

強度基準検討分科会

2022年3月18日
廃炉検討委員会
強度基準検討分科会
主査 鈴木 俊一(東京大学)

1. はじめに
2. 強度評価の在り方に関する基本的な考え方
3. 強度評価の在り方に関する検討結果
4. 1Fを例にしたケーススタディー
5. 今後の予定

はじめに

- 強度基準検討分科会では、**福島第一原子力発電所（1F）における強度評価の在り方について議論**している。

➤ 1F事故前から設置されている設備（既存設備）

- 知見から劣化状況や評価モデル等を推定し、強度評価を実施
→ アクセス困難なため、**設備状態が十分には把握されていない**
 - 設備の使用条件、要求機能は事故前後で大きく異なる
→ **事故炉の条件を考慮した強度評価が必要**
- 
- 通常炉とは異なる不確かさの大きさや要求機能を考慮した強度評価が必要である。
→ **強度評価の在り方の体系化（フロー）を検討**

- 本日は、**検討状況を報告**する。

1. はじめに
2. 強度評価の在り方に関する基本的な考え方
3. 強度評価の在り方に関する検討結果
4. 1Fを例にしたケーススタディー
5. 今後の予定

基本的な考え方

- ①～④の考えをベースに、1F強度評価の在り方の体系化（フロー）を検討した。

① 事故炉においても、原子力安全（環境と人を放射線の有害な影響から防止）が求められることは変わらない。

→各設備が損壊した場合に原子力安全に影響するのか評価が必要

② 原子力安全を達成するためには、各設備に求められる要求機能が確保されているのか、確認が必要である。

→1F設備が持つ要求機能の整理が必要

→要求機能が確保できている／いないと判断する考え方の検討が必要

③ 地震等により要求機能が確保できない可能性がある想定される場合には、その対策が必要である。

→耐震強化等の発生防止対策が可能ならば、その対策が有効

→発生防止対策が困難な箇所への対応の検討が必要

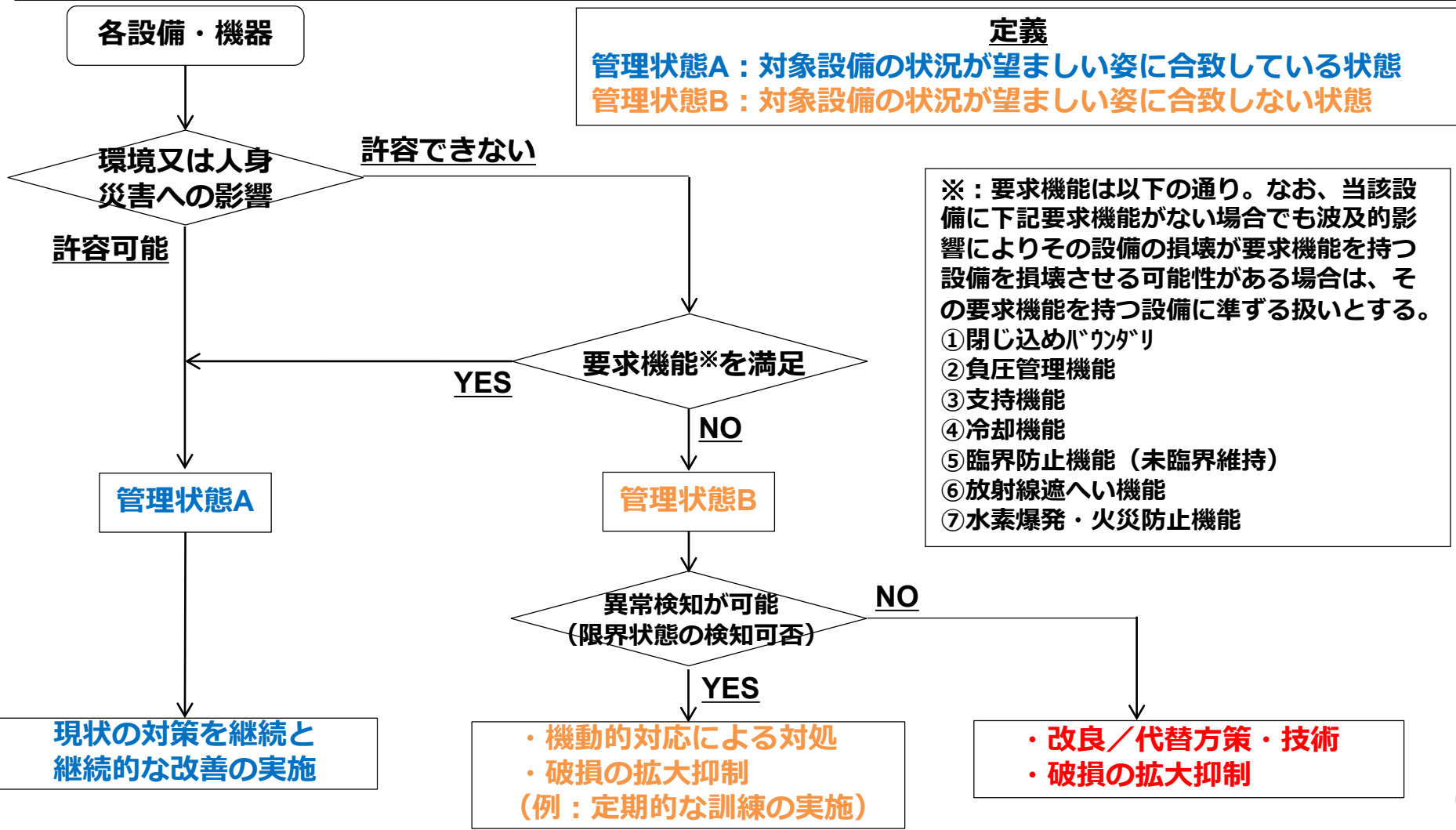
④ 1Fの設備状態は、廃炉作業の進捗とともに変化する。

→継続的（荷重の変化等）に評価し、対策を見直すことが、安全性向上には必須

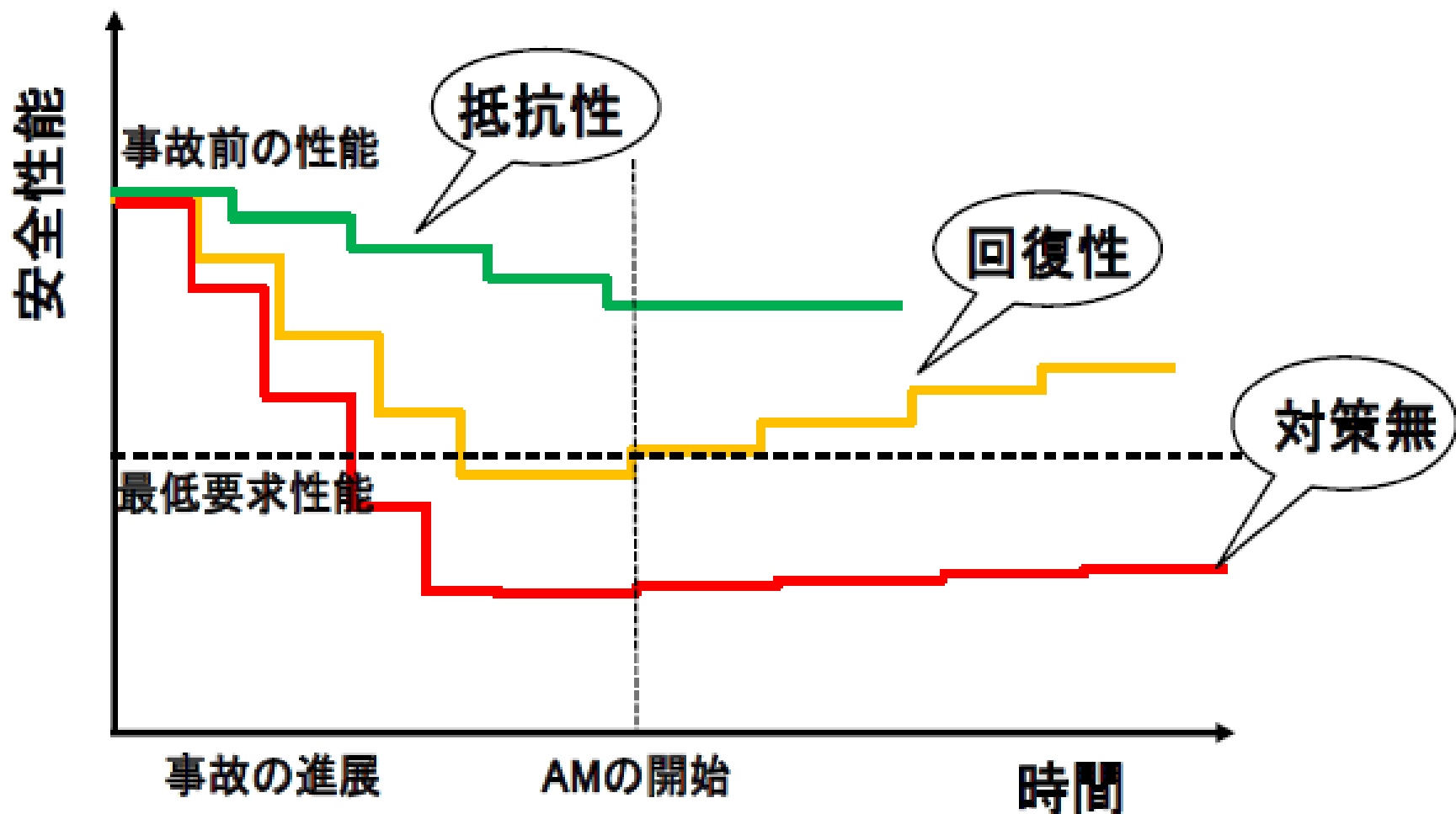
1. はじめに
2. 強度評価の在り方に関する基本的な考え方
3. 強度評価の在り方に関する検討結果
4. 1Fを例にしたケーススタディー
5. 今後の予定

管理状態評価全体フロー

- **設備・機器の管理状態を評価し、その状態に応じた対策を要求**する。
- 設備状態の変化（PCV水抜き等）や廃炉作業の進捗に伴って検査・補修等が可能になる等、状態が変化した場合には再評価する。
→ **一旦評価すると終わりではなく、状況変化に応じて再評価**する。



