

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

大洗研究所（南地区）高速実験炉原子炉施設（「常陽」）

第 53 条（多量の放射性物質等を放出する事故の拡大の防止）

に係る説明書

（その 1：炉心の著しい損傷に至る可能性があるとして想定する事故の選定）

2020 年 10 月 13 日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

大洗研究所高速実験炉部

1. 要求事項の整理
2. 要求事項への適合性
 - 2.1 安全評価に関する基本方針
 - 2.2 多量の放射性物質等を放出するおそれのある事故の想定の基本となる考え方
 - 2.3 炉心の著しい損傷に至る可能性があるとして想定する事故の選定
 - 2.4 要求事項（試験炉設置許可基準規則第 53 条）への適合性説明

(別紙)

別紙 1： 「常陽」の深層防護の基本となる考え方及び全体像

別紙 2： 炉心の著しい損傷に至る可能性があるとして想定する事故の選定

別紙 3： 炉心の著しい損傷に至る可能性があるとして想定する事故に対する炉心損傷防止措置及び格納容器破損防止措置

「常陽」の深層防護の基本的な考え方及び全体像

1. 概要

試験炉設置許可基準規則第53条の「多量の放射性物質等を放出する事故の拡大の防止」に関して、原子炉施設は、発生頻度が設計基準事故より低い事故であって、原子炉施設から多量の放射性物質又は放射線を放出するおそれがあるものに対して、原子炉施設の安全を確保するため、国際的な基準も踏まえた深層防護の考え方にに基づき、当該事故の拡大を防止するために必要な措置を講じたものとしている。

2. 深層防護の基本的考え方

IAEAの深層防護では、設計基準事故（DBA）を第3レベル、設計拡張状態（DEC）を第4レベル、敷地内及び敷地外の緊急時対応を第5レベルとしている。「常陽」においても、炉心損傷に至る可能性がある事故に対する炉心損傷防止措置を第4レベルの1、炉心損傷防止措置が機能を喪失した事故に対する格納容器破損防止措置を第4レベルの2として取り扱っている。また、大規模に損壊した際の放射性物質の放出抑制措置を独立して扱っている。

多量の放射性物質等を放出するおそれのある事故の拡大を防止するための措置に関して、炉心の著しい損傷に至る可能性がある想定する事故については、第3レベル以下の設計基準事故対処設備等について、自然現象等の共通原因となる外部事象（設計基準を超える地震等の外部事象に起因する故障）や施設の特徴を踏まえた内部事象（共通原因故障を含む。）に起因する多重故障を想定し、系統的に評価事故シーケンスを選定し、当該事故シーケンスに対して炉心損傷防止措置を講じ、その有効性を評価している。また、深層防護の考え方にに基づき、炉心損傷防止措置が機能しないことを仮定し、事故の拡大を防止し、あるいは施設からの多量の放射性物質等の放出を防止するための措置として格納容器破損防止措置を講じ、その有効性を評価している。

なお、「常陽」は、炉心損傷防止措置が機能しないことを仮定した場合においても、必ずしもすべての評価事故シーケンスにおいて直ちに格納容器への負荷が発生するわけではなく、事故の進展は評価事故シーケンスによって大きく異なる。また、「常陽」は低圧システムで、伝熱特性に優れた单相のナトリウムを冷却材に使用していること、1次主冷却系（2ループ）の2重配管引き回し設計としていること、燃料の装荷量の少ない小型の原子炉で、高い固有の安全特性を有していること、原子炉冷却材バウンダリが放射性物質の閉じ込めに有効な物理障壁を形成していること、原子炉容器外側に安全容器を設置していることなどの特徴を有している。したがって、格納容器破損防止措置はこれらの設計上の特徴も適切に考慮するものとし、原子炉停止機能喪失事象に対しては、原子炉冷却材バウンダリ内での損傷炉心物質の保持を措置の一つとし、崩壊熱除去機能喪失事象に対しては、安全容器内での損傷炉心物質の保持を措置の一つとしている。

さらに、大規模な自然災害又は故意による大型航空機の衝突その他のテロリズム等により、炉心の著しい損傷及び格納容器の破損に至ること（以下「大規模損壊」という。）を仮想的に想定し、敷地外への放射性物質の放出抑制措置を講じている。

