

国際機関におけるobsolescenceの議論の経緯など

福井県 原子力安全対策課 参事
(工学博士) 山本 晃弘

a-yamamoto@houshasen.tsuruga.fukui.jp

2006年 - 2010年 経済協力開発機構 原子力機関 (OECD/NEA) 高経年化対策専門職

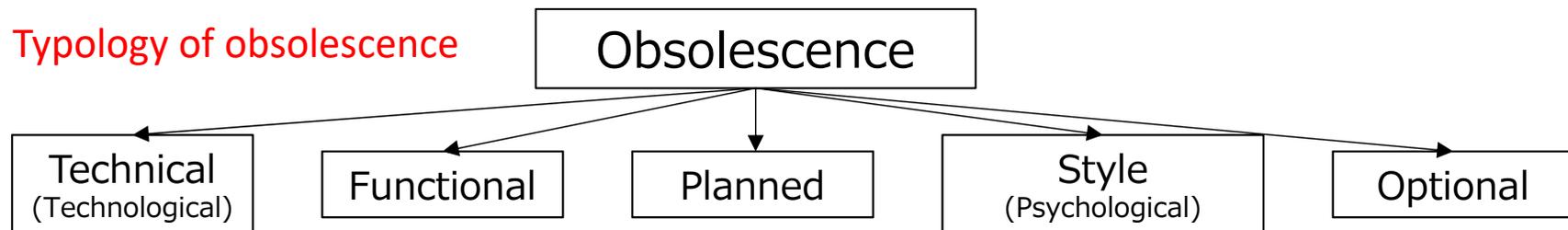
(論文) Obsolescence – A review of the literature

Author: Mohamed Arezki Mellal (<https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2020.101347>)

1976年～2020年にかけて出版（一般産業全体）されたobsolescenceに関する文献をレビューした論文

- Obsolescenceの用語が初めて使われたのは1820-1830年。その後、1932年に出版された本で広く知られるようになった。ただ、当時はまだ概念が抽象的・不明確であった。
- **Out-of date**というニュアンスで使い始めたのはVance Packardが1960年に出版した“The waste maker”であり、航空業界や自動車業界におけるobsolescenceの事例を紹介している。
- Obsolescenceについては、過去の文献を調査すると、5つのタイプが使われている（Technical, Functional, Planned, Style (Psychological), Optional）
- 産業リスクを引き起こす最も重要なタイプは、technological obsolescenceであり、リスクとして、事故、製造工場での品質の損失、予想外の生産停止、システム設計中のコンポーネントの旧式化、廃棄物の増加などを挙げている。

Typology of obsolescence



Technical：技術の進歩による製品価値の低下。新製品が旧製品に置き換わる、経済的に望ましい場合に発生。

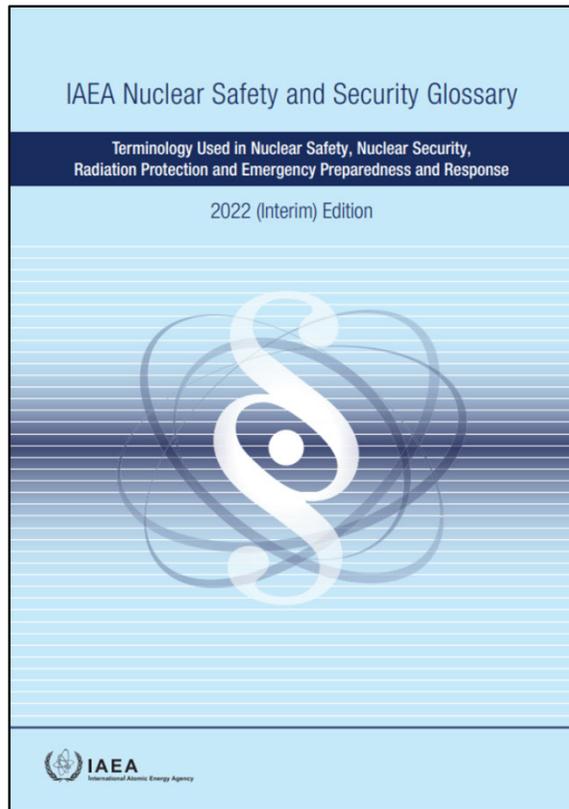
（例）手動機器→自動機器→スマート機器

Functional：機能低下、最新状態にする機会がなく機能的に廃止される。（例）携帯電話（古いデバイスは時代遅れ）

Planned：リピート購入間隔の短縮のため、メーカーが生産方式に導入。消費者が必然的に買替えるよう意図的に設計する。

Style：製品が時代遅れになり魅力的でなくなる。例えば衣料品など。古い機械とは、古い工場のことを指す。

Optional：技術的改良が適用できるが適用されない状況。最も安価な製品の生産にはその新機能を実装しないなど。



Non-physical ageing.

- **The process of becoming out of date** (i.e. obsolete) owing to the evolution of knowledge and technology and associated changes in codes and standards.
- ① Examples of non-physical ageing effects include the lack of an effective containment or emergency core cooling system, the **lack of safety design features** (such as diversity, separation or redundancy), the **unavailability of qualified spare parts for old equipment**, **incompatibility between old and new equipment**, and **outdated procedures or documentation** (e.g. which thus do not comply with current regulations).
 - ② Strictly, this is not always ageing as defined above, because it is sometimes not due to changes in the structure, system or component itself. Nevertheless, the effects on protection and safety, and the solutions that need to be adopted, are often very similar to those for physical ageing.
 - ③ **The term technological obsolescence is also used.**

その他、米国連邦航空局が2015年にまとめた” Obsolescence and Life Cycle Management for Avionics”の報告書※には、「Obsolescenceは、トップダウンの規制や法的な圧力と、サプライチェーンのボトムアップの圧力の両方によって引き起こされる。航空業界のオーナーオペレーターや航空電子機器を扱うメーカーは、どちらも制御できないが、それでも対応する必要がある。」との外的要因に言及した記載もみられる。

Safety Fundamentals

安全原則

人および環境を
保護するための基本的な
安全の目的および原則

「定期安全レビュー（要件12）」、「経年劣化管理（要件14）」、「長期運転のためのプログラム（要件16）」の中には、Obsolescenceの用語はなく、「プラント構成の制御（要件10）」に記載があり、適切な対処方法の一つとして、“obsolescence of technology”を挙げている。

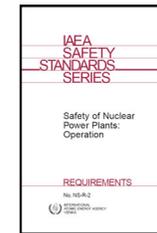
General Safety Requirements (7)

Safety Requirements (6)

安全要件

人および環境を保護するた
めに満たすべき安全要求

原子力発電所の安全性確保



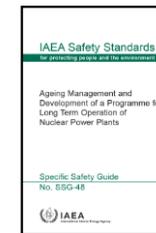
Safety of Nuclear Power Plant Operation NS-R-2

Safety Guides

安全指針

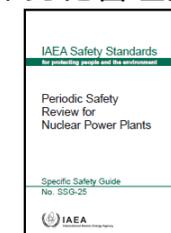
安全要件を満たすための推奨される方法

経年劣化管理



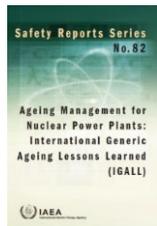
Ageing Management and Development of Programme for LTO SSG-48 (NS-G-2.12の改訂版)

定期安全レビュー
(経年劣化管理含む)



Safety Guide on PSR SSG-25

安全基準図書から切り離して作成されている技術図書、ガイドライン、報告書



IGALL REPORT SRS No.82



SALTO Peer Review Guidelines SS No.26

1. Plant Life Management (PLiM) …IAEA経年劣化管理に係る国際会議



2. Ageing Management

Obsolescenceの種類として、① technology, ② regulation, codes & standards, ③ Knowledgeなど具体的内容を列挙

