

# 1FにおけるLCO適正化の検討状況について

2021年3月3日

**TEPCO**

---

東京電力ホールディングス株式会社

- 過去の1～4号の運転上の制限の見直しは、曖昧な規定を変更することを中心に実施してきた。また、至近に行った1～3号の運転上の制限の見直しでは、第81回特定原子力施設監視・評価検討会の議論を踏まえ、現在のプラント状況や試験結果より、安全評価の再評価を必要としない適正化を実施した。
- 5・6号機については、設計基準事故に対する安全評価を行い、一部残っていた通常炉と同様の規定の見直しを実施した。

## ■ 1～4号機 曖昧な規定の変更

- 建屋最下階の残水箇所への扱い方に関する変更
- KURIONのCs/Sr同時吸着運転時における「1設備」の定義に関する変更等

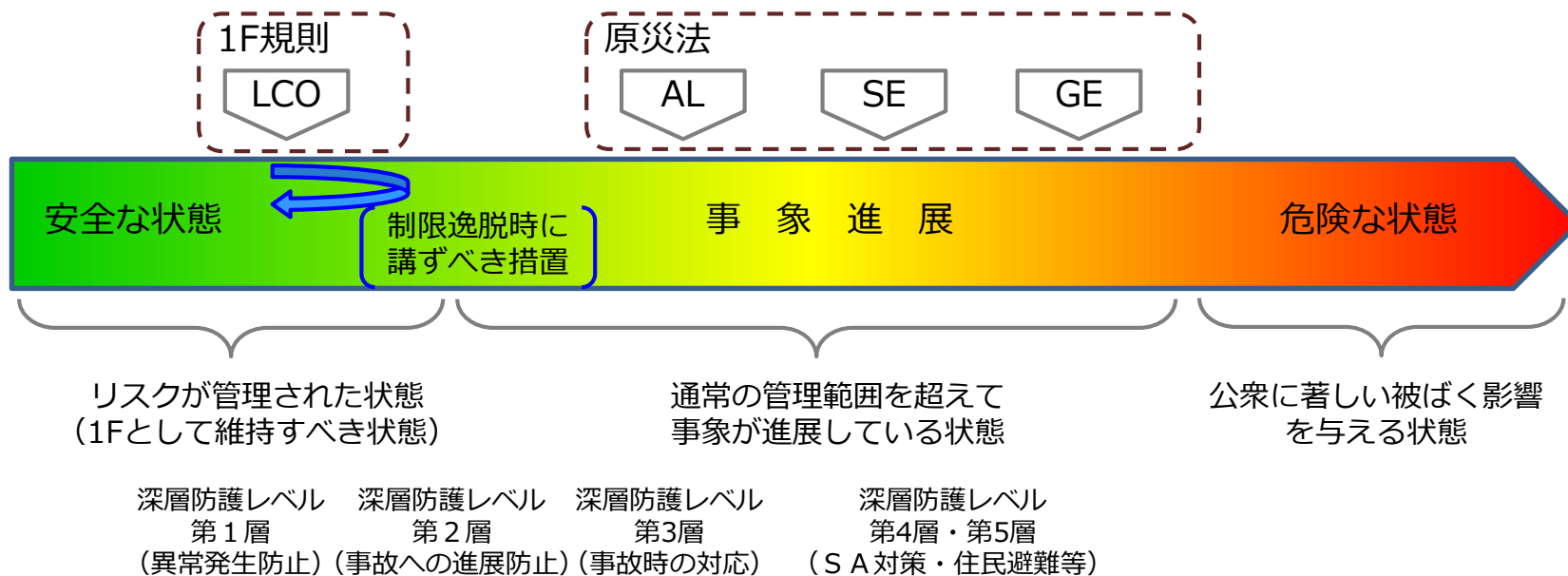
## ■ 1～3号機 至近のプラント状況や試験結果を踏まえた適正化

- 設備の状況や試験結果に基づき、原子炉注水系、非常用水源及び格納容器内の不活性雰囲気維持機能に係る運転上の制限について、現在のプラント状況に合わせることを目的とした見直しを実施

## ■ 5・6号機 照射された燃料作業に関わる機器への要求の除外

- 原子炉に燃料を装荷しないことを実施計画に明記
- 事故後の使用済燃料中放射能の減衰を踏まえた安全評価に基づき、非常用ガス処理系や中央制御室非常用換気空調系等に対する要求を除外するなどの見直しを実施

- 現在の1Fにおいては、存在するリスクの顕在化を防止するため、必要な安全機能を確保するために遵守すべき制限として、運転上の制限（LCO）を設定し、仮に制限を逸脱した場合に講ずべき措置を定めるなど、適切な運転管理を実施している。
- また、各設備の運転管理以外にも、1Fの保安のために講ずべき事項（燃料管理、放射線管理、他）を定めるとともに、より重篤なリスクに備えた緊急時対応を定めている。
- ここで、1F規則第14条における「発電用原子炉施設の運転」とは、原子炉の運転に限らず、実施計画で定める安全確保設備等を運用することが含まれると解釈されるため、原子炉を運転していない現状の1Fにおいても、LCOの設定をはじめとした、適切な運転管理を行う必要がある。