破損の拡大抑制による安全性レジリエンス向上

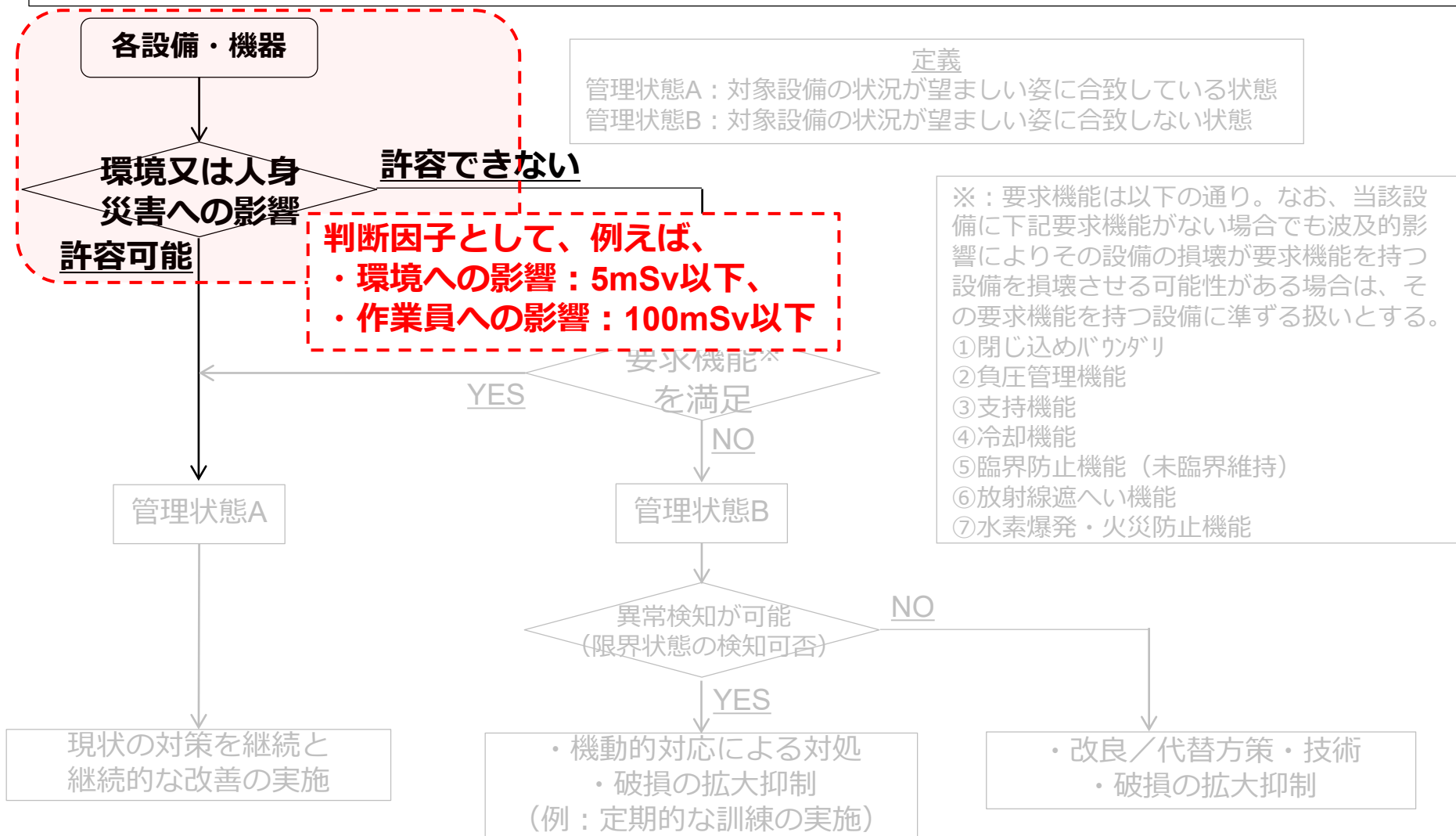


破損拡大抑制による安全性レジリエンス向上

Ref. 笠原他「原子炉構造レジリエンスを向上させる破損の拡大抑制技術の開発 (1)開発計画」日本原子力学会2021年春の大会

判断「環境又は人身災害への影響」について

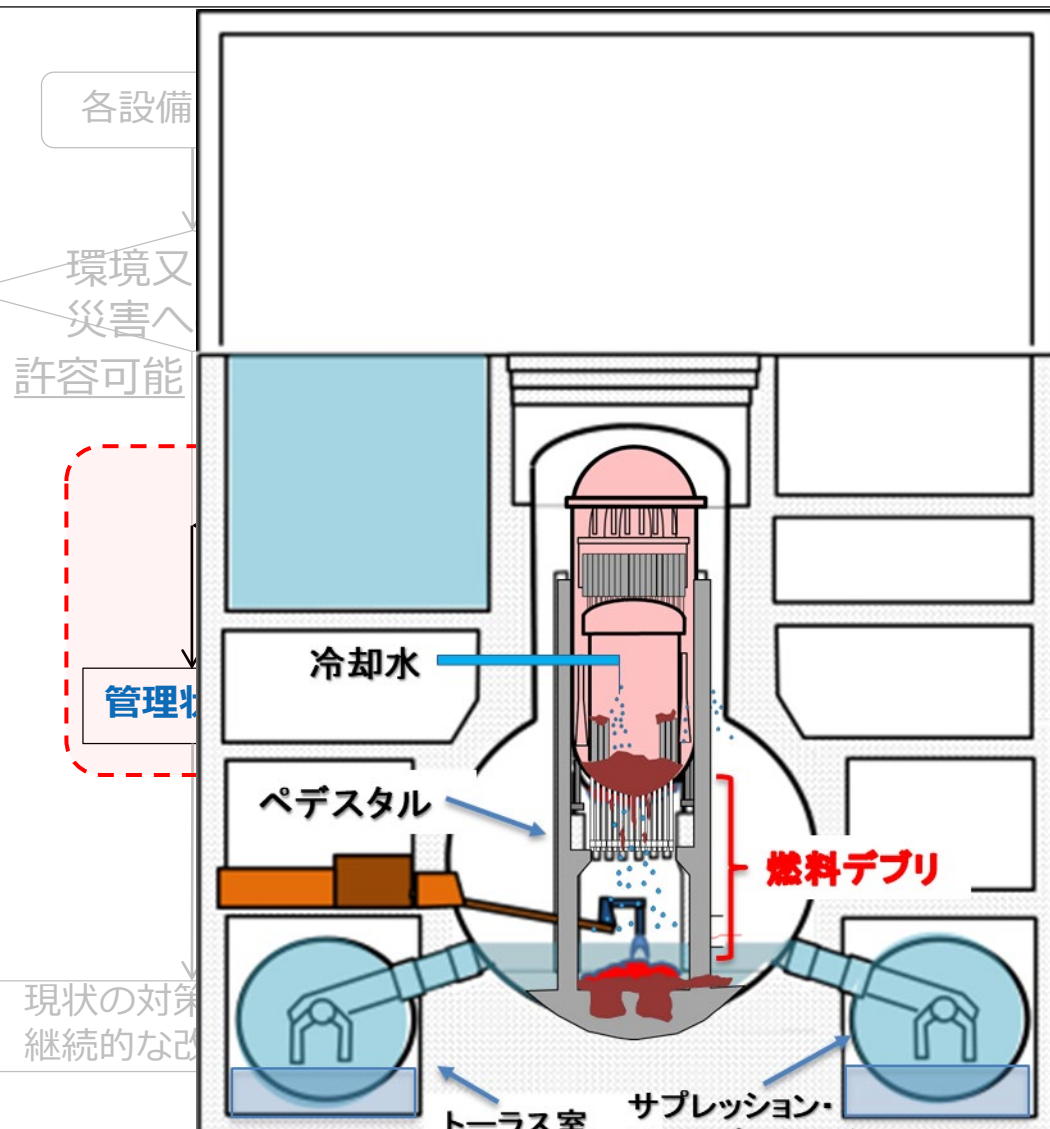
- 初めに、評価のインプットとして、検査可能範囲等の設備状態を整理する。
- 本判断では、**対象設備損傷による原子力安全への影響有無を判断**する。
 - **様々な判断因子（被ばく量、インベントリ量、多重性・多様性、Form Factor等）**があり、今後具体化が必要である。



判断「要求機能を満足」について

