

# 原子力諸規則改訂案と 新安全基準骨子案 に対する着眼点

2013年4月26日

佐藤 暁

# 諸規則改訂案、新安全基準骨子案

- **新安全基準骨子案(2013年2月6日公告)**
  - － 設計基準
  - － シビアアクシデント
  - － 地震・津波
- **諸規則改訂案(2013年4月11日公告)**
  - － 合計27件
  - － 福一5・6号機、もんじゅも含まれる
  - － 現役プラントの運転寿命無制限
  - － 将来の新設、増設もあり

# ディスカッション

- イントロ 「安全基準の役割と限界について」

## 着眼点の例

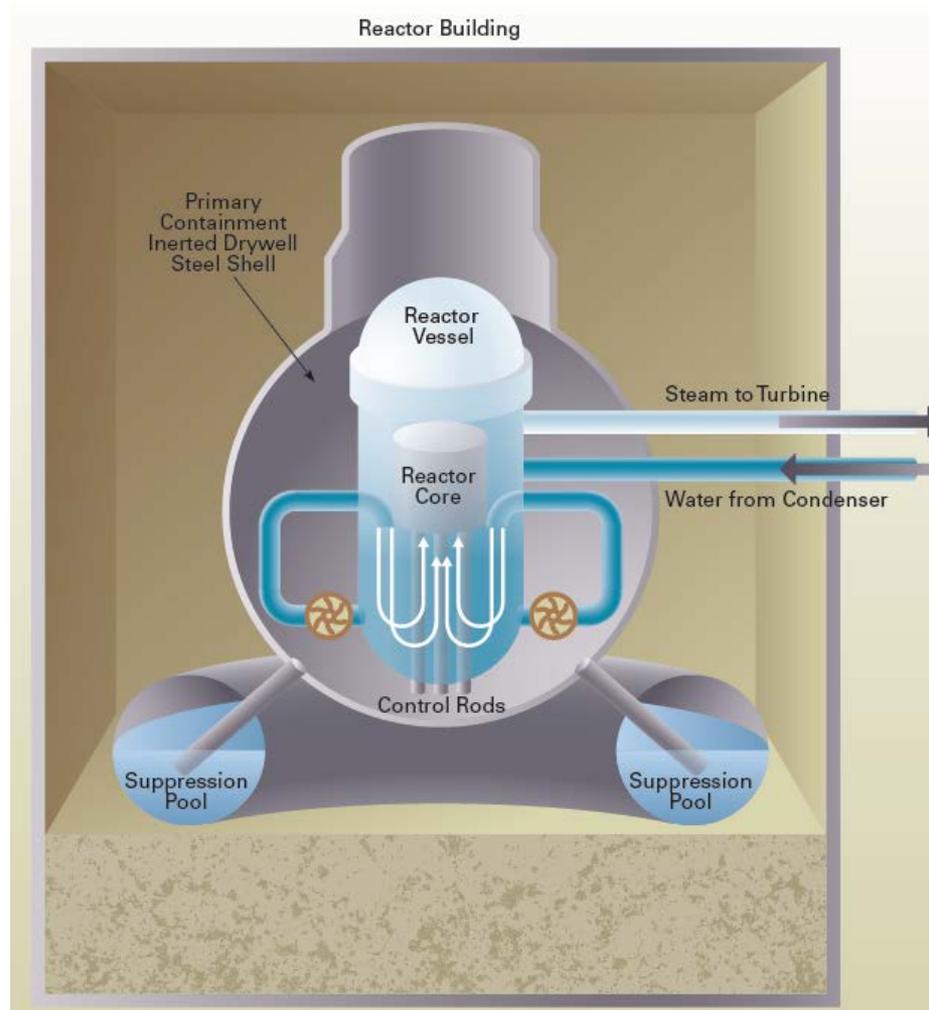
- 立地審査
- 緊急作業、火災防護
- 耐震設計
- 研究開発段階における発電の用に供する原子炉
- 安全文化

