

南海トラフ沿いの大規模地震の 予測可能性に関する調査部会

本調査部会報告書 改訂の骨子案 (別添資料)

【検討ケースにおける評価例】

平成 28 年 11 月 22 日

【注意】本資料は検討中の内容であり、今後修正の可能性あり

内容

1. 基本的な考え方	1
2. 防災対策の検討として事務局より提起されたケース	2
3. 各ケースを評価するための前提条件	3
4. 各ケースにおける評価例	4
(1) ケース1に対する評価	4
(2) ケース2に対する評価	8
(3) ケース3に対する評価	15
(4) ケース4に対する評価	17

南海トラフの防災対策の検討として想定されるケースとその評価例

1. 基本的な考え方

南海トラフ沿いで観測される可能性が高く、かつ大規模地震につながる可能性がある現象として社会が混乱するおそれがあると思われる事例の中から典型的なケースが事務局より呈示された。調査部会として、現状の科学的知見等を踏まえ、それぞれのケースに対する評価例を取りまとめた。

想定したケースは、現実には発生した事象による観測データを基に評価したものではなく、次に示す〔検討ケースの想定における基本的な考え方〕を基に想定したものである。このため、実際にはここで想定したとおりに現象が発生するとは限らないことに留意する必要がある。

〔検討ケースの想定における基本的な考え方〕

- 南海トラフ沿いで発生する大規模地震には多様性があり、駿河湾から日向灘にかけての複数の領域での同時発生や、時間差をおいて発生するなどの様々な場合が考えられる。
- 歴史資料から見ると、1944年昭和東南海地震、1946年昭和南海地震の発生前に前震と考えられる比較的規模の大きな地震が発生した記録はないが、南海トラフ沿いで過去に発生した大規模地震の多様性を考えると、2011年東北地方太平洋沖地震の2日前に発生したようなM7クラスの比較的規模の大きな地震が、南海トラフ沿いの大規模地震前に発生する場合が考えられる。
- 南海トラフ沿いの領域は、2011年東北地方太平洋沖地震が発生した日本海溝沿いの領域と比べると、相対的に固有地震モデルに近い可能性があり、その場合には、前駆すべりが生じる可能性が相対的に高いと考えられる。
- 一方、最近の海上保安庁による海底地殻変動観測の結果により、南海トラフにおいても日本海溝沿いの領域と同様にすべり遅れ率の小さいところが部分的に存在していることが判明した。このような領域では、2011年東北地方太平洋沖地震の震源断層域内で見られたゆっくりすべりや前震活動などの現象が観測される場合が考えられる。
- プレート間のすべりを捉えるための観測網が整備されている地域は限られており、現在のところ、大規模地震の前駆すべりと評価できる確実な観測事例

は確認されていない。しかし、大規模地震の発生に関するシミュレーションによると、すべりが次第に進行した後に大規模地震の発生につながる事例も得られており、同様の変動が南海トラフ沿いにおいて観測される場合が考えられる。

- 南海トラフの想定震源域で実際に何らかの現象の変化が見られた場合、時々刻々と変化していく状況に対して、リアルタイムの観測データの収集と即時的な解析に基づく現象の評価が求められる。しかしながら、現時点では、その現象の評価手法や手順、具体的な評価内容が整理されておらず、最新の科学的知見に基づく評価手法等を予め整理しておく必要がある。ただし、現時点では科学的に確立した手法はなく、あくまで暫定的な手法に留まることに留意する必要がある。

2. 防災対策の検討として事務局より提起されたケース

上記の基本的な考え方を基に、社会的な防災対応の検討が必要と考えられる事例の中で、事務局より提起された次の4つの典型的なケースについて検討した。なお、既に述べたように、将来、ここで想定したとおりのシナリオで現象が発生するとは限らないことに留意する必要がある。

(ケース1)

南海トラフ沿いでは、東側の領域で大規模地震が発生した後に西側の領域でも大規模地震が発生している事例が多い^{*}ことを踏まえ、南海トラフが同時に破壊する事例ではなく、先に東側の領域が破壊する大規模地震が発生した場合を想定

※過去に西側の領域が先に破壊した事例は確認されていないが、その可能性を否定するものではないことに留意

(ケース2)

南海トラフ沿いで比較的規模の大きな地震^{*}後に大規模地震が発生した事例は確認されてはいないが、2011年東北地方太平洋沖地震の2日前にM7クラスの地震が発生したことを踏まえ、南海トラフで比較的規模の大きな地震が発生した場合を想定

※M8~9クラスの大規模地震と比べて一回り小さい規模(M7クラス)の地震

(ケース3)

南海トラフ沿いで2011年東北地方太平洋沖地震に先行して観測されたものと同様の現象が多種目で観測され、ニュースで報道される等、社会的にも注目される状況となっている場合を想定

