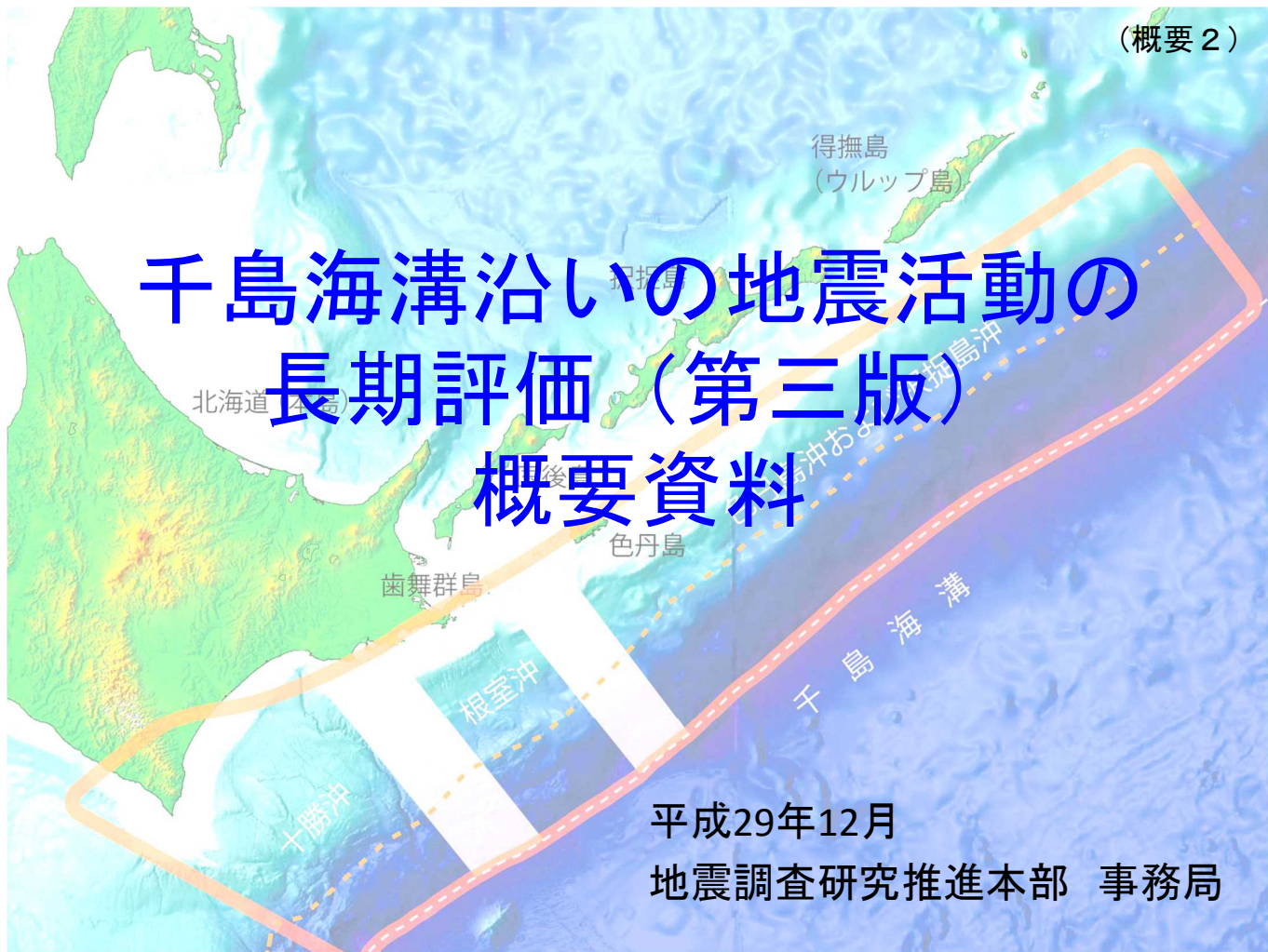


# 千島海溝沿いの地震活動の 長期評価 (第三版) 概要資料



平成29年12月  
地震調査研究推進本部 事務局

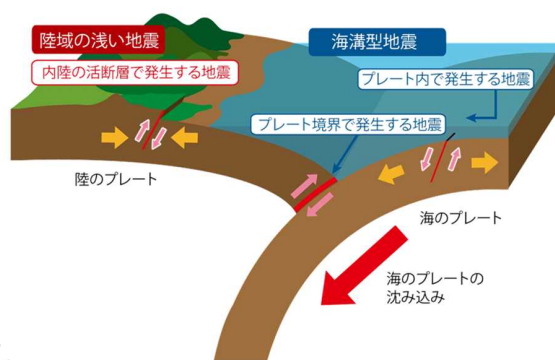
## 海溝型地震の長期評価

改訂にあたって

### 海溝型地震の長期評価

地震調査研究推進本部の下に設置されている地震調査委員会は、**防災対策の基礎となる情報を提供するため**、将来発生すると想定される地震の場所、規模、確率について評価し、これを**長期評価**として公表している。

**海溝型地震**とは、海のプレートと陸のプレートとの間のずれによって生じるプレート間地震と、海のプレート内部の破壊によって発生するプレート内地震を指す。大きな津波を伴うこともある。



日本列島周辺で発生する地震のタイプ

### 評価の経緯

- 2003年 千島海溝沿いの地震活動の長期評価  
十勝沖の地震発生確率(30年以内)を60%程度と評価
- 2003年 平成15年(2003年)十勝沖地震
- 2004年 千島海溝沿いの地震活動の長期評価(第二版)
- 2011年 平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震  
長期評価の見直しを検討
- 2013年 南海トラフ沿いの地震活動の評価(第二版)
- 2014年 相模トラフ沿いの地震活動の評価(第二版)



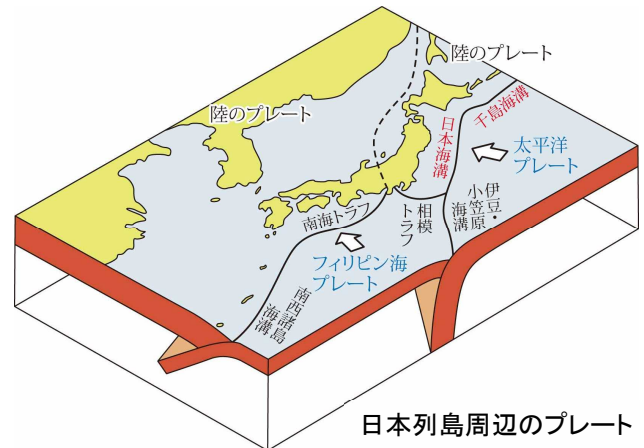
2003年十勝沖地震により亀裂や陥没が発生した道路(気象庁提供)

