

湖底断層の変位を仮定した琵琶湖における津波高さの考察

平成 26 年 3 月

滋賀県防災危機管理局

(要 旨)

- 東日本大震災以降、県民の方々から「琵琶湖で津波は発生しないのか」との多数問合せを受けた。
- 琵琶湖には複数の湖底断層の存在が報告されている。これらが一時に変位した場合、その上部の湖水の水位変動により津波が発生する可能性があるものとして、湖底断層の変位領域と変位量を最大級に仮定し、発生しうる津波高さ等を試算した。
- 今回の試算では、西岸湖底断層系〔北部〕と西岸湖底断層系〔南部〕での断層変位を仮定した場合に、波源正面の一部の沿岸部で、最大波高が3m以上となる箇所が出現した。
- 南海トラフ等の海域のプレート境界型地震は、数十年から百数十年の周期で発生しているが、内陸活断層の活動周期は数千年～数万年とされており、琵琶湖の津波と海域の津波はその発生頻度において大きく異なる。
- 今回検討対象とした湖底断層の内、西岸湖底断層系〔北部〕は、地震調査研究推進本部の長期評価における琵琶湖西岸断層帯〔北部〕とは異なるものであり、活断層ではないとされている。
- 西岸湖底断層系〔南部〕は、地震調査研究推進本部の長期評価において琵琶湖西岸断層帯〔南部〕の一部としてとらえられているが、今後300年以内に地震が発生する確率は、ほぼ0%とされている。
- 仮に、今回試算した高さの津波が琵琶湖で発生した場合、河川への遡上や一部湖岸堤の越水、また湖畔域の一部住宅地において浸水が起こりうる。ただし海域の津波と比較してその波長が短いことから浸水範囲は大規模なものとはならない。

1. 検討方針

琵琶湖の湖底において、地形・堆積物・基盤の調査により、以下のとおり、複数の断層の存在が報告されている。これらの断層の変位により発生しうる最大津波高さ等について考察する。

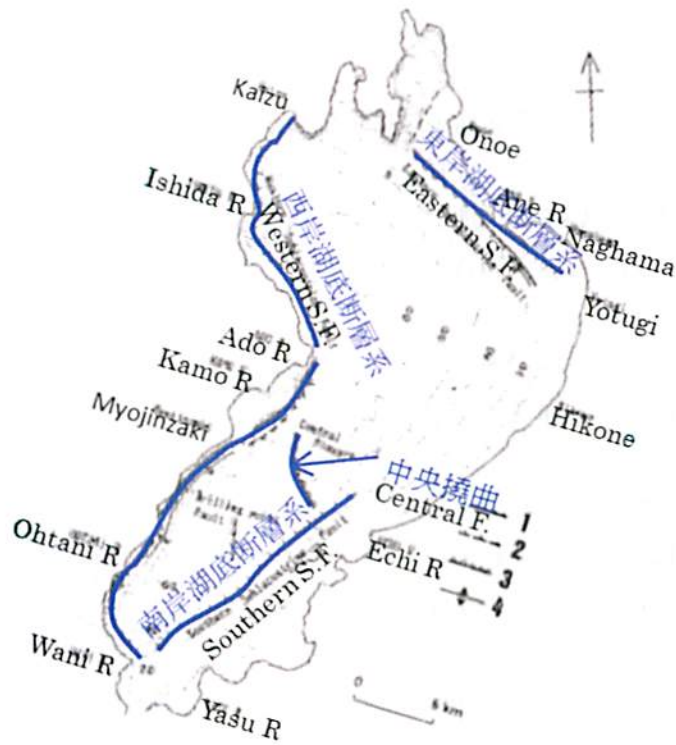


図-1 琵琶湖湖底の活構造図 (植村ら、1990)

表-1 津波高さの検討対象とした湖底断層

湖底断層	備考
西岸湖底断層系 [北部]	地震調査研究推進本部の長期評価における「琵琶湖西岸断層帯 (北部)」とは異なる。活断層ではない※1。
西岸湖底断層系 [南部]	地震調査研究推進本部の長期評価では「琵琶湖西岸断層帯 (南部)」の一部。活断層。ただし今後 300 年以内の地震発生確率は、ほぼ 0%※2。
東岸湖底断層系	地震調査研究推進本部の長期評価の対象には含まれていない。
南岸湖底断層系	地震調査研究推進本部の長期評価の対象には含まれていない。
中央とう曲	地震調査研究推進本部の長期評価の対象には含まれていない。

