

要約

# 福島第一原子力発電所事故後の5年

原子力安全の改善と教訓





# 福島第一原子力発電所事故後の5年： 原子力安全の改善と教訓

## 要約

報告書全文は[www.oecd-nea.org/pub](http://www.oecd-nea.org/pub) でご覧になれます。

© OECD 2016  
NEA No. 7289

経済協力開発機構  
原子力機関



## 要約

福島第一原子力発電所事故以降、規制監督、原子力安全、放射線防護及び公共保健、原子力損害賠償の分野を担当するNEAの常設委員会—原子力規制活動委員会(CNRA)、原子力施設安全委員会(CSNI)、放射線防護及び公共保健委員会(CRPPH)、原子力法委員会(NLC)—は、各分野において密接に連携し委員会活動を行ってきた。これらの成果の一部として、「福島第一原子力発電所事故:OECD/NEA原子力安全の対応と教訓(NEA, 2013C)」が発表され、同事故に対してNEAとNEA加盟国が直ちに行った対応を詳述している。2013年レポートでは、NEA加盟国が自国で稼働している原子炉の重点的な安全レビューを行い、安全に稼働を続けていくことができることを確認するとともに、更なる安全性の向上に向けた必要な取組を明らかにするための包括的な安全レビューが実施されていることが、主たる結論の中で強調されている。

「福島第一原子力発電所事故後の5年:原子力安全の改善と教訓」は、次の事項を含むこれらの活動と教訓の最新情報を提供する: i) 多くの分野で原子力施設に特定の改善を求める新たな規制要求を設定するNEA加盟国の規制機関による活動; ii) NEA加盟国の規制枠組みを向上させるための活動; iii) 事故そのものに関する更なる知識と理解を得るための研究活動; iv) 原子力防災と放射線防護を改善するために実施される活動; v) 損害賠償法等の分野における法制面の改善。このレポートは、NEAとNEA加盟国によって行われた活動に焦点を当てており、国際原子力機関(IAEA)、世界原子力発電事業者協会(WANO)を含めた他の国際機関から発表されたレポートを補完するものである。



最近の福島第一原子力発電所写真。

前回のレポート以降、NEA加盟国の規制機関は、新しい規制要求を設定するための多様な活動を行ってきた。外的ハザードの潜在的影響は、そうした規制基準の焦点であり、機器の多様性の確保に関する施設の改善、安全機能の頑健性の向上及び組織行動の改善のための継続的な努力が求められている。これらの分野で行われてきた対応の結果として、次のような点につながっている；i) 外的ハザードの再検証；ii) 電気系統の頑健性の改善；iii) 最終ヒートシンクの頑健性の改善；iv) 原子炉格納容器システムの防護；v) 使用済燃料プールの防護；vi) オンサイト又はオフサイトの緊急時対応施設から多様な機器や援助を迅速に提供するための機能の強化；vii) 緊急時の意思決定における人的、組織的要因を含めた安全文化の強化；及び viii) 継続的な安全研究。安全性向上という目的は世界で共有されているが、各国はこれらの課題に異なった手法で取り組んでいる。国の規制基準や安全要求は各国固有のものがあり、それぞれの国における特有の環境や外的ハザードに関連するため、NEA加盟国は必ずしも同じ出発点からスタートしているわけではない。既に実施されている取組や、実施段階のものもあれば、まだ計画段階や、原子力発電所において今後実施される予定のものもある。また、いくつかの国では、規制機関の独立性を強化することにも取り組んでいる。

**安全とは、運転経験の評価と研究を通じて我々が学ぶことにつれて発展するプロセスである。**スリーマイル島やチェルノブイリの事故の際と同様に、福島第一原子力発電所事故の教訓を生かすことや関連する研究活動を継続していくことは、規制機関や原子力産業界が事故から学ぶにつれて将来においても発展していく長期的な活動である。

NEAとNEA加盟国によって明らかにされたひとつの重要な点は、安全解析において外的ハザードを含めた評価手法を更に発展・向上させることが必要であるということである。一般論として言えば、安全解析とセーフティケースにおいて、従来は、内的ハザードがより綿密かつ詳細に考慮され、検討されてきた。このため、NEA加盟国は、これまでに考慮に入れられていたよりもさらに重大なハザードを含めた外的ハザードに対する原子力発電所の対応を再検証するようになり、また、最新のデータ技術を用いて事象シーケンスとその結果の妥当な組み合わせを明らかにし、検討を加えている。