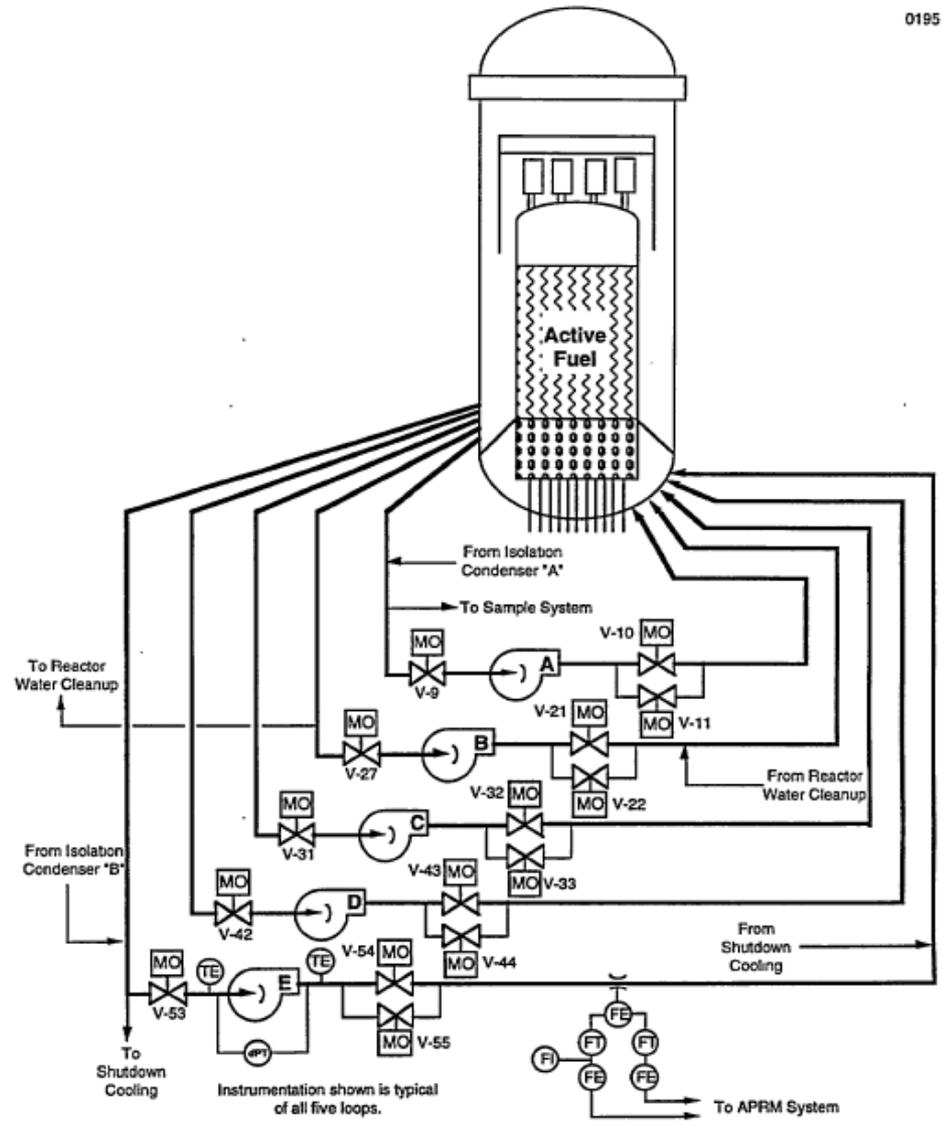
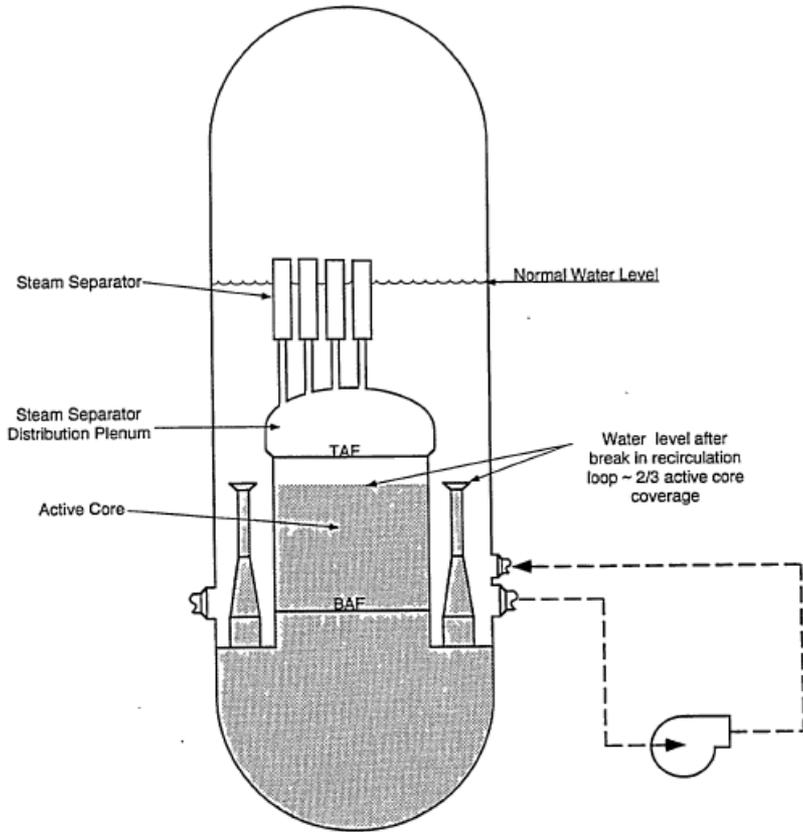
# イントロ

