

第5回原子力安全合同シンポジウム  
2019年12月24日 東京工業大学

# リスク低減を目指したRIDM

令和1年12月24日

東京大学 岡本孝司

okamoto@n.t.u-tokyo.ac.jp

# リスクを考えない非科学的な意思決定方法

風が吹けば桶屋が儲かる

リスクで考えるのが面倒、理解できない  
ゼロリスクの幻想

$\sim 10^{-3}/\text{人}$

イギリスに行った

↓  $< 10^{-4}$

血液が危険かも

↓  $1 \sim 10^{-3}$

輸血で狂牛病になるかも

イギリスに行ったことのある  
人の献血禁止

$\sim 10^{-3}/\text{y}$

小さな活断層らしきものが動く

↓  $< 10^{-4}$

構造物が損傷するかも

↓  $1 \sim 10^{-3}$

炉心が壊れるかも

活断層らしきものがある  
発電所の運転禁止

# リスクを低減する手法

(想定外への対処／設計基準は満足)

- 確率論的リスク評価 (PRA)
  - 数値的な比較で、弱点への対策
  - 合理的な対策が可能
    - 比較的高いリスクへの対策漏れが無くなる
- ストレステストなど
  - 机上検討により、さらなる弱点の克服
- マネジメント能力充実による対処
  - 教育や訓練により、応用力をつける
    - 事故はシナリオ通りには起きない