※1 水野ら、琵琶湖西岸断層系堅田断層および今津-高島沖湖底断層の補備調査、地質調査所速報、平成 10 年度活断層・古地震研究調査概要報告書、pp.215-224、1999

※2 琵琶湖西岸断層帯の長期評価の一部改訂について 平成 21 年 8 月 27 日 地震調査研究推進本部 地震調査委員会

2. 検討方法

対象とする湖底断層の構造をモデル化し、その活動に伴う断層変位量を仮定して地盤変位量（＝初期波形）を設定、その伝播解析を行った。

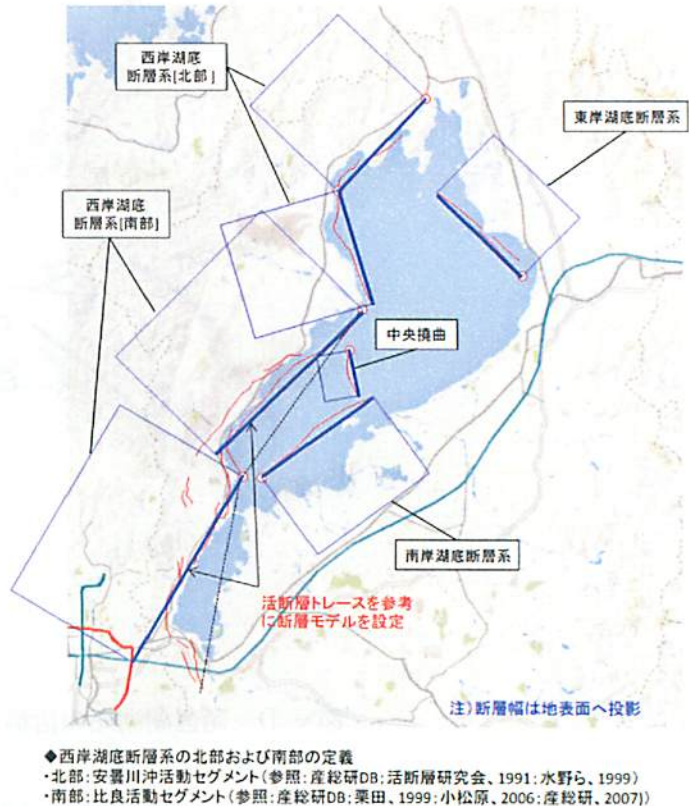
（波源断層モデルの設定）

津波の波源断層モデルのパラメータ（位置・走向・長さ・傾斜角・幅等）を、地震調査研究推進本部の「震源断層を特定した地震の強震動予測手法（以下、「強震動予測レシピ」という。）等に準拠して以下のとおり設定した。なお、断層面上端は地表面からの深さ 0km に設定している。

ただし、断層の変位量については、陸域における活断層調査結果においても箇所によって大きなばらつきがあることが報告されており、根拠をもってその分布を推定することは困難である。そこで今回の検討においては、湖底断層が同時に一律変位するものとして仮定した。

なお、今回検討対象とする湖底断層のほとんどが、沿岸部に近接する陸側隆起の逆断層であり、断層地表面近くの変位量が津波初期波形に大きく影響すると考えられる。このため、地震規模から地表面の断層変位量（上下成分）を推定する松田(1975)の経験式 ($\log D = 0.6M - 4.0$) による値を、断層のすべり量(斜め変位量)として設定した。

また、検討対象とする湖底断層の内、「中央撓曲」については、断層長さから見積もられる地震規模が小さく、松田の経験式の適用範囲外であるため、強震動予測レシピに準拠した断層面全体の平均変位量を使用した。



