

(※) 現時点 (3/23) では、制度担当課 (原子力規制企画課) の確認を経たおらず、内容は正確なものではない。

# 運転開始から長期間経過した発電用原子炉の安全性を 確保するための制度の全体像について

**令和5年3月23日時点**  
**(原子力規制庁の名義で作成予定)**



# 1. はじめに

- ◆ 現在、原子力発電所の運転期間について、原子力利用の在り方の観点から見直し、運転開始から現行法上の上限である60年を超えての運転も認める形の法改正が、資源エネルギー庁から提案されています。
- ◆ そのような法改正がなされるとすれば、原子力規制委員会としては、運転期間がどのようなものになろうとも、運転開始から長期間経過した原子炉の安全規制を適切に実施できる仕組みを設けることが必要と考え、そのための法改正を併せて提案しています。
- ◆ この資料は、運転開始から長期間経過した原子炉について、原子力規制委員会がどのような方法で規制を実施し、安全を確保しようとしているのか、その全体像を分かりやすく説明する目的で作成しました。

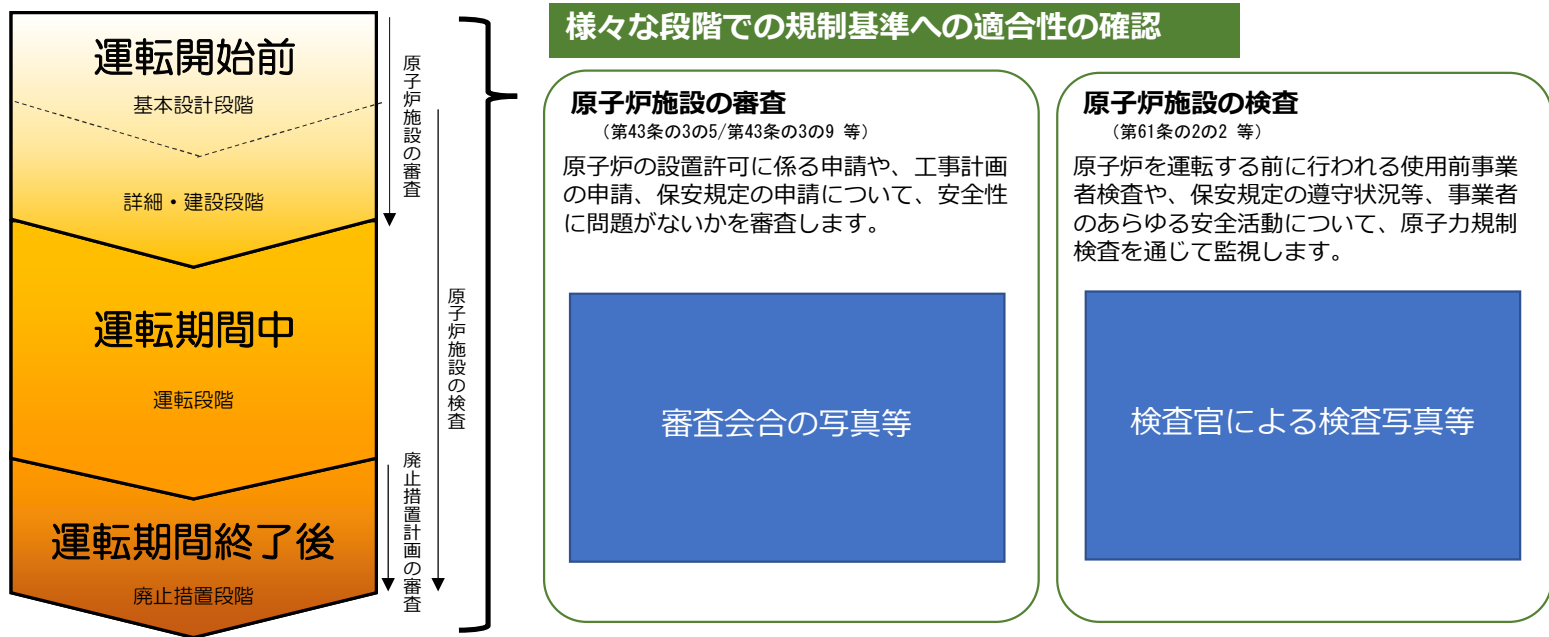
(※) 運転開始から長期間経過することについて、以下「高経年化」と呼びます。

(※) なお、分かりやすさを優先して作成しているため、一部、記述を簡略化している部分があります。規制の正確な内容については、法令や原子力規制委員会が定める解釈・ガイド類を参照してください。