## ～安全基準の役割と限界について～

- 安全基準は骨子では役に立たない
- 健全な「安全文化」が究極のセフティネット
- 「脅威」は突然変異を続けるウィルス
- 審査と検査の両輪が必要
- 安全審査・検査の合格は安全性の無期限保証ではない

# ケース・スタディ ～LOCA と ECCS の問題～





## 蝕まれる深層防護

- 配管のSCC問題 ⇒ 記録改ざん、隠蔽
- サプレッション・プール(四つの安全機能)
  - 安全系機器に対する多重設計の原則 ⇒ 例外(単一機器)
  - 動荷重の過小評価 ⇒ 高優先プラントの後回し
  - ECCS ストレーナの改造 ⇒ 後回し
- 保温材、塗装、S/Cのスラッジ ⇒ 放置
- 燃料被覆管の高温強度に対する過大評価 ⇒ 放置
- 被覆管表面温度に対する過小評価 ⇒ 放置
- 耐震設計 ⇒ 設計地震加速度の過小設定
- 格納容器の気密性 ⇒ 圧縮空気を注入して誤魔化す工作

# ケース・スタディ

## ～現実がイメージされていない核テロ対応～

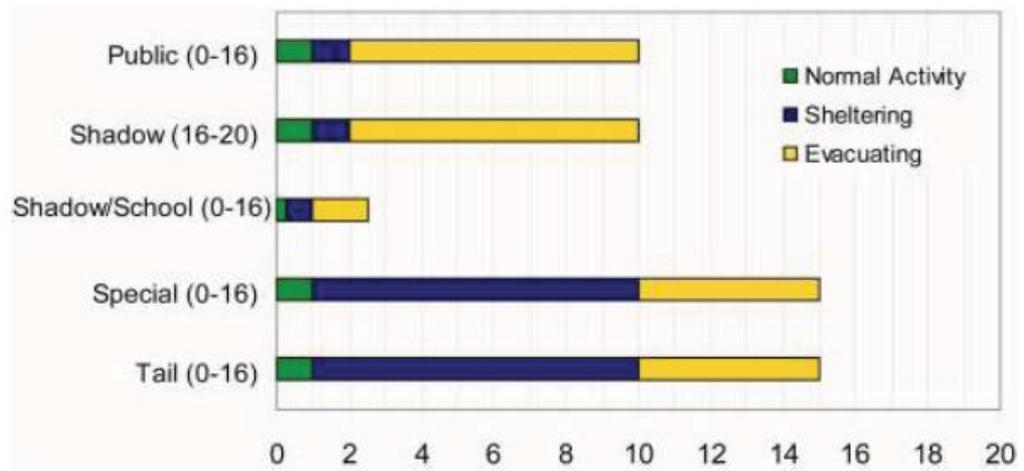
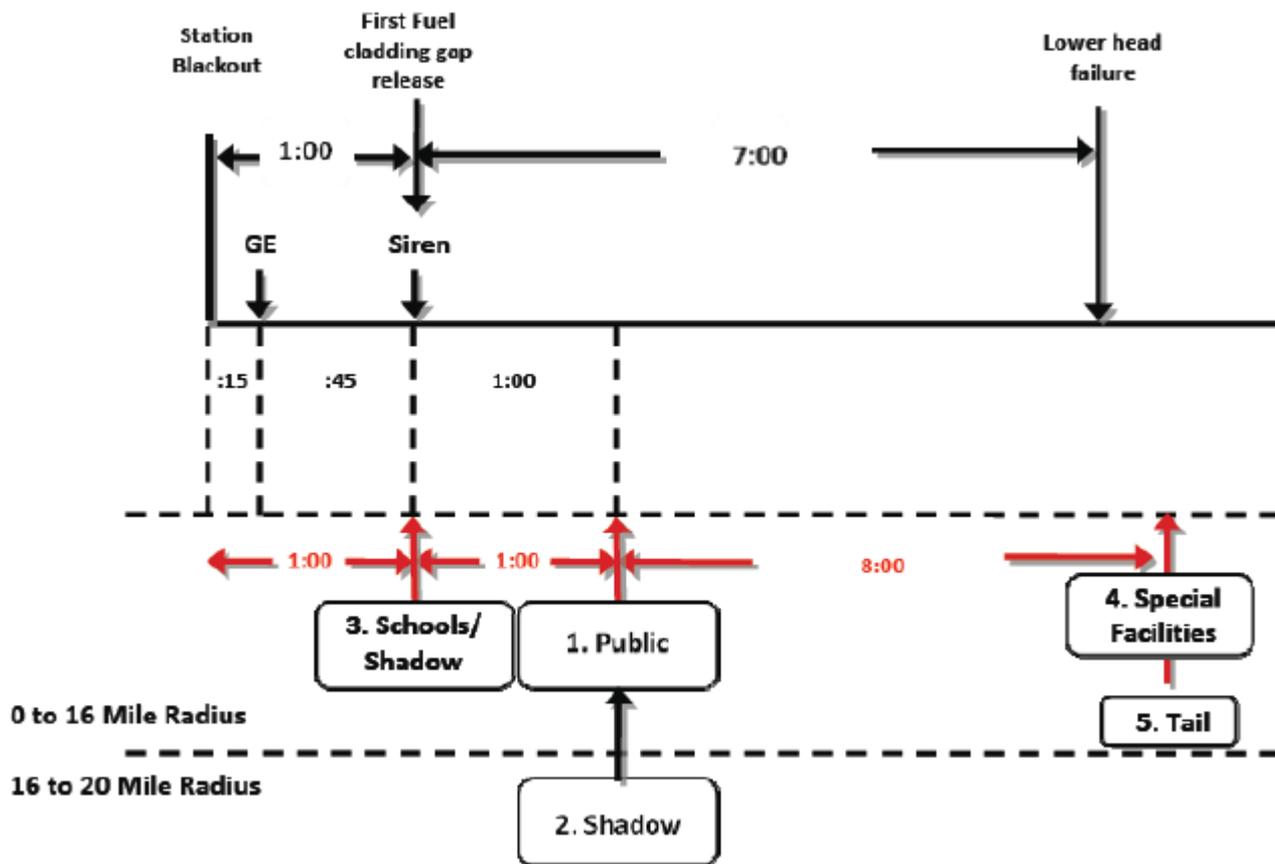
- 8時間で原子炉圧力容器底部が損傷

