

# 安全の確保についての現状整理

地球環境保全・エネルギー安定供給のための  
原子力のビジョンを考える懇談会  
第3回

平成19年10月25日  
内閣府 原子力政策担当室

# 安全目的

IAEA 安全基準文書(IAEA Safety Standards Series)より

## 安全目的(SAFETY OBJECTIVE)

安全確保活動の基本的な目的は、放射線による有害な影響から人と環境を守ることである

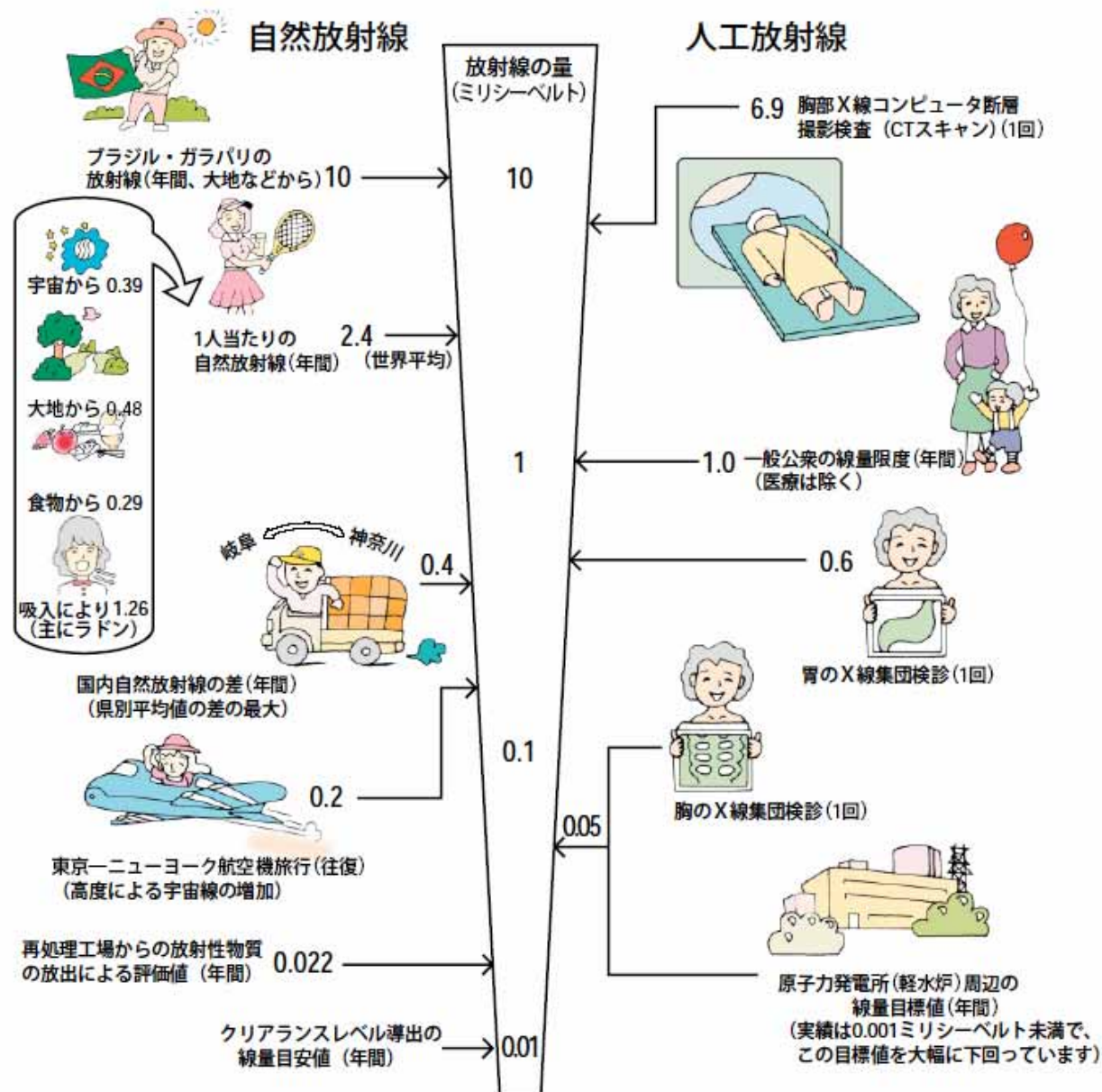
施設等においては、実行可能な限り高い水準の安全を達成していることを確かにするために、以下の手段が講じられなければならない。

- A) 人の被ばくと放射性物質の環境への放出を管理すること
- B) この管理ができなくなる事象が発生する確率を制限すること(事故防止系の設置)
- C) そのような事象が発生した際に、その影響を緩和すること(事故影響緩和系の設置)

出典: IAEA Safety Standards 「Fundamental Safety Principles」より、事務局作成

👉 安全の確保とは「放射線による有害な影響から人と環境を守ること」である

# 日常生活と放射線



出典：原子力・エネルギー  
図面集2007(電事連)

