解説

東通原子力発電所 敷地の地質・地質構造 敷地内断層に関する評価の現況

東北電力(株) 坂東 雄一

東通原子力発電所の敷地内には、比較的連続性の良い10本の正断層が認められている。原子炉設置許可申請に係る安全審査では、敷地内断層について活動性はないとの判断がなされ原子炉設置の許可を得ている。原子力規制委員会の有識者会合では、敷地内断層は活断層の可能性があるとの見解が示されており、審議は継続中である。本稿では、当社がこれまで行ってきた地質調査の概要を紹介し、敷地内断層の活動性について考察する。

I. はじめに

敷地内断層に関わるこれまでの経緯

東通原子力発電所では、1970年代から1998(平成10)年の設置許可時までに、ボーリング調査(369孔、総延長約39,900m)、試掘坑調査(約3,700m)およびトレンチ調査(58カ所)を実施し、敷地内に主要断層として10本の断層があることを確認している。一方、後期更新世(約12万～13万年前)の地層にずれや撓み等の変状という現象(詳細後述)が認められるものの、これらの変状は局所的であり、系統的に連続しないこと等を踏まえて、当社は、東通原子力発電所敷地内の主要な断層は地震を引き起こすような活断層ではないと評価し、東通1号機の原子炉設置許可申請をしている。1996年8月から2年間にわたって行われた国による安全審査においても同様の評価が示され設置許可が下りたことから、東通1号機は1998年12月に着工、2005年12月に営業運転を開始している。

2006年9月に原子力発電所の耐震設計審査指針が改訂され、国は、既存の原子力発電所にも新しい指針に照らした地質調査や、その結果に基づいた発電所に影響のある活断層の評価等をあらためて行う耐震バックチェックの実施を事業者へ指示した。耐震バックチェックにおいて、当社は、東通原子力発電所の敷地内断層は地震を引き起こすような活断層ではないと評価し、2008年に耐震バックチェック中間報告書を国へ提出した。その後、「敷地内断層についてあらためて調査を行うべき」と

いう国の審議会での意見を踏まえ、当社は、2012年7月から自主的に追加の地質調査を実施し、2012年11月にその実施状況を報告した。その間、国では、原子力安全・保安院および原子力安全委員会の事務業務等を一元化し、原子力規制委員会が2012年9月に発足した。耐震バックチェックに係る審議、特に敷地内断層の活動性評価に関しては、原子力規制委員会内に設置された会議体「東通原子力発電所敷地内破碎帯の調査に関する有識者会合」(島崎委員長代理に有識者4人を加えた計5名で構成)に引き継がれた。2012年12月13～14日には現地調査が行われ、現在までに「東通有識者会合」は計6回開催されている。

II. 敷地の地質・地質構造

1. 敷地の地質構造の概要

東通原子力発電所は青森県下北半島脊梁部の太平洋側に位置する。敷地周辺の地質は、下位から新第三系中新統の砂岩、泥岩を主体とする猿ヶ森層、玄武岩質～安山岩質の凝灰角礫岩を主体とする泊層、砂岩、泥岩、軽石凝灰岩を主体とする蒲野沢層および中部更新統～上部更新統の段丘堆積物からなる。

敷地の新第三系は、泊層上部層分布域に地塁状をなして泊層下部層が分布し、半地溝状～地溝状をなして蒲野沢層が分布する。これらの境界をなす主要な断層としてF-1断層～F-10断層が認められる(第1図)。主要な断層は主に、NNE-SSW方向で比較的連続性が認められる変位量の大きな高角度の正断層である。原子力規制委員会の有識者会合では、これらの一部の断層について、活断層の可能性を否定できないとの見解がまとめられている。

Geology and Evaluation of Faults in the Site of Higashidori Nuclear Power Plant. Yuichi BANDO, Tadashi MIWA, Yuji TORIGOE, Shuichi HASHIMOTO.

(2013年8月14日 受理)

第1図 敷地地質構造図(原子力規制庁 HP¹⁾ (p.6) 参照)

第2図 第四系変状の例

2. 第四系の変状

敷地内断層または新第三系の岩盤風化部を被覆する第四系の一部には、第2図に示すような、第四系基底面の小規模な段差、破碎部粘土の第四系への注入、第四系中の小段裂および撓み等の変状が認められ、これらを第四系変状と呼んでいる。

第四系変状の特徴としては、(1)主要断層およびその他の断層における第四系変状の分布は限定的で、断層全体にわたって変状は認められない(第3図)。(2)第四系変状は岩盤劣化部の幅あるいは厚さが大きい箇所に対応し

