

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

本日 3/23 の会合では、制度を説明する上で特に重要と考えられる、「★」印を付した問いについて、その論理構成が適切かを議論して頂きたい。
 なお、資料 2-1 との内容重複については、今後整理する。

Q&A

(1) 全体総括	3
★○60 年上限がなくなっても、安全規制により十分に安全性は確認できるのか.....	3
★○劣化とは何か、劣化への対処の基本的考え方.....	3
★○安全確保の枠組みと、劣化が顕在化するまでの期間に応じた安全対策.....	4
○長期間の運転により生じ得る課題は何か (劣化、高経年化、設計の古さ等)	5
○確認項目に不足がないかを確認する仕組み (最新知見の把握等)	5
(2) 日常的な点検・補修.....	6
○ (総括的な問) 事業者による日常的・定期的な劣化の把握、その規制委による確認.....	6
○膨大な部品等をすべてチェックできるのか.....	6
○取替や補修が困難な機器はどうするのか.....	6
(3) 新制度の内容.....	7
○ (総括的な問) 新たな制度は具体的にはどのようなものか.....	7
○現行の高経年化技術評価との違い (どう厳しくなるのか)	7
○30 年、10 年とした理由.....	7
○長期施設管理計画の内容.....	7

○認可の具体的な基準、審査の方法.....	7
○劣化管理措置の義務付け、検査、措置命令、罰則.....	7
○長期停止している原子炉の扱い.....	7
○施行期日・経過措置.....	7
○海外の同種の制度.....	7
(4) 劣化評価の技術的内容	8
○(総括的な問) 10年先を見通しての劣化の評価は、どのように行うのか	8
○評価する主要6事象の選択の妥当性.....	8
○中性子照射脆化の評価手法.....	8
○低サイクル疲労の評価手法.....	9
○照射誘起型応力腐食割れの評価手法.....	9
○2相ステンレス鋼の熱時効の評価手法.....	9
○電気・計装設備の絶縁低下の評価手法.....	9
○コンクリート構造物の強度低下の評価手法.....	10
○主要6事象以外の個別の劣化事象の考慮の必要性.....	10
○地震や津波を受けると評価以上に劣化が進むのではないか.....	10
○原子炉等の劣化した状態で運転するとどうなるのか?.....	10
(5) 60年以降の安全性の確認の在り方.....	12
★○(総括的な問) 60年を越えた原子炉の安全性の確認の在り方.....	12
○現在の劣化評価手法の60年以降への適用可否.....	12
○60年時点での特別点検の取扱い.....	12
○新たに評価すべき劣化モードの有無とその取扱い.....	12
★○設計の古さに関する考慮.....	12
○サプライチェーンに関する考慮.....	13

※ 本資料は、技術的な厳密性よりも分かりやすさを優先して作成しているため、一部、記載を簡略化しています。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。

(1) 全体総括

★○60年上限がなくなっても、安全規制により十分に安全性は確認できるのか
原子力発電所を運転する事業者には、常に施設を規制基準へ適合させる義務が課せられており、原子力規制委員会が、審査及び検査を通じて、その適合状況を確認しています。

安全規制の基本的枠組みは、①事業者が安全性を維持することの義務付け、②原子力規制委員会による審査及び検査を通じた確認、及び③原子力規制委員会が安全性を確認できない場合には運転を認めない、といったものですが、今回の法改正により、運転開始からカレンダーイヤーで60年を超える原子力発電所についても、この枠組み全体が適用され、安全性について確認することになります。

原子力発電所では時間の経過とともに機器や構造物の性能低下(劣化)が進展しますが、各原子力発電所では安全規制に基づいて、機器や構造物の劣化が顕在化するまでの期間に応じた安全対策が講じられています。今回の法改正では特に、運転開始から30年を超えて運転しようとする場合に、長い期間をかけて劣化する機器や構造物の安全性を確認するための手続きが変わります。これまでの科学的知見の蓄積を踏まえ、運転開始から60年を超える原子力発電所の確認方法も含めて、整理されました。基本的には、運転開始から60年を超えての運転にも対応した、的確な劣化の評価はできる状況にあります。しかし長期間の原子炉運転についてはまさに今後世界的に経験が積まれる見込みであり、原子力規制委員会としても引き続き国内外の知見を収集し、具体の審査を行う時には、その時点での最新の知見を踏まえて判断することが重要と考えています。

★○劣化とは何か、劣化への対処の基本的考え方

「劣化/経年劣化」とは、経時変化による構築物、系統及び機器に要求された性能の低下又は材料特性の低下といった現象です(※)。使い始めた時点で機器が有していた性能は、何らかの原因により、時間の経過とともに低下していく、すなわち、劣化は日々進展します。当然ながら、原子力発電所には様々な機器、材料があり、それぞれの特性に応じて劣化が進みます。

