

## 1-5 ゼロリスクはないとの認識の下での安全性向上への不断の努力

あらゆる科学技術がリスクとベネフィットの両面を持つように、原子力についてもゼロリスクは有り得ず、事故は起きる可能性があるとの認識の下、「残余のリスクをいかにして小さく抑え、顕在化させないか」との認識を定着させ、東電福島第一原発事故の教訓を踏まえ、規制基準への適合に留まらず、安全性向上への不断の努力を積み重ねることが求められています。

そこで、原子力事業者等を含む産業界全体で連携して、自律的かつ継続的な安全性向上を推進するための新組織が設立され、共通的な技術課題の解決に向けて活動を開始しています。

### (1) 原子力事業者等を含む産業界の原子力の自主的安全性向上に関する取組

原子力事業者等を含む産業界は、このような自主的安全性向上に取り組むに当たり、第三者の視点からの知見、意見も活用するため、2012年11月に、自主規制組織として原子力事業者等の意向に左右されることなく安全性を評価し、その改善に関する助言を行う一般社団法人原子力安全推進協会（JANSI）を設立しました。JANSIは、事業者の評価や提言・勧告の策定に当たっては、海外機関や国内外の専門家による技術的客観性のあるレビューや意見具申に基づくことにより、独立性を確保しています。また、世界原子力発電事業者協会（WANO<sup>46</sup>）と連携することで、高い水準のピアレビュー手法を導入するとともに、世界最高水準の安全性（エクセレンス）を追求しています。

東電福島第一原発事故の以前には、発生頻度の低い事象の取扱いに関しては対応が十分ではありませんでしたが、このような災害のリスクを見逃さず、安全性を更に向上させるため、確率論的リスク評価（PRA）手法を活用した安全対策の検討にも取り組んでいます（図1-17）。PRAは、原子力発電所等の施設で起こり得る事故のシナリオを網羅的に抽出し、その発生頻度と影響の大きさを定量的に評価することで、原子力発電所の脆弱箇所を見つけ出すための手法です。原子力事業者等を含む産業界は、電力中央研究所の下に設置された原子力リスク研究センター（NRRC）との連携を通じて、PRAの高度化に取り組んでいます。NRRCは、PRA手法及びリスクマネジメント手法に係る研究開発の中核を担い、高い専門性を必要とする共通課題を解決するための研究開発を進め、原子力の自主的安全性向上への取り組みを支援しています。

<sup>46</sup> World Association of Nuclear Operators

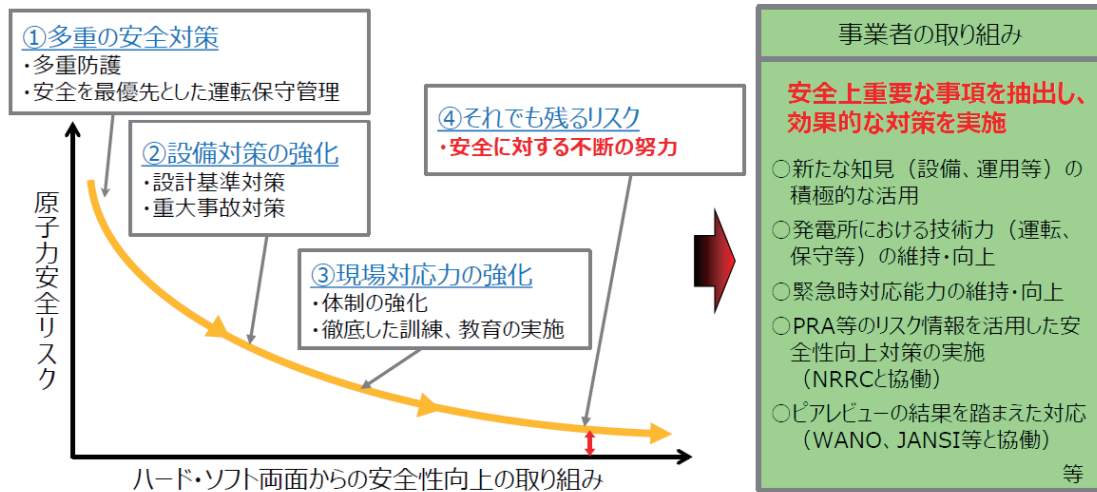
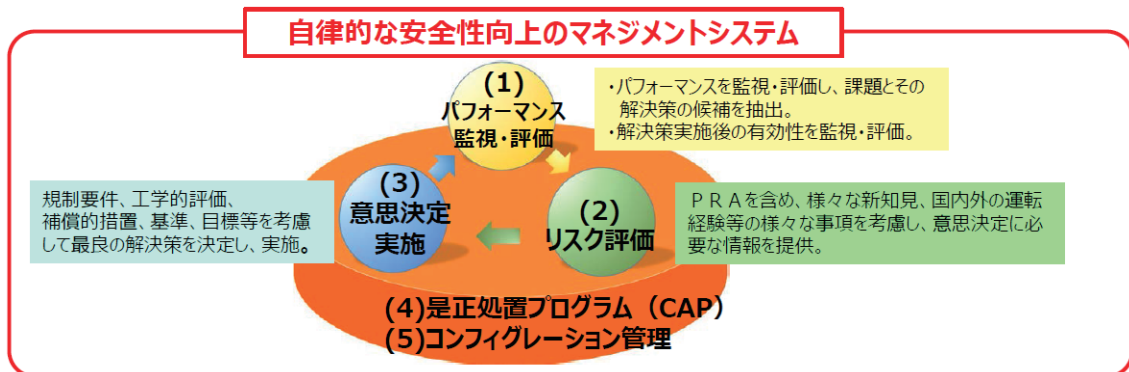


