

北海道沿岸都市における津波防災に対応するコンパクトシティの形成

－ 防災ロバストコンパクトシティの構築 その４ －

正会員 ○川井 智大 * 同 石井 旭 ****
同 瀬戸口 剛 ** 同 杉本 匠 *****
同 中嶋 唯貴 ***

コンパクトシティ 居住誘導区域 立地適正化計画
津波 災害 避難シミュレーション

1. 研究の背景と目的

近年の地方都市では著しい人口減少が問題であり、効率的に都市を運営するため都市機能を集約したコンパクトシティの形成が必要である。その一方で、海に囲まれた日本では沿岸地域から発展した都市構造を持つ都市が多く、都心部への機能集約が津波災害の危険性を増すことも多い。立地適正化計画(以下「立適」)に定められた居住誘導区域(以下「居誘区域」)が津波浸水区域・土砂災害警戒区域・洪水浸水想定区域と重複する例も存在し、現状及び立適上の目標年次の2040年において災害へのロバスト性が担保されたコンパクトシティの形成が求められる。

本研究では北海道の沿岸都市を対象に災害危険性を考慮した都市計画手法を分析してロバストコンパクトシティの形成要因を解明することを目的とする。

2. 研究の方法

本研究では①研究対象都市の居誘区域における災害危険性の現状を把握する。②既存の津波対策を条件とした津波避難シミュレーションを行い、現状及び2040年の津波避難困難地域を明らかにする。③②の結果に基づき津波避難困難地域における対策可能性を分析する。④②～③の結果を用いて、複合的な災害危険性への長期的な強靱性を担保した都市を形成する対策検討プロセスを構築し、効果を分析する。⑤以上の結果から四都市を比較しロバストコンパクトシティの計画手法を明らかにする。

3. 研究対象都市の居誘区域と災害危険性の関係

本研究は人口減少に対応する集約必要性を抱えつつも、津波浸水区域をはじめとする災害が想定される地域と人口集約地域が重複することの危険性がある北海道の四つの沿岸都市(稚内市、室蘭市、函館市、釧路市)を対象とする(図1)。稚内市、室蘭市はともに人口が10万人未満の小都市であるが津波浸水区域に多くの居誘区域を含み多大な被害が想定される。函館市と釧路市はともに人口が15万人を超える中都市であり津波浸水区域内にも居住人口が多く存在するため津波災害時には著しい被害が想定される。また室蘭市と釧路市は津波以外の災害が想定される地域にも居住人口が多く存在するため他都市より災害リスクが大きく、災害への強靱性がより求められる。



図1 居誘区域と災害危険性の関係

4. 既存の津波対策の場合の避難困難地域の導出

4-1. 現状における津波避難シミュレーション

既往論文¹⁾の手法を用いて研究対象四都市において津波避難シミュレーションを行った。各都市に既存の津波避難ビルや最大避難可能距離を避難条件に設定し、水平避難・垂直避難ともに困難な避難困難地域と避難困難者数を明らかにした。現状の居住人口を想定した場合、既存の津波避難ビルだけでは全人口の避難は困難であり、また居誘区域内にも避難困難地域が存在することが明らかになった(図2左)。室蘭市は北部の東室蘭駅の周辺に避難困難地域が偏在するが、その他の都市においては津波浸水区域の全体にわたって避難困難地域が存在している。

4-2. 2040年における津波避難シミュレーション

立適で目標年次とする2040年の人口を想定し、4-1と同様の避難条件で津波避難シミュレーションを行い避難困難地域と避難困難者数を得た。人口減少に伴い避難困難者数は減少するが函館市・釧路市では万単位が、稚内市・室蘭市では千人以上が依然想定される。また避難困難地域は現状とほぼ同一の場所に確認できるため、2040年においても有効に機能する津波対策を想定した、長期間の強靱性を持たせる都市計画が必要である。