1F廃炉オペレーション<sup>①</sup>における事故シナリオ<sup>②</sup>に対し、公衆被ばく及び放射性物質の放出リスクが許容される状態<sup>③</sup>にあることを示した制限をいう。

LCO逸脱事象が発生した場合には、リスクを低減するための措置<sup>④</sup>を講じることにより、周辺の公衆に対し、著しい放射線被ばくのリスクを与えないよう管理を行う。

## ① 1F廃炉オペレーション

原子力ハザード（燃料デブリ、使用済燃料、汚染水、固体廃棄物）に対する運転・設備管理及びリスク低減のための作業管理

## ② 事故シナリオ

事故のきっかけとなる事象を出発点として、検知設備・異常時対応設備の状態、人的対応の可否等を含む一連の異常時対応の流れをいい、事故の影響度が小さいものを含む

## ③ 公衆被ばく及び放射性物質の放出リスクが許容される状態

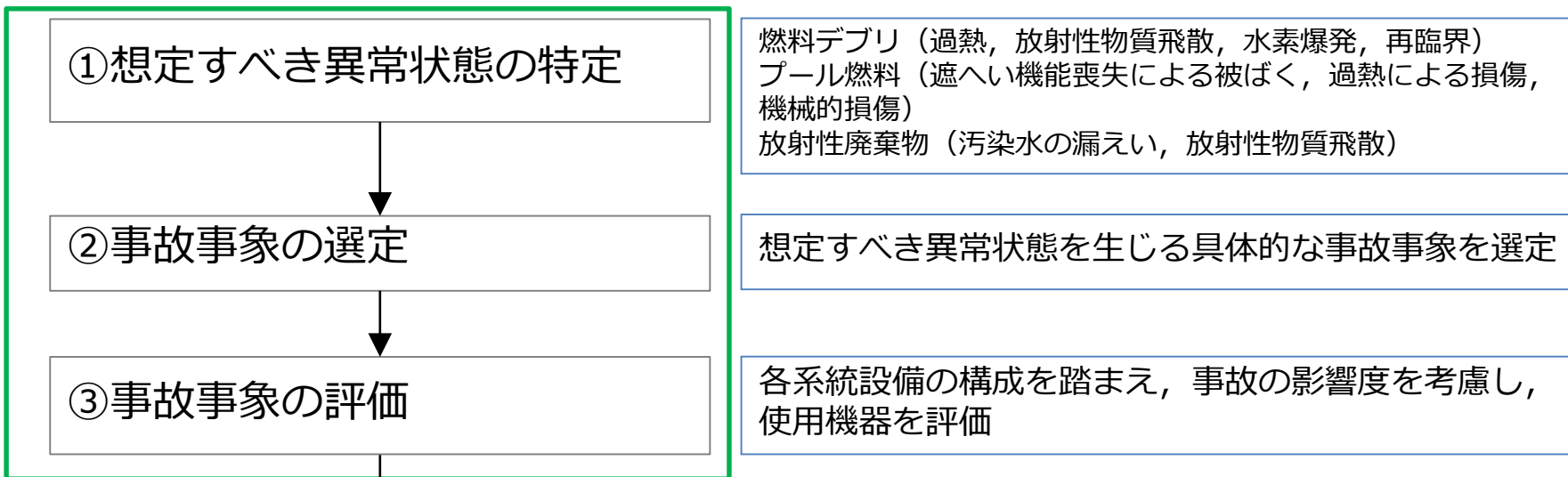
安全評価の結果、公衆被ばく及び放射性物質の放出リスクが十分低減されていると判断された前提条件を満足する状態

