

# Safety First

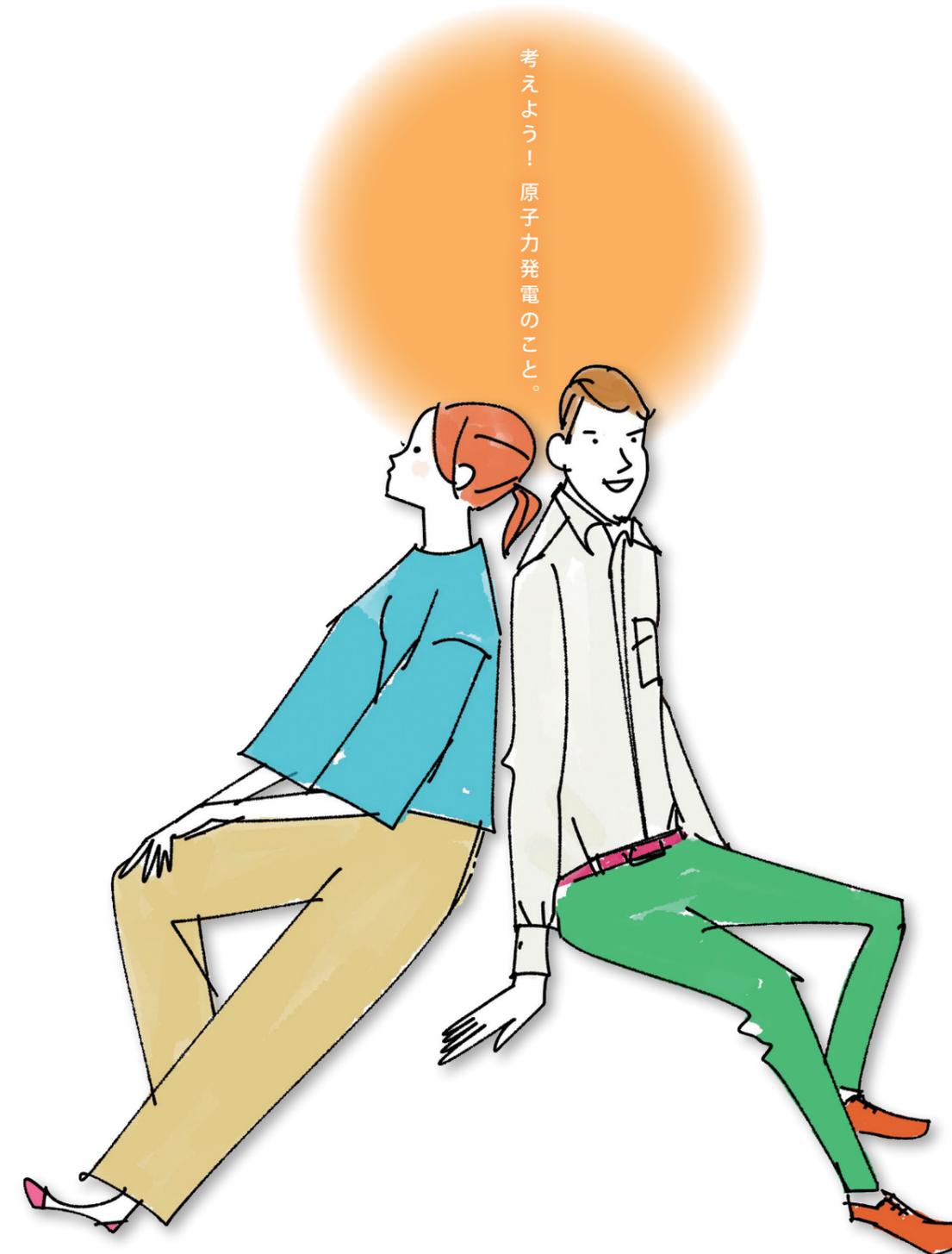
原子力発電のたゆまぬ安全性向上に向けて



本冊子Part2については、  
「原子力産業新聞」の特集サイトをご覧ください。  
[http://www.jaif.or.jp/tag/enhanced\\_safety/](http://www.jaif.or.jp/tag/enhanced_safety/)

# Safety First

原子力発電のたゆまぬ安全性向上に向けて



一般社団法人 日本原子力産業協会

〒102-0084 東京都千代田区二番町11-19 興和二番町ビル5階

TEL.03-6256-9311 FAX.03-6256-9310

<http://www.jaif.or.jp/>

2017.09



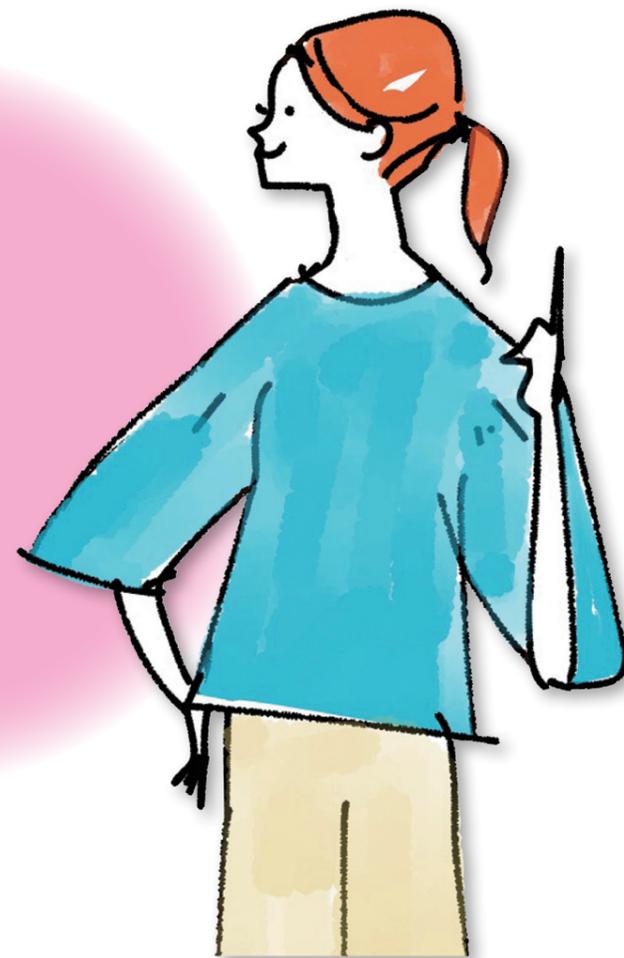
一般社団法人 日本原子力産業協会



原子力発電って、  
今どうなっているのかな？

# Safety First

はい。お答えします！



エネルギー資源の乏しいわが国においては、エネルギーの安定供給、経済性、地球温暖化対策の面で優れている原子力エネルギーを利用していくことが必要です。

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震に伴う大規模津波により、福島第一原子力発電所で大きな事故が起きました。わが国では、この事故を教訓として安全性向上を図るべく、新たに原子力規制委員会を設立し、国際的にも厳しい新たな原子力規制基準を定めました。

今、原子力事業者\*は、原子力発電所を稼働するため、単に規制基準をクリアするにとどまらず、さらなる安全性向上に向けた取り組みを進めています。

そうした取り組みを紹介した本冊子が、皆さまのご理解に役立つことを願っています。

\*原子力事業者：本冊子においては、原子力発電所および再処理工場等を保有する事業者を「原子力事業者」と呼びます。

## ● Part 1 — 「原子力発電の安全性向上」の全体像について説明します。

原子力発電の安全性向上に向けた取り組み ➡ 4	
基本的な考え方	
1	リスクに向き合う ➡ 6
具体的な取り組み	
2	備えを強くする ➡ 8
3	人を育てる ➡ 10
4	連携を密にする ➡ 12

## ● Part 2 — 「原子力発電の安全性向上」に関わっている国内外の方々に、取り組みの考え方や進め方について、お話を伺いました。

※Part2は、「原子力産業新聞」に掲載したインタビューおよび寄稿を編集・再録しました(所属・役職は掲載時のものです)。

### 【国内編】

	➡ 第1回 [2017年2月9日掲載] たゆまぬ安全性向上とともに、システム全体が分かる人材の育成を 電気事業連合会原子力開発対策委員長 豊松秀己氏 14
	➡ 第2回 [2017年2月22日掲載] 自主規制組織として活動は第2ステージへ。原子力規制委との新しい関係構築も視野に 原子力安全推進協会理事長 松浦祥次郎氏 17
	➡ 第3回 [2017年3月6日掲載] 「リスク情報活用による意思決定」を推進するため、ロードマップを明確化 電力中央研究所原子力リスク研究センター所長 G.アポストラキス氏 20
	➡ 第4回 [2017年3月28日掲載] 産業界の主体的な取り組みを支援するために安全目標の策定と国の支援を 東京大学大学院工学系研究科原子力専攻教授 山口 彰氏 23

### 【海外編】

	➡ 第1回 [2017年2月13日掲載] 〈寄稿〉米国における福島第一原子力発電所事故以降の安全強化 前米国原子力エネルギー協会(NEI)上級副理事長兼最高原子力責任者 A.R.ピエトランジェロ氏 26
	➡ 第2回 [2017年2月27日掲載] 信頼される規制には、独立性の確保とステークホルダーとの対話が重要 英国原子力規制庁(ONR)主任検査官 R.A.サベジ氏 29
	➡ 第3回 [2017年3月15日掲載] 〈寄稿〉3.11以降の原子力安全改善策 経済協力開発機構/原子力機関(OECD/NEA)事務局長 W.D.マグウッド氏 32

【用語集】	35
-------	----

# 原子力発電の安全性向上に向けた取り組み

## Safety First Part 1

2017.08現在 ● 3社12基が審査終了し、うち3社5基が稼働中  
8社14基が審査中  
新規基準施行後、5社6基が原子力事業者により  
廃炉決定（福島第一原子力発電所を除く）

2015.08.11 ● 新規基準施行後、初めて  
九州電力川内原子力発電所1号機が起動

2013.07.08 ● 原子力規制委員会による新規基準施行

2012.09.19 ● 原子力規制委員会発足

2011.03.11 ● 福島第一原子力発電所事故  
東北地方太平洋沖地震・津波発生

2001.09.11 ● アメリカ同時多発テロ事件

1999.09.30 ● ジェー・シー・オー（JCO）臨界事故\*1

1986.04.26 ● チェルノブイリ事故  
旧ソ連（現ウクライナ）の  
チェルノブイリ原子力発電所4号機

1979.03.28 ● スリーマイルアイランド事故  
米国ペンシルベニア州の  
スリーマイルアイランド（TMI）  
原子力発電所2号機

1966.07.25 ● 日本初の商用原子炉・日本原子力発電  
東海発電所運転開始

1963.10.26 ● 日本初の発電用原子炉・JPDR\*2が発電に成功

1955.12.19 ● 原子力基本法制定

●福島第一原子力発電所事故  
事故レベル INES\*3:レベル7

教訓 津波からの防護、電源・注水手段の確保、炉心損傷後の影響緩和、プラントの状況把握、復旧作業環境の改善など具体的な教訓を得た。

事故概要 三陸沖の海底を震源とするマグニチュード9.0の地震が発生。地震による津波で電源が喪失し炉心を冷却できなくなり、炉心溶融、放射性物質の放出につながった。

①地震により外部電源喪失  
②津波により所内電源喪失・破損  
⑦水素爆発  
安全機能喪失によるシビアアクシデントの進展  
③冷却停止  
④炉心損傷  
⑤水素発生  
⑥水素漏えい（格納容器破損）

地震・津波により、複数の機器・系統が同時に安全機能を喪失

使用済燃料プール

出典：原子力規制委員会（説明図のみ）

●チェルノブイリ事故  
事故レベル INES:レベル7

教訓 ヒューマンファクターに関する問題がクローズアップされ、原子力に関わる全世界の関係者に「安全文化」という考え方が徹底されるようになった。

事故概要 設計上の欠陥、運転員の規則違反、運転管理の問題が重なり、燃料が破損し、炉心が破壊。さらに黒鉛火災により放射性物質が外部に放出した。

●スリーマイルアイランド事故  
事故レベル INES:レベル5

教訓 マンマシン・インターフェースの重要性が認識され、制御室・監視制御盤・装置の大幅な改良につながった。

事故概要 設計の不備や運転員の誤判断が重なり、炉心の燃料が損傷し周辺に放射性物質を放出する事故となった。

福島第一原子力発電所事故など、過去に起きたシビアアクシデント（過酷事故）からの教訓を踏まえ、今、原子力事業者は安全性向上を目的とした取り組みを進めています。また、これらの取り組みについて、丁寧かつ継続的に、透明性を持って皆さまにお伝えするよう努めています。

基本的な考え方

1 リスクに向き合う  
リスクを正しく認識した上で、規制基準を遵守するだけでなく、自主的な取り組みを行うことでリスクの低減に努めることが大切です。  
→ P6-7

2 備えを強くする  
地震・津波といった自然災害やテロなどによる重大事故を防ぐための備えを強化します。  
→ P8-9

3 人を育てる  
原子力発電に従事する人たちの知識・スキル・意識を、さらにレベルアップします。  
→ P10-11

4 連携を密にする  
安全対策に取り組む国内外の関係機関との連携を強化します。  
→ P12-13

\*1 JCO臨界事故：東海村・JCO社のウラン加工施設で発生した臨界事故。臨界状態が20時間続き、放射線被ばくにより作業員2名が亡くなった。

\*2 JPDR：日本原子力研究所が東海村に建設した「動力試験炉」。英語名のJapan Power Demonstration Reactorに由来。1976年に運転を終了した後、86年から96年にかけて解体され、廃炉に関する多くの知見が得られた。

\*3 INES：国際原子力機関（IAEA）と経済協力開発機構／原子力機関（OECD/NEA）が策定した、国際原子力事象評価尺度（International Nuclear Event Scale）。原子力事故・故障のレベルを表し、レベル7が最も高い。

## → 規制基準の遵守と自主的な取り組みによるリスクの低減

福島第一原子力発電所の事故により、あらためて原子力に潜在するリスクの大きさが分かりました。リスクを正しく認識した上で、強化された国の規制基準を遵守するとともに自主的な取り組みを行うことで、リスクの低減に努めています。

### 1 福島第一原子力発電所事故以前の安全対策

安全設計は、多重防護やフェールセーフといった考え方にに基づいています。さらに、これまでの運転・保守経験や最新の科学的知見を踏まえ、安全対策に取り組んできました。  
〈安全対策の例〉