➡ 原子力発電所周辺の放射線量は、自然放射線、医療用放射線と比較して、充分小さい

# 安全目的達成のための取組

# 安全原則 (IAEA 安全基準文書)

IAEA 安全基準文書 (IAEA Safety Standards Series) より

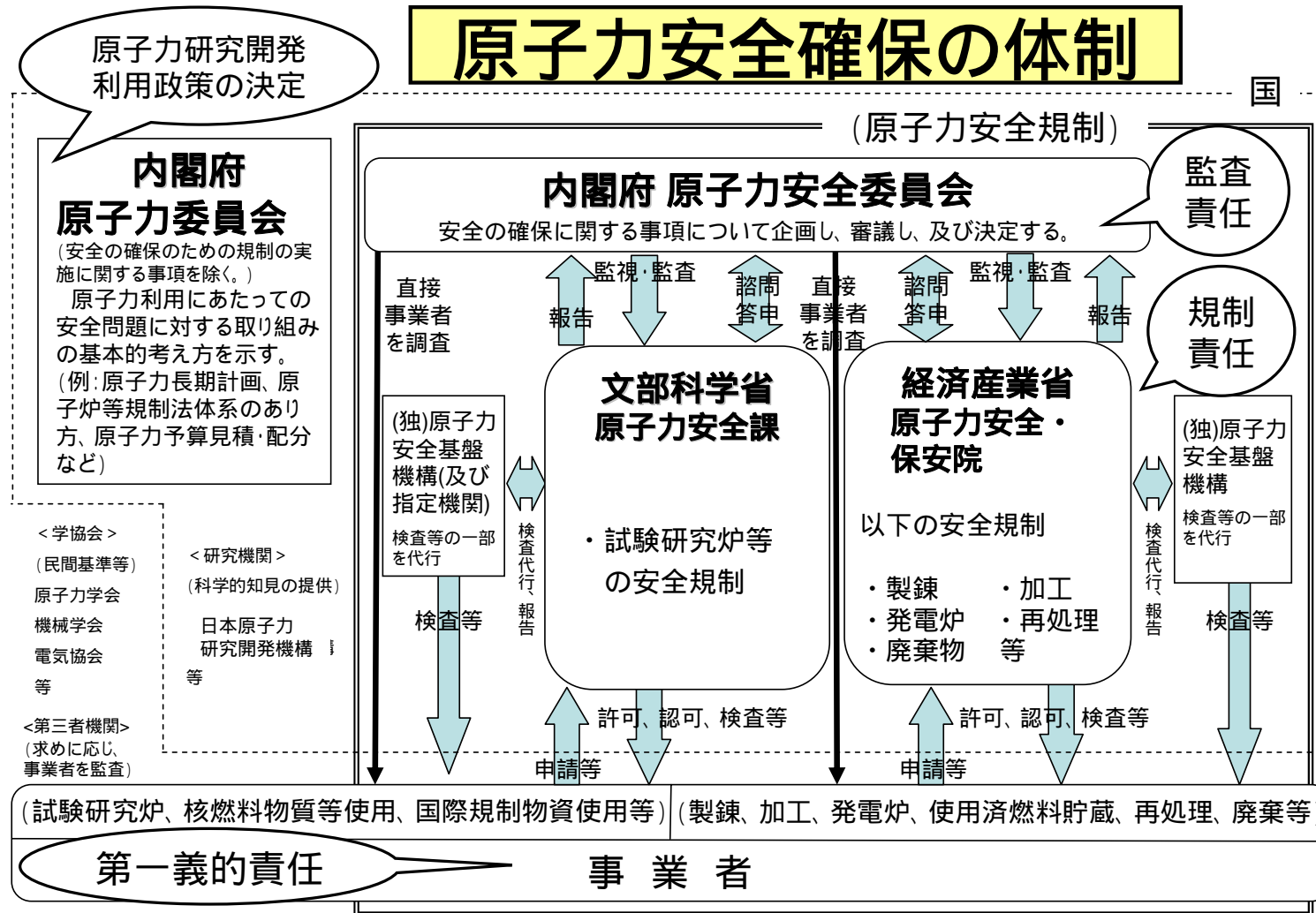
## 安全原則 (SAFETY PRINCIPLES)

- 1) 安全確保の第一義的責任は、施設・事業に責任を有する者が負わなければならない
- 2) 政府は独立した規制組織を含む、安全のために効果的な法制度と行政制度を確立して維持しなければならない
- 3) 施設等においては、安全のために効果的なリーダーシップとマネジメントが確立され維持されなければならない
- 4) 施設・事業は、正味の便益をもたらすものでなければならない
- 5) 防護を最適化して、合理的に達成できる最高レベルの安全を実現しなければならない
- 6) 放射線リスクを制御するための対策は、許容できない被害のリスクをいかなる個人もこうむらないことを保証しなければならない
- 7) 現在及び将来の人と環境を放射線リスクから防護しなければならない
- 8) 事故防止及び影響緩和のために、実行可能な全ての努力を行わなければならない
- 9) 異常事象に備えた緊急時への準備及びそれらの場合に対応するための取り決めを行わなければならない
- 10) 既存のまたは規制対象外のリスク低減対策は正当化でき、最適化されたものであるべきである

出典: IAEA Safety Standards 「Fundamental Safety Principles」より、事務局作成

各国は、安全条約に基づいて、3年に一度、IAEAの場において、この原則の観点からそれぞれの取組の妥当性を相互評価し、改善点を見出している

# 安全確保の取組例：国内体制



新計画策定会議(第17回)参考資料1「安全の確保に関する中間とりまとめ」より

➡ 安全確保の第一義的責任は事業者にある

# 安全確保の取組：通常運転時の放出放射性物質量の低減

7

## ㊦安全性確保の基本的な考え方

### ✓平常運転時の放出放射性物質量の低減

発電用軽水型原子炉施設の平常運転時において、環境に放出される放射性物質の量を、これによる公衆被ばく線量が、法令に定める線量限度以下にすることはもちろんのこと、これを合理的に達成出来る限り低減させるとの考え方(ALARAの考え方)の下に低減対策を講じること。

出典：平成18年版 原子力安全白書

## ALARA あらら

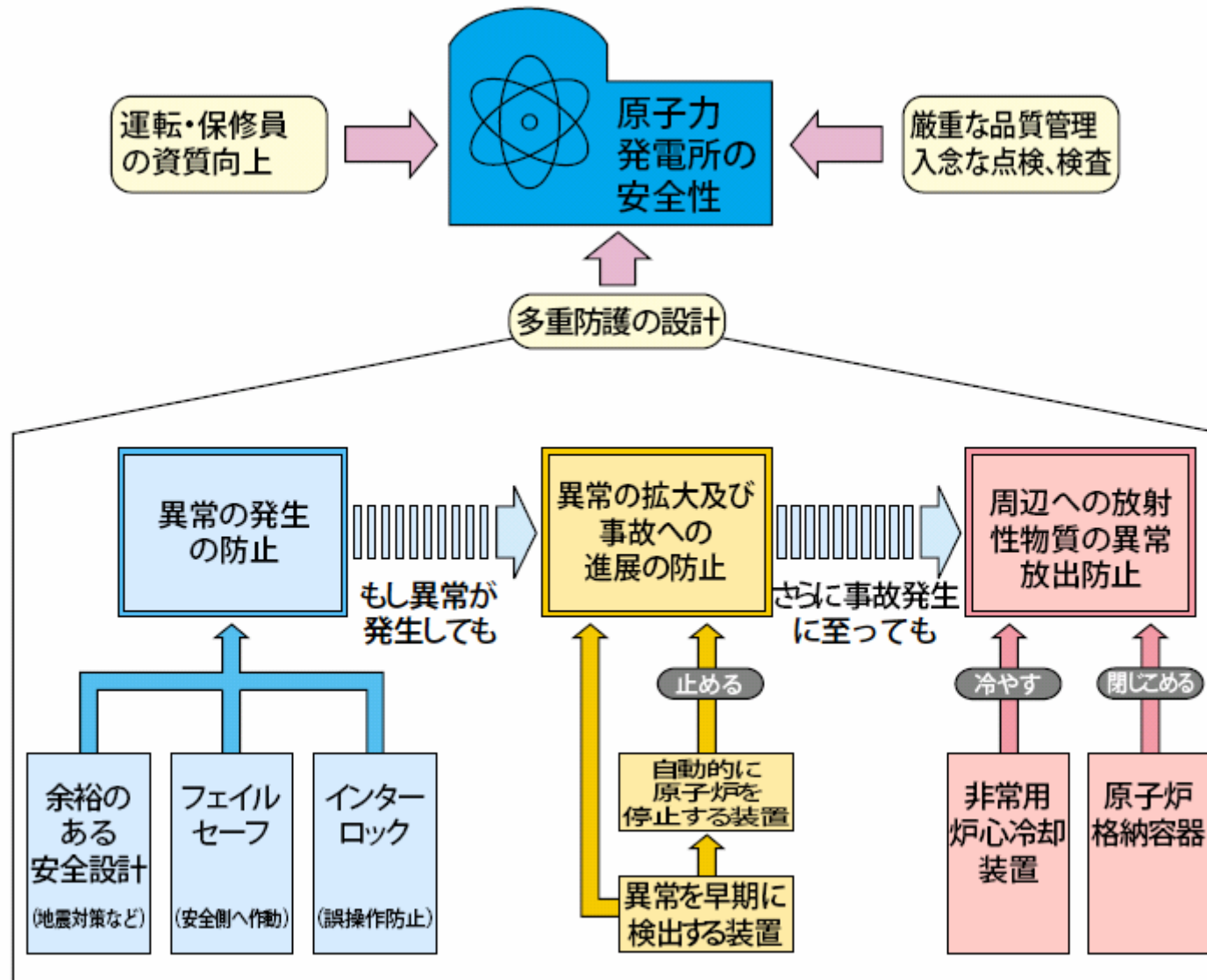
国際放射線防護委員会が1977年勧告で示した放射線防護の基本的考え方を示す概念であり、“as low as reasonably achievable”の略語である。通称としてアララと呼ばれることが多い。放射線防護の最適化として「すべての被ばくは社会的、経済的要因を考慮に入れながら合理的に達成可能な限り低く抑えるべきである」という基本精神に則り被ばく線量を制限することを意味する。この精神は原子力発電所周辺の住民が極力放射線被ばくを受けない事を合理的に達成することを意図している。

