

特別講義（自由討議）

将来のエネルギー問題について

Dr. N. Nakae
原子力安全基盤機構（JNES）

2013年12月26日
茨城大学大学院理工学研究科

自由討議の目的・方法

- **持続可能な社会を築き上げるために何が必要かを自由討議を通して考えて貰う。そして、自らの考え方を確立して貰いたい。**
- **そのために、最初に議論ためのネタを幾つか紹介する。**
- **そのネタをベースに知りたいこと、議論したいことについて発言して貰う。**
- **それに対し回答することや関連する意見を紹介することで意識を高めて貰いたい。**

原子力事故（スリーマイル事故）

1979年3月28日、米国ペンシルベニア州スリー・マイル原発2号炉で発生
制御用空気系故障 → 給水ポンプ、タービントリップ → 1次系温度・圧力上昇 → 加圧器逃がし弁「開」 → 原子炉自動停止（設計どおり）

1次系圧力低下→**加圧器逃がし弁「開固着」** → 冷却材流出 → 1次系圧力低下 → ECCS自動起動 → **運転員は系は満水と誤認しECCS流量を絞る**

冷却材ポンプ激しく振動 → **Bループ1次系冷却材ポンプ続いてAループを手動で停止** → 炉心冷却不能（炉心の損傷大）

加圧器逃がし弁元栓「閉」 → 冷却材流出止まる → ECCS起動 → 炉心再冠水

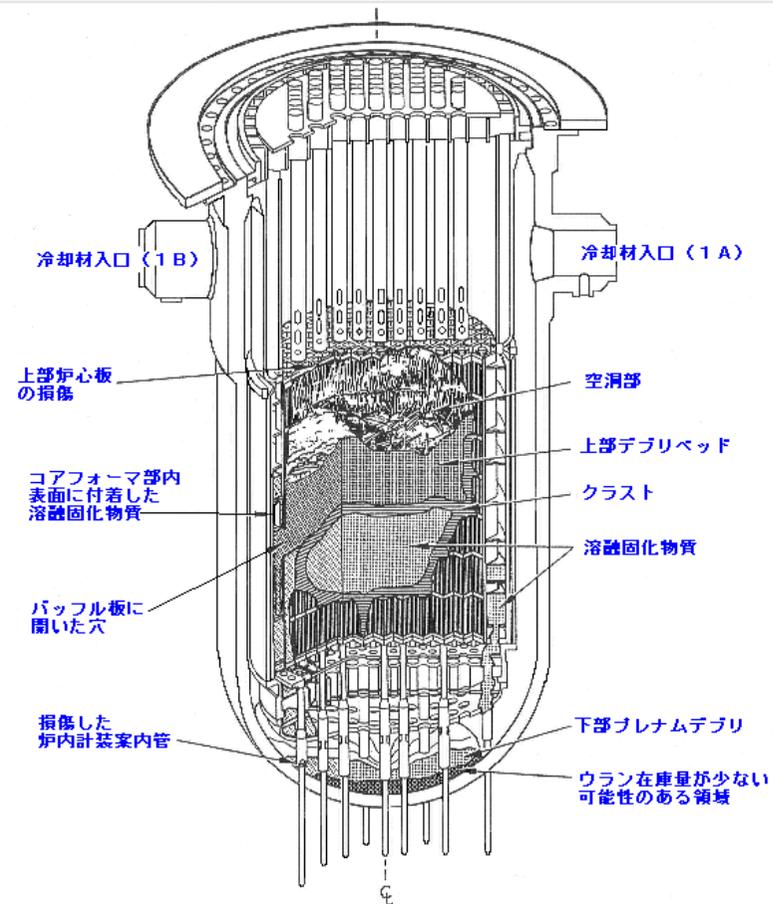


図4 TMI-2炉容器内の最終状況

(炉心物質の約45%(62ト)が溶融し、この内約20トが下部プレナムに落下した。)

[出典] J.M.Broughton, et al.: A Scenario of the Three Mile Island Unit 2 accident, Nuclear Technology, Vol.87, No.1, p.35, 1989

