

# 軽水炉安全技術・人材ロードマップ の策定について

平成26年11月29日

資源エネルギー庁 原子力戦略企画調整官

香山 弘文

1. 原子力技術・人材に関する政府の方針
2. 自主的安全性向上・技術・人材WG
3. 軽水炉安全技術・人材ロードマップの策定
4. 産業界におけるリスク情報利活用に向けた取組

## <エネルギー基本計画における記載>

- ① 燃料投入量に対するエネルギー出力が圧倒的に大きく、数年にわたって国内保有燃料だけで生産が維持できる低炭素の準国産エネルギー源として、優れた安定供給性と効率性を有しており、運転コストが低廉で変動も少なく、運転時には温室効果ガスの排出もないことから、安全性の確保を大前提に、エネルギー需給構造の安定性に寄与する重要なベースロード電源である。
- ② いかなる事情よりも安全性を全てに優先させ、国民の懸念の解消に全力を挙げる前提の下、原子力発電所の安全性については、原子力規制委員会の専門的な判断に委ね、原子力規制委員会により世界で最も厳しい水準の規制基準に適合すると認められた場合には、その判断を尊重し原子力発電所の再稼働を進める。その際、国も前面に立ち、立地自治体等関係者の理解と協力を得るよう、取り組む。
- ③ 原発依存度については、省エネルギー・再生可能エネルギーの導入や火力発電所の効率化などにより、可能な限り低減させる。その方針の下で、我が国の今後のエネルギー制約を踏まえ、安定供給、コスト低減、温暖化対策、安全確保のために必要な技術・人材の維持の観点から、確保していく規模を見極める。

## <エネルギー基本計画における記載>

### 【自主的かつ継続的な安全性向上】

- 原子力事業者を含む産業界は、自主的に不断に安全性を追求する事業体制を確立し、原子力施設に対する安全性を最優先させるという安全文化の醸成に取り組む必要がある。

### 【技術・人材の維持・発展】

- 東京電力福島第一原子力発電所の廃炉や、今後増えていく古い原子力発電所の廃炉を安全かつ円滑に進めていくためにも、高いレベルの原子力技術・人材を維持・発展することが必要である。また、東京電力福島第一原子力発電所事故後も、国際的な原子力利用は拡大を続ける見込みであり、特にエネルギー需要が急増するアジアにおいて、その導入拡大の規模は著しい。我が国は、事故の経験も含め、原子力利用先進国として、安全や核不拡散及び核セキュリティ分野での貢献が期待されており、また、周辺国の原子力安全を向上すること自体が我が国の安全を確保することとなるため、それに貢献できる高いレベルの原子力技術・人材を維持・発展することが必要である。

### 【戦略的な技術開発の推進】

- 万が一の事故のリスクを下げていくため、過酷事故対策を含めた軽水炉の安全性向上に資する技術や信頼性・効率性を高める技術等の開発を進める。また、放射性廃棄物の減容化・有害度低減や、安定した放射性廃棄物の最終処分に必要となる技術開発等を進める。
- また、水素製造を含めた多様な産業利用が見込まれ、固有の安全性を有する高温ガス炉など、安全性の高度化に貢献する原子力技術の研究開発を国際協力の下で推進する。

# 原子力の自主的安全性向上に関するWG

原子力の自主的な安全性向上に向けた取組は、政府も含めた原子力産業に関わる者の自発的な行動により具体化され、実践されていくべきとの問題意識の下、昨年7月より、総合資源エネルギー調査会「原子力の自主的安全性向上に関するWG」(座長:安井至(独)製品評価技術基盤機構理事長)を開催。

