

主要記事の要旨

原子力発電所の地震リスク
—耐震設計基準と活断層評価を中心として—

小池 拓 自

- ① 地震や火山活動等の地球の表面近くで起こる地学的な現象の大部分は、プレート・テクトニクスによって理論的に説明される。この理論が、日本において広く認められたのは1980年代半ば以降である。また、地震の震源となる活断層の存在は、1970年代に広く知られるようになり、現地調査（トレンチ調査等）によって日本の活断層の詳細が判明しはじめたのは1980年代以降である。
- ② 大地震に対して、原発施設は、「止める」、「冷やす」、「閉じ込める」の機能を維持し、放射性物質の漏出による運転員及び周辺住民の被曝を防止することが求められる。すなわち、想定される（場合によっては想定を上回る。）地震に対して、建物、構造物、機器、配管等に重大な損傷が生じない耐震設計が重要である。
- ③ 最初に耐震設計審査指針が策定されたのは昭和53（1978）年である。その後、阪神淡路大震災を経て、プレート・テクトニクスや活断層研究等の近年の知見を反映して、平成18（2006）年に耐震設計審査指針は大幅に改訂された。さらに、福島第一原発事故の教訓を踏まえて、平成25（2013）年には新規基準として耐震設計規制が強化されている。しかし、日本で営業運転を開始しているすべての原発は、指針策定前あるいは30年以上前の指針に基づいて認可されたものである。
- ④ 福島第一原発事故を踏まえて、最新の科学的知見に基づいて原発の安全を確保することについては、社会的な合意が形成されていると言えよう。規制のあり方に関する主な課題としては、規制内容の不断の見直し、既存施設への速やかな適用、科学的視点の重視、事業者責任の徹底、規制機関の専門性向上等がある。
- ⑤ 活断層評価には2つの側面がある。1つは基準地震動の策定のため、原発に影響を及ぼす地震を起こす断層等を認定し、その大きさを評価することである。もう1つは適切な地盤を確保するため、活動する可能性のある断層等が重要施設の直下に存在しないことの確認である。既存原発の再稼働問題に直結することから、特に後者については様々な賛否がある。活断層の見落としや過小評価といった問題を防止することを基本とした上で、より説得力の高い調査となることが期待されている。
- ⑥ 放射性物質が大量に漏出するような原発事故が発生すれば、その被害の範囲は、空間的にも時間的にも甚大なものになることから、原発については、一般建築とは比較にならない嚴重な安全が追求されている。すなわち、科学的判断に加えて、人々の暮らしや次世代への責任を勘案した社会的あるいは倫理的な価値判断が必要となる。その答えは国民的な合意にのみ存在すると言えよう。

原子力発電所の地震リスク —耐震設計基準と活断層評価を中心として—

国立国会図書館 調査及び立法考査局
主幹 経済産業調査室 小池 拓自

目 次

はじめに

I 地震と活断層

- 1 地震発生メカニズム
- 2 活断層

II 原子力発電所の耐震設計

- 1 原発建設初期の耐震設計審査指針
- 2 耐震設計審査指針の大幅改訂
- 3 福島第一原発事故を踏まえた新規制基準

III 敷地内活断層の調査

- 1 調査開始の経緯
- 2 現地調査の状況

IV 今後の課題

- 1 規制のあり方
- 2 活断層評価

おわりに

はじめに

平成 23 (2011) 年 3 月 11 日の東北地方太平洋沖地震 (東日本大震災) において、東京電力福島第一原子力発電所 (以下「福島第一原発」) は、炉心溶融 (メルトダウン) や水素爆発を伴う重大事故を引き起こした⁽¹⁾。大量の放射性物質が漏出し、事故後、2 年半以上が経過した現在にあって汚染水問題等を抱え、廃炉までの道のりは長い。原子力発電に対するいわゆる「安全神話」は崩壊し、日本の原子力政策あるいはエネルギー政策は、抜本的に見直される方向にある⁽²⁾。原子力規制が適切に機能していなかったことも、事故の重要な教訓の 1 つである。このため、原子力規制部門を、原子力政策を推進する経済産業省から分離させ、独立性と専門性の高い原子力規制委員会が、国家行政組織法の三条委員会として、平成 24 (2012) 年 9 月に発足した。

原子力規制委員会は、「世界で最も高いレベルの安全を確保するための規制」⁽³⁾ を目指して、地震・津波対策、重大事故対策等の規制を大幅に強化した新規制基準を策定した。この基準は平成 25 (2013) 年 7 月に施行され、既存の原子力発電所 (以下「原発」) にも適用されることから (バックフィット制度)、今後の原発再稼働の可否も左右する。地震対策においては、活断層

等の真上に原子炉建屋等の安全上重要な施設を設置することが明確に禁止され、活断層評価も厳格化 (明確化) された。また、新規制策定と同時期に進められた原発敷地内の破砕帯調査において、原子力規制委員会は、日本原子力発電敦賀発電所 (敦賀原発) 2 号機直下の破砕帯を設計上考慮する活断層であるとの見解を示している。

世界有数の地震国である日本の原発にとって、悲惨な事故をくりかえさないために、活断層を含めた地震リスクの評価と対策は、極めて重要な問題である。同時に、この問題は、今後の原発再稼働や原子力政策を左右し、日本のエネルギー供給に大きな影響を持つものである。本稿は、原子力発電所の地震リスクに関して、今後の議論の一助となることを目的として、過去からの経緯や論点を整理する。具体的には、I において地震のメカニズムと活断層について確認した上で、II において活断層評価を含めた原発の耐震設計基準の過去の経緯と今般の新規制基準についてまとめる。III においては、東日本大震災後の既存原発敷地内の破砕帯調査について、その進捗状況を概観する。さらに、IV において、原発の地震リスクについて、今後の課題を整理する。

* 本稿におけるインターネット情報の最終アクセス日は、平成 25 (2013) 年 10 月 9 日である。

- (1) 事故の経緯や課題については、国会、政府、民間、東電等が調査報告書をまとめている (経済産業調査室・課「福島第一原発事故と 4 つの事故調査委員会」『調査と情報—ISSUE BRIEF—』756 号, 2012.8.23. <http://dl.ndl.go.jp/view/download/digidepo_3526040_po_0756.pdf?contentNo=1> 参照)。
- (2) 第 46 回総選挙後、平成 24 (2012) 年 12 月に発足した第 2 次安倍晋三内閣は、「2030 年代に原発稼働ゼロを可能とするという方針は、(中略) ゼロベースで見直しをして」としつつ、「[エネルギーのベストミックスの策定に関して] できる限り原発依存度を低減させていくという方向で検討をしていく」としている (第 183 回国会参議院予算委員会会議録第 9 号 平成 25 年 4 月 22 日 p.7. [] 内は執筆者補記)。なお、野田佳彦前内閣は、「革新的エネルギー・環境戦略」をまとめ (同文書を踏まえて、今後のエネルギー・環境政策を見直す旨を閣議決定)、2030 年代に原発稼働ゼロを可能とすることを目指すとしていた (詳細は、近藤かおり「我が国のエネルギー政策の経緯と課題—福島第一原発事故後の議論をふまえて—」『調査と情報—ISSUE BRIEF—』762 号, 2012.12.26. <http://dl.ndl.go.jp/view/download/digidepo_4059583_po_0762.pdf?contentNo=1> 参照)。
- (3) 田中俊一・原子力規制委員会委員長発言 (第 183 回国会参議院議院運営委員会会議録第 5 号 平成 25 年 2 月 6 日 p.2.)

I 地震と活断層

Iでは、原発の地震リスクを議論する前提として必要となる地震のメカニズムについて、簡単にまとめる⁽⁴⁾。地震や火山活動を理論的に解明したプレート・テクトニクスや地震の震源域となる活断層についての知見が日本において確立した時期は1980年代である。この時期までに、既に多くの原発の設計・建設が進んでいた点には注意が必要である。

1 地震発生のメカニズム

(1) プレート・テクトニクス

地球の表面は硬い岩盤である大小十数枚のプレート（厚さ100km程度）に覆われており、プレートは年間数センチのスピードで相互に水平運動を行っている。プレート同士の境目はプレート境界と呼ばれる。海底でマグマが溢れ出る海嶺等のプレート境界では2つのプレートは離れ合い、大陸沿いの海溝等のプレート境界では海のプレートが陸のプレートの下に沈み込んでいる。また、プレート同士がすれ違うプレート境界や陸のプレート同士の衝突するプレート境界もある。

1960年代後半から発展したプレート・テクトニクスによれば、地震や火山活動等の地球の表面近くで起こる地学的な現象の大部分は、こ

のプレート運動によって理論的に説明される⁽⁵⁾。例えば、地震発生の仕組みは以下となる。

プレート運動による張力や圧縮の力は、プレート境界付近の岩盤にひずみを蓄積させる。ひずみの力が大きくなると、ある面を境にして岩盤は急激に破壊される。このような面（断層面）が形成されたり、既存の断層面を境にして両側の岩盤がずれたりする現象を断層運動と呼ぶ。この断層運動によって、地震は発生する。

欧米では、1970年代には、地球科学（地球を対象とする自然科学各分野）において、プレート・テクトニクスが支配的パラダイムとなった。一方、日本では、地球物理学の分野では受け入れられたものの、地質学の分野では根強い抵抗があり、プレート・テクトニクスが広く認められたのは1980年代半ばを過ぎてからである⁽⁶⁾。

(2) 日本列島周辺のプレート

日本列島は、4つのプレートが交わる収束帯に位置している。日本列島が乗っている陸のプレートは西日本のユーラシアプレートと東日本の北米プレート⁽⁷⁾の2つであり、太平洋側の海のプレートは太平洋プレートとフィリピン海プレートの2つがある。海のプレートは、日本海溝や南海トラフで陸のプレートに沈み込んでいる。（図1。海溝もトラフも海底の細長い凹地であるが、海溝は深く、両側の斜面は急であり、相対的にトラフは深くはなく、両側の斜面も緩やかなもの。

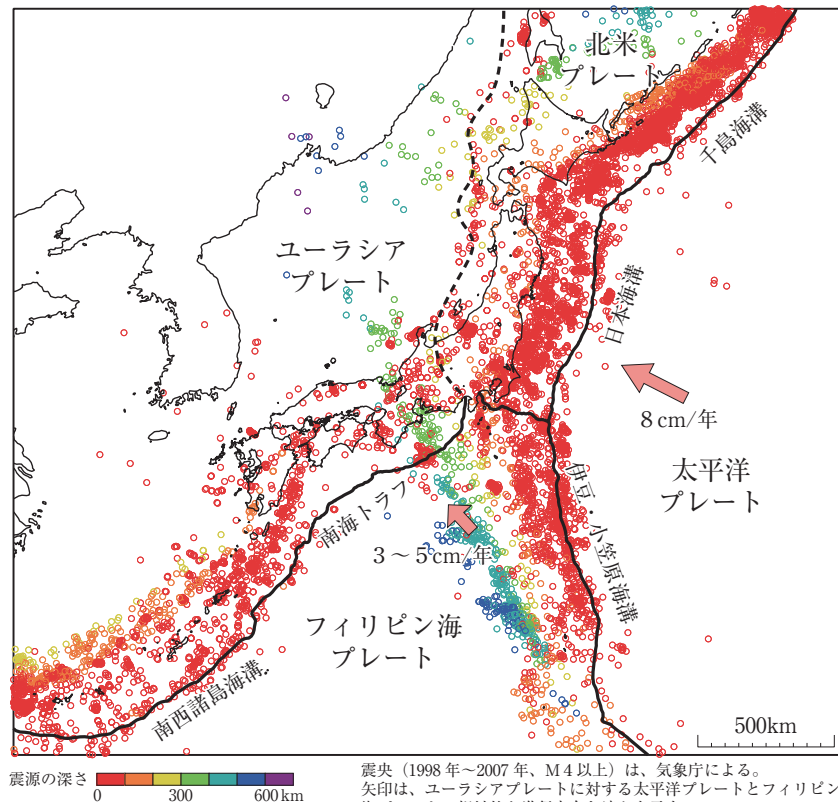
(4) 地震のメカニズムや活断層の記述については、主に、鎌田浩毅『京大人気講座 生き抜くための地震学』（ちくま新書）筑摩書房、2013、pp.11-44；文部科学省「解説編 第1部 地震の仕組みと現象」『地震がわかる！防災担当者参考資料』2008.12、pp.24-39。<http://www.jishin.go.jp/main/pamphlet/wakaru_shiryo/>等を参照した。

(5) プレート・テクトニクスは、地下数百kmのマントル上部の動きに着目した理論である。さらに進んだブルーム・テクトニクス理論では、マントル・コア境界（2900km）以浅全体においても、マントル物質の大規模な移動・対流があり、これに伴ってプレートが運動すると考えられている。

(6) 戦前の日本の地質学は、資源探査等の要請から、地域主義志向が強く、世界あるいは地球全体の動きへの関心が低かったこと、戦後の日本の地質学会を牽引・支配した地学団体研究会や東京大学地質学教室がプレート・テクトニクスに対して否定的な立場であったこと等が背景にあったとも言われる（泊次郎『プレートテクトニクスの拒絶と受容—戦後日本の地球科学史』東京大学出版会、2008、pp.i, 229-235.）。

(7) かつては東日本もユーラシアプレートの延長にあると考えられていたが、昭和55（1980）年の日本海中部地震や平成5（1993）年の奥尻島沖地震以降、東日本はユーラシアプレートとは別のプレート上にあると考えられるようになった。厳密には、このプレートが北米プレートと連続するかについては確定していない（横山一己監修、宮下敦『ゼミナール地球科学入門—よくわかるプレート・テクトニクス』日本評論社、2006、pp.173-175.）。

図1 日本列島周辺のプレート



震源の深さ 0 300 600 km
 震央 (1998年～2007年、M4以上) は、気象庁による。矢印は、ユーラシアプレートに対する太平洋プレートとフィリピン海プレートの相対的な進行方向と速さを示す。太い実線はプレート境界、破線は不明瞭なプレート境界を示す。

○は震央の位置、色の違いは震源の深さを表します。プレート境界に沿って地震が集中して発生していることがわかります。

(出典) 文部科学省「Q&A 編 Q1 日本はなぜ地震が多いのですか」『地震がわかる！防災担当者参考資料』2008.12, p.6.
 <http://www.jishin.go.jp/main/pamphlet/wakaru_shiryo/>

本図のプレートの移動速度については記載されたものよりも速いとする説もある。

前述したように、プレートの境界やその周辺に大きなひずみが蓄積されることから、日本列島は地震が頻発する地域である。日本の陸地面積は世界の0.3%に満たないが、世界で発生するM5.0以上の地震の10%が日本近辺で発生している⁽⁸⁾。日本列島は、プレート運動によって、活発な地震活動と火山活動が見られ、世界の代表的な変動帯と言われる⁽⁹⁾。

(3) 日本列島周辺の地震

日本列島やその周辺で発生する地震には、①

プレート間地震(海溝型地震)、②沈み込むプレート内の地震(海洋プレート内地震)、③陸域の浅い地震(内陸型地震あるいは内陸地殻内地震)、④火山活動に伴う地震の4つのタイプがある(表1)。②と③を合わせてプレート内地震と呼ぶこともある⁽¹⁰⁾。地震対策を検討する際には、各タイプの地震に目配りをする必要がある。

① プレート間地震

前述したように、太平洋側の海底にある海溝やトラフでは、海のプレートが陸のプレートの下に沈み込んでいる。その時、陸のプレートもいっしょに引きずり込まれ、それが限界に達す

(8) 文部科学省 前掲注(4), p.6; 気象庁「地震について 世界や日本周辺ではどのくらい地震が起こっているのですか?」<<http://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/faq/faq7.html#9>>

(9) 太田陽子ほか『日本列島の地形学』東京大学出版会, 2010, p.2.

