

8. 南海トラフ沿いの地震に対する確率論的津波ハザード評価

本章では、まず、8.1 節でハザードカーブ計算の概要について説明する。そこでは、南海トラフのプレート間地震によって発生する津波に関するハザードカーブ計算の基本的考え方および、特性化波源断層モデルから計算される津波の高さ(沿岸での最大水位上昇量)に含まれる不確かさの確率論的な取扱いなどについて説明する。

次に、8.2 節で、1 サイクルで起こり得る南海トラフのプレート間地震の発生パターンの多様性を表現するために用意した、震源域の組合せと、地震の組合せについて説明する。なお、本章では南海トラフの大地震の多様性を表現するために設定された地震群をその地震規模に応じ、表 8.1 のように分類しハザード評価を試みる(8.3.1 項参照)。

表 8.1 南海トラフの地震群の分類

グループ名	地震群
グループ I	M 8 クラスの昭和・安政地震を代表とする地震群
グループ II	宝永地震を代表とする、M 9 までの地震群
グループ III	上記 2 グループの地震規模を超える最大クラスの地震群

さらに 8.2 節では、震源域の組合せ 1 つひとつに与える重み(相対確率)と、波源断層モデル(地震)の組合せ 1 つひとつに与える重みについても説明する。8.2 節の説明は、地震調査委員会(2020)で検討された内容とほぼ同じであるが、「最大クラスの大地震」に伴う津波も評価に加えている点が異なる。

8.3 節で、南海トラフ海域に面する海岸に設定したハザード評価点の中から代表的な地点を選定し、その地点においてハザードカーブを計算する(選定された代表点を今後、ハザード評価標本点と呼ぶ)。

なお、本章では、特段の必要が無い限り、特性化波源断層モデルという用語を短縮し、単に波源断層モデルと呼ぶ。

8.1 確率論的津波ハザード評価の概要

8.1.1 地震の多様性の表現形式

「南海トラフの地震活動の長期評価」(地震調査委員会, 2013) (以下、特に必要のない限り、長期評価と略)では、南海トラフで発生する M 8 クラス以上のプレート間地震(本章では、特段の必要のない限

り、これ以降、単に地震と呼ぶ)に関し、次の地震発生サイクルで、多様な地震の発生パターンが起こり得ると評価されている。

以下の説明では、南海トラフの M 8 クラス以上の地震としての断層の位置・大きさ・形状のみが指定され、断層すべりが任意の状態のものを「震源域」と呼び、すべり分布(すべり不均質)までが指定されたものを「波源断層モデル」と呼ぶ(図 8.1.1-1) (6 章)。断層上端がトラフ軸に達する等の場合は、超大すべり域を有する波源断層モデルも設定される(図 8.1.1-2)。

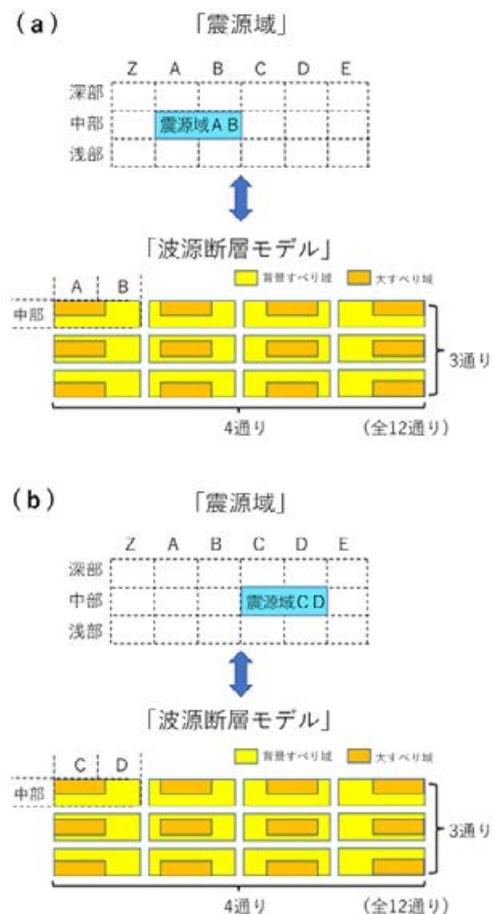


図 8.1.1-1 震源域と波源断層モデルの対応関係。この例では、上段の (a) の震源域 AB に、12 通りの波源断層モデルが対応し、下段の (b) の震源域 CD にも、12 通りの波源断層モデルが対応している。

また、南海トラフの M 8 クラス以上の地震活動 1 サイクル中に出現する、1 つ以上の震源域からなる、震源域の組み合わせのことを「震源域パターン」と呼び、また 1 サイクル中に出現する 1 つ以上の波源断層モデルからなる波源断層モデルの組み合わせのこ

とを「地震パターン」と呼ぶ(図 8.1.1-3)．震源域パターンを構成するそれぞれの震源域に対し，断層すべりの不均質性(大すべり域，背景すべり域，ある条件を満たす場合には超大すべり域も)を設定することにより，それぞれの震源域パターンに対応する地震パターン群が構築される．

長期評価では，過去の大地震の情報に基づき，現地震発生サイクルで起こりうる震源域パターンの例を，15 種類の震源域の組み合わせとして示している．しかし長期評価でも述べているように，次の南海トラフの地震サイクルで必ず，その 15 種類の震源域パターンのいずれか 1 つが起きると評価されたわけではない．本章では，長期評価で例示された 15 種類の震源域パターン以外の，多種類の震源域パターンを考慮し，確率論的な津波ハザード評価を行う(8.2 節)．

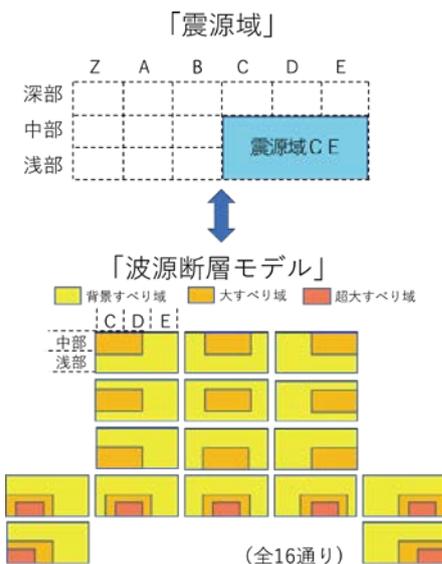


図 8.1.1-2 断層上端がトラフ軸に達している場合の震源域パターンと地震パターンの対応関係．震源域 CE を持つ波源断層モデルが，超大すべり域を持つもの 7 通りを含め，全 16 通り存在する．

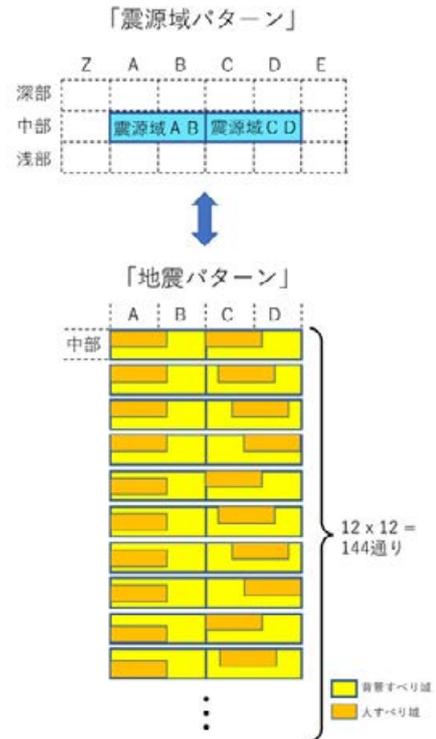


図 8.1.1-3 震源域パターンと地震パターンの対応関係．震源域 AB を持つ波源断層モデルが 12 通り，震源域 CD を持つ波源断層モデルも 12 通りの場合，震源域 AB と震源域 CD から構成される震源域パターンに対応する地震パターンは $12 \times 12 = 144$ 通り存在する．

8.1.2 地震の発生確率の設定

長期評価では，地震の発生が BPT (Brownian Passage Time) 分布に基づく更新過程に従うと仮定し，南海トラフの $M 8$ クラス以上の大地震の発生確率を推定している．BPT 分布に基づく更新過程を仮定すると，評価開始時点 t (直近の大地震からの評価時点までの経過時間) から Δt 年間の間に，次の大地震が発生する確率は，次式によって計算される．

$$P(t, \Delta t) = \frac{\int_t^{t+\Delta t} f(\tau) d\tau}{\int_t^{\infty} f(\tau) d\tau} \quad (8.1.2-1)$$

この式の $f(t)$ は BPT 分布の確率密度関数で，以下のように表される．

$$f(t) = \sqrt{\frac{\mu}{2\pi\alpha^2 t^3}} \exp\left\{-\frac{(t-\mu)^2}{2\mu\alpha^2 t}\right\} \quad (8.1.2-2)$$

ここで， μ は大地震の平均発生間隔， α は発生間隔のばらつき (aperiodicity) を示す指標である．

また長期評価では、(8.1.2-1) 式および (8.1.2-2) 式を用いて次の南海トラフ大地震の発生確率を算定するにあたり、平均発生間隔 μ を以下の 2 通りの方法で検討している。

1 つ目は、過去発生した大地震の発生履歴から平均発生間隔 μ を推定する方法である。一般に過去の大地震の発生履歴の検討は主に歴史史料に基づいており古い地震ほど信頼性が低くなる。このため長期評価では、平均発生間隔 μ を求める際に現在からのくらのまで地震履歴を遡るか等について 5 種類の異なるケースについて検討している。

2 つ目は、過去 3 回の南海地震による高知県室津港での地震時隆起量の履歴に時間予測モデルを適用し (Shimazaki and Nakata, 1980), 直近の地震 (1946 年南海地震) から次の大地震までの発生間隔を 88.2 年と推定、これを平均発生間隔 μ と見なす方法を検討している。

本研究では、「全国地震動予測地図 2014 年版」(地震調査委員会, 2014) の考え方と同様に、上記の方法のうち 2 つめの時間予測モデルを適用して推定された次の地震までの発生間隔 88.2 年を平均発生間隔 μ として用いる。また、長期評価では、ばらつき α について様々な観点で検討し、結果として 0.20 ~ 0.24 が適当であると考えている。本研究では、「全国地震動予測地図 2014 年版」(地震調査委員会, 2014) の考え方と同様に、ばらつき α を幅を持った値として扱うことはせず、 $\alpha = 0.22$ (0.20 と 0.24 の中央の値) とした。

平均発生間隔 $\mu = 88.2$ 年、ばらつき $\alpha = 0.22$ を (8.1.2-2) 式に代入し BPT 分布の確率密度関数を決定のうえ、評価開始時点 $t = 2020$ 年 1 月 1 日午前 0 時ちょうどから $\Delta t = 30$ 年間に次の南海トラフの大地震が発生する確率を (8.1.2-1) 式を用いて計算すると、30 年発生確率 $P = 74.3\%$ が得られる。本研究では、この 30 年発生確率の値を用いて確率論的な津波ハザード評価を行う。

8.1.3 計算された最大水位上昇量の確率論的取扱い

本章では、長期評価で検討された BPT 分布に基づく更新過程を仮定して計算された次の南海トラフの大地震の 30 年発生確率 74.3% (評価開始時点 2020 年 1 月 1 日) を用いて、津波ハザードカーブ (以下、単にハザードカーブと省略) を計算する。すなわち、

本章で計算されるハザードカーブは、長期評価されたタイプの南海トラフ大地震が起きた場合の条件付きハザードカーブに、30 年発生確率 74.3% を掛け合わせたハザードカーブに相当する。

長期評価で評価されていない種類の地震、例えば背景的地震活動等、によって発生する津波は本研究では取り扱わない。長期評価で評価されていない種類の地震によって発生する津波を含めた総合的な津波ハザード評価は、本研究である「研究資料第一部」ではなく、今後刊行される予定の「研究資料第二部」などで取り扱う。

本章では、長期評価に基づき、南海トラフ沿いで発生する $M 8$ クラスから最大クラスのプレート間地震から生じる津波を確率論的に評価する。 $M 8$ クラスから最大クラス (すなわちグループ I, グループ II, およびグループ III) のプレート間地震の多様性を表現するために、6 章において 83 種類の震源域と、これに対応する 3,480 種類の波源断層モデルを考えた。その結果、180 種類の震源域パターンと、これに対応する 916,669 種類の波源断層モデルの組合せパターン (本章では「地震パターン」と呼ぶ) が用意された。これについては 8.2 節で詳しく説明する。

地震調査委員会 (2020) の確率論的津波ハザード評価では、その評価対象から最大クラスの地震群 (グループ III) を除き、 $M 8$ クラスの昭和・安政地震を代表とするグループ I の地震群から、宝永地震を代表とする、 $M 9$ までの地震群を評価対象としている。すなわち、本章の確率論的津波ハザード評価が対象としている地震群と、地震調査委員会 (2020) の評価対象の地震群が異なっている。なお、地震調査委員会 (2020) と同一の地震群を対象とした確率論的な津波ハザード評価については、本研究資料の付録 (研究資料第一部 第 439 号 付録編) で詳しく解説されているので、そちらを参照されたい。

すべての地震パターンから計算された多数の最大水位上昇量の値を確率論的に積算する際の考え方について説明する：現在の南海トラフの地震サイクルでは、916,669 種類の地震パターンの中のいずれか 1 つ (で近似できる波源断層モデルの組合せ) だけが実際に出現し、残りの 916,668 種類の地震発生パターンは実際には出現しないと考えられる。同様に、現在のサイクルでは、180 種類の震源域パターンの中のいずれか 1 つ (で近似できる震源域の組合せ) だけ

が実際に出現し、残りの 179 種類の震源域パターンは実際には出現しないと考えられる。すなわち、地震パターンそれぞれはお互いに排反の関係にあり、震源域パターンそれぞれもお互いに排反の関係にあると考える。これを数式で表現すると以下のように表される。

或るハザード評価点において、評価開始時点 t (直近の大地震からの評価時点までの経過時間) から Δt 年間の間に、次の南海トラフの大地震が南海領域と東海領域にまたがって 1 つの地震として発生するか、あるいは、2 つ以上の近接した地震として続発して起きる場合、そのような地震活動によって発生するであろう最大水位上昇量 H が或る閾値 h を超える確率(超過確率) $P(H > h; \Delta t)$ 、すなわちハザードカーブ、は以下のように表現される。

$$P(H > h; \Delta t) = P(t, \Delta t) \sum_k W(Q_k) P(H > h|Q_k) \quad (8.1.3-1)$$

ここで、 $W(Q_k)$ は k 番目の地震パターン Q_k の相対重み(相対的な起こりやすさ)、 $P(H > h|Q_k)$ は、次の南海トラフの大地震が k 番目の地震発生パターン Q_k として出現する場合に、或るハザード評価点で、最大水位上昇量 H が或る閾値 h を超える条件付きの超過確率、 $P(t, \Delta t)$ は評価開始時点 t (直近の大地震からの評価時点までの経過時間) から Δt 年間の間に次の南海トラフの大地震が発生する確率で、8.1.2 項で説明したように、本研究では $t = 2020$ 年 1 月 1 日午前 0 時ちょうど、 $\Delta t = 30$ 年に固定し、 $P(t, \Delta t) = 74.3\%$ を与える。地震パターン毎の相対重み $W(Q_k)$ については 8.2 節で詳しく説明する。

ここで、(8.1.3-1) 式の右辺の $P(H > h|Q_k)$ の計算について説明する：まず、 k 番目の地震パターン Q_k は 1 つ以上の波源断層モデル E_{jk} ($j=1, \dots, j_{max}$) によって構成されているとする。ただし、 j_{max} は 1 以上の整数値で、 k の関数である。もしも 1 サイクルの地震活動として k 番目の地震パターン Q_k が出現した場合、 Q_k を構成するすべての波源断層モデル E_{jk} ($j=1, \dots, j_{max}$) はそれぞれ時間差をおいて起きなければいけない。

本章では、 j_{max} 個の波源断層モデル E_{jk} ($j=1, \dots, j_{max}$) によって或るハザード評価点に対して計算された最大水位上昇量 H は確率的に独立であると考え、

$P(H > h|Q_k)$ を以下のように計算する。

$$P(H > h|Q_k) = 1 - \prod_{j=1}^{j_{max}} \{1 - P(H > h|E_{jk})\} \quad (8.1.3-2)$$

ここで、 $P(H > h|E_{jk})$ は波源断層モデル E_{jk} (で近似できる地震) が起きた場合に、当該ハザード評価点において、津波の高さ(最大水位上昇量) H が或る閾値 h を超える条件付きの超過確率である。なお、条件付きの超過確率 $P(H > h|E_{jk})$ を求める場合に、最大水位上昇量の不確かさをどのように考慮しているかについては 8.1.5 項で説明する。

j_{max} に関していくぶん具体的に説明を加える。例えば、次の南海トラフの大地震が、(a) 南海領域と東海領域の双方でほぼ全域にわたり 1 地震として発生する場合は $j_{max} = 1$ 、(b) 2 つの地震として発生する場合は $j_{max} = 2$ 、(c) 3 つ以上の地震として発生する場合は、 $j_{max} = 3$ あるいは 4 あるいは 5 となる。本研究資料(第一部本編)の震源域パターンは、最大クラスの地震群(グループ III)を除き、地震調査委員会(2020)のそれと等価であり、本研究資料(第一部本編)の確率論的津波評価の想定では j_{max} は最大で 5 である。

8.1.4 最大水位上昇量の補正

6 章では、地震モーメント M_0 と断層面積 S の間に、標準的なスケーリング則(平均応力降下量 3.0 MPa に相当)が成立していると考え、波源断層モデル群を構築した。そして、その波源断層モデル群を用いて、7 章で説明した津波伝播遡上計算方法に基づき、沿岸での最大水位上昇量の計算を行った。

本章では、長期評価で用いられている、次の南海トラフの大地震の地震規模 M_w (したがって M_0) と断層面積 S の関係に適合するように、6 章で用いたスケーリング則を調整することにした(平均応力降下量を 2.6 MPa に変更)。

実際には、調整後のスケーリング則にしたがって波源断層モデル群を再構築することはせずに、11 章で説明する、応力降下量比と沿岸の最大水位上昇量の変化率の間の準線形的関係を用いて、7 章で計算された最大水位上昇量に対して補正を行った。この準線形関係を適用すれば、応力降下量 2.6 MPa の時の最大水位上昇量は、応力降下量 3.0 MPa の時のその概ね 0.885 倍に相当する。7 章で計算された

最大水位上昇量の値にこの係数を掛けることで補正を行った。

8.1.5 計算された最大水位上昇量の不確かさ

5.3 節で説明したように、津波伝播遡上に関する支配方程式を数値的に解いて得られる津波高さには必ず誤差が含まれている。この誤差は主に、

- 数値計算を行うために支配方程式を差分化したことによる誤差、
- 数値計算において境界条件を差分化して取り入れたことによる誤差、
- 地形モデルを作成するときに用いた水深・標高データそのものの精度、
- 水深・標高データを離散化して計算用の地形モデルを作成する場合の離散化誤差、

などに関係していると考えられる。しかし、一般に、このように様々な誤差要因それぞれを解析的に扱うことは不可能である。本章では、これらの誤差を偶然的ばらつきとしてひとまとめに扱うこととし、計算誤差と呼ぶ。

一般に、確率論的アプローチにおいては、津波伝播遡上の支配方程式を数値的に解いて求められる最大水位上昇量の計算値は上述の様々な要因から生じた不確かさを含む確率変数であり、真の値はその計算値の回りに或る確率密度で分布していると考えられる。本章では、この確率変数としての最大水位上昇量 x の確率密度関数 $f(x)$ を以下の式のように対数正規分布で近似できると考える (5.3.2 項参照)。

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma x} \exp\left\{-\frac{(\ln x - \lambda)^2}{2\sigma^2}\right\} \quad (8.1.5-1)$$

ここで、 λ は x の中央値 (すなわち最大水位上昇量の計算値) の自然対数、 σ は計算誤差によるばらつきの自然対数標準偏差で、5.3.2 項で検討した常用対数標準偏差 $\sigma_{\text{計算誤差}} = 0.15$ を自然対数標準偏差に変換した値を用いる。

確率論的アプローチによってハザードカーブを求める場合、(8.1.3-2) 式の右辺の条件付き超過確率 $P(H > h | E_{jk})$ は、実際には津波遡上传播の支配方程式を数値的に解いて得られる最大水位上昇量の計算値に対して計算誤差を考慮して得られる、(8.1.5-1) 式で表される確率密度関数を持った、確率変数とし

ての最大水位上昇量を用いて計算される。

したがって、波源断層モデル E_{jk} (で近似できる地震) が起きた場合、或るハザード評価点において、最大水位上昇量 $H(E_{jk})$ が或る閾値 h を超える条件付き超過確率 $P(H > h | E_{jk})$ は、計算誤差によるばらつきを対数正規分布でモデル化し、以下のように表現される。

$$P(H > h | E_{jk}) = 1 - \Phi\left(\frac{h}{H(E_{jk})}\right) \quad (8.1.5-2)$$

ここで、 $\Phi(x)$ は (8.1.5-1) 式で表現された対数正規分布の累積分布関数である。

8.2 想定する震源域パターン

次の地震サイクルにおいて、今後起こり得る南海トラフの大地震の多様性を表現するために、本章では、多種多様の震源域パターン(震源域の組合せ)を用意した。本節ではそれについて説明する。なお、ここでは1つの地震サイクルを、南海トラフの大地震の発生時から次の大地震が発生する直前までの期間と定義し、用いることとする。

「南海トラフの地震活動の長期評価」(地震調査委員会, 2013) (以下、特に必要のない限り、長期評価と略) では 15 種類の震源域パターンが例示されている。本研究では、南海トラフの地震の多様性をさらに表現するため、例示された 15 種類以外の震源域パターンについてもハザード評価に組み込むこととする。

<震源域を表す記号>

なお、本節以降の説明において、震源域を簡便に示すため、以下のような記号を用いる。例えば、

- 走向方向(トラフ軸と平行方向)に A 領域と B 領域が同時に破壊、かつ、傾斜方向(トラフ軸と直交方向)に中部のみが破壊する震源域を ABm,
- 走向方向に A 領域, B 領域, C 領域および D 領域が同時に破壊、かつ、傾斜方向に浅部と中部が破壊する震源域を ADsm,
- 走向方向に A 領域, B 領域, C 領域, D 領域および, E 領域が同時に破壊、かつ傾斜方向に浅部, 中部, 深部が同時に破壊する震源域を AEall,

などのような記号を導入する。ここで、英小文字の「s」は浅部領域 (shallow region), 「m」は中部領域 (middle region), 「d」は深部領域 (deep region) の破壊であることを意味し、例えば「sm」は浅部と中部の両領域の破壊, 「all」は地震発生帯の傾斜方向の浅部, 中部, 深部全部に破壊が及ぶことを示す。

8.2.1 次の地震サイクル

長期評価では、1 サイクル中に起こり得る震源域パターンを表現するために、図 8.2.1-1 のように、南海トラフ沿いで発生するプレート間地震の地震発生領域を、トラフ軸に沿う方向に 6 つ、トラフ軸に直交する方向に 3 つ、計 $6 \times 3 = 18$ 領域に分割し、これらの領域の組合せとして、震源域を表現している。

また、長期評価では、南海トラフ沿いのプレート間地震の 1 サイクル中に起こり得る震源域パターンとして、南海領域と東南海領域等(トラフ軸に沿う方向の区分で A~D を含む領域) が 1 地震として同時に破壊する場合と、南海領域と東南海領域等それぞれが、時間差をおいて、2 地震として破壊(B と C の境界で分かれて別地震として破壊) する場合を例示している(図 8.2.1-2)。これは、過去実際に起きたことのある大地震の震源域や発生パターンが、現サイクルでも起きる可能性が高いと考えているからである。

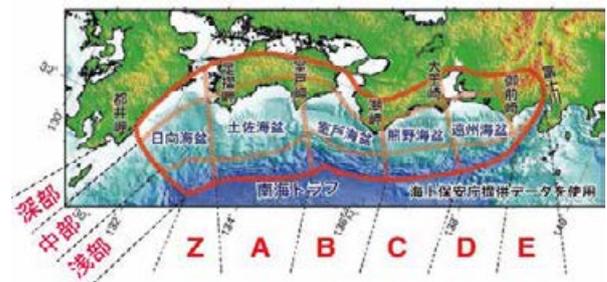


図 8.2.1-1 南海トラフ沿いで発生するプレート間地震の地震発生帯の領域区分(地震調査委員会(2013)に加筆)。

本節では、地震調査委員会(2020)の震源域パターン設定についての考え方に従い、

- 1 サイクル中に発生する地震の数が 3 つ以上の場合も考慮する、
- いくつかの地震が時間差をおいて別々に発生する場合、震源域の境界を、過去の地震でくり返しているように、B と C の間に限定しないで、他の区分け境界でも震源域が接することを許す、
- 1 サイクルの中で必ず南海領域と東南海領域等(トラフ軸に沿う方向の区分で A ~ D を含む領域)が破壊する、

という 3 つの条件を設定し、長期評価で例示された 15 種類の震源域パターン以外に 165 種類の震源域パターンを新たに用意した。結果として、計 180 種類の震源域パターンを作成し震源域の組合せの多様性を表現することにした(8.2.5 項で全 180 種類の震源域パターンを説明する)。

8.2.2 E 領域の破壊

E 領域の破壊パターンとして以下の 3 つの場合を考える。

トラフ軸に沿う方向の領域区分として、

- (a) D 領域の破壊と同時に E 領域も破壊する場合、
- (b) D 領域と E 領域の境界で震源域が分かれ、E 領域が別の地震として破壊する場合、
- (c) E 領域では破壊が発生しない場合。

なお、(b) の D 領域と E 領域の境界で震源域が分かれ、E 領域が別の地震として破壊する場合、E 領域の破壊として傾斜方向の浅部領域 (Es) のみが破壊するパターンは考慮しないこととする。この理由は、**図 8.2.1-1** に示された 18 領域の中で Es 領域の面積が極端に小さいため、Es 領域を震源域とする地震の規模が $M 6$ 程度にしかならず、長期評価(地震調査委員会, 2013)で評価対象となった、「 $M 8 \sim M 9$ クラスの大地震」と見なすことはできないと考えたからである。

	深さ	想定破壊域					スケーリング則から推定される M_w	
		Z	A	B	C	D		E
東海・南海地域が連動するパターン	浅部	■						8.8
	中部	■						
	深部	■						
	浅部	■						9.0 ¹⁾
	中部	■						
	深部	■						
	浅部	■						9.0
	中部	■						
	深部	■						
	浅部	■						9.1 ¹⁾
	中部	■						
	深部	■						
	浅部		■					8.7
	中部		■					
	深部		■					
	浅部		■					8.9
	中部		■					
	深部		■					
浅部	■						8.8	
中部	■							
深部	■							
浅部	■						9.0	
中部	■							
深部	■							
浅部		■					8.7	
中部		■						
深部		■						
浅部		■					8.9	
中部		■						
深部		■						
浅部		■					8.4	
中部		■						
深部		■						
東海・南海地域の2地震が時間差を置いて発生するパターン	浅部	■						8.7, 8.3
	中部	■						
	深部	■						
	浅部		■					8.5, 8.3
	中部		■					
	深部		■					
浅部	■						8.7, 8.2	
中部	■							
深部	■							
浅部		■					8.5, 8.2	
中部		■						
深部		■						

*1: 内閣府(2011) 強震動計算モデル
*2: 内閣府(2011) 津波計算モデル

図 8.2.1-2 長期評価で例示された、南海トラフの大地震の 15 種類の想定震源域。水色または青色で塗られる一連の領域が、地震を同時に発生させると想定される震源域(地震調査委員会, 2013)。

8.2.3 Z 領域(日向灘領域)の破壊

Z 領域(日向灘領域)の破壊パターンとして以下の 2 つを考える。

- (a) A 領域の破壊と同時に Z 領域も破壊する場合、
- (b) Z 領域では破壊が発生しない場合。

なお、長期評価では、Z 領域だけの単独の破壊について評価していないため、本研究資料(第一部本編)でも、これを取り扱わないこととする。Z 領域だけの単独の破壊については、日向灘等の地震活動の長期評価(地震調査委員会, 2004)を踏まえ、本研究とは別の確率論的津波ハザード評価において、日向灘の地震活動の一部として取り扱う予定である。

8.2.4 傾斜方向の破壊

長期評価では、南海トラフの大地震として深部のみの破壊は起きない、と考えている。本章では、長期評価の考え方に従い、傾斜方向の破壊パターンとして以下の 5 つを考える。

- (a) 中部のみ(m),
- (b) 浅部+中部(sm),
- (c) 中部+深部(md),
- (d) 浅部のみ(s),
- (e) 浅部+中部+深部(all)。

なお、()内は 8.2 の<震源域を表す記号>で説明された震源域の傾斜方向の破壊範囲を示す。また、前述の通り浅部だけの破壊パターンのうち、E 領域の浅部領域 (Es) のみの破壊は考慮しないこととする。

また、傾斜方向の浅部、中部、深部にわたる破壊は、走向方向に少なくとも A 領域から D 領域までが同時破壊する「最大クラスの地震」(グループ III) の場合にのみ出現すると考え、以下の 4 つの震源域パターンのみを考慮する。

- ADall,
- ZDall,
- AEall,
- ZEall

8.2.5 設定した震源域パターン、地震パターンのまとめ

8.2.1 項～8.2.4 項の設定条件を満足する震源域、波源断層モデル、震源域パターンおよび、地震パターンの総数を表 8.2.5-1 に示す。また、8.2.1 項～8.2.4 項の設定条件を満足する震源域の種別と、各震源域に含まれる波源断層モデルの数を表 8.2.5-2 に示す。

図 8.2.5-1 に、8.2.1 項～8.2.4 項の設定条件を満足する震源域パターン図を、配分された重みおよび当該パターンに含まれる地震パターン（波源断層モデルの組合せパターン）のケース数とともに示す。地震パターンの数が 90 万以上と膨大なため、地震パターン図の一覧は作成していない。

表 8.2.5-1 本章で設定した、南海トラフ沿いの大地震の震源域、波源断層モデル、震源域パターン、および、地震パターン

種別	数量	備考
震源域	83	断層の位置・大きさ・形状のみが指定され、すべり不均質が未指定のもの
波源断層モデル	3,480	震源域にすべり不均質が指定されたもの
震源域パターン	180	1つ以上の震源域の組合せ
地震パターン	916,669	1つ以上の波源断層モデルの組合せ

表 8.2.5-2 南海トラフの確率論的津波ハザード評価で考慮した震源域の種類および、各震源域に含まれる波源断層モデル数

震源域	モデル数	震源域	モデル数	震源域	モデル数
ZEm	150	BDm	114	Bmd	6
ZEmd	20	ZBmd	4	Cmd	6
ZEsm	124	ACmd	58	Dmd	6
ZEall	115	BDmd	40	Emd	3
AEm	150	CEmd	4	Asm	10
AEsm	119	ZBsm	16	Bsm	10
ZDm	150	ACsm	89	Csm	11
ZDsm	119	BDsm	86	Dsm	10
ADm	151	CEsm	16	Esm	10
ADsm	114	ZAm	12	ZEs	42
ADs	42	BCm	86	AEs	42
ZBm	12	DEm	9	ZDs	42
CEm	12	ZAmd	9	ZBs	6
ABm	12	ABmd	9	CEs	6
CDm	12	BCmd	39	ABs	6
ZDmd	28	CDmd	6	CDs	6
AEmd	40	DEmd	6	ZCs	24
ZDall	115	ZAsm	15	BEs	30
AEall	117	ABsm	15	ACs	24
ZCm	113	BCsm	61	BDs	30
BEm	114	CDsm	15	ZAs	6
ZCmd	28	DEsm	10	BCs	18
ADmd	58	Am	6	DEs	4
BEmd	28	Bm	9	As	4
ZCsm	86	Cm	9	Bs	4
BEsm	88	Dm	6	Cs	3
ADall	116	Em	6	Ds	4
ACm	113	Amd	6	合計	3,480

ケース	震源域					最大 Mw	重み	ケース数	震源域					最大 Mw	重み	ケース数
	Z	A	B	C	D				E	Z	A	B	C			
1	深さ 0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.7	0.0677	151	深さ 0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.8	0.0063	150
2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.6	0.0029	678	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.7	0.0063	1,017	
3	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.5	0.2032	144	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.6	0.0029	144	
4	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.5	0.0029	648	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.6	0.0029	972	
5	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.5	0.0029	684	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.5	0.0063	1,368	
6	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.3	0.0029	3,096	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.5	0.0029	9,288	
7	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.3	0.0029	648	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.5	0.0029	1,296	
8	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.3	0.0029	2,916	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.5	0.0029	8,748	
9	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.7	0.0677	906	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.7	0.0063	150	
10	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.6	0.0029	4,068	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.7	0.0063	678	
11	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.5	0.0029	864	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.6	0.0029	144	
12	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.5	0.0029	3,888	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.6	0.0029	648	
13	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.5	0.0029	4,104	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.5	0.0029	1,368	
14	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.3	0.0029	18,576	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.5	0.0029	6,192	
15	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.3	0.0029	3,888	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.5	0.0029	1,296	
16	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.3	0.0029	17,496	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.5	0.0029	5,832	
17	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.7	0.0677	906	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.9	0.0063	1,140	
18	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.6	0.0029	4,068	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.8	0.0003	8,900	
19	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.5	0.0029	864	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.7	0.0003	2,250	
20	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.5	0.0029	3,888	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.7	0.0003	16,500	
21	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.5	0.0029	4,104	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.8	0.0003	1,760	
22	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.3	0.0029	18,576	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.7	0.0003	1,290	
23	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.3	0.0029	3,888	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.6	0.0003	9,150	
24	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.3	0.0029	17,496	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.6	0.0003	2,290	
25	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.7	0.0677	906	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	9.0	0.0006	119	
26	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.6	0.0029	4,068	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.9	0.0006	860	
27	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.5	0.0029	864	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.8	0.0003	240	
28	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.5	0.0029	3,888	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.8	0.0003	1,760	
29	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.5	0.0029	4,104	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.7	0.0003	1,290	
30	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.3	0.0029	18,576	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.6	0.0003	9,150	
31	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.3	0.0029	3,888	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.6	0.0003	2,290	
32	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.3	0.0029	17,496	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.6	0.0003	16,500	
33	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.8	0.0063	150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.9	0.0006	119	
34	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.7	0.0063	1,017	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.8	0.0006	860	
35	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.6	0.0029	144	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.7	0.0003	240	
36	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.6	0.0029	648	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.8	0.0003	1,760	
37	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.5	0.0029	1,368	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.7	0.0003	1,290	
38	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.5	0.0029	6,192	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.6	0.0003	9,150	
39	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.5	0.0029	1,296	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.6	0.0003	2,290	
40	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.5	0.0029	5,832	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.6	0.0003	16,500	
41	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.8	0.0063	900	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.9	0.0006	119	
42	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.7	0.0063	4,068	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.8	0.0006	860	
43	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.6	0.0029	864	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.7	0.0003	240	
44	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.6	0.0029	3,888	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.8	0.0003	1,760	
45	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.5	0.0029	8,208	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.7	0.0003	1,290	
46	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.5	0.0029	37,152	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.6	0.0003	9,150	
47	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.5	0.0029	7,776	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.6	0.0003	2,290	
48	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.5	0.0029	34,992	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.6	0.0003	16,500	
49	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.9	0.0063	114	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.9	0.0063	40	
50	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.8	0.0003	890	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.8	0.0003	348	
51	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.7	0.0169	240	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.7	0.0169	36	
52	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.7	0.0003	1,650	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.7	0.0003	324	
53	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.7	0.0003	880	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.7	0.0003	168	
54	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.5	0.0003	6,100	0.0000	0.0003	0.0003	0.0003	8.7	0.0006	1,404	
55	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.5	0.0003	1,600	0.0000	0.0003	0.0003	0.0003	8.5	0.0003	144	
56	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.5	0.0003	11,000	0.0000	0.0003	0.0003	0.0003	8.5	0.0003	1,296	
57	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.9	0.0063	119	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.9	0.0063	40	
58	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.8	0.0003	890	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.8	0.0003	348	
59	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.7	0.0169	240	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.7	0.0169	36	
60	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.7	0.0003	1,650	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.7	0.0003	324	
61	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.7	0.0006	880	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.7	0.0006	168	
62	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.5	0.0003	6,100	0.0000	0.0003	0.0003	0.0003	8.7	0.0006	1,404	
63	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.5	0.0003	1,600	0.0000	0.0003	0.0003	0.0003	8.5	0.0003	144	
64	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.5	0.0003	11,000	0.0000	0.0003	0.0003	0.0003	8.5	0.0003	1,296	
65	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.9	0.0063	1,140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.9	0.0063	40	
66	0.00															

No.	震源域		最大 M _W	重み
	Z	A B C D E		
121	浅层 中層 深層	浅层 中層 深層	9.0	0.06%
122	浅层 中層 深層	浅层 中層 深層	8.9	0.06%
123	浅层 中層 深層	浅层 中層 深層	8.8	0.03%
124	浅层 中層 深層	浅层 中層 深層	8.8	0.03%
125	浅层 中層 深層	浅层 中層 深層	8.7	0.03%
126	浅层 中層 深層	浅层 中層 深層	8.7	0.03%
127	浅层 中層 深層	浅层 中層 深層	8.7	0.03%
128	浅层 中層 深層	浅层 中層 深層	8.7	0.03%
129	浅层 中層 深層	浅层 中層 深層	9.0	0.06%
130	浅层 中層 深層	浅层 中層 深層	8.9	0.06%
131	浅层 中層 深層	浅层 中層 深層	8.8	0.03%
132	浅层 中層 深層	浅层 中層 深層	8.8	0.03%
133	浅层 中層 深層	浅层 中層 深層	8.7	0.06%
134	浅层 中層 深層	浅层 中層 深層	8.7	0.03%
135	浅层 中層 深層	浅层 中層 深層	8.7	0.03%
136	浅层 中層 深層	浅层 中層 深層	8.7	0.03%
137	浅层 中層 深層	浅层 中層 深層	9.0	0.06%
138	浅层 中層 深層	浅层 中層 深層	8.9	0.06%
139	浅层 中層 深層	浅层 中層 深層	8.8	0.03%
140	浅层 中層 深層	浅层 中層 深層	8.8	0.03%
141	浅层 中層 深層	浅层 中層 深層	8.7	0.03%
142	浅层 中層 深層	浅层 中層 深層	8.7	0.03%
143	浅层 中層 深層	浅层 中層 深層	8.7	0.03%
144	浅层 中層 深層	浅层 中層 深層	8.7	0.03%
145	浅层 中層 深層	浅层 中層 深層	8.4	0.67%
146	浅层 中層 深層	浅层 中層 深層	8.3	0.03%
147	浅层 中層 深層	浅层 中層 深層	8.2	1.78%
148	浅层 中層 深層	浅层 中層 深層	8.2	0.03%
149	浅层 中層 深層	浅层 中層 深層	8.2	0.03%
150	浅层 中層 深層	浅层 中層 深層	8.1	0.03%
151	浅层 中層 深層	浅层 中層 深層	8.0	0.03%
152	浅层 中層 深層	浅层 中層 深層	7.9	0.03%
153	浅层 中層 深層	浅层 中層 深層	8.4	0.67%
154	浅层 中層 深層	浅层 中層 深層	8.3	0.03%
155	浅层 中層 深層	浅层 中層 深層	8.2	1.78%
156	浅层 中層 深層	浅层 中層 深層	8.2	0.03%
157	浅层 中層 深層	浅层 中層 深層	8.2	0.06%
158	浅层 中層 深層	浅层 中層 深層	8.1	0.03%
159	浅层 中層 深層	浅层 中層 深層	8.0	0.03%
160	浅层 中層 深層	浅层 中層 深層	7.9	0.03%
161	浅层 中層 深層	浅层 中層 深層	8.5	0.06%
162	浅层 中層 深層	浅层 中層 深層	8.4	0.06%
163	浅层 中層 深層	浅层 中層 深層	8.3	0.03%
164	浅层 中層 深層	浅层 中層 深層	8.3	0.03%
165	浅层 中層 深層	浅层 中層 深層	8.2	0.03%
166	浅层 中層 深層	浅层 中層 深層	8.1	0.03%
167	浅层 中層 深層	浅层 中層 深層	8.1	0.03%
168	浅层 中層 深層	浅层 中層 深層	8.1	0.03%
177	浅层 中層 深層	浅层 中層 深層	9.1	1.19%
178	浅层 中層 深層	浅层 中層 深層	9.0	1.19%
179	浅层 中層 深層	浅层 中層 深層	9.1	1.19%
180	浅层 中層 深層	浅层 中層 深層	9.0	1.19%

図 8.2.5-1 南海トラフの確率的津波ハザード評価で考慮した震源域パターンと、その重みの一覧 (2/2)

8.3 震源域パターン、地震パターンへの重み配分

本節では、津波ハザードカーブを計算する際に必要となる、震源域パターン(震源域の組合せ)および地震パターン(波源断層モデルの組合せ)に対する重みの配分方法について説明する。

なお、本節では特に必要のない限り、これ以降「南海トラフの地震活動の長期評価」(地震調査委員会, 2013)を単に長期評価と呼ぶ。

<震源域パターンを表す記号>

本節以降の説明において、震源域パターンを簡便に示すため以下のような記号を用いる。例えば、

- 図 8.2.5-1 の 1 番目の震源域パターンのように、傾斜方向(トラフ軸と直交方向)に中部のみ、走向方向(トラフ軸と平行方向)に領域 A から領域 D までが同時に壊れる震源域を ADm (単一の破壊の場合、震源域と震源域パターンは同じになる)。
- 同図の 3 番目の震源域パターンのように、傾斜方向に中部のみ、走向方向に領域 A と領域 B が壊れる震源域 ABm と、それとは異なる時間に、傾斜方向に中部のみ、走向方向に領域 C と領域 D が壊れる震源域 CDm の 2 つの震源域から構成される震源域パターンを AB | CDm (「|」は震源域の境界を示す)。
- 同図の 65 番目の震源域パターンのように、傾斜方向に浅部と中部、走向方向に領域 A から領域 D までが壊れる震源域 ADsm と、それとは異なる時間に、傾斜方向に浅部と中部、走向方向に領域 E のみが壊れる震源域 Esm の 2 つの震源域から構成される震源域パターンを AD | Esm。
- 同図の 178 番目の震源域パターンのように、傾斜方向には浅部、中部、深部、走向方向に領域 A から領域 E までが同時に壊れる震源域を AEall。

という記号でそれぞれ表す。

8.3.1 震源域パターンの走向方向および傾斜方向の連動規模に関する分類と重み配分

まず初めに、図 8.2.5-1 に示される 180 種類すべての震源域パターンを、その走向方向および傾斜方向の連動規模に関して、表 8.3.1-1 のように 3 つに

分類する。この分類は、過去に発生した南海トラフの大地震の震源域の情報などに基づいて決められている。ここで、昭和・安政地震を代表とするグループ I の地震群と宝永地震を代表とするグループ II の地震群には、傾斜方向にすべて破壊する震源域パターンは含まれていないことに注意されたい。なお、本研究資料のグループ I およびグループ II という分類は、地震調査委員会(2020)の分類と同じである。