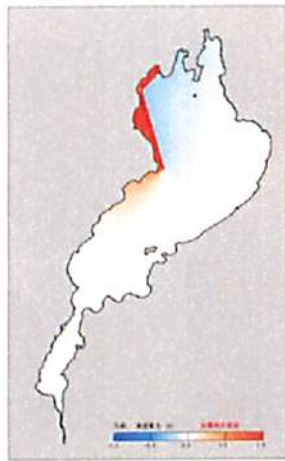
図－2 波源断層モデルの位置と形状

表－2 波源断層モデルの緒元

	断層長さ	地震規模	傾斜角	断層変位量： (但しすべり量として)
西岸湖底断層系 [北部]	26km	Mj 7.2	45°	2.0m
西岸湖底断層系 [南部]	44km	Mj 7.6	35°	3.5m
東岸湖底断層系	12km	Mj 6.7	45°	1.0m
南岸湖底断層系	14km	Mj 6.8	45°	1.1m
中央撓曲	5km	Mj 6.0	45°	0.7m

(津波初期水位：地盤変位量分布の設定)

前記の断層パラメータ・断層変位量を、Mansinha and Smylie (1971) 式により地盤変位量 (=津波初期水位) を以下のとおり設定した。水位条件は B.S.L.±0m (琵琶湖基準水位) とした。



西岸湖底断層系 [北部]



西岸湖底断層系 [南部]



東岸湖底断層系



南岸湖底断層系



中央撓曲

図-3 津波初期水位分布

(津波伝播解析)

前記で設定した初期水位を用い、海域の津波解析で使用されている非線形長波理論に基づく手法によりその伝播解析を行った。なお、湖岸線において、津波遡上を考慮しない反射条件により計算した。

