

4. 地震活動モデルの概要

4.1 地震活動のモデル化の方針と概要

東北地方太平洋沖型の地震は、2011年3月時点では長期評価されておらず、また、確率論的地震動予測地図においても考慮されていなかった。地震本部は、東北地方太平洋沖地震の教訓を踏まえ、今後の地震の調査、観測、研究の基本方針である新総合基本施策を改訂した（地震調査研究推進本部，2012）。改訂された新総合基本施策では、今後の長期評価の方針として、「今後は、これらを教訓として、超巨大地震が発生しないという考え方にとられることなく、観測データの充実や積極的な活用を図り、超巨大地震も長期評価の対象とすることも含めて長期評価手法の改善に向けて検討を行うことが不可欠である」としており、現在、この方針に基づいて長期評価を見直している。また、確率論的地震動予測地図についても、その見直しを行っている。全国地震動予測地図2014年版の作成に用いた地震活動モデルは、これらの見直しを反映している。

長期評価については、従来の評価方針を見直し、以下の新たな方針に基づいて評価を行っている（地震調査研究推進本部地震調査委員会，2014b）。

- ① これまで考えられてきた固有地震モデルに固執することなく、発生しうる最大クラスも含めた地震の多様性を考慮した評価を試みる。
- ② 不確実性が大きな情報も、これに伴う誤差やばらつき等を検討した上で、評価に活用する。
- ③ データの不確実性などにより、解釈が分かれる場合は、複数の解釈について併記する。

これらの新たな評価方針に基づいて、南海トラフの地震活動の長期評価の改訂（地震調査研究推進本部地震調査委員会，2013d）、相模トラフ沿いの地震活動の長期評価の改訂（地震調査研究推進本部地震調査委員会，2014b）が行われた。

確率論的地震動予測地図の作成に用いる地震活動モデルでは、長期評価の対象となっている地震と、長期評価の対象となっていない地震の両方が考慮されており、長期評価されている地震は、基本的に長期評価の結果に基づいてモデル化される。今回作成した地震活動モデルには、「三陸沖から房総沖にかけての地震活動の長期評価（第二版）」（地震調査研究推進本部地震調査委員会，2011c）を反映している。

確率論的地震動予測地図の作成手法そのもの見直しでは、東北地方太平洋沖型地震が当時の確率論的地震動予測地図の地震活動モデルにおいて考慮されていなかったことや、東北地方太平洋沖地震の発生以前より指摘されていた、表現方法の問題などの複数の課題を解決するための検討を行った（地震調査研究推進本部地震調査委員会，2012、地震調査研究推進本部地震調査委員会，2013a）。その中でも、東北地方太平洋沖地震のような、十分な情報が得られておらず長期評価されていない地震をいかに考慮するかに主眼を置いて検討を行った。

地震調査委員会は、検討結果（「3. 東北地方太平洋沖地震後に行われた検討」を参照）を踏まえ、今後の地震動ハザード評価においては、十分な情報が得られず長期評価されていない地震について、従来考慮していたよりも大きな規模のものまで考慮するなど、地震活動モデルの不確実性を考慮することとした。

この方針に基づき、2014年版の地震活動モデルは、2013年における検討の「検討モデル」を基本として、従来の地震活動モデルに以下の変更を行った。

- ・ **あらかじめ震源断層を特定しにくい地震の最大マグニチュードの設定を変更し、従来考慮していたよりも頻度が低く規模の大きな地震も考慮。** 従来のモデルでは、海溝型地震の長期評価が公表されている各領域でモデル化する震源断層をあらかじめ特定しにくい地震とその領域で長期評価されている地震の規模（つまり、既往地震の最大規模）未満としていた。しかしながら、東北地方太平洋地震の発生直後に、茨城県沖で長期評価されていた地震の規模を大きく上回る $M7.6$ の地震が発生したこと等を踏まえ、繰り返し発生する地震が BPT 分布あるいは時間予測モデルでモデル化されている領域を除き、あらかじめ震源断層を特定しにくい地震の最大マグニチュードを、原則として、太平洋プレートのプレート間地震は $M8.5$ 、プレート内地震は $M8.2$ 、フィリピン海プレートのプレート間地震は $M8.5$ 、プレート内地震は $M8.0$ とする。ただし、地震活動に基づいて区分された領域の面積から設定される地震規模は超えないものとする。

また、大陸側プレートの内部で発生する地震のうち、活断層の存在が知られていないところで発生する震源断層をあらかじめ特定しにくい地震の最大マグニチュードは、従来、区分された各領域内で過去に発生した地震の最大規模を採用していたが、低頻度の地震まで考慮する場合には、現在評価に用いている過去 100 年程度の期間に発生した地震のデータだけでは不十分と考え、陸域では一律に $M7.3$ 、活断層の調査やモデル化が不十分な海域では一律に $M7.5$ とする（「5. 地震活動のモデル」の各領域の震源断層をあらかじめ特定しにくい地震に関する記述を参照）

- ・ **繰り返し発生する地震と震源断層をあらかじめ特定しにくい地震のマグニチュードの間の空白に対処。** 確率論的地震動予測地図では、長期評価された繰り返し発生する地震の最小マグニチュードより小さく、震源断層をあらかじめ特定しにくい地震の最大マグニチュードよりも大きなマグニチュードの地震については、考慮されていなかった（マグニチュードの空白）。このため確率論的地震動予測地図においてこのような地震も漏れなく考慮するため、繰り返し発生する地震と震源断層をあらかじめ特定しにくい地震のマグニチュードの間に空白がある場合は、震源断層をあらかじめ特定しにくい地震の最大マグニチュードを大きくして各領域のグーテンベルク・リヒター（Gutenberg-Richter）の関係式（「4.3.1 評価手法の概要」の脚注参照、以降 G-R 式）を適用し、マグニチュードの空白がないようにモデル化する。

- ・相模トラフ沿いの $M8$ クラスの地震（海溝型地震）についても、平均ケースと最大ケースを考慮。長期評価においてばらつきを考慮した地震発生確率が示された相模トラフ沿いの $M8$ クラスの地震（海溝型地震）については、従来活断層の地震の発生確率の算出に用いてきた「平均ケース・最大ケース」の考え方を適用し、最も平均的な値と考えられる発生確率と、考えうる最大の発生確率の 2 つの発生確率を考慮する。ただし、相模トラフ沿いの $M8$ クラスの地震の平均ケース、最大ケースの発生確率の算出の仕方は、活断層のそれとは異なる。「相模トラフ沿いの地震活動の長期評価（第二版）概要資料」（地震調査研究推進本部事務局，2014）では、地形・地質データから推定される過去の地震の発生履歴を説明可能な、BPT 分布に従う乱数時系列を多数発生させ、それらの乱数時系列から計算される「今後 30 年間の地震発生確率」の分布を示している。この分布のうち、95% の信頼区間に含まれるものについて、平均値を計算すると 0.7% となることから、相模トラフの $M8$ クラスの地震の平均ケースの発生確率は、今後 30 年間で 0.7% とした。最大ケースの発生確率は長期評価された発生確率の最大値とした（「5.2.1.1 相模トラフ沿いの $M8$ クラスの地震」を参照）。
- ・海溝軸よりも沖合で発生するプレート内地震（アウターライズ地震）を考慮。2013 年における検討の従来モデルでは、三陸沖から房総沖の海溝寄りの領域のプレート内地震（正断層型）を 2012 年のモデルから暫定的に海溝軸の外側にも配置した以外は海溝軸よりも沖合で発生するプレート内地震はモデル化の対象外であったが、東北地方太平洋沖地震発生後、日本海溝の沖合でも多くの地震活動が見られるため、これを考慮する（詳細は「5.1 太平洋プレートで発生する地震」を参照）。
- ・日本海東縁部の地震の発生確率として、BPT 分布を仮定して計算した長期評価による値（従来用いてきた値）とポアソン過程を仮定して計算した値の平均値を採用（参考資料 A-2 を参照）。「日本海東縁部の地震活動の長期評価」（地震調査研究推進本部地震調査委員会，2003b）では、北海道北西沖から新潟県北部沖までの 8 領域について大地震の発生可能性が評価されたが、このうち 5 領域については最近地震が発生していることから、今後 30 年間の地震発生確率はほぼ 0% となっている。一方で、日本海東縁部には多くの海底活断層の存在が知られており（例えば、泉・他，2014、文部科学省・東京大学地震研究所，2014）、長期評価で対象となった地震以外の大地震の発生も否定できない。詳細なモデル化は今後の知見の蓄積を待つ必要があるが、暫定的に日本海東縁部の 8 つの地震の発生確率については、ポアソン過程で計算した確率と BPT 分布により計算した確率の平均値とする（日本海東縁部の 8 つの地震については、「5.3.2 長期評価された地震のうち繰り返し発生する地震」を参照）。
- ・地震活動が低調な地域における頻度が低く規模の大きな地震を考慮するため、「大領域を用いる方法」も用いて震源断層をあらかじめ特定しにくい地震の発生頻度を算出。震源断層をあらかじめ特定しにくい地震の発生頻度は、地震地体構造区分に基づき設定された比較的小さな領域ごとに、1885 年以降（地域によってはより近年のデータに限定）

に発生した地震のデータに基づき設定されていた。このため、この期間内の地震活動が極めて低調な地域では、将来もほとんど地震が発生しないモデルとなっていた。新しいモデルでは、広域の平均的な地震活動も反映させるために、陸域を2領域（別途南西諸島と伊豆小笠原諸島の浅い地震を含めて4領域）に分割して算定した平均的な頻度を、従来の方法で算定された頻度と重みを付けて平均化した値とする（「4.3 震源断層をあらかじめ特定しにくい地震の評価手法の概要」を参照）。

