

中央防災会議  
「日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震に関する  
専門調査会」  
(第 2 回)

検討対象とする地震について

平成 16 年 2 月 19 日

中央防災会議事務局

## 目 次

1 . 検討対象地域 .....	2
2 . これまでに発生した地震の特徴 .....	3
2 . 1 . 歴史資料により発生の確認される地震の整理 .....	3
2 . 2 . 地震に係る知見の整理 .....	4
2 . 2 . 1 . 地震活動から得られた知見 .....	4
2 . 2 . 2 . 地殻活動から得られた知見 .....	5
2 . 3 . 対象地域に発生した地震の特徴の整理 .....	6
3 . 対象とする地震の考え方 .....	8
3 . 1 . 基本的考え方 .....	8
3 . 2 . 想定震源域について .....	8
3 . 3 . 想定震源の断層パラメタ及びアスペリティについて .....	9

## 1 . 検討対象地域

本専門調査会においては、日本海溝、千島海溝周辺のプレート境界で発生する地震及び海洋プレート内部で発生する地震について、地震の特徴や想定される地震の揺れの強さ、津波の高さ、これらにより発生する液状化、急傾斜地崩壊、津波による浸水の状況等について検討し、今後の地震防災対策検討の基とする。

千島海溝周辺の地震は択捉島沖～十勝沖に沿う領域で過去に発生しており、日本海溝周辺の地震は三陸沖北部～房総沖にかけて、陸域に近い領域と海溝軸に近い領域で過去に発生している。強震動に関してはこれらの地震の強い揺れにより著しい被害を生じるおそれのある地域、津波に関しては高い津波の襲来の予想される地域を対象とする。検討の過程で必要がある場合は検討対象地域を修正するものとする。

## 2. これまでに発生した地震の特徴

### 2.1. 歴史資料により発生の確認される地震の整理

千島海溝および日本海溝沿いで、歴史資料により発生が確認されている地震について整理した。

(1) 千島海溝に沿うプレート間では、M8以上あるいはM8に近い地震が、それぞれの領域でほぼ同じ震源域の拡がりをもって、震源域が択捉島沖、色丹島沖、根室沖、十勝沖のそれぞれの領域を覆い尽くすように、比較的短い時間間隔で繰り返し発生しており、陸域での強い揺れと沿岸での大きな津波を伴う。そのうち根室半島以西で発生する地震では、北海道沿岸で津波は相当に大きなものとなっている。プレート内でもM8クラス、M7クラスの地震が、択捉島沖～十勝沖東部の領域に発生し、津波はさほど大きくないものの強い揺れを伴う。

(2) 数百年の間隔で、十勝沖から根室沖にかけての広い領域を震源域とする巨大地震が発生したことが津波痕跡から指摘されている。

(3) 日本海溝に沿っては、海溝軸に近く陸域から遠い領域で発生する地震と、陸域に近い領域で発生するものがある。海溝軸近くで発生する地震では、大きな津波を励起するが陸域での揺れはさほど大きくない。陸域近くで発生する地震では、陸域で強い揺れを与えるが津波の励起はさほど大きくないものもある。

(4) 陸域から遠く海溝軸近くでは、三陸沖に過去M8クラス、M7クラスの地震が発生し、三陸沖南部に接続する宮城県沖の北部でM7クラスの地震が発生している。房総沖ではM8クラスの地震の発生事例がある。海溝軸近くのその他の領域では、歴史資料からは被害を伴う大地震の発生は確認されない。

これらの地震の多くはプレート間地震である。1896年三陸沖の地震（明治三陸地震）は、他の地震と比較して津波の励起に対して地震波の励起が小さく、いわゆる津波地震であるとされている。1677年の房総沖地震も津波地震である可能性がある。

(5) 1933年三陸沖の地震（昭和三陸地震）はプレート内正断層型地震で、特異な発生様式が特徴的である。

(6) 陸域近くでは、千島海溝と日本海溝の接合部にあたる三陸沖北部、宮城

県沖、および福島県沖に M7 クラスの地震が発生している。三陸沖中部の陸域近く（岩手県沿岸） および房総沿岸では、被害を伴う M7 以上の地震の発生は記録されていない。

三陸沖北部では M7 クラスのプレート間地震が繰り返し発生し、1968 年十勝沖地震の M7.9 が歴史資料のうち最大である。

宮城県沖では M7.5 程度のプレート間地震が繰り返し発生し、それに先行して M7 程度のプレート内地震が発生している。なお、1793 年の宮城県沖地震については、やや海溝寄りの領域と連動した M8 程度のプレート間地震であったと考えられている。