- ・異常検知装置の設置
- ・誤操作を防止するインターロックシステム
- ・地震に対する余裕のある安全設計

このような安全対策によって、東北地方太平洋沖地震が発生した際も、東北・関東地方の太平洋沿岸に位置する原子力発電所は、制御棒が挿入され設計通りに停止しました。

### 2 新規規制基準によって強化された安全対策

福島第一原子力発電所の事故を受け、右記の比較図が示すように地震や津波への対策の強化に加え、火山や竜巻などの自然現象への対策も新たに追加されています。さらに、「テロ対策」や「シビアアクシデント対策」も新設されました。

〈新規規制基準〉		
意図的な航空機衝突への対応	新設	(テロ対策)
放射性物質の拡散抑制対策	新設	(シビアアクシデント対策)
格納容器損傷防止対策	新設	
炉心損傷防止対策 (複数の機器の故障を想定)	新設	
内部溢水に対する考慮(新設)	強化または新設	
自然現象に対する考慮 (火山・竜巻・森林火災を新設)	強化または新設	
火災に対する考慮	強化	
電源の信頼性	強化	
その他の設備の性能	強化	
耐震・耐津波性能	強化	

#### 〈従来の規制基準〉

自然現象に対する考慮
火災に対する考慮
電源の信頼性
その他の設備の性能
耐震・耐津波性能

#### 安全性の評価

「決定論的評価」により安全性を確認。

##### ●決定論的評価

事故の種類別に一番厳しいシナリオを想定

機器のどれか1つが故障していると仮定

それでも安全が確保されることを確認

十分に保守性を持った評価を行うことによって、災害の防止上支障がないレベルで安全性が確保されていることを、確認するという考え方は。

#### 安全性のさらなる向上

「決定論的評価」に加えて、「確率論的リスク評価」を取り入れ、両者を統合的に活用してさらなる安全性向上を目指します。

##### ●確率論的リスク評価(PRA)

事故のシナリオを何千通りも用意

防御策が次々に失敗することを網羅的に想定

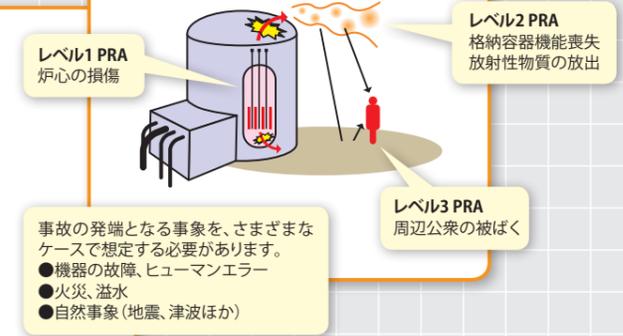
失敗が重なって炉心が壊れる確率を算出

PRAでは、それぞれのシナリオごとに炉心が壊れる確率を定量的に求めます。

これにより……

- ・発電所全体として、どの程度の確率が残っているのか
- ・安全上、どの機器やシステムの重要度が高いのか(あるいは相対的に脆弱なのか)が把握できるため、炉心損傷につながる要因を減らすための対策を効果的に行うことができるようになります。

PRAには「レベル1」から「レベル3」まであります。



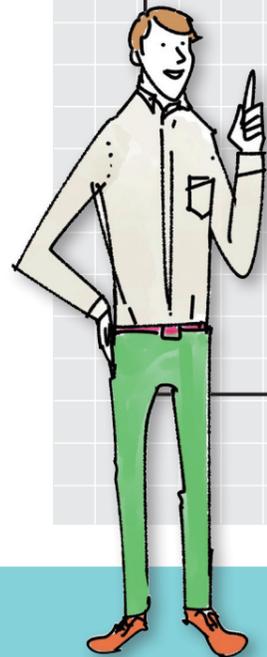
### 3 規制基準の枠を超えた自主的な取り組み

国の規制基準に加えて、原子力事業者は安全性を向上させるための自主的な活動に取り組んでいます。

- ・自主規制組織・JANSI、リスクの中核的研究拠点・NRRCと連携した安全性の向上\*
- ・組織間の相互協力協定
- ・美浜原子力緊急事態支援センターの設置
- ・海外の事業者との協力(海外に学ぶ)などがあります。

\*JANSIは12、17ページ、NRRCは12、20ページを、それぞれで参照ください。

リスク



リスクは、国の規制基準の遵守と、原子力事業者の自主的な取り組みによって低減していきます。

安全対策

リスクをゼロにすることはできません。このことを認識しながら安全性向上に取り組むことが大切です。

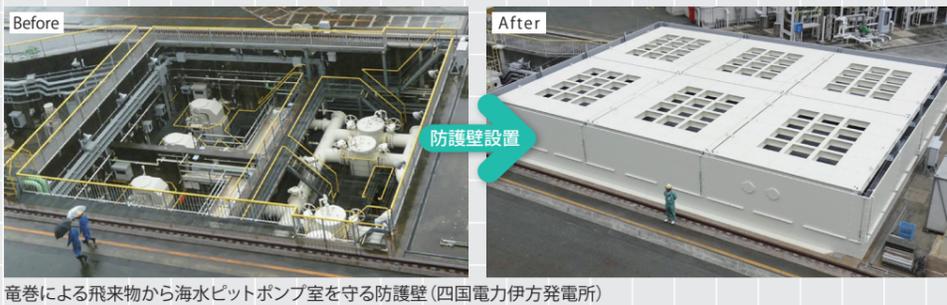
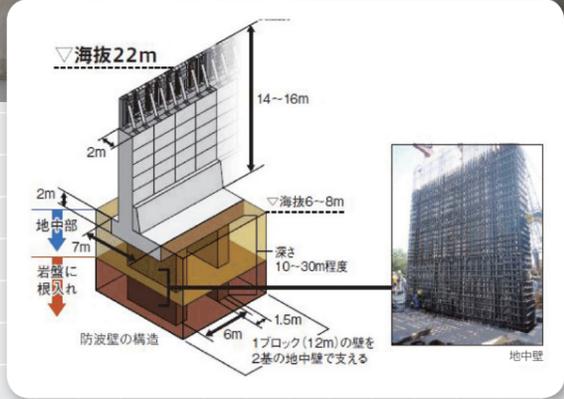
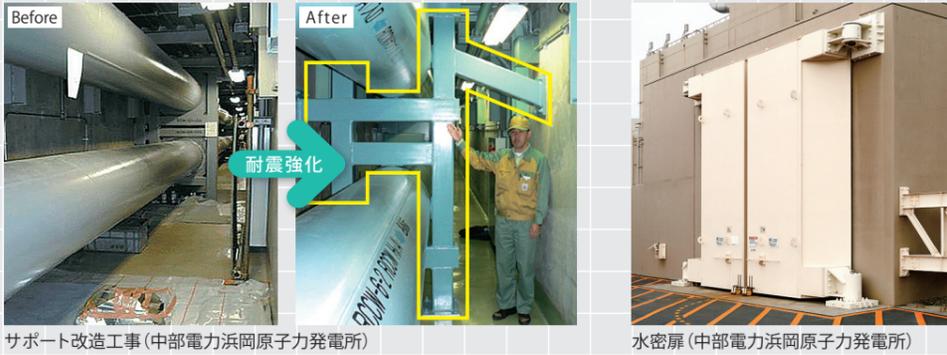
# 備えを強くする

## Safety First Part 1

# 2

### → 地震や津波など、自然災害への備え

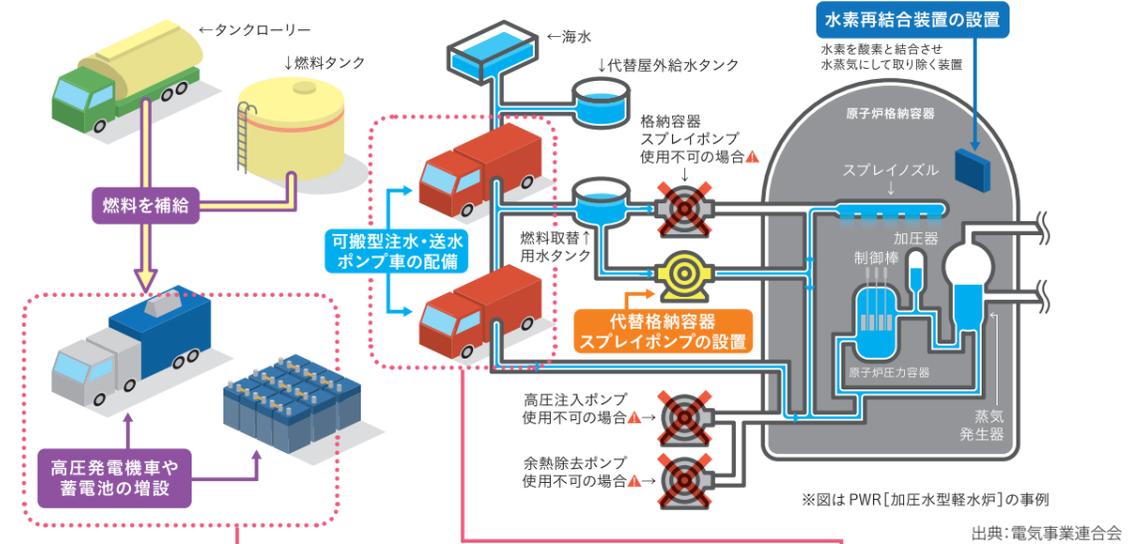
福島第一原子力発電所の事故を教訓として、地震や津波に対する想定をより厳しく見直し、耐震性を高める補強工事や浸水防止対策などに取り組んでいます。



### → 重大な事故の発生を想定した備え

重大な事故の発生・進展を防ぐ対策はもとより、仮に事故が起きたとしても、「どう事故影響を少なくするか」「どう復旧するか」までを含めた総合的な対応策に取り組んでいます。

安全性向上対策の例を図で示すと……

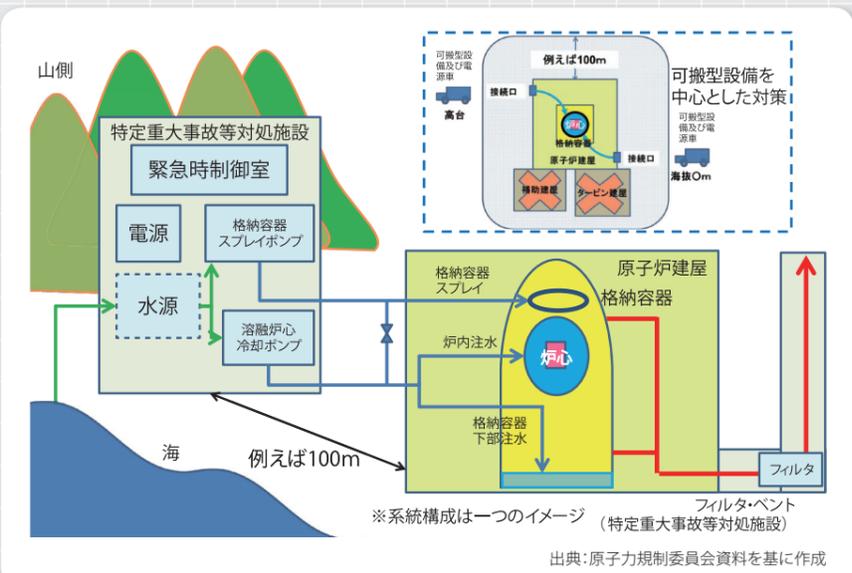


**電源の増設**  
発電所内の常設の非常用電源が機能しなくなる事態を想定し、蓄電池を増設したり移動可能な高圧発電機車を複数配備しています。  
 (北海道電力泊発電所の蓄電池)

**水源の多様化**  
冷却機能を確保するために代替用のポンプを設置したり、水源の多様化を図るなどしています(タンク、河川、貯水池、海など)。  
 (中部電力浜岡原子力発電所の送水車)

### → テロなどへの備え

テロや航空機落下などの事態においても、中央制御室から離れた場所でも対応できるよう、緊急時制御室(特定重大事故等対処施設)などの設置に取り組んでいます。





### ➔ 教育・訓練を通じた人材育成

原子力事業者は、さまざまな教育プログラムや実地訓練を通じ、安全確保や防災対策に取り組む人材の知識・スキル・意識のさらなる向上に努めています。そのいくつかの事例を紹介します。

