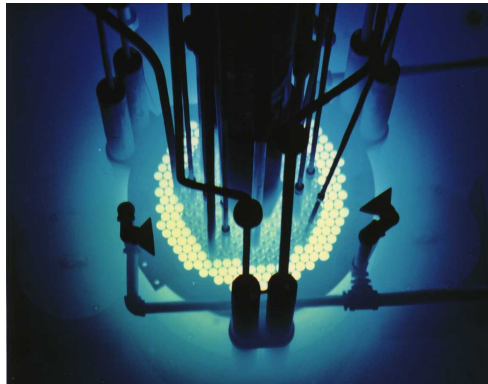


# 原子力の安全を支える 知識基盤・技術基盤の強化に向けて



更田 豊志

2023年1月26日

原子力総合シンポジウム2022  
「新たな社会状況に貢献する原子力技術の期待と課題」  
日本学術会議講堂

# 内 容

## 昨今の話題に関して

- ✓ 原発の長期運転及び新型炉について
- ✓ 1F事故の調査・分析

## 知識基盤強化の一例として

- ✓ 確率論的リスク評価(PRA)の利用

## 技術基盤強化を巡る話題として

- ✓ 事故耐性燃料(ATF)の開発・導入

# 原発の長期運転について

## ✓ SSCの経年劣化

SSC: Structures, Systems & Components  
構造物、系統及び機器

圧力容器鋼材の中性子照射脆化、  
コンクリート強度低下、  
ケーブル被覆の絶縁低下 など

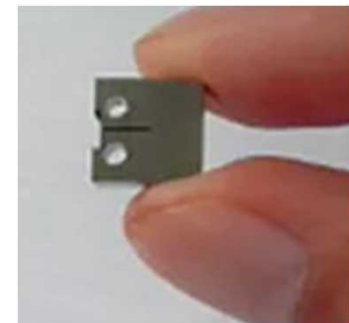


## ✓ 設計の古さ (Obsolescence)

設計の古さの反映は基準改正とバックフィットによるので、  
いわゆる寿命ものとは別という捉え方もあるが、経年劣化  
と同等以上に重要なポイント

## 経年劣化

- ✓ 運転の有無に拘わらず変化するもの
  - コンクリート強度、ケーブル被覆など
  - 確認やデータの入手が比較的容易
- ✓ 運転の影響により変化するもの
  - 圧力容器(RPV)の中性子照射脆化がポイント
  - 加圧熱衝撃(PTS)によるRPV損傷の可能性
  - 監視試験片データが極めて重要
  - 監視試験片の数は有限
- ➡ 小型試験片による破壊靱性データの拡充、脆化予測法の適用範囲拡大、確率論的破壊力学(PFM)の導入などが急務



## 設計の古さ

- ✓ 古い設計、新しい設計のいずれもが規制要求をクリアしていても、古い設計における安全裕度が新しい設計のそれを下回るケースはある。この場合、要求レベルの引き上げによって、古い設計が基準不適合となることが考えられる。
- ✓ 現在、多くの国において“安全の継続的な改善”は推奨ではなく要求 (もちろん我が国でも)

原子力安全・保安院時代の定期安全レビューでも「最新の技術的知見の反映」として設計の陳腐化を視野に入れていたが、強制力は無かった。一方、欧州ではプラントの改造に多額の投資(シビアアクシデント対策の導入等)。

- ✓ 設計の古さは、一般に、定期安全レビュー(我が国では安全性向上評価制度)において確認

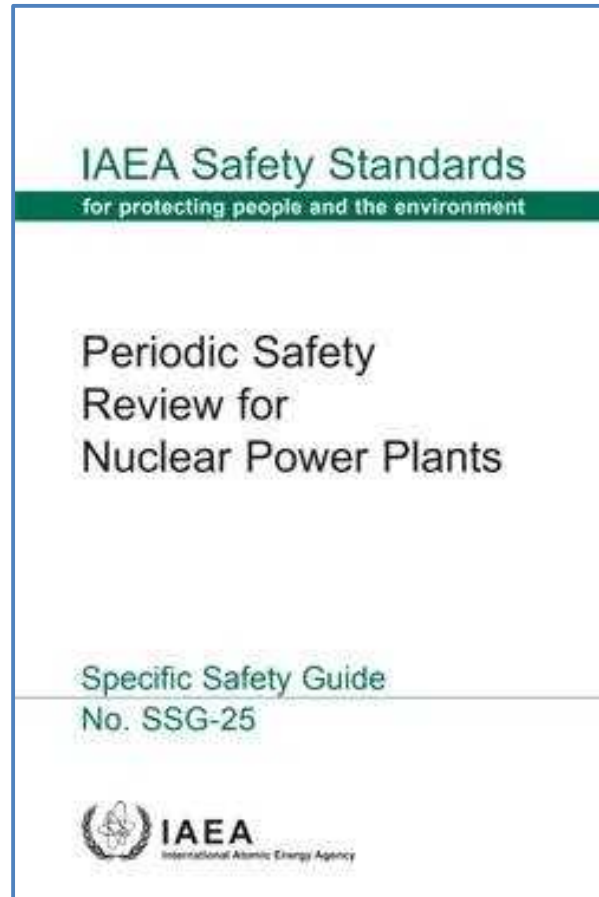
### 設計の変遷の例

PWRにおける燃料取替用水の保管方法

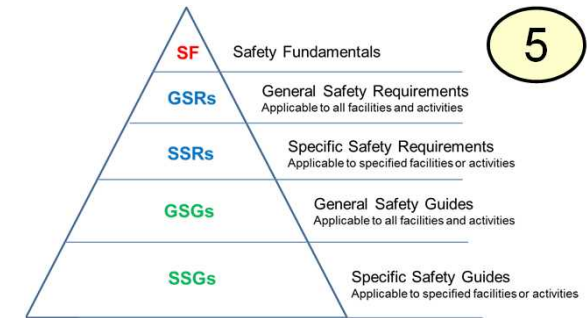
屋外タンク➡屋内タンク➡屋内ピット (新型炉ではPCV内ピット(後述))



# IAEA/SSG-25



SSG-25, "Periodic Safety Review for Nuclear Power Plants, IAEA, 2013



- ✓ 原子力発電プラントの定期安全レビュー (PSR)を実施する際の推奨ガイド
- ✓ プラント設計、SSCの現況、運転経験・研究成果の反映など、14の安全因子

日本原子力学会和文論文誌 (2018), Advance Publication by J-stage, doi:10.3327/taesj.J16.038

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 晃弘<sup>1\*</sup>, 関村 直人<sup>2</sup>

