

11. SSHAC Level 3 を適用した確率論的地震ハザード解析 のためのデータベース構築

Development of database for probabilistic seismic hazard analysis
applying SSHAC Level 3

○西坂直樹・大西耕造・塩田哲生・小川裕（四国電力）
池田倫治（四国総研）・宮腰淳一（大崎総研）

1. はじめに

2011 年に発生した福島第一原子力発電所の事故を契機に、低頻度の自然外部事象に対するリスクの把握および低減の必要性が改めて認識された。この認識から、四国電力は、伊方発電所を対象とした確率論的地震ハザード解析（Probabilistic Seismic Hazard Analysis、以後、「PSHA」）の高度化を図るため、原子力施設等における PSHA の評価の手順を定めた米国の Senior Seismic Hazard Analysis Committee（以後、「SSHAC」）ガイドラインの Level 3 を適用したプロジェクト（以後、「伊方 SSHAC プロジェクト」）を実施した。SSHAC ガイドラインの Level 3（以後、「SSHAC Level 3」）は、国外では原子力施設等の規制要求として広く用いられているものの、日本においては初めての適用である。2016 年 3 月より開始した伊方 SSHAC プロジェクトは、約 4 年半の歳月を経て、2020 年 10 月に完了し、同年 11 月に「伊方 SSHAC プロジェクト最終報告書」¹⁾として成果を公表した。

伊方 SSHAC プロジェクトにおいて、筆者らは、専門家チームによるモデル構築に資するデータベースを構築する役割を担った。本稿では、伊方 SSHAC プロジェクトの概要とともに、データベース構築について報告する。

2. 伊方 SSHAC プロジェクトの概要

1980 年代に米國中東部を対象とした PSHA において、2 つの主要な研究機関が独立して解析を行ったところ、平均値に非常に大きな差が生じた。その原因を検討するため、SSHAC が設置され、差異の原因は技術的な側面ではなく、不確かさの検討手順にあるとされた。こうした事例を踏まえ、評価の説明性や透明性を担保するため、不確かさの検討手順を定めたものが SSHAC ガイドラインである（酒井、2016）²⁾。SSHAC ガイドラインでは、対象とする設備の重要度や不確かさの程度等に応じて 4 つの Level に区分されており、国外の原子力施設を対象とした事例では主に Level 3 で実施されている。

SSHAC ガイドラインは、評価の個々の技術的要素を定めたものではなく、客観的かつ妥当な評価結果を得るための検討の流れや重要事項を明確にしたものである。SSHAC ガイドラインでは、専門家の意見分布等を踏まえた上で、「技術的に十分主張できる解釈に基づく中央値、分布、範囲：Center, Body, Range of Technically Defensible Interpretations（以降、「CBR of TDI」）」を達成することが最も重要な概念である。そのために必要な手順が具体的に定められるとともに、関係者の役割や責任も明確にされている。

日本のように地質調査データや地震観測記録が充実している場合でも、専門家の解釈は異なることがあるため、不確かさの扱いが重要な課題となる。伊方 SSHAC プロジェクトは、伊方発電所の更なる安全性向上に向けた自主的な取り組みの一環として、SSHAC Level 3 を適用するものである。伊方 SSHAC プロジェクトには、各々 7 名の専門家から構成される震源特性（Seismic Source Characterization、以後「SSC」）に関わるモデルを構築する専門家チー

ムと地震動特性（Ground Motion Characterization, 以後「GMC」）に関わるモデルを構築する専門家チームを含め、総勢で数十名の専門家が常時参画した（図-1）。