## 2. 原子炉等規制による安全規制の全体像

- ◆ 原子炉等規制法に基づく安全規制の中核は、設備や機器などのハード面や、緊急時対応などのソフト面について、事業者が守るべき事項を詳細に定めた規制基準です。
- ◆ 規制基準がすべて守られることで、事故を完全に防止できる訳ではありませんが、一定の水準の安全性が保たれることとなります。この規制基準を事業者が守っているかどうか、原子力規制委員会が様々な段階で確認を行うというのが、規制の基本的な枠組みです。
- ◆ 具体的には、運転開始前の基本設計段階と詳細設計段階でそれぞれ書面上で規制基準への適合を確認（審査）するとともに、運転期間中も常時、規制基準への適合を義務付け、原子力規制委員会の検査官が検査を通じて監視しています。
- ◆ なお、規制基準は、東京電力福島第一原子力発電所事故の後、重大事故（シビアアクシデント）対策、地震・津波対策などの面で大幅に強化されています。



### 4 新規規制基準とは

東京電力福島第一原子力発電所の事故における教訓や国内外からの指摘を踏まえて平成25年7月に新しく策定した規制基準。

地震や津波への対策を強化し、火山噴火や竜巻等の自然現象に対する考慮や内部溢水に対する考慮を新たに追加するとともに、重大事故（シビアアクシデント）に対する安全対策を新たに義務づけるなど、従前の規制基準と比べて大幅な強化を行った。

**<以前の規制基準>**

- ・シビアアクシデントの防止基準  
→ 単一故障を想定しても炉心損傷に至らないことを確認

自然現象に対する考慮
火災に対する考慮
電源の信頼性
その他の設備の性能
耐震・耐津波性能

**<新規規制基準>**

意図的な航空機衝突への対応
放射性物質の拡散抑制対策
格納容器破損防止対策
炉心損傷防止対策 (複数の機器の故障を想定)
内部溢水に対する考慮 (新設)
自然現象に対する考慮 (火山・竜巻・森林火災を新設)
火災に対する考慮
電源の信頼性
その他の設備の性能
耐震・耐津波性能

