釧路市街地域における河川津波遡上・氾濫の 予測手法とその活用に関する一提案

阿部 孝章¹・佐藤 好茂²・船木 淳悟³・吉川 泰弘⁴・中津川 誠⁵

¹正会員 博(工) 寒地土木研究所 寒地水圏研究グループ (〒062-8602 札幌市豊平区平岸 1 条 3 丁目)

E-mail: abe-t@ceri.go.jp

²正会員 寒地土木研究所 道東支所 (〒085-0014 釧路市末広町 10 丁目)

³正会員 寒地土木研究所 寒地水圏研究グループ (〒062-8602 札幌市豊平区平岸 1 条 3 丁目)

⁴正会員 博(工) 北見工業大学 社会環境工学科 (〒090-8507 北見市公園町 165)

⁵正会員 博(工) 室蘭工業大学大学院 暮らし環境系領域 (〒050-8585 室蘭市水元町 27-1)

本稿では北海道でも人口が低平地に密集する釧路市を対象地域とし、河川周辺域における自治体等行政の減災対策を支援する手法の開発を目的として検討を実施した。まず、波源域から河道域までの津波解析を簡易に実施可能な一連のモデル開発を行い、実際に発生した津波波源モデルのパラメータ及び河川流量を変化させた解析を行い、各構造物が受ける津波外力を評価した。次に、北海道庁により検討が行われた最大クラスの津波のデータを用いて地盤沈下量を変化させた解析を行い、上水道や下水処理施設等に対する津波外力を評価した。その結果、津波の規模と河川流量、地盤変化量の条件次第では、施設の被災可能性は変化する可能性がある事が分かった。複数の津波想定を事前に行っておくことで河川管理者や自治体の減災支援となる可能性が示された。

Key Words: Kushiro City, Tsunami run-up in rivers, Inundation area, Water and sewerage systems, Disaster reduction support

1. はじめに

我が国は春夏秋冬の四季と豊かな自然に恵まれているが、国土の7割近くが急峻な山地部で占められ、そのような地形に人口が密集していることもあり、梅雨期や秋の台風の時期など、土砂災害等の発生頻度が非常に高い。それに加えて、近年では局地的な豪雨災害等が増加しつつあり、2013年から2014年にかけては洪水災害や土砂災害が多い年となった。一方で、日本は環太平洋造山帯に属しており、活火山は全国的に分布して列島は周囲を活断層に取り囲まれている。そのため地震災害の発生も非常に多く、それに伴う津波災害はこれまでも日本国内で数々の被害をもたらしてきた。

2011年3月11日午後2時46分頃、宮城県沖を震源として発生した東北地方太平洋沖地震によって、全国的に津波遡上が発生し、岩手県大船渡市綾里湾においては、国内で観測史上最大となる40mを超える遡上高が確認された¹⁾。更にこの津波は全国的に河川へと遡上したことが確認されている。東北地方沿岸域・河川には10mを超える津波が来襲し、堤防の縦断的な破壊、樋門構造物周辺の洗掘、水門の破壊等、河川構造物に深刻な被害をもたらした。こうした河川域の災害を低減するため、施設によって財産を保護するL1クラスの津波と人命を最優先で保護するL2クラスの津波とに分けて対策を実施することが国土交通省により提言された。

さて、日本周辺にはプレート境界域が位置しており、様々な場所で地震が発生する可能性がある。上記のような最大クラスの津波と言っても一つの最大クラスの想定に縛られることなく、地震規模の不確実性を踏まえた、津波遡上のリスク評価の重要性が安田ら²⁾や溝端ら³⁾によって指摘されている。彼らによって、南海トラフで将来発生しうる大規模地震による和歌山県全域の浸水危険度評価²⁾³⁾がなされた。安田⁴⁾による高知市における検討では、地震規模・潮位・地盤沈下量次第では排水機場といった重要施設の被災危険度が変化することが指摘されている。