- ・「活断層の長期評価手法（暫定版）」（地震調査研究推進本部地震調査委員会長期評価部会，2010）で示されている「地表の証拠からは活動の痕跡を認めにくい地震」を考慮。「活断層の長期評価手法（暫定版）」（地震調査研究推進本部地震調査委員会長期評価部会，2010）では、「地表の証拠からは活動の痕跡を認めにくい地震」の規模は $M6.8$ ～固有地震の規模（ただし $M7.4$ を上限）とし、発生頻度が平均活動間隔の2倍と仮定し、ポアソン過程に従うものとする（「5.3.1.4 地表の証拠からは活動の痕跡を認めにくい地震」を参照）。
- ・全国の主要活断層帯について複数区間の連動を考慮。「九州地域の活断層の長期評価（第一版）」（地震調査研究推進本部地震調査委員会，2013b）において、活断層の複数区間の連動の可能性が評価されている。2014年版では、2013年における検討の検討モデルと同様に、活断層の複数区間の連動を考慮する（詳細は「5.3.1.2 九州地域の活断層の長期評価において評価対象とする活断層」を参照）。
- ・「九州地域の活断層の長期評価（第一版）」および主要活断層帯の長期評価の一部改訂の反映。「九州地域の活断層の長期評価（第一版）」（地震調査研究推進本部地震調査委員会，2013b）に基づき、主要活断層帯とその他の活断層のモデルを更新する。この際、評価単位区間をそれぞれ独立した活断層としてモデル化するとともに、連動の可能性が記載されている場合には、全体が同時に活動する場合を別途モデル化する（「5.3.1.2 「九州地域の活断層の長期評価」において評価対象とする活断層」を参照）。
- ・南関東におけるフィリピン海プレートの形状に関する知見（「首都直下地震防災・減災特別プロジェクト」文部科学省・東京大学地震研究所（2012））を反映。従来のモデルでは、長期評価された海溝型の地震のうち、いわゆる固有地震に該当する地震以外の地震（ひとまわり小さい地震、繰り返し発生する地震でもポアソン過程でモデル化されている地震など）も個別にモデル化していた。新しいモデルでは、それらの地震を、震源断層をあらかじめ特定しにくい地震に含めてモデル化し、固有地震と震源断層をあらかじめ特定しにくい地震の2種類に明確に分類する（「5.2.3 フィリピン海プレートの震源断層をあらかじめ特定しにくい地震」を参照）。
- ・従来陸側の浅い地震として一括して扱っていた南西諸島の震源断層をあらかじめ特定しにくい地震を、陸側の浅い地震とフィリピン海プレートの沈み込みに伴う地震に分離してモデル化。「日向灘および南西諸島海溝周辺の地震活動の長期評価」（地震調査研究推進本部地震調査委員会，2004b）では、南西諸島周辺の浅発地震として深さ60km以浅の

過去の地震について言及している。従来のモデルでは、これに従い、陸側プレートの浅い地震とフィリピン海プレートの地震を一括して南西諸島周辺の震源断層をあらかじめ特定しにくい地震としてモデル化していた。新しいモデルでは、他の地域と同様に、陸側プレートの浅い地震とフィリピン海プレートの地震とに分離してモデルする(「5.2.3 フィリピン海プレートの震源断層をあらかじめ特定しにくい地震」および「5.3.3.1 陸域で発生する地震のうち活断層が特定されていない場所で発生する地震」を参照)。

2014年版の確率論的地震動予測地図は、以上の改良を行うとともに、2013年1月1日から時間が1年経過したことによる地震発生確率の変化を反映した。

表4.1-1に、以上に基づいて作成された地震活動モデルの概要を示す。2014年版の地震活動モデルは、2013年従来モデル(モデル1)や全国地震動予測地図2010年版の地震活動モデルと大きく異なる点が少なくないが、これは従来の地震活動モデルが科学的に否定されたことを意味するものではなく、作成方針の違いによるものである。2014年版の地震活動モデルは、東北地方太平洋沖地震発生当時の確率論的地震動予測地図において、事前に十分な情報が得られていない地震の考慮が不十分であったことを踏まえたものであり、基本的には2011年・2012年における検討のモデル2、2013年における検討の検討モデル(モデル2)のモデル化方針に基づくものである。

表 4.1-1 地震活動モデルの概要

		2013年起点の評価			2014年版
		従来モデル (モデル1)	検討モデル (モデル2)	参照モデル (モデル3)	
カテゴリー I	南海トラフ	M8~9, P30=67	同左	同左	同左
	大正型関東	M7.9, P30=0.21	M7.9~8.6 G-Rモデル	同左	M7.9~8.6 更新過程
	元禄型関東	なし (P30=0)			
	東北地方太平洋沖型	P30=0	同左	震源不特定に統合(*1)	2013年のモデル2と同じ
	三陸沖北部	M8.0, P30=8.4	同左		
	宮城県沖	M7.4, P30=55*	震源不特定に統合		
	十勝沖	M8.1, P30=1.8	同左	震源不特定に統合(*2)	2013年のモデル2と同じ
	根室沖	M7.9, P30=49			
	十勝沖・根室沖連動	M8.3, 6回に1回			
	色丹島沖	M7.8, P30=56			
択捉島沖	M8.1, P30=64				
カテゴリー II	南海トラフ震源不特定	$M_1 = 8.0/8.0$	同左	同左	同左
	相模トラフ M7	M6.7~7.2, P30=72*	$M_1 = 7.8/7.8$	同左	$M_1=7.8/7.3$
	震源不特定	$M_1 = 6.6/-$			
	三陸沖北部繰り返し以外	M7.1~7.6, P30=88*	$M_1 = 7.9/8.2$	*1 も含めて一括のG-Rモデル $M_1 = 9.5/8.2$	2013年のモデル2と同じ
	震源不特定	$M_1 = 7.0/7.5$			
	三陸沖中部震源不特定	$M_1 = 8.0/7.5$	$M_1 = 8.2/8.2$		
	宮城県沖繰り返し以外	M7.0~7.3, P30=61*	$M_1 = 8.4/8.2$		
	震源不特定	$M_1 = 8.0/7.5$			
	三陸沖南部繰り返し以外	M7.2~7.6, P30=51*			
	震源不特定	$M_1 = 8.0/7.5$	同左		
	三陸房総海溝寄震源不特定	$M_1 = 8.0/-$	同左		
	福島県沖震源不特定	$M_1 = 8.0/7.5$	$M_1 = 8.2/8.2$		
	茨城県沖繰り返し以外	M6.9~7.6, P30=69*	$M_1 = 8.3/8.2$		
	震源不特定	$M_1 = 8.0/7.5$			
	房総沖震源不特定	$M_1 = 8.0/7.5$	$M_1 = 8.3/8.2$		
	東北陸域太平洋P内	$M_1 = -/7.5$	$M_1 = -/8.2$	同左	
	十勝根室繰り返し以外	M7.1, P30=82*	$M_1 = 8.0/8.2$	*2 も含めて一括のG-Rモデル $M_1 = 9.5/8.2$	2013年のモデル2と同じ
	震源不特定	$M_1 = 6.9/7.5$			
色丹択捉繰り返し以外	M7.1, P30=94*	$M_1 = 8.0/8.2$			
震源不特定	$M_1 = 6.9/7.5$				
千島P内やや浅い	M8.2, P30=30*	十勝沖~択捉島沖に統合			
やや深い	M7.5, P30=67*				
千島陸域太平洋P内	$M_1 = -/7.5$	$M_1 = -/8.2$	同左		

表 4.1-1 2014 年版の地震活動モデルの概要 (つづき)

		2013 年起点の評価			2014 年版
		従来モデル (モデル 1)	検討モデル (モデル 2)	参照モデル (モデル 3)	
カ テ ゴ リ ー II	南関東太平洋 P (南関東 M7)	$M_1 = 7.2/-$	$M_1 = 8.1/8.2$	同左	廃止の上 周辺に統合
	小笠原太平洋 P 浅部	$M_1 = 7.4/7.4$	$M_1 = 8.5/8.2$	$M_1 = 9.5/8.2$	2013 年のモデル 2 と同じ
	深部	$M_1 = -/7.0$	$M_1 = -/8.2$	同左	
	安芸灘繰り返し以外	$M_1 = 6.7 \sim 7.4$, P30=36*	$M_1 = -/8.0$	同左	
	震源不特定	$M_1 = -/6.6$			
	日向灘繰り返し以外	$M_1 = 7.6$, P30=14*	同左	同左	
	ひとまわり小さい	$M_1 = 7.1$, P30=73*	同左	同左	
	震源不特定	$M_1 = 6.9/7.2$	同左	同左	
	南西諸島浅部	$M_1 = 7.7$ (陸と一体)	$M_1 = 8.5/8.0$	$M_1 = 9.5/8.0$	
	深部	$M_1 = -/8.0$	同左	同左	
	与那国島繰り返し以外	$M_1 = 7.8$, P30=26*	同左	同左	
太平洋 P の アウターライズの地震	なし	同左	同左	$M_1 = -/7.6$ $M_1 = -/8.2$	
カ テ ゴ リ ー III	北海道北西沖	$M_1 = 7.8$, P30=0.046	$M_1 = 7.8$, P30=1*	同左	更新過程による発 生確率とポアソン 過程による発生確 率の平均値を使用
	北海道西方沖	$M_1 = 7.5$, P30=0	$M_1 = 7.5$, P30=1*	同左	
	北海道南西沖	$M_1 = 7.8$, P30=0	$M_1 = 7.8$, P30=3*	同左	
	青森県西方沖	$M_1 = 7.7$, P30=0	$M_1 = 7.7$, P30=3*	同左	
	秋田県沖	$M_1 = 7.5$, P30=3*	同左	同左	
	山形県沖	$M_1 = 7.7$, P30=0	$M_1 = 7.7$, P30=3*	同左	
	新潟県北方沖	$M_1 = 7.5$, P30=0	$M_1 = 7.5$, P30=3*	同左	
	佐渡島北方沖	$M_1 = 7.8$, P30=3.9*	同左	同左	
	日本海東縁震源不特定	$M_1 = 7.3$	$M_1 = 7.5$	同左	$M_1 = 7.5$ 大領域を併用
	主要活断層帯 (全国)	2012 年末までに公表され た長期評価を反映	「地表の証拠から は活動の痕跡を認 めにくい地震」を 考慮	同左	・2013 年のモデル 2 と同じ ・新たに公表された 長期評価の改訂を 反映
九州地域の活断層 (帯)	地域評価を反映	同左に加え、複数区 間の連動と「痕跡を 認めにくい地震」を 考慮	同左		
与那国島震源不特定	$M_1 = 7.3$	同左	同左	$M_1 = 7.4$	
その他震源不特定	$M_1 = 6.8$ (海域 7.0)	$M_1 = 7.3$ (海域 7.5)	同左	$M_1 = 7.3$ (海域 7.5) 大領域を併用	