(テロ対策) 新設

(シビアアクシデント対策) 新設

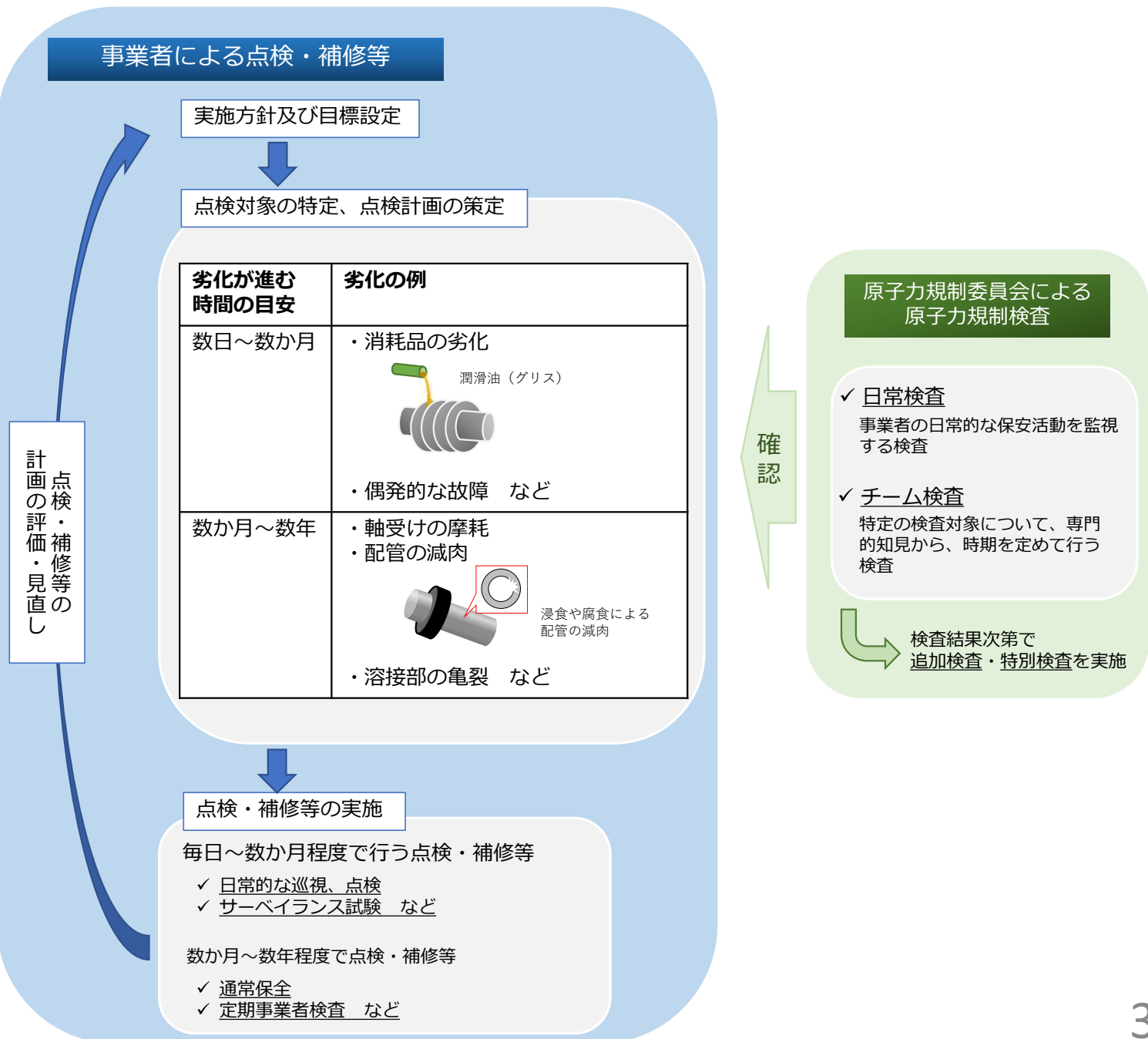
強化又は新設

強化



### 3. 日常的な点検・補修等

- ◆ 法的には常時、規制基準への適合を義務付けていると言っても、実際に適合しているかを適切なタイミングで確認する仕組みがないと、実際には機能しません。
- ◆ 消耗品の消耗、部品の摩耗、設備の経年劣化は、その場所ごとに進むスピードが異なり、それぞれのスピードに応じた適切なタイミング（日単位、月単位、年単位）での確認が必要になります。
- ◆ そのため、原子炉等規制法を通じて、事業者には日常的な巡視・点検を行わせるとともに、13か月に1回の大掛かりな検査（定期事業者検査）を義務付けることで、規制基準に適合した状態を維持させています。
- ◆ 原子力規制委員会は、そのような事業者の活動が適切かを確認する検査（原子力規制検査）を行っています。





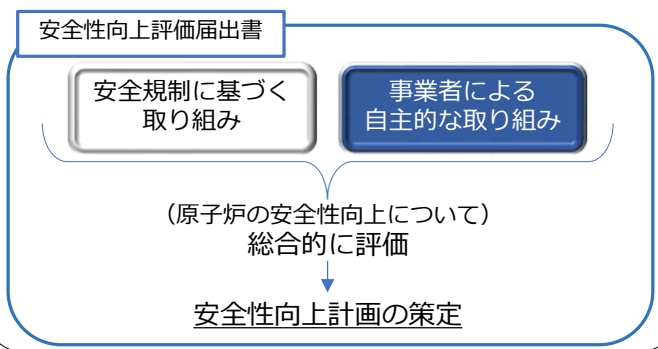
# 4. 継続的な安全性の向上

- ◆ 現状の規制基準への適合を超えて、さらなる安全性の向上を求める2つの仕組みも設けられています。
- ◆ 1つは、事業者による自主的な安全性向上の取組を促進するための「安全性向上評価届出制度」です。13か月に1回の定期事業者検査の際に、事業者が最新の科学的知見などに照らして自ら原子炉の安全性を評価し、設備面や運用面について改善を進める仕組みです。
- ◆ もう1つは、原子力規制委員会による規制基準の見直しです。基準の見直しにつながるような国内外の最新の科学的知見を常に収集し、その重要性を評価し、必要な基準の見直しにつなげています。
- ◆ 見直した基準は、原則として既存の原子炉にも適用（バックフィット）します。2013年の新規制基準の導入後の約10年間で、13件のバックフィットを行った実績があります。