出典：(財)日本原子力文化振興財団 ウェブサイト「原子力百科事典ATOMICA」)

- ➡ 通常運転時の公衆被ばく線量を、法令に定める線量限度以下にする
- ➡ 通常運転時の公衆被ばく線量について、ALARAの考え方の下に低減対策を講じる



# 安全確保のための多重防護システム



出典：原子力・エネルギー図面集2007（電事連）

☞ 原子力安全の確保は、多重防護の考え方に基づいている。



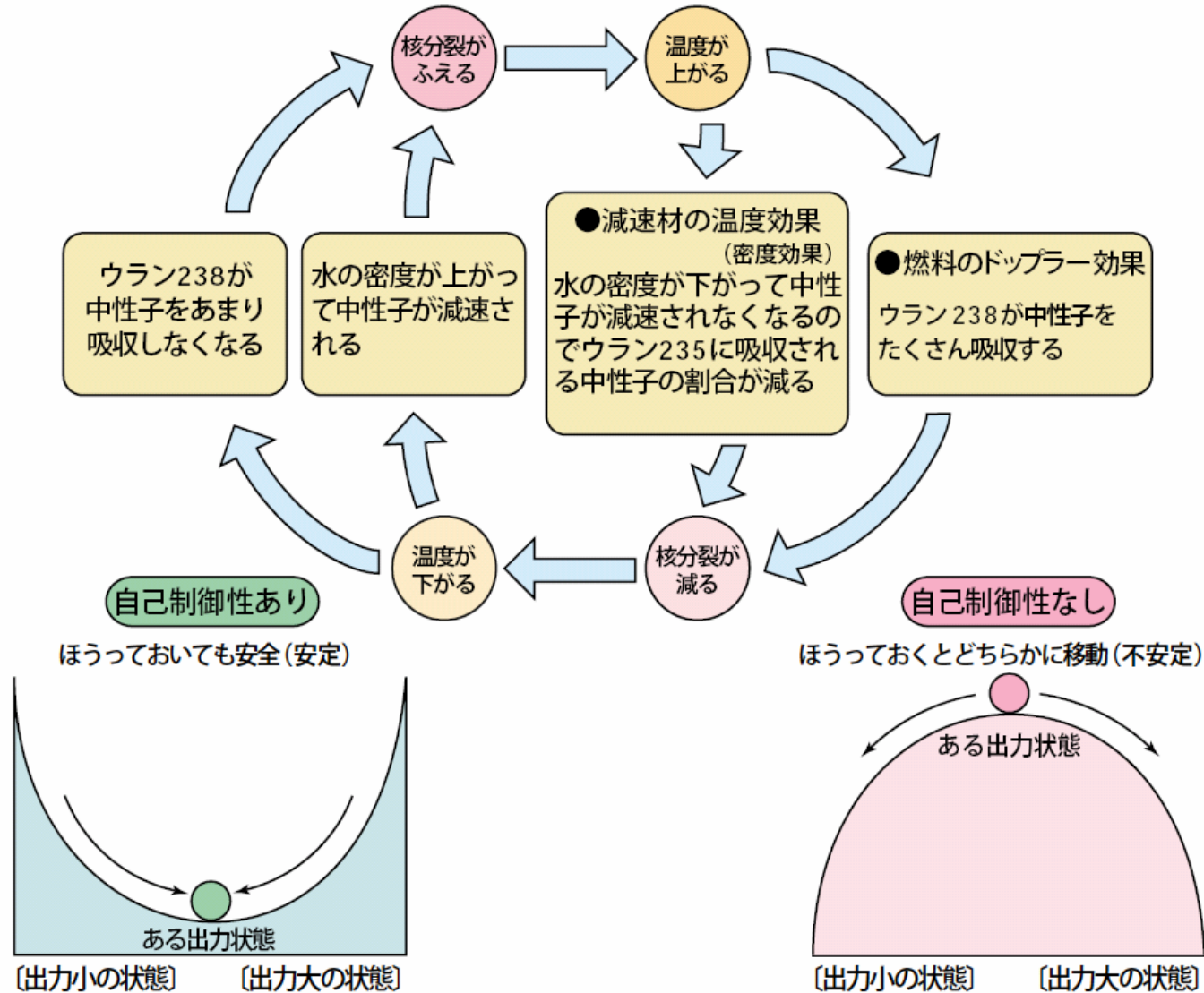
## 安全確保の取組例：燃料破損の防止(1)

⇒ 急激な出力上昇によって、燃料のエネルギー発生速度が冷却能力を上回ることがないようにする(例：チェルノブイリ事故)

- ✓ 軽水炉では、出力が上昇するような事象が発生したとしても、減速材(水)の働きや、燃料自身の持っている性質により、機械的操作によらない自然の抑制機能が働く(自己制御性)ため、原子炉出力が持続的に上昇し続けないように設計されている。(出典：資源エネルギー庁ウェブサイト「e-原子力」より事務局作成)
- ✓ 原子力発電所では、異常を検知し、原子炉を緊急に停止する必要がある場合には、多数の制御棒を一度に入れて原子炉を自動的に停止できるように、検出装置や原子炉緊急停止装置が設置されている(出典：資源エネルギー庁ウェブサイト「e-原子力」より事務局作成)

