

河川津波遡上時における防災対策について

帯広開発建設部 治水課

○相澤 哲也

青木 二郎

池田河川事務所

渡邊 和好

平成23年3月11日の東北地方太平洋沖地震では、十勝川水系においても津波が襲来し、十勝川でKP14.2、浦幌十勝川でKP6.0までの河川津波遡上が確認されたが、大津波警報時の津波高に応じた河川巡視の範囲・方法等が未整備であったため、きめ細やかな現地対応ができなかった。

本研究では、平成23年3月11日の地震によって浮き彫りとなった津波対応上の課題を踏まえ、津波規模毎の河川津波の遡上範囲や浸水範囲を検討するとともに、大津波警報時にも対応できるような河川巡視の範囲・方法、樋門操作員の安全を確保可能な樋門操作方法等、津波襲来時の防災対応について検討したものである。

キーワード：津波、地震、自然災害

1. はじめに

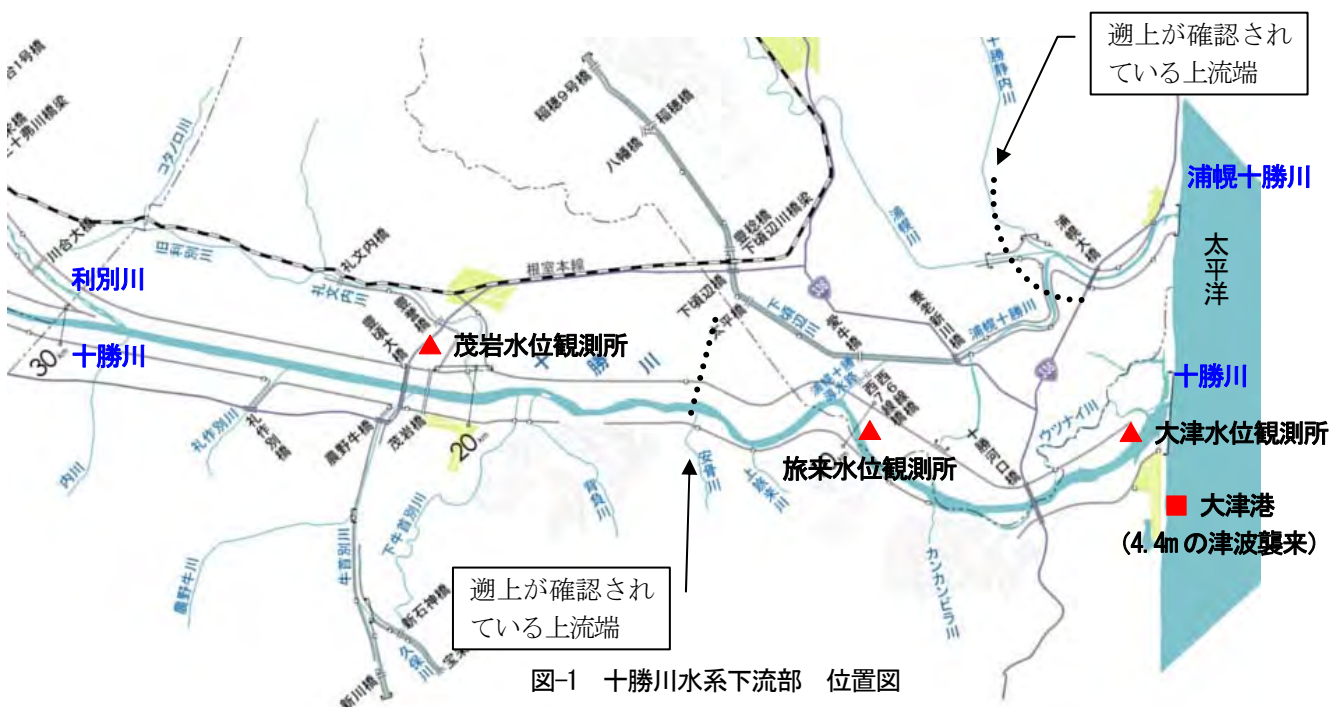
平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震は、観測史上最大となるマグニチュード9.0の巨大地震であり、津波の発生により甚大な被害をもたらした。十勝管内においても震度4を観測し、豊頃町大津漁港では最大4.4mとなる津波が襲来したほか、十勝川ではKP14.2、浦幌十勝川ではKP6.0、浦幌川ではKP1.4までの河川津波遡上が確認されている(図-1)。