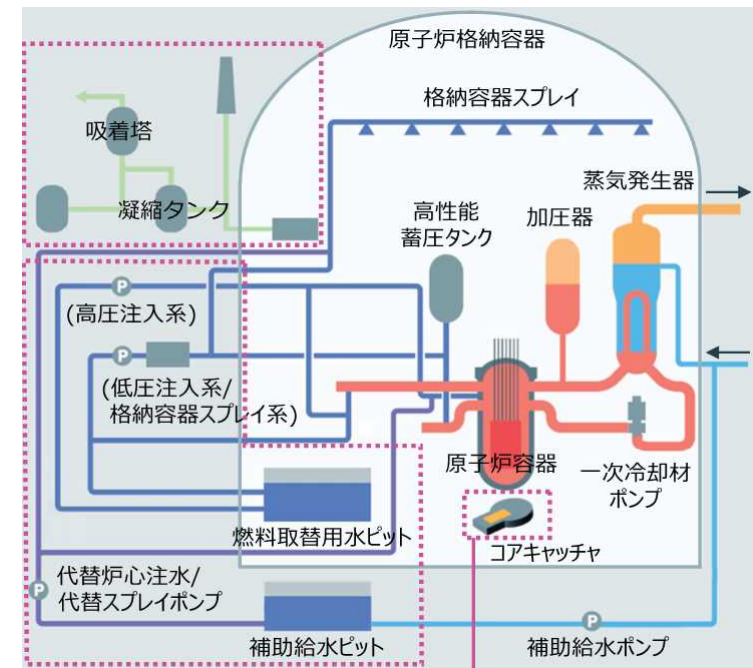
山本・関村, 原子力発電所の定期安全レビューの実効性向上に関わる研究、日本原子力学会和文論文誌, vol.17, No.2, pp.67-85, 2018.

- ✓ 例えば、長期間に亘って実負荷の下での機能確認が為されていない機器の評価・確認方法(1F1 ICの教訓)などについて研究する余地

# 新型炉

軽水炉、高温ガス炉、SMRなど、開発段階が大きく異なる多数の炉型が関心を呼んでいるが、ここでは提案されているPWRの設計を対象に4つのSSCをとりあげて個人の見解を述べてみたい。

- 強靱な建屋・格納容器(PCV)
- コアキャッチャー
- PCV内の燃料取替用水ピット
- 格納容器ベント(FCVS)下流の吸着塔・凝縮タンク





## 強靱な建屋・格納容器(PCV)

大型航空機の衝突に耐えうる強靱な格納容器外部遮蔽壁の設置、重要建屋の規模大型化、低重心化及び岩盤内への埋め込みなどは、安全上のメリットが極めて大きい。



なお、特定重大事故等対処施設や可搬型重大事故等対処設備は、既設炉の弱点を補うために要求されたものであり、本体施設に対して重大事故等を考慮した適切な設計が為されている場合、その多くは不要と考えられる。

因みに、同じ投資であれば前段の対策に行った方が後段の対策に行うよりも一般に安全上のメリットは大きい。



## コアキャッチャー、IRWST、改良ベント

- コアキャッチャー

理解しやすい機構に見えるが、その効果は不明確。  
溶融炉心が期待通りに流れ、拡がるのかは不確実。  
決定的に有効な対策機器かどうかは疑問。

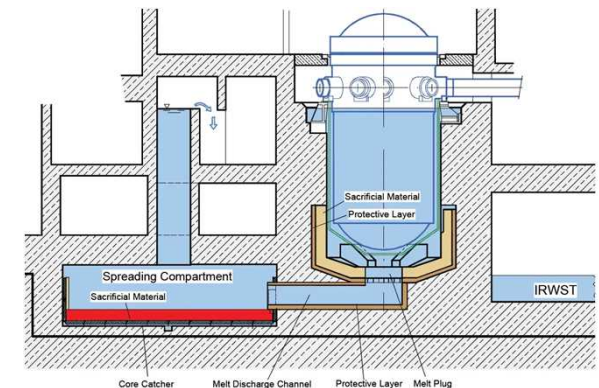
- 燃料取替用水ピットのPCV内設置

IRWST (In-containment Refueling Water Storage Tank)