(ケース4)

南海トラフ沿いでこれまでに観測された事例はないものの、最近の知見を踏まえたシミュレーションモデルから想定される事例の中で、地震発生前に特にプレート境界面でのすべりが大きく、前例のない事例として、学術的に注目され、社会的にも関心を集める現象が発生した場合を想定。具体的には、東海地震の判定基準とされるようなプレート境界面でのすべりが見られた場合を想定

3. 各ケースを評価するための前提条件

大規模地震の発生の可能性を評価するにあたっては、地震活動や地殻変動等をリアルタイムでモニタリングし、科学的な知見を総合して検討することが肝要である。仮に顕著な変化を検出した際には、直ちにその変化に対する評価を行う必要がある。この際、何らかの社会的な対応を講じることを視野に大規模地震が発生する可能性が高まったと評価した際には、現象の推移を見守るとともに、その可能性が低くなったか否かについても評価することが必須となる。

このためには、リアルタイムのモニタリングによる変化の検出方法とその基準、地震発生の可能性が高まったとの判定手法とその基準、低くなったとの判定手法とその基準を、予め検討し定めておく必要がある。

現実に様々な現象が検知され、その評価を行うには、常にリアルタイムでの現象のモニタリングを行い、顕著な変化を検出した際には、直ちにその変化に対する評価が行える体制を構築することが必須となる。また、定期的に観測データを総合的に評価するとともに、その基準や評価手法等についても適時、点検・見直しが行える体制としておくことが肝要である。

なお、今回整理した各ケースに対する評価例は、リアルタイムのモニタリングの手法とその基準等を検討する体制が整備されていると同時に、リアルタイムのモニタリングの実施体制と速やかな評価体制が構築されていることを前提としていることに留意する必要がある。

4. 各ケースにおける評価例

(1) ケース 1 に対する評価

南海トラフ沿いでは、東側の領域で大規模地震が発生した後に西側の領域でも大規模地震が発生している事例が多い*ことを踏まえ、南海トラフが同時に破壊する事例ではなく、先に東側の領域が破壊する大規模地震が発生した場合を想定

※過去に西側の領域が先に破壊した事例は確認されていないが、その可能性を否定するものではないことに留意

○発生した地震の破壊域（震源断層）とすべり領域の拡大等の即時的な評価

- ・地震観測及び地殻変動観測の結果から断層の破壊域を推定
- ・南海トラフにおける割れ残り領域の評価（割れ残り領域が破壊した場合の地震の規模、震度分布、津波高の推計を含む）
- ・地震観測及び地殻変動観測により余震活動、余効変動を把握し、その状況の標準的な収束傾向との比較・評価【図 1、2 参照】
- ・併せて、参考としてクーロン応力変化による地震活動の促進域・抑制域の把握と、観測された地震活動や地殻変動との対比による評価【図 3 参照】

○最新の地震活動に基づく地震発生確率の算出

- ・最新の地震活動に基づき、時空間 ETAS などの統計モデルを用い、震源断層域、周辺域及び割れ残り領域における大規模地震の発生確率を参考として算出（前震活動かどうかの確率算出を含む）【図 4 参照】
- ・地震活動の推移に併せて逐次計算を実施し、最新の地震発生確率を算出

○リアルタイムデータ解析とシミュレーション等による現象の理解

- ・複数のモデルを用い、パラメータ等を変化させて、余効すべりの推移等を計算・可視化するシミュレーションを参考として実施
- ・シミュレーション結果と観測データを比較し、プレート境界におけるすべりの状況の理解を深めるとともに、今後の推移の可能性についてシミュレーション結果を基に評価

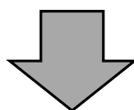
○過去の大規模地震発生統計データに基づく評価

- ・南海トラフで部分的に割れた大規模地震の最新 2 事例（1854 年安政東海地震、1944 年昭和東南海地震）では、残る領域で大規模地震が発生している。684 年以降に発生した大規模地震 7 例についても、正確な地震の発生間隔は不明であるが、同時あるいは続けて発生した可能性がある【図 5 参照】

