

電源開発株式会社  
大間原子力発電所

意見聴取会指摘事項について  
(津波関係)

平成19年2月  
原子力発電安全審査課

# 目 次

1. 恵山の山体崩壊により発生する津波による影響について

## 1. 恵山の山体崩壊により発生する津波による影響について

- 1) 恵山の山体崩壊により発生する津波による影響について，検討すること。

## 1.1 はじめに

申請者は、発電所の供用期間中に恵山が崩壊して津波が発生する可能性は低いと考えられるとしているが、念のため、恵山の山体崩壊による津波について、以下の通り検討している。

既往最大の崩壊量と同程度の崩壊物が海域に流入する基本検討(ケース1)に加えて、既往最大の崩壊量を超える場合(ケース2)、更には崩壊物の海域への流入方向を変える場合(ケース3)についても比較検討を行っている。

## 1.2 既往最大の崩壊量と同程度の崩壊物が海域に流入する場合

### (ケース1)

#### 1.2.1 恵山火山

恵山は、北海道亀田半島の東端に位置する、標高618m、山体規模1.5km<sup>3</sup>程度の小規模な活火山である。恵山の位置を、図-1.2.1に示す。

恵山火山防災会議協議会(2001)<sup>(1)</sup>によると、恵山はおよそ4～5万年前に火山活動を開始し、1万年程度のサイクルの大噴火の間に中小規模の噴火を繰り返しつつ、現在の山体に至っているとされている。最近では、江戸時代に(1846年、1874年)に2回ほど小規模な噴火(水蒸気爆発)があったとされており、現在は静穏期・小規模噴火の時期にあると考えられているとされている。

また、恵山における過去の山体崩壊の発生源と崩壊堆積物分布範囲を、図-1.2.2に示す。恵山の山体崩壊については、約4万年前、約2万年前、約2,500年前に起こったとされている<sup>(1)</sup>が、申請者はその崩壊体積を概ね0.01km<sup>3</sup>～0.05km<sup>3</sup>と小規模なものであったと見積られるとしている。このうち、約2万年前にスカイ沢山が崩壊した際には崩壊堆積物が現在の海岸付近まで到達している<sup>(1)</sup>が、崩壊体積が0.05km<sup>3</sup>と小規模のうえ海域に流入した量はさらに少量であったと考えられることから、申請者は津波が発生したとしても大きな被害を発生させるものではないと考えられるとしている。

### 1.2.2 数値シミュレーションによる検討

申請者は、既往最大の崩壊量と同規模の  $0.05\text{km}^3$  の崩壊物が海域に流入する際に発生する津波について、以下のとおり検討している。

#### (1) 山体崩壊量及び海域への流入量の設定

恵山の現在の地形及び推定崩壊域・堆積域を図-1.2.3 に示す。検討対象の斜面については、比較的斜面勾配が急で海に面した斜面として大間原子力発電所からの距離が近い南東側斜面に設定し、崩壊体積を既往最大の約2万年前の崩壊と同規模の  $0.05\text{km}^3$  に設定したとしている。

また、山体崩壊による津波の発生原因となる海域への崩壊物の流入量は、安全側を考慮し崩壊量の全量である  $0.05\text{km}^3$  として設定している。ここで、崩壊堆積物の分布範囲については、島原眉山（長崎県）が1792年に地震により崩壊し津波を発生させた事例<sup>(2)</sup>を参考として、恵山の山体は島原眉山をひとまわり小規模にした程度であることを考慮し約  $8\text{km}^2$  として設定した（図-1.2.3）としている。申請者が設定した恵山の推定崩壊域及び堆積域断面を図-1.2.4 に示す。

#### (2) 数値シミュレーション方法

津波の数値シミュレーションに用いる波源モデルは、崩壊物が高速で海域に突入することにより発生することを簡便に再現する方法として、山体崩壊による地形変化を、崩壊土砂が速度  $U$  で移動し各地点における比高変化が継続時間  $T$  で終了すると仮定した、

佐竹・加藤(2002)<sup>(4)</sup>による kinematic landslide model を用いたとしている。佐竹・加藤(2002)<sup>(4)</sup>においては、崩壊土砂速度 $U$ については1980年セントヘレンズ噴火の際に撮影された岩屑なだれの速度 $50\sim 70\text{m/s}$ を参照のうえ、1741年渡島大島が崩壊した際の津波を対象とした数値シミュレーションが行われており、崩壊土砂速度 $U$ 及び比高変化継続時間 $T$ については、計算結果が痕跡高を良好に再現するようなパラメータスタディを行った結果から、崩壊土砂速度 $U=67\text{m/s}$ 、比高変化継続時間 $T=2$ 分との条件で良好な計算結果が得られたとされている。

本検討では、図-1.2.5に示す崩壊物の堆積域に相当する海底面に、崩壊物の平均堆積厚さに相当する $6\text{m}$ の比高変化を与えることにより波源モデルを設定したとしている。また、佐竹・加藤(2002)<sup>(4)</sup>の検討結果を参考に、崩壊土砂速度 $U$ を $70\text{m/s}$ に、更に、恵山の海域への崩壊物流入量( $0.05\text{km}^3$ )が1741年渡島大島の海域への崩壊物流入量( $2.5\pm 0.3\text{km}^3$ )<sup>(4)</sup>より小さいことを勘案し、比高変化継続時間(海底面の立ち上がり時間) $T$ を $60$ 秒に設定したとしている。

数値シミュレーションの計算条件を表-1.2.1に、計算領域を図-1.2.6に示す。なお、今回の数値シミュレーションを行うに際して、B領域( $2.5\text{km}$ メッシュ)～D領域( $278\text{m}$ メッシュ)の形状を修正したとしている。

### (3) 数値シミュレーション結果

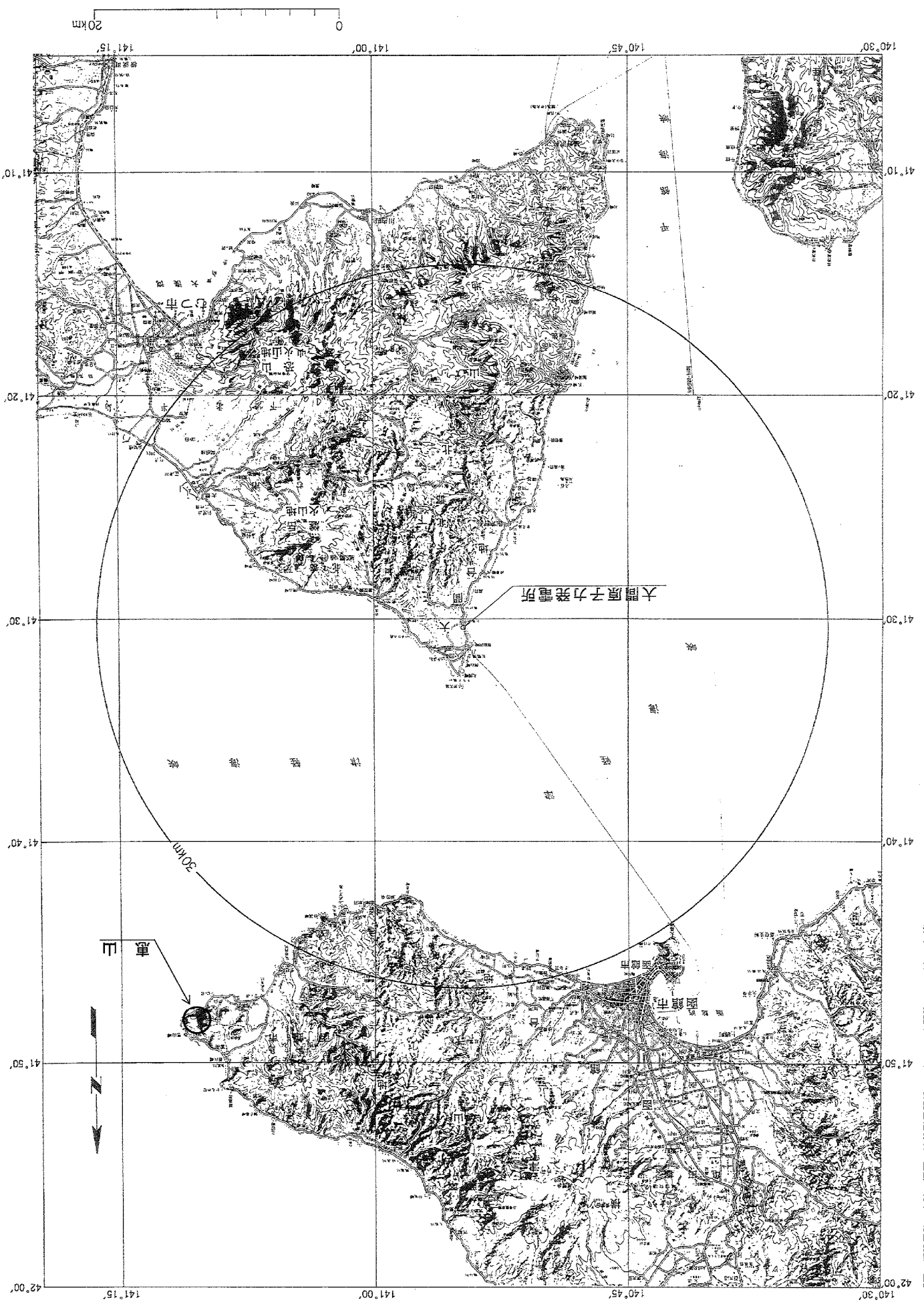
数値シミュレーション結果として、恵山から敷地を含む領域の

最大水位上昇量分布を図-1.2.7 に、敷地における最大水位上昇量及び下降量の分布を図-1.2.8 に、大間原子力発電所の港湾内における水位時間波形を図-1.2.9 に示す。

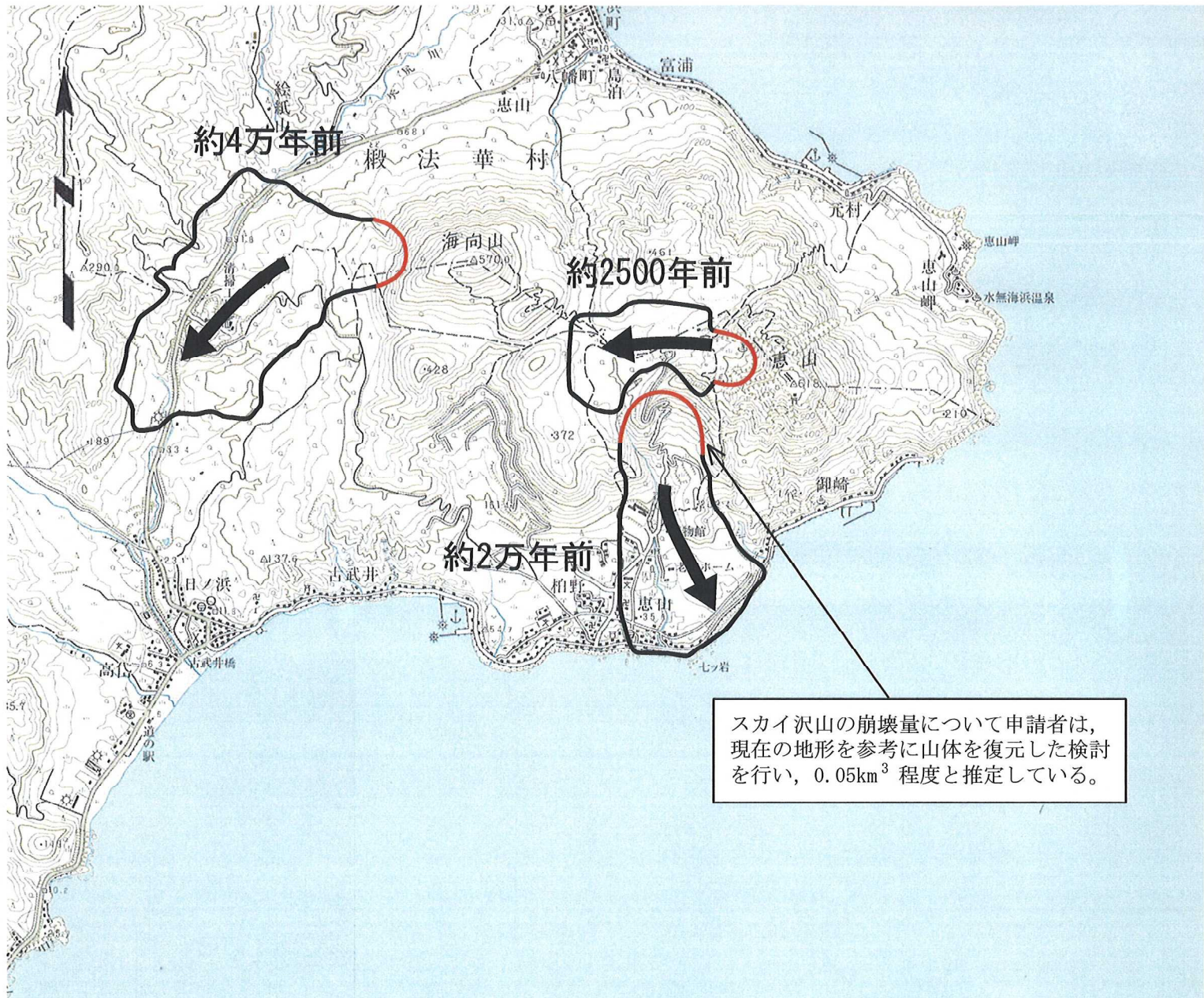
数値シミュレーション結果によると、敷地における最大水位上昇量は約 1.9m であり、最高水位は朔望平均満潮位を考慮すると T.P. +2.6m 程度となっている。また、取水口スクリーン前面における最大水位下降量は約 1.6m であり、最低水位は朔望平均干潮位を考慮すると T.P. -1.8m 程度となっている。

なお、これらの水位は、大間原子力発電所の想定津波による水位（最高水位：T.P. +4.4m 程度、最低水位：T.P. -3.8m 程度）を上回るものではないとしている。

図-1.2.1 恵山の位置



原子炉設置許可申請の概要—地盤調査範囲図—(04—大園設C-1図)に加筆

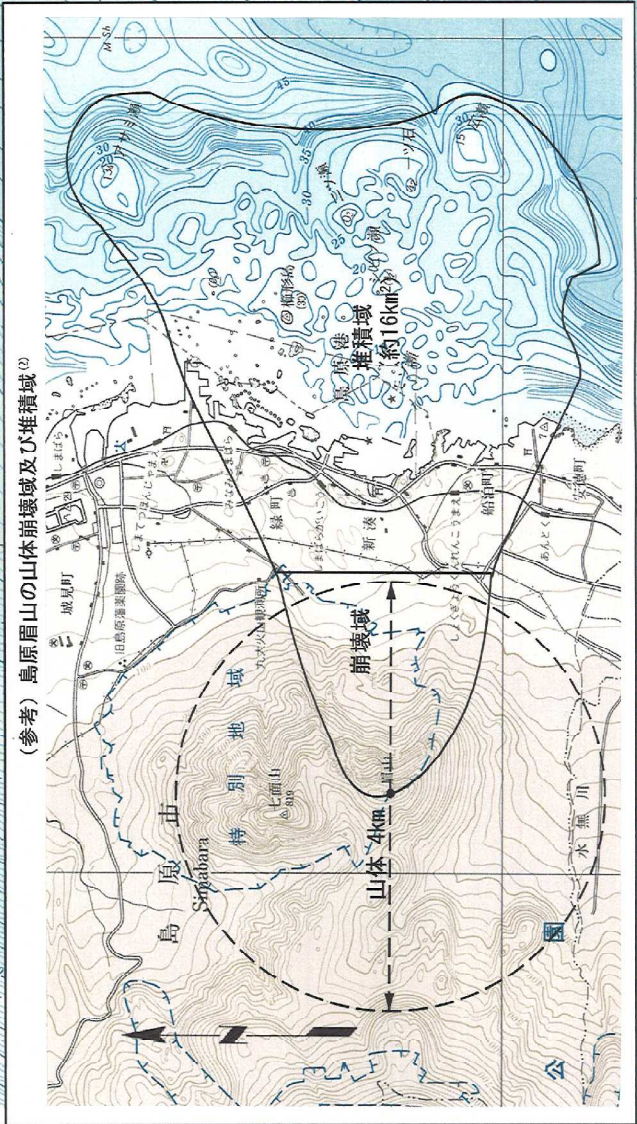


スカイ沢山の崩壊量について申請者は、現在の地形を参考に山体を復元した検討を行い、 $0.05\text{km}^3$ 程度と推定している。

図-1.2.2 恵山における過去の山体崩壊の発生源と崩壊堆積物分布範囲 [恵山火山防災会議協議会(2001)<sup>1)</sup>に基づき作成]