図 1-17 原子力事業者等によるリスク低減の取組

（出典）第5回原子力委員会定例会議 資料 1-1 号 電気事業連合会「原子力発電の安全性向上におけるリスク情報の活用について」（2018年）[88]

また、電気事業者は、自主的・継続的な安全性向上のために、PRA等から得られるリスク情報を活用した意思決定（RIDM<sup>47</sup>）を発電所のリスクマネジメントに導入することを目指しています（図 1-18）[89]。RIDMの導入により、発電所の運営に関わる全員が発電所のリスクを理解し、起こり得る問題の重要度を考慮した意思決定を速やかに行うことで、対策の優先順位を総合的に判断すること等が可能となります。なお、原子力の規制制度においても、2020年4月より、リスク情報に着目した新たな検査制度が本格的に運用される予定です。



注）是正処置プログラム（CAP<sup>48</sup>）：事業者における問題を発見して解決する取組。

問題の安全上の重要性の評価、対応の優先順位付け、解決するまで管理していくプロセスを含む。

注）コンフィグレーション管理：設計要件、施設の物理構成、施設構成情報の3要素の一貫性を維持するための取組。

図 1-18 リスク情報を活用した意思決定によるリスクマネジメントの概念図

（出典）第5回原子力委員会定例会議 資料 1-1 号 電気事業連合会「原子力発電の安全性向上におけるリスク情報の活用について」（2018年）[88]