以下に、西岸湖底断層系（北部）の波高分布の時間変化の例を示す。

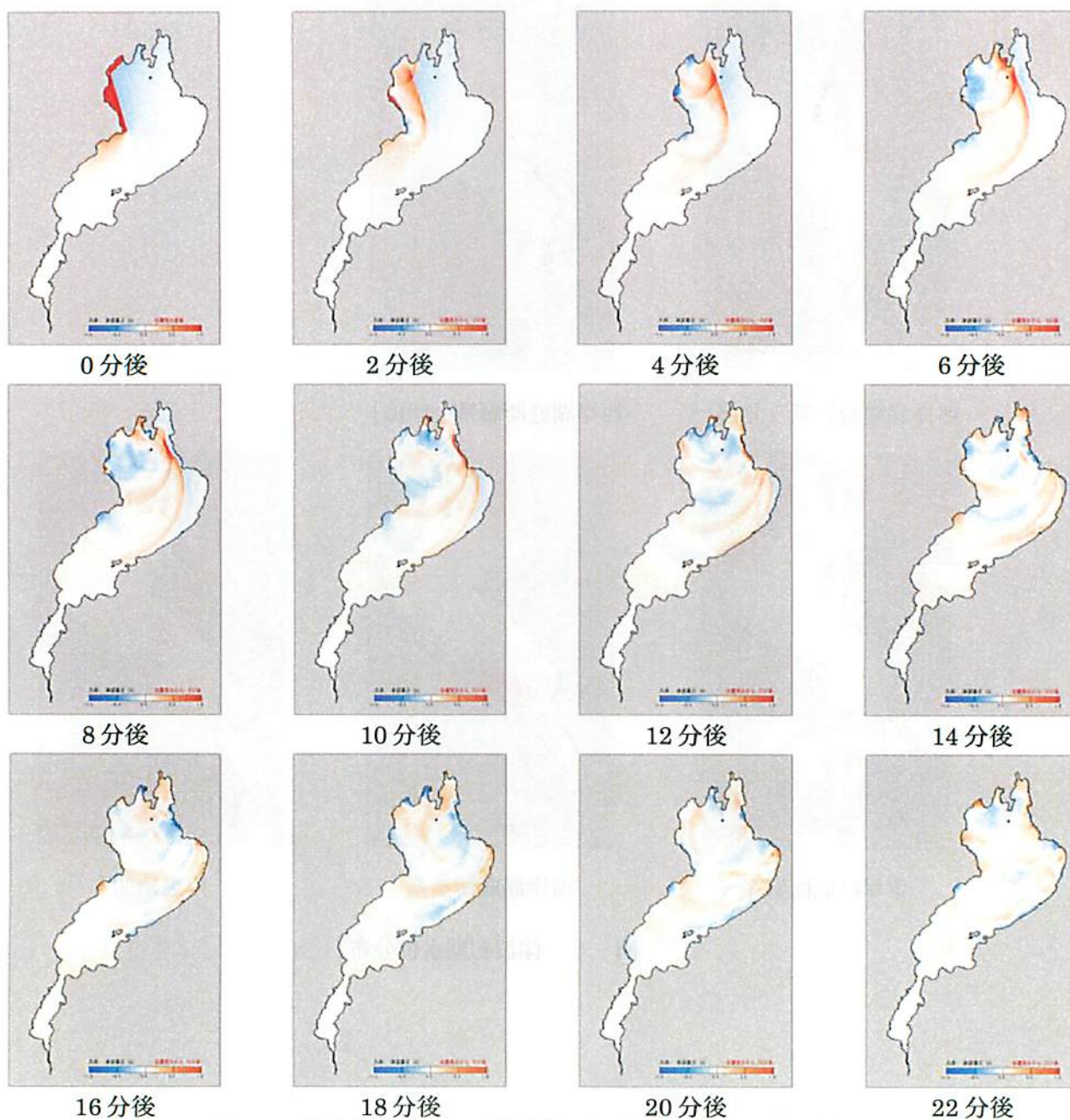


図-4 津波波高分布の時間変化（西岸湖底断層系〔北部〕）

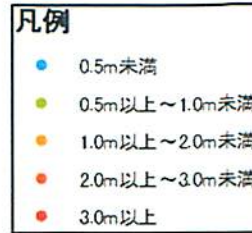
注) 波源断層の陸側の湖岸では地震発生直後に琵琶湖水位が大きく上昇する画となっているが、当該箇所の地盤も同時に隆起するため、実際の波高はその隆起量を差し引いたものとなる。

3. 湖底断層の変位による湖岸線の最大波高

次ページ以降に、各湖底断層の変位を仮定して計算した「湖岸線における最大波高」の状況を示す。
なお、湖岸における最大波高の値は、Mansinha and Smylie (1971) 式による各地点の地盤高さの変位量を加除している。



図一 3.1 湖岸線における最大波高 (西岸湖底断層系[北部])



図一 3.2 湖岸線における最大波高 (西岸湖底断層系[南部])



図一 3.3 湖岸線における最大波高 (東岸湖底断層系)

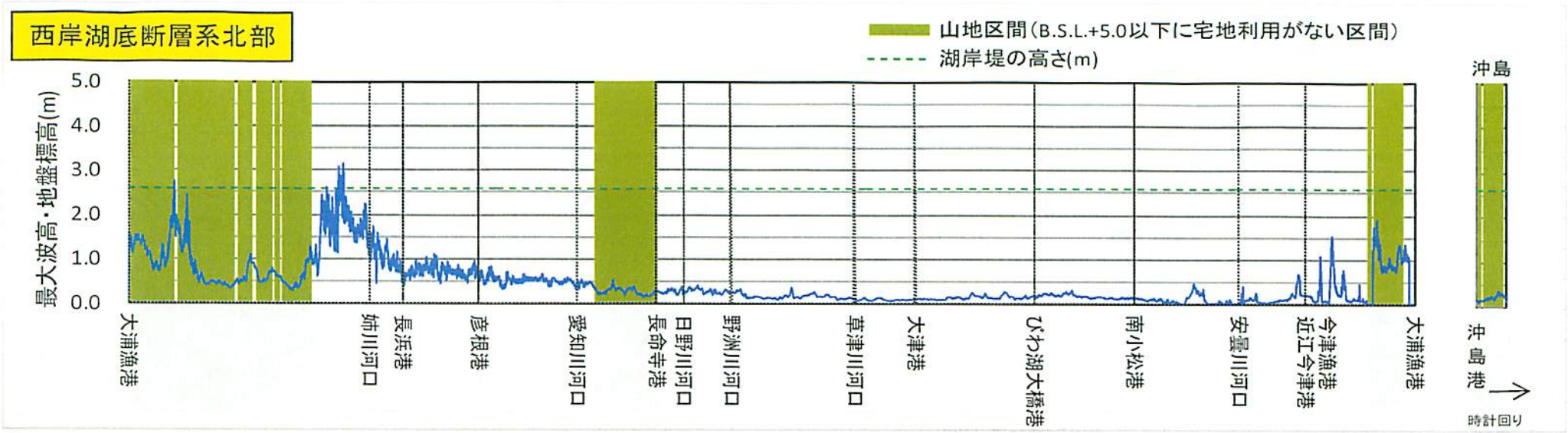


図一 3.4 湖岸線における最大波高 (南岸湖底断層系)

