

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 -

コンパクトシティ 津波防災	居住誘導区域 避難ビル	津波 都市計画	正会員	○杉本 匠 *	同	石井 旭 ****
			同	瀬戸口 剛 **	同	松下鯉太郎 ****
			同	中嶋 唯貴 ***		

1. 研究の背景と目的

日本の地方都市では立地適正化計画（以下、立適）の策定が進められているが、現状の都市構造を基に定められた居住誘導区域（以下、居誘区域）は、津波を中心とした災害危険区域に都市を集約してしまっている場合がある。既往研究では災害に対する様々な対策手法が考察されているが、都市計画と防災計画の関係性を考察した研究は少ない。

本研究では北海道内の地方都市において、居誘区域と津波災害危険性の評価を行い、都市計画、防災計画の両方の観点から対策手法を考察することを目的とする。

2. 研究の方法

本研究では、①北海道内市町村において、居誘区域と津波浸水区域との関係性を明らかにし、対象都市を選定する。②対象都市において津波避難シミュレーションを行い、避難困難地域を明らかにする。③②の分析結果から各都市の避難困難地域の特徴と対策手法を明らかにする。④①～③より対策検討プロセスを構築し、その効果と特徴を検証する。⑤津波災害に対する都市計画的対策手法を提案する。

3. 居誘区域と津波浸水区域の関係

QGIS を用いて北海道内の立適策定済み 29 市町¹⁾を対象に、津波災害による避難者数^{注1)}を算出した。その結果、函館市と釧路市は市中心部の多くが津波浸水区域^{注2)}に含まれ、避難者数も多い（図 1）。以上より、本研究では北海道函館市、釧路市を対象として分析を行う。

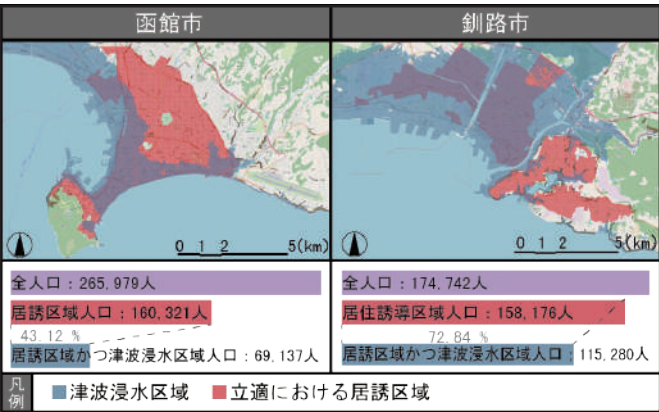


図 1 居誘区域と浸水区域の関係

4. 現状における津波避難シミュレーション

既往論文²⁾の手法を用いて 2 都市において現状での津

表 1 津波避難シミュレーションの条件設定

津波避難シミュレーションにおける条件設定				
対象都市	最大避難距離	避難ビル数	避難ビル収容人数	避難速度
函館市	一律450m※2	77か所※3	函館市ヒアリング (2022年8月)に準拠	0.5m/s
釧路市	各避難場所の浸水時刻に準拠※1 (上層は50m、海側へは250m)※2	131か所※1	釧路市津波避難計画に準拠	

※1 釧路市ヒアリング(2023年6月)に準拠
※2 右式により算出: (避難速度) × (最短津波到達時間) - (準備時間(10分))
※3 各市指定の避難施設及び津波避難ビルに準拠
※4 函館市指定避難ビルにおける用途と収容人数の関係係数より既往論文の計算式を用いて算出