NS-G-2.12(2009)

SSG-48(2018)

3. PSR

Safety factor 2 (Actual condition of SSCs important to safety)などで、“obsolescence of plant systems and equipment”について言及

現在SSG-25の改訂作業中 (DS535)

SSG-25(2013)

4. SALTO Guideline (Safety Aspects of Long Term Operation)

Obsolescence of components including the proposed period of LTO

SS-17 (2008)

SS-26 (2014)

Obsolescence management programme

SS-26 (Rev.1)(2021)

5. IGALL (International Generic Ageing Lessons Learned)

SRS-82, TECDOC-1736 (2014)

Obsolescence of SSCs important to safety

設計、人材等のObsolescenceの取入れを日本から提案したが、スコープ外として却下 (後述)

6. Other

Physical ageing を対象

OECD/NEAプロジェクト (2006-2010) <日本主導> (SCC,ケーブル劣化のデータ・知識ベースの構築)

SSG-25と同等規格

PSR + 指針 (2015) 原子力学会標準

設計の経年化評価ガイドライン(2020) ATENA

IAEA Safety Guide **NS-G-2.12** (Ageing Management for Nuclear Power Plants)
SSG-48の前身 (2009年発行)

1.2. This requires addressing obsolescence of SSCs, i.e. their becoming out of date in comparison with **current knowledge, standards and regulations, and technology.**

現在の知識、規格・規制、技術

1.9. The Safety Guide also provides recommendations on safety aspects of managing obsolescence and on the application of ageing management for LTO. Issues relating to **staff ageing and knowledge management are outside the scope** of this Safety Guide.

スタッフの高齢化、知識管理は対象外

2.2. NPPs experience two kinds of time dependent changes:

Evaluation of the cumulative effects of both physical ageing and **obsolescence on the safety of NPPs is a continuous process and is assessed in a PSR** or an equivalent systematic safety reassessment programme.

Obsolescence (に対する対応・評価) は、継続的なプロセスであり、PSR で評価される。

5.5. The obsolescence management programme should focus on the management of technological obsolescence. In addition, the programme should provide guidance on, and monitor, **the management of obsolescence of standards and regulations (e.g. through PSR).**

規格や規制のObsolescence管理のガイダンスに係るプログラムを提供すべき

IAEAの安全指針では、Obsolescenceの種類として、知識、法令、技術などの項目や、その管理として、知識の継続的なアップデート、PSRなどを通じたプラント安全の体系的な評価の重要性が示されている。

IAEA Plant Life Management (PLiM) (経年劣化管理に係る国際会議) における議論

I&C Obsolescence Issues

❑ Technology Obsolescence

- Major design architectures
- System communication bus standards
- Related assembly and manufacturing processes
- Requires major redesign

技術進歩により新製品が導入され、既存の製品が使用できなくなる

❑ Parts Obsolescence

- Parts no longer manufactured
- Requires redesign if alternative parts cannot be found

新製品を導入するとき発生。ほとんどの場合、代替部品が見つかる。

❑ Diminishing Skill Sets

- Knowledgeable plant and supplier staff are lost by attrition or retirement
- Young engineers do not have training on older equipment

人員削減・退職により経験豊富なスタッフが減少

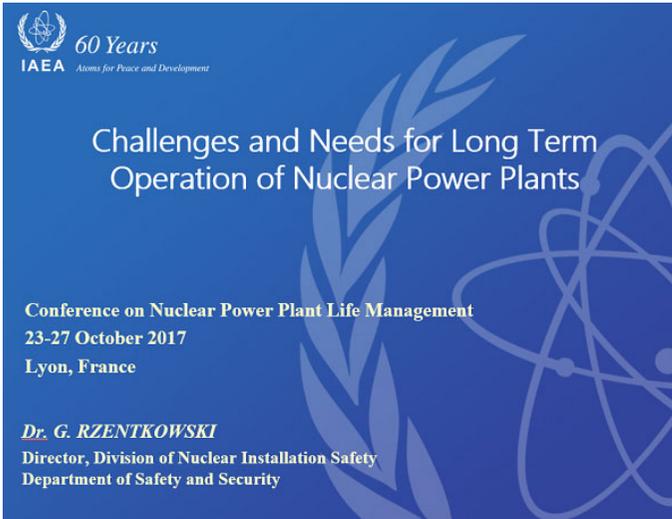
❑ Regulatory Hurdles

- Costly and complicated review process for safety related systems
- Discourages both I&C upgrades by plant owners and
- Introduction of new products by vendors

NRCの審査により、I&Cの最新化が複雑でコストのかかるプロセスになっていた。NRCに承認されていない製品導入が困難



- PLiM 2007において、GE Hitachiが“Managing I&C Obsolescence for Plant Life Extension”を発表。Obsolescenceに関しては、技術(Technology)、Knowledge(知識)、規制(Regulation)などのキーワードが挙げられている。

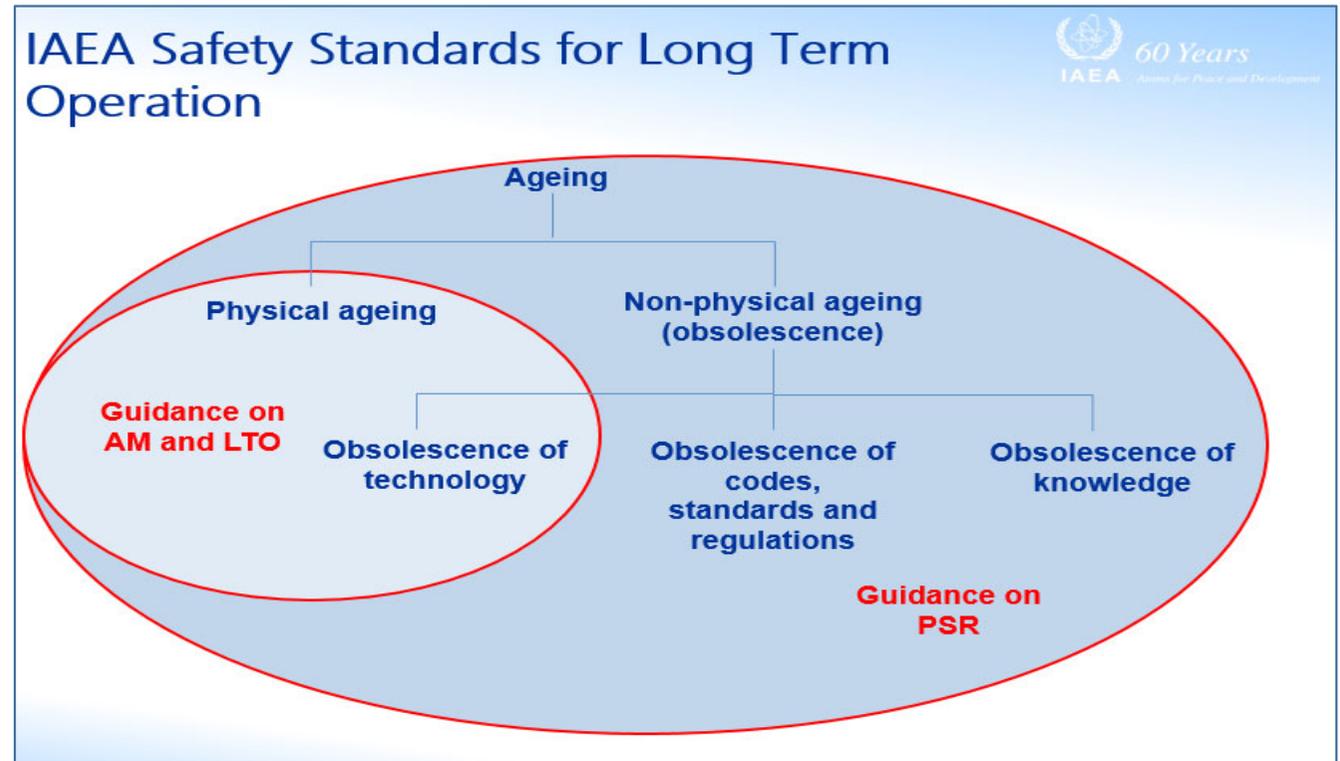


(Obsolescenceの概念)

