調査研究報告　　No. 434
RESEARCH REPORT 2023. 3

日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震に係る被害想定及び防災対策効果に関する研究

Research on Damage Estimation and Disaster Prevention Measures for Subduction-zone Earthquakes around the Japan Trench and Chishima Trench

戸松　誠[1)]、竹内 慎一[2)]、川村　壮[3)]、今井 崇嗣[3)]、小野塚 仁海[4)]
Makoto Tomatsu[1)], Shin-ichi Takeuchi[2)], Takeshi Kawamura[3)], Takashi Imai[3)], Masami Onozuka[5)]

地方独立行政法人北海道立総合研究機構
建築研究本部
北方建築総合研究所
Northern Building Research Institute
Building Research Department
Local Independent Administrative Agency Hokkaido Research Organization

[1)]地域研究部防災システムグループ研究主幹・博士（工学）　[2)] 同主査・博士（工学）[3)] 同研究職員）[4)] 地域研究部地域システムグループ研究職員
[1)] Senior Research Manager of Disaster Prevention Group.Dr.(Eng.) [2)] Chief for Risk Assessment of Disaster Prevention Group.Dr.(Eng.) [3)] Researcher of Disaster Prevention Group [4)] Researcher of Regional System Group

本書の全部および一部の無断での転載はご遠慮ください。

No unauthorized reproduction

概　要
Abstract

日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震に係る被害想定及び防災対策効果に関する研究
Research on Damage Estimation and Disaster Prevention Measures for Subduction-zone Earthquakes around the Japan Trench and Chishima Trench

戸松　誠[1)]、竹内 慎一[2)]、川村　壮[3)]、今井 崇嗣[3)]、小野塚 仁海[4)]
Makoto Tomatsu[1)], Shin-ichi Takeuchi[2)] , Takeshi Kawamura[3)], Takashi Imai [3)], Masami Onozuka[4)]

キーワード： *日本海溝、千島海溝、地震被害想定、減災効果、津波*
Keywords : *the Japan Trench, the Chishima Trench, Estimation of Damage, Effects of Disaster Prevention Measures, Tsunami*

１．研究概要

１）研究の背景

・国において「日本海溝・千島海溝沿いの巨大地震対策検討ワーキンググループ」を設置し、津波及び地震動による被害想定及び防災対策の検討を進めている。

・これを受け、北海道においては、国の WG での検討を踏まえ、「地震防災対策における減災目標策定に関するワーキンググループ」において、国と同様に被害想定と減災目標の検討を進めることとなった。

２）研究の目的

・本研究は、北海道防災会議地震火山対策部会地震対策専門委員会「地震防災対策における減災目標策定に関するワーキンググループ」と連携し、日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震における津波及び地震動による北海道の被害想定を行う。また、道が設定する減災目標に対し、関係機関が実施する防災対策事業による減災効果を検証する。

２．研究内容

１）被害想定用データの収集　（R３年度）

・ねらい：被害想定の実施に必要な社会基盤データ等の収集を行い、既存データ（H24～27 に整備）のアップデートを行う。

・試験項目等：地盤データ及び建物・ライフラインなど社会基盤データの構築

２）地震ハザードの評価　（R３年度）

・ねらい：道で設定した津波の震源に加え地震動の影響の観点から想定地震を検討し、協力機関であるエネルギー・環境・地質研究所が整備した地盤データを用いて地震ハザード（地震動・液状化・急傾斜地崩壊）等の評価を行う。液状化の評価については、詳細な地盤データを用いる手法の適用を図る。

・試験項目等： 地震動の想定、液状化・急傾斜地崩壊危険度の評価

３）地震被害想定の実施　（R３～４年度）

・ねらい： 道内の各地域について、想定地震の発生に伴う建物・道路被害・ライフライン被害・人的被害などの物的被害及びそれらによる生活機能支障など社会的な影響を評価し、北海道の地域性(建物耐震性・積雪寒冷条件による死傷リスク)を考慮した地震被害リスクを明らかにする。また、明らかにした物的地震被害想定結果を用い、北海道における経済的な地震被害の想定を行う。

・試験項目等：建物被害、道路被害、ライフライン被害、人的被害の想定

[1)] 地域研究部防災システムグループ研究主幹・博士（工学） [2)] 同主査・博士（工学）[3)] 同研究職員）[4)] 地域研究部地域システムグループ研究職員

[1)] Senior Research Manager of Disaster Prevention Group.Dr.(Eng.) [2)] Chief for Risk Assessment of Disaster Prevention Group.Dr.(Eng.) [3)] Researcher of Disaster Prevention Group [4)] Researcher of Regional System Group (all the above)

３．研究成果

１）被害想定用データの収集　（R３年度）

・北海道内全市町村の建物・人口・インフラ関係のデータを収集し GIS 化を行った。また、国・道・ライフライン事業者等からデータ収集を行い、被害想定の実施に必要なデータベースを構築した。

２）地震ハザードの評価　（R３年度）

・協力機関が構築した地盤データを活用することで高精度な地震ハザード評価を実施した。

・実施した項目は、地震動・急傾斜地崩壊危険度、液状化発生危険度であり、地震動評価については、道東の一部地域で震度７となるなど、震動による危険性が高くなることが明らかとなった(図１)。

３）地震被害想定の実施　（R３～４年度）

・既往研究で開発した北海道の建物の耐震性を反映できる建物被害想定手法並びに都市計画基礎調査など国の想定より詳細なデータの活用やネットワーク解析による避難シミュレーションなどを用いることでより高精度な想定を可能とする手法を採用した（図２）。

・実施した被害想定項目は、建物被害、人的被害、避難者数、エレベータ内閉じ込め者数、要配慮者数、インフラ・ライフライン被害である。また経済被害について手法の検討を行った。

・千島海溝モデルで最大全壊 51,000 棟、死者 50,000 人、日本海溝モデルで最大全壊 134,000 棟、死者 48,000 人の被害が想定された(表１)。

