放射性物質の漏えい**(前各号に掲げる事故に係るものを除く。)

# シビアアクシデント(SA)の選定 背景

従来の安全設計の考え方(発電施設と同様)

設計基準事故を想定し, 決定論的(保守的)安全評価手法により妥当性を確認



福島第一原子力発電所事故

設計基準事故を超える事象への対策が必要となった。



軽水炉では

- 重大な事故は炉心損傷事故及び使用済み燃料プールでの燃料損傷事故に限られる。
- これらをSAと定義し, その防止策, 緩和策を整備している

軽水炉とサイクル施設の違い

- 多数の工程があり, 事故シナリオは多様
- 事故のシナリオにより影響は多様

サイクル施設では

- SAの定義が必要
- SAを同定する分析法が必要
- SAの発生可能性と影響の大きさ(リスク)を考慮した同定方法が望まれる

# シビアアクシデントを選定するにあたっての 基本的な考え方

## 選定の尺度としてのリスク(発生頻度×影響の大きさ)

- 『リスク』とは、潜在的な危険であって、それがいつ顕在化して現実の危険となるか、そしてその現実の危険によっていかなる影響が生じるかが、事前には確定できないもの。(佐藤 一男、「リスク管理と安全目標(I)、原安協だより184号)
- リスクの2つの要素:「**顕在化する可能性**」、「**影響の大きさと種類**」
- サイクル施設では多種多様な事故が想定され、事故の発生の可能性(発生頻度)と、起こったときの事故の進展とそのときの影響の大きさは千差万別。このため定量化の尺度必要。
- 原子力をはじめとする産業界では、事故の発生が施設の安全に及ぼす度合いを定量化する尺度として、**リスク(発生頻度×影響の大きさ)**を使用。

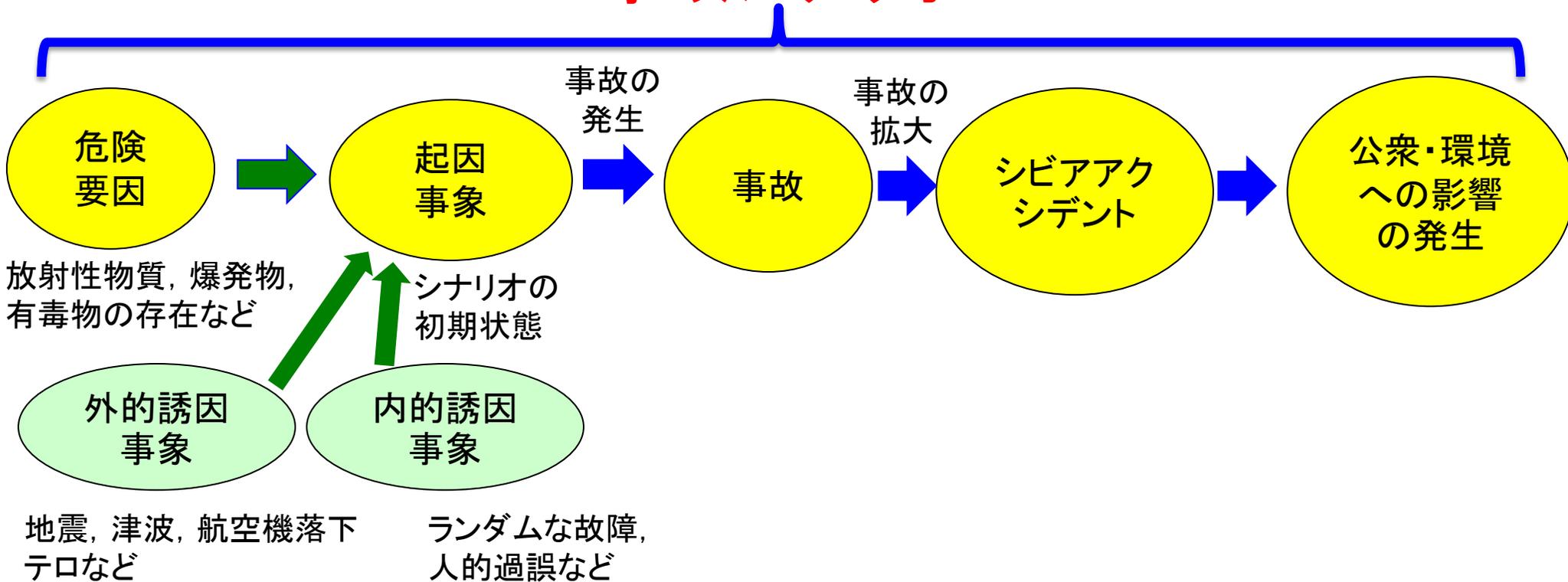
## グレーデッドアプローチの重要性

- サイクル施設では、影響の大きな事故が想定される一方、その拡大可能性を考慮しても影響に限られる事故も多い。それゆえ、**事故のリスクの大きさに応じた対策を講じるグレーデッドアプローチを採用。**
- そのための評価手法についても、想定されるリスクの水準に応じて詳細さの異なる手法が使われており、**評価手法に関するグレーデッドアプローチを採用。**

# リスク評価に関する用語

(詳細は用語集に記載)

## 事故シナリオ



### ハザード分析

危険要因を把握する体系的分析

### シビアアクシデント

設計基準事故の想定を超える条件で発生し, その判断基準を超えて大きい影響をもたらす事故

### シナリオのグループ化

1個のシビアアクシデント, 1個の事故等という場合は, 原因や影響が類似のシナリオを1つに束ねたグループを意味し, 発生頻度や影響は, グループごとに評価する。

### リスク(リスク評価での)

シナリオ, 頻度, 影響の組み合わせ

# 対応を検討すべきシビアアクシデント選定手順

## ハザード分析

施設内の全ての危険要因を同定  
(HAZOP,FMEA,その他)

施設に内在する潜在的な危険要因を体系的、網羅的に同定する。

同定された多くの個別危険要因

## 概略的影響評価に基づくスクリーニング

影響の概略的な評価

影響は明らかに小さい

Yes

除外

No

危険要因が顕在化し拡大した時に、影響緩和機能を考慮せずとも大きな影響を与えるおそれのない事象を除外し、残りをシビアアクシデント候補事象とする。

シビアアクシデント候補事象

## リスク情報を活用した選定

シナリオの体系的分析  
発生/拡大可能性(頻度)の評価  
影響評価

リスク評価結果は判断基準を超えるか?

