

釧路市街地における既存構造物を利用した津波避難に関する一検討

A basic study of tsunami evacuation to tall building and elevated highways in Kushiro area

北見工業大学	学生員	○内海晃太	(Kota Uchiumi)
北見工業大学	学生員	清水俊明	(Toshiaki Shimizu)
北見工業大学		山崎新太郎	(Shintaro Yamasaki)
北見工業大学	正会員	宮森保紀	(Yasunori Miyamori)
北見工業大学	正会員	齊藤剛彦	(Takehiko Saito)
九州大学	フェロー	大塚久哲	(Hisatetsu Otsuka)

1. はじめに

北海道東部太平洋沿岸の釧路市は、これまでもプレート境界型の規模の大きい地震が繰り返し発生しており、大津波の発生が懸念されるとともに対策が行われてきた。一方、2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震を契機に、各地で津波想定の見直しが進められている。北海道防災会議により2012年6月に公表された津波浸水予測図¹⁾では、釧路市街地が広範囲に浸水するとされ、対策の大幅な見直しが必要となっている。

津波に対する防災対策としては、防潮堤の整備、居住地域の高台移転や高台化、避難などがあるが、釧路市ではこれまで避難対策を中心としてハザードマップの作成や津波緊急一時避難施設の指定を行ってきた。しかしながら、最新の津波浸水予測図では、浸水範囲に居住する人口は10万人以上となる。このような巨大津波に対しては、行政主導の避難誘導では十分な対応はできない。住民の自助による避難場所の確保と避難行動の実行を基本に中長期的な都市構造の改善や、周辺地域との連携により減災を図ることが望まれる。

本論文は、釧路市街地(図-1)における巨大津波に対する減災対策の推進に貢献するための基礎的検討の一環として、公表された津波浸水予測図で想定された津波に対して、一部地域を対象として住民が緊急的に避難できるような建物や土木施設の現状を調査し、避難場所としての利用可能性を検討したのでその結果を報告するものである。

2. 釧路市で予測される津波被害

釧路市では従来根室沖から十勝沖を震源とするマグニチュード8.6のいわゆる500年間隔地震などを想定したハザードマップの整備、避難施設の指定を行ってきた³⁾。500年間隔地震津波ハザードマップ⁴⁾では沿岸部の港湾地区は浸水深2m以上、市街地中心部から釧路川下流部右岸では浸水深1~2m未満あるいは1m未満とされている。また、西部の大楽毛(おたのしけ)地区では沿岸部で浸水深1m未満と予測されている。

一方、北海道防災会議が2012年6月に公表した報告書¹⁾では、市内のかなり広範な地域への浸水が予測されている(図-2)。沿岸部各所の沖合の水深10m地点での最大水位は9.1~15.1mで到達時間は約30分とされている。釧路川より西側では全域で浸水が予測され、浸

水深は海岸近くでは10m以上、内陸側でも3m以上となっており、津波は市街地後背の湿原にまで到達する。

浸水範囲を図-2から大まかに読み取り、各町の人口および面積データ^{5)~7)}から浸水面積と浸水範囲内の人口を概算した結果、浸水範囲の人口は10万人以上となった。住民10万人が地震発生後30分間で市の東西の高台に避難することは非常に困難である。したがって、当面は住民の自助による被害軽減を図るとともに、中長期的に都市構造の改善や、避難道路の整備などを進めることが必要と考えられる。そのため、本研究ではこのような予測される最大級の津波被害に対する被害軽減策の一環として、既存の構造物を活用することについての基本的な検討を行う。