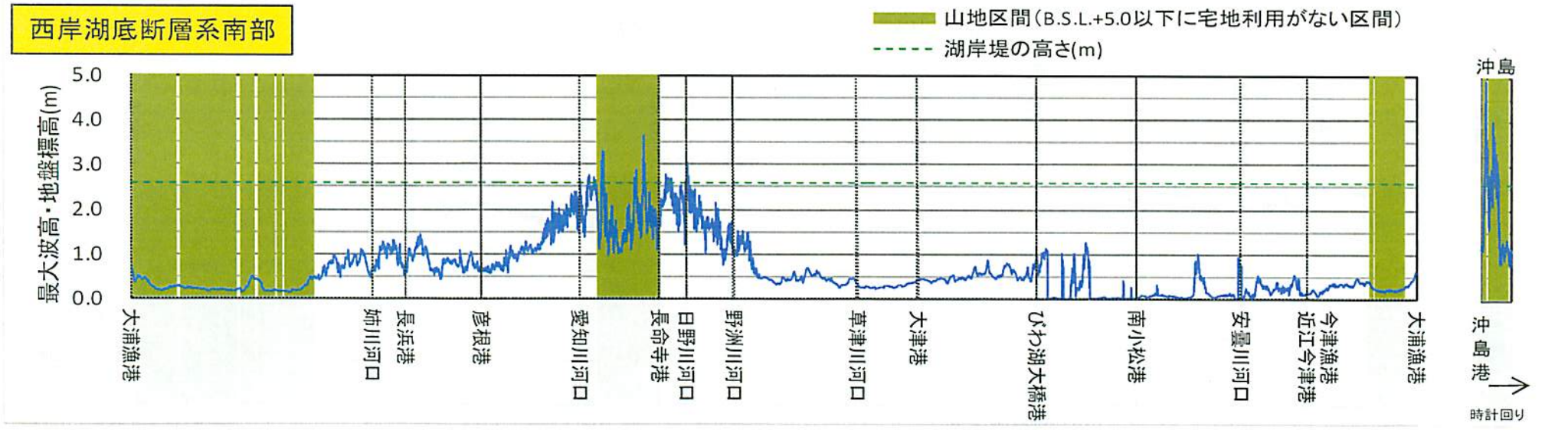
- 凡例**
- 0.5m未満
 - 0.5m以上～1.0m未満
 - 1.0m以上～2.0m未満
 - 2.0m以上～3.0m未満
 - 3.0m以上



図一 3.5 湖岸線における最大波高 (中央撓曲)



図一 3.6 湖岸線における最大波高 (西岸湖底断層系[北部])



図一 3.7 湖岸線における最大波高 (西岸湖底断層系[南部])

