

## 国際コンファレンス

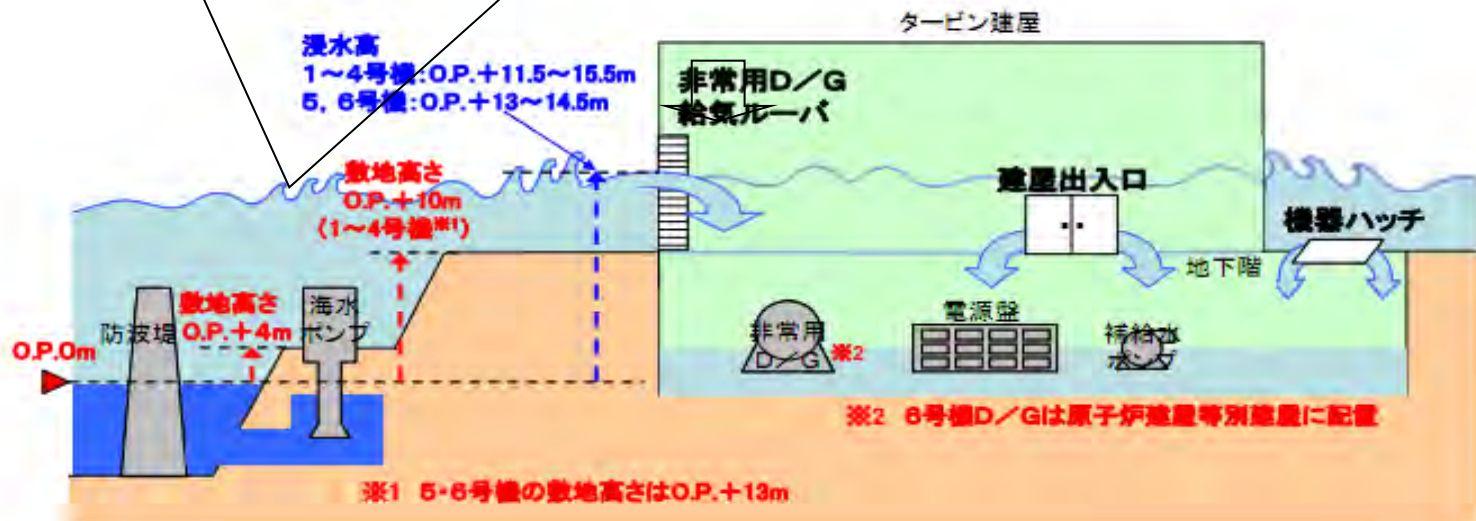
「福島原発事故への対応とこれからの原子力安全：  
日本と欧州の視点からみて」

# 日本の原子力行政の課題 技術者の見地から

東京大学 原子力国際専攻  
西脇 由弘

2011年12月22日

# 福島第一事故の場合：地震後の津波

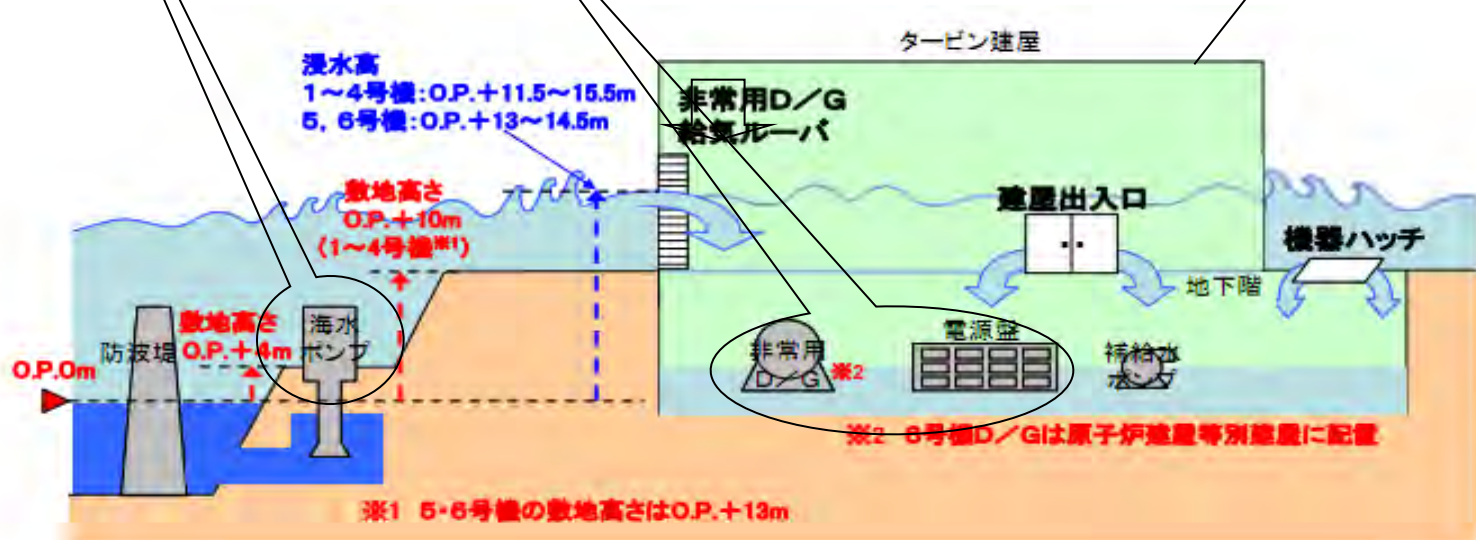


# 福島第一事故の場合：機能喪失

②津波により、海水ポンプが故障した  
←最終的な熱の逃し場がなくなった

③津波がタービン建屋に入り、非常用ディーゼルと電源盤が浸水し、機能を失った  
←全電源喪失となった

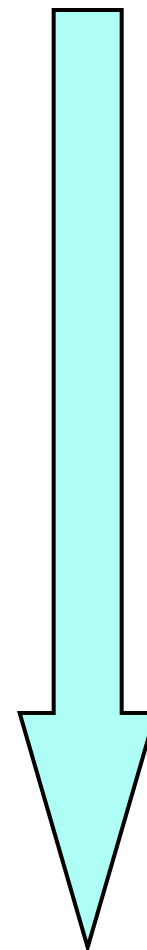
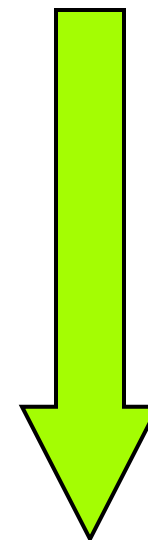
①地震により、外部電源を喪失した



# 多重防護の考え方

約 $10^{-2}$  /炉年    約 $10^{-4}$  /炉年

第1層	通常運転からの逸脱防止	起因事象の抑制	
第2層 過渡事象	事故状態への拡大防止	通常運転に復帰	<ul style="list-style-type: none"> <li>・落雷による外部電源喪失</li> <li>・原子炉スクラム</li> <li>・タービンバイパス</li> </ul>
第3層 事故事象	事故状態の制御と影響緩和	ECCS等の非常用機器による事故収束	<ul style="list-style-type: none"> <li>・大口径配管の破断</li> <li>・原子炉スクラム</li> <li>・ECCSによる炉心の冷却</li> <li>・格納容器による放射性物質の封じ込め</li> </ul> <p>←単一故障の仮定</p>

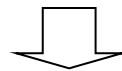


# 現行の原子炉安全の考え方

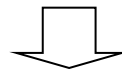
多重防護		IAEA	日本
第一層	通常運転からの逸脱防止		<b>原子炉等規制法：災害の防止</b> ➢ 第一層、第二層、第三層の多重防護の思想に基づき、安全性を確保 等
第二層	事故状態への拡大防止		
第三層	事故状態の制御と影響緩和		
第四層	過酷事故に対するアクシデントマネジメント (AM) と影響緩和	<b>原子力災害対策特別措置法</b>	<b>過酷事故(SA)対策</b> ➢ 事業者の自主的措置として整備
第五層	発電所敷地内外での緊急時対応		