#### 従来からの実施内容をさらに強化した教育・訓練



**総合防災訓練**  
重大事故が発生したという想定の下、緊急時対策本部を設置し、国や自治体への通報・連絡などさまざまな場合に対応した総合防災訓練を行っている(中国電力島根原子力発電所)



**失敗に学ぶ**  
「車座の間」での技術伝承を通じ、過去の失敗を教訓としたリスクへの意識向上を目指している(中部電力浜岡原子力発電所)



**保守員教育**  
若手とベテラン社員の組合わせで、保守管理に必要な実技教育を実施している(日本原子力発電教習総合研修センター)



**教育用シミュレーター**  
研修施設に設けられた教育用シミュレーターにより、発電所構造や安全設備について理解させる講習会を行っている(日本原子力発電東海総合研修センター)



**専属消防隊による消火訓練**  
大規模な火災に対処すべく専属消防隊による消火訓練を実施している(北海道電力)

### 重大な事故の発生を想定し強化した教育・訓練



**可搬式代替低圧注水ポンプ設置訓練**  
放射性物質が放出され、全交流電源が喪失した事態を想定し、可搬型設備を用いた注水作業の訓練を実施している(関西電力大飯発電所)



**夜間・吹雪時の参集訓練**  
夜間のみならず、積雪など、冬季の過酷な気象条件下でも適切な事故対応ができるよう発電所への参集訓練を実施している(北海道電力泊発電所)



**電源喪失時運転操作訓練**  
所内すべての交流電源が喪失する事態を想定した訓練で、薄暗い照明の下、運転操作を試みる(四国電力原子力保安研修所)

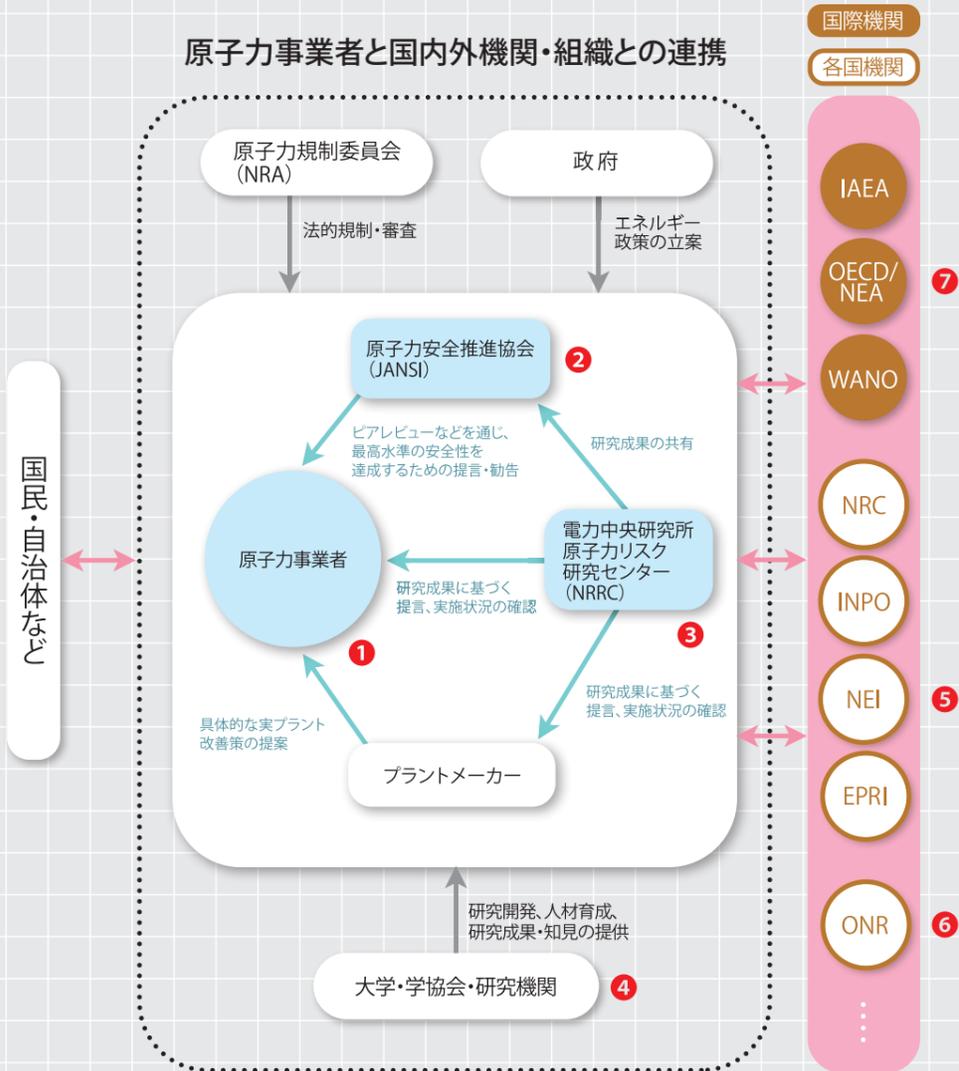


**がれき撤去訓練**  
自然災害によりがれきが散乱したことを想定し、重機を操作して道路を通行可能にする訓練を実施している(日本原子力発電東海第二発電所)



### → 共通のゴールを目指した連携

「安全性の向上」は、原子力事業者だけの取り組みで達成できる課題ではありません。すべての関係者がこの「共通のゴール」を目指し、国内外の機関・組織との連携強化に努めています。



- IAEA: 国際原子力機関
- OECD/NEA: 経済協力開発機構/原子力機関
- WANO: 世界原子力発電事業者協会
- NRC: 米国原子力規制委員会
- INPO: 原子力発電運転協会
- NEI: 米国原子力エネルギー協会
- EPRI: 米国電力研究所
- ONR: 英国原子力規制庁

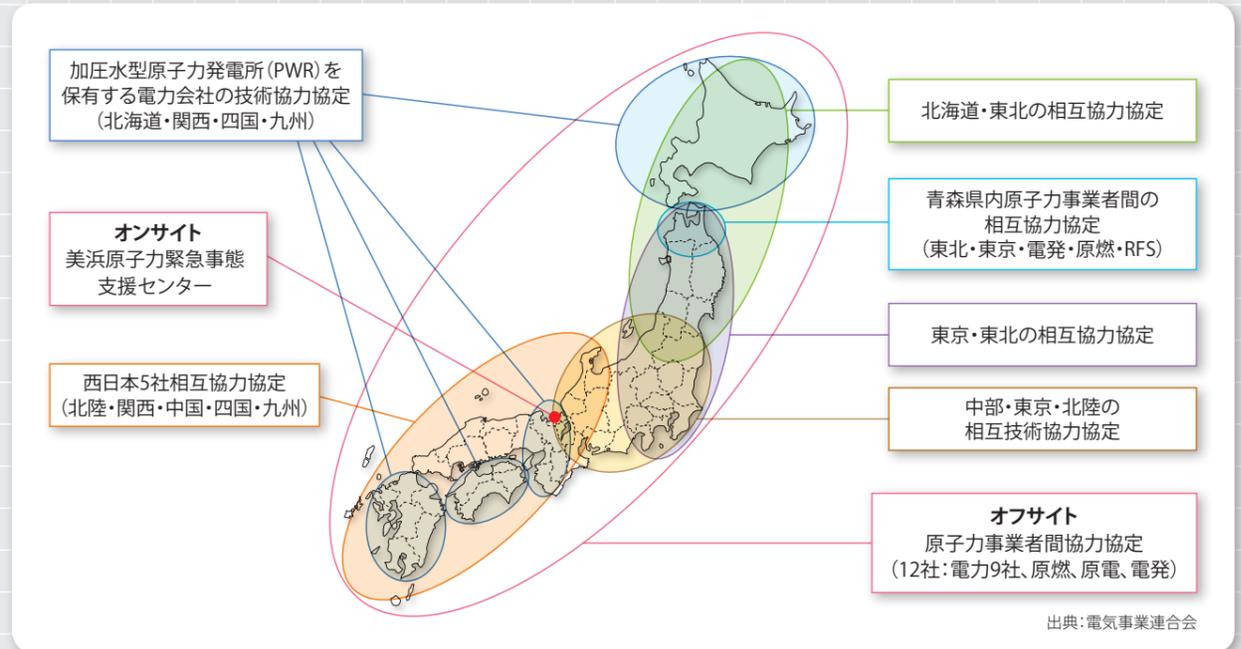
本冊子のPart2では、上の図の中から、

- ① 原子力事業者 (電気事業連合会)
- ② 原子力安全推進協会 (JANSI)
- ③ 原子力リスク研究センター (NRRC)
- ④ 大学・学協会・研究機関
- ⑤ 米国原子力エネルギー協会 (NEI)
- ⑥ 英国原子力規制庁 (ONR)
- ⑦ 経済協力開発機構/原子力機関 (OECD/NEA) の皆さんの声を紹介しています。

### 自主的取り組み①

### → 原子力事業者間の連携

原子力事業者12社間 (電力9社・日本原燃・日本原子力発電・電源開発) で、原子力災害が発生した場合に備え、「緊急時モニタリング」や「避難退域時検査」などについて協定が結ばれています。



### 自主的取り組み②

### → 連携に基づく協働 美浜原子力緊急事態支援センター

国内では初めて、原子力災害発生時に緊急出動隊を編成し、災害に対処する拠点施設ができました。緊急事態が発生した場合は、原子力事業者が協働で対応します。平常時には、各種ロボットなどの操作訓練を実施しています。





## 豊松秀己氏

電気事業連合会原子力開発対策委員長  
[2017年2月9日掲載]

【国内編】



## たゆまぬ安全性向上とともに、システム全体が分かる人材の育成を

新規規制基準への適合にとどまらず、より高い安全性の確保と社会からの信頼回復を目指し、たゆまぬ努力を続けている電気事業者。こうした取り組みについて、電気事業連合会原子力開発対策委員長(関西電力副社長)の豊松秀己氏にお話を伺いました。

### 事故直後の対応から自主的・継続的な安全性向上活動へ

#### 事故直後、事業者が取った安全対策とは？

私たち事業者は、津波によって全電源が失われた事態を深刻に受け止め、直ちに浸水対策や電源・水源の確保などに取り組みました。新規規制基準の施行後は、事故前には想定していなかった竜巻などの大規模な自然災害も想定し、同様の事故を二度と起こさない、そして万が一事故が発生した場合にも備え、ハード・ソフトの両面に対策を徹底的に強化しています。その結果、基本的に炉心溶融は起こらないと考えていますが、仮に起きても、格納容器はしっかり守られ、放射性物質の放出は極めて小さく抑えられるようになっていきます。

新規規制基準では、「セシウム137の放出量が100テラベクレルを下回っていることを確認する」としていますが、例えば、審査をクリアした関西電力・高浜3、4号機の場合、極め

て厳しい事故シーケンスを想定しても放出量は約4.2テラベクレルと評価しています。これは、福島第一原子力発電所事故による放出量のおよそ1万分の1で、環境への影響を小さくとどめることができます。

#### 新規規制基準を超えた安全性向上活動とは？

新規規制基準はクリアすべき「最低限のレベル」であり、実際に再稼働を行うとなると、地元の方々や国民の皆さまの理解を得るため、事業者が「不断に安全性向上に努める」ことが必須です。その一環として、万が一、原子力災害が発生した際、事業者として迅速に多様かつ高度な支援を行うための施設「美浜原子力緊急事態支援センター」を設

#### 美浜原子力緊急事態支援センターの概要

本格運用開始日	2016年12月17日	
運営主体	電気事業連合会、日本原子力発電(株)	
所在地	福井県三方郡美浜町	
敷地面積	約26,000㎡	
施設概要		
施設	用途	仕様
事務所棟	ロボット走行室、操作室、会議室、執務室等	鉄筋コンクリート造2階建 延床面積:約2,000㎡
資機材保管庫・車庫棟	ロボット資機材、搬送車両等の保管庫、非常用発電機室等	鉄骨造1階建 延床面積:約1,600㎡
屋外訓練フィールド	無線重機、無線ヘリコプター等の訓練	屋外訓練棟 フィールド:約2,600㎡ 予備屋外訓練フィールド:約5,500㎡ 計 約8,100㎡
ヘリポート	ロボットを輸送可能なヘリコプターの離着陸	約6,000㎡
要員数	21名	

#### 〈主な資機材〉

遠隔操作資機材		
小型ロボット	屋内外の情報収集(放射線量の測定を含む)	6台
中型ロボット	屋内障害物除去等	2台
小型無線重機	屋内外の障害物除去	2台
大型無線重機	機材運搬等	1台
無線ヘリコプター	高所からの情報収集(放射線量の測定を含む)	2台
輸送用車両		
ワゴン車	要員、軽資材輸送	2台
大型トラック	重機搬送	1台
中型トラック	ロボット搬送、ロボット・重機コントロール、指令センター、電源搬送等	9台

置(2016年12月17日、福井県美浜町で本格運用開始)。加えて、万一の際に住民の方々や円滑に避難できるよう、バスや福祉車両などの輸送手段の確保、サーベイメーターなどの放射線防護資機材の提供といった支援活動を行うことにしています。これらは法的要請事項ではなく、自主的な取り組みです。

さらに、全国共通の取り組みとして、原子力安全推進協会(JANSI)や世界原子力発電事業者協会(WANO)との連携活動があります。JANSIとWANOが相互に連携したピアレビューは、事業者が継続的に安全性向上に取り組む上で極めて重要です。併せて、リスク情報活用のための体制や手法を定着させるため、米国原子力規制委員会の元委員で、確率論を活用したリスク評価手法(PRA)分野の権威であるジョージ・アポストラキス氏を所長に迎え、電力中央研究所に新たに「原子力リスク研究センター(NRRC)」を設立しました。

#### 再稼働の進捗状況と審査進展に必要なこと

#### 再稼働がなかなか進まない状況をどうお考えですか？

原子力事業の予見性が低下しており、人材面への影響が深刻です。立地地域についても、原子力に対する思いが徐々に薄れていくのではないかと危惧しています。そういう意味でも、早急に再稼働する必要があると思います。

2016年末時点で、再稼働したプラントは5基(九州電力・川内1、2号機、関西電力・高浜3、4号機、四国電力・伊方3号機)で、この他5基(関西電力・美浜3号機、高浜1、2号機、九州電力・玄海3、4号機)が新規規制基準をクリア\*。2017年、九州電力・玄海3、4号機、関西電力・大飯3、4号機が動き出せば、累計9基のプラントが再稼働したことになりますが、いずれもPWR(加圧水型原子炉)で、今後は、BWR(沸騰水型原子炉)の審査の進展も必要です。

そのためには、規制側と事業者側とのコミュニケーションが重要。これまでも、事業者のトップと原子力規制委員会は、審査とは別に、意見交換を行ってきました。加えて、電気事業連合会としても、40年超運転に関する延長認可審査の考え方などについて意見交換する機会をいただきました。今後、BWRの審査遅延やバックフィット基準の明確化などを議題に、実務的なディスカッションができればと考えています。

\*2017年5月24日に関西電力大飯3、4号機が新規規制基準をクリアし計7基となった。

#### 規制委員会での検査制度見直しの議論とは？

原子力規制委員会では、新しい検査制度として、米国で

実績のある原子炉監督プロセス(ROP)を雛形とした、より効率的かつ効果的な検査を目指しています。ROP制度の導入は、安全重要度が高いと評価された事案について深掘りし、潜在的なリスクの軽重に着目した発電所の規制や運営につながると考えています。こうした新制度の検討に当たっては、規制側と事業者側の継続したコミュニケーションが大切です。

### 高経年炉を再稼働する必要性と安全性向上のための対策

#### 高経年炉を再稼働する意義は？

2015年策定の「長期エネルギー需給見通し」では、2030年度の総発電電力量に占める原子力の比率を「20～22%」としています。この基本的視点として、まずエネルギーセキュリティ。仮にホルムズ海峡が封鎖されると、直ちにエネルギー供給に影響が及ぶという非常に大きな問題を抱えています。2つ目は経済性で、再稼働が進まないため、関西電力では2回の電気料金値上げにつながっています。そして、3つ目はエネルギー起源のCO<sub>2</sub>排出量削減で、気候変動対策の国際公約を果たすためにも重要です。「原子力発電所を動かした方がいいのか?」という議論となると、「動かさない方がいい」という意見も多いのですが、これら3つの視点を踏まえ日本の将来を考える議論をすれば、国民の皆さまにもご理解いただけるのではないのでしょうか。