東岸湖底断層系

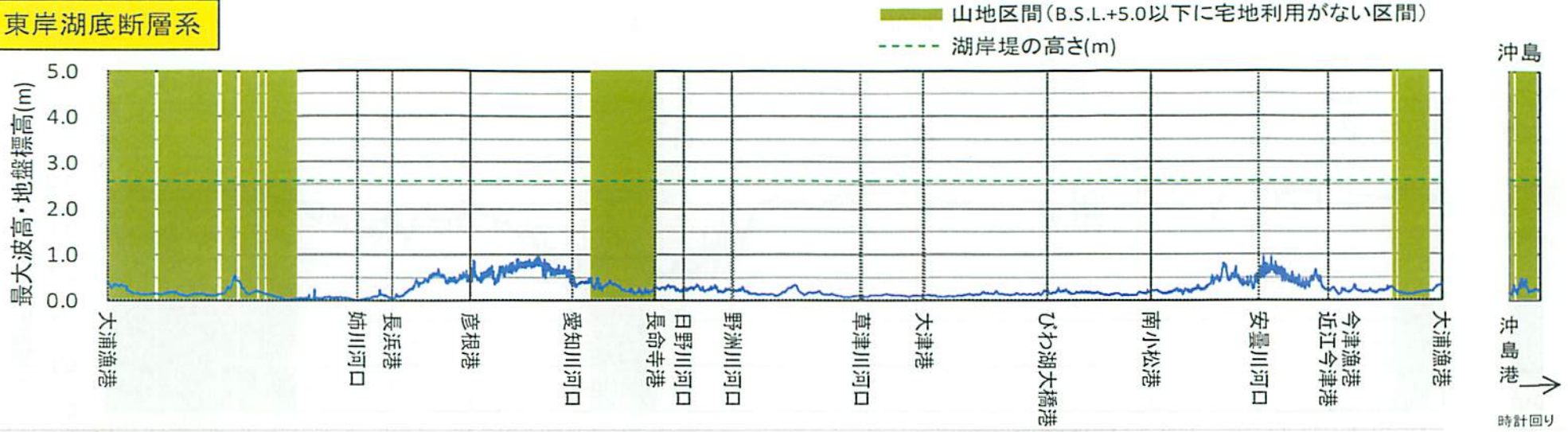


図- 3.8 湖岸線における最大波高 (東岸湖底断層系)

南岸湖底断層系

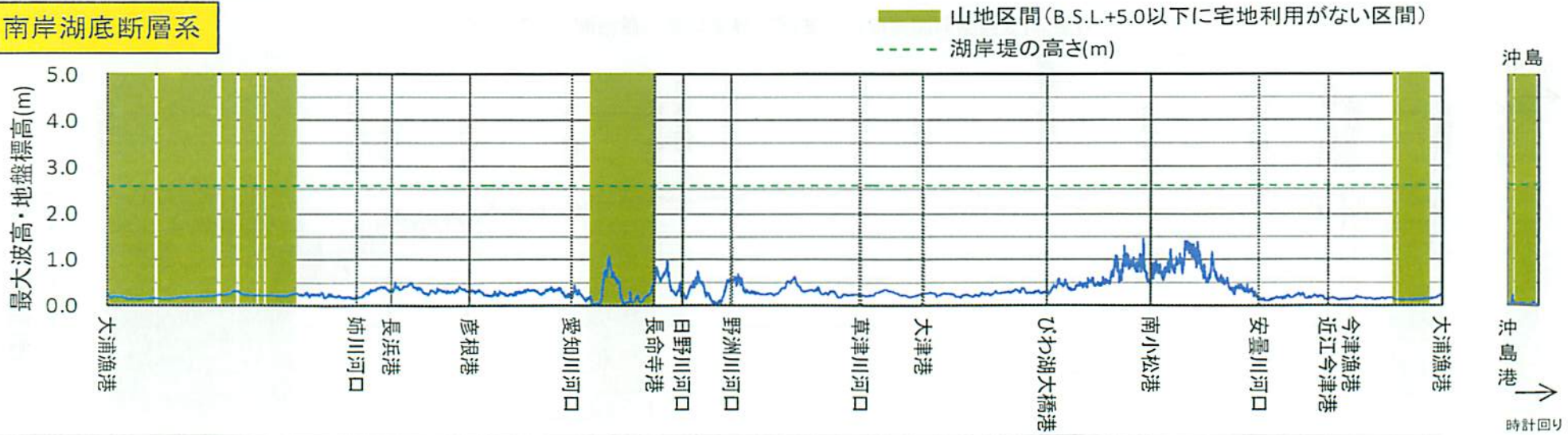


図- 3.9 湖岸線における最大波高 (南岸湖底断層系)