て認められる傾向がある。また、岩盤劣化部には膨潤性粘土鉱物であるモンモリロナイトが周囲の地層に比べて多量に含まれている。(3)第四系変状のずれの量は小規模で、累積性は認められない。(4)第四系中の小断層には、正断層センスのものと逆断層センスのものが混在することがある。(5)変状が生じている小断層は、ごく浅部で消滅し、地下深部に連続しないものが多い。(6)第四系変状は断層のない箇所にも見られ、主として、上方への撓みからなる。(7)変状の形成時期は限定的で、おおむね標高の低い海側での形成時期は新しい傾向にある。

当社は、上記の特徴を考慮し、変状を発生させる成因として、①地震動による受動変位、②熱水等の圧入、③凍結・融解作用、④活断層による変位・変形の可能性を検討した。その結果、これらの成因では敷地内に見られる第四系変状が発生するとは考えにくく、第四系変状は、地表付近の断層破碎部、その近傍の劣化部および風化変質による劣化部に関係して形成されたものとするのが最も合理的であると評価している。形成メカニズムとしては、岩盤の劣化部(割れ目が多く発達、または風化に伴う軟質化した部分等)の一部が、敷地内の地下水位の変化に伴う吸水等によって体積膨張し、第四系の地層に変状を生じさせていると考えられる。

なお、東通原子力発電所の変状に似た事例が海外でも報告されており、詳細について調査・検討を進めているところである(詳細後述)。

2. F-3 断層の活動性(横ずれ)

敷地内の主要な断層のひとつである F-3 断層の活動性について、有識者会合による評価書案では、「後期更新世以降(約 12 万～13 万年前以降)に活動した活断層である可能性が否定できない」とされている。その主な根拠として、(1)断層を被覆する M1 面段丘堆積物(約 12 万～13 万年前)に花卉構造(フラワーストラクチャー)に類似した小亀裂が認められることから、横ずれに特徴的である、(2)F-3 断層を被覆する海成の砂礫層が断層沿いの基盤中に深く落ち込み、この断層に取り込まれた扁平礫の長軸が断層に平行に並ぶように配列している構造があり、横ずれの動きを示唆することを挙げている。この評価書案の内容に対し当社は、敷地内には第四系基底面に断層のない箇所でも溝状に削剥され、上位の堆積物がくさび形～不規則形の断面形状で落ち込んでいる箇所が多々確認されており、軟質な破碎部では差別侵食により深い溝が形成され、礫がこの窪みを埋めるように堆積した可能性があるかと判断している。また、花卉構造に類似した小亀裂が認められるとの指摘には、敷地から延伸する断層について、敷地北側に隣接する東京電力(株)が実施した水平掘削面調査(トレンチにおいて上から順に水平スライス掘削を行い、その都度地質の詳細観察を行う調査)の結果³⁾から、横ずれの変位は認められないと考えている。

東京電力(株)の調査報告によると、(1)水平面において横ずれの変形構造に特徴的なせん断層の雁行配列は認められない、(2)礫層中の礫の配列および砂層中の葉理に水平方向の引きずりは認められない、(3)せん断層内部の礫に、水平方向の回転等の横ずれ変位を示す状況は観察されない、とされており、全ての掘削面について横ずれの変位は見られなかったとまとめられている。

以上のことから、当社は F-3 断層について、「少なくとも後期更新世以降の活動性はなく、耐震設計上考慮する活断層ではない」と評価している。

なお、F-3 断層について、当社敷地内でも水平掘削面調査を実施中である。

3. F-9 断層の活動性(累積性)

敷地内の主要な断層のひとつである F-9 断層の活動性について、有識者会合による評価書案では、「後期更新世以降(約 12 万～13 万年前以降)に活動した活断層である可能性が否定できない」とされている。その根拠として、F-9 断層西側の第四系基底面は東側に比べて低くなっている(第 4 図)こと等から累積の可能性を指摘している。また、F-9 断層を介して海側(東側)の方が山側より高まっている特徴的な地形が確認されており、断層活動によって断層の東側が隆起した可能性を指摘している。この評価書案の内容に対し当社は、(1)M₁ 面段丘堆積物中の斜交葉理から推定される旧河道の影響で、F-9 断層の西側に分布する蒲野沢層(堆積岩)が差別的に侵食されたことにより形成された凹状地形を、チャネル充填堆積物(第 4 図の M_{1a} 層、M_{1b} 層)が埋めている、(2)年代の異なる堆積面の各々の比高が同程度であることは、F-9 断層の変位の累積性を示すものではない、(3)F-9 断層の東側を隆起させるためには、正断層の下盤側が上昇することになるため、このような現象は考えにくく、指摘されている下盤側上がりの F-9 断層北側法面とは対照的に、F-9 断層南側法面では、上盤側の蒲野沢層が上昇するセンスの段差が確認されており、東側の地形の高まりを形成する動きとは非調和的であることから、この地形の高まりは断層運動によるものではないものと評価している。