表 8.3.1-1 震源域パターンの走向方向および傾斜方向の連動規模に関する分類と重み

分類	走向方向および傾斜方向の連動規模	重み
グループ I	傾斜方向には浅部、中部、浅部+中部、中部+深部のいずれかが破壊。走向方向に 3 セグメント以下が同時に破壊。	40/63
グループ II	傾斜方向には浅部、中部、浅部+中部、中部+深部のいずれかが破壊。走向方向に 4 セグメント以上が同時に破壊。	20/63
グループ III	傾斜方向に浅部+中部+深部がすべて破壊。走向方向に 4 セグメント以上が同時に破壊。	3/63

長期評価では、南海トラフで発生する昭和・安政クラスの大地震の発生間隔は 100 年～200 年、宝永地震クラスの大地震の発生間隔は 300 年～600 年と推定している。この発生間隔の比較に基づき、

$$\text{グループ I の地震群} : \text{グループ II の地震群} = 2/3 : 1/3, \quad (8.3.1-1)$$

の比率で重みを配分する。なお、グループ I およびグループ II の地震群に対するこの重み配分は、地震調査委員会(2020)と同じである。

また、長期評価では、最大クラスの大地震の発生間隔は安政・昭和地震クラスおよび宝永地震クラスの大地震のそれよりも一桁以上長いと考えている。また、津波堆積物調査に基づき、約 2000 年前に宝永地震よりも大きな津波が発生した可能性も指摘されている(松岡・岡村, 2011)。

これらを考慮し、ここでは、

$$(\text{グループ I} + \text{グループ II の地震群}) : (\text{グループ III の地震群}) = 20/21 : 1/21, \quad (8.3.1-2)$$

の比率で重みを配分する。

上記の重み配分ルールから、結局、3つの地震集団に、

- グループIの地震群:グループIIの地震群:グループIIIの地震群 = 40/63 : 20/63 : 3/63, (8.3.1-3)

の比率で重みを配分することとする(表 8.3.1-1)。

8.3.2 震源域パターンの傾斜方向の拡がり方に関する重み配分

最大クラスの地震群グループIIIを除く、グループIおよびグループIIの地震群に関して、地震調査委員会(2020)の考え方に従い、その震源域パターンの傾斜方向の拡がり方および、過去に実際にそのような地震が起きたか否かに着目して、表 8.3.2-1 のように分類する。

ここでは、地震調査委員会(2020)の考え方に従い、

- 震源域が中部のみ:それ以外 = 4/5:1/5, (8.3.2-1)

の比率で重みを配分する(表 8.3.2-1)。

表 8.3.2-1 グループIおよびグループIIの震源域パターンの傾斜方向の拡がり方に関する分類と重み

震源域パターンの傾斜方向の拡がり方	過去の大地震としての発生状況	重み
中部のみ	過去に発生した	4/5
その他	過去に発生していない	1/5

8.3.3 震源域パターンの走向方向の拡がり方と組合せに関する重み配分

最大クラスの地震群グループIIIを除く、グループIおよびグループIIの地震群に関して、地震調査委員会(2020)の考え方に従い、その震源域パターンの走向方向の拡がり方とその組合せ、および、過去に実際にそのような地震が起きたか否かに着目して分類し、重みの配分を行う。

8.3.3.1 グループIの地震群

昭和・安政地震に代表されるグループIの地震群に分類された震源域パターンを、過去に発生しているか否かに着目し、表 8.3.3.1-1 のように分類する。地震調査委員会(2020)の重み配分に従い、

- 過去に発生した震源域パターン:過去に発生したことが知られていない震源域パターン = 4/5 : 1/5 (8.3.3.1-1)

の比率で重みを配分する。

なお、これらの表中の「震源域パターンの走向方向の拡がり方と組合せ」の欄の、例えば「AB|CD」は震源域ABと震源域CDが別の地震としてそれぞれ破壊する震源域パターンを意味する(8.3節の<震源域パターンを表す記号>を参照)。

また、これ以降、「AB|CD」および「AB|CDE」の小集団を「AB|CD + α 」と記号で表記し、「ABCD」、「ABCDE」および「ABCD|E」の小集団を「ABCD + α 」と記号で表記する場合がある。

表 8.3.3.1-1 グループIの地震群の震源域パターンの走向方向の拡がり方と組合せに関する分類と重み

	震源域の走向方向の拡がり方と組合せ	過去の大地震としての発生状況	重み
グループIの地震群	AB CD, AB CDE,	過去に発生した	4/5
	上記以外	過去に発生していない	1/5

8.3.3.2 グループIIの地震群

宝永地震を代表とするグループIIの地震群の震源域パターンを、過去に発生しているか否かに着目し、表 8.3.3.2-1 のように分類する。地震調査委員会(2020)の重み配分に従い、

- 過去に発生した震源域パターン:過去に発生したことが知られていない震源域パターン = 4/5 : 1/5 (8.3.3.2-1)

の比率で重みを配分する(表 8.3.3.2-1)。

表 8.3.3.2-1 グループIIの地震群の震源域パターンの走向方向の拡がり方と組合せに関する分類と重み

	震源域パターンの走向方向の拡がり方と組合せ	過去の大地震としての発生状況	重み
グループIIの地震群	ABCD, ABCDE, ABCD E	過去に発生した	4/5
	上記以外	過去に発生していない	1/5

8.3.4 震源域パターンへの重み配分

8.3.1 項～8.3.3 項の分類により，本章で構築した 180 種類の震源域パターンを 9 つの地震カテゴリに分類することができる(図 8.3.4-1)．そして，8.3.1 項～8.3.3 項に示された重み配分ルールによって，9 つの地震カテゴリに図 8.3.4-1 のように重みを配分することができる．

各カテゴリに配分された重みを W ，各カテゴリに含まれる震源域パターンの数を N_s とすると，1 つの震源域パターンに対する重み W_s は以下のとおり計算される．

$$W_s = W / N_s \quad (8.3.4-1)$$

それぞれの震源域パターンの重み W_s は図 8.2.5-1 に示されている．

8.3.5 地震パターンへの重み配分

180 種類の震源域パターン(震源域の組合せ)から 916,669 種類の地震パターン(波源断層モデルの組合せ)が産み出される(8.1.3 項参照)．

震源域パターンの重みを W_s ，震源域パターンに含まれる地震パターンの数を N_e とすると，1 つの地震パターンに対する重み W_e は以下のとおり計算される．

$$W_e = W_s / N_e \quad (8.3.5-1)$$

なお，地震パターンの数が 90 万以上と膨大なため，地震パターンそれぞれに対する重み一覧は作成していない．

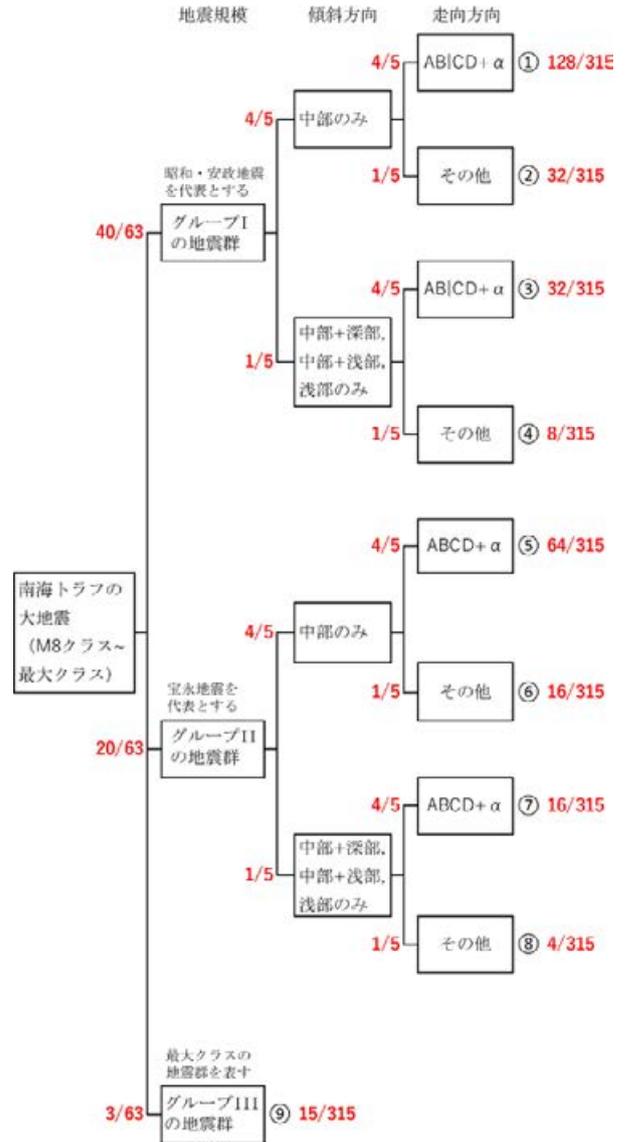


図 8.3.4-1 9 つの地震カテゴリに分けられた震源域パターン．各種別の分岐点に表示された赤字は重みの配分比率．

8.4 確率論的津波ハザード評価の結果

8.4.1 ハザード評価標本点に対するハザードカーブ

8.1 節～8.3 節で説明された考え方・ルールに基づき、汀線メッシュ（陸域と海域の境界に接する海側 50 m メッシュ）に設定されたハザード評価点 357,437 点において、ハザードカーブを計算する。

本節では、膨大な数のハザード評価点の中から、一定の間隔で選別した 72 箇所のハザード評価標本点(表 8.4.1-1, 図 8.4.1-1 および巻末資料 3)に対して計算されたハザードカーブを図 8.4.1-2 ～図 8.4.1-19 に示す。

図 8.4.1-2 ～図 8.4.1-19 において、180 種類の震源域パターン（震源域の組合せ）すべて、すなわち 916,669 種類の地震パターン（波源断層モデルの組合せ）すべてから計算された最終的なハザードカーブとともに、8.3.4 項で説明した、震源域パターンに関する 9 つのカテゴリ毎に分解したハザードカーブ成分を表示している。

本章のハザードカーブの計算には、各々のハザード評価点で最大水位上昇量が 1 m 以上となった波源断層モデルの計算結果のみを使用している(7.3 節)。また、実際にハザードカーブを計算する際に、(8.1.5-2)式の計算を σ の 3 倍で打ち切っている(5.3.3 項)。さらに、津波伝播遡上計算された最大水位上昇量の値に関する偶然的な不確定性を対数正規分布でモデル化し、その常用対数標準偏差として $\sigma_{\text{計算誤差}} = 0.15$ を設定している(5.3.2 項)。

これらのことを考え合わせると、各ハザードカーブを観察する場合、その最大水位上昇量が概ね 3 m 以上の 30 年超過確率については信頼がおけると考えることができる。逆に言うと、ハザードカーブの最大水位上昇量が概ね 3 m 未満の領域は、ハザードカーブの計算に必要な波源断層モデルの数が不足しており、その 30 年超過確率の値は精度が不足していると考えられる。

なお、千葉県浦安市 (No.7)、鹿児島県鹿児島市 (No.67)、鹿児島県薩摩川内市 (No.70) では、確率論的に予想される最大水位上昇量が 0 m を超える 30 年超過確率が 10^{-3} を下回っているため、図中にハザードカーブが描画されていない。

また、千葉県木更津市 (No.6)、東京都大田区 (No.8)、神奈川県横浜市鶴見区 (No.13)、大阪府泉南郡田尻町 (No.36)、大阪府大阪市住之江区 (No.37)、

兵庫県神戸市中央区 (No.38)、兵庫県淡路市 (No.39)、香川県高松市 (No.53)、岡山県岡山市東区 (No.54)、広島県福山市 (No.55)、広島県広島市西区 (No.56)、山口県上関町 (No.57)、山口県山口市 (No.58)、福岡県豊前市 (No.59)、鹿児島県指宿市 (No.68)、鹿児島県日置市 (No.69) のハザードカーブは確率論的に予想される最大水位上昇量が 0 m を超える 30 年超過確率が 10^{-3} を上回っているが、確率論的に予想される最大水位上昇量が 3 m 未満であるため、30 年超過確率の値は精度が不足していると考えられる(本節前出)。

表 8.4.1-1 ハザード評価標本点

番号	県名	市区町村名	番号	県名	市区町村名
1	茨城県	神栖市	37	大阪府	大阪氏住之江区
2	千葉県	旭市	38	兵庫県	神戸市中央区
3	千葉県	九十九里町	39	兵庫県	淡路市
4	千葉県	御宿町	40	徳島県	徳島市
5	千葉県	館山市	41	徳島県	美波町
6	千葉県	木更津市	42	高知県	室戸市
7	千葉県	浦安市	43	高知県	安芸市
8	東京都	大田区	44	高知県	高知市
9	東京都	大島町	45	高知県	須崎市
10	東京都	新島村	46	高知県	黒潮町
11	東京都	三宅村	47	高知県	土佐清水市
12	東京都	八丈町	48	高知県	宿毛市
13	神奈川県	横浜市鶴見区	49	愛媛県	宇和島市
14	神奈川県	三浦市	50	愛媛県	伊方町
15	神奈川県	藤沢市	51	愛媛県	松山市
16	静岡県	熱海市	52	愛媛県	新居浜市
17	静岡県	下田市	53	香川県	高松市
18	静岡県	西伊豆町	54	岡山県	岡山市東区
19	静岡県	静岡市清水区	55	広島県	福山市
20	静岡県	焼津市	56	広島県	広島市西区
21	静岡県	掛川市	57	山口県	上関市
22	静岡県	浜松市西区	58	山口県	山口市
23	愛知県	田原市	59	福岡県	豊前市
24	愛知県	豊橋市	60	大分県	大分市
25	愛知県	西尾市	61	大分県	佐伯市
26	愛知県	弥富市	62	宮崎県	延岡市
27	愛知県	常滑市	63	宮崎県	高鍋町
28	三重県	津市	64	宮崎県	宮崎市
29	三重県	志摩市	65	鹿児島県	志布志市
30	三重県	尾鷲市	66	鹿児島県	肝付町
31	和歌山県	新宮市	67	鹿児島県	鹿児島市
32	和歌山県	串本町	68	鹿児島県	指宿市
33	和歌山県	白浜町	69	鹿児島県	日置市
34	和歌山県	御坊市	70	鹿児島県	薩摩川内市
35	和歌山県	和歌山市	71	鹿児島県	中種子町
36	大阪府	泉南郡田尻町	72	鹿児島県	屋久島町