No

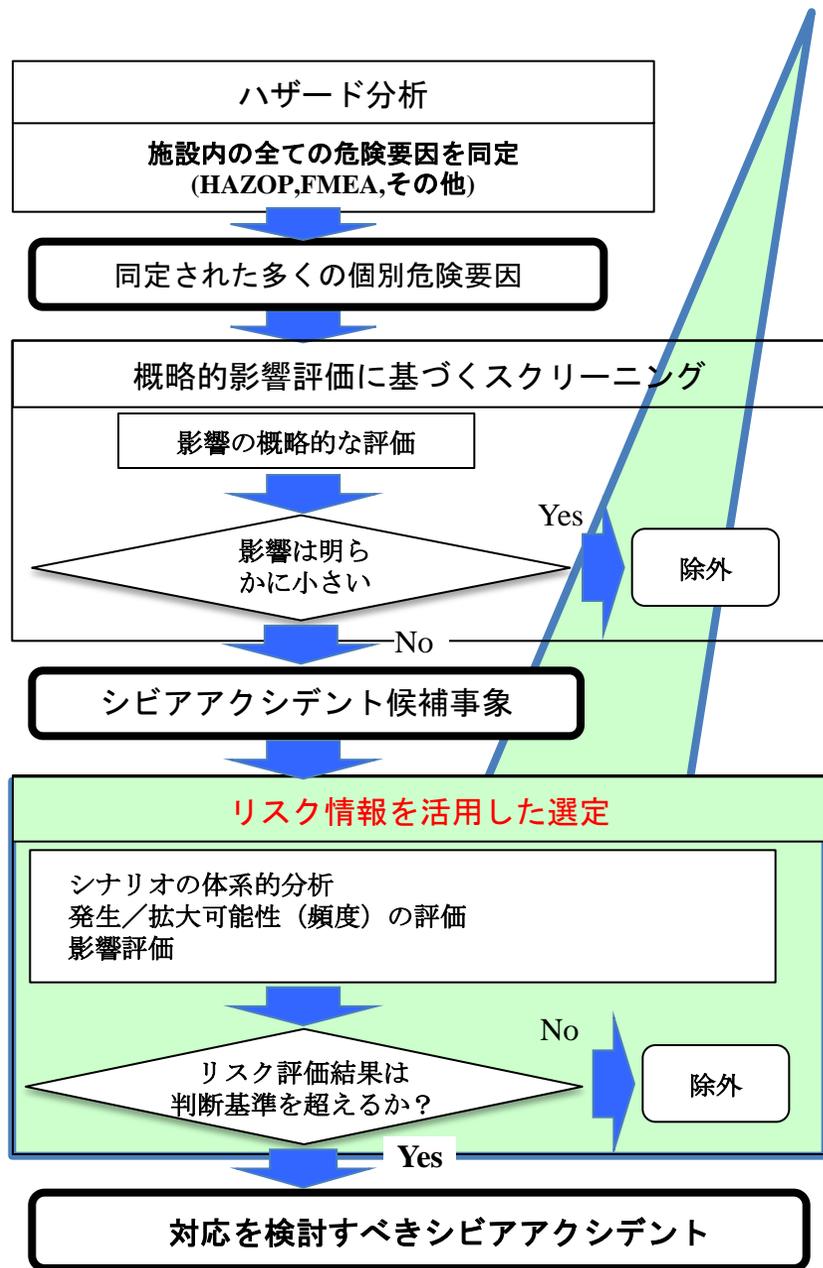
除外

Yes

各候補事象に対しリスク評価(半定量評価を含む)を行い、大きい影響を持つ事故をシビアアクシデントとする。影響と頻度の2次元の判断基準により、対応を検討すべきシビアアクシデントを選定する。

対応を検討すべきシビアアクシデント

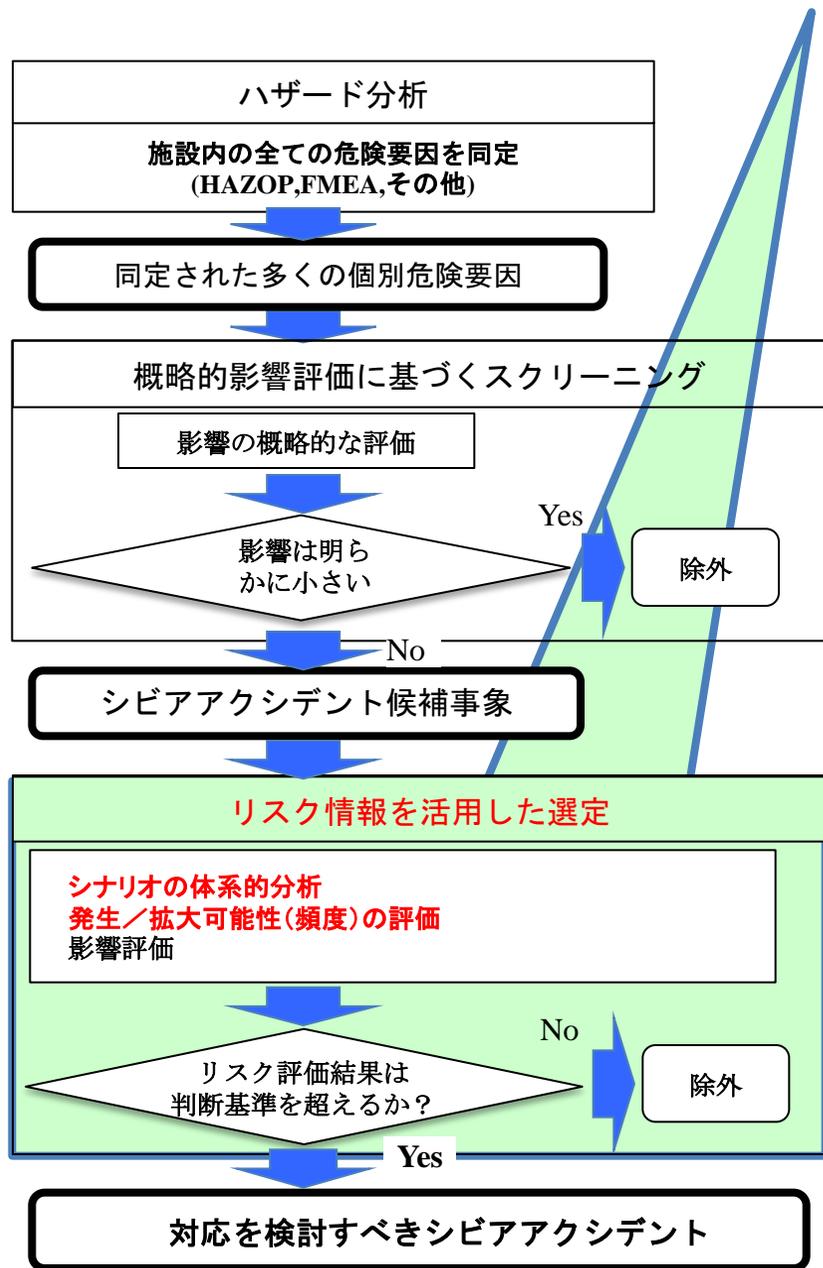
# リスク情報を活用した選定のためのリスク評価手法(1)



