② 工学的基盤面における地震動波形の算出

工学的基盤面における地震動予測手法 EMPR[4]を用いて、工学的基盤面における地震動波形を算出する。EMPR とは、既往の観測記録に基づきスペクトル強度や波形の時間特性の回帰モデルを作成し、想定断層の３次元的広がりや断層破壊方向と着目点との関係などを考慮して波形を算定する方法であり、断層の広がりやアスペリティ分布、断層の破壊開始点を考慮できる手法である。

十勝、釧路、根室の対象地域を 500mメッシュに区画し、工学的基盤面（Vs600m/s）における地震動の計算を行う。本報告では、概算計算[1]において計算された工学的基盤面の地震動を利用する。

③ 地盤の増幅度 ARV の算定

内閣府の地震防災マップ作成技術資料[5]における地盤の増幅率の算出方法を参考に、地形・地盤分類、ボーリングデータから深度 30m までの表層地盤の平均Ｓ波速度 AVS30 を計算する。AVS30 と表層地盤の速度増幅度の関係から、増幅度 ARV を算定する。

工学的基盤（S 波速度 600m/s 相当層）から地表面までの最大速度の増幅率は、藤本・翠川（2006）[6]による表層地盤の速度増幅度の関係式(2-1-1)により計算される。

$$\mathrm{Log}\ ARV = 2.367 - 0.852 \log AVS(30) \quad (100 < AVS < 1500) \qquad \text{―――――――}(2\text{-}1\text{-}1)$$

ARV　：　基準地盤(S 波速度 600m/s)に対する地表の速度増幅度
AVS30：　地表から地下 30m までの推定平均 S 波速度(m/s)

ここでは、地表から地下 30m までの推定平均 S 波速度の計算は、以下の手順で行う。

① 地形・地盤分類に基づいた AVS30
② ボーリングデータを用いて AVS30 を計算
③ ①、②の結果をもとに空間的な平滑化処理を行い、250m メッシュ区画毎の増幅度を計算

A. 地形・地盤分類と AVS30

地表から地下 30m までの推定平均 S 波速度：AVS30 として、松岡・若松(2008)[7]により、地形・地盤分類に基づいた 250mメッシュ区画の AVS30 が構築されている。

松岡・若松(2008)による地形・地盤分類の釧路市の例を図 2-1-2 に、AVS30 の釧路市の例を図 2-1-3 に示す。

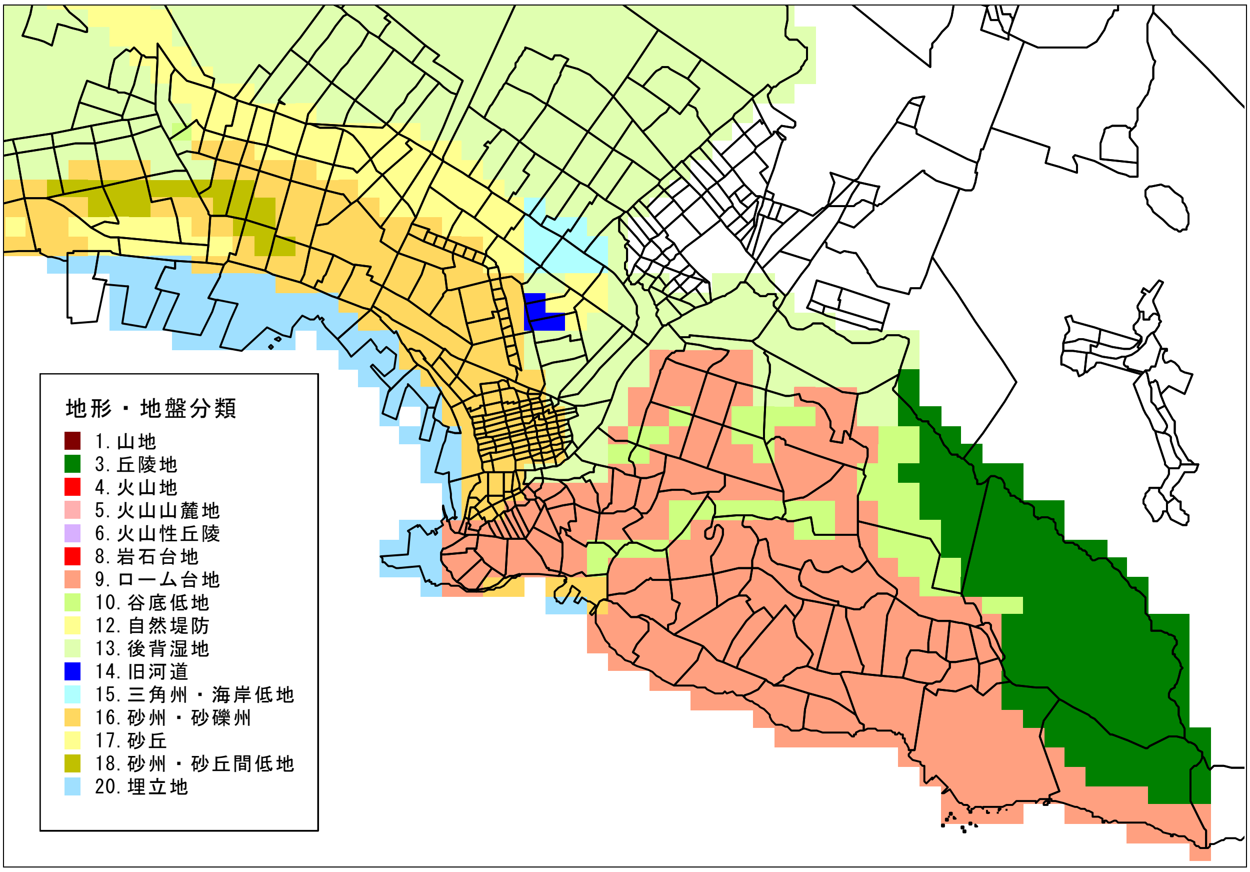

図 2-1-2　250m メッシュ地形・地盤分類の例

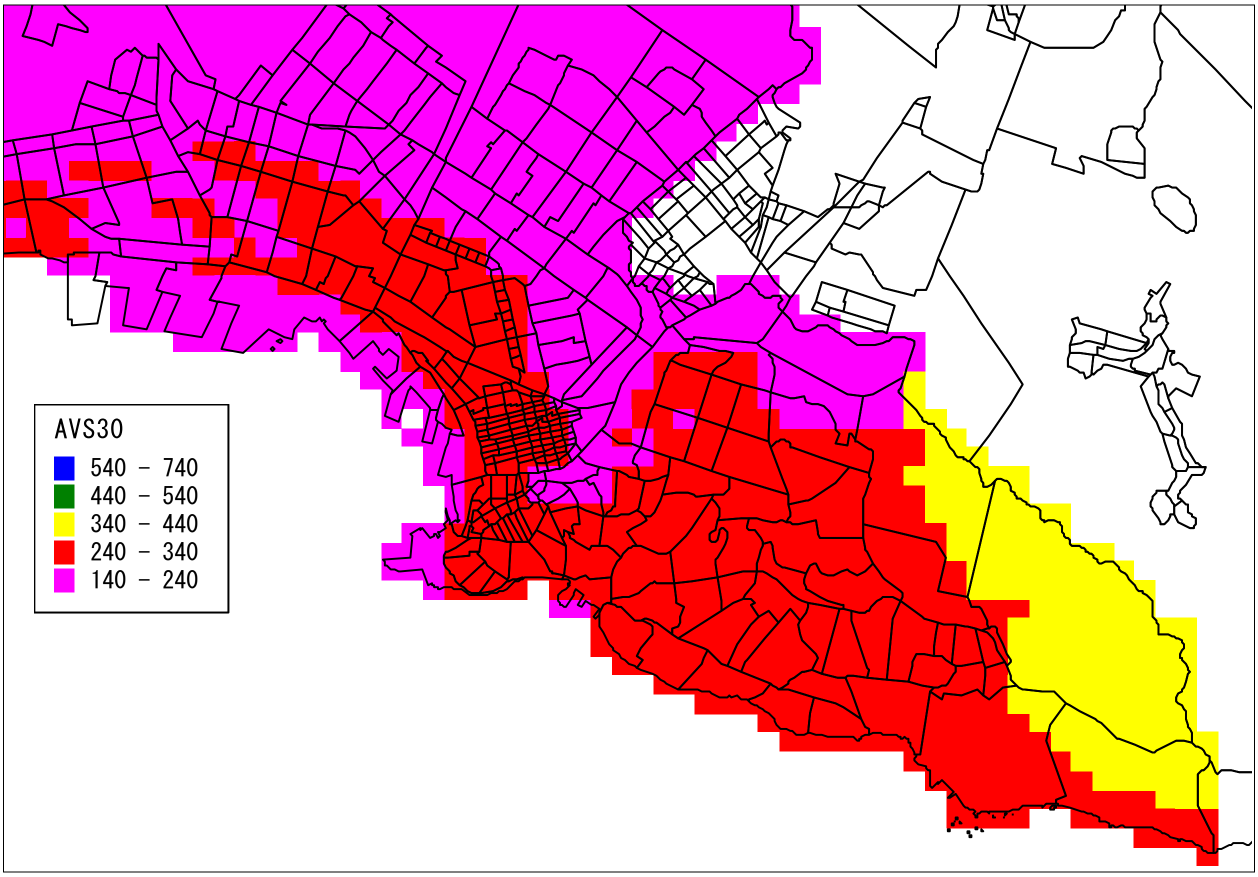

図 2-1-3　250m メッシュ地形・地盤分類による AVS30 の例

B. ボーリングデータを用いたAVS30の計算

今回収集したボーリングデータを用いて、内閣府による地震防災マップ作成技術資料[5)]の方法によりAVS30を計算する。

各層のS波速度の推定には、内閣府による式（2-1-2）を用いる。

$$Vs = a \cdot N^{b} \quad \text{———————————} (2\text{-}1\text{-}2)$$

Vs：S波速度(m/s)　N：N値（層ごとの平均N値：50以上は50とする）

a：土質係数1（粘土：111.30, 砂：94.38, 礫：123.05）

b：土質係数2（粘土：0.3144, 砂：0.3020, 礫：0.2443）

a. 収集したボーリングデータの概要

ボーリングデータとして、各自治体から収集したボーリング調査資料を用いた。掘削深度、N値、地質区分などのデータが整理されている。

収集したボーリング資料のうち、掘削長が10m以下のもの、あるいは10m以上であっても標準貫入試験が実施されていないものはAVS30を算出することができない。これらを除いて計算に使用したボーリングデータの本数を表2-1-2に、位置を図2-1-4に示す。