極めて安全上のメリットが大きい。

燃料取替用水は冷却材喪失事故などが起きたときに  
真っ先に炉心に注入する水。

外部からの注入と異なり、再循環切替操作を要しない設計が可能。



- 格納容器ベント(FCVS)下流の放出抑制システム

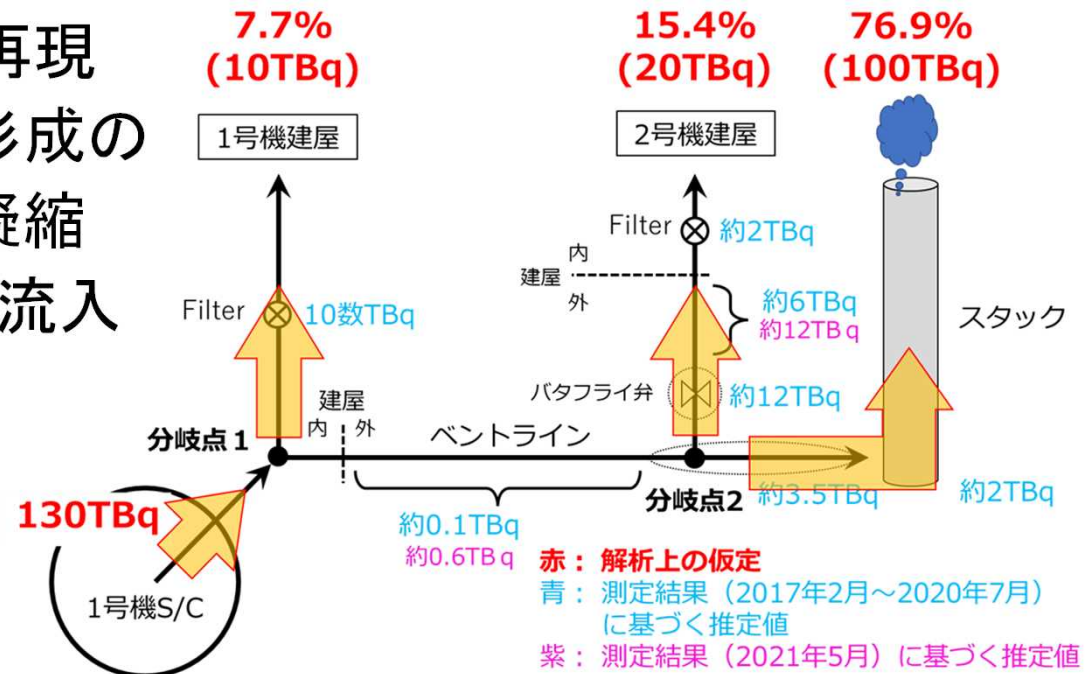
対応が難しいベント開始初期の影響を低減。防災にインパクト。

# 1F事故調査・分析 (ベント配管)

高線量エリアへのアクセスが改善されたことに伴い、原子力規制委員会は2019年9月に事故調査を再開

## ✓ 1/2号機ベント配管系の汚染パターン

各部での汚染量測定、再現解析から汚染パターン形成のメカニズムは水蒸気の凝縮及び凝縮水の低所への流入と推定

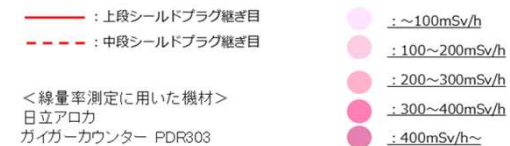
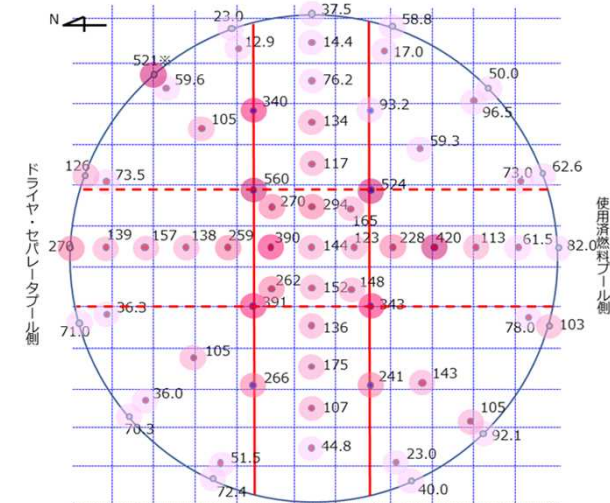
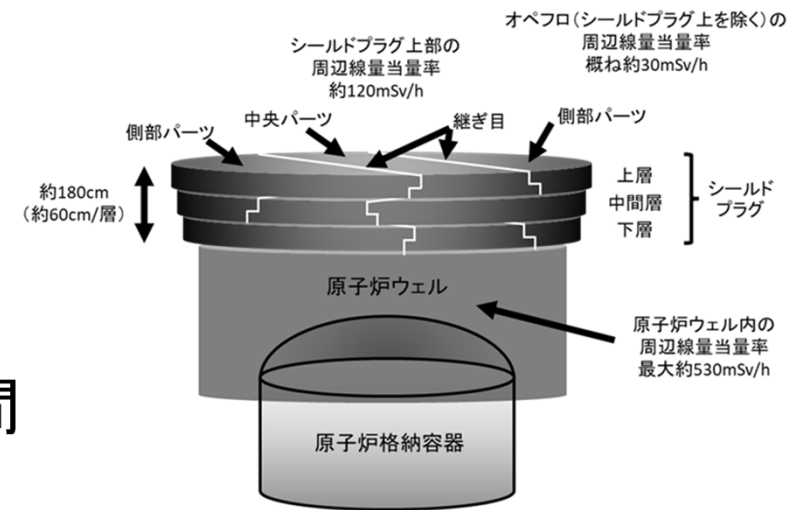


# 1F事故調査・分析 (シールドプラグ)

## ✓ 2号機シールドプラグの汚染

原子炉ウェルよりも強い汚染が  
シールドプラグの上層と中間層の間  
及び継ぎ目に存在

シールドプラグ上層と中間層の間の  
汚染密度は平均で $5.5 \sim 7.5E+10$   
 $Bq/cm^3$ となり、放射エネルギーに換算すると  
62~84PBqに相当



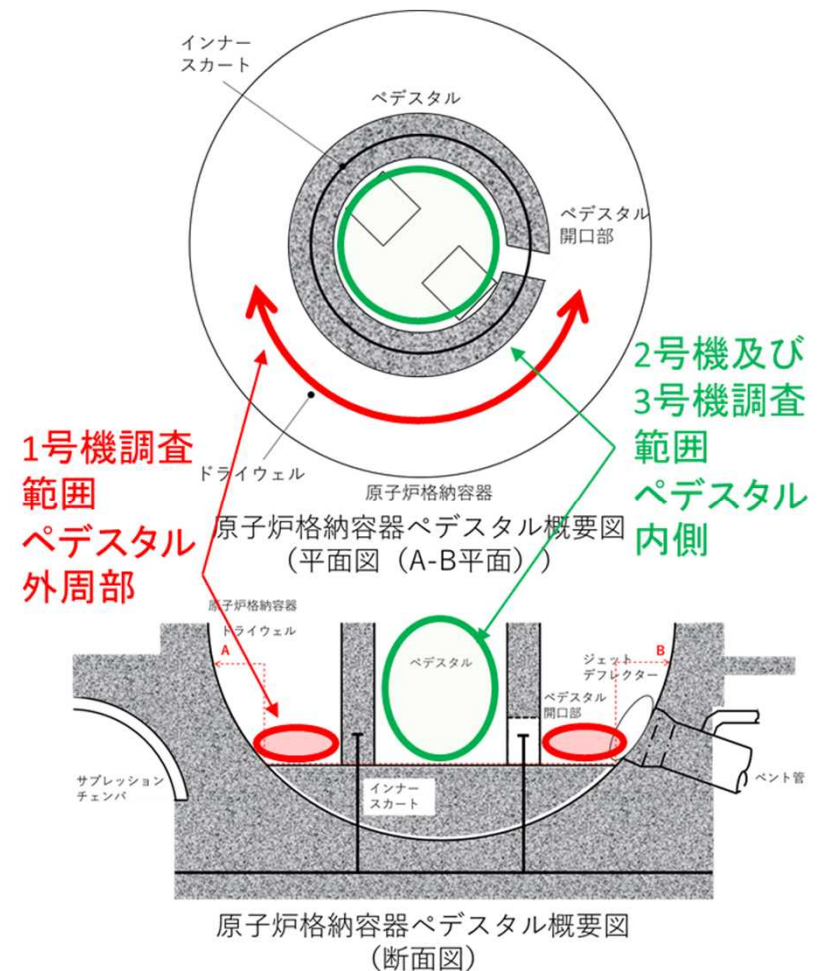
# 1F事故調査・分析 (PCV内部)

## ✓ 格納容器内部(ペDESTアル内外)の調査

PCVペDESTアル周辺の配管や  
コンクリートの損傷状況、デブリ  
の堆積状況などから、炉心溶融  
後の事象推移を検討



東京電力福島第一原子力発電所事故に係る調査・分析  
に係る中間取りまとめ, 原子力規制委員会, 2023



# 内 容

昨今の話題として

- ✓ 原発の長期運転及び新型炉について
- ✓ 1F事故の調査・分析

知識基盤強化の一例として

- ✓ 確率論的リスク評価(PRA)の利用

技術基盤強化を巡る話題として

- ✓ 事故耐性燃料(ATF)の開発・導入

## リスク？

リスク情報活用、RIDM(Risk-Informed Decision Making)、RIR(Risk-Informed Regulation)などといった用語の氾濫が多くの誤解、混乱を招いている。



そもそも“リスク”の定義が多様

- 将来のいずれかの時において何か悪い事象が起こる可能性
- ある事象の変動に関する不確実性
- ある事象生起の確からしさと、それによる負の結果の組合せ (JIS Z 8115)
- 目的に対する不確かさの影響 (JIS Q31000)
- 危害の発生確率と危害の重篤度との組合せ
- ✓ 発生確率とConsequence(影響)との積