3. 「常陽」の特徴を踏まえた深層防護の全体像

炉心損傷防止措置及び格納容器破損防止措置に係る評価事故シーケンス選定等の全体概要を第1図及び第2図に、深層防護の全体像を第3図に示す。また、深層防護の基本方針を以下に示す。

(1) 各レベルの独立性

第3レベル以下の設計基準事故対処設備、第4レベルの1の炉心損傷防止措置及び第4レベルの2の格納容器破損防止措置をそれぞれ講じるとともに、前段の措置の機能喪失を仮定して独立性を有する設計としている。

例1：原子炉停止機能喪失事象に対する炉心損傷防止措置（後備炉停止系による原子炉停止）、格納容器破損防止措置（損傷炉心物質の原子炉容器内での冷却・保持）

例2：崩壊熱除去機能喪失事象に対する炉心損傷防止措置（主冷却系自然循環による崩壊熱除去）、格納容器破損防止措置（損傷炉心物質の原子炉容器破損後の安全容器内での冷却・保持）

また、大規模損壊対策については、第4レベルとは独立した設備を設置し、可搬型の設備を活用して位置的分散を図っている。

(2) 各レベルの想定

① 第4レベルの1（炉心損傷防止措置）

選定した評価事故シーケンスに対して炉心損傷防止措置を講じている。炉心損傷防止措置の有効性評価においては、不確かさを考慮した評価を実施しており、炉心損傷防止措置は高い信頼性を有することを確認している。

主中間熱交換器伝熱管の破損に起因する事故は、炉心損傷が生じると格納容器バイパスとなり、炉心損傷後の格納容器の機能に期待することが困難なものであり、炉心損傷防止で対策する。また、通常運転時にコンクリート遮へい体冷却系等の格納容器破損防止措置の機能に異常が生じる場合も、炉心損傷防止で対策する。

なお、炉心損傷防止が困難な事故シーケンスは選定されていないが、想定を超える事象が発生した場合には、大規模損壊対策により敷地外への多量の放射性物質の放出を抑制する。

② 第4レベルの2（格納容器破損防止措置）

炉心損傷防止措置の有効性評価のために選定した全ての評価事故シーケンスを対象として、炉心損傷防止措置が機能しないことを仮定して、格納容器破損防止措置を講じることとし、格納容器破損防止措置に有効性があることを確認している。全ての評価事故シーケンスを対象として不確かさの影響も考慮した解析や仮想的な想定を取り入れた保守的な解析を実施することにより、想定される格納容器破損モードの観点からも幅広い事故シーケンスを対象として厳しい条件の下での有効性評価を行っている。