## 基本的な考え方

- サイクル施設で整備された手法を適用
- 外的事象評価など、未整備の部分は、可能な範囲で軽水炉型原子力発電施設のPRAの手法(学会標準等)を援用

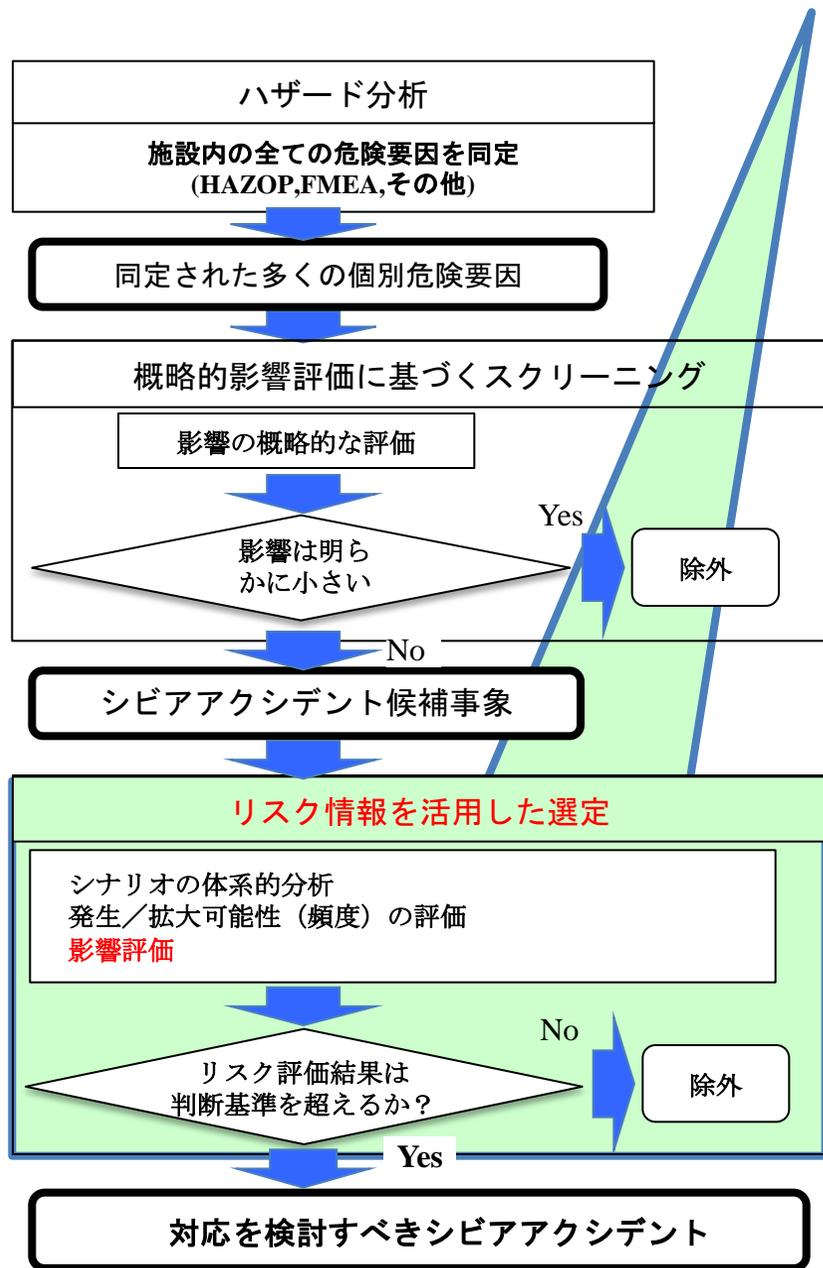
# リスク情報を活用した選定のためのリスク評価手法(2)



## シナリオの体系的分析と発生/拡大可能性(頻度)の評価

- イベントツリー/フォールトツリーにより事故のシナリオを分析
- 起因事象発生頻度, 機器故障率の評価
  - 実績データ
  - 頻度指標, 信頼度指標などオーダーレベルで半定量的に評価する手法

