

日本原子力学会「断層の活動性と工学的なリスク評価」調査専門委員会 特別講演会
～断層活動に伴う変位・変形に対する工学的なリスク評価の確立に向けて～
議事概要

1. 日 時：平成 27 年 2 月 14 日（土）13:00～16:30
2. 場 所：東京大学武田ホール
3. 講演者等：山崎 晴雄 首都大学東京大学院教授
小長井一男 横浜国立大学大学院教授
倉本 孝弘 日本原子力学会標準委員会リスク専門部会委員・
(株)原子力エンジニアリング
岡本 孝司 東京大学大学院教授
奈良林 直 北海道大学大学院教授・調査専門委員会主査
奥村 晃史 広島大学大学院教授
開会挨拶：藤田 玲子 日本原子力学会会長
総合司会：千葉 豪 北海道大学大学院准教授
4. 参加者数：138 名（報道関係者 4 名、登壇者等 8 名含む）
5. 配布資料：プログラム、質問票、アンケート、講演資料集

6. 議事概要：

(1)開会挨拶 藤田玲子氏

- ・原子力界として、福島事故のような事態を防げなかったことに対する深い反省の下に、新しい研究、あるいは技術分野の開拓を進めていきたい。
- ・本日の特別講演会は、この活動のひとつとして、昨年 10 月に発足した「断層の活動性と工学的なリスク評価」調査専門委員会が主催するもので、地質、土木工学、耐震というような多分野の専門家をお招きして、忌憚のないご意見をいただきたいと考えている。
- ・断層の活動性に関する変位に伴う工学的なリスク、あるいは工学的な対処法についての検討を、委員の方々には活発な討論をお願いしたい。

(2)講演

①山崎晴雄氏「原子力施設と活断層問題」

- ・活断層自体が何か大きな問題があって、危ないかということではなくて、むしろそれを扱う人間の方に問題があるのではないかと考えている。活断層そのものではないと思う。
- ・活断層がただ怖いということが風評化している。そのような活断層に対する誤解を解いて、その誤った知識が流布しないように努める必要がある。同時に、断層によるずれに対して工学的な対応が絶対に必要である。
- ・活断層は地震を起こすので危ないのは間違いない。広い意味では確かに地震を起こすし、そこには大きな影響は出る。しかし、それ以上に危険性が強調されているのではないか。
- ・風評を排除していくには、活断層や地震の活動に関して実態を皆さんに知ってもらうことと、その対策が大事である。

- ・活断層を危険だから避けよと主張する研究者がいる。これは、活断層に注目してもらいたいとの純粋理学的な思い込みだと思う。地学現象は完全に解明できない部分がどうしても残る。
- ・3.11 以前に、原子力安全委員会で手引きの案を一生懸命検討した。突然、断層の上に炉を禁止するという案がでてきた。活断層という言葉の意味も変えられてしまうと心配した。3.11 後、心配した通りになった。また、「安全側に評価する」というのも、これによって多くの断層が「将来活動する可能性のある断層等」ということになってしまう。非常に恣意的である。
- ・審査において、活断層の議論が必ず川上側にある。しかし、工学的な対応を全く期待されていない。
- ・この問題の対応としては、風評の排除、事業の必要性への理解獲得、副断層などのずれ量の議論、工学的な対応と開発、「活断層理工学」としての発展が必要。そして、やはり科学的な透明性の確保が必要。

②小長井一男氏「断層変位と土木施設～被害の実際と対応事例について～」

- ・海外、国内の地震被害調査に、43 の地震、計 153 回関わってきた。
- ・1999 年台湾・集集（チーチー）地震での被災事例の紹介。
- ・断層を外れても、実は変形は色々あり得る。断層を避ければ良いかというと、非常に難しい問題で、避けても色々な理由で、変形が累積する可能性がある。
- ・最初に揺れが来て、そして変形が来る。そういった順番を意識した対応をしておかなければいけない。
- ・断層に乗っているか乗っていないかという議論だけだと、物を作る場所が非常に限られてしまう。実際に被害が出ているところも、断層の真上かということ、そうでもない所で被害が出ている。過去の事例を見て、どういう対応ができるかを考えていかなければいけない。
- ・カリフォルニア大学バークレー校のフットボールスタジアムの断層変位対策工事の動画紹介（斬新な変位吸収構造による対策）。
- ・その他、海外の対策事例の紹介（アラスカ・パイプライン（横ずれ変位を吸収する構造）、カリフォルニア・給水管（すべり支承）、ニュージーランド・水力ダム（楔状のノッチを入れた部材をいくつも並べて変位を吸収する試み））。
- ・色々な対応がある。皆、こういった試行をしている。そのような研究の成果を集約していかなくてはならない。

