

四国電力伊方原子力発電所の地震環境について（意見書）

平成25年9月16日

高知大学総合研究センター防災部門特任教授

岡村 真

## 1 はじめに

私は、浅い海の海底の断層を探して、活断層の地震のおこり方を調べたり、沿岸湖沼の津波堆積物を調査して地震、特に南海トラフでおこった過去の地震の活動履歴を研究してきました。

地震というのは基本的には断層運動、つまり、地下の岩盤に力が加わって弱い部分が割れて、割れた面に沿ってずれ動く運動をいうと理解されています。そのため、地下の岩盤のどの部分にどの程度の力が加わっているのかと共に当該部分の岩盤の強度を正確に調査することができれば、現在よりも正確な地震の予測が可能になりうるかもしれませんが、これを正確に見積もる手法は現時点ではまったく確立していません。

ただ、日本列島の地下の岩盤に力を加えている源は太平洋プレート、フィリピン海プレート等のプレート運動であることに間違いはありません。プレート自体は一定の速度で運動していることから、日本列島の地下の岩盤への力の加わり方も大局的には一定の規則性を有すると考えられます。そのため、過去の地震の活動履歴から今後の地震の発生時期を予測するという手法を軽視してはならないのです。

## 2 東北地方太平洋沖地震による影響

### (1) 東北地方太平洋沖地震

2011年（平成23年）3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震は、モーメントマグニチュード（Mw）9.0、最大震度7、津波の高さは場所により30mを越え、現在震災関

連死を含めた死者数は2万人を越えました。未だ2700余名の方々は行方不明のままです。特に福島県浜通地方で発生した東京電力福島第一原子力発電所の事故により、近隣地域は高放射線濃度のため立ち入り禁止措置がとられ、救助作業のみならず遺体の捜索も困難をきわめました。2年半以上経過した現在も15万人におよぶ避難者は住み慣れた故郷に帰る計画さえたっておりません。

## (2) 福島第一原子力発電所の事故

福島第一原子力発電所は日本海溝に沿った標高約 10mの海岸部に立地していません。この日本海溝沿いの地域に 10mを越えるような巨大津波が襲来する可能性があることは、かなり以前から専門家の間では知られた事実でした。しかしながら、国や東京電力はこのことを無視し、対策を取ろうとはしませんでした(「予測されたにもかかわらず、被害想定から外された巨大津波」 科学(岩波書店) 2011年 第81巻第10号)。現在わかっているところでは、原子炉と使用済燃料プールの冷却ができなくなり、1から3号炉の原子炉が炉心溶融を起こし、1、3、4号機の原子炉建屋が水素爆発により破壊されました。この事態は地震のゆれによって送電鉄塔が倒壊し、外部電源が得られなくなった時点から始まっています。その後は津波の海水による緊急発電機の故障(交流電源の喪失)、炉心冷却のためのバッテリー電源(直流電源)の喪失、そして炉心溶融に至ってしまっていました。当時の地震学の知見に基づいた地震に関する各種想定があまりに低すぎたために福島第一原子力発電所事故が発生したのであり、想定外などという安易な言い訳が断じて許されてはなりません。

## 3 福島第一原子力発電所事故以前の地震による原子力発電所の事故

東北地方太平洋沖地震以前に発生した新潟県中越沖地震(気象庁マグニチュード6.8。以下、気象庁マグニチュードを単に「マグニチュード」といいます。)によっても東京電力柏崎刈羽原子力発電所は大きな危機に見舞われています。原子力発電所敷地内で火災が発生したばかりか、緊急時対策室は建物の変形により、内部への

侵入が一時的に不可能になりました。この地震はそれまで活断層が知られていなかったまさに原子力発電所敷地直下で発生したもので、あらかじめ決められていた基準地震動を越えたことが報告されています（「柏崎刈羽原子力発電所における平成19年新潟県中越沖地震時に取得された地震観測データの分析及び基準地震動に係る報告等について」原子力安全委員会・耐震安全性評価特別委員会、第4回配布資料・耐別委第4-1号）。現在、東京電力はこの柏崎刈羽原子力発電所の6、7号機の再稼働を目指しています。しかしながら、この発電所の2、3、4号機は2007年（平成19年）の中越沖地震で停止した後、2011年（平成23年）3月の東北地方太平洋沖地震発生までに運転を再開できていなかったことはあまり知られていません。