# リスク情報を活用した選定のためのリスク評価手法(3)



## 影響の評価

### 放射性物質放出量の評価

- サイクル施設のリスク評価のために開発された五因子法を適用

$$ST = MAR \times DR \times ARF \times LPF \times RF$$

ST:放出量, MAR:存在量, 事故影響を受ける割合, ARF:浮遊割合, LPF:放出割合, RF:体内移行割合

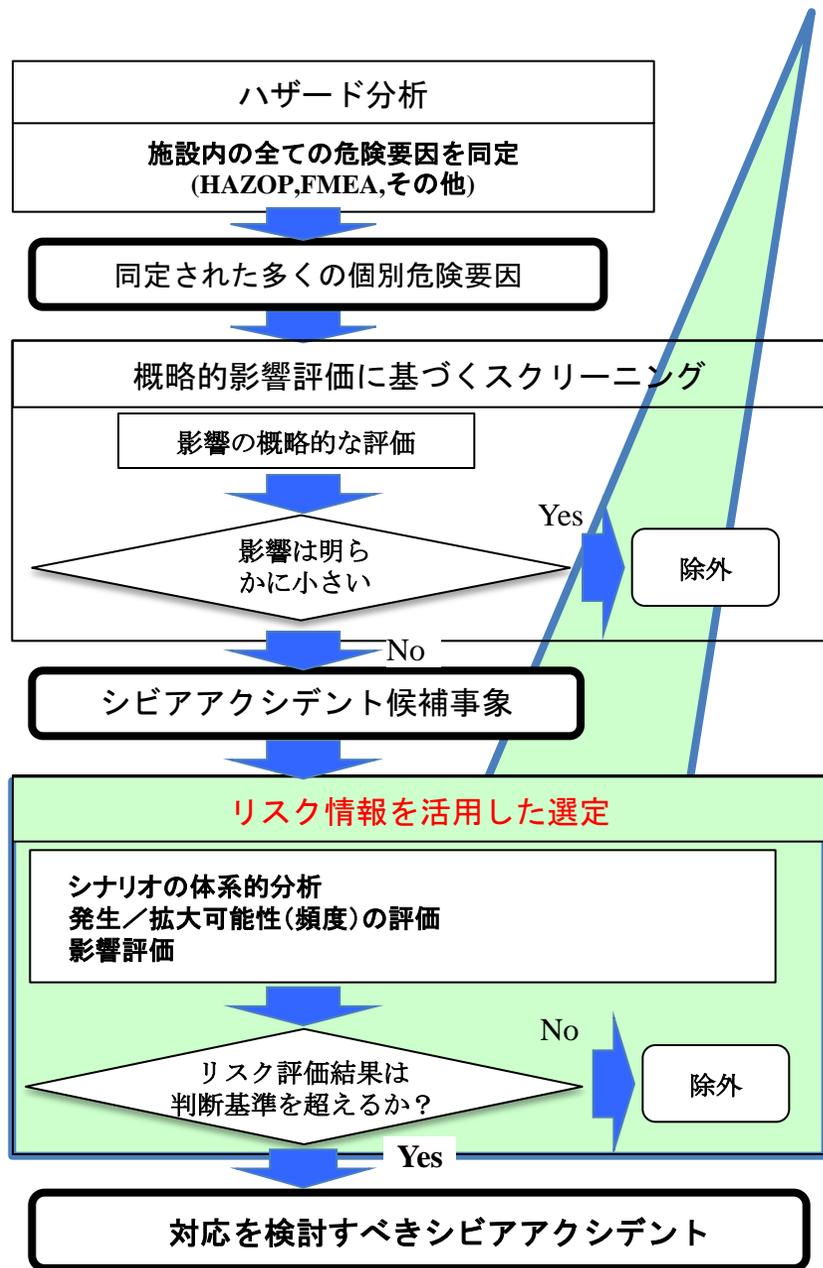
- 必要に応じて詳細解析や試験データを適用

### 環境影響の評価

2つの方法が可能。主としてb)を適用

- 発電用原子炉施設のレベル3PRA手法
- 旧「発電用原子炉の安全解析に関する気象指針」に基づく評価

# リスク情報を活用した選定のためのリスク評価手法(4)



## 外的事象のリスクの考慮

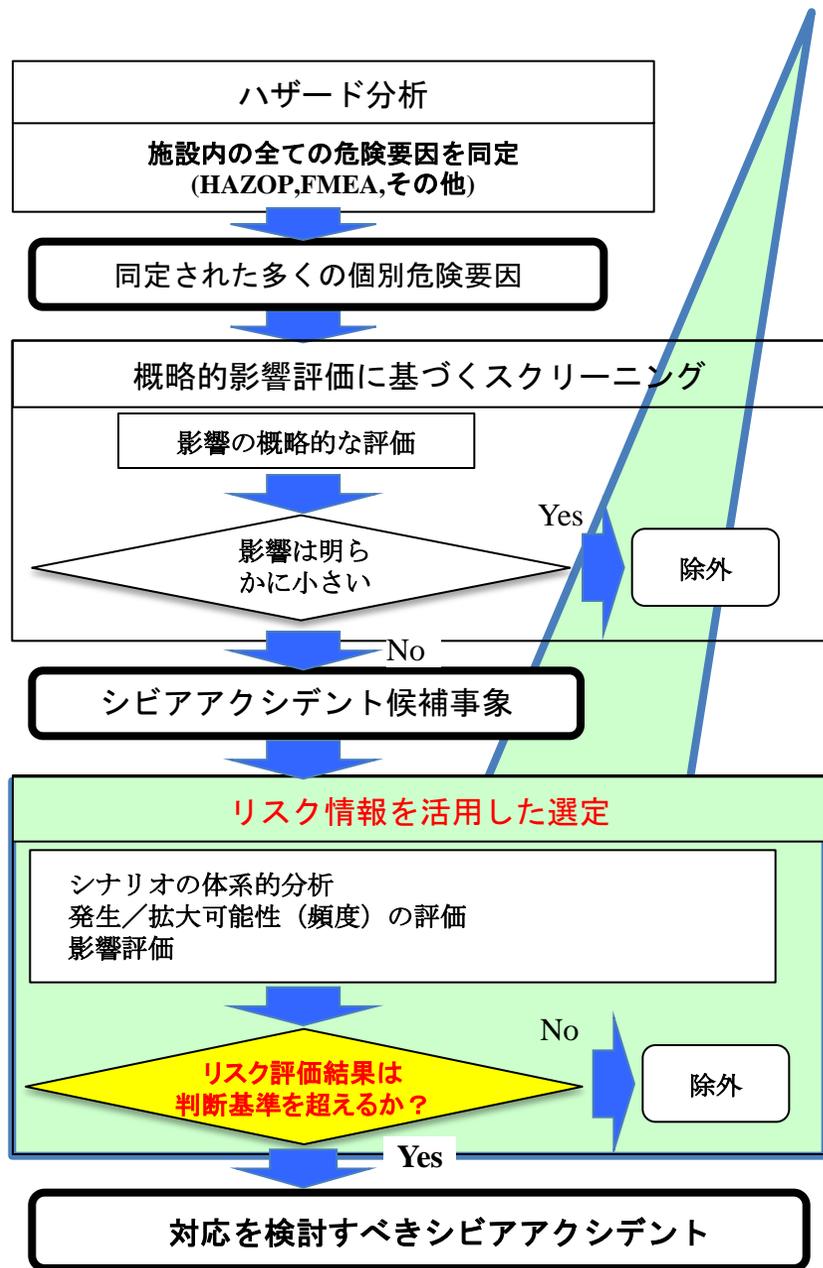
地震を例として, 2つの方法を説明

## 地震PRA(頻度の評価)

- プラント情報の収集と事故シナリオの概括的検討
- ハザード評価
- フラジリティ評価
- 事故シーケンス評価

ただし, 耐震裕度評価手法(マージン法)  
(設計用基準地震動を超える地震の発生を仮定して余裕を評価する手法)も, 適切な補足を行って利用可能

# リスク情報を活用した選定のためのリスク評価手法(5)



## 発生及び拡大可能性と影響に関する判断基準に基づくシビアアクシデントの選定

- シビアアクシデントに対して、発生頻度と影響の2次元の尺度を考慮して、対応を検討すべきシビアアクシデントを選定する。
- 但し、判断基準の数値は、当WGで与えることはしない。
- 判断基準設定の参考となる国内外の規制の現状等を調査、整理した。

# 対応を検討すべきシビアアクシデント選定の判断基準

## 基本的な考え方:

選定の指標であるリスク(一般的には好ましくない事態の発生  
のシナリオとその発生可能性及び影響の大きさの組み合わせ)  
に対する基準は、国内外の規制基準と大きく乖離すべきでない。

## 調査した規制基準

- 我が国の新規制基準
- 英国の安全評価原則 (SAP: Safety Assessment Principles)
- 米国の連邦規則法典 (10 CFR (Code of Federal Regulations). Part70)