# 福島第一事故の場合

- 西暦869年に発生した貞観地震による津波は、今回のものと同程度であった
- 今回の高さの津波の発生確率は、およそ $10^3$ 年に1度であった
  - ←起因事象の発生頻度が、およそ $10^{-3}$ /年であった
- 今回の高さの津波が発生した場合、多重故障が発生する確率は、1(常に発生)であった
  - ←地震と津波により、外部電源、海水ポンプ、非常用ディーゼル、電源盤が機能喪失
- 従って、福島第一事故の発生確率は、 $10^{-3}$ /炉年となる



- 現行原子炉等規制法で、防止しなければいけない事故であった
- 現行の原子炉等規制法に、見落としがあった



- 現行原子炉等規制法においても、下記の見直しが必要
  - ◆ 津波に対する評価の見直し
  - ◆ 全交流電源喪失に対する基準の見直し
- さらに、福島第一事故が発生したことから、規制法の改正によって、過酷事故を防止することが必要



# 我が国の原子力規制の課題

---

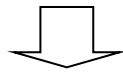
1. 過酷事故が発生したが、過酷事故対策であるアクシデントマネジメントが民間の自主的措置であった
2. 「どの程度安全であれば十分安全といえるか」という水準を示す安全目標(性能目標)が制定されていない
3. 被規制者は、規制基準を遵守すれば事たれりとする傾向が強い
4. 構造強度に重点があり、機能性能(原子力安全)を軽んじる規制
5. 原子力安全のために国力を総合できなかった
6. 防災対策が有効でなかった





# 1. 過酷事故対策

過酷事故が発生したが、過酷事故対策である  
アクシデントマネジメントが民間の自主的措置  
であった



- ▶ 福島第一事故という、過酷事故が国内で発生したことから、原子炉等規制法の改正によって、過酷事故を防止することが必要



# 現行の原子炉安全の考え方

IAEA

日本

通常運転からの  
逸脱防止

事故状態への  
拡大防止

事故状態の制  
御と影響緩和

過酷事故に対す  
るアクシデントマ  
ネジメント  
(AM)と影響緩  
和

発電所敷地内  
外での緊急時対  
応

## 原子炉等規制法：災害の防止

- 平常時被ばくの防止
- 自然的立地条件と公衆との離隔を満たす
- 第一層、第二層、第三層の多重防護により、設計ベース (DBE) 内で安全性を確保 等

注) 多重防護は、ディフェンス・イン・デプス (Defense in Depth) の日本語訳であり、深層防護とも言う  
注) 設計ベース (DBE : Design basis Event) とは、基本設計の妥当性を確認するための事象のこと

## 原子力災害対策特 別措置法

- 10条通報 (5 $\mu$ シーベルト/h  
以上等)  
← 緊急時モニタリングの準備 等
- 15条「原子力緊急事態宣  
言」 (500 $\mu$ シーベルト/h  
等)  
← 原子力災害対策本部の設置  
← 原子力安全委員会緊急技術助言  
組織の設置

## 過酷事故(SA)対策

- チェルノブイリ事故 (1986年) 後、当時のエ  
ネ庁と事業者は、徴候ベース手順書の検  
討開始
- SA対策としてのアクシデントマネジメン  
ト (AM) を、事業者の自主的措置として整  
備するよう安全委員会が決定 (1992年)
- 各事業者がAMを整備し、保安院が整備  
完了を確認 (2002年)
- 安全委員会は、SA対策の一層の充実を  
目指す検討を開始する旨宣言  
(2010年12月)

# 徴候ベース手順書

多重防護	故障等の様子	手順書	事故収束の方法
第一層 ～ 第三層	起因事象 ＋ 単一故障	事象(イベント) ベース手順書	原因を究明し、シナリオに基づいた事故収束
第四層 (シビアアクシデント)	複数の事象 〔 ・多重故障 ・人の錯誤	<u>徴候(シンプトン)</u> <u>ベース手順書</u> →アクシデントマネジメント手順書	残存する系統を用い、安全機能を回復させ、原子炉各部の状態を収束・緩和

# 今後の原子炉安全の考え方

IAEA

改正原子炉等規制法

通常運転からの逸脱防止

事故状態への拡大防止

事故状態の制御と影響緩和

過酷事故に対するアクシデントマネジメント(AM)と影響緩和

発電所敷地内外での緊急時対応

## 現行原子炉等規制法の範囲

- 平常時被ばくの防止
- 自然的立地条件と公衆との離隔を満たす
- 事故とその影響の防止: 事故の発生を防止し、事故が発生しても、敷地外への放射線の影響を防止する
  - 第三層までの多重防護により、設計ベース(DBE)内で安全性を確保

