

**令和2年度 第1回
札幌市 地震被害想定検討委員会**

**資料 6-3:地震動予測結果
(巻末資料)**

令和2年10月8日

札幌市危機管理対策室

地震動の予測

1. 震源モデル	3
2. 地盤構造モデル	19
3. 強震動計算	27
4. 液状化の評価	45

1. 震源モデル

1.1	対象地震と巨視的断層パラメータ	4
1.2	アスペリティと破壊開始点の配置	8
1.3	海溝型地震の微視的断層パラメータ	9
1.4	内陸型(活断層)地震の微視的断層パラメータ	11
1.5	内陸型(伏在活断層)地震の微視的断層パラメータ	13

1.1.1 巨視的断層パラメータ修正案

R1年度に検討を行った③野幌丘陵断層帯で発生する地震と④月寒背斜に関連する断層で発生する地震に加え、①プレート内地震(苫小牧沖)と②石狩低地東縁断層帯主部についても最新の知見を踏まえてパラメータを修正

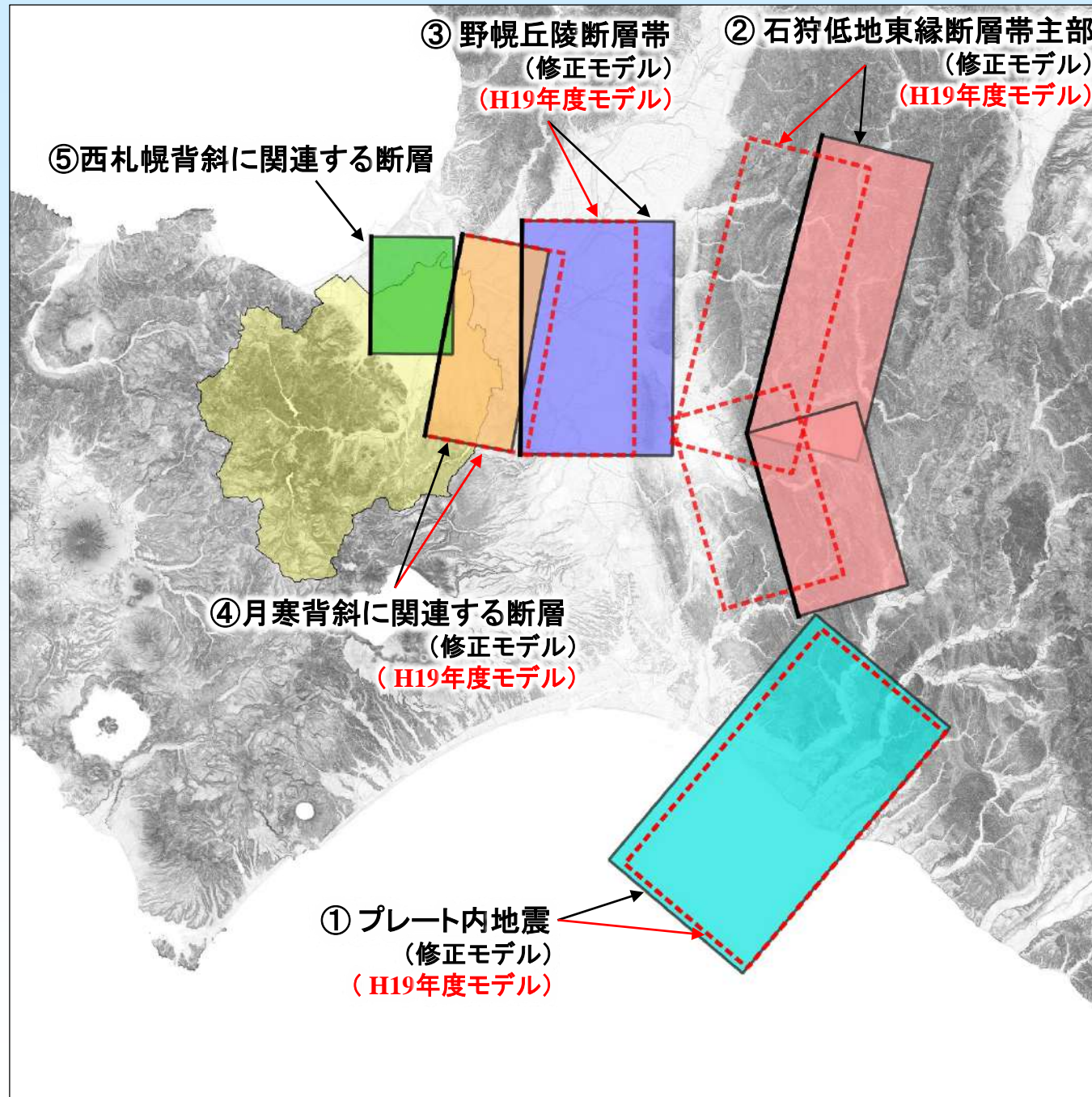
No.			①		②		③		④		⑤	
震源名			プレート内地震 (苫小牧沖)		石狩低地東縁 断層帯主部		野幌丘陵断層帯		月寒背斜に 関連する断層		西札幌背斜に 関連する断層	
検討年			H19被害 想定	修正案	H19被害 想定	修正案	H19被害 想定	修正案	H19被害 想定	修正案	H19被害 想定	修正案
モーメント マグニチュード	M_w	-	7.58	7.58	7.33	7.22	6.89	6.94	6.76	6.67	6.33	変更なし
気象庁 マグニチュード	M_{jma}	-	7.5	7.5	7.9	7.9	7.45	7.52	7.28	7.16	6.73	
地震モーメント	M_0	Nm	3.00E+20	3.00E+20	1.23E+20	8.38E+19	2.76E+19	3.28E+19	1.74E+19	1.26E+19	3.89E+18	
断層モデル 上端深さ	D_0	km	130	130	北部:7 南部:7	北部:9 南部:9	6	6	6	6	5	
走行	θ	°	220	220	北部:14 南部:16	北部:14 南部:16	0	0	10	10	0	
傾斜角	δ	°	0	0	北部:45 南部:45	北部:30 南部:30	45	30	45	45	45	
断層長	L	km	42	44	北部:42 南部:26	北部:42 南部:26	32	32	28	28	16	
断層幅	W	km	22	24	北部:24 南部:24	北部:18 南部:18	22	24	20	17	16	
断層モデル 総面積	S	km ²	924	1056	1487	1224	704	768	560	476	256	

※次ページに震源モデルの分布図を示す

【断層モデル修正による影響】

- ①プレート内地震(苫小牧沖)のパラメータは微修正にとどまっている。
- ②石狩低地東縁断層帯主部で発生する地震に関しては、震源距離が遠くなり、規模(モーメントマグニチュードや地震モーメント)も若干小さくなっているため、H19年度被害想定と比べて地震動も相対的に小さくなると考えられる。

1.1.1 巨視的断層パラメータ修正案



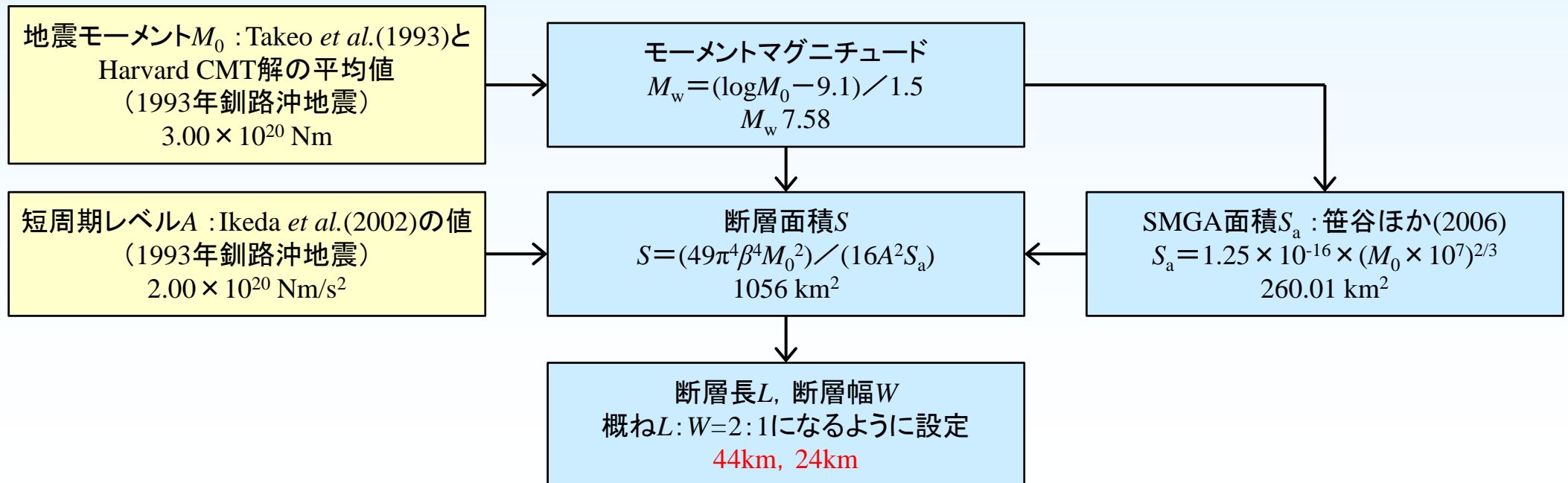
1.1.2 ①プレート内地震(苫小牧沖)の断層パラメータの修正案

【H19年度被害想定】

- 1974年苫小牧沖地震(M6.4)の震源位置に、1993年釧路沖タイプの地震(M7.5)を想定しており、笹谷ほか(2006)を参考にパラメータの設定が行われている。

【修正案】

- 地震本部が公表している平成28年版以降の「震源断層を特定した地震の強震動予測手法(「レシピ」)」には、スラブ内地震(プレート内地震)の特性化震源モデルの設定方法が示されるようになっており、これを踏まえて最新の「レシピ」(地震本部, 2020)の設定方法に従いパラメータを再設定する。
(設定の基本的な流れはH19年度被害想定と変わらないため微修正となる)
- H19年度被害想定での設定値と同様に、地震モーメントはTakeo *et al.*(1993)とHarvard CMT解の1993年釧路沖地震の平均値(3.00×10^{20} Nm)より与え、短周期レベルはIkeda *et al.*(2002)の1993年釧路沖地震の値(2.00×10^{20} Nm/s²)より与える。



1.1.3 ②石狩低地東縁断層帯主部の断層パラメータの修正案

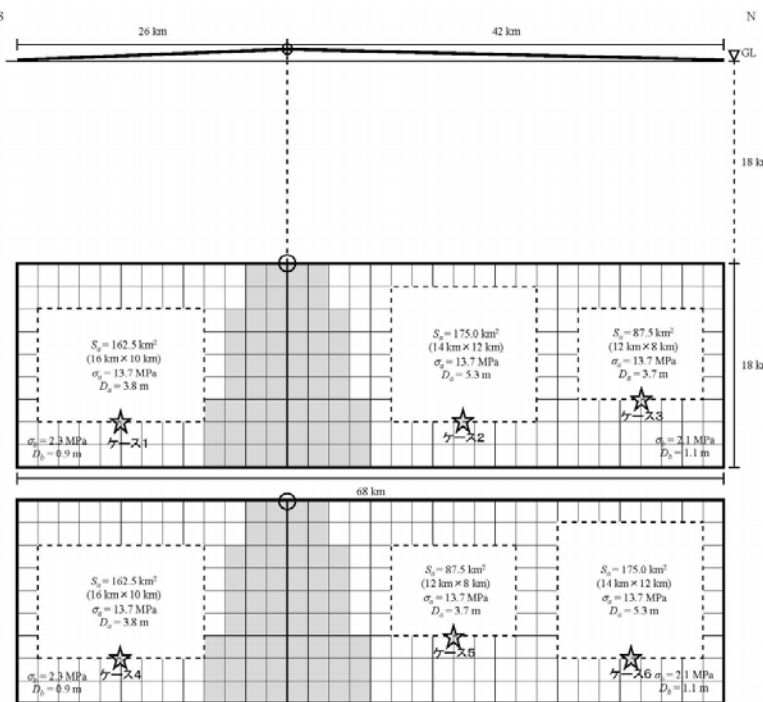
【H19年度被害想定】

- 「石狩低地東縁断層帯の地震を想定した強震動評価について」(地震本部, 2004)でのモデルを使用

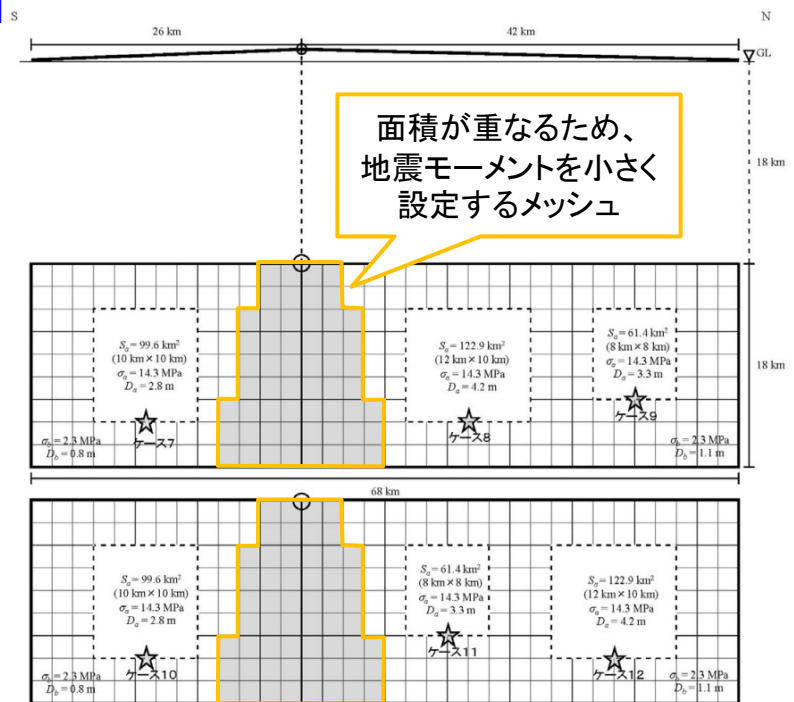
【修正案】

- 平成22年8月に石狩低地東縁断層帯の長期評価は改定されており、「全国地震動予測地図」に用いられる震源パラメータも「今後の地震動ハザード評価に関する検討～2011年・2012年における検討結果～」(地震本部, 2012)において更新されている。これを踏まえ、**2012年版以降の「全国地震動予測地図」において設定されているパラメータに更新する。**
- 上記のモデルには「モデルA: レシピ通りの地震モーメント」と「モデルB: 面積が重なった分の地震モーメントを小さくする」のモデルがあるが、**地震規模の大きいモデルAを使用する。**

【モデルA】



【モデルB】

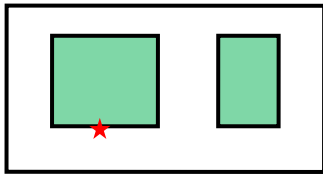
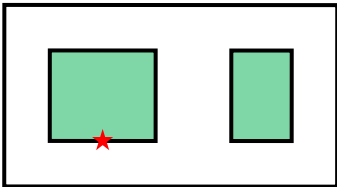
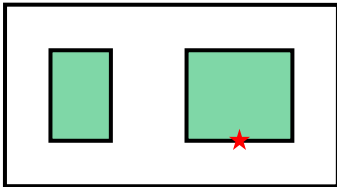
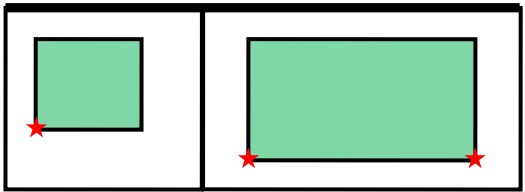
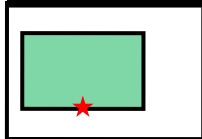
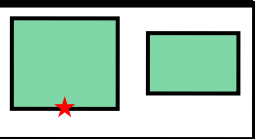
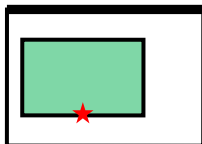
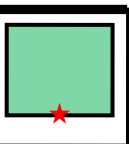
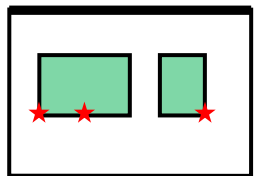
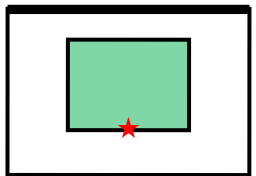
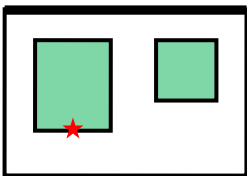
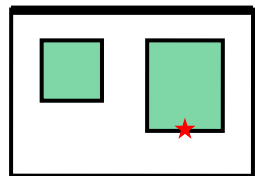
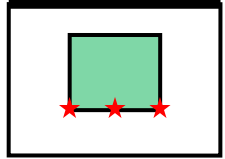
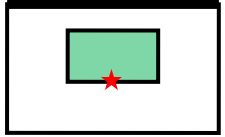
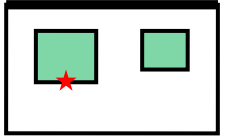
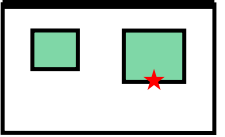

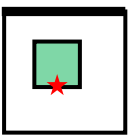


石狩低地東縁断層帯主部のパラメータ

(「今後の地震動ハザード評価に関する検討～2011年・2012年における検討結果～」(地震本部, 2012)より引用・加筆)

1.2 アスペリティと破壊開始点の配置

★:破壊開始点 ■:アスペリティまたはSMGA □:断層面 —:断層面上端

	H19年度被害想定	本検討
<p>①プレート内地震 (苫小牧沖) $M_{jma} 7.5$</p>	<p>北東  南西</p> <p style="text-align: right;">ケース数:1</p>	<p>北東  南西 北東  南西</p> <p style="text-align: right;">ケース数:2</p>
<p>②石狩低地東縁 断層帯主部 $M_{jma} 7.9$</p>	<p>南  北</p> <p style="text-align: right;">ケース数:3</p>	<p>南  北 南  北</p> <p>南  北 南  北</p> <p style="text-align: right;">ケース数:4</p>
<p>③野幌丘陵断層 帯 $M_{jma} 7.52$</p>	<p>南  北</p> <p style="text-align: right;">ケース数:3</p>	<p>南  北 南  北 南  北</p> <p style="text-align: right;">ケース数:3</p>
<p>④月寒背斜に関 連する断層 $M_{jma} 7.16$</p>	<p>南  北</p> <p style="text-align: right;">ケース数:3</p>	<p>南  北 南  北 南  北</p> <p style="text-align: right;">ケース数:3</p>
<p>⑤西札幌背斜に 関連する断層 $M_{jma} 6.73$</p>	<p>南  北</p> <p style="text-align: right;">ケース数:3</p>	<p>南  北</p> <p style="text-align: right;">ケース数:1</p>

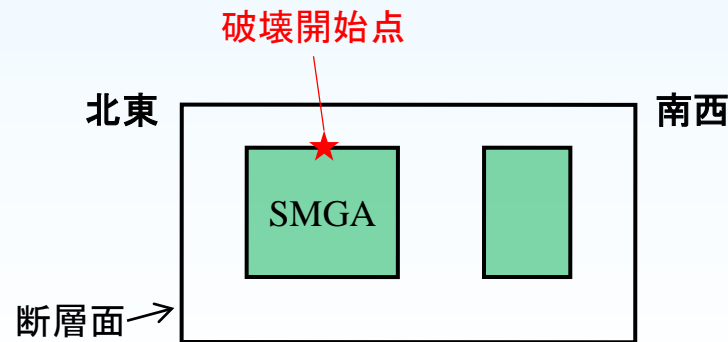
1.3 海溝型地震の微視的断層パラメータ

【微視的震源パラメータの設定方針】

- 巨視的パラメータ同様、最新の「震源断層を特定した地震の強震動予測手法（「レシピ」）」（地震本部，2020）の「1.3 スラブ内地震の特性化震源モデル」の設定方法に従い再設定する。
- 強震動生成領域（SMGA）は2つ配置することとし、北東側に主SMGAを配置したモデル1と、南西側に主SMGAを配置したモデル2を設定する。
- 破壊開始点は、正断層であることを踏まえて下端中央に配置し、主SMGAから破壊が開始するケースのみを検討対象とする。

【（参考）H19年度被害想定での計算ケース】

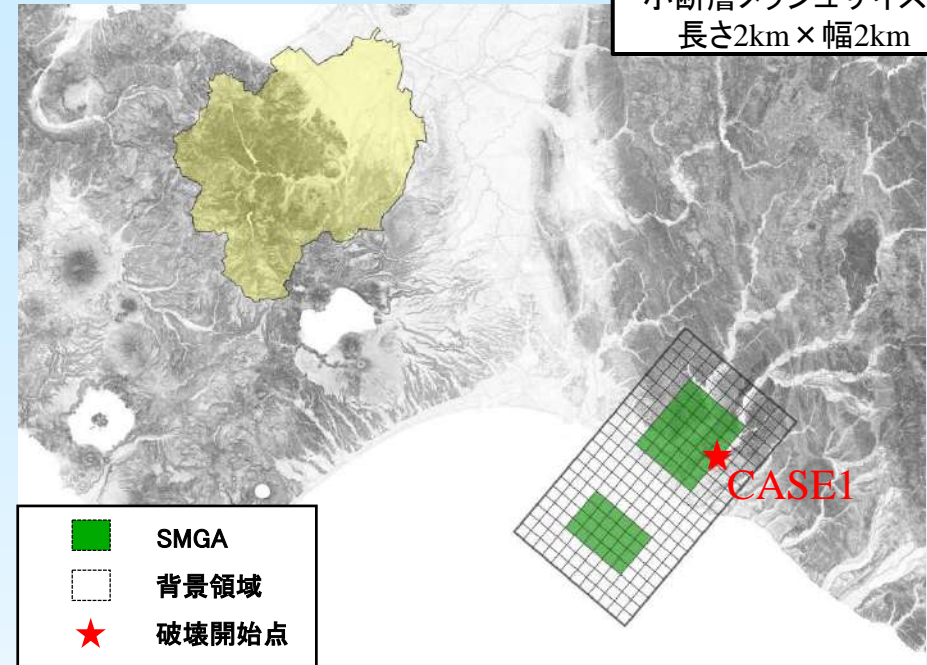
- SMGAの配置は1モデルのみで、1ケースの破壊開始点が設定されている。



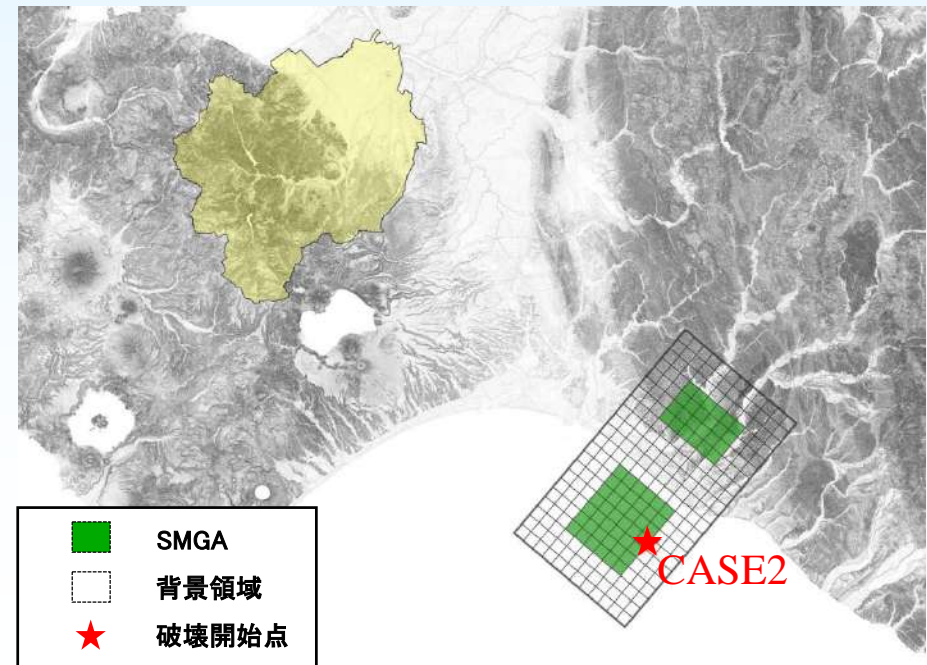
1.3.1 ①プレート内地震(苫小牧沖)

