

日本海溝・千島海溝沿いにおける  
異常な現象の評価基準検討委員会  
とりまとめ報告書

令和4年3月22日

中央防災会議 防災対策実行会議  
日本海溝・千島海溝沿いの巨大地震対策検討ワーキンググループ  
日本海溝・千島海溝沿いにおける異常な現象の評価基準検討委員会

# 目次

I はじめに.....	1
II 地震発生の特徴等について.....	1
1. 日本海溝・千島海溝沿いの地震の発生領域とその多様性.....	1
2. 世界的な地震発生の統計的特性.....	3
3. ETAS で得られる日本周辺における「後発地震」の発生確率.....	4
III 観測データに基づく異常な現象に係る評価の可能性とその基準について.....	4
1. 最大クラスの地震の想定震源域の半分程度の領域の地震が続発するケース.....	5
2. Mw7.0 以上の地震後に大規模な後発地震が発生するケース.....	6
3. ゆっくりすべりによりプレートの固着状態が変化し、大規模な地震が発生するケース.....	9
IV 震源移動及びその他の現象の取り扱いについて.....	10
V 評価のタイミングと評価体制について.....	10
1. 地震発生後の評価のタイミング.....	10
2. 評価体制.....	10
VI おわりに.....	11

## I はじめに

- ・中央防災会議の下に設置された「日本海溝・千島海溝沿いの巨大地震対策検討ワーキンググループ」（以下「WG」という。）では、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」の報告（平成23年9月）に基づき、考えうる最大クラスの地震・津波を想定し、人的・物的・経済的被害を想定し、被害を軽減するための防災・減災対策についての検討が進められている。
- ・このWGの中で、南海トラフ沿いで採用されている防災対応に資する情報発信と同様の仕組みが、日本海溝・千島海溝沿いにおいても採用できるかどうか、科学的に整理する必要がある旨の指摘がなされた。
- ・南海トラフ沿いでの防災対応に資する情報発信は、南海トラフ沿いで発生する大規模地震の発生時期や場所・規模を確度よく予測することは困難であるものの、異常な現象が観測された場合に、大規模地震が発生する可能性が平常時に比べて相対的に高まっていることを注意喚起することを目的としている。具体的にはモーメントマグニチュード（以下、 $M_w$  と記す）8.0以上の地震発生後に隣接領域で大規模地震が続発する可能性がある「半割れケース」、 $M_w$ 7.0～7.9の地震発生後に大規模地震が続発する可能性がある「一部割れケース」、異常な地殻変動の観測後に大規模地震が発生する可能性がある「ゆっくりすべりケース」の3つのケースが運用されている。
- ・一方、日本海溝・千島海溝沿いでの大規模地震の発生様式は、一部固有的な震源域もあると考えられているものの、比較的大きく固有的な震源域を持つ南海トラフ沿いの地震に比べると震源域の固有性は低く、より多様性がある。このため、WGの下に、「日本海溝・千島海溝沿いにおける異常な現象の評価基準検討委員会」（以下「本委員会」という。）を設置し、南海トラフ沿いでの防災対応における情報発信の仕組みを参考にしながらも、地震学等の科学的な観点から、日本海溝・千島海溝沿いでの地震活動とその特徴等を踏まえ、評価する現象及び基準等を検討した。
- ・なお、一般的に大きな地震が発生する前に発生する相対的に規模の小さな地震を「前震」、続いて発生する大きな地震を「本震」、続けて起こる本震より規模の小さな地震を「余震」と呼ぶが、これらは一連の地震がすべて発生した後でないとは判らない。
- ・本報告書では、ある地震が発生した以降に地震が引き続き発生する可能性を評価しており、この評価の起点となる先に発生する地震を「先発地震」と呼び、これ以降に引き続き発生する地震を「後発地震」と呼ぶこととする。

