

「原子力発電所の耐震安全性・信頼性に関する国際シンポジウム」の実施結果について

－ 柏崎刈羽原子力発電所の地震後の状況に係る第14報 －

平成20年3月5日 Rev.2
日本原子力技術協会

1. シンポジウムの概要

- (1) 開催期日：平成20年2月26日(火)～27日(水)
- (2) 開催場所：柏崎市産業文化会館 文化ホール(新潟県柏崎市)
- (3) 主催機関：
社団法人 日本原子力産業協会
有限責任中間法人 日本原子力技術協会
財団法人 電力中央研究所
- (4) 協賛機関：(財)原子力安全研究協会、(社)地盤工学会、(社)土木学会、
(社)日本機械学会、(社)日本建築学会、(社)日本原子力学会、
(財)日本原子力文化振興財団、日本地震工学会、(社)日本電気協会、
米国機械学会(ASME)、米国原子力エネルギー協会(NEI)、米国電力研究所(EPRI)
- (5) 開催趣旨：
 - ・ 新潟県中越沖地震及び柏崎刈羽原子力発電所への影響等を踏まえ、産業界が将来のより安全な原子力発電所の設計・建設や運営管理のために、世界の技術的知見を結集することを目的
 - ・ その一環として、柏崎刈羽原子力発電所の地元にて、国内外の専門家が一堂に会し、一般の参加を得て、標記国際シンポジウムを開催
- (6) プログラム
 - a. 開会、来賓挨拶、基調講演、特別講演
 - b. セッション1 <地震の影響を受けた機器の健全性評価>
 - ・ 地震の影響を受けたプラント機器の健全性評価について、国内外の評価手法の紹介
 - ・ 新潟県中越沖地震の影響を受けた柏崎刈羽原子力発電所の評価事例について意見交換
 - c. セッション2 <地盤変状の影響とその対策>
柏崎刈羽原子力発電所の多くの設備に被害をもたらした地盤変状に関して、原子力発電所の対策についての国内外の最新の知見を紹介するとともに意見交換
 - d. セッション3 <防災・火災防護>
 - ・ 国内外の原子力発電所における自然災害による被害事例の紹介
 - ・ 各国で取られている防災・火災防護について意見交換
 - e. 総括セッション、閉会



2. 申し込み・参加状況

- (1) 12月20日～2月15日の予定で申し込みを開始したが、当初予定の400名を大きく上回る約600名の申し込み者数となったことから、2月8日に申し込みを締め切った。
- (2) また、以下に示すとおり、約550名の方が実際に来場され、本シンポジウムに対する関心の高さや期待の大きさが窺えた。
 - a. 国内 502名(含議長・発表者15名、プレス20社・24名、新潟県在住の方60名)
 - b. 海外 47名(含議長・発表者12名) 計549名
- (3) なお、参加者が当初予定を上回ったことから、同会館3階の大ホールに第2会場(モニターによる映像・音声配信)を設置した。

<海外の主な参加機関>

米 国：米国機械学会(ASME)、米国原子力エネルギー協会(NEI)、米国電力研究所(EPRI)、
原子力発電運転協会(INPO)、パシフィック・ガス・電力会社(PG&E)、エンタジー社(Entergy)
フランス：フランス電力会社(EDF)、原子力安全当局(ASN)、放射線防護・原子力安全研究所(IRSN)、
韓 国：韓国原子力研究所(KAERI)
インド：インド原子力発電公社(NPCIL)
南アフリカ：Pebble Bed Modular Reactor社(PTY)
国際組織：世界原子力発電事業者協会(WANO)、同東京センター(WANO-TC)