南海トラフだけでなく、例えば北海道太平洋岸地域では、千島列島沖・釧路沖地震による被害想定が活発に行われている。特に本稿の検討対象である釧路市は津波常襲地帯であり、低標高地域に18万人の人口が密集しているため、住民の津波に対する防災意識は北海道の中でも特に高いとされている。また、新釧路川は釧路湿原下流に位置する釧路市の市街地を貫流し、釧路港から太平洋に注いでいるが、この河川は過去に幾度も河川遡上が発生しており、L1クラスやL2クラス、それらに準じた津波予測をする際には河川遡上をも考慮した上で検討を行うことが望ましいと考えられる。

本稿では、安田らによる想定地震規模や地形条件に幅を持たせる考え方を基本的な検討方法として採用することとした。特に河川及び河川流量の存在を考慮し、

更に河川遡上や河川施設への津波影響評価を考慮した上で、対象地域である釧路市及び釧路川周辺の津波検討を実施したものを報告する。検討実施にあたっては汎用インターフェイスを用いることで津波遡上解析の煩雑さを極力排除し、自治体の担当者レベルでも同種の検討が可能となるような手法として提案することとする。単一の想定ではなく、津波規模に一定の幅を持たせた事前検討を行うことで、河川管理者や自治体の緊急時の判断を支援することを最終的な目的としている。

所謂 L1 クラス津波については、検討を行うための指標として、モーメントマグニチュード (M_w) の変化と、河川流量の変化について着目した検討を行った。L2 クラス津波については、北海道庁により最大クラスの津波想定として釧路港に到達する津波波形が一般向けに公開されている。本稿ではこの波形を用い、一つの指標として地盤沈下量の変化に着目した検討を行うこととした。

2. 検討手法

本稿で始めに目的とするのは、波源域からの津波伝播を踏まえた上で簡易に河川津波遡上や市街地への遡上を検討可能なモデルを構築することである。ここでは、無償で公開されている iRIC ソフトウェア⁵⁾に含まれる広域津波計算モデル ELIMO、氾濫解析モデル Nays2D Flood を用いることとした。

北海道周辺の広域津波解析にあたっての基礎式⁶⁾は、水深積分された連続式：

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{1}{R \cos \phi} \left\{ \frac{\partial u(h + \zeta)}{\partial \lambda} + \frac{\partial v \cos \phi(h + \zeta)}{\partial \phi} \right\} = 0 \quad (1)$$

及び、水深積分された球面座標上の運動方程式：

$$\begin{aligned} \frac{Du}{Dt} = & -\frac{g}{R \cos \phi} \frac{\partial \zeta}{\partial \lambda} - \frac{\tau_\lambda^b}{\rho(h + \zeta)} + A_d u \\ & + \nu_h^* \left(\frac{1}{R^2 \cos^2 \phi} \frac{\partial^2 u}{\partial \lambda^2} + \frac{1}{R^2 \cos \phi} \frac{\partial}{\partial \phi} \left(\cos \phi \frac{\partial u}{\partial \phi} \right) \right) \\ & + \left(2\Omega + \frac{u}{R \cos \phi} \right) v \sin \phi \quad (2) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{Dv}{Dt} = & -\frac{g}{R \cos \phi} \frac{\partial \zeta}{\partial \phi} - \frac{\tau_\phi^b}{\rho(h + \zeta)} + A_d v \\ & + \nu_h^* \left(\frac{1}{R^2 \cos^2 \phi} \frac{\partial^2 v}{\partial \lambda^2} + \frac{1}{R^2 \cos \phi} \frac{\partial}{\partial \phi} \left(\cos \phi \frac{\partial v}{\partial \phi} \right) \right) \\ & + \left(2\Omega + \frac{u}{R \cos \phi} \right) u \sin \phi \quad (3) \end{aligned}$$

である。ここで、 $\frac{D}{Dt} = \frac{\partial}{\partial t} + \frac{u}{R \cos \phi} \frac{\partial}{\partial \lambda} + \frac{v}{R} \frac{\partial}{\partial \phi}$ で、水深平均流速は局所流速 u', v' を用いて $u = (\int_{-h}^{\zeta} u' dz)/(h + \zeta)$ 、 $v = (\int_{-h}^{\zeta} v' dz)/(h + \zeta)$ 、 R は地球の中心からの距離、 Ω は地球の自転角速度、 ϕ, λ はそれぞれ緯度、経度、 ζ は水位変動、 ν_h は水平運動量交換係数、 $\tau_\lambda^b = C_d |u| u$ 、