☞ 安全確保のためには、特に大きなハザード(被害)をもたらす可能性のある、燃料破損の防止対策が必要

# 原子炉の固有の安全性(自己制御性)



## 安全確保の取組例：燃料破損の防止(2)

- ☉ 燃料でエネルギーが発生しているときに、冷却能力が失われないようにする(例：スリーマイルアイランド事故)
  - ✓ 冷却能力の低下時には直ちに原子炉を停止。崩壊熱を除去
  - ✓ 配管が瞬間的に破断して冷却水が大量に漏れる場合など、燃料を健全な状態に維持できなくなることを想定し、**非常用炉心冷却装置(ECCS)**や**格納容器**を設置する

(参考)LOCA

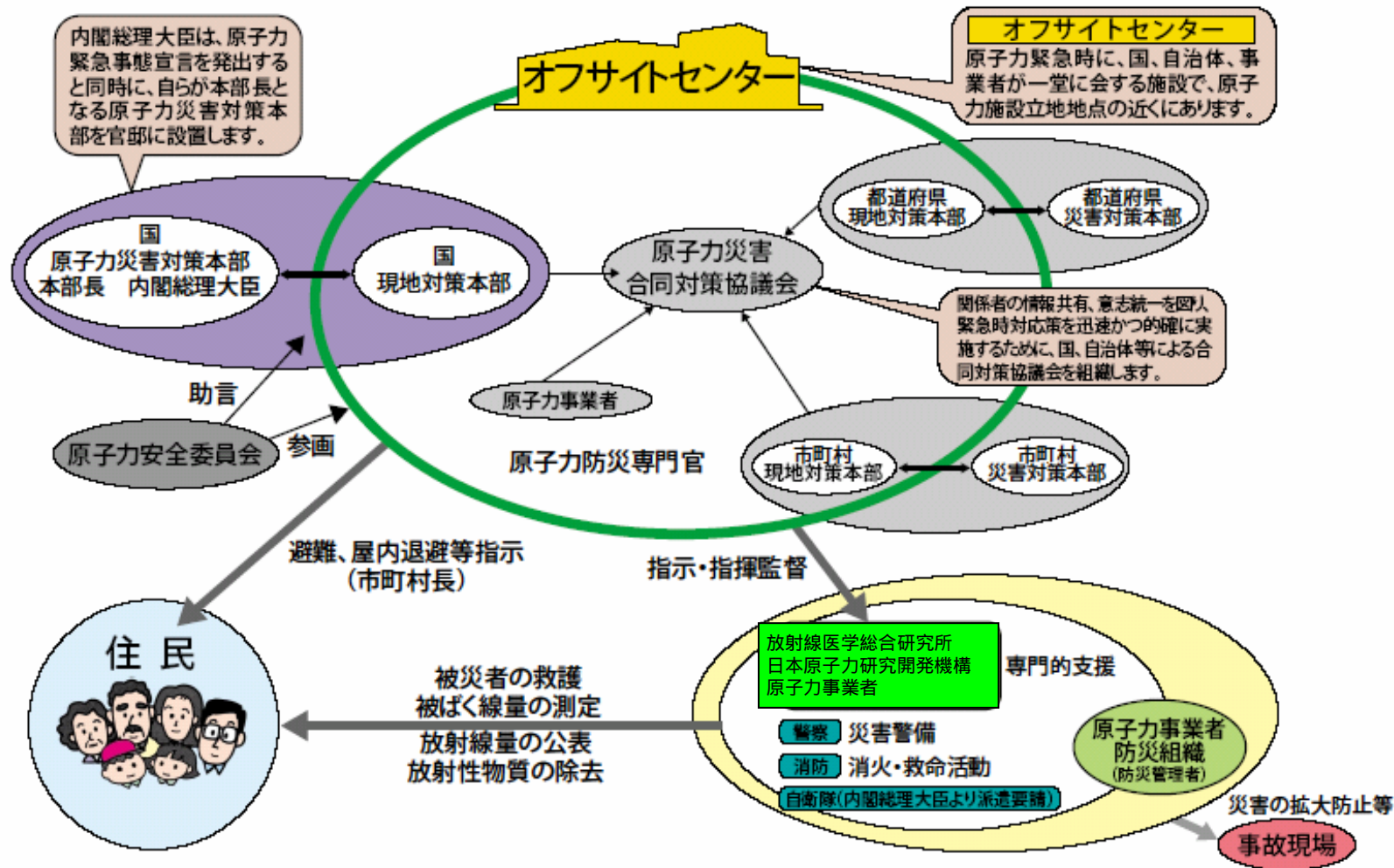
Loss of Coolant Accidentの略。日本語の「冷却材喪失事故」に相当する。原子炉における想定事故の一つ。炉心で発生した熱を除去し熱交換器あるいは蒸気タービンへ熱を伝達する役目をもつ原子炉冷却材が配管の破損等によって流れ出し炉心の冷却機能が損なわれる事故をいう。

出典：(財)日本原子力文化振興財団 ウェブサイト「原子力百科事典ATOMICA」)

☞ 安全確保のためには、特に大きなハザード(被害)をもたらす可能性のある、燃料破損の防止対策が必要

# 原子力緊急時の防災体制

〔万が一緊急事態が発生したら、国、自治体、事業者及び関係機関は一体となってその対策にあたります。〕



出典：経済産業省パンフレット

出典：原子力・エネルギー図面集  
2007(電事連)