英国及び米国の規制基準では  
リスク情報を活用

# 我が国の新規制基準

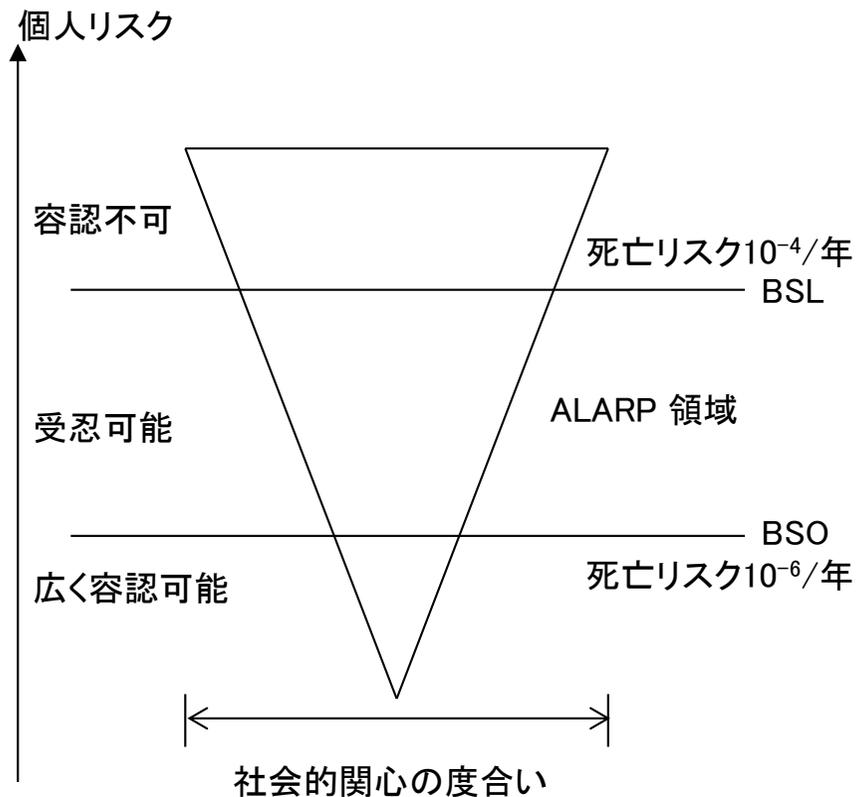
原子力規制委員会規則第二十七号「再処理施設の位置，構造及び設備の基準に関する規則」，  
原子力規制委員会規則第十七号「加工施設の位置，構造及び設備の基準に関する規則」，他

基準	選定の条件	安全設計の妥当性判断の指標	発生頻度の目安(注)
平常時被ばく	平常時における施設から環境への放射性物質の放出等による周辺公衆の被ばく	<1 mSv(法的制限値) <0.05 mSv/y 努力目標であり，この値を超えたからといって，施設の運転停止等が要求されるものではない。	1/y(毎年)
運転時の異常な過渡変化	寿命期間中に想定される機器の単一故障又は誤動作若しくは運転員の単一誤操作によって平常運転を超えるような…の状態に至る事象。	<0.05 mSv/事象 平常時の放出量を十分に下回っていること。	~10 <sup>-2</sup> /y
設計基準事故	運転時の異常な過渡変化を超える事象であって発生の可能性は小さいが，…安全設計の妥当性を評価する観点から想定する必要のある事象。	<5 mSv/事象 敷地周辺の公衆の実効線量の評価値が発生事故当たり5mSvを超えなければ「リスク」は小さいと判断できる。	10 <sup>-2</sup> /y ~ 10 <sup>-4</sup> /y
外部人為事象	施設内外において想定される安全性を損なう原因となるおそれがある事象であって人為によるもの。	<~10 <sup>-7</sup> /y 航空機落下確率評価値が10 <sup>-7</sup> /y以下であれば，設計上考慮する必要がない。 (テロを除く)	
重大事故	設計上定める条件より厳しい条件下で発生する事故。	≪ <sup>137</sup> Cs換算100 TBq/事象 対処手段の有効性の判断基準	

(注:本WGでの推定である。)

# 英国の安全評価原則:SAP

## SAPの基本的考え方である ALARPの概念



ALARP: As Low As Reasonably Practicable  
 基本安全レベル(BSL: Basic Safety Level)  
 基本安全目標(BSO: Basic Safety Objective)

## サイト外の個人に対する 被ばくリスクの目標値

実効線量 [mSv]	全予測頻度 [1/y]	
	BSL	BSO
0.1 – 1	1	$1 \times 10^{-2}$
1 – 10	$1 \times 10^{-1}$	$1 \times 10^{-3}$
10 – 100	$1 \times 10^{-2}$	$1 \times 10^{-4}$
100 – 1000	$1 \times 10^{-3}$	$1 \times 10^{-5}$
> 1000	$1 \times 10^{-4}$	$1 \times 10^{-6}$

(単一クラスの事故の頻度は1/10)

## 社会的リスクの目標値

100人又はそれ以上の死亡を伴う事故の頻度  
 BSL:  $1 \times 10^{-5}$  [1/y]、BSO:  $1 \times 10^{-7}$  [1/y]

(旧SAPでは、特定の2つの核種の放出量( $^{131}\text{I}$ については10,000 TBq,  $^{137}\text{Cs}$ については200 TBq)伴う事故の頻度であった)

# 米国の連邦規則法典: 10 CFR Part 70

- 2000年: 10 CFR Part 70の改訂 ➡ 臨界量以上の核物質を取扱う施設に対し **総合安全解析(ISA: Integrated Safety Analysis)**の実施を規定

ISAは、許容できないような影響をもたらし得る全ての危険要因が**適切に評価され、適切な防護手段が取られていることを確認するための取組み。**

USNRC, ISA Guidance Document, NUREG-1513, 2001

- 2002-2005年: 該当する6つの**ウラン加工施設、ウラン濃縮施設**でISAを実施。  
➡ 許容できない性能上の欠陥の改善
- Savannah Riverの**MOX燃料加工施設**の安全審査で活用

## ■ ISAの実施項目

- 対象施設の危険要因を系統的に同定(放射性物質、臨界、火災、化学物質等の全ての危険要因を考慮 ➡ 「総合」の意味)
  - 潜在的な事故シーケンスとその**発生頻度、影響**を同定
  - その発生を防止し、その影響を緩和するために必要な**「安全のために必要な事項(IROFS: Items Relied on for Safety)」**(設備・機器及び人の活動)を同定
- ISAの特徴: **簡略な評価手法の採用** ← **Graded Approach**
    - 事故シーケンスの発生頻度: 頻度を指数(オーダー)で評価
    - 事故影響評価: 実験や解析結果に基づく簡略な「五因子法」

# 米国における総合安全解析 (ISA) の基準

- 「性能要求」: ISAの結果、以下を満足しなければならない(10 CFR 70.61)
  - 「影響が大きな事象」の発生頻度は、「極めて低く」なければならない。
  - 「影響が中くらいの事象」の発生頻度は、「低く」なければならない。
  - 「影響が小さな事象」の発生頻度は、低くなくとも(not unlikely)許容される。
- 頻度区分は、事業者が定義(NRCと合意)する。

## リスクマトリクス上に示した「性能要求」

頻度 影響	頻度区分1 極めて低い	頻度区分2 低い	頻度区分3 低くない
影響区分3 大	3 許容可	6 許容不可	9 許容不可
影響区分2 中	2 許容可	4 許容可	6 許容不可
影響区分1 小	1 許容可	2 許容可	3 許容可