図-1 釧路市の地理と調査対象範囲²⁾

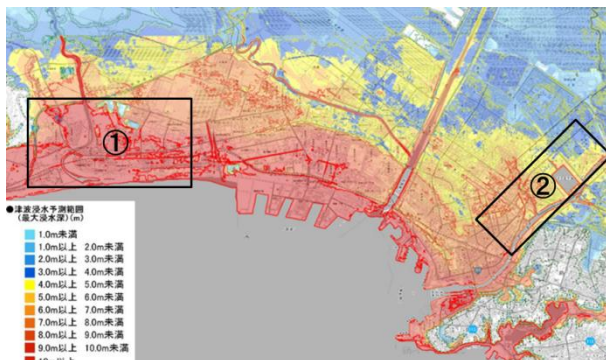


図-2 北海道防災会議による津波浸水深予測図¹⁾

3. 避難可能施設の検討

3.1 調査対象地域

本研究では、釧路市に巨大津波が来襲した場合の浸水面積が広大で、避難が必要な人口も多いことから、住民の自助的避難策として、既存の中高層建築物を活用することの可能性について検討する。予備調査の結果、本研究での対象地区は図-1の①、②とした。①は大楽毛西・大楽毛・大楽毛北・大楽毛南の各町と星が浦北・星が浦大通・星が浦南の各町のうち星が浦川より西の地区であり以下、大楽毛地区と記す。②は釧路川右岸の新釧路町・川北町・古川町・入江町・堀川と釧路町の北見団地・新開・光和・桂・木場・桂木・曙・北都・富原・富美・雁来・睦・国誉・若葉であり、釧路川右岸地区と記す。大楽毛地区は沿岸の低地であり地区内を流れる阿寒川があり、避難できるような高い建物が少ない。標高は約5m程度で最大想定津波のような大規模の津波が発生した際には地域全体が水没する可能性がある。釧路川右岸地区は標高が約2m以下であり、堤防高さも低い。中心市街地から近く比較的住宅が密集している。高い建物は川沿いには少なく、川よりやや内陸にはアパート、マンションなどの高い建物があるものの古いものが多い。釧路町は標高が2m程度で、浸水深が5mではあるが、河川に囲まれた地域であるため津波発生時には遡上による影響が考えられる。また一部の地域は商業施設が集積していることから、日中の人口が増加すると考えられる。

3.2 現地調査による建物などの選定

本研究では対象地域と隣接した地域で避難可能な建物の状況を調べるため現地調査を行った。大楽毛地区では山側にバイパス道路である釧路新道の整備が完了しているため、釧路新道に架かる橋梁やカルバートも調査対象とした。

現地調査では、建物の高さを測定するためにレーザー距離計 Nikon LASER1000AS と建物の状況と位置を記録するための GPS 機能付きデジタルカメラ CASIO EX-H20G を用いて、調査対象地域における建物の高さ・状況・位置を調べるとともに、屋上の状況、外階段などにより外部からの避難が可能かどうかを可能な範囲で調査した。

北海道防災会議による最大想定津波では大楽毛地区の沿岸部で浸水深約 10m、釧路川右岸地区の釧路市では浸水深約 8m、釧路町では浸水深約 5m になると想定されている。そのため、大楽毛地区では高さ 15m 以上、または 12m 以上で屋上のある建物を選定する。その理由としては、建物の高さを 1 階当たり 3m と仮定すると、浸水深 10m の場合 4 階だと $3 \times 4 = 12\text{m}$ の高さとなるが、4 階部分が 1m 浸水してしまうため危険である。そのため 4 階で屋上のある建物または 5 階以上の建物を目安として上記の値を決定した。また釧路新道の橋梁については、上記で定めた高さに達していないものの道路沿いに比較的速やかに避難できる可能性を考慮して、道路との立体交差点部を避難場所とした。釧路川右岸地区も同様の理由で、釧路市は高さ 12m 以上または 9m 以上で屋

表-1 津波最大高さ L_t

対象地区	津波最大高さ (計算使用数値) (m)
大楽毛地区	10(12)
釧路川右岸地区 (釧路市)	8(9)
釧路川右岸地区 (釧路町)	6(6)

表-2 歩行速度 P_1

P_1	老人単独歩行: 1.3m/sec (平均)
	群衆歩行: 0.88~1.29m/sec (晴眼者)
	障害者の歩行: 0.91m/sec (平均, 車いす利用の場合)

上のある建物、釧路町は高さ 6m 以上または、6m で屋上のある建物を選定した。

3.3 避難可能距離の算出と避難可能範囲の可視化

前節のようにして選定した建物に対する避難可能距離の算出を行った。避難する方法としては高い建物に徒歩で避難すると仮定する。高い建物・高架橋への避難が可能な距離の算出方法としては、文献 8), 9)を参考に、次の式(1), (2)で計算される距離によって判断する。

$$L_1 = P_1 \times (T - t_1) \quad (1)$$

$$t_1 = L_t / P_2 \quad (2)$$

ここで、

L_1 : 建物に対する避難可能距離(m)

P_1 : 歩行速度 (m/秒) = 0.9m/秒 (表-2)^{10), 11)}

T : 避難に使用できる時間 (秒) = 600 秒

t_1 : 津波が届かない高い建物へ階段を用いて上るのに要する時間 (秒)

L_t : 津波最大高さ(m) (表-1)