### 安全性向上評価届出制度とは

(原子炉等規制法 第43条の3の29)

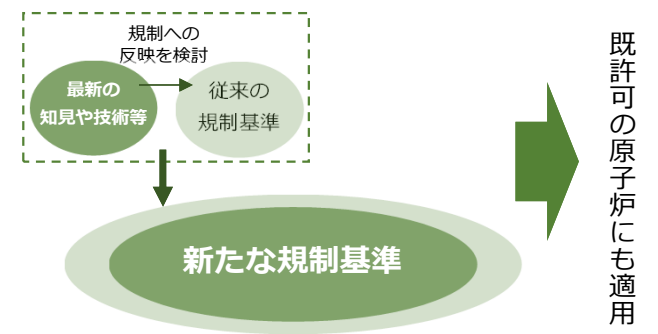
原子炉の安全性を向上させるために、事業者は最新の知見等を踏まえた新たな設備の追加や運用の改善等を図る必要がある。事業者は定期事業者検査終了後6か月以内ごとに、原子炉の安全性向上に係る取り組みの実施状況や有効性について評価を行い、本評価の結果等について公表及び届出を行う制度。



### 基準の見直し（バックフィット制度）とは

(原子炉等規制法 第43条の3の23)

バックフィット制度は、最新の知見や技術等を迅速かつ柔軟に規制基準に反映し、安全上の水準の向上を行った際に、その新たな規制基準を既に許可を与えている原子炉に対しても適用させることで、継続的に原子炉の安全性の向上を行う制度である。新規制基準と同じく、東京電力福島第一原子力発電所の事故の教訓を踏まえて追加された制度。



### バックフィット事例一覧

番号	バックフィット事例 (2023年3月時点)	施行日等
1	新規制基準	2013.7.8 (実用炉) 2013.12.18 (サイクル施設)
2	電源系統の一相開放対策	2014.7.9 (実用炉) 2014.10.29 (再処理)
3	有毒ガス防護対策	2014.5.1
4	高エネルギーアーク損傷 (HEAF) 対策	2017.8.8
5	地震時の燃料被覆材の放射性物質の閉じ込め機能に係る措置	2017.9.11
6	地震時又は地震後に機能保持が要求される動的機器の明確化	2017.11.15
7	降下火砕物 (火山灰) 対策	2017.12.14
8	柏崎刈羽原子力発電所6/7号炉の新規制基準適合性審査を通じて得られた技術的知見の反映	2017.12.14
9	溢水による放射性物質を含んだ英気体の管理区域外漏えい防止対策	2018.2.20
10	火災感知器の設置要件の明確化に係る対応	2019.2.13
11	大山生竹テフラの噴出規模の見直し	2019.6.19
12	警報が発表されない可能性のある津波への対策	2019.7.31
13	震源を特定せず策定する地震動に係る標準応答スペクトルの取入れ	2021.4.21



## 5. 原子炉の高経年化への対応

- ◆ 高経年化した原子炉については、「3. 日常的な点検・補修等」「4. 継続的な安全性の向上」で説明した取組に加えて、追加的な対応が必要な課題があります。
- ◆ 具体的には、①年単位では変化が捉えにくい、10年単位の長期間をかけて徐々に進む劣化、②技術の進歩とともに安全性の向上が進む中で、建設当時の設計では今の時代に求められる安全水準を満たさなくなること、の2つです。
- ◆ 国際原子力機関（IAEA）も、原子炉の高経年化（ageing）について考慮する必要がある事項として、経年劣化（physical ageing）と旧式化（obsolescence）の2つを挙げています。

### 原子炉の高経年化とは

#### 原子炉の高経年化（ageing）

原子炉の高経年化とは、原子炉の運転を開始してから長期間経過することを指します。原子炉の高経年化を考慮するにあたっては、国際原子力機関（IAEA）による原子炉の劣化管理及び長期運転プログラムの策定に関する安全基準ガイド（SSG-48）※において、原子炉の経年劣化（物理的経年劣化）と原子炉の旧式化（非物理的経年劣化）の2種類の劣化状態について考慮する必要があると示されています。

※ IAEA Safety Standards Series No.SSG-48 “Ageing Management and Development of a Programme for Long Term Operation of Nuclear Power Plants”, IAEA, 2018.