③倉本孝弘氏「『外部ハザードに対するリスク評価方法の選定に関する実施基準』の概要について」

- ・福島第一の原子力発電所の事故以来、外部ハザードの全体の影響を評価して対策を立てることの重要性が増している。その外部ハザードのリスク評価については、そのリスクの大小を見ることだけが目的ではなくて、その対策を立てることが重要である。
- ・外部ハザードに対してどういう評価をすべきか、というようなことを考える基本原則をまとめた実施基準を策定した。
- ・原子力発電所の安全性に脅威を与える可能性のある外部ハザードを網羅的に同定して、リスクとしては炉心損傷を対象に考え、シナリオ発生頻度、プラントに対する影響の観点から、リスク評価方法、外部ハザードに対してどういうリスク評価方法を選定すべきか、という手

順を規定した。リスク評価手法の選定手順は、情報収集、潜在ハザード同定、ハザード特性分析、定量評価の順。

- ・潜在ハザードの同定については、2009年頃までの災害記録、海外文献調査及び近年の観測によりリストを作成。ハザードの組合せ（随件事象等）も考慮。
- ・ハザード特性分析では、発生頻度極小、プラントとの距離大、進展時間長、炉心損傷への進展可能性でスクリーニング。
- ・特性分析で残ったものを対象に、発生頻度分析もしくはプラント影響度分析、裕度評価、決定論的なCDF評価、詳細なPRAのいずれかを選択し、定量評価を行う。

④岡本孝司氏「断層変位問題と原子力安全～JANSI委員会報告書の概要～」

- ・断層変位以外の自然現象に関しては、基本的には重要施設の安全機能に大きな影響を及ぼすおそれがないことを評価することになっている。断層変位についても自然現象の一つであるから、同様の枠組みで考えることができる。
- ・JANSIで委員会を作って、総合的なプラントの評価の手法の枠組みを示すべく検討を行った。
- ・どのような断層変位が起こるかということをしっかり理解したうえで、そのハザードの確率、リスクをしっかり考えていく。設計基準に相当する安全検討用変位 δa を仮定して安全評価をし、さらに、断層変位は不確実性が非常に大きな事象なので、 δa を上回る限界検討用変位 δb を考えた上で、アクシデントマネジメント等を含めて考えていくという手順。
- ・ここでは地表地震断層を主断層と副断層とに区分して、副断層に対してしっかり考えていくという整理。
- ・過去の地震断層の調査から、主断層からの距離で、副断層がどのくらい変位が起きたかというデータを整理した。だいたい30cm位の変位というのが観測されている。これは日本国内の120年間のデータであるということに留意しないといけない。
- ・ハザードの確率は、確率論的断層変位ハザード解析（PFDHA）という方法が確立している。IAEAでは確率論的評価を求めている。NRCではDiablo CanyonのShoreline断層の影響評価にPFDHAの手法を使っている。海外ではこのように、ハザードの確率を計算して、それを安全の評価に使うということが定着している。
- ・ただ、我々の検討の場合は、例えば、設計基準に相当する安全検討用変位 δa は年超過頻度で $10^{-4} \sim 10^{-5}$ を提案しているが、不確実性が大きいということもあり、それを更に超過していくことを考えて検討している。
- ・小さな発生頻度までアクシデントマネジメントを考えていくということが今後の重要な考え方。断層変位に関しても、断層変位に対する設計でしっかり守る。それを超えた場合についても、例えばストレステスト評価のような形で、そうなった場合どうするかということをしっかりと考えておかなければいけない。
- ・断層近傍は局所的に非常に大きく損傷する可能性があるが、その他の部分は健全であるということが考えられるので、位置分散の考え方が重要。4トレンあったうちの2トレンは断層変位でやられたとしても、残りの2トレンは生きていたような形。航空機落下で大規模損壊が起きた場合のアクシデントマネジメントを考えているが、それと同様。航空機が落下する代わりに断層が変位したと考えて、アクシデントマネジメントを考えていくという