## 留意点

- ① 前回評価(2004年)以降の**新しい知見**を取り込む
- ② 固有地震モデル(ほぼ同じ領域で、ほぼ同じ規模・間隔で地震が発生する、というモデル)に固執することなく、発生し得る**地震の多様性を考慮**する
- ③ 現在の**科学的知見の範囲で、発生し得る超巨大地震を評価**する
- ④ 同一のプレートが沈み込んでいる千島海溝と日本海溝(「三陸沖から房総沖にかけての地震活動の長期評価」で評価)で評価の基準・考え方を可能な限りそろえる

## 評価文の構成

- **主文**: 得られた科学的知見を基に、対象とする地震活動をどのように評価したかを述べる  
【なるべく平易な表現】
- **説明文**: 科学的知見の不確実性、問題点も含めてきちんと述べ、地震の評価を行う  
【文献など専門的な要素を含む】



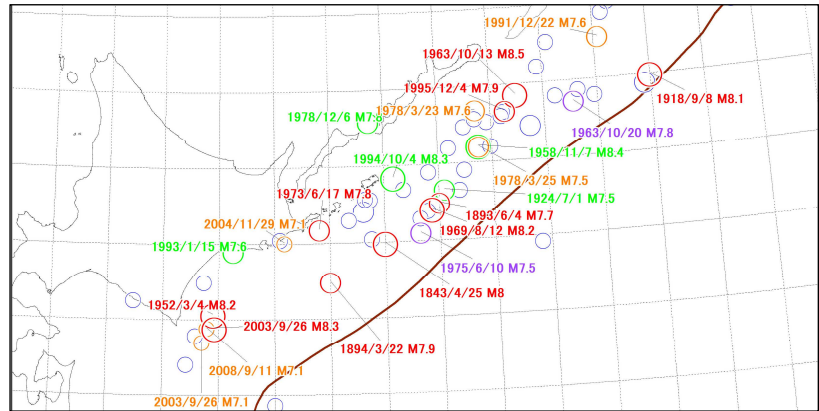
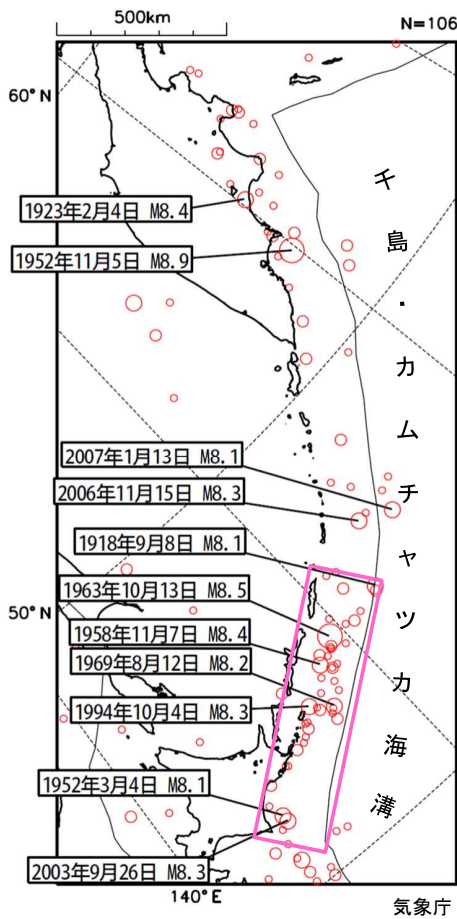
日本列島周辺のプレート

3

# 千島海溝沿いの地震活動の長期評価 (第三版) 改訂のポイント

改訂にあたって

- 東北地方太平洋沖地震のような**超巨大地震を評価**
  - 主に津波堆積物から評価
- 前回評価以降の科学的知見を考慮し、領域・確率を見直し
  - 震源域の推定にあたり、津波(波形)や地殻変動の解析結果等を考慮
  - 1960年以降の地震と、それ以前の地震は全く同一の場所で発生しているわけではなく、**過去の地震の震源域には多様性があると評価**
  - 多様性を加味し、「**境界領域**」を設定
  - **色丹島沖と択捉島沖の領域を統合し、震源不特定の地震として評価**  
(同じ震源域で繰り返し発生した根拠が少ないと判断)  
それに伴い、評価対象地震を変更した
- 三陸沖から房総沖にかけての地震活動の長期評価を参考に、**海溝寄りのプレート間地震(津波地震等)・海溝軸外側の地震を評価**