## II 地震発生の特徴等について

### 1. 日本海溝・千島海溝沿いの地震の発生領域とその多様性

- ・本委員会で対象とする領域は、日本海溝・千島海溝沿いの巨大地震モデル検討会（以下「モデル検討会」という。）で検討された最大クラスの地震の発生領域である日本

- 海溝北部の領域と千島海溝沿いの領域（図1）とする。地震調査委員会の地震活動の長期評価（2017年、2019年）によると、日本海溝北部の領域は「岩手県沖南部」と「青森県東方沖及び岩手県沖北部」の2つの領域、千島海溝沿いの領域は「十勝沖」、「根室沖」、「色丹島沖および択捉島沖」の3つの領域に区分けされ、千島海溝沿いの領域については、領域間にそれぞれ「境界領域」が設定されている（図1）。
- ・ここでは、「岩手県沖南部」及び「青森県東方沖及び岩手県沖北部」の領域をまとめて「三陸・日高沖」、「十勝沖」及び「根室沖」並びに二つの領域の間の「境界領域」をまとめて「十勝・根室沖」、「色丹島沖および択捉島沖」は「色丹島・択捉島沖」と記すこととする（図1）。
  - ・これら領域における地震の発生履歴を図2に示す。この図から分かるとおり、「三陸・日高沖」、「十勝・根室沖」、「色丹島・択捉島沖」の領域では、それぞれ Mw7 程度以上の地震が多く発生していることが見て取れるが、発生する地震によって場所や大きさが異なるなど多様性がある。
  - ・Mw7.0以上の震源域の大きさから見ると、南海トラフ沿いでは、日向灘の地震を除くと、比較的大きな破壊単位で地震が発生しており、同地域では、比較的規模の小さな地震である昭和東南海地震及び昭和南海地震でも Mw8.0以上の地震である（図3）。これに対し、日本海溝・千島海溝沿いで知られている過去の地震は、その破壊単位がより多様な階層的構造を示す（図4；井出，2021）。地震の活動度については、日本海溝・千島海溝沿いは、南海トラフ沿いに比べて活発であり、大小さまざまな地震が発生している。震源域を見ると、地震が繰り返し発生している領域など、一部固有的に破壊する部分が存在するものの、地震によって震源域が必ずしも一致せず、南海トラフ沿いと比べると、地震の発生様式がより多様である（図3）。
  - ・このことは、「三陸・日高沖」、「十勝・根室沖」、「色丹島・択捉島沖」の各領域内に閉じて大規模地震が発生するだけでなく、これら領域をまたがり破壊が広がるプレート境界型の地震が発生する可能性があることを示している。
  - ・また、Matsuzawa et al.（2004）では、近年発生した地震活動の特徴を時空間的に分析しており、図5に示すように、ある場所で地震が発生するとその近傍に余効すべりが発生・拡大し次の地震を発生させ、その地震の余効すべりが更に次の地震を発生させ、このような現象が空間的に広がり、より大規模な地震の発生に繋がる特性を持つ可能性も示されている。日本海溝・千島海溝沿いでの大規模地震の発生可能性については、これらの特徴等も踏まえて検討する必要がある。

#### （留意事項）

- ・日本海溝・千島海溝沿いでは、プレートの沈み込みによる地震活動が活発であるもの

の、南海トラフ沿いに比べ、歴史の資料（古文書等）が少なく、文書記録から過去の地震発生領域を推定することが難しいが、岩手県から北海道の沿岸（三陸・日高沖及び十勝・根室沖）では、津波堆積物調査により過去約6千年間の津波の発生履歴が示されている（図6）。

- ・モデル検討会で検討された最大クラスの津波の断層モデルは、各地域の津波堆積物及び津波痕跡高を一つの津波断層モデルで包含するように作られたものである。三陸・日高沖の津波断層モデル（以下、日本海溝モデルという）は、12～13世紀及び1611年慶長三陸地震等の広く東北地方太平洋沿岸で発見されている津波堆積物等を基に推定されたもので、十勝・根室沖の津波断層モデル（以下、千島海溝モデルという）は、12～13世紀及び17世紀の北海道の太平洋沿岸で発見されている津波堆積物等を基に推定されたものである。
- ・ここで推定された津波断層モデルは、過去約6千年間の津波堆積物から得られた最大の津波の高さや浸水域を再現するものではあるが、津波断層モデルの時空間的な破壊過程を示すものではないことに留意する必要がある。

## 2. 世界的な地震発生の統計的特性

- ・一般的に、地震が発生すると、発生直後は引き続き地震が発生する可能性は高くなるが、時間を経るにつれて、地震発生の可能性は低くなっていく。空間的には、発生した地震の震源に近いほど後発地震の発生可能性が高く、距離が離れるにつれて地震発生の可能性は低くなる。また、地震の規模で見ると、先発地震の規模が大きくなるほど後発地震の発生の可能性は高くなり、後発地震の規模が大きくなるほど発生の可能性は低くなる。
- ・これら地震の発生の特徴を統計的に表現したモデルとして、ETASモデル（以下、ETASという）がある。ETASは、ある地震が発生した場合に、後発する地震の規模も含め、時間的、空間的な地震発生の確率を推計することができるモデルで、地震発生の統計的特性を踏まえ地震発生を確率的に表現することができる（図7a-b）。
- ・今回の検討にあたり、2018年に発表された防災対応のための南海トラフ沿いの異常な現象に関する評価基準検討部会（以下「基準検討部会」という）での検討と同様、世界中で発生した地震事例の最新のデータベース（ISC-GEM ver. 8.0）を用い、Mw8.0以上の地震発生後に、Mw9.0の震源域の長さに相当する500km以内の領域でMw7.8以上の地震が発生する頻度、Mw7.0以上の地震発生後に同じく500km以内の領域でMw7.8以上の地震が発生する頻度を調査した。結果は、基準検討部会のとりまとめと概ね同じ結果となり、最近100年程度に発生した世界のMw8.0以上の地震104事例

のうち、7日以内に Mw7.8 以上の地震が発生した事例は9例（図8a）、Mw7.0 以上 Mw8.0 未満の地震 1373 事例のうち、7日以内に Mw7.8 以上の地震が発生した事例は 10 例であった（図8b）。