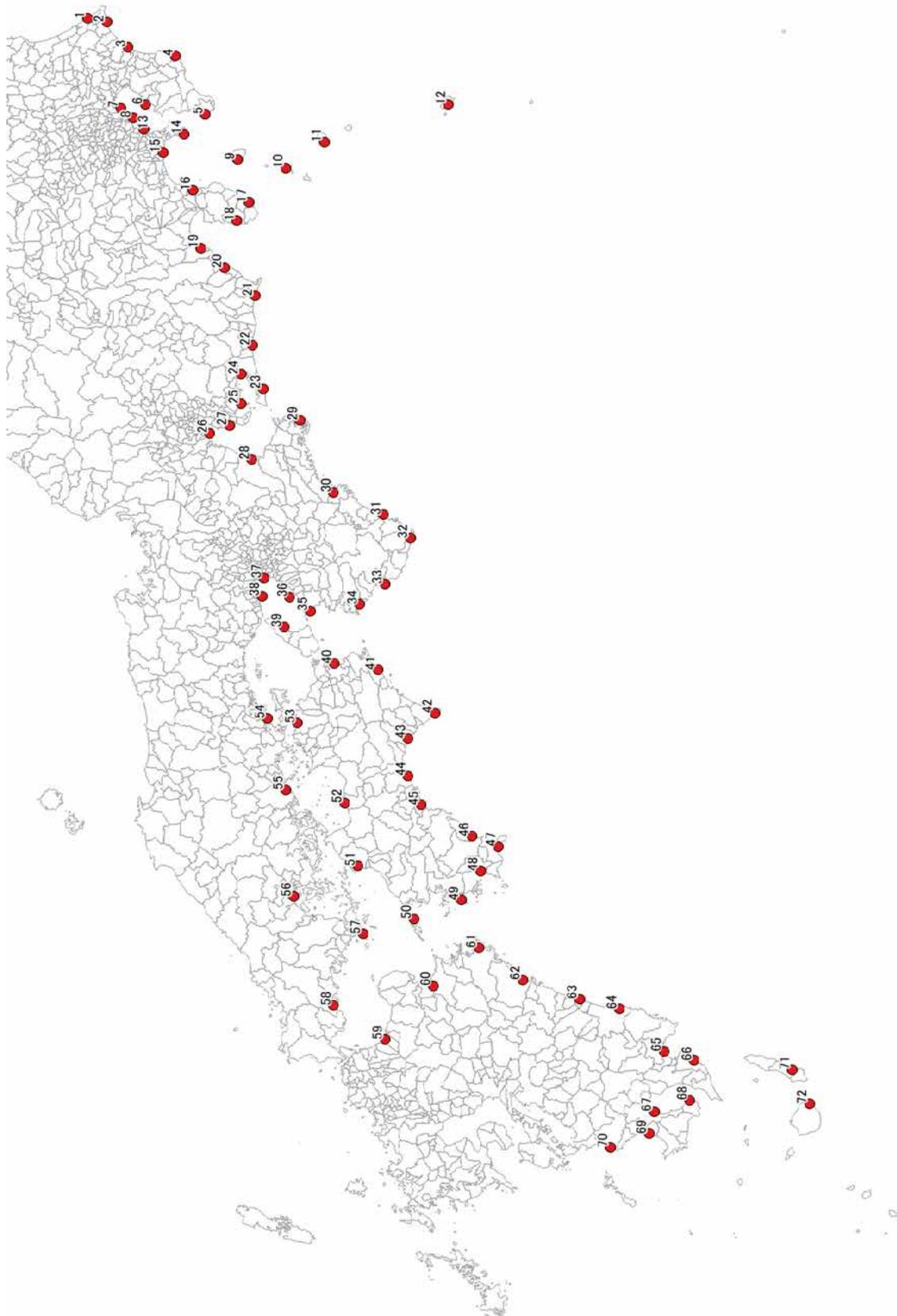


図 8.4.1-1 南海トラフ沿いに設定したハザード評価標本点

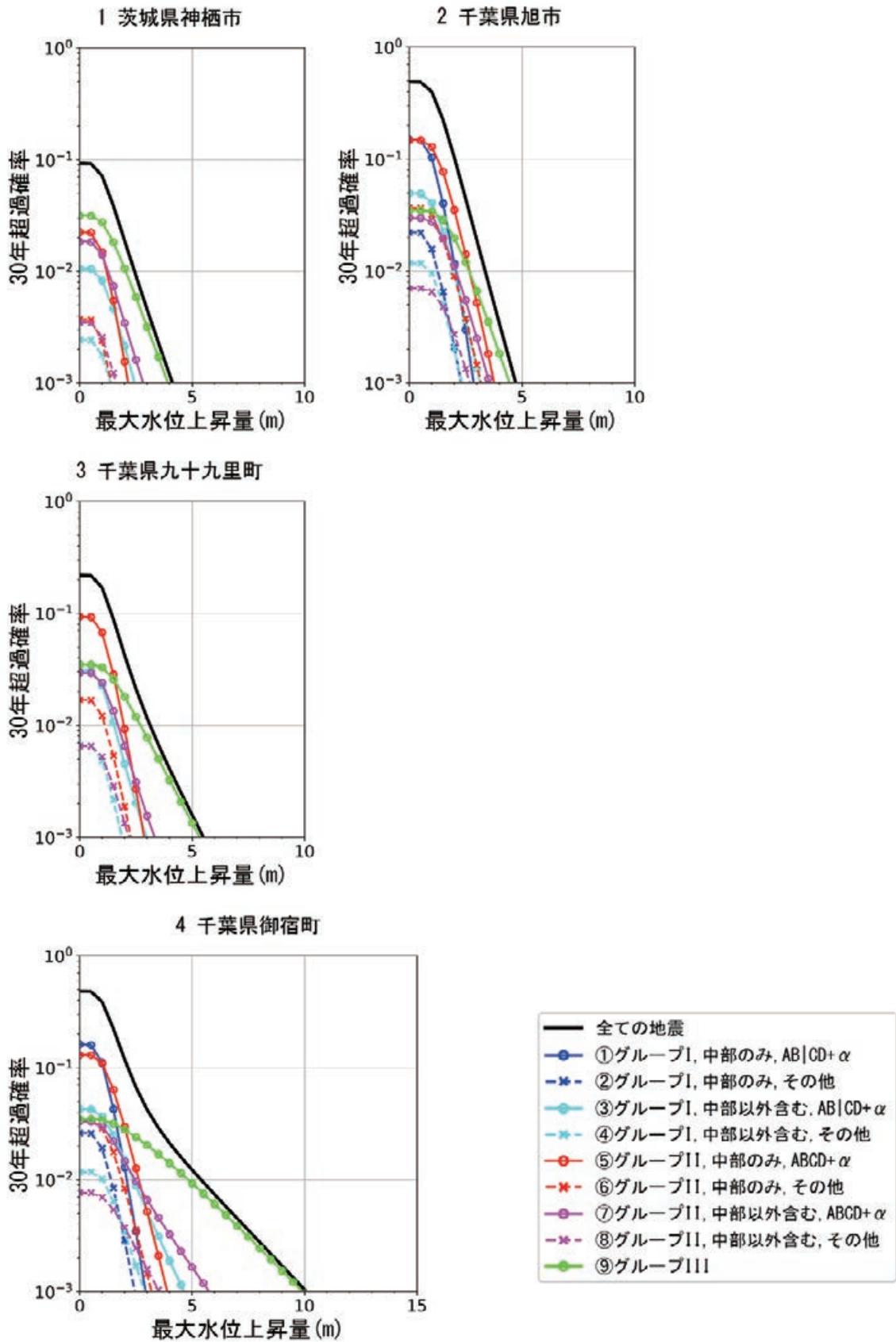


図 8.4.1-2 茨城県神栖市, 千葉県旭市, 千葉県九十九里町, 千葉県御宿町でのハザードカーブ

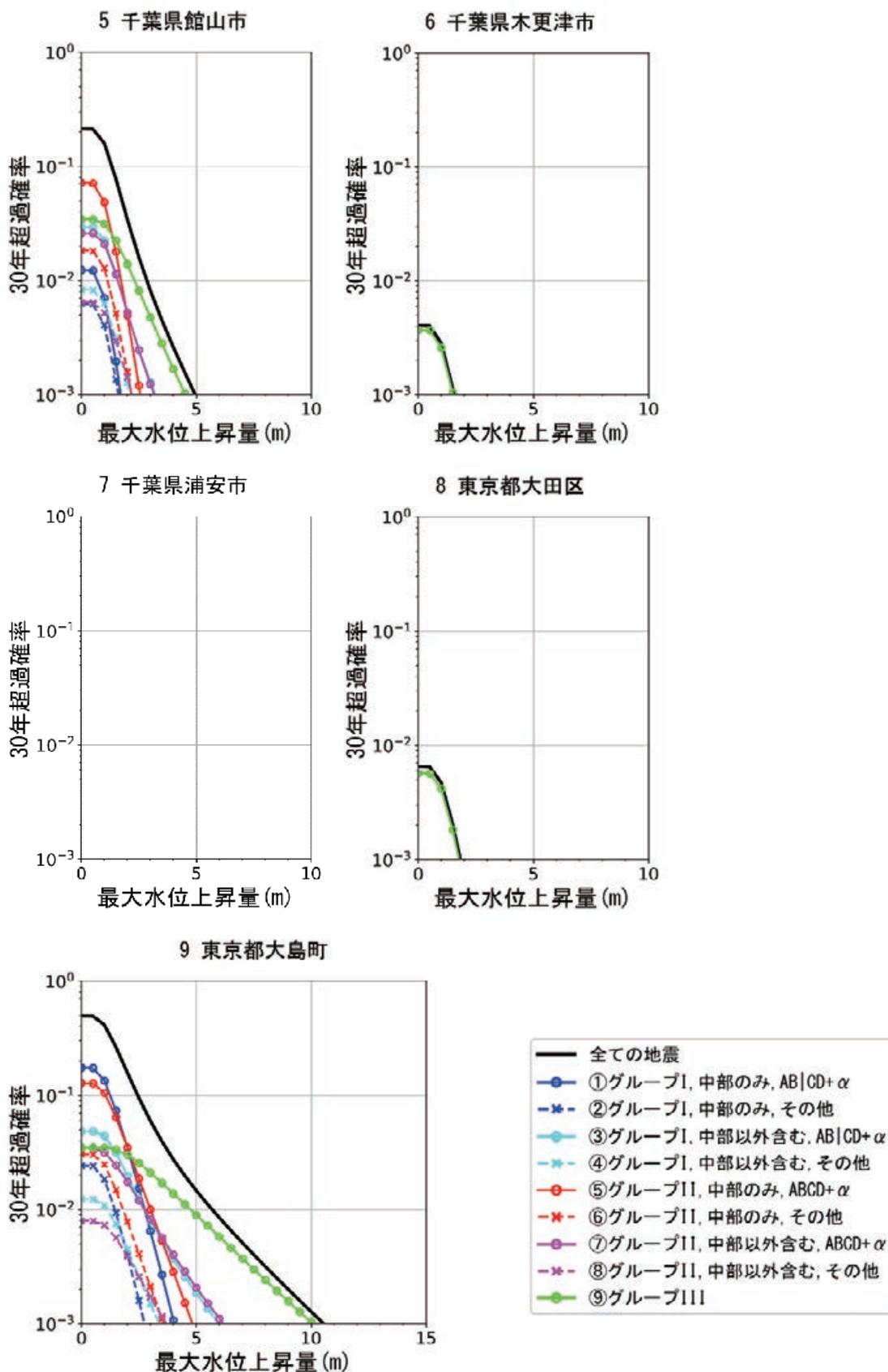


図 8.4.1-3 千葉県館山市, 千葉県木更津市, 千葉県浦安市, 東京都大田区, 東京都大島町でのハザードカーブ

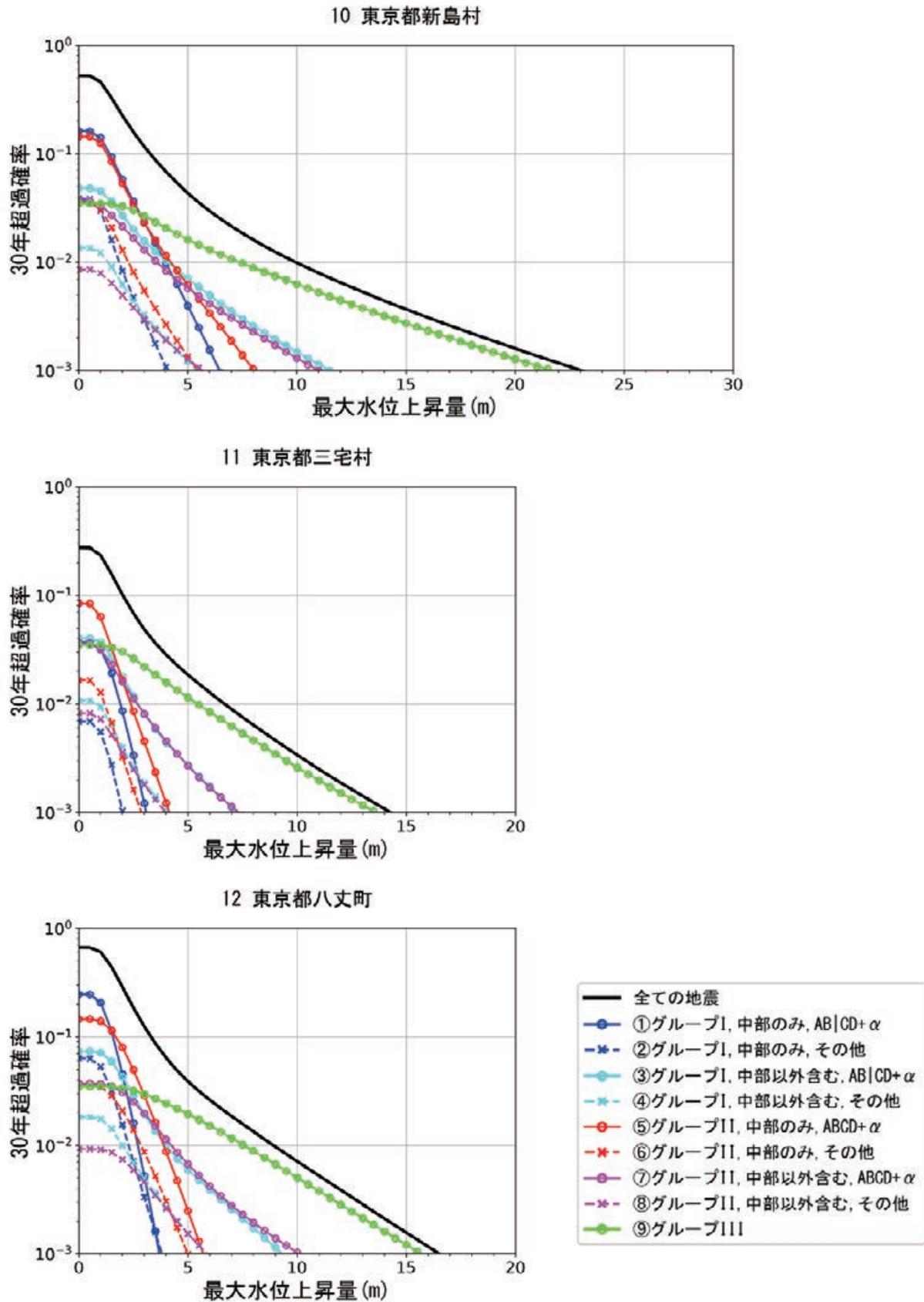


図 8.4.1-4 東京都新島村, 東京都三宅村, 東京都八丈町でのハザードカーブ

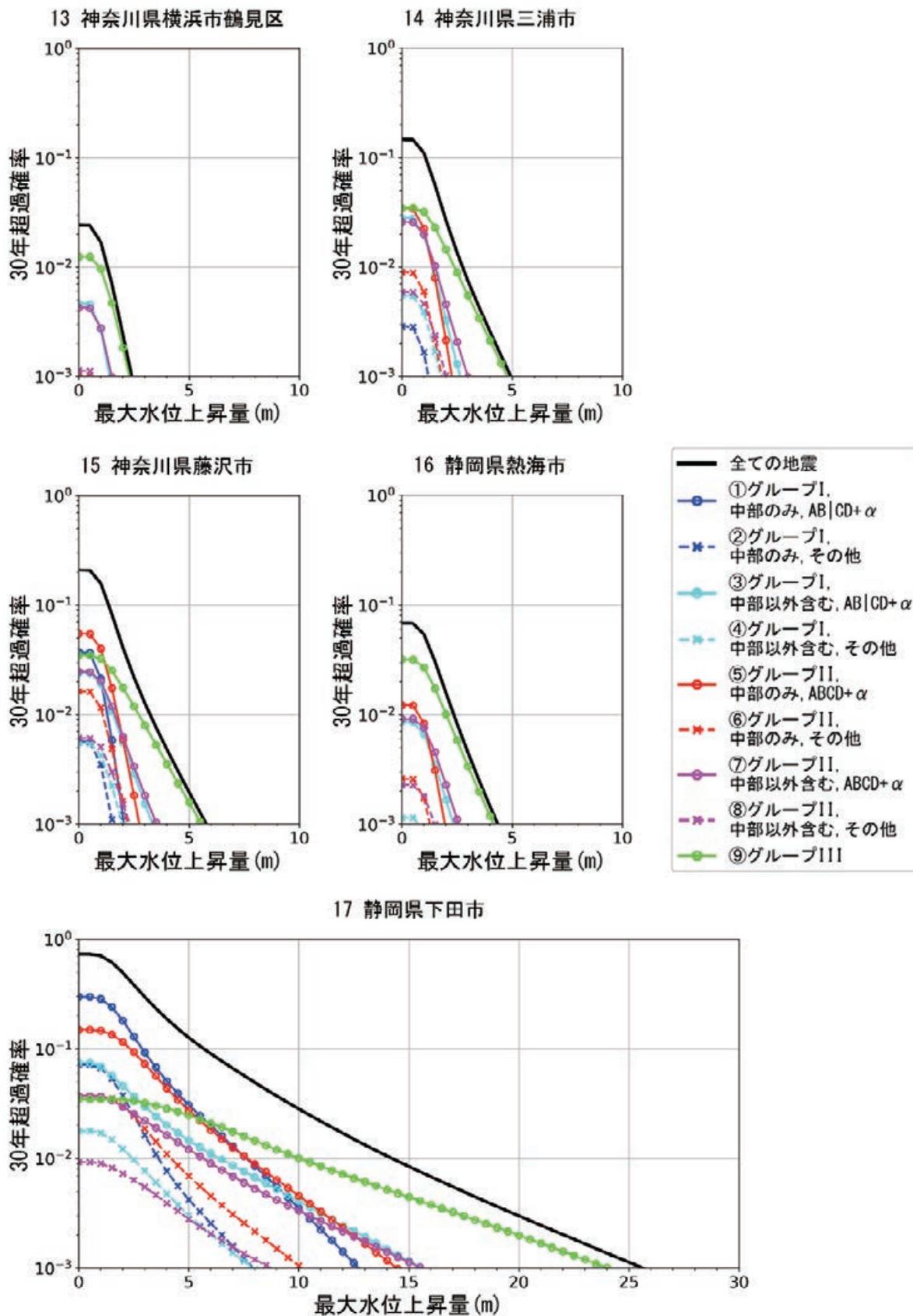


図 8.4.1-5 神奈川県横浜市鶴見区, 神奈川県三浦市, 神奈川県藤沢市, 静岡県熱海市, 静岡県下田市でのハザードカーブ

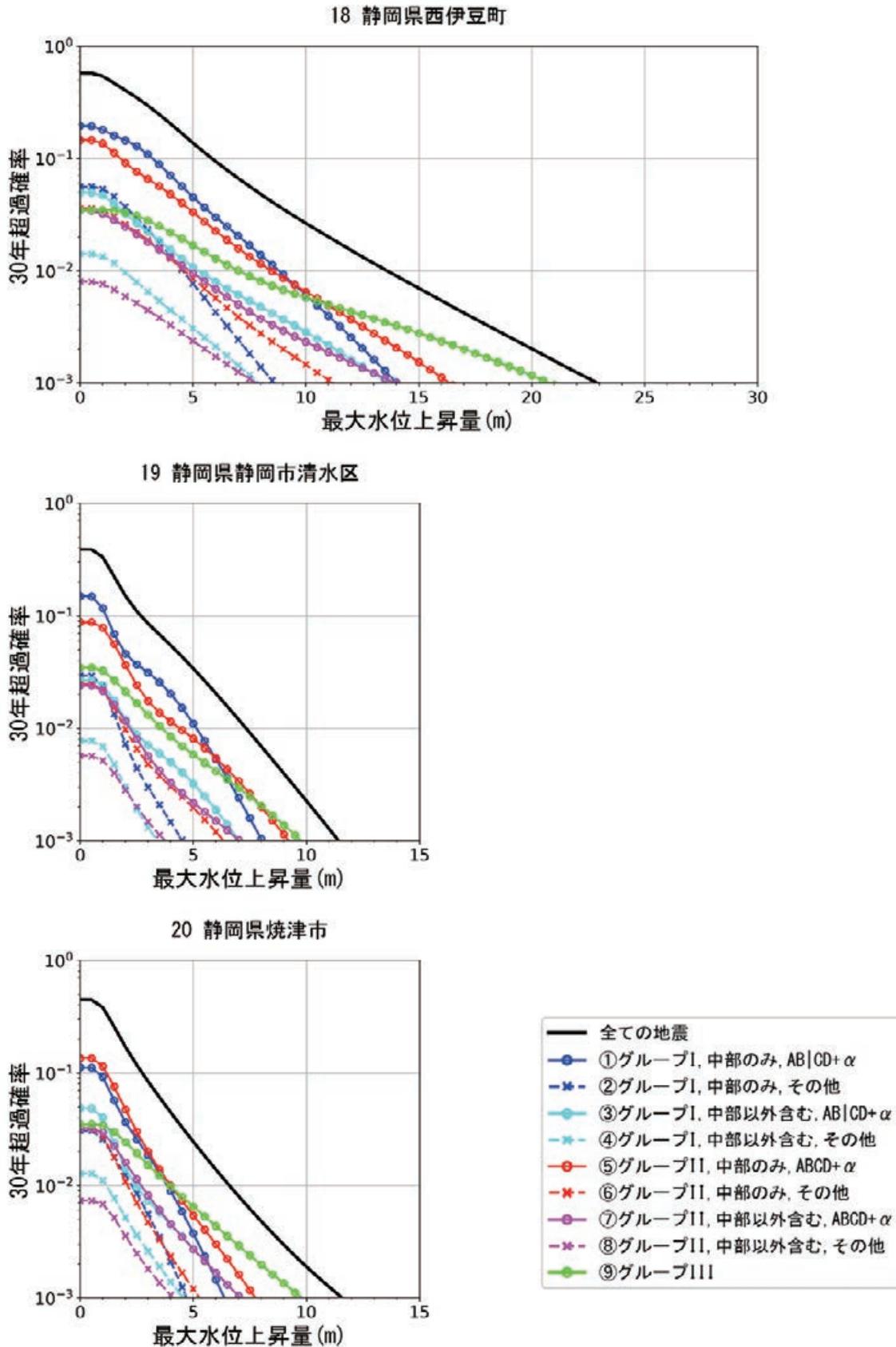


図 8.4.1-6 静岡県西伊豆町, 静岡県静岡市清水区, 静岡県焼津市でのハザードカーブ

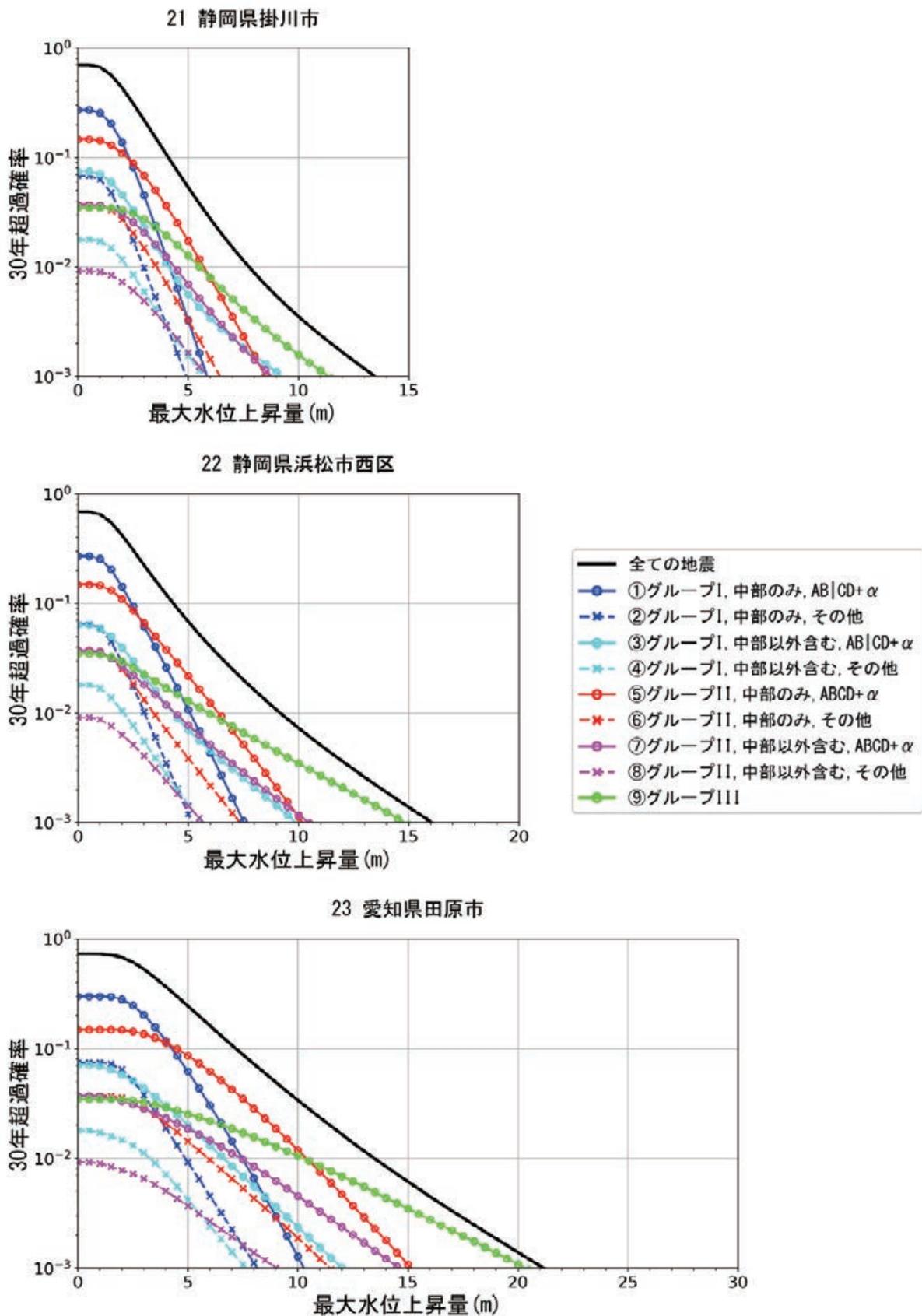


図 8.4.1-7 静岡県掛川市, 静岡県浜松市西区, 愛知県田原市でのハザードカーブ

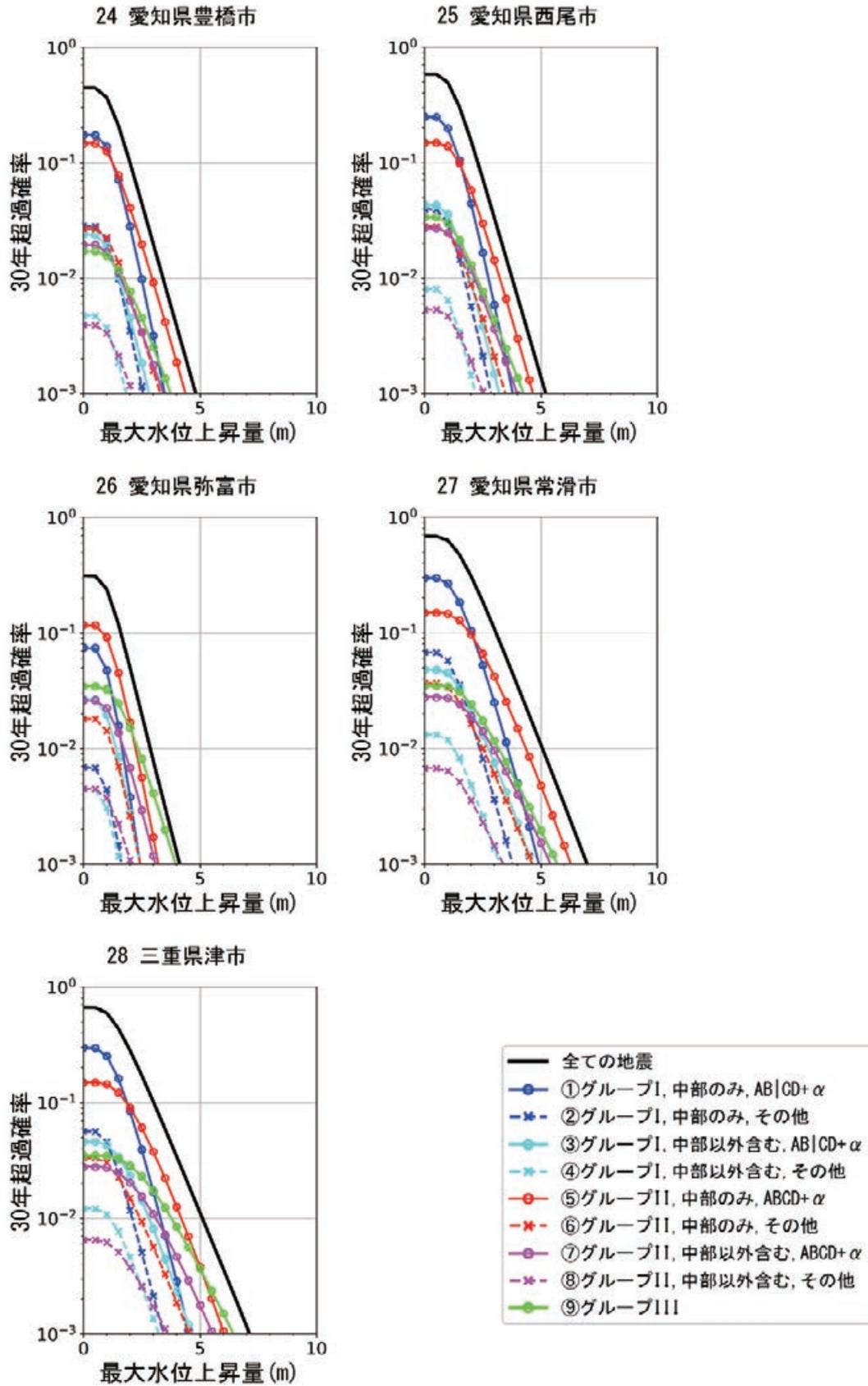


図 8.4.1-8 愛知県豊橋市, 愛知県西尾市, 愛知県弥富市, 愛知県常滑市, 三重県津市でのハザードカーブ

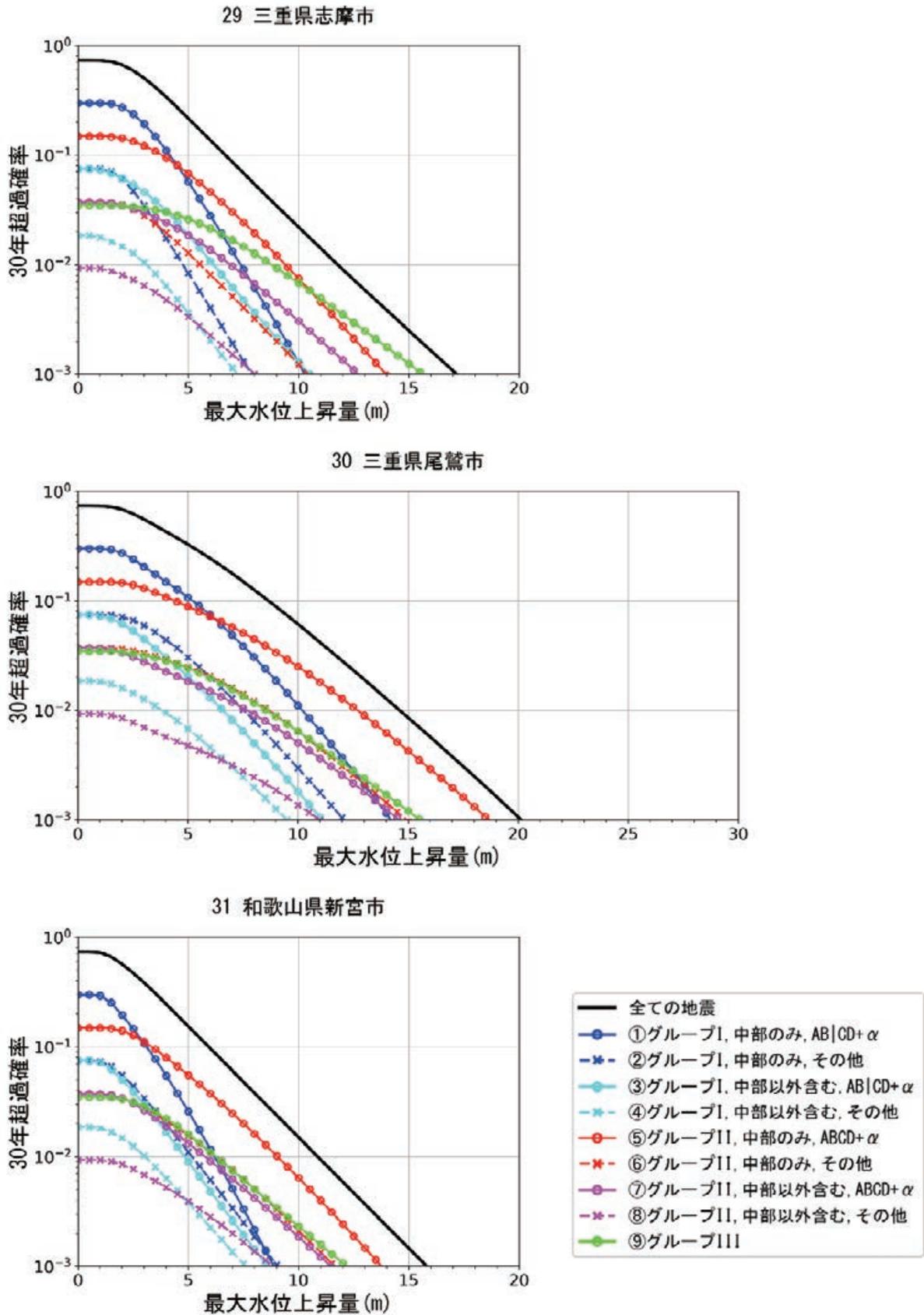


図 8.4.1-9 三重県志摩市, 三重県尾鷲市, 和歌山県新宮市でのハザードカーブ

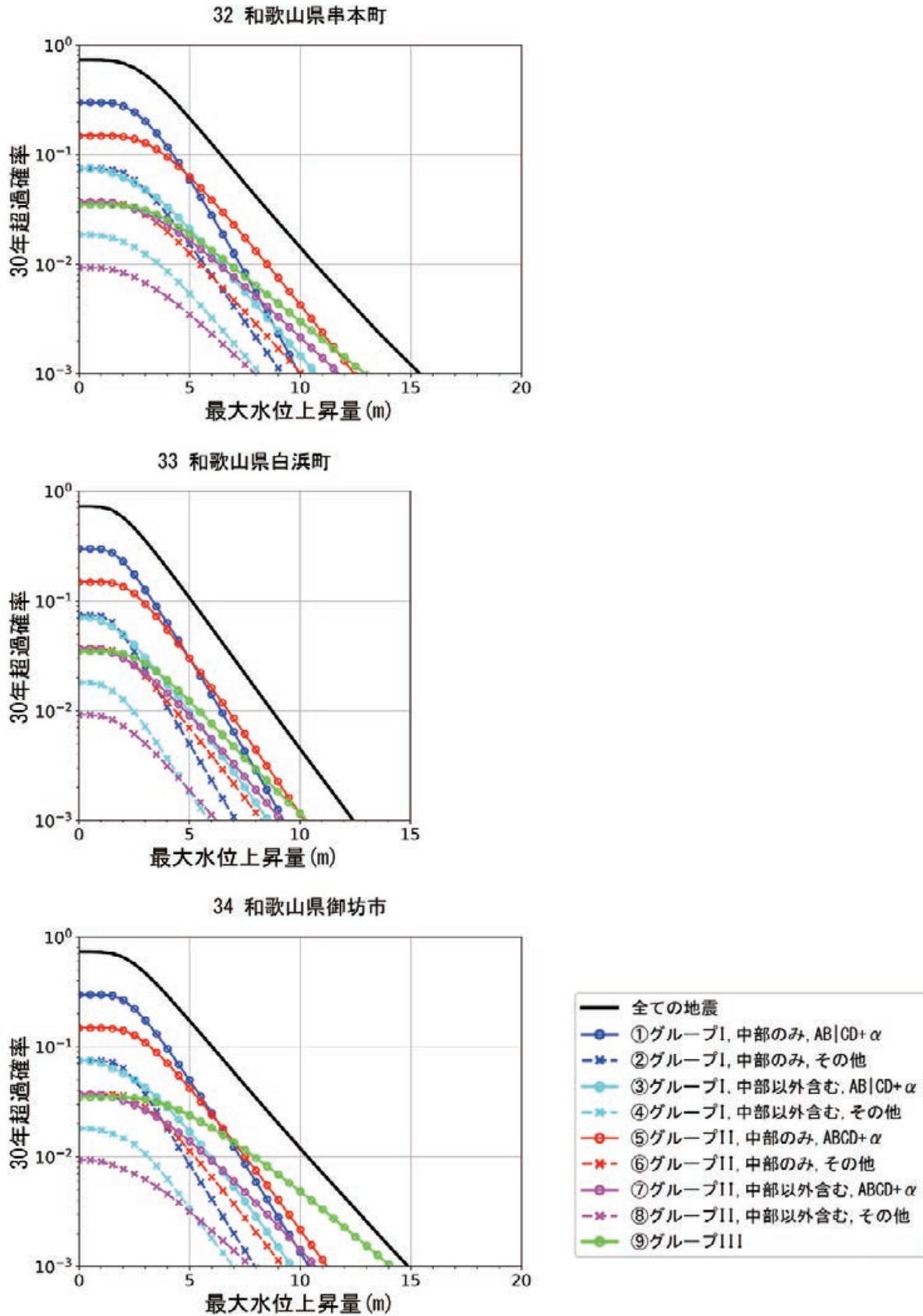


図 8.4.1-10 和歌山県串本町, 和歌山県白浜町, 和歌山県御坊市でのハザードカーブ

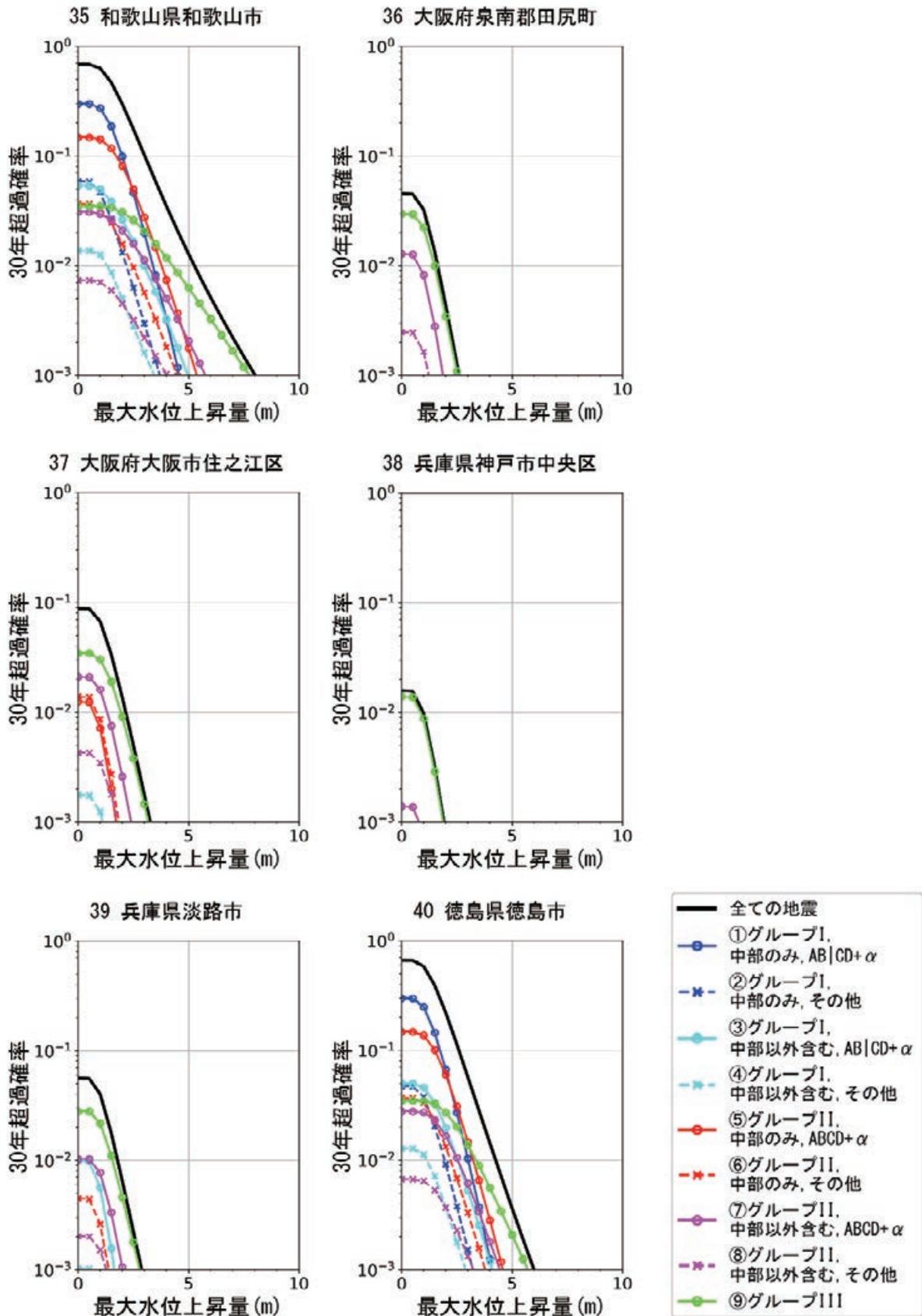


図 8.4.1-11 和歌山県和歌山市, 大阪府泉南郡田尻町, 大阪府大阪市住之江区, 兵庫県神戸市中央区, 兵庫県淡路市, 徳島県徳島市でのハザードカーブ

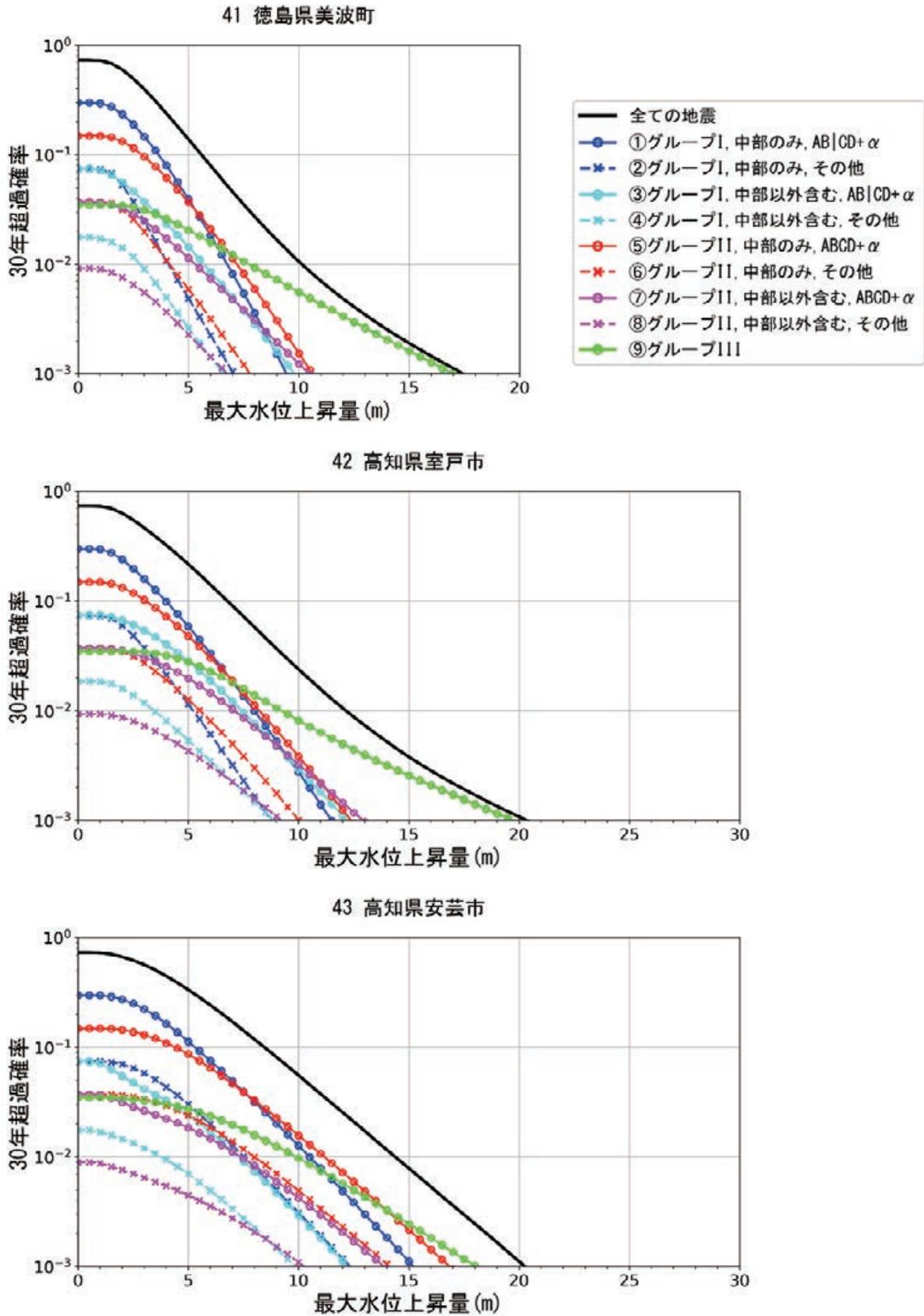


図 8.4.1-12 徳島県美波町, 高知県室戸市, 高知県安芸市でのハザードカーブ

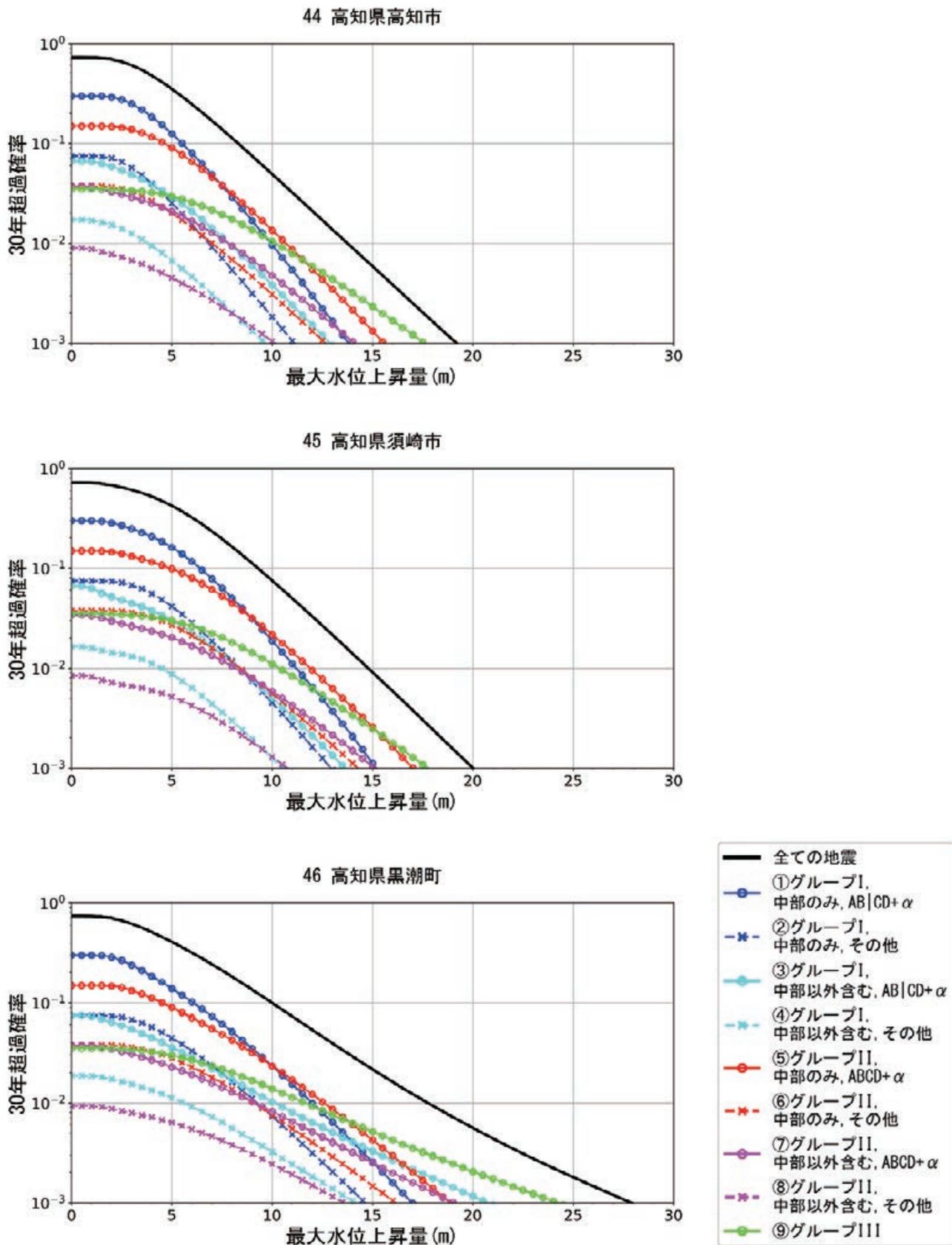


図 8.4.1-13 高知県高知市, 高知県須崎市, 高知県黒潮町でのハザードカーブ

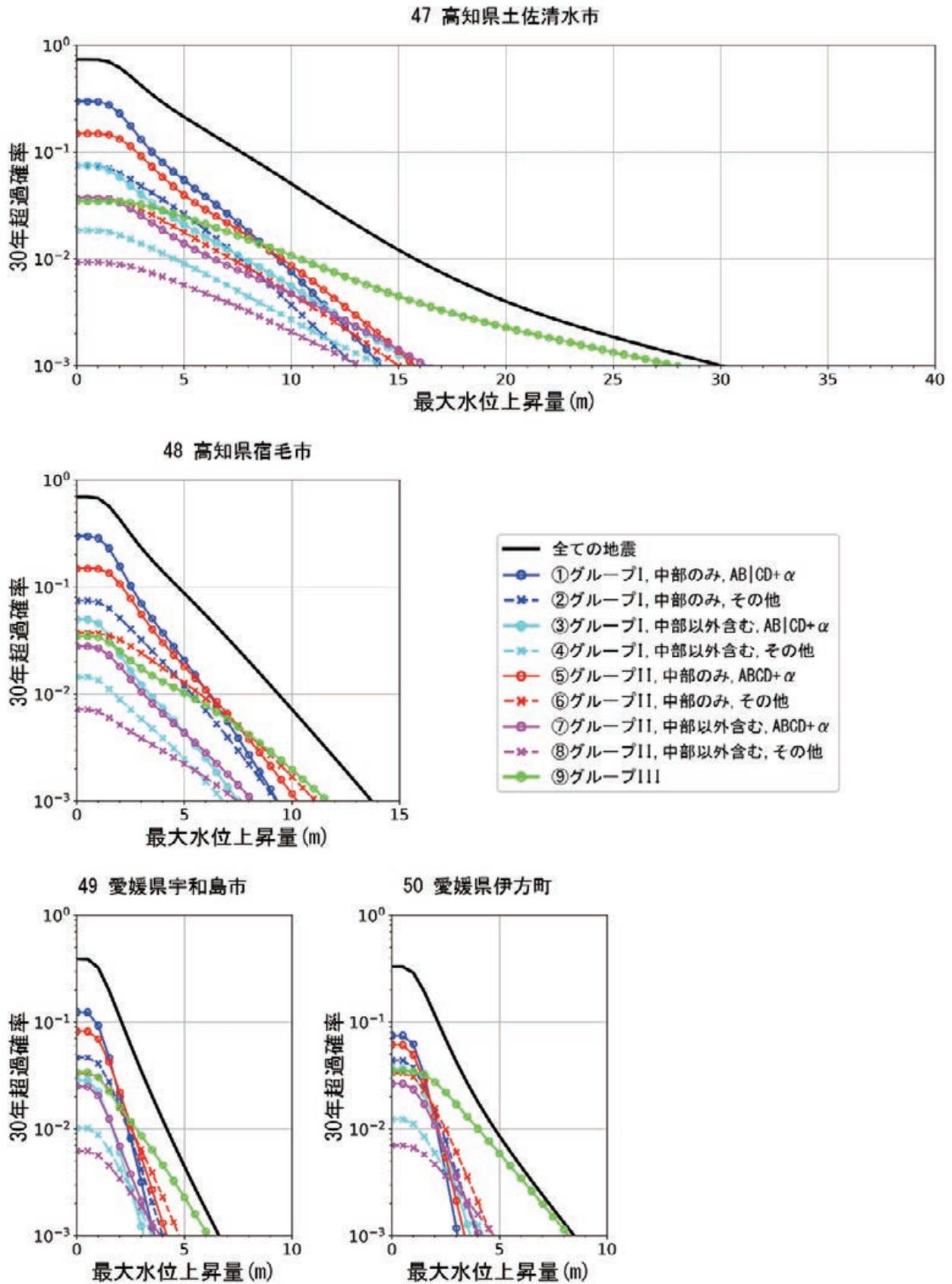


図 8.4.1-14 高知県土佐清水市, 高知県宿毛市, 愛媛県宇和島市, 愛媛県伊方町でのハザードカーブ

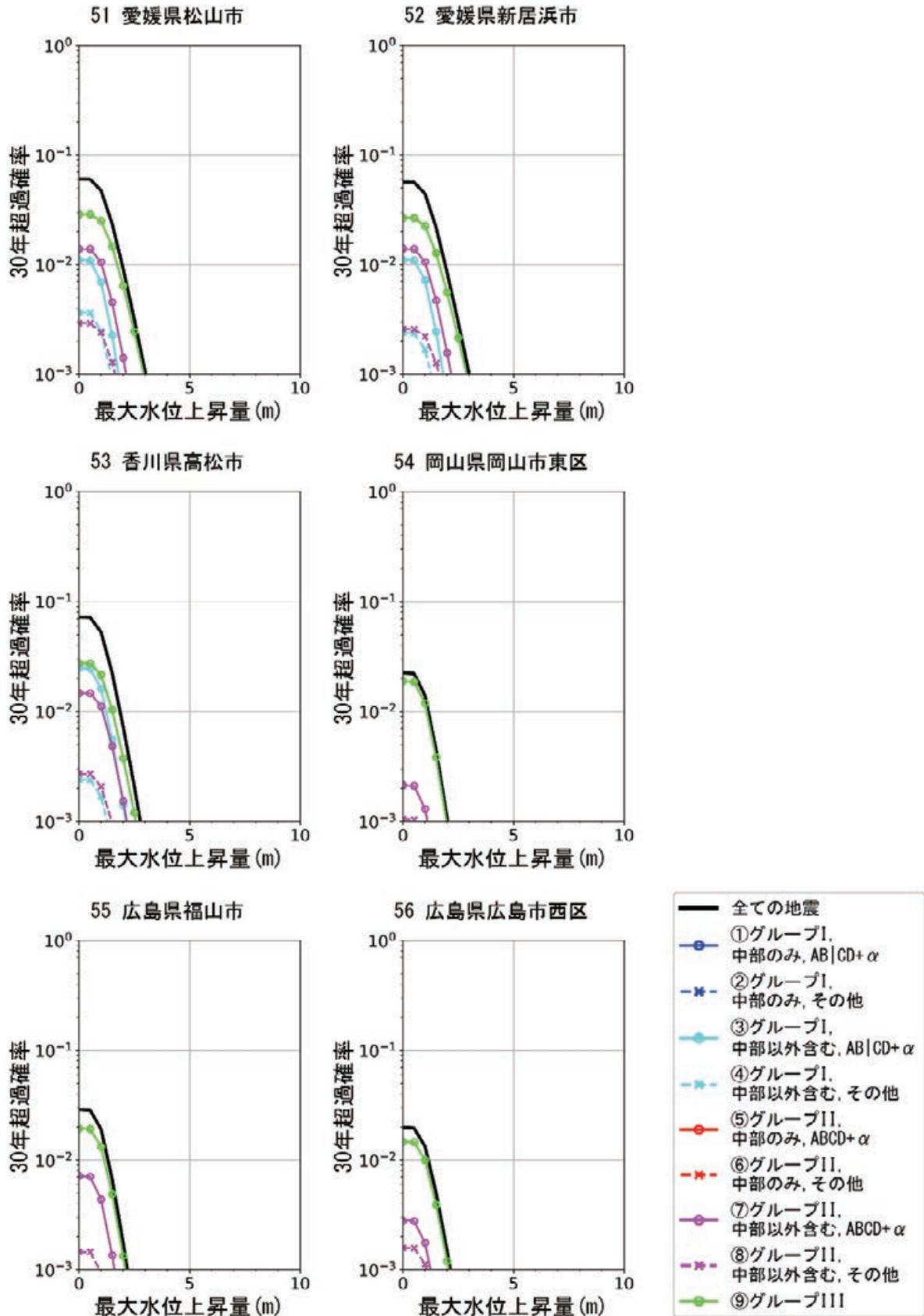


図 8.4.1-15 愛媛県松山市, 愛媛県新居浜市, 香川県高松市, 岡山県岡山市東区, 広島県福山市, 広島県広島市西区でのハザードカーブ

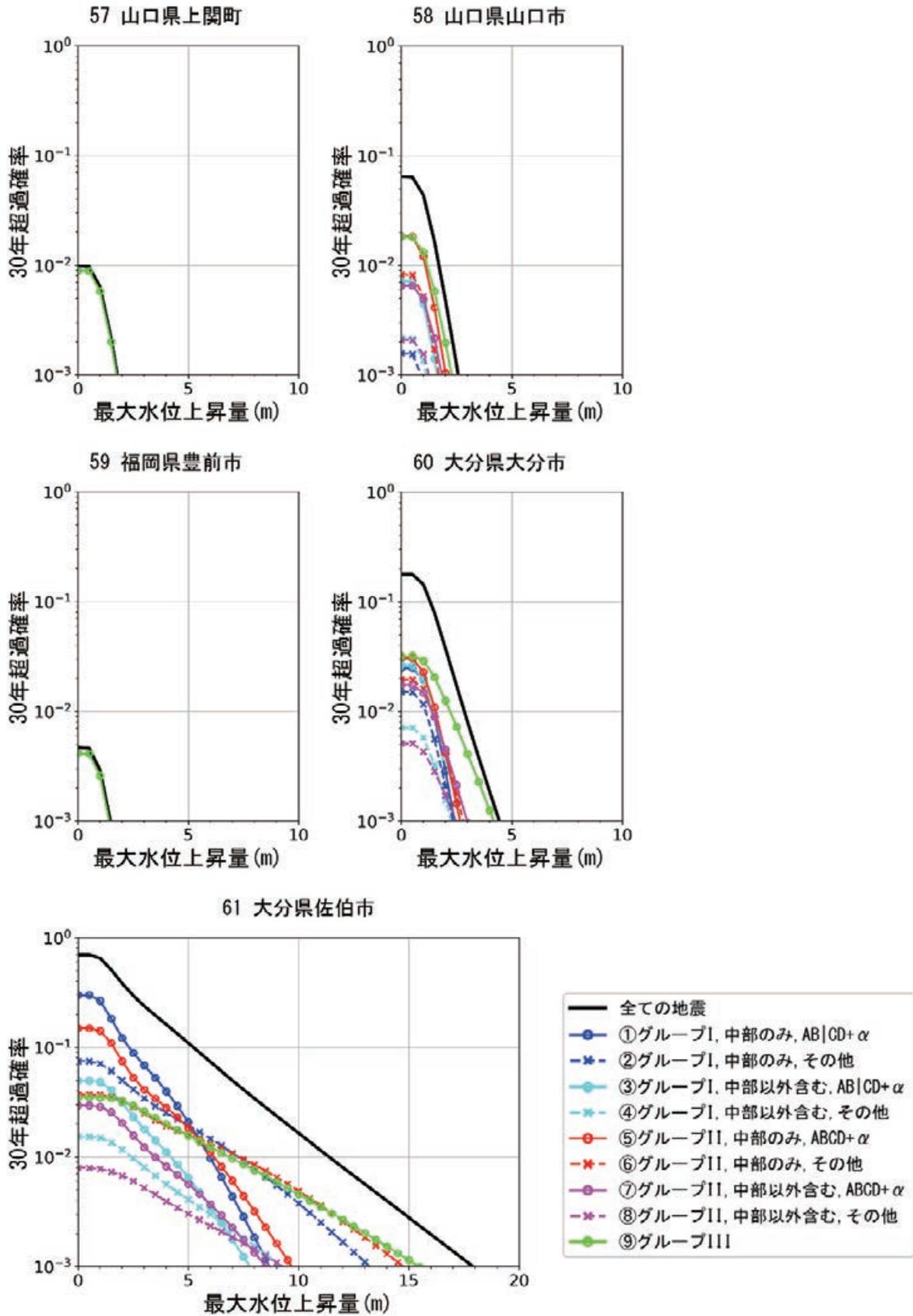


図 8.4.1-16 山口県上関町, 山口県山口市, 福岡県豊前市, 大分県大分市, 大分県佐伯市でのハザードカーブ

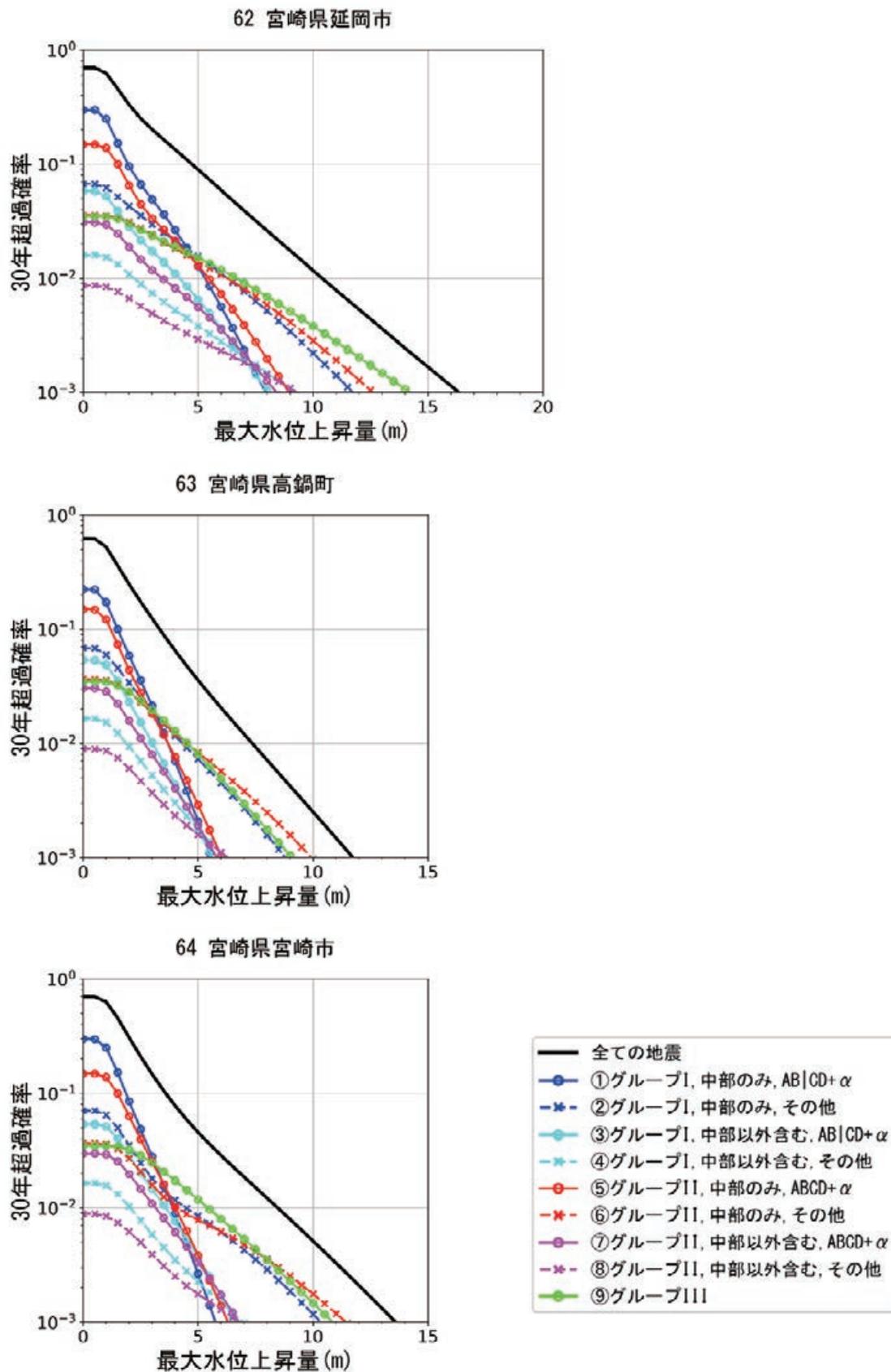


図 8.4.1-17 宮崎県延岡市, 宮崎県高鍋町, 宮崎県宮崎市でのハザードカーブ

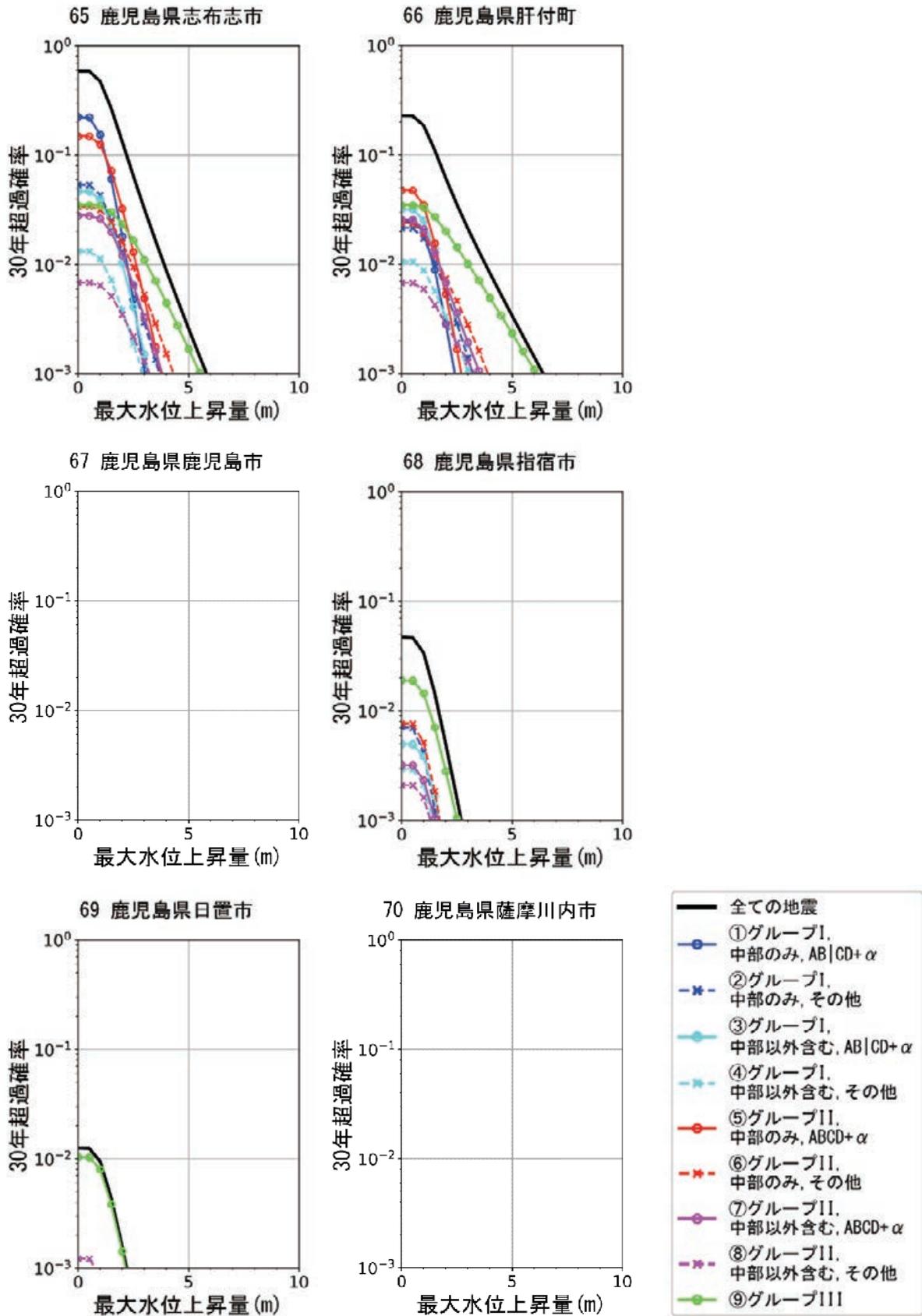


図 8.4.1-18 鹿児島県志布志市, 鹿児島県肝付町, 鹿児島県鹿児島市, 鹿児島県指宿市, 鹿児島県日置市, 鹿児島県薩摩川内市でのハザードカーブ

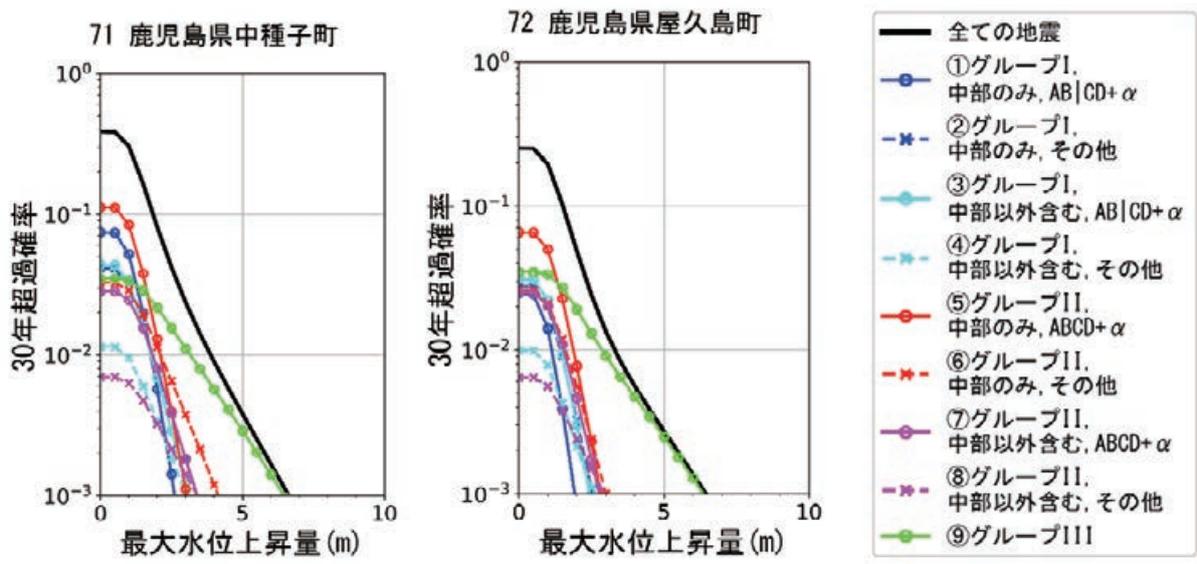


図 8.4.1-19 鹿児島県中種子町，鹿児島県屋久島町でのハザードカーブ

8.4.2 ハザードカーブの観察

8.4.1 項でハザード評価標本点 72 箇所のハザードカーブを示した。本項では、いくつかのハザード評価標本点のハザードカーブについて若干の考察を加える。

8.4.2.1 ハザードカーブにおいて観察される基本的なハザードの特徴

浅海部がほとんど存在せず、震源域に正対し、かつその震源域の短軸方向に概ね位置している海岸線は、30 年超過確率の値および、確率論的な最大水位上昇量の値、すなわちハザードレベル、が高くなる傾向が明瞭に観察される(例えば、「18 静岡県西伊豆町」(図 8.4.1-6)、「23 愛知県田原市」(図 8.4.1-7)、「30 三重県尾鷲市」(図 8.4.1-9)、「42 高知県室戸市」(図 8.4.1-12)、「43 高知県安芸市」(図 8.4.1-12)、「44 高知県高知市」(図 8.4.1-13)、「45 高知県黒須崎市」(図 8.4.1-13)、「46 高知県黒潮町」(図 8.4.1-13)、「47 高知県土佐清水市」(図 8.4.1-14))。これらの海岸線に関しては、震源域パターンあるいは地震パターンに依らず、最大水位上昇量が常に高い値を示すことがハザードレベルが高くなる主要因と考えられる。また、「10 東京都新島村」(図 8.4.1-4)など、深海から急に浅くなる海底地形を有する離島のハザードレベルも一般に高くなる傾向が認められる。