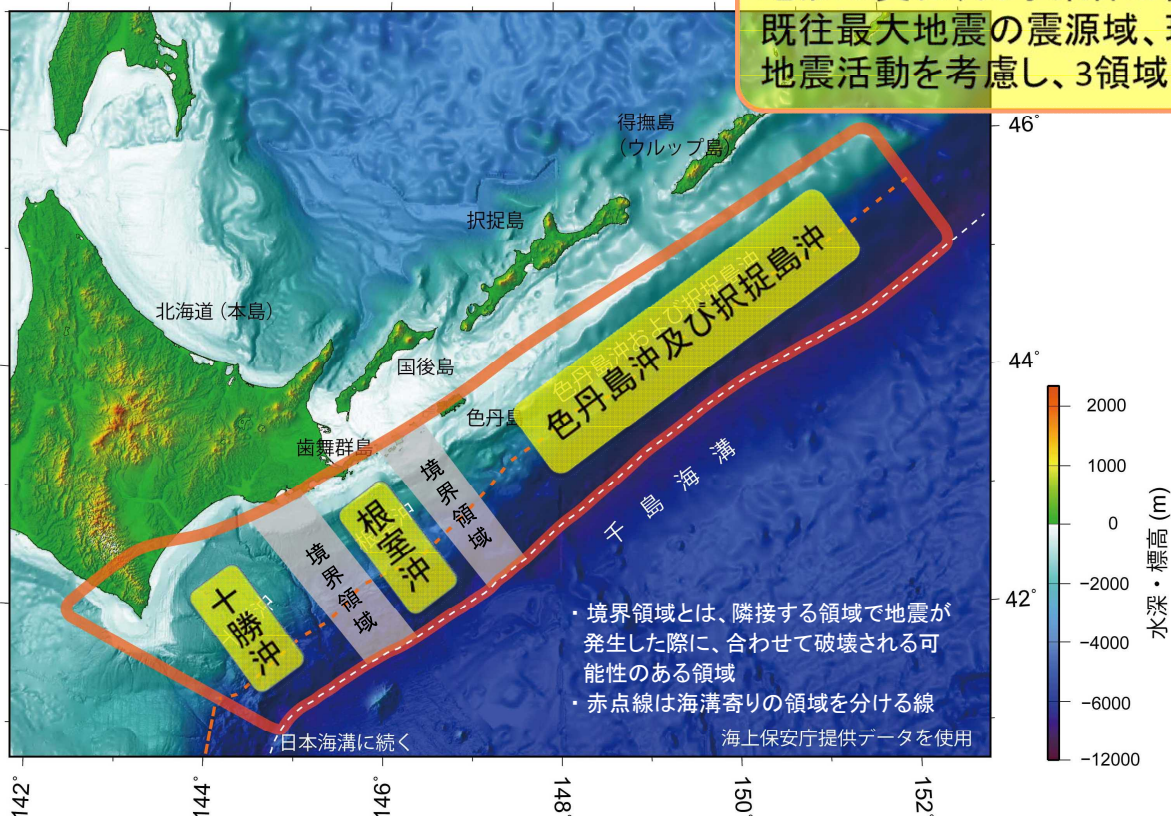
北海道周辺で近年に発生したM7以上の地震のプロット

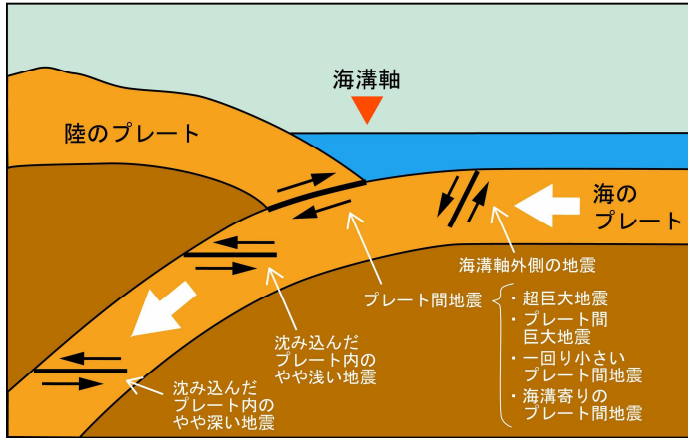
- 千島・カムチャツカ海溝とは、北海道の襟裳岬沖からカムチャツカ半島付近まで延びる海溝（溝状の海底地形）
- 太平洋プレートの沈み込みに伴う、規模の大きな地震が発生している（カムチャツカ半島沖で1952年にMw8.9の地震が発生）
- 評価対象領域（おおむね左図ピンク色の枠内）では、1900年～2013年にMw7.0以上の地震が50回程度発生

← 1900年以降に発生したMw7.0以上の地震のプロット。ISC-GEMカタログ（ver.4.0）による。ピンク色の枠が長期評価の評価対象領域の目安。

## 評価対象領域

地形の変化、力学条件の変化、既往最大地震の震源域、現在の地震活動を考慮し、3領域を設定



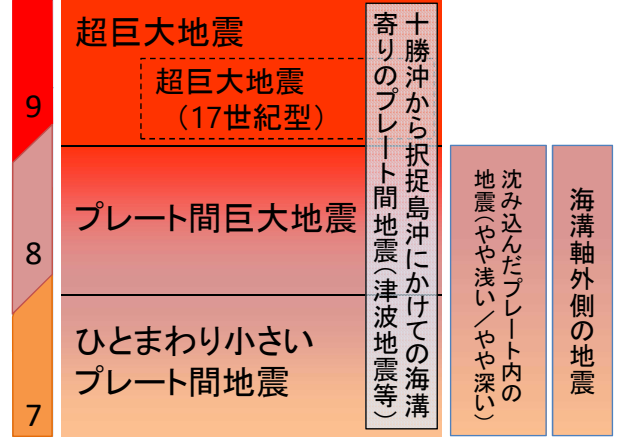


評価対象地震のイメージ

※ 矢印は断層運動の一例

千島海溝沿い

プレート間地震 プレート内地震



評価対象地震と規模のイメージ

※実際に評価対象となる規模は領域によって異なる

## 千島海溝沿いで近年発生した地震との対応

- プレート間巨大地震 : 平成15年(2003年)十勝沖地震、1973年根室半島沖地震
  - ひとまわり小さいプレート間地震 : 2004年11月の地震、2008年9月の地震
  - 沈み込んだプレート内のやや浅い地震 : 平成6年(1994年)北海道東方沖地震
  - 沈み込んだプレート内のやや深い地震 : 平成5年(1993年)釧路沖地震
- ※ そのほかに、過去に発生していない地震の様式も「三陸沖から房総沖にかけての地震活動の長期評価」を参考に新たに評価した

7

## (参考) 第三版で新たに評価した地震の種類

### 超巨大地震

東北地方太平洋沖地震のような、低頻度で発生するM9クラスのプレート間地震。北海道本島の東部(十勝・釧路・根室)に巨大な津波をもたらしたと考えられる地震を「超巨大地震(17世紀型)」と呼ぶ。

### 十勝沖から択捉島沖にかけての海溝寄りのプレート間地震(津波地震等)

多くの大地震はプレート境界の深部(陸寄り)で発生するが、まれに浅部(海溝寄り)まで破壊するものや浅部のみを破壊する地震があり、津波が大きくなりやすい。

特に浅部のみがゆっくりと破壊され、地震の揺れが小さくても大規模な津波が来る地震を「津波地震」という(例:1896年明治三陸地震)。

千島海溝沿いでは、1952年の十勝沖のプレート間巨大地震が海溝寄りまで破壊した。また、北方領土付近で1963・75年に津波地震が発生し、大きな津波が発生したが、被害は報告されていない。