### 3. ETAS で得られる日本周辺における「後発地震」の発生確率

- ・ ETAS を用いて推計される地震発生確率として、図9aに、先発地震の Mw を変数として Mw8.0 以上の後発地震が発生する確率を、日本の幾つかの地域において推計した結果を示す（基準検討部会，2018）。地震発生確率は、地震活動の活発さ、地震の規模別頻度分布、余震の減衰の仕方などのパラメータを基にして推計されることから、対象領域により発生確率は異なり、地震活動が高い地域ほど発生確率は高くなる。
- ・ 例えば、日本海溝・千島海溝沿いの地震活動は、南海トラフ沿いに比べ活発であるため、同じ Mw を基準とした場合の地震の発生確率を比較すると、日本海溝・千島海溝沿いの方が確率は高くなる。
- ・ 基準検討部会(2018)では、これら活動度の異なる地域における発生確率の比較を行うため、先発地震の代表例として Mw8.2 の昭和東南海地震を基準にとり、先発地震の Mw に応じて Mw8.0 以上の後発地震の発生確率がどのように変化するかを比率で示している（図9b）。
- ・ これによると、日本全国及びその周辺では、先発する地震の Mw が同じであれば、その比率は各領域の地震活動の活発さによらず概ね同じ値を示しており、Mw7.0 の地震に対する後発地震の発生確率は、先発地震 Mw8.2 の  $1/4 \sim 1/7$ 、先発地震 Mw8.0 の  $1/3 \sim 1/5$  程度に相当する。南海トラフ沿いにおける先発地震の Mw は、この Mw7.0 が基準とされている。なお、先発地震が Mw7.0 の場合、Mw8.0 以上の後発地震の発生確率は、領域により多少のバラつきはあるものの、概ね7日で0.2~1%程度である。
- ・ 上記の指標を用いると、先発地震の Mw について、地震活動の差異に依らずに確率が比較できる。日本海溝・千島海溝沿いにおいても、先発地震の基準となる Mw の検討は、ETAS で得られる確率を基に検討することが適切と考える。

### Ⅲ 観測データに基づく異常な現象に係る評価の可能性とその基準について

- ・ 日本海溝・千島海溝沿いでの大規模地震の発生様式は、固有的かつ大きな震源域を持つ南海トラフ沿いでの地震に比べて多様性があるため、南海トラフ沿いにおける評価の仕組みをそのまま採用することは適当ではない。そのため、本委員会では、南海トラフ沿いにおける仕組みを参考にしながらも、日本海溝・千島海溝沿いでの地震活動とその特徴等を踏まえ、次の3つのケースについて評価の可能性を検討した。なお、各ケースの名称については、南海トラフ沿いと日本海溝・千島海溝沿いの地

震活動の違いを踏まえ、以下のとおりとした。

- ・「最大クラスの地震の想定震源域の半分程度の領域の地震が続発するケース」：  
（南海トラフ沿いでの「半割れケース」に相当）
- ・「Mw7.0以上の地震後に大規模な後発地震が発生するケース」：  
（南海トラフ沿いでの「一部割れケース」に相当）
- ・「ゆっくりすべりによりプレートの固着状態が変化し大規模な地震が発生するケース」：  
（南海トラフ沿いでの「ゆっくりすべりケース」に相当）

#### 1. 最大クラスの地震の想定震源域の半分程度の領域の地震が続発するケース

- ・南海トラフ沿いでは、1854年の安政東海地震と安政南海地震（約32時間差）や1944年の昭和東南海地震と1946年の昭和南海地震（約2年差）など、想定震源域の半分程度の領域を破壊する地震発生後に、残りの領域で同規模の地震が発生した事例が知られており、このようなケースが「半割れケース」と呼ばれている。
- ・先に述べたとおり、南海トラフ沿いの地震は固有性が高く、過去の事例を踏まえても、Mw8.0以上の大規模地震が発生した場合、残りの領域でMw8.0以上の大規模地震が発生する可能性は平時より高まると考えられる。
- ・このため、半割れケースの防災対策としては、最大クラスの地震・津波を想定して、日頃からの地震への備えの再確認に加え、地震発生後の避難では明らかに避難が完了できない地域での事前避難等の「巨大地震警戒対応」がとられることとなっている。
- ・これに対し、日本海溝・千島海溝沿いでは、南海トラフ沿いに比べ歴史資料が少ないものの、19世紀後半以降の資料の中では、南海トラフ沿いにおける最大クラスの地震の想定震源域の半分程度の領域の地震が連続して発生した事例と同様の事例は知られてはいない（図2）。
- ・日本海溝・千島海溝沿いの地震の発生様式は南海トラフ沿いの地震等と比べ固有性が低いという特徴をもち、これら、現時点での科学的知見を踏まえると、日本海溝・千島海溝沿いにおいて、南海トラフ沿いにおける「巨大地震警戒対応」のような防災対応に資する「最大クラスの地震の想定震源域の半分程度の領域の地震が続発するケース」の導入を検討することは、科学的には適切ではない。
- ・今後も引き続き、日本海溝・千島海溝沿いの地震の発生様式について、地震発生のシミュレーションや過去資料の解析等の研究の推進を待ち、検討を積み重ねることが重要である。