## 原子力の自主的・継続的な安全性向上に向けた提言(本年5月30日WGとりまとめ)

### (1) 適切なリスクガバナンスの枠組みの下でのリスクマネジメントの実施

経営トップのコミットメント、原子力安全推進協会のピアレビューの効果引き上げ、科学的論拠に基づく産業界の意向の一本化 等

### (2) 東京電力福島第一原子力発電所事故の教訓を出発点に実践が求められる取組

- ① 低頻度の事象を見逃さない網羅的なリスク評価の実施
- ② 深層防護の充実を通じた残余のリスクの低減
- ③ 我が国特有の立地条件に伴う地震・津波等の外的事象に着目したプラント毎の事故シーケンス及びクリフエッジの特定と、既存のシステムでは想定されていない事態への備え及び回復を含むレジリエンスの向上
- ④ 我が国における軽水炉の更なる安全性向上のための研究の再構築と国内外関係機関との調整の強化  
政府が場を設け、軽水炉安全研究ロードマップの策定、規制・推進側の共同研究等

### (3) こうした取組を着実に進め、根付かせるために特に求められる姿勢

- ① 批判的思考や残余のリスクへの想像力等を備えた組織文化の実現
- ② 国内外の最新の知見の迅速な導入と日本の取組の海外発信
- ③ 外部ステークホルダーの参画
- ④ 産業界大での人的・知的基盤の充実
- ⑤ ロードマップの共有とローリングを通じた全体最適の追求

政府は当面、ロードマップについて関係者間で調整を行う場を設ける

1. 規制を超えた安全の高みを目指す研究に対するユーザー(国、電力事業者)からのガバナンスの欠如
2. やりたい研究の積み上げによる研究テーマの設定  
(戦略的な研究資金配分の欠如)
3. やるべき研究を俯瞰的に評価する評価軸としてのリスク情報の未整備  
(その背景として、リスク情報利活用を促進する取組の欠如)
4. 産業界側と規制側の情報共有の欠如  
(既設炉の安全性確認および弱点克服のために産業界が実施した研究開発の内容が、規制当局に共有されていない例はなかったか)
5. 原子力の研究開発に関する基礎的基盤の不足  
(研究炉の減少 等)
6. 国際的な協調の下で研究開発の質を高める取組の欠如  
(例えば、EUのフレームワークプログラムのような取組に対して積極的だったか)

1. 原子力技術・人材に関する政府の方針
- 2. 自主的安全性向上・技術・人材WG**
3. 軽水炉安全技術・人材ロードマップの策定
4. 産業界におけるリスク情報利活用に向けた取組

## 1. 設置趣旨(本年8月に設置)

○エネルギー基本計画で示された以下の課題についての検討が必要。

- ①軽水炉の安全性向上に資する技術等の開発、廃炉を安全かつ円滑に進めるための高いレベルの原子力技術・人材の維持・発展
- ②産業界による自主的かつ不断に安全を追求する事業体制の確立や安全文化の醸成
- ③資源の有効活用や放射性廃棄物の減容化・有害度低減等に資する高速炉等の研究開発、安全性の高度化に貢献する原子力技術の研究開発の推進

○以上の課題に対応するため、関係者間の役割分担を明確化するとともに相互に認識し、我が国全体として重畳を廃した最適な取組を進めることが必要。

○これらを踏まえ、以下についての議論を進める。

- ①軽水炉の安全技術・人材の維持・発展に重点を置き、国、事業者、メーカー、研究機関、学会等関係者間の役割が明確化された「軽水炉安全技術・人材ロードマップ」を作成  
⇒ 日本原子力学会安全対策高度化技術検討特別専門委員会とのキャッチボールにより策定
- ②産業界が行う自主的安全性向上に係る取組の共有・調整と改善すべき内容の取りまとめ
- ③高速炉を含めた次世代炉の研究開発の方向性の議論