原子力事故（チェルノブイリ事故）

1986年4月26日、旧ソ連チェルノブイリ原発4号炉で炉停止状態で計画された実験中に発生

炉出力を700MW（3.2GW）に低下→**給電指令の延長**→**キセノン蓄積**→炉出力低下→**制御棒引抜（炉心不安定状態）**→出力低下レベルは許容限界→200MWでの**実験を決意**

実験開始 →外部電源喪失時を模擬 →冷却材ポンプへの給電停止→タービン発電機の慣性による給電→冷却材流量低下 →炉心蒸気量増加 →**正のボイド反応度による出力上昇** → 原子炉停止操作するが間に合わず → 核暴走 → 水蒸気爆発 → 黒鉛火災 →放射性物質放出



チェルノブイリ原子力発電所（中央奥）の遠景、



チェルノブイリ原子力発電所（中央付近）周辺の衛星画像、1997年撮影



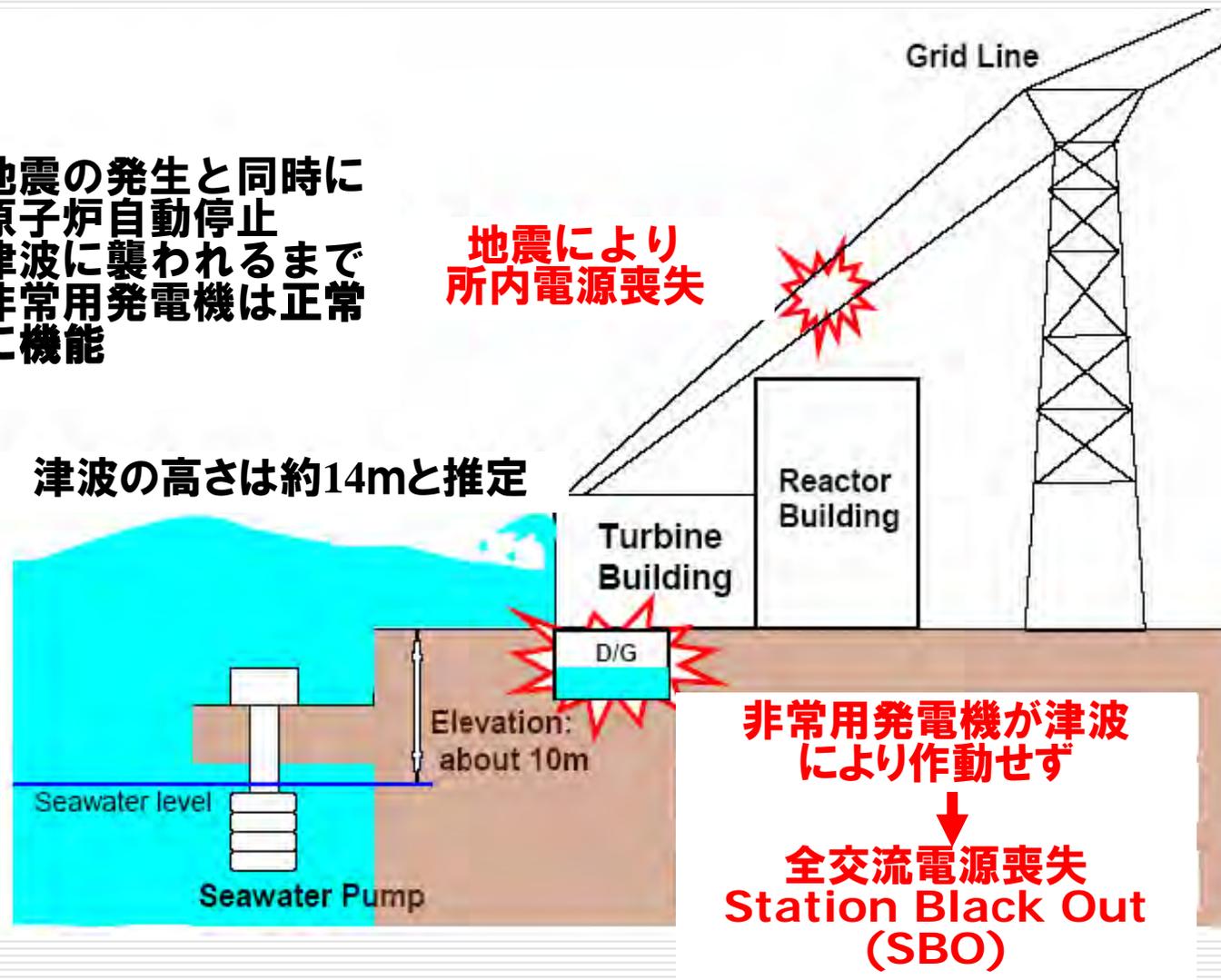
セシウム137の濃度に基づく放射能汚染地域



事故後放棄された村

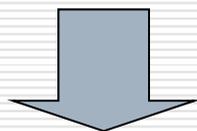
原子力事故（福島第一原発事故）

- 地震の発生と同時に原子炉自動停止
- 津波に襲われるまで非常用発電機は正常に機能



福島事故の総括

- 福島事故の原因
- Severe Accidentに対する対策
- 多重防護と閉じ込めの5重の壁
- 安全神話は何故生まれたか？
- 世界の原子力に対する意識



我々は今後原子力とどう向き合うべきか？

福島事故の原因

実際に起きたことは・・・

- 地震による外部電源喪失（非常用発電機は作動）
- 津波による非常用発電機の水没（全電源喪失）