この3月11日の津波対応について、大津波警報時の津波高に応じた河川巡視の範囲・方法等が未整備であったことを踏まえ、十勝川水系における津波規模毎の河川

遡上範囲、浸水範囲等を検討し、河川巡視の範囲、方法、樋門操作方法等、津波襲来時の今後の防災対応について検討したものである。

2. 津波対応における課題

平成23年3月11日の地震では、地震発生時の対応・体制は従前から一定程度ルール化しており、このルールに基づき河川巡視や情報連絡を実施した。その結果、河川巡視、樋門・水門の操作、情報連絡等において、河川津波の遡上範囲に応じた河川巡視の範囲やルート設定が



困難であったほか、樋門操作員が避難したことにより、樋門・水門を閉扉できないなどの課題がみられた（写真-1）。

従って、地震発生後の津波襲来に対し、河川管理者が安全かつ迅速な防災対応を実施するためには、これら課題を踏まえ、河川巡視の範囲、方法、樋門操作等のより具体的な方法を定めておくことが極めて重要である。



写真-1 大津市街樋門 堤内の津波痕跡

3. 津波の河川遡上範囲と浸水範囲

地震発生後の津波襲来に対し、迅速かつ安全に防災対応を実施するためには、事前に津波の河川遡上範囲や浸水範囲を流量規模別・津波高別に設定しておく必要がある。

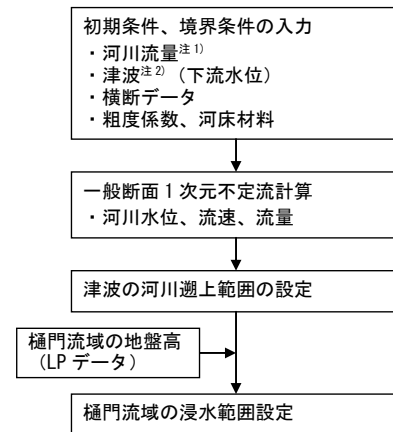
津波の河川遡上範囲の設定に当たっては、(独)寒地土木研究所寒地河川チームの協力のもと検討した河川津波の一般断面1次元不定流計算を用いることとした。

なお、本モデルは、平成23年3月11日の地震における旅来水位観測所の観測水位と計算水位の比較を行い、津波高や周期について概ね再現されていること、最大計算水位が河川痕跡調査を縦断的に概ね再現していることをもって、モデルの妥当性を確認した。

津波遡上シミュレーションの実施に当たっては、流量規模については茂岩地点における湧水流量から計画高水流量までの計13ケース、津波高については0.5mから15mまでの計10ケースを設定した。

また、河川津波が遡上する区間における樋門を対象とし、河川津波の逆流によって生じる浸水範囲を外水位のレベルバックにより設定した（図-2、図-3、図-4）。

計算結果から、津波の遡上範囲を流量規模別・津波高別の早見表を作成し、河川津波遡上時の防災対応における基礎資料として活用することとした。



注1) 河川流量	注2) 津波高
90m ³ /s (湧水程度)	0.5m (注意報)
120m ³ /s (低水程度)	1m (警報: 津波)
160m ³ /s (平水程度)	2m (警報: 津波)
250m ³ /s (豊水程度)	3m (警報: 大津波)
500m ³ /s	4m (警報: 大津波)
1000m ³ /s	5.46m (500年間隔)
1500m ³ /s	6m (警報: 大津波)
2000m ³ /s	8m (警報: 大津波)
2500m ³ /s (平均年最大)	10m (警報: 大津波)
3000m ³ /s	15m (警報: 大津波)
3500m ³ /s	
10300m ³ /s (整備計画流量)	
13700m ³ /s (計画高水流量)	