<sup>47</sup> Risk-Informed Decision-Making

<sup>48</sup> Corrective Action Program

これらリスク情報活用や自主規制活動を含む、産業界大での安全性向上に関する取組について、現在の「立ち位置」を再確認した整理を図 1-19 に示します。

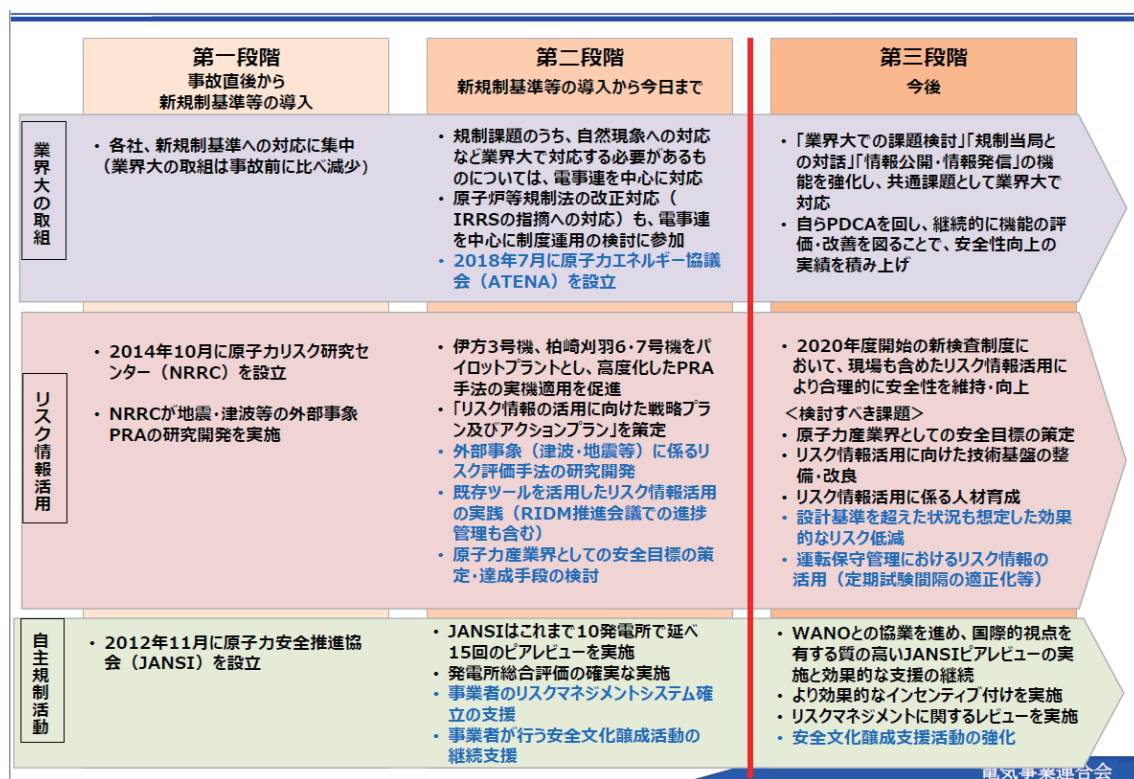


図 1-19 現在の「立ち位置」再確認

（出典）第 19 回総合資源エネルギー調査会電力・ガス事業分科会原子力小委員会資料 5 電気事業連合会「産業界大での安全性向上に関する取組について」（2019 年） [90]

自主的安全性向上の良好事例として、東日本大震災時に福島第一原発と同規模の地震・津波を受けながら、運転中であった 1～3 号機の原子炉が安全に冷温停止した女川原子力発電所が挙げられます。この背景には、三陸地方は歴史的にも大きな津波を経験しており、東北電力株式会社の中では、特に津波に対して畏敬の念を持って、謙虚に向き合い、常に最新知見を収集しながら安全性を高めてきたということがあります。そのため、津波想定を低く見積もらず、海水ポンプを津波の影響を受けない場所に設置し、震災前に約 6,600 か所もの耐震工事を実施して無事故につながりました。電気事業者は、「規制基準を守っていれば絶対事故は起きない」という考えを持たず、常に安全を求めていく姿勢を組織全体に確立していくことが重要です。

また、事故後、特に 2016 年以降に原子力事業者間連携強化による原子力災害発生時の協力体制も構築されています。美浜原子力緊急事態支援センターを設置し、12 社間での原子

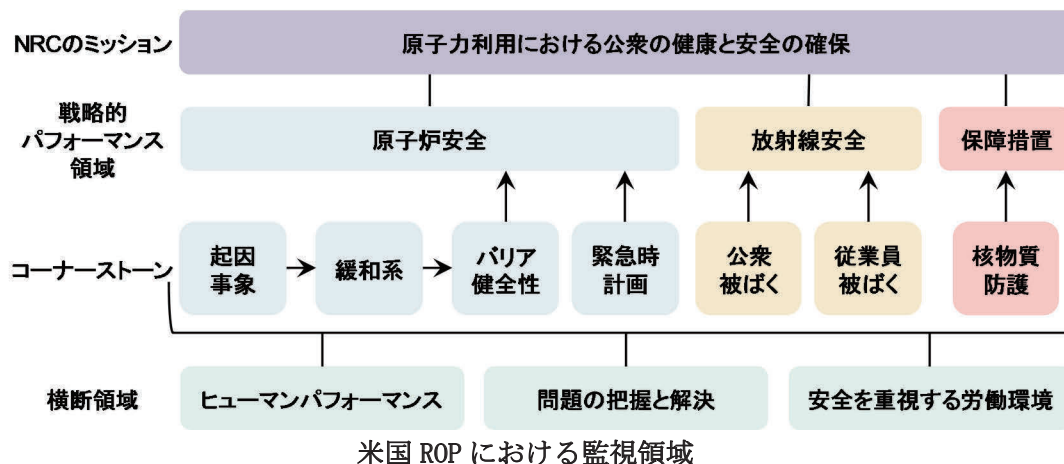
力事業者間協力協定が締結され本格運用が開始されています。また、地理的近接性による相互協力（北海道・東北、青森県内、東北・東京、東京・原電、北陸・関西・中国・四国・九州）や、炉型による相互技術協力（東京・中部・北陸（BWR・ABWR）、北海道・関西・四国・九州（PWR））も締結されています [91]。