■ 本判断では、**各設備に求められる要求機能を確保できているかを確認。**

- 次スライドのフローを用い、要求機能を満足しているかを判断。
- 要求機能は、廃炉リスク評価分科会報告書を参考に7機能を記載。



定義

状況が望ましい姿に合致している状態
状況が望ましい姿に合致しない状態

※：要求機能は以下の通り。なお、当該設備に下記要求機能がない場合でも波及的影響によりその設備の損壊が要求機能を持つ設備を損壊させる可能性がある場合は、その要求機能を持つ設備に準ずる扱いとする。

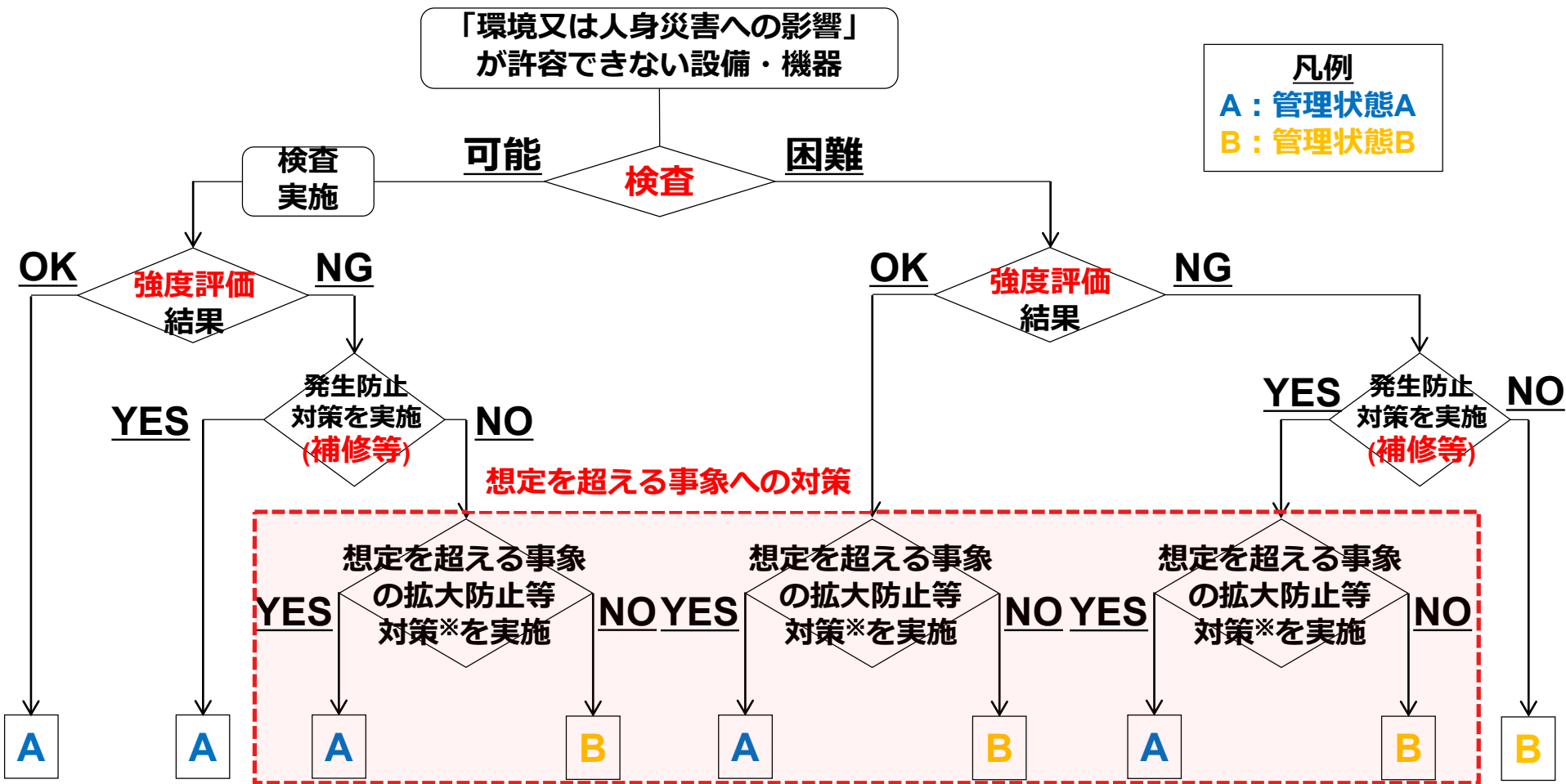
- ① 閉じ込めバウダリ
- ② 負圧管理機能
- ③ 支持機能
- ④ 冷却機能
- ⑤ 臨界防止機能（未臨界維持）
- ⑥ 放射線遮へい機能
- ⑦ 水素爆発・火災防止機能