【注意】本資料は検討中の内容であり、今後修正の可能性あり

- ・ これら過去の事例から見ると、南海トラフの東側の領域が破壊する大規模地震が発生すると、西側の領域でも大規模地震が発生する可能性は高い。
- ・ 南海トラフの西側の領域で大規模地震が発生するまでの期間にはバラつきがあるが、全世界で発生した大規模地震の統計から図6に示すとおり、大森・宇津公式に従うと見なすことができる。
- ・ 西側の領域で大規模地震が発生する場合、その規模や発生時期等について確度の高い予測は困難であるが、図7に示す大森・宇津公式に従うとすると、最初の地震発生から2年経過した期間（731～1095日）を基準とした場合の1日あたりの相対的な確率利得は、地震直後から3日程度は100倍以上と極めて高く、以降1週間程度は約50倍以上、2週間程度は30倍以上と依然として特段に高い状態にあると考えられる。
- ・ 以降、西側の領域での大規模地震発生の可能性は、時間の経過とともに次第に低減し、約2週間を超えると相対的な確率利得は、地震発生直後の約300倍の1/10である30倍以下となり、約2カ月を超えると10倍以下となる。
- ・ なお、これらの数値は数少ないデータから導いた結果であり、誤差を含むことに留意する必要がある。
- ・ 西側の領域での大規模地震の発生の可能性が特段に高い2週間程度が経過した後においても、南海トラフ沿いでは、過去に東側の領域で大規模地震が発生した場合、西側の領域で数年後に大規模地震が発生している事例もあることに留意する必要がある。

※現象は時々刻々と変化していくため、リアルタイムの観測データの収集と即時的な解析を継続的に実施し、現象の変化の把握に努め、適時的確な情報の発表に努めることが重要である。



[ケース1で想定される評価例]

南海トラフの東側の領域で Mw8.6（仮）の地震が発生（地震発生直後）

- ・震度、津波、今後の地震活動（内陸地震を含む）等への警戒の呼びかけ
- ・南海トラフの西側の領域は破壊されず割れ残っており、この領域で地震が発生すると、Mw8.6（仮）の大規模地震となる可能性がある。
- ・西側の領域で想定される大規模地震が発生した場合の震度分布、津波高の推計結果に基づく警戒の呼びかけ
- ・地震活動や地殻変動の進行状況の評価と地震発生確率の算出
 - －地震が発生した東側の領域の地震活動や地殻変動に加え、西側の領域で想定される震源域との境界付近の領域における地震活動と地殻変動の状況を把握し、活動の集中や拡大が見られているか否かを評価
 - －プレート境界のすべりの進行状況に関するシミュレーションモデルと観測記録との比較による現象の理解と把握
 - －西側で想定される震源域との境界付近における地震発生確率の算出（前震活動かどうかの事前評価も含む）
- ・現在進行している現象から、東側と西側の震源断層域の境界付近での応力が高まった状態にあると考えられる。
- ・過去に南海トラフ沿いで発生した大規模地震の事例から見ると、南海トラフ沿いの東側の領域で発生した大規模地震に引き続き、西側の領域で大規模地震が発生する可能性は高い。
- ・西側の領域で大規模地震が発生する時期、およびその規模を確度高く予測することは困難であるが、大森・宇津公式に従うとしてその可能性を評価すると、最初の地震から2年経過（731～1095日）した期間を基準とした場合、東側の地震直後から3日程度は相対的な確率利得が約100倍以上と極めて高く、以降1週間程度は約50倍以上、2週間程度は30倍以上と依然として特段に高い状態にある。
- ・ただし、南海トラフ沿いでは、過去に東側の領域で大規模地震が発生した場合、西側の領域で数年後に大規模地震が発生している事例もあることに留意することが肝要である。

[ケース1で想定される評価例]：東側の地震直後に比べて地震発生の可能性が特段に高い状態ではなくなった時点（※）

南海トラフの東側の領域で Mw8.6（仮）の地震が発生（大規模地震が発生しないまま2週間程度が経過）

- ・南海トラフの東側の領域を震源断層域とする大規模地震による余震、津波等への警戒の呼びかけ（内陸地震を含む）

・地震活動や地殻変動の進行状況の評価と地震発生確率の算出

- －地震が発生した東側の領域の地震活動や地殻変動に加え、西側で想定される震源域との境界付近の領域における地震活動と地殻変動の状況を把握し、活動の集中や拡大が見られているか否かを評価
 - ⇒ (例) 地震活動や地殻活動は次第に低減し、それらは東側を震源断層域とする余震活動と余効変動によるものと評価され、かつ西側の震源断層域に地震活動や地殻活動が拡大していない。
- －プレート境界のすべりの進行状況に関するシミュレーションモデルと観測記録との比較による現象の理解と把握
 - ⇒ (例) シミュレーションによる解析でも西側へのすべりの拡大が想定されていない。
- －西側で想定される震源域との境界付近における地震発生確率の算出
 - ⇒ (例) 地震確率の計算から見ると、西側の領域で大規模地震が発生する1日当たりの確率は、東側の地震発生直後に比べて低くなっているが、2～3年以内の確率は依然として高い。

・南海トラフの西側の領域で発生する大規模地震の規模、発生時期等について確度の高い予測は困難であるが、大森・宇津公式に従うとすると、大規模地震が発生する可能性が特段高い期間は過ぎ、相対的な確率利得は、地震発生直後の約300倍の1/10である30倍以下となっている。