・防災対策の実施に伴い各種パラメータを変化させ減災効果を評価した結果、早期避難率の向上により４８％～９３％以上減少させることが可能であることを示した（図３）。

＜具体的データ＞

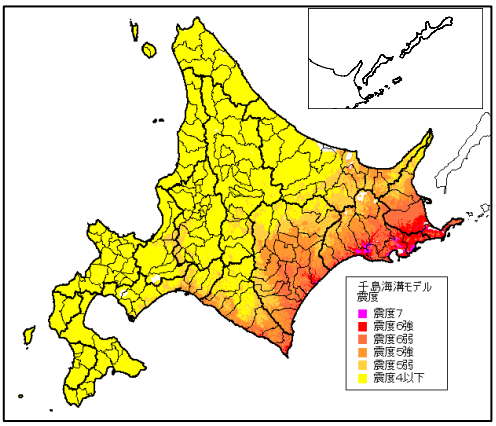


図１　想定地震動分布（千島海溝モデル）

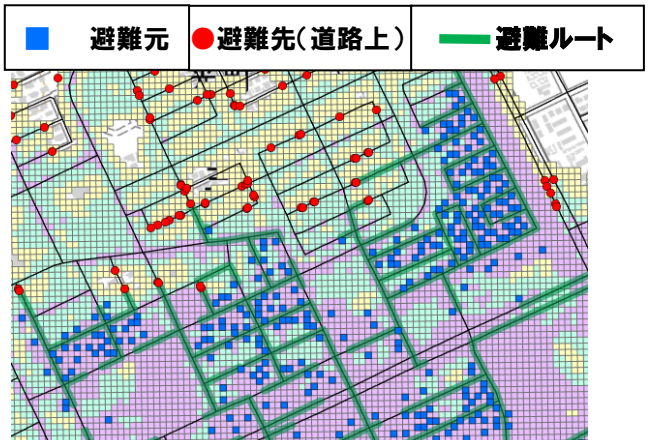
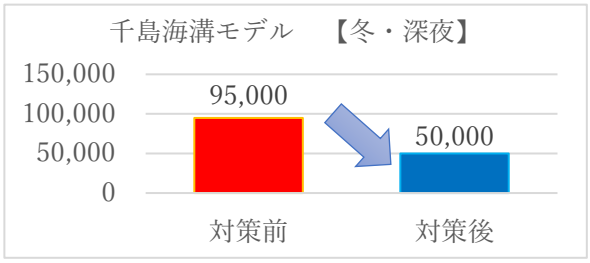


図２　津波人的被害に用いるネットワーク解析の例

表１　被害想定結果の例（早期避難率高＋呼びかけ　津波避難ビルを考慮）

区分	千島海溝モデル			日本海溝モデル		
	夏・昼	冬・夕	冬・深夜	夏・昼	冬・夕	冬・深夜
建物倒壊	約 40	約 140	約 160	－	－	－
津波	約 27,000	約 48,000	約 50,000	約 9,000	約 41,000	約 48,000
急傾斜地崩壊	約 10	約 20	約 20	－	－	－
合計	約 27,000	約 48,000	約 50,000	約 9,000	約 41,000	約 48,000



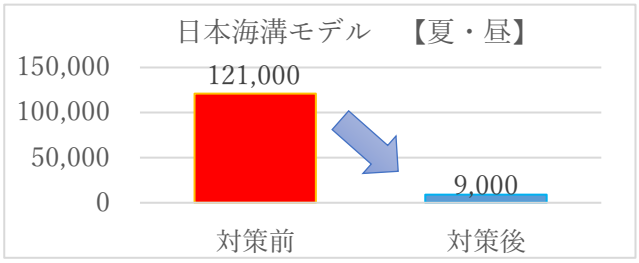


図３　防災対策による死者低減効果(避難行動の迅速化・津波避難ビルの効果)

４．今後の見通し

研究成果は北海道を通じて、関係市町村に配布され、市町村が策定する津波避難対策緊急事業計画等に活用されている。

目　次

１．研究の背景と目的 1

２．被害想定用データの構築 1
（１）建物・人口データ 1
（２）社会インフラデータ 1
（３）その他データ 1
（４）地震動 1
（５）津波 1
（６）液状化危険度 1
（７）急傾斜地崩壊危険度 2

３．被害想定手法 3
（１）被害想定の概要 3
（２）建物被害 4
（３）人的被害 5
（４）生活への影響 6
（５）インフラ・ライフライン被害 7

４．被害想定結果 8
（１）被害想定結果 8
（２）防災対策の効果 9

５．まとめ 10

１．研究の背景と目的

日本海溝・千島海溝沿いの巨大地震に関して国では対策検討ワーキンググループを設置し、津波及び地震動による被害想定及び防災対策の検討を進めている。これを受け、北海道においては、北海道防災会議地震火山対策部会地震対策専門委員会に学識経験者で構成される「地震防災対策における減災目標策定に関するワーキンググループ」が設置され、国と同様に被害想定と減災目標の検討を進めることとなった。

このようなことから、本研究は、北海道防災会議地震火山対策部会地震対策専門委員会「地震防災対策における減災目標策定に関するワーキンググループ」と連携し、日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震における津波及び地震動による北海道の被害想定を行う。また、道が設定する減災目標に対し、関係機関が実施する防災対策事業による減災効果を検証することを目的とする。

２．被害想定用データの構築

（１）建物・人口データ

建物人口データについては、北海道を通じて道内各市町村に収集を依頼して行った。収集データは、字界・町丁目単位を基本とし住家および非住家の建物棟数(木造、非木造)及び人口である。

建築年代区分としては、建築基準法の耐震基準に改正のあった年を基本として、木造は５区分、非木造は３区分とした。人口の年代は３区分とした。

調査資料としては、基本的に令和２年１月時点での建物データを収集した。

また、建物の詳細データが必要となるものについては、都市計画基礎調査の結果を利用した。昼間人口については、(株)日本統計センターによるメッシュ版 2015 年推計昼間人口データから昼夜間人口比を求め、それを収集した夜間人口データに乗じて求めた。建物内の滞留人口については、「国民生活時間調査」（ＮＨＫ放送文化研究所）から平日の時間帯別在宅人口比率データを用いた。

（２）社会インフラデータ

社会インフラデータについては、各管理者に対してデータの提供を依頼した。収集したデータは道路、橋梁、上水道施設、下水道施設、港湾施設である。

（３）その他のデータ

避難所データは市町村の地域防災計画や公表されている防災マップのデータを用いた。医療機関のデータや要配慮者のデータについては、道を通じて入手したものや公表されているデータを用いた。

（４）地震動

地震動については、平成 27 年２月に内閣府に設置された「日本海溝・千島海溝沿いの巨大地震モデル検討会」において検討され、G空間情報センターにて公開されている「強震断層モデル(1)計測震度」の日本海溝モデル及び千島海溝モデルの震度を利用し工学的基盤の速度を求め、微地形区分及びボーリングデータを用いて、新たに速度の増幅度を設定して震度を再計算した。

日本海溝モデルの震度分布図を図 2-1 に、千島海溝モデルの震度分布図を図 2-2 に示す。

（５）津波

津波浸水深や津波到達時間については、北海道が津波防災地域づくりに関する法律に基づき設定した北海道太平洋沿岸（羅臼町から福島町の沿岸及び内陸市町村）の津波浸水想定の結果を用いた。

北海道防災会議地震対策専門委員会津波浸水想定設定ワーキンググループで示された津波に関して日本海溝モデルのすべり量及び破壊開始点を図2-3に、日本海溝モデルのすべり量及び破壊開始点を図 2-4 に示す。日本海溝モデルで２パターン、千島海溝モデルで３パターンが想定されている。

（６）液状化危険度

液状化危険度は算出した地震動の結果を用い、道路橋示方書[1),2)]の FL 法、PL 法を用いた。微地形区分に加えボーリングデータを用いて推定された地盤データを利用することで精度の向上を図った。