(10) 地学団体研究会新版地学事典編集委員会編『地学事典 新版』平凡社, 1996, p.1161.

表1 日本列島周辺の地震

	① プレート間地震 (海溝型地震)	② 沈み込むプレート内の 地震(海洋プレート内地震)	③ 陸域の浅い地震 (内陸地殻内地震)	④ 火山活動に伴う地震
概要	<ul style="list-style-type: none"> ●陸のプレートの下に海のプレートが沈み込む際に、陸のプレートが引きずりこまれ、その限界時に陸のプレートが元の位置に戻る断層運動が原因 ●M8.0以上の巨大地震となる可能性 ●数十年から数百年周期 ●津波発生の可能性 	<ul style="list-style-type: none"> ●陸のプレートの下に沈み込む海のプレートの内部で発生する断層運動が原因 	<ul style="list-style-type: none"> ●陸のプレート内部に蓄積される、プレート運動による間接的なひずみにより発生する断層運動が原因 ●M7.0程度であっても、生活圏直下の浅い場所で発生し甚大な被害が及ぼすことがある ●数千年から数万年周期 	<ul style="list-style-type: none"> ●火山活動によって岩盤の浅い部分にひずみが生じ発生する断層運動が原因 ●中小規模が中心
代表例	関東大震災 (M7.9,1923) 十勝沖地震 (M8.0,2003) 東日本大震災 (M9.0,2011)	明治三陸沖地震 (M8.2,1896) 昭和三陸沖地震 (M8.1,1933) 釧路沖地震 (M7.5,1993)	濃尾地震 (M8.0,1891) 阪神淡路大震災 (M7.3,1995) 岩手・宮城内陸地震 (M7.2,2008)	

(注) M：マグニチュード

(出典) 文部科学省『地震がわかる！防災担当者参考資料』2008.12, pp.30-35を基に筆者作成

ると、陸のプレートが一気に元の位置に戻ろうとする。これが「プレート間地震」(「プレート境界地震」あるいは「海溝型地震」と呼ぶこともある。)である。大正12(1923)年の関東地震＝関東大震災(M7.9)、平成15(2003)年の十勝沖地震(M8.0)、平成23(2011)年の東北地方太平洋沖地震＝東日本大震災(M9.0)等がこのタイプの地震である。プレート間地震は、マグニチュード8以上の巨大地震になることがあり、地震時の海底の地殻変動によって津波が発生することが少なくない。

② 沈み込むプレート内の地震

プレート境界付近では、プレートの内部においても大規模な断層運動が起こり、地震が発生することがある。これを「沈み込むプレート内の地震」(あるいは「海洋プレート内地震」と呼ぶ。昭和8(1933)年の三陸沖地震(M8.1)や平成5(1993)年の釧路沖地震(M7.5)は、太平洋プレート内地約100kmの内部で発生した、このタイプの規模の大きい地震である。

③ 陸域の浅い地震

陸のプレート内部にも、プレート運動による間接的なひずみが岩盤に蓄積され、地下数kmから20km程度までの比較的浅い部分で断層運

動(後述する活断層のうち陸域のもの活動)が起こり、地震が発生する。これが「陸域の浅い地震」(「内陸型地震」あるいは「内陸地殻内地震」と呼ぶこともある。)である。平成7(1995)年の兵庫県南部地震＝阪神淡路大震災(M7.3)や平成20(2008)年の岩手・宮城内陸地震(M7.2)は、このタイプの地震である。マグニチュード7.0程度であっても、生活圏直下の浅い場所で発生し甚大な被害が生じることもある。また、明治24(1891)年の濃尾地震のようにマグニチュード8.0程度の例も見られる。

④ 火山活動に伴う地震

日本列島は、多数の火山が連なっており、火山活動によって岩盤の浅い部分にひずみが生じ、中小規模の地震が発生することがある。これを「火山活動に伴う地震」と呼ぶ。

2 活断層

(1) 定義

前述したように、地震は断層の両側の岩盤がずれ動く断層運動によって発生する⁽¹¹⁾。すなわち、断層は地震の結果であると同時に、原因でもある。断層には、既に活動を終えたものもあることから、今後も活動し、地震を発生させることが推定される断層を活断層と呼ぶ。日本

全国の活断層を調査、認定した『新編日本の活断層』は、「一般に、最近の地質時代にくりかえし活動し、将来も活動することが推定される断層を、活断層という」とし、第四紀（約200万年前から現在）に動いたとみなされる断層を活断層としている⁽¹²⁾。なお、いつか再び動くであろうと判断されているものを活断層と呼ぶのであって、毎年動いている断層は日本では知られていない。

近い過去にくりかえしずれた活断層は、今後同じように運動をくりかえすと考えられている。したがって、活断層の判定においては、近い過去の基準、すなわち調査のため遡る過去の期間が重要になる。その基準は、研究者や国により異なり、日本においても、第四紀とする広義の定義に対して、第四紀後期ないしさらに狭い時代とする狭義の定義がある⁽¹³⁾。

典型的な活断層は、陸のプレート内にあり、地表面に断層運動によるずれ（地震断層）が表れている。このようなものに限定して活断層と呼ぶ場合と、地震の原因となる観点から、地表面には断層運動の痕跡を残していない地下の断層、海のプレート内の断層、プレート境界等を含めて活断層と呼ぶ場合がある⁽¹⁴⁾。本稿は、

基本的には広い定義を用いる。

(2) 活断層の調査

地下の断層運動（地震）が地表あるいは地表付近まで及べば、地表は切断されるか、あるいは傾きたわむ。このような地形の特徴（変位地形や変動地形と呼ばれる。）は、活断層の発見の手掛かりとなる。このため、陸地については、空中写真によって変位地形を判読すること（空中写真判読）や特徴的な地形を詳細地形図から探ることが重要な手法となる。⁽¹⁵⁾

断層の正確な位置、方向、変位量、最新活動時期、活動周期を調べるためには、断層面に直交する深さ数メートルの溝（トレンチ）状の穴を掘る必要がある（トレンチ調査）。トレンチ壁面の観察によって、断層面の状況を調査するとともに、地層から試料を採取することで、地質の堆積年代を測定し、過去の活動時期を推定する。⁽¹⁶⁾

この他に、断層線を挟んで複数の孔から地盤内の土や岩の試料を取り出すボーリング調査や、人工的に発生させた振動の反射波を測定することで岩盤内の断層を探る反射法地震探査等がある。⁽¹⁷⁾

(11) 過去には、マグマや熱の力が重視され、断層は地震の原因ではなく、結果とする見方が強かったものの、1960年代以降には断層原因説が大勢となった（松田時彦『動く大地を読む』（自然景観の読み方）岩波書店、1992、pp.1-3.）。

(12) 活断層研究会編『新編日本の活断層—分布図と資料』東京大学出版会、1991、p.3。なお、直近の第四紀の定義は258万年前となっている（「第四紀と更新世の新しい定義に関連する地質時代・年代層序の用語について」2010.1.22. 日本第四紀学会 HP <<http://quaternary.jp/news/teigi09.html>>）。

(13) 中田高・今泉俊文編『活断層詳細デジタルマップ』東京大学出版会、2002、pp.5-8; 地学団体研究会新版地学事典編集委員会編 前掲注(10)、p.249。日本の場合、現在と同様な広域造構応力場（地殻内部の力の状態）におかれていた第四紀とする考え方に対して、力学的に同様な過去を評価対象とするとしても、日本海が形成され、現在と同様に、太平洋側からのプレートの沈み込みによる圧縮の力が日本列島にかかった時期である40万年前から50万年前や、数十万年間（地震調査研究推進本部地震調査委員会長期評価部会「「活断層の長期評価手法」報告書（暫定版）」2010.11.25、p.36。<http://www.jishin.go.jp/main/choukihyoka/katsu_hyokashuho/honpen.pdf>; 鈴木康弘「日本の活断層—地学的記載と災害論的考察」『学会会報』896号、2012.9、pp.90-94.）に限定することもある。一方、第四紀前期に活動を終えた断層等の存在から、更新世後期、数十万年前ないし10数万年前以降現在に限定する考え方もある（加藤碩一『地震と活断層の科学 普及版』朝倉書店、2010、pp.80-81.）。

(14) 常田賢一・片岡正次郎『活断層とどう向き合うか』理工図書、2012、pp.7-11。

(15) 同上、p.24; 活断層研究会編『日本の活断層—地図と解説』東京大学出版会、1992、pp.8-15。

(16) 常田・片岡 同上、pp.24-27。

(17) 同上

空中写真や詳細地形図による地形調査によって活断層の位置を推定し、その実在性と活動の詳細を地質調査（トレンチ調査、ボーリング調査）や物理探査で解明することが、活断層調査の基本的な流れである⁽¹⁸⁾。なお、海底の活断層については、海底地形と音波探査記録等から調査される⁽¹⁹⁾。

(3) 活断層と地震の想定

地震の発生とその規模を想定する観点からは、①今後の活動可能性を判断するための活断層の最新活動時期、②次の断層活動時期を予想するために活動の周期、③地震の規模を想定するために活断層の面積と変位量等が重要となる。したがって、地形図や空中写真による地形の判読が調査の出発点となり、トレンチ調査をはじめとした詳細な現地調査が必要となる。

1960年代中頃には、地震の原因が断層運動であることが確立し、既知の活断層から内陸直下地震（昭和49（1974）年、伊豆半島沖地震）が発生したことから、1970年代以降、活断層の調査研究が活発化した。地形学者を中心に昭和50（1975）年に発足した活断層研究会は、昭和55（1980）年に『日本の活断層—分布図と資料』を出版した（平成3（1991）年には新編を出版。）⁽²⁰⁾。この時期以降、トレンチ調査によって日本の活断層の詳細が判明ははじめ、地形による活断層認定の有効性が確認されるとともに、断層の活動歴を基礎として地震の長期予測が行われるよ

うになった。⁽²¹⁾

日本全国には少なくとも約2000の活断層があるが、そのうち大きな地震災害を引き起こす可能性の高い活断層は約100と言われている。阪神淡路大震災を踏まえて設置された地震調査研究推進本部（本部長：文部科学大臣）は、地震の長期評価（規模と発生確率等の評価）にあたり、110の陸域の活断層と海溝型地震を対象としている⁽²²⁾。

II 原子力発電所の耐震設計

大地震に対して、原発施設は、「止める」、「冷やす」、「閉じ込める」の機能を維持し、放射性物質の漏出による運転員及び周辺住民の被曝を防止することが求められる。すなわち、想定される（場合によっては想定を上回る。）地震に対して、建物、構造物、機器、配管等に重大な損傷が生じない耐震設計が重要である。地震国日本では、原発の設計の中で、耐震設計は極めて大きなウエートを占めている。⁽²³⁾

最初に耐震設計審査指針が策定されたのは昭和53（1978）年であり、その後、平成18（2006）年に大幅な改正が実施され、平成25（2013）年に新規制基準として耐震設計規制が強化されている⁽²⁴⁾。IIでは、耐震設計基準の策定とその変遷を概観する。

(18) 岡田篤正「日本における活断層調査研究の現状と展望」『活断層研究』28号, 2008.3, pp.7-13. ただし、変動地形学的調査、地質調査、物理探査のそれぞれに限界もあり、後述する新規制基準は、各調査手法の特性を活かして適切に組み合わせることを求めている。

(19) 活断層研究会編 前掲注(15), pp.24-31.

(20) 活断層研究会編『日本の活断層—分布図と資料』東京大学出版会, 1980; 活断層研究会編 前掲注(12)

(21) 松田時彦「活断層研究の歴史と課題」『活断層研究』28号, 2008.3, pp.15-22; 松田時彦「活断層研究の進展—『日本の活断層』出版前後」『活断層研究』32号, 2010.3, pp.87-92. 当初、地質学者は地形による活断層認定に懐疑的であったことや、従来の地震危険度評価は、過去約400年間の歴史地震資料を基に行ってきたことが指摘されている。空中写真判読を基礎として日本の活断層を体系的に整理した『日本の活断層—分布図と資料』（1980）とその後の現地調査が日本の地震研究に大きな進展をもたらしたことが示されている。

(22) 「長期評価」地震調査研究推進本部 HP <http://www.jishin.go.jp/main/p_hyoka02.htm> 地震調査研究推進本部は、活断層を陸のプレート内の断層として議論（評価）している。

(23) 山下利夫「原子力発電所の耐震設計」『原子力 eye』45(1), 1999.1, pp.10-13.