## ④ リスクを低減するための措置

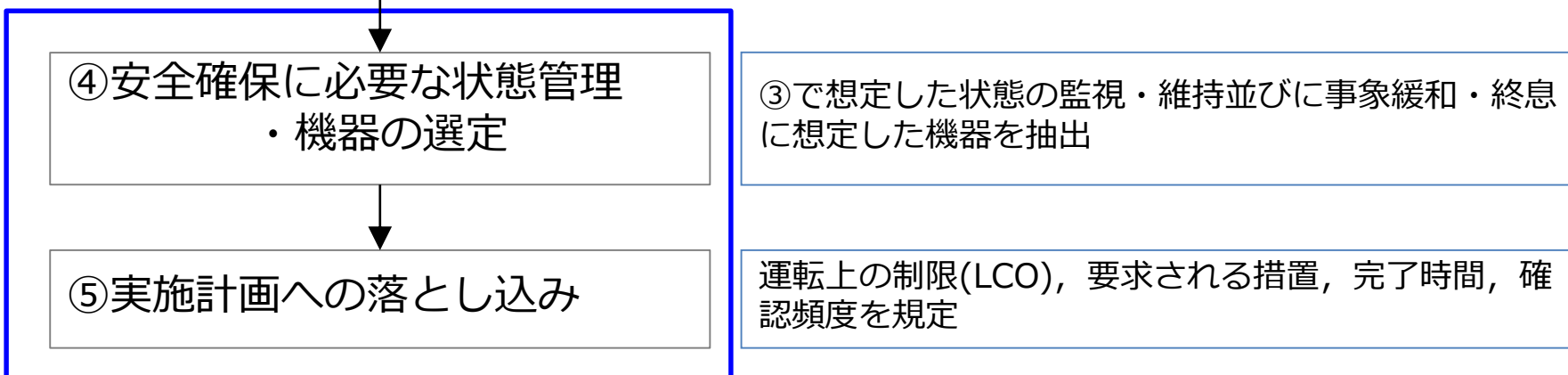
故障機器の復旧、代替措置の実施、作業停止等の異常時手順に基づく対応等

- LCO適正化に当たっては、以下の流れで検討を進める。

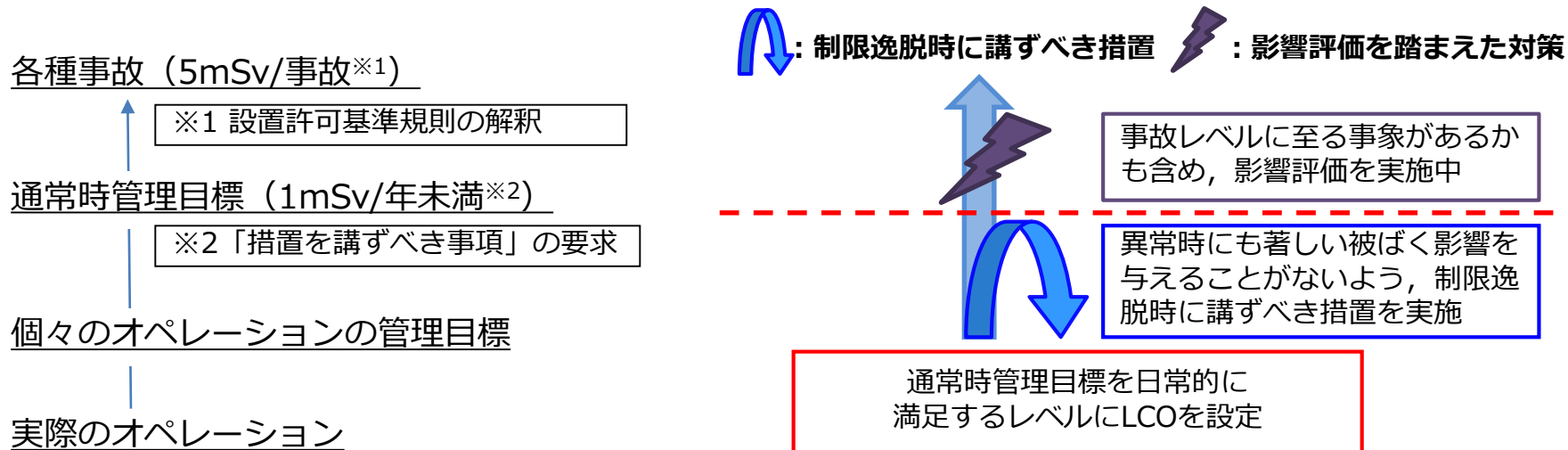
## 安全評価のフロー



## LCOの制定フロー



- LCOとは、事故のリスクを許容されるレベル以下に維持するために、安全設備・管理プロセスに期待する状態を設定するもの
- LCOの設定に当たっては、各系統設備の構成、事故の影響度を考慮する必要があるが、現状は、選定する基準が明確になっておらず整理が必要