#### 原子炉の経年劣化（physical ageing）

原子炉の経年劣化とは、時間の経過や原子炉の運転によって生じる物理学的あるいは化学的・生物学的な劣化事象のことを指します。特に、運転を開始してから長期間経過した原子炉では、原子炉容器の中性子照射による強度低下（脆化）や電気・計装設備の絶縁性の低下などといった経年事象が生じる可能性があると考えられております。

#### 原子炉の旧式化（non-physical ageing、obsolescence）

原子炉の旧式化とは、時間の経過によって設計や運用等が最新の考え方と比較して古くなっていくことを指し、IAEAのガイド（SSG-48）において、「技術の旧式化」、「規則・規格基準の旧式化」、「知識の旧式化」の3つのタイプ分類が示されております。

技術の旧式化（obsolescence of technology）

規則・規格基準の旧式化（obsolescence of codes, standards and regulations）

知識の旧式化（knowledge of technology）

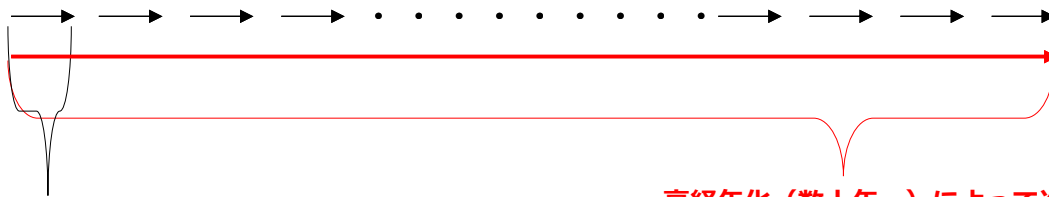


## 6. 原子炉の経年劣化の管理【基本論】


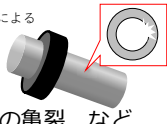
- ◆ 年単位では変化が捉えにくい、10年単位の長期間をかけて徐々に進む劣化については、日常的な巡視・点検、13か月に1回の定期事業者検査などに加え、10年単位で変化を捉え、今後も規制基準への適合を維持し続けられるかを確認する仕組みが必要となります。
- ◆ そのような仕組みは現在も設けられていますが、原子力発電所の運転期間が原子力利用の在り方の観点から見直されることを受けて、その仕組みをさらに強化する原子炉等規制法の改正を提案しており、以下ではその内容について説明していきます。

### 原子炉の経年劣化

経年劣化の進展速度

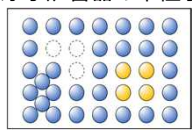



数日～数年程度の頻度で進む劣化

劣化が進む時間の目安	劣化の例
数日～数か月	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 消耗品の劣化</li> </ul>  <p>潤滑油（グリス）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 偶発的な故障 など</li> </ul>
数か月～数年	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 軸受けの摩耗</li> <li>・ 配管の減肉</li> </ul>  <p>浸食や腐食による配管の減肉</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 溶接部の亀裂 など</li> </ul>

日常的な点検・補修等

高経年化（数十年～）によって進む劣化

劣化が進む時間の目安	劣化の例
数十年～（高経年化）	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 低サイクル疲労</li> <li>・ 原子炉容器の中性子照射脆化</li> </ul>  <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 照射誘起型応力腐食割れ</li> <li>・ 2相ステンレス鋼の熱時効</li> <li>・ 電気・計装設備の絶縁低下</li> <li>・ コンクリート構造物の強度低下</li> </ul> 