日本海溝モデルによる液状化危険度 PL を図 2-5 に、千島海溝モデルによる液状化危険度 PL を図 2-6

に示す。

（７）急傾斜地崩壊危険度

急傾斜地崩壊危険度は算出した地震動の結果を用い、急傾斜地崩壊危険箇所現地調査表を活用し、急傾斜地の状態及び対策工の有無を踏まえ、震度分布と重ね合わせることにより評価した。

日本海溝モデルによる急傾斜地崩壊危険度を図 2-7 に千島海溝モデルによる急傾斜地崩壊危険度を図 2-8 に示す。

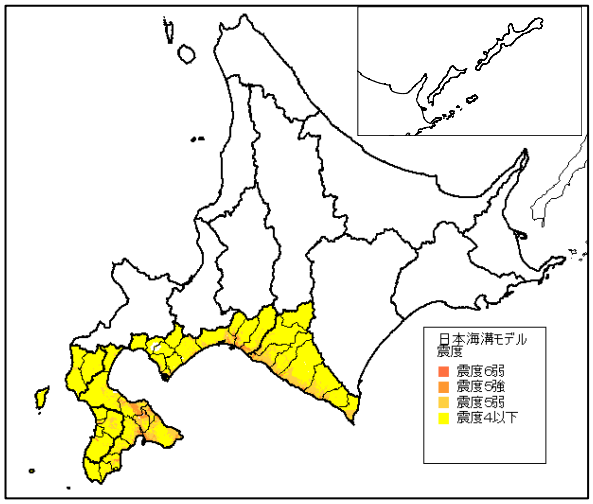


図 2-1　日本海溝モデルの震度分布

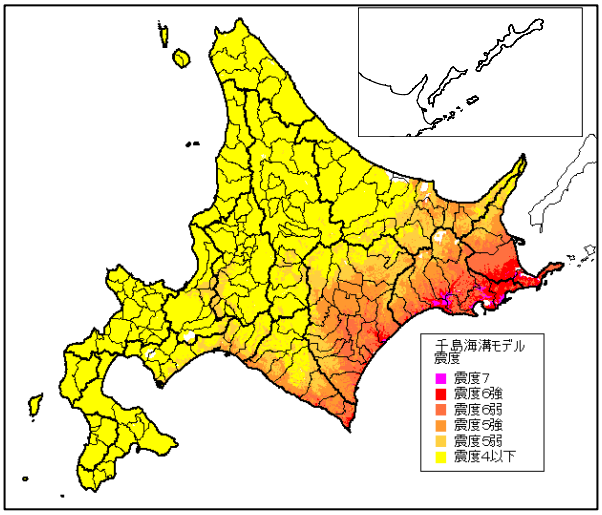


図 2-2　千島海溝モデルの震度分布

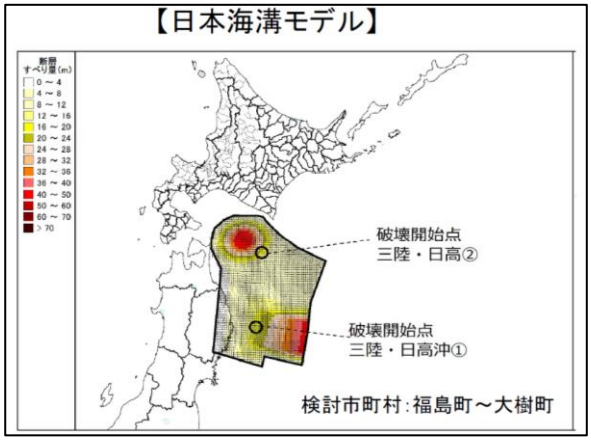


図 2-3　日本海溝モデルのすべり量

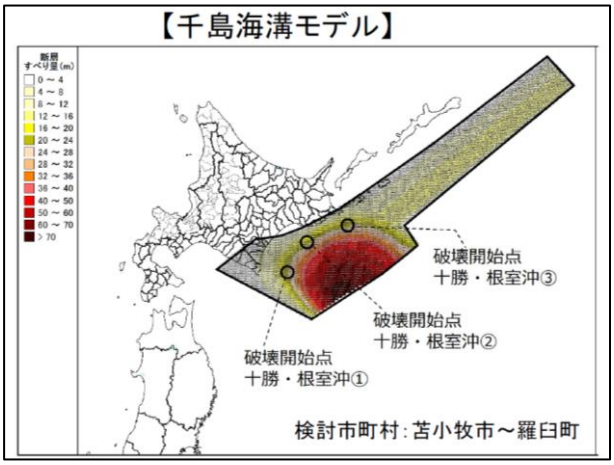


図 2-4　千島海溝モデルのすべり量

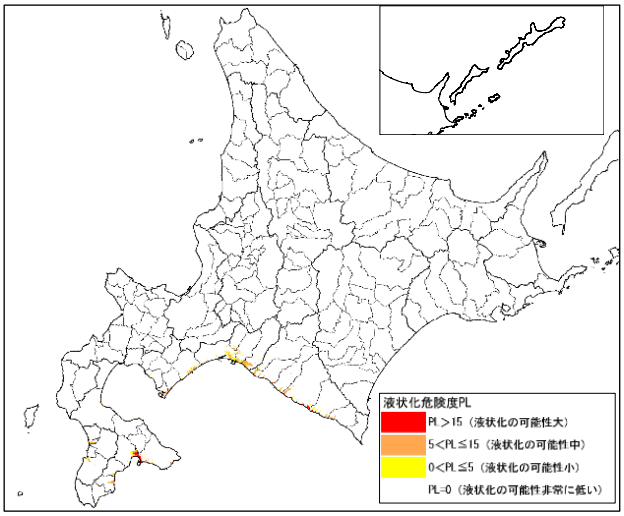


図 2-5　日本海溝モデルの液状化危険度

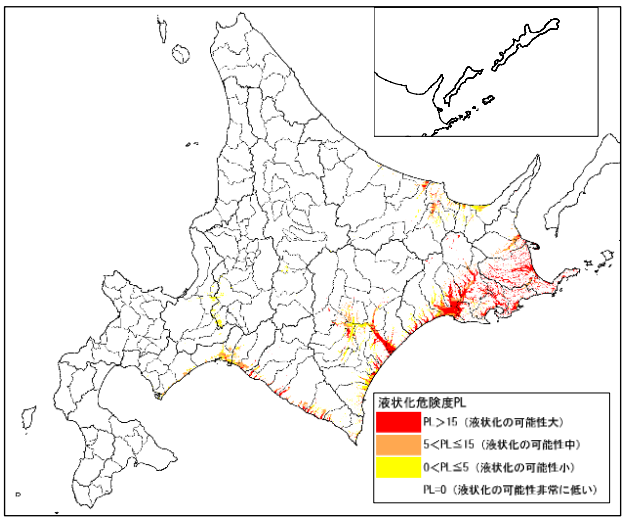


図 2-6　千島海溝モデルの液状化危険度

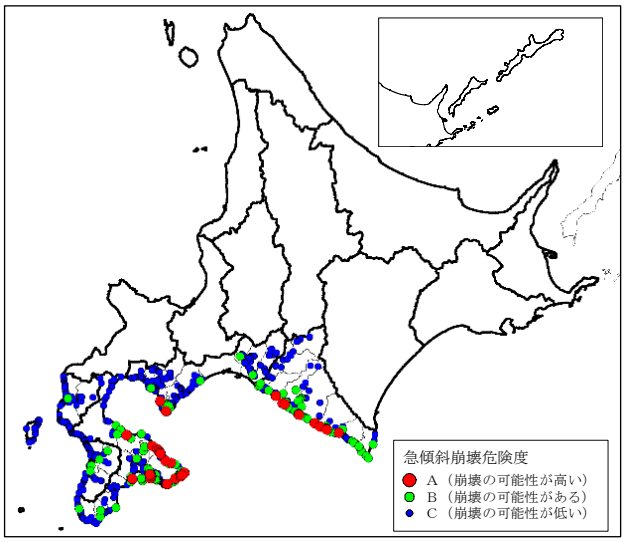


図 2-7　日本海溝モデルの急傾斜地崩壊危険度

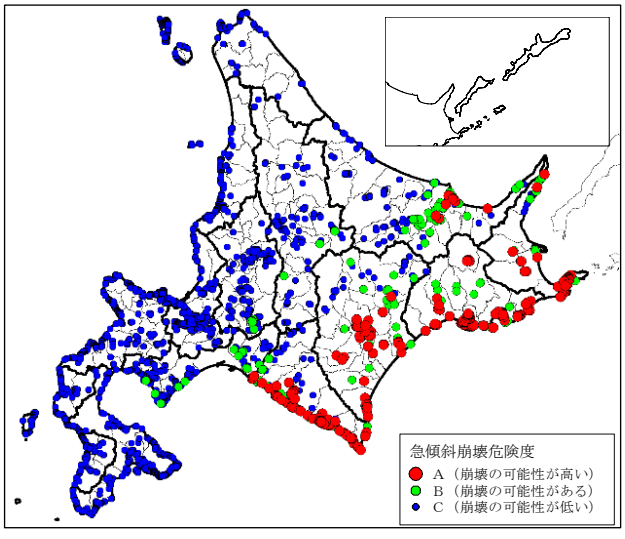


図 2-8　千島海溝モデルの急傾斜地崩壊危険度

3．被害想定手法

（1）被害想定の概要

実施した被害想定の項目について表 3-1 に示す。

被害想定手法については、中央防災会議が令和 3 年 12 月 21 日に公表した「日本海溝・千島海溝沿いの巨大地震の被害想定項目及び手法の概要」[3)]を基本としたが、表 3-1 の項目のうち、建物被害や人的被害における下線部の項目については、道総研で開発した手法を含め、より詳細なデータを反映することができる手法を採用した。

表 3-1　被害想定項目

分類	項目