・西側の領域での大規模地震の発生については、その可能性が特段に高い期間は経過したものの、過去に数年後に西側の領域で大規模地震が発生した事例もあり、今後、いつ地震が発生するか分からないことに留意し対応する必要がある。

(注) 西側の領域が破壊したケースの対応は、基本的に上記の東側の領域が破壊したケースに倣うが、過去の歴史において西側の領域の破壊が先行した例は確認されていない。現実にこのような事例が発生した場合、この旨を示し情報提供する等の注意が必要である。

※現時点において、地震活動や地殻変動の状況から、確度の高い地震発生の予測を行うことは困難であるが、少なくとも地震活動の変化や地殻変動が活発な状態が続いている時点や、標準的な収束傾向とは異なる傾向で進行している時点では、評価の見直しは行わず、引き続き活動の推移を厳重にモニタリングする。

(2) ケース 2 に対する評価

南海トラフ沿いで比較的規模の大きな地震^{*}後に大規模地震が発生した事例は確認されてはいないが、2011 年東北地方太平洋沖地震の 2 日前に M7 クラスの地震が発生したことを踏まえ、南海トラフで比較的規模の大きな地震が発生した場合を想定

※M8~9 クラスの大規模地震と比べて一回り小さい規模 (M7 クラス) の地震

○発生した地震の破壊域 (震源断層) とすべり領域の拡大等の即時的な評価

- ・地震活動及び地殻変動のモニタリング結果から断層の破壊域を推定
- ・発生した地震がプレート境界のすべりによるものか否かを評価
- ・地震観測及び地殻変動観測により余震活動、余効変動を把握し、その状況の標準的な収束傾向との比較し、その拡大の有無を評価【図 1、2 参照】
(例) 2011 年東北地方太平洋沖地震の直前の地殻変動等
- ・同時に、観測されている地殻変動がプレート境界のすべりによるものか否かを評価
- ・併せて、参考としてクーロン応力変化による地震活動や地殻変動の促進域・抑制域の把握と、観測された地震活動や地殻変動との対比による評価【図 8 参照】
- ・引き続き発生している地震活動を含め、これら地震が前震である可能性があるか否かを評価
- ・仮に前震であるとした場合、その後発生する可能性のある大規模地震の規模、震度分布、津波高等を推定

○最新の地震活動に基づく地震発生確率の算出

- ・最新の地震活動に基づき、時空間 ETAS などの統計モデルを用い、震源断層域、周辺域及び割れ残った領域における大規模地震の発生確率を参考として算出【図 9 参照】
- ・地震活動の推移に併せて逐次計算を実施し、最新の地震発生確率を算出
- ・前震である可能性を評価し、大規模地震が連続する確率を算出

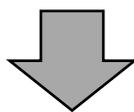
○リアルタイムデータ解析とシミュレーション等による現象の理解

- ・複数のモデルを用い、パラメータ等を変化させて、余効すべりの推移等を計算・可視化するシミュレーションを参考として実施
- ・シミュレーション結果と観測データを比較し、プレート境界におけるすべりの状況の理解を深めるとともに、今後の推移の可能性についてシミュレーション結果を基に評価

○過去の大規模地震発生統計データに基づく評価

- ・南海トラフ沿いで過去に発生した大規模地震について、M7 クラスの比較的規模の大きな地震後に大規模地震が発生した事例は確認されていない。ただし、近代的な観測体制が整備されて以降に発生した南海トラフ沿いの大規模地震は、1944 年昭和東南海地震、1946 年昭和南海地震のみであり、この事例のみで M7 クラスの比較的規模の大きな地震が大規模地震前に起きないと判断することはできない。
- ・1900 年以降に世界全体で発生した比較的規模の大きな地震の統計から、最初の M7.0 以上の地震（1,319 事例）が発生後に、さらに規模の大きな地震が同じ領域で発生する割合は3年以内に4%程度（52 事例）である。
- ・M7 クラスの地震が前震となる場合、さらに規模の大きな地震が発生するまでの期間は大森・宇津公式に従うと見なすことができる【図10参照】。
- ・比較的規模の大きな地震に引き続き、さらに規模の大きな地震が発生するか否かについて確度の高い予測は困難であるが、発生した地震を仮に前震とした場合（4%程度の事例に該当するとした場合）、図11に示す大森・宇津公式に従うとすると、更に大きな規模の地震が発生する可能性は、最初の地震から2年経過した期間（731～1095 日）を基準とした場合の1日あたりの相対的な確率利得は、地震直後から1週間程度は約100倍以上と極めて高く、2週間程度は50倍以上と依然として特段に高い状態にあると思われる。
- ・以降、時間の経過とともに大規模地震の発生の可能性は低減し、約2週間を超えると相対的な確率利得は、地震発生直後の約500倍の1/10である50倍以下となり、約2～3カ月を超えると10倍以下となる。
- ・なお、これらの数値は数少ないデータから導いた結果であり、誤差を含むことに留意する必要がある。
- ・過去の事例から見ると、比較的規模の大きな地震に引き続き、さらに規模の大きな地震が発生する可能性は、元来4%程度と低いことから、仮に前震とした場合に特段発生の可能性が高いと考えられる2週間程度の期間を経た以降は、比較的規模の大きな地震に引き続きさらに規模の大きな地震が発生する可能性は低くなったと整理することが適切と考える。
- ・ただし、3年以内にさらに規模の大きな地震が起こった事例のうち、半数は1週間以降に発生していることに注意を促すことも必要である【図10参照】。