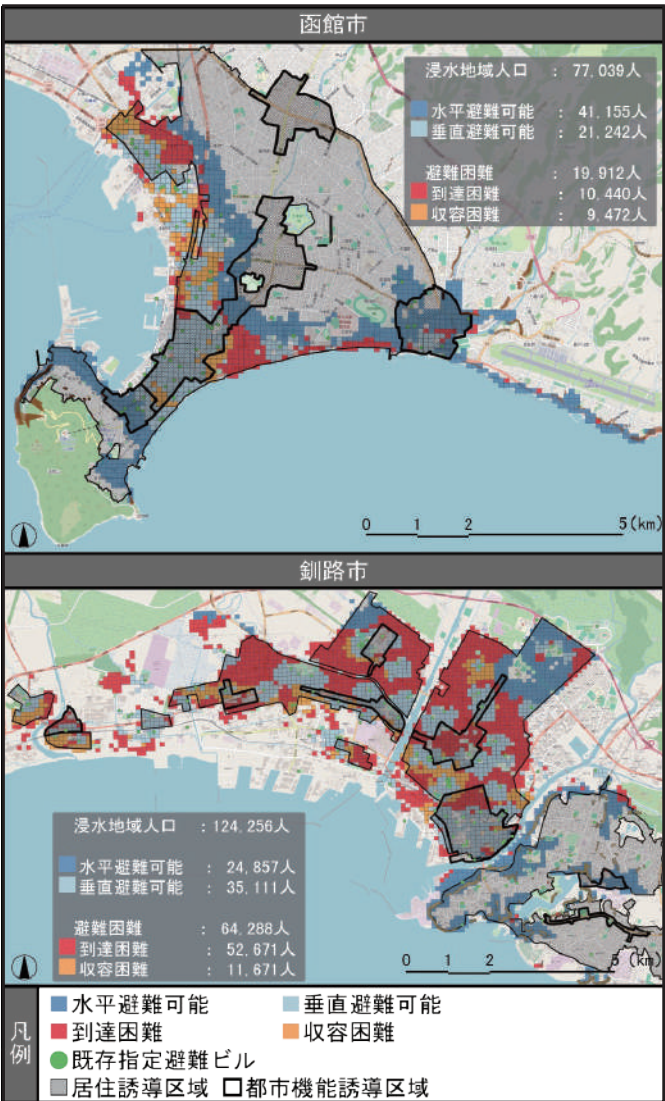


図 2 現状津波避難シミュレーション結果

波避難シミュレーションを行い、100m メッシュごとに「水平避難可能：水平避難によって浸水区域外に避難可能」「垂直避難可能：水平避難は困難であるが指定避難ビルへの垂直避難が可能」「到達困難：避難ビル及び浸水区域外への到達が困難」「収容困難：避難ビルへ到達はできるが収容人数を上回ることによって避難が困難」の4つに分類し、避難困難人口^{注3)}を算出した(図2)。シミュレーション条件は表1に示す。両市ともに万単位の避難困難人口が算出され、避難困難地域の多くが居誘区域内に位置している。

5. 避難困難地域における地域特性の分析

4章の結果について100mメッシュごとに人口密度や既存建物について定量的な分析を行い、避難困難地域における地域特性とさらなる対策手法を考察した。

1)2015年における人口が存在する函館市6589メッシュ、釧路市4022メッシュを対象に、避難可否についてのメッシュ数を算出した(表2)。市域の大半が津波浸水区域に含まれ、津波浸水開始時間が短い釧路市では避難困難地域の割合が多く、その中でも到達困難地域が多い。また、両市に共通して居誘区域内における避難困難地域の割合は市全域に比べて大きい。以上より、津波避難の可否は居誘区域と関係し、居誘区域内の対策をより重点的に行う必要性が示唆された。

表2 現状シミュレーションにおけるメッシュ数分析

函館市					
分析対象	総数	避難可能	避難困難	到達困難	収容困難
市全域	6589	2192	284	162	122
居住誘導区域	2743	1009	231	138	93
釧路市					
分析対象	総数	避難可能	避難困難	到達困難	収容困難
市全域	4022	1436	1440	1173	267
居住誘導区域	2436	1232	1204	962	242

表3 避難ビル候補の抽出条件

構造形式	SRC造、RC造
建築年度	新耐震(1981年以降)
建物高さ	津波基準水位より上部に階が存在する※1
用途	個人住宅以外の用途

※1(地上階数)>(津波基準水位):3000mm ※2収容人数は表1※4と同様

表4 避難ビル候補のあるメッシュ数

函館市					
分析対象	対象	避難可能	避難困難	到達困難	収容困難
市全域	9.1%	19.7%	33.8%	32.7%	35.2%
居誘区域	20.2%	18.7%	35.9%	35.5%	36.6%
釧路市					
分析対象	対象	避難可能	避難困難	到達困難	収容困難
市全域	9.8%	18.4%	10.8%	9.8%	15.4%
居誘区域	11.1%	18.2%	12.0%	11.1%	15.7%