Technological and conceptual **obsolescence**

- Operating experience and new standards
- Implementation of safety upgrades
- Quality of equipment, suppliers and contractors

(安全指針とObsolescenceとの関係図)



IAEAからObsolescenceの概念、安全指針との関係が示される。General Conclusionsの中では、規制の枠組みに対して、

- Insufficient clarity and stability of requirements for Long Term Operation
- Limited attention to technological obsolescence

などの課題が示された。

Obsolescenceに対して注意が払われていない

LTOの要件が不十分

IAEAは、原子力発電所の運転経験、寿命管理、高経年化対策、長期運転の安全性などに関して、加盟国間で最新情報を共有し議論を行うため、2022年11月28日～12月2日に第5回目※の会合を開催。

※第1回 ハンガリー(ブダペスト:2002年)、第2回 中国(上海:2007年)、第3回 米国(ソルトレイクシティ:2012年)、第4回 フランス(リヨン:2017年)

(主な概要)

- 今回の会合 (IAEA本部 (ウィーン) とリモートの併用) には、61か国から約500名が参加し、約80名が発表 (20件は日本)
- 423基 (加盟国) のうち、約23%にあたる111基が40年超運転を行う中、プラントの安全性と信頼性を向上させ、長期運転 (LTO) を合理的に持続可能なものとするためには、人材育成が不可欠であり、多くのステークホルダー間による包括的な議論が必要などの意見が出された。
- また、LTOには、技術・経済・社会的、更には政治的な様々な側面があり、規制などの観点から、これらの課題に取り組むことの重要性が再認識された。



(各セッションにおける主な議論のポイント)

①プラントライフマネジメントへのアプローチ

1 F 事故の教訓のLTOへの反映、安全上重要な機器の状態監視を含む統合プラント評価の方法論など

②プラントマネージメントと経済性

サプライチェーンの維持、**設備のobsolescence (旧式化)**、大型機器 (SG、上蓋、タービン等) の取替など

③経年劣化管理とLTOに向けた準備

経年劣化管理に関するレビュー、効果的なプログラムの開発、改善、LTO、経年劣化管理をサポートするための研究

④安全性を高めるための機器の機能構成管理と変更管理、及び信頼性の改善

設計ベースの再構成を含む変更および機能構成管理、高度なI&Cシステムの計画と実装から学んだ教訓など

⑤ステークホルダーの関与、人的要因、経営的側面

ステークホルダーの関与と公衆への理解醸成、LTOのための人材育成と人材確保、知識管理とその方法、プロセスなど

⑥経年劣化管理とLTOへの規制アプローチなど

規制要件、国内規制策定のためのIAEA安全基準の適用、PSRからの洞察、**SALTOミッションの教訓**など

IAEA職員として長年SALTOレビューを担当したKrivanek氏※のプレゼン資料

※ Krivanek氏は、現在、Nuclear Research and consultancy Group (NRG) (オランダ) に勤務

Potential technical factors limiting PWRs operation up to 80 years



Technological obsolescence:

- Proactive approach to technological obsolescence needed
- EI&C equipment refurbishments are ultimate solution with high costs
- Regulations in some countries still does not allow routine shift from analogue to completely digital safety I&C systems

(Krivanek氏の発表要旨)

- 事故や故障の可能性が高まる重要な要因として、機器の物理的な老朽化だけでなく、テクノロジーの非物理的な劣化 (obsolescence) も考えられる。
- 過去 10 年間、この問題は世界の多くの地域 (アルゼンチン、ベルギー、ブラジル、フランス、ハンガリー、スウェーデンなど) でも解決されつつあり、その多くは米国とカナダで以前に実施されたアプローチを使用している。
- 国際協力は、個々の事業者の現在および将来のニーズを特定して定量化し、メーカーとサプライヤーが既存の機器の生産、供給、保守サービスを提供するよう共同で動機付けるために非常に重要。
- **Technological obsolescenceの代表例として、“EI&C systems”がある。** I&C システムの改修は定期的に行われ、技術・安全の両面で十分に管理されているが、**一部の国 (米国など) の規制では、アナログシステムから完全なI&C システムへの移行が依然として許可されていない。**
- このため、最終的には I&C システムの保守性の欠如により発電所が廃止される可能性がある。その他の重要な側面として、I&C 改修にかかる高額な財務コスト (投資コスト、長期停止、試験) が挙げられる。

○フランス（EDF）

- Ageing managementは、研究開発のサポートを受け、SSG-48に相当する4つのプロセスに基づき調査された。
- このプロセスの中には、Obsolescence managementがあり、LTOは、このトピックの強化の必要性を暗示している。

○カナダ（Canadian Standards Association）

- CSA規格は、Ageing Managementに関する要件を規定し、physical aging（時間に基づく劣化など）とobsolescence（technology agingなど）の2つの主要な領域に対処している。
- Ageing Managementを他のさまざまなプロセス（obsolescence、PSR、機器・信頼性プログラムなど）に統合できるかを取り上げている。

○スペイン（Consejo de Seguridad Nuclear（CSN）…規制当局）

- IAEAの基準を参照し、異なる原子力発電所のプログラムにおいて、SSG-48の目的が、カバーされている。
- SALTOを受けた後、CSN はアクティブコンポーネントの経年管理とobsolescenceを対象とする新しい規制ガイドのドラフトを作成した。



Obsolescence
• Specific plant programmes: <ul style="list-style-type: none">• Quality assurance• Spare parts• Technological renovation• International databases• Suppliers communications

○パキスタン（Pakistan Nuclear Regulatory Authority…規制当局）

- 2000年に運転開始したチャシュマ1号機※（PWR、32.5万kW、Design life:40年）では、PSRの結果、多くの改善が実施された。この中には、IGALL（SRS-82）をもとにした経年劣化管理、Obsolescence management programsも含まれる。

その他、ブラジル、南アフリカなどもobsolescenceを含む経年劣化管理に関する発表等を行っている。

各国のObsolescenceへの取組みは様々。PSRがAgeing Managementを含むという観点からはPSRの枠組みと言えるが、実態としては、SSG-48やIGALL、SALTOの結果をもとに対応していると考えられる。

2009 : NS-G-2.12においてobsolescenceの種類（タイプ）が示される。

2011 :

- IAEAで国際版経年劣化管理プログラム（IGALL）の策定会議が始まる。Obsolescenceに関して、日本側から、機器だけでなく、規制、規格基準および知識の旧式化についても、新たに対応するように提案。
- しかし、ハンガリー、スイスから、「Obsolescenceには、設計、規格基準等も含まれるが、今回の拠出金によるIGALL事業（EBP）としての具体的な経年劣化管理プログラム（AMP）作成に関しては、設計、人材等のソフト面は対象外であり、また、NS-G-2.12の全項目について取り組む必要はない。今回は、Physical Ageing（機器の経年劣化）に集中すべきである。」などの発言があり却下された。（当時の参加者からの聞き取り情報）