こうした劣化に対し、事業者は「評価・点検・回復」を通じた保全を行います。

具体的には、各部位の性能が低下する原因と速度を評価し、その速度に応じた頻度で点検し、点検により性能の低下が確認されれば、必要な修繕や部品の交換を行うことで、性能を回復させます。原子力規制委員会は、検査を通じて事業者の保全活動全般を監視します。

このように、機器や構造物の劣化が顕在化するまでの期間に応じた安全対策が、原子炉等規制法で定める安全確保の枠組みで講じられています。

(※) 例えば、鋼鉄で作られている配管については、中を流れる高温の水又は蒸気により配管の内面が削られていき、薄くなっていきます。

また、ポンプを回転させるための電動機については、その回転軸と軸受けが回転により摩耗し、ガタが増えることによって振動が増加していきます。

加えて、原子力発電所に特有な事象として、原子炉の近くにある鋼鉄やゴムなどの材料に中性子線やガンマ線などの放射線が照射されることによって延性が低下する現象が知られています。

★○安全確保の枠組みと、劣化が顕在化するまでの期間に応じた安全対策

原子力発電所の安全確保の枠組みにおいて中核となるのが規制基準です。原子力規制委員会は、運転開始前に審査及び検査を通じて、当該施設の規制基準への適合を確認して許認可するとともに、運転中も事業者に対して、規制基準への適合を維持するよう義務を課しています。この基準適合性を確認するため、事業者は原子力発電所の保全を実施し、原子力規制委員会は、原子力規制検査によりその監視を行います。

上述のように劣化が日々進展する中で、事業者は基準適合性を確認する必要があります。

まず、短い期間で進む劣化（消耗品の劣化、偶発的故障、軸受けの摩耗等）に対しては、事業者は日常的な巡視・点検・補修（古くなった部品・設備の交換等）や、おおむね13ヶ月に1度、原子炉の運転を停止させての点検・補修（定期事業者検査）を行っています。

しかし、顕在化するまでの期間がより長い劣化（中性子照射脆化、コンクリートの劣化等）については、視点を変えた点検や対処が必要です。これに対応する仕組みが、高経年化対策の安全規制です。

逆の見方をすれば、原子力発電所において発生する様々な劣化に対して、それぞれの劣化の原因や劣化が顕在化するまでの期間を見極めた上で、より適切な保全の枠組みにおいて対処することが重要です。

○長期間の運転により生じ得る課題は何か（劣化、高経年化、設計の古さ等）

原子炉を長期運転する際には、機器や材料が長期間使用される状態、すなわち「高経年化」するため、顕在化するまでの期間がより長い劣化にも着目する必要がありますが、IAEAの安全基準ガイド（SSG-48）に基づけば、その劣化は「物理的（経年）劣化」と、「非物理的（経年）劣化（知識、規制、技術の陳腐化）」に大別されます。

前者の「物理的劣化」は、原子炉の運転停止中でも進展するもの（コンクリートの劣化等）と、運転すると進展するもの（中性子照射脆化等）があります。後者の「非物理的劣化」の例としては、古い安全設計思想に基づいた機器や設備のデザイン、すなわち設計の古さや、製造中止となった機器を用いていることで部品の調達が困難になること等があります。

○確認項目に不足がないかを確認する仕組み（最新知見の把握等）

原子炉等規制法では、事業者は、最新の知見を踏まえつつ、原子力施設の安全性の向上、検査の適正かつ確実な実施を行う責務があるとしています。

現行制度では、事業者は定期事業者検査ごとに、最新知見に照らして、自主的な取り組みも含めた施設の安全性に関する自己評価結果を原子力規制委員会に提出・公表する義務があります（安全性向上評価届出制度）。また原子力規制委員会は、常に国内外の最新の知見や技術等について情報収集しています。こうした事業者及び規制側双方の取り組みから得られた内容は必要に応じて規制基準へ反映し、バックフィット制度により既設炉に適用します。

これに加えて新しい制度では、10年ごとに長期施設管理計画が策定されるので、その都度、その時点での最新の知見が、この計画に反映されることとなります。

(2) 日常的な点検・補修

○(総括的な問) 事業者による日常的・定期的な劣化の把握、その規制委による確認

設備の劣化は日々進展しますが、顕在化するまでの期間が比較的短い劣化を管理する観点から、事業者は日常的な点検・補修や、おおむね13ヶ月に1度、原子炉の運転を停止させての点検・補修(定期事業者検査)を行っています。

事業者は、発電用原子炉施設の安全に関係する構築物、系統及び機器について、時間経過に伴う特性変化がその安全性に影響を及ぼさないよう、予め評価を行い、保全計画を立案し、それに応じて上記のような日常的な機会や定期事業者検査の機会に、点検や古くなった部品・設備の交換等を行っています(保安規定に基づく保全計画の策定及び保全計画に基づく保全の実施)。