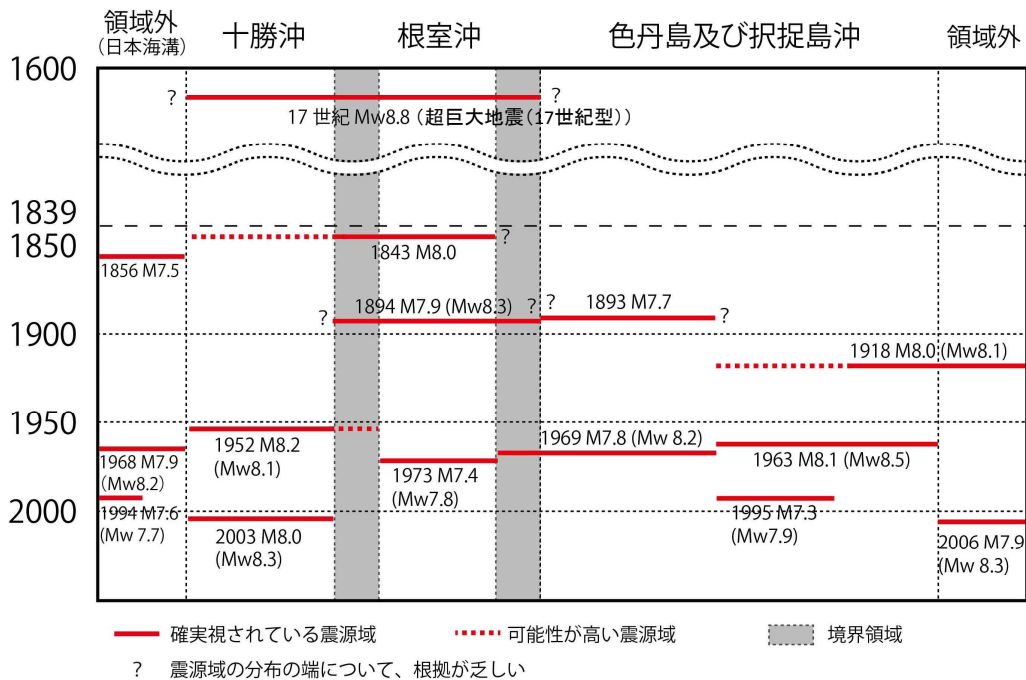
### 海溝軸外側の地震

海のプレートが海溝に沈み込む直前の部分にひずみが溜まり、地震が発生する(アウトライズ地震)。

大きな津波を引き起こすことがある(例:1933年三陸沖地震(M8.1))。

千島海溝付近では2007年に発生した(M8.2)が、領域外で発生したもので、顕著な被害は報告されていないため、評価対象に含めていない。

- 1839年(※)以降の地震を評価対象とした
- 必ずしも同じ震源域で地震は発生していない(多様性がある)



※厚岸にある国泰寺の記録(日鑑記)に1839年の地震による被害の記録があるが、震源の位置や発震機構が不明瞭であるため、検討対象から除き、以降は歴史文書等に基づく被害記録が比較的明瞭であり、巨大地震の見落としはないであろうと考えた

## 今後30年以内の地震発生確率

長期評価概要  
将来発生する地震の評価

評価対象地震	発生領域	規模	確率	計算に使用した地震	第二版の評価	地震後経過率
超巨大地震 (17世紀型)	十勝沖から択捉島沖 (根室沖を含む可能性高)	M8.8程度以上	7~40%*	津波堆積物から計算	— (確率未計算)	1.00~ 1.18
プレート間巨大地震	十勝沖	M8.0~8.6程度	7%	1843, 1952, 2003 の3回	2~7%	0.17
	根室沖	M7.8~8.5程度	70%程度*	1843, 1894, 1973 の3回	60%程度	0.67
ひとまわり小さい プレート間地震	色丹島沖及び択捉島沖	M7.7~8.5前後	60%程度	1839年以降に5回	60%程度, 70%程度	
	十勝沖・根室沖	M7.0~7.5程度	80%程度	1976年以降に2回	80%程度	
海溝寄りのプレート間 地震(津波地震等)	十勝沖から択捉島沖の 海溝寄り	Mt8.0程度	50%程度	1900年以降に3回	—	
プレート内地震	やや浅い領域	M8.4前後	30%程度	1839年以降に2回	30%程度	
	やや深い領域	M7.8程度	50%程度	1900年以降に3回	70%程度	
海溝軸外側の地震	千島海溝の海溝軸外側	M8.2前後	不明		—	

- ・地震後経過率=最新発生時期からの経過時間÷平均発生間隔 (2017年1月1日時点)
- ・地震後経過率は繰り返しを仮定した地震に対し計算した
- ・30年経過時点で地震後経過率が0.7を超えるものについては、切迫性を示すため確率に\*を付与した
- ・Mtは津波マグニチュード

次のスライドより、主要な地震の評価を説明



# 超巨大地震（17世紀型）の評価

長期評価概要  
将来発生する地震の評価

領域： 全域

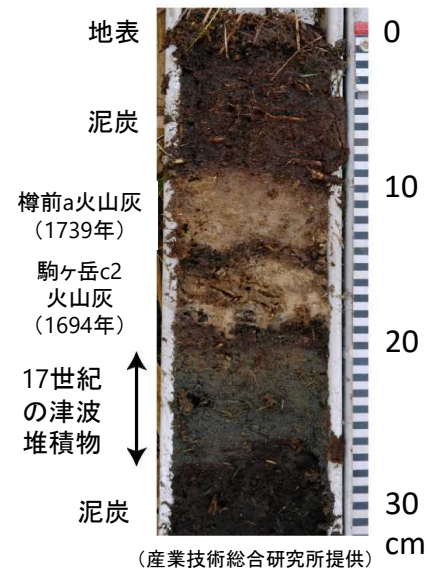
評価に使用した地震： 津波堆積物から推定された地震

平均発生間隔： 約340～380年

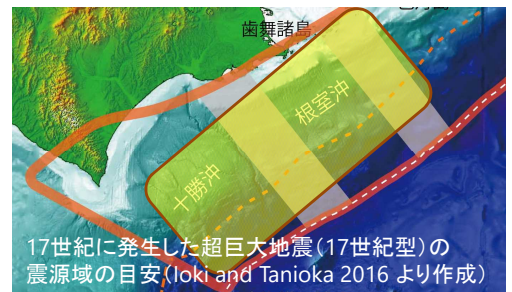
今後30年以内の地震発生確率： 7～40%

地震規模： M8.8程度以上

- 北海道東部太平洋側では、沿岸から1～4km内陸まで浸水するような津波が17世紀に発生したことが津波堆積物から推定されている
- 東北地方太平洋沖地震のように、海溝付近まで破壊が進行する超巨大地震であると評価、規模はM8.8程度以上と評価（第二版では、十勝沖と根室沖が連動するM8.3程度の地震として評価）（中央防災会議の「500年間隔地震」に対応）
- 津波堆積物調査によると、過去6500年間に最多で18回発生
- 個別の発生間隔は約100～800年とばらつくが、平均発生間隔は約340～380年と評価
- 17世紀の発生から、400年程度経過しているため、発生が切迫している可能性が高い