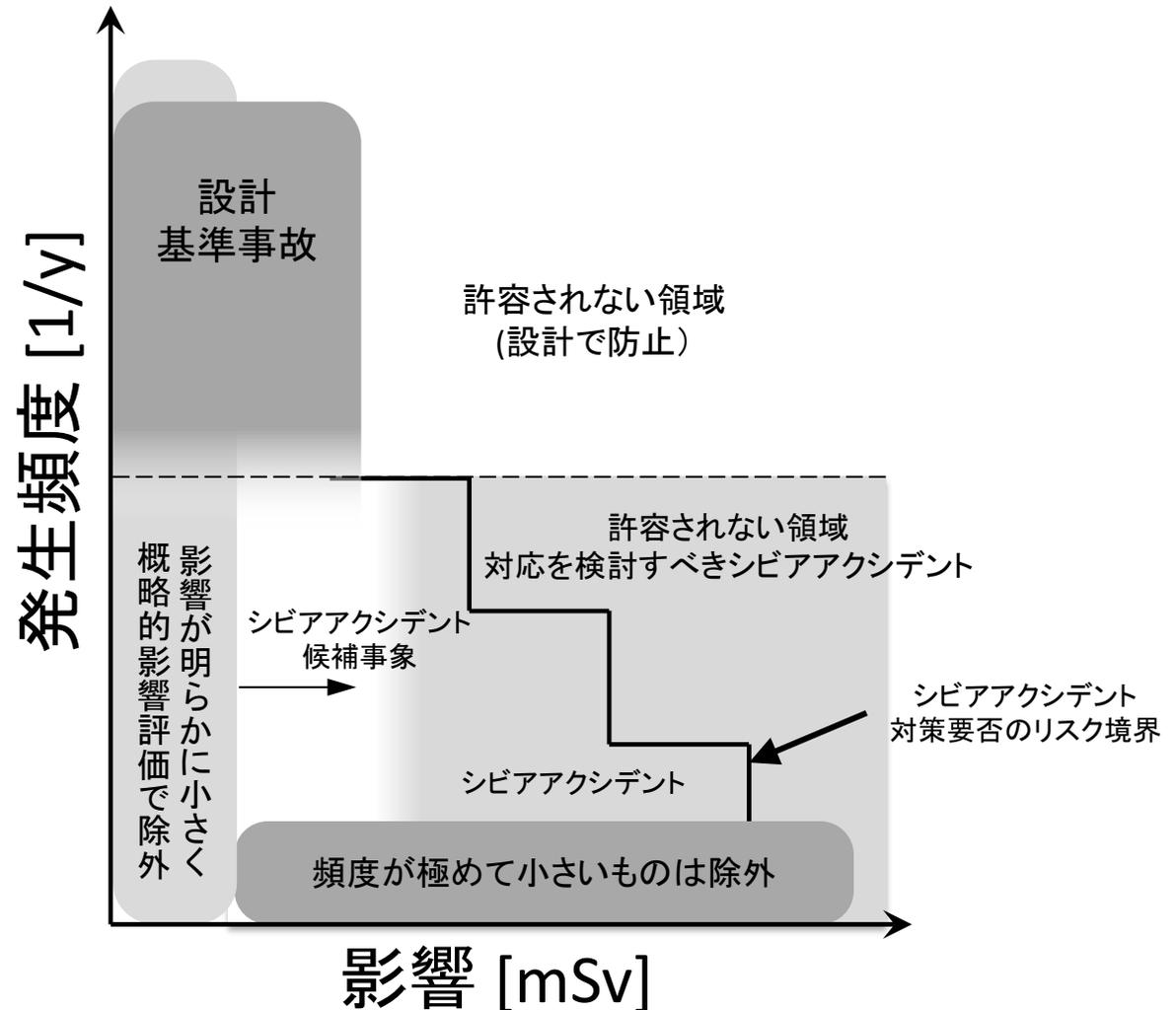
## 「影響区分」(10 CFR 70.61)

- 「従事者」、「公衆」、「環境」の各々について定義。化学的影響についても定義されている(以下は放射線のみ記載)。

影響度	従事者	公衆	環境
影響区分3	1 Sv以上	0.25Sv以上	
影響区分2	1Sv以下 0.25Sv以上	0.25Sv以下 0.05Sv以上	10CFR20 App.B の表2の5000倍
影響区分1	上記以下	上記以下	上記以下

# 対応を検討すべきシビアアクシデント 選定基準の概念

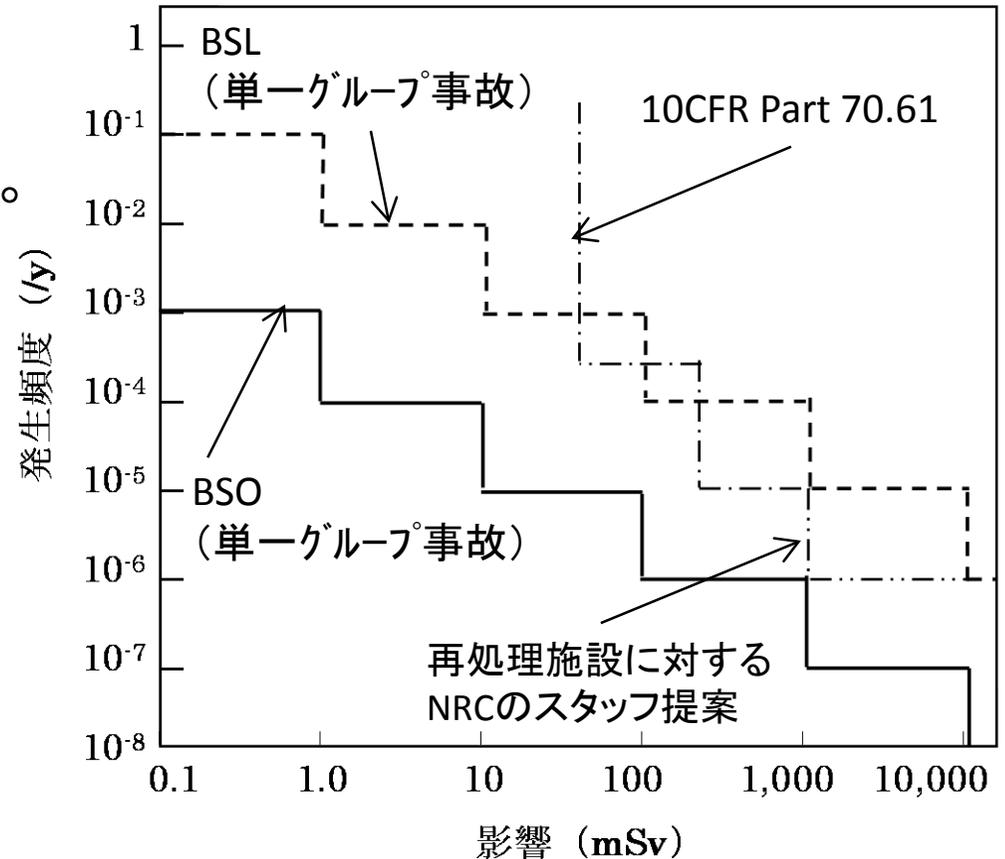
- シビアアクシデントは、“設計基準事故の想定を超える条件で発生し、その判断基準を超えて大きい影響をもたらす事故”であるから、**横の破線の下側のグラデーションを施した淡い灰色の領域**に位置する。
- 選定手順の「**概略的影響評価に基づくスクリーニング**」で、「**影響が小さい事故**」が除外され、「**シビアアクシデント候補事象**」が選別される。
- 「**リスク情報を活用した選定**」の段階で実施するリスク評価の結果から、「**頻度が極めて小さい事故**」は除外される。**それ以外の領域**において、シビアアクシデント対策の要否のリスク境界（階段状の実線）の右側の許容されない領域に位置する事故が、「**対応を検討すべきシビアアクシデント**」として選定される。