多くの国々では、電気系統の頑健性に引き続き重点が置かれている。これに対応して、これらの国々の原子力発電所では、既存の直流電源の性能を改良しようとしており、さらに重大事象の際に利用できる多重的かつ多様な交流電源を確保するため、新たに専用の設備を導入しようとしている。この対策として、追加的な可搬型電源や、新型の又は改良された固定設備がある。

極端な自然事象時においても炉心から熱を除去できるようにするため、極端な自然事象にも耐えうるよう設計されたバンカーシステムを検討するようになった国々がある。多くの国々では、迅速な配備と緊急冷却が可能になるよう、可搬型装置の戦略的な配置が行われたり、その検討が行われたりしている。また、代替経路での冷却水の提供、受動的冷却機能の整備、代替ヒートシンクの確保によって、崩壊熱除去機能を向上させている国々もある。

福島第一原子力発電所事故は、重大な自然災害によって原子力発電所の格納容器の健全性を維持する能力には課題が生ずるかもしれないことを明らかにした。その対応として、いくつかのNEA加盟国においては、格納容器ベントや水素の低減に関して原子力発電所の能力を向上させるための取組に再び関心が向けられるようになってきている。格納容器圧力を抑制するためのベント時に利用できるよう、新規又は改善されたフィルタベントまたはフィルタリング方策が実施または検討されている国もある。いくつかの国では、異なった水素低減方法の導入や既存の方法の改善がなされている。設計基準を超える事象（設計拡張状態とも呼ばれる）時の格納容器の連続的な冷却のための能力に関して評価が行われており、その改良が計画されたり実施されたりしている。

福島第一原子力発電所事故においては、使用済燃料を冷却し防護するための使用済燃料プールの性能もまた課題であった。福島第一原子力発電所では使用済燃料プールや使用済燃料に損傷は起こらなかったが、NEA加盟国は使用済燃料プールの防護能力を向上させるための対応を行っている。例えば、いくつかの国では外的事象に対する使用済燃料プールの防護能力が再評価され、その結果、使用済燃料プールの水位及び温度表示機能の多重性や冷却水供給の多様性が確保されるようになっている。

いくつかの国では、重大な事象が起きた際に装置の多重性と多様性を確保するためにサイト内に防護された可搬型安全設備を保管することが求められている。国によっては、その他の手法として、サイト外に設備を保管する施設を設置し、これによって事象発生後の数時間または数日以内に様々な種類の設備を施設へ運搬することができるようにしている。こうした施設は、緊急時に可搬型発電機、ポンプ、ホース、ベント装置、ディーゼル燃料貯蔵庫及び運搬車、消防車等の幅広い設備を提供することができる。この施設は、原子力発電所における自然災害から影響を受けないようオフサイト施設として、既存の原子力施設から十分に離れた場所に位置している。

いくつかのNEA加盟国では、人的及び組織的要因も含めて安全文化の特徴を幅広く検討しており、例えば、安全に対する姿勢、組織能力、意思決定プロセス及び経験から学ぶことに対する意識に焦点を当てた特別の安全文化プログラムも見られる。

福島第一原子力発電所事故は、深刻な原子力事故に対処する際に、**運転員と緊急対応の作業員が直面しうる課題**を明らかにした。このことは、**極限の状況下における確実なヒューマンパフォーマンスの重要性**を強く示している。

レビューと自己評価から得られた結果に基づいて対応がなされたことにより、NEA加盟国では一般的に、安全性、原子力防災及び緊急時対応が改善されている。一方で、未解決のものがさらにあることも認識されている。

国の安全確保の枠組みは、規制機関の効果的な独立性を構築し強化することや規制を見直すことによって大いに改善されている。また、ピアレビューと情報交換へのより多くの参加が得られるようになり、国際協力も活性化している。これらの取組は、原子力安全のもつグローバルな性格をさらに強めており、結果として国際協力を一層促進している。