日常的な点検・補修等に加えて  
高経年化によって進む劣化に対する対応が必要

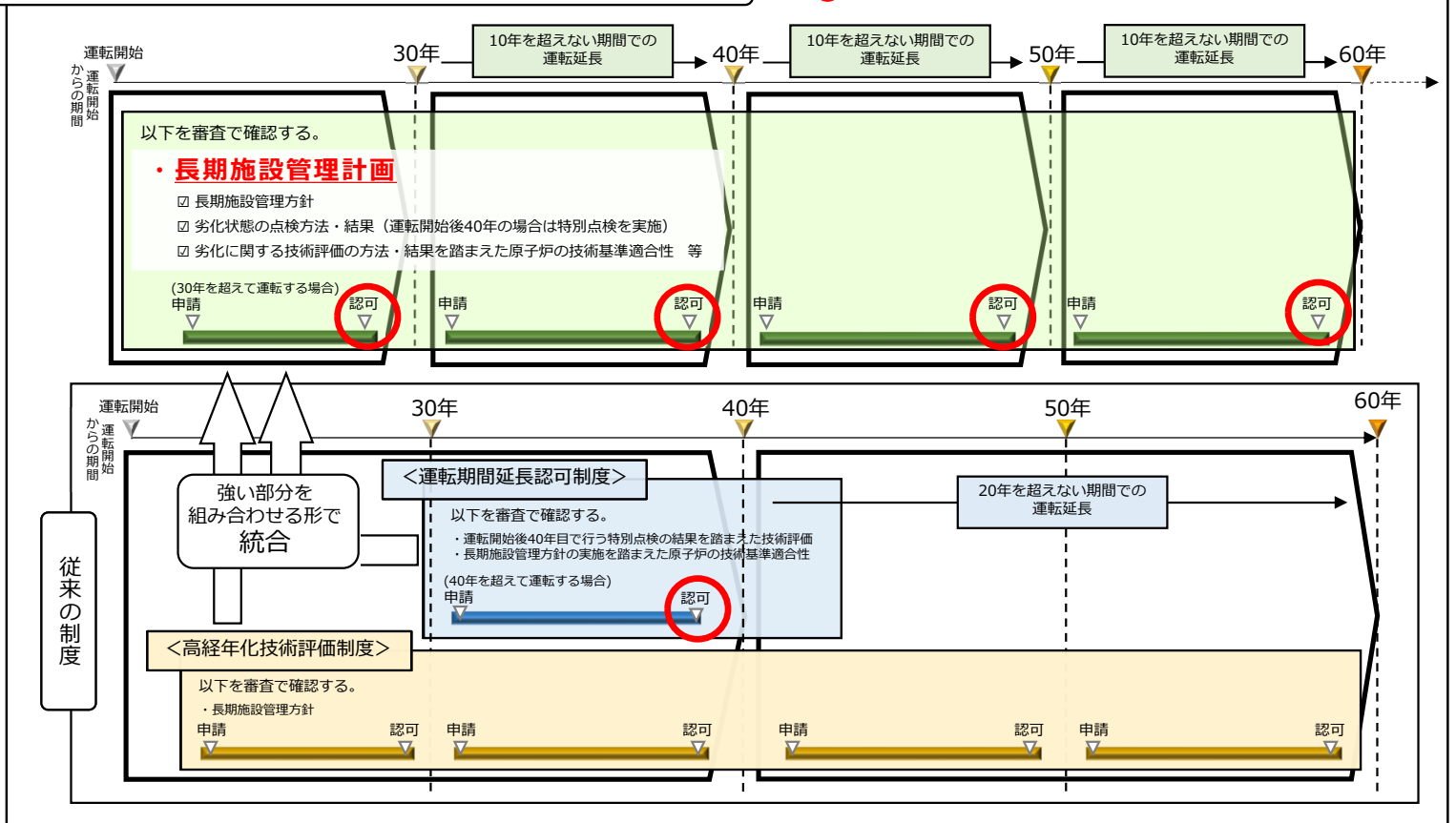


# 7. 原子炉の経年劣化の管理【制度改正】

- ◆ 現在の仕組みは、①運転期間の延長認可制度、②高経年化技術評価制度、の2つを組み合わせたものです。
- ◆ 運転期間の延長認可制度は、運転開始40年の時点で、事業者が劣化の将来の予測をもとに20年先まで基準適合を維持できるかを技術的に評価させ、維持できることが原子力規制委員会により確認（認可）されなければ、40年を超えての運転はできないという制度です。
- ◆ 高経年化技術評価制度は、運転開始30年から10年ごとに、同様に劣化の将来を予測させる制度です。しかし、基準適合を維持できるかの確認をするものではありません。
- ◆ 新しい仕組みは、この2つの強い部分を組み合わせる形で統合し、運転開始30年から10年ごとに、基準適合を維持できる旨の原子力規制委員会の確認（認可）が得られなければ、運転が継続できないこととしたものです。