表2-1-2　計算に使用したボーリング数

	ボーリングデータ数
渡　島	322
胆　振	314
日　高	376

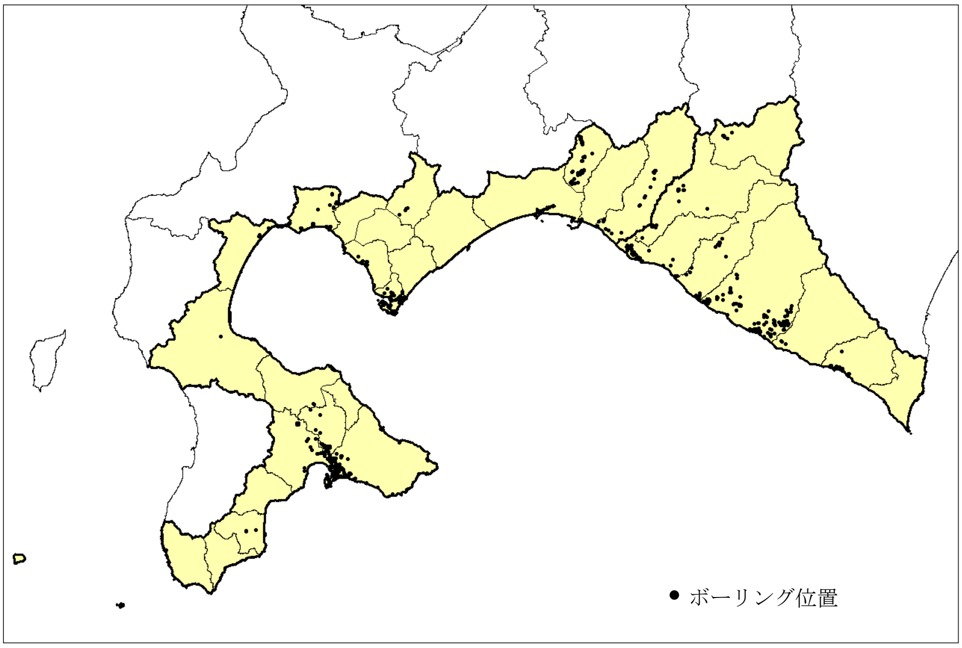

図2-1-4　収集したボーリングデータ地点

b. AVS30 の計算

ボーリングデータごとの AVS30 の推定は掘進深度 30m 以上、掘進深度 30m 未満での場合の２ケースに分けて実施した。

ⅰ）掘進深度 30m 以上のボーリング

ボーリングデータの層区分より、上から粘性土層(c)、礫質土層(g)、砂質土層(s)の３つの層で区分し、式(2-1-2)により各層ごとのＳ波速度を計算する。次に各層の層厚とＳ波速度から地表から深度 30m までのＳ波速度の到達時間を式(2-1-3)により算定し、その値から式(2-1-4)よりボーリング地点の AVS30 を設定した。

$$T_{30} = \sum_{i=1}^{n} \frac{H_i}{Vs_i} \qquad \text{(2-1-3)}$$

T_{30}: 地表から深度 30m までのＳ波速度の到達時間(sec)

Hi：i 層の層厚 (m)

Vsi ：i 層のＳ波速度(m/s)

$$AVS30 = \frac{30}{T_{30}} \qquad \text{(2-1-4)}$$

AVS30：地表から深度 30m までの平均Ｓ波速度(m/s)

ⅱ）掘進深度 30m 未満のボーリング

まず、掘進深度 30m 未満のボーリングデータについて、Ｎ値≧50 基盤が存在するかどうか確認する。Ｎ値≧50 基盤の判定は、以下の基準で行っている。

○ ボーリング孔底付近でＮ値 50 以上を連続３回以上確認してボーリングを止めている。

○ ボーリング孔底付近でＮ値 50 以上の岩盤部を確認してボーリングを止めている。

AVS30 がＮ値≧50 基盤深度 10m 未満のボーリング、加えて掘進深度 10m 未満のボーリングについては、AVS30 の推定の対象から外すこととする。

AVS30 の推定は､Ｎ値≧50 基盤が確認できるケースと確認できないケースの２つに分けて設定を行う。

〇Ｎ値≧50 基盤が確認できるケース

Ｎ値≧50 基盤深度より浅く、10m、15m、20m、25m のうちで最もＮ値≧50 基盤深度に近い値を設定し、その深度までの平均Ｓ波速度 AVS n(n=10,15,20,25)を計算する。その値より、AVSn-AVS30 の経験式である、式(2-1-5)により AVS30 を推定する。

$$AVS30 = a_n \times AVS_n + b_n \qquad \text{(2-1-5)}$$

n：10,15,20,25

AVS10：a10=1.441,b10=58.726

AVS15：a15=1.144,b15=43.528

AVS20：a20=1.083,b20=29.658

AVS25：a25=1.034,b25= 7.937

〇Ｎ値≧50 基盤が確認できないケース

掘進深度より浅く、10m、15m、20m、25m のうちで最も掘進深度に近い値を設定し、その深度までの平均Ｓ波速度 AVS n(n=10,15,20,25)を計算する。その値より､AVSn-AVS30 の経験式である､式(2-1-6)

により AVS30 を推定する。

$$AVS30 = a_n \times AVS_n + b_n \quad \text{———————} (2\text{-}1\text{-}6)$$

n：10,15,20,25

AVS10：a10=0.832,b10=59.881

AVS15：a15=0.909,b15=37.213

AVS20：a20=0.946,b20=23.318

AVS25：a25=0.983,b25= 9.113

ただし、N値≧50 基盤が確認できるケースで、周辺の地質から基盤が 30m より深いことが確実な場合には、基盤が 30m まで続いていると仮定して AVS30 を推定した。