## コラム ～米国の検査制度～

現在、原子力規制委員会や原子力事業者等が取り組んでいる検査制度の見直しは、米国の原子力規制委員会(NRC)によって2000年4月から運用されている原子炉監視プロセス(ROP<sup>49</sup>)と呼ばれる検査制度を参考にして進められています。ROPは、PRA等の結果から得られる定量的な評価結果に代表されるリスク情報を活用し、規制の客観性・透明性を確保した上で、安全上の重要性が高い問題に予算や人手を集中させることで、より効果的・効率的な安全性向上を図ることを目指した制度です。

ROPが開始される以前のNRCによる検査制度であるSALP<sup>50</sup>は、スリー・マイル・アイランド(TMI)原子力発電所事故の反省を踏まえて導入されたものの、検査官による判定・介入が主観的であり、原子力事業者が理解・予見できない措置が講じられていたこと、安全上影響のない又は小さい問題に関しても過剰な対応が原子力事業者に求められていたこと、このような問題によって安全上重要な事項への対応が疎かになってしまう懸念があったこと等、様々な批判が産業界からNRCに伝えられました。NRCは、このような問題点に対処するため、新たな検査制度としてROPを導入しました。

ROPでは、原子力発電所に期待するパフォーマンスを明確化するため、7つの監視領域(コーナーストーン)と3つの横断領域を設定しています。



(出典) 米国 NRC ウェブサイト「ROP フレームワーク」に基づき作成

<sup>49</sup> Reactor Oversight Process

<sup>50</sup> Systematic Assessment of Licensee Performance

NRC は、これらの領域におけるパフォーマンス指標<sup>51</sup>の結果や検査を通じて得られた気付き事項の安全上の重要度を評価します。評価結果は安全上の重要度に応じて四段階（重要度の高い順に、赤・黄・白・緑）に区分され、評価結果に応じた追加検査や規制措置が原子力事業者に対して講じられます。つまり、原子力事業者にとっては、原子力発電所のパフォーマンスが低下するほど、NRC によって追加の措置が講じられることとなりますが、一方で、重要度が低い軽微な問題については、NRC は介入せず、原子力事業者の改善活動に委ねられることとなります。このように、ROP は、原子力事業者が自律的に良いパフォーマンスを維持し、更なる安全性向上を目指すインセンティブが与えられる仕組みとなっています。また、これら一連のプロセスを詳細に明文化した検査マニュアルやガイドライン、各原子力発電所の評価結果や検査報告書は、NRC のウェブサイトで公開されており<sup>52</sup>、客観性や一貫性が担保されています。

<sup>51</sup> 各領域の安全性に影響を及ぼす関連の客観的指標。例として、計画外の原子炉停止回数等があります。

<sup>52</sup> <https://www.nrc.gov/reactors/operating/oversight.html>

## (2) 安全性向上のための新組織の設立

図 1-19 の「業界大の取組」の第二段階（新規規制基準等の導入から今日まで）に示すように、原子力産業界全体による自律的かつ継続的な安全性向上の取組を定着させていくために、原子力エネルギー協議会（ATENA<sup>53</sup>）が設立されました。

ATENA は、東電福島第一原発事故の反省と教訓に加え、事故後の事業者の取組状況を踏まえ、図 1-20 に示す共通的な技術課題に取り組むとしています。



図 1-20 原子力産業界として取り組むべき課題の抽出

（出典）原子力エネルギー協議会「2018 年度事業の概要」（2018 年） [92]

2018 年度は、ATENA に参加する会員等が保有する国内外の最新知見を確認の上、更なる安全性向上に資する共通課題として優先的に取り組むテーマ候補を抽出し、課題解決による効果（安全性や効率性への寄与、即応性）の大きさ、投入リソースに対する便益、先進性、社会的な認知度向上の効果、取組の実現性の観点から、優先順位を定め、13 件のテーマを特定しました（表 1-6）。