- ・2013 年 1 月 1 日から 1 年経過による地震発生確率の変化のみがある場合でも「同左」等の表現を用いている。
- ・P30 は 30 年発生確率 (%), * はポアソン過程で算出したことを示す。
- ・ M はマグニチュード、 M_1 について、/ の左側はプレート間、/ の右側はプレート内地震の最大マグニチュード。同様に M_2 について、/ の左側はプレート間、/ の右側はプレート内地震の最小マグニチュード。
- ・G-R モデルは、G-R 式(「4.3 震源断層をあらかじめ特定しにくい地震の評価手法の概要」の脚注を参照)を用いてポアソン過程で評価することを示す。
- ・表中の「震源不特定」は、震源断層をあらかじめ特定しにくい地震を、「震源不特定に統合」は、震源断層をあらかじめ特定しにくい地震としてモデル化したことを示す。
- ・元禄型関東地震は、地震発生確率が極めて小さく計算上考慮していないため、「なし (P30=0)」と表記している。
- ・背景が黄色は 2013 年起点の評価における、桃色は 2014 年版における変更点。
- ・地震カテゴリーは 2013 年起点の評価のモデル 1 に基づいている。

4.2 地震の分類

本報告書では、2014年版の地震活動モデルで考慮する地震を、以下のように分類する。なお、2013年における検討で「南西諸島及び与那国島周辺の地震」として扱っていた地震は、2014年版の地震活動モデルでは「陸側プレートの浅い地震」と「フィリピン海プレートで発生する地震」とに分離してモデル化するため、説明もそれぞれに分けて行っている。

- 1) 太平洋プレートで発生する地震
 - ・ 長期評価された地震のうち繰り返し発生する大地震
 - ・ 長期評価された地震のうち震源が特定されていない地震
 - ・ 震源断層をあらかじめ特定しにくい地震
- 2) フィリピン海プレートで発生する地震
 - ・ 長期評価された地震のうち繰り返し発生する大地震
 - ・ 長期評価された地震のうち震源が特定されていない地震
 - ・ 震源断層をあらかじめ特定しにくい地震
- 3) 陸側プレートの浅い地震
 - ・ 主要活断層帯（九州地区を含む）で発生する地震
 - ・ その他の活断層で発生する地震
 - ・ 長期評価された地震のうち震源が特定されていない地震（日本海東縁部の地震）
 - ・ 震源断層をあらかじめ特定しにくい地震
- 4) 与那国島周辺の地震
 - ・ 長期評価された地震のうち震源が特定されていない地震
 - ・ 震源断層をあらかじめ特定しにくい地震

4.3 震源断層をあらかじめ特定しにくい地震の評価手法の概要

本報告書では、前節に示したそれぞれの項目について、2014年版のモデルの詳細と、2014年版のモデルに対する2013年における検討の従来モデルおよび全国地震動予測地図2010年版のモデルの違いを概説する。次節の「震源断層をあらかじめ特定しにくい地震の評価手法の概要」についても、同様に記述する。

4.3.1 評価手法の概要

ここでは、地震活動モデルのうち、震源断層をあらかじめ特定しにくい地震の評価手法の概要をまとめる。

震源断層をあらかじめ特定しにくい地震は、その一つ一つについて、事前に発生場所、地震規模、発生確率を特定することが困難であるため、地震群としての特徴を確率モデル

で表現するものである。その評価手法は、「全国を概観した地震動予測地図」（地震調査研究推進本部地震調査委員会，2005b、地震調査研究推進本部地震調査委員会，2006h、地震調査研究推進本部地震調査委員会，2007f、地震調査研究推進本部地震調査委員会，2008f）および「全国地震動予測地図」（地震調査研究推進本部地震調査委員会，2009g、藤原・他，2009、地震調査研究推進本部地震調査委員会，2010f）で用いられているものと同様であり、基本的には「確率論的地震動予測地図の試作版（地域限定）」（地震調査研究推進本部地震調査委員会長期評価部会・強震動評価部会，2002）、「確率論的地震動予測地図の試作版（地域限定－北日本）」（地震調査研究推進本部地震調査委員会長期評価部会・強震動評価部会，2003）、「確率論的地震動予測地図の試作版（地域限定－西日本）」（地震調査研究推進本部地震調査委員会長期評価部会・強震動評価部会，2004）、および「震源を予め特定しにくい地震等の評価手法について（中間報告）」（地震調査研究推進本部地震調査委員会長期評価部会，2002）に準拠するが、2014年版モデルでは、陸側プレートの浅い地震の発生頻度の算出方法を変更した。

以下に、2014年版モデルの震源断層をあらかじめ特定しにくい地震の評価手法を示す。ただし、実際には評価する地域に応じて取扱いを変えている場合がある。それらの詳細については個別の項目で説明する（概要は図4.3.1-1を参照）。震源断層をあらかじめ特定しにくい地震は、過去に発生した地震のデータに基づき、地震の発生場所、規模、頻度をモデル化する。この際、

- a. 海溝型地震の長期評価で区分された領域、地震地体構造区分(地震地体構造区分については「10.1.5 地震活動モデルの領域分け」を参照)、震央分布等に基づいて区分された領域(図4.3.1-1)を単位として評価する方法(以降、地域区分する方法)
- b. aの領域を統合したさらに大きな領域(以降、大領域、図4.3.1-2)を単位として評価する方法(以降、大領域を用いる方法)
- c. 東西南北0.1度間隔で機械的に区分されたメッシュを単位として評価する方法(以降、地域区分しない方法)

の3つのうち、太平洋プレートおよびフィリピン海プレートで発生する地震についてはaおよびcの2つを、陸側プレートの浅い地震についてはa、b、cの3つを用いる。

aは損害保険料率算定会(2000)で用いられている手法に準じたもの、bは2014年版モデルで新たに加えられたもの、cはFrankel(1995)におけるsmoothed seismicityの考え方に準じたものである。3者の大きな違いは、地震活動度が一様と考える領域の大きさである。aとbでは、単位面積当たりの地震発生頻度が領域内で一定になるように頻度を算定する。大領域を用いる方法、地域区分する方法で用いる領域の面積は、一般に0.1度のメッシュよりも大きいため、地震発生頻度の地域変化(最大と最小の頻度の比や頻度の距離による変化の程度)は、地域区分しない方法で求めた方が大きくなる傾向がある。最終的には、地域区分する方法に基づく頻度も0.1度メッシュごとの頻度に換算し、太平洋プレートおよびフィリピン海プレートで発生する地震についてはaとcの2つの平均値を、

陸側プレートの浅い地震については a、b、c の 3 つの平均値を用いることとした。

地震発生頻度の算定に用いる震源データは、対象地域ごとの条件を勘案して決めているが、

中地震カタログ：宇津カタログ（宇津，1982；宇津，1985）のうち 1885 年から 1925 年のマグニチュード 6.0 以上の地震と、2010 年に刊行された「平成 23 年 5 月 地震・火山月報（カタログ編）」（気象庁，2011）に収録の震源データのうち 1926 年から 2010 年のマグニチュード 5.0 以上の地震のデータを組み合わせたもの。

小地震カタログ：気象庁震源データのうち 1983 年から 2010 年のマグニチュード 3.0 以上（太平洋プレートとフィリピン海プレートの地震については 4.0 以上）の地震のデータ。

の 2 つを併用する（以降、これを標準カタログと呼ぶ）ことを基本とするが、領域によって用いるカタログとカタログデータの期間を変えている。ここで、使用するカタログデータの期間を 2010 年までとしているのは、2011 年に起きた東北地方太平洋沖地震以降に発生した多数の余震による影響を避けるためである。用いたカタログおよびカタログデータの期間については、各領域の説明のところで記述する。

なお、震源深さが 200km 以浅の地震を用い、別途モデル化されている地震（主要活断層帯、海溝型地震、主要断層帯以外のその他の活断層）に対応するものはこれらのカタログから除去する。