P_2 : 階段昇降速度 (m/秒) = 0.21m/秒¹⁰⁾

P_1 は文献 10), 11)を参考に 0.9m/秒に設定した。避難に使用できる時間 T は 600 秒 (10 分) とする。これは、北海道防災会議による最大想定津波の予測到達時間として 31~32 分とされていることと、文献 12)の調査により、東日本大震災における地震発生から避難開始までに要した時間は生存者で平均 19 分、亡くなった方は平均 21 分であったことに基づく。この避難開始までに要した時間と最大想定津波の予測到達時間 31~32 分を比較すると、避難に使用できる時間 $T=600$ 秒 (10 分) はやや安全側の数値となる。 t_1 で用いる津波最大波高 L_t は前節で決定したように表-1 の値を用い、階段・上り昇降速度 P_2 は文献 10)を参考にした。さらに、建物への避難を論じる場合には、建物の収容力と範囲内の人口も勘案することも必要なる。本研究では次の式(3)を用いて建物の概算収容力と周辺の人口密度から避難可能距離 L_2 を算出した。

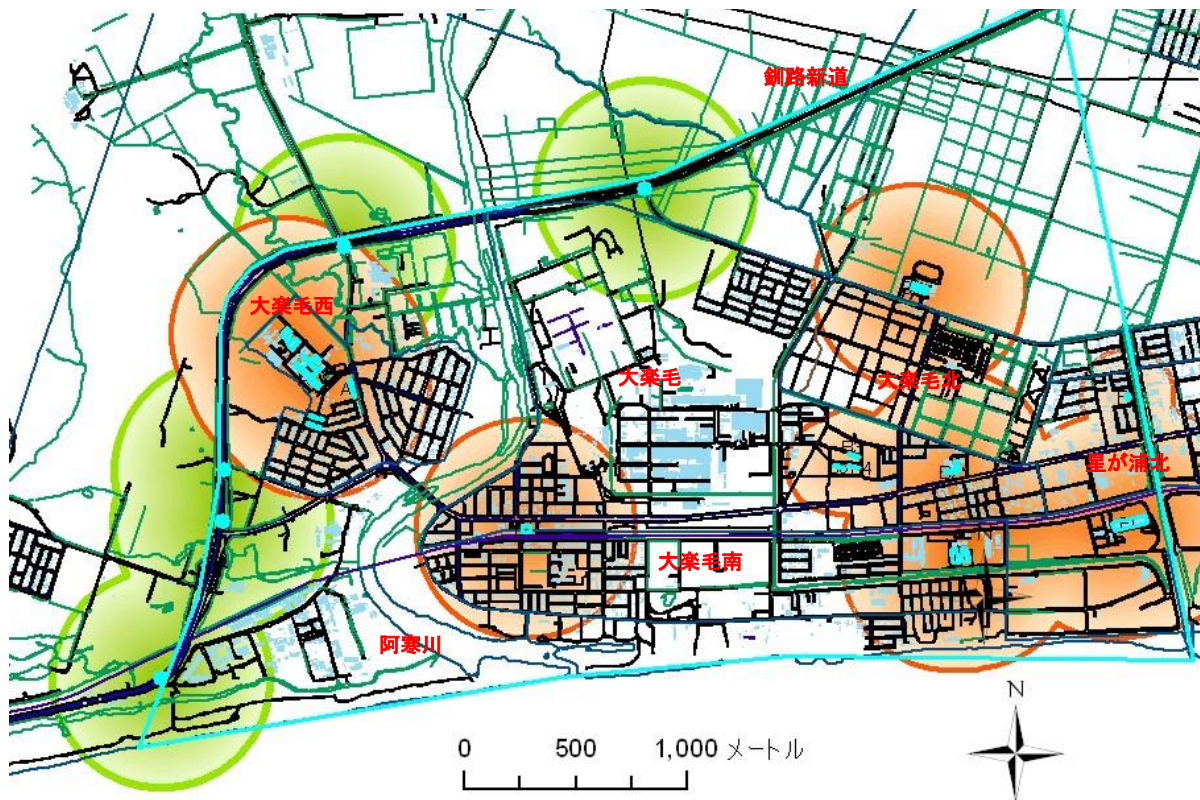


図-3 大楽毛地区の避難場所と避難可能範囲

$$L_2 = \sqrt{\frac{C}{D\pi}} \quad (3)$$

ここで、

L_2 : 収容力を考慮した建物への避難可能距離 (m)

C : 収容可能人数 (人)