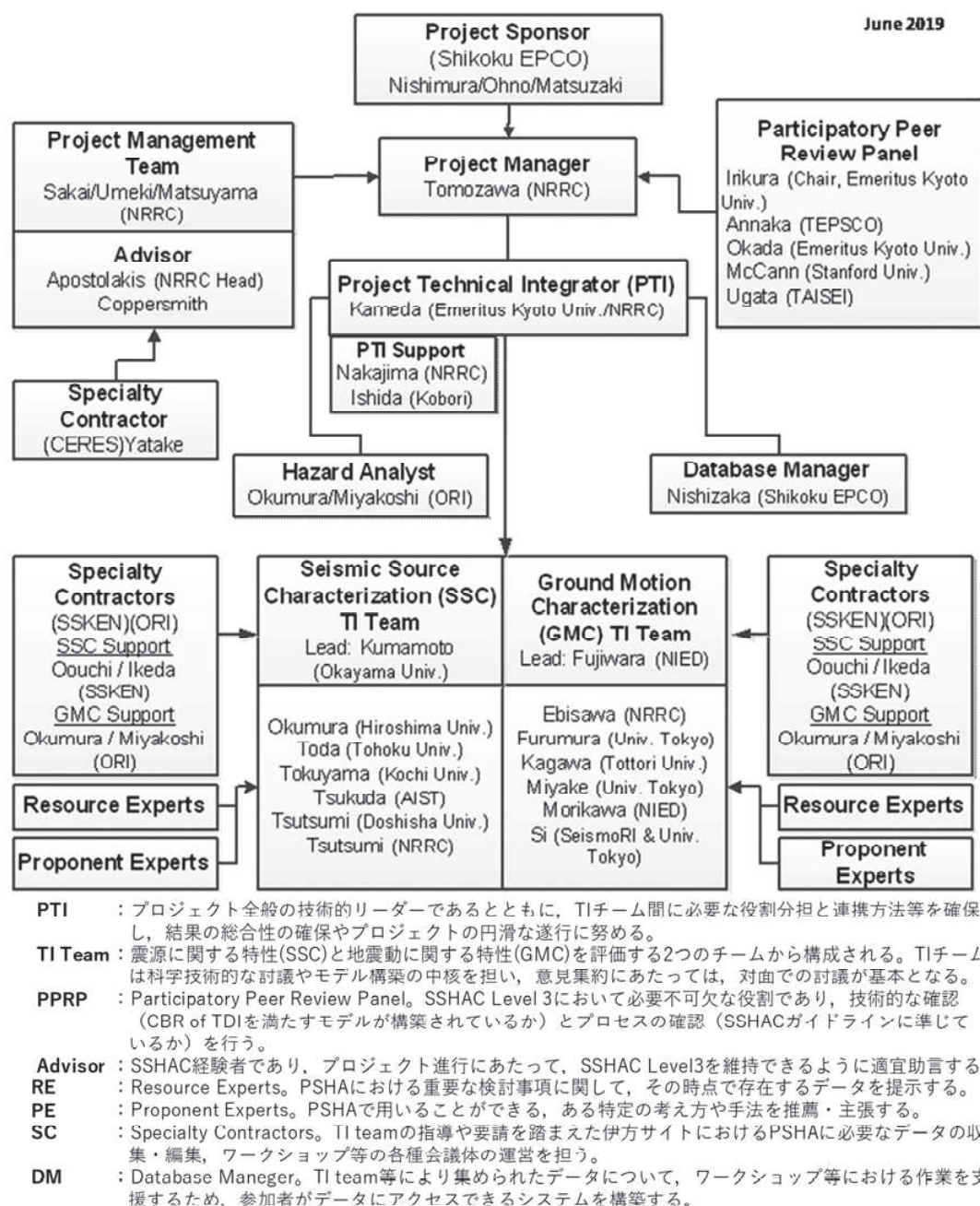


図-1 伊方 SSHAC プロジェクトの検討体制

3. SSHAC Level 3 の検討の流れとデータベース構築の目的

伊方 SSHAC プロジェクトの検討の流れは、SSHAC Level 3 の手順に準拠しており、3つのフェーズに分けられる（図-2）。

まず、評価に用いるデータや手法、モデルに関する質や信頼性等を検討する“評価（Evaluation）”のフェーズである。このフェーズでは、外部専門家から評価に用いることができるデータや手法等に関する説明を受けた上で議論することが求められる。外部専門家は、モデル構築に有用となるデータを客観的に提示する Resource Expert（以後、「RE」）とモデル

構築に用いることができる考え方や手法を推薦・主張する Proponent Expert（以後、「PE」）に分けられる。主に第1回ワークショップ（WS#1）では RE、第2回ワークショップ（WS#2）では PE に講演頂き、のべ52名の RE もしくは PE が専門家チームと議論した。

次に、CBR of TDI を踏まえつつ、モデルを構築する“統合（Integration）”のフェーズである。このフェーズでは、第3回ワークショップ（WS#3）において、構築した暫定モデルとそのハザード解析結果等に基づき、専門家チームの活動を検証するために設置された5名の専門家から構成される Participatory Peer Review Panel（以後、「PPRP」）と議論を行う。そして、PPRP からコメントをフィードバックし、最終モデル構築および最終的なハザード解析へと移る。

最後のフェーズは“文書化（Documentation）”である。このフェーズでは、最終的に構築したモデルやハザード解析結果について、的確かつ網羅的に文書化することが要求される。

データベースは、これら一連の検討を進める上で不可欠である。その構築の目的は、PSHA に関する文献等を収集してプロジェクト関係者で共有するとともに、PSHA の客観的論拠とすることである。SSHAC Level 3 の手順によると、“評価（Evaluation）”のフェーズまでは、ハザード重要事項（Hazard Significant Issues、以降、「HSI」）の選定とデータベース構築が主たる作業であり、モデル構築に踏み込んだ議論は禁じられている。専門家チームの効率的な議論・作業のため、プロジェクトの初期段階からデータベースの構築を進め、第2回ワークショップまで専門家チームによる議論で取り上げられた文献や RE あるいは PE による発表資料自体とそれらの引用文献を網羅的に収集した。それ以降も最終モデル構築に至る作業の中で新たに必要になったデータを収集対象とした。