多くの取組や改善が現在進められているところであるが、福島第一原子力発電所事故の結果として原子力発電所でなされている安全性の向上は、各国が継続して情報及び教訓を共有することによって発展し続ける長期的な努力の一部であることに我々は留意しなければならない。

NEA加盟国によって直ちに実施されてきたことに加えて、このレポートは、各国がその活動を比較評価し原子力安全確保の取組を継続的に改善できるよう、優先度が高く今後取り組むべき事項としてNEA常設委員会が示した点をまとめている。

CNRAは、たとえば、関連するテーマについて検討し、アクシデントマネジメント、クライシスコミュニケーション、事故前事象、深層防護、規制の有効性、安全文化及び新しい原子炉の規制分野での成功事例やガイダンスを提供するさまざまな報告書や文書としてとりまとめた。このようなガイダンスや成功事例は、成熟した既存の規制機関をもつ国に向けて作成されており、政策やその実際の取組の改善、比較評価やスタッフの研修のために活用することができる。またこれらは、効果的な原子力安全規制機関を設立し、整備しようとしている新規参入国においても活用できる。

NEA規制ガイダンスブックレット「原子力施設での**深層防護**の実施：福島原子力発電所事故の教訓から」は、深層防護を実施する上での考察と助言を提供している。重要な考え方は、深層防護の概念を用いることは福島第一原子力発電所事故後においてもこれまでと変わらず有効だということである。同事故からの教訓と深層防護の適用に関して同事故が与えた影響は、十分な安全性を確保する上で、深層防護が根本的に重要であることをまさに裏付けている。

CSNIは、福島第一原子力発電所事故のフォローアップとCNRAとの合意のもと、いくつかの優先度の高い活動を立ち上げることを決めた。テーマは、より詳細な技術情報及び共通なアプローチが必要とされる分野において、安全確保における重要度の高さに基づいて選ばれた。このアプローチは、実施状況を明らかにし、国内の規制要求を議論し、異なったオプションの利点と欠点を考慮し、アクシデントマネジメントの観点から改善しうる余地があるかどうかを確認し、今後の全体的な戦略を決定することを目的として行われた。取り扱われるテーマには、外的事象に関する確率論的安全評価(PSA)、フィルタ付き格納容器ベント、水素の管理、使用済燃料プール、核分裂生成物の放出、ヒューマンパフォーマンス、電気系統及び地震荷重の下での機器が含まれている。

またCSNIは、事故分析とアクシデントマネジメントのための安全研究共同プロジェクトを開始し、福島第一原子力発電所事故のベンチマーク研究や、水素挙動、格納容器の応答、設計基準を超える事故条件下の熱流動などの技術的な現象に関する調査を行っている。

CRPPHにおいては、国家間及び国内の緊急時対応の準備とその実施のさまざまな面の改善に積極的に取り組んでいる。CRPPHは事故の影響を受けた地域から産出された食品の事故後管理に関する2つのレポートを発表しており、国内及び国際的な食品管理の枠組みの紹介や、そうした枠組みが国際的な食品貿易に関して与える影響についての概要をまとめている。CRPPHは、ステークホルダーの関与に関するアプローチやその教訓について、特に国際放射線防護委員会(ICRP)との協力の下で取組を続けている。日本の経験から得られた教訓は、国際的にも当てはまるものであり、CRPPHによってとりまとめられ、この重要な分野における今後の取組のガイダンスとして活用されるだろう。またCRPPHは、放射線防護科学の最新の状況に関する詳細な報告書や重大事故が発生した場合の職業被ばくの管理に関する報告書を取りまとめている。

これまでの研究開発の取組によって、福島第一原子力発電所事故の現象の理解についてはかなり向上している。2つの重要な研究プロジェクトに多くのNEA加盟国が参加している：NEA福島第一発電所事故のベンチマーク研究(BSAF)、NEA福島原子力発電所事故後の安全研究の機会に関する上級専門家グループ(SAREF)。

NEA原子力法委員会(NLC)は、法的な観点から福島第一原子力発電所事故を検証してきた。その活動は、広く国際社会にとって有益な教訓を引き出すため、原子力事故の被害者に対する損害賠償に関する日本の法律の枠組み(原子力損害賠償制度)と福島第一原子力発電所事故の被害者に対するその運用に着目してきた。2012年には「日本の原子力損害賠償制度：東京電力福島第一原子力発電所事故に関連して」を出版しており、現在その改訂版を準備中である。

