



# 世界最高水準の原子力安全性の追求 に向けた取り組み

2013年4月26日  
(社)原子力安全推進協会



# 今日のお話の内容



1. はじめに
2. 原子力安全確保と失敗の教訓
3. 深層防護と安全文化
4. 福島第一原子力発電所事故と原子力の特別のリスク
5. 原子力安全推進協会の目標と取り組み
6. おわりに





# 1 . はじめに



## 2 . 原子力安全確保と失敗の教訓



### ■ 原子力安全確保の目的

原子力事業に伴い発生する可能性のある放射線障害の危険から一般公衆と事業従事者および環境を防護すること。

### ■ 原子力発電における安全確保失敗と教訓

ウィンズケール炉事故（英国）

SL-1事故（米国）

スリーマイル島原子力発電所2号機事故（米国）

チェルノブイリ4号炉事故（ウクライナ；旧ソ連）

福島第一原子力発電所事故（日本）



## 2 . 原子力安全確保と失敗の教訓



### ■ 原子力安全確保の目的

原子力事業に伴い発生する可能性のある放射線障害の危険から一般公衆と事業従事者および環境を防護すること。

### ■ 原子力発電における安全確保失敗と教訓

ウィンズケール炉事故（英国）

SL-1事故（米国）

スリーマイル島原子力発電所2号機事故（米国）

チェルノブイリ4号炉事故（ウクライナ；旧ソ連）

福島第一原子力発電所事故（日本）





# [1957年] 英国 ウィンズケール炉の火災事故 (INES:5)

## プルトニウム生産炉

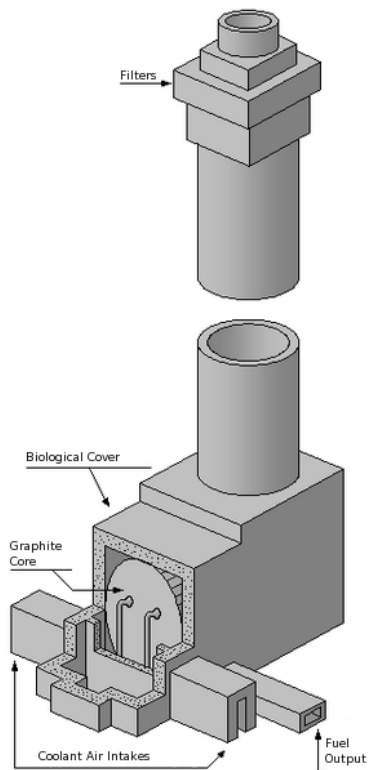
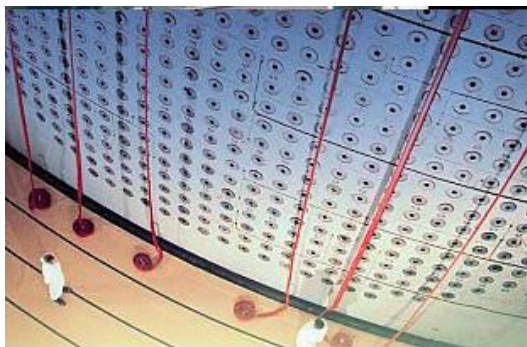
炉心：直径15m、深さ7.5m (横置型)

燃料：天然U金属燃料・Al被覆

減速材：黒鉛

空気冷却

- 制御棒：
- ・粗調整用：水平20本
  - ・精密調整：水平4本
  - ・停止用：垂直16本



原子炉停止 核加熱

炉心温度指示値が低下傾向を示した

再加熱 急激な温度上昇

制御棒を挿入したが、温度低下せず

高放射能検出

赤熱したU燃料を確認

注水により消火

**20,000Ci (740TBq) の I-131 を放出**

**事故後、炉は封印状態**

(2030年の燃料取出計画 (NDAのHPより))