ことが可能。断層変位についても工学的な対応は十分可能で、今後しっかり議論していかなくてはならない。

(3) パネルディスカッション

① プレゼン 奈良林直氏「本委員会の発足趣旨と活動内容」

- ・昨年 10 月 1 日付で、原子力学会でこの活動をスタートした。現在までに得られた国内外の知見を基に、現時点における最も科学的かつ合理的な判断を選択するための調査検討をする。
- ・この調査専門委員会は、地質、地盤、地震、土木、建築、耐震、原子力安全、保全、防災、機械と、色んな分野と学協会に所属する多くの分野の委員の方々の活動により、断層変位に対する工学的な対策、緩和対策など、トータルの原子力発電所のリスクを低減することを検討していく。このような多くの分野の専門家のご協力をいただいて、学術分野横断型の調査専門委員会、これは原子力学会としても初めての試みで、しっかりとやっていきたい。
- ・断層変位に伴う原子力施設への影響評価に関して、トータルの工学的な評価、過酷事故に発展しないようにアクシデントマネジメントをあらかじめしっかり考えておく。原子力発電所のトータルのリスク低減と安全性向上のための活動をしていく。また、得られた活動成果を国際的に共有することも非常に大事である。

② プレゼン 奥村晃史氏「本委員会への期待～国際標準との整合～」

- ・福島事故と活断層は、全く無関係である。その無関係な活断層がなぜ問題にされるのか。
- ・活断層研究を含む地球科学、これは、巨大な地球を相手にしている。そのために起こる知識的不完全性、それが根源にあるのではないか。研究者がもし良心的にその知識的不完全さと戦うのであれば、如何にその不完全な知識を基に合理的な判断を下すか、ということを考えるはずだが、どうもこの活断層の問題では、活断層研究者が、自分たちの研究の不完全さ、弱点をネタにしている。
- ・地震・津波に関する基準で最も重要なのは、間違いなく地震動である。IAEA の安全評価ガイド SSG-9 においても、まず地震動に関する検討を尽くして、更に随伴する事象として断層変位を見ようということになっている。ところが日本の基準では、最初に活断層が出てきて、その活断層がクリアできなければ、先へは進まない。
- ・地球科学のもつ不完全な情報、知識から判断を下さなくてはならない。そういうときに決定論的判断を下すことは、これは所詮無理な話。完全に不確かな現象を如何に克服して安全な立地、建設、稼働を行うかを考えないといけない。
- ・現在破碎帯が問題になっているほとんどのサイトで、異なる見解があり、対立している。SSG-9 では、そういうときは確率論的な手法によって解決をなさいということが明確に述べられている。海外で現在の日本の状況の話をする、多くの人がその決定論は無理だ、どうして確率論でやらないのか、ということ必ず言われる。
- ・基準の文言の中にある「安全側の判断」という文言が問題。「可能性の推定」と「安全側の判断」を組み合わせると、すべてのグレーは黒になる。
- ・さらに、審査組織が事実上存在していない。その上、専門家を排除している。法律で要請されている原子炉安全専門審査会、核燃料安全専門審査会、両方とも審査機能は一切ない。NRC

は Senior Seismic Hazard Analysis Committee (SSHAC) を組織して、不確定、多様な意見が出る可能性のある問題についてとことん議論をしている。そのような努力も、日本では一切行われていない。

③パネルディスカッションでの主な議論は以下のとおり。

○変位リスクの捉え方について

- ・色んな地震の調査をやっていると、思いがけないことが起こる。思いがけないことは私達にはすべて分からないのだが、そういった事例をみて、我々ができる最善は何かを探す努力が一番大事ではないかと思う。
- ・ある想定外が起こった場合にどう対処するか、それをきちんと考えておくことが重要。そのために色々議論をして、アクシデントマネジメントと呼ばれる想定外に対処するための方策を考えておくことが重要。
- ・リスク評価をきちんとする、それには国際的な常識として確率論的にやるべきであると。決定論をやるにしても、必ず確率論的な評価を同時にやる必要がある。
- ・今は割れ目があるかどうか（破碎帯等の活動性評価）を一生懸命やっているが、割れ目がないところに関してもリスクの評価をしていくと、しっかりとリスクが見えてくる。IAEA、世界標準では、ハザードの確率を考えて、その上でのリスクをしっかりと評価していくことが重要であると言っている。日本もしっかりそれをやらないと、逆に危ないと思う。
- ・分からないところは皆グレーゾーンになってしまう。我々はそこをどう考えて、今あるところで、また過去の例を見て、分からない段階で何ができるかを、リスクの評価は難しいが、それをやらないといけない。