建物被害	津波による被害、 揺れによる被害、 液状化による被害、 急傾斜地崩壊による被害、地震火災による被害、屋外落下物の発生
人的被害	津波による被害、低体温要対処者、建物倒壊による被害、急傾斜地崩壊による被害、屋内収容物移動・転倒、屋内落下物による被害、地震火災による被害、屋外落下物による被害、揺れによる建物被害に伴う要救助者（自力脱出困難者）、津波被害による要救助者
生活への影響	避難者数、要配慮者数、医療機能、エレベータ内閉じ込め
インフラ・ライフライン被害	道路・橋梁、港湾、上水道、下水道、電力

また、被害の様相は発生時刻などの前提条件によって変化することから、表3-2 に示す条件を設定し、被害の特徴を踏まえ、「夏・昼」、「冬・夕」、「冬・夜」の条件について被害想定を実施した。

表 3-2　被害想定の前提条件

想定シーン	条件
人の活動	①会社学校（昼）　②帰宅途中（夕） ③自宅（深夜）
避難行動	●避難行動開始 ①起きている　②就寝中 ●避難速度 ①明るい　②暗い ●避難速度 ①通常　②積雪
建物被害	①通常期　②積雪期
気温による影響	①通常期　②低体温

（２）建物被害

1) 津波による被害

津波浸水深ごとの建物被害率の関係[5)]を用いて(図3-1、3-2)建物構造別に全壊棟数・半壊棟数を算出した。流氷を伴う建物被害は、寒地土木研究所が提案した流氷の衝突力を考慮した被害率を採用し，これを流氷ありの被害関数とした。

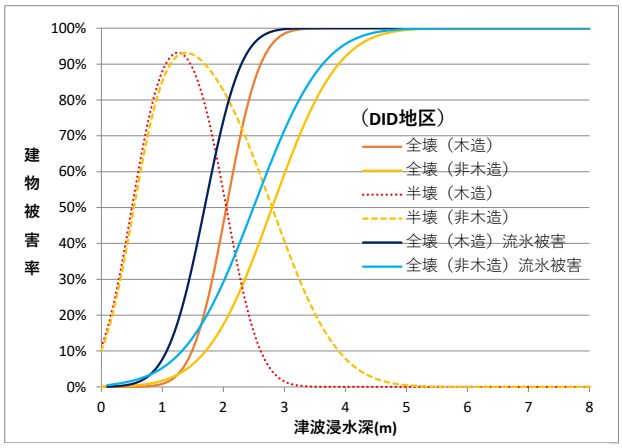


図 3-1　津波による建物被害率（DID 地区）

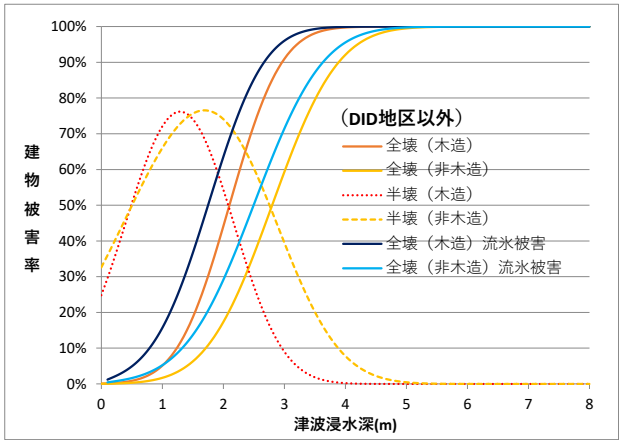


図 3-2　津波による建物被害率（DID 地区以外）

2) 揺れによる被害

木造建物は寒冷地の住宅は全国と比べて耐震性が高い可能性があるため、積雪のない季節は、北海道の住宅の耐震性を基に構築された震度と建物被害率の関係（図 3-3）を用いて全壊棟数・半壊棟数を算出する手法[4)、5)]を採用した。

積雪期においては、積雪荷重によって木造被害が発生しやすい状況にあると考えられるため、積雪荷重を考慮[6)]した。積雪荷重は、道内の積雪状況から、多雪区域と多雪区域外の２つに分けた。