**重要な教訓：安全設計、運転操作**

## 2 . 原子力安全確保と失敗の教訓



### ■ 原子力安全確保の目的

原子力事業に伴い発生する可能性のある放射線障害の危険から一般公衆と事業従事者および環境を防護すること。

### ■ 原子力発電における安全確保失敗と教訓

ウィンズケール炉事故（英国）

SL-1事故（米国）

スリーマイル島原子力発電所2号機事故（米国）

チェルノブイリ4号炉事故（ウクライナ；旧ソ連）

福島第一原子力発電所事故（日本）





# [1961年] 米国 SL-1 事故 (INES:4)

## CE製BWR

- 出力：熱出力3MW t
- 燃料：91%濃縮度の板状U燃料 (Al被覆)
- 制御棒：5本 (十字型)
- 炉心：高さ約70cm、直径

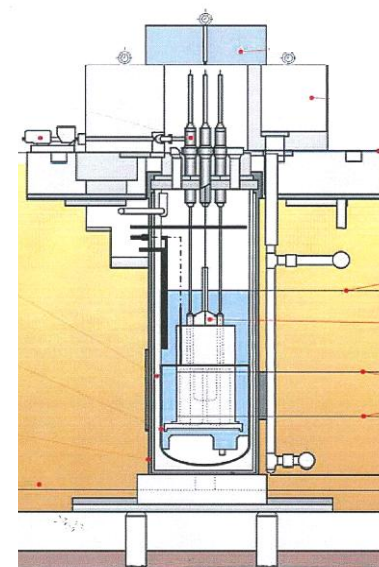
制御棒駆動装置と制御棒との結合作業中。  
中心部制御棒を引き抜き、反応度添加。  
炉心の20%が溶融。  
原子炉容器は、水撃力で約2.7m飛び上がる。  
(作業員3名とも死亡。)



事故後の現場検証の様子



事故後の炉心



(SL-1断面図)

**重要な教訓：核的暴走防止設計、燃料防護設計、燃料安全設計**





## 2 . 原子力安全確保と失敗の教訓



### ■ 原子力安全確保の目的

原子力事業に伴い発生する可能性のある放射線障害の危険から一般公衆と事業従事者および環境を防護すること。

### ■ 原子力発電における安全確保失敗と教訓

ウィンズケール炉事故（英国）

SL-1事故（米国）

スリーマイル島原子力発電所2号機事故（米国）

チェルノブイリ4号炉事故（ウクライナ；旧ソ連）

福島第一原子力発電所事故（日本）



# [1979年] 米国 スリーマイル島原子力発電所2号機事故 (INES:5)



バブコック&ウィルコックス社製PWR

出力：95.9万kW



スリーマイル島原子力発電所



**重要な教訓：確率論的リスク評価 及び  
マンマシン・インターフェースの重要性**

## 2 . 原子力安全確保と失敗の教訓



### ■ 原子力安全確保の目的

原子力事業に伴い発生する可能性のある放射線障害の危険から一般公衆と事業従事者および環境を防護すること。

### ■ 原子力発電における安全確保失敗と教訓

ウィンズケール炉事故（英国）

SL-1事故（米国）

スリーマイル島原子力発電所2号機事故（米国）

チェルノブイリ4号炉事故（ウクライナ；旧ソ連）

福島第一原子力発電所事故（日本）



# [1986年] 旧ソ連 チェルノブイリ4号炉事故 (INES:7)



## 黒鉛減速軽水冷却沸騰水型

出力：100万kW



チェルノブイリ4号炉

設計	<ul style="list-style-type: none"><li>・格納容器が無い</li><li>・簡単に安全装置を無効化できる設計</li><li>・低出力時に、正のボイド係数 等</li></ul>
規則違反	<ul style="list-style-type: none"><li>・制御棒の規定以上の引き抜き</li><li>・非常用炉心冷却装置 (ECCS) を切って運転</li><li>・計画を下回る低出力での特殊試験 等</li></ul>
運転管理	<ul style="list-style-type: none"><li>・原子炉の専門家でない者が指揮</li><li>・正規の手続き、発電所全体の合意なしに特殊試験実施</li><li>・安全対策の検討が不十分 等</li></ul>