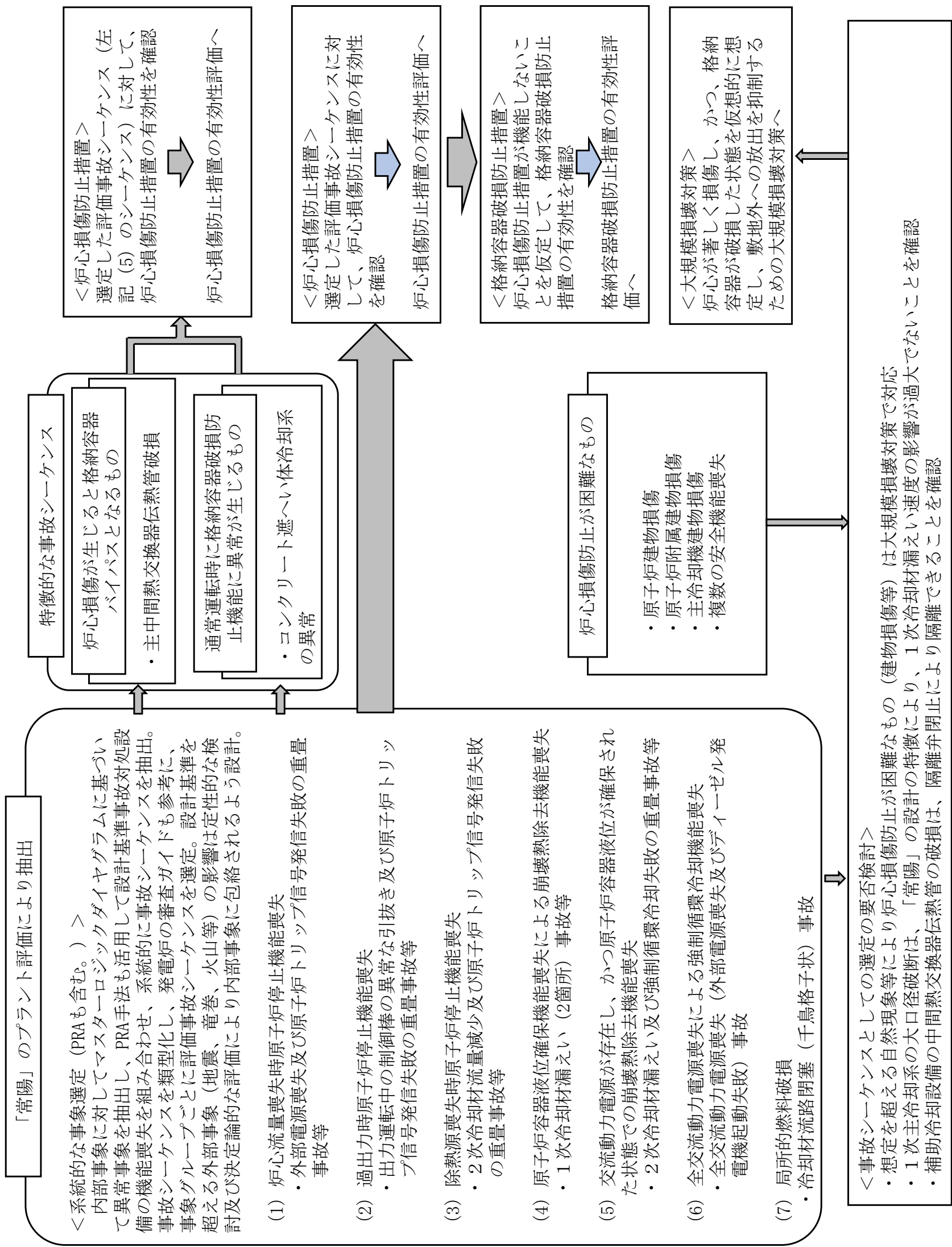
例1：格納容器（床上）へのナトリウム噴出を仮想した格納容器の健全性の評価

例2：損傷炉心物質の発熱を高め設定した条件での原子炉容器／安全容器内での損傷炉心物質の冷却性の評価

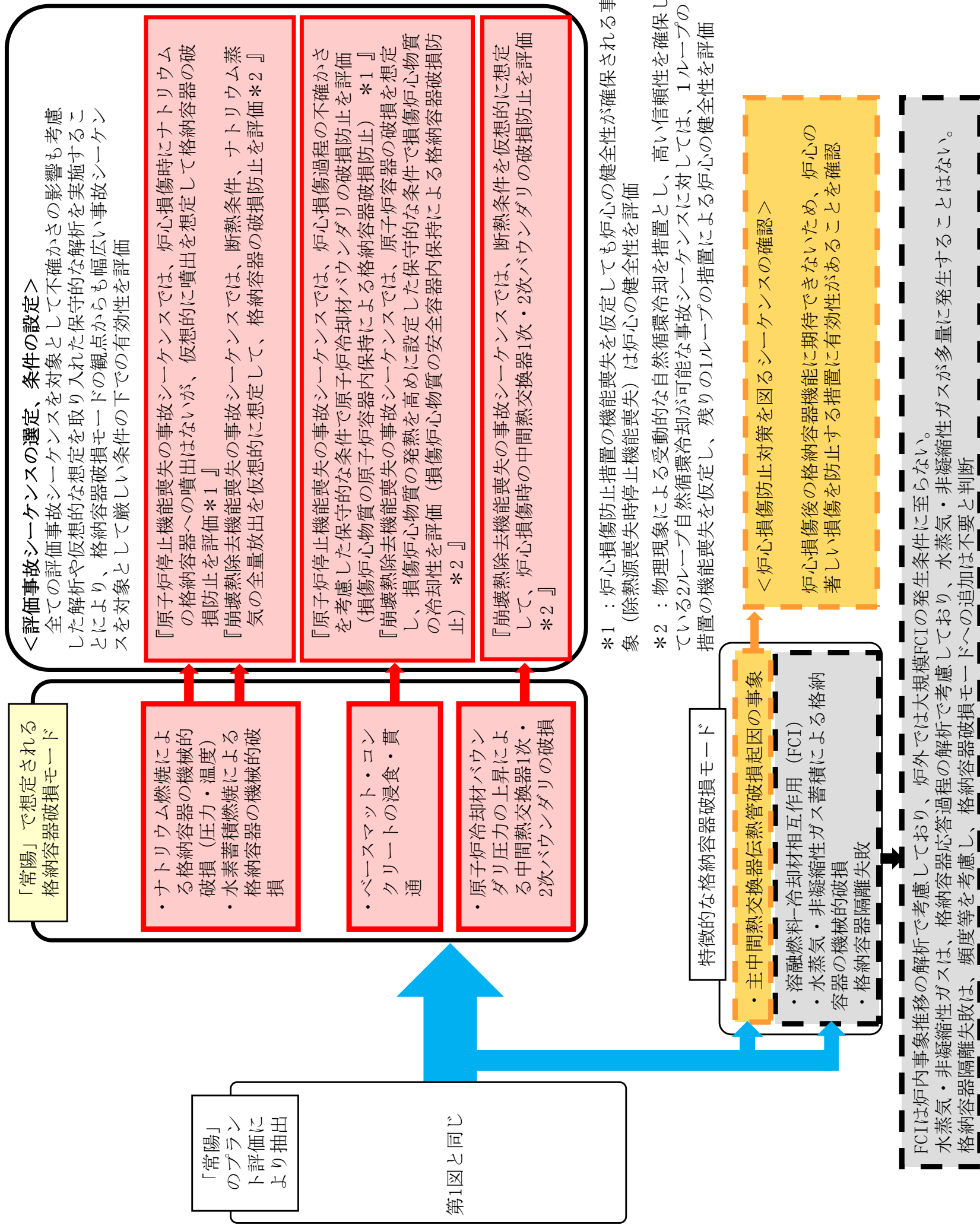
③ 大規模損壊対策

①及び②の対策を講じる想定を大幅に超える自然現象等に起因する大規模な損壊（建物損傷等の防止対策が困難な事象）に対しては、炉心の著しい損傷に加え格納容器が破損した状態を仮想的に想定して対策を講じており、敷地外への多量の放射性物質の放出を抑制する。