1 原発建設初期の耐震設計審査指針

(1) 耐震設計審査指針策定以前

日本で最初の商業用原発である日本原子力発電の東海発電所（東海原発、設置許可：昭和34（1959）年、営業運転開始：昭和41（1966）年、平成10（1998）年運転終了）は、地震のないイギリスから導入した原子炉であることから、地震対策が最大の問題となった。しかし、当時は原発のための「体系的耐震設計法として確立したものはなく」⁽²⁵⁾、事業者である日本原子力発電は、地震工学の有識者による地震対策委員会を設置して対策を検討した。

耐震設計については、施設の重要度に応じて、炉心等の主要構造物について当時の建設基準法の定める震度の3倍、使用済燃料貯蔵庫は同1.5倍に耐えられるものとする等とした静的設計（水平震度を基準とした設計）が基本となった。また、地震震度の期待値（主に鎌倉時代以降の地震記録等から推計）と地下構造（ボーリング調査から解析）により地震動（加速度）の推定も実施されており、動的設計（支持基盤や構造物の振動特性等を踏まえて、想定する地震動の構造物への影響を考慮する設計）の考え方も取り入れられていた。⁽²⁶⁾

通商産業省（当時）は、東海原発の設計・建設の時期にあたる昭和33（1958）年、原発の安全に関する基準を整備するため、諮問機関として原子力発電安全基準委員会を設置した（同委員会地震対策小委員会が耐震設計を検討）。昭和

36（1961）年には、同委員会が「原子力発電所安全基準第一次報告書」をまとめ、耐震設計については、「構造物、機械系ともに重要度分類によって、設計地震力を異なったレベルに設定する。基準地震力は建設地点の地震歴を調査して行う。設計方針は静的設計を基本とするが、その重要度および振動特性によっては動的解析により検討もしくは設計を行う」⁽²⁷⁾とされた（第19章）。⁽²⁸⁾

その後、日本原子力発電の敦賀原発（設置許可：昭和41（1966）年、営業運転開始：昭和45（1970）年）、関西電力の美浜発電所（美浜原発、設置許可：昭和41（1966）年、営業運転開始：昭和45（1970）年）、東京電力の福島第一原発（設置許可：昭和41（1966）年、営業運転開始：昭和46（1971）年）等が次々と設計・建設された。これらの原発の耐震設計にも重要度分類に応じて、建築基準法を上回る耐震性を与える方法が適用された⁽²⁹⁾。

当時の耐震設計の主な課題は、想定する地震の大きさと、実際的な耐震解析法であった⁽³⁰⁾。設計用の地震動の想定については、「個別のプラントごとに社内委員会の形で議論」⁽³¹⁾され、実際には、「地震歴と過去の震害を調べ、地震活動度の低い地点を選ぶ」⁽³²⁾との考え方を踏まえて、主に鎌倉時代以降の歴史資料による地震履歴を重視していた⁽³³⁾。プレート・テクトニクスや活断層についての知見を得た現代の目から見れば、歴史資料に依拠した検討は不十分の感が否めない。重要度の高い設備については、静

24 原発の耐震設計基準の高度化の推移については、釜江克宏「新規制基準（地震・津波）で要求される基準地震動—最近の被害地震から得られた知見を反映して」『Atomoσ（日本原子力学会誌）』648号、2013.6、pp.326-331を参照した。

25 伊部幸美「原子力施設の耐震技術」『原子力eye』45(1)、1999.1、pp.6-9。

26 日本原子力発電株式会社「原電資料 第9号 東海発電所の建築工事と地震対策」1965、pp.77、99-102。

27 柴田碧「原子力発電所の耐震設計10年のあゆみ」『生産研究』20(8)、1968.8、pp.388-398。

28 通商産業省原子力発電課「原子力発電所安全基準第一次報告書について」『電気とガス』11(4)、1961.4、pp.33-43。
その後、昭和41（1966）年には耐震設計に関する調査報告書がまとめられた（伊部 前掲注²⁵、p.6.）。

29 柴田 前掲注²⁷、pp.392-393。

30 同上

31 柴田碧「原子力発電所の耐震設計—1958年の出発・発展とその経過」『日本地震工学会誌』5号、2007.1、pp.10-22。

32 大橋康次『発電工学』（大学講座土木工学）共立出版、1968、p.273。

的設計に加えて、動的設計が求められていたが、その解析方法については課題が残されていた⁽³⁴⁾。

(2) 耐震設計審査指針の策定

昭和 52 (1977) 年、原子力委員会は、耐震設計の基本を含んだ「発電用軽水型原子炉施設に関する安全設計審査指針」を、翌年の昭和 53 (1978) 年には、「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」を策定している (最初の耐震設計審査指針)。同年に原子力委員会から分離独立した原子力安全委員会⁽³⁵⁾は、昭和 56 (1981) 年に、同耐震設計審査指針を改訂して、「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」(旧指針)を策定した。⁽³⁶⁾

耐震設計審査指針は、これまでの安全審査の経験を踏まえ、地震学・地質学等の知見を工学的に判断したものである。その基本方針には、①想定されるいかなる地震力に対してもこれが大きな事故の誘因とならないよう十分な耐震性を有すること、②建物・構築物は原則として剛

構造 (建物の柱や梁を強固にし、耐震壁や筋かいを配して地震力に対する変形を小さくする堅固な構造) とすること、③重要な建物・構築物は岩盤に支持させなければならないことが明記されている。

より具体的には、建築基準法に依拠した静的地震力に加え、建設地点別に設計用最強地震と設計用限界地震を設定し、原発施設の重要度 (As、A、B、C の 4 段階。As は A クラスの内特に重要度が高いもの) に応じて、設定された地震動に対応する設計を求めるものである。設計用最強地震とは、歴史的調査により判明した建設地点の過去の大地震と過去 1 万年前以降に活動した周辺の活断層から想定される最大地震である (基準地震動 S_1)。設計用限界地震とは、過去 5 万年前以降に活動した周辺の活断層や地震地体構造から想定される最大地震や M (マグニチュード) 6.5・震源距離 10km の直下地震である (基準地震動 S_2 、基準地震動 S_1 を上回る。)。例えば、原子炉圧力容器、原子炉格納容器等の最

表 2 旧指針の耐震設計

クラス	具体例 (沸騰水型)	動的設計基準 (基準地震動) ¹	静的設計 (建築基準法対比) ²
As	格納容器、圧力容器、制御棒等	設計用限界地震 S_2 に対して安全機能を維持する過去 5 万年前に活動した活断層、直下地震 (M6.5) 等	3 倍の地震力に耐える
A	非常用炉心冷却系、原子炉建屋等	設計用最強地震 S_1 に耐える過去の地震、過去 1 万年前以降に活動した活断層	3 倍の地震力に耐える
B	廃棄物処理施設等	—	1.5 倍の地震力
C	発電機等	—	同等の地震力

(注 1) 鉛直方向 (縦揺れ) については、水平方向の 1/2 の地震力を考慮

(注 2) A クラスについて同上、機器・配管系はさらに 20% 増とした震度を考慮

(出典) 原子力安全委員会「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」(昭和 56 年 7 月 20 日決定); 通商産業省資源エネルギー庁編『原子力発電所の耐震安全性』原子力発電技術機構, 1995, pp.7-12; 釜江克宏「新規制基準 (地震・津波) で要求される基準地震動—最近の被害地震から得られた知見を反映して」『Atomoσ (日本原子力学会誌)』648 号, 2013.6, pp.326-327 を基に筆者作成

(33) 当時の原発設計にあたっては、金井清・吉澤静代「日本における建物に震害を受けた度数の分布」『東京大学地震研究所彙報』28(1-2), 1950.1-6, pp.167-173; 河角広「有史以来の地震活動より見たる我国各地の地震危険度及び最高震度の期待値 (英文)」『東京大学地震研究所彙報』29(3), 1951.9, pp.469-482 等を参照していた (日本原子力発電株式会社 前掲注(26), pp.78-81; 東京電力福島原子力発電所事故調査委員会『国会事故調東京電力福島原子力発電所事故調査委員会調査報告書・本編』2012, p.64.)。

(34) 通商産業省原子力発電課 前掲注(28), pp.42-43.

(35) 原子力安全委員会は、原子力委員会の機能の内、安全確保に関わる事項を所掌する委員会として発足した (「原子力安全委員会について」<<http://www.nsr.go.jp/archive/nsc/annai/tsuite.htm>>)。

(36) 釜江 前掲注(24), pp.326-327; 原子力安全委員会「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針について」(昭和 56 年 7 月 20 日決定) <<http://www.nsr.go.jp/archive/nsc/shinsashishin/pdf/history/04-02.pdf>>

重要設備（Asクラス）は、静的設計について建築基準法対比で3倍の地震力と設計用最強地震による地震動 S_1 に耐える設計（Aクラスの基準）を満たした上で、さらに設計用限界地震による基準地震動 S_2 に対して、安全機能を維持する設計をしなければならない。（表2）⁽³⁷⁾

(3) 旧指針の特色と留意点

原発の重要な構造物は、第三紀層あるいはそれ以前の岩盤（258万年前に始まる第四紀よりも古い岩盤）に建設されるため、地震動を2～3倍に増幅する表層地盤の影響を排除することができる。岩盤への建設や、建設地周辺に想定される個々の震源に基づいて実施される耐震設計は、一般の建築物のみならず超高層ビルや橋梁の建設であっても見られない特色である⁽³⁸⁾。さらに、地震対策として、大型振動台による実験やコンピュータによる解析評価によって構造物の安全性を実証されていることや、地震時の自動停止機能を備えること等を根拠として、通商産業省（当時）は、原発の耐震安全性を説明していた⁽³⁹⁾。

前述した『日本の活断層』の刊行が、昭和55（1980）年であることを考えれば、昭和56（1981）年の旧基準が、活断層を想定地震に用いたことは評価すべきであろう。ただし、活断層に関する知見が急速に進む前であり、1万年前あるいは5万年前以降の活動を活断層判定の基準とした点や、プレート・テクトニクスが日本において定着する前でもあったことから、プ

レート間地震や沈み込むプレート内の地震についての検討が不足している点等の見直しは、次の改訂を待つ必要があった。

また、旧指針策定前に認可建設された原発については、事業者（電力会社）が、同指針に基づく耐震安全性を自主保安の一環として確認したに過ぎない。その確認内容は、阪神淡路大震災を契機に原発の地震リスクが一般の関心事となって後に公表された。⁽⁴⁰⁾

2 耐震設計審査指針の大幅改訂

旧指針は、平成13（2001）年に一部の用語に係る規定を改訂したものの、20年以上の間、大きな改訂は行われなかった。原子力安全委員会は、旧指針策定後の地震学や地震工学に関する新たな知見の蓄積や、耐震安全性に係る設計や技術の著しい進歩、特に平成7（1995）年に発生した阪神淡路大震災（兵庫県南部地震）以降に進んだ調査研究の成果を取り入れるため、平成13（2001）年から耐震設計審査指針の見直しのための審議を開始した⁽⁴¹⁾。

(1) 改訂のポイント

平成18（2006）年、①基準地震動の評価策定方法の高度化（地質調査の高度化を含む）、②耐震安全に係る重要度分類の見直し、③「残余のリスク」（後述）の定義と対応を主な変更点として、耐震設計審査指針は大幅に改訂（改訂指針⁽⁴²⁾）された。⁽⁴³⁾

⁽³⁷⁾ 原子力安全委員会 同上；通商産業省資源エネルギー庁編『原子力発電所の耐震安全性』原子力発電技術機構、1995, pp.7-12.

⁽³⁸⁾ 山下 前掲注⁽²³⁾；伊部 前掲注⁽²⁵⁾

⁽³⁹⁾ 通商産業省資源エネルギー庁編 前掲注⁽³⁷⁾

⁽⁴⁰⁾ 「原子力発電所の耐震設計」『OHM』83(3), 1996.3, pp.67-76.

⁽⁴¹⁾ 当時の議論については、山口聡「原子力発電所の地震対策」『調査と情報—ISSUE BRIEF—』515号, 2006.3.1. <<http://www.ndl.go.jp/jp/data/publication/issue/0515.pdf>> 参照。

⁽⁴²⁾ 「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」（平成18年9月19日、原子力安全委員会決定）<<http://www.nsr.go.jp/archive/nsc/shinsashishin/pdf/1/si004.pdf>>

⁽⁴³⁾ 釜江 前掲注⁽²⁴⁾, pp.326-327；原子力安全委員会編『原子力安全白書』平成18年版, 2007.9, pp.30-31. 改訂のポイントは同資料（pp.54-62.）；前田洋介「「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」の改訂について」『日本地震工学会誌』5号, 2007.1, pp.4-9を参照。

【基本方針】

表現は若干変更されたものの、想定される地震に対して、大きな事故の誘因とならないよう十分な耐震性を持たせるとの方針は継続されている。ただし、免震構造の進歩を踏まえ、建物・構築物を剛構造とする原則は削除された。また、重要な建物・構築物は岩盤に支持させなければならないとした規定は、対象をすべての建物・構築物に広げた上で、十分な支持性能を持つ地盤に設置するものとされた。さらに旧指針にはない「残余のリスク」（想定を上回る地震動が生起する可能性）が定義され、これを十分認識しつつ、合理的に実行可能な限り小さくするための努力が払われるべきことが明記された（ただし、このリスクを評価しその影響を定量化する確率的評価手法を安全審査に導入することは見送られた。）。

【耐震設計上の重要度分類】

旧指針の4分類（As、A、B、C）のうち、Asクラスを含むAクラス全体がAsクラスと同等の扱いとするSクラスに改められ、改訂指針の分類は3つとなった（S、B、C）。これは、残余のリスクを考慮する観点から、旧指針でAクラスとされていた事故発生時の影響緩和機能（非常用炉心冷却系等）についても、压力容器や制御棒と同等の厳しい耐震性を求めるものである。

【基準地震動の評価策定】

耐震設計のための基準となる地震動については、旧指針の設定した設計用最強地震に対する基準地震動 S_1 と設計用限界地震に対する基準地震動 S_2 が統合・高度化された基準地震動 S_s が策定されることになった。基準地震動 S_s は、極めてまれではあるが発生する可能性があり、施設に大きな影響を与えるおそれがあると想定することが適切なものとされる。なお、基準地震動 S_s の策定方法は、①敷地ごとに震源を特定して策定する地震動と、②震源を特定せず策定する地震動に分けられる。また、旧指針では、

水平方向の一律1/2としていた鉛直方向の地震動評価も個別に策定することとなった。

震源を特定する地震動としては、旧指針が想定していた「内陸地殻内地震」（Iでは陸域の浅い地震、内陸型地震として説明。）に、「プレート間地震」（海溝型地震）、「海洋プレート内地震」（Iでは沈み込むプレート内の地震として説明。）が加わり、3つのタイプの地震が検討対象となった。また、内陸地殻内地震の震源として考慮する活断層の範囲は、旧指針の1万年前（基準地震動 S_1 ）あるいは5万年前（基準地震動 S_2 ）から、後期更新世（12~13万年前）以降の活動が否定できないものに拡大された（その認定については、最終間氷期（7~8万年前から約13万年前）の地層又は地形面に断層による変位・変形が認められるか否かによる。）。なお、活断層の位置・形状・活動性等を明らかにするため、敷地からの距離に応じて、地形学・地質学・地球物理学的手法等を総合した十分な活断層調査を行うことが明記された。

