

令和元年度 第2回  
札幌市 地震被害想定検討委員会

資料 2-2:地震動予測の検証  
(補足資料)

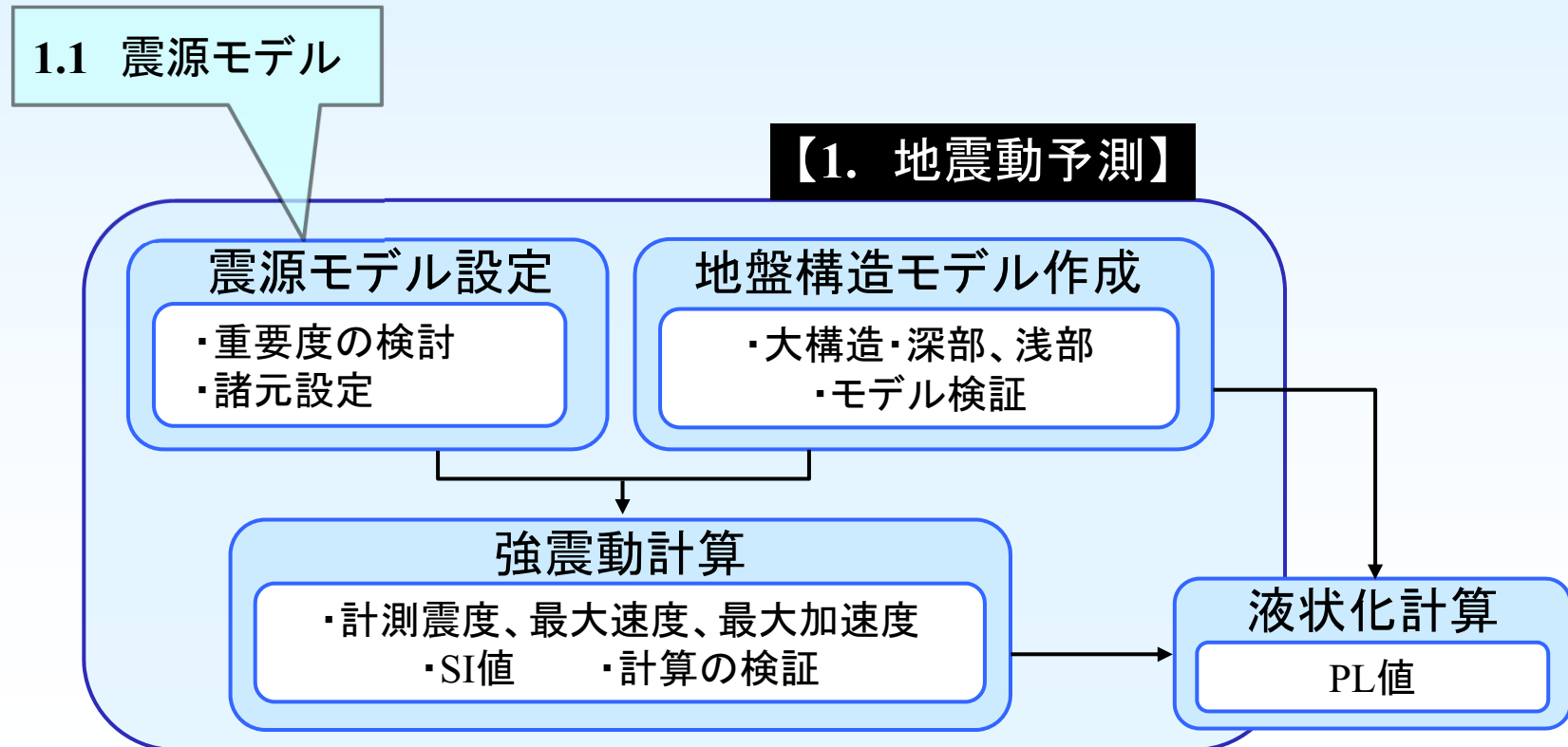
令和元年12月19日

札幌市危機管理対策室

## 1.1 震源モデル

### 1. 地震動予測

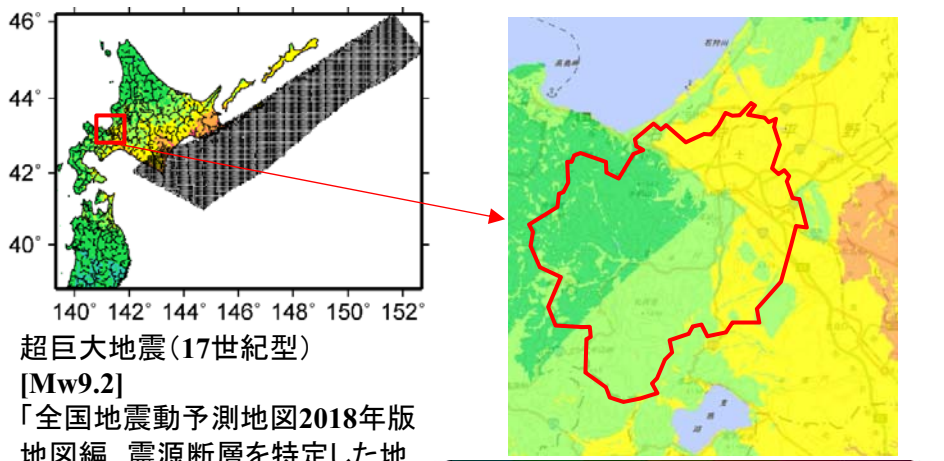
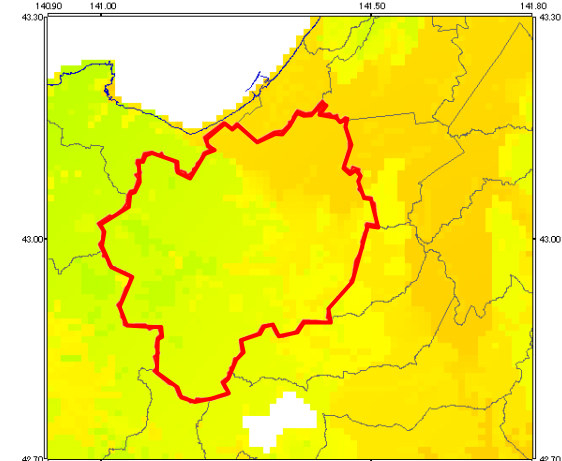
- 1.1 震源モデル
- 1.2 地盤構造モデル
- 1.3 強震動計算
- 1.4 液状化の評価



# 1.1 震源モデル～重要度の検討(検討モデルの選定)

## 【①海溝型】

・「千島海溝沿いの地震活動の長期評価(第三版)」(地震本部、2017.12.19)より、十勝沖+根室沖に17世紀型の超巨大地震が追記

震源モデル		十勝沖+根室沖、17世紀型の超巨大地震	現行想定 of 海溝型選定モデル
地震動予測 (簡便法)		 <p>超巨大地震(17世紀型) [Mw9.2] 「全国地震動予測地図2018年版 地図編 震源断層を特定した地震動予測地図(シナリオ地震動予測地図)(2019年1月修正版)」 (地震本部、2019.1)より引用</p> <p>防災科学研究所J-SHIS地震ハザードステーション J-SHISマップ (<a href="http://www.j-shis.bosai.go.jp/map/">http://www.j-shis.bosai.go.jp/map/</a>) 左図(超巨大地震)の、&lt;条件付き超過確率—計測震度の期待値&gt;より引用</p>	 <p>やや深いプレート内 (苫小牧沖にMw7.5想定)</p>
震度の傾向	北東部の市街地	5強主体	5強主体、北東中心に6弱
	南西部の山地	5弱と4が半々程度	5弱主体で4は少ない

## ■比較結果

・超巨大地震はMw(モーメントマグニチュード)9.2の最大ケースにおいて、札幌での揺れは現行想定 of 海溝型選定モデル(苫小牧沖)に近似するが、僅かに小さいとみられる

⇒①海溝型地震の選定対象は、現行想定(苫小牧沖)から**変更なし**

# 1.1 震源モデル～重要度の検討(検討モデルの選定)

## 【②内陸型(活断層)】

■「石狩低地東縁断層帯の評価(一部改訂)」(地震本部、2010.8)

が現行想定以降に新たに発行

・現行想定当時の先行調査で、モデル選定に参照する規模に変更無いことを確認済

・その後の新たな変更点なし

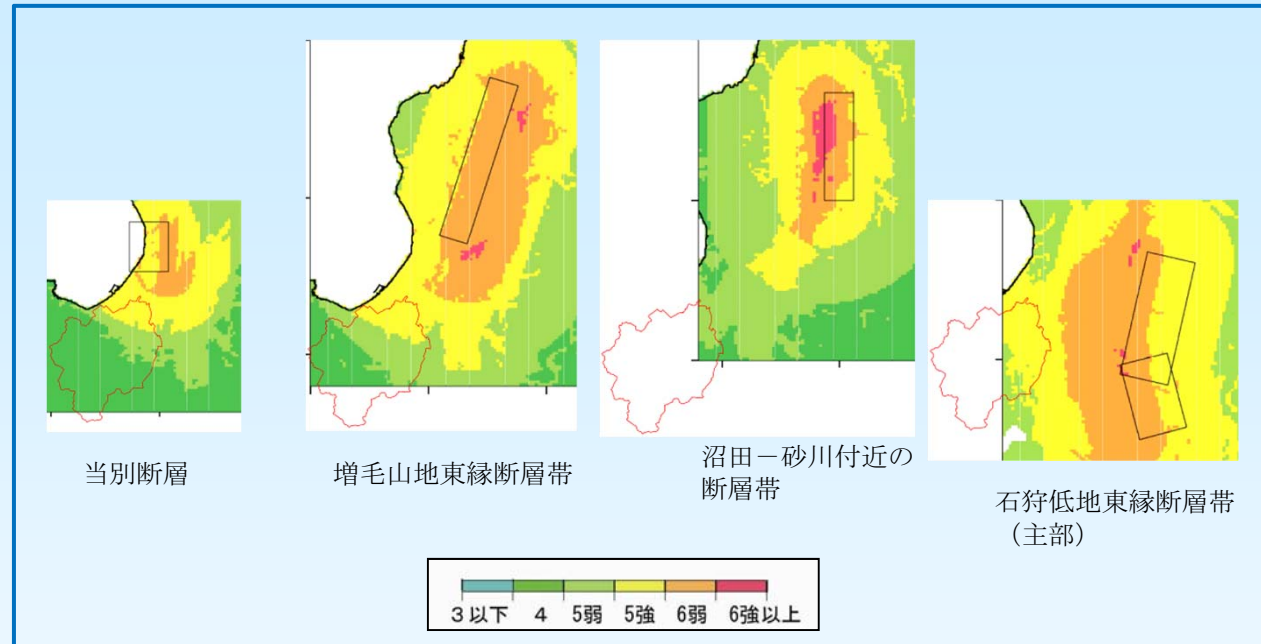
■「増毛山地東縁断層帯・沼田一砂川付近の断層帯の評価(追補:その2)」(地震本部、2013.12)