# 事業者の自主的安全性向上活動の進め方

## ・安全性向上報告書

事業者が中心となって、安全性を高めるための仕組みを検討し報告書にまとめて公表する

- ・ 各事業者は、この報告書を遵守する。
- ・ 報告書を元に、規制を含むステークホルダーと議論する
- ・ 社会に向けて事業者の活動を発信する

### 例：日本版FLEXの一部

まずは、簡単なことから進めることが重要である  
一から考える必要はない

#### 可搬型代替低圧注水ポンプ(※)のアタッチメント開発

- 可搬型代替低圧注水ポンプのフランジ（配管やホースとの結合部）は各社によって仕様が異なるためアタッチメントを開発。（他電力の可搬型設備が使用可能に。）

【※：可搬型代替低圧注水ポンプ】

- ・常設の代替低圧注水ポンプが使用できない際のバックアップとして、原子炉の冷却や原子炉格納容器内の温度・圧力を下げる機能を担う。



（自主的安全性向上・技術・人材ワーキンググループ(第20回) 2018/1/22 資料1より）

## ・リスクの観点から活動の再評価

従来実施してきた活動をRIDMの観点から再評価を行い、改善する

RIDMは新しいことをやることではない  
現状の活動に理論的裏づけを与えてアップグレードするもの