## レポートからの結論

### 安全性の継続的な向上

「福島第一原子力発電所事故：OECD/NEA原子力安全の対応と教訓(NEA, 2013 c)」の発表以来、NEA加盟国は、福島第一原子力発電所事故からの教訓について検討を続けてきた。この報告書は、国レベルで直ちに行われた取組や分析とともに、安全性を確保するための国際的な取組について検証を行った。NEA加盟国は、自国の原子力施設の安全レベルを維持・向上するために適切な取組を続けており、こうした事故以降の取組により現在では原子力発電所はより安全性の高いものになっている。

安全の確保は、運転の経験と研究を通して進化していく継続的なプロセスである。安全確保に一義的に責任を負うのは事業者であり、規制側には事業者が継続的に改善を行い、原子力発電所



をより安全にしていくことを確かなものにするという目標がある。原子力発電所を継続的に稼働していくには、極端な事象に対する施設の頑健性が設計基準を超える安全裕度をもって強化されることが必要であり、このための多くの改善策は既に実施されているか、実施が進められているところである。福島第一原子力発電所事故は外的事象(地震による津波)によって引き起こされたが、原子力発電所をより安全にするために世界中で実施されている取組は、人為的なものであれ自然に発生するものであれ、様々なタイプの事象に適用できるものである。

## 安全性向上の効果的な実施

NEA加盟国間において共有される福島第一原子力発電所事故からの教訓があり、また目指す結果も非常に類似しているが、その一方で、安全性を高め、潜在的な事故を回避しまたは事故の影響を緩和させるという目標を達成する上では、いくつかの異なる道がある。

加盟国には、特に、潜在的な可能性のある極端な自然事象に関してそれぞれ特有の自然条件が存在し、シビアアクシデントの回避とその影響の軽減のための措置等について異なった国の規制要求があり、継続的に安全性を改善するための定期安全評価にも様々な方法や適用があり、また異なるタイプと世代の原子力発電所がある。国の規制基準や安全要求、さらに実際に実施している安全対策は各国固有であり、個々の国の運転経験や各国の規制活動を反映しているため、NEA加盟国が必ずしも同じ出発点からスタートしているわけではない。安全性の向上のための優先度と計画の実施には、加盟国間で違いがある。

## 運転経験とリスクの知見の活用

運転経験による教訓、特に福島第一原子力発電所事故の際に見られた主な事故因子と事故状態に関連するものは、国際的に共有されるようになってきている。同事故において、これまで知られていなかった事故因子、事故シーケンスやその結果が明らかになったというわけではない。しかし、事故因子の組み合わせやその重大さは過去に例のないものであり、また、同時に3つの原子炉で事故が進行したことも経験のないものであった。

福島第一原子力発電所事故から明らかになったこととして、運転経験をフィードバックする既存のシステムは、教訓を引き出し事故の再発防止を助けるための良いツールである一方で、リスクの知見を組み入れた運転経験は、実際の事象の際に起こりうることを示すものとして、これまでより優れた改善のための情報源となりうるということがあげられる。

原子力発電所の運転経験から得られたことを適時に実施していくことは、規制機関及び事業者の継続的な課題である。事故前事象とそこから得られる教訓を明らかにし、そして、プラントの安全性強化及び再発防止に関連する対策を実施することが課題である。

**NEA運転経験に関するワーキンググループ(WGOE)**では、事故前事象からの教訓を適時にかつ十分に実行するために、より一層の努力が必要であるとしている。また、WGOEは、運転経験とリスクの知見を結びつけることによって、リスクを効果的に軽減させるためのプラントの変更も促される可能性があるとしている。

## 規制枠組みの強化

規制機関の独立性の強化を含め、政府の体制の強化及び規制の見直しが行われており、それによって各国の安全枠組みは強化され、その取組は続いている。規制の独立性の原則、特に、規制機関の機能と原子力エネルギーの推進に関わるその他の組織の機能との効果的な分離は基本的なものであり、それが維持され続けるよう注意を払うことが必要である。