非木造建物は、中央防災会議の震度と建物被害率の関係[3)]を採用した。

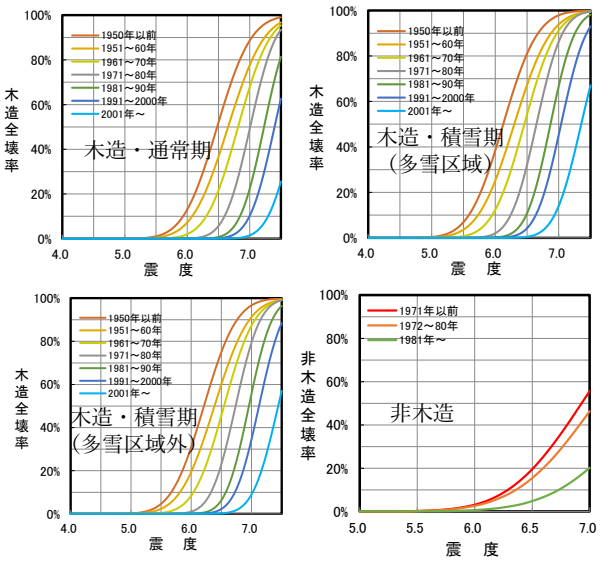


図 3-3　揺れによる建物全壊率

3)液状化による被害

地盤沈下量と建物被害率との関係を用いて全壊棟数・半壊棟数を推定する中央防災会議の手法[3)]を採用した。

4) 急傾斜地崩壊による被害

急傾斜地崩壊危険箇所現地調査表を活用し、急傾斜地の状態及び対策工の有無を踏まえ、震度分布と重ね合わせることにより評価した。評価手法は、一般的に自治体で用いられている日本道路協会道路震災対策委員会(1986)による法面･斜面耐震判定方法[7)]を採用し崩壊危険度を判定した。

5) 地震火災による被害

火災による被害については、北海道が平成 30 年に公表した被害想定手法[8)]を用い、全出火件数に対し消防運用による消火可能件数を考慮した残火災件数から延焼棟数を算定した。

出火件数については、①建物倒壊しない場合の火気器具・電熱器具からの出火、②建物倒壊した場合の火気器具・電熱器具からの出火、③電気機器・配線からの出火の３つに分けて出火率を設定した。建

物倒壊しない場合の出火は、震度別・用途別・季節時間帯別の全出火率を設定した。

消火可能件数は、消防ポンプ自動車数、小型動力ポンプ数及び消防水利数から算定した。

延焼棟数は、1 棟あたりの残火災件数期待値（件/棟）を求め、それに対して延焼クラスターを作成し、焼失棟数期待値を算定した。延焼は建物密度の高い地域において発生すると想定し、ここでは平成 27 年度国勢調査による人口集中地区（DID）を含む都市計画区域で延焼が発生するとした。なお、DID を含まない市町村は、基本的に延焼しないとし炎上出火件数をそのまま焼失棟数とした。

5) 屋外落下物の発生

中央防災会議が採用した [3]東京都（Ｈ９）の調査結果を参考に、全壊する建物及び震度 6 弱以上の地域における 3 階建て以上の非木造建物のうち落下危険物を有する建物から、落下物の発生が想定される建物棟数を算定した。揺れによって全壊する建物については、すべての建物が落下物の発生が想定されるものとした。揺れによって全壊しない建物のうち落下が想定される建物棟数は、震度 6 弱以上のエリア内の 3 階以上の非木造建物棟数に、落下物を保有する建物棟数比率と建物改修率を乗じることで算定した。

（３）人的被害

1) 津波による被害

計算の考え方は中央防災会議が令和 3 年 12 月 21 日に公表した「日本海溝・千島海溝沿いの巨大地震の被害想定項目及び手法の概要」[3]の方法に準じて行った。津波浸水域において津波が到達する時間（浸水深 30cm 以上）までに避難が完了できなかった者を津波に巻き込まれたものとし、そこでの浸水深を元に死亡か負傷かを判定した。判定は、①避難行動（避難の有無、避難開始時期）、②津波到達時間までの避難完了可否、③津波に巻き込まれた場合の死者発生度合の 3 つに分けて設定した。避難完了の判定で津波から逃げきれずに巻き込まれたと判定された場合の生死について、中央防災会議の設定した死者率と浸水深の被害関数を用いて推計した。なお、避難成否の判定については、道路ネットワークデータを用いて避難距離を算定し高精度化を図った。

揺れによる建物倒壊に伴う自力脱出困難者は津波から避難ができないものとした。

低体温症の考慮については、屋外に孤立する人数で評価し、避難未完了率の判定に道路ネットワークデータを用いていることで屋外での孤立判定をより詳細に実施することが可能な以下の方法を採用した。

①避難先が避難施設の場合

・避難先が建物→屋内避難

・避難先が学校のグラウンド等→隣接する学校に避難できるので屋内避難

・避難先が公園等

→高台の道路に接続しており、そこから避難先となりうる建物（商業施設・公共施設等）に移動できる→屋内避難

→高台の道路に接続していない又は高台の道路に接続していてもそこから避難先となりうる建物に移動できない→屋外避難

②避難先が道路上の場合

・内陸部に通り抜けられる→屋内避難

・30cm 以上の浸水域に囲まれている又は道路が行き止まりで内陸部に通り抜けできない

→囲まれている範囲内に避難先となりうる建物商業施設・公共施設等）あり→屋内避難

→囲まれている範囲内に避難先となりうる建物が無い→屋外避難

津波避難ビル・タワーへの避難であるが、中央防災会議の方法では、避難者のダブルカウントが発生するため、簡便な方式という方針は変えずにダブルカウントの排除する下記の方法を用いた。

①：各避難距離に応じたバッファー（避難圏域）を統合する。ここで各避難距離は人的被害の計算と同様の速度を用いる。なお、避難時間は人的被害の計算で用いる津波避難ビルのあるメッシュにおける避難開始時間を用いる。夜間の遅れも同様に考慮する。

②：各バッファー内の死者を集計する。

③：各バッファー内の避難ビルの収容者数を集計する。

④：避難パターン別避難行動の割合から、避難行動別の死者数を求める。

⑤：各バッファーの収容者数に避難パターン別避難行動の割合を乗じ、避難行動別の収容者数を求める。

⑥：④と⑤を比較し少ない方を津波避難ビルによる死者低減効果とする。

2)建物倒壊による被害

木造建物の倒壊による人的被害の想定では、死傷者の低減対策や医療対応の検討を可能とするため、より詳細な負傷程度を示す ISS を指標として人的被害を推定する岡田・中嶋の人体損傷度関数 [9),10)]を採用した。これは、揺れによる建物の崩壊形態(建物損傷度)を考慮し、負傷程度(ISS)別に人的被害を推定する手法である。ここで ISS(Injury Severity Score)とは、外傷患者の評価法で、外傷の重症度を数値(1~75)で表すものである。

非木造建物の倒壊による人的被害の想定では、揺れによる建物被害数と死傷者率を用いて死傷者数を推定する中央防災会議 [3)]の手法を採用した。

3) 急傾斜地崩壊による被害

急傾斜地崩壊による被害は北海道が平成 30 年に公表した被害想定手法 [8)]を用い伊豆大島近海地震（1978）での崖崩れによる建物被害での人的被害発生率から予測する手法を採用した。