8.4.2.2 ハザード再分解からわかること

図 8.4.1-2 ～図 8.4.1-19 では、震源域パターンの 9 つのカテゴリ(8.3 節)に関して、ハザードカーブが再分解され、それぞれのカテゴリに対応する成分が描画されている。ここでは、典型例として「29 三重県志摩市」(図 8.4.1-9)に注目する。ハザード再分解表現を視察すると、最終的なハザードカーブ(黒実線)をもっとも強く支配しているのは、

- ・「①グループ I(走向方向に 3 セグメント以下の破壊等)のうち、中部のみが破壊する震源域パターン群」,
- ・「⑤グループ II(走向方向に 4 セグメント以上の破壊等)のうち、中部のみが破壊する震源域パターン群」,
- ・「⑨グループ III(最大クラス)の震源域パターン群」,

の 3 つであることが理解できる。このうち、①と⑤

の震源域パターン群の地震は過去実際に発生したと考えられていることから、他の震源域パターン群に比べて大きな重みが配分されている(8.3 節および図 8.3.4-1)。

⑨の「グループ III(最大クラス)の震源域パターン群」は、①および⑤の震源域パターン群に配分された重みに比べれば 1 桁以上小さな重みしか与えられていない。しかし、⑨の震源域パターン群から生じる津波は 9 つの震源域パターン群の中で最大となる傾向が認められるため、1 桁以上小さな重みしか与えられていなくとも最終的なハザードカーブに及ぼす影響は無視できない。

「①グループ Iのうち、中部のみが破壊する震源域パターン群」、「⑤グループ IIのうち、中部のみが破壊する震源域パターン群」および「⑨グループ III(最大クラス)の震源域パターン群」の 3 つの再分解要素は、他の多くのハザード評価標本点において、最終的なハザードカーブに最も強く影響を与えていることも観察できる。

また、最大水位上昇量の比較的低い領域では「①グループ Iのうち、中部のみが破壊する震源域パターン群」の寄与が、最大水位上昇量の比較的高い領域では「⑤グループ IIのうち、中部のみが破壊する震源域パターン群」の寄与が支配的であることが観察される。これは、グループ Iの震源域パターン群は比較的小さな地震規模、グループ IIの震源域パターン群は比較的大きな地震規模の地震であることと調和的である。

さらに最も低頻度かつ最も大きな最大水位上昇量の領域では「⑨グループ III(最大クラス)の震源域パターン群」が支配的となっている。このような領域の津波防災・減災を考えるうえで、「⑨グループ III(最大クラス)の震源域パターン群」を考慮することは必要不可欠であることを示している。

以上をまとめると、ほぼすべてのハザード評価標本点において、

- ・最大水位上昇量の比較的低い領域では「①グループ Iのうち、中部のみが破壊する震源域パターン群」の寄与が、
- ・最大水位上昇量の比較的高い領域では「⑤グループ IIのうち、中部のみが破壊する震源域パターン群」の寄与が、
- ・最も低頻度かつ最も大きな最大水位上昇量の領

域では「⑨グループ III (最大クラス) の震源域パターン群」が、それぞれ支配的ないし優勢であるという特徴が共通して認められる。

一方、南海トラフ沿いの地震発生帯の東方あるいは西方に位置する海岸線では、最終的ハザードカーブに強く影響を与える再分解要素が多少異なってくることも観察される。房総半島南東岸、伊豆七島など南海トラフの東方に位置する海岸線では、上述した共通の特徴に加え、最大水位上昇量の比較的高い領域において「③グループ I のうち、中部以外も破壊する震源域パターン群」および「⑦グループ II のうち、中部以外も破壊する震源域パターン群」の寄与が「⑨グループ III (最大クラス) の震源域パターン群」の次に優勢となっていることが観察される。おそらく、最大地震規模が M_w 8.7 で、相対的な重みも 0.0169 と比較的大きい、Nos.51, 59, 99, 107 の震源域パターン群が主として③および⑦のグループの寄与を優勢にしていると推測される。

また、四国の足摺岬以西の南海トラフの西方に位置する海岸線、特に九州東岸の海岸線では、上述した共通の特徴に加え、最大水位上昇量の比較的高い領域において、「②グループ I のうち、中部のみが破壊するが、過去発生したことが知られていない震源域パターン群」および「⑥グループ II のうち、中部のみが破壊するが、過去発生したことが知られていない震源域パターン群」の寄与が優勢となっていることが観察される。おそらく、最大地震規模が M_w 8.5 ないし 8.6 で、相対的な重みも 0.0029 ないし 0.0063 と極端に小さくなく、四国太平洋岸西武および日向灘に大きな震源域を有する Nos.27 ~ 32, 35 ~ 40, 43 ~ 48 の震源域パターン群が主として、②および⑥のグループの寄与を優勢にしていると推測される。

8.5 異なる重み配分が確率論的津波ハザード評価に与える影響

8.5.1 重み配分の認識論的不確定性

8.3 節で、震源域パターンと地震パターンへの重み配分方法について説明した。震源域パターンに対する重み(すなわち相対的発生確率)の配分は、まず(1)震源域の走向方向および傾斜方向の連動規模に関して重みを設定し(8.3.1 項)、次に(2)震源域パターンの傾斜方向の拡がり方に関して(8.3.2 項)、最後に(3)震源域パターンの走向方向の拡がり方と組合せに関して(8.3.3 項)それぞれ重みを設定するという順番でなされた。

ここで指摘しなければいけないことは、(1)の重み設定のうち、昭和・安政地震を代表とするグループ I の地震群と宝永地震を代表とするグループ II の地震群の重み設定は、過去の南海トラフの巨大地震の発生履歴を考慮して与えられたが(8.3.1 項の 8.3.1-1 式)、最大クラスの地震で構成されるグループ III の地震群に対する重み設定(8.3.1-2 式)、そして(2)および(3)の重み設定(8.3.2-1 式、8.3.3.1-1 式および 8.3.3.2-1 式)はそうではないという点である。

「南海トラフの地震活動の長期評価(第二版)」(地震調査委員会, 2013)(以下、特に必要のない限り、長期評価と略)では、南海トラフの巨大地震の繰り返し間隔が、昭和・安政地震クラスがおよそ 100 年から 200 年、それよりも規模が大きい宝永地震クラスがおよそ 300 年から 600 年と評価されている。この発生間隔に基づき、8.3.1 項では、昭和・安政地震を代表とするグループ I の地震群の重みを 2/3、宝永地震を代表とするグループ II の地震群の重みを 1/3 と設定した。

他方、(1)における最大クラスの地震群に対する重み設定に関しては、地震調査委員会(2014)の「全国地震動予測地図 2014 年版」の考え方と同様に、

- ・ 長期評価では、最大クラスの大地震の発生間隔はそれより規模の小さい大地震のそれよりも一桁以上長いと評価していること、
- ・ また、津波堆積物調査に基づき、約 2,000 年前に宝永地震よりも大きな津波が発生した可能性も指摘されていること(松岡・岡村, 2011)

の 2 点を考慮し、

- ・ (グループ I の地震群+グループ II の地震群):(グループ III の地震群) = 20/21 : 1/21, (8.3.1-2 式を再掲)

の比率で重みを配分した。

しかしながら、長期評価では「最大クラスの大地震の発生間隔は安政・昭和地震クラスおよび宝永地震クラスの大地震のそれよりも一桁以上長い」としか評価していない点には注意を要する。すなわち、安政・昭和地震クラスの発生間隔を概ね 100 年から 200 年程度とすると、最大クラスの発生間隔は 1000 年から 2000 年「以上」であろうと予想しているに過ぎない。つまり、長期評価は、最大クラスの地震の発生間隔は 1000 年かもしれないし、5000 年かもしれないし、あるいはそれ以上かもしれないと予想しているに他ならない。

また、津波堆積物調査に基づき、約 2000 年前に宝永地震よりも大きな津波が発生した可能性があるという指摘(松岡・岡村, 2011)は、そのような大津波が実際に発生していたとしても、最大クラスの地震の平均発生間隔が約 2000 年であることを意味していない。仮に最近数万年間で眺めた場合に最大クラスの地震が定常ポアソン過程にしたがって発生していて、その平均発生間隔が 5000 年だったとしても、最大クラスの地震の最新発生時期がたまたま 2000 年前だったのかもしれない。また、最大クラスの地震の発生を示唆する津波堆積物調査は、その調査地点が 1 点のみに限定されており、根拠としてはかなり弱いと言わざるを得ない。

一方、(2)と(3)の重み設定に関しては、過去実際に発生したもの(あるいは、過去そのように発生したと考えられているもの)と、そうでないものの 2 つに分けて重みを設定しているが、過去実際に発生したものと、そうでないもの(過去発生したことが知られていないが、次のサイクルで発生するもの)の重み配分はいずれの科学的根拠にも基づいておらず、地震調査委員会(2020)が主観的に決めた重みという性格を有している。

本節(8.5 節)では、重み配分におけるこれらの不確定性を「認識論的不確定性」として扱い、異なる重み配分によって、ハザードカーブがどのように変化するかについて検討する。

8.5.2 最大クラスの地震に対する重み配分の認識論的不確定性の影響

8.5.1 項で述べたように、8.3.1 項で採用した最大クラスの地震に対する重み配分(今後、「重み I」と呼ぶ)、

- ・「重み I」(グループ I の地震群+グループ II の地震群) : (グループ III の地震群) = 20/21 : 1/21

の科学的根拠は不明瞭である。

ここでは、最大クラスの地震から構成されるグループ III の地震群に対する重み配分が、どのようにハザードカーブに影響を与えるかを検討するため、表 8.5.2-1 に示される「重み II」および「重み III」を仮定し、それぞれについてハザードカーブを計算、「重み I」から得られるハザードカーブと比較する。なお、表 8.5.2-1 では比較のために「重み I」も記載している。

表 8.5.2-1 グループ III の重みに関する認識論的不確定性の影響を調べるために設定した重み配分

	(グループ I の地震群+グループ II の地震群)の重み	グループ III の地震群の重み
「重み I」	20 / 21	1 / 21
「重み II」	10 / 11	1 / 11
「重み III」	50 / 51	1 / 51

なお、この検討では、グループ III に与えられた相対的な重み配分の影響のみを調べるため、8.3 節で説明した他の重み配分は変えていない。

本項で検討する「重み I」、「重み II」および「重み III」を適用した場合の、9 つの地震カテゴリ(8.3.4 項)への最終的な重み配分枝図を図 8.5.2-1 ~ 図 8.5.2-3 に示す。

図 8.5.2-4 ~ 図 8.5.2-21 に、3 つの異なる重みを用いて推定された 3 種類のハザードカーブを、72 地点のハザード評価標本点それぞれについて、重ね描きし、比較した。

なお、千葉県浦安市 (No.7)、鹿児島県鹿児島市 (No.67)、鹿児島県薩摩川内市 (No.70) では、いずれの重みを適用した場合でも確率論的に予想される最大水位上昇量が 0 m を超える 30 年超過確率が 10^{-3} を下回っているため、図中にハザードカーブが描画されていない。

最大クラスの地震で構成されるグループ III の地震群に対する重みがハザードカーブに与える影響は無視できないほど大きい。例えば、静岡県下田市 (No.17)、静岡県浜松市西区 (No.22)、愛知県田原市 (No.23)、徳島県美波町 (No.41)、高知県室戸市 (No.42)、高知県土佐清水町 (No.47)、鹿児島県屋久島町 (No.72) などの地点では、最大水位上昇量が大きい領域で、30 年超過確率が大きく変化する。「重み I」の代わりに「重み II」あるいは「重み III」を適用した場合、最大水位上昇量が 20 m 程度あるいはそれ以上の領域で 30 年超過確率は最大で倍半分近く変化する。

一例として、「重み I」、「重み II」、「重み III」をそれぞれ適用した場合に得られる高知県室戸市 (No.42) の 3 つのハザードカーブをそれぞれ 9 つの地震カテゴリに再分解し、比較する(図 8.5.2-22)。

グループ III の地震群に対する重みをもっとも大きい「重み II」を適用した場合のハザードカーブの再分解表現を観察すると、最大水位上昇量の小さい領域を除き、グループ III の地震群(円付き緑実線)が最終的なハザードカーブを最も強く支配していることがわかる。「重み II」を適用した場合、グループ III の地震群(円付き緑実線)の寄与が一番大きくなり始める最大水位上昇量は 5.5 m 程度で、それ以降最大水位上昇量が大きくなるにつれ、その寄与が増大し、最大水位上昇量 15 m 以上の領域では最終的なハザードカーブが示す 30 年超過確率のおよそ 7 割から 8 割以上はグループ III の地震群の寄与が占めることがわかる(図 8.5.2-22 (b))。

「重み I」はグループ III の地震群に対する重みが中程度である(表 8.5.2-1)。「重み I」を適用した場合、依然として、最大水位上昇量が小さくない領域でグループ III の地震群(円付き緑実線)が支配的であることが確認できる(図 8.5.2-22 (a))。しかし、グループ III が最終的なハザードカーブに影響を与える程度は、「重み 2」の場合に比べればやや小さくなる。最大水位上昇量が約 7.5 m を超えると、グループ III の地震群の寄与をもっとも大きくなり始め、それ以降最大水位上昇量が大きくなるにつれ、その寄与が増大する。最大水位上昇量 15 m では最終的なハザードカーブが示す 30 年超過確率のおよそ 6 割、18 m 以上の領域では 30 年超過確率のおよそ 8 割以上はグループ III の地震群の寄与が占めるようになる

(図 8.5.2-22 (a)).

「重み III」はグループ III の地震群に対する重みがいちばん小さい(表 8.5.2-1)。「重み III」を適用した場合、最大水位上昇量が大きい領域でかろうじてグループ III の地震群(円付き緑実線)が支配的になることが確認できる(図 8.5.2-22 (c)). 最大水位上昇量が 11 m を超えると、グループ III の地震群の寄与がいちばん大きくなり始め、それ以降最大水位上昇量が大きくなるにつれ、その寄与が増大するのは「重み I」および「重み II」の場合と同じであるが、最終的ハザードカーブに及ぼす影響の程度はいちばん小さくなる。グループ III の地震群の寄与は、最大水位上昇量 15 m においても最終的ハザードカーブが示す 30 年超過確率の半分以下に留まっていることがわかる(図 8.5.2-22 (c)).

「重み I」、「重み II」および「重み III」では、グループ I + グループ II の地震群に対するグループ III の地震群の相対的な重みのみが変化していることは既に述べた(例えば、表 8.5.2-1)。一方で、グループ I とグループ II を構成する 8 つの地震カテゴリの地震群間の重み配分は変わっていない(8.3 節も参考)。このため、図 8.5.2-22 の (a) ~ (c) 各図のハザード再分解表現における、8 つの地震群に対するハザードカーブ(同図の凡例の①~⑧)同士の相対的な位置関係はほぼ等しくなっている。

本項で検討した結果によれば、静岡県下田市(No.17)、静岡県浜松市西区(No.22)、愛知県田原市(No.23)、徳島県美波町(No.41)、高知県室戸市(No.42)、高知県土佐清水町(No.47)、鹿児島県屋久島町(No.72)などの地点で、最大水位上昇量が大きい領域の 30 年超過確率の値について取扱う場合、本質的にグループ III に対する重みの認識論的不確定性に注意する必要があると考えられる。

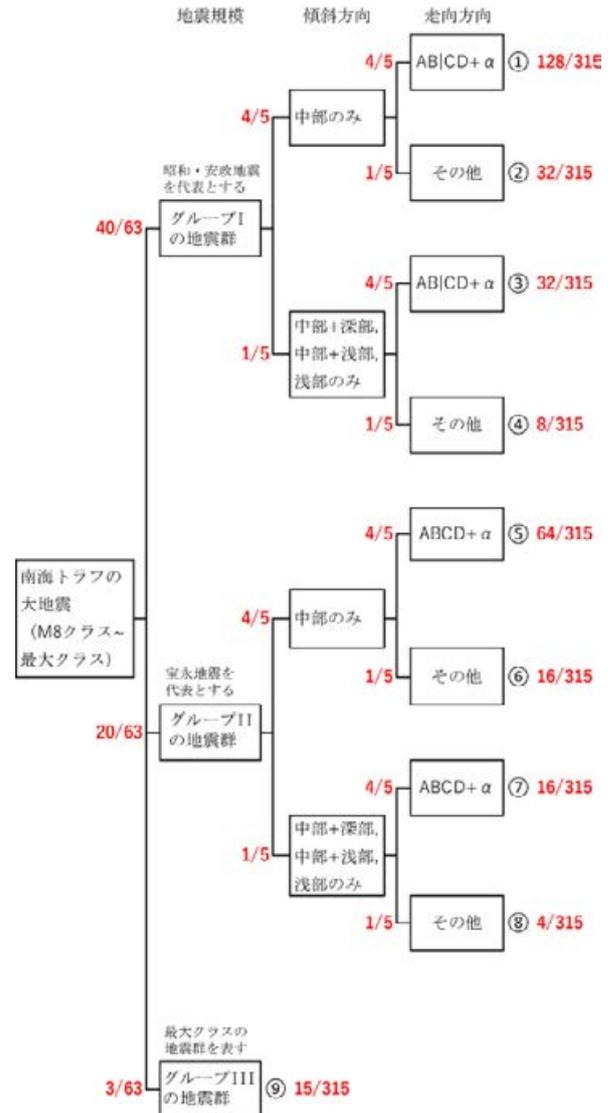


図 8.5.2-1 重み I を適用した 9 つの地震カテゴリへの重みの配分枝図(図 8.3.4-1 再掲)

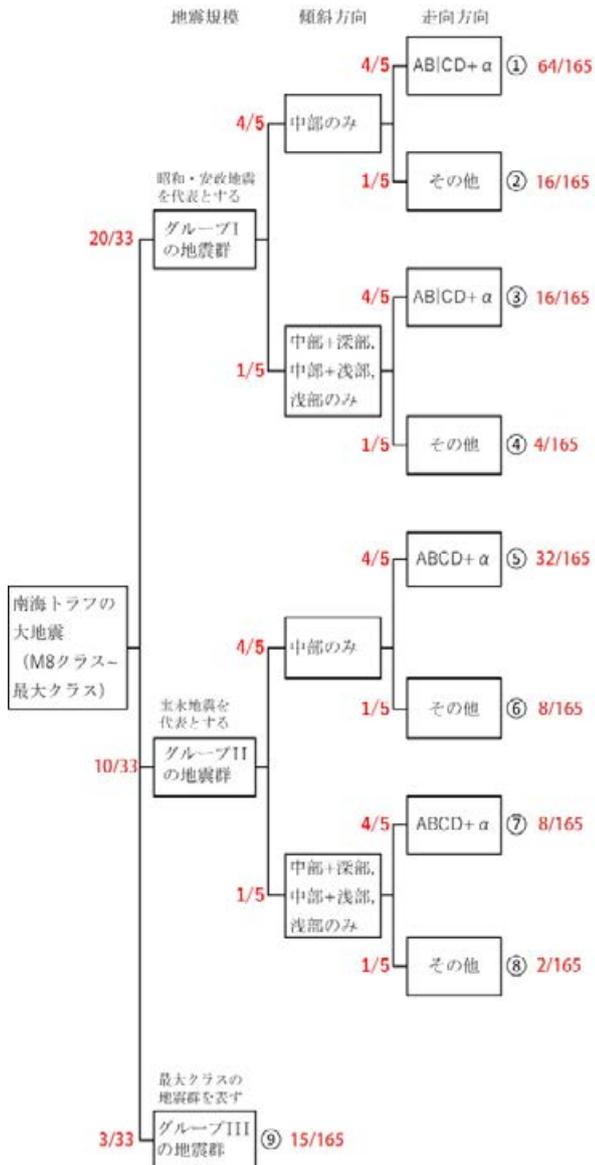


図 8.5.2-2 重み II を適用した 9 つの地震カテゴリへの重みの配分枝図. 重み I を適用した枝図 (図 8.5.2-1) と比べ, 「地震規模」(より正確には走向方向および傾斜方向の連動規模) の枝の重み配分が異なっている.

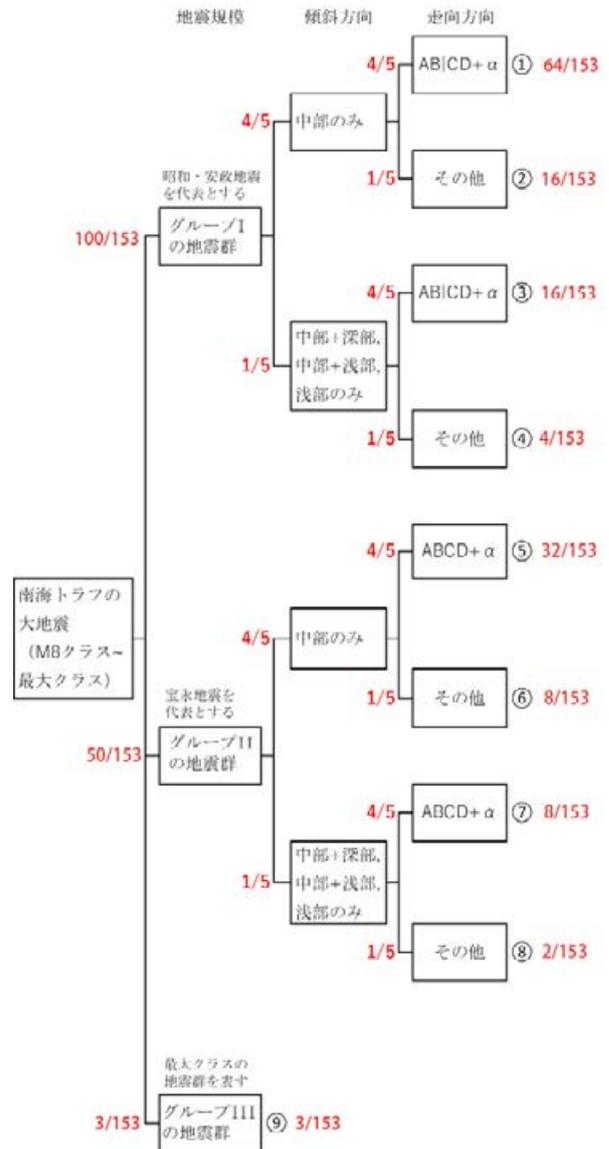


図 8.5.2-3 重み III を適用した 9 つの地震カテゴリへの重みの配分枝図. 重み I を適用した枝図 (図 8.5.2-1) および重み II を適用した枝図 (図 8.5.2-2), と比べ, 「地震規模」(より正確には走向方向および傾斜方向の連動規模) の枝の重み配分が異なっている.