### 予測不可能な戦術

- 人質
- サイバーテロ
- 航空機テロ
- 原子炉技術者に対する買収、ハニートラップ、脅迫
- 有事下の対応

Table 5-4 Timing of Key Events for the STSBO without RCIC blackstart

Event	Time (hours, unless noted otherwise)
Station blackout – loss of all onsite and offsite AC power	0.0
Low-level 2 and RCIC actuation signal (no RCIC response)	10 min
Downcomer water level reaches TAF	30 min
First hydrogen production	55 min
First fuel-cladding gap release	1.0
First channel box failure	1.3
First core cell collapse due to time at temperature	1.6
SRV sticks open due to cycling at high temperatures	1.8
Reactor vessel water level reaches bottom of lower core plate	1.9
RPV pressure first drops below LPI setpoint (400 psig)	2.1
First core support plate localized failure in supporting debris	2.4
Lower head dries out	3.3
Ring 5 CRGT Column Collapse [failed at axial level 2]	4.9
Ring 3 CRGT Column Collapse [failed at axial level 2]	5.8
Ring 1 CRGT Column Collapse [failed at axial level 2]	6.0
Ring 2 CRGT Column Collapse [failed at axial level 2]	6.1
Ring 4 CRGT Column Collapse [failed at axial level 2]	6.3
Lower head failure	8.2
Drywell liner melt-through	8.5
Refueling bay to environment blowout panels open	8.5
Hydrogen burns initiated in lower reactor building	8.5
Doors to stairwell open due to overpressure	8.5
Door to environment through railroad access opens due to overpressure	8.5
Time Iodine release to environment exceeds 1%	9.7
Calculation terminated	48.0







# 着眼点

- 案文を隈なくチェックするのは、時間的制約上不可能で、効率も悪い。
- 案文の表記の中に欠陥を見つけようとするのではなく、自分の関心事が適切に記述されているかをチェックする。

# 着眼点の例 《その1》

## ～立地審査～

- 仮想事故
- 「起こり得ない」として前提条件から除外
  - 電源喪失
  - 格納容器の劣化、バイパス
  - 原子炉建屋の破損
- 福島事故では予想値の10,000倍

# 我が国の原子炉立地の基準

## 立地審査指針

- 重大事故(想定される**最悪の事故**): 居住禁止区域境界の被曝に対する制限  
甲状腺(小児) $< 1.5\text{Sv}$ 、全身 $< 250\text{mSv}$
- 仮想事故(技術的見地からは**起こり得ない事故**):
  - 低人口地帯における被曝に対する制限  
甲状腺(成人) $< 3\text{Sv}$ 、全身 $< 250\text{mSv}$
  - **集団線量 $< 20,000\text{人}\cdot\text{Sv}$**

## 安全評価審査指針

- ソース・タームの仮定: TID-14844
  - 希ガス100%、ヨウ素50%が格納容器内に放出
  - 4%(CH<sub>3</sub>I ヨウ化メチル)、91%(I<sub>2</sub> 単体ヨウ素)、5%(粒子性)
- 工学的安全設備の担保(代表的BWRの場合):
  - 格納容器内への沈着率 **50%**
  - 圧力抑制室のプール水への吸収(スクラビング効果) **99%**
  - 格納容器の漏洩率 **0.6%/日**(初めの1時間) **0.3%/日**(その後)
  - 原子炉建屋の非常用ガス処理系(SGTS)による吸収 **99%**
  - SGTS による原子炉建屋から排気筒への排出 **50%/日**

# 安全評価審査指針の適用例

## 柏崎・刈羽原子力発電所6号機(ABWR)(仮想事故に対する評価)

### ソース・ターム:

水蒸気と共に格納容器内に放出

- 希ガス100% = **48,140,000TBq**
- ヨウ素50% = **7,030,000TBq**

### 結果:

- 放出量:
  - 希ガス: **17.020TBq(0.035%)**
  - ヨウ素: **62.9TBq(0.00089%)**
- 敷地境界の被曝: **3.9mSv(成人甲状腺) 0.83mSv(全身)**
- 集団線量: **1,500人・Sv(1985年) 2,000人・Sv(2040年推定)**

# ミスマッチ

起こり得ないはずの仮想事故(柏崎・刈羽原子力発電所6号機)

- ヨウ素の放出量は **62.9TBq** であるはずが、…

実際に起こった福島第一原子力発電所の事故では

- 原子力安全・保安院: **370,000TBq**
- 原子力安全委員会: **630,000TBq** ←10,000倍!