4)火災による被害

火災による被害は中央防災会議が採用した他の既往地震・大火事例データを基にした手法 [3)]を用いた。

5) 屋内収容物移動・転倒、屋内落下物による被害

木造建物の家具転倒による人的被害の想定では、室内対策の実施による負傷者の低減効果を検討できるように、家具転倒による負傷の発生過程を考慮した岡田・中嶋による人体損傷度関数の方法 [11)]を採用した。

非木造建物の屋内転倒物等による人的被害の想定では、被害建物内の滞留人口と屋内転倒物・落下物等による震度別の死傷者率を用いて、死傷者数を推定する中央防災会議の手法 [3)]を採用した。

6) 屋外落下物による被害

屋外落下物による被害については、中央防災会議 [3)]による宮城県沖地震（1978）時の落下物による被害事例に基づく、屋外落下物及び窓ガラスの屋外落下による死傷者率を採用した。

7) 揺れによる建物被害に伴う要救助者（自力脱出困難者）

木造建物の倒壊による自力脱出困難者の想定では、村上・竹田 [12)]による阪神・淡路大震災の身体的閉じ込め率のデータから、建物損傷度毎の閉じ込め率を設定した。

非木造建物の倒壊による自力脱出困難者の想定では、阪神・淡路大震災における建物全壊率と救助が必要となる自力脱出困難者の数との関係を用いた中央防災会議の手法 [3)]を採用した。

8) 津波被害に伴う要救助者・要捜索者

津波被害に伴う要救助者・要捜索者は、津波の最大浸水深より高い階に滞留する者を要救助者として推定し、津波による死傷者を初期の要捜索需要と考える中央防災会議の手法 [3)]を採用した。

（４）生活への影響

1)避難者数

津波浸水域と津波被害の影響を受けない範囲（内陸部）の避難者数を区分して算出した。内陸部避難者数は、被害程度別に避難率を設定する方法 [8)]で計算した。津波浸水域における避難者数は、浸水域内人口全員が避難するものとし、地震二日目以降は内陸部の避難者数と同じ考え方とした。

2) 要配慮者数

避難所避難者数の内訳として、人口比率より、避難所に避難する要配慮者数を算出する中央防災会議の手法 [3)]を採用した。対象とする要配慮者は、「65 歳以上の単身高齢者」、「5 歳未満の乳幼児」、「身体障害者」、「知的障害者」、「精神障害者」、「要介護認定者（要支援者を除く）」、「難病患者」、「妊産婦」、

「外国人」とした。

3)医療機能

医療機関の施設の損壊、ライフラインの途絶により転院を要する患者数を算出する中央防災会議の手法[3)]を採用した。 新規の入院需要（重傷者数＋医療機関で結果的に亡くなる者＋被災した医療機関からの転院患者数）及び外来需要（軽傷者数）から医療機関の受入れ許容量を差し引いたときの医療対応力不足数を算出した。

4)エレベータ内閉じ込め者数

エレベータ内閉じ込め者数については、「地震時管制運転中の安全装置優先作動に伴うエレベータ停止によるもの」、「揺れによる故障等に伴うエレベータ停止によるもの」、「地域の停電に伴うエレベータ停止によるもの」をそれぞれ算定する中央防災会議の手法[3)]を採用した。

（５）インフラ・ライフライン被害

1)道路・橋梁

道路被害については、道路データと震度分布との重ね合わせから、震度別被害率[8)]により道路被害延長を推計した。

橋梁被害については、国道、道道、市町村道の橋梁データをもとに、橋梁の示方書年と震度分布の関係から設定される被害率[8)]を掛け合わせて被害箇所数を算出した。

2)港湾

港湾の被害については、中央防災会議の手法[3)]を採用した。揺れによる被害については、工学的基盤における加速度から港湾岸壁被害率を算定した。

津波による被害については、津波高と防波堤の設計波高から防波堤の被災率を算定した。

3)上水道

津波浸水・停電・揺れによる影響を考慮して、断水人口を計算した。津波浸水の影響は、浄水場の浸水有無から機能停止を判定した。停電の影響は、市町村の停電の予測結果と非常用電源の整備状況を考慮した。揺れによる管路被害は、管種・管径別の被害率(丸山・山崎 2009)[13)]を用いて算出した。

管路被害による断水人口は、過去の地震の配水管の物的被害率と地震直後の断水率の関係から得られた川上の式(1996)[14)]を用いた。

復旧日数は、埼玉県等で用いられている水道管の管径別復旧効率と必要人員を利用して、管路被害箇所数と動員可能な復旧作業員数から予測する手法[15)]を用いた。

4)下水道

地震動分布と液状化の分布などにより設定した管渠の管種別被害率から被害延長を求める手法（大規模地震による下水道被害想定検討委員会、2006）[16),17)]を採用し、復旧日数については事前調査に 1 日を要し、地震 2 日後から応急復旧作業が開始されるとし、作業効率は 200m/班、必要作業員数は 6 人/班として算定した。

5)電力

電力の被害は、揺れ等による電線被害等から停電軒数を算定する中央防災会議の手法[3)]を採用した。

揺れの影響として、火災による延焼と電柱折損、供給側設備の被災に起因した停電を考慮し、復旧予測は、停電軒数と東日本大震災等での復旧状況を考慮して算定した。

４．被害想定結果

（１）被害想定結果

想定結果を表 4-1～19 に示す。被害量は津波モデル毎に市町村単位で最大となる数値を採用し集計した。数値は「5 以上 1,000 未満」は一の位を四捨五入、「1,000 以上 10,000 未満」は十の位を四捨五入、「10,000 以上」は百の位を四捨五入した。

表 4-1　建物被害（全壊棟数）

千島海溝モデル			
	夏・昼	秋・冬	冬・深夜
揺れ	約3,000	約6,200	約6,200
液状化	約3,700	約3,700	約3,700
津波	約42,000	約41,000	約41,000
急傾斜地崩壊	約150	約140	約140
地震火災による焼失	約120	約510	約120
合計	約49,000	約51,000	約51,000
日本海溝モデル			
揺れ	約40	約120	約120
液状化	約3,600	約3,600	約3,600
津波	約130,000	約130,000	約130,000
急傾斜地崩壊	約20	約20	約20
地震火災による焼失	約10	約30	約10
合計	約134,000	約134,000	約134,000

表 4-2 流氷の漂着を考慮した場合の津波による全壊棟数

	千島海溝	日本海溝
	冬	冬
流氷の漂着を考慮した場合における増加分	約 3,800	－

表 4-3　津波火災の出火件数

	千島海溝	日本海溝
出火件数	約 20	約 40

表 4-4　屋外落下物が発生する建物数（棟）

千島海溝モデル			
	夏・昼	秋・冬	冬・深夜
屋外落下	約3,100	約6,400	約6,400
日本海溝モデル			
屋外落下	約30	約60	約60

表 4-5　人的被害（死者数）
【早期避難率高＋呼びかけ(津波避難ビル等を考慮)】

千島海溝モデル			
	夏・昼	秋・冬	冬・深夜
建物倒壊	約40	約140	約160
津波	約27,000	約48,000	約50,000
急傾斜地崩壊	約10	約20	約20
火災	約20	約100	約20
合計	約27,000	約48,000	約50,000
日本海溝モデル			
建物倒壊	－	－	－
津波	約9,000	約41,000	約48,000
急傾斜地崩壊	－	－	－
火災	－	－	－
合計	約9,000	約41,000	約48,000