D : 地域人口密度 (人/m²)

収容可能人数 C については基盤地図情報⁷⁾で得られた建物の面積に対して、避難場所として利用可能と考えられる階数(屋上が利用可能な場合も屋上も含む)を乗じ、1名あたりの面積として3m²を除いた値を用いた。また、地域人口密度 D は基盤地図情報における当該町域の面積と人口データ^{5), 6)}における当該町域の人口から算出した。以上で求めた L_1 および L_2 のうち、値の小さなものを避難可能距離として取り扱うこととし、現地調査で選定した避難場所と避難可能距離を ArcGIS10.0 に入力して避難可能範囲を可視化した。

GIS に入力する基礎データとして、国土地理院の基盤地図情報ダウンロードサービスで提供されている基盤地図情報縮尺レベル 25000 を用いた⁷⁾。はじめに、基盤地図情報の建築物データを用いて各地区で選定した建物・釧路新道の橋梁の避難場所におけるレイヤを作成した。次に、各避難場所を中心とした避難可能範囲を可視化するため円の中心となる避難場所のレイヤを選択し、円が重なり合わないような図形を作成する。図形のグラデーションは中心から遠いほど薄く表示することで、各円の外縁部では条件によって対象の建物に避難できる可能性が低くなることを感覚的に表現した。

3.4 大楽毛地区の避難可能範囲と考察

図-3 は大楽毛地区に関する避難場所と避難可能範囲である。図-3 において橙色の円は建築物に関する避難可能範囲、緑色の円は橋梁に関する避難可能範囲となっている。阿寒川右岸の大楽毛西は地区内ではやや標高が高く、高等専門学校の建物など避難可能な場所も比較的多くある。現状では住宅地の一部が避難可能範囲から外れるものの、避難意識の向上により長い避難可能時間を確保できれば、避難場所への避難は可能と期待できる。

一方、海岸部の水産団地については、現状では候補となる避難建物がなく、また大楽毛南に関しても避難場所の空白域が存在するが、緊急的に避難可能な構造物を設けるとともに、自動車と徒歩を組み合わせることで隣接地域や釧路新道に避難を検討することで安全性を向上させることが期待できる。

大楽毛北などでは円の外側に住宅地がある部分も存在するため、避難建物の充実と後背の釧路新道との効果的な連携を検討する余地がある。

また、釧路新道については津波浸水予測図では、浸水の可能性が指摘されているものの、周辺より標高は高く浸水深は浅いため、効果的に活用することで地区の安全性を高めることが期待される。中長期的には道路のかさ上げや、標高の高い避難場所を隣接して造成するような対策が考えられる。

3.5 釧路川右岸地区の避難可能範囲と考察

図-4 は釧路川右岸地区に関する避難場所と避難可能範囲である。新釧路町、古川町、入江町には選定された建物は少ないが、隣接地域にある建物の避難可能範囲内

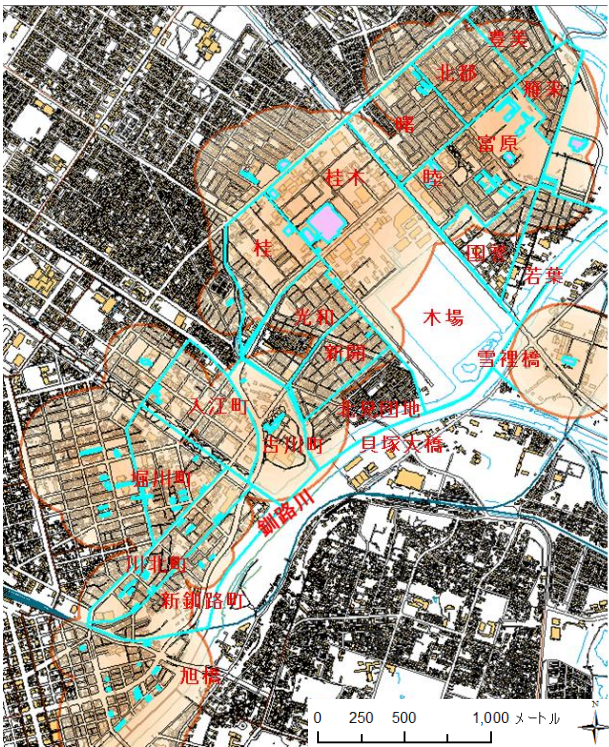


図-4 釧路川右岸地区の避難場所と避難可能範囲

に入っており、釧路市の釧路川右岸地区において空白域はほとんど無い。しかし釧路町では隣接する地域の建物を利用して空白域が生じる。この空白域においても避難可能な建物の建設とともに、自動車と徒歩を組み合わせることで釧路川対岸の高台に避難を検討することが必要である。また、今回の対象範囲の北側で現在建設中の釧路外環状道路への自動車等を活用した避難を行うことで、地区の安全性を高めることが期待できる。