**重要な教訓：**

- ・ 本来的危険性のある核設計の排除
- ・ 原子力安全文化の重視



## 2 . 原子力安全確保と失敗の教訓



### ■ 原子力安全確保の目的

原子力事業に伴い発生する可能性のある放射線障害の危険から一般公衆と事業従事者および環境を防護すること。

### ■ 原子力発電における安全確保失敗と教訓

ウィンズケール炉事故（英国）

SL-1事故（米国）

スリーマイル島原子力発電所2号機事故（米国）

チェルノブイリ4号炉事故（ウクライナ；旧ソ連）

福島第一原子力発電所事故（日本）



# [2011年] 日本 福島第一原子力発電所事故 (INES:7)



福島第一原子力発電所



福島第一原子力発電所を襲った津波

- 重要な教訓：**
- ・ 極めて稀であるが影響の大きい外的要因による過酷事故に対応可能な設備的、組織的準備の重要性
  - ・ 過酷事故にあっても大量の放射性物質の放出の防止



### 3 . 深層防護と安全文化 ( 1 / 2 )



#### ■ 原子力安全確保の基本操作

「止める」「冷やす」「閉じ込める」

これらを包含し、さらにそれを失敗しても安全を担保しようとする努力の基盤を与えるのが「**深層防護**」

#### 深層防護は5つのレベルで構成

第1レベル：異常運転や故障の発生を防止

第2レベル：事故への進展を防止

第3レベル：事故規模を設計基準内に制御

第4レベル：事故の進展防止及び過酷なプラント状態を制御

第5レベル：放射性物質の大規模な放出による放射線影響を緩和



### 3 . 深層防護と安全文化 ( 2 / 2 )



#### ■ 安全文化

原子力に関わる者は全ての階層において、安全の価値およびその重要性を認識し、それを第一に考え、判断し、行動する総合的態度を各自が体現し、組織において共有すること。

- 常に問い直す姿勢
- 誠実で慎重な考察と行動
- 良いコミュニケーションと知見・情報の共有
- 自己過信、慢心の排除（特に長期の良好実績が継続するとき）
- 配慮すべき事項に対する無視への警戒





## 4 . 福島第一原子力発電所事故と

### 原子力の特別のリスク（1/6）



- 現在の世界的軽水炉技術の基準から考えて、福島事故は防止可能であったか否か。
- 今後、如何に対応すべきか。



## 4 . 福島第一原子力発電所事故と

### 原子力の特別のリスク（2/6）



#### 【福島第一事故への世界の判断】

米国機械学会（ASME）、米国原子力運転者協会（INPO）、  
米国原子力学会、カーネギー研究所等の報告書

- きっかけは、予測を超越する極めて稀な自然現象（大津波）に襲われたこと
- 軽水炉発電炉50余年の歴史で初めて大量の放射性物質を広域環境中に放出した事故
- 現在の世界的水準の軽水炉技術をもってすれば福島第一発電所が襲われた超絶的な外的要因に起因する事故に対しても**事故防止は十分可能**と考えられる
- そのような事故防止のためには、十分な設備的準備と組織的訓練が必須
- 今後も発生が極めて稀であるが、影響が極端に大きい事故事象の対処について研究を進める必要がある



## 4 . 福島第一原子力発電所事故と

### 原子力の特別のリスク（3/6）



- 対処の最重要事項は、原子炉を十分安定するまで、核燃料の冷却を継続すること。

⇒ 「電源」および「代替ヒートシンク」の確保

- 福島第一5・6号機、福島第二1・2・3・4号機、女川1・2・3号機、および東海第二は、これが可能なことを実証した。

**これらを貴重な教訓とすべき！**



## 4 . 福島第一原子力発電所事故と

### 原子力の特別のリスク ( 4 / 6 )



#### カーネギー報告書による国際的なベストプラクティス 【電源 ( 1 )】

- (ドイツ) • 少なくとも **1つの予備電源システムの追加**
  - 少なくとも4台の非常用ディーゼル発電機に加えて、外部事象対処用に**非常用ディーゼル発電機を保有**
- (ベルギー) • 2つのユニットで、3台の非常用ディーゼル発電機に加えて、**擁壁で覆った非常用ディーゼル発電機3台を保有** ( Doel 3,4号機 )
  - 4台の非常用ディーゼル発電機に加えて、**外部事象防護用に改良した建屋に、非常用ディーゼル発電機2台を保有** ( Doel 1,2号機 )