この「20～22%」という数字を達成するには、第一に再稼働が不可欠ですが、廃炉になるプラントも出てくるので、40年運転の原則に縛られてはとて達成できません。従って、2つ目に40年超運転を行うことが必要で、3つ目がリプレースとなります。

60年までの運転期間延長審査をクリアした美浜3号機、高浜1、2号機の3基は、これまで長期運転を想定して保守管理活動を継続的に行い、予防保全の観点から大型機器の取り替えも計画的に行ってきました。その上で、運転期間の延長に際しては、安全上重要な設備に対して劣化を想定した評価を行うとともに、取り替え困難な機器などに対する詳細な特別点検を実施し、改めて60年の運転について安全性を十分に維持できることを確認しています。

さらに、安全性については、最新プラントと同一の設計基準に適合することを確認するとともに、最新の設備改造や安全性向上対策を実施していきます。具体的には、高浜1、2号機では、原子炉格納容器上部に鉄筋コンクリート製のドーム状の遮へいを設置する他、非難燃ケーブルに対する火災防護対策を、美浜3号機では炉内構造物や使用済み燃料ピットトラックの取り替えや最新の中央制御盤への取り

替えなどを行っていきます。

#### 高経年炉の再稼働に対する慎重論には？

40年を超えて原子力プラントを運転することは日本でも初めてなので、立地地域の皆さまには不安や心配もあるでしょう。関西電力では、運転延長認可後に福井県北部・嶺北地域にお住まいの女性の方々を主な対象に、原子力発電所を見ていただく公募型見学会を8回開催しました(2016年末時点)。「モノを見ていただき、直接説明する」ことで、住民の方々の不安が少しでも解消できればと考えて実施したもので、こうした「草の根活動」は極めて大事な取り組みだと感じています。

### 今後の課題は、安全文化の醸成と人材育成

#### 美浜3号機事故を原点とした関西電力の取り組みは？

やはり、一番大事なのは「事故を風化させない」こと。そのためには安全文化を継続的に改善していくことが重要で、毎年度評価を実施し、さらに改善に努めるというPDCAを回す活動を続けてきました。評価には、社員や協力会社を実施したアンケート結果や対話活動の状況なども指標の1つとして活用しています。

福島第一原子力発電所事故の発生を受け、2004年の美浜3号機事故を原点としながら、もう一度、原子力発電の持つリスクを再認識し、安全性をたゆまず向上させていくことを目的に、2014年8月に「原子力発電の安全性向上への決意」という社達を制定しました。決意を明文化し、安全性向上に向けた取り組みの充実に取り組んでいます。

#### 人材育成の必要性を強調されていますが…

福島の教訓から、個々の技術を理解することも重要ですが、「システム全体を把握し、その中で『何が起きているか』が分かる人」が極めて重要だと思っています。そういう人が指揮官になるか、上層部に進言できるようになれば、事故発生時の事故収束はもちろん、平時における安全対策でも、全体を見ながら指揮が執れます。例えば、すべての設備に触れる必要がある「運転」の経験者なら、システム全体をかなり理解していると思います。関西電力では、適性のある人材を選び、人事ローテーションでいろいろな経験を積み、専門性を深めながら、海外の方とのディスカッションも通じて視野を広げてもらうといった育成キャリアパスを継続的に進めています。



## 松浦祥次郎氏

原子力安全推進協会理事長  
[2017年2月22日掲載]

## 自主規制組織として活動は第2ステージへ。 原子力規制委との新しい関係構築も視野に

### Safety First Part 2

自主的な安全性向上に向け、事業者との密接なコミュニケーションを通して実績と経験を積み重ねながら、原子力産業界を牽引している原子力安全推進協会(JANSI)。同協会の松浦祥次郎理事長に、これまでの活動と今後の取り組みについて伺いました。

### 原子力安全推進協会(JANSI)の活動と役割

#### JANSI設立の経緯は？

JANSIは、福島第一原子力発電所事故の反省に立ち、二度とこのような事故を起こさないという原子力産業界全体の認識の下に設立されました。

事故以前の安全確保の考え方は、規制当局の要求に応じることが基本であり、これにしっかり対応していれば安全は一応確保できる、そうした認識が強かったと思います。しかし事故後、規制要求に応えるだけでは安全確保は十分にできないとの反省から、自主的な安全性向上の必要性が強く認識されたのです。

では、規制要求に対して事業者はさらに何をすべきか、特に原子力が持つ特有のリスクを考えたときにどうしていくべきか？それが、いわば自主的な安全性向上の主眼であり、そのための具体的な活動を引っ張っていく自主規制組



【国内編】

織としてJANSIが設立されたわけです。

JANSIの前身である日本原子力技術協会(JANTI)は、原子力発電所のトラブルなどをオーバーサイト(監視)し、安全性向上を図るために活動していた組織です。JANSIはこれを母体に、米国の原子力発電運転協会(INPO)が実施していた先進的な取り組みをモデルに、新たな組織として改編されスタートしています。現在もINPOの活動を参考としており、協力関係にあります。

### これまでの活動内容は、どのようなものでしたか？

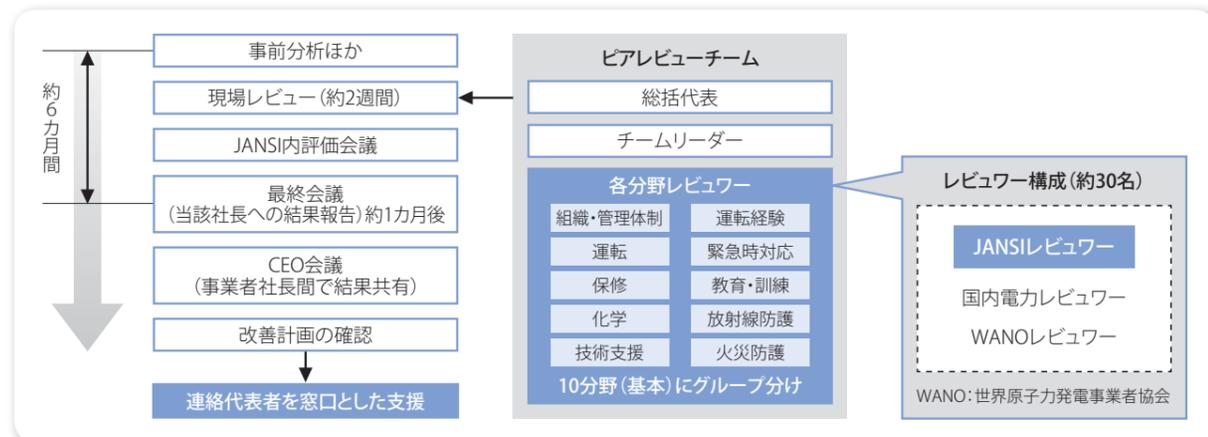
JANSI設立当時の原子力産業の重要課題は、いかに円滑に原子力発電所の再稼働を進めるか、ということでした。安全を確認した上で、原子力発電を活用していくことが、日本全体としても重要な課題となっていました。そのためにも、原子力規制委員会の新規制基準を満たし、ハード・ソフトの両面でしっかり対応することが重要でした。しかし、それは電気事業者の役割です。

JANSIに求められるものは何か？それは、再稼働後の運転の安全確保への取り組みです。これを基本的な課題とし、設立当初の5カ年計画を策定しました。これが、いわばJANSIの第1ステージです。

そして、一昨年、JANSIの活動の進展について、INPOから自主規制組織としてどうあるべきか評価を受け、そこでいくつかの建設的な指摘が示されました。その結果、JANSIは事業者とのコミュニケーションを一層活発にして、安全性向上の強化につなげるべきとの認識に至ったのです。これを踏まえ、昨年7月まで時間をかけて問題点を洗い出し、対応策をまとめました。

具体的には、セーフティーフォーカス、リーダーシップ、オーバーサイト、ガバナンスの観点から自主規制組織の理念を再構築し、組織全般の構造と機能の抜本的改善を行って

### ピアレビューの概要



出典:原子力安全推進協会パンフレット

います。特に、職員各自と組織全体の活動に明確な目標を示すため、「JANSIの活動規範」と「自主規制組織としてJANSIが目指す姿」を制定。今後の活動達成目標と基準を明確に示しました。

私たちが今、向き合う最も重要な課題は、INPOの評価でも強調されていましたが、原子力発電所が円滑に再稼働し、安全で安定した運転が保たれることです。そのためにも、JANSIの力が発揮されねばなりません。さらに、このたび改定した「5カ年計画 2016-2020」に基づき第2ステージの活動を進めているところです。

### 第2ステージに向けた組織改正、その狙いをもう少し詳しく教えてください。

前身のJANTIでは、当時の状況を踏まえ、原子力産業界からのさまざまなニーズに柔軟に対応できるよう、組織は

#### ■原子力安全推進協会の経営理念とビジョン

##### ミッション (経営理念)

JANSIは、日本の原子力産業界における世界最高水準の安全性の追求(～たゆまぬエクセルシオの追求～)を確実なものとするため、原子力事業者の自主的継続的安全性向上活動を牽引する。

##### ビジョン (経営理念達成のための未来図)

JANSIは、原子力産業界の原子力安全確保における自主規制組織として、自らを高め、原子力安全における基準となるエクセルシオを明確化し、事業者にエクセルシオ追求を求めている。また、原子力施設評価を通じてエクセルシオとのギャップを同定し、必要な支援活動を実行している。

出典:原子力安全推進協会パンフレット

各部門が並列するフラットな形にしていました。

一方、JANSIでは、安全性向上に向けて進めるべき事業をより重点化し、発電所の円滑な再稼働と安全で安定した運転の確保といった使命を効果的に遂行するため、ミッション・オリエンテッドな組織としています。また、ピアレビューの実施や安全性向上策の提案、基盤的支援活動といったJANSIの柱となる3事業をベースとした組織構造とし、ガバナンスの強化を図っていることも挙げられます。

さらに、INPOとの比較でいえば、INPOは豊富な人材を擁していますが、JANSIは限られた人的資源を効率的に運用し1つ1つ成果を上げていく方針です。もちろん、原子力産業界の状況変化に柔軟に対応し、今後とも適宜、組織を見直していくことを考えています。

### これまでのJANSIの活動に対し、事業者からの反応はいかがですか？

自主規制組織JANSIに対する認識と期待は、事業者の間でも高まっていると考えています。この1月、電気事業連合会の勝野哲会長(中部電力社長)がJANSIに来られました。その際、自主規制組織の重要性に対する認識やJANSIという組織のあり方に対する期待感を、職員を前にはっきり表明されました。とても印象深く、意義深いことだったと思っています。

### 連携と情報発信のあり方

### 世界原子力発電事業者協会(WANO)などとの連携強化はどのように？

JANSIの柱となる3事業のうち、ピアレビューは、日本の原子力産業界が原子力安全のエクセルシオを追求していくための重要な活動です。その意義は、レビューチームと発電所が協働して、自らでは見つけにくいエクセルシオとのギャップを見だし、発電所が自らそれを解消し、原子力施設の安全性・信頼性をさらに向上させていくことです。

ピアは文字通り「仲間」という意味ですが、評価者と発電所のカウンターパートが、原子力に携わるプロフェッショナル同士として信頼関係を築き、現場観察と妥協のない真剣なコミュニケーションを行うことが重要です。現在は、JANSIと日本の事業者からの評価者だけでなく、WANOからのメンバーも加えて実施しています。

ピアレビューを最初に実施したのは、米国スリーマイル島原子力発電所(TMI)の事故を受け発足したINPOでした。そして、チェルノブイリ事故の際、このピアレビューを世

界的に実施すべきとの認識から、INPOの活動を参考にWANOが設立されたという経緯があります。

### JANSIの活動の意義や効果を、社会にどう発信していくべきでしょうか？

INPOもWANOも自身の活動については公表していません。現場と密接に事実確認や議論をするため、そして、安全性向上を第一として成果を上げるためには、すべてを公表することは必ずしも良い効果を生まないと、これまでの経験から学んでいるからです。

JANSIはWANO東京センターの一員であり、WANOの原則を守るべき立場にもあります。ですから、JANSIの活動を通じて得られた成果は、事業者自身が公表すべきかどうか判断し、対応していくのが適切だと考えています。

ただ、「JANSIの活動がもう少し見えるように工夫したらどうか」とのご意見を、組織の内外からいただいていることも事実です。JANSIの特性を損なわない範囲で、1つ1つ確認しながら、活動の紹介などを行っていきたくて考えているところです。

### 国の規制を預かる原子力規制委員会(NRA)との関係

米国では、原子力規制委員会(NRC)とINPOが、相互補完的な関係で安全性向上に取り組んでいます。両者は協定に基づき情報交換を活発に進めるとともに、NRC委員長とINPOのCEOは頻繁に会い、コミュニケーションを図っているのです。

NRCは原子炉監視プロセス(ROP)の仕組みの中で、コンプライアンスの観点から各発電所の安全性をランク付けし、問題のある発電所はかなり厳しく検査するなど、合理的な検査制度を運用しています。一方、INPOではピアレビューを実施し、パフォーマンス指標(PI)と併せて発電所の安全性を評価。パフォーマンス重視の立場から、事業者の自主的な安全性向上の取り組みを促していますが、その評価結果は公表しません。しかし、両者は互いの活動の適正さを評価し合っています。

日本においても、NRAとJANSIの関係を、米国のNRCとINPOに近い形で具体化することが良いのではないかと考えています。JANSIではこうした関係作りに向けてNRAとも意見交換を行っており、今後、着実に進展していくことを期待しています。



## G.アポストラキス氏

電力中央研究所原子力リスク研究センター所長  
[2017年3月6日掲載]

【国内編】



## 「リスク情報活用による意思決定」を推進するため、ロードマップを明確化

2014年10月、電力中央研究所(電中研)に原子力リスク研究センター(NRRC)が設立されました。当センターの目的は、原子力施設の安全性向上に不可欠な「リスク評価手法の高度化」に対する支援で、既に産業界との密接な連携の下、重要なプロジェクトが始動しています。今回は、ジョージ・アポストラキス所長に、これまでの活動状況と今後の取り組みについてお聞きしました。