## 2. Mw7.0以上の地震後に大規模な後発地震が発生するケース

### (1) 取り扱う先発地震の規模

- ・当該海域周辺で Mw8.0 以上の地震の発生前に Mw7.0 以上の地震が先発した事例としては、平成 23 年(2011 年)東北地方太平洋沖地震 (Mw9.0) の 51 時間前に Mw7.3 の地震が、1963 年択捉島南東沖の地震 (Mw8.5) の 18 時間前に Mw7.0 の地震が発生している (図 2)。
- ・南海トラフ沿いでは、このような先発地震の後に大規模地震が発生した過去事例は知られていないが、日本海溝沿いでの事例と同様の事例の発生の可能性も否定できないことから、Mw7.0 以上の地震後に大規模な後発地震が発生するケースを検討する事とした。
- ・ETAS を用いた試算結果 (図 9b) によると、日本及びその周辺では、先発地震の規模 (Mw) 毎の Mw8.0 の後発地震の発生確率と先発地震が Mw8.2 の場合の発生確率との比は、対象とする領域の地震の活動度によらず、ほぼ同一となる。
- ・後発地震の規模の想定を南海トラフ沿いと同様に Mw8.0 以上とすると、日本海溝・千島海溝沿いにおける先発地震の規模は、南海トラフ沿いでのケースと同じく、Mw7.0 以上とするのが適切と考える。
- ・以上のことから、日本海溝・千島海溝沿いの検討では、Mw8.0 以上の先発地震も含め、本ケースの評価対象とする地震の規模の下限は Mw7.0 を目安とすることが適切である。

### (2) 取り扱う先発地震の発生領域

#### ① 「三陸・日高沖」及び「十勝・根室沖」の領域で発生した地震

- ・モデル検討会では、津波の伝搬経路を踏まえて最大クラスの津波断層モデルの推定を行った。日本海溝モデルは、宮城県北部から襟裳岬の西側にかけての太平洋沿岸の津波堆積物を用いて「三陸・日高沖」の領域に津波断層モデルを推定した。また、千島海溝モデルでは、襟裳岬から東の津波堆積物を用いて「十勝・根室沖」の領域に津波断層モデルを推定した。
- ・これらモデルは、津波堆積物から得られる津波の高さ浸水深を説明するモデルではあるが、津波断層モデルの時間的な破壊過程を示すモデルではないことに留意する必要がある。すなわち、津波堆積物による津波の高さや浸水域を説明するには、「三陸・日高沖」、「十勝・根室沖」の領域内に大すべり域が必要となるが、時間的な破壊過程を示すモデルを考えると、最大クラスの津波断層モデルで想定されるすべり量が小さい領域のなかにも大きくすべる領域がある可能性が考えられる。
- ・また、千島海溝沿いと日本海溝沿いのそれぞれで巨大地震が発生した場合、津波の影

響が大きい範囲は概ね千葉県から北海道に及ぶ。このため、千島海溝沿い又は日本海溝沿いのいずれで地震が発生しても、千葉県から北海道にかけて大きな津波への注意が必要になる（図 10）。

- ・従って、「三陸・日高沖」、「十勝・根室沖」の領域内においては、南海トラフ等と比べて地震の固有性が低いことや、発生する津波を踏まえ、最大クラスの大すべり域の位置による領域分けをせず、双方の領域を合わせた領域内で Mw7.0 以上の地震が発生した場合に、後発地震に注意することが適切と考える。

## ② 「色丹島・択捉島沖」の領域で発生した地震

- ・断層の平均すべり量の約 2 倍の領域を大すべり域とすると、その面積は、断層全体の 10~30%であることが知られている（内閣府, 2012）。このことから、千島海溝沿いの最大クラスの津波断層モデルとしては、「十勝・根室沖」と「色丹島・択捉島沖」の領域を最大クラスの津波断層モデルの領域とし、「十勝・根室沖」の大すべり域のすべり量が、断層全体の平均すべり量の約 2 倍となるように「色丹島・択捉島沖」のすべり量を設定し、「千島海溝モデル」として示されている。このモデルは、「十勝・根室沖」の大すべり域の面積と断層全体の面積についての関係も満たしている。
- ・このモデルは、「十勝・根室沖」の領域が大すべり域となる場合、断層の全体面積として「色丹島・択捉島沖」の領域も含む大きな断層になる可能性を示したモデルである。しかし、「色丹島・択捉島沖」で示される断層すべりにより、「十勝・根室沖」の大すべり域が連動して破壊することを示しているモデルではないことに留意する必要がある。
- ・防災対策で検討している襟裳岬より東の最大クラスの津波は、「十勝・根室沖」の断層すべりによる。このことから、ここでの検討は、「色丹島・択捉島沖」の領域で発生した地震が、「十勝・根室沖」で Mw8.0 以上を発生させる可能性について検討することとする。
- ・一般的に、地震発生統計的特性から、地震の規模が大きくなるほど、後発する地震が発生する可能性は空間的にも広がり、地震の震源域から距離が離れるに伴い、後発地震が発生する可能性は低くなる。従って、「色丹島・択捉島沖」で発生した地震の規模と、「十勝・根室沖」の領域からの距離（この場合、「十勝・根室沖」の東端からの距離）により評価することが適切である。
- ・このための手法としては、ETAS を用いるのが適切と考えるが、この ETAS を実際の運用に適用できるようパラメータを推定するには、解析事例の蓄積を含め、更なる調査研究が必要である。
- ・地震の規模に応じた断層の大きさを示すものに、宇津の式（宇津, 1977）がある。こ