原子力安全における“リスク”は確率論的リスク評価(PRA)における定義。本論では“リスク情報活用”に代えて“PRA利用”。



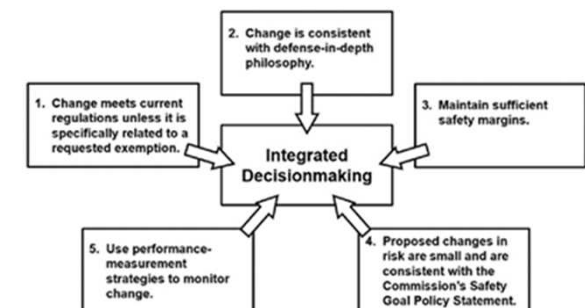
## 確率論と決定論 (1/2)

確率論的リスク評価は不確実さを伴うため、ぼんやりとはあるがリスクの全体像を見ようとするもの。知識ベース。

決定論安全評価は、解析の結果によって判断を行う(○×をつける)ためのもの。

不確実な答を与えないよう明確なルールが定義されている。

確率論は決定論を補強するもので、取って代わるものではなく、「決定論的手法から確率論的手法への移行」という表現はあたらない。確率論的リスク評価を参考としつつ、適切な決定論的評価を行うことによってはじめて有効な防護策が導かれる。



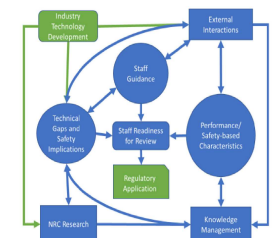


## 確率論と決定論 (2/2)

決定論的評価では、施設の性能を多数の評価項目に区分して評価するため、施設全体としての安全性は確率論的リスク評価におけるようには定量化されない。

確率論的リスク評価がすべての要因によるリスクの総量を与えることは非現実的であり、「PRA結果と安全目標との比較のみによる適否決定(Binary Decision)」は有り得ない。

規制におけるPRA利用は検査におけるものが多く、米国においても審査(設計の適否判断)におけるPRA利用はこれまで極めて限定的(火災PRAくらい)。一方、現在米国において議論が進んでいる革新炉に対する連邦規則案(10 CFR Part 53)では確率論的リスク評価の占める役割が拡大(後述)。



# 深層防護

「**深層防護**」(Defense in Depth)とは、

- ▶ 目的達成に有効な複数の(多層の)対策(防護策)を用意すること、

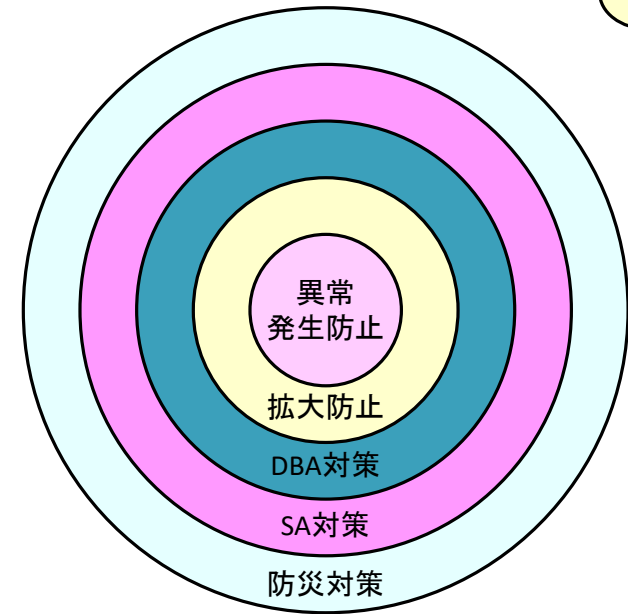
かつ、

- ▶ それぞれの層の対策を考えると、他の層での対策を忘れ、当該の層だけで目的を達成するとの考え方

当該層より前段にある対策は突破されてしまうものと想定(前段否定)

深層防護は原子力施設のリスクを最小限に抑えるための基本的な戦略

✓ リスク評価における不確かさが深層防護を要求



## 深層防護についての報告者の認識

- ✓ 深層防護は“原理”や“原則”といったものではなく、リスクを低減するために重要な“戦略”。
- ✓ 深層防護に関する議論は、概ね、①各層の定義と②各層間の独立性に行き着くのではないか。
- ✓ 層間の独立性は深層防護の重要な精神(要素)そのものではあるが、ここで、各層の“完全な独立”はあり得ない。
  - ➡ 戦略である深層防護の背景には、“何ごとも程度問題”という、より普遍的な原則が前提となっている。
- ✓ リスクの把握における不完全さ(Incompleteness)と不確かさ(Uncertainty)とが、重要な戦略としての深層防護を要求。
  - ➡ 知識、データがより限られている低頻度高影響事象に対してこそ、深層防護はより重要な戦略。

# 1F事故とPRA

- ✓ 東京電力・福島第一原子力発電所事故は、個別の原子力施設毎に多様な内的及び外的誘因事象の影響を考慮し、評価すべきことを示した。個々の誘因事象に対する弱点をみつけ、その対策を検討する上でPRAは最も有効な技術の一つ。
- ✓ より高いレベルの安全を追求することに終わりは無く、PRAは「何かをする必要がない」ことを示すための道具として使うのではなく、「次に何をすべきか」を特定するために使うもの。
- ✓ PRAは弱点をみつけ、対策を打つための優れた道具なので、PRAの実施と現場との距離は可能な限り小さい方が望ましく、事業者による積極的な導入、利用拡大が望まれる。

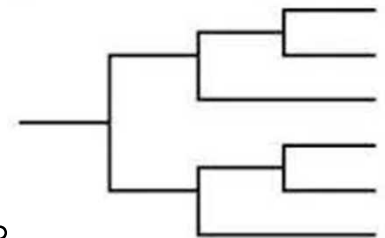


## PRAを利用した想定事故の設定

PRAの利用においては、ひとつの数値で表されたリスク評価結果だけが注目されがちだが、PRAの利用価値は定量値を与えることだけではなく、評価の過程で事故のシナリオを分析、同定し、施設の潜在的な危険性を具体的に理解できるところにある。

決定論的評価のための想定事故を設定するうえで、PRAによる精密なシナリオ分析は非常に有効。

- PRAでは確率と被害の数値が注目されるが、シナリオの理解が最重要。
- 被害は事故のシナリオによって大きく変わる。
- シナリオを理解しなければ良い対策はできない。
- シナリオをもれなく理解するには体系的な分析の方法が必要。
- 数値には不確実さがあるが、シナリオは現実には起こりうることを示している。



## ランダム/特定誘因 (内的/外的)

ランダムPRA (しばしば内的PRA、内部事象PRA)

➡ 機器のランダム故障と人的過誤が対象

特定誘因PRA (しばしば、外的PRA、外部事象PRA)