### 原子力リスク研究センター(NRRC)の活動内容

#### センター所長着任当時の印象は?

まず直面したのは、電中研内のカルチャーの問題です。優秀な研究者がそろっていますが、全体を包括するビジョンに照らして「なぜその研究をするのか」「研究成果をどのように使うのか」という視点が少し弱かったように思いました。そこで私がまず力を入れたのが、確率論的なリスク評価の視点から、自分の研究がどう貢献でき、いかに活用されるかを考える文化の醸成です。

もちろん、組織の文化や風土を変えるのは難しい。それは社会においても同じだと思いますが、幸い所内からは非常に良いレスポンスを得ています。皆、新しいやり方に適応しようと努力しており、手ごたえを感じています。それと、産

業界からもしっかりと支援をいただいているので、その点でもうれしく思っています。

#### 具体的な活動は?

四国電力の伊方発電所3号機、東京電力の柏崎刈羽原子力発電所6、7号機の確率論的リスク評価(PRA)を、国際的な水準に引き上げていくためのプログラムを実施しています。

例えば、伊方3号機の地震ハザード評価プログラム(SSHAC=地震ハザード解析専門委員会)。このプロジェクトは大がかりで相応のコストもかかりますが、日本全国から多くの地震ハザードや地震動の専門家が集結し、2年以上継続して実施するものです。これは、四国電力が私たちの提言を受け入れたプロジェクトであり、大変意義のあることと心強く思っています。つまり、産業界がリスク情報活用による意思決定を実施しようと、真剣に考えていることを表明した好例だからです。

日本では、地震リスクの評価が重要課題であることがプロジェクト推進の一因ですが、竜巻や断層変位などを対象にしたPRAの研究開発も進めているところです。

#### これまでの成果は?

形になった成果物は2つあります。1つは人間信頼性分析に関するガイドの作成。これは、電気事業者がPRAを実施する際のガイドで、現在使い始めてもらっているもので、近いうちに使い勝手などのフィードバックを得たいと考えています。

もう1つは、米国におけるリスク情報の活用状況をまとめた白書。この2年あまりに行った、産業界の経営トップらとの対話がヒントになりました。というのも、これまでに米国でリスク情報が意思決定にどう活用されたのかをご存じない

#### NRRCの組織理念

##### ミッション

確率論的リスク評価(PRA)、リスク情報を活用した意思決定、リスクコミュニケーションの最新手法を開発し用いることで、原子力事業者及び原子力産業界を支援し、原子力施設の安全性をたゆまず向上させる。

##### ビジョン

PRA手法及びリスクマネジメント手法の国際的な中核的研究拠点(センター・オブ・エクセレンス)となり、それによって、あらゆる利害関係者から信頼を得る。

出典:電中研ホームページより作成

方がいらしたからです。この白書はそうした方々の理解向上を目的とし、米国での歴史、ならびに原子力規制委員会(NRC)と電気事業者がどのような案件に取り組んできたのかを、成功事例とともに失敗事例も含めて紹介しています。現在、完成に向けて最終段階のレビューを進めているところです。\*

また、地震PRAと同様に重要課題である火災PRAの検討も進めていて、報告書をまとめる予定です。米国では、NRCと産業界が共同で報告書をまとめましたが、残念ながら、実際の現場での問題解決にあまり役に立っていません。これまでの議論点をクリアするなど内容を最新版にし、日本での火災防護の現状を反映したいと考えています。

\*2017年5月29日付でNRRCウェブサイトに資料掲載。  
資料名:リスク情報を活用した意思決定:米国の経験に関する調査  
<http://criepi.denken.or.jp/jp/nrrc/index.html>

### リスク情報活用による意思決定(RIDM)推進チームへの期待

#### RIDM推進チームとは、どのような組織ですか?

経験豊かな専門家10名から成り、事業者からも6名参加しています。この専門家チームでリスク情報活用をいかに進めるかを戦略的に考えてもらい、近い将来、ロードマップの形にまとめます。日本において、産業界はもちろん規制当局でもリスク情報が日々当たり前で活用される状況になるよう、このロードマップを活用してほしいと考えています。

#### 進め方のポイントは?

日本でも米国の原子炉監視プロセス(ROP)のように、リスク情報を活用した合理的な検査制度をつくる方向であると聞いて少し驚きました。というのも、日本ではベースになるインフラが十分整っていないからです。その半面、こうした動きによりRIDMが一般化する契機となればとの期待もあります。

その際、問われるのは、どう進めれば既存の体制に悪影響を及ぼさず、かつ体系的にリスク情報を活用できるようになるかです。進め方が特に重要だと考え、ロードマップを明確にすることにしました。ロードマップがあれば、どう進めればいいのか皆が理解でき、どこがマイルストーン(節目)になるのかが分かるからです。また、どのタイミングで産業界と規制当局が協力すればいいかが明確になることにも期待しています。

#### RIDM推進チームと原子力規制委員会の関係は?

もちろん、産業界側であるNRRCが設置したRIDM推進チームが、原子力規制委員会(NRA)に何か指図できる立

場にはありません。実際、原子力産業界では、大きな変更をする場合には規制当局の同意を得る必要があります。ただ願わくば、規制当局と討議し納得を得た上で、このロードマップが規制当局との共同提案にできればと考えています。



それから、さらに大きな課題として「安全目標の定量化」があります。日本で安全目標を扱う場合には、どういう形にすべきか、いつごろから取りかかるべきか、今後の課題として考えていく必要があります。

### 安全性向上における日本特有の課題

#### 安全文化について日米の違いを感じますか？

日本の産業界の中に「規則さえ遵守していればOK」という文化があるように感じました。これは大きな問題で、「当局が定めた規則に従っていれば、その後の責任はない」という考えにつながる可能性があるからです。つまり、「安全確保の一義的な責任は事業者が持つべき」という一般的な考えに相反します。米国でPRAを30～40年実施して分かったのは、必ずしも従来の規制は完璧ではないということです。例えば、安全確保の上でヒューマンパフォーマンス（人間の振る舞い）が重要な要素であること。今では周知のことですが、PRAが出てくるまで人間の振る舞いはあまり注目されていませんでした。産業界も規制当局も、一定のルールを守るだけでは十分ではないということを認識すべきでしょう。

#### 現在の日本の取り組みについて、どうお考えですか？

継続的な安全性向上への取り組みが進んでいますが、2つの理由から非常に良いと思っています。

1つは、継続的に取り組んでいくと明言していること。これは、「事業者が一義的な責任を負う」という意思表示に他なりません。それは同時に、規則遵守文化から自らを解放することでもあります。もちろん、継続的な改善を行うにはプラントを忠実に反映しかつ広範に見ることのできるモデルが必要になります。このようなモデルの策定に役立つのがPRAなのです。

2つ目は、こうした取り組みにより、リスクという概念に対する理解が醸成されるということ。日本では、一般の人々は確

率論的に考えることにあまり慣れていないように思えます。実際、広く社会の場で「リスクと便益のバランス」の話をして、すぐに理解を得ることは難しい。それは私も認めるのですが、今後はリスクと便益のバランスを評価する重要性について理解を得ていく必要があると考えます。

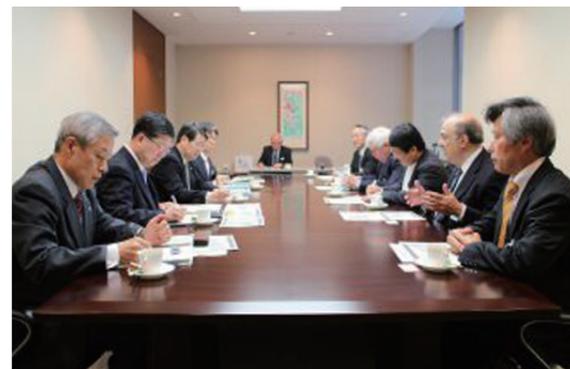
#### リスクという概念を理解・共有することが大事？

はい。リスクという概念には、事故の起きたときの結果と事故が起きる確率の両方が含まれます。また、「安全か安全でないか」と二項対立的に考えることは適切ではありません。原子力に限らず、どのような場面でも「リスクがゼロ」ということはあり得ないからです。例えば、私は飛行機で約10時間をかけて来日します。航空機については規制当局も事業者も安全運航に努めていますが、それでもリスクはゼロではない。しかし、私はメリットを考えて、そのリスクを受け入れている—リスクと便益のバランスを考えて行動しているのです。

原子力についても、リスクをしっかりと評価した上で、社会を支える経済的な側面やエネルギーの安定確保といった便益とを比較し、判断することが重要なのではないのでしょうか。

### 規制当局との関係

福島第一原子力発電所の事故後しばらくは、規制当局はしっかり独立して取り組んでいる姿を社会に見せる必要があったのだらうと思います。その間、産業界側との対話も控えるといった空気を感じました。しかし現在、状況は変わりつつあると思います。基本的に、産業界との交流を断って規制するのは現実的ではないし、そもそも不可能なことです。プラントが一番よく知っているのは産業界、すなわち事業者です。継続的な安全性向上に向け、リスク情報の活用を進めていくには、規制当局と産業界が十分に討議していくべきだと考えます。



企業トップとの対話（2016年4月に東北電力で行われた原田宏哉社長との対話の様相、出典：電中研ホームページ）



## 山口彰氏

東京大学大学院工学系研究科原子力専攻教授  
[2017年3月28日掲載]

## 産業界の主体的な取り組みを支援するために 安全目標の策定と国の支援を

### Safety First Part 2

継続的な原子力の安全性向上に向けてどう取り組むべきか。総合資源エネルギー調査会原子力小委員会の自主的安全性向上・技術・人材ワーキンググループの座長として、政策的議論を主導されている山口彰東京大学大学院教授にお話を伺いました。

### 自律的システムの構築に向けて

#### 原子力の安全性向上に向けて、 自律的なシステムをどう構築すべきでしょう？

産業界が主体的に安全性向上のための自律的システムを構築するには、当然、資金や人、さまざまな情報が必要になります。また、これを継続的に運用するには、事業の予見性、併せて事業リスクの管理も必要です。

予見性があるというのは、方針がころころ変わらないことを前提に、安心して設定したゴールを目指せるということ。また、安全性向上を進める途上で何らかの問題が生じ、事業が立ち行かなくなる事態を避けるためには、事業リスクの管理が必要になります。

つまり、制度を動かしていくときの深層防護的な考え方—失敗の防止と失敗への対処—が重要で、予見性があれ

### Profile

#### Akira Yamaguchi

東京大学大学院工学系研究科 教授  
東京大学工学系研究科原子力工学専攻博士課程修了。1984年動力炉・核燃料開発事業団入社。2005年から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を務め、15年より現職。専門分野は、原子力工学、安全工学、リスク学。



【国内編】

ば、当初の狙い通りに進めることができます。また、外的要因などの影響を受け環境の変化が生じた際も、リスク管理がきちんとしていれば、影響を緩和し引き続きゴールを目指せます。そのためにもここで重要なのは、自律的システムが制度化、ルール化されていることです。

自律的システムの構築に当たり、官民の役割分担についていえば、予見性やリスク管理に関する制度化は国が工夫すべきです。なぜなら、国と産業界の目指すゴールは決して無関係ではないからです。目指すゴールを共有し、それぞれが適切な制度設計を行うことが重要です。

### 予見性の意味するところを、もう少し詳しく お願いします。

米国の原子力規制委員会(NRC)は、重視すべき5項目を「良い規制の原則」として定めており、その中に「Reliability」という項目があります。一般的には「信頼性」と訳されますが、NRCの原則を読めると、「規制者は明確な理由なしに過去の判断をくつがえし、変えてはならない」とあります。私は、この「Reliability」を「首尾一貫性」と訳し、「規制の判断がReliableである(信頼できる)のは、首尾一貫性が保たれているからだ」と理解しています。

NRCが原則に「Reliability」を入れた意味は、規制当局が自らの判断に首尾一貫性を持たせることで、国民や事業者から信頼され、結果として予見性を与えるということを示したのではないかと考えます。規制判断の首尾一貫性は、信頼と予見性を与える上で重要です。

#### ■ NRCの良い規制の原則

- 独立性 (Independence)
- 公開性 (Openness)
- 効率性 (Efficiency)
- 明瞭性 (Clarity)
- 信頼性 (Reliability)

出典: NRCホームページ

### 安全研究の推進と安全目標の策定

#### リスク情報活用の基盤形成を含め、 安全研究をどう進めるべきでしょう？

これまでの安全研究の1つの問題点は、全体のリーダーシップが希薄だったことです。かつては、原子力安全委員

会が議論し年次計画を立てていましたが、予算も含め、その計画を裏付ける仕組みができていませんでした。そのため、各研究組織の安全研究は自主的に行う形に近くなり、予算的な制約などもあって弱体化傾向となり、福島第一原子力発電所の事故後も解消されていません。つまり、着実に推進するには、「誰のために、何のためにやるのか」という高位の目的を共有することが重要です。国際原子力機関(IAEA)の基本安全原則にも、原子力規制委員会(NRA)のホームページ(組織理念)にも書かれているのは「人の防護と環境の保全」であり、この高位の目的からすれば、今後そこを変えていく必要があります。

ただ、その下に落とし込んでいくと、利益相反の問題があり、これがリーダーシップを発揮する上での障害となっています。しかし、米仏では安全研究を規制機関と推進機関が共同で実施しています。国民の利益に合うという共通の目的の下に共同実施する意義を認め、その上で利益相反のないようにルール化しています。データは一緒に取るけれど、その解釈や決定をする場面ではまったく独立して研究しているのです。

対して日本では、NRAもルールを作り、利益相反がなければ民間の研究機関と共同で実施できますが、利益相反を避けることを一義的な目的に置いています。安全研究は5年、10年と長期的に続けていく必要があり、また相応の投資を継続するためにも、米仏のように「国民の利益」という高位の目標を共有してスタートすることが非常に重要だと考えます。