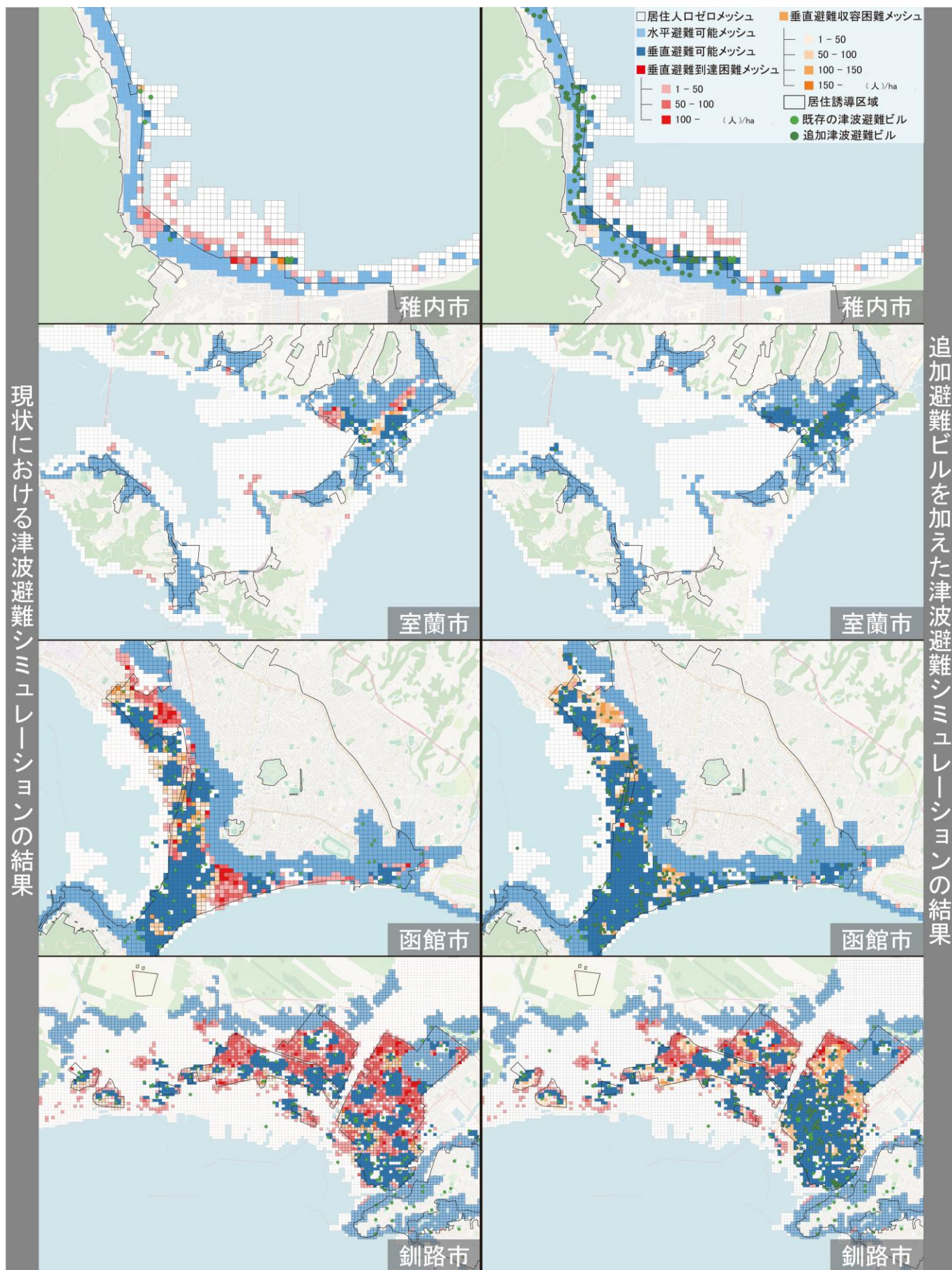


図2 津波避難シミュレーションの結果一覧

5. 津波避難困難地域における対策可能性の分析

5-1. 既存建築物を用いた対策可能性

現状における避難困難地域のメッシュ内に現存する建築物の中から津波避難ビルの選出基準を満たす建築物を選出し、追加津波避難ビルと仮定した。現状の居住人口を想定し、既存の津波避難ビルに追加津波避難ビルを加えた津波避難シミュレーションを行った（図2右）。函館市と釧路市では多くの避難困難地域と避難困難者が残存し、居誘区域との重複もみられる。すなわち二都市において、既存建築物のストックだけでは避難困難地域の全域を水平避難・垂直避難可能にすることはできないといえる。稚内市と室蘭市では避難困難地域と避難困難者が残存するものの、ともに大幅に減少するため津波避難ビルを追加指定する大きな効果が明らかになった。

5-2. 津波避難ビルの新設可能性

既存建築物を津波避難ビルに追加指定しても残存する避難困難者を収容するため、津波避難ビルの新設を検討した。都市ごとの最大避難可能距離以内に全避難困難人口が避難可能になる配置位置を検討し、稚内市で5棟、室蘭市で3棟、函館市で29棟を新設すると津波浸水区域内の現状の全ての居住人口が水平避難もしくは垂直避難が可能になった。釧路市は避難困難区域が広域であり相当数の新設が必要である。判明した新設位置のうち居誘区域に含まれるものも存在するため、平常時に利用可能な用途を持つ津波避難ビルを新設することも考えられる。

表1 分類別メッシュ数

		稚内		室蘭		函館		釧路	
		数	割合	数	割合	数	割合	数	割合
A		708	48%	1840	39%	4053	74%	2150	35%