A-A' 断面及び堆積域については、海域へ流入した崩壊物が海底の等高線と直交する方向へ拡がり堆積すると仮定して設定している。



(参考) 島原山の山体崩壊域及び堆積域の

図-1.2.3 恵山の推定山体崩壊域及び堆積域 (ケース1)

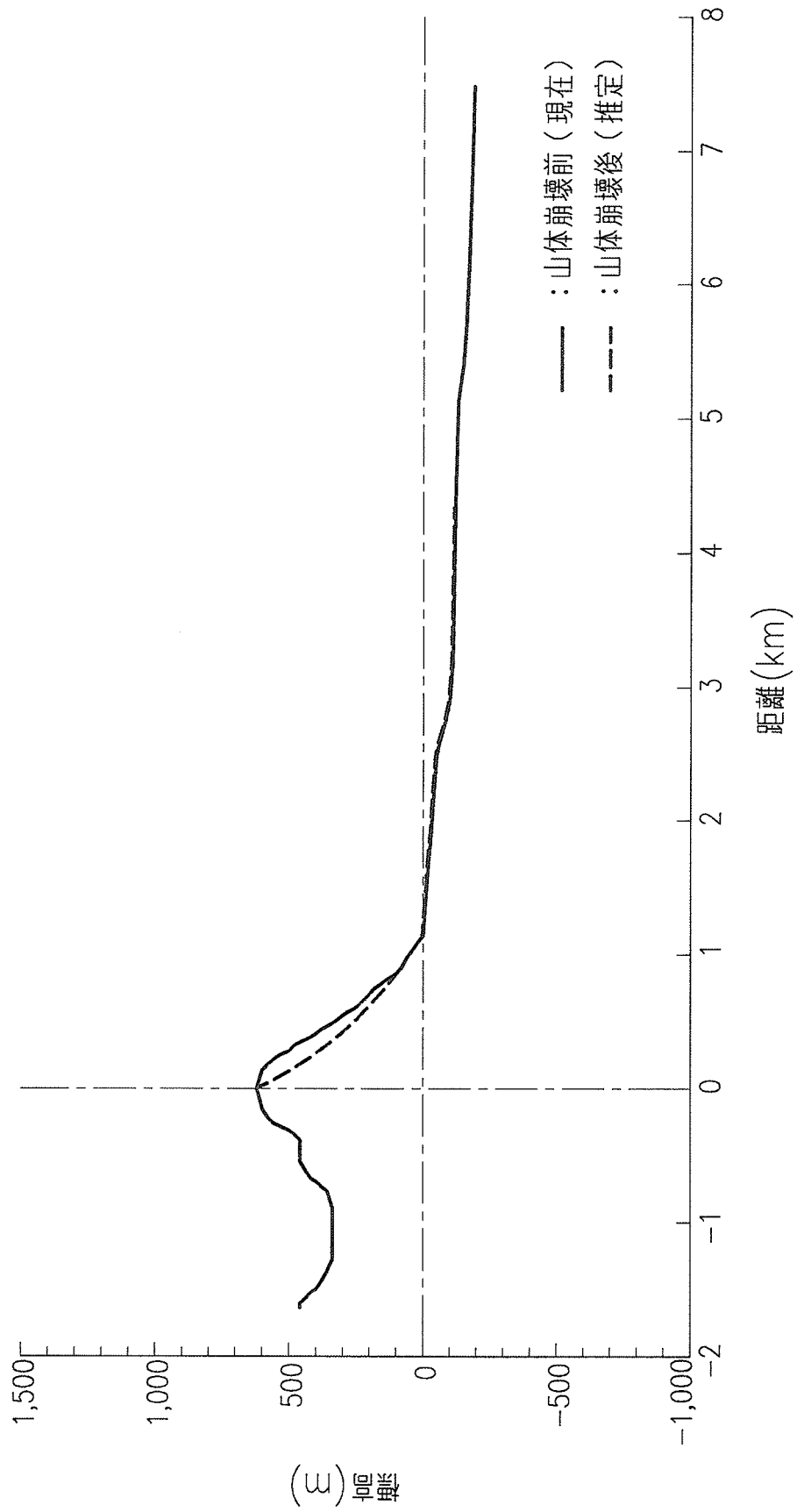


図-1.2.4 恵山の推定山体崩壊域及び堆積域断面 (A-A' 断面) (ケース1)

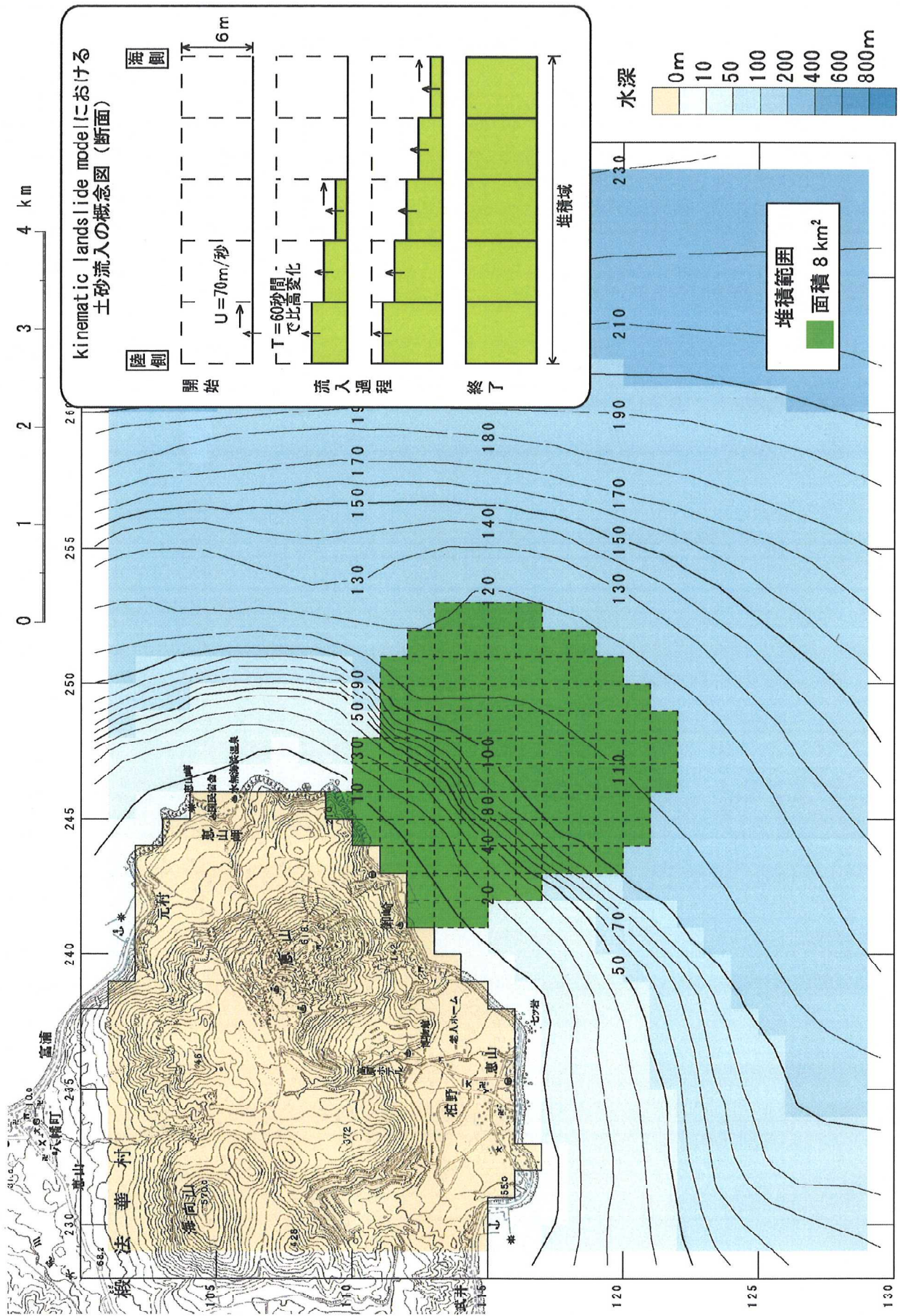


図-1.2.5 波源モデル (ケース1)

表-1.2.1 計算条件一覧

領域 項目	B 領域	C 領域	D 領域	E 領域	F 領域	G 領域
計算格子間隔 $\Delta s$	2.5km (5000/2)	833m (2500/3)	278m (2500/9)	93m (2500/27)	31m (2500/81)	10m (2500/243)
計算時間間隔 $\Delta t$	0.4 秒					
基礎方程式	線形長波			非線形長波		
沖側境界条件	自由透過条件 遠地津波の計算 では、沖合の波 形を境界条件と して入射する	外側の大格子領域と、水位・流速を接続				
陸側境界条件	完全反射条件			岩崎・真野(1979)の 遡上境界条件		
初期条件	波源モデルは、佐竹・加藤(2002) <sup>(4)</sup> による kinematic landslide model を用いている 崩壊土砂速度U: 70m/s 比高変化継続時間T: 60 秒					
海底摩擦	考慮しない			マンニングの粗度係数 $n = 0.03$		
計算時間	山体崩壊後3時間					
海底地形	現在の地形に加え、発電所の港湾設備等を考慮している					

岩崎敏夫・真野明(1979):オイラー座標による二次元津波遡上の数値計算, 第26回海岸工学講演会論文集, 土木学会, pp.70-74.

基礎方程式: 非線形長波[浅水理論]の連続式及び運動方程式

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial Q_x}{\partial x} + \frac{\partial Q_y}{\partial y} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial Q_x}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{Q_x^2}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{Q_x Q_y}{D} \right) + gD \frac{\partial \eta}{\partial x} + \frac{gn^2}{D^{7/3}} Q_x \sqrt{Q_x^2 + Q_y^2} = 0 \quad (2)$$

$$\frac{\partial Q_y}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{Q_x Q_y}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{Q_y^2}{D} \right) + gD \frac{\partial \eta}{\partial y} + \frac{gn^2}{D^{7/3}} Q_y \sqrt{Q_x^2 + Q_y^2} = 0 \quad (3)$$

ここに,  $x, y$ : 位置 (水平直交座標)

$D$ : 全水深 (= 静水深 + 水位)

$n$ : Manningの粗度係数

$Q_x, Q_y$ :  $x, y$  方向の単位幅当たりの流量 (= 流速 × 全水深)

$g$ : 重力加速度

$\eta$ : 静水面からの水位

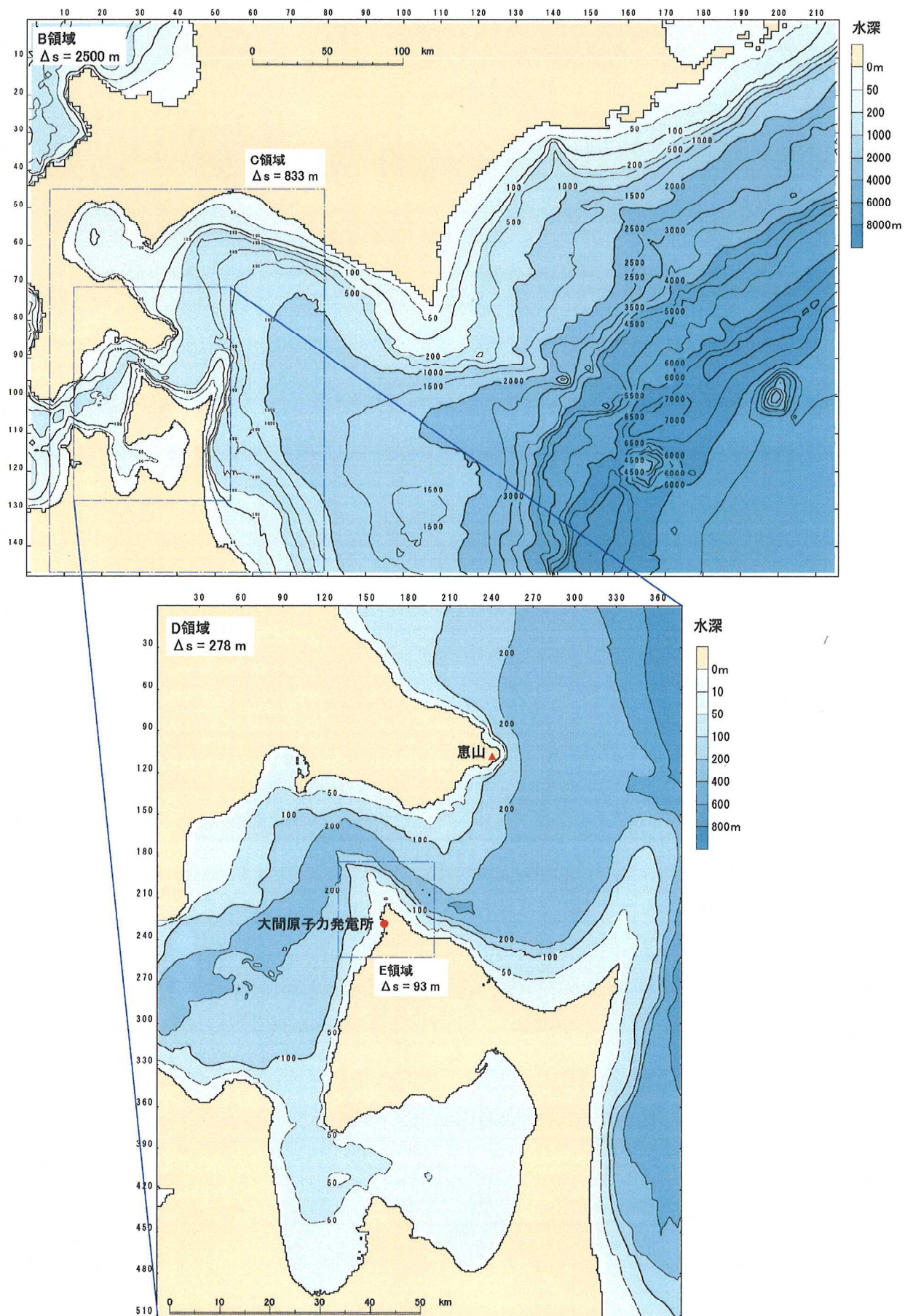
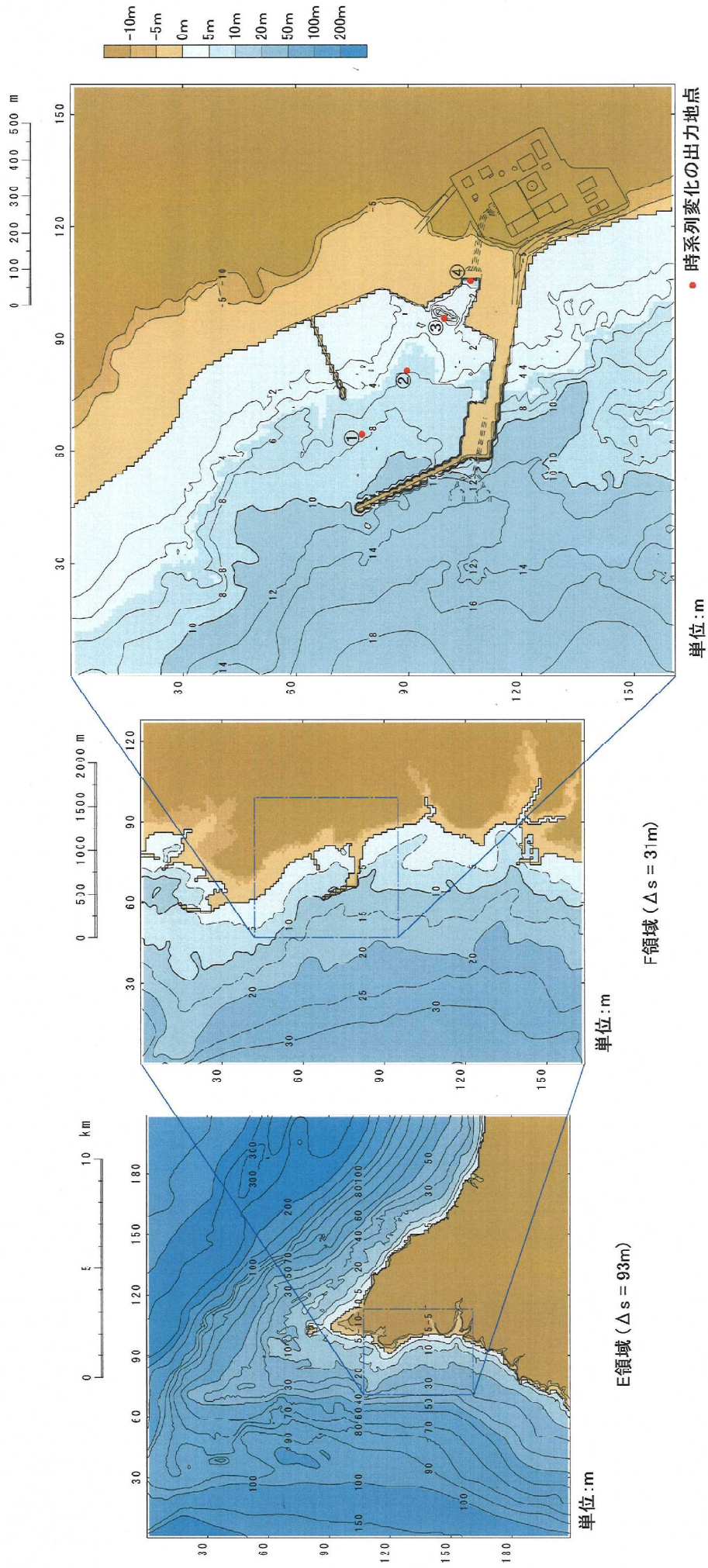