$\tau_\phi^b = C_d |v| v$ は修正底面剪断力、 $C_d = 0.005$ は抗力係数である。

河道周辺域の局所的な津波遡上解析にあたっては、平面 2 次元河川氾濫解析モデル⁵⁾を用い検討を実施した。用いられている基礎方程式は以下の連続式 (4) 及び運動方程式 (5), (6) である。

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial(hu)}{\partial x} + \frac{\partial(hv)}{\partial y} = 0 \quad (4)$$

$$\frac{\partial(hu)}{\partial t} + \frac{\partial(hu^2)}{\partial x} + \frac{\partial(huv)}{\partial y} = -gh \frac{\partial H}{\partial x} - \frac{\tau_x}{\rho} \quad (5)$$

$$\frac{\partial(hv)}{\partial t} + \frac{\partial(huv)}{\partial x} + \frac{\partial(hv^2)}{\partial y} = -gh \frac{\partial H}{\partial y} - \frac{\tau_y}{\rho} \quad (6)$$

但し、 $\tau_x = \rho C_f u \sqrt{u^2 + v^2}$ 、 $\tau_y = \rho C_f v \sqrt{u^2 + v^2}$ 。ここに、 h は水深、 H は水位、 τ_x, τ_y はそれぞれ x, y 方向の河床剪断力、 C_f は河床剪断係数で後述の Manning 粗度係数 n を使って $C_f = gn^2/h^{1/3}$ と表される。本モデルは氾濫水の挙動を平面 2 次元場の流れとして解くものである。

地形データは無償提供されているもの（国土地理院基盤地図情報⁷⁾、J-EGG500⁸⁾、SRTM データ⁹⁾）を利用し、データの加工にあたっては無償の GIS ソフトである QGIS を用いた。本稿では、上記 2 種類のモデルを併用しつつ次のような手順で検討を進めることとした。

L1 クラスの津波想定にあたっては、ELIMO モデルの計算結果を Nays2D Flood モデルに接続して与えた。ELIMO モデルによる計算対象領域は図-1 (a1) に示した範囲全体である。まず、ELIMO モデルによって 2003 年十勝沖地震津波の実測データと計算結果を比較することによりモデルの妥当性を検証したのち、想定津波高の変化による河川遡上を検討するため、前述の安田ら²⁾の考え方をを用いて滑り量 S [m]（すなわち地震モーメント M_o ）を変化させることで地震規模を表すモーメントマグニチュード M_w を変化させた。以下にその概略を示す。 M_o の対数と M_w は次式で表される関係を持つ¹⁰⁾。

$$M_o = \mu D S \quad (7)$$

$$M_w = (\log_{10} M_o - 9.1)/1.5 \quad (8)$$

但し、 μ は剛性率 [N/m²]、 D は震源断層面積 [m²] である。以下では滑り量 S を変化させ式 (8) を用いて M_w を変化させた上で河川への津波遡上解析を行い、河川構造物である樋門と浄水場取水口地点での水位変動を把握した。河道の津波遡上解析には図-1 (a2) のような地形データを用い、黒枠で囲まれた領域について解析を行った。メッシュのサイズは約 20 m 四方とした。Manning の粗度係数は、既往の釧路市街地における計算¹¹⁾を参考に、海域・河川域で 0.025、市街地で 0.06、湿原域については 0.0425 を一様に与えた。対象とする河川構造物は、

(a1) 北海道周辺地形

(a2) 新釧路川周辺地形

(b) 釧路市街地域の地形

図-1 本稿における津波遡上の検討対象領域

河口から近い順に昭和樋門 (KP.2.8, Showa Sluice Gate), 愛国樋門 (KP.4.5, Aikoku Sluice Gate), 愛国浄水場取水口 (KP.8.7, Intake of Aikoku Water Treatment Plant) であり, KP. (キロポスト) は河口からの距離 [km] を表す.