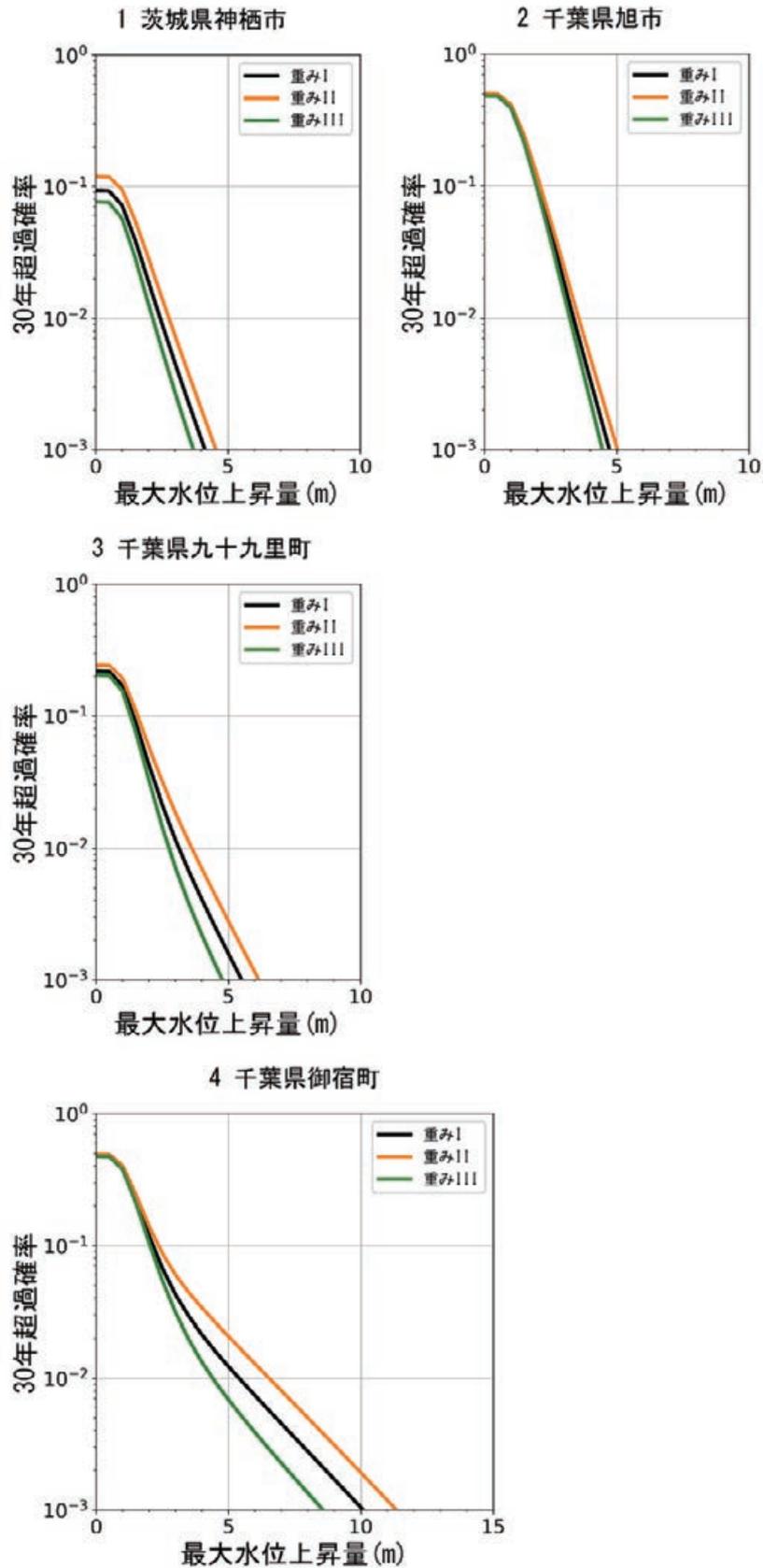


図 8.5.2-4 異なる 3 種類の重みを用いた茨城県神栖市，千葉県旭市，千葉県九十九里町，千葉県御宿町でのハザードカーブ比較

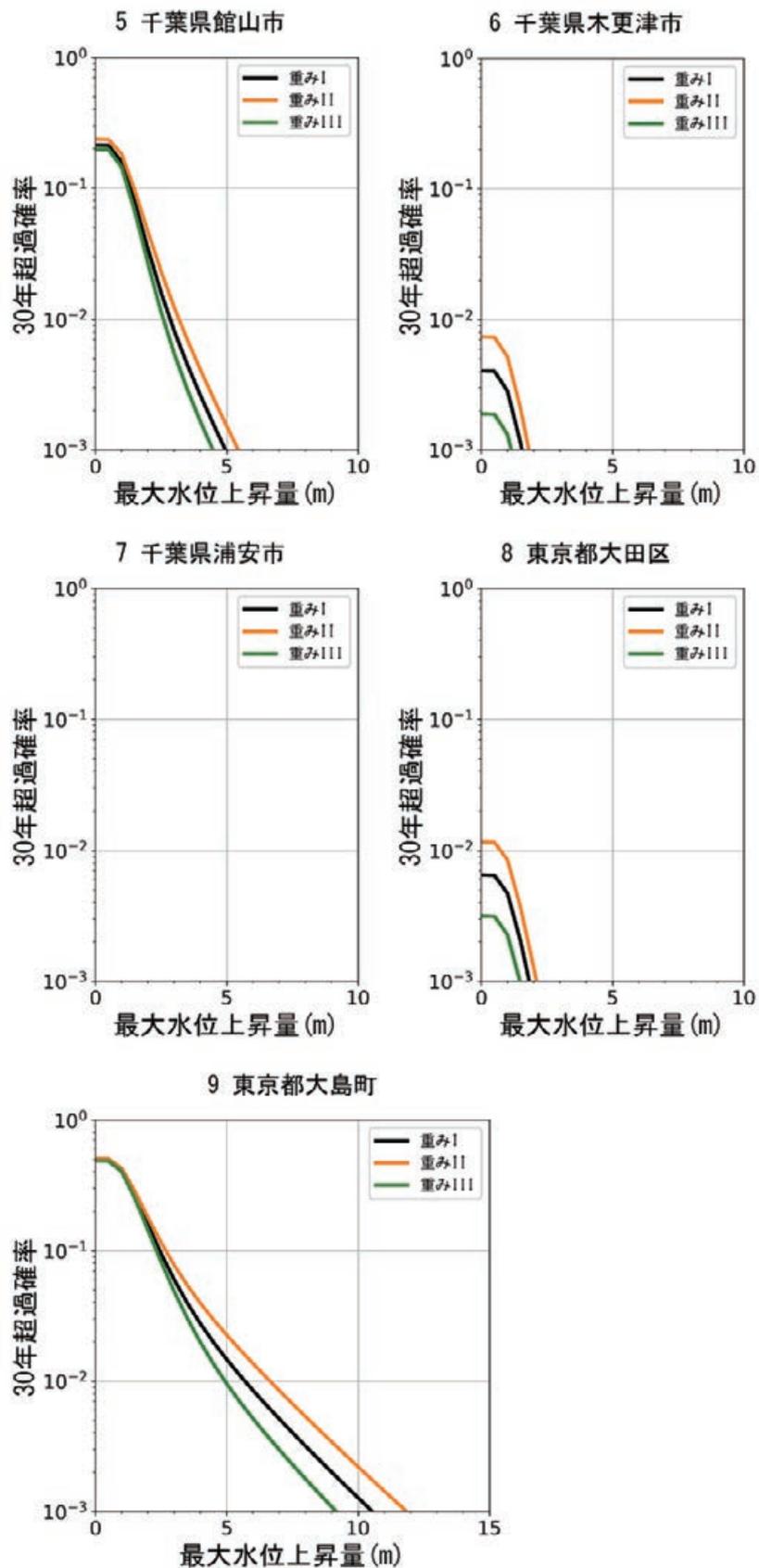


図 8.5.2-5 異なる 3 種類の重みを用いた千葉県館山市，千葉県木更津市，千葉県浦安市，東京都大田区，東京都大島町でのハザードカーブ比較

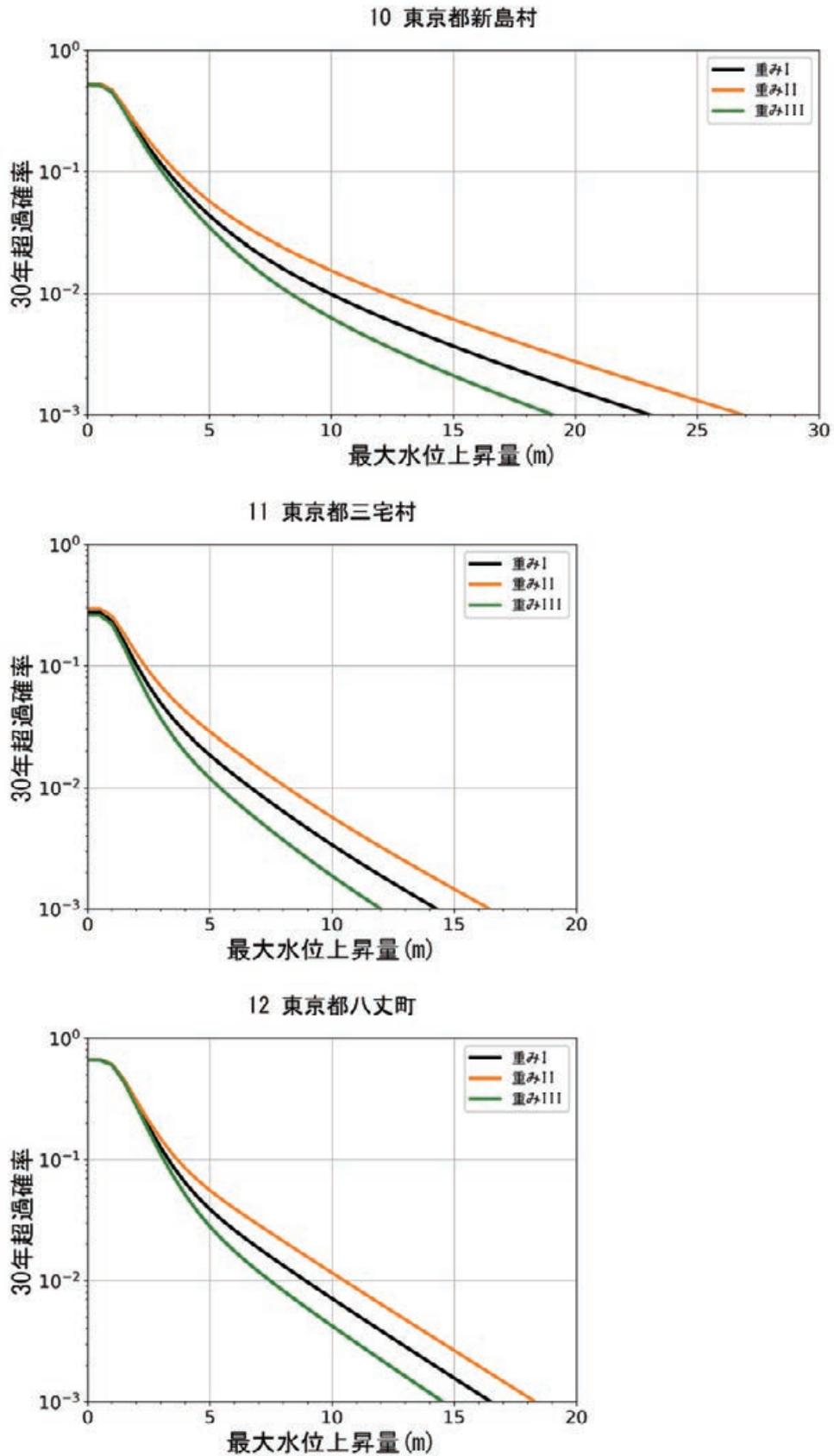


図 8.5.2-6 異なる 3 種類の重みを用いた東京都新島村, 東京都三宅村, 東京都八丈町でのハザードカーブ比較

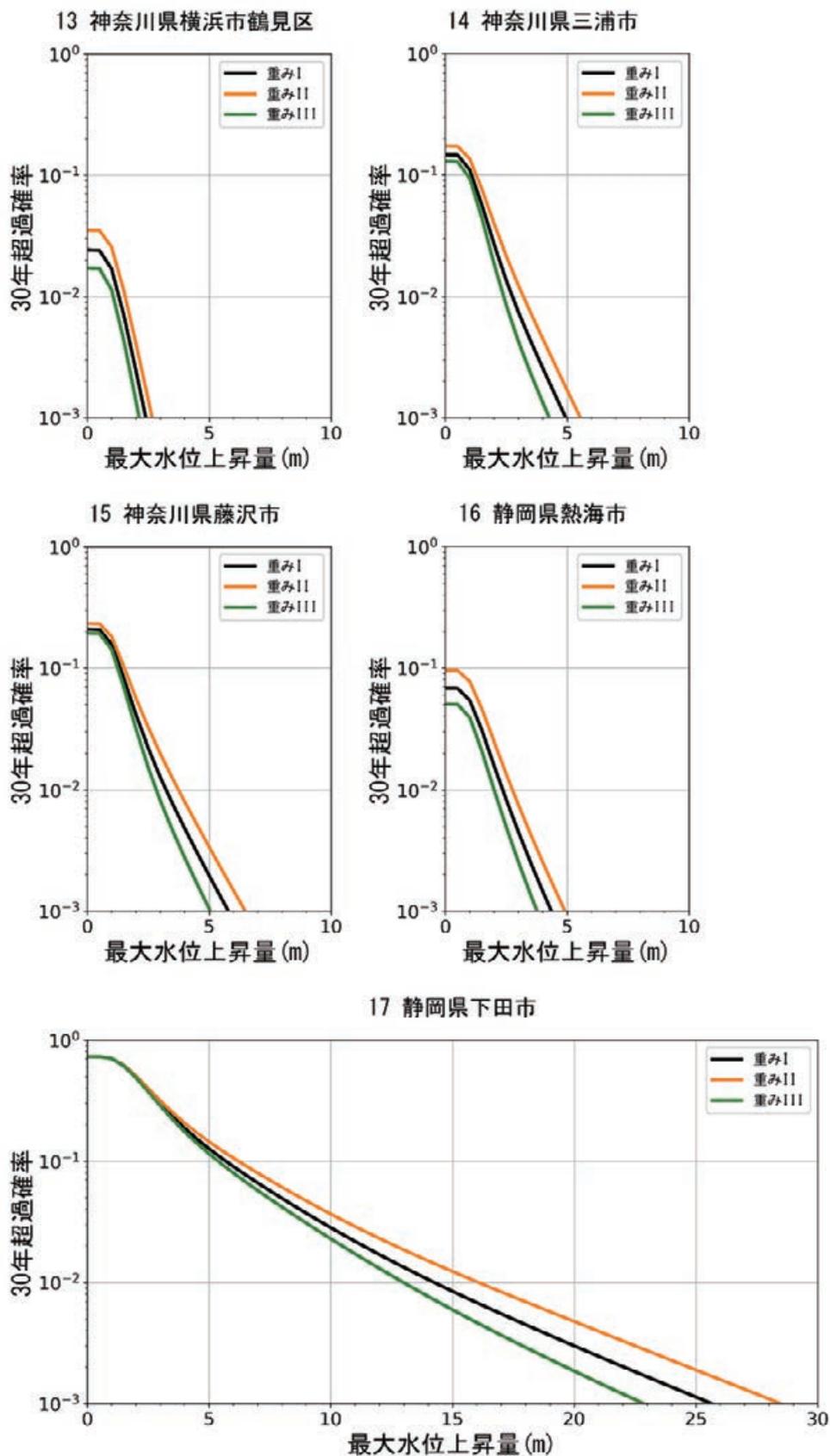


図 8.5.2-7 異なる 3 種類の重みを用いた神奈川県横浜市鶴見区, 神奈川県三浦市, 神奈川県藤沢市, 静岡県熱海市, 静岡県下田市でのハザードカーブ比較

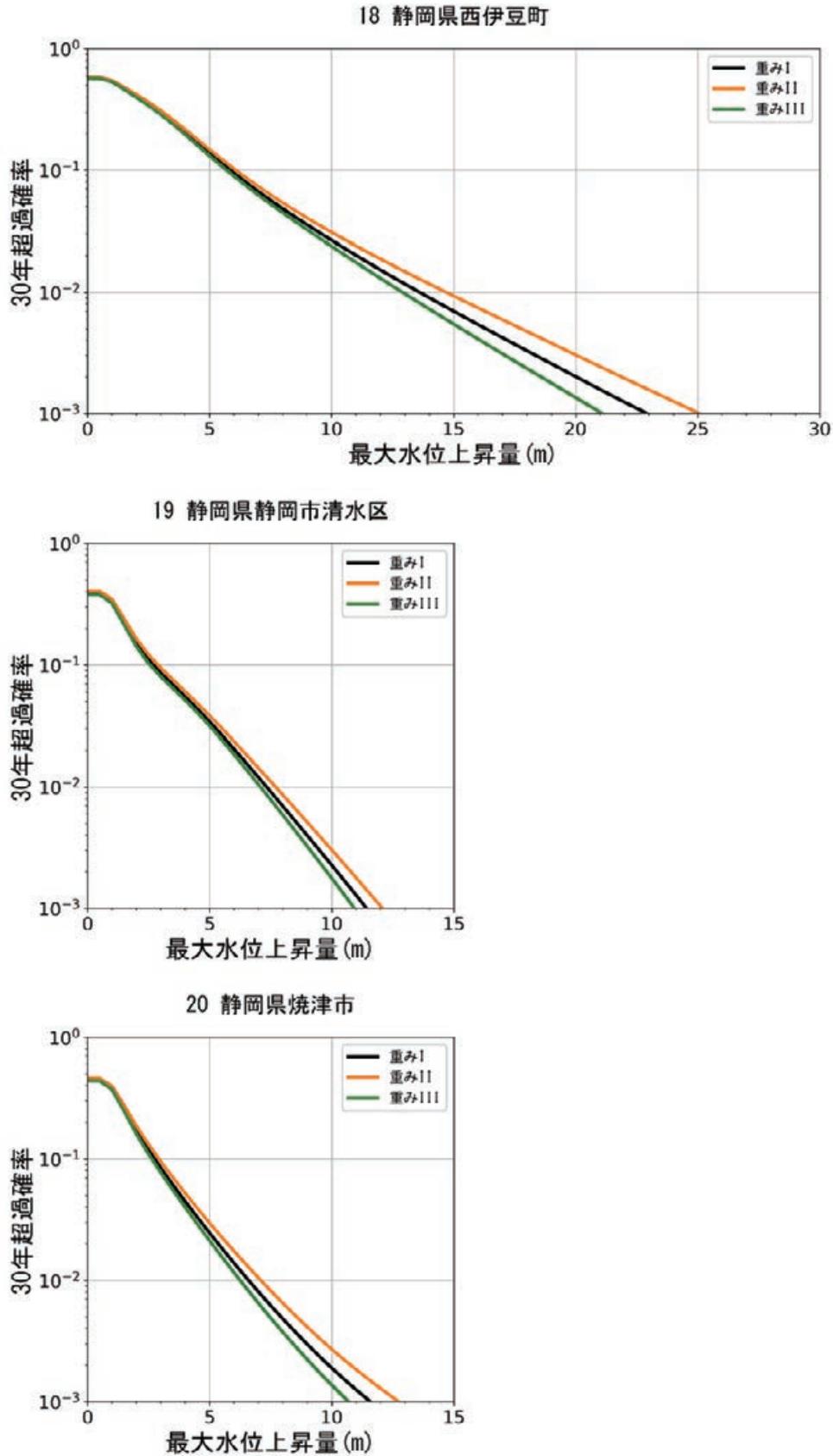


図 8.5.2-8 異なる 3 種類の重みを用いた静岡県西伊豆町，静岡県静岡市清水区，静岡県焼津市でのハザードカーブ比較

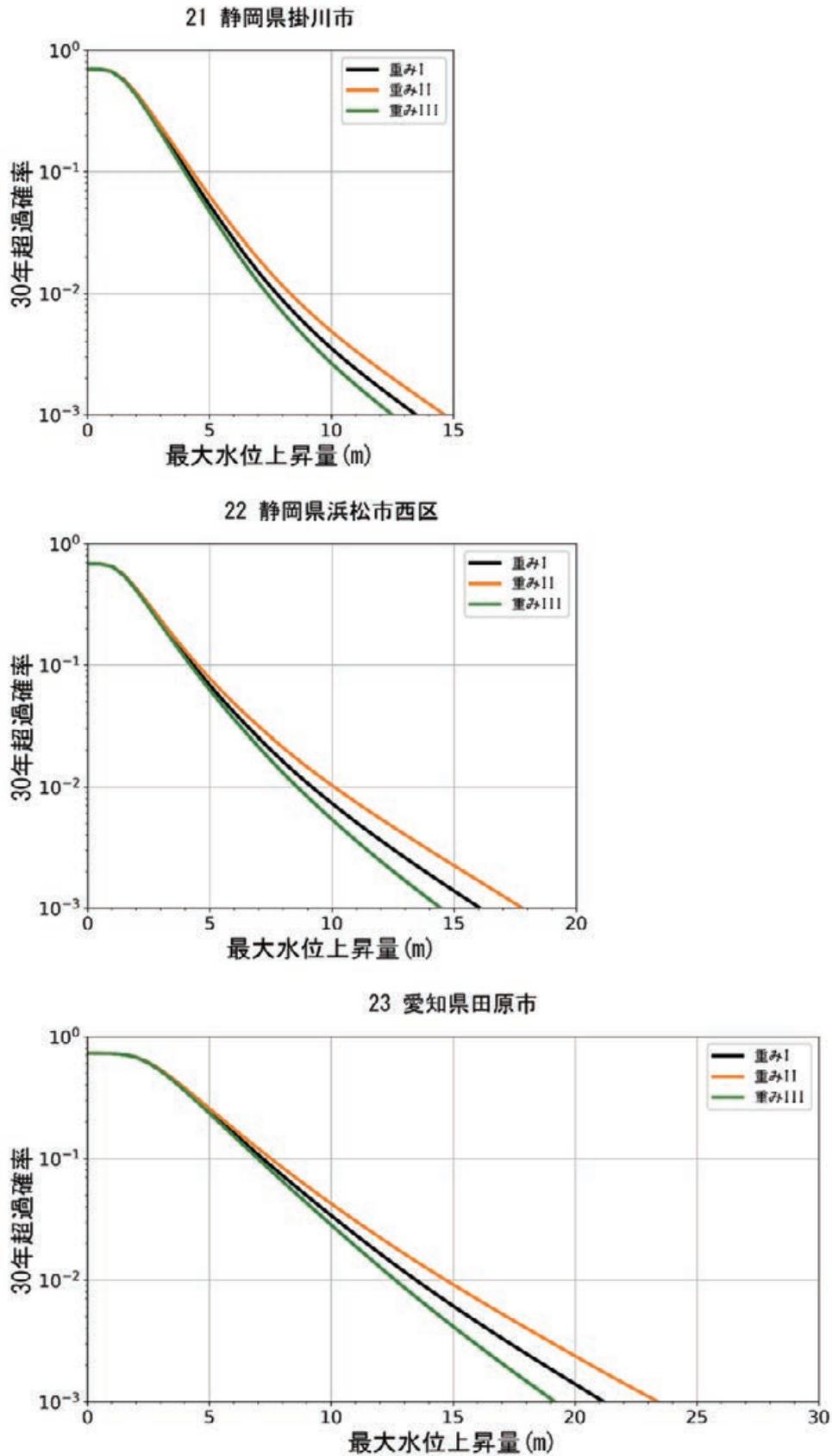


図 8.5.2-9 異なる 3 種類の重みを用いた静岡県掛川市, 静岡県浜松市西区, 愛知県田原市でのハザードカーブ比較

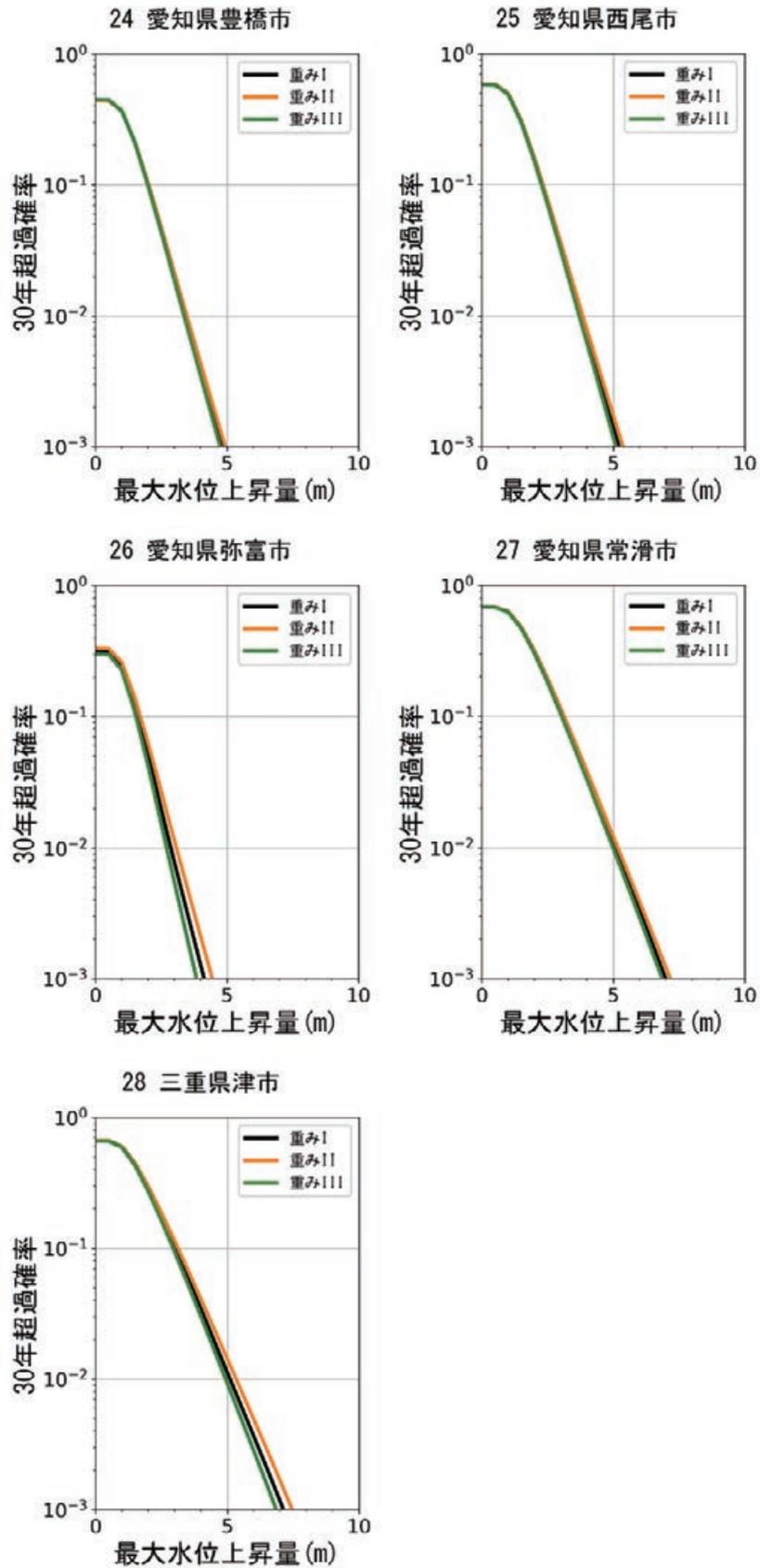


図 8.5.2-10 異なる 3 種類の重みを用いた愛知県豊橋市，愛知県西尾市，愛知県弥富市，愛知県常滑市，三重県津市でのハザードカーブ比較

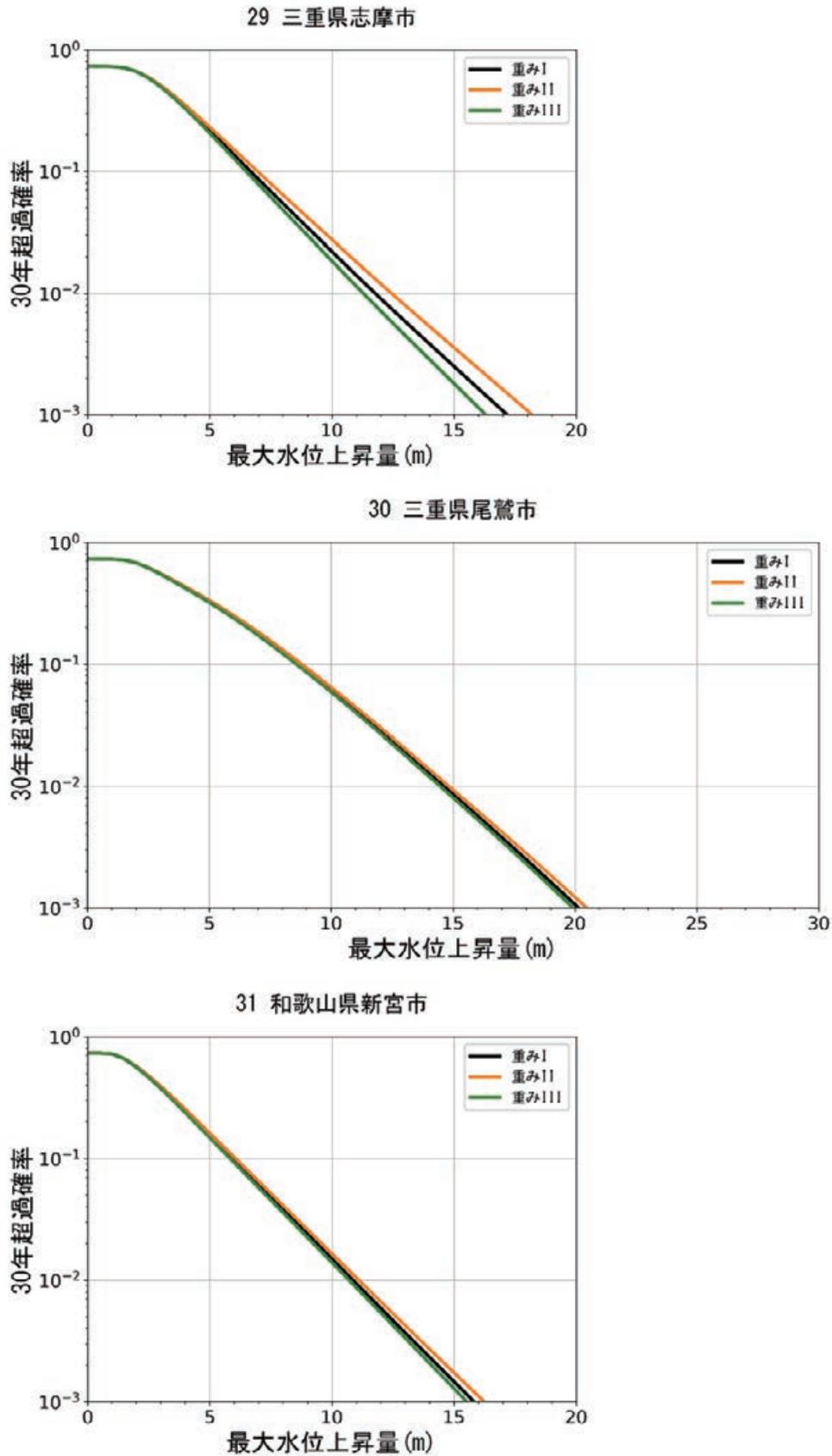


図 8.5.2-11 異なる 3 種類の重みを用いた三重県志摩市, 三重県尾鷲市, 和歌山県新宮市でのハザードカーブ比較

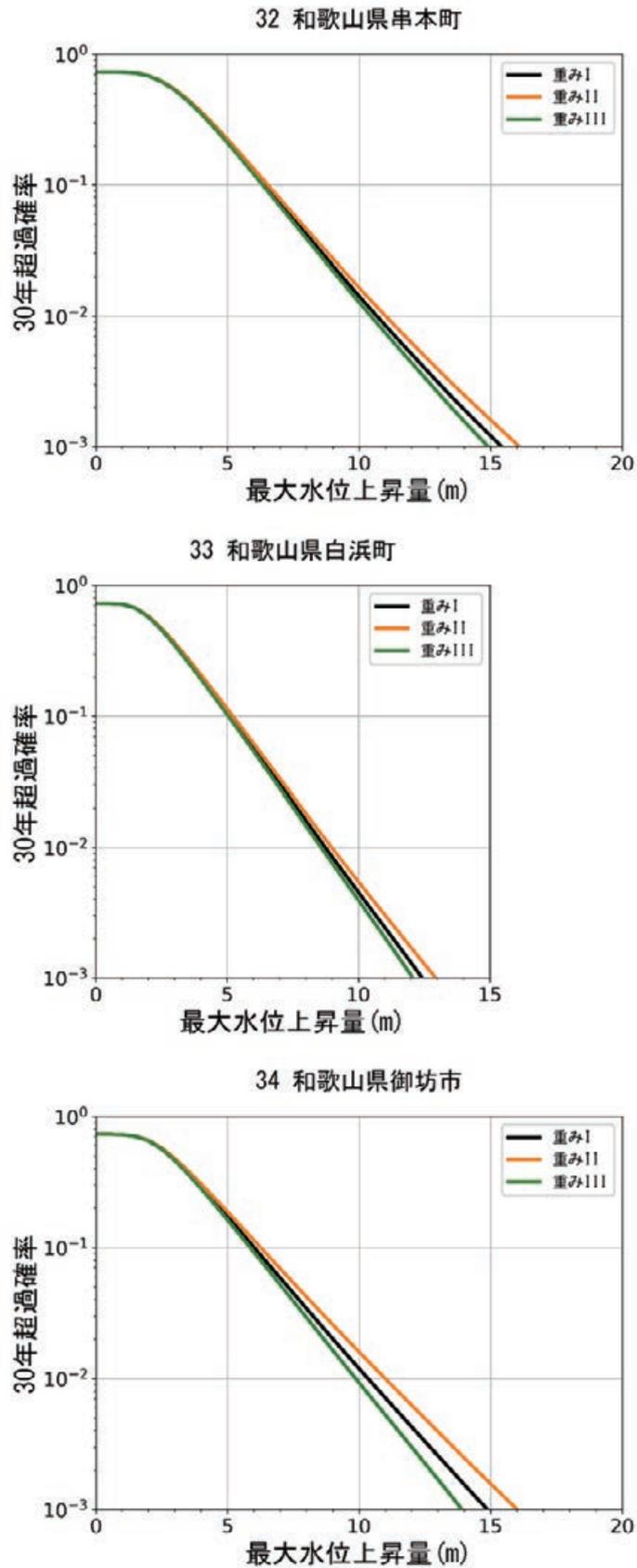


図 8.5.2-12 異なる 3 種類の重みを用いた和歌山県串本町, 和歌山県白浜町, 和歌山県御坊市でのハザードカーブ比較

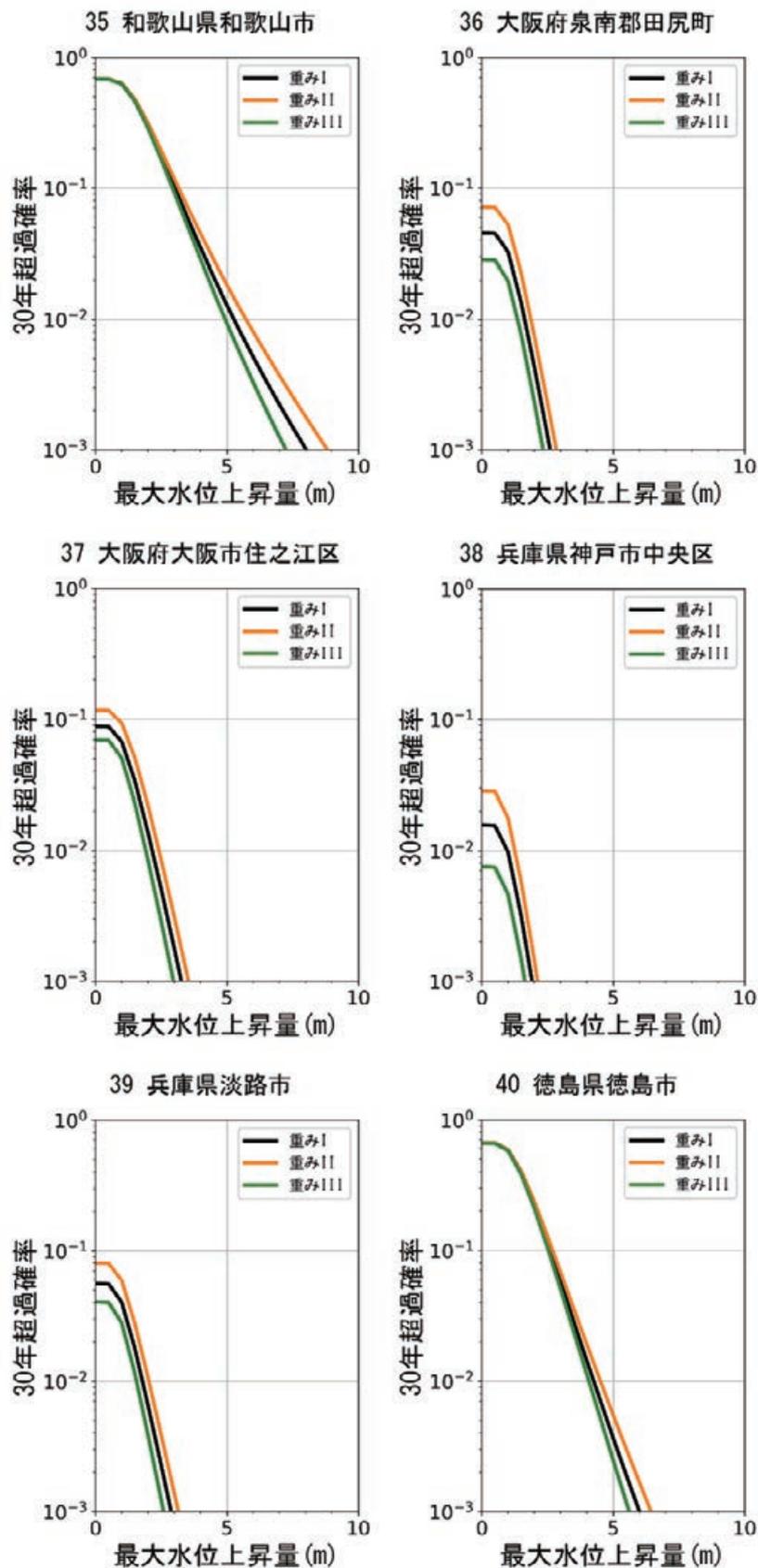


図 8.5.2-13 異なる 3 種類の重みを用いた和歌山県和歌山市，大阪府泉南郡田尻町，大阪府大阪市住之江区，兵庫県神戸市中央区，兵庫県淡路市，徳島県徳島市でのハザードカーブ比較

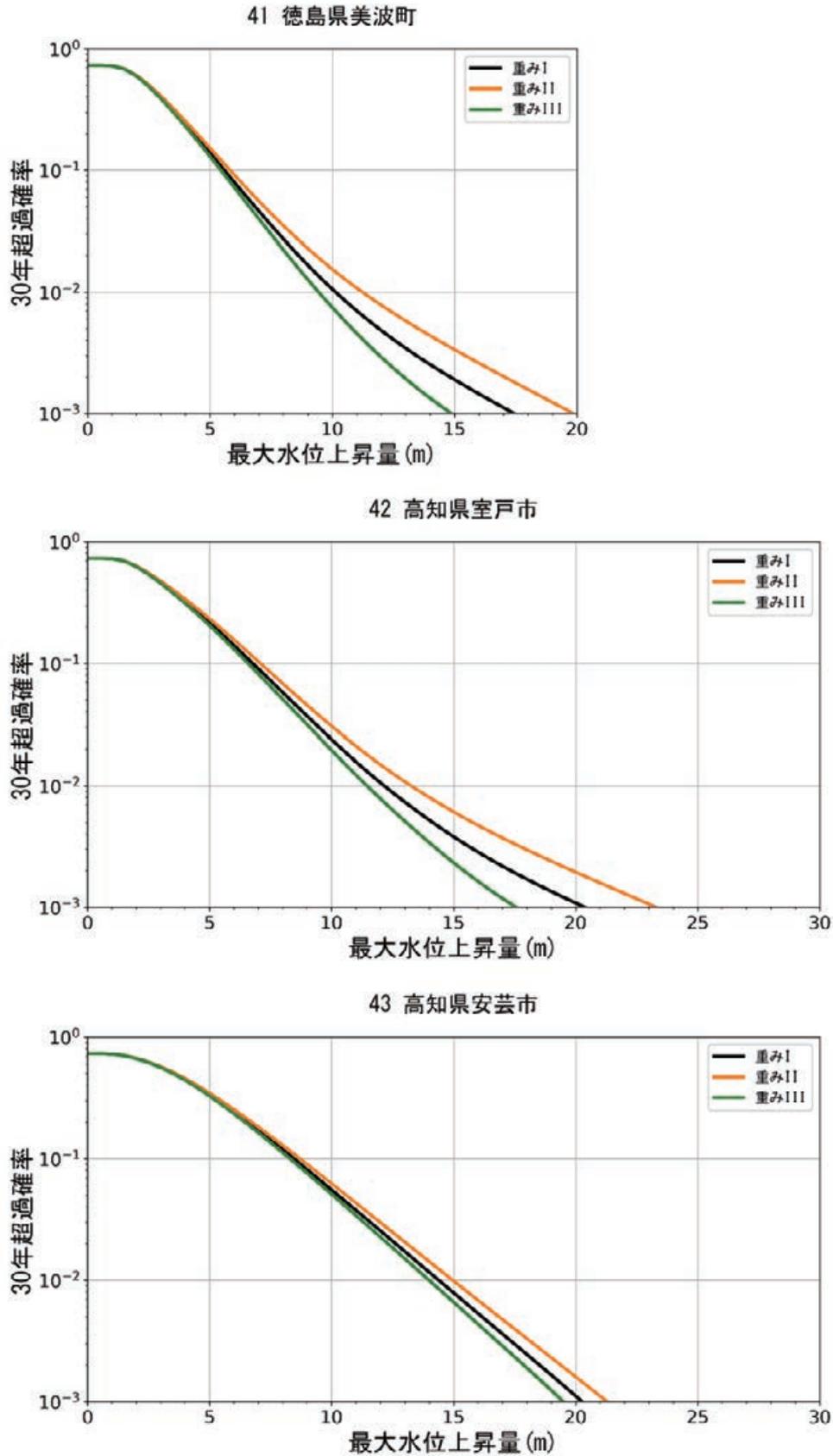


図 8.5.2-14 異なる 3 種類の重みを用いた徳島県美波町, 高知県室戸市, 高知県安芸市でのハザードカーブ比較

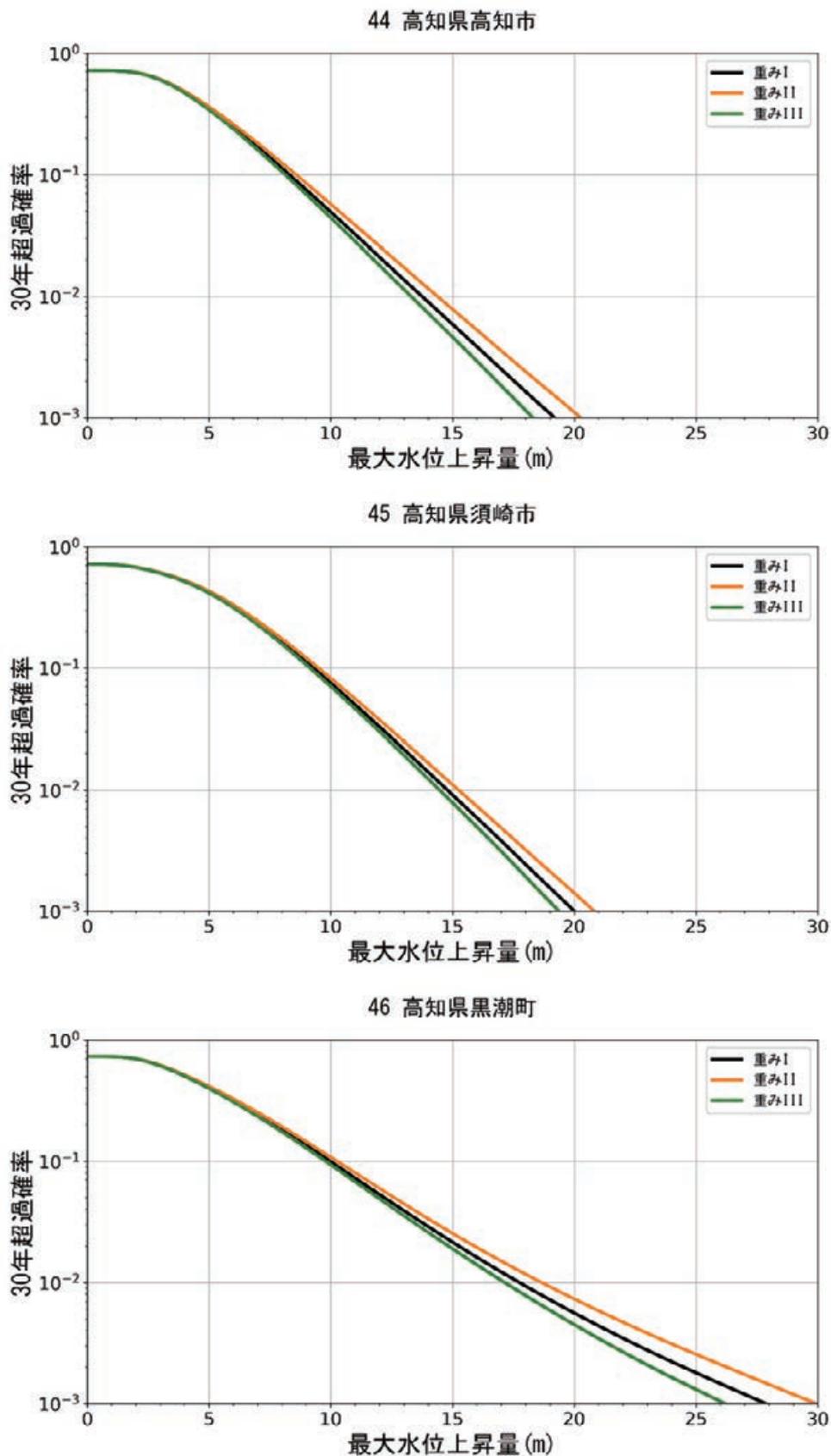


図 8.5.2-15 異なる 3 種類の重みを用いた高知県高知市，高知県須崎市，高知県黒潮町でのハザードカーブ比較

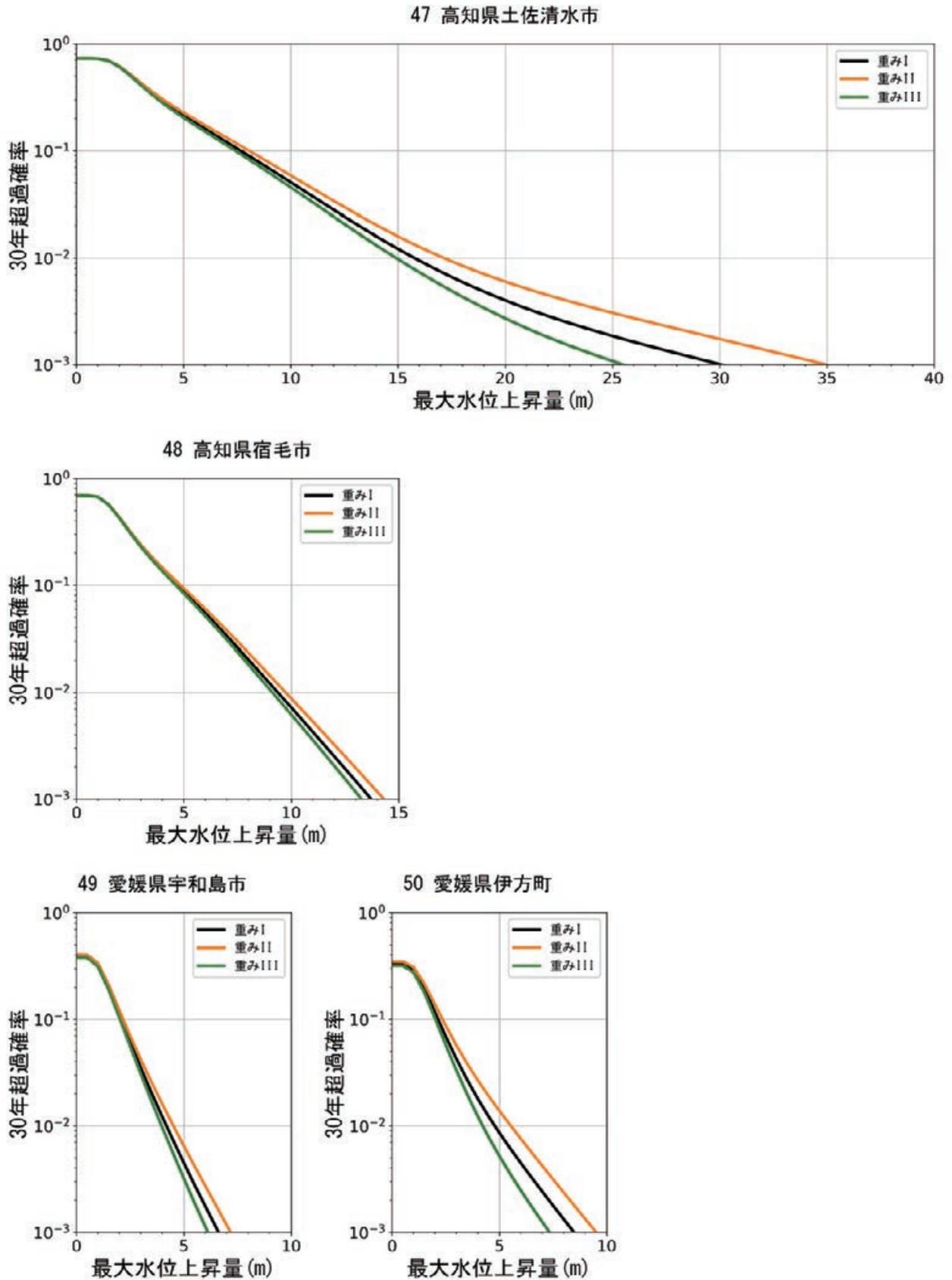


図 8.5.2-16 異なる 3 種類の重みを用いた高知県土佐清水市，高知県宿毛市，愛媛県宇和島市，愛媛県伊方町でのハザードカーブ比較

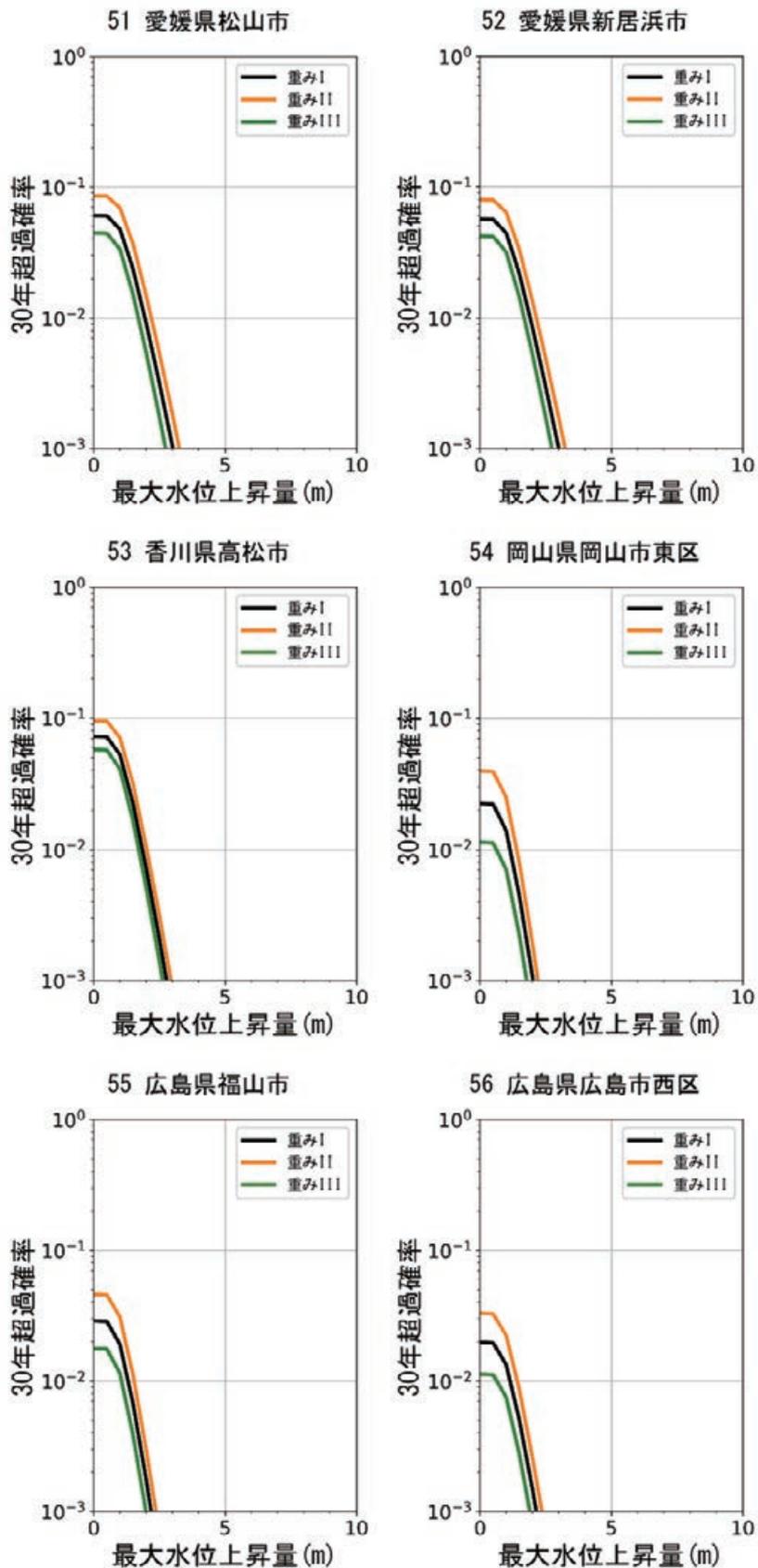


図 8.5.2-17 異なる 3 種類の重みを用いた愛媛県松山市，愛媛県新居浜市，香川県高松市，岡山県岡山市東区，広島県福山市，広島県広島市西区でのハザードカーブ比較

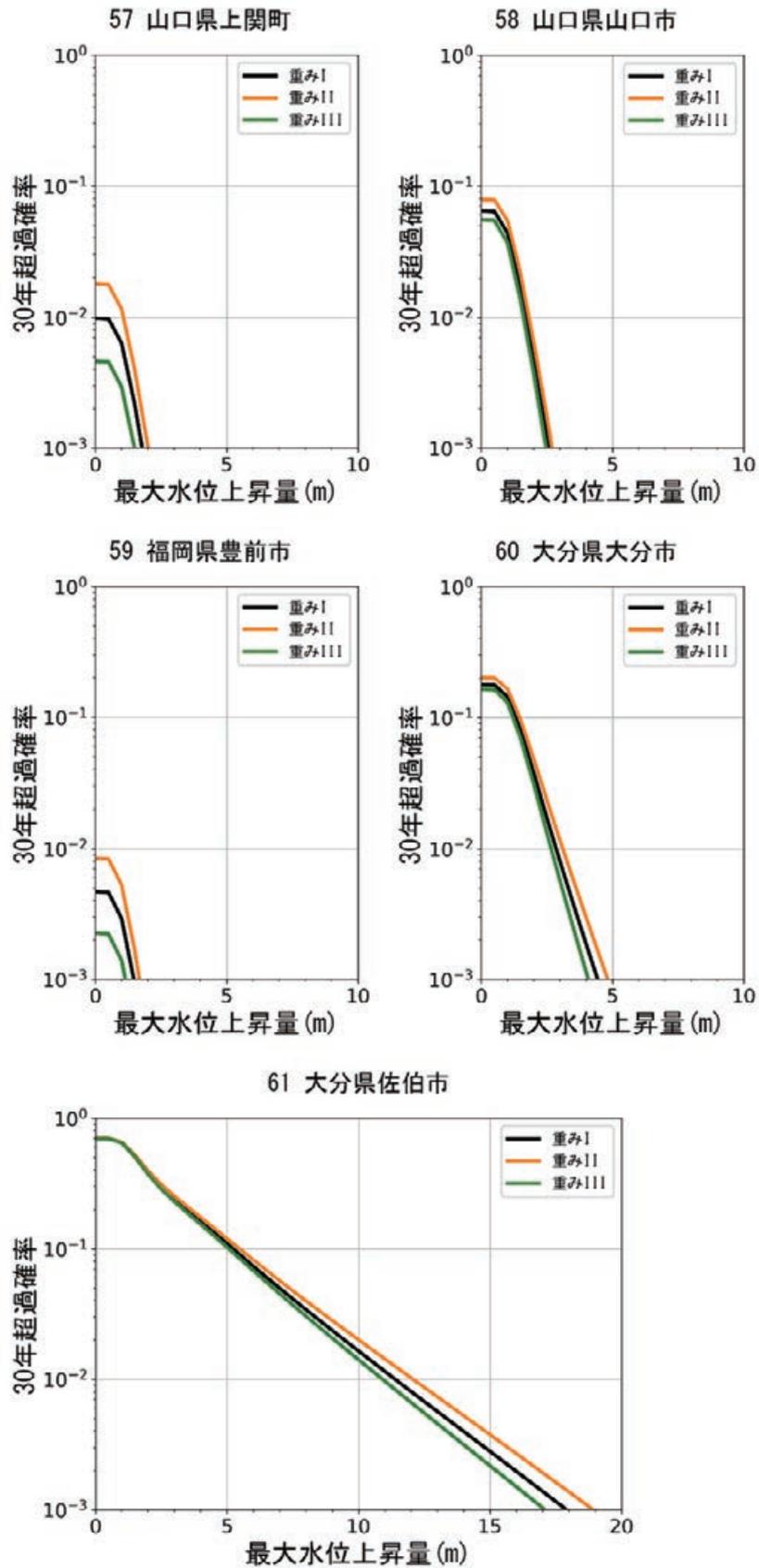


図 8.5.2-18 異なる 3 種類の重みを用いた山口県上関町，山口県山口市，福岡県豊前市，大分県大分市，大分県佐伯市でのハザードカーブ比較

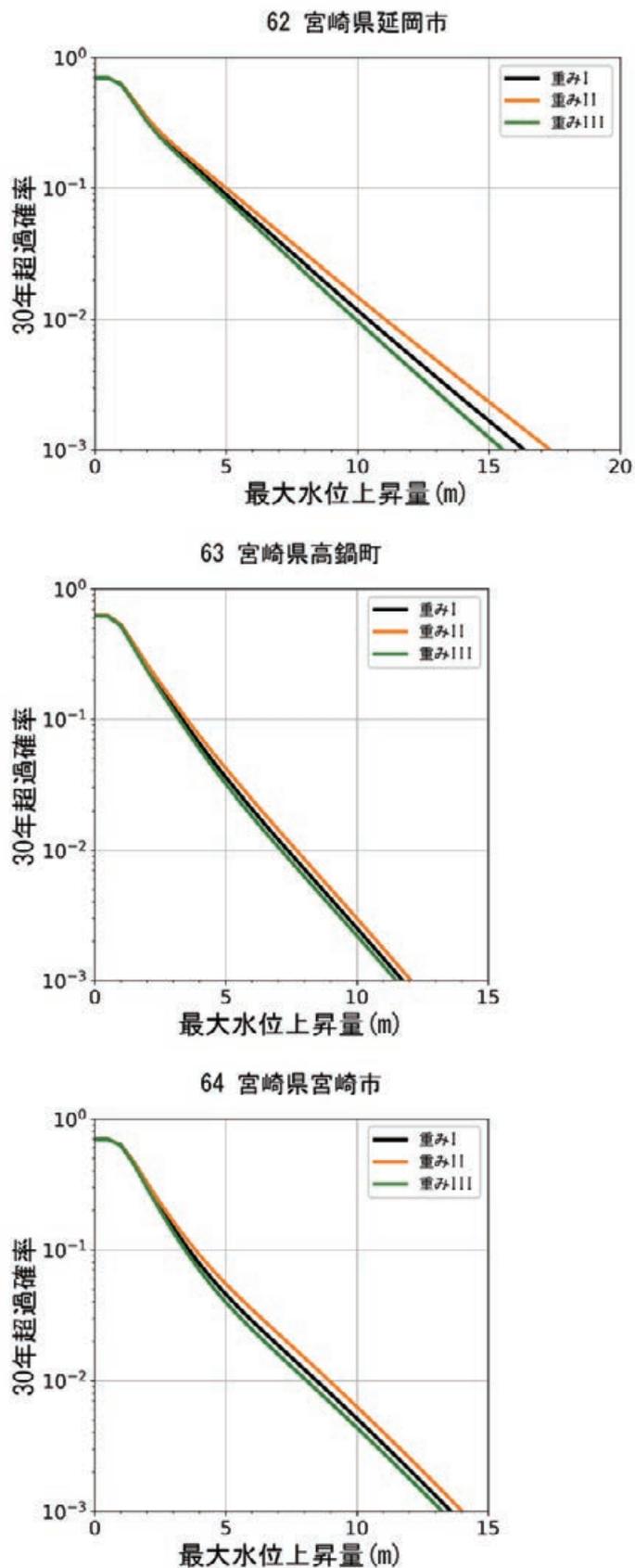


図 8.5.2-19 異なる 3 種類の重みを用いた宮崎県延岡市, 宮崎県高鍋町, 宮崎県宮崎市でのハザードカーブ比較

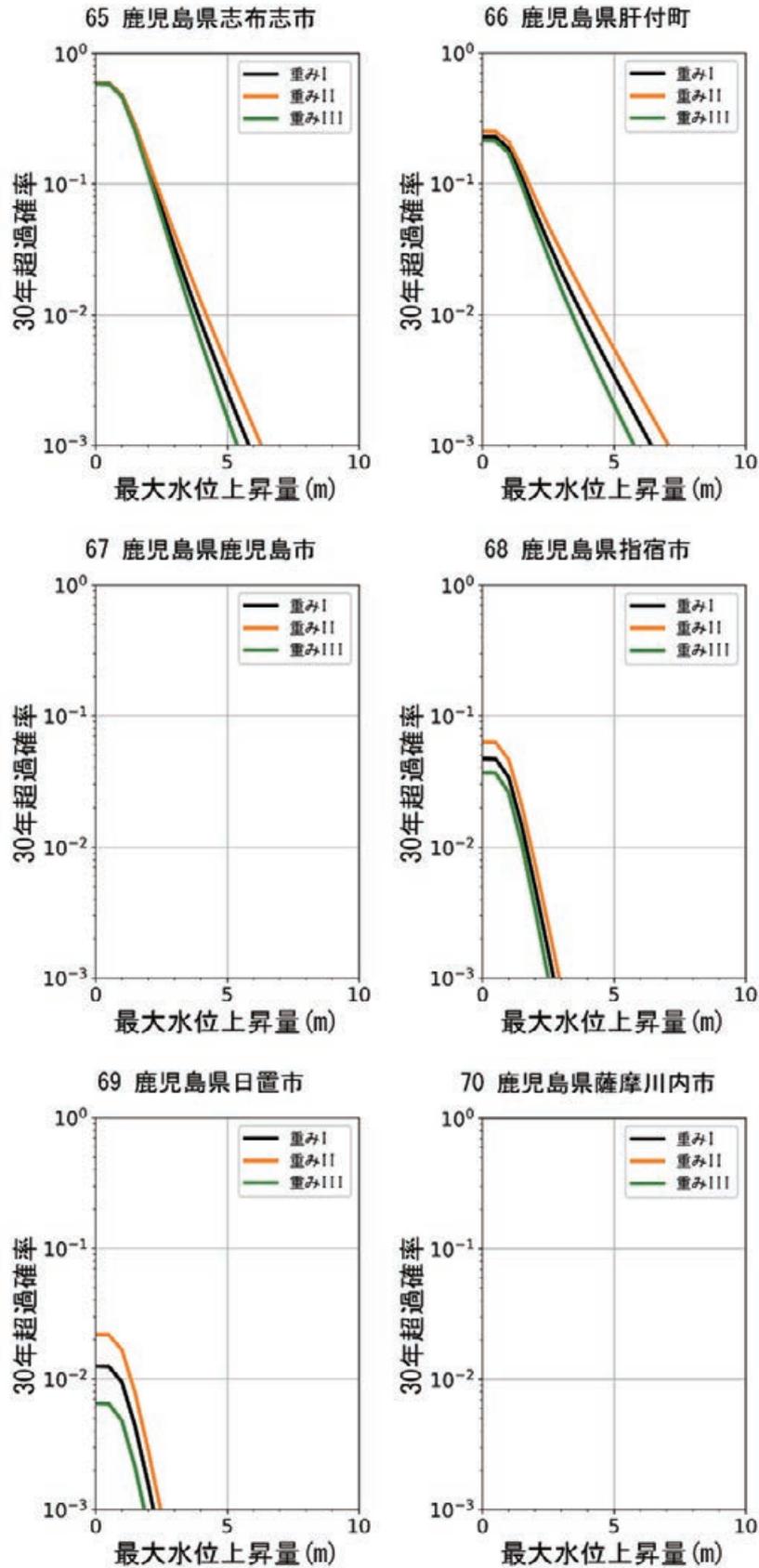


図 8.5.2-20 異なる 3 種類の重みを用いた鹿児島県志布志市，鹿児島県肝付町，鹿児島県鹿児島市，鹿児島県指宿市，鹿児島県日置市，鹿児島県薩摩川内市でのハザードカーブ比較