第 4 図 F-9 断層周辺のスケッチ(原子力規制庁 HP¹⁾(p.36)参照)

なお、F-9 断層破碎部の変形構造を詳細に観察するため、破碎部の試料を採取し分析中である。

4. 第四系変状の成因

掘削されたトレンチ法面やボーリングコアにおいて、有識者会合による評価書案では、現在、岩盤劣化部が顕著に膨らんでいる様子が確認されない点や、最終間氷期（約 12 万・13 万年前～約 8 万年前）以後の高海面期である完新世（約 1 万年前～現在）に膨潤現象が確認されないこと等から、第四系変状の成因が体積膨張（膨潤）による主張は合理的でないとしている。この評価書案の内容に対し当社は、体積膨張は地下水位の上昇・下降や粘土鉱物の相転移等、いくつかの事象が複合して発生するものと考えており、トレンチ掘削、ボーリング掘進後直ちに膨潤が確認されないからといって、体積膨張による変状の発生が否定されるとするのは論理の飛躍であると考えている。

また、岩盤の体積膨張によって変状が形成されたとする説は世界的に見ても例がないとの有識者意見に対し、文献調査により類似事例があることが示された。詳細検討中ではあるが、形態的な類似事例として、米国コロラド州の Heaving bedrock による地盤変状等がある⁴⁾。この現象は、地層中に膨潤性粘土鉱物が含有されていると、地表に部分的な膨張が生じることがあるとの事例である。敷地内の断層破碎部および岩盤劣化部においても膨潤性粘土鉱物が周辺に比べて多量に含有される傾向にあり、上方に凸の撓み変形等が生じており、単純比較はできないものの、変状の範囲や隆起量の規模はコロラドの事例と比較して同程度であると考えられる。

なお、第四系変状の成因に関しては、検討を継続し、既往データ、類似事例の検討およびデータの更なる拡充を行っていく予定である。

IV. おわりに

これまでに開催された有識者会合において、当社はこれまで得られた科学的知見に基づき、敷地内断層は「耐震設計上考慮すべき活断層ではない」との見解を説明している。当社の見解は、これまでに蓄積した膨大な地質調査データに基づき、断層破碎部の性状や地下深部の構造等を含めた多面的、総合的な検討に基づくものであり、加えて、複数の学識経験者から当社の見解を技術的、客観的に支持する見解書も頂いている。これまでの評価会合では、評価書案の各論点についてまだ議論して

いない論点も残されており、また、議論いただいた論点についても、有識者と当社の見解には乖離があることを踏まえると、まだ議論を尽くすべき点が多々あると考えている。

当社は、東通原子力発電所の敷地内断層についての有識者意見を踏まえ、2013 年 12 月までの予定で地質調査等を実施しているところであり、あらためて敷地内断層の活動性の有無に関する評価・確認を行っていくこととしている。

原子力規制委員会においては、今後とも議論を継続し、地質調査で得られる新たなデータや知見を確認いただくとともに、これまでの審査に携わった学識経験者の意見も聞く等、科学的データに基づいた幅広い議論を行っていただきたいと考えている。

— 参考文献 —

- 1) 東北電力東通原子力発電所敷地内破碎帯の調査に関する有識者会合 第 4 回評価会合
http://www.nsr.go.jp/committee/yuushikisya/higashidori_hasaitai/data/0005_06.pdf
- 2) 原子力規制委員会 東通原子力発電所敷地内破碎帯の調査に関する有識者会合（第 6 回評価会合）、東北電力(株)東通原子力発電所の敷地内破碎帯の評価について(案)、
http://www.nsr.go.jp/committee/yuushikisya/higashidori_hasaitai/data/20130517-higashidori.pdf
- 3) 原子力安全・保安院 東京電力(株)東通原子力発電所敷地の地質・地質構造 敷地の断層にみられる変状について(資料第 113C-10-5 号)、平成 22 年 11 月。
- 4) Noe, *et al.*, Steeply Dipping Heaving Bedrock, Colorado: Part 3 Environmental Controls and Heaving Processes, The Geological Society of America, Environmental & Engineering Geoscience, Vol. VIII, p.325-344, 2007.

著者紹介

坂東雄一（ばんどう・ゆういち）

東北電力(株)
(専門分野) 応用地質学

三和 公（みわ・ただし）

東北電力(株)
(専門分野) 応用地質学

鳥越祐司（とりごえ・ゆうじ）

東北電力(株)
(専門分野) 応用地質学

橋本修一（はしもと・しゅういち）

東北電力(株)
(専門分野) 応用地質学