同じ事故が柏崎・刈羽原子力発電所で起こっていた場合、下記の仮想事故に対する予想値は、どのようになっていたことか …

- 敷地境界の被曝: **3.9mSv**(成人甲状腺) **0.83mSv**(全身)
- 集団線量: **1,500人・Sv**(1985年) **2,000人・Sv**(2040年推定)

# 課題

- 我が国における原子炉の設置許可は、「**实用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則**」**第2条**に基づき、事業者から提出される設置許可申請に対する審査、承認に基づいている。
- 原子炉の事故に対する評価としては、**同条第2項第十号**に規定されており、その中の事故の種類として考慮するものが、原子力安全委員会の安全評価審査指針によって定められている。
- 同安全評価指針には、「**重大事故**」と「**仮想事故**」が含まれている。これらの事故は、候補地が原子炉の設置に適切であるかどうかを判定するために設定した事故であるが、そのような際においても、立地審査指針に定められる目安を満足することが期待され、事業者の申請書の中でも引用され、適合が示されている。

# 実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則 (昭和五十三年十二月二十八日通商産業省令第七十七号)

最終改正:平成二十三年一月二十八日経済産業省令第七三号

## (原子炉の設置の許可の申請)

### 第二条

**2** 核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律施行令（以下「令」という。）**第**十一条第二項の主務省令で定める書類は、次の各号に掲げるとおりとする。

- 一 原子炉の使用の目的に関する説明書
- 二 原子炉の熱出力に関する説明書
- 三 工事に要する資金の額及び調達計画を記載した書類
- 四 原子炉の運転に要する核燃料物質の取得計画を記載した書類
- 五 原子炉施設の設置及び運転に関する技術的能力に関する説明書
- 六 原子炉施設を設置しようとする場所に関する気象、地盤、水理、地震、社会環境等の状況に関する説明書
- 七 原子炉又はその主要な附属施設を設置しようとする地点から二十キロメートル以内の地域を含む縮尺二十万分の一の地図及び五キロメートル以内の地域を含む縮尺五万分の一の地図
- 八 原子炉施設の安全設計に関する説明書
- 九 核燃料物質及び核燃料物質によって汚染された物による放射線の被ばく管理並びに放射性廃棄物の廃棄に関する説明書
- 十 原子炉の操作上の過失、機械又は装置の故障、地震、火災等があつた場合に発生すると想定される原子炉の事故の種類、程度、影響等に関する説明書**
- 十一 法人にあっては、定款、登記事項証明書並びに最近の財産目録、貸借対照表及び損益計算書

- **ところが、そのような「重大事故」、「仮想事故」の評価について定められた安全評価審査指針の仮定や前提条件が、今回の福島第一原子力発電所の事故では悉く破綻してしまっている。**
- **従って、仮に今回の事故の放出量をベースに評価方法を修正した場合、立地審査指針にある敷地境界における被曝線量と集団線量の目安値が大幅に超過し、**そもそもの立地が適切でなかったこと**を示唆する。**
- **これは、日本の全ての原子力発電所の立地の適正を揺るがす一般性のある問題であるように思われる。**

- 従って、今般の事故を振り返り、以下の見直しが必要ではないのか。
  - 原子炉立地審査指針
  - 安全評価審査指針
- 原子炉立地審査指針の見直しにおいては、
  - 放射能雲の通過時だけでなく、それによって形成されるフォールアウトの影響(特に、放射性セシウムによる汚染)も考慮すべき。
  - 影響は、周辺住民の人体に対するものだけでも十分に甚大ではあるが、遙か遠方までの経済的波及効果も大きく、そのような見地からの基準も追加すべき。(賠償能力とのバランス)
  - 10CFR100.11(b)(2)項の要件にあるように、複数ユニットのプラントにおいては、事故の同時多発も想定すべき。
- 安全評価審査指針の見直しにおいては、
  - ソース・タームの考え方を修正すべき。
  - 工学的安全設備に対する担保の考え方を修正すべき。環境への放出が、排気筒からではないグラウンド・レベル・リリースのケースも考慮すべき。