福島県沖では、1938 年に M7.5 程度のプレート間地震と M7 程度のプレート内地震が続発している。

以上のように、千島海溝、日本海溝に沿う領域では、地震の発生域に特徴があり、また地震発生の仕方も特徴的である。

江戸時代以前の期間については、歴史資料には 869 年貞観三陸地震が記録されているが、詳細は未だ明らかではない。江戸時代以降の地震については歴史資料が整っており、個々の地震についての歴史資料を再吟味し、強震動および津波予測のキャリブレーションに利用する。

また、明治以降の地震については、震源深さの詳細や発震機構解および断層変位量等についての詳細が得られており、プレート間地震とプレート内地震の区別、アスペリティ位置等も解析されている。これらの資料は強震動および津波予測の際に、再現計算をとおして予測のキャリブレーションに活用する。

## 2.2. 地震に係る知見の整理

### 2.2.1. 地震活動から得られた知見

千島海溝～日本海溝に沿う領域では、全般的に地震活動は活発である。しかし、領域ごとに最近の地震活動に特徴がある。

(1) 千島海溝に沿う領域では、十勝沖～根室沖の海溝軸近くを除くとほとんど全ての領域で地震活動は活発である。M4.5 以上の地震の分布は、過去に発生した M7 以上のプレート間地震の震源域毎にクラスター的に分布している傾向が見られる。

(2) 三陸沖北部においても、過去に発生した M7 クラスの地震の震源域毎にク

ラスター的に分布している傾向が見られる。

(3) 三陸沖中部～房総沖にかけての領域のうち陸域に近い領域については、岩手県沖および房総沖南部では M4.5 以上の地震はきわめて少なく、それ以外の領域では活発である。三陸沖中部における低い地震活動は、三陸沖～福島県沖にかけて、領域毎の規模別頻度分布に関する改良 G-R モデルを適用して推定された地震規模の上限の分布(馬淵ほか, 2003)によっても確認され、過去に大きな地震の発生が歴史資料に記録されていないことと対応がよいとされている。

(4) 海溝軸に近い領域では三陸沖～宮城県沖北部にかけての領域および房総沖では活発であるが、福島県～茨城県沖の領域では地震活動は低調である。これらの地震活動の様子は、歴史資料による過去の地震の震源域分布と概ね一致している。

## 2.2.2. 地殻活動から得られた知見

北海道から房総にかけての領域で、陸域沿岸部はほぼ西方に変位している。これら地殻変動データの解析から求められるプレート間の固着域は、根室沖～十勝沖、三陸沖北部、宮城県沖～福島県沖沿岸に分布しており(EI-Fiky and Kato, 1999、Igarashi et al., 2003)、三陸沖中部沿岸域では固着の程度は少ない。この解析結果は、過去の地震発生の分布、最近の地震活動の分布と調和的である。

過去に発生したプレート間地震の波形解析から、地震時に断層変位量が大きい領域(アスペリティ)の分布は位置が時間的に不変であるとする解釈(山中・菊池, 2001)が行われているが、地殻変動解析により推定された固着域は、これらのアスペリティ分布とよい一致を見ている。また、固着域あるいは過去に発生したプレート間地震の震源域の周辺では、地震規模がほぼ同じで一定の時間間隔をもって発生する「繰り返し地震」が多数見つかっている(Igarashi et al, 2003、長谷川ほか, 2004)が、これらは他と連動しない独立した小規模なアスペリティが繰り返し破壊することによると考えられており、大地震の発生域と発生しない領域との区別に関連して議論されている。

## 2.2.3. 地質、重力異常、海底地形などから得られた知見

千島海溝に沿う領域では、海底地質、重力異常、海底地形から、いくつかのセグメント区分が想定され、プレート間地震震源域の境界を検討する際の参考となる可能性がある。

千島海溝と日本海溝の接合部にあたる、2003年十勝沖地震、1968年十勝沖地震、1994年三陸はるか沖地震等の震源域では、負の重力異常が広がっている。

日本海溝に沿う領域の海溝軸に近い領域では、1933年昭和三陸地震、1677年房総沖地震の震源域付近は、周辺に比較して重力異常の値が小さくなっている。

十勝沖から千島海溝と日本海溝の接合部付近、茨城県沖付近の海溝軸の外側には海山列が見られる。

## 2.3. 対象地域に発生した地震の特徴の整理

(1) 千島海溝に沿った領域ではM8以上あるいはM8に近いプレート間地震が発生し、その震源域は、択捉島沖、色丹島沖、根室沖、十勝沖のそれぞれの領域に位置し、択捉島沖～十勝沖のほぼ全域を覆い尽くしている。また、M7～M8クラスのプレート内地震もプレート間地震の震源域と一部重なりながら発生している。これらの地震により、北海道を中心に強いゆれが生じ、また、プレート間地震により大きな津波が襲来している。千島海溝に沿う各領域では、M8クラスの地震が数十年おきに繰り返し発生している。