<sup>53</sup> Atomic Energy Association

表 1-6 ATENA が特定した技術テーマ一覧（2018 年 9 月決定）

| テーマ（2018 年度以降、短中期で取り組んでいくテーマ） |                               | 関連する<br>技術課題 |
|-------------------------------|-------------------------------|--------------|
| 1                             | サイバーセキュリティ対策導入ガイドラインの立案       | ①、②          |
| 2                             | 自主的安全性向上対策導入の促進に向けた対応         | ③            |
| 3                             | 新規制基準への対応設備・運用の見直し            | ③            |
| 4                             | 新検査制度の制度運用関連ルール作り             | ③            |
| 5                             | 震源を特定せず策定する地震動の見直しへの対応        | ②            |
| 6                             | 不確実さの大きい自然現象への対応              | ②            |
| 7                             | サプライヤー（素材・部品等）の不適合への対応要領の策定   | ①、③          |
| 8                             | 安全上の重要度に応じたバックフィットルールの検討      | ①            |
| 9                             | SA 設備を収納した建屋免震の技術基準適合性評価手法の策定 | ②            |
| 10                            | SA 設備の重要度分類に応じた効率的かつ効果的運用の推進  | ①            |
| 11                            | 新知見による Ss 見直しの際の対応方針の策定       | ②            |
| 12                            | 地盤液状化現象の評価手法の高度化              | ①            |
| 13                            | ディジタル保護系共通要因故障対策導入ガイド         | ①            |

【技術課題】①新知見・新技術の積極活用、②外的事象への備え、③自主的安全性の取組を促進する仕組み

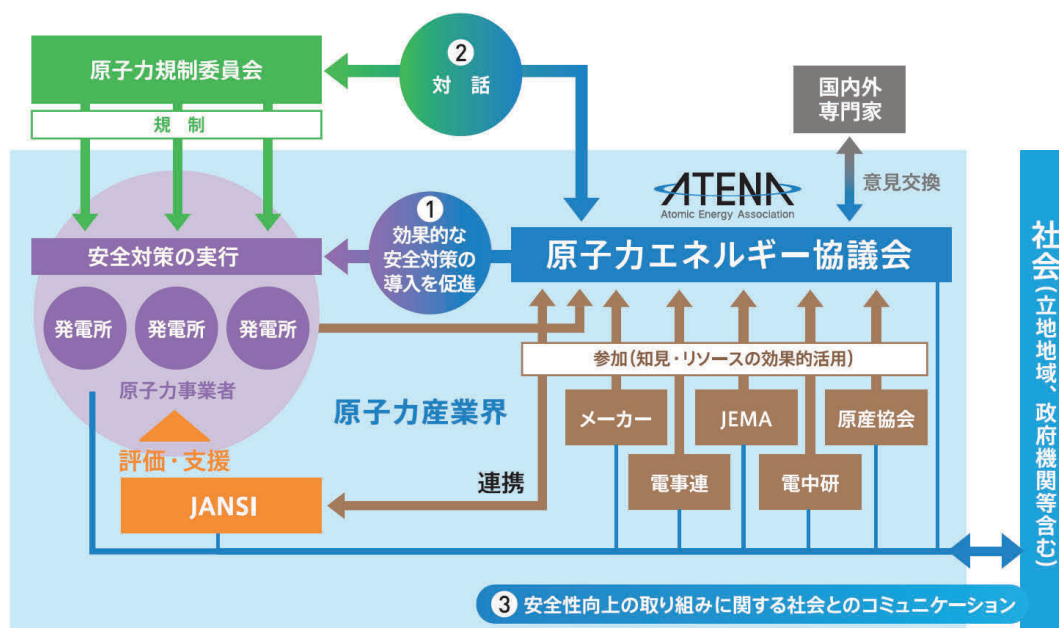
【用語】Ss：原子力発電所の耐震設計において基準とする地震動（基準地震動）

SA 設備：シビアアクシデント（重大事故）への対処を目的に導入した設備

（出典）総合資源エネルギー調査会電力・ガス事業分科会原子力小委員会第 19 回会合 参考資料 2 原子力エネルギー協議会「ATENA 技術課題（テーマ）への取組の状況」（2019 年）に基づき作成 [93]