巨視的震源パラメータ				設定根拠	
断層モデル総面積	S_{model}	km ²	1056	$S_{model} = \sum S_{seg}$	
地震モーメント	M_0	Nm	3.00E+20	平成19年度被害想定設定値より :Takeo et al.(1993)とHarvard CMT解の1993年釧路沖地震の平均値	
モーメントマグニチュード	M_w	-	7.58	$M_w = (\log M_0 - 9.1) / 1.5$	
気象庁マグニチュード	M_{jma}	-	7.5	1993年釧路沖地震(気象庁)	
静的応力降下量	$\Delta \sigma$	MPa	21.30	$\Delta \sigma = (7/16) * M_0 / R^3$	
平均すべり量	D_{model}	m	4.16	$D_{model} = M_0 / (\mu S_{model})$	
短周期レベル	A	Nm/s ²	2.00E+20	平成19年度被害想定設定値より :Ikeda et al.(2002)の1993年釧路沖地震の値	
断層モデル原点(世界測地系)	Lat	°	42.6077	日本測地系の値より算出	
	Lon	°	142.2554		
断層モデル原点(日本測地系)	Lat	°	42.6052	平成19年度被害想定設定値を参考に設定	
	Lon	°	142.2592		
走行	θ	°	220.0	平成19年度被害想定設定値より	
傾斜角	δ	°	0	平成19年度被害想定設定値より	
すべり角	γ	°	-90	正断層	
断層モデル上端深さ	$D_{0,seg}$	km	130	平成19年度被害想定設定値より	
単位区間長さ	L_{seg}	km	44	概ね $L_{seg} : W_{seg} = 2 : 1$ になるように設定	
単位区間幅	W_{seg}	km	24		
単位区間面積	S_{seg}	km ²	1056	$S_{model} = (49 \pi^4 \beta^4 M_0^2) / (16 A^2 S_a) = 1058.6 \text{ km}^2$ を目安 に $S_{seg} = L_{seg} * W_{seg}$ より設定	
単位区間地震モーメント	$M_{0,seg}$	Nm	3.00E+20	1区間のみ: $M_{0,seg} = M_0$	
単位区間平均すべり量	D_{seg}	m	4.16	1区間のみ: $D_{seg} = D_{model}$	
微視的震源パラメータ					
全SMGA	面積	S_a	260.01	$S_a = 1.25 * 10^{-16} * (M_0 * 10^7)^{2/3}$: 笹谷ほか(2006)	
	平均すべり量	D_a	8.33	$D_a = \gamma D_{seg}$, $\gamma = 2.0$	
	実行応力	σ_a	86.50	$\Delta \sigma_a = (S_{model} / S_a) * \Delta \sigma$, $\sigma_a = \Delta \sigma_a$	
	地震モーメント	$M_{0,a}$	1.48E+20	$M_{0,a} = \mu D_a S_a$	
SMGA①	面積	S_{a1}	173.34	$S_{a1} = 2/3 * S_a$	
	平均すべり量	D_{a1}	9.23	$D_{a1} = ((r_1/r) / (\sum (r_i/r)^3)) * D_a$	
	実行応力	σ_{a1}	86.50	$\sigma_{a1} = \sigma_a$	
SMGA②	面積	S_{a2}	86.67	$S_{a2} = 1/3 * S_a$	
	平均すべり量	D_{a2}	6.52	$D_{a2} = ((r_2/r) / (\sum (r_i/r)^3)) * D_a$	
	実行応力	σ_{a2}	86.50	$\sigma_{a2} = \sigma_a$	
背景領域	面積	S_b	795.99	$S_b = S_{seg} - S_a$	
	平均すべり量	D_b	2.80	$D_b = M_{0,b} / (\mu S_b)$	
	実行応力	σ_b	10.65	$\sigma_b = (D_b / W_b) * (\pi^{1/2} / D_a) * r * \sigma_a * \sum (r_i/r)^3$	
	地震モーメント	$M_{0,b}$	1.52E+20	$M_{0,b} = M_{0,seg} - M_{0,a}$	
その他					
S波速度	β	km/s	4.5	産総研(2009): 深度100km面以深	
密度	ρ	g/cm ³	3.37	産総研(2009): 深度100km面以深	
剛性率	μ	N/m ²	6.82E+10	$\mu = \rho \beta^2$	
破壊伝播速度	V_r	km/s	3.24	$V_r = 0.72 * \beta$: Geller (1976)	
高周波遮断周波数	f_{max}	Hz	13.5	地震調査委員会(2003, 2004)	

小断層メッシュサイズ:
長さ2km×幅2km



【モデル1】



【モデル2】

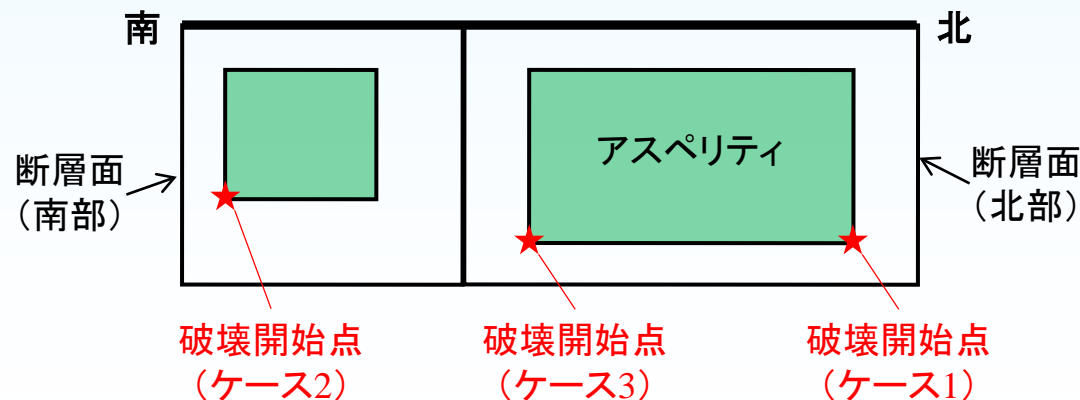
1.4 内陸型(活断層)地震の微視的断層パラメータ

【微視的震源パラメータの設定方針】

- 巨視的パラメータ同様、2012年版以降の「全国地震動予測地図」(現時点での最新は2018年版)において設定されているパラメータを基本的に使用する。
- ただし、断層面におけるS波速度 β および密度 ρ については使用する深部地盤モデル(産総研、2009)の「基盤岩類～コンラッド面」の値とし、それに伴うパラメータ(平均すべり量 D など)を修正する。
- 破壊開始点について、「全国地震動予測地図2018年版」(地震本部、2018)では6ケースが想定されているが、北部セグメントについては、2つ設定されているアスペリティのうち主アスペリティから破壊が開始するケースのみを検討対象とする。

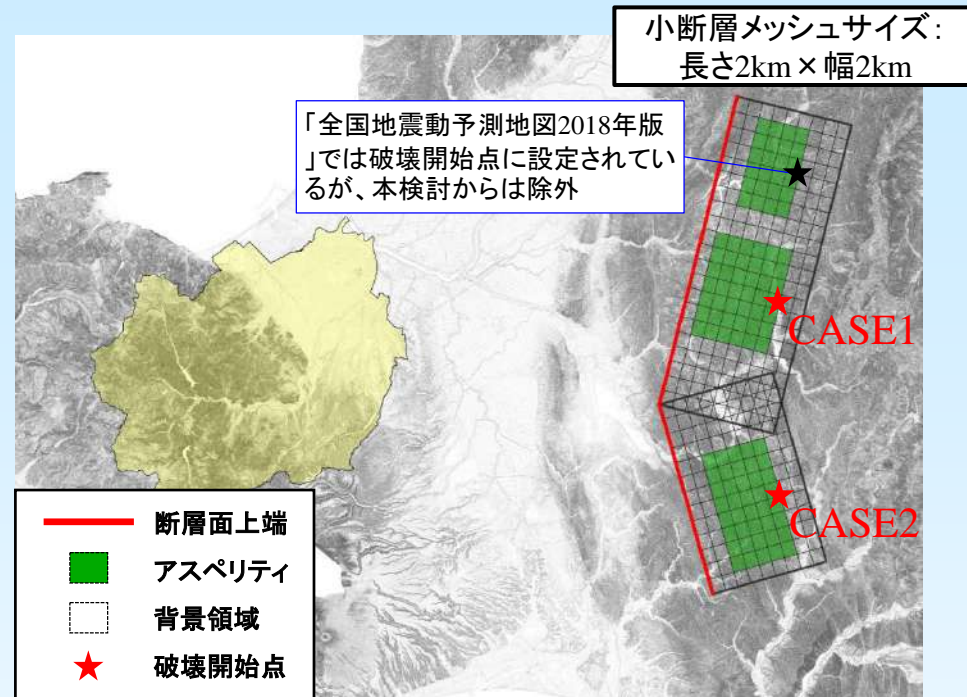
【(参考) H19年度被害想定での計算ケース】

- アスペリティの配置は1モデルのみで、3ケースの破壊開始点が設定されている。

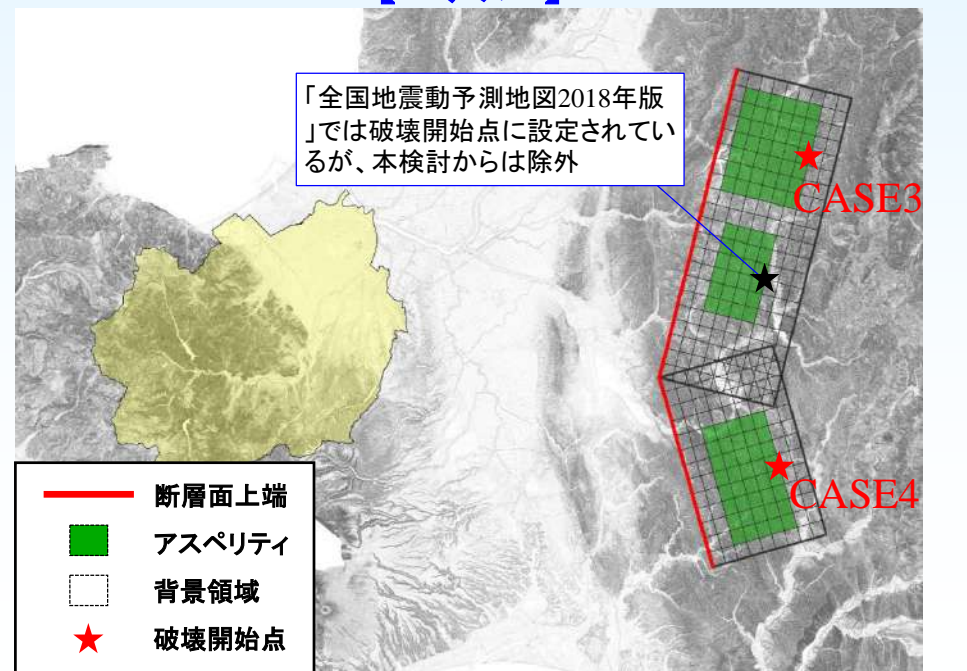


1.4.1 ②石狩低地東縁断層帯主部

巨視的震源パラメータ				北部	南部	設定根拠
断層モデル総面積	S_{model}	km ²	1224		$S_{model} = \sum S_{seg}$	
地震モーメント	M_0	Nm	8.38E+19		$\log M_0 = 1.17 M_{jma} + 10.72$	
モーメントマグニチュード	M_w	-	7.22		$M_w = (\log M_0 - 9.1) / 1.5$	
気象庁マグニチュード	M_{jma}	-	7.9		$M_{jma} = (\log L + 2.9) / 0.6$ ※長期評価断層長 $L = 66\text{km}$	
静的応力降下量	$\Delta \sigma$	MPa	4.77		$\Delta \sigma = (7/16) * M_0 / R^3$	
平均すべり量	D_{model}	m	2.14		$D_{model} = M_0 / (\mu S_{model})$	
短周期レベル	A	Nm/s ²	2.32E+19		$A = 2.46 * 10^{10} * (M_0 * 10^7)^{1/3}$	
断層モデル原点 (世界測地系)	Lat	°	42.9692		J-SHIS2018モデル: 断層面上端の屈曲点	
	Lon	°	141.9148			
断層モデル原点 (日本測地系)	Lat	°	42.9667		世界測地系の値より算出	
	Lon	°	141.9185			
走行	θ	°	14.0	164.0	長期評価の端点を結ぶ方向	
傾斜角	δ	°	30	150	東傾斜	
すべり角	γ	°	90	90	逆断層	
断層モデル上端深さ	D_{0seg}	km	9	9	J-SHIS2018モデル	
単位区間長さ	L_{seg}	km	42	26	J-SHIS2018モデル	
単位区間幅	W_{seg}	km	18	18	※ $S = 4.24 * 10^{-11} * (M_0 * 10^7)^{1/2} = 1227\text{km}^2$ を目安に設定された値	
単位区間面積	S_{seg}	km ²	756	468		
単位区間地震モーメント	M_{0seg}	Nm	5.63E+19	2.74E+19	単位区間面積の1.5乗に比例して配分	
単位区間平均すべり量	D_{seg}	m	2.33	1.83	$D_{seg} = M_{0seg} / (\mu S_{seg})$	
微視的震源パラメータ				北部	南部	
全アスペリティ	面積	S_a	425.03		$S_a = \pi r^2$	
	平均すべり量	D_a	262.52	162.51	単位区間面積に比例して配分	
	実行応力	σ_a	4.65	3.66	$D_a = \gamma D_{seg}, \gamma = 2.0$	
	地震モーメント	M_{0a}	Nm	3.91E+19	1.91E+19	$M_{0a} = \mu D_a S_a$
アスペリティ①	面積	S_{a1}	175.01	162.51	北部: $S_{a1} = 2/3 * S_a$, 南部: $S_{a1} = S_a$	
	平均すべり量	D_{a1}	5.16	3.66	$D_{a1} = ((r_1/r) / (\sum (r_i/r)^3)) * D_a$	
	実行応力	σ_{a1}	13.72	13.72	$\sigma_{a1} = \sigma_a$	
アスペリティ②	面積	S_{a2}	87.51	-	北部: $S_{a2} = 1/3 * S_a$, 南部: $S_{a2} = 0$	
	平均すべり量	D_{a2}	3.65	-	$D_{a2} = ((r_2/r) / (\sum (r_i/r)^3)) * D_a$	
	実行応力	σ_{a2}	13.72	-	$\sigma_{a2} = \sigma_a$	
背景領域	面積	S_b	493.48	305.49	$S_b = S_{seg} - S_a$	
	平均すべり量	D_b	1.09	0.86	$D_b = M_{0b} / (\mu S_b)$	
	実行応力	σ_b	2.13	2.27	$\sigma_b = (D_b / W_b) * (\pi^{1/2} / D_a) * r * \sigma_a * \sum (r_i/r)^3$	
	地震モーメント	M_{0b}	Nm	1.72E+19	8.38E+18	$M_{0b} = M_{0seg} - M_{0a}$
その他						
S波速度	β	km/s	3.4		産総研(2009): 基盤岩類~コンラッド面	
密度	ρ	g/cm ³	2.77		産総研(2009): 基盤岩類~コンラッド面	
剛性率	μ	N/m ²	3.20E+10		$\mu = \rho \beta^2$	
破壊伝播速度	V_r	km/s	2.45		$V_r = 0.72 * \beta$: Geller (1976)	
高周波遮断周波数	f_{max}	Hz	6.0		地震調査委員会強震動評価部会(2001)	



【モデル1】



【モデル2】

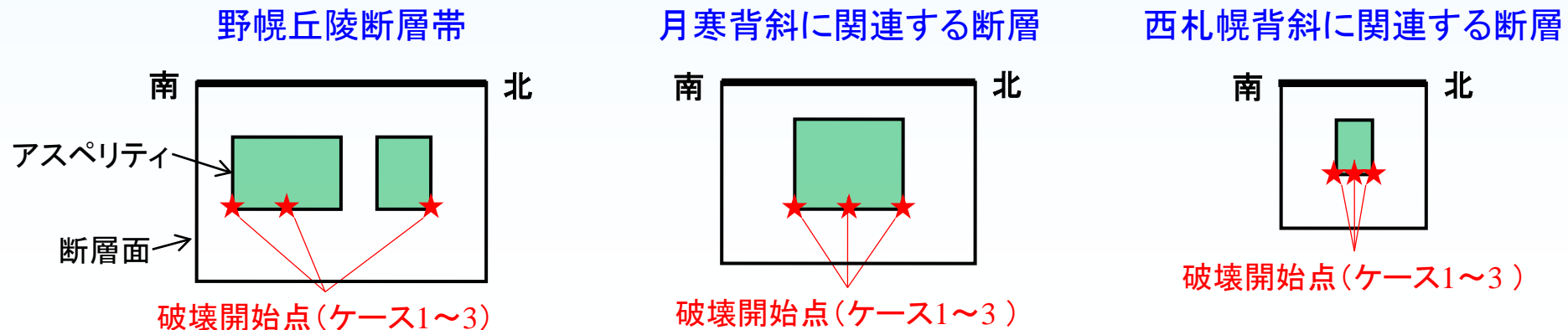
1.5 内陸型(伏在活断層)地震の微視的断層パラメータ

【微視的震源パラメータの設定方針】

- 最新の「震源断層を特定した地震の強震動予測手法(「レシピ」)」(地震本部, 2020)の「1.1 活断層で発生する地震の特性化震源モデル」の設定方法に従い設定する。
- ③ 野幌丘陵断層帯および④ 月寒背斜に関連する断層については、発生する地震規模が比較的大きい($M_j \geq 7.0$)ことから、アスペリティが1つのみのモデル1に加えて、アスペリティを2つ設定したモデル(南側に主アスペリティを配置したモデル2と、北側に主アスペリティを配置したモデル3)を設定する。
- ⑤ 西札幌背斜に関連する断層はアスペリティ1つのモデルのみ設定する。
- 破壊開始点は逆断層であることを踏まえて下端中央に配置し、アスペリティが2つあるモデルについては主アスペリティから破壊が開始するケースのみを検討対象とする。

【(参考) H19年度被害想定での計算ケース】

- 各地震のアスペリティの配置は1モデルのみで、それぞれ3ケースの破壊開始点が設定されている。



1.5.1 ③野幌丘陵断層帯

巨視的震源パラメータ				モデル1: アスペリティー数1		モデル2&3: アスペリティー数2	
				設定根拠		設定根拠	
断層モデル総面積	S_{model}	km ²	768	$S_{model} = \sum S_{seg}$	768	$S_{model} = \sum S_{seg}$	
地震モーメント	M_0	Nm	3.28E+19	$M_0 = ((S_{model}/4.24) * 10^{11})^2 * 10^{-7}$	3.28E+19	$M_0 = ((S_{model}/4.24) * 10^{11})^2 * 10^{-7}$	
モーメントマグニチュード	M_w	-	6.94	$M_w = (\log M_0 - 9.1) / 1.5$	6.94	$M_w = (\log M_0 - 9.1) / 1.5$	
気象庁マグニチュード	M_{jma}	-	7.52	$\log M_0 = 1.17 M_{jma} + 10.72$	7.52	$\log M_0 = 1.17 M_{jma} + 10.72$	
静的応力降下量	$\Delta \sigma$	MPa	3.76	$\Delta \sigma = (7/16) * M_0 / R^3$	3.76	$\Delta \sigma = (7/16) * M_0 / R^3$	
平均すべり量	D_{model}	m	1.33	$D_{model} = M_0 / (\mu S_{model})$	1.33	$D_{model} = M_0 / (\mu S_{model})$	
短周期レベル	A	Nm/s ²	1.70E+19	$A = 2.46 * 10^{10} * (M_0 * 10^7)^{1/3}$	1.70E+19	$A = 2.46 * 10^{10} * (M_0 * 10^7)^{1/3}$	
断層モデル原点(世界測地系)	Lat	°	42.9413	日本測地系の値より算出	42.9413	日本測地系の値より算出	
	Lon	°	141.5355		141.5355		
断層モデル原点(日本測地系)	Lat	°	42.9388	平成19年度被害想定設定値より	42.9388	平成19年度被害想定設定値より	
	Lon	°	141.5392		141.5392		
走行	θ	°	0.0	令和1年度検証業務報告書より	0.0	令和1年度検証業務報告書より	
傾斜角	δ	°	30	令和1年度検証業務報告書より	30	令和1年度検証業務報告書より	
すべり角	γ	°	90	逆断層	90	逆断層	
断層モデル上端深さ	D_{0seg}	km	6	令和1年度検証業務報告書より	6	令和1年度検証業務報告書より	
単位区間長さ	L_{seg}	km	32	令和1年度検証業務報告書より	32	令和1年度検証業務報告書より	
単位区間幅	W_{seg}	km	24	令和1年度検証業務報告書より	24	令和1年度検証業務報告書より	
単位区間面積	S_{seg}	km ²	768	$S_{seg} = L_{seg} * W_{seg}$	768	$S_{seg} = L_{seg} * W_{seg}$	
単位区間地震モーメント	M_{0seg}	Nm	3.28E+19	1区間のみ: $M_{0seg} = M_0$	3.28E+19	1区間のみ: $M_{0seg} = M_0$	
単位区間平均すべり量	D_{seg}	m	1.33	1区間のみ: $D_{seg} = D_{model}$	1.33	1区間のみ: $D_{seg} = D_{model}$	
微視的震源パラメータ							
全アスペリティー	面積	S_a	km ²	194.09	$S_a = \pi r^2$	194.09	$S_a = \pi r^2$
	平均すべり量	D_a	m	2.67	$D_a = \gamma D_{seg}, \gamma = 2.0$	2.67	$D_a = \gamma D_{seg}, \gamma = 2.0$
	実行応力	σ_a	MPa	14.86	$\Delta \sigma_a = (S_{model}/S_a) * \Delta \sigma, \sigma_a = \Delta \sigma_a$	14.86	$\Delta \sigma_a = (S_{model}/S_a) * \Delta \sigma, \sigma_a = \Delta \sigma_a$
	地震モーメント	M_{0a}	Nm	1.66E+19	$M_{0a} = \mu D_a S_a$	1.66E+19	$M_{0a} = \mu D_a S_a$
アスペリティー①	面積	S_{a1}	km ²	194.09	アスペリティー1つ: $S_{a1} = S_a$	129.40	$S_{a1} = 2/3 * S_a$
	平均すべり量	D_{a1}	m	2.67	アスペリティー1つ: $D_{a1} = D_a$	2.96	$D_{a1} = ((r_1/r) / (\sum (r_i/r)^3)) * D_a$
	実行応力	σ_{a1}	MPa	14.86	$\sigma_{a1} = \sigma_a$	14.86	$\sigma_{a1} = \sigma_a$
アスペリティー②	面積	S_{a2}	km ²	-	-	64.70	$S_{a2} = 1/3 * S_a$
	平均すべり量	D_{a2}	m	-	-	2.09	$D_{a2} = ((r_2/r) / (\sum (r_i/r)^3)) * D_a$
	実行応力	σ_{a2}	MPa	-	-	14.86	$\sigma_{a2} = \sigma_a$
背景領域	面積	S_b	km ²	573.91	$S_b = S_{seg} - S_a$	573.91	$S_b = S_{seg} - S_a$
	平均すべり量	D_b	m	0.88	$D_b = M_{0b} / (\mu S_b)$	0.88	$D_b = M_{0b} / (\mu S_b)$
	実行応力	σ_b	MPa	2.85	$\sigma_b = (D_b/W_b) * (\pi^{1/2}/D_a) * r * \sigma_a * \sum (r_i/r)^3$	2.10	$\sigma_b = (D_b/W_b) * (\pi^{1/2}/D_a) * r * \sigma_a * \sum (r_i/r)^3$
	地震モーメント	M_{0b}	Nm	1.62E+19	$M_{0b} = M_{0seg} - M_{0a}$	1.62E+19	$M_{0b} = M_{0seg} - M_{0a}$
その他							
S波速度	β	km/s	3.4	産総研(2009): 基盤岩類～コンラッド面	3.4	産総研(2009): 基盤岩類～コンラッド面	
密度	ρ	g/cm ³	2.77	産総研(2009): 基盤岩類～コンラッド面	2.77	産総研(2009): 基盤岩類～コンラッド面	
剛性率	μ	N/m ²	3.20E+10	$\mu = \rho \beta^2$	3.20E+10	$\mu = \rho \beta^2$	
破壊伝播速度	V_r	km/s	2.45	$V_r = 0.72 * \beta$: Geller (1976)	2.45	$V_r = 0.72 * \beta$: Geller (1976)	
高周波遮断周波数	f_{max}	Hz	6.0	地震調査委員会強震動評価部会(2001)	6.0	地震調査委員会強震動評価部会(2001)	