図 2-1-5 に推定した AVS30 の例を示す。

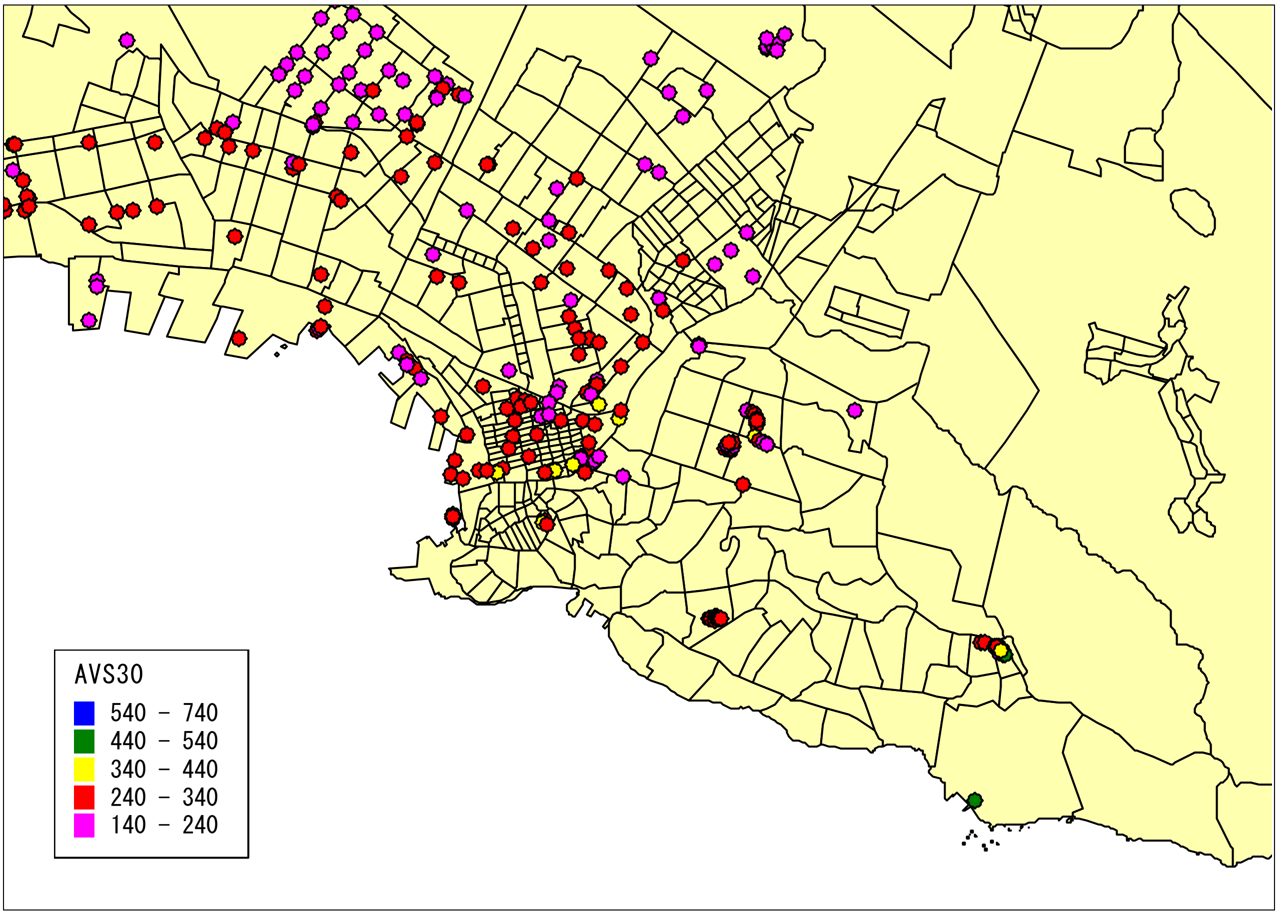

図 2-1-5　ボーリングの位置と AVS30 計算結果の例

C. 平滑化処理による 250m メッシュ区画における増幅度の計算

A の地形・地盤分類による AVS30 と B のボーリングデータによる AVS30 の値を空間的に平滑化処理し、250mメッシュ区画における AVS30 を計算する。

平滑化の方法は IDW（重みつき逆距離補完法）を用いる。平滑化を行う半径は、隣接するメッシュへの影響を考慮するため 500m とする。AVS30 は同一地盤・地形分類ごとに平滑化する。

求めた AVS30 と式(2-1-1)から増幅度 ARV を計算する。250mメッシュ区画における増幅度 ARV の結果の例を図 2-1-6 に示す。

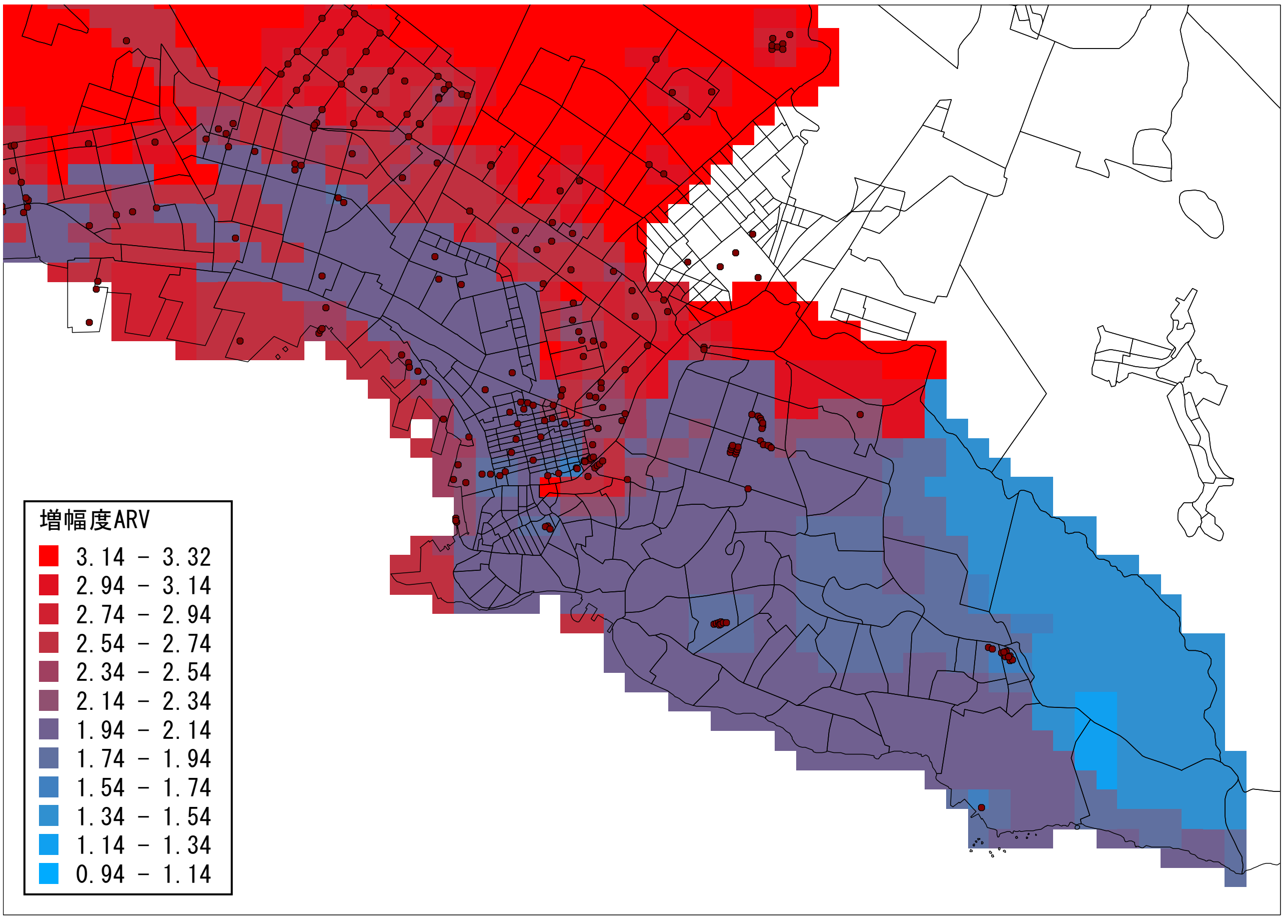

図 2-1-6　地盤増幅度の例

④ 震度・最大速度を算出

工学的基盤面速度に増幅度 ARV を乗じて地表面最大速度 PGV(m/sec)を計算する。次に地表面最大速度 PGV(m/sec)から藤本・翠川(2005)[8]による計測震度と表面における最大速度の関係式である式(2−1−7)により震度を計算する。

$$\left.\begin{aligned} I &= 2.165 + 2.262 \cdot \log_{10}(PGV) && (I < 4) \\ I &= 2.002 + 2.603 \cdot \log_{10}(PGV) - 0.213 \log_{10}(PGV)^2 && (I \geqq 4) \end{aligned}\right\} \quad (2-1-7)$$

I　　：計測震度

PGV：地表面における最大速度 (cm/sec)

3) 評価結果

全ての想定地震の最大震度を表 2−1−3 に、震度分布を図 2−1−7～32 に示す。

なお、概算計算では距離減衰式で推定した震度５弱以上が予測される振興局を被害想定の対象地域としている。本報告においても同様の地域を被害想定の対象地域とする。

十勝平野断層帯主部、石狩低地東縁断層帯主部(北)、石狩低地東縁断層帯主部(南)、増毛山地東縁断層帯では胆振・日高を対象に、函館平野西縁断層帯では渡島・胆振を対象に、それ以外の想定地震は渡島・胆振・日高を被害想定の対象地域とする。

内陸活断層をみると、石狩低地等縁断層帯南部の地震や黒松内低地断層帯の地震、函館平野西縁断層帯の地震で、断層直上周辺で震度７が算出されている。渡島管内では黒松内低地断層帯・函館平野西縁断層帯の地震で最大震度となる震度７の揺れが、胆振・渡島管内では石狩低地等縁断層帯南部の地震で震度７の揺れがそれぞれ想定される。

海溝型地震をみると、十勝沖の地震や北海道南西沖の地震、北海道留萌沖の地震、三陸沖北部の地震などで３管内に渡って震度５強から６弱以上の揺れが広域に予測される。

表 2-1-3　想定地震の最大震度

地震名	断層モデル	渡島総合振興局	胆振総合振興局	日高振興局	最大
十勝平野断層帯主部	45_2	—	5.2	6.0	6.0
石狩低地東縁断層帯 主部(北)･深さ7km	45_1	—	5.7	5.5	5.7
	30_1	—	5.7	5.5	5.7
石狩低地東縁断層帯主部(北)･深さ3km	45_2	—	6.0	5.7	6.0
	45_3	—	5.7	5.4	5.7
	30_2	—	6.0	5.7	6.0
石狩低地東縁断層帯主部(南)･深さ3km	45_2	—	6.3	5.5	6.3
	45_5	—	6.2	5.6	6.2
石狩低地東縁断層帯南部･深さ 7km	30_5	5.0	6.6	6.4	6.6
石狩低地東縁断層帯南部･深さ 3km	30_2	5.2	7.0	7.0	7.0
	30_3	5.2	7.3	7.3	7.3
	30_5	5.1	6.9	6.8	6.9
黒松内低地断層帯	30_5	6.5	5.7	4.7	6.5
	45_3	6.4	5.7	4.7	6.4
	45_4	6.8	5.7	4.6	6.8
函館平野西縁断層帯	45_2	6.8	5.0	—	6.8
	45_3	6.9	5.1	—	6.9
月寒背斜に関する断層		4.9	5.6	5.2	5.6
野幌丘陵断層帯	45_1	4.9	5.8	5.3	5.8
十勝沖の地震		5.4	5.7	6.3	6.3
三陸沖北部の地震		6.0	5.8	5.8	6.0
北海道南西沖の地震	No_2	6.2	6.0	5.3	6.2
北海道留萌沖の地震(走行 N193° E)	No_1	6.0	5.9	5.3	6.0
北海道留萌沖の地震(走行 N225° E)	No_2	5.9	5.9	5.4	5.9
増毛山地東縁断層帯	45_3	—	5.5	5.3	5.5
	45_5	—	5.6	5.4	5.6