さらに、地震動評価を高度化するため、旧指針時代からの応答スペクトルに基づいた評価（震源を点と仮定して、震源と施設敷地の距離および地震のマグニチュードから地震動を評価）に加え、旧指針では参考扱いとされた断層モデル（震源を面としてとらえ、施設敷地での地震動を解析的に評価。施設に近い断層による地震動評価に有効とされる。）に基づいた評価を行うこととなった。

震源を特定しない地震動としては、旧指針が設定していたM6.5・震源距離10kmの直下地震に替えて、建設地の地盤特性を踏まえた地震動を想定することとなった。地震動の想定にあたっては、過去に国の内外で発生した震源と活断層の関連付けが困難な内陸地殻内地震の観測記録が参照されることとなり、より大きな直下型地震に備えるものである。

【耐震設計方針】

Sクラスの重要施設は、新たな基準地震動 S_s に対して安全機能を保持し、また、弾性設

計用地震動 S_d (S_s の 1/2 以上に設定される。)⁽⁴⁴⁾ と所定の静的地震力 (旧指針と同等) の大きい地震力に対して耐える設計が求められている。B クラスと C クラスの施設については、所定の静的地震力 (旧指針と同等) に耐え、特に B クラスのうち共振のおそれのある施設についてはその影響を考慮した設計が求められている。

【地震随伴事象】

旧指針には言及のない地震に伴って起こる事象 (地震随伴事象) について、新たな記載がなされ、背後斜面の崩壊や津波への考慮が明記された。

(2) 改訂指針の留意点

前記のように、原発の耐震安全性を一層向上させるため、改訂指針は最新の知見を数多く採用している。ただし、想定を上回る地震動の生起する可能性については、その確率を求めるのみであって、「残余のリスク」そのものへの対応は十分に行われず、津波に対しては地震随伴事象としての考慮のみで、具体的なリスクの言及はなかった⁽⁴⁵⁾。なお、既存の原発については、改訂指針に照らして、事業者が自主的に安全確認を実施、その報告を求められた (いわゆるバックチェック)⁽⁴⁶⁾。報告について規制当局による評価が行われるものの、設置許可等への法的影響はない。(表 3)

表 3 改訂指針のポイントとその特色

事項		内容・留意点
強化点	耐震設計上の重要度分類の厳格化	旧指針の 4 分類 (As、A、B、C) のうち、As クラスを含む A クラス全体を As クラス同等の扱いとする S クラスに厳格化 (改訂指針の分類は S、B、C の 3 つ)。旧指針 As のための基準地震動 S_2 と A のための基準地震動 S_1 は統合・高度化され、S クラスのための基準地震動 S_s となる。鉛直方向の地震動についても個別に評価 (旧指針は水平方向の一律 1/2)。
	検討対象地震のタイプ拡張	旧指針の対象とした「内陸地殻内地震 (内陸型地震)」に、「プレート間地震 (海溝型地震)」、 「海洋プレート内地震 (沈み込むプレート内の地震)」を加え 3 タイプを考慮する。
	活断層認定の拡張	内陸地殻内地震の震源として考慮する活断層の範囲は、後期更新世 (12~13 万年前) 以降の活動が否定できないものとされた (旧指針: 1 万年前 (基準地震動 S_1) あるいは 5 万年前 (基準地震動 S_2))。また、地形学・地質学・地球物理学的手法等を総合した十分な活断層調査を行うことが明記された。
	基準地震動策定の高度化	旧指針時代からの応答スペクトルに基づいた評価 (点震源による経験的評価) に加え、断層モデル (震源を面として捉える解析的評価) を導入 (旧指針では参考扱い)。震源を特定しない地震動について建設地の地盤特性を踏まえた地震動を想定 (旧指針では M6.5・震源距離 10km を一律設定)。
留意点	耐震設計	S クラスについては、基準地震動 S_s に対して安全機能を保持することに加え、弾性設計用地震動 S_d (S_s の 1/2 以上に設定される。) の地震力に対して耐える設計が求められる。B クラスのうち共振のおそれのある施設についてはその影響を考慮した設計が求められる。
	残余のリスクの考慮	想定を上回る地震のリスクを低減する努力が規定されるが、その対策は不十分。
	地震随伴事象の考慮	背後斜面の崩壊や津波への考慮が明記されたが、評価方法や具体的対策は不十分。
	バックチェック	既存原発については、事業者が自主的に安全確認を求められたに過ぎない。

(出典) 「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」(平成 18 年 9 月 19 日、原子力安全委員会決定); 原子力安全委員会編『原子力安全白書』平成 18 年版, 2007.9, pp.30-31, 54-62; 前田洋介「「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」の改訂について」『日本地震工学会誌』5 号, 2007.1, pp.4-9; 釜江克宏「新規制基準 (地震・津波) で要求される基準地震動—最近の被害地震から得られた知見を反映して」『Atomos (日本原子力学会誌)』648 号, 2013.6, pp.326-327 等を基に筆者作成

(44) 旧指針において、最重要施設 (As クラス) が、基準地震動 S_2 に対して安全機能を維持し、同時に基準地震動 S_1 に耐えることを求めていたように、改訂指針では最重要施設 (S クラス) は、基準地震動 S_s に対して安全機能を維持することに加え、弾性設計用地震動 S_d に耐える (弾性範囲に留まる) ことを求められている (秋山宏「新耐震設計審査指針における S_d の役割について」『日本地震工学会誌』5 号, 2007.1, pp.29-32)。

(45) 釜江 前掲注(24), p.18.

3 福島第一原発事故を踏まえた新規制基準

(1) 原子力規制委員会の設置

福島第一原発事故の教訓を踏まえ、平成24(2012)年6月に成立した「原子力規制委員会設置法」(平成24年法律第47号)は、原子力利用における安全の確保を図ることを任務とする原子力規制委員会を設置し、経済産業省、文部科学省、内閣府等が所掌していた原子力の安全確保に関する事務を同委員会に一元化した(原子力安全・保安院と原子力安全委員会は廃止された)。同法は、その附則において、「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」(昭和32年法律第166号。以下「原子炉等規制法」という。)等の一部改正も規定している。⁽⁴⁷⁾

この結果、原発の設置許可は原子力規制委員会の権限となり、その基準は原子力規制委員会規則として定めることとなった⁽⁴⁸⁾。また、事後規制の許可済施設への適用(バックフィット制度)が導入され、原発事業者は、原子力規制委員会規則として定める技術的基準に施設を適

合させる義務を負うこととなった⁽⁴⁹⁾。

(2) 新規制基準の施行

原子力規制委員会は、重大事故対策(シビアアクシデント対策)⁽⁵⁰⁾の義務づけや、津波対策の大幅強化を含む地震・津波対策の厳格化等を柱とした原発の新規制基準(当初は安全基準と呼ばれた。)をまとめた⁽⁵¹⁾。新規制基準は、原子力規制委員会の規則と告示として公布され、同時に基準に関連した審査ガイド等の内規が公開された(平成25年7月施行)⁽⁵²⁾。耐震設計関係については、「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」等の規則に加え、多数の内規(「敷地内及び敷地周辺の地質・地質構造調査に係る審査ガイド」、「基準地震動及び耐震設計方針に係る審査ガイド」、「基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド」、「基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価に係る審査ガイド」等)に規定されている。

(46) 「耐震設計審査指針」の改訂を機に実施を要望する既設の発電用原子炉施設等に関する耐震安全性の確認について(平成18年9月19日、原子力安全委員会決定) <<http://www.nsr.go.jp/archive/nsc/anzen/sonota/kettei/20060919-2.pdf>>; 経済産業省原子力安全・保安院「「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」等の改訂に伴う既設発電用原子炉施設等の耐震安全性の評価等の実施について」2006.9.20. <http://warp.ndl.go.jp/collections/NDL_WA_po_print/info:ndljp/pid/286890/www.metigo.jp/press/20060920001/NDL_WA_po_press-release.pdf> なお、指針改訂後に認可された原発には建設中の日本原子力発電・大間原発と東京電力・東通原発1号機がある。

(47) 原子力規制委員会設置法の概要は、諸葛宗男・西脇由弘「原子力規制委員会設置法の概要—新しい原子力安全規制法制度とは」『Atomos(日本原子力学会誌)』642号, 2012.12, pp.774-779; 「法令解説 原子力の「規制と利用の分離」を徹底 原子力規制委員会設置法」『時の法令』1917号, 2012.11.15, pp.4-23等に整理されている。また、同法制定時の国会議論については、金子和裕「独立行政委員会による原子力安全規制行政の再構築—原子力規制委員会設置法案の成立と国会論議」『立法と調査』332号, 2012.9, pp.35-47; 原田健成「原子力規制委員会設置法について」『論究』9号, 2012.12, pp.209-222等に詳しい。

(48) 原子炉等規制法は、原子力規制委員会が原発の設置を許可する要件の1つとして「発電用原子炉施設の位置、構造及び設備が核燃料物質若しくは核燃料物質によって汚染された物又は発電用原子炉による災害の防止上支障がないものとして原子力規制委員会規則で定める基準に適合するものであること」(第43条の3の6第1項第4号)とした。これに基づき、原子力規制委員会は「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」(原子力規制委員会規則第5号)を定めている。

(49) 原子炉等規制法は、「発電用原子炉設置者は、発電用原子炉施設を原子力規制委員会規則で定める技術上の基準に適合するように維持しなければならない」(第43条の3の14)としている。これに基づき、原子力規制委員会は、「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則」(原子力規制委員会規則第6号)を定めている。

(50) 設計基準事故を超える事故をシビアアクシデント(過酷事故)とし、当該事態において炉心が著しく損傷する重大事故を防止する設備と重大事故の影響を緩和する設備の両者をあわせて重大事故対処設備という(「新安全基準(重大事故対策)骨子案(見え消し)」(第20回発電用軽水型原子炉の新安全基準に関する検討チーム会議配布資料2-4)p.1. <http://www.nsr.go.jp/committee/youshikisya/shin_anzenkijyun/data/0020_06.pdf>)。

(3) 耐震設計関係の主な強化事項

耐震設計関係の新規制基準は、施設をその重要度に応じてクラス分けを行い、各々について基準となる地震動を設定して、安全機能の維持や耐震性を求める基本的な枠組みにおいて、原子力安全委員会による平成 18（2006）年の改訂指針を踏襲している。耐震設計に係る安全性強化の主なポイントは、①断層等の直上の重要施設設置の禁止（明確化）、②断層評価の厳格化（明確化）、③敷地地下構造の三次元的把握、④津波対策の大幅強化の 4 つである（表 4）。

【断層等の直上の重要施設設置の禁止（明確化）】

建屋等の重要施設の直下に断層が存在すれば、その「ずれ」の動きによって、「止める」、

「冷やす」、「閉じ込める」等の安全上重要な機能が失われるおそれがある。断層の変形の量や、地盤が押し上げる力の大きさを予測し、対策を講じることが困難であるため、改訂指針時代から「想定」しないという表現で、活断層の直上の重要施設（S クラス）を認めていなかった⁽⁵³⁾。

新規制基準は、「耐震重要施設は、変位が生ずるおそれがない地盤に設けなければならない」と規則に明記した上で⁽⁵⁴⁾、審査ガイドにおいて「重要な安全機能を有する施設の地盤には、将来活動する可能性のある断層等の露頭が無いことを確認する」としている⁽⁵⁵⁾。将来活動する可能性のある断層等には、震源として考慮する活断層（震源断層あるいは起震断層）のほか、地震活動に伴って永久変位が生じる断層に

表 4 新規制基準の主な強化事項（耐震設計関係）

事 項	内 容
断層等の直上の重要施設設置の禁止（明確化）	安全上重要な建物等は将来活動する可能性のある断層等 ¹ の露頭が無い地盤に設置すること。（改訂指針時代は活断層の直上に重要施設を設置することは「想定」していないと表記。）
断層評価の厳格化（明確化）	検討対象を断層等 ¹ に拡大し、後期更新世（12～13 万年前以降）の評価が明確にできない場合、中期更新世（40 万年前以降）まで遡ること ² 。
敷地地下構造の三次元的把握	原発敷地の地下構造により地震動が増幅される場合があることを踏まえ、起震車等を用いて敷地の地下構造を三次元的に把握して、より精密に基準地震動を策定すること。
津波対策の大幅強化	既往最大を上回る基準津波を策定すること。基準津波による遡上波の到達・流入を防止するための防潮堤と、防護を多重化するため水密扉を設置すること。津波防護施設等には高い耐震性（S クラス）を備えること。

（注 1） 活断層、地震活動に伴って永久変位が生じる断層、支持地盤まで変位及び変形が及ぶ地すべり面

（注 2） 40 万年前を基準とする地震調査研究推進本部の考え方を踏まえており、後期更新世（12～13 万年前以降）の活動が否定できた場合であっても、判断を明確とするために中期更新世以降（約 40 万年前以降）までの調査が重要であるとされる。

（出典）「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」（原子力規制委員会規則第 5 号）；原子力規制委員会「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」（平成 25 年 6 月 19 日決定、原規技発第 1306193 号）；原子力規制委員会「敷地内及び敷地周辺の地質・地質構造調査に係る審査ガイド」（平成 25 年 6 月 19 日決定、原管地発第 1306191 号）；原子力規制委員会「基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド」（平成 25 年 6 月 19 日決定、原管地発第 1306193 号）等を基に筆者作成

(51) 原子力規制委員会は、「発電用軽水型原子炉の新規制基準に関する検討チーム」、「発電用軽水型原子炉施設の地震・津波に関わる新規制基準に関する検討チーム」、「発電用原子炉施設の新安全規制の制度整備に関する検討チーム」を設置して検討を重ねた。新規制基準骨子案策定とそのパブリックコメント実施（平成 25 年 2 月）、規則条文案策定とそのパブリックコメント実施（平成 25 年 4 月から 5 月）を経て、新規制基準は決定された。（原子力規制委員会『年次報告』平成 24 年度, 2013, pp.24-26. <<http://www.nsr.go.jp/houkoku/data/20130530houkoku.pdf>>; 「パブリックコメント対象文書一覧」（原子力規制委員会・原子力規制庁「原子力規制委員会設置法の一部の施行に伴う関係規則の整備等に関する規則（案）等に対する意見募集について」2013.4.10. パブリックコメントの対象となった 11 規則、4 告示、34 内規、計 49 文書の一覧）<http://www.nsr.go.jp/public_comment/bosyu130410_03/130410-07.pdf>）

(52) 原子力規制委員会「「原子力規制委員会設置法の一部の施行に伴う関係規則の整備に関する規則」等が公布されました」2013.6.28. <<http://www.nsr.go.jp/news/25/06/0628kisei-ichiran.html>>; 原子力規制委員会「原子力規制委員会設置法の一部の施行に伴い制定等を行う関係法令等の一覧」（第 11 回原子力規制委員会資料 1-2 に一部加除）2013.6.28. <http://www.nsr.go.jp/nra/data/ichiran_list.pdf>