1.5.1 ③野幌丘陵断層帯

小断層メッシュサイズ：
長さ2km×幅2km

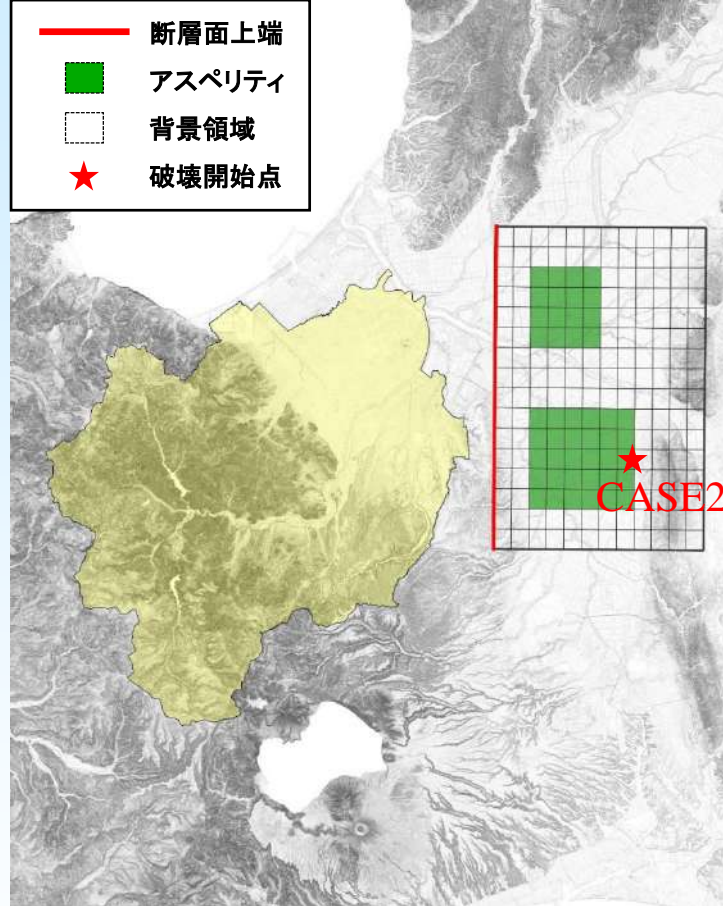
- 断層面上端
- アスペリティ
- 背景領域
- 破壊開始点

- 断層面上端
- アスペリティ
- 背景領域
- 破壊開始点

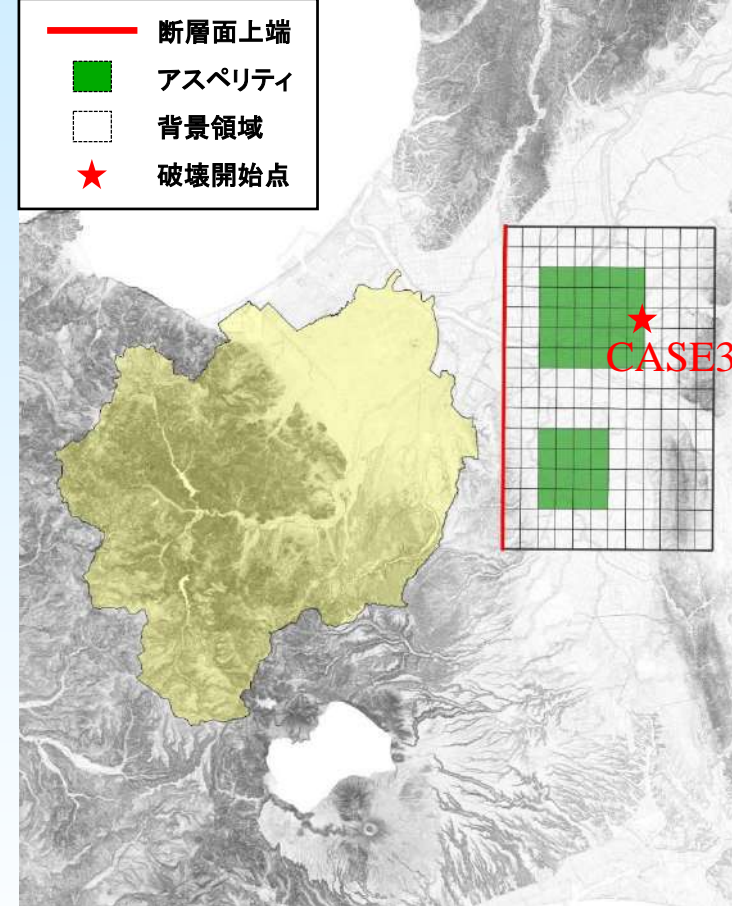
- 断層面上端
- アスペリティ
- 背景領域
- 破壊開始点



【モデル1】



【モデル2】



【モデル3】

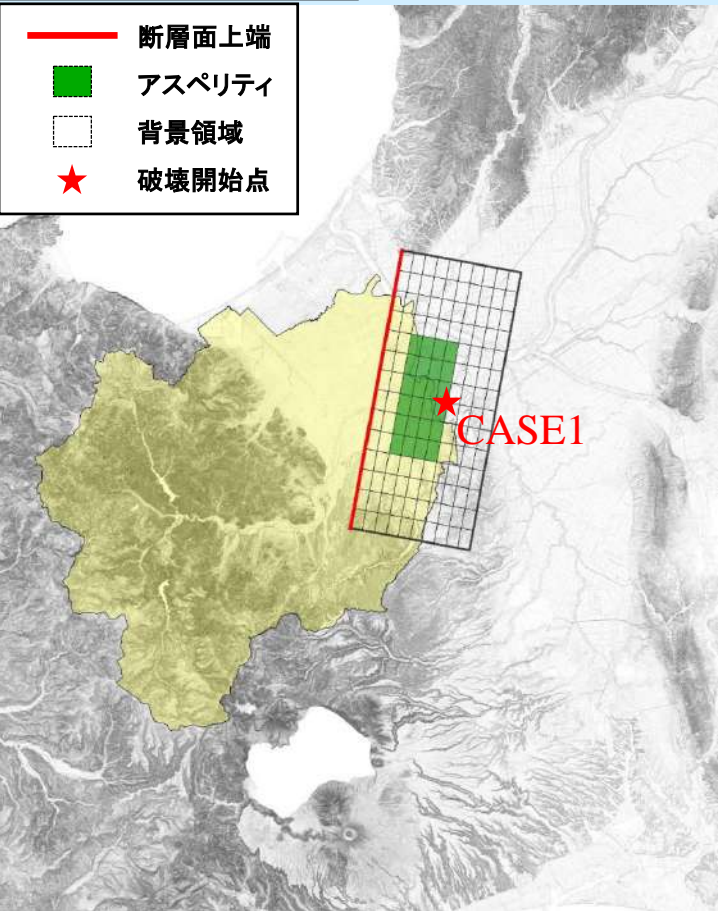
1.5.2 ④月寒背斜に関連する断層

				モデル1: アスペリティー数1		モデル2&3: アスペリティー数2	
巨視的震源パラメータ				設定根拠		設定根拠	
断層モデル総面積	S_{model}	km ²	476	$S_{model} = \sum S_{seg}$	476	$S_{model} = \sum S_{seg}$	
地震モーメント	M_0	Nm	1.26E+19	$M_0 = ((S_{model}/4.24) * 10^{11})^2 * 10^{-7}$	1.26E+19	$M_0 = ((S_{model}/4.24) * 10^{11})^2 * 10^{-7}$	
モーメントマグニチュード	M_w	-	6.67	$M_w = (\log M_0 - 9.1) / 1.5$	6.67	$M_w = (\log M_0 - 9.1) / 1.5$	
気象庁マグニチュード	M_{jma}	-	7.16	$\log M_0 = 1.17 M_{jma} + 10.72$	7.16	$\log M_0 = 1.17 M_{jma} + 10.72$	
静的応力降下量	$\Delta \sigma$	MPa	2.96	$\Delta \sigma = (7/16) * M_0 / R^3$	2.96	$\Delta \sigma = (7/16) * M_0 / R^3$	
平均すべり量	D_{model}	m	0.83	$D_{model} = M_0 / (\mu S_{model})$	0.83	$D_{model} = M_0 / (\mu S_{model})$	
短周期レベル	A	Nm/s ²	1.23E+19	$A = 2.46 * 10^{10} * (M_0 * 10^7)^{1/3}$	1.23E+19	$A = 2.46 * 10^{10} * (M_0 * 10^7)^{1/3}$	
断層モデル原点(世界測地系)	Lat	°	42.9634	日本測地系の値より算出	42.9634	日本測地系の値より算出	
	Lon	°	141.3753		141.3753		
断層モデル原点(日本測地系)	Lat	°	42.9610	平成19年度被害想定設定値より	42.9610	平成19年度被害想定設定値より	
	Lon	°	141.3790		141.3790		
走行	θ	°	10.0	令和1年度検証業務報告書より	10.0	令和1年度検証業務報告書より	
傾斜角	δ	°	45	令和1年度検証業務報告書より	45	令和1年度検証業務報告書より	
すべり角	γ	°	90	逆断層	90	逆断層	
断層モデル上端深さ	$D_{0,seg}$	km	6	令和1年度検証業務報告書より	6	令和1年度検証業務報告書より	
単位区間長さ	L_{seg}	km	28	令和1年度検証業務報告書より	28	令和1年度検証業務報告書より	
単位区間幅	W_{seg}	km	17	令和1年度検証業務報告書より	17	令和1年度検証業務報告書より	
単位区間面積	S_{seg}	km ²	476	$S_{seg} = L_{seg} * W_{seg}$	476	$S_{seg} = L_{seg} * W_{seg}$	
単位区間地震モーメント	$M_{0,seg}$	Nm	1.26E+19	1区間のみ: $M_{0,seg} = M_0$	1.26E+19	1区間のみ: $M_{0,seg} = M_0$	
単位区間平均すべり量	D_{seg}	m	0.83	1区間のみ: $D_{seg} = D_{model}$	0.83	1区間のみ: $D_{seg} = D_{model}$	
微視的震源パラメータ							
全アスペリ ティ	面積	S_a	km ²	87.45	$S_a = \pi r^2$	87.45	$S_a = \pi r^2$
	平均すべり量	D_a	m	1.65	$D_a = \gamma D_{seg}, \gamma = 2.0$	1.65	$D_a = \gamma D_{seg}, \gamma = 2.0$
	実行応力	σ_a	MPa	16.09	$\Delta \sigma_a = (S_{model}/S_a) * \Delta \sigma, \sigma_a = \Delta \sigma_a$	16.09	$\Delta \sigma_a = (S_{model}/S_a) * \Delta \sigma, \sigma_a = \Delta \sigma_a$
	地震モーメント	$M_{0,a}$	Nm	4.63E+18	$M_{0,a} = \mu D_a S_a$	4.63E+18	$M_{0,a} = \mu D_a S_a$
アスペリ ティ①	面積	S_{a1}	km ²	87.45	アスペリティ1つ: $S_{a1} = S_a$	58.30	$S_{a1} = 2/3 * S_a$
	平均すべり量	D_{a1}	m	1.65	アスペリティ1つ: $D_{a1} = D_a$	1.83	$D_{a1} = ((r_1/r) / (\sum (r_i/r)^3)) * D_a$
	実行応力	σ_{a1}	MPa	16.09	$\sigma_{a1} = \sigma_a$	16.09	$\sigma_{a1} = \sigma_a$
アスペリ ティ②	面積	S_{a2}	km ²	-	-	29.15	$S_{a2} = 1/3 * S_a$
	平均すべり量	D_{a2}	m	-	-	1.30	$D_{a2} = ((r_2/r) / (\sum (r_i/r)^3)) * D_a$
	実行応力	σ_{a2}	MPa	-	-	16.09	$\sigma_{a2} = \sigma_a$
背景領域	面積	S_b	km ²	388.55	$S_b = S_{seg} - S_a$	388.55	$S_b = S_{seg} - S_a$
	平均すべり量	D_b	m	0.64	$D_b = M_{0,b} / (\mu S_b)$	0.64	$D_b = M_{0,b} / (\mu S_b)$
	実行応力	σ_b	MPa	3.43	$\sigma_b = (D_b/W_b) * (\pi^{1/2}/D_a) * r * \sigma_a * \sum (r_i/r)^3$	2.53	$\sigma_b = (D_b/W_b) * (\pi^{1/2}/D_a) * r * \sigma_a * \sum (r_i/r)^3$
	地震モーメント	$M_{0,b}$	Nm	7.97E+18	$M_{0,b} = M_{0,seg} - M_{0,a}$	7.97E+18	$M_{0,b} = M_{0,seg} - M_{0,a}$
その他							
S波速度	β	km/s	3.4	産総研(2009): 基盤岩類～コンラッド面	3.4	産総研(2009): 基盤岩類～コンラッド面	
密度	ρ	g/cm ³	2.77	産総研(2009): 基盤岩類～コンラッド面	2.77	産総研(2009): 基盤岩類～コンラッド面	
剛性率	μ	N/m ²	3.20E+10	$\mu = \rho \beta^2$	3.20E+10	$\mu = \rho \beta^2$	
破壊伝播速度	V_r	km/s	2.45	$V_r = 0.72 * \beta$: Geller (1976)	2.45	$V_r = 0.72 * \beta$: Geller (1976)	
高周波遮断周波数	f_{max}	Hz	6.0	地震調査委員会強震動評価部会(2001)	6.0	地震調査委員会強震動評価部会(2001)	

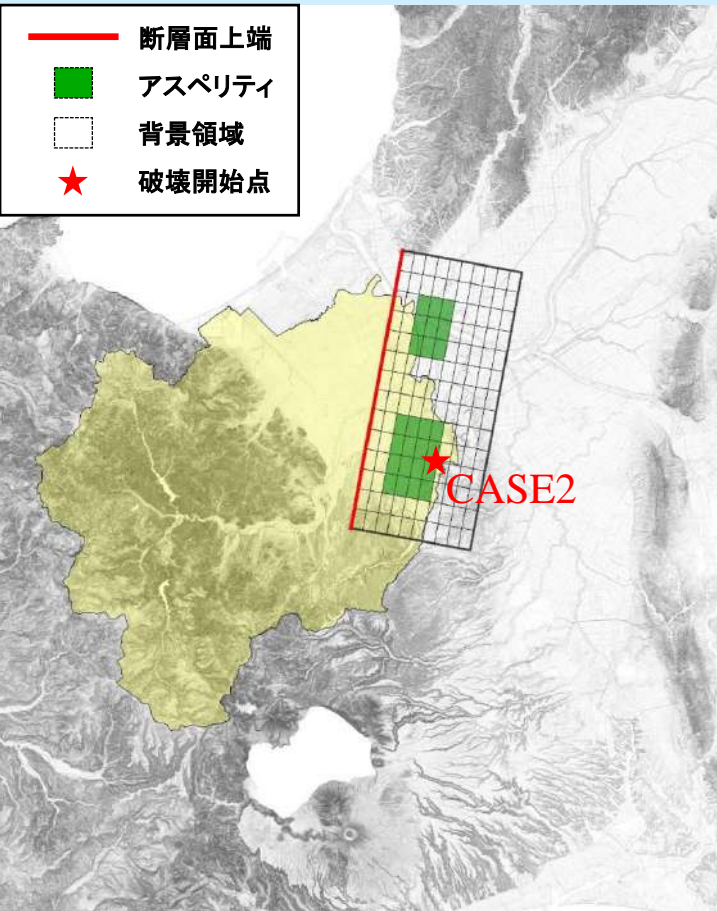
1.5.2 ④月寒背斜に関連する断層

小断層メッシュサイズ：
長さ2km×幅1.7km

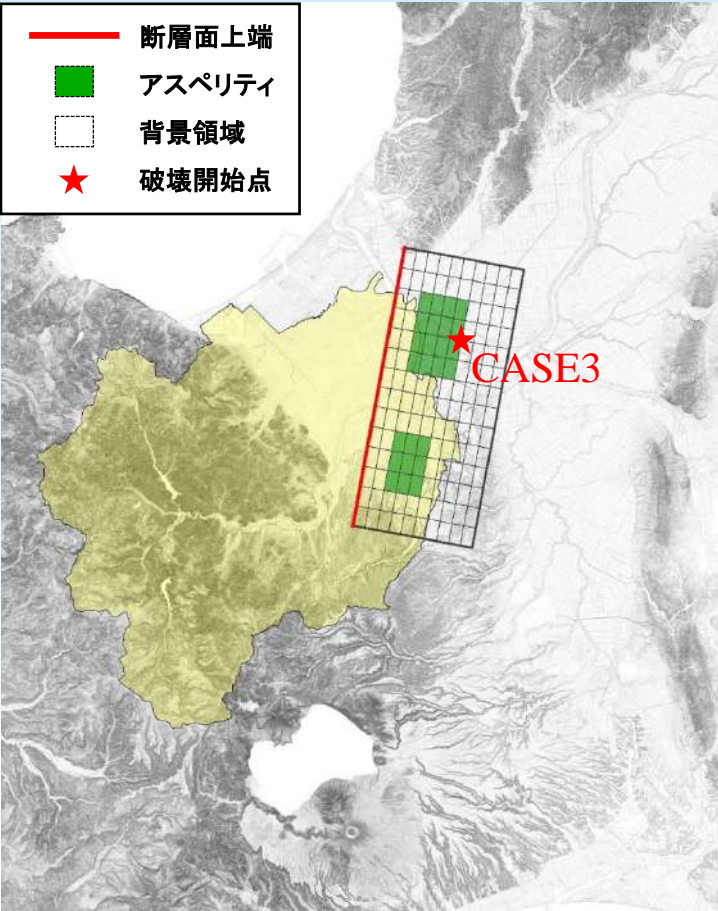
- 断層面上端
- アスペリティ
- 背景領域
- 破壊開始点



【モデル1】



【モデル2】

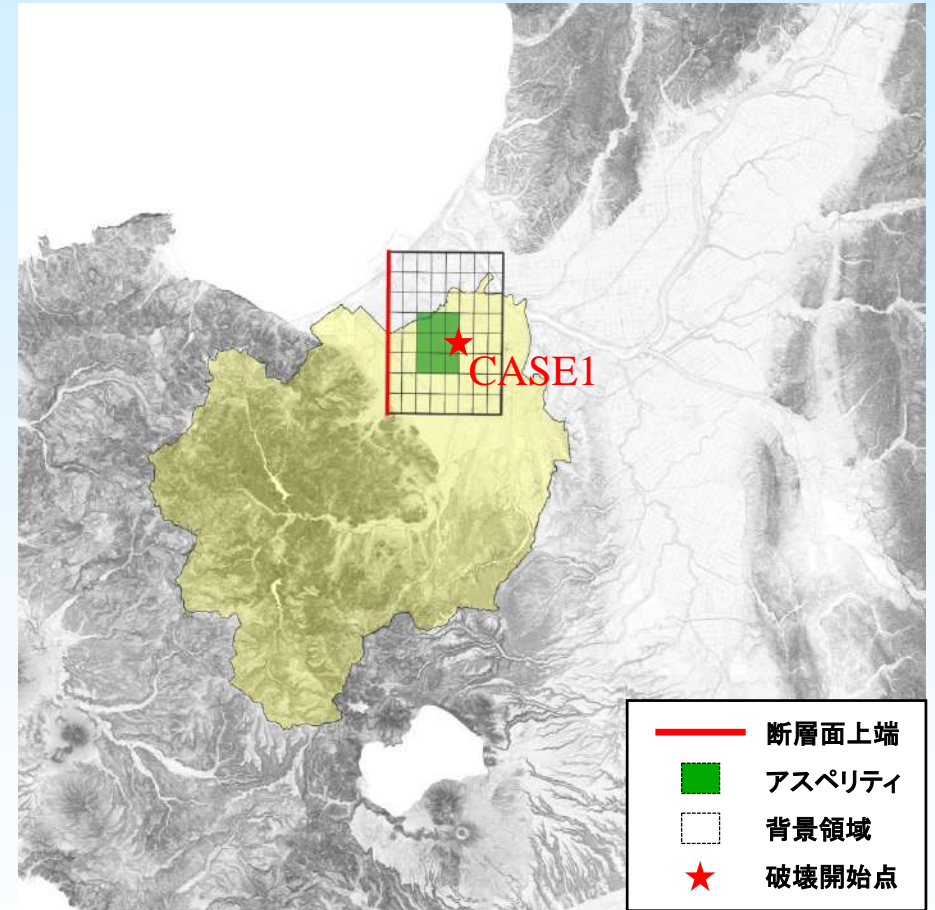


【モデル3】

1.5.3 ⑤西札幌背斜に関連する断層

巨視的震源パラメータ				設定根拠	
断層モデル総面積	S_{model}	km ²	256	$S_{model} = \sum S_{seg}$	
地震モーメント	M_0	Nm	3.89E+18	$M_0 = ((S_{model}/2.23) * 10^{15})^{3/2} * 10^{-7}$	
モーメントマグニチュード	M_w	-	6.33	$M_w = (\log M_0 - 9.1) / 1.5$	
気象庁マグニチュード	M_{jma}	-	6.73	$\log M_0 = 1.17 M_{jma} + 10.72$	
静的応力降下量	$\Delta \sigma$	MPa	2.31	$\Delta \sigma = (7/16) * M_0 / R^3$	
平均すべり量	D_{model}	m	0.47	$D_{model} = M_0 / (\mu S_{model})$	
短周期レベル	A	Nm/s ²	8.33E+18	$A = 2.46 * 10^{10} * (M_0 * 10^7)^{1/3}$	
断層モデル原点(世界測地系)	Lat	°	43.0637	日本測地系の値より算出	
	Lon	°	141.2816		
断層モデル原点(日本測地系)	Lat	°	43.0613	平成19年度被害想定設定値より	
	Lon	°	141.2853		
走行	θ	°	0.0	令和1年度検証業務報告書より	
傾斜角	δ	°	45	令和1年度検証業務報告書より	
すべり角	γ	°	90	逆断層	
断層モデル上端深さ	Dep	km	5	令和1年度検証業務報告書より	
単位区間長さ	L_{seg}	km	16	令和1年度検証業務報告書より	
単位区間幅	W_{seg}	km	16	令和1年度検証業務報告書より	
単位区間面積	S_{seg}	km ²	256	$S_{seg} = L_{seg} * W_{seg}$	
単位区間地震モーメント	$M_{0,seg}$	Nm	3.89E+18	1区間のみ: $M_{0,seg} = M_0$	
単位区間平均すべり量	D_{seg}	m	0.47	1区間のみ: $D_{seg} = D_{model}$	
微視的震源パラメータ					
全アスペリティ	面積	S_a	33.91	$S_a = \pi r^2$	
	平均すべり量	D_a	0.95	$D_a = \gamma D_{seg}, \gamma = 2.0$	
	実行応力	σ_a	17.46	$\Delta \sigma_a = (S_{model}/S_a) * \Delta \sigma, \sigma_a = \Delta \sigma_a$	
	地震モーメント	$M_{0,a}$	1.03E+18	$M_{0,a} = \mu D_a S_a$	
アスペリティ①	面積	S_{a1}	33.91	アスペリティ1つ: $S_{a1} = S_a$	
	平均すべり量	D_{a1}	0.95	アスペリティ1つ: $D_{a1} = D_a$	
	実行応力	σ_{a1}	17.46	$\sigma_{a1} = \sigma_a$	
アスペリティ②	面積	S_{a2}	-	-	
	平均すべり量	D_{a2}	-	-	
	実行応力	σ_{a2}	-	-	
背景領域	面積	S_b	222.09	$S_b = S_{seg} - S_a$	
	平均すべり量	D_b	0.40	$D_b = M_{0,b} / (\mu S_b)$	
	実行応力	σ_b	2.69	$\sigma_b = (D_b / W_b) * (\pi^{1/2} / D_a) * r * \sigma_a * \sum (r_i / r)^3$	
	地震モーメント	$M_{0,b}$	2.86E+18	$M_{0,b} = M_{0,seg} - M_{0,a}$	
その他					
S波速度	β	km/s	3.4	産総研(2009): 基盤岩類~コンラッド面	
密度	ρ	g/cm ³	2.77	産総研(2009): 基盤岩類~コンラッド面	
剛性率	μ	N/m ²	3.20E+10	$\mu = \rho \beta^2$	
破壊伝播速度	V_r	km/s	2.45	$V_r = 0.72 * \beta$: Geller (1976)	
高周波遮断周波数	f_{max}	Hz	6.0	地震調査委員会強震動評価部会(2001)	

小断層メッシュサイズ:
長さ2km×幅2km

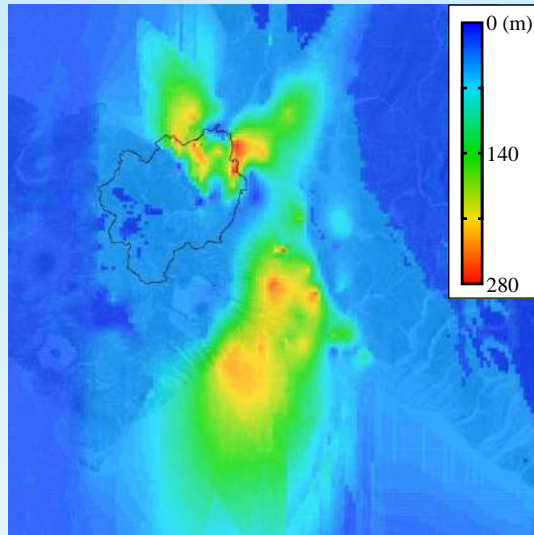


2. 地盤構造モデル

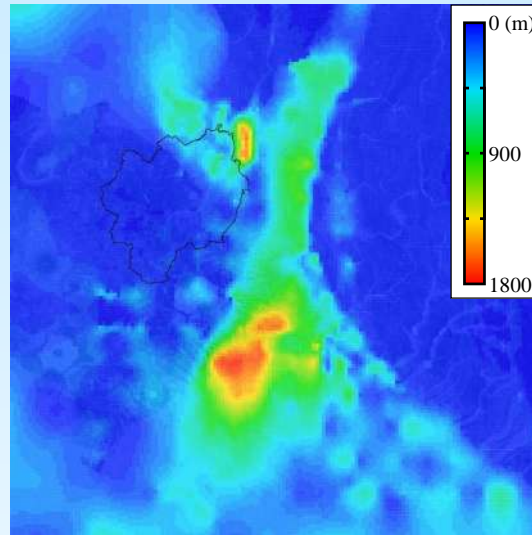
2.1	深部地盤構造モデル	20
2.2	浅部地盤構造モデル	21

2.1.3 深部地盤モデルの更新(深さ分布)