余震は、マグニチュード 6.0 以上の地震の発生後 90 日以内に、震央を中心とする次式（建設省土木研究所地震防災部振動研究室，1983）で表される面積 A (km²) の円内で発生した地震を余震とみなし、機械的に除去する。

$$\log A = M - 3.2 \quad (4.3.1-1)$$

なお、前震および群発地震は除去しない。

このように処理された地震カタログデータを用いて、各単位面積における地震の発生頻度を、

- (1) 地域区分する方法
 - (1-a) 中地震カタログ
 - (1-b) 小地震カタログ
- (2) 大領域を用いる方法
 - (2-a) 中地震カタログ
 - (2-b) 小地震カタログ
- (3) 地域区分しない方法
 - (3-a) 中地震カタログ
 - (3-b) 小地震カタログ

のそれぞれについて計算して求めた頻度を用いる。

具体的には、太平洋プレートおよびフィリピン海プレートで発生する地震については、1-a、1-b、3-a、3-b の4つの頻度を平均して、陸側プレートの浅い地震については、1-a、1-b、2-a、2-b、3-a、3-b の6つの頻度を平均して用いる。「地域区分する方法」「地域区分しない方法」による頻度（2013年版検討モデルで用いられた頻度）を図4.3.2-3に、「大領域を用いる方法」による頻度を図4.3.2-4に、それぞれ示す。

地震の規模の確率分布は、上限値を有するG-R^{※1}式の関係に従うと仮定して評価し、係数 b は日本周辺の平均的な値と考えられる0.9とする。考慮する最小のマグニチュードは5.0^{※2}とし、最大マグニチュードは過去に発生した地震の規模や関連する長期評価の結果等を踏まえて、地域区分した領域ごとに設定するが、基本とする値として、内陸では7.3、海域では7.5とする。2013年従来モデルでは、内陸で6.8、海域で7.0としていたが、事前に十分な情報が得られない地震を考慮するため、従来よりも大きな値に設定した。地震の発生時系列は、定常ポアソン過程に従うと仮定する。

2014年版と、2010年版、2013年における検討のモデル化の違いの概要は以下のとおりである。

<2013年における検討の従来モデル>

- ・地震発生頻度の計算は2010年版と同じ。ただし、
 - ① 使用する気象庁震源データの期間は2010年末までである。
 - ② 東北地方太平洋沖地震の発生を受けて、震源断層をあらかじめ特定しにくい地震の最大マグニチュードを2010年版よりも大きく設定した（最大マグニチュードの値については、「A-3 従来モデルにおける震源断層をあらかじめ特定しにくい地震の最大規模」を参照）。
 - ③ 上記②に伴い、マグニチュードが7.6以上の大規模な地震の断層面を個別に設定した。

<全国地震動予測地図2010年版のモデル>

- ・地震の発生頻度は、「4.3.1 評価手法の概要」に示す1-a、1-b、3-a、3-bのそれぞれについて得られた地震の発生頻度の平均値としている。
- ・気象庁震源データは2008年末までのものを用いている。
- ・震源断層をあらかじめ特定しにくい地震の最大マグニチュードの値は、陸域の浅い地震については「全国地震動予測地図」2010年版（地震調査研究推進本部地震調査委員会、2010f）を、その他の領域で起こるものについては「全国地震動予測地図技術報告書」（地震調査研究推進本部地震調査委員会、2009h）を参照されたい。

※1 G-R式は、 $\log N(M) = a - bM$ で表され、 $N(M)$ はマグニチュード M の地震数、 a 、 b は係数。

※2 小地震カタログを用いる場合には、マグニチュード3.0（あるいは4.0）以上の地震の発生頻度と、 $b=0.9$ のG-R式に基づいて、マグニチュード5.0以上の地震の発生頻度を算出している。

ここでは、震源断層をあらかじめ特定しにくい地震のモデル化の概要について述べた。続いて、2014年版から新たに導入された大領域を用いる方法について、導入の経緯や領域の設定、導入の結果について詳述する。

4.3.2 「大領域を用いる方法」の導入の経緯

陸域の浅い震源断層をあらかじめ特定しにくい地震の評価では、図 4.3.2-1 に示す垣見・他 (2003) による地震地体構造区分 (新垣見マップ) を参照して図 4.3.1-1 に示すように領域を区分し、各領域内で

- ・ 最大マグニチュードの設定
- ・ 「地域区分する方法」における単位面積当たりの地震発生頻度

を一定値としている。

2013年までは、面積が海域と比較して相対的に小さい領域区分を用い、領域ごとに1885年以降 (地域によってはより近年のデータに限定) に発生した100年程度の期間の観測データに基づいて発生頻度を設定していた。具体的には、陸域の浅いところで発生する震源断層をあらかじめ特定しにくい地震の発生頻度の計算は、「地域区分する方法」と「地域区分しない方法」のそれぞれについて、中地震カタログと小地震カタログの2種類の地震カタログを採用し、「4.3.1 評価手法の概要」に示す1-a、1-b、3-a、3-bの4つについて得られた頻度を平均したものをを用いてきた (図 4.3.2-3)。4つの頻度を平均化しているものの、地域区分された各領域の面積が海域と比較して相対的に小さいこと、100年弱という短い期間の観測データに基づいていることから、得られた地震の発生頻度は地域差があり、空間的に局所的な分布となっている。結果として、最近の短期間の地震活動や、局所的な地震活動によってハザード評価の結果が大きな影響を受ける地震活動モデルとなっており、最近の地震活動が極めて低調な地域では、将来もほとんど地震が発生しないモデルとなっていた。

図 4.3.2-2 に示す過去100年弱の陸域の浅い地震のデータによれば、地震活動に地域差があり、その結果、地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2013a) の「3.5 長期間の確率論的地震動予測地図による検討」で指摘しているとおり、四国から紀伊半島、東海地方、関東地方に至る太平洋岸などでハザードが高くなる一方、北海道のオホーツク地方などでは、全国的にみると相対的にハザードが低くなっている。

しかし、観測データが得られている100年程度という期間は、陸域の浅い地震の平均的な発生間隔 (数千年～数万年) と比較して短く、最近の100年程度の地震活動の状態が、将来にわたって継続するとは限らない。実際に、東北地方太平洋沖地震後、それまで地震活動がきわめて低調であった福島県いわき市周辺において地震活動が活発化している例がある。一方、これとは反対に、近年地震活動が活発な地域において、今後地震活動が静穏化する可能性も否定できない。

このようなことから、将来の地震動ハザードの予測を行うに当たっては、地震活動がある期間だけ局所的に活発化（または不活発化）したことによって予測結果が過度に影響されることを防ぐための工夫をすることが必要と考えられる。例えば、時間的、空間的に平均化した地震発生頻度を用いることが考えられるが、地震カタログの得られている期間は限られているため、2014年版の地震活動モデルでは、地震の発生頻度を算出する際に従来よりも大きな領域を用いて空間的に平均化した地震発生頻度も考慮することとした。

ただし、浦河沖および与那国島周辺の震源断層をあらかじめ特定しにくい地震については、大領域を用いる方法で求めた発生頻度は考慮しない。これは、浦河沖の地震が通常の地殻内地震よりも深い地震であること、与那国島周辺では地殻内地震と海溝型地震の分離が困難であり、「陸側プレートの浅い地震」と別の扱いをしているためである。

2011年・2012年における検討以来評価を行っている1万年や10万年といった非常に長期間を対象とした（あるいは非常に低い超過確率を対象とした）地震動ハザードには、陸域の浅い震源断層をあらかじめ特定しにくい地震の発生頻度のデータが直接的に影響するため、今回導入したような平均化の処理が特に重要であると考えられる。

4.3.3 大領域の境界の設定

新たに導入した領域（大領域）を図4.3.1-2に示す。新たな領域は、図4.3.1-1に示す地域区分について、

- ・ 伊豆諸島以南の領域、南西諸島の領域はそれぞれ1つの領域とする。
- ・ 糸魚川－静岡構造線を境に東西に分割する。

により、合計4つの領域としている。ここで、島嶼部については地震カタログデータの震源決定精度が低いことを考慮して別扱いとし、東日本は太平洋プレート、西日本はフィリピン海プレートの沈み込みによる影響を勘案して糸魚川－静岡構造線を境として分割した。

4.3.4 「大領域を用いる方法」の導入の結果

「大領域を用いる方法」を用いて得られた地震発生頻度を図4.3.2-4に、中地震カタログ、小地震カタログのデータに基づく地震の累積頻度分布を図4.3.2-5、図4.3.2-6に示す。また、「地域区分する方法」「地域区分しない方法」による頻度（2013年版検討モデルで用いたもの、図4.3.2-3）と「大領域を用いる方法」による頻度（図4.3.2-4）を、2:1で重みづけして得た地震発生頻度を図4.3.4-1に示す。図4.3.4-1をもとに全国の地震発生頻度を概観すると、南西諸島の領域で他の3領域よりもやや頻度が高いが、残りの3領域の頻度は、ほぼ同程度となっている。具体的には、北緯34.8度で0.1度四方のM5以上の地震の頻度（単位：個/年）を比較すると、

北日本の領域： 6.5×10^{-4}

西日本の領域： 6.7×10^{-4}

伊豆諸島以南の領域： 6.3×10^{-4}

となっている。

また、従来のモデルでは全国の中でも地震の発生頻度が相対的に低くなっていたオホーツク海付近について、東経 143 度、北緯 45 度における 0.1 度四方の頻度（単位：個/年）を比較すると、