当面は喫緊の課題への対応として、年度明けの取りまとめを目途に①と②に関する議論を実施。

## 2. 委員等名簿

座長	山口 彰	大阪大学大学院工学研究科環境・エネルギー工学専攻教授
委員	秋庭 悦子	消費生活アドバイザー
	糸井 達哉	東京大学大学院工学系研究科原子力国際専攻准教授
	伊藤 聡子	フリーキャスター
	大場 恭子	東京工業大学特任准教授
	岡本 孝司	東京大学大学院工学系研究科原子力専攻教授
	尾本 彰	東京工業大学特任教授
	梶川 裕矢	東京工業大学大学院イノベーションマネジメント研究科准教授
	関村 直人	東京大学大学院工学系研究科原子力国際専攻教授
	高橋 信	東北大学大学院工学研究科教授
	谷口 武俊	東京大学政策ビジョン研究センター教授
	前田 荘六	日本ヒューマンファクター研究所取締役副所長兼危機管理リスクマネジメント研究室長
	八木 絵香	大阪大学コミュニケーションデザイン・センター 准教授
	山本 章夫	名古屋大学大学院工学研究科マテリアル理工学専攻教授

(計 14名)

### オブザーバー

増子 宏 文部科学省研究開発局原子力課長

※上記に加え、各回毎に、審議内容に関連の深い組織よりオブザーバーが参加。

## 3. 開催実績

### 第1回 9月24日(水)

- 議題: ①自主的安全性向上・技術・人材ワーキンググループの進め方(案)  
②軽水炉安全技術・人材ロードマップ策定の基本方針(案)

概要: 本WGの進め方(案)と軽水炉安全技術・人材ロードマップ策定の基本方針(案)について事務局より説明。経済産業省と文部科学省における軽水炉安全に関する研究開発及び人材育成の取組について各省より説明。

### 第2回 10月28日(火)

- 議題: 原子力の自主的安全性向上について

概要: 諸外国における自主的安全性向上に向けた取組について事務局より説明。国民との信頼関係の構築について、秋庭委員より説明。自主的安全性向上をもたらす人材の育成について、大場委員より説明。電力事業者(東京電力、関西電力、四国電力)より各社の自主的安全性向上に向けた取組について説明。

### 第3回 11月10日(月)

- 議題: 軽水炉安全技術・人材ロードマップについて

概要: 諸外国における安全研究について事務局より説明。電力研究所(EPRI)のリスク・安全の研究開発と人的資源計画についてヤンEPRIフェローより説明。原子力人材育成ネットワーク戦略ロードマップについて上坂教授(東京大学)より説明。日本製鋼所における技術・技能の伝承と人材育成の取組について柴田室蘭製作所長(日本製鋼所)より説明。

1. 原子力技術・人材に関する政府の方針
2. 自主的安全性向上・技術・人材WG
- 3. 軽水炉安全技術・人材ロードマップの策定**
4. 産業界におけるリスク情報利活用に向けた取組

## <基本的考え方>

- 「軽水炉安全技術・人材ロードマップ」は、東京電力福島第一原子力発電所事故の経験で得られた教訓を踏まえ、軽水炉安全への国民の信頼が得られるものでなければならない。
- まず、技術開発項目や、それを支える人材の維持・発展は、軽水炉安全への国民の信頼やその安全な持続的利用に繋げるための課題を掲げ、その解決に資するか否かを基準として従来の技術開発の優先順位やスケジュールの見直しによるロードマップの再構築が必要。
- また、「軽水炉安全技術・人材ロードマップ」は、学会、国、事業者、メーカー、研究機関等関係者間の役割分担を明確化し、我が国全体として重畳を廃して最適な取組を実現するものでなければならない。さらに、研究開発の重複を排除しながら最高レベルの成果を得るため、世界的な研究開発や人材育成の動向を踏まえ、必要な国際共同研究の組成を本ロードマップに積極的に取り込んでいくべきである。
- そのため、「自主的安全性向上・技術・人材WG」(平成26年8月設置)による国民視点からの課題提示と、学会の英知を結集した総合的解決策の提示というキャッチボールを通じて、「軽水炉安全技術・人材ロードマップ」策定を進めていく。
- 「原子力の自主的安全性向上に関するWG」(平成25年7月設置)において、「政府が場を設け、JAEA等、政府系研究機関、学協会、産業界が広く参加する形で「軽水炉安全研究ロードマップ」を策定し、関係者間の役割分担を具体的に決定し、重畳を廃した効率的な研究開発を推進するとともに、そのロードマップを規制当局との間での利害相反を廃した効果的なコミュニケーションツールとして位置づけるべきである。」とされているところ、本ロードマップに位置付けられる予算事業の優先順位付けや、成果評価に基づく定期的見直しについては、上記「自主的安全性向上・技術・人材WG」に諮問の上、経済産業省が担っていく。
- なお、客観的成果評価の在り方や規制当局との共同研究や成果共有のあり方についても、「自主的安全性向上・技術・人材WG」において検討を進めていく。