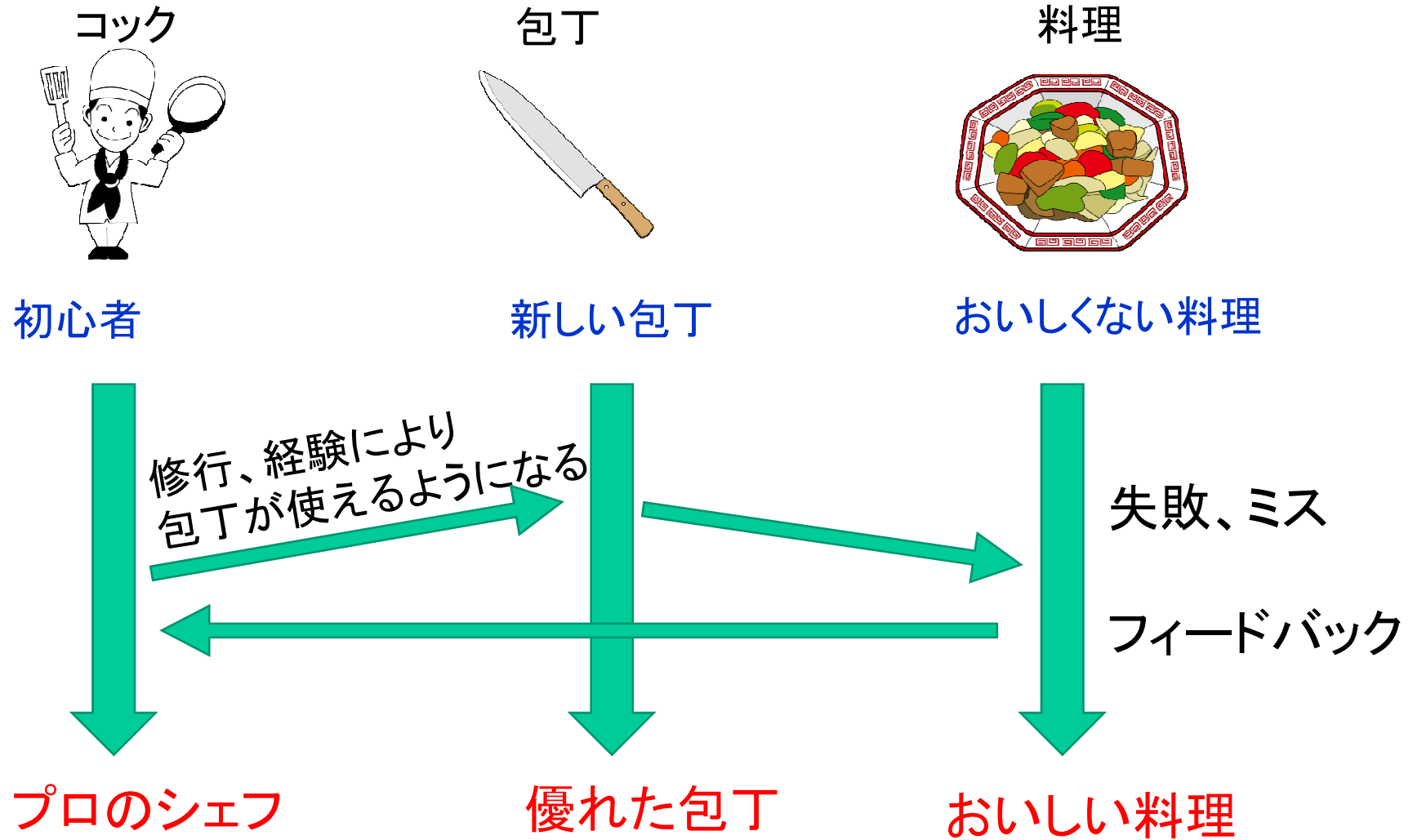


現在の現場の活動を元に、改善を進めることが重要

# 総合的リスク低減のツール

- 発電所の現状のリスクをまとめる  
Safety Analysis Report
- 発電所の管理状況を知る  
CAP / PI&R / PI-SDP / ROP
- 将来のリスクの種を摘む  
Periodic Safety Review (PSR)  
Proactive Safety Review (PSR+)
- 発電所のリスクを考え続ける  
Online Maintenance / Living PRA

# 最初から優れたコックは居ない



# 世界の原子カプラント

電力会社



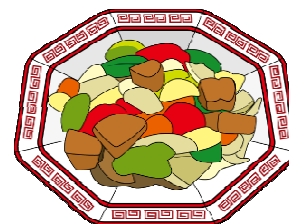
リスク初心者

リスクツール(PRA)



新しいPRA

発電所の安全



危険性が高い

修行、経験により  
PRAが使えるようになる

失敗、ミス

フィードバック

プロのリスク管理者

優れたPRA

安全な発電所



# 日本の現状

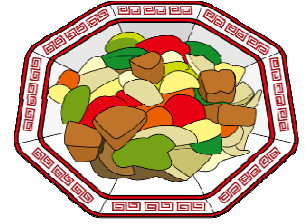
電力会社



リスクツール(PRA)