表 2-1-4　気象庁震度階級表

震度階級	計測震度	震度階級	計測震度
0	0.5 未満	5弱	4.5　以上　5.0 未満
1	0.5　以上　1.5 未満	5強	5.0　以上　5.5 未満
2	1.5　以上　2.5 未満	6弱	5.5　以上　6.0 未満
3	2.5　以上　3.5 未満	6強	6.0　以上　6.5 未満
4	3.5　以上　4.5 未満	7	6.5　以上

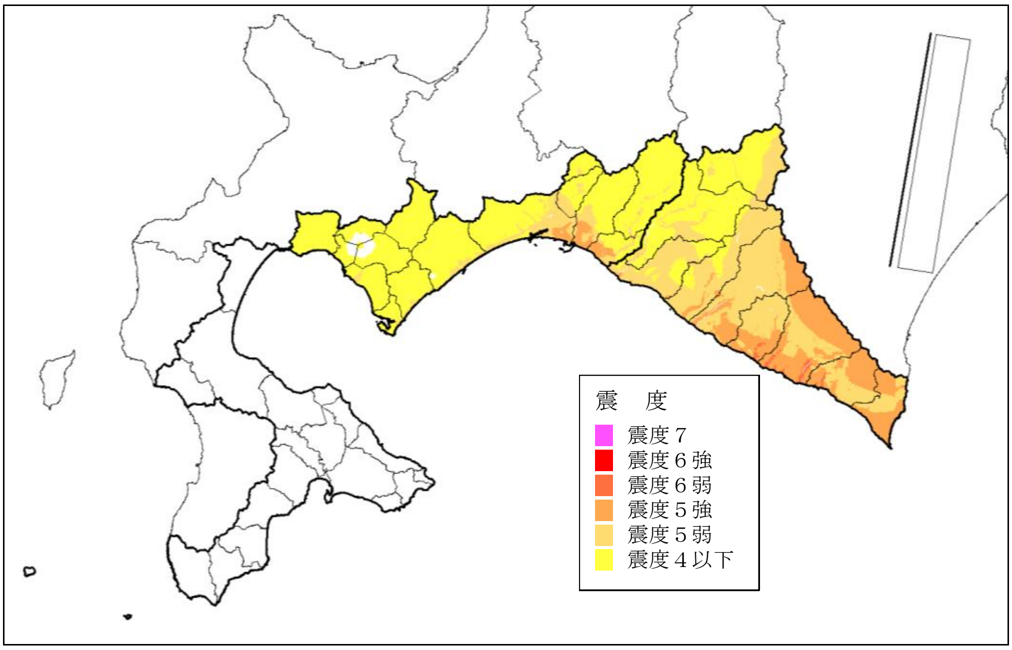

図 2-1-7　想定震度分布（十勝平野断層帯主部 45_2 の地震）※渡島を除く

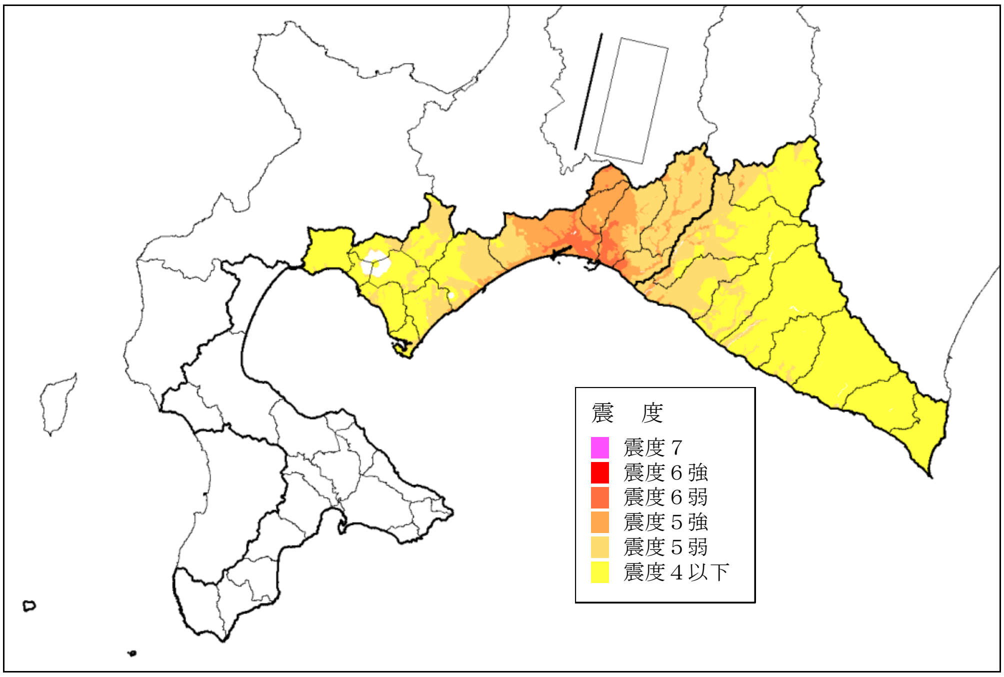

図 2-1-8　想定震度分布（石狩低地東縁断層帯主部(北)･深さ 7km 45_1 の地震）※渡島を除く