☞ 万が一緊急事態が発生したら、国、自治体、事業者及び関係機関は一体となってその対策にあたる

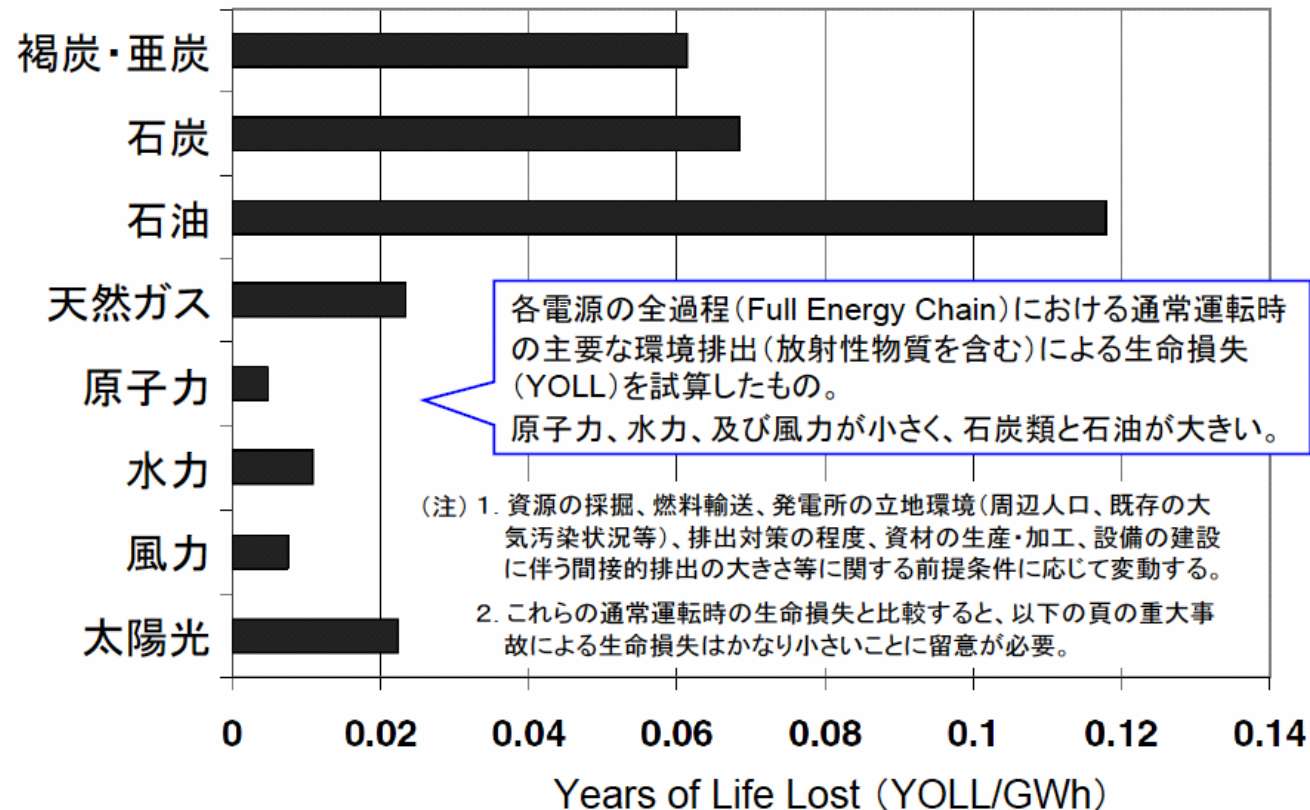
# 安全確保の実績

# 通常運転時の人への健康影響 (第2回資料第2号より再掲)

## 安全性

### 通常運転時の生命損失 ＜ドイツの分析例＞

16



出所: Risks and Benefits of Nuclear Energy, OECD/NEA (2007)

➡ 通常運転時の原子力発電による人への健康影響は、他電源と同程度かそれ以下に保たれている



# 重大事故による影響(第2回資料第2号より再掲)

15

## 安全性

### 5人以上の死者を出した重大事故 18

|       | OECD |      | EU-15 |      | Non-OECD        |                   |
|-------|------|------|-------|------|-----------------|-------------------|
| エネルギー | 事故数  | 死亡者数 | 事故数   | 死亡者数 | 事故数             | 死亡者数              |
| 石炭    | 75   | 2259 | 11    | 234  | 102<br>1044 (a) | 4831<br>18'017(a) |
| 石油    | 165  | 3789 | 58    | 1141 | 232             | 16'494            |
| 天然ガス  | 80   | 978  | 24    | 229  | 45              | 1000              |
| LPガス  | 59   | 1905 | 19    | 515  | 46              | 2016              |
| 水力    | 1    | 14   | 0     | 0    | 10              | 29'924<br>(b)     |
| 原子力   | -    | -    | -     | -    | 1               | 31 (c)            |

(a) 1行目は中国を除く非OECD、2行目は中国

(b) Banqiaoダム及びShimantanダム(いずれも中国)の決壊では合計26,000人が死亡

(c) 晩発性の死亡を除く\*

\* Burgherr and Hirschberg (2004)は、チェルノブイリ事故の被曝による晩発性の死亡が10000人を超える可能性があると推定。

出所: S. Hirschberg, Accidents in the Energy Sector: Comparison of Damage Indicators and External Costs, Workshop on Approaches to Comparative Risk Assessment, Warsaw, October 2004に基づく

Source: Burgherr et al., 2004

## 安全性

### チェルノブイリ事故の長期影響 ＜IAEAの推定(1997年)＞

20

|                    | 関係者数      | 他の原因による癌死亡 | 被曝による癌死亡<br>(関係者に占める比率) |
|--------------------|-----------|------------|-------------------------|
| 事故直後作業員            | 1 000     | 180        | 20 (2.0%)               |
| 後処理作業員             | 650,000   | 90,000     | 2,000 (0.3%)            |
| 避難住民-1986年         | 115,000   | 17,000     | 400 (0.3%)              |
| 幼児-1986年<br>(4才まで) | 1,000,000 | a          | b                       |

(注)短期の死亡者は31名

a - 甲状腺癌患者50名(治癒可能)  
b - 甲状腺癌患者数千名(治癒可能)

2005年のIAEA主催会合(Chernobyl Forum報告会)では、甲状腺癌の患者数が明確に増加しているが、白血病及び臓器癌の発生率にはまだ有意な増加が見られていないことが報告されている。被曝による最終的な死亡数は4000名との推定(事務局長挨拶)がなされているが、これよりさらに多いとの専門家の見解(Cardis et al.(1996), Burgherr et al.(2004))もある。汚染地域が広範囲で住民数がきわめて多いため、チェルノブイリ事故の最終影響の規模はまだ十分に分かっていない。

出所: Sustainable Development and Nuclear Power, IAEA (1997)

➡ 原子力における重大な事故の発生防止により、事故による死亡者数は他電源以下となる



# 安全確保の実績

## 国際原子力事象評価尺度 (INES)

|       | レベル                      | 基準 (最も高いレベルが当該事象の評価結果となる)                              |  |  | 参考事例<br>(INESの公式評価でないものが含まれている) |
|-------|--------------------------|--|--|--|---------------------------------|
|       |                          | 基準1：所外への影響   | 基準2：所内への影響                             | 基準3：深層防護の劣化                            |                                 |
| 事故    | 7<br>(深刻な事故)             | 放射性物質の重大な外部放出<br>〔ヨウ素131等価で数万テラベクレル相当以上の放射性物質の外部放出〕    |  |  | チェルノブイリ事故<br>(1986年)            |
|       | 6<br>(大事故)               | 放射性物質のかなりの外部放出<br>〔ヨウ素131等価で数千から数万テラベクレル相当の放射性物質の外部放出〕 |  |  |                                 |
|       | 5<br>(所外へのリスクを伴う事故)      | 放射性物質の限られた外部放出<br>〔ヨウ素131等価で数百から数千テラベクレル相当の放射性物質の外部放出〕 | 原子炉の炉心の重大な損傷                           |  | スリーマイルアイランド事故<br>(1979年)        |
|       | 4<br>(所外への大きなリスクを伴わない事故) | 放射性物質の少量の外部放出<br>〔公衆の個人の数ミリシーベルト程度の被ばく〕                | 原子炉の炉心のかなりの損傷／従業員の致死量被ばく               |  | JCO臨界事故<br>(1999年)              |
| 異常な事象 | 3<br>(重大な異常事象)           | 放射性物質の極めて少量の外部放出<br>〔公衆の個人の十分の数ミリシーベルト程度の被ばく〕          | 所内の重大な放射性物質による汚染／急性の放射線障害を生じる従業員の被ばく   | 深層防護の喪失                                |                                 |
|       | 2<br>(異常事象)              |  | 所内のかなりの放射性物質による汚染／法定の年間線量限度を超える従業員の被ばく | 深層防護のかなりの劣化                            | 美浜発電所2号機蒸気発生器伝熱管損傷<br>(1991年)   |
|       | 1<br>(逸脱)                |  |  | 運転制限範囲からの逸脱                            | もんじゅナトリウム漏えい<br>(1995年)         |
| 尺度以下  | 0<br>(尺度以下)              | 安全上重要ではない事象  |  | 0+ : 安全に影響を与え得る事象<br>0- : 安全に影響を与えない事象 |                                 |
| 評価対象外 |                          | 安全に関係しない事象   |  |  |                                 |