➡ 地震、津波、火山活動、航空機落下、外部火災といった外部事象に加えて、かつては外部事象に分類された内部火災、内部溢水といった特定の誘因によるSSCの損傷・機能喪失が対象

特定誘因PRAは、前段階として、対象地点をある期間内に一定以上の強度のハザードが襲う確率を与える確率論的ハザード解析(PHA)を要する。地震の場合はPSHA(ハザード強度と年超過確率との関係を示すハザードカーブを参考情報として審査で利用)。

PHAの成熟度はハザード毎に大きく異なり、低頻度ハザードについてはより困難。人的事象については非常に困難。すべてのPRAの結果の総和をとっても、すべてのリスクを表すわけではない。

## 特定誘因PRAについて

- ✓ 個々の誘因に関するPRAの実施は、対象とするプラントにおける当該誘因のハザードによってその重要度が異なる。
- ✓ 地震や津波などの外的誘因が重要な我が国では外的誘因に関する個別プラント評価(IPEEE)実施の意義が相対的に大きい。  
外的誘因に関するPRA技術は我が国において特に重要。
- ✓ 外的誘因に関するPRAの結果には大きな不確かさが伴うが、こういったPRAの実施は、少なくとも対象とする誘因への**思考停止を防ぎ**、機器の重要度などに関する有益な情報を与える。





## 規制におけるPRA利用 (1/2)

- ✓ PRAはリスクを系統的な手法で定量化するものであり、当然のこととして、PRAを積極的に利用
- ✓ PRAの規制への利用というと、とかくPRA結果の数字に基づく判断という印象を持たれがちであるが、PRAの真に有効な利用はその考え方の反映
- ✓ PRAの利用に当たっては、その不確実さ (uncertainty)\*の程度を見極め、その限界を把握した上で、可能かつ適切な範囲で積極的に利用

\*不完全さ (incompleteness)は知識・認識における不確実さ  
本来は視野に入れるべきハザードに抜けがあること  
未認識のSSC損傷モード、など



## 規制におけるPRA利用 (2/2)

- ✓ PRA の手法についてはしばしばその技術的な成熟度(Maturity)が問題にされるが、もともと PRA はすべての分野で十分に成熟するものではない。
- ✓ 例えば、地震のハザード評価は PRA の手法で成熟するものではないし、テロのハザードなどは恐らくいつまで経っても高い精度では評価できない。
- ✓ このように、PRAには各所にいつまで経っても小さくならない不確実さがあるが、このことによって PRA の利用を止めたり、あるいは、手法の成熟を待って利用したりするのではなく、現時点で利用できる範囲で最善の利用を。



## PRA利用の将来？

米国NRCは、米国議会が2019年1月に成立させた原子力エネルギー革新・近代化法(NEIMA)に従い、**革新炉の炉型に依存しない規制ルール作り**を開始 (10 CFR Part 53)

- ✓ PRA結果と安全目標との関係、**PRAの不確実さを補償する深層防護**などについて議論
- ✓ これまで極めて限定的だった審査におけるPRA利用の急拡大だが、“紙上のプラントに対するPRA”の不確実さの捉え方などがポイント
- ✓ 外的誘因の寄与が大きい我が国では固有の議論も必要



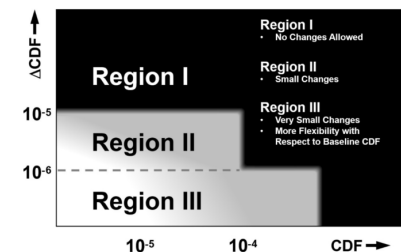
How will the PRA be used in the licensing process?

# PRAに関する議論の進め方について

- ✓ PRA利用に関しては、その誤用、濫用を戒めるため、その限界の見極め、明確な前提条件の提示などを主張してきたが、規制から推奨と警告、双方のメッセージが発信され、ダブルバインドに陥っているのではないかとの指摘があった。
- ✓ PRA利用は重要な課題との認識の余り、慎重になり過ぎ？
- ✓ PRAに関して始めるべき議論は？