2013 年版： 1.9×10^{-5}

大領域： 5.6×10^{-4}

2014 年版： 2.0×10^{-4}

である。大領域を用いる方法を導入した結果、2014 年版では 2013 年版と比較して発生頻度が 1 桁大きくなったことがわかる。

続いて、2013 年における検討で作成した長期間のハザードマップ（地震調査研究推進本部地震調査委員会、2013a）の「3.5 長期間の確率論的地震動予測地図による検討」を参照）において最もハザードが低かった地域における「大領域を用いる方法」の導入によるハザードカーブの変化を示す。例として、北海道枝幸郡枝幸町付近におけるハザードカーブを、「2013 年版検討モデル」の頻度と「2013 年版検討モデルと大領域を 2:1 で平均化した頻度」を用いて試算した結果を図 4.3.4-2 に示す。図 4.3.4-2 のハザードカーブから、「大領域を用いる方法」で求めた頻度も用いたことにより、2013 年版検討モデルと比較して 2014 年版の方が、ハザードが上昇していることが分かる。

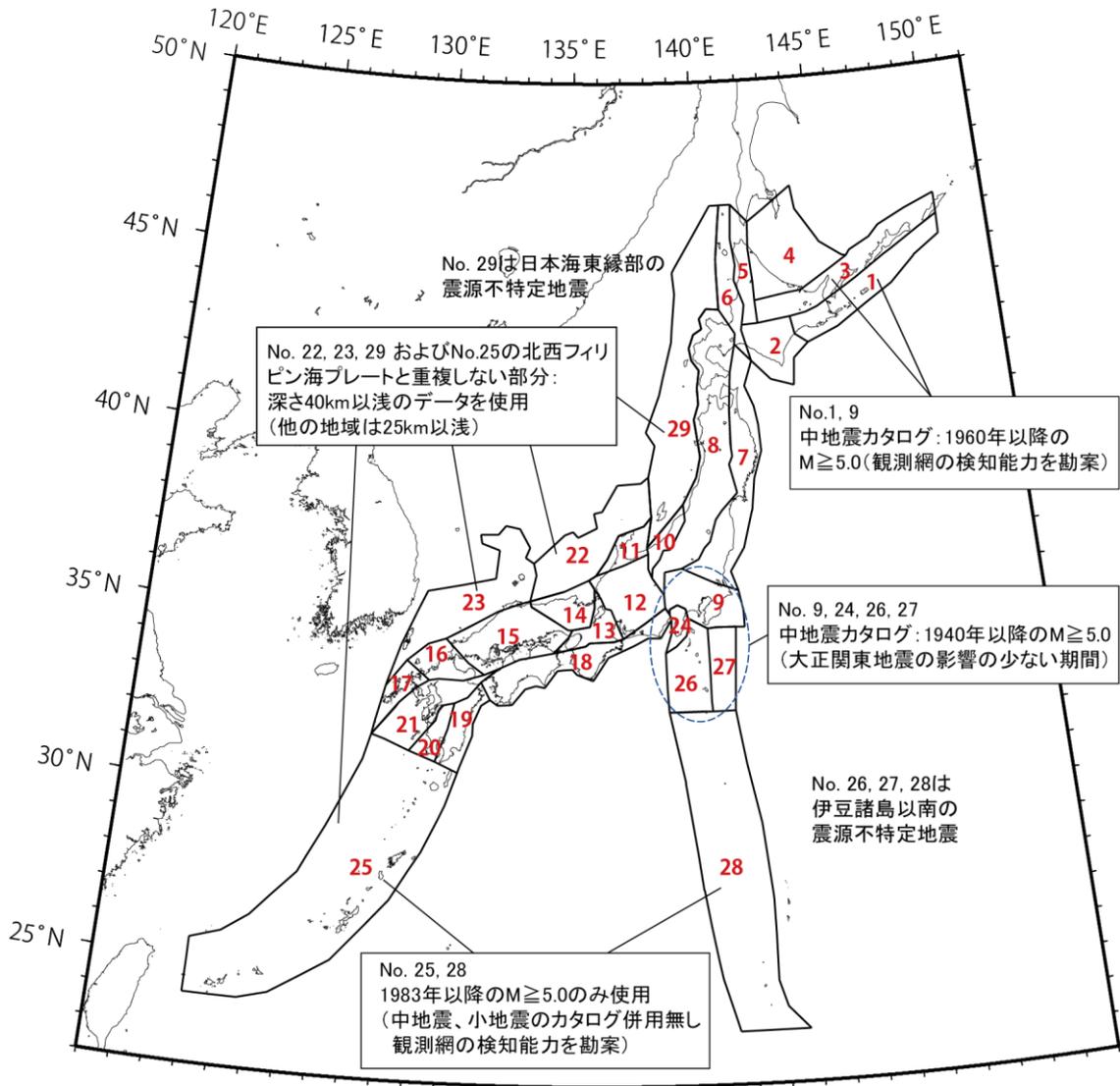


図 4.3.1-1 地域区分する方法で用いる地域区分

※赤文字は領域番号を示す。各領域での地震の規模別発生頻度を算出するために用いる地震カタログも併せて示す。