## 高経年化原子炉の安全性確保するための制度

○：高経年化原子炉の技術基準適合性を確認するタイミング







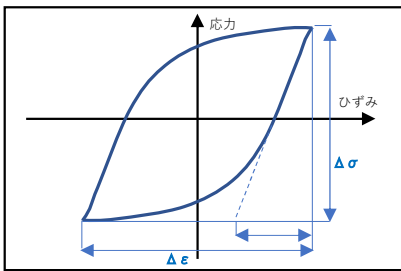
# 8. 原子炉の経年劣化の管理【技術編】

- ◆ この仕組みが十分に機能するためのポイントは、①事故につながり得る劣化の形態をすべての的確にリストアップすること、②劣化のそれぞれの形態について、将来の劣化を的確に予測すること、の2点です。
- ◆ 劣化の形態については、現在の科学的知見において判明している、中性子照射脆化、コンクリートの強度低下など6つについては、必ず対象となります。また、個々の原子炉ごとに別のものが必要と判断されれば、追加することになっています。
- ◆ 6つの劣化の形態については、将来どのように劣化が進むかの予測式と、どこまでの劣化が許されるかの基準が定められています。この予測式と基準は、過去の劣化のデータをもとに、安全側に余裕を持つ形で定められています。また、劣化のデータは今後も収集し続け、必要に応じて見直しを行っていきます。