（産業技術総合研究所提供）



17世紀に発生した超巨大地震（17世紀型）の震源域の目安 (Ioki and Tanioka 2016 より作成)

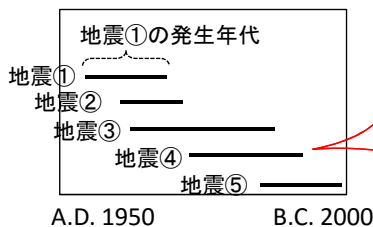
# 超巨大地震（17世紀型）の確率計算方法

長期評価概要  
将来発生する地震の評価

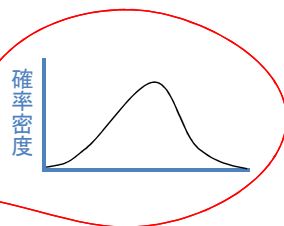
きりたつぶ もちりつぶ  
霧多布湿原、藻散布沼で行われた津波堆積物調査結果  
一超巨大地震と推測される堆積物がそれぞれ5層、7層発見  
炭素年代測定等から、発生年代が推定されている



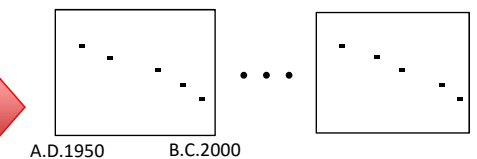
## 霧多布湿原の計算例



① 5層の堆積物から各発生年代を推定

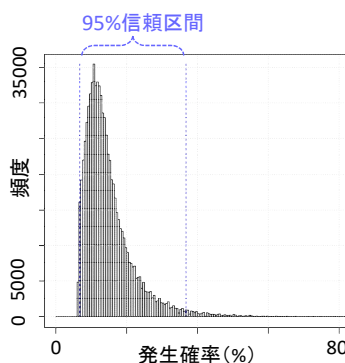


各発生年代は確率分布が設定されている



② 各地震の発生年を確率密度関数に基づきランダムに発生させ、平均発生間隔とばらつきを推定  
これを数十万回繰り返す

③ 得られた発生間隔とばらつきの値から、30年以内の地震発生確率を計算し、0.1%毎に集積し頻度の分布を作成。95%信頼区間をその地域の確率とした



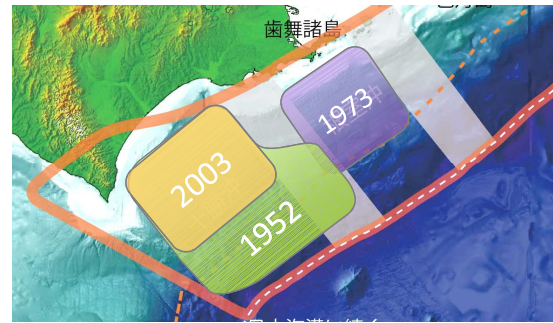
## 結果

霧多布湿原：約 7～37 %  
（中央値13%）  
藻散布沼：約 7～17 %  
（中央値10%）  
→ 7～40%と評価

# 十勝沖／根室沖のプレート間巨大地震

長期評価概要  
将来発生する地震の評価

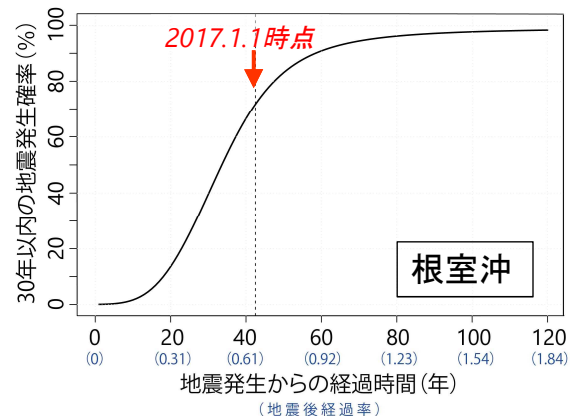
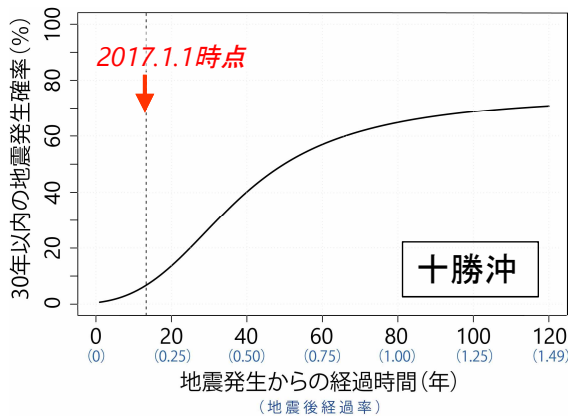
	十勝沖	根室沖
評価に使用した地震:	1843, 1952, 2003年	1843, 1894, 1973年
平均発生間隔:	約80年	約65年
今後30年以内の地震発生確率:	7%	70%程度
地震規模:	M8.0～8.6	M7.8～8.5



十勝沖・根室沖で発生したプレート間巨大地震の津波波源域 (Satake et al. 2006 および Tanioka et al. 2004, 2007 を使用)

## 留意点:

- ・ 2003年の十勝沖地震は1952年の震源域の南東側を破壊していないと推定されているため、次の根室沖の地震が、その領域(境界領域)を含み、規模が大きくなる可能性がある



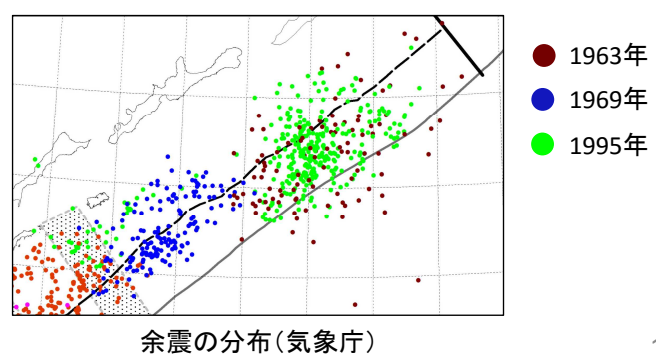
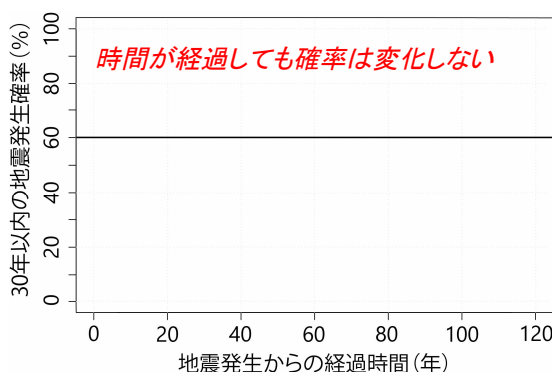
# 色丹島沖及び択捉島沖のプレート間巨大地震