- 残留熱除去海水系の水没、緊急炉心冷却系の電源供給母線の水没（最終的な熱の逃がし場の喪失）

その原因は・・・

- 非常用発電機や非常用炉心冷却系の設置した場所の問題（津波により容易に水没する場所に設置）
- 設計の問題（津波に対する設計配慮の欠如）
- 安全意識の欠如（安全文化の問題）

Severe Accidentに対する対策

- Severe Accidentとは、その発生確率が $10^{-4}/RY$ 未満であるが発生すれば重大な炉心損傷に至る事象を言う。
- 発生確率が低いことから、従来の設計では取り扱われなかった。
- 但し、Accident Managementと称して設計基準事象を超える事象が起きた場合の対応に関する検討は実施されていた。しかし、考慮する事象の範囲が限定されていた。

Severe Accidentに対する対策は脆弱！

多重防護

階層 (レベル)	目的	対策
1	異常発生防止	<ul style="list-style-type: none">● 保守的な設計● 建設・運転における高品質の確保
2	異常拡大防止	<ul style="list-style-type: none">● 制御、保護システム
3	異常の影響緩和	<ul style="list-style-type: none">● 工学的安全施設● 事故時の手順
4	苛酷事故対策	<ul style="list-style-type: none">● 補助手段● アクシデントマネジメント
5	防災対策	<ul style="list-style-type: none">● オフサイトからの緊急時対応