# 2次元的な判断基準を導入する意義

## 英, 米のサイクル施設に対する 判断基準の比較

- 公衆の被ばく影響が幅広いスペクトルを有するサイクル施設において、規制機関が科学的合理性の高い安全規制を行う上で非常に有効である。
- 事業者が自主的に継続的安全向上を図る際に、影響の大きい事故へ手厚い対応を行うための目標を合理的に設定できる。
- このような基準は、グレーデッドアプローチ及びリスク情報活用の基本である。



## 被ばく線量以外の基準

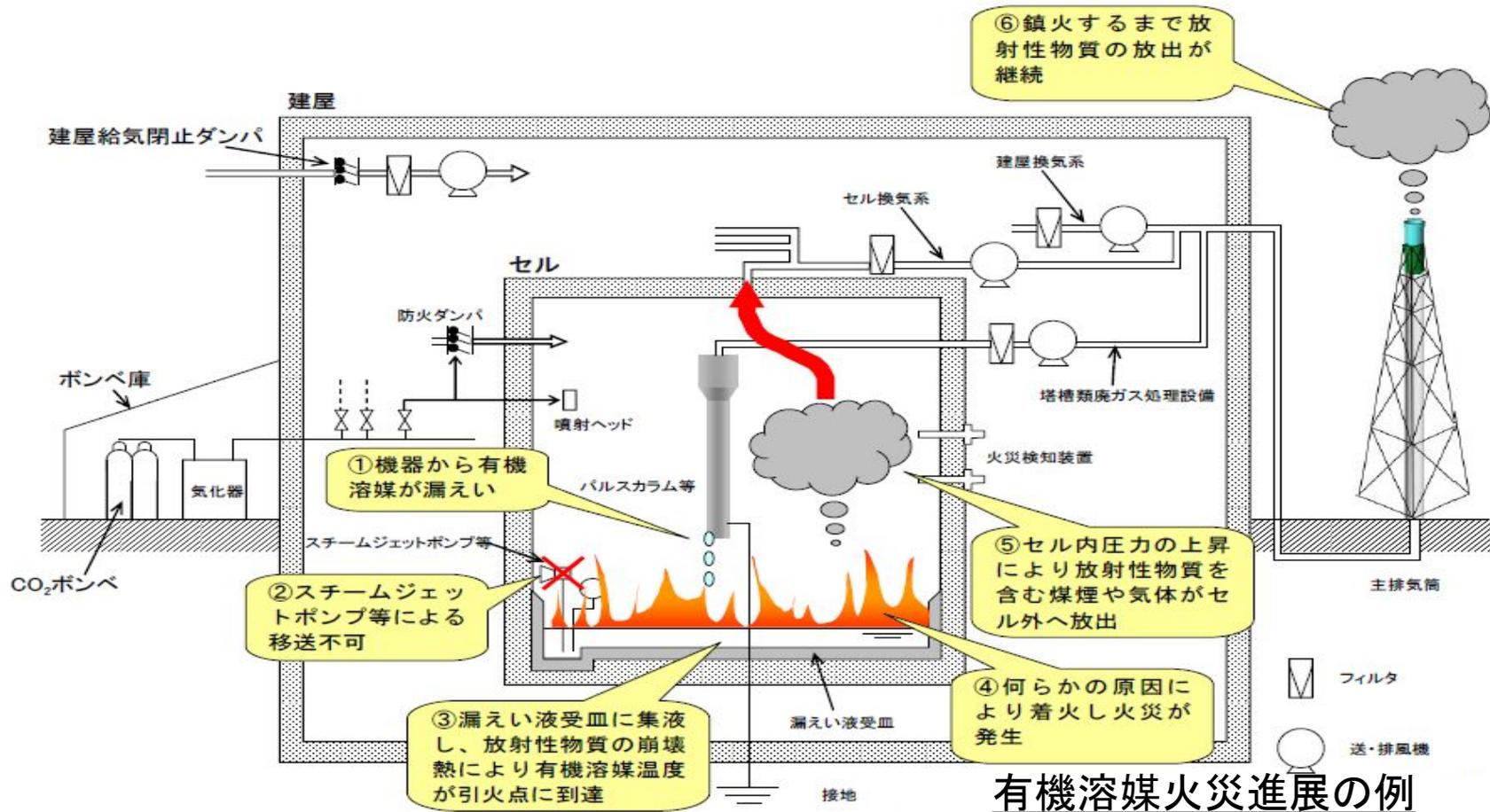
新規基準での重大事故対策の有効性判断の指標の「<sup>137</sup>Cs換算で100 TBq相当を十分下回る」ことは、環境影響の尺度として適切と考えるが、これにより抑制しようとするリスクの種類およびその範囲が理解し易い判断基準として明示されることが望まれる。

# 対応を検討すべきシビアアクシデント選定方法 の具体例への適用

- 具体的な事故評価例をあてはめることで、対応を検討すべきシビアアクシデント評価を実施する上で必要な方法論あるいは基本的考え方を整理
- 検討を行う上で必要でありながら欠けている技術的知見、重要なポイント等についても抽出
- 再処理施設の特性を考慮して有機溶媒火災と臨界事故を例に検討

# ハザード分析

- 放射線／放射性物質の系外への移行による影響を引き起こす危険要因を抜け落ちなく抽出
- 発生が考え難い事象でも考慮したことを明示するため敢えて取上げ記録
- 有機溶媒，臨界量以上の核燃料物質の存在 ⇒ 危険要因と同定



# 有機溶媒火災への適用例

## ○ 概略的影響評価に基づくスクリーニング:

最大の影響を与えるシナリオを仮定し(静的機器の機能喪失も仮定)、影響を概略的に評価

⇒影響緩和機能の喪失を仮定すれば, 平常時線量限度を超えるので候補事象

## ○ SA候補事象のリスク情報を活用した選定に係る検討:

### ➤シナリオの体系的分析

以下の3条件の成立性の検討

- a) 有機溶媒の漏えい(機器及び接続配管の閉じ込め性)
- b) 溶媒の引火点以上への加熱(スチームジェットポンプ蒸気の逆流、温水配管はれつによる加熱水の漏えい等)
- c) 着火源(ケーブル破損、破損ケーブルへの通電)

・これらの条件の成立性を設備情報, 運転管理情報及び外的事象に関する情報に基づき検討し, 事故シナリオを系統的に構築

# 有機溶媒火災への適用例

## ○ SA候補事象のリスク情報を活用した選定に係る検討:

### ➤ 発生の可能性(頻度)の評価

- ・内的事象としての火災発生に関するPRA評価例(旧BNFL, 旧JNES, JNFL, JAEA)