が現行想定以降新たに発行

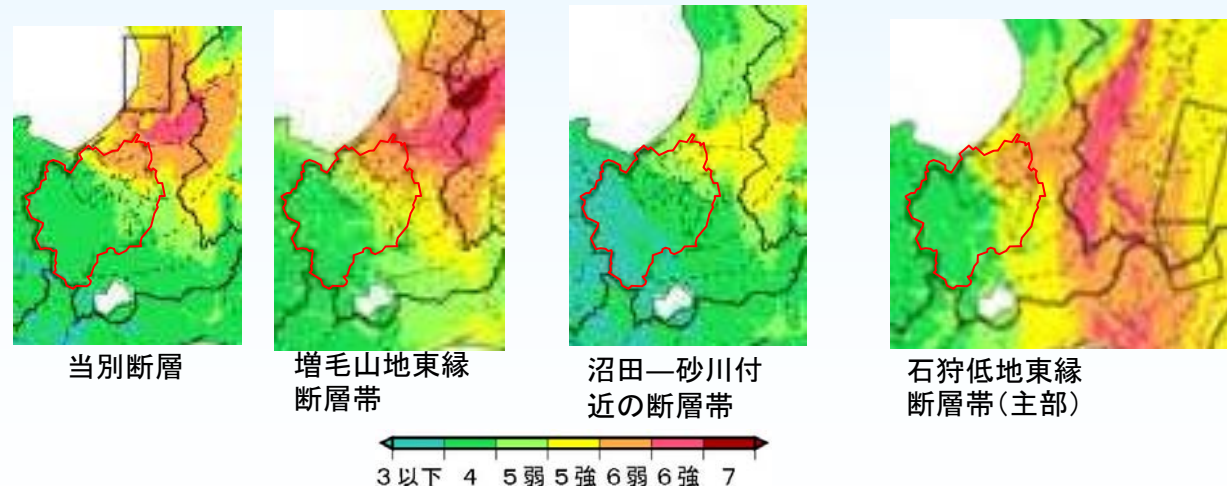
・評価の変更は行われていない

⇒②内陸型(活断層)地震の選定対象は、現行想定(石狩低地東縁断層帯(主部))から**変更なし**

現行想定(地震動予測地図2005)



「全国地震動予測地図」(地震本部、2005)より引用



「全国地震動予測地図 別冊 震源断層を特定した地震動予測地図」(地震本部地震調査委員会、2014.12)より引用

## 1.1 震源モデル～重要度の検討(検討モデルの選定)

### 【③内陸型(伏在活断層)に関する新たな知見の確認】

#### ■新たな知見の確認

- ・現行想定 of 伏在活断層設定上、重要な調査データ  
→札幌市地下構造調査
- ・現行想定以降、札幌市域で行われた新たな調査  
→「日本海沿岸地震・津波調査プロジェクト」(以下「日本海PJ」と略す)において、**H29年石狩平野海陸統合地殻構造探査が実施**(H29調査、H30解析)

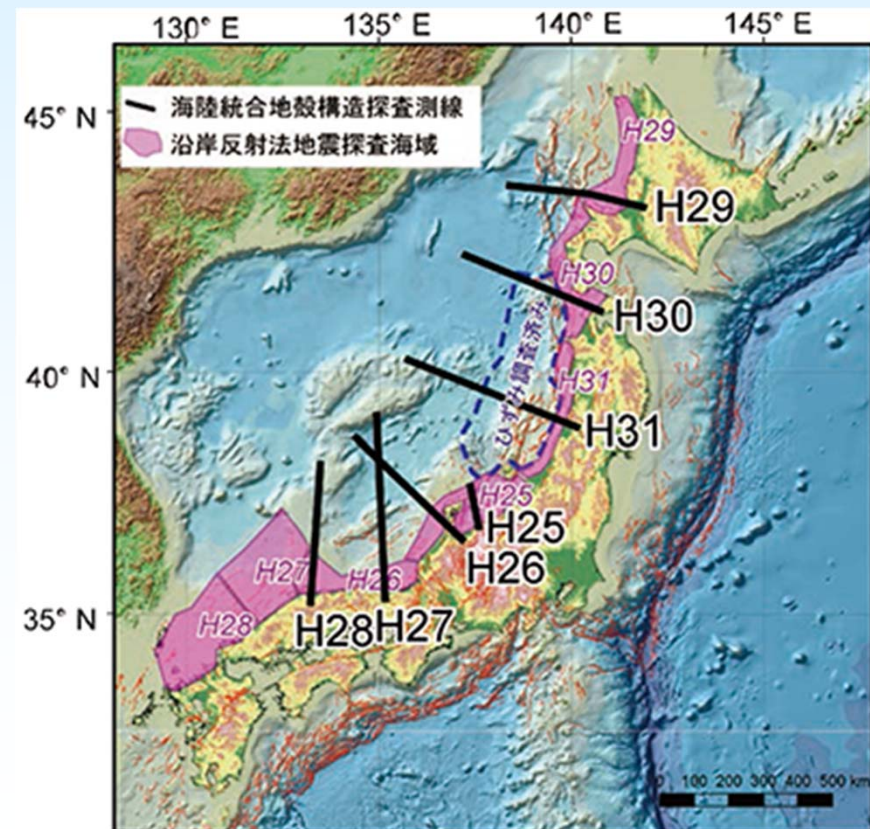
#### ■「日本海PJ」とは

○PJ概要～委託元:文部科学省、委託先:東京大学、2013年9月から8カ年

○背景～日本海側には津波や強震動を引き起こす活断層が多数あるが、震源断層モデルや津波波源モデルの構築には観測データが不十分

○実施内容～日本海の沖合から沿岸域、陸域にかけての領域で観測データを取得し、震源断層モデルや津波波源モデルを構築するとともに、津波・強震動シミュレーションを行い、防災対策のための基礎資料を提供して、防災リテラシーの向上、津波・地震災害の問題意識の共有化を図る

(日本海PJのホームページ、プロジェクトの概要([http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/project/Japan\\_Sea/gaiyou.html](http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/project/Japan_Sea/gaiyou.html))を参考に、省略し要点を記載)



(日本海PJのホームページ、プロジェクトの概要([http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/project/Japan\\_Sea/gaiyou.html](http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/project/Japan_Sea/gaiyou.html))より、調査位置図を引用) 5

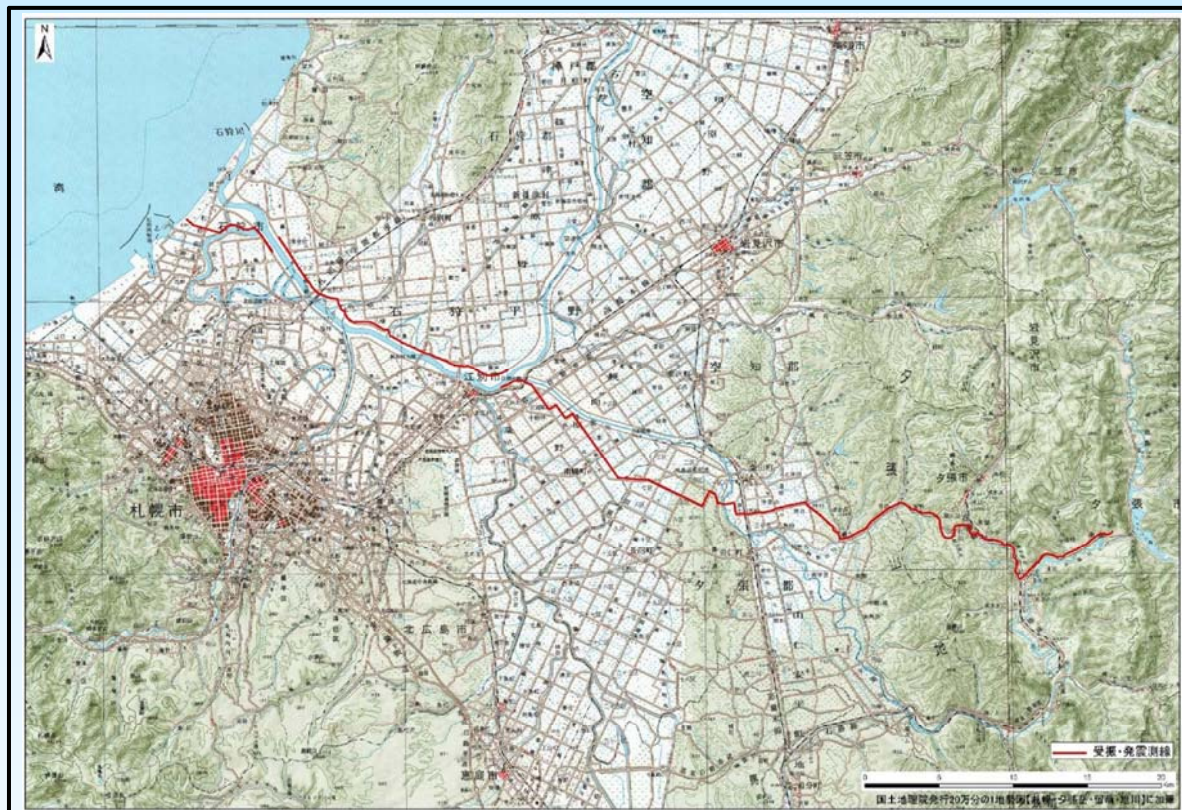
# 1.1 震源モデル～重要度の検討(検討モデルの選定)

【③内陸型(伏在活断層)に関する新たな知見の確認】

・「日本海PJ」においてH29年石狩平野海陸統合地殻構造探査(新たな地震探査)を実施

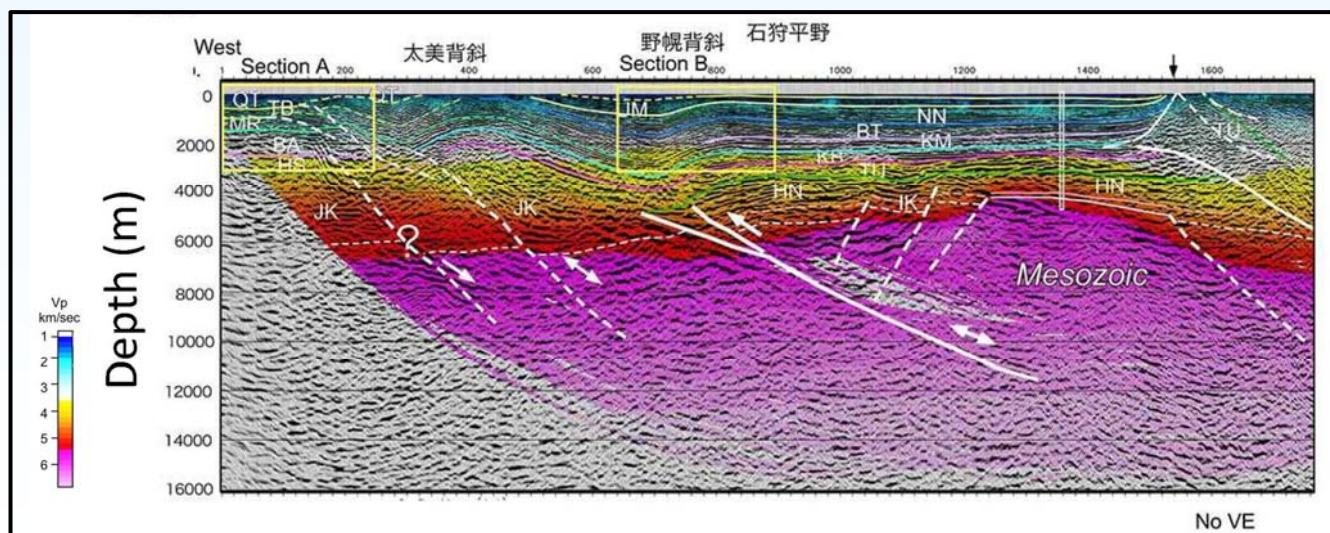
「石狩平野横断地殻構造探査」全体測線図

東京大学地震研究所 平成29年度石狩平野横断地殻構造探査 (<http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/2017/06/29/ishikarikouzoutansa/>)  
「平成29年度「石狩平野横断地殻構造探査」の実施について」より引用