加え、支持地盤まで変位及び変形が及ぶ地すべり面が含まれており⁽⁵⁶⁾、震源断層に加えて、地盤にずれを生じかねないその他の断層や地すべり面も含めた断層等の直上に重要施設を設置することを明確に禁止している。

【断層評価の厳格化（明確化）】

従来の改訂指針は耐震設計上考慮する活断層を「後期更新世以降の活動が否定できないもの」とし、その認定について「最終間氷期の地層又は地形面に断層による変位・変形が認められるか否かによることができる」とした上で、「後期更新世の地形面や地層が分布しない場合には、さらに古い年代の地形及び地質、地質構造、応力場等を総合的に検討し、耐震設計上考慮する活断層の認定を行う必要がある」としていた。また、調査の方法について、敷地中心から概ね

100km 以内の範囲についての既存文献調査と、少なくとも半径 30km 以内の範囲（陸域及び海域）についての現地調査（変動地形学的調査、地表地質調査、地球物理学的調査）を求めている。⁽⁵⁷⁾

新規制基準は、基準地震動の策定に当たり「断層等の活動性の評価が重要」とし、検討対象を断層等に拡大しつつ、将来活動する可能性のある断層等の基準は改訂指針と同様に「後期更新世（約 12～13 万年前以降）の活動が否定できないもの」⁽⁵⁸⁾とした。また、より厳格かつ効率的に断層の活動性を判断できるとして、「その認定に当たって、後期更新世（約 12～13 万年前）の地形面又は地層が欠如する等、後期更新世以降の活動性が明確に判断できない場合には、中期更新世以降（約 40 万年前以降）まで遡って地形、地質・地質構造及び応力場等を総合的に検討した上で活動性を評価すること」⁽⁵⁹⁾としてい

53) 旧指針時代から、活断層の上には原発は建設しないとされてきた（通商産業省資源エネルギー庁編 前掲注37, pp.3-4）。原子力安全委員会は、改訂指針の運用・解釈を明確にすることを目的として、平成 22（2010）年に「原子力発電所の地質、地盤に関する安全審査の手引き」を改訂し、「発電用原子炉施設の耐震安全性に関する安全審査の手引き」（平成 22 年 12 月 20 日、原子力安全委員会了承）<http://www.nsr.go.jp/archive/nsc/shinsashishin/pdf/1/101220_1.pdf>とした。同手引きにおいては、「耐震設計上考慮する活断層の露頭が確認された場合、その直上に耐震設計上の最重要度分類 S クラスの建物・構築物を設置することは想定していない」（p.19.）と記載されている。

54) 「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」（原子力規制委員会規則第 5 号）第 3 条第 3 項 <http://www.nsr.go.jp/nra/kettei/data/20130628_jitsuyoufuzoku01.pdf>

55) 原子力規制委員会「敷地内及び敷地周辺地質・地質構造調査に係る審査ガイド」（平成 25 年 6 月 19 日決定、原管地発第 1306191 号）p.8. <http://www.nsr.go.jp/nra/kettei/data/20130628_jitsuyoutishitsu.pdf>

56) 同上；原子力規制委員会「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」（平成 25 年 6 月 19 日決定、原規技発第 1306193 号）p.121.（別記 1）<http://www.nsr.go.jp/nra/kettei/data/20130628_jitsuyounaiki01.pdf>

57) 原子力安全委員会 前掲注42, p.4; 原子力安全委員会 前掲注53, pp.1-10.

58) 改訂指針と同様の基準とした理由として、原子力規制委員会は「我が国の活断層の活動周期がおおむね千年から長いもので 5～10 万年程度であると考えられていること、また、約 12～13 万年前頃の日本列島付近は気候が温暖で、海面が現在よりも高い状態が続き、その間に海岸には平らな地形ができ、その地形（海成段丘）が日本各地に残っており、この地形に、地震によるずれや変形があるかどうかを調べることにより、容易に活断層かどうかの判定ができる」とし、同時に「この時期に堆積した地層も広く分布するため、地震による地層のずれや変形が捉えやすいこと」も理由にあげている（原子力規制委員会「新規制基準に関連する評価ガイド（地震・津波対策関係）に対する御意見への考え方（案）」（発電用軽水型原子炉施設の地震・津波に関わる規制基準に関する検討チーム第 13 回会合平成 25 年 6 月 6 日、配布資料震基 13-2）pp.6-7. <http://www.nsr.go.jp/committee/yyushikisya/shin_taishinkijyun/data/0013_02.pdf>）。

59) 中期更新世以降（約 40 万年前以降）を基準に加えた理由として、原子力規制委員会は「一方、約 12～13 万年前頃の地層が浸食等により欠如していたり、地層の年代評価が難しい場合があり、これが安全審査を長引かせる原因となっていました」とした上で、「我が国の活断層は約 40 万年前以降から現在に至るまで、ほぼ同一の地殻変動様式が継続していると考えられ、今後も同様の活動をする可能性が高いとする地震調査研究推進本部がまとめた報告書の考え方」を踏まえたとしている（同上）。

る。⁽⁶⁰⁾

新規制基準は、遡るべき時代を中期更新世(約40万年前)と明示し、後期更新世(12~13万年前以降)の活動が否定できた場合であっても、判断を明確とするために中期更新世以降(約40万年前以降)までの調査が重要であるとしている。また、調査の方法については、「調査地域の地形・地質条件に応じ、既存文献の調査、変動地形学的調査、地質調査、地球物理学的調査等の特性を活かし適切に組み合わせた調査計画」として、敷地からの距離によらず当該地域の特性に合致した調査が求められている。⁽⁶¹⁾

【敷地地下構造の三次元的把握】

新規制基準は、断層モデルの評価を継承し、原発敷地の地下構造により地震動が増幅される場合があることを踏まえ、起震車等を用いて敷地の地下構造を三次元的に把握することで、基準地震動の策定を精密化することを求めている⁽⁶²⁾。

【津波対策の大幅強化】

従来の改訂指針においても、施設の周辺斜面の崩壊と津波を地震随件事象とし、これらを十分考慮した設計を求めているが⁽⁶³⁾、津波の評価と対策は、事業者に委ねられており、福島第一原発は事業者の想定を大きく上回る津波によって全電源を喪失し、重大事故を招いた。

新規制基準は、「設計基準対象施設は、その供用中に当該設計基準対象施設に大きな影響を及ぼすおそれがある津波(以下「基準津波」とい

う。)に対して安全機能が損なわれるおそれがないものでなければならない」と規則に明記した上で⁽⁶⁴⁾、同規則の解釈や審査ガイドにおいて、基準津波策定方針の詳細を具体的に規定し、津波防護施設等の設置と当該施設を耐震設計上最も高い「Sクラス」とすることを求めている⁽⁶⁵⁾。

基準津波については、既往津波(過去実績)に留まらず、最新の科学的・技術的知見を踏まえ、様々な要因(プレート間地震、海洋プレート内地震、海域の活断層による地殻内地震、地すべり等)とその組み合わせを考慮した波源モデルに基づいて策定することとなった。例えば、プレート間地震に起因する津波波源の設定領域としては、①千島海溝から日本海溝沿いの領域、②伊豆・小笠原海溝沿いの領域、③南海トラフから南西諸島海溝沿いの領域の3つが具体的に例示されており、いずれもマグニチュード9を上回っている。

基準津波による遡上波の到達・流入を防止するため、原子炉压力容器等のSクラスに分類される設備や施設は十分に高い位置に設置されるか、防潮堤等の津波防護施設と水密扉(すいみつひ)等の浸水防止設備の設置が定められている。また、津波防護施設等は、地震により浸水防止機能等が喪失しないよう、高い耐震性(Sクラス)を備えることとなった。

(4) 新規制基準の意義

新規制基準は、福島第一原発事故の教訓を踏まえて、原発の安全対策を抜本的に見直すものである。津波対策を含めた耐震設計の厳格化に

(60) 原子力規制委員会 前掲注(55), pp.3-7.

(61) 同上

(62) 同上, pp.24-25; 原子力規制委員会「実用発電用原子炉に係る新規制基準について—概要—」2013.7, p.12. <http://www.nsr.go.jp/committee/kisei/data/0013_08.pdf>

(63) 原子力安全委員会 前掲注(42), p.14.

(64) 「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」前掲注(54), 第5条.

(65) 原子力規制委員会(原規技発第1306193号)前掲注(56), pp.12, 133-137.(別記3); 原子力規制委員会 前掲注(55), pp.28-34.(Ⅱ.基準津波の策定に必要な調査); 原子力規制委員会「基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド」(平成25年6月19日決定、原管地発第1306193号)<http://www.nsr.go.jp/nra/kettei/data/20130628_jitsuyoutsunami.pdf>

加え、重大事故対策が盛り込まれたことは、残余のリスクに対する具体的な対策を義務づけたものと言えよう。

また、バックフィット制度によって既存の原発にも新たな規制が適用されることから、福島第一原発事故以降、順次定期点検のために休止した各地の原発の再稼働の必要条件となる。日本で営業運転を開始しているすべての原発は、旧指針あるいは、それ以前に認可されたものである⁽⁶⁶⁾。最新の科学的知見に基づいた耐震性能と必要な対策が、法的に義務づけられることは、新規制基準の大きな特色である。

Ⅲ 敷地内活断層の調査

原子力規制委員会の発足時、その最重要課題である原発の安全確保の取り組みにおいて、新規制基準の策定とともに、原子力安全・保安院から引き継いだ原発敷地内の破碎帯調査の行方が注目されていた⁽⁶⁷⁾。活動性はないとして従来は問題としてこなかった敷地内の断層等を含む破碎帯⁽⁶⁸⁾が、再調査の結果、原発施設に重大な影響を及ぼし得る活断層等であるとされれば、当該原発の再稼働は困難となり、廃炉につながる可能性が生じる。Ⅲでは、関西電力の大飯発電所（大飯原発）、東北電力の東通原子力発電所（東通原発）、敦賀原発を中心に敷地内破碎

帯調査について、その進捗状況を整理する。調査が進むこれら3つの原発については、専門家の判断が分かれて1年近くの検討を要したが活断層が否定される方向となったケース（大飯原発）、最終結論には至っていないものの、活断層が存在するとの評価案がまとまっているケース（東通原発）、建屋直下に活断層があるとの原子力規制委員会の下した結論に対して事業者が強く反発しているケース（敦賀原発）がある。また、これら以外に再調査の対象となっている原発については、調査がようやく開始されたケースや、未着手のケースもある。

1 調査開始の経緯

(1) 原子力安全・保安院の検討

福島第一原発事故を踏まえて、原子力安全・保安院（当時）は、平成23（2011）年9月、「地震・津波に関する意見聴取会」を設置し、東北地方太平洋沖地震（東日本大震災）で得られた新たな知見等を今後の安全規制に反映させるための検討を開始した⁽⁶⁹⁾。

近年の知見として、安定していると考えられていた断層が活断層と連動して動く可能性や、古い時代に形成され活動性がないと見られていた正断層⁽⁷⁰⁾による地震が確認されたことがある。原子力安全・保安院は、過去に活動性が否定された原発敷地内の断層についての再検討が

(66) 昭和53（1978）年に原子力委員会が「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」を策定する前に設置認可が下りた原発は28基、その後、昭和56（1981）年の原子力安全委員会による旧指針の前に4基の原発に設置認可が下りている。すなわち、福島第一原発事故前に運転していた日本の原発54基の内、約6割の32基は旧指針策定前に、また、残りも30年前に策定された旧指針により設置認可を受けている。

(67) 「基礎からわかる原子力規制委員会」『読売新聞』2012.10.7等

(68) 主に断層運動に伴い、岩石が機械的に破碎され、不規則な割れ目の集合体を成し、断層角礫や断層ガウジ〔断層運動によって岩石が破壊され粘土状になった部分〕などから構成されるある幅をもった帯（地学団体研究会新版地学事典編集委員会編 前掲注(10), p.1019. []内は執筆者補記）。

(69) 第1回会議と第2回会議は「地震・津波の解析結果の評価に関する意見聴取会」であったが、第3回（平成23年10月31日）に名称が変更となった（「地震・津波に関する意見聴取会」<http://www.nsr.go.jp/archive/nisa/shingikai/800/26/800_26_index.html>）。

(70) 断層には、断層面に沿って岩盤が上下にずれる「縦ずれ断層」と、断層面を挟んで、それぞれの岩盤が逆方向にずれる「横ずれ断層」がある。縦ずれ断層には、岩盤に対して水平の方向に引っ張る力が働いた結果、上側の岩盤が下へ滑り落ちる動きをした「正断層」と、水平の方向から岩盤が圧縮された結果、断層面を挟んで上側の岩盤がずり上がる動きをした「逆断層」がある。（文部科学省 前掲注(4), pp.26-27.）

必要との認識から、地震・津波に関する意見聴取会において、全原発に関して意見聴取を行うこととした。なお、この段階で、敦賀原発と東通原発については、改訂指針のバックチェックの一環として、敷地内の破碎帯の現地調査が進められており、美浜原発、関西電力の高浜発電所（高浜原発）、日本原子力研究開発機構高速増殖原型炉もんじゅ（もんじゅ）については、活動性を否定した正断層の再検討が必要となっていた。⁽⁷¹⁾

これらの原発に加え、敷地内に破碎帯の存在するその他の原発について検討した結果、原子力安全・保安院は、6つの原発（敦賀、東通、志賀、美浜、もんじゅ、大飯）について、断層リスク（破碎帯の活動可能性）の追加調査が必要として、事業者はその指示を発出した⁽⁷²⁾。

(2) 原子力規制委員会の調査チーム

原子力規制委員会は、原子力安全・保安院が追加調査を指示した6つの原発について、有識者会合を設置して、現地調査と評価を行うことを決定した。原子力規制委員会は、有識者会合による現地調査と評価を踏まえて、最終的な判断を行い、その責任を持つことになる。⁽⁷³⁾

調査する原発ごとに設置された有識者会合は、日本活断層学会、日本地質学会、日本第四紀学会、日本地震学会の関係4学会から推薦を

受けた学会内外の専門家から、個々の原発のこれまでの安全審査（原子力安全・保安院による改訂指針に基づく耐震バックチェック及び同審査についての原子力安全委員会による二次審査を含む）に関わったことのない条件で選定された4名の学識経験者に原子力規制委員会の島崎邦彦委員を加えた5名で構成される⁽⁷⁴⁾。なお、6つの原発以外の破碎帯に係る追加調査については、原子力安全・保安院が引き続きデータ拡充が必要としたもの（東京電力柏崎刈羽原子力発電所、中部電力浜岡原子力発電所、高浜原発、日本原燃再処理施設及び特定廃棄物管理施設）や耐震バックチェックの対象となっていなかったもの（電源開発大間原子力発電所）が検討対象とされている⁽⁷⁵⁾。