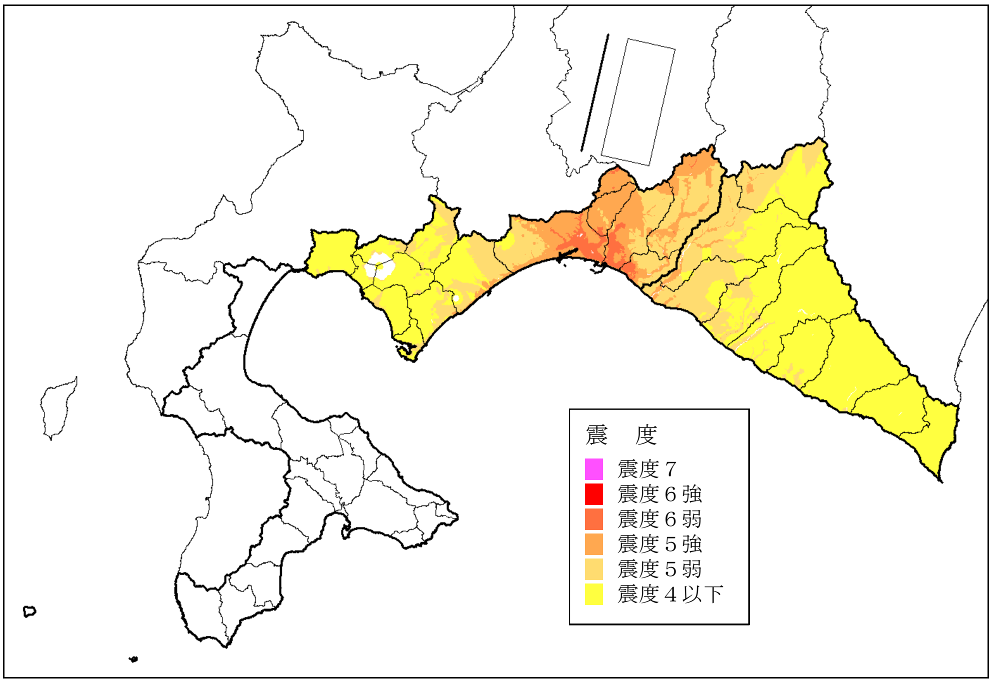

図 2-1-9　想定震度分布（石狩低地東縁断層帯主部(北)･深さ 7km 30_1 の地震）※渡島を除く

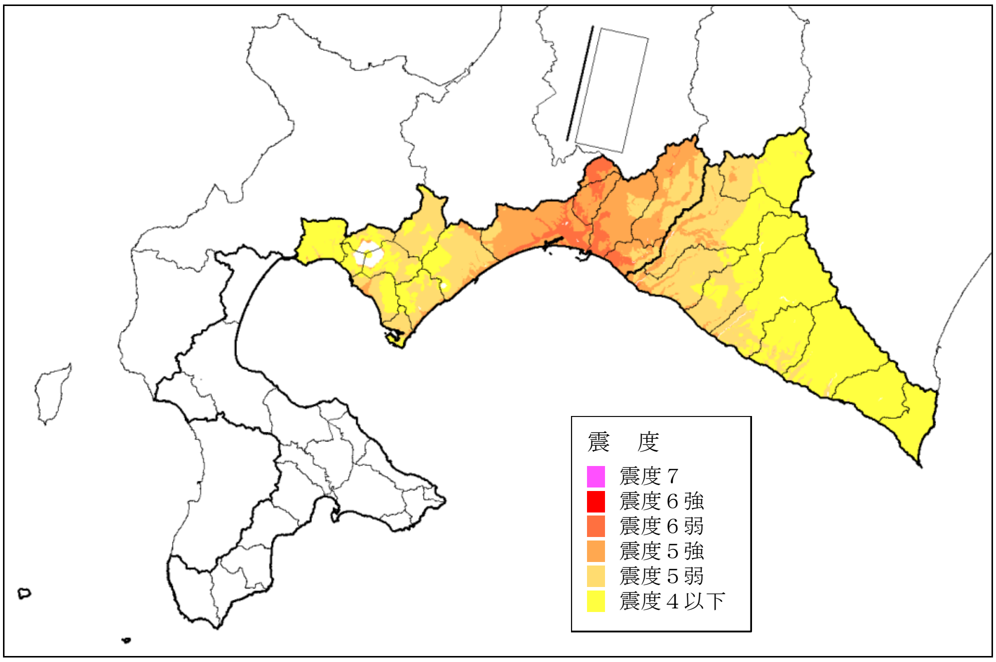

図 2-1-10　想定震度分布（石狩低地東縁断層帯主部(北)･深さ 3km 45_2 の地震）※渡島を除く

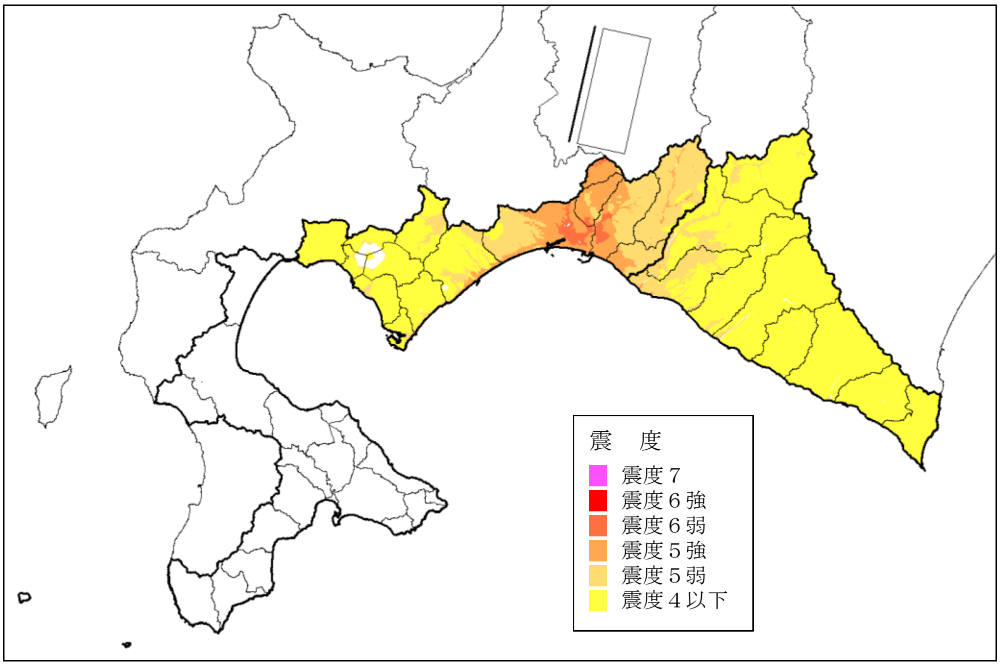

図 2-1-11　想定震度分布（石狩低地東縁断層帯主部(北)･深さ 3km 45_3 の地震）※渡島を除く

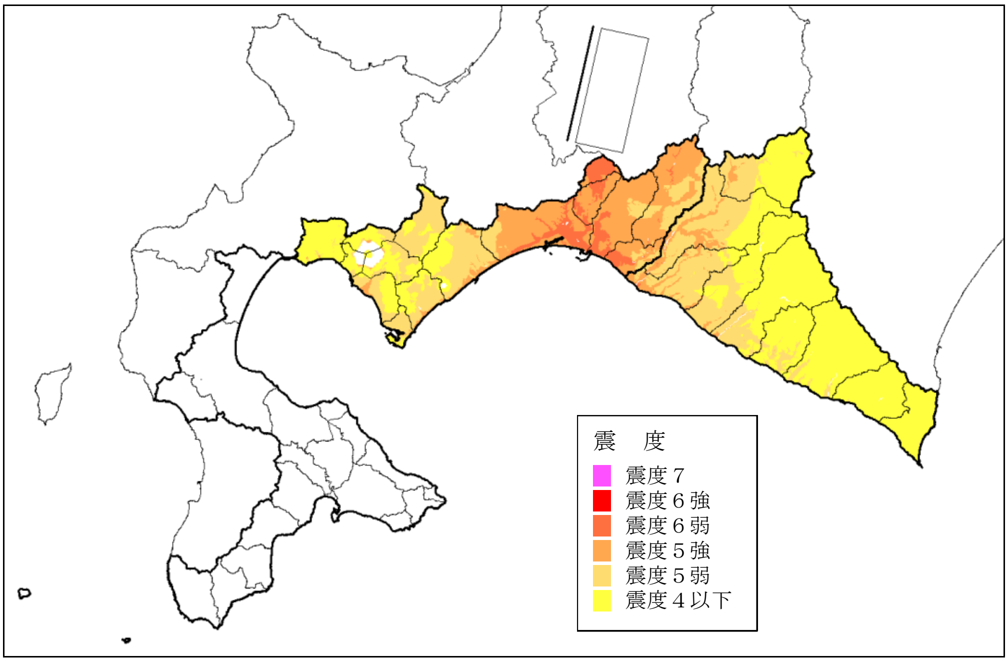