#### 最も高位のゴールとしての安全目標。 その策定は主として国の課題では？

原子力安全委員会による安全目標の中間取りまとめ(2003年8月)では、安全目標はリスク管理者の安全確保活動の深さと広さを定めるとされています。そのリスク管理者は誰かかというと、現状では事業者とNRAになります。結論的にいえば、安全目標の策定は、高位の安全目的を共有し、安全に関わる者が皆、安全目標を念頭に安全確保活動ができるようになるという意味で非常に重要。早急に安全目標を定め使うべきというのが私の認識です。

中間取りまとめ後、現在まで安全目標は実用化されていません。当時、確率論は国民には理解しにくいなどの意見があったと聞いていますが、策定した安全目標がすぐに国民に受け入れられるというのは妄想です。安全目標はいわば「生き物」であり、時代や社会によって変化します。だからこそ、中間とりまとめの最後に、「安全目標の策定及び適用に至る各段階で、安全目標の目的や内容、適用法等について、広く社会と対話を続けていくことが肝要である」と書い

てあるでしょう。

対話が必要なのは、単に国民に受け入れてもらうためではなく、安全目標を念頭に事業者の安全確保活動が機能していることを国民に知ってもらうためです。事業者の自主的な安全性向上の枠組みが機能し、ガバナンスも効いていることを、実績とともに理解されることが重要。現状で私たちが策定できる安全目標を国民に投げかけ、PDCAを回しながら徐々に進化させていく、そういったものではないかと思えます。

産業界が自身で安全目標を定め、国との対話を通じて両者が整合性のある目標を持つことは良いことです。安全目標はその下に階層構造を持つというのがIAEAの議論も含め世界的なコンセンサスですが、階層構造があるとすれば、国が見る部分と事業者が見る部分は、必ずしも一致する必要はありません。ただ、双方が1つの階層構造の中でつながっている必要はあります。その意味で、事業者が最初のボールを投げるということは大切な取り組みであり、それが今、原子力リスク研究センター(NRRC)のアポストラキス所長がなさろうとしていることだと思えます。国は少なくとも、そのボールを受け止める義務があるでしょう。

#### リスク情報の活用を進めるため、 NRAと産業界はどう取り組むべきでしょう？

これまで、さまざまなリスク評価手法の開発が進められてきましたが、不確かさの問題があり規制に使うことに慎重でした。決定論的な手法でも不確かさは残りますが、保守性を導入し深層防護を持ち込んだことで、「一定の不確かさは残るものの、保守性があるから規制要件に適合する」ということで納得してきました。

しかし、米国のスリーマイル島原子力発電所(TMI)事故や福島第一原子力発電所事故を受け、人的因子や外的事象の発生頻度という点で、それまでの規制要件では不十分であると分かったため、その教訓に学ぶ必要があります。

既に米国ではTMI事故後、「決定論的手法では払拭できない不確かさの中に、重要なシナリオが残っている」と考え、不確かさを量で表すリスク評価を使うようになっていきます。リスク評価手法がどのような条件なら使えるかを検討し、実際に使いながら継続的な安全性向上を図っているのです。

日本でも今後、リスク評価手法を使う方向性にあることを評価します。産業界はもちろん、NRAにもリスク情報を規制に活用する上で満たすべき要件は何かを検討していただき、ぜひ進めてほしいですね。

### 円滑なコミュニケーションのために

#### 安全性向上に向けて、地元自治体と 良好な関係を作るには？

キーポイントは、やはり防災の問題でしょう。事業者はプラントの設計や事故時のシナリオなどを一番よく知っているし、規制当局も事業者の活動をチェックし、新規基準で定めた安全水準がどの程度かを把握しています。しかし、住民の状況や道路、必要な物資の貯蔵場所、病院や学校、あるいは避難所がどこにあるかなど、地域の情報を一番よく知っているのは地元の自治体です。

合理的で役に立つ防災、実効的な防災をどう確立するかは今後の重要な課題であり、事業者、規制者、そして地元の自治体(役所)のいずれが欠けても良い防災はできません。現実に即した防災計画には、3者の情報とノウハウが必要です。これまでは、円滑とは言い難い面もあったので、今後もっとコミュニケーションを図っていくことが大切だと考えています。

#### 米国で導入されている、リスク情報の活用により 発電所の状態を評価する客観的な指標(PI: Performance Indicator)が地域とのコミュニケーションにも有効と 聞きますが、日本ではどうでしょう？

確かに、PIの導入は地域とのコミュニケーションに有効でしょう。ただ、知っておきたいのは、米国では透明性(Transparency)とトレーサビリティ(Traceability)が確保されているということです。

透明性とは、きちんとプロセスが見え、それを理解するための情報も公開されていることで、トレーサビリティとは、判断した結果がしっかり検証できるようになっていること。これが信頼につながるのです。従って、PIを導入するにしても、まずは透明性とトレーサビリティの本来の意味を踏まえたコミュニケーションのあり方について議論する必要があります。

というのも、日本では公開という意識が強いせいも、資料の開示が目的化してしまっているからです。例えば、すべてを動画で公開すれば、透明性が保たれるのでしょうか？ そうではありません。それは、ただ映像を流しているだけのことで、透明性を持つという本来の意味から外れています。「地域の方々にいかに透明性を示せるか」がポイントです。

PIの導入によって事業者のリスク管理を根付かせ、社会からの信頼を得るためにも、ステークホルダーとの議論を深め、成熟度を上げていくことが重要だと考えます。



【海外編】



## A.R.ピエトランジェロ氏

前米国原子力エネルギー協会 (NEI) 上級副理事長  
兼最高原子力責任者  
[2017年2月13日掲載]

### 〈寄稿〉米国における福島第一原子力発電所 事故以降の安全強化

海外の事業者は福島第一原子力発電所事故にどう対応したのか、A.R.ピエトランジェロ氏に寄稿していただきました。同氏は、事故を踏まえ全米の原子力施設の安全性向上に尽力され、大きな功績を上げられました。なお、氏は2017年1月13日、米国原子力エネルギー協会 (NEI) 上級副理事長を退任されました。

#### 米国原子力産業界の迅速な対応

#### 安全性の持続的改善という原則にのっとる

米国における原子力産業の指導原則は、発電所の安全性の持続的改善です。福島第一原子力発電所の事故を踏まえた米国の対応は、現在も有効なこの原則の一例といえるでしょう。事故後、米国の原子力産業界は福島事故の厳格なレビューを実施し、得られた教訓をまとめました。

次いで、原子力発電所を運転する事業者は、事故以降、何十億ドルもの資金を投入し、原子炉の安全性をさらに強化するために、さまざまな措置をとりました。すなわち、米国の原子力施設が当初の設計で想定されていた自然事象よりもはるかに過酷な事象に耐えられることを確認するとともに、安全設備をアップグレードし、新しい設備と手順に対応すべく発電所職員を訓練したのです。このプロセスは

現在も継続しています。

また、2011年の事故を踏まえ、原子力エネルギー協会 (NEI) は、米国電力研究所 (EPRI) や原子力発電運転協会 (INPO)、電力会社幹部と共に、米国原子力産業界の対応を調整するために「福島事故対策実行委員会」を立ち上げました。これと並行して、米国原子力規制委員会 (NRC) は独自に福島事故の評価を実施し、福島事故でのさまざまな事象から得た教訓をNRCの規則に反映させました。さらに、こうした努力の一環として、NRCと福島事故対策実行委員会は、2011年以降定期的に合同会合を開催し、一般の人々もこのプロセスに関与できるようにしています。

#### NRCが出した3つの指令

事故発生から数週間の間従来安全対策が検証され、現在も安全強化策を実施中です。2012年には、NRCが原子力産業界に対し、次の3つの指令を出しました。

- 設計パラメーターを上回る事象が発生しても、原子炉と使用済燃料プールの冷却と封じ込めの健全性を維持するなど、戦略的緩和措置を実施する
- 信頼性の高い使用済み燃料プール計装を追加導入する
- Mark I/II型 (福島第一原子力発電所で使用) と同じ

格納容器を使用した沸騰水型原子炉 (BWR) の除熱と圧力制御を行うために、簡単にアクセスできる強化ベントを設置する

NRCはまた、地震と浸水に対する安全、ならびにサイト内の複数の原子炉が影響を受ける緊急事態に対処するため、必要な人員体制や通信システムに関する詳細な情報を提供するよう事業者に要求しました。

#### 米国原子力産業界の具体的な取り組み

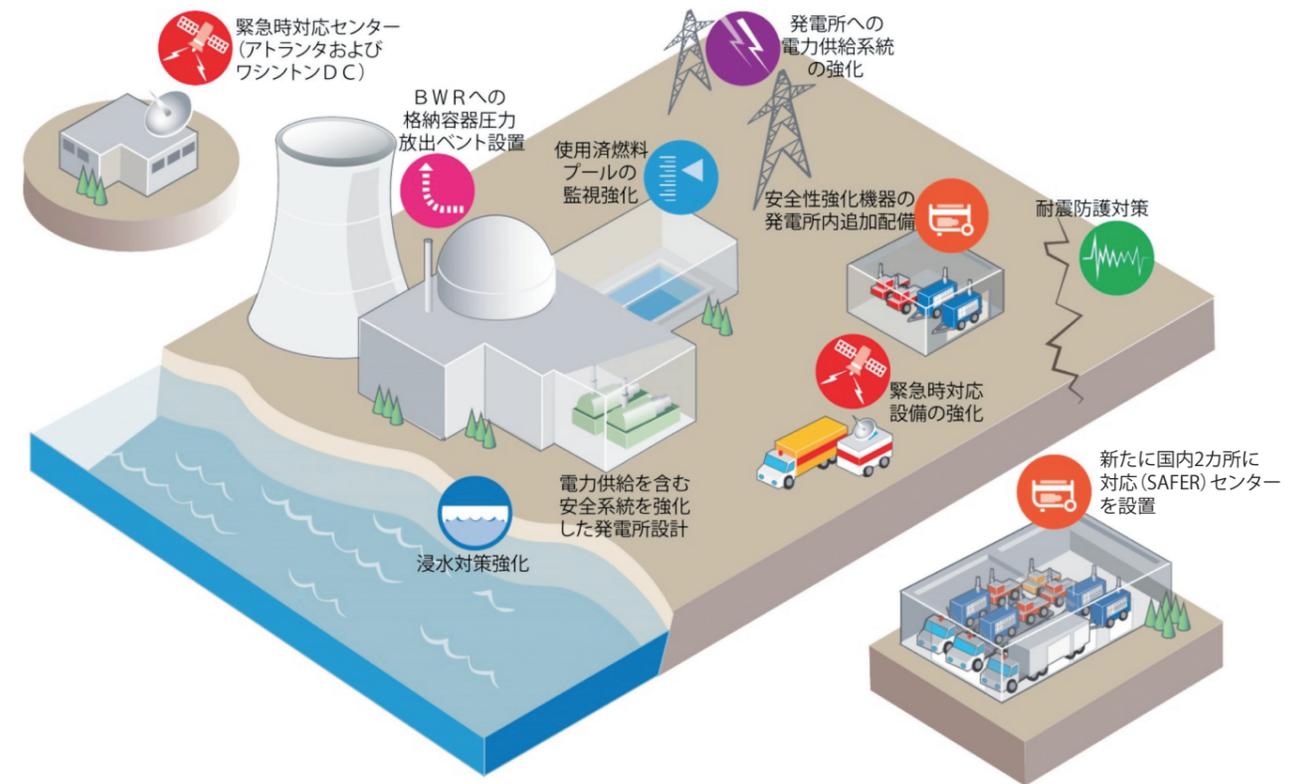
福島事故から得られた教訓に基づき、原子力産業界は、完了したもの、まもなく完了するものも含め、次のことに取り組んでいます。

- 産業界、および産業界から独立したNRC検査官による詳細な原子力発電所サイトの地震防護、浸水防護措置の検証
- 米国の原子炉の予備安全機能、緊急時対応機能をさらに充実させるFLEX戦略の実施

※NRCはFLEXについて地震と浸水対策の評価、発電所の設計基準を上回る事象に対し、産業界がどのように対処するか注目。現在も、産業界のFLEXプログラムの実施状況を検査しているが、これまでのところ、安全上重大な問題は見つかっていない。

- 2つの全国規模のSAFER (Strategic Alliance for

#### 福島第一原子力発電所事故後の米国・原子力発電所における安全性向上の取り組み概要図



## Safety First Part 2

#### Profile

#### Anthony R. Pietrangelo

前米国原子力エネルギー協会 (NEI) 上級副理事長兼最高原子力責任者  
原子力産業において、建設から許認可、運転まで、あらゆる分野に30年以上の経験を持つ。1989年にNEIの前身に入社。許認可管理、リスクインフォームド規制イニシアティブ、運転実績に基づく規制、その他包括的な技術問題や規制問題を担当。2006年規制担当副理事長、09年上級副理事長兼最高原子力責任者に就任。コロンビア大学で産業工学学士号、ケラー経営大学院で経営管理修士号取得。

Event Response(緊急時事故対応)センターを新たに設置し、24時間以内に緊急事態対応設備を米国内のどの原子力発電所にも供給する輸送規定の整備

- 緊急時対応能力を高めるため、従来の緊急時運転手順の改定、および運転手順全体の一層の統合
- 重大な事象が発生した場合に産業界の支援調整を図る、EPRI、INPO、NEIなど複数の組織で構成される枠組みの構築
- それぞれの発電所での地震や浸水問題の再評価と発電所の安全への影響の評価
- 使用済み燃料プールの監視に対する原子炉運転員のモニタリング能力向上を目的とした、同プールへの新たな計装の設置
- シビアアクシデントが発生した場合の、放射性物質放り出し低減のための一部の原子炉設計への格納容器強化バリエーションの導入と事故緩和手順の補強
- 極端な事象が発生した場合の、職員体制と通信設備を含む緊急時対応能力の強化

これらの改善策を実現するために、米国の原子力産業界は電力会社やメーカー、所有者グループ、燃料会社に協力を求めました。また、産業界が規制プロセスの一端を引き続き担うよう、連邦・州の規制機関の双方に協力を要請。さらに、さまざまな技術団体の助力を得て、必要とする情報がすべての関係者に周知され、その情報が持つ意味合いを理解できるようにしました。例えば、EPRIと米エネルギー省の研究では、米国中部、東部の地震問題と原子炉に対する影響の特性分析を実施。また、米国地質調査所も、これらの研究に参加しています。