L2(最大) クラス津波の検討にあたっては, 公開されている新釧路川河口部での最大クラス津波想定波形を下流端境界水位として与えることとした. 筆者らのグループが先行して行った内海¹²⁾の検討と同様の, 図-1 (b) に示した地形データを用いた. 市街地は密にデータが存在する国土地理院基盤地図情報 (図中の GSI), 湿原域を含むばらばらな標高データは SRTM データ, 海域は J-EGG500 (図中の JODC) データから構成されている. 黒枠で囲まれた領域について解析を行い, メッシュのサイズは約 30 m 四方とした. 検討対象施設は, 海岸線から近い順に釧路市役所 (Kushiro City Office), 古川下水処理場 (Furukawa Sewage Plant), 愛国浄水場 (Aikoku Water

図-2 苫小牧東港地点における水位変動の再現計算結果と計測値¹³⁾との比較

Treatment Plant), 愛国浄水場取水口 (Intake of Aikoku Water Treatment Plant) の 4 箇所である (図-1 (b)).

まず, 本計算領域において北海道により公開されている L2 クラスの浸水想定計算結果とを比較することによりモデルの妥当性を検証した. その後 (b) の地形データにおいて地盤沈下量を 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 m と変化させて同一の波形を与え, 浸水範囲の変化及び重要施設について検討を行った.

3. 結果及び考察

(1) L1 クラス津波の河川遡上に関する検討

本節ではまずモデルの妥当性検証から述べることにする. 図-2 に示したのは, 2003 十勝沖地震について推定されている断層パラメータ¹⁴⁾を入力し, 図-1 (a1) の領域で再現計算を実施した結果である. 尚, 苫小牧東港の位置は同図 (a1) に示した. 苫小牧東港の実測潮位と ELIMO の計算結果の比較から, 本モデルによる計算値は第 1 波の到達時刻や押し波, 引き波による水位変動をある程度再現することに成功している. 但し波の形状が異なっていたり, $t = 10,000 \sim 17,000$ s で位相がずれるなどの事象が確認された.

この問題の解決のためにはより高精度な地形データの活用が有効であると考えられるが, 高精度な地形データを用いると誤データの処理や補正など解析上の煩雑さが増すため, 本節の議論の中では割愛する. そのため, 本モデルの予測値はあくまで, 水位の最大値を把握する目的のみに留めておくべきで, 第 1 波以降の到達時刻や時系列的な水位変動傾向は評価にあたっての参考値とすることが望ましいと考えられる. この ELIMO による計算結果を, Nays2D Flood モデルの下流端水位境界条件として与え, 津波を入射させた. この理由は, 他の再現計算においても, 2011 年東北地方太平洋沖地震津波発生時の釧路市¹²⁾及び厚岸町¹⁵⁾の浸水範囲や新釧路川における河道内の時系列水位¹¹⁾がある程度良好に再現されることが既に確認されているためである.

 図-3 各 M_w に対する十勝沖地震津波の初期水位分布

 図-4 各 M_w に対する新釧路川河口における水位変動

次に、同じ十勝沖地震津波の断層パラメータにおいて、滑り量 S のみを変更して M_w を変化させた。南海トラフ地震の M_w を 8.7 から 9.0 まで 0.1 ずつ漸増させた安田ら²⁾の議論に倣う形で、気象庁¹⁴⁾から発表されている 2003 年十勝沖地震の $M_w = 8.0$ から 0.1 ずつ増やすこととした。図-3 には、各 M_w に対する初期水位分布を示した。各 M_w について、初期水位は $M_w = 8.1$ で最大 1 m 程度、 $M_w = 8.2$ で最大 5 m 程度、 $M_w = 8.3$ で最大 15 m 程度となった。尚、図-4 に、各 M_w の十勝沖地震において予測される、釧路港地点の時系列水位変化を示した。この図が示すように、 M_w が変化しても、到達時刻や波の周期に顕著な違いは見られず、波高・振幅のみが変化する結果となった。同様の傾向は、安田ら²⁾による和歌山県沿岸部の検討でも確認されている。これは断層領域を同一としたためと考えられ、結