出典:カーネギー報告書「WHY FUKUSHIMA WAS PREVENTABLE」(2012.3)



## 4 . 福島第一原子力発電所事故と

### 原子力の特別のリスク ( 5 / 6 )



#### カーネギー報告書による国際的なベストプラクティス 【電源 ( 2 ) 】

- ( フィンランド ) ・ 設計基準洪水レベルより高所にある 4 台の非常用ディーゼル発電機に加えて、バックアップ用に 2 台の空冷式ガスタービン発電機を保有

( Olkiluoto 原子力発電所 )

- ( 台湾 ) ・ 標高 1 2 m にあるプラント ( 設計津波高さ : 約 1 1 m ) に設置した非常用ディーゼル発電機に加えて、標高 2 2 m に 2 台のガスタービン発電機を保有

( 金山原子力発電所 )

出典 : カーネギー報告書「WHY FUKUSHIMA WAS PREVENTABLE」(2012.3)



## 4 . 福島第一原子力発電所事故と

### 原子力の特別のリスク ( 6 / 6 )



#### カーネギー報告書による国際的なベストプラクティス 【代替ヒートシンク】

- ( オランダ ) ・ 地震および洪水に対して耐性を有するように設計された 8 ヶ所の深い井戸を保有  
( Borssele 原子力発電所 )
- ( イギリス ) ・ 海水系統とは独立した建屋に予備の空冷式熱交換器を保有  
( Sizewell B 原子力発電所 )
- ( 台湾 ) ・ 標高 1 2 m にあるプラント ( 設計津波高さ : 約 1 1 m ) に対し、標高 6 2 m に 2 つの貯水池を保有  
( 金山原子力発電所 )

出典 : カーネギー報告書「WHY FUKUSHIMA WAS PREVENTABLE」(2012.3)



## 5 . 原子力安全推進協会の目標と取り組み（1/3）



### 原子力安全推進協会（JANSI）の役割（1）

- 【ミッション】原子力産業界をあげて世界最高水準の安全性を追求する。たゆまずにエクセレンスを目指す。
- 技術評価において事業者から独立性を確保する。
- 事業者の安全性向上における各トップ（社長）のコミットメントを最重視する。
- トップの定期会合で、各事業者の安全向上対策の良好事例と世界のエクセレンスを目指すための改善対策を全社長に伝え、必要に応じて提言・勧告を行う。



## 5 . 原子力安全推進協会の目標と取り組み ( 2 / 3 )



### 原子力安全推進協会 ( JANSI ) の役割 ( 2 )

- 各事業者の実態はJANSIが派遣するレビューチームによって把握され、評価されるが、独善的にならないよう海外の専門家の技術評価グループのレビューを受ける。
- さらに高度の意見交換、意思疎通のため、WANO等の安全評価組織のトップを国際アドバイザーとして意見交換する。





## 5 . 原子力安全推進協会の目標と取り組み（3/3）



### JANSIの現在と現状認識

当面の中心課題は「過酷事故防止対策」

- 世界のトップレベルの事業者の実態調査に着手。
- 安全確保向上策は、設備だけでなく、それを自在に使いこなすことが大事。
- 過酷事故においては、必然的に柔軟な対応が不可欠であり、弾力的対応力の向上も視野に入れておくことが必要。



## 6 . おわりに



- 原子力発電事業は設備においても組織においても極めて複雑なシステムである。これらを総合的に最高水準を目指さなければならない。
- 「これで大丈夫」と満足した途端に落とし穴に落ちる危険がある。
- ひたすら上を目指して努力を継続するのみ。





ご清聴ありがとうございました。