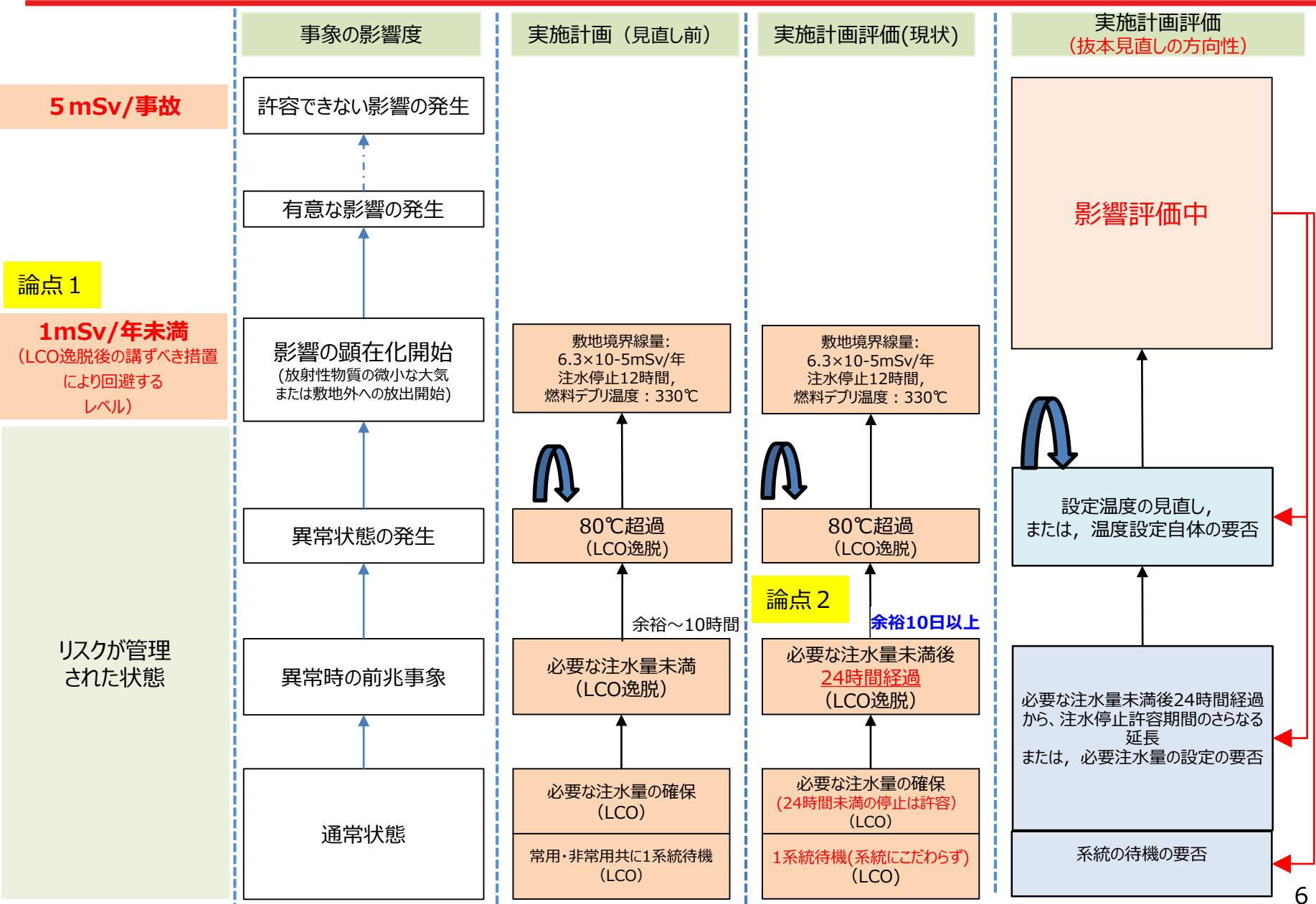
## <論点>

1. LCOに選定する基準をどこに設定すべきか
2. 単一故障を想定し、その故障が安全上支障のない時間内に除去または修復できる場合の扱い
3. 構造健全性を維持するための制限など、「止める」、「冷やす」、「閉じ込める」の各機能に直接関わらないものの扱い

## <論点を踏まえたLCO設定の例>

1. LCO逸脱後も講ずべき措置を実施することにより、影響が通常時管理目標を満足するレベルにLCOを設定
2. 事象の進展に十分な時間余裕があるリスクシナリオには、時間余裕を考慮したLCOを設定（時間内に復旧すればLCO逸脱とはしない）
3. SFP水温管理（コンクリートの構造健全性）のような、事象の進展（公衆被ばく等）のリスクに直接的に関連しない制限はLCOとはせずに、必要に応じた管理を実施（実施計画の他の章等に記載して管理）

# 【議論用資料】 LCO適正化検討（例：第18条 原子炉注水系）



# 安全評価等の検討状況と今後の計画（案） < 1 / 2 >

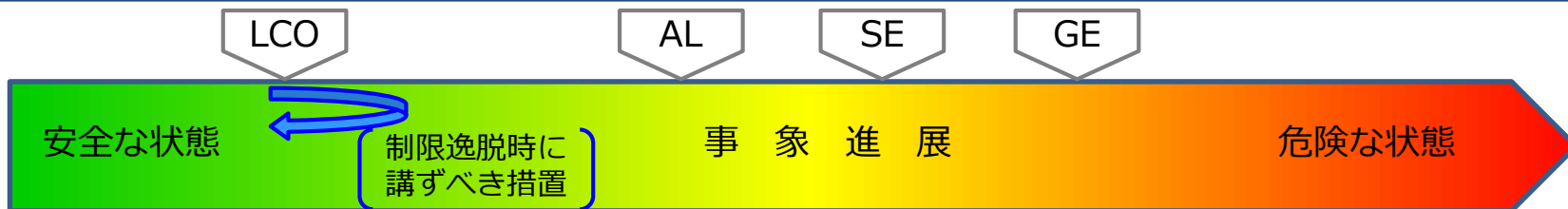
主なリスク		従前の評価	現在の知見	今後の検討	検討予定時期
燃料 デブリ	過熱	<実施計画> 注水停止12時間で約330℃, 敷地境界線量：6.3×10 <sup>-5</sup> mSv/年  <崩壊熱低下考慮> 温度上昇率：約5℃/h, 注水停止1日以内に100℃到達	<注水停止試験の実績> 温度上昇率：最大0.2℃/h ⇒10日以上注水停止でも RPV底部温度は100℃未満 の見込み <b>(実施計画を一部変更済み)</b>	長期間にわたり注水が停止 した場合の温度上昇，線量 影響を評価予定	2021年度 下期
	ダスト飛散	<実施計画> PCV内からのダスト ：100Bq/cm <sup>3</sup> と想定	<サンプリング結果> 想定よりもPCV内ダスト濃度 は低い	燃料デブリの試験的取り出し 開始後の，取り出し規模 拡大に対して，安全評価を 検討予定	-
	水素爆発	<実施計画> RPV内水素濃度2.5%到達 ：3～4日程度	<実測値> 水素濃度は評価よりも低い  S/C内に確認された事故時の 水素滞留は窒素でパーシ済み (1, 2号機)	水の放射線分解による水素 発生量の評価条件の精査を 検討予定	2021年度 上期
	再臨界	<実施計画> 敷地境界線量 ：2.4×10 <sup>-2</sup> mSv/回 (100Bq/cm <sup>3</sup> 相当が24時間継続)	<実測値> これまで再臨界の徴候はない。  燃料デブリの状態が未知であり， 再臨界のリスクを否定で きる知見はない	再評価可否をふくめ今後検 討予定	2021年度 上期