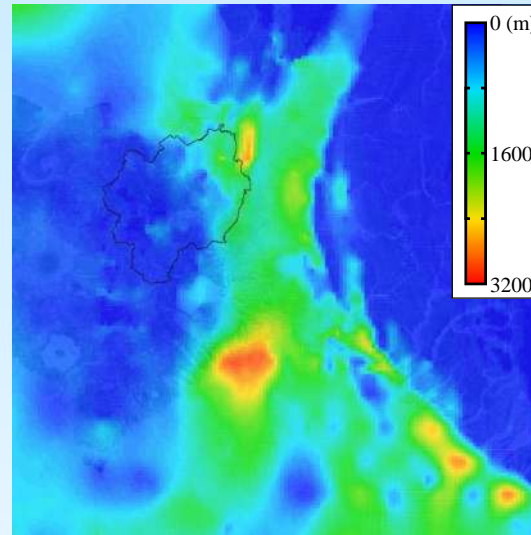
やや左上の囲んだ部分が札幌市。勇払平野で深く、札幌市では東部が深い。



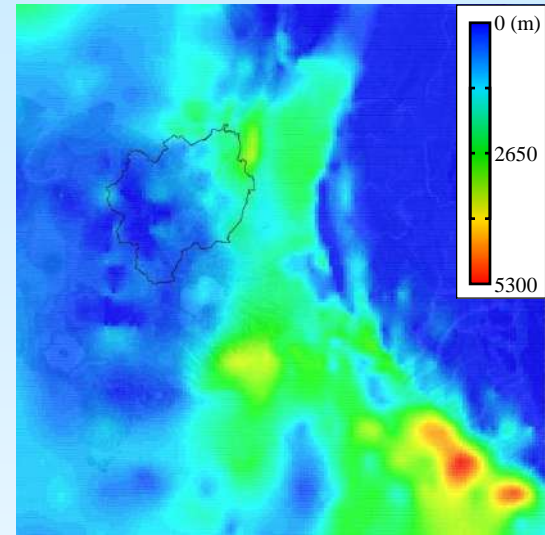
第1層(完新統～中部更新統)
下面深度



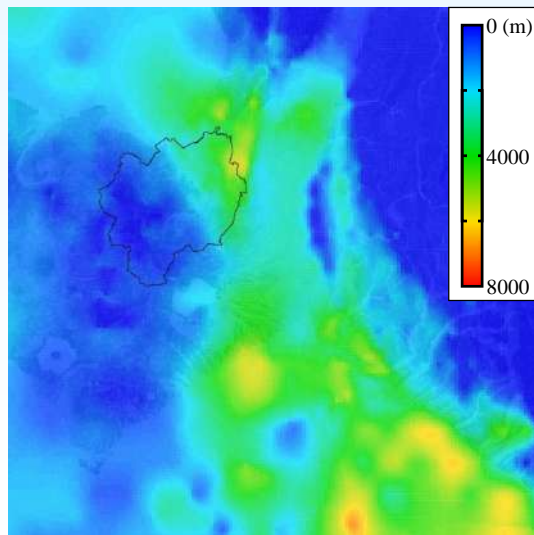
第2層(下部更新統)
下面深度



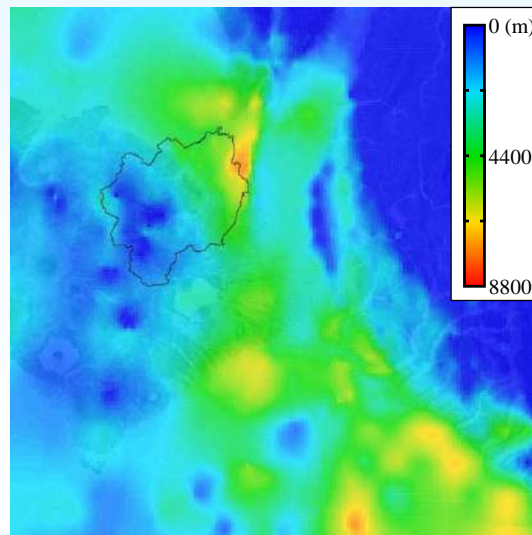
第3層(鮮新統)
下面深度



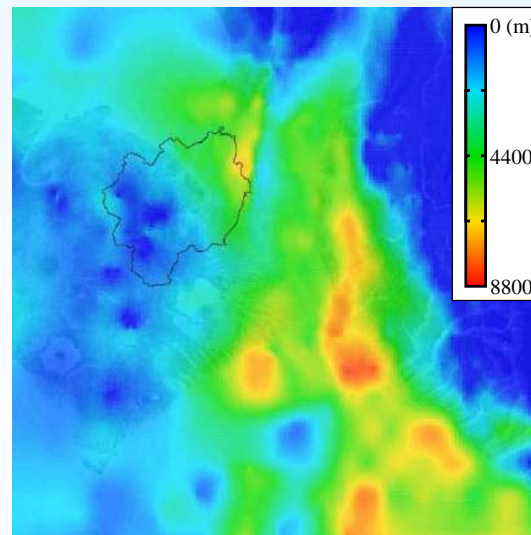
第4層(上部中新統)
下面深度



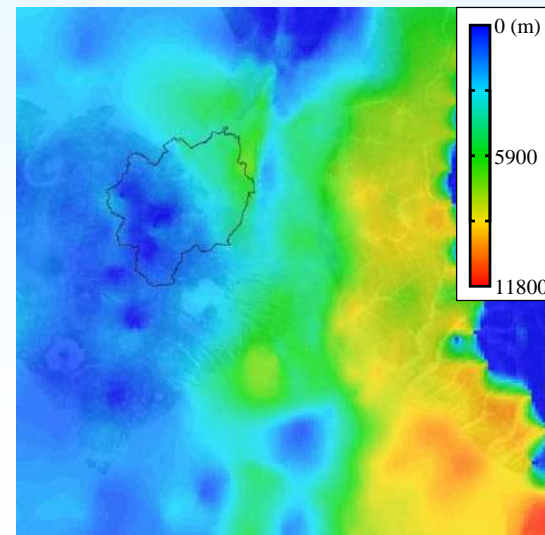
第5層(中部中新統)
下面深度



第6層(下部中新統(グリーンタフ))
下面深度



第7層(古第三紀)
下面深度



第8層(白亜系および衝上断層帯)
下面深度

2.2 浅部地盤構造モデル

2.2.1 土質分類・地盤物性 **22**

2.2.1 浅部地盤モデルの土質分類・地盤物性(平成19年度想定)

ボーリングデータの処理

- ①土質を下表に従って分類
- ②N値・層厚をデータからモデル化
- ③Vs、単重、動的変形を当てはめる

※浅部地盤構造モデルのS波速度は、太田・後藤(1978)の換算式を用いて算出。

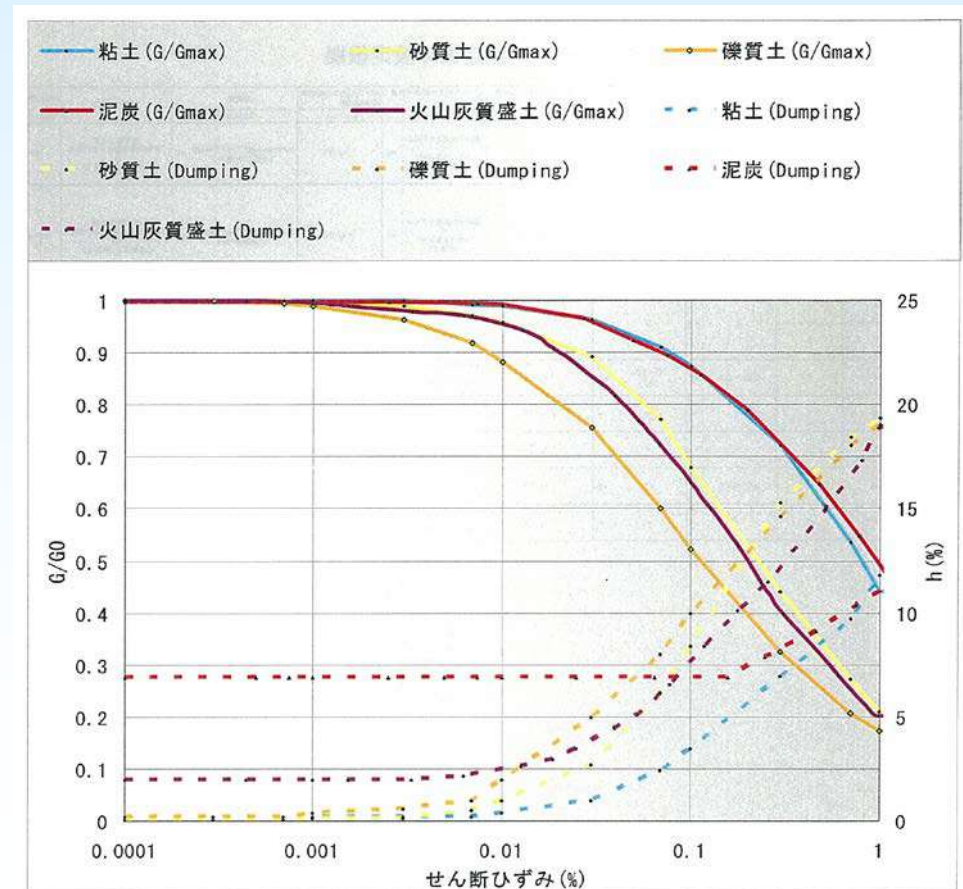
$$V_s(\text{m/s}) = 62.48 \cdot N^{\text{値}^{0.218}} \cdot H^{0.218} \cdot F$$

H: 深度(m)

F:(粘土;1.000, 砂;1.073, 礫;1.199)

土質・N値・単位体積重量: 防災科学技術研究所(2005)

土質名	記号	N値	単位体積重量 (kN/m ³)	Vs推定 動的変形特性
埋土	B1	0~4	16	砂
	B2	4~10	17	
	B3	10~	20	
腐植土	p1	0~1	12	粘土
	p2	1~	13	
ローム・ 凝灰質粘土	lm1	0~4	14	粘土
	lm2	4~	15	
粘性土	c1	0~2	14	粘土
	c2	2~4	15	
	c3	4~8	16	
	c4	8~15	17	
	c5	15~30	18	
	c6	30~	18	
砂質土	s1	0~4	17	砂
	s2	4~10	18	
	s3	10~30	19	
	s4	30~50	19	
	s5	50~	20	
礫質土	g1	~20	19	砂礫
	g2	20~30	20	
	g3	30~50	20	
	g4	50~	21	



土質コード等(平成19年度モデル)

土質分類	シェイク用土質コード	液状化用土質コード	平均粒径		細粒分含有率		地下水位面上の単位体積重量	地下水位面下の単位体積重量	地下水位面下の有効単位体積重量	S波速度		非線形特性	平均S波速度	
			D_{50} (mm)		FC(%)		γ_{t1} (kN/m ³)	γ_{t2} (kN/m ³)	γ_{t2} (kN/m ³)	V_s (m/sec)	V_s (m/sec)			
粘土	1	1	—	—	—	—	$\gamma_{t2}-2.0$	浅部地盤構造モデルより (N値と土質区分) 【粘性土】	*4	$\gamma_{t2}-10$	$V_s=62.48+N_{\text{値}}^{0.215}+N_{\text{値}}^{0.215}+1,000$ 【土質区分:粘土】	*5	中央防災会議 「東海地震に関する専門調査会」 【土質区分:粘性土】	157
シルト		2	0.0325	*1	70	—								
砂質シルト														
シルト質細砂	2	3	0.15	*1	30	—	$\gamma_{t2}-2.0$	浅部地盤構造モデルより (N値と土質区分) 【砂質土】	*4	$\gamma_{t2}-10$	$V_s=62.48+N_{\text{値}}^{0.215}+N_{\text{値}}^{0.215}+1,073$ 【土質区分:砂】	*5	中央防災会議 「東海地震に関する専門調査会」 【土質区分:砂質土】	224
微細砂														
細砂														
中砂														
粗砂	3	4	2	*1	0	—	$\gamma_{t2}-2.0$	浅部地盤構造モデルより (N値と土質区分) 【礫質土】	*4	$\gamma_{t2}-10$	$V_s=62.48+N_{\text{値}}^{0.215}+N_{\text{値}}^{0.215}+1,159$ 【土質区分:礫】	*5	中央防災会議 「東海地震に関する専門調査会」 【土質区分:礫質土】	297
盛土 (砂礫相混)	7	8												
火山灰	4	5	0.02~0.5	*2	50~100 (41)	*5 (*2)	$\gamma_{t2}-2.0$	浅部地盤構造モデルより (N値と土質区分) 【砂質土として算出】	*4	$\gamma_{t2}-10$	$V_s=7.74+N_{\text{値}}+81.9$ 【既往S波速度換層結果より】	*6	中央防災会議 「東海地震に関する専門調査会」 【土質区分:砂質土】	297
泥炭	6	7	—	—	—	—	$\gamma_{t2}-2.0$	—	*3	$\gamma_{t2}-10$	一律100m/sec 【既往S波速度換層結果より】	*7	能登・奥谷(1986) 崎松・関口(2006)	—
岩盤	5	6	—	—	—	—	$\gamma_{t2}-2.0$	21 (礫質土でN値50)	*4	$\gamma_{t2}-10$	300m/sec 【UNP層の値】	—	中央防災会議 「東海地震に関する専門調査会」 【土質区分:砂質土】	—
火山灰質盛土	10	10	0.05~0.5	*2	42	*2	$\gamma_{t2}-2.0$	—	*2	$\gamma_{t2}-10$	一律120m/sec	*8	千葉県流山市の例	—
UNP	0	0	—	—	—	—	$\gamma_{t2}-2.0$	21 (礫質土でN値50)	*4	$\gamma_{t2}-10$	300m/sec	*9	中央防災会議 「東海地震に関する専門調査会」 【土質区分:砂質土】	—

砂すべてに細砂の値を当てはめている

土質分類	地下水位面下の単位重量 γ_{t2} (kN/m ³)	地下水位面上の単位重量 γ_{t1} (kN/m ³)	平均粒径 D_{50} (mm)	細粒分含有率 FC (%)
表土	17.0	15.0	0.02	80
シルト	17.5	15.5	0.025	75
砂質シルト	18.0	16.0	0.04	65
シルト質細砂	18.0	16.0	0.07	50
微細砂	18.5	16.5	0.1	40
細砂	19.5	17.5	0.15	30
中砂	20.0	18.0	0.35	10
粗砂	20.0	18.0	0.6	0
砂れき	21.0	19.0	2.0	0

- *1 道路標示方書-耐震設計編-(平成14年度版);各土質区分の中央値を採用
- *2 平成15年度美しが丘地区地盤調査報告書;各土質区分の中央値を採用
- *3 泥炭性軟弱地盤対策マニュアル(平成14年、独)北海道開発土木研究所
- *4 防災科学技術研究所研究資料第283号p.60(2005)
- *5 太田・後藤(1978)の換算式
- *6 STZの換層結果と浅部地盤構造モデルのN値との相関関係より算出
- *7 NKNの換層結果より想定
- *8 千葉県流山市関東ローム層分布地域及び名古屋市洪積丘陵の埋土の換層結果より想定
- *9 札幌市内のS波換層結果より推定

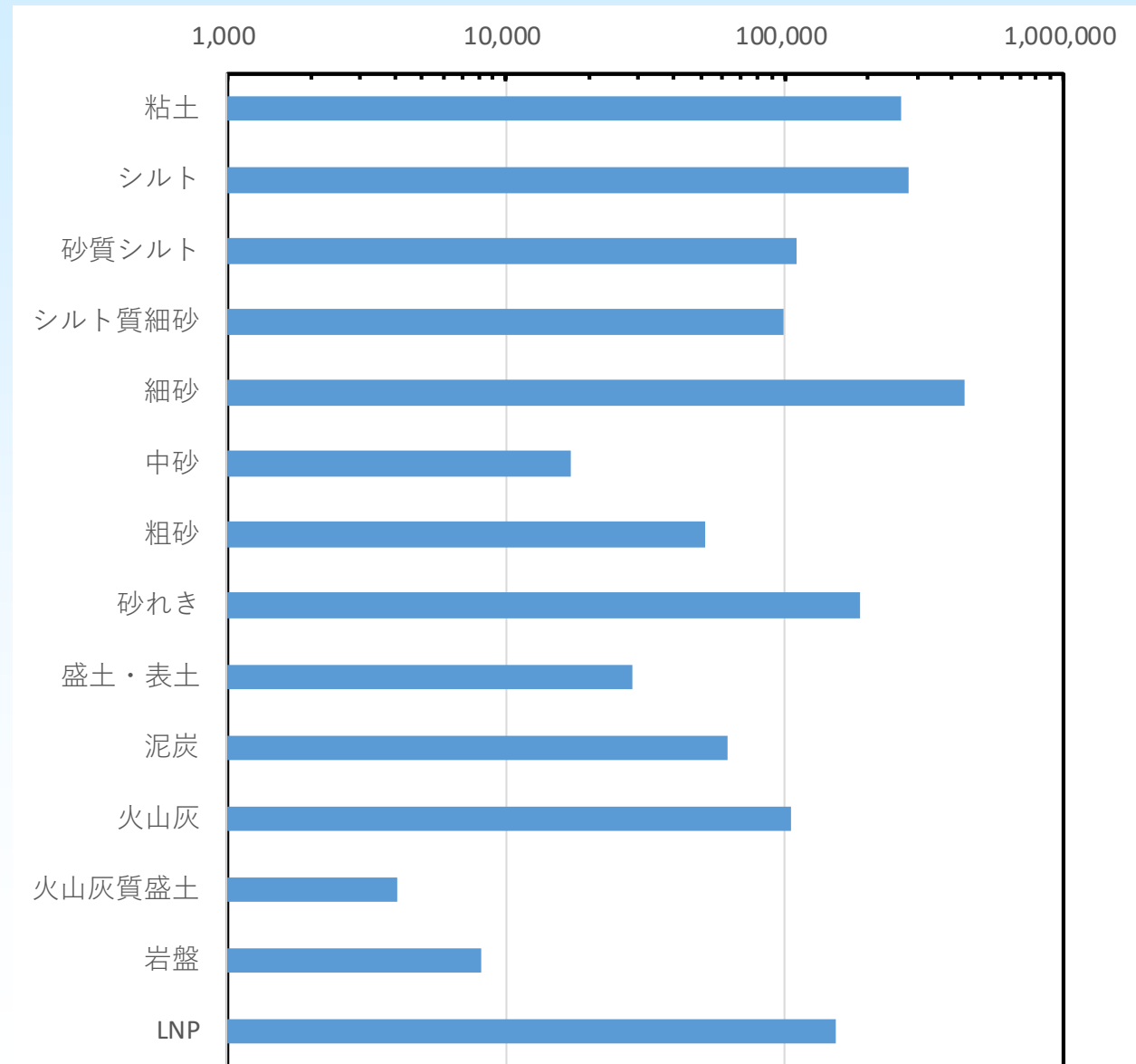
液状化の可能性ある土質

2.2.1 浅部地盤モデルの土質分類・地盤物性(変更案)

右図は、平成19年度モデルの各層の土質から提案土質コード毎に出現回数を集計したものである。

平均粒径を細分化したコードに応じて与えることで、液状化強度や非線形特性をより適切に与えることが可能になると考えられる。

土質コード別出現回数(H19年度モデル)



2.2.1 浅部地盤モデルの土質分類・地盤物性(変更案)

■平成19年度モデルの特徴と課題

- ・札幌市の特性に配慮して、火山灰、泥炭、のコードを設けている
- ・道路橋示方書の液状化判定では平均粒径や細粒分含有率が重要となるので、道路橋示方書でも砂の分類を詳細にした設定例を示している。しかしながら、砂を1つのコードとしている(細砂の値を採用)。

⇒砂を細分化した下表を提案(シェイク用と液状化で分けることはしない)

平成19年度モデルはN値に応じて単位体積重量を変えることを重視しているが(防災科研2005)、その影響は小さい

土質分類	コード	単位体積重量(kN/m ²) 地下水位面下	平均粒径 D50(mm)	細粒分含有率 FC(%)	S波速度	非線形特性
粘土	1	15.0	—	—	太田式(粘土)	安田・山口(1985)
シルト	2	17.5	0.025	75	〃	〃
砂質シルト	3	18.0	0.04	65	〃	〃
シルト質細砂	4	18.0	0.07	50	太田式(砂)	〃
細砂	5	19.5	0.15	30	〃	〃
中砂	6	20.0	0.35	10	〃	〃
粗砂	7	20.0	0.6	0	〃	〃
砂れき	8	21.0	2.0	0	太田式(礫)	〃
盛土(砂系)・表土	9	17.0	2.0	0	太田式(礫)	〃
泥炭	10	11.0	—	—	100m/s	能登・熊谷(1986) 時松・関口(2006)
火山灰	11	15.0	0.2	40	$V_s=7.74*N+81.9$	安田・山口?
火山灰質盛土	12	16.0	0.2	42	120m/s	千葉県流山市の例
岩盤	13	21.0	—	—	300m/s	—
LNP	0	21.0	—	—	300m/s	—

安田・山口(1995)は、平均粒径から土質特性を反映し、かつ拘束圧依存を考慮しているため、しばしば用いられる。
 地下水上の単位体積重量=地下水面下の単位体積重量-2.0(平成19年度想定と同様に道示に基づく)
 道示には微細砂があるが、全地連資料にはないので、細砂に含めた
 火山灰のD50、FCは土研の成果を参考に設定した

2.2.1 浅部地盤モデルの土質分類・地盤物性

【浅部地盤構造モデルのS波速度】

太田・後藤(1978)の換算式を用いて算出
(H19想定を踏襲)

$$V_s(\text{m/s}) = 62.48 \cdot N^{\text{値}^{0.218}} \cdot H^{0.218} \cdot F$$

H: 深度(m)

F: (粘土; 1.000, 砂; 1.073, 礫; 1.199)

土質分類と平均粒径・細粒分含有率(道路橋示方書の参考資料より)

土質分類	地下水位面下の単位重量 γ_{t2} (kN/m ³)	地下水位面上の単位重量 γ_{t1} (kN/m ³)	平均粒径 D_{50} (mm)	細粒分含有率FC (%)
表土	17.0	15.0	0.02	80
シルト	17.5	15.5	0.025	75
砂質シルト	18.0	16.0	0.04	65
シルト質細砂	18.0	16.0	0.07	50
微細砂	18.5	16.5	0.1	40
細砂	19.5	17.5	0.15	30
中砂	20.0	18.0	0.35	10
粗砂	20.0	18.0	0.6	0
砂れき	21.0	19.0	2.0	0

【山口・安田(1985)によるせん断剛性と減衰定数のひずみ依存性】

G: せん断剛性、h: 減衰定数

D_{50} : 平均粒径、 σ'_m : 有効拘束圧(深さ方向に変化)

係数 $A_1, A_2, B_1, B_2, C_1, C_2, D_1, D_2$ はひずみの大きさに応じて表で与えられている。

$$\frac{G}{G_{max}} = (A_1 + A_2 \log D_{50}) \sigma'_m{}^{(B_1 + B_2 \log D_{50})}$$

$$h = (C_1 + C_2 \log D_{50}) \sigma'_m{}^{(D_1 + D_2 \log D_{50})}$$

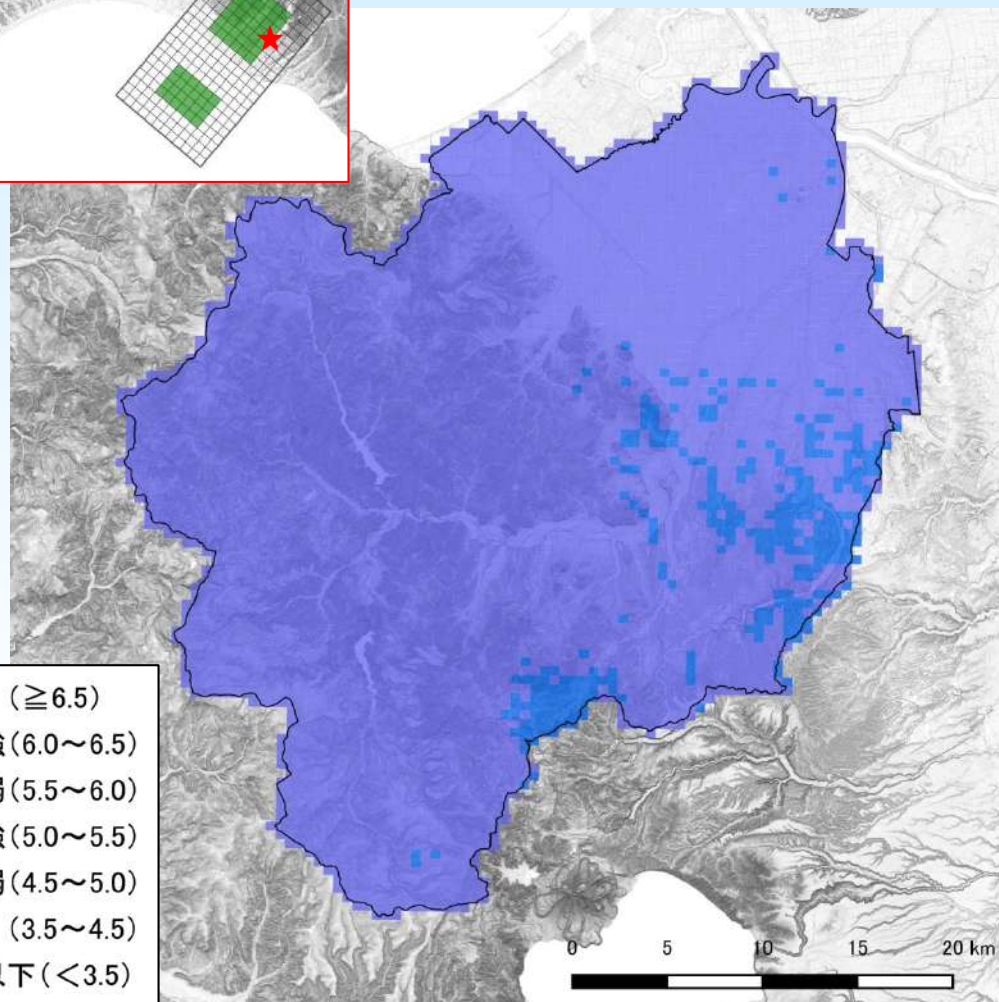
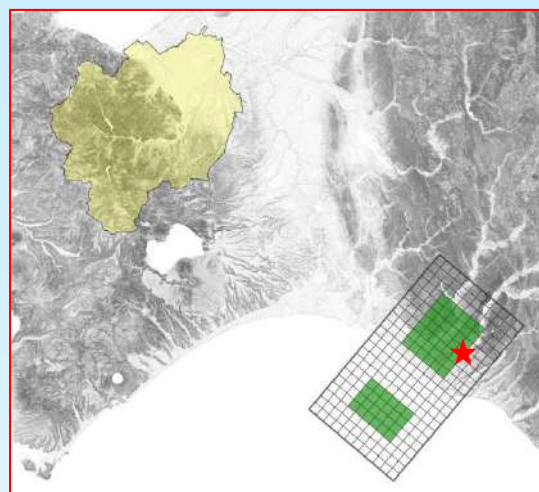
$$(0.2 \leq \sigma'_m \leq 3 \text{kg/cm}^2, \quad 0.02 \leq D_{50} \leq 1 \text{mm})$$