## コラム ～原子力エネルギー協議会（ATENA）の設立～

継続的な議論が実施されてきた自主的安全性向上・技術・人材ワーキンググループ（総合資源エネルギー調査会 電力ガス事業分科会 原子力小委員会）では、2017 年度末にこれまでの議論の総括と今後のアクションプランを整理しました [94]。これを受けて、原子力産業界の自律的かつ継続的な取り組みを定着させていくことを目的に、「原子力エネルギー協議会（ATENA）」が2018年7月1日に設立されました<sup>54</sup>。ATENAは、原子力産業界全体の知見・リソースを効果的に活用しながら、効果ある安全対策を立案し、原子力事業者の現場への導入を促すことで、原子力発電所の安全性を更に高い水準に引き上げることをミッションとした新たな組織です。また、産業界を代表して、規制当局との対話や社会とのコミュニケーションを図る役割も担っています。



(電事連＝電気事業連合会、JEMA＝日本電機工業会、電中研＝電力中央研究所、原産協会＝日本原子力産業協会)

- ① 原子力産業界全体で共通課題の解決に取り組み、原子力事業者に効果的な安全対策の導入を促す。
- ② 安全性向上という共通の目的の下、規制当局と対話する。
- ③ さまざまなステークホルダーと安全性向上の取り組みに関するコミュニケーションを行う。

### 原子力エネルギー協議会の役割

(出典)原子力エネルギー協議会パンフレット

2019年2月14日には「ATENA フォーラム 2019」が開催されました。「今後安全かつ持続的に原子力を利用するための成功要因」をテーマとしたパネルディスカッションでは、今後原子力エネルギー協議会に求められる役割が議論され、国民の便益のために原子力技術

<sup>54</sup> <http://www.atena-j.jp/about/pamphlet.pdf>

を利用するという前提の下、全体最適として安全を確保することについて、規制と対話し社会からの理解を得ていくことが重要等の意見が出されました [95]。

### (3) 自主的な安全性向上に係る今後の方向性

総合資源エネルギー調査会電力・ガス事業分科会原子力小委員会では、これまでの取組を踏まえ、原子力の自主的な安全性向上に係る今後の方向性が議論されています（図 1-21）。

議論の中では、今後の目指すべき姿として、原子力事業者等による取組の目的や内容を立地地域等のステークホルダーに真摯に伝達し、評価及びフィードバックを受け、更なる改善につなげていく「双方向コミュニケーションを通じた安全の確保」の重要性が再確認されました。このような双方向コミュニケーションを通じて改善を積み重ねていく仕組みを構築することを共通の大目標とし、原子力事業者等、産業大組織、行政等の全ての関係者が取り組むべき課題及びその方向性が議論されています。

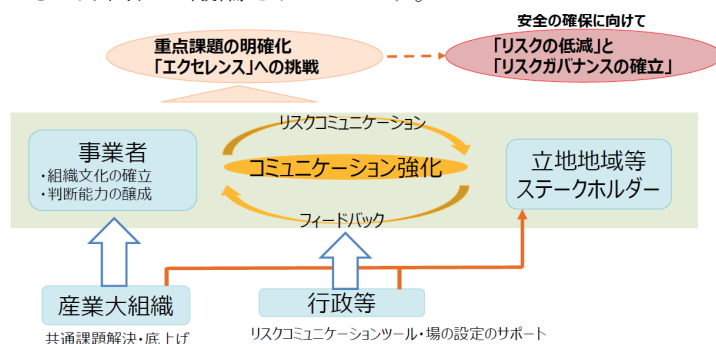


図 1-21 各主体による取組の方向性

（出典）第 19 回総合資源エネルギー調査会電力・ガス事業分科会原子力小委員会資料 7 資源エネルギー庁「自主的な安全性向上に係る政府の取組と今後の方向性について」（2019 年）[96]

また、安全確保のための土台は若手を含めた組織の活性化によって作られると考え、組織全体のモチベーションや人材レベルを維持・向上させ、闊達な組織風土を育てていくことも非常に重要です。このため、原子力事業者等の全ての関係者が連携し、各々がこれまで創出してきた成果を組み合わせることで、既設の原子力発電所をより安全で効率的なものへと進化させるような次世代のイノベーションのシーズを育てていく等、「前向きな成果」の創出を目指し、その成果を自信を持って発信していくべきであることも、今後の方向性として示されています（図 1-22）。