以 上



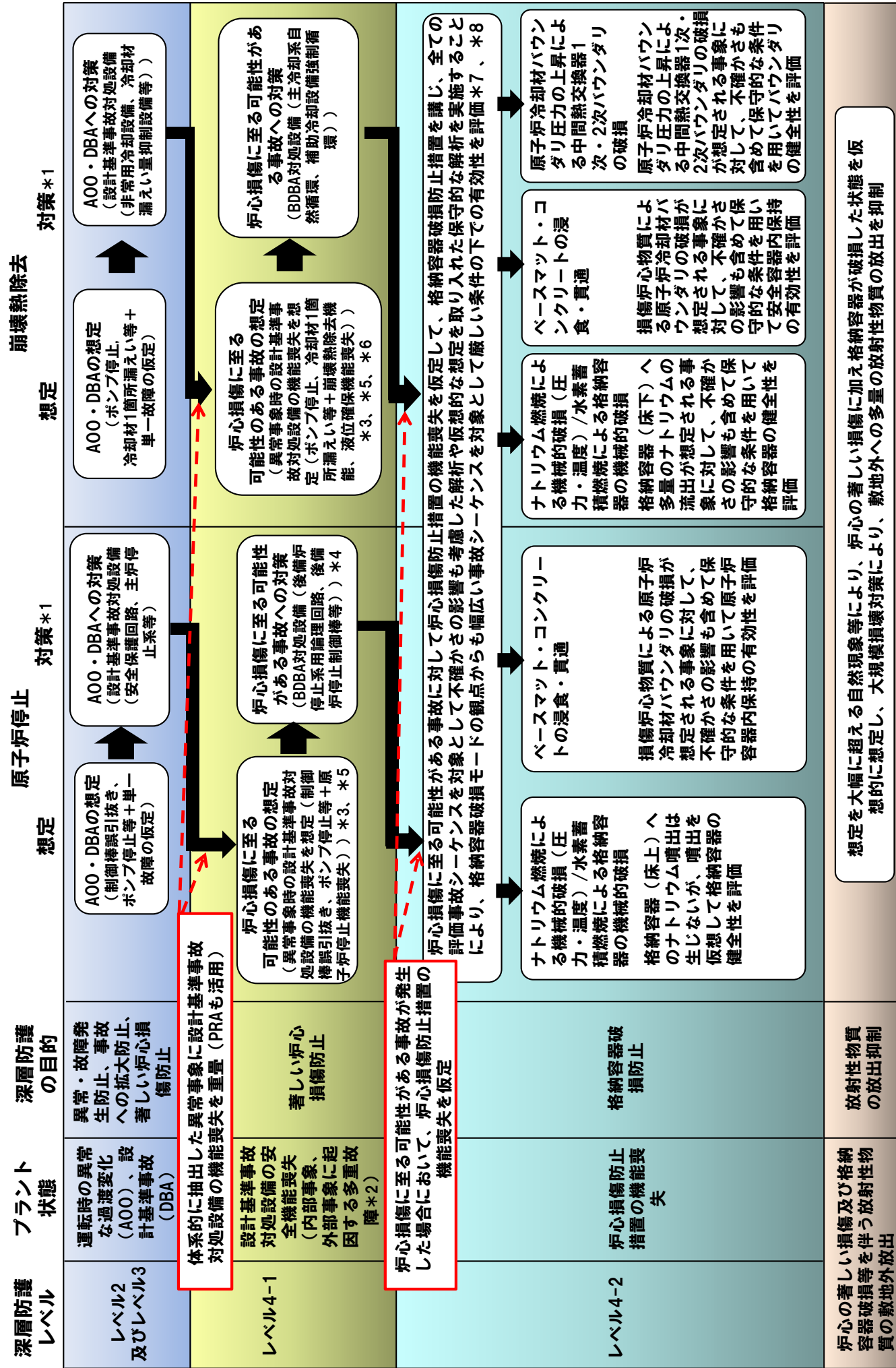
第1図 事象グループ抽出・評価事故シナリオ選定及びこれらへの措置並びに大規模損壊対策の全体概要



*1：炉心損傷防止措置の機能喪失を仮定しても炉心の健全性が確保される事象（除熱源喪失時停止機能喪失）は炉心の健全性を評価

*2：物理現象による受動的な自然循環冷却を措置とし、高い信頼性を確保している2ループ自然循環冷却が可能事故シナリオに対しては、1ループの措置の機能喪失を仮定し、残りの1ループの措置による炉心の健全性を評価

第2図 格納容器破損防止に係る評価事故シナリオ選定の全体概要



- *1 : 設計基準事故対策設備、炉心損傷防止措置、格納容器破損防止措置及び大規模損壊対策は他のレベルの対策の機能喪失を仮定し、独立性を有した設計。大規模損壊対策は可搬型の設備を活用
- *2 : 外部事象(地震、竜巻、火山等)の影響は、内部事象に包絡されるように設計
- *3 : 設計基準事故対策設備の機能喪失の組合せにより、炉心の著しい損傷に至るおそれのある事故シナリオを抽出し、当該事故シナリオの中から、発電炉の審査ガイドを参考に評価事故シナリオを選定し、措置の有効性を評価
- *4 : 原子炉停止系を独立2系統化し、後備炉停止系により炉心損傷を防止
- *5 : 主中間熱交換器伝熱管破損を起因とする事象に對しては炉心損傷を防止
- *6 : コンクリート遮へい体冷却系等の格納容器破損防止措置に異常が生じる事象に對しては炉心損傷を防止
- *7 : 炉心損傷防止措置の機能喪失を仮定しても炉心の健全性が確保される事象(除熱源喪失時停止機能喪失)は炉心の健全性を評価
- *8 : 物理現象による受動的な自然循環冷却を措置とし、高い信頼性を確保している2ループ自然循環冷却が可能な事故シナリオに對しては、1ループの措置の機能喪失を仮定し、残りの1ループの措置による炉心の健全性を評価

第3図 深層防護の基本的な考え方及び全体像