3. 強震動計算

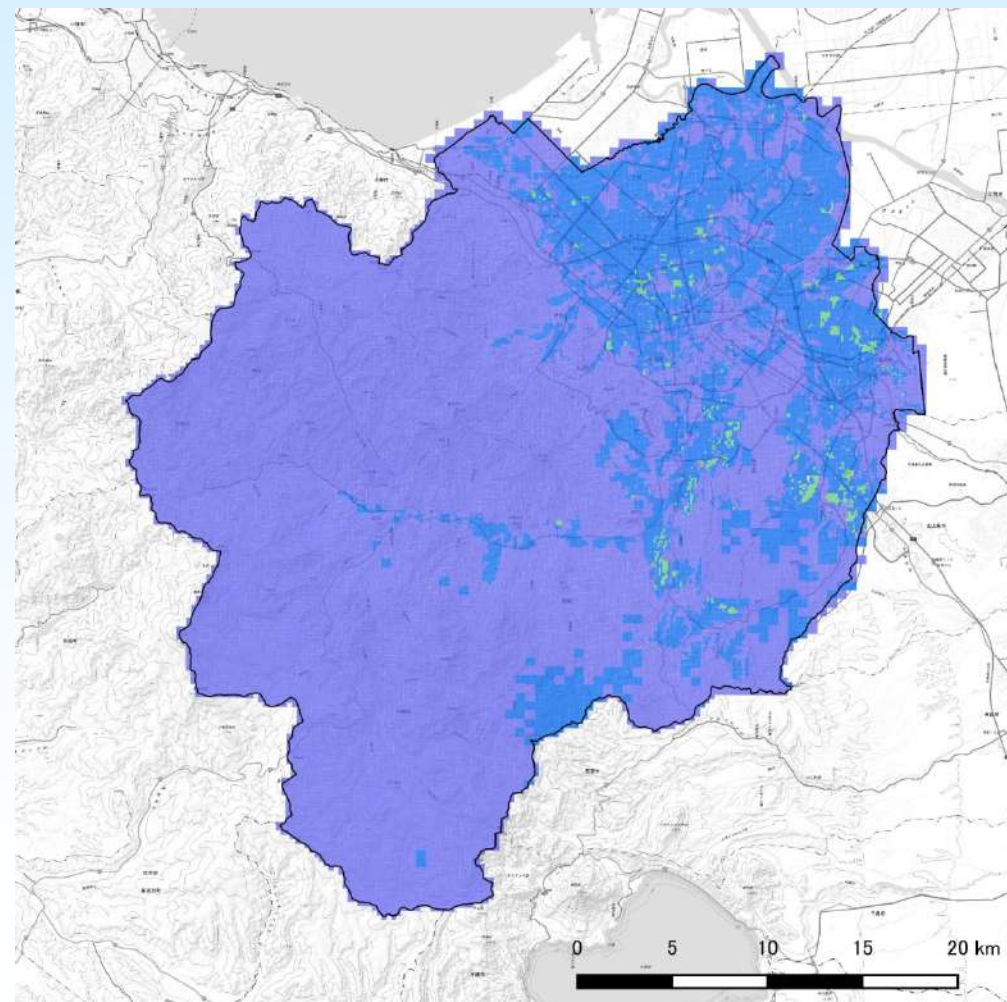
3.1	震度分布:プレート内地震(苫小牧沖)	28
3.2	震度分布:石狩低地東縁断層帯主部で発生する地震	30
3.3	震度分布:野幌丘陵断層帯で発生する地震	34
3.4	震度分布:月寒背斜に関連する断層で発生する地震	37
3.5	震度分布:西札幌背斜に関連する断層で発生する地震	40

3.1 震度分布:プレート内地震(苫小牧沖)

【ケース1】



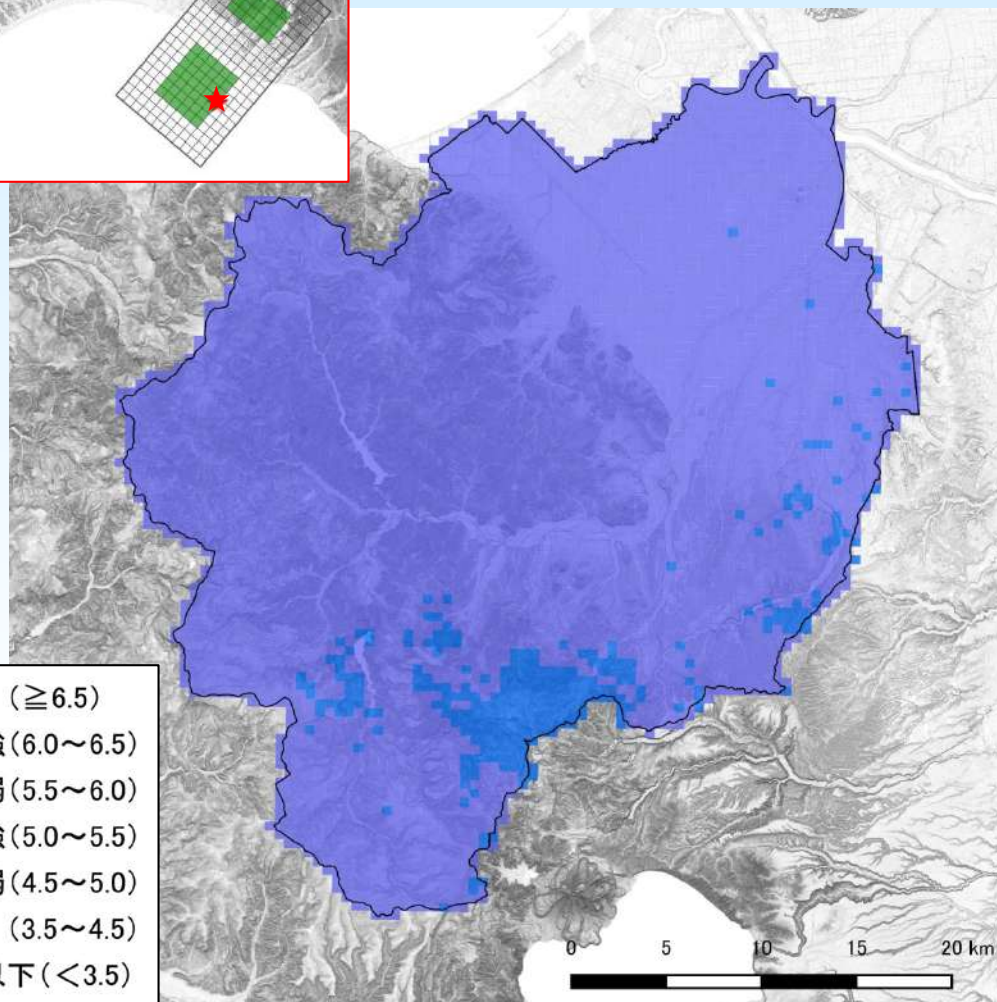
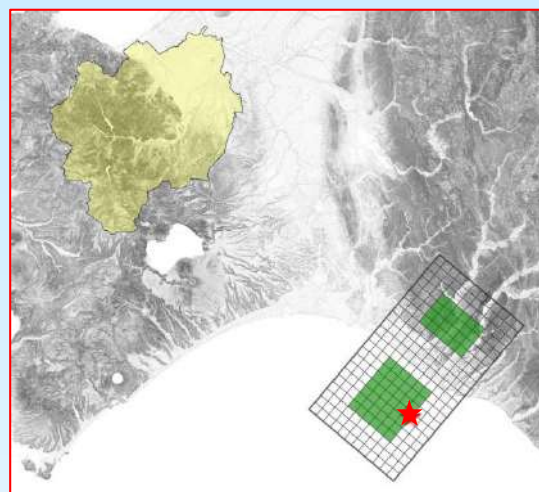
工学的基盤上の震度分布



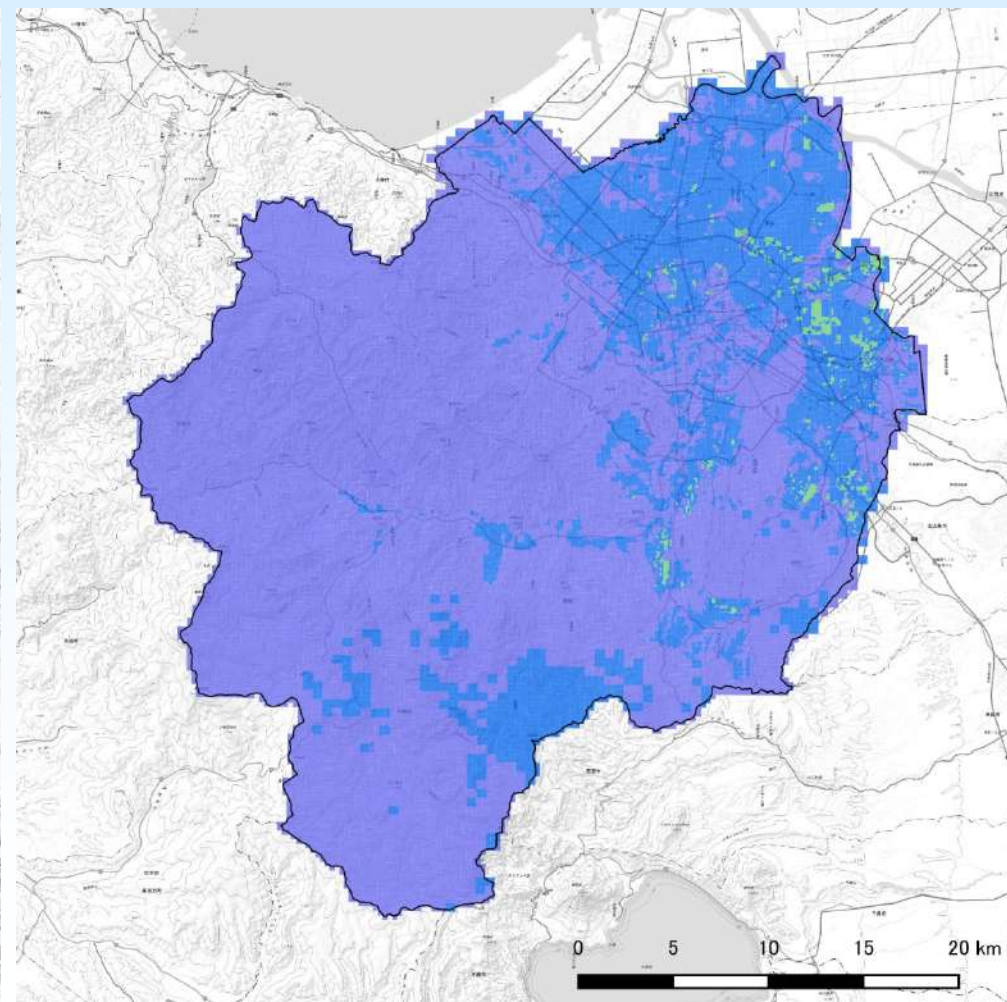
地表面の震度分布

3.1 震度分布:プレート内地震(苫小牧沖)

【ケース2】



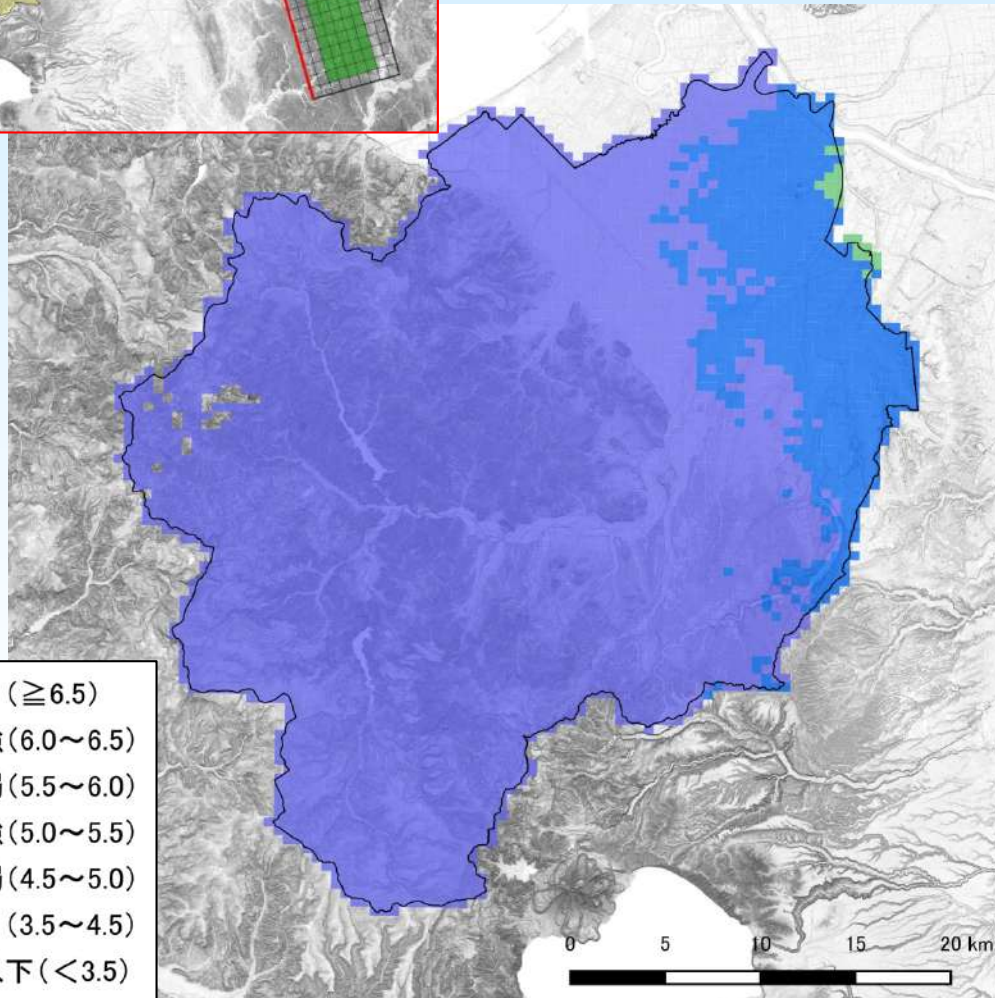
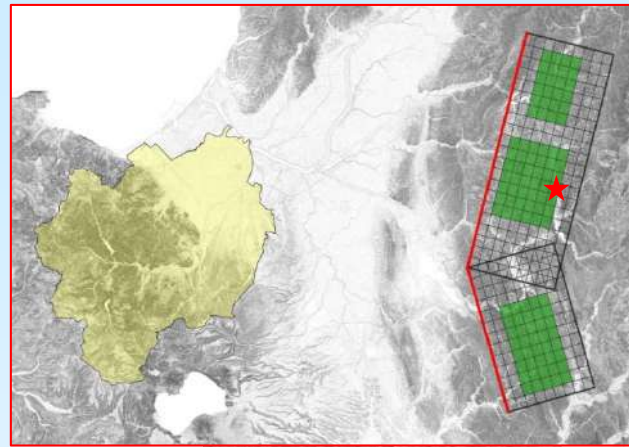
工学的基盤上の震度分布



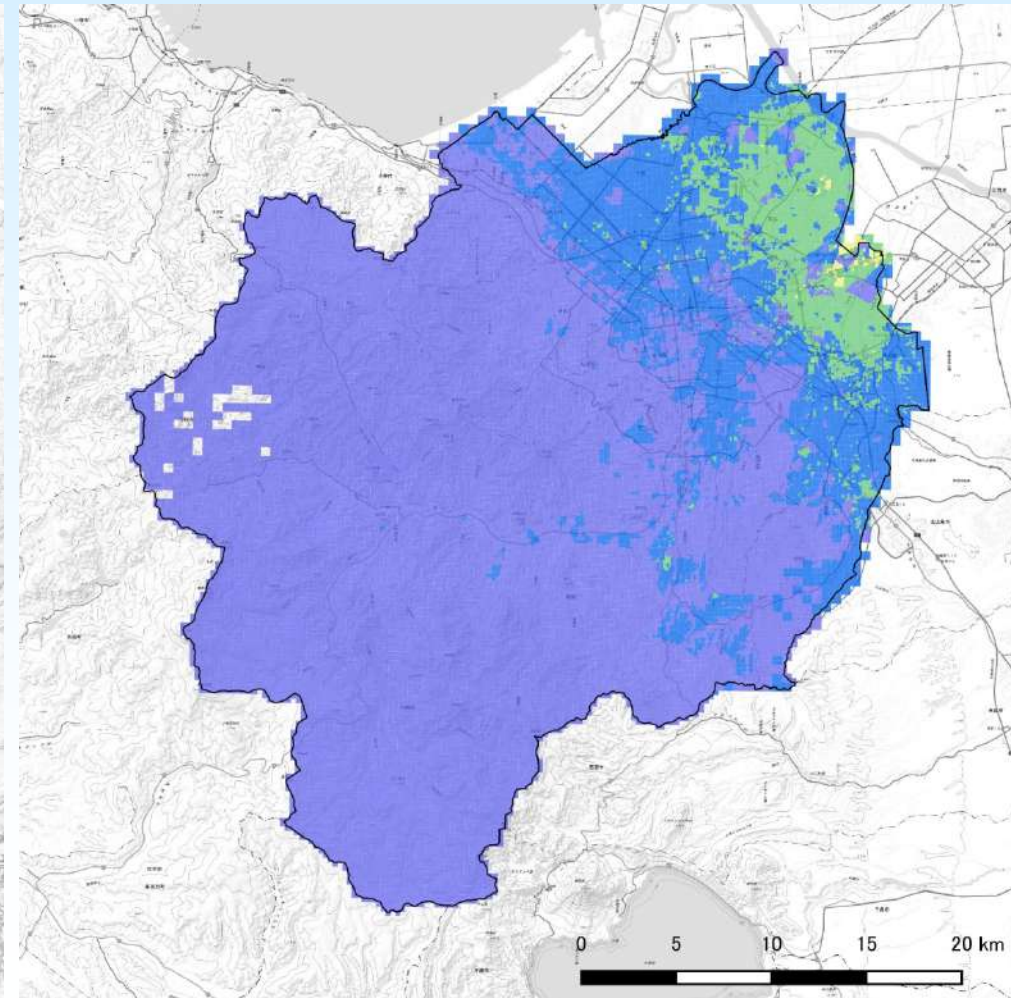
地表面の震度分布

3.2 震度分布:石狩低地東縁断層帯主部で発生する地震

【ケース1】



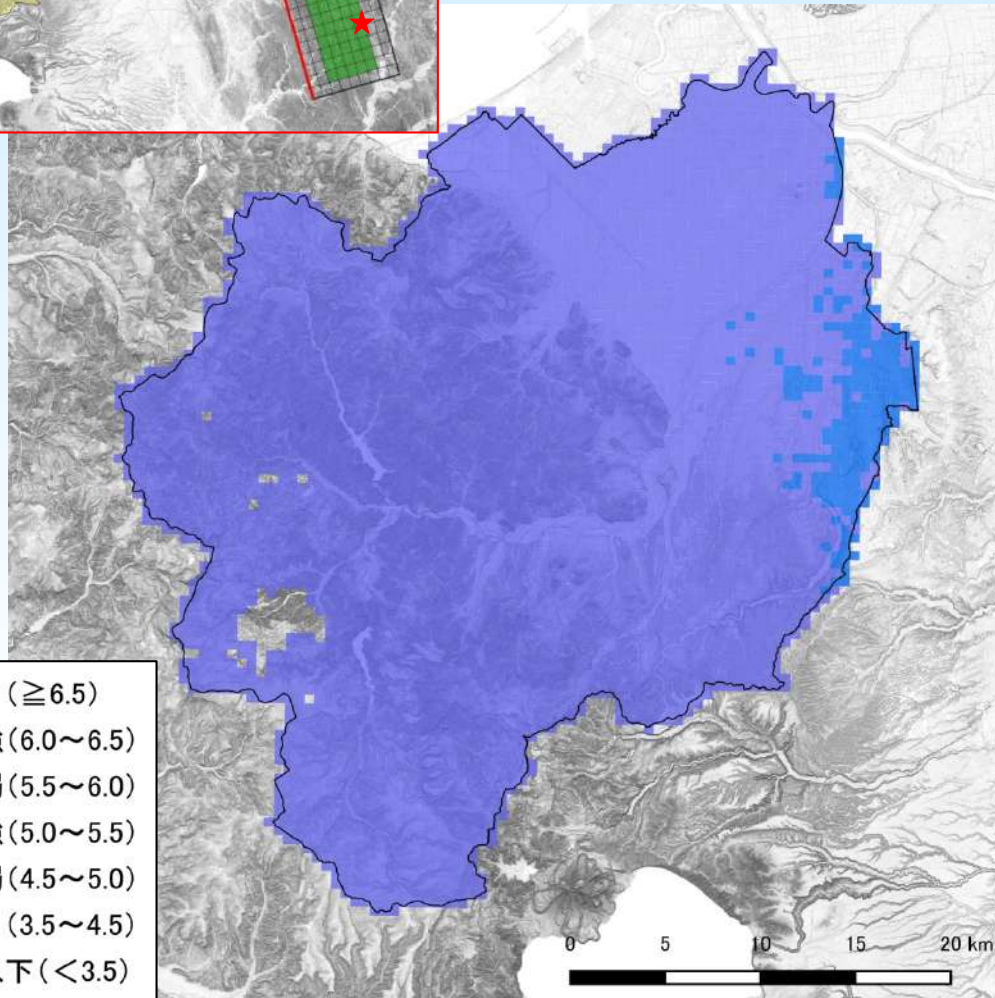
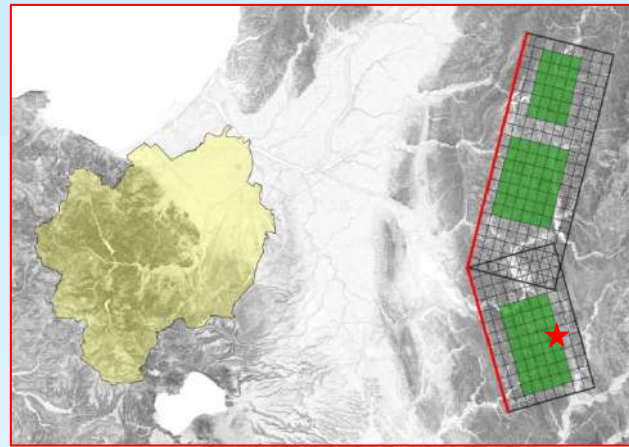
工学的基盤上の震度分布