## <ロードマップ対象項目の課題別区分>

### ① 既設の軽水炉等のリスク情報の利活用の高度化

確率論的リスク評価、クリフエッジの特定、マネジメントにおけるPerformance Indicatorの活用、他の社会的リスクとの客観的比較に基づく原子力リスクの捉え方、リスク情報の実機への適用、リスク情報を踏まえた適切な優先順位付けに基づく安全対策の強化 等

### ② 既設の軽水炉等の事故発生リスクの低減

設計上の安全性を高める方策および経年劣化対策、事故発生時の制御性を高める設計概念の導入

### ③ 事故発生時のサイト内の被害拡大防止方策

### ④ 事故発生時のサイト外の被害極小化方策

### ⑤ 既設炉の廃炉の安全な実施

### ⑥ 核不拡散・核セキュリティ対策

### ⑦ 従来の発想を超える、軽水炉に適用可能な革新的技術開発

### ⑧ 軽水炉の安全な持続的利用のために必要な人材の維持・発展

上記①～⑦のロードマップ及び原子力を取り巻く社会情勢等と整合的なものとする

## <ロードマップの時間軸設定方針>

### ① エネルギー基本計画におけるエネルギー関係技術開発のロードマップと整合的なものとする。

- 2050年を展望(2030年以降の主要課題についても提示)

### ② 原子力小委員会におけるエネルギーミックス策定の議論と整合的なものとする。

- 2030年をホールドポイントとし、技術細目毎に2030年もしくはそれ以前の達成目標を設定

(原子力小委の議論を受け、別のホールドポイントを設ける可能性あり)

# 軽水炉安全技術・人材ロードマップの枠組イメージ

2015    2016    2017    2018    2019    2020    2025    2029    2030    2050



## 原子力発電利用 を取り巻く環境

再稼働への取組  
運転期間延長認可申請  
(2015.7付で40年超が対象)

電力自由化  
✓ 小売全面自由化(2016)  
✓ 法的分離(2018-2020)

COP21

廃炉のピーク(~2025)

エネルギーミックス  
の目標年(2030?)

世界の温室効果ガス排出量を50%削減

- ① リスク情報利活用
- ② 事故発生リスク低減
- ③ 事故時サイト内対策
- ④ 事故時サイト外対策
- ⑤ 既設炉廃炉安全
- ⑥ 核セキュリティ
- ⑦ 革新的技術開発
- ⑧ 人材の維持・発展

## ① 国民視点に立った評価軸の設定と優先順位の明確化

- 国民が原子力分野の技術開発と人材育成に期待しているのは、軽水炉の安全性の向上であり、これを踏まえた評価軸を設定した上で、技術の優先順位付けを行うことが重要。
- このため、策定されたロードマップについては、当該評価軸に基づいた全体を俯瞰する視点をもって、定期的な見直しを実施していくことが必要。

## ② 立場の違いを越えた横断的な議論

- 学会は、学术界、国、事業者、メーカー、研究機関等の多様な主体が集う横断的な議論の場としての機能をもつ。
- 策定までの議論の過程を規制サイドと共有することで、ロードマップを真に有効に機能するコミュニケーションツールとする。