- **加えて、以下の問題点に対する検討も必要ではないのか。**
  - **安全目標と確率論的リスク評価の概念の適用も考慮すべき。**
  - **損害賠償は、原則的に政府に依存しない制度を構築すべき。**

# 着眼点の例 《その2》

## ～緊急作業、火災防護～

### 緊急作業に従事させることの合憲性、合法性

- 日本国憲法の「国民の権利」を侵害
- 労働基準法の「労働時間、休憩」に違反
- 労働安全衛生法の「労働者の危険又は健康障害を防止するための措置」に違反

### 「緊急作業の線量限度」の問題

- インフォームド・コンセントと自主性の尊重が原則
- 諸外国では「人命救助」などの目的に限定
- 100mSv を設定しても250mSv に引き上げられる
- 内部被曝は把握不可能
- 超過に対する懲罰の是非

# Radiological Emergency Preparedness (REP)

Emergency Worker Handbook

## Radiation Protection

### Your Exposure Limits

Note: For the purpose of tracking exposure in the REP program:

1 Roentgen (R) = 1 Rem

1,000 mR = 1,000 mRem

There are two exposure limits that apply to all Emergency Workers.

**1. Turn Back Limit** — when your dosimeter reading reaches 1 R (1,000 mR) you should notify your supervisor or radiological officer. You will be given further instructions, assigned a different Turn Back Limit or told to report back to have your TLD read.

**2. Minnesota State Emergency Worker Limit** — if your reading reaches 3 R (3,000 mR) you have reached the limit for responding to the emergency, you should notify your radiological officer or supervisor. In some cases, an extension above this limit can be approved (see below). You will receive specific instructions in either case.

The emergency worker limit may be extended to save exposure to large populations, save property or save lives. You cannot exceed the above limits unless you have permission from your supervisor or radiological officer. No emergency worker will reach an exposure level above 25 R (25,000 mR) unless they have volunteered to exceed that level.

# 火災防護

- 消防吏員が到着するまでの初期消火だけに責任を限定
- 消防吏員の義務が言及されていない
  - 優先性
  - 原子力安全に関する知識
  - 当該原子力発電所に対する精通度
  - 消火活動の技術的能力
  - 発電所自衛消防隊との連携
  - 定期的訓練

# 着眼点 《その3》

## ～耐震設計～

- 設計地震加速度の見直し
  - PSHA の導入
  - 地質調査
  - SSI、モンテカルロ法
- 解析の困難な機器に対する耐震実験
- 回転機器への影響
  - 停止中の地震と運転中の地震の差
  - タービン・ミサイル
- 地震＋津波の相加作用
- ウォークダウンの重視
  - 劣化
  - 非安全系機器の影響

# 着眼点の例 《その4》

## ～もんじゅ～

- 「勇退」を知らず、勝つまで止められないバクチ打ち？
  - 着工 1983年1月25日
  - 投資 1兆810億円(当初予算の2倍)
- 目的は？
  - 将来の主力炉型？
  - 何の研究？(米、仏の情報では不足？)
  - 何年運転する予定？
- 原型炉？
  - 発電出力280MW
  - Dresden 1号機(商用炉)210MW

# 世界の高速増殖炉

プラント	発電出力	着工	初臨界	初併入	永久停止	利用率
英国						
Dounreay DFR	11MW	3/1/55	11/14/59	10/1/62	3/1/77	
Dounreay PFR	234MW	1/1/66	3/1/74	1/10/75	3/31/94	26.9%
米国						
FERMI-1	61MW	12/1/56	8/23/63	8/5/66	11/29/72	
仏国						
Phenix	233MW	11/1/68	8/31/73	12/13/73	2/1/2010	40.5%
Super-Phenix	1200MW	12/13/76	9/7/85	1/14/86	12/31/98	7.9%
露国						
Beloyarsk-3	560MW	1/1/69	2/26/80	4/8/80	運転中	74.1%
独国						
KNK II	17MW	9/1/74	10/10/77	4/9/78	8/23/91	
もんじゅ	246MW	1/25/83	4/5/94	8/29/95	-	