NO

1Fの全設備に対して網羅的に要求機能を抽出した結果ではないことに注意

要求機能を満足するかの判断（管理状態AとBの判断）

- 「保全の3本柱である検査・評価・是正（補修等）」と「想定を超える事象への対策（深層防護第4層相当）」の4点で判断する。



※ 異常検知・拡大防止・制御・影響緩和対策

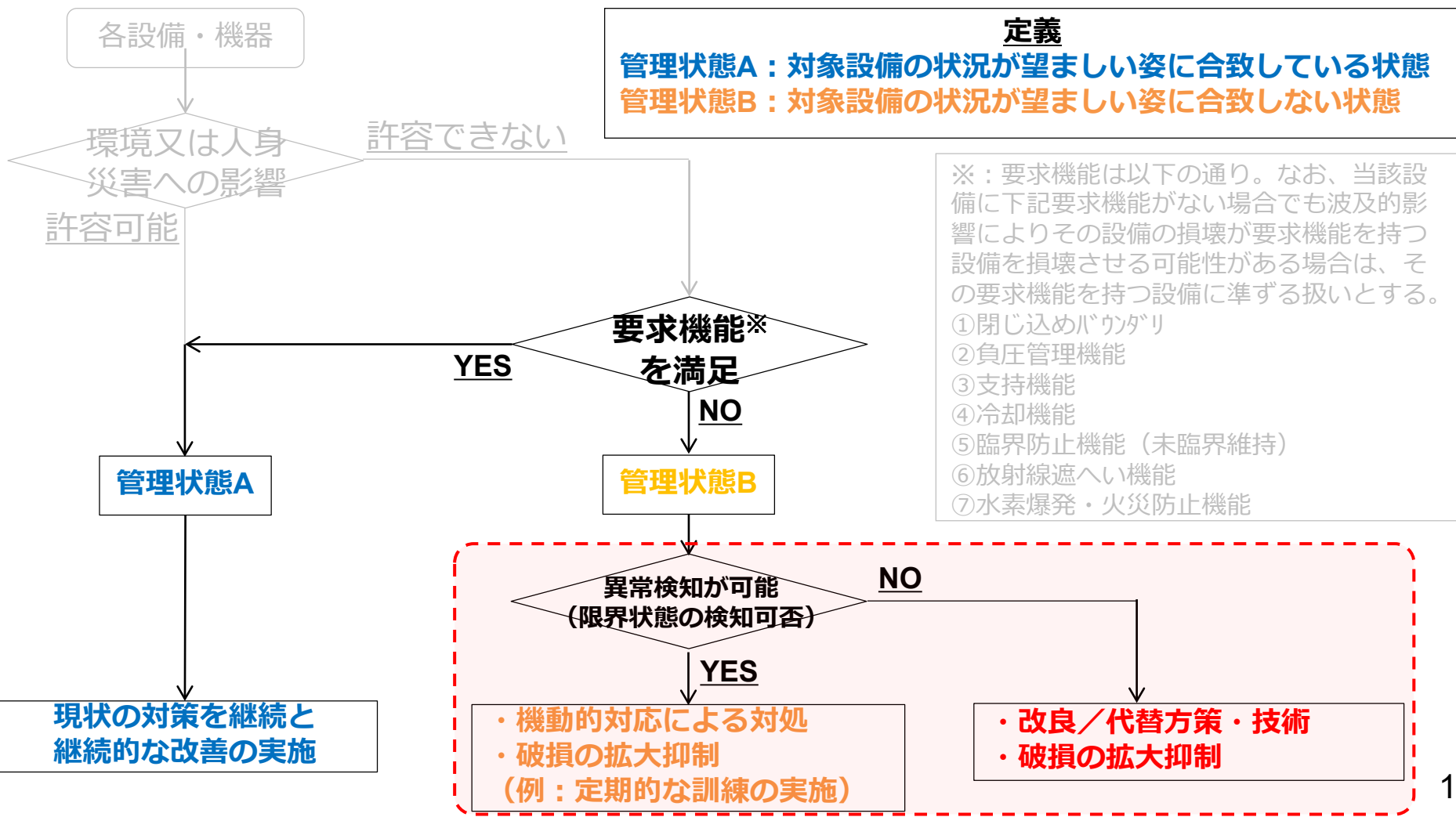
判断「異常検知が可能」について

■ フロー評価時点で異常検知が可能な場合

- 検知後の対応として、**機動的対応等を要求**

■ フロー評価時点で異常検知が困難な場合

- 様々な技術等を活用した**改良/代替方策等を要求**



対策の優先度

- 管理状態Bと判断された場合、機動的対応等の対策検討を要求。
→複数箇所に対策検討が必要な場合、**優先度を決めて対策を実施していくことが重要。**

- 優先度は、**頻度と影響の両面から評価**する。

◆ 頻度の評価尺度

- CDFのような頻度で示すことは（短期的な観点では）困難。
- **短期的には、強度評価結果（裕度）を尺度**とする。
 - ・ 例：大は裕度0.5未満、中は裕度0.5～0.9、小は裕度0.9より大きい