※現象は時々刻々と変化していくため、リアルタイムの観測データの収集と即時的な解析を継続的に実施し、現象の変化の把握に努め、適時的確な情報の発表に努めることが重要である。



[ケース2で想定される評価例]

南海トラフの震源断層域内で Mw7.5 (仮) の地震が発生 (地震発生直後)

- ・ 震度、津波、今後の地震活動 (内陸地震を含む) 等への警戒の呼びかけ
- ・ 南海トラフで M8 クラスの地震が発生した場合に想定されている震度分布、津波高を示し、警戒を呼びかけ
- ・ 地震活動や地殻変動の進行状況の評価と地震発生確率の算出
 - － 地震発生領域周辺の地震活動と地殻変動の状況と標準的な収束傾向との比較
 - － シミュレーションを用いたプレート境界の余効的なすべりの進行の把握
 - － 地震発生領域の周辺における地震発生確率の算出 (前震活動かどうかの事前評価も含む)
- ・ M7 クラスの地震後に、さらに規模の大きな地震が発生する割合は 3 年以内に 4% 程度であるが、今回の地震が前震となって、今後、さらに規模の大きな地震が発生する可能性があることから、地震活動と地殻変動の推移を厳重に監視する必要がある。
- ・ 今回の地震が仮に前震となってさらに規模の大きな地震が発生する場合、その規模や発生時期を確度高く予測することは困難であるが、大森・宇津公式に従うとしてその可能性を評価すると、最初の地震直後から 2 年経過した期間 (731~1095 日) を基準とした場合、今後 2 週間程度で大規模地震が発生する相対的な確率利得は約 50 倍以上、特に最初の 5 日間は約 100 倍以上となり、今回発生した地震に引き続き大規模な地震が発生する可能性が高い。
- ・ 比較的大きな規模の地震に引き続きさらに大きな規模の地震が発生するかどうかについて確度の高い予測は困難であるが、発生した地震が前震であるとした場合、大森・宇津公式に従うとすると、今回の地震に引き続き、更に大きな規模の地震が発生する可能性は、地震直後から 1 週間程度は約 100 倍以上と極めて高く、2 週間程度は 50 倍以上と依然として特段に高い状態にある。

[ケース2で想定される評価例]：発生可能性が低くなった場合（※）

Mw7.5（仮）に引き続き大規模地震が発生しないまま1～2週間程度が経過

- ・余震への警戒の呼びかけ（内陸地震を含む）
- ・地震活動や地殻変動の進行状況の評価と地震発生確率の算出
 - －地震発生領域の地震活動や地震活動と地殻変動の状況を把握し、活動の集中や拡大が見られているか否かを評価
 - ⇒（例）地震活動や地殻活動は次第に低減し、それらは余震活動と余効変動によるものと評価され、活動領域の拡大は見られていない。
 - －シミュレーションを用いたプレート境界の余効的なすべりの進行の把握
 - ⇒（例）シミュレーションによるモデルでも引き続きの大規模地震につながるすべりの拡大は見られてない。
 - －西側の震源断層域との境界付近における地震発生確率の算出
 - ⇒（例）地震活動は次第に低減しており、1日当たりの地震の発生確率も、地震発生直後に比べ低くなっている。ただし、今後2～3年以内に起こる確率はM7クラス発生前に比べて依然として高い。
- ・現在の地震活動と地殻変動の状況から見ると、今回発生した地震の後にすべりが拡大しているような状況は見られていない。
- ・比較的規模の大きな地震に引き続き、さらに大きな規模の地震が発生するか否かについて確度の高い予測は困難であるが、今回の地震が仮に前震であるとして、大森・宇津公式に従うとすると、さらに大きな地震が発生の可能性が特段に高い期間は過ぎ、相対的な確率利得は、地震発生直後の約500倍の1/10である50倍以下となっている。
- ・過去の事例から見ると、比較的規模の大きな地震に引き続きそれより大きな規模の地震が発生する可能性は、元来4%程度と低いことから、仮に前震とした場合にさらに大きな規模の地震の発生する可能性が特段高い2週間程度の期間を経た以降は、その可能性は低くなったとも考えられる。
- ・この場合においても、3年以内にさらに規模の大きな地震が起こった事例のうち半数は1週間以降に発生しており、今後、地震はいつ発生するかわからないことに留意し対応するのが適切と考える。