3. 実施結果

実施結果の概要を別紙に示す。全体を通してのポイントは以下のとおりである。

- (1) 本シンポジウムは、2日間に亘って集中的に行われた。各発表者からは、事実と経験に基づく情報が提供され、また、パネルリスト同士あるいは会場との間で質の高い議論が活発になされた。
- (2) 「安全上重要な機器には損傷が見られなかった」ことは参加者の共通認識となった。また、その理由として、厳しい設計基準が適用され、また、安全マージンが大きかったなど、日本のプラクティスが良かった、との意見があった。
このことは、原子力発電所に対してこれまで採用してきた安全対策、耐震設計が妥当であったことを示しているが、その一方で、この安全マージンの定量的評価の必要性が今後の課題とされた。
- (3) また、非安全系機器の損傷については、たとえ非安全系であっても無視してはならず、耐震性が低い設備でも、発電所全体の機能が損なわれないよう注意すべきであるとの指摘があった。
- (4) 原子力重要施設は岩盤上に支持され、今回の地震によっても「止める」「冷やす」「閉じ込める」の機能は満足に果たすことができた。一方、柏崎刈羽原子力発電所はまだ点検・検査が行われているところであり、支持性能についても、これらを踏まえた最終的な評価の必要性が指摘された。
- (5) このような自然災害は頻繁に起こるものではないものの、適切な危機管理組織を確保すること、訓練を含めた関係者の教育を継続して実施すること、分かりやすい言葉で適切に情報発信を行うこと、の重要性が指摘された。
- (6) 原子力業界はグローバルなコミュニティであって、まずは事業者間で情報を適切に共有していくことの重要性が指摘された。また、更に、事業者間のみならず、マスコミ、公衆、自治体にも発信されることへの期待が示された。
- (7) 地元柏崎市の方から、この国際シンポジウムを都会ではなく、被災地「柏崎」にて開催したことは、「安全」のみならず「安心」にも多大なる貢献をしていると感じているとの発言があった。
- (8) 全体を通して、各国の専門家間における真摯な議論に対し、これを評価する率直な意見が多かった。地元マスコミの報道も冷静かつ的確なものであった。

以上

「原子力発電所の耐震安全性・信頼性に関する国際シンポジウム」の実施結果の概要

1. 来賓挨拶

<柏崎市長 会田 洋氏>

- 柏崎市民は、原子力発電所と毎日、隣り合わせで生活。国策に協力しているという誇りと共に、何かことある毎に、発電所の安全は大丈夫なのかというのが市民共通の最大の関心事。
- 今回、基本的な安全機能が働き「原子力災害」に至らなかった。しかし、変圧器の火災の消火に手間取ったほか、ごく微量であったにもかかわらず放射性物質が放出されたこと等により、残念ながら県内はもとより、国内外へと放射能汚染の心配と共に風評被害が拡大。
- 復興に向けての市民アンケート調査によれば、最も大切なこととして「原子力発電所の安全確保」をあげた市民の数が一番多。
- 本シンポジウムが当地域で開催されることは、非常に意義あること。原子力発電所の「安全」に加えて「安心」の醸成を図る上で実りあるものとなることを期待。

<刈羽村長 品田宏夫氏>

- 柏崎刈羽地域は、2005年、2007年と続けて大きな地震の被害を受け、日本及び世界中から救いの手を差し伸べていただき感謝。見事に復興して見せることがその恩返し。
- 本シンポジウムは人類の英知を結集したもの。専門家は、我々工学系でない者にとって分かり難いことを、分かってもらえるように説明していただくことを期待。
- 「柔よく剛を制す」という言葉あり。数百年、一千年も前の建築物が今も残って建っている。昔は鉄筋のような技術はなかったが、それでも木造をうまく使いこなしていた。現在はハードな対応をすることが可能になったが、建物は堅固であっても、自然の脅威にうまく対応するよう知恵を出すことが必要。
- 本シンポジウムでは、人類の英知を出し合って、実りある議論を期待。



2. 基調講演

<参議院議員 加納時男氏> 『地震と原子力発電所』

- 柏崎刈羽原子力発電所の運転停止は、①電力需給に支障、②コスト増、経営負担増、③温暖化ガスの排出増、という3つの大きな問題を提起。原子力が果たしている役割はそれほど重要。
- 一方、原子力の安全確保は最重要であり、その前提のもとに早急に運転再開すべきであると主張し、政府からも同様の考えであることを確認。
- 原子力に関しては「技術的な安全」と「社会的な安心」との間には大きな溝があり、これを埋めるのも拡大するのもメディア。メディアの役割は極めて大。
- 諸課題解決には、未来への「知恵」と「勇気」と「思いやり」を持って、次の3点が重要。迅速な情報戦略（情報の迅速な収集、分析。原子力事業者、国、自治体、メディア、国民の情報共有。通常の時間外での緊急情報連絡訓練の強化等）報道への対応（メディアのヘリ報道への対応。最重要な「原子炉安全」「放射性物質の有意の放出の有無」「避難の必要性の有無」は極力第一報で迅速に。評価を分かり易く説明）教育改善・情報提供（学校教育、出前講座、各種シンポジウム等）
- 最後にジュリアーニNY市長コメントを援用して締括る。「我々、原子力に携わる人間は、決してくじけない、これまでも、これからも」