原子力規制庁は、事業者が行っている時間経過に伴う特性変化の評価及びこれに基づく保全活動について、原子力規制検査により監視を行っています。

こうした規制の仕組みを前提とした上で、顕在化するまでの期間がより長い劣化に対応するための、高経年化対策の安全規制があります。

○膨大な部品等をすべてチェックできるのか

全数確認が困難なものについては、事業者が、時間経過に伴う特性変化の傾向を評価した上で、代表的な部位の点検や将来の特性変化の予測評価を行い、規制基準への適合性が維持されることを確認しています。

○取替や補修が困難な機器はどうするのか

取替や補修が困難な機器についても、考慮すべき経年劣化事象がどのようなもので、それが顕在化して機器の性能に影響を及ぼすまでの時期がどのくらいであるかを基に、計画的に点検が行われています。その結果、規制基準への適合性を維持することができないのであれば、その原子力発電所は運転停止することになります。

(3) 新制度の内容

○（総括的な問）新たな制度は具体的にはどのようなものか

○現行の高経年化技術評価との違い（どう厳しくなるのか）

○30年、10年とした理由

○長期施設管理計画の内容

○認可の具体的な基準、審査の方法

○劣化管理措置の義務付け、検査、措置命令、罰則

○長期停止している原子炉の扱い

○施行期日・経過措置

○海外の同種の制度

(4) 劣化評価の技術的内容

○(総括的な問) 10年先を見通しての劣化の評価は、どのように行うのか

原子力発電所には様々な機器、材料があり、それぞれ特性に応じて日々劣化が進みます。事業者はまず、「経年劣化事象の抽出および技術評価フロー」に従い、高経年化対策上評価すべき劣化事象及び相当する機器を抽出します。

次に、抽出した各々の劣化事象ごとに、現場での点検結果に基づき把握した機器・材料の実際の状態を起点として、今後起こりうる劣化事象について進展予測・解析・評価を行います。予測式は広く認められているものを利用し(※)、また使用環境等については厳しい条件を当てはめます。このようにして、使用期間終了時までの劣化の進展を考慮に入れたとしても、施設全体が規制基準に適合しているかどうかを評価することになります。

原子力規制委員会は、事業者の評価の起点となる実際の機器・材料の状況や評価の内容について、審査、検査で確認していきます。

※) 劣化の進展予測は、一般的に大学、研究所等が実施した実験結果を基に、広く専門家により公に認められている予測式を利用しますが、特に重要な予測式については原子力規制委員会においてその内容を確認し、必要に応じ規制基準に反映しています。

○評価する主要6事象の選択の妥当性

主要6事象は、●●という観点から、●●に基づき、●●といった手法で選択されました。引き続き原子力規制委員会は、米国のGALL (Generic Aging Lessons Learned) レポート等の海外情報や、国内外の運転経験の知見を参考にしながら、常に科学的、技術的な観点から新しい知見を反映していくこととなります。

○中性子照射脆化の評価手法

原子炉を運転することで、炉心から中性子を受けることにより、原子炉容器の材料の粘り強さが徐々に低下(脆化)する現象であり、監視試験片による劣化状況の監視を行います。

監視試験片とは、原子炉圧力容器と同一の材料の小片であり、原子炉圧力容器と同じ中性子照射環境に置くことにより、原子炉圧力容器の健全性の確認に用いられるものです。金属製のカプセルに封入され、3～8カプセル程度が原子炉圧力容器近傍に装荷されています。事業者は、監視試験片を用いて材料の強度を確認する試験を行い、原子力規制委員会が条件付きで認めた日本電気協会規格

(JEAC4201、JEAC4206)などの方法に沿って原子炉圧力容器の健全性を評価します。

監視試験片は建設当初に配置するもので、監視試験で使用することで個数が減っていきますが、監視試験片を再生する技術が既に確立されており、日本電気協会規格 (JEAC4201) において方法がとりまとめられています。

※第2回検討チーム会合資料 2-4「高経年化技術評価について」を元にした資料を添付予定。

○低サイクル疲労の評価手法

温度や圧力の変化によって、材料にくり返し大きな応力がかかることにより割れを起こす事象であり、大きな負荷が生じる起動・停止の回数を基にした材料の劣化予測と健全性評価を実施します。

※第2回検討チーム会合資料 2-4「高経年化技術評価について」を元にした資料を添付予定。

○照射誘起型応力腐食割れの評価手法

材料が腐食環境下で通常の破壊応力より低い応力でひび割れを生じる現象であり、材料、環境、応力の3因子により発生するため、事業者は定期事業者検査により点検を実施するほか、耐食性に優れた材料への取り替えを実施しています。