## ■ 過酷事故対策

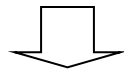
アクシデントマネジメントにより、炉心損傷を実質的に排除し、炉心損傷が起こっても敷地外への早期又は大規模な放射性物質の放出を実質的に排除

## 原子力災害対策特別措置法

- 通報基準や緊急時組織・連絡体制などの抜本的見直し
- 部分的なブラインドテスト(非通告訓練)を積み重ねることにより、実効的な体制へ見直しを継続

## 2. 安全目標の制定

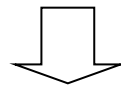
- 原子力安全委員会が、2003年12月に「安全目標に関する調査審議状況の中間とりまとめ」を決定
- 安全目標(Safety Goals)とは、原子力発電所が、どの程度安全であれば、十分安全といえるか(How safe is safe enough?)という目標
- 目標案
  - 定性的目標:原子力活動により、健康リスクを有意には増加させない程度(水準)に抑制
  - 性能目標:
    - 指標値1. 炉心損傷頻度(CDF) :  $10^{-4}$  /炉年程度
    - 指標値2. 格納容器機能喪失確率(CFF):  $10^{-5}$  /炉年程度
- 欧米では、安全目標(How safe is safe enough)を持っている
  - 米国では、1986年に安全目標政策声明を公表
  - コストベネフィット分析に基づくバックフィット・ルールを持っている
- しかしながら、上記安全目標は、「中間とりまとめ」に止まっている



- ◆ 過酷事故を原子炉等規制法に取込む場合、アクシデントマネジメントの有効性を判断する基準が必要
- ◆ 少なくとも、上記の性能目標は、規制基準かそれに準ずる判断基準とすべき