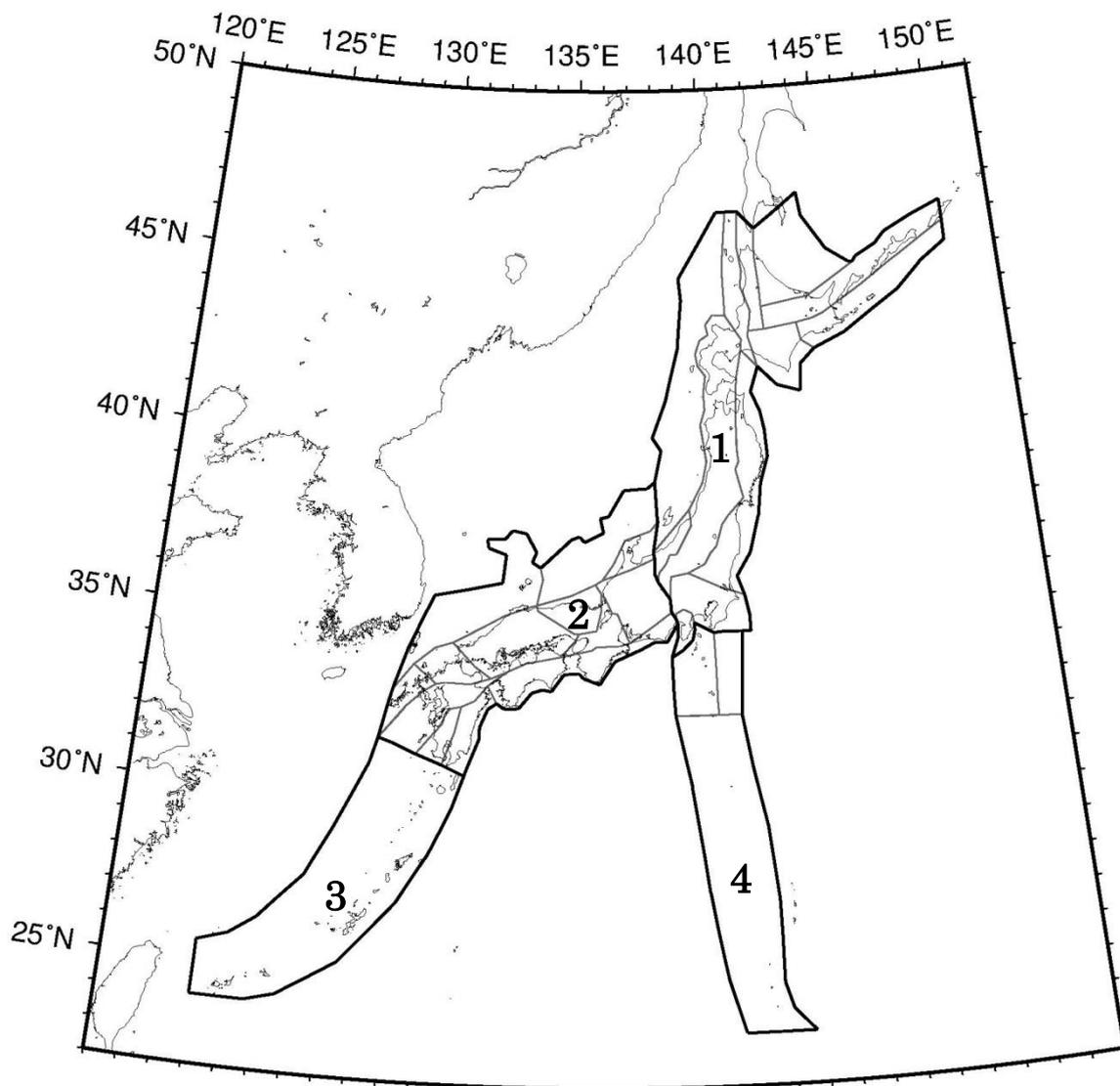


図 4.3.1-2 大領域の領域分け

太線は大領域の領域区分線、グレーの線は2013年における検討の検討モデルの領域区分線を示す。数字は領域番号を示す。

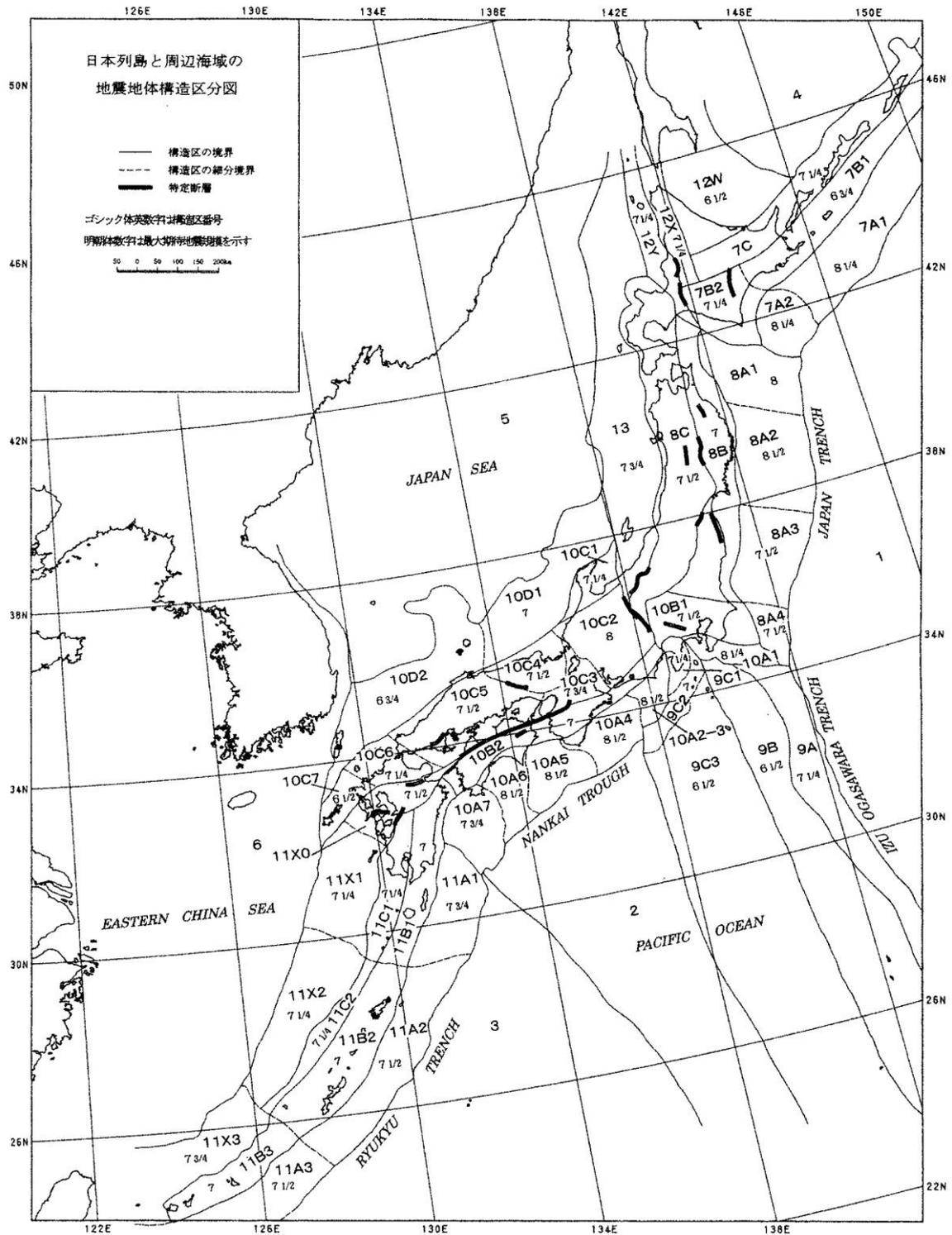
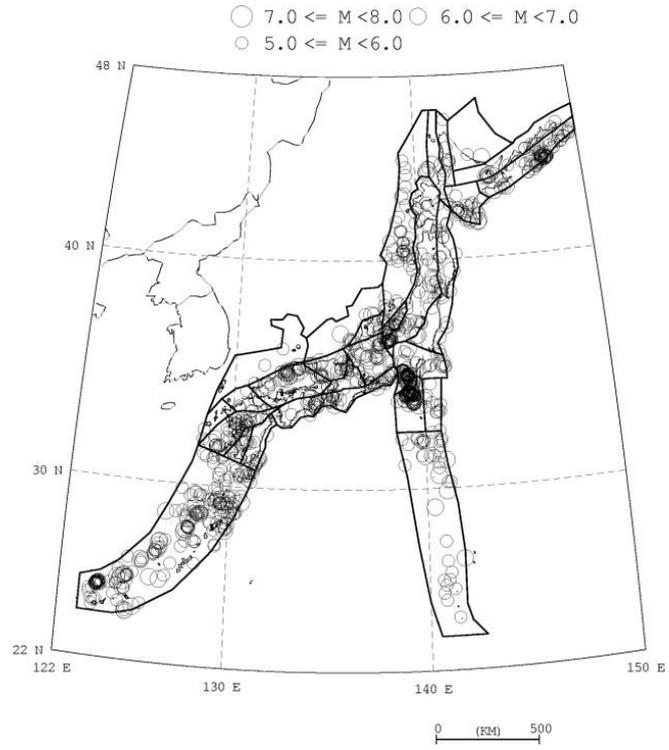
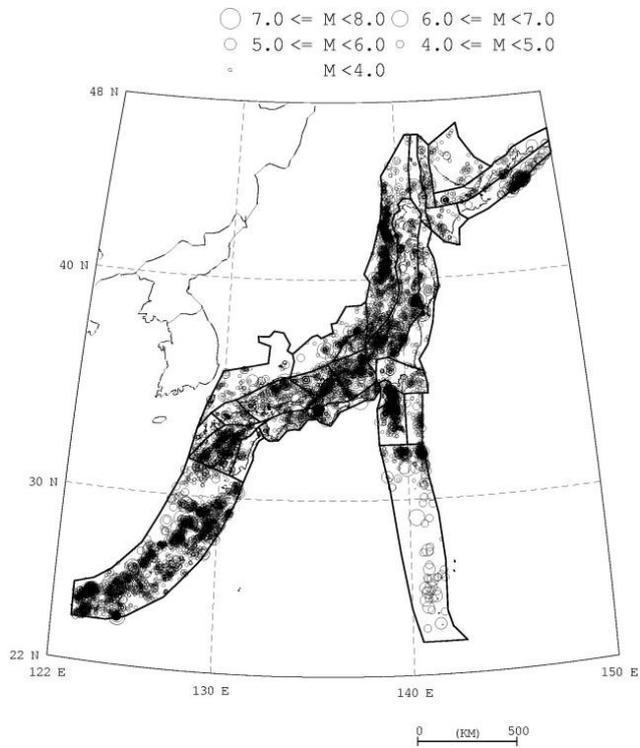


Fig. 1. Seismotectonic province map in and around the Japanese islands. Boldfaced sign is the symbol of province. Roman-type numeral represents the expected maximum earthquake magnitude (M_{max}) assigned to each province. Solid line: boundary between provinces. Broken line: boundary between subprovinces. Bar: the designated fault.

図 4. 3. 2-1 垣見・他(2003)による地震地体構造区分図 (新垣見マップ)