トップダウン的 ➡ 例えば、安全目標

ボトムアップ的 ➡ 例えば、必要リテラシーの特定



# 内 容

昨今の話題として

- ✓ 原発の長期運転及び新型炉について
- ✓ 1F事故の調査・分析

知識基盤強化の一例として

- ✓ 確率論的リスク評価(PRA)の利用

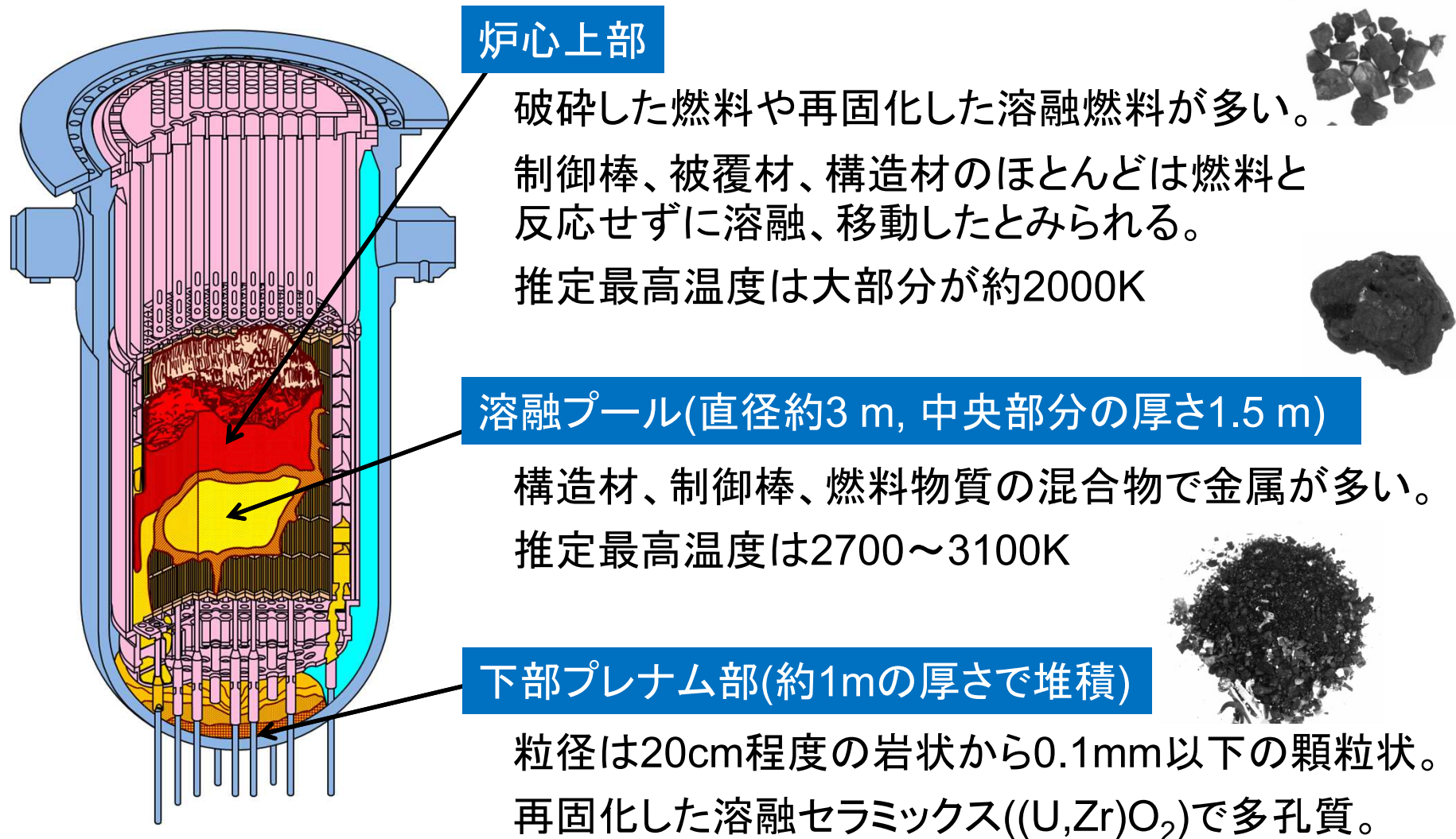
技術基盤強化を巡る話題として

- ✓ 事故耐性燃料(ATF)の開発・導入

# スリーマイル島原発2号機(TMI-2)事故

炉心の約45%が損傷、約20tが下部プレナム部へ落下。 1979.3.28 4:37amEST  
 下部ヘッドは約30分程度、約1370Kに。

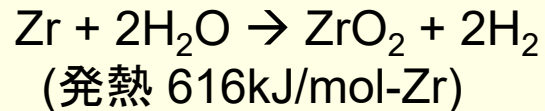
R.K. McCardell, Nucl. Eng. Des. 118(1990) 441



# 炉心溶融事故における酸化反応の寄与

事故初期に冷却材を蒸発させ、炉心温度を上昇させるのは崩壊熱。

約1500Kを超える温度からは、被覆管のジルコニウム(Zr)と水との反応(Zrの酸化反応)による発熱が支配的に。



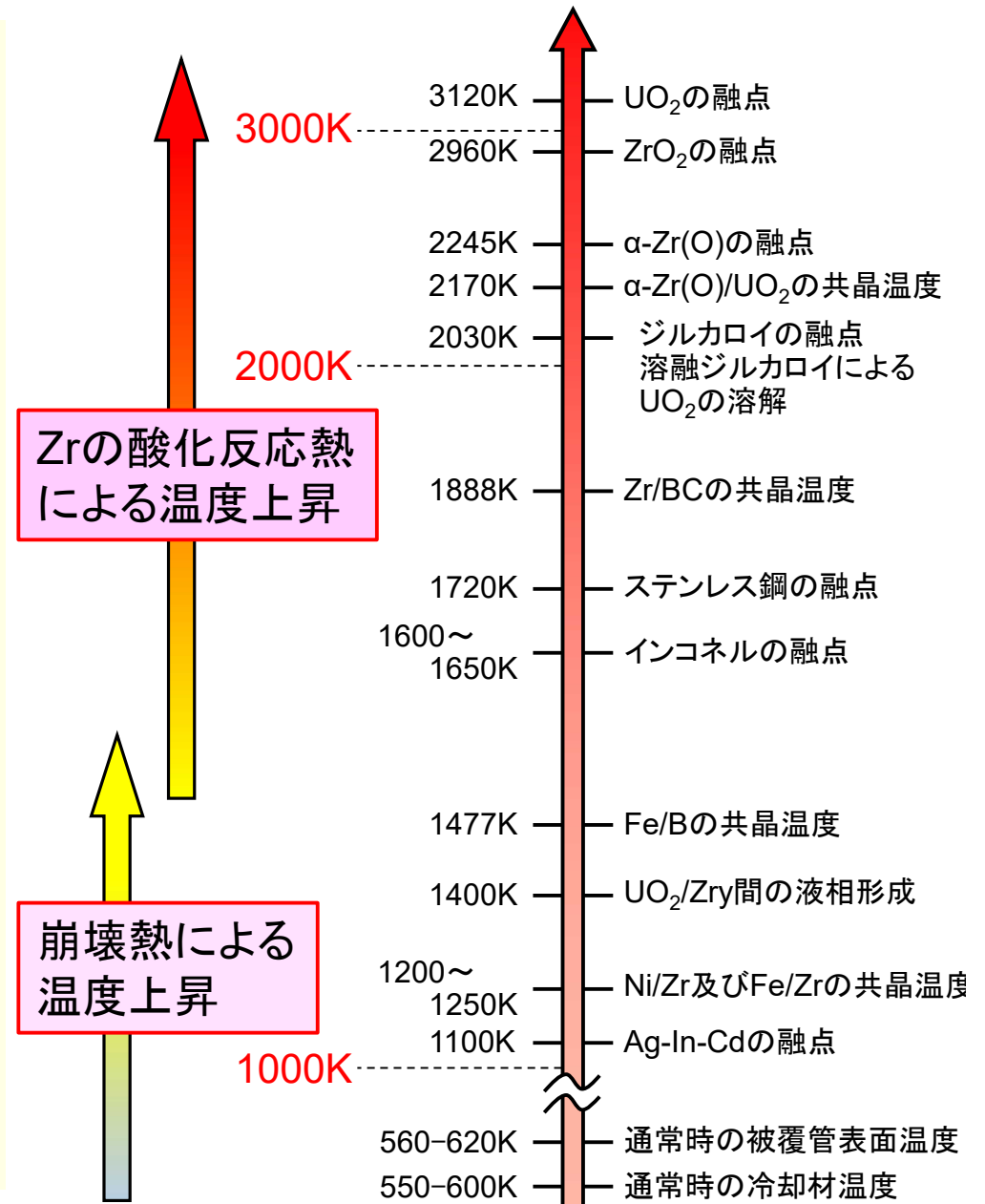
TMI-2炉心には約23tのZrがあり、その全てが反応した場合には炉心全体の温度が2000K程度上昇。

反応速度は温度とともに指数関数的に上昇し、1500K以上では急激な温度上昇をもたらす。

この反応は水素を発生させる点でも極めて重要。

なお、Zrが空気と反応する場合は反応熱が1100kJ/molと大きくなる。

✓ 酸化反応の抑制が第一目標に





## 動機づけ

*“The purpose of business is to create and keep a customer.”,  
Peter F. Drucker*