B		1	0%	10	0%	41	1%	51	1%
C		33	2%	41	1%	239	4%	238	4%
D		0	0%	0	0%	64	1%	255	4%
E		54	4%	101	2%	38	1%	294	5%
F	土砂災害警戒区域or 洪水浸水想定区域内	371	25%	1479	32%	839	15%	1802	29%
	それ以外	314	21%	1213	26%	228	4%	1426	23%
合計		1481	100%	4684	100%	5502	100%	6216	100%

6. 対策検討プロセスの提案と効果検証

3章で示した居誘区域と災害区域の重複、4章及び5章で明らかにした津波避難困難地域と津波対策可能性、既往論文²⁾をもとに、複合的な災害危険性への長期的な強靱性を担保した都市を形成する対策検討プロセスを構築し、その効果を分析する（図3）。メッシュは以下の6種類に分類される（表1）。

- A 現状維持**：現状で災害の危険性がない。
- B 優先されない津波避難ビルの追加指定**：人口減少で将来的に既存の津波避難ビルへ収容できる。津波避難ビルの追加指定が望ましいが優先されない。
- C 優先的な津波避難ビルの追加指定**：津波避難ビルを追加指定することで津波避難が可能になる。
- D 津波避難ビルの新設**：津波避難ビルを新設することによって津波避難が可能になる。
- E 居誘区域から除外し居住制限**：津波避難が困難かつ人口密度が低いため、居誘区域から除外することで、居住人口を0人にして安全性を担保する。
- F 優先的な居住制限**：土砂災害警戒区域/洪水浸水想定区域/居誘区域外かつ津波避難が困難な地域のいずれかに位置する。特に優先的な居住の制限と居誘区域内への人口移動を行い居住人口を0人にする。