(2) 根室沖～十勝沖の2つの領域で、境界を越えてごく稀に巨大地震が発生するとの指摘がある。これらの地震については、北海道ワーキンググループで別途検討することとする。

(3) 千島海溝と日本海溝との接続部にあたる三陸沖北部の領域では、M7クラスの地震が数十年おきに繰り返し発生しており、強いゆれと大きな津波を伴っている。

(4) 三陸沖中部～宮城県沖の北部で海溝軸に近い領域では、M8クラスのプレート間地震およびプレート内地震が発生し、房総沖ではM8クラスのプレート間地震が発生している。1896年の三陸沖地震、1677年の房総沖地震は津波地震といわれている。これらの地震による津波は大きいですが、陸域での揺れはさほどではない。

(5) 1933年の三陸沖地震はプレート内部の正断層地震である。世界で知られている海溝軸付近の正断層型巨大地震の発生領域には、大きなプレート曲率と陸側での低調な地震活動という特徴が見られる(Kao and Chen, 1996)とされている。日本ではこれ以外に知られていない特異的な地震である。

(6) 陸域に近い宮城県沖の領域ではM7クラスのプレート間地震とプレート内

地震が繰り返し発生している。プレート内地震は規模が小さくプレート間地震に先行する傾向が見える。これらの地震により陸域では強いゆれに見舞われるが、津波はさほど大きくない。ただし、陸域に近い宮城県沖の領域とやや海溝寄りの領域が連動する場合には、大きな津波も発生している。

また、福島県沖の陸域近くでも、M7クラスのプレート間地震とプレート内地震の発生事例がある。

(7)三陸沖中部の陸域近くでは、過去にM7以上の発生事例は知られておらず、最近の地震活動も低調で、プレート間の固着の程度も高くない。

(8)福島県沖～茨城県沖にかけての海溝軸に近い領域では、過去にM7以上の大地震の発生は歴史資料から確認されていない。

### 3．対象とする地震の考え方

#### 3．1．基本的考え方

以上のように、千島海溝～日本海溝に沿う領域については、過去に大きな地震が繰り返し発生している領域、大きな地震が稀に発生する領域、大きな地震の発生事例記録のない領域があり、それぞれの領域で、地震の発生域および地震発生の方は特徴的である。本検討では、歴史資料により過去に大地震の発生が確認され、最近の地震活動および地殻活動の特徴等から、将来、地震発生のおそれがある領域を地震の震源域として対象とし、2．3で整理した特徴を反映した地震をそれぞれの領域で想定することとする。大地震発生の過去事例がなく、近い将来地震発生のおそれがあるとは肯定されないが、大地震発生の可能性を否定できない領域については、今後の調査研究の成果を踏まえて、必要な時点で適宜追加と見直しを行うこととする。

- ・ 千島海溝に沿う領域では、強震動の検討に関しては、プレート間地震およびプレート内地震について、択捉島沖、色丹島沖、根室沖、十勝沖にそれぞれ想定し、津波の検討に関しては、それぞれの領域にプレート間地震を想定する。
- ・ 千島海溝と日本海溝との接合部にあたる三陸沖北部の領域では、プレート間地震を想定し、強震動および津波の検討を行う。
- ・ 三陸沖中部の海溝軸近くの領域では、プレート間地震およびプレート内地震を想定し津波の検討を行う。
- ・ 房総沖の海溝軸近くの領域では、主に津波の検討のために、プレート間地震を想定する。
- ・ 宮城県沖、福島県～茨城県沖の陸域近くの領域では、プレート間地震およびプレート内地震を想定し強震動の検討を行う。また、宮城県沖の陸域近くの領域とやや海溝寄りの領域を合わせた領域につき、プレート間地震を想定し、強震動及び津波の検討を行う。

検討の対象とする想定地震の震源域および震源特性は、これまでの研究成果を参照しながら、過去の地震による各地の震度と予測結果との比較から修正する事とする。

#### 3．2．想定震源域について

検討の対象とする地震は、千島海溝に沿う択捉島沖～十勝沖の領域、三陸沖

北部にかけての領域、三陸沖中部～宮城県沖北部の日本海溝軸近くの領域、宮城県沖の陸域近く及びやや海溝寄りの領域、福島県沖～茨城県沖の陸域近くの領域、房総沖海溝軸近くの領域のそれぞれで想定する。