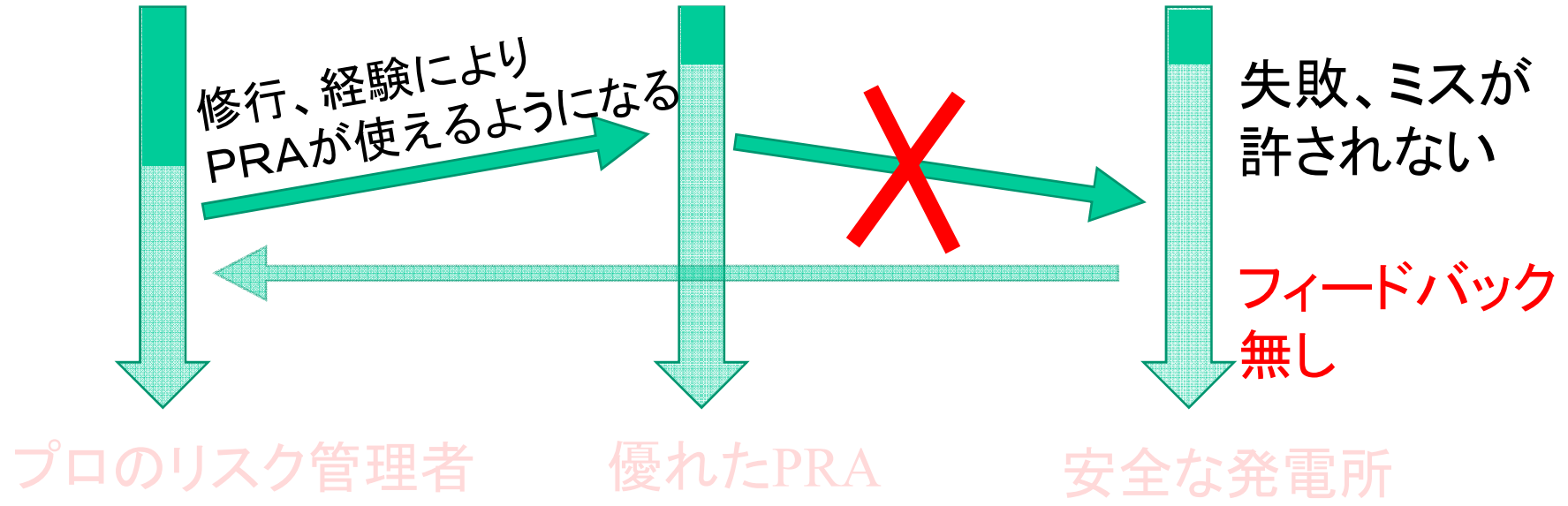
発電所の安全



リスク初心者

新しいPRA

危険性が高い



# 原子力安全に関するIAEA閣僚会議に対する 日本国政府の報告書 (2011年6月)

## XII. 現在までに得られた事故の教訓

### (27) リスク管理における確率論的安全評価手法(PSA)の効果的利用

原子力発電施設のリスク低減の取組みを体系的に検討する上で、これまでPSAが必ずしも効果的に活用されてこなかった。また、PSAにおいても大規模な津波のような稀有な事象のリスクを定量的に評価するのは困難であり、より不確実性を伴うが、そのようなリスクの不確かさを明示することで信頼性を高める努力を十分に行ってこなかった。

このため、今後は、不確かさに関する知見を踏まえつつ、PSAをさらに積極的かつ迅速に活用し、それに基づく効果的なアクシデントマネジメント対策を含む安全向上策を構築する。

# 「原子力規制委員会の組織理念」における活動原則

<http://www.nsr.go.jp/nra/gaiyou/idea.html>

## (1) 独立した意思決定

何ものにもとらわれず、科学的・技術的な見地から、**独立して**意思決定を行う。

## (2) 実効ある行動

**形式主義を排し、現場を重視**する姿勢を貫き、**真に実効ある規制**を追求する。

## (3) 透明で開かれた組織

意思決定のプロセスを含め、規制にかかわる情報の開示を徹底する。また、国内外の多様な意見に耳を傾け、**孤立と独善を戒める**。

## (4) 向上心と責任感

常に**最新の知見に学び**、自らを磨くことに努め、倫理観、使命感、誇りを持って職務を遂行する。

## (5) 緊急時即応

いかなる事態にも、組織的かつ即座に対応する。また、そのための体制を平時から整える。

## IRRSからの勧告(2016)

(勧告9)政府は、

- 効率的で、パフォーマンスベースの、より規範的でない、リスク情報を活用した原子力安全と放射線安全の規制を行えるよう、原子力規制委員会がより柔軟に対応できるように、
  - 原子力規制委員会の検査官が、いつでもすべての施設と活動にフリーアクセスができる公式の権限を持てるように、
  - 可能な限り最も低いレベルで対応型検査に関する原子力規制委員会としての意思決定が行えるように
- するために、検査制度を改善、簡素化すべきである。