図-1.2.6(1) 計算領域図



G領域 ( $\Delta s = 10m$ )

図-1.2.6(2) 計算領域図 (敷地周辺)

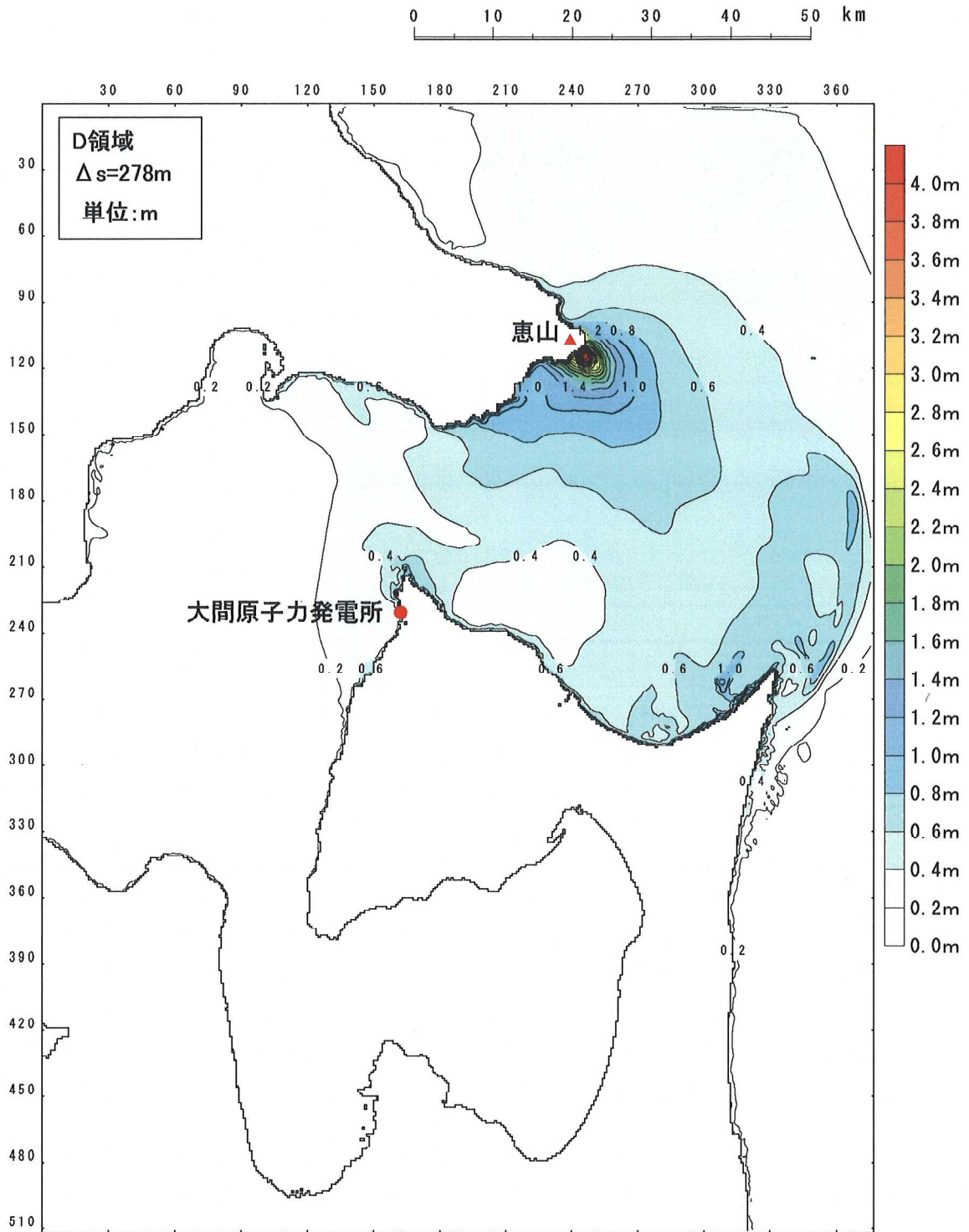
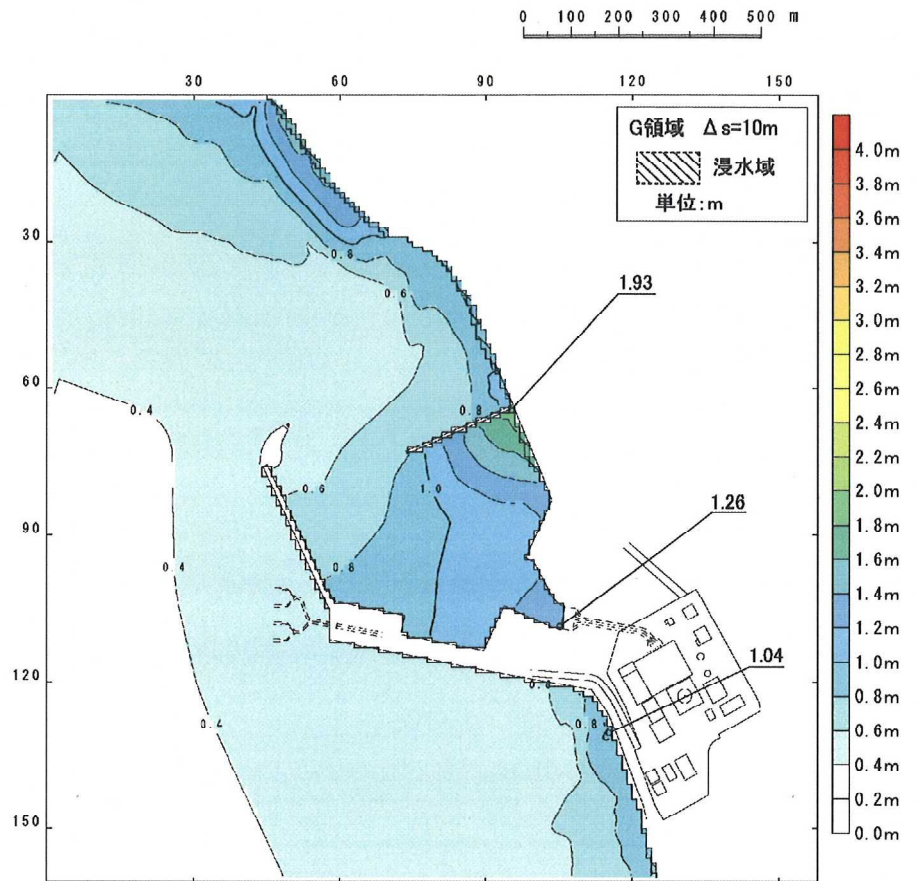


図-1.2.7 最大水位上昇量の分布（D領域）（ケース1）

最大水位上昇量



最大水位下降量

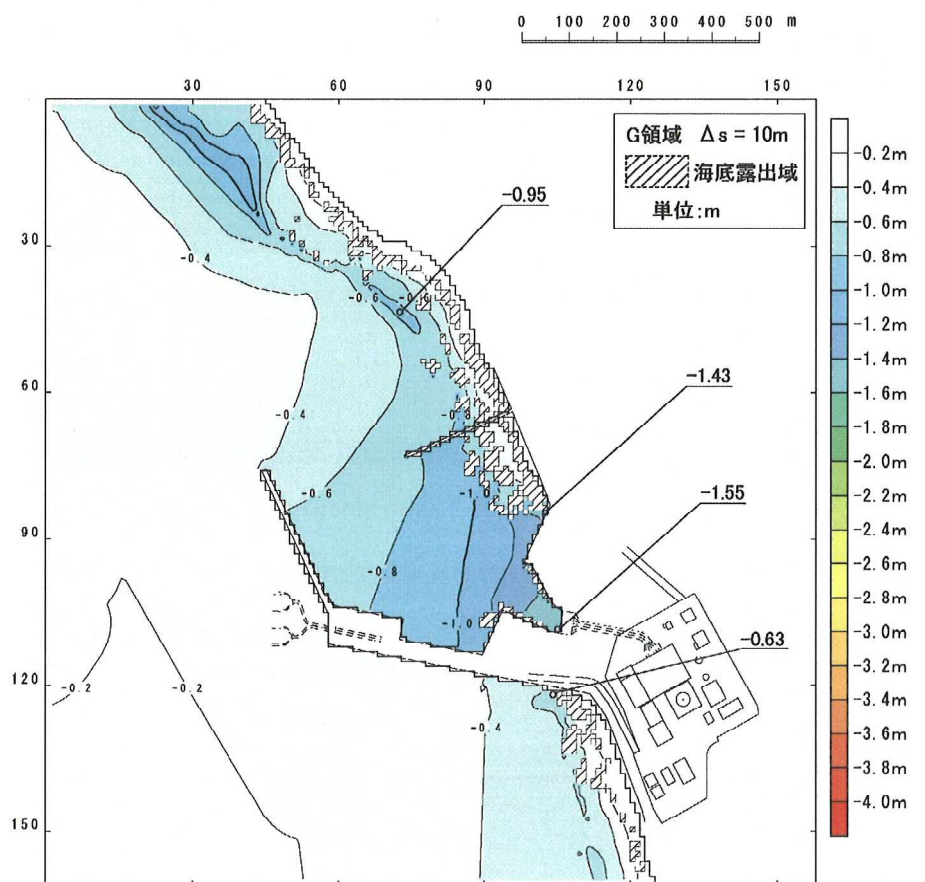


図-1.2.8 最大水位上昇量及び下降量の分布（G領域）（ケース1）

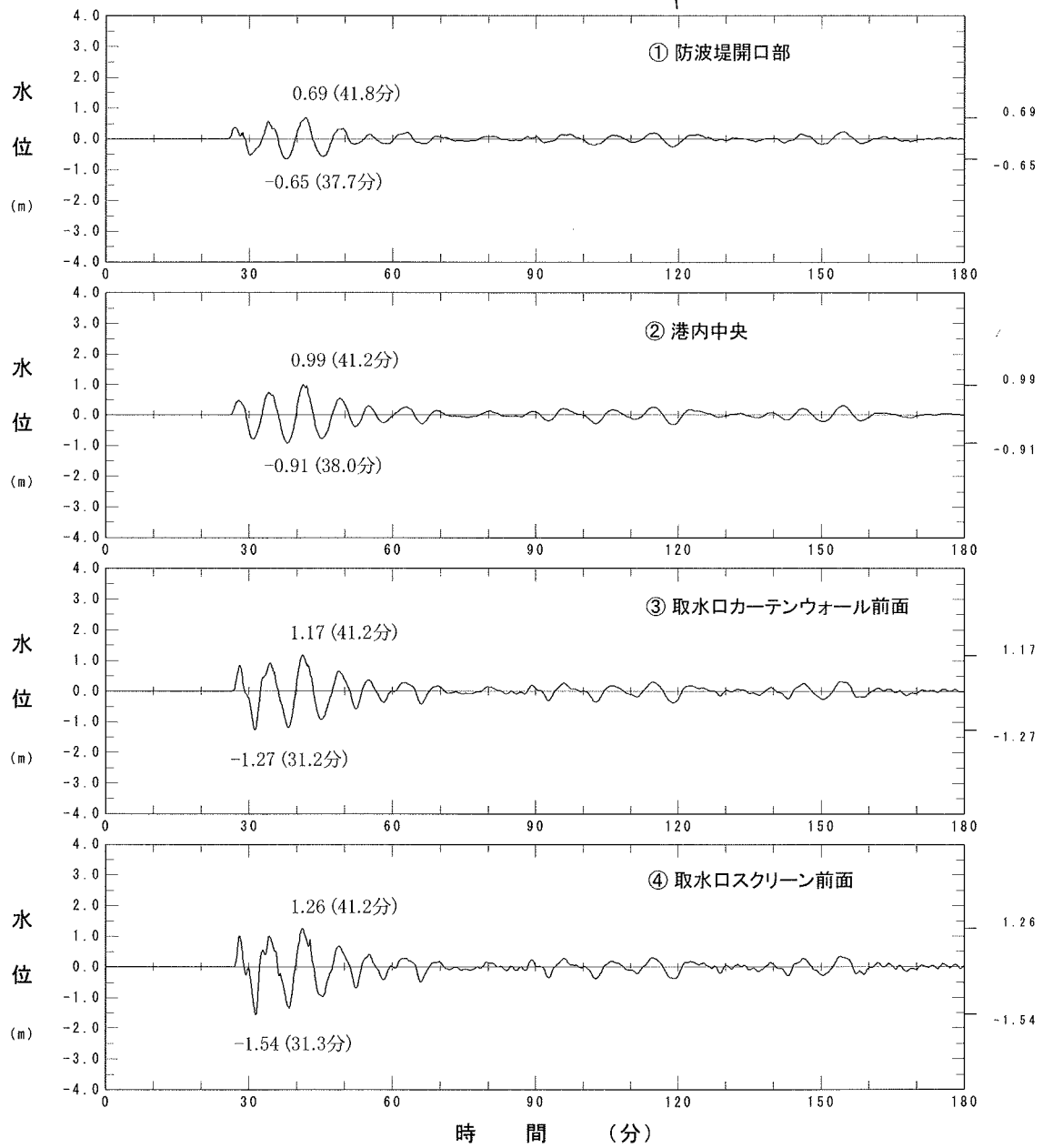
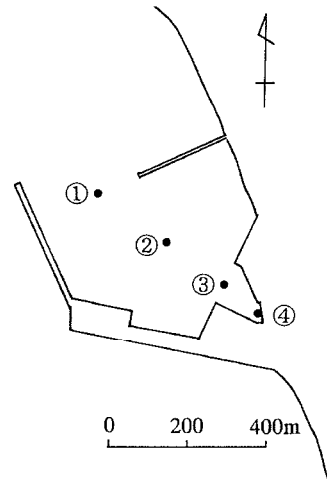