 (a) $Q = 46 \text{ m}^3/\text{s}$

 (b) $Q = 100 \text{ m}^3/\text{s}$

図-5 流量別の各施設地点における第 1 波の波高

果として新釧路川河口部付近への津波の到達時刻に大きな変化は無いものと推測される。

新釧路川における平水流量（約 $Q = 46 \text{ m}^3/\text{s}$ ）の場合と出水時の流量（約 $Q = 100 \text{ m}^3/\text{s}$ ）とそれぞれ設定した場合に河川施設や浄水場取水口地点への到達有無を把握するため、図-5 に各地点で推定された第 1 波の波高をプロットした。図中では各施設の河口からの距離と波高との関係を示している。河口から近い順に昭和樋門 (KP.2.8)、愛国樋門 (KP.4.5)、愛国浄水場取水口 (KP.8.7) 地点に対応している。図-4 より、 $M_w = 8.0, 8.1, 8.2, 8.3$ について第 1 波の波高は約 0.5, 0.7, 1.5, 3.5 m と推測された。図-4 と図-5 を比較すると最下流の昭和樋門地点で波高は半分程度まで減衰している。これは、図-1 (a2) 河口部に見られるように新釧路川は河口部で閉塞を起こしており、津波が遡上しづらい状況となっている¹⁶⁾ことに起因していると考えられる。既往研究¹⁷⁾においても、河口砂州が津波遡上に大きく影響を及ぼすことが指摘されている。上流の愛国樋門地点から取水口地点にかけ、いずれのケースにおいてもほぼ線形に波高は減衰している様子が見られる。特に、最上流の取水口地点では、 $M_w = 8.3$ のケースでさえも微弱な津波しか到達しない予測となっている。ところが取水口地点における (a), (b) の比較より、 $Q = 46 \text{ m}^3/\text{s}$ の際 4 cm 程度、 $Q = 100 \text{ m}^3/\text{s}$ では 14 cm 程度の津波が到達しており、後者のケースでは更に上流まで到達していた可能性がある。

図-6 北海道庁想定¹⁹⁾による新釧路川河口部のL2クラス津波波形

吉川ら¹⁸⁾の検討によれば、基本的には河川流量が大きいほど津波遡上距離は短くなるが、流量の条件次第では逆に長くなることもなることが既に指摘されており、本稿のケースもこの事例に該当すると考えられた。即ち、河川津波を議論する場合には津波規模のみで遡上距離や遡上高を一義的に推定することはできないと言える。

注意すべきことのもう1点として、本稿で対象としている2003年十勝沖地震の発生域と、安田ら²⁾の検討した発生域とでは面積が大きく異なる点がある。彼らの検討における南海トラフ地震からの和歌山県や高知市の遡上事例では M_w は8.7~9.0を想定しており、本稿の条件では高々 M_w は8.3である。滑り量 S をパラメータとして津波規模を変化させるという手法は未だ十分に確立されているとは言い難く、適用範囲について、同一地域の異なる地震での再現計算などを通じて精度の検証を行うことが望ましいと考えられる。

(2) L2クラス津波の河川遡上及び氾濫に関する検討

図-6は北海道庁により公開¹⁹⁾されている最大クラス津波の想定の内、釧路川河口部の時系列的な予測水位をプロットしたものである。図より、引き波から始まる第1波で、最大水位が約11mまで上昇している。本節ではこの波形データを、図-1(b)の釧路市街地にとった平面的な計算領域の下流端境界条件として与え、更に地盤沈下量を変化させる検討を行う。図-7は公開されている最大クラス津波の浸水想定と本稿による計算結果との比較である。両者の平面的な浸水深の分布は類似しており、大きな矛盾も無い。流速データは公開されていないが、水位のみを境界条件として与えることによって、概ね近い浸水予測結果が得られるものと考えられる。この事例は最大クラス津波の予測結果との比較であるが、前述の通り、本モデルが2011年太平洋沖地震津波の浸水範囲を概ね良好に再現することは確認済みである¹²⁾¹¹⁾。勿論、水位情報のみの接続では、第1章の冒頭で示したような段波津波のせり上がりによる浸水¹⁾には直ちに適用することは困難と考えら