図 2-1-12 想定震度分布（石石狩低地東縁断層帯主部(北)･深さ 3km 30_2 の地震）※渡島を除く

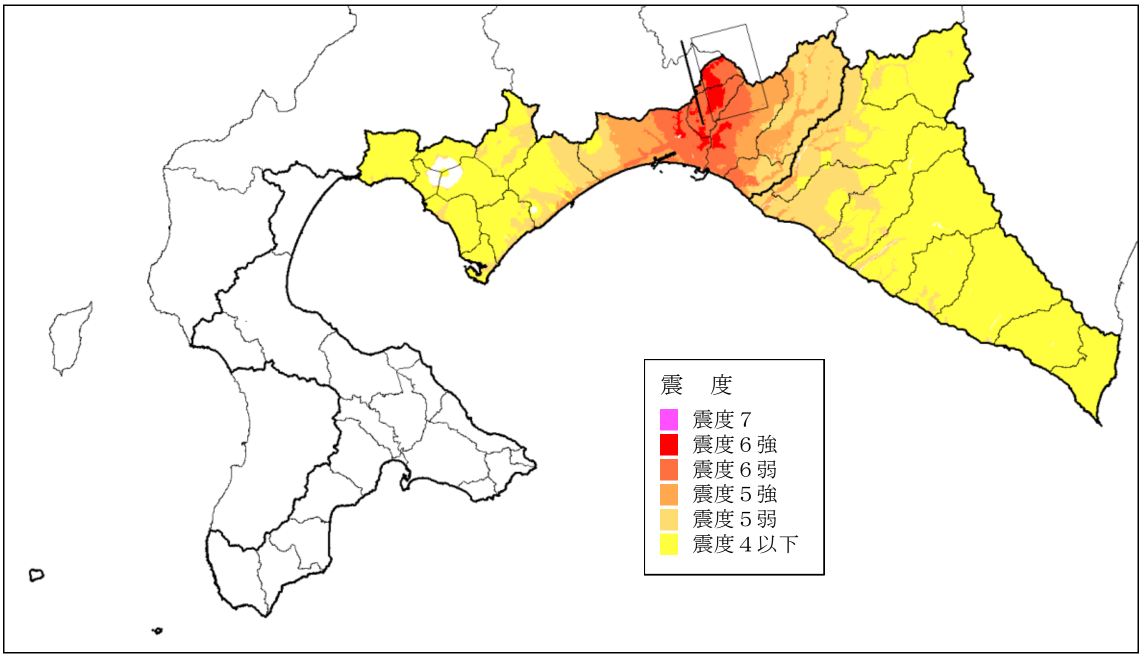

図 2-1-13　想定震度分布（石狩低地東縁断層帯主部(南)･深さ 3km 45_2 の地震）※渡島を除く

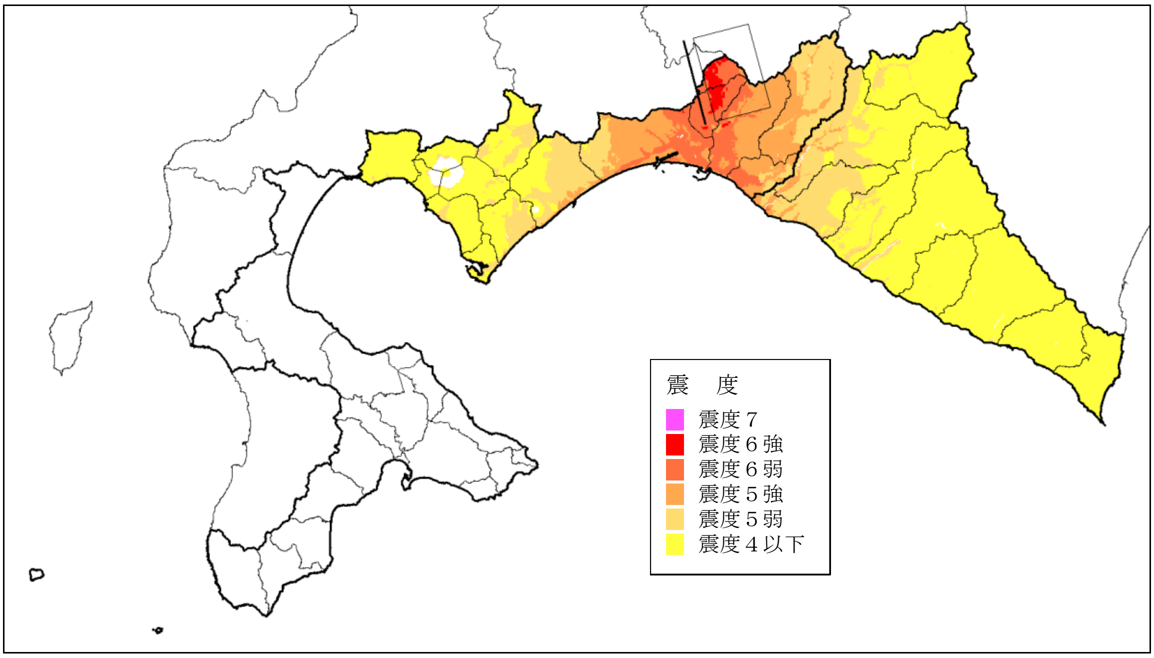

図 2-1-14　想定震度分布（石狩低地東縁断層帯主部(南)･深さ 3km45_5 の地震）※渡島を除く

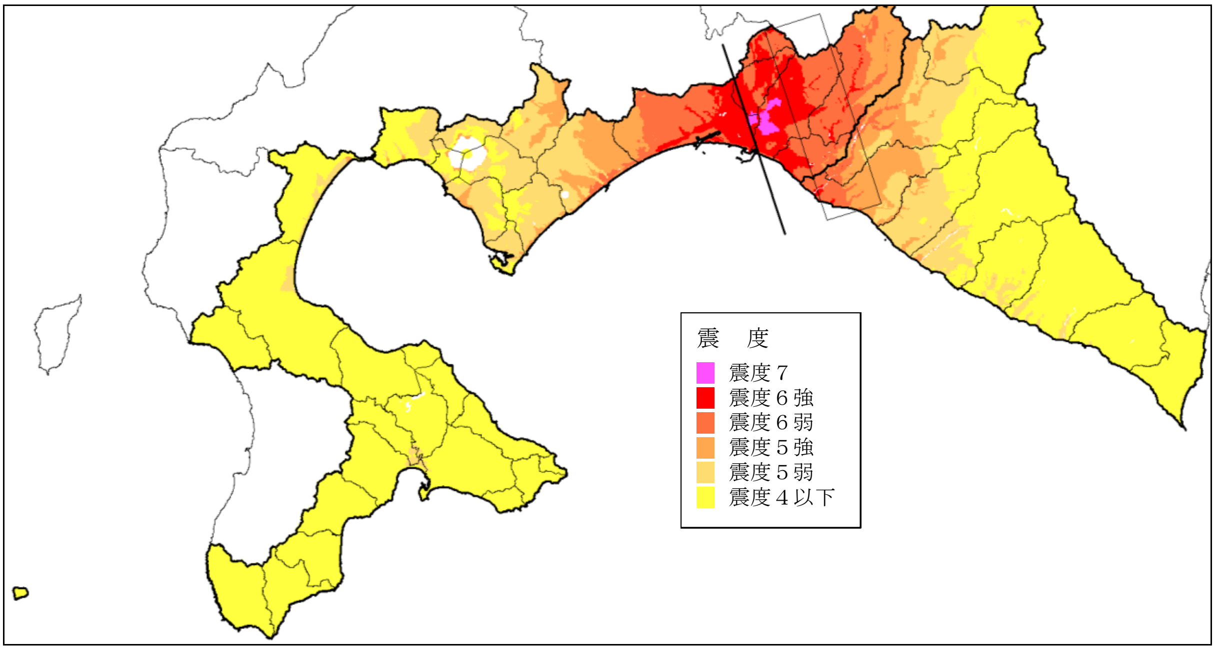

図 2-1-15　想定震度分布（石狩低地東縁断層帯南部･深さ 7km 30_5 の地震）

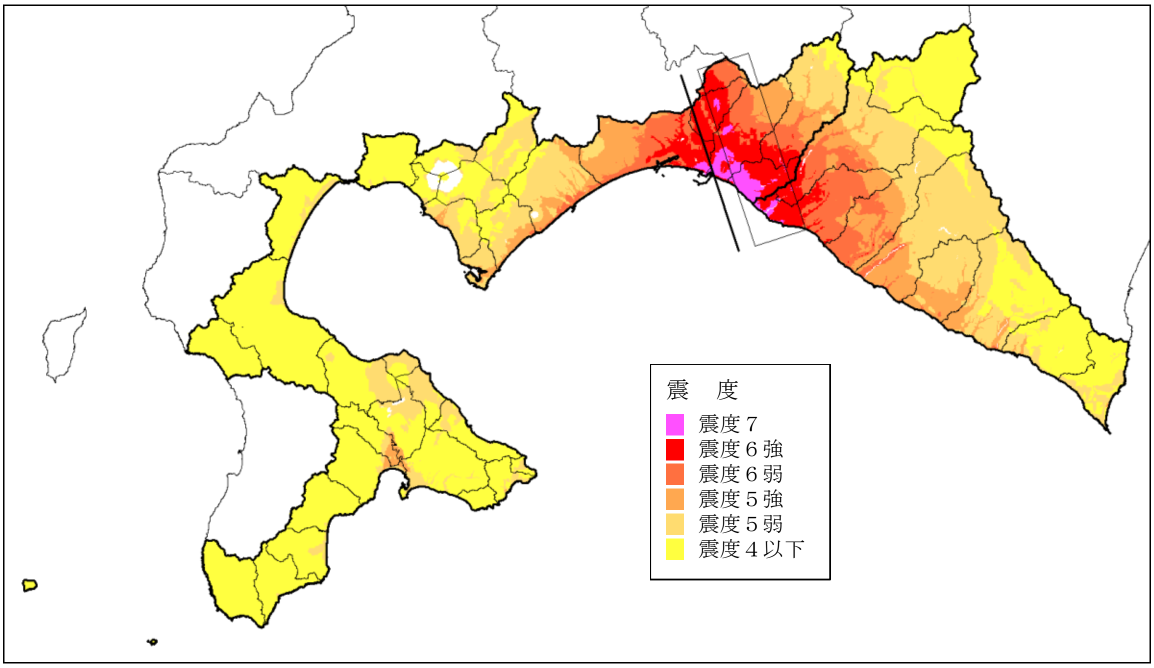