<世界原子力発電事業者協会(WANO)常務理事 L.マンパイ氏> 『原子力安全性—世界の未来のために』

- 原子力発電は、以前はエネルギーの安全保障・安定供給やエネルギー源の最適化のために必要な存在。最近では地球環境問題の解決に重要な存在として世界的に注目。
- 1979年のTMI事故から、米国の事業者は、規制だけでは十分ではない、互いに協力して最高水準を求めて努力することが必要との教訓を学び、米国原子力発電運転協会（INPO）を設立。1986年のチェルノブイリ事故から、世界の事業者は自身の発電所だけでなく、世界中の発電所の継続的改善に連帯責任があるとの教訓を得て、世界原子力発電事業者協会（WANO）を設立。
- 原子力安全の第一義的責任は、実際に原子力発電所を運転する事業者にある。事業者は単に規制を遵守するだけでなく、絶えず学び問いかける姿勢を持ち、安全パフォーマンスを向上させていかねばならない。そのために、情報・知見を国際的に公開し協力していくことが必要。
- 社会の信頼は簡単に手に入るものではない。それは、優れた原子力安全の確保を前提にして、初めて得られるもの。

3. 特別講演

<東京電力(株)取締役副社長 原子力・立地本部長 武黒一郎氏>

『さらに安全な原子力発電所を目指して～新潟県中越沖地震を踏まえた耐震安全性と防災の強化～』

- 耐震安全性と防災強化に向けた東京電力の取り組みについて、その基本方針は、次の4点。事実の徹底追及、透明性のある評価プロセス、教訓の共有、地域と共に考え、歩む
- 今後の取り組みは次のとおり。引き続き設備の点検・解析を進め、健全性を評価していく。現在進めている陸域及び海域の地質調査を踏まえ、新たな設計用基準地震動 Ss を策定。策定された Ss による設備の耐震安全性評価を行い、必要に応じ補強工事を実施。危機管理体制の強化は計画に沿って着実に実施
- おわりに。国内外の知見を出し合って柏崎刈羽原子力発電所の検証を進めていきたい。これにより、当社の原子力発電所の耐震安全性と防災の強化を図っていく。今回の経験・教訓を世界で活用していただけるようにしたい。これにより、国際的な原子力安全の向上と一緒に取り組んでいく。耐震安全性向上に向けた国際協力がさらに進み、耐震設計や耐震安全評価の基準の国際的なハーモニゼーションが図られること、及び本シンポジウムがこれを進める契機となることを期待するとともに、その実現に向けて努力していきたい。

4. セッション1 <地震の影響を受けた機器の健全性評価>

内 容	地震の影響を受けたプラント機器の健全性評価について、国内外の評価手法を紹介するとともに、新潟県中越沖地震の影響を受けた柏崎刈羽原子力発電所の評価事例について意見交換を行った。		<議長総括等> 安全系の機器にはほとんど損傷が無かった。厳しい設計基準が適用され、安全マージンが大きかったなど、日本のプラクティスが良かった。 東京電力においては、今回のように「設計基準を上回った地震」に対する健全性評価にあたっては、安全上重要な設備を対象とし、「点検と解析」を組み合わせて実施することにしており、この点検において異常が確認された場合や、解析において許容値を満足できなかった場合は、追加点検を行うことで総合評価を行うことにしており、これをきちんと行うことが重要。 非安全系の機器であっても、その損傷は無視してはならない。耐震性が低い設備でも発電所全体の機能が損なわれないよう注意する必要がある。 安全技術向上と安心の向上とはちがう。安心向上のためにどのようなことをしたら良いかを検討する場が必要。
共同議長	松浦祥次郎氏（原子力安全研究協会顧問、前原子力安全委員会委員長） J.シムス氏（ASME 筆頭副会長）		
講 演	ASME における発電用機器の耐震設計評価法	ASME J.スティブソン氏	
	柏崎刈羽原子力発電所の代表機器に対する点検及び解析結果	東京電力 山下和彦氏	
	柏崎刈羽原子力発電所の地震現場点検及び評価に関する EPRI による独立のピア・レビュー	EPRI G.ハーディー氏	
	「中越沖地震後の原子力機器の健全性評価委員会」(SANE) の検討状況	SANE 主査、東京大学名誉教授 野本敏治氏	
	配管システムの耐震設計余裕	EDF P.ラベ氏	
原子力発電所の地震リスク解析による知見及び柏崎刈羽原子力発電所との関連	ASME 標準執筆チーム委員 M.マビントラ氏		