変更された検査の枠組みに基づいて、原子力規制委員会は、グレーデッドアプローチに沿って、規制検査(予定された検査と事前通告なしの検査を含む)の種類と頻度を特定した、すべての施設及び活動に対する検査プログラムを開発、実施すべきである。

(提言10)原子力規制委員会は、検査、関連する評価そして意思決定に関わる能力を向上させるため、検査官の訓練及び再訓練の改善について検討すべきである。

# 検査制度の見直し(2020)

- ①事業者の主体的・継続的な安全性向上への取組み等により
- ②より高い安全水準を実現することを目指す
  - ✓ 福島第一事故の教訓の反映
  - ✓ 原子力安全文化に根ざした活動
- 法体系の整備
  - ✓ 事業者責任を明確にした体系整備
  - ✓ 規制機関の関与の体系整備
- リスク情報の活用、保安活動の実績の反映を基礎
  - ✓ 規制機関と事業者がともに、安全上の重要性を認識
  - ✓ 実施状況を国民・住民に見える形で実施

米国ROPを参考とする

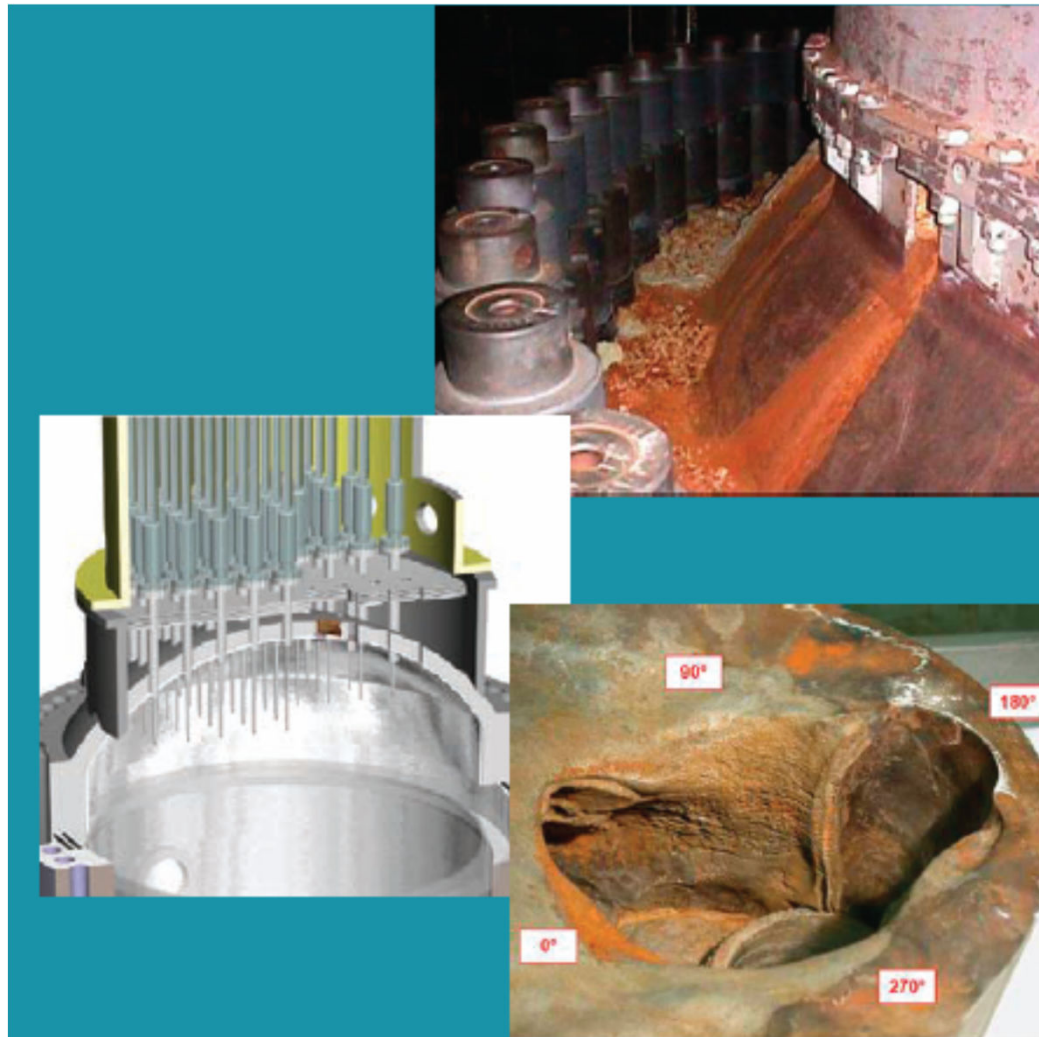
# 現在の原子力発電所の課題

- 保安規定を守る事が安全の目的？
  - もんじゅでは、安全とはほとんど関係の無い、マニュアルの解釈を厳密にすることが要求された。
  - 安全の指標は、リスクではなく、あくまでもマニュアルに書かれている通りに実施する事？
- 品質保証に重要度分類が無い
  - 安全に全く関係なくとも、文書で書かれている事を拡大解釈して改善を要求
- CDFを増加させても思いついたリスクを下げる
  - 例えば、特重はCDFを増加させる。  
テロのリスク低減にも、あまり貢献していない。
  - 特重については、ルール設定があまりに拙速。  
国民の安全を考えれば、ルール変更が望ましい。

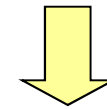
# ROPの導入

- 保安規定を守る事が安全の目的？
  - リスク情報活用により、保安規定の遵守は当然ながら、よりリスク低減に向けた活動に注力  
保安規定を、リスクベースで改訂
- 品質保証に重要度分類が無い
  - リスクベースの監査の中で品質保証を捉える文書はITなどを利用し最小限とし、リスクの高い活動に厳格な監査などグレーデッドアプローチ
- CDFを増加させても思いついたリスクを下げる
  - CDFを安全の共通指標とする  
規制全体にリスクを取り入れるべく規制体系の改善を図る