図 2-1-16　想定震度分布（石狩低地東縁断層帯南部･深さ 3km 30_2 の地震）

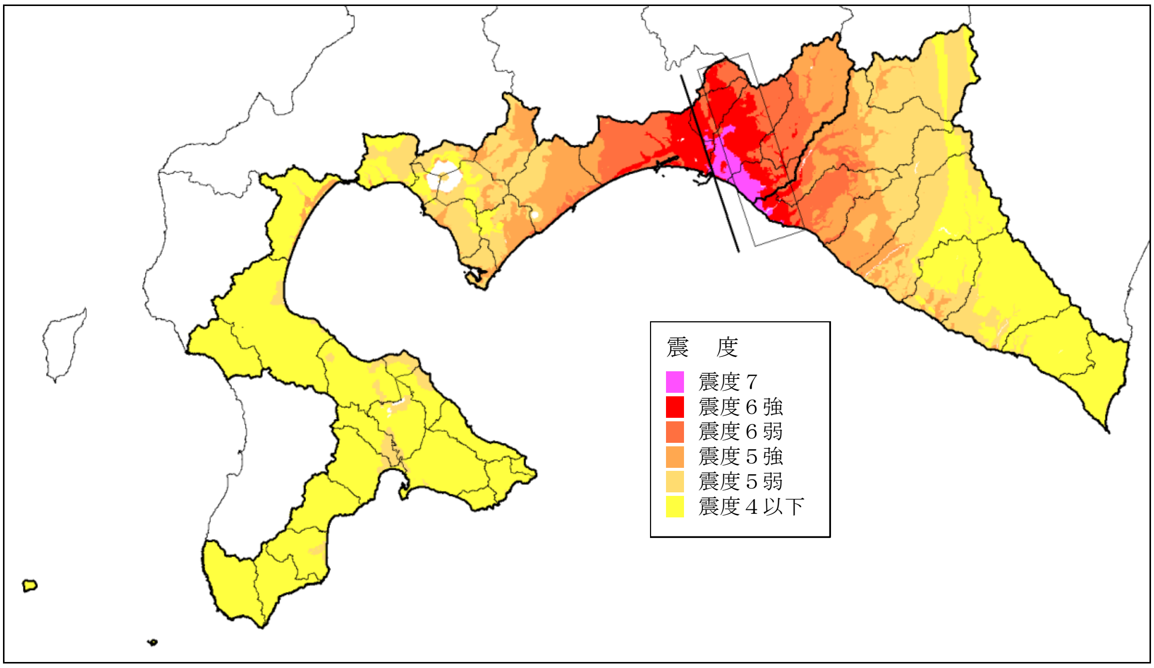

図 2-1-17　想定震度分布（石狩低地東縁断層帯南部･深さ 3km 30_3 の地震）

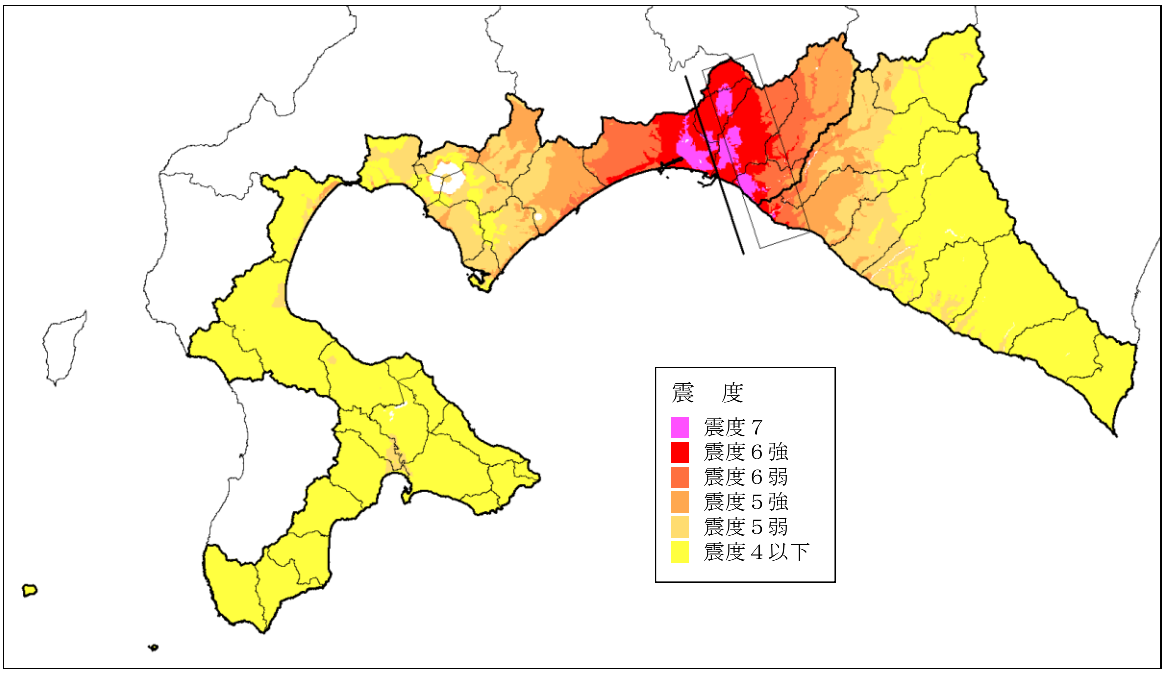

図 2-1-18　想定震度分布（石狩低地東縁断層帯南部･深さ 3km 30_5 の地震）

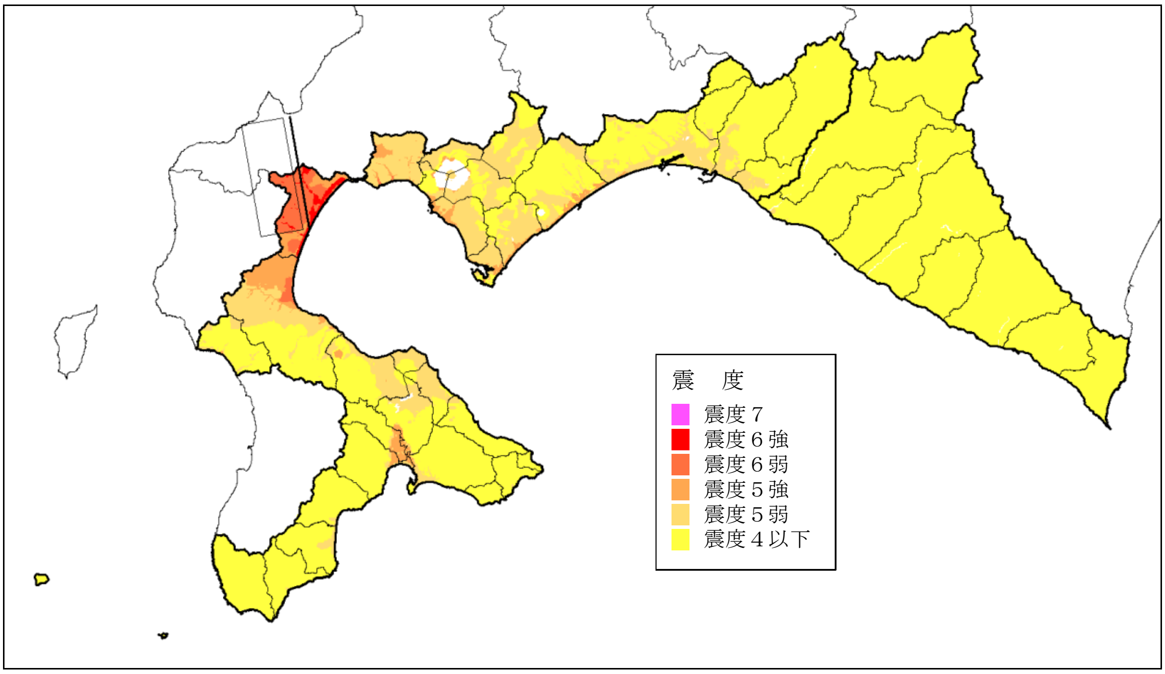

図 2-1-19　想定震度分布（黒松内低地断層帯 45_3 の地震）

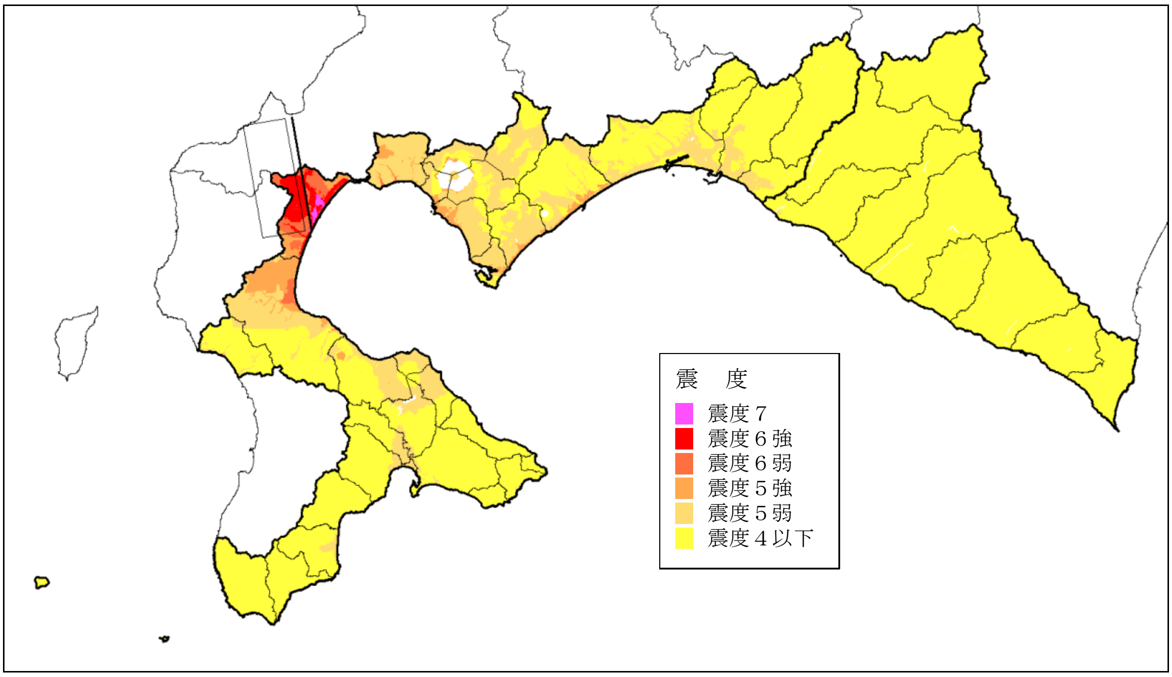