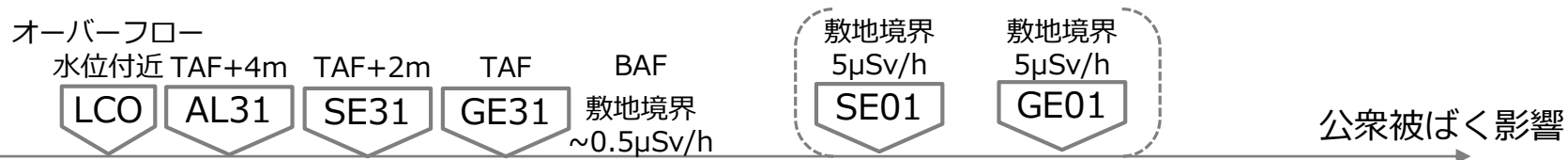
# 安全評価等の検討状況と今後の計画（案） < 2 / 2 >

主なリスク		従前の評価	現在の知見	今後の検討	検討予定時期
使用済み燃料	遮へい機能喪失による被ばく		<BAF到達時の敷地境界線量> 1~6号SFP : 0.5 $\mu$ Sv/h以下 共用プール : 1.4 $\mu$ Sv/h以下	SFP水位低下時の線量影響の再評価を実施中	2020年度下期
	過熱による損傷	特定の厳しい条件を仮定すると損傷の可能性あり (3号機)	<1~3号> BAF到達でも損傷しない  <5/6号, 共用> 特定の厳しい条件を仮定すると損傷の可能性あり	SFP水位低下時の使用済燃料温度の再評価を実施中	2020年度下期中
	機械的損傷	<設置許可> 燃料体落下 : 約 $5.5 \times 10^{-2}$ mSv (5/6号)  <実施計画> ガレキ落下 : 約 $1.5 \times 10^{-1}$ mSv (3号)	<長期冷却考慮> 燃料体落下 : 約 $5.9 \times 10^{-4}$ mSv (5/6号) <b>(実施計画を変更済み)</b>  <廃炉作業の進捗> ガレキ落下 : 1号ガレキ撤去中, 3号完了	各プロジェクトの進捗に合わせて評価を実施	-
放射性廃棄物	漏えい飛散	<液体> 汚染水発生量 約490 m <sup>3</sup> /日 (2015年度)  <気体・固体> 設備毎に敷地境界線量を評価	<液体> 汚染水発生量の低減 ALPS処理等の進捗  <固体> 廃棄物保管状況の適正化  <気体> 1F構内環境改善によるGエリアの拡大	放出管理や線量管理の安全上の考え方について, LCOに選定する基準と合わせて検討予定	-

未臨界監視のLCO条文については、**LCO逸脱 = GE06**と解釈されるため、1Fにおける「運転上の制限」の位置づけに照らし、原子力事業者防災業務計画も含めた再整理が必要。

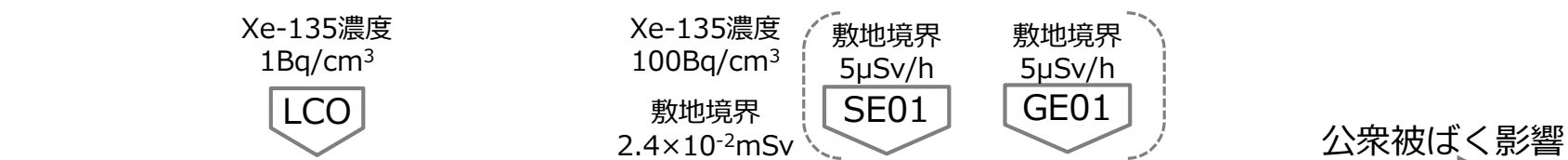


## ■ EAL31「使用済燃料貯蔵槽の冷却機能喪失・放射線放出」の例



直ちに照射済燃料集合体の冷却性が喪失するわけではないが、現場への立入りが困難になるおそれがあるという事象の重大性に鑑みた設定（規制庁解説※より）

## ■ EAL06「施設内（原子炉外）での臨界事故」の例



原子炉の運転等のための施設の内部（原子炉の内部を除く）において、核燃料物質が臨界状態にあること。※

※ 福島第一原子力発電所原子力事業者防災業務計画

## 臨界が継続した場合における評価結果（実施計画）

- 実施計画II章2.4（ホウ酸水注入設備）では、判断基準として定める短半減期希ガス濃度（Xe-135が1Bq/cm<sup>3</sup>）を保守的に考慮し、100倍の100Bq/cm<sup>3</sup>に相当する臨界が1日（24時間）継続した場合の敷地境界における被ばく影響を以下のとおり評価している。