米国・メンフィスにある「SAFER(緊急時事故対応)センター」内部

## 原子力発電の果たす役割

### 地元・州・国全体の経済に貢献

福島事故以降の安全強化は、数十年にわたる米国の

原子炉運転向上に対する努力の延長線上にあり、その成果は安全システムの運転実績に明確に表れています。主要産業指標によると、2015年には予備安全システムの利用可能時間率98%という目標を達成。これは、過去最高記録です。

産業界は、こうした発電所の信頼性と安全性に関する情報をすべての関係者に提供するとともに、米国の原子力施設が地元や州、国全体の経済に貢献していると伝えることに注力しています。トランプ新政権発足後も、米国の原子力施設1カ所当たり400~700人の常勤雇用を生み出し、賃金面でも地元の平均給与より36%優遇されていると発表。また、政策担当者へは、原子力施設が必要資材やサービスを購入することで年間4億7,000万ドルの収益を地元にもたらすだけでなく、雇用賃金の形で地元経済に4,000万ドルの貢献をしていると指摘しました。

このような経済的な貢献があるにもかかわらず、米国の発電所運転企業の中には、電力市場の事情から、認可された運転期限を待たずに発電所の早期閉鎖を決定した企業もあります。例えば、エンタジー社は1月、ニューヨーク州・インディアンポイント発電所の原子炉2基を2020年と21年にそれぞれ閉鎖することを決定しました。

厳しい状況の中でも、原子力産業界は、安定的に電力を供給し、経済的で、温室効果ガスを排出しない原子力の便益を反映した政策の実現に向けて働き掛けを続けています。昨年、ニューヨーク州の規制当局は、炭素を排出せずに発電する原子力発電所の重要性を踏まえ、州内での原子炉の運転継続を支援するクリーンエネルギー基準を承認しました。その他、ペンシルベニアやオハイオ、コネティカット、ニュージャージーなど他の州でも同様の検討が行われています。

### 信頼できる原子力を世界中に供給するために

福島事故後、米国の原子力産業界は、原子力安全をさらに向上させるため、何十億ドルもの資金を新たに投入し、発電所職員による検査の実施や設備のアップグレード、新規設備の設置を行うとともに、新しい緊急時対応手順の訓練に何千時間もの作業時間を投じてきました。

こうした努力は、国内外の協力の賜物であり、安全かつクリーンで信頼できる原子力を世界中に供給するという従来からの公約の象徴でもあります。私たちは、トランプ政権や政治家たちとの絶え間ない対話とともに、原子力が高賃金での雇用を創出し、将来の繁栄に不可欠な信頼性の高い、低炭素電力をもたらすという産業界のメッセージを届け続けています。

※本稿は2017年1月20日付けでNEIより受領。



## R.A.サベジ氏

英国原子力規制庁(ONR)主任検査官  
[2017年2月27日掲載]

## 信頼される規制には、独立性の確保とステークホルダーとの対話が重要

### Safety First Part 2

地球環境の観点から原子力計画を着実に進めている英国。その英国では、原子力規制庁(ONR)が新規建設から廃止措置まで、規制を統括しています。2017年1月、日英原子力産業フォーラム出席のために来日されたR.A.サベジ氏とM.フィナーティ氏に、ONRの原子力の安全性向上に向けた諸課題への取り組みについてお聞きしました。

### 原子力規制庁(ONR)の活動方針と取り組み

#### 2014年に正式発足したONRの活動方針と人員体制とは?

かつて英国では複数の組織が原子力規制を担っていましたが、2014年、ONRが原子力規制を統括する、独立性を強化した特殊法人として設立されました。設立に当たっては、政府や業界からの影響を受けることなく規制に関する意思決定ができる点が重視され、それは英国のエネルギー法(Energy Act)の中にも設立意図と共に示されています。

独立性を確保したことで、原子力施設や放射性物質輸送に関する安全性とセキュリティ、原子力施設における安全と衛生についても統括的にみることができ、より効率的な規制活動が可能となりました。

#### Profile

#### Richard A. Savage

英国原子力規制庁(ONR)主任検査官  
バーミンガム大学理工学部で学士号・博士号を取得した後、英国原子力公社に入社し、民生用原子力事業を担当。以降、民間企業や国防省など、30年近く英国の原子力業界に携わっている。2014年英国原子力規制庁(ONR)副主任検査官に就任、16年より現職。

#### Mike Finnerty

英国原子力規制庁(ONR)副主任検査官  
兼事業本部長  
原子力発電所新設に関連する規制の近代化・最適化を目指した戦略的な取り組みを指揮する。同庁に13年間在籍し、輸送、一般衛生や安全・危機対策において、分野横断的な貢献を果たした。



【海外編】

さらに、原子力開発計画の進捗に応じて柔軟な対応ができるので、有能な人材も確保しやすくなっています。現在、350名の検査官がいますが、原子力開発計画の拡大が見込まれることから、今後3～5年以内に400名を超える検査官が必要になるでしょう。人材の確保は規制行政の展開にとって重要な課題です。

#### ■英国原子力規制庁 (ONR)

英国の民生用原子力事業の安全規制を担当する独立した特殊法人。英国の原子力規制は半世紀以上、保健安全執行部 (HSE) の原子力施設検査官室 (NII) が担ってきた。2011年2月に当時のエネルギー・気候変動省 (DECC) が、新しく独立した原子力規制機関となる原子力規制庁 (ONR) の設立を公表し、ONR は、2011年4月に法令に基づかない暫定的な組織として始動。その後、移行期間を経て、2014年に独立した特殊法人として正式に設立された。

#### 福島事故発生当時、暫定的に始動していた ONR はどう対応されましたか？

まず、規制における2つの原則について説明します。

1つは、英国では原子力に限らず、施設などの安全に責任を持つ事業者 (Duty holder) は「合理的に実施可能な限りリスクを低減する (as low as reasonably practicable)」こととしています。原子力については特にこの考え方が重要です。つまり、ONR が事業者にやり方を指示するのではなく、「安全を担保しながら活動している」ことを示すのはあくまで事業者側ということです。

もう1つは、事業者には10年に1回、定期的な安全レビュー (PSR) が求められること。これによって、事業者が最善の安全活動を行っているか、また最新の技術水準に適合しているかを確認することができます。

この2つを原則とした上で、福島の事故を受け、ONR は、国際協力による知見の反映も含め、非常に大掛かりで真摯な取り組みを実施し、それは現在も継続しています。

#### 具体的にはどのような取り組みですか？

福島事故後の2011年9月に出された、政府の最終的な報告書に38件の勧告が盛り込まれました。その中で規制に関連した勧告を詳細に評価した結果、ONR の体制は非常にしっかりしていることが確認されました。

一方、安全評価については、設計基準事故やシビアアクシデントの解析などに対する強化が必要とされ、2014年11月に安全原則を改定。また、原子力施設のセキュリティに関する安全原則も2017年3月末までに改定される予定です。

核燃料サイクルの関連施設については、「レガシーボンド」と呼ばれるセラフィールドにある使用済み燃料貯蔵プールや中レベル放射性廃棄物貯蔵サイロが老朽化しているため、安全面での改善が必要であると認識されています。これらに対しても、合理的に実施可能な限りの対応を行えるよう、修復を加速化するための基準改定を行っているところです。

これまでに政府および産業界に出された勧告の80%以上が達成されており、特に重要な項目は網羅されていると認識しています。さらに、原子力発電所の追加的な安全対策なども実施されていますが、一番大切なことは、これらの対策に慢心しないこと。セラフィールドの施設への対応や新規建設に当たっての規制活動にも、そうした姿勢で臨んでいます。



インタビューに答えるサベジONR主任検査官 (右)、  
フィナーティ副主任検査官

#### 2020年までの新たな戦略計画を策定した ONR が目指す方向性と目標とは？

政府からゴーサインが出た「新規建設」をはじめ、「既存の運転中の原子力施設および国防に関わる施設」「廃止措置」「セキュリティ」という4分野の事業に取り組むため、2016年、ONR は陣容を一新しました。

この中で特に優先順位が高いのが、新規建設とセラフィールドのリスク低減。同時に、改良型ガス冷却炉 (AGR) など高経年炉の廃止措置への対応も進めています。(放射性廃棄物の) 地層処分施設の建設許認可については、今後の重要な課題となるでしょう。

この他、関連する最新技術やイノベーションに目配りしつつ、英国の倫理規定に基づく法令を遵守している企業には、その成長を促す立場での規制 (Enabling

Regulation) に取り組んでいます。Enabling Regulation については、規制を受ける企業などの行動規範に着目し、規制対象のレベルに応じた適切な規制が必要であると考えています。

特にマグノックス炉については、廃止措置完了後、適切な規制のあり方を検討しなければならないため、ONR 以外の組織による規制を含めた対応を考えることにしています。また、14基あるAGRは運転期間の終盤に差し掛かっていますが、運転延長を求めるところがあれば、支援していきます。

一方で、小型モジュール炉 (SMR) の開発も進んでいます。技術的な課題はあるものの、イノベーションへの挑戦を理解し、新しい技術に対して正しい規制を進めることが求められています。特定の技術に偏ることなく、設計や技術に中立的に規制することがイノベーションを育てることにつながると考えています。

#### 英国への海外事業者の参入

#### 日本や中国など海外から軽水炉の導入が進んでいますが、特に配慮されている点は？

つい先日、政府から中国の華龍1号 (HPR1000) の包括的設計審査 (GDA) について依頼がありました。GDAは4段階からなり、第一段階が非常に重要で、いわば土台の部分に当たります。申請者に評価を受ける条件が整っているか、その企業が要求される英国の規制事項をきちんと理解しているか確認する必要があります。

特定の設計についての審査は、ONR に専任チームを設け、例えば、日本で設計を行う技術者とは何度も互いの国を行き来して会合を開いています。そうしたやり取りを通して、ONR 側は設計について、日本側は英国が期待している内容や問題点について理解を深めることができます。従って、ONR の専任チーム要員には非常に高い能力が求められるのです。

なお、GDAは一般的な設計に関する審査なので、プロセスとしては、サイト固有の適性評価を経て許認可が与えられることになります。

またONRは、他国での新規建設に関する教訓や問題点などの情報を共有する「多国間設計プログラム (MDEP)」に参加しています。ONR が海外事業者の能力などを評価する際は、このMDEPからも有益な知見を得ています。

#### 規制当局とステークホルダーの関係

#### 福島第一原子力発電所では汚染水対策が課題となっています。英国ではトリチウムを含む水の放出を行っていますが、住民にどう説明しているのですか？

そうですね。例えば、廃止措置中の原子力施設では、段階的にリスクを下げながらプロセスを進行できるように、規制を実施しています。つまり、最終的な形と全体像を見据えて、さまざまなオプションの中から最適な答えを見つけ出すのです。一番大事なのは、すべてのステークホルダーが参加して議論すること。その中であらゆるオプションを洗い出し、包括的な視点に立った上で総合的に最もベネフィットのある策を選ぶことです。

一般の方々はどう受け止めるか、ここが一番のポイントでしょう。これについては、オープンで透明性があることが重要です。ONR が下した決断や規制の内容は、事業評価報告書という形で公表されます。透明性を確保することで、一般の方々から尊敬や信頼を得ることができます。

またONRでは、立地サイトごとに、その地域のステークホルダーグループと定期的な会合を開き、地域特有の問題についても議論しています。より戦略的な形では、全国規模で活動しているNGOとも少なくとも年に1回、あるいはそれ以上のペースで対話の場を設けています。より効果的なアプローチを行うため、地域と全国の両方で継続的な努力を続けているのです。

#### 日本の原子力産業界など関係者へのメッセージ

規制する立場からいえば、意思決定で独立性を保つことが一番大事です。この独立性とは、他から切り離され孤立していることではありません。事業者や一般の方々といったステークホルダーにきちんと関わるのが大切。自分たちの活動内容や判断をオープンにし、透明性を持って示していけば、信頼と尊敬を得ることができるでしょう。

さらに、ステークホルダーが建設的に話し合い、解決すべき課題の優先順位について合意を得ること、そしてお互いを信頼した上で、「こういう結果となるよう取り組もう」という目的を持ち、それに対して各自が活動していくことが大事だと思います。

※インタビューは、2017年1月18日に行われました。



## W.D.マグウッド氏

経済協力開発機構／原子力機関(OECD/NEA)  
事務局長

[2017年3月15日掲載]

【海外編】



## 〈寄稿〉3.11以降の原子力安全改善策

福島第一原子力発電所事故から約6年、国際社会は事故の教訓として何を学び、どのような対策を取ってきたのか。当時、米国原子力規制委員会(NRC)委員として福島事故を受けての対応に尽力され、現在、OECD/NEAの事務局長として各国の安全対策向上に深く関わっておられるマグウッド氏に寄稿していただきました。

忘れ得ぬその日、2011年3月11日

### NRC委員の一人として受けた第一報

2011年3月11日に発生した大震災後の原子力安全に関わってきた私たちにとって、あの惨事からもう6年が経過したとは信じられないときがあります。あの日の朝、東北地方で起きた地震と津波のニュースを聞いたのが、それほど昔のことではないように思えるのです。NRCのオフィスに駆け付けたとき、私の思いは甚大な自然災害を受けて苦しんでいる人々にありました。

当初、日本にいる多くの友人と連絡を取り安否を確認するのは難しかったのですが、その後、ようやく連絡が分かったのは、震源地からかなり遠い茨城県沿岸でも電力や水、通信インフラ設備が大被害を受けていたこと。まさに、信じられない規模の災害でした。

NRCは、米国西海岸に津波の影響が及ぶ可能性を懸念し、災害対策センターを立ち上げ、状況を注意深く監視し始めました。まもなく、米国の原子力施設には影響を及ぼさないことが明らかになりましたが、日本の原子力発電所に関する情報が届き始めると、私たちはその中の1つ福島第一原子力発電所にくぎ付けになりました。

その日以来、福島第一原子力発電所での出来事は、NRCと原子力安全に関わる世界のすべての人にとって研究と関心の中心となったのです。米国ではまず、トモダチ作戦など危機に瀕している日本を援助する取り組みに注意が向けられました。NRCは、日本の関係当局に助言を行い、援助活動を調整するため11人の専門家を日本に派遣しました。