5. セッション2 <地盤変状の影響とその対策>

内 容	新潟県中越沖地震において柏崎刈羽原子力発電所の多くの設備に被害をもたらした地盤変状に関して、原子力発電所の対策についての国内外の最新の知見を紹介するとともに意見交換を行った。		<議長総括等> 原子力重要施設は岩盤上に支持され、今回の地震によっても「止める」「冷やす」「閉じ込める」の機能は満足に果たすことができた。一方、柏崎刈羽原子力発電所はまだ点検・検査が行われているところであり、支持性能についても、これらを踏まえた最終的な評価が必要となる。 一般構造物、たとえば、消火用埋設配管などが埋め戻し地盤に設置され、その沈下により被害が生じた点については、性能を満足できなかったと反省する必要がある。 設計を2.5倍も上回る地震動でも土木構造物が健全であった理由は、安全率や解析上の仮定など設計に含まれる余裕があったため（特に土木ではこの余裕が大きいと思われる）と思われるが、まだ定性的な評価に留まっており、定量的評価が今後必要である。 建屋の周辺では液状化現象とは異なる揺すり込みによる沈下が大きく、また長周期地震動による影響が大きかったことなどが今回の特徴であろう。 今回のシンポジウムは土木工学的評価に限ってまとめたが、原子力発電所の耐震安全性については、地質学、土木・機械工学などの分野を横断する学際的な検討を進めることも必要と思われる。
共同議長	國生剛治氏（中央大学理工学部土木工学科教授） G.ハーディー氏（EPRI 耐震チーム委員）		
講 演	原子力発電所における地盤・土木構造物の耐震性評価	電中研 当麻純一氏	
	柏崎刈羽原子力発電所における中越沖地震による地盤変状とそのメカニズムについて	東京電力 酒井俊朗氏	
	発電所における地震時地盤変状の対策	PG&E 社 N.アブラハムソン氏	

6. セッション3 <防災・火災防護>

内 容	国内外の原子力発電所における自然災害による被害事例を紹介するとともに、各国で取られている防災・火災防護について意見交換を行った。		<議長総括等> このような自然災害は頻りに起こるものではないものの、適切な危機管理組織を確保すること、②訓練を含めた関係者の教育を継続して実施すること、分かりやすい言葉で適切に情報発信を行うこと、が重要である。 東京電力に対しては、今回の海外発表者からの知見も生かして、緊急時の対応の強化を図って、タイムリーで正確な情報発信に努めて、地元の方々に安心して頂ける発電所運営に努めていただきたい。 全世界レベルでの非常災害データなどを収集し考えていくことにより、海外情報を積極的に活用し原子力発電所の安全、安定運転に努めていただきたい。
共同議長	庄司卓氏（WANO 東京センター事務局長） D.モディーン氏（EPRI 原子力部門顧問（元原子力担当副理事長））		
講 演	米国における原子力発電所の緊急時対応計画	INPO G.フェルグート氏	
	フランスの防災・火災対策	EDF L.ストリケル氏	
	ウォータフォード原子力発電所における緊急時対応の経験	Entergy 社 J.ルイス氏	
	東京電力が講じた対策	東京電力 横村忠幸氏	

7. 総括セッション

内容	セッション1～3での議論全体を通して、「将来のより安全な原子力発電所造り」に向けた更なる意見交換を行った。	
共同議長	石川迪夫氏(日本原子力技術協会理事長) A.マリオン氏(NEI専務理事)	
パネリスト	松浦祥次郎氏	セッション1議長
	國生剛治氏	セッション2議長
	D.モディーン氏	セッション3議長
	L.ストウリケール氏	EDF会長顧問(原子力担当)

【パネリストからの主な意見】

<松浦氏>

- ファクトをどう把握して、どのように理解するかが知見を共有する一番のベース。そして、次に重要となるのは、知識の共有のため、オープンに情報を出し、オープンに議論すること。このシンポジウムはそのための非常によい機会。
- こちらが発した情報を相手が確実に受け取って、それに対して何らかのレスポンスがあるという、そういうことを確認するという慣習を身に付けておくのが、コミュニケーションを良くして行く一つの確実な道。
- 安全確保の第一義的な責任は事業者にある。今やっていることがこれで十分だと思わずに、どこか欠けていることがあるのでは、という自分自身に対する疑問を常に持っているという、ハイレベルな考え方をキープすることが重要。そして、それによって、むしろ規制当局を一步リードするくらいの考え方で仕事をしていくことが、今回の色々な指摘に対する一つの道筋。