## ③ 実施主体の明確化

- 本ロードマップに基づき、我が国全体として重畳を廃した取組が進められるよう、策定段階で各主体の役割分担を明確化。

## ④ ユーザーのニーズを踏まえた議論

- 技術開発と人材育成の恩恵を受けることになる電気事業者や政府が実際にコミットできるロードマップとなるよう、ニーズを踏まえた議論に期待。

## ⑤ 国際的な視点の確保

- 国内の既存の技術基盤のみに頼るよりも、海外の技術基盤を活用した方がより良い研究成果が得られる場合には、積極的に国際協力を実施するものとしてロードマップを策定する。

1. 原子力技術・人材に関する政府の方針
2. 自主的安全性向上・技術・人材WG
3. 軽水炉安全技術・人材ロードマップの策定
4. 産業界におけるリスク情報利活用に向けた取組

# 東電福島原発事故の教訓

○事故の未然防止や万が一の事故への備えに関する東電福島原発事故の教訓は、想定外への備えが不十分であったこと

## <政府>

- ①規制当局の独立性がなく、規制の虞(※)だった
- ②シビアアクシデント対策が規制対象外であったことや、バックフィットルールを持たなかった
- ③日本の原発は安全だと説明してきたため、規制の必要な改善機会を喪失していた

(※)「規制当局が事業者の「虞」となって被規制産業である事業者の利益最大化に傾注するという、いわゆる「規制の虞」」(出典)国会事故調報告書

## <対応>

- ・推進から独立した原子力規制委員会が発足
- ・シビアアクシデント対策やバックフィットを含めた新規制基準が施行
- ・「新規制基準に適合したとしても、それが絶対に安全であるということを意味しているわけではありません。」  
(田中原子力規制委員会委員長)

## <原子力事業者(電力会社)>

- ①「規制を守っているから安全だ」との説明を行ってきた
- ②全会一致の意思決定プロセスの下で落としどころを探る対応を採ってきた
- ③東電福島原発事故から浮かび上がった課題例
  - ・ 15.7mの浸水可能性の分析を経営が活かせなかった
  - ・ 非常用復水器の作動状況に関する誤認識があった

## <プラントメーカー>

- ・ 顧客(電力会社)に対する遠慮が技術的知見を生かした追加的安全対策の提案を妨げてきた

## <課題>

本来、各事業者自身の変革が求められるが、以下のような障害がある。

- ①立地自治体のリスク認識とのギャップが存在すること
- ②依然として残る横並び体質
- ③現在の規制には、自主的安全性向上に対するインセンティブが十分でないこと

# 原子力事業者の課題

## ◆経営のリスク情報への感度が低かった

- リスク情報への経営の感度が低く、15.7mの津波襲来リスクを平成19年時点で東電土木調査グループで把握していたにも関わらず、具体的対応策は平成23年3月時点でも取られていなかった。
- 万が一の事故の未然防止策は、原子力担当副社長任せ。規制対応を越えた安全対策をリスク情報に基づきTop-downで採用する社内体制になかった。

## ◆地元自治体等ステークホルダーに対し、残余のリスクの存在を示してこなかった

- 事業者は規制を満たせば安全との説明に終始し、残余のリスクの存在を明言せず。そのため、地元自治体は事業者に対する監視を十分に行えなかった。
- 「万が一事故が起きたときに自分は逃げられるのか」との問いに対し、適切な双方向のコミュニケーションが成立しておらず、広域の避難計画の策定等の備えが不十分だった。

