

# 大間原子力発電所における活構造と「将来活動する可能性のある断層等」 Active structure and capable faults in Oma Nuclear Power Plant, Aomori, northern Japan

\*渡辺 満久<sup>1</sup>

\*Mitsuhisa Watanabe<sup>1</sup>

1. 東洋大学社会学部

1. Faculty of Sociology, Toyo University

## 1. はじめに

下北半島北西部においては、南へ傾動するような地殻変動が進んでおり、MIS 5eの旧汀線高度は大間岬付近では約60m、約10km南方の佐井周辺では約20mまで低下している（渡辺ほか、2012、活断層研究、No.36）。このような高度変化は、四国の室戸岬に見られるものに匹敵し、日本では最大級のものである。また、大間岬周辺には、間欠的隆起が起こっていることを示す隆起ベンチも認められ、その高度も北ほど高い。このような地殻変動をもたらす原因として、大間の北方海域から下北半島北西部の地下へと連続する、低角度の活断層の活動が想定されている（渡辺ほか、2012）。

大間原子力発電所は、このような地殻変動が進行している地域の北端部（最も隆起が大きい地域）において建設が進められようとしている。発表者らが上記の事実を指摘するまで、事業者（電源開発）と当時の評価組織は、異常な隆起現象を認識していなかった。現在、事実関係は概ね認めてはいるが、その原因は定常的で緩慢な隆起運動であり、地震性隆起を否定している。しかし、過去80年間の水準点測量結果によれば、そのような地殻変動は進行していないことが明らかにされている（渡辺ほか、2012）。本発表では、大間原子力発電所の敷地内には、多数の「将来活動する可能性のある断層等」が存在することを報告する。現地調査には、平成25～27年度科学研究費補助金（基盤研究（C）研究代表者：渡辺満久）の一部を使用した。

## 2. 将来活動する可能性のある断層等

大間原子力発電所建設敷地には、MIS 5eとMIS 5cに形成された海成段丘面が分布している。これらの段丘堆積物の基盤を成すのは、後期中新統の易国間層である。易国間層中には、S-10断層・S-11断層・cf-1断層などが確認でき、後期更新統の海成段丘堆積物を変形させている。

S-10断層は、電源開発がシームS-10と呼んでいるものであるが、これに沿って変位が生じていることは明らかであり、ここではS-10断層と呼ぶ。S-10断層は、易国間層中の層面すべり断層であり、MIS 5cの段丘堆積物を切断して（変形させて）いる。複数の活動履歴が読める可能性がある。S-11断層は、S-10断層と同様に、電源開発がシームS-11と呼んでいる断層である。S-11断層も、易国間層中の層面すべり断層であり、MIS 5cの段丘堆積物を切断して（変形させて）いる。電源開発は、変位が生じていることは認めているものの、それらは岩盤の強風化部の変状であるとしている。ただし、そのメカニズムは不明である。

cf-1断層は、易国間層を切断する断層である。MIS 5c以降には活動していないことは確認されているが、MIS 5e～MIS 5cの間の活動の有無は確認されていない。また、cf-1断層は、上述のS-10断層を切断している。なお、電源開発の図面では、易国間層上部を切断するcf-1断層が、上部層と下部層の境界で突然消滅するように描かれている。その他、易国間層を切断する、E29断層・E33断層などがあり、MIS 5eの段丘堆積物を切断して（変形させて）いる。

## 3. 地盤の安定性

上記したように、大間原子力発電所敷地内には、多数の「将来活動する可能性のある断層等」が存在している。S-10は、原子炉予定地の直下、10～20mの位置にある。いくつかの施設は、S-11やE-29などの断層を掘削して建設するよう見える。コントロール建屋は、cf-1断層の直上にある。このような不安定な地盤に原子力施設を建設することは合理的であるとは思えない。原子力施設は、理学的に健全な土地を選び、工学的に安全に建設すべきである。なお、電源開発の図によれば、断層の上盤を除去すれば施設への影響を取り除ける、という考えが読み取れる。本当にそれでよいのだろうか？

キーワード：変動地形、海底活断層、将来活動する可能性のある断層等、下北半島、大間原子力発電所

Keywords: tectonic landform, submarine active fault, capable fault, Shimokita peninsula, Oma Nuclear Power Plant