※第2回検討チーム会合資料 2-4「高経年化技術評価について」を元にした資料を添付予定。

○2相ステンレス鋼の熱時効の評価手法

主に1次冷却材管、弁・ポンプなどに使用されている材料が長期間高温にさらされると材料の靱性(粘り強さ)が低下する現象。事業者は定期的に検査を行い現状を確認しており、材料が晒される環境に応じて劣化評価を行っています。

※第2回検討チーム会合資料 2-4「高経年化技術評価について」を元にした資料を添付予定。

○電気・計装設備の絶縁低下の評価手法

発電機や変圧器、ケーブルなどで絶縁物として使用されているゴム、プラスチック

クなどが熱や放射線などを受け、時間の経過とともに変質して絶縁性能に低下が生じる現象であり、事業者は絶縁抵抗値を測定することにより劣化の把握をするほか、実際の劣化を模擬した健全性評価を実施しています。

※第2回検討チーム会合資料 2-4「高経年化技術評価について」を元にした資料を添付予定。

○コンクリート構造物の強度低下の評価手法

放射線照射や水分の影響などでコンクリートの中から素材が膨張し強度が低下する現象であり、事業者はサンプリングにより強度の確認を行っています。

※第2回検討チーム会合資料 2-4「高経年化技術評価について」を元にした資料を添付予定。

○主要6事象以外の個別の劣化事象の考慮の必要性

主要6事象以外の劣化事象については、事業者は、日常的な施設管理において時間経過に伴う特性変化に対応した劣化管理を的確に行うほか、高経年化技術評価において、経年劣化事象ごとに、その発生及び進展を的確に評価することとなります。

○地震や津波を受けると評価以上に劣化が進むのではないか

地震及び津波の安全性評価では、事業者は全ての経年劣化事象の中から考慮する必要のある経年劣化事象を抽出し、各々の経年劣化事象に対して、解析などを用いて評価することになります。また、評価の際には過去に発生した大規模地震等による機器・構造物への直接の影響について、調査を行うとともに、その結果も踏まえた評価を行っています。

※第2回検討チーム会合資料 2-4「高経年化技術評価について」を元にした資料を添付予定。

○原子炉等の劣化した状態で運転するとどうなるのか？

劣化によって原子炉等の機能や性能が低下し、設備に劣化した状態を放置したままであると、大きな事故につながるおそれがあります。例えば2004年8月9日に発生した美浜3号機2次系配管事故は、配管減肉により配管の破口から熱水が噴き出し11名が被災、うち5名が死亡しました。

したがって、事業者は劣化の状況を的確に確認し、必要に応じて新技術や新材

料を使用し、適切な補修や取替えを行い安全性を確保することが重要です。

【参考】 機器等の劣化による事故の実績例

- ・ 美浜発電所 3号機における 2次系配管破損事故（減肉破損）
- ・ 米国サリー原子力発電所 2号機における 2次系配管破断（減肉破損）

(5) 60年以降の安全性の確認の在り方

★○(総括的な問) 60年を越えた原子炉の安全性の確認の在り方

現行の60年までの規制判断において科学的根拠となっている、劣化の状況や進展の評価手法(予測式やパラメーター等)は、60年を超える場合でもそのまま適用可能または今後データが追加で得られれば適用できる見通しがついています。ただし、劣化事象によっては、長期間運転することに伴って、発生頻度が高まる、新たに顕在化するなど、性能低下の予測からの乖離の発生が否定できない可能性もあるため、定期的な状態確認や、最新知見の取得状況に応じた評価手法の継続的な精緻化が行われることが重要です。

長期間の原子炉運転についてはまさに今後世界的に経験が積まれる見込みであり、原子力規制委員会としても引き続き国内外の知見(米国の60年を超えての稼働プラントの評価等)を収集・取得し、具体の審査を行う時には、その時点での最新の知見を踏まえて判断することが重要と考えています。

さらに、原子炉等規制法の他の枠組み(安全性向上評価届出制度、バックフィット制度等)も活用して、事業者と規制側の双方が、高経年化に関して情報収集し、規制基準へ反映していく必要があります。

○現在の劣化評価手法の60年以降への適用可否

→総括問いと統合?

○60年時点での特別点検の取扱い

運転開始から30年を越える高経年化プラントについては、事業者は、従来実施していた「特別点検」の趣旨に鑑みて、固有のプラントにおける事業者が10年毎の劣化状況を管理するための長期施設管理計画を定め、原子力規制委員会は、その妥当性について審査して認可するとともに、その計画に基づく措置の実施状況を原子力規制検査により確認していくこととなります。

○新たに評価すべき劣化モードの有無とその取扱い

→総括問いと統合?

★○設計の古さに関する考慮

設計の古さの考慮、すなわち古い安全設計思想に基づいた機器や設備に関する安全規制に対応しうる枠組みとしては、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があり、設計の古さを改め

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「設計の古さ」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。

○サプライチェーンに関する考慮