新たな地震探査結果図

地震本部 地震調査研究推進本部政策委員会 第3回第3期総合的かつ基本的な施策に関する専門委員会 (H30.9.14)  
([https://www.jishin.go.jp/reports/board/hoku18q\\_3sk3giji/](https://www.jishin.go.jp/reports/board/hoku18q_3sk3giji/))  
「資料 3総3-(2) 上盤プレート内地震の長期評価に向けて(佐藤委員)」より引用

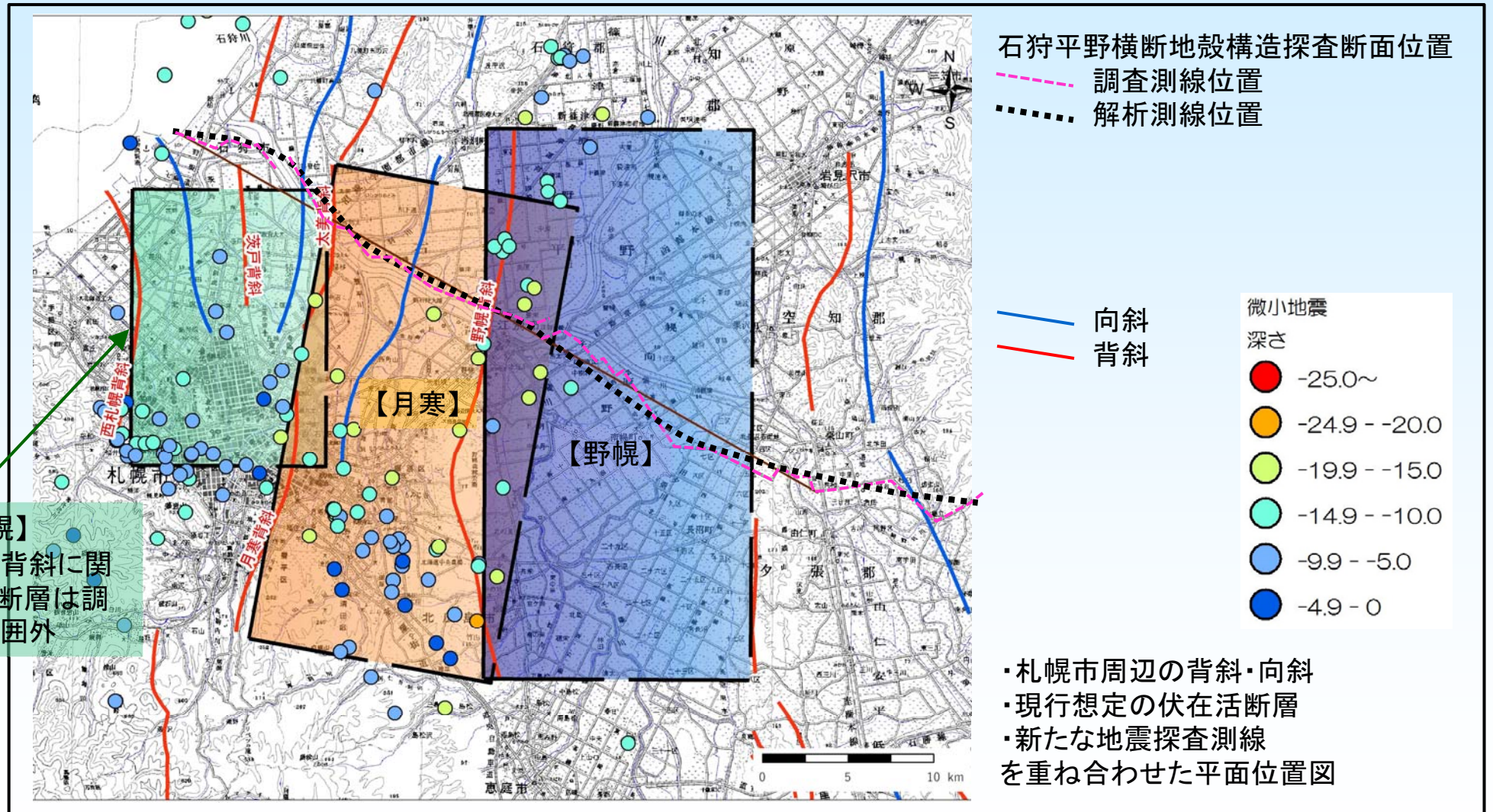


→現行想定の内陸型活断層と、位置や角度を比較して確認を行う

# 1.1 震源モデル～重要度の検討(検討モデルの選定)

## 【③内陸型(伏在活断層)に関する新たな知見の確認】

- ・「日本海PJ」 H29年石狩平野海陸統合地殻構造探査(新たな地震探査)
- ・調査位置と現行想定による伏在活断層との平面的位置関係



日本海PJ断面位置と現行想定

本図に示す断面投影位置での、現行想定 of 伏在活断層と新たな地震探査結果図の重ね合わせ結果は、次ページに示す

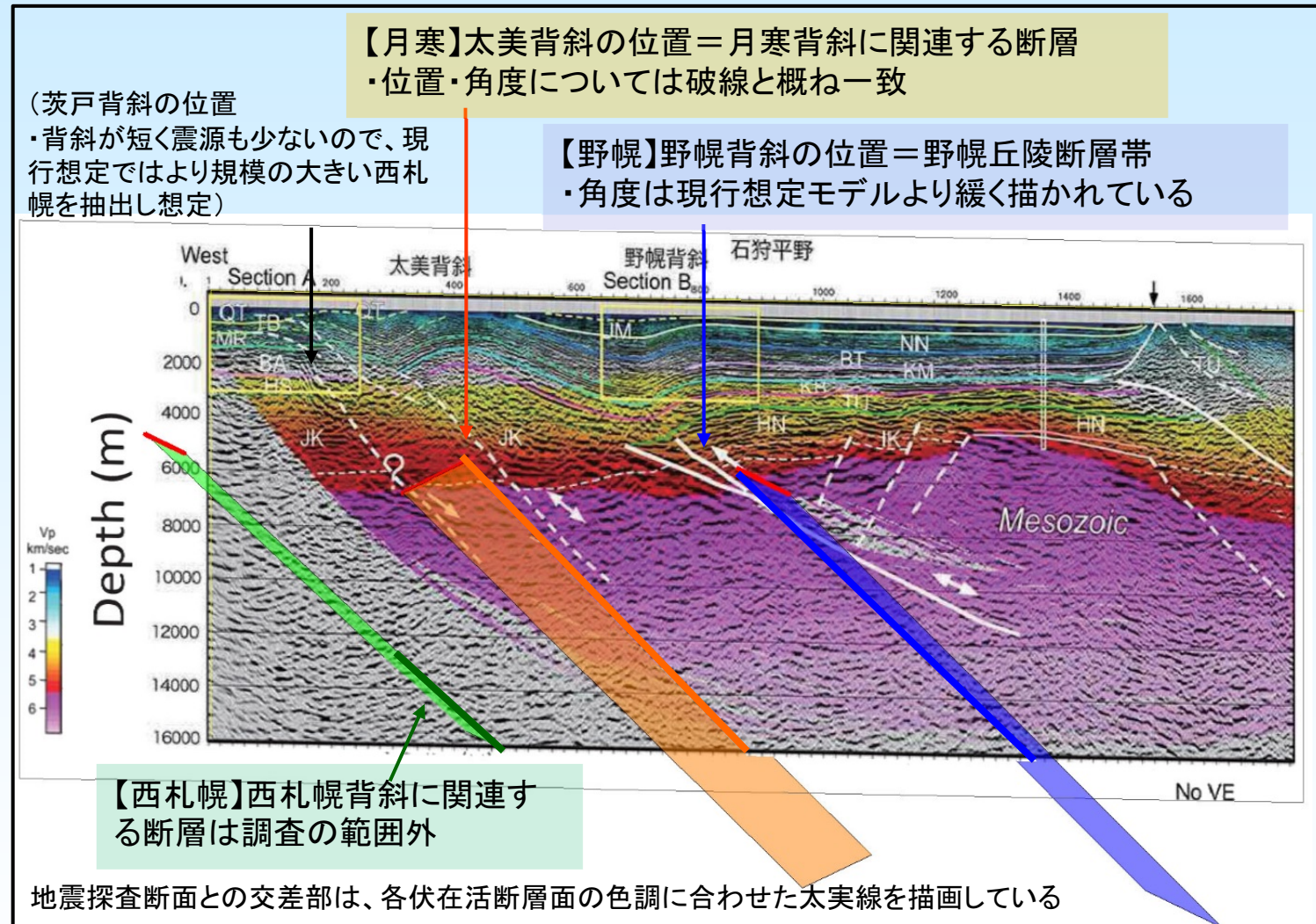
# 1.1 震源モデル～重要度の検討(検討モデルの選定)

## 【③内陸型(伏在活断層)に関する新たな知見の確認】

### ■新たな地震探査結果と 現行想定<sup>①</sup>の伏在活断層 モデルの比較確認結果

- 西札幌: 調査範囲外で知見の更新なし、現行想定モデルを維持
- 月寒: 位置や角度が概ね一致しており、現行想定モデルを維持
- 野幌: 野幌背斜より伸びる断層の傾斜が、**現行想定<sup>①</sup>の伏在活断層より緩やか**である

→断層モデルのパラメーターの見直しが必要



新たな地震探査断面と伏在活断層の位置関係図  
(札幌市の地下を南南西から見通した図)

<巻末①: 伏在活断層との位置関係(複数アングル)>に、本図の別アングルを示す



## 1.1 震源モデル～重要度の検討(検討モデルの選定)

### 【3タイプ5地震の震源モデル選定について】

#### ■①海溝型

- ・千島海溝沿いに超巨大地震(17世紀型)が追加されているが、現行想定による苫小牧沖モデルの影響が強いとみられるため、現行想定から変更なし

#### ■②内陸型(活断層)

- ・現行想定時点で新たな知見を考慮済みのため、現行想定から変更なし(石狩低地東縁断層帯(主部))

#### ■③内陸型(伏在活断層)

- ・「日本海PJ」による新たな地震探査結果と現行想定による伏在活断層を比較

○西札幌: 知見更新なし、現行想定を維持

○月寒: 位置と傾きが概ね一致、現行想定を維持

○野幌: 断層の傾斜が緩やかに読み取れる

⇒現行想定で選定している震源モデルはそれぞれのタイプにおいて、**現在においても札幌市に影響が大きな震源モデル**と判断される

⇒伏在活断層は、新たな知見を元に、**傾きなど諸元(パラメーター)の見直しを行う必要がある**

# 1.1 震源モデル～重要度の検討(検討モデルの選定:参考)

【「全国地震動予測地図2018年版」による、強い揺れをもたらす地震グループについて】

■地震カテゴリーから地震グループへの、地震ハザードの分解について(説明)