図-1.2.9 水位時間波形 (ケース 1)

### 1.3 恵山の山体崩壊量が既往最大を超える場合（ケース2）

更に申請者は比較検討として、日本近海で発生した山体崩壊等による津波を参照し、恵山の山体崩壊量が既往最大を超える場合の検討を行っている。

#### 1.3.1 山体崩壊による津波

古文書等の記録に残された日本近海で発生した山体崩壊等による津波としては、火山活動に伴う地滑りにより発生した1640年の北海道駒ヶ岳の津波、地震に伴う山体崩壊により発生した1792年島原眉山の津波が挙げられる。また、古文書等の記録では津波の発生原因が特定されていないが、近年の研究成果<sup>(4)</sup>から山体崩壊により発生したとされる津波として1741年渡島大島の津波が挙げられるとしている。

恵山の山体崩壊量・形状を推定するにあたり申請者は、これらの事例について以下のとおり調査・検討を行っている。

北海道の渡島半島の沖合約50kmに位置する、渡島大島の現在の地形及び佐竹・加藤(2002)<sup>(4)</sup>による崩壊域・堆積域を図-1.3.1に、また、佐竹・加藤(2002)<sup>(4)</sup>による渡島大島の崩壊域・堆積域断面を図-1.3.2に示す。渡島大島は、標高714mであるが、水深約1,600mの海底まで連続する直径約18km、比高2,300mを越える円錐状の大きな火山である。このうち、山頂（崩壊前の推定標高850m）から水深1,100mまでの $2.4 \pm 0.3 \text{ km}^3$ が崩壊し、水深1,100mから2,000mまでの $69 \pm 4 \text{ km}^2$ の範囲に $2.5 \pm 0.3 \text{ km}^3$ の崩壊堆積物が

堆積したとされている。

また、北海道駒ヶ岳の現在の地形及び吉本ほか(2003)<sup>(5)</sup>による崩壊域・堆積域を図-1.3.3に、また、吉本ほか(2003)<sup>(5)</sup>による北海道駒ヶ岳の崩壊域・堆積域断面を図-1.3.4に示す。北海道駒ヶ岳は、標高1,131mの成層火山であり、恵山の比較的近くにある活火山であるが、想定される噴火規模や現象にはあまり共通点はないとされている<sup>(1)</sup>。1640年の北海道駒ヶ岳の崩壊について検討された吉本ほか(2003)<sup>(5)</sup>によると、崩壊前の推定標高は1,300m、崩壊量は1.42~1.70km<sup>3</sup>、海域への崩壊物の流入量は0.92~1.20km<sup>3</sup>とされている。なお、Nishimura and Satake(1993)<sup>(6)</sup>では、崩壊堆積物の約半分が海に流入したと仮定した数値シミュレーションが行われている。

更に、長崎県の島原眉山の現在の地形及び笹原(2004)<sup>(2)</sup>を基に作成した崩壊域・堆積域を図-1.3.5に、また、笹原(2004)<sup>(2)</sup>を基に作成した島原眉山の崩壊域・堆積域断面を図-1.3.6に示す。島原眉山は、現在は標高708mの火山であるが、笹原(2004)<sup>(2)</sup>によると、1792年の崩壊以前の推定標高は760mであり、約0.4km<sup>3</sup>の山体が崩壊し、ほぼ半分の約0.2km<sup>3</sup>の崩壊物が前面の海域に流入し津波を発生させたとされている。

### 1.3.2 数値シミュレーションによる検討

#### (1) 山体崩壊量及び海域への流入量の設定

本検討に用いる恵山の山体規模、推定崩壊域・堆積域等を、渡島

大島、北海道駒ヶ岳及び島原眉山の山体規模、崩壊域・堆積域等と比較して表-1.3.1に示す。

恵山の崩壊量の推定にあたり申請者は、山体の崩壊率を1792年島原眉山と同程度の10%として、推定崩壊量を $0.15\text{km}^3$ に設定したとしている。この推定崩壊量は、過去の恵山の山体崩壊が最大でも $0.05\text{km}^3$ と小規模であったこと、また、恵山の山体は島原眉山をひとまわり小規模にした程度であることを考慮し、仮に恵山が崩壊した場合の最大級の事例として想定したとしている。

表-1.3.1 山体規模、崩壊域及び堆積域の比較

項目			渡島大島 (1741年)	北海道駒ヶ岳 (1640年)	島原眉山 (1792年)	恵山 (推定)
山体 (崩壊前)	直径 (m)		18,000 <sup>(4)</sup>	16,000	4,000	3,000
	比高 (m)		2,450 <sup>(4)</sup>	1,300	760 <sup>(3)</sup>	618
	体積 ( $\text{km}^3$ )	a	207.8	87.1	3.2	1.5
崩壊量	長さ (km)		5 <sup>(4)</sup>	3.2	2.0	1.2
	幅 (km)		4 <sup>(4)</sup>	2.3	1.5	1.4
	面積 ( $\text{km}^2$ )		17±4 <sup>(4)</sup>	6.5	3.0	1.5
	平均厚さ (m)		135±17 <sup>(4)</sup>	218~262	133	100
	体積 ( $\text{km}^3$ )	b	2.4±0.3 <sup>(4)</sup>	1.42~1.70 <sup>(5)</sup>	0.4 <sup>(2)</sup>	0.15
	崩壊率 (%)	b/a	(1.2)	(1.6~2.0)	(12.5)	10
海域への 流入量	長さ (km)		11.3	8.0	4.1	3.2
	幅 (km)		13.4	15.4	3.7	3.2
	面積 ( $\text{km}^2$ )		69±4 <sup>(4)</sup>	126 <sup>(5)</sup> (現在の海域)	15.5	8.4
	平均厚さ (m)		36±2 <sup>(4)</sup>	7~10	13	9
	体積 ( $\text{km}^3$ )	c	2.5±0.3 <sup>(4)</sup>	0.92~1.20 <sup>(5)</sup>	0.2 <sup>(2)</sup>	0.075
	流入率 (%)	c/b	100	65~71	50 <sup>(2)</sup>	50

注)・山体(崩壊前)体積は、山体を円錐と仮定し算出した値を示す。  
 ・右肩に文献番号の記載がある数字は文献からの引用値を示し、それ以外は、申請者が図-1.3.1~図1.3.8より読取った値及びそれらに基づき算出した値を示す。

また、恵山の山体崩壊による津波の発生原因となる海域への崩壊物の流入量は、崩壊量が少ないこと、更に海域の斜面勾配が陸域に比べて緩やかなことを考慮のうえ 1792 年島原眉山と同程度の 50% と考え、 $0.075\text{km}^3$  として設定している。このように設定した、恵山の推定崩壊域・堆積域を図-1.3.7 に、推定崩壊域・堆積域断面を図-1.3.8 に示す。

## (2) 数値シミュレーション方法

津波の数値シミュレーションに用いる波源モデルは、先に述べたとおり佐竹・加藤(2002)<sup>(4)</sup>による kinematic landslide model を用いたとしている。

本検討では、図-1.2.5 に示す崩壊物の堆積域に相当する海底面に、崩壊物の平均堆積厚さに相当する 9 m の比高変化を与えることにより波源モデルを設定したとしている。また、恵山の海域への崩壊物流入量 ( $0.075\text{km}^3$ ) が 1741 年渡島大島の海域への崩壊物流入量 ( $2.5 \pm 0.3\text{km}^3$ )<sup>(4)</sup> より小さいことを勘案し、佐竹・加藤(2002)<sup>(4)</sup> の検討結果を参考に、先の検討と同様に、崩壊土砂速度  $U$  を  $70\text{m/s}$ 、比高変化継続時間(海底面の立ち上がり時間)  $T$  を 60 秒に設定したとしている。

## (3) 数値シミュレーション結果

数値シミュレーション結果として、恵山から敷地を含む領域の最大水位上昇量分布を図-1.3.9 に、敷地における最大水位上昇量及び下降量の分布を図-1.3.10 に、大間原子力発電所の港湾内における水位時間波形を図-1.3.11 に示す。

数値シミュレーション結果によると、敷地における最大水位上昇量は約 2.4m であり、最高水位は朔望平均満潮位を考慮すると T.P. +3.0m 程度となっている。また、取水口スクリーン前面における最大水位下降量は約 2.1m であり、最低水位は朔望平均干潮位を考慮すると T.P. -2.4m 程度となっている。

なお、これらの水位は、大間原子力発電所の想定津波による水位（最高水位：T.P. +4.4m 程度、最低水位：T.P. -3.8m 程度）を上回るものではないとしている。

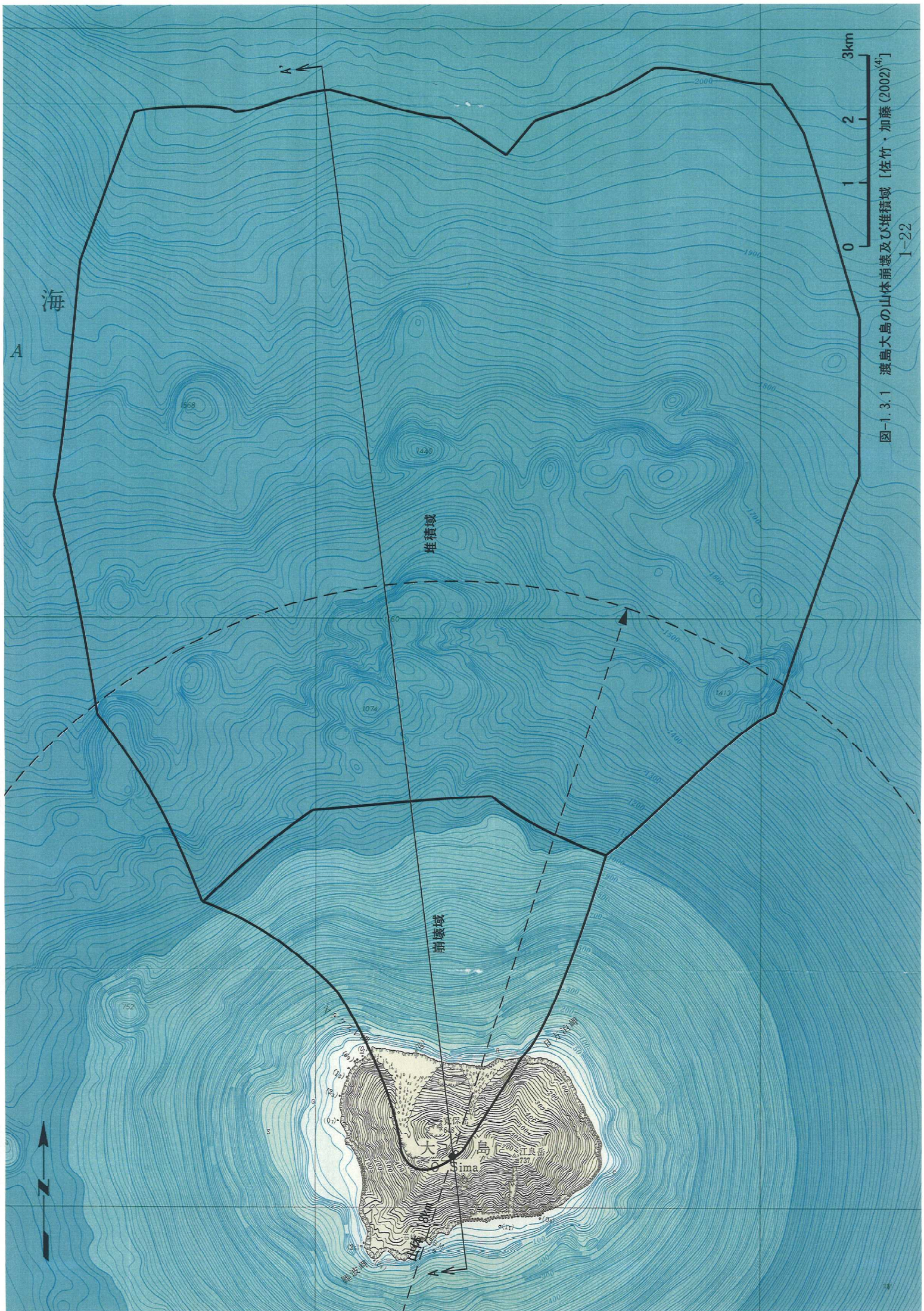


図-1.3.1 渡島大島の山体崩壊及び堆積域 [佐竹・加藤(2002)<sup>(4)</sup>]

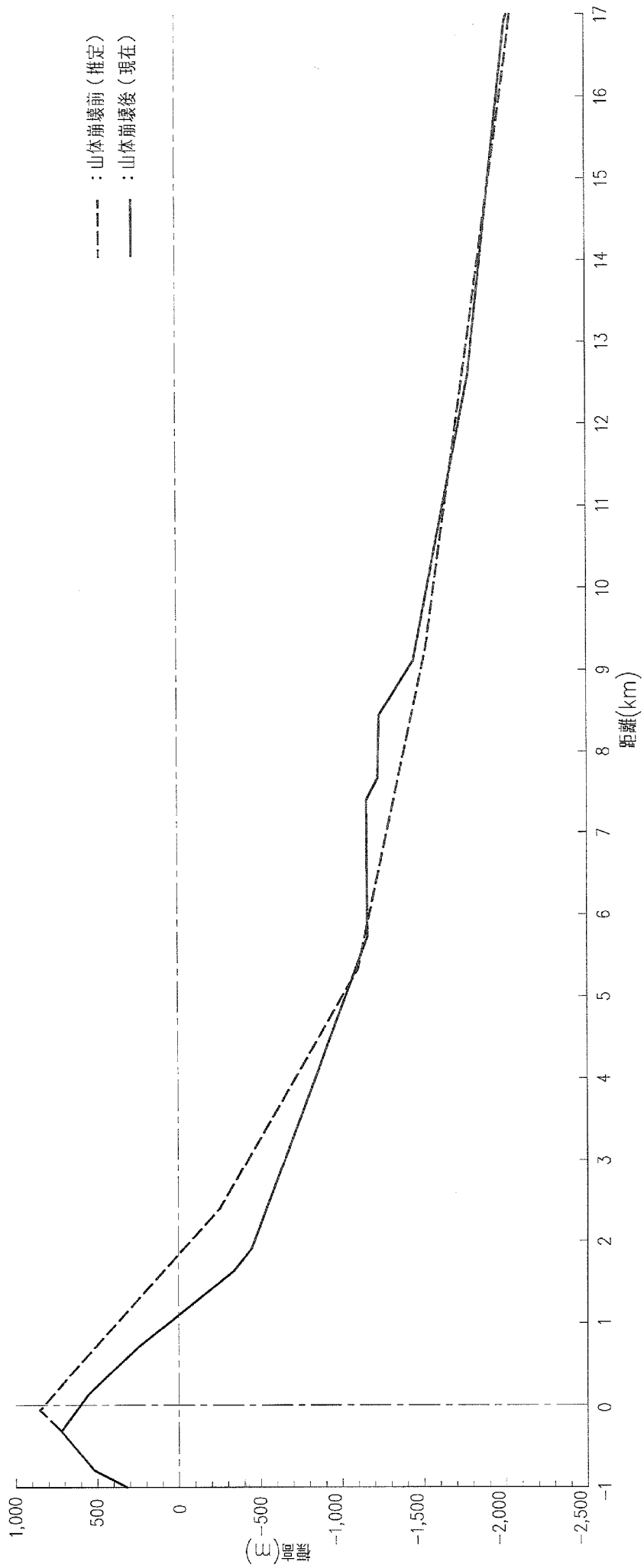


図-1.3.2 渡島大島の山体崩壊域及び堆積域断面 (A-A' 断面) [佐竹・加藤 (2002) (4)]