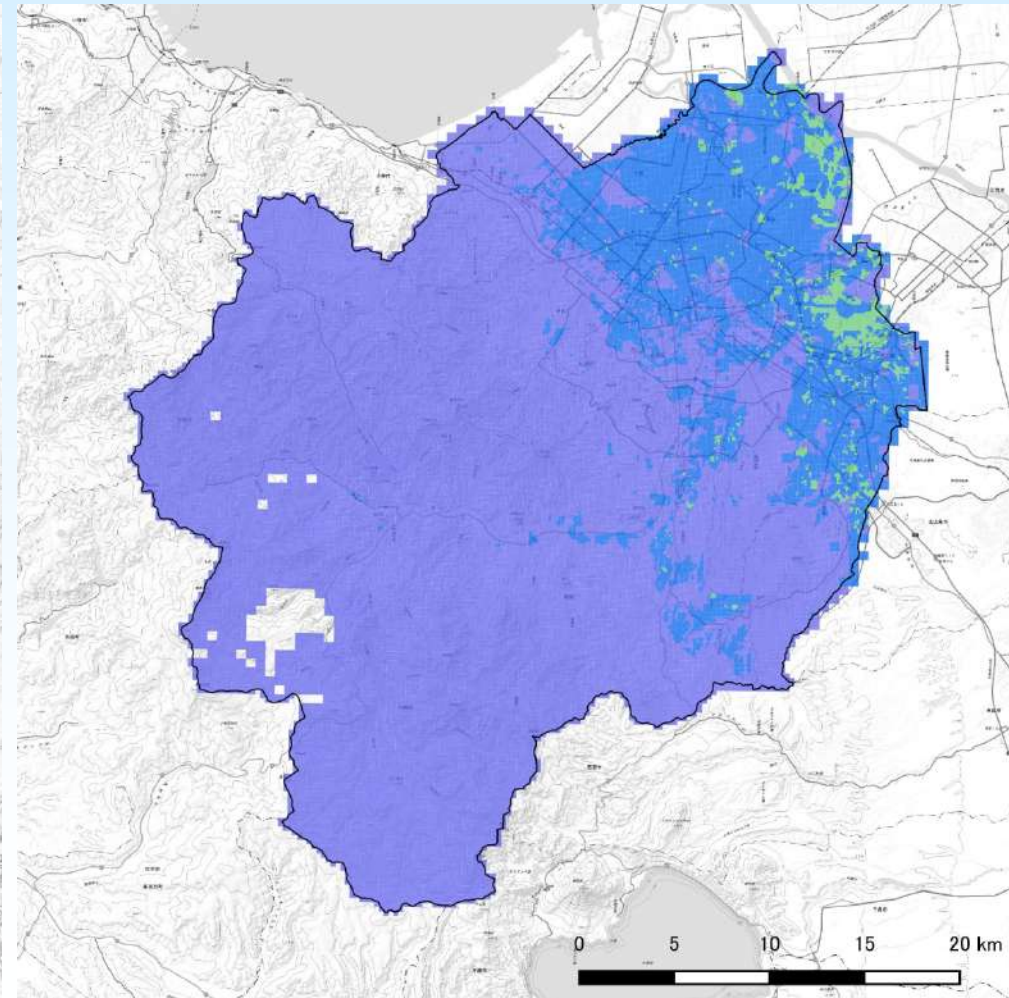
地表面の震度分布

3.2 震度分布:石狩低地東縁断層帯主部で発生する地震

【ケース2】



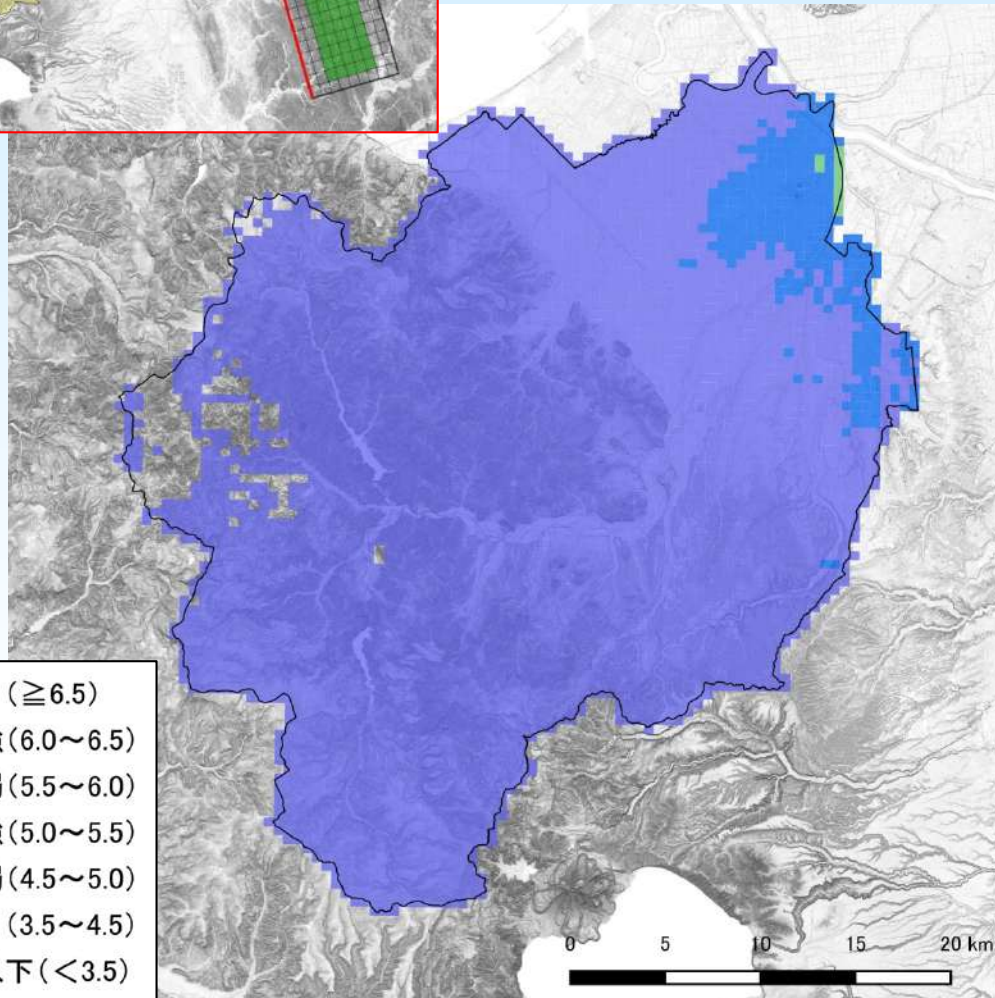
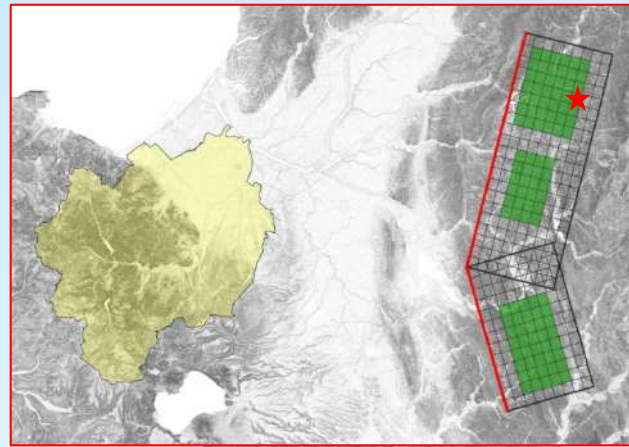
工学的基盤上の震度分布



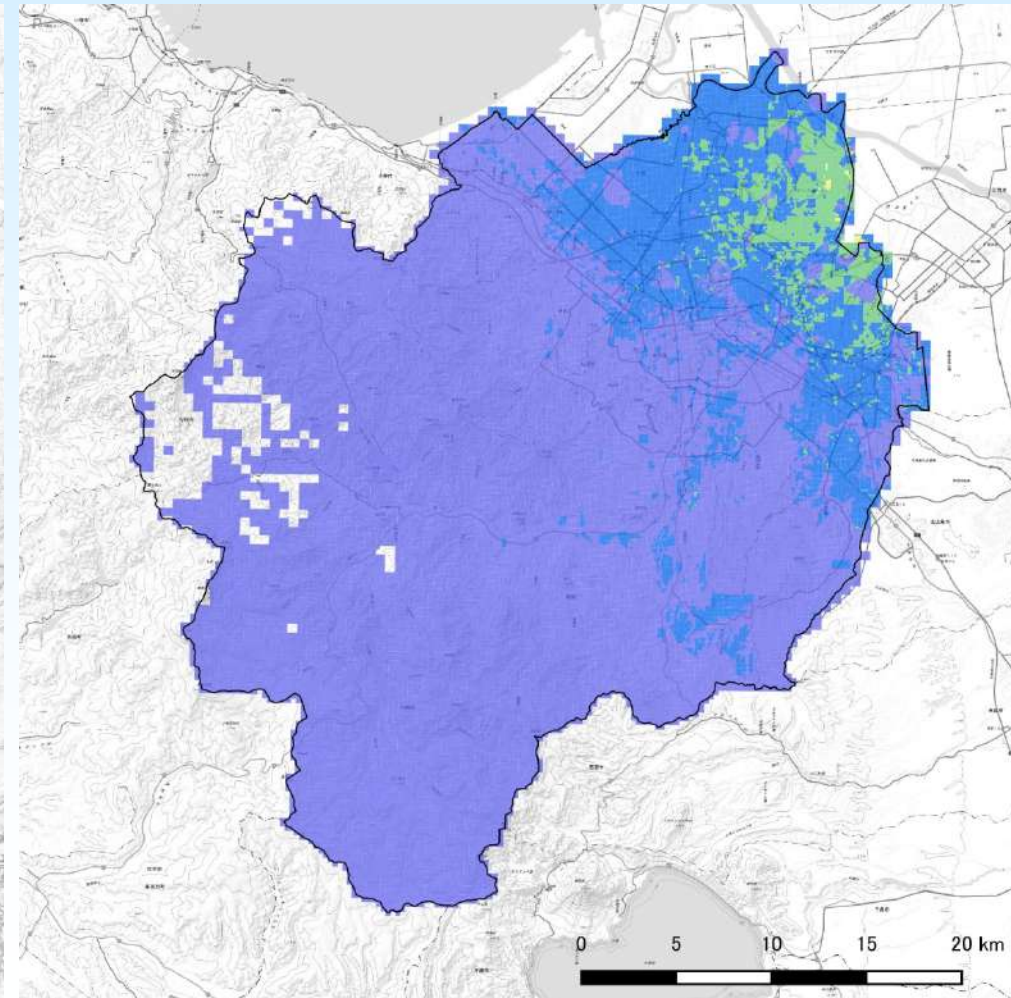
地表面の震度分布

3.2 震度分布:石狩低地東縁断層帯主部で発生する地震

【ケース3】



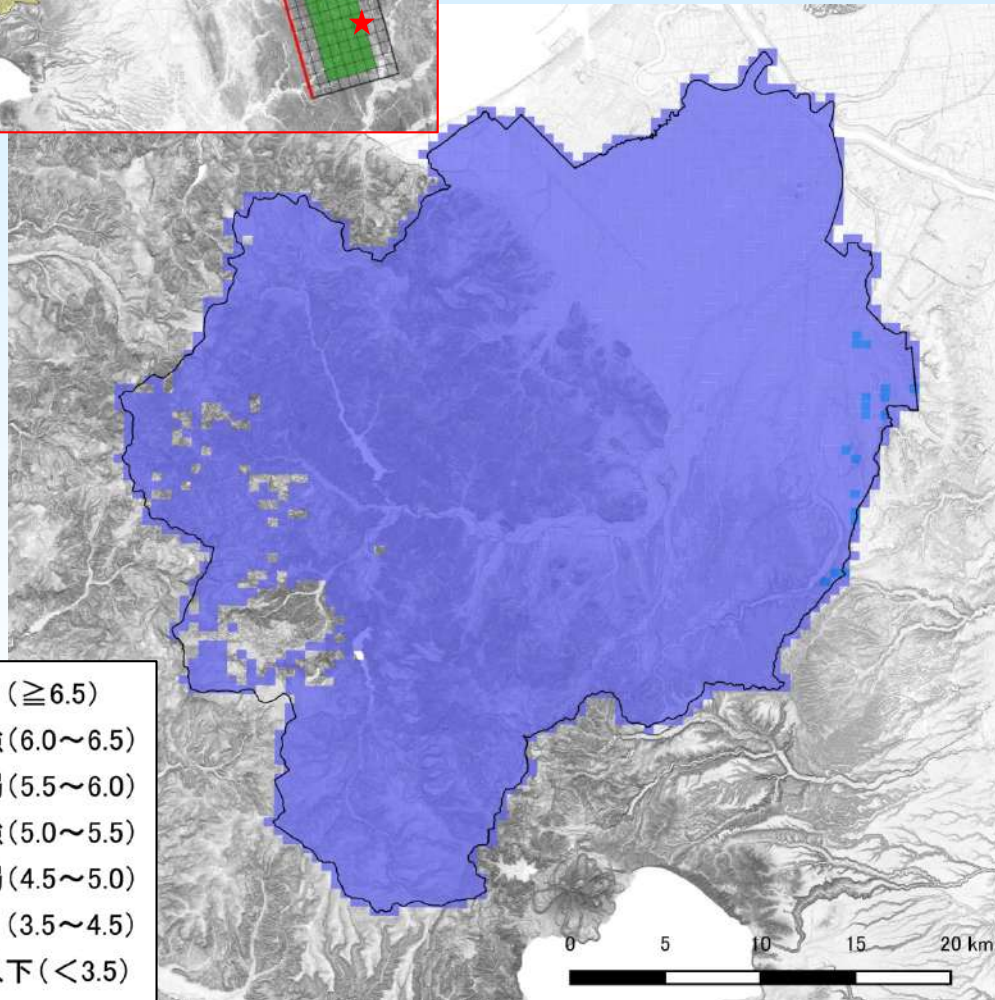
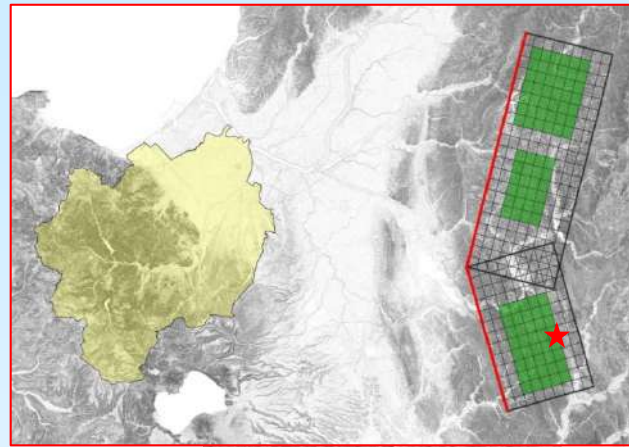
工学的基盤上の震度分布



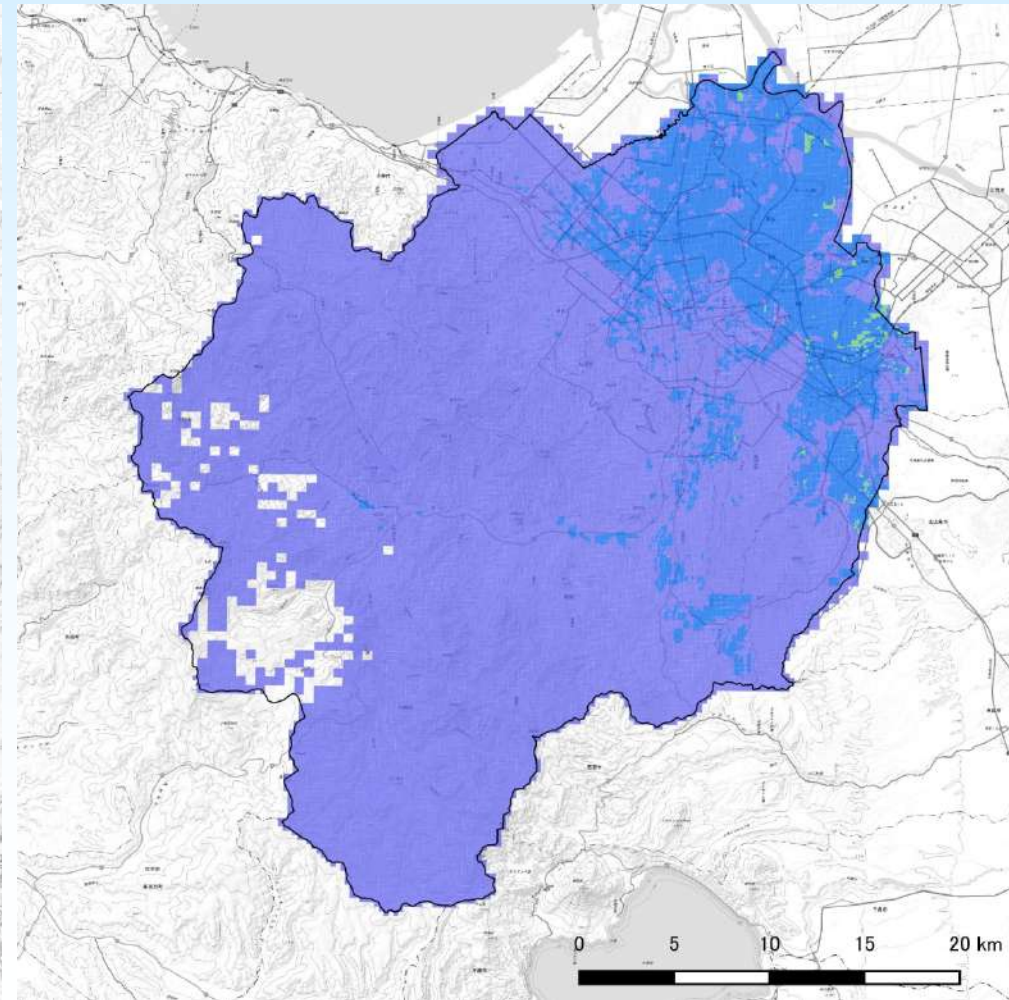
地表面の震度分布

3.2 震度分布:石狩低地東縁断層帯主部で発生する地震

【ケース4】



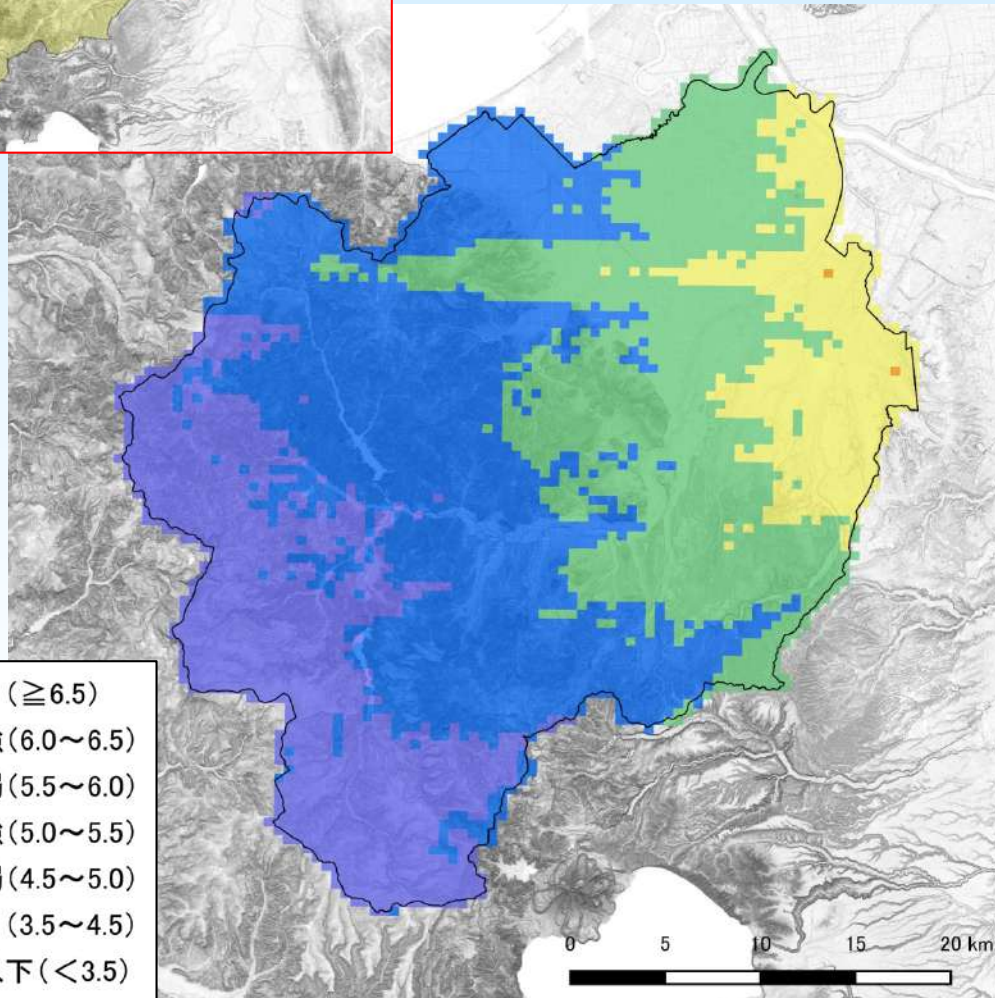
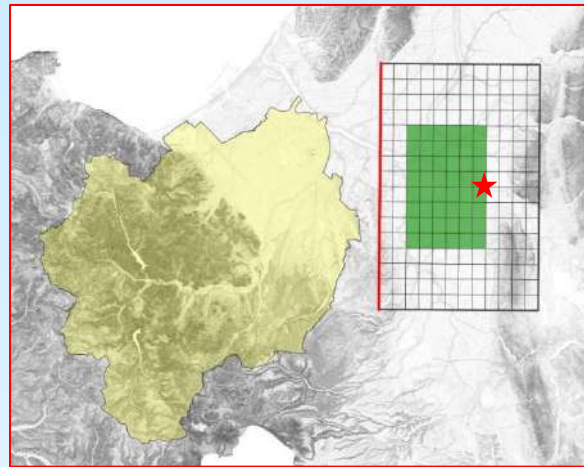
工学的基盤上の震度分布



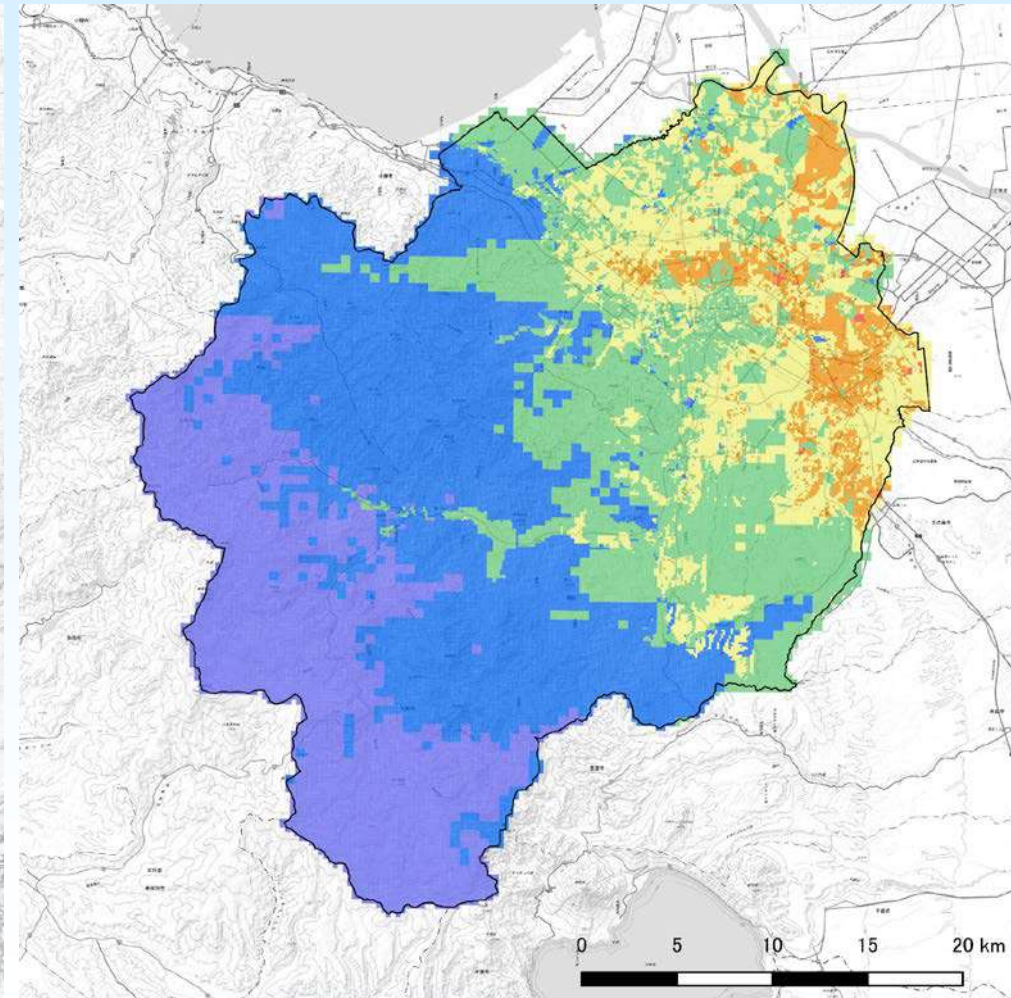
地表面の震度分布

3.3 震度分布:野幌丘陵断層帯で発生する地震

【ケース1】



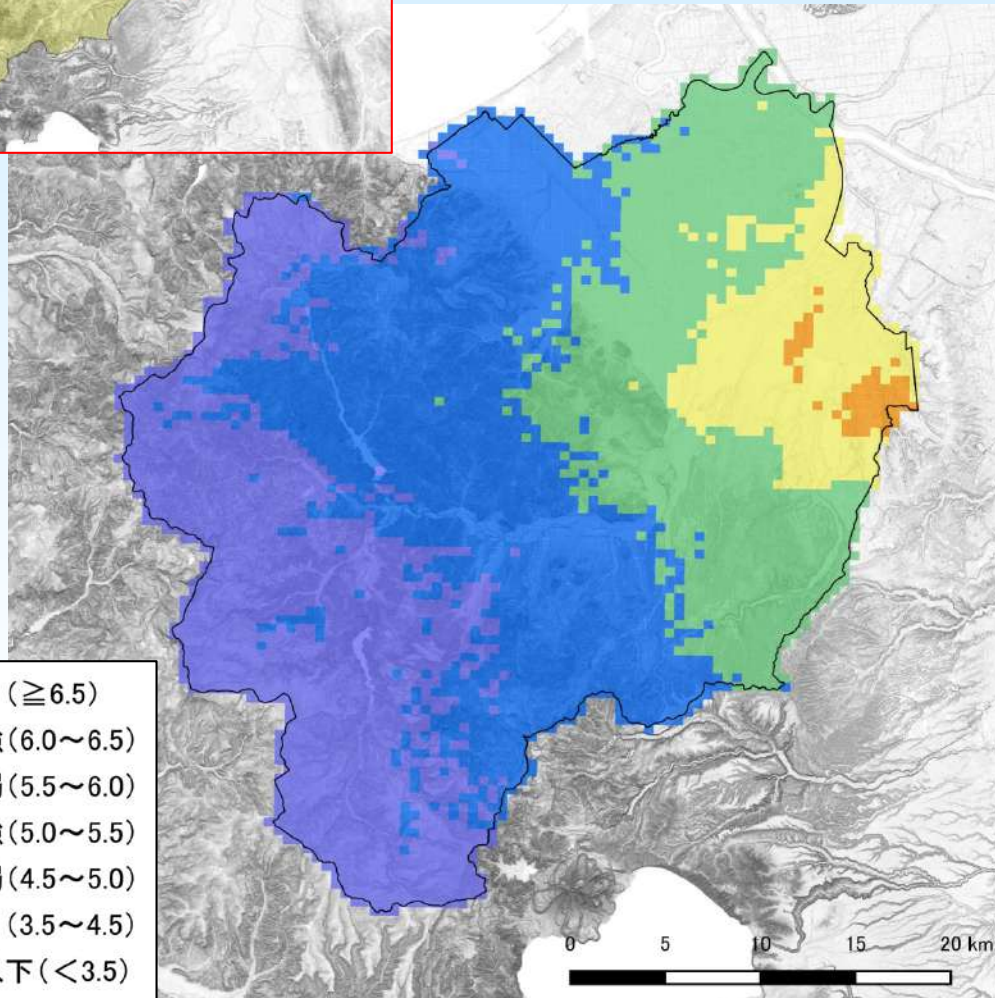
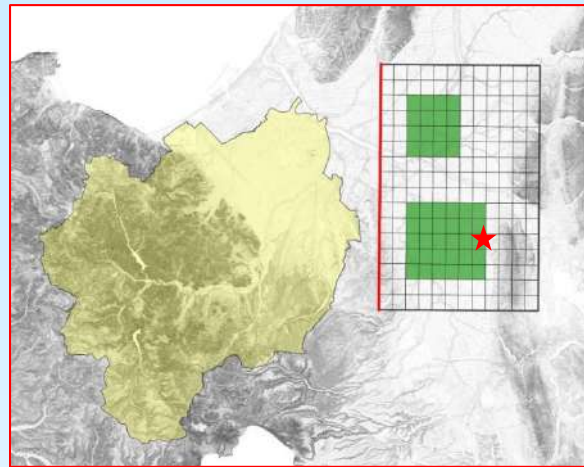
工学的基盤上の震度分布