つまり、東京電力は中越沖地震で想定外の地震を経験し、各種想定があまりに低い水準に設定されていることの問題を学ぶ機会があったにも関わらず、東北地方太平洋沖地震においても再び想定外の地震を経験したと言っているのです。想定を低く設定することが原子力発電所にどのような事態を招くことになるかを今こそ真摯に反省しなければなりません。

#### 4 兵庫県南部地震以後の、地震についての新たな知識

##### （1）活断層が知られていない場所での地震及びこれに伴う強震動の発生

1995年（平成7年）の兵庫県南部地震はB級活断層として知られていた野島断層の活動が震源となりましたが、当時知られていなかった神戸市内の領域まで割れ広がって行きました。その後、国や地方自治体の調査研究が進み、全国で2000本はあるとされる活断層のうち特に「主要」98断層については詳細な調査が行われました。

しかしながら、兵庫県南部地震後に発生した地震はこれら「主要」断層が活動したものではありませんでした。地表面に痕跡（地表地震断層）がないものは活断層ではないと評価されてきたという定義上の問題も相俟って、活断層が知られていない場所で発生してきたのです。中でも、2000年（平成12年）の鳥取県西部地震（マグニチュード7.3）と2008年（平成20年）岩手・宮城内陸地震（マグニチュード7.2）

は活断層が知られていない場所でマグニチュード7を越す地震が発生したため、大きな問題を提起しました。なぜならば、原子力発電所の耐震評価では、おおむねマグニチュード6.8をこえる地震は事前に活断層として想定できることになっているからです（「伊方発電所 基準地震動Ssの策定について — 震源を特定せず策定する地震動 —」原子力安全委員会・地震・地震動評価委員会及び施設健全性評価委員会、第25回配付資料・WG3第25-3号（四国電力提出資料））。

現在、原子力規制委員会では、再稼働を目指す原子力発電所の下に活断層があるのか、ないかの議論がなされていますが、活断層が知られていない場所でもマグニチュード7を越す地震が発生するという事実を私たちは真摯に受け止めなければなりません。

特に岩手宮城内陸地震では、揺れを表す単位として用いられている加速度で4022ガルを記録しました。このことにより活断層が知られていない場所でも4000ガルを越える地震が発生することを私たちは知りました。

兵庫県南部地震以降の日本国内における強震動の観測体制の進歩は目覚ましいものがあります。特に全国で1700カ所を越える観測点を持つ防災科学技術研究所のネットワークを始め、気象庁、地方自治体などを含めて全国津々浦々で地震の強震動が捉えられるようになりました。その結果、私たちはいかに多くの地震が1000ガルをこえるような強い揺れを出すかを知ることとなりました。特に2004年（平成16年）12月14日に北海道の留萌地方で発生した地震では、地震の規模がマグニチュード6.1だったにもかかわらず1000ガルを越える地震動が記録され、専門家の間では大きな問題となりました。岩手・宮城内陸地震の4022ガルも、実は観測ネットワークの強震計が2000ガル対応から4000ガル対応に変更された翌年度に記録されたものであり、私たちが当時想像していた以上に実際には激しい揺れが存在していたことが、最近になってようやく明らかになってきたのです。

## （2）原子力発電所の設計時の想定

激しい揺れが存在していることが判明していない段階で設計された日本の原子力

発電所の多くは、300ガル程度の揺れしか想定していません。その後、基準地震動が引き上げられましたが、せいぜい2倍の600ガル程度のものがほとんどで、伊方原子力発電所の基準地震動も570ガルであり、岩手・宮城内陸地震で観測された4022ガルの加速度というのは衝撃的です。

強振動というのは一般の人が普通に感じる地震の揺れのことですが、それまでの地震観測は人間が感じないような微細な揺れを対象としたものが主体で、強振動があっても地震計が振り切れてしまい、強振動を計測することが出来ませんでした。原子力発電所は、私達が強振動を知らなかった時代に設計され建設されたもので、その後強振動の観測体制の整備によって強振動の実態が明らかとなった現時点で、原子力発電所の設計を根本的に変更するようなことは不可能です。

原子力発電所の耐震指針は、1978年（昭和53年）に定められた基準が長らく使用されてきましたが、これを改訂する契機となったのは何よりも兵庫県南部地震です。高速道路が横転するような、想定されていなかった揺れを経験したことにより、指針を見直すべきだとの声が高まったからです。