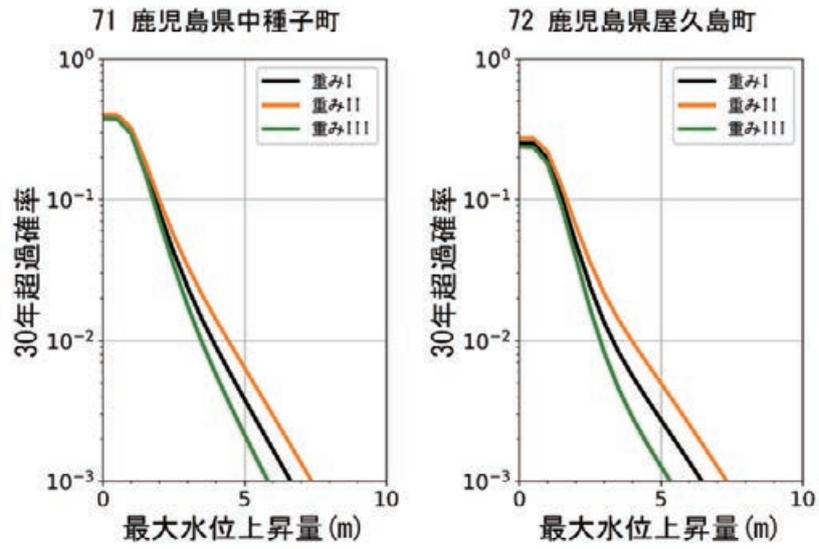


図 8.5.2-21 異なる 3 種類の重みを用いた鹿児島県中種子町，鹿児島県屋久島町でのハザードカーブ比較

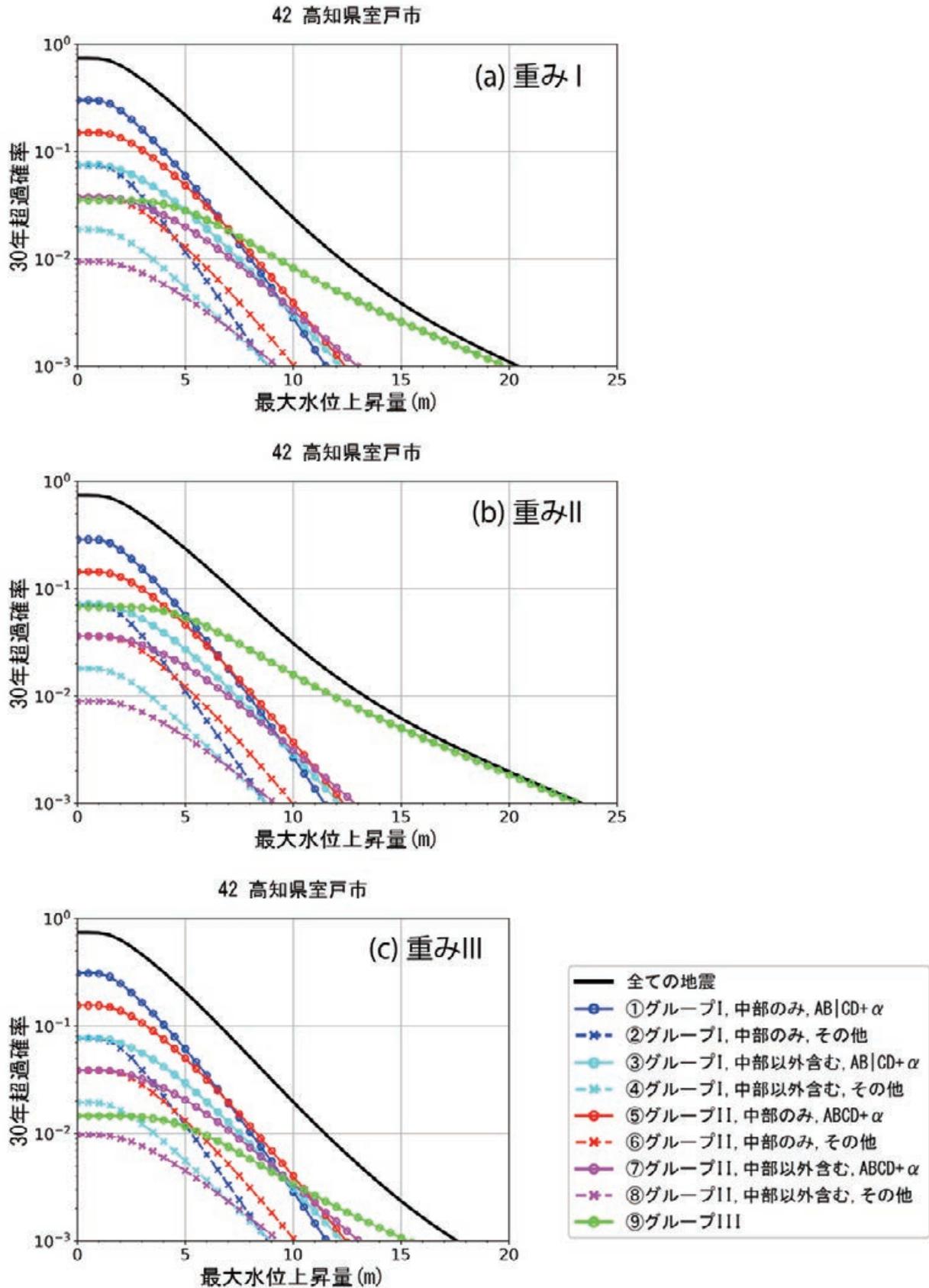


図 8.5.2-22 高知県室戸市 (No.42) のハザードカーブとその再分解表現. (a) 重み I を適用した場合. (b) 重み II を適用した場合. (c) 重み III を適用した場合.

8.5.3 震源域パターンの傾斜方向の拡がり方および走向方向の拡がり方と組合せに対する重み配分の認識論的不確定性の影響

8.5.1 項で述べたように、8.3.2 項で採用したグループ I およびグループ II に対する震源域パターンの傾斜方向の拡がり方に関する重み配分、

- 中部のみ：それ以外 = 4/5 : 1/5,
(8.3.2-1 式再掲)

ならびに、8.3.3 項で採用した震源域パターンの走向方向の拡がり方と組合せに関する重み配分、

- グループ I の中で、過去に発生した震源域パターン：過去に発生したことが知られていない震源域パターン = 4/5 : 1/5 (8.3.3.1-1 式再掲) および、
- グループ II の中で、過去に発生した震源域パターンと過去に発生したことが知られていない震源域パターン = 4/5 : 1/5 (8.3.3.2-1 式再掲)

は科学的根拠に基づき決められたわけでは無い。これらは地震調査委員会(2020)が主観で決めた重み配分という性格を有している。ここでは、上述した3つの重み配分ルールをまとめて、今後、「重み1」と呼ぶ。

本項では、震源域パターンの傾斜方向および走向方向の拡がり方等に対する重み配分がどのようにハザードカーブに影響を与えるか検討するため、表 8.5.3-1 に示される「重み2」および「重み3」を仮定し、それぞれについてハザードカーブを計算、「重み1」から得られるハザードカーブと比較する。なお、表 8.5.3-1 では比較のために「重み1」の条件も掲載するとともに、震源域パターンの走向方向の拡がり方と組合せに関する重みに関しては、グループ I の地震群とグループ II の地震群を区別することなく記載している(グループ I の地震群とグループ II の地震群で、同じ重み配分を設定)。また、本項では、震源域パターンの傾斜方向および走向方向の拡がり方等に対する重み配分の影響のみを調べるため、8.3 節で説明した他の重み配分は変えていない。

本項で検討する「重み1」、「重み2」および「重み3」を適用した場合の、9つの地震カテゴリ(8.3.4 項)への最終的な重み配分を図 8.5.3-1 ~ 図 8.5.3-3 に示す。

図 8.5.3-4 ~ 図 8.5.3-21 に、72 地点のハザード評価標本点それぞれについて、3つの異なる重みを用いて推定された3つのハザードカーブを重ね描きし、比較した。なお、千葉県浦安市(No.7)、鹿児島県鹿児島市(No.67)、鹿児島県薩摩川内市(No.70)では、いずれの重みを適用した場合でも確率論的に予想される最大水位上昇量が0mを超える30年超過確率が 10^{-3} を下回っているため、図中にハザードカーブが描画されていない。

震源域パターンの傾斜方向および走向方向の拡がり方等に関する重み配分が変化すると、ハザードカーブにも相応の変化が現れる。共通の傾向として、最大水位上昇量が小さい領域を除き、ほとんどのハザード評価標本点において、「重み2」「重み3」のハザードカーブの30年超過確率は、「重み1」のそれをいくぶん上回っている(下回っている)ことが観察できる。ただし、最大水位上昇量が数m以下のもっとも低い領域では、一部のハザード評価標本点を除き、3本のハザードカーブの違いはよくわからない程小さい場合が多い。

表 8.5.3-1 震源域パターンの傾斜方向および走向方向の拡がり方等に対する重みに関する認識論的不確定性の影響を調べるために設定した重み配分

	震源域パターンの傾斜方向の拡がり方に関する重み		震源域パターンの走向方向の拡がり方と組合せに関する重み	
	中部のみが破壊する震源域パターンの地震群	中部以外も破壊する震源域パターンの地震群	過去に発生した震源域パターンの地震群	過去に発生したことが知られていない震源域パターンの地震群
「重み1」	4/5	1/5	4/5	1/5
「重み2」	2/3	1/3	2/3	1/3
「重み3」	9/10	1/10	9/10	1/10

「重み1」、「重み2」および「重み3」を適用した場合に得られる3つのハザードカーブにこのような傾向が観察される理由は以下のように考察される。

まず、「重み2」「重み3」は「重み1」に比べて、

- 中部のみが破壊する震源域パターンの地震群、
に対する、

- ・ 中部以外も破壊する震源域パターンの地震群,

の重みが相対的に大きく(小さく)なっている(表 8.5.3-1).

中部以外も破壊する震源域パターンの地震群は、中部+浅部、中部+深部が破壊する震源域パターンも複数含むため、中部のみが破壊する震源域パターンを持つ地震群の地震規模よりも相対的に大きな地震規模、それゆえ大きな津波となる傾向がある。このため、「重み 2」(「重み 3」)を適用したハザードカーブは、「重み 1」を適用したハザードカーブに比べ、最大水位上昇量が比較的大きな領域で相対的に高い(相対的に低い)30 年超過確率を示すと考えられる。

この考察はハザード再分解表現を観察すると概ね正しいことがわかる。図 8.5.3-22 に、例として東京都八丈町(No.12)に「重み 1」,「重み 2」および「重み 3」を適用した場合に、それぞれ得られる 3 つのハザードカーブの再分解表現を示す。ここで、中部のみが破壊する地震群と中部以外も破壊する地震群のうち、重みが比較的大きな以下の地震群に注目する。

- ・ グループ I のうち、中部のみが破壊する地震群 (AB | CD + α) (地震カテゴリー①),
- ・ グループ I のうち、中部以外も破壊する地震群 (AB | CD + α) (地震カテゴリー③),
- ・ グループ II のうち、中部のみが破壊する地震群 (ABCD + α) (地震カテゴリー⑤),
- ・ グループ II のうち、中部以外も破壊する地震群 (ABCD + α) (地震カテゴリー⑦),

図 8.5.3-22 を視察すると、地震カテゴリー①および⑤に対する 3 つのハザードカーブ(再分解された要素ハザードカーブ)が示す 30 年超過確率の値は、

「重み 2」<「重み 1」<「重み 3」,

の順に大きくなっていることが確認できる。逆に、地震カテゴリー③および⑦に対するハザードカーブが示す 30 年超過確率の値は、

「重み 3」<「重み 1」<「重み 2」,

の順に大きくなっていることが確認できる。

すなわち、震源域パターンの走向方向の拡がりおよび組合せが同じ場合、中部以外も破壊する、地震カテゴリー③および⑦の地震群によるハザードカーブへの寄与は「重み 2」の時に最大となり、「重み 1」の時に中程度、「重み 3」の時に最小となる。そして

地震カテゴリー③および⑦のハザードカーブへの寄与は最大水位上昇量の大きな領域で顕著である。逆に、震源域パターンの走向方向の拡がりおよび組合せが同じ場合、中部のみが破壊する、地震カテゴリー①および⑤の地震群によるハザードカーブへの寄与は「重み 3」の時に最大となり、「重み 1」の時に中程度、「重み 2」の時に最小となる。しかし地震カテゴリー①および⑤の地震群のハザードカーブへの寄与は最大水位上昇量が数 m 以下の領域で顕著であるが、元来この領域のハザードカーブは精度があまり無い(8.4.1 項)。

なお、「重み 1」,「重み 2」,「重み 3」においては、最大クラスの地震から構成されるグループ III の地震群(地震カテゴリー⑨)の、グループ I + グループ II の地震群に対する相対的な重みは変化しておらず、グループ III(地震カテゴリー⑨)は最終的ハザードカーブの大小関係に影響を与えていない。

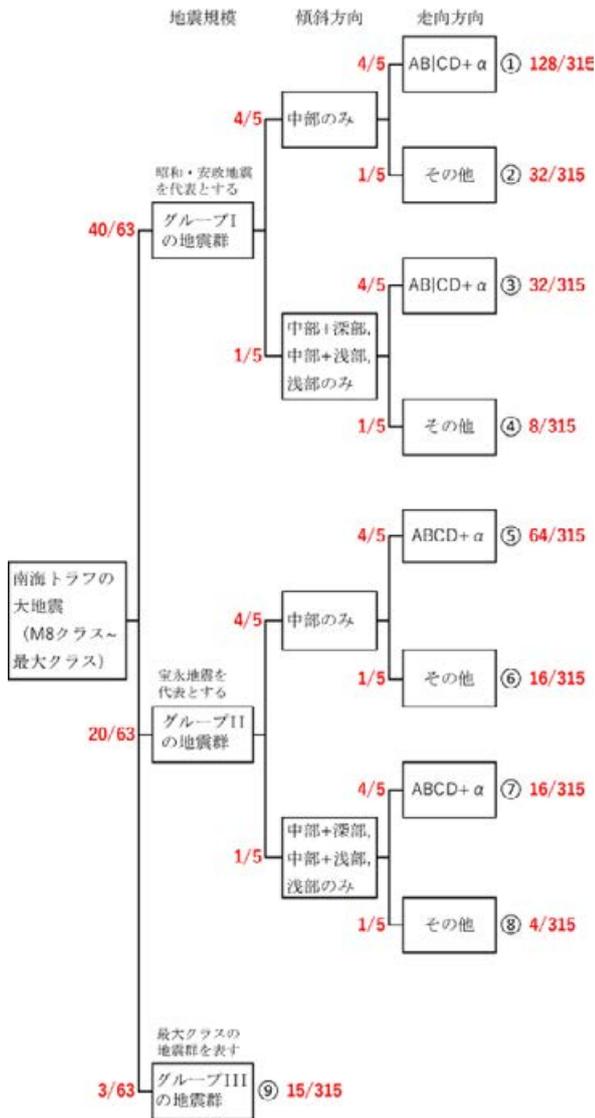


図 8.5.3-1 「重み 1」を適用した 9 つの地震カテゴリへの重みの配分枝図(図 8.3.4-1 再掲).

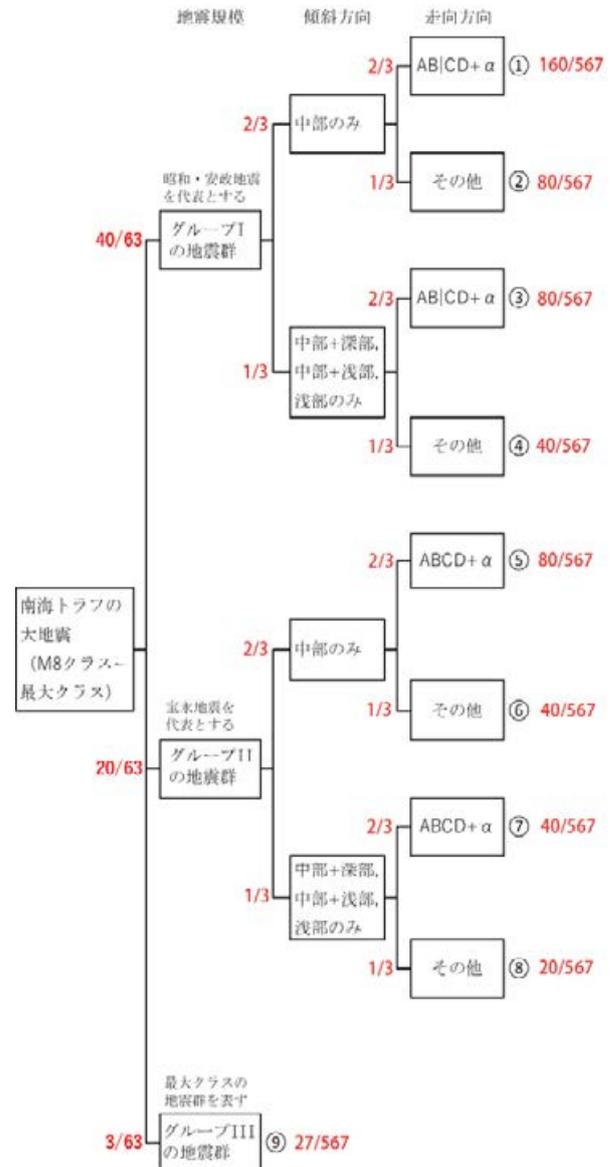


図 8.5.3-2 「重み 2」を適用した 9 つの地震カテゴリへの重みの配分枝図). 「重み 1」を適用した枝図(図 8.5.3-1)と比べて、「傾斜方向」および「走向方向」の枝で、重み配分が異なっている.

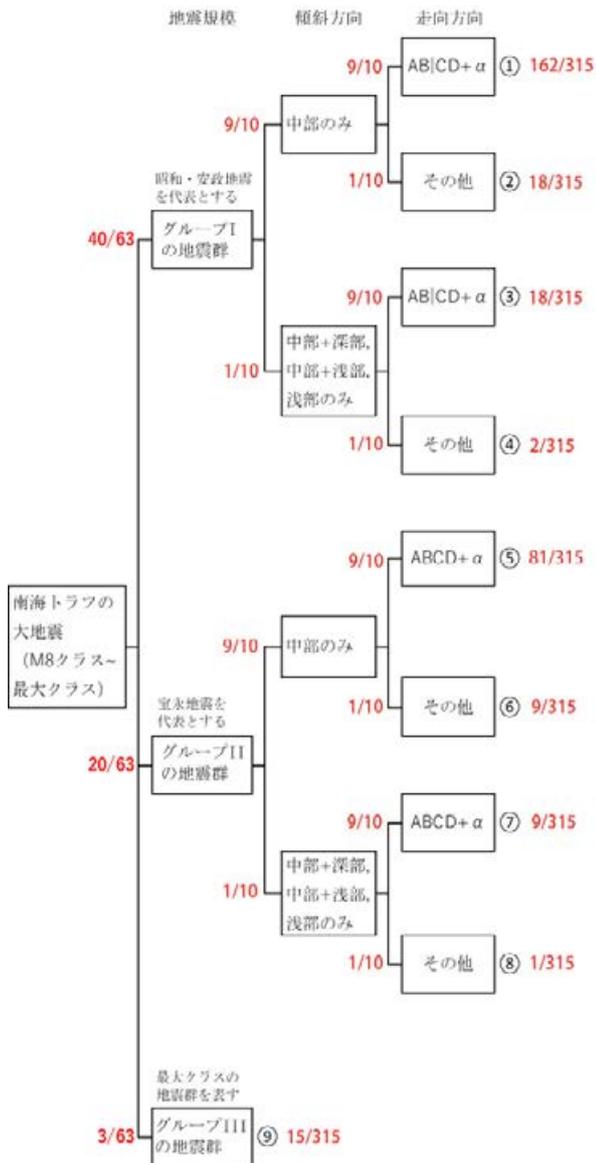


図 8.5.3-3 「重み 3」を適用した 9 つの地震カテゴリへの重みの配分枝図)。「重み 1」を適用した枝図 (図 8.5.3-1) および「重み 2」を適用した枝図 (図 8.5.3-2) と比べて、「傾斜方向」および「走向方向」の枝で、重み配分が異なっている。