# 「もんじゅ」継続の懸念

- 原子力技術の多様化は過去の模索
- 希薄化の懸念のある原子力リソースを更に希薄化
- 設計基準は？ 重大事故対策？ テロ対策は？
  - 軽水炉並みの基準の整備
- 安全設計に精通している技術者は何人いるのか？
  - メーカー、設備所有者、原子力規制委員会
  - 二重の危険性(放射性物質、金属ナトリウム)
- 重大事故、火災発生時の対応能力
  - MELCOR コード事故解析は
  - 自衛消防隊、消防署の手に負えるのか
  - 火災、苛性ソーダ

# 2050年頃に高速増殖炉を商業ベースで導入

(原子力政策大綱:平成17年10月 原子力委員会決定)

高速増殖炉(FBR)サイクル実用化研究開発(FaCT):燃料形態、炉型、再処理方法、燃料製造法等の高速増殖炉サイクル技術に関する多様な選択肢について検討し、高速増殖炉サイクル技術として適切な実用化像とそこに至るための研究開発実施計画案を提示することを目的として、電気事業者と共に研究機関などの参画を得て、進めているものです。特に、国の評価・方針に基づき、主として開発を進めていくべき概念を中心に技術開発を実施しつつ、その成果に基づき設計研究を進めています。

**なぜ今軽水商用炉の規則と一緒に  
議論するべきなのか？**

# 着眼点の例 《その5》

## ～安全文化～

- 隠蔽体質の怖さ

### 問題の根深さ

- 電力会社の問題(情報公開、広報戦略)
- 旧原子力安全・保安院の問題(事業者との隠蔽共謀)
- 学識経験者の問題(形式的な助言)
- 規制委員会の問題
  - パブリック・コメント
  - 標準審査日数の設定
  - 適合できない規則を敢えて制定しないか、要件を漠然化させる  
原子炉圧力容器に対するISI規則、火災防護、PSHA、テロ対策

## 蝕まれる深層防護

- 配管のSCC問題 ⇒ 記録改ざん、隠蔽
- サプレッション・プール(四つの安全機能)
  - 安全系機器に対する多重設計の原則 ⇒ 例外(単一機器)
  - 動荷重の過小評価 ⇒ 高優先プラントの後回し
  - ECCS ストレーナの改造 ⇒ 後回し
- 保温材、塗装、S/Cのスラッジ ⇒ 放置
- 燃料被覆管の高温強度に対する過大評価 ⇒ 放置
- 被覆管表面温度に対する過小評価 ⇒ 放置
- 耐震設計 ⇒ 設計地震加速度の過小設定
- 格納容器の気密性 ⇒ 圧縮空気を注入して誤魔化す工作

# 安全文化の重要性

- 事故発生確率(P)が6個の独立事象の連鎖によって決まり、それぞれの発生確率が0.1である場合、設計基準の通りであれば、十分安全。

$$P = (0.1) * (0.1) * (0.1) * (0.1) * (0.1) * (0.1) = 0.000001$$

- 一つの不具合、不適合があっても許容可。

$$P = (0.1) * (0.1) * (0.1) * (0.3) * (0.1) * (0.1) = 0.000003$$

- 各自の情報が隔離されると全体が分からなくなる。実際には、多くの不適合が存在しているかもしれない。

$$P = (0.3) * (0.3) * (0.3) * (0.3) * (0.3) * (0.3) = 0.000729$$

$$P = (0.5) * (0.5) * (0.5) * (0.5) * (0.5) * (0.5) = 0.015600$$

- 安全問題は全員で共有され、どのような場でも発表が遮られるべきではなく、奨励される職場環境を醸成しなければならない。(経営者責任)
- 内部告発をしっかりと受け止める制度(米国の10CFR21)、違反を厳しく調査する機関(米国のOI)、厳しい罰則も必要。