図-7 最大浸水深予測の比較。上段がNays2D Floodモデル (Google earth, Image (c) 2014 DigitalGlobe (c) 2014 ZENRIN, Data SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO), 下段が北海道庁による想定¹⁹⁾

れる。現行で広く用いられている、国土技術開発センターの手引き案²⁰⁾に示されている通り、水位及び流速(接続境界における通過流量)を受け渡すことが望ましいのであるが、浸水範囲の予測という目的に絞れば、ある程度の適用可能性を有すると考えられる。

以上より、無償公開されているソフトウェアでも、浸水範囲についてはある程度の再現性を有していると考えられた。そのため、本稿ではこのモデルをベースに以降の検討を進めることとした。図-8は地盤沈下量0.5, 1.5, 2.5mのケースについて、 $t = 21,600$ sにおける最大浸水深予測結果を比較して示したものである。白く表示されている部分はこの時刻まで浸水が発生しなかった地点である。沈下量が1mずつ増加するにつれ、特に上流側の湿原域で浸水域が広がっているが、地域的な特性として釧路湿原地域は元来標高が低く、沈下による浸水の影響を受けやすいためと考えられた。また、新釧路川右岸側KP.1.2地点で合流する仁々志別川付近で、沈下量1.5m以上のケースで4m以上の浸水域が広がっていることが読み取れる。国土地理院による高解像度の地形データで支川の地形までも考慮したために、このように支川に遡上してその周辺域で氾濫する状況まで予測することが可能となったと考えられる。図-9は本稿で注目した4施設(位置は図-1(b)参照)に

図-8 地盤沈下量別の浸水深の予測結果

図-9 地盤沈下量別の重要施設地点の浸水深予測結果

おける、地盤沈下量別の浸水深を示したものである。4箇所とも、沈下量が減少するごとに、浸水深も線形に減少しており、図-5と同様な傾向であった。最上流の取水口地点では、沈下量が2.5 mの時にのみ1 m 弱の浸水が発生し、それ以下の沈下量では浸水しない予測結果となった。愛国浄水場では沈下量が2.5 mから0.5 mになった場合に、浸水深が3.6 mから2.1 mへ、古川下水処理場、釧路市役所でも、概ね1.5 mから2.0 m程度、浸水深が小さくなる推定結果が得られた。

即ち、一口に10 m 強の津波が来襲するといっても、地盤沈下の影響だけでも浸水深は大きく異なる。そのため、単一の最大クラス想定をあらゆる判断の根拠とするのではなく、津波は元来このように、条件によって浸水範囲も浸水深も変化するような性質を持つ災害であることを考慮し、減災対策の指針を策定していくべきと考えられる。

本章においては、河川津波の遡上現象や氾濫現象において、簡易なモデルを用いてその評価を行ってきた

が、河川津波の遡上現象は、詳細な解析モデルを用いても精度良く検証できるか充分に分かっていないことに、充分留意すべきであると考えられる。しかし管理者にとって時間や人員、予算は限られたものであるため、簡易なモデルであっても事前予測の上で暫定値を把握しておくことが河川管理や施設管理上の情報として有用となる。そのような理由から本稿では簡易なモデルを採用している。もちろん、その活用にあたっては、条件設定の改善や最新の知見等による改訂プロセスが継続的に必要であることは言うまでも無い。また、本稿で使用した簡易なモデルによる所要計算時間であるが、2014 年現在で標準的な構成のデスクトップ PC (3.5 GHz 4 コアプロセッサ, 32GB RAM) で6 時間の津波計算を行うのに要した時間は3 時間程度である。

4. まとめと今後の課題

本稿では、L1 クラス津波については波源域から河川周辺域まで考慮した一連の津波解析モデルを構築し、L2 クラス津波については公開情報を境界条件として与え、実際の津波想定を用いた各種の検討を行った。その結果、津波規模の条件と河川流量の条件によっては、河道内の河川施設に到達する津波波高が変化することが確認された。また、L2 クラス津波の検討においては、地盤沈下量の条件によっては浸水範囲が大きく異なり、上下水道などのライフラインを構成する重要施設地点における浸水深も大きく変化する予測結果が得られた。