2 現地調査の状況

(1) 大飯原発

【経緯】

事業者である関西電力は、大飯原発内のF-6破碎帯について、後期更新世（12～13万年前）以降に活動したものではないとし（改訂指針バックチェック）、その活動性を否定してきた。しかし、平成24（2012）年6月に大飯原発F-6破碎帯が周辺の活断層と連動して動く可能性が否定できないこと、破碎帯上にある重要構造物である非常用取水路にダメージを与えるおそれがある

(71) 原子力安全・保安院「原子力発電所敷地内の破碎帯について」（第18回地震・津波に関する意見聴取会資料 地震・津波18-2-1）2012.7.3. <<http://www.nsr.go.jp/archive/nisa/shingikai/800/26/018/18-2-1.pdf>> なお、美浜原発、高浜原発、もんじゅの敷地内破碎帯については、事業者は、「正断層型であり、現在の西日本の広域応力場で主に形成されるタイプの断層ではないため、近年の活動によるものではない」と評価していた。

(72) 原子力安全・保安院「「敷地内破碎帯（断層、シームを含む）の評価」に関する意見聴取会における指摘及び原子力安全・保安院の対応方針について（案）」2012.9.7.（第23回地震・津波に関する意見聴取会資料 地震・津波23-5）<<http://www.nsr.go.jp/archive/nisa/shingikai/800/26/023/23-5.pdf>>; 原子力安全・保安院「原子力発電所等敷地内の破碎帯について」2012.9.7. <http://www.nsr.go.jp/committee/kisei/h24fy/data/0005_01.pdf>

(73) 「関西電力（株）大飯発電所の敷地内破碎帯調査に係る基本的方針について（案）」（平成24年9月26日第2回原子力規制委員会 資料2）<http://www.nsr.go.jp/committee/kisei/h24fy/data/0002_02.pdf>; 「敷地内破碎帯の評価に関する有識者会合について（案）」（平成24年10月17日第5回原子力規制委員会 資料1）<http://www.nsr.go.jp/committee/kisei/h24fy/data/0005_01.pdf>

(74) 原子力規制委員会 前掲注(51), pp.28-29.

(75) 「敷地内破碎帯の評価に関する有識者会合について（案）」前掲注(73)

ること等が指摘され、再稼働前の大飯原発の調査を求める動きがあった。⁽⁷⁶⁾

大飯原発（3号機、4号機）は、福島第一原発事故後、相次いで定期点検に入っていた全国原発の中では唯一、平成24（2012）年7月に再稼働していた（平成25（2013）年9月に定期点検のため停止）。一方、前述のように原子力安全・保安院は破砕帯に関する追加調査を指示し、原子力規制委員会も再調査の方針を引き継いだ。平成24（2012）年10月23日、第1回大飯発電所敷地内破砕帯の調査に関する有識者会合が開催された。

【事業者の意見】

関西電力は、トレンチ調査やボーリング調査等の結果を踏まえ、F-6破砕帯の位置を見直した上で、同破砕帯が少なくとも後期更新世以降には活動していないものと判断して、活断層ではないとしていた⁽⁷⁷⁾。大飯原発は平成25（2013）年9月に定期検査のため停止した。その後、再稼働のための審査を受ける上で、敷地内破砕帯の評価が定まることが必要であり、事業者は速やかに結論を出すことを求めている。

【原子力規制委員会の評価】

有識者会合は、第1回の現地調査後にトレンチの深掘りや追加掘削、敷地内ボーリング調査等に関西電力に指示し、計3回の現地調査（平成24（2012）年11月、同年12月、平成25（2013）年7月）と6回の評価会合を実施した。当初、海岸部で認められる破砕帯について、ずれが生じた時期は12~13万年前以降とされたものの、地すべりによるものか、断層運動によるものか、専門家の見解が割れていた。その後、問題のF-6破砕帯の位置が当初推定位置から見直され、新たに掘削した南側トレンチの評価等を踏まえて、平成25（2013）年8月と9月の評価会合において、活断層ではないとする方向性で一致した。約1年の調査結果に基づいて、今後、有識者会合がまとめる評価案を基に、原子力規制委員会が最終的な判断を下すことになる。⁽⁷⁸⁾

(2) 東通原発

【経緯】

東通原発については、改訂指針バックチェックの中間報告に関する原子力安全・保安院の審査も未了であり、前述のように原子力安全・保

(76) 「関西電力(株)大飯発電所の敷地内破砕帯調査に係る基本的方針について(案)」前掲注(73); 渡辺満久「大飯原子力発電所内の活断層調査—原子力規制委員会は「張り子の虎」か」『科学』964号, 2012.12, pp.1335-1338.

(77) 関西電力株式会社「大飯発電所敷地内における破砕帯調査に関する最終報告の提出について」2013.7.25. <<http://www.kepco.co.jp/pressre/2013/0725-1j.html>>

(78) 第1回の現地調査（平成24（2012）年11月2日）と2回の評価会合（平成24（2012）年11月4日、7日）では、海岸部で認められる破砕帯について、ずれが生じた時期は12~13万年前以降とされたものの、地すべりによるものなのか、断層運動によるものなのかの見解がまとまらず、関西電力に対しては再調査のためのトレンチの深掘りや追加掘削（海側）が指示された（「大飯発電所敷地内破砕帯の調査に関する有識者会合について（現状報告）」（平成24年11月14日第11回原子力規制委員会 資料1）<http://www.nsr.go.jp/committee/kisei/h24fy/data/0011_01.pdf>）。第2回の現地調査（平成24（2012）年12月28日、29日）と評価会合（平成25（2013）年1月16日）においては、議論が進んだものの、地すべりによるものか、断層運動によるものかが決着しないことから、敷地内ボーリング調査と建屋南側のトレンチ調査を実施することとなった（原子力規制庁「大飯発電所敷地内破砕帯の調査に関する有識者会合について（現状報告）」（平成25年1月23日第24回原子力規制委員会 資料4）<http://www.nsr.go.jp/committee/kisei/h24fy/data/0024_07.pdf>）。ボーリング調査に関する評価会合（平成25（2013）年7月8日）におけるF-6破砕帯の連続性の検討を経て、第3回の現地調査（平成25（2013）年7月27日、28日）と評価会合（平成25（2013）年8月19日）が実施された。F-6破砕帯の位置が当初推定位置から見直され、当初の争点であった海岸部の破砕帯とは連続しないものとなり、第5回評価会合（平成25（2013）年8月19日）と第6回評価会合（平成25（2013）年9月2日）において、建屋北側の山頂付近と南側のトレンチ調査を踏まえて、「将来活動する可能性のある断層には当たらない」という方向性で意見がまとまった（「平成25年度原子力規制委員会第21回会議議事録（平成25年9月5日）」pp.29-30. <<http://www.nsr.go.jp/committee/kisei/data/20130905-kisei.pdf>>）。

安院は破碎帯に関する追加調査を指示し、原子力規制委員会も再調査の方針を引き継いだ。平成 24 (2012) 年 11 月 22 日、第 1 回東北電力東通発電所敷地内破碎帯の調査に関する有識者会合が開催された。⁽⁷⁹⁾

【原子力規制委員会の評価】

有識者会合は、現地調査（平成 24 (2012) 年 12 月）と 6 回の評価会合を実施し、評価案を策定した。評価案では、東北電力の主張である膨潤（地下水を粘土等が吸引して地層が変形したとする見方）が退けられ、敷地内の F-3 断層、F-9 断層他は、後期更新世に活動した可能性が否定できないとして、「耐震設計上考慮すべき活断層である」となった。また、原子炉建屋付近の f-1 断層と f-2 断層についての検討や、より広域を対象とした地質・地質構造調査等の必要性も指摘されている⁽⁸⁰⁾。なお、平成 25 (2013) 年 9 月には第 2 回の現地調査も実施されている。

【事業者の反論】

東北電力は、評価書案について議論が尽くされていないとして、同社が平成 25 (2013) 年 12 月までの予定で実施する地質調査等を踏まえて、原子力規制委員会が議論を継続することを求めている⁽⁸¹⁾。

(3) 敦賀原発

【経緯】

敦賀原発の敷地内には、大規模な活断層が存在する。事業者である日本原子力発電は、1号機（昭和 40 (1965) 年設置申請）や 2号機（昭和 54 (1979) 年増設申請）の建設時点では、敦賀原発については、活断層は敷地内に存在しないとしていたものの、3号機と 4号機（平成 16 (2004) 年増設申請、審査中）の審査に際しては厳しい指摘を受けて、平成 20 (2008) 年に活断層（浦底断層）の存在を認めている⁽⁸²⁾。

改訂指針バックチェックの中間報告に関する原子力安全・保安院の審査も未了であり、至近距離に活断層があれば、敷地内の破碎帯が運動して動く可能性もあることから、前述のように原子力安全・保安院は破碎帯に関する追加調査を指示し、原子力規制委員会も再調査の方針を引き継いだ。平成 24 (2012) 年 11 月 27 日、第 1 回敦賀発電所敷地内破碎帯の調査に関する有識者会合が開催された。⁽⁸³⁾

【原子力規制委員会の結論】

有識者会合は、現地調査（平成 24 (2012) 年 12 月）と 5 回の評価会合を実施し、他の有識者によるピア・レビューも踏まえて報告書をまとめた⁽⁸⁴⁾。その結論は、敦賀原発 2号機原子炉

(79) 「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について（案）」（平成 24 年 11 月 20 日第 12 回原子力規制委員会 資料 1）<http://www.nsr.go.jp/committee/kisei/h24fy/data/0012_01.pdf>

(80) 「東北電力株式会社 東通原子力発電所敷地内破碎帯の評価について（案）」（平成 25 年 5 月 17 日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 6 回評価会合 資料：東通・現調 7-1）pp.4-7. <http://www.nsr.go.jp/committee/youshikisya/higashidori_hasaitai/data/0006_01.pdf>

(81) 東北電力株式会社「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」における第 6 回評価会合に対する当社コメントについて」2013.5.17. <http://www.tohoku-epco.co.jp/news/atom/1184300_1065.html>

(82) 1号機申請時点では、「死断層」として活動する可能性を否定し、2号機申請時点ではトレンチ調査に見られる活断層の証拠を見落とし、3号機と 4号機申請時には活断層の可能性を示すボーリング調査の結果を不適切に解釈したとされる（鈴木康弘「敦賀原発の破碎帯調査の意義と課題」『科学』965号, 2013.1, pp.111-113.）。

(83) 「敦賀発電所敷地内破碎帯の調査に関する有識者会合について（案）」（平成 24 年 11 月 14 日第 11 回原子力規制委員会 資料 2）<http://www.nsr.go.jp/committee/kisei/h24fy/data/0011_02.pdf>

(84) 「敦賀発電所敷地内破碎帯の評価について」（平成 25 年 5 月 22 日第 7 回原子力規制委員会 資料 1-1）<http://www.nsr.go.jp/committee/kisei/data/0007_01.pdf> ピア・レビューとは、有識者会合がまとめた評価書案について、別な専門家が第三者の視点から、科学的、技術的見地に基づいているかを確認するもの。

建屋直下を通り浦底断層付近まで連続している D-1 破砕帯について、「後期更新世以降の活動が否定できないものであり、したがって耐震設計審査指針における「設計上考慮する活断層」と考える」であり、原子力規制委員会もこの結論を了承した（平成 25（2013）年 5 月 22 日）。この結論は、改訂指針時代の手引きや新規基準の審査ガイドの規定に抵触するものであり、破砕帯の活動を否定する新たな科学的事実がない限り、敦賀原発の再稼働は難しくなった。休止中であっても冷却が必要な核燃料（使用済燃料を含む）が施設内にあることから、原子力規制委員会は、直下に活断層が存在する場合の保管の安全性評価と必要な対策の検討を、原子力規制庁に指示した。⁽⁸⁵⁾

【事業者の反論】

事業者である日本原子力発電は、有識者会合の審議の進め方等を批判した上で、報告書を原子力規制委員会が了承したことを不適切として、「断じて受け入れることはできない」としている⁽⁸⁶⁾。同社は、原子力規制委員会に対して、判断根拠等についての公開質問状を提出した上で⁽⁸⁷⁾、D-1 破砕帯は後期更新世以降の活動はな

いこと、別に発見されている K 断層は D-1 破砕帯と連続していないこと等を根拠として、D-1 破砕帯は耐震設計上考慮する活断層ではないとする最終報告書を平成 25（2013）年 7 月 11 日に提出した⁽⁸⁸⁾。原子力規制委員会は、公開の検討会合を開催して最終報告書の内容を精査し、その結果を踏まえて対応を検討する方針である⁽⁸⁹⁾。

(4) その他

もんじゅについては、改訂指針バックチェックの最終報告ならびに原子力安全・保安院と原子力安全委員会の審査も終了しており、敷地近傍に活断層（白木—丹羽断層）が存在するものの、敷地内の破砕帯に新しい活動がないことが確認されていた。しかし、近年の知見を踏まえ、原子力安全・保安院は破砕帯に関する追加調査を指示し、原子力規制委員会も再調査の方針を引き継いだ⁽⁹⁰⁾。高速増殖原型炉もんじゅ敷地内破砕帯の調査に関する有識者会合は、事前会合（平成 25（2013）年 6 月 13 日）を実施した上で、現地調査（平成 25（2013）年 7 月 17 日、18 日）と第 1 回の評価会合（平成 25（2013）年 8 月 26 日）を行っている⁽⁹¹⁾。

⁽⁸⁵⁾ 「平成 25 年度原子力規制委員会第 7 回会議議事録（平成 25 年 5 月 22 日）」pp.18-21. <<http://www.nsr.go.jp/committee/kisei/data/20130522-kisei.pdf>>; 「原子力規制委員会記者会見録（平成 25 年 5 月 22 日）」pp.4, 7. <<http://www.nsr.go.jp/kaiken/data/20130522sokkiroku.pdf>>

⁽⁸⁶⁾ 日本原子力発電株式会社「当社コメント」2013.5.22. <<http://www.japc.co.jp/news/press/2013/pdf/250522.pdf>>

⁽⁸⁷⁾ 日本原子力発電株式会社「原子力規制委員会への公開質問状の提出について」2013.5.22. <http://www.japc.co.jp/news/press/2013/pdf/250522_1.pdf>