シーベルト(Sv)は、放射線が人体に与える影響を表す単位。(ミリは1,000分の1)  
ベクレル(Bq)は、放射性物質の量を表す単位。(テラは $10^{12}$ =1兆)

出所:原子力図面集2007(電気事業連合会)

👉 評価尺度でレベルが低い事象が発生している

維持、向上に向けた取組について

## 国内の安全確保の維持、向上に向けた取組(1/2)

- ➡品質保証システムに絶えざる改善を加える
  - ✓例) 事業者によるISO9000シリーズ導入
- ➡規制行政が有効的に機能しているかの継続的検証
  - ✓例) 原子力政策大綱(新計画策定会議)
- ➡安全文化の確立・定着と運転管理の継続的改善
  - ✓例) 経営層による「安全文化」の確立・定着への取組
  - ✓例) 国際間での新知見や教訓の共有
- ➡リスク情報の活用(リスクを評価する技術の活用)
  - ✓例) 安全基準や安全規制に係る様々な変更の検討の際にリスク情報を活用
  - ✓例) 新潟県中越沖地震の知見の安全確保対策への反映

# 国内の安全確保の維持、向上に向けた取組(2/2)

19

## ⇒高経年化対策(長期運転に伴い懸念される劣化事象対策)

✓例)経年劣化の影響評価と、それを踏まえた追加的保全活動

## ⇒原子力防災

✓例)原子力防災訓練

## ⇒安全確保のための活動に係るコミュニケーション

✓例)広聴・広報、科学コミュニケーション、安全目標の共有

等

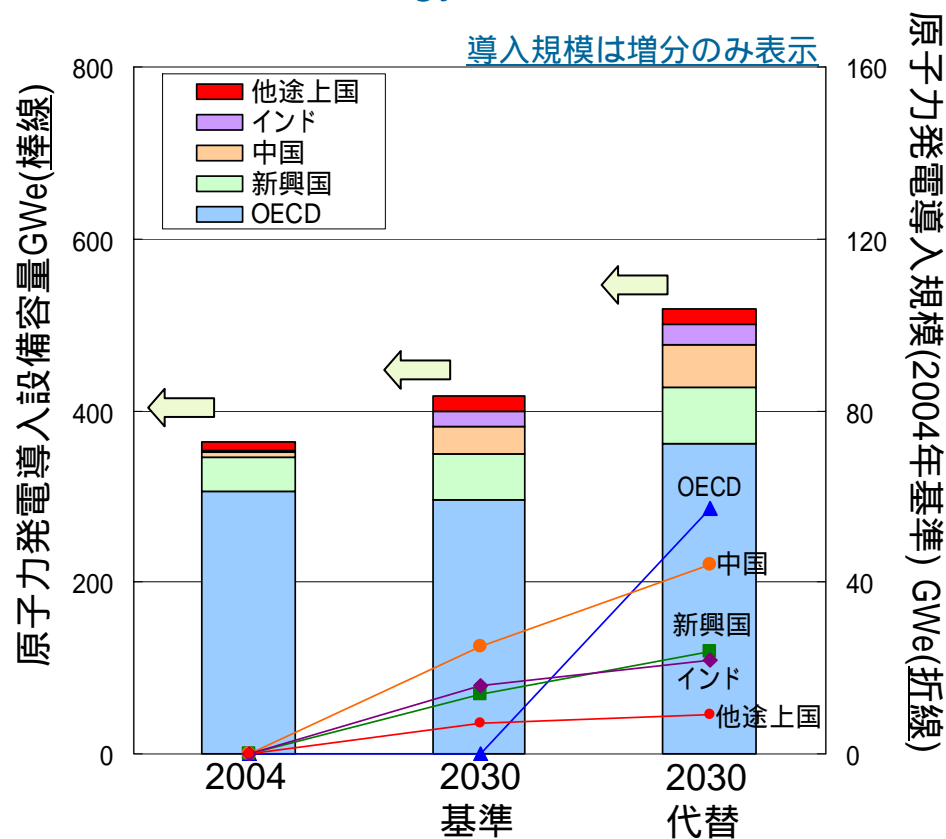
出典:項目は原子力政策大綱からの抜粋

⇒国内の安全確保の維持、向上に向けた、たゆまぬ活動が必要

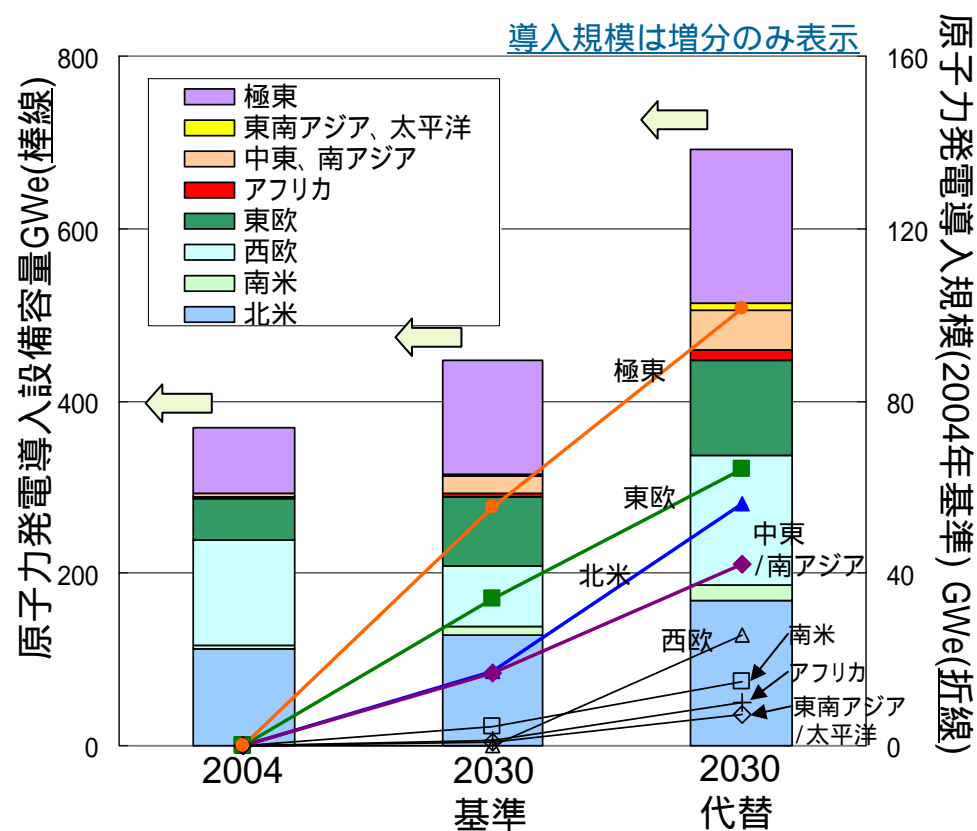
# 種々の原子力導入予測(第1回資料第3号より再掲)