2014 :

- IGALL final report として、“Approaches to Ageing Management for Nuclear Power Plants (TECDOC-1736)”がまとめられ、その中で、各国のManagement of Obsolescenceの取り組み事例が掲載される。

2022 :

- IAEAにおいて、計装制御システム・機器（I&C EQUIPMENT）のobsolescenceに関する情報をまとめた技術図書（NR-T-3.34）が出版される。
https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/PUB2030_web.pdf
- IAEAにおいて、SSG-25の改訂作業が始まる。改訂版では、LTOに関して考慮すべき事項について、PSRとLTO（SSG-25、SSG-48）間のインターフェイスを詳細に取り上げるとしている。

2009年に発行されたNS-G-2.12においてobsolescenceの種類として、技術、規格・規制、知識の3つの項目が示されたが、特に知識のobsolescenceに関して、その後、具体的に議論が行われた形跡はない。

IAEA SALTO レビュー

(SALTO : Safety Aspects of Long Term Operation)

- 原子力発電所の安全な長期運転を目的として、専門家約10名でIAEAの安全基準や他国の良好事例等との比較、評価を行い、必要に応じて改善勧告などが行われる。
- 長期運転のための組織/体制、プログラム、設備/機器（機械、電気計装、コンクリート）の劣化管理、人的資源、力量及び知識管理などの6分野にフォーカスしたレビューが行われる。
- 2022年6月までに、17か国の21の発電所で49回のミッション、17件のフォローアップミッションが行われた。日本では、福井県原子力安全専門委員会から関西電力に対する要請※もあり、2024年4月に美浜3号機（1976年運転開始）でレビューが行われる予定（国内初）。

（福井県原子力安全専門委員会の提言（2023年4月）
IAEAなどの外部評価を受けることにより、国際的知見や提言を取り入れ、プラントの安全性向上を図ること）

SALTO Missions Highlights 2018–2022

https://www.iaea.org/sites/default/files/22/09/salto_mission_highlights_2018-2022.pdf

3.4.4. Technological management for all SSCs

(Areas for improvement) obsolescence

- In many plants, a proactive programme for managing technological obsolescence is not developed/ fully established.
- Technological obsolescence of SSCs is not managed in a timely and comprehensive manner.
- The obsolescence management programme has not been timely and completely implemented.
- A proactive technological obsolescence programme is not fully implemented.

これまでのSALTOレビューの実績では、多くの発電所では、Technological obsolescenceを管理するためのプログラムが開発または完全には確立されておらず、タイムリー、プロアクティブに実施されていないなどの課題が挙げられている。

Findings Overview



Safety Aspects
of Long Term
Operation
SALTO

Number of issues per mission per area decreased from 2005-2015 vs. 2015-2018 but remain approximately constant for 2018-2022 .

Most Frequent issues:

Area A: The content of PSR is not comprehensive for LTO.

分野A 長期運転のための組織/体制

Area B: Completeness of scope setting cannot be demonstrated.

分野B 長期運転のための設備等の範囲及びプラントプログラム、是正処置

Area C: Identification or revalidation of TLAAs is not complete or systematic

分野C 機械設備の経年劣化管理

Area D: 分野D 電気/計装設備の経年劣化管理

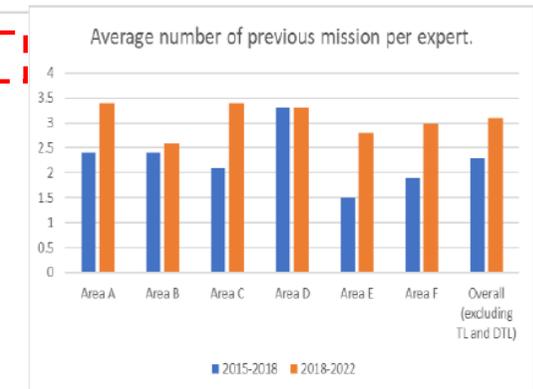
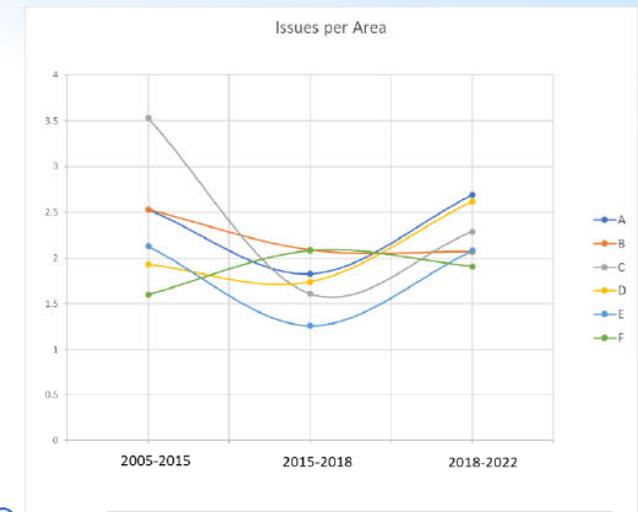
- The equipment qualification programme is not adequate or not comprehensive for LTO.
- A proactive programme for technological obsolescence is not developed/ fully established.

Area E: AMPs for civil SCs are not adequately developed or implemented

分野E コンクリート構造物の経年劣化管理

Area F: 分野F 長期運転のための人的資源、力量及び知識管理

- Human resources policy and strategy to support LTO is not adequate or not fully developed.
- Knowledge management or knowledge transfer processes for LTO are not adequate or fully implemented



(Marchena氏、Petofi氏講演資料)

SALTOレビューで得られた課題として、Technological obsolescenceに対する事前対策プログラムが完全に確立していないことなどが示されており、PLiM2022においても紹介された。

国内におけるObsolescenceに係る議論

- 今年6月に公布されたGX脱炭素電源法案には、60年を超える運転を認める電気事業法やその安全規制を定めた原子炉等規制法の改正が含まれている。
- 規制委員会は、運転開始から長期間経過したことにより出てくる課題として、物理的な経年劣化だけでなく、非物理的な劣化＝「設計の古さ」への対応についても確認していくとした。
- 第5回原子力規制委員会（2023.5.10）にて、「設計の古さ」への対応の考え方が了承。

（「設計の古さ」への対応の考え方についての文章）（筆者要約）

- バックフィット制度のようなトップダウン的なアプローチだけではなく、**個々のプラントごとに確認するボトムアップ的なアプローチが必要。**
- また、その手法としては、対象となる**最新の炉型を指定し、それに対するベンチマークを既設の発電用原子炉ごとに行い、“差分”を抽出する**ということを事業者に求め、それに対して規制当局がしっかりと確認・議論していくことが必要であり、**安全性向上評価制度の見直しの議論と整合的に進める。**
- 一方で、「非物理的なもの」「物理的なもの」にかかわらず、**事業者との様々な相互作用の中で常に“欠け（unknown-unknowns）”を見出していく仕組みの構築も必要であり、CNO会議等を活用し、定期的に議論する場を設けることで対応する。**

設計の古さ（高経年化した発電用原子炉の安全規制に関する検討チームの資料より）

確たる定義はなされていないが、“新しいものが存在して初めて相対的に「古く」なるもの”。（以下は例示）

- ① 設計時期による設計思想・実装設備の差異（次世代軽水炉・革新炉との差異や技術進展による対策材の開発（例：690系ニッケル基合金）を含む）
- ② スペアパーツ等のサプライチェーンの管理
- ③ 時間経過に伴う自然現象等の外環境の変化