⇒パラメータの根拠、評価に及ぼす影響を明示することが重要

セル内有機溶媒火災イベントツリー評価例(JAEAによる検討例†)

①起回事象 (漏えい)	②引火点以上への加熱		③着火	事故シーケンス (頻度)
	抽出器での過熱	スチーム逆流		
10 <sup>-3</sup> /年	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-3*</sup>	
				OK OK 火災<10 <sup>-9</sup> /年 OK 火災<10 <sup>-9</sup> /年
			(合計)	10 <sup>-9</sup> /年

\*着火源は自然放電とし、ランダムに発生するが1年間の内に100%発現すると仮定する。すなわち、発現頻度は1/8760/hとする。これに漏えい溶媒の引火点以上の継続時間に乗じることにより着火確率10<sup>-3</sup>が得られる。

†: 核燃料施設性能目標調査専門部会, 核燃料施設性能目標策定に係る技術基盤の検討, JAEA-Review 2010-028, 2010年4月

- ・安全側にドデカンの引火点(74°C)が適用  
⇒リスク評価の精度向上の観点から着火の可能性に係る科学的知見が不足(着火確率を定量的に評価するためのデータが重要)
- ・外的事象を起因とする有機溶媒火災: 内的事象で考慮しなかった動的・静的機器機能喪失が要検討  
⇒機器の耐震クラスと関連付け損傷頻度を考慮する必要

# 有機溶媒火災への適用例

## ○ SA候補事象のリスク情報を活用した選定に係る検討:

### ➤ 拡大可能性の評価

- ・ 燃焼溶媒量, 消火操作(防火ダンパ閉止による窒息消火)に依存
- ・ HEPA機能(影響緩和策)の健全性評価が重要
- ・ 地震時のHEPAを含む換気系を構成する静的機器機能喪失(低下)
  - ⇒ 地震の強さと保持される機能の程度の関係の検討が必要
  - ⇒ 複数事象の重畳によるHEPA機能低下の関係の検討が必要
- ・ 影響評価としては五因子法を適用
  - ⇒ 地上放散の経路が考えられる場合等、計算コード等による詳細解析を組み合わせた評価

# 臨界事故への適用例

## ○ 概略的影響評価に基づくスクリーニング:

- ・地震による核燃料物質の配置の変化は想定されないためSA候補から対象外
- ・遮へい(影響緩和策)がなければ放射線により従事者が大きな影響を被る恐れがあるため, SA候補として選定

## ○ SA候補事象のリスク情報を活用した選定に係る検討:

### ➤シナリオの体系的分析

#### a)内的事象

- ・核分裂性物質を含む溶液の濃度制御失敗
- ・誤移送
- ・容器の経年劣化による変形、局所的な核分裂性物質の蓄積

#### b)外部事象

- ・地震による体系の変化(溶液漏えい(回収)、粉末の容器外放出)
- ・津波、内部溢水

# 臨界事故への適用例

## ○ SA候補事象のリスク情報を活用した選定に係る検討:

### ➤発生の可能性(頻度)の評価

#### a)内的事象:

- ・機器等の単一故障/誤操作では発生しないように設計  
⇒多重故障/誤操作を前提(例:誤移送臨界:管理設備から管理グレードの低い移送先機器へ、複数のチェック機能が作動せず移送した結果誘因)
- ・臨界計算により複数の臨界管理パラメータの組合せで臨界となる領域を把握
- ・各々のパラメータの管理失敗により臨界領域に接近するかを分析
- ・分析結果をもとに管理失敗の種類・回数の組合せを考慮しシナリオ構築

b)外的事象:具体的分析を行うためには設備情報が必要なので省略

# 臨界事故への適用例

## ○ SA候補事象のリスク情報を活用した選定に係る検討:

### ➤ 拡大可能性の評価

- ・停止機構(人為的措置, 容器破損, 沸騰蒸発進行による体積減少・減速条件変化)を考慮する必要
- ・低濃度Pu溶液のように正の温度係数となる場合  
⇒適切な停止措置が行われない場合、高出力が継続する可能性
  
- ・影響評価
  - ・サイクル施設での臨界事故例: 22件報告
    - ・JCO臨界事故を除き、施設外への影響は認められない。  
⇒従事者保護の観点が重要
  - ・事故時の放射性物質の施設外への放出による影響
    - ・核分裂数の評価(動特性コードを利用した事故収束までの核分裂数の算出)
    - ・リークパスの想定(地震による建屋の損傷との関係)
    - ・塔槽類換気停止の有効性(短寿命放射性物質の施設内での減衰)検討

# リスク評価及びリスク情報活用に関する課題

## (1)地震等によるシビアアクシデントのシナリオ分析と発生可能性評価に係る課題

地震等を誘因とする外的事象の発生可能性(頻度)評価においては、サイクル施設では適用経験が少なく、内的事象と異なる以下のような課題がある。

- ① 機器等の地震時フラジリティ評価
- ② 事故時の対応方策を考慮できるリスク評価手法及びデータの整備
- ③ 長期の事故管理を想定した場合の評価用データの整備

## (2)シビアアクシデントの影響評価の重要性と課題

リスク情報を用いて、シビアアクシデントの選定、対策の検討及びその妥当性の評価・改善を行う場合には、発生可能性(頻度)だけでなく影響を適切に評価する必要がある。

# 課題(続き)

## (3) リスク評価対象外事象への考慮

シビアアクシデント選定方法は、潜在的影響を有する事故を洩れなく洗い出すための工夫がされているが、それにもかかわらず洩れた事故及び**シナリオの特定や評価が難しいテロ等についても対応する必要がある**。これらを考慮して、柔軟性及び融通性を有する対応を考える必要がある。

## (4) 継続的安全性向上へのリスク情報の活用

リスク情報を活用したシビアアクシデント選定方法は、グレーデッドアプローチの考え方に基づいて、公衆及び環境保護の面で真に重要な対策に優先度を与えるために役立つと考えられるが、これに加えて、安全確保の最適化を図り、科学的合理性の高い安全性向上につなげることができれば一層効果的なものとなる。そのためには、**安全規制や運転管理におけるリスク情報の効果的な活用方法を検討することが重要である**。具体的には、安全機能の重要度分類、耐震重要度分類、シビアアクシデント対策の改善、教育訓練等への活用が考えられる。

## おわりに

原子力分野で用いられてきたリスク分析の手法をレビューし、これを基に“対応を検討すべきシビアアクシデントの選定方法”を提案し、またその選定方法の実行可能性を確認するため、再処理施設を例として事故の発生可能性や影響の評価事例を検討し、それを基に今後の課題をまとめた。

本報告書が、規制機関、事業者及び学术界での核燃料サイクル施設の科学的合理性の高い安全確保策の最適化検討及び更なる安全性向上の契機となることを期待する。