# 原発立地の安全審査に関わる火山災害シミュレーションの問題点

## Problems on the volcanic hazard simulation for safty evaluation of the nuclear power plant site

\*浜田 信生<sup>1</sup>

\*Nobuo HAMADA<sup>1</sup>

1. なし

1. none

原子力規制委員会による原発の適合性審査には、原発の立地に関する火山災害のリスク評価が含まれている。火山災害のリスク評価に関し、事業者から委員会に提出された資料の中には、研究者が開発した火砕流や降灰などのシミュレーションプログラムや地殻変動モデルを用いて作成されたものがある。しかしながらそれらのプログラムやモデルの利用の仕方については、科学的な妥当性を逸脱した次のような適用事例が見受けられる。

### Titan2dの利用について

Titan2dはニューヨーク州立大学バッファロー校で開発された火砕流や泥流・土石流を扱う公開のシミュレーションプログラムで、層の厚さが流体の水平方向の広がりには比十分に薄い場合に適用される浅水方程式が成り立つことを前提に粒子流の流れを表現している。気体の運動を含む物理モデルが必要とされる熱雲の部分は扱いの対象外である。本来の適用範囲は、雲仙の溶岩ドーム崩壊などムラピ型の規模の火砕流の底部に限られると考えられる。しかし事業者の審査資料は、カルデラ噴火に伴う大規模な噴煙柱崩壊による火砕流のシミュレーションに、Titan2dの物理的適用条件を無視して作成されている。

参考資料 大規模火砕流へのシミュレーション適用例

阿蘇4 四国電力 <https://www.nsr.go.jp/data/000102638.pdf#page=70>

入戸火砕流 九州電力 <https://www.nsr.go.jp/data/000035511.pdf#page=9>

洞爺 北海道電力 <https://www.nsr.go.jp/data/000035469.pdf#page=6>

### Tephra2の利用について

Tephra2は、南フロリダ大学で開発された公開された、移流拡散モデルに基づく降灰シミュレーションプログラムである。Tephra2を大規模噴火の降灰予測に用いるには2つ大きな問題がある。その一つは大規模なプリニアン噴火に認められる巨大な傘状噴煙による降灰の物理過程がTephra2では表現されていないことである。もう一つの問題は、降灰を予測する上で必要な気象条件、噴出物の量や粒度分布などの入力パラメータの推定と設定である。事業者の降灰シミュレーションは多くの場合、影響の大きいと考えられる風向が卓越する月の平均的な風向風速を条件として与えている。しかし平均分布では、最悪シナリオのハザードを評価したことにはならない。南九州においては、台風の接近などは降灰予測に当然考慮すべき気象条件である。

また原子力規制委員会は、移流拡散モデルに基づく緊急時迅速放射能影響予測ネットワークシステム(SPEEDI)について、精度が不十分として原発事故の際の利用を中止する方針を示した。同じ移流拡散モデルを用いながら、実況観測値に基づく放射能拡散予測は信頼できないが、仮想のデータに基づく事業者の降灰予測は信頼できるという評価の間には根本的な矛盾がある。

参考資料

桜島薩摩噴火の降灰シミュレーション 九州電力 <https://www.nsr.go.jp/data/000034531.pdf#page=55>

原子力規制委員会,2014、SPEEDIに関する資料 <https://www.nsr.go.jp/data/000027740.pdf>

日本気象学会、2014、原子力関連施設の事故に伴う放射性物質の大気拡散監視・予測技術の強化に関する提言 <http://www.metsoc.jp/2014/12/17/2467>

### 茂木モデルの利用について

マグマの膨張収縮に伴う地殻変動を推定する手法としてMogi(1958)によるいわゆる茂木モデルは火山学の基本的な地殻変動モデルとして多くの研究に用いられてきた。川内原発の適合性審査において、事業者（九州電力）が提出した資料には、地殻変動をモニタリングする手段として茂木モデルの利用を示す資料が含まれている。しかしその内容を見る限り、マグマだまりの大きさと地表からの深さの関係や地殻の粘弾性に関する原論文の適用条件の注意を無視している。この問題は、審査終了後の火山活動のモニタリングに関する検討チーム会合などでも指摘されており、藤田、清水（2016）、山崎（2016）などの有限要素法を用いた解析により再確認されている。さらに審査終了2年後の昨年になって、原子力規制委員会の技術評価検討会では、茂木モデルの適用が困難であることを自ら認めている。本来なら適合性審査はこの部分に関して見直されるべきものである。

### 参考資料

九州電力資料、2014、<http://www.nsr.go.jp/data/000035760.pdf#page=16>  
原子力規制委員会原子力施設に於ける火山活動のモニタリングに関する検討チーム議事録、2015  
、<http://www.nsr.go.jp/data/000091192.pdf#page=43>  
原子力規制委員会地震・津波技術評価検討会資料、2016、  
<http://www.nsr.go.jp/data/000149391.pdf#page=33>