・全国地震動予測地図では、強い揺れをもたらす地震をカテゴリーⅠ～Ⅲに分け、カテゴリーごとに確率論的地震動予測地図を表現している

・**具体的にどの地震の影響が大きいのかを把握**するため、「地震カテゴリー」での分類から、更に細かくどの**「地震グループ」**によりもたらされるか、分解して提示を行っている

地震ハザード再分解のための地質グループ 一覧表

「全国地震動予測地図2018年版 付録1 全国地震動予測地図2018年版の解説(2019年1月修正版)」(地震本部、2019.1)より引用、各カテゴリーの説明を加筆

	地震カテゴリーⅠ	地震カテゴリーⅡ	地震カテゴリーⅢ
	海溝型地震のうち震源断層を特定できる地震	海溝型地震のうち震源断層を特定しにくい地震	活断層など陸域と海域の浅い地震
地震グループ	1・1 南海トラフのM8～9クラスの地震	2・1 太平洋プレートの震源断層を予め特定しにくいプレート間地震 (色丹島沖及び択捉島沖のプレート間巨大地震、津波地震を含む)	3・1～3・204 主要活断層帯および地域評価の対象となった活断層に発生する地震(地表の証拠からは活動の痕跡を認めにくい地震を含む)
	1・2 相模トラフ沿いのM8クラスの地震	2・2 太平洋プレートの震源断層を予め特定しにくいプレート内地震 (正断層型およびアウターライズの地震を含む)	3・205～355 「その他の活断層」に発生する地震
	1・3 十勝沖のプレート間巨大地震	2・3 フィリピン海プレートの震源断層を予め特定しにくいプレート間地震 (日向灘の地震を含む)	3・356 北海道北西沖の地震
	1・4 根室沖のプレート間巨大地震	2・4 フィリピン海プレートの震源断層を予め特定しにくいプレート内地震	3・357 北海道西方沖の地震
	1・5 千島海溝沿いの超巨大地震(17世紀型)	2・5 浦河沖の震源断層を予め特定しにくい地震	3・358 北海道南西沖の地震
	1・6 東北地方太平洋沖型の地震	2・6 与那国島周辺の地震	3・359 青森県西方沖の地震
	1・7 三陸沖北部のプレート間地震		3・360 秋田県沖の地震
			3・361 山形県沖の地震
			3・362 新潟県北部沖の地震
			3・363 佐渡島北方沖の地震
			3・364 陸域および海域で発生する震源断層を予め特定しにくい地殻内地震(日本海東縁、伊豆諸島以南、与那国島周辺を含む)

## 1.1 震源モデル～重要度の検討(検討モデルの選定:参考)

【「全国地震動予測地図2018年版」による、強い揺れをもたらす地震グループについて】

### ■札幌(市役所)位置の強い揺れをもたらす地震

- ・震度5強程度までは、カテゴリーⅠとⅡのような、海溝型の地震を要因とする可能性が高い
- ・震度6弱程度以上と大型の地震になるにつれ、カテゴリーⅢ“陸域・海域地殻内 震源不特定”を要因とする可能性が高まる

(なお、「全国地震動予測地図2018年版」によると、今後30年以内に札幌市(市役所所在のメッシュ位置)で震度6弱以上の揺れに見舞われる確率は1.6%で、このような揺れ確率の中で、どのグループの地震が要因となるかの比率を影響度として示しているものが下記の表である)

震度に対する地震カテゴリー別の影響度の大きい上位3つの地震グループ(30年平均ケース)

「全国地震動予測地図2018年版 付録1 全国地震動予測地図2018年版の解説(2019年1月修正版)」(地震本部、2019.1)より引用

		1位		2位		3位		
		地震グループ	影響度	地震グループ	影響度	地震グループ	影響度	
札幌市役所	5弱	Ⅰ	三陸沖北部のプレート間大地震	12.90%	根室沖プレート間巨大地震	11.30%	千島海溝超巨大地震(17世紀型)	10.90%
		Ⅱ	太平洋プレート内 震源不特定	20.20%	太平洋プレート間 震源不特定	17.70%	浦河沖の震源不特定	1.60%
		Ⅲ	陸域・海域地殻内 震源不特定	11.70%	増毛山地東縁断層帯	1.30%	北海道南西沖	0.90%
	5強	Ⅰ	千島海溝超巨大地震(17世紀型)	25.10%	十勝沖プレート間巨大地震	14.80%	三陸沖北部のプレート間大地震	8.30%
		Ⅱ	太平洋プレート内 震源不特定	15.70%	太平洋プレート間 震源不特定	7.00%	浦河沖の震源不特定	0.90%
		Ⅲ	陸域・海域地殻内 震源不特定	16.50%	増毛山地東縁断層帯	4.00%	野幌丘陵断層帯	2.50%
	6弱	Ⅰ	千島海溝超巨大地震(17世紀型)	26.50%	十勝沖プレート間巨大地震	12.70%	三陸沖北部のプレート間大地震	0.00%
		Ⅱ	太平洋プレート内 震源不特定	9.00%	太平洋プレート間 震源不特定	0.70%	浦河沖の震源不特定	0.30%
		Ⅲ	陸域・海域地殻内 震源不特定	28.30%	増毛山地東縁断層帯	10.10%	野幌丘陵断層帯	9.50%
6強	Ⅰ	千島海溝超巨大地震(17世紀型)	0.10%	十勝沖プレート間巨大地震	0.00%			
	Ⅱ	太平洋プレート内 震源不特定	1.70%	浦河沖の震源不特定	0.00%			
	Ⅲ	陸域・海域地殻内 震源不特定	57.50%	野幌丘陵断層帯	26.60%	増毛山地東縁断層帯	12.50%	

※影響度は「全ての地震のハザード」に対する値で0.05%未満は0.0%と表示

※震源断層を予め特定しにくい地震を「不特定」と記載

- ・札幌市に最大級の揺れをもたらす地震は、現行想定 of 伏在活断層を含む、“陸域・海域地殻内 震源不特定”と“野幌丘陵断層帯”

## 1.1 震源モデル～重要度の検討(検討モデルの選定)

### 【検討モデルの選定】

#### ■3タイプ5地震の震源モデルについて

・現行想定から変更なく、③内陸型(伏在活断層)での揺れと被害が最も大きい

#### ■(参考)「全国地震動予測地図2018年版」による評価

・札幌市に最大級の揺れをもたらす地震は、“陸域・海域地殻内 震源不特定”と“野幌丘陵断層帯”であり、現行想定で想定している伏在活断層を含む、内陸直下の特定されていない断層と考えられるという評価

→現行想定の結果とも整合的

⇒札幌で発生する可能性があり最大級の被害をもたらす地震を設定する地震被害想定においては、伏在活断層の重要度が高い

## 1.1 震源モデル～諸元設定

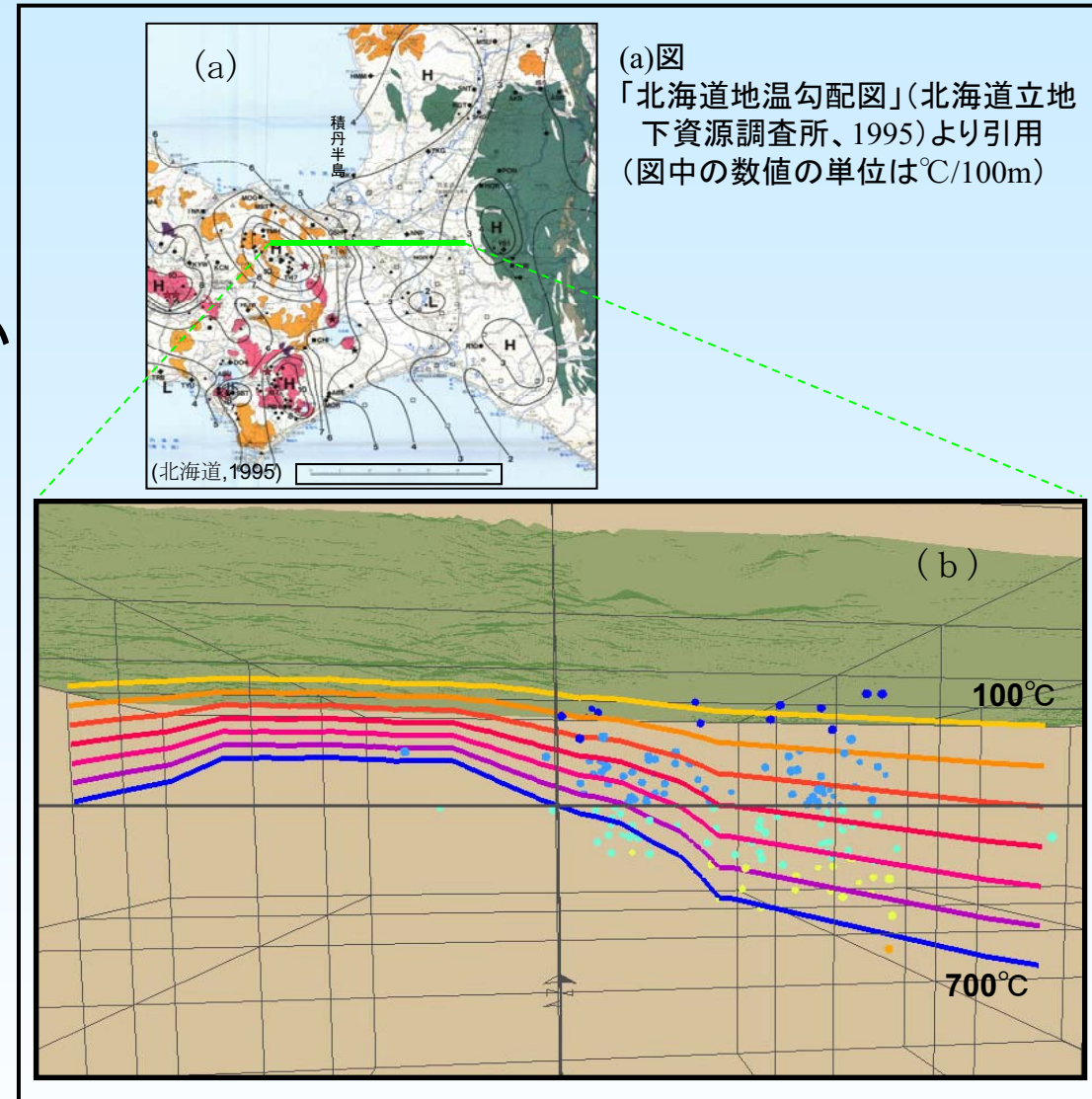
【現行想定の内陸型(伏在活断層)の震源断層モデル】～地震発生層下限について

■日本海PJ(H25報告書より):温度圧力条件から背弧側(火山フロントより海溝から離れる側)大陸地殻では15km、背弧リフトでは18kmが示される(日本海側の地域を4タイプに分けた場合の代表値)

■現行想定:微小地震発生領域と、700°C等温線(脆性破壊の下限と推定)が近似しており、この面を下限とした(月寒・野幌の位置で20～22kmと深い)