# 米国：デービスベッセ発電所の不適合事象



$$\Delta CDF > 10^{-4}$$

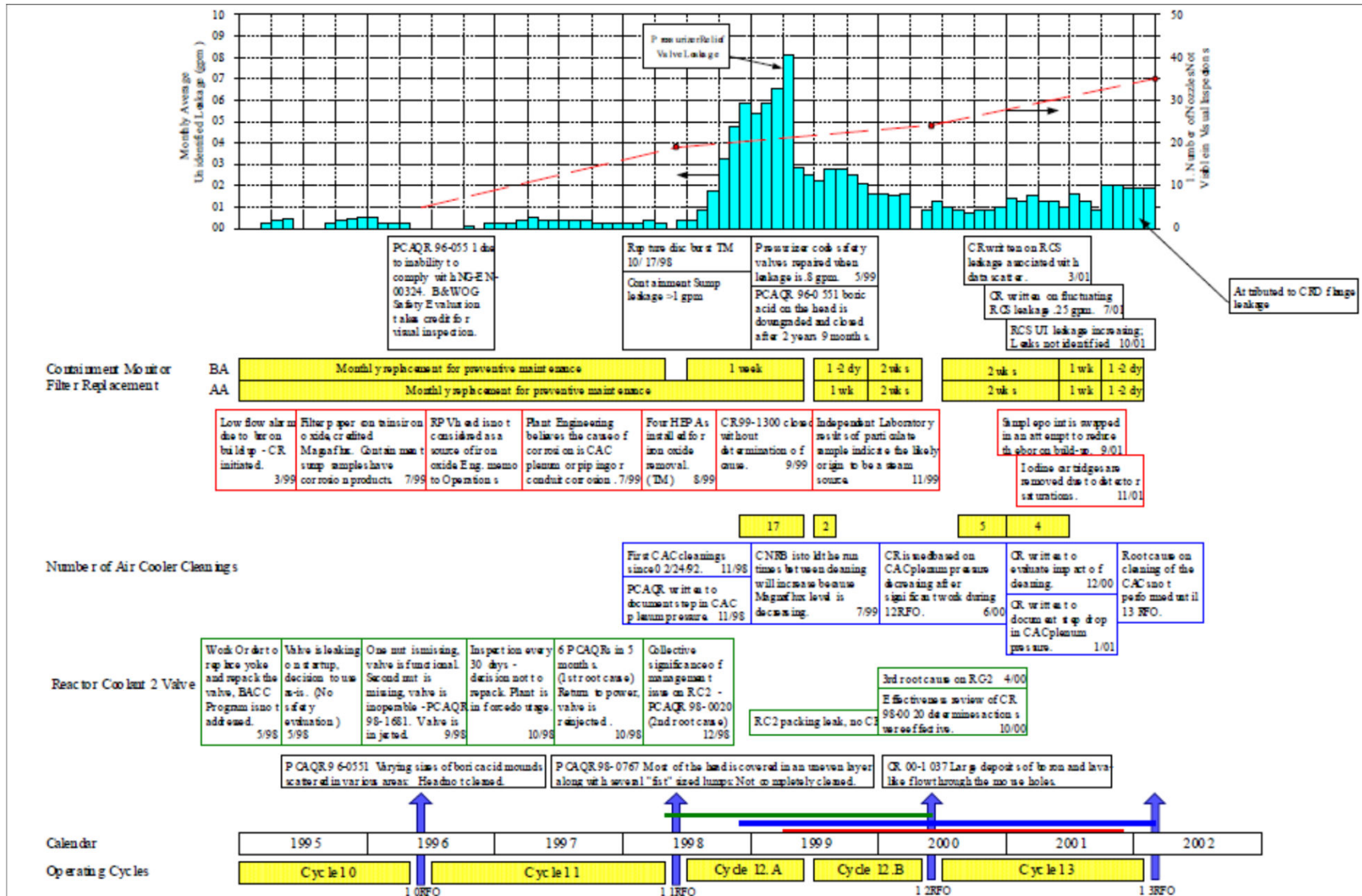


RED

## 根本原因分析

不十分なマネージメント  
不適切なCAP  
硬直した技術  
コンプライアンス





長年にわたり、様々な兆候を見逃してきていた

FENOC報告書  
2002年8月

# Black Swan (Taleb, 2009)

- 予測できないこと。
- 非常に強いインパクトをもたらすこと。
- いったん起きてしまうと、いかにもそれらしい説明がなされ、実際よりも偶然には見えなくなったり、最初からわかっていたような気にさせられたりする。

リーマンショック、米国同時多発テロ、インターネットの発展、福島第一原子力発電所事故など

Black Swan 白鳥は白いもの。しかし、オーストラリア大陸が発見され黒い白鳥が見つかり大騒動となった

# ブラックスワンをいかに回避するか

- デービスベッセの上蓋      ボロン濃度変化
- 福島第一事故の津波      スマトラの津波
- リーマンブラザーズ破綻      サブプライムローン
- 同時多発テロ      空港セキュリティ