<國生氏>

- 埋戻し土の不同沈下により火災まで生じたことを反省し、もっとしっかりした施工をしないとイケないという面もあるが、やはり地震動が本当に大きくて、特に長周期化し、たくさんエネルギーを含んでいたという面があったのではないかと。これは、今回得られたレッスンの一つ。
- 情報発信については、何かあった時に、急に発信するのは効果が薄い。特に地元の方とは、普段からの顔の見える関係、心配してもらえようような関係を築くということが一番重要。
- 人為的な災害の発生頻度が自然災害より低いとは限らないので、その部分についての情報共有というのもここで強調すべきことである。

<D.モディーン氏>

- 火災が起きたときは、まず、どのようにして検知し、次に、消火活動をどうやって行うのか、どうやってきちんとしたトレーニングをしていくか、ということが大事となる。
- EPRIでは、あらゆる活動について、その実施が不十分になる場合、品質保証プログラムの中で職員に自らの失敗を認識させるということを求めている。それを自ら明らかにして対応するというのを促している。
- 教訓をきちんと学ぶという意味で重要なのは、事象の説明の仕方、つまり、簡素に説明すること。情報を多く出し過ぎると、逆に情報に埋もれてしまうことがある。

<L.ストウリケール氏>

- ルブレイエで火災があったときに、6時間に18回のプレスをしたが、それでも情報不足だと非難された。つまり、伝えるというだけでなく、メッセージがきちんと受け取られたかということを確認することが重要だということ。
- 世界で何か新しい情報が得られた際には、それをきちんと盛り込んで、今運転しているプラントの安全性が十分なのか、それとも更に高める必要があるのか判断する必要がある。事象が発生する毎に継続的な努力が要る。そのためには、国・発電所・規制当局をまたいだ情報共有が必要。
- 安全余裕については、安全上重要な機器に損傷がなかったということが、十分な余裕があったということである。その余裕がどこから来たのか、あるいは、どの余裕を实际使ったのかということを理解することが大切。

【議長総括】

原子力業界はグローバルなコミュニティであって、その中で適切に情報を共有していく必要がある。そして教訓を伝えていくことが非常に重要と考えている。他の事業者、他の発電所に学んだ教訓を伝えていくことが重要。

このような運転経験、その他の知識が業界全体やあらゆる国で共有され、そして外部の利害関係者、つまりマスコミ、公衆、地方自治体にも提供されることを期待したい。

コミュニケーションは非常に重要であるということについては、全員が同意できると思う。これは、常に継続的改善をしていなければならない。

このシンポジウムが良い前例になることを期待したい。つまり、他の国でも何らかの事象を経験したならば、このようなシンポジウムを開催して、情報を共有するという先鞭になればと思う。

このシンポジウムは、この目的に照らして民間で開催された初めての試みではないか。我々は、こういった努力を続けていって、より良い原子力発電所を未来のために造っていきたい。そのためにも皆様にはご協力をお願いしたい。



8. 会場からの主な意見

地震応答スペクトルの実データと解析の比較において、水平方向は比較的合っているが、上下方向が合っていない。これに対してはどういう議論がなされているか。3次元解析で合っていないと不安が残る。

地盤が大きく揺れたが、フロアはそれほどゆれていない。地盤と建屋の間の減衰係数をもっと検討してはどうか。

地震が経年劣化を加速することはないか。短期的には再起動可能でも、長期的には原子炉の寿命が短くなることは無いのか。

原子力建屋の変動が異なっているということは、地下で断層などの動きがあったのではないかと。このような地質学的検討が本シンポジウムで議論されないのは不十分。

原子力発電所の安全性維持ということを経験と絡めて考えたときに、全体的な自然災害への対応をより良くするために何が出来るか。関係機関が行っている様々な活動をうまく連携させるにはどうしたらよいか。

この度の企画をこの柏崎で主催したことは、「安全」のみならず「安心」にも多大なる貢献をしていると感じている。消費地と生産地との余りの温度差に、柏崎刈羽市民は多くのダメージを受けたが、このような素晴らしい国際シンポジウムを被災地「柏崎」にて開催してくれたことは、それを払拭し、はじめて世界一の原発があるということに『誇り』を持てるきっかけを作っていただいたような気がする。

以上