→新たな知見で示されている**代表値より深い設定**

→現行想定以降の微小震源観測データを追加して確認し、地震発生層下限の設定の**妥当性の確認と、深浅とも必要に応じて見直しが必要**



■地震発生層(現行想定)

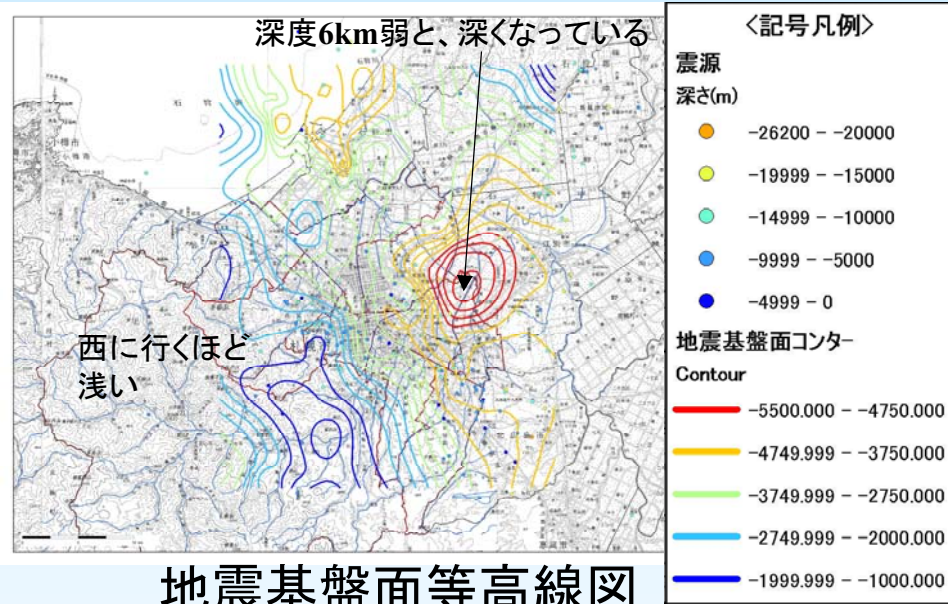
・深度方向の条件設定

上限:地震基盤面

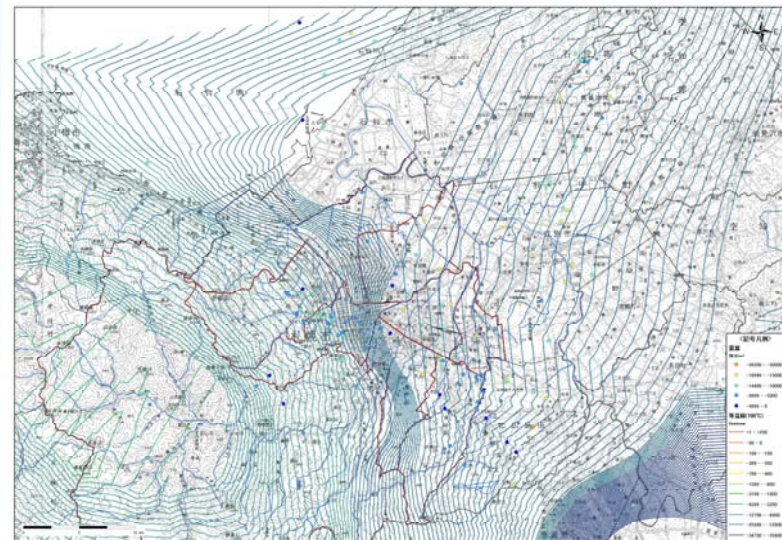
下限:700°C等温線と微小地震発生領域が近似

# 1.1 震源モデル～諸元設定

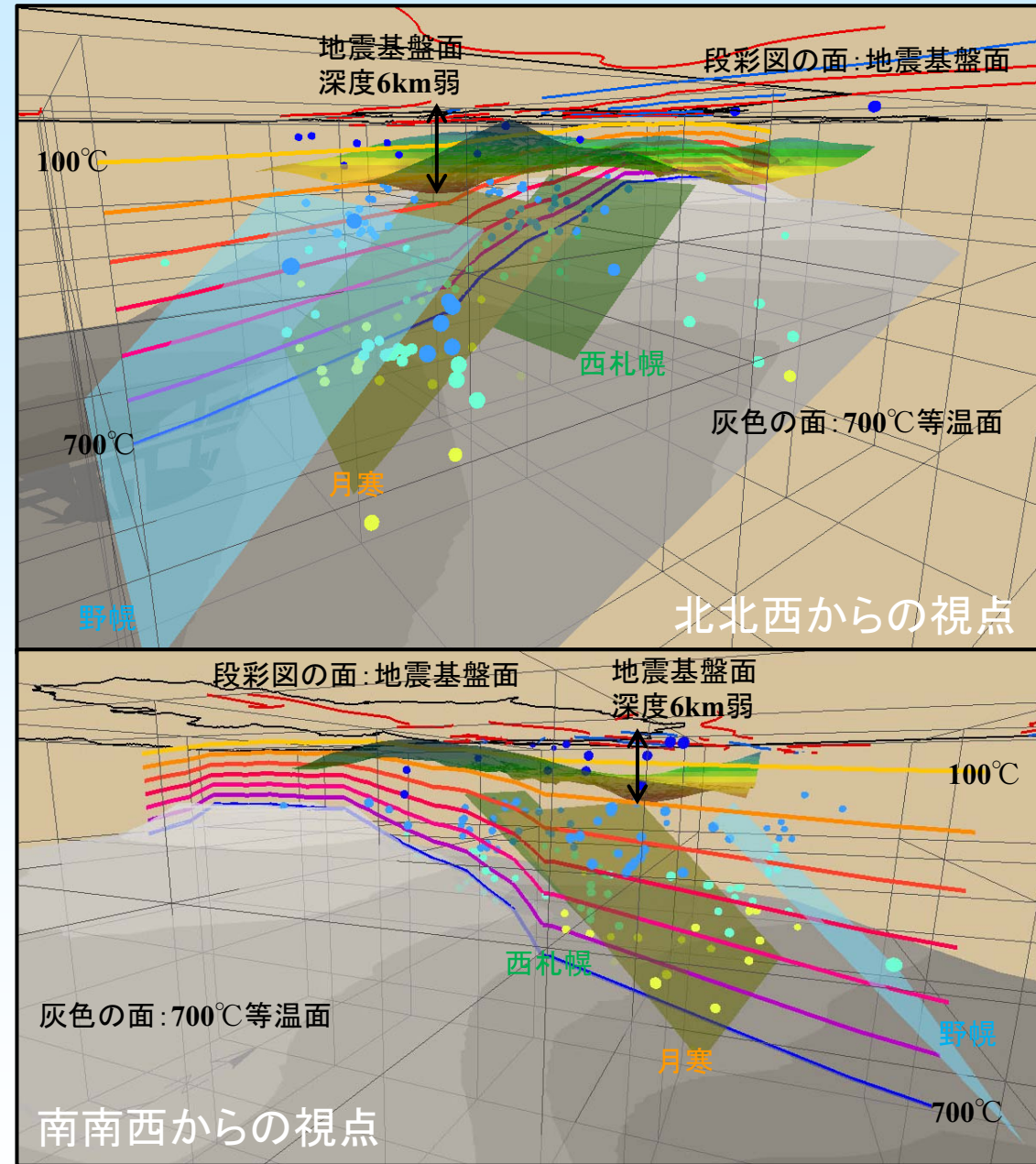
【現行想定の内陸型(伏在活断層)の震源断層モデル】～地震発生層の上限・下限



地震基盤面等高線図  
(深度に色調階調表示)



700°C等温面の等高線図



- ・上限深度は地震基盤面が深い位置を基準に設定  
(野幌、月寒:深度6km、西札幌:深度5km)
- ・下限は新たな微小地震観測データを追加し確認が必要

## 1.1 震源モデル～諸元設定

### 【震源モデルの諸元】

#### ■ 伏在活断層の震源モデルの諸元について

- ・日本海PJのH29地震探査で、野幌丘陵断層帯の傾斜が緩やかであることを示唆する結果あり
- ・地震発生層下限の設定について、新たな微小地震データ群を追加して確認が必要

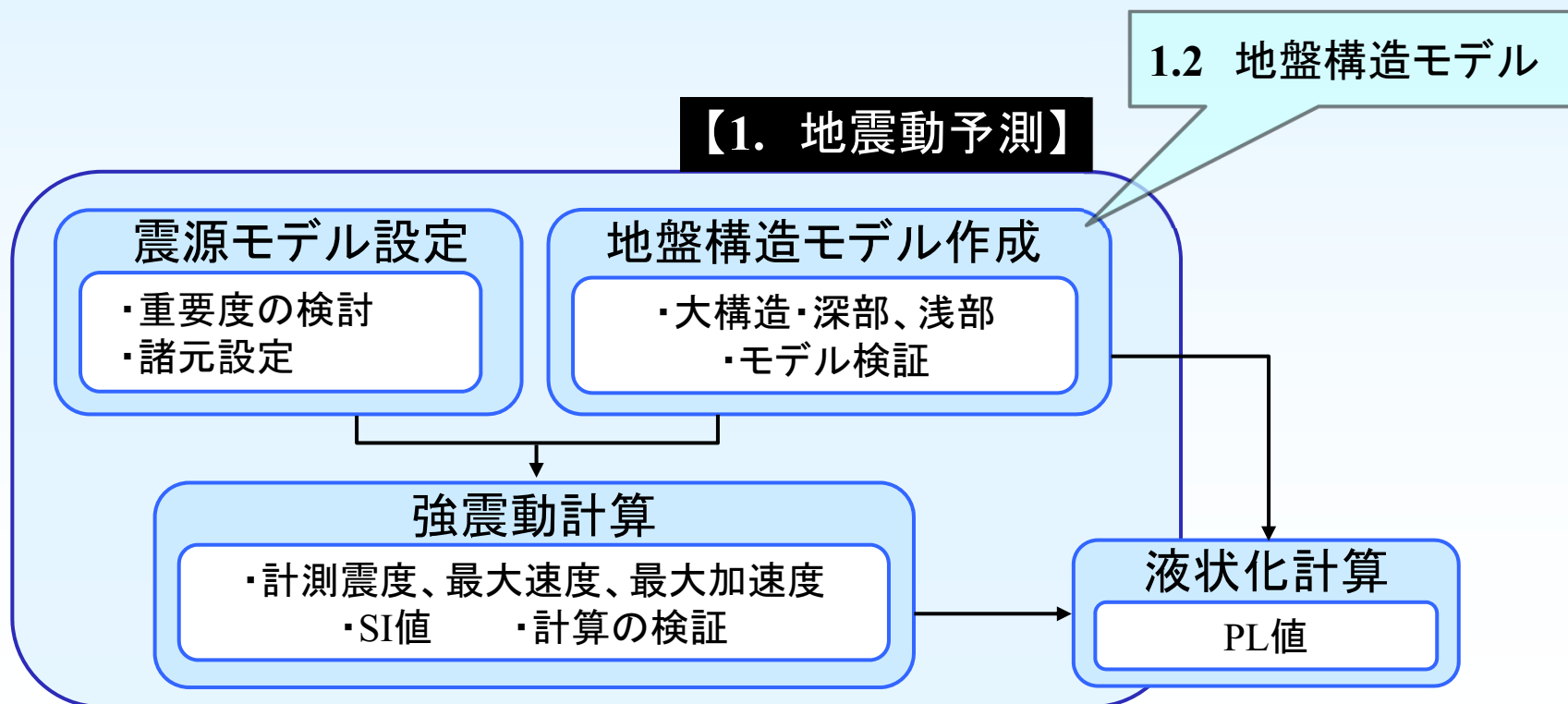
⇒引き続きデータの収集整理を行い、本市に最大の揺れをもたらす伏在活断層のパラメーター(角度や断層幅など)の確認および必要に応じ見直しを行う(令和元年度第3回検討委員会において見解を示す予定)