20

World Energy Outlook 2006



IAEA2006年次報告



中国は極東に含む / インドは南アジアに含む / ロシアは東欧に含む

- ➡ 途上国において、原子力利用の拡大が予測される
- ➡ これらの国においても、核不拡散、核セキュリティの確保とともに(資料第2号参照)、高いレベルの安全確保が必要

- ⇒ 多様な分野における人材の確保 (建設、運転、規制)
  - ⇒ 建設・運転のための技術基盤整備
  - ⇒ 規制体系の整備
  - ⇒ 十分な資金の確保
  - ⇒ 技術開発
- 等

- 👉 新規導入国等における核不拡散、原子力安全及び核セキュリティの確保は重要
- 👉 そのためのインフラストラクチャー整備への支援
- 👉 特にアジアでの貢献が求められている

## 国際的な取組例: IAEA 安全基準文書

- ➡ IAEAでは、IAEA憲章に基づき、原子力施設、放射線防護、放射性廃棄物及び放射性物質の輸送等に係るIAEA安全基準文書(IAEA Safety Standards Series)を作成
- ➡ 国際的な安全基準類の導入に貢献するとともに各国の国内法令の整備にも貢献
- ➡ 安全基準文書の位置付けは、加盟国を法的に拘束するものではないが、加盟国自身の活動において国内規制基準としてその裁量で選択して使用できる
- ➡ IAEA独自の運営及びIAEAが援助する運営に関連してIAEAを拘束する

出典: 資源エネルギー庁ウェブサイト

➡ IAEAにて、原子力安全の確保に役立つ基準文書を作成している



# 国際的な取組例：原子力の安全に関する条約

## ⇒ 目的

- ✓ 発電用原子力施設の高い水準の安全を世界的に達成・維持

## ⇒ 義務

- ✓ 3年以内に1回開催される締約国検討会合に、条約を履行するためにとった措置について国別報告書を出し、締約国間で相互評価(ピア・レビュー)を実施

## ⇒ 参画の意義

- ✓ 国際的な説明責任の履行、ピア・レビューの結果の国内安全規制・安全確保活動への反映(フィードバック)

## ⇒ 条約発効1996年10月

## ⇒ 締結国

- ✓ 60カ国(G8各国、インドネシア、シンガポール、韓国、中国、東欧諸国ほか)

出典：経済産業省 原子力安全・保安院ウェブサイト

☞ 原子力の新規導入を計画する国を含む多くの国が、原子力の安全に関する条約を締結している

## 論点

安全確保の観点からの原子力の受容性

国内における安全確保のより一層の向上に向けた取組への認識

国際的な安全確保に向けた取組への認識

## 參考資料

## 【参考】IAEA原子力安全基準文書の構成

3つの階層に分けられる

- ✓ 安全原則 (Safety Fundamentals)
- ✓ 安全要件 (Safety Requirements)
- ✓ 安全指針 (Safety Guides)

➡ カテゴリー

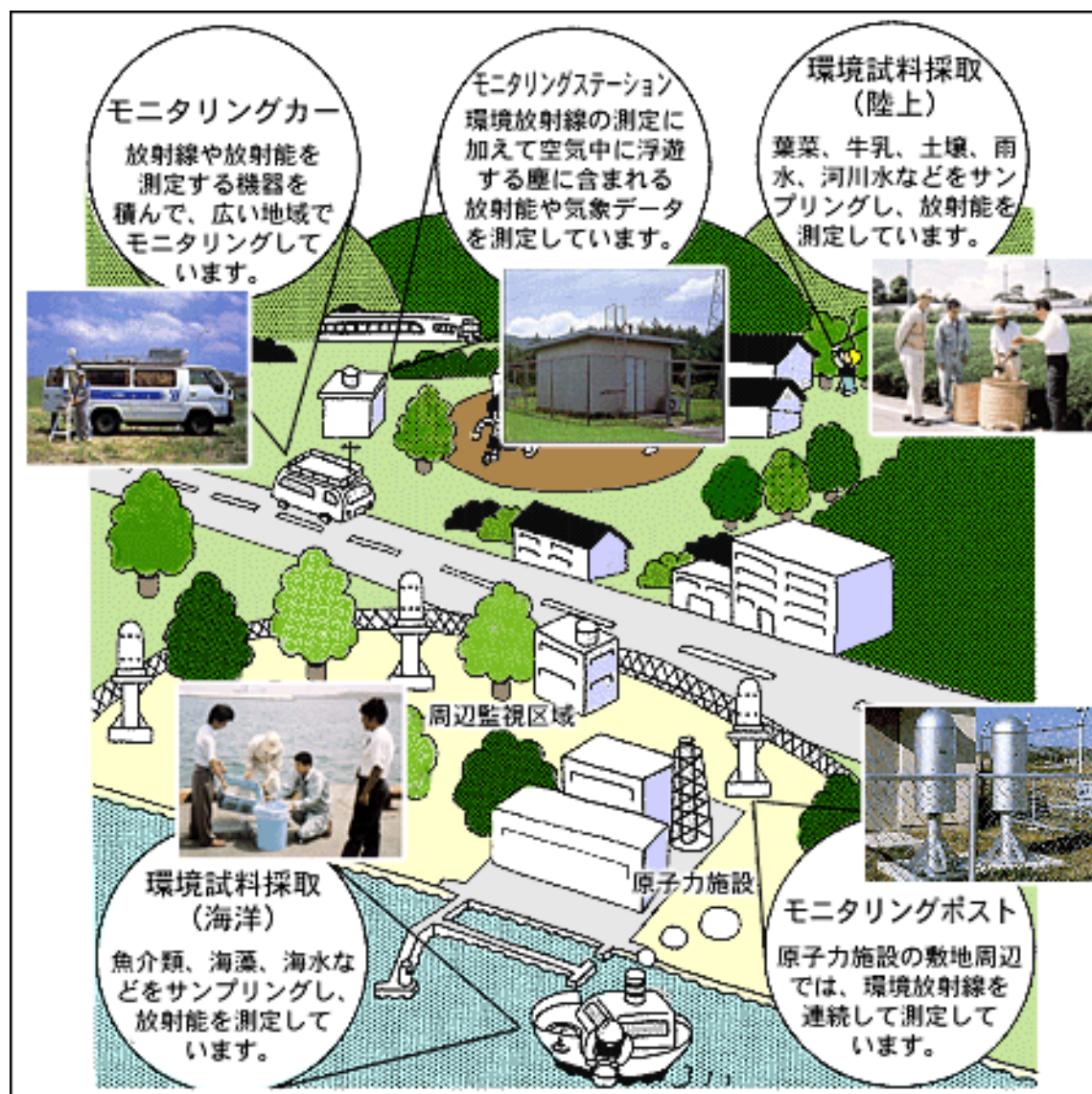
- ✓ 原子力施設安全 (Nuclear Safety)
- ✓ 放射線防護 (Radiation Safety)
- ✓ 輸送安全 (Transport Safety)
- ✓ 放射性廃棄物安全 (Waste Safety)
- ✓ 安全一般 (General Safety)