キーワード：Titan2d、Tephra2、茂木モデル

Keywords: Titan2d, Tephra2, Mogi's Model

## あらゆる可能性を考慮した震源断層の特定は可能か？ Can we identify all possible source faults?

\*橋本 学<sup>1</sup>

\*Manabu Hashimoto<sup>1</sup>

1. 京都大学防災研究所

1. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

近年の高分解能合成開口レーダーを使って地殻変動研究を行ってきたが、そこで学んだことは、震源断層は極めて複雑である、ということである。例えば、2010年から続くニュージーランドの一連の地震の断層運動は、その最たるものであろう。また、2010年4月の福島・いわきの地震も複数の平行する断層面が滑ったことが明らかである。また、地表地震断層が現れるマグニチュードの下限とされる6.4という数値も、実利用には危うい数値と言わざるを得ない。2011年3月19日の茨城県北部の地震（M6.1）では、SAR干渉画像には明瞭な不連続が認められており、地殻変動のパターンから考えて、地表まで破壊が及んだと考えるのが妥当である。さらに、この地域では2016年12月28日にM6.3の地震が発生し、ほぼ同じパターンの地殻変動が観測され、不連続も同様に認められた。わずか6年以内に狭い領域で同規模の地震が繰り返したことになる。このような筆者の経験から考えると、事前に限られた数の震源断層を特定して、地震動を計算することの妥当性が疑わしい。

これらの観察事実を、極めて例外的な事例として片付けることは簡単である。おそらくこれまでの地震科学は、そのようにして多くの事例に共通する普遍性を求め、洗練することで進歩してきた。すなわち、確率分布で言えば平均値周辺の事例を集中的に研究して法則性を見いだしてきたのである。しかし、確率のロングテールを考慮せざるを得ない、原子力施設等の立地に関しては、それでよいのだろうか？一方で、上記のような極めて「例外的な」地震や、未だ起きていないタイプの地震をどこまで考慮すべきなのだろうか？残念ながら、筆者は答えを持っていない。諸賢の議論に期待する。

キーワード：震源断層、地殻変動、原子力施設

Keywords: source fault, crustal deformation, nuclear power plant

## Predictability in earthquake science and its uncertainties

\*鷺谷 威<sup>1</sup>

\*Takeshi Sagiya<sup>1</sup>

1. 名古屋大学減災連携研究センター

1. Disaster Mitigation Research Center, Nagoya University

Prediction of future seismic phenomena with a reasonable accuracy is one of the important goals of seismology. However, in recent years it becomes a general agreement in the seismological community that accurate prediction of location, time, and size of large earthquakes is impossible at least for now. In addition, the 2011 Mw9.0 Tohoku-oki earthquake revealed that long-term forecast of seismic activities also have large uncertainty. Under such circumstances, the emergency act against the large earthquake along the Nankai Trough is now being discussed in a governmental working group and the emergency response based on earthquake prediction shall be changed. It should be rigorously questioned if there is any information available before the occurrence of a big earthquake. These experiences brought us important lessons about the nature of seismic hazard that predictability of earthquake science in present-day is highly limited and that it is of essential to take such a large uncertainty into account in protection of important facilities such as nuclear power plants. It should be also noted that the degree of uncertainty is often underestimated as long as such evaluation depends on our limited experience.

キーワード：地震、予測可能性、不確定性

Keywords: earthquake, predictability, uncertainty

# リスク・ガバナンスにおける理学—工学の相互作用とギャップ： 科学技術社会論分野からの問題提起

## Interaction and Gap between Science and Engineering in Risk Governance: Perspectives of Science and Technology Studies

\*寿楽 浩太<sup>1</sup>

\*Kohta Juraku<sup>1</sup>

1. 東京電機大学

1. Tokyo Denki Univ.

2011年3月の東日本大震災ならびに福島原発事故（3.11複合災害）後、災害をもたらす自然現象、あるいは高度な人工物の特性についての専門知の不定性とどう向き合うかが問い直されてきた。知識の有限性が改めて自覚され、謙虚で禁欲的な態度が求められる一方で、現存するリスクと向き合い、社会や人びとを守ろうとする努力も怠りがたい。リスクに関する専門知をリスクに関する意思決定やリスク・マネジメントの実践（それらが相互にプラスに作用し、リスクを適切にマネジメントできる状態が良好なリスク・ガバナンスであると言える）に活かす際には、常にこの相克と向き合わざるを得ない。