本稿のモデルの最大の特徴は、主として無償公開されているモデルや地形データを基にした検討ということである。数値解析に習熟した技術者でなくとも、PC 上で簡易に操作可能なインターフェイスを用い、同種の解析が可能である。そのため、自治体や河川管理者

が主体的に、事前に複数の想定を行い結果を整理しておくことで、津波来襲前、来襲後の減災対策に迅速に取りかかることができるようになる。但し、本稿で構築した一連のモデルの計算は個別に行っており、水位変動のみを考慮し解析の接続を行っている。今後水位の他に流速の情報を受け渡し可能なモデルの改良が望まれる。

しかしながらこれらの計算結果は、洪水や津波のハザードマップのように、法律上定められたプロセス、ガイドラインと精緻なモデルに基づき、自治体等を通じ広く公開されるものとは性質が異なる。それは経験の浅い担当者及び所属機関が、結果について責任を持って外部に公表するのは困難なためである。本稿の目的としてはむしろ、河川や施設管理者が暫定値による参考資料として結果を保有しておき、緊急時の行政対応を迅速に行うための支援という位置づけで上述の検討を行ってきた。将来的なより望ましい対応として、行政職員など経験の浅い担当者が実際に同種の検討を行うにあたっては、公的研究機関等による結果の検証や助言等がなされることが求められると考えられる。

また、北海道特有の問題として、直轄河川では結氷が生じるため、津波発生時には氷の漂流物を考慮することが望ましい。氷板漂流物がゲートに挟まり動作を阻害する可能性も指摘されている。著者ら²¹⁾は、漂流物の影響を考慮した河川施設周辺のシミュレーションにも着手しているところであり、こうしたモデルも組み合わせれば、より現実に近い想定が可能となることが期待される。今後、このような最新の数値解析技術も併用しつつ、河川周辺域の津波影響評価手法としてモデル構築を継続していく予定である。本稿では触れていないものの、河口潮位を変化させた検討、津波遡上時における河口閉塞の影響、河床変動計算を用いた河口砂州のフラッシュを考慮することが可能となれば、より現実的な想定として、用途が拡大できるものと考えられる。