長期評価概要  
将来発生する地震の評価

領域:	色丹島沖及び択捉島沖
評価に使用した地震:	1893, 1918, 1963, 1969, 1995年
発生頻度:	約35年に1回
今後30年以内の地震発生確率:	60%程度
地震規模:	M7.7～M8.5前後

## 留意点:

- ・ 同じ領域で繰り返しているかどうかは不明で、広い領域のどこかで、35年に1回の頻度で発生している
- ・ 繰り返しを設定していないため、時間が経過しても地震発生確率は変わらない
- ・ 1963年(択捉島沖)と1969年(色丹島沖)の地震の震源域は重ならず、規模が大きいことから、繰り返し発生している領域が存在する可能性がある



## ひとまわり小さいプレート間地震／海溝寄りのプレート間地震（津波地震等）

### ひとまわり小さいプレート間地震

	十勝沖及び根室沖	色丹島沖及び択捉島沖
領域:	十勝沖及び根室沖	色丹島沖及び択捉島沖
評価に使用した地震:	2003, 2004, 2008年	1978(3/23), 1978(3/25), 1991年
発生頻度:	約21年に1回	約14年に1回
今後30年以内の地震発生確率:	80%程度	90%程度
地震規模:	M7.0～7.5程度	M7.5程度

- ・ 繰り返しを設定していないため、時間が経過しても地震発生確率は変わらない
- ・ 過去の地震で大きな被害をもたらしたものはほとんど無いが、震度6弱を観測した地震もある
- ・ 2003年の地震は十勝沖地震直後の余震であるため、発生頻度・確率計算対象から除外

### 十勝沖から択捉島沖にかけての海溝寄りのプレート間地震（津波地震等）

領域:	十勝沖から択捉島沖 にかけての海溝寄り	・ 繰り返しを設定していないため、時間が経過しても地震発生確率は変わらない
評価に使用した地震:	1952, 1963, 1975年	・ 1952年の地震は十勝沖のプレート間巨大地震としても評価
発生頻度:	約39年に1回	
今後30年以内の地震発生確率:	50%程度	
地震規模:	Mt8.0程度 (津波マグニチュード)	

15

## 沈み込んだプレート内の地震／海溝軸外側の地震

長期評価概要  
将来発生する地震の評価

### 沈み込んだプレート内の地震

	やや浅い地震	やや深い地震
領域:	全域（深さ50km程度）	全域（深さ100km程度）
評価に使用した地震:	1958, 1994年	1924, 1978, 1993年
発生頻度:	約89年に1回	約39年に1回
今後30年以内の地震発生確率:	30%程度	50%程度
地震規模:	M8.4前後	M7.8程度

- ・ 繰り返しを設定していないため、時間が経過しても地震発生確率は変わらない
- ・ 被害をもたらした地震が過去に発生している
- ・ やや浅い地震は津波を、やや深い地震は広い範囲に揺れをもたらす傾向にある

### 海溝軸外側の地震

領域:	海溝軸の外側	・ 評価した領域では発生していないが、隣接する領域・海溝では発生しているため、今後発生する可能性がある
評価に使用した地震:	なし	・ プレート間巨大地震の後に発生することもある(2006年中千島のプレート間巨大地震(Mw8.3)→2007年(Mw8.1), 2011年東北地方太平洋沖地震(Mw9.1)→2011年(Mw7.6))
発生頻度:	不明	
今後30年以内の地震発生確率:	不明	
地震規模:	M8.2前後	

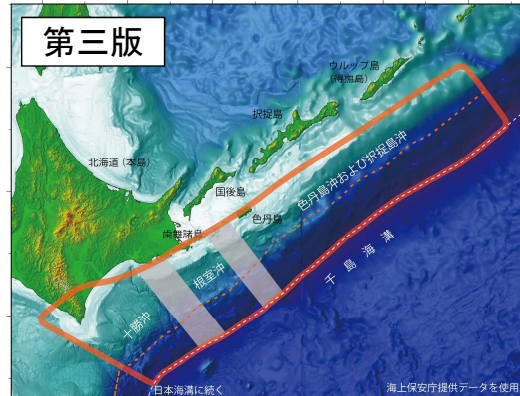
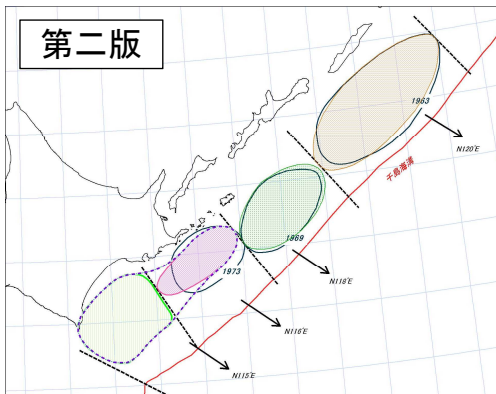
16



評価の課題	多様な手法を用いた評価	超巨大地震(17世紀型)の評価
より信頼性の高い評価のため、取り組むべきこと	<ul style="list-style-type: none"> <li>他地域と比べて、<b>歴史資料の存在期間が短く</b>、震源域の特定が困難</li> <li>十勝沖、根室沖で繰り返し発生している地震は、19世紀以降の<b>わずか3回</b>の履歴に基づく</li> </ul> <p style="text-align: center;">↓</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>海岸・海底地質調査等の手法による発生間隔や震源域の広がりを解明するための基礎となる情報の蓄積</li> <li><b>固着域の空間分布やひずみの蓄積過程の解明等を用いた、長期評価の高度化</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>津波堆積物の<b>北方領土側の分布に関する知見が少なく</b>、17世紀より前の震源域に関する評価が不十分</li> <li>発生確率の計算に使用した地域は現在調査されている津波堆積物の分布と比較すると<b>狭い</b></li> </ul> <p style="text-align: center;">↓</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>色丹島沖以東の地震に関する知見の蓄積</b></li> <li>過去の地震発生年代の決定精度の向上</li> <li>より広範な地点の詳細な時間分布を使用した評価手法の開発</li> </ul>