<巻末③:現行想定 of 伏在活断層のパラメーター>

## 1.2 地盤構造モデル

### 1. 地震動予測

- ・1.1 震源モデル
- ・1.2 地盤構造モデル
- ・1.3 強震動計算
- ・1.4 液状化の評価





## 1.2 地盤構造モデル～大構造・モデル検証

### 【深部地盤モデル】

- ・札幌市地盤構造調査結果の整合性が高くシミュレーション領域をカバーした唯一の地盤モデルが産総研モデル<巻末④:現行想定時の深部地盤モデルの比較>
- ⇒現行想定 of 深部地盤モデルを使用

### 【浅部地盤モデル】

- ・胆振東部地震後の調査等、新たなボーリングデータを追加する
  - ・測地系の変更に伴いメッシュの規格を改訂する
  - ・水平展開手法についてはR2モデル改訂時に検討を継続
- ⇒新たなボーリングデータの追加ほか、**浅部地盤モデルの改訂**を行う

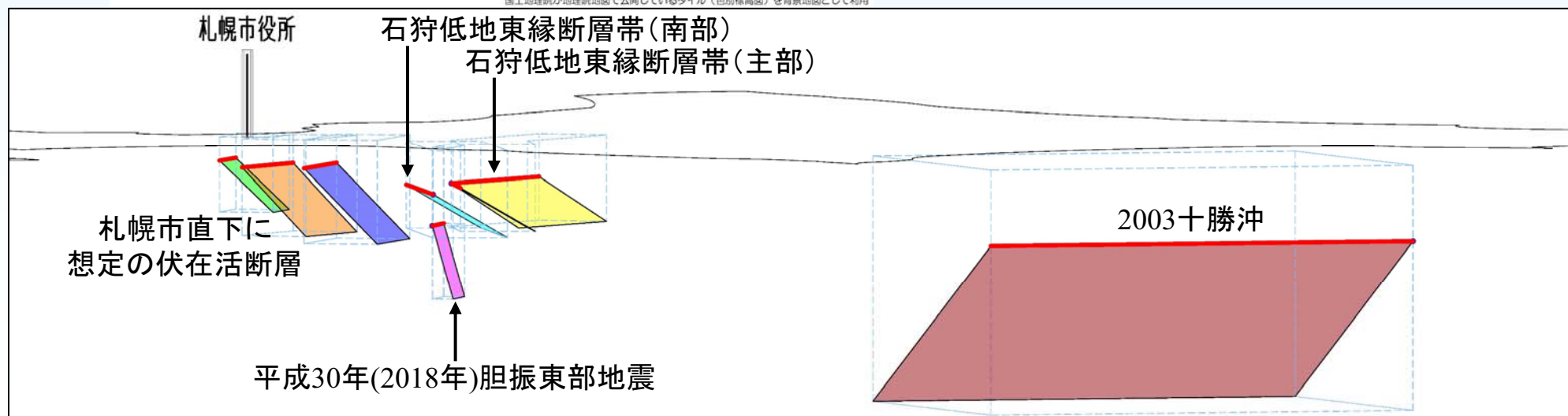
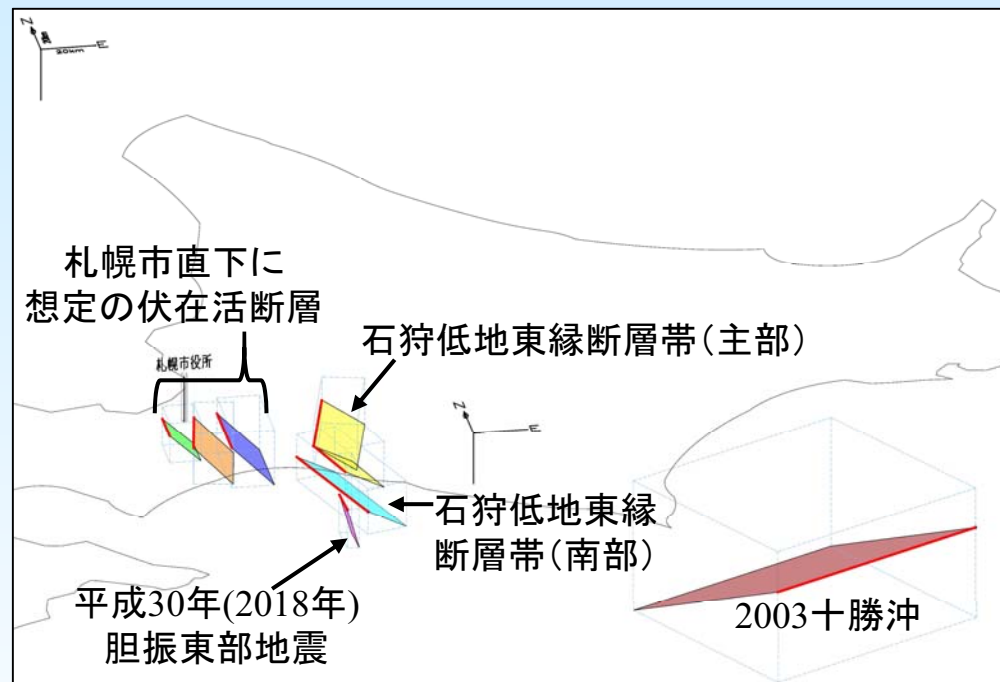
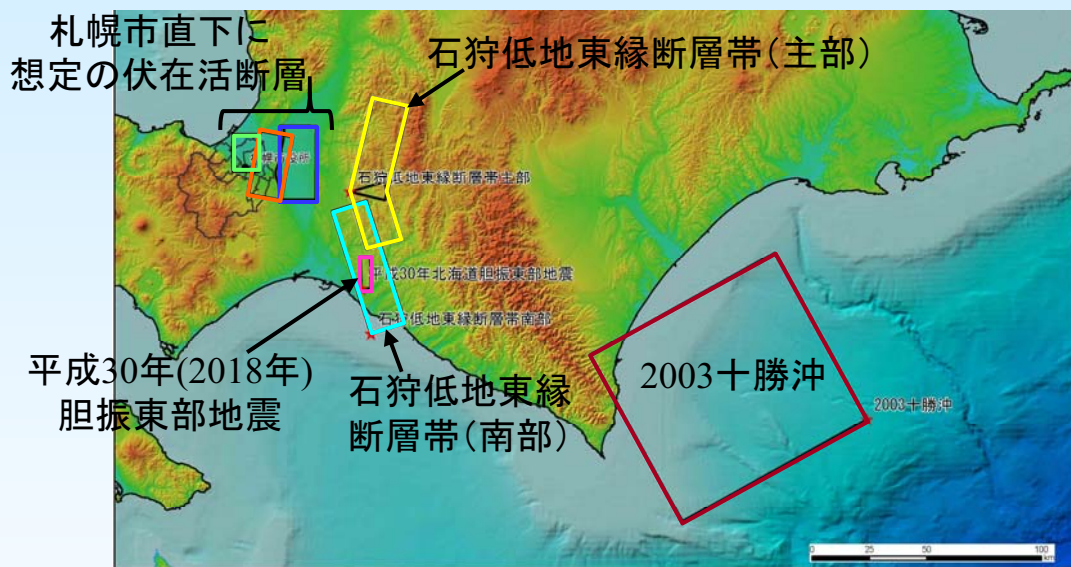
### 【モデル検証の手法】

- ・基本的には(「レシピ等」)現行想定同様
- ⇒手法に従いR2モデル改訂時に反映

## 1.2 地盤構造モデル～胆振東部地震の揺れ方との比較

### 【現行想定での震源モデルと胆振東部地震の断層との位置関係】

- ・地震動予測の計算には、地盤構造モデル(計算対象直下の浅部モデルおよび、直下から震源までの経路の深部モデル)と、震源モデルが関与
- ・(胆振東部地震の強震動計算用震源モデルは未発行)
- ・震源断層との位置関係、および揺れ方の比較を行う



## 1.2 地盤構造モデル～胆振東部地震の揺れ方との比較

### 【石狩低地東縁断層帯の地震動予測と胆振東部地震の揺れ方の傾向比較】

<p>石狩ca_e3_計測震度_080331 計測震度</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>震度0(0.4以下)</li> <li>震度1(0.5 - 1.4)</li> <li>震度2(1.5 - 2.4)</li> <li>震度3(2.5 - 3.4)</li> <li>震度4(3.5 - 4.4)</li> <li>震度5弱(4.5 - 4.9)</li> <li>震度5強(5.0 - 5.4)</li> <li>震度6弱(5.5 - 5.9)</li> <li>震度6強(6.0 - 6.4)</li> <li>震度7(6.5以上)</li> </ul>	<p>「平成30年北海道胆振東部地震の震度分布図」公益財団法人 地震予知総合研究振興会HPより引用 (<a href="http://www.adep.or.jp/kanren/Eq_data/180906.html">http://www.adep.or.jp/kanren/Eq_data/180906.html</a>)</p>	<p>「全国地震動予測地図 別冊 震源断層を特定した地震動予測地図」(地震本部、2014.12)より引用</p>
<p>現行想定による石狩低地東縁断層帯(主部)の地震動予測</p>	<p>胆振東部地震観測震度</p>	<p>〈参考〉「全国地震動予測地図」による石狩低地東縁断層帯(主部)の地震動予測</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>・市街地平地の大半が震度5強</li> <li>・震度6弱が混在</li> <li>・(市域は概ね80～800gal)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・市街地平地で震度5弱～5強</li> <li>・東区で震度6弱を観測</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・市街地平地で震度5弱～5強</li> <li>・震度6弱は北東部に局所的</li> </ul>

- ・石狩低地東縁断層帯(主部)の方が震源近く規模大きいため、大きい揺れを予測
- ・現行想定 of 石狩低地東縁断層帯(主部)の計算震度の地域ごとの強弱の傾向と、胆振東部地震の観測震度の強弱の傾向に大きな差異はない

## 1.2 地盤構造モデル～胆振東部地震の揺れ方との比較

### 【胆振東部地震との比較】

・地震動予測の計算には、地盤構造モデル(計算対象直下の浅部モデルと、直下から震源までの経路の深部モデル)と、震源モデルが関与

#### ■位置

・札幌に至る経路という点では、現行想定での計算モデルで概ねカバー(2003年十勝沖地震で経路のモデルを検証)