2)表3に示す避難ビルの条件を満たす既存建物ストック(以下、避難ビル候補)の有無を分析し、避難可否について避難ビル候補を持つメッシュの割合を算出した(表4)。避難困難地域において函館市3割以上、釧路市1割以上のメッシュに避難ビル候補が位置しており、市全域や避難可能地域と比較してもその割合は同等もしくは大きい。また、居誘区域においても同様の結果が得られた。したがって避難困難地域内の既存建物ストックを避難ビルに追加指定することは、対策手法として非常に有効であると考えられる。1)、2)より、避難ビル候補の追加指定による対策を検討する必要があると考えられる。

6. 対策の検討

5章を踏まえて、各都市の避難困難地域に対して避難ビル候補を追加指定した場合の津波避難シミュレーションを行い、その効果を検証した(表5)。函館市では約10000人、釧路市では約16000人が新たに避難可能とな

表5 避難ビル候補追加数

釧路市	函館市
既存131棟 + 追加151棟	既存77棟 + 追加181棟

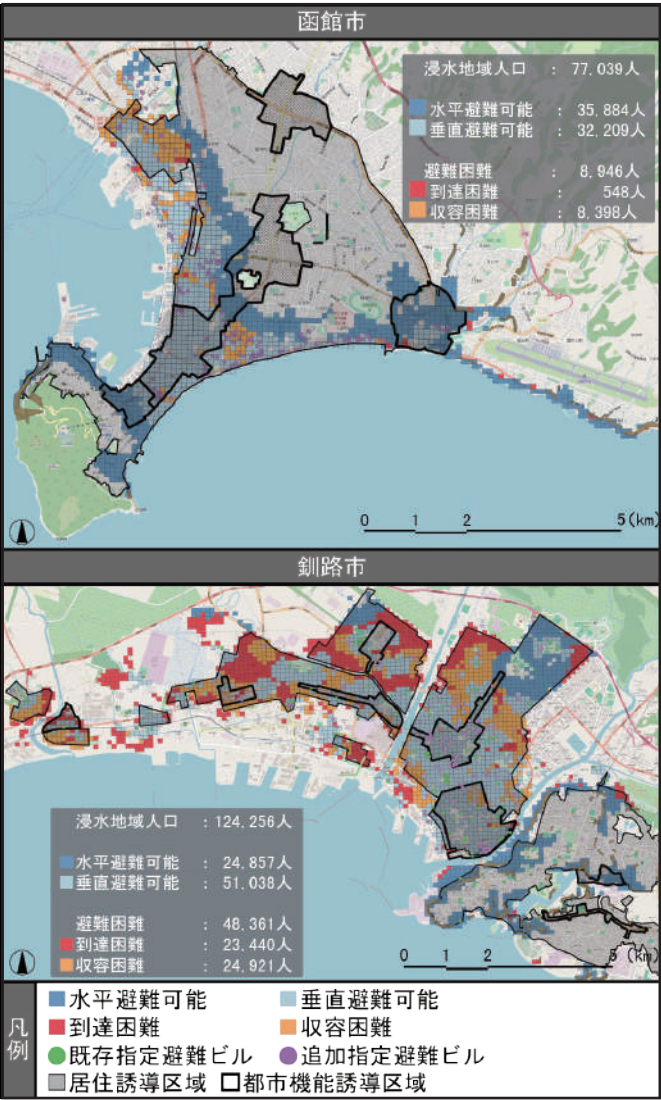


図3 避難ビル候補追加シミュレーション結果

り（図 3）、メッシュ単位では函館市 150 メッシュ、釧路市 294 メッシュが新たに避難可能になった（表 6）。特に居誘区域では、避難困難メッシュの割合の減少が顕著であり、居誘区域に対する対策として避難ビル候補の追加指定による効果が確認された。一方で、避難困難地域は避難ビル候補の追加指定を行っても多く残されており、さらなる対策の検討が求められる。対策検討にあたって、居誘区域内の避難困難地域において、人口密度ごとのメッシュ数を算出した（図 4）。未だ避難困難地域であるメッシュは様々な人口密度であり、比較的人口が大きいメッシュに対しては、中高層の新規避難ビルの建設による対策が考えられるが、人口密度の小さいメッシュに対しては、中高層ビルの建設は困難であり、居誘区域からの除外を検討する必要がある。両市の居誘区域内の目標人口を加味して、40 人 /ha 未満のメッシュについては居誘区域からの除外を検討する。