※現時点において、地震活動や地殻変動の状況から、確度の高い地震発生の予測を行うことは困難であるが、少なくとも地震活動の変化や地殻変動が活発な状態が続いている時点や、標準的な収束傾向とは異なる傾向で進行している時点では、評価の見直しは行わず、引き続き活動の推移を厳重にモニタリングする。

(参考) 南海トラフ沿いで過去に比較的規模の大きな地震が発生した際の対応

○平成 21 年 8 月 11 日 05 時 07 分の駿河湾の地震 (M6.5)

- 東海地震の想定震源域内で発生したフィリピン海プレート内部の地震
- 想定震源域内で発生した地震であること、及び、地震発生直後から複数のひずみ観測点において変化が観測されたことにより、気象庁では、東海地震に結びつくかどうかを検討するために臨時の判定会委員打合せ会を招集し、東海地震観測情報を発表した唯一の事例。検討の結果、東海地震に結びつくものではないとしその旨を発表した。
- 地震調査研究推進本部では、地震調査委員会臨時会を開催し、想定東海地震とは異なるメカニズムで発生した地震であるとの評価結果を公表した。

8 月 11 日

・ 05 時 07 分 地震発生

－気象庁は、震源、震度、津波等に関する情報を発表

・ 06 時 45 分 気象庁報道発表「2009 年 8 月 11 日 05 時 07 分頃に駿河湾で発生した地震について (第 1 報)」

－地震の概要、震度や津波の観測情報、津波警報等の発表状況など

・ 07 時 15 分 気象庁発表「東海地震に関連する情報 (第 1 号)」

－想定される東海地震の想定震源域で発生した地震であることから、気象庁では、地震・地殻の観測データの推移を注意深く監視し、想定される東海地震との関連性について調査を開始

・ 08 時 00 分 地震防災対策強化地域判定会委員打合せ会を開催

・ 09 時 10 分 気象庁発表「東海地震に関連する情報 (第 2 号)」

－震源の深さ、発震機構解及び余震分布から見て、沈み込むフィリピン海プレート内で発生した地震と評価。

－想定震源付近で発生した地震であることから、気象庁では、地震・地殻変動の観測データの推移を注意深く監視し、想定される東海地震との関連性についての調査を継続。

・ 11 時 10 分 気象庁発表「東海地震に関連する情報 (第 3 号)」

－今回の地震は、震源の深さ、発震機構及び余震分布から見て沈み込むフィリピン海プレート内で発生したもの。

－地震に伴い、地殻変動の観測データにステップ状の大きな変化が観測され、その後も続いていたゆっくりとした変化について調査した結果、プレート境界面上にすべりの候補は求まらず、想定される東海地震の前兆すべりによる変化ではないことが判明。

- ーその変化も次第に穏やかになり、通常観測される変化レベルとなる。
- ー以上のことから、発生した地震及びそれに伴う地殻変動は、想定される東海地震に結びつくものではないと判断。

・17時00分 地震調査研究推進本部地震調査委員会臨時会を開催し、「2009年8月11日の駿河湾の地震活動の評価」を公表

- ー「北北東—南南西方向に圧力軸を持つ型」、「フィリピン海プレート内部で発生した地震であり、想定東海地震とは異なるメカニズムで発生した地震である」と評価

8月12日

・15時00分 気象庁報道発表「2009年8月11日05時07分頃に駿河湾で発生した地震について（第2報）」

- ー余震の発生状況、余震の見通し等

9月10日

・地震調査委員会定例会を開催し、「2009年8月11日の駿河湾の地震活動の評価」を公表

- ー8月11日の臨時会の評価に加え、「北北東—南南西方向の、横ずれ成分をもつ逆断層型」と評価

※地震発生当時、クーロン応力変化による地震活動や地殻変動の促進域・抑制域の把握や前震である可能性があるか否か等の評価は行われていないが、今後は、参考としてこれらについても速やかに推計することが重要となる。また、現象の理解・説明のために必要となるシミュレーションについても速やかに実施できる体制とする必要がある。

○平成 28 年 4 月 1 日 11 時 39 分の三重県南東沖の地震 (M6.5)