## 参考資料 (主な改訂点)

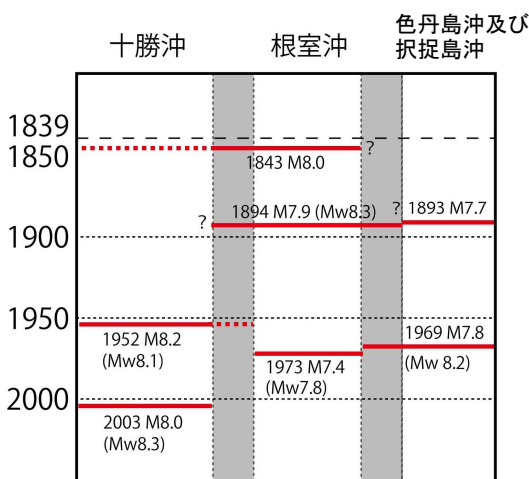
	第二版	第三版
領域	十勝沖／根室沖／色丹島沖／択捉島沖	十勝沖／根室沖／色丹島沖及び択捉島沖／境界領域(2か所)



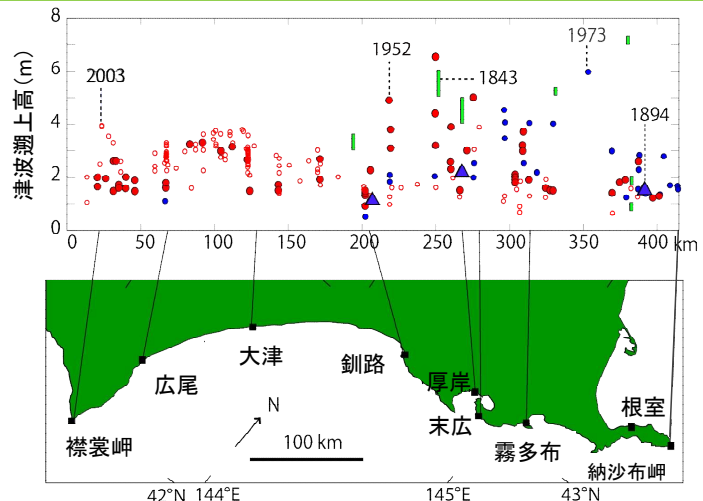
### 改訂の概要・根拠:

- ・ 20世紀後半以降の地震の震源域から推定した第二版の領域分けは誤りではない
- ・ それ以前の地震の震源域は不確実性が大きく、特に色丹島沖と択捉島沖の地震は知見が少なく、同様の震源域ではないという知見もあることから、領域を統合
- ・ 十勝沖(1952・2003年)、根室沖(1894・1973年)のプレート間巨大地震も、それぞれの震源域が完全には一致しないことから、境界領域を設定

# (参考) 震源域の多様性と境界領域の設定 (1)



— 確実視されている震源域      ⋯⋯ 可能性が高い震源域  
? 震源域の分布の端について、根拠が乏しい       境界領域

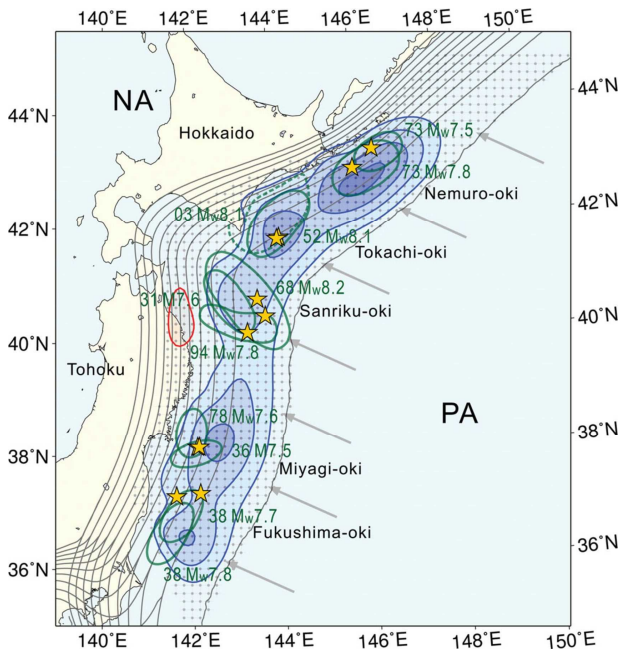


19-21世紀の十勝沖・根室沖の津波の高さの分布 (佐竹(2017)に加筆)

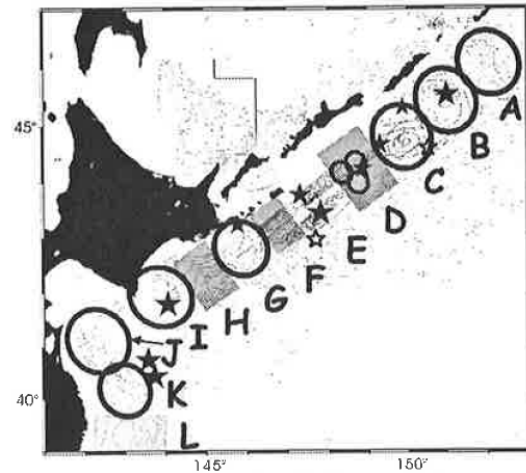
- ・ 2003年(右上図の○)と1952年(●)の十勝沖地震による津波高は厚岸側で高く、津波を起こした領域は1952年のほうが東側に大きかった(揺れはほぼ同一であった)
- ・ 1973年と1894年の根室沖の地震は、東北地方の検潮所で観測された津波波形の違いから、1894年のほうが広い領域を破壊したと推定
- ・ 1843年(第二版では「十勝沖の地震」)(■)も、史料の再解釈により根室沖で高かったと推定 → 十勝沖と根室沖の領域が連動したと評価。ただし、規模が小さく、課題は残る。
- ・ 以上より、常に同じ領域を破壊するとは限らず、多様性がある → 境界領域を設定 (隣接する領域で巨大地震が発生した際に、合わせて破壊される可能性のある領域)