## ◆建設時の設計そのものへの理解がある人材が不足していた

- 建設時(数十年前)から関わってきた、プラントの設計図を熟知する運転員が欠けていた。

## ◆総合的リスク評価が実施されてこなかった

- 規制を満たすことだけに終始していたため、津波・テロ等も含むあらゆる事故の可能性を検証する総合的リスク評価を怠ってきた。

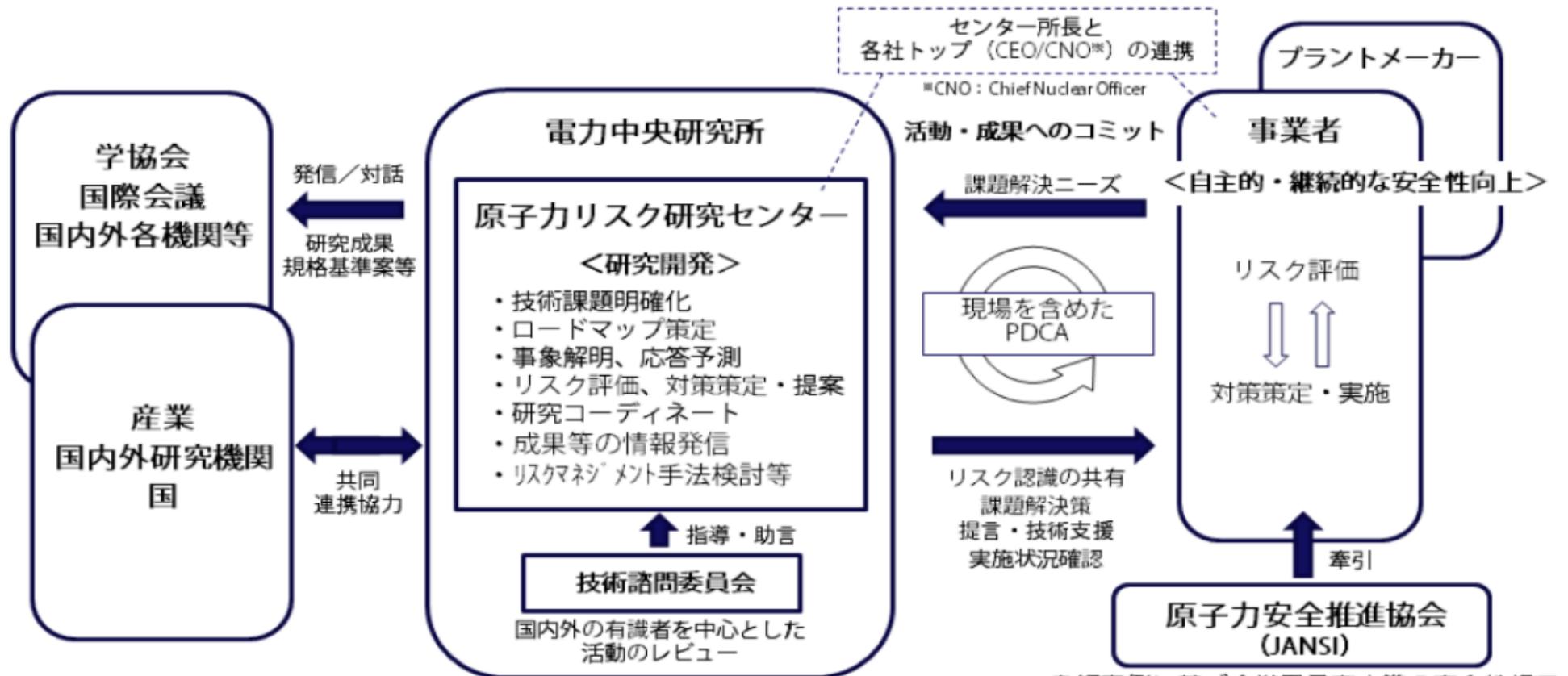
## ◆組織文化として批判的思考が欠けていた

- 既存の安全対策の本質を理解し、常に疑問を投げかける姿勢に欠けていた。

総合的リスク評価手法確立の研究に注力することで、各社のリスク情報活用を促進することが重要。(軽水炉安全技術・人材ロードマップの基本方針でも、リスク情報利活用を一番上に位置づけ)

# 原子力リスク研究センター

- 電力中央研究所の一機関として、10月1日に「原子力リスク研究センター」(NRRC: Nuclear Risk Research Center)が設立。
- センター所長に前米国原子力規制委員会(NRC)委員のジョージ・アポストラキス氏、センター顧問に元NRC委員長のリチャード・メザーブ氏が就任。