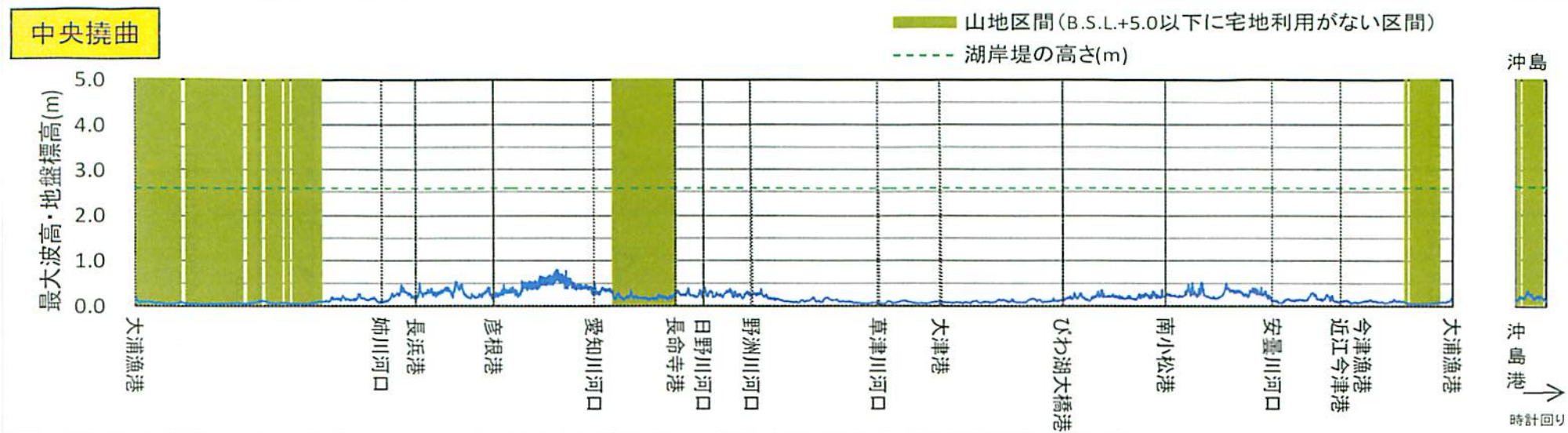


図- 3.10 の変位を仮定した最大波高 (中央撓曲)

4. 考 察

(湖岸線における最大波高の計算結果)

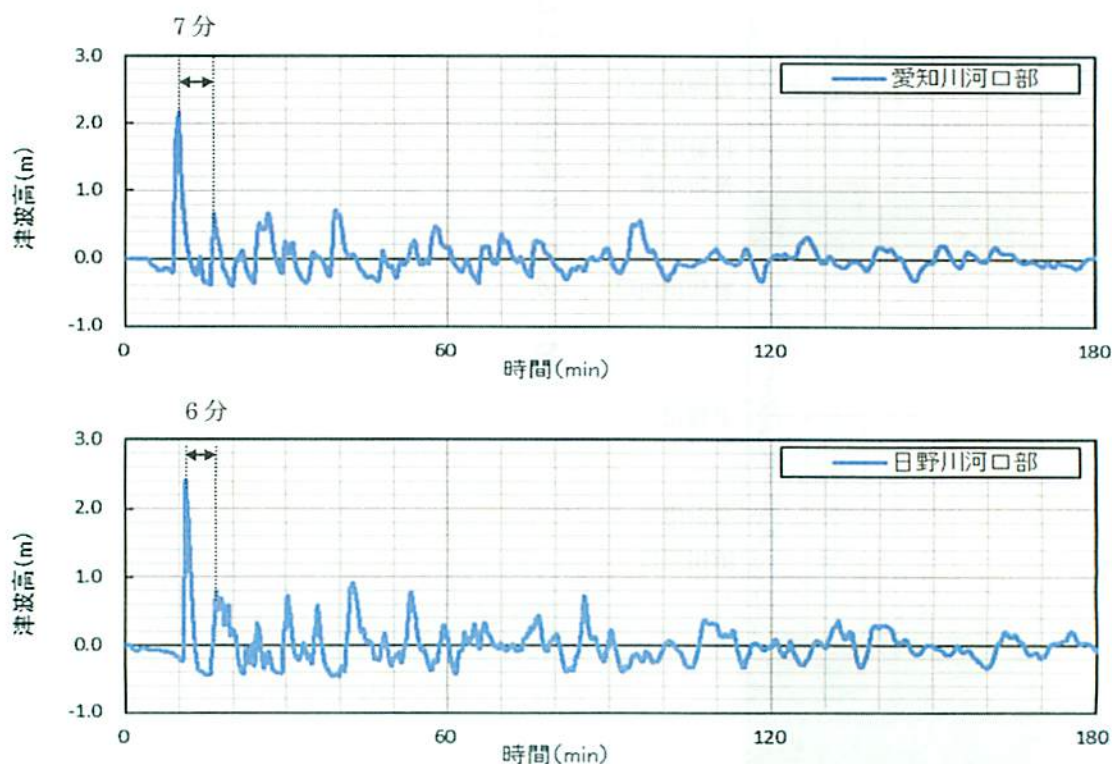
- ・ 断層規模（長さ）・変位量を大きく設定した、西岸湖底断層系の〔北部〕と〔南部〕では、波源断層の対岸正面、特に一部の湾奥部などで局所的にはあるが、湖岸堤高(B.S.L.+2.6m)を超える3m以上（最大4.9m）の津波高さとなった。
- ・ 東岸湖底断層系、南岸湖底断層系、中央撓曲では、いずれも1.5m以下の津波高さとなった。
- ・ なお、今回の検討においては、波が湖岸線で完全反射する条件で計算しているため、陸域への遡上を考慮する場合に比べて水位は委若干大きな値となっている。