○理学と工学の協調について

- ・理学において、不確実性を可能な限り小さくする方向での研究はこれからもどんどん進んでいくだろう。ただ、その不確実性の範囲の中で、工学で、決定論を含めてしっかりと安全を確保していく。理学では、PFDHA についてしっかりと研究をやっていただければ、ハザードの確率を精緻化することは可能だろうと。今は未だかなり不確実性が入ってくるが、その上で、検討用変位を決めて、そこを工学で守る。更にそこを超えた場合でも工学で守る。
- ・断層の変位が全くないことを保証しろとなれば、そこで思考停止になってしまう。それは福島事故前に、津波が 3mしか来ませんとあって思考停止になっていたのと同じ。理学と工学は、しっかりとバイディングできる。役割が違うところを、それぞれが協調しながら、不確実性を工学の方も小さくするし、理学の方も小さくするのだと理解している。

○リスクに対応する姿勢について

- ・安全性総合評価、ストレステストは、弱点を見出すための有効な方法。弱点を炙り出して、そこをどう対策するか、そこがポイントである。今までの日本の原子力の議論は、二項対立の議論がずっと続いているが、大事なのは、どんな場合でも原子力発電所を安全にするにはどうしたらいいかということであり、そこにセーフティーゴールを持って行って、そういう議論をしないとけない。
- ・理学の先生方も入って激論を戦わせた上で、どうやって安全性を高めていくかという方向に

フォーカスを絞って、そちらの議論をしっかりとやる。それで初めて、原子力発電所の安全性が高まる方向になる。

- ・サイトの安全を維持するためにはどういう地球科学的な知識が必要で、それをどのように地震動の議論、あるいはそこから帰結として出てくる工学的な議論に活かしていくか。そういう安全の全体を見通した、更に言うと、その先のハザードの評価、リスクアセスメントに行くわけだが、現在は入口のところで、極めて視野の狭い議論が進められている。
- ・本当にこれで安全性が増すか、ということを見ていかないといけない。失敗事例もそうだし、合わせて成功事例にも目を向けないといけない。そういった事例を集めて。原発を持つべきか持たざるべきかの議論は、それがあつた以上、そこで思考停止にならないことが一番大事だと思う。存在そのものがどうかではなく、とにかくあつた以上、その安全確保を考え続けたいと思ふ。
- ・活断層にせよ、他の自然現象にせよ、我々はリスクの上に生きている。リスクがないところはない。色んなリスクがある。そこで先祖代々生きてきて、生きていかないといけないから、色んな知恵を働かせて、色んな工夫をして生きている。乗り越えていく技術が絶対必要。
- ・変位を吸収してしまうとか、逸らしてしまうとかの工学的技術を開発していけば、自然現象を乗り越えていくことができる。それが、将来の発展に繋がる。
- ・先ほど、断層の定義から「活」を抜いてしまったとの指摘があつたが、この問題、やはり「活」をしっかり入れて、その「活断層」の定義、そのメカニズムを明らかにしていく、これを理学としてやっていただいて、そしてそれに対するチャレンジを工学の分野でしっかり、責任をもってやるということが大事だと思う。

(4)閉会挨拶 奈良林直氏

- ・非常に今日印象に残つたのは、「思考停止にならない」ということ。断層が変位した場合にそれに対する対策、それを思考停止しないで、しっかり検討を進めていくということが、この調査専門委員会の大きなミッション。
- ・理学、工学、多くの分野の委員の方々のご協力をいただいて、この調査専門委員会のミッションを完遂していきたい。
- ・こういった特別講演会を、これからも成果がまとまるたびに頻繁に開催していきたい。これが、学会活動に要求される透明性のその責を果たすことになると思う。
- ・皆様のご支援のもとに、この調査専門委員会の活動をしっかり続けていきたい。皆様ご支援を何卒よろしくお願ひいたしたい。

以 上