号機	敷地境界の実効線量
1号機	22 μSv (1回あたり)
2,3号機	<b>24 μSv (1回あたり)</b>

- この評価結果から概算されるXe-135の濃度が実施計画で定める判断基準の1Bq/cm<sup>3</sup>に達した場合の敷地境界の追加線量率を以下のとおり評価している。

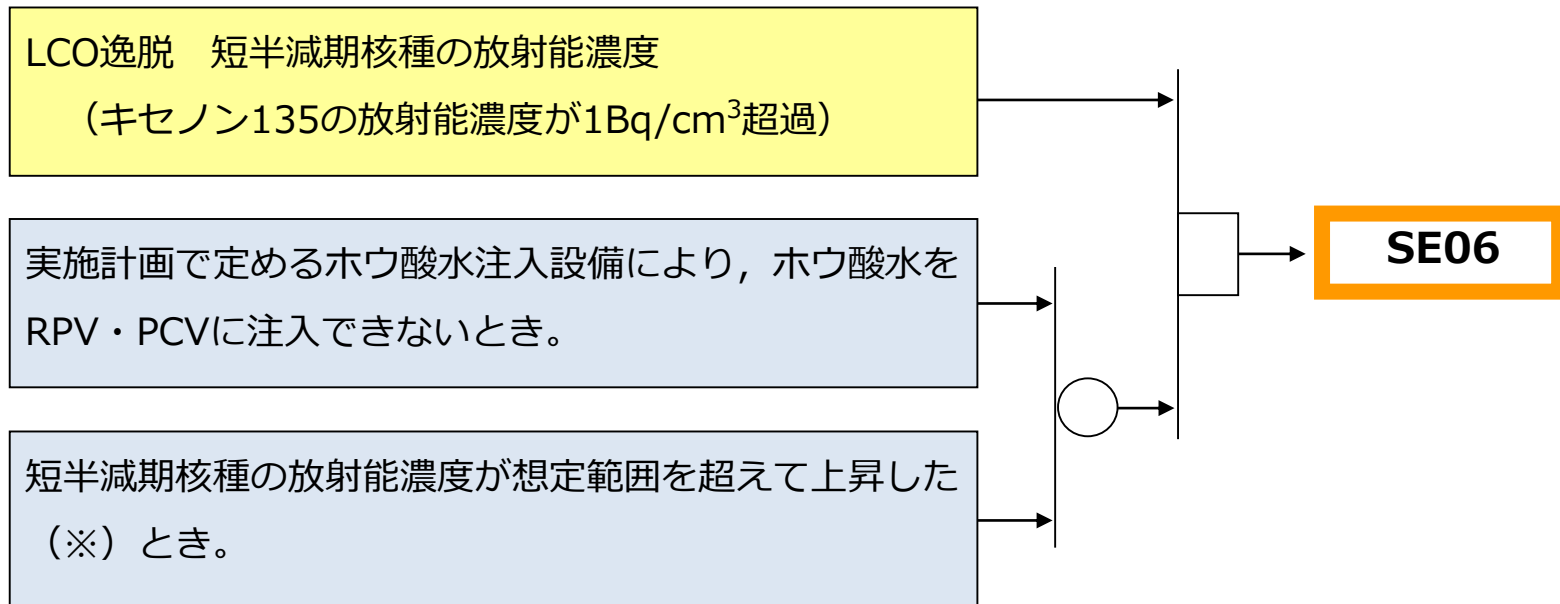
Xe-135濃度	敷地境界の線量率
100 Bq/cm <sup>3</sup>	1 μSv/h
<b>1 Bq/cm<sup>3</sup></b>	<b>0.01 μSv/h</b>

未臨界監視LCO逸脱（1Bq/cm<sup>3</sup>）に達した場合における敷地境界の追加線量率は、モニタリングポストによる未臨界監視基準（バックグラウンド+1μSv/h）と比較して、約1/100の値と評価されている。