## 4 高経年化による主要な6つの経年劣化事象とは

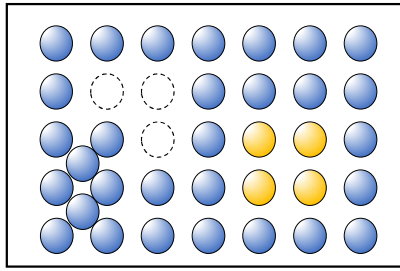
### ① 低サイクル疲労

温度・圧力の変化によって、大きな繰り返し応力がかかる部位に割れが発生する事象。



### ② 原子炉容器の中性子照射脆化

長期間にわたり原子炉容器に中性子が照射されることにより、その強度（靱性）が徐々に低下（脆化）する事象。



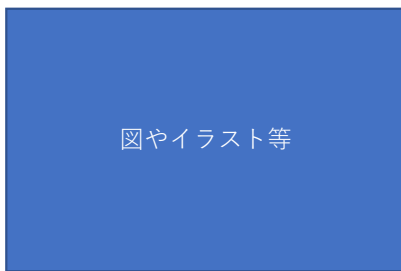
### ③ 照射誘起型応力腐食割れ

中性子の照射により、応力腐食割れの感受性が高くなり、ひび割れが発生する事象。



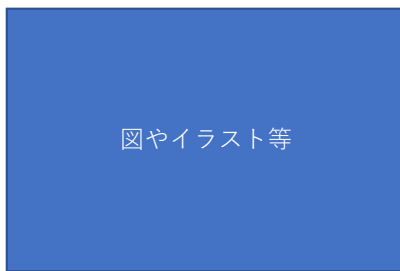
### ④ 2相ステンレス鋼の熱時効

ステンレス鋼が高温での長期使用に伴い、靱性の低下を起こす事象。



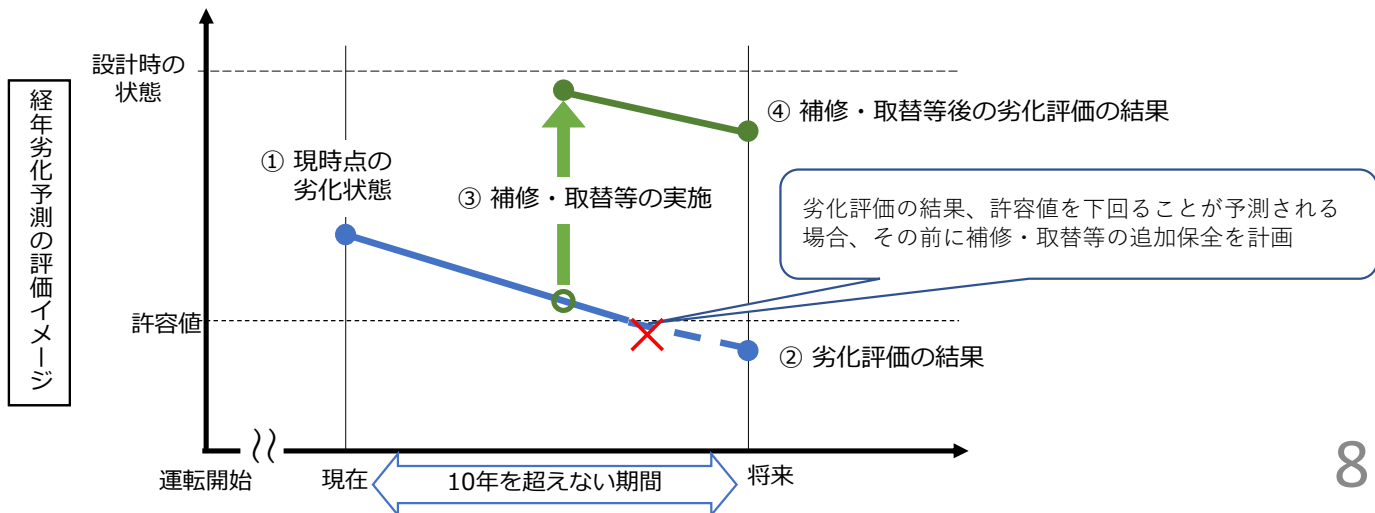
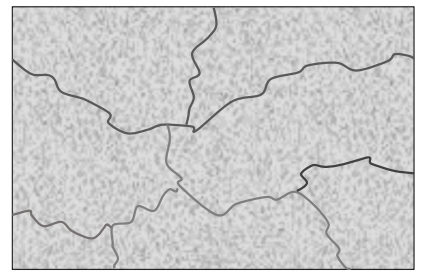
### ⑤ 電気・計装設備の絶縁低下

電気・計装設備に使用されている絶縁物が環境要因等で劣化し、電気抵抗が低下する事象。



### ⑥ コンクリート構造物の強度低下

コンクリートの強度が、熱、放射線照射等により低下する事象。また、放射線の遮へい能力が熱により低下する事象。





## 9. 原子炉の経年劣化の管理【60年超への対応】

- ◆ 現行の経年劣化の管理の仕組みは、現行法上の運転期間の上限である60年までは確実に対応できるものとなっています。運転期間の見直しに伴い、劣化管理の仕組みも、60年以降にも対応できるものとなっていることが必要です。
- ◆ 原子力規制委員会の基本的な立場は、規制基準に適合できる旨を証明するのは事業者であり、立証できなければ認可されず運転は継続できないというものです。一方で、これまでの制度の運用実績から、現行の劣化管理の仕組みが60年以降にどの程度対応できそうかについて、見通しは持っています。
- ◆ 具体的には、運転期間が60年以降に延びることに伴い、①主要な6つの経年劣化事象について、これまでと同じ手法で将来の劣化が予測できるのか、②新たに考慮すべき劣化の形態がないか、という2点が課題となります。
- ◆ ①6事象の劣化の予測については、現在用いている劣化の予測式等は、基本的には、60年を超える場合でもそのまま適用可能か、今後データを追加で得ることで適用できる見通しがついています。
- ◆ ②新たな劣化の形態については、現時点では新たに考慮が必要なものは見つかっていません。
- ◆ いずれにしても、①②ともに、今後、海外での運転の実績など、長期間の運転に伴う経年劣化に関する国内外の知見が増えていきます。それらの知見をもとにして事業者が立証を試みるに当たり、原子力規制委員会として、最新の知見を踏まえて認可の判断することが重要と考えています。



## 10. 原子炉の「旧式化」への対応

- ◆ 「5. 原子炉の高経年化への対応」で書いたように、経年劣化に加え、技術の進歩とともに安全性の向上が進む中で、建設当時の設計では今の時代に求められる安全水準を満たさなくなる、言わば「旧式化」への対応も課題となります。
- ◆ この点に対応し得る、制度の枠組み自体は整っています。具体的には、①原子力規制委員会が規制基準を見直し、既存の原子炉にも適用するバックフィット制度、②事業者が自ら原子炉の安全性を評価し、改善を進める安全性向上評価届出制度は、「旧式化」を改める観点での見直しや改善も行うことが可能です。
- ◆ しかし、そもそも改めるべき「旧式化」には具体的に何が該当するのか、また、バックフィット制度や安全性向上評価届出制度をどのように適用して規制制度として「旧式化」に対応するのかなど、制度の運用面についてなお解決すべき課題が残されており、今後、さらに検討を進めていきます。