◆ 影響の評価尺度

- **部位毎の損傷影響を尺度**とする。
 - ・ 例：想定されるダストの漏えい量で大中小を決定
 - ・ 短期的には、**大中小は相対評価により決定。**

評価イメージ

影響 頻度	大 (3点)	中 (2点)	小 (1点)
大 (3点)	・ 部位A		・ 部位B
中 (2点)		・ 部位C	
小 (1点)			・ 部位D

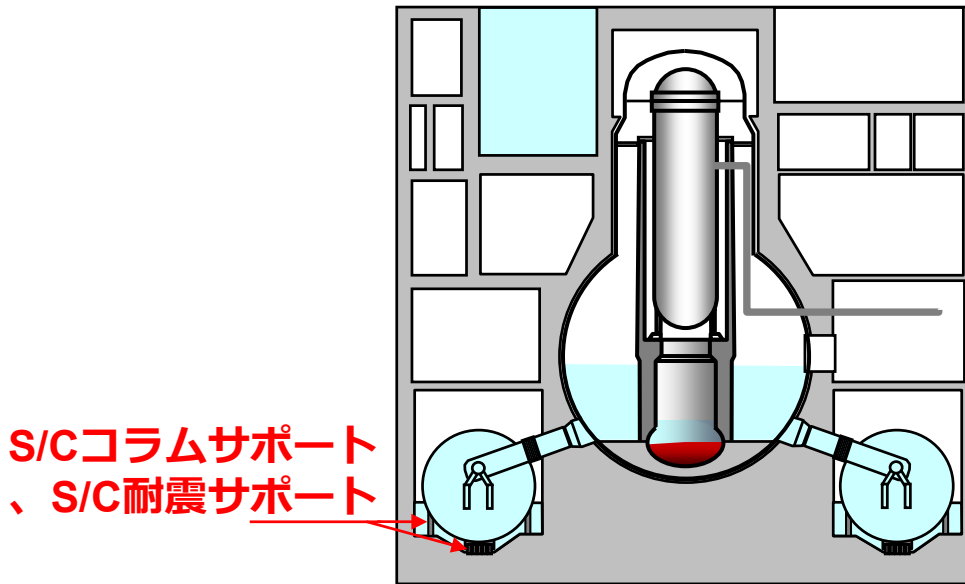
- 優先度は、対策の内容や廃炉作業の進捗に伴い、変化する。

1. はじめに
2. 強度評価の在り方に関する基本的な考え方
3. 強度評価の在り方に関する検討結果
4. 1Fを例にしたケーススタディー
5. 今後の予定

ケーススタディの実施内容

■ ケーススタディ箇所

- 3号機のサプレッションチェンバー（S/C）コラムサポート、耐震サポート



原子炉建屋の概略断面図

■ 実施内容

（１）管理状態の評価

- 検討したフローを用い、**管理状態を評価**。

（２）優先度の評価

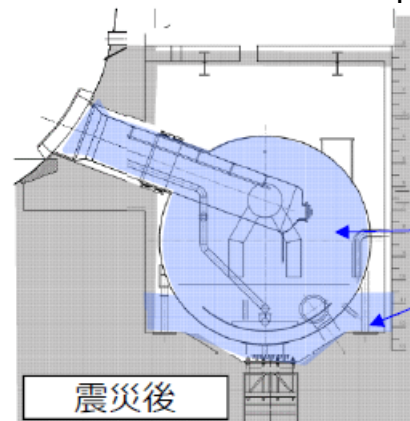
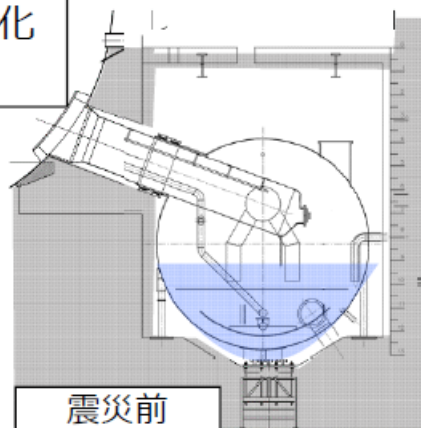
- **現状の優先度**を評価。
- **破損シーケンス**を検討。
- シーケンスの各段階で考えられる**検知・対策による優先度の変化を評価**。

3号機S/Cの状況

- 東日本大震災後、**満水状態**になっている。
- **震災後の機器の劣化を考慮した耐震性評価**が実施されている※。
- 震災後20年(2031年まで)の劣化を考慮し、耐震評価を実施した結果、**最も厳しい部位においても、求められる機能が維持される**ことが確認されている。
- 現在、長期的なリスク低減の観点から、震災後20年までに実施可能な耐震性向上として、**PCV(S/C)水位低下に向けた作業が実施**されている。

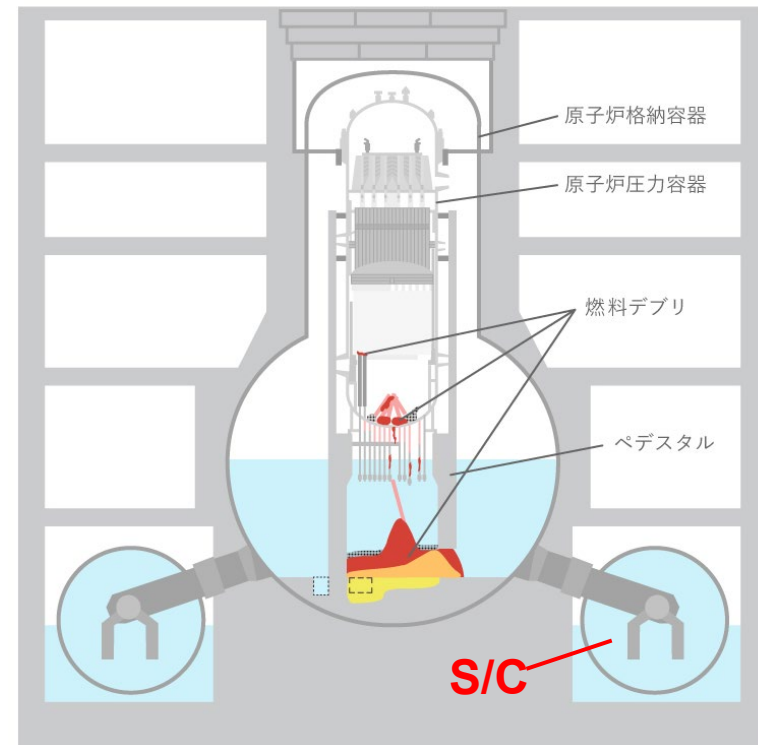
※第75回特定原子力施設監視・評価検討会 資料1-1

S/C内部の状態変化
(震災前/後)