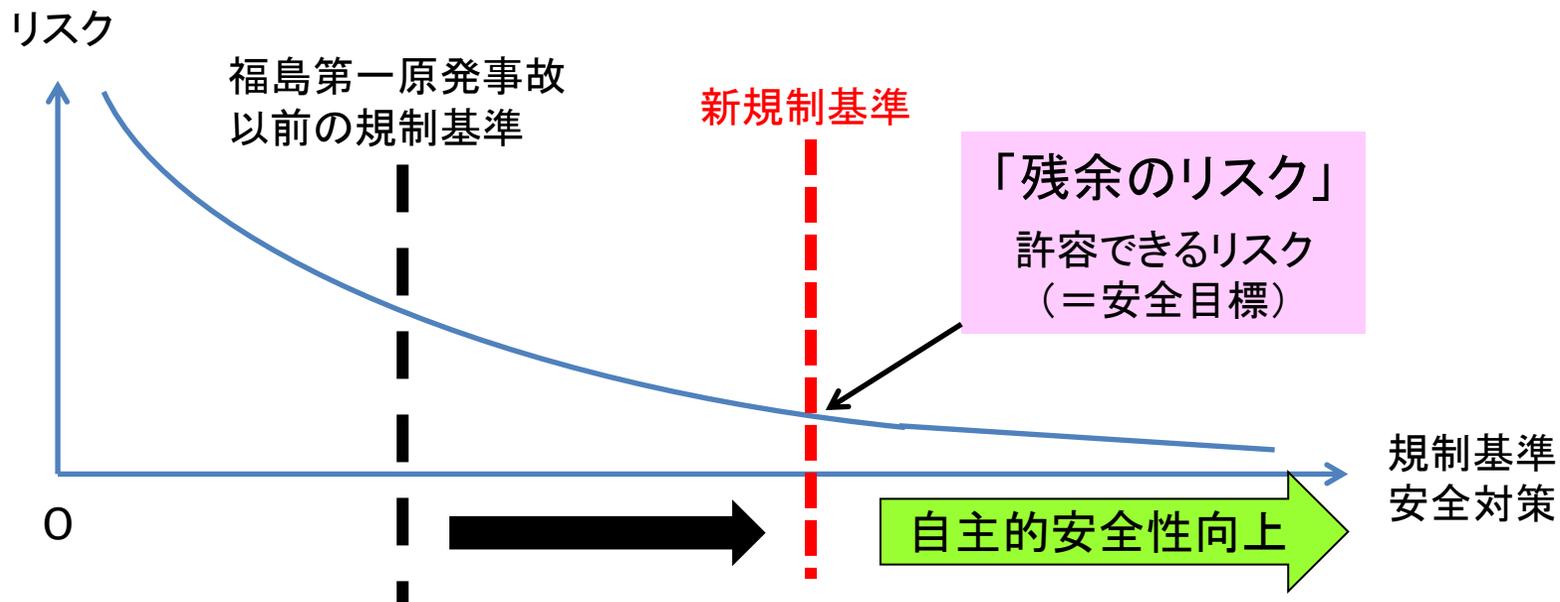


良好事例に基づく世界最高水準の安全性提示  
現状評価に基づく改良改善の提言

○確率論的リスク評価手法(PRA: Probabilistic Risk Assessment)を研究・活用し、低頻度ではあるが大きな被害をもたらさうる事象(大地震、津波等)の対策立案、リスク低減、電力各社のリスクマネジメント確立を目指し、電力を主導。

## ① 網羅的リスク評価手法の確立

- 規制を満たせば良いとの考え方を排し、自主的かつ継続的に残余のリスクを低減させていくための指標として活用可能なレベルまで、PRAを高度化。



## ② 各電力会社におけるリスクマネジメント体制確立の促進

- PRAに代表されるリスク情報を各電力経営層が理解できる形に整え、経営トップがそれに基づいて自主的に追加的安全対策を講ずる社内リスクマネジメント体制の構築を促す。