### 世界が学んだ福島の教訓

その後、数カ月にわたり、世界各国の原子力規制当局は、原子力発電所にとっての3.11事故の意味を評価するという、複雑で、時には政治色を帯びた課題に直面しました。私が現在事務局長を務めるOECD/NEAでは、加盟各国の主要な規制担当者が一堂に会し、学んだ教訓について意見を交わし、研究成果を共同報告しました。規制担当者が達した重要な結論は、以下の通りです。

「加盟各国は、稼働中の原子炉に関する重点的な安全レビューを実施し、運転を継続しても安全であると判断した。外部事象とシビアアクシデントへの対応改善に役立つ追加の安全強化策が明らかにされ、現在、加盟各国で実施されている」(「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」2013年より)

これは非常に重要な声明であり、福島第一原子力発電所の教訓に関する私の考えを完全に反映しています。その考えとは、「当時も、そして現在も引き続き、適切な規制を受けた原子力発電所は安全であるが、3.11事故は原子力発電所が予想外の苛酷な自然災害に対処できるよう、もっとしっかり準備する必要があることを示した」ということです。

私は、米国でNRCの委員として、他の委員やNRCスタッフと協力して福島第一原子力発電所の教訓に対する対応策を策定しました。「レジリエンス(回復力)」を強化する新たな対策が要件に追加され、対処時間、すなわち「発電所内外の電源が失われた場合、発電所が炉心の健全性を確保しなければならない時間」に関する戦略が修正されました。

一方、これと並行して私たちは、運転中のMark I型BWR(福島第一原子力発電所で損傷した原子炉と同じ設計)の建設認可更新を行い、新世代の原子力発電所の建設を許可したのです。

### 共通した世界各国での対応策

2014年、OECD/NEAの事務局長に着任後、世界中の原子力発電所を視察して分かったのは、3.11事故を受けて米国でとられた措置の多くは、他の多くの国でとられた措置と非常に似ているということでした。学んだ教訓、そして教訓への対応策がこのように共通しているのは、当時も今も極めて印象深いことです。これは、世界各国の原子力運転事業者と規制当局が、安全性を改善する最も効果的なアプローチを共有した「国際協力の成功例」を明確に示しているといえるでしょう。

### OECD/NEAの新しい報告書「福島第一原子力発電所事故後5年:原子力安全の改善と教訓」

OECD/NEAは2016年に、3.11事故から5年を振り返る一環として、規制当局の指導者ならびに加盟31カ国の他の専門家と協力し、新しい報告書「福島第一原子力発電所事故後5年:原子力安全の改善と教訓」を作成しました。この報告書では、世界各国の原子力発電所の視察を通じて私が見てきたこと、すなわち「国際社会は学んだ教訓を理解しており、安全性を改善するために実質的で有効な措置を取っている」ことを詳細に記述しています。報告書では特に、既設発電所でとられている安全性向上のための最も重要な措置として、以下の項目を挙げています。

#### ●外部ハザードの再評価

運転事業者や規制当局が何年も前から理解している安全の重要な側面で、福島第一原子力発電所での経験により、この側面が強化された。発電所が洪水や嵐、地震活動、その他の自然事象により直面する可能性がある潜在的ハザードを理解するため、最新の技術と最善の科学の活用が重要である。

#### ●洪水防止対策の強化

冠水から重要なシステムを守ることは、取り組むべき重要項目である。3.11の事象によってリスクが強調された側面はあるが、発電所冠水の潜在的な原因が広範囲であることや洪水の予測・管理と関連する複雑さにより、この項目は規制当局にとって優先度の高い課題となっている。

#### ●炉心および使用済み燃料プールを冷却する冗長・可動システムの設置

他のすべてのシステムが故障した際に冷却水を供給するシステムの設置は、福島第一原子力発電所事故後の顕著な変化である。こうしたシステムにより、深層防護の層がさらに追加され、不測事態発生時の発電所の回復力が強化される。なお、一部の「第3世代+」設計の原子炉は、組み込み式の受動的緊急冷却機能を備えており、こ

うした追加対策が必要でないことがある。

#### ●電源の頑健性強化

上記の冷却系統と同様に、さらなる電源の層が世界各国の発電所で追加導入されている。

#### ●シビアアクシデント管理の訓練・手順の改善

3.11以降、規制当局者の最も重要な議論の1つに、設計基準外事象に対して運転事業者にどの程度対応させるかがある。100万年に一度の事象に対処するため訓練に何時間も費やせば、運転事業者が頻繁に取るべき従来型の措置に関する訓練時間が取れなくなる。しかし、大半の規制当局者および運転事業者が出した結論は、福島第一原子力発電所からの重要な教訓は、もっと訓練が必要であり、シビアアクシデントに取り組む手順を改良・強化しなければならないことであった。

#### ●フィルター付きベントおよびフィルタリング戦略

規制当局は、他のすべてのシステムが故障し、発電所の炉心が損傷した場合に取られる可能性がある措置についても検討している。損傷した発電所からの放射性物質放出を抑制する何らかの能力を保証することは、重要な検討事項である。日本など一部の国は現在、環境に放出される前にベント排出ガスから大半の放射性物質を取り除くスクラバの設置を義務付けている。放射性物質放出を抑制するため内部スプレーの使用を義務付けている国もある。

## 日本の現場を訪れて

### 困難な任務を遂行する原子力規制委員会 (NRA)

私は、3.11事故以降の数年間に20回以上日本を訪れ、福島第一原子力発電所や再稼働を準備している他の発電所を視察しました。福島第一原子力発電所は、今後何年にもわたり困難な作業を続けなければなりません、リスク減少とサイト状況のさらなる安定に向けて目覚ましい進歩を遂げています。何回か訪問する中で、原子力危機の真ただ中から技術的に困難な浄化プロジェクトへと向かう当サイトの転身は、非常にドラマチックであると感じています。

日本の規制当局である原子力規制委員会 (NRA) は、実現が非常に難しい任務を与えられました。つまり、原子力災害直後に原子力安全規制を即座に修正し、規制当局への十分な信頼を取り戻すことで、日本の発電所が再稼働できるようにと指示されたのです。これは確かに実現困難な任務ですが、今やその大部分が遂行されています。NRA は非常に高い基準を設定し、日本の原子力運転事業者に対して、規制当局が提案したすべての強化策に十分に対

処するよう指導。その多くが、他の国々の要件よりさらに厳しい要件となっています。

産業界は最善の注意を払い、発電所サイト再建のための包括的なプロジェクトを通じ、新たな要件に従うことで、考え得るあらゆるシナリオに対応すべく取り組んでいます。今や、世界各国の専門家は日本の発電所を訪ね、地震ハザードや冠水リスク、その他の起こり得る事象に取り組む各発電所の作業について学んでいます。私自身、日本の数カ所の発電所を訪問した際、多様な改善策が導入されていることにしばしば驚かされました。

### 残る課題は対応の難しい人的要素

日本をはじめ各国の発電所では、発電所や設備、手順において著しく改善されていますが、対応の難しい問題が1つ残っています。それが人的要素です。

この点について、OECD/NEAは、2013年の報告書で次のように指摘しました。

「福島第一原子力発電所の事故により、人・組織・文化の面で対処すべき重要な課題が明らかになった。そのような課題には、規制当局の独立性や技術的能力、透明性の確保が含まれる」

原子力安全における人的側面への取り組みは、世界各国で引き続き課題となっています。原子力運転事業者と原子力安全規制当局の双方において優れた安全文化を確保することは、OECD/NEAで優先順位が非常に高い業務です。

そして、3.11から5年後に発表したOECD/NEAの2016年報告書では、以下のように述べています。

「人的・組織的要因、および安全文化は、設計・建設・運転から潜在的事象または事故への対応に至るまで、原子力安全のすべての側面にとって不可欠である。これらは、認可取得者と規制機関の双方が、福島第一原子力発電所事故後の評価で取り組むべき重要な問題であると特定した。人的要素は、深層防護概念のすべてのレベルにかなりの影響を及ぼしている」

この概念は安全の最先端に位置付けられており、OECD/NEAはこれに重点的に取り組む新部門を設置しました。なぜなら、福島第一原子力発電所の教訓を本当の意味で学ぶには、このことを避けて通れないからです。

ハザードの評価、回復力の強化、そして安全の人的側面への対処—。全世界で原子力安全に関わっている私たち全員には、福島県およびすべての国の住民に対して、力を合わせて原子力技術の安全な使用法を学び、変更し、引き続き改善していく義務があります。

※本稿は、2017年2月22日にOECD/NEAより受領。

## 【用語集】

本冊子の内容をご理解いただくために、誌面に登場した専門的な用語の一部についてご説明します。

### 安全文化

国際原子力機関 (IAEA) の文書では、「原子力施設の安全性の問題が、全てに優先するものとして、その重要性にふさわしい注意が払われること」が実現されている組織・個人における姿勢・ありようを集約したものと定義している。

### 安全目標

定性的目標と、その具体的水準を示す定量的目標で構成され、それぞれについて、原子力安全委員会の審議では、以下のように提案されている。

#### 1) 定性的目標案

原子力利用活動に伴って放射線の放射や放射性物質の放散により公衆の健康被害が発生する可能性は、公衆の日常生活に伴う健康リスクを有意には増加させない水準に抑制されるべきである。

#### 2) 定量的目標案

原子力施設の事故に起因する放射線被ばくによる、施設の敷地境界付近の公衆の個人の平均急性死亡リスクは、年当たり100万分の1程度を超えないように抑制されるべきである。また、原子力施設の事故に起因する放射線被ばくによって生じ得るがんによる、施設からある範囲の距離にある公衆の個人の平均死亡リスクは、年当たり100万分の1程度を超えないように抑制されるべきである。

### 事故シーケンス

起回事象の発生に加えて、事象の拡大を防止したり、影響を緩和するための設備の機能喪失または操作の失敗によって炉心損傷、格納容器機能喪失、あるいは放射性物質の放出に至る組み合わせをいう。

### シビアアクシデント

設計時の想定を上回る大事故。過酷事故とも呼ばれ、原子炉施設において大地震、大津波、航空機墜落、テロリズムなどによって、設計時に考慮した範囲を超える異常事態が発生し、あらかじめ準備した手段では適切に炉心冷却・核反応制御ができない状態に陥り、炉心溶融、原子炉格納容器の破損、放射性物質の施設外への放出・拡散に至ることをいう。

### 深層防護

放射線または有害物質の放出事故を防止し緩和するように原子力施設を設計し、運転するためのアプローチ。要点は、潜在的な人的過誤および機械的故障を補うため、複数の独立した多重の防護層をつくり、単一の層がいかに強固であっても、単一の層だけに依存しないようにすることである。IAEA基準での深層防護レベルは、次の5層で構成されている。

- ・レベル1: 異常運転や故障の防止
- ・レベル2: 異常運転の制御および故障の検知
- ・レベル3: 設計基準内への事故の制御
- ・レベル4: 事故の進展防止およびシビアアクシデントの影響緩和を含む過酷なプラント状態の制御
- ・レベル5: 放射性物質の大規模な放出による放射線影響の緩和

### 設計基準事故

原子力施設の設計および建設において想定する事故。この事故が起きたときに公衆の健康と安全を確保するために必要な系統、構築物および機器の機能を喪失することなく施設が耐えるように設計および建設しなければならない。

### バックフィット

既に運転している原子力施設にも最新基準への適合を義務付ける制度。現在、原子力規制委員会が進められている新規制基準への適合性審査もこれに相当する。

### ピアレビュー

専門家が発電所やメーカーなどを訪問し、その専門的立場から事業所の安全性 (原子力安全、放射線安全、労働安全など) と信頼性の確保に関わるパフォーマンスをレビュー (評価) することにより、事業所の安全性と信頼性を向上させることを目指すもの。

### マグノックス炉

1950～60年代に開発された炭酸ガス冷却炉 (GCR) で、出力は6万～50万kW級。英国内で初期に導入されたGCRは老朽化が進み閉鎖されている。

### リスク情報活用

事業者の保安活動や規制機関の規制活動において、安全への影響度などを考慮してより良い活動となるよう、リスク情報を活用すること。

### レジリエンス

外乱やシステム内部の変動がシステム全体の機能に与える影響を吸収し、状態を平常に保つシステムの能力、あるいは想定を超えるような外乱が加わった場合であっても機能を大きく損なわない、損なったとしても早期に機能できるシステムの能力。

### FLEX戦略

米国の原子力産業界が福島事故を教訓に講じた多様性かつ融通性を有する影響緩和策で、プラントの設計基準を超えた想定外の極度のシナリオを緩和するため、重要な安全機能を維持することに注力しポンプや発電機などの設備を増加する措置。陸路だけでなく飛行機などによる空路により、24時間以内に米国内のどの原子力発電所へも必要な機器を輸送できるSAFER (集中配備拠点) を、南東部のテネシー州メンフィスと西部のアリゾナ州フェニックスの2カ所に設けている。発電所と同じ災害による影響を受けることがないよう、SAFERは発電所から25マイル以上距離を置くこととしている。可搬型発電機や高圧ポンプなどのFLEX機器は、各SAFERに5セットずつ配備されている。

### PI (Performance Indicator)

各保安活動分野における事業者の保安活動の結果を定量的に表す指標で、IAEAの文書においては70の指標が示されている。計画外停止の数もその一例。

### PRA (Probabilistic Risk Assessment)

確率論的リスク評価。施設を構成する機器・系統などを対象として、発生する可能性がある事象 (事故・故障) を網羅的・系統的に分析・評価し、事故シーケンスを網羅的に抽出し、それぞれの発生頻度と、万一それらが発生した場合の被害の大きさを定量的に評価する方法をいう。原子力発電所のPRAを行うことにより、原子力発電所の設計および運転の長所と短所に関する知見が得られ、予想される結果、感度、重要となる範囲、システムの相互作用および不確かさの範囲を理解し、リスク上重要なシナリオを特定することが可能となる。

### ROP (Reactor Oversight Process)

原子炉監督プロセス。安全上重要な保安活動に焦点を当てて、検査で確認された事項およびPIにより、原子炉施設の安全に対するパフォーマンスで評価する。米国において、NRCは、原子力発電所のパフォーマンス評価のために実施してきた複数の従来のプログラムを統合し、パフォーマンスの指標 (PI) および検査の知見から規制対応を判断する包括的な原子力発電所の監督プロセスとなるROPを2000年4月から開始した。