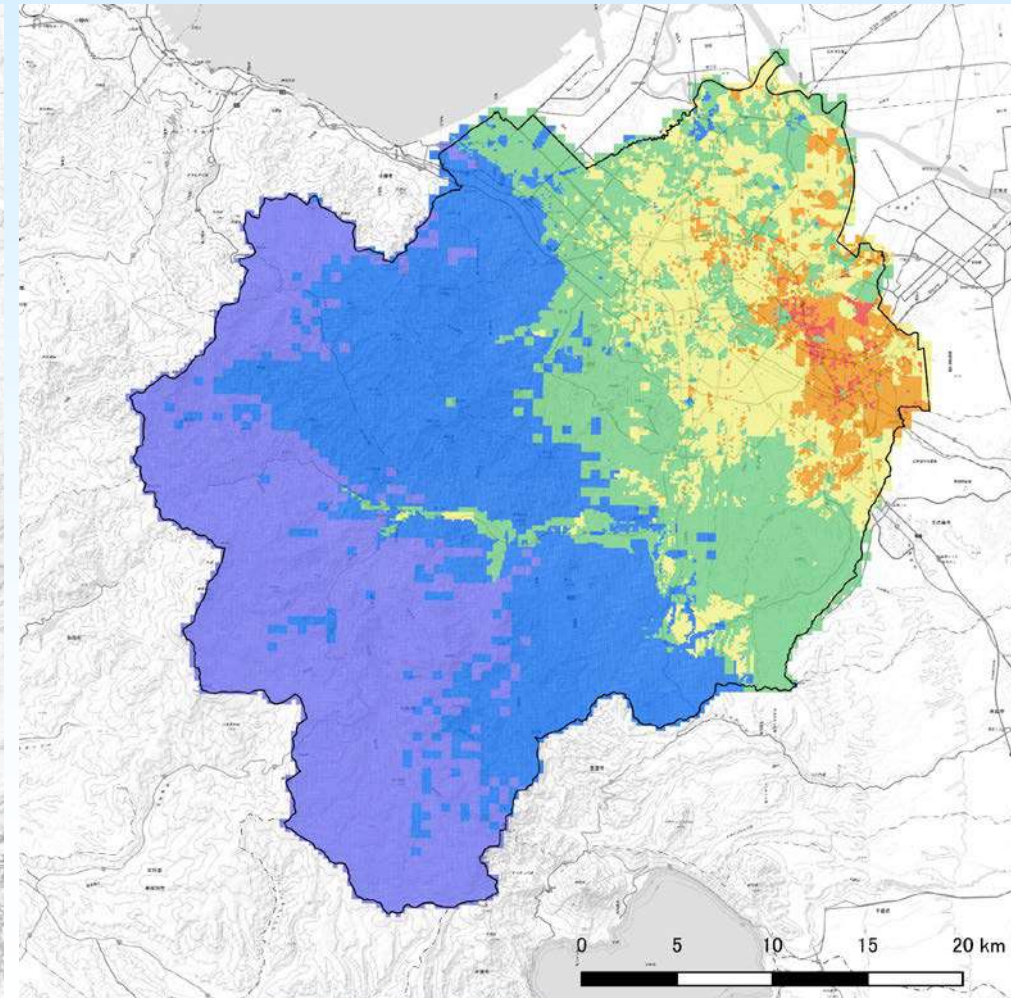
地表面の震度分布

3.3 震度分布:野幌丘陵断層帯で発生する地震

【ケース2】



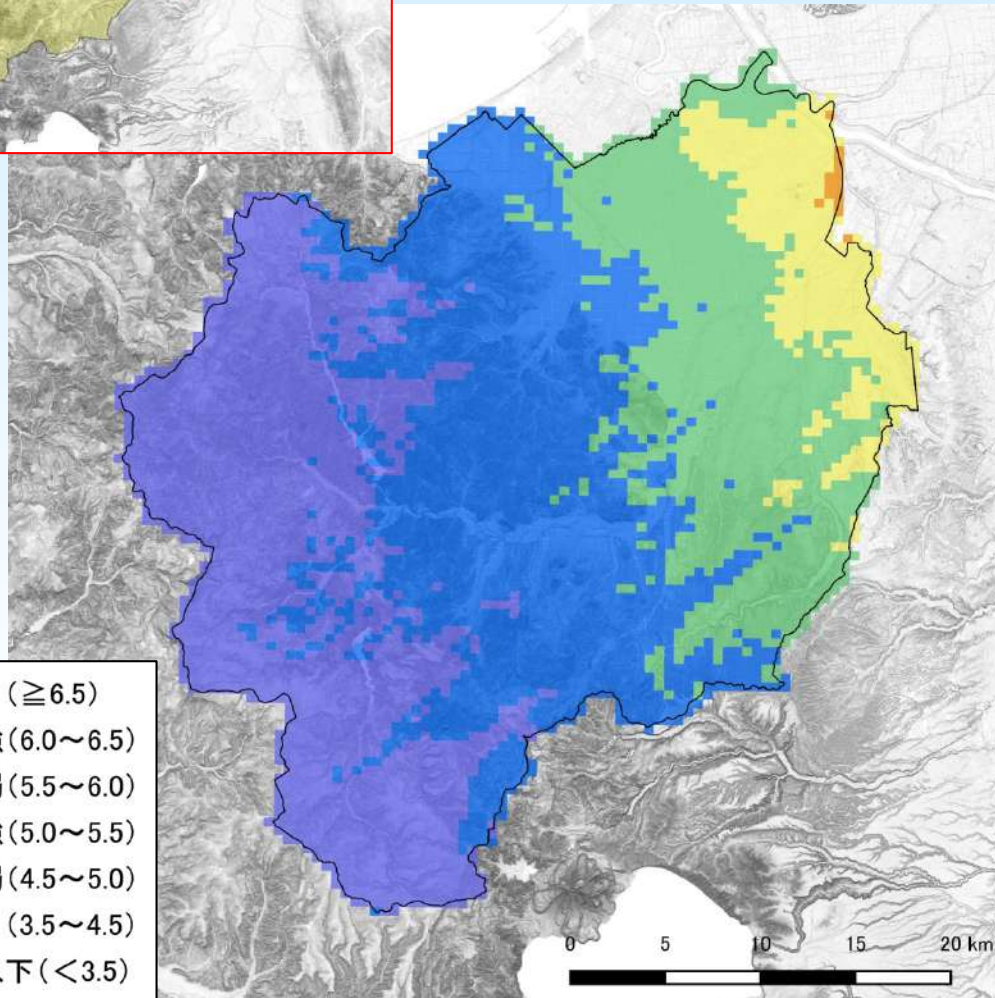
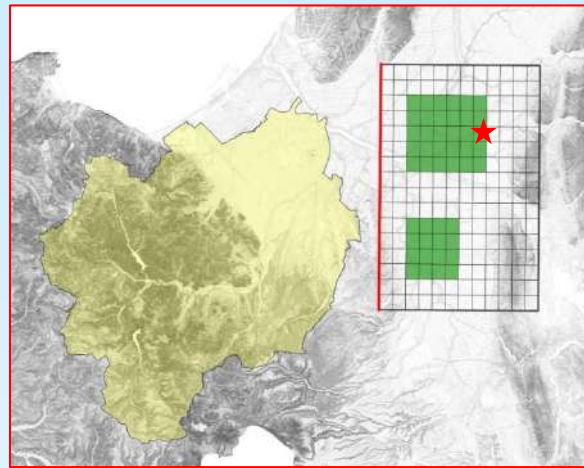
工学的基盤上の震度分布



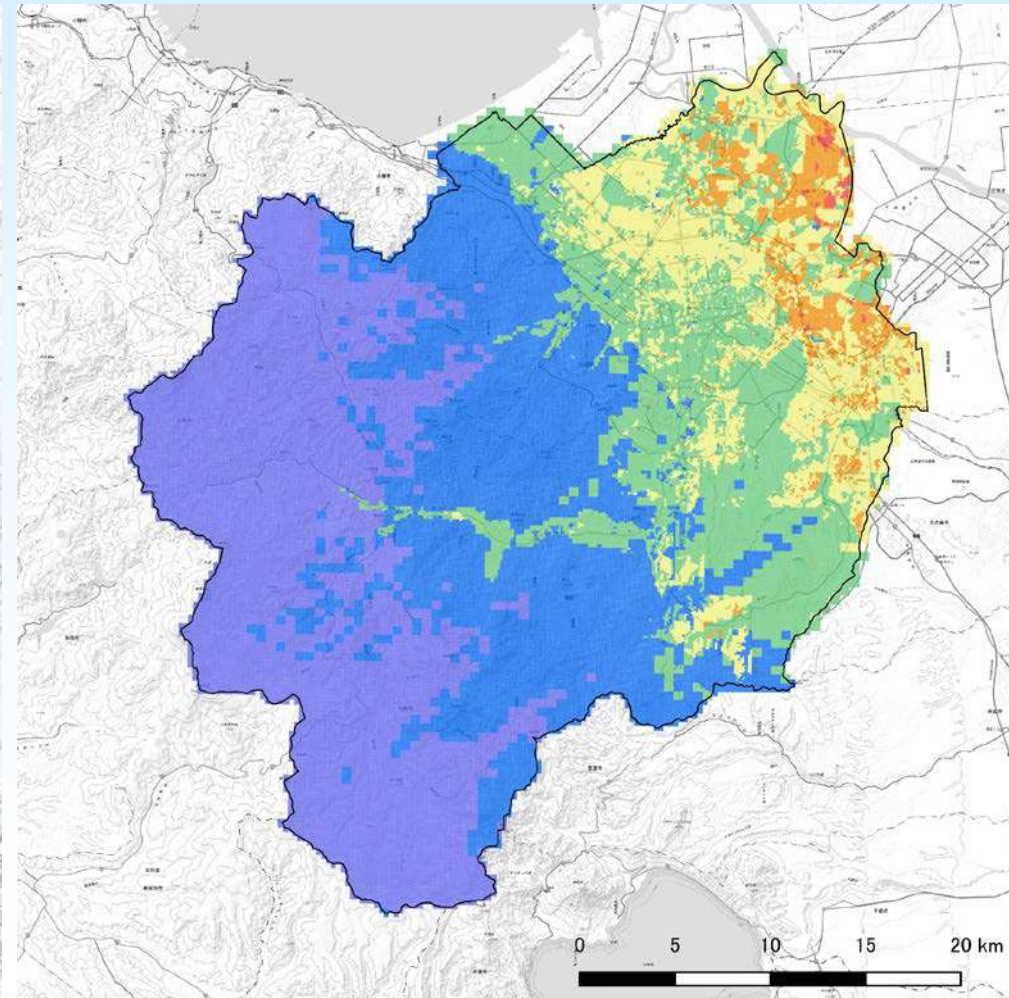
地表面の震度分布

3.3 震度分布:野幌丘陵断層帯で発生する地震

【ケース3】



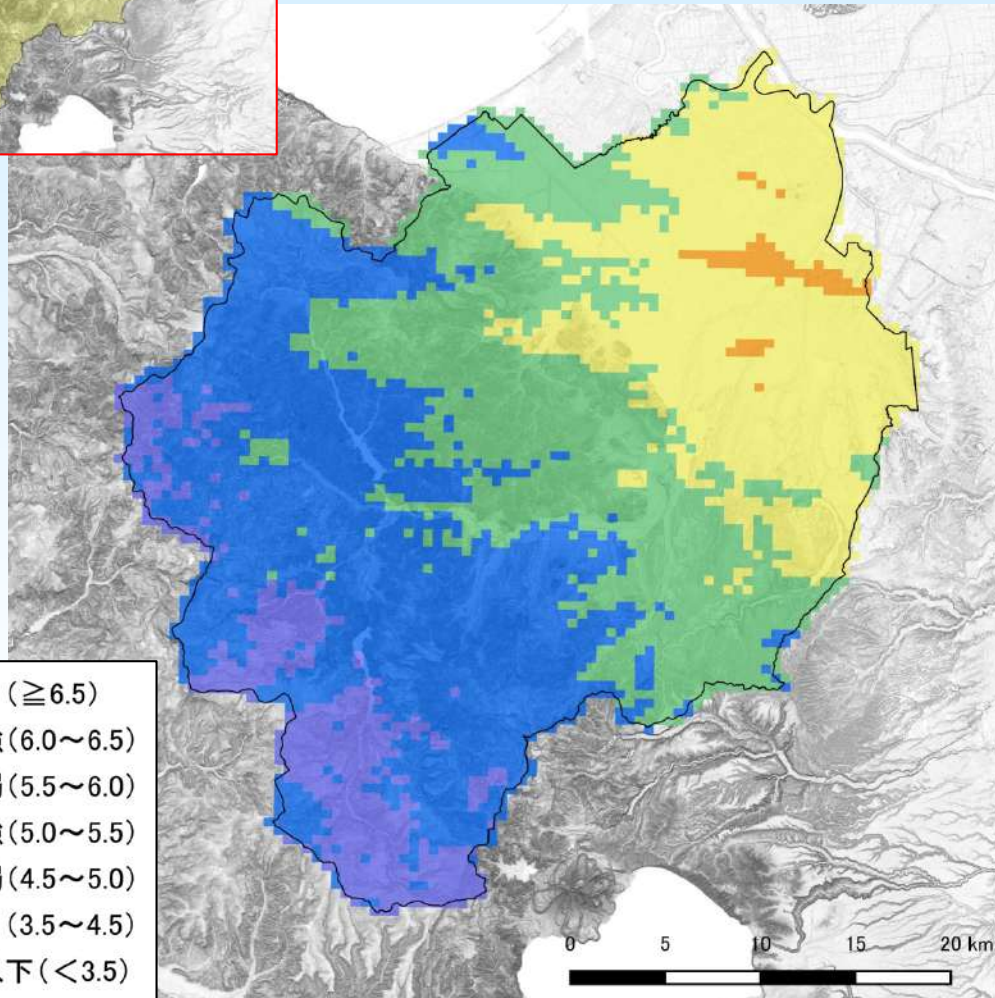
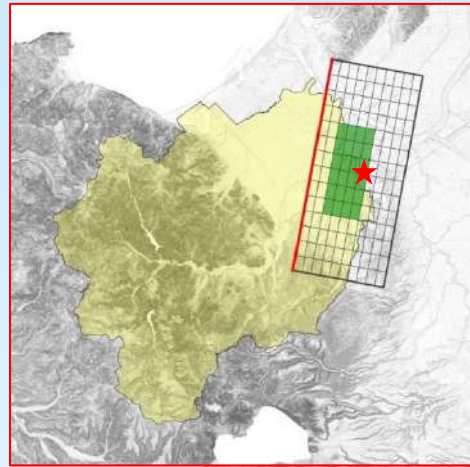
工学的基盤上の震度分布



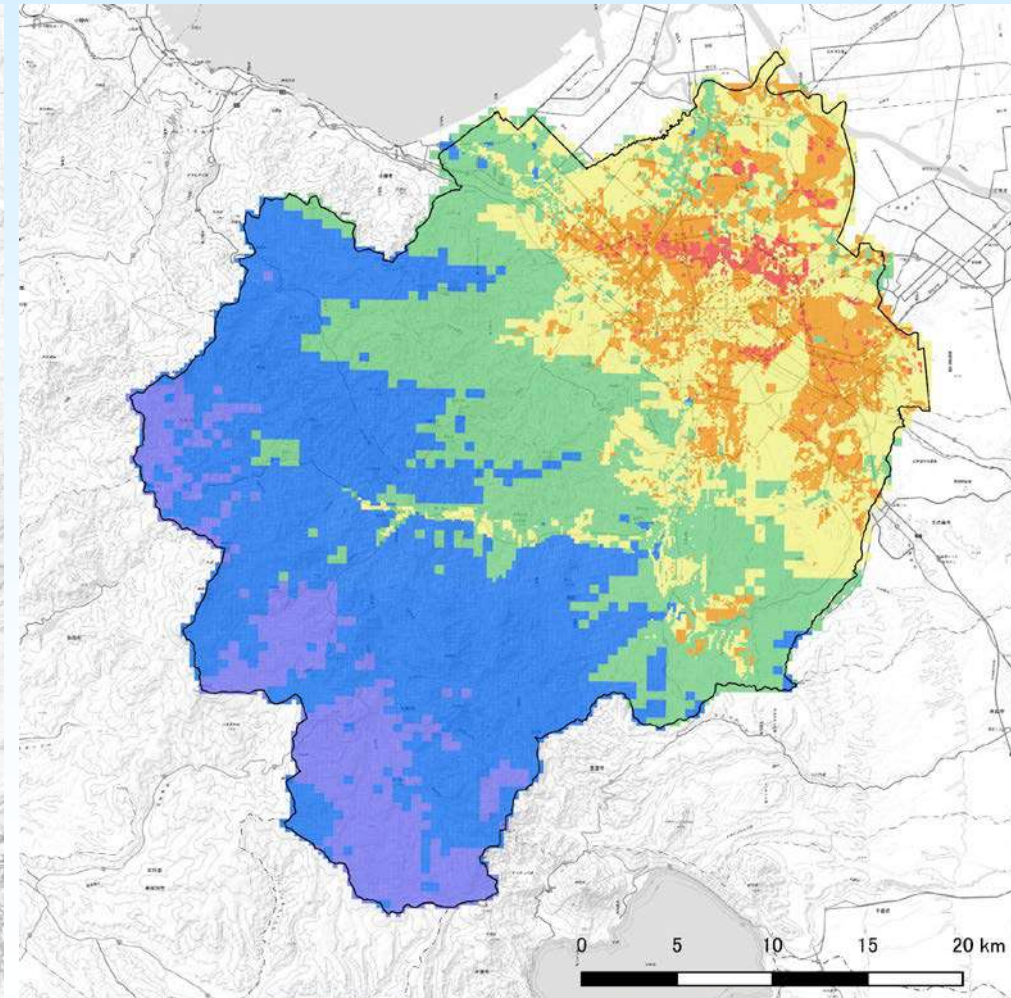
地表面の震度分布

3.4 震度分布：月寒背斜に関連する断層で発生する地震

【ケース1】



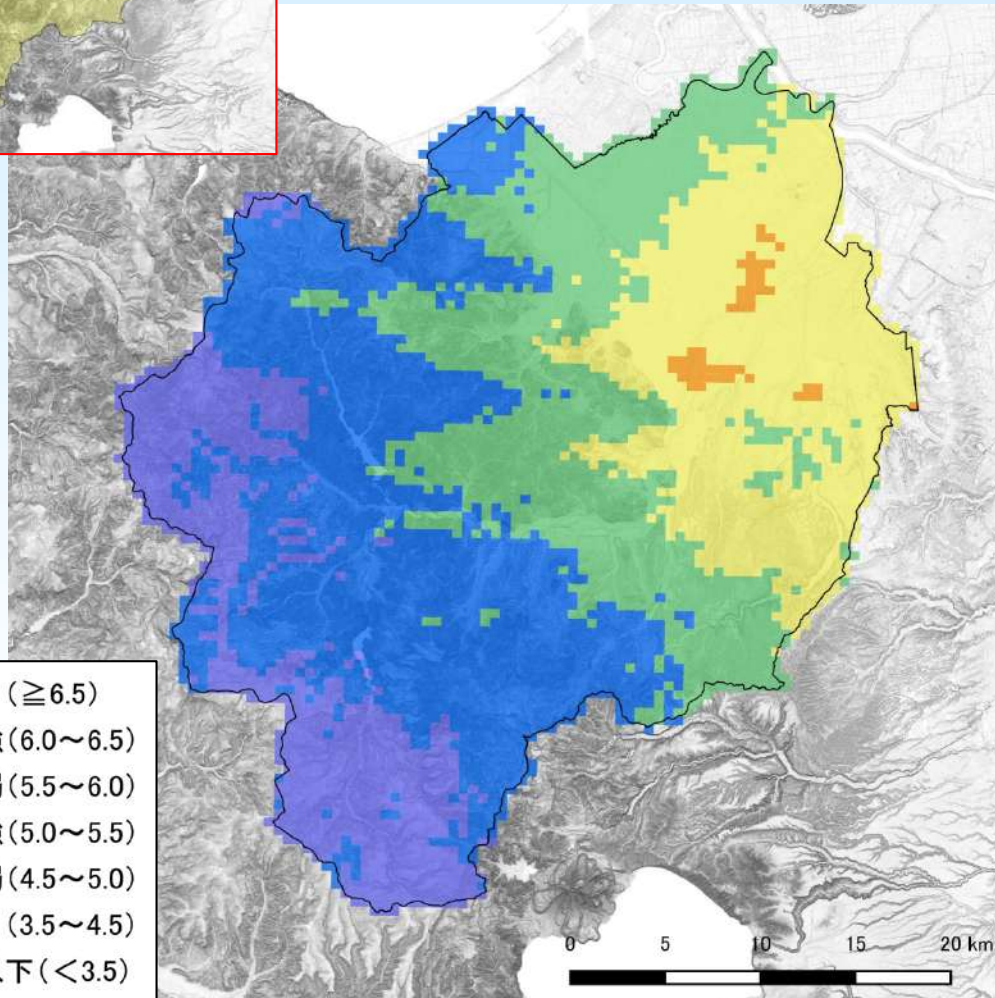
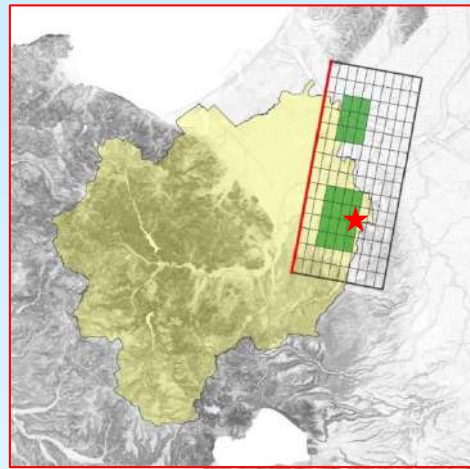
工学的基盤上の震度分布