S/C : 満水を想定
建屋滞留水

➡ S/Cシェル、サポート部等の劣化を考慮



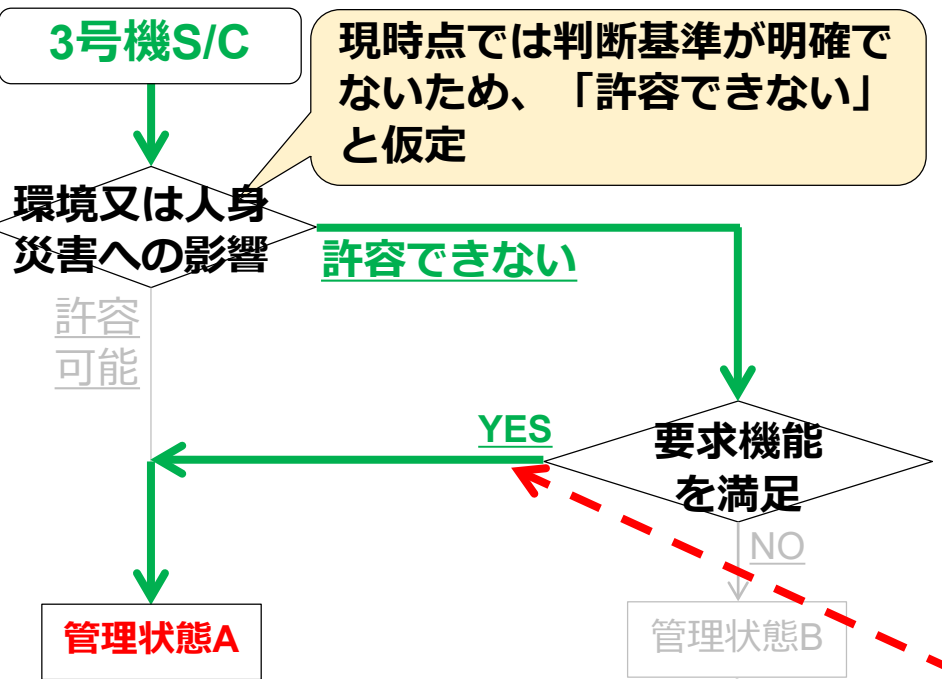
3号機の状況 (推定)

Ref. 東京電力HDのHP (一部加筆)

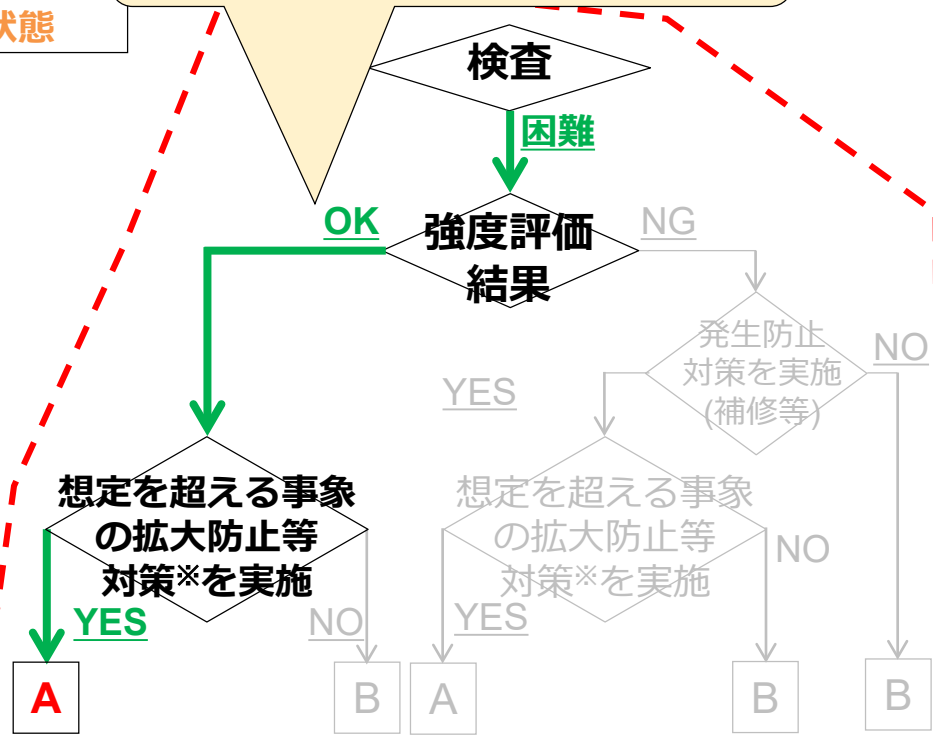
管理状態の評価

S/Cの要求機能：閉じ込めバウンダリ

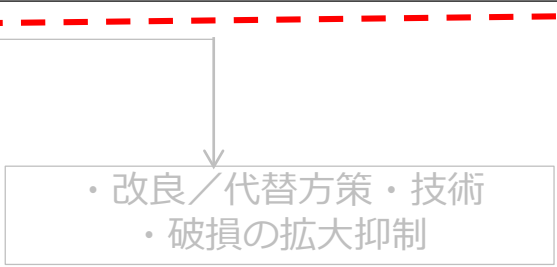
定義
管理状態A：対象設備の状況が望ましい姿に合致している状態
管理状態B：対象設備の状況が望ましい姿に合致しない状態