表 6 避難ビル候補シミュレーションのメッシュ数分析

函館市						
分析対象	対象	避難可能	避難困難	到達困難	収容困難	避難困難/総数
市全域	6589	2342	134	14	120	2.03%
現状との差		150	-150	-148	-2	-2.28%
居住誘導区域	2743	1134	106	8	98	3.86%
現状との差		125	-125	-130	5	-4.56%
釧路市						
分析対象	対象	避難可能	避難困難	到達困難	収容困難	避難困難/総数
市全域	4022	1730	1146	639	507	28.49%
現状との差		294	-294	-534	240	-7.31%
居住誘導区域	2436	1502	934	471	463	38.34%
現状との差		270	-270	-491	221	-11.08%

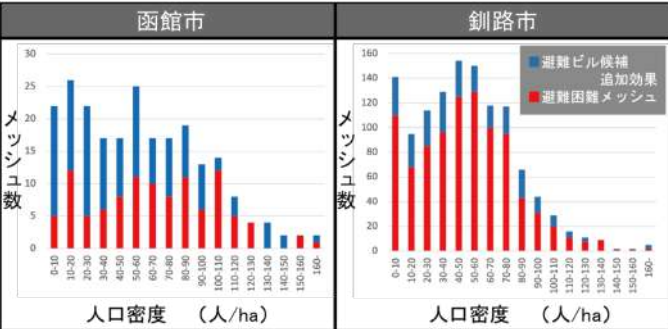


図 4 人口密度ごとの居誘区域内メッシュ数

7. 津波避難に関する対策検討プロセスの構築

以上から、津波防災に関する都市計画的対策検討プロセスを構築した（図 5）。判定は（I）現状津波避難シミュレーション、（II）避難ビル候補追加津波避難シミュレーション、（III）居誘区域の内外分類、（IV）各メッシュの人口密度と設定値の比較の 4 つの指標を用いて行った。なお、（IV）における設定値は 2、10、20、30、40 人 /ha とし、それぞれの場合について判定した。その結果をメッシュ単位ごとに、次に示す A～E の 5 つの都市計画的対策手法に分類した。図 6 には設定値を 40 人 /ha に設定した場合を示す。A 現状維持：現状で避難可能である。B 避難ビ