- 東海地震の想定震源域外で発生した地震であり、判定会の招集や東海地震に関する情報の発表はない。また、震度 5 弱未満であるため、気象庁の報道発表資料の公表などの対応はない。
- 南海トラフの想定震源域内であり、過去に活動が見られない領域での規模の大きい地震であったため、地震発生直後から気象庁において周辺の地震活動及び地殻変動の監視を強化。
- 定例の地震調査委員会において 2 回にわたって詳細な検討を行い、プレート境界型の地震であったと結論づけた。

4 月 1 日

・ 11 時 39 分 地震発生 (最大震度 4)

- －気象庁は、震源、震度等に関する情報を発表
- －気象庁は、地震発生直後から周辺の地震活動及び地殻変動の監視を強化
- ※気象庁報道発表なし (報道発表目安：最大震度 5 弱以上など)

4 月 8 日

・ 気象庁報道発表「平成 28 年 3 月の地震活動及び火山活動について」

- －フィリピン海プレートと陸のプレートの境界付近で発生した逆断層型の地震と評価

4 月 11 日

・ 地震調査委員会定例会を開催し、「2016 年 3 月の地震活動の評価」を公表

- －「補足」において、「4 月 1 日に三重県南東沖で M6.5 の地震が発生した。この地震の発震機構は北西—南東方向に圧力軸をもつ逆断層型であった」と評価

5 月 13 日

・ 地震調査委員会定例会を開催し、「2016 年 4 の地震活動の評価」を公表

- －「フィリピン海プレートと陸のプレートの境界で発生した地震である」と評価

※この地震は、東海地震の想定震源域外の地震であったことから、東海地震に繋がるか否かの特段の評価は行われていない。今後は、南海トラフ沿いの震源断層域内で比較的規模の大きな地震が発生した際には、大規模地震に繋がる現象か否かを速やかに評価する体制とする必要がある。

(3) ケース3に対する評価

南海トラフ沿いで 2011 年東北地方太平洋沖地震に先行して観測されたものと同様の現象が多種目で観測され、ニュースで報道される等、社会的にも注目される状況となっている場合を想定

○観測されている現象の即時的な評価（地震活動と地殻変動に関連する場合）

- ・地震活動及び地殻変動のモニタリングにより、低周波地震（微動）とゆっくりすべりとの対応を評価
 - ・プレート間の固着状態の変化を示唆する現象かを評価
 - ・シミュレーションを用いた現象の再現による評価
- ⇒ ひずみの大きな変化が見られた場合は、ケース4へ

○最新の地震活動に基づく地震発生確率の算出

- ・最新の地震活動に基づき、時空間 ETAS などの統計モデルを用い、南海トラフ及びその周辺における大規模地震の発生確率を参考として算出（前震活動かどうかの確率算出を含む）
 - ・地震活動の推移に併せて逐次計算を実施し、最新の地震発生確率を参考として算出
- ⇒ 比較的規模の大きな地震が発生した場合は、ケース2へ

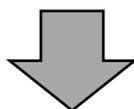
○過去の大規模地震で先行して観測された現象との比較

- ・2011 年東北地方太平洋沖地震等で先行して観測された多数の現象との比較【表1、2参照】

○リアルタイムデータ解析とシミュレーション等による現象の理解

- ・地殻変動が見られている場合は、複数のモデルを用い、パラメータ等を変化させて、余効すべりの推移等を計算・可視化するシミュレーションを参考として実施
- ・シミュレーション結果と観測データを比較し、プレート境界におけるすべりの状況の理解を深めるとともに、今後の推移の可能性についてシミュレーション結果を基に評価

※現象は時々刻々と変化していくため、リアルタイムの観測データの収集と即時的な解析を継続的に実施し、現象の変化の把握に努め、適時的確な情報の発表に努めることが重要である。



[ケース3で想定される評価例]

2011年東北地方太平洋沖地震の先行現象と同様の現象が多種目で観測される

- ・観測されている現象について、2011年東北地方太平洋沖地震で先行して見られた現象との比較・評価を実施。
 - ⇒ 比較的規模の大きな地震が発生した場合は、ケース2へ
- ・地殻変動が観測されている場合には、その変化が想定震源域内でのプレート境界のすべりによるものか否かを評価し、そのすべりの変化を監視。
 - ⇒ ひずみの大きな変化が見られた場合は、ケース4へ
- ・2011年東北地方太平洋沖地震では、先行して観測された現象が5種目以上となってから地震の発生までに数年以上の期間を要した。
- ・現在観測されている現象から、直ちに南海トラフ沿いで大規模地震が発生するか否かを判断することはできない。
- ・ただし、これらの現象は、南海トラフ沿いにおけるプレート間の固着状態の変化を示唆する現象である可能性が高く、その場合には、大規模地震が発生する危険性が普段よりも高まっている状態にあると考えられる。
- ・今後、大規模地震の前震となるような比較的規模の大きな地震の発生やプレート境界面のすべりの拡大に引き続き、大規模地震の前駆すべりに発展する可能性もあるため、南海トラフ沿いの地震活動及び地殻変動の状況等を注意深く監視する必要がある。