の式により、地震の規模と影響の範囲を簡便に計算することができる。図 11 に、ETAS による先行地震の  $M_w$  と距離の変化と、宇津の式による  $M_w$  と距離の変化の図を示す。この図から、宇津の式を用いた方式は、比較的良い近似を示していることが分かる。

- ・ 図 12 に、宇津の式を用いた地震の規模別に評価する対象領域の概要図を示す。当面は、図 12 に示す範囲を評価対象とする領域とし、さらに高度な評価手法については、将来的な課題とする。

### ③ その他の領域で発生した地震

- ・ 日本海溝沿いの「三陸・日高沖」の南側の領域や、「三陸・日高沖」及び「十勝・根室沖」の海側（海溝軸よりも海側）及び陸側の領域で発生した地震についても、②の「色丹島・択捉島沖」の領域で発生する地震と同様に、「三陸・日高沖」、「十勝・根室沖」の領域からの距離により評価することが適切と考える。
- ・ なお、将来的には、震源位置が精度良く決定できる地震については、震源の深さも考慮したプレート境界面からの距離により評価することが望ましい。

### (3) プレート境界以外の地震の取り扱い

- ・ 日本海溝・千島海溝沿いにおいて、想定震源域の太平洋プレートの内部や陸側のプレートの内部、海溝軸外側などの周辺領域等のプレート境界以外で  $M_w7.0$  以上の地震が発生した後に、プレート境界で  $M_w7.8$  以上の地震が続発した事例は知られていない。
- ・ 最大クラスの地震はプレート境界で地震が発生することを想定しているため、プレート境界以外で発生する地震がプレート境界での最大クラスの地震を誘発する可能性は、比較的低いと考えられるものの、影響を及ぼす可能性は否定できない。このため、前述の(2)で検討した領域で発生する地震については、プレート境界の地震に加え、太平洋プレートの内部及び陸側のプレート内部の地震も、同様に評価対象とすべきである(図 13)。

### (4) 対象となる地震の平均発生回数等

- ・ 取り扱う先発地震の規模を  $M_w7.0$  以上とした場合、対象領域で発生した過去地震を図 14 に、その平均発生頻度を表 1 に示す。また、参考として、基準となる地震の規模を変えた場合の平均発生頻度についても、表 1 に示す。
- ・ 本委員会では、科学的な観点から取り扱う先発地震の規模を検討したが、WGでは、表 1 の発生頻度も参考に、社会的な影響も考慮した上で、情報発信することが防災対応上有効か、また有効ならば対象とする地震の基準をどうすべきか等を検討する必要がある。

#### (5) 異常な現象の評価に関する留意事項

- ・本委員会での検討は、確度の高い地震の発生予測ができないことを大前提として、地震発生の一時的特性を基にして検討したもので、既に述べたとおり、後発地震の発生の可能性は、後発地震の規模が大きくなるにつれて低くなるほか、先発地震からの時間の経過や震源からの距離が離れることによって、発生確率が低くなることにも留意する必要がある。
- ・地震が発生すると、その近傍での後発地震の発生可能性は高まるが、Mw7.0以上の地震の発生後に Mw8.0以上の地震が発生する確率は、世界中の約百年間の地震事例で見ると、百回に1回1程度であり、最大クラスの地震が発生する可能性は更に低くなる。
- ・このため、本ケースに該当する地震が発生したと評価し、情報発信を行う際には、地震予知が可能との誤解を招かないよう留意することに加え、後発地震の規模が大きくなると後発地震の発生頻度は低くなり、最大クラスの地震の発生頻度は更に低いことを伝えることが重要である。
- ・なお、地震は、発生確率が低い状況においても突発的に発生する可能性があり、地震の突発に備える事が重要である。統計的には、先発地震の発生により後発地震の発生可能性が高まることについて言及できるものの、地震活動が低調になるなどにより発生確率が低くなったからと言って、地震発生の可能性がなくなったのではないことに留意する必要がある。
- ・また、最大クラスの地震に備えることが大切だが、より震度が大きくなる可能性のある直下型の地震や、最大クラスより発生確率の高い一回り小さい地震にも留意が必要である。