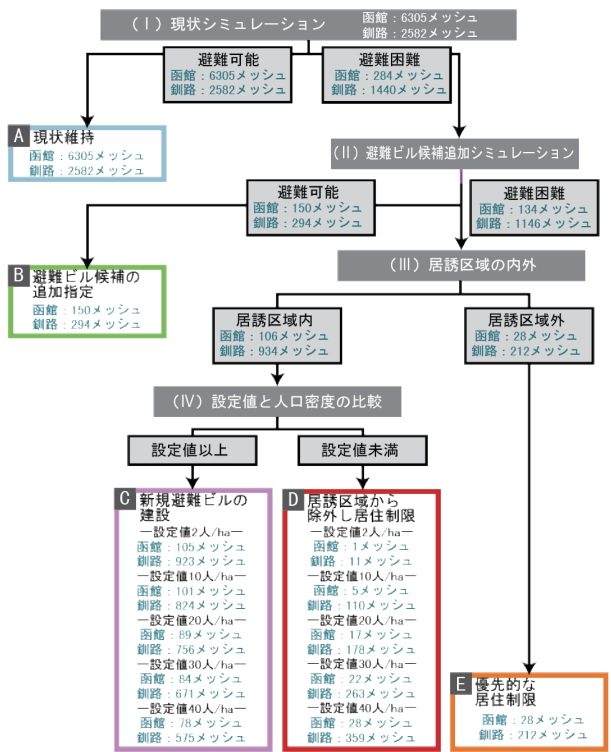


図 5 対策検討プロセス

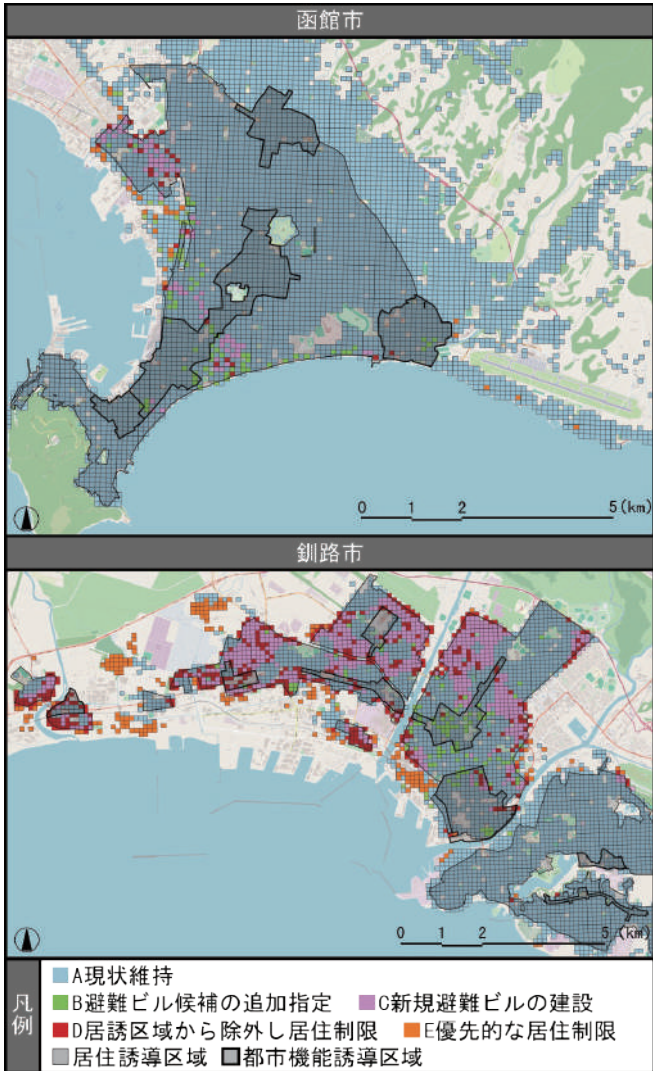


図 6 メッシュごとの対策【設定値：40 人 /ha の場合】

ル候補の追加指定 :6 章で示したように、避難ビル候補を追加指定することによって避難可能となる。C 新規避難ビルの建設 : 新規で避難ビルを建設することによって避難可能となる。D 居誘区域から除外し居住制限 : 居誘区域から除外し、居住人口を 0 人にすることによって避難困難者を発生させない。E 優先的な居住制限 : 居誘区域外に位置しており、特に優先的な居住の制限と居誘区域内への居住誘導を行うことにより、居住人口を 0 人とする事で避難困難者を発生させない。ここで、D 及び E のメッシュ総数と含まれる人口を表 7 に示す。これらの人口は A、B、C のいずれか、かつ居誘区域に含まれるメッシュに対して、現状の人口比率に応じて案分し加算した。その結果、居誘区域内メッシュの人口密度に変化があった(表 8)。人口密度 60 人 /ha 未満のメッシュが減少し、以上のメッシュが増加傾向にあった。したがって、これらの対策は津波災害に対して避難可能とする防災的效果だけではなく、居誘区域内の人口密度の上昇という都市計画的効果もあることがわかる。人口密度の上昇によって対策 C における新規避難ビルの建設や、立適に伴う都市機能の集約をより円滑に行うことができると考えられる。一方で設定値によって居住移動を行う人口と人口密度が上昇するメッシュ数に大きな差があり、居住移動のリスクと人口密度への効果を慎重に検討する必要がある。

8. まとめ

本研究の成果を以下に示す。【1】避難ビル候補の指定は居誘区域内の避難対策として有効であることが定量的に明らかとなった。【2】避難困難地域を無くすためには、新規避難ビルの新設や居誘区域の除外等の都市計画的な対策が求められることが明らかとなった。【3】人口や建物ストックという都市計画的視点と避難の可否という防災的視点の両者を用いた対策検討プロセスを明らかとした。【4】居住誘導を行う手法(7 章における対策 D 及び E)は避難可能性を向上させる防災的效果と、人口密度を向上させる都市計画的効果の両方を持つ。【5】居誘区域からの除外(対策 D)を判定する人口密度の基準(判定 IV における設定値)によって、人口密度向上の効果は異なる。