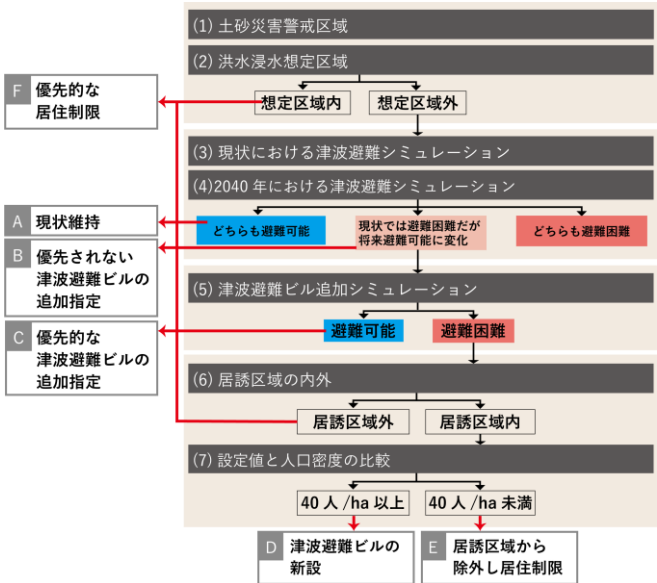


図3 対策検討プロセス

表2 居誘区域内メッシュの人口密度変化

		稚内			室蘭			函館			釧路		
		移動前	移動後	変化	移動前	移動後	変化	移動前	移動後	変化	移動前	移動後	変化
人口密度 (人/ha)	0-20	268	211	-57	334	249	-85	722	659	-63	754	548	-206
	20-40	128	94	-34	217	123	-94	392	351	-41	464	217	-247
	40-60	117	91	-26	223	128	-95	494	344	-150	624	201	-423
	60-80	81	75	-6	122	133	+11	470	452	-18	344	293	-51
	80-100	23	79	+56	54	127	+73	314	352	+38	140	337	+197
	100-120	5	43	+38	43	77	+34	181	250	+69	52	290	+238
	120-140	5	17	+12	14	71	+57	90	152	+62	17	198	+181
	140-160	2	9	+7	16	31	+15	44	88	+44	9	137	+128
	160-	3	13	+10	8	92	+84	46	105	+59	10	193	+183

次に対策検討プロセスを実行することの効果を検証した。居住制限が想定されるEとFのメッシュ内の居住人口をA、B、C、Dのいずれかかつ居誘区域に含まれるメッシュに集約する。EとFのメッシュ内の居住人口の合計を集約先のメッシュの人口比率に応じて按分し加算した結果、居誘区域内のメッシュの人口密度に変化がみられた(表2)。いずれの都市でも60人/ha未満のメッシュ数が減少し、80人/ha以上のメッシュ数が増加している。したがって、災害危険性と津波避難の困難性をもつメッシュ内の居住人口を防災上安全な居誘区域に集約することは防災上の効果だけでなく、居誘区域内の人口密度の上昇という都市計画上の効果もあると明らかになった。

7. まとめ

本研究では、北海道沿岸都市において甚大な被害が予測される津波などの災害の危険性と対策を分析することで災害への強靱性と都市機能の集約を両立したコンパクトシティの計画手法を明らかにした。四都市の比較から得られる共通点や相違点をもとに結論を以下に段階的に示す。

1) 津波からの水平避難困難地域

4章の結果から四都市のいずれにおいても水平避難が困難な地域があることが明らかになった。稚内市・室蘭市は背後に山があるため水平避難が困難な地域が他都市より小さい。一方で函館市は砂州を含む低地に、釧路市は丘陵地に囲まれた低地に都市が拡大したためその大部分で水平避難が困難になっている。水平避難が困難な地域においては高所への垂直避難をするための対策が必要である。

2) 既存の津波避難ビルへの垂直避難困難地域

4章の結果から地区によって津波からの垂直避難の可能性に差があり避難困難地域の存在が明らかになった。避難可能性には地区に存在する建物の用途が大きく関係する。函館市及び釧路市の都心地区では高層のホテルや官公庁施設が存在するため垂直避難が可能な傾向にあるが、いずれの四都市でも低中層住宅が並ぶ地区は垂直避難が困難な傾向にある。また津波避難シミュレーションの結果から避難経路整備にも改善の余地が示された。函館市・稚内市・室蘭市では線路が、函館市・釧路市では河川が、釧路市と室蘭市では高規格道路へ上る経路の不備が避難経路の効率化の障害になる。避難困難地域の縮小のため、津波避難ビルの追加指定や避難経路整備の改善が必要である。