#### ■揺れ

・胆振東部地震より近くて規模の大きな石狩低地東縁断層帯(主部)の現行想定による地震動予測では、揺れが胆振東部地震より大きい

・胆振東部地震の揺れは、現行想定での石狩低地東縁断層帯(主部)の計算震度と比較すると、地域ごとの震度の強弱の傾向に大きな差異はない

⇒ 現行想定モデルは胆振東部地震の震度の強弱の傾向と、大きな違いはないと判断する

<巻末⑤:胆振東部地震の地震動の特徴>

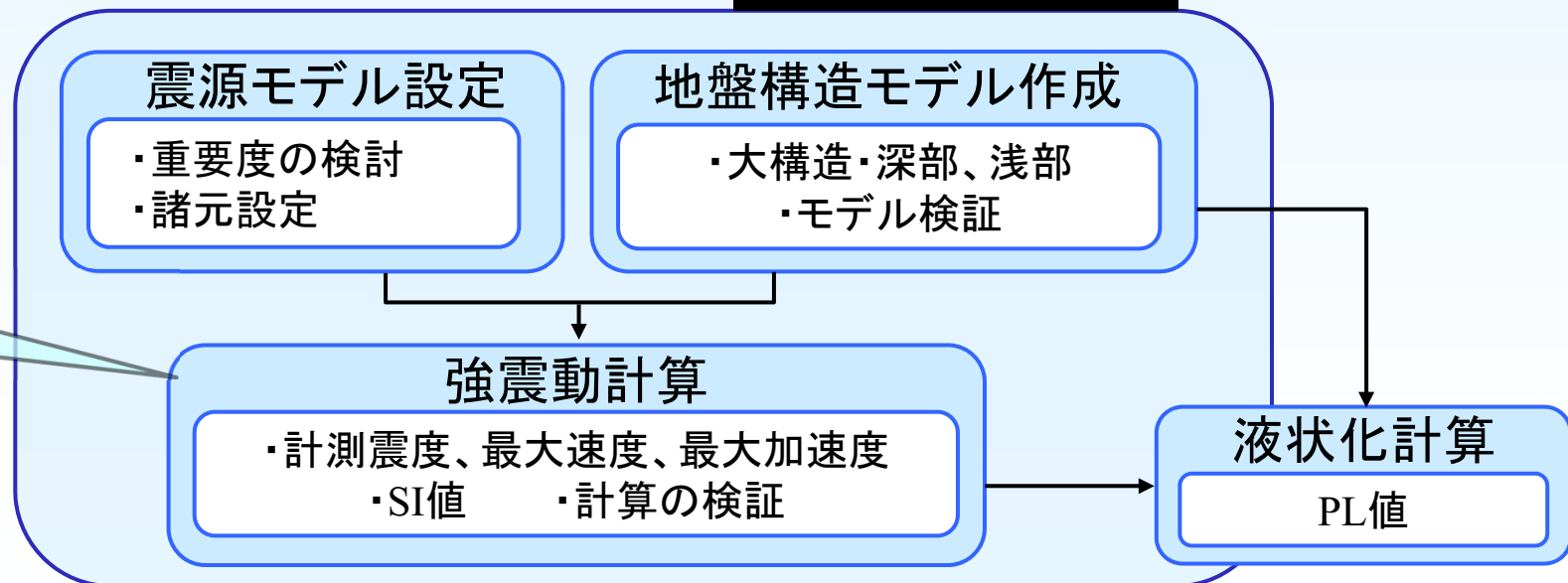
## 1.3 強震動計算

### 1. 地震動予測

- ・1.1 震源モデル
- ・1.2 地盤構造モデル
- ・1.3 強震動計算
- ・1.4 液状化の評価

#### 【1. 地震動予測】

#### 1.3 強震動計算



## 1.3 強震動計算～計算手法

### 【深部地盤の計算手法の「レシピ」による区分と自治体の採用事例】

計算対象	算出方法	概要	採用事例
深部地盤 (震源から工学的 基盤上面 まで)	経験的手法	“簡便法”として用いられる手法で、“距離減衰法”とも呼ばれる。マグニチュードと距離の関数で最大速度等を算出する。	千葉県・防災リスク対策用 (2016.3) ＜地震本部の手法 (簡便法)＞
	半経験的手法	既存の小地震の波形から大地震の波形を合成する方法で、経験的グリーン関数法と統計的グリーン関数法がある。	宮城県 (2012.3)、福岡県 (2012.3)、群馬県 (2012.6)、静岡県 (2013.6)、埼玉県 (2014.3)、神奈川県 (2017.3)、京都府 (2017.5) 「首都直下」 (内閣府、2013.12)、「南海トラフ」 (内閣府、2012.8)
	理論的手法	地震波の伝播特性と表層地盤の増幅特性を弾性波理論により計算する方法。	
	ハイブリッド合成法	長周期領域を理論的手法 (差分法)、短周期領域を半経験的手法 (統計的グリーン関数法) でそれぞれ計算して、両者を合成する方法で、広帯域の評価が可能。	札幌市の現行想定 (2008) 大阪府 (2007.3)、千葉県 (2016.3)、 ＜地震本部の手法 (詳細法)＞

・現行想定的手法(ハイブリッド合成法)は、他自治体での採用事例の多い統計的グリーン関数法(半経験的手法)に、差分法(理論的手法)を組み合わせ、地震波波形の広帯域にわたる評価が可能

・2003十勝沖に特徴的な長周期の揺れ、2018胆振東部地震(内陸地震)で特徴的な短周期の揺れなど、札幌市が見舞われる多様な揺れへの評価が可能  
 ＜巻末⑥:ハイブリッド合成法の補足説明＞

# 1.3 強震動計算～計算手法

## 【浅部地盤の計算手法の「レシピ」による区分と自治体の採用事例】

計算対象	浅部モデル化手法	算出方法	概要	採用事例
浅部地盤 (工学的 基盤上面 から地表 面まで)	ボーリング データ	線形解析法	重複反射理論により計算を行う。土の非線形性を考慮していないため、大地震により非線形性が生じる場合に正しい結果が得られない。	
		等価線形解析法	重複反射理論を基に土の非線形特性を等価な線形の関係に置き換え、解析の間、一定の材料特性を用いる方法。ひずみレベルが大きくなると精度が低下。	札幌市の現行想定 (2008) 大阪府 (2007.3)、福岡県 (2012.3)、群馬県 (2012.6)、埼玉県 (2014.3)、千葉県 (2016.3)、京都府・南部のみ (2017.5)
		逐次非線形解析法	材料の非線形特性を数学モデルや力学モデルで表現し、材料特性の変化を逐次計算しながら挙動を求めようとする方法。設定パラメータが多く解析難度が高い。	静岡県 (2013.6)、
	面的な評価 (微地形区分)	表層地盤の増幅率を用いる方法	微地形区分から想定される表層30mの平均S波速度AVS30を算出し、これと相関性のある増幅率ampを求め、工学的基盤における震度や最大速度の値に掛け合わせることで地表の値を算出する。	<地震本部の手法>
		表層地盤の増幅率をボーリングデータで作成して用いる方法	上記の表層地盤の増幅率を用いる方法に、ボーリングデータを考慮して独自に評価したAVS30を作成することで、より地域特性を取り入れた結果とする手法。	宮城県 (2012.3)、千葉県・防災リスク対策用 (2016.3)、神奈川県 (2017.3)、京都府 (2017.5) 「首都直下」(内閣府、2013.12)、「南海トラフ」(内閣府、2012.8)

・現行想定の手法(等価線形解析法)は、ボーリングデータの密度が比較的高い自治体で採用事例が非常に多い手法

## 1.3 強震動計算～計算手法

### 【強震動計算のまとめ】

#### ■ 深部地盤の計算手法～ハイブリッド合成法

- ・地震本部で採用している“詳細法”と同じ手法で、高度な計算手法である
- ・地震波の波形の広帯域の評価が可能で、札幌市が見舞われる長周期から短周期の多様な揺れへの評価が可能

#### ■ 浅部地盤の計算手法～等価線形解析法

- ・ボーリングデータの密度が高い自治体のほとんどで採用する手法

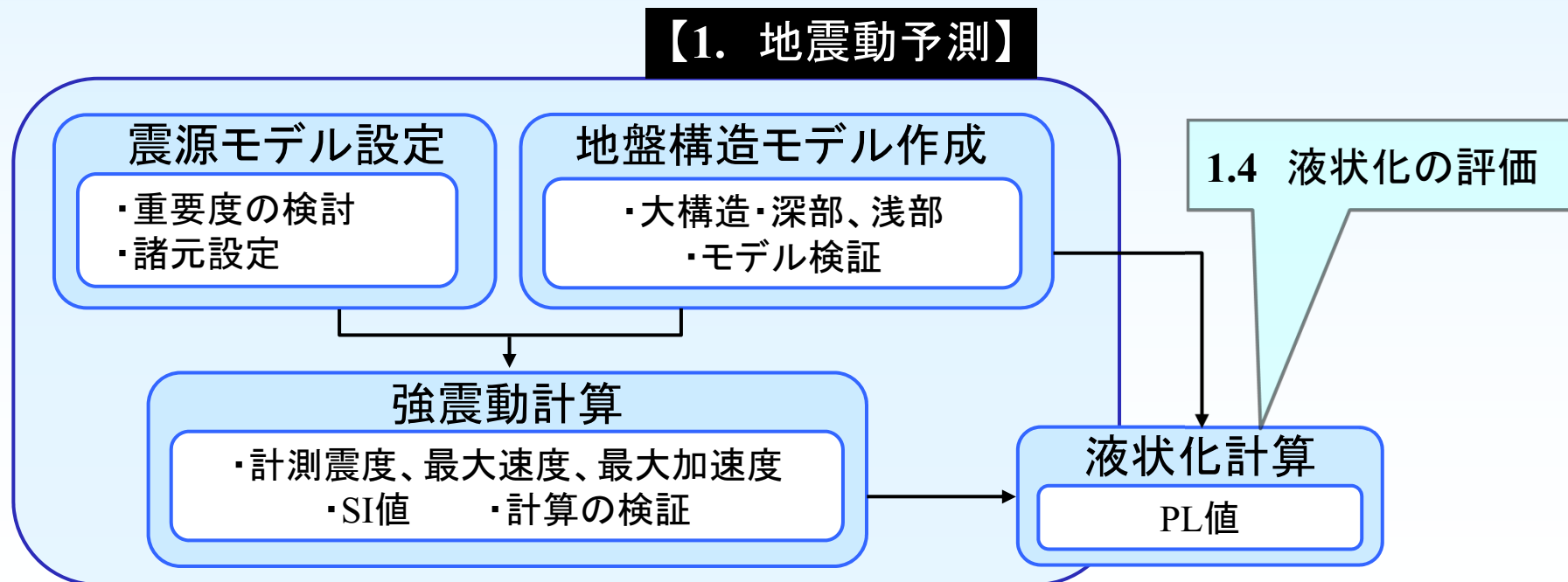
⇒ 再計算においても、**現行想定**の計算手法を継続する



## 1.4 液状化の評価

### 1. 地震動予測

- ・1.1 震源モデル
- ・1.2 地盤構造モデル
- ・1.3 強震動計算
- ・1.4 液状化の評価



## 1.4 液状化の評価～評価(計算)手法

### 【新たな要領・指針等】

- ・「宅地の液状化被害可能性判定に係る技術指針」(国土交通省都市局、2013.3)
  - ※以下、「宅地液状化指針」と略す
    - 中地震動での宅地のための指針
- ・「地震時地盤災害推計システム“SGDAS”」(国土地理院、2019.6運用開始)
  - ※以下、「SGDAS」と略す
    - 地震発生時の速報のための手法
- ・「道路橋示方書」(社団法人 日本道路協会、2017改訂)の改訂 ※以下、「道路橋」と略す
  - 現行想定でも液状化可能性の判定に使用されている
  - 既存式が橋梁には安全側のため、橋梁評価のために合理化した改訂実施(H29)
- ・国土交通省「リスクコミュニケーションを考慮した液状化危険度評価技術の開発」(H30～H32(R2)) ※以下「国交省液状化技術開発」と略す
  - R2にガイドラインやガイダンスを発行予定