閉じ込めの5重の壁

第1の障壁：燃料ペレット

→ **燃料溶融により機能喪失**

第2の障壁：燃料被ふく管

→ **燃料溶融により機能喪失**

第3の障壁：原子炉容器

→ **漏えい有り？**

第4の障壁：格納容器

→ **格納容器ベントにより機能喪失**

第5の障壁：原子炉建屋

→ **水素爆発により機能喪失**

安全神話は何故生まれたか？

● 許認可上の意識

事故が起きない対策を確認した上で許認可。安全規制への信頼を得ようとするため、事故は起きないと強調したことが、安全神話作りに結びついていなかったか。

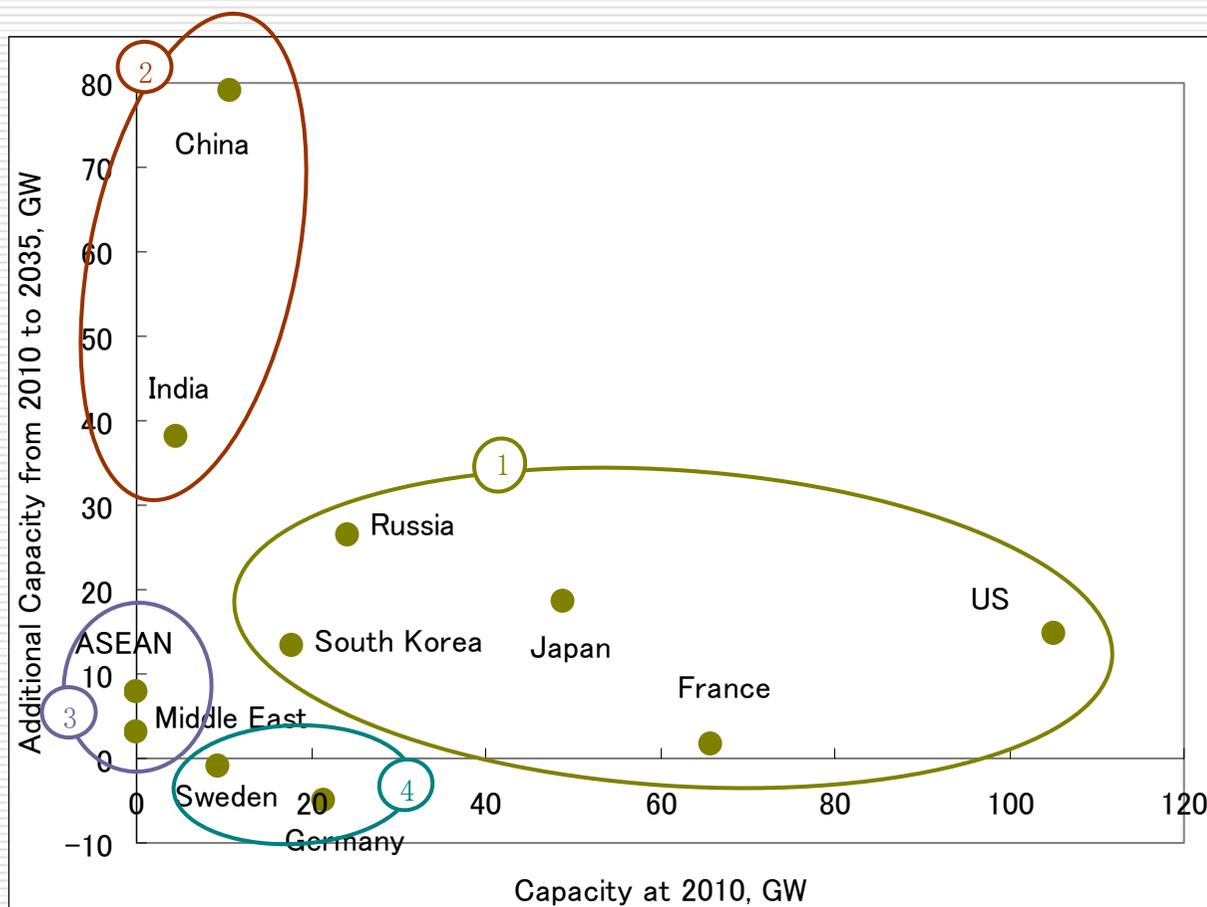
● 原子力技術力への過信

日本の技術力は世界最高水準であるとの認識があった。原子力技術が輸入した技術であるとの認識にかけていた。
(福島第1は川辺に立地する米国の原子炉設計に準じた。)

● 原子力村の形成

原子力専門家集団による原子力村を形成したことにより、外部の意見に十分耳を傾けることをしなかった。

世界の原子力に対する意識



1. 原子力利用・推進国
2. 原子力高成長国
3. 新規導入検討国
4. 脱原子力傾向国

今回事故で政策が最も影響を受けたのは

- 4の脱原子力傾向国
- 1~3の各国には基本方向性に変化なし