ATFにとって顧客は原発を運用する電力会社。安全性向上の恩恵は電力会社だけでなく社会全体が受けるが、導入を決めるのはあくまで電力会社。

果たしてATFはその顧客に十分な導入意欲を与えることが出来るだろうか。



通常時の健全性や高燃焼度までの耐久性を犠牲にして導入する電力会社はいない(だろう)。また、規制当局やStakeholderもそれを許さない(だろう)。

$10^{-4}$  イベントでのメリットのために  $10^0$  イベント(確率1)でのデメリットを受け容れることは出来ない。



## 低頻度高影響事象

核燃料分野においてATFは、起こる確率は小さいけれども、いったん起きてしまったら大きな影響を及ぼす事象(低頻度高影響事象)に対する備え。

一般に、**低頻度高影響事象対策の導入に向けた動機づけはとても難しい。**

意思決定者にも、楽観幻想、将来の過度な軽視、現状維持欲求といった認知バイアスが働き、大きな不確実さは願望的な考え方を導く。

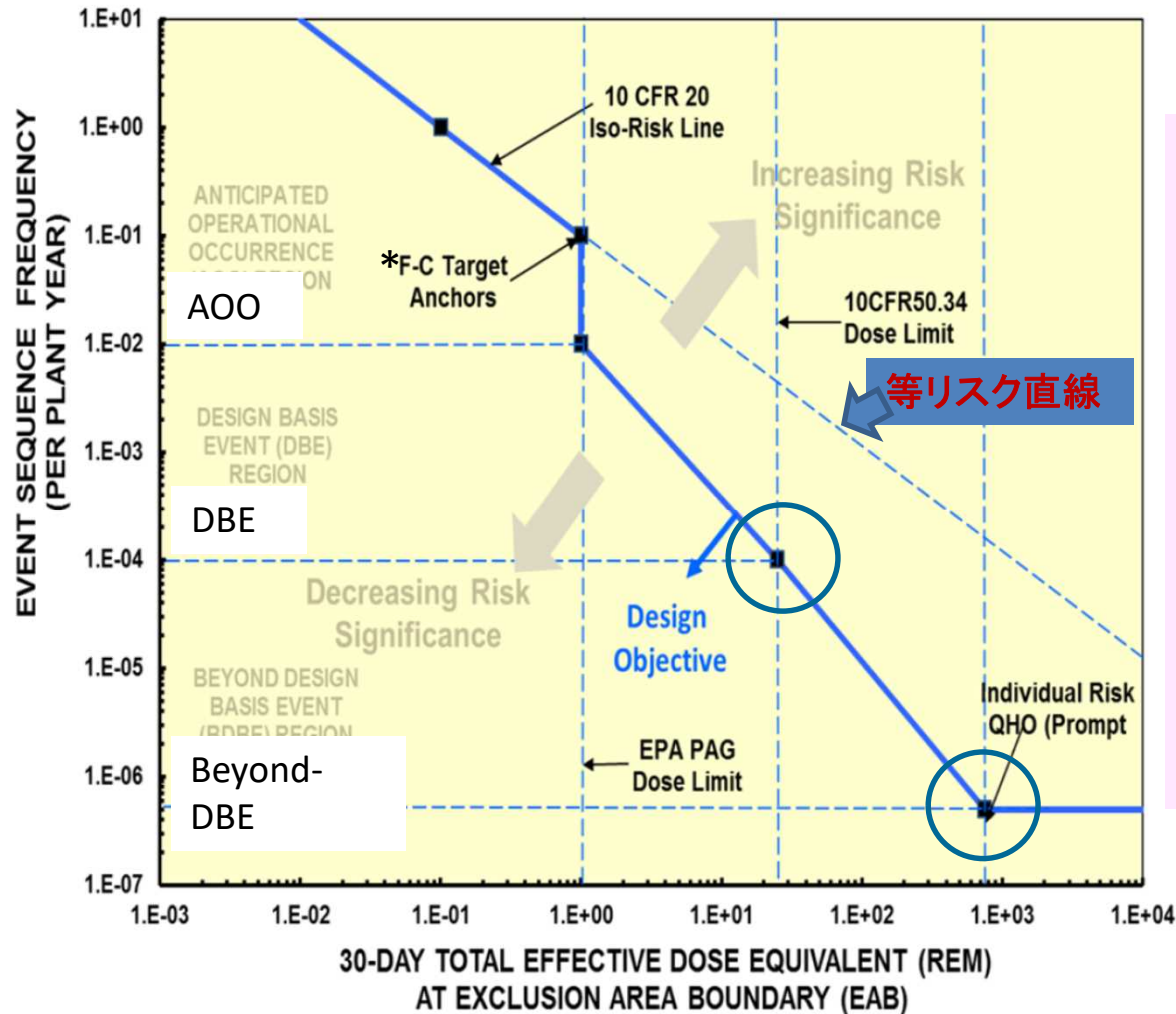


費用対効果の説明も非常に難しい。

しかし、原子力利用の未来を大きく左右する低頻度高影響事象を特に抑制しようというのは国際的な潮流。

➡ 例えば F-C target

# 米国のF-C target



頻度に拘わらず一定のリスク以下を目指すのではなく、高影響事象をより低頻度に抑えているところがポイント

ちなみにインベントリの小さなSMRは有利。

## 例えば、特定重大事故等対処施設

発生確率が小さいだけに、そして、与える影響が大きいだけに、**低頻度高影響事象には極めて大きな不確かさ**が伴う。そして、その対策の有効性にも大きな不確かさが伴う。

**費用対効果を定量的に示すことは極めて困難**であり、事実上不可能。さらにテロなどのように人間行動を起因とするものについては発生確率の定量化が非常に難しい。

一般に、同じ投資であれば前段の対策に行った方が後段の対策に行くよりもリスク上のメリットは大きい。しかし、前段への投資が難しく、後段の対策、低頻度高影響事象対策を強化する必要があるときは、電力会社の判断に代わる規制当局による強制という行政サービスが必要となるケースが多い。

## 炉心損傷を遅らせるATFの場合

- ✓ 炉心損傷頻度(CDF)は下がることは下がるだろう。しかし、出来なかった何がATFが与える時間的余裕によって出来るようになって炉心損傷を回避できるのかは明確では無い。おそらく、CDFの減少幅は大したことがない。
- ✓ 炉心損傷判断に時間的余裕が生まれ、人的過誤が低減することで、人的過誤の影響が比較的大きい格納容器破損防止対策には有意な寄与が期待できる。
- ✓ 緩和策への寄与はあまり考えにくい。
- ✓ 起因事象から放出開始までの時間が長くなるので防災対策の効果はおそらく増す。

ATF導入による既存施設の省略や運転ルールの変更といったことは考えにくく、シビアアクシデント時の性能向上のみで事業者の導入意欲を喚起することは難しい。

## リスク情報への反映

同じ炉内条件(温度/圧力/雰囲気履歴)でも炉心損傷までの時間的余裕が大きくなるとか、水素発生量が少なくなるとかといったATFのメリットがリスク情報に反映されるためには、事故シーケンスにおける各段階の操作、判断における**成功基準の変化を定量化**する必要がある。 ➡ 難しい課題



例えば、

- ATFが与える時間的余裕によって利用可能となる資源や対策の特定、その有効性の評価。
- 時間的余裕は炉心損傷判断における人的過誤をどれだけ減少させるのか。
- 時間的余裕は、いったん下した誤った判断を修正し、正しい判断に至る可能性を与えるのか。