「設計の古さ」に関する議論は、始まったばかり。安全性向上評価制度の見直しの議論そのものが大きな課題。その中でObsolescenceの議論を「整合的に」進めることは可能か？

第9回原子力規制委員会（2023年5月10日）

山中委員長

- 設計の古さというのは常にみていかないといけない。60年というのはその1つのタイミング。バックフィットは常にやっているが、それに加えて、60年目には更に何か加えることが必要と思っている。

伴委員

- **設計の古さを明確に規定するのは困難であり、バックフィットが基本**になると思う。40、50年までは現行の規制体系でよいと思う。60年目以降は今決め打ちする必要はなく、引き続き議論する。

山中委員長

- バックフィットで取り入れることができているとの考え方もあるが、**福島事故以降、設計思想が変わった部分**もあると思う。例えば、放射性物質は閉じ込めることを前提としてきたが、格納容器を守り、フィルタベントで出すという設計思想の転換があった。
- 技術的な部分の裏にある、**設計の思想が変わっていないかという確認**が必要と思っている。他にも福島事故以降、変わっているところがあるのではないかと思っている。

（2022年11月30日 第55回原子力規制委員会）

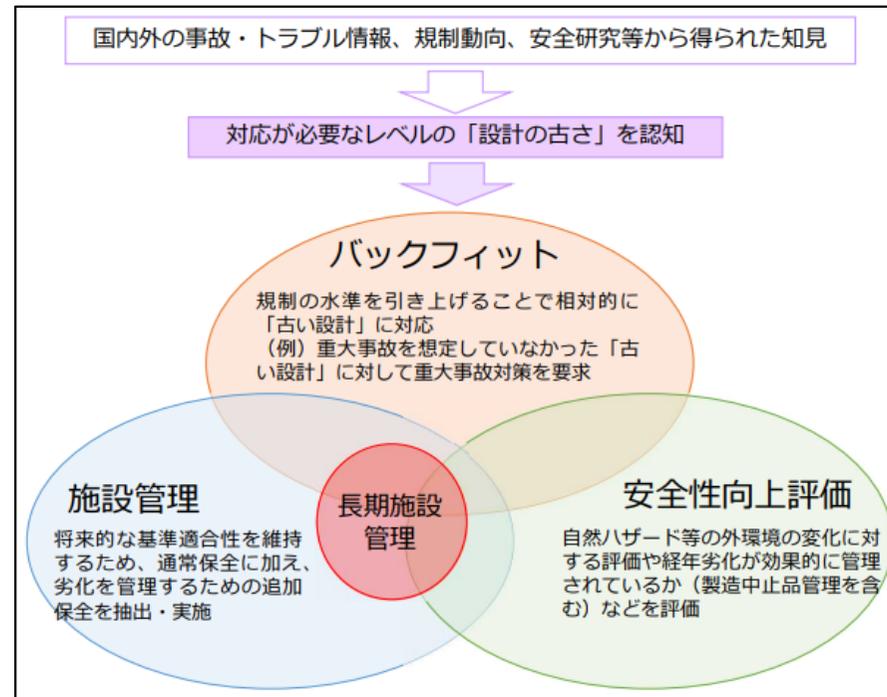
杉山委員

- 『設計の古さ』への対応の考え方で、既存の枠組みであります安全性向上評価で事業者の評価を求めるが、**今回求めている視点というのはこれまでの安全性向上評価のガイド等では定められておりません**ので、新たに評価を求める項目はきちんと追記しなければいけない。
- そして“欠け”への対応でこれはまだ双方が認識していない課題、そういったものを何とか見つけようとする努力として年1回ぐらい会合を設けるといふものである。

「設計の古さ」が何を意味するのか、規制委員の間でも明確となっていないのではないか？
海外に対して、規制委員会における議論の内容をどのように説明できるか？

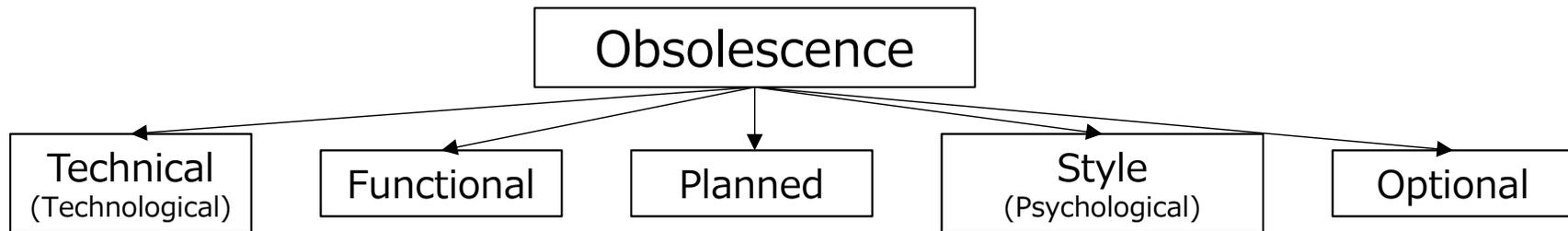
○第14回原子炉安全基本部会・第8回核燃料安全基本部会（2023年8月25日）

- 現時点では**規制と被規制がフラットな関係で議論できておらず**、欠けを見つける議論では大きな課題
- 長期施設管理計画と安全性向上評価の関係を明確にすべき。
- 事業者が気付きを得たときにちゃんと届出をするモチベーションの喚起が重要
- 差分を見るとときに最新の炉がすべてにおいて完璧と考えていいのか疑問
- **設計思想とはアーキテクチャなのか、デザインなのか、フィロソフィーなのか**。設計思想の具体的なものを提示してもらう必要がある。
- どう対応するかのカリテリアとインデックスを明示して運用を進めるのが良い。
- 将来その炉では何が課題になり、どう対応するかが安全性向上のポイントになる。原子力学会標準のプロアクティブセーフティレビューを取り込めればと思う。



「設計の古さ」への対応イメージ（原子力規制庁）

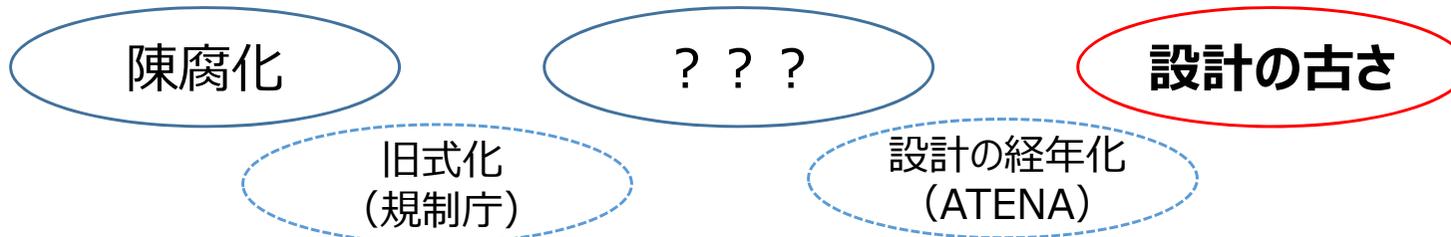
<Typology of obsolescence (A review of the literature) >



<Subject of obsolescence (IAEA NS.G.2-12 (SSG-48)) >



<Obsolescenceの最適な日本語訳とは？>



- 「陳腐化」では、イメージがしっかりこない。(語感の問題?)
- 「設計の古さ」は、人により解釈が様々

意図をもって、日本語訳にしたのは更田前委員長。しかしながら、その意図が理解されずに各々が持つ漠然としたイメージで「設計の古さ」を語っているのが実態ではないだろうか。