⁽⁸⁸⁾ 日本原子力発電株式会社「敦賀発電所敷地内破砕帯の調査に関する報告書の提出について」2013.7.11. <<http://www.japc.co.jp/news/press/2013/pdf/250711.pdf>> 同社は国内外の外部専門家によるレビューも、平成 25 年 8 月 1 日に提出している（「敦賀発電所敷地内破砕帯調査 外部レビュー結果」2013.8.1. <http://www.japc.co.jp/tsuruga-chousa/20130801_list.html>）。

⁽⁸⁹⁾ 原子力規制庁「日本原子力発電株式会社敦賀発電所の追加調査結果報告への対応について」（平成 25 年 7 月 24 日第 16 回原子力規制委員会 資料 2）<http://www.nsr.go.jp/committee/kisei/data/0016_02.pdf> なお、「敦賀発電所敷地内破砕帯に係る日本原子力発電からの追加調査報告（平成 25 年 7 月 11 日付け）に関する検討会合」の第 1 回会合 <http://www.nsr.go.jp/committee/yuushikisya/tsuruga_hasaitai_tuika/> は、平成 25（2013）年 8 月 30 日に開催されている。

⁽⁹⁰⁾ 原子力規制委員会「高速増殖原型炉もんじゅ敷地内破砕帯の調査に関する有識者会合について（案）」（平成 25 年 5 月 29 日第 8 回原子力規制委員会 資料 5）<http://www.nsr.go.jp/committee/kisei/data/0008_08.pdf>

⁽⁹¹⁾ 「高速増殖原型炉もんじゅ敷地内破砕帯の調査に関する有識者会合」<http://www.nsr.go.jp/committee/yuushikisya/monjyu_hasaitai/>

もんじゅについての調査は始まったばかりであり、その他、調査対象として原子力安全・保安院から原子力規制委員会が引き継いだ志賀原発と美浜原発については、現在のところ有識者会合も設置されていない（平成25（2013）年9月末現在）。

IV 今後の課題

福島第一原発事故を踏まえて、最新の科学的知見に基づいて原発の安全を確保すること、特に、世界有数の地震国である日本の原発にとって地震リスクへの対処が不可欠であることについては、社会的な合意が形成されていると言えよう。したがって、Ⅱでまとめたように耐震設計基準を強化することや、Ⅲで整理した敷地内破碎帯調査の重要性については、議論の余地はなからう。しかし、これらの具体的な内容や方法については、様々な意見がある。Ⅳでは、原発の地震リスクについて、主な課題を整理する。

1 規制のあり方

(1) バックフィットの重要性

前述したように、日本で営業運転を開始しているすべての原発は、30年以上前の旧指針あるいは、それ以前に認可されたものである。原発の耐震性が注目された阪神淡路大震災後、旧指針が平成18（2006）年に改訂されるまでに11年の年月を要した。その改訂指針は、様々なタイプの地震を検討対象とし、活断層評価を

厳しくした点等に見られるように⁽⁹²⁾、近年の知見を反映したものの、シビアアクシデント対策等の点で不十分であった⁽⁹³⁾。

既存の原発についての改訂指針に照らした安全点検は、事業者自主的な取り組み（いわゆるバックチェック）を規制当局に報告させる位置付けであり、そのバックチェックですら遅延していた。改訂後5年目となる東日本大震災時点において、安全確認と必要な対策工事を実施した上で、その最終報告が提出され原子力安全・保安院ならびに原子力安全委員会の確認が終了していた商業用原発は、東京電力柏崎刈羽原発（1、5、6、7号機）に限られる⁽⁹⁴⁾。

これらの問題に対処する観点から、原子力規制委員会設置法による原子炉等規制法の改正や、新規制基準によって、バックフィットと重大事故対策が導入された⁽⁹⁵⁾。今後とも、必要な改訂を速やかに実施して、その基準を既存施設にも着実に適用することが重要となろう。

(2) 科学的かつ技術的な規制

新規制基準は津波対策を含む耐震性能の強化、重大事故対策等が盛り込まれている。耐震設計だけの問題ではないが、新規制基準を満たせない場合や、多額の追加投資が必要となる場合には、事業者は廃炉を選択する可能性もある⁽⁹⁶⁾。場合によっては、電力供給、電気料金、事業者の経営、立地地域の経済⁽⁹⁷⁾等に影響が生じることもある。

原子力規制委員会に対して、重大事故対策等

⁽⁹²⁾ ただし、耐震設計審査指針改訂の審議に参加した地震学者の石橋克彦・神戸大学名誉教授は、「既存原発が1基も不適格にならないような新指針を目指していたと思われる」としている（石橋克彦「原子力発電所の耐震設計審査指針改訂の諸問題（第1回）指針改訂の審議を振り返る」『科学』900号、2007.8、pp.884-890.）。

⁽⁹³⁾ 東京電力福島原子力発電所事故調査委員会 前掲注33, pp.10-12.

⁽⁹⁴⁾ この他、研究用のもんじゅと六ヶ所の再処理工場についても最終報告の提出と原子力安全・保安院ならびに原子力安全委員会の確認が終了していた。商業用原発については、柏崎刈羽原発（1、5、6、7号機）以外のバックチェックは遅れており、中部電力浜岡原発の最終報告を原子力安全・保安院が確認し、原子力安全委員会の審査中、この他の原発は中間報告あるいはそれ以前の段階であった。（「耐震バックチェックの審議状況」2010.12.6.<http://www.nsr.go.jp/archive/nisa/genshiryoku/doukou/taishin_backcheck.html>）

⁽⁹⁵⁾ 原子力規制委員会「実用発電用原子炉に係る新規制基準について一概要一」前掲注62, p.1.

⁽⁹⁶⁾ 「原発の選別 始動 国の新規制基準 施行」『朝日新聞』2013.7.9. 原子炉等規制法の改正により40年廃炉の原則（延長のためには原子力規制委員会の認可が必要）が導入されたことの影響も大きい。

について、リスク低減効果とそのコストのバランスを考えた柔軟な運用を求める意見や⁽⁹⁸⁾、コストを考慮する領域を設けるべきとの意見もある⁽⁹⁹⁾。しかし、福島第一原発事故の反省を踏まえれば、原子力規制委員会は、経済的あるいは社会的な影響の多寡によらず、科学的、技術的な観点から規制を定め、適切な審査と判断を行うことが基本であろう。エネルギー事業や立地地域に対して何らかの経済的対策が必要ならば、原子力規制委員会の規制や運用ではなく、政府による対応を検討すべきであろう。ただし、リスクはゼロにはならないことも厳然とした事実であり、科学的あるいは技術的要件をどのように定めるのか、今後とも議論を深めていくことが必要である。

(3) 事業者の責任と規制当局の専門性

規制は原発の安全確保のための必要条件であり、安全性の向上のためには事業者の自主的な取り組みが重要である。その点で、細かく規制を定めたことが、事業者の創意工夫を阻害することを懸念する見方がある⁽¹⁰⁰⁾。また、リスク対策の細かい要求が、別なリスクを招く懸念があるとの意見もある⁽¹⁰¹⁾。事業者は新規制基準の各規定を守ることに囚われるような、受

動的な対応は避けなければならない。必要な安全対策を自主的に付加し、場合によっては規制当局に対して提案を行う姿勢が事業者には求められている。

ただし、東京電力福島原子力発電所事故調査委員会（国会事故調）が「規制の虜（とりこ）」と断じたような、規制する立場とされる立場の「逆転関係」によって、原子力安全の監視・監督機能が崩壊する事態を再び招いてはならない⁽¹⁰²⁾。例えば、改訂指針は、施設の周辺斜面の崩壊と津波を地震随伴事象とし、津波については、「施設の供用期間中に極めてまれではあるが発生する可能性がある」と想定することが適切な津波によっても、施設の安全機能が重大な影響を受けるおそれがないこと」を十分考慮した設計を求めていた⁽¹⁰³⁾。しかし、津波の評価もその対策も事業者に委ねていたことから⁽¹⁰⁴⁾、福島第一原発は、「想定を大きく上回る津波」によって全電源を喪失する重大事故に陥った。事業者は株式会社であり、利益を追求する側面を持っている。事業者やその関係団体は、安全対策について利益相反が生じ得ることに留意する必要がある。

福島第一原発事故においては、東京電力の一義的責任とされる除染、賠償、廃炉処理（含む

(97) 小池拓自「原発立地自治体の財政・経済問題」『調査と情報—ISSUE BRIEF—』767号, 2013.1.29. <http://ndl.go.jp/view/download/digidepo_6019846_po_0767.pdf?contentNo=1> 参照

(98) 「原子力規制委員会 浮かび上がる課題 15 識者に聞く(1) 京大原子炉実験所教授 山名元氏 軟着陸可能な運用必須」『電気新聞』2013.4.17.

(99) 「原子力規制委員会 浮かび上がる課題 18 識者に聞く(4) 21世紀政策研究所研究主幹 澤昭裕氏 事業者に工夫の余地を」『電気新聞』2013.5.7.

(100) 同上:「原発の安全性は高まるか 創意工夫生かせる余地を 日本原子力産業協会理事長 服部拓也氏」『日本経済新聞』2013.8.4.

(101) 「原子力規制委員会 浮かび上がる課題 22 識者に聞く(8) 東京大学大学院教授 岡本孝司氏 総合的リスク対策必要」『電気新聞』2013.5.13.

(102) 規制当局が事業者の「虜（とりこ）」となって、被規制産業である事業者の利益最大化に傾注するという、いわゆる「規制の虜（Regulatory Capture）」によっても説明できるものである（東京電力福島原子力発電所事故調査委員会 前掲注(33), p.12.）。

(103) 「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」前掲注(42), p.14.

(104) 既存原発は改訂指針に沿って自主的にバックチェックを行ったに過ぎず、津波の評価方法は、事業者に委ねられていた。公的な規制が整備されていない中で、事業者が標準的な津波評価方法としていた土木学会『原子力発電所の津波評価技術』原子力土木委員会津波評価部会, 2002は、過去400年程度（東北地方の場合）の津波記録から津波高を算出するため、それ以上の古い津波が想定外となる問題を抱えていた。

汚染水問題)に国の関与が不可欠となる事態に至っている。事業者による創意工夫が重要であることは当然としても、国は適切な規制によって、事業者に安全確保の義務を着実に履行させる必要がある。この観点から、原子力規制委員会は優れた専門性を持つことが求められる。

2 活断層評価

原発の地震リスクに対峙する上で、活断層評価には2つの側面がある。1つは基準地震動の策定のため、原発に影響を及ぼす地震を起こす断層等を認定し、その大きさを評価することである。もう1つは適切な地盤を確保するため、活動する可能性のある断層等が重要施設の直下に存在しないことの確認である。

(1) 活断層の認定と評価

【認定基準】

新規基準は、改訂指針を基本的に継承し、調査が比較的容易であるとされる後期更新世(12~13万年前)以降の活動の有無を活断層判断の基準としている。また、後期更新世以降の活動性が明確に判断できない場合に遡るべき期間を、地震調査研究推進本部の考え方を踏まえて、日本においてほぼ同一の地殻変動様式が継続していると考えられる中期更新世以降(約40万年前以降)であることを明確にしている。

後期更新世と中期更新世を評価の基準とすることについては、過剰とする見方と不十分とする見方がある。地質学者である徳山明・兵庫教育大学名誉教授は、日本には40万年前の地層が限定的であることから、期間を延ばすことは

「地質学的には非現実的」とした上で、そもそも日本では活断層の活動周期の最大値は2万年であるとして、旧指針の5万年前基準であっても問題がなかったとしている⁽¹⁰⁵⁾。青柳榮・電力中央研究所研究アドバイザーは、人類誕生や日本列島に人が住み始めた時期と比較して、はるか以前からの活動歴を調査することに疑念を示している⁽¹⁰⁶⁾。しかし、今後の活動の可能性が重要であることを踏まえれば、40万年前の地層が限定的である点を根拠とすることには疑問を抱かざるを得ない。まして、人の存在を断層の活動性の議論に持ち出すことの意味は見出しがたい。一方、改訂指針の審議に参加した地震学者の石橋克彦・神戸大学名誉教授は活動周期の判明している活断層は一部であることから、日本列島形成の過程を踏まえた期間(50万年前)を基準とすべきとし⁽¹⁰⁷⁾、変動地形学者の渡辺満久・東洋大学教授も同様に理由により40万年前を基準とすべきとしている⁽¹⁰⁸⁾。前述のように、地震調査研究推進本部は、日本においてほぼ同一の地殻変動様式が継続した時期である中期更新世以降(約40万年前以降)を基準とする考え方である。

原子力規制委員会は、「厳格かつ効率的に断層の活動性の判断が行える」として、今般の基準を策定している⁽¹⁰⁹⁾。断層等の活動可能性を科学的に評価することが、原発の耐震設計において重要であり、今後とも最新の知見に応じて、基準のあり方を議論していくことが求められよう。

(105) 徳山明「原発と活断層の評価—中立的な研究者が評価を行う場を」『エネルギーフォーラム』702号, 2013.6, pp.114-117.

(106) 青柳榮『活断層と原子力』(エネルギーフォーラム新書) エネルギーフォーラム, 2013, p.197.

(107) 石橋克彦「原子力発電所の耐震設計審査指針改訂の諸問題(第3回) 基準地震動を考える(2)とまとめ」『科学』903号, 2007.11, pp.1206-1217.

(108) 渡辺満久「対論 原発規制と活断層 活断層は「40万年前以降」で一本化を新規制に則った審査の徹底が必要」『エコノミスト』4287号, 2013.5.21, pp.74-75.