### 3. ゆっくりすべりによりプレートの固着状態が変化し大規模な地震が発生するケース

- ・南海トラフ沿いでは想定震源域近くの陸域にひずみ観測網等が整備されているほか、海域においても海底地震・津波観測網等が整備されている。しかし、海域のひずみ観測については、一部地点で観測・研究が行われているのみであり、南海トラフ沿いの海域におけるひずみ観測網の整備が必要である。
- ・一方、日本海溝・千島海溝沿いでは、想定震源域が陸域から遠いため、ゆっくりすべりによる地殻変動がとらえられた例は限られており、また海域を対象としたリアルタイム地殻変動観測技術の開発が進められているが、今後も研究開発が必要な段階である(図15)。
- ・また、ゆっくりすべり、及びそれに関連すると考えられる超低周波地震や微動等についての調査や、地震活動から地殻変動を推定する研究も行われているが、これらについても、引き続き調査研究が必要な段階である。
- ・日本海溝・千島海溝沿いでは、上記の観測技術の進展やデータ蓄積が必要であるた

め、現時点ではこのケースを導入することは適切ではない。

#### IV 震源移動及びその他の現象の取り扱いについて

- ・加藤（2012）では、東北地方太平洋沖地震（Mw9.0）において、本震発生の約1ヶ月前の2月中旬と約2日前の最大前震（Mw7.3）発生後の2度にわたり、本震の破壊開始点へ向かう地震の震源の移動現象（震源移動）がほぼ同じ領域で起きていたことを明らかにしている（図16）。
- ・評価対象として検討すべきその他の現象としては、活発な前震活動が挙げられる。前田・弘瀬（2016）は、日本海溝沿いの特定の地域などの続発的に地震が発生しやすい地域では本震前に活発な前震活動がみられる場合があることを明らかにしており、日本海溝沿いの3つの領域において、M6.0以上の地震を対象に経験的予測手法に基づく予測研究を行っている。
- ・上記の研究は、将来の成果が期待されるものではあるが、現状、震源移動や活発な地震活動が大規模地震につながることを明確に評価することができないため、現時点においては評価対象には含めない。しかしながら、明らかにプレート境界の固着状況に変化が生じたと考えられる地震活動の変化を観測成果として認識・分析出来た場合には、それらの成果を情報提供することも重要である。なお、将来的には、地震活動の低下等による注意の呼びかけの終了についても、言及が可能かどうかを含めて検討を行っていく必要がある。

#### V 評価のタイミングと評価体制について

##### 1. 地震発生後の評価のタイミング

- ・図8a-bに示した通り、世界中で発生した地震事例について、最新のデータを用いて、Mw7.0以上Mw8.0未満の地震に続き7日以内に500km以内でMw7.8以上の地震が続発した事例を分析したところ、地震発生直後が最も後発地震の発生確率が高いため、基準を満たす地震が発生したら、速やかに評価することが重要である。
- ・気象庁においては、地震発生後、一定の精度のMwが算出された段階で、このMwを用いて評価することが適切である（図17）。

##### 2. 評価体制

- ・南海トラフ沿いで発生した異常な現象を評価するにあたっては、有識者を含む「南海トラフ沿いの地震に関する評価検討会」を開催することとしているが、日本海溝・千島海溝沿いにおいては、前述の「Mw7.0以上の地震後に大規模な後発地震が発生するケース」を対象として、Mwのみで評価することとなる。したがって、評価体制として、今後発生する地震に対する注意の呼びかけを行っている気象庁において、有

識者を含む検討会を開催することなく基準を満たしているか評価し、その評価について速やかに情報発信することが適当である。

- ・あわせて、平時から地震活動の評価も重要であることから、定期的に地震活動の評価することが必要である。

## VI おわりに

- ・本委員会では、日本海溝・千島海溝沿いにおける異常な現象の評価基準について整理を行った。ただし、現時点の科学的知見を基に取りまとめたものであり、今後の調査研究の進展等を踏まえ、適切に見直し等が行われる必要がある。
- ・日本海溝・千島海溝沿いについては、地殻活動の全貌が把握されていない。今後も低周波地震等も含めた地震活動の観測成果を蓄積するとともに、海底ケーブルを用いた地殻変動観測技術の開発等を引き続き進めていく必要がある。
- ・また、適時適切に地震活動の推移を発表していくことが大切であり、この評価において、これまで知られていない異常な現象が発生した場合には、その旨を含めて情報発信することが重要である。
- ・加えて、観測の結果の処理方法の高度化等を通じて、異常な現象に対しての分析をより進めるとともに、大地震後の地震活動に関する予測手法の高度化や、海溝型地震の発生予測手法の高度化などの調査研究を進めていく必要がある。
- ・なお、本報告を基にして情報発信を行う場合には、地震予知が可能との誤解を招かないよう留意することに加え、Mw7.0以上の地震の発生後にMw8.0以上の地震が発生する確率は、百回に1回程度であり、最大クラスの地震が発生する可能性は更に低くなることを伝えることが重要である。防災対策の検討にあたっては、これら確率に見合った対応となるように留意する必要がある。

## (参考)用語集

本報告書では、本検討委員会で収集・整理した科学的知見を記述する上で必要な地震に関するやや専門的な用語が用いられている。このため、本報告書の内容を一般の方々に分かり易いものとする 것과併せて、様々な分野の専門家にも誤解なく理解されるものとするため、用語の説明とともに、本検討委員会における定義及び取扱についてここに示す。