これに関して、本来的に現象の理解に重きを置き、知識生産それ自体に意義と価値を見いだす態度を取る理学（者）と、クライアント（利用者）を持ち、問題解決や目的の達成を使命とする工学（者）は、相互にその知見を参照しつつも、その間には一定の緊張関係が生まれざるをえない。

例えば、理学（者）は自らが産出・知悉する専門知が災害等のリスクに関する警戒の必要性を示唆した場合、そのことを社会の他のステークホルダーと積極的に共有しようとするところがあるが、その際に発信する専門的助言はリスク回避戦略を比較的躊躇無く含む。これに対して、工学（者）にとっては、その問題解決の使命が本来的にリスク・マネジメントを含み込んでおり、その際のリスク戦略はリスク低減やリスク保有、リスク移転といったリスク回避以外の選択肢を含む最適化問題となる。その中ではリスク回避による解決は最後の手段となり、工学的対応のあきらめ、挫折というニュアンスを帯びてくる。

あるいは、工学的対応によるリスク低減の効果についても、工学者は、それを環境条件との合成で許容可能な度合いへとリスクを抑え込めれば目的を達したと見なす傾向が強いのに対し、理学者は、工学的対応は常に最大限のリスク低減のために取られるべきであり、より良好な環境条件と合成すれば、その分だけリスクの絶対値を抑制できると考える傾向が強いように思われる。

こうしたリスクと向き合う際の基本的態度の差異は、リスク・ガバナンスにおける様々な相互作用を通して時に増幅し、あるいは様々なディスコミュニケーションの原因となる。そのことが、リスク・ガバナンスにおいて見過ごせない社会的逆機能を生じている可能性も大いに懸念される。

そこで、本稿では、本セッションのテーマである「基準地震動」の考え方を含み、原子力施設の耐震対応の問題をはじめとするいくつかの事例を取り上げて、リスク・ガバナンスにおける理学—工学の相互作用とギャップ、それらに起因する諸課題について、科学技術社会論分野の知見を参照して検討し、社会的逆機能の解消・防止のアイデアやそれを実現するためのしくみを構想したい。

キーワード：理学（者）、工学（者）、リスク・ガバナンス、社会的逆機能

Keywords: Science (Scientists), Engineering (Engineers), Risk Governance, Social Dysfunction

## 日本の原子力発電所の基準地震動策定指針の歴史

# History of design basis earthquake ground motion for nuclear power plants in Japan

\*末次 大輔<sup>1</sup>

\*Daisuke Suetsugu<sup>1</sup>

1. 海洋研究開発機構 地球深部ダイナミクス研究分野

1. Department of Deep Earth Structure and Dynamics Research, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

I would review a history of design basis earthquake ground motion ( “the design ground motion” hereafter) for nuclear power plants in Japan. The first official guidelines of design ground motion established in 1978, when a number of nuclear power plants had already been constructed or in operation. The plants were designed in 1960s without the earthquake risk evaluation based on the plate tectonics theory.

In the 1978 guidelines, the design ground motion S1 expected by strongest possible nearby earthquakes and the design ground motion S2 expected by unrealistically strong earthquake with consideration of earthquakes in the last 50,000 years. The facilities of class A should be in an elastic deformation by the S1 motion and those of class As should maintain its safety. Updates of the 1978 guidelines had not been initiated until we experienced the devastating Kobe earthquake in 1995. The guidelines were updated in 2006. While a basic policy of the 2006 guidelines was not much different from the 1978 guidelines, the design ground motion is unified to Ss from S1 and S2 in the 1978 guidelines. An earthquake fault model was introduced to evaluate ground motion. Estimation period of fault activity was elongated from 50,000 to 130,000 years. Surprisingly a tsunami risk was introduced for the first time in the 2006 guidelines in spite that the tsunami disaster had occurred frequently by great thrust earthquakes in Japan. The power companies had a duty to examine whether existing plants fit to the 2006 guidelines and to reinforce when necessary. The 2011 Tohoku giant earthquake led to the severe accident of the Fukushima Daiichi power plant, for which the power companies stated “totally unexpected” . The accident strongly indicated that further and severer update was required. In 2013, new guidelines were defined. Although the government and power companies emphasize that the new guideline is severer in the world, there are still debates whether the new guidelines are reasonably severe for the nuclear power plants in Japan, where earthquake activity is extremely high in the world.

キーワード：原子力発電所、基準地震動

Keywords: Nuclear power plant, design basis earthquake ground motion