いくつかの国では、規制枠組みの見直しを行い(現在見直しが行われている国もある)、福島第一原子力発電所事故から得られた教訓を反映するための所要の法改正が行われている。1つの例としては、被災者に適時かつ十分な額の賠償を確保するために、原子力施設の事業者一必要に応じて政府一が事故の状況に迅速に対応することを可能にする明確かつ包括的な法的枠組みが存在することの重要性が認識されるようになってきていることが挙げられる。

NEA加盟国においては、原子力の安全確保の枠組みや規制の比較評価と継続的な改善のため多くの取組が行われてきた。この中には、アクシデントマネジメント、クライシスコミュニケーション、事故前事象、深層防護、規制の実効性、安全文化、新しい原子炉の規制に関する取組が含まれている。効果的な規制の実施に関する比較評価や情報交換へのより多くの参加が得られるようになり、国際協力もまた活発化している。

## 安全研究によって支えられる長期的な学習プロセス

スリーマイル島やチェルノブイリの事故の際と同様に、福島第一原子力発電所事故の教訓を実行に移すことと継続的に研究活動を行うことは、規制機関や原子力産業界が事故から学び続けることに伴い、将来にわたって発展していく長期的な取組である。

短期的には、優先順位の高い教訓に関して現在取組が行われているところであるが、福島第一原子力発電所の廃止措置が進むにつれて我々の知識は広がっていくだろう。福島原子力発電所事故後の安全研究の機会に関する上級専門家グループ(SAREF)やNEA福島第一原子力発電所事故のベンチマーク研究(BSAF)などの取組は、炉心溶融した3つの原子炉のシビアアクシデントの進捗や原子炉の現状に関する有益な知見をすでに提供してきている。研究は、事故の進展、復旧やシビアアクシデントに関する人的要因に着目して継続的に行われている。福島第一原子力発電所での事故後の復旧作業からも重要な情報が明らかになってきている。

## 安全確保における本質的要素としての人的要素

人的、組織的要因と安全文化は、設計、建設、運転から潜在的な事象・事故への対応に至るまで、原子力の安全確保に関わるすべての面において本質的なものである。事業者も規制機関もともに、これらが福島第一原子力発電所事故後評価において対応すべき課題であることを認識するようになっている。人的要素は、深層防護の概念のすべての階層にかなりの影響を持っている。

NEA及びNEA加盟国は、効果的な原子力規制機関の特徴と規制機関の安全文化について検討を行い、比較評価、ピアレビュー、規制機関職員の研修及び能力開発について提言している。

いくつかのNEA加盟国は、人的、組織的要因を含む安全文化の特徴について幅広い検討を開始している。これらの取組には、安全に対する姿勢、組織能力、意思決定プロセス、経験から学ぶ心構えに焦点を当てた具体的な安全文化プログラムが含まれている。NEA及びNEA加盟国は、安全文化や人的・組織的要因などの分野での活動を引き続き行うことが原子力の安全確保にとって有益であると認識している。

原子力施設の安全を確保する一義的な責任は、事業者にあるが、規制機関自身にも原子力施設の安全を確保する上で重要な責任がある。NEAガイダンスブックレット「規制機関の効果的な安全文化」は、規制機関の効果的な安全文化を支える5つの原則を示している。これらの原則は、安全のためのリーダーシップ、個人の責務と説明責任、協働とオープンなコミュニケーション、ホリスティックアプローチ及び継続的な改善・学習・自己評価に関するものである。

## 緊急事態対応と長期にわたるリソースの確保

福島第一原子力発電所の事故は、大規模事故後の状況に対応する際の課題を明らかにした。時間の経過とともに放射線の影響や社会的な影響が次第に明らかになっていく一方で、意思決定の責任が中央政府から地方自治体へ、そして影響を受ける個人へとシフトしていった。このように長期間にわたって事態が継続することによって生じる複雑な状況に対処するためのアプローチは、国家計画の中で検討し、位置づけられる必要がある。