## (参考) 防災業務計画 EAL06 事業者解釈の記載内容 (現状)

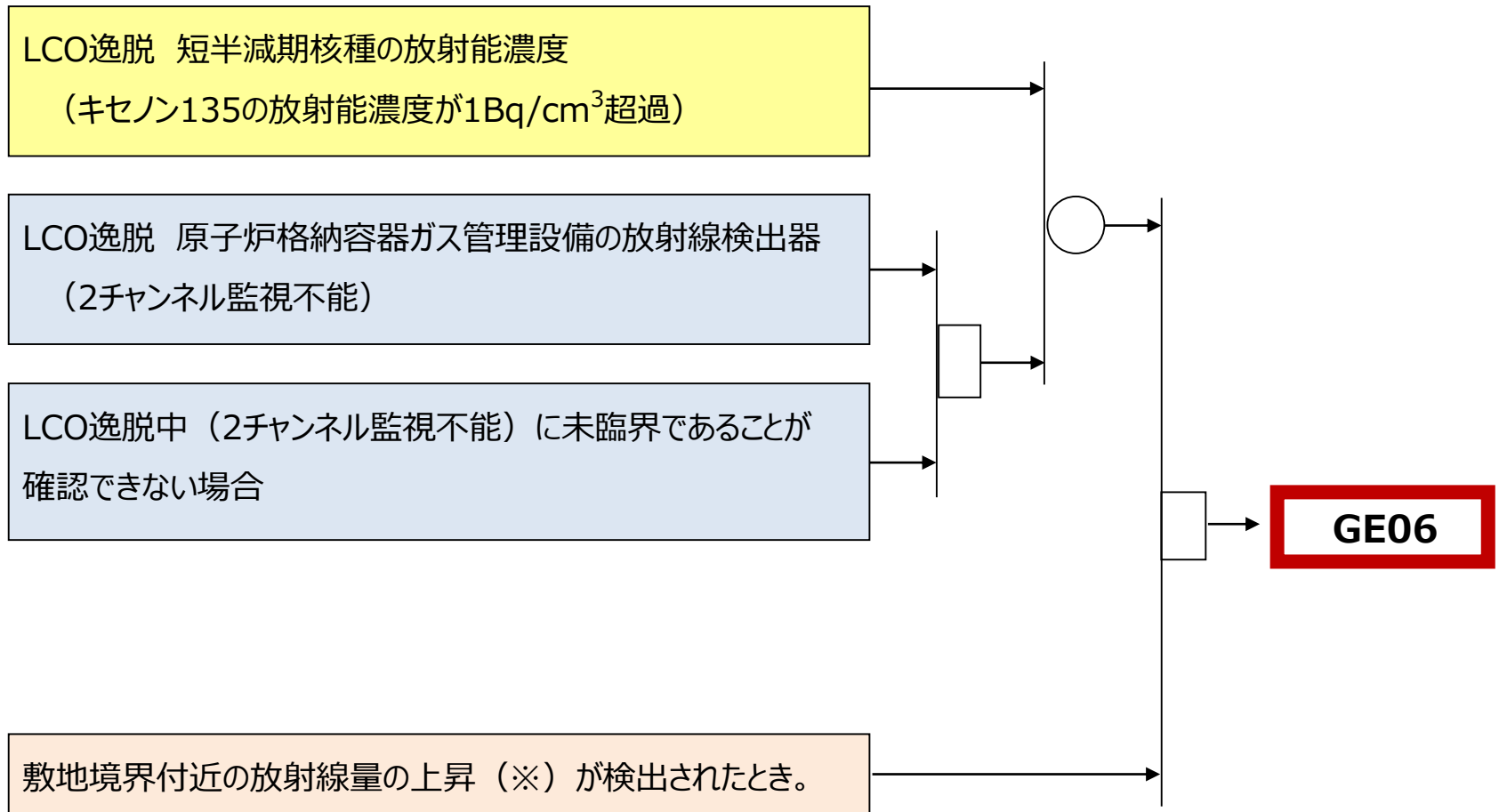
EAL番号	SE06	BWR
EAL略称	施設内(原子炉外)臨界事故の恐れ	
EAL	原子炉の運転等のための施設の内部（原子炉の内部を除く。）において、核燃料物質等の形状による管理，質量による管理その他の方法による管理が損なわれる状態その他の臨界状態の発生の蓋然性が高い状態にあること。	
事業者解釈	原子炉外臨界について、原子力災害対策特別措置法はプラント事象で区分されるが、臨界状態は放射線量の測定によって検出される可能性があるため、蓋然性を含め放射線・放射能放出のEAL区分とする。	
規制庁解説	-	
EAL番号	GE06	BWR
EAL略称	施設内（原子炉外）での臨界事故	
EAL	原子炉の運転等のための施設の内部（原子炉の内部を除く。）において、核燃料物質が臨界状態にあること。	
事業者解釈	原子炉外臨界について、原子力災害対策特別措置法はプラント事象で区分されるが、臨界状態は放射線量の測定によって検出される可能性があるため、蓋然性を含め放射線・放射能放出のEAL区分とする。	
規制庁解説	-	