しかしながら、2006年（平成18年）に改訂された原子力発電所の新耐震指針は、2007年（平成19年）の先に述べた新潟県中越沖地震でいきなり疑問をつきつけられました。さらに2011年（平成23年）3月の東北地方太平洋沖地震においても、福島第一原子力発電所と東海第二原子力発電所で、想定を上回る揺れが記録されました。女川原子力発電所では、本震だけでなく4月7日の余震でさえも、改訂されたばかりの新耐震指針の想定を越す揺れが記録されました。さらに活断層では、4月11日に福島県と茨城県の県境付近で発生したマグニチュード7.0の地震の際に、福島第一原子力発電所の耐震性の評価の際に動かないと判断されていた断層が活動しました。これらの東北地方太平洋沖地震とその関連する地震によって、新指針はまさしくボロボロにされました。当然のことながら、私たちはこの耐震指針をさらに見直し改訂する必要があります。

## 5 中央構造線系活断層の活動性と伊方原子力発電所への影響

### (1) 伊方原子力発電所敷地前面海域の断層は活断層である

四国電力伊方原子力発電所3号機増設時、四国電力は伊方原子力発電所敷地前面海域の断層について、過去一万年間は動いた形跡がないとして3号機を建設しました。地震の活動性は低いとし、耐震設計上もランクの低いレベルをとりました。

四国の陸上の中央構造線が活断層であることは、1970年代から多くの論文が出され議論されてきました。海底活断層の研究は陸上に比べれば遅れていましたが、少なくとも1986年（昭和61年）には国土地理院が周防灘で、私たちが別府湾でいずれもSP-3探査器を用いた音波探査による鮮明な海底活断層の調査結果を報告しています。この探査器は詳細で鮮明な記録を録ることができますが、特殊なものではなく、業者に依頼した調査が可能なものです。この時期に国土地理院はこの探査器を利用した調査を広く日本の沿岸域で行っています。別府湾と四国の陸上が活断層ならば、その中間である原子力発電所敷地前面の伊予灘に活断層が存在する可能性が高いことは明白です。

1992年（平成4年）に私たちは伊予灘及び別府湾で行った調査結果を地質学論集第40号に発表しました。「伊予灘北東部における中央構造線海底活断層の完新世活動」（岡村真他・地質学論集第40号）、「別府湾北西部の海底活断層－浅海底活断層調査の手法とその成果－」（岡村真他・地質学論集第40号）がそれです。

かかる研究をとおして、伊方原子力発電所敷地前面海域の断層は過去一万年間動いた形跡がないとの四国電力の言い分が誤っていることが明らかになったのです。しかしながら、私を知る限り、四国電力が伊方原子力発電所敷地沖の海底活断層の存在を認めたのは1997年（平成9年）の1月以降です。四国電力が敷地前の海底活断層について、事実を知ろうという努力、あるいは事実を明らかにしようという努力（もしくは両方）を怠った事は歴史的事実であり、このような四国電力が原子力発電所という巨大リスク事業を営むことに私は疑念を感じざるをえません。

### (2) 四国電力の中央構造線系活断層に関する想定上の問題点

伊方原子力発電所における中央構造線系活断層による地震を想定する際の問題点として、まず断層の長さや傾斜角度を指摘することができます。

#### ア 断層の長さの想定に関する問題点

断層の長さの想定に関する問題は一度にいくつの活断層が連動して活動するかという点にあります。

一般的に活断層が連動するか、しないかの判断には、5kmルール（「最大地震規模による日本列島の地震分帯図」・松田時彦・東京大学地震研究所彙報65P289-319参照）というものが使用されています。これはその名の通り、2本の活断層が5km以上離れていれば連動しないという考え方です。しかしながら伊方沖の中央構造線活断層系については、セグメント区分という断層の形態や運動様式を考慮した考え方で断層を区切り、原子力発電所敷地前の断層は54kmの長さで活動すると判断されています。5kmルールを適用すると、中央構造線活断層系は別府湾から和歌山まで360km全て連動してしまうのです。東北地方太平洋沖地震以降、私たちの地震に関する知識が基本的に不足していることがあらわになったのに、今なおセグメント区分などという絵空事を採用するのは自殺行為です。私たちは活断層がどこまで連動し、どこで連動しないのか確かな知識を持っていないことを認めなければなりません。5km離れていれば連動しないということ自体疑問は残りますが、少なくとも5kmルールに沿って和歌山から別府湾までの360kmが同時に活動する事態は当然想定しておくべきです。最低でも原子力発電所敷地前の断層は54kmではなく、川上断層から佐多岬までの130km程度は同時に活動することを基本想定として考えなければなりません。