図-2 津波の河川遡上範囲、浸水範囲の設定

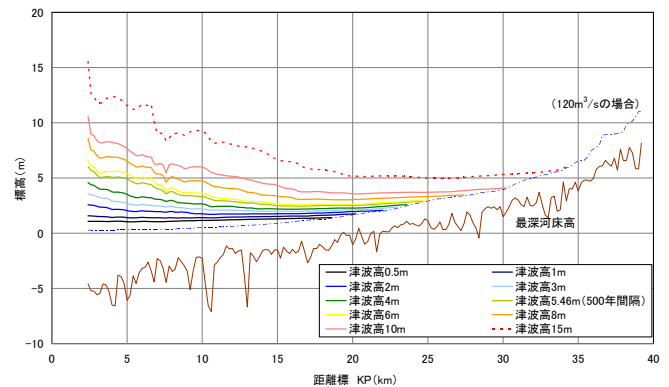


図-3 津波予測縦断面図

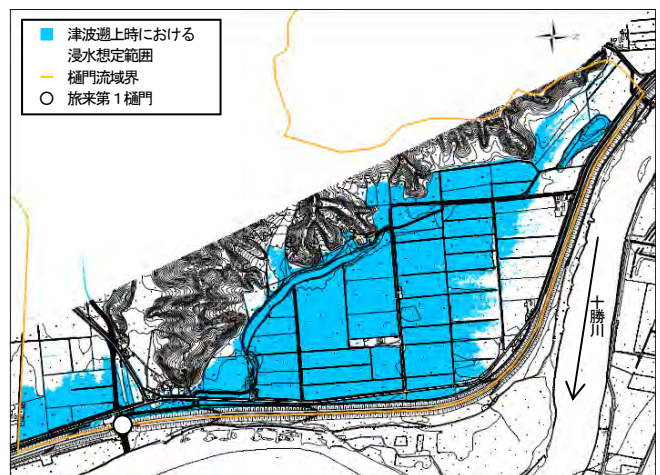


図-4 津波の浸水範囲の設定例

4. 樋門操作方法

堤内地に津波が氾濫しないように堤防の機能が確保されるためには、堤防に設置されている水門・樋門等の河川構造物が、津波の遡上前に確実に操作されている必要がある¹⁾。

しかし、地震津波には様々なパターン（津波高、遡上距離、到達時間）があり、短時間で津波が襲来する場合には樋門操作が間に合わないことが想定される。また、平成 23 年 3 月 11 日の地震では樋門操作員が避難対象となり樋門を閉扉できなかった。さらに、道路が被災した場合には移動に時間を要することも想定されるなど、津波の河川遡上時における確実な樋門操作には解決すべき課題が多くある。

以上を踏まえると、津波時の樋門操作に当たっては、今後、樋門の自動化や遠隔化を進める必要があるが、これらハード整備が完了するまでの当面の対応として、樋門操作員の安全を確保可能な樋門操作方法を検討することとし、その基本的な考え方は以下のとおりとした。

(1) 対象樋門の選定方法

樋門操作の目的は、樋門地点に到達した津波が堤内側に逆流することを防止することであることから、①樋門地点に津波が到達しない場合、②樋門地点に津波が到達するが樋門敷高以下の場合については、樋門操作の対象外にすることとした（図-5）。

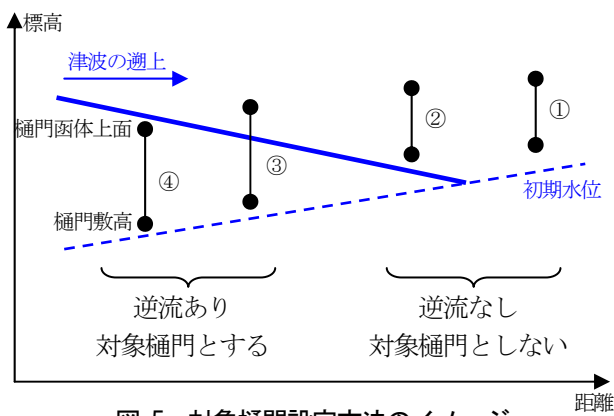


図-5 対象樋門設定方法のイメージ

(2) 安全確保に配慮した樋門操作検討

樋門操作員の安全を確保するため、以下の 2 点を条件として樋門操作方法を検討する。

- ① 樋門地点を含む地区において避難勧告や避難指示が発令された場合には、これを優先する。
- ② 河川津波が当該樋門に到達するまでの時間をパターン別に求めておき、河川津波が樋門地点に到達する前に、「樋門までの移動」、「樋門操作」、「樋門からの待避」を行う。