図 2-1-20　想定震度分布（黒松内低地断層帯 45_4 の地震）

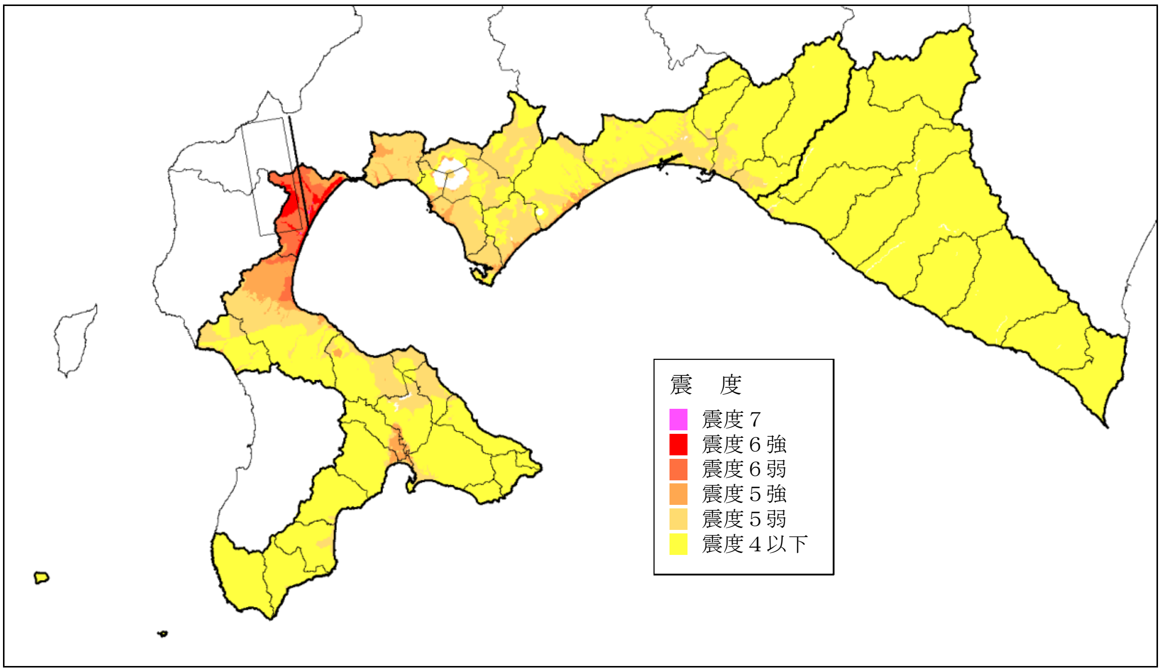

図 2-1-21　想定震度分布（黒松内低地断層帯 30_5 の地震）

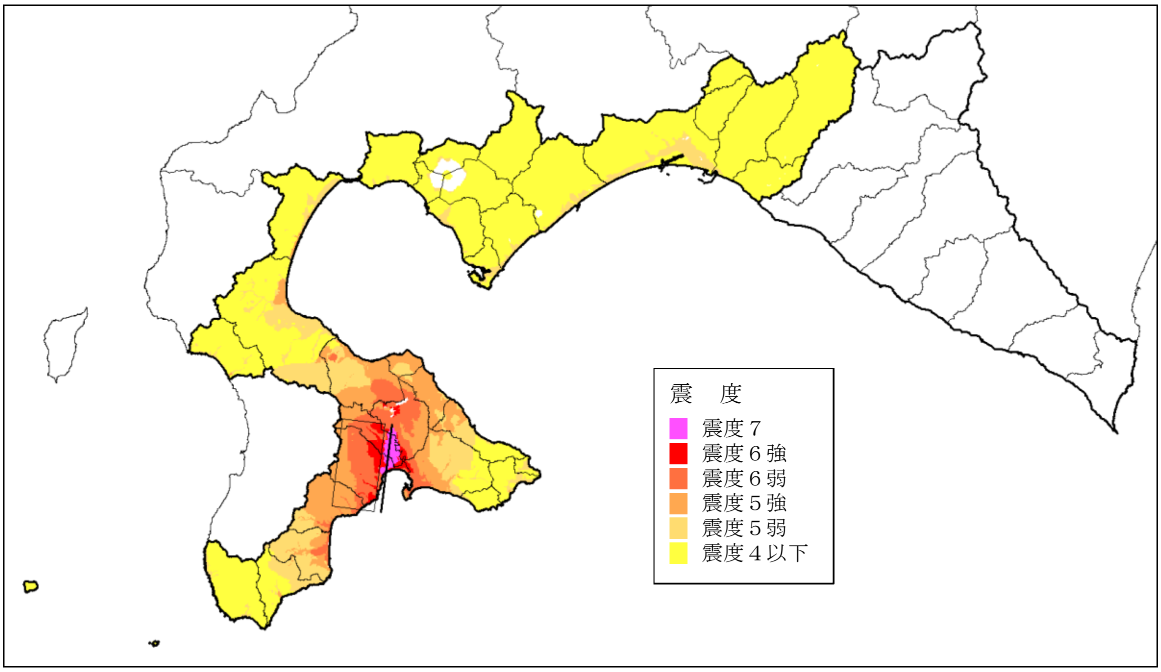

図 2-1-22　想定震度分布（函館平野西縁断層帯 45_2 の地震）※日高を除く

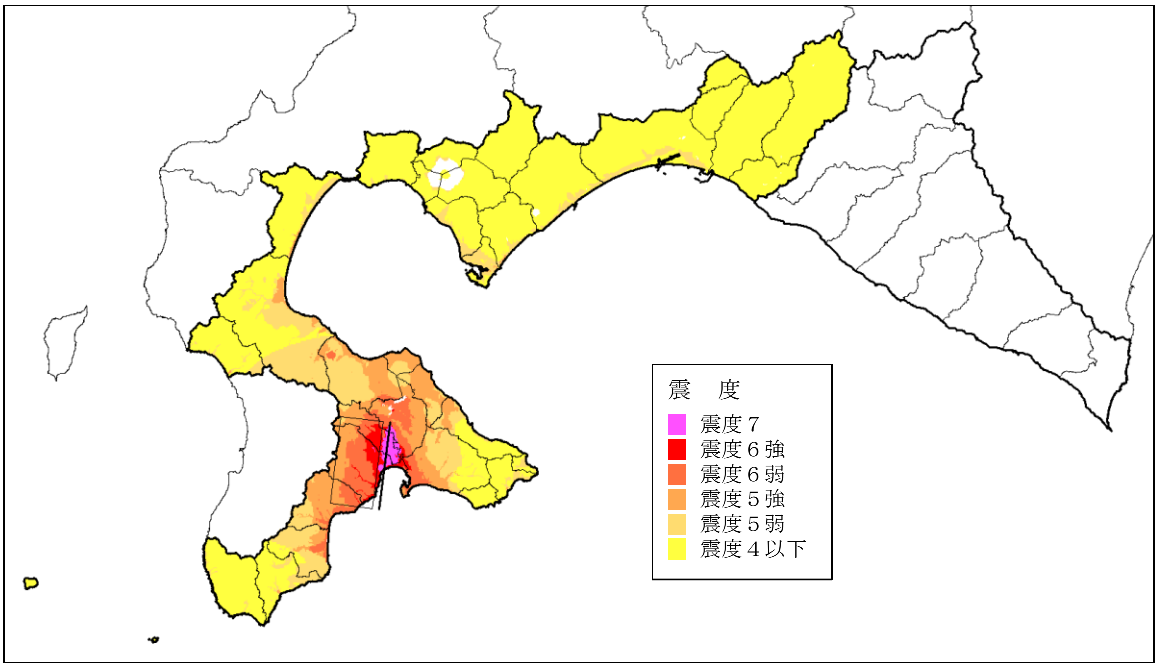

図 2-1-23　想定震度分布（函館平野西縁断層帯 45_3 の地震）※日高を除く

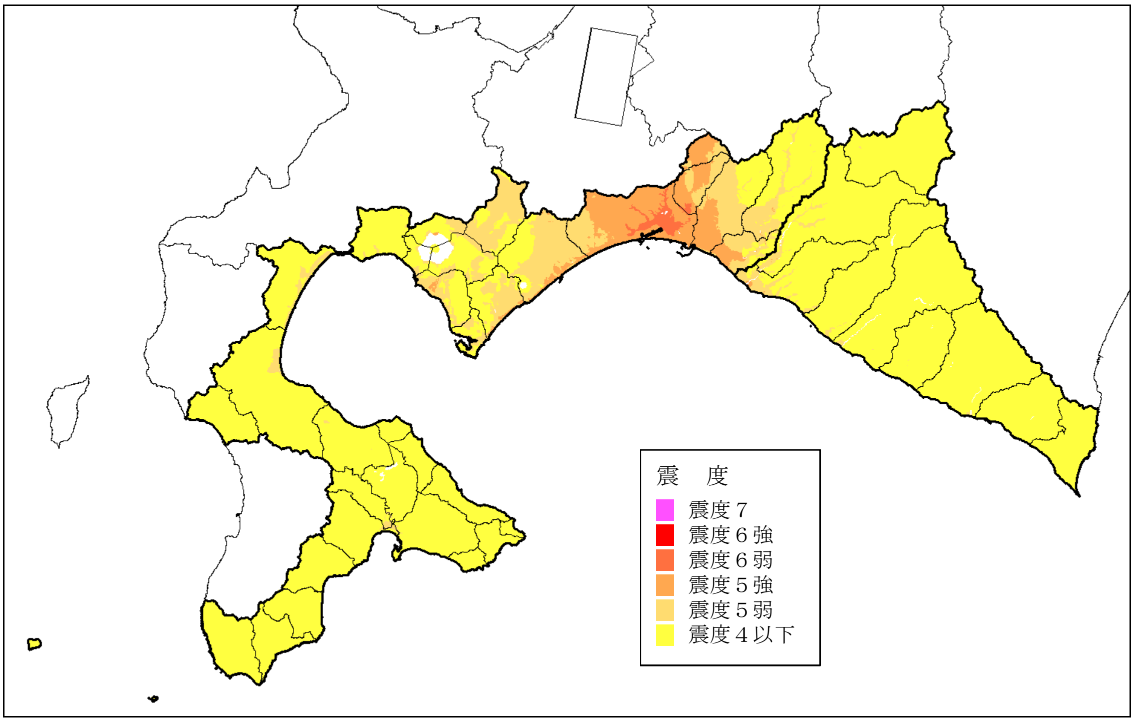

図 2-1-24　想定震度分布（月寒背斜に関する断層の地震）