謝辞: 北海道開発局釧路開発建設部には河道形状に関する資料を提供頂きました。本稿の検討成果は、地震工学委員会水循環 NW 災害軽減対策研究小委員会、WG4(釧路地域)の活動成果の一つとして得られたものであり、委員長はじめ委員の方々には多くの示唆に富むご助言等を頂きました。ここに記して各位に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループ: URL: <http://www.coastal.jp/ttjt/>, (2014 年 11 月 14 日閲覧)。
- 2) 安田誠宏, 溝端祐哉, 奥村与志弘, 間瀬肇, 森信人, 島田広昭: 和歌山県における想定を超えた津波に対する浸水危険度の変化に関する研究, 土木学会論文集 B3(海洋開発), Vol.68(2), pp.I.156-I.161, 2012.
- 3) 溝端祐哉, 安田誠宏, 奥村与志弘, 森信人, 間瀬肇, 島田広昭: 漸増津波氾濫解析を用いた地域の耐津波ポテンシャル評価, 土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol.70(2), pp.I.1326-I.1330, 2014.
- 4) 安田誠宏, 山中明彦, 宮里直樹, 宮島昌克, 池本良子, 清水芳久, 高橋尚裕, 小西康彦, 森崎啓, 有吉隆宏: 戦略的な水循環ネットワーク確保のための基礎研究, 第 34 回地震工学研究発表会講演論文集, A13-691, 2014.
- 5) 河川シミュレーションソフト iRIC: URL: <http://i-ric.org/ja/> (2014 年 11 月 14 日閲覧)。
- 6) 渡部靖憲: iRIC Easy-performable Long-wave Inundation MOdel (ELIMO) Users Guide Ver.1.1, 32 p., URL: <http://i-ric.org/ja/> (2014 年 11 月 14 日閲覧)。
- 7) 国土地理院: 基盤地図情報サイト, URL: <http://www.gsi.go.jp/kiban/> (2014 年 11 月 14 日閲覧)。
- 8) J-EGG500 (JODC-Expert Grid data for Geography-500m): URL: http://www.jodc.go.jp/data_set/jodc/jegg_intro_j.html (2014 年 11 月 14 日閲覧)。
- 9) SRTM: Data Search: URL: <http://srtm.csi.cgiar.org/SELECTION/inputCoord.asp> (2014 年 11 月 14 日閲覧)。
- 10) Hanks, T. and Kanamori, H.: A moment magnitude scale, Journal of Geophysical Research, Vol.84(B5), 2348-2350, 1979.
- 11) 佐藤好茂, 阿部孝章, 吉川泰弘, 柿沼孝治, 伊藤丹: 遊水地による河川津波の減災対策に関する一提案, 河川技術論文集, Vol.19, pp.369-374, 2013.
- 12) 内海誠治, 中津川誠, 阿部孝章, 吉川泰弘, 工藤俊: 釧路市街地における津波氾濫解析と被害想定についての研究, 土木学会北海道支部論文報告集, 第 69 号, B-32, 2012.
- 13) 安田浩保, 渡辺康玄, 藤間功司: 2003 年 9 月の十勝沖地震に伴い発生した津波の河川遡上, 土木学会論文集, No.768/II-68, pp.209-218, 2004.
- 14) 気象庁: 「平成 23 年(2011 年)東北地方太平洋沖地震」について(第 28 報), URL: <http://www.jma.go.jp/jma/press/1103/25b/kaisetsu201103251730.pdf> (2014 年 11 月 14 日閲覧)。
- 15) 阿部孝章, 吉川泰弘, 佐藤好茂, 伊藤丹: 寒冷地の半閉鎖性水域における津波振動と結氷破壊特性に関する研究, 土木学会論文集 B3(海洋開発), Vol.69(2), pp.I.455-I.460, 2013.
- 16) 国土交通省北海道開発局釧路開発建設部: 新釧路川への津波遡上について, 私信, 2014.
- 17) 田中仁, Nguyen Xuan Tinh, 盧敏, Nguyen Xuan Dao: 2010 年チリ地震津波の東北地方河川への遡上 - 河口地形と遡上特性との関連 -, 土木学会論文集 B1(水工学), Vol.67(4), pp.I.1627-I.1632, 2011.
- 18) 吉川泰弘, 阿部孝章, 平井康幸: 河川津波の一般断面 1 次元計算モデルの構築と実河川への適用に関する研究, 寒地土木研究所月報, Vol.713, pp.2-11, 2012.
- 19) 北海道総務部危機対策局危機対策課: 太平洋沿岸に係る津波浸水予測図作成業務 報告書, 2012.
- 20) 国土技術研究センター: 津波の河川遡上解析の手引き(案), 20 p., 2007.
- 21) 阿部孝章, 吉川泰弘, 佐藤好茂, 伊藤丹: 氷板群を伴う河川津波が治水施設に及ぼす影響に関する研究, 土木学会北海道支部論文報告集, 第 70 号, B-32, 2014.

(2014.11.14 受付, 2015.2.12 修正, 2015.2.21 受理)

A PROPOSAL OF THE METHOD FOR PREDICTING RIVER TSUNAMI RUN-UP AND FLOODING IN THE KUSHIRO CITY AREA AND ITS APPLICATION

Takaaki ABE, Yoshishige SATO, Jungo FUNAKI, Yasuhiro YOSHIKAWA
and Makoto NAKATSUGAWA

This report aims to develop a disaster reduction method around rivers for supporting local governments and river administrators. The target basin is Kushiro City, where densely populated in lower altitude areas. First, we simply modeled series of tsunami run-up into rivers from a wave source region and tsunami inundation around the city. With varying river hydraulic parameters and tsunami source determined by reference to the actual tsunami event, the authors investigated tsunami external force on river facilities. Next, analyses were performed on the external forces on water supply and sewerage systems of the target city using maximum class tsunami wave data made public by Hokkaido government. As a result, depending on the conditions in river discharge, scale of the tsunami, elevation change on the ground, the variations of the disaster potential of these facilities were confirmed. The disaster mitigation proposal shown here can help local governments and river administrators to plan measures for tsunami run-up and inundation in emergency situations.