○古い炉と新しい炉の比較

（更田前委員長）

- 建設から30年たっている、あるいは運用から30年たっているとか、40年たっているという経年変化よりも、むしろ設計の古さは影響すると思っています。
- 当然のことながら、新しい設計の方が、一般論からすると安全性が高いととられるのだけれども、一方で、新しい炉は、合理化設計の名のもとに、基準はクリアするのだけれども、より詳細な検討によってぎりぎりのところを超えている炉もあって、ですから、既に建っているものに関して言うと、一概に新しいものの方が安全性が高いというのは、ごくごく一般論としてそういうことが語られがちではあるけれども、正確ではなくて、一つ一つをきちんと捉える必要がある。

（定例記者会見：2018年3月14日）

○知識のObsolescence

更田前委員長に対するテレビ朝日吉野記者のインタビュー記事抜粋
https://news.tv-asahi.co.jp/news_society/articles/000281558.html
日本原子力学会誌 Vol.65 No.7, p408 (2023)にも同様の内容の記述あり

（更田前委員長）

- 1 F 1 では、直流電源喪失による弁が閉じた説もあるが、I C がうまく働かなかった。
- I C は1 F 1 と敦賀1号機にしかない。日本原電と異なり、東京電力は、1 F 1 のシミュレータは廃止し、1号機の運転員は、2号機、3号機用で訓練をしていた。
- 建設時の経験や知識は運転を停止していても失われていく。「設計の古さ」とはハード面での古さ（out of date）もさることながら「使い方が忘れられてしまった技術（**使い方が覚束なくなってしまう技術**）」も含まれると解釈される。

設計思想について、今の世代が知る機会はあるか？ 知識のObsolescenceと知識管理（Knowledge Management）の違いは？（SSG-48では、Knowledge Managementはスコープ対象外）

○関西電力の説明（関西電力WEBサイトより）

Q. 古い原子力発電所は設計が古いままなのではないですか。

A. 最新の技術知見をふまえた新規制基準がすべてのプラントに適用されます。新規制基準がすべてのプラントに適用されることを、バックフィット制度といいます。

https://www.kepco.co.jp/energy_supply/energy/nuclear_power/anzenkakuho/koukeinenka_faq.html

○ATENAの説明

（設計の**経年化**）

- 時間の経過にしたがってプラントの設計に関する知見が蓄積されることにより、プラントの設計そのものが変遷し、新設計との差異が生じること。
- 例えば、設計時には最適としてきたものが、その後の時間の経過に伴って、最新のプラント設計から乖離することが考えられる。
- これを、当初は「設計古さ」と呼称していたが、必ずしも「古い」ものの安全性が新しい設計から劣後するとは限らず、新しい設計が合理化されていることもあることも考慮し、また、時間の経過に伴い差異が生じるものであることを考慮して、「古さ」という呼称に変えて、「経年化」としたもの。

※第2回経年劣化管理に係る ATENA との実務レベルの技術的意見交換会（2020年4月27日）「参考資料2 設計の経年化評価ガイドライン（案）」等に関する原子力規制庁のコメント（設計の経年化および設計の経年化評価について用語の定義を説明してください）に対する回答（<https://www2.nra.go.jp/data/000314259.pdf>）

規制当局、事業者の間で、「設計の経年化」に関して、どこまで認識あわせができていますか？
第三者からは、議論の内容がさらに分かりづらくなっているのが実態

新潟県原子力発電所の安全管理に関する技術委員会（2012年度第4回）（議事録を一部要約）

<https://www.pref.niigata.lg.jp/uploaded/attachment/36338.pdf>

（山内委員）

- 初期のG E製の設計からその後、様々な改良が加えられているが、**福島第一の1号機の設計自体の古さが事故の原因にどの程度関係していたのか**。福島第一5・6号機等、その後の改善、設計自体の進歩が、津波後の回復に対してどの程度影響したのか総合的な評価を聞きたい。

（東京電力：川村センター所長）

- プラントは確かに運転寿命があり、1971年に1号機が運開してから様々な設計変更が加えられ、柏崎の6・7号機のようなA B W Rになっているが、その間、新しい知見が分かってくる中で、安全上重要なものについては、古いプラントにも適応しており都度対応をしてきた。
- 有名な話は、格納容器の水力学的荷重に関して対策を行い、電気計装設備では、リプレースの際に新しい設計を取り入れてきた。このため、**古いプラントの設備が全て古いか**というそうではない。**一方で今回の事故経緯を見る中で、やはり設計の古さが関係しているものはいくつかあったのではないかと考えます。**
- 一つは、**電源盤が同じ場所に置かれていた**ということがある。この状態が放置されていたこと自体を反省しなければいけないが、共通要因により両方一緒に損失を受けるという可能性がある。**プラントの基本的なレイアウト**に係るところであり、抜本的な対策がしにくい、可能な限り場所を分ける、区画を新しく作るなどにより、同時に失われないようにすべきであったかなと思われる。
- これは**系統分離あるいは区分の分離が不十分な時代の設計による影響**であったと思う。

Obsolescenceを議論するうえで、レイアウト、系統分離は重要なキーワード

BWRプラント

※福島原子力発電所設置変更許可申請書（添付）では、当初1階に設置（1966年7月）としていたものを、2年後（1968年11月）には、地下1階に移動したとの話もある。

○導入初期（福島第一 1～5号機）

- **米国BWRにおけるプラント配置を踏襲した設計**
- 地震に対する設計：EDGについては岩着した構造物に設置，重量物であること※と振動対策のために地下階の基礎上(最地下)に設置，電源盤(MC, PC)については基本的には電源の負荷先であるポンプ等の近傍に設置

○導入中期（福島第一 6号機，福島第二 1～4号機）

- 格納容器を内包する二次格納施設(原子炉建屋原子炉棟)の外側に原子炉建屋付属棟を設置
- 建屋の地震時基礎浮き上がり制限を向上させ、この付属棟に耐震クラスが高い非常用電気品室およびEDGを設置
- EDGは重量物であることおよび振動対策のために地下階の基礎上に設置

○導入後期（柏崎刈羽1～7号機）

- 先行サイトに比べて岩盤レベルが深いため原子炉建屋を深く埋め込むことが必要
- EDG を付属棟の整地面レベルに近い位置(地下1階あるいは地上1階)に設置して保守性を重視
- 振動対策は建屋の構造にて対処する配置。その後、この考え方が踏襲され、EDGの地上1階設置が標準的な配置

PWRプラント

- **基本的な考え方：耐震性を考慮して建屋高さや外郭を設定し、重量物は下層階に軽量物は高層階に配置**
- 中央制御室(原子炉建屋)との接続性を考慮し、継電器、MC、蓄電池室を同建屋内の近傍に配置
- 多くのプラントにおいて、中央制御室の下層階に蓄電池室と継電器室、MC室を設置
- EDGについては、その保守性も考慮して、ほぼ地面レベルに設置
- **結論：各プラントとも建設世代を通して共通しており、電気関係機器の配置も含めて、基本的には大きな差はない。**

(参照) 電気事業連合会, 原子力安全委員会 原子力安全基準・指針専門部会 安全設計審査指針等検討小委員会第3回会合配布資料, 2011年8月16日

(参照) 渡邊 憲夫 他, (総説) 福島第一原子力発電所事故に関する5つの事故調査報告書のレビューと技術的課題の分析事故の進展と原因に焦点を当てて, 日本原子力学会和文論文誌, 2013