#### イ 断層面の傾斜の問題

さらに断層面の傾斜についても問題があります。四国電力は敷地前の断層の傾きを90度、つまり垂直としています。しかし、いかに横ずれ断層といっても正確に90度の断層はほとんどありません。伊方原子力発電所周辺の地質条件から、断層より南側の地盤がやや高くなっていることは明らかで、南傾斜で南側上がりの逆断層成分をもつ横ずれ断層と考えるべきです。伊方原子力発電所は緑色片岩の上に建設されてい

ますが、地下12キロぐらいの深いところで作られた緑色片岩が地表面に達しています。これ自体、地盤が隆起してきたことを裏付けているのです。これもフィリピン海プレートが沈み込みながらユーラシアプレートを圧迫して、地盤を隆起させてきたものと考えられます。

断層面が南に傾斜するということは、つまり震源が原子力発電所に近づくということです。活断層は原子力発電所の沖合6~8kmといわれますが、実際に地震を発生させるのは海底下数kmの断層面です。南傾斜であれば、地震は沖合ではなく、まさに原子力発電所の直下で発生することがありえます。また逆断層の上盤側は下盤側に比べてより大きな加速度、変位量、速度を発生させることが1999年に台湾で起きた集集地震、2005年のパキスタン北部地震の被害実態から明らかになっており、伊方原子力発電所においても上盤側は下盤側に比べてより大きな加速度、変位量、速度を想定しなければなりません。

四国電力のホームページには、「考えられる最大の地震を想定し、設計の基準となる地震動（基準地震動）を決定しています」と書かれていますが、この表現は適切とはいえません。なぜならば、地震を起こす断層についての様々な不確定な要素（応力降下量、断層の長さ、断層の傾斜角、アスペリティの位置など）について、考えられる最大の検討が行われているのですが、それらはひとつずつだけの最大しか検討されていないからです。四国電力は断層の長さ130km、360kmはすでに検討していると主張するかもしれませんが、しかしその場合、断層の長さ以外の他の要素はすべて危険のあまり高くない値をとって計算しているのです。つまり断層の長さが130kmで断層の傾斜が南（敷地に近くなる）というようなことは想定されていないのです。このことは、もしも本当に「考えられる最大」を想定した場合、原子力発電所の安全はとても保証できるものではないということを証明しています。

断層の長さ360km、130km、南傾斜というのは、個別に検討するだけでは決して「考えられる最大」などではありません。中央構造線の活動の「考えられる最大」を想定するならば、活動する断層の長さは360km（少なくとも130km）、伊予灘沖南傾斜を

同時に想定しなければなりません。その場合、2011年（平成23年）2月18日に地震調査研究推進本部地震調査委員会が「中央構造線断層帯（金剛山地東縁－伊予灘）の長期評価（一部改訂）について」において発表したように地震規模がマグニチュード8以上となることを想定しなければなりませんし、伊方原子力発電所を襲う強振動は加速度においても少なくとも1000ガル、2000ガル以上も当然ありうるものとして想定しなければなりません。

### （3）制御棒操作の困難

また、日本最大の活断層が前面海域6kmから8kmに分布するこの原子発電所の危険性は、地震動の大きさだけではありません。最も危惧される事態は、地震波の主要動であるS波の到達が、震源から極めて近いため原子炉を緊急停止するための制御棒操作に時間的余裕が少ないことです。地震の発生は原子力発電所敷地内の地震計によりまず検知されますが、これは地中を毎秒約7kmで進むP波（たて波）です。P波の到達後、機器を破壊する恐れのある主要動（S波、横波）が到達します。このS波は毎秒約3kmでやってきます。このことは地震波を検出した後、わずか約1秒で主要動（S波、横波）が到達することを意味しており、しかもその主要動は少なくとも1000ガル、2000ガル以上も当然あり得る可能性がある以上、原子炉を止める基本的機能である制御棒操作はきわめて困難が伴うことが想像されます。