一見、重要ではないと考える兆候をセンシティブ  
につかみ、ブラックスワンを回避する能力

リスクベースの安全確保活動  
CAPデータベースの適切なマネジメント

# 想定外とは

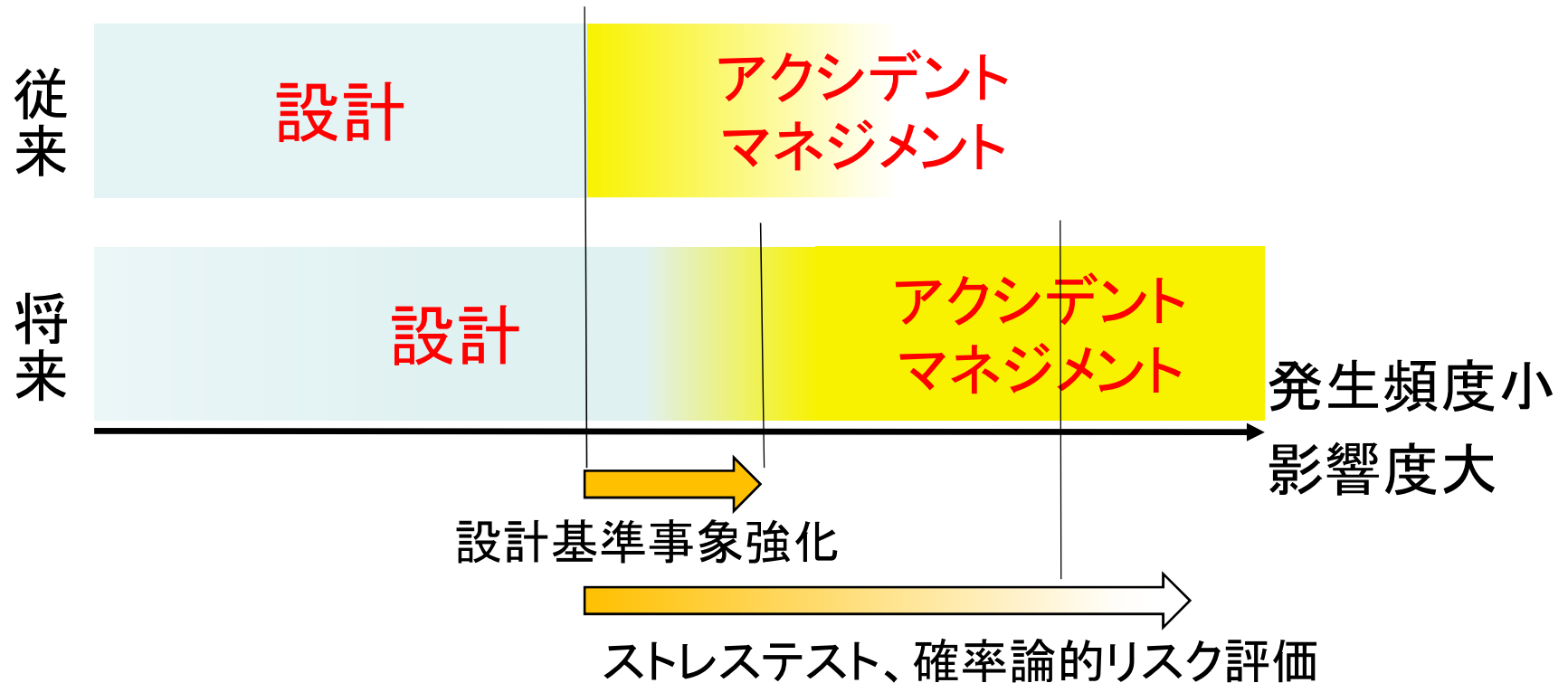
- 想定 (Ssなど) を超える状態
  - 想定を大きくすれば、想定外に陥る確率は減る
  - 想定を超える確率はいつまでたってもなくなる

適切な想定に対して十分な余裕を持った設計  
想定を超える事を想定し、あらかじめ対応策を立てておく

- 全く思いもつかない状態
  - 人知の及ばない事 (Black Swan) は必ず起こる

机上訓練などにより、あり得ない状態からの対策を議論する等して、経験値 (マネジメント能力) を上げておく

# 安全の考え方



厳しい自然災害を含む全ての事象：

地震、津波、断層変位、竜巻、台風、隕石など

原子力学会アクシデントマネジメント標準(2013)

重要なことは設計値(例 $S_s$ )を適切に設定したうえで、  
設計( $S_s$ )を超えた場合のマネジメントを考えておく事。

# まとめ

- リスク低減が目的である
  - CDFを共通言語として、現場での安全確保作業にまい進する
  - 総合的リスクを考慮した意思決定手法(RIDM)を確立する(規制も事業者も)
- ブラックスワン工学(Black Swan Engineering)
  - 21世紀の工学に求められているのは、ブラックスワンがあることを前提に、影響を緩和する方策