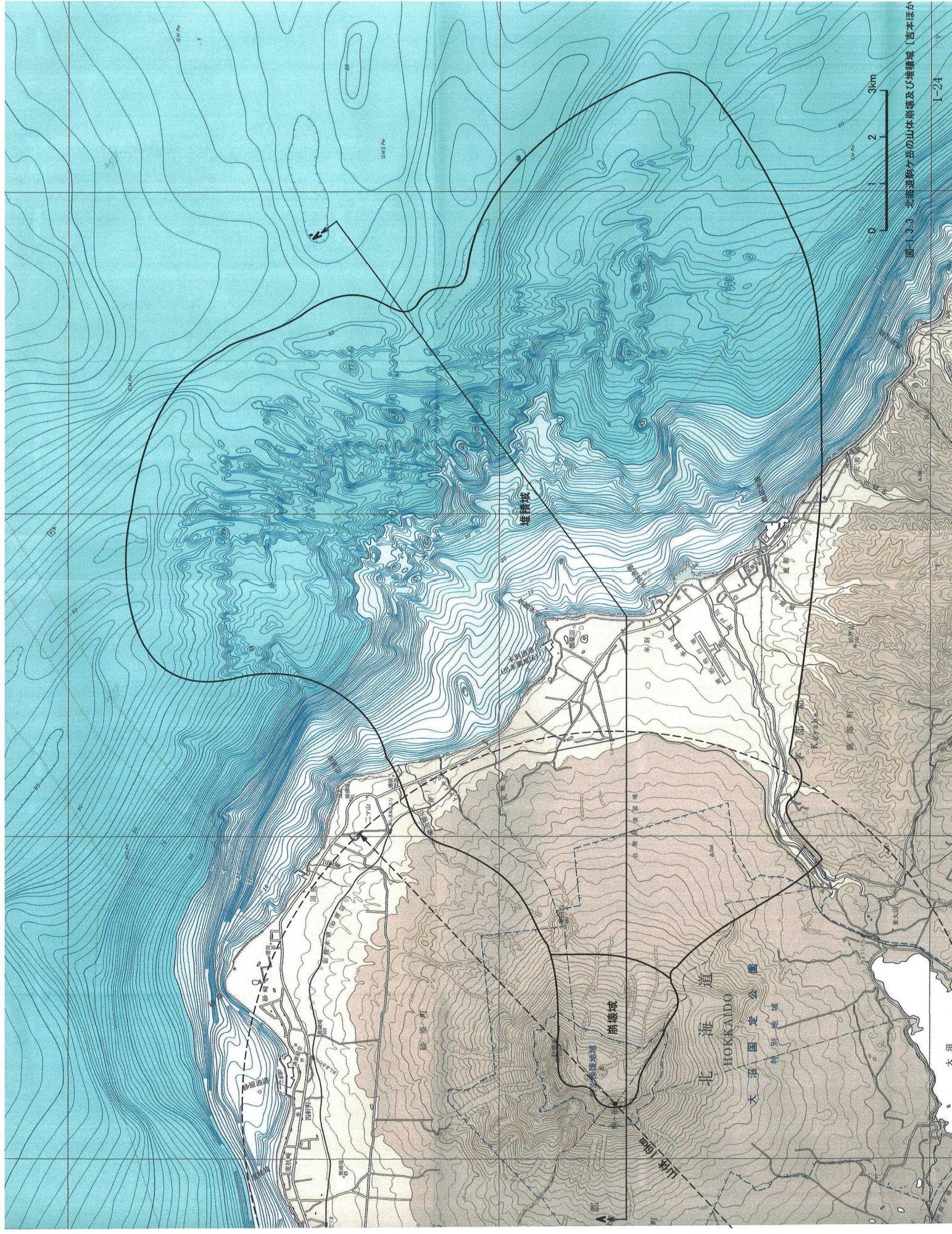


図1-3-3 北海道駒ヶ岳の山体崩壊及び堆積域（日本ほか（2003）<sup>65）</sup>

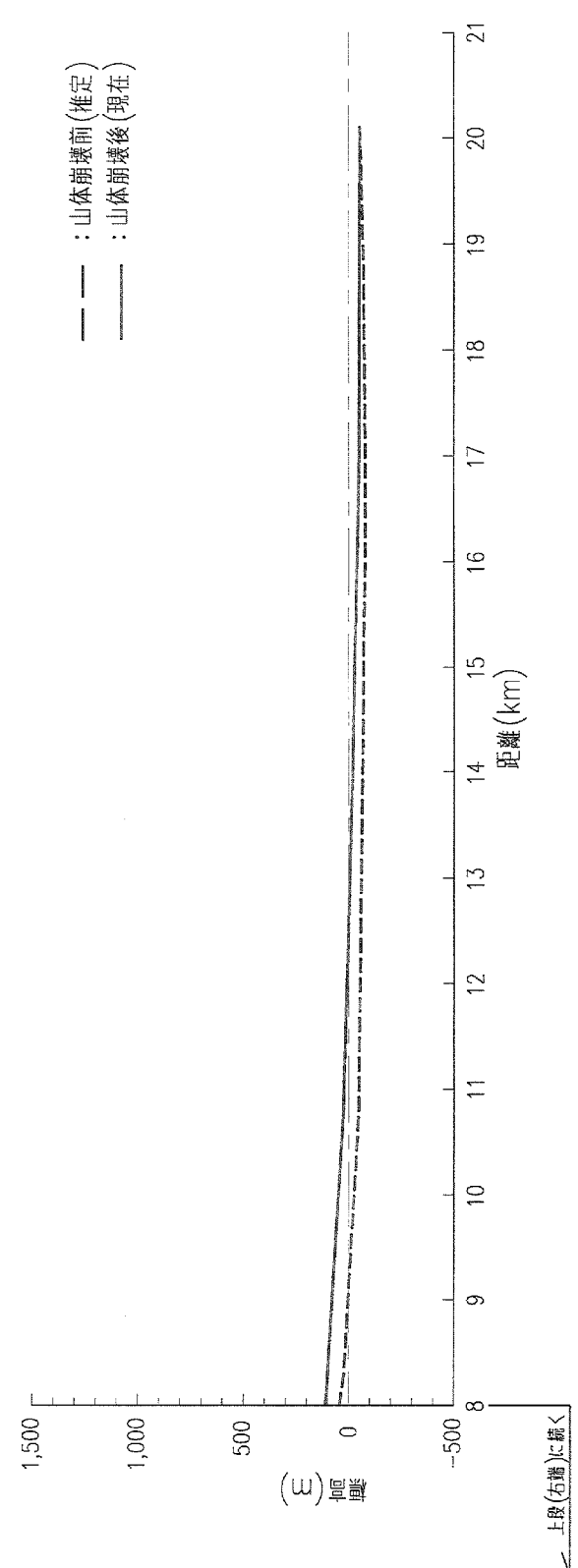
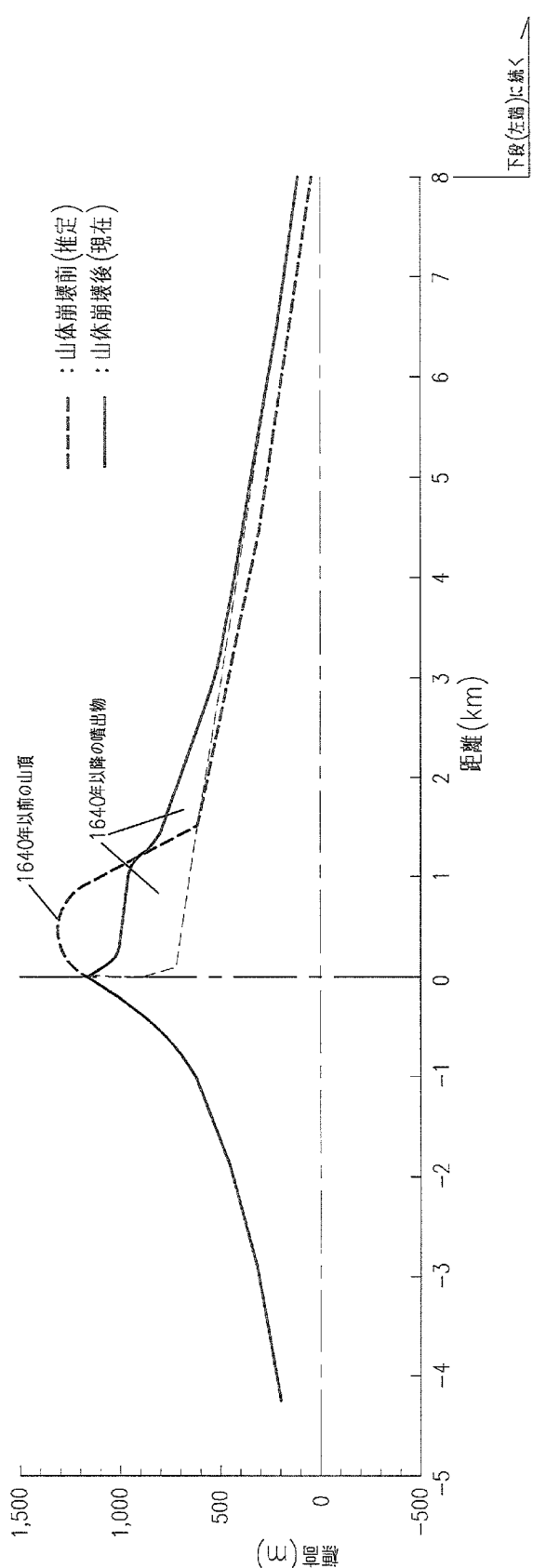


図-1.3.4 北海道駒ヶ岳の山体崩壊域及び堆積域断面 (A-A' 断面) [吉本ほか(2003)<sup>5)</sup>]



図-1.3.5 島原眉山の山体崩壊及び堆積域〔世原(2004)<sup>(2)</sup>〕

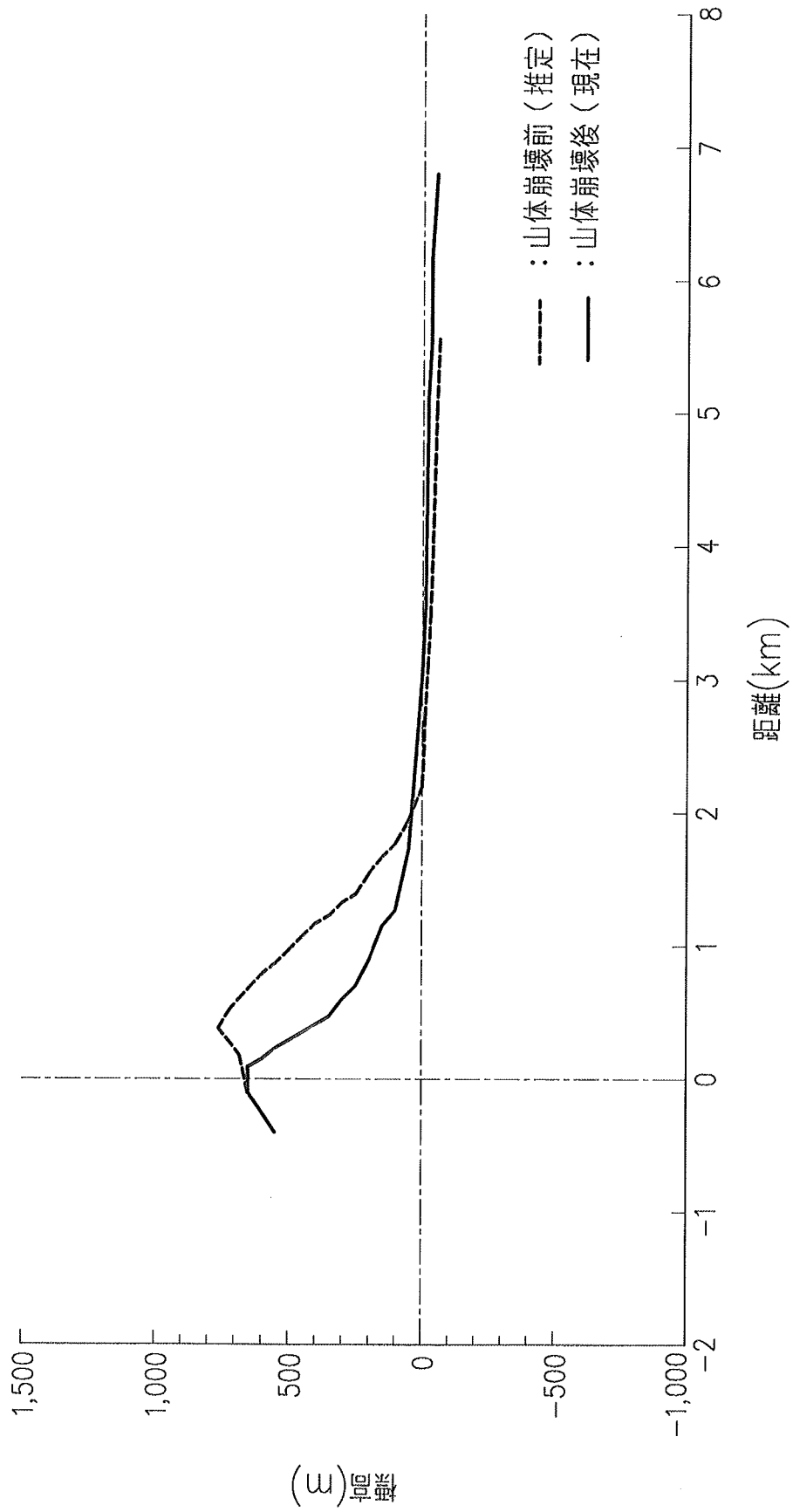


図-1.3.6 島原眉山の山体崩壊域及び堆積域断面 (A-A' 断面) [笹原(2004)<sup>(2)</sup>]