一方、選定した建物のうち、共同住宅では建設年が古い建物が多いため、建物の構造や耐震性および利用状況に応じた収容力に関する詳細な検討も具体策を策定する際には必要である。また、当地域には下水処理場や行政の出先機関など、被災した場合の影響が大きい施設も点在していることから、これらの施設については、個別に高い津波対策を施すことが必要である。

4. おわりに

今後の減災対策として、既存の建築物や道路施設を緊急で一時的な避難場所として用いることについて釧路市街地の犬楽毛地区と釧路川右岸地区を対象に現地調査を踏まえた検討を行った。その結果、各地点の地理的条件は異なるものの、建物への一時的な避難や自動車による道路施設への避難を効果的に行えば、人的被害を軽減することは可能と思われる結果となった。既存の建物などを避難場所として活用するためには個別に具体的な検討と取り組みが必要であり、市民のより深い理解と積極的な取り組みが望まれる。

一方、避難建物や避難道路の整備は必ずしも十分な水準ではなく、そのため津波発生時には渋滞や交通事故、冬季間における避難者の避難場所等の問題も生じてくることが予想されるため、都市構造を抜本的に見直す必要

があり今後の課題である。

謝辞：本研究を進めるにあたり、北見工業大学の早川博准教授には ArcGIS における解析の指導を頂きました。また北見工業大学の伊藤陽司准教授、高橋清教授、渡邊康玄教授には各分野において有益な情報・適切な助言を頂いたことをここに記して感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 北海道防災会議地震火山対策部会地震専門委員会：北海道太平洋沿岸に係る津波浸水予測図について、<http://www.pref.hokkaido.lg.jp/sm/ktk/bsb/tunami/index.htm>, 2012.
- 2) 国土地理院：電子国土基盤図，平成 21 年 8 月 31 日，<http://portal.cyberjapan.jp/site/mapuse/index.html>, 2009.
- 3) 釧路市：釧路市地域防災計画ダイジェスト版，<http://www.city.kushiro.hokkaido.jp/www/contents/1179905321239/files/digest1104.pdf>, 2007.
- 4) 釧路市：500 年間隔地震津波ハザードマップ，<http://www.city.kushiro.hokkaido.jp/www/contents/1141823239893/files/tunamia1201.pdf>, 2012.
- 5) 釧路市：平成 23 年釧路市統計書，<http://www.city.kushiro.hokkaido.jp/icity/browser?ActionCode=content&ContentID=1148520703145&SiteID=0>, 2012.
- 6) 釧路町：町勢要覧，http://www.town.kushiro.hokkaido.jp/shiryo/03_machi/cyosei/H22.pdf, p.4, 2010.
- 7) 国土地理院：基盤地図情報ダウンロードサービス，2012 年 9 月 1 日，<http://fgd.gsi.go.jp/download/#>, 2012.
- 8) 津波避難ビル等に係るガイドライン検討会，内閣府政策統括官（防災担当）：津波避難ビル等に係るガイドライン，2005.
- 9) 大塚久哲，笹島隆司，梶田幸秀，山崎智彦：立地条件を考慮した東北地方太平洋沿岸地域の津波避難支援，土木学会論文集 A1(構造・地震工学)，Vol.68, No.4(地震防災工学論文集第 31-b 巻)，pp.I_1081-1090, 2012.
- 10) 足立啓，小松和郎，荒木兵一郎：障害者を考慮した住宅団地の研究(その 1)歩行行動から見た障壁の分析，日本建築学会大会学術講演梗概集計画系 55(建築計画・農村計画)，pp.1233-1234, 1980.
- 11) 芳村隆史，早瀬秀雄，荒木兵一郎：視覚障害者の安全歩行空間計画に関する研究(その 4) 駅構内における歩行追跡調査，日本建築学会大会学術講演梗概集計画系 55(建築計画・農村計画)，pp.1229-1230, 1980.
- 12) 株式会社ウェザーニューズ：東日本大震災津波調査(調査結果)，http://weathernews.com/ja/nc/press/2011/pdf/20110908_1.pdf, 2011.