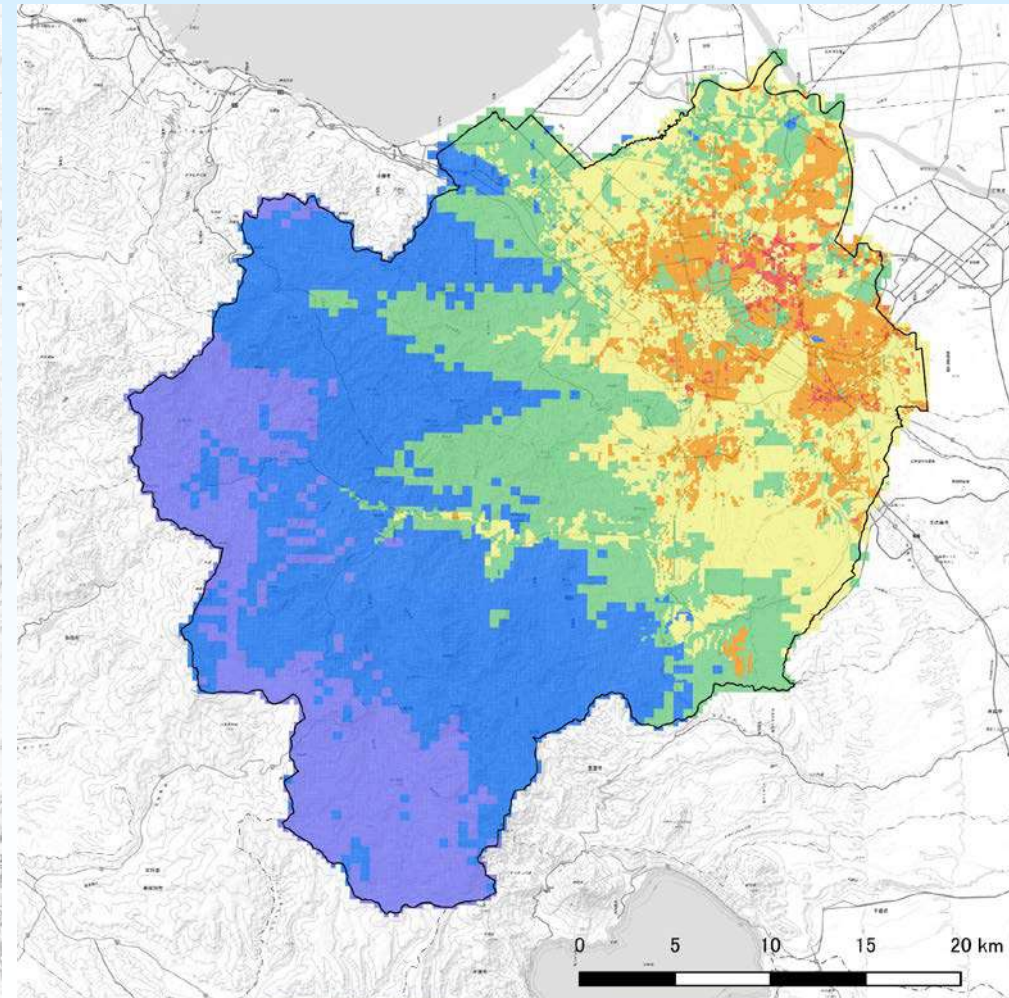
地表面の震度分布

3.4 震度分布：月寒背斜に関連する断層で発生する地震

【ケース2】



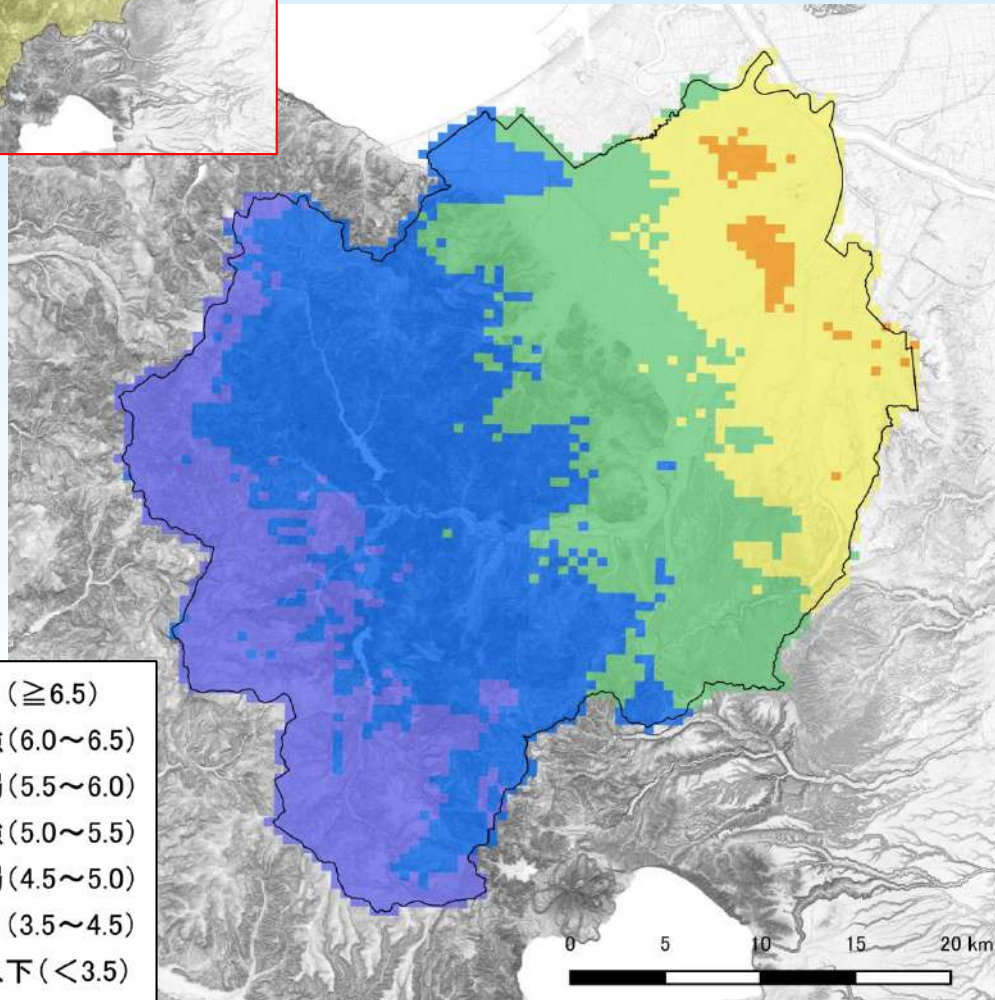
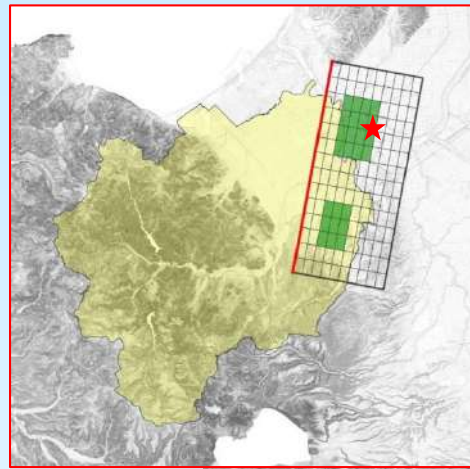
工学的基盤上の震度分布



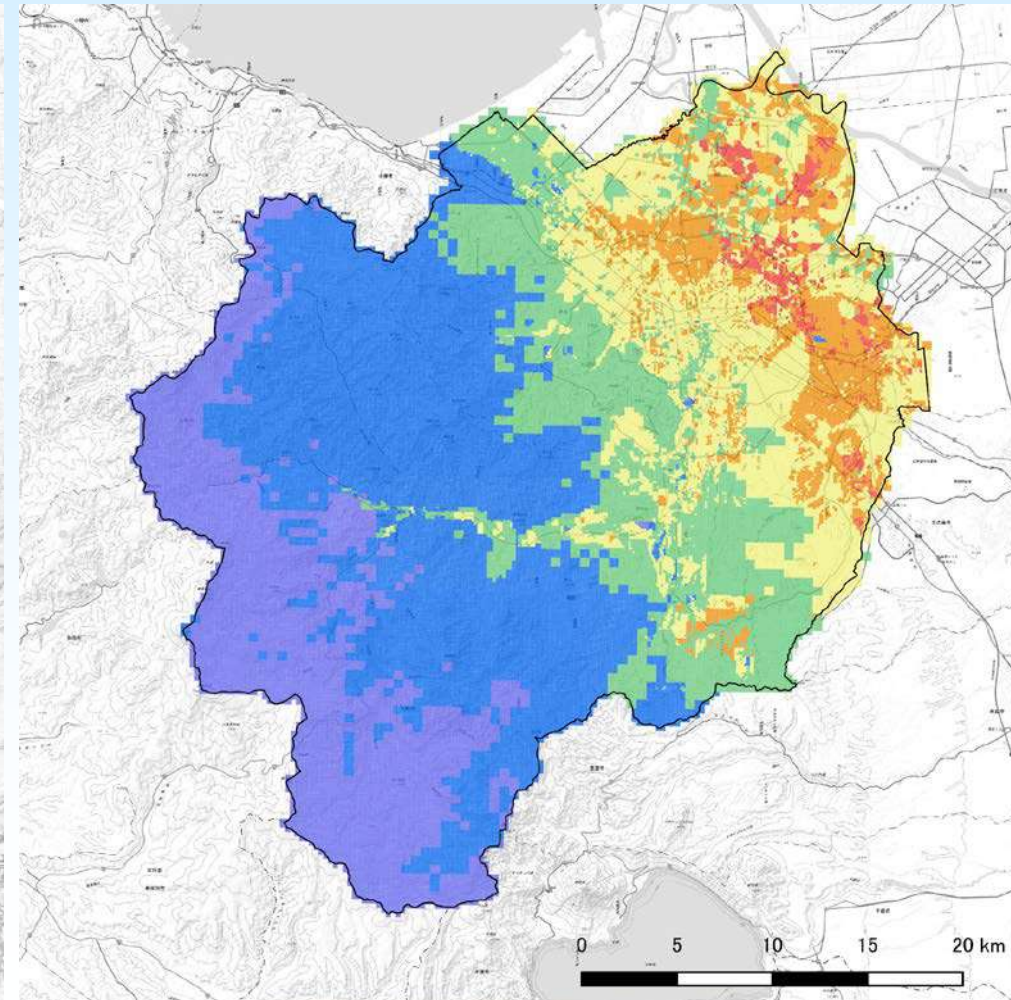
地表面の震度分布

3.4 震度分布：月寒背斜に関連する断層で発生する地震

【ケース3】



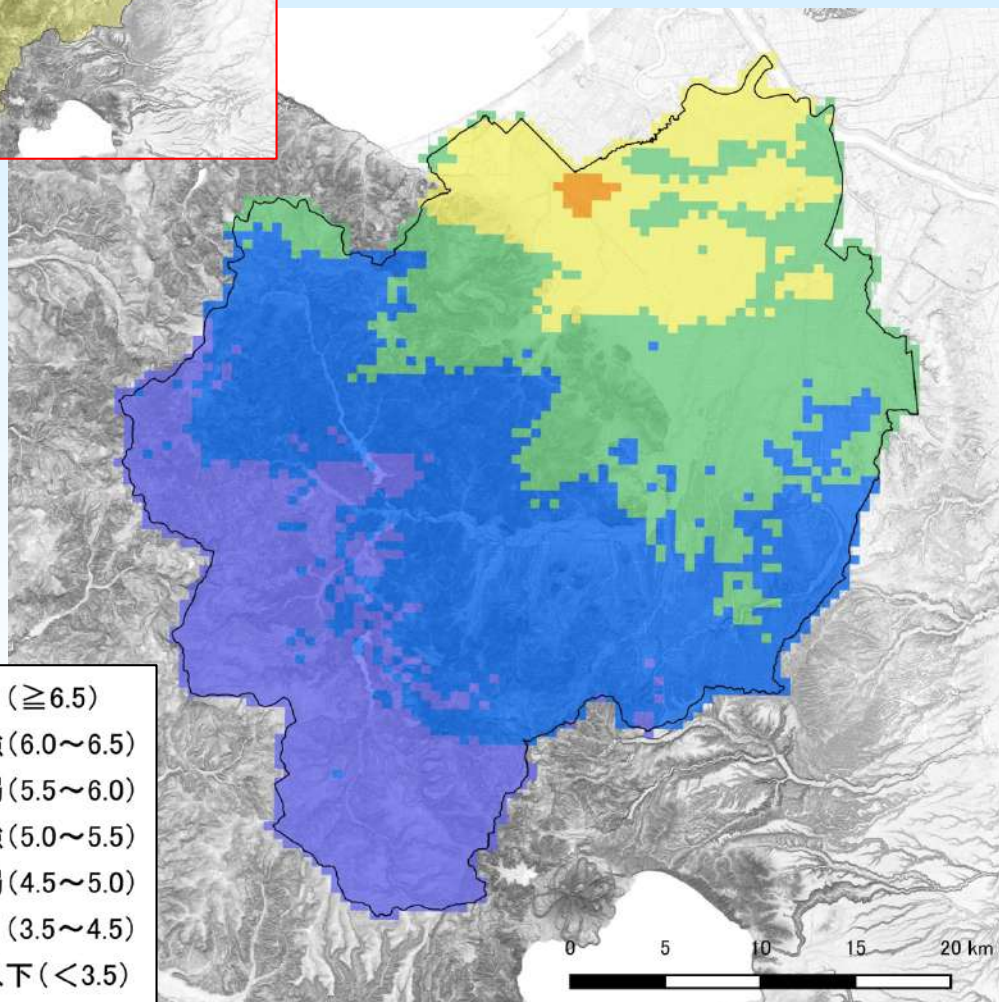
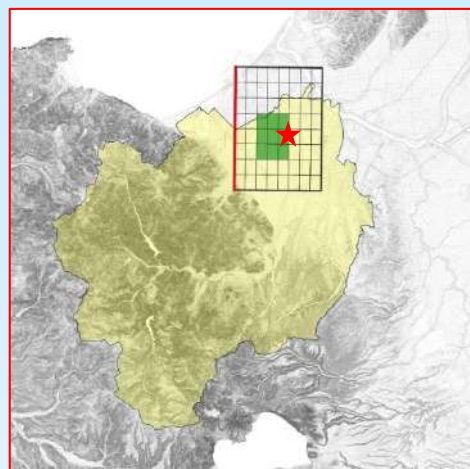
工学的基盤上の震度分布



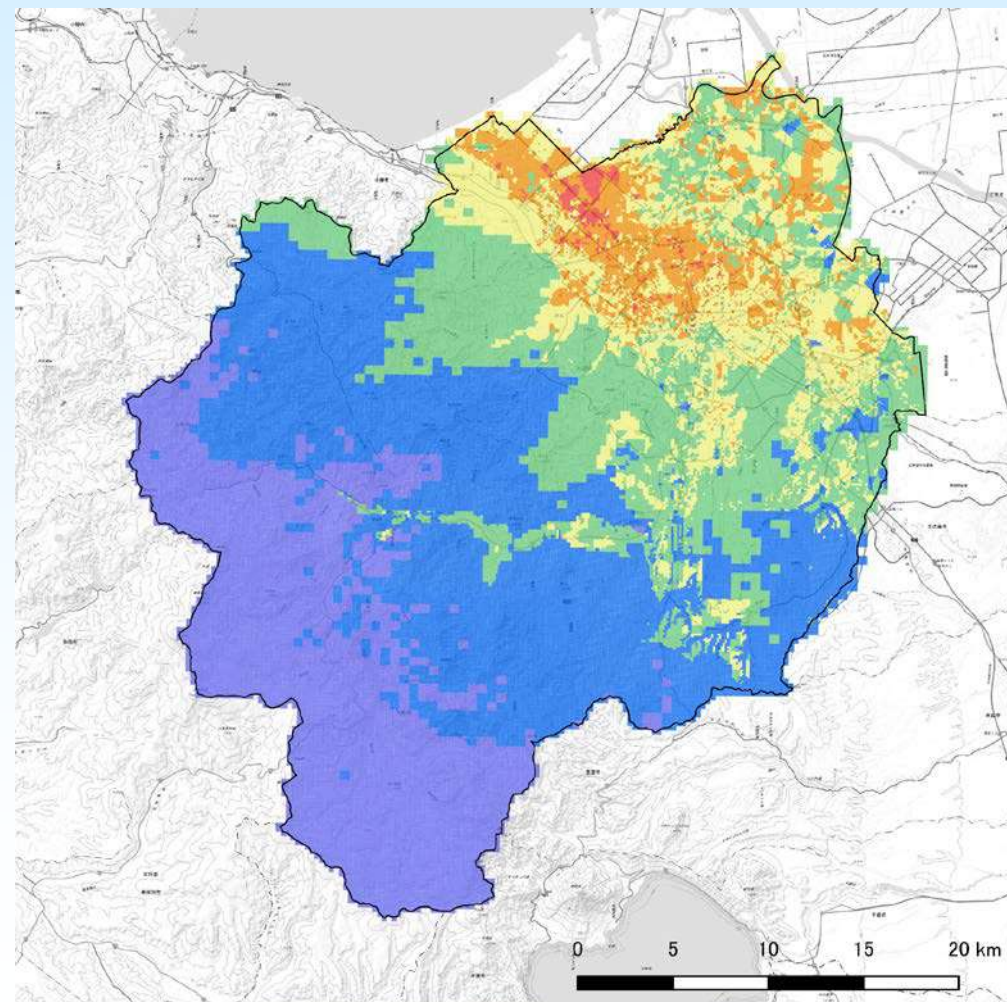
地表面の震度分布

3.5 西札幌背斜に関連する断層で発生する地震

【ケース1】



工学的基盤上の震度分布



地表面の震度分布

4. 液状化の評価

4.1 液状化危険度評価手法 42

4.1 液状化危険度評価手法

液状化危険度には、下記の液状化指数(P_L 値)が広く用いられてきている。

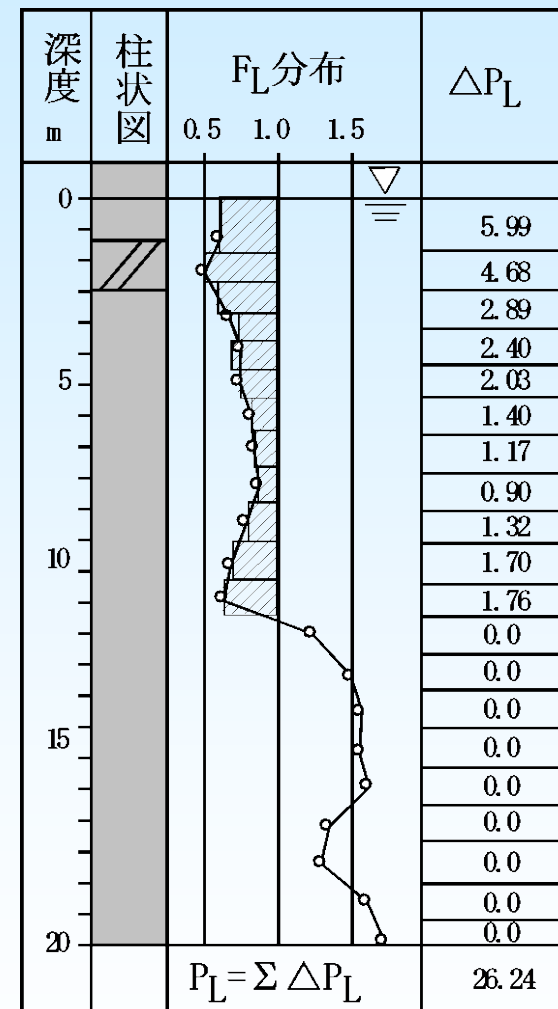
$$P_L = \int_0^{20} (1 - F_L)(10 - 0.5x) dx$$

$$F_L = \frac{R}{L} \quad \dots \quad \begin{cases} F_L \leq 1.0: \text{液状化すると判定} \\ F_L > 1.0: \text{液状化しないと判定} \end{cases}$$

R: 動的せん断強度比

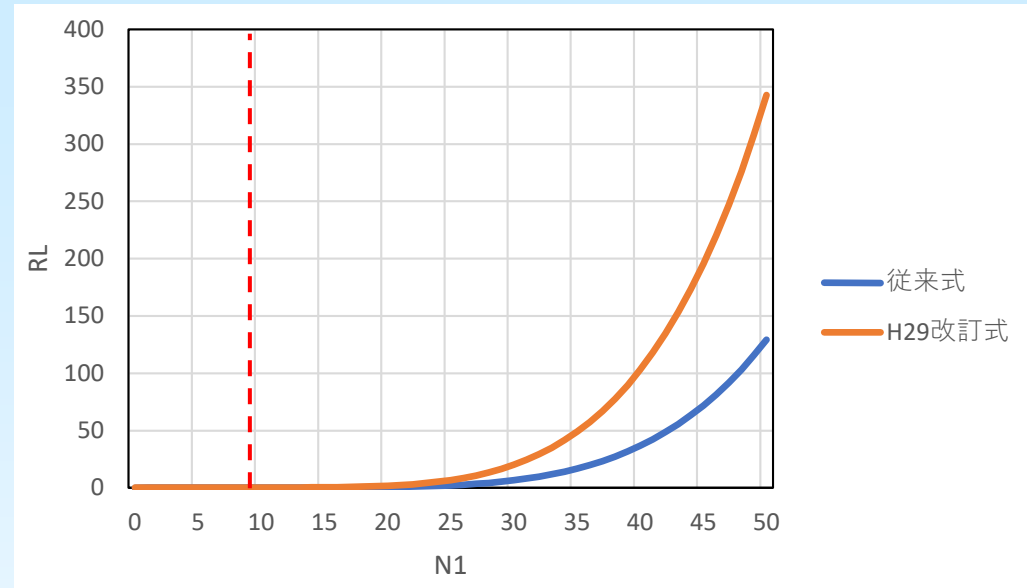
L: 地震時せん断応力比

Rの算定には、道路橋示方書(以下、道示)の方法が標準的に被害想定でも用いられている。ただし、道示はH29改訂でRの算定法を変更している。



4.1 道路橋示方書における R_L の算定法の変更

下記のように、繰返し三軸強度比 R_L の算定式がH29改訂で変更されている。 N 値と R_L の関係を右図に示す(細砂として、 $D_{50}=0.15$ 、 $FC=30\%$ の条件で比較)。 N 値25以上で差が顕著になっている。ハザードマップとしての液状化危険度に影響するのは、 N が10以下のような範囲であり、ほとんど2式で差は生じない。



従来式

(3) 繰返し三軸強度比
繰返し三軸強度比 R_L は式(8.2.7)により算出する。

$$R_L = 0.0882 \sqrt{N_a / 1.7} \quad (N_a < 14) \quad \dots (8.2.7)$$

$$R_L = 0.0882 \sqrt{N_a / 1.7 + 1.6 \times 10^{-6} \cdot (N_a - 14)^{4.5}} \quad (14 \leq N_a)$$

ここに、
<砂質土の場合>

$$N_a = c_1 N_1 + c_2 \quad \dots (8.2.8)$$

$$N_1 = 170N / (\sigma_{vb}' + 70) \quad \dots (8.2.9)$$

$$\left. \begin{aligned} c_1 &= 1 && (0\% \leq FC < 10\%) \\ c_1 &= (FC + 40) / 50 && (10\% \leq FC < 60\%) \\ c_1 &= FC / 20 - 1 && (60\% \leq FC) \end{aligned} \right\} \dots (8.2.10)$$

$$\left. \begin{aligned} c_2 &= 0 && (0\% \leq FC < 10\%) \\ c_2 &= (FC - 10) / 18 && (10\% \leq FC) \end{aligned} \right\} \dots (8.2.11)$$

<れぎ質土の場合>

$$N_a = \{1 - 0.36 \log_{10}(D_{50}/2)\} N_1 \quad \dots (8.2.12)$$

ここに、
 R_L : 繰返し三軸強度比
 N : 標準貫入試験から得られる N 値
 N_1 : 有効上載圧 100 kN/m^2 相当に換算した N 値
 N_a : 粒度の影響を考慮した補正 N 値
 σ_{vb}' : 標準貫入試験を行ったときの地表面からの深さにおける有効上載圧 (kN/m^2)
 c_1, c_2 : 細粒含有率による N 値の補正係数
 FC : 細粒含有率 (%) (粒径 $75 \mu\text{m}$ 以下の土粒子の通過質量百分率)
 D_{50} : 50% 粒径 (mm)

H29改訂式

$$R = c_W R_L \quad \dots (7.2.2)$$

(レベル1地震動及びレベル2地震動(タイプI)の場合)
 $c_W = 1.0$
(レベル2地震動(タイプII)の場合)

$$c_W = \begin{cases} 1.0 & (R_L \leq 0.1) \\ 3.3R_L + 0.67 & (0.1 < R_L \leq 0.4) \\ 2.0 & (0.4 < R_L) \end{cases} \quad \dots (7.2.3)$$

$$R_L = \begin{cases} 0.0882 \sqrt{(0.85N_a + 2.1) / 1.7} & (N_a < 14) \\ 0.0882 \sqrt{N_a / 1.7 + 1.6 \times 10^{-6} \cdot (N_a - 14)^{4.5}} & (14 \leq N_a) \end{cases} \quad \dots (7.2.4)$$

$$N_a = \begin{cases} c_{FC}(N_1 + 2.47) - 2.47 & (D_{50} < 2\text{mm}) \\ \{1 - 0.36 \log_{10}(D_{50}/2)\} N_1 & (D_{50} \geq 2\text{mm}) \end{cases} \quad \dots (7.2.5)$$

$$N_1 = 170N / (\sigma_{vb}' + 70) \quad \dots (7.2.6)$$

$$c_{FC} = \begin{cases} 1 & (0\% \leq FC < 10\%) \\ (FC + 20) / 30 & (10\% \leq FC < 40\%) \\ (FC - 16) / 12 & (40\% \leq FC) \end{cases} \quad \dots (7.2.7)$$