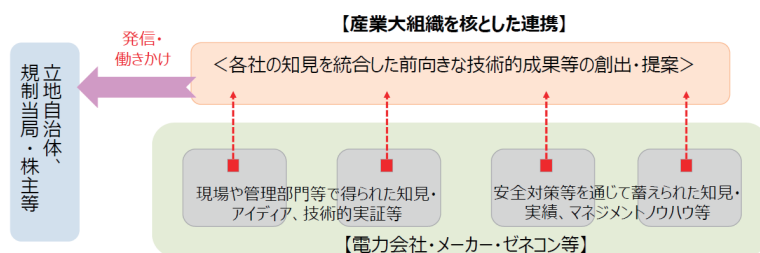


図 1-22 安全確保への取り組み方

（出典）第 19 回総合資源エネルギー調査会電力・ガス事業分科会原子力小委員会資料 7 資源エネルギー庁「自主的な安全性向上に係る政府の取組と今後の方向性について」（2019 年）[96]

## コラム ～米国における安全性向上の取組－安全性向上と経済性向上の両立－～

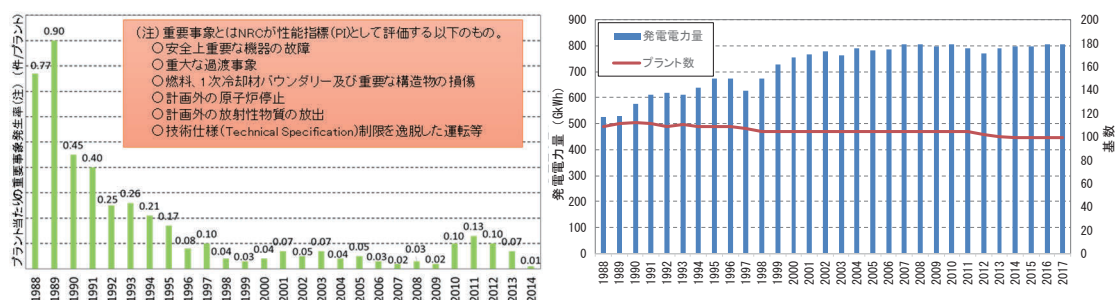
米国では、1979年に発生したスリー・マイル・アイランド（TMI）原子力発電所事故以降、原子力発電運転協会（INPO<sup>55</sup>）、原子力エネルギー協会（NEI<sup>56</sup>）等を中心として自主的な安全性向上やリスクマネジメントの実践に取り組むとともに、原子力規制委員会（NRC）では、稼働実績及びリスク情報に基づいた規制の導入による客観性の向上を進めてきました。

産業界の自主規制機関である INPO は、運転員の知識と業務遂行能力、施設・装置の状態、運転プログラムと手順等について調査・評価し、情報共有のための CEO 会議で INPO 代表から直接報告します。さらに、評価結果がよい場合、原子力財産保険の保険料が減免されるインセンティブを設けています。このほかに、事故原因と対応策等の情報について事業者間で共有を進める等の活動を行い、各事業者が最高の業務状況を達成することを支援しています。

NEI は技術面・規制面の諸課題に関して検討・提案し、業界全体を代表して NRC とも議論・調整を行っています。また、NEI に参画する事業者は、その調整結果に従うことになっています。

その一方で、規制機関である NRC は、TMI 事故後の規制活動が冗長、非効率、主観的である等の批判を受け、PRA 活用政策声明に基づくリスク情報を活用した規制の促進、稼働実績とリスク情報に基づいた原子炉監視プロセス（ROP）の施行等を進め、規制の改善を図ってきました。

これらの取組の結果として重要事象の発生頻度の減少や、稼働率の向上、出力向上等を達成し、原子炉数は増加していないにもかかわらず、総発電電力量の増加にもつながり、安全性と経済性の両立を達成しています。我が国でも、このような米国の好事例を参考に、リスク情報を活用した新たな検査制度の導入や産業界の自主規制活動等の取組が行われています。



米国の原子力発電所の重要事象発生率と発電電力量の推移

（出典）米国原子力エネルギー協会（NEI）のデータに基づき作成

<sup>55</sup> Institute of Nuclear Power Operations

<sup>56</sup> Nuclear Energy Institute