3) 津波避難ビルの追加指定による対策の限界

5-1章の結果からいずれの四都市も既存建物を津波避難ビルに追加指定することで避難困難地域の縮小と避難困難人口の減少が確認できる。すなわち民間と協働して防災力の向上に取り組むことが重要である。しかし特に函館市の亀田港町・高盛町・宇賀浦町や釧路市の大楽毛地区のように住居系の低中層の建物が多い地区では追加指定を

しても避難困難地域が残存する課題がいずれの都市でもみられる。これは住居系地区であるために津波浸水より高所に避難階をもつ高層の建物が不足することが原因である。津波避難ビルを新設して人口の集約拠点にしつつ防災力を向上させるか、防災上安全な地区に人口を移動させるかいずれかの都市計画的視点を持つ対策が必要である。

4-1) 津波避難ビルの新設

いずれの四都市も津波避難ビルの新設が必要な地区は住居系の低中層の建物が集まっていることが多く、近隣に高層の津波避難ビルが新設されることで防災力が向上する。しかし特に釧路市のように居住人口が広範囲に存在し津波避難ビルの追加指定だけでは収容能力が不足する大都市では、相当数の新設が必要となり景観上や経済上の問題が大きい。ただし釧路市内でも大楽毛地区のように周囲と離れて拠点性が保たれる地区ではさらなる機能集積と防災力向上のため津波避難ビルの新設が有効である。その場合高層の公営住宅のような平常時にも利用可能で都市機能や人口を集約する用途を持たせると、人口の集約拠点にしつつ防災力を向上させるコンパクト化を促進できる。

4-2) 安全な地区への都市計画による居住誘導

6章の結果から災害危険性のある地域から防災上安全な居誘区域へ居住誘導を行うことで防災力の向上と人口密度の上昇を両立させ、ロバストコンパクトシティの形成が促進されると明らかになった。特に他都市より津波避難ビルの新設が多数必要な函館市・釧路市では居住誘導を用いて防災上安全な地区に人口を集約するタイプのコンパクト化がより有効である。また室蘭市・稚内市では5-1章の結果から津波避難ビルの追加指定で津波避難困難者が大幅に減少し、6章の結果から津波避難ビルの新設に適するメッシュがないとわかる。そのため既存建物ストックを活用し防災力を向上させながら、なお残存する避難困難人口を安全な地区に集約する方法が考えられる。すなわち短期的なスパンと長期的なスパンの方法を組み合わせたロバストコンパクトシティの形成が望ましいといえる。

以上の知見を活用しながら防災計画と都市計画を複合したロバストコンパクトシティを形成することが今後の地方都市に必要なものである。

謝辞

本研究はJSPS 科研費JP21K18174(人口減少都市において防災効果を高めるロバストコンパクトシティの構築)の助成を受けたものです。

【参考文献】1) 川井智大、瀬戸口剛、他4名：津波被害を低減するコンパクトシティの計画手法-防災ロバストコンパクトシティの構築その1-建築学会年次大会, p325~328, 2023-07

2) 杉本匠、瀬戸口剛、他3名：居住誘導区域と津波浸水区域のオーバーラップエリアにおける都市計画手法 防災ロバストコンパクトシティの構築 その3 北海道函館市・釧路市を対象として-建築学会年次大会, p125~128, 2024-07

* 株式会社フジヤ 工修

** 北海道大学理事・副学長 / 大学院工学研究院 教授 博士(工学) Executive Vice President, Prof., Faculty of Eng., Hokkaido Univ., Dr. Eng.

*** 北海道大学大学院工学研究院 准教授 博士(工学) Assoc. Prof., Faculty of Eng., Hokkaido Univ., Dr. Eng.

**** 北海道立総合研究機構 北方建築総合研究所 博士(工学) Northern Regional Building Research Institute, Dr. Eng.

***** 北海道立総合研究機構 法人本部 研究推進部 工修 Hokkaido Research Organization, M.Eng.

Fujiya Co., Ltd., M.Eng.