## 応力

物体の内部に生じる力の大きさや作用方向を表現するために用いられる物理量。断層面等の岩盤中の面を考えた時、その面に働く単位面積当たりの力を指す。

## 海溝軸

海溝は、大陸縁や島弧に沿った、比較的急な斜面に囲まれる細長い深海底の凹地であり、海洋プレートの沈み込み口である。海溝のいちばん深いところを海溝軸と呼ぶ(瀬野, 1995)。

## 固有性

ほぼ同じ領域でほぼ同じ規模の地震が繰り返し発生する性質。固有性が高い場合は、ほぼ同一の領域でほぼ同一の規模の地震が発生する傾向にあるが、固有性が低い場合は、地震破壊は階層的構造を持ち、様々な場所で様々な規模の地震が発生する。

## 地震破壊の階層的構造

複雑な断層系の破壊を大きさの異なる様々な破壊単位の階層的な構造で表現する考え方。地震の破壊域(断層系)は、様々な規模のパッチ(破壊単位)の階層構造で成り立っており、地震破壊はある小さなパッチで始まり、地震の規模は連鎖破壊したパッチ構造の大きさに決まる。大きな地震も小さな地震も地震の破壊の始まりは同じで、破壊が停止するまで最終の大きさ(規模)はわからない。

## 地震予知

地震の起こる時、場所、大きさの三つの要素を精度よく限定して予測すること(日本地震学会理事会, 2012)。少なくとも「(時)一週間以内に、(場所)東京直下で、(大きさ)マグニチュード6~7の地震が発生する」というように限定されている必要があり、現在の科学的知見からは、そのような確度の高い地震の予測は難しいと考えられている。

## 前震・本震・余震

ある時空間範囲内の一群の地震のうち、一つだけ特に大きいものがあれば、それを本震と呼び、本震の前に起こったものを前震、後に起こったものを余震と呼ぶ。ただし、厳密でかつ一般性のある定義を示すことは難しいとされている（宇津，2001）。

## 低周波地震

通常の地震よりも周波数の低い微小な揺れを生じる地震で、火山の周辺や、プレート境界などで発生する。特に南海トラフ沿いでは、プレート境界の深さ 30～40km 付近で低周波地震が連続的に発生しており、気象庁ではこの現象を深部低周波地震（微動）と呼んでいる。

## 超低周波地震

低周波地震よりもさらに周波数が低い微小な揺れで、0.01～0.1Hz の周波数（十～百秒の周期）を持ったシグナルとして観測される。これは、プレート境界でのゆっくりすべりに関連する現象と考えられている。

## 微動

微小な揺れが断続的に観測される現象。火山周辺で観察されるものを火山性微動、沈み込むプレートの動きに関連するものをテクトニック微動などと呼ぶことがある。テクトニック微動は、低周波地震が連続的に発生する現象であると推測される。なお、南海トラフ沿いのプレート境界の深さ 30～40km 付近ではこの現象が活発に発生しており、気象庁では深部低周波地震（微動）と呼んでいる。

## 南海トラフ

南海トラフ地震に係る地震防災対策の推進に関する特別措置法（平成 14 年法律第 92 号）では、「南海トラフ」を「駿河湾から遠州灘、熊野灘、紀伊半島の南側の海域及び土佐湾を経て日向灘沖までのフィリピン海プレート及びユーラシアプレートが接する海底の溝状の地形を形成する区域」と定義しており、本報告書においても同様の定義で用いている。

## 南海トラフ沿いにおいて防災対応を推進する 3 つのケース

南海トラフ沿いにおいては、平成 30 年 5 月に南海トラフ地震防災対策推進基本計画が変更され、大規模地震の発生可能性が高まっていると判断される以下 3 つのケースについて、国、地方公共団体及び指定公共機関等において、「南海トラフ地震臨時情報」が発表された場合の防災対応が推進されている。

① 半割れケース：想定震源域内で大規模地震（M8 クラス）が発生し、残りの領域で大規

模地震の発生可能性が高まったと評価された場合

- ② 一部割れケース：大規模地震に比べて一回り小さい地震（M7クラス）が発生した場合を想定。想定震源域内のプレート境界においてMw7.0以上、Mw8.0未満の地震が発生した場合。また、想定震源域のプレート境界以外や、想定震源域の海溝軸外側50km程度までの範囲で発生したMw7.0以上の地震についても、「一部割れケース」として扱う
- ③ ゆっくりすべりケース：ひずみ計等で有意な変化として捉えられる、短い期間にプレート境界の固着状態が明らかに変化しているような通常とは異なるゆっくりすべりが観測された場合

### 日本海溝・千島海溝沿い

日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震に係る地震防災対策の推進に関する特別措置法（平成16年法律第27号）では「日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震」を「房総半島の東方沖から三陸海岸の東方沖を経て択捉島の東方沖までの日本海溝及び千島海溝並びにその周辺の地域における地殻の境界又はその内部を震源とする大規模な地震」と定義していることから、本報告書においても、当該定義における震源域と同様の範囲としている

### ひずみ

物体に力を加えたときに生じる形状変化（変形）のこと。地殻のひずみは、大きさを表す量（長さ又は面積、体積）について、単位量当たりの変化量の単位量に対する割合として測定される。例えば、体積ひずみ計は単位体積当たりの体積変化を、単位体積に対する割合として測定するものである。