第78回特定原子力施設監視・評価検討会資料5-2よりOKと判断



※ 異常検知・拡大防止・制御・影響緩和対策



管理状態の評価（続き）

S/Cの要求機能：閉じ込めバウンダリ

定義

管理状態A：対象設備の状況が望ましい姿に合致している状態

管理状態B：対象設備の状況が望ましい姿に合致しない状態

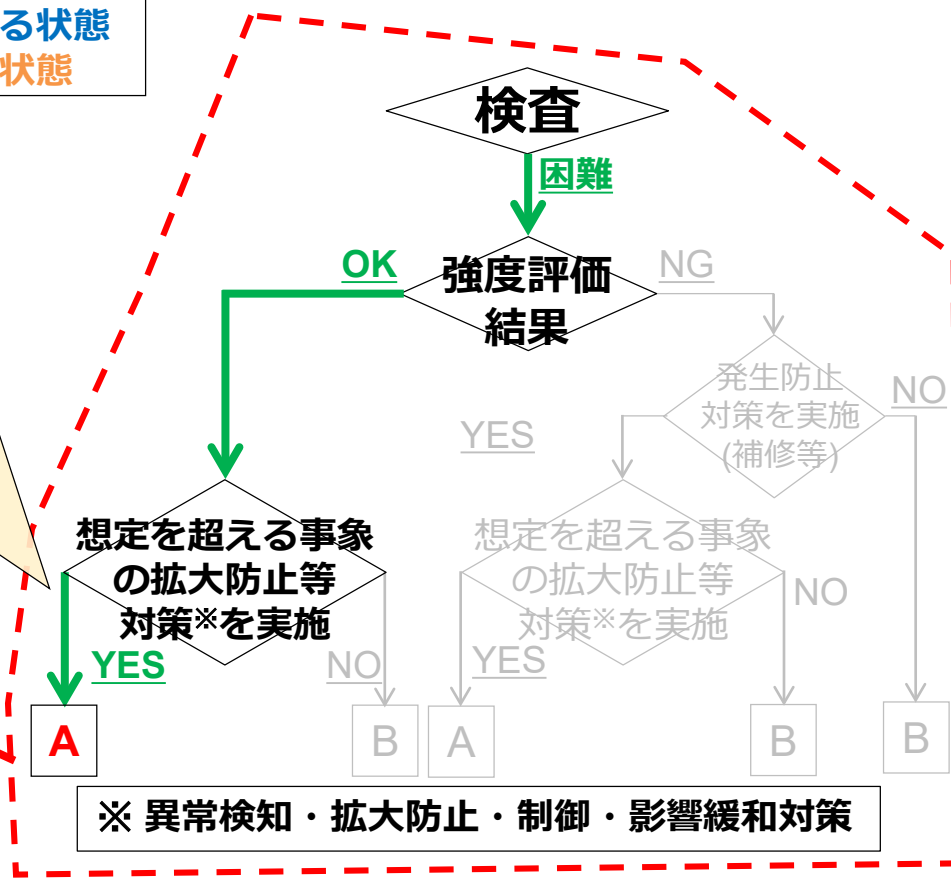
3号機S/C

- ・ **S/Cが損傷した場合の想定事象**
✓ 「トーラス室水位上昇」
→ 「地下水位との逆転」
- ・ S/C接続配管破断を仮定した場合、
トーラス室（建屋）水位とサブドレン水位の逆転に3週間
→ 3週間以内にサブドレン水位上昇と建屋水位低下の対応により
水位逆転防止可能と想定
- ・ 常設の他に仮設移送設備を準備
⇒ 上記対策を**YESと判断し、管理状態Aと判定**

現状の対策を継続と継続的な改善の実施

・ 機動的対応による対処
・ 破損の拡大抑制
(例：定期的な訓練の実施)

・ 改良／代替方策・技術
・ 破損の拡大抑制



※ 異常検知・拡大防止・制御・影響緩和対策

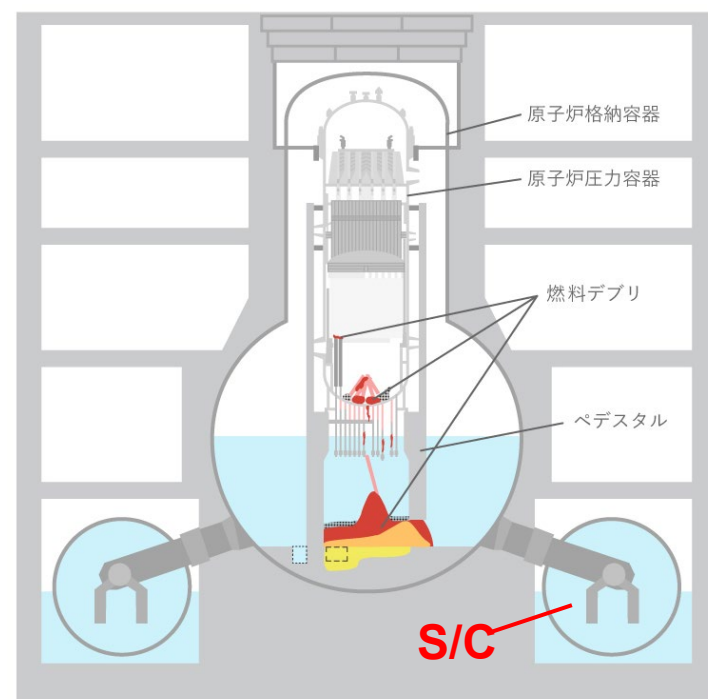
管理状態の評価 | 継続的な改善の例

■ 破損の拡大抑制技術 (例)

- ①砂利をいれる (レジリエンス対応：
 - a.緊急対応的に破損影響緩和、対応時間の延長
 - b.破壊制御、荷重点再配分)

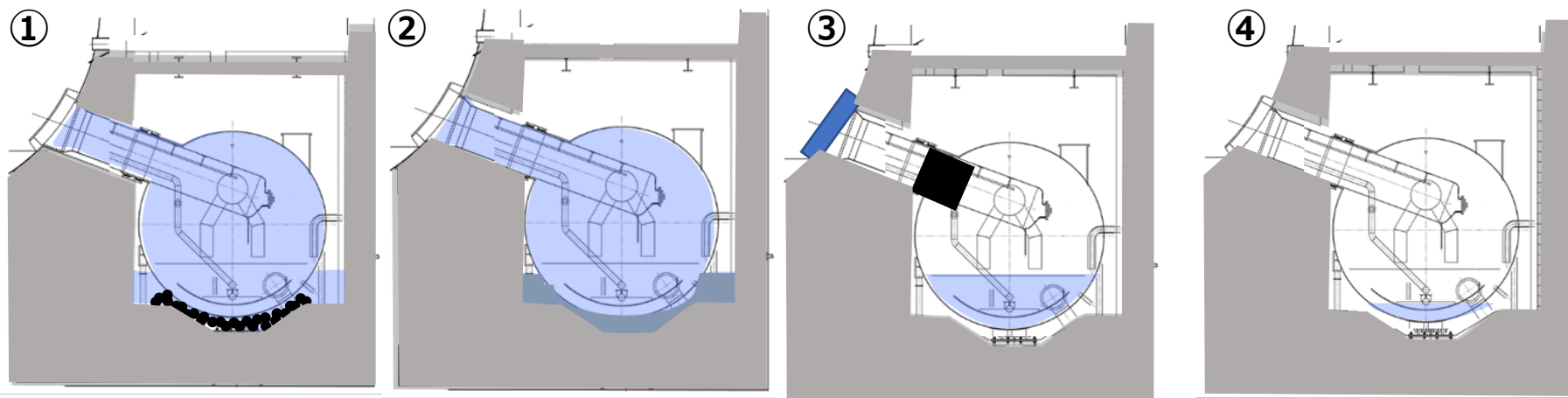
■ 改良・代替方策/技術 (例)

- ②S/C底部グラウト打ち
- ③ベント管/ジェットデフ止水
- ④S/C水抜き



3号機の状況 (推定)

Ref. 東京電力HDのHP (一部加筆)

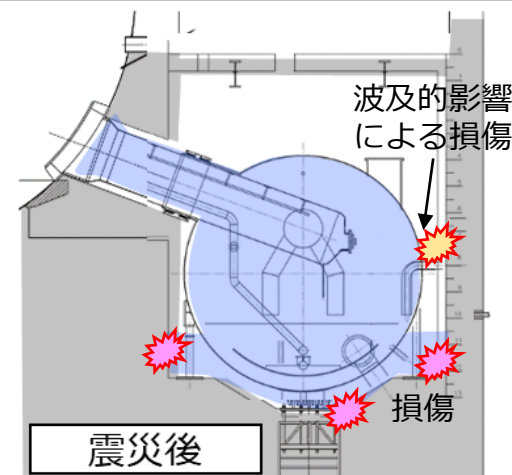


■ 検討の前提条件

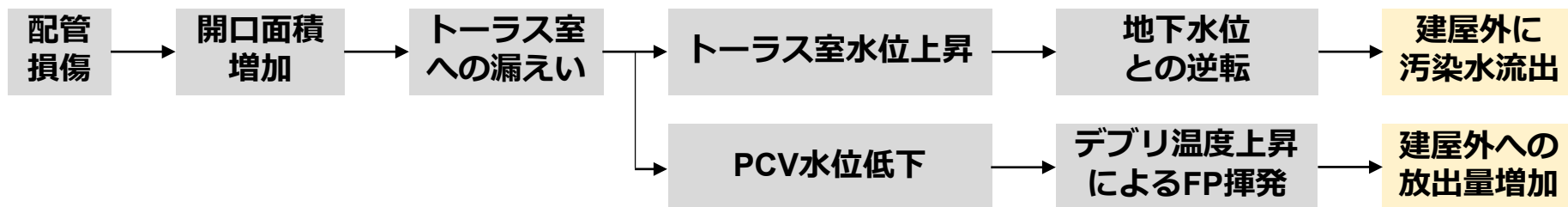
- 耐震性向上のため、PCV(S/C)水位低下に向けた作業を実施中であるが、**本CSでは満水状態として検討**する。
- 当該部損傷によりS/Cシェルが下部に移動し、**シェルに接続する配管が損傷**した場合を考える。