- ・ 千島海溝に沿う領域で発生するプレート間地震については、1963年択捉島沖地震、色丹島沖の領域では1969年北海道東方沖地震、根室沖の領域では1894年根室沖地震、十勝沖の領域では1952年十勝沖地震および2003年十勝沖地震の震源域を参照する。
- ・ 千島海溝に沿う領域で発生するプレート内地震については、1958年択捉島沖地震、1994年北海道東方沖地震、1993年釧路沖地震の震源域を参照する。
- ・ 三陸沖北部の領域では1856年三陸沖地震、1968年十勝沖地震、1989年のM7地震、1994年三陸はるか沖地震の震源域を参照する。
- ・ 三陸沖中部から宮城県沖北部の海溝軸近くの領域では1896年明治三陸地震、1933年昭和三陸地震、1897年宮城県沖地震の震源域を参照する。
- ・ 房総沖の海溝軸近くの領域では、1677年延宝房総沖地震の震源域を参照する。
- ・ 宮城県沖の陸域近くの領域では、1897年宮城県沖地震、1936年金華山沖地震、1978年宮城県沖地震の震源域を参照する。宮城県沖の陸域近く及びやや海溝寄りの領域では、1793年宮城県域地震の震源域を参照する。
- ・ 福島県沖～茨城県沖の陸域近くの領域では、1938年福島県沖に発生した地震群の震源域を参照する。

想定地震の震源域は、各研究者による過去の地震の震源域、地震調査研究推進本部等の検討結果を参照して設定する。

### 3.3. 想定震源の断層パラメタ及びアスペリティについて

#### (1) 地震モーメント ( $M_0$ ) およびマグニチュード

地震モーメント ( $M_0$ ) は、断層の長さ $L$ と幅 $b$ との比に応じて、円形クラック、楕円クラック、矩形断層の式等を用いて、 $C$  を係数として、断層の総面積 ( $S$ ) と平均応力降下量 ( $\Delta\sigma$ ) との関係により推定する。

$$M_0 = C\Delta\sigma S^{3/2}$$

地震モーメントと断層面積は、想定地震の断層パラメタのうち基本的なマクロ的パラメタである。これらの想定にあたっては、過去の地震の解析結果を参照しながら、それぞれの領域での過去の地震による震度分布と予測試算結果との比較により修正する。このとき、地震モーメントと断層面積は上記関係式によりパラメタ間の整合性を保証する。

マグニチュード（モーメントマグニチュード  $M_w$ ）は定義式により算定する。

$$\log M_0 = 1.5M_w + 9.1$$

（２）平均変位量（ $D$ ）

断層全体での平均変位量（ $D$ ）は地震モーメントの定義式により算定する。 $\mu$ は剛性率で、 $\mu = \rho V_s^2$ である（ $\rho$ は密度、 $V_s$ はS波速度）。

$$M_0 = \mu DS$$

（３）小断層による断層の近似

震源断層は0.1度×0.1度程度の小断層により近似する。プレート間地震については、太平洋プレート上面に震源域をおく。プレート内地震については、発震機構解を参照する。

（４）アスペリティの配置

アスペリティの配置は、過去の地震の解析結果に基づいて設定し、過去の地震の震度分布等により調整する。アスペリティの位置に関しては、十勝沖や三陸沖に発生する地震について、アスペリティの位置は地震に依らず共通しているとする研究成果を参照する。

（５）アスペリティの面積

アスペリティの総面積は、過去の地震の解析事例を参考にし、断層面積の20～30%程度を基本とする。

（６）断層のセグメント分け

震源断層がセグメントに分割されるときは、セグメントの面積に応じて各セグメントに1つあるいは2つアスペリティをおく。

（７）走向、傾斜及びすべり角

プレート境界地震については、断層の走向、傾斜はプレート境界面により設定し、すべり角はGPS観測の解析結果を参照して設定する。

プレート内地震については、断層の走向、傾斜、すべり角は発震機構解を参照して設定する。

波形計算に際しては、波形計算結果が極端なものにならないように対処するため、断層のすべり角に乱数を用いて±30度程度の範囲で揺らぎを与えることも検討する。

（８）アスペリティの地震モーメント、変位量、応力降下量

アスペリティの応力降下量はアスペリティモデルに基づいて入倉レシピに準じて設定する。アスペリティの平均変位量は断層全体の平均変位量の 2 倍程度とする。アスペリティの地震モーメントはアスペリティ面積と変位量から算定する。

(9) アスペリティ以外の領域 (背景領域) でのパラメタ

アスペリティ以外の領域 (背景領域) の地震モーメントは、全体の地震モーメントとアスペリティ全体の地震モーメントとの差となる。変位量は地震モーメントと面積から算定する。応力降下量は地震モーメントと面積から算定する。

(10) 破壊開始点と破壊伝播速度

破壊開始点は、過去の地震の解析結果を参照して、アスペリティの外側に設定する。破壊伝播速度は過去の解析結果を参照し、S 波速度の 70%程度を基本とする。

(11)  $f_{max}$

$f_{max}$  は 6Hz 程度を基本とする。