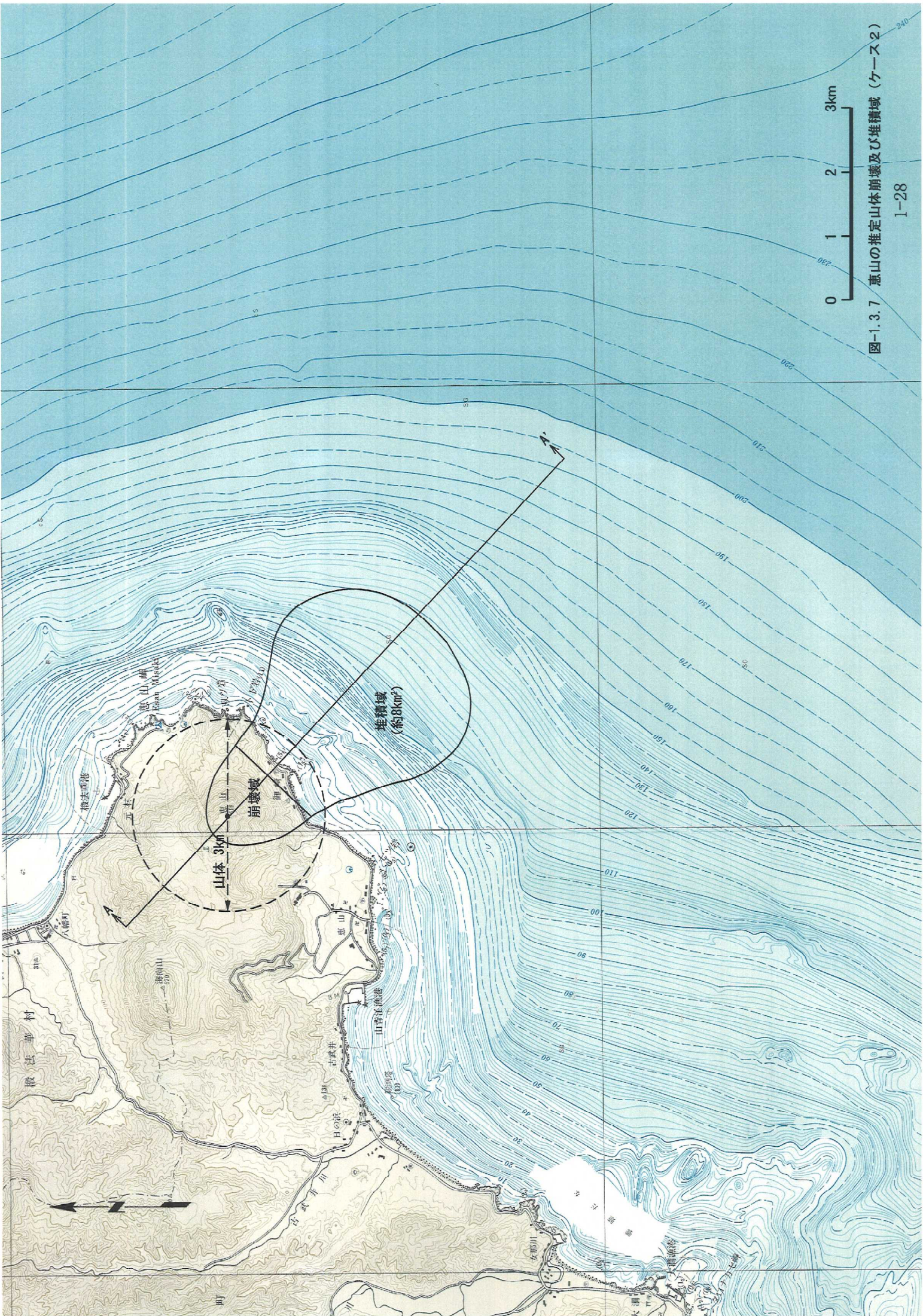


図-1.3.7 恵山の推定山体崩壊域及び堆積域(ケース2)

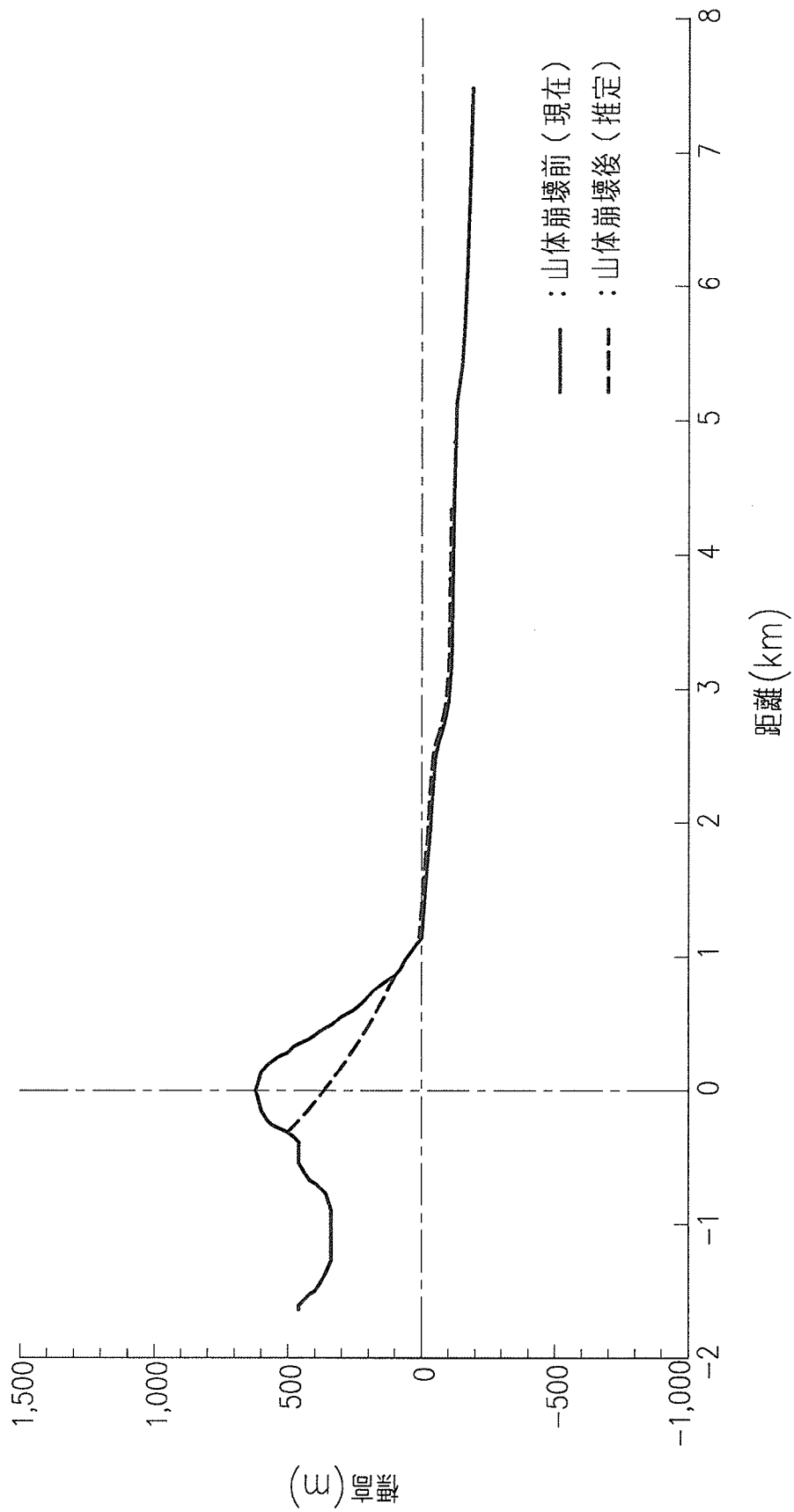


図-1.3.8 恵山の推定山体崩壊域及び堆積域断面 (A-A' 断面) (ケース2)

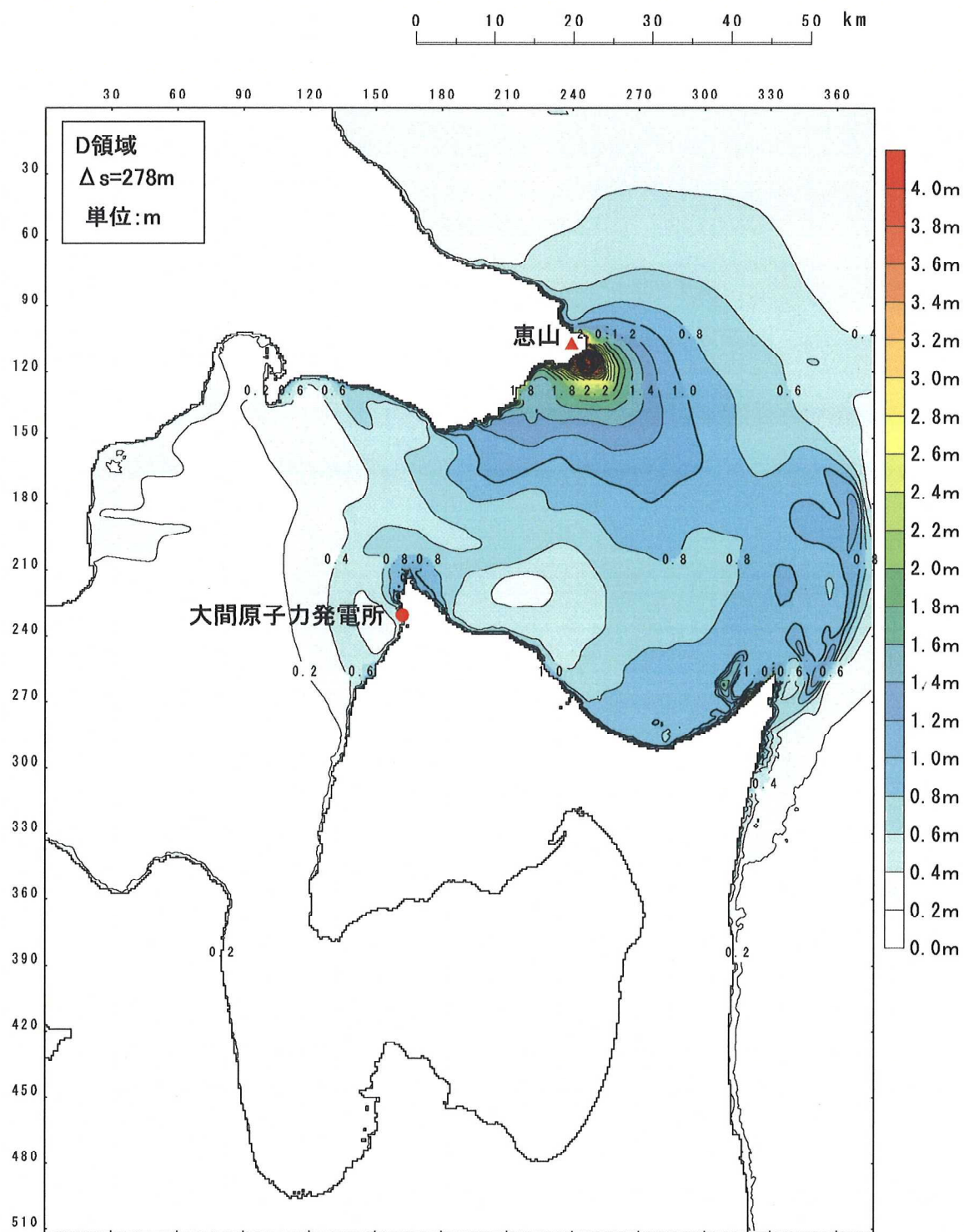
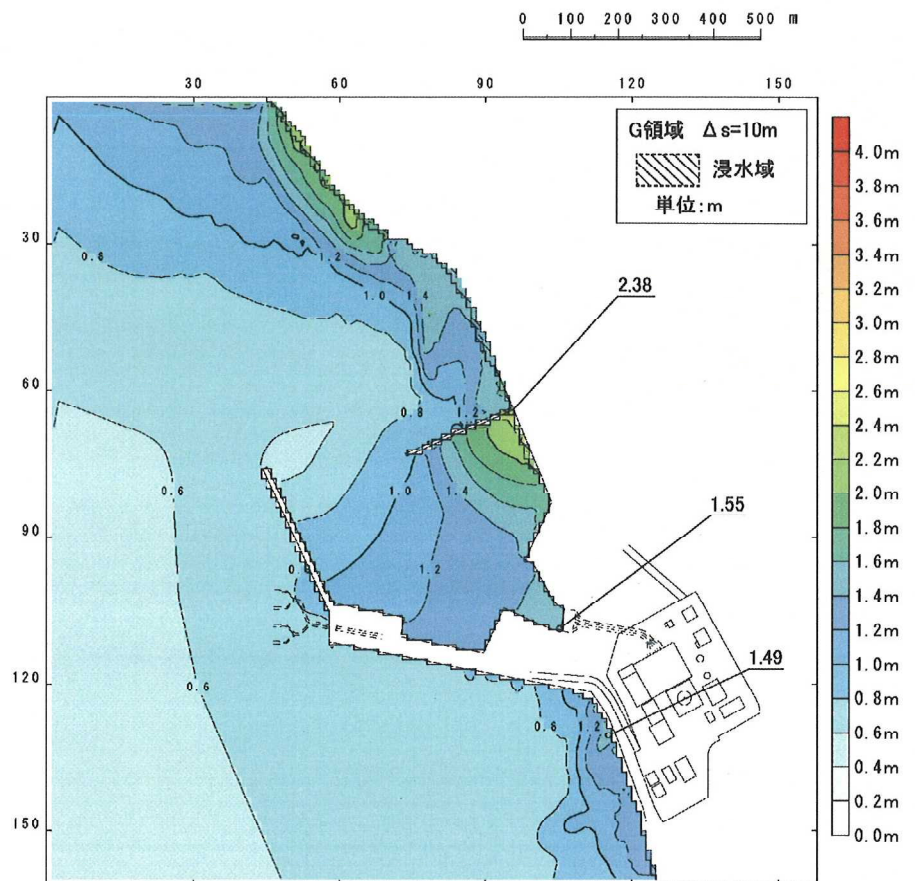


図-1.3.9 最大水位上昇量の分布 (D領域) (ケース2)

最大水位上昇量



最大水位下降量

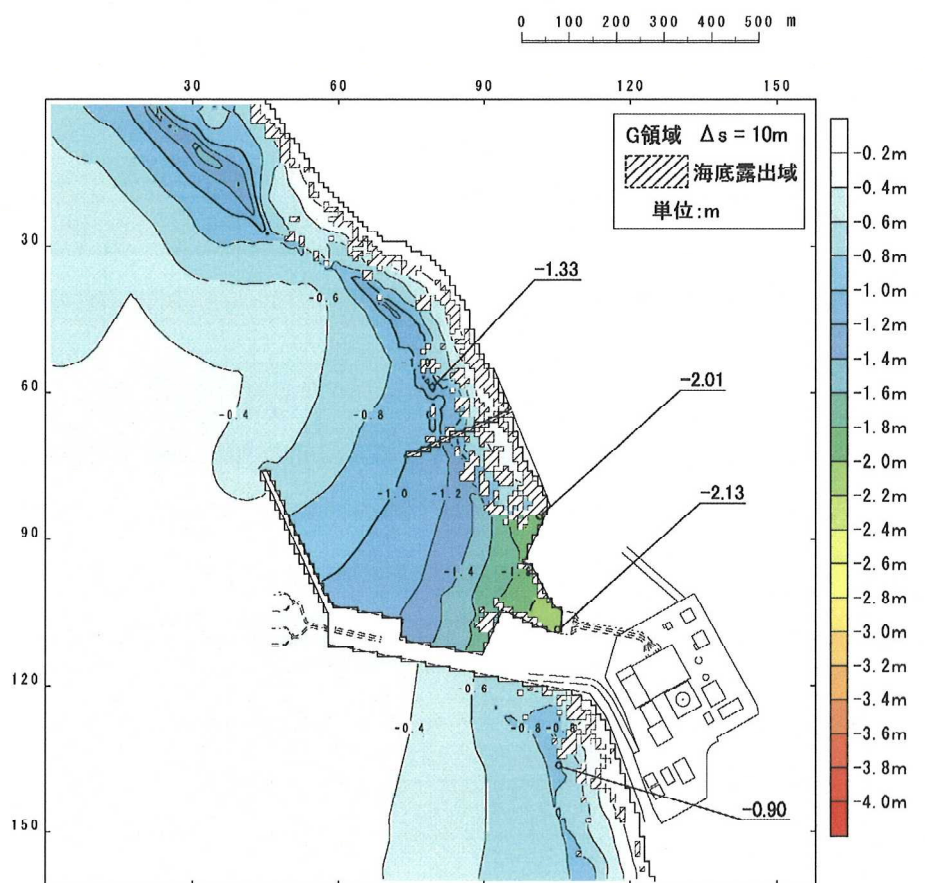


図-1.3.10 最大水位上昇量及び下降量の分布 (G領域) (ケース2)