# (参考) 震源域の多様性と境界領域の設定 (2)

主な改訂点



- ・地殻変動(GNSS連続観測)から推定された固着域の分布(青)と、実際に発生した地震の震源域(緑)(Hashimoto et al. 2012)



- ・アスペリティ分布(山中, 2006)  
○がついている部分が固着が強く、薄い■の部分は固着が弱いと推定される

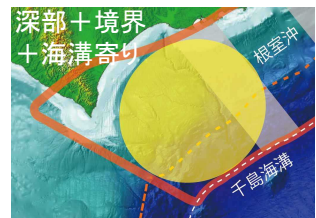
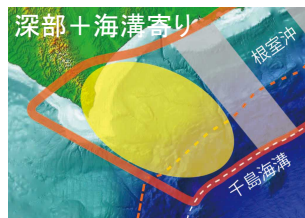
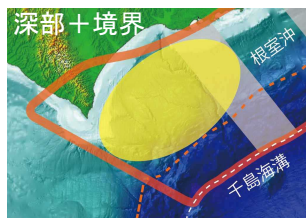
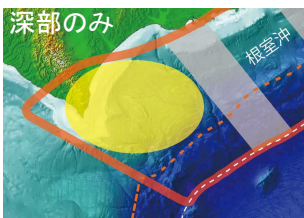
根室沖と十勝沖の間に、固着の弱い部分があり、境界領域の存在を支持

21

# (参考) 地震規模の評価 (M8以上のプレート間地震)

主な改訂点

	第二版	第三版
将来発生するプレート間巨大地震の規模	十勝沖と根室沖の連動(M8.3)	超巨大地震(17世紀型)(M8.8程度以上)
	十勝沖(M8.1前後)	十勝沖(M8.0~8.6程度)
	根室沖(M7.9程度)	根室沖(M7.8~8.5程度)
	色丹島沖(M7.8前後)(Mw8.2程度)	色丹島沖及び択捉島沖(M7.7~8.5前後)
	択捉島沖(M8.1前後)(Mw8.5程度)	



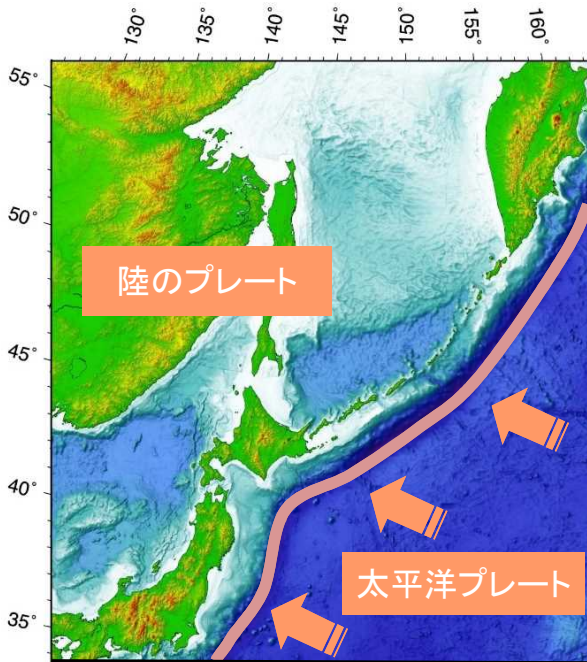
十勝沖のプレート間巨大地震の多様な震源域の例

- ・境界領域と海溝寄りの領域を設定し、震源域の多様性を表現
- ・地震規模の評価も、過去の地震規模だけでなく、各領域全体が破壊される規模まで設定(色丹島沖及び択捉島沖は、震源域が不明であるため過去の地震規模を基に評価)
- ・経験していない規模の地震を、面積から推定しているため、推定値部分の信頼性は低い

22

## (参考) 地震規模の評価 (超巨大地震)

主な改訂点



太平洋プレートが陸のプレートに沈み込む部分  
(海上保安庁提供図に加筆)

- ・太平洋プレートが陸のプレートに沈み込む部分は極めて長大で、一度に長大なプレート境界を破壊する地震を想定することも不可能ではないため、「最大の地震」の想定は困難
- ・例えば、東北地方太平洋沖地震で破壊されていない、三陸沖北部と十勝沖以東が連動するような地震も想定できる
- ・面積から規模を推定する手法もあるが、既往最大の地震(チリ沖:Mw9.5)を超える規模に適用可能であるかは不明
- ・北海道東部に巨大な津波をもたらす超巨大地震(17世紀型)の規模は、最も信頼性の高い値であるM8.8を用いたが、北方領土における津波堆積物の分布が不明であるため、M8.8程度以上と評価

23

## (参考) 多様な確率計算方法：超巨大地震 (17世紀型)

主な改訂点

- ・津波堆積物と思われる地層の数は、調査地点によって異なる
- ・堆積物を残した全ての地震が超巨大地震(17世紀型)と同規模であったかは不明で、古い地震の規模・震源域の推定は困難(当時の調査地周辺の地形、地震による地殻変動等の複雑な要因が関係する)
- ・十勝沖・根室沖の連動だけではなく、複数の地震が含まれている可能性もある

→ 震源不特定の地震として、ポアソン過程を適用することが可能:5~9%

BPT分布モデルを適用して求めた確率の中央値は藻散布10%・霧多布13%なので、顕著な差はない  
プレートの沈み込むに伴う切迫性の増加を示すため、評価(主文)には取り入れていない

### 津波堆積物の調査結果にポアソン分布を適用した今後30年以内の地震発生確率

	Nanayama <i>et al.</i> (2003) <sup>※2</sup>	平川・他 (2005)	Nanayama <i>et al.</i> (2007) <sup>※3</sup>	Sawai <i>et al.</i> (2009) <sup>※3</sup>	文部科学省研究開発局・ 北海道大学(2012) <sup>※3</sup>
調査地	釧路	十勝・根室	厚岸 (霧多布)	厚岸 (霧多布・藻散布)	十勝・釧路・厚岸・根室
対象区間	7000年間	6500年間	4000年間	200~2500年前	350~ 2700年前
回数	17回	15~18回	9回	5~7回	4回(以上)
確率 (発生頻度 ※1)	7% (411年)	7~9% (361~433年)	7% (444年)	6~9% (329~460年)	5%(以上) (588年)

※1 発生頻度は対象区間を回数で除したもので、論文に示されているものとは異なる

※2 釧路市春採湖の湖底の堆積物を使用

※3 空間分布から17世紀と同様な巨大津波による堆積物と推定されたものを使用

24