(3) 具体的検討例における条件設定

平成 23 年 3 月 11 日の地震における気象庁から発表された予想津波高、河川流量等の各種条件に基づき、十勝川の 2 箇所の樋門を対象として、樋門操作の具体的検討例を報告する。

検討に当たっての条件は以下のとおり。

- ・ 河川流量は、当時の速報値に近い低水流量（茂岩地点で $120\text{m}^3/\text{s}$ ）を採用した。
- ・ 地震の発生は、実績と同様 14:46 とし、5 分後に 8m の予想津波高（津波警報時の最大値 8m^* ）と予想津波到達時刻（津波警報時の 15:30）が発表されることとした。

※予想津波高は、実際には時間の経過とともに 1m、2m、6m、8m と変化したが、本検討例においては、地震発生直後に 8m の予想津波高が発表されたものと仮定した。

- ・ ここで取り上げる樋門は、平成 23 年 3 月 11 日の地震で堤内側への逆流がみられた最上流の樋門である旅来第 1 樋門（KP8.6）と、その上流に位置する安骨樋門（KP14.1）とした。

(4) 河川津波の到達時刻

河川津波の到達時刻は、津波警報時に発表される「予想津波到達時刻」に、河川流量・津波高別の一般断面 1 次元不定流計算により求めた「河川津波遡上時間」（図-6）を加えることで求めた（表-1）。

河川津波は、KP7 付近までは 15m/s 程度で伝播し、旅来第 1 樋門には約 12 分で到達する。その後、伝播速度は 4m/s 程度に低下し、安骨樋門には約 36 分で到達する。

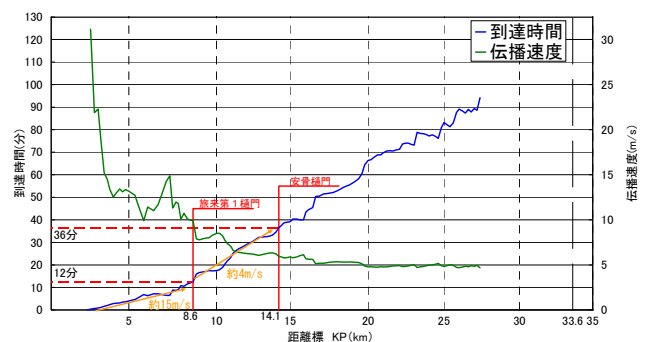


図-6 河川津波の遡上時間

表-1 河川津波の到達時刻

項目	旅来第 1 樋門	安骨樋門
地震発生	14:46	
津波警報発表	14:51	
津波到達(海岸)	15:30	
遡上時間(予測)	12 分	36 分
到達時間(樋門)	15:42	16:06

(5) 樋門操作の所要時間

樋門操作に要する時間は、①樋門までの移動段階、②樋門操作段階、③樋門からの待避段階の3段階に分けられる。

①樋門までの移動段階

- ・2 樋門とも樋門操作員宅から樋門までの距離が 2km 以上あることから、樋門までの移動は自動車の使用を前提とした。
- ・自動車による移動速度は、平成 23 年 3 月 11 日の地震における津波からの避難実態調査²⁾を踏まえ時速 10km とした。

②樋門操作段階

- ・樋門の閉扉に当たっては自重降下機能を用いることとし、その所要時間は樋門操作実績から 2 分とした。

③樋門からの待避段階

- ・樋門からの待避に当たっては、現在、豊頃町において津波ハザードマップを検討中であり、避難場所が未確定であることから、現段階では、往路と復路で同じ時間を見込むものとした。

(6) 樋門操作方法の設定

樋門操作行動を開始する時間に対し、(5)に示す 3 段階の所要時間を求めて樋門操作完了時刻を算定したところ、以下の結果を得た(表-2)。

- ・旅来第 1 樋門は遡上距離が短く、樋門操作員の樋門までの移動距離が長いため、樋門操作は不可能。
- ・安骨樋門は遡上距離が長く、樋門操作員の樋門までの移動距離が短いため、樋門操作は可能。

上記の検討結果は、河川流量 120m³/s、津波高 8m の条件に基づくものであるが、今後、同様の検討を河川流量別・津波高別に実施し、樋門毎に津波時の樋門操作方法を検討する予定である。