### プレート間の固着

陸のプレートの下に海洋プレートが沈み込んでいるプレート境界面を例とすると、プレート間が完全に固着している場合は、両プレートの相対的な位置関係が変わらず、海洋プレートの沈み込みに伴って陸のプレートも深部へと引きずられ、弾性エネルギーが蓄えられる。逆にプレート間が全く固着していない場合は、陸のプレートは動かない（プレートを境に両者が相対的にずれていく）。実際のプレート境界面では、地震やゆっくりすべり等のすべり現象によりプレート間の相対的なずれが生じており、これらの現象よりも長い期間で見れば、プレート間の相対的なずれの大きさによって固着の程度を特徴づけることができる。本報告書では、大地震が起こっていない時期におけるプレート境界の平均すべり速度とプレート間相対速度の比が小さいほど、プレート間の固着が強いと表現する。

## モーメントマグニチュード (Mw)

断層のずれの規模を表す指標で、ずれ動いた部分の面積とずれの量の平均、剛性率（弾性の程度を表す指標の一つで、ずれによって周囲の岩盤に生じるひずみに対する応力変化の割合を表す係数）の積で表される地震モーメントをもとに計算される。モーメントマグニチュードを用いることで、地震の規模だけでなく、ゆっくりすべり等による断層のずれの規模も同じ指標で表すことができる。

## ゆっくりすべり

プレート境界面等の断層面で発生するすべり現象を、ガタガタという地面の揺れをもたらすような短周期の地震波を発生させる地震性すべりと、短周期の地震波をあまり発生させないゆっくりとした非地震性すべりに分けて考える場合がある。本報告書では、後者のことをゆっくりすべりと表記する。

## 余効変動

地震の後に観測される地殻変動。主として、地震の震源断層域やその周囲のゆっくりとしたすべり（余効すべり）と、プレートの下の柔らかいマントル（アセノスフェア）のゆっくりとした変形（粘弾性緩和）に起因すると考えられている。

中央防災会議 防災対策実行会議

日本海溝・千島海溝沿いの巨大地震対策検討ワーキンググループ

日本海溝・千島海溝沿いにおける異常な現象の評価基準検討委員会

委員名簿

座長	山岡 耕春	名古屋大学大学院環境学研究科附属 地震火山研究センター 教授
委員	井出 哲	東京大学大学院理学系研究科 教授
	大園 真子	北海道大学大学院理学研究院附属 地震火山研究観測センター 准教授
	小原 一成	東京大学地震研究所 教授
	汐見 勝彦	防災科学技術研究所地震津波防災研究部門 副部門長
	杉岡 裕子	神戸大学海洋底探査センター 教授
	谷岡 勇市郎	北海道大学大学院理学研究院附属 地震火山研究観測センター 教授
	津村 紀子	千葉大学大学院理学研究院 准教授
	畑中 雄樹	国土地理院地理地殻活動研究センター長
	堀 高峰	海洋研究開発機構 海域地震火山部門 地震津波予測研究開発センター長
	松澤 暢	東北大学大学院理学研究科附属 地震・噴火予知研究観測センター 教授
	三宅 弘恵	東京大学地震研究所 准教授
	宮澤 理稔	京都大学防災研究所 准教授

計 13 名（敬称略）

事務局 内閣府政策統括官（防災担当）、気象庁

## 検 討 経 緯

○第1回 令和3年8月23日

○第2回 令和3年10月7日

## 文献一覧

- 井出哲, 2021, 日本海溝・千島海溝沿いにおける異常な現象の評価基準検討委員会  
第2回井出委員提出資料.
- 宇津徳治, 1977, 地震学, 共立全書.
- 宇津徳治, 2001, 地震学 (第3版), 共立出版.
- 加藤愛太郎, 2012, 2011年東北地方太平洋沖地震の特徴について, 地球化学 46, 87-98.
- 地震調査委員会, 2016, 大地震後の地震活動の見通しに関する情報のあり方. pp62
- 瀬野徹三, 1995, プレートテクトニクスの基礎, 朝倉書店.
- 内閣府, 2012, 南海トラフの巨大地震による震度分布・津波高について (第一次報告)
- 日本地震学会理事会, 2012, 日本地震学会の改革にむけて: 行動計画 2012,  
<https://www.zisin.jp/publications/pdf/SSJplan2012.pdf>
- 防災対応のための南海トラフ沿いの異常な現象に関する評価基準検討部会, 2018,  
防災対応のための南海トラフ沿いの異常な現象に関する評価基準検討部会とりまとめ, pp38.
- 前田憲二・弘瀬冬樹, 2016, 群発的地震活動を前震活動と仮定して行う本震の発生予測手法: 最近の活動事例による検証. 地震予知連絡会会報, 96, 476-480.
- Matsuzawa Toru, N. Uchida, T. Igarashi, T. Okada, A. Hasegawa, 2004, Repeating earthquakes and quasi-static slip on the plate boundary east off northern Honshu, Japan, Earth Planets Space, 56, 803-811.