※平時からのモニタリングにより、顕著な変化が見られる場合にはリアルタイムで評価を行うことが重要である。また、この評価は、短期的な観点のみならず、長期的観点から行うことも重要である。

(4) ケース4に対する評価

南海トラフ沿いでこれまでに観測された事例はないものの、最近の知見を踏まえたシミュレーションモデルから想定される事例の中で、地震発生前に特にプレート境界面でのすべりが大きく、前例のない事例として、学術的に注目され、社会的にも関心を集める現象が発生した場合を想定。具体的には、東海地震の判定基準とされるようなプレート境界面でのすべりが見られた場合を想定

○プレート境界面上のゆっくりすべりの即時的な推定

- ・観測されているひずみ変化から、南海トラフのプレート境界面上のゆっくりすべりの位置及び規模を推定

○ゆっくりすべり領域の拡大等の即時的な評価

- ・地震観測及び地殻変動観測により地震活動、ゆっくりすべり等を把握し、その領域の拡大や移動及び現象の加速の有無を評価

○リアルタイムデータ解析とシミュレーション等による現象の理解

- ・複数のモデルを用い、パラメータ等を変化させて、余効すべりの推移等を計算・可視化するシミュレーションを参考として実施
- ・シミュレーション結果と観測データを比較し、プレート境界におけるすべりの状況の理解を深めるとともに、今後の推移の可能性についてシミュレーション結果を基に評価【図12、13参照】

○地震発生の可能性に対する評価

ここで想定した「プレート境界での大きなすべり」は、現在実施されている幾つかのシミュレーションモデルにおいて、大規模な地震が発生する前に想定される現象であるが、現在のところ、実際に観測された事例はない。

大きなすべりがプレート境界でのすべりであると評価された場合には、大規模地震発生の危険性が相対的に高まっており、すべりがさらに進行すると、南海トラフ沿いの大規模地震の発生に至る可能性が考えられる。

シミュレーションによると、大規模地震が発生する前に大きなすべりが現れる事例もある一方、大きなすべりが見られても地震が発生していない事例や、小さなすべりで地震が発生している事例もある。

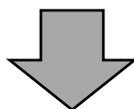
モデルで想定されるものと同様の大きなすべりが実際に観測された場合、多くの専門家が「大規模地震が発生する可能性が非常に高まっているので

はないか」と懸念すると思われるが、現時点において、このような変化を基に大規模地震の発生の可能性を定量的に評価する手法も基準もなく、科学的な評価ができないのが実状である。

このため、過去に観測されたことがない大きなすべりが観測された場合、大規模地震が発生する可能性を如何に評価するかについての調査研究を、今後も継続的に実施する必要がある。

この調査研究が進展するまでの間は、科学的な知見での評価は困難であるが、実際にここで想定されたような現象が観測された場合には、上述のように、リアルタイムでのモニタリングによりその現象を周辺の観測データを含めて解析し、プレート境界で何が起きているかを評価し、その結果をリアルタイム的に情報として示すこと不可欠となる。

※現象は時々刻々と変化していくため、リアルタイムの観測データの収集と即時的な解析を継続的に実施し、現象の変化の把握に努め、適時的確な情報の発表に努めることが重要である。



[ケース4で想定される評価例]

複数のひずみ計及び地殻変動の観測で大きな変化を観測

- ・複数のひずみ計及び地殻変動の観測で、過去に観測されたことがない、大きな変化を観測
- ・観測されている地殻変動のデータの変化が、想定震源域内でのプレート境界のすべりによるものか否か、その領域と規模を直ちに推定
- ・すべりの位置とその大きさとすべり速度を推定
- ・変化の様子を厳重に監視すると同時に、モニタリング結果とその評価を、最新の調査・研究成果も踏まえてリアルタイム的に情報として発表し、警戒を呼び掛ける。
- ・この際、大規模地震の発生に至るすべりかどうかを定量的に評価する手法も基準もなく、地震が発生しない可能性があることについても言及。

※ひずみ計及び地殻変動の観測データ、地震観測データ等、リアルタイムの観測データの収集と即時的な解析を継続的に実施し、発生している現象の現状およびその変化を適時適切に情報発表することが重要である。

※定量的な評価手法や基準がない状況においても、観測データの変化の原因を

【注意】 本資料は検討中の内容であり、今後修正の可能性あり

評価すると同時に、大規模な地震の発生の可能性が高まったとの評価、大規模地震の発生の可能性が低くなったとの評価を検討できる体制を構築することが必須である。