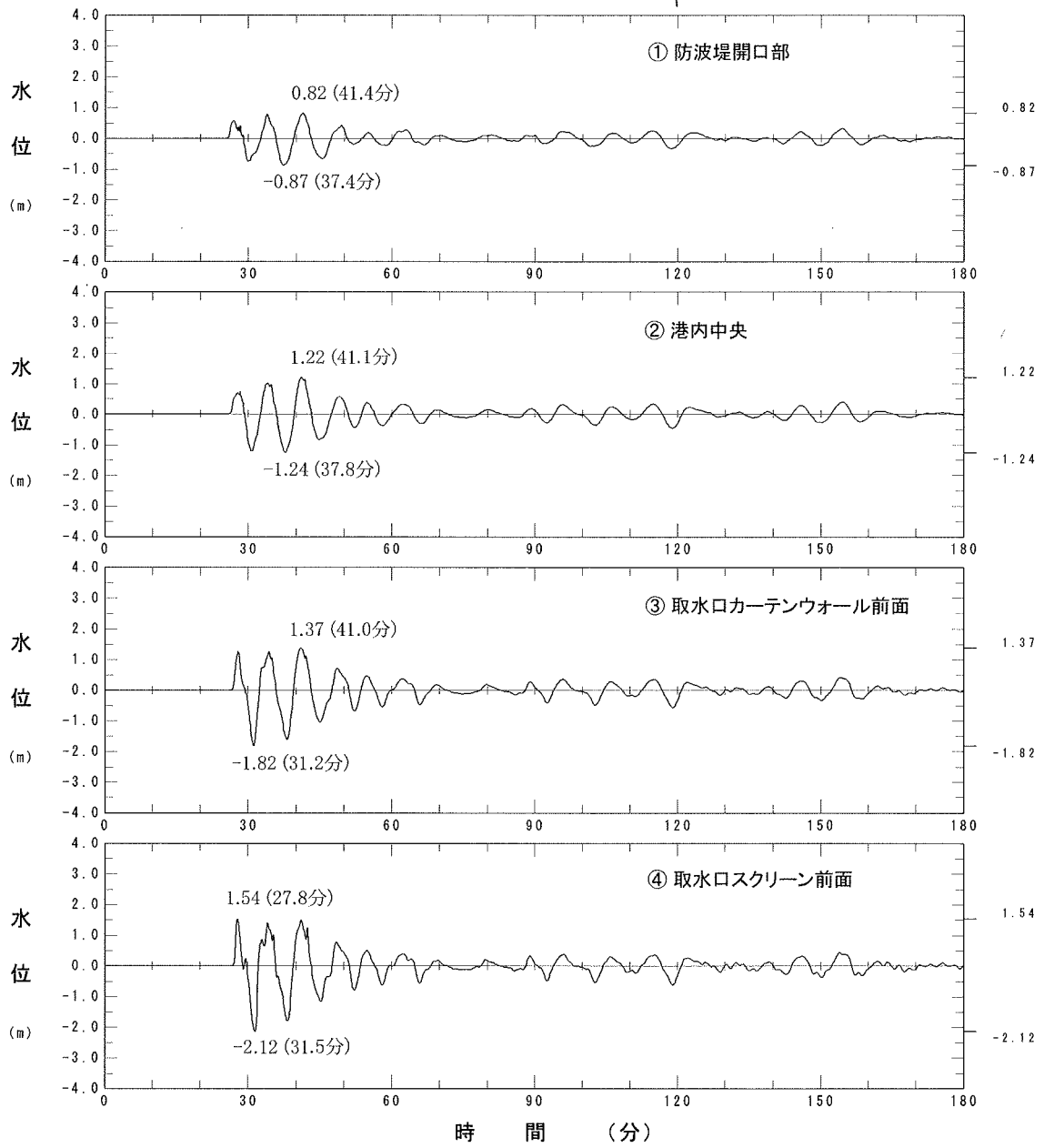
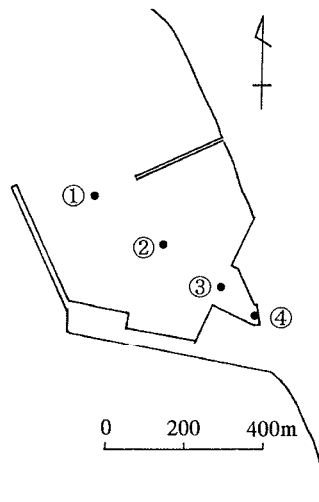


図-1.3.11 水位時間波形 (ケース2)

#### 1.4 恵山の山体崩壊物の海域への流入方向を変える場合（ケース3）

申請者は比較検討として、念のため、山体崩壊物の海域への流入方向をより大間原子力発電所へ向けたケースとして、ケース2の流入方向を約 $20^{\circ}$ 回転させた検討を行っている。

##### 1.4.1 数値シミュレーションによる検討

###### (1) 山体崩壊物の海域への流入方向等の設定

本検討に用いる恵山の推定山体崩壊域・堆積域及び山体崩壊物の流入方向を、ケース2の推定山体崩壊域・堆積域及び山体崩壊物の流入方向と比較して図-1.4.1に示す。

ケース2では、海域へ流入した崩壊物が海底の等高線と直交する方向へ拡がり堆積すると仮定し崩壊物の流入方向等を設定したとしているが、本検討においては、崩壊物の流入方向が大間原子力発電所へより近づくように、海岸線と直交方向へ崩壊物が拡がり堆積すると仮定し、約 $20^{\circ}$ 崩壊軸を回転させたとしている。

恵山の山体崩壊量及び海域への崩壊物の流入量については、ケース2と同様に、山体崩壊量は $0.15\text{km}^3$ 、海域への崩壊物の流入量は $0.075\text{km}^3$ として設定している。このように設定した、恵山の推定崩壊域・堆積域断面を図-1.4.2に示す。

###### (2) 数値シミュレーション方法

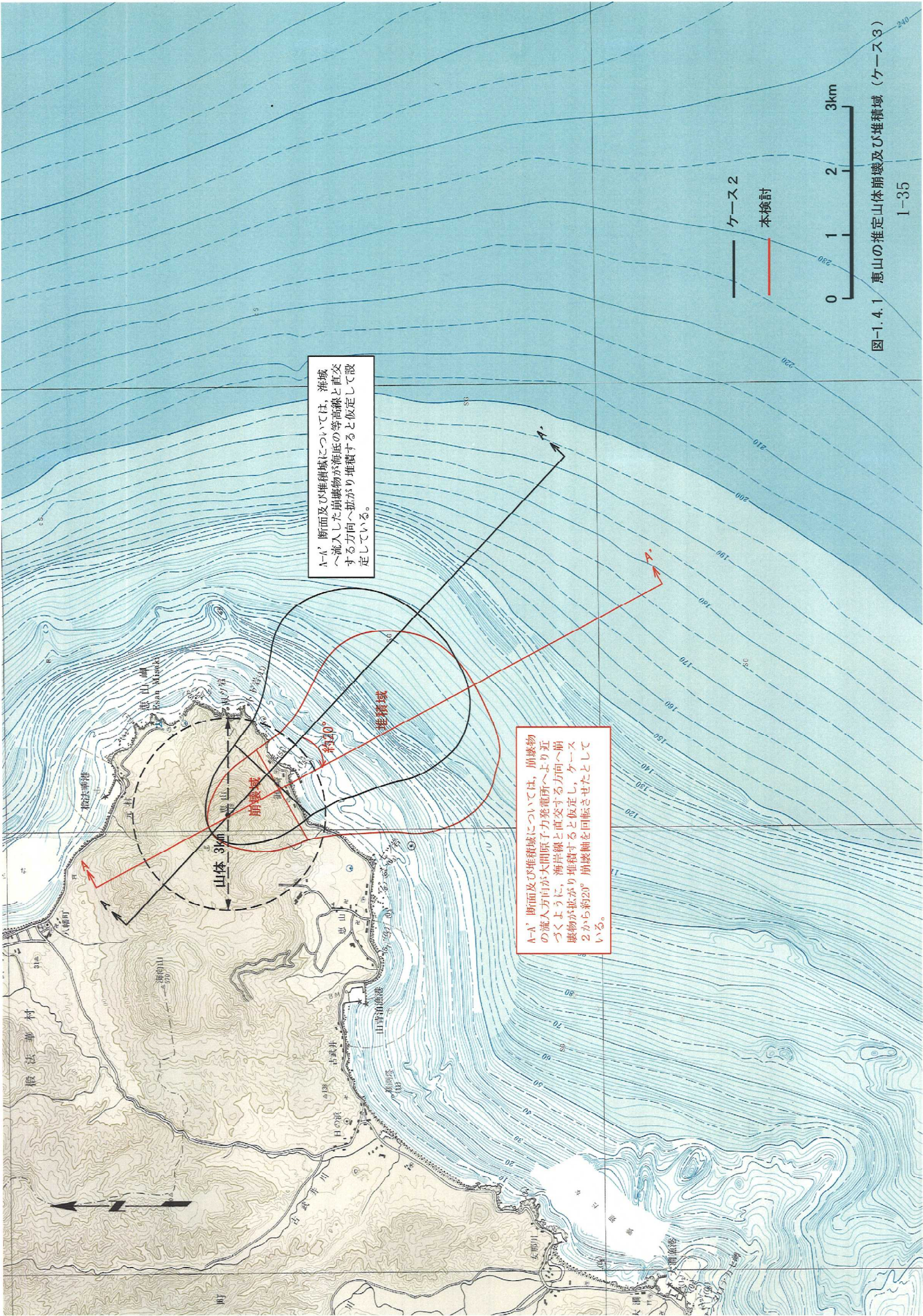
津波の数値シミュレーションは、ケース2と同様の方法を用いたとしている。

### (3) 数値シミュレーション結果

数値シミュレーション結果として、恵山から敷地を含む領域の最大水位上昇量分布を図-1.4.3に、敷地における最大水位上昇量及び下降量の分布を図-1.4.4に、大間原子力発電所の港湾内における水位時間波形を図-1.4.5に示す。

数値シミュレーション結果によると、敷地における最大水位上昇量は約2.4mであり、最高水位は朔望平均満潮位を考慮するとT.P. +3.1m程度となっている。また、取水口スクリーン前面における最大水位下降量は約2.2mであり、最低水位は朔望平均干潮位を考慮するとT.P. -2.5m程度となっている。

なお、これらの水位は、ケース2（最高水位：T.P. +3.0m程度、最低水位：T.P. -2.4m程度）とほぼ同等であり、大間原子力発電所の想定津波による水位（最高水位：T.P. +4.4m程度、最低水位：T.P. -3.8m程度）を上回るものではないとしている。



A-A' 断面及び堆積域については、海城へ流入した崩壊物が海底の等高線と直交する方向へ拡がり堆積すると仮定している。

A-A' 断面及び堆積域については、崩壊物の流入方向が大間原子発電所へより近づくように、海岸線と直交する方向へ崩壊物が拡がり堆積すると仮定し、ケース2から約20°崩壊軸を回転させたとしている。

図-1.4.1 恵山の推定山体崩壊及び堆積域 (ケース3)

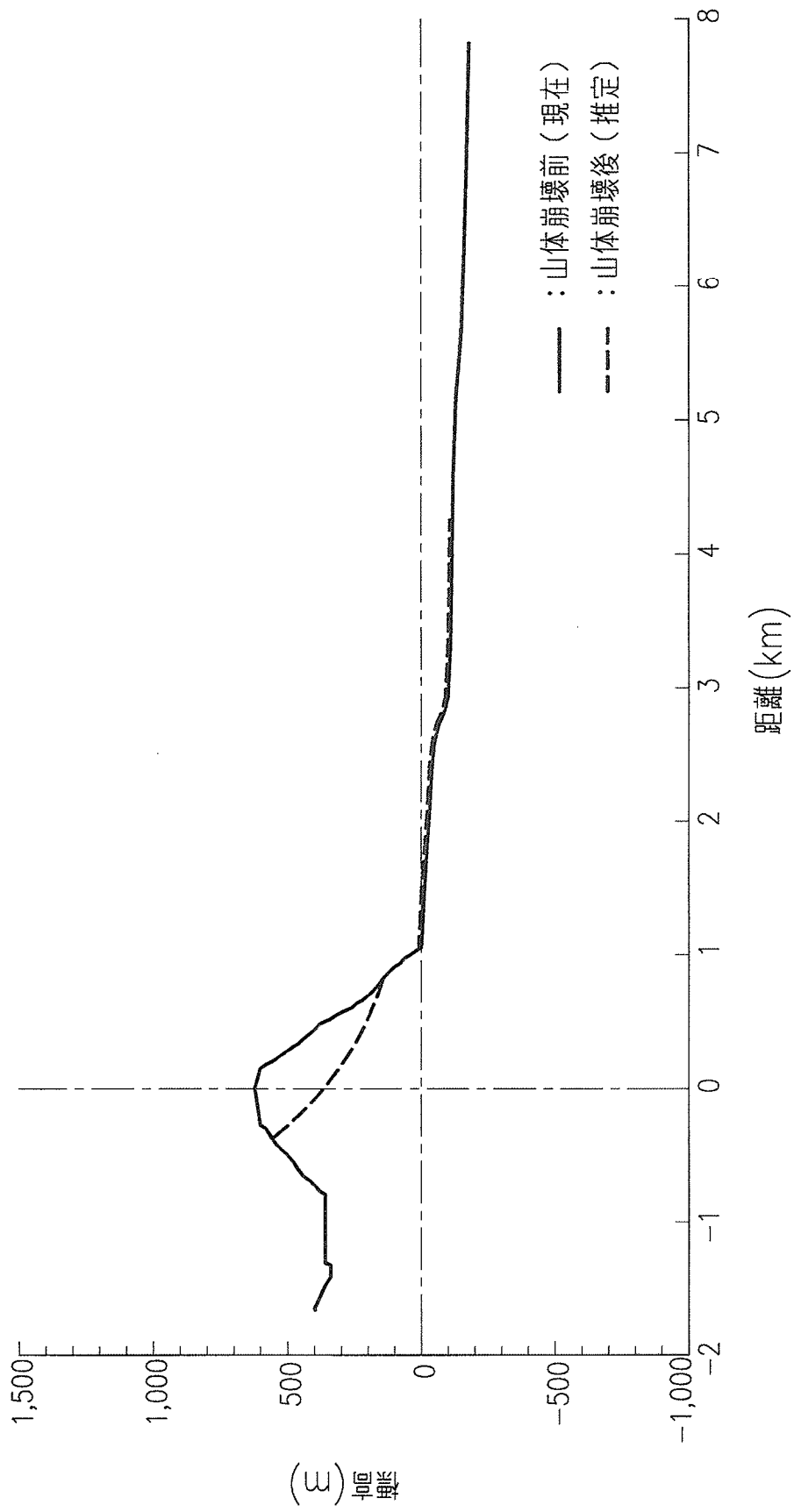


図-1.4.2 恵山の推定山体崩壊域及び堆積域断面 (A-A' 断面) (ケース3)