## 6 最後に

2011年（平成23年）3月の東北地方太平洋沖地震によって、私たちは、私たちの地震についての知識はまだまだ不十分であること、正確な地震予知及びその規模を予測することはできないことを痛感させられました。もう二度と、想定外という理由で原子力発電所が事故をおこすことがあってはなりません。南海トラフの巨大地震が切迫している今、南海トラフの巨大地震の活動が中央構造線の活動を誘引する可能性も否定できない以上、このような事態の発生も想定しておかなければなりません。そのことを肝に銘じみおさなければ、近い将来また想定外との理由での原子

力発電所事故を招くこととなるでしょう。そしてそれは今度こそ想定外といって許されるものではないのです。

(略歴)

- 1972年(昭和47年)3月 鹿児島大学理学部地学科卒業(理学士)
- 1974年(昭和49年)3月 東北大学大学院理学研究科修士課程終了(理学修士)
- 1976年(昭和51年)12月 東北大学大学院理学研究科博士課程退学
- 1977年(昭和52年)1月 熊本大学教育学部助手
- 1979年(昭和54年)10月 高知大学理学部助手
- 1981年(昭和56年)10月 高知大学理学部講師
- 1988年(昭和63年)4月 高知大学理学部助教授
- 1990年(平成2年)2月 東北大学(理学博士)
- 1994年(平成6年)4月 高知大学理学部教授
- 2006年(平成18年)4月 高知大学総合研究センター防災部門長併任
- 2008年(平成20年)4月 高知大学教育研究部自然科学系理学部門教授  
大学院総合人間自然科学研究科理学専攻専任担当
- 2012年(平成24年)4月 高知大学総合研究センター防災部門特任教授
- 現在 高知大学総合研究センター防災部門特任教授  
高知大学南海地震防災研究支援センター長

(所属学会)

日本地質学会

アメリカ地球物理学連合(AGU)

第四紀学会

(専門分野)

地震地質学、海底活断層の研究、地震長期予測の研究

(主な研究テーマ・活動)

海底活断層の完新世活動履歴の研究

沿岸湖沼の津波堆積物の研究

高品位コア採取技術による完新世環境復元

(主な対外活動)

内閣府中央防災会議「東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する  
専門調査会」委員

内閣府「南海トラフの巨大地震モデル検討有識者会議」委員

原子力規制委員会原子力規制庁外部有識者(海底活断層)

文部科学省委託「南海トラフ巨大地震連動性評価研究」研究推進委員会委員

国土交通省高知高知空港港湾事務所「南海地震津波検討委員会」委員

高知県南海地震対応アドバイザー

高知市南海地震対応アドバイザー等

(主たる論文等)

- 1 「津波堆積物からわかる南海地震の繰り返し」 岡村眞・松岡裕美 科学 2012  
年2月号 P182-191
- 2 「網走湖底質とその縞状構造について」 岡村眞他 地球科学 2012年1月25  
日 P17-33
- 3 「津波堆積物から読む巨大南海地震」 岡村眞 電気設備学会誌 2009年11月  
10日 P887-890
- 4 「博多湾における菅固断層の活動履歴」 岡村眞他 地震 2009年5月16日  
P175-190
- 5 「長崎県橋湾および唐比低地の堆積物による古環境解析」 岡村眞他 熊本大  
学理学部紀要地球科学 2007年03月30日 P1-10
- 6 「南海地震の地球科学的特性：南海地震・津波のメカニズムと巨大災害の発生」

岡村眞 自然災害科学 2004年5月30日 P4-7

- 7 「沿岸湖沼堆積物に記録された南海トラフの地震活動」 岡村眞他 海洋  
2003年5月 P312-314
- 8 「沿岸湖沼堆積物による過去一万年間の地殻変動と歴史津波モニタリング」 岡  
村眞他 号外地球 2000年3月 P162-168
- 9 「別府湾の海底活断層分布」 岡村眞他 号外地球 2000年3月 P79-84
- 10 「中央構造線系海底活断層の分布形態とその特徴」 岡村眞他 号外地球  
2000年 P110-116
- 11 「トルコ、北アナトリア断層系の海底活断層-イズミット湾における海底活断  
層群の高分解能音波探査の結果から」 岡村眞他 号外地球 2000年 P88-91
- 12 「四国土木地質図および同説明書」 岡村眞他 1999年 (四万十帯を担当)  
等