策定年度から 20 年後を見据えて策定される立適は、30 人 /ha〜40 人 /ha を目標人口密度の目安としているものが多い。一方で、北海道内の多くの地域の人口密度はその目安を下回っており、コンパクトシティ形成に向けた新たな施策検討にあたっては、より柔軟な考え方が求められる。そのような居住誘導を行うか否かを決定づける重要な視点の一つとして本研究の対策検討プロセスは有効であると考えられる。

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) 北海道建設部まちづくり局都市計画課. “市町村マスタープラン及び立地適正化計画の策定状況”. 北海道. 2023-02. [https://www.pref.hokkaido.lg.jp/fs/8/1/1/7/5/2/9/_/%E5%B9%B4%E5%BA%A6%E5%88%A5%E7%AD%96%E5%AE%9A%E7%8A%B6%E6%B3%81\(%E4%BB%A4%E5%92%8C5%E5%B9%B4%E6%9C%88%E6%9C%AB%E7%8F%BE%E5%9C%A8\).pdf](https://www.pref.hokkaido.lg.jp/fs/8/1/1/7/5/2/9/_/%E5%B9%B4%E5%BA%A6%E5%88%A5%E7%AD%96%E5%AE%9A%E7%8A%B6%E6%B3%81(%E4%BB%A4%E5%92%8C5%E5%B9%B4%E6%9C%88%E6%9C%AB%E7%8F%BE%E5%9C%A8).pdf)、2) 川井智大、瀬戸口剛、中嶋唯貴、他 3 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

【注釈】注 1) 居誘区域内かつ津波浸水区域な人口を避難者数とした注 2) 「日本海溝・千島海溝沿いの巨大地震モデル」をもとに想定される最大基準水位を使用(北海道建設部建設政策局維持管理防災課より提供)、注 3) 2015 年国勢調査をもとに作成された 100m メッシュデータを使用した。

表 7 対策 D、E における人口移動

函館市						
対策手法	D					E
対策Dの設定値	2人/ha未満	10人/ha未満	20人/ha未満	30人/ha未満	40人/ha未満	
メッシュ数	1	5	17	22	28	28
人口(人)	2	25	195	324	540	1211
釧路市						
対策手法	D					E
対策Dの設定値	2人/ha未満	10人/ha未満	20人/ha未満	30人/ha未満	40人/ha未満	
メッシュ数	11	110	178	263	359	212
人口(人)	19	595	1619	3718	7053	3806

表 8 人口移動によって人口密度が変化したメッシュ数

函館市						
対策Dの設定値	2人/ha未満	10人/ha未満	20人/ha未満	30人/ha未満	40人/ha未満	
人口密度	0-20	-6	-10	-22	-22	-22
	20-40	3	3	1	-7	-13
	40-60	-10	-10	-12	-9	-14
	60-80	-1	-1	1	0	4
	80-100	5	5	6	6	5
	100-120	6	5	5	5	7
	120-140	-2	-1	0	1	1
	140-160	1	1	1	0	0
	160-	3	3	3	4	4
釧路市						
対策Dの設定値	2人/ha未満	10人/ha未満	20人/ha未満	30人/ha未満	40人/ha未満	
人口密度	0-20	-28	-129	-192	-198	-209
	20-40	-19	-23	-42	-138	-220
	40-60	-23	-27	-21	-40	-78
	60-80	20	24	23	38	23
	80-100	18	21	23	31	57
	100-120	15	18	22	25	39
	120-140	0	-2	-1	5	6
	140-160	5	6	6	9	16
	160-	1	2	4	5	7

* 北方建築総合研究所 工修

** 北海道大学 理事・副学長 工学研究院 教授 博士(工学)

*** 北海道大学大学院工学研究院 准教授 博士(工学)

**** 北方建築総合研究所 博士(工学)

***** 北海道大学大学院工学院 修士課程

* Northern Regional Building Research Institute, M. Eng

** Executive Vice President, Prof., Faculty of Eng., Hokkaido Univ., Dr. Eng

*** Assoc. Prof., Faculty of Eng., Hokkaido Univ., Dr. Eng

**** Northern Regional Building Research Institute, Dr. Eng

***** Master Course, Graduate School of Eng., Hokkaido Univ.