- 新聞記事、解説等でも「米国式の設計思想を出発点とし、そのまま大きく変わらなかったことが、結果として津波対策の不備につながる一因となった。」との論調。
- 今後、新旧プラントの設計の比較（ATENA）で期待するものは？一方で、1F事故の一因として、「運転経験の反映」、つまり、PSRに真剣に取り組まなかったことも忘れてはいけない。

(日本におけるPSRの失敗の歴史等については、著者論文（原子力発電所の定期安全レビューの実効性向上に関わる研究，山本，関村，日本原子力学会和文論文）を参照：https://www.jstage.jst.go.jp/article/taesj/advpub/0/advpub_J16.038/article/-char/ja)

※Ageing Management and Development of a Programme for Long Term Operation of Nuclear Power Plants

TABLE 1. TYPES OF OBSOLESCENCE

Subject of obsolescence	Manifestation	Consequences	Management
Technology	Lack of spare parts and technical support Lack of suppliers Lack of industrial capabilities	Declining plant performance and safety due to increasing failure rates and decreasing reliability	Systematic identification of useful service life and anticipated obsolescence of SSCs Provision of spare parts for planned service life and timely replacement of parts Long term agreements with suppliers Development of equivalent structures or components
Regulations, codes and standards	Deviations from current regulations, codes and standards for structures, components and software Design weaknesses (e.g. in equipment qualification, separation, diversity or capabilities for severe accident management)	Plant safety level below current regulations, codes and standards (e.g. weaknesses in defence in depth or higher risk of core damage (frequency))	Systematic reassessment of plant safety against current regulations, codes and standards (e.g. through periodic safety review) and appropriate upgrading, back fitting or modernization
Knowledge	Knowledge of current regulations, codes and standards and technology relevant to SSCs not kept current	Opportunities to enhance plant safety missed	Continuous updating of knowledge and improvement of its application

○高浜4号機 発電機自動停止に伴う原子炉自動停止（2016年2月28日）

- 並列時に主変・発電機内部故障警報が発信し、発電機、タービントリップ、原子炉が自動停止
- 調査の結果、今定検時に、**発電機変圧器保護リレー盤等のデジタル化工事に伴い、発電機比率差動リレー交換**をしたが、電気保守課、メーカーは、**経験的に作動値の変更は不要と考え**、過渡的な潮流の影響評価は行わず、適切な作動値の設定ができていなかった。
- このため、並列時の発電機側と送電系統側の位相差は、規定範囲内であったが、過渡的に送電系統側からリレー回路に流入する電流値が暫定的な作動値を上回り、リレーが動作

○美浜3号機 過速度トリップによる非常用DG自動停止（2021年10月6日）

- 調速装置の速度設定値が高くなっていたため発生。**当初、偶発的な故障と判断**（電子基板からの信号発信）し、電子基板等を交換したが、その後、高浜2号機において同様の事例（調速装置の速度設定値のずれ）を確認。
- 前回定検時の**中央制御盤取替工事に合わせ、DG自動同期併入装置を導入**。その際、動作回路の基本設計を行った会社は、回路名称のみを図面に記載。その図面に基づき回路図を作成した会社が、**作動条件を正しく回路図に反映できていなかった**ことが要因。

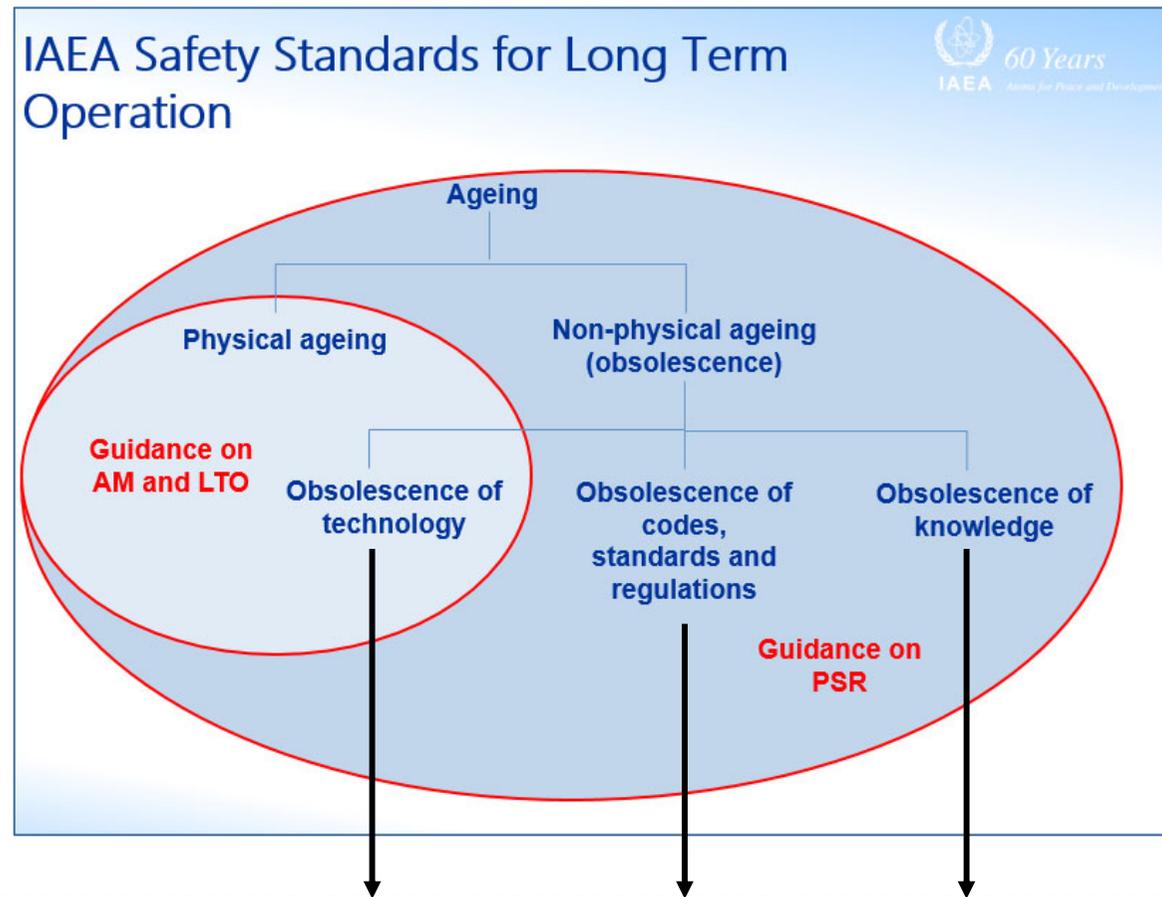
○（国外）米国マグワイア2号機 安全注入信号に係るブロック回路の誤動作（2021年9月13日）

<NRC LER_21_370/001>

- 設計上のミスによりブロック回路が安全注入作動を阻止できずブラックアウトロジックが作動
- **タイマーを同等品として評価した別メーカーの部品への取替えに伴い発生したトラブル**。シーケンスでは、約5ミリ秒の余裕であったが、交換により15ミリ秒遅延となり、設計上の余裕がなくなった
- 設計要件が物理的構成、施設構成情報に反映されなかった事例。

古い機器等を交換する際、古いシステムを踏襲するのか、新しいシステムに置き換えるのかを検討する。上記トラブルは、システム変更はかけず、機器・部品を取り換えることとした。その機器設計の際、入出力の各種パラメータに悪影響が出ないかを確実に評価するべきところが抜けていた。

SSG-48では、技術のObsolescenceのManagementの項目に、「Development of equivalent structures or components」が示されている。最近のトラブル事例を踏まえると、同等性評価など、設計検証のシステムが十分か検討していく必要がある。