(津波到達時間)

- ・ 波源断層が近いことから、地震（湖底地盤の変位）の発生後、対岸に到達するまでの時間は5～10分程度となった。原則として、第一波が最大となっている。（p.5 図 4.1 参照）

(津波の波長：水位上昇継続時間)

- ・ 海溝型地震に伴う海域の津波とは異なり、沿岸部に近い部分の極めて狭い範囲の水面変位を計算するものであるため、琵琶湖における津波の波長は短く、以下に示すとおり、第一波と第二波の間隔は概ね7分程度となった。
- ・ 陸域への遡上が懸念される第一波の2m以上のピーク水位の継続時間は数十秒と考えられる。



図－ 4.1 主要地点の最大波高の時間変化（西岸湖底断層系〔南部〕）

備考) 東日本大震災時の釜石沖における津波の観測結果では、第一波と第二波の間隔は約40分

(陸域への影響)

① 湖岸線での波高が湖岸堤の高さより低い場合

- ・ 湖岸堤 (B.S.L.+2.6m) を溢水しない場合においても、その開口部である河川・承水路への遡上が起こりうる。堤防を有しない干拓地の承水路等では、周辺農地への浸水が考えられる。
- ・ ただし、津波の波長が短い (前頁参照) ことから大規模な浸水とはならない。

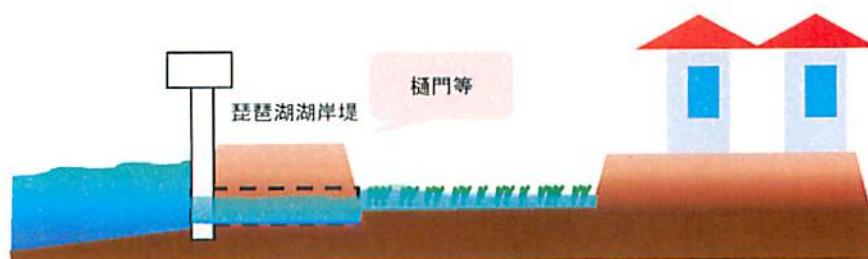


図- 4.2 湖岸堤を越えない場合の浸水イメージ

② 湖岸線での波高が湖岸堤の高さより高い場合

- ・ 湖岸堤 (B.S.L.+2.6m) を超えて溢水する場合においても、今回の計算波高であれば越流水深は 30 cm 未満と考えられる。また、越流の継続時間は数十秒程度 (前頁参照) であり、湖岸堤の損壊の可能性は小さい。

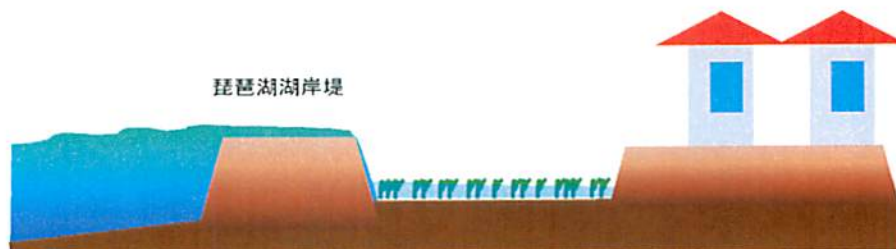


図- 4.3 湖岸堤を越える場合の浸水イメージ

③ 湖岸に隣接する住宅地等への浸水

- ・ 今回試算した津波高さでは、湖畔域の一部住宅地において浸水が起こりうる。
- ・ ただし、海域の津波と比較してその波長が短いことから、浸水範囲は限定的である。



図- 4.4 湖岸に隣接する住宅地の浸水イメージ