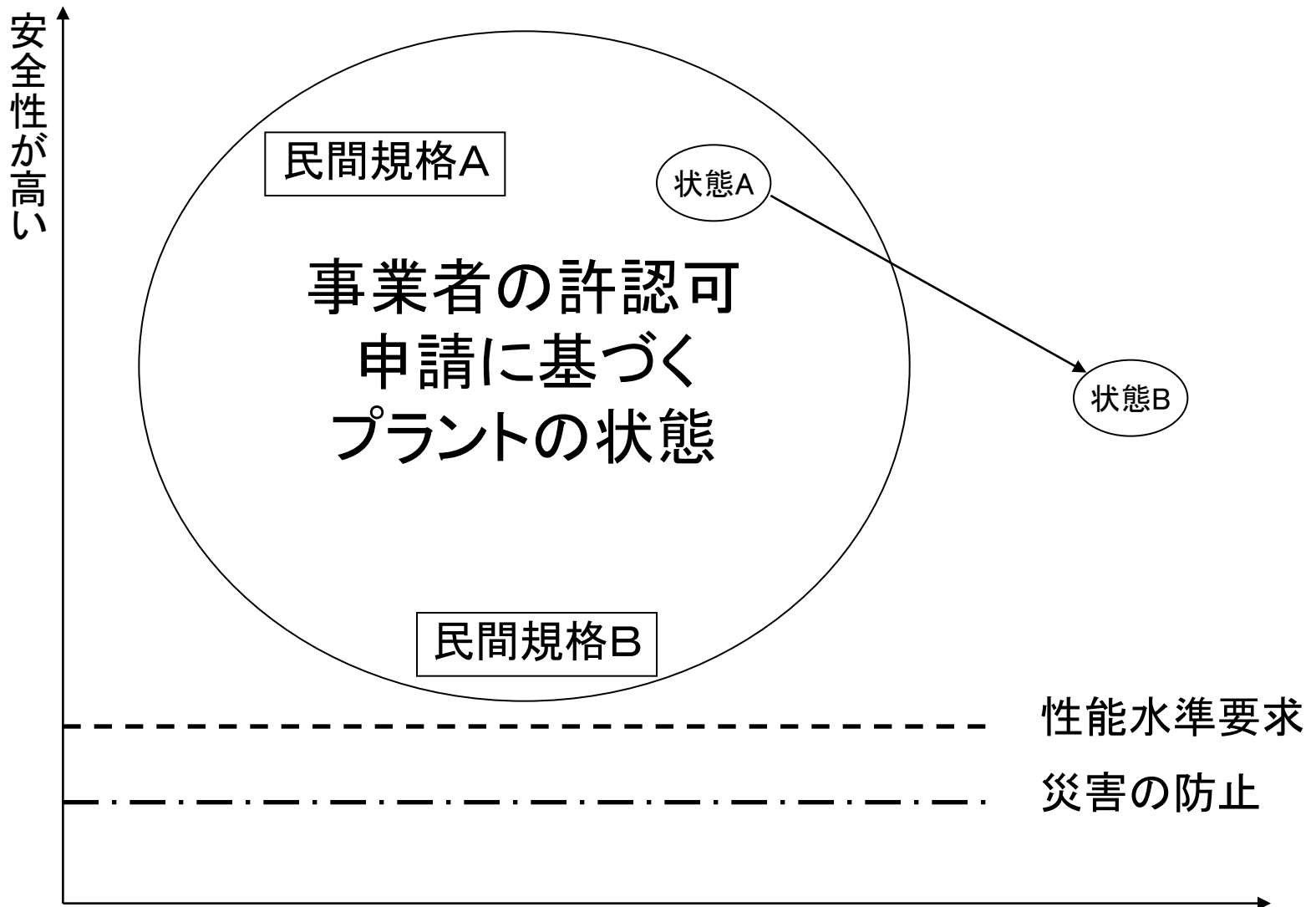
### 3. 高い安全を目指す規制法と民間行動

- 欧米では、民間企業は「State of the art: その時代の最高の技術水準」を目指す
  - 欧米では、規制よりも先に、民間の自主的対応があった
    - ← 保険制度と組み合わされたTUFやASMEなどの規格基準
  - 米国では、90年代に、過酷事故に対してNEI(Nuclear Energy Institute)がSAMGs(Severe accident management guidelines)を整備
- 我が国の場合、民間企業は、規制基準を守れば足るとする傾向が強い
  - 民間自主対応よりも、官の規制が先にあった
  - 規制は、必要最小限の要求であることへの無理解
  - 必要最小限の規制基準に、民間の安全レベルが低下する傾向を招く



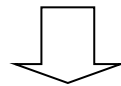
- ◆ 民間企業は、高い安全を目指すことを努力義務として法的に義務付ける
- ◆ 規制基準は必要最小限であることを明確にし、事業者の許認可からの逸脱が法律違反か否かは、規制基準に戻って判断
- ◆ 民間の学協会規格は、規制基準にとらわれず、高い安全を目指す

# 規制水準とプラントの状態の関係



## 4. 構造強度から機能性能・解析へ

- 電気事業法は、機器・設備の健全性を中心とした構造強度に重点をおいた規制である
- TMI事故後の世界の規制機関の変化に乗り遅れ、構造強度重視から脱却できず、解析などの機能性能や確率論的安全評価に出遅れた

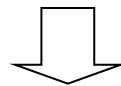


- ◆ 電気事業法による規制を廃し、原子炉等規制法に一本化
- ◆ 構造強度規制から、機能性能規制へ
  - 設置許可申請書の添付書類十などの解析を、本文記載事項化する
  - 設置許可申請書に、確率論的安全評価や過酷事故対策を追加
  - 許認可の総体を表す包括的安全解析書を導入
  - 構造強度に関しては第三者認証制度(米国ASME制度相当)を導入し、設工認を廃止し設置許可に統合
  - 設計を行ったメーカーの申請による、原子炉型式認証制度を新設



## 5. 原子力の安全確保に国力を総合すべき

- 一次行政庁と原子力安全委員会のダブルチェックにより、同じことが2度繰り返され、規制資源が分散化した
- 有澤行政懇により規制が一貫化されたが、安全研究について、一貫化が不徹底であった
- 放射線規制、保障措置が、文科省で規制され、一元化されていない  
→ 原賠法も同様
- 都道府県が行なっている環境放射線モニタリングは位置づけが不明確