(109) 原子力規制委員会 前掲注(58)

【個別断層の評価】

過去において、建設時点の事業者の調査や規制機関の審査においては存在していなかったはずの活断層が、その後、外部調査の指摘や地震の発生を受けて原発周辺で認められるケース（中国電力島根原発、敦賀原発、柏崎刈羽原発）や、事業者の評価よりも活断層は大きいと指摘されるケース（北陸電力志賀原発）は少なくなかった⁽¹¹⁰⁾。

このような活断層の見落としや過小評価の疑いは、活断層評価が厳格化された改訂指針後にも起こっている。事業者やかつての規制機関は、指針の改訂や調査手法の進歩による活断層評価の見直しの結果であるとしているが、変動地形学者は、典型的な活断層変位地形の見落とし等を指摘して、変動地形学の知見を活用しない不十分な調査の結果としている⁽¹¹¹⁾。適切な基準を策定することに加え、調査を正しく実施することが求められる。

(2) 敷地内調査をめぐる議論

【規制の是非】

新規制基準は、震源として考慮する活断層を含めて、地盤に大きな影響を与える断層や地すべり面も含めた断層等の直上に重要施設を設置

することを明確に禁止している。

この規定については、過剰とする見方と不十分とする見方がある。山崎晴雄・首都大学東京教授は、地表に表れる断層には、地震を引き起こす震源断層（起震断層）以外に、これから分岐した分岐断層、近辺に生じる副断層、地すべり等があることを指摘した上で、これらを分けて議論し工学的に対処する方法を検討すべきとしている⁽¹¹²⁾。渡辺満久・東洋大学教授は、地震による「揺れ」は耐震設計で対処できたとしても、断層の「ずれ」を予測することも、これに対処する工法も現状では不可能であるとして、本規制を評価した上で、直下だけではなく数 km 以内といった近辺に起震断層があることも禁止すべきとしている⁽¹¹³⁾。すなわち、起震断層以外も含めたすべての断層を対象とすることへの疑問や、工学的対処の可能性等を踏まえて、規制の見直しを求める意見がある一方で、重要施設の直下のみならず近辺についても起震断層があれば禁止すべき、断層等の直上は重要施設以外も禁止すべき等の規制の厳格化を求める意見もある。

原子力規制委員会は、断層等の活動による将来の「変位」の程度の予測の困難さ、変位に対する設計の妥当性の実証の困難さ、変位の評価

⁽¹¹⁰⁾ 渡辺満久「原発周辺では活断層が生まれて成長する—地理学は沈黙してしまうのか」『地理』691号, 2013.2, pp.20-27; 鈴木康弘『原発と活断層—「想定外」は許されない』(岩波科学ライブラリー) 岩波書店, 2013, pp.37-56.

⁽¹¹¹⁾ 中田高「活断層調査において変動地形学的手法がなぜ重要か」『科学』918号, 2009.2, pp.167-174; 渡辺満久「原子力関連施設周辺における活断層評価への疑問」『科学』918号, 2009.2, pp.179-181; 渡辺満久ほか「活断層と原子力発電所—誰が安全審査を歪めているのか」『世界』825号, 2012.1, pp.125-134; 鈴木 同上, pp.23-35. 不十分な調査の背景には、土木学会の策定した活断層の調査方法が古い時代のものであったことが指摘されている(山口勝「活断層情報を社会に生かすために」『活断層研究』28号, 2008.3, pp.123-131; 「原発は「活断層」が止める」『AERA』1369号, 2012.11.19, pp.62-63.)。

⁽¹¹²⁾ 山崎晴雄「地震と断層、そして活断層とは何か—思いこみや風評を排して冷静な対応を」『Atomσ (日本原子力学会誌)』648号, 2013.6, pp.322-325; 山崎晴雄「安全性は工学的方法で確保できる」『エネルギーフォーラム』699号, 2013.3, p.25.

⁽¹¹³⁾ 渡辺 前掲注⁽¹⁰⁸⁾ 同教授は、別の論文では、原発近傍に活断層が存在すれば、制御棒の挿入前に強い揺れが原子炉に到達して緊急停止ができない危険性があるとしている(渡辺ほか 前掲注⁽¹¹¹⁾)。また、原発施設の近傍に活断層が存在する場合、基準地震動の予測がより困難となることも、新規制基準策定時に議論されている(原子力規制委員会「発電用軽水型原子炉施設の地震・津波に関わる新安全設計基準に関する検討チーム第5回会合議事録」2012.12.27. <http://www.nsr.go.jp/committee/youshikisyu/shin_taishinkijyun/data/20121227-taishinkijyun.pdf> 等)。

手法の発達と設計に関する実証データの蓄積の状況等から、地すべり面を含めて断層等に特別な考慮が必要であるとしている⁽¹¹⁴⁾。地震による「揺れ」とは別に、地盤が変形する「ずれ」の評価と対策について、検討すべき断層等の範囲と、工学的対処の可否は、今後とも重要な論点となろう。

【調査のあり方】

原子力規制委員会が敦賀原発2号機原子炉建屋直下を通るD-1破砕帯を「設計上考慮する活断層」としたことについて、事業者（日本原子力発電）の調査結果を待つべきであった、専門家の人選が偏っている等の批判がある⁽¹¹⁵⁾。一方、安全を最優先した結果と評価する見方もある⁽¹¹⁶⁾。

調査する原発ごとに設置された有識者会合の学識経験者は、過去の安全審査に関わったことがないことを条件として選出されたため、委員構成が変動地形学の専門家に偏っているとの批判がある⁽¹¹⁷⁾。奥村晃史・広島大学教授は、変動地形学が活断層認定の基本であるとしつつ、敷地内の破砕帯の活動性の評価等に必要な専門性は断層岩・断層物質分析や構造地質学であり、変動地形学の対象ではないとしている⁽¹¹⁸⁾。評

論家の江坂荘一氏は、理学者の視点だけではなく工学者の視点を融合すべきであると主張している⁽¹¹⁹⁾。澤田哲夫・東京工業大学助教は議論の進め方や事業者とのコミュニケーションの不足を問題視している⁽¹²⁰⁾。

原子力規制委員会は、賛否が分かれている敦賀原発の最終判断について、「今後、新たな知見が得られた場合、必要があれば、これを見直すこともあり得る」としつつ、「その際には、追加調査等によって“後期更新世以降の活動を否定する”客観的なデータを揃えること等が必要である」として、指針に基づいて、活断層であることを否定する根拠の必要性を指摘している⁽¹²¹⁾。田中俊一・原子力規制委員長は、有識者会合の人選について工学も含めた多様な領域から人材を集めた方が良いとの意見について、「要するに自分たちの都合のいい人を入れないのはけしからぬという、俗に言うかそういうことです。でも、そういう考え方は受け入れません。明確にしておきたいと思います。」⁽¹²²⁾と反論している。なお、有識者会合のメンバーからは、理学専門領域について、「鉱物とか化学をやっている方がもっとたくさん入ったほうがよりよい評価になる」（堤浩之・京都大学准教授）⁽¹²³⁾、「地質系がもう少し増えると、いろいろ地質系

(114) 原子力規制委員会 前掲注(58), pp.18-19.

(115) 「社説 敦賀原発「活断層」との結論は拙速だ」『読売新聞』2013.5.16; 「主張 敦賀の活断層 なぜ原電調査待てぬのか」『産経新聞』2013.5.17.

(116) 「社説 敦賀原発 退場勧告は当たり前だ」『朝日新聞』2013.5.16; 「社説 敦賀原発2号機 廃炉の環境整備を急げ」『毎日新聞』2013.5.17; 「社説 原子力規制の転換示す活断層の認定」『日本経済新聞』2013.5.17. ただし、日本経済新聞社説は、専門家の人選、議論の進め方、説明について再考を求めている。

(117) 中村浩美「原子力規制委員会の活断層調査への疑問」『エネルギーフォーラム』699号, 2013.3, pp.20-25; 「原発“活断層ドミノ”を招く「変動地形学」の異常震源」『エネルギーフォーラム』699号, 2013.3, pp.36-39等

(118) 奥村晃史「重要原子力施設直下・近傍の活断層」『Atomoσ (日本原子力学会誌)』648号, 2013.6, pp.314-315.

(119) 江坂荘一「活断層調査に求められる冷静な感覚と判断—安全確保には理学と工学の連携が不可欠」『エネルギーフォーラム』699号, 2013.3, pp.28-31.

(120) 澤田哲生「対論 原発規制と活断層 安全重視のあまり柔軟性を欠く内容 規制委は事業者の声を聞くべきだ」『エコノミスト』4287号, 2013.5.21, pp.72-73.

(121) 「日本原子力発電株式会社敦賀発電所の敷地内破砕帯の評価について」2013.5.15.(平成25年5月15日敦賀発電所敷地内破砕帯の調査に関する有識者会合 第5回評価会合 敦賀・現調6-1)p.10. <http://www.nsr.go.jp/committee/yuushikisya/tsuruga_hasaitai/data/0_0006_01.pdf>

(122) 「原子力規制委員会記者会見録(平成25年5月22日)」前掲注(85), pp.18-19.

(123) 原子力規制委員会「敦賀発電所敷地内破砕帯の調査に関する有識者会合 第5回評価会合(平成25年5月15日)議事録」pp.25-26. <http://www.nsr.go.jp/committee/yuushikisya/tsuruga_hasaitai/data/20130515-tsuruga.pdf>

同士での議論とか、できていいのかなという気も若干ありました」(堤准教授)⁽¹²⁴⁾、「地すべりや蛇紋岩の専門家不在」(岡田篤正・京都大学名誉教授)⁽¹²⁵⁾といった指摘が出ている。

この問題については、断層等の活動性の判断という理学的な問題と断層等の「ずれ」に対する建築という工学的な問題を分けて考える必要がある。田中委員長は、前者の理学的判断のために有識者会合が設置されているとの基本に立っていると推察できる。その点で、有識者会合のメンバーから理学者の専門性について意見があったことは、今後の課題と言えよう。一方、後者の工学的な問題は、敷地内調査の問題ではなく、新規制基準の内容の問題として議論すべきであろう。

改訂指針においても、新規制基準と同様に、既存文献の調査、変動地形学的調査、地表地質調査、地球物理学的調査を組み合わせること、「活動が否定できない」ものは、「将来活動する可能性がある」と判断すること、「安全側に判断する」こと等が明記されていた。したがって、基準自体よりも審査主体(従来は原子力安全・保安院、現在は原子力規制委員会)が変わったことが、専門家の人選を含めて判断に大きな影響を与えたと言える。過去の安全審査に関わった識者を除いたことは、過去の活断層調査に問題があったことの反省を踏まえたものとも言える。有識者会合の記録等はすべて公開されている⁽¹²⁶⁾。様々な立場から、原子力規制委員会の検討内容や結論について検証が行われ、その科学的な妥当性が確認されることが求められる。

おわりに

福島第一原発事故の反省を踏まえて、原発には、最新の科学的知見に基づく安全が強く求められている。Iにまとめたように、近年、活断層を含む地震についての知見は急速に進歩している。日本の原発のほとんどは、地震に関する知見が進展する以前に設置されており、地震リスクを見直すことは、安全のために不可欠である。千年に一度とも言われる巨大津波から得た教訓は、津波対策のみに留まらない。運転期間中に生じ得る極めて稀な事象に対処することの重要性こそが教訓であり、活断層を含めた地震リスク対策もその1つである。

IIやIIIで整理したように、過去の規制やその実効性には少なからず問題があった。その反省を踏まえて、原子力規制委員会による新規制基準に基づいた安全審査を尊重することとなった。今後は、原子力規制委員会が独立性と専門性を発揮できる環境を整えた上で、規制のあり方や判断について適切な情報開示を求め、これを社会全体で議論していくことが必要となる。

IVで指摘したように、規制のあり方や活断層を含む地震リスクの評価については、様々な課題がある。活断層を含む地震の評価については、専門家の見解が一致しない場合が少なくなく⁽¹²⁷⁾、客観的な判断を下すことが、必ずしも容易ではない。最新の知見を規制に反映させ、これを現実の判断に活用するための努力が求められている。また、原発の耐震設計の専門家で

⁽¹²⁴⁾ 原子力規制委員会「敦賀発電所敷地内破砕帯の調査に関する有識者会合 第5回評価会合(平成25年5月15日) 議事録」pp.25-26. <http://www.nsr.go.jp/committee/youshikisya/tsuruga_hasaitai/data/20130515-tsuruga.pdf>, p.32.

⁽¹²⁵⁾ 岡田篤正「大飯発電所周辺のF-6破砕帯(追加調査)南トレンチ・敷地内ポーリング・現場観察(2013-8-10-11)の所感」(大飯発電所敷地内破砕帯の調査に関する有識者会合第5回評価会合、岡田委員配布資料)2013.8.19, p.27. <http://www.nsr.go.jp/committee/youshikisya/ooi_hasaitai/data/0006_07r.pdf>

⁽¹²⁶⁾ 原子力規制委員会「原子力規制委員会 検討チーム等」<<http://www.nsr.go.jp/committee/youshikisya/>>

⁽¹²⁷⁾ 例えば、岡田篤正・京都大学名誉教授は、大飯発電所敷地内破砕帯の調査に関する有識者会合第5回評価会合において、「地質学や地形学なんかだと、研究者が全く同じ考えになるということはありません」との見方を示している(原子力規制委員会「大飯発電所敷地内破砕帯の調査に関する有識者会合(第5回評価会合)(平成25年8月19日)議事録」p.65. <http://www.nsr.go.jp/committee/youshikisya/ooi_hasaitai/data/20130819-ooi.pdf>).

ある柴田碧・東京大学名誉教授が平成 19 (2007) 年の論文において、「地震学、地質学の専門家と原子力との隙間は依然、続いている感がある」としていたように⁽¹²⁸⁾、過去においては、理学の新たな知見が原発の安全に反映されていない面があったのではないか。福島第一原発事故の反省に立って、理学と工学の適切な連携も重要な課題である。

日本は、世界有数の地震国であるが、津波のリスクの高い海岸線や直下型地震のリスクの高い活断層付近においても、人々は生活し、鉄道や道路といった社会インフラが発達している。原発以外の建築構造物については、津波対策も活断層対策も極めて脆弱であることは否定できない⁽¹²⁹⁾。一方、原発については、一般建築と

は比較にならない嚴重な安全が追求されている。その根拠は、放射性物質が大量に漏出するような原発事故が発生すれば、その被害の範囲は、空間的にも時間的にも甚大なものになることに求められよう。すなわち、科学的判断に加えて、社会的あるいは倫理的な価値判断がそこには存在する。原発の安全を確保するために、科学的判断が重要であることは言うまでもない。しかし、原発を含めてすべての事象に完全な安全は存在しない。科学的調査を踏まえた上で、最終的には、どこまでの安全を求めるのか、人々の暮らしや次世代への責任を勘案した価値判断が必要であり、その答えは国民的な合意にのみ存在すると言えよう。

(こいけ たくじ)

⁽¹²⁸⁾ 柴田 前掲注(31), p.17. 柴田名誉教授は、地震学、地質学の専門家と原子力との隙間の具体例として、「日本の活断層」、地震研究推進本部の“地震動予測地図 (<<http://www.jishin.go.jp>>)”と原子力実務を公的に繋げる機関が、どこであるか明確でない」等をあげている。

⁽¹²⁹⁾ 例えば、建築基準法は活断層によって地盤が変形することへの対策は想定外となっている。米国カリフォルニア州では活断層上の新築は禁止されているが、そのような規定は日本にはない。(久田嘉章「活断層と建築の減災対策」『活断層研究』28号, 2008.3, pp.77-87.)