表-2 樋門操作の可否

項目	旅来第 1 樋門	安骨樋門
地震発生	14:46	
津波警報発表	14:51	
行動開始	14:56	
①移動段階	24 分 移動距離 4km 移動速度 10km/hr	12 分 移動距離 2km 移動速度 10km/hr
②操作段階	2 分	2 分
③待避段階	24 分	12 分
操作完了時刻	15:46	15:22
到達時間(樋門)	15:42	16:06
操作の可否	×	○

5. 河川巡視の範囲、方法

現在、十勝川における河川巡視の範囲は、津波注警報の種類に応じ、以下のように設定している。

◆津波注意報

十勝川：河口より上流

浦幌十勝川：河口より上流

◆津波警報

十勝川：十勝河口橋より上流

浦幌十勝川：浦幌大橋より上流

また、津波注警報において発表される津波高は、津波注意報時(0.5m)、津波警報時(1m、2m)、大津波警報時(3m、4m、6m、8m、10m 以上)となっており、河川巡視の範囲・方法については予想津波高に応じて柔軟に対応することとしていた。

これに対し、十勝川水系を含む北海道太平洋沿岸中部の津波注警報は、3 月 11 日 14:49 に津波警報(1m)、15:14 に津波警報(2m)の後、15:30 に大津波警報(6m)となり、16:08 には大津波警報(8m)となった³⁾。

ここで、予想津波高 8m の河川津波が遡上した場合に想定される水位は、十勝河口橋の直上流 KP5.8 において EL=6.00m であり、堤内地盤高 EL=3.06m を約 3m 上回る。

以上の点を踏まえ、下記内容による河川巡視範囲の検討を行う。

(1) 流量規模別、津波高別の浸水範囲の把握

3.において、流量規模別・津波高別の遡上範囲と浸水範囲を設定したことから、これら 2 種類の情報をパラメーターとすることで、河川巡視範囲の設定における精度向上を図るものとする。

(2) 巡視範囲の設定方針

大津波警報発令時には、河川流量 120m³/s、津波高 8m での事例では、現行の河川巡視範囲(十勝河口橋より上流)において、堤内地盤高以上の河川津波が遡上すると予測される。

本項目では、河川を巡視する職員の安全確保を条件に、大津波警報に対応した巡視範囲を新たに設定することとし、下記設定方針による河川巡視範囲の検討を行う。

- ①ある流量規模、津波高規模における河川津波の遡上範囲・浸水範囲を求める。
- ②遡上する河川津波が堤内地盤高以上となる区間については、巡視ルートとなる堤防へのアクセス、非常時における堤内側への避難経路確保等が困難となる可能性があり、巡視職員の安全確保や二次災害防止等の観点で問題がある場合には、当該区間を河川巡視範囲から除外する。

③河川巡視範囲の設定に当たっては、橋梁、樋門、合流支川等、河川巡視の際に目安となる構造物等を巡視範囲の下流端として設定する。

上記検討は、ある流量・津波高の条件に基づくものであることから、①～③について同様の検討を河川流量別・津波高別に実施し、各条件に応じた河川巡視範囲を設定していく予定である。

また、河川巡視範囲の最終的な設定に当たっては、巡視職員の安全確保のほか、河川管理施設や工作物の重要度等を踏まえて総合的に判断する必要がある、今後、具体的に詳細な検討を進める必要がある。

6. おわりに

河川津波遡上時における防災対応は、現在検討を進めている段階であり、今後、検討が進むに従い、改善すべ

き点が明らかになると考えている。

また、これら河川津波遡上時の防災対応をとりまとめた津波対応マニュアルについては、季節別、平日・休日別、時間帯別、天候別等、より厳しい災害発生条件を想定した実務訓練を繰り返し実施し、訓練の実態を通じた評価を行い、必要に応じてこれを修正していくことで、実効性を向上させていく必要がある⁴⁾。

参考文献

- 1) 河川津波対策検討会：河川への遡上津波対策に関する緊急提言，平成 23 年 8 月。
- 2) 国土交通省：東日本大震災の津波被災現況調査結果（第 3 次報告）～津波からの避難実態調査結果(速報)～，平成 23 年 12 月。
- 3) 気象庁：災害時地震・津波速報 平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震，平成 23 年 8 月。
- 4) (財)国土技術研究センター：津波の河川遡上解析手法を活用した防災対策検討の進め方，平成 21 年 3 月。