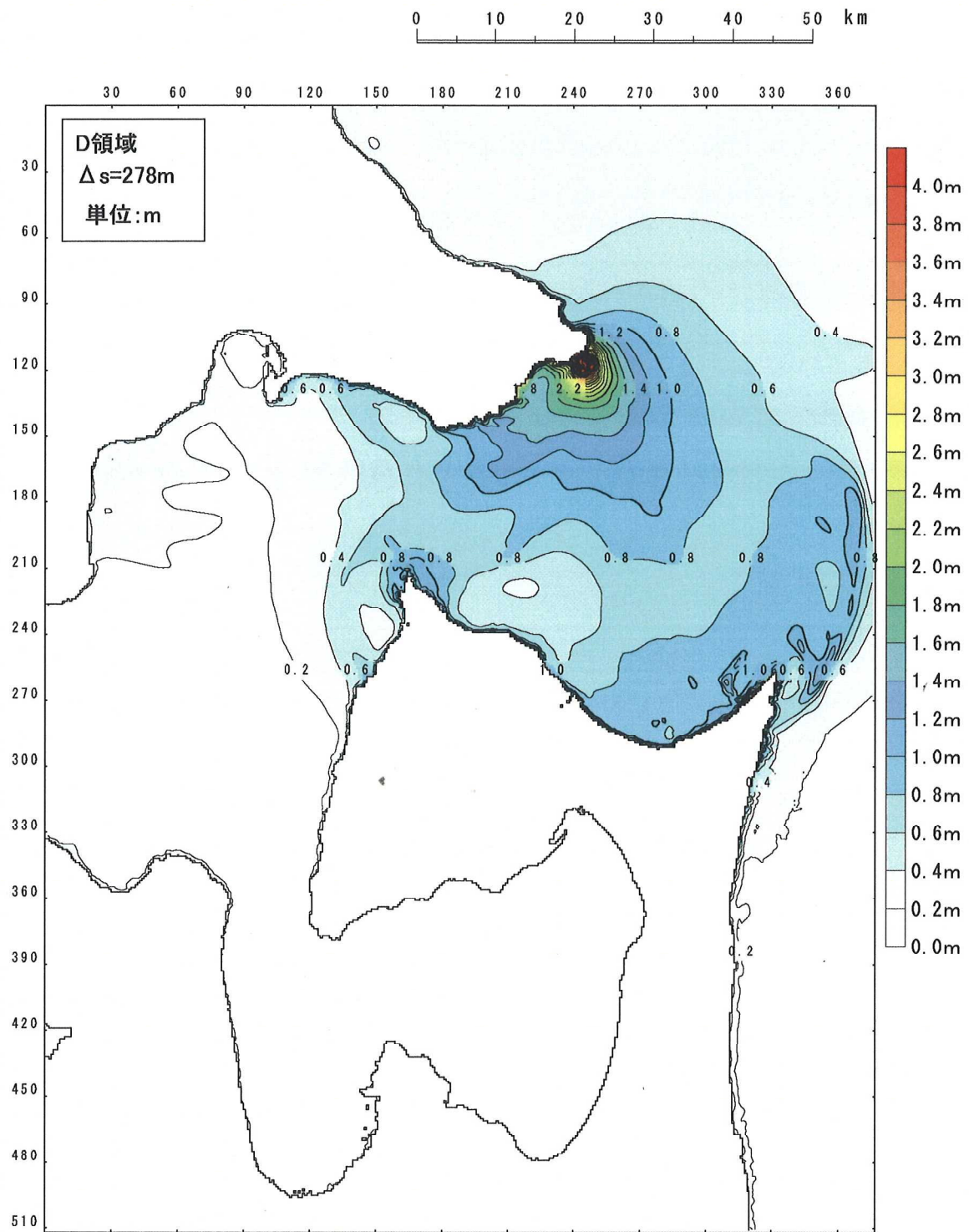
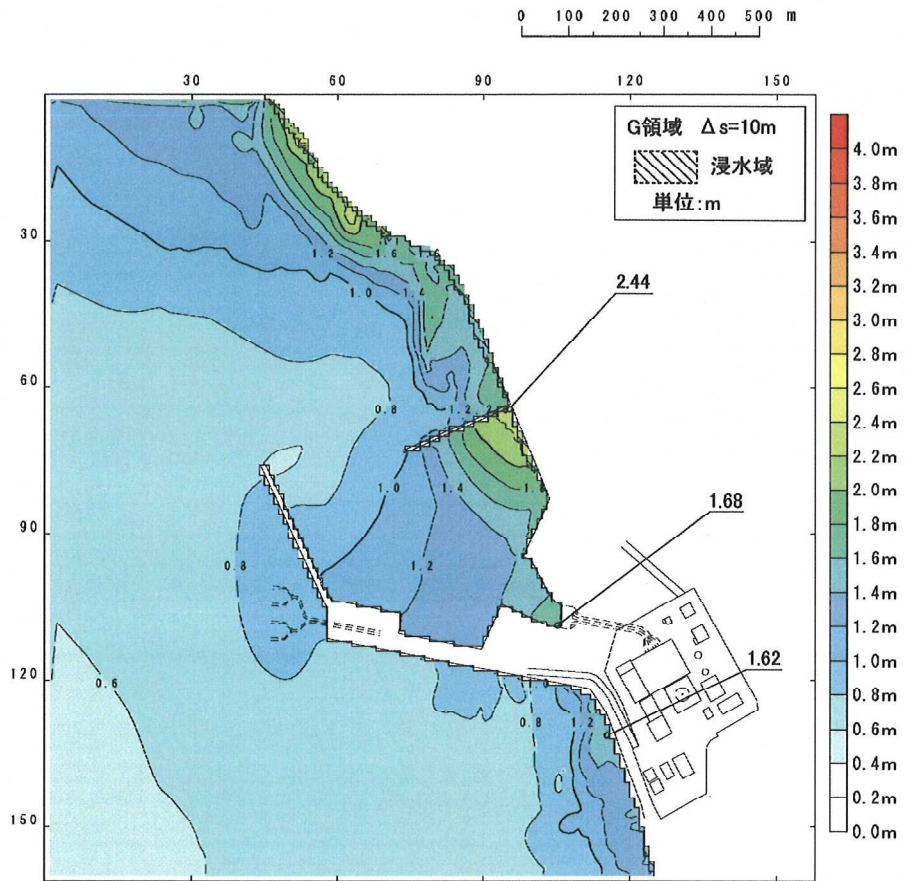


図-1.4.3 最大水位上昇量の分布 (D領域) (ケース3)

最大水位上昇量



最大水位下降量

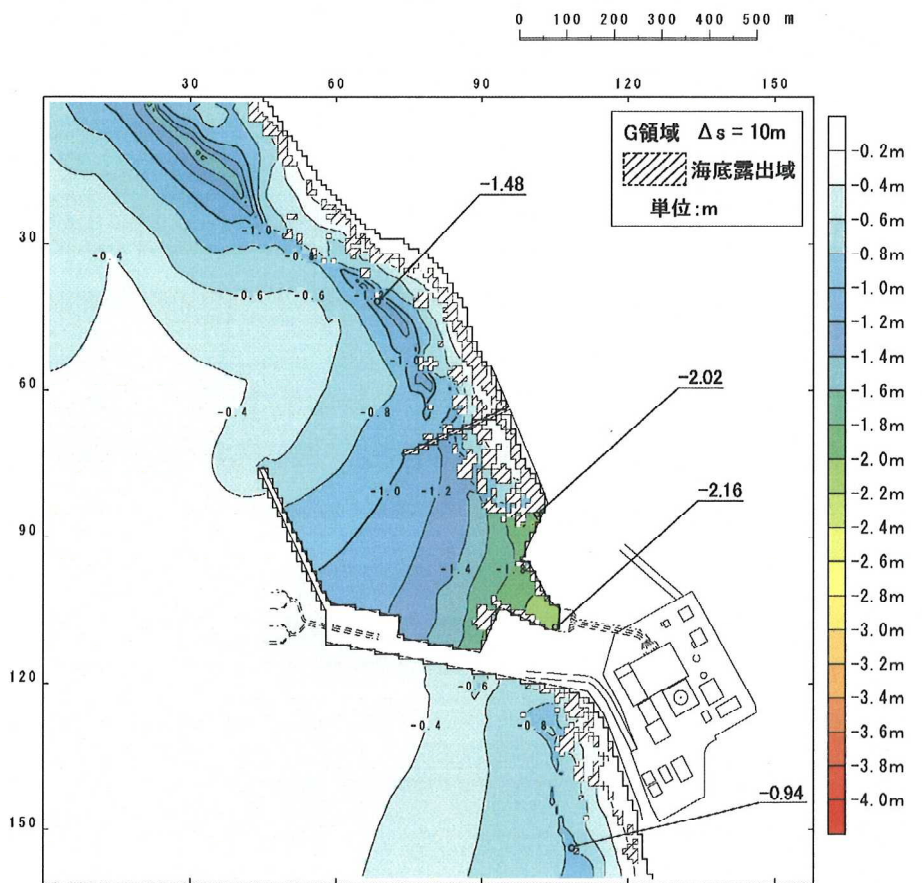


図-1.4.4 最大水位上昇量及び下降量の分布 (G領域) (ケース3)

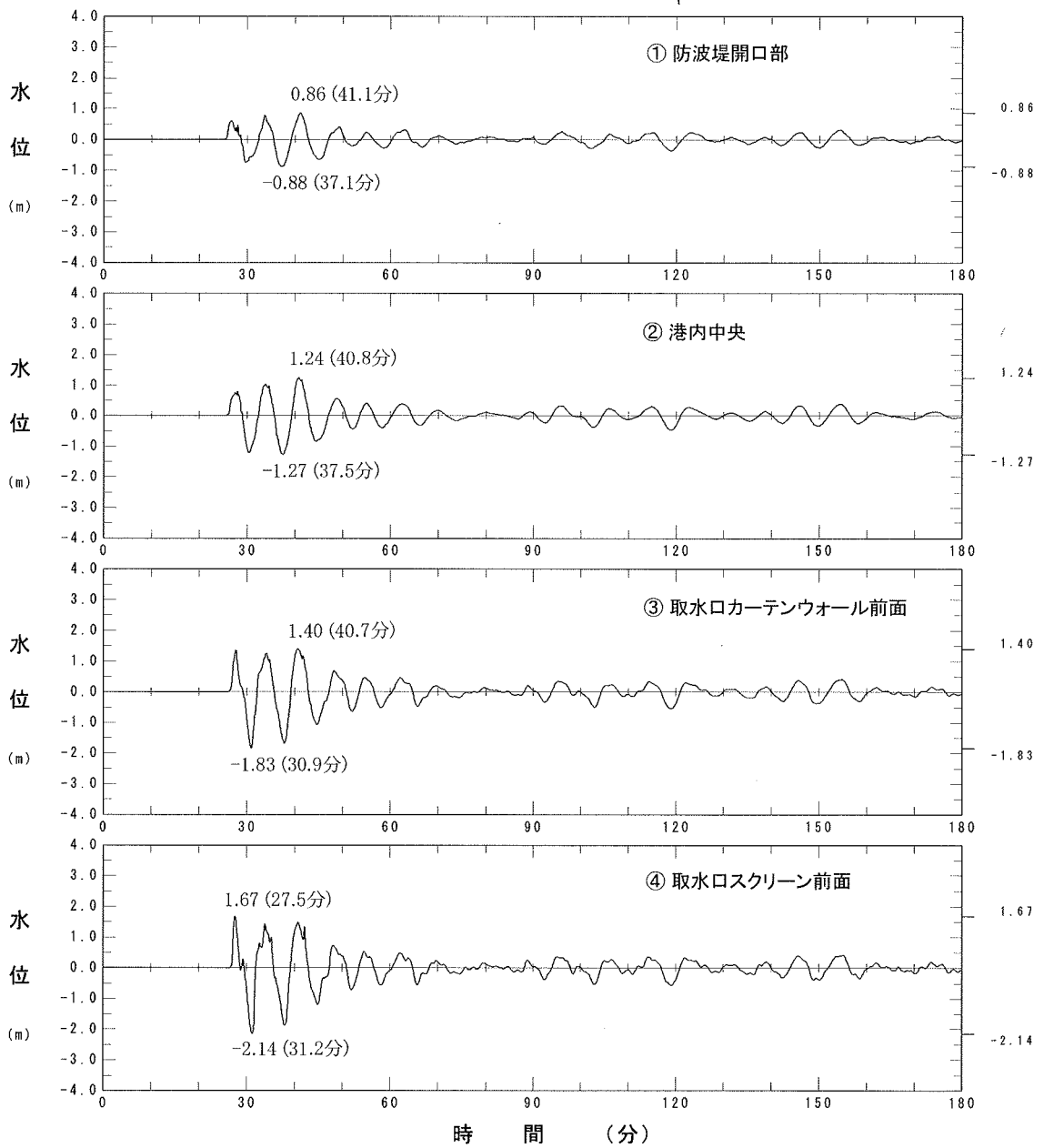
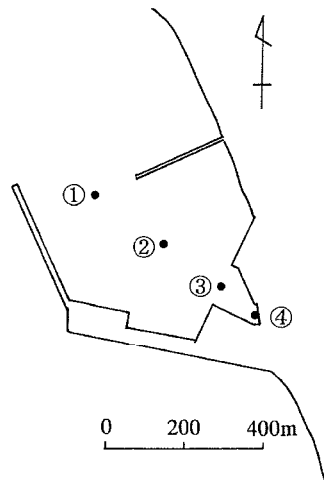


図-1.4.5 水位時間波形 (ケース3)

## 1.5 まとめ

以上より，申請者が恵山の山体崩壊による津波について実施した検討は，妥当であると判断した。

## 1.6 参考文献

- (1) 恵山火山防災会議協議会(2001) : 恵山火山防災ハンドブック, 18p.
- (2) 笹原昇(2004) : 山体崩壊による津波シミュレーション -1792年眉山-, 海洋情報部研究報告, 第40号, pp. 63-71.
- (3) 井上公夫(1999) : 1792年の島原四月朔地震と島原大変後の地形変化, 砂防学会誌, Vol. 52, No. 4, pp. 45-54.
- (4) 佐竹健治・加藤幸弘(2002) : 1741年寛保津波は渡島大島の山体崩壊によって生じた, 月刊海洋, 号外 No. 28, pp. 150-160.
- (5) 吉本充宏, 古川竜太, 七山太, 西村裕一, 仁科健二, 内田康人, 宝田晋治, 高橋良, 木下博久(2003) : 海域に流入した北海道駒ヶ岳火山1640年岩屑なだれ堆積物の分布と体積推定, 地質学雑誌, 第109巻, 第10号, pp. 595-606.
- (6) Yuichi Nishimura and Kenji Satake(1993) : NUMERICAL COMPUTATION OF TSUNAMIS FROM THE PAST AND FUTURE ERUPTIONS OF KOMAGATAKE VOLCANO, HOKKAIDO, JAPAN, IUGG, pp. 573-583.
- (7) 海上保安庁水路部(1981) : 沿岸の海の基本図「恵山岬」第6372号<sup>5</sup>.
- (8) 海上保安庁水路部(1978) : 沿岸の海の基本図「松前大島」第6326号<sup>6</sup>.
- (9) 海上保安庁水路部(2001) : 沿岸の海の基本図「鹿部」第6373号<sup>5</sup>.
- (10) 海上保安庁水路部(1996) : 沿岸の海の基本図「島原湾」第6348号<sup>2</sup>.