表 4-6　人的被害（死者数）
【早期難率低（津波避難ビル等を考慮しない)】

千島海溝モデル			
	夏・昼	秋・冬	冬・深夜
建物倒壊	約40	約140	約160
津波	約94,000	約106,000	約95,000
急傾斜地崩壊	約10	約20	約20
火災	約20	約100	約20
合計	約94,000	約106,000	約95,000
日本海溝モデル			
建物倒壊	－	－	－
津波	約121,000	約149,000	約139,000
急傾斜地崩壊	－	－	－
火災	－	－	－
合計	約121,000	約149,000	約139,000

表 4-7 低体温症要対処者数（人）

	千島海溝	日本海溝
	冬・深夜	冬・深夜
要対処者	約15,000	約66,000

表 4-8　揺れによる建物被害に伴う要救助者数

千島海溝モデル			
	夏・昼	秋・冬	冬・深夜
要救助者	約420	約850	約1,000
日本海溝モデル			
要救助者	約10	約20	約10

表 4-9　津波被害に伴う要救助者数

千島海溝モデル			
	夏・昼	秋・冬	冬・深夜
要救助者	約15,000	約15,000	約13,000
日本海溝モデル			
要救助者	約46,000	約48,000	約44,000

表 4-10 避難者数（人）
【浸水域内人口から死者及び重傷者を除く】

	千島海溝	日本海溝
	冬・夕	冬・夕
避難者	約15,000	約66,000

表 4-11 避難者数（人）
【浸水域内人口全員が避難】

	千島海溝	日本海溝
	冬・夕	冬・夕
避難者	約176,000	約355,000

表 4-12　要配慮者数（区分間での重複あり）

	千島海溝	日本海溝
	冬・夕	冬・夕
65 歳以上の高齢単身者	約 7,000	約 14,000
5 歳未満乳幼児	約 2,500	約 4,900
身体障がい者	約 5,200	約 10,000
知的障がい者	約 1,400	約 2,000
精神障がい者	約 1,000	約 1,800
要介護認定者	約 4,700	約 8,400
難病患者	約 1,000	約 1,900
妊産婦	約 300	約 700
外国人	約 700	約 1,300
合計	約 24,000	約 45,000

表 4-13　医療機能【早期避難率低】

千島海溝モデル		
	冬・夕	
	入院対応	外来対応
道内で融通した場合	－	－
二次医療圏内で融通した場合	約 12,000	約 4,300
日本海溝モデル		
道内で融通した場合	約 2,700	－
二次医療圏内で融通した場合	約 16,000	約 800

表 4-14　エレベータ内閉じ込め

			千島海溝	日本海溝
閉じ込め者数（人）	8 時	事務所	約 20	約 70
		住宅	－	約 10
	12 時	事務所	約 20	約 50
		住宅	－	－
	18 時	事務所	約 10	約 50
		住宅	－	約 10
停止建物棟数（棟）		事務所	約 60	約 80
		住宅	約 60	約 150
停止台数（台）		事務所	約 120	約 230
		住宅	約 80	約 100
		事務所	約 70	約 190
		住宅	約 150	約 290

表 4-15　道路・橋梁被害（箇所）

		千島海溝	日本海溝
道路被害	津波浸水域内	約 1,200	約 1,400
	津波浸水域外	約 600	約 300
	合計	約 1,800	約 1,700
橋梁被害	津波浸水域内	約 60	約 10
	津波浸水域外	約 50	約 10
	合計	約 110	約 20

表 4-16　港湾（係留施設・防波堤の被害）

		千島海溝	日本海溝
岸壁（箇所）	国際拠点	－	－
	重要	約 60	－
	地方	約 10	－
	合計	約 70	－
その他係留施設（箇所）	国際拠点	－	－
	重要	約 20	－
	地方	－	－
	合計	約 20	－
被災防波堤延長（km）	国際拠点	約 16	約 10
	重要	約 6	約 19
	地方	約 4	約 5
	合計	約 26	約 34

表 4-17　上水道

千島海溝モデル			
	直後	1 日後	2 日後
断水人口	約 186,000	約 143,000	約 142,000
復旧予測日数	1 ヶ月程度		
日本海溝モデル			
断水人口	約 35,000	約 26,000	約 25,000
復旧予測日数	1 週間程度		

表 4-18　下水道

	千島海溝	日本海溝
支障人口	約 233,000	約 579,000
復旧予測日数	1 ヶ月程度	1 週間程度

表 4-19　停電(件数)

千島海溝モデル			
	冬・夕		
	直後	1 日後	2 日後
停電件数	約 59,000	約 59,000	約 58,000
日本海溝モデル			
停電件数	約 134,000	約 134,000	約 134,000

（2）防災対策の効果

防災対策の実施による減災効果を評価するため被害想定のパラメータの設定を変更し被害量の変化を検討した。

1)早期避難率の向上並びに津波避難ビルの効果を算入したケース

中央防災会議の検討方法 [5)]に準拠し、避難者数の避難率を以下のように変更し、その効果を検証した。

・すぐに避難する　20%→70%

・避難するがすぐには避難しない　50%→30%

・避難しない　30%→0%

減災効果が最も高くなったケースと最も低くなったケースをそれぞれ図 4-1、4-2 に示す。

日本海溝モデルが【夏・昼】に発生したケースで減少率 92.6%と最も高くなった。津波到達まで比較的時間があることや昼の時間帯であることから避難開始までの時間が早く、避難速度が速いことなどが影響したと考えられる。一方、千島海溝モデルが【冬・深夜】に発生したケースでは、津波到達までの時間が早いことや深夜の時間帯で避難開始までに時間を要し、避難速度が遅くなることが影響し、減少率が47.4%と最も小さくなった。