1926年～2010年、 $M \geq 5.0$



1983年～2010年、 $M \geq 3.0$

図 4.3.2-2 過去に発生した地震の震央分布

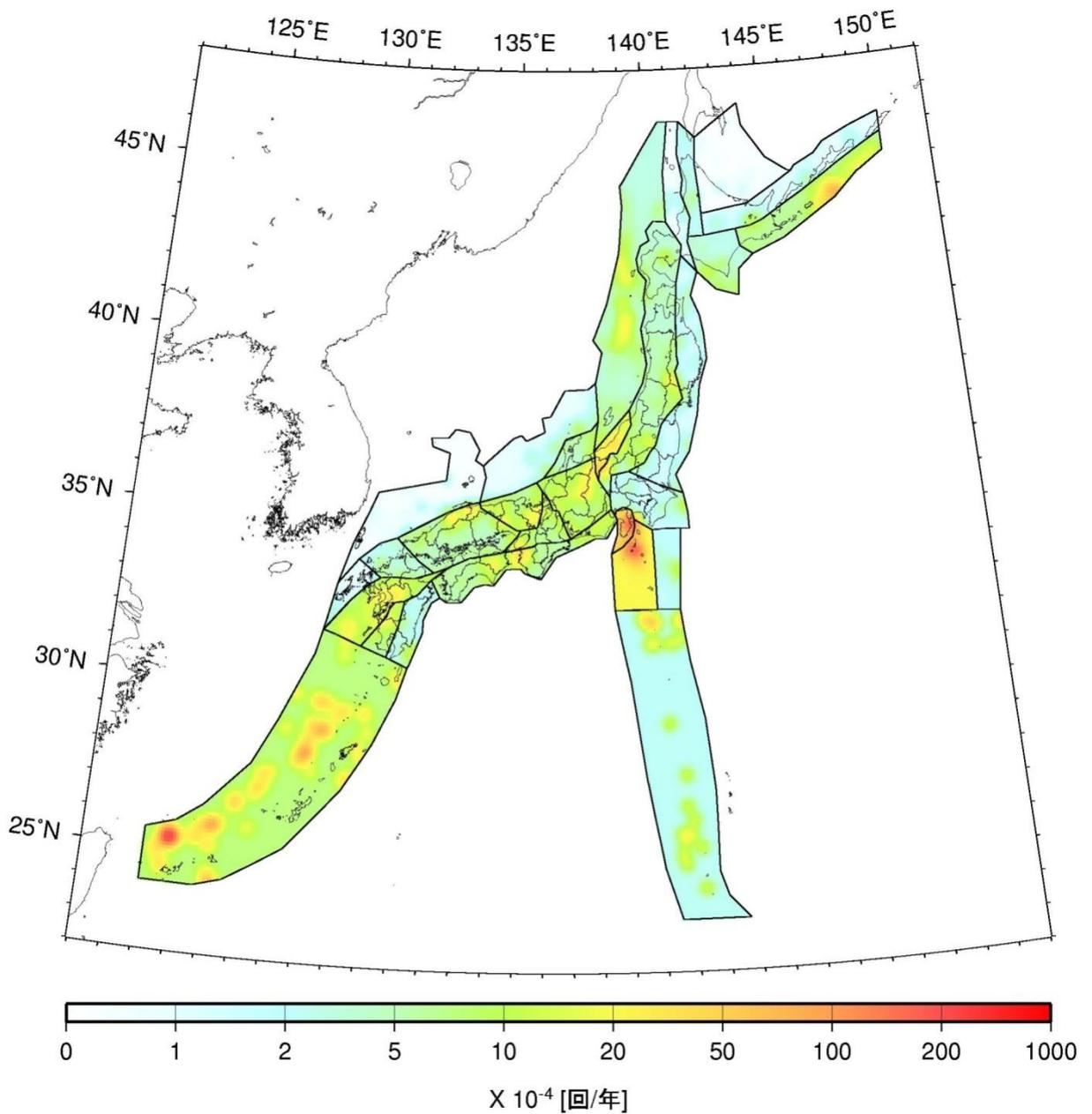


図 4.3.2-3 「地域区分する方法」と「地域区分しない方法」の2つを用いて求めた震源断層をあらかじめ特定しにくい地震の発生頻度

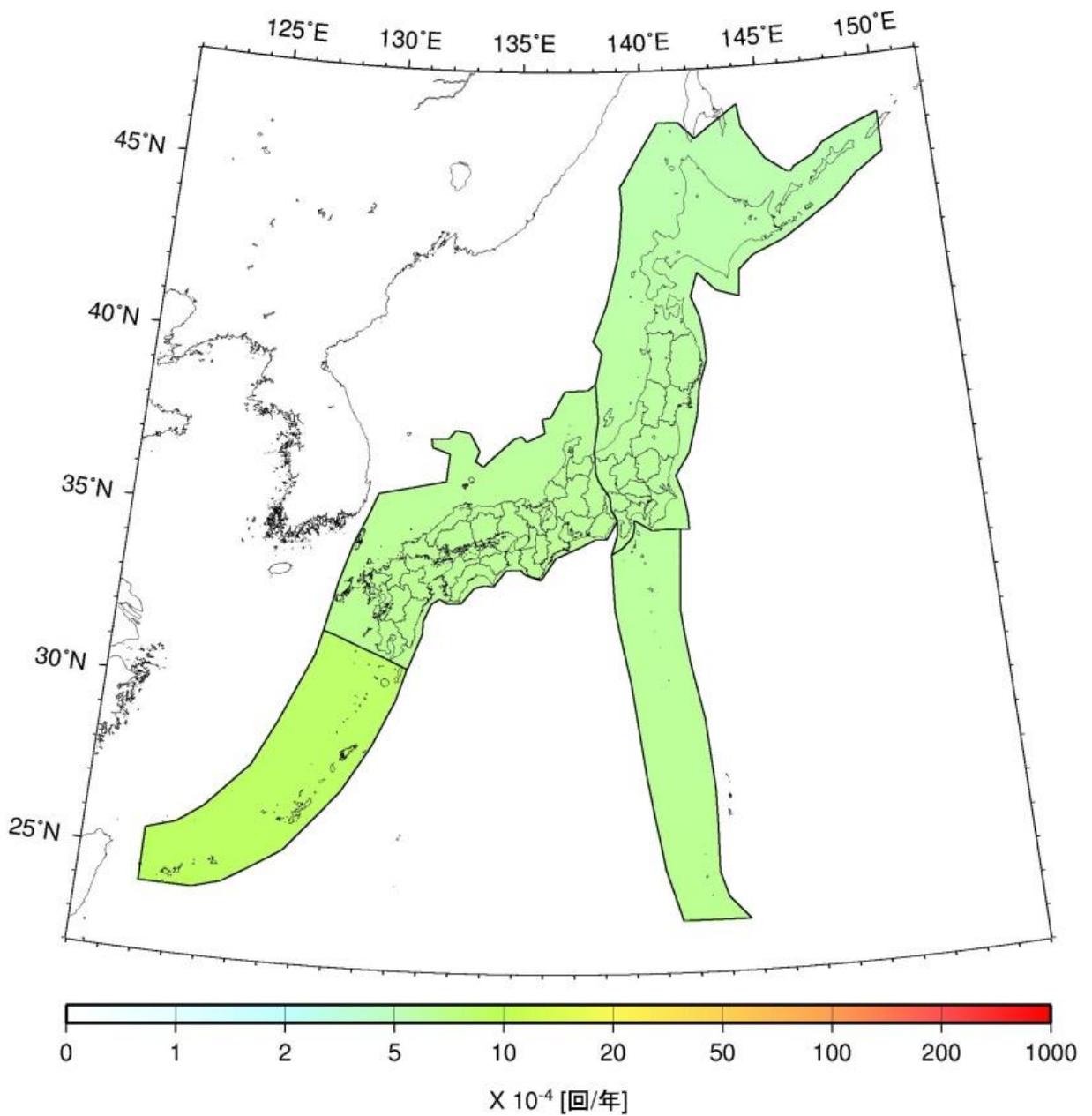


図 4.3.2-4 「大領域を用いる方法」を用いて求めた地震の発生頻度

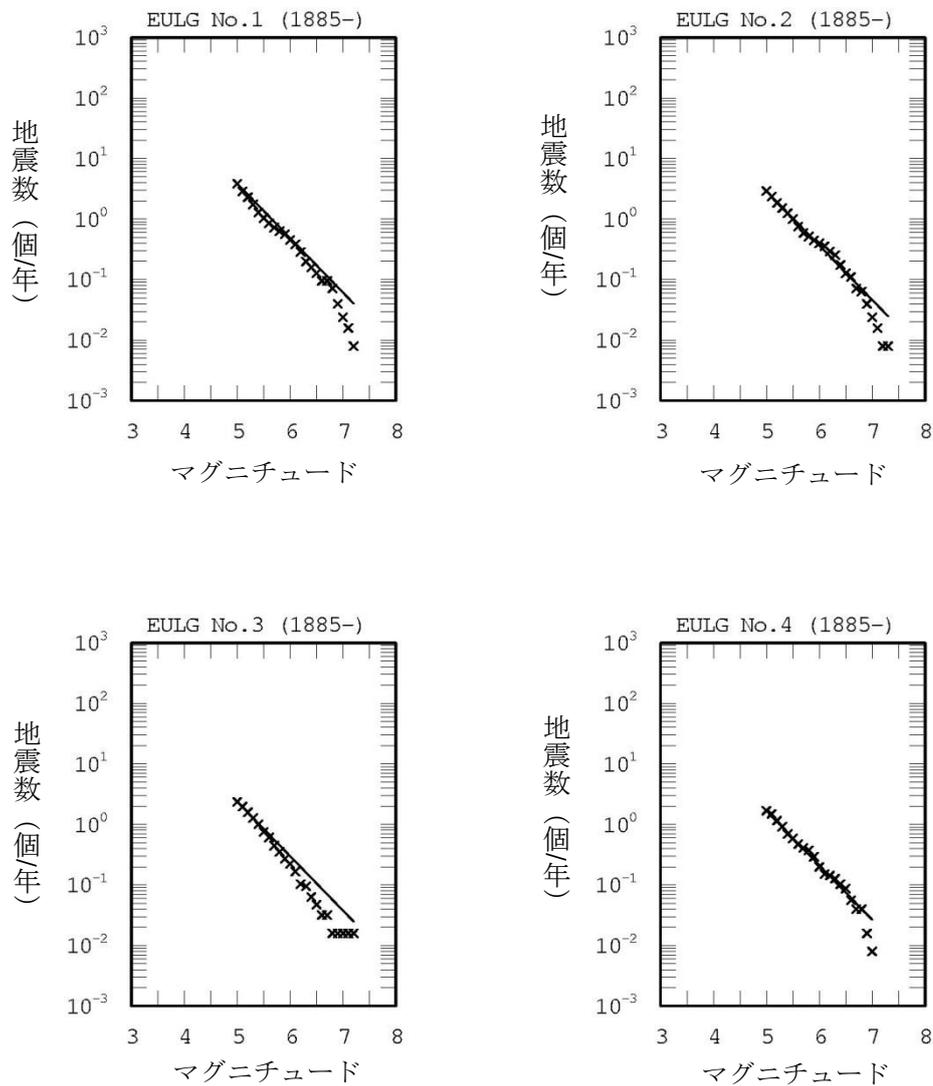


図 4.3.2-5 「大領域を用いる方法」を用いて求めた地震の中地震カタログに基づく地震の規模別累積発生頻度(×印)。実線はb値0.9のG-R式を表す。各グラフの上に表示番号は図4.3.1-2の領域番号を示す。