出典: IAEA Safety Standards 「Fundamental Safety Principles」より、事務局作成

👉 IAEA原子力安全基準文書は、各分野に横断的なものと各分野別に整備されており、3段階の階層構造を有する多数の文書から構成される

# 【参考】安全確保の取組例：環境モニタリング

27



出典：資源エネルギー庁  
ウェブサイト「e-原子力」

☞ 原子力発電所周辺の放射線の量や放射性物質の濃度を連続的に、又は一定の頻度で測定し、監視

# 【参考】安全確保の取組例：原子力発電所の地震対策

## 【安全確保のための8つのポイント】

| 段 階                 | 対 策              | 説 明                                    |
|---------------------|------------------|--|
| 設計段階<br>での安全性確認     | ① 徹底した調査         | 敷地の地質構造、活断層、過去の発生地震等を詳細に調査             |
|                     | ② 想定される最大級の地震を考慮 | 想定される最大級の地震に対して安全上重要な機能が失われないように設計     |
|                     | ③ 詳細な解析評価        | 信頼性の高いプログラムを用いて地震発生時の建物・機器等の揺れを詳細にチェック |
|                     | ④ 支持地盤の安全性       | 地盤が地震に対して十分な抵抗力を有していることを試験や解析で確認       |
|                     | ⑤ 津波に対する安全性      | 数値シミュレーション等により海面の上昇・下降量を把握し安全性を確認      |
| 建設、運転段階等<br>での安全性確認 | ⑥ 大型振動台による実証     | 世界最大級の振動台を用いて重要な設備の耐震性を実証              |
|                     | ⑦ 自動停止機能         | 一定以上の揺れを検出した際には速やかに原子炉を自動停止            |
|                     | ⑧ 堅固な地盤に建設       | 地震による揺れが小さい堅固な地盤上に建設                   |

出典：原子力・  
エネルギー図  
面集2007  
(電事連)

出典：原子力安全・保安院パンフレット「原子力発電所の耐震安全性」他

➡ 改訂された耐震指針に基づく既存の発電所のバックチェックを実施するなど新たな知見の導入にも努力。



# 【参考】原子力発電所の耐震安全性(新たな知見の導入)

原子炉施設の耐震安全性に対する信頼性向上を図ることを目的に、平成18年9月19日の原子力安全委員会において指針を改訂。

## < 耐震設計で用いる地震動の策定方針を高度化 >

### 敷地周辺の地形・地質調査

敷地周辺の地形・地質調査について、総合的な調査を実施し、設計上考慮すべき活断層等の評価により万全を期す。

### 耐震設計において考慮すべき活断層の範囲

活断層について、これまで、5万年前以降に活動したものとしていた評価期間を後期更新世(約12 - 13万年前)以降に拡張。

### 想定地震から、敷地における地震動を評価する方法

経験則に基づく従来法に加え、最新の評価法である「断層モデル」を取り入れ、敷地の特質に応じた地震動の評価を高度化。

### 直下地震の想定

発生を想定すべき直下地震について、これまでの一律「マグニチュード6.5」との規定を廃止し、地震の発生と活断層の関係が明らかでない過去の地震についての観測データを基に最新技術により敷地での地震動を算出して使用。

## < 耐震設計上最も高い重要度に分類する施設の範囲の拡張 >

耐震設計上最も高い重要度に分類する施設の範囲を拡張し(これまでの原子炉格納容器等に加え、非常用炉心冷却系などまで拡張)、施設全体としての耐震安全性のより一層の向上。

## 既設の原子力施設の耐震安全性確認(バックチェック)について

### 原子力安全委員会

耐震設計審査指針改訂(平成18年9月)

行政庁に対して既存の原子力施設の  
耐震安全性の評価を要請(平成18年9月)

バック  
チェッ  
クの  
要望

### バックチェックの結果確認

「耐震安全性に関する調査プロジェクトチーム」において、行政庁からの報告に関し検討・確認する。

- ・実施計画
- ・評価方法、その妥当性
- ・評価結果 等

結果  
報告

### 規制行政庁

バックチェッ  
クの要請

結果  
報告

### 原子力事業者

### バックチェックの内容

- ・地質調査等
- ・基準地震動の策定
- ・施設の耐震安全性評価等

バックチェックの実施

耐震補強等

耐震安全性評価の  
結果、必要な場合には

耐震性向上  
対策の実施



# 【参考】「新潟県中越沖地震による影響と今後の対応」

(平成19年7月30日原子力安全委員会決定)の概要

## 1. 地震の影響について

今回の地震は、設計時の想定を上回る大きな揺れをもたらしたが、緊急時に要求される「止める・冷やす・閉じ込める」という重要な安全機能は維持。

これまで判明している事象は環境への影響が懸念されるものではないが、最終的には、今後の詳細な調査の結果を踏まえて総合的に判断。

発電所内にある設備・機器等が大きな影響を受けたことは、重要な教訓。

## 2. 耐震安全性の確保への対応について

原子力安全委員会は、昨年9月に原子力発電所の耐震指針を改訂し、新しい耐震指針に基づく既設原子力発電所の耐震安全性確認を事業者に要請(現在実施中)。これを確実に早期に実施することが重要。

新耐震指針の見直しの要否に関しては、今回の地震等の検証結果を踏まえ、専門家の意見を参考に適切に判断。

今回の地震に関する詳細なデータや震源断層についての追加調査の結果については、「耐震安全性に関する調査プロジェクトチーム」で検討。

建物・構築物の支持性能の確認、「地質、地盤に関する安全審査の手引き」の改訂、安全研究の充実強化等を実施。

## 3. 地震時の火災等への対応について

事業者は、地震時の火災等への対処のための機材や人員が必要時に確保できるような体制整備を要請。

原子力安全委員会の「火災防護審査指針」への事業者の対応状況について調査し、火災防護対策の強化に向けて検討を実施。

## 4. 異常発生時の情報の報告、公表について

国等への報告や公表のあり方について、事業者等に対し実効的な改善策を要請。

事業者等において、国民に対する情報の透明性の確保及び放射線安全に関する知識普及に向けた不断の取組を要請。

今回の地震で得られた知見を国際的に共有し、安全対策の向上に活用。