- ◆ 原子力安全委員会のダブルチェックを廃止
- ◆ 保障措置、放射線規制(放射線審議会を含む)及び原賠法を安全庁に取込み、規制の一元化を徹底
- ◆ 環境放射線モニタリングを、炉規法に取込み法定化した上で、法定受託事務として都道府県が実施

# 我が国の原子力の規制体制

	安全規制(Safety)		保障措置 (Safeguard)	核セキュリティ (Security)
	事業等の安全	放射線安全		
原子力委員会	平和利用、計画的遂行等の審査		政策審議 ダブルチェック	政策審議 ダブルチェック
原子力安全委員会	政策審議、規制調査指針、ダブルチェック等	政策審議・指針モニタリングの調整		
文科省	研究炉	放射線審議会 放射線規制 モニタリング	保障措置	研究炉
	RI施設			RI施設
原子力損害賠償法				
経産省	実用炉 サイクル施設 廃棄物施設等			実用炉 サイクル施設 廃棄物施設等
外務省			国際交渉	国際交渉
厚労省	労働安全	健康影響		
国交省	輸送、船舶			
主な根拠法令	炉規法、電事法 労安法、RI法等	放射線障害防止の技術的基準に関する法律	炉規法	炉規法 放射線発散処罰法

# 原子力安全規制機関と支援機関

原子力安全委員会:内閣府  
約100名

放射線審議会:文科省(委員は15名)  
科学技術・学術政策局 原子力安全課 放射線規制室に兼任者を含め約5名。

経済産業省  
原子力安全・保安院  
約330名

文部科学省  
科学技術・学術政策局 研究開発局 科学技術(原子力)アタッシェ  
約75名 40名 約20名

(独)原子力安全基盤機構  
約480名

(独)日本原子力研究開発機構  
規制支援約200名  
・安全研究センター(約100名)  
・旧核不拡散センター  
・原子力緊急時支援・研究センター

(独)放射線医学総合研究所  
(職員数約350名。内規制支援約50名)  
主として「放射線防護研究センター  
規制科学総合研究グループ」が規制支援業務を実施している。

(独)産業技術総合研究所  
深部地層環境研究コアが主体  
となって火山研究、プレート構造研究、活断層研究などの規制支援活動を実施。約35名

(財)核物質管理センター  
約165名

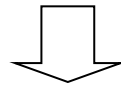
(社)日本アイソトープ協会  
(職員数約140名。内規制支援約20名)  
主として学術部研修課が規制支援業務を実施している。緊急時の支援業務を含めると人数はもっと増える。

(財)原子力安全技術センター  
(職員数;規制支援約150名)  
主として「指定事業部放射線安全部」が規制支援業務を実施している。

(財)原子力安全研究協会  
約80名

## 6. 有効な防災対策の確立

- 官邸が事故収束に乗り出すなど、防災や事故収束の関係機関の役割分担が混乱した
- オフサイトセンターが機能しなかった  
←米国では事故管理はNRCのヘッドクォーターが行うなど、諸外国では、オンサイト対策は、一箇所で集中管理
- 地震などとの複合災害の場合、オフサイトセンターへの関係者の参集は困難
- 文科省が整備したSPEEDIが活用できなかった



- ◆ 防災における役割分担の見直し・明確化
  - ▶ オンサイト対策 → 原子力規制機関
  - ▶ オフサイト対策 → 国の原子力災害対策本部
- ◆ 現地対策本部は都道府県に設置するなど、関係機関の日常業務の延長で役割分担を行い、既存の権限や施設を活用
- ◆ SPEEDIの研究開発や配備をはじめ実運用まで、モニタリングに関する権限を規制機関に集中

# 最後に：

## これから我が国は如何に行動すべきか

- 本日よりご紹介した6つの課題は、福島第一事故以前から指摘され、解決策が提言されてきたもの
  - 法や制度、更には慣行などを変えることに後ろ向きな姿勢を転換しなければならない
- 欧米で開発・実用化された原子炉が、広くアジア諸国で利用されることになる見通し
  - 原子炉に関する安全研究や人材の蓄積、規制資源など、我が国はアジア諸国の中ではアドバンテッジを有す
- 福島第一事故を発生させた我が国は、法規制のみならず、規制体制・組織についても、世界の模範となる理想的な姿を示すべき

御清聴、有難うございました