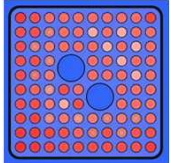
## 導入プロセスの合理化

導入対象そのものの魅力だけでなく、導入に向けた道筋の合理化も動機づけの上で極めて重要。

海外での試験炉照射、国内LTA/LUAの推進に政府や学界はどのようなことをどれだけ出来るのか。

海外機関によるLTAの知見を日本の規制当局は活用できるか？

米国がフルコアで利用し始めても日本ではまだLTAすら出来ないということが十分に予想される。

BWR10x10といった新型燃料の導入における型式認証、解析コード認証(トピカルレポート)の成否がATF実用化を大きく左右する(だろう)。

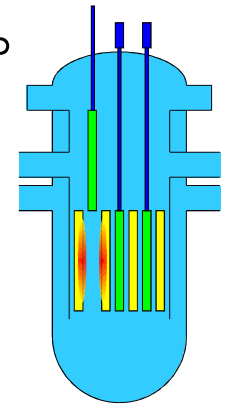


## 異常過渡、設計基準事故



通常時の健全性や耐久性の確認に加えて、導入時の確認において大きなポイントとなるのが異常過渡(出力急昇)及び設計基準事故(RIA/LOCA)。 (許可 添8、添10)

出力急昇試験は多くのタイプのATFに対して必要であろう。  
母材確認済のコーティングZrは不要か？



一方、設計基準事故(RIA/LOCA)については、  
コーティングZr ➡ 母材確認済であれば不要か？

鉄系(FeCrAl合金) ➡ 損傷モードが異なるため基準の見直しが必要。分離効果試験のみで立証、NSRR/CABRI実験、LOCA模擬クエンチ試験といった総合試験は省略可能か？

セラミック(SiC/SiC複合材) ➡ 損傷モードが異なるため基準の見直しが必要。分離効果試験、総合試験の双方が必要。

## 視野を広げよう

発熱や水素発生抑制に焦点が当てられているが、例えば、通常運転時のFPガス放出率を低減する燃料だって立派なATF。事故時に最初に出て来るのはギャップガスであって、希ガス、ヨウ素は緊急時対応を考える際にいつも頭痛のタネ。大粒径ペレットや高密度ペレットなどにも大きな期待。



格納容器破損防止対策などへの寄与を考えると、炉心損傷開始を明確な信号として発出する計装付き燃料のリスク低減効果は大きい。

Accident Tolerant Fuel は **Advanced Technology Fuel** の一側面に過ぎない。ATFをもっと広く捉えてはどうか。

## 基礎体力の回復を

原子力利用を巡る状況に変化をもたらそうとするならば、**軽水炉**技術分野における“**基礎体力(人材基盤、施設基盤)の回復**”が不可欠。産学官いずれにおいても人材基盤の強化は急務。

出力急昇試験などの試験炉照射は不可欠だが、国内では実施出来ず、海外炉の利用も極めて限定的。

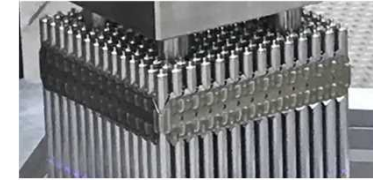
JMTR廃止、Halden炉廃止、JHR供用の大幅遅れ

照射後試験施設(RFEFなど)も極めて厳しい状態。

国際協力 (OECD/NEA FIDES等) は極めて重要だが限界あり。



# 燃料開発の重要性



39

燃料には、通常時、異常過渡時、設計基準事故時、シビアアクシデント時、輸送時、使用後の貯蔵時といったすべての状態における一定以上の性能が要求される。

従来は顧みられていなかったシビアアクシデント時の性能を向上させるだけでATFの導入が進むわけではない。

特定条件での安全性向上だけに特化した技術の進歩は非現実的。

Accident Tolerant FuelはAdvanced Technology Fuelとして経済性向上や高効率化も同時に果たす新技術として期待される。

軽水炉技術分野の“基礎体力(人材基盤、施設基盤)回復”が不可欠。現状、照射試験研究のインフラ喪失は極めて深刻。

TMI-2事故後、米国では出力増強、長サイクル、これらに必要な高燃焼度化が進んだ。燃料分野の役割は極めて大きい。

## なぜ独立した規制当局が必要なのか

- ✓ 個人の生活上の判断を含め、ほとんどの判断は、ベネフィットとコストあるいはベネフィットとリスクの比較に基づいて為される。しかし、原子力発電のように万一の事態には甚大な被害を及ぼしかねない(福島第一原子力発電所事故では実際に及ぼした)技術等については、それがもたらすベネフィットを忘れて、安全か否かだけを判断する規制当局が必要。これは原子力安全に係る国際的な通念の一つ。



- ✓ 発生確率が小さい脅威に対しては、楽観幻想や現状維持欲求といった認知バイアスが働きやすいため、非常に大きな不確かさが伴うため、当該脅威に備えるための投資を事業主体が決断し、その必要性を出資者等に説明することは難しい。こういった脅威に対する備えについては、規制当局が強制するというサービスが必要となる。

## 規制を難しくしているもの

- ✓ 原子力利用の正当化と規制強度とは密接な関係にあるが、利用推進における賛成/反対の二項対立を規制/被規制の関係に投影し、混同してしまうと、規制に対する議論を歪めてしまう。
- ✓ 低頻度高影響事象への備えを要求することは規制の重要な役割だが、不確かさの大きな事象については、その対策の必要性を立証することが困難なのと同様に、対策の有効性を立証することも困難。有効性の立証が難しいから要求するのをやめておこうとなってしまうたら危険。
- ✓ 原発の運転期間を巡っては、PSRやバックフィットの運用、監視試験片取り出し時期の最適化、確率論的破壊力学の導入など、重要な課題が数多くあるなかで、政府組織間の協議に面談記録云々に注目が集まる状況は残念。

## 終わりに

- ✓ 安全の追求に終わりはなく、安全性向上、規制高度化に向けた努力を続ける必要がある。また、原子力利用を巡る意見が大きく分かれ、鋭く対立している状況では、正当化に係る議論も必要。確率論的リスク評価(PRA)に対する理解の普及、その利用拡大は、安全性向上、規制の高度化、正当化に係る議論のいずれにとっても重要。
- ✓ 産官学における軽水炉分野の試験研究の縮小、特に照射試験研究のインフラ喪失は極めて深刻であり、“目利き”(専門家)の層が急速に薄くなっている。回復が急務。
- ✓ 我が国では自然の脅威を把握することが特に重要であり、それぞれの自然ハザードについても専門家の層が厚くなることが原子力の安全にとって重要。



Thank you for your attention.

With thanks to



平野 雅司  
岩永 宏平  
小城 烈



鬼澤 邦雄  
西山 裕孝



東北大学

阿部 清治