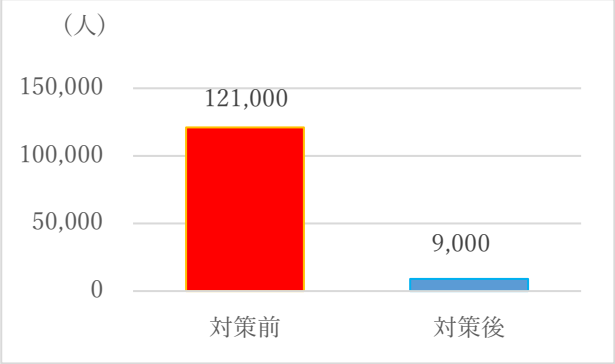


図 4-1　対策効果が最大のケース
（日本海溝モデル【夏・昼】）

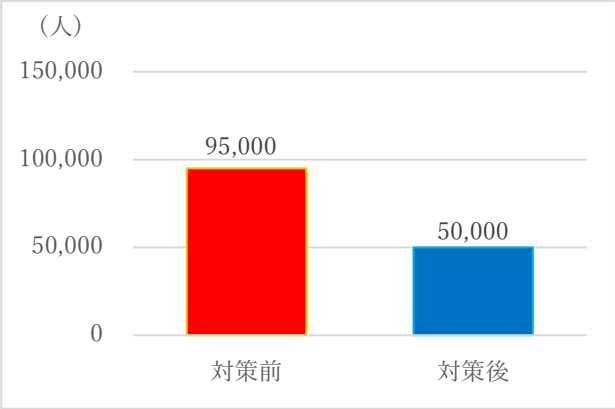


図 4-2　対策効果が最小のケース
（千島海溝モデル【冬・深夜】）

2)避難実験に基づき避難速度を変更したケース

既往研究[18]によると積雪期の避難速度が本被害想定手法で用いている避難速度より早くなることが指摘されていることから、群衆の影響による避難速度の低下の可能性が低くなると考えることが可能である DID 地区以外の地域で避難速度を変更して、その効果を検証した。設定した避難速度は北海道による「津波避難計画策定指針」を参考に夏の昼間の速度を 0.68m/sec から速くして 1.0m/sec とした。なお、深夜・積雪期の速度低下率は同様とした。

このようにして避難速度を変化させ、各市町村における道の減災目標である減少率 90%に近づけるための前段階として減少率 80%の達成状況について 1)で検討したケースにおける効果を図 4-3、4-4 に示す。市町村によって減災効果が異なり、地域ごとに特徴があることがわかる。ここで検討した避難速度の向上には避難訓練が有効であり、効果の高い地域では避難訓練の重要性が指摘できる。

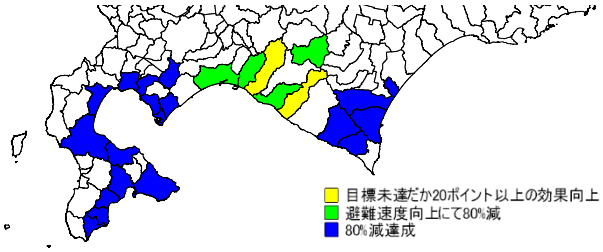


図 4-3 避難速度向上による効果
（日本海溝モデル【夏・昼】）

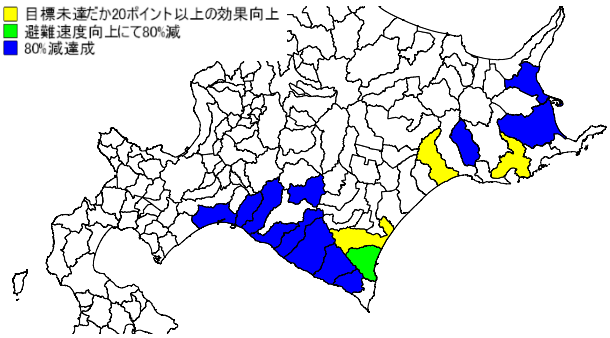


図 4-4 避難速度向上による効果
（千島海溝モデル【冬・深夜】）

5．まとめ

日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震における津波及び地震動による北海道の被害想定を実施するとともに防災対策の実施による減災効果の検討を一部行った。これらの結果は北海道から公表されると共に北海道の減災計画に反映されている。今後はこれら

の想定結果を市町村に展開し、各市町村の防災対策への活用が求められる。

[参考文献]

1) 中央防災会議：南海トラフの巨大地震モデル検討会（第二次報告）強震断層モデル編（別添資料）－液状化可能性、沈下量について－,2012.8.
2) 公益社団法人日本道路協会：道路橋示方書・同解説,2002.
3) 中央防災会議：日本海溝・千島海溝沿いの巨大地震の被害想定項目及び手法の概要, https://www.bousai.go.jp/jishin/nihonkaiko_chishima/WG/index.html，2021.12.
4) 岡田成幸・高井伸雄:木造建築物の損傷度関数の提案と地震防災への適用－地震動入力を確定的に扱う場合－,日本建築学会構造系論文集,第 582 号,pp.31-38,2004.8.
5) 竹内慎一・岡田成幸・中嶋唯貴：地域性及び時代性を考慮した木造建築物の地域地震被害率関数構築法の提案－北海道を例とした耐震評点分布を利用する方法－,日本建築学会構造系論文集，No.753，pp1549-1559，2018.11.
6) 竹内慎一・中嶋唯貴・岡田成幸・麻里哲広：北海道の積雪期に対応した建物リスク評価手法の基礎的検討 その２ 一般診断法による積雪を考慮した被害計算方法,日本建築学会北海道支部研究報告集，NO.95，2022.6.
7) 日本道路協会道路震災対策委員会：道路の震災対策に関する調査報告－道路構造物の耐震調査及び震災対策後方に関する研究－，1986.
8) 北海道：平成 28 年度地震被害想定調結果報告書, https://www.pref.hokkaido.lg.jp/sm/ktk/jishin_sotei.html，2018.2.
9) 岡田成幸,中嶋唯貴：大地震に伴う人的被害の重傷度指標別詳細評価法の提案 ～想定南海トラフ巨大地震による震動及び津波被害を例に試算～,大規模地震に対する地域保健基盤整備実践研究平成 26 年度総括・分担研究報告書,p.147-162,2015.
10)谷川真衣,岡田成幸,中嶋唯貴：札幌市近傍断層の想定震源距離漸増による災害対応限界の評価-医療従事者・患者搬送の観点から-,日本地震工学シンポジウム論文集,2018.11.
11)岡田成幸,中嶋唯貴：建物倒壊及び室内散乱に伴う地域の地震時人的被害評価式の統一,日本建築学会大会学術講演梗概集,p.485-486,2018.
12)村上ひとみ・竹田宏樹：1995 年兵庫県南部地震における閉じ込めと人的被害発生に関する樹形モデル －東灘区アンケートデータより－ 東濃地震科学研究報告，57-76，2003.
13)丸山喜久・山崎文雄：近年の地震被害データを加味したマクロな配水管被害予測式の改良,土木学会地震工学論文集,vol30,pp.565-574,2009.
14)川上英二：道路交通システムの形状と連結確率の関係，第 1 回都市直下地震災害総合シンポジウム論文集，169-172，1996.
15)埼玉県：埼玉県地震被害想定調査報告書，1998.3.
16)大規模地震による下水道被害想定検討委員会：管路施設の被害予測手法について，第 1 回大規模地震による下水道被害想定検討委員会資料及び大規模地震による被害想定手法及び想定結果の活用方法に関するマニュアル,2006.3.
17)東京都防災会議：東京における地震被害の想定に関する調査研究，1991.9.
18) 地方独立行政法人北海道立総合研究機構建築研究本部北方建築総合研究所：津波による最大リスク評価手法の開発と防災対策の実証的展開,No.43,2020.