### 【その他】

- ・「建築基礎構造設計指針」(日本建築学会、2001.10) ※以下「建築」と略す
  - 「宅地液状化指針」の中で地表変位量 $D_{cy}$ が引用されている

# 1.4 液状化予測の手法等～評価(計算)手法

## 【「宅地液状化指針」について】

### ■特徴

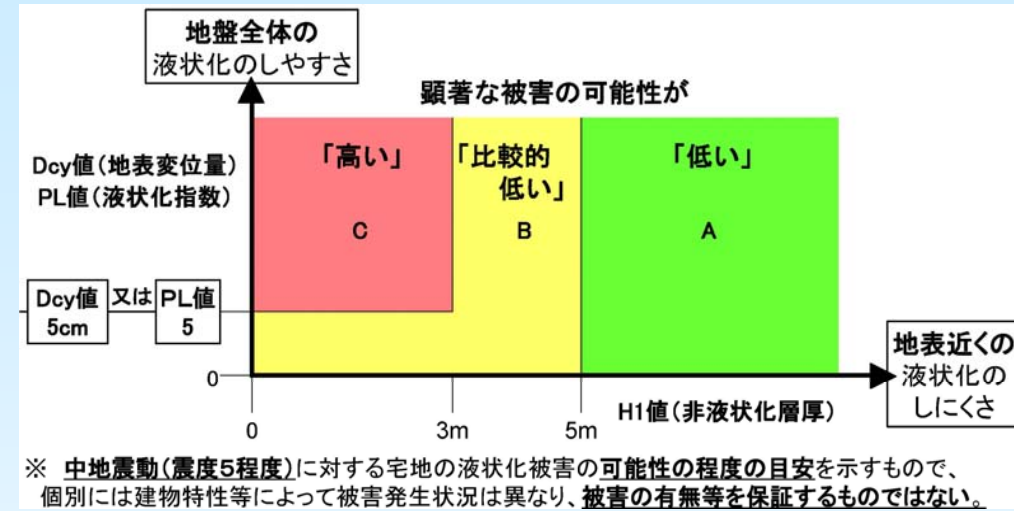
- ・「道路橋」FL法で算出のPLあるいは「建築」の地表変位量Dcyが縦軸、非液状化層厚H1が横軸のテーブルで判定
- ・現行想定は「道路橋」FL法で算出のPL値(0、0～5、5～15、15以上の4区分)で判定。

### ■液状化マップの実績

都道府県の液状化マップにおいての**使用実績は、不明。(明示されている自治体の大半が「道路橋」、一部簡便法)**

### ■他機関での判断例

- ・指針内に記載のとおり、“**宅地**”を対象としたものという認識があると思われる。



「宅地の液状化被害可能性判定に係る技術指針」(国土交通省都市局、2013.3)より引用

更新日：平成31年3月29日

## 「宅地の液状化被害可能性判定に係る技術指針」について

平成25年4月1日付けで国土交通省都市局長から技術的助言として「宅地の液状化可能性判定に係る技術指針」が示されました。

この指針の取り扱いについては、宅地の液状化に関する調査や対策を義務付けるものではありませんが、少なくとも今後開発・造成される新たな宅地については、この基準を参考にして、より安全な宅地供給が行われることを期待するとともに、既存の宅地についても、民間の自主的な取り組みにおいて広く活用されることを期待するところです。

液状化現象は、震度・継続時間等の地震特性、局所的地層変化、建物特性等が複雑に関連しており、被害の可能性判定は、現実的なコストを前提にすると技術的に限界があります。

このため、指針は、震度5程度の地震における宅地の液状化被害の可能性を判定する目安であり、個別の宅地毎に被害の有無等を保証するものではありません。

## 1.4 液状化予測の手法等～評価(計算)手法

### 【「SGDAS」について】

#### ■概要

- ・地震発生時に5段階の危険度を、自治体等に速報提供(2019.6、国土地理院で運用開始)

#### ■速報内容および判定アルゴリズム(神谷、2014)

- ・1) 修正計測震度:簡便法(距離減衰式、地形分類AVS30)で比較、乖離修正
- ・2) 斜面崩壊:修正六甲式(斜面の傾斜、曲率、最大加速度で崩壊を判定)  
事前の計算と組合せ、最大加速度のみで崩壊危険度を算出
- ・3) 液状化:メッシュ毎の地形分類と計測震度のテーブルで判定
- ・4) 地すべり:メッシュ内の地すべり面積率を、既往発生状況による式で評価

#### ■特徴

- ・速報性確保のため、極力簡便な手法で演算時間を短縮
- ・調査の精度(10mメッシュ地形情報等)を有効活用し、現地適合性も考慮
- ・熊本地震での検証結果の特徴(中埜・大野、2018)
  - ・斜面崩壊は過剰予測、予測アルゴリズムか脆弱地質の評価手法に課題
  - ・液状化は見逃し多発、地形分類の高分解能化や地域固有情報に課題

## 1.4 液状化予測の手法等～評価(計算)手法

### 【「道路橋」について】

#### ■改定内容

- ・H24改訂：H23東北地方太平洋沖地震での適合性より、従来式を維持  
(2002と2012では、式は同じ)
- ・H29改訂：従来式は安全側のため、**橋梁評価に適した合理的な改訂**  
～ **粒度の影響を反映**する評価式に変更

#### ■改訂式で受ける影響

- ・H29改訂式：FLが若干高くなる(PL値(岩崎ら、1980)が若干低下)
  - マップでは、**危険度が高いエリアが若干減少**する可能性
  - 被害想定では、**液状化被害の推計が若干低下**の可能性

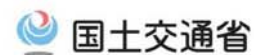
#### ■H29改訂版の採用実績

- ・H29改訂以降に公表の都道府県地震被害想定における液状化検討手法：  
6道県あるが、1道が地形・地盤分類から予測する手法、5県はH29改訂前の  
「道路橋」採用
  - 都道府県では、H29改訂の式は採用していない
    - ・「道路橋」2002；岐阜県(2019)、鳥取県(2018)、島根県(2018)、大分県(2018)
    - ・「道路橋」2017；茨城県(2018)(※報告書に記載の手法は2012(2002)版)
    - ・地形・地盤分類から予測する手法；北海道(2018)

# 1.4 液状化予測の手法等～評価(計算)手法

## 【「国交省液状化技術開発」について】

### 5. 技術開発の計画(スケジュール)



【全体の統括は都市局都市安全課で実施】

研究項目	担当部局	H30年度	H31年度	H32年度		
①液状化危険度評価に必要な情報収集や蓄積についての検討	(1) 液状化発生区域・被害状況把握及びデータ定義などに関する技術開発	都市局 都市安全課 H30:1,167万円	H29から先行実施 液状化被害データの収集整理 液状化発生区域・被害状況把握手法の開発 液状化被害等データ定義の検討	ガイダンス作成		
	(2) 液状化層分布や地震動分布推定に関する技術開発	都市局 都市安全課 H30:3,240万円	面補完による地盤分布推定手法の開発			
②相対的な液状化危険度の評価手法の検討	(1) 社会インフラ分布等を考慮した相対的な液状化危険度評価に関する技術開発	国土地理院 H30:2,160万円	工学的手法と経験的手法を融合した液状化危険度評価手法の技術開発 手法検討 試作・検証	ガイドライン作成		
	(2) リスクコミュニケーションを目的とした液状化ハザードマップ表現に関する技術開発	国土技術政策総合研究所 H30:1,080万円	工学的液状化危険度評価の検討	基本的な考え方作成		
		都市局 都市安全課 H30:1,159万円	地公体と連携し、リスクコミュニケーションを目的とした液状化ハザードマップ検討			
	(3) 液状化被害発生による社会影響度評価に関する技術開発	国土技術政策総合研究所 H30:2,160万円	H29から先行実施 液状化被害データの収集整理 液状化被害による社会的影響評価手法の技術開発	ガイダンス作成		
各年度必要額			12,046万円	12,586万円	12,586万円	14

リスクコミュニケーションを考慮した液状化危険度評価技術の開発 ([http://www.mlit.go.jp/tec/gijutu/kaihatu/pdf/h29/170725\\_04jizen.pdf](http://www.mlit.go.jp/tec/gijutu/kaihatu/pdf/h29/170725_04jizen.pdf)) より引用

- ・R2にガイドラインやガイダンスを発行予定
- ・今後の動向を注視する

## 1.4 液状化の評価手法～評価(計算)手法

### 【評価(計算)手法のまとめ】

#### ■ 現行想定の確認

・現行想定での液状化予測において、一定の評価をいただいていることから、ある程度の妥当性があると考えられる

#### ■ ガイドラインや示方書等の新規発行・改訂状況確認

・従来のPL値による手法以外は、実績が少ない(簡便法を除く)

⇒ 引続き**現行想定の手法**(「道路橋」2002,2012のFLを用いたPL値)で評価

⇒ 現段階では、**実績が多い最適な手法**(現行想定と同じ手法)で実施  
「国交省液状化技術開発」は、発行されるガイドラインの内容を考慮

## 1.4 液状化予測の手法等～液状化に関わる地下水の考え方

### 【液状化に関わる地下水の考え方】

#### ■ 現行想定 of 地下水位設定手法 <巻末⑦: 現行想定 of 地下水位設定手法>

- ・ 継続的な観測での最高水位と、ボーリングの初期水位を比較し、全般的には観測最高水位とボーリングの初期水位が近似しているため、市域全体にわたり多くのデータを有するボーリングの初期水位を最高水位として使用
- ・ ボーリングによる初期水位を元に地下水位等高線図を作成
- ・ 地盤構造モデルに反映

→ **最高水位を考慮して設定**

#### ■ 見直し方針

- ・ 継続観測を行っている水位観測孔の経年変化と最高水位更新状況を確認  
(傾向概要では、ほぼ横ばいから微増: 札幌市環境局)  
(注意点: 経時的な地盤沈下による観測点標高の変化に留意する)
- ・ 浅部地盤構造モデルに追加する新しいボーリングデータ(初期水位)を見直しに考慮する

⇒ 以上の手法で**最高となる水位**を更新改訂して地下水位等高線図を作成し直し、**地盤構造モデルに反映**する



## 1.4 液状化の評価手法～対策工評価等(履歴の記録)

【地盤構造モデルとともに手法追加を検討中】

### ■ 対策効果の追加

- ・対策工を行ったメッシュでは、工事後の効果確認ボーリング調査データ(大半は工事後調査は無いため、工法設計上のデータ)を適用する
- ・メッシュの属性データに、設計上の対策効果を適用している旨を付与する

⇒適用する設計定数など**具体的な手法については、R2計算時に示す**