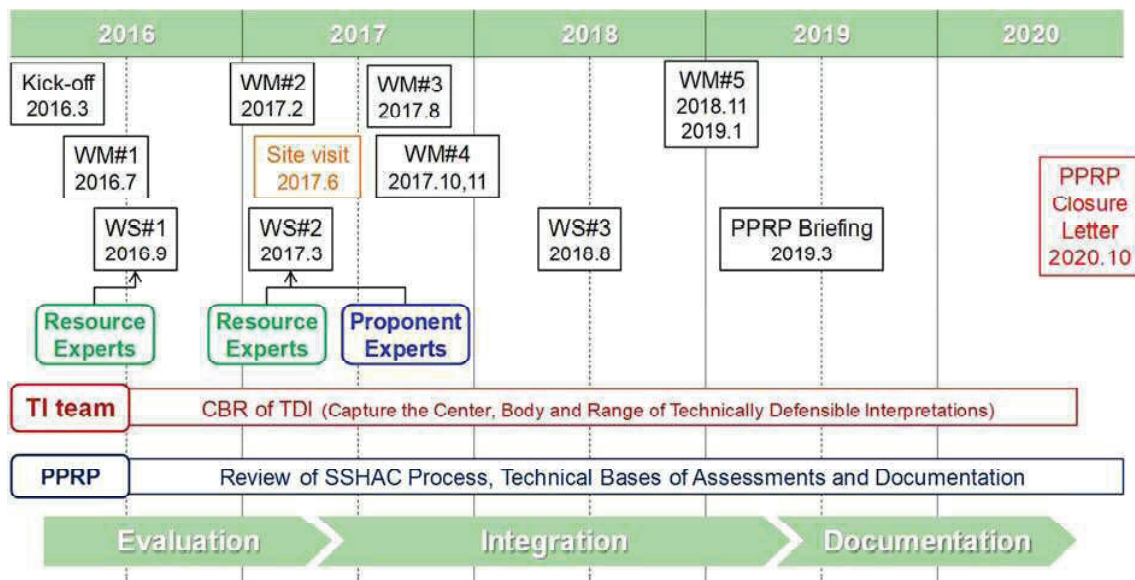


図-2 伊方 SSHAC プロジェクトの検討の流れ

4. データベースの内容

伊方 SSHAC プロジェクトのデータベースは、文献の出典リスト（以降、「文献 DB」）にデータの評価（Data Evaluation Table、以降、「DET」）を追記したフォーマットで構築した（図-3）。

文献 DB は、伊方発電所における既往の設置変更許可申請や PSHA で用いられた一般公開

文献や調査資料のほか、伊方発電所周辺の地形、地質、地震及び PSHA に関連する国内外のデータや海外の SSHAC Level 3 事例を幅広く収集・整理するとともに、モデル作成や PSHA に有用な文献を中心に、合計約 1,800 件の出典（発表年、著者、タイトル、掲載誌等）を登録したものである。

DET については、文献 DB に登録した文献について、ハザード重要事項（HSI）との対応、モデルを分岐項目と重みで表現するロジックツリー（Logic Tree、以降、「LT」）との対応（PSHA での使用箇所）等を整理・評価してとりまとめたものである。ここで、ハザード重要事項（HSI）と関連するデータについては、特に重点的なデータ収集の対象とした。

文献DB						
No.	発表年	著者	タイトル	掲載誌	巻次	ページ
文献DB上の 番号	文献に関する情報					

データの評価 Data Evaluation Table (DET)						
SSC/ GMC	HSIでの 位置づけ	重要度	LTでの 位置づけ	データ使用に 関する議論		備考
				震源	分類	
SSC, GMCの どちらに関連 するかの評価	HSI上での 位置づけ	0=報告書記載無 1=報告書記載有 2=LTの参考 3=LTに採用	LTでの位置づけ (地震ハザード解析での使用箇所)			

図-3 伊方 SSHAC プロジェクトにおけるデータベースのフォーマット

5. おわりに

伊方 SSHAC プロジェクトは、PSHA に関して SSHAC Level 3 を適用した我が国で初めての試みであり、米国の規制当局（U.S.NRC）においても SSHAC Level 3 に準拠する活動として認知されている³⁾。伊方 SSHAC プロジェクトの成果は伊方発電所における PSHA の高度化に留まらず、我が国における PSHA の普遍的な高度化にも寄与することが期待される。

最後に、伊方 SSHAC プロジェクトの成果は、多数の関係者が膨大な時間をかけて議論、評価、レビュー等を行い、とりまとめたものである。伊方 SSHAC プロジェクトの関係者に対し、紙面を借りて厚く御礼申し上げます。

引用文献

- 1) 亀田弘行・隈元 崇・藤原広行・奥村晃史・佃 栄吉・堤 英明・堤 浩之・遠田晋次・徳山英一・蛭沢勝三・香川敬生・司 宏俊・古村孝志・三宅弘恵・森川信之・奥村俊彦・宮腰淳一，2020，伊方 SSHAC プロジェクト 最終報告書（2021 年 9 月 3 日参照），https://www.yonden.co.jp/energy/atom/safety/sshac_project/index.html.
- 2) 酒井俊朗，2016，確率論的地震動ハザード評価の高度化に関する調査・分析—米国 SSHAC ガイドラインの適用に向けて—，電力中央研究所報告，O15008.
- 3) The United States Nuclear Regulatory Commission, 2018, Updated Implementation Guidelines for SSHAC Hazard Studies. The United States Nuclear Regulatory Commission NUREG-2213.