## &lt;SE06判断シート（案）&gt;



※ 具体的な数値については精査中

<GE06判断シート（案）>



※ 具体的な数値については精査中

# (参考) 1～3号機の主な想定リスクと実施計画記載

## ■ LCOを設定していない機能は、実施計画Ⅲで測定や適切な設備の使用、保管場所の指定等を規定し管理

主なリスク源 (実施計画Ⅰ)	主なリスク	短期的リスク低減に必要な 主な安全機能	関連設備 (実施計画Ⅱ)	LCO (実施計画Ⅲ)	LCO以外の条文 (実施計画Ⅲ)	
燃料デブリ	過熱	<ul style="list-style-type: none"> <li>原子炉注水冷却（残留熱除去）</li> <li>RPV/PCVの温度監視</li> </ul>	2.1 RPV/PCV注水設備 2.9 RPV/PCV内監視計測器	第18条, 第19条	なし	
	放射性物質 の飛散	<ul style="list-style-type: none"> <li>PCVガスのろ過</li> <li>排気ガスのダスト濃度監視</li> </ul>	2.8 PCVガス管理設備 2.15 放射線管理関係設備等	なし	第6章放射性廃棄物管理 第42条 第7章放射線管理 第60条, 第61条	
	水素爆発	<ul style="list-style-type: none"> <li>窒素封入による不活性雰囲気維持 (水素パーセント, 酸素濃度低減)</li> <li>水素濃度, 酸素濃度の監視</li> </ul>	2.2 窒素封入設備 2.8 PCVガス管理設備	第25条	なし	
	再臨界	<ul style="list-style-type: none"> <li>ほう酸水注入準備</li> <li>短半減期希ガスの監視</li> </ul>	2.4 ほう酸水注入設備 2.9 RPV/PCV内監視計測器	第23条, 第24条	なし	
使用済燃料	遮へい喪失	<ul style="list-style-type: none"> <li>プール水位の維持</li> </ul>	2.3 使用済燃料プール設備 2.12 共用プール設備	第20条, 第21条, 第22条	なし	
	熱的損傷	<ul style="list-style-type: none"> <li>プール冷却の維持（残留熱除去）</li> </ul>	2.3 使用済燃料プール設備 2.12 共用プール設備			
	機械的損傷	<ul style="list-style-type: none"> <li>燃料落下, ガレキ落下等の防止</li> </ul>	2.11 燃料取り出し設備	なし	第5章燃料管理 第36条, 第37条	
乾式貯蔵キャスク の燃料	放射性物質 の飛散	<ul style="list-style-type: none"> <li>容器の密封機能, 除熱機能</li> </ul>	2.13 使用済燃料乾式キャスク 仮保管設備	なし	第5章燃料管理 第36条, 第37条	
放射性 廃棄物	液体	汚染水漏洩	<ul style="list-style-type: none"> <li>建屋水位/サブドレン水位の管理</li> <li>汚染水のタンク貯留, 漏えい監視</li> </ul>	2.5 汚染水処理設備等 2.6 滞留水を貯留している建屋 2.16 液体廃棄物処理施設	第26条, 第26条の2, 第27条	第6章放射性廃棄物管理 第40条の2 第41条
	気体	放射性物質 の飛散	<ul style="list-style-type: none"> <li>ダスト濃度監視</li> <li>空間線量率監視</li> </ul>	2.15 放射線管理関係設備等	なし	第6章放射性廃棄物管理 第42条, 第42条の2, 第43条
	固体	放射性物質 の飛散	<ul style="list-style-type: none"> <li>適正な保管管理（汚染拡大防止）</li> <li>遮へい機能維持</li> </ul>	2.10 固体廃棄物等の管理施設 2.17 雑固体廃棄物焼却設備	なし	第6章放射性廃棄物管理 第38条, 第39条, 第40条
各リスク共通		<ul style="list-style-type: none"> <li>各設備に必要な電源の維持</li> <li>監視制御の確保</li> </ul>	2.7 電気系統設備 2.14 監視室・制御室	第28条, 第29条	なし	

# (参考) 5・6号機の主な想定リスクと実施計画記載

## ■ LCOを設定していない機能は、実施計画Ⅲで測定や適切な設備の使用、保管場所の指定等を規定し管理

主なリスク源 (実施計画 I)	主なリスク	短期的リスク低減に必要な 主な安全機能	関連設備 (実施計画 II)	LCO (実施計画 III)	LCO以外の条文 (実施計画 III)
使用済燃料	遮へい喪失	・プール水位の維持	2.24 5・6号機 復水補給水系 2.27 5・6号機 燃料プール冷却浄化系 2.28 5・6号機 燃料取扱系及び燃料貯蔵設備	第55条	なし
	熱的損傷	・プール冷却の維持 (残留熱除去)	2.27 5・6号機 燃料プール冷却浄化系 2.28 5・6号機 燃料取扱系及び燃料貯蔵設備	第55条	なし
	機械的損傷	・燃料落下の防止	2.28 5・6号機 燃料取扱系及び燃料貯蔵設備	なし	第5章燃料管理 第85条, 第86条
乾式貯蔵キャスクの燃料	放射性物質の飛散	・容器の密封機能, 除熱機能	2.13 使用済燃料乾式キャスク仮保管設備	なし	第5章燃料管理 第85条, 第86条
放射性廃棄物	液体	滞留水による重要設備への影響	2.33.2 5・6号機 仮設設備 (滞留水貯留設備)	なし	第6章放射性廃棄物管理 第88条, 第90条
	気体	放射性物質の飛散	2.26 5・6号機 原子炉建屋常用換気系 2.34 5・6号機 計測制御設備	なし	第6章放射性廃棄物管理 第89条, 第90条
	固体	放射性物質の飛散	2.10 固体廃棄物等の管理施設 2.17 雑固体廃棄物焼却設備	なし	第6章放射性廃棄物管理 第87条, 第87条の2, 第87条の3
各リスク共通		・各設備に必要な電源の維持 ・監視制御の確保	2.32 5・6号機 電源系統設備 2.34 5・6号機 計測制御設備	第59条, 第61条, 第62条, 第64条, 第66条	なし