また、福島第一原子力発電所事故のような規模の緊急事態に対応するために必要なリソースは、相当なものであることも明らかになった。事故発生国以外の国も、たとえ事故の直接の影響を受けなくても、日本に居住する自国民をどのように保護するか、日本から入ってくる人や貨物にどのように対処するか、また日本から輸出される食品をどのように管理するかといった課題に対応できるようにするために、急速に進展する状況を把握する上でかなりのリソースを必要とした。日本政府は、事故の状況に対処すると同時に他国や国際機関からの公式・非公式の問い合わせに対処するために、かなりのリソースを割く必要に迫られた。このように、情報の収集、発信を行うための研修や十分なリソースの確保に関し、緊急時対応計画において日本の経験を考慮に入れることが必要である。

## ステークホルダーの関与及びパブリックコミュニケーションの強化

意思決定におけるステークホルダー(地方自治体、産業界、非政府組織、政府関係者及び公衆)の関与は、規制機関やオフサイトにおける緊急事態管理の意思決定に対する信頼性、正当性、持続可能性及び最終的な質を向上させるために適切かつ望ましいものである。さらに、通常時のコミュニケーション(すなわち事故時以外の状況)におけるステークホルダーへの積極的な働きかけは、緊急時における彼らの理解を高めるために非常に望ましい。

一部の加盟国は、規制プロセスにおける透明性、公開性及びステークホルダーの関与に関する方針を改善し、規制の意思決定プロセスにステークホルダーが関与できる機会を設けている。各国固有の運用や規制の相違は、各国におけるより一般的な運用を反映している。

福島第一原子力発電所事故の経験は、国内及び国際的に情報を共有し評価する手法を再考する必要性を示している。その経験に照らせば、原子力施設の安全性に関するすべての側面が理解されるよう、ステークホルダーとのコミュニケーションを規制機関や政府が効果的に行うことの必要性が改めて明らかになる。この目標を達成するため、規制機関は、コミュニケーション戦略及びその実施について改善を続ける必要がある。

## 持続的な安全性強化のための重要な要素としての国際協力

国際協力は、各国の規制機関がデータや経験を共有・分析し、コンセンサスを獲得し、各国の規制手続に適用できる手法を開発するために協働するフォーラムを提供する。また国際協力は、規制機関同士が、原子力発電所の安全性を確保するとともに、福島第一原子力発電所事故の一因となったような自己満足を回避するための気付きを与えるプラットフォームを提供する。NEA加盟国の規制機関は、国際的に協力し、規制の枠組みと原子力発電所の安全性を向上させるために講じた措置や情報を共有している。NEAは、国際安全研究共同プロジェクトや、特別のタスクグループ、作業グループ、専門家グループを通じて、中・長期的課題について協力するため、有益なフォーラムを提供している。



この“福島第一原子力発電所事故後の5年：原子力安全の改善と教訓”の日本語訳はOECDの公式な翻訳ではありません。そのため、OECDはその正確性を保証するものではなく、またその解釈や使用の結果について、一切責任を負いません。

This Japanese translation of *Five Years after the Fukushima Daiichi Accident: Nuclear Safety Improvements and Lessons Learnt* is not an official OECD translation; hence, the Organisation does not guarantee its accuracy and accepts no responsibility for any consequences of its interpretation or use.

報告書全文は[www.oecd-nea.org/pub](http://www.oecd-nea.org/pub)でご覧になれます。

The full publication is available at [www.oecd-nea.org/pub](http://www.oecd-nea.org/pub)



## 福島第一原子力発電所事故後の5年： 原子力安全の改善と教訓

世界中の各国は、2011年3月11日の福島第一原子力発電所事故から得られた教訓を基に原子力安全の改善と見直しを継続している。このレポートは、こうした活動の最新情報と全体概要についてまとめるとともに、今後考慮すべき更なる教訓と課題についても示している。このレポートは、NEA常設委員会とNEA加盟国によって行われた活動に焦点を当てており、他の国際機関から発表されたレポートを補完するものである。

NEA加盟国は、公開と透明性の精神の下に、自国の原子力施設の安全レベルを維持・向上するために講じた適切な取組を明らかにし情報を共有している。このような活動の結果、今日の原子力施設はより安全なものになっている。NEA常設委員会は、今後取り組むべき優先事項を示し、各国が原子力安全確保の取組を継続的に比較評価し改善できるようサポートしている。