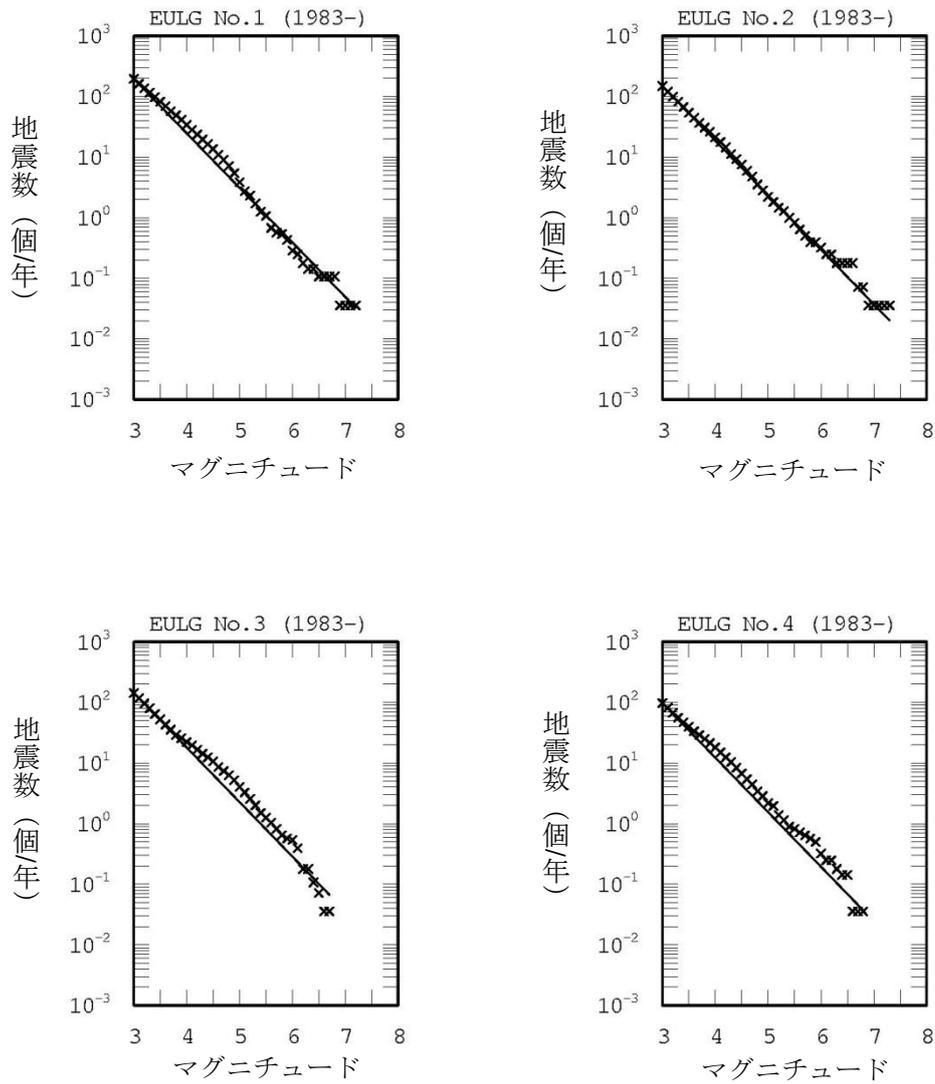


図 4.3.2-6 「大領域を用いる方法」を用いて求めた地震の小地震カタログに基づく地震の規模別累積頻度(×印)。実線はb値0.9のG-R式を表す。各グラフの上に示す番号は図4.3.1-2の領域番号を示す。

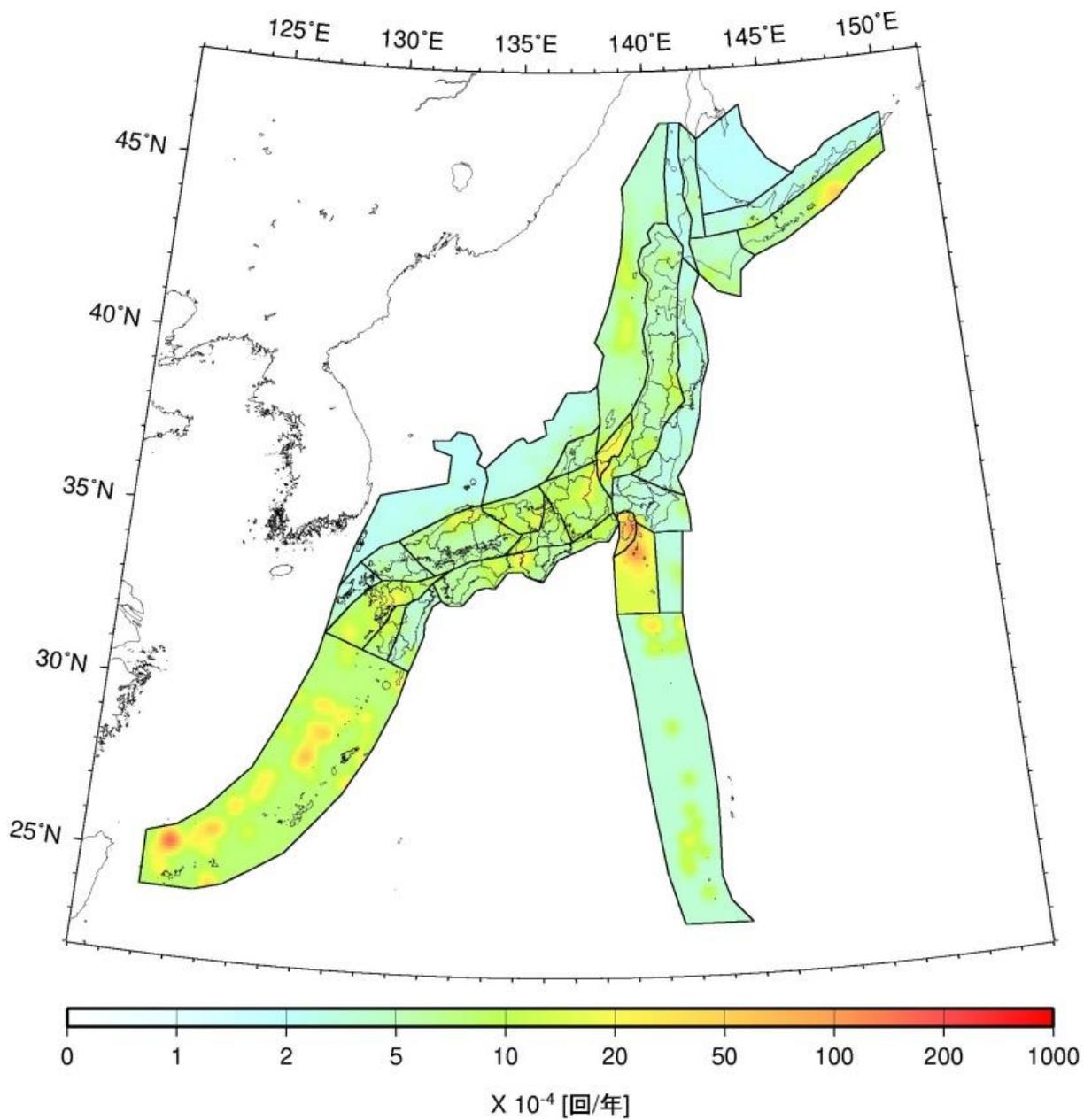


図 4.3.4-1 2014 年版モデルで用いる地震の発生頻度
 (「地域区分する方法」「地域区分しない方法」を用いて求めた地震の発生頻度と
 「大領域を用いる方法」を用いて求めた地震の発生頻度を 2:1 で平均して求めたもの)

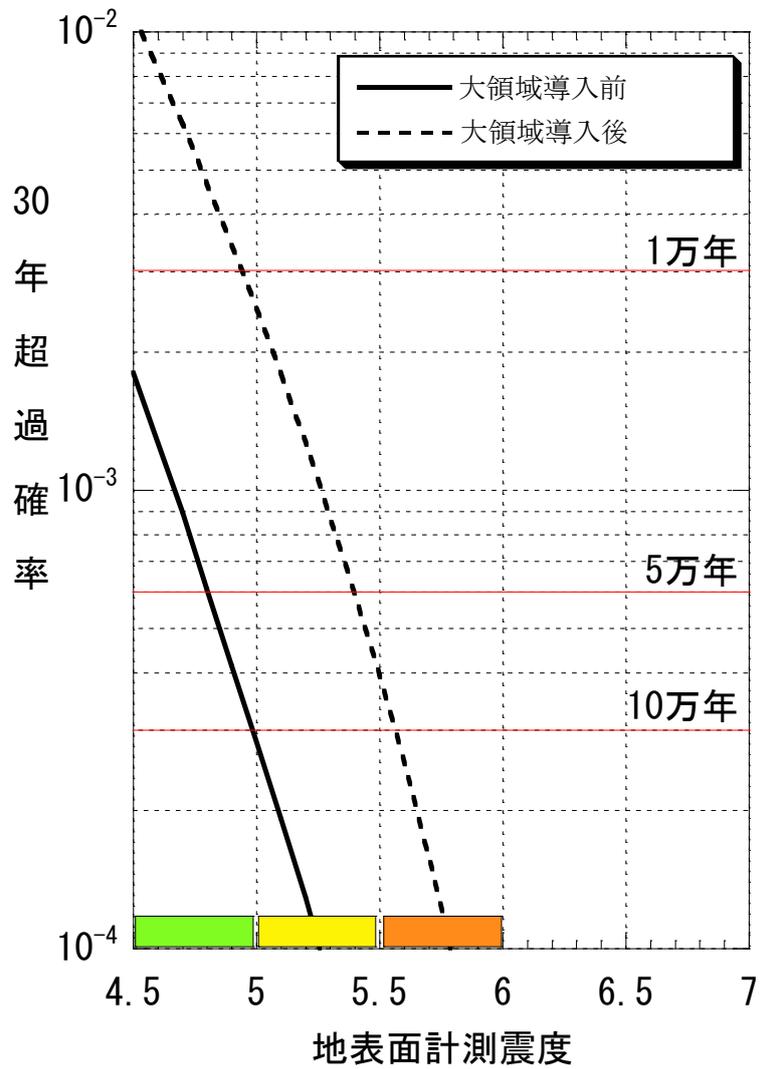


図 4.3.4-2 「大領域を用いる方法」の導入前後での結果の変化
(北海道枝幸郡枝幸町付近におけるハザードカーブの比較)