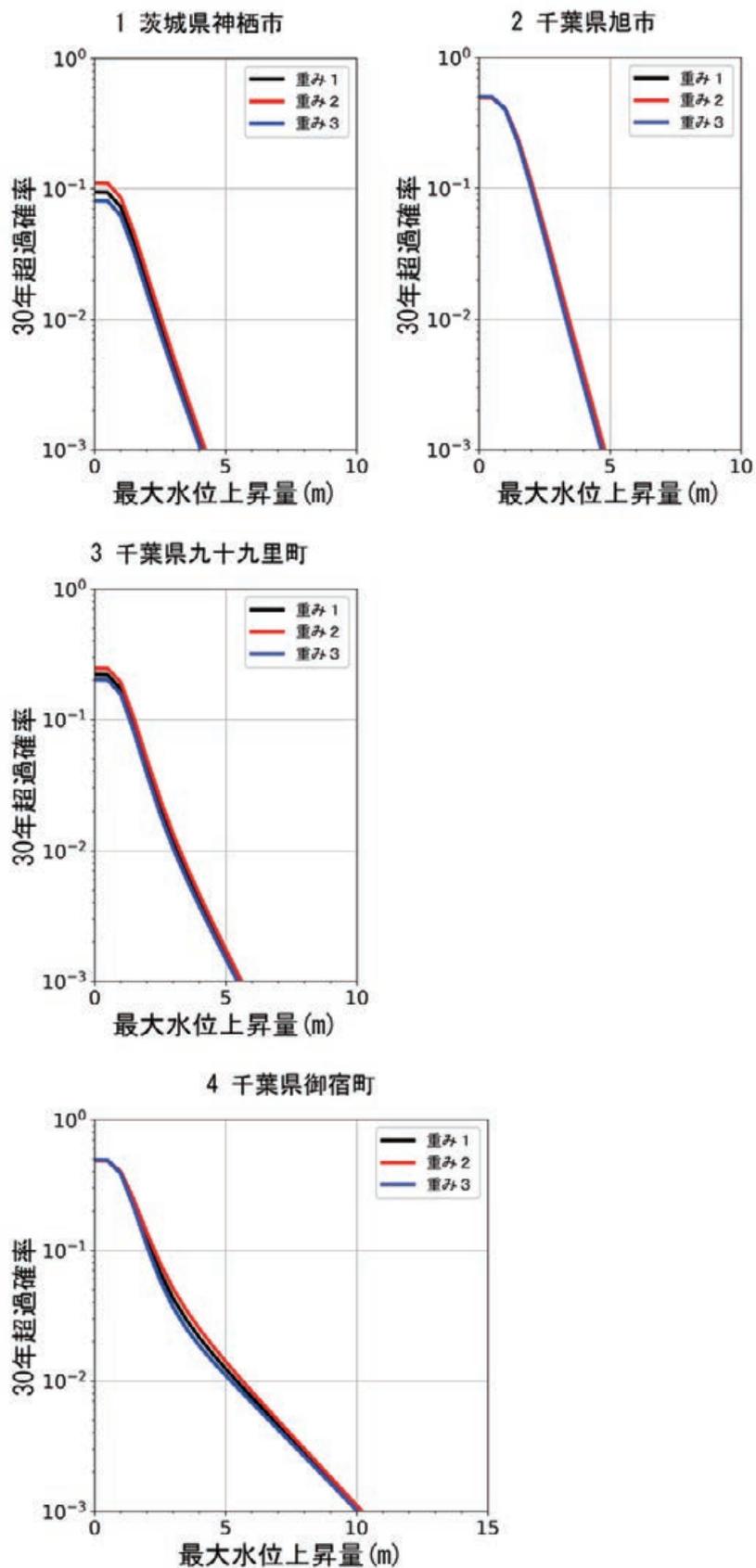


図 8.5.3-4 異なる 3 種類の重みを用いた茨城県神栖市，千葉県旭市，千葉県九十九里町，千葉県御宿町でのハザードカーブ比較

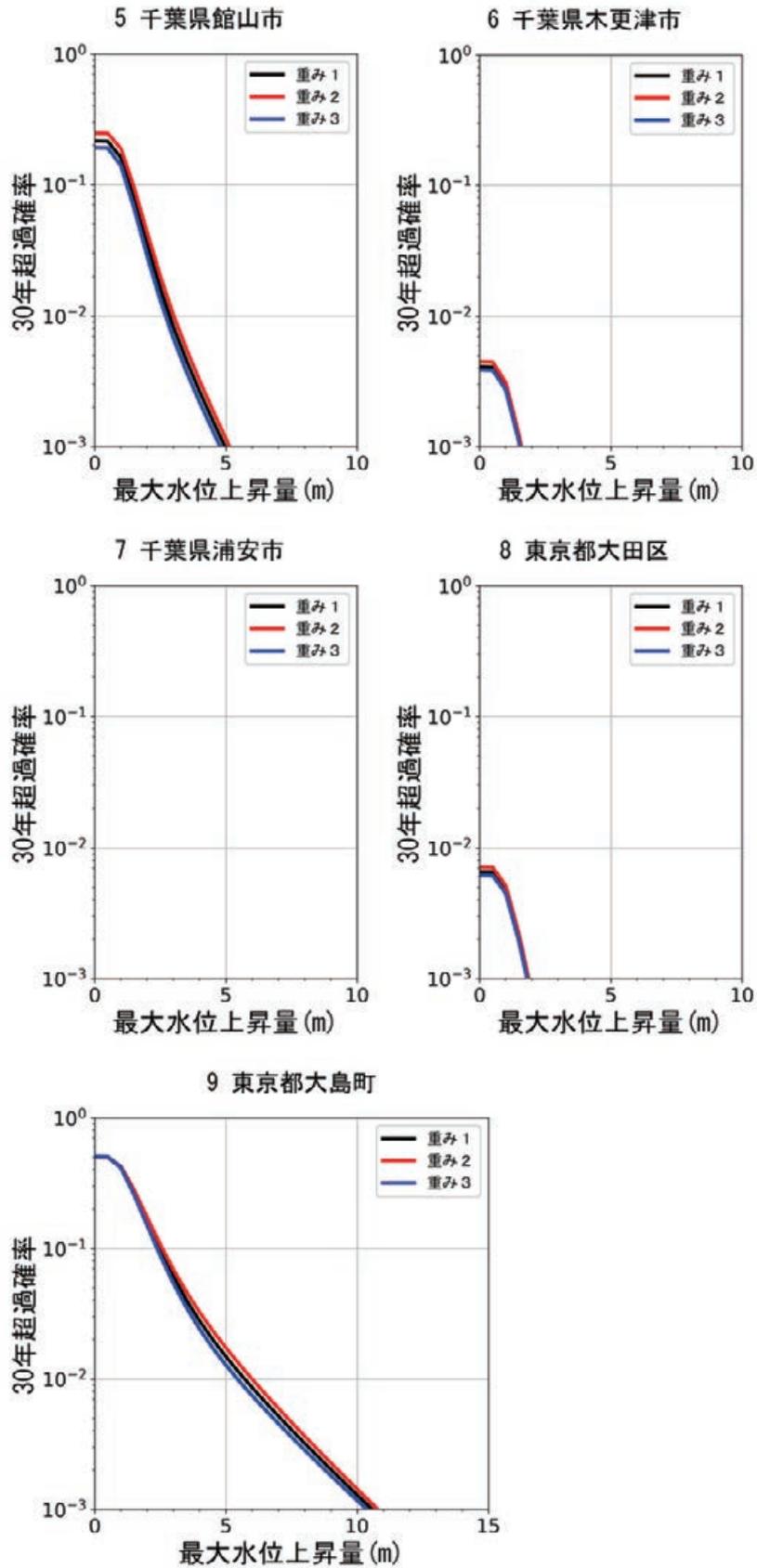


図 8.5.3-5 異なる 3 種類の重みを用いた千葉県館山市, 千葉県木更津市, 千葉県浦安市, 東京都大田区, 東京都大島町でのハザードカーブ比較

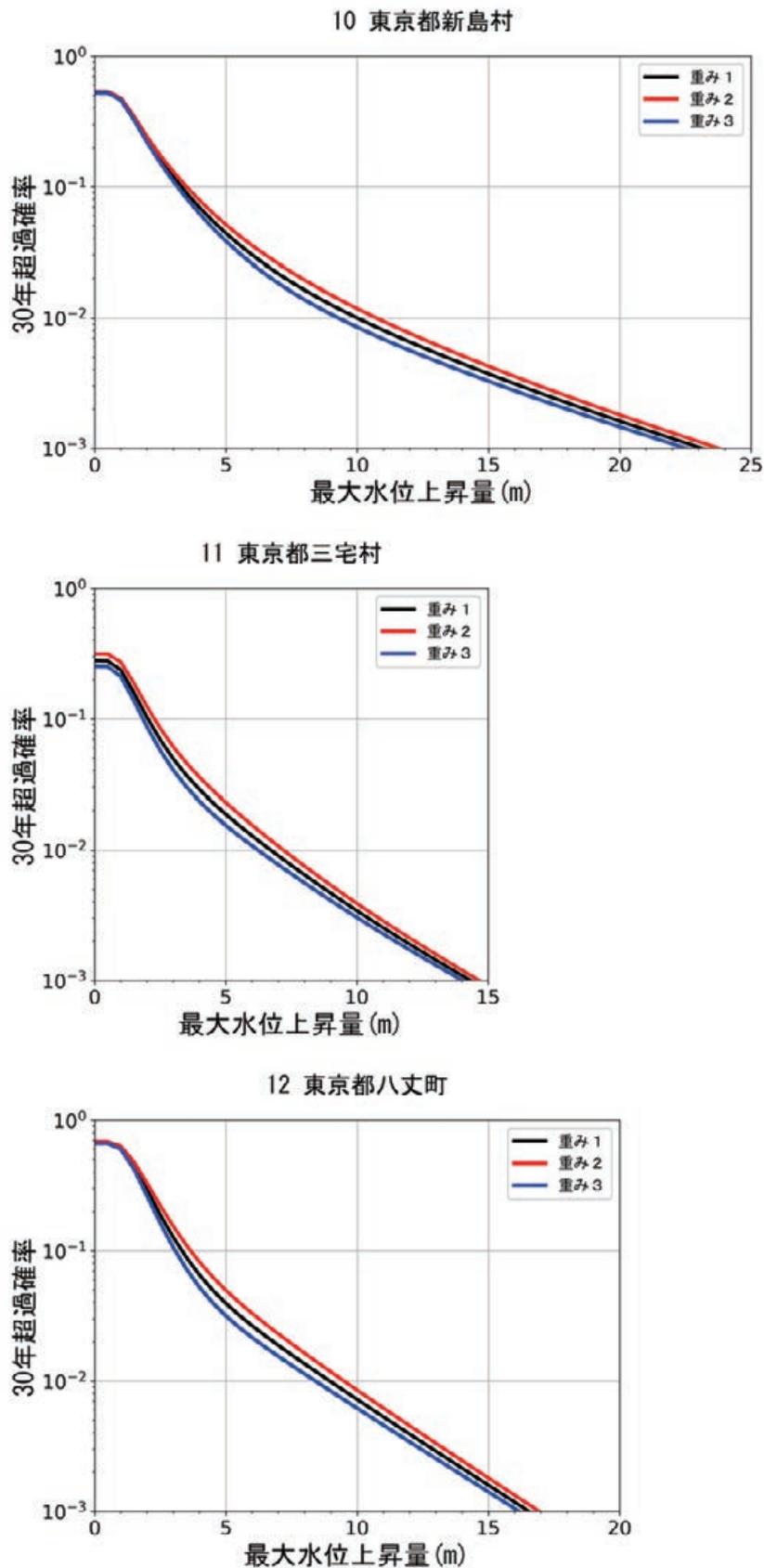


図 8.5.3-6 異なる 3 種類の重みを用いた東京都新島村，東京都三宅村，東京都八丈町でのハザードカーブ比較

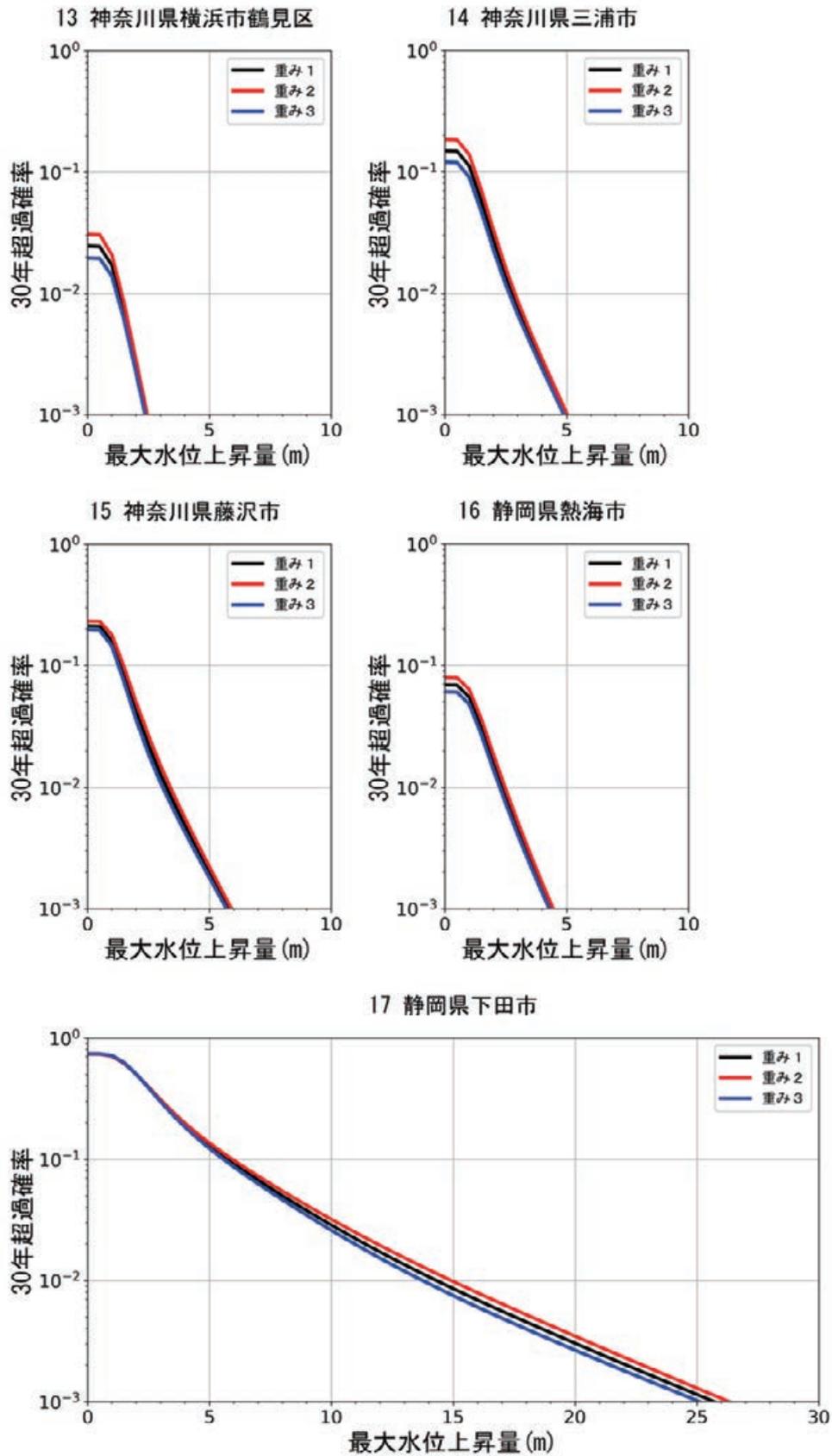


図 8.5.3-7 異なる 3 種類の重みを用いた神奈川県横浜市鶴見区, 神奈川県三浦市, 神奈川県藤沢市, 静岡県熱海市, 静岡県下田市でのハザードカーブ比較

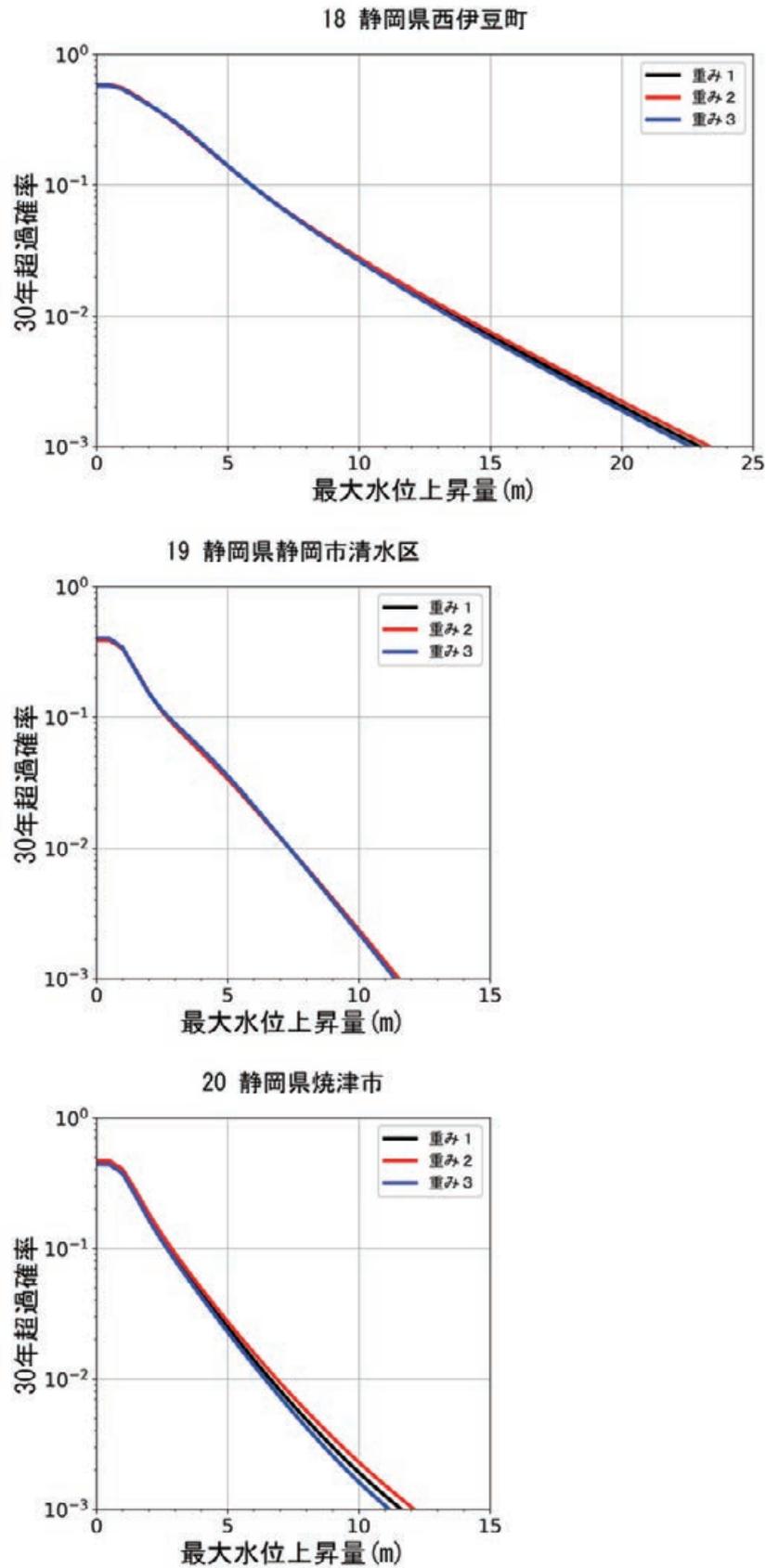


図 8.5.3-8 異なる 3 種類の重みを用いた静岡県西伊豆町，静岡県静岡市清水区，静岡県焼津市でのハザードカーブ比較

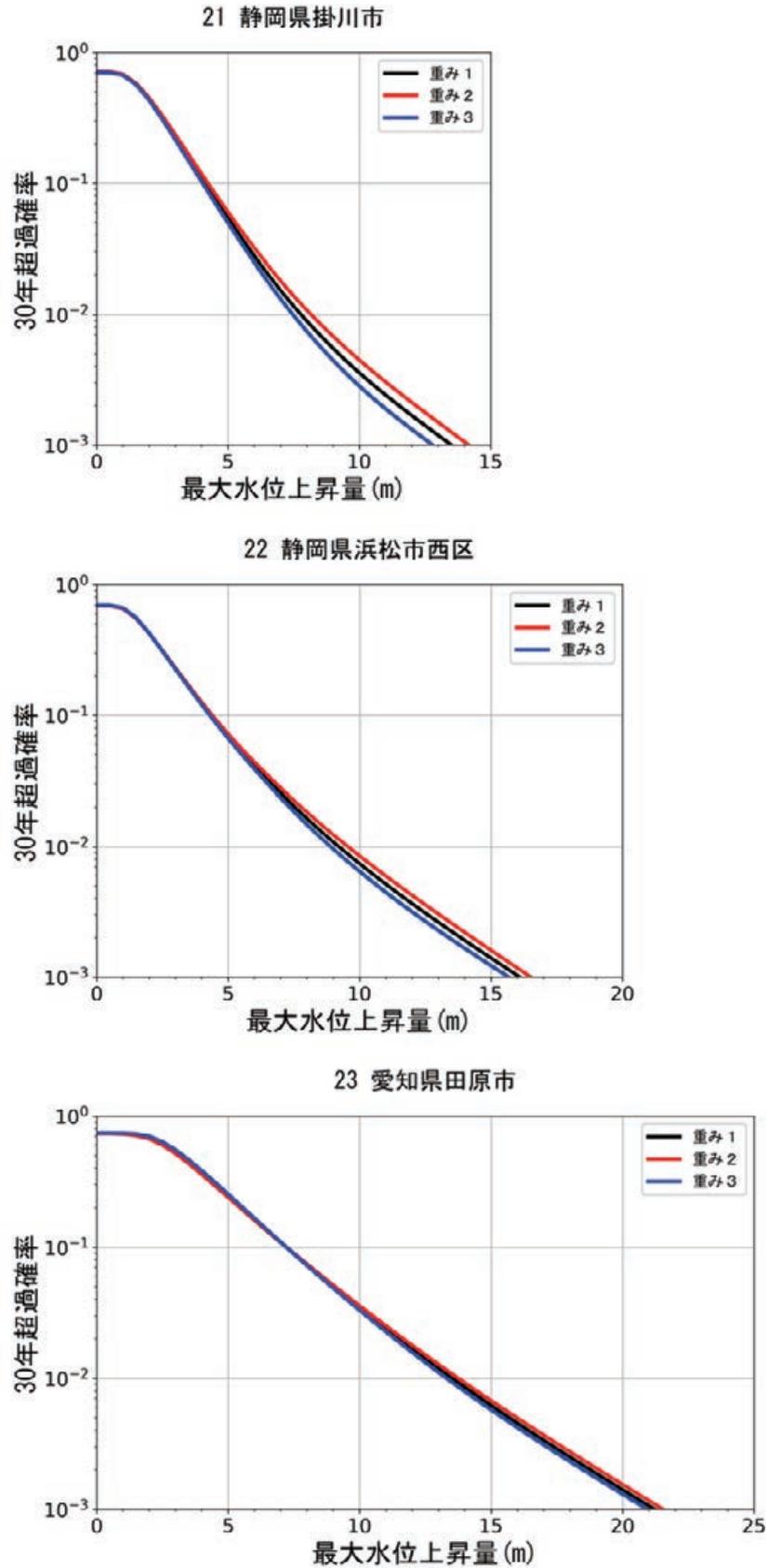


図 8.5.3-9 異なる 3 種類の重みを用いた静岡県掛川市，静岡県浜松市西区，愛知県田原市でのハザードカーブ比較

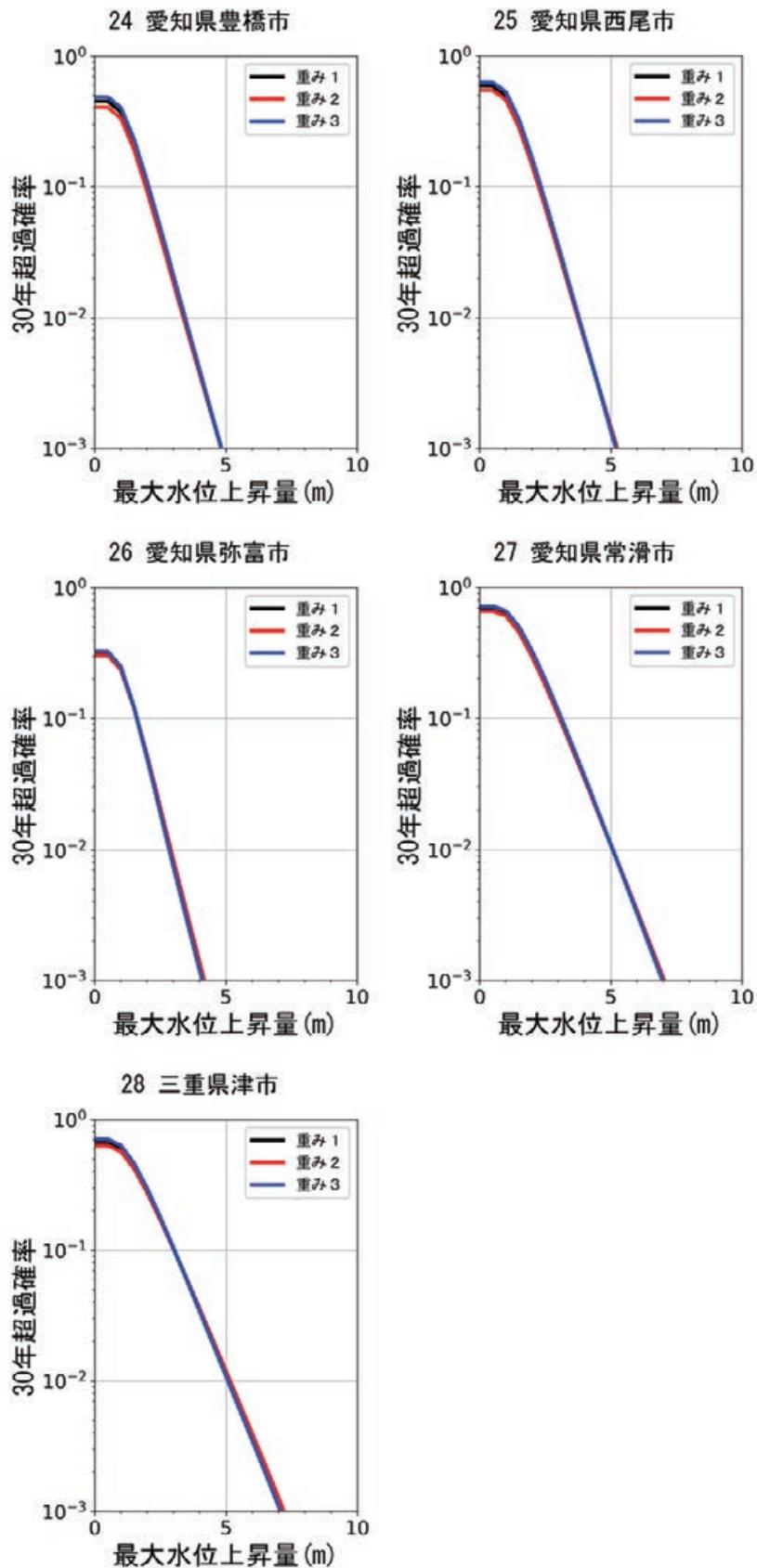


図 8.5.3-10 異なる 3 種類の重みを用いた愛知県豊橋市，愛知県西尾市，愛知県弥富市，愛知県常滑市，三重県津市でのハザードカーブ比較

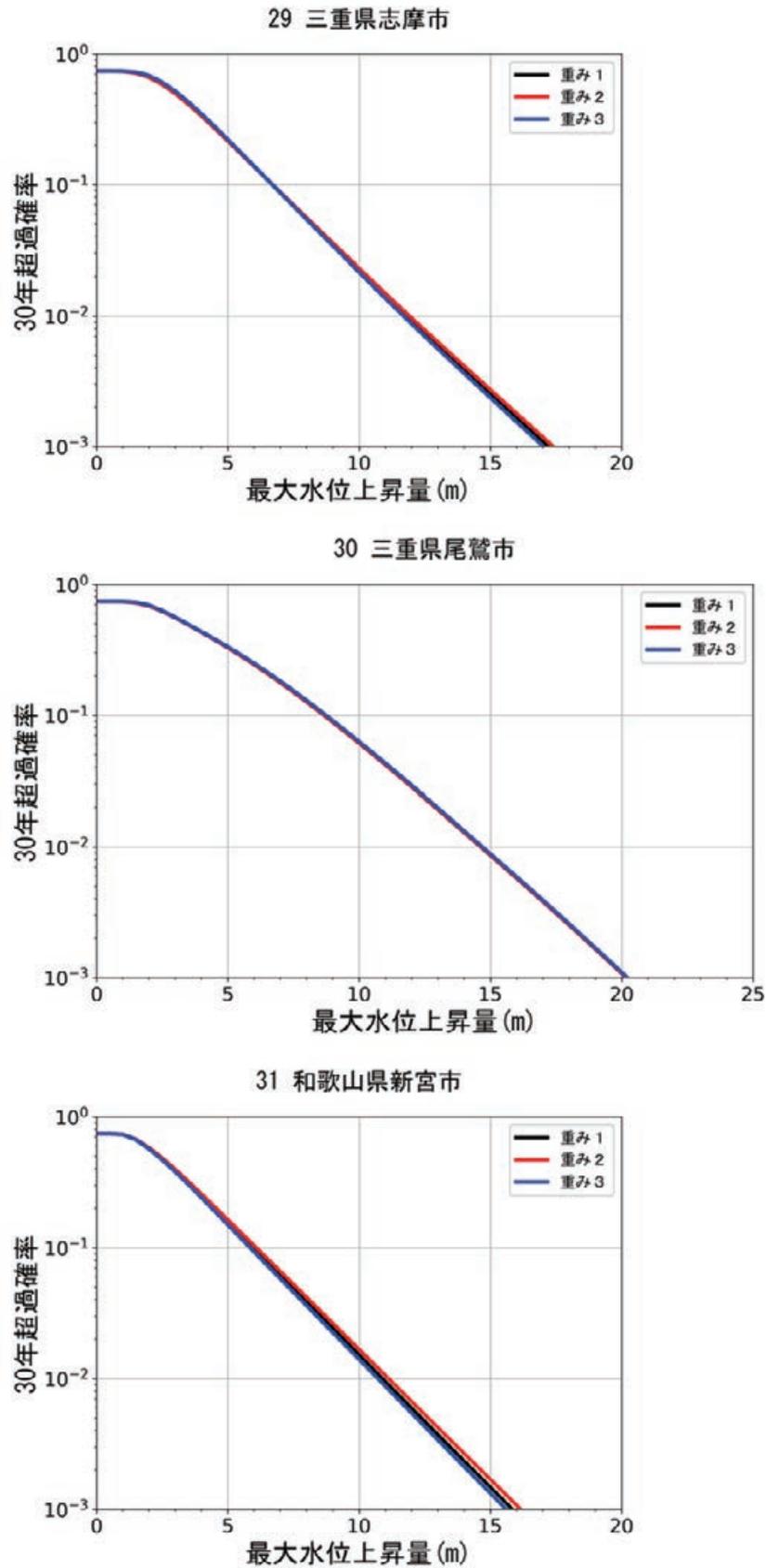


図 8.5.3-11 異なる 3 種類の重みを用いた三重県志摩市, 三重県尾鷲市, 和歌山県新宮市でのハザードカーブ比較

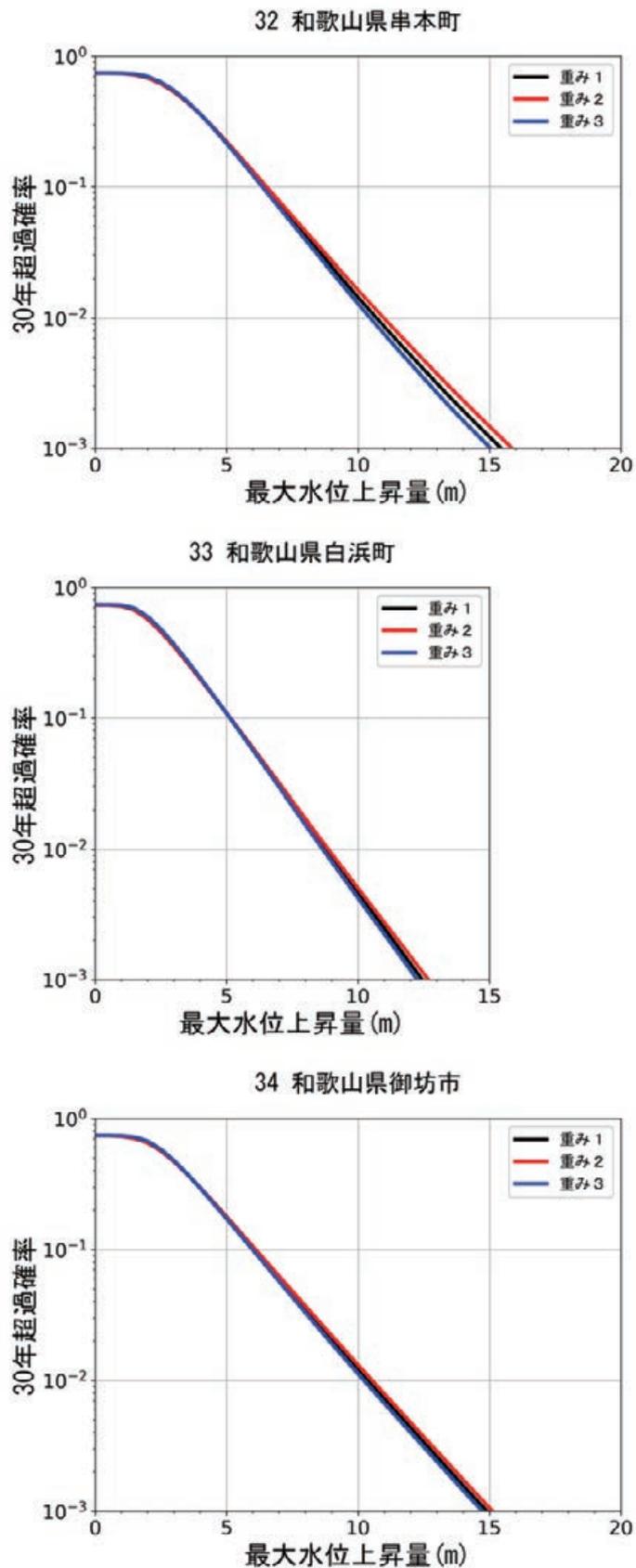


図 8.5.3-12 異なる 3 種類の重みを用いた和歌山県串本町, 和歌山県白浜町, 和歌山県御坊市でのハザードカーブ比較

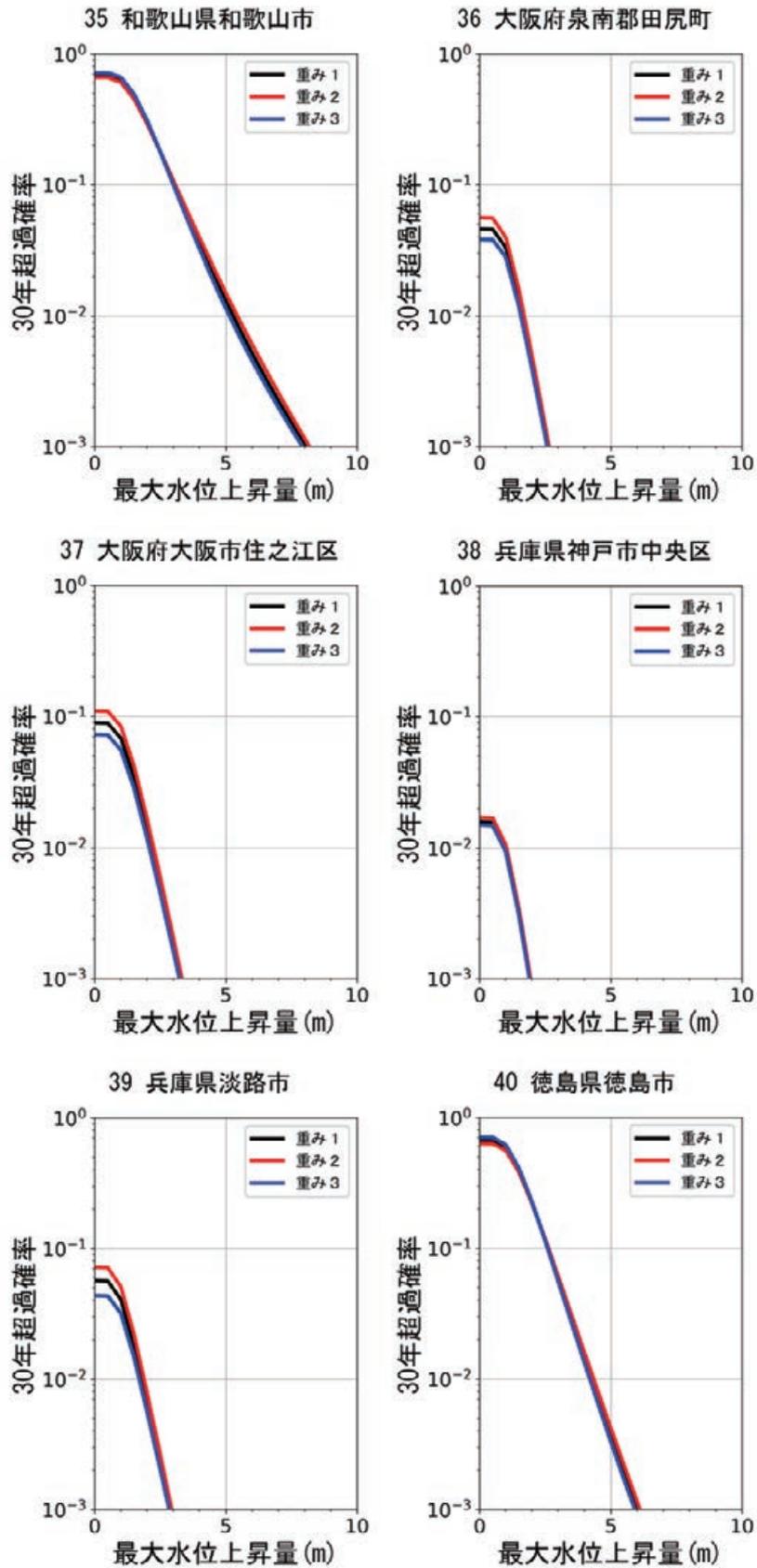


図 8.5.3-13 異なる 3 種類の重みを用いた和歌山県和歌山市，大阪府泉南郡田尻町，大阪府大阪市住之江区，兵庫県神戸市中央区，兵庫県淡路市，徳島県徳島市でのハザードカーブ比較

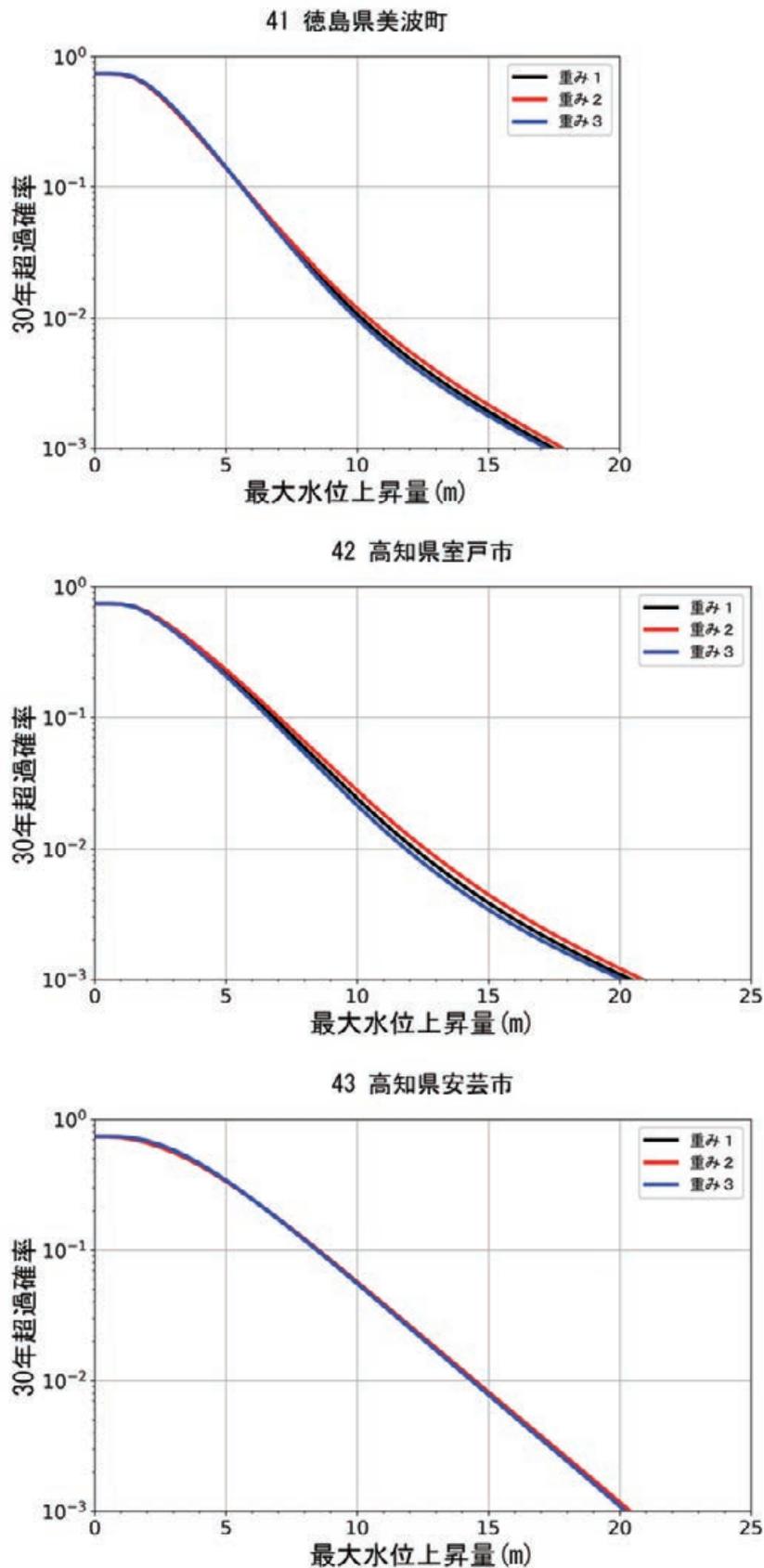


図 8.5.3-14 異なる 3 種類の重みを用いた徳島県美波町，高知県室戸市，高知県安芸市でのハザードカーブ比較

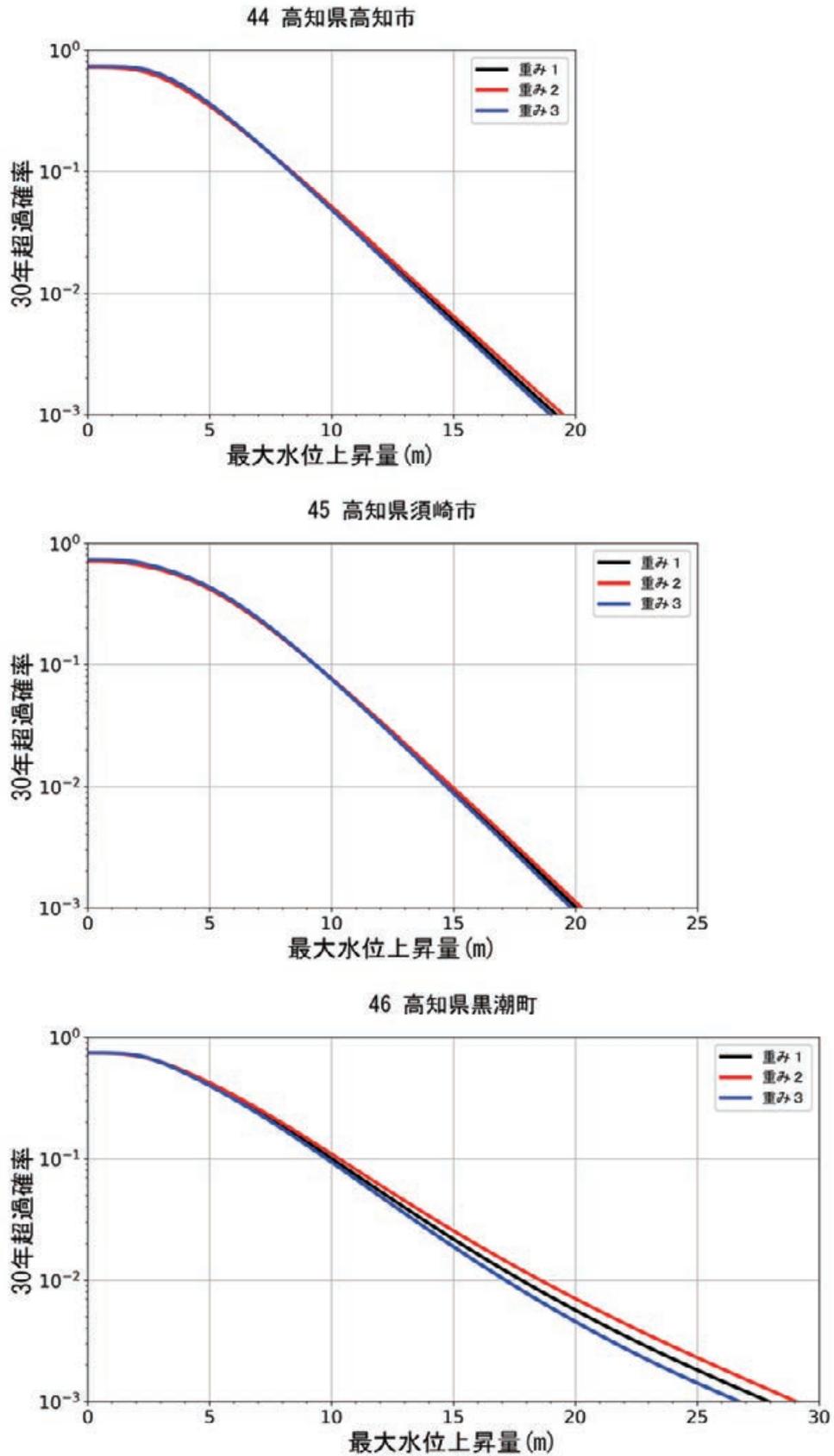


図 8.5.3-15 異なる 3 種類の重みを用いた高知県高知市, 高知県須崎市, 高知県黒潮町でのハザードカーブ比較

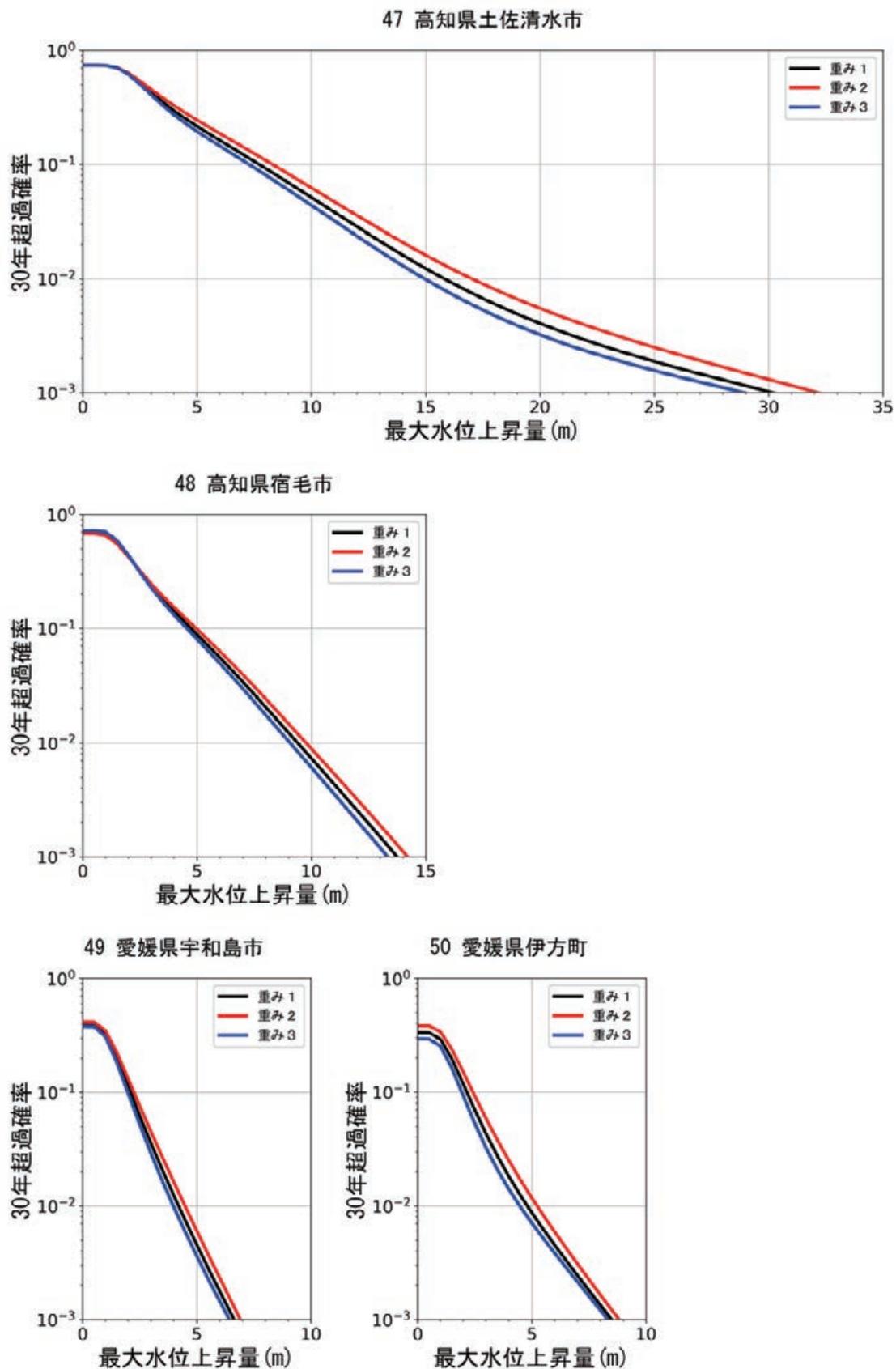


図 8.5.3-16 異なる 3 種類の重みを用いた高知県土佐清水市，高知県宿毛市，愛媛県宇和島市，愛媛県伊方町でのハザードカーブ比較

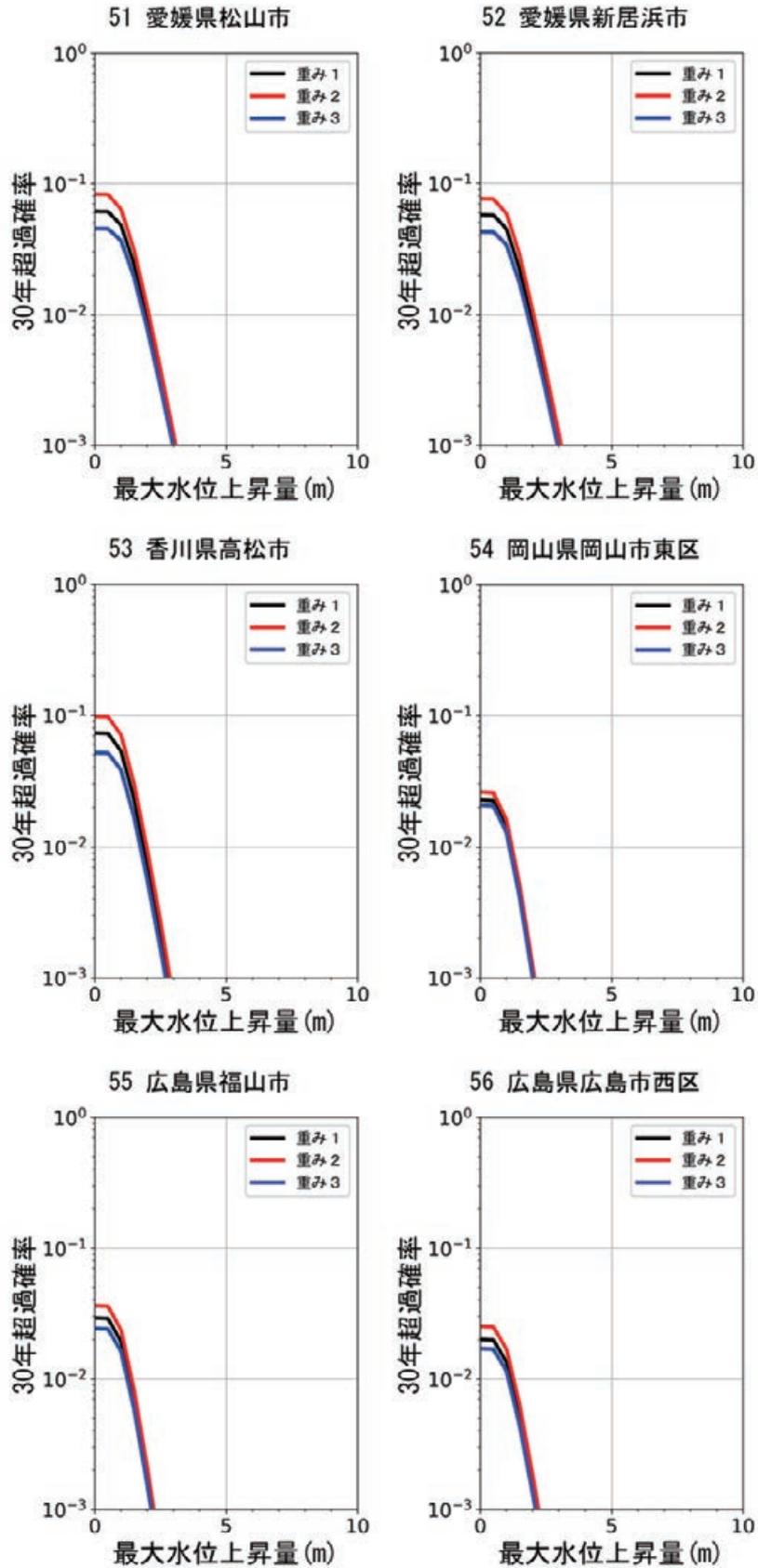


図 8.5.3-17 異なる 3 種類の重みを用いた愛媛県松山市、愛媛県新居浜市、香川県高松市、岡山県岡山市東区、広島県福山市、広島県広島市西区でのハザードカーブ比較

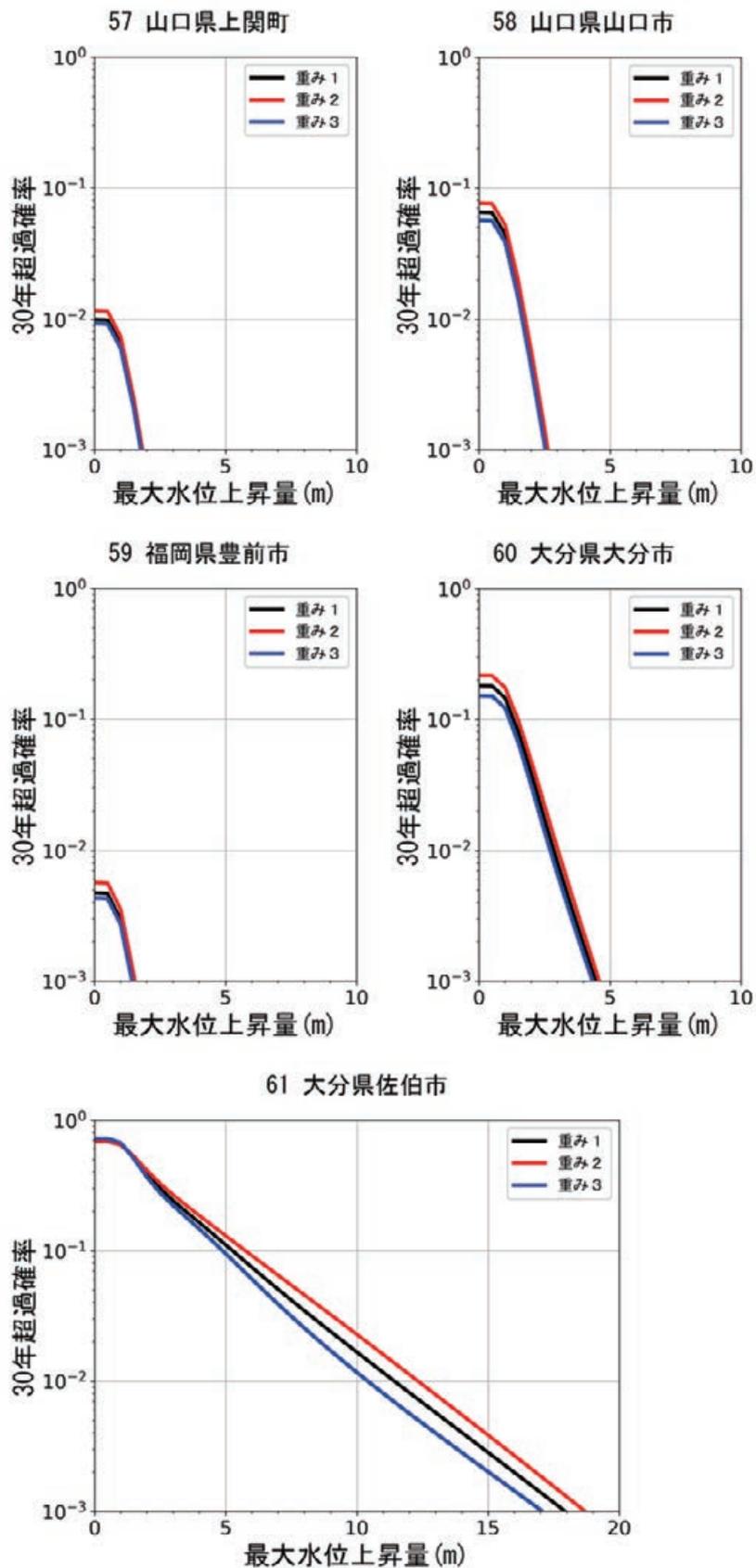


図 8.5.3-18 異なる 3 種類の重みを用いた山口県上関町，山口県山口市，福岡県豊前市，大分県大分市，大分県佐伯市でのハザードカーブ比較

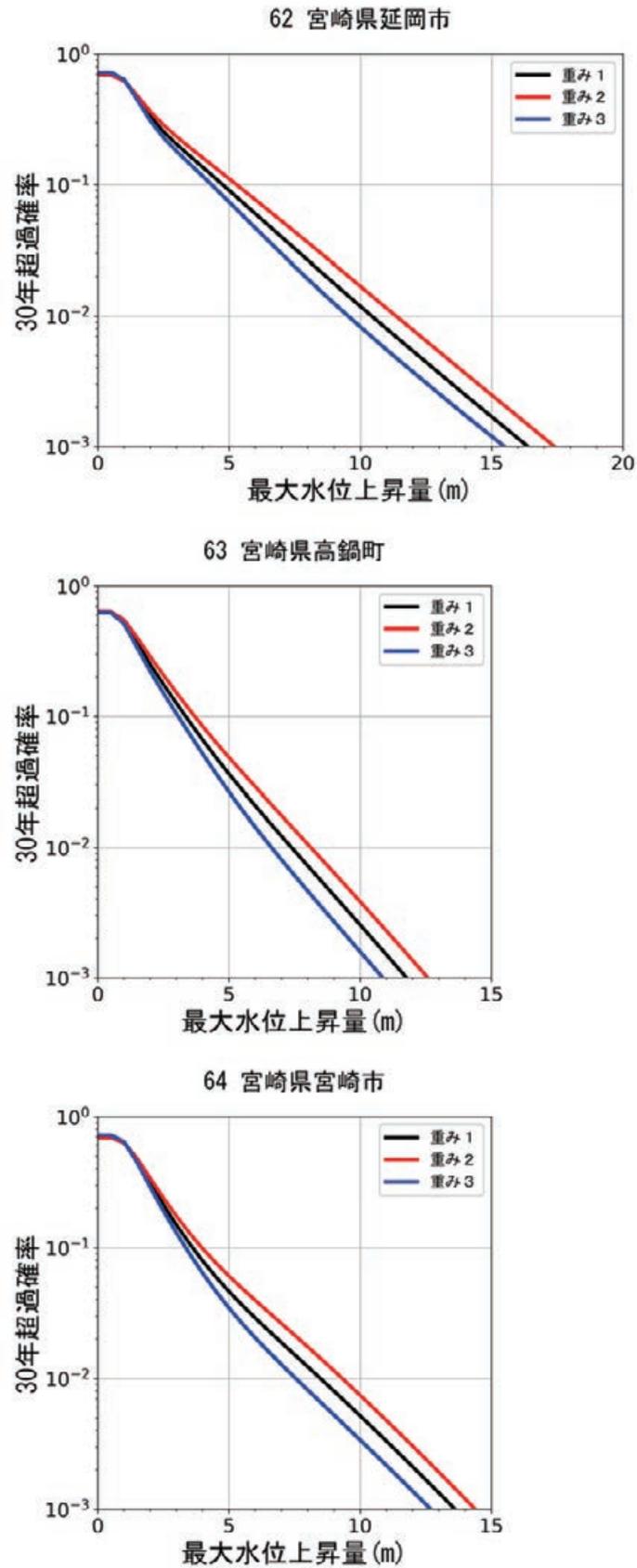


図 8.5.3-19 異なる 3 種類の重みを用いた宮崎県延岡市，宮崎県高鍋町，宮崎県宮崎市でのハザードカーブ比較

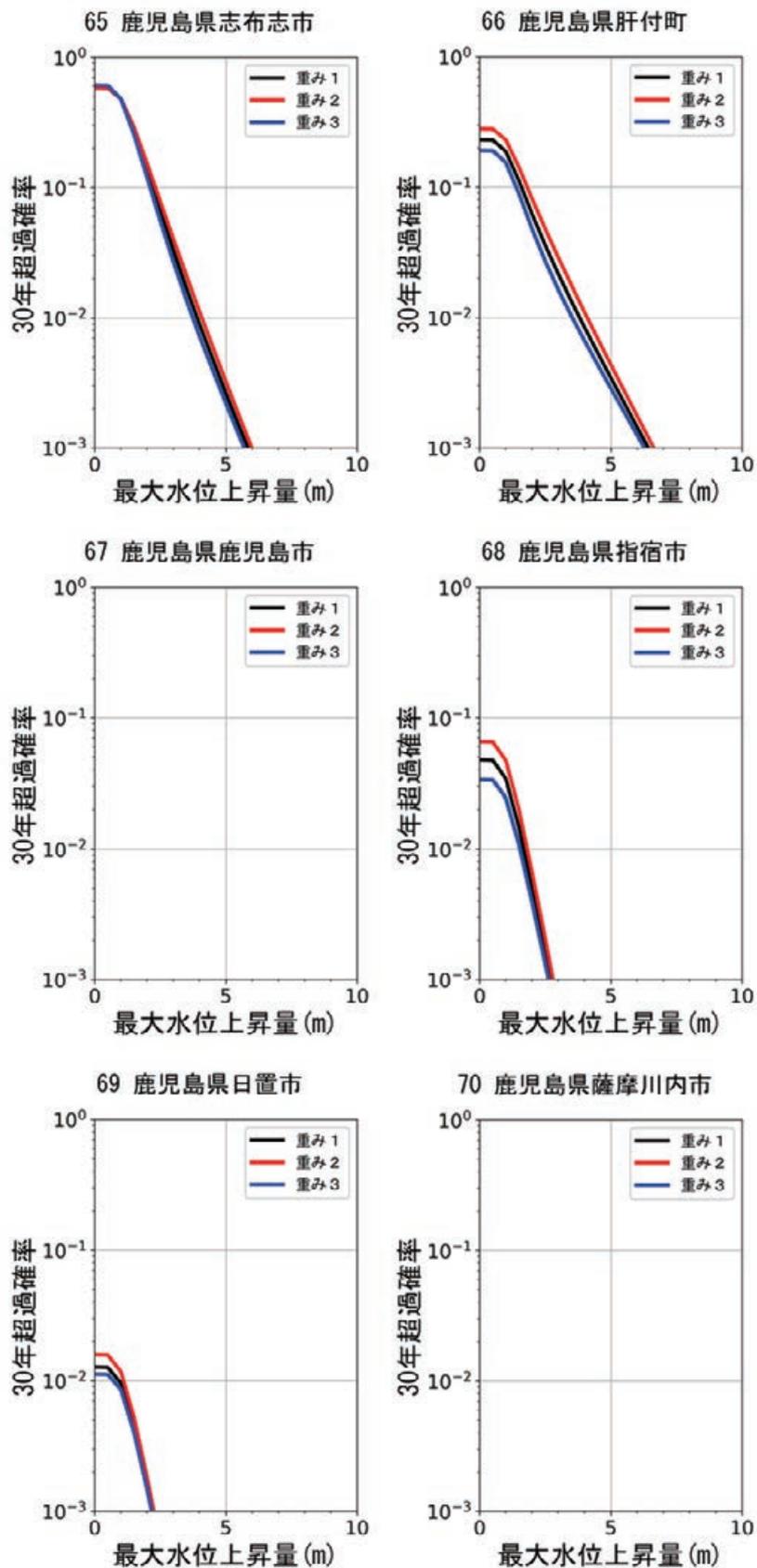


図 8.5.3-20 異なる 3 種類の重みを用いた鹿児島県志布志市，鹿児島県肝付町，鹿児島県鹿児島市，鹿児島県指宿市，鹿児島県日置市，鹿児島県薩摩川内市でのハザードカーブ比較