事業者、規制当局として、IAEAのObsolescenceの各項目に対応する1 F 事故の反省・教訓を、どのように捉えているのか？

その他、ATENAは、「SSG-48・SSG-25では非物理的な劣化の評価方法が定められていないが、ATENAガイドでは、設計の経年化管理に対する評価手順（設計経年化の具体的な着眼点の抽出、評価方法）を新たに検討し示した」と説明しているが、どのような意味を持つのか？

高経年化対策に係る制度
(著者の認識であり規制庁説明資料とは異なる)

安全性向上評価制度
(届出制度)

- プラントの最新状態を一つの図書とする (設計図面等の最新版)
- 保安活動、最新知見 (研究成果含む) の反映状況 → **IAEA基準 (SSG25) による評価**
- PRA、ストレステストの実施等
などをもとに、安全性向上計画を策定する

IAEA基準における安全因子 (14因子) ... SSG25

- 決定論的、かつ立論的安全評価、内部、外部ハザード評価
- プラント設計、系統機器状態、性能認定、**経年劣化**、安全実績、
運転経験・研究成果反映、組織マネジメント、安全文化、手順書、
人的要因、緊急時計画、環境影響評価

検査制度

SSG-48

高経年化技術評価

長期施設管理計画の
認可制度

バックフィット制度

最新の規制基準への適合を義務付け

設計の古さ?

網羅的? 詰め込みすぎ?

Obsolescenceにおける陳腐化評価には、最新の知見を総合的に勘案した場合と比較して、

- ① 設計時点での深層防護や内部・外部ハザードへの対応等を含めた**設計の思想**の評価
- ② 運用段階のメンテナンス・保全の果たすことが可能な範囲の把握とそれらの実施実績
- ③ 国内外のプラントの運転経験も含む技術情報基盤の整備
- ④ これらに基づく保全や規格・ガイド類への落とし込みも含めた実績が必要。

この観点に加え、規制基準等でどこまでの確にバックフィットしているのかの自己評価が重要。

これらの評価には、米国のライセンス・リニューアルのように、リスクインフォームドな観点で全体を俯瞰する必要がある。

(米国では「設計の古さ」どのようにみているのか?)

高経年化技術評価では、長期保全計画で考慮してきた次の10年間へのR & Dを含む備えを実行に移していくこと、次回以降の評価では、この実績に基づいたより精緻な (将来にわたる不確実性のある程度取り除くことができた実績の) 評価を実施していくこととしていた。

米国では、**Nuclear Utility Obsolescence Group (NUOG)** が、Obsolescenceの問題の特定、優先順位付け、解決を支援するツールなどの提供を行っているが、日本にとって参考になるのかなど調査しているか?

バックフィット制度と現行規制基準での審査、検査制度、安全性向上評価届出制度の現状、課題を整理し、実態を把握しながら、制度改善に努めていくことが重要

(本日の説明の前半部分：国際機関等におけるObsolescenceの議論)

- IAEAでも、計装制御システム・機器のobsolescenceに関する技術図書が出版されるなど議論が進んでいる。一方で、これまで17カ国を対象としたSALTOレビューの結果では、Technological obsolescenceに対する事前対策プログラムが完全に確立していないなどの課題も示されている。
- IAEAは、Obsolescenceに対する“Proactive Approach”の重要性を指摘しているものの、NS.G.2-12 (SSG-48) で示された知識、法令、技術などのObsolescenceに対して、体系的に議論された形跡はない。特に、今後、知識に関するObsolescenceの議論が重要になってくるのではないかと懸念されている。

(本日の説明の後半部分：国内におけるObsolescenceの議論)

- Obsolescenceについては、事業者と規制当局の間における認識あわせはもとより、社会に対して説明、解説できるようにする必要がある。IAEAのObsolescenceの各項目（技術、規格・規制、知識）に対応する1F事故の反省・教訓を整理することも有益ではないか。
- 2024年4月に予定されている美浜3号機におけるSALTOレビューは、Obsolescence management等に関する日本と世界（IAEA安全図書等）のGapなどの気づきを得るよい機会となる。（日本の考え方を積極的に説明していくことも重要）
- IAEAは、SSG-25の改訂作業を始めており、改訂版では、LTOに関して考慮すべき事項について、PSRとLTO（SSG-25、SSG-48）間のインターフェイスを詳細に取り上げるとしている。日本の事業者、規制当局からの積極的な参加、バックアップが望まれる。

參考資料

14 Safety factors in PSR (SSG-25)

Relating to the plant

- (1) Plant design
- (2) Actual condition of SSCs important to safety
- (3) Equipment qualification
- (4) Ageing

Relating to safety analysis

- (5) Deterministic safety analysis
- (6) Probabilistic safety assessment
- (7) Hazard analysis

Relating to performance and feedback of experience

- (8) Safety performance
- (9) Use of experience from other plants and **research findings**

Relating to management

- (10) Organization, management system and safety culture
- (11) Procedures
- (12) Human factors
- (13) Emergency planning

Relating to the environment

- (14) Radiological impact on the environment

Ageing Management for LTO

SSCの物理的な経年劣化(Ageing)

1. INTRODUCTION	IGALL
1.1 Background	
1.2 Objective	
1.3 Scope	
1.4 Applicability	
1.5 Structure	
2. AGEING MANAGEMENT REVIEW (AMRs-Spread sheets)	
3. AGEING MANAGEMENT PROGRAMMES (AMPs)	
4. TIME LIMITED AGEING ANALYSES (TLAAs)	
5. DEFINITIONS	
APPENDIX I. LIST OF IGALL AGEING MANAGEMENT PROGRAMS (AMPs)	
APPENDIX II. LIST OF IGALL TIME LIMITED AGEING ANALYSES (TLAAs)	
APPENDIX III. DEFINITION FOR STRUCTURES AND COMPONENTS, MATERIALS, ENVIRONMENTS, AGEING EFFECTS AND DEGRADATION MECHANISMS	
REFERENCES	
CONTRIBUTORS TO DRAFTING AND REVIEW	

SSCのObsolescence (SSG-48)

最新のものと比較して時代遅れになったSSC	現状	影響	管理
知識	<ul style="list-style-type: none"> •SSCに関する現状の基準、規制、及び技術に関する知識が最新でない 	<ul style="list-style-type: none"> •発電所の安全を向上させる機会を喪失 •長期運転のための能力低下 	<ul style="list-style-type: none"> •知識の継続的な最新化とその適用の改善
基準及び規制	<ul style="list-style-type: none"> •ハードウェア及びソフトウェアの最新規制及び基準からの逸脱 •設計上の脆弱性 (例えば、設置認定、分岐、多様性又はシビアアクシデントマネジメント) 	<ul style="list-style-type: none"> •最新の基準及び規制を下回る発電所の安全水準 (例えば、潤滑防塵上の観点、又は高い炉心損傷確率) •長期運転のための能力低下 	<ul style="list-style-type: none"> •最新基準に照らした発電所の体系的再評価(例えば、定期安全レビュー: PBR)と適切な高品質化、バックフィット、又は最新化
技術	<ul style="list-style-type: none"> •予備部品及び/又は技術支援なし •供給業者及び/又は産業界の能力欠如 	<ul style="list-style-type: none"> •故障率上昇と信頼性低下による、発電所の性能及び安全性低下 •長期運転のための能力が低下 	<ul style="list-style-type: none"> •SSCの有効使用期間と予測される旧式化に係る体系的確認 •計画使用期間中の予備品の準備及び適時の部品交換 •供給業者との長期契約 •同等の構築物又は機器開発

Proactive的な経年劣化管理

安全研究成果の反映、IAEA等国際機関との連携など