■ 現状の評価

- **頻度は、大**とする。
 - ・ 満水状態では裕度が低く、PCV水位低下が優先して進められている状態のため。
- **影響は、大**とする。
 - ・ トーラス室水位が地下水位と逆転した場合には、建屋外に流出（下図）。
 - ・ 将来的には、漏えい量で評価。



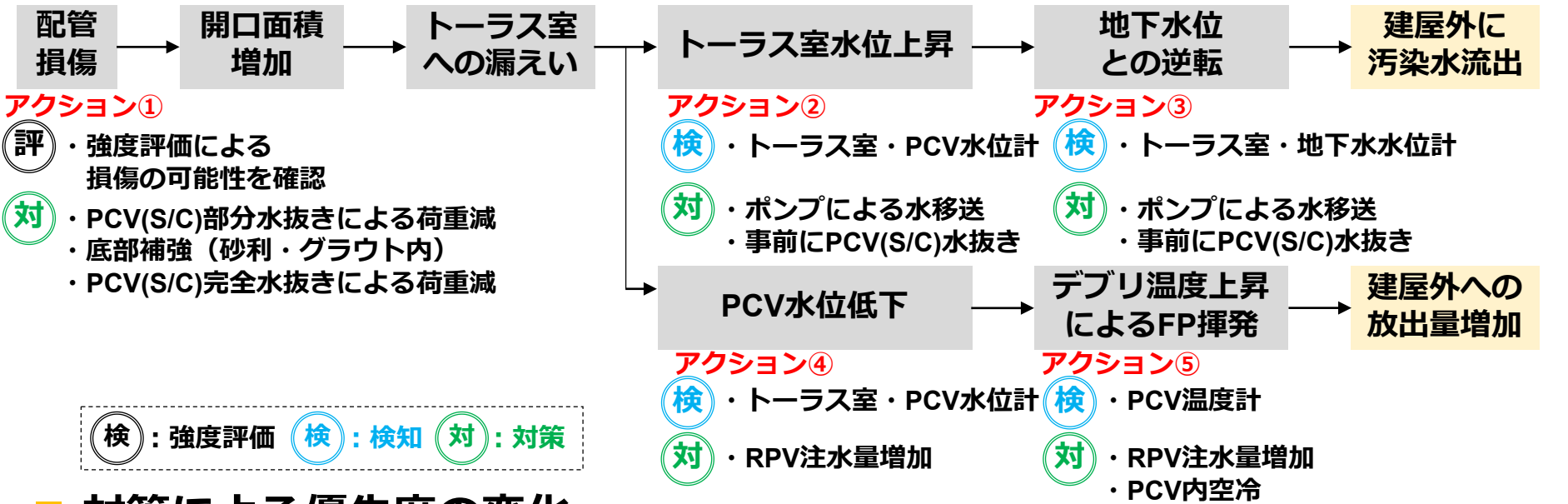
Ref. 第75回特定原子力施設監視・評価検討会
資料1-1の図を使用して作成



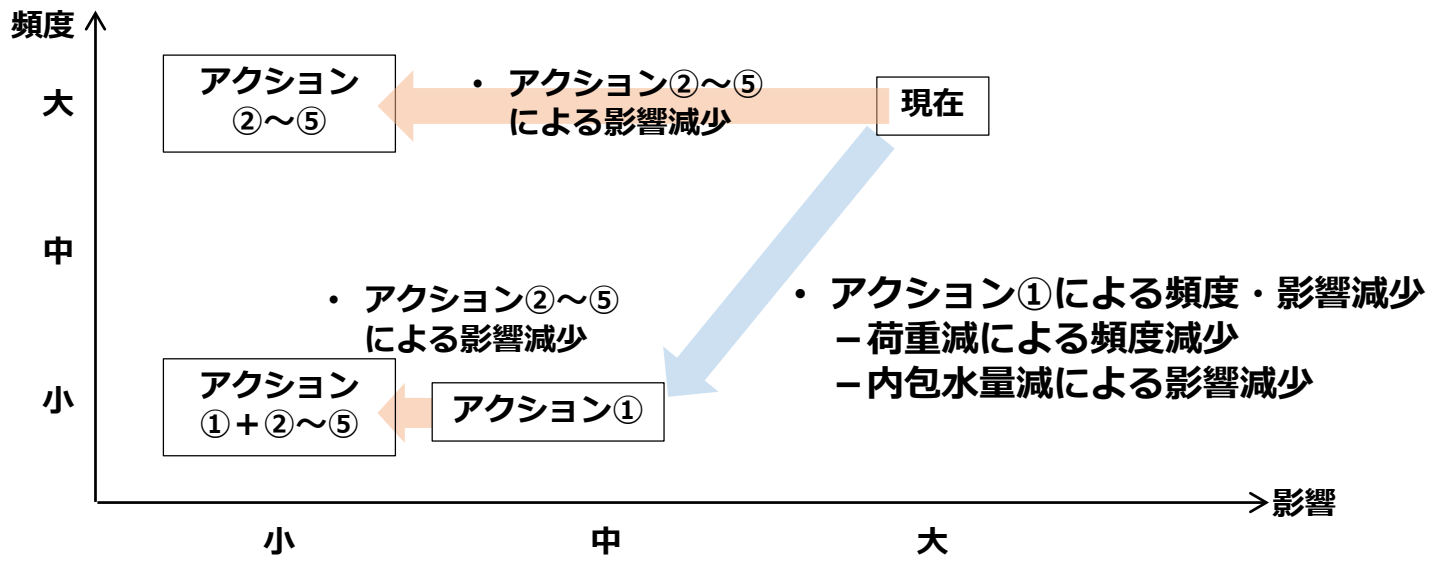
損傷による波及的影響

優先度の評価 | 検知・対策の実施による優先度の変化

■ 考えられる対策（検知と対策）



■ 対策による優先度の変化



1. はじめに
2. 強度評価の在り方に関する基本的な考え方
3. 強度評価の在り方に関する検討結果
4. 1Fを例にしたケーススタディー
5. 今後の予定

- 今後は構造物の破損シーケンスを考慮しつつ、以下の内容を具体的に検討する。
 - 強度評価方法（想定する経年劣化等）
 - 環境又は人身災害への影響の判断方法
 - 検査可能・困難の判断
 - 具体的な検査方法
 - レジリエンス対応（破損の拡大抑制、破壊制御）

ご清聴有難うございました。