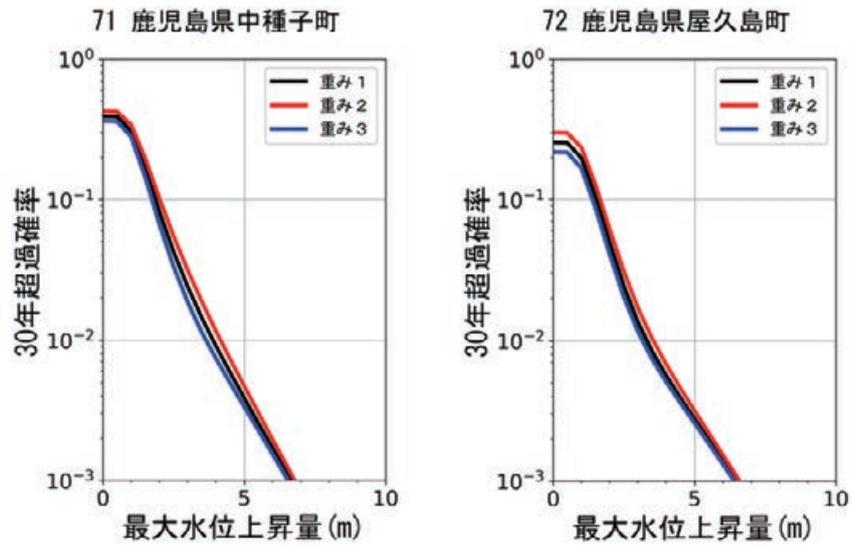


図 8.5.3-21 異なる 3 種類の重みを用いた鹿児島県中種子町，鹿児島県屋久島町でのハザードカーブ比較

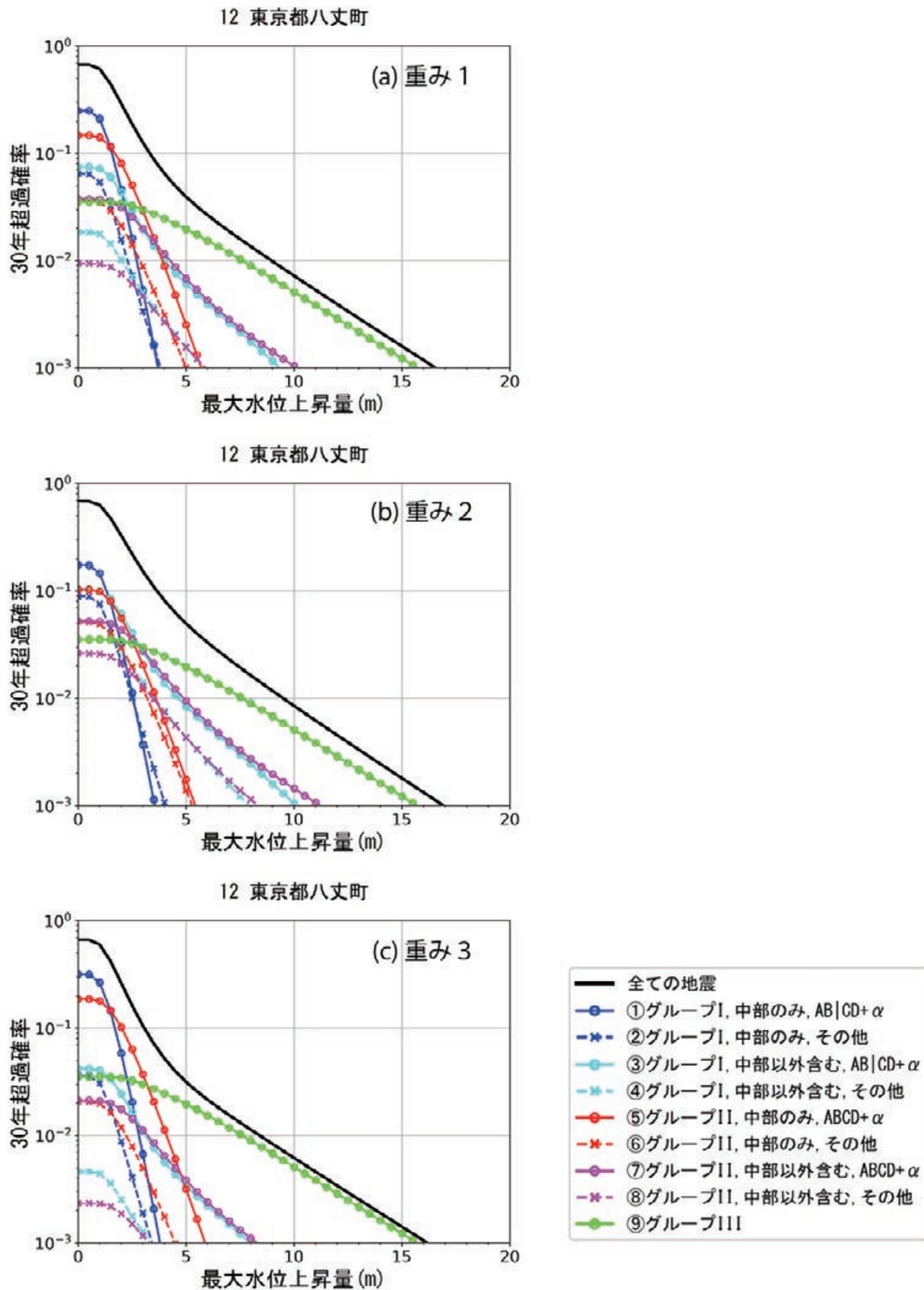


図 8.5.3-22 東京都八丈町 (No.12) のハザードカーブとその再分解表現. (a) 重み 1 を適用した場合. (b) 重み 2 を適用した場合. (c) 重み 3 を適用した場合.

8 章の参考文献

- 1) 防災科学技術研究所 (2012) : 東日本大震災を踏まえた地震ハザード評価の改良に向けた検討, 防災科学技術研究所研究資料 第 379 号. (http://dil-opac.bosai.go.jp/publication/nied_tech_note/ からダウンロード可能)
- 2) 防災科学技術研究所 (2015) : 東日本大震災を踏まえた地震動ハザード評価の改良, 防災科学技術研究所研究資料 第 399 号. (http://dil-opac.bosai.go.jp/publication/nied_tech_note/ からダウンロード可能)
- 3) 地震調査推進研究本部地震調査委員会 (2004) : 日向灘および南西諸島海溝周辺の地震活動の長期評価, https://www.jishin.go.jp/main/chousa/kaikou_pdf/hyuganada.pdf.
- 4) 地震調査推進研究本部地震調査委員会 (2013) : 南海トラフの地震活動の長期評価 (第二版) について, https://www.jishin.go.jp/main/chousa/kaikou_pdf/nankai_2.pdf.
- 5) 地震調査推進研究本部地震調査委員会 (2014) : 全国地震動予測地図 2014 年版～全国の地震動を概観して～, https://www.jishin.go.jp/main/chousa/14_yosokuchizu/fl.pdf.
- 6) 地震調査推進研究本部地震調査委員会 (2020) : 南海トラフで発生する大地震の確率論的津波評価, https://www.jishin.go.jp/main/chousa/20jan_tsunami/nankai_tsunami.pdf.
- 7) 松岡裕美・岡村眞 (2011) : 土佐湾奥部蟹ヶ池の堆積物中に見られる約 2000 年前のイベント, 地球惑星科学連合 2011 年大会, SSS035-P02.
- 8) Shimazaki, K., and Nakata, T. (1980): Time - predictable recurrence model for large earthquakes, *Geophys.Res.Lett.*, 7-4, 279-282, <https://doi.org/10.1029/GL007i004p00279>.

9. 南海トラフ沿いの地震に対する確率論的な津波ハザード分布図

8 章で実施したハザードカーブの計算を全ハザード評価点で行い、その結果を地図上に図化した確率論的な津波ハザード分布図を作成した。確率論的な津波ハザード分布図は、30 年超過確率または確率論的な最大水位上昇量を地図上にプロットした図に、帯図を加えたものである。なお、帯図とは横軸にハザード評価点、縦軸に 30 年超過確率または確率論的な最大水位上昇量を取ってプロットした図である。確率論的な津波ハザード分布図の作成範囲は、九州西岸、種子島周辺、瀬戸内海沿岸、鹿児島県佐多岬から福島県塩屋崎に至る太平洋側沿岸および伊豆・小笠原諸島周辺とした。伊豆・小笠原諸島については、島ごとに帯図を作成している。地図上には利島、式根島、神津島の島名が示されていないが、大島と新島の間にあるのが利島、新島の南西にあるのが式根島(隣接しており地図上では分離できていない)、式根島の南西にあるのが神津島である。帯図の横軸(ハザード評価点)の原点は、地図上で島名から延ばした吹き出し線が島に当たった地点に対応しており、横軸の増加方向は地図上では時計回り方向である。本章では、8.5 節で検討した重みづけのうち、重み 1 の場合の結果を例示する。なお、その他の重みづけについての結果は、DVD 資料 5 に収録した。

9.1 30 年超過確率分布図

本研究資料(第一部本編)における 30 年超過確率分布図は、今後 30 年以内に南海トラフ沿いで M 8 クラスから、 M 9 を超える最大クラスの地震が発生し、海岸の最大水位上昇量が 3 m, 5 m, 10 m, 20 m, 40 m 以上になる確率(超過確率)(2020 年 1 月 1 日時点)を表したものである(図 9.1-1 ~ 図 9.1-5)。例えば、最大水位上昇量 3 m の 30 年超過確率分布図は、各ハザード評価点で、今後 30 年間で南海トラフ沿いの大地震に伴う最大水位上昇量が 3 m 以上となる津波に見舞われる確率を表している。なお、着色していない海岸線は評価対象外であることを示している。

最大水位上昇量が 3 m 以上になる確率(図 9.1-1)は、四国太平洋岸では最大で 70% 程度、近畿地方から東海地方の太平洋岸や小笠原諸島の一部におい

て 60% を超える地点が見られる。南海トラフ沿いの地震の 30 年発生確率 74.3% を考慮すると、南海トラフ沿いの地震が発生した際にこれらの地域では海岸の最大水位上昇量が 3 m 以上となる可能性が極めて高いことを示している。最大水位上昇量が 5 m 以上になる確率(図 9.1-2)は、四国太平洋岸で最大 50% に達し、近畿地方太平洋岸で最大 40% ~ 50% となっている。また、伊豆半島および小笠原諸島の一部で最大 20% ~ 30%、九州の太平洋岸や伊豆諸島では最大で 10% 程度となっている。最大水位上昇量が 10 m 以上になる確率(図 9.1-3)は、四国から伊豆半島にかけての太平洋岸では概ね 10% 以下となる地域がほとんどだが、四国から近畿地方の太平洋岸の一部では 10% から 20% となる地域が見られる。最大水位上昇量が 20 m 以上になる確率(図 9.1-4)は、九州の太平洋岸から伊豆諸島にかけて 0.03% 以上となる地域が見られ、四国から東海地方の太平洋岸や伊豆半島から伊豆諸島などの一部の地域では 0.3% を超えている。最大水位上昇量が 40 m 以上になる確率(図 9.1-5)は、四国、伊豆半島、伊豆諸島など一部の地域で 0.03% を超えている。

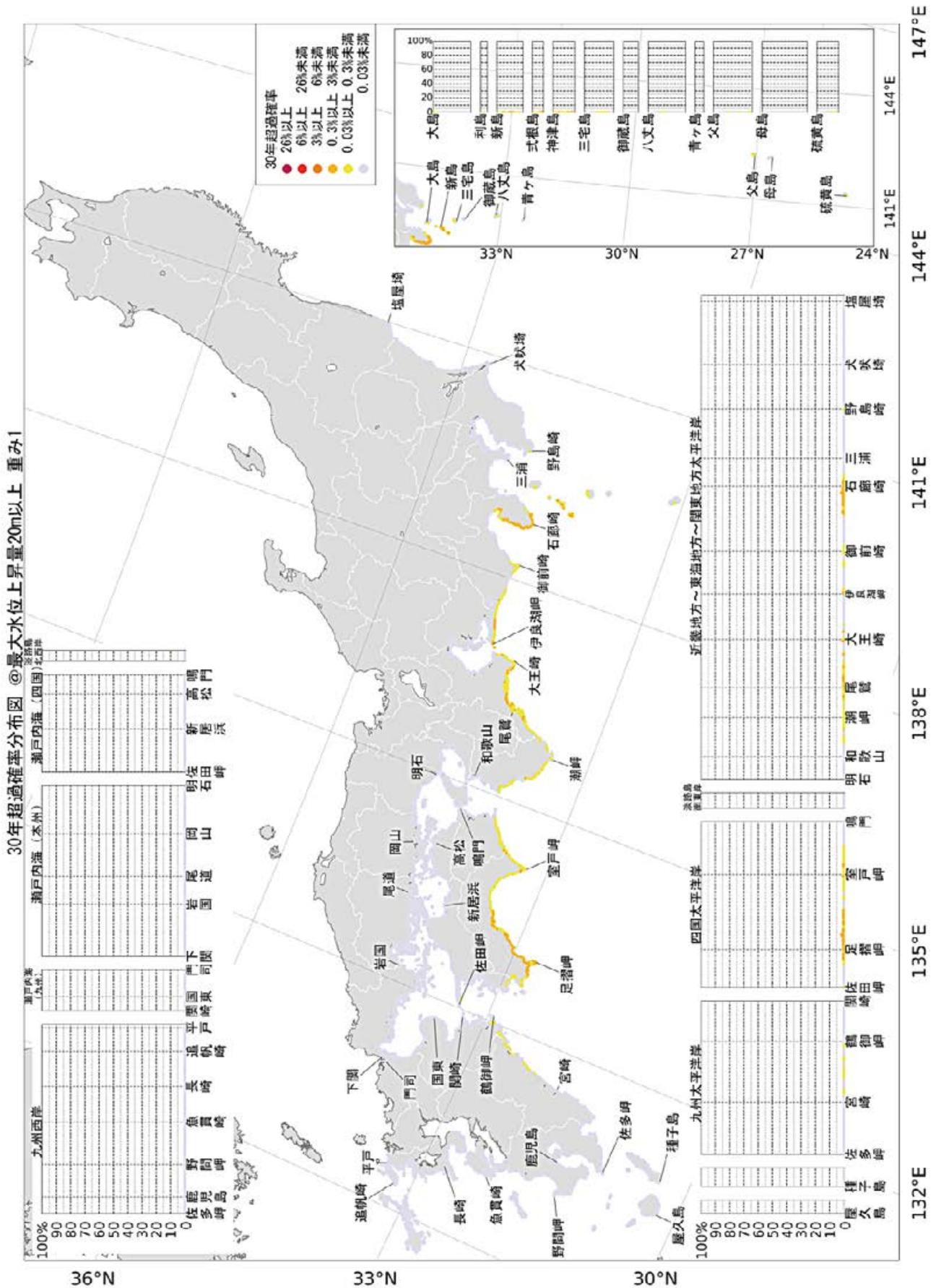


図 9.1-4 30 年超過確率分布図. 最大水位上昇量 20 m 以上.

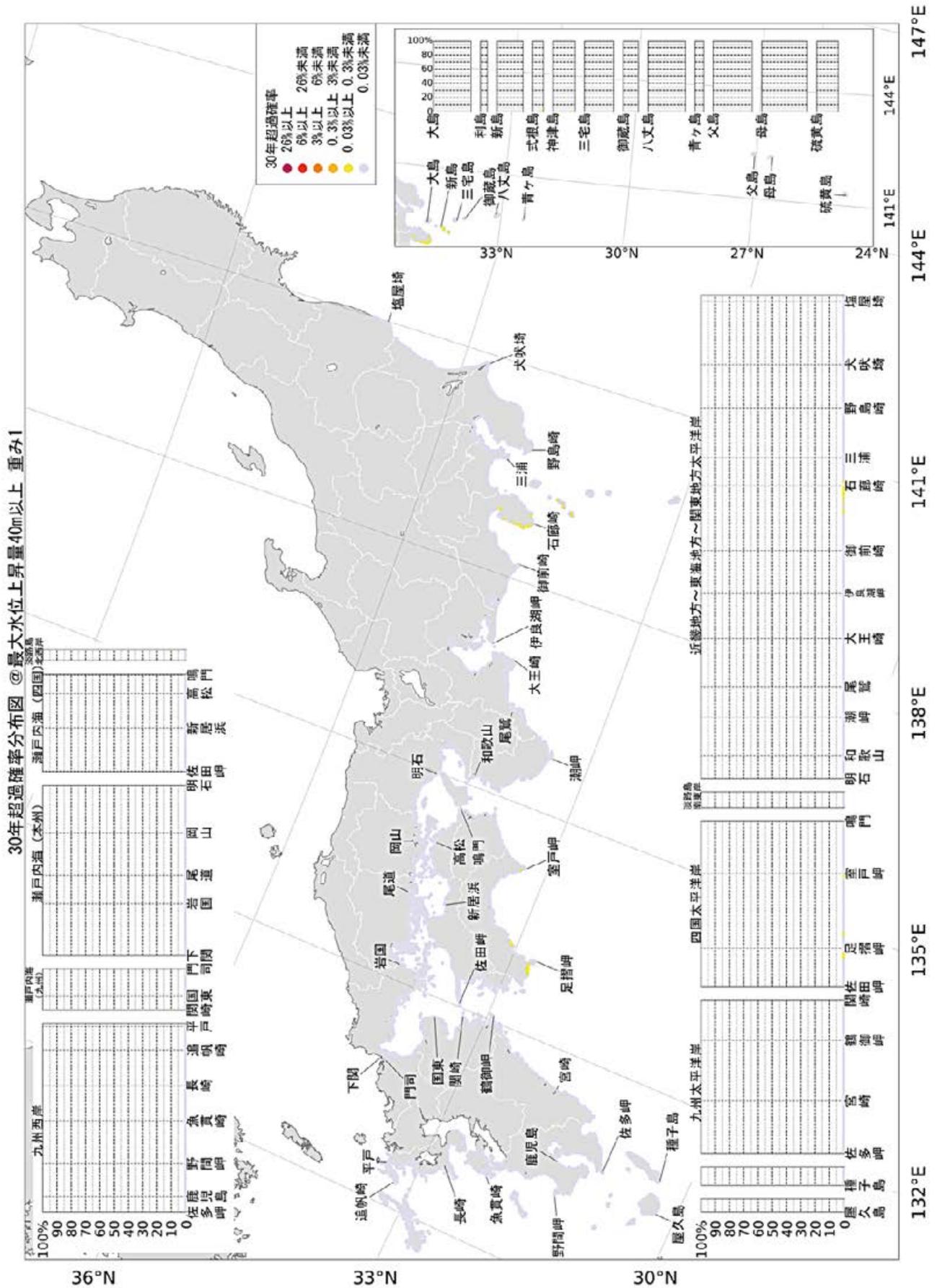


図 9.1-5 30 年超過確率分布図. 最大水位上昇量 40 m 以上.

9.2 確率論的な最大水位上昇量分布図

本研究資料(第一部本編)における確率論的な最大水位上昇量分布図は、今後 30 年以内に南海トラフ沿いで大地震が発生し、超過確率が 26%、6%、3%、0.3%、0.03% となる海岸の最大水位上昇量を表したものである(図 9.2-1 ~ 図 9.2-5)。例えば、30 年超過確率 26% の最大水位上昇量分布図(図 9.2-1)は、各ハザード評価点で、その最大水位上昇量以上の南海トラフ沿いの大地震に伴う津波に見舞われる確率が、今後 30 年間で 26% であることを表している。なお、着色していない海岸線は評価対象外であることを示している。また、各図中に示した帯図(横軸にハザード評価点、縦軸に最大水位上昇量を取ってプロットした図)の縦軸の表示範囲は超過確率毎に異なることに留意されたい。

30 年超過確率が 26% および 6% となる最大水位上昇量(図 9.2-1, 図 9.2-2)は、四国の太平洋岸および紀伊半島南東岸の方が石廊崎から伊豆半島西岸よりも大きい傾向が見られる。一方で、30 年超過確率が 0.3%、0.03%(図 9.2-4 ~ 図 9.2-5)になると石廊崎から伊豆半島西岸にかけての地域の方が四国の太平洋岸および紀伊半島南東岸よりも最大水位上昇量が大きい傾向が見られ、大小関係が逆転している。

30 年超過確率が 0.03% の場合(図 9.2-5)には、四国太平洋岸、伊豆半島、伊豆諸島の一部で最大水位上昇量が 50 m 程度となる地点が確認できる。この確率論的な最大水位上昇量は図 7.4-1 に示した 3,480 種類の全波源断層モデルによる最大水位上昇量の最大値を上回っている。本研究資料(第一部本編)では、津波伝播遡上計算結果を平均値として、これに対数正規分布で表現されたばらつき $\sigma_{\text{計算誤差}}$ を与えて津波ハザードカーブを算出している。確率論的な最大水位上昇量が津波伝播遡上計算による最大水位上昇量を上回るのは $\sigma_{\text{計算誤差}}$ の影響と考えられる。したがって、30 年超過確率が 0.03% の確率論的な最大水位上昇量分布に見られる 50 m 程度の値は $\sigma_{\text{計算誤差}}$ の値が変わると大きく変化すると考えられる。一方で、30 年超過確率が 0.3% 以上の場合(図 9.2-1 ~ 図 9.2-4)には、ハザード評価点毎に、その最大水位上昇量に概ね対応する特性化波源断層モデルが存在していると考えられる。

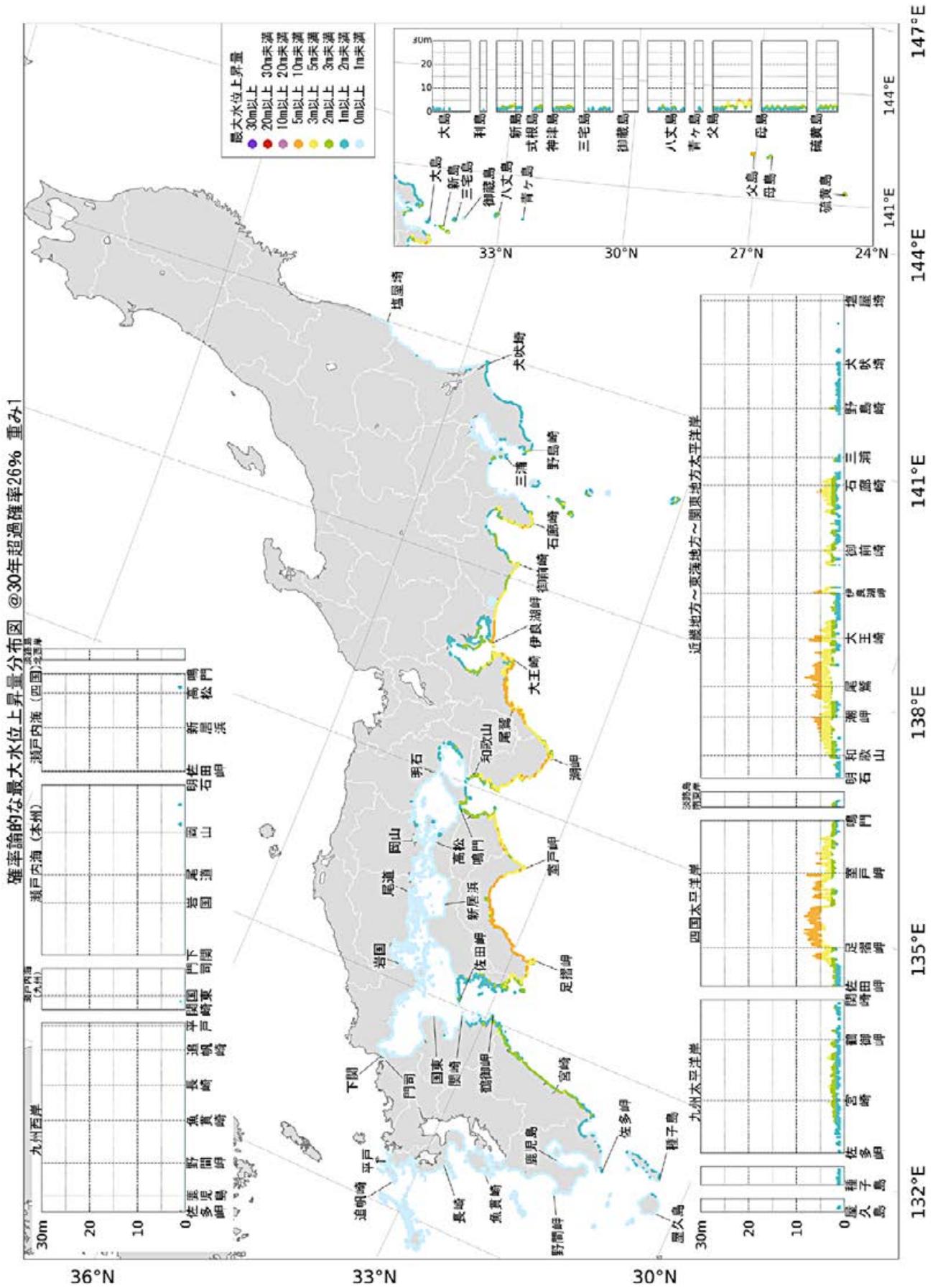


図 9.2-1 確率論的な最大水位上昇量分布図. 30年超過確率26%.

9.2 確率論的な最大水位上昇量分布図

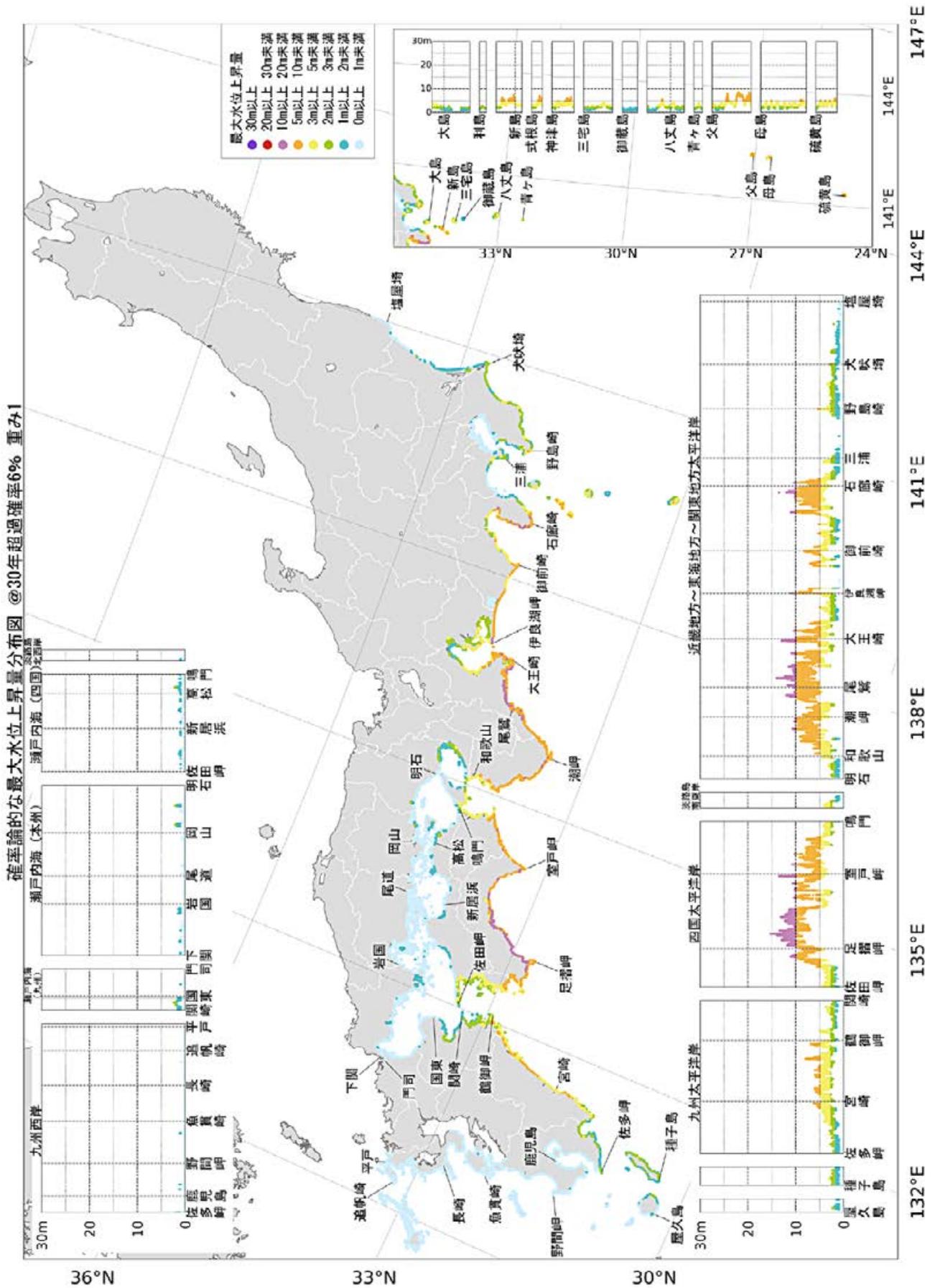


図 9.2-2 確率論的な最大水位上昇量分布図。30年超過確率6%。

9.2 確率論的な最大水位上昇量分布図

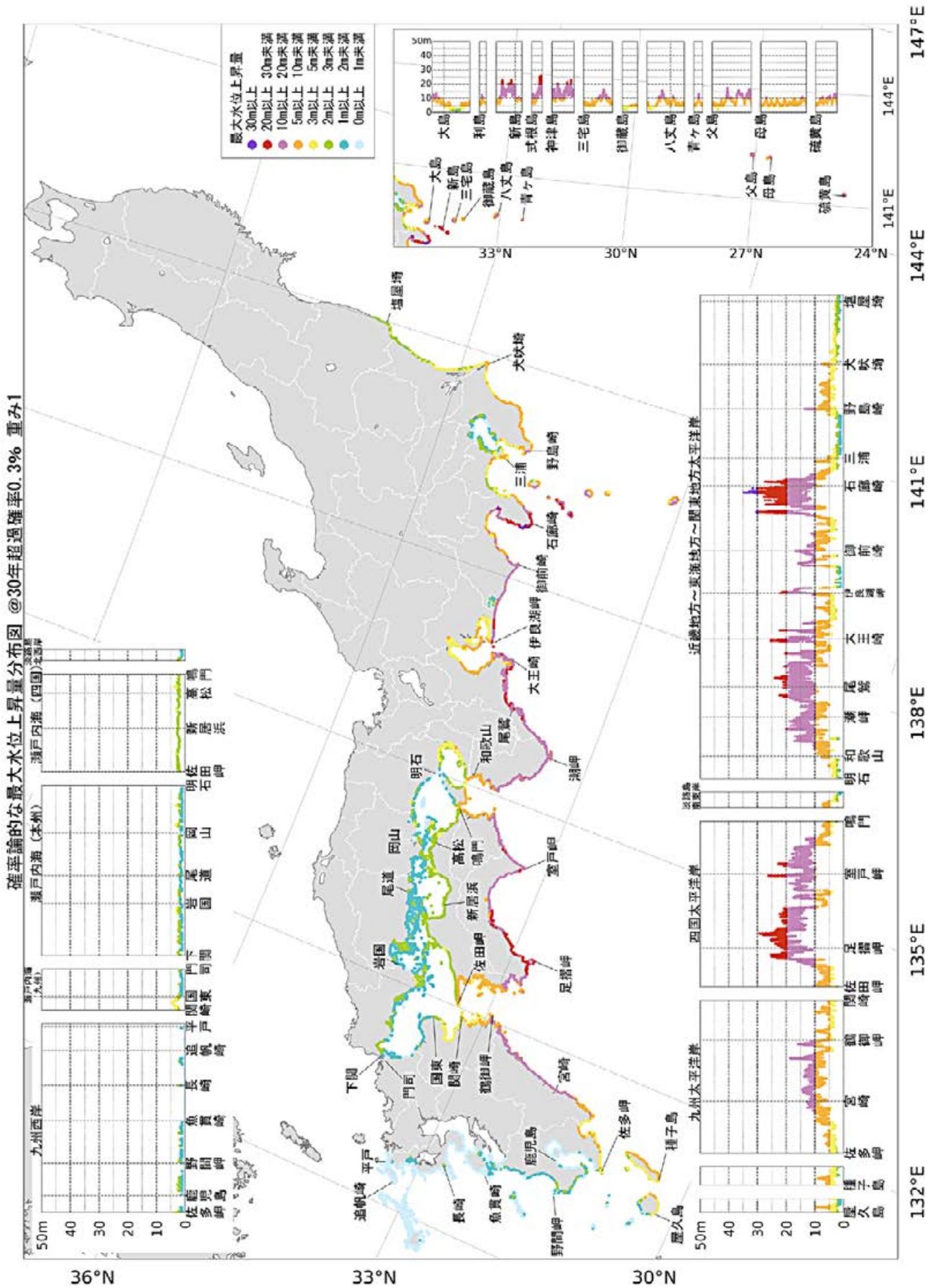


図 9.2.4 確率論的な最大水位上昇量分布図. 30年超過確率0.3%.

9.3 最大クラスの地震等を考慮した影響

本節では、研究資料第一部本編および付録編に示した確率論的津波ハザード評価の結果を比較し、最大クラスの地震等を考慮した影響を確認する。なお、本節の(1)および(2)で論じる差分(図)は、最大クラスの地震等を考慮した場合(本編)から、これを考慮しなかった場合(付録編)を差し引いた値であることに注意されたい。

(1) 30 年超過確率分布

図 9.3-1~図 9.3-5 に示した例では、最大クラスの地震等を考慮した本編の結果の方が、考慮しない付録編の結果よりも超過確率は大きい。超過確率の差は、最大水位上昇量が 40 m の場合(図 9.3-1)は 0.1% 以下で足摺岬周辺や伊豆半島周辺を除くとほぼ 0% である。最大水位上昇量が 20 m の場合(図 9.3-2)では足摺岬周辺では 1% 弱、その他の地域では概ね 0.5% 以下となっている。さらに、最大水位上昇量が 10 m の場合(図 9.3-3)は四国の太平洋岸、紀伊半島南東岸、伊良湖岬周辺および石廊崎周辺で 1% ~ 2% の差が見られる。最大水位上昇量が 5 m (図 9.3-4)では四国から東海地方の太平洋岸、伊豆・小笠原諸島において最大で 2% を超える差が見られ、最大水位上昇量が 3 m (図 9.3-5)では四国から東海地方の太平洋岸では最大で 2.5% 程度、伊豆・小笠原諸島では最大で 4% に達する差が見られる。

最大水位上昇量が 3 m 以上となる 30 年超過確率は、最大クラスの地震等の考慮する／しないに依らず(すなわち研究資料第一部本編および付録編の双方において)、最大で 70% 程度であることを考えると、最大クラスの地震等を考慮した影響は限定的であると思われる。一方で、定性的には、基準となる最大水位上昇量が大きいほど、最大クラスの地震等の考慮が 30 年超過確率に及ぼす影響は大きい、すなわち 30 年超過確率は高くなると考えられる。最大水位上昇量が 40 m の場合の 30 年超過確率分布図(図 9.1-5)と超過確率の差分図(図 9.3-1)を比較すると、最大クラスの地震等を考慮した影響が大きいことがわかる。同様の傾向は、最大水位上昇量が 20 m の場合についても認められる(図 9.1-4 と図 9.3-2 の比較)。

(2) 確率論的な最大水位上昇量分布

定性的には 30 年超過確率が小さいほど、最大クラスの地震等の考慮が確率論的な最大水位上昇量(これ以降、特段の必要がない限り最大水位上昇量と略す)に及ぼす影響は大きい、すなわち最大水位上昇量は大きくなると考えられる。最大クラスの地震等を除外した場合との最大水位上昇量の差は、30 年超過確率 26% (図 9.3-6)ではほぼ +0 m から +1 m の範囲に収まっているが、最大クラスの地震等を考慮した場合の方が最大水位上昇量が小さくなっている地点が伊良湖岬周辺などごく一部に見られる。これは、最大クラスの地震等を評価対象から除外し、最大クラスの地震等に対して与えられていた発生確率を残りの地震に配分したことによる影響とも考えられるが、詳細についての検討は今後の課題としたい。

30 年超過確率 6% (図 9.3-7)では +0 m ~ 1.5 m 程度、30 年超過確率 3% (図 9.3-8)では +0 m ~ 2.0 m 程度、特に石廊崎から伊豆諸島の一部で 2.0 m 以上、最大クラスの地震等を考慮した方が大きな最大水位上昇量となっている。さらに、30 年超過確率 0.3% (図 9.3-9)では四国太平洋岸、石廊崎周辺で最大 9 m 程度、伊豆諸島で最大 12 m 程度の差があり、0.03% (図 9.3-10)では足摺岬周辺で 25 m 程度、石廊崎周辺で 20 m を超える大きな差が生じている。

(3) まとめ

最大クラスの地震等を考慮した場合(第一部本編)の方が、それを考慮しない場合(第一部付録編)に比べ、程度の差はあれ、30 年超過確率および最大水位上昇量はどちらも広い範囲の海岸で大きくなることが確認された。また、最大クラスの地震等を加えた場合の影響は、30 年超過確率に対しては基準となる最大水位上昇量が大きいほど大きく、最大水位上昇量に対しては 30 年超過確率が小さいほど大きいことがわかった。

ただし、30 年超過確率が極端に低い場合あるいは最大水位上昇量が極端に大きい場合は、9.2 節で述べたように、ばらつき σ 計算誤差の値が強く影響を与えていると考えられるため、そのようなケースの推定値の使用に際しては十分な注意を払う必要がある。

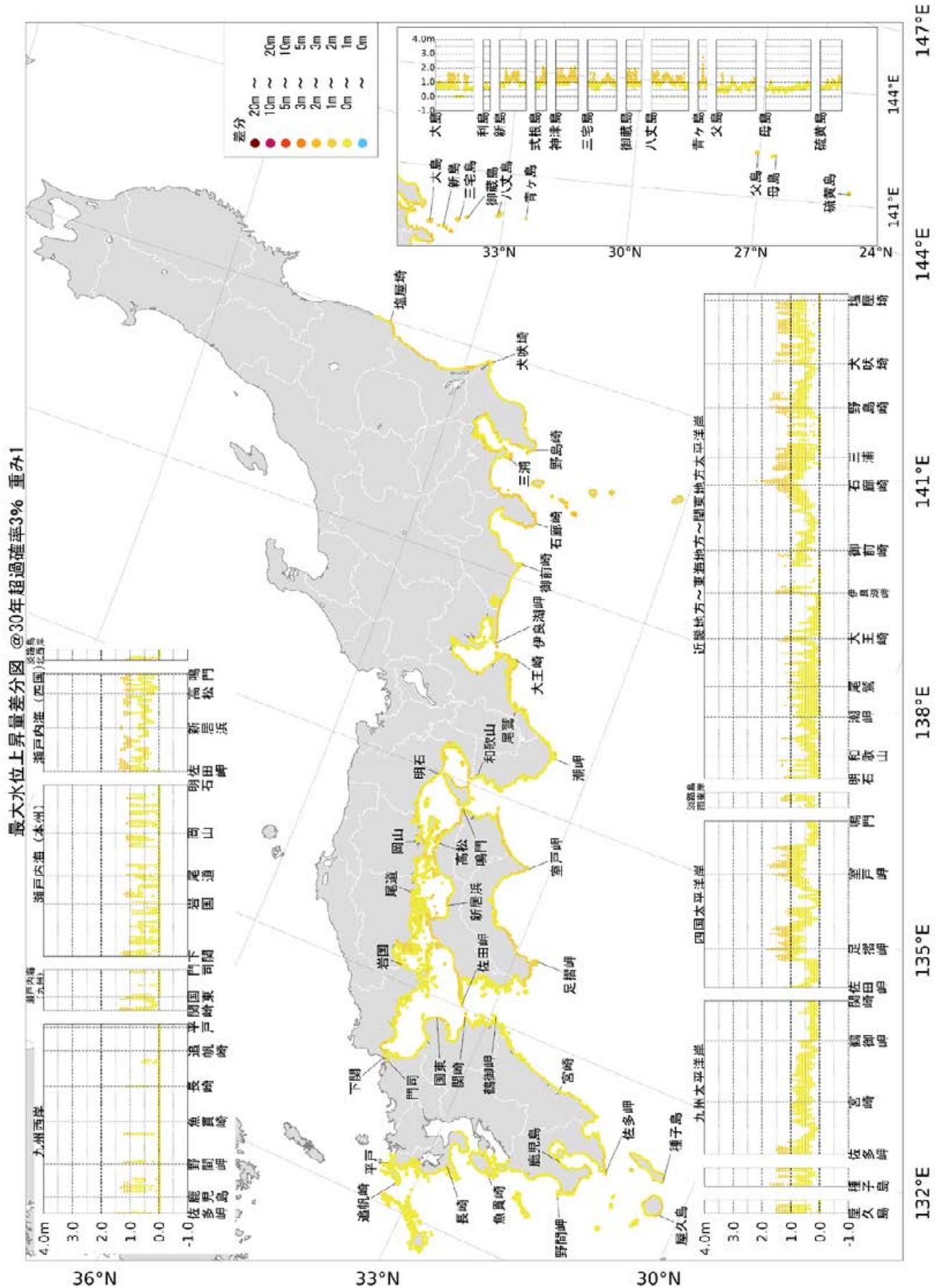


図 9.3-8 最大クラスの地